

631.64

L2937

19

최종
연구보고서

GOVP1200202661

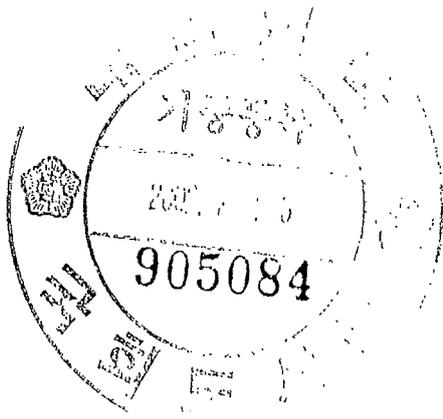
간척지 제염예측기법 개발

Prediction Techniques of Desalinization
in Reclaimed Tidelands

연구기관

전북대학교

농림부



최 종 보 고 서

2001년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 “간척지 제염예측기법 개발”에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨 부 : 1. 최종보고서 10부
2. 최종보고서 디스켓 1매

2001년 10월 25일

주관 연구기관 : 전북대학교

총괄연구책임자 : 구 자 응 (인)

주관연구기관장 : 전북대학교 총장 (직인)

농 립 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “간척지 제염예측기법 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 10월 25일

주관연구기관명 : 전 북 대 학 교
총괄연구책임자 : 구 자 응
연 구 원 : 최 진 규
연 구 원 : 손 재 권
연 구 원 : 박 승 해
연 구 원 : 이 동 욱

요 약 문

I. 제 목

간척지 제염예측기법 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라에서는 급속한 경제 및 사회발전, 인구증가 등으로 쌀을 비롯한 식량의 수요가 급속히 증가하는 반면, 농경지는 산업화, 도시화에 따른 타용도로 전용되어 '90년 이후 매년 약 2만ha씩 감소되는 추세이다. 최근에는 가뭄과 홍수 등 세계적인 기상 이변현상까지 때와 장소를 가리지 않고 발생하고 있어 식량생산의 구조적 기반이 날로 악화되어 가고 있으며, 이와 더불어 식량 자급율도 현저하게 떨어지고 있다. 따라서 일정수준의 식량자급과 향후 남북통일시대를 대비한 안정적 식량공급 문제 등을 감안한다면 최소한의 농경지 및 우량농지의 확보와 그 효과적 활용 대책의 수립이 절실하다고 본다.

우리나라의 여건상 국토를 확장하여 농경지를 확보하는 방법으로는 천혜의 개발 잠재력을 지닌 간척지를 합리적이고 체계적으로 개발할 수 있는 간척사업이 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며, 간척사업으로 새로 조성되는 고염도 간척지를 효율적이고 경제적으로 활용하기 위해서 제일 먼저 선행되어야 할 일 중의 하나가 신속히 제염시킬 수 있는 제염기술의 개발이라 볼 수 있다. 또한 개발초기 고염도 간척지의 효율적인 활용대책의 수립을 위해서는 간척지 토양에 대한 토양특성 분석 및 토성별 분류, 염분거동 해석 및 제염효과 분석, 효율적인 제염방법의 결정, 제염예측기법의 개발 및 제염대책의 수립 등이 필요하다.

국내의 간척사업에 있어서 방조제 축조, 배수갑문 등 시공기술은 1960년대 제주도 간척사업을 시점으로 하여 오늘에 이르기까지 많은 기술이 축적되어 이미 세계 선진국 수준으로 볼 수 있다. 그러나 현재까지 제염기술 개발에 대해서는 과학적이고 합리적인 연구가 활발하게 이루어지지

못하여 간척지의 토양특성 파악, 개발초기의 제염대책 수립을 위한 염분거동해석 및 제염효과 분석, 제염방법, 제염추정모형 및 제염예측기법의 개발 등에 대한 기술수준이 낮은 실정이다. 근래에 이르러 배수시설을 이용한 지하배수에 의하여 근본적인 제염작업을 실시하고자 여러 가지 제염방법이 연구되어 왔지만 아직까지는 산발적이고 체계가 이루어지지 못한 형편이며, 최근에 새만금 간척지구뿐만 아니라 대단위 간척지구의 토양을 대상으로 실내 제염시험을 통하여 물관리방법 및 토성별 제염효과 분석, 제염과정 해석, 제염용수량 추정, 제염방법 등에 대한 기초연구를 수행한 정도이다. 따라서 막대한 시간과 예산을 투자하여 조성된 간척지의 효율적 토지이용과 조기영농 실현을 위한 종합적인 기술개발에 대한 대책 마련이 절실히 필요하다고 생각한다.

외국의 경우는 일반적인 염해토양의 제염에 관련된 기술수준이 상당히 향상되어 있고, 물수지식, 염분수지식, 염분저류방정식 등을 근거로 하여 제염에 영향을 끼치는 제반 인자들 사이의 상관관계, 용탈용수량, 제염방법 등에 대한 많은 이론식과 경험식이 발표되었으며, 특히 네델란드, 일본 등에서는 이미 준공하였거나 시공중인 간척지의 활용기술에 대하여 많은 연구가 이루어져 왔다. 그러나 이러한 이론식이나 경험식은 지형, 기후, 토양특성 등이 다른 우리나라 간척지의 제염에 적용하기에는 적합하지 않은 부분이 많으므로, 이를 수정 보완하여 우리의 조건에 맞도록 적용하기 위해서 우리나라 간척지의 토양특성 조사, 제염시험 등을 통하여 사전에 많은 연구와 비교 검토가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 풍부한 간척자원을 효율적으로 이용하기 위한 방법의 일환으로, 개발초기 염분농도가 높은 간척지 토양을 조기에 경제적이고 적극적으로 활용하기 위한 제염방법에 대한 체계적인 이론을 정립하고, 실내 모형시험과 현장 Lysimeter시험을 통한 제염기술 및 제염추정모형을 개발하여 간척지의 제염예측기법을 구축하였다. 또한 제염예측기법을 적용하여 고염도 간척지의 제염대책을 수립함으로써 간척지의 효율적 토지이용과 간척영농기술 개발 및 환경보전적인 간척영농의 조기실현을 가능하게 하는데 그 목적이 있다.

본 연구를 통하여 우리나라 간척지 토양의 특성을 정확히 파악하여 특성별로 분류체계를 확립하고, 실내 모형시험과 현장 Lysimeter시험을 통한 실증적인 염분거동 해석과 제염효과 분석결과에 따라 간척지의 제염추정모형과 제염예측기법을 개발하여 개발초기 고염도 간척지의 제염대책을 수립한다면, 고염도 간척지에서도 조기영농의 실현이 가능할 것이다. 또한 간척농지의 확대와 효율적인 활용방안을 수립하여 농업생산성 향상과 식량의 자급율을 높이고, 통일시대를 대비한 기본식량을 확보할 수 있는 기반을 마련함은 물론 농업의 국제경쟁력 강화에도 크게 이바지 할 것으로 판단한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류

- (1) 간척 및 제염 관련자료의 수집
- (2) 공시토양의 선정, 토양시료 채취 및 토성분석용 시료 조제
- (3) 간척지 토양의 이화학적 특성 분석
 - ① 물리적 특성 : 용적밀도, 입자밀도, 공극율, 입도분석, 투수성 (수리전도도)
 - ② 화학적 특성 : 전기전도도, pH, 주요 양이온함량, 양이온교환용량, 교환성나트륨백분율
- (4) 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류

2. 제염시험

- (1) 실내 모형시험
 - ① 공시토양의 선정 및 공시토양의 이화학적 특성 분석
 - ② 실내 모형시험장치 제작 및 배치
 - ③ 물관리방법에 의한 제염시험
 - 침출법 : 지하배수
 - 수세법 : 지표배수
 - 침출·수세법 : 지표·지하배수 병용
 - ④ 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염시험
 - 침출법
 - 침출·수세법
- (2) 현장 라이시미터 제염시험
 - ① 공시토양의 선정 및 공시토양의 이화학적 특성 분석
 - ② 현장 Lysimeter 시험시설 설치 및 배치
 - ③ 물관리방법에 의한 제염시험
 - 침출법 : 지하배수(암거설치 및 무암거)
 - 수세법 : 지표배수(간단담수 및 연속담수, 무암거)
 - 침출·수세법 : 지표·지하배수 병용(암거설치 및 무암거)

④ 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염시험

○ 침출법 : 암거설치 및 무암거

○ 침출·수세법 : 암거설치 및 무암거

3. 제염효과 분석

- (1) 제염과정중 전기전도도의 변화
- (2) 제염과정중 교환성나트륨백분율의 변화
- (3) 제염과정중 수리전도도의 변화
- (4) 제염과정중 pH의 변화
- (5) 물관리방법에 의한 제염효과 분석
 - ① 수세법(지표배수)에 의한 제염효과
 - ② 침출법(지하배수)에 의한 제염효과
 - ③ 침출·수세법(지표·지하배수)에 의한 제염효과
- (6) 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염효과 분석
- (7) 암거시설에 의한 제염효과 분석
- (8) 물관리방법별 제염효과 비교분석 및 용탈용수량 추정
- (9) 토양개량제 처리별 제염효과 비교분석 및 침출시간 추정

4. 제염예측을 위한 회귀모형의 도출

- (1) 제염시험결과 종합적 분석
 - ① 제염과정중 상대전기전도도 분석
 - ② 제염과정중 상대교환성나트륨백분율 분석
 - ③ 제염과정중 상대수리전도도 분석
- (2) 제염시험결과의 회귀분석
- (3) 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형의 도출
- (4) 용탈용수량, 수리전도도 및 침출시간 추정을 위한 회귀모형의 도출

5. 제염예측기법(PTDRT)의 개발

- (1) 제염예측 프로그램의 개발
 - ① 프로그램의 기능, 설치 및 구성

- ② 자료의 입력
- ③ 자료의 분석 및 관리
- (2) 제염예측 프로그램의 적용
 - ① 용탈용수량의 추정
 - ② 수리전도도의 추정
 - ③ 침출시간의 추정
- (3) 프로그램의 유의성 및 제한성 검증

6. 간척지 개발초기의 제염대책 수립

- (1) 제염대책 수립을 위한 기초조사
- (2) 최적의 제염방법 결정
- (3) 효율적인 제염을 위한 물관리시스템
- (4) 제염예측기법의 실용화방안

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구결과

(1) 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류

전국 대단위 기존 간척지구, 현재 시행중에 있는 간척사업지구 및 간척 예정지구를 대상으로 총 11개 지구에서 채취한 306점의 공시토양을 채취하여 간척지 토양의 이화학적 특성을 체계적으로 정확히 분석하고, 기존의 간척지 토양분석 결과를 검토하여 전국 간척지의 토성별 분포율을 조사하였으며, 그 결과를 토대로 간척지 토양을 토성별로 분류하였다.

(2) 제염과정중 전기전도도 분석

개발초기 고염도 간척지의 합리적인 제염대책을 수립하기 위한 제염예측기법을 개발하는데 기초자료를 제공하고자, 전북 새만금지구 및 부창지구, 경기 화옹지구, 전남 고흥지구 등의 간척지 토양을 공시토양으로 침출법, 수세법 및 침출법·수세법에 의한 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험을 수행하여, 제염방법 및 토성별로 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화를 분석하였다.

(3) 제염과정중 교환성나트륨백분을 분석

전북 새만금지구 및 부창지구, 경기 화옹지구, 전남 고흥지구 등 개발초기 고염도 간척지토양을 공시토양으로 침출법, 수세법 및 침출법·수세법에 의한 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염 시험을 수행하여, 제염방법 및 토성별로 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 교환성나트륨백분율(ESP)의 변화를 분석하였다.

(4) 제염과정중 수리전도도 및 석고처리에 의한 제염효과 분석

전북 새만금지구 및 부창지구, 경기 화옹지구, 전남 고흥지구 등 개발초기 고염도 간척지토양을 공시토양으로 침출법 의한 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험을 수행하여, 토성 및 처리별로 제염과정중 수리전도도(HC)의 변화를 고찰하고 용탈용수량의 증가에 따른 석고처리에 의한 제염효과를 분석하였다.

(5) 제염방법 및 토성별 제염효과 분석

개발초기 고염도 간척지 토양의 제염과정중 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 수리전도도의 변화를 종합적으로 검토하여, 용탈용수량의 증가에 따른 제염방법 및 토성별 제염효과를 분석하였다.

(6) 용탈용수량 및 침출시간 추정

제염과정중 전기전도도 및 교환성나트륨백분율을 기준으로 하여 염분농도가 염해토양 분류 기준치 이하로 낮아질 때의 용탈용수량을 제염방법 및 토성별로 산정하였다. 또한 토성 및 토양 개량제 처리별로 수리전도도와 제염효과를 비교 분석하여 침출시간을 추정하였다.

(7) 제염예측 회귀모형 도출

제염시험결과를 총괄하여 제염과정중 상대전기전도도(ECr), 상대교환성나트륨백분율(ESPr) 및 상대수리전도도(HCr)를 구하였고, 제염에 영향을 미치는 인자들 사이의 회귀분석을 실시하였다. 이들 결과를 이용하여 제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량, 수리전도도 및 침출시간을 추정할 수 있는 회귀모형을 도출하였다.

(8) 제염예측 프로그램 개발

제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량, 수리전도도 및 침출시간 추정 회귀모형을 적용하여 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염예측을 위한 프로그램(PTDRT : 제염예측기법)을 개발하고 그 유의성 및 제한성을 검증하였다.

(9) 간척지 개발초기의 제염대책 수립

토성, 물관리방법, 토양개량제(석고)처리 및 암거시설 등을 고려하여 개발초기 고염도 간척지의 제염대책을 수립하고, 간척지토양의 제염용수량 및 제염기간을 예측할 수 있는 제염예측기법의 실용화방안을 제시하였다.

2. 활용계획

(1) 간척지 토양의 제염에 영향을 미치는 수리전도도, 전기전도도, 교환성나트륨백분을, 용탈용수량, 침출시간 등을 종합적으로 분석하고 고찰함으로써 합리적이고 실증적인 제염효과를 분석할 수 있을 것이다.

(2) 토성, 물관리방법, 토양개량제(석고)처리 및 암거시설에 따른 실증적인 제염효과를 비교 검토하여 개발초기 고염도 간척지의 효과적인 제염방법을 결정할 수 있을 것이다.

(3) 우리나라의 간척지 특성을 고려하여 실시한 광범위한 제염시험 분석결과를 토대로 간척지 토양의 효과적인 제염에 실용화할 수 있는 제염예측기법을 개발할 수 있을 것으로 기대한다.

(4) 개발한 제염예측기법에 의해 새만금 간척사업 등에 의해 새로 조성되는 간척농지를 환경보전적 농업생산 기지로서 활용할 수 있는 기반을 조성하는 경제적이고 효율적인 제염대책을 수립하는데 기여할 수 있을 것이다.

(5) 농업경쟁력 향상 및 전문화·규모화를 위한 식량단지, 원예단지, 축산단지 등 토지생산성이 높은 간척 농지조성사업 계획에 활용할 수 있을 것이다.

(6) 산업화·도시화로 인한 주택단지, 공업단지 조성 등 토지수요를 충족시키기 위한 간척지 토지자원의 효율적인 이용 및 토지이용의 극대화 방안 수립에 활용할 수 있을 것이다.

(7) 학문적이나 기술적으로 산발적이고 체계가 이루어지지 못한 간척지 제염분야에 새로운 연구방향을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

여 백

SUMMARY

I. Subject

Prediction Techniques of Desalinization in Reclaimed Tidelands

II. Objectives and Importance of the Study

The high soil salinity of early reclaimed tidelands interferes with the growth of most crops. Therefore it is very important to develop the prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands in order to devise the reasonable desalinization countermeasure to be applicable in the beginning of tideland reclamation for the effective utilization of reclaimed tidelands.

This study was performed to devise the reasonable desalinization countermeasure for the improvement of the productivity and international competitive power of agriculture through developing the prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands, as a part of the successful utilization of reclaimed farmlands and the activation of reclamation project.

The purposes of this study are summarized as follows :

- (1) To analyze soil properties of reclaimed tidelands in order to produce basic data for developing the prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands.
- (2) To analyze the changes of electrical conductivity, exchangeable sodium percentage and hydraulic conductivity during the desalinization of reclaimed tidelands.
- (3) To analyze desalinization effects by soil textures and desalinization methods.
- (4) To analyze desalinization effects by gypsum treatments.
- (5) To estimate leaching requirements and periods for desalinization.
- (6) To produce regression models for the prediction of desalinization.
- (7) To develop the prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands to be applicable in the beginning of tideland reclamation.
- (8) To devise the reasonable desalinization countermeasure for the effective utilization of reclaimed tidelands.

III. Contents and Scopes of the Study

1. Soil properties and classification of reclaimed tidelands

- (1) Data collection
- (2) Soil selection and sampling
- (3) Physical and chemical properties of reclaimed tideland soils
- (4) Classification of reclaimed tideland soils

2. Desalinization experiments

- (1) Model experiments
 - ① Selection of soil samples and properties of soil samples
 - ② Arrangement of apparatus for desalinization experiments
 - ③ Desalinization experiments by water management practices
 - ④ Desalinization experiments by soil amendment(gypsum) treatments
- (2) Lysimeter desalinization experiments
 - ① Selection of soil samples and properties of soil samples
 - ② Arrangement of lysimeters for desalinization experiments
 - ③ Desalinization experiments by water management practices
 - ④ Desalinization experiments by soil amendment(gypsum) treatments

3. Analysis of Desalnization Effects

- (1) Changes of electrical conductivity during the desalinization of reclaimed tidelands
- (2) Changes of exchangeable sodium percentage during the desalinization of reclaimed tidelands
- (3) Changes of hydraulic conductivity during the desalinization of reclaimed tidelands
- (4) Changes of pH during the desalinization of reclaimed tidelands
- (5) Analysis of desalinization effects by water management practices
- (6) Analysis of desalinization effects by soil amendment(gypsum) treatments
- (7) Analysis of desalinization effects by culvert treatments
- (8) Estimation of leaching requirements for desalinization
- (9) Estimation of leaching periods for desalinization

4. Regression models for the prediction of desalinization

- (1) Synthetic analysis of experiment results for desalnization
- (2) Regression analysis of experiment results for desalnization
- (3) Estimation of regression models for changes of soil salinity
- (4) Estimation of regression models for changes of leaching requirements, hydraulic conductivity and leaching periods for desalinization

5. Development of the prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands

- (1) Development of program for prediction of desalnization
- (2) Application of program for prediction of desalnization
- (3) Verification of program for prediction of desalnization

6. Establishment of desalinization countermeasure

- (1) Practical use of prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands
- (2) Establishment of desalinization countermeasure by water management practices
- (3) Establishment of desalinization countermeasure by soil amendment(gypsum) treatments

IV. Results and Recommendations

1. Research Results

- (1) Soil properties and classification of reclaimed tidelands

Soil properties of reclaimed tidelands were analyzed in order to produce basic data for developing prediction techniques of desalinization, using soil samples collected in 11 units of tideland reclamation projects. And reclaimed tideland soils were classified on the basis of soil properties and distributed percentage by soil texture class.

- (2) Analysis of electrical conductivity during the desalinization of reclaimed tidelands

The changes of the electrical conductivity during the desalinization of reclaimed tidelands, were analyzed in order to obtain the basic data for the estimation of leaching requirements for desalinization and developing prediction techniques of desalinization to be applicable in the beginning of tideland reclamation.

Desalinization experiments were carried out by three water management practices, namely, the leaching method, the rinsing method and the leaching-rinsing method, using the soil samples collected in 5 units of tidal land reclamation projects.

Regression equations were obtained in order to investigate the changes of electrical conductivity during the desalinization of reclaimed tidelands and to estimate leaching requirements for desalinization.

(3) Analysis of exchangeable sodium percentage during the desalinization of reclaimed tidelands

The changes of the exchangeable sodium percentage during the desalinization of reclaimed tidelands, were analyzed in order to produce the basic data for the estimation of leaching requirements for desalinization and developing prediction techniques of desalinization to be applicable in the beginning of tideland reclamation.

Desalinization experiments were carried out by three water management practices, namely, the leaching method, the rinsing method and the leaching-rinsing method, using the soil samples collected in 5 units of tideland reclamation projects.

Regression equations were obtained in order to investigate the changes of exchangeable sodium percentage during the desalinization of reclaimed tidelands and to estimate leaching requirements for desalinization.

(4) Analysis of hydraulic conductivity and desalinization effects by gypsum treatments during the desalinization of reclaimed tidelands

The changes of hydraulic conductivity were analyzed in order to investigate the effects of desalinization for reclaiming the tidelands with high salt concentration. And the desalinization effects of gypsum treatments in reclaimed tidelands were analyzed to obtain the basic data for developing prediction techniques of desalinization to be applicable to reclaimed tidelands at the beginning stage.

Desalinization experiments were conducted through the leaching method, using the samples collected in 5 units of tideland reclamation projects.

(5) Analysis of desalinization effects by desalinization methods and soil textures

The electrical conductivity, exchangeable sodium percentage and hydraulic conductivity were

analyzed during the desalinization of reclaimed tidelands at the beginning of development. Through these results, desalinization effects with increasement of leaching requirements for desalinization, were analyzed by desalinization methods and soil textures.

(6) Estimation of leaching requirements and periods for desalinization

The leaching requirements were estimated by desalinization methods and soil textures on the bases of electrical conductivity and exchangeable sodium percentage during the desalinization of reclaimed tidelands. The leaching periods were also estimated by soil textures and soil amendment(gypsum) treatments in comparison with hydraulic conductivity and desalinization effects.

(7) Regression models for the prediction of desalinization

The relative electrical conductivity, relative exchangeable sodium percentage and relative hydraulic conductivity were obtained by the synthetic analysis of desalnization experiment results during the desalinization of reclaimed tidelands. And the changes of salt concentration during desalinization, the leaching requirements, the hydraulic conductivity and the leaching periods required for desalinization, were simulated according to soil properties and desalinization methods by regression analyses.

(8) Development of program for prediction of desalnization

The PTDRT model as prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands was developed by using regression models for estimating the leaching requirements, the hydraulic conductivity and the leaching periods. This program was also verified in order to be applicable to the desalinization prediction of reclaimed tidelands at the beginning stage.

(9) Establishment of desalinization countermeasure

The desalinization countermeasure of reclaimed tidelands was established in consideration of soil properties, water management practices, soil amendment and culvert treatments. And the practical use of prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands (PTDRT), was provided for the estimation of leaching requirements and periods for desalinization of reclaimed tidelands at the beginning stage.

2. Recommendations

(1) The desalinization effects may be analyzed by the reasonable and practical way, in consideration of hydraulic conductivity, electrical conductivity, exchangeable sodium percentage, leaching requirements and periods for desalinization of reclaimed tidelands with high salt concentration.

(2) The effective methods for desalinization of reclaimed tidelands may be determined, as compared with the desalinization effects by water management practices, soil amendment and culvert treatments according to soil properties of reclaimed tidelands.

(3) The prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands are expected to be developed by the synthetic analysis of desalinization experiment results during the desalinization of reclaimed tidelands. And they may be applied to the desalinization of reclaimed tidelands in the beginning of tideland reclamation.

(4) The prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands may be contributed to establish the reasonable desalinization countermeasure to be applicable in the beginning of tideland reclamation for the effective utilization of reclaimed tidelands.

(5) The prediction techniques of desalinization in reclaimed tidelands may be served for the improvement of the productivity and international competitive power of agriculture, as a part of the successful utilization of reclaimed farmlands and the activation of reclamation project.

(6) The results of this research may be widely applied to establish tideland reclamation projects for the effective utilization of reclamation resources.

(7) The proposed research results will provide a new guideline for the research associated with desalinization of reclaimed tidelands with high salt concentration.

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| Chapter 1. General Description | 19 |
| Section 1. Backgrounds of Research | 19 |
| Section 2. Necessity of Research and Development | 20 |
| Section 3. Goals and Scopes of Research | 22 |
| Section 4. Implementation Strategies | 25 |
| Section 5. Anticipated Effects and Potential Applicability | 27 |
| Section 6. Research Period and Team | 28 |
| Chapter 2. Soil Properties and Classification of Reclaimed Tidelands | 29 |
| Section 1. Introduction | 29 |
| Section 2. Data Collection | 30 |
| Section 3. Soil Selection and Sampling | 47 |
| Section 4. Physical and Chemical Properties of Reclaimed Tideland Soils | 55 |
| Section 5. Classification of Reclaimed Tideland Soils | 65 |
| Chapter 3. Desalinization Experiments | 71 |
| Section 1. Introduction | 71 |
| Section 2. Selection of Soil Samples | 73 |
| Section 3. Physical and Chemical Properties of Soil Samples | 75 |
| Section 4. Model Experiments | 77 |
| Section 5. Lysimeter Desalinization Experiments | 88 |
| Chapter 4. Analysis of Desalination Effects | 117 |
| Section 1. Introduction | 117 |
| Section 2. Changes of Electrical Conductivity during Desalinization | 120 |
| Section 3. Changes of Exchangeable Sodium Percentage during Desalinization | 127 |
| Section 4. Changes of Hydraulic Conductivity during Desalinization | 133 |
| Section 5. Changes of pH during Desalinization | 137 |
| Section 6. Analysis of Desalinization Effects for Estimation of Leaching Requirements | 140 |
| Section 7. Analysis of Desalinization Effects for Estimation of Leaching Periods | 151 |

| | |
|--|-----|
| Chapter 5. Regression Models for Prediction of Desalination | 155 |
| Section 1. Introduction | 155 |
| Section 2. Synthetic Readjustment of Experiment Results for Desalination | 156 |
| Section 3. Regression Analysis of Desalination Experiment Data and Estimation of Regression Models for Prediction of Desalination | 168 |
| Chapter 6. Development of Prediction Techniques of Desalination in Reclaimed Tidelands (PTDRT) | 187 |
| Section 1. Introduction | 187 |
| Section 2. Development of Program for Prediction of Desalination | 188 |
| Section 3. Application of Program for Prediction of Desalination | 196 |
| Section 4. Verification of Program for Prediction of Desalination | 206 |
| Chapter 7. Desalination Countermeasure of Reclaimed Tidelands | 217 |
| Section 1. Introduction | 217 |
| Section 2. Establishment of Desalination Countermeasure | 218 |
| Section 3. Practical Use of Prediction Techniques of Desalination in Reclaimed Tidelands | 224 |
| Chapter 8. Summary and Conclusion | 227 |
| Section 1. Soil Properties and Classification of Reclaimed Tidelands | 227 |
| Section 2. Analysis of Desalination Effects | 228 |
| Section 3. Regression Models for Prediction of Desalination | 230 |
| Section 4. Development of Prediction Techniques of Desalination in Reclaimed Tidelands | 233 |
| Section 5. Desalination Countermeasure of Reclaimed Tidelands | 234 |
| References | 235 |
| Appendices | 241 |
| [Appendix I] Soil Properties and Classification of Reclaimed Tidelands | 243 |
| [Appendix II] Data of Model Experiments | 269 |
| [Appendix III] Data of Lysimeter Desalination Experiments | 309 |
| [Appendix IV] Program Source of "PTDRT" | 337 |

목 차

| | |
|--|-----|
| 제1장 총론 | 19 |
| 제1절 연구의 배경 | 19 |
| 제2절 연구개발의 필요성 | 20 |
| 제3절 연구개발의 목표 및 내용 | 22 |
| 제4절 추진전략 | 25 |
| 제5절 기대효과 및 활용방안 | 27 |
| 제6절 연구기간 및 연구진의 구성 | 28 |
| 제2장 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류 | 29 |
| 제1절 서론 | 29 |
| 제2절 간척 및 제염관련자료의 수집 | 30 |
| 제3절 공시토양의 선정 및 토양시료 채취 | 47 |
| 제4절 간척지 토양의 이화학적 특성 | 55 |
| 제5절 간척지 토양의 분류 | 65 |
| 제3장 제염시험 | 71 |
| 제1절 서론 | 71 |
| 제2절 공시토양의 선정 | 73 |
| 제3절 공시토양의 이화학적 특성 | 75 |
| 제4절 실내 모형시험 | 77 |
| 제5절 현장 라이시미터 제염시험 | 88 |
| 제4장 제염효과 분석 | 117 |
| 제1절 서론 | 117 |
| 제2절 제염과정중 전기전도도의 변화 | 120 |
| 제3절 제염과정중 교환성나트륨백분율의 변화 | 127 |
| 제4절 제염과정중 수리전도도의 변화 | 133 |
| 제5절 제염과정중 pH의 변화 | 137 |
| 제6절 제염에 필요한 용탈용수량 추정을 위한 제염효과 분석 | 140 |
| 제7절 침출시간 추정을 위한 제염효과 분석 | 151 |

| | |
|--|-----|
| 제5장 제염예측을 위한 회귀모형의 도출 | 155 |
| 제1절 서론 | 155 |
| 제2절 제염시험결과의 종합정리 | 156 |
| 제3절 제염시험자료의 회귀분석 및 제염예측 회귀모형의 도출 | 168 |
| 제6장 제염예측기법(PTDRT)의 개발 | 187 |
| 제1절 서론 | 187 |
| 제2절 제염예측 프로그램의 개발 | 188 |
| 제3절 제염예측 프로그램의 적용 | 196 |
| 제4절 제염예측 프로그램의 검증 | 206 |
| 제7장 간척지 개발초기의 제염대책 | 217 |
| 제1절 서론 | 217 |
| 제2절 제염대책 수립 | 218 |
| 제3절 제염예측기법의 실용화방안 | 224 |
| 제8장 요약 및 결론 | 227 |
| 제1절 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류 | 227 |
| 제2절 제염효과 분석 | 228 |
| 제3절 제염예측을 위한 회귀모형의 도출 | 230 |
| 제4절 제염예측기법(PTDRT)의 개발 | 233 |
| 제5절 간척지 개발초기의 제염대책 | 234 |
| 참고문헌 | 235 |
| 부 록 | 241 |
| [부록 I] 간척지 토양의 이화학적 특성 총괄표 | 243 |
| [부록 II] 실내 모형시험 측정자료 | 269 |
| [부록 III] 현장 라이시미터 제염시험 측정자료 | 309 |
| [부록 IV] 제염예측기법(PTDRT) Program Source | 337 |

제 1 장

총 론

제1장 총론

제1절 연구의 배경

현재 간척사업은 세계적으로 여러나라에서 시행되고 있으나, 방조제를 축조하여 국토확장 및 식량의 확보와 수자원을 확보하는 등 종합적이고 체계적으로 시행하고 있는 나라는 우리나라를 비롯하여 네델란드와 일본, 그리고 지형적인 여건이 우리에게 비하여 비교적 불리함에도 식량증산을 위하여 적극적으로 실시하고 있는 북한 등을 들 수 있다.

우리나라의 간척사업에 있어서 방조제 축조, 배수갑문 등 시공기술은 1960년대 계화도 간척지를 시점으로 1990년대 오늘에 이르기까지 많은 기술축적으로 이미 세계 선진국 수준으로 볼 수 있지만, 간척지의 토양특성 파악, 개발초기의 제염대책 수립을 위한 제염효과분석, 제염방법, 제염추정모형 및 제염예측기법의 개발 등에 대하여는 기술수준이 낮다.

국내에서는 현재까지 과학적이고 합리적인 제염대책을 수립하기 위한 제염시험이 활발하게 이루어지지 못하였고, 제염방법 및 제염예측기법의 기술개발에 대한 연구도 매우 미진한 상태이다. 근래에 이르러 배수시설을 이용한 지하배수에 의하여 근본적인 제염작업을 실시하고자 여러가지 제염 방법이 연구되어 왔지만 아직까지는 산발적이고 체계가 이루어지지 못한 실정이다.

최근에는 신간척지 토양개량과 작부체계에 관한 연구가 대호 간척지 등에서 밭작물제배로서의 이용가능성을 분석하는 단계에 있으나 별다른 성과를 얻지 못한 것으로 나타났다. 본인 등은 새만금간척지구를 비롯한 대단위 간척지구의 토양을 대상으로 실내 제염시험을 통하여 물관리 방법 및 토성별 제염효과 분석, 제염과정 해석, 제염용수량 추정, 제염방법, 작물의 정상생육을 위한 관개용수량의 산정 등에 대한 연구를 수행한 바 있다.

외국의 경우는 일반적인 염해토양의 제염에 관련된 기술수준이 상당히 향상되어 있고, 물수지식, 염분수지식, 염분저류방정식 등을 근거로하여 제염에 영향을 끼치는 제반 인자들 사이의 상관관계, 용탈용수량, 제염방법 등에 대한 많은 이론식과 경험식을 발표하였다. 특히 네델란드, 일본 등에서는 이미 시행하였거나 시공중인 간척지의 활용에 대한 기술, 제염방법 등에 대하여 많은 연구가 이루어져오고 있다. 그러나 이러한 연구결과는 토양특성, 지형, 기후 등이 매우 다른 우리나라 간척지의 제염에 적용하기에는 적합하지 않은 부분이 많으므로, 우리나라의 조건에 맞도록 사전에 간척지의 토양특성 조사, 제염시험 등을 통하여 수정 보완한 후 적용해야 할 것으로 판단된다.

따라서 막대한 시간과 예산을 투자하여 조성된 간척지의 효율적 토지이용과 조기영농의 실현을 위한 종합적인 기술개발에 대한 대책 마련이 절실히 필요하다고 생각한다. 장기적인 측면에서 볼 때 우리나라 서남해안에 광범위하게 분포되어 있는 간척지의 효과적인 활용을 위해서는 개발초기 고염도 간척지의 토양특성을 분석하고 토성별로 분류한 다음 합리적이고 실증적인 염분거동 해석과 제염효과 분석을 통하여 우리나라의 토양특성에 알맞는 효율적인 제염방법의 결정, 제염 추정모형 개발, 제염예측기법 개발 및 제염대책 수립 등에 대한 연구가 필요하다. 또한 효율적인 간척농지의 활용방안을 수립하여 농어촌의 영농환경 및 생활환경 개선에 기여하고, 농업의 국제 경쟁력 강화를 위한 발전방향을 구체적이고 체계적으로 제시해야 할 필요성이 절실히 요구된다.

그러나 아직까지도 간척지에 대한 체계적이고 정확한 토양특성 분석 및 토성별 분류, 제염효과 분석, 제염추정모형 개발, 제염예측기법 개발, 제염대책 수립, 토지자원의 효율적 활용방안 등에 대하여 구체적인 연구계획이 수립되어 있지 않은 실정이다.

본 연구를 통하여 우리나라 간척지 토양의 물리·화학적 특성을 정확히 파악하여 특성별로 분류 체계를 확립하고, 실증적인 염분거동 해석과 제염효과 분석결과에 따라 간척지의 제염추정모형과 제염예측기법을 개발하여 개발초기 고염도 간척지의 제염대책을 수립한다면, 농업생산성이 높은 농지조성을 할 수 있을 것이다. 또한 간척농지의 확대로 쌀생산량과 식량의 자급율을 높이고, 산업화와 도시화 등으로 급증하는 토지수요를 원활히 충족시켜, 농업의 국제경쟁력 강화는 물론 국토의 효율적 활용에도 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

제2절 연구개발의 필요성

최근 급속한 경제 및 사회발전, 인구증가 등으로 쌀을 비롯한 식량의 수요가 급속히 증가하는 반면, 농경지는 산업화, 도시화에 따른 타용도 전용 등으로 '90년 이후 매년 약 2만 ha씩 급속히 감소되는 추세이다. 이와 더불어 가뭄과 홍수 등 기상재해현상까지 발생하여 식량생산의 구조적 기반이 날로 악화되어 가고 있다.

이러한 상황에서 앞으로 다가올 국제적인 식량의 무기화 시대를 고려할 때, 일정수준의 식량 자급을 확보와 향후 남북통일시대를 대비한 안정적 식량공급 문제 등을 감안한다면 최소한의 우량농지 및 농경지의 확보와 그 효과적 활용대책의 수립이 절실하다고 판단된다.

국토를 확장하는 방법으로 간척사업은 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 간척사업의 적지라고 볼 수 있는 서남해안은 간만의 차가 심하고, 리아스식 해안, 연안의 많은 섬들이 산재해 있어 방조제 축조의 길이가 짧아 공사비면 등에서 사업추진에 유리한 천혜의 조건을 갖추고 있다.

우리나라의 간척자원은 서남해안의 402천 ha 정도로서, 간척개발 가능면적 중 '93년까지 약 60천 ha를 개발 완료하였고, 2001년 현재 새만금 간척지 약 40천 ha를 비롯하여 약 68천 ha (전국토 면적의 1.3%) 정도가 개발중에 있으며, 앞으로도 개발가능한 274천 ha 정도의 대상면적이 서남해안에 걸쳐 광범위하게 분포되어 있다.

개발된 간척지는 농지의 외연적 확대로 쌀의 자급율을 높이고 산업화·도시화로 인한 급증하는 토지수요를 충족시키는데 많은 기여를 하고 있다. 새로 조성되는 간척지에 대해 효율적이고 경제적인 제염대책을 수립하여 제염작업을 조기에 완료하고 농로와 용·배수로 등 제반 농업시설을 갖추게 되면 토지생산성이 높은 환경보전형 지속적 영농을 할 수 있고, 품질이 우수한 쌀을 생산할 수 있을 것이다. 또한 광활한 면적이 집단화되어 있는 간척지의 농경지를 대구획으로 경지정리하여 대형농업기계의 작업효율을 높일 수 있고, 원격조정 자동화 물관리, 항공방제 및 파종 등이 가능해져 단위당 생산비를 낮출 수 있어 농업생산성을 극대화시킬 수 있을 것이다. 그러므로 간척 농지의 효율적인 이용은 농업의 국제경쟁력을 높이는 데 일익을 담당하고 식량확보 대책으로서도 큰 비중을 차지한다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 풍부한 간척지 자원을 효율적으로 이용하기 위한 방법의 일환으로, 개발 초기 염분농도가 높은 간척지 내부토양을 조기에 경제적이고 적극적으로 활용하기 위한 최우선 과제라 할 수 있는 제염방법에 대한 체계적인 이론을 정립하고, 실내 모형시험과 현장 Lysimeter 시험을 통한 제염기술 및 제염추정모형을 개발하여 간척지의 제염예측기법을 구축하고, 이를 적용하여 개발초기 고염도 간척지의 효율적인 제염대책을 수립함으로써 환경보전형적인 간척영농의 조기실현을 가능하게 하고자 한다.

1. 기술적 측면

- (1) 개발초기 고염도 간척지의 효율적이고 경제적인 제염방법 정립
- (2) 실내 모형시험 및 포장시험을 통한 실증적인 염분거동 해석 및 제염효과 분석에 의한 제염기술 및 제염추정모형 개발
- (3) 용탈용수량, 수리전도도 및 침출시간 등을 추정할 수 있는 제염예측기법 개발
- (4) 간척지의 토양특성을 고려하고 제염예측기법을 적용하여 염분농도가 높은 개발초기 간척지의 조기영농을 실현할 수 있는 효과적인 제염대책 수립
- (5) 합리적이고 체계적인 환경보전형 지속적 간척영농기술 개발

2. 경제·산업적 측면

- (1) 간척사업에 의한 농지의 외연적 확대로 식량의 자급율을 높이고, 산업화·도시화로 인한 토지수요를 충족시켜며, 공업단지 조성 및 주택단지 조성 등으로 토지이용의 극대화
- (2) 농업생산성의 증대, 농업인구 수용능력의 증대를 위한 환경보전형 농경지의 조성
- (3) 대형농기계 및 첨단시설을 이용한 과학적인 영농의 실현을 위한 집단화된 광활한 간척 농지의 확보
- (4) 식량단지, 원예단지, 축산단지 등 다용도의 농경지 개발로 농업의 국제경쟁력 강화

3. 사회·문화적 측면

- (1) 간척사업으로 조성된 대단위 토지자원의 종합적이고 체계적인 개발로 합리적인 다목적 토지활용도 증진
- (2) 간척사업에 있어서 농업생산기반정비, 산업용지조성, 주택단지조성, 관광자원개발 등을 종합적으로 시행하여 항만건설 등 지역종합개발 또는 국토종합개발 등으로 토지자원의 전문적·종합적 개발방식 도입

제3절 연구개발의 목표 및 내용

1. 우리나라 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류

- (1) 간척 및 제염 관련자료의 수집
- (2) 토양시료 채취 (전국 대단위 간척지) 및 토성분석용 시료 조제
- (3) 토양의 물리·화학적 특성 분석
 - 용적밀도, 입자밀도 및 공극율
 - 입도분석
 - 투수성 (수리전도도)
 - 염분농도 (전기전도도)
 - pH
 - 주요 양이온함량
 - 양이온교환용량
 - 교환성나트륨백분율
- (4) 간척지 토양특성 규명 및 특성별 분류

2. 제염시험

(1) 실내 모형시험

- ① 공시토양의 선정 및 공시토양의 이화학적 특성 분석
- ② 실내 모형시험장치 제작 및 배치
- ③ 물관리방법에 의한 제염시험
 - 지하배수(암거배수) : 침출법
 - 지표배수 : 간단담수·수세법 및 연속담수·수세법
 - 지표·지하배수 병용 : 침출·수세법
- ④ 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염시험
 - 침출법
 - 침출·수세법

(2) 현장 라이시미터 제염시험

- ① 공시토양의 선정 및 공시토양의 이화학적 특성 분석
- ② 현장 Lysimeter 시험시설 설치 및 배치
- ③ 물관리방법에 의한 제염시험
 - 지하배수(암거설치 및 무암거) : 침출법
 - 지표배수(간단담수 및 연속담수, 무암거) : 간단담수·수세법 및 연속담수·수세법
 - 지표·지하배수 병용(암거설치 및 무암거) : 침출·수세법
- ④ 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염시험
 - 침출법 : 암거설치 및 무암거
 - 침출·수세법 : 암거설치 및 무암거

3. 제염효과 분석

(1) 제염과정중 염분거동 해석

- 제염과정중 전기전도도의 시간적 변화
- 제염과정중 교환성나트륨백분율의 시간적 변화

(2) 물관리방법에 의한 제염효과

- 지표배수(수세법)에 의한 제염효과
- 지하배수(침출법)에 의한 제염효과
- 지표·지하배수(침출·수세법)를 병용한 경우의 제염효과
- 물관리방법별 제염효과 비교분석 및 용탈용수량 추정

- (3) 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염효과
 - 제염과정중 투수성(수리전도도)의 시간적 변화
 - 토양개량제 처리별 제염효과 비교분석 및 침출시간 검토
- (4) 암거시설에 의한 제염효과

4. 제염예측을 위한 회귀모형의 도출

- (1) 제염시험결과의 종합적 분석
 - ① 제염과정중 상대전기전도도 분석
 - ② 제염과정중 상대교환성나트륨백분을 분석
 - ③ 제염과정중 상대수리전도도 분석
- (2) 제염시험결과의 회귀분석
- (3) 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형의 도출
- (4) 용탈용수량 및 침출시간 추정을 위한 회귀모형의 도출

5. 제염예측기법(PTDRT)의 개발

- (1) 제염예측 프로그램의 개발
 - ① 프로그램의 기능, 설치 및 구성
 - ② 자료의 입력
 - ③ 자료의 분석 및 관리
- (2) 제염예측 프로그램의 적용
 - ① 용탈용수량의 추정
 - ② 수리전도도의 추정
 - ③ 침출시간의 추정
- (3) 프로그램의 유의성 및 제한성 검증
 - ① 프로그램의 검증자료를 구하기 위한 제염시험
 - ② 프로그램 검증을 위한 제염시험 실측자료 및 프로그램 추정자료
 - ③ 추정치와 실측치 간의 유의성 및 제한성 검증

6. 간척지 개발초기의 제염대책 수립

- (1) 제염대책 수립을 위한 기초조사
- (2) 토성, 물관리방법, 토양개량제처리, 배수시설 등을 고려한 최적의 제염방법 결정
- (3) 효율적인 제염을 위한 물관리시스템
- (4) 제염예측기법의 실용화방안 제시

제4절 추진전략

1. 추진과정 및 방법

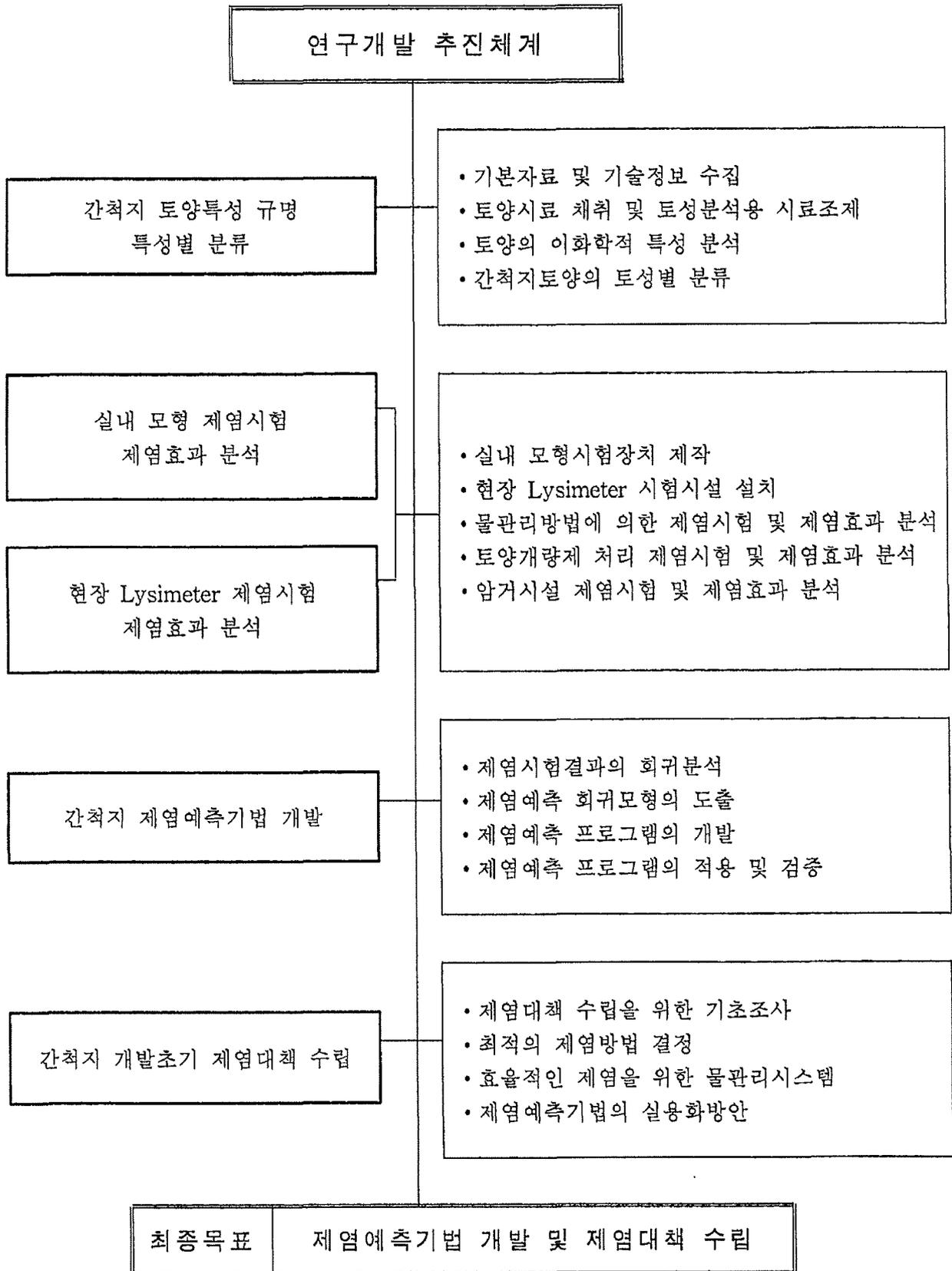
- (1) 기본자료 수집 및 간척지 토양의 특성 조사
 - 국내·외의 제염관련 연구자료 및 기술정보 수집
 - 광범위하고 정밀한 토양조사로 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류
- (2) 과학적이고 실증적인 제염시험 및 제염효과 분석
 - 실내 모형시험을 실시하여 포괄적인 기초 제염자료를 구해 분석 검토한 다음 합리적이고 구체적인 시험내용 및 범위를 확정
 - 현장 포장조건과 같은 Lysimeter 제염시험을 통하여 실증적인 시험결과 도출
 - 제염방법별 제염효과 분석
- (3) 적용 타당성 있는 제염예측 프로그램 개발
 - 적용 타당성 있는 제염시험 결과를 이용하여 범용화 프로그램을 개발
 - 프로그램의 유의성 및 제한성 검증
- (4) 제염예측기법의 실용화방안 제시
 - 염분농도의 변화, 제염용수량 및 제염기간을 추정할 수 있는 실용화방안을 제시
 - 관련 전문가의 자문을 통해 연구결과의 현실성 제고
- (5) 개발초기 고염도 간척지의 제염대책 수립

2. 연구개발 추진체계

현재까지 우리나라 간척지의 제염은 주로 자연강우나 관개용수를 이용하여 염분을 용탈시키는 담수제염방법을 사용하여 왔기 때문에 장기간의 제염기간이 소요되어 왔으며, 과학적이고 합리적인 제염방법이나 제염대책을 위한 제염예측기법의 기술개발에 대한 연구는 매우 미진한 상태이다.

외국의 경우는 일반적인 염해토양의 제염에 관련된 기술수준이 상당히 향상되어 있고, 물수지식, 염분수지식, 염분저류방정식 등을 근거로 한 제염관련 연구가 많이 수행되었다. 그러나 이러한 외국의 연구결과를 제염조건 및 토양특성이 다른 우리나라 간척지의 제염을 위해 적용하기에는 적합하지 않은 부분이 많으므로, 우리나라 간척지의 토양특성 조사, 제염시험 등을 통한 제염기술 개발이 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 최종목표 달성을 위한 연구개발 추진체계를 기술적 측면에서 도시하면 다음과 같다.



제5절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

(1) 기술적 측면

- 실내 모형시험과 아울러 현장 Lysimeter 시험을 수행함으로써 간척지의 제염과정중 실증적인 염분거동해석과 토양염분의 용탈과정 분석
- 제염에 영향을 미치는 수리전도도, 전기전도도, 교환성나트륨백분율, 용탈용수량 등을 종합적으로 분석하고 고찰함으로써 합리적이고 실제적인 제염효과 분석
- 지표배수, 지하배수, 지표·지하배수 병행에 의한 제염효과 및 토양개량제(석고) 처리 또는 암거시설에 의한 제염효과를 분석하고 비교검토하여 개발초기 고염도 간척지의 효과적인 제염방법 결정
- 우리나라의 간척지 특성을 고려하여 실시한 광범위한 제염시험결과를 토대로 제염과정을 추정할 수 있는 프로그램과 실용화할 수 있는 제염예측기법 개발

(2) 경제·산업적 측면

- 개발초기 고염도 간척지의 효과직인 제염방법에 의한 농업생산성이 높은 농지의 외연적 확대로 식량의 자급을 향상과 통일시대를 대비한 안정적 식량확보에 기여
- 개발한 제염예측기법에 의해 보편타당성 있는 제염대책을 수립하여 토지생산성이 높은 간척 농지조성
- 간척자원의 효율적인 활용 및 농업경쟁력 향상

2. 활용방안

- (1) 개발초기 고염도 간척지의 실증적인 제염효과 분석 및 효율적인 제염방법 결정
- (2) 새만금 간척사업 등에 의해 새로 조성되는 간척농지를 환경보전적 농업생산 기지로서 활용할 수 있도록 경제적이고 효율적인 제염대책 수립
- (3) 농업의 경쟁력 강화 및 전문화·규모화를 위한 식량단지, 원예단지, 축산단지 등 간척 농지의 활용방안 수립에 활용
- (4) 산업화·도시화로 인한 주택단지, 공업단지 조성 등 토지수요를 충족시키기 위한 간척지 토지자원의 이용 및 토지이용의 극대화 방안 수립에 활용
- (5) 학문적이나 기술적으로 산발적이고 체계가 이루어지지 못한 간척지 제염분야에 새로운 연구방향을 제시

제6절 연구기간 및 연구진의 구성

1. 연구기간

- (1) 1차년도 : 1996년 10월 26일 ~ 1997년 10월 25일
- (2) 2차년도 : 1997년 10월 26일 ~ 1998년 10월 25일
- (3) 3차년도 : 1998년 10월 26일 ~ 1999년 10월 25일
- (4) 4차년도 : 1999년 10월 26일 ~ 2000년 10월 25일
- (5) 5차년도 : 2000년 10월 26일 ~ 2001년 10월 25일

2. 연구진의 구성

| 구 분 | 성 명 | 소 속 | 주요 담당 연구내용 |
|-------|----------|------------------|--|
| 연구책임자 | 구 자 용 | 전북대학교 농과대학 교수 | 총괄 연구관리, 종합분석 |
| 연구원 | 최진규 | 전북대학교 농과대학 교수 | 제염예측모형 개발 |
| | 손재권 | 전북대학교 농과대학 부교수 | 제염시험 및 분석, 제염대책 수립 |
| | 박승해 | 농업기반공사 새만금사업단 과장 | 간척지 토양 분석 및 분류 |
| | 이동욱 | 정읍시 농업기술개발센터 연구사 | 제염효과 분석, 자료분석 |
| 연구보조원 | 송재도, 김영주 | 전북대학교 농과대학 대학원 | 토양시료채취 및 조제 실내 모형시험 보조 현장 Lysimeter 제염시험 보조 시험자료 정리 |
| | 조경훈, 이기성 | " | |
| | 김기태, 김미영 | 전북대학교 농과대학 농공학과 | |
| | 성기필, 이민휘 | " | |
| | 선미영, 최승현 | " | |
| | 설명환, 이만우 | " | |
| | 이선주, 정우정 | " | |
| | 최호림, 홍성일 | " | |
| | 권연희, 김영귀 | " | |
| | 김종길, 김 홍 | " | |
| | 박진수, 문보형 | " | |
| | 송수정, 정관수 | " | |
| | 주경조, 왕진영 | " | |
| | 이명승, 이상기 | " | |
| | 하대용, 김백순 | " | |
| 박중민 | " | | |

제 2 장
간척지의 토양특성 규명 및
특성별 분류

제2장 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류

제1절 서론

1. 연구개발 목표 및 내용

(1) 연구목표

전국 대단위 기존 간척지 및 간척 예정지구를 중심으로 대표적인 토양시료를 채취하여 간척지 토양의 이화학적 특성을 규명하고, 토양특성별 분류기준을 정립하여 효율적인 제염예측기법을 개발하는데 기초자료로 사용하고자 한다.

(2) 연구내용

본 연구는 간척자원을 효율적으로 이용하기 위한 방법의 일환으로, 개발초기 염분농도가 높은 간척지 내부토양을 조기에 경제적이고 적극적으로 활용하기 위한 최우선 과제라 할 수 있는 제염방법에 대한 체계적인 이론을 정립하고, 실내 모형시험과 현장 Lysimeter시험을 통한 제염 기술 및 제염추정모형을 개발하여 간척지의 제염예측기법을 구축하고, 제염예측기법을 적용하여 개발초기 고염도 간척지의 효과적인 제염대책을 수립함으로써 간척지의 효율적 토지이용과 간척 영농기술의 개발 등 환경보전적인 간척영농의 조기실현을 가능하게 하는데 그 목적이 있다.

이를 위하여 연구 1차년도인 '97년도에는 간척지 토양의 이화학적 특성을 규명하고 토양특성별 간척지 토양의 분류기준을 정립하여 효율적인 제염예측기법을 개발하는데 기초자료로 사용하기 위하여, ①합리적이고 구체적인 세부계획을 수립하고, ②다방면에 걸쳐 연구에 필요한 충분한 기본자료를 수집하고, ③전국적으로 개발이 완료된 대단위 기존 간척지구, 간척개발 예정지구, 현재 시행중에 있는 간척사업지구에서 광범위하게 토양시료를 채취해서 토양분석용 시료를 조제하여, ④용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도를 측정하고 입도분석 시험을 통하여 토성을 조사하는 등 간척지 토양의 물리적 특성을 분석하였고, ⑤전기전도도, pH, 주요 양이온함량, 양이온교환용량, 교환성나트륨백분율 등 간척지 토양의 화학적 특성을 분석하였으며, ⑥측정자료를 종합적으로 분석 검토하여 간척지의 토양특성별 분류기준을 정립하였다.

2. 연구수행 방법

(1) 광범위한 국내외의 제염관련 연구자료 및 간척사업 등 기술정보를 수집하여 세부계획을 수립하였다.

- (2) 전국 대단위 기존 간척지 및 간척 예정지구를 중심으로 대표적인 토양시료를 채취하여 풍건시킨 후 토성분석용 시료를 조제하였다.
- (3) 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도를 측정하고 입도분석시험을 통하여 토성을 조사하는 등 간척지 토양의 물리적 특성을 분석하였다.
- (4) 전기전도도, pH, 주요 양이온함량, 양이온교환용량, 교환성나트륨백분율 등 간척지 토양의 화학적 특성을 분석하였다.
- (5) 간척지 토양의 물리·화학적 특성을 종합적으로 분석 검토하여 정리하였다.
- (6) 종합분석 검토한 자료에 의거하여 제염에 영향을 미치는 간척지의 토양특성을 규명하고, 토양특성별 분류기준을 정립하였다.

제2절 간척 및 제염관련자료의 수집

1. 염해토양의 분류 및 특성

U. S. Salinity Laboratory에서 제시한 방법을 기준으로하여 염해토양을 분류하고 그의 일반적인 특성을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 염해토양의 분류

간척지 개발초기의 토양은 일반적으로 가용성염류와 교환성나트륨이 과다하게 함유되어 있기 때문에 염분농도가 대단히 높다. 토양내의 가용성염류는 토양용액의 삼투압을 증가시키는 주된 원인이 되는 한편, 교환성나트륨은 토양의 알칼리성을 증가시키는 주된 원인이 되어 작물생육에 큰 저해요인이 된다. 또한, 교환성나트륨은 토양입자의 분산과 팽윤현상에 밀접한 관계가 있어 토양의 투수성에 지대한 영향을 끼치고 있으므로 간척지토양의 염분용탈을 매우 어렵게 한다. 토양이 가용성염류 또는 교환성나트륨을 과다하게 함유하고 있어 이것이 토양의 생산성을 감소시키는 주된 원인이 되는 경우, 이러한 토양을 염해토양(salt-affected soil)으로 정의하고 있다.

작물의 생육장애를 일으키는 염분농도는 작물의 내염성에 따라 다르지만, U. S. Salinity Laboratory에서는 25°C 포화추출액의 전기전도도 4dS/m, 교환성나트륨백분율 15%, 포화토양의 pH 8.5를 기준으로 하여, 이들 중 한가지 이상이 기준값을 넘어 토양의 생산성을 감소시키는 주된 원인이 되는 경우의 토양을 염해토양으로 정의하고 있다.

염해토양은 [표 2.1]에서 보는 바와 같이 가용성염류만을 과다하게 함유하고 있는 염류토양(saline soil), 가용성염류와 교환성나트륨을 동시에 과다하게 함유하고 있는 염류알칼리토양(saline-alkali soil, saline-sodic soil), 교환성나트륨만을 과다하게 함유하고 있는 비염류알칼리토양(nonsaline-alkali soil, nonsaline-sodic soil)으로 분류된다. 염해토양은 지역에 따라서 기상학적요소,

지형학적요소, 토양구조, 생성인자 등이 다르므로 어떤 면에서는 근본적인 차이가 있겠지만, U. S. Salinity Laboratory의 분류방법에 의하면 우리나라의 개발초기 간척지 토양은 염류알칼리토양에 속하며 대체적으로 유사한 성질을 지니고 있다.

[표 2.1] 염해토양의 분류

| 지 표 염해토양 | 포화추출액의 전기전도도 ECe (dS/m) | 교환성나트륨백분율 ESP (%) | 포화토양의 pH |
|-------------|----------------------------|----------------------|-------------------|
| 염류 토 양 | 4 이상 | 15 이하 | 8.5 이하 |
| 염류알칼리토양 | 4 이상 | 15 이상 | 보통 8.5 정도 또는 그 이하 |
| 비염류알칼리토양 | 4 이하 | 15 이상 | 보통 8.5~10 정도 |

① 염류토양

대부분의 작물생육을 저해시킬 정도로 가용성염류를 과다하게 함유하고 있는 비알칼리토양으로, 포화추출액의 전기전도도(ECe)가 25°C에서 4dS/m 이상이며, 교환성나트륨백분율(ESP)이 15% 이하이고, 포화토양의 pH는 보통 8.5 이하이다.

② 염류알칼리토양

대부분의 작물생육을 저해시킬 정도로 가용성염류와 교환성나트륨을 동시에 과다하게 함유하고 있는 토양으로, 포화추출액의 전기전도도(ECe)가 25°C에서 4dS/m 이상이며, 교환성나트륨백분율(ESP)도 15% 이상이고, 포화토양의 pH는 보통 8.5 정도 또는 그 이하이다.

③ 비염류알칼리토양

대부분의 작물생육을 저해시킬 정도로 교환성나트륨을 과다하게 함유하고 있으나, 가용성염류는 작물생육에 영향을 미칠 정도로 과다하게 함유되어 있지 않은 토양으로, 포화추출액의 전기전도도(ECe)가 25°C에서 4dS/m 이하이며, 교환성나트륨백분율(ESP)은 15% 이상이고, 포화토양의 pH는 8.5 이상으로 보통 8.5~10 사이의 범위내에 있다.

(2) 염해토양의 특성

염해토양의 공통적인 특성으로는 염류토양이나 알칼리토양내에 함유되어 있는 전해질이 염해토양의 형성과정을 지배하고 그 형태를 결정하며, 전해질농도는 다른 일반적인 토양의 전해질농도보다 높으며, 이러한 높은 전해질농도가 토양의 생산성에 해로운 영향을 미친다는 점 등을 들 수 있다. 염류토양은 주로 건조지대 및 준건조지대에 잘 나타나며 토양표면에 흰 염류가 생기는

경우가 많고, 알칼리토양이 유기물을 함유하고 있을 때는 유기물이 분산되어 토양입자내에 분포됨으로서 토양표면의 색깔을 어둡고 검게 만드는 경우가 많다. 일반적으로 염류토양, 염류알칼리토양, 비염류알칼리토양이 갖는 서로 다른 특성을 살펴보면 대체적으로 다음과 같다.

① 염류토양

- 가용성염류가 과다하게 함유되어 있으므로 토양용액의 삼투압이 상당히 높으며 이것이 작물생육에 아주 해로운 영향을 끼치는 원인이 된다.
- 가용성염류는 과다하게 함유되어 있는 한편 교환성나트륨의 함유량은 그리 많지 않기 때문에 토양입자가 응집되기 쉽고 알칼리토양에 비하여 투수성이 높은 편이다.
- 가용성염류 이외에도 CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 등과 같은 용해성이 낮은 염류를 함유하고 있는 경우가 있다.
- Na^+ 은 가용성 양이온의 절반 이상을 차지하는 경우가 드물기 때문에 토성에 큰 영향을 미칠 정도로 흡착되지는 않으며, Ca^{++} , Mg^{++} 이 상당히 함유되어 있고, K^+ 은 보통 미량이지만 때로는 주된 양이온이 되기도 한다.
- 주된 음이온은 Cl^- , SO_4^{--} 등이고 경우에 따라서는 NO_3^- 이 함유되어 있기도 하며 HCO_3^- 도 소량 함유되어 있는 경우가 있다.
- 나트륨염의 함량이 많은 경우에는 pH값이 상당히 높은 알칼리성 반응을 나타내지만, CaSO_4 , CaCl_2 등의 양이 상대적으로 많이 함유되어 있을 때는 pH값이 중성 이하로 되기도 한다.
- 배수가 양호한 경우에는 용탈방법으로 비교적 쉽게 과잉 가용성염류를 제거하여 정상적인 토양으로 개량할 수 있다.

② 염류알칼리토양

- 가용성염류가 과다하게 함유되어 있을 때는 토양의 성질이 염류토양과 비슷해서 pH값이 보통 8.5 이하이며 토양입자는 응집된 채로 남아 있는 경우가 많다.
- 토양용액의 염분농도가 낮아지면 얼마간의 교환성나트륨이 가수분해되어 NaOH 을 형성하고 대기중에서 흡수한 CO_2 와 반응하여 Na_2CO_3 로 변한다.
- 용탈에 의해서 과잉 가용성염류의 함량을 감소시키면 교환성나트륨의 가수분해율이 증가되어 토양이 pH 8.5 이상의 강한 알칼리성으로 되고 토양입자가 분산되어 투수성이 낮아지는 경우가 생긴다.
- 석고와 같은 칼슘성분을 함유하고 있는 염류알칼리토양을 용탈시키면 칼슘이 용해되는 동시에 과잉 가용성염류가 감소되며 교환성나트륨을 칼슘으로 치환할 수 있게 된다.

- 석고와 같은 칼슘성분을 함유하고 있지 않은 염류알칼리토양의 경우에 과잉 가용성염류가 용탈에 의해서 제거되면 비염류알칼리토양의 성질과 비슷해진다.
- 궁극적으로 과도하게 함유되어 있는 가용성염류와 교환성나트륨을 근역으로부터 제거하여 양호한 토양조건을 만들어야만 염류알칼리토양의 문제를 해결할 수 있다.
- 염류알칼리토양을 개량하기 위해서는 석고 등과 같은 토양개량제를 토양에 공급함과 아울러 용탈방법을 병행하는 것이 바람직하다.

③ 비염류알칼리토양

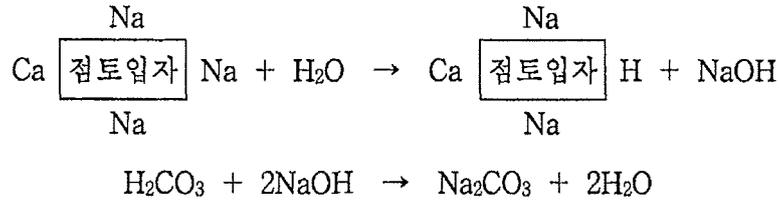
- 부분적으로 나트륨으로 포화된 점토가 분산되어 하층토에 집적되면 원주상 또는 각주상 구조를 갖는 투수성이 낮은 토층이 생기게 된다.
- 과잉 교환성나트륨의 함량이 증가함에 따라 토양은 더욱더 분산되기 쉬운 경향이 있고 때로는 pH값이 10 정도까지 증가하게 된다.
- 과도하게 함유되어 있는 교환성나트륨이 토양의 물리적·화학적 성질에 현저한 영향을 미치게 되어 토양의 성질은 이러한 교환성나트륨에 의해서 지배되는 바 이것이 비염류알칼리토양의 전형적인 특성이다.
- 비염류알칼리토양에 함유되어 있는 주된 양이온은 Na^+ 이며 Ca^{++} 과 Mg^{++} 등이 소량 함유되어 있고 K^+ 을 함유하고 있는 경우도 있다.
- 주된 음이온은 Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- 이며 대체적으로 CO_3^{--} 이 함유되어 있다.
- 석고나 다른 가용성칼슘화합물을 함유하고 있지 않은 염류알칼리토양을 용탈시키는 경우 비염류알칼리토양으로 변하는 수가 있다.
- 비염류알칼리토양을 개량하기 위해서는 석고 등과 같은 토양개량제를 공급함과 동시에 심경 및 용탈방법을 병행하는 것이 바람직하다.

[표 2.2] 염해토양의 특성

| 특 성 | 염 해 토 양 | 염류알칼리토양 | 비염류알칼리토양 |
|-------------|---------------|------------------------------------|----------------|
| 토성을 지배하는 인자 | 가용성염류 | 가용성염류 및 교환성나트륨 | 교환성나트륨 |
| 토양입자에 대한 효과 | 응집현상 | 응집 : 가용성염류 과다함유 분산 : 과잉가용성염류 제거 | 분산현상 |
| 토양의 투수성 | 알칼리토양에 비하여 높음 | 용탈시킴에 따라 낮아짐 | 염류토양에 비하여 낮음 |
| 작물생육저해의 주원인 | 토양용액의 높은 삼투압 | 높은 삼투압 및 알칼리성 | 토양용액의 알칼리성 |
| 토양개량방법 | 용탈방법 | 토양개량제시용 및 용탈방법 | 토양개량제시용 및 용탈방법 |

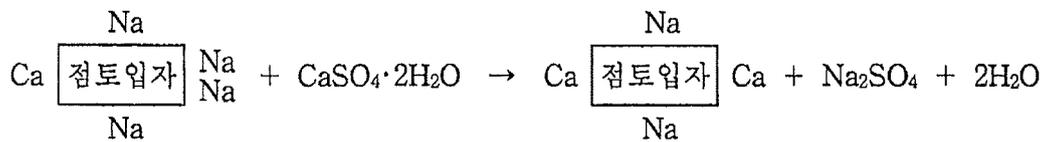
2. 염해토양의 염분용탈과정

(1) 가수분해에 의한 염분용탈



Na이온과 Ca이온을 함유하고 있는 점토입자가 가수분해되면 Na이온이 H이온으로 치환되고 물분자와 결합해서 NaOH를 형성한다. 토양공기중에 함유되어 있는 CO₂는 토양수분에 녹아서 H₂CO₃를 형성하게 되는데 이는 NaOH와 쉽게 반응하여 Na₂CO₃를 생성시킨다. 용탈에 의해서 Na₂CO₃를 제거시키면 토양입자는 Na이온 대신에 H이온을 갖게 되어 H이온이 증가되므로 pH값이 낮아진다.

(2) 석고 시용에 의한 염분용탈



염해토양에 석고(CaSO₄·2H₂O)를 시용하면 점토입자에 흡착되어 있는 Na이온이 석고의 Ca이온으로 치환되어 Na₂SO₄를 형성하게 되는데 이 Na₂SO₄는 용탈에 의해서 제거할 수 있다. 따라서 석고를 시용하여 용탈시키므로써 토양입자는 Na이온 대신에 Ca이온을 갖게 되어 토양 구조를 발달시켜서 투수성을 양호하게 할 수 있으며 토양의 알칼리성도 낮출 수 있다.

3. 염해토양의 조사 및 개량방법

염해토양이 염류토양, 염류알칼리토양, 비염류알칼리토양 중 어느 토양의 특성을 가지고 있는가를 알아보기 위하여 측정하고 조사해야 할 사항과 그 방법, 염해토양의 일반적인 개량방법 및 염해토양에 예상되는 문제점과 이러한 문제점을 해결하기 위한 대책을 간략하게 기술하면 다음과 같다.

(1) 측정 · 조사사항 및 방법

토층별로 토양시료를 채취하여 완전히 풍건시킨 후 2mm 체를 통과할 수 있도록 분쇄한 다음 균일하게 섞어서 공시토양으로 사용하여 다음 사항을 측정 또는 조사한다.

① 토성 (Soil Texture)

비중계 및 체분석방법에 의한 입도분석을 통하여 토양의 점토(clay), 실트(silt), 모래(sand)의 성분비에 따른 토성을 조사한다. 점토의 분산율은 염분농도에 따라 민감하게 변화하고, 점토분산에 의한 토양공극의 폐쇄현상은 투수성을 감소시키는 주된 원인이 되므로 토성은 제염효과에 큰 영향을 미치게 된다.

② 수리전도도 (HC : Hydraulic Conductivity)

염해토양의 투수성은 보통 Darcy법칙의 투수계수로 표시되는 수리전도도로서 나타내고 있으며, 실내실험을 통하여 수리전도도를 산정하기 위해서는 일정한 수위를 유지할 수 있도록 Mariotte flask를 설치한 침출실험장치를 이용하여 침출경과시간과 침출량을 측정한후 다음과 같이 유도되는 식을 적용한다.

$$\text{Darcy 법칙} \quad v = kI = k \frac{H}{L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{연속방정식} \quad \frac{Q}{t} = vA \dots\dots\dots (2)$$

(1)식을 (2)식에 대입한 다음 k 에 관하여 정리하면 다음과 같다.

$$k[HC] = \frac{QL}{AHt}$$

윗식에서 k : Darcy법칙의 투수계수 즉 수리전도도 [H/L] (cm/hr)

v : 토양내의 침출유속 (cm/hr)

I : 동수경사(H/L)

Q : 침출액의 부피 (cm^3)

L : 침출되는 토양의 깊이 (cm)

A : 토양의 단면적 즉 실린더의 단면적 (cm^2)

H : 수두차 (cm)

t : 침출시간 (hr)

③ 전기전도도 (EC : Electrical Conductivity)

염해토양의 염류함량을 측정하여 염분농도를 나타내는 데는 전기전도도가 가장 보편적으로 사용되며, 일반적으로 전위차측정법에 의하여 포화추출액의 전기전도도(EC_e)로 표시한다. 충분한

포화추출액을 얻기 위해서는 진공이나 압력을 이용한 흡입여과기를 사용해야 하는 불편이 있으며 시간과 노력이 많이 든다. 흡입여과기를 사용하지 않고 반복처리 등 신속한 결과를 얻기 위해서는 토양과 물의 중량비가 1:1, 1:2, 1:5인 현탁액으로부터 쉽게 얻을 수 있는 추출액의 전기전도도를 측정하고 포화추출액의 전기전도도와 비교·분석하여 사용하기도 한다.

④ 토양반응 (pH)

토양의 반응을 나타내는 일반적인 방법으로 pH를 사용하여, 포화토양반응의 pH값을 기준으로 하여 염해토양을 분류하고 있지만, 편의상 토양과 물의 중량비가 1:1, 1:2, 1:5 인 현탁액으로부터 쉽게 얻을 수 있는 추출액의 pH값을 비교검토하여 사용하는 경우가 많다. pH값에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 토양특성에는 교환성양이온과 가용성염류의 성분 및 농도, 치환복합체의 성질, 석고 또는 알칼리족 탄산염의 존재여부 등이 포함된다.

⑤ 교환성양이온 (Exchangeable Cation)

염해토양에 함유되어 있는 주된 양이온은 Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} 등으로 암모늄아세테이트용액에 의하여 추출한 추출성양이온으로부터 포화추출액의 가용성양이온을 빼어서 교환성양이온을 산정한다.

| |
|--|
| $\text{교환성양이온} = \frac{\text{암모늄아세테이트용액 추출성양이온}}{\text{포화추출액 가용성양이온}}$ |
|--|

⑥ 교환성나트륨백분율 (ESP : Exchangeable Sodium Percentage)

염해토양의 알칼리성을 지배하는 주된 양이온인 교환성나트륨의 상대적인 양을 나타내는 데는 보통 교환성나트륨백분율로 표시하는데, 이것은 토양에 함유되어 있는 교환성나트륨양을 양이온 교환에 의하여 흡착할 수 있는 총양이온의 양 즉 토양이 보유할 수 있는 교환성양이온의 총량인 양이온교환용량(CEC)으로 나누어 100배한 것이다. 때로는 나트륨흡착율(SAR)을 구한 다음 교환성 나트륨백분율로 환산하여 사용하는 경우도 있다.

⑦ 기 타

용적밀도와 입자밀도를 측정하여 공극율을 산정하고, 포화토양의 수분함유율인 포화백분율을 산정함과 아울러 유기물 등을 측정하여 두면 포화토양의 특성 및 제염효과를 분석함에 있어 보조자료로서 유용하게 사용될 수 있다.

(2) 염해토양의 개량을 위한 기초처리과정

① 토성 (Soil Texture)

입도분석에 의하여 공시토양의 토성을 분석하고 점토함유량을 비교검토하여 염해토양의 특성 및 제염효과를 분석하는 기준을 세우는데 기초자료로 활용한다.

② 수리전도도(HC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)

토양의 투수성과 교환성나트륨백분율이 염해토양의 특성에 미치는 영향과 이에 따른 처리방법을 고찰하기 위하여, 우선 수리전도도를 산정하고 경우에 따라 추출성나트륨함량, 교환성나트륨함량, 양이온교환용량 등을 측정하여 교환성나트륨백분율을 산정한다.

- 수리전도도가 높은 경우 : 대부분의 토양에서 수리전도도가 높으면 교환성나트륨백분율이 많지 않으며 투수성에는 문제가 없는 것으로 알려져 있지만, 사질이나 이탄토 등과 같은 조립질토양은 수리전도도가 높을 때도 교환성나트륨을 많이 함유하고 있는 경우가 있으므로 이점에 유의해야 한다.
- 수리전도도가 낮은 경우 : 수리전도도가 낮은 토양의 경우는 암모니움아세테이트용액에 의하여 추출한 추출성나트륨함량을 측정하고, 추출성나트륨함량이 많으면 교환성나트륨함량 및 양이온교환용량을 측정하여 교환성나트륨백분율을 산정한다.
 - 추출성나트륨함량이 적거나 또는 추출성나트륨함량이 많더라도 교환성나트륨함량이 적으면 알칼리성으로 인한 문제는 없다. 이 경우 수리전도도가 낮은 것은 토성에 근본적으로 나쁜 영향을 미치는 물리적조건, 점토분산현상 및 낮은 유기물함량 등에 의한 결과라고 볼 수 있다. 이러한 토양에서는 입도분석 및 유기물함량을 측정하여 유용한 자료를 얻을 수 있다.
 - 추출성나트륨함량과 교환성나트륨함량이 많으며 대체적으로 교환성나트륨백분율이 15% 이상으로 되어 알칼리성에 의한 나쁜 영향을 받는 경우에는 토양내에 함유되어 있는 석고 등과 같은 칼슘성분물질의 기존량을 측정한다. 만약 칼슘성분물질이 많이 함유되어 있으면 토양개량제를 첨가하지 않고 제염을 실시하며, 칼슘성분물질이 함유되어 있지 않거나 적게 함유되어 있으면, 토양개량제를 공급한 후 제염을 실시한다. 또한 사용할 토양개량제의 종류를 결정하기 위하여 알칼리족 탄산염의 존재여부를 확인한다.

③ 포화추출액의 전기전도도(ECe)

포화토양반죽으로부터 포화추출액을 채취하여 전기전도도를 측정한다. 전기전도도가 낮으면 과도한 가용성염류에 의한 문제점은 없다고 볼 수 있으나, 토양에 해로운 영향을 미치는 이온이

존재하고 있는지를 검토해볼 필요성이 있다. 전기전도도가 4dS/m 이상이 되면 가용성염류가 과다하게 함유되어 있어 토양에 나쁜 영향을 미친다고 판단할 수 있으며, 이 경우에는 용탈방법에 의하여 과다한 가용성염류를 감소시킬 수 있다.

④ pH

용탈방법으로 염해토양을 개량하는 과정에서 가용성염류의 함량이 감소되면 교환성나트륨의 가수분해율이 증가되어 알칼리성이 강해지기 때문에 pH값이 증가하는 경우가 생기는데, 석고 등과 같은 토양개량제를 시용함으로써 교환성나트륨을 감소시키고 토양구조를 발달시켜 투수성을 양호하게 할 수 있으며, 알칼리성을 낮출 수 있고 pH값을 저하시킬 수 있다. 따라서 이점을 고려하여 pH값이 염해토양기준치 이상으로 되지 않도록 처리해야 한다.

⑤ 물관리방법

토양내의 염분을 용탈시켜서 염해토양을 개량하는 대표적인 물관리방법으로는 침출법과 수세법을 들 수 있다. 침출법은 토양공극내로 물을 침출시켜 주로 확산과 침투수에 의하여 염분을 용탈시키는 제염방법을 말하고, 수세법은 심경과 아울러 썩레질 등으로 토양과 물을 완전히 뒤섞어 환수시킴으로서 주로 희석작용에 의하여 염분을 용탈시키는 제염방법을 의미한다.

본래 투수성이 양호한 토양이나 또는 불투수성 토양이라 할지라도 적절한 토양개량제를 시용함으로써 어느 정도까지 투수성을 높일 수 있는 토양에서는 침출법이 효과적일 수 있으나 극히 많은 점토함량 또는 다른 특성에 의하여 토양개량제를 공급하여도 침출이 전혀 불가능하거나 투수성이 매우 불량한 경우 특별한 배수시설이 없으면 침출법에 의한 제염효과를 기대하기는 어렵다. 따라서 이러한 경우에는 경제성을 감안하여 특별한 배수시설이 없어도 제염작업이 가능한 수세법을 사용하거나 또는 침출법과 수세법을 병용하여 염해토양을 개량하는 방법을 비교검토하여 효율적인 방법을 선택하는 것이 바람직하다.

4. 염분 및 교환성나트륨이 토양의 투수성에 미치는 영향

염분농도 및 교환성나트륨백분율(ESP)이 토양구조에 미치는 역효과를 분석하기 위한 여러가지 방법이 있지만, 관개배수의 관점에서 보면 토양수의 이동에 대한 염분농도 및 교환성나트륨함량의 영향을 고찰하는 것이 가장 직접적인 방법이라고 볼 수 있다.

염분농도 및 교환성나트륨함량이 토양의 투수성에 미치는 영향을 분석하기 위한 적절한 자료를 포장시험에서 얻을 수 있으며 또한 투수성을 측정하기 위한 몇가지 방법이 개발되었으나 이러한 시험에서는 아주 중요한 변수인 물성분이 거의 고려될 수 없다. 따라서 토양의 투수성에 대한

염분농도와 교환성나트륨백분율의 영향을 고찰하기 위한 정확한 자료는 보통 실내시험으로부터 구하고 있다. 일반적으로 실내시험에서는 분쇄된 토양시료를 사용하며 그 결과를 직접 포장에 적용할 수는 없다. 실내시험에서 구한 수리전도도의 값으로부터 포장의 실제 수리전도도를 정확하게 산정할 수는 없다고 할지라도, 실험실에서 토양의 화학적 조건을 변화시키면서 얻은 투수성의 상대적인 값을 비슷한 조건하의 포장에서의 대상운동으로 기술해야 한다.

대부분의 경우 염분농도의 변화에 따른 수리전도도의 변화는 포장에서보다 실험실에서 더욱더 크게 나타나므로 실험실에서 구한 값을 현장에서 적용할 때는 안전율을 고려하는 것이 좋다. 경우에 따라서 이러한 안전율은 부분적으로 경운작업중 토양입자의 분산이 높아지는 추세와 상쇄될 수 있다.

(1) 실내시험

전술한 바와 같이 토양의 투수성에 대한 염분농도 및 교환성나트륨함량의 영향을 분석하기 위해서는 보통 실내에서 상대수리전도도를 측정한다. 토양의 습윤과정에서 토양표면의 수화작용과 토양구조의 파괴로 인하여 생기는 투수성의 감소는 이미 초기 수리전도도에 포함되어 나타나므로 토양의 분산효과는 별개로 취급할 수 있다. 실내시험은 일반적으로 토양을 건조시켜 분쇄한 다음 표준체를 통과시켜서 일정한 형태로 만든 토양시료를 사용하여 수행되며, 또한 토양시료를 보통 CO₂로 처리하거나 수분을 흡수시키는 등 기타 다른 방법으로 시간에 따른 수리전도도의 변화에 대한 토양내의 공기와 미생물의 활동이 미치는 영향을 대부분 없애도록 한다.

(2) 염분농도의 변화에 따른 투수성변화의 예측

염분농도가 다른 여러가지 토양상태에서 수리전도도의 변화를 예측하기 위한 연구는 대체적으로 다음과 같은 두가지 방향에서 수행되어 왔다. 하나는 화학적 조건이 다른 토양에서 수리전도도의 변화를 예측하기 위하여 하전광물(荷電鑛物)표면에 생기는 확산2중층의 이론을 적용하거나 또는 미분방정식을 이용하여 점토입자 주위의 확산2중층을 기술하고 이러한 방정식을 적용하여 여러가지 토양의 화학적 조건에 따른 점토입자의 팽윤현상을 예측하는 방법이다. 또 하나는 점토입자의 팽윤과 다공성 물질을 통한 점성유동에 관한 방정식을 결부시켜 토양의 팽윤에 따라 수리전도도가 감소하는 경향을 분석하는 방법인데 이 방법이 현재까지는 알칼리성토양에서 수리전도도의 감소 경향을 추정할 수 있는 적절한 이론적인 처리방법이라고 알려져 있다.

(3) 토양의 투수성에 영향을 미치는 염분농도의 조절

과다한 가용성염류와 교환성나트륨을 함유하고 있는 염류알칼리성토양을 개량하기 위해서는 우선 토양표면에 적당한 토양개량제를 공급한 다음 제염작업을 실시하는 것이 보통이다. 여러가지

토양개량제중 보편적으로 널리 사용되는 것은 석고로서 이는 충분한 가용성칼슘을 함유하고 있어 가용성염류를 용탈 시키거나 나트륨을 칼슘으로 교환시키는 동안에 토양의 투수성이 현저하게 감소하는 것을 방지하여 주는 역할을 한다. 그러나 염류알칼리성토양이 팽윤성 점토질을 많이 함유하고 있을 경우에는 토양개량제를 공급하여도 제염과정중 실제로 투수성이 크게 감소하는 경향이 있다.

5. 제염이론식

염해토양에 물을 공급하여 염분을 용탈시킴으로써 염해토양을 개량하는 경우, 제염과정을 이론적으로 분석하거나 예측하기 위하여 이용되는 기본적인 제염이론식은 다음과 같다.

(1) 물수지식 및 염분수지식

물수지식(water balance equation)은 관개토양의 근역내에서 다음 식과 같이 표시할 수 있다.

$$I + P + G = E + R + \Delta W$$

- 윗식에서 I : 관개용수량
- P : 유효우량
- G : 지하수의 모세관상승량
- E : 증발산량
- R : 침투수량
- ΔW : 저류수량의 변화량

만약 장기간일 경우에는 저류수량의 변화량 ΔW 는 무시할 수 있으므로 물수지식을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$I + P = E + R - G$$

염분수지란 관개용수와 더불어 관개토양 내로 공급되는 염분량과 배출수에 의해서 관개토양 밖으로 제거되는 염분량과의 관계라고 정의되며, 관개용수나 배출수 이외의 다른 원인에 의하여 이동되는 염분량 및 토양내의 염분변화량을 고려하여 염분수지식(salt balance equation)을 나타내면 일반적으로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$I \cdot C_i + P \cdot C_p + G \cdot C_g + S_m + S_f = R \cdot C_r + S_b + S_c + \Delta S_s + \Delta X_c$$

윗식에서 C_i, C_p, C_g, C_r : I, P, G, R 의 염분농도

S_m : 풍화토양에 의하여 토양용액으로 공급되는 염분량

S_f : 비료, 토양개량제 등에 의하여 토양용액으로 공급되는 염분량

S_b : 토양용액에서 침전되어 내려가는 염분량

S_c : 작물에 의하여 토양으로부터 제거되는 염분량

ΔS_s : 토양내 가용성염류의 변화에 의한 염분변화량

ΔX_c : 토양내 교환성양이온의 변화에 의한 염분변화량

토양내 염분변화량(ΔZ)을 $\Delta Z = S_b + S_c - S_m - S_f + \Delta S_s + \Delta X_c$ 라 하고, 강우에 의하여 공급되는 염분량($P \cdot C_p$)을 무시하면 염분수지식은 다음과 같이 간단하게 표시된다.

$$I \cdot C_i + G \cdot C_g = R \cdot C_r + \Delta Z$$

(2) 용탈효율계수

용탈효율계수(coefficient of leaching efficiency)는 일반적으로 한 토층에서 배출되는 침출수의 염분농도와 그 토층 토양용액(포장용수량상태)의 염분농도와의 비율을 말하며, 토성과 토양구조 및 근역의 깊이 등에 따라 달라진다. 일반적으로 용탈효율계수는 토성에 따라 다음과 같은 값이 사용되고 있다.

[표 2.3] 토성별 용탈효율계수

| 토 성 | 용탈효율계수 (f) |
|---------------------|------------|
| 미사질양토 · 사질양토 | 0.5 ~ 0.6 |
| 미사질점양토 · 사질점양토 · 양토 | 0.4 ~ 0.5 |
| 점 토 | 0.2 ~ 0.3 |

근역 아래로 배출되는 침출수의 염분농도는 관개수가 토층을 통과하는 방법에 따라 각각 다른 이론적 모델(van der Molen, 1973)에 의해서 다음과 같이 3가지 식으로 가정할 수 있다.

| |
|---|
| $C_r = C_{fc}$ (1) |
| $C_r = f \cdot C_{fc}$ (2) |
| $C_r = f \cdot C_{fc} + (1-f)C_i$ (3) |

윗식에서 C_r, C_i : 침출수 및 관개용수의 염분농도

C_{fc} : 포장용수량상태에서 토양용액의 염분농도

f : 용탈효율계수 ($0 < f < 1$)

위의 (1)식은 관개용수가 근역내의 토양용액과 완전히 혼합되어 배출된다고 가정하는 경우인데 실제로 존재하기는 어렵다. (2)식과 (3)식은 관개용수의 일부는 근역내의 토양용액과 혼합되어 배출되고 일부는 토양용액과 혼합되지 않고 직접 배출된다고 가정하는 경우로서, (2)식은 관개용수의 염분농도를 무시할 수 있을 때의 식이고 (3)식은 관개용수의 염분농도를 고려해야 할 때의 식이다.

(3) 용탈용수량

용탈용수량(leaching requirement)은 토양의 염분농도를 어느 일정한 값 이하로 유지하고 작물의 수확량감소를 방지하기 위해서 근역을 통해 침출시켜야 하는 최소용수량으로 정의된다. 물수지식과 염분수지식을 근거로 하여 유도된 대표적인 용탈용수량산정식을 살펴보면 다음과 같다.

장기간인 경우에는 염분수지식 $I \cdot C_i + G \cdot C_g = R \cdot C_r + \Delta Z$ 에서 $C_g = C_r$ 의 평형상태에 있다고 가정할 수 있으므로, 염분수지식은 다음과 같이 표시할 수 있다.

| |
|--|
| $I \cdot C_i = (R - G) \cdot C_r + \Delta Z$ |
|--|

장기간인 경우의 물수지식 $I + P = E + R - G$ 와 위의 염분수지식 $I \cdot C_i = (R - G) \cdot C_r + \Delta Z$ 에서 순침투수량 ($R - G$)를 R^* 로 표시하면 다음과 같이 된다.

| |
|--|
| $I + P = E + R^*$ |
| $I \cdot C_i = R^* \cdot C_r + \Delta Z$ |

또한 근역내에서 장기간 염분집적현상이 일어나지 않는 경우에 토양내의 염분변화량 ΔZ 를 무시하면 위의 두식으로부터 순침투수량에 대한 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$R^* = (E - P) \frac{C_i}{C_r - C_i}$$

Boumans(1963)와 van der Molen(1973)은 윗식에 각각 $C_r = f \cdot C_{fc}$, $C_r = f \cdot C_{fc} + (1-f)C_i$ 을 대입하여 다음과 같은 염분평형방정식(salt equilibrium equation)을 유도하였는데, 여기서 R^* 을 용탈용수량이라고 한다.

$$R^* = (E - P) \frac{C_i}{f \cdot C_{fc} - C_i} \quad (\text{J.H. Boumans})$$

$$R^* = (E - P) \frac{C_i}{f(C_{fc} - C_i)} \quad (\text{W.H. van der Molen})$$

윗식은 염분농도의 단위를 meq/l로 표시한 것이며, 이를 전기전도도의 단위인 dS/m로 표시하면 다음과 같다.

$$R^* = (E - P) \frac{EC_i}{2f \cdot EC_e - EC_i} \quad (\text{J.H. Boumans})$$

$$R^* = (E - P) \frac{EC_i}{f(2EC_e - EC_i)} \quad (\text{W.H. van der Molen})$$

윗식에서 EC_e : 포화추출액의 전기전도도
 EC_i : 관개용수의 전기전도도

(4) 관개용수량

염해토양에 있어서 관개용수량(irrigation requirement)은 작물의 생육을 위한 소비수량과 토양의 염분농도를 어느 일정한 값 이하로 유지하도록 공급해야 하는 제염을 위한 용탈용수량의 합으로 정의된다.

물수지식 $I + P = E + R^*$ 에 (3)에서 기술한 염분평형방정식의 용탈용수량 R^* 을 대입하여 관개용수량 I 에 관해 정리하면 다음과 같은 관개용수량산정식이 유도된다.

$$I = (E - P) \left(1 + \frac{EC_i}{2f \cdot EC_e - EC_i} \right) \quad (\text{J.H. Boumans})$$

$$I = (E - P) \left\{ 1 + \frac{EC_i}{f(2EC_e - EC_i)} \right\} \quad (\text{W.H. van der Molen})$$

기타 U.S. Salinity Laboratory(1954), Ayers & Westcot(1976), Reeve 등(1955), Doering & Reeve (1965), Beyce & Elkiran(1972), Jury 등(1979), Dahiya 등(1982), Hoffman & Meyer(1982) 등에 의하여 토성이 다른 염해토양에서 여러가지 관개방법별로 제염시험이 수행되었으며, 이러한 제염 시험을 통하여 염분용탈에 필요한 제염용수량을 산출하기 위한 많은 실험식이 발표되었다.

일반적으로 고염도 간척지토양의 제염용수량은 토성, 염해토양의 종류, 물관리방법, 관개용수의 염분농도, 기타 기상상태나 지하수위 등의 지역적 특성에 따라 상당히 다르게 산출된다. 그러므로 이러한 점을 고려해서 간척지토양의 관개용수량을 결정해야 한다.

(5) 염분저류방정식

W.H. van der Molen 은 $C_r = f \cdot C_{fc} + (1-f)C_i$ 과 $I \cdot C_i = R^* \cdot C_r + \Delta Z$ 의 두 식으로부터 근역내의 염분변화량 ΔZ 를 다음과 같이 표시하였다.

$$\Delta Z = I \cdot C_i - (1-f) \cdot R^* \cdot C_i - f \cdot R^* \cdot C_{fc}$$

여기에서 포장용수량상태의 근역내 토양수분의 염분농도 C_{fc} 와 이러한 상태에서 일정기간중 염분변화량 ΔZ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$C_{fc} = \frac{Z}{W_{fc}}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1$$

윗식에서 Z : 근역내의 염분량

W_{fc} : 포장용수량상태의 토양수분함량

Z_1 : 근역내의 초기염분량

Z_2 : 일정기간이 경과한 후 근역내의 염분량

윗식에서와 같이 ΔZ 를 Z_1 에서 Z_2 로 변하는 것으로 보면 일정기간 포장용수량상태의 근역에서 토양수분의 평균염분농도 $\overline{C_{fc}}$ 는 다음과 같다.

$$\overline{C}_{fc} = \frac{Z_1 + Z_2}{2W_{fc}} = \frac{Z_1}{W_{fc}} + \frac{\Delta Z}{2W_{fc}}$$

짧은 기간중 관개용수의 염분농도는 일정하다고 볼 수 있지만, 일반적으로 토양수분의 염분 농도는 일정하다고 볼 수 없다. 그러므로 염분변화량식 $\Delta Z = I \cdot C_i - (1-f) \cdot R^* \cdot C_i - f \cdot R^* \cdot C_{fc}$ 의 C_{fc} 대신 \overline{C}_{fc} 를 적용하여 다음과 같은 염분저류방정식(salt storage equation)을 유도할 수 있다.

$$\Delta Z = \frac{I \cdot C_i - (1-f) \cdot R^* \cdot C_i - \frac{f \cdot R^* \cdot Z_1}{W_{fc}}}{1 + \frac{f \cdot R^*}{2W_{fc}}}$$

윗식에서 관개용수의 염분농도 C_i 를 관개용수의 전기전도도 EC_i 로 표시하면 다음과 같다.

$$\Delta Z = \frac{I \cdot EC_i - (1-f) \cdot R^* \cdot EC_i - \frac{f \cdot R^* \cdot Z_1}{W_{fc}}}{1 + \frac{f \cdot R^*}{2W_{fc}}}$$

또한 윗식에서 $K = I \cdot EC_i - (1-f) \cdot R^* \cdot EC_i$, $L = \frac{f \cdot R^*}{W_{fc}}$, $M = 1 + 0.5 \cdot L$ 이라고 하면 염분저류방정식은 다음과 같이 간단하게 표시된다.

$$\Delta Z = \frac{K - L \cdot Z_1}{M}$$

J.H. Boumans 는 $C_r = f \cdot C_{fc}$ 와 $I \cdot C_i = R^* \cdot C_r + \Delta Z$ 의 두 식으로부터 근역내의 월별 염분 변화량 ΔZ 를 다음과 같이 표시하였다.

$$\Delta Z = Z_x - Z_{x-1} = I \cdot C_i - f \cdot R^* \cdot C_{fc}$$

윗식에서 관개용수의 염분농도 C_i 및 포장용수량상태에서 토양수분의 염분농도 C_{fc} 를 각각의 전기전도도 EC_i 및 EC_{fc} 로 표시하고, 월별 염분저류량 Z_x 에 관하여 정리하면 다음과 같다.

$$Z_x = Z_{x-1} + I \cdot EC_i - f \cdot R^* \cdot EC_{fc}$$

또한 윗식에서 포장용수량상태 토양수분의 염분농도 또는 전기전도도는 대략 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{fc} = EC_{fc} = \frac{Z_x}{T \cdot M_{fc}}$$

윗식에서 T : 근역의 토양깊이

M_{fc} : 포장용수량상태의 토양수분함량비율

< 참 고 > $EC_{fc} \approx 2EC_e$

6. 제염용수량 산정식

제염용수량 산정식으로는 W. H. van der Molen 및 J. H. Boumans의 제염이론식을 적용하여 구한 제염용수량 추정식 및 R. C. Reeve(1955), E. J. Doering & R. C. Reeve(1965), O. Beyce(1972), G. J. Hoffman(1982), W. A. Jury(1979), I. S. Dahiya(1982) 등의 포장시험 결과를 분석하여 도출한 실험식 등을 들 수 있다.

7. 석고소요량 방정식

염류알칼리토양에서 과잉 교환성나트륨을 제거하여 일정한 허용치 이하로 감소시키는데 필요한 석고($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)의 사용량을 산출하기 위한 공식으로 다음과 같은 FAO의 O. Beyce(1973)에 의해 제안된 석고소요량 방정식이 있다.

$$GR = (860 \times 10^{-6}) \cdot \rho_b \cdot D_s \cdot A \cdot \left(\frac{ESP_i - ESP_f}{100} \right) \cdot CEC$$

윗식에서 GR : 석고소요량 (tf)

ρ_b : 토양의 용적밀도

D_s : 제염을 위한 토양깊이 (m)

A : 제염대상 토양의 면적 (m^2)

ESP_i : 제염전 초기 교환성나트륨백분율 (%)

ESP_f : 제염후 제염목표 교환성나트륨백분율 (%)

CEC : 토양의 양이온교환용량 (cmol/kg)

제3절 공시토양의 선정 및 토양시료 채취

1. 공시토양의 채취 대상지역 선정을 위한 현지답사

간척사업, 간척지 제염 등 본 연구와 관련된 기본자료를 수집하고 공시토양 채취 대상지역을 선정하기 위하여, 농업기반공사 본사 및 농어촌연구원, 전북지사, 새만금사업단, 시화사업단, 화옹지구, 석문 및 이원지구 공감소, 고흥 간척사업지구 공감소, 대호지구 도비도 사업소, 영산강 3-1 공구 공감소, 새만금사업단 각 공구 공감소 등 관련기관을 방문하였고, 전국적으로 서남해안 간척지구 토양시료 채취 대상지역에 대한 현지답사를 실시하였다. 또한 제염에 관련된 국내외의 각종 논문 및 보고서 등 문헌자료를 수집하였다.

서남해안 간척가능면적 388천 ha 중 2001년 현재 우리나라 간척사업 추진현황을 살펴보면, 간척사업을 추진하기 위한 총 매립대상면적은 231천 ha (249지구)이며, 이 중에서 2000년도말까지 186개지구 110천 ha를 매립하여 76천 ha의 간척지를 조성하였고, 2001년 현재 18개 지구에서 88천 ha를 매립하여 60천 ha의 간척지를 조성중에 있으며, 앞으로도 45개 지구를 대상으로 33천 ha를 매립하여 21천 ha의 간척지를 조성할 계획이다. (표 2.4 참조)

[표 2.4] 간척사업 추진현황

(단위 : ha)

| 구 분 | | 총대상면적 | | |
|-------------------|------|-------|---------|---------|
| 시행여부 | 시행방법 | 지구수 | 매립면적 | 간척지 |
| 준 공 (2000년까지) | 정부시행 | 184 | 60,376 | 35,581 |
| | 민간시행 | 2 | 49,920 | 40,189 |
| | 소 계 | 186지구 | 110,296 | 75,770 |
| 시행중 (2001년 현재) | 정부시행 | 18 | 88,137 | 60,021 |
| | 민간시행 | - | - | - |
| | 소 계 | 18지구 | 88,137 | 60,021 |
| 개발예정 | 정부시행 | 45 | 32,820 | 21,074 |
| | 민간시행 | - | - | - |
| | 소 계 | 45지구 | 32,820 | 21,074 |
| 총 계 | | 249지구 | 231,253 | 156,865 |

2. 토양시료 채취 및 토양분석을 위한 시료 조제

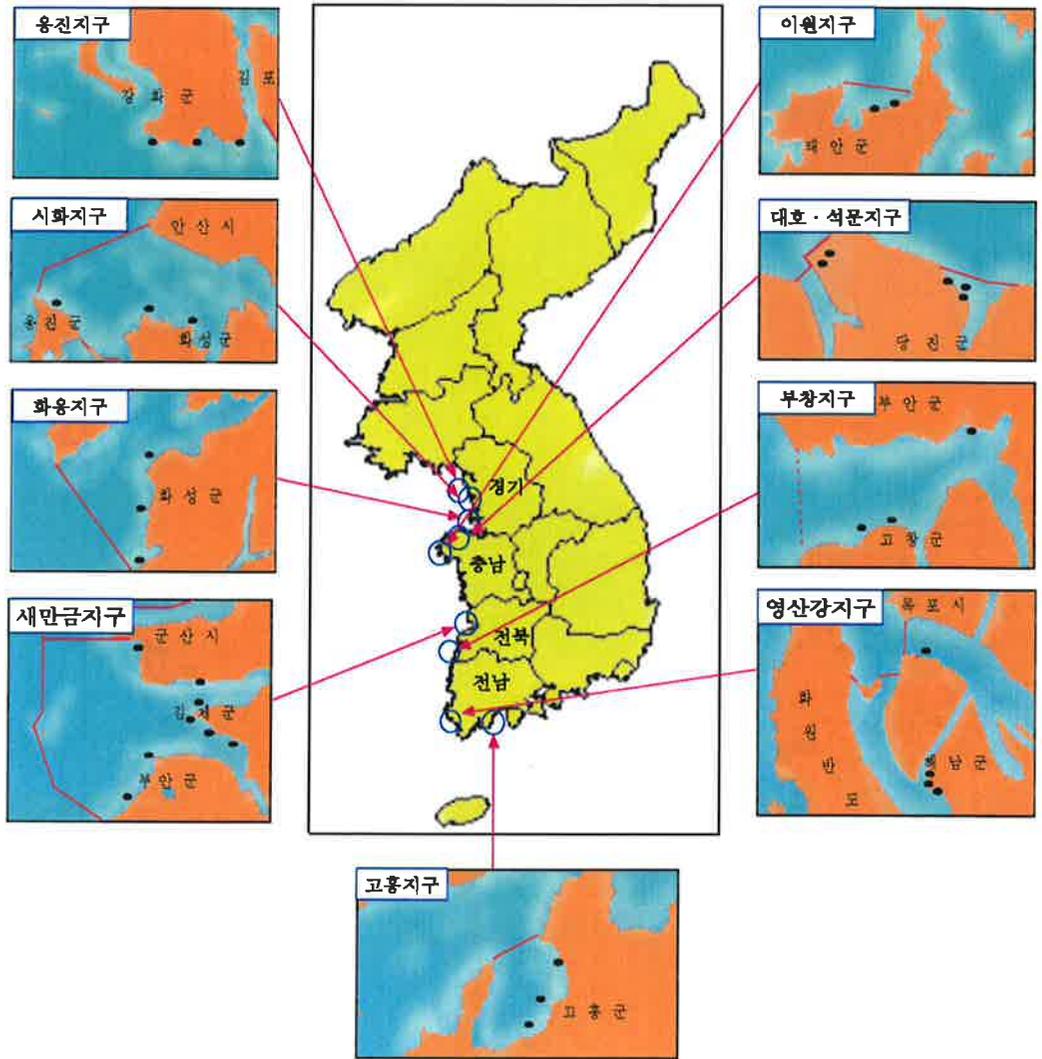
(1) 토양시료 채취

우리나라 서남해안 간척지의 토양특성을 규명하기 위한 공시토양으로 사용하기 위하여 전국의 180개 기존 간척지구, 19개 시행중 간척사업지구, 53개 간척사업 예정지구 등 총 252개 간척사업 지구중 간척개발여건 및 지역적 특성 등을 고려하여, 1997년 1월부터 3월사이에 [표 2.5]에서 보는 바와 같이 서남해안 4개도에 걸쳐 그 대표성이 있다고 판단되는 11개지구에서 심도별로 2~5점씩 총 306점의 토양시료를 채취하였다.

[표 2.5] 간척지 토양특성 분석을 위한 토양시료 채취 현황

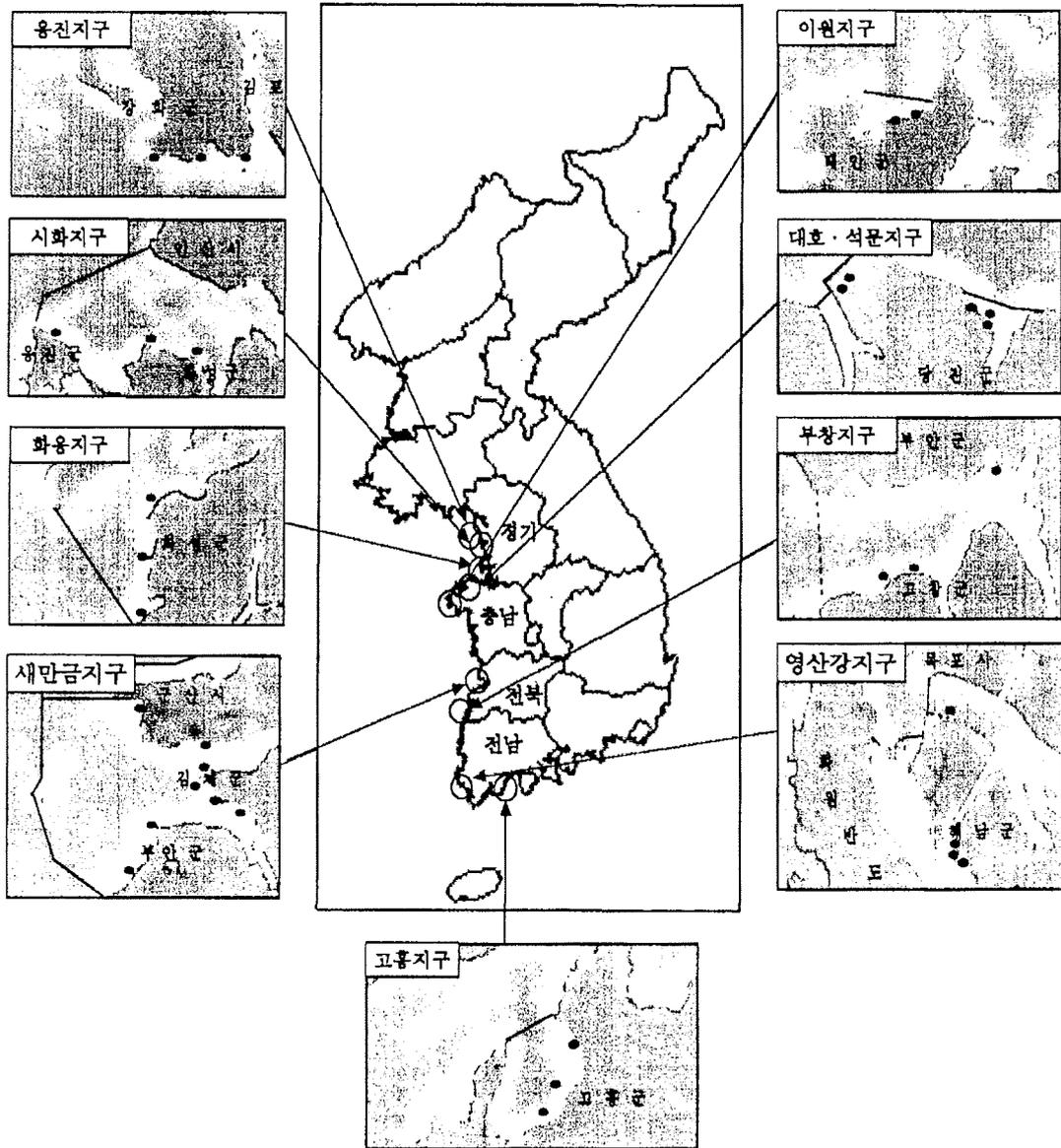
| 구 분 | 위 치 | 지구명 | 심도별(cm) 토양시료수 | | | | | 소계 |
|-------|-----|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|-----|
| | | | 0~20 | 20~40 | 40~60 | 60~80 | 80~100 | |
| 간척예정지 | 경기 | 용진 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| | 전북 | 부창 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| | 소계 | 2지구 | 18 | 18 | 6 | 6 | 6 | 54 |
| 시행중지구 | 경기 | 시화 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| | 경기 | 화용 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| | 충남 | 석문 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| | 충남 | 이원 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| | 전북 | 새만금 | 24 | 24 | 8 | 8 | 8 | 72 |
| | 전남 | 영산강3-2 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| | 전남 | 고흥 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| 소계 | 7지구 | 75 | 75 | 25 | 25 | 25 | 225 | |
| 준공지구 | 충남 | 대호 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| | 전남 | 영산강3-1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| | 소계 | 2지구 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 27 |
| 합 계 | | 11지구 | 102 | 102 | 34 | 34 | 34 | 306 |

토양시료 채취지점이 위치하고 있는 간척사업지구의 전국 분포도는 [그림 2.1]과 같고 각 지구별로 도시하면 [그림 2.2]~[그림 2.10]에서 보는 바와 같다.



[그림 2.1] 토양시료 채취 간척사업지구 분포도

토양시료 채취지점이 위치하고 있는 간척사업지구의 전국 분포도는 [그림 2.1]과 같고 각 지구별로 도시하면 [그림 2.2]~[그림 2.10]에서 보는 바와 같다.



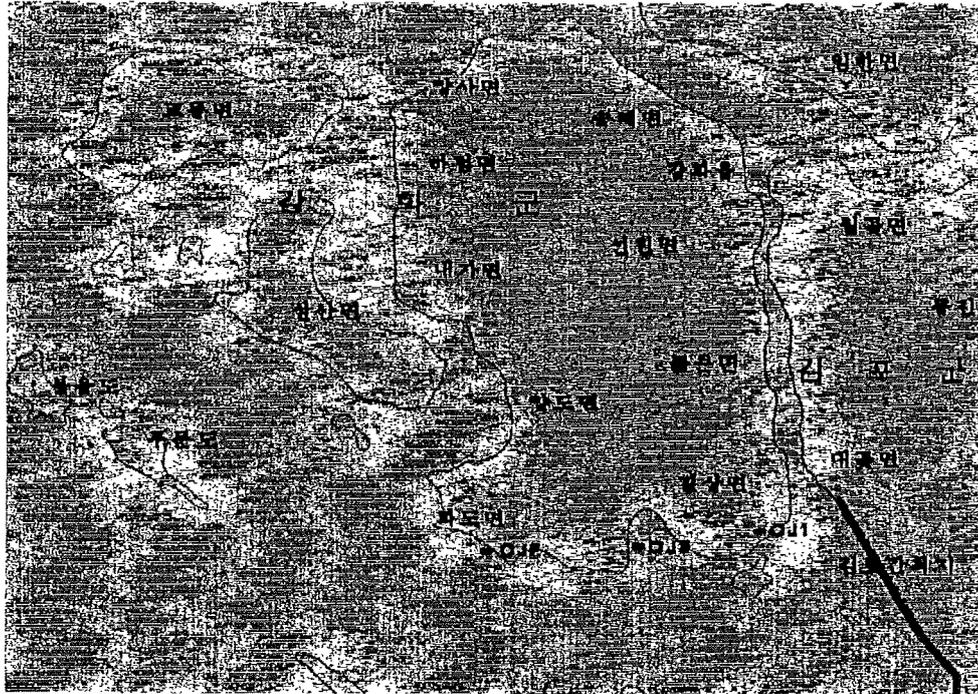
[그림 2.1] 토양시료 채취 간척사업지구 분포도



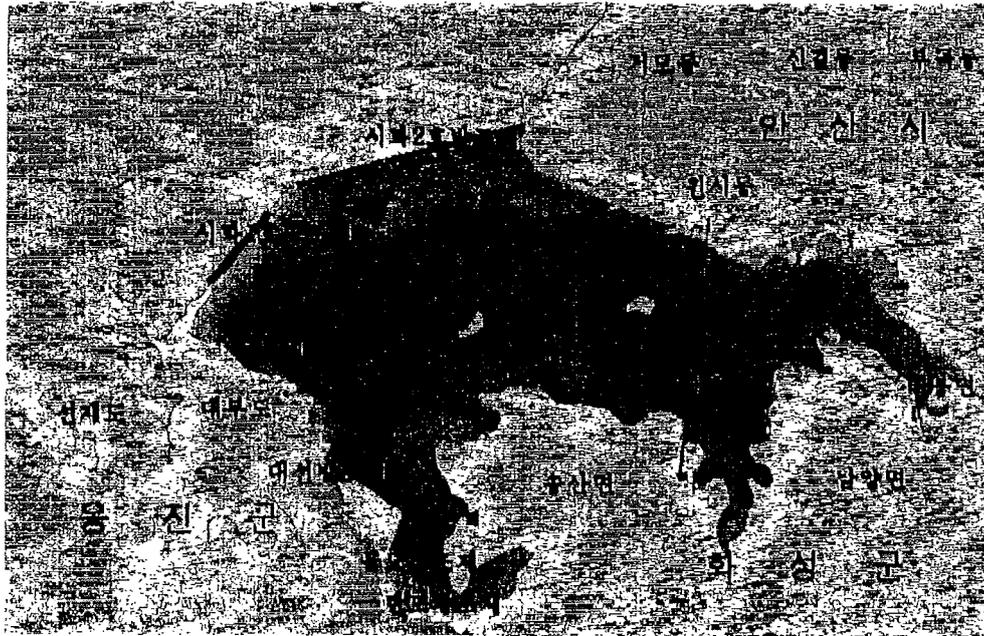
[그림 2.2] 토양시료 채취지점 위치도 (웅진지구)



[그림 2.3] 토양시료 채취지점 위치도 (시화지구)



[그림 2.2] 토양시료 채취지점 위치도 (웅진지구)



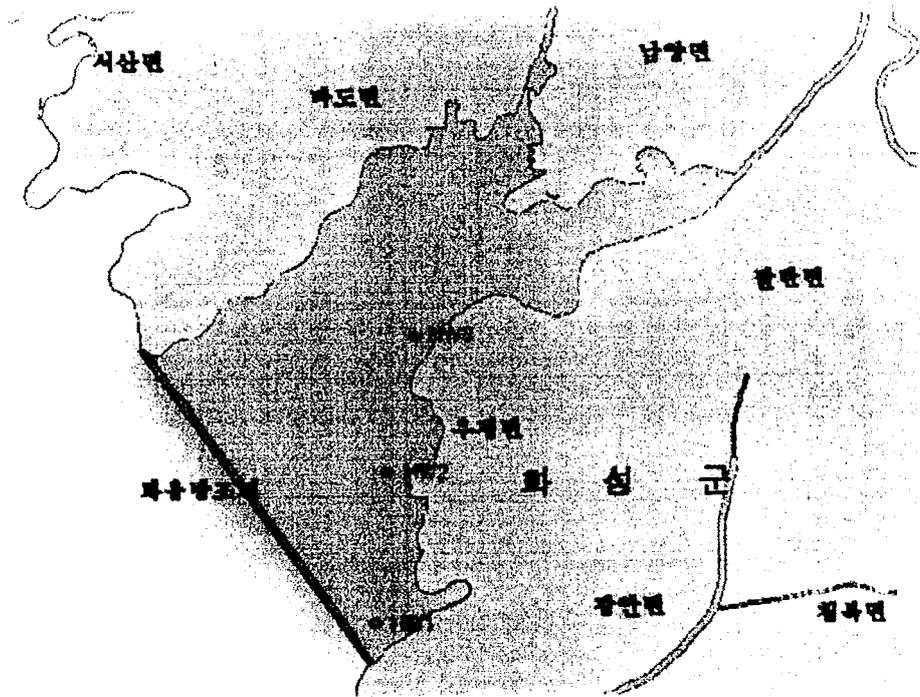
[그림 2.3] 토양시료 채취지점 위치도 (시화지구)



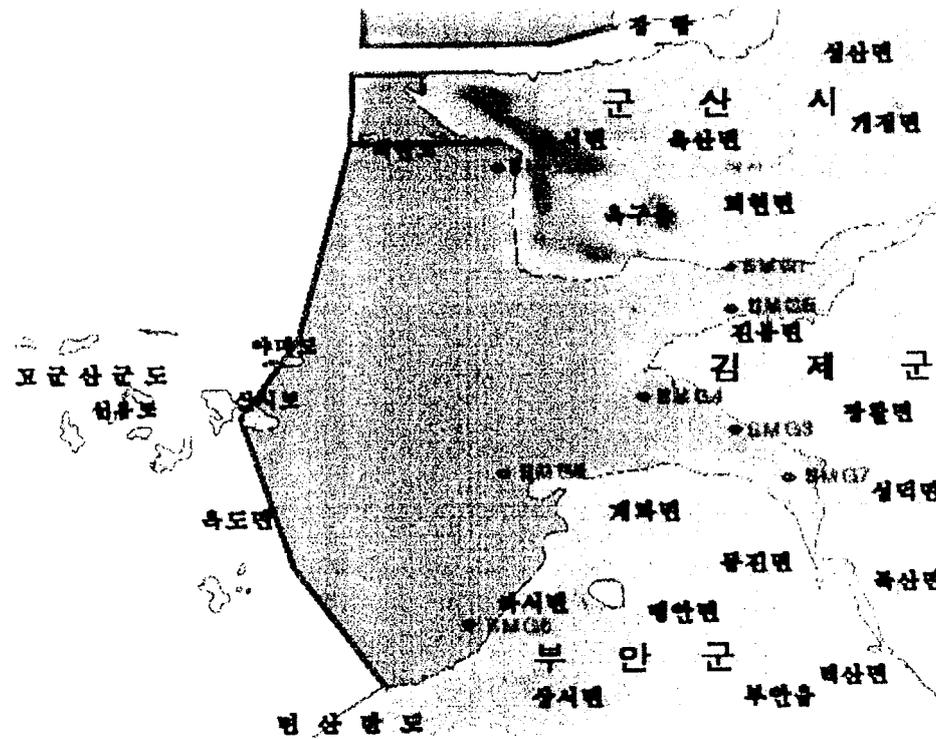
[그림 2.4] 토양시료 채취지점 위치도 (화성지구)



[그림 2.5] 토양시료 채취지점 위치도 (새만금지구)



[그림 2.4] 토양시료 채취지점 위치도 (화흥지구)



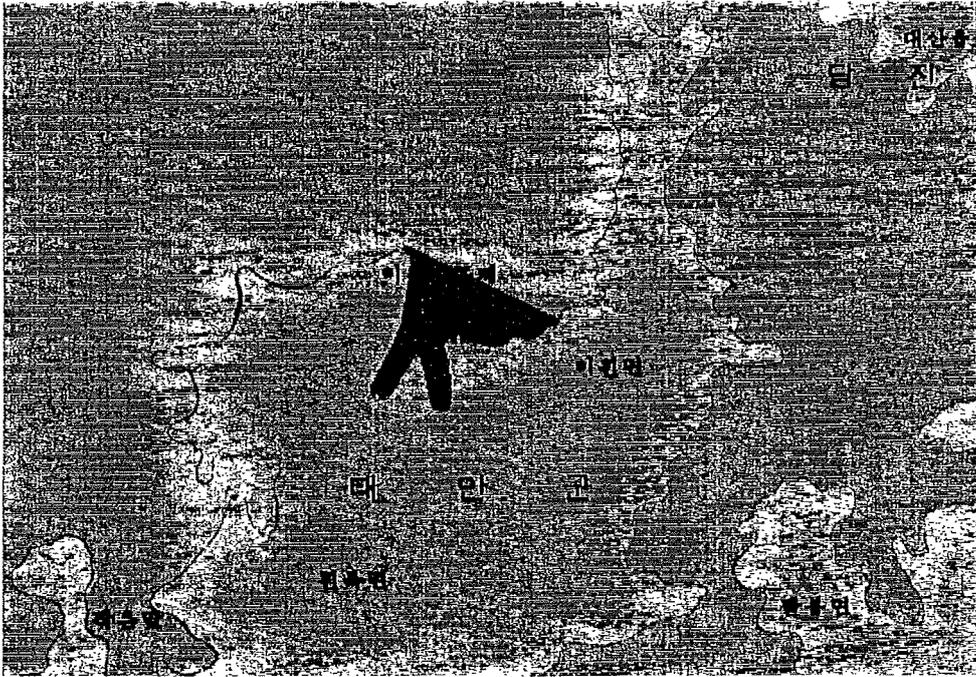
[그림 2.5] 토양시료 채취지점 위치도 (새만금지구)



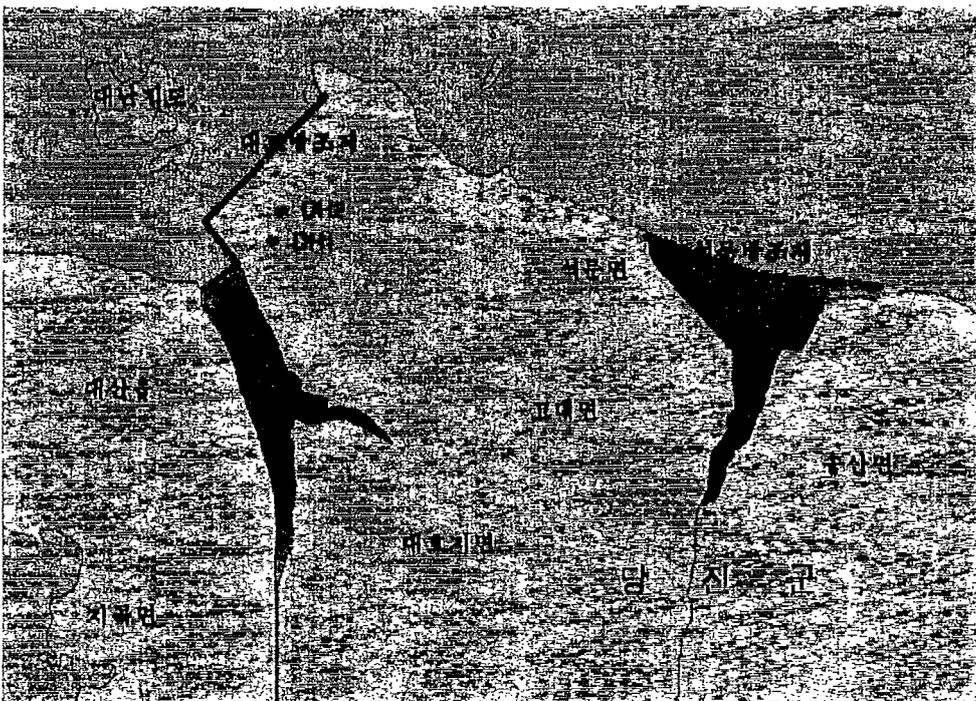
[그림 2.6] 토양시료 채취지점 위치도 (이원지구)



[그림 2.7] 토양시료 채취지점 위치도 (대호 및 석문지구)



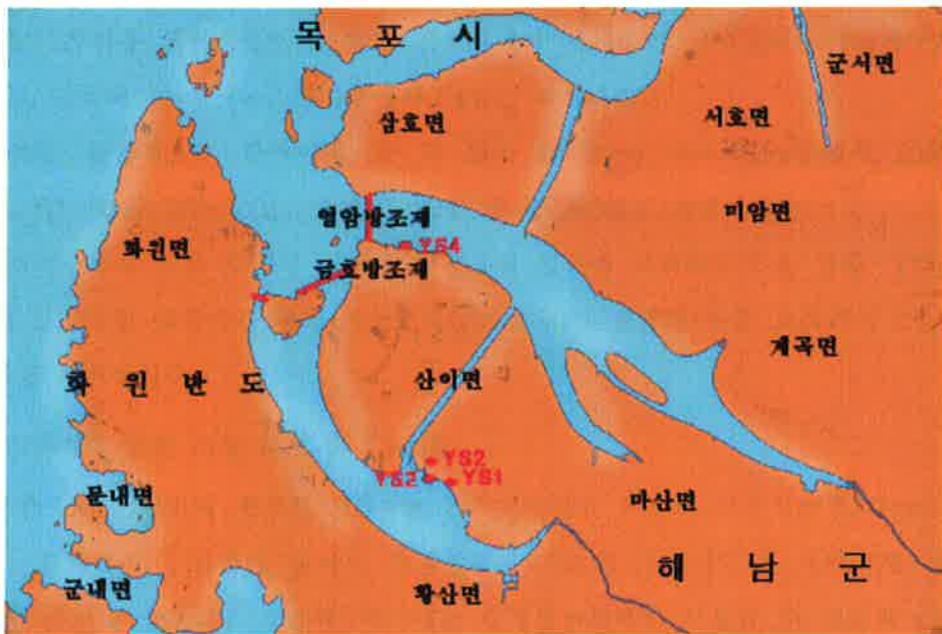
[그림 2.6] 토양시료 채취지점 위치도 (이원지구)



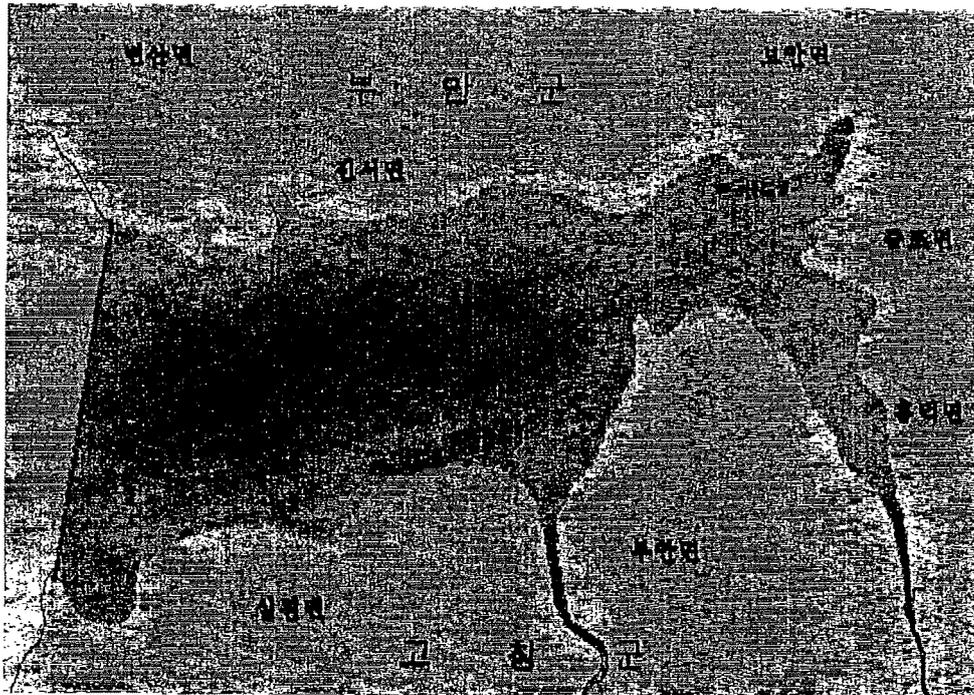
[그림 2.7] 토양시료 채취지점 위치도 (대호 및 석문지구)



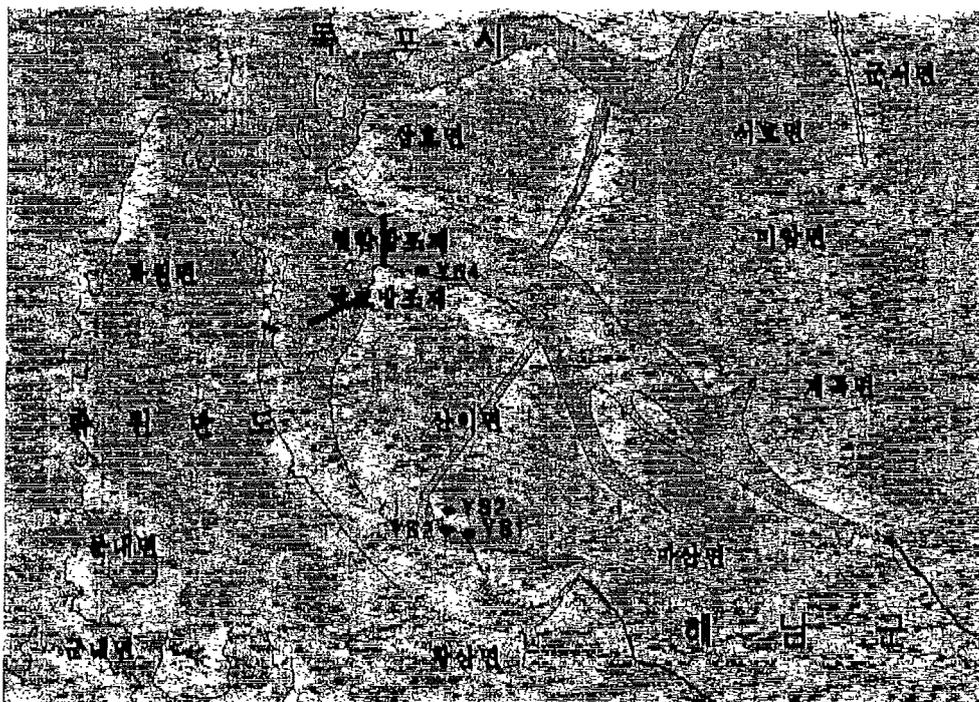
[그림 2.8] 토양시료 채취지점 위치도 (부창지구)



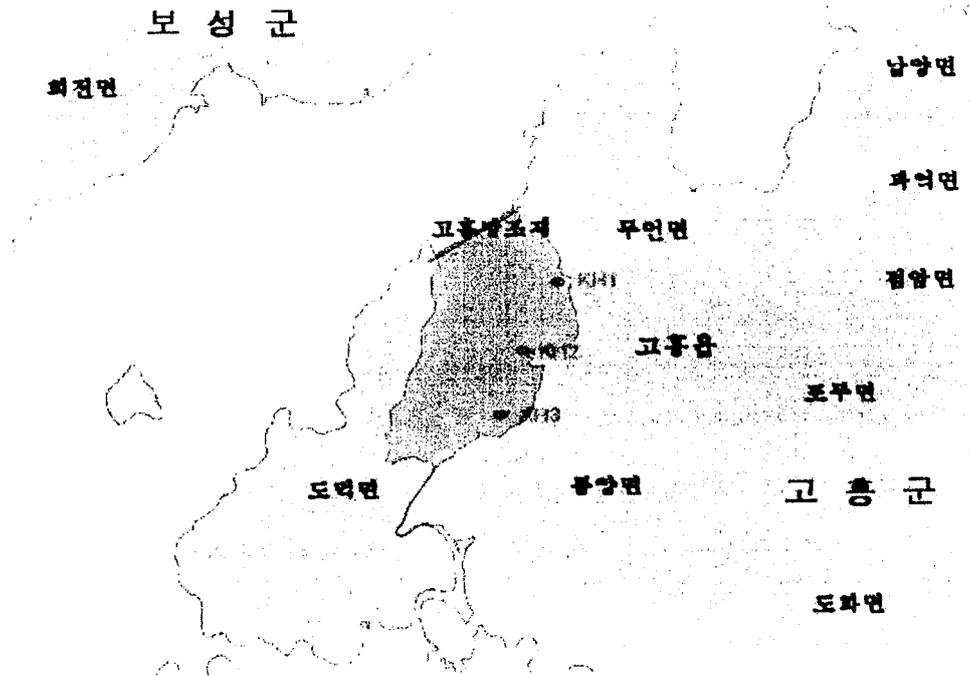
[그림 2.9] 토양시료 채취지점 위치도 (영산강지구)



[그림 2.8] 토양시료 채취지점 위치도 (부창지구)



[그림 2.9] 토양시료 채취지점 위치도 (영산강지구)



[그림 2.10] 토양시료 채취지점 위치도 (고흥지구)

간척여건이 서로 다른 간척지구별로 살펴보면, 이미 간척사업이 완료되어 영농중인 간척지에서는 2개지구에서 27점을 채취하였으며, 현재 간척사업이 시행중인 지역에서는 7개지구에서 225점을 채취하였고, 간척예정지에서는 2개지구에서 54점을 채취하였다.

심도별로는 일반적으로 근역이라 할 수 있는 0~20cm, 20~40cm층에서 204점, 그 이하 40~60cm, 60~80cm, 80~100cm 층에서 102점 등 총 306점을 채취하였다.

1개 간척지구에서 보통 2~3개 지점을 선정하여 시료를 채취하였으나, 전북 새만금지구에서는 향후 실제 포장실험 예정지인 점과 조성면적(40,100ha)이 방대함 등을 고려해서 8개 지점을 선정하여 시료를 채취하였다.

(2) 토양분석을 위한 시료 조제 및 Code화

공시토양으로 선정하여 채취한 306점의 간척지토양을 완전히 풍건시킨후, 2mm 체를 통과할 수 있도록 분쇄하여 균일하게 섞어서 토양분석용 시료로 사용하였다. 여러가지 물리·화학적 성질을 분석하기에 충분하고 경우에 따라서는 수정보완실험에 사용할 수 있도록 1점당 4~5kg 정도의 토양시료를 준비하였다. 또한 실험자료의 분석이나 DB구축에 편리하게 이용할 수 있도록 모든 토양시료에 간척지구별, 채취지역 및 지점별, 심도별로 Code를 부여하였다. (표 2.6 참조)

[표 2.6] 토양시료의 Code 화 예

| Code | 간척지구 | 간척지구내 채취지역 | 시료채취지역내 채취지점 | 시료채취 심도 (cm) | 비 고 |
|---------|------------|----------------------------|-------------------------------|---|---|
| OJ1A020 | OJ (용진) | OJ1*** OJ2*** OJ3*** | OJ*A*** OJ*B*** OJ*C*** | OJ**020 OJ**040 OJ**060 OJ**080 OJ**100 | ○ [OJ1A020] 시료 • 용진지구 • 제1채취지역 • A채취지점 • 심도 0~20 cm |

제4절 간척지 토양의 이화학적 특성

1. 토양의 분석방법

(1) 토양의 물리적 특성 분석

① 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도

USDA 토양분석법에 의거 Core sample 을 사용하여 용적밀도를 구하고 Pycnometer 를 이용한 직접측정법으로 입자밀도를 구하여 공극율을 산정하였으며 (U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954, p121~122), 포화도는 포화토양반죽의 수분함유율로 표시하였다.

② 입도분석

비중계 및 체분석법에 의해서 입도분석을 실시하고, 미국농무성(USDA)의 입도조성에 의한 삼각분류법에 의거 토성을 분류하였다.

(2) 토양의 화학적 특성 분석

① 염분농도

전기전도도 측정법에 의해 공시토양의 포화추출액으로부터 전기전도도(ECe)를 측정하여 염분 농도로 나타냈으며, 조사지구별 염분농도 및 토양심도별 염분농도의 분포를 조사하였다.

② pH

초자전극법을 사용하여 공시토양의 포화추출액으로부터 pH를 측정하였으며, 조사지구내 pH의 분포를 조사하였다.

③ 주요 양이온함량

EDTA적정법 및 염광분석법으로 공시토양에 함유되어 있는 Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} 등의 주요 양이온함량을 측정하였으며, Ammonium acetate 용액에 의하여 추출한 추출성양이온함량으로부터 포화추출액의 가용성양이온함량을 빼어서 교환성양이온함량을 산정하였다.

④ 양이온교환용량 및 교환성나트륨백분율

AOAC-ASTM방법에 의하여 양이온교환용량(CEC)을 측정하였으며, 교환성나트륨함량을 양이온교환용량(CEC)으로 나누어 간척지 토양의 알칼리성을 지배하는 교환성나트륨백분율(ESP)을 구하였다.

2. 토양의 물리적 특성

(1) 간척지 토양의 물리적 특성 조사 총괄

간척지 토양의 물리적 특성을 규명하기 위한 분석항목은 입도분석, 용적밀도, 입자밀도, 공극률, 포화도, 투수성 등으로 306점의 토양시료를 대상으로 분석하였으며, 그 총괄표는 [부록 I]에 수록하였다.

[부록 I 참조]

(2) 입도분석 결과

조사지역 간척지 토양시료 306점의 입도조성 및 토성을 간척사업 시행시기에 따른 준공지구, 시행중지구, 예정지구별로 정리하면 [표 2.7]에서 보는 바와 같다.

[표 2.7] 조사지구별 입도조성 및 토성

| 구 분 | 간척지구 | 입 도 조 성 (%) | | | 토성 (해당 조사지점수) <>% | | |
|-------------|------------------|-------------|-----------|----------|-------------------|-----------------|---------------|
| | | 모 래 | 실 트 | 점 토 | 미사토 (Si) | 미사질양토 (SiL) | 양 토 (L) |
| 준공지구 | 대 호 | 10.0~33.2 | 61.9~86.2 | 3.6~9.6 | 6 | 12 | - |
| | 영산강 3-1 | 5.2~40.9 | 51.9~89.0 | 4.0~9.8 | 3 | 6 | - |
| | 평 균 | 20.2 | 73.5 | 6.3 | (9) | (18) | - |
| 시행중지구 | 시 화 | 1.0~5.5 | 84.7~92.6 | 5.2~12.9 | 25 | 2 | - |
| | 화 용 | 2.8~20.8 | 68.8~89.1 | 6.0~15.6 | 18 | 9 | - |
| | 석 문 | 5.7~46.7 | 46.5~90.8 | 3.2~7.6 | 10 | 16 | 1 |
| | 이 원 | 35.0~51.3 | 41.5~59.4 | 5.2~8.0 | - | 14 | 4 |
| | 새만금 | 2.8~46.2 | 50.6~90.8 | 3.2~11.0 | 44 | 28 | - |
| | 영산강 3-2 | 25.3~51.8 | 34.8~65.1 | 4.8~19.0 | - | 10 | 17 |
| | 고 흥 | 1.7~51.6 | 40.6~92.9 | 5.4~12.8 | 8 | 14 | 5 |
| | 평 균 | 21.9 | 70.6 | 7.5 | (105) | (93) | (27) |
| 간척예정지 | 웅 진 | 2.0~41.3 | 46.1~88.8 | 8.1~15.2 | 15 | 9 | 3 |
| | 부 창 | 4.2~46.3 | 50.1~89.2 | 3.2~7.8 | 9 | 18 | - |
| | 평 균 | 22.0 | 69.8 | 8.2 | (24) | (27) | (3) |
| 조사지점 합 계 | (306) <100.0> | | | | (138) <45.1> | (138) <45.1> | (30) <9.8> |

준공지구의 입도조성을 살펴보면, 모래, 미사, 점토의 함유율이 각각 5.2~40.9%(평균 20.2%) 51.9~89.0%(평균 73.5%), 3.6~9.8%(평균 6.3%) 범위내에 분포되어 있고, 토성을 살펴 보면 27점의 토양시료중 미사토 9점, 미사질양토 18점으로 나타났다. 시행중지구의 경우는 모래, 미사, 점토의 함유율이 각각 1.0~51.8%(평균 21.9%), 34.8~92.9%(평균 70.6%), 3.2~19.0%(평균 7.5%) 범위내에

분포되어 있고, 토성은 225점의 토양시료중 미사토 105점, 미사질양토 93점, 양토 27점으로 조사되었다. 또한 예정지구의 경우는 모래, 미사, 점토의 함유율이 각각 2.0~46.3%(평균 22.0%), 46.1~89.2%(평균 69.8%), 3.2~15.2%(평균 8.2%) 범위내에 분포되어 있고, 토성은 54점의 토양시료중 미사토 24점, 미사질양토 27점, 양토 3점으로 나타났다. 이 결과로 볼 때 간척사업 시행 시기별 간척지구 토양시료의 모래, 미사, 점토 함유율의 평균값이나 토성의 분포경향은 비슷하다는 것을 알 수 있다.

조사지역 전체의 토성분포는 306개 조사지점중에서 미사토가 138점으로 전체의 약 45%, 미사질양토가 138점으로 전체의 약 45%, 양토가 30점으로 전체의 약 10%를 차지하고 있으며, 토성이 미사토와 미사질양토인 지역을 합하면 전체의 약 90%에 달하였다. 따라서 우리나라 간척지의 토성은 대부분 미사를 다량으로 함유하고 있는 미사토 또는 미사질양토인 것으로 나타났다.

(3) 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도

서남해안 간척지 토양시료 306점을 대상으로 조사한 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도의 측정결과는 [표 2.8]에 표시된 바와 같다.

조사지역 토양의 용적밀도와 입자밀도는 전체적으로 1.20~1.43 및 2.56~2.75 범위내에 분포되어 있고, 간척사업 시행시기에 따른 준공지구, 시행중지구, 예정지구별 용적밀도의 평균값은 각각 1.30, 1.34, 1.32로 전체평균은 1.33이며, 입자밀도의 평균값은 각각 2.62, 2.64, 2.65이고 전체평균은 2.64로 나타났다. 공극율과 포화도는 전체적으로 45.6~54.6% 및 40.0~78.4% 범위내에 분포되어 있고, 준공지구, 시행중지구, 예정지구별 공극율의 평균값은 각각 50.4, 49.3, 50.2%로 전체평균은 49.6%이며, 포화도의 평균값은 각각 54.7, 57.1, 54.0%이고 전체평균은 56.3%로 조사되었다.

간척사업 시행시기별 각 지구 간척지 토양시료의 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도의 분포경향이나 그 평균값은 큰 차이가 없다. 그러나 각 토양시료별로 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도의 값은 상당한 차이가 있으며, 특히 포화도는 매우 큰 차이를 보였다. 이러한 경향은 일부 간척지의 제염실험에서도 구 등(1987, 1989b)에 의해 밝혀진 바 있다. 이와 같은 사실은 주로 토성에 기인하는 것으로물관리방법에 의한 간척지토양의 제염효과 분석이나 제염예측기법 개발 및 제염대책 수립에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

[표 2.8] 조사지구별 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도

| 구 분 | 간척지구 | 용적밀도 | 입자밀도 | 공극율 (%) | 포화도 (%) |
|-------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 준공지구 | 대 호 | 1.20~1.34 | 2.58~2.63 | 49.0~53.5 | 44.2~59.8 |
| | 영산강 3-1 | 1.27~1.40 | 2.60~2.67 | 46.8~51.7 | 54.5~71.8 |
| | 평 균 | 1.30 | 2.62 | 50.4 | 54.7 |
| 시행중지구 | 시 화 | 1.27~1.36 | 2.60~2.72 | 48.5~52.6 | 49.7~68.5 |
| | 화 용 | 1.20~1.32 | 2.61~2.71 | 49.8~53.7 | 56.0~78.2 |
| | 석 문 | 1.22~1.41 | 2.58~2.67 | 46.2~52.4 | 41.1~63.1 |
| | 이 원 | 1.28~1.41 | 2.62~2.69 | 47.3~51.5 | 40.8~43.8 |
| | 새만금 | 1.28~1.42 | 2.57~2.75 | 45.8~52.4 | 40.7~75.5 |
| | 영산강 3-2 | 1.30~1.41 | 2.62~2.68 | 47.2~50.5 | 43.4~75.9 |
| | 고 흥 | 1.29~1.42 | 2.57~2.67 | 45.7~51.3 | 42.0~78.0 |
| | 평 균 | 1.34 | 2.64 | 49.3 | 57.1 |
| 간척예정지 | 용 진 | 1.20~1.38 | 2.56~2.69 | 47.1~54.6 | 49.8~78.4 |
| | 부 창 | 1.26~1.43 | 2.63~2.72 | 45.6~52.9 | 40.0~60.3 |
| | 평 균 | 1.32 | 2.65 | 50.2 | 54.0 |
| 전체 평균 | | 1.33 | 2.64 | 49.6 | 56.3 |

3. 토양의 화학적 특성

(1) 간척지 토양의 화학적 특성 조사 총괄

간척지 토양의 화학적 특성을 규명하기 위한 분석항목은 전기전도도(EC), $Na^+ \cdot K^+ \cdot Ca^{++} \cdot Mg^{++}$ 등의 추출성·가용성·교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC), 교환성나트륨백분율(ESP), pH 등으로 306점의 시료를 대상으로 분석하였으며, 측정 분석결과의 총괄표는 [부록 I]에 수록하였다.

[부록 I 참조]

(2) 염분농도

조사지역 간척지 토양시료 306점의 염분농도(전기전도도로 표시)는 [표 2.9]에서 보는 바와 같이 전체적으로 10.8~56.9dS/m 범위내에 분포되어 있고, 간척사업 시행시기에 따른 준공지구, 시행중지구, 예정지구별 평균값은 각각 31.9, 27.9, 26.5dS/m, 전체평균값은 28.0 dS/m로 조사되었다.

[표 2.9] 조사지구별 염분농도 및 그 분포

| 구 분 | 간척지구 | 전기전도도 (dS/m) | 전기전도도의 분포 (해당 조사지점수) < >% | | | | | 소 계 |
|-------------|---------|-----------------|---------------------------|----------------|---------------|--------------|------------------|------|
| | | | <20 | 20~30 | 30~40 | 40~50 | 50< | |
| 준공지구 | 대 호 | 34.1~56.3 | - | 8 | 5 | 3 | 2 | 18 |
| | 영산강 3-1 | 25.0~30.8 | - | 8 | 1 | - | - | 9 |
| | 평 균 | 31.9 | (-) | (16) | (6) | (3) | (2) | (27) |
| 시행중지구 | 시 화 | 24.3~47.0 | - | 10 | 11 | 6 | - | 27 |
| | 화 용 | 25.7~37.4 | - | 9 | 18 | - | - | 27 |
| | 석 문 | 30.5~56.9 | - | - | 11 | 13 | 3 | 27 |
| | 이 원 | 28.4~35.0 | - | 1 | 17 | - | - | 18 |
| | 새만금 | 20.1~28.0 | - | 72 | - | - | - | 72 |
| | 영산강 3-2 | 10.8~27.3 | 16 | 11 | - | - | - | 27 |
| | 고 흥 | 21.3~31.0 | - | 25 | 2 | - | - | 27 |
| 평 균 | 27.9 | (16) | (128) | (59) | (19) | (3) | (225) | |
| 간척예정지 | 용 진 | 23.6~32.7 | - | 21 | 6 | - | - | 27 |
| | 부 창 | 20.4~28.4 | - | 27 | - | - | - | 27 |
| | 평 균 | 26.5 | (-) | (48) | (6) | (-) | (-) | (54) |
| 조사지점 합 계 | 28.0 | (16) <5.3> | (192) <62.7> | (71) <23.2> | (22) <7.2> | (5) <1.6> | (306) <100.0> | |

① 조사지구별 염분농도의 분포

조사지역 토양 전체에 대하여 염분농도의 분포를 살펴보면, 전체 306점의 토양시료중에서 전기전도도가 20~30dS/m인 토양이 192점으로 전체의 약 63%, 30~40dS/m인 토양이 71점으로 전체의 약 23%를 차지하고 있어 전체의 약 86% 정도가 20~40dS/m 범위내에 있으며, 20 dS/m 이하인 토양은 약 5%, 40 dS/m 이상인 토양은 약 9% 정도로 분포되어 있는 것으로 나타났다.

간척예정지구의 간척지 토양과 시행중인 지구로서 아직 방조제가 완공되지 않아 조수의 출입이 있는 지역의 토양 염분농도는 20~30dS/m 인 경우가 많았지만, 준공된 지구로서 영농을 하고 있지 않은 지역과 시행중인 지구로서 방조제가 축조되어 조수의 출입이 차단되어 있는 지역은 이보다 염분농도가 높은 곳이 많았다. 이것은 이러한 지역에서 아직까지 인위적인 제염작업이 실시되지 않았으며, 자연강우에 의한 제염량보다도 모세관현상에 의한 표토층의 염분집적량이 많기 때문에 비교적 염분농도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 반면에 영산강(3-2)지구의 일부 토양 염분농도가 20dS/m 이하로 낮게 나타난 것은 일시적인 담수에 의하여 시료채취지점의 제염이 상당히 이루어진 것으로 판단된다.

② 토양심도별 염분농도의 분포

간척예정지구의 간척지 토양과 시행중인 지구로서 아직 방조제가 완공되지 않아 조수의 출입이 있는 지역에서는 토양심도별 염분농도의 차이가 별로 나타나지 않았다.

그러나 준공된 지구로서 아직 영농을 하고 있지 않은 지역과 시행중인 지구로서 방조제가 축조되어 조수의 출입이 차단되어 있는 지역에서는 표토층의 염분농도가 심토층의 염분농도에 비하여 상당히 높은 경우가 많았다. 이 경우에도 심토층 사이의 염분농도는 심도별로 큰 차이가 없이 비슷한 값으로 나타났다.

일반적으로 표토층의 염분농도가 심토층의 염분농도에 비하여 높은 것은 모세관현상에 의한 표토층의 염분집적현상에 기인한 것이라고 볼 수 있다.

(3) 조사지역 토양의 pH

조사지역 토양의 pH값은 전체적으로 6.5~7.9 범위내에 분포되어 있고, 간척사업 시행시기에 따른 준공지구, 시행중지구, 예정지구별로는 각각 6.7~7.8, 6.5~7.9, 6.5~7.7 범위내에 분포되어 있으며, 그 평균값은 각각 7.1, 7.2, 7.1, 전체평균값은 7.2로 조사지역별로는 큰 차이가 없었다.

일반적으로 우리나라 간척지토양은 USDA의 염해토양분류법상 염류알칼리토양에 속한다고 볼 수 있다. 이 경우 포화추출액의 pH 값은 보통 8.5 이하 값이라고 알려져 있으며, 본 조사지역의 pH 값도 이 범위내에 있는 것으로 보아 이러한 pH 값은 제염에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

(4) 교환성양이온 함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)

① 조사지구별 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC)

조사대상지역 간척사업지구 공시토양의 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC)은 [표 2.10]에서 보는 바와 같다.

[표 2.10] 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC)

| 구 분 | 간척지구 | 교환성양이온함량 (cmol/kg) | | | | 양이온교환용량 (cmol/kg) |
|-------|---------|--------------------|---------|----------|---------|-------------------|
| | | Ca | Mg | Na | K | |
| 준공지구 | 대 호 | 0.9~3.0 | 1.0~2.9 | 3.1~9.4 | 1.1~1.9 | 9.1~16.7 |
| | 영산강 3-1 | 1.7~3.6 | 2.7~4.2 | 4.8~7.2 | 1.5~2.5 | 12.6~16.9 |
| | 평 균 | 2.0 | 2.6 | 5.9 | 1.7 | 13.4 |
| 시행중지구 | 시 화 | 0.5~2.7 | 1.7~3.8 | 3.9~10.0 | 1.3~2.1 | 11.2~16.2 |
| | 화 용 | 1.0~2.0 | 2.1~3.9 | 3.5~8.3 | 1.4~2.1 | 11.4~17.6 |
| | 석 문 | 1.0~3.7 | 1.2~3.2 | 3.2~9.6 | 0.9~2.3 | 8.1~17.2 |
| | 이 원 | 0.7~3.6 | 1.0~2.3 | 3.3~5.8 | 1.1~1.7 | 8.5~12.6 |
| | 새만금 | 0.7~2.1 | 0.6~3.7 | 2.4~6.4 | 0.8~1.6 | 7.0~14.0 |
| | 영산강 3-2 | 0.6~2.1 | 1.4~3.8 | 2.8~7.5 | 0.9~2.7 | 8.2~16.9 |
| | 고 흥 | 0.8~4.3 | 1.3~4.3 | 3.4~7.8 | 1.2~3.3 | 8.5~18.2 |
| 평 균 | 1.6 | 2.3 | 5.1 | 1.5 | 12.1 | |
| 간척예정지 | 웅 진 | 1.2~2.1 | 1.2~3.7 | 4.0~8.5 | 1.2~2.0 | 10.2~16.5 |
| | 부 창 | 0.8~2.0 | 1.4~3.5 | 2.8~6.5 | 0.8~1.8 | 8.2~15.1 |
| | 평 균 | 1.5 | 2.4 | 5.3 | 1.4 | 11.9 |
| 전체 평균 | | 1.6 | 2.4 | 5.2 | 1.5 | 12.2 |

공시토양에 함유되어 있는 Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ 등 주요 교환성양이온함량의 전체 평균값은 각각 1.6, 2.4, 5.2, 1.5 cmol/kg으로 교환성나트륨함량이 상대적으로 매우 높게 나타났다. 간척사업 시행시기에 따른 간척지구별로 교환성나트륨함량을 살펴 보면, 준공지구, 시행중지구, 예정지구별로 각각 3.1~9.4, 2.4~10.0, 2.8~8.5 cmol/kg 범위내에 분포되어 있으며, 그 평균값은 각각 5.9, 5.1, 5.3 cmol/kg으로 조사되었다.

또한 간척사업 시행시기에 따른 간척지구별 양이온교환용량(CEC)은 준공지구, 시행중지구, 예정지구별로 각각 9.1~16.9, 7.0~18.2, 8.2~16.5 cmol/kg 범위내에 분포되어 있으며, 그 평균값은 각각 13.4, 12.1, 11.9 cmol/kg, 전체평균값은 12.2 cmol/kg으로 나타났다.

② 조사지구별 교환성나트륨백분율(ESP)의 분포

공시토양의 교환성나트륨백분율(ESP)은 [표 2.11]에서 보는 바와 같이 전체적으로 27.7~61.7% 범위내에 분포되어 있고, 간척사업 시행시기에 따른 준공지구, 시행중지구, 예정지구별 평균값은 각각 43.2, 41.8, 43.0%, 전체평균값은 42.2%로 나타났다.

공시토양의 교환성나트륨백분율(ESP) 분포를 살펴보면, 전체 306점의 토양시료중에서 ESP 30~40% 인 토양이 115점으로 약38%를 차지하고 있고, ESP 40~50% 인 토양이 161점으로 53% 정도를 차지하고 있다. 따라서 전체의 약 90% 이상이 ESP 30~50% 범위내에 있으며, 약 9% 정도가 ESP 50% 이상으로 나타났고, 단 1개 지점만이 ESP 30% 이하인 것으로 조사되었다.

한편 염분농도의 분포와 비슷한 경향으로 간척예정지구의 간척지 토양과 시행중인 지구로서 아직 방조제가 완공되지 않아 조수의 출입이 있는 지역의 교환성나트륨백분율은 30~50% 인 경우가 많고, 준공된 지구로서 아직 영농을 하고 있지 않은 지역과 시행중인 지구로서 방조제가 축조되어 조수의 출입이 차단되어 있는 지역은 비교적 높게 나타났으며, 토양심도별 교환성나트륨백분율의 분포도 염분농도의 분포와 비슷한 경향을 보였다.

구 등(1987, 1988, 1989a-c)이 일부 간척지에서 수행한 실험결과와 본 조사지역 토양의 염분농도(전기전도도), 교환성나트륨백분율 및 pH 등 이화학적성질을 종합해서 분석해 볼 때 우리나라 간척지토양은 USDA의 염해토양분류법(U. S. Salinity Laboratory Staff, 1954)상 염류알칼리토양에 속한다고 판단된다.

[표 2.11] 조사지구별 교환성나트륨백분율(ESP) 및 그 분포

| 구 분 | 간척지구 | 교환성나트륨 백분율 (%) | 교환성나트륨백분율의 분포 (해당 조사지점수) < >% | | | | | 소 계 |
|-------------|---------|-------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|------------------|
| | | | <30 | 30~40 | 40~50 | 50~60 | 60< | |
| 준공지구 | 대 호 | 34.1~56.3 | - | 6 | 7 | 5 | - | 18 |
| | 영산강 3-1 | 36.9~42.9 | - | 2 | 7 | - | - | 9 |
| | 평 균 | 43.2 | (-) | (8) | (14) | (5) | (-) | (27) |
| 시행중지구 | 시 화 | 34.5~61.7 | - | 4 | 13 | 8 | 2 | 27 |
| | 화 용 | 30.7~53.9 | - | 6 | 19 | 2 | - | 27 |
| | 석 문 | 32.4~59.7 | - | 4 | 16 | 7 | - | 27 |
| | 이 원 | 36.8~50.0 | - | 5 | 12 | 1 | - | 18 |
| | 새만금 | 31.6~48.5 | - | 43 | 29 | - | - | 72 |
| | 영산강 3-2 | 27.7~47.4 | 1 | 15 | 11 | - | - | 27 |
| | 고 흥 | 36.0~48.1 | - | 13 | 14 | - | - | 27 |
| | 평 균 | 41.8 | (1) | (90) | (114) | (18) | (2) | (225) |
| 간척예정지 | 용 진 | 33.1~51.5 | - | 5 | 19 | 3 | - | 27 |
| | 부 창 | 34.9~50.0 | - | 12 | 14 | 1 | - | 27 |
| | 평 균 | 43.0 | (-) | (17) | (33) | (4) | (-) | (54) |
| 조사지점 합 계 | | 42.2 | (1) <0.3> | (115) <37.6> | (161) <52.6> | (27) <8.8> | (2) <0.7> | (306) <100.0> |

제5절 간척지 토양의 분류

전국 대단위 기존 간척지구, 현재 시행중에 있는 간척사업지구 및 간척 예정지구를 중심으로 대표적인 토양시료를 채취해서 우리나라 간척지 토양의 물리·화학적 특성을 체계적으로 정확히 분석하고, 기존의 간척지 토양분석 결과를 검토하여 전국 간척지의 토성별 분포율을 조사하였으며, 그 결과를 토대로 간척지토양을 토성별로 분류하였다.

1. 간척지 토양의 분류기준

U. S. Salinity Laboratory에서는 토양이 가용성염류 또는 교환성나트륨을 과다하게 함유하고 있어 토양의 생산성을 감소시키는 주된 원인이 되는 경우, 이러한 토양을 염해토양(salt-affected soil)으로 정의하고 있으며, 전기전도도 4 dS/m, 교환성나트륨백분을 15%, 포화토양의 pH 8.5를 기준으로 하여, 가용성염류만을 과다하게 함유하고 있는 염류토양, 가용성염류와 교환성나트륨을 동시에 과다하게 함유하고 있는 염류알칼리토양, 교환성나트륨만을 과다하게 함유하고 있는 비염류 알칼리토양으로 분류하고 있다. < 제2장 제2절 1. 염해토양의 분류 및 특성 > 참조

그러나 우리나라의 개발초기 간척지 토양은 대부분 가용성염류와 교환성나트륨 함량이 매우 높은 고염도 염류알칼리토양에 속하며 대체적으로 유사한 성질을 가지고 있으므로, 토성별 제염 방법을 결정하거나 제염효과를 분석하는데 U. S. Salinity Laboratory의 염해토양 분류기준을 적용하는 것은 적절하지 못하다.

지금까지 수행된 제염시험 결과에 따르면 수리전도도를 근거로 한 토양의 투수성은 점토 또는 모래의 함유율과 깊은 관계가 있으며, 제염효과 및 제염작업을 크게 좌우한다. 따라서 우리나라의 경우는 개발초기 고염도 간척지의 제염에 지대한 영향을 미치는 토양의 투수성을 기준으로 하여 간척지 토양을 분류하는 것이 합리적인 방법이라고 생각한다.

따라서 본 연구에서는 토양의 투수성에 영향을 크게 미치는 토양의 물리적 성질 특히 입도 조성을 기준으로 하여 간척지 토양을 분류하였다.

2. 간척지 토양의 토성별 분포

우리나라 서남해안 간척지 토양을 대상으로 본 연구에서 1996~1997년에 조사한 204점의 토양 특성 분석결과와 1985~1989년에 실시한 58점의 간척지 토양조사 결과를 토대로, 토양의 투수성에 큰 영향을 미치는 점토와 모래의 함유율을 기준으로 하여 토양분포를 조사하였다.

[표 2.12] 간척지 토양의 토성별 분포

| Clay(%) Sand(%) | 0~5 | 5~10 | 10~15 | 15~20 | 20~25 | 25~30 |
|--------------------|--------------------------|---|--|------------------------|-----------------|-------|
| 0~5 | [S1] | [Si] (33) ●●●●●●●●●● ○○○ | [SiL] (6) ●●●●○○ [Si] (17) ●●●●●●●●●● | [SiL] (9) ●●●●●●●●● | [SiL] (2) ○○ | |
| 5~10 | [Si] (7) ●●●●○○○ | [Si] (38) ●●●●●●●●●● ●●●●●●○○○ | [SiL] (7) ●●●●○○○ [Si] (3) ●●● | [SiL] (5) ○○○○○ | [S4] | |
| 10~15 | [Si] (6) ●●●●○○○ | [SiL] (3) ●●● [Si] (8) ●●●●●●●● | [SiL] (2) ○○ [Si] (1) ● | | | |
| 15~20 | [SiL] (2) ●● | [SiL] (4) ●●●● | [SiL] (4) ●●●● | | | |
| 20~25 | [SiL] (3) ●●● [S2] | [SiL] (4) ●●●● | [SiL] (2) ●● | [S5] | | |
| 25~30 | [SiL] (1) ● | [SiL] (2) ●● | [SiL] (2) ●● | [SiL] (1) ● | | |
| 30~35 | [SiL] (4) ●●●● | [SiL] (2) ●● | | [L] (1) ● | | |
| 35~40 | [SiL] (4) ●●●● | [SiL] (10) ●●●●●●●●●● | [Si] (2) ●● [SiL] (2) ●● | | | |
| 40~45 | [SiL] (17) ●●●●●●●●●● | [L] (2) ●● [SiL] (17) ●●●●●●●●●● | [L] (2) ●● | | | |
| 45~50 | [SiL] (12) ●●●●●●●●●● | [L] (4) ●●●● | [L] (2) ●● | | | |
| 50~55 | [S3] | [L] (9) ●●●●●●●●● | | | | |
| 55~60 | | | | | | |

[Si] : 113점(43.1)
 [SiL] : 127점(48.5)
 [L] : 22점(8.4)
 계 : 262점(100.0)
 ()는 %

● : 1996~1997년 조사 (204점)

○ : 1985~1989년 조사 (58점)

간척지 토양의 토성별 분포조사 결과 [표 2. 12]에서 보는 바와 같이 조사대상 토양 262점 중에서 미사토(Si)가 113점으로 약 43%, 미사질양토(SiL)가 127점으로 약 49%, 양토(L)가 22점으로 약 8%의 분포로 나타났다. 미사토와 미사질양토인 토양을 합하면 전체의 약 92%로 제4절 간척지 토양의 이화학적 특성 분석 결과와 비슷하였다.

점토의 함유율을 기준으로 하여 살펴보면, 점토함량 5% 이하인 토양이 약 21%, 점토함량 5~10%인 토양이 약 52%, 점토함량 10~15%인 토양이 약 20%, 점토함량 15% 이상인 토양이 약 7%로, 점토함량이 많을수록 제염배수시 투수성에 문제가 있을 것으로 판단된다.

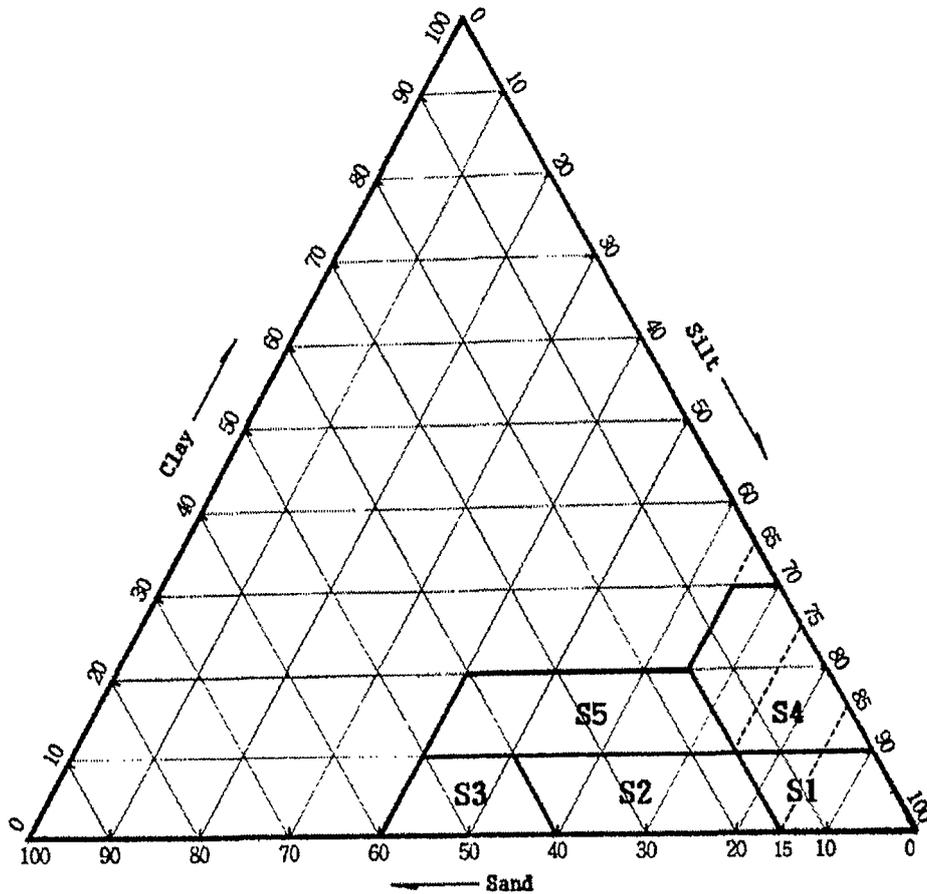
본 연구의 제염시험 결과 점토함량 10% 이상인 토양은 토양개량제를 사용하지 않거나 배수시설 없이는 침출불능인 상태로 나타났고, 점토함량이 10% 이하라 할지라도 모래함량이 10% 이하로서 실트함량이 극히 많은 경우는 거의 침출되지 않았다.

3. 간척지 토양의 토성별 분류

토양의 입도조성 즉 점토, 실트 및 모래의 함유율을 기준으로, 조사지구 262개 지점의 토양 분포와 제염시험 결과 투수성 및 제염효과 등을 고려하여 간척지 토양을 5가지 토성별로 분류하고 S1, S2, S3, S4, S5 등 간척지 토양분류 Code를 부여하였다. 간척지 토양의 토성별 분류방법 및 분포율은 [표 2. 13]에서 보는 바와 같고, 이 분류방법을 USDA법의 삼각좌표상에 표시하면 [그림 2.11]과 같다.

[표 2. 13] 간척지 토양의 토성별 분류 및 분포율

| 토양분류 Code | 입도조성 (%) | | | 토성 | 분포율 (%) | 투수성 |
|--------------|----------|--------|-------|-------------|------------|----------|
| | 점토 | 실트 | 모래 | | | |
| S1 | 0~10 | 75~100 | 0~15 | 대부분 미사토 | 36.3 | 보통 |
| S2 | 0~10 | 50~85 | 15~40 | 미사질양토 | 13.7 | 약간 양호 |
| S3 | 0~10 | 40~60 | 40~60 | 미사질양토 및 양토 | 23.3 | 양호 |
| S4 | 10~30 | 65~90 | 0~15 | 미사토 및 미사질양토 | 19.8 | 불량 |
| S5 | 10~20 | 40~75 | 15~50 | 미사질양토 및 양토 | 6.9 | 대체적으로 불량 |



[그림 2.11] USDA법에 의한 삼각좌표상 간척지 토양의 토성별 분류방법

S1 토양은 점토와 모래함량이 각각 10% 및 15% 이하이고 실트함량이 75% 이상으로 토성은 대부분 미사토로서 투수성은 보통이며 분포율은 조사대상 토양의 36% 정도로 가장 많이 분포되어 있다. S1 토양은 대부분 침출법 및 수세법으로 제염이 가능하지만 모래함량이 적고 실트함량이 극히 많을 때는 침출법에 의한 제염이 불가능할 경우도 있다.

S2 및 S3 토양은 점토함량이 10% 이하이고 모래함량은 각각 15~40%, 40~60%, 실트함량은 각각 50~85%, 40~60%이며, S2 토양의 토성은 미사질양토, S3 토양의 토성은 미사질양토 및 양토로 분포율은 각각 14%, 23% 정도이다. S2 및 S3 토양은 투수성이 양호한 편으로 어느 경우나 침출법 및 수세법에 의해 제염이 가능하며 제염배수시 토양개량제를 사용하지 않거나 배수시설 없이도 토양내 침출이 가능한 토양으로 S3 토양이 모든 토양중에서 투수성이 가장 높다.

S4 및 S5 토양의 점토함량은 각각 10~30%, 10~20%, 모래함량은 각각 0~15%, 15~50%, 실트함량은 각각 65~90%, 40~75%이며, 토성은 S4 토양의 경우 미사토 및 미사질양토, S5 토양의 경우 미사질양토 및 양토로 구성되어 있고 분포율은 각각 20%, 7% 정도이다. S4 및 S5 토양의 투수성은 대체적으로 매우 낮기 때문에 침출법에 의한 제염은 불가능하고 수세법에 의해서만 제염작업을 실시할 수 있으며, S5 토양에 비하여 S4 토양의 투수성이 더욱 낮다.

본 연구에서 제시한 간척지 토양의 토성별 분류방법은 개발초기 염분농도가 높은 간척지의 토성별 제염방법 결정, 제염효과 분석, 제염예측 등에 효율적으로 적용할 수 있을 것이다. 또한 농업생산성을 증대시킬 수 있는 환경보전형 지속적 간척영농기술의 개발을 위한 고염도 간척지의 합리적인 제염대책 수립에 관련된 연구, 농업의 경쟁력 강화를 위한 식량단지·원예단지·축산단지 등의 농경지 개발 및 토지이용의 극대화를 위한 산업단지·주택단지·관광단지 등의 조성에 관련된 연구의 기초자료로도 활용될 수 있을 것으로 판단한다

제 3 장

제염시험

제3장 제염시험

제1절 서론

1. 연구목표 및 내용

(1) 연구목표

제염과정중 염분거동 해석 및 염분농도의 변화, 투수성(수리전도도)의 시간적 변화, 제염방법별 제염효과 등의 분석자료를 얻기 위하여 물관리방법, 토양개량제(석고)처리 또는 암거시설별로 실내 모형시험 및 현장 Lysimeter 제염시험을 수행하였다.

(2) 연구내용

새만금지구(2개소), 부창지구, 고흥지구 및 화옹지구 등 5개소에서 토성별로 제염시험용 공시토양을 채취하여 시료를 조제하고 공시토양의 물리·화학적 특성을 분석하였다. 또한 제염시험실내에 모형시험장치를 제작 설치하여 제염시험을 실시하였으며, 모형시험이 끝난 다음 시험포장에 시험구를 정비한 후 Lysimeter 시험장치를 제작 설치하여 현장 제염시험을 수행하였다.

① 실내 모형시험

- 제염시험용 공시토양의 선정 및 채취
- 공시토양의 조제 및 토양특성 분석
- 실내 모형시험장치 제작 및 배치
- 물관리방법에 의한 제염시험
 - 지표배수 : 수세법 (연속담수)
 - 지하배수 : 침출법
 - 지표·지하배수 병용 : 침출·수세법
- 토양개량제를 처리한 제염시험
 - 석고무처리 제염시험 (수세법 및 침출법)
 - 석고처리 제염시험 (침출법 및 침출·수세법)

② 현장 Lysimeter 제염시험

- 제염시험용 공시토양의 선정 및 채취
- 공시토양의 토양특성 분석
- 현장 Lysimeter 시험시설 설치 및 배치

- 물관리방법에 의한 제염시험
 - 지표배수(무암거) : 간단담수 수세법 및 연속담수 수세법
 - 지하배수(암거설치 및 무암거) : 침출법
 - 지표·지하배수 병용(암거설치 및 무암거) : 침출·수세법
- 토양개량제(석고)를 처리한 제염시험
 - 지하배수(암거설치 및 무암거) : 침출법

2. 연구수행 방법

(1) 실내 모형시험

- ① 실내제염시험을 위한 모형시험장치 제작 및 설치계획을 수립하였다.
- ② 제염시험 및 모형시험자료와 기타 제염과 간척 등에 관련된 기본자료를 수집하였다.
- ③ 본 연구의 간척지 토양특성 규명 및 특성별 분류를 위하여 실시한 토양분석결과와 기존 간척지 토양조사 분석결과를 토대로 분류한 토양특성별 5가지 토양을 실내 모형시험을 위한 공시토양으로 선정하였다.
- ④ 공시토양으로 선정하여 채취한 토양시료를 완전히 풍건 시킨 후 균일하게 섞어서, 각 토성별로 혼합하여 분석용 시료를 조제하였다.
- ⑤ 실험자료의 분석 및 DB구축에 편리하게 적용할 수 있도록 토성별, 제염방법별 처리별로 토양시료 Code를 부여하였다.
- ⑥ 공시토양의 특성을 분석하기 위하여 용적밀도, 입자밀도, 공극율 및 포화도와 입도조성 등 물리적 성질과 전기전도도(EC), pH, 주요 양이온함량, 양이온교환용량(CEC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 등 화학적 특성을 분석하였다.
- ⑦ 공시토양의 물리·화학적 특성을 종합적으로 분석하여 검토한 후 정리하였다.
- ⑧ Mariotte Reservoir, 제염시험 실린더, 시험장치 지지대 등의 모형시험장치를 설치하여 토성 및 제염방법별로 제염시험을 수행하였다.

(2) 현장 Lysimeter 제염시험

- ① 현장 제염시험을 위한 Lysimeter 시험장치 제작 및 설치계획을 수립하였다.
- ② 기존 제염시험방법 및 시험자료와 기타 제염과 간척 등에 관련된 기본자료를 수집하였다.
- ③ 실내 모형시험에서 사용한 것과 토성이 같은 토양을 현장 Lysimeter 제염시험을 위한 공시토양으로 선정하였다.

- ④ 시험포장에 120조의 Lysimeter 시험시설과 아울러, 제염용수 공급용 관정, 급·배수시설, 암거시설, 지표·지하배수구 등 부대시설을 설치하였다.
- ⑤ 공시토양으로 선정하여 채취한 토양시료를 시험포장에 운반하여, 각 토성별 제염방법별로 시험구를 정비하였다.
- ⑥ 실험자료의 분석 및 DB구축에 편리하게 적용할 수 있도록 토성별, 제염방법별 처리별로 토양시료 Code를 부여하였다.
- ⑦ 공시토양의 특성을 분석하기 위하여 용적밀도, 입자밀도, , 포화도 및 입도조성 등 물리적 성질과 전기전도도(EC), pH, 주요 양이온함량, 양이온교환용량(CEC), 교환성나트륨백분율(ESP) 등 화학적 특성을 분석하였다.
- ⑧ 공시토양의 물리·화학적 특성을 종합적으로 분석하여 검토한 후 정리하였다.
- ⑨ 정확하고 합리적인 시험측정과 자료분석을 위하여 일별로 세부시험계획을 자세히 작성한 다음 토성별, 제염방법별 처리별로 일정에 따라 제염시험을 수행하였다.

제2절 공시토양의 선정

1. 실내 모형시험

본 연구의 간척지 토양특성 규명 및 특성별 분류를 위하여 기존 간척지구, 간척 예정지구, 시행중 간척지구 등 11개지구 34지역에서 채취한 306점의 토양시료를 대상으로 분석한 결과를 토대로 현지답사를 실시하여 토양의 물리적 특성이 전술한 제2장 간척지의 5가지 토양분류(S1~S5) 범위 내에 있는 대표적인 지역을 공시토양 채취지점으로 선정하였다.

실내 모형시험에 사용할 토양시료는 토성별 분포와 지역적인 여건을 고려하여 시행중 간척지구인 새만금지구 6개 지점 [김제(S1), 부안(S2) 각 3개 지점], 간척 예정지구인 부창지구(S3) 3개 지점, 시행중 간척지구인 화옹지구(S4) 3개 지점, 사업이 완료된 기존 간척지구인 고흥지구(S5) 3개 지점 등 총 15개 지점에서 채취하였다.

실내 모형시험 공시토양의 입도분포 및 시료채취 지구는 [표 3.1]에서 보는 바와 같다.

[표 3.1] 실내 모형시험 공시토양의 입도분포 및 시료채취 지구

| 토양분류 Code | 입 도 조 성 (%) | | | 시 료 채 취 지 구 |
|--------------|-------------|-----------|-----------|----------------|
| | 모 래 | 실 트 | 점 토 | |
| S1 | 3.5~11.2 | 80.8~90.7 | 4.4~8.0 | 새만금지구(김제) 3개지점 |
| S2 | 15.0~31.7 | 62.0~81.2 | 3.2~6.3 | 새만금지구(부안) 3개지점 |
| S3 | 40.3~46.3 | 50.1~56.4 | 2.8~5.8 | 부창지구 3개지점 |
| S4 | 2.4~8.5 | 77.0~86.9 | 10.1~17.5 | 화옹지구 3개지점 |
| S5 | 15.8~27.5 | 62.2~72.4 | 10.3~13.2 | 고흥지구 3개지점 |

2. 현장 Lysimeter 제염시험

토양의 이화학적 특성이 실내 모형시험에 사용된 것과 비슷한 5가지 토양을 현장 Lysimeter 제염시험을 위한 공시토양(S1~S5)으로 선정하였다.

토양의 이화학적 특성이 제2장의 5가지 토양분류 범위 내에 있는 대표적인 지역으로 전북 새만금지구(S1 및 S2), 전북 부창지구(S3), 경기 화옹지구(S4), 전남 고흥지구(S5) 등 5개소를 선정해서 현장 Lysimeter 제염시험에 사용할 토양시료를 채취하여 백호 및 덤프를 이용 시험포장으로 운반하였다.

현장 Lysimeter 제염시험 공시토양의 입도분포 및 시료채취 지구는 [표 3.2]에서 보는 바와 같다.

[표 3.2] 현장 Lysimeter 제염시험 공시토양의 입도분포 및 시료채취 지구

| 토양분류 Code | 입 도 조 성 (%) | | | 토 성 | 시 료 채 취 지 점 |
|--------------|-------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------|
| | 모 래 | 실 트 | 점 토 | | |
| S1 | 4.5~9.1 | 81.4~90.3 | 5.2~9.5 | 미사토 (Si) | 새만금지구(계화 1) 5개소 |
| S2 | 20.2~27.5 | 63.7~74.8 | 5.0~8.6 | 미사질양토 (SiL) | 새만금지구(계화 2) 5개소 |
| S3 | 40.0~45.3 | 46.6~52.5 | 4.8~9.4 | 미사질양토(SiL) 양 토 (L) | 전북 부창지구 5개소 |
| S4 | 2.2~6.5 | 80.7~87.6 | 10.2~14.5 | 미사토(Si) 미사질양토(SiL) | 경기 화옹지구 5개소 |
| S5 | 15.3~18.6 | 68.3~74.2 | 10.5~13.0 | 미사질양토 (SiL) | 전남 고흥지구 5개소 |

제3절 공시토양의 이화학적 특성

1. 실내 모형시험 공시토양

공시토양으로 선정하여 채취한 15개 지점의 토양시료를 완전히 풍건시킨 후 2mm체를 통과할 수 있도록 분쇄하여 균일하게 섞어서 S1, S2, S3, S4, S5 토성별로 혼합하였다. 제염시험 및 분석에 충분하고 경우에 따라서는 수정보완시험에 사용할 수 있도록 1개 토성의 토양시료를 약 80kg씩 총 400kg정도를 조제하였다. 또한 실험자료의 분석 및 DB구축에 편리하게 적용할 수 있도록 토성별, 제염방법 처리별로 각 시료에 대하여 Code를 부여하였다.

공시토양의 특성을 분석하기 위하여 용적밀도, 입자밀도, 공극율, 포화도, 입도조성 등의 물리적 성질과 주요 양이온함량, 양이온교환용량(CEC), 교환성트롬백분율(ESP), 전기전도도(EC), 수소이온농도(pH) 등의 화학적 성질을 조사한 결과는 [표 3.3] 및 [표 3.4]와 같다.

[표 3.3] 실내 모형시험 공시토양의 물리적 특성

| 토양분류 Code | 용적밀도 | 입자밀도 | 공극율 (%) | 포화도 (%) | 입도조성 (%) | | | 토 성 |
|--------------|------|------|------------|------------|----------|------|------|-----|
| | | | | | 모 래 | 실 트 | 점 토 | |
| S1 | 1.36 | 2.64 | 48.5 | 60.5 | 7.7 | 86.2 | 6.1 | Si |
| S2 | 1.35 | 2.65 | 49.1 | 51.3 | 25.4 | 69.2 | 5.4 | SiL |
| S3 | 1.37 | 2.66 | 48.5 | 42.9 | 44.4 | 50.7 | 4.9 | SiL |
| S4 | 1.31 | 2.65 | 50.6 | 68.5 | 4.6 | 81.3 | 14.1 | SiL |
| S5 | 1.34 | 2.63 | 49.0 | 63.4 | 17.2 | 71.3 | 11.5 | SiL |

[표 3.4] 실내 모형시험 공시토양의 화학적 특성

| 토양분류 Code | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
|--------------|---------------------|-----|------|-----|---------------------|-----|------|-----|--------|-----|-----|-----|------------------|------------|--------------|-----|
| | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| S1 | 1.8 | 3.7 | 17.9 | 1.5 | 0.6 | 1.9 | 13.8 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 | 26.1 | 7.2 |
| S2 | 2.0 | 3.8 | 18.0 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 | 25.7 | 7.3 |
| S3 | 1.6 | 3.3 | 15.9 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 12.2 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 1.0 | 9.2 | 40.2 | 25.0 | 7.2 |
| S4 | 1.9 | 4.2 | 22.6 | 2.1 | 0.6 | 1.8 | 15.9 | 0.6 | 1.3 | 2.4 | 6.7 | 1.5 | 14.4 | 46.5 | 31.2 | 7.4 |
| S5 | 2.6 | 3.5 | 18.7 | 2.3 | 0.5 | 1.3 | 13.0 | 0.5 | 2.1 | 2.2 | 5.7 | 1.8 | 13.4 | 42.5 | 26.4 | 7.3 |

2. 현장 Lysimeter 제염시험 공시토양

공시토양의 용적밀도, 입자밀도, 공극율, 포화도, 입도조성 등의 물리적 성질과 전기전도도 (EC), 수소이온농도(pH), 주요 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC), 교환성트롬백분율(ESP), 등의 화학적 성질을 분석한 결과는 [표 3.5] 및 [표 3.6]에서 보는 바와 같다.

[표 3.5] 현장 Lysimeter 제염시험 공시토양의 물리적 특성

| 토양분류 Code | 용적밀도 | 입자밀도 | 공극율 (%) | 포화도 (%) | 입도조성(%) | | | 토 성 |
|--------------|------|------|------------|------------|---------|------|------|-----|
| | | | | | 모 래 | 실 트 | 점 토 | |
| S1 | 1.37 | 2.66 | 48.5 | 54.5 | 6.9 | 84.0 | 9.1 | Si |
| S2 | 1.34 | 2.69 | 50.2 | 47.8 | 24.6 | 68.5 | 6.9 | SiL |
| S3 | 1.36 | 2.67 | 49.1 | 40.7 | 41.8 | 51.0 | 7.2 | SiL |
| S4 | 1.35 | 2.65 | 49.1 | 69.7 | 4.2 | 83.8 | 12.0 | SiL |
| S5 | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 64.3 | 16.3 | 72.1 | 11.6 | SiL |

[표 3.6] 현장 Lysimeter 제염시험 공시토양의 화학적 특성

| 토양분류 Code | 주요 교환성양이온(cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
|--------------|--------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|--------------|-----|
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| S1 | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | 24.6 | 7.7 |
| S2 | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 27.3 | 7.8 |
| S3 | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | 25.7 | 7.7 |
| S4 | 1.8 | 2.4 | 6.2 | 1.5 | 13.1 | 47.3 | 27.7 | 7.9 |
| S5 | 1.6 | 2.3 | 5.2 | 1.5 | 12.2 | 42.6 | 25.1 | 7.8 |

제4절 실내 모형시험

1. 실내 모형시험장치 제작 및 배치

(1) 실내 모형시험장치 제작

① 모형시험장치 지지대

- 지지대 12조 : 제염시험방법 4처리×처리별 3조=12조

< “(2) 실내 모형시험장치 배치” 참조 >

- 1조의 크기 : 15cm×120cm×90cm <B×L×H>, 구멍의 지름 7cm

② Mariotte Reservoir : 9 개 (용량 50ℓ, 수세법 시험장치 3개 제외)

③ 급수관 : 9 개 (5cm×150cm <D×L>, 수세법 시험장치 3개 제외)

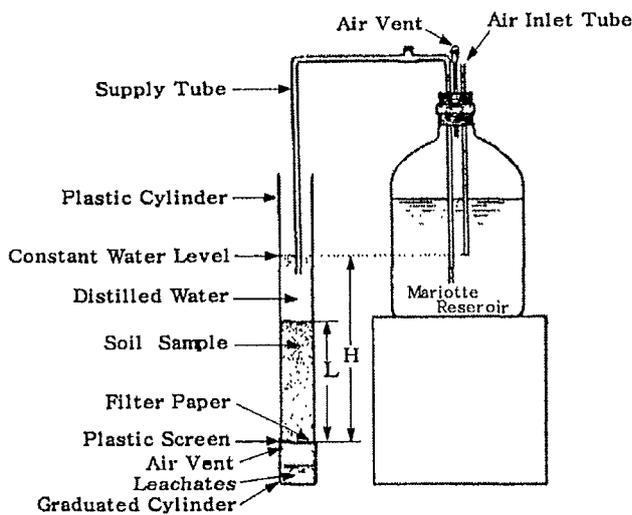
④ 실린더 : 30 개 (6.6cm×100cm <D×L>, 한 끝을 고무마개로 막은 수세법용 실린더)

90 개 (6.6cm×100cm <D×L>, 한 끝에 스크린을 붙인 침출법용 실린더)

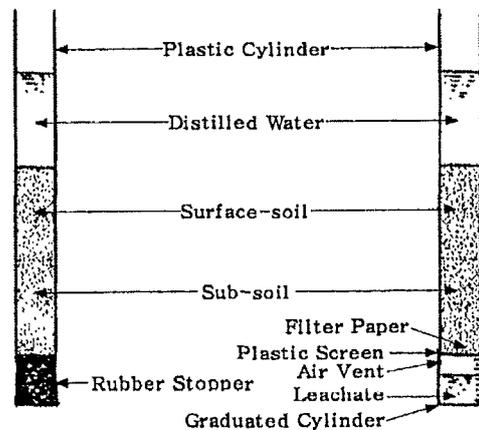
※ 플라스틱 스크린에는 35개의 구멍이 뚫려 있고 그 위에 토양의 유출을 막기 위한 여과지를 부착함

⑤ 침출수 채취용기 : 90 개 (용량 500ml)

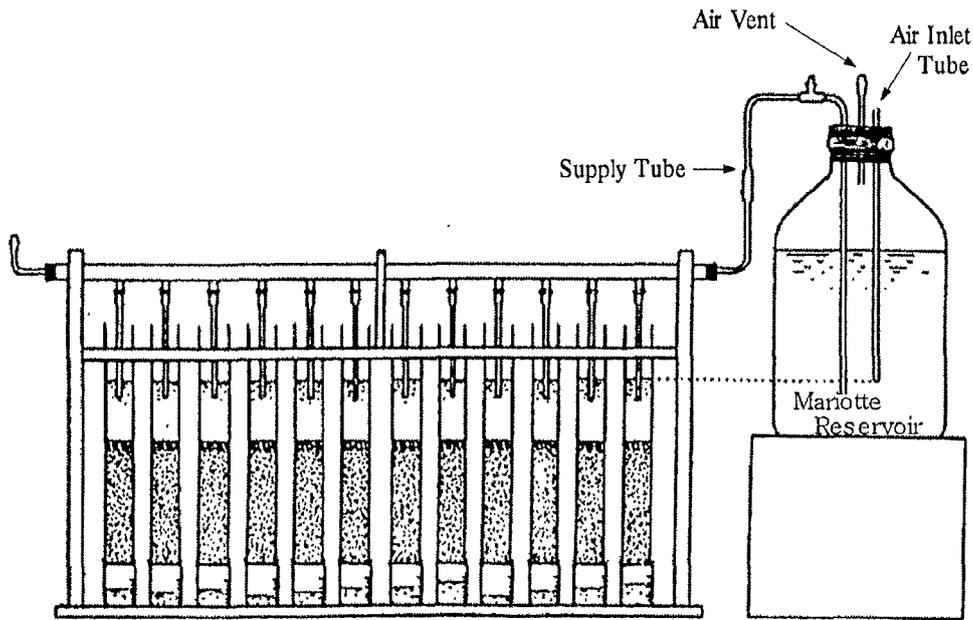
※ 실내 모형시험장치 : [그림 3.1]~[그림 3.3] 참조



[그림 3.1] 수리전도도 측정장치



[그림 3.2] 수세법 및 침출법 제염시험용 실린더

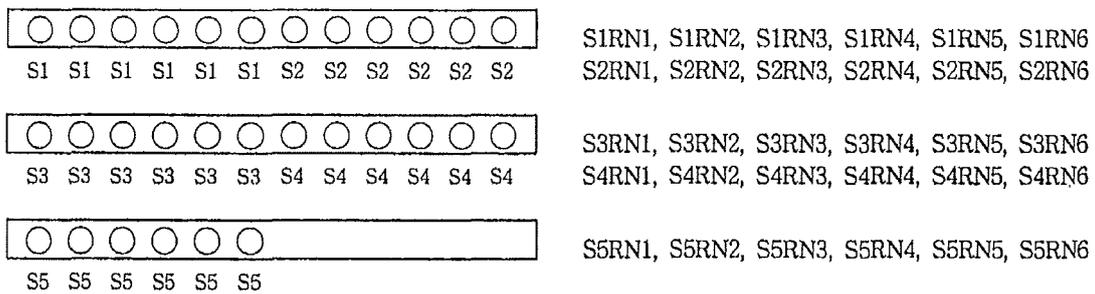


[그림 3.3] 실내 모형시험장치

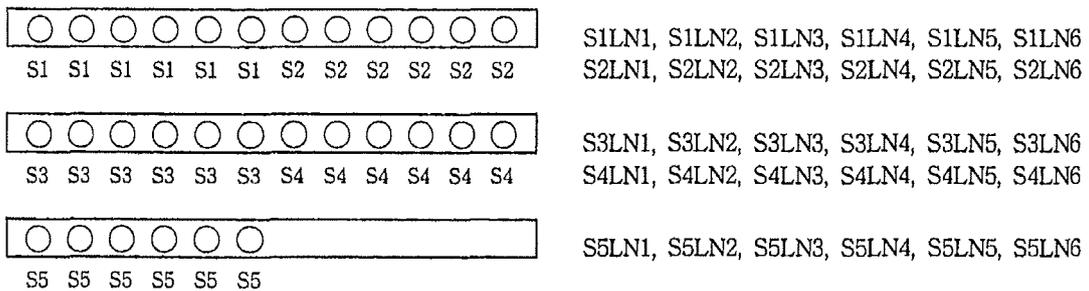
(2) 실내 모형시험장치 배치

실내모형 실험을 위한 시험장치는 제염시험방법 처리별로 다음과 같이 배치하였다.

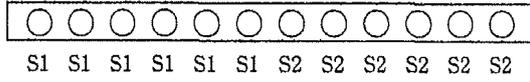
① 수세법 (석고무처리) [RN]



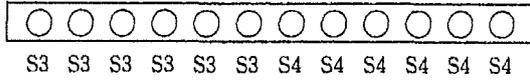
② 침출법 (석고무처리) [LN]



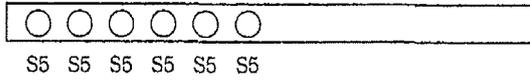
③ 침출법 (석고처리) [LG]



S1LG1, S1LG2, S1LG3, S1LG4, S1LG5, S1LG6
S2LG1, S2LG2, S2LG3, S2LG4, S2LG5, S2LG6

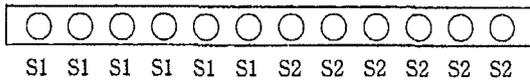


S3LG1, S3LG2, S3LG3, S3LG4, S3LG5, S3LG6
S4LG1, S4LG2, S4LG3, S4LG4, S4LG5, S4LG6

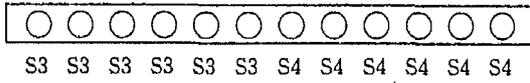


S5LG1, S5LG2, S5LG3, S5LG4, S5LG5, S5LG6

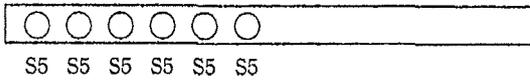
④ 침출 · 수세법 (석고처리) [LR]



S1LR1, S1LR2, S1LR3, S1LR4, S1LR5, S1LR6
S2LR1, S2LR2, S2LR3, S2LR4, S2LR5, S2LR6



S3LR1, S3LR2, S3LR3, S3LR4, S3LR5, S3LR6
S4LR1, S4LR2, S4LR3, S4LR4, S4LR5, S4LR6



S5LR1, S5LR2, S5LR3, S5LR4, S5LR5, S5LR6

* Code의 끝번호 1, 2, 3 이 붙은 실린더는 3반복시험용이고 4, 5, 6 이 붙은 실린더는 제염과정중 시료채취용이다.

2. 제염시험

(1) 물관리방법에 의한 제염시험

물관리방법 제염시험은 다음과 같이 지표배수에 의한 수세법[석고무처리], 지하배수에 의한 침출법[석고처리 및 석고무처리], 지표·지하배수 병용 침출·수세법[석고처리] 등 4가지 시험 방법으로 구분하여 각 처리별로 3반복시험을 실시하였다.

① 시험방법

㉠ 수세법 (Rinsing method) [석고무처리]

- ㉡ 한 종류의 토양시료를 6개의 실린더에 각각 토심 40cm가 되도록 넣었다.
- ㉢ 실린더에 수심 20cm가 되도록 제염용수를 공급하였다.
- ㉣ 실린더를 상하로 10~20회 정도 흔들어 뒤섞었다.
- ㉤ 토양입자의 침전과 토양내의 염분용탈을 위하여 24~48시간 동안 가만히 놓아 두었다.
- ㉥ 일정시간후 표면부유액(배출수)의 부피를 측정하고 염분농도분석용 배출수를 채취하였다.

㉞ 위와 같은 시험과정을 8회 연속하여 실시하였다.

㉟ 1회 제염후 [RN6]실린더, 3회 제염후 [RN5]실린더, 5회 제염후 [RN4]실린더에서 각각 토양시료를 채취하고, 6·7·8회 후에는 각각 [RN1, RN2, RN3]실린더에서 토양시료를 채취하였다.

(반복시험용 : RN1, RN2, RN3, 제염과정중 시료채취용 : RN4, RN5, RN6)

② 침출법 (Leaching method) [석고무처리]

㉞ 한 종류의 토양시료를 6개의 실린더에 각각 토심 40cm가 되도록 넣었다.

㉟ Mariotte Reservoir를 이용하여 실린더에 수심 20cm가 유지되도록 제염용수를 공급하면서 토양을 통해 침투시켰다.

㊱ 적당량의 침출수가 생기면 경과시간과 침출수량을 측정하였다.

○ 1회~4회 : 매회 68.4ml ($3.14 \times 6.6^2 / 4 \times 40 \times 0.05 = 68.4 \text{cm}^3$)

○ 5회~8회 : 매회 136.8ml ($3.14 \times 6.6^2 / 4 \times 40 \times 0.1 = 136.8 \text{cm}^3$)

㊲ 매회마다 염분농도분석용 침출수를 채취하였다.

㊳ 1회 제염후 [LN6]실린더, 3회 제염후 [LN5]실린더, 5회 제염후 [LN4]실린더에서 각각 토양시료를 채취하고, 6·7·8회 후에는 각각 [LN1, LN2, LN3]실린더에서 토양시료를 채취하였다.

(반복시험용 : LN1, LN2, LN3, 제염과정중 시료채취용 : LN4, LN5, LN6)

③ 침출법 (Leaching Method) [석고처리]

침출법에 의한 제염시험과정중 투수성이 현저하게 감소하는 것을 방지하고, 이에 따른 제염 효과를 증대시키기 위한 토양개량제로는 그 효과가 입증되어 있고 저렴하게 구할 수 있는 석고를 사용하였다.

㉞ 토양시료에 석고를 혼합한 다음 실린더에 넣었으며, 석고 사용량은 Beyce의 석고 소요량 산출식을 적용하여 결정하였다.

㉟ 제염시험방법은 석고무처리 침출법의 경우와 같다.

(반복시험용 : LG1, LG2, LG3, 제염과정중 시료채취용 : LG4, LG5, LG6)

④ 침출·수세법 (Leaching-Rinsing Method) [석고처리]

㉞ 1회~4회는 석고무처리 침출법의 경우와 같이 제염시험을 수행하였다.

㉟ 5회~8회는 수세법의 경우와 같이 제염시험을 수행하였다.

㉔ 토양시료는 1회 제염후 [LR6]실린더, 2회 제염후 [LR5]실린더, 4회 제염후 [LR4]실린더에서 채취하고, 6·7·8회 후에는 각각 [LR1, LR2, LR3]실린더에서 채취하였다.

(반복시험용 : LR1, LR2, LG3, 제염과정중 시료채취용 : LR4, LR5, LR63)

② 측정·조사항목 및 제염시험 결과

① 측정·조사항목

㉑ 침출수량 및 침출시간

조사결과는 [부록Ⅱ] [표 2-7~9], [표 2-17~21], [표 2-36~40] 참조

㉒ 배출수 및 침출수의 전기전도도(EC)와 pH (분석시료수 : 432점)

조사결과는 [부록Ⅱ] [표 2-3~5], [표 2-10~14], [표 2-22~26], [표 2-29~33] 참조

㉓ 제염과정중 분석용 토양시료채취

㉔ 제염과정중 토양의 전기전도도(EC) 및 pH (분석시료수 : 432점)

조사결과는 [부록Ⅱ] [표 2-3~5], [표 2-10~14], [표 2-22~26], [표 2-29~33] 참조

㉕ 제염과정중 토양의 주요양이온함량, 양이온교환용량(CEC), 교환성나트륨백분율(ESP)

(분석시료수 : 144점)

측정 조사결과는 [부록Ⅱ] [표 2-6], [표 2-15~16], [표 2-27~28], [표 2-34~35] 참조

㉖ 제염과정중 수리전도도 (분석시료수 : 252점)

측정 조사결과는 [부록Ⅱ] [표 2-7~9], [표 2-17~21], [표 2-36~40] 참조

㉗ 제염시험후 토양의 이화학적 특성

② 제염시험 결과

제염시험 결과 주요 분석항목인 제염과정중 토양의 전기전도도, 교환성나트륨백분율, 수리전도도 및 pH 등에 관한 시험자료의 분석결과는 [표 3.7-1~4] 및 [표 3.8-1~2]에서 보는 바와 같다.

(2) 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염시험

① 물관리에 의한 제염시험방법중 침출법에서 투수성이 현저하게 감소되는 것을 방지하고, 이에 따른 제염효과를 증대시키기 위해 토양개량제를 처리하였다. 토양개량제로는 그 효과가 입증되어 있고 가격이 저렴하며 쉽게 구할 수 있는 석고를 사용하였으며, Beyce³⁾의 석고 소요량 산출식에 의하여 구한 일정량의 석고를 토양과 혼합한 후 사용하였다.

② 제염시험과정중 측정 조사항목은 물관리방법에서와 같고, 그 결과도 물관리방법에 의한 제염시험 결과에 포함되어 있다.

[표 3.7-1] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 (석고무처리 수세법)

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1RN | 초기치 | - | 26.1 | 41.4 | 7.2 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.5 | 17.0 | 29.5 | 7.2 | |
| | 2 | 1.0 | 11.9 | 24.0 | 7.3 | |
| | 3 | 1.5 | 8.6 | 18.1 | 7.4 | |
| | 4 | 2.0 | 5.7 | 14.7 | 7.5 | |
| | 5 | 2.5 | 3.5 | 11.8 | 7.5 | |
| | 6 | 3.0 | 2.3 | 9.6 | 7.6 | |
| | 7 | 3.5 | 1.6 | 8.5 | 7.8 | |
| | 8 | 4.0 | 1.1 | 7.6 | 7.8 | |
| S2RN | 초기치 | - | 25.7 | 41.1 | 7.3 | 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.5 | 15.3 | 28.9 | 7.4 | |
| | 2 | 1.0 | 9.8 | 22.0 | 7.4 | |
| | 3 | 1.5 | 6.0 | 16.7 | 7.5 | |
| | 4 | 2.0 | 4.1 | 13.0 | 7.6 | |
| | 5 | 2.5 | 2.7 | 11.0 | 7.6 | |
| | 6 | 3.0 | 1.9 | 10.1 | 7.7 | |
| | 7 | 3.5 | 1.4 | 8.9 | 7.8 | |
| | 8 | 4.0 | 1.0 | 7.9 | 7.9 | |
| S3RN | 초기치 | - | 25.0 | 40.2 | 7.2 | 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.5 | 14.5 | 27.3 | 7.2 | |
| | 2 | 1.0 | 8.1 | 21.6 | 7.3 | |
| | 3 | 1.5 | 4.6 | 15.7 | 7.3 | |
| | 4 | 2.0 | 2.9 | 12.6 | 7.4 | |
| | 5 | 2.5 | 2.0 | 10.5 | 7.5 | |
| | 6 | 3.0 | 1.4 | 9.2 | 7.6 | |
| | 7 | 3.5 | 0.9 | 8.2 | 7.6 | |
| | 8 | 4.0 | 0.6 | 8.2 | 7.7 | |
| S4RN | 초기치 | - | 31.2 | 46.5 | 7.4 | 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.5 | 22.3 | 34.1 | 7.4 | |
| | 2 | 1.0 | 15.6 | 26.7 | 7.4 | |
| | 3 | 1.5 | 10.3 | 20.5 | 7.5 | |
| | 4 | 2.0 | 7.2 | 16.7 | 7.5 | |
| | 5 | 2.5 | 5.4 | 13.8 | 7.6 | |
| | 6 | 3.0 | 3.7 | 11.7 | 7.7 | |
| | 7 | 3.5 | 2.5 | 10.0 | 7.7 | |
| | 8 | 4.0 | 1.6 | 9.2 | 7.8 | |
| S5RN | 초기치 | - | 26.4 | 42.5 | 7.3 | 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.5 | 18.5 | 30.7 | 7.3 | |
| | 2 | 1.0 | 12.8 | 23.8 | 7.4 | |
| | 3 | 1.5 | 9.4 | 18.3 | 7.4 | |
| | 4 | 2.0 | 6.3 | 14.5 | 7.5 | |
| | 5 | 2.5 | 4.7 | 12.0 | 7.7 | |
| | 6 | 3.0 | 3.2 | 10.6 | 7.6 | |
| | 7 | 3.5 | 2.1 | 8.9 | 7.8 | |
| | 8 | 4.0 | 1.3 | 8.3 | 7.9 | |

[표 3.7-2] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 (석고무처리 침출법)

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1LN | 초기치 | - | 26.1 | 41.4 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 * S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료 를 얻지 못하였습 |
| | 1 | 0.05 | 11.6 | 26.3 | 7.2 | |
| | 2 | 0.10 | 6.5 | 20.0 | 7.6 | |
| | 3 | 0.15 | 3.7 | 15.3 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 2.6 | 12.1 | 8.1 | |
| | 5 | 0.30 | 2.0 | 10.3 | 7.9 | |
| | 6 | 0.40 | 1.6 | 9.1 | 7.9 | |
| | 7 | 0.50 | 1.3 | 8.2 | 8.0 | |
| | 8 | 0.60 | 1.1 | 7.2 | 7.9 | |
| S2LN | 초기치 | - | 25.7 | 41.1 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 * S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료 를 얻지 못하였습 |
| | 1 | 0.05 | 10.9 | 26.3 | 7.5 | |
| | 2 | 0.10 | 6.3 | 18.9 | 7.7 | |
| | 3 | 0.15 | 4.0 | 15.8 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 2.8 | 13.8 | 8.3 | |
| | 5 | 0.30 | 2.3 | 11.6 | 8.2 | |
| | 6 | 0.40 | 1.9 | 10.4 | 8.1 | |
| | 7 | 0.50 | 1.6 | 9.4 | 8.1 | |
| | 8 | 0.60 | 1.4 | 8.6 | 8.1 | |
| S3LN | 초기치 | - | 25.0 | 40.2 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 * S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료 를 얻지 못하였습 |
| | 1 | 0.05 | 10.6 | 26.4 | 7.4 | |
| | 2 | 0.10 | 6.4 | 20.7 | 7.6 | |
| | 3 | 0.15 | 4.3 | 16.7 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 3.5 | 13.0 | 8.2 | |
| | 5 | 0.30 | 2.8 | 10.9 | 8.0 | |
| | 6 | 0.40 | 2.4 | 9.9 | 8.1 | |
| | 7 | 0.50 | 1.9 | 8.7 | 7.9 | |
| | 8 | 0.60 | 1.6 | 7.8 | 7.8 | |

[표 3.7-3] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 (석고처리 침출법)

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1LG | 초기치 | - | 26.1 | 41.4 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.05 | 11.2 | 24.5 | 7.3 | |
| | 2 | 0.10 | 7.2 | 17.5 | 7.5 | |
| | 3 | 0.15 | 4.9 | 13.3 | 7.7 | |
| | 4 | 0.20 | 3.5 | 10.2 | 8.0 | |
| | 5 | 0.30 | 2.6 | 9.1 | 7.8 | |
| | 6 | 0.40 | 2.0 | 8.2 | 7.9 | |
| | 7 | 0.50 | 1.5 | 7.1 | 7.9 | |
| | 8 | 0.60 | 1.2 | 7.1 | 7.8 | |
| S2LG | 초기치 | - | 25.7 | 41.1 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.05 | 10.3 | 25.5 | 7.4 | |
| | 2 | 0.10 | 6.7 | 17.9 | 7.7 | |
| | 3 | 0.15 | 4.6 | 14.4 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 3.5 | 12.6 | 8.1 | |
| | 5 | 0.30 | 2.8 | 10.5 | 8.0 | |
| | 6 | 0.40 | 2.3 | 9.6 | 8.0 | |
| | 7 | 0.50 | 1.9 | 8.4 | 7.8 | |
| | 8 | 0.60 | 1.6 | 7.5 | 7.7 | |
| S3LG | 초기치 | - | 25.0 | 40.2 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.05 | 10.1 | 25.0 | 7.2 | |
| | 2 | 0.10 | 6.5 | 19.6 | 7.5 | |
| | 3 | 0.15 | 4.4 | 15.4 | 7.8 | |
| | 4 | 0.20 | 3.4 | 12.0 | 8.0 | |
| | 5 | 0.30 | 2.7 | 9.8 | 7.9 | |
| | 6 | 0.40 | 2.2 | 8.6 | 7.7 | |
| | 7 | 0.50 | 1.8 | 7.7 | 7.8 | |
| | 8 | 0.60 | 1.5 | 7.7 | 7.7 | |
| S4LG | 초기치 | - | 31.2 | 46.5 | 7.4 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.05 | 13.4 | 25.7 | 7.4 | |
| | 2 | 0.10 | 8.7 | 18.9 | 7.7 | |
| | 3 | 0.15 | 6.2 | 14.1 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 4.3 | 11.8 | 8.2 | |
| | 5 | 0.30 | 3.0 | 9.9 | 8.1 | |
| | 6 | 0.40 | 2.3 | 9.0 | 8.0 | |
| | 7 | 0.50 | 1.6 | 8.5 | 7.9 | |
| | 8 | 0.60 | 1.2 | 8.5 | 7.9 | |
| S5LG | 초기치 | - | 26.4 | 42.5 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.05 | 11.8 | 23.9 | 7.4 | |
| | 2 | 0.10 | 7.9 | 17.7 | 7.5 | |
| | 3 | 0.15 | 5.6 | 13.6 | 7.8 | |
| | 4 | 0.20 | 3.8 | 11.3 | 8.1 | |
| | 5 | 0.30 | 2.7 | 9.9 | 8.2 | |
| | 6 | 0.40 | 2.0 | 9.0 | 8.0 | |
| | 7 | 0.50 | 1.6 | 8.3 | 7.9 | |
| | 8 | 0.60 | 1.3 | 7.4 | 8.0 | |

[표 3.7-4] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 (석고처리 침출·수세법)

| 토양분류 Code | 제염횟수 | DwI/Ds (Dwa/Ds) | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------------------|--------------|------------|-----|---|
| S1LR | 초기치 | - | 26.1 | 41.4 | 7.2 | DwI/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) |
| | 1 | 0.05 | 11.7 | 25.3 | 7.2 | |
| | 2 | 0.10 | 7.8 | 19.0 | 7.4 | |
| | 3 | 0.15 | 5.1 | 14.1 | 7.6 | |
| | 4 | 0.20 | 3.6 | 11.2 | 7.7 | |
| | 5 | 0.70 | 2.4 | 10.4 | 8.0 | |
| | 6 | 1.20 | 1.8 | 8.3 | 7.9 | |
| | 7 | 1.70 | 1.3 | 7.4 | 7.8 | |
| S2LR | 초기치 | - | 25.7 | 41.1 | 7.3 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 1 | 0.05 | 10.8 | 25.5 | 7.4 | |
| | 2 | 0.10 | 7.3 | 18.9 | 7.4 | |
| | 3 | 0.15 | 5.1 | 14.7 | 7.5 | |
| | 4 | 0.20 | 3.8 | 12.8 | 7.7 | |
| | 5 | 0.70 | 2.5 | 11.1 | 8.1 | |
| | 6 | 1.20 | 1.9 | 9.9 | 8.0 | |
| | 7 | 1.70 | 1.4 | 9.0 | 7.8 | |
| S3LR | 초기치 | - | 25.0 | 40.2 | 7.2 | 초기치 : 제염전 포화추출액의 전기전도도(ECe), 교환성나트륨백분율 (ESP) 및 pH 값 |
| | 1 | 0.05 | 10.9 | 26.1 | 7.2 | |
| | 2 | 0.10 | 7.1 | 21.5 | 7.5 | |
| | 3 | 0.15 | 4.6 | 15.2 | 7.7 | |
| | 4 | 0.20 | 3.5 | 13.0 | 7.8 | |
| | 5 | 0.70 | 2.6 | 11.1 | 8.1 | |
| | 6 | 1.20 | 1.9 | 8.9 | 8.0 | |
| | 7 | 1.70 | 1.4 | 7.9 | 7.8 | |
| S4LR | 초기치 | - | 31.2 | 46.5 | 7.4 | |
| | 1 | 0.05 | 14.1 | 27.0 | 7.3 | |
| | 2 | 0.10 | 9.2 | 20.4 | 7.5 | |
| | 3 | 0.15 | 6.5 | 16.0 | 7.7 | |
| | 4 | 0.20 | 4.6 | 13.3 | 7.8 | |
| | 5 | 0.70 | 3.3 | 11.8 | 8.1 | |
| | 6 | 1.20 | 2.5 | 10.2 | 8.0 | |
| | 7 | 1.70 | 1.9 | 9.6 | 7.7 | |
| S5LR | 초기치 | - | 26.4 | 42.5 | 7.3 | |
| | 1 | 0.05 | 11.5 | 25.6 | 7.4 | |
| | 2 | 0.10 | 7.8 | 19.4 | 7.7 | |
| | 3 | 0.15 | 5.5 | 14.9 | 7.8 | |
| | 4 | 0.20 | 3.9 | 12.8 | 7.9 | |
| | 5 | 0.70 | 2.9 | 10.9 | 8.2 | |
| | 6 | 1.20 | 2.2 | 10.2 | 8.1 | |
| | 7 | 1.70 | 1.7 | 8.6 | 8.0 | |
| 8 | 2.20 | 1.3 | 7.9 | 7.8 | | |

[표 3.8-1] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화 (석고무처리 침출법)

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|--------|---------------|------|--|
| S1LN | 1 | 0.05 | 0.039 | 1.00 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 |
| | 2 | 0.10 | 0.032 | 0.82 | |
| | 3 | 0.15 | 0.026 | 0.67 | |
| | 4 | 0.20 | 0.022 | 0.56 | |
| | 5 | 0.30 | 0.018 | 0.46 | |
| | 6 | 0.40 | 0.014 | 0.36 | |
| | 7 | 0.50 | 0.011 | 0.28 | |
| | 8 | 0.60 | 0.008 | 0.21 | |
| S2LN | 1 | 0.05 | 0.078 | 1.00 | HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 |
| | 2 | 0.10 | 0.064 | 0.82 | |
| | 3 | 0.15 | 0.051 | 0.65 | |
| | 4 | 0.20 | 0.039 | 0.50 | |
| | 5 | 0.30 | 0.028 | 0.36 | |
| | 6 | 0.40 | 0.019 | 0.24 | |
| | 7 | 0.50 | 0.013 | 0.17 | |
| | 8 | 0.60 | 0.010 | 0.13 | |
| S3LN | 1 | 0.05 | 0.543 | 1.00 | ※ S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료 를 얻지 못하였습 |
| | 2 | 0.10 | 0.471 | 0.87 | |
| | 3 | 0.15 | 0.407 | 0.75 | |
| | 4 | 0.20 | 0.350 | 0.64 | |
| | 5 | 0.30 | 0.299 | 0.55 | |
| | 6 | 0.40 | 0.237 | 0.44 | |
| | 7 | 0.50 | 0.169 | 0.31 | |
| | 8 | 0.60 | 0.111 | 0.20 | |

[표 3.8-2] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화 (석고처리 침출법)

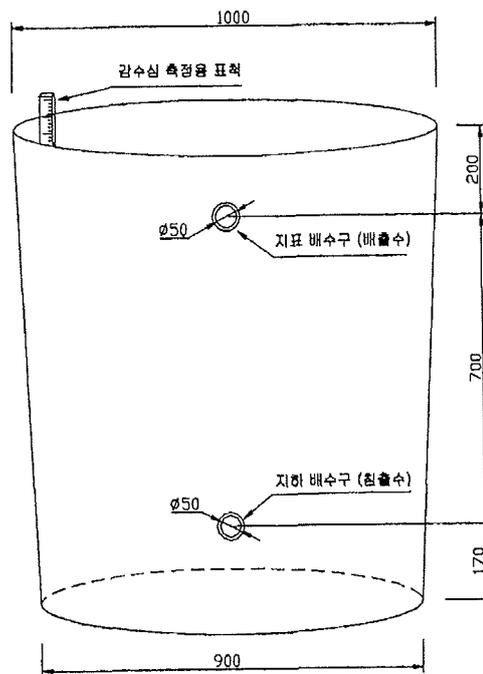
| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dw/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|-------|---------------|------|--|
| S1LG | 1 | 0.05 | 0.129 | 1.00 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 |
| | 2 | 0.10 | 0.120 | 0.93 | |
| | 3 | 0.15 | 0.118 | 0.91 | |
| | 4 | 0.20 | 0.115 | 0.89 | |
| | 5 | 0.30 | 0.110 | 0.85 | |
| | 6 | 0.40 | 0.099 | 0.77 | |
| | 7 | 0.50 | 0.088 | 0.68 | |
| | 8 | 0.60 | 0.081 | 0.63 | |
| S2LG | 1 | 0.05 | 0.267 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.255 | 0.96 | |
| | 3 | 0.15 | 0.248 | 0.93 | |
| | 4 | 0.20 | 0.241 | 0.90 | |
| | 5 | 0.30 | 0.237 | 0.89 | |
| | 6 | 0.40 | 0.229 | 0.86 | |
| | 7 | 0.50 | 0.219 | 0.82 | |
| | 8 | 0.60 | 0.212 | 0.79 | |
| S3LG | 1 | 0.05 | 1.491 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 1.461 | 0.98 | |
| | 3 | 0.15 | 1.449 | 0.97 | |
| | 4 | 0.20 | 1.436 | 0.96 | |
| | 5 | 0.30 | 1.417 | 0.95 | |
| | 6 | 0.40 | 1.388 | 0.93 | |
| | 7 | 0.50 | 1.361 | 0.91 | |
| | 8 | 0.60 | 1.348 | 0.90 | |
| S4LG | 1 | 0.05 | 0.037 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.032 | 0.86 | |
| | 3 | 0.15 | 0.029 | 0.78 | |
| | 4 | 0.20 | 0.026 | 0.70 | |
| | 5 | 0.30 | 0.024 | 0.65 | |
| | 6 | 0.40 | 0.022 | 0.59 | |
| | 7 | 0.50 | 0.020 | 0.54 | |
| | 8 | 0.60 | 0.019 | 0.51 | |
| S5LG | 1 | 0.05 | 0.050 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.044 | 0.88 | |
| | 3 | 0.15 | 0.040 | 0.80 | |
| | 4 | 0.20 | 0.037 | 0.74 | |
| | 5 | 0.30 | 0.034 | 0.68 | |
| | 6 | 0.40 | 0.032 | 0.64 | |
| | 7 | 0.50 | 0.030 | 0.60 | |
| | 8 | 0.60 | 0.029 | 0.58 | |

제5절 현장 라이시미터 제염시험

1. 현장 Lysimeter 시험시설 설치 및 배치

(1) 현장 Lysimeter 시험시설 설치

- ① 3연동 비닐하우스 설치 : 면적 $6.5 \times 40.0 + 7.0 \times 40.0 + 6.5 \times 40.0 = 800(\text{m}^2)$
- ② 제염용수 공급용 관정 1공 굴착
- ③ 급·배수시설 설치
- ④ Lysimeter 제작 설치 : 직경 0.95m (상단 1.00m, 하단 0.90m), 높이 1.07m
원통형 Lysimeter 총 120조
 - 지표·지하배수구 부설 : 120조
 - 압거부설 Lysimeter : 45조
 - 무압거 Lysimeter : 75조
- ⑤ 염분농도 및 토양수분함량 측정용 실린더 설치 : 60조 (무압거구)
- ⑥ 침출수 채취용기 : 120개 (용량 50ℓ)

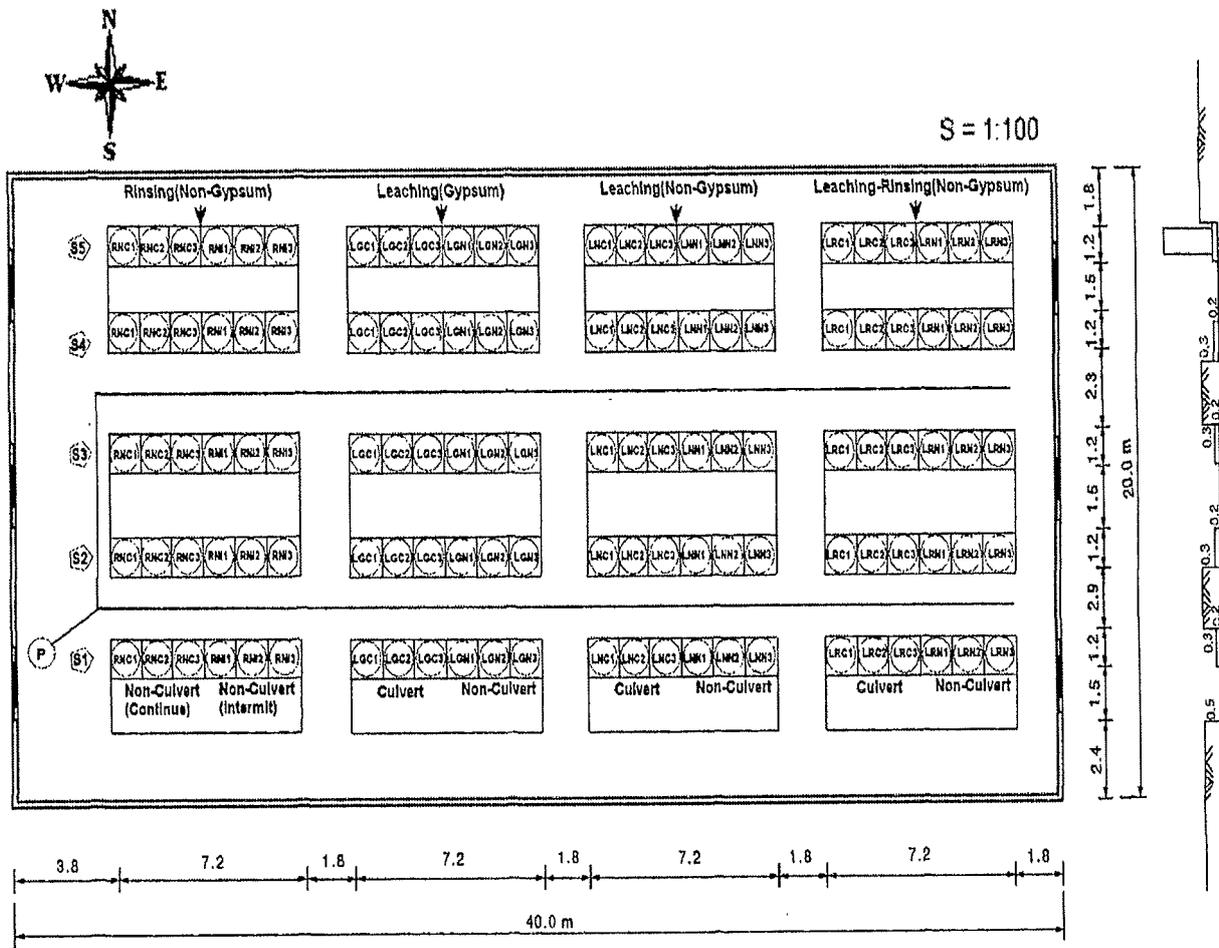


단위 : mm

[그림 3.4] 제염시험 Lysimeter의 단면

(2) 시험포장 Lysimeter 배치

제염시험을 위한 시험포장의 Lysimeter를 토성 및 제염시험방법 처리별로 [그림 3.5]과 같이 배치하고, 시험결과의 분석 및 DB구축에 편리하게 사용할 수 있도록 [표 3.9]에서 보는 바와 같이 각 시험구의 토양시료에 토양분류 Code를 부여하였다.



[그림 3.5] 시험포장 평면도

[표 3.9] 토성 및 제염방법별 토양분류 Code

| 제염방법 토양종류 | 수세법 | | 침출법 | | | | 침출·수세법 | |
|--------------|---------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 석고무처리 | | 석고처리 | | 석고무처리 | | 석고무처리 | |
| | 무암거 (연속담수) | 무암거 (간단담수) | 암거설치 | 무암거 | 암거설치 | 무암거 | 암거설치 | 무암거 |
| S1 (새만금 1) | S1RNC1 | S1RNI1 | S1LGC1 | S1LGN1 | S1LNC1 | S1LNN1 | S1LRC1 | S1LRN1 |
| | S1RNC2 | S1RNI2 | S1LGC2 | S1LGN2 | S1LNC2 | S1LNN2 | S1LRC2 | S1LRN2 |
| | S1RNC3 | S1RNI3 | S1LGC3 | S1LGN3 | S1LNC3 | S1LNN3 | S1LRC3 | S1LRN3 |
| S2 (새만금 2) | S2RNC1 | S2RNI1 | S2LGC1 | S2LGN1 | S2LNC1 | S2LNN1 | S2LRC1 | S2LRN1 |
| | S2RNC2 | S2RNI2 | S2LGC2 | S2LGN2 | S2LNC2 | S2LNN2 | S2LRC2 | S2LRN2 |
| | S2RNC3 | S2RNI3 | S2LGC3 | S2LGN3 | S2LNC3 | S2LNN3 | S2LRC3 | S2LRN3 |
| S3 (전북 부창) | S3RNC1 | S3RNI1 | S3LGC1 | S3LGN1 | S3LNC1 | S3LNN1 | S3LRC1 | S3LRN1 |
| | S3RNC2 | S3RNI2 | S3LGC2 | S3LGN2 | S3LNC2 | S3LNN2 | S3LRC2 | S3LRN2 |
| | S3RNC3 | S3RNI3 | S3LGC3 | S3LGN3 | S3LNC3 | S3LNN3 | S3LRC3 | S3LRN3 |
| S4 (경기 화용) | S4RNC1 | S4RNI1 | S4LGC1 | S4LGN1 | S4LNC1 | S4LNN1 | S4LRC1 | S4LRN1 |
| | S4RNC2 | S4RNI2 | S4LGC2 | S4LGN2 | S4LNC2 | S4LNN2 | S4LRC2 | S4LRN2 |
| | S4RNC3 | S4RNI3 | S4LGC3 | S4LGN3 | S4LNC3 | S4LNN3 | S4LRC3 | S4LRN3 |
| S5 (전남 고흥) | S5RNC1 | S5RNI1 | S5LGC1 | S5LGN1 | S5LNC1 | S5LNN1 | S5LRC1 | S5LRN1 |
| | S5RNC2 | S5RNI2 | S5LGC2 | S5LGN2 | S5LNC2 | S5LNN2 | S5LRC2 | S5LRN2 |
| | S5RNC3 | S5RNI3 | S5LGC3 | S5LGN3 | S5LNC3 | S5LNN3 | S5LRC3 | S5LRN3 |

2. 제염시험

(1) 물관리방법에 의한 제염시험

전북대학교 시험포장에 Lysimeter 제염시험시설을 설치하고 물관리방법에 따라 ① 석고무처리 수세법 ② 석고처리 침출법 ③ 석고무처리 침출법 ④ 석고무처리 침출·수세법 등 4가지 시험방법으로 구분하여 각 처리별로 3반복 제염시험을 수행하였다.

① 수세법 (Rinsing method) [석고무처리]

① 시험포장 Lysimeter 배치도

| | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| S5RNC1 | S5RNC2 | S5RNC3 | S5RNI1 | S5RNI2 | S5RNI3 |
| | | | | | |
| S4RNC1 | S4RNC2 | S4RNC3 | S4RNI1 | S4RNI2 | S4RNI3 |
| | | | | | |
| S3RNC1 | S3RNC2 | S3RNC3 | S3RNI1 | S3RNI2 | S3RNI3 |
| | | | | | |
| S2RNC1 | S2RNC2 | S2RNC3 | S2RNI1 | S2RNI2 | S2RNI3 |
| | | | | | |
| S1RNC1 | S1RNC2 | S1RNC3 | S1RNI1 | S1RNI2 | S1RNI3 |
| ← 석고무처리 수세법 무암거(연속담수) ⇒ ← 석고무처리 수세법 무암거(간단담수) ⇒ | | | | | |

② 시험방법

- ㉞ 한 종류의 토양시료를 6개의 Lysimeter에 각각 토심 90cm 가 되도록 넣었다.
 - 무암거 연속담수 3반복시험용 Lysimeter : RNC1, RNC2, RNC3
 - 무암거 간단담수 3반복시험용 Lysimeter : RNI1, RNI2, RNI3
- ㉟ Lysimeter에 수심 15cm 가 되도록 제염용수를 공급하였다.
- ㊱ Lysimeter내의 표토층 토양을 20~30cm 깊이로 경운한 후 3~4회 정도 충분히 썰레질 하였다.
- ㊲ 토양입자의 침전과 토양내의 염분용탈을 위하여 24~48시간 동안 가만히 놓아 두었다.
- ㊳ 일정시간(48시간)후 Lysimeter내의 수심을 측정하고 염분농도분석용 배출수를 채취한 다음 완전히 배수시켰다.
- ㊴ 연속담수구에서는 약 1주일 간격으로 위와 같은 시험과정을 10회 연속하여 실시하였다. 매회 배수 후 3~4일 지나서 토양시료를 채취한 다음에 제염용수를 공급하였다.
- ㊵ 간단담수구에서는 매회 배수 후 표토층을 건조시켜 표토층에 어느정도 염분이 집적된 다음에 제염용수를 공급하여 위와 같은 시험과정을 10회 실시하였다.

㉔ 엽분농도분석용 토양시료 채취

- 제염시험전에 모든 Lysimeter에서 토층별(0, 20, 40, 60, 80cm) 토양시료를 채취하였다.
- 1~4회, 6~9회 배수 후 또는 다음 제염시험 직전에 0, 20, 40cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.
- 5회, 10회 배수 후 또는 다음 제염시험 직전에 0, 20, 40, 60, 80cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.

㉕ 각 처리별로 3반복 제염시험을 실시하였다.

③ 측정항목

㉖ 매회 배출수량(감수심) 측정 및 배출수 시료채취 (1~10회)

㉗ 배출수의 EC 및 pH 측정 (1~10회)

조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-3~4] 참조

㉘ 매회 토층별 토양시료채취 (1~10회)

㉙ 제염과정중 토층별 토양의 전기전도도(EC) 및 pH 측정 (1~10회)

조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-3~4] 참조

㉚ 제염과정중 토층별 토양의 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC) 측정 (1~10회)

조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-5~6] 참조

㉛ 제염과정중 토층별 토양의 교환성나트륨백분율(ESP) 산정 (1~10회)

조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-5~6] 참조

㉜ 제염시험 전후 토양의 이화학적 특성

④ 시험결과

㉝ 석고무처리 수세법 무암거구의 연속담수 및 간단담수 제염시험결과 토성별 제염횟수별로 살펴 본 제염진행중 토양의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH의 변화는 [표 3 10-1] 및 [표 3 10-2]와 같다.

※ 각 표에 기록되어 있는 모든 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

㉞ 각 표에서 Dwa/Ds 는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 일반적으로 근역에 해당하는 40cm로 보았으며 제염을 위한 공급수심은 매회 15cm이다.

㉟ 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH이다.

㊱ 토양의 EC, ESP 및 pH 등은 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이다.

[표 3. 10-1] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고무처리 수세법 : 무암거(연속담수)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|-------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1RNC | 초기치 | - | 24.6 | 42.4 | 7.7 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 19.5 | 34.4 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 16.9 | 30.8 | 7.7 | |
| | 3 | 1.125 | 13.0 | 27.2 | 7.9 | |
| | 4 | 1.500 | 11.1 | 23.3 | 8.3 | |
| | 5 | 1.875 | 7.6 | 21.1 | 8.1 | |
| | 6 | 2.250 | 6.8 | 19.3 | 8.2 | |
| | 7 | 2.625 | 6.1 | 16.9 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 4.8 | 15.9 | 8.0 | |
| | 9 | 3.375 | 4.3 | 14.8 | 7.6 | |
| S2RNC | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 22.6 | 37.2 | 7.7 | |
| | 2 | 0.750 | 18.5 | 32.6 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 13.7 | 28.7 | 7.9 | |
| | 4 | 1.500 | 10.7 | 25.5 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 8.8 | 22.1 | 7.9 | |
| | 6 | 2.250 | 6.4 | 18.3 | 8.1 | |
| | 7 | 2.625 | 5.0 | 17.0 | 8.0 | |
| | 8 | 3.000 | 3.9 | 14.1 | 7.9 | |
| | 9 | 3.375 | 3.5 | 12.9 | 7.6 | |
| S3RNC | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | |
| | 1 | 0.375 | 20.5 | 34.7 | 7.9 | |
| | 2 | 0.750 | 16.4 | 30.2 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 11.5 | 26.3 | 8.0 | |
| | 4 | 1.500 | 9.3 | 22.3 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 6.7 | 20.2 | 8.0 | |
| | 6 | 2.250 | 5.6 | 18.3 | 8.2 | |
| | 7 | 2.625 | 4.1 | 16.0 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 3.4 | 12.9 | 8.2 | |
| | 9 | 3.375 | 3.0 | 12.1 | 7.9 | |
| 10 | 3.750 | 2.6 | 11.1 | 7.5 | | |

[표 3.10-1] 계속

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|-------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S4RNC | 초기치 | - | 27.7 | 47.3 | 7.9 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 21.3 | 38.5 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 19.9 | 33.6 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 17.2 | 30.2 | 7.9 | |
| | 4 | 1.500 | 14.1 | 26.0 | 8.0 | |
| | 5 | 1.875 | 10.7 | 24.6 | 8.1 | |
| | 6 | 2.250 | 9.8 | 22.8 | 8.2 | |
| | 7 | 2.625 | 8.9 | 22.2 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 7.7 | 20.0 | 8.2 | |
| | 9 | 3.375 | 7.0 | 19.4 | 7.8 | |
| S5RNC | 초기치 | - | 25.1 | 42.6 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 22.0 | 35.8 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 19.2 | 31.7 | 7.7 | |
| | 3 | 1.125 | 15.3 | 29.2 | 8.0 | |
| | 4 | 1.500 | 12.9 | 26.4 | 8.2 | |
| | 5 | 1.875 | 11.2 | 25.2 | 8.1 | |
| | 6 | 2.250 | 10.1 | 23.3 | 8.3 | |
| | 7 | 2.625 | 8.3 | 21.2 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 6.7 | 19.3 | 8.0 | |
| | 9 | 3.375 | 5.8 | 17.9 | 7.8 | |
| 10 | 3.750 | 5.1 | 17.2 | 7.5 | | |

[표 3. 10-2] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고무처리 수세법 : 무압거(간단담수)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|-------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1RNI | 초기치 | - | 24.6 | 42.4 | 7.7 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 20.3 | 34.8 | 7.9 | |
| | 2 | 0.750 | 18.5 | 32.2 | 8.0 | |
| | 3 | 1.125 | 15.6 | 29.7 | 8.1 | |
| | 4 | 1.500 | 11.3 | 26.4 | 8.0 | |
| | 5 | 1.875 | 9.8 | 23.3 | 7.6 | |
| | 6 | 2.250 | 7.2 | 20.5 | 7.7 | |
| | 7 | 2.625 | 6.0 | 19.1 | 7.8 | |
| | 8 | 3.000 | 5.1 | 17.0 | 7.7 | |
| | 9 | 3.375 | 3.8 | 14.9 | 7.5 | |
| 10 | 3.750 | 3.3 | 13.8 | 7.4 | | |
| S2RN2 | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 24.7 | 40.0 | 7.7 | |
| | 2 | 0.750 | 20.7 | 35.4 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 17.4 | 30.9 | 8.1 | |
| | 4 | 1.500 | 14.3 | 27.4 | 7.9 | |
| | 5 | 1.875 | 12.0 | 24.7 | 7.5 | |
| | 6 | 2.250 | 8.2 | 21.3 | 7.9 | |
| | 7 | 2.625 | 6.6 | 19.4 | 7.7 | |
| | 8 | 3.000 | 4.7 | 16.3 | 7.7 | |
| | 9 | 3.375 | 3.9 | 15.2 | 7.5 | |
| 10 | 3.750 | 3.4 | 13.2 | 7.3 | | |
| S3RNI | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | |
| | 1 | 0.375 | 22.2 | 37.5 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 17.5 | 33.7 | 8.0 | |
| | 3 | 1.125 | 12.5 | 29.5 | 8.3 | |
| | 4 | 1.500 | 9.9 | 25.5 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 6.8 | 22.1 | 7.8 | |
| | 6 | 2.250 | 5.4 | 19.4 | 7.9 | |
| | 7 | 2.625 | 3.9 | 17.0 | 8.0 | |
| | 8 | 3.000 | 3.4 | 15.1 | 7.8 | |
| | 9 | 3.375 | 2.9 | 12.9 | 7.8 | |
| 10 | 3.750 | 2.5 | 11.8 | 7.5 | | |

[표 3.10-2] 계 속

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|-------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S4RN1 | 초기치 | - | 27.7 | 47.3 | 7.9 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 23.6 | 41.7 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 20.3 | 37.4 | 8.0 | |
| | 3 | 1.125 | 18.5 | 33.3 | 8.2 | |
| | 4 | 1.500 | 16.2 | 29.8 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 13.3 | 26.9 | 7.9 | |
| | 6 | 2.250 | 11.7 | 25.4 | 7.8 | |
| | 7 | 2.625 | 10.6 | 24.2 | 8.0 | |
| | 8 | 3.000 | 8.3 | 22.5 | 7.9 | |
| | 9 | 3.375 | 7.2 | 20.3 | 7.7 | |
| 10 | 3.750 | 6.5 | 19.7 | 7.6 | | |
| S5RN1 | 초기치 | - | 25.1 | 42.6 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 22.8 | 38.8 | 7.7 | |
| | 2 | 0.750 | 19.2 | 36.1 | 7.9 | |
| | 3 | 1.125 | 17.0 | 32.2 | 8.1 | |
| | 4 | 1.500 | 15.7 | 28.1 | 8.3 | |
| | 5 | 1.875 | 13.8 | 25.8 | 8.0 | |
| | 6 | 2.250 | 10.9 | 23.7 | 7.7 | |
| | 7 | 2.625 | 9.5 | 22.7 | 7.8 | |
| | 8 | 3.000 | 7.8 | 20.3 | 7.6 | |
| | 9 | 3.375 | 6.6 | 18.6 | 7.7 | |
| 10 | 3.750 | 5.7 | 17.8 | 7.4 | | |

② 침출법 (Leaching method) [석고처리]

① 시험포장 Lysimeter 배치도

| | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| S5LGC1 | S5LGC2 | S5LGC3 | S5LGN1 | S5LGN2 | S5LGN3 |
| | | | | | |
| S4LGC1 | S4LGC2 | S4LGC3 | S4LGN1 | S4LGN2 | S4LGN3 |
| | | | | | |
| S3LGC1 | S3LGC2 | S3LGC3 | S3LGN1 | S3LGN2 | S3LGN3 |
| | | | | | |
| S2LGC1 | S2LGC2 | S2LGC3 | S2LGN1 | S2LGN2 | S2LGN3 |
| | | | | | |
| S1LGC1 | S1LGC2 | S1LGC3 | S1LGN1 | S1LGN2 | S1LGN3 |
| ← 석고처리 침출법 (암거) ⇒ ← 석고처리 침출법 (무암거) ⇒ | | | | | |

② 시험방법

㉑ 토양시료에 석고를 혼합하였다.

석고 사용량은 Beyce³⁾의 석고 소요량방정식을 적용하여 결정하였다.

㉒ 한 종류의 토양시료를 6개의 Lysimeter에 각각 토심 90cm 가 되도록 넣었다.

○ 암거설치 반복시험용 Lysimeter : LGC1, LGC2, LGC3

○ 무암거 반복시험용 Lysimeter : LGN1, LGN2, LGN3

㉓ Lysimeter에 수심 15cm 가 되도록 제염용수를 공급하여 토양을 통해 침출시켰다.

소정의 침출수량이 생기기 전에 Lysimeter내의 수심이 5cm 이하로 되면 제염용수를 추가하여 공급하였다.

㉔ 적당량의 침출수가 생기면 공급수량(감수심)과 경과시간 및 침출수량을 측정하였다.

매회 침출수량은 제염토양깊이당 침출수심의 비율(Dwl/Ds)이 0.05정도인 약 24.8ℓ를 기준으로 하였다. ($3.14 \times 0.95^2 / 4 \times 0.7 \times 1000 \times 0.05 = 24.8$)

㉕ 매회마다 염분농도분석용 침출수를 채취하였다.

㉖ 위와 같은 시험과정을 10회 연속하여 실시하였다.

㉗ 염분농도분석용 토양시료 채취

○ 제염시험전에 모든 Lysimeter에서 토층별(0, 20, 40, 60, 80cm) 토양시료를 채취하였다.

○ 1~4회, 6~9회 제염시험 후에 0, 20, 40cm 토층에서 채취하였다. 토양시료를 채취

○ 5회, 10회 제염시험 후에 0, 20, 40, 60, 80cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.

㉘ 각 처리별로 3반복 제염시험을 실시하였다.

3 측정항목

- ㉓ 매회 공급수량(감수심), 경과시간, 침출수량 측정 및 침출수 시료채취 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-7~8] 참조
- ㉔ 침출수의 EC 및 pH 측정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-7~8] 참조
- ㉕ 제염과정중 수리전도도 및 상대수리전도도 계산 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-11~12] 참조
- ㉖ 매회 토층별 토양시료채취 (1~10회)
- ㉗ 제염과정중 토층별 토양의 전기전도도(EC) 및 pH 측정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-7~8] 참조
- ㉘ 제염과정중 토층별 토양의 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC) 측정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-9~10] 참조
- ㉙ 제염과정중 토층별 토양의 교환성나트륨백분율(ESP) 산정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-9~10] 참조
- ㉚ 제염시험 전후 토양의 이화학적 특성

4 시험결과

- ㉓ 석고처리 침출법 암거설치구 및 무암거구의 제염시험결과 토성별 제염횟수별로 살펴 본 제염진행중 토양의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH의 변화는 [표 3 11-1] 및 [표 3 11-2], 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화는 [표 3 12-1] 및 [표 3 12-2]에서 보는 바와 같다.
※ 각 표에 기록되어 있는 모든 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.
- ㉔ 각 표에서 D_w/D_s 는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 표토에서 지하배수구(침출구)까지의 깊이인 70cm로 보았으며 매회의 침출수심은 $D_w/D_s=0.05$ 정도가 되도록 하였다.
- ㉕ 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH이다.
- ㉖ 토양의 EC, 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH 등은 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이다.
- ㉗ 상대수리전도도는(HCr)는 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율이다.
- ㉘ S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였다.

[표 3.11-1] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고처리 침출법 : 암거설치]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1LGC | 초기치 | - | 24.6 | 42.4 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : |
| | 1 | 0.05 | 16.5 | 33.0 | 7.8 | |
| | 2 | 0.10 | 10.7 | 26.1 | 7.8 | |
| | 3 | 0.15 | 8.4 | 20.7 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 5.2 | 17.2 | 7.7 | |
| | 5 | 0.25 | 4.3 | 15.4 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 3.7 | 14.1 | 8.0 | |
| | 7 | 0.35 | 3.5 | 13.2 | 8.0 | |
| | 8 | 0.40 | 2.9 | 12.0 | 7.8 | |
| | 9 | 0.45 | 2.5 | 10.9 | 7.7 | |
| 10 | 0.50 | 2.3 | 10.9 | 7.5 | | |
| S2LGC | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.05 | 14.9 | 30.2 | 7.9 | |
| | 2 | 0.10 | 8.2 | 21.9 | 8.1 | |
| | 3 | 0.15 | 6.4 | 17.9 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 4.0 | 14.6 | 7.7 | |
| | 5 | 0.25 | 3.3 | 12.8 | 8.3 | |
| | 6 | 0.30 | 2.9 | 11.6 | 8.0 | |
| | 7 | 0.35 | 2.4 | 10.5 | 7.9 | |
| | 8 | 0.40 | 2.3 | 10.4 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 2.1 | 9.6 | 8.1 | |
| 10 | 0.50 | 1.9 | 9.6 | 8.0 | | |
| S3LGC | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 13.4 | 28.7 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 9.0 | 23.4 | 7.9 | |
| | 3 | 0.15 | 5.3 | 15.8 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 3.1 | 13.5 | 8.3 | |
| | 5 | 0.25 | 2.1 | 12.6 | 8.2 | |
| | 6 | 0.30 | 1.8 | 10.5 | 7.8 | |
| | 7 | 0.35 | 1.6 | 9.6 | 7.9 | |
| | 8 | 0.40 | 1.3 | 9.5 | 7.7 | |
| | 9 | 0.45 | 1.2 | 8.3 | 7.8 | |
| 10 | 0.50 | 1.2 | 7.4 | 7.6 | | |

[표 3.11-2] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고처리 침출법 : 무암거]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|--|--------|--------------|------------|-----|---|
| S1LGN | * S1LGN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| S2LGN | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | |
| | 1 | 0.05 | 13.7 | 32.3 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 10.0 | 24.2 | 7.7 | |
| | 3 | 0.15 | 7.2 | 18.8 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 4.7 | 14.9 | 7.8 | |
| | 5 | 0.25 | 3.8 | 13.7 | 8.2 | |
| | 6 | 0.30 | 3.0 | 12.6 | 7.9 | |
| | 7 | 0.35 | 2.3 | 11.8 | 7.9 | |
| | 8 | 0.40 | 2.0 | 10.6 | 8.0 | |
| | 9 | 0.45 | 1.9 | 9.7 | 7.8 | |
| 10 | 0.50 | 1.7 | 9.7 | 7.8 | | |
| S3LGN | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | |
| | 1 | 0.05 | 12.6 | 29.8 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 7.5 | 21.1 | 8.3 | |
| | 3 | 0.15 | 5.2 | 15.8 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 3.7 | 13.8 | 7.8 | |
| | 5 | 0.25 | 2.9 | 12.6 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 2.3 | 11.8 | 7.8 | |
| | 7 | 0.35 | 2.0 | 10.6 | 7.8 | |
| | 8 | 0.40 | 1.8 | 9.5 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 1.6 | 8.4 | 7.6 | |
| 10 | 0.50 | 1.5 | 8.4 | 7.7 | | |

[표 3.12-1] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화
 [석고처리 침출법 : 암거설치]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dw/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|-------|---------------|------|---|
| S1LGC | 1 | 0.05 | 0.036 | 1.00 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 0.10 | 0.034 | 0.94 | |
| | 3 | 0.15 | 0.032 | 0.89 | |
| | 4 | 0.20 | 0.031 | 0.86 | |
| | 5 | 0.25 | 0.029 | 0.81 | |
| | 6 | 0.30 | 0.028 | 0.78 | |
| | 7 | 0.35 | 0.026 | 0.72 | |
| | 8 | 0.40 | 0.025 | 0.69 | |
| | 9 | 0.45 | 0.024 | 0.67 | |
| | 10 | 0.50 | 0.023 | 0.64 | |
| S2LGC | 1 | 0.05 | 0.153 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.147 | 0.96 | |
| | 3 | 0.15 | 0.142 | 0.93 | |
| | 4 | 0.20 | 0.136 | 0.89 | |
| | 5 | 0.25 | 0.133 | 0.87 | |
| | 6 | 0.30 | 0.129 | 0.84 | |
| | 7 | 0.35 | 0.119 | 0.78 | |
| | 8 | 0.40 | 0.115 | 0.75 | |
| | 9 | 0.45 | 0.109 | 0.71 | |
| | 10 | 0.50 | 0.104 | 0.68 | |
| S3LGC | 1 | 0.05 | 0.450 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.446 | 0.99 | |
| | 3 | 0.15 | 0.437 | 0.97 | |
| | 4 | 0.20 | 0.432 | 0.96 | |
| | 5 | 0.25 | 0.414 | 0.92 | |
| | 6 | 0.30 | 0.405 | 0.90 | |
| | 7 | 0.35 | 0.387 | 0.86 | |
| | 8 | 0.40 | 0.374 | 0.83 | |
| | 9 | 0.45 | 0.351 | 0.78 | |
| | 10 | 0.50 | 0.338 | 0.75 | |

[표 3.12-2] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화

[석고처리 침출법 : 무암거]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|--|--------|---------------|------|--|
| S1LGN | ※ SILGN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| S2LGN | 1 | 0.05 | 0.049 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.045 | 0.92 | |
| | 3 | 0.15 | 0.043 | 0.88 | |
| | 4 | 0.20 | 0.039 | 0.80 | |
| | 5 | 0.25 | 0.034 | 0.69 | |
| | 6 | 0.30 | 0.028 | 0.57 | |
| | 7 | 0.35 | 0.025 | 0.51 | |
| | 8 | 0.40 | 0.020 | 0.41 | |
| | 9 | 0.45 | 0.015 | 0.31 | |
| | 10 | 0.50 | 0.013 | 0.27 | |
| S3LGN | 1 | 0.05 | 0.172 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.157 | 0.91 | |
| | 3 | 0.15 | 0.146 | 0.85 | |
| | 4 | 0.20 | 0.138 | 0.80 | |
| | 5 | 0.25 | 0.126 | 0.73 | |
| | 6 | 0.30 | 0.107 | 0.62 | |
| | 7 | 0.35 | 0.096 | 0.56 | |
| | 8 | 0.40 | 0.084 | 0.49 | |
| | 9 | 0.45 | 0.074 | 0.43 | |
| | 10 | 0.50 | 0.065 | 0.38 | |

③ 침출법 (Leaching method) [석고무처리]

① 시험포장 Lysimeter 배치도

| | | | | | |
|--------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| S5LNC1 | S5LNC2 | S5LNC3 | S5LNN1 | S5LNN2 | S5LNN3 |
| | | | | | |
| S4LNC1 | S4LNC2 | S4LNC3 | S4LNN1 | S4LNN2 | S4LNN3 |
| | | | | | |
| S3LNC1 | S3LNC2 | S3LNC3 | S3LNN1 | S3LNN2 | S3LNN3 |
| | | | | | |
| S2LNC1 | S2LNC2 | S2LNC3 | S2LNN1 | S2LNN2 | S2LNN3 |
| | | | | | |
| S1LNC1 | S1LNC2 | S1LNC3 | S1LNN1 | S1LNN2 | S1LNN3 |
| ← 석고무처리 침출법 (압거) → | | | ← 석고무처리 침출법 (무압거) → | | |

② 시험방법

- ㉠ 토양시료에 석고를 혼합하지 않았다.
- ㉡ 한 종류의 토양시료를 6개의 Lysimeter에 각각 토심 90cm 가 되도록 넣었다.
 - 압거설치 반복시험용 Lysimeter : LNC1, LNC2, LNC3
 - 무압거 반복시험용 Lysimeter : LNN1, LNN2, LNN3
- ㉢ Lysimeter에 수심 15cm 가 되도록 제염용수를 공급하여 토양을 통해 침출시켰다.
소정의 침출수량이 생기기 전에 Lysimeter내의 수심이 5cm 이하로 되면 제염용수를 추가하여 공급하였다.
- ㉣ 적당량의 침출수가 생기면 공급수량(감수심)과 경과시간 및 침출수량을 측정하였다.
매회 침출수량은 제염토양깊이당 침출수심의 비율(D_w/D_s)이 0.05정도인 약 24.8ℓ를 기준으로 하였다. ($3.14 \times 0.95^2 / 4 \times 0.7 \times 1000 \times 0.05 = 24.8$)
- ㉤ 매회마다 염분농도분석용 침출수를 채취하였다.
- ㉥ 위와 같은 시험과정을 10회 연속하여 실시하였다.
- ㉦ 염분농도분석용 토양시료 채취
 - 제염시험전에 모든 Lysimeter에서 토층별(0, 20, 40, 60, 80cm) 토양시료를 채취하였다.
 - 1~4회, 6~9회 제염시험 후에 0, 20, 40cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.
 - 5회, 10회 제염시험 후에 0, 20, 40, 60, 80cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.
- ㉧ 각 처리별로 3반복 제염시험을 실시하였다.

3 측정항목

- ㉓ 매회 공급수량(감수심), 경과시간, 침출수량 측정 및 침출수 시료채취 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-13~14] 참조
- ㉔ 침출수의 EC 및 pH 측정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-13~14] 참조
- ㉕ 제염과정중 수리전도도 및 상대수리전도도 계산 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-17~18] 참조
- ㉖ 매회 토층별 토양시료채취 (1~10회)
- ㉗ 제염과정중 토층별 토양의 전기전도도(EC) 및 pH 측정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-13~14] 참조
- ㉘ 제염과정중 토층별 토양의 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC) 측정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-15~16] 참조
- ㉙ 제염과정중 토층별 토양의 교환성나트륨백분율(ESP) 산정 (1~10회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-15~16] 참조
- ㉚ 제염시험 전후 토양의 이화학적 특성

4 시험결과

- ㉓ 석고무처리 침출법 암거설치구 및 무암거구의 제염시험결과 토성별 제염횟수별로 살펴 본 제염진행중 토양의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH의 변화는 [표 3. 13-1] 및 [표 3. 13-2], 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화는 [표 3. 14-1] 및 [표 3. 14-2]에서 보는 바와 같다.
※ 각 표에 기록되어 있는 모든 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.
- ㉔ 각 표에서 D_w/D_s 는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 표토에서 지하배수구(침출구)까지의 깊이인 70cm로 보았으며 매회의 침출수심은 $D_w/D_s=0.05$ 정도가 되도록 하였다.
- ㉕ 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH이다.
- ㉖ 토양의 EC, 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH 등은 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이다.
- ㉗ 상대수리전도도는(HCr)는 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율이다.
- ㉘ S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였다.

[표 3.13-1] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고무처리 침출법 : 암거설치]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|------------|-----|--|
| S1LNC | 초기치 | - | 24.6 | 42.4 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : |
| | 1 | 0.05 | 15.4 | 32.3 | 8.2 | |
| | 2 | 0.10 | 9.5 | 26.1 | 8.0 | |
| | 3 | 0.15 | 7.8 | 20.7 | 8.3 | |
| | 4 | 0.20 | 5.0 | 17.6 | 7.8 | |
| | 5 | 0.25 | 3.8 | 14.1 | 7.8 | |
| | 6 | 0.30 | 2.9 | 13.3 | 7.9 | |
| | 7 | 0.35 | 2.5 | 12.1 | 8.1 | |
| | 8 | 0.40 | 2.2 | 11.0 | 8.0 | |
| | 9 | 0.45 | 1.9 | 10.0 | 7.9 | |
| S2LNC | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.05 | 15.7 | 33.3 | 7.8 | |
| | 2 | 0.10 | 8.6 | 25.0 | 8.0 | |
| | 3 | 0.15 | 5.9 | 18.9 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 3.8 | 17.0 | 8.1 | |
| | 5 | 0.25 | 3.0 | 13.7 | 8.3 | |
| | 6 | 0.30 | 2.6 | 11.6 | 8.1 | |
| | 7 | 0.35 | 2.1 | 10.6 | 8.1 | |
| | 8 | 0.40 | 1.8 | 9.7 | 8.0 | |
| | 9 | 0.45 | 1.5 | 9.5 | 8.0 | |
| S3LNC | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 14.0 | 30.2 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 10.1 | 24.2 | 8.4 | |
| | 3 | 0.15 | 7.2 | 20.0 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 4.6 | 14.6 | 8.3 | |
| | 5 | 0.25 | 2.7 | 12.8 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 1.7 | 10.5 | 8.0 | |
| | 7 | 0.35 | 1.5 | 9.5 | 8.0 | |
| | 8 | 0.40 | 1.3 | 8.6 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 1.3 | 7.4 | 8.1 | |
| 10 | 0.50 | 1.2 | 7.4 | 7.8 | | |

[표 3.13-2] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고무처리 침출법 : 무암거]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|--|--------|--------------|------------|-----|---|
| S1LNN | * S1LNN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | |
| S2LNN | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 13.5 | 31.6 | 7.9 | |
| | 2 | 0.10 | 9.1 | 24.2 | 7.8 | |
| | 3 | 0.15 | 6.8 | 18.8 | 7.7 | |
| | 4 | 0.20 | 5.1 | 15.8 | 8.0 | |
| | 5 | 0.25 | 4.0 | 12.5 | 8.1 | |
| | 6 | 0.30 | 3.3 | 11.3 | 8.3 | |
| | 7 | 0.35 | 2.5 | 10.5 | 8.1 | |
| | 8 | 0.40 | 1.9 | 9.4 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 1.7 | 8.5 | 8.2 | |
| S3LNN | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | |
| | 1 | 0.05 | 12.4 | 28.7 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 7.5 | 23.4 | 8.2 | |
| | 3 | 0.15 | 5.7 | 17.9 | 8.3 | |
| | 4 | 0.20 | 4.1 | 14.7 | 8.2 | |
| | 5 | 0.25 | 3.0 | 12.6 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 2.2 | 10.8 | 7.7 | |
| | 7 | 0.35 | 1.9 | 9.6 | 7.8 | |
| | 8 | 0.40 | 1.6 | 8.6 | 7.8 | |
| | 9 | 0.45 | 1.4 | 8.5 | 8.0 | |
| | 10 | 0.50 | 1.3 | 7.4 | 7.7 | |

[표 3.14-1] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화

[석고무처리 침출법 : 암거설치]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|--------|---------------|------|--|
| S1LNC | 1 | 0.05 | 0.021 | 1.00 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 0.10 | 0.017 | 0.81 | |
| | 3 | 0.15 | 0.014 | 0.67 | |
| | 4 | 0.20 | 0.011 | 0.52 | |
| | 5 | 0.25 | 0.009 | 0.43 | |
| | 6 | 0.30 | 0.007 | 0.33 | |
| | 7 | 0.35 | 0.006 | 0.29 | |
| | 8 | 0.40 | 0.005 | 0.24 | |
| | 9 | 0.45 | 0.004 | 0.19 | |
| | 10 | 0.50 | 0.004 | 0.19 | |
| S2LNC | 1 | 0.05 | 0.038 | 1.00 | HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 0.10 | 0.030 | 0.79 | |
| | 3 | 0.15 | 0.025 | 0.66 | |
| | 4 | 0.20 | 0.021 | 0.55 | |
| | 5 | 0.25 | 0.018 | 0.47 | |
| | 6 | 0.30 | 0.015 | 0.39 | |
| | 7 | 0.35 | 0.013 | 0.34 | |
| | 8 | 0.40 | 0.011 | 0.29 | |
| | 9 | 0.45 | 0.010 | 0.26 | |
| | 10 | 0.50 | 0.009 | 0.24 | |
| S3LNC | 1 | 0.05 | 0.216 | 1.00 | HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 0.10 | 0.179 | 0.83 | |
| | 3 | 0.15 | 0.157 | 0.73 | |
| | 4 | 0.20 | 0.130 | 0.60 | |
| | 5 | 0.25 | 0.105 | 0.49 | |
| | 6 | 0.30 | 0.094 | 0.44 | |
| | 7 | 0.35 | 0.080 | 0.37 | |
| | 8 | 0.40 | 0.069 | 0.32 | |
| | 9 | 0.45 | 0.061 | 0.28 | |
| | 10 | 0.50 | 0.056 | 0.26 | |

[표 3.14-2] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화

[석고무처리 침출법 : 무암거]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|--|--------|---------------|------|--|
| S1LNN | ※ S1LNN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| S2LNN | 1 | 0.05 | 0.027 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.019 | 0.70 | |
| | 3 | 0.15 | 0.015 | 0.56 | |
| | 4 | 0.20 | 0.011 | 0.41 | |
| | 5 | 0.25 | 0.009 | 0.33 | |
| | 6 | 0.30 | 0.007 | 0.26 | |
| | 7 | 0.35 | 0.005 | 0.19 | |
| | 8 | 0.40 | 0.004 | 0.15 | |
| | 9 | 0.45 | 0.003 | 0.11 | |
| | 10 | 0.50 | 0.003 | 0.11 | |
| S3LNN | 1 | 0.05 | 0.139 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.093 | 0.67 | |
| | 3 | 0.15 | 0.070 | 0.53 | |
| | 4 | 0.20 | 0.054 | 0.39 | |
| | 5 | 0.25 | 0.045 | 0.32 | |
| | 6 | 0.30 | 0.038 | 0.27 | |
| | 7 | 0.35 | 0.031 | 0.22 | |
| | 8 | 0.40 | 0.025 | 0.18 | |
| | 9 | 0.45 | 0.023 | 0.17 | |
| | 10 | 0.50 | 0.021 | 0.15 | |

④ 침출·수세법 (Leaching-Rinsing method) [석고무처리]

① 시험포장 Lysimeter 배치도

| | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| S5LRC1 | S5LRC2 | S5LRC3 | S5LRN1 | S5LRN2 | S5LRN3 |
| | | | | | |
| S4LRC1 | S4LRC2 | S4LRC3 | S4LRN1 | S4LRN2 | S4LRN3 |
| | | | | | |
| S3LRC1 | S3LRC2 | S3LRC3 | S3LRN1 | S3LRN2 | S3LRN3 |
| | | | | | |
| S2LRC1 | S2LRC2 | S2LRC3 | S2LRN1 | S2LRN2 | S2LRN3 |
| | | | | | |
| S1LRC1 | S1LRC2 | S1LRC3 | S1LRN1 | S1LRN2 | S1LRN3 |
| ⇐ 석고무처리 침출·수세법 (압거) ⇒ ⇐ 석고무처리 침출·수세법 (무압거) ⇒ | | | | | |

② 시험방법

- ① 1회~4회는 석고무처리 침출법의 경우와 같이 제염시험을 수행하였다.
- ② 5회~8회는 수세법의 경우와 같이 제염시험을 수행하였다.
- ③ 염분농도분석용 토양시료 채취
 - 제염시험전에 모든 Lysimeter에서 토층별(0, 20, 40, 60, 80cm) 토양시료를 채취하였다
 - 1~3회, 5~7회 제염시험 후에 0, 20, 40cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.
 - 4회, 8회 제염시험 후에 0, 20, 40, 60, 80cm 토층에서 토양시료를 채취하였다.
- ④ 각 처리별로 3반복 제염시험을 실시하였다.

③ 측정항목

- ① 매회 공급수량(감수심), 경과시간, 침출수량 측정 및 침출수 시료채취 (1~4회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-19~20] 참조
- ② 침출수의 EC 및 pH 측정 (1~4회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-19~20] 참조

- ③ 제염과정중 수리전도도 및 상대수리전도도 계산 (1~4회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-23~24] 참조
- ④ 매회 배출수량(감수심) 측정 및 배출수 시료채취 (5~8회)
- ⑤ 배출수의 EC 및 pH 측정 (5~8회)
- ⑥ 매회 토층별 토양시료채취 (1~8회)
- ⑦ 제염과정중 토층별 토양의 전기전도도(EC) 및 pH 측정 (1~8회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-19~20] 참조
- ⑧ 제염과정중 토층별 토양의 교환성양이온함량 및 양이온교환용량(CEC) 측정 (1~8회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-21~22] 참조
- ⑨ 제염과정중 토층별 토양의 교환성나트륨백분율(ESP) 산정 (1~8회)
조사결과는 [부록Ⅲ] [표 3-21~22] 참조
- ⑩ 제염시험 전후 토양의 이화학적 특성

4 시험결과

- ① 석고무처리 침출·수세법 암거설치구 및 무암거구의 제염시험결과 토성별 제염횟수별로 살펴본 제염진행중 토양의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH의 변화는 [표 3 15-1] 및 [표 3 15-2], 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도 (HCr)의 변화는 [표 3 16-1] 및 [표 3 16-2]에서 보는 바와 같다.
※ 각 표에 기록되어 있는 모든 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.
- ② 각 표에서 D_{wl}/D_s 는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 표토에서 하부 지하배수구(침출구)까지의 깊이인 70cm로 보았으며 매회의 침출수심은 $D_{wl}/D_s=0.05$ 정도가 되도록 하였다. 또한 D_{wa}/D_s 는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 일반적으로 근역에 해당하는 40cm로 보았으며 제염을 위한 공급수심은 매회 15cm이다.
- ③ 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC), 교환성나트륨백분율(ESP) 및 pH이다.
- ④ 토양의 EC, ESP 및 pH 등은 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이다.
- ⑤ 상대수리전도도(HCr)는 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율이다.
- ⑥ S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였다.

[표 3.15-1] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고무처리 침출·수세법 : 암거설치]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | DwI/Ds (Dwa/Ds) | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|------|--------------------|--------------|------------|-----|---|
| S1LRC | 초기치 | - | 24.6 | 42.4 | 7.7 | DwI/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 1 | 0.05 | 14.9 | 33.7 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 10.7 | 26.4 | 8.1 | |
| | 3 | 0.15 | 8.0 | 21.1 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 5.8 | 17.6 | 7.9 | |
| | 5 | 0.575 | 4.6 | 15.4 | 8.2 | |
| | 6 | 0.950 | 4.1 | 13.3 | 7.8 | |
| | 7 | 1.325 | 3.5 | 12.4 | 7.9 | |
| | 8 | 1.700 | 2.7 | 11.1 | 7.7 | |
| S2LRC | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | 공급수심 : 15cm 제염토심 1~4회 : 70cm 5~8회 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH |
| | 1 | 0.05 | 16.0 | 35.1 | 8.1 | |
| | 2 | 0.10 | 9.4 | 26.3 | 8.1 | |
| | 3 | 0.15 | 6.7 | 19.8 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 4.5 | 17.0 | 8.3 | |
| | 5 | 0.575 | 4.1 | 13.7 | 8.2 | |
| | 6 | 0.950 | 3.6 | 12.8 | 7.8 | |
| | 7 | 1.325 | 2.8 | 11.8 | 7.9 | |
| | 8 | 1.700 | 2.0 | 10.6 | 7.8 | |
| S3LRC | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 13.8 | 31.9 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 9.8 | 24.2 | 7.9 | |
| | 3 | 0.15 | 7.6 | 19.4 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 5.1 | 16.0 | 8.2 | |
| | 5 | 0.575 | 3.9 | 14.0 | 8.2 | |
| | 6 | 0.950 | 3.3 | 11.8 | 7.9 | |
| | 7 | 1.325 | 2.1 | 10.9 | 8.0 | |
| | 8 | 1.700 | 1.8 | 9.7 | 8.0 | |

[표 3.15-2] 제염과정중 토양의 EC, ESP 및 pH의 변화 [석고무처리 침출·수세법 : 무암거]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | EC (dS/m) | ESP (%) | pH | 비 고 |
|--------------|---|--------------------|--------------|------------|-----|---|
| S1LRN | ※ SILRN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시 험자료를 얻지 못하였음 | | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 초기치 | - | 27.3 | 45.8 | 7.8 | |
| S2LRN | 1 | 0.05 | 15.7 | 32.0 | 8.0 | 공급수심 : 15cm 제염토심 1~4회 : 70cm 5~8회 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC), 교환성 나트륨백분율(ESP) 및 pH |
| | 2 | 0.10 | 9.2 | 25.3 | 7.8 | |
| | 3 | 0.15 | 5.9 | 18.8 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 4.3 | 15.6 | 8.4 | |
| | 5 | 0.575 | 3.7 | 12.6 | 7.9 | |
| | 6 | 0.950 | 3.0 | 11.7 | 8.1 | |
| | 7 | 1.325 | 2.4 | 10.8 | 7.8 | |
| | 8 | 1.700 | 2.1 | 9.7 | 8.0 | |
| S3LRN | 초기치 | - | 25.7 | 43.2 | 7.7 | 토양의 EC, ESP 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5 토양은 불투수성으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 13.6 | 29.5 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 8.3 | 23.2 | 7.9 | |
| | 3 | 0.15 | 6.2 | 18.1 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 5.0 | 14.9 | 7.7 | |
| | 5 | 0.575 | 3.6 | 12.6 | 8.1 | |
| | 6 | 0.950 | 2.7 | 10.5 | 7.9 | |
| | 7 | 1.325 | 2.2 | 9.6 | 7.8 | |
| | 8 | 1.700 | 1.8 | 8.4 | 7.8 | |

[표 3.16-1] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화
 [석고무처리 침출·수세법 : 암거설치]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 | |
|--------------|------|-------------------------------|---------------|------|--|--|
| S1LRC | 1 | 0.05 | 0.023 | 1.00 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 | |
| | 2 | 0.10 | 0.018 | 0.78 | | |
| | 3 | 0.15 | 0.014 | 0.61 | | |
| | 4 | 0.20 | 0.011 | 0.48 | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | 6 | | | | | |
| | 7 | | | | | |
| | 8 | | | | | |
| S2LRC | 1 | 0.05 | 0.035 | 1.00 | HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 | |
| | 2 | 0.10 | 0.028 | 0.80 | | |
| | 3 | 0.15 | 0.023 | 0.66 | | |
| | 4 | 0.20 | 0.019 | 0.54 | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | 6 | | | | | |
| | 7 | | | | | |
| | 8 | | | | | |
| S3LRC | 1 | 0.05 | 0.208 | 1.00 | HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 | |
| | 2 | 0.10 | 0.177 | 0.85 | | |
| | 3 | 0.15 | 0.144 | 0.69 | | |
| | 4 | 0.20 | 0.118 | 0.57 | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | 6 | | | | | |
| | 7 | | | | | |
| | 8 | | | | | |

[표 3.16-2] 제염과정중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)의 변화
 [석고무처리 침출·수세법 : 무암거]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|--|---------------|------|--|
| S1LRN | 1 | ※ S1LRN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | | | | |
| | 3 | | | | |
| | 4 | | | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | |
| | 6 | | | | |
| | 7 | | | | |
| | 8 | | | | |
| S2LRN | 1 | 0.05 | 0.028 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.019 | 0.68 | |
| | 3 | 0.15 | 0.015 | 0.54 | |
| | 4 | 0.20 | 0.011 | 0.39 | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | |
| | 6 | | | | |
| | 7 | | | | |
| | 8 | | | | |
| S3LRN | 1 | 0.05 | 0.141 | 1.00 | |
| | 2 | 0.10 | 0.099 | 0.70 | |
| | 3 | 0.15 | 0.075 | 0.53 | |
| | 4 | 0.20 | 0.060 | 0.43 | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | |
| | 6 | | | | |
| | 7 | | | | |
| | 8 | | | | |

(2) 토양개량제(석고) 처리에 의한 제염시험

침출법에 의한 제염과정중 투수성의 현저한 감소를 방지하고 제염효과를 증대시키기 위해 토양개량제로서 그 효과가 입증되어 있고 가격이 저렴하며 쉽게 구할 수 있는 석고를 사용하였으며, 석고의 양을 Beyce³⁾의 석고 소요량 산출식에 의하여 산정 한 후 다음과 같이 표면으로부터 25cm 깊이 간격으로 3개층에 총 63.6kg 을 살포하였다.

- S1 토양 : 1층(표면) 0.9kg, 2층(25cm깊이) 0.6kg, 3층(50cm깊이) 0.5kg 살포
석고살포중량 $(0.9+0.6+0.5) \times 6(\text{시험구}) = 12.0(\text{kg})$
- S2 토양 : 1층(표면) 0.8kg, 2층(25cm깊이) 0.6kg, 3층(50cm깊이) 0.4kg 살포
석고살포중량 $(0.8+0.6+0.4) \times 6(\text{시험구}) = 10.8(\text{kg})$
- S3 토양 : 1층(표면) 0.8kg, 2층(25cm깊이) 0.5kg, 3층(50cm깊이) 0.4kg 살포
석고살포중량 $(0.8+0.5+0.4) \times 6(\text{시험구}) = 10.2(\text{kg})$
- S4 토양 : 1층(표면) 1.3kg, 2층(25cm깊이) 0.9kg, 3층(50cm깊이) 0.6kg 살포
석고살포중량 $(1.3+0.9+0.6) \times 6(\text{시험구}) = 16.8(\text{kg})$
- S5 토양 : 1층(표면) 1.1kg, 2층(25cm깊이) 0.7kg, 3층(50cm깊이) 0.5kg 살포
석고살포중량 $(1.1+0.7+0.5) \times 6(\text{시험구}) = 13.8(\text{kg})$

* 석고처리구 석고살포 총중량 : $12.0+10.8+10.2+16.8+13.8=63.6(\text{kg})$

제염시험방법 및 제염시험과정중 측정항목은 석고처리 침출법에 의한 물관리방법에서와 같고, 그 결과도 물관리방법에 의한 제염시험 결과에 포함되어 있다.

제 4 장

제염효과 분석

제4장 제염효과 분석

제1절 서론

1. 연구개발 목표 및 내용

(1) 연구목표

물관리, 토양개량제(석고)처리 및 암거시설 등의 제염방법별 제염효과를 분석하여, 토성과 제염 방법에 따른 용탈용수량 및 침출시간을 추정하고 간척지의 제염예측기법을 개발함과 아울러 이를 적용하여 개발초기 고염도 간척지의 제염대책을 수립하는데 활용하고자 한다.

(2) 연구내용

지표배수, 지하배수, 지표·지하배수 병용 물관리방법과 토양개량제(석고)처리 및 암거시설에 의한 제염과정중 염분농도(전기전도도), 교환성나트륨백분율, pH 및 투수성(수리전도도)의 시간적 변화를 토성별로 조사하여, 제염방법 및 토성별 제염효과를 분석하고 비교 검토하였다. 또한 분석 결과를 이용하여 제염예측 및 제염대책 수립에 적용하기 위한 제염방법 및 토성별 제염을 위한 용탈용수량과 침출시간을 고찰하였다.

① 실내 모형시험결과 분석

- 제염과정중 염분거동 해석 및 pH의 변화
 - 염분농도(전기전도도)의 시간적 변화
 - 교환성나트륨백분율의 시간적 변화
 - pH의 시간적 변화
- 물관리방법에 의한 제염효과
 - 지표배수(수세법)에 의한 제염효과
 - 지하배수(침출법)에 의한 제염효과
 - 지표·지하배수(침출·수세법)를 병용한 경우의 제염효과
- 토양개량제(석고)처리에 의한 제염효과
 - 제염과정중 투수성(수리전도도)의 시간적 변화
 - 토양개량제가 투수성에 미치는 영향 및 토성별 투수성의 비교분석

- 제염방법 및 토성별 제염효과 비교분석
 - 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 pH 기준 제염효과 분석
 - 제염방법 및 토성별 용탈용수량 산정
 - 토양개량제(석고)처리 및 토성별 침출시간 검토
- ② 현장 Lysimeter 제염시험결과 분석
 - 제염과정중 염분거동 해석 및 pH의 변화
 - 염분농도(전기전도도)의 시간적 변화
 - 교환성나트륨백분율의 시간적 변화
 - pH의 시간적 변화
 - 물관리방법에 의한 제염효과
 - 지표배수(수세법)에 의한 제염효과
 - 지하배수(침출법)에 의한 제염효과
 - 지표·지하배수(침출·수세법)를 병용한 경우의 제염효과
 - 토양개량제(석고)처리에 의한 제염효과
 - 제염과정중 투수성(수리전도도)의 시간적 변화
 - 토양개량제가 투수성에 미치는 영향 및 토성별 투수성의 비교분석
 - 암거시설에 의한 제염효과
 - 제염과정중 투수성(수리전도도)의 시간적 변화
 - 암거시설이 투수성에 미치는 영향 및 토성별 투수성의 비교분석
 - 제염방법 및 토성별 제염효과 비교분석
 - 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 pH 기준 제염효과 분석
 - 제염방법 및 토성별 용탈용수량 산정
 - 토양개량제(석고)처리, 암거시설 및 토성별 침출시간 검토

2. 연구수행 방법

(1) 실내 모형시험

- ① 매회 침출수, 배출수 및 토양의 전기전도도, 양이온함량, 양이온교환용량, 교환성나트륨 백분율 등 물관리방법 및 토양개량제(석고)처리에 의한 제염시험 측정 조사결과를 정리하여, 제염과정중 전기전도도 및 교환성나트륨백분율의 시간적 변화를 분석하였다.

- ② 침출법에 의한 제염시험에서 제염토양깊이, 담수심, 매회 제염경과시간 및 침출수량 등을 측정하여 토성별, 토양개량제처리별로 수리전도도를 산정하고, 토양개량제가 수리전도도에 미치는 영향과 토성별 수리전도도를 비교 분석하였다.
- ③ 지표배수, 지하배수, 지표·지하배수를 병용한 경우의 물관리방법에 의한 제염효과 및 토양개량제처리에 의한 제염효과를 전기전도도, 교환성나트륨백분을 및 pH를 기준으로 하여 분석하였다.
- ④ 수리전도도와 침출시간을 고려해서 토성 및 제염방법별로 제염효과를 비교 분석하였다.
- ⑤ 염해 한계 전기전도도와 한계 교환성나트륨백분을을 결정하고 이 한계치에 달할 때까지의 침출수량 및 공급수량을 감안하여 용탈용수량을 산정하였다.
- ⑥ 측정조사 및 항목별 분석자료를 종합적으로 검토하여 실내에서의 모형 제염시험을 통한 제염효과를 분석하였다.

(2) 현장 Lysimeter 제염시험

- ① 물관리방법, 토양개량제(석고)처리 및 암거시설에 의한 제염시험 측정 조사결과를 정리하여, 제염과정중 전기전도도 및 교환성나트륨백분의의 시간적 변화를 분석하였다.
- ② 침출법에 의한 제염시험에서 제염토양깊이, 담수심, 매회 제염경과시간 및 침출수량 등을 측정하여 토성, 토양개량제처리 및 암거시설별로 수리전도도를 산정하고, 토양개량제가 수리전도도에 미치는 영향과 토성별 수리전도도를 비교 분석하였다.
- ③ 지표배수, 지하배수, 지표·지하배수를 병용한 경우의 물관리방법에 의한 제염효과 및 토양개량제처리 및 암거시설에 의한 제염효과를 전기전도도, 교환성나트륨백분을 및 pH를 기준으로 하여 분석하였다.
- ④ 수리전도도와 침출시간을 고려해서 토성 및 제염방법별로 제염효과를 비교 분석하였다.
- ⑤ 염해 한계 전기전도도와 한계 교환성나트륨백분을을 결정하고 이 한계치에 달할 때까지의 침출수량 및 공급수량을 감안하여 용탈용수량을 산정하였다.
- ⑥ 측정조사 및 항목별 분석자료를 종합적으로 검토하여 시험포장에서 Lysimeter 제염시험을 통한 제염효과를 분석하였다.

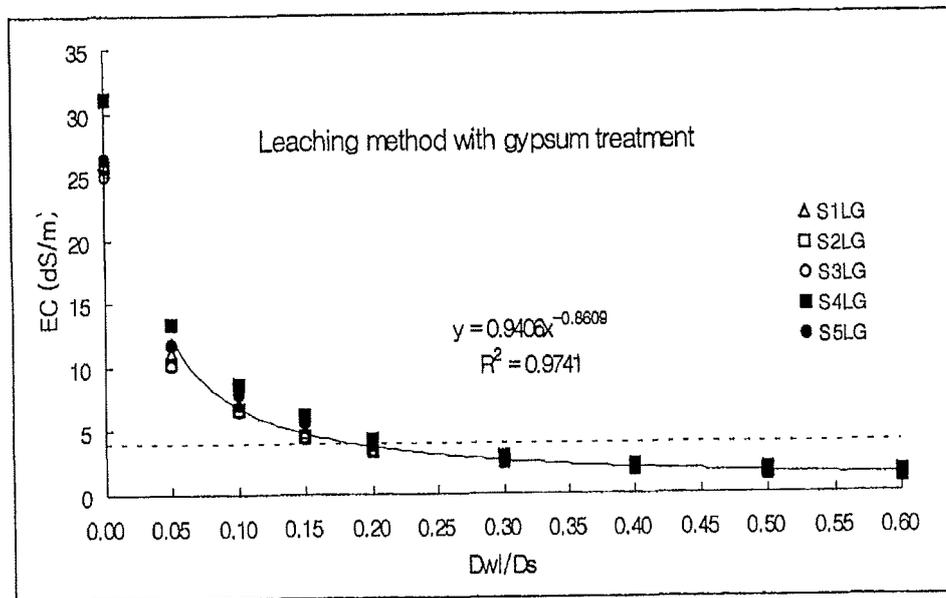
제2절 제염과정중 전기전도도의 변화

물관리방법 및 토양개량제(석고)처리에 의한 실내 모형시험과 물관리방법, 토양개량제(석고) 처리 및 압거설치에 의한 현장 라이시미터 제염시험 결과를 이용하여 제염진행중 토양 염분농도(전기전도도)의 시간적 변화를 분석하였다.

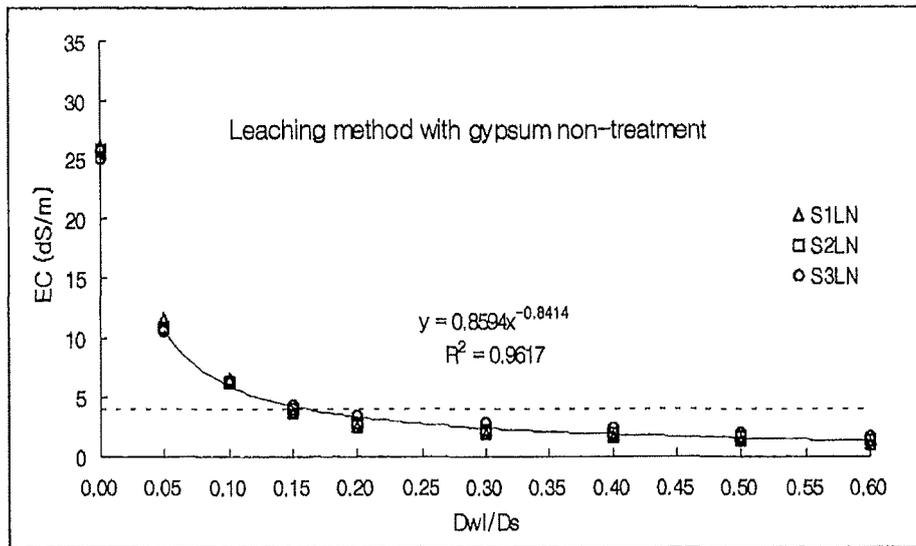
1. 침출법에 의한 제염과정중 전기전도도의 변화

(1) 실내 모형시험 결과

석고처리 침출법 및 석고무처리 침출법에 의해 토성별로 제염시험을 실시한 실내 모형시험 결과를 분석하여 제염진행중 토양의 전기전도도(EC)의 변화를 토성 및 처리구별로 도시하면 [그림 4.1-1] 및 [그림 4.1-2] 와 같다.



[그림 4.1-1] 토성 및 처리구별 침출수량(Dwl/Ds)의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화 [석고처리 침출법 : 모형시험]



[그림 4.1-2] 토성 및 처리구별 침출수량(Dwl/Ds)의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화 [석고무처리 침출법 : 모형시험]

그림에서 Dwl/Ds는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 실린더내의 토심인 40cm로 보았고 매회의 침출수심은 Dwl/Ds=0.05~0.10 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC)이며, 모든 토양의 EC 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다. 석고무처리 침출법의 경우 S4 및 S5는 투수불량토양으로 침출이 불가능하여 시험 자료를 얻지 못하였다.

침출수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 Dwl/Ds(x)와 EC(y)관계로 나타내면, 석고처리 침출법의 경우는 (4-1)식, 석고무처리 침출법의 경우는 (4-2)식으로 나타났다.

$$y = 0.9406 x^{-0.8609} \quad (R^2 = 0.9741) \dots\dots\dots (4-1)$$

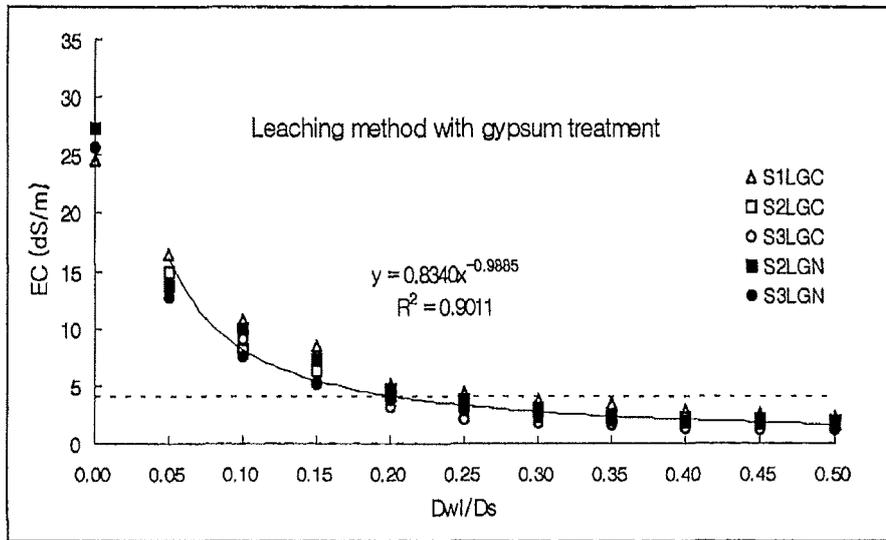
$$y = 0.8594 x^{-0.8414} \quad (R^2 = 0.9617) \dots\dots\dots (4-2)$$

[그림 4.1-1] 및 [그림 4.1-2] 에서 보는 바와 같이 침출법에 의한 실내 모형시험에서 제염 진행중 전기전도도(EC)는 토성이나 석고처리에 관계없이 침출수량이 증가함에 따라 초기에 Dwl/Ds=0.2 정도가 될 때까지는 상당히 큰 비율로 감소하다가 그 후에는 감소율이 점점 완화되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하게 나타났다.

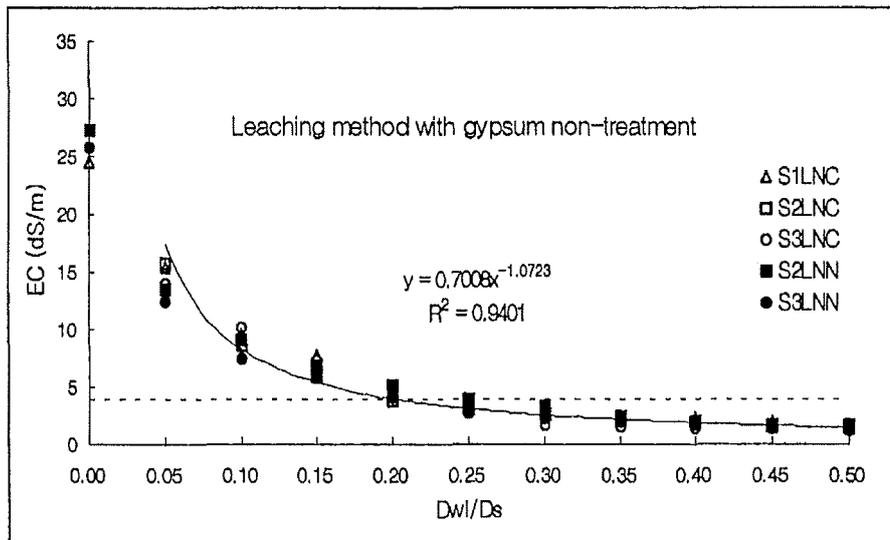
전기전도도가 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치인 4dS/m 이하³⁸⁾로 감소될 때까지 필요한 침출수량은 (4-1)식 및 (4-2)식의 회귀방정식에 의하여 석고처리구에서 Dwl/Ds=0.19, 석고무처리구에서 Dwl/Ds=0.16 정도로 추정되었다.

(2) 현장 라이시미터 제염시험 결과

토성별로 암거구와 무암거구로 구분한 Lysimeter 시험구에서 석고처리 침출법 및 석고무처리 침출법에 의한 제염시험결과를 이용하여 제염진행중 토양의 전기전도도(EC)의 변화를 토성 및 처리구별로 도시하면 [그림 4.2-1] 및 [그림 4.2-2]와 같다.



[그림 4.2-1] 토성 및 처리구별 침출수량(DwI/Ds)의 증가에 따른 전기 전도도(EC)의 변화 [석고처리 침출법 : 라이시미터 제염시험]



[그림 4.2-2] 토성 및 처리구별 침출수량(DwI/Ds)의 증가에 따른 전기 전도도(EC)의 변화 [석고무처리 침출법 : 라이시미터 제염시험]

그림에서 Dwl/Ds 는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 표토로부터 하부 지하배수구(침출구)까지의 깊이인 70cm로 보았고 매회의 침출수심은 $Dwl/Ds=0.05$ 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC)이며, 모든 토양의 전기전도도는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이고, 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

S4 및 S5는 투수불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였으며, S1 토양의 무암거구에서는 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

침출수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 $Dwl/Ds(x)$ 와 $EC(y)$ 관계로 나타내면, 석고처리 침출법의 경우는 (4-3)식, 석고무처리 침출법의 경우는 (4-4)식으로 나타났다.

$$y = 0.8340 x^{-0.9885} \quad (R^2 = 0.9011) \dots\dots\dots (4-3)$$

$$y = 0.7008 x^{-1.0723} \quad (R^2 = 0.9401) \dots\dots\dots (4-4)$$

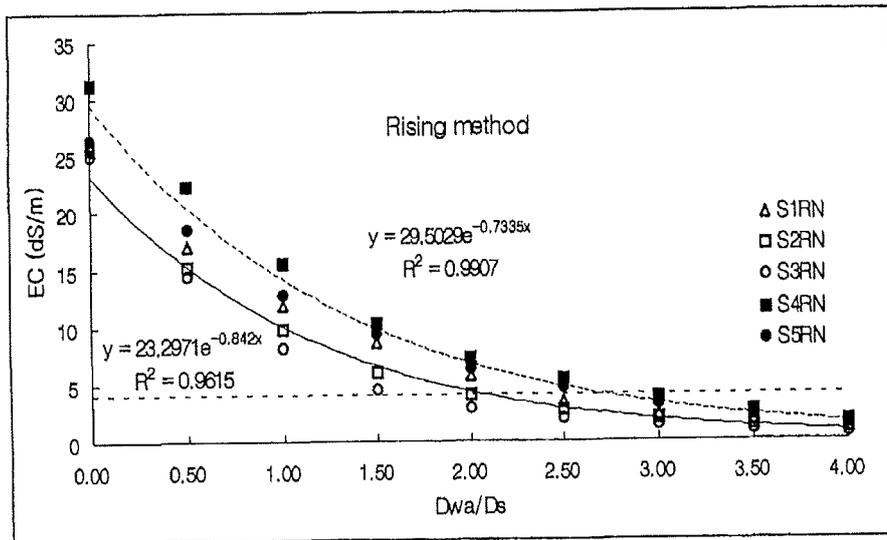
[그림 4.2-1] 및 [그림 4.2-2]에서 보는 바와 같이 Lysimeter 제염시험에서도 실내 모형시험에 서와 마찬가지로 침출법의 경우 제염진행중 전기전도도(EC)는 토성이나 석고처리 및 암거설치의 유무에 관계없이 침출수량이 증가함에 따라 초기에 $Dwl/Ds=0.2$ 정도가 될 때까지는 상당히 큰 비율로 감소하다가 감소율이 점점 완화되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하였다.

EC가 USDA Salinity Laboratory의 염해토양 분류기준치인 $4dS/m$ 이하³⁸⁾로 감소될 때까지 필요한 침출수량은 (4-3)식 및 (4-4)식의 회귀방정식에 의하여 석고처리구나 석고무처리구에서 모두 $Dwl/Ds=0.20$ 정도로 추정되었다.

2. 수세법에 의한 제염과정중 전기전도도의 변화

(1) 실내 모형시험 결과

수세법에 의해 제염시험을 실시한 실내 모형시험 결과를 분석하여 제염진행중 토양의 전기전도도(EC)의 변화를 토성별로 도시하면 [그림 4.3]과 같다.



[그림 4.3] 토성 및 처리구별 공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화 [수세법 : 모형시험]

그림에서 Dwa/Ds는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 실린더내의 토심인 40cm로 보았고 매화의 공급수심은 Dwa/Ds=0.50 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC)이며, 모든 토양의 EC 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균 값이다.

공급수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 Dwa/Ds(x)와 EC(y)관계로 나타내면, 투수양호토양(S1~S3)인 경우는 (4-5)식, 투수불량토양(S4~S5)인 경우는 (4-6)식으로 나타났다.

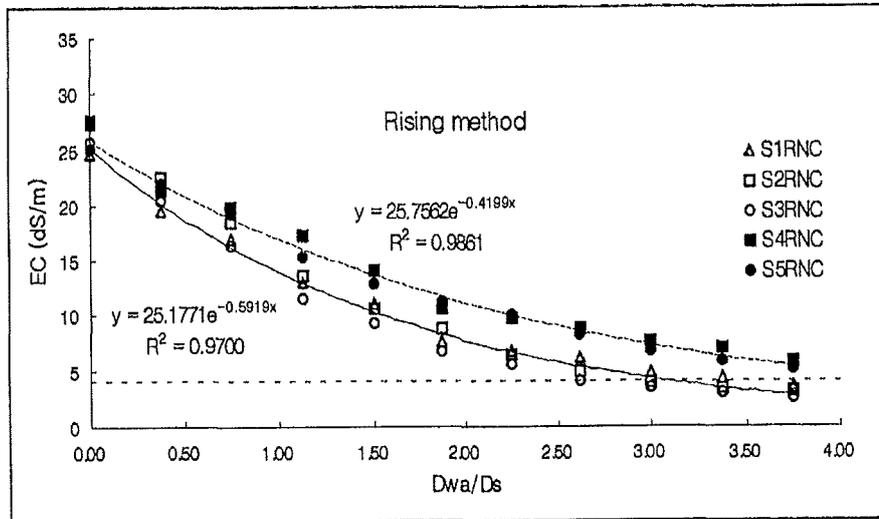
$$y = 23.2971 e^{-0.8420x} \quad (R^2 = 0.9615) \dots\dots\dots (4-5)$$

$$y = 29.5029 e^{-0.7335x} \quad (R^2 = 0.9907) \dots\dots\dots (4-6)$$

[그림 4.3]에서 보는 바와 같이 EC가 염해토양의 분류기준치인 4ds/m 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 (4-5)식 및 (4-6)식의 회귀방정식에 의하여 투수양호토양에서 Dwa/Ds=2.09, 투수불량토양에서 Dwa/Ds=2.72 정도로 추정되었다.

(2) 현장 라이시미터 제염시험 결과

현장 Lysimeter 제염시험구에서 수세법에 의한 제염시험결과를 이용하여 제염진행중 토양의 전기전도도(EC)의 변화를 토성별로 도시하면 [그림 4.4]와 같다.



[그림 4.4] 토성 및 처리구별 공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화 [수세법 : 라이시미터 제염시험]

그림에서 Dwa/Ds는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 근역의 토심인 40cm로 보았고 매회의 공급수심은 Dwa/Ds=0.375 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC)이며, 모든 토양의 EC는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역 토양의 평균값이고, 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

공급수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 Dwa/Ds(x)와 EC(y)관계로 나타내면, 투수양호토양(S1~S3)인 경우는 (4-7)식, 투수불량토양(S4~S5)인 경우는 (4-8)식으로 나타났다.

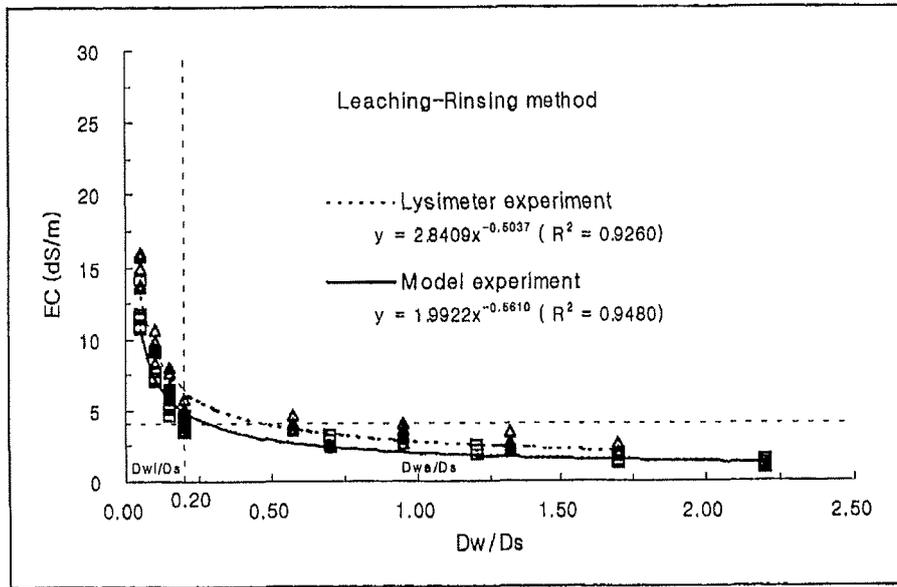
$$y = 25.1771 e^{-0.5919x} \quad (R^2 = 0.9700) \dots\dots\dots (4-7)$$

$$y = 25.7562 e^{-0.4199x} \quad (R^2 = 0.9861) \dots\dots\dots (4-8)$$

[그림 4.4]에서 보는 바와 같이 포장 Lysimeter 시험구에서 수세법에 의한 제염시험이 종료된 Dwa/Ds=3.75 일 때 토양의 전기전도도는 투수양호토양인 경우 EC=2.6~3.6dS/m 이었고, 투수불량 토양인 경우 EC=5.1~5.9dS/m 이었다. EC가 염해토양의 분류기준치인 4dS/m 이하로 감소될 때 까지 필요한 공급수량을 (4-7)식 및 (4-8)식에 의하여 추정한 결과 투수양호토양에서 Dwa/Ds=3.11, 투수불량토양에서 Dwa/Ds=4.44 정도로 나타났다.

3. 침출·수세법에 의한 제염과정중 전기전도도의 변화

침출·수세법에 의해 토성별로 제염시험을 실시한 실내 모형시험 및 현장 Lysimeter 제염시험 결과를 분석하여 제염진행중 토양의 전기전도도(EC)의 변화를 토성 및 처리구별로 도시하면 [그림 4.5]와 같다.



[그림 4.5] 토성 및 처리구별 침출수량(Dw/Ds)과 공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화 [침출·수세법 : 모형시험 및 라이시미터 제염시험]

그림에서 Dw/Ds는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이고 Dwa/Ds는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, Dw/Ds=0.20이 될 때까지 1~4회는 침출법에 의해 제염시험을 실시하였고, 그 후 5~8회는 수세법에 의하여 제염시험을 수행하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC)이며, 모든 토양의 EC는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이고, 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

침출수량 및 공급수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 Dw/Ds(x)와 EC(y)관계로 나타내면, 실내 모형시험의 경우는 (4-9)식, 현장 Lysimeter 제염시험의 경우는 (4-10)식으로 나타났다. 여기서 Dw/Ds=Dw/Ds+Dwa/Ds

$$y = 1.9922 x^{-0.5610} \quad (R^2 = 0.9480) \dots\dots\dots (4-9)$$

$$y = 2.8409 x^{-0.5037} \quad (R^2 = 0.9260) \dots\dots\dots (4-10)$$

S4, S5 토양의 경우는 모형시험과 Lysimeter 제염시험에서 모두 제염초기부터 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였고, S1 토양의 경우는 Lysimeter 제염시험 무암거구에서 침출이 중단되어 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

[그림 4.5]에서 보는 바와 같이 침출법에서 수세법으로 제염방법이 전환되는 시기 즉 $Dw/Ds=0.2$ 정도 될 때까지는 전기전도도의 값이 상당히 큰 비율로 감소하다가 그 후에는 감소율이 점점 완화 되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하게 나타났다.

제염과정 중 전기전도도의 값이 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치인 $4dS/m$ 이하로 감소될 때까지 필요한 용탈용수량을 (4-9)식 및 (4-10)식에 의하여 구하면 모형시험의 경우 $Dw/Ds=0.29$, Lysimeter 제염시험의 경우 $Dw/Ds=0.51$ 정도로 조사되었다.

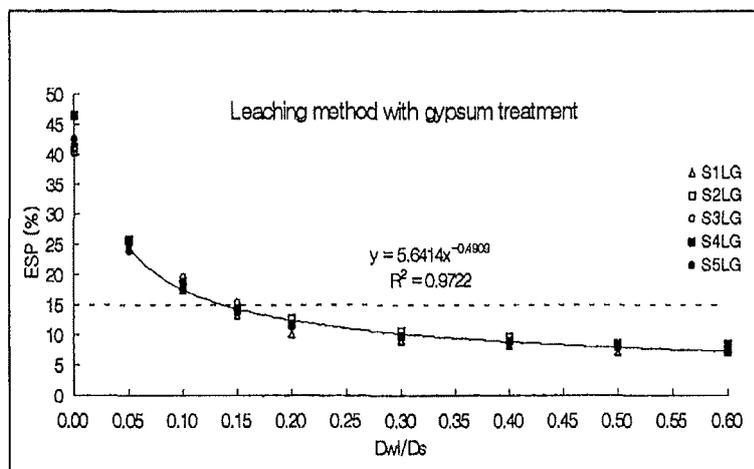
제3절 제염과정중 교환성나트륨백분율의 변화

물관리방법 및 토양개량제(석고)처리에 의한 실내 모형시험과 물관리방법, 토양개량제(석고)처리 및 압거설치에 의한 현장 라이시미터 제염시험 결과를 이용하여 제염진행중 토양의 교환성 나트륨백분율의 시간적 변화를 분석하였다.

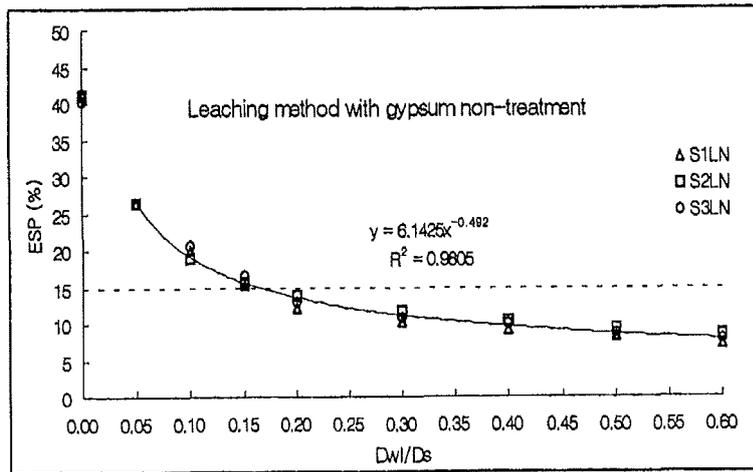
1. 침출법에 의한 제염과정중 교환성나트륨백분율의 변화

(1) 실내 모형시험 결과

석고처리 침출법 및 석고무처리 침출법에 의해 토성별로 제염시험을 실시한 실내 모형시험 결과를 분석하여 제염진행중 토양의 교환성나트륨백분율(ESP)의 변화를 토성 및 처리구별로 도시하면 [그림 4.6-1] 및 [그림 4.6-2]와 같다.



[그림 4.6-1] 토성 및 처리구별 침출수량(Dw/Ds)의 증가에 따른 교환성 나트륨백분율(ESP)의 변화 [석고처리 침출법 : 모형시험]



[그림 4.6-2] 토성 및 처리구별 침출수량(Dwl/Ds)의 증가에 따른 교환성 나트륨백분율(ESP)의 변화 [석고무처리 침출법 : 모형시험]

그림에서 Dwl/Ds는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 실린더내의 토심인 40cm로 보았고 매회의 침출수심은 Dwl/Ds=0.05~0.10 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 교환성나트륨백분율(ESP)이며, 모든 토양의 ESP 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다. 석고무처리 침출법의 경우 S4 및 S5는 S1~S3에 비하여 점토질이 많은 투수불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였다.

침출수량이 증가함에 따라 교환성나트륨백분율이 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 Dwl/Ds(x)와 ESP(y)관계로 나타내면, 석고처리 침출법의 경우는 (4-11)식, 석고무처리 침출법의 경우는 (4-12)식으로 나타났다.

$$y = 5.6414 x^{-0.4909} \quad (R^2 = 0.9722) \dots\dots\dots (4-11)$$

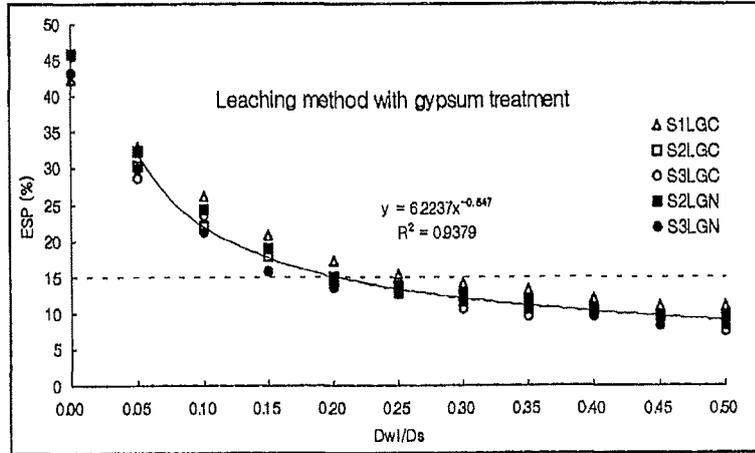
$$y = 6.1425 x^{-0.4920} \quad (R^2 = 0.9805) \dots\dots\dots (4-12)$$

[그림 4.6-1] 및 [그림 4.6-2]에서 보는 바와 같이 침출법에 의한 실내 모형시험에서 제염진행 중 교환성나트륨백분율(ESP)은 토성이나 석고처리에 관계없이 침출수량이 증가함에 따라 초기에 Dwl/Ds=0.2 정도가 될 때까지는 상당히 큰 비율로 감소하다가 그 후에는 감소율이 점점 완화되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하게 나타났다.

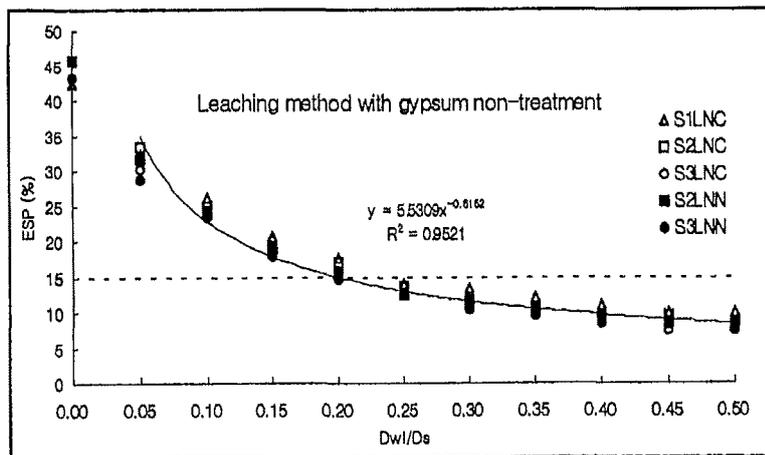
ESP가 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량은 (4-11)식 및 (4-12)식의 회귀방정식에 의하여 석고처리구에서 Dwl/Ds=0.14, 석고무처리구에서 Dwl/Ds=0.16 정도로 산정되었다.

(2) 현장 라이시미터 제염시험 결과

토성별로 암거구와 무암거구로 구분한 라이시미터 시험구에서 석고처리 침출법 및 석고무처리 침출법에 의한 제염시험결과를 이용하여 제염진행중 토양의 교환성나트륨백분율(ESP)의 변화를 토성 및 처리구별로 도시하면 [그림 4.7-1] 및 [그림 4.7-2]와 같다.



[그림 4.7-1] 토성 및 처리구별 침출수량(DwI/Ds)의 증가에 따른 교환성나트륨 백분율(ESP)의 변화 [석고처리 침출법 : 라이시미터 제염시험]



[그림 4.7-2] 토성 및 처리구별 침출수량(DwI/Ds)의 증가에 따른 교환성나트륨 백분율(ESP)의 변화 [석고무처리 침출법 : 라이시미터 제염시험]

그림에서 DwI/Ds는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 표토로부터 하부 지하배수구(침출구)까지의 깊이인 70cm로 보았고 매회의 침출수심은 DwI/Ds=0.05 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 교환성나트륨백분율(ESP)이며, 모든 토양의 ESP는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이고, 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

S4 및 S5 토양은 S1~S3에 비하여 점토질이 많은 투수불량 토양으로 침출이 불가능하여 시험 자료를 얻지 못하였으며, S1 토양의 무압거구 에서는 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

침출수량이 증가함에 따라 교환성나트륨백분율이 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 $D_w/D_s(x)$ 와 $ESP(y)$ 관계로 나타내면, 석고처리 침출법의 경우는 (4-13)식, 석고무처리 침출법의 경우는 (4-14)식으로 나타났다.

$$y = 6.2237 x^{-0.5470} \quad (R^2 = 0.9379) \dots\dots\dots (4-13)$$

$$y = 5.5309 x^{-0.6152} \quad (R^2 = 0.9521) \dots\dots\dots (4-14)$$

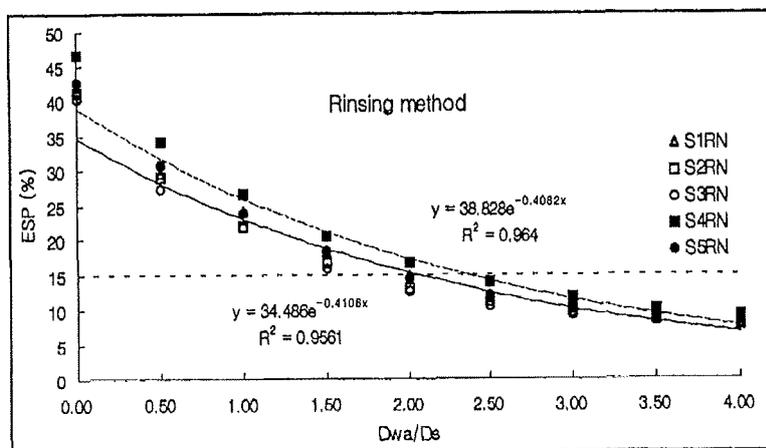
[그림 4.7-1] 및 [그림 4.7-2]에서 보는 바와 같이 라이시미터 제염시험에서도 실내 모형시험에서와 마찬가지로 침출법의 경우 제염진행중 교환성나트륨백분율(ESP)은 토성이나 석고처리 및 압거설치의 유무에 관계없이 침출수량이 증가함에 따라 초기에 $D_w/D_s=0.2$ 정도가 될 때까지는 상당히 큰 비율로 감소하다가 감소율이 점점 완화되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하였다.

교환성나트륨백분율이 USDA Salinity Laboratory의 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량은 (4-13)식 및 (4-14)식에 의하여 석고처리구나 석고무처리구에서 모두 $D_w/D_s=0.20$ 정도로 산정되었다.

2. 수세법에 의한 제염과정중 교환성나트륨백분율의 변화

(1) 실내 모형시험 결과

수세법에 의해 제염시험을 실시한 실내 모형시험 결과를 분석하여 제염진행중 토양의 교환성 나트륨백분율(ESP)의 변화를 토성별로 도시하면 [그림 4.8]과 같다.



[그림 4.8] 토성 및 처리구별 공급수량(D_w/D_s)의 증가에 따른 교환성 나트륨백분율(ESP)의 변화 [수세법 : 모형시험]

그림에서 Dwa/Ds 는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 실린더내의 토심인 40cm로 보았고 매회의 공급수심은 $Dwa/Ds=0.50$ 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 교환성나트륨백분율(ESP)이며, 모든 토양의 ESP 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

공급수량이 증가함에 따라 교환성나트륨백분율이 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 $Dwa/Ds(x)$ 와 $ESP(y)$ 관계로 나타내면, 투수양호토양(S1~S3)인 경우는 (4-15)식, 투수불량토양(S4~S5)인 경우는 (4-16)식으로 나타났다.

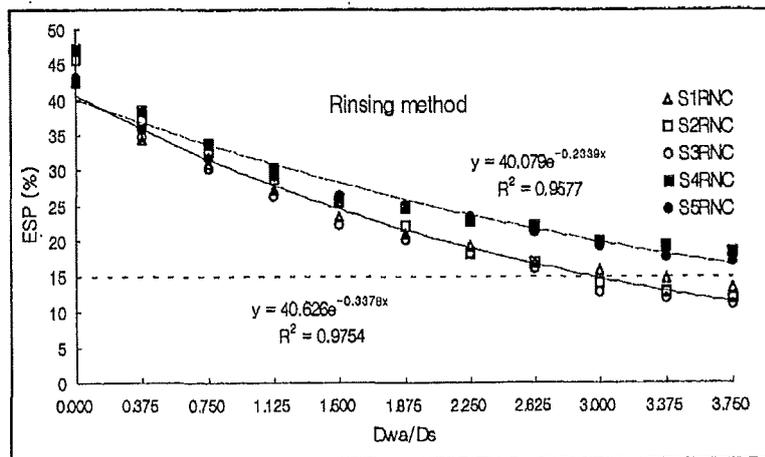
$$y = 34.486 e^{-0.4106x} \quad (R^2 = 0.9561) \dots\dots\dots (4-15)$$

$$y = 38.828 e^{-0.4082x} \quad (R^2 = 0.9640) \dots\dots\dots (4-16)$$

[그림 4.8]에서 보는 바와 같이 ESP가 염해토양의 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 (4-15)식 및 (4-16)식의 회귀방정식에 의하여 투수양호토양에서 $Dwa/Ds=2.03$, 투수불량토양에서 $Dwa/Ds=2.33$ 정도로 추정되었다.

(2) 현장 라이시미터 제염시험 결과

포장 라이시미터 시험구에서 수세법에 의한 제염시험결과를 이용하여 제염진행중 토양의 교환성나트륨백분율(ESP)의 변화를 토성별로 도시하면 [그림 4.9]와 같다.



[그림 4.9] 토성 및 처리구별 공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따른 교환성 나트륨백분율(ESP)의 변화 [수세법 : 라이시미터 제염시험]

그림에서 Dwa/Ds 는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, 여기서 제염토양깊이는 근역의 토심인 40cm로 보았고 매회의 공급수심은 $Dwa/Ds=0.375$ 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전

토양 포화추출액의 교환성나트륨백분율(ESP)이며, 모든 토양의 ESP는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이고, 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

공급수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 $Dwa/Ds(x)$ 와 $ESP(y)$ 관계로 나타내면, 투수양호토양(S1~S3)인 경우는 (4-17)식, 투수불량토양(S4~S5)인 경우는 (4-18)식으로 나타났다.

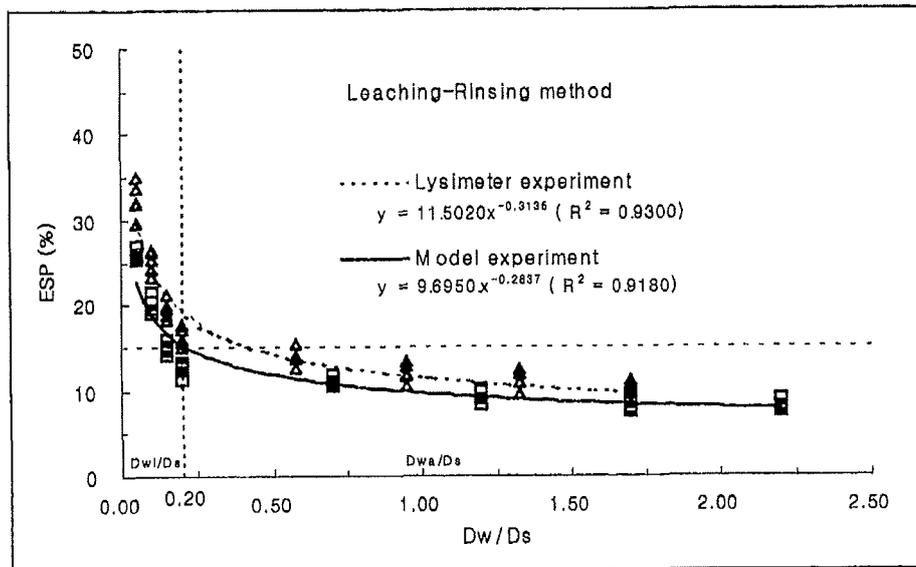
$$y = 40.626 e^{-0.3378x} \quad (R^2 = 0.9754) \dots\dots\dots (4-17)$$

$$y = 40.079 e^{-0.2339x} \quad (R^2 = 0.9577) \dots\dots\dots (4-18)$$

[그림 4.9]에서 보는 바와 같이 포장 라이시미터 시험구에서 수세법에 의한 제염시험이 종료된 $Dwa/Ds=3.75$ 일 때 토양의 교환성나트륨백분율은 투수양호토양인 경우 $ESP=11.1\sim 13.5\%$ 이었고, 투수불량토양인 경우 $ESP=17.2\sim 18.5\%$ 이었다. ESP가 염해토양의 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량을 (4-17)식 및 (4-18)식에 의하여 추정된 결과 투수양호토양에서 $Dwa/Ds=2.95$, 투수불량토양에서 $Dwa/Ds=4.20$ 정도로 산정되었다.

3. 침출·수세법에 의한 제염과정중 교환성나트륨백분율의 변화

침출·수세법에 의해 토성별로 제염시험을 실시한 실내 모형시험 및 현장 Lysimeter 제염시험 결과를 분석하여 제염진행중 토양의 교환성나트륨백분율(ESP)의 변화를 토성 및 처리구별로 도시하면 [그림 4.10] 과 같다.



[그림 4.10] 토성 및 처리구별 침출수량(Dw/Ds)과 공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따른 교환성 나트륨백분율(ESP)의 변화 [침출·수세법 : 모형시험 및 라이시미터 제염시험]

그림에서 Dw/Ds 는 제염토양깊이당 침출수심의 비율이고 Dwa/Ds 는 제염토양깊이당 공급수심의 비율이며, $Dw/Ds=0.20$ 이 될 때까지 1~4회는 침출법에 의해 제염시험을 실시하였고, 그 후 5~8회는 수세법에 의하여 제염시험을 수행하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 교환성 나트륨백분율(ESP)이며, 모든 토양의 ESP는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이고, 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

침출수량 및 공급수량이 증가함에 따라 교환성나트륨백분율이 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 $Dw/Ds(x)$ 와 $ESP(y)$ 관계로 나타내면, 실내 모형시험의 경우는 (4-19)식, 현장 Lysimeter 제염시험의 경우는 (4-20)식으로 나타났다. 여기서 $Dw/Ds=Dw1/Ds+Dwa/Ds$

$$y = 9.6950 x^{-0.2837} \quad (R^2 = 0.9180) \dots\dots\dots (4-19)$$

$$y = 11.5020 x^{-0.3135} \quad (R^2 = 0.9300) \dots\dots\dots (4-20)$$

S4, S5 토양의 경우는 모형시험과 Lysimeter 제염시험에서 모두 제염초기부터 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였고, S1 토양의 경우는 Lysimeter 제염시험 무암거구에서 침출이 중단되어 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

[그림 4. 10]에서 보는 바와 같이 용탈용수량이 침출법에서 수세법으로 제염방법이 전환되는 시기 즉 $Dw1/Ds=0.2$ 정도 될 때까지는 교환성나트륨백분율의 값이 급격히 감소하다가 그 후에는 감소율이 점점 완화 되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하게 나타났다.

제염과정중 교환성나트륨백분율의 값이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 용탈용수량(Dw/Ds)을 (4-19)식 및 (4-20)식에 의하여 구하면 모형시험의 경우는 $Dw/Ds=0.21$, 라이시미터 제염시험의 경우는 $Dw/Ds=0.43$ 정도로 추정되었다.

제4절 제염과정중 수리전도도의 변화

제염배수시설로서 암거를 설치한 암거구와 암거를 설치하지 않은 무암거구로 구분한 라이시미터 제염시험구를 각각 토양개량제처리별로 석고를 사용한 석고처리구와 석고를 사용하지 않은 석고 무처리구로 나누어 침출법에 의한 제염시험을 실시하였다.

제염시험결과 제염목표 토양깊이, 담수심, 제염경과시간(침출시간) 및 침출수량 등의 자료를 이용하여 수리전도도를 산정하였으며, 암거 및 토양개량제(석고)가 수리전도도에 미치는 영향과 토성별 수리전도도를 비교분석하였다. 또한 투수성(수리전도도)의 변화를 고려하여 침출시간을 검토하였다.

1. 제염방법 및 시험구

(1) 제염방법

간척지토양에 함유되어 있는 염분이 물에 잘 녹는 가용성이 강하다는 성질을 이용하여 물관리에 의한 제염방법으로, 고염도 간척지토양의 표면에 제염용수를 공급하여 근역을 통해 하층부로 침투시키면서 토양내의 과잉 염분을 용탈시켜 지하배수에 의해 배출하는 침출법으로 제염시험을 수행하였다.

침출법에 의해 제염작업을 실시하는 경우 제염과정중 투수성이 현저하게 감소되는 것을 방지하고 수리전도도를 지속적으로 유지시켜 제염효과를 증대시키기 위하여, 그 효과가 입증되어 있고 가격이 저렴하며 쉽게 구할 수 있는 석고를 토양개량제로 사용하였다. 석고의 사용량은 Beyce의 석고소요량 산출식에 의해 산정하여 석고처리구 30조의 라이시미터에 표면으로부터 수직 25cm 간격으로 3층에 전면 살포하였다.

시험재료로 사용한 석고성분은 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 93.0%, SiO_2 4.4%, F 0.87%, Total P_2O_5 0.65%, H_2SO_4 0.29%, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.2%이며, pH는 5.0 이하로 조사되었다.

(2) 시험구

제염용수가 원활하게 침출될 수 있도록 투수성을 유지시키기 위하여 토성별로 토양개량제를 사용한 시험구와 아울러 제염배수시설로서 암거를 설치한 시험구를 만들었다. 또한 제염시험구를 토양개량제처리별로 석고처리구와 석고무처리구로 나누고 각 처리구를 암거설치 유무에 따라 암거구와 무암거구로 구분하였으며, 토성 및 처리별로 제염효과를 분석하기 위하여 설치한 ①석고처리 암거구 ②석고처리 무암거구 ③석고무처리 암거구와 대조구인 ④석고무처리 무암거구 등 60개 시험구에서 3반복 제염시험을 실시하였다.

암거구에는 직경 50mm의 유공주름관 암거를 표토로부터 65~70cm 깊이에 배출구 방향으로 기울어지게 매설하였다.

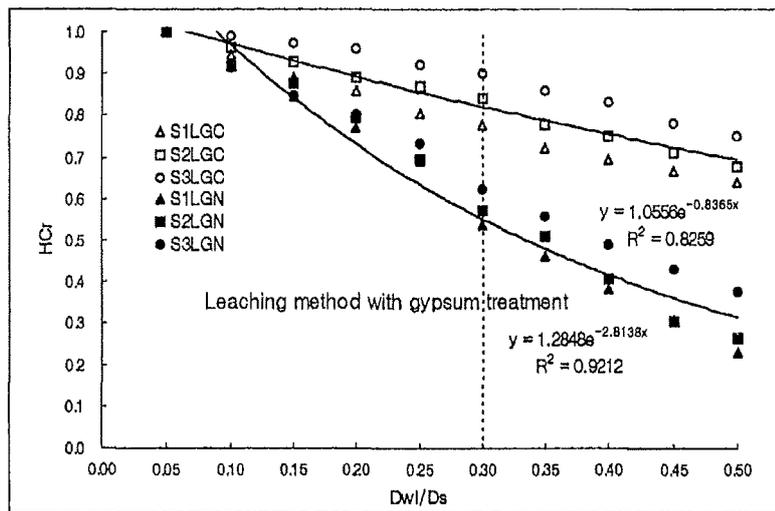
2. 수리전도도 및 침출시간

제염진행중 토성 및 처리구별 상대수리전도도의 변화와 침출수량의 증가에 따른 침출시간을 도시하면 [그림 4.11-1~2] 및 [그림 4.12-1~2]와 같다.

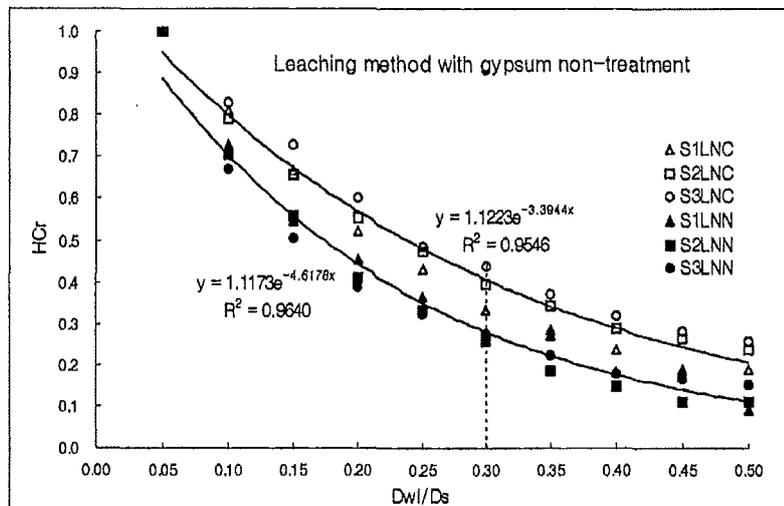
S4, S5토양의 경우는 제염초기부터 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였다. S1 토양 무암거구에서도 침출이 중단되어 본시험에서는 시험자료를 얻지 못하였으나, 후에 보완시험을 실시하여 시험분석자료를 보완하였다.

[그림 4.11-1] 및 [그림 4.12-1]에서 S1LGC, S2LGC 및 S3LGC는 석고처리 암거구의 토양이며, S1LGN, S2LGN 및 S3LGN은 석고처리 무암거구의 토양이다. 또한 [그림 4.11-2] 및 [그림 4.12-2]에서 S1LNC, S2LNC 및 S3LNC는 석고무처리 암거구의 토양이며, S1LNN, S2LNN 및 S3LNN은 석고무처리 무암거구의 토양이다.

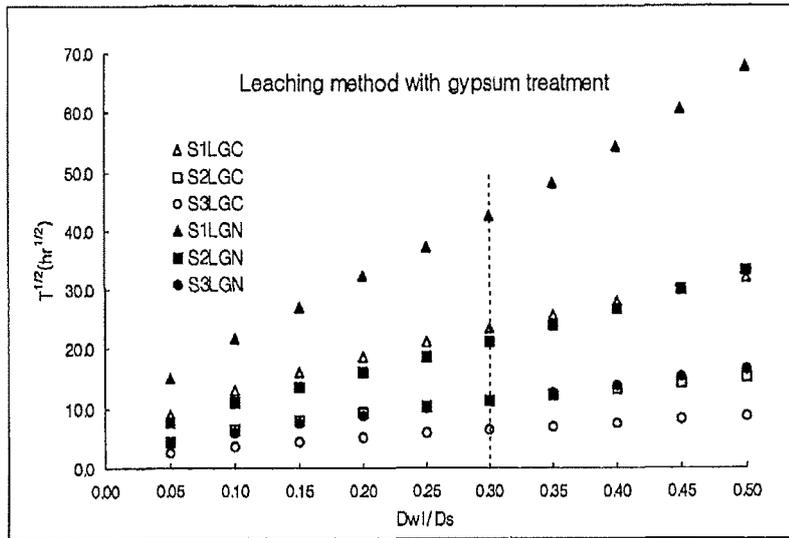
처리구별 초기 수리전도도는 석고처리 암거구 S1, S2, S3토양에서 각각 0.036, 0.153, 0.450cm/hr, 석고무처리 암거구 S1, S2, S3토양에서 각각 0.021, 0.038, 0.216cm/hr 이었고 석고처리 무암거구 S1, S2, S3토양에서 각각 0.013, 0.049, 0.172cm/hr, 석고무처리 무암거구 S1, S2, S3토양에서 각각 0.011, 0.027, 0.139cm/hr 이었다.



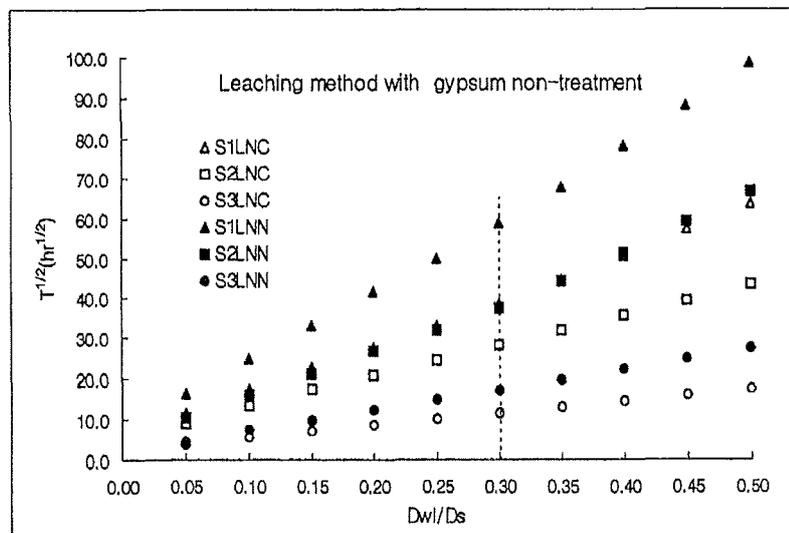
[그림 4.11-1] 토성 및 처리구별 침출수량(Dw/Ds)의 증가에 따른 상대수리전도도(HCr)의 변화 [침출법 : 석고처리구]



[그림 4.11-2] 토성 및 처리구별 침출수량(Dw/Ds)의 증가에 따른 상대수리전도도(HCr)의 변화 [침출법 : 석고무처리구]



[그림 4. 12-1] 토성 및 처리구별 침출수량(Dwl/Ds)의 증가에 따른 침출시간($T^{1/2}$)의 변화 [침출법 : 석고처리구]



[그림 4. 12-2] 토성 및 처리구별 침출수량(Dwl/Ds)의 증가에 따른 침출시간($T^{1/2}$)의 변화 [침출법 : 석고무처리구]

[그림 4. 11-1] 및 [그림 4. 11-2]에 나타난 바와 같이 전기전도도 및 교환성나트륨백분율이 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었다고 볼 수 있는 $Dwl/Ds=0.3$ 일 때의 상대수리전도도 (HCr)는 석고처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 78, 84, 90%, 석고처리 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 각각 54, 57, 62%, 석고무처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 33, 39, 44%, 석고무처리 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 각각 27, 26, 27% 정도로 나타났다.

또한 [그림 4. 12-1] 및 [그림 4. 12-2]에서 보는 바와 같이 $Dw1/Ds=0.3$ 이 될 때까지 소요된 침출시간은 석고처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 23.0, 5.3, 1.7일, 석고처리 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 각각 75.4, 18.6, 5.2일, 석고무처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 62.7, 33.3, 5.5일, 석고무처리 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 각각 143.7, 58.9, 12.2일 정도이었다.

제5절 제염과정중 pH의 변화

용탈용수량의 증가에 따른 포화추출액의 pH값 변화는 토성과 처리방법에 따라 일관성 있는 관계를 나타내지 않았다. 즉 용탈용수량이 증가하면서 pH는 7.5~8.5 사이의 범위내에서 소폭의 증가와 감소를 반복하였으며, 전체적인 경향은 초기값에 비하여 상대적으로 증가된 후 다시 감소하는 경향으로 나타났다.

일반적으로 pH의 값이 증가하는 것은 용탈에 의하여 가용성염류의 함량이 감소되고 교환성 나트륨의 가수분해율이 증가되면서 알칼리성이 강해지기 때문이라고 판단되지만, 본 시험에서는 제염이 진행됨에 따라서 어느 정도까지는 pH의 값이 증가하다가 다시 감소하는 경우가 많았다. 이러한 pH값의 변화는 일관성이 없이 나타나므로 제염효과 분석을 위한 자료로서는 적절하지 못한 것으로 판단되었다. 또한 pH의 값이 최대일 때의 용탈용수량 비율은 토성과 처리방법에 따라 큰 편차를 나타내어 전기전도도나 교환성나트륨백분율의 변화에서와 같이 일반화된 경향의 분석이 어려웠다. 그러나 제염에 영향을 미칠 정도의 변화는 없었기 때문에 본 연구에서는 제염 효과 분석을 위한 자료로서 pH의 사용은 배제하였다.

제염과정중 pH의 측정자료는 제3장 제4절 실내 모형시험자료중 [표 3. 7-1]~[표 3. 7-4] 및 제5절 현장 라이시미터 제염시험자료중 [표 3. 10-1]~[표 3. 10-2], [표 3. 11-1]~[표 3. 11-2], [표 3. 13-1]~[표 3. 13-2] 및 [표 3. 15-1]~[표 3. 15-2]에 수록하였다. 제염시험 및 처리방법에 따라 토성별로 제염과정중 pH의 개략적인 변화범위를 정리하면 [표 4. 1-1]과 [표 4. 1-2]에 나타난 바와 같다.

[표 4.1-1] 제염과정중 pH의 변화 (실내 모형시험)

| 제염방법 | 측정시간 | 용탈용수량 | | 제염과정중 토성별 pH의 변화 | | | | |
|----------------|------|------------------|------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 침출수량 (Dwl/Ds) | 공급수량 (Dwa/Ds) | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| 석고처리 침출법 | 시험전 | 0 | - | 7.2 | 7.3 | 7.2 | 7.4 | 7.3 |
| | 시험중 | 0.05~0.60 | - | 7.3~8.0 | 7.4~8.1 | 7.2~8.0 | 7.4~8.2 | 7.4~8.2 |
| | 시험후 | 0.60 | - | 7.8 | 7.7 | 7.7 | 7.9 | 8.0 |
| 석고무처리 침출법 | 시험전 | 0 | - | 7.2 | 7.3 | 7.2 | - | - |
| | 시험중 | 0.05~0.60 | - | 7.2~8.1 | 7.5~8.3 | 7.4~8.2 | - | - |
| | 시험후 | 0.60 | - | 7.9 | 8.1 | 7.8 | - | - |
| 석고무처리 수세법 | 시험전 | - | 0 | 7.2 | 7.3 | 7.2 | 7.4 | 7.3 |
| | 시험중 | - | 0.5~4.0 | 7.2~7.8 | 7.4~7.9 | 7.2~7.7 | 7.4~7.8 | 7.3~7.9 |
| | 시험후 | - | 4.0 | 7.8 | 7.9 | 7.7 | 7.8 | 7.9 |
| 석고처리 침출·수세법 | 시험전 | 0 | 0 | 7.2 | 7.3 | 7.2 | 7.4 | 7.3 |
| | 시험중 | 0.05~0.70 | 0.50~1.50 | 7.2~8.0 | 7.4~8.1 | 7.2~8.1 | 7.3~8.1 | 7.4~8.2 |
| | 시험후 | 0.70 | 1.50 | 7.6 | 7.7 | 7.7 | 7.5 | 7.8 |

[주] (1) Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (침출법의 경우 용탈용수량)

(2) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (수세법의 경우 용탈용수량)

(3) 석고무처리 침출법의 경우 S4 및 S5 토양은 투수불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였다.

[표 4.1-2] 제염과정중 pH의 변화 (라이시미터 제염시험)

| 제염방법 | | 측정시간 | 용탈용수량 | | 제염과정중 토성별 pH의 변화 | | | | |
|-----------------|--------------|------|------------------|------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 침출수량 (Dwl/Ds) | 공급수량 (Dwa/Ds) | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| 석고처리 침출법 | 압거구 | 시험전 | 0 | - | 7.7 | 7.8 | 7.7 | - | - |
| | | 시험중 | 0.05~0.50 | - | 7.5~8.0 | 7.7~8.3 | 7.6~8.3 | - | - |
| | | 시험후 | 0.50 | - | 7.5 | 8.0 | 7.6 | - | - |
| | 무압거구 | 시험전 | 0 | - | - | 7.8 | 7.7 | - | - |
| | | 시험중 | 0.05~0.50 | - | - | 7.7~8.2 | 7.6~8.3 | - | - |
| | | 시험후 | 0.50 | - | - | 7.8 | 7.7 | - | - |
| 석고무처리 침출법 | 압거구 | 시험전 | 0 | - | 7.7 | 7.8 | 7.7 | - | - |
| | | 시험중 | 0.05~0.50 | - | 7.8~8.3 | 7.7~8.3 | 7.8~8.4 | - | - |
| | | 시험후 | 0.50 | - | 7.8 | 7.7 | 7.8 | - | - |
| | 무압거구 | 시험전 | 0 | - | - | 7.8 | 7.7 | - | - |
| | | 시험중 | 0.05~0.50 | - | - | 7.7~8.3 | 7.7~8.3 | - | - |
| | | 시험후 | 0.50 | - | - | 7.8 | 7.7 | - | - |
| 석고무처리 수세법 | 무압거구 연속담수 | 시험전 | - | 0 | 7.7 | 7.8 | 7.7 | 7.9 | 7.8 |
| | | 시험중 | - | 0.38~3.75 | 7.3~8.3 | 7.4~8.1 | 7.5~8.2 | 7.7~8.2 | 7.5~8.3 |
| | | 시험후 | - | 3.75 | 7.3 | 7.4 | 7.5 | 7.7 | 7.5 |
| | 무압거구 간단담수 | 시험전 | - | 0 | 7.7 | 7.8 | 7.7 | 7.9 | 7.8 |
| | | 시험중 | - | 0.38~3.75 | 7.4~8.1 | 7.3~8.1 | 7.5~8.3 | 7.6~8.2 | 7.4~8.3 |
| | | 시험후 | - | 3.75 | 7.4 | 7.3 | 7.5 | 7.6 | 7.4 |
| 석고무처리 침출·수세법 | 압거구 | 시험전 | 0 | 0 | 7.7 | 7.8 | 7.7 | - | - |
| | | 시험중 | 0.05~0.20 | 0.38~1.50 | 7.7~8.2 | 7.8~8.3 | 7.9~8.2 | - | - |
| | | 시험후 | 0.20 | 1.50 | 7.7 | 7.8 | 8.0 | - | - |
| | 무압거구 | 시험전 | 0 | 0 | - | 7.8 | 7.7 | - | - |
| | | 시험중 | 0.05~0.20 | 0.38~1.50 | - | 7.8~8.4 | 7.7~8.1 | - | - |
| | | 시험후 | 0.20 | 1.50 | - | 8.0 | 7.8 | - | - |

[주] (1) Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (침출법의 경우 용탈용수량)
 (2) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (수세법의 경우 용탈용수량)
 (3) 침출법 및 침출·수세법의 경우 S4와 S5 토양에서는 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였으며, S1 토양에서도 침출법 및 침출·수세법 무압거구의 경우 시간이 지남에 따라 투수성이 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였다.

제6절 제염에 필요한 용탈용수량 추정을 위한 제염효과 분석

물관리방법 및 토양개량제(석고)처리에 따라 석고처리 침출법(LG), 석고무처리 침출법(LN), 수세법(RN), 침출·수세법(LR)의 4가지로 구분하여 분석하였다.

제염을 위한 토양깊이당 용탈용수량의 비율인 D_w/D_s 를 기준으로 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 제염효과를 분석하였으며, 수세법에서는 제염토양깊이당 공급수량의 비율인 D_{wa}/D_s , 침출법에서는 제염토양깊이당 침출수량의 비율인 D_{wl}/D_s 로 구분하여 표기하였다.

용탈용수량의 증가에 따른 토양의 전기전도도 및 교환성나트륨백분율의 변화를 고찰하여 제염효과를 분석하고 염해토양 분류기준치 이하의 값을 나타낼 때의 제염토양깊이당 용탈용수량의 비율을 구하였으며, 토성과 제염처리방법에 따라 비교 분석하였다.

회귀분석에 의하여 제염진행중 용탈용수량이 증가함에 따라 토양내 전기전도도 및 교환성나트륨 백분율의 변화를 고찰할 수 있는 회귀방정식을 도출하였으며, 이를 토대로 하여 제염에 필요한 용탈용수량을 추정하였다.

1. 전기전도도(EC) 기준 제염효과 분석

침출법, 수세법, 침출·수세법에 의한 실내 모형시험 및 현장 Lysimeter 제염시험 결과를 종합해서 토성 및 제염방법별로 검토해 보면 어느 경우나 침출수량 또는 공급수량이 증가함에 따라 토양의 전기전도도(EC)는 고도의 상관성을 가지고 감소하며 뚜렷한 제염효과가 입증되었다.

(1) 침출법

제염토양깊이당 침출수량(D_{wl}/D_s)의 증가에 따른 전기전도도의 변화를 석고처리구와 석고무처리구로 구분하고 전기전도도와 침출수량 사이의 관계를 회귀분석을 이용하여 나타냈다.

모형시험 석고무처리구와 라이시미터 석고처리구 및 석고무처리구에서는 S4, S5 토양의 경우 제염초기부터 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였고, 라이시미터 석고처리 무암거구 및 석고무처리 무암거구의 S1 토양에서도 제염초기에는 약간의 침출이 있었지만 곧 침출이 중단되어 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

회귀분석에 있어서 초기값을 포함하는 경우 표준오차가 너무 크게 산정되어 바람직한 결과를 얻을 수 없기 때문에 신뢰성 있는 결과를 도출하기 위하여 초기 전기전도도 값을 제외하였다.

① 석고처리구

석고처리구에서는 토성과 암거설치 유무에 따라 약간의 차이는 있지만, 침출수량(D_{wl}/D_s)이

증가함에 따라 전기전도도는 제염초기에 급격히 감소하였고, 모형시험과 라이시미터 제염시험에서 모두 $DwI/Ds=0.2$ 를 전후하여 점차 그 감소경향이 둔화되었다. 이와 같이 제염초기에 전기전도도가 급격히 감소하는 원인은 용해성이 높은 가용성염류가 쉽게 물에 용탈되어 많은 양이 초기에 지하배수구를 통해 배제되기 때문이라고 판단된다.

석고처리구에서 제염과정중 전기전도도의 값이 염해토양 분류기준치인 $4dS/m$ 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량(DwI/Ds)은 제2절 (4-1)식 및 (4-3)식의 회귀방정식에 의하여 토성이나 암거설치 유무에 관계없이 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $DwI/Ds=0.19$, $DwI/Ds=0.20$ 으로 조사되었다.

② 석고무처리구

석고무처리 시험구에서 침출수량의 증가에 따른 전기전도도의 변화는 석고처리구와 비슷하며 토성이나 암거설치에 따라 약간의 차이는 있지만, 침출수량이 증가함에 따라 전기전도도의 값은 제염초기에 급격히 감소하였고, 모형시험과 라이시미터 제염시험에서 모두 침출수량(DwI/Ds)이 $DwI/Ds=0.2$ 일 때를 전후하여 점차 그 감소경향이 완만하게 되었다.

석고무처리구에서 제염과정중 전기전도도의 값이 염해토양 분류기준치인 $4dS/m$ 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량(DwI/Ds)은 제2절 (4-2)식 및 (4-4)식의 회귀방정식에 의하여 토성이나 암거설치 유무에 관계없이 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 $DwI/Ds=0.16$, $DwI/Ds=0.20$ 으로 조사되어 석고처리에 관계없이 라이시미터 제염시험에서는 동일한 침출수량을 나타냈지만 모형시험에서는 석고무처리구와 비교하여 석고처리구에서 20% 정도 높은 것으로 조사되었다. 이와 같이 모형시험에서 석고처리별 침출수량의 차이가 있는 이유는 석고가 토양에 사용되어 전해질 농도를 높였고, 이로 인하여 토양의 초기염분농도가 상승했기 때문이라 판단된다. 그러나 현장조건을 감안한다면 라이시미터 제염시험에서와 같이 그 차이는 매우 작을 것으로 보며, 침출수량의 결정에는 특별한 영향을 끼치지 않을 것으로 판단된다.

작물의 정상생육을 위한 안전성을 고려하여 제염에 필요한 용탈용수량(침출수량)을 추정하면 $DwI/Ds=0.3$ 정도 이상 되어야 할 것으로 판단된다. 이 경우 공시토양의 제염시험에서 실측한 토양의 전기전도도를 살펴보면 입도조성이나 암거설치의 유무에 따라서 약간의 차이가 있었지만, 모형시험에서는 석고처리구 $EC=2.6\sim 3.0dS/m$, 석고무처리구 $EC=2.0\sim 2.8dS/m$, 라이시미터 제염시험에서는 석고처리구 $EC=1.8\sim 3.7dS/m$, 석고무처리구 $EC=1.7\sim 3.3dS/m$ 로서 모두 염해 토양 분류 기준치인 $4dS/m$ 이하로 나타났다. 또한 회귀방정식에 의한 추정치는 모형시험 석고처리구 $EC=2.7dS/m$, 석고무처리구 $EC=2.4dS/m$, 라이시미터 제염시험 석고처리구 $EC=2.7dS/m$, 석고무처리구 $EC=2.5dS/m$ 로서 역시 염해토양 분류 기준치 이하로 나타났다.

이와 같이 침출법의 경우 침출수량의 증가만을 고려하여 전기전도도 측면에서 제염효과를 분석하면 토성, 석고처리 여부, 압거설치 유무에 관계없이 침출수심 $Dw/Ds=0.3$ 정도에서 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었으며 모든 처리구에서 제염 효과에 큰 차이가 없이 비슷한 경향을 보였다. 따라서 침출법의 경우 단순히 침출수량의 증가에 따라서 전기전도도만을 기준으로 살펴보면 처리간 제염효과를 인정할 만한 유의성이 없는 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 고염도 간척지토양을 침출법에 의해 제염시킬 때 토성, 석고처리 여부, 압거설치 유무에 따라 투수성에 큰 영향을 받게 되므로 제염기간의 단축 및 제염작업의 용이성 등 매우 높은 제염효과를 얻을 수 있다고 판단된다.

(2) 수세법

공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따라 전기전도도는 모든 토양에서 비슷한 경향을 보이면서 감소하였으며, 토성별로 비교하면 투수양호토양인 S1~S3 토양과 투수불량토양인 S4, S5 토양 사이의 변화에서는 뚜렷한 차이를 볼 수 있었다. 전기전도도의 변화를 투수양호토양과 투수불량토양으로 구분하여 전기전도도와 용탈용수량(공급수량) 사이의 관계를 회귀분석을 이용하여 나타냈다.

투수양호토양에 대한 전기전도도의 변화를 살펴보면 토양의 종류에 관계없이 제염시험 전과정을 통하여 비슷한 경향으로 감소하였다. 투수양호토양에서 제염과정중 전기전도도의 값이 염해토양 분류기준치인 $4dS/m$ 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 제2절 (4-5)식 및 (4-7)식의 추정 방정식에 의하여 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $Dwa/Ds=2.09$, $Dwa/Ds=3.11$ 로 조사되었고, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 약 50% 정도 높은 값을 나타냈다.

투수불량토양에 대한 전기전도도의 변화를 살펴보면 투수양호토양에 비하여 상대적으로 완만한 감소경향을 나타냈다. 투수불량토양에서 제염과정중 전기전도도의 값이 염해토양 분류기준치인 $4dS/m$ 이하로 감소되는데 소요되는 공급수량은 제2절 (4-6)식 및 (4-8)식에 의하여 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $Dwa/Ds=2.72$, $Dwa/Ds=4.44$ 로 추정되었고, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 60% 정도 높은 값을 나타냈다.

추정된 용탈용수량(공급수량)을 토성별로 비교해 보면 투수양호토양에 비하여 투수불량토양에서 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 30, 40% 정도 많게 산출되었다.

이상의 분석결과를 토대로 판단하면 수세법의 경우 실내 모형시험에서는 전기전도도가 염해토양 분류기준치인 $4dS/m$ 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 $Dwa/Ds=3.0$ 정도로 추정되며, 이 때 공시토양의 제염시험에서 실측한 전기전도도는 투수양호토양인 경우 $EC=1.4\sim 2.3dS/m$,

투수불량토양인 경우 $EC=3.2\sim 3.7\text{dS/m}$ 로서 염해토양 분류기준치 이하로 조사되었고 투수성에 따라 투수양호토양에서 제염효과가 약간 크게 나타났다. 또한 회귀방정식에 의한 추정치 역시 투수양호토양인 경우 $EC=1.9\text{dS/m}$, 투수불량토양인 경우 $EC=3.3\text{dS/m}$ 로서 염해토양 분류기준치 이하로 산정되었다.

현장 라이시미터 제염시험의 경우 전기전도도가 염해토양의 분류기준치인 4dS/m 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 투수양호토양에서 $D_w/D_s=3.5$, 투수불량토양에서 $D_w/D_s=4.5$ 정도로 추정되며, 이 경우 회귀방정식에 의해 추정된 전기전도도는 투수양호토양에서 $EC=3.2\text{dS/m}$, 투수불량토양에서 $EC=3.9\text{dS/m}$ 로서 염해토양분류 기준치 이하로 조사되었다.

(3) 침출·수세법

제염토양깊이당 용탈용수량(침출수량+공급수량)의 증가에 따른 전기전도도의 변화를 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험에 따라 구분하고 전기전도도(EC)와 용탈용수량(D_w/D_s) 사이의 관계를 회귀분석을 이용하여 나타내었다.

모형시험과 라이시미터 제염시험에서 S4, S5 토양의 경우 제염초기부터 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였고, 라이시미터 무암거구의 S1 토양에서도 제염초기에 침출이 중단되어 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

회귀분석에 있어서 침출법 처리구의 분석과 동일하게 초기 전기전도도 값은 제외되었다.

제염과정중 침출법에서 수세법으로 제염방법이 전환되는 시기 즉 용탈용수량 $D_w/D_s=0.2$ 일 때까지는 침출법 처리구와 동일하게 전기전도도의 값이 급격히 감소하여 이후에 점차 감소경향이 둔화되었고, 모형시험과 라이시미터 제염시험에서 감소율의 차이는 매우 작았다.

제염과정중 전기전도도의 값이 염해토양 분류기준치인 4dS/m 이하로 감소될 때까지 필요한 용탈용수량을 제2절 (4-9)식 및 (4-10)식 회귀방정식에 의하여 구하면 토성이나 암거설치 유무에 관계없이 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 $D_w/D_s=0.29$, $D_w/D_s=0.51$ 로 추정되었고, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 80% 정도 높은 값을 나타냈다.

이상의 분석결과를 종합해서 살펴보면, 모형시험에서 산정된 용탈용수량의 경우 침출법과 침출·수세법에서는 토양의 투수성 및 토양개량제(석고)의 살포 여부에 관계없이 제염방법별로 거의 비슷한 값으로 산출되어 용탈용수량만을 기준으로 할 때 토성이나 석고처리 여부에 따라 제염효과의 차이를 인정할 만한 유의성이 나타나지 않았다. 그러나 수세법에서는 투수양호토양에 비하여 투수불량토양에서 1.3배 정도 많은 용탈용수량이 소요되었다. 제염방법별 용탈용수량을 비교하면 침출법을 기준으로 할 때 침출·수세법에서는 약 1.5~1.8배 정도 많은 용탈용수량이 소요되었으며, 수세법에서는 토양의 투수성에 따라 11~17배 정도 많이 소요되었다.

라이시미터 제염시험에서 추정된 용탈용수량을 살펴보면, 침출법과 침출·수세법의 경우에는 모형시험에서와 마찬가지로 각각의 처리간에 제염효과의 차이를 인정할 만한 유의성이 나타나지 않았으며, 수세법의 경우에는 투수양호토양에 비하여 투수불량토양에서 1.4배 정도 많은 용탈용수량이 소요되었다. 침출법을 기준으로 하여 용탈용수량을 비교하면 침출·수세법에서는 약 2.6배, 수세법에서는 투수성에 따라 16~22배 정도 많게 산출되었다.

투수성이 양호한 토양에서 침출법에 의해 제염하는 경우는 제염용수량(용탈용수량)을 절약할 수 있고 제염작업을 용이하게 할 수 있다는 이점이 있지만 제염기간이 길게 소요되며 특히 투수 불량토양에서는 제염이 거의 불가능하다는 단점이 있으며, 반면에 수세법에 의한 제염작업은 단기간에 투수양호토양 뿐만 아니라 투수불량토양에서도 가능하지만 심토층의 제염이 어렵고 용탈용수량이 침출법에 비하여 10~20배정도 많이 필요하다는 단점이 있는 것으로 판단된다.

침출법 및 수세법에 의해 제염이 이루어질 때까지 필요한 용탈용수량 및 그 경우의 전기전도도를 종합해서 정리하면 [표 4.2]에서 보는 바와 같다.

[표 4.2] 제염방법별 용탈용수량 및 전기전도도

| 제염방법 | 시험방법 | 토성 및 처리 | 용탈용수량 | EC (dS/m) | | 회귀방정식 x : Dw/Ds or Dwa/Ds y : EC (dS/m) |
|------|---------------|--------------------------------------|------------|-----------|-----|---|
| | | | | 실측치 | 추정치 | |
| 침출법 | 실내 모형시험 | 투수양호토양 (무압거) 투수불량토양 (무압거) 석고처리 | Dwl/Ds=0.3 | 2.6~3.0 | 2.7 | $y=0.9406 x^{-0.8609}$ ($R^2=0.9741$) |
| | | 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | " | 2.0~2.8 | 2.4 | $y=0.8594 x^{-0.8414}$ ($R^2=0.9617$) |
| | 현장 라이시미터 제염시험 | 투수양호토양 (압거) 투수양호토양 (무압거) 석고처리 | " | 1.8~3.7 | 2.7 | $y=0.8340 x^{-0.9885}$ ($R^2=0.9011$) |
| | | 투수양호토양 (압거) 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | " | 1.7~3.3 | 2.5 | $y=0.7008 x^{-1.0723}$ ($R^2=0.9401$) |
| 수세법 | 실내 모형시험 | 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | Dwa/Ds=3.0 | 1.4~2.3 | 1.9 | $y=23.2971 e^{-0.8420x}$ ($R^2=0.9615$) |
| | | 투수불량토양 (무압거) 석고무처리 | " | 3.2~3.7 | 3.3 | $y=29.5029 e^{-0.7335x}$ ($R^2=0.9907$) |
| | 현장 라이시미터 제염시험 | 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | Dwa/Ds=3.5 | - | 3.2 | $y=25.1771 e^{-0.5919x}$ ($R^2=0.9700$) |
| | | 투수불량토양 (무압거) 석고무처리 | Dwa/Ds=4.5 | - | 3.9 | $y=25.7562 e^{-0.4199x}$ ($R^2=0.9861$) |

2. 교환성나트륨백분율(ESP) 기준 제염효과 분석

침출법, 수세법 및 침출·수세법에 의한 실내 모형시험 및 현장 라이시미터 제염시험 결과를 종합해서 토성 및 제염방법별로 검토해 보면 어느 경우나 침출수량 또는 공급수량이 증가함에 따라 토양의 교환성나트륨백분율(ESP)은 고도의 상관성을 가지고 감소하며 뚜렷한 제염효과가 입증되었다.

(1) 침출법

제염과정중 제염토양깊이당 침출수량(D_w/D_s)의 증가에 따른 교환성나트륨백분율의 변화를 석고처리구와 석고무처리구로 구분하여 교환성나트륨백분율과 침출수량 사이의 관계를 회귀분석을 이용하여 나타냈다.

전술한 전기전도도의 분석에서 언급한 바와 같이 모형시험 석고무처리구와 라이시미터 제염시험 석처리구 및 석고무처리구에서는 S4, S5 토양의 경우 제염초기부터 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였고, 라이시미터 석고처리 무암거구 및 석고무처리 무암거구의 S1 토양에서도 제염초기에 약간의 침출이 있었지만 곧 침출이 중단되어 역시 시험자료를 얻지 못하였다. 또한 회귀분석에 있어서 신뢰성 있는 결과를 도출하기 위하여 초기 교환성나트륨백분율의 값을 제외하였다.

① 석고처리구

석고처리구에서는 토성과 암거설치 유무에 따라 약간의 차이는 있지만, 침출수량이 증가함에 따라 교환성나트륨백분율은 제염초기에 급격히 감소하였고, 모형시험과 라이시미터 제염시험에서 모두 침출수량 $D_w/D_s=0.2$ 를 전후하여 점차 그 감소경향이 둔화되었다. 이와 같이 제염초기에 교환성나트륨백분율이 급격히 감소하는 이유는 제염진행중 공시토양에 혼합한 석고의 Ca^{++} 과 토양내 Na^+ 의 교환작용 영향을 크게 받기 때문이라고 판단된다.

석고처리구에서 제염과정중 교환성나트륨백분율이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량(D_w/D_s)은 제3절 (4-11)식 및 (4-13)식에 의하여 토성이나 암거설치 유무에 관계없이 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $D_w/D_s=0.14$, $D_w/D_s=0.20$ 으로 추정되어, 모형시험에 비하여 현장시험에서 약 40%정도 높게 나타났다.

② 석고무처리구

석고무처리구에서 침출수량의 증가에 따른 교환성나트륨백분율의 변화를 살펴보면 석고처리구와 비슷하게 토성이나 암거설치에 따라 약간의 차이는 있지만, 침출수량이 증가함에 따라서 교환성나트륨백분율은 제염초기에 급격히 감소하였으며, 모형시험과 라이시미터 제염

시험에서 모두 침출수량(Dwl/Ds)이 0.2일 때를 전후하여 점차 그 감소경향이 둔화되었다.

석고무처리구에서 제염과정중 교환성나트륨백분율이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량(Dwl/Ds)은 제3절 (4-12)식 및 (4-14)식에 의하여 토성이나 암거설치 유무에 관계없이 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $Dwl/Ds=0.16$, $Dwl/Ds=0.20$ 으로 추정되었으며, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 25% 정도 높게 소요되었다. 석고처리 여부에 관계없이 라이시미터 제염시험에서는 동일한 용탈용수량을 나타냈지만 모형시험에서는 석고무처리 시험구에 비하여 석고처리 시험구에서 약 14% 정도 높은 것으로 조사되었으며, 이와 같이 모형시험에서 석고처리별 용탈용수량의 차이가 있는 이유는 석고의 사용으로 인하여 토양의 초기 염분농도가 상승했기 때문이라 판단되며, 용탈용수량의 결정에는 특별한 영향을 끼치지 않을 것으로 본다.

작물의 정상생육을 위한 안전성을 고려하여 제염에 필요한 용탈용수량(침출수량)을 추정하면 모형시험에서는 침출수심 $Dwl/Ds=0.2$, 현장 라이시미터 제염시험에서는 $Dwl/Ds=0.3$ 정도 이상 되어야 할 것으로 판단된다. 이 경우 공시토양의 제염시험에서 실측한 토양의 교환성나트륨백분율을 살펴보면 입도조성이나 암거설치의 유무에 따라서 약간의 차이가 있었지만, 모형시험에서는 석고처리구 $ESP=10.2\sim 12.6\%$, 석고무처리구 $ESP=12.1\sim 13.8\%$, 라이시미터 제염시험에서는 석고처리구 $ESP=10.5\sim 14.1\%$, 석고무처리구 $ESP=10.5\sim 13.3\%$ 로서 염해토양분류 기준치인 15% 이하로 조사되었다. 또한 회귀방정식에 의한 추정치는 모형시험 석고처리구 $ESP=12.4\%$, 석고무처리구 $ESP=13.6\%$, 라이시미터 제염시험 석고처리구 $ESP=12.0\%$, 석고무처리구 $ESP=11.6\%$ 로서 역시 염해토양 분류기준치 이하로 나타났다.

이와 같이 침출법의 경우 용탈용수량(침출수량)의 증가만을 고려하여 교환성나트륨백분율 측면에서 제염효과를 분석하면 토성, 석고처리 여부, 암거설치 유무에 관계없이 실내 모형시험에서는 침출수심 $Dwl/Ds=0.2$, 현장 라이시미터 제염시험에서는 $Dwl/Ds=0.3$ 정도에서 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었으며 모든 처리구에서 제염효과에 큰 차이가 없이 비슷한 경향을 보였다. 따라서 침출법의 경우 단순히 침출수량의 증가에 따라서 교환성나트륨백분율만을 기준으로 살펴 보면 전기전도도만을 기준으로 했을 때와 마찬가지로 처리간 제염효과를 인정할 만한 유의성이 없는 것으로 판단 된다. 그러나 일반적으로 고염도 간척지토양을 침출법에 의해 제염시킬 때 토성, 석고처리 여부, 암거설치 유무에 따라 투수성에 큰 영향을 받게 되므로 제염기간의 단축 및 제염작업의 용이성 등 매우 높은 제염효과를 얻을 수 있다고 판단된다.

(2) 수세법

공급수량(Dwa/Ds)의 증가에 따른 교환성나트륨백분율의 변화를 투수양호토양과 투수불량토양으로 구분하여 교환성나트륨백분율과 용탈용수량 사이의 관계를 회귀분석을 이용하여 나타내었다.

투수양호토양에 대한 교환성나트륨백분율의 변화를 살펴보면 토성에 관계없이 제염시험 전과정을 통하여 비교적 완만하게 감소하였다. 투수양호토양에서 제염과정중 교환성나트륨백분율이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소되어 제염이 이루어졌다고 볼 수 있을 때의 공급수량(Dwa/Ds)은 제3절 (4-15)식 및 (4-17)식의 추정방정식에 의하여 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $Dwa/Ds=2.03$, $Dwa/Ds=2.95$ 로 조사되었고, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 50% 정도 높은 값을 나타냈다.

투수불량토양에 대한 교환성나트륨백분율의 변화를 살펴보면 투수양호토양에 비하여 상대적으로 완만한 감소경향을 나타냈다. 투수불량토양에서 제염과정중 교환성나트륨백분율이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소되는데 소요되는 공급수량(Dwa/Ds)은 제3절 (4-16)식 및 (4-18)식에 의하여 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $Dwa/Ds=2.33$, $Dwa/Ds=4.20$ 정도로 산정되었고, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 80% 정도 높은 값을 나타냈다.

추정된 용탈용수량(공급수량)을 토성별로 비교해보면 투수양호토양에 비하여 투수불량토양에서 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 15, 40% 정도 높게 산출되었다.

이상의 분석결과를 토대로 판단하면 수세법의 경우 실내 모형시험에서는 교환성나트륨백분율이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 투수양호토양이나 투수불량토양의 모든 처리구에서 공급수심 $Dwa/Ds=2.5$ 정도로 추정되며, 이 경우 공시토양의 제염시험에서 실측한 교환성나트륨백분율은 투수양호토양인 경우 $ESP=10.5\sim 11.8\%$, 투수불량토양인 경우 $ESP=12.0\sim 13.8\%$ 로서 염해토양 분류기준치 이하로 조사되었고 투수성에 따라 투수양호토양에서 제염효과가 약간 크게 나타났다. 또한 회귀방정식에 의한 추정치 역시 투수양호토양인 경우 $ESP=12.4\%$, 투수불량토양인 경우 $ESP=14.0\%$ 로서 염해토양 분류기준치 이하로 산정되었다.

현장 라이시미터 제염시험의 경우 교환성나트륨백분율이 염해토양의 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 필요한 공급수량은 투수양호토양에서 $Dwa/Ds=3.0$, 투수불량토양에서 $Dwa/Ds=4.5$ 정도로 추정되며, 이 경우 회귀방정식에 의해 추정된 교환성나트륨백분율은 투수양호토양에서 $ESP=14.7\%$, 투수불량토양에서 $ESP=14.0\%$ 로서 염해토양분류 기준치 이하로 조사되었다.

(3) 침출·수세법

제염토양깊이당 용탈용수량(침출수량+공급수량)의 증가에 따른 교환성나트륨백분율의 변화를 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험에 따라 구분하고 교환성나트륨백분율(ESP)과 용탈용수량(D_w/D_s) 사이의 관계를 회귀분석을 이용하여 나타냈다.

제염과정중 침출법에서 수세법으로 제염방법이 전환되는 시기 즉 용탈용수량 $D_w/D_s=0.2$ 일 때까지는 침출법 처리구와 동일하게 교환성나트륨백분율이 급격히 감소하였고 이후에 점차 감소경향이 둔화되었으며, 모형시험과 라이시미터 제염시험의 감소율 차이는 매우 작은 것으로 나타났다.

제염과정중 교환성나트륨백분율이 염해토양 분류기준치인 15% 이하로 감소될 때까지 소요되는 용탈용수량(D_w/D_s)을 제3절 (4-19)식 및 (4-20)식에 의하여 구하면 토성이나 암거설치 유무에 관계없이 모형시험과 라이시미터 제염시험의 경우 각각 $D_w/D_s=0.21$, $D_w/D_s=0.43$ 으로 산정되었고, 모형시험에 비하여 라이시미터 제염시험에서 약 100% 정도 높은 값을 나타냈다.

전술한 결과로부터 모형시험에서 산출된 용탈용수량을 살펴보면 토양의 투수성이나 석고 처리 여부에 관계없이 제염방법별로 거의 비슷한 값을 나타내어, 용탈용수량만을 기준으로 할 때 제염효과의 차이를 인정할 만한 유의성이 없었다. 제염방법별 용탈용수량을 비교하면 침출법을 기준으로 할 때 침출·수세법에서는 1.3~1.5배 정도 많은 용탈용수량이 소요되었으며, 수세법에서는 토양의 투수성에 따라 13~17배 정도 많은 용탈용수량이 소요되었다.

라이시미터 제염시험에서 산정된 용탈용수량을 살펴보면 침출법과 침출·수세법의 경우에는 제염방법별로 각각의 처리간에 제염효과를 인정할 만한 유의성이 나타나지 않았으며, 수세법의 경우에는 투수양호토양에 비하여 투수불량토양에서 1.4배 정도 많은 용탈용수량이 소요되었다. 침출법을 기준으로 하여 용탈용수량을 비교하면 침출·수세법에서는 2.2배 정도, 수세법에서는 투수성에 따라 15~21배 정도 많게 용탈용수량이 소요되었다.

전기전도도 기준 제염효과 분석에서 언급한 바와 같이 투수성이 양호한 토양에서 침출법에 의해 제염하는 경우는 제염용수량을 절약할 수 있고 제염작업을 용이하게 할 수 있다는 이점이 있지만 제염기간이 길게 소요되며 특히 투수성이 불량한 토양에서는 제염이 거의 불가능하다는 단점이 있으며, 반면에 수세법에 의한 제염작업은 단기간에 투수성이 양호한 토양뿐만 아니라 투수성이 불량한 토양에서도 가능하지만 심토층의 제염이 어렵고 용탈용수량이 침출법에 비하여 10~20배 정도 많이 필요하다는 단점이 있는 것으로 판단된다.

침출법 및 수세법에 의해 염해토양의 분류기준치 이하로 감소될 때까지 필요한 용탈용수량 및 그 경우의 교환성나트륨백분율을 종합해서 정리하면 [표 4.3]에서 보는 바와 같다.

[표 4.3] 제염방법별 용탈용수량 및 교환성나트륨백분율

| 제염방법 | 시험방법 | 토성 및 처리 | 용탈용수량 | ESP (%) | | 회귀방정식 x : Dw/Ds or Dwa/Ds y : ESP (%) |
|------|---------------------|--------------------------------------|------------|-----------|------|---|
| | | | | 실측치 | 추정치 | |
| 침출법 | 실내 모형시험 | 투수양호토양 (무압거) 투수불량토양 (무압거) 석고처리 | Dw/Ds=0.2 | 10.2~12.6 | 12.4 | $y=5.6414x^{-0.4909}$ ($R^2=0.9722$) |
| | | 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | " | 12.1~13.8 | 13.6 | $y=6.1425x^{-0.4920}$ ($R^2=0.9805$) |
| | 현장 라이시미터 제염시험 | 투수양호토양 (압거) 투수양호토양 (무압거) 석고처리 | Dw/Ds=0.3 | 10.5~14.1 | 12.0 | $y=6.2237x^{-0.5470}$ ($R^2=0.9379$) |
| | | 투수양호토양 (압거) 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | " | 10.5~13.3 | 11.6 | $y=5.5309x^{-0.6152}$ ($R^2=0.9521$) |
| 수세법 | 실내 모형시험 | 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | Dwa/Ds=2.5 | 10.5~11.8 | 12.4 | $y=34.486e^{-0.4106x}$ ($R^2=0.9561$) |
| | | 투수불량토양 (무압거) 석고무처리 | " | 12.0~13.8 | 14.0 | $y=38.828e^{-0.4082x}$ ($R^2=0.9640$) |
| | 현장 라이시미터 제염시험 | 투수양호토양 (무압거) 석고무처리 | Dwa/Ds=3.0 | - | 14.7 | $y=40.626e^{-0.3378x}$ ($R^2=0.9754$) |
| | | 투수불량토양 (무압거) 석고무처리 | Dwa/Ds=4.5 | - | 14.0 | $y=40.079e^{-0.2339x}$ ($R^2=0.9577$) |

3. 전기전도도와 교환성나트륨백분율을 동시에 고려한 용탈용수량 산정

위에서 언급한 토양의 전기전도도(EC)와 교환성나트륨백분율(ESP)을 기준으로 하여 이들을 염해토양 분류기준치 이하로 낮추는데 필요한 용탈용수량(Dw/Ds)을 제염방법 및 토성별로 총괄하면 [표 4.4]에 나타난 바와 같다. 여기서 용탈용수량은 실내 모형시험자료 및 현장 라이시미터 제염시험자료를 종합분석하여 구한 회귀방정식에 의해 산출한 추정치이다.

[표 4.4] 회귀방정식에 의한 제염방법 및 토성별 용탈용수량 추정치

| 제염방법 | 토양의 투수성 | 실내 모형시험 | | 라이시미터 제염시험 | | 용탈용수량 추정치 (Dw/Ds) |
|----------------|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | | EC 기준 용탈용수량 (Dw/Ds) | ESP 기준 용탈용수량 (Dw/Ds) | EC 기준 용탈용수량 (Dw/Ds) | ESP 기준 용탈용수량 (Dw/Ds) | |
| 수세법 | 양 호 | 2.09 | 2.03 | 3.11 | 2.95 | 3.0 |
| | 불 량 | 2.72 | 2.33 | 4.44 | 4.20 | 4.5 |
| 침출법 (석고처리) | 양 호 | 0.19 | 0.14 | 0.20 | 0.20 | 0.3 |
| | 불 량 | 0.19 | 0.14 | - | - | - |
| 침출법 (석고무처리) | 양 호 | 0.16 | 0.16 | 0.20 | 0.20 | 0.3 |
| | 불 량 | - | - | - | - | - |
| 침출·수세법 | 양 호 | 0.29 | 0.21 | 0.51 | 0.43 | 0.6 |
| | 불 량 | 0.29 | 0.21 | - | - | - |

고염도 간척지 토양의 염분농도를 작물의 정상생육이 가능한 한계염분농도까지 감소시키기 위한 토양내 염분을 용탈시켜 배출하는데 필요한 용탈용수량(Dw/Ds)을 추정하고자 전기전도도와 교환성나트륨백분율이 동시에 염해토양 분류기준치 이하로 될 때의 침출수량(Dw1/Ds) 및 공급수량(Dwa/Ds)을 조사하였다.

[표 4.4]에서 보는 바와 같이 모형시험에서 용탈용수량을 살펴보면 제염방법이나 토성에 관계 없이 교환성나트륨백분율에 비하여 전기전도도를 염해토양 분류기준치 이하로 낮추기 위한 용탈용수량이 일반적으로 약간 많이 소요되는 것으로 나타났다. 제염방법별로 용탈용수량을 살펴보면 전기전도도의 경우나 교환성나트륨백분율의 경우에서 다같이 수세법, 침출·수세법, 침출법의 순서로 많이 소요되는 것으로 나타났다.

라이시미터 제염시험에서 용탈용수량을 살펴보면 모형시험과 비슷하게 제염방법이나 토성에 관계없이 교환성나트륨백분율에 비하여 전기전도도를 염해토양 분류기준치 이하로 낮추기 위한 용탈용수량이 일반적으로 약간 많이 소요되는 것으로 조사되었다. 제염방법별로 용탈용수량을 살펴보면 역시 모형시험에서와 같이 전기전도도의 경우나 교환성나트륨백분율의 경우에서 모두 수세법, 침출·수세법, 침출법의 순서로 많이 소요되는 것으로 조사되었다.

전기전도도와 교환성나트륨백분율을 동시에 기준으로 할 때 어느 경우나 염분농도가 염해토양 분류기준치 이하로 되어 충분한 제염효과를 얻을 수 있다고 추정되는 용탈용수량은 수세법, 침출법, 침출·수세법의 투수양호토양에서 각각 $D_w/D_s=3.0, 0.3, 0.6$, 투수불량토양에서 각각 $D_w/D_s=4.5, 0.3, 0.6$ 정도로 판단된다.

제7절 침출시간 추정을 위한 제염효과 분석

제6절에서 언급한 바와 같이 침출법에 의하여 제염을 실시하는 경우 용탈용수량(침출수량)이 증가함에 따라 전기전도도(EC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)은 고도의 상관성을 가지고 감소하며 뚜렷한 제염효과가 입증되었지만, 침출수량의 증가만을 고려하여 EC 및 ESP 측면에서 제염효과를 분석하면 토성, 석고처리 여부, 암거설치 유무에 관계없이 $D_w/D_s=0.30$ 정도에서는 어느 경우나 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었으며 모든 처리구에서 제염효과에 큰 차이가 없이 비슷한 경향을 보였다.

따라서 단순히 침출수량의 증가에 따라서 EC 및 ESP만을 기준으로 제염효과를 살펴 보면 처리간 석고처리효과를 인정할 만한 유의성이 없는 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 고염도 간척지토양을 침출법에 의해 제염시킬 때 토성, 석고처리 여부, 암거설치 유무에 따라 투수성에 큰 영향을 받게 되므로 제염기간을 단축한다는 측면에서는 매우 높은 제염효과를 얻을 수 있다고 판단된다.

토성별 투수성의 변화를 고찰하기 위하여 초기수리전도도의 값을 산출하여 비교하였고, 초기수리전도도에 대한 제염과정 중 수리전도도의 비율인 상대수리전도도의 개념을 사용하여 침출법의 경우 토성, 석고처리 및 암거설치 유무에 따라 현장 라이시미터 제염시험자료를 이용하여 상대수리전도도의 변화를 고찰하고 침출시간을 고려한 제염효과를 분석하였다. 상대수리전도도의 개념을 도입한 이유는 조사대상 토양으로부터 얻은 결과를 초기수리전도도가 다른 일반적인 경우에도 적용할 수 있도록 하기 위해서이다.

제염시험에서 투수불량토양인 S4, S5 토양의 경우는 제염초기부터 침출이 불가능하여 수리전도도에 대한 시험자료를 구하지 못하였다.

1. 투수성(수리전도도)의 증가에 따른 제염효과

제4절 제염과정중 수리전도도의 변화에서 기술한 제염시험자료를 토대로 석고처리별로 초기수리전도도를 살펴보면 석고처리구의 경우 석고무처리구에 비하여 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 1.7, 4.0, 2.1배, 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 각각 1.2, 1.8, 1.2배 정도 높았고, 암거

설치 유무에 따라 비교해 보면 암거설치구의 경우 무암거구에 비하여 석고처리 S1, S2, S3 토양에서 각각 2.8, 3.1, 2.6배, 석고무처리 S1, S2, S3 토양에서 각각 1.9, 1.4, 1.6배정도 크게 나타났으며, 석고처리 및 암거설치 유무를 동시에 고려하면 석고처리 암거설치구의 경우 석고무처리 무암거구에 비하여 S1, S2, S3 토양에서 각각 3.3, 5.7, 3.2배 정도 크게 조사되었다.

전반적으로 초기수리전도도는 석고무처리구보다 석고처리구에서, 무암거구보다 암거구에서 높은 값으로 조사되었고, 토성별로는 S3, S2, S1 토양 순서로 높게 나타났는데 이와 같은 결과는 토양의 점토함량과 깊은 관계를 갖고 있음을 보여주고 있다.

한편 전기전도도 및 교환성나트륨백분율이 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었다고 볼 수 있는 $Dw1/Ds=0.3$ 일 때의 상대수리전도도(HCr)는 석고처리 암거설치구에서 78~90%, 석고처리 무암거구에서 54~62%, 석고무처리 암거설치구에서 33~44%, 석고무처리 무암거구에서 26~27% 정도로 조사되었다.

제염과정중 상대수리전도도는 석고무처리구에 비하여 석고처리구에서, 무암거구에 비하여 암거처리구에서 투수성이 오래 지속됨을 알 수 있었으며, 이것은 석고처리나 암거설치가 토양의 초기 투수성을 개선시킬 뿐만 아니라 투수성을 오래 지속시키는 데에도 효과가 있음을 보여주고 있다. 또한 제염시험 전과정을 통하여 투수성이 낮은 토양의 상대수리전도도는 제염초기에 높은 감소율을 보였고, 투수성이 높은 토양의 상대수리전도도는 비교적 완만하게 감소하였으며, 투수성이 낮은 토양에 비하여 투수성이 높은 토양에서 초기의 투수성이 오래 유지되는 것으로 나타났다. 이와 같이 투수성이 낮은 토양에서 제염초기의 투수성이 급격히 감소하는 이유는 투수성이 높은 토양에 비하여 점토질을 많이 함유하고 있으며 이로 인한 점토의 분산현상이 활발히 진행되었고, 분산된 점토입자가 토양공극을 폐쇄하여 투수성의 감소를 촉진시킨 것으로 판단된다.

2. 침출시간의 추정

침출법에 의한 제염시험의 경우 염분농도가 염해토양의 분류기준치 이하로 감소될 수 있다고 추정되는 용탈용수량(침출수량) $Dw1/Ds=0.3$ 이 될 때까지 소요된 침출시간을 토성, 석고처리 및 암거설치 유무에 따라 살펴보면 [표 4.5]에 표시한 바와 같다.

[표 4.5] 침출법에 의한 토성 및 처리별 침출시간

단위 : 일

| 토 성 (토양분류 Code) | 침출법 제염시험 | | | |
|--------------------|----------|------|-------|-------|
| | 석고처리 | | 석고무처리 | |
| | 암거설치구 | 무암거구 | 암거설치구 | 무암거구 |
| S1 | 23.0 | 75.4 | 62.7 | 143.7 |
| S2 | 5.3 | 18.6 | 33.3 | 58.9 |
| S3 | 1.7 | 5.2 | 5.5 | 12.2 |

[표 4.5]에서 보는 바와 같이 토성별 침출시간을 살펴보면 동일한 처리일 때 점토함량이 적고 사질함량이 많은 토양일수록 제염기간이 적게 소요되었다. 이와 같은 결과는 초기 투수성(수리전도도)이 높고 투수성의 감소율이 적은 S3, S2, S1 토양 순서와 일치하였다.

침출수량 $D_w/D_s=0.3$ 이 될 때까지 소요된 침출시간을 살펴보면 석고처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 23.0, 5.3, 1.7일, 석고처리 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 각각 75.4, 18.6, 5.2일, 석고무처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 62.7, 33.3, 5.5일, 석고무처리 무암거구 S1, S2, S3 토양에서 143.7, 58.9, 12.2일 정도로 조사되었다. 따라서 간척지에서 전기전도도 및 교환성나트륨 백분율이 염해토양의 분류기준치 이하로 감소될 때까지의 침출시간을 처리구별로 비교해 보면 토양개량제를 사용하지 않고 암거를 설치하지 않은 경우의 침출시간에 비하여 석고처리와 동시에 암거를 설치하는 경우는 약 9~16%, 석고처리만을 하는 경우는 약 32~52%, 암거만을 설치하는 경우는 약 44~57% 정도의 침출시간이 필요한 것으로 나타났다. 또한 토성별로 침출시간을 비교하면 투수성이 가장 양호한 S3 토양을 기준으로 할 때 S1 토양에서 11~15배, S2 토양에서 3~6배 정도 많게 침출시간이 소요되는 것으로 조사되었다.

일반적으로 투수성이 낮은 고염도 간척지토양을 침출법에 의해 제염시킬 때 토양개량제로서 적당량의 석고를 사용하거나 암거시설을 하게 되면 초기 수리전도도를 증가시키고 또한 오래 지속되게 하여 제염작업이 용이하게 되며 제염기간을 크게 단축시킬 수 있으므로 높은 제염효과를 얻을 수 있다고 판단된다.

제 5 장
제염예측을 위한
회귀모형의 도출

제5장 제염예측을 위한 회귀모형의 도출

제1절 서론

1. 연구개발 목표 및 내용

(1) 연구목표

제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간을 추정하기 위하여 유의성이 가장 높고 토성 및 제염방법별로 공통적으로 적용할수 있는 회귀모형을 도출하였다.

(2) 연구내용

- 기존 제염시험결과 및 결측치를 수정 보완하기 위한 보완시험 수행
- 제염시험결과의 종합정리
 - 토성 및 제염방법별 상대전기전도도(ECr)
 - 토성 및 제염방법별 상대교환성나트륨백분율(ESPr)
 - 토성 및 제염방법별 상대수리전도도(HCr)와 침출시간
- 제염시험자료의 회귀분석 및 제염예측 회귀모형의 도출
 - 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형
 - 용탈용수량의 추정을 위한 회귀모형
 - 침출시간의 추정을 위한 회귀모형

2. 연구수행 방법

- (1) 기존의 제염시험결과 및 결측치를 수정 보완하기 위하여 침출법, 수세법 및 침출·수세법에 의한 보완시험을 실시하였다.
- (2) 기존의 제염시험결과(제3장 4~5절)와 보완시험결과를 종합적으로 분석하여 회귀모형의 추정에 적용하였다.
- (3) 최종적으로 분석한 시험자료를 사용하여 토성, 물관리, 토양개량제 처리 및 배수시설에 의한 제염방법별로 회귀분석을 실시하였다.
- (4) 회귀분석결과를 토성 및 제염방법별로 비교 검토하여 토성이나 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있으며 유의성이 가장 높은 회귀모형을 선정하였다.
- (5) 고염도 간척지 토양의 제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간을 추정하기 위한 최적 회귀모형을 결정하였다.

제2절 제염시험결과의 종합정리

개발초기 고염도 간척지 토양의 제염과정중 염분농도의 변화를 고찰하여 용탈용수량 및 침출 시간을 결정할 수 있는 제염예측기법을 구축하기 위하여 실내 모형시험, 현장 Lysimeter 제염시험 및 보완시험을 수행하였으며, 제염예측 최적 회귀모형을 도출하기 위하여 이들 제염시험자료를 종합적으로 분석 검토하고 수정 보완하여 토성 및 제염방법별로 종합해서 정리하였다.

제염진행중 침출수량(침출법) 또는 공급수량(수세법)의 증가에 따른 토양의 전기전도도, 교환성 나트륨백분율, 및 수리전도도의 변화를 토성, 물관리, 토양개량제(석고)처리 및 배수시설(암거)에 의한 제염방법별로 분석하여 총괄표로 정리하였다. 침출법의 경우는 제염횟수별로 침출시간을 측정하여 수록하였다.

1. 실내 모형시험자료

- (1) 석고처리 침출법 : [표 5.1]
- (2) 석고무처리 침출법 : [표 5.2]
- (3) 석고무처리 수세법 : [표 5.3]
- (4) 석고무처리 침출·수세법 : [표 5.4]

2. 라이시미터 제염시험 및 보완시험자료

- (1) 석고처리 침출법 : 암거구 [표 5.5], 무암거구 [표 5.6]
- (2) 석고무처리 침출법 : 암거구 [표 5.7], 무암거구 [표 5.8]
- (3) 석고무처리 수세법 : 무암거구 [표 5.9]
- (4) 석고무처리 침출·수세법 : 암거구 [표 5.10], 무암거구 [표 5.11]

모든 총괄표에서 D_{wl}/D_s 및 D_{wa}/D_s 는 제염진행중 용탈용수량의 증가에 따른 제염효과를 분석하여 제염목표 용탈용수량을 환산하기 위한 제염토양깊이당 침출수심 및 공급수심의 비율이다. EC는 일반적으로 토양의 염분농도를 나타내는데 사용되는 토양 포화추출액의 전기전도도, ECr은 제염전 초기 전기전도도에 대한 제염과정중 전기전도도의 비율이며, ESP는 토양의 알칼리성을 나타내는 척도로 사용되는 양이온교환용량에 대한 교환성나트륨백분율, ESPr은 제염전 초기 교환성나트륨백분율에 대한 제염과정중 교환성나트륨백분율의 비율이다. 또한 HC는 토양의 투수성을 나타내는 수리전도도, HCr은 제염전 초기 수리전도도에 대한 제염과정중 수리전도도의 비율이며, T는 침출법의 경우 제염회수별 침출시간이고, $(\sum T)^{1/2}$ 은 침출시간 누가치의 제곱근이다.

[표 5.1] 제염진행중 토양의 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 수리전도도

[석고처리 침출법 : 모형시험]

| 토양분류 Code | 제 염 횟 수 | 침 출 수 | | | 토 양 | | | | 수리전도도 | |
|--------------|------------|-------|----------------|-------------------------------|--------------|------|--------|------------------|---------------|-----------------|
| | | Dw/Ds | 침출시간 T (hr) | (ΣT) ^{1/2} | EC (dS/m) | ECr | ESP(%) | ESP _r | HC (cm/hr) | HC _r |
| S1LG | 초기치 | - | - | - | 26.1 | 1.00 | 41.4 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 10.7 | 3.3 | 11.2 | 0.43 | 24.5 | 0.59 | 0.129 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 11.2 | 4.7 | 7.2 | 0.28 | 17.5 | 0.42 | 0.120 | 0.93 |
| | 3 | 0.15 | 11.4 | 5.8 | 4.9 | 0.19 | 13.3 | 0.32 | 0.118 | 0.91 |
| | 4 | 0.20 | 11.7 | 6.7 | 3.5 | 0.13 | 10.2 | 0.25 | 0.115 | 0.89 |
| | 5 | 0.30 | 25.2 | 8.4 | 2.6 | 0.10 | 9.1 | 0.22 | 0.110 | 0.85 |
| | 6 | 0.40 | 27.5 | 9.9 | 2.0 | 0.08 | 8.2 | 0.20 | 0.099 | 0.77 |
| | 7 | 0.50 | 30.9 | 11.3 | 1.5 | 0.06 | 7.1 | 0.17 | 0.088 | 0.68 |
| S2LG | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 1.00 | 41.1 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 5.0 | 2.2 | 10.3 | 0.40 | 25.5 | 0.62 | 0.267 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 5.4 | 3.2 | 6.7 | 0.26 | 17.9 | 0.44 | 0.255 | 0.96 |
| | 3 | 0.15 | 5.6 | 4.0 | 4.6 | 0.18 | 14.4 | 0.35 | 0.248 | 0.93 |
| | 4 | 0.20 | 5.8 | 4.7 | 3.5 | 0.14 | 12.6 | 0.31 | 0.241 | 0.90 |
| | 5 | 0.30 | 11.5 | 5.8 | 2.8 | 0.11 | 10.5 | 0.26 | 0.237 | 0.89 |
| | 6 | 0.40 | 12.0 | 6.7 | 2.3 | 0.09 | 9.6 | 0.23 | 0.229 | 0.86 |
| | 7 | 0.50 | 12.4 | 7.6 | 1.9 | 0.07 | 8.4 | 0.20 | 0.219 | 0.82 |
| S3LG | 초기치 | - | - | - | 25.0 | 1.00 | 40.2 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 0.9 | 0.9 | 10.1 | 0.40 | 25.0 | 0.62 | 1.491 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 0.9 | 1.3 | 6.5 | 0.26 | 19.6 | 0.49 | 1.461 | 0.98 |
| | 3 | 0.15 | 1.0 | 1.7 | 4.4 | 0.18 | 15.4 | 0.38 | 1.449 | 0.97 |
| | 4 | 0.20 | 1.0 | 1.9 | 3.4 | 0.14 | 12.0 | 0.30 | 1.436 | 0.96 |
| | 5 | 0.30 | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 0.11 | 9.8 | 0.24 | 1.417 | 0.95 |
| | 6 | 0.40 | 2.0 | 2.8 | 2.2 | 0.09 | 8.6 | 0.21 | 1.388 | 0.93 |
| | 7 | 0.50 | 2.0 | 3.1 | 1.8 | 0.07 | 7.7 | 0.19 | 1.361 | 0.91 |
| S4LG | 초기치 | - | - | - | 31.2 | 1.00 | 46.5 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 36.4 | 6.0 | 13.4 | 0.43 | 25.7 | 0.55 | 0.037 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 43.1 | 8.9 | 8.7 | 0.28 | 18.9 | 0.41 | 0.032 | 0.86 |
| | 3 | 0.15 | 47.5 | 4.3 | 6.2 | 0.20 | 14.1 | 0.30 | 0.029 | 0.78 |
| | 4 | 0.20 | 52.6 | 13.4 | 4.3 | 0.14 | 11.8 | 0.25 | 0.026 | 0.70 |
| | 5 | 0.30 | 113.8 | 17.1 | 3.0 | 0.10 | 9.9 | 0.21 | 0.024 | 0.65 |
| | 6 | 0.40 | 124.7 | 20.4 | 2.3 | 0.07 | 9.0 | 0.19 | 0.022 | 0.59 |
| | 7 | 0.50 | 135.0 | 23.5 | 1.6 | 0.05 | 8.5 | 0.18 | 0.020 | 0.54 |
| S5LG | 초기치 | - | - | - | 26.4 | 1.00 | 42.5 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 27.8 | 5.3 | 11.8 | 0.45 | 23.9 | 0.56 | 0.050 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 31.5 | 7.7 | 7.9 | 0.30 | 17.7 | 0.42 | 0.044 | 0.88 |
| | 3 | 0.15 | 34.0 | 9.7 | 5.6 | 0.21 | 13.6 | 0.32 | 0.040 | 0.80 |
| | 4 | 0.20 | 36.2 | 11.4 | 3.8 | 0.14 | 11.3 | 0.27 | 0.037 | 0.74 |
| | 5 | 0.30 | 78.9 | 14.4 | 2.7 | 0.10 | 9.9 | 0.23 | 0.034 | 0.68 |
| | 6 | 0.40 | 85.3 | 17.1 | 2.0 | 0.08 | 9.0 | 0.21 | 0.032 | 0.64 |
| | 7 | 0.50 | 91.1 | 19.6 | 1.6 | 0.06 | 8.3 | 0.20 | 0.030 | 0.60 |
| 8 | 0.60 | 93.5 | 21.9 | 1.3 | 0.05 | 7.4 | 0.17 | 0.029 | 0.58 | |

[표 5.2] 제염진행중 토양의 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 수리전도도

[석고무처리 침출법 : 모형시험]

| 토양분류 Code | 제 염 횟 수 | 침 출 수 | | | 토 양 | | | | 수리전도도 | |
|--------------|------------|-------|----------------|-------------------------------|--------------|------|--------|------|---------------|------|
| | | Dw/Ds | 침출시간 T (hr) | (ΣT) ^{1/2} | EC (dS/m) | ECr | ESP(%) | ESPr | HC (cm/hr) | HCr |
| S1LN | 초기치 | - | - | - | 26.1 | 1.00 | 41.4 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 36.0 | 6.0 | 11.6 | 0.44 | 26.3 | 0.64 | 0.039 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 41.9 | 8.8 | 6.5 | 0.25 | 20.0 | 0.48 | 0.032 | 0.82 |
| | 3 | 0.15 | 51.1 | 11.4 | 3.7 | 0.14 | 15.3 | 0.37 | 0.026 | 0.67 |
| | 4 | 0.20 | 61.0 | 13.8 | 2.6 | 0.10 | 12.1 | 0.29 | 0.022 | 0.56 |
| | 5 | 0.30 | 152.6 | 18.5 | 2.0 | 0.08 | 10.3 | 0.25 | 0.018 | 0.46 |
| | 6 | 0.40 | 199.4 | 23.3 | 1.6 | 0.06 | 9.1 | 0.22 | 0.014 | 0.36 |
| | 7 | 0.50 | 258.4 | 28.3 | 1.3 | 0.05 | 8.2 | 0.20 | 0.011 | 0.28 |
| | 8 | 0.60 | 320.3 | 33.5 | 1.1 | 0.04 | 7.2 | 0.17 | 0.008 | 0.21 |
| S2LN | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 1.00 | 41.1 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 17.3 | 4.2 | 10.9 | 0.42 | 26.3 | 0.64 | 0.078 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 21.1 | 6.2 | 6.3 | 0.25 | 18.9 | 0.46 | 0.064 | 0.82 |
| | 3 | 0.15 | 26.3 | 8.0 | 4.0 | 0.16 | 15.8 | 0.38 | 0.051 | 0.65 |
| | 4 | 0.20 | 34.6 | 10.0 | 2.8 | 0.11 | 13.8 | 0.34 | 0.039 | 0.50 |
| | 5 | 0.30 | 97.6 | 14.0 | 2.3 | 0.09 | 11.6 | 0.28 | 0.028 | 0.36 |
| | 6 | 0.40 | 137.2 | 18.3 | 1.9 | 0.07 | 10.4 | 0.25 | 0.019 | 0.24 |
| | 7 | 0.50 | 207.5 | 23.3 | 1.6 | 0.06 | 9.4 | 0.23 | 0.013 | 0.17 |
| | 8 | 0.60 | 255.9 | 28.2 | 1.4 | 0.05 | 8.6 | 0.21 | 0.010 | 0.13 |
| S3LN | 초기치 | - | - | - | 25.0 | 1.00 | 40.2 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 2.6 | 1.6 | 10.6 | 0.42 | 26.4 | 0.66 | 0.543 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 3.0 | 2.4 | 6.4 | 0.26 | 20.7 | 0.51 | 0.471 | 0.87 |
| | 3 | 0.15 | 3.4 | 3.0 | 4.3 | 0.17 | 16.7 | 0.42 | 0.407 | 0.75 |
| | 4 | 0.20 | 4.0 | 3.6 | 3.5 | 0.14 | 13.0 | 0.32 | 0.350 | 0.64 |
| | 5 | 0.30 | 9.1 | 4.7 | 2.8 | 0.11 | 10.9 | 0.27 | 0.299 | 0.55 |
| | 6 | 0.40 | 11.6 | 5.8 | 2.4 | 0.10 | 9.9 | 0.25 | 0.237 | 0.44 |
| | 7 | 0.50 | 16.3 | 7.1 | 1.9 | 0.08 | 8.7 | 0.22 | 0.169 | 0.31 |
| | 8 | 0.60 | 24.1 | 8.6 | 1.6 | 0.06 | 7.8 | 0.19 | 0.111 | 0.20 |

[표 5.3] 제염진행중 토양의 전기전도도 및 교환성나트륨백분율

[석고무처리 수세법 : 모형시험]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 공 급 수 | | | | |
|--------------|------|--------|-----------|------|---------|------|
| | | Dwa/Ds | EC (dS/m) | ECr | ESP (%) | ESPr |
| S1RN | 초기치 | - | 26.1 | 1.00 | 41.4 | 1.00 |
| | 1 | 0.50 | 17.0 | 0.65 | 29.5 | 0.71 |
| | 2 | 1.00 | 11.9 | 0.46 | 24.0 | 0.58 |
| | 3 | 1.50 | 8.6 | 0.33 | 18.1 | 0.44 |
| | 4 | 2.00 | 5.7 | 0.22 | 14.7 | 0.36 |
| | 5 | 2.50 | 3.5 | 0.13 | 11.8 | 0.29 |
| | 6 | 3.00 | 2.3 | 0.09 | 9.6 | 0.23 |
| | 7 | 3.50 | 1.6 | 0.06 | 8.5 | 0.21 |
| | 8 | 4.00 | 1.1 | 0.04 | 7.6 | 0.18 |
| S2RN | 초기치 | - | 25.7 | 1.00 | 41.1 | 1.00 |
| | 1 | 0.50 | 15.3 | 0.60 | 28.9 | 0.70 |
| | 2 | 1.00 | 9.8 | 0.38 | 22.0 | 0.54 |
| | 3 | 1.50 | 6.0 | 0.23 | 16.7 | 0.41 |
| | 4 | 2.00 | 4.1 | 0.16 | 13.0 | 0.32 |
| | 5 | 2.50 | 2.7 | 0.11 | 11.0 | 0.27 |
| | 6 | 3.00 | 1.9 | 0.07 | 10.1 | 0.25 |
| | 7 | 3.50 | 1.4 | 0.05 | 8.9 | 0.22 |
| | 8 | 4.00 | 1.0 | 0.04 | 7.9 | 0.19 |
| S3RN | 초기치 | - | 25.0 | 1.00 | 40.2 | 1.00 |
| | 1 | 0.50 | 14.5 | 0.58 | 27.3 | 0.68 |
| | 2 | 1.00 | 8.1 | 0.32 | 21.6 | 0.54 |
| | 3 | 1.50 | 4.6 | 0.18 | 15.7 | 0.39 |
| | 4 | 2.00 | 2.9 | 0.12 | 12.6 | 0.31 |
| | 5 | 2.50 | 2.0 | 0.08 | 10.5 | 0.26 |
| | 6 | 3.00 | 1.4 | 0.06 | 9.2 | 0.23 |
| | 7 | 3.50 | 0.9 | 0.04 | 8.2 | 0.20 |
| | 8 | 4.00 | 0.6 | 0.02 | 8.2 | 0.20 |
| S4RN | 초기치 | - | 31.2 | 1.00 | 46.5 | 1.00 |
| | 1 | 0.50 | 22.3 | 0.71 | 34.1 | 0.73 |
| | 2 | 1.00 | 15.6 | 0.50 | 26.7 | 0.57 |
| | 3 | 1.50 | 10.3 | 0.33 | 20.5 | 0.44 |
| | 4 | 2.00 | 7.2 | 0.23 | 16.7 | 0.36 |
| | 5 | 2.50 | 5.4 | 0.17 | 13.8 | 0.30 |
| | 6 | 3.00 | 3.7 | 0.12 | 11.7 | 0.25 |
| | 7 | 3.50 | 2.5 | 0.08 | 10.0 | 0.22 |
| | 8 | 4.00 | 1.6 | 0.05 | 9.2 | 0.20 |
| S5RN | 초기치 | - | 26.4 | 1.00 | 42.5 | 1.00 |
| | 1 | 0.50 | 18.5 | 0.70 | 30.7 | 0.72 |
| | 2 | 1.00 | 12.8 | 0.48 | 23.8 | 0.56 |
| | 3 | 1.50 | 9.4 | 0.36 | 18.3 | 0.43 |
| | 4 | 2.00 | 6.3 | 0.24 | 14.5 | 0.34 |
| | 5 | 2.50 | 4.7 | 0.18 | 12.0 | 0.28 |
| | 6 | 3.00 | 3.2 | 0.12 | 10.6 | 0.25 |
| | 7 | 3.50 | 2.1 | 0.08 | 8.9 | 0.21 |
| | 8 | 4.00 | 1.3 | 0.05 | 8.3 | 0.20 |

[표 5.4] 제염진행중 토양의 전기전도도 및 교환성나트륨백분율

[석고무처리 침출·수세법 : 모형시험]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수·공급수 | 토 양 | | | |
|--------------|------|---------------|-----------|------|---------|------|
| | | Dwl/Ds·Dwa/Ds | EC (dS/m) | ECr | ESP (%) | ESPr |
| S1LR | 초기치 | - | 26.1 | 1.00 | 41.4 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 11.7 | 0.45 | 25.3 | 0.61 |
| | 2 | 0.10 | 7.8 | 0.30 | 19.0 | 0.46 |
| | 3 | 0.15 | 5.1 | 0.20 | 14.1 | 0.34 |
| | 4 | 0.20 | 3.6 | 0.14 | 11.2 | 0.27 |
| | 5 | 0.70 | 2.4 | 0.09 | 10.4 | 0.25 |
| | 6 | 1.20 | 1.8 | 0.07 | 8.3 | 0.20 |
| | 7 | 1.70 | 1.3 | 0.05 | 7.4 | 0.18 |
| | 8 | 2.20 | 0.9 | 0.03 | 7.4 | 0.18 |
| S2LR | 초기치 | - | 25.7 | 1.00 | 41.1 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 10.8 | 0.42 | 25.5 | 0.62 |
| | 2 | 0.10 | 7.3 | 0.28 | 18.9 | 0.46 |
| | 3 | 0.15 | 5.1 | 0.20 | 14.7 | 0.36 |
| | 4 | 0.20 | 3.8 | 0.15 | 12.8 | 0.31 |
| | 5 | 0.70 | 2.5 | 0.10 | 11.1 | 0.27 |
| | 6 | 1.20 | 1.9 | 0.07 | 9.9 | 0.24 |
| | 7 | 1.70 | 1.4 | 0.05 | 9.0 | 0.22 |
| | 8 | 2.20 | 1.1 | 0.04 | 7.9 | 0.19 |
| S3LR | 초기치 | - | 25.0 | 1.00 | 40.2 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 10.9 | 0.44 | 26.1 | 0.65 |
| | 2 | 0.10 | 7.1 | 0.28 | 21.5 | 0.53 |
| | 3 | 0.15 | 4.6 | 0.18 | 15.2 | 0.38 |
| | 4 | 0.20 | 3.5 | 0.14 | 13.0 | 0.32 |
| | 5 | 0.70 | 2.6 | 0.10 | 11.1 | 0.28 |
| | 6 | 1.20 | 1.9 | 0.08 | 8.9 | 0.22 |
| | 7 | 1.70 | 1.4 | 0.06 | 7.9 | 0.20 |
| | 8 | 2.20 | 1.0 | 0.04 | 8.0 | 0.20 |
| S4LR | 초기치 | - | 31.2 | 1.00 | 46.5 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 14.1 | 0.45 | 27.0 | 0.58 |
| | 2 | 0.10 | 9.2 | 0.29 | 20.4 | 0.44 |
| | 3 | 0.15 | 6.5 | 0.21 | 16.0 | 0.34 |
| | 4 | 0.20 | 4.6 | 0.15 | 13.3 | 0.29 |
| | 5 | 0.70 | 3.3 | 0.11 | 11.8 | 0.25 |
| | 6 | 1.20 | 2.5 | 0.08 | 10.2 | 0.22 |
| | 7 | 1.70 | 1.9 | 0.06 | 9.6 | 0.21 |
| | 8 | 2.20 | 1.5 | 0.05 | 8.9 | 0.19 |
| S5LR | 초기치 | - | 26.4 | 1.00 | 42.5 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 11.5 | 0.44 | 25.6 | 0.60 |
| | 2 | 0.10 | 7.8 | 0.30 | 19.4 | 0.46 |
| | 3 | 0.15 | 5.5 | 0.21 | 14.9 | 0.35 |
| | 4 | 0.20 | 3.9 | 0.15 | 12.8 | 0.30 |
| | 5 | 0.70 | 2.9 | 0.11 | 10.9 | 0.26 |
| | 6 | 1.20 | 2.2 | 0.08 | 10.2 | 0.24 |
| | 7 | 1.70 | 1.7 | 0.06 | 8.6 | 0.20 |
| | 8 | 2.20 | 1.3 | 0.05 | 7.9 | 0.19 |

[표 5.5] 제염진행중 토양의 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 수리전도도

[석고처리 침출법(암거구) : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제 염 횟 수 | 침 출 수 | | | 토 양 | | | | 수리전도도 | |
|----------------|------------|--------|----------------|-------------------------------|--------------|------|--------|-------|---------------|------|
| | | Dwl/Ds | 침출시간 T (hr) | (ΣT) ^{1/2} | EC (dS/m) | ECr | ESP(%) | ESPr | HC (cm/hr) | HCr |
| S1LGC (암거구) | 초기치 | - | - | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 80.7 | 9.0 | 16.5 | 0.67 | 33.0 | 0.78 | 0.036 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 84.8 | 12.9 | 10.7 | 0.43 | 26.1 | 0.62 | 0.034 | 0.94 |
| | 3 | 0.15 | 90.4 | 16.0 | 8.4 | 0.34 | 20.7 | 0.49 | 0.032 | 0.89 |
| | 4 | 0.20 | 91.8 | 18.6 | 5.2 | 0.21 | 17.2 | 0.41 | 0.031 | 0.86 |
| | 5 | 0.25 | 98.8 | 21.1 | 4.3 | 0.17 | 15.4 | 0.36 | 0.029 | 0.81 |
| | 6 | 0.30 | 105.0 | 23.5 | 3.7 | 0.15 | 14.1 | 0.33 | 0.028 | 0.78 |
| | 7 | 0.35 | 112.2 | 25.8 | 3.5 | 0.14 | 13.2 | 0.31 | 0.026 | 0.72 |
| | 8 | 0.40 | 115.7 | 27.9 | 2.9 | 0.12 | 12.0 | 0.28 | 0.025 | 0.69 |
| | 9 | 0.45 | 123.9 | 30.0 | 2.5 | 0.10 | 10.9 | 0.26 | 0.024 | 0.67 |
| 10 | 0.50 | 125.3 | 32.1 | 2.3 | 0.09 | 10.9 | 0.26 | 0.023 | 0.64 | |
| S2LGC (암거구) | 초기치 | - | - | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 19.5 | 4.4 | 14.9 | 0.55 | 30.2 | 0.66 | 0.153 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 20.0 | 6.3 | 8.2 | 0.30 | 21.9 | 0.48 | 0.147 | 0.96 |
| | 3 | 0.15 | 21.3 | 7.8 | 6.4 | 0.23 | 17.9 | 0.39 | 0.142 | 0.93 |
| | 4 | 0.20 | 21.5 | 9.1 | 4.0 | 0.15 | 14.6 | 0.32 | 0.136 | 0.89 |
| | 5 | 0.25 | 22.8 | 10.2 | 3.3 | 0.12 | 12.8 | 0.28 | 0.133 | 0.87 |
| | 6 | 0.30 | 22.3 | 11.3 | 2.9 | 0.11 | 11.6 | 0.25 | 0.129 | 0.84 |
| | 7 | 0.35 | 23.7 | 12.3 | 2.4 | 0.09 | 10.5 | 0.23 | 0.119 | 0.78 |
| | 8 | 0.40 | 26.2 | 13.3 | 2.3 | 0.08 | 10.4 | 0.23 | 0.115 | 0.75 |
| | 9 | 0.45 | 27.5 | 14.3 | 2.1 | 0.08 | 9.6 | 0.21 | 0.109 | 0.71 |
| 10 | 0.50 | 27.0 | 15.2 | 1.9 | 0.07 | 9.6 | 0.21 | 0.104 | 0.68 | |
| S3LGC (암거구) | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 6.4 | 2.5 | 13.4 | 0.52 | 28.7 | 0.66 | 0.450 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 6.5 | 3.6 | 9.0 | 0.35 | 23.4 | 0.54 | 0.446 | 0.99 |
| | 3 | 0.15 | 6.7 | 4.4 | 5.3 | 0.21 | 15.8 | 0.37 | 0.437 | 0.97 |
| | 4 | 0.20 | 6.7 | 5.1 | 3.1 | 0.12 | 13.5 | 0.31 | 0.432 | 0.96 |
| | 5 | 0.25 | 7.0 | 5.8 | 2.1 | 0.08 | 12.6 | 0.29 | 0.414 | 0.92 |
| | 6 | 0.30 | 7.0 | 6.3 | 1.8 | 0.07 | 10.5 | 0.24 | 0.405 | 0.90 |
| | 7 | 0.35 | 7.8 | 6.9 | 1.6 | 0.06 | 9.6 | 0.22 | 0.387 | 0.86 |
| | 8 | 0.40 | 7.9 | 7.5 | 1.3 | 0.05 | 9.5 | 0.22 | 0.374 | 0.83 |
| | 9 | 0.45 | 8.4 | 8.0 | 1.2 | 0.05 | 8.3 | 0.19 | 0.351 | 0.78 |
| 10 | 0.50 | 8.5 | 8.5 | 1.2 | 0.05 | 7.4 | 0.17 | 0.338 | 0.75 | |

[표 5.6] 제염진행중 토양의 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 수리전도도

[석고처리 침출법(무암거구) : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제 염 횟 수 | 침 출 수 | | | 토 양 | | | | 수리전도도 | |
|-----------------|------------|--------|----------------|-------------------------------|--------------|------|--------|------|---------------|------|
| | | Dwl/Ds | 침출시간 T (hr) | (ΣT) ^{1/2} | EC (dS/m) | ECr | ESP(%) | ESPr | HC (cm/hr) | HCr |
| S1LGN (무암거구) | 초기치 | - | - | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 228.5 | 15.1 | 16.2 | 0.66 | 34.5 | 0.81 | 0.013 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 239.9 | 21.6 | 11.3 | 0.46 | 27.4 | 0.65 | 0.012 | 0.92 |
| | 3 | 0.15 | 265.1 | 27.1 | 8.7 | 0.35 | 22.7 | 0.54 | 0.011 | 0.85 |
| | 4 | 0.20 | 303.8 | 32.2 | 5.6 | 0.23 | 18.7 | 0.44 | 0.010 | 0.77 |
| | 5 | 0.25 | 338.2 | 37.1 | 4.5 | 0.18 | 16.5 | 0.39 | 0.009 | 0.69 |
| | 6 | 0.30 | 434.3 | 42.5 | 3.8 | 0.15 | 14.9 | 0.35 | 0.007 | 0.54 |
| | 7 | 0.35 | 502.7 | 48.1 | 3.4 | 0.14 | 13.8 | 0.33 | 0.006 | 0.46 |
| | 8 | 0.40 | 616.7 | 54.1 | 3.0 | 0.12 | 12.6 | 0.30 | 0.005 | 0.38 |
| | 9 | 0.45 | 754.5 | 60.7 | 2.5 | 0.10 | 11.8 | 0.28 | 0.004 | 0.31 |
| | 10 | 0.50 | 891.2 | 67.6 | 2.2 | 0.09 | 11.3 | 0.27 | 0.003 | 0.23 |
| S2LGN (무암거구) | 초기치 | - | - | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 57.6 | 7.6 | 13.7 | 0.50 | 32.3 | 0.71 | 0.049 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 60.2 | 10.9 | 10.0 | 0.37 | 24.2 | 0.53 | 0.045 | 0.92 |
| | 3 | 0.15 | 66.2 | 13.6 | 7.2 | 0.26 | 18.8 | 0.41 | 0.043 | 0.88 |
| | 4 | 0.20 | 75.1 | 16.1 | 4.7 | 0.17 | 14.9 | 0.33 | 0.039 | 0.80 |
| | 5 | 0.25 | 84.1 | 18.5 | 3.8 | 0.14 | 13.7 | 0.30 | 0.034 | 0.69 |
| | 6 | 0.30 | 104.2 | 21.2 | 3.0 | 0.11 | 12.6 | 0.28 | 0.028 | 0.57 |
| | 7 | 0.35 | 120.8 | 23.8 | 2.3 | 0.08 | 11.8 | 0.26 | 0.025 | 0.51 |
| | 8 | 0.40 | 148.2 | 26.8 | 2.0 | 0.07 | 10.6 | 0.23 | 0.020 | 0.41 |
| | 9 | 0.45 | 181.3 | 30.0 | 1.9 | 0.07 | 9.7 | 0.21 | 0.015 | 0.31 |
| | 10 | 0.50 | 216.3 | 33.4 | 1.7 | 0.06 | 9.7 | 0.21 | 0.013 | 0.27 |
| S3LGN (무암거구) | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 16.6 | 4.1 | 12.6 | 0.49 | 29.8 | 0.69 | 0.172 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 18.4 | 5.9 | 7.5 | 0.29 | 21.1 | 0.49 | 0.157 | 0.91 |
| | 3 | 0.15 | 19.5 | 7.4 | 5.2 | 0.20 | 15.8 | 0.37 | 0.146 | 0.85 |
| | 4 | 0.20 | 21.2 | 8.7 | 3.7 | 0.14 | 13.8 | 0.32 | 0.138 | 0.80 |
| | 5 | 0.25 | 23.2 | 9.9 | 2.9 | 0.11 | 12.6 | 0.29 | 0.126 | 0.73 |
| | 6 | 0.30 | 26.9 | 11.2 | 2.3 | 0.09 | 11.8 | 0.27 | 0.107 | 0.62 |
| | 7 | 0.35 | 29.9 | 12.5 | 2.0 | 0.08 | 10.6 | 0.25 | 0.096 | 0.56 |
| | 8 | 0.40 | 34.7 | 13.8 | 1.8 | 0.07 | 9.5 | 0.22 | 0.084 | 0.49 |
| | 9 | 0.45 | 39.1 | 15.1 | 1.6 | 0.06 | 8.4 | 0.19 | 0.074 | 0.43 |
| | 10 | 0.50 | 45.2 | 16.6 | 1.5 | 0.06 | 8.4 | 0.19 | 0.065 | 0.38 |

[표 5.7] 제염진행중 토양의 전기전도도, 교성나트륨백분율 및 수리전도도

[석고무처리 침출법(압거구) : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제 염 횟 수 | 침 출 수 | | | 토 양 | | | | 수리전도도 | |
|----------------|------------|-------|----------------|-------------------------------|--------------|------|--------|-------|---------------|------|
| | | Dw/Ds | 침출시간 T (hr) | (ΣT) ^{1/2} | EC (dS/m) | ECr | ESP(%) | ESPr | HC (cm/hr) | HCr |
| S1LNC (압거구) | 초기치 | - | - | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 136.1 | 11.7 | 15.4 | 0.63 | 32.3 | 0.76 | 0.021 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 165.4 | 17.4 | 9.5 | 0.39 | 26.1 | 0.62 | 0.017 | 0.81 |
| | 3 | 0.15 | 205.8 | 22.5 | 7.8 | 0.32 | 20.7 | 0.49 | 0.014 | 0.67 |
| | 4 | 0.20 | 256.7 | 27.6 | 5.0 | 0.20 | 17.6 | 0.42 | 0.011 | 0.52 |
| | 5 | 0.25 | 336.7 | 33.2 | 3.8 | 0.15 | 14.1 | 0.33 | 0.009 | 0.43 |
| | 6 | 0.30 | 403.2 | 38.8 | 2.9 | 0.12 | 13.3 | 0.31 | 0.007 | 0.33 |
| | 7 | 0.35 | 492.3 | 44.7 | 2.5 | 0.10 | 12.1 | 0.29 | 0.006 | 0.29 |
| | 8 | 0.40 | 573.0 | 50.7 | 2.2 | 0.09 | 11.0 | 0.26 | 0.005 | 0.24 |
| | 9 | 0.45 | 689.1 | 57.1 | 1.9 | 0.08 | 10.0 | 0.24 | 0.004 | 0.19 |
| 10 | 0.50 | 763.5 | 63.4 | 1.7 | 0.07 | 9.9 | 0.23 | 0.004 | 0.19 | |
| S2LNC (압거구) | 초기치 | - | - | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 79.2 | 8.9 | 15.7 | 0.58 | 33.3 | 0.73 | 0.038 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 99.3 | 13.4 | 8.6 | 0.32 | 25.0 | 0.55 | 0.030 | 0.79 |
| | 3 | 0.15 | 121.8 | 17.3 | 5.9 | 0.22 | 18.9 | 0.41 | 0.025 | 0.66 |
| | 4 | 0.20 | 139.7 | 21.0 | 3.8 | 0.14 | 17.0 | 0.37 | 0.021 | 0.55 |
| | 5 | 0.25 | 161.4 | 24.5 | 3.0 | 0.11 | 13.7 | 0.30 | 0.018 | 0.47 |
| | 6 | 0.30 | 197.0 | 28.3 | 2.6 | 0.10 | 11.6 | 0.25 | 0.015 | 0.39 |
| | 7 | 0.35 | 228.7 | 32.0 | 2.1 | 0.08 | 10.6 | 0.23 | 0.013 | 0.34 |
| | 8 | 0.40 | 254.3 | 35.8 | 1.8 | 0.07 | 9.7 | 0.21 | 0.011 | 0.29 |
| | 9 | 0.45 | 278.6 | 39.5 | 1.5 | 0.05 | 9.5 | 0.21 | 0.010 | 0.26 |
| 10 | 0.50 | 326.9 | 43.4 | 1.3 | 0.05 | 8.5 | 0.19 | 0.009 | 0.24 | |
| S3LNC (압거구) | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 13.5 | 3.7 | 14.0 | 0.54 | 30.2 | 0.70 | 0.216 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 16.2 | 5.4 | 10.1 | 0.39 | 24.2 | 0.56 | 0.179 | 0.83 |
| | 3 | 0.15 | 19.0 | 7.0 | 7.2 | 0.28 | 20.0 | 0.46 | 0.157 | 0.73 |
| | 4 | 0.20 | 22.8 | 8.5 | 4.6 | 0.18 | 14.6 | 0.34 | 0.130 | 0.60 |
| | 5 | 0.25 | 28.9 | 10.0 | 2.7 | 0.11 | 12.8 | 0.30 | 0.105 | 0.49 |
| | 6 | 0.30 | 32.1 | 11.5 | 1.7 | 0.07 | 10.5 | 0.24 | 0.094 | 0.44 |
| | 7 | 0.35 | 36.0 | 13.0 | 1.5 | 0.06 | 9.5 | 0.22 | 0.080 | 0.37 |
| | 8 | 0.40 | 42.7 | 14.5 | 1.3 | 0.05 | 8.6 | 0.20 | 0.069 | 0.32 |
| | 9 | 0.45 | 47.8 | 16.1 | 1.3 | 0.05 | 7.4 | 0.17 | 0.061 | 0.28 |
| 10 | 0.50 | 51.3 | 17.6 | 1.2 | 0.05 | 7.4 | 0.17 | 0.056 | 0.26 | |

[표 5.8] 제염진행중 토양의 전기전도도, 교성나트륨백분율 및 수리전도도

[석고무처리 침출법(무암거구) : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제 염 횟 수 | 침 출 수 | | | 토 양 | | | | 수리전도도 | |
|-----------------|------------|--------|----------------|-------------------------------|--------------|------|--------|------------------|---------------|-----------------|
| | | Dw/Ds | 침출시간 T (hr) | (ΣT) ^{1/2} | EC (ds/m) | ECr | ESP(%) | ESP _r | HC (cm/hr) | HC _r |
| S1LNN (무암거구) | 초기치 | - | - | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 266.7 | 16.3 | 15.0 | 0.61 | 31.6 | 0.75 | 0.011 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 352.6 | 24.9 | 9.7 | 0.39 | 26.0 | 0.61 | 0.008 | 0.73 |
| | 3 | 0.15 | 480.1 | 33.2 | 8.2 | 0.33 | 21.5 | 0.51 | 0.006 | 0.55 |
| | 4 | 0.20 | 629.4 | 41.6 | 5.8 | 0.24 | 16.7 | 0.39 | 0.005 | 0.45 |
| | 5 | 0.25 | 746.5 | 49.8 | 4.5 | 0.18 | 14.3 | 0.34 | 0.004 | 0.36 |
| | 6 | 0.30 | 973.9 | 58.7 | 3.7 | 0.15 | 12.9 | 0.30 | 0.003 | 0.27 |
| | 7 | 0.35 | 1149.4 | 67.8 | 3.0 | 0.12 | 12.0 | 0.28 | 0.003 | 0.27 |
| | 8 | 0.40 | 1485.0 | 78.0 | 2.4 | 0.10 | 11.2 | 0.26 | 0.002 | 0.18 |
| | 9 | 0.45 | 1690.5 | 88.2 | 2.1 | 0.09 | 10.5 | 0.25 | 0.002 | 0.18 |
| 10 | 0.50 | 1950.3 | 98.6 | 1.9 | 0.08 | 9.7 | 0.23 | 0.001 | 0.09 | |
| S2LNN (무암거구) | 초기치 | - | - | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 108.9 | 10.4 | 13.5 | 0.49 | 31.6 | 0.69 | 0.027 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 152.1 | 16.2 | 9.1 | 0.33 | 24.2 | 0.53 | 0.019 | 0.70 |
| | 3 | 0.15 | 193.5 | 21.3 | 6.8 | 0.25 | 18.8 | 0.41 | 0.015 | 0.56 |
| | 4 | 0.20 | 261.2 | 26.8 | 5.1 | 0.19 | 15.8 | 0.34 | 0.011 | 0.41 |
| | 5 | 0.25 | 302.8 | 31.9 | 4.0 | 0.15 | 12.5 | 0.27 | 0.009 | 0.33 |
| | 6 | 0.30 | 394.3 | 37.6 | 3.3 | 0.12 | 11.3 | 0.25 | 0.007 | 0.26 |
| | 7 | 0.35 | 537.6 | 44.2 | 2.5 | 0.09 | 10.5 | 0.23 | 0.005 | 0.19 |
| | 8 | 0.40 | 691.5 | 51.4 | 1.9 | 0.07 | 9.4 | 0.21 | 0.004 | 0.15 |
| | 9 | 0.45 | 871.6 | 59.3 | 1.7 | 0.06 | 8.5 | 0.19 | 0.003 | 0.11 |
| 10 | 0.50 | 923.4 | 66.6 | 1.6 | 0.06 | 8.3 | 0.18 | 0.003 | 0.11 | |
| S3LNN (무암거구) | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 | - | - |
| | 1 | 0.05 | 21.4 | 4.6 | 12.4 | 0.48 | 28.7 | 0.66 | 0.139 | 1.00 |
| | 2 | 0.10 | 32.0 | 7.3 | 7.5 | 0.29 | 23.4 | 0.54 | 0.093 | 0.67 |
| | 3 | 0.15 | 43.3 | 9.8 | 5.7 | 0.22 | 17.9 | 0.41 | 0.070 | 0.50 |
| | 4 | 0.20 | 55.2 | 12.3 | 4.1 | 0.16 | 14.7 | 0.34 | 0.054 | 0.39 |
| | 5 | 0.25 | 65.6 | 14.7 | 3.0 | 0.12 | 12.6 | 0.29 | 0.045 | 0.32 |
| | 6 | 0.30 | 75.5 | 17.1 | 2.2 | 0.09 | 10.8 | 0.25 | 0.038 | 0.27 |
| | 7 | 0.35 | 91.1 | 19.6 | 1.9 | 0.07 | 9.6 | 0.22 | 0.031 | 0.22 |
| | 8 | 0.40 | 114.8 | 22.3 | 1.6 | 0.06 | 8.6 | 0.20 | 0.025 | 0.18 |
| | 9 | 0.45 | 126.4 | 25.0 | 1.4 | 0.05 | 8.5 | 0.20 | 0.023 | 0.17 |
| 10 | 0.50 | 135.9 | 27.6 | 1.3 | 0.05 | 7.4 | 0.17 | 0.021 | 0.15 | |

[표 5.9] 제염진행중 토양의 전기전도도 및 교성나트륨백분율

[석고무처리 수세법 : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 토 양 | | | | |
|--------------|------|-----------------|-----------|------|---------|------|
| | | 공 급 수 Dwa/Ds | EC (dS/m) | ECr | ESP (%) | ESPr |
| S1RN | 초기치 | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 |
| | 1 | 0.375 | 19.5 | 0.79 | 34.4 | 0.81 |
| | 2 | 0.750 | 16.9 | 0.69 | 30.8 | 0.73 |
| | 3 | 1.125 | 13.0 | 0.53 | 27.2 | 0.64 |
| | 4 | 1.500 | 11.1 | 0.45 | 23.3 | 0.55 |
| | 5 | 1.875 | 7.6 | 0.31 | 21.1 | 0.50 |
| | 6 | 2.250 | 6.8 | 0.28 | 19.3 | 0.46 |
| | 7 | 2.625 | 6.1 | 0.25 | 16.9 | 0.40 |
| | 8 | 3.000 | 4.8 | 0.20 | 15.9 | 0.38 |
| | 9 | 3.375 | 4.3 | 0.17 | 14.8 | 0.35 |
| | 10 | 3.750 | 3.6 | 0.15 | 13.5 | 0.32 |
| S2RN | 초기치 | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 |
| | 1 | 0.375 | 22.6 | 0.83 | 37.2 | 0.81 |
| | 2 | 0.750 | 18.5 | 0.68 | 32.6 | 0.71 |
| | 3 | 1.125 | 13.7 | 0.50 | 28.7 | 0.63 |
| | 4 | 1.500 | 10.7 | 0.39 | 25.5 | 0.56 |
| | 5 | 1.875 | 8.8 | 0.32 | 22.1 | 0.48 |
| | 6 | 2.250 | 6.4 | 0.23 | 18.3 | 0.40 |
| | 7 | 2.625 | 5.0 | 0.18 | 17.0 | 0.37 |
| | 8 | 3.000 | 3.9 | 0.14 | 14.1 | 0.31 |
| | 9 | 3.375 | 3.5 | 0.13 | 12.9 | 0.28 |
| | 10 | 3.750 | 3.2 | 0.12 | 12.0 | 0.26 |
| S3RN | 초기치 | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 |
| | 1 | 0.375 | 20.5 | 0.80 | 34.7 | 0.80 |
| | 2 | 0.750 | 16.4 | 0.64 | 30.2 | 0.70 |
| | 3 | 1.125 | 11.5 | 0.45 | 26.3 | 0.61 |
| | 4 | 1.500 | 9.3 | 0.36 | 22.3 | 0.52 |
| | 5 | 1.875 | 6.7 | 0.26 | 20.2 | 0.47 |
| | 6 | 2.250 | 5.6 | 0.22 | 18.3 | 0.42 |
| | 7 | 2.625 | 4.1 | 0.16 | 16.0 | 0.37 |
| | 8 | 3.000 | 3.4 | 0.13 | 12.9 | 0.30 |
| | 9 | 3.375 | 3.0 | 0.12 | 12.1 | 0.28 |
| | 10 | 3.750 | 2.6 | 0.10 | 11.1 | 0.26 |
| S4RN | 초기치 | - | 27.7 | 1.00 | 47.3 | 1.00 |
| | 1 | 0.375 | 21.3 | 0.77 | 38.5 | 0.81 |
| | 2 | 0.750 | 19.9 | 0.72 | 33.6 | 0.71 |
| | 3 | 1.125 | 17.2 | 0.62 | 30.2 | 0.64 |
| | 4 | 1.500 | 14.1 | 0.51 | 26.0 | 0.55 |
| | 5 | 1.875 | 10.7 | 0.39 | 24.6 | 0.52 |
| | 6 | 2.250 | 9.8 | 0.35 | 22.8 | 0.48 |
| | 7 | 2.625 | 8.9 | 0.32 | 22.2 | 0.47 |
| | 8 | 3.000 | 7.7 | 0.28 | 20.0 | 0.42 |
| | 9 | 3.375 | 7.0 | 0.25 | 19.4 | 0.41 |
| | 10 | 3.750 | 5.9 | 0.21 | 18.5 | 0.39 |
| S5RN | 초기치 | - | 25.1 | 1.00 | 42.6 | 1.00 |
| | 1 | 0.375 | 22.0 | 0.88 | 35.8 | 0.84 |
| | 2 | 0.750 | 19.2 | 0.76 | 31.7 | 0.74 |
| | 3 | 1.125 | 15.3 | 0.61 | 29.2 | 0.69 |
| | 4 | 1.500 | 12.9 | 0.51 | 26.4 | 0.62 |
| | 5 | 1.875 | 11.2 | 0.45 | 25.2 | 0.59 |
| | 6 | 2.250 | 10.1 | 0.40 | 23.3 | 0.55 |
| | 7 | 2.625 | 8.3 | 0.33 | 21.2 | 0.50 |
| | 8 | 3.000 | 6.7 | 0.27 | 19.3 | 0.45 |
| | 9 | 3.375 | 5.8 | 0.23 | 17.9 | 0.42 |
| | 10 | 3.750 | 5.1 | 0.20 | 17.2 | 0.40 |

[표 5.10] 제염진행중 토양의 전기전도도 및 교환성나트륨백분율

[석고무처리 침출·수세법(암거구) : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수·공급수 | 토 양 | | | |
|--------------|------|---------------|-----------|------|---------|------|
| | | Dwl/Ds·Dwa/Ds | EC (dS/m) | ECr | ESP (%) | ESPr |
| S1LRC | 초기치 | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 14.9 | 0.61 | 33.7 | 0.79 |
| | 2 | 0.10 | 10.7 | 0.43 | 26.4 | 0.62 |
| | 3 | 0.15 | 8.0 | 0.33 | 21.1 | 0.50 |
| | 4 | 0.20 | 5.8 | 0.24 | 17.6 | 0.42 |
| | 5 | 0.575 | 4.6 | 0.19 | 15.4 | 0.36 |
| | 6 | 0.950 | 4.1 | 0.17 | 13.3 | 0.31 |
| | 7 | 1.325 | 3.5 | 0.14 | 12.4 | 0.29 |
| | 8 | 1.700 | 2.7 | 0.11 | 11.1 | 0.26 |
| S2LRC | 초기치 | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 16.0 | 0.59 | 35.1 | 0.77 |
| | 2 | 0.10 | 9.4 | 0.34 | 26.3 | 0.57 |
| | 3 | 0.15 | 6.7 | 0.25 | 19.8 | 0.43 |
| | 4 | 0.20 | 4.5 | 0.16 | 17.0 | 0.37 |
| | 5 | 0.575 | 4.1 | 0.15 | 13.7 | 0.30 |
| | 6 | 0.950 | 3.6 | 0.13 | 12.8 | 0.28 |
| | 7 | 1.325 | 2.8 | 0.10 | 11.8 | 0.26 |
| | 8 | 1.700 | 2.0 | 0.07 | 10.6 | 0.23 |
| S3LRC | 초기치 | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 13.8 | 0.54 | 31.9 | 0.74 |
| | 2 | 0.10 | 9.8 | 0.38 | 24.2 | 0.56 |
| | 3 | 0.15 | 7.6 | 0.30 | 19.4 | 0.45 |
| | 4 | 0.20 | 5.1 | 0.20 | 16.0 | 0.37 |
| | 5 | 0.575 | 3.9 | 0.15 | 14.0 | 0.32 |
| | 6 | 0.950 | 3.3 | 0.13 | 11.8 | 0.27 |
| | 7 | 1.325 | 2.1 | 0.08 | 10.9 | 0.25 |
| | 8 | 1.700 | 1.8 | 0.07 | 9.7 | 0.22 |

[표 5.11] 제염진행중 토양의 전기전도도 및 교환성나트륨백분율

[석고무처리 침출·수세법(무암거구) : Lysimeter 제염시험 및 보완시험]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수·공급수 Dwl/Ds·Dwa/Ds | 토 양 | | | |
|--------------|------|--------------------------|-----------|------|---------|------|
| | | | EC (dS/m) | ECr | ESP (%) | ESPr |
| S1LRN | 초기치 | - | 24.6 | 1.00 | 42.4 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 14.5 | 0.59 | 31.8 | 0.75 |
| | 2 | 0.10 | 10.3 | 0.42 | 25.0 | 0.59 |
| | 3 | 0.15 | 7.6 | 0.31 | 20.6 | 0.49 |
| | 4 | 0.20 | 5.8 | 0.24 | 17.3 | 0.41 |
| | 5 | 0.575 | 4.4 | 0.18 | 14.9 | 0.35 |
| | 6 | 0.950 | 3.5 | 0.14 | 12.7 | 0.30 |
| | 7 | 1.325 | 3.1 | 0.13 | 11.7 | 0.28 |
| | 8 | 1.700 | 2.6 | 0.11 | 10.5 | 0.25 |
| S2LRN | 초기치 | - | 27.3 | 1.00 | 45.8 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 15.7 | 0.58 | 32.0 | 0.70 |
| | 2 | 0.10 | 9.2 | 0.34 | 25.3 | 0.55 |
| | 3 | 0.15 | 5.9 | 0.22 | 18.8 | 0.41 |
| | 4 | 0.20 | 4.3 | 0.16 | 15.6 | 0.34 |
| | 5 | 0.575 | 3.7 | 0.14 | 12.6 | 0.28 |
| | 6 | 0.950 | 3.0 | 0.11 | 11.7 | 0.26 |
| | 7 | 1.325 | 2.4 | 0.09 | 10.8 | 0.24 |
| | 8 | 1.700 | 2.1 | 0.08 | 9.7 | 0.21 |
| S3LRN | 초기치 | - | 25.7 | 1.00 | 43.2 | 1.00 |
| | 1 | 0.05 | 13.6 | 0.53 | 29.5 | 0.68 |
| | 2 | 0.10 | 8.3 | 0.32 | 23.2 | 0.54 |
| | 3 | 0.15 | 6.2 | 0.24 | 18.1 | 0.42 |
| | 4 | 0.20 | 5.0 | 0.19 | 14.9 | 0.34 |
| | 5 | 0.575 | 3.6 | 0.14 | 12.6 | 0.29 |
| | 6 | 0.950 | 2.7 | 0.11 | 10.5 | 0.24 |
| | 7 | 1.325 | 2.2 | 0.09 | 9.6 | 0.22 |
| | 8 | 1.700 | 1.8 | 0.07 | 8.4 | 0.19 |

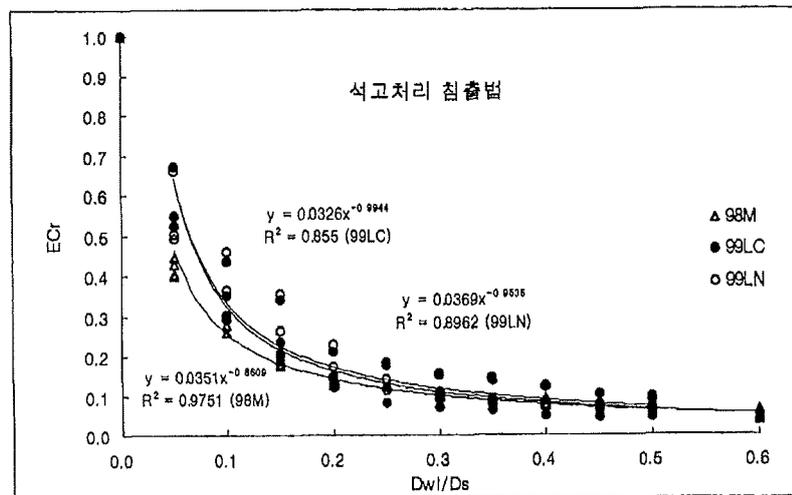
제3절 제염시험자료의 회귀분석 및 제염예측 회귀모형의 도출

실내 모형시험, 현장 라이시미터 제염시험 및 보완시험결과를 종합적으로 분석하여 정리한 제염시험자료(표 5. 1~표 5. 11)를 이용하여 토성 및 제염방법별로 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석결과 누송형, 지수형, 로그형, 직선형, 고차방정식형 등으로 나타난 여러 가지 회귀방정식을 비교 검토하여 유의성이 가장 높고 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있는 회귀방정식을 선정하였다. 이와 같이 선정한 회귀방정식을 제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량, 수리전도도 및 침출시간을 추정하기 위한 최적 회귀모형으로 결정하였다.

제염과정중 용탈용수량과 전기전도도, 교환성나트륨백분율, 수리전도도 등 제염변수간의 회귀분석에 있어서 제염전 초기값에 대한 제염과정중 값의 비율, 즉 상대전기전도도(ECr), 상대교환성나트륨백분율(ESPr), 상대수리전도도(HCr) 등을 제염변수로 사용하였다. 그 이유는 한정된 조사 대상 토양으로부터 얻은 회귀모형을 제염변수의 초기값이 다른 일반적인 경우에도 적용할 수 있도록 하기 위함이다.

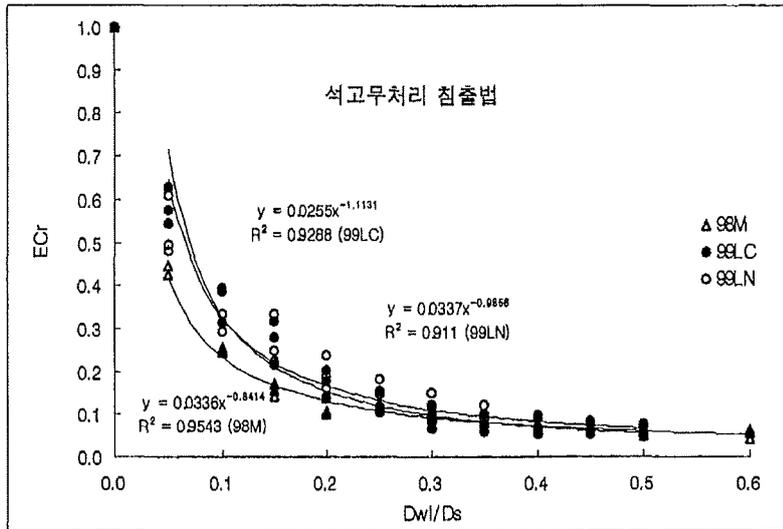
1. 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화

[그림 5. 1]~[그림 5. 4]는 제염방법별로 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화를 회귀방정식 유형별로 분석하여, 전기전도도를 기준으로 한 제염과정중 염분농도의 변화를 추정하기 위해서 유의성이 가장 높고 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있는 회귀모형을 결정하여 그래프로 표시한 것이다.



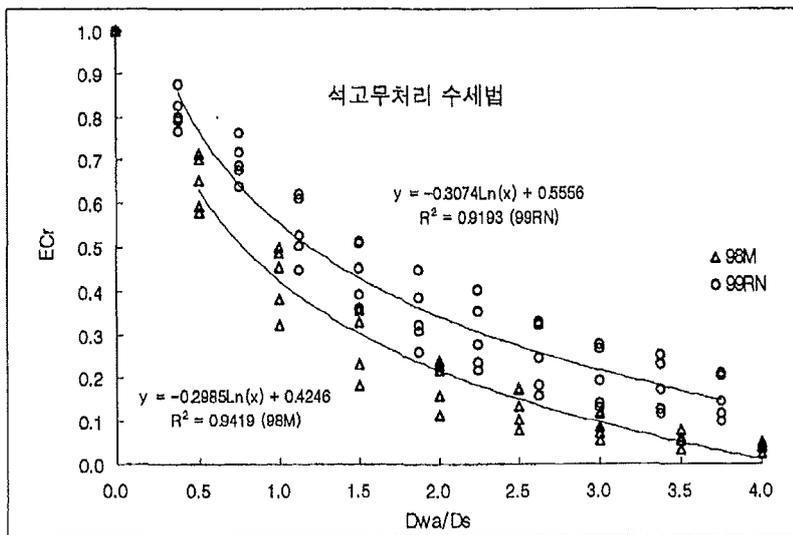
- △ 98M : 1998년도 모형시험자료
- 99LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(암거구)
- 99LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무암거구)

[그림 5. 1] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화 (석고처리 침출법)



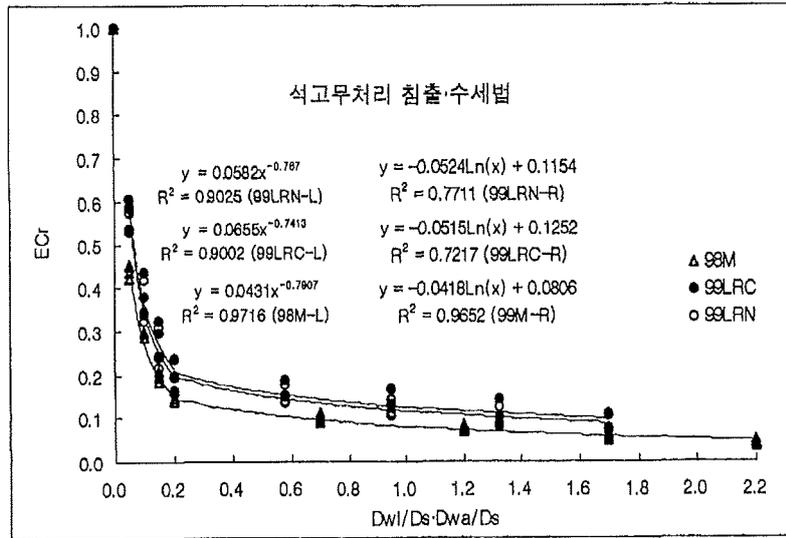
- △ 98M : 1998년도 모형시험자료
- 99LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(암거구)
- 99LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무암거구)

[그림 5.2] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화 (석고무처리 침출법)



- △ 98M : 1998년도 모형시험자료
- 99RN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무암거구)

[그림 5.3] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화 (석고무처리 수세법)

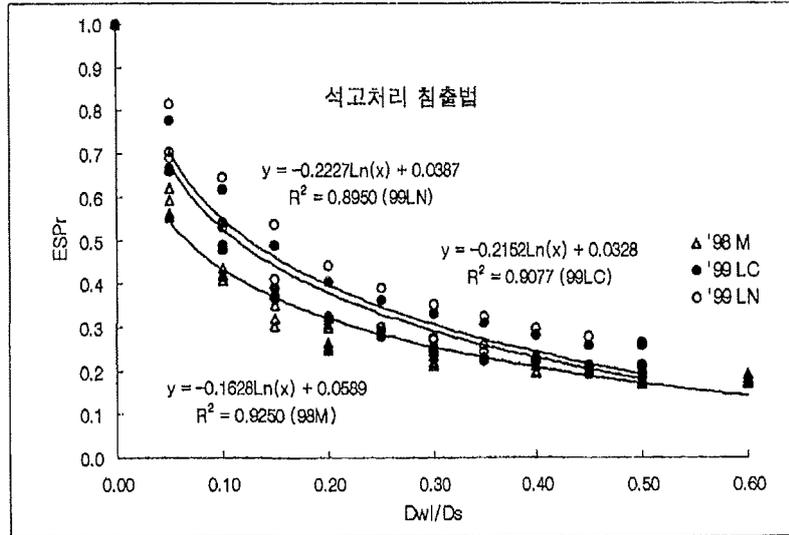


- ▲ 98M : 1998년도 모형시험자료
- 99LRC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
- 99LRN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.4] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화
(석고무처리 침출·수세법)

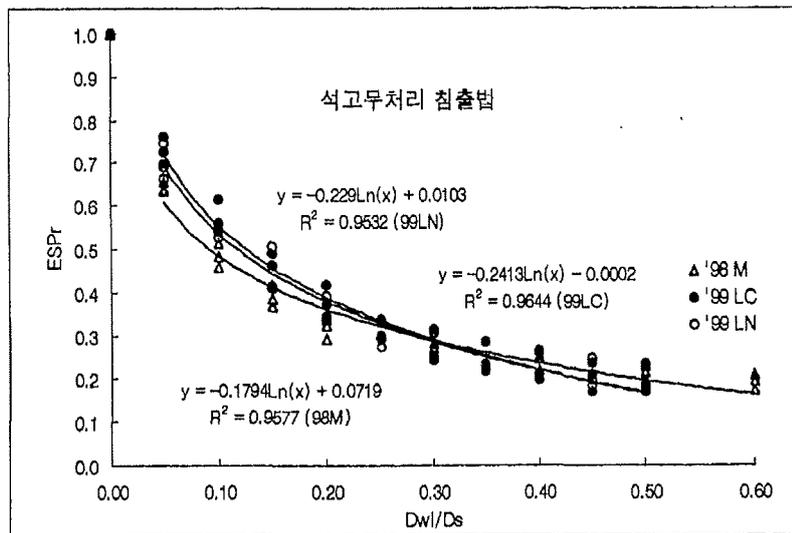
2. 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성나트륨백분율의 변화

[그림 5.5]~[그림 5.8]은 제염방법별로 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성 나트륨백분율의 변화를 회귀방정식 유형별로 분석하여, 교환성나트륨백분율을 기준으로 한 제염 과정중 염분농도의 변화를 추정하기 위해서 유의성이 가장 높고 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있는 회귀모형을 결정하여 그래프로 표시한 것이다.



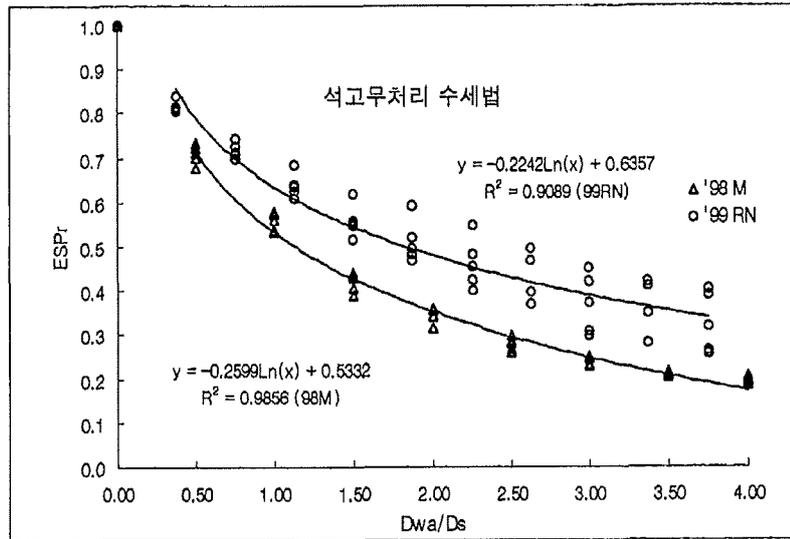
- △ '98 M : 1998년도 모형시험자료
- '99 LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
- '99 LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.5] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성나트륨백분율의 변화 (석고처리 침출법)



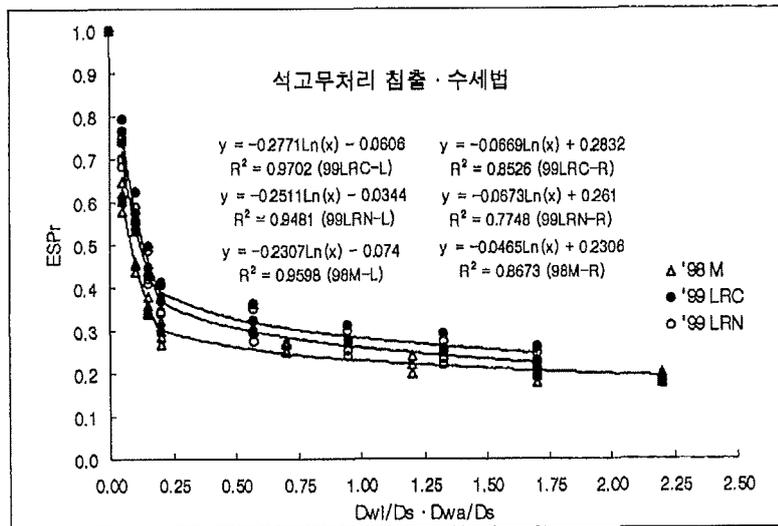
- △ '98 M : 1998년도 모형시험자료
- '99 LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
- '99 LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.6] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성나트륨백분율의 변화 (석고무처리 침출법)



△ 98M : 1998년도 모형시험자료
○ 99RN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.7] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성나트륨백분율의 변화 (석고무처리 수세법)

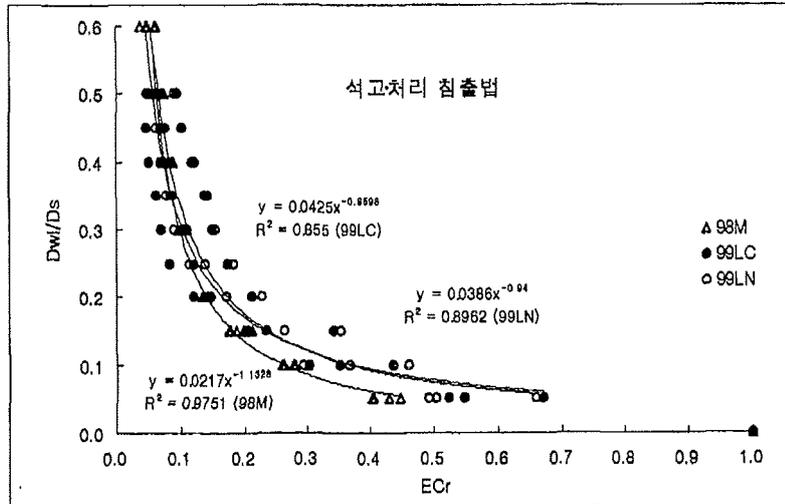


△ 98M : 1998년도 모형시험자료
● 99LRC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
○ 99LRN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.8] 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성나트륨백분율의 변화 (석고무처리 침출·수세법)

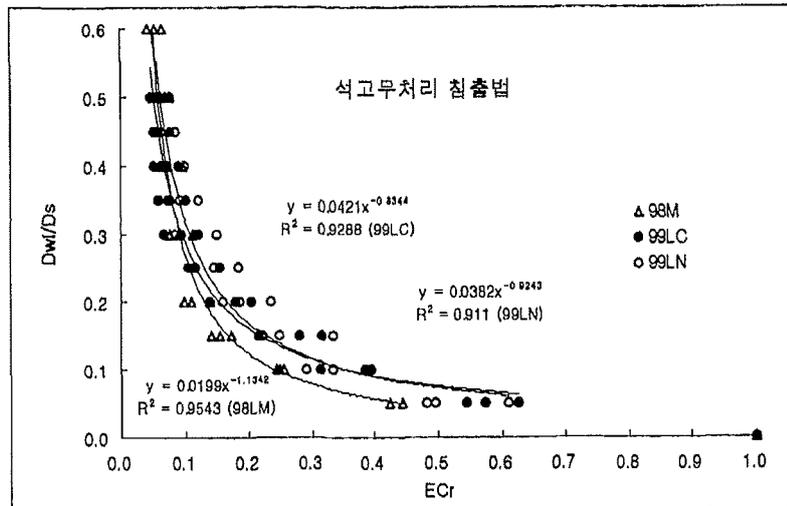
3. 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량

[그림 5.9]~[그림 5.12]는 제염과정중 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량의 변화를 회귀방정식 유형별로 분석하여, 용탈용수량의 추정을 위한 유의성이 가장 높고 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있는 회귀모형을 결정하여 그래프로 표시한 것이다.



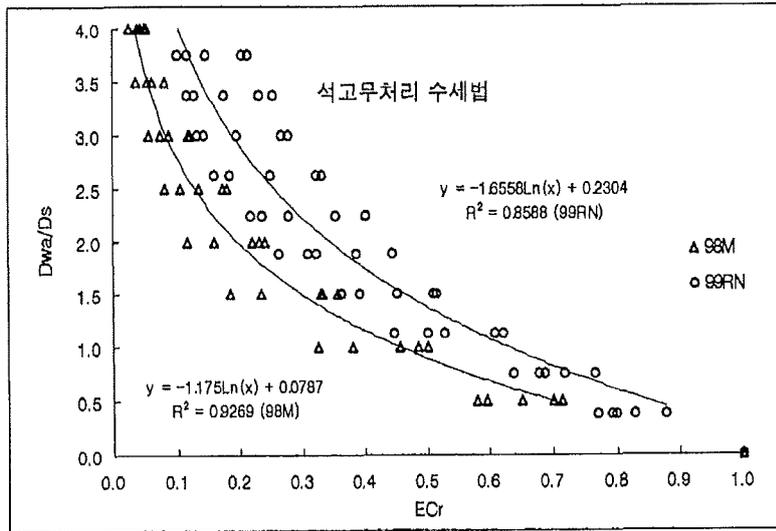
- △ 98M : 1998년도 모형시험자료
- 99LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(암거구)
- 99LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무암거구)

[그림 5.9] 제염과정중 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량 (석고처리 침출법)



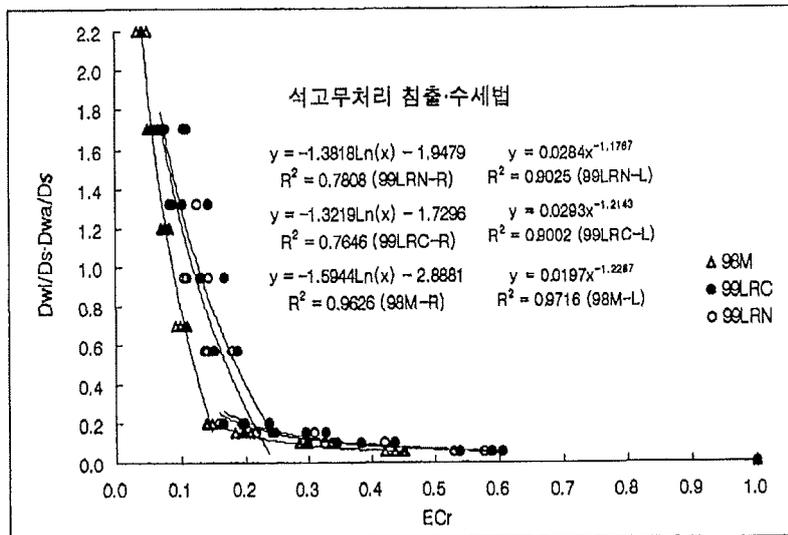
- △ 98M : 1998년도 모형시험자료
- 99LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(암거구)
- 99LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무암거구)

[그림 5.10] 제염과정중 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량 (석고무처리 침출법)



△ 98M : 1998년도 모형시험자료
 ○ 99RN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.11] 제염과정중 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량 (석고무처리 수세법)

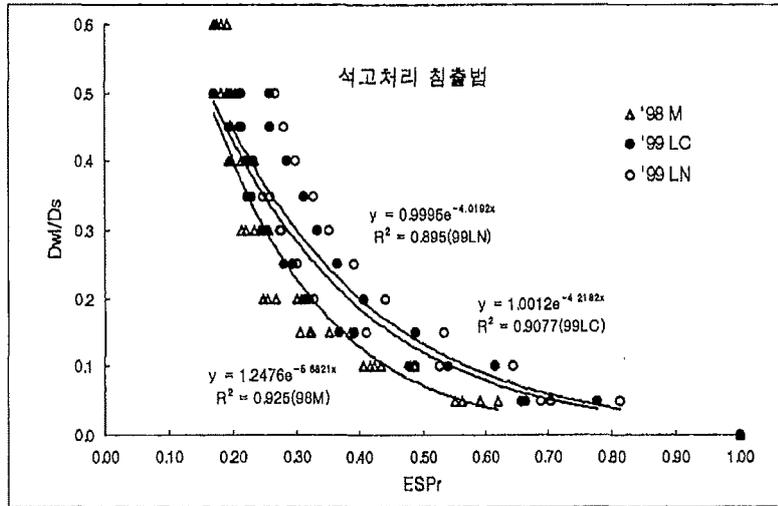


△ 98M : 1998년도 모형시험자료
 ● 99LRC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
 ○ 99LRN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.12] 제염과정중 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량 (석고무처리 침출·수세법)

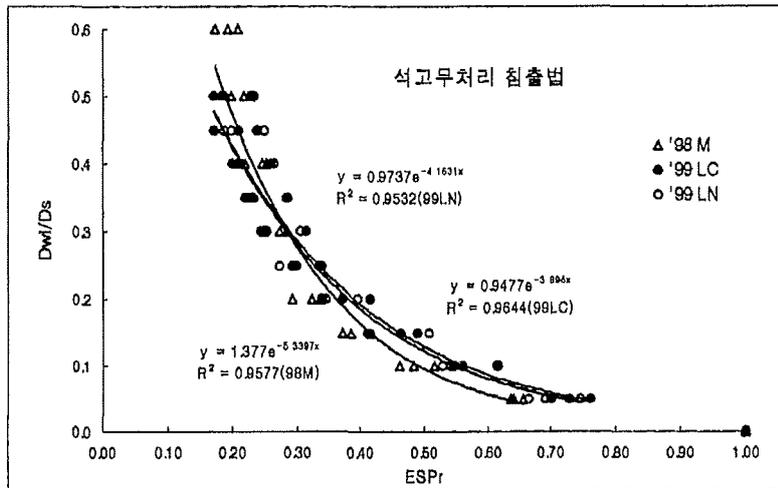
4. 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량

[그림 5.13]~[그림 5.16]은 제염방법별로 제염과정중 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량의 변화를 회귀방정식 유형별로 분석하여, 용탈용수량의 추정을 위한 유의성이 가장 높고 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있는 회귀모형을 결정하여 그래프로 표시한 것이다.



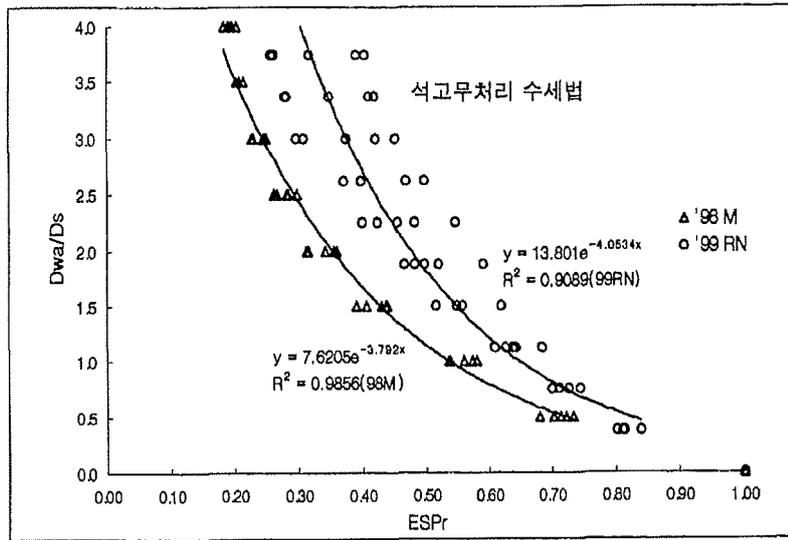
- △ '98M : 1998년도 모형시험자료
- '99LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
- '99LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.13] 제염과정중 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량 (석고처리 침출법)



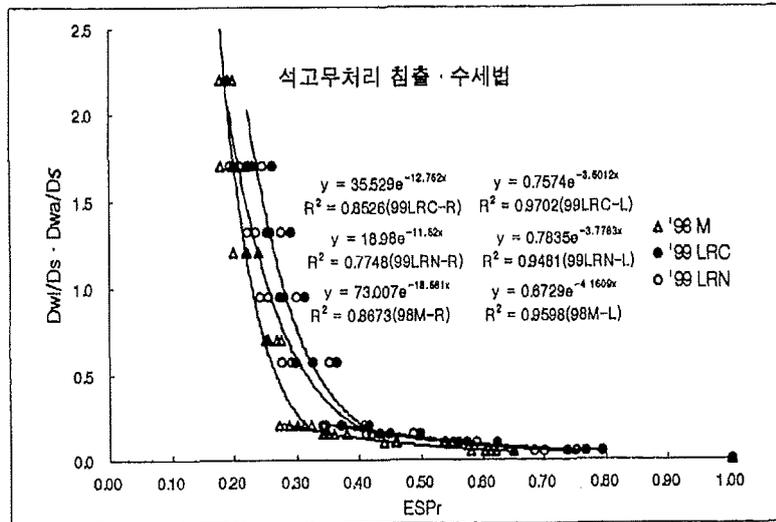
- △ '98M : 1998년도 모형시험자료
- '99LC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
- '99LN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.14] 제염과정중 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량 (석고무처리 침출법)



△ 98M : 1998년도 모형시험자료
 ○ 99RN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.15] 제염과정중 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량 (석고무처리 수세법)

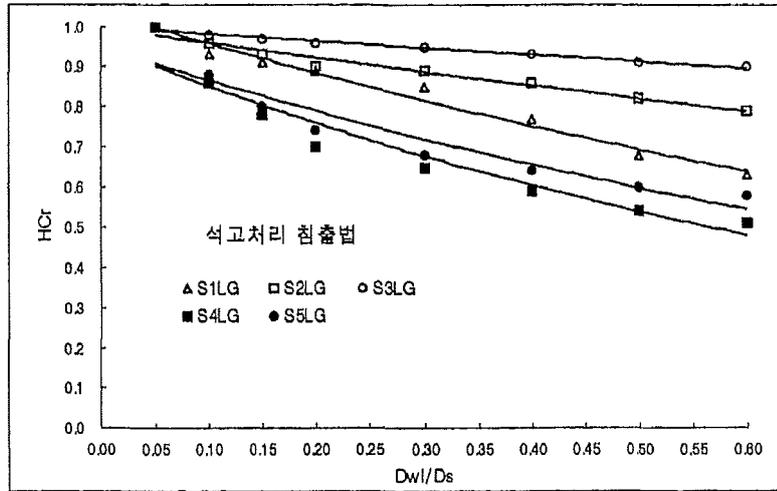


△ 98M : 1998년도 모형시험자료
 ● 99LRC : 1999년도 Lysimeter 시험자료(압거구)
 ○ 99LRN : 1999년도 Lysimeter 시험자료(무압거구)

[그림 5.16] 제염과정중 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량 (석고무처리 침출·수세법)

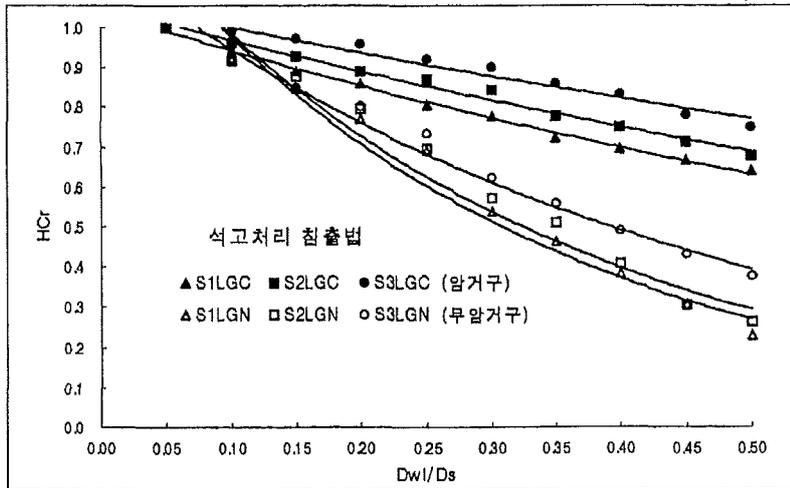
5. 용탈용수량(침출수량)의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화

[그림 5.17]~[그림 5.18]는 토성 및 제염방법별로 제염과정중 용탈용수량(침출수량)의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화를 회귀방정식 유형별로 분석하여 침출시간의 추정을 위한 유의성이 가장 높고 제염방법별로 공통으로 적용할 수 있는 회귀모형을 결정하여 그래프로 표시한 것이다.



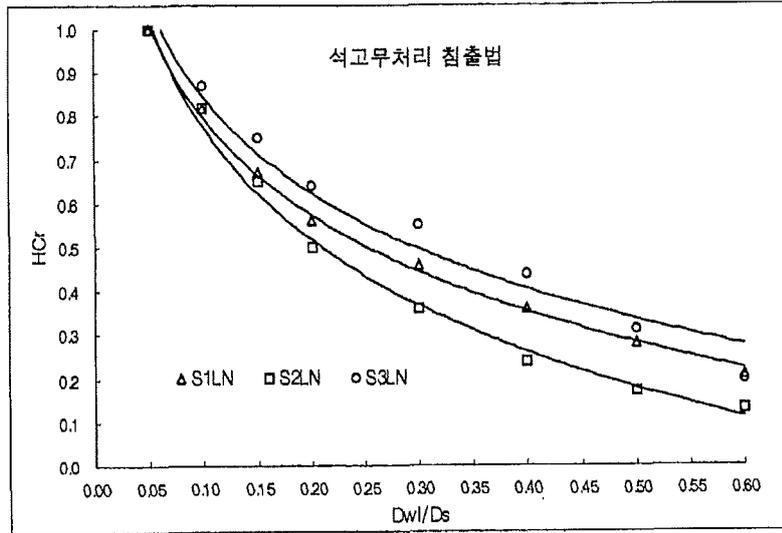
\triangle S1LG : $y = 1.0384e^{-0.8073X} \quad R^2 = 0.9780$ \square S2LG : $y = 0.9978e^{-0.3924X} \quad R^2 = 0.9700$
 \circ S3LG : $y = 1.0009e^{-0.1835X} \quad R^2 = 0.9839$ \blacksquare S4LG : $y = 0.9538e^{-1.1414X} \quad R^2 = 0.9365$
 \bullet S5LG : $y = 0.9494e^{-0.9235X} \quad R^2 = 0.9113$

[그림 5.17-1] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화
(석고처리 침출법 : 모형시험)



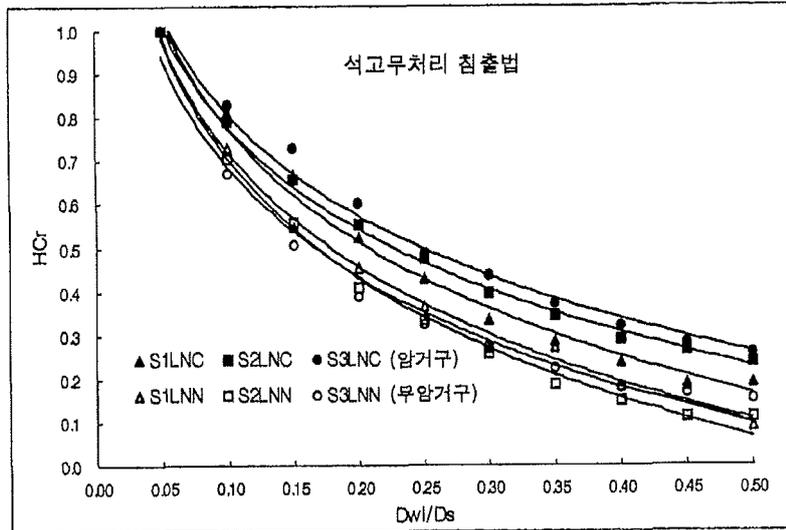
\blacktriangle S1LGC : $y = 1.0429e^{-1.0021X} \quad R^2 = 0.9962$ \blacksquare S2LGC : $y = 1.0561e^{-0.8550X} \quad R^2 = 0.9878$
 \bullet S3LGC : $y = 1.0678e^{-0.6525X} \quad R^2 = 0.9575$ \triangle S1LGN : $y = 1.3500e^{-3.2259X} \quad R^2 = 0.9641$
 \square S2LGN : $y = 1.3338e^{-3.0288X} \quad R^2 = 0.9595$ \circ S3LGN : $y = 1.1777e^{-2.1866X} \quad R^2 = 0.9846$

[그림 5.17-2] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화
(석고처리 침출법 : Lysimeter제염시험)



Δ S1LN : $y = -0.3194 \ln(x) + 0.0608$ $R^2 = 0.9970$
 \square S2LN : $y = -0.3705 \ln(x) - 0.0779$ $R^2 = 0.9930$
 \circ S3LN : $y = -0.3167 \ln(x) + 0.1148$ $R^2 = 0.9684$

[그림 5.18-1] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화
(석고무처리 침출법 : 모형시험)

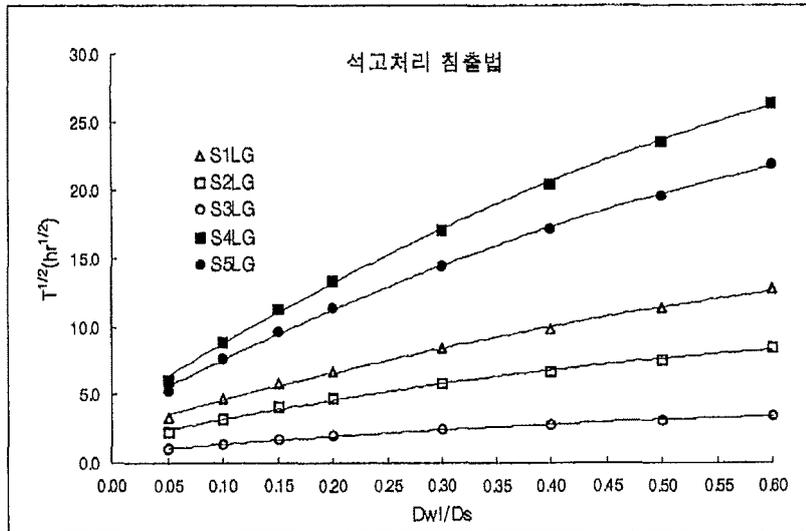


Δ S1LNC : $y = -0.3792 \ln(x) - 0.0966$ $R^2 = 0.9906$
 \blacksquare S2LNC : $y = -0.3423 \ln(x) - 0.0084$ $R^2 = 0.9977$
 \bullet S3LNC : $y = -0.3410 \ln(x) + 0.0246$ $R^2 = 0.9874$
 \triangle S1LNN : $y = -0.3834 \ln(x) - 0.1604$ $R^2 = 0.9944$
 \square S2LNN : $y = -0.3990 \ln(x) - 0.2112$ $R^2 = 0.9952$
 \circ S3LNN : $y = -0.3663 \ln(x) - 0.1562$ $R^2 = 0.9823$

[그림 5.18-2] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화
(석고무처리 침출법 : Lysimeter제염시험)

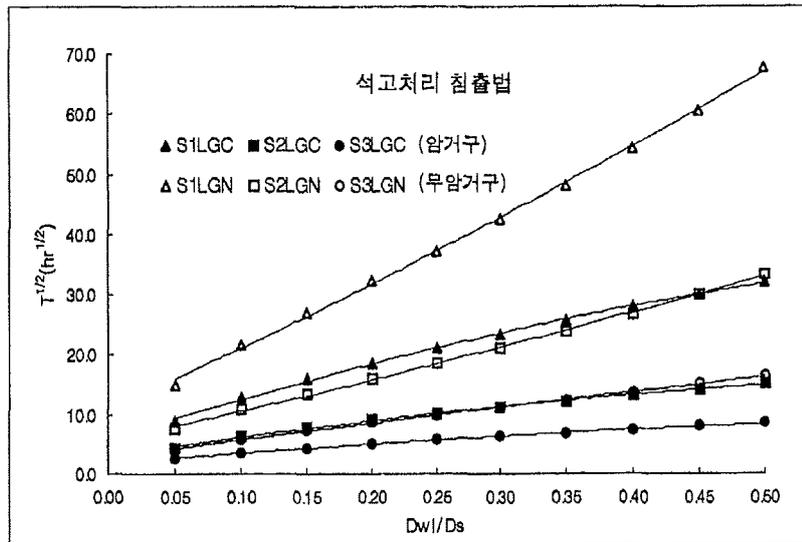
6. 용탈용수량(침출수량)의 증가에 따른 침출시간

[그림 5. 19]~[그림 5. 20]은 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 침출시간을 도시한 것으로 침출법의 경우 토성별 침출시간을 예측하는데 실례로 적용하기 위한 것이다.



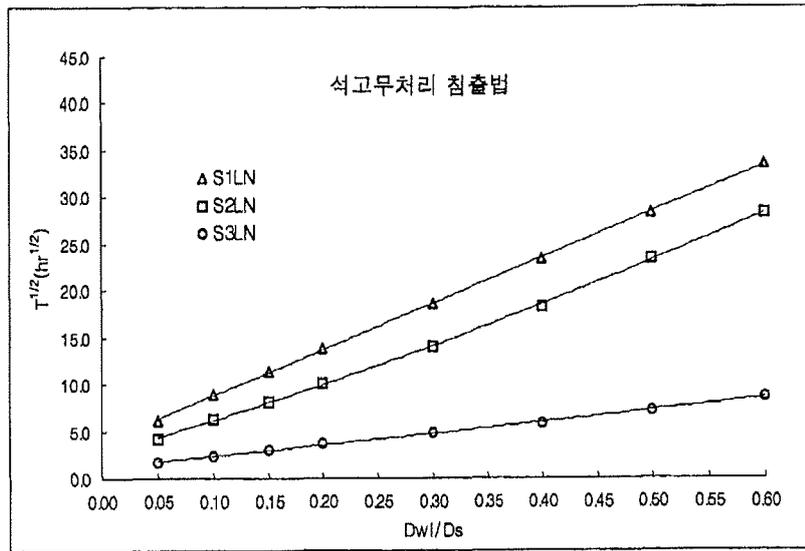
$$\begin{aligned} \triangle S1LG : y &= -10.078x^2 + 23.199x + 2.3575 \quad R^2 = 0.9982 & \blacksquare S4LG : y &= -23.831x^2 + 51.577x + 3.8451 \quad R^2 = 0.9991 \\ \square S2LG : y &= -9.5102x^2 + 16.971x + 1.5611 \quad R^2 = 0.9979 & \bullet S5LG : y &= -21.006x^2 + 43.039x + 3.4655 \quad R^2 = 0.9990 \\ \circ S3LG : y &= -4.001x^2 + 6.9274x + 0.6822 \quad R^2 = 0.9980 \end{aligned}$$

[그림 5. 19-1] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 침출시간 (석고처리 침출법 : 모형시험)



$$\begin{aligned} \blacktriangle S1LGC : y &= -35.5x^2 + 69.396x + 6.0243 \quad R^2 = 0.9989 & \triangle S1LGN : y &= 31.193x^2 + 96.098x + 11.193 \quad R^2 = 0.9988 \\ \blacksquare S2LGC : y &= -18.674x^2 + 33.513x + 3.0065 \quad R^2 = 0.9985 & \square S2LGN : y &= 13.009x^2 + 48.323x + 5.6313 \quad R^2 = 0.9987 \\ \bullet S3LGC : y &= -10.509x^2 + 18.676x + 1.7535 \quad R^2 = 0.9984 & \circ S3LGN : y &= -5.0595x^2 + 29.669x + 2.8513 \quad R^2 = 0.9987 \end{aligned}$$

[그림 5. 19-2] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 침출시간 (석고처리 침출법 : Lysimeter 제염시험)

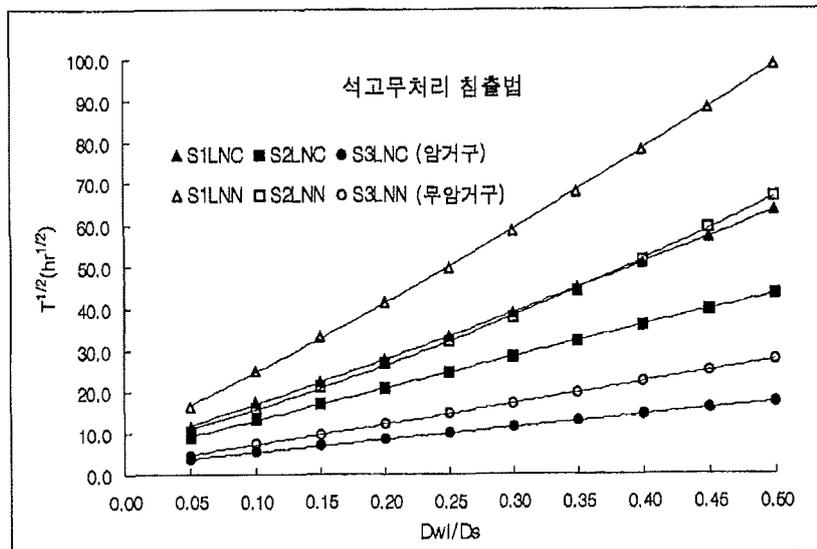


▲ S1LN : $y = 0.3418x^2 + 49.009x + 3.8108$ $R^2 = 0.9997$

□ S2LN : $y = 15.242x^2 + 33.595x + 2.5835$ $R^2 = 0.9998$

○ S3LN : $y = 1.7879x^2 + 11.089x + 1.1991$ $R^2 = 0.9979$

[그림 5.20-1] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 침출시간 (석고무처리 침출법 : 모형시험)



▲ S1LNC : $y = 32.42x^2 + 96.269x + 7.1072$ $R^2 = 0.9999$

■ S2LNC : $y = -5.4173x^2 + 78.506x + 5.3448$ $R^2 = 0.9997$

● S3LNC : $y = -1.6974x^2 + 31.578x + 2.2107$ $R^2 = 0.9998$

△ S1LNN : $y = 64.415x^2 + 145.83x + 9.3987$ $R^2 = 0.9998$

□ S2LNN : $y = 75.247x^2 + 81.731x + 6.8426$ $R^2 = 0.9994$

○ S3LNN : $y = 3.8217x^2 + 48.476x + 2.3501$ $R^2 = 0.9998$

[그림 5.20-2] 제염과정중 침출수량의 증가에 따른 침출시간 (석고무처리 침출법 : Lysimeter 제염시험)

7. 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형

제염시험자료의 회귀분석결과 얻은 제염과정중 전기전도도 및 교환성나트륨백분율을 기준으로 한 염분농도의 변화를 추정하기 위한 최적 회귀모형을 종합하여 총괄표로 나타내면 [표 5. 12]~ [표 5. 13]과 같다.

[표 5. 12] 제염과정중 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형 (전기전도도 기준)

| 제염방법 | 시험방법 | 회귀방정식 (y : ECr x : Dw/Ds · Dwa/Ds) | 결정계수 |
|-------------------|---------------------|---|----------------|
| 석고처리 침출법 | 모형시험 | $y = 0.0351 x^{-0.8609}$ | $R^2 = 0.9751$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | $y = 0.0326 x^{-0.9944}$ | $R^2 = 0.8550$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = 0.0369 x^{-0.9535}$ | $R^2 = 0.8962$ |
| 석고무처리 침출법 | 모형시험 | $y = 0.0336 x^{-0.8414}$ | $R^2 = 0.9543$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | $y = 0.0255 x^{-1.1131}$ | $R^2 = 0.9288$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = 0.0337 x^{-0.9856}$ | $R^2 = 0.9110$ |
| 석고무처리 수세법 | 모형시험 | $y = -0.2985 \ln(x) + 0.4246$ | $R^2 = 0.9419$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = -0.3074 \ln(x) + 0.5556$ | $R^2 = 0.9193$ |
| 석고무처리 침출 · 수세법 | 모형시험 | (침출법) $y = 0.0431 x^{-0.7907}$ | $R^2 = 0.9716$ |
| | | (수세법) $y = -0.0418 \ln(x) + 0.0806$ | $R^2 = 0.9652$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | (침출법) $y = 0.0655 x^{-0.7413}$ | $R^2 = 0.9002$ |
| | | (수세법) $y = -0.0515 \ln(x) + 0.1252$ | $R^2 = 0.7217$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | (침출법) $y = 0.0582 x^{-0.7670}$ | $R^2 = 0.9025$ |
| | | (수세법) $y = -0.0524 \ln(x) + 0.1154$ | $R^2 = 0.7711$ |

[표 5. 13] 제염과정중 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형 (교환성나트륨백분을 기준)

| 제염방법 | 시험방법 | 회귀방정식 (y : ESPr x : DwI/Ds · Dwa/Ds) | 결정계수 |
|-------------------|---------------------|--|----------------|
| 석고처리 침출법 | 모형시험 | $y = -0.1628 \text{Ln}(x) + 0.0589$ | $R^2 = 0.9250$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | $y = -0.2152 \text{Ln}(x) + 0.0328$ | $R^2 = 0.9077$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = -0.2227 \text{Ln}(x) + 0.0387$ | $R^2 = 0.8950$ |
| 석고무처리 침출법 | 모형시험 | $y = -0.1794 \text{Ln}(x) + 0.0719$ | $R^2 = 0.9577$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | $y = -0.2413 \text{Ln}(x) - 0.0002$ | $R^2 = 0.9644$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = -0.2290 \text{Ln}(x) + 0.0103$ | $R^2 = 0.9532$ |
| 석고무처리 수세법 | 모형시험 | $y = -0.2599 \text{Ln}(x) + 0.5332$ | $R^2 = 0.9856$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = -0.2242 \text{Ln}(x) + 0.6357$ | $R^2 = 0.9089$ |
| 석고무처리 침출 · 수세법 | 모형시험 | (침출법) $y = -0.2307 \text{Ln}(x) - 0.0740$ | $R^2 = 0.9598$ |
| | | (수세법) $y = -0.0465 \text{Ln}(x) + 0.2306$ | $R^2 = 0.8673$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | (침출법) $y = -0.2771 \text{Ln}(x) - 0.0606$ | $R^2 = 0.9702$ |
| | | (수세법) $y = -0.0669 \text{Ln}(x) + 0.2832$ | $R^2 = 0.8526$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | (침출법) $y = -0.2511 \text{Ln}(x) - 0.0344$ | $R^2 = 0.9481$ |
| | | (수세법) $y = -0.0673 \text{Ln}(x) + 0.2610$ | $R^2 = 0.7748$ |

8. 용탈용수량 추정을 위한 회귀모형

제염시험자료의 회귀분석결과 얻은 제염과정중 전기전도도 및 교환성나트륨백분율을 기준으로 한 용탈용수량을 추정하기 위한 최적 회귀모형을 종합하여 총괄표로 나타내면 [표 5. 14]~[표 5. 15]와 같다.

[표 5. 14] 용탈용수량 추정을 위한 회귀모형 (전기전도도 기준)

| 제염방법 | 시험방법 | 회귀방정식 (y : Dw/Ds · Dwa/Ds x : ECr) | 결정계수 |
|-------------------|---------------------|--|----------------|
| 석고처리 침출법 | 모형시험 | $y = 0.0217 x^{-1.1328}$ | $R^2 = 0.9751$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | $y = 0.0425 x^{-0.8598}$ | $R^2 = 0.8550$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = 0.0386 x^{-0.9400}$ | $R^2 = 0.8962$ |
| 석고무처리 침출법 | 모형시험 | $y = 0.0199 x^{-1.1342}$ | $R^2 = 0.9543$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | $y = 0.0421 x^{-0.8344}$ | $R^2 = 0.9288$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = 0.0382 x^{-0.9243}$ | $R^2 = 0.9110$ |
| 석고무처리 수세법 | 모형시험 | $y = -1.1750 \ln(x) + 0.0787$ | $R^2 = 0.9269$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | $y = -1.6558 \ln(x) + 0.2304$ | $R^2 = 0.8588$ |
| 석고무처리 침출 · 수세법 | 모형시험 | (침출법) $y = 0.0197 x^{-1.2287}$ | $R^2 = 0.9716$ |
| | | (수세법) $y = -1.5944 \ln(x) - 2.8881$ | $R^2 = 0.9626$ |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | (침출법) $y = 0.0293 x^{-1.2143}$ | $R^2 = 0.9002$ |
| | | (수세법) $y = -1.3219 \ln(x) - 1.7296$ | $R^2 = 0.7646$ |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | (침출법) $y = 0.0284 x^{-1.1767}$ | $R^2 = 0.9025$ |
| | | (수세법) $y = -1.3818 \ln(x) - 1.9479$ | $R^2 = 0.7808$ |

[표 5.15] 용탈용수량 추정을 위한 회귀모형 (교환성나트륨백분을 기준)

| 제염방법 | 시험방법 | 회귀방정식 (y : Dw/Ds · Dwa/Ds x : ESPr) | 결정계수 |
|-------------------|---------------------|--|----------------|
| 석고처리 침출법 | 모형시험 | $y = 1.2476 e^{-5.6821X}$ | $R^2 = 0.9250$ |
| | 라이시미터 제염시험(압거구) | $y = 1.0012 e^{-4.2182X}$ | $R^2 = 0.9077$ |
| | 라이시미터 제염시험(무압거구) | $y = 0.9995 e^{-4.0192X}$ | $R^2 = 0.8950$ |
| 석고무처리 침출법 | 모형시험 | $y = 1.377 e^{-5.3397X}$ | $R^2 = 0.9577$ |
| | 라이시미터 제염시험(압거구) | $y = 0.9477 e^{-3.996X}$ | $R^2 = 0.9644$ |
| | 라이시미터 제염시험(무압거구) | $y = 0.9737 e^{-4.1631X}$ | $R^2 = 0.9532$ |
| 석고무처리 수세법 | 모형시험 | $y = 7.6205 e^{-3.792X}$ | $R^2 = 0.9856$ |
| | 라이시미터 제염시험(무압거구) | $y = 13.8010 e^{-4.0534X}$ | $R^2 = 0.9089$ |
| 석고무처리 침출 · 수세법 | 모형시험 | (침출법) $y = 0.6729 e^{-4.1609X}$ | $R^2 = 0.9598$ |
| | | (수세법) $y = 73.0070 e^{-18.6610X}$ | $R^2 = 0.8673$ |
| | 라이시미터 제염시험(압거구) | (침출법) $y = 0.7574 e^{-3.5012X}$ | $R^2 = 0.9702$ |
| | | (수세법) $y = 35.5290 e^{-12.7520X}$ | $R^2 = 0.8526$ |
| | 라이시미터 제염시험(무압거구) | (침출법) $y = 0.7835 e^{-3.7763X}$ | $R^2 = 0.9481$ |
| | | (수세법) $y = 18.9800 e^{-11.5200X}$ | $R^2 = 0.7748$ |

9. 수리전도도 추정을 위한 회귀모형

제염시험자료의 회귀분석결과 얻은 제염과정중 수리전도도의 변화를 추정하기 위한 최적 회귀모형을 종합하여 총괄표로 나타내면 [표 5.16]과 같다.

[표 5.16] 수리전도도 추정을 위한 회귀모형

| 제염방법 | 시험방법 | 회귀방정식 (y : HCr x : Dw/Ds) | 결정계수 | |
|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| 석고처리 침출법 | 모형시험 | (S1) $y = 1.0384 e^{-0.8073X}$ | $R^2 = 0.9780$ | |
| | | (S2) $y = 0.9978 e^{-0.3924X}$ | $R^2 = 0.9700$ | |
| | | (S3) $y = 1.0009 e^{-0.1835X}$ | $R^2 = 0.9839$ | |
| | | (S4) $y = 0.9538 e^{-1.1414X}$ | $R^2 = 0.9365$ | |
| | | (S5) $y = 0.9494 e^{-0.9235X}$ | $R^2 = 0.9113$ | |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | (S1) $y = 1.0429 e^{-1.0021X}$ | $R^2 = 0.9962$ | |
| | | (S2) $y = 1.0561 e^{-0.8550X}$ | $R^2 = 0.9878$ | |
| | | (S3) $y = 1.0678 e^{-0.6525X}$ | $R^2 = 0.9575$ | |
| | | 라이시미터 제염시험(무암거구) | (S1) $y = 1.3500 e^{-3.2259X}$ | $R^2 = 0.9641$ |
| | | | (S2) $y = 1.3338 e^{-3.0288X}$ | $R^2 = 0.9595$ |
| | | | (S3) $y = 1.1777 e^{-2.1866X}$ | $R^2 = 0.9846$ |
| | 석고무처리 침출법 | 모형시험 | (S1) $y = -0.3194 \ln(x) + 0.0608$ | $R^2 = 0.9970$ |
| | | | (S2) $y = -0.3705 \ln(x) - 0.0779$ | $R^2 = 0.9930$ |
| | | | (S3) $y = -0.3167 \ln(x) + 0.1148$ | $R^2 = 0.9684$ |
| | | 라이시미터 제염시험(암거구) | (S1) $y = -0.3792 \ln(x) - 0.0966$ | $R^2 = 0.9906$ |
| (S2) $y = -0.3423 \ln(x) - 0.0084$ | | | $R^2 = 0.9977$ | |
| (S3) $y = -0.341 \ln(x) + 0.0246$ | | | $R^2 = 0.9874$ | |
| 라이시미터 제염시험(무암거구) | | (S1) $y = -0.3834 \ln(x) - 0.1604$ | $R^2 = 0.9944$ | |
| | | (S2) $y = -0.399 \ln(x) - 0.2112$ | $R^2 = 0.9952$ | |
| | | (S3) $y = -0.3663 \ln(x) - 0.1562$ | $R^2 = 0.9823$ | |

10. 침출시간 추정을 위한 회귀모형

제염시험자료의 회귀분석결과 얻은 제염과정중 침출시간을 추정하기 위한 최적 회귀모형을 종합하여 총괄표로 나타내면 [표 5.17]과 같다.

[표 5.17] 침출시간 추정을 위한 회귀모형

| 제염방법 | 시험방법 | 회귀방정식 ($y : T^{1/2}(\text{hr}^{1/2})$ $x : \text{Dwl/Ds}$) | 결정계수 | |
|--|---------------------|---|---|----------------|
| 석고처리 침출법 | 모형시험 | (S1) $y = -10.078x^2 + 23.199x + 2.3575$ | $R^2 = 0.9982$ | |
| | | (S2) $y = -9.5102x^2 + 16.971x + 1.5611$ | $R^2 = 0.9979$ | |
| | | (S3) $y = -4.001x^2 + 6.9274x + 0.6822$ | $R^2 = 0.9980$ | |
| | | (S4) $y = -23.831x^2 + 51.577x + 3.8451$ | $R^2 = 0.9991$ | |
| | | (S5) $y = -21.006x^2 + 43.039x + 3.4655$ | $R^2 = 0.9990$ | |
| | 라이시미터 제염시험(암거구) | (S1) $y = -35.5x^2 + 69.396x + 6.0243$ | $R^2 = 0.9989$ | |
| | | (S2) $y = -18.674x^2 + 33.513x + 3.0065$ | $R^2 = 0.9985$ | |
| | | (S3) $y = -10.509x^2 + 18.676x + 1.7535$ | $R^2 = 0.9984$ | |
| | 라이시미터 제염시험(무암거구) | (S1) $y = 31.193x^2 + 96.098x + 11.193$ | $R^2 = 0.9988$ | |
| | | (S2) $y = 13.009x^2 + 48.323x + 5.6313$ | $R^2 = 0.9987$ | |
| | | (S3) $y = -5.0595x^2 + 29.669x + 2.8513$ | $R^2 = 0.9987$ | |
| | 석고무처리 침출법 | 모형시험 | (S1) $y = 0.3418x^2 + 49.009x + 3.8108$ | $R^2 = 0.9997$ |
| | | | (S2) $y = 15.242x^2 + 33.595x + 2.5835$ | $R^2 = 0.9998$ |
| | | | (S3) $y = 1.7879x^2 + 11.089x + 1.1991$ | $R^2 = 0.9979$ |
| | | 라이시미터 제염시험(암거구) | (S1) $y = 32.42x^2 + 96.269x + 7.1072$ | $R^2 = 0.9999$ |
| (S2) $y = -5.4173x^2 + 78.506x + 5.3448$ | | | $R^2 = 0.9997$ | |
| (S3) $y = -1.6974x^2 + 31.578x + 2.2107$ | | | $R^2 = 0.9998$ | |
| 라이시미터 제염시험(무암거구) | | (S1) $y = 64.415x^2 + 145.83x + 9.3987$ | $R^2 = 0.9998$ | |
| | | (S2) $y = 75.247x^2 + 81.731x + 6.8426$ | $R^2 = 0.9994$ | |
| | | (S3) $y = 3.8217x^2 + 48.476x + 2.3501$ | $R^2 = 0.9998$ | |

제 6 장

제염예측기법(PTDRT)의 개발

제6장 제염예측기법(PTDRT)의 개발

제1절 서론

1. 연구개발 목표 및 내용

(1) 연구목표

전기전도도, 교환성나트륨백분율, 수리전도도, 침출시간 등 제염인자에 관련된 현장 라이시미터 제염시험자료를 회귀분석하여 구한 제염과정중 염분농도의 변화, 수리전도도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간 추정 회귀모형을 적용하여, 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염조건에 따라 토성 및 제염방법별로 제염예측에 활용할 수 있는 제염예측기법(PTDRT)을 개발하였다.

(2) 연구내용

- 제염예측 프로그램의 개발
 - 프로그램의 기능, 설치 및 구성
 - 자료의 입력
 - 자료의 분석 및 관리
 - 프로그램의 도움말
- 제염예측 프로그램의 적용
 - 용탈용수량의 추정
 - 수리전도도의 추정
 - 침출시간의 추정
 - 프로그램의 적용예
- 프로그램의 검증

2. 연구수행 방법

- (1) 제염시험자료의 회귀분석결과 얻은 제염과정중 염분농도의 변화, 수리전도도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간을 추정하기 위한 회귀모형을 적용하여 토성 및 제염방법별 제염예측 프로그램을 개발하였다.
- (2) 개발된 제염예측 프로그램을 적용하여 용탈용수량, 수리전도도 및 침출시간을 추정하기 위한 회귀모형을 구하고 그 적용예를 들었다.

- (3) 인위적인 제염시설이나 물관리방법 외에 자연적인 기상조건하에서 강우를 고려한 제염 과정을 분석하여 제염예측 프로그램의 유의성 및 제한성에 대한 검증자료로 활용하고자, 대형 라이시미터를 시험포장에 설치하여 보완시험을 실시하였다.
- (4) 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치와 보완시험을 위해 설치한 대형 라이시미터 시험포장에서 얻은 실측치와 비교 분석하여 회귀모형을 검증하였다.

제2절 제염예측 프로그램의 개발

1. 프로그램의 기능

본 연구에서 개발한 제염예측 프로그램 (PTDRT : Prediction Techniques of Desalinization in Reclaimed Tidelands)은 자료의 입력기능, 분석기능, 출력기능, 관리기능을 가지고 있다.

자료 입력기능은 토양의 물리적·화학적 특성 및 사용자가 원하는 제염조건을 입력할 수 있도록 하였다.

자료 분석기능은 토양의 입도분석에 의해 일반토양과 간척지토양 기준에 따라 제염대상 토양을 분류할 수 있고, 회귀분석 결과 토성 및 제염방법별로 유의성이 높은 최적의 회귀 방정식을 적용하여 제염과정중 염분농도의 변화, 수리전도도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간을 추정할 수 있도록 하였다.

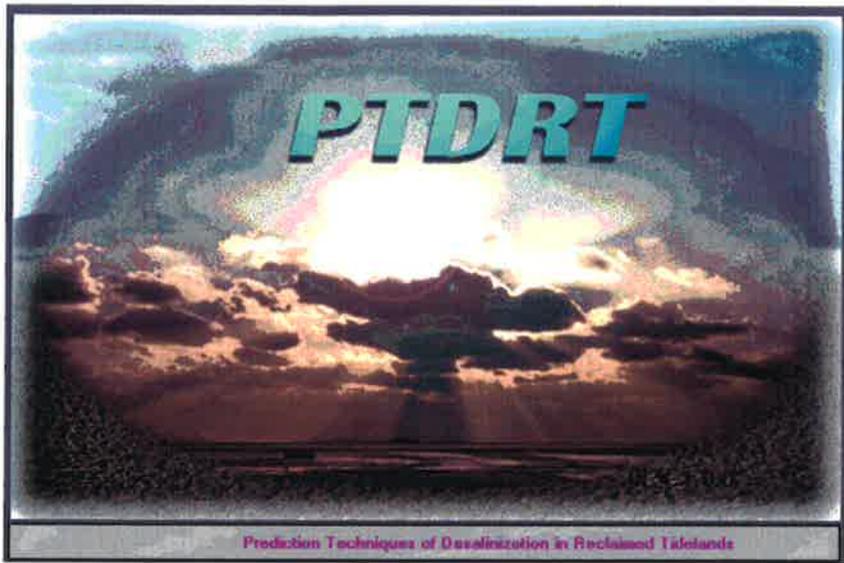
자료 출력기능은 입력시 사용된 토양특성 자료와 자료분석을 통해 사용자가 목표로 하는 제염 조건에 부합되는 제염방법에 의한 용탈용수량, 침출시간 및 석고시용량 등의 자료를 출력할 수 있도록 하였다. 또한 외부 파일로 전환을 가능케 하여 외부 문서 작업시에도 본 수치를 이용할 수 있게 하였다.

자료 관리기능은 입력자료나 분석자료를 추가 수정할 수 있도록 설계하여 제염예측기능과 제염자료의 저장기능을 겸한 프로그램으로 그 사용한도를 확장시켰다.

또한 본 프로그램에서는 분석결과를 그래프로 표시하여 추정치를 보다 가시적으로 표현될 수 있게 하였다.

2. 프로그램의 설치

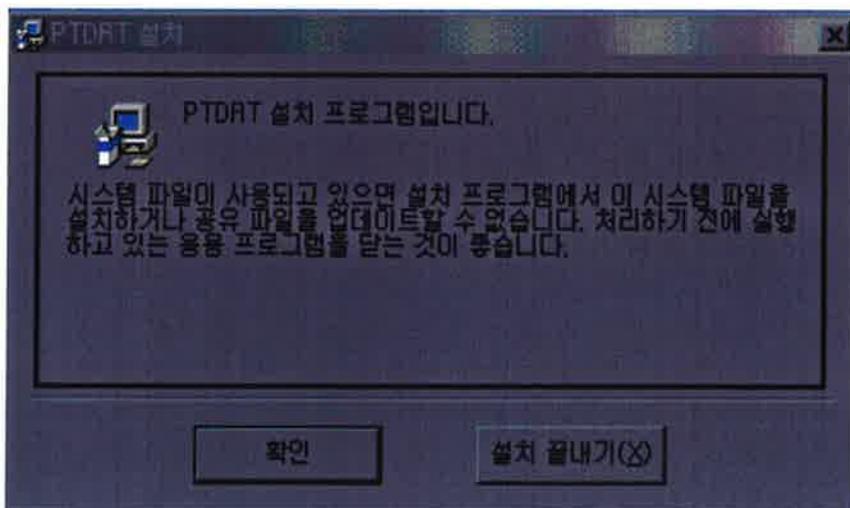
[그림 6.1]에서 보는 PTDRT의 로고화면 아랫부분에는 PTDRT에 대한 설명이 나와 있으며, 로고화면으로 사용된 사진은 실제 전북 군산시 옥서면 간척지(새만금지구)에서 토양시료채취시의 모습을 배경으로 나타낸 것이다.



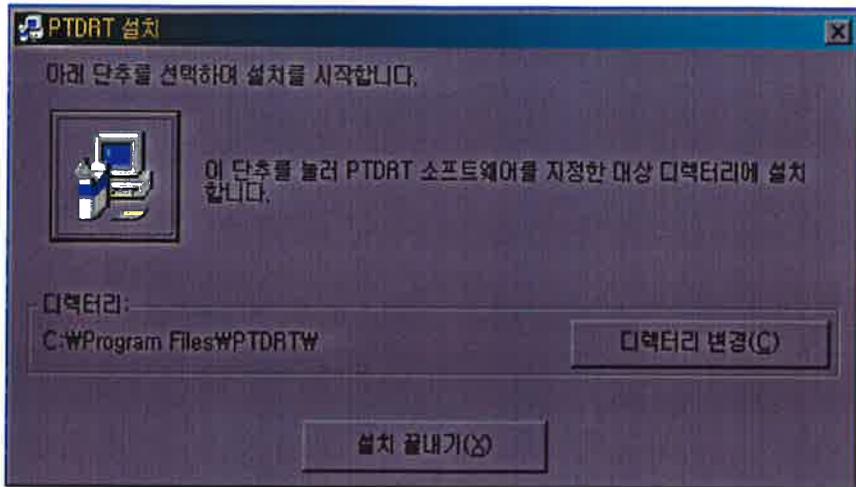
[그림 6.1] PTDRT 프로그램 로고화면

프로그램 설치디스크를 넣고 setup.exe 파일을 실행시키면 [그림 6.2]와 같은 초기화면이 나타나며, 초기화면에서 확인버튼을 클릭하면 [그림 6.3]과 같이 설치가 진행된다.

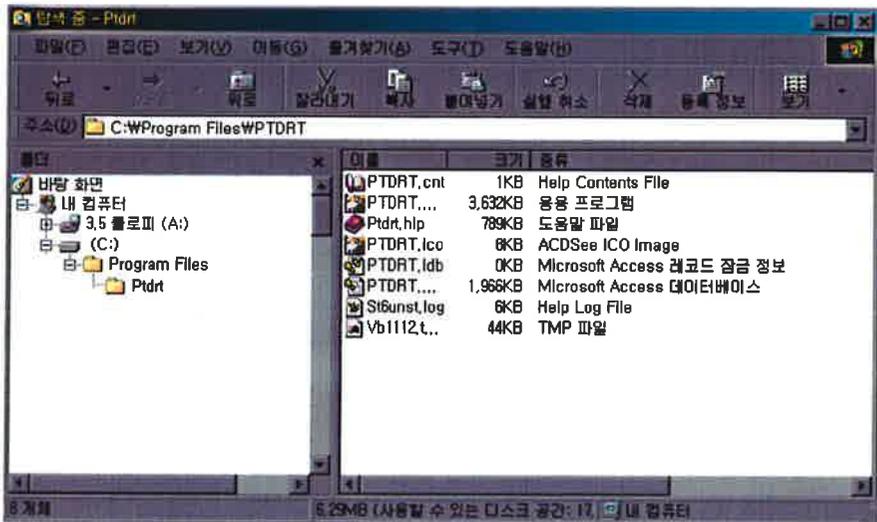
프로그램 설치가 완료된 후 시스템 운영에 필요한 폴더 및 파일을 확인하면 [그림 6.4]에서 보는 바와 같다. 본 프로그램은 DB를 바탕으로 하여 개발된 프로그램이므로 반드시 설치 폴더에서 PTDRT.mdb 파일을 확인하도록 해야 한다.



[그림 6.2] PTDRT 프로그램 설치화면



[그림 6.3] PTDRT 프로그램 설치 디렉토리 설정 화면



[그림 6.4] PTDRT 프로그램 설치 후 폴더 및 파일

3. 프로그램의 구성

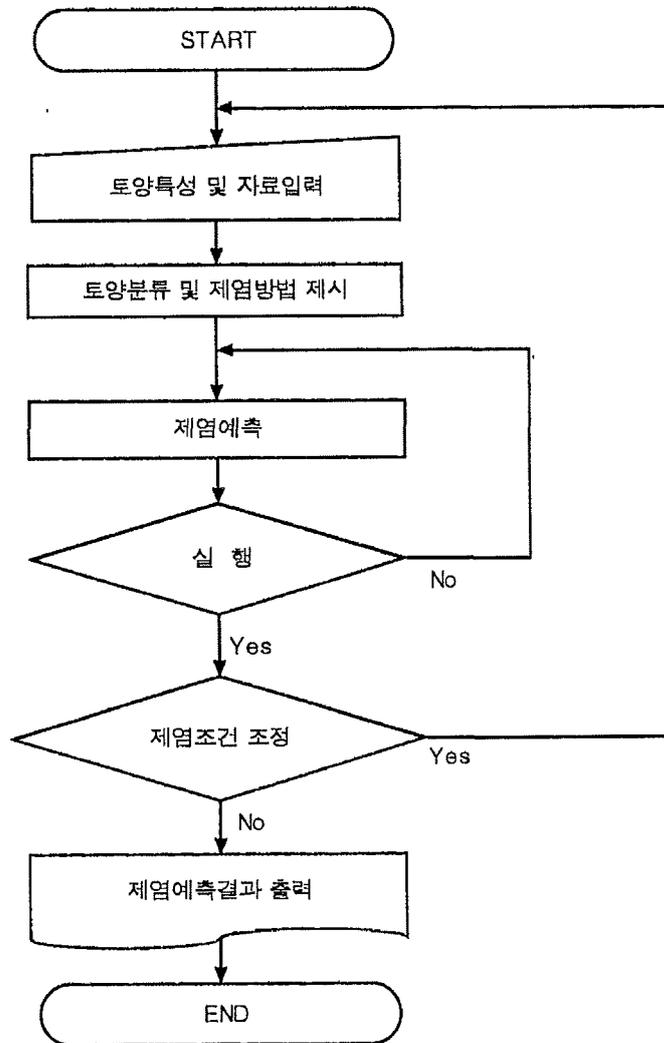
본 프로그램에는 프로그램을 구성하는 데이터베이스용 소프트웨어가 내장되어 있어 구동을 위한 별도의 데이터베이스용 소프트웨어가 필요하지 않으므로 사용자가 이용하기 쉽게 구성되어 있으며, 프로그램 Setup과 함께 데이터베이스에 필요한 프로그램이 자동으로 설치된다.

마우스와 키보드를 이용하여 자료를 입력할 수 있으며, 입력된 자료를 이용하여 데이터베이스를 통해 제염예측 모형에서 토성 및 제염방법별로 제염과정중 염분농도의 변화, 수리전도도의 변화,

용탈용수량 및 침출시간을 추정할 수 있다. 또한 제염 예측값의 전체적인 경향을 그래프로 판단할 수 있는 기능이 추가되어 있고, 데이터베이스를 통하여 입력자료, 분석자료 및 제염예측 결과를 출력할 수 있도록 하였다.

제염예측 프로그램(PTDRT)의 시스템 흐름도는 [그림 6.5]와 같다. 데이터베이스 시스템은 토양의 물리적 특성, 화학적 특성, 제염조건 등의 사용자 입력자료와 입력자료를 통해 얻어진 일반토양 및 제염토양 분류자료를 관리해 준다. 또한 제염예측 모형에 필요한 입력자료를 공급해 주며, 제염예측결과 자료 역시 관리하고 있다.

데이터 액세스 인터페이스로는 MS사의 최신 액세스패러다임인 OLE DB에 대해 사용하기 쉬운 프로그램 수준의 ADO(ActiveX Data Objects)를 이용하였다. ADO는 자원사용량(메모리)이 다른 데이터 인터페이스보다 적게 들며, 개발에 더욱 단순한 프로그래밍 모델을 제공하는 등의 장점을 가지고 있다.



[그림 6.5] PTDRT 프로그램 시스템 흐름도

4. 자료의 입력

(1) 토양코드 입력 및 검색

각 토양에 고유의 이름(Soil Code)을 부여하여 토양분류 및 체계적인 DB구축에 이용하였으며, 전체 DB화된 자료에서 현 자료의 위치를 확인할 수 있도록 하였다.

토양코드에 대한 검색창을 이용(SQL문)하여 토양자료를 추가 입력하거나 수정할 때 같은 이름이 중복되지 않도록 하였으며, 이미 입력된 코드번호를 중복하여 입력하였을 경우 메시지 창이 나타나도록 설계하였다.

(2) 토양의 이화학적 특성

토양의 물리적 특성에는 용적밀도, 입자밀도, 포화도, 공극률 및 수리전도도(HC) 등을 입력할 수 있도록 하였다.

토양의 화학적 특성에는 주요 교환성양이온(Ca, Na, Mg, K)함량, 양이온교환용량(CEC), 초기 교환성나트륨백분율(ESP_i), 초기 전기전도도(EC_i), 수소이온농도(pH)를 입력할 수 있도록 하였다. 여기서 교환성나트륨백분율은 교환성나트륨(Na)함량과 양이온교환용량(CEC)과의 관계를 통하여 자동적으로 산정되게 하였다.

(3) 제염조건

제염대상면적, 제염토양깊이, 제염목표 교환성나트륨백분율(ESP_t) 및 전기전도도(EC_t)를 제염조건으로 하여 용탈용수량, 침출시간, 석고시용량 등의 산정에 필요한 한계값으로 이용하였으며, 제염조건 프레임에 입력하여 그에 따라서 용탈용수량, 침출시간 및 석고시용량이 예측되도록 하였다.

제염대상면적은 입력시 여러 가지 단위로 입력할 수 있도록 하였으며 제염예측자료에 저장할 경우에는 m² 단위로 환산되도록 하였다.

(4) 토양의 분류

제염대상 토양을 입도조성에 따라 분류하기 위하여 토양의 입도분석 자료를 입력하였고, 미국 농무성(UADA)의 삼각좌표 분류법에 의해 토성을 분류함과 아울러 본 연구에서 제안한 간척지의 토양분류법에 따라 토성을 S1~S5로 나누어 분류하였으며, 토양설명을 클릭하면 입력된 토양의 물리적 특성 자료를 근거로 각각의 토성별로 가능한 제염방법이 제시될 수 있게 하였다.

토양코드, 토양의 이화학적 특성 및 제염조건 등 자료입력 화면의 예는 [그림 6.6]과 같고, 토양분류 화면의 예는 [그림 6.7]에서 보는 바와 같다.

2 / 5

SoilCode S2-123

물리적 특성

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|---------------------------------------|------|--------------|------|-------------|-------|
| Sand (%) | 25.4 | Silt (%) | 69.2 | Clay (%) | 5.4 | HCl (cm/hr) | 0.032 |
| Bulk density (Mg/m ³) | 1.4 | Particle density (Mg/m ³) | 2.7 | Porosity (%) | 49.1 | SP (%) | 51.3 |

화학적 특성

교환성 양이온 (cmol/kg)

| | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|
| Ca | 1.3 | Mg | 1.9 | Na | 3.9 | K | 1.1 |
|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|

CEC (cmol/kg) 9.5 pH 7.7 EC_d (dS/m) 25.7 ESPi (%) 41.1

제염조건

| | | | |
|--------------------------|----------|------------------------|------|
| 제염대상면적 (m ²) | 10,000.0 | EC _d (dS/m) | 4.0 |
| 제염토양심도 (m) | 0.7 | ESPi (%) | 15.0 |

토양 설명

입도조성 [토양코드:S2-123]

■ Sand
■ Silt
■ Clay

일반토양분류 미사질양토 (silt loam) 제염토양분류 S2

[그림 6.6] 자료입력 화면 (예)

| 제염 토양 분류 | | | |
|----------|---------|---------|---------|
| 분류Code | Clay(%) | Silt(%) | Sand(%) |
| S1 | 0~10 | 75~100 | 0~15 |
| S2 | 0~10 | 50~85 | 15~40 |
| S3 | 0~10 | 40~60 | 40~60 |
| S4 | 10~30 | 65~90 | 0~15 |
| S5 | 10~20 | 40~75 | 15~50 |

| 토성별 가능한 제염방법 | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 제염방법 토양분류 | 침출법 | | | | 수세법 |
| | 석고처리 | | 석고무처리 | | 석고무처리 |
| | Culvert | Non-Culvert | Culvert | Non-Culvert | |
| S1 | <input type="checkbox"/> |
| S2 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| S3 | <input type="checkbox"/> |
| S4 | <input type="checkbox"/> |
| S5 | <input type="checkbox"/> |

[그림 6.7] 토양분류 화면 (예)

5. 자료의 분석

현장 라이시미터 제염시험자료를 분석하여 도출한 최적의 회귀모형을 이용하여 설계자가 목표로 하는 제염조건에 맞는 용탈용수량, 수리전도도, 침출시간 및 석고시용량 등을 추정할 수 있도록 설계하였다.

용탈용수량은 제염과정중 상대전기전도도와 상대교환성나트륨백분율의 변화를 분석하여 추정하였고, 수리전도도 및 침출시간은 용탈용수량과의 관계를 분석하여 예측하였으며, 석고시용량은 O. Beyce의 석고시용량 산정식을 적용하여 산출하였다.

분석에 필요한 토양 입력자료는 SQL문을 이용하여 발췌하였으며, 분석결과 예측값을 그래프와 수치로 나타냈다. 제염대상면적에 대해 예측하는 경우는 단위면적과 실제면적 선택버튼을 삽입하여 단위면적이거나 실제면적으로도 적용이 가능하도록 하였다.

6. 자료의 관리

본 프로그램은 데이터베이스 기반으로 설계하여 자료의 연계, 추가, 수정, 삭제 등에 관한 자료 관리를 포함하고 있다.

토양입력자료나 제염예측자료를 추가할 경우에는 데이터를 저장할 수 있는 새로운 레코드로 이동하여 자료를 추가 입력할 수 있으며, 입력 후에 추가완료 버튼을 클릭하면 데이터레코드에 저장된다. 추가모드에서 취소 버튼을 클릭하면 자료추가가 취소된다.

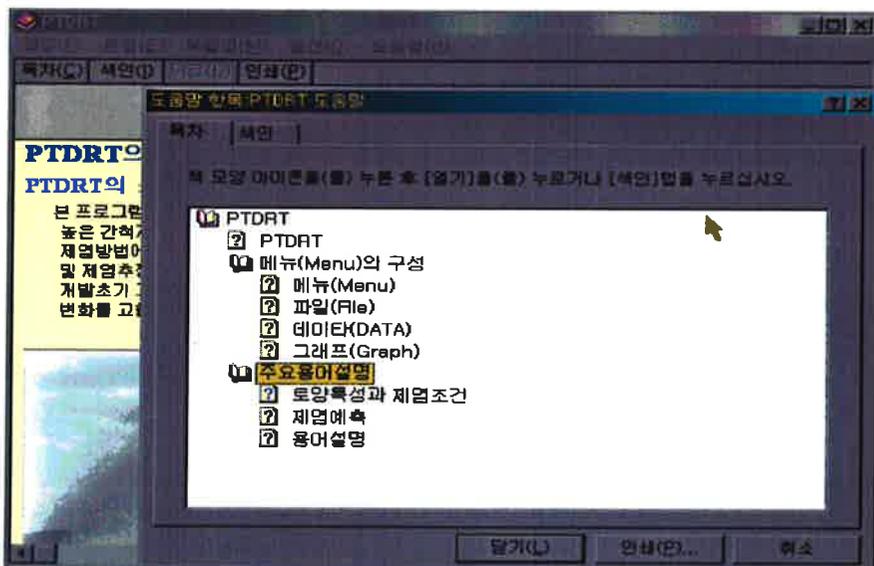
자료를 수정할 경우 현재 레코드를 수정할 수 있도록 하였으며, 자료가 수정된 후 자료관리 메뉴에서 수정완료 버튼을 클릭하면 저장된다. 또한 수정모드에서 취소 버튼을 클릭하면 수정이 취소된다.

자료를 삭제할 경우에는 삭제하고자 하는 레코드에 위치한 후 삭제 버튼을 클릭하면 토양입력 자료나 제염예측자료는 삭제된다. 그러나 삭제된 파일은 다시 복구가 불가능하므로 자료삭제에 대한 확인 메시지를 추가하였다.

한편 사용자가 현재의 작업을 취소하고자 할 경우에는 자료관리에서 취소 버튼을 클릭하면 이전까지 실행하였던 작업이 취소된다. 추가모드나 수정모드에서 추가나 수정을 하고 있을 때도 취소 버튼을 클릭하면 작업 중이던 폼이 닫히고 메인 폼으로 초기화된다.

7. 프로그램의 도움말

프로그램에 도움말 항목을 두고 목차와 색인의 두 부분으로 나누어 본 프로그램에 사용되는 주요 용어 및 프로그램 사용법에 관하여 자세히 설명을 추가하여 제염에 관한 전문지식이 없을 경우에도 사용상의 불편이 없도록 하였다.



[그림 6.8-1] 프로그램 도움말 화면 (예1)



[그림 6.8-2] 프로그램 도움말 화면 (예2)

제3절 제염예측 프로그램의 적용

1. 용탈용수량의 추정

(1) 상대전기전도도를 기준으로 한 용탈용수량 추정

제염과정중 상대전기전도도(ECr)의 변화를 추정할 수 있는 회귀방정식을 이용하여 물관리방법, 토양개량제(석고)처리, 암거설치 유무에 따른 제염방법 및 토성별로 용탈용수량을 예측하기 위해 도출한 추정방정식을 정리하면 [표 6.1]과 같다.

[표 6.1]의 추정방정식은 제5장 3절 1항 용탈용수량의 증가에 따른 상대전기전도도의 변화를 나타내는 회귀방정식(제5장 3절 7항 [표 5.12]에 정리) 중에서 실제 포장조건에 가깝게 적용할 수 있는 라이시미터 제염시험자료를 이용하여 분석한 회귀방정식을 m^3 단위의 용탈용수량을 구할 수 있도록 변환한 것이다. 제염방법은 석고처리 침출법, 석고무처리 침출법 및 석고무처리 수세법에 대하여 검토하였다.

여기서 용탈용수량 추정방정식은 제5장 3절 3항 상대전기전도도의 변화에 대한 용탈용수량을 나타내는 회귀방정식(제5장 3절 8항 [표 5.14]에 정리)을 이용하여 구할 수도 있다.

[표 6. 1] 상대전기전도도(ECr)를 기준으로한 용탈용수량 추정방정식

| 제염방법 | | 토 성 | 추정방정식 |
|--------------|------|--|--|
| 석고처리 침출법 | 압거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = \left(\frac{ECr}{0.0326}\right)^{\left(\frac{-1}{0.9944}\right)} \times A \times Ds$ |
| | 무압거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = \left(\frac{ECr}{0.0369}\right)^{\left(\frac{-1}{0.9635}\right)} \times A \times Ds$ |
| 석고무처리 침출법 | 압거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = \left(\frac{ECr}{0.0255}\right)^{\left(\frac{-1}{1.1131}\right)} \times A \times Ds$ |
| | 무압거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = \left(\frac{ECr}{0.0337}\right)^{\left(\frac{-1}{0.9856}\right)} \times A \times Ds$ |
| 석고무처리 수세법 | 무압거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) 투수불량토양(S4, S5) | $LR = e^{((0.5556 - ECr)/0.3074)} \times A \times Ds$ |

[주] ECr : 초기 전기전도도에 대한 제염목표 전기전도도의 비율 (ECr=EC_t/EC_i)

LR : 용탈용수량(m³), A : 제염대상면적(m²), Ds : 제염토양깊이(m)

(2) 상대교환성나트륨백분율 기준으로 한 용탈용수량 추정

제염과정중 상대교환성나트륨백분율(ESPr)의 변화를 추정할 수 있는 회귀모형을 이용하여 제염 방법 및 토성별로 용탈용수량을 예측하기 위해 도출한 추정방정식을 정리하면 [표 6. 2]에서 보는 바와 같다.

[표 6. 2]의 추정방정식은 제5장 3절 2항 용탈용수량의 증가에 따른 상대교환성나트륨백분율의 변화를 나타내는 회귀방정식(제5장 3절 7항 [표 5. 13]에 정리) 중에서 실제 포장조건에 가깝게 적용할 수 있는 라이시미터 제염시험자료를 이용하여 분석한 회귀방정식을 m³ 단위의 용탈용수량으로 구할 수 있도록 변환한 것이다. 제염방법은 석고처리 침출법, 석고무처리 침출법 및 석고무처리 수세법에 대하여 검토하였다.

여기서 용탈용수량 추정방정식은 제5장 3절 4항 상대교환성나트륨백분율의 변화에 대한 용탈용수량을 나타내는 회귀방정식(제5장 3절 8항 [표 5. 15]에 정리)을 이용하여 구할 수도 있다.

[표 6.2] 상대교환성나트륨백분율(ESPr)을 기준으로 한 용탈용수량 추정 방정식

| 제염방법 | | 토 성 | 추정방정식 |
|--------------|------|--|---|
| 석고처리 침출법 | 암거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = e^{((0.0328 - ESPr)/0.2152)} \times A \times Ds$ |
| | 무암거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = e^{((0.0387 - ESPr)/0.2227)} \times A \times Ds$ |
| 석고무처리 침출법 | 암거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = e^{((0.0002 + ESPr)/-0.2413)} \times A \times Ds$ |
| | 무암거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) | $LR = e^{((0.0103 - ESPr)/0.2290)} \times A \times Ds$ |
| 석고무처리 수세법 | 무암거구 | 투수양호토양 (S1, S2, S3) 투수불량토양(S4, S5) | $LR = e^{((0.6357 - ESPr)/0.2242)} \times A \times Ds$ |

[주] ESPr : 초기 교환성나트륨백분율에 대한 제염목표 교환성나트륨백분율의 비율 ($ESPr = EC_i/EC_0$)

LR : 용탈용수량(m^3), A : 제염대상면적(m^2), Ds : 제염토양깊이(m)

2. 침출시간의 추정

제염과정중 침출수량의 증가에 따른 침출시간의 변화를 추정할 수 있는 회귀방정식을 이용하여 물관리방법, 토양개량제(석고)처리, 암거설치 유무에 따라 제염방법 및 토성별로 침출시간을 예측하기 위해 도출한 추정방정식을 정리하면 [표 6.3]과 같다.

[표 6.3]의 추정방정식은 제5장 3절 6항 용탈용수량(침출수량)의 증가에 따른 침출시간의 변화를 나타내는 회귀방정식(제5장 3절 10항 [표 5.17]에 정리) 중에서 실제 포장조건에 가깝게 적용할 수 있는 라이시미터 제염시험자료를 이용하여 분석한 회귀방정식을 시간(hr) 단위의 침출시간을 구할 수 있도록 변환한 것이다. 제염방법으로 석고처리 침출법과 석고무처리 침출법을 적용한 암거구 및 무암거구에 대하여 검토하였다.

[표 6.3] 침출시간 예측을 위한 추정방정식

| 제염방법 | | 토 성 | 추정방정식 |
|--------------|------|------|--|
| 석고처리 침출법 | 압거구 | (S1) | $T = [-35.5 (Dwl/Ds)^2 + 69.396 (Dwl/Ds) + 6.0243]^2 / 24$ |
| | | (S2) | $T = [-18.674 (Dwl/Ds)^2 + 33.513 (Dwl/Ds) + 3.0065]^2 / 24$ |
| | | (S3) | $T = [-10.509 (Dwl/Ds)^2 + 18.676 (Dwl/Ds) + 1.7535]^2 / 24$ |
| | 무압거구 | (S1) | $T = [31.193 (Dwl/Ds)^2 + 96.098 (Dwl/Ds) + 11.193]^2 / 24$ |
| | | (S2) | $T = [13.009 (Dwl/Ds)^2 + 48.323 (Dwl/Ds) + 5.6313]^2 / 24$ |
| | | (S3) | $T = [-5.0595 (Dwl/Ds)^2 + 29.669 (Dwl/Ds) + 2.8513]^2 / 24$ |
| 석고무처리 침출법 | 압거구 | (S1) | $T = [32.42 (Dwl/Ds)^2 + 96.269 (Dwl/Ds) + 7.1072]^2 / 24$ |
| | | (S2) | $T = [-5.4173 (Dwl/Ds)^2 + 78.506 (Dwl/Ds) + 5.3448]^2 / 24$ |
| | | (S3) | $T = [-1.6974 (Dwl/Ds)^2 + 31.578 (Dwl/Ds) + 2.2107]^2 / 24$ |
| | 무압거구 | (S1) | $T = [64.415 (Dwl/Ds)^2 + 145.83 (Dwl/Ds) + 9.3987]^2 / 24$ |
| | | (S2) | $T = [75.247 (Dwl/Ds)^2 + 81.731 (Dwl/Ds) + 6.8426]^2 / 24$ |
| | | (S3) | $T = [3.8217 (Dwl/Ds)^2 + 48.476 (Dwl/Ds) + 2.3501]^2 / 24$ |

[주] T : 침출시간 추정치 (일)

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

3. 석고시용량의 추정

토양의 투수성을 향상시켜 제염효과를 높이고 침출시간을 단축시키기 위하여 토양개량제(석고)를 사용한 석고처리 침출법의 경우에 석고시용량은 O. Beyce(1973)의 석고시용량 산정식을 변환하여 kg 단위로 산정할 수 있도록 설계하였으며, 필요한 자료는 입력자료에서 발췌하여 프로그램에 적용하였다.

$$GR = (860 \times 10^{-3}) \cdot \rho_b \cdot D_s \cdot A \cdot \left(\frac{ESP_i - ESP_f}{100} \right) \cdot CEC \dots\dots \text{[석고시용량 산정식]}$$

여기에서 GR : 석고시용량(kg), ρ_b : 토양의 용적밀도, D_s : 제염토양깊이(m),
 A : 제염대상면적(m²), ESP_i : 초기 교환성나트륨백분율(%),
 ESP_f : 제염목표 교환성나트륨백분율(%), CEC : 토양의 양이온교환용량(cmol/kg)

4. 수리전도도의 추정

제염과정중 침출수량의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화를 추정할 수 있는 회귀방정식을 이용하여 물관리방법, 토양개량제(석고)처리, 압거설치 유무에 따라 제염방법 및 토성별로 수리전도도를 예측하기 위해 도출한 추정방정식을 정리하면 [표 6.4]와 같다.

[표 6.4]의 추정방정식은 제5장 3절 5항 용탈용수량(침출수량)의 증가에 따른 상대수리전도도의 변화를 나타내는 회귀방정식(제5장 3절 9항 [표 5.16]에 정리) 중에서 실제 포장조건에 가깝게 적용할 수 있는 라이시미터 제염시험자료를 이용하여 분석한 회귀방정식을 cm/hr 단위의 수리전도도로 구할 수 있도록 변환한 것이다. 제염방법으로 석고처리 침출법과 석고무처리 침출법을 적용한 압거구 및 무압거구에 대하여 검토하였다.

[표 6.4] 수리전도도 예측을 위한 추정방정식

| 제염방법 | | 토 성 | 추정방정식 |
|--------------|------|------|--|
| 석고처리 침출법 | 압거구 | (S1) | $HC = [1.0429 e^{-1.0021(Dwl/Ds)}] \times HCi$ |
| | | (S2) | $HC = [1.0561 e^{-0.8550(Dwl/Ds)}] \times HCi$ |
| | | (S3) | $HC = [1.0678 e^{-0.6525(Dwl/Ds)}] \times HCi$ |
| | 무압거구 | (S1) | $HC = [1.3500 e^{-3.2259(Dwl/Ds)}] \times HCi$ |
| | | (S2) | $HC = [1.3338 e^{-3.0288(Dwl/Ds)}] \times HCi$ |
| | | (S3) | $HC = [1.1777 e^{-2.1866(Dwl/Ds)}] \times HCi$ |
| 석고무처리 침출법 | 압거구 | (S1) | $HC = [-0.3792 \text{Ln}(Dwl/Ds) - 0.0966] \times HCi$ |
| | | (S2) | $HC = [-0.3423 \text{Ln}(Dwl/Ds) - 0.0084] \times HCi$ |
| | | (S3) | $HC = [-0.3410 \text{Ln}(Dwl/Ds) + 0.0246] \times HCi$ |
| | 무압거구 | (S1) | $HC = [-0.3834 \text{Ln}(Dwl/Ds) - 0.1604] \times HCi$ |
| | | (S2) | $HC = [-0.3990 \text{Ln}(Dwl/Ds) - 0.2112] \times HCi$ |
| | | (S3) | $HC = [-0.3663 \text{Ln}(Dwl/Ds) - 0.1562] \times HCi$ |

[주] HC : 수리전도도 추정치 (cm/hr), HCi : 제염전 초기 수리전도도 (cm/hr)

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

5. 프로그램의 적용에

(1) 제염예측 총괄

설계자가 목표로 하는 제염조건에 따라 입력자료를 분석하여 얻은 용탈용수량, 침출시간, 석고시용량 및 수리전도도 등의 예측결과를 화면에 종합적으로 나타낼 수 있게 하였다. 그 예를 들면 [그림 6.9]에서 보는 바와 같다.

Soil Code

제염조건

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|------------|------|----------|------|-----------------------------------|-----|
| 제염로양심도 (m) | 0.7 | ECi (dS/m) | 25.7 | ESPI (%) | 41.1 | Bulk density (Mg/m ³) | 1.4 |
| 제염대상면적(m ²) | 10,000 | ECf (dS/m) | 4.0 | ESPI (%) | 15.0 | CEC (cmol/kg) | 9.5 |
| HCl(cm/hr) | 0.0320 | | | | | | |

제염로양분류 단위면적당

건기전도도 기준 제염예측

| 제 염 방 법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고시용량(kg) | 수리전도도(cm/hr) |
|---------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 석고무처리 무암거 수세법 | 2.571 | - | - | - |
| 석고처리 무암거 침출법 | 0.155 | 11.966 | 2.090 | 0.022 |
| 석고처리 암거 침출법 | 0.145 | 3.496 | 2.090 | 0.028 |
| 석고무처리 무암거 침출법 | 0.148 | 31.560 | - | 0.013 |
| 석고무처리 암거 침출법 | 0.138 | 17.668 | - | 0.018 |

| 제 염 방 법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고시용량(kg) |
|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| 최소용탈용수량 석고무처리암거침출법 | 0.138 | 17.668 | - |
| 최소침출시간 석고처리암거침출법 | 0.145 | 3.496 | 2.090 |

교환성나트륨백분을 기준 제염예측

| 제 염 방 법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고시용량(kg) | 수리전도도(cm/hr) |
|---------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 석고무처리 무암거 수세법 | 2.342 | - | - | - |
| 석고처리 무암거 침출법 | 0.162 | 12.749 | 2.090 | 0.021 |
| 석고처리 암거 침출법 | 0.150 | 3.614 | 2.090 | 0.028 |
| 석고무처리 무암거 침출법 | 0.149 | 31.763 | - | 0.013 |
| 석고무처리 암거 침출법 | 0.154 | 20.846 | - | 0.016 |

| 제 염 방 법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고시용량(kg) |
|----------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| 최소용탈용수량 석고무처리무암거침출법 | 0.149 | 31.763 | - |
| 최소침출시간 석고처리암거침출법 | 0.150 | 3.614 | 2.090 |

[그림 6.9] 제염예측 총괄 출력화면 (예)

5. 프로그램의 적용예

(1) 제염예측 총괄

설계자가 목표로 하는 제염조건에 따라 입력자료를 분석하여 얻은 용탈용수량, 침출시간, 석고 사용량 및 수리전도도 등의 예측결과를 화면에 종합적으로 나타낼 수 있게 하였다. 그 예를 들면 [그림 6.9]에서 보는 바와 같다.

Soil Code S2-123

제염조건

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|------------|------|----------|------|-----------------------------------|-----|
| 제염토양심도(m) | 0.7 | ECi (dS/m) | 25.7 | ESPI (%) | 41.1 | Bulk density (Mg/m ³) | 1.4 |
| 제염대상면적(m ²) | 10,000 | ECe (dS/m) | 4.0 | ESPI (%) | 15.0 | CEC (cmol/kg) | 15 |
| HCl(cm/hr) | 0.01 | | | | | | |

제염토양분류: 단위면적당

전기전도도 기준 제염예측

| 제염 방법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고사용량(kg) | 수리전도도(cm/hr) |
|---------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 석고무처리 무암거 수세법 | 2,971 | | | |
| 석고처리 무암거 침출법 | 2,355 | 11.366 | 2,140 | 1.02 |
| 석고처리 암거 침출법 | 3,145 | 1.498 | 2,140 | 1.025 |
| 석고무처리 무암거 침출법 | 9,148 | 11.560 | | 1.017 |
| 석고무처리 암거 침출법 | 9,126 | 11.568 | | 1.016 |

| 제염 방법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고사용량(kg) |
|--------------------|------------------------|-----------|-----------|
| 최소용탈용수량 석고무처리암거침출법 | 9,126 | 11.568 | |
| 최소침출시간 석고처리암거침출법 | 3,145 | 1.498 | 2,140 |

교편성나트륨백분율 기준 제염예측

| 제염 방법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고사용량(kg) | 수리전도도(cm/hr) |
|---------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 석고무처리 무암거 수세법 | 2,971 | | | |
| 석고처리 무암거 침출법 | 2,355 | 11.366 | 2,140 | 1.02 |
| 석고처리 암거 침출법 | 3,145 | 1.498 | 2,140 | 1.025 |
| 석고무처리 무암거 침출법 | 9,148 | 11.560 | | 1.017 |
| 석고무처리 암거 침출법 | 9,126 | 11.568 | | 1.016 |

| 제염 방법 | 용탈용수량(m ³) | 침출시간(day) | 석고사용량(kg) |
|---------------------|------------------------|-----------|-----------|
| 최소용탈용수량 석고무처리무암거침출법 | 9,126 | 11.568 | |
| 최소침출시간 석고처리암거침출법 | 3,145 | 1.498 | 2,140 |

[그림 6.9] 제염예측 총괄 출력화면 (예)

본 프로그램에서는 설계자의 제염조건과 입력자료에 따라 용탈용수량을 단위면적 또는 실면적당으로 나타낼 수 있으며, 전기전도도 또는 교환성나트륨백분율을 기준으로 한 용탈용수량을 직접 구할 수 있고 석고처리에 의한 침출시간을 비교할 수 있도록 설계하였다.

또한 설계자가 전기전도도 및 교환성나트륨백분율을 기준으로 한 최소용탈용수량, 최소침출시간, 석고시용량 등을 비교 검토하여 현지 조건에 맞는 최적의 제염방법을 판단하여 결정할 수 있도록 하였다.

제염예측 폼(form)에서는 용탈용수량과 침출시간 예측의 실행메뉴를 추가하였으며, 제염조건에 대한 용탈용수량, 침출시시간, 석고시용량 및 수리전도도의 예측값을 실행(Solve)메뉴에서 용탈용수량이나 침출시간 버튼을 클릭하여 예측할 수 있도록 하였다.

(2) 제염예측자료의 출력

① 그래프 출력

제염예측 프로그램을 통해 생성된 자료의 전반적인 내용을 그래프에 의해 확인할 수 있도록 다음과 같은 내용으로 설계하였다.

그래프 메뉴를 클릭하면 제염예측에 관한 전반적인 내용을 확인할 수 있다. 상단부에는 데이터베이스를 통해 사용자가 입력하였던 제염조건과 제염 예측모형에서 예측하였던 값을 연계시켜 Soil Code에 해당하는 제염 예측자료를 그래프로 재확인할 수 있게 하였다.

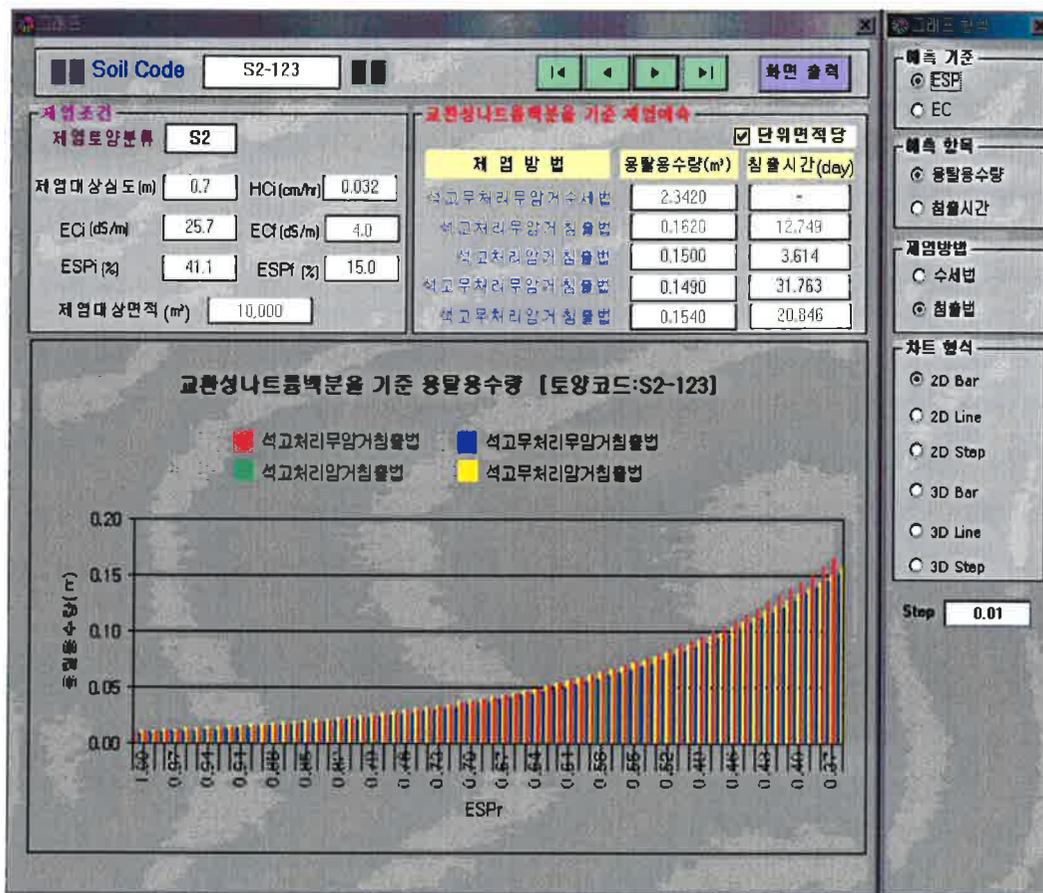
그래프를 더블 클릭하면 옵션창이 생성되면서 예측기준, 예측항목, 제염방법, 차트형식 프레임이 나타나며, 각 프레임의 옵션버튼을 클릭하여 그에 해당하는 예측결과를 그래프로 확인할 수 있다. 차트형식 프레임을 선택하여 설계자가 원하는 형식의 그래프로 출력할 수 있으며, 옵션창 하단부에 있는 STEP을 이용하여 그래프의 x축 간격을 조정할 수 있다.

그래프에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 그래프 출력, 그래프 저장, 그래프 자료, 그래프 형식 메뉴가 설정된다. 그래프 출력은 현재 그래프를 인쇄하도록 하였고, 그래프 저장은 현재 그래프를 그림파일로 전환하여 저장하며, 그래프 자료는 그래프의 입력자료를 확인할 수 있도록 하였다. 또한 그래프 옵션폼이 닫힌 경우에 마우스 오른쪽 버튼의 그래프 형식을 클릭하면 그래프 옵션폼이 생성된다.

용탈용수량의 그래프 자료는 그래프 옵션에서 STEP간격으로 값이 계산되어 표시되지만, 침출시간의 그래프 자료는 STEP간격과 관계없이 나타난다. 모든 자료는 인쇄할 수 있도록 하였으며 텍스트문서나 Word 문서로도 저장이 가능하다.

제염조건을 조정할 경우 제염조건 프레임을 더블 클릭하여 기존의 입력자료 창을 생성시켜 자동으로 자료수정 모드로 전환되도록 하였다. 자료를 수정한 후 자료관리에서 수정완료 메뉴를 클릭하여 그 값이 변환되도록 하였으며, 이 과정에서 데이터의 충돌을 피하기 위해 자료수정 모드가 되면 자동적으로 그래프 창이 종료되도록 하였다.

[그림 6.10]은 용탈용수량 예측자료에 대한 그래프 출력화면의 한가지 예를 보인 것이다.



[그림 6.10] 그래프 출력화면 (예 : 용탈용수량)

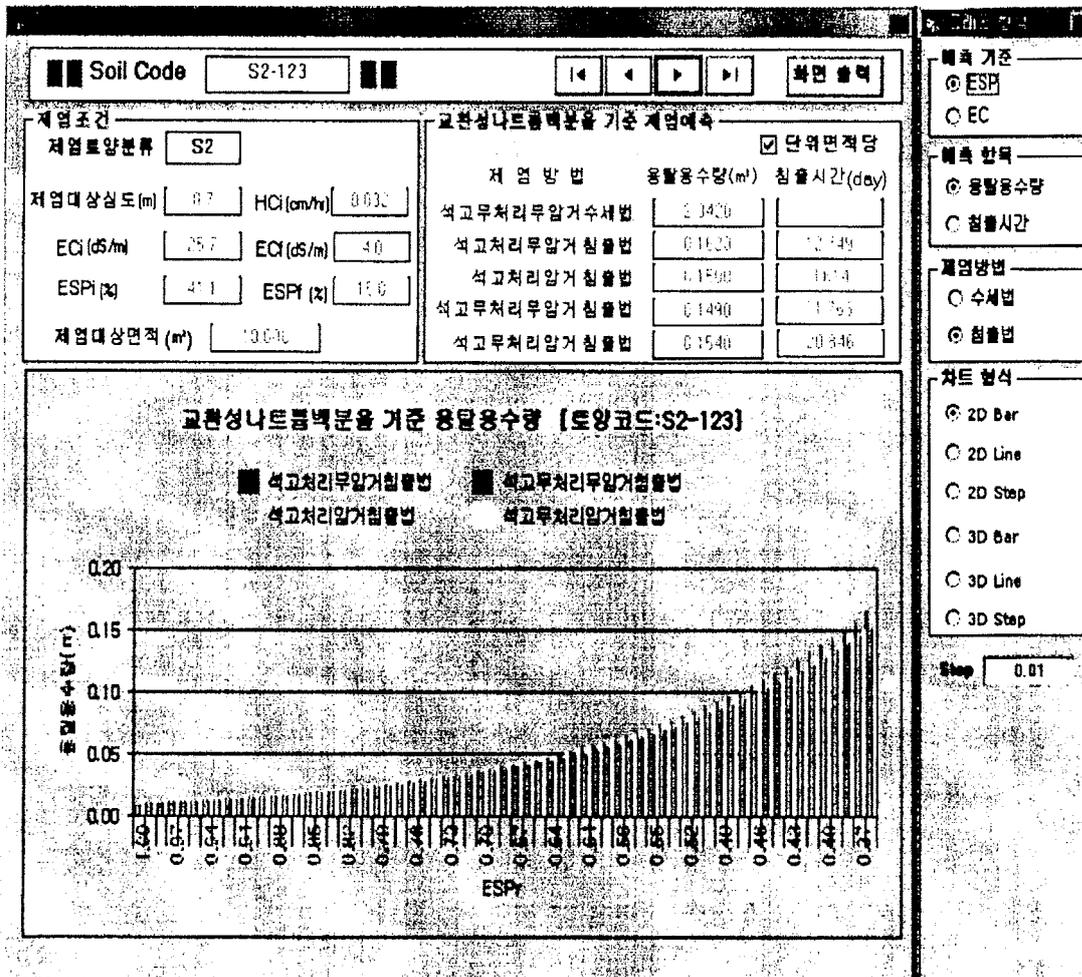
② 보고서 출력

본 프로그램에서는 DB화된 입력 및 분석자료와 제염예측 결과를 연계시켜 [그림 6.11]에서 보는 바와 같이 정형화된 보고서 형식으로 출력할 수 있게 하였다.

입력자료에 대한 보고서는 프로그램의 토양입력자료 폼에서 추가된 토양의 물리적 특성, 화학적 특성, 제염조건, 토양분류 등의 자료로 구성되어 있으며, 이들 입력자료와 용탈용수량, 침출시간, 석고소요량, 수리전도도 등의 자료를 포함시켜 제염예측결과의 출력보고서를 구성하였다.

제염조건을 조정할 경우 제염조건 프레임을 더블 클릭하여 기존의 입력자료 창을 생성시켜 자동으로 자료수정 모드로 전환되도록 하였다. 자료를 수정한 후 자료관리에서 수정완료 메뉴를 클릭하여 그 값이 변환되도록 하였으며, 이 과정에서 데이터의 충돌을 피하기 위해 자료수정 모드가 되면 자동적으로 그래프 창이 종료되도록 하였다.

[그림 6.10]은 용탈용수량 예측자료에 대한 그래프 출력화면의 한가지 예를 보인 것이다.



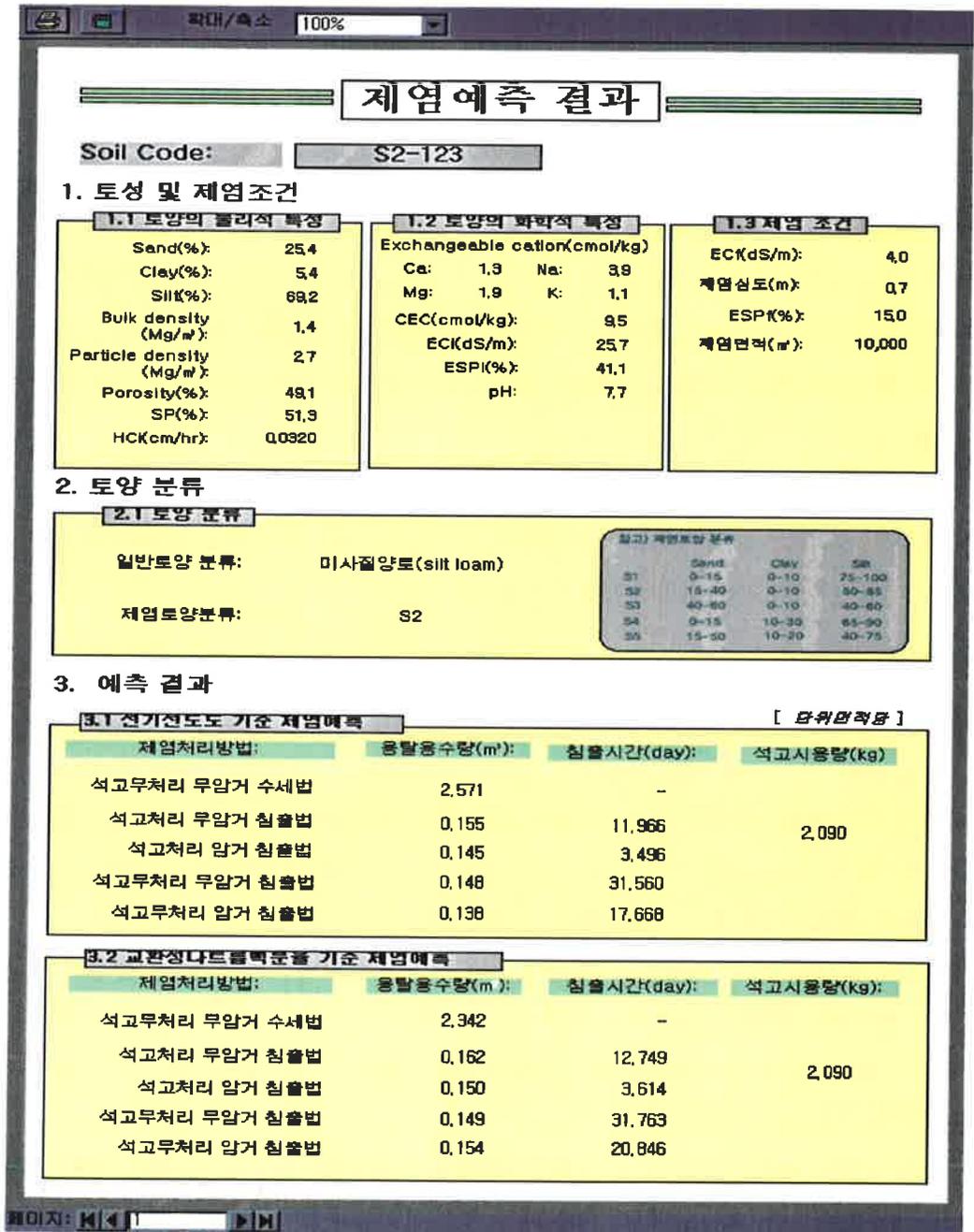
[그림 6.10] 그래프 출력화면 (예: 용탈용수량)

② 보고서 출력

본 프로그램에서는 DB화된 입력 및 분석자료와 제염예측 결과를 연계시켜 [그림 6.11]에서 보는 바와 같이 정형화된 보고서 형식으로 출력할 수 있게 하였다.

입력자료에 대한 보고서는 프로그램의 토양입력자료 폼에서 추가된 토양의 물리적 특성, 화학적 특성, 제염조건, 토양분류 등의 자료로 구성되어 있으며, 이들 입력자료와 용탈용수량, 침출시간, 석고소요량, 수리전도도 등의 자료를 포함시켜 제염예측결과의 출력보고서를 구성하였다.

상단부의 내보내기 기능을 통해 텍스트문서로도 저장할 수 있도록 하였고, 또한 프로그램의 각 폼에서 화면출력 버튼을 클릭하여 입력자료나 예측자료 등의 내용을 즉시 인쇄할 수 있도록 설계하였다.



[그림 6.11] 보고서 출력화면 (예)

상단부의 내보내기 기능을 통해 텍스트문서로도 저장할 수 있도록 하였고, 또한 프로그램의 각 폼에서 화면출력 버튼을 클릭하여 입력자료나 예측자료 등의 내용을 즉시 인쇄할 수 있도록 설계하였다.



[그림 6.11] 보고서 출력화면 (예)

제4절 제염예측 프로그램의 검증

본 제염예측 프로그램은 비가림 비닐하우스내의 라이시미터 제염시험자료에 의해 구한 제염예측 회귀모형을 적용하여 개발한 것이다. 따라서 본 프로그램을 실제로 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염예측에 활용할 수 있는지의 적용타당성을 검토하기 위한 검증자료를 구하고자, 자연적인 기상조건하에서 강우를 고려한 현장 제염시험(보완시험)을 실시하였으며, 제염시험결과를 이용하여 프로그램의 유의성 및 제한성을 검증하였다.

1. 제염시설의 정비

- (1) 제염예측 프로그램의 검증자료를 구하기 위하여, 가로×세로×높이가 9.0×3.0×1.2m인 대형 라이시미터를 2000년 2월 전북대학교 농과대학 실험포장에 설치하였다.
- (2) 강우량을 표토 위에 저류시켜 용탈용수량으로 사용하기 위해 라이시미터의 벽을 표토상부 30cm 높이까지 연장하여 설치하였다.
- (3) 자연강우에 의한 강우량만을 용탈용수량으로 보는 시험구(DT1)와 강우량 외에 무강우시에도 연속해서 인위적으로 용탈용수량을 공급하는 시험구(DT2)로 구분하였으며, 암거를 설치하지 않은 무암거 시험구로 정비하였다.

2. 제염시험 및 조사방법

- (1) 2000년 3월 15일부터 9월 27일까지 2주간격으로 제염시험을 수행하였다.
- (2) 제염방법은 토양개량제를 사용하지 않은 석고무처리 침출법을 적용하였으며, 시험대상 토양으로는 제염토양분류상 S2 토양에 해당하는 새만금지구 간척지 토양을 사용하였다.
- (3) 표토층, 토심 20cm, 40cm 및 60cm 깊이에서 토양시료를 채취하여 포화토양 추출액의 전기전도도를 측정하였으며, 그 평균값을 검증자료로 이용하였다.
- (4) 자연강우에 의해서만 제염하는 경우의 실제 침투량은 다음과 같이 산출하였다. 측정기간 동안 계속해서 담수상태일 때는 강우량에 감수심(일정수위 기준)을 더한 값에서 증발량을 제하여 계산하였으며, 측정기간중 무담수상태로 되는 경우가 있을 때는 강우량에서 표토의 증발량을 제하여 계산하였다.
- (5) 무강우시에는 자연강우에 의한 표토의 잔류수가 침투와 증발에 의하여 거의 없어질 때를 기준으로 해서 수심 20cm 정도의 용탈용수량을 연속해서 공급했으며, 이 경우 실제 침투량은 감수심에서 증발량을 제하여 산출하였다.

- (6) 강수량만을 용탈용수량으로 고려하는 DT1 시험구의 경우는 강우가 시작되는 시간부터 표토에 잔류수가 남아 있는 기간을 침출시간으로 계산하였고, 인위적으로 용탈용수량을 공급하는 DT2 시험구의 경우는 제염시험 전기간을 침출시간으로 간주하였다.
- (7) 수리전도도는 수심으로 산출한 용탈용수량을 침출시간으로 나누어 계산하였다.

3. 프로그램 검증에 위한 제염시험 실측치

위에서 기술한 제염시험 및 조사방법에 의하여 구한 DT1 및 DT2 시험구의 제염시험자료를 2주간의 측정일 별로 정리하면 [표 6.5] 및 [표 6.6]에서 보는 바와 같다.

[표 6.5] 프로그램 검증을 위한 제염시험자료 (DT1 시험구의 실측치)

| 측정일 | 용탈용수량 (침출수심:cm) | 침출시간(hr) | 전기전도도(dS/m) | 수리전도도(cm/hr) |
|-------------|--------------------|----------|-------------|--------------|
| 2000. 3. 15 | - | - | 26.5 | 0.035 |
| 3. 29 | 2.2 | 70 | 24.8 | 0.031 |
| 4. 12 | 2.5 | 79 | 25.7 | 0.033 |
| 4. 26 | 5.7 | 201 | 21.3 | 0.027 |
| 5. 10 | 6.4 | 226 | 22.6 | 0.028 |
| 5. 24 | 6.8 | 239 | 23.0 | 0.031 |
| 6. 07 | 8.5 | 302 | 21.6 | 0.027 |
| 6. 21 | 14.9 | 638 | 14.5 | 0.019 |
| 7. 05 | 19.4 | 974 | 9.7 | 0.013 |
| 7. 19 | 22.2 | 1,310 | 7.2 | 0.008 |
| 8. 02 | 24.5 | 1,646 | 6.0 | 0.007 |
| 8. 16 | 26.4 | 1,982 | 5.5 | 0.006 |
| 8. 30 | 28.0 | 2,318 | 5.2 | 0.005 |
| 9. 13 | 29.3 | 2,654 | 5.0 | 0.004 |
| 9. 27 | 30.5 | 2,990 | 4.8 | 0.004 |

[표 6.6] 프로그램 검증을 위한 제염시험자료 (DT2 시험구의 실측치)

| 측정일 | 용탈용수량 (침출수심:cm) | 침출시간(hr) | 전기전도도(dS/m) | 수리전도도(cm/hr) |
|-------------|--------------------|----------|-------------|--------------|
| 2000. 3. 15 | - | - | 26.5 | 0.035 |
| 3. 29 | 7.2 | 336 | 17.8 | 0.021 |
| 4. 12 | 12.3 | 672 | 10.7 | 0.015 |
| 4. 26 | 15.9 | 1,008 | 7.5 | 0.011 |
| 5. 10 | 18.5 | 1,344 | 6.0 | 0.008 |
| 5. 24 | 20.7 | 1,680 | 5.4 | 0.007 |
| 6. 07 | 22.7 | 2,016 | 5.1 | 0.006 |
| 6. 21 | 24.6 | 2,352 | 4.8 | 0.006 |
| 7. 05 | 26.2 | 2,688 | 4.4 | 0.005 |
| 7. 19 | 27.8 | 3,024 | 4.2 | 0.005 |
| 8. 02 | 29.0 | 3,360 | 4.0 | 0.004 |
| 8. 16 | 30.3 | 3,696 | 3.9 | 0.004 |
| 8. 30 | 31.5 | 4,032 | 3.7 | 0.004 |
| 9. 13 | 32.4 | 4,368 | 3.5 | 0.003 |
| 9. 27 | 33.3 | 4,704 | 3.4 | 0.003 |

[표 6.5]와 [표 6.6]에서 보는 용탈용수량은 토양내로 침투하여 염분용탈에 이용된 수량을 침출수심으로 표시한 것이며, 용탈용수량 및 침출시간은 측정기간 동안의 누가치를 기록하였다. 전기전도도는 측정일의 값이고 수리전도도는 각 측정기간 2주간의 평균치이다.

4. 제염시험 실측치에 대한 제염예측 프로그램 추정치

강우시에 강우량만을 용탈용수량으로 고려하는 DT1 제염시험구 및 무강우시에도 강우량 외에 용탈용수량을 연속적으로 공급하는 DT2 제염시험구의 제염시험 실측치에 대한 제염예측 프로그램 추정치를 구하여 정리하면 [표 6.7] 및 [표 6.8]과 같다.

[표 6.7] 전기전도도의 실측치에 대한 용탈용수량의 추정치

| 측정일 | DT1 제염시험구 | | | | DT2 제염시험구 | | | |
|-------------|-----------------|------------------|----------------------------|--------------|-----------------|------------------|----------------------------|--------------|
| | 전기전도도 실측치 | | 용탈용수량 추정치 | | 전기전도도 실측치 | | 용탈용수량 추정치 | |
| | 전기전도도 (dS/m) | 상대전기 전도도(ECr) | 단위면적당 (m ³) | 수심단위 (cm) | 전기전도도 (dS/m) | 상대전기 전도도(ECr) | 단위면적당 (m ³) | 수심단위 (cm) |
| 2000. 3. 15 | 26.5 | 1.00 | - | - | 26.5 | 1.00 | - | - |
| 3. 29 | 24.8 | 0.94 | 0.024 | 2.4 | 17.8 | 0.67 | 0.034 | 3.4 |
| 4. 12 | 25.7 | 0.97 | 0.023 | 2.3 | 10.7 | 0.40 | 0.057 | 5.7 |
| 4. 26 | 21.3 | 0.80 | 0.028 | 2.8 | 7.5 | 0.28 | 0.082 | 8.2 |
| 5. 10 | 22.6 | 0.85 | 0.026 | 2.6 | 6.0 | 0.23 | 0.100 | 10.0 |
| 5. 24 | 23.0 | 0.87 | 0.026 | 2.6 | 5.4 | 0.20 | 0.115 | 11.5 |
| 6. 07 | 21.6 | 0.82 | 0.027 | 2.7 | 5.1 | 0.19 | 0.121 | 12.1 |
| 6. 21 | 14.5 | 0.55 | 0.041 | 4.1 | 4.8 | 0.18 | 0.128 | 12.8 |
| 7. 05 | 9.7 | 0.37 | 0.062 | 6.2 | 4.4 | 0.17 | 0.136 | 13.6 |
| 7. 19 | 7.2 | 0.27 | 0.085 | 8.5 | 4.2 | 0.16 | 0.144 | 14.4 |
| 8. 02 | 6.0 | 0.23 | 0.100 | 10.0 | 4.0 | 0.15 | 0.154 | 15.4 |
| 8. 16 | 5.5 | 0.21 | 0.109 | 10.9 | 3.9 | 0.15 | 0.154 | 15.4 |
| 8. 30 | 5.2 | 0.20 | 0.115 | 11.5 | 3.7 | 0.14 | 0.165 | 16.5 |
| 9. 13 | 5.0 | 0.19 | 0.121 | 12.1 | 3.5 | 0.13 | 0.178 | 17.8 |
| 9. 27 | 4.8 | 0.18 | 0.128 | 12.8 | 3.4 | 0.13 | 0.178 | 17.8 |

[표 6.7]에 나타낸 용탈용수량 추정치는 제6장 3절 1항의 [표 6.1] 상대전기전도도를 기준으로 한 용탈용수량 추정방정식(석고무처리 침출법 무암거구)을 적용하여 구한 값으로, 제염토심을 0.7m로 가정하고 용탈용수량을 단위면적당 m³ 단위로 산출하여 수심단위(cm)로 환산하였다.

[표 6.8] 용탈용수량의 실측치에 대한 침출시간 및 수리전도도의 추정치

| 측정일 | DT1 제염시험구 | | | | DT2 제염시험구 | | | |
|-------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|
| | 용탈용수량 실측치 | | 프로그램 추정치 | | 용탈용수량 실측치 | | 프로그램 추정치 | |
| | 수심단위 (cm) | 침출수량 (Dw/Ds) | 침출시간 (hr) | 수리전도도 (cm/hr) | 수심단위 (cm) | 침출수량 (Dw/Ds) | 침출시간 (hr) | 수리전도도 (cm/hr) |
| 2000. 3. 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3. 29 | 2.2 | 0.03 | 88 | 0.039 | 7.2 | 0.10 | 249 | 0.024 |
| 4. 12 | 2.5 | 0.04 | 105 | 0.036 | 12.3 | 0.18 | 576 | 0.017 |
| 4. 26 | 5.7 | 0.08 | 192 | 0.027 | 15.9 | 0.23 | 877 | 0.013 |
| 5. 10 | 6.4 | 0.09 | 219 | 0.025 | 18.5 | 0.26 | 1,101 | 0.012 |
| 5. 24 | 6.8 | 0.10 | 249 | 0.024 | 20.7 | 0.29 | 1,360 | 0.010 |
| 6. 07 | 8.5 | 0.12 | 314 | 0.022 | 22.7 | 0.32 | 1,657 | 0.009 |
| 6. 21 | 14.9 | 0.21 | 747 | 0.015 | 24.6 | 0.35 | 1,995 | 0.008 |
| 7. 05 | 19.4 | 0.28 | 1,269 | 0.011 | 26.2 | 0.37 | 2,245 | 0.007 |
| 7. 19 | 22.2 | 0.32 | 1,657 | 0.009 | 27.8 | 0.40 | 2,660 | 0.006 |
| 8. 02 | 24.5 | 0.35 | 1,995 | 0.008 | 29.0 | 0.41 | 2,809 | 0.006 |
| 8. 16 | 26.4 | 0.38 | 2,378 | 0.007 | 30.3 | 0.43 | 3,125 | 0.005 |
| 8. 30 | 28.0 | 0.40 | 2,660 | 0.006 | 31.5 | 0.45 | 3,464 | 0.005 |
| 9. 13 | 29.3 | 0.42 | 2,964 | 0.006 | 32.4 | 0.46 | 3,643 | 0.004 |
| 9. 27 | 30.5 | 0.44 | 3,292 | 0.005 | 33.3 | 0.48 | 4,021 | 0.004 |

[표 6.8]에서 보는 용탈용수량 (침출수량 : Dw/Ds)의 실측치에 대한 침출시간의 추정치는 제6장 3절 2항 [표 6.3] 침출시간 예측을 위한 추정방정식(석고무처리 침출법 무암거구 S2토양)을 적용하여 구한 값으로, 제염토심을 70cm 가정하여 산출하였으며 시간단위(hr)로 환산하였다.

또한 수리전도도의 추정치는 제6장 3절 4항 [표 6.4] 수리전도도 예측을 위한 추정방정식(석고무처리 침출법 무암거구 S2토양)을 적용하여 구한 값이다.

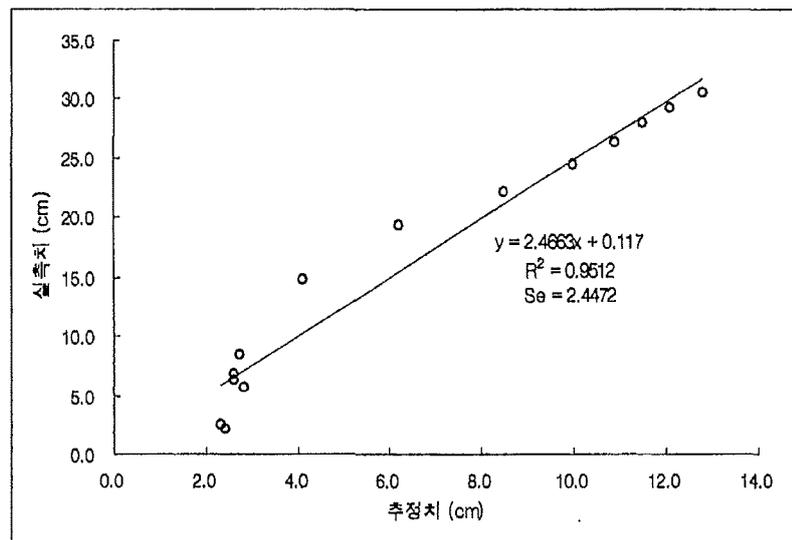
5. 추정치와 실측치 간의 유의성 및 제한성 검증

제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치와 자연적인 기상조건을 고려한 제염시험에서 얻은 실측치간의 상관분석 및 회귀분석을 통하여, 전기전도도를 기준으로 한 용탈용수량의 추정 및 침출수량의 변화에 따른 침출시간과 수리전도도의 추정에 대한 프로그램의 유의성 및 제한성을 검증하였다.

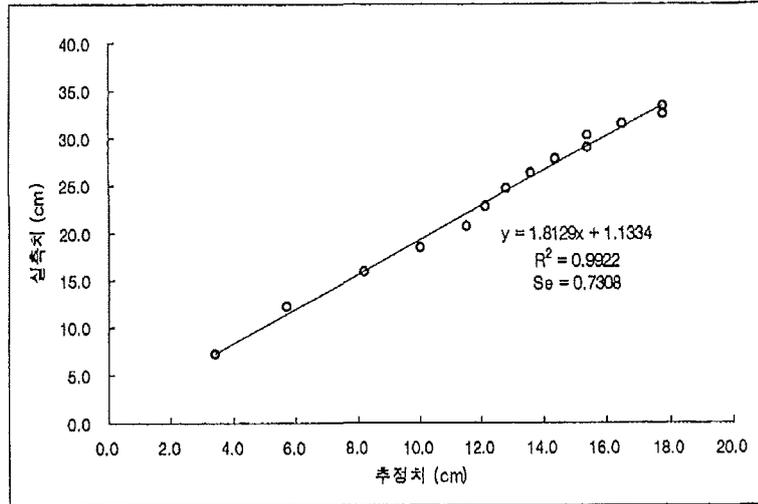
(1) 용탈용수량 추정에 대한 검증

전기전도도를 기준으로 하여 동일한 염분농도로 감소될 때까지 필요한 용탈용수량의 실측치 ([표 6.5] 및 [표 6.6] 참고)와 이에 대한 추정치 ([표 6.7] 참고) 사이의 상관분석 및 회귀분석 결과를 이용하여 용탈용수량 추정에 대하여 검증하였다.

강우시에 강우량만을 용탈용수량으로 고려하는 DT1 제염시험구의 경우 추정치(x)와 실측치(y) 사이의 회귀분석을 통하여 얻은 결과를 도시하면 [그림 6.12]와 같고, 무강우시에도 강우량 외에 용탈용수량을 연속적으로 공급하는 DT2 제염시험구에 대한 결과를 그래프로 나타내면 [그림 6.13]에서 보는 바와 같다.



[그림 6.12] 용탈용수량의 추정치와 실측치 사이의 회귀분석 (DT1 제염시험구)



[그림 6.13] 용탈용수량의 추정치와 실측치 사이의 회귀분석 (DT2 제염시험구)

DT1 및 DT2 제염시험구에서 구한 용탈용수량의 실측치와 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치 사이의 상관분석 결과 상관계수(r)는 각각 0.9753, 0.9961, 유의성 검정을 위한 검정통계량 t값은 각각 15.3002, 39.1338로서, DT1 및 DT2 제염시험구에서 모두 실측치와 추정치 사이에 고도의 유의성이 인정되었다.

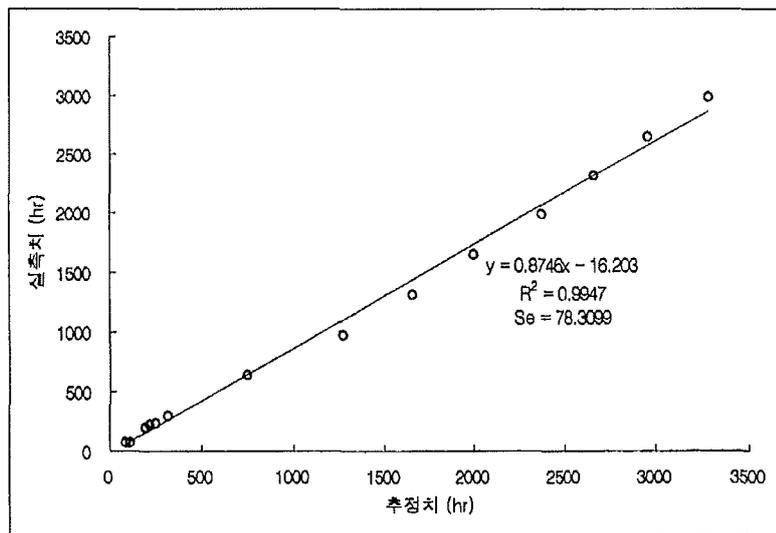
또한 DT1 및 DT2 제염시험구의 경우 추정치(x)와 실측치(y)사이의 회귀분석 결과 [그림 6.12] 및 [그림 6.13]에서 보는 바와 같이, DT1 및 DT2 제염시험구에서 모두 선형회귀방정식으로 표시되었으며, 회귀계수는 각각 2.4663, 1.8129로 나타났다. 따라서 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치를 실제 예측치로 활용하기 위해서는 이 회귀계수의 값을 추정치에 대한 보정계수로 적용해야 실측치에 가까운 값을 얻을 수 있으리라고 판단된다. 그러나 위의 회귀분석에서 구한 실측치에 대한 추정치의 표준오차(Se)를 살펴보면, DT1 제염시험구의 경우 $Se=2.4472$, DT2 제염시험구의 경우 $Se=0.7308$ 로 DT1에서는 DT2에 비하여 3배 이상 매우 크게 산정되었으며, 이 표준오차는 실제 제염작업을 실시하는 경우 용탈용수량을 고려할 때 DT2에서는 프로그램의 적용에 영향을 미치지 않을 것으로 보지만, DT1에서는 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

위에서 언급한 실측치와 추정치에 대한 상관분석 및 회귀분석 결과와 현장의 기상조건, 물관리 방법, 회귀모형의 특성 등을 종합해서 프로그램의 적용타당성을 고찰하면, 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염예측에서 용탈용수량을 추정할 때 강수량 외에 무강우시에도 용탈용수량을 연속적으로 공급하는 DT2의 경우에는 본 제염예측 프로그램의 적용타당성이 충분히 인정된다. 그러나 강우시에만 용탈용수량을 공급하는 것으로 간주하는 DT1의 경우에는 [그림 6.12]에서 나타난 바와 같이 제염초기에 실제와 큰 차이가 있을 수 있기 때문에 프로그램을 적용할 때 이에 대한 보완이 필요하다고 보며, 앞으로 프로그램을 수정하기 위한 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

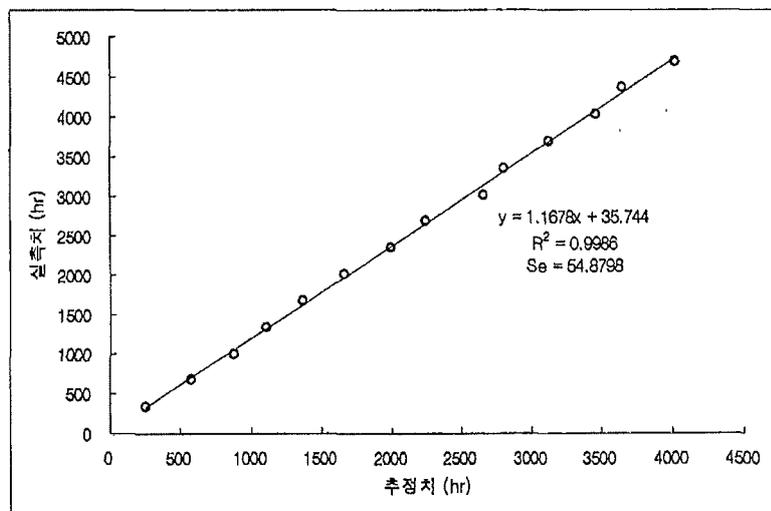
(2) 침출시간 추정에 대한 검증

현지 기상조건을 고려한 제염시험에서 동일한 용탈용수량이 소요될 때까지 걸리는 침출시간의 실측치([표 6.5] 및 [표 6.6] 참고)와 이에 대한 프로그램의 추정치([표 6.8] 참고) 사이에 상관 분석 및 회귀분석을 통하여 침출시간 추정에 대한 검증을 실시하였다.

DT1 및 DT2 제염시험구의 경우 추정치(x)와 실측치(y)사이의 회귀분석을 통하여 얻은 결과를 도시하면 [그림 6.14] 및 [그림 6.15]와 같다.



[그림 6.14] 침출시간의 추정치와 실측치 사이의 회귀분석 (DT1 제염시험구)



[그림 6.15] 침출시간의 추정치와 실측치 사이의 회귀분석 (DT2 제염시험구)

DT1 및 DT2 제염시험구에서 구한 침출시간의 실측치와 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치 사이의 상관분석 결과 상관계수(r)는 각각 0.9973, 0.9993, 유의성 검정을 위한 검정통계량 t 값은 각각 47.4311, 92.2809로서, DT1 및 DT2 제염시험구에서 모두 실측치와 추정치 사이에 고도의 유의성이 인정되었다.

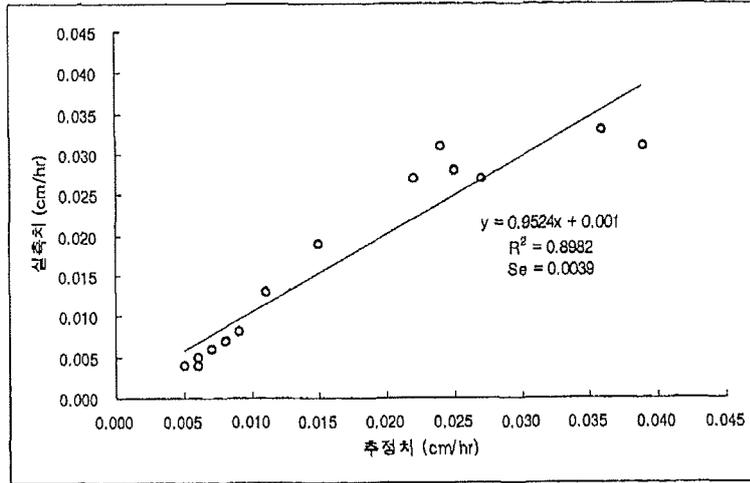
DT1 및 DT2 제염시험구의 경우 추정치(x)와 실측치(y)사이의 회귀분석 결과 [그림 6.14] 및 [그림 6.15]에서 보는 바와 같이, DT1 및 DT2 제염시험구에서 모두 선형회귀방정식으로 표시되었으며, 회귀계수는 각각 0.8746, 1.1678로 나타났다. 따라서 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치를 실제 예측치로 활용하기 위해서는 이 회귀계수의 값을 추정치에 대한 보정계수로 적용해야 실측치에 가까운 값을 얻을 수 있으리라고 판단된다. 또한 실측치에 대한 추정치의 표준오차 (Se)를 살펴보면, DT1 제염시험구의 경우 $Se=78.3099$, DT2 제염시험구의 경우 $Se=54.8798$ 로 실제 제염작업을 실시하는 경우 침출시간을 고려하면 이 표준오차는 프로그램의 적용에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 본다.

위에서 언급한 실측치와 추정치에 대한 상관분석 및 회귀분석 결과와 현장의 기상조건, 물관리 방법, 회귀모형의 특성 등을 종합해서 프로그램의 적용타당성을 고찰하면, 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염예측에서 침출시간을 추정할 때 강우시에만 용탈용수량을 공급하는 것으로 간주하는 DT1의 경우나 강우량 외에 무강우시에도 용탈용수량을 연속적으로 공급하는 DT2의 경우에 모두 본 제염예측 프로그램의 적용타당성이 충분히 인정된다. 그러나 DT1의 경우 실제로 제염 기간을 예측할 때는 현지의 기상조건에 따라 지표에 잔류수가 없는 무강우일수를 반드시 고려해야 할 것으로 판단한다.

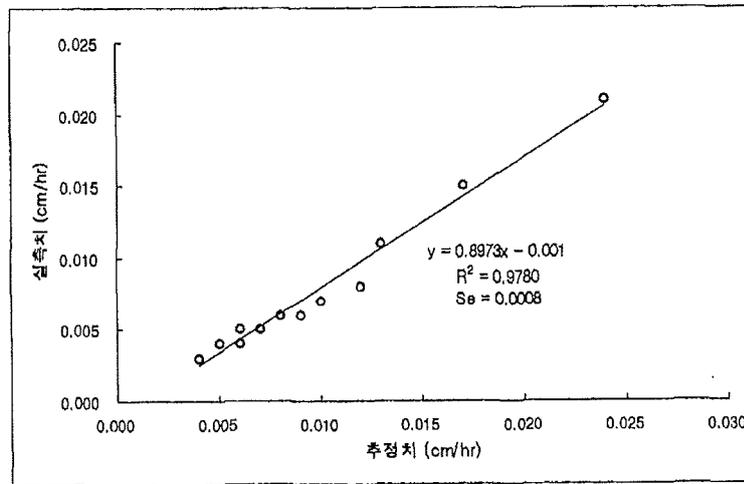
(3) 수리전도도 추정에 대한 검증

현지 기상조건을 고려한 제염시험에서 동일한 용탈용수량이 소요될 때 수리전도도의 실측치 ([표 6.5] 및 [표 6.6] 참고)와 이에 대한 프로그램의 추정치([표 6.8] 참고) 사이에 상관분석 및 회귀분석을 통하여 수리전도도 추정에 대하여 검증하였다.

DT1 및 DT2 제염시험구의 경우 제염예측 프로그램에 의해 구한 추정치(x)와 제염시험에서 측정한 실측치(y)사이의 회귀분석을 통하여 얻은 결과를 도시하면 [그림 6.16] 및 [그림 6.17]에 나타난 바와 같다.



[그림 6.16] 수리전도도의 추정치와 실측치 사이의 회귀분석 (DT1 제염시험구)



[그림 6.17] 수리전도도의 추정치와 실측치 사이의 회귀분석 (DT2 제염시험구)

DT1 및 DT2 제염시험구에서 구한 수리전도도의 실측치와 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치 사이의 상관분석 결과 상관계수(r)는 각각 0.9477, 0.9889, 유의성 검정을 위한 검정통계량 t값은 각각 10.2872, 23.0986으로서, DT1 및 DT2 제염시험구에서 모두 실측치와 추정치 사이에 고도의 유의성이 인정되었다.

DT1 및 DT2 제염시험구의 경우 추정치(x)와 실측치(y)사이의 회귀분석 결과 [그림 6.16] 및 [그림 6.17]에서 보는 바와 같이, DT1 및 DT2 제염시험구에서 모두 선형회귀방정식으로 표시되었으며, 회귀계수는 각각 0.9524, 0.8973으로 나타났다. 따라서 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치를 실제 예측치로 활용하기 위해서는 이 회귀계수의 값을 추정치에 대한 보정계수로 적용해야 실측치에 가까운 값을 얻을 수 있으리라고 판단된다. 그러나 위의 회귀분석에서 구한

실측치에 대한 추정치의 표준오차(Se)를 살펴보면, DT1 제염시험구의 경우 $Se=0.0039$, DT2 제염시험구의 경우 $Se=0.0008$ 로 DT1에서는 DT2에 비하여 약 5배정도 매우 크게 산출되었으며, 이 표준오차는 실제 제염작업을 실시하는 경우 수리전도도를 고려할 때 DT2에서는 프로그램의 적용에 영향을 미치지 않을 것으로 보지만, DT1에서는 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

위에서 언급한 실측치와 추정치에 대한 상관분석 및 회귀분석 결과와 현지의 기상조건, 물관리 방법, 회귀모형의 특성 등을 종합해서 프로그램의 적용타당성을 고찰하면, 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염예측에서 수리전도도를 추정할 때 강우량 외에 무강우시에도 용탈용수량을 연속적으로 공급하는 DT2의 경우에는 본 제염예측 프로그램의 적용타당성이 충분히 인정된다. 그러나 강우시에만 용탈용수량을 공급하는 것으로 간주하는 DT1의 경우에는 실측치와 추정치 사이에 실제와 큰 차이가 있을 수 있기 때문에 프로그램을 적용할 때 이에 대한 보완이 필요하다고 보며, 앞으로 프로그램을 수정하기 위한 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

(4) 용탈용수량, 침출시간 및 수리전도도 추정에 대한 검증의 종합고찰

개발초기 고염도 간척지토양의 제염예측 프로그램을 석고무처리 무암거구 침출법에 적용하여 용탈용수량, 침출시간 및 수리전도도를 연계하여 추정하고자 할 경우, 실측치와 추정치에 대한 상관분석 및 회귀분석 결과와 현지의 기상조건, 물관리방법, 회귀모형의 특성 등을 종합해서 프로그램의 적용타당성을 고찰하면 다음과 같다.

강우시의 강우량 외에 무강우시에도 인위적인 방법으로 용탈용수량을 연속해서 공급하는 경우에는 본 제염예측 프로그램을 고염도 간척지의 제염예측에 활용할 수 있다는 유의성이 충분히 검증되었다.

강우시의 강우량만을 용탈용수량으로 사용하는 경우에 제염예측 프로그램을 적용하기 위해서는 이에 대한 적절한 보완이 선행되어야 하며, 앞으로 프로그램을 수정하기 위한 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다. 특히 제염기간 및 수리전도도의 예측을 고려하여 현지의 기상조건에 따라 지표에 잔류수가 없는 무강우일수를 반드시 고려해야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 시험장소 및 시기 등 현장시험 여건이 조성되지 못하여 토성이나 제염방법 전반에 대한 검증이 불가능하였기 때문에, 제염토양분류상 S2 토양에 해당하는 새만금지구 간척지 토양을 대상으로 석고무처리 무암거구 침출법에 대해서만 검증하였다.

따라서 본 연구에서 개발한 제염예측 프로그램을 토성이나 제염방법에 관계없이 개발초기 고염도 간척지의 제염대책수립에 더욱 합리적이고 일반적으로 활용하기 위해서는, 실제로 고염도 간척지에서 모든 토성 및 제염방법에 대하여 현지의 기상조건, 물관리체계 등 지역특성을 고려한 폭넓은 제염시험을 통하여 더욱더 구체적으로 검증할 필요가 있다고 본다.

제 7 장

간척지 개발초기의 제염대책

제7장 간척지 개발초기의 제염대책

제1절 서론

1. 연구개발 목표 및 내용

(1) 연구목표

간척사업에 의해 새로 조성되는 개발초기 고염도 간척지를 효과적으로 제염시켜 토지생산성이 높은 환경보전적 간척농지로 활용하기 위한 농지확대 개발사업계획과 산업화·도시화로 인한 토지수요를 충족시키기 위한 간척자원의 효율적인 이용방안 수립 등에 기여하고자, 기상조건, 토성, 물관리방법, 토양개량제 처리 및 암거시설 등을 고려하여 간척지 개발초기의 제염대책을 수립하였다.

(2) 연구내용

- 간척지 토양의 조사방법, 추진방향 등 제염대책 수립을 위한 기본조사
- 제염대책 수립을 위한 최적의 제염방법 결정
- 효율적인 제염을 위한 물관리시스템 구상
- 제염대책 수립에 적용할 수 있는 제염예측기법의 실용화방안 제시

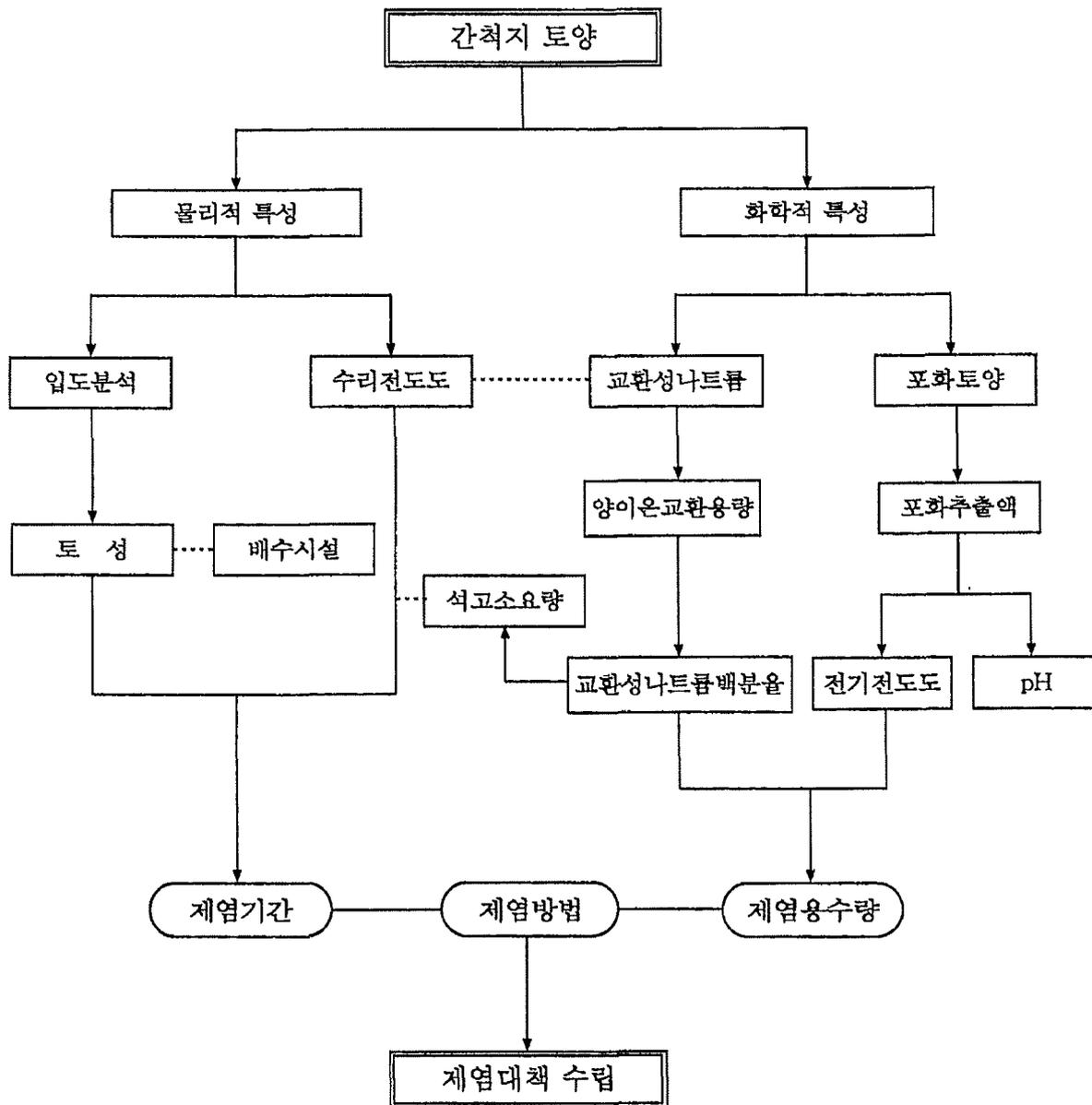
2. 연구수행 방법

- (1) 개발초기 고염도 간척지의 효율적인 제염대책을 수립하기 위한 간척지 토양특성 조사방법 및 추진방향을 설정하였다.
- (2) 제염대상 간척지의 기상조건 등 지역적 특성과 토성, 물관리방법, 석고처리 및 암거시설을 고려하여 제염대책 수립을 위한 최적의 제염방법을 결정도록 하였다.
- (3) 고염도 간척지의 효율적인 간척영농을 실현하기 위한 관개계획을 목표로 하여 제염대책 수립에 적용할 수 있는 물관리시스템을 검토하였다.
- (4) 제염대책을 수립함에 있어서 제염용수량 및 제염기간을 예측할 수 있는 제염예측기법의 실용화방안을 제시하였다.

제2절 제염대책 수립

1. 제염대책 수립을 위한 기본조사

개발초기 고염도 간척지의 효율적인 제염대책을 수립하기 위하여 제염대상 간척지 토양의 특성을 분석하고, 제염에 따른 문제점을 도출하여 처리하는 추진과정을 도시하면 [그림 8.1] 과 같다.



[그림 8.1] 제염대책 수립을 위한 기본조사 추진과정

[그림 8.1]의 추진과정을 간단히 설명하면 다음과 같다.

- (1) 제염대상 간척지 토양의 이화학적 특성을 분석하여, 제염방법, 제염기간 및 제염용수량을 결정하고 제염대책을 수립하기 위한 기초자료로 활용한다.
- (2) 입도분석에 의하여 점토, 실트 및 모래의 함유량을 비교검토하고, 본 연구에서 제시한 간척지토양의 분류방법에 따라 제염대상 토양을 토성별로 분류한다.
- (3) 토양의 투수성을 토성별로 고찰하기 위하여 수리전도도를 측정한다.
- (4) 토성을 기준으로 하고, 수리전도도, 물관리방법, 현지의 기상조건 및 지역적 특성 등을 고려하여 배수시설 및 석고처리 여부를 판단한다.
- (5) 제염 용탈용수량을 산출하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 전기전도도 및 교환성나트륨 백분율 등의 염분농도를 조사한다.
- (6) 포화토양으로부터 포화추출액을 채취하여 전기전도도 및 pH를 측정한다.
- (7) 교환성나트륨과 양이온교환용량을 측정하여 교환성나트륨백분율을 산정한다.
- (8) 양이온교환용량과 교환성나트륨백분율을 적용하여 석고소요량을 산출한다.

2. 최적의 제염방법 결정

토성, 물관리방법, 토양개량제처리 및 암거배수시설 등에 따른 실증적인 제염효과와 제염대상 간척지의 기상조건 및 지역적 특성을 고려하여 제염대책 수립을 위한 최적의 제염방법을 결정 하도록 하였다.

(1) 물관리에 의한 제염방법

간척지토양의 여러 가지 제염방법중에서 제염용수량을 충분히 확보할 수 있다면 개발초기의 고염도 간척지에서는 물관리에 의한 제염방법이 초기 간척영농을 위한 가장 효율적인 방법이라고 볼 수 있다. 물관리에 의한 주요 제염방법인 침출법과 수세법의 특징을 들면 다음과 같다.

가. 침출법의 특징

- ① 투수성이 양호한 토양에서는 자연상태에서 토양내로 물의 침투가 용이하여 지하배수에 의해 큰 제염효과를 얻을 수 있다.
- ② 투수성이 낮은 토양에서는 석고와 같은 적절한 토양개량제를 사용하거나 암거배수시설 등을 통하여 투수성을 높여주어야만 제염효과를 기대할 수 있다.

- ③ 점토를 극히 많이 함유하고 있는 불투수성 토양에서는 토양개량제처리나 암거배수시설을 통해서도 제염효과를 기대하기 어렵다.
- ④ 따라서 침출법은 투수성이 높은 토양에서는 제염용수량이 적게 소요되고 제염작업이 간단하다는 이점이 있는 반면, 투수성이 낮은 토양에서는 토양개량제 및 배수시설에 많은 비용이 들고 제염기간이 길며, 특히 점토함량이 많은 불투수성 토양에서는 제염이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.
- ⑤ 본 연구에서 제시한 간척지 토양분류에 따르면 S1, S2 및 S3토양에서는 침출법이 가능하지만, S4 및 S5 토양에서는 불가능한 것으로 나타났다.

나. 수세법의 특징

- ① 토양의 투수성에 관계없이 표토에 담수한 후 경운 및 썩레질에 의하여 지표배수를 통해 짧은 기간에 제염효과를 얻을 수 있다.
- ② 투수성이 낮은 토양이나 불투수성토양에서도 토양개량제 또는 특별한 배수시설이 없이 제염이 가능하다.
- ③ 따라서 수세법은 토성에 관계없이 모든 간척지 토양에서 제염이 가능하고 제염기간이 짧다는 장점이 있지만, 제염용수량이 많이 소요되며 경운이나 썩레질 등 제염작업이 힘들기 때문에 노동력이 많이 든다는 단점을 가지고 있다. 또한 심토층까지 제염시키기가 어렵다는 단점도 있다.

(2) 제염방법을 결정할 때 고려해야 할 사항

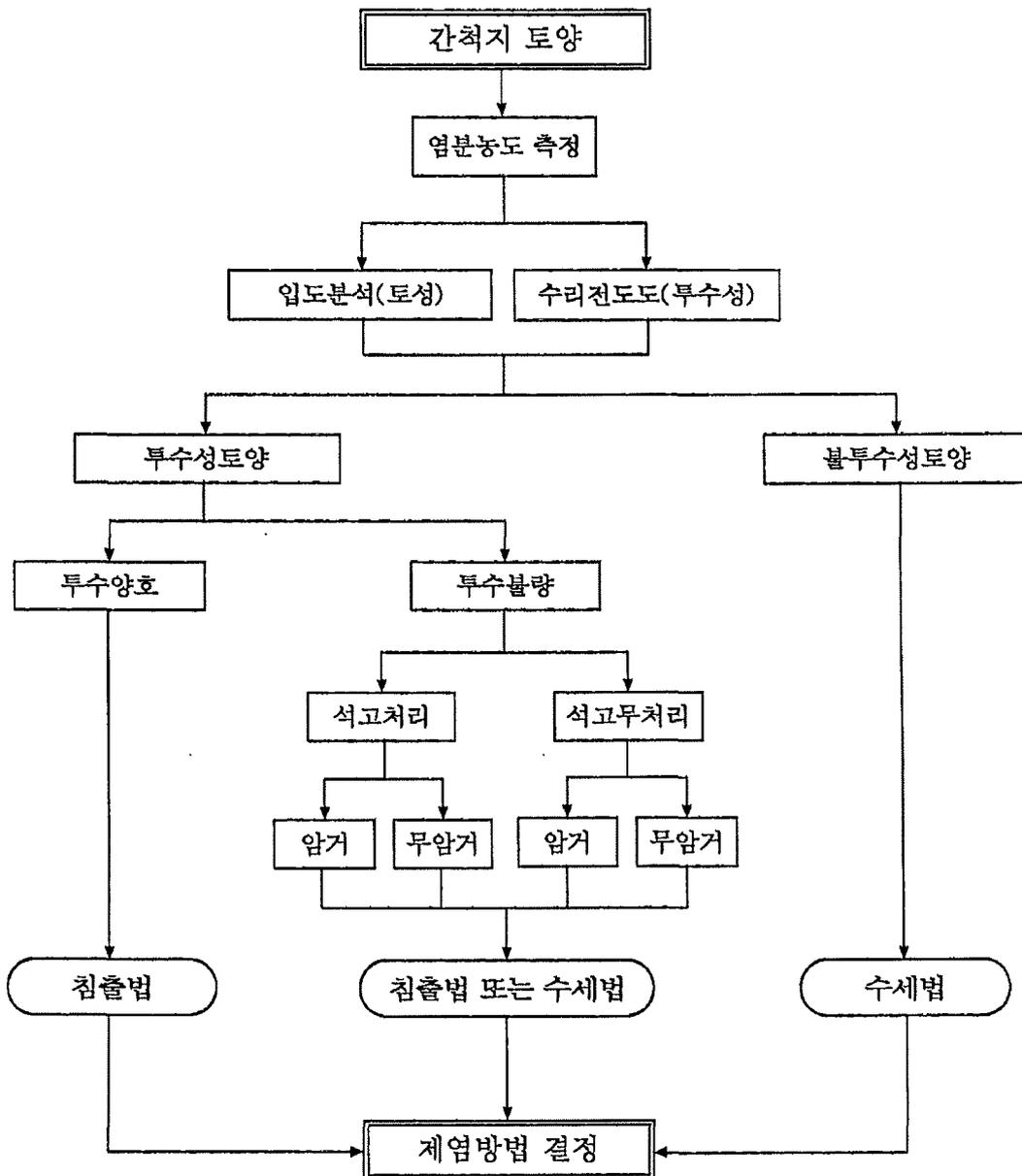
농업생산성이 높은 간척농지의 조성, 계속해서 증가하는 토지수요의 충족 등을 목적으로 간척자원을 효율적으로 활용하기 위하여, 개발초기 고염도 간척지의 합리적인 물관리 제염방법을 결정할 때 고려해야 할 사항을 들면 다음과 같다.

- ① 점토함량이 비교적 적고 투수성이 높은 투수양호토양의 제염에는 침출법을 적용할 수 있다.
- ② 점토함량이 비교적 많고 투수성이 낮은 투수불량토양의 경우에 토양개량제처리 또는 암거배수시설 등을 통하여 침출이 가능하면 침출법을 적용할 수 있다.
- ③ 토양의 투수성에 관계없이 모든 간척지 토양에서 수세법에 의한 제염이 가능하다.
- ④ 토양개량제처리 또는 암거배수시설 등을 통해서도 침출이 불가능한 투수불량토양 또는 점토함량이 매우 많은 불투수성토양의 경우는 수세법에 의해서만 제염이 가능하다.
- ⑤ 물관리에 의한 제염방법을 결정할 때는 먼저 투수성의 정도에 따라 투수양호토양과 투수불량토양으로 구분할 필요가 있다.

⑥ 제염용수량, 제염기간, 경제성 등을 감안하여 토양개량제의 사용여부와 배수시설의 설치 여부를 검토해서 침출법, 수세법 또는 침출법과 수세법을 병용한 제염방법중에서 가장 합리적인 방법을 선택하는 것이 바람직하다.

⑦ 제염방법별 제염효과와 제염대상 간척지의 기상조건 및 지역적 특성을 고려하여 최적의 제염방법을 결정하도록 한다.

위에서 언급한 물관리에 의한 제염방법을 결정할 때 고려해야 할 사항을 감안하여 개발초기의 고염도 간척지에서 제염방법을 결정하는 내용과 순서를 간략하게 도시하면 [그림 8.2]와 같다.



[그림 8.2] 개발초기 간척지의 제염방법 결정

3. 효율적인 제염을 위한 물관리시스템

고염도 간척농지의 농업생산성을 향상시키고 효율적인 간척영농을 실현하기 위한 관개계획을 목표로 하여 제염대책 수립에 적용할 수 있는 물관리시스템을 구상하였다.

(1) 각종 용수량의 정의

물관리시스템에서 사용하는 용탈용수량, 재염화방지용수량, 제염용수량 및 관개용수량의 정의는 다음과 같이 설명할 수 있다.

① 용탈용수량

고염도 간척지의 염분농도를 목표로 하는 염분농도에 달할 때까지 토양염분을 용탈시키는데 필요한 순용수량으로 침출법의 경우는 토양내에 실제로 침투되는 침출수량이며, 수세법의 경우는 제염을 위해 담수시키는 공급수량으로 표시된다.

② 제염용수량

용탈용수량에다 수로조건, 포장조건 등에 의한 시설관리용수량을 더한 값이다.

③ 재염화방지용수량

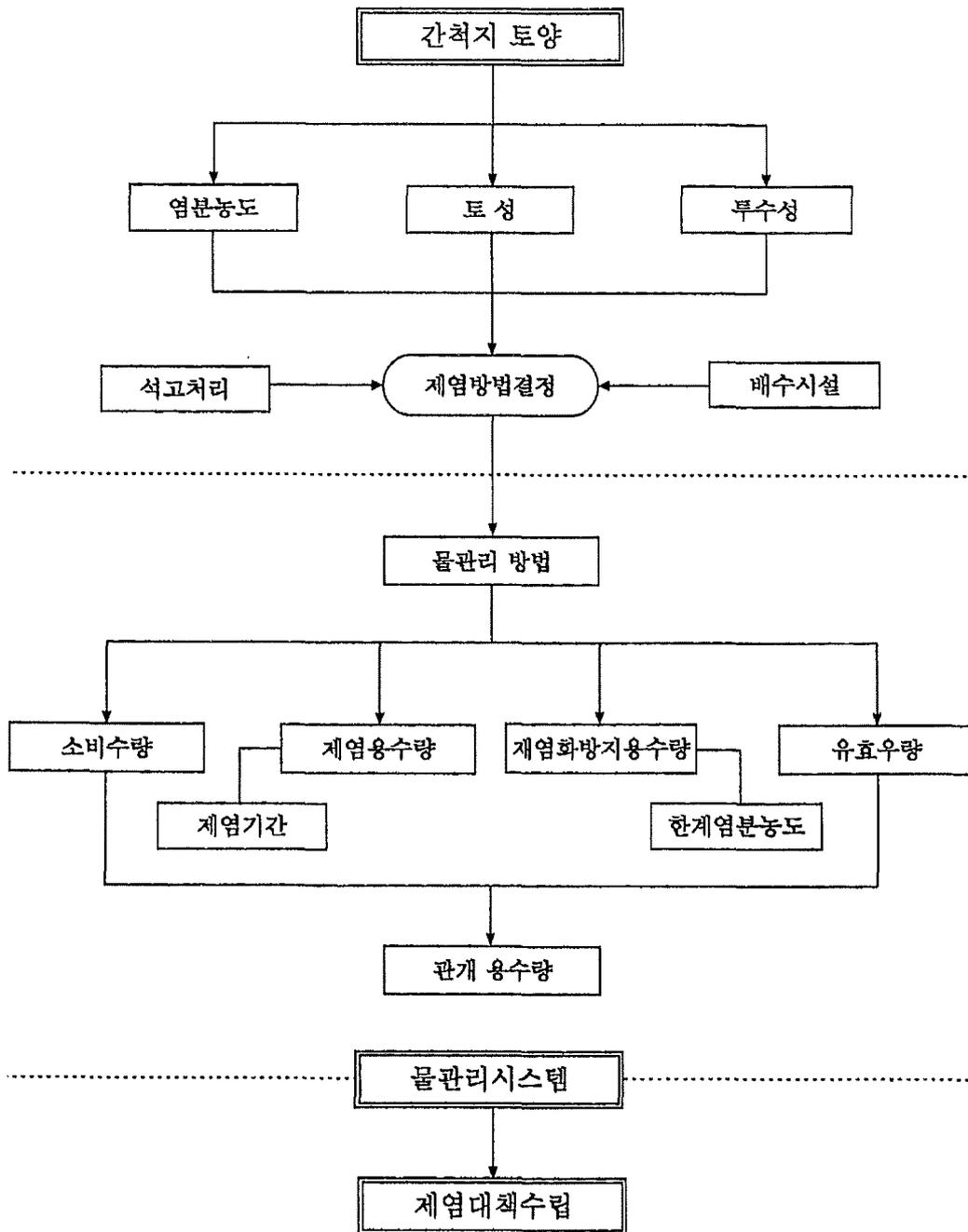
작물생육기간중 근역의 염분집적에 의해 작물의 정상생육을 저해할 정도로 염분농도가 상승하는 것을 방지하기 위해 필요한 용수량이다.

④ 관개용수량

작물의 생육에 필요한 소비수량에 제염용수량 및 재염화방지용수량을 고려하여
[관개용수량] = [소비수량] + [제염용수량] + [재염화방지용수량]의 관계를 적용하여 산정한다.

(2) 작물생육을 고려하여 간척지의 제염대책을 수립하기 위한 물관리 시스템

개발초기 간척지의 효율적인 조기영농을 실현하고 농업생산성을 제고시키기 위하여 고염도 간척지에서 정상적인 작물재배가 가능한 합리적인 제염대책을 수립하는데 활용하고자, 작물재배전 물관리에 의한 제염방법 및 제염용수량, 작물생육기간중 물관리방법, 작물의 소비수량, 재염화 방지용수량, 관개용수량 및 기상조건 등을 고려하여 구상한 물관리시스템을 도시하면 [그림 8.3]에서 보는 바와 같다.



[그림 8.3] 개발초기 간척지의 제염대책 수립을 물관리시스템

제3절 제염예측기법의 실용화방안

개발초기 고염도 간척농지의 효율적인 농업생산기반조성 및 간척자원 활용의 극대화를 위한 제염대책을 수립하는데 적용할 수 있는 제염예측기법(PTDRT)의 실용화방안을 모색하였다.

(1) 제염대상 간척지 토양의 토성별 분류

제염대상 토양의 입도분석에 의한 점토, 실트 및 모래의 함유량을 고려하여 제염예측기법에 의해 본 연구에서 제시한 간척지토양의 분류방법에 따라 제염대상 토양을 토성별로 분류할 수 있으며, 분류된 토성은 제염작업을 원활하게 하기 위한 배수시설 및 석고처리 여부를 판단하는 기준으로 활용된다.

(2) 염분농도 변화 예측

제염예측기법을 적용하여 제염을 위한 용탈용수량의 증가에 따라 전기전도도 및 교환성나트륨 백분율을 기준으로 한 염분농도의 변화를 추정할 수 있기 때문에, 제염기간중에 자연강우 또는 인위적인 방법으로 임의의 제염용수량이 공급될 경우의 염분농도 변화를 예측하여 제염대책수립에 활용할 수 있다.

(3) 제염용수량 예측

제염기간중 사용자가 목표로 하는 한계염분농도에 달할 때까지의 용탈용수량을 추정하고, 제염 대상면적, 제염토심, 현지의 시설관리용수량 등을 고려하여 토성 및 제염방법별로 제염용수량을 예측할 수 있다.

(4) 제염기간 예측

사용자가 목표로 하는 한계염분농도에 달할 때까지의 용탈용수량(침출수량)을 기준으로 하여 추정한 침출시간과 제염과정중 수리전도도(투수성)의 변화, 현지의 기상조건 등을 감안하여, 토성 및 제염방법별로 제염기간을 예측할 수 있다.

(5) 제염방법 결정

제염예측기법을 적용하여 예측한 제염대상 토양의 토성, 제염용수량 및 제염기간을 토대로, 토양의 투수성, 현지의 기상조건, 물관리체계, 경제성 등을 고려하여 최적의 제염방법을 결정할 수 있고, 토양개량제(석고) 처리가 필요한 경우 석고소요량을 산출할 수 있다.

(6) 제염예측기법의 보완·수정

- ① 용탈용수량 및 수리전도도를 추정할 때 강우시에만 용탈용수량을 공급하는 것으로 간주하는 경우에는 실측치와 추정치 사이에 큰 차이가 있을 수 있기 때문에 프로그램을 적용함에 있어서 이에 대한 보완이 필요하다고 보며, 앞으로 프로그램을 수정하기 위한 연구가 계속되어야 할 것으로 판단된다.
- ② 침출시간의 추정치를 이용하여 실제로 제염기간을 예측하는 경우 현지의 기상조건에 따라 지표에 잔류수가 없는 무강우일수를 반드시 고려해야 할 것으로 판단된다.
- ③ 염분농도의 변화를 추정하는 경우는 건조시 표토층의 염분집적에 대하여 검토할 필요가 있다고 생각한다.
- ④ 본 연구에서는 시험장소 및 시기 등 현장시험 여건이 조성되지 못하여 한정된 토성과 제염 방법에 대해서만 프로그램의 검증이 이루어졌다. 따라서 본 제염예측기법을 토성이나 제염 방법에 관계없이 범용화하기 위해서는, 실제로 고염도 간척지에서 모든 토성 및 제염방법에 대하여 광범위한 제염시험을 통하여 더욱더 구체적으로 검증할 필요가 있다고 본다.

제 8 장

요약 및 결론

제8장 요약 및 결론

제1절 간척지의 토양특성 규명 및 특성별 분류

국내외 간척 및 제염 관련자료를 수집하여 검토하고, 전국 대단위 기존 간척지구, 현재 시행중에 있는 간척사업지구 및 간척예정지구를 대상으로 11개 간척지구에서 대표성이 있다고 판단되는 306점의 공시토양을 채취하여 토양분석을 실시하였다. 또한 개발초기 고염도 간척지의 합리적인 제염대책을 수립하기 위한 제염예측기법을 개발하는데 기초자료를 제공하고자, 토양시험자료를 이용하여 간척지 토양의 이화학적 특성을 체계적으로 정확히 분석하고, 기존의 간척지 토양분석 자료를 검토하여 전국 간척지의 토성별 분포율을 조사하였으며, 토양특성에 따라 우리나라의 간척지 토양을 5가지로 분류하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 간척사업 준공지구, 시행중지구, 예정지구별 용적밀도와 입자밀도의 평균값은 각각 1.30, 1.34, 1.32 및 2.62, 2.64, 2.65이고 전체평균은 1.33 및 2.64로 나타났다. 또한 공극율과 포화도의 평균값은 각각 50.4, 49.3, 50.2% 및 54.7, 57.1, 54.0%이고 전체평균은 49.6% 및 56.3%로 조사되었다.

(2) 조사지역의 토성분포는 전체 306개 조사지점중에서 미사토가 약 45%, 미사질양토가 약 45%, 양토가 약 10%를 차지하고 있으며, 토성이 미사토와 미사질양토인 지역을 합하면 전체의 약 90%에 달하였다.

(3) 조사지역 토양의 염분농도는 전체 306개 조사지점중에서 전기전도도(EC) 20~30 dS/m인 토양이 약 63%, 30~40 dS/m인 토양이 약 23%의 분포를 보이고 있어 전체의 약 86% 정도가 20~40 dS/m 범위내에 있으며, 개발초기 간척지토양의 염분농도를 대략 20~40 dS/m 범위로 볼 수 있다고 판단된다.

(4) 조사지역 토양의 pH값은 전체적으로 6.5~7.9 범위내에 분포되어 있고, 전체평균값은 7.2로 조사지역별로 큰 차이가 없었다.

(5) 공시토양의 교환성나트륨백분율(ESP)은 38%가 ESP 30~40%, 53%가 ESP 40~50%로 전체의 약 90% 이상이 ESP 30~50% 범위내에 분포되어 있으며, 개발초기 간척지의 교환성나트륨백분율은 대략 30~50% 범위내에 있는 것으로 나타났다.

(6) 기존의 관련 실험결과와 본 조사지역 토양의 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 pH 등 이화학적성질을 종합해서 분석해 볼 때, 우리나라 간척지토양은 USDA Salinity Laboratory의 염해토양분류법상 염류알칼리토양에 속한다고 판단된다.

(7) 기존의 관련자료와 본 연구의 실험결과를 종합하여 USDA의 삼각좌표상 토양분류방법에 의하여 조사한 우리나라 간척지 토양의 토성별 분포는 조사대상 토양중에서 미사토(Si)가 약 43%, 미사질양토(SiL)가 약 49%, 양토(L)가 약 8%로서 미사토와 미사질양토인 토양을 합하면 전체의 약 92%로 나타났다. 따라서 우리나라 간척지의 토성은 대부분 미사를 다량으로 함유하고 있는 미사토 또는 미사질양토인 것으로 나타났다.

(8) 우리나라 간척지 토양의 분포, 입도조성, 제염시험 결과 투수성 및 제염효과 등을 고려하여, 간척지 토양을 5가지로 분류하고 S1, S2, S3, S4, S5 등 토양분류 Code를 부여하였다.

제2절 제염효과분석

개발초기 고염도 간척지의 합리적인 제염대책을 수립하기 위한 제염예측기법을 개발하는데 기초자료를 제공하고자, 전북 새만금지구 및 부창지구, 경기 화옹지구, 전남 고흥지구 등의 간척지 토양을 공시토양으로 침출법, 수세법 및 침출·수세법에 의한 실내 모형시험과 현장 라이시미터 제염시험을 수행하였다. 제염시험자료를 이용하여 물관리방법, 토양개량제(석고)처리 및 암거시설에 의한 제염방법과 토성별로 제염과정중 용탈용수량의 증가에 따른 전기전도도(EC)의 변화, 교환성나트륨백분율(ESP)의 변화 및 수리전도도(HC)의 변화를 분석하였다. 또한 전기전도도, 교환성나트륨백분율 및 수리전도도의 변화를 종합적으로 검토하여, 제염방법 및 토성별 제염효과를 분석하였고, 염분농도가 염해토양 분류기준치 이하로 낮아질 때의 용탈용수량 및 침출시간을 추정하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 침출법, 수세법 및 침출·수세법에서 모두 용탈용수량이 증가함에 따라 전기전도도 및 교환성나트륨백분율은 고도의 상관성을 가지고 감소하며 현저한 제염효과가 나타났다.

(2) 침출법의 경우 제염과정중 전기전도도는 실내 모형시험이나 현장 라이시미터 제염시험에서 모두 침출수심이 $D_{wl}/D_s=0.3$ 정도일 때 USDA Salinity Laboratory의 염해토양 분류기준치인 $EC=4dS/m$ 이하로 감소되었으며, 교환성나트륨백분율은 실내 모형시험에서는 $D_{wl}/D_s=0.2$, 현장 라이시미터 제염시험에서는 $D_{wl}/D_s=0.3$ 정도에서 염해토양 분류기준치인 $ESP=15\%$ 이하로 감소되었으며, 모든 처리구에서 제염효과에 큰 차이가 없이 비슷한 경향을 보였다.

(3) 수세법의 경우 제염과정중 전기전도도는 실내 모형시험에서는 모든 처리구에서 공급수심 $D_{wa}/D_s=3.0$ 정도일 때 염해토양 분류기준치인 $EC=4dS/m$ 이하로 감소되었고, 현장 라이시미터 제염시험에서는 투수양호토양에서 $D_{wa}/D_s=3.5$, 투수불량토양에서 $D_{wa}/D_s=4.5$ 정도일 때 염해 토양 분류기준치 이하로 감소될 수 있을 것으로 추정되었다. 또한 교환성나트륨백분율은 실내

모형시험에서는 모든 처리구에서 공급수심 $Dwa/Ds=2.5$ 정도일 때 염해토양의 분류기준치인 $ESP=15\%$ 이하로 감소되었고, 현장 라이시미터 제염시험에서는 투수양호토양에서 $Dwa/Ds=3.0$, 투수불량토양에서 $Dwa/Ds=4.5$ 정도일 때 염해토양 분류기준치 이하로 감소될 수 있을 것으로 추정되었다.

(4) 전기전도도와 교환성나트륨백분율을 동시에 염해토양 분류기준치 이하로 감소시키기 위하여 필요한 용탈용수량(Dw/Ds : 침출수량 또는 공급수량)은 수세법, 침출법, 침출·수세법을 적용하여 제염하는 경우 투수양호토양에서 각각 $Dw/Ds=3.0, 0.3, 0.6$, 투수불량토양에서 각각 $Dw/Ds=4.5, 0.3, 0.6$ 정도로 추정되었다.

(5) 투수성(수리전도도)을 고려하지 않고 전기전도도와 교환성나트륨백분율을 기준으로 한 용탈용수량만을 살펴보면, 침출법과 침출·수세법에서는 석고처리 및 암거설치의 여부나 토성에 따라 제염효과의 차이를 인정할 만한 유의성이 나타나지 않았으나, 수세법에서는 투수양호토양에 비하여 투수불량토양에서 1.5배 정도 많은 용탈용수량이 필요한 것으로 예측되었다.

(6) 침출법을 적용한 제염과정중 수리전도도의 변화를 분석하여 침출시간을 추정하면, 투수양호토양(S1, S2, S3)의 경우 석고무처리·무암거 시험구를 기준으로 할 때, 석고처리·암거설치, 석고처리·무암거, 석고무처리·암거설치 시험구에서 각각 석고무처리·무암거구 침출시간의 9~16%, 32~52%, 44~57% 까지 단축시킬 수 있는 것으로 나타났다.

(7) 침출법을 적용한 경우 침출시간을 토성별로 비교해 보면, 점토함량이 많고 사질함량이 적을수록 침출시간이 길어져서 S3 토양에 비하여 S1 토양에서 11~15배, S2 토양에서 3~6배 정도의 침출시간이 소요되는 것으로 조사되었다.

(8) 투수성이 낮은 고염도 간척지토양을 침출법에 의해 제염시키는 경우 석고처리에 의한 주된 제염효과는 초기의 투수성을 증가시키며 또한 오래 지속되게 하여 제염작업을 용이하게 할 뿐만 아니라 제염기간을 단축시킬 수 있는 것으로 판단된다. 그러나 투수성이 매우 불량한 토양에서는 제염이 거의 불가능하다는 단점이 있다.

(9) 침출법에 의해 제염하는 경우는 투수성이 양호한 토양에서 제염용수량을 절약할 수 있고 제염작업을 용이하게 할 수 있다는 큰 이점이 있지만 제염기간이 길게 소요된다는 단점도 있다. 반면에 수세법에 의하는 경우는 투수성이 양호한 토양뿐만 아니라 투수성이 불량한 토양에서도 단기간에 제염이 가능하지만 심토층의 제염이 어렵고 용탈용수량이 침출법에 비하여 10~20배 정도 많이 필요하다는 단점이 있는 것으로 판단된다.

제3절 제염예측을 위한 회귀모형의 도출

제염시험결과를 총괄하여 제염과정중 상대전기전도도(ECr), 상대교환성나트륨백분율(ESPr) 및 상대수리전도도(HCr)를 구하였고, 제염에 영향을 미치는 인자들 사이의 회귀분석을 실시하였다. 이들 분석자료를 이용하여 제염방법별로 제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간을 추정할 수 있는 회귀모형을 도출하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제염과정중 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형 (전기전도도 기준)

(1) 석고처리 침출법 ($y : ECr, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수$)

① 암거구 : $y = 0.0326 x^{-0.9944} (R^2 = 0.8550)$

② 무암거구 : $y = 0.0369 x^{-0.9535} (R^2 = 0.8962)$

(2) 석고무처리 침출법 ($y : ECr, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수$)

① 암거구 : $y = 0.0255 x^{-1.1131} (R^2 = 0.9228)$

② 무암거구 : $y = 0.0337 x^{-0.9856} (R^2 = 0.9110)$

(3) 석고무처리 수세법 ($y : ECr, x : Dwa/Ds, R^2 : 결정계수$)

○ 무암거구 : $y = -0.3074 \ln(x) + 0.5556 (R^2 = 0.9193)$

(4) 석고무처리 침출·수세법 ($y : ECr, x : Dw/Ds \cdot Dwa/Ds, R^2 : 결정계수$)

① 암거구(침출법) : $y = 0.0655 x^{-0.7413} (R^2 = 0.9002)$

암거구(수세법) : $y = -0.0515 \ln(x) + 0.1252 (R^2 = 0.7217)$

② 무암거구(침출법) : $y = 0.0582 x^{-0.7670} (R^2 = 0.9025)$

무암거구(수세법) : $y = -0.0524 \ln(x) + 0.1154 (R^2 = 0.7711)$

2. 제염과정중 염분농도의 변화를 추정하기 위한 회귀모형 (교환성나트륨백분율 기준)

(1) 석고처리 침출법 ($y : ESPr, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수$)

① 암거구 : $y = -0.2152 \ln(x) + 0.0328 (R^2 = 0.9077)$

② 무암거구 : $y = -0.2227 \ln(x) + 0.0387 (R^2 = 0.8950)$

(2) 석고무처리 침출법 ($y : ESPr, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수$)

① 암거구 : $y = -0.2413 \ln(x) - 0.0002 (R^2 = 0.9644)$

② 무암거구 : $y = -0.2290 \ln(x) + 0.0103 (R^2 = 0.9532)$

(3) 석고무처리 수세법 ($y : ESPr, x : Dwa/Ds, R^2 : 결정계수$)

○ 무암거구 : $y = -0.2242 \ln(x) + 0.6357 (R^2 = 0.9089)$

(4) 석고무처리 침출·수세법 (y : ESPr, x : DwI/Ds·Dwa/Ds, R^2 : 결정계수)

① 암거구(침출법) : $y = -0.2771 \ln(x) - 0.0606$ ($R^2=0.9702$)

암거구(수세법) : $y = -0.0669 \ln(x) + 0.2832$ ($R^2=0.8526$)

② 무암거구(침출법) : $y = -0.2511 \ln(x) - 0.0344$ ($R^2=0.9481$)

무암거구(수세법) : $y = -0.0673 \ln(x) + 0.2610$ ($R^2=0.7748$)

3. 용탈용수량 추정을 위한 회귀모형 (전기전도도 기준)

(1) 석고처리 침출법 (y : DwI/Ds, x : ECr, R^2 : 결정계수)

① 암거구 : $y = 0.0425 x^{-0.8598}$ ($R^2=0.8550$)

② 무암거구 : $y = 0.0386 x^{-0.9400}$ ($R^2=0.8962$)

(2) 석고무처리 침출법 (y : DwI/Ds, x : ECr, R^2 : 결정계수)

① 암거구 : $y = 0.0421 x^{-0.8344}$ ($R^2=0.9228$)

② 무암거구 : $y = 0.0382 x^{-0.9243}$ ($R^2=0.9110$)

(3) 석고무처리 수세법 (y : Dwa/Ds, x : ECr, R^2 : 결정계수)

○ 무암거구 : $y = -1.6558 \ln(x) + 0.2304$ ($R^2=0.8588$)

(4) 석고무처리 침출·수세법 (y : DwI/Ds·Dwa/Ds, x : ECr, R^2 : 결정계수)

① 암거구(침출법) : $y = 0.0293 x^{-1.2143}$ ($R^2=0.9002$)

암거구(수세법) : $y = -1.3219 \ln(x) - 1.7296$ ($R^2=0.7646$)

② 무암거구(침출법) : $y = 0.0284 x^{-1.1767}$ ($R^2=0.9025$)

무암거구(수세법) : $y = -1.3818 \ln(x) - 1.9479$ ($R^2=0.7808$)

4. 용탈용수량 추정을 위한 회귀모형 (교환성나트륨백분율 기준)

(1) 석고처리 침출법 (y : DwI/Ds, x : ESPr, R^2 : 결정계수)

① 암거구 : $y = 1.0012 e^{-4.2182X}$ ($R^2=0.9077$)

② 무암거구 : $y = 0.9995 e^{-4.0192X}$ ($R^2=0.8950$)

(2) 석고무처리 침출법 (y : DwI/Ds, x : ESPr, R^2 : 결정계수)

① 암거구 : $y = 0.9477 e^{-3.996X}$ ($R^2=0.9644$)

② 무암거구 : $y = 0.9737 e^{-4.1631X}$ ($R^2=0.9532$)

(3) 석고무처리 수세법 (y : Dwa/Ds, x : ESPr, R^2 : 결정계수)

○ 무암거구 : $y = 13.8010 e^{-4.0534X}$ ($R^2=0.9089$)

(4) 석고무처리 침출·수세법 (y : Dw/Ds·Dwa/Ds, x : ESPr, R^2 : 결정계수)

- ① 암거구(침출법) : $y = 0.7574 e^{-3.5012X}$ ($R^2=0.9702$)
 암거구(수세법) : $y = 35.5290 e^{-12.7520X}$ ($R^2=0.8526$)
 ② 무암거구(침출법) : $y = 0.7835 e^{-3.7763X}$ ($R^2=0.9481$)
 무암거구(수세법) : $y = 18.9800 e^{-11.5200X}$ ($R^2=0.7748$)

5. 수리전도도 추정을 위한 회귀모형

(1) 석고처리 침출법 (y : HCr, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수)

- ① 암거구 : (S1) $y = 1.0429 e^{-1.0021X}$ ($R^2=0.9962$)
 (S2) $y = 1.0561 e^{-0.8550X}$ ($R^2=0.9878$)
 (S3) $y = 1.0678 e^{-0.6525X}$ ($R^2=0.9575$)
 ② 무암거구 : (S1) $y = 1.3500 e^{-3.2259X}$ ($R^2=0.9641$)
 (S2) $y = 1.3338 e^{-3.0288X}$ ($R^2=0.9595$)
 (S3) $y = 1.1777 e^{-2.1866X}$ ($R^2=0.9846$)

(2) 석고무처리 침출법 (y : HCr, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수)

- ① 암거구 : (S1) $y = -0.3792 \ln(x) - 0.0966$ ($R^2=0.9906$)
 (S2) $y = -0.3423 \ln(x) - 0.0084$ ($R^2=0.9977$)
 (S3) $y = -0.341 \ln(x) + 0.0246$ ($R^2=0.9874$)
 ② 무암거구 : (S1) $y = -0.3834 \ln(x) - 0.1604$ ($R^2=0.9944$)
 (S2) $y = -0.399 \ln(x) - 0.2112$ ($R^2=0.9952$)
 (S3) $y = -0.3663 \ln(x) - 0.1562$ ($R^2=0.9823$)

6. 침출시간 추정을 위한 회귀모형

(1) 석고처리 침출법 (y : $T^{1/2}(\text{hr}^{1/2})$, x : Dw/Ds, R^2 : 결정계수)

- ① 암거구 : (S1) $y = -35.5x^2 + 69.396x + 6.0243$ ($R^2=0.9989$)
 (S2) $y = -18.674x^2 + 33.513x + 3.0065$ ($R^2=0.9985$)
 (S3) $y = -10.509x^2 + 18.676x + 1.7535$ ($R^2=0.9984$)
 ② 무암거구 : (S1) $y = 31.193x^2 + 96.098x + 11.193$ ($R^2=0.9988$)
 (S2) $y = 13.009x^2 + 48.323x + 5.6313$ ($R^2=0.9987$)
 (S3) $y = -5.0595x^2 + 29.669x + 2.8513$ ($R^2=0.9987$)

(2) 석고무처리 침출법 ($y : T^{1/2}(\text{hr}^{1/2})$, $x : \text{Dw}/\text{Ds}$, R^2 : 결정계수)

① 암거구 : (S1) $y = 32.42x^2 + 96.269x + 7.1072$ ($R^2 = 0.9999$)

(S2) $y = -5.4173x^2 + 78.506x + 5.3448$ ($R^2 = 0.9997$)

(S3) $y = -1.6974x^2 + 31.578x + 2.2107$ ($R^2 = 0.9998$)

② 무암거구 : (S1) $y = 64.415x^2 + 145.83x + 9.3987$ ($R^2 = 0.9998$)

(S2) $y = 75.247x^2 + 81.731x + 6.8426$ ($R^2 = 0.9994$)

(S3) $y = 3.8217x^2 + 48.476x + 2.3501$ ($R^2 = 0.9998$)

제4절 제염예측기법(PTDRT)의 개발

우리나라 서남해안의 간척지 토양을 토성별로 분류하고, 토성 및 제염방법별로 수행한 제염시험 자료를 이용하여 도출한 제염과정중 염분농도의 변화, 용탈용수량 및 침출시간 추정 회귀모형을 적용, 개발초기 고염도 간척지 토양의 합리적인 제염대책을 수립하기 위한 제염예측기법(PTDRT)을 개발하고 그 활용방안을 제시하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 제염예측 프로그램은 자료의 입력기능, 분석기능 및 출력기능과 아울러 자료의 관리기능을 수행할 수 있도록 구성하였다.

(2) 입력자료를 체계적으로 분석하여 그 결과를 그래프에 의해 전반적인 내용을 확인할 수 있도록 설계하였다

(3) 입력자료, 분석자료 및 제염예측 결과를 정형화된 보고서 형식으로 출력할 수 있도록 설계하였다.

(4) 제염예측 프로그램을 적용하여 제염과정중 염분농도의 변화를 고찰하고 고염도 간척지의 제염에 필요한 용탈용수량, 수리전도도, 침출시간 및 석고시용량 등을 추정하는데 활용할 수 있도록 하였다.

(5) 제염예측 프로그램에 의하여 산출한 추정치와 제염시험 실측치간의 상관분석 및 회귀분석을 통하여 프로그램의 유의성 및 제한성을 검증하였으며, 개발초기 고염도 간척지토양의 제염예측에 활용할 수 있는지의 적용타당성을 검토하였다.

(6) 개발한 제염예측기법에 의해 새만금 간척사업 등에 의해 새로 조성되는 간척농지를 환경보전적 농업생산기지로써 활용할 수 있는 기반을 조성하는 경제적이고 효율적인 제염대책을 수립하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

제5절 간척지 개발초기의 제염대책

개발초기 고염도 간척지를 효과적으로 제염시켜 토지생산성이 높은 환경보전적 간척농지로 활용하기 위한 농지확대 개발사업계획과 산업화·도시화로 인한 토지수요를 충족시키기 위한 간척자원의 효율적인 이용방안 수립 등에 기여하고자, 기상조건, 토성, 물관리방법, 토양개량제 처리 및 암거시설 등을 고려하여 간척지 개발초기의 제염대책을 수립하였으며, 여기에 제염예측 기법을 적용할 수 있는 실용화방안을 제시하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 개발초기 고염도 간척지의 효율적인 제염대책을 수립하기 위한 간척지 토양특성 조사방법 및 추진방향을 설정하였다.
- (2) 토성, 물관리방법, 토양개량제처리 및 암거시설 등에 따른 실증적인 제염효과와 제염대상 간척지의 기상조건 및 지역적 특성을 고려하여 제염대책 수립을 위한 최적의 제염방법을 결정하였다.
- (3) 고염도 간척농지의 농업생산성을 향상시키고 효율적인 간척영농을 실현하기 위한 관개계획을 목표로 하여 제염대책 수립에 적용할 수 있는 물관리시스템을 구상하였다.
- (4) 제염대책을 수립함에 있어서 제염용수량 및 제염기간을 예측할 수 있는 제염예측기법의 실용화방안을 제시하였다.
- (5) 합리적인 제염대책을 수립함으로써 환경보전적 농업생산기반 구축, 농업생산성이 높은 간척농지조성사업, 토지수요의 충족을 위한 국토확장사업 등 간척자원의 효율적인 이용방안에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

참고문헌

1. Abrol, I. P., I. S. Dahiya, and D. R. Bhumbra. 1975. On the method of determining gypsum requirements of soils. *Soil Sci.* 120 : 30~36.
2. Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1976. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. pp. 15~52.
3. Beyce, O. 1973. Experience in the reclamation of saline and alkali soils and irrigation water qualities in Turkey. FAO Irrigation and Drainage Paper 16, Drainage of Salty Soils. pp. 63~82.
4. Bottraud, J. C. and J. D. Rhoades. 1985. Effect of exchangeable sodium on soil electrical conductivity-salinity calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49 : 1110~1113.
5. Bresler, E. 1987. Application of a conceptual model to irrigation water requirement and salt tolerance of crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 788~793.
6. Bresler, E., G. Dagan, R. J. Wagenet, and A. Laufer. 1984. Statistical analysis of salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48 : 16~25.
7. Bresler, E. and G. J. Hoffman. 1986. Irrigation management for soil salinity control : Theories and tests. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50 : 1552~1560.
8. Dahiya, I. S., R. S. Malik, and M. Singh. 1982. Reclaiming a saline-sodic, sandy loam soil under rice production. *Agric. Water Management* 5 : 61~72.
9. Dieleman, P. J. (Ed.). 1963. Reclamation of salt affected soils in Iraq. ILRI Pub. 11. pp. 83~116.
10. Doering, E. J. and R. C. Reeve. 1965. Engineering aspects of the reclamation of sodic soils with high-salt water. *ASCE Proc.* 91(IR4) : 59~72.
11. Felhendler, R., I. Shainberg, and H. Frenkel. 1974. Dispersion and hydraulic conductivity of soils in mixed solution. *Int. Cong. Soil Sci., Trans. 10th(Moscow)* 1 : 103~112.
12. Fireman, M. and C. H. Wadleigh. 1950. A statistical study of the relation between pH and the exchangeable sodium percentage of western soils. U. S. Regional Salinity and Rubidoux Laboratories, Calif. Proc. pp. 273~285.

13. Frenkel, H., J. O. Goertzen, and J. D. Rhoades. 1978. Effects of clay type and content, ESP, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42 : 32~38.
14. Gupta, R. K., C. P. Singh, and I. P. Abrol. 1985. Determining cation exchange capacity and exchangeable sodium in alkali soils. *Soil Sci.* 139 : 326~332.
15. Gupta, R. K., D. K. Bhumbra, and I. P. Abrol. 1984. Effect of sodicity, pH, organic matter, and calcium carbonate on the dispersion behavior of soils. *Soil Sci.* 137 : 245~251.
16. Gupta, R. K., R. Chhabra, and I. P. Abrol. 1981. The relationship between pH and exchangeable sodium in a sodic soil. *Soil Sci.* 131 : 215~219.
17. Hira, G. S. and N. T. Singh. 1980. Irrigation water requirement for dissolution of gypsum in sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 : 930~933.
18. Hira, G. S., N. T. Singh, and R. Singh. 1980. Water requirement during the reclamation of sodic soils with gypsum. *Proc. Intl. Symp. on Salt Affected Soils, Karnal, India.* pp. 322~329.
19. Hoffman, G. J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. *Proc. of Inter-American Salinity and Water Management Tech. Con., Juarez, Mexico.* pp. 49~64.
20. Hoffman, G. J. and J. L. Meyer. 1982. Reclamation of salt-affected soils in California. *Int. Symp. on Remote sensing of Arid and Semi-Arid Lands, Proc.* pp. 147~159.
21. Jury, W. A., W. M. Jarrel, and D. Devitt. 1979. Reclamation of saline-sodic soils by leaching. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43 : 1100~1106.
22. Keren, R. and G. A. O'Connor. 1982. Gypsum dissolution and sodic soil reclamation as affected by water flow velocity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46 : 726~732.
23. Koo, J. W., R. J. Edling, and V. Taylor. 1990. A Laboratory reclamation study for sodic soils used for rice production. *Agricultural Water Management*, 18(3) : 243~252.
24. McNeal, B. L. and N. T. Coleman. 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30 : 308~312.
25. Oster, J. D. and H. Frenkel. 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 : 41~45.
26. Oster, J. D. and I. Shainberg. 1982. Predicting the hydraulic properties of sodic soils. *Proc. Intl. Symp. on Salt Affected Soils, Karnal, India.* pp. 195~201.

27. Prather, R. J., J. O. Goertzen, J. D. Rhoades, and H. Frenkel. 1978. Efficient amendment use in sodic soil reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42 : 782~786.
28. Quirk, J. P. and R. V. Schofield. 1955. The effect of the electrolyte concentration on soil permeability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 6 : 163~178.
29. Reeve, R. C. 1957. The Relation of salinity to irrigation and drainage requirements. 3rd Cong. Int. Comm. on Irrigation and Drainage Question 10R. 10. pp. 175~187.
30. Reeve, R. C., A. F. Pillsbury, and L. V. Wilcox. 1955. Reclamation of a saline and high boron soil in the Coachella Valley of California. *Hilgardia* 24(4) : 69~91.
31. Reeve, R. C. and E. J. Doering. 1966. The high salt water dilution method for reclaiming sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30 : 498~504.
32. Rhoades, J. D. 1968. Leaching requirement for exchangeable sodium control. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32 : 652~656.
33. Rhoades, J. D. 1980. Determining leaching fraction from field measurements of soil electrical conductivity. *Agri. Water Management* 3 : 205~215.
34. Rhoades, J. D. and R. D. Ingvalson. 1969. Macroscopic swelling and hydraulic conductivity properties of four vermiculitic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33 : 364~369.
35. Shainberg, I., J. D. Rhoades, and R. J. Prather. 1980. Effect of exchangeable sodium percentage, cation exchange capacity, and soil solution concentration on soil electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 : 469~473.
36. Shainberg, I., J. D. Rhoades, and R. J. Prather. 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45 : 273~277.
37. Suarez, D. L. 1981. Relation between pH and sodium adsorption ratio and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage waters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45 : 469~475.
38. U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60. 160p.
39. van der Molen, W. H. 1979. Salt balance and leaching requirement. ILRI Pub. 16 Vol. 2, Drainage Principles and Applications, 2nd ed., pp. 59~100.

40. 天谷孝夫, 長堀金造, 高橋強. 1982. 除鹽の進行過程に関するモデル試験 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する實證的研究(II) -. 農土論集(日本) 102 : 15~24.
41. 天谷孝夫, 長堀金造, 高橋強. 1983. 除鹽の進行過程に関するライシメーター試験 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する實證的研究(III) -. 農土論集(日本) 104 : 1~8.
42. 天谷孝夫, 長堀金造, 高橋強. 1983. 干拓後の鹽分舉動解析と除鹽對策への検討 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する實證的研究(V) -. 農土論集(日本) 106 : 41~50.
43. 長堀金造, 天谷孝夫, 高橋強. 1982. 干拓へド口の基礎的諸特性と除鹽機構について- 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する實證的研究(I) -. 農土論集(日本) 101 : 15~25.
44. 長堀金造, 佐藤晃一. 1974. 乾濕履歴および土壤鹽濃度がへドロ(海底粘土)の構造特性におよぼす影響 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する基礎的研究(I) -. 農土論集(日本) 54 : 1~5.
45. 長堀金造, 佐藤晃一. 1975. へドロの乾燥特性と土層變化 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する基礎的研究(II) -. 農土論集(日本) 55 : 9~14.
46. 長堀金造, 佐藤晃一. 1975. 干陸後の鹽分舉動 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する基礎的研究(III) -. 農土論集(日本) 56 : 1~7.
47. 長堀金造, 高橋強, 天谷孝夫. 1975. 埋設深さによる暗キョの排水特性 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する基礎的研究(IV) -. 農土論集(日本) 57 : 1~7.
48. 長堀金造, 高橋強, 天谷孝夫. 1975. 非正常状態における暗キョの排水特性 - 笠岡灣干拓地における鹽分舉動と除鹽に関する基礎的研究(VI) -. 農土論集(日本) 60 : 1~6.
49. 殷鍾浩, 具滋雄. 1991. 韓國西海岸の干拓地土壤における溶脱用水量. 農業土木學會誌(日本) 59(11) : 7~12.
50. 구자웅. 1984. 석고처리 및 용수관리방법에 의한 염해토양의 제염실험. 한국농공학회지 26(2) : 85~96.
51. 구자웅. 1989. 간척지토양의 제염을 위한 석고처리효과. 전북대 논문집 31 : 349~356.
52. 구자웅, 은종호. 1988. 간척지토양의 제염과정중 수리전도도의 변화. 한국농공학회지 30(4) : 85~93.
53. 구자웅, 이기춘, 김진기, 고흥석. 1980. 담수상태에 있는 간척지 수도작의 최대유효경확보를 위한 재배법 시험연구. 농촌진흥청 산학협동 연구보고서 '80-21 : 1~27.
54. 구자웅, 최진규, 손재권. 1998. 우리나라 서해안 간척지 및 간척지 토양의 이화학적 특성. 한국토양비료학회지 31(2) : 120~127.

55. 구자용, 최진규, 손재권. 2001. 간척지 토양의 제염과정중 전기전도도 분석. 한국농공학회지 43(4) : 37~49.
56. 구자용, 최진규, 손재권. 2001. 간척지 토양의 제염과정중 교환성나트륨 분석. 한국관개배수위원회 8(1) : 48~60.
57. 구자용, 한강완. 1985. 서남해안 간척지의 제염을 위한 효율적인 토양개량제시용 및 용수관리 방법(I). 한국과학재단 연구보고서 '85-12 : 1~57.
58. 구자용, 한강완. 1987. 서남해안 간척지의 제염을 위한 효율적인 토양개량제시용 및 용수관리 방법(II). 한국과학재단 연구보고서 '87-4 : 1~101.
59. 구자용, 한강완, 손재권, 이동욱. 1992. 간척지 발작물의 정상생육을 위한 관개용수량 및 물 관리방법의 결정. 한국농공학회지 34(4) : 80~96.
60. 구자용, 한강완, 은중호. 1989a. 간척지토양의 제염용수량산정에 관한 실험연구. 한국농공학회지 31(1) : 96~105.
61. 구자용, 한강완, 은중호. 1989b. 새만금지구 간척지토양의 염분거동해석 및 제염효과분석을 위한 실험적연구. 한국농공학회지 31(2) : 92~103.
62. 권순국, 정두호, 한옥동. 1980. 암거간격이 배수 및 간척지 제염에 미치는 영향. 농사시험 연구보고(농기·농가·농경) 22 : 1~9.
63. 김한명, 소재돈. 1978. 경운방법에 의한 제염효과시험. 호남작물시험장 시험연구보고서. '78 : 409~418.
64. 농어촌진흥공사. 1996. 한국의 간척. 316p.
65. 농어촌진흥공사. 1983. 염분토양의 제염배수. 기술자료(25) 416p.
66. 농어촌진흥공사 농공시험소. 1977. 미면간척지 제염배수시험보고서. 96p.
67. 농어촌진흥공사 농업토목시험연구소. 1986. 제염배수 및 토양성숙에 관한 연구. 연구보고서 86-05-11. 201p.
68. 손재권, 구자용, 최진규. 1994. 간척지 발작물의 관개용수량 추정을 위한 토양염분예측모형 개발. 한국농공학회지 36(2) : 96~110.
69. 손재권, 구자용, 최진규. 2000. 간척초기담의 벼생육기간중 염분농도 분석. 한국농촌계획학회지 6(2) : 3~11.
70. 손재권, 구자용, 최진규. 2001. 석고처리에 의한 간척지 토양의 제염효과. 한국관개배수위원회 8(1) : 70~79.

71. 손재권, 구자용, 최진규, 송재도. 2000. 간척초기답의 제염용수량 결정을 위한 기초연구. 한국농공학회지 42(2) : 55~62.
72. 은종호, 구자용. 1988. 간척지토양의 제염과정중 전기전도도와 치환성나트륨 백분율 및 pH 사이의 관계. 한국농공학회지 30(4) : 127~133.
73. 이중기. 1978. 간척지 제염에 관한 연구. 한국농공학회지 20(2) : 67~79.
74. 전북대학교 농과대학. 1998. 새만금지구의 환경보전과 첨단농업기술개발.
75. 정두호, 김현철. 1970. 간척지 제염에 관한 시험. 한국농공학회지 12(4) : 22~27.
76. 한옥동, 정두호, 김현철. 1970. 개거에 의한 제염효과시험. 농촌진흥청 농사시험연구보고서 13 : 21~26.

부 록

부 록

[부록 I] 간척지 토양의 이화학적 특성 총괄표

[부록 II] 실내 모형시험 측정자료

[부록 III] 현장 라이시미터 제염시험 측정자료

[부록 IV] 제염예측기법(PTDRT) Program Source

여 백

[부 록 I] 간척지 토양의 이화학적 특성 총괄표

1. 간척지 토양의 물리적 특성

[표 1-1] 응진지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| OJ1A020 | 6.1 | 80.7 | 13.2 | SiL | 1.24 | 2.65 | 53.2 | 74.5 |
| OJ1A040 | 7.9 | 82.8 | 9.3 | Si | 1.23 | 2.63 | 53.2 | 72.4 |
| OJ1A060 | 3.7 | 83.4 | 12.9 | SiL | 1.20 | 2.62 | 54.2 | 72.6 |
| OJ1A080 | 4.9 | 79.9 | 15.2 | SiL | 1.24 | 2.60 | 52.3 | 71.5 |
| OJ1A100 | 2.0 | 86.0 | 12.0 | Si | 1.21 | 2.61 | 53.6 | 71.2 |
| OJ1B020 | 9.7 | 81.0 | 9.3 | Si | 1.23 | 2.58 | 52.3 | 74.7 |
| OJ1B040 | 2.5 | 85.3 | 12.2 | Si | 1.25 | 2.56 | 51.2 | 76.6 |
| OJ1C020 | 4.1 | 86.1 | 9.8 | Si | 1.21 | 2.65 | 54.3 | 73.0 |
| OJ1C040 | 3.5 | 85.4 | 11.0 | Si | 1.22 | 2.61 | 53.3 | 78.4 |
| OJ2A020 | 41.2 | 46.1 | 12.7 | L | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 56.1 |
| OJ2A040 | 38.9 | 49.8 | 11.3 | L | 1.35 | 2.63 | 48.7 | 55.0 |
| OJ2A060 | 30.6 | 57.2 | 12.2 | SiL | 1.30 | 2.63 | 50.6 | 60.6 |
| OJ2A080 | 25.8 | 63.3 | 10.9 | SiL | 1.28 | 2.60 | 50.8 | 64.1 |
| OJ2A100 | 24.1 | 61.5 | 14.4 | SiL | 1.26 | 2.61 | 51.7 | 63.6 |
| OJ2B020 | 35.6 | 53.2 | 11.2 | SiL | 1.38 | 2.61 | 47.1 | 56.2 |
| OJ2B040 | 25.2 | 61.7 | 13.1 | SiL | 1.31 | 2.66 | 50.8 | 61.2 |
| OJ2C020 | 41.3 | 47.2 | 11.5 | L | 1.35 | 2.65 | 49.1 | 49.8 |
| OJ2C040 | 39.1 | 50.2 | 10.7 | SiL | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 53.8 |
| OJ3A020 | 5.9 | 84.7 | 9.4 | Si | 1.33 | 2.67 | 50.2 | 51.9 |
| OJ3A040 | 3.1 | 88.8 | 8.1 | Si | 1.28 | 2.69 | 52.4 | 54.3 |
| OJ3A060 | 2.9 | 87.3 | 9.8 | Si | 1.30 | 2.63 | 50.6 | 56.9 |
| OJ3A080 | 3.1 | 86.9 | 10.0 | Si | 1.25 | 2.61 | 52.1 | 56.1 |
| OJ3A100 | 2.0 | 86.7 | 11.3 | Si | 1.29 | 2.63 | 51.0 | 56.9 |
| OJ3B020 | 3.2 | 88.5 | 8.3 | Si | 1.32 | 2.64 | 50.0 | 52.6 |
| OJ3B040 | 2.3 | 87.5 | 10.2 | Si | 1.22 | 2.64 | 53.8 | 54.4 |
| OJ3C020 | 5.0 | 84.7 | 10.3 | Si | 1.30 | 2.66 | 51.1 | 49.9 |
| OJ3C040 | 4.2 | 85.7 | 10.1 | Si | 1.20 | 2.64 | 54.6 | 53.8 |

[표 1-2] 시화지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| SH1A020 | 2.5 | 90.9 | 6.6 | Si | 1.32 | 2.65 | 50.2 | 57.7 |
| SH1A040 | 5.2 | 87.2 | 7.6 | Si | 1.36 | 2.64 | 48.5 | 59.2 |
| SH1A060 | 1.9 | 87.3 | 10.8 | Si | 1.31 | 2.66 | 50.8 | 66.3 |
| SH1A080 | 1.1 | 86.1 | 12.8 | SiL | 1.30 | 2.66 | 51.1 | 68.5 |
| SH1A100 | 1.0 | 86.1 | 12.9 | SiL | 1.31 | 2.64 | 50.4 | 67.1 |
| SH1B020 | 3.6 | 90.0 | 6.4 | Si | 1.29 | 2.64 | 51.1 | 53.0 |
| SH1B040 | 4.5 | 84.7 | 10.8 | Si | 1.32 | 2.60 | 49.2 | 65.7 |
| SH1C020 | 4.6 | 88.0 | 7.4 | Si | 1.32 | 2.66 | 50.4 | 57.2 |
| SH1C040 | 4.8 | 85.2 | 10.0 | Si | 1.32 | 2.65 | 50.2 | 63.8 |
| SH2A020 | 3.1 | 90.1 | 6.8 | Si | 1.28 | 2.66 | 51.9 | 56.1 |
| SH2A040 | 1.1 | 89.5 | 9.4 | Si | 1.28 | 2.67 | 52.1 | 61.0 |
| SH2A060 | 1.5 | 89.1 | 9.4 | Si | 1.33 | 2.68 | 50.4 | 61.5 |
| SH2A080 | 1.5 | 88.9 | 9.6 | Si | 1.29 | 2.67 | 51.7 | 60.8 |
| SH2A100 | 1.7 | 88.9 | 9.4 | Si | 1.34 | 2.67 | 49.8 | 58.4 |
| SH2B020 | 3.1 | 91.7 | 5.2 | Si | 1.28 | 2.64 | 51.5 | 53.3 |
| SH2B040 | 2.4 | 91.8 | 5.8 | Si | 1.34 | 2.62 | 48.9 | 56.3 |
| SH2C020 | 2.0 | 92.6 | 5.4 | Si | 1.30 | 2.65 | 50.9 | 54.7 |
| SH2C040 | 1.8 | 87.6 | 10.6 | Si | 1.33 | 2.64 | 49.6 | 59.2 |
| SH3A020 | 4.1 | 89.1 | 6.8 | Si | 1.30 | 2.67 | 51.3 | 50.2 |
| SH3A040 | 3.4 | 88.4 | 8.2 | Si | 1.33 | 2.70 | 50.7 | 53.5 |
| SH3A060 | 2.5 | 87.9 | 9.6 | Si | 1.36 | 2.67 | 49.1 | 55.7 |
| SH3A080 | 3.0 | 87.4 | 9.6 | Si | 1.35 | 2.69 | 49.8 | 56.9 |
| SH3A100 | 2.7 | 86.3 | 11.0 | Si | 1.33 | 2.70 | 50.7 | 56.7 |
| SH3B020 | 5.5 | 87.9 | 6.6 | Si | 1.32 | 2.72 | 51.5 | 49.7 |
| SH3B040 | 3.1 | 89.5 | 7.4 | Si | 1.27 | 2.68 | 52.6 | 51.0 |
| SH3C020 | 4.7 | 88.5 | 6.8 | Si | 1.31 | 2.67 | 50.9 | 53.9 |
| SH3C040 | 3.3 | 87.5 | 9.2 | Si | 1.32 | 2.71 | 51.3 | 56.5 |

[표 1-3] 화옹지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| HO1A020 | 4.8 | 87.6 | 7.6 | Si | 1.20 | 2.59 | 53.7 | 59.6 |
| HO1A040 | 5.7 | 84.9 | 9.4 | Si | 1.23 | 2.63 | 53.2 | 61.6 |
| HO1A060 | 4.3 | 86.3 | 9.4 | Si | 1.23 | 2.64 | 53.4 | 60.6 |
| HO1A080 | 4.8 | 86.6 | 8.6 | Si | 1.32 | 2.66 | 50.4 | 57.5 |
| HO1A100 | 8.6 | 84.2 | 7.2 | Si | 1.28 | 2.64 | 51.5 | 56.0 |
| HO1B020 | 4.4 | 88.4 | 7.2 | Si | 1.22 | 2.61 | 53.3 | 62.7 |
| HO1B040 | 4.9 | 87.9 | 7.2 | Si | 1.22 | 2.63 | 53.6 | 61.8 |
| HO1C020 | 4.9 | 89.1 | 6.0 | Si | 1.25 | 2.62 | 52.3 | 56.5 |
| HO1C040 | 7.3 | 83.9 | 8.8 | Si | 1.26 | 2.64 | 52.3 | 57.7 |
| HO2A020 | 2.8 | 81.6 | 15.6 | SiL | 1.30 | 2.66 | 51.1 | 70.9 |
| HO2A040 | 2.8 | 83.8 | 13.4 | SiL | 1.27 | 2.64 | 51.9 | 78.2 |
| HO2A060 | 3.8 | 86.0 | 10.2 | Si | 1.26 | 2.64 | 52.3 | 74.4 |
| HO2A080 | 4.7 | 88.3 | 7.0 | Si | 1.30 | 2.67 | 51.3 | 72.3 |
| HO2A100 | 8.5 | 83.9 | 7.6 | Si | 1.30 | 2.63 | 50.6 | 67.7 |
| HO2B020 | 4.0 | 84.4 | 11.6 | Si | 1.31 | 2.68 | 51.1 | 65.5 |
| HO2B040 | 2.9 | 86.9 | 10.2 | Si | 1.30 | 2.66 | 51.1 | 68.9 |
| HO2C020 | 5.0 | 81.8 | 13.2 | SiL | 1.29 | 2.65 | 51.3 | 69.8 |
| HO2C040 | 3.2 | 83.0 | 13.8 | SiL | 1.31 | 2.68 | 51.1 | 70.1 |
| HO3A020 | 9.2 | 81.6 | 9.2 | Si | 1.25 | 2.63 | 52.5 | 63.9 |
| HO3A040 | 15.9 | 72.7 | 11.4 | SiL | 1.27 | 2.66 | 52.3 | 62.1 |
| HO3A060 | 20.8 | 68.8 | 10.4 | SiL | 1.32 | 2.71 | 51.3 | 57.6 |
| HO3A080 | 13.7 | 73.3 | 13.0 | SiL | 1.31 | 2.66 | 50.8 | 64.1 |
| HO3A100 | 12.5 | 74.9 | 12.6 | SiL | 1.32 | 2.63 | 49.8 | 63.1 |
| HO3B020 | 6.4 | 83.0 | 10.6 | Si | 1.28 | 2.64 | 51.5 | 64.9 |
| HO3B040 | 10.6 | 79.4 | 10.0 | Si | 1.29 | 2.66 | 51.5 | 63.2 |
| HO3C020 | 8.0 | 81.0 | 11.0 | Si | 1.29 | 2.64 | 51.1 | 65.2 |
| HO3C040 | 13.9 | 76.9 | 9.2 | SiL | 1.30 | 2.66 | 51.1 | 63.2 |

[표 1-4] 석문지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| SM1A020 | 43.1 | 51.5 | 5.4 | SiL | 1.32 | 2.66 | 50.4 | 41.4 |
| SM1A040 | 26.3 | 70.5 | 3.2 | SiL | 1.27 | 2.63 | 51.7 | 43.3 |
| SM1A060 | 8.3 | 85.5 | 6.2 | Si | 1.22 | 2.60 | 53.1 | 57.5 |
| SM1A080 | 7.6 | 86.6 | 5.8 | Si | 1.23 | 2.64 | 53.4 | 61.6 |
| SM1A100 | 5.7 | 89.1 | 5.2 | Si | 1.24 | 2.61 | 52.5 | 61.5 |
| SM1B020 | 46.7 | 46.5 | 6.8 | L | 1.30 | 2.65 | 50.9 | 41.1 |
| SM1B040 | 44.1 | 52.7 | 3.2 | SiL | 1.32 | 2.67 | 50.6 | 42.5 |
| SM1C020 | 45.6 | 51.0 | 3.4 | SiL | 1.30 | 2.64 | 50.8 | 41.2 |
| SM1C040 | 43.5 | 50.7 | 5.8 | SiL | 1.32 | 2.66 | 50.4 | 42.6 |
| SM2A020 | 42.5 | 51.3 | 6.2 | SiL | 1.41 | 2.67 | 47.2 | 42.0 |
| SM2A040 | 11.8 | 82.0 | 6.2 | Si | 1.34 | 2.61 | 48.7 | 54.4 |
| SM2A060 | 16.4 | 77.0 | 6.6 | SiL | 1.29 | 2.64 | 51.1 | 55.1 |
| SM2A080 | 6.9 | 89.5 | 3.6 | Si | 1.31 | 2.64 | 50.4 | 57.9 |
| SM2A100 | 6.0 | 90.8 | 3.2 | Si | 1.27 | 2.63 | 51.7 | 63.1 |
| SM2B020 | 38.2 | 56.6 | 5.2 | SiL | 1.41 | 2.62 | 46.2 | 42.3 |
| SM2B040 | 8.7 | 84.9 | 6.4 | Si | 1.22 | 2.58 | 52.7 | 53.2 |
| SM2C020 | 39.5 | 55.3 | 5.2 | SiL | 1.29 | 2.65 | 51.3 | 43.7 |
| SM2C040 | 9.8 | 84.6 | 5.6 | Si | 1.30 | 2.64 | 50.8 | 55.4 |
| SM3A020 | 42.8 | 53.8 | 3.4 | SiL | 1.36 | 2.64 | 48.5 | 42.9 |
| SM3A040 | 21.2 | 75.6 | 3.2 | SiL | 1.31 | 2.65 | 50.6 | 43.6 |
| SM3A060 | 18.5 | 74.7 | 6.8 | SiL | 1.30 | 2.64 | 50.8 | 47.7 |
| SM3A080 | 8.7 | 83.7 | 7.6 | Si | 1.27 | 2.63 | 51.7 | 54.3 |
| SM3A100 | 7.8 | 86.6 | 5.6 | Si | 1.26 | 2.63 | 52.1 | 56.5 |
| SM3B020 | 37.8 | 56.6 | 5.6 | SiL | 1.34 | 2.61 | 48.7 | 41.6 |
| SM3B040 | 44.0 | 52.8 | 3.2 | SiL | 1.37 | 2.67 | 48.7 | 42.7 |
| SM3C020 | 43.1 | 51.1 | 5.8 | SiL | 1.34 | 2.64 | 49.2 | 42.3 |
| SM3C040 | 45.2 | 51.6 | 3.2 | SiL | 1.41 | 2.67 | 47.2 | 42.5 |

[표 1-7] 새만금(옥구)지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| SMG1A020 | 5.7 | 86.3 | 8.0 | Si | 1.33 | 2.65 | 49.8 | 72.6 |
| SMG1A040 | 4.7 | 87.3 | 8.0 | Si | 1.32 | 2.67 | 50.6 | 73.1 |
| SMG1A060 | 4.0 | 86.4 | 9.6 | Si | 1.32 | 2.64 | 50.0 | 62.9 |
| SMG1A080 | 5.8 | 86.8 | 7.4 | Si | 1.35 | 2.66 | 49.2 | 55.7 |
| SMG1A100 | 14.1 | 76.7 | 9.2 | SiL | 1.35 | 2.68 | 49.6 | 53.5 |
| SMG1B020 | 4.2 | 88.0 | 7.8 | Si | 1.31 | 2.62 | 50.0 | 75.5 |
| SMG1B040 | 5.9 | 86.7 | 7.4 | Si | 1.30 | 2.65 | 50.9 | 72.4 |
| SMG1C020 | 5.3 | 85.9 | 8.8 | Si | 1.31 | 2.63 | 50.2 | 71.3 |
| SMG1C040 | 4.1 | 84.9 | 11.0 | Si | 1.32 | 2.69 | 50.9 | 73.7 |
| SMG2A020 | 43.5 | 53.3 | 3.2 | SiL | 1.40 | 2.69 | 48.0 | 41.6 |
| SMG2A040 | 41.7 | 52.5 | 5.8 | SiL | 1.40 | 2.72 | 48.5 | 41.3 |
| SMG2A060 | 43.0 | 52.2 | 4.8 | SiL | 1.41 | 2.71 | 48.0 | 42.2 |
| SMG2A080 | 42.3 | 52.9 | 4.8 | SiL | 1.37 | 2.70 | 49.3 | 41.2 |
| SMG2A100 | 43.1 | 51.7 | 5.2 | SiL | 1.37 | 2.66 | 48.5 | 41.4 |
| SMG2B020 | 40.7 | 53.9 | 5.4 | SiL | 1.39 | 2.68 | 48.1 | 42.9 |
| SMG2B040 | 40.2 | 56.0 | 3.8 | SiL | 1.38 | 2.67 | 48.3 | 41.3 |
| SMG2C020 | 39.0 | 56.0 | 5.0 | SiL | 1.37 | 2.73 | 49.8 | 41.4 |
| SMG2C040 | 41.4 | 54.2 | 4.4 | SiL | 1.39 | 2.75 | 49.5 | 41.5 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

자료출처 : 간척지 제염예측기법 개발 / 농림부 [편]

[표 1-8] 새만금(김제)지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| SMG3A020 | 3.5 | 90.7 | 5.8 | Si | 1.37 | 2.69 | 49.1 | 60.0 |
| SMG3A040 | 6.2 | 88.8 | 5.0 | Si | 1.36 | 2.68 | 49.3 | 58.4 |
| SMG3A060 | 4.1 | 90.1 | 5.8 | Si | 1.33 | 2.57 | 48.2 | 63.7 |
| SMG3A080 | 4.3 | 88.9 | 6.8 | Si | 1.35 | 2.59 | 47.9 | 60.8 |
| SMG3A100 | 2.8 | 89.4 | 7.8 | Si | 1.34 | 2.60 | 48.5 | 65.7 |
| SMG3B020 | 4.3 | 90.1 | 5.6 | Si | 1.36 | 2.62 | 48.1 | 60.0 |
| SMG3B040 | 8.1 | 86.9 | 5.0 | Si | 1.36 | 2.60 | 47.7 | 58.2 |
| SMG3C020 | 5.6 | 90.0 | 4.4 | Si | 1.37 | 2.62 | 47.7 | 59.2 |
| SMG3C040 | 6.2 | 88.0 | 5.8 | Si | 1.35 | 2.62 | 48.5 | 59.6 |
| SMG4A020 | 5.1 | 88.7 | 6.2 | Si | 1.39 | 2.60 | 46.5 | 61.2 |
| SMG4A040 | 8.0 | 86.2 | 5.8 | Si | 1.36 | 2.61 | 47.9 | 59.4 |
| SMG4A060 | 13.2 | 80.4 | 6.4 | Si | 1.35 | 2.63 | 48.7 | 58.5 |
| SMG4A080 | 3.0 | 90.8 | 6.2 | Si | 1.34 | 2.63 | 49.0 | 57.3 |
| SMG4A100 | 4.8 | 88.0 | 7.2 | Si | 1.41 | 2.60 | 45.8 | 62.8 |
| SMG4B020 | 5.2 | 89.2 | 5.6 | Si | 1.34 | 2.60 | 48.5 | 57.0 |
| SMG4B040 | 11.1 | 83.7 | 5.2 | Si | 1.35 | 2.63 | 48.7 | 57.4 |
| SMG4C020 | 7.4 | 87.6 | 5.0 | Si | 1.34 | 2.60 | 48.5 | 58.0 |
| SMG4C040 | 5.8 | 87.6 | 6.6 | Si | 1.38 | 2.61 | 47.1 | 57.2 |
| SMG5A020 | 9.4 | 83.8 | 6.8 | Si | 1.36 | 2.63 | 48.3 | 62.7 |
| SMG5A040 | 10.1 | 84.3 | 5.6 | Si | 1.35 | 2.60 | 48.1 | 71.3 |
| SMG5A060 | 8.9 | 83.9 | 7.2 | Si | 1.28 | 2.58 | 50.4 | 70.7 |
| SMG5A080 | 12.3 | 80.3 | 7.4 | Si | 1.31 | 2.59 | 49.4 | 65.9 |
| SMG5A100 | 8.0 | 86.4 | 5.6 | Si | 1.36 | 2.62 | 48.1 | 64.1 |
| SMG5B020 | 9.1 | 85.1 | 5.8 | Si | 1.36 | 2.63 | 48.3 | 61.6 |
| SMG5B040 | 10.0 | 83.6 | 6.4 | Si | 1.35 | 2.59 | 47.9 | 66.3 |
| SMG5C020 | 11.2 | 83.0 | 5.8 | Si | 1.36 | 2.58 | 47.3 | 62.5 |
| SMG5C040 | 7.8 | 84.6 | 7.6 | Si | 1.37 | 2.58 | 46.9 | 70.4 |

[표 1-9] 새만금(부안)지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| SMG6A020 | 22.0 | 74.8 | 3.2 | SiL | 1.35 | 2.61 | 48.3 | 49.6 |
| SMG6A040 | 43.0 | 53.2 | 3.8 | SiL | 1.34 | 2.63 | 49.0 | 44.1 |
| SMG6A060 | 45.5 | 50.7 | 3.8 | SiL | 1.34 | 2.64 | 49.2 | 46.5 |
| SMG6A080 | 37.1 | 59.7 | 3.2 | SiL | 1.36 | 2.63 | 48.3 | 45.8 |
| SMG6A100 | 44.3 | 52.5 | 3.2 | SiL | 1.36 | 2.63 | 48.3 | 44.4 |
| SMG6B020 | 18.5 | 76.3 | 5.2 | SiL | 1.34 | 2.64 | 49.2 | 48.2 |
| SMG6B040 | 45.1 | 50.9 | 4.0 | SiL | 1.33 | 2.64 | 49.6 | 44.8 |
| SMG6C020 | 28.5 | 68.3 | 3.2 | SiL | 1.32 | 2.65 | 50.2 | 49.5 |
| SMG6C040 | 45.5 | 51.3 | 3.2 | SiL | 1.38 | 2.63 | 47.5 | 46.6 |
| SMG7A020 | 42.2 | 53.0 | 4.8 | SiL | 1.40 | 2.65 | 47.2 | 43.4 |
| SMG7A040 | 42.5 | 54.3 | 3.2 | SiL | 1.41 | 2.63 | 46.4 | 42.6 |
| SMG7A060 | 40.0 | 56.2 | 3.8 | SiL | 1.41 | 2.63 | 46.4 | 42.3 |
| SMG7A080 | 45.5 | 51.3 | 3.2 | SiL | 1.42 | 2.64 | 46.2 | 40.7 |
| SMG7A100 | 45.7 | 51.1 | 3.2 | SiL | 1.41 | 2.63 | 46.4 | 41.5 |
| SMG7B020 | 46.2 | 50.6 | 3.2 | SiL | 1.42 | 2.63 | 46.0 | 42.5 |
| SMG7B040 | 46.0 | 50.8 | 3.2 | SiL | 1.40 | 2.63 | 46.8 | 42.7 |
| SMG7C020 | 44.6 | 51.4 | 4.0 | SiL | 1.41 | 2.65 | 46.8 | 42.3 |
| SMG7C040 | 45.9 | 50.9 | 3.2 | SiL | 1.40 | 2.65 | 47.2 | 42.9 |
| SMG8A020 | 7.2 | 85.4 | 7.4 | Si | 1.31 | 2.65 | 50.6 | 70.2 |
| SMG8A040 | 8.3 | 85.3 | 6.4 | Si | 1.28 | 2.69 | 52.4 | 65.6 |
| SMG8A060 | 7.0 | 86.2 | 6.8 | Si | 1.32 | 2.66 | 50.4 | 63.3 |
| SMG8A080 | 3.6 | 89.4 | 7.0 | Si | 1.34 | 2.68 | 50.0 | 64.0 |
| SMG8A100 | 3.5 | 90.5 | 6.0 | Si | 1.33 | 2.67 | 50.2 | 58.2 |
| SMG8B020 | 9.2 | 84.2 | 6.6 | Si | 1.32 | 2.64 | 50.0 | 72.1 |
| SMG8B040 | 15.0 | 81.2 | 3.8 | Si | 1.29 | 2.63 | 51.0 | 61.8 |
| SMG8C020 | 8.9 | 85.3 | 5.8 | Si | 1.31 | 2.61 | 49.8 | 65.3 |
| SMG8C040 | 9.4 | 83.4 | 7.2 | Si | 1.28 | 2.60 | 50.8 | 66.0 |

[표 1-10] 부창지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| BC1A020 | 34.6 | 61.4 | 4.0 | SiL | 1.39 | 2.69 | 48.3 | 43.0 |
| BC1A040 | 38.1 | 55.7 | 6.2 | SiL | 1.40 | 2.69 | 48.0 | 42.5 |
| BC1A060 | 42.0 | 52.6 | 5.4 | SiL | 1.39 | 2.72 | 48.9 | 40.4 |
| BC1A080 | 40.6 | 54.2 | 5.2 | SiL | 1.38 | 2.70 | 48.9 | 42.9 |
| BC1A100 | 41.5 | 52.9 | 5.6 | SiL | 1.33 | 2.63 | 49.4 | 46.1 |
| BC1B020 | 40.3 | 56.1 | 3.6 | SiL | 1.36 | 2.66 | 48.9 | 41.6 |
| BC1B040 | 41.4 | 54.2 | 4.4 | SiL | 1.34 | 2.68 | 50.0 | 40.5 |
| BC1C020 | 39.2 | 55.4 | 5.4 | SiL | 1.40 | 2.67 | 47.6 | 41.3 |
| BC1C040 | 39.6 | 56.8 | 3.6 | SiL | 1.38 | 2.65 | 47.9 | 42.6 |
| BC2A020 | 44.9 | 51.1 | 4.0 | SiL | 1.41 | 2.67 | 47.2 | 40.3 |
| BC2A040 | 46.3 | 50.1 | 3.6 | SiL | 1.38 | 2.65 | 47.9 | 40.2 |
| BC2A060 | 44.5 | 52.1 | 3.4 | SiL | 1.36 | 2.66 | 48.9 | 40.9 |
| BC2A080 | 41.0 | 53.4 | 5.6 | SiL | 1.37 | 2.67 | 48.7 | 42.7 |
| BC2A100 | 38.8 | 56.6 | 4.6 | SiL | 1.38 | 2.68 | 48.5 | 42.6 |
| BC2B020 | 44.3 | 50.5 | 5.2 | SiL | 1.42 | 2.66 | 46.6 | 40.7 |
| BC2B040 | 45.3 | 51.1 | 3.6 | SiL | 1.43 | 2.63 | 45.6 | 40.0 |
| BC2C020 | 45.0 | 51.8 | 3.2 | SiL | 1.42 | 2.66 | 46.6 | 40.3 |
| BC2C040 | 45.5 | 50.9 | 3.6 | SiL | 1.40 | 2.63 | 46.8 | 40.5 |
| BC3A020 | 8.5 | 83.7 | 7.8 | Si | 1.28 | 2.67 | 52.1 | 52.2 |
| BC3A040 | 6.6 | 85.6 | 7.8 | Si | 1.35 | 2.67 | 49.4 | 53.2 |
| BC3A060 | 7.4 | 87.2 | 5.4 | Si | 1.32 | 2.68 | 50.7 | 55.4 |
| BC3A080 | 5.8 | 87.6 | 6.6 | Si | 1.35 | 2.67 | 49.4 | 56.3 |
| BC3A100 | 5.3 | 87.3 | 7.4 | Si | 1.33 | 2.65 | 49.8 | 60.3 |
| BC3B020 | 6.5 | 86.9 | 6.6 | Si | 1.32 | 2.66 | 50.4 | 52.8 |
| BC3B040 | 6.5 | 86.3 | 7.2 | Si | 1.26 | 2.67 | 52.9 | 53.8 |
| BC3C020 | 5.4 | 87.2 | 7.4 | Si | 1.29 | 2.66 | 51.5 | 57.2 |
| BC3C040 | 4.2 | 89.2 | 6.6 | Si | 1.31 | 2.66 | 50.8 | 53.8 |

[표 1-11] 영산강(3-2)지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| YS1A020 | 50.1 | 40.3 | 9.6 | L | 1.38 | 2.62 | 47.3 | 66.2 |
| YS1A040 | 49.9 | 40.1 | 10.0 | L | 1.41 | 2.67 | 47.2 | 57.3 |
| YS1A060 | 41.4 | 48.6 | 10.0 | L | 1.37 | 2.63 | 47.9 | 63.9 |
| YS1A080 | 33.6 | 56.6 | 9.8 | SiL | 1.31 | 2.62 | 50.0 | 72.7 |
| YS1A100 | 25.3 | 65.1 | 9.6 | SiL | 1.33 | 2.62 | 49.2 | 74.6 |
| YS1B020 | 42.8 | 51.6 | 5.6 | SiL | 1.36 | 2.67 | 49.1 | 43.4 |
| YS1B040 | 42.8 | 52.4 | 4.8 | SiL | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 50.1 |
| YS1C020 | 46.8 | 41.6 | 11.6 | L | 1.33 | 2.62 | 49.2 | 62.3 |
| YS1C040 | 29.9 | 56.5 | 13.6 | SiL | 1.33 | 2.63 | 49.4 | 75.9 |
| YS2A020 | 34.4 | 47.8 | 17.8 | L | 1.33 | 2.63 | 49.4 | 73.2 |
| YS2A040 | 27.3 | 53.7 | 19.0 | SiL | 1.33 | 2.64 | 49.6 | 73.8 |
| YS2A060 | 26.1 | 57.1 | 16.8 | SiL | 1.31 | 2.63 | 50.2 | 73.0 |
| YS2A080 | 36.4 | 48.2 | 15.4 | L | 1.32 | 2.63 | 49.8 | 70.1 |
| YS2A100 | 43.6 | 48.6 | 7.8 | L | 1.37 | 2.62 | 47.7 | 48.4 |
| YS2B020 | 37.9 | 55.5 | 6.6 | SiL | 1.33 | 2.63 | 49.4 | 69.6 |
| YS2B040 | 41.7 | 51.9 | 6.4 | SiL | 1.35 | 2.63 | 48.7 | 59.5 |
| YS2C020 | 38.0 | 47.6 | 14.4 | L | 1.34 | 2.62 | 48.9 | 71.8 |
| YS2C040 | 43.8 | 47.0 | 9.2 | L | 1.34 | 2.64 | 49.2 | 65.6 |
| YS3A020 | 42.5 | 50.1 | 7.4 | SiL | 1.33 | 2.64 | 49.6 | 48.1 |
| YS3A040 | 47.0 | 43.2 | 9.8 | L | 1.33 | 2.65 | 49.8 | 55.9 |
| YS3A060 | 47.5 | 39.1 | 13.4 | L | 1.34 | 2.65 | 49.4 | 60.4 |
| YS3A080 | 51.8 | 34.8 | 13.4 | L | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 62.0 |
| YS3A100 | 51.3 | 37.3 | 11.4 | L | 1.30 | 2.62 | 50.4 | 62.0 |
| YS3B020 | 51.7 | 39.7 | 8.6 | L | 1.34 | 2.68 | 50.0 | 48.4 |
| YS3B040 | 50.2 | 40.2 | 9.6 | L | 1.35 | 2.63 | 48.7 | 63.2 |
| YS3C020 | 51.9 | 38.9 | 9.2 | L | 1.36 | 2.63 | 48.3 | 52.3 |
| YS3C040 | 50.3 | 40.1 | 9.6 | L | 1.31 | 2.65 | 50.5 | 58.0 |

[표 1-13] 고흥지구 토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Physical properties | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|------|------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | Mechanical composition(%) | | | Texture class | Bulk density | Particle density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) |
| | Sand | Silt | Clay | | | | | |
| KH1A020 | 51.1 | 41.3 | 7.6 | L | 1.42 | 2.65 | 46.4 | 43.4 |
| KH1A040 | 34.1 | 58.7 | 7.2 | SiL | 1.38 | 2.63 | 47.5 | 56.7 |
| KH1A060 | 29.8 | 63.2 | 7.0 | SiL | 1.35 | 2.63 | 48.7 | 71.8 |
| KH1A080 | 29.9 | 63.5 | 6.6 | SiL | 1.36 | 2.62 | 48.1 | 59.1 |
| KH1A100 | 38.5 | 50.3 | 11.2 | SiL | 1.37 | 2.62 | 47.7 | 66.7 |
| KH1B020 | 45.1 | 45.7 | 9.2 | L | 1.38 | 2.65 | 47.9 | 46.7 |
| KH1B040 | 42.4 | 50.0 | 7.6 | L | 1.36 | 2.64 | 48.5 | 52.8 |
| KH1C020 | 51.6 | 40.6 | 7.8 | L | 1.42 | 2.65 | 46.4 | 42.0 |
| KH1C040 | 51.3 | 40.9 | 7.8 | L | 1.42 | 2.63 | 46.0 | 43.8 |
| KH2A020 | 24.3 | 64.1 | 11.6 | SiL | 1.30 | 2.67 | 51.3 | 55.9 |
| KH2A040 | 17.9 | 75.7 | 6.4 | SiL | 1.32 | 2.64 | 50.0 | 63.3 |
| KH2A060 | 17.0 | 75.8 | 7.2 | SiL | 1.33 | 2.62 | 49.2 | 73.3 |
| KH2A080 | 14.5 | 77.9 | 7.6 | SiL | 1.34 | 2.61 | 48.7 | 74.2 |
| KH2A100 | 13.0 | 80.2 | 6.8 | Si | 1.32 | 2.62 | 49.6 | 70.2 |
| KH2B020 | 19.3 | 70.1 | 10.6 | SiL | 1.36 | 2.62 | 48.1 | 61.1 |
| KH2B040 | 20.2 | 70.6 | 9.2 | SiL | 1.35 | 2.59 | 47.9 | 63.1 |
| KH2C020 | 24.8 | 66.4 | 8.8 | SiL | 1.40 | 2.58 | 45.7 | 61.2 |
| KH2C040 | 16.8 | 72.0 | 11.2 | SiL | 1.35 | 2.60 | 48.1 | 68.7 |
| KH3A020 | 4.2 | 90.2 | 5.6 | Si | 1.30 | 2.58 | 49.6 | 75.0 |
| KH3A040 | 3.8 | 90.4 | 5.8 | Si | 1.30 | 2.62 | 50.4 | 73.6 |
| KH3A060 | 1.7 | 92.9 | 5.4 | Si | 1.32 | 2.58 | 48.8 | 75.5 |
| KH3A080 | 1.7 | 92.7 | 5.6 | Si | 1.29 | 2.58 | 50.0 | 77.4 |
| KH3A100 | 1.7 | 92.7 | 5.6 | Si | 1.32 | 2.60 | 49.2 | 78.0 |
| KH3B020 | 3.3 | 83.9 | 12.8 | SiL | 1.30 | 2.58 | 49.6 | 72.8 |
| KH3B040 | 4.1 | 84.5 | 11.4 | Si | 1.32 | 2.58 | 48.8 | 70.9 |
| KH3C020 | 4.0 | 83.6 | 12.4 | SiL | 1.33 | 2.59 | 48.6 | 74.7 |
| KH3C040 | 3.0 | 89.2 | 7.8 | Si | 1.31 | 2.57 | 49.0 | 75.8 |

2. 간척지 토양의 화학적 특성

[표 1-14] 용진지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| OJ1A020 | 1.3 | 2.1 | 4.6 | 1.6 | 11.6 | 39.7 | 25.8 | 7.4 |
| OJ1A040 | 1.3 | 3.4 | 4.2 | 1.8 | 12.7 | 33.1 | 25.6 | 7.3 |
| OJ1A060 | 1.4 | 3.4 | 4.7 | 1.8 | 13.7 | 34.3 | 26.5 | 7.3 |
| OJ1A080 | 1.4 | 3.7 | 5.2 | 2.0 | 14.4 | 36.1 | 24.9 | 7.1 |
| OJ1A100 | 1.2 | 3.5 | 5.8 | 2.0 | 14.1 | 41.1 | 23.6 | 7.7 |
| OJ1B020 | 1.4 | 3.4 | 7.6 | 1.7 | 15.9 | 47.8 | 26.7 | 7.1 |
| OJ1B040 | 1.6 | 3.2 | 7.5 | 1.9 | 15.4 | 48.7 | 24.7 | 7.6 |
| OJ1C020 | 1.5 | 3.3 | 7.9 | 1.6 | 15.5 | 51.0 | 25.9 | 7.2 |
| OJ1C040 | 1.7 | 3.7 | 7.7 | 1.8 | 16.1 | 47.8 | 23.8 | 6.9 |
| OJ2A020 | 1.9 | 2.7 | 7.0 | 1.4 | 14.3 | 49.0 | 32.0 | 7.6 |
| OJ2A040 | 1.7 | 2.6 | 7.3 | 1.5 | 14.2 | 51.4 | 30.5 | 7.4 |
| OJ2A060 | 2.0 | 3.4 | 8.5 | 1.8 | 16.5 | 51.5 | 31.2 | 6.9 |
| OJ2A080 | 2.0 | 3.3 | 7.7 | 1.9 | 15.7 | 49.0 | 29.7 | 7.6 |
| OJ2A100 | 2.0 | 3.3 | 7.0 | 1.7 | 15.0 | 46.7 | 28.1 | 7.7 |
| OJ2B020 | 1.7 | 2.8 | 6.1 | 1.4 | 13.1 | 46.6 | 31.7 | 6.9 |
| OJ2B040 | 2.1 | 3.4 | 7.9 | 1.8 | 16.2 | 48.8 | 29.2 | 6.9 |
| OJ2C020 | 1.9 | 2.8 | 6.4 | 1.4 | 13.3 | 48.1 | 32.7 | 7.3 |
| OJ2C040 | 1.7 | 3.7 | 6.1 | 1.5 | 14.4 | 42.4 | 30.3 | 6.9 |
| OJ3A020 | 1.2 | 1.7 | 5.0 | 1.2 | 10.5 | 47.6 | 28.1 | 6.8 |
| OJ3A040 | 1.6 | 2.5 | 5.0 | 1.3 | 11.7 | 42.7 | 28.3 | 6.7 |
| OJ3A060 | 1.6 | 2.5 | 5.6 | 1.4 | 12.4 | 45.2 | 28.0 | 6.7 |
| OJ3A080 | 1.3 | 2.5 | 6.2 | 1.5 | 12.5 | 49.6 | 27.4 | 6.7 |
| OJ3A100 | 1.3 | 2.8 | 6.0 | 1.5 | 12.8 | 46.9 | 27.0 | 6.5 |
| OJ3B020 | 1.2 | 1.6 | 4.0 | 1.2 | 10.2 | 39.2 | 26.4 | 7.2 |
| OJ3B040 | 1.3 | 1.8 | 5.6 | 1.4 | 12.3 | 45.5 | 28.7 | 6.7 |
| OJ3C020 | 1.3 | 1.2 | 4.6 | 1.2 | 10.6 | 43.4 | 28.8 | 6.6 |
| OJ3C040 | 1.5 | 2.1 | 5.0 | 1.6 | 12.0 | 41.7 | 28.8 | 7.2 |

[표 1-15] 시화지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|------|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| SH1A020 | 1.4 | 2.8 | 5.7 | 1.6 | 12.1 | 47.1 | 39.3 | 7.3 |
| SH1A040 | 2.1 | 1.9 | 4.0 | 1.3 | 11.3 | 35.4 | 26.0 | 7.7 |
| SH1A060 | 1.9 | 2.8 | 5.2 | 2.1 | 12.9 | 40.3 | 24.7 | 7.6 |
| SH1A080 | 1.5 | 3.2 | 5.4 | 2.1 | 13.5 | 40.0 | 24.5 | 7.4 |
| SH1A100 | 1.2 | 3.3 | 4.7 | 2.0 | 12.7 | 37.0 | 24.3 | 7.8 |
| SH1B020 | 2.6 | 3.5 | 7.6 | 1.5 | 15.4 | 49.4 | 40.3 | 7.4 |
| SH1B040 | 2.2 | 2.0 | 5.4 | 1.7 | 12.8 | 42.2 | 28.8 | 7.0 |
| SH1C020 | 1.8 | 2.2 | 5.4 | 1.3 | 11.6 | 46.6 | 30.8 | 7.3 |
| SH1C040 | 2.7 | 2.1 | 3.9 | 1.7 | 11.3 | 34.5 | 24.8 | 6.8 |
| SH2A020 | 0.6 | 3.7 | 8.6 | 1.5 | 15.0 | 57.3 | 44.7 | 7.1 |
| SH2A040 | 0.9 | 2.5 | 8.2 | 1.7 | 14.7 | 55.8 | 32.8 | 7.0 |
| SH2A060 | 1.0 | 2.6 | 7.6 | 1.7 | 14.4 | 52.8 | 30.1 | 7.6 |
| SH2A080 | 1.2 | 2.4 | 6.5 | 1.7 | 13.8 | 47.1 | 30.5 | 7.4 |
| SH2A100 | 1.1 | 2.8 | 6.2 | 1.6 | 13.0 | 47.7 | 30.4 | 7.3 |
| SH2B020 | 0.6 | 3.3 | 8.7 | 1.3 | 14.5 | 60.0 | 45.5 | 7.6 |
| SH2B040 | 1.3 | 2.6 | 7.5 | 1.4 | 14.0 | 53.6 | 38.0 | 7.7 |
| SH2C020 | 0.6 | 3.7 | 10.0 | 1.4 | 16.2 | 61.7 | 44.5 | 7.4 |
| SH2C040 | 1.0 | 2.0 | 5.8 | 1.6 | 12.3 | 47.2 | 33.2 | 7.2 |
| SH3A020 | 0.5 | 3.8 | 8.3 | 1.3 | 14.4 | 57.6 | 47.0 | 7.1 |
| SH3A040 | 1.1 | 2.2 | 6.0 | 1.7 | 12.3 | 48.8 | 32.3 | 7.3 |
| SH3A060 | 1.4 | 1.7 | 4.5 | 1.5 | 11.5 | 39.1 | 29.6 | 7.7 |
| SH3A080 | 1.6 | 2.1 | 4.5 | 1.6 | 11.2 | 40.2 | 28.6 | 7.2 |
| SH3A100 | 1.4 | 2.5 | 5.3 | 1.7 | 12.0 | 44.2 | 28.1 | 7.4 |
| SH3B020 | 0.6 | 3.5 | 7.5 | 1.3 | 13.3 | 56.4 | 44.3 | 7.2 |
| SH3B040 | 1.1 | 2.3 | 6.9 | 1.5 | 13.4 | 51.5 | 34.9 | 7.3 |
| SH3C020 | 0.8 | 2.8 | 8.0 | 1.3 | 14.1 | 56.7 | 38.0 | 7.4 |
| SH3C040 | 1.3 | 2.3 | 5.8 | 1.6 | 13.2 | 43.9 | 29.2 | 7.0 |

[표 1-16] 화옹지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| HO1A020 | 1.7 | 2.4 | 4.8 | 1.9 | 11.9 | 40.3 | 33.5 | 7.0 |
| HO1A040 | 1.9 | 3.2 | 6.1 | 2.0 | 14.5 | 42.1 | 32.8 | 7.2 |
| HO1A060 | 1.7 | 2.9 | 4.5 | 1.8 | 11.9 | 37.8 | 32.1 | 6.5 |
| HO1A080 | 1.7 | 2.6 | 4.2 | 1.6 | 11.6 | 36.2 | 29.5 | 6.6 |
| HO1A100 | 1.7 | 2.1 | 4.3 | 1.7 | 11.8 | 36.4 | 28.8 | 6.5 |
| HO1B020 | 1.8 | 2.7 | 6.2 | 1.9 | 13.7 | 45.3 | 34.3 | 7.2 |
| HO1B040 | 2.0 | 3.1 | 5.6 | 2.0 | 13.9 | 40.3 | 36.1 | 6.9 |
| HO1C020 | 1.7 | 2.4 | 5.9 | 1.6 | 12.8 | 46.1 | 37.4 | 6.9 |
| HO1C040 | 1.7 | 2.3 | 7.1 | 1.7 | 14.3 | 49.7 | 35.2 | 7.0 |
| HO2A020 | 1.1 | 3.5 | 6.8 | 1.7 | 15.0 | 45.3 | 31.2 | 7.3 |
| HO2A040 | 1.3 | 3.2 | 7.9 | 1.8 | 16.9 | 46.7 | 30.7 | 7.6 |
| HO2A060 | 1.4 | 3.9 | 8.2 | 1.9 | 17.6 | 46.6 | 29.9 | 7.1 |
| HO2A080 | 1.3 | 3.4 | 8.3 | 1.9 | 17.2 | 48.3 | 30.2 | 7.6 |
| HO2A100 | 1.0 | 3.6 | 8.0 | 1.9 | 16.3 | 49.1 | 29.4 | 7.0 |
| HO2B020 | 1.0 | 2.9 | 8.3 | 1.6 | 15.4 | 53.9 | 32.7 | 7.1 |
| HO2B040 | 1.2 | 3.0 | 8.3 | 1.5 | 16.2 | 51.2 | 31.3 | 7.1 |
| HO2C020 | 1.0 | 2.1 | 6.0 | 1.4 | 13.8 | 43.5 | 26.9 | 7.0 |
| HO2C040 | 1.1 | 3.0 | 6.2 | 1.5 | 14.7 | 42.2 | 25.7 | 7.1 |
| HO3A020 | 1.3 | 3.2 | 8.0 | 2.1 | 16.4 | 48.8 | 32.9 | 7.5 |
| HO3A040 | 1.4 | 3.4 | 7.2 | 2.0 | 15.2 | 47.4 | 30.8 | 7.0 |
| HO3A060 | 1.3 | 2.8 | 4.5 | 1.7 | 11.6 | 38.8 | 27.5 | 6.9 |
| HO3A080 | 1.4 | 2.9 | 3.9 | 2.0 | 11.9 | 32.8 | 26.7 | 6.7 |
| HO3A100 | 1.4 | 3.1 | 3.5 | 2.0 | 11.4 | 30.7 | 25.9 | 6.5 |
| HO3B020 | 1.3 | 2.9 | 7.3 | 2.0 | 15.8 | 46.2 | 31.1 | 7.9 |
| HO3B040 | 1.6 | 3.5 | 6.0 | 2.0 | 14.5 | 41.4 | 32.4 | 7.9 |
| HO3C020 | 1.3 | 3.3 | 7.5 | 2.1 | 15.2 | 49.3 | 34.4 | 7.2 |
| HO3C040 | 1.3 | 2.7 | 7.7 | 2.0 | 15.6 | 49.4 | 32.9 | 7.2 |

[표 1-17] 석문지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| SM1A020 | 2.6 | 2.3 | 7.8 | 1.4 | 15.0 | 52.0 | 48.7 | 7.7 |
| SM1A040 | 1.6 | 2.1 | 4.9 | 1.6 | 10.9 | 45.0 | 40.8 | 7.8 |
| SM1A060 | 1.2 | 2.2 | 6.0 | 1.8 | 13.1 | 45.8 | 34.1 | 7.2 |
| SM1A080 | 2.2 | 2.5 | 5.0 | 1.9 | 12.3 | 40.7 | 31.6 | 7.1 |
| SM1A100 | 1.1 | 2.7 | 5.6 | 1.9 | 13.0 | 43.1 | 32.6 | 7.0 |
| SM1B020 | 1.5 | 2.0 | 6.3 | 1.2 | 12.2 | 51.6 | 45.1 | 7.3 |
| SM1B040 | 1.0 | 1.8 | 3.5 | 1.0 | 8.2 | 42.7 | 38.9 | 7.3 |
| SM1C020 | 1.4 | 2.7 | 7.3 | 1.3 | 13.5 | 54.1 | 50.4 | 7.1 |
| SM1C040 | 1.1 | 2.4 | 6.9 | 1.1 | 12.8 | 53.9 | 45.9 | 7.3 |
| SM2A020 | 3.7 | 2.5 | 6.3 | 1.1 | 14.5 | 43.4 | 42.7 | 7.4 |
| SM2A040 | 3.3 | 2.7 | 6.3 | 1.8 | 14.7 | 42.9 | 43.2 | 6.7 |
| SM2A060 | 3.2 | 3.2 | 7.5 | 1.9 | 16.6 | 45.2 | 42.1 | 6.5 |
| SM2A080 | 2.7 | 2.5 | 5.4 | 2.0 | 13.1 | 41.2 | 41.4 | 7.2 |
| SM2A100 | 1.7 | 3.0 | 6.0 | 2.3 | 14.6 | 41.1 | 35.2 | 7.1 |
| SM2B020 | 3.0 | 1.7 | 4.5 | 1.0 | 11.0 | 40.9 | 39.8 | 7.7 |
| SM2B040 | 2.2 | 1.9 | 6.5 | 1.9 | 13.7 | 47.4 | 41.0 | 7.3 |
| SM2C020 | 3.5 | 1.5 | 4.1 | 1.1 | 10.7 | 38.3 | 39.1 | 7.4 |
| SM2C040 | 2.2 | 2.3 | 4.9 | 1.7 | 11.6 | 42.2 | 39.1 | 7.3 |
| SM3A020 | 3.1 | 1.2 | 5.0 | 1.0 | 10.9 | 45.9 | 43.1 | 7.2 |
| SM3A040 | 1.5 | 1.3 | 4.2 | 1.2 | 8.8 | 47.7 | 40.0 | 7.1 |
| SM3A060 | 1.6 | 1.2 | 3.2 | 1.5 | 8.1 | 39.5 | 35.4 | 6.9 |
| SM3A080 | 2.3 | 2.4 | 3.4 | 1.8 | 10.5 | 32.4 | 30.8 | 6.9 |
| SM3A100 | 1.6 | 2.3 | 3.7 | 1.8 | 10.1 | 36.6 | 30.5 | 7.3 |
| SM3B020 | 3.2 | 2.6 | 9.6 | 1.2 | 17.2 | 55.8 | 56.9 | 7.0 |
| SM3B040 | 2.9 | 2.2 | 6.6 | 0.9 | 13.3 | 49.6 | 49.7 | 7.4 |
| SM3C020 | 1.3 | 2.9 | 9.2 | 1.4 | 15.4 | 59.7 | 55.3 | 6.9 |
| SM3C040 | 1.7 | 2.5 | 6.8 | 0.9 | 13.0 | 52.3 | 44.5 | 7.2 |

[표 1-21] 새만금(김제)지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| SMG3A020 | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 | 20.7 | 7.1 |
| SMG3A040 | 1.1 | 1.5 | 3.4 | 0.9 | 8.8 | 38.6 | 21.5 | 6.8 |
| SMG3A060 | 1.1 | 1.4 | 4.3 | 0.9 | 9.7 | 44.3 | 20.4 | 6.9 |
| SMG3A080 | 1.2 | 1.7 | 4.1 | 1.1 | 10.2 | 40.2 | 21.9 | 7.1 |
| SMG3A100 | 1.6 | 2.5 | 5.1 | 1.4 | 12.0 | 42.5 | 24.0 | 7.2 |
| SMG3B020 | 1.1 | 1.5 | 3.0 | 0.8 | 8.0 | 37.5 | 20.8 | 7.2 |
| SMG3B040 | 1.1 | 1.6 | 3.1 | 0.9 | 8.8 | 35.2 | 21.1 | 7.0 |
| SMG3C020 | 1.1 | 1.4 | 3.4 | 0.9 | 8.8 | 38.6 | 20.5 | 7.1 |
| SMG3C040 | 1.1 | 1.6 | 3.5 | 0.9 | 9.1 | 38.5 | 21.6 | 6.8 |
| SMG4A020 | 1.1 | 1.2 | 3.4 | 0.9 | 8.6 | 39.5 | 21.0 | 7.2 |
| SMG4A040 | 1.1 | 1.0 | 4.5 | 0.9 | 9.9 | 45.5 | 21.6 | 7.1 |
| SMG4A060 | 1.1 | 1.5 | 4.2 | 0.9 | 9.8 | 42.9 | 20.6 | 6.8 |
| SMG4A080 | 1.2 | 1.8 | 2.9 | 1.1 | 8.1 | 35.8 | 23.1 | 6.8 |
| SMG4A100 | 1.5 | 2.3 | 3.1 | 1.3 | 8.7 | 35.6 | 23.6 | 7.1 |
| SMG4B020 | 1.0 | 1.7 | 2.8 | 0.9 | 8.0 | 35.0 | 23.2 | 7.1 |
| SMG4B040 | 1.1 | 1.9 | 2.8 | 0.9 | 7.8 | 35.9 | 22.4 | 6.9 |
| SMG4C020 | 1.1 | 1.4 | 2.5 | 0.9 | 7.2 | 34.7 | 20.1 | 7.0 |
| SMG4C040 | 1.0 | 1.8 | 2.9 | 0.9 | 8.3 | 34.9 | 20.9 | 7.1 |
| SMG5A020 | 1.3 | 2.9 | 3.1 | 1.1 | 9.3 | 33.3 | 21.7 | 7.3 |
| SMG5A040 | 1.4 | 2.6 | 4.0 | 1.5 | 10.5 | 38.1 | 23.9 | 7.3 |
| SMG5A060 | 1.7 | 3.7 | 4.2 | 1.6 | 11.8 | 35.6 | 24.1 | 7.1 |
| SMG5A080 | 1.7 | 2.5 | 4.0 | 1.6 | 11.0 | 36.4 | 27.1 | 7.2 |
| SMG5A100 | 1.6 | 3.2 | 4.3 | 1.5 | 11.3 | 38.1 | 27.2 | 6.6 |
| SMG5B020 | 1.5 | 2.5 | 4.2 | 1.2 | 10.7 | 39.3 | 25.1 | 7.3 |
| SMG5B040 | 1.4 | 2.4 | 3.7 | 1.4 | 10.2 | 36.3 | 24.9 | 6.8 |
| SMG5C020 | 1.3 | 2.4 | 3.6 | 1.1 | 10.4 | 34.6 | 22.6 | 6.9 |
| SMG5C040 | 1.4 | 2.8 | 4.5 | 1.3 | 11.5 | 39.1 | 23.1 | 6.8 |

[표 1-22] 새만금(부안)지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| SMG6A020 | 1.1 | 1.2 | 3.2 | 1.1 | 8.0 | 40.0 | 25.4 | 7.5 |
| SMG6A040 | 0.7 | 1.2 | 2.7 | 1.1 | 7.5 | 36.0 | 22.7 | 7.7 |
| SMG6A060 | 0.8 | 1.6 | 3.0 | 1.1 | 8.3 | 36.1 | 23.8 | 7.5 |
| SMG6A080 | 0.9 | 1.5 | 3.2 | 1.2 | 7.9 | 40.5 | 26.6 | 6.8 |
| SMG6A100 | 0.9 | 1.3 | 2.5 | 1.1 | 7.6 | 32.9 | 20.7 | 6.9 |
| SMG6B020 | 1.1 | 1.0 | 3.3 | 1.0 | 7.4 | 44.6 | 26.0 | 7.4 |
| SMG6B040 | 0.7 | 1.0 | 2.7 | 1.0 | 7.3 | 37.0 | 23.2 | 7.5 |
| SMG6C020 | 1.1 | 1.7 | 3.2 | 1.1 | 8.5 | 37.6 | 22.7 | 7.4 |
| SMG6C040 | 0.9 | 1.2 | 2.9 | 1.0 | 8.2 | 35.4 | 20.6 | 7.3 |
| SMG7A020 | 1.7 | 1.1 | 3.9 | 1.2 | 8.5 | 45.9 | 28.0 | 7.5 |
| SMG7A040 | 1.8 | 1.0 | 3.3 | 1.2 | 8.6 | 38.4 | 24.0 | 7.6 |
| SMG7A060 | 1.8 | 1.3 | 3.5 | 1.2 | 8.5 | 41.2 | 27.9 | 7.1 |
| SMG7A080 | 2.1 | 1.1 | 2.8 | 1.1 | 8.5 | 32.9 | 21.6 | 6.8 |
| SMG7A100 | 1.5 | 1.1 | 2.7 | 1.3 | 8.3 | 32.5 | 20.9 | 6.9 |
| SMG7B020 | 1.0 | 0.7 | 3.0 | 1.2 | 7.8 | 38.5 | 22.4 | 7.6 |
| SMG7B040 | 1.4 | 1.0 | 2.9 | 1.2 | 8.2 | 35.4 | 20.9 | 7.7 |
| SMG7C020 | 1.5 | 1.0 | 2.8 | 1.3 | 8.0 | 35.0 | 22.2 | 7.3 |
| SMG7C040 | 1.2 | 1.1 | 2.6 | 1.2 | 8.1 | 32.1 | 20.5 | 7.6 |
| SMG8A020 | 1.3 | 2.4 | 4.8 | 1.2 | 11.0 | 43.6 | 23.9 | 7.6 |
| SMG8A040 | 1.0 | 3.0 | 5.2 | 1.2 | 12.3 | 42.3 | 22.9 | 7.4 |
| SMG8A060 | 0.9 | 2.8 | 5.2 | 1.3 | 12.5 | 41.6 | 23.7 | 6.6 |
| SMG8A080 | 1.0 | 2.4 | 5.5 | 1.2 | 12.4 | 44.4 | 23.1 | 7.0 |
| SMG8A100 | 0.9 | 2.8 | 5.5 | 1.0 | 12.7 | 43.3 | 23.4 | 6.6 |
| SMG8B020 | 1.4 | 3.0 | 6.3 | 1.6 | 14.0 | 45.0 | 25.2 | 6.8 |
| SMG8B040 | 1.2 | 2.1 | 6.4 | 1.4 | 13.2 | 48.5 | 25.4 | 6.7 |
| SMG8C020 | 1.0 | 2.9 | 6.3 | 1.2 | 13.5 | 46.7 | 24.8 | 7.1 |
| SMG8C040 | 1.5 | 2.6 | 6.1 | 1.5 | 13.7 | 44.5 | 24.3 | 6.8 |

[표 1-23] 부창지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| BC1A020 | 0.9 | 1.9 | 3.5 | 1.0 | 9.1 | 38.5 | 23.9 | 7.2 |
| BC1A040 | 1.2 | 1.8 | 3.4 | 1.0 | 8.9 | 38.2 | 24.8 | 7.1 |
| BC1A060 | 1.0 | 1.7 | 3.4 | 1.0 | 8.5 | 40.0 | 26.8 | 7.1 |
| BC1A080 | 1.1 | 2.7 | 4.6 | 1.3 | 11.0 | 41.8 | 27.1 | 7.0 |
| BC1A100 | 1.2 | 3.5 | 6.5 | 1.8 | 15.1 | 43.0 | 25.4 | 7.5 |
| BC1B020 | 0.8 | 1.9 | 3.5 | 1.0 | 9.2 | 38.0 | 20.4 | 7.1 |
| BC1B040 | 1.0 | 1.8 | 3.2 | 1.1 | 9.0 | 35.6 | 20.9 | 6.9 |
| BC1C020 | 1.0 | 1.4 | 3.8 | 0.9 | 9.2 | 41.3 | 24.1 | 7.3 |
| BC1C040 | 1.2 | 1.7 | 3.6 | 1.2 | 9.3 | 38.7 | 23.0 | 7.2 |
| BC2A020 | 1.2 | 1.7 | 2.9 | 1.0 | 8.3 | 34.9 | 22.0 | 7.0 |
| BC2A040 | 1.7 | 1.7 | 3.0 | 1.0 | 8.4 | 35.7 | 23.5 | 7.1 |
| BC2A060 | 1.1 | 2.0 | 3.1 | 1.2 | 8.4 | 36.9 | 23.3 | 7.1 |
| BC2A080 | 1.1 | 2.1 | 3.8 | 1.2 | 9.5 | 40.0 | 24.8 | 7.2 |
| BC2A100 | 0.9 | 2.1 | 3.6 | 1.2 | 9.3 | 38.7 | 25.0 | 6.9 |
| BC2B020 | 1.2 | 1.7 | 2.9 | 1.0 | 8.2 | 35.4 | 22.8 | 7.1 |
| BC2B040 | 2.0 | 1.8 | 3.1 | 0.8 | 8.3 | 37.3 | 24.4 | 7.2 |
| BC2C020 | 1.0 | 1.6 | 3.5 | 0.9 | 8.6 | 40.7 | 25.5 | 7.1 |
| BC2C040 | 1.4 | 1.8 | 2.8 | 1.1 | 8.0 | 35.0 | 23.5 | 6.9 |
| BC3A020 | 1.1 | 1.7 | 4.7 | 1.2 | 10.5 | 44.8 | 26.4 | 7.2 |
| BC3A040 | 1.4 | 1.6 | 5.0 | 1.3 | 11.1 | 45.0 | 27.1 | 7.4 |
| BC3A060 | 1.3 | 1.9 | 5.6 | 1.4 | 12.0 | 46.7 | 26.8 | 7.0 |
| BC3A080 | 1.5 | 1.9 | 5.9 | 1.4 | 12.7 | 46.5 | 28.1 | 6.8 |
| BC3A100 | 1.5 | 1.6 | 5.8 | 1.6 | 12.4 | 46.8 | 26.3 | 6.7 |
| BC3B020 | 1.2 | 1.6 | 5.8 | 1.4 | 12.0 | 48.3 | 27.2 | 7.2 |
| BC3B040 | 1.8 | 1.8 | 6.2 | 1.5 | 12.4 | 50.0 | 28.4 | 7.3 |
| BC3C020 | 1.9 | 1.8 | 5.7 | 1.5 | 13.1 | 43.5 | 27.1 | 6.9 |
| BC3C040 | 1.7 | 1.8 | 6.0 | 1.6 | 13.2 | 45.5 | 27.9 | 6.8 |

[표 1-24] 영산강(3-2)지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| YS1A020 | 1.3 | 2.8 | 2.8 | 1.5 | 10.1 | 27.7 | 11.0 | 7.6 |
| YS1A040 | 1.9 | 2.1 | 3.1 | 1.4 | 10.2 | 30.4 | 14.2 | 7.9 |
| YS1A060 | 1.8 | 2.6 | 4.0 | 1.9 | 12.2 | 32.8 | 17.0 | 7.1 |
| YS1A080 | 1.7 | 3.8 | 7.3 | 2.6 | 16.9 | 43.2 | 23.1 | 7.0 |
| YS1A100 | 1.6 | 3.3 | 7.5 | 2.7 | 16.5 | 45.5 | 26.9 | 6.8 |
| YS1B020 | 0.7 | 1.4 | 3.0 | 0.9 | 8.5 | 35.3 | 13.0 | 7.0 |
| YS1B040 | 1.2 | 1.8 | 3.6 | 1.3 | 9.8 | 36.7 | 19.4 | 6.7 |
| YS1C020 | 1.4 | 3.0 | 5.5 | 1.5 | 13.9 | 39.6 | 17.0 | 7.4 |
| YS1C040 | 2.0 | 3.7 | 6.7 | 2.1 | 16.3 | 41.1 | 22.5 | 7.6 |
| YS2A020 | 1.1 | 3.5 | 3.6 | 1.6 | 11.7 | 30.8 | 10.8 | 7.4 |
| YS2A040 | 1.3 | 3.8 | 5.4 | 2.1 | 14.6 | 37.0 | 14.1 | 7.9 |
| YS2A060 | 1.1 | 3.8 | 6.8 | 2.6 | 16.0 | 42.5 | 19.8 | 6.9 |
| YS2A080 | 1.5 | 3.3 | 6.3 | 2.3 | 15.3 | 41.2 | 20.3 | 7.2 |
| YS2A100 | 2.1 | 3.2 | 5.7 | 1.7 | 14.1 | 40.4 | 22.4 | 7.3 |
| YS2B020 | 0.9 | 3.1 | 4.6 | 1.6 | 12.0 | 38.3 | 17.5 | 7.0 |
| YS2B040 | 0.8 | 2.8 | 4.8 | 1.6 | 11.9 | 40.3 | 17.7 | 6.8 |
| YS2C020 | 1.0 | 3.0 | 4.1 | 1.7 | 11.7 | 35.0 | 12.5 | 7.0 |
| YS2C040 | 0.8 | 2.3 | 3.3 | 1.3 | 9.4 | 35.1 | 14.5 | 6.6 |
| YS3A020 | 0.9 | 1.8 | 3.5 | 1.0 | 9.2 | 38.0 | 17.6 | 6.9 |
| YS3A040 | 1.2 | 2.1 | 6.4 | 1.7 | 13.5 | 47.4 | 24.1 | 7.0 |
| YS3A060 | 0.9 | 2.7 | 5.4 | 2.0 | 12.8 | 42.2 | 26.6 | 6.8 |
| YS3A080 | 0.7 | 2.2 | 5.3 | 1.8 | 11.7 | 45.3 | 25.3 | 6.7 |
| YS3A100 | 0.6 | 2.3 | 5.0 | 1.8 | 11.5 | 43.5 | 27.3 | 7.3 |
| YS3B020 | 0.8 | 2.2 | 3.2 | 1.1 | 9.1 | 35.2 | 18.6 | 7.1 |
| YS3B040 | 1.0 | 2.7 | 4.0 | 1.4 | 11.0 | 36.4 | 20.7 | 6.6 |
| YS3C020 | 0.7 | 1.5 | 2.9 | 1.0 | 8.2 | 35.4 | 15.7 | 7.0 |
| YS3C040 | 0.9 | 2.0 | 3.2 | 1.5 | 8.3 | 38.6 | 22.0 | 6.9 |

[표 1-26] 고흥지구 토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Chemical properties | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| KH1A020 | 1.1 | 1.8 | 4.2 | 1.2 | 10.2 | 41.2 | 26.2 | 7.8 |
| KH1A040 | 2.5 | 3.0 | 6.8 | 2.2 | 15.6 | 43.6 | 30.0 | 7.4 |
| KH1A060 | 1.9 | 2.8 | 5.3 | 2.3 | 13.2 | 40.2 | 26.6 | 7.1 |
| KH1A080 | 1.3 | 3.5 | 7.8 | 2.3 | 16.2 | 48.1 | 31.0 | 6.8 |
| KH1A100 | 1.6 | 2.9 | 5.5 | 2.1 | 13.9 | 39.6 | 24.7 | 6.8 |
| KH1B020 | 2.5 | 1.7 | 4.7 | 1.4 | 12.1 | 38.8 | 23.9 | 7.7 |
| KH1B040 | 4.0 | 2.0 | 6.4 | 1.6 | 15.3 | 41.8 | 26.6 | 7.6 |
| KH1C020 | 0.8 | 1.3 | 3.4 | 1.2 | 8.5 | 40.0 | 26.6 | 7.5 |
| KH1C040 | 1.4 | 1.8 | 4.5 | 1.6 | 10.8 | 41.7 | 28.1 | 7.7 |
| KH2A020 | 4.2 | 2.1 | 5.6 | 1.7 | 15.0 | 37.3 | 24.6 | 7.4 |
| KH2A040 | 2.9 | 2.9 | 6.1 | 2.4 | 15.7 | 38.9 | 26.7 | 7.2 |
| KH2A060 | 3.2 | 2.8 | 5.7 | 2.5 | 15.2 | 37.5 | 23.9 | 6.8 |
| KH2A080 | 3.4 | 3.3 | 6.0 | 2.4 | 16.1 | 37.3 | 24.3 | 6.8 |
| KH2A100 | 1.8 | 2.7 | 5.6 | 2.4 | 14.0 | 40.0 | 26.1 | 6.9 |
| KH2B020 | 3.8 | 2.3 | 5.0 | 1.8 | 13.9 | 36.0 | 22.9 | 7.8 |
| KH2B040 | 2.1 | 2.2 | 4.8 | 2.1 | 12.8 | 37.5 | 24.2 | 7.9 |
| KH2C020 | 4.0 | 2.7 | 5.9 | 1.7 | 15.7 | 37.6 | 21.3 | 7.8 |
| KH2C040 | 1.8 | 3.5 | 6.1 | 2.7 | 15.7 | 38.9 | 24.8 | 7.6 |
| KH3A020 | 4.3 | 3.2 | 7.4 | 2.6 | 18.2 | 40.7 | 23.5 | 7.7 |
| KH3A040 | 3.0 | 3.5 | 6.4 | 2.5 | 16.3 | 39.3 | 24.1 | 7.9 |
| KH3A060 | 3.2 | 4.3 | 6.7 | 3.3 | 18.1 | 37.0 | 23.3 | 7.4 |
| KH3A080 | 2.3 | 3.8 | 7.1 | 2.8 | 17.2 | 41.3 | 24.9 | 7.1 |
| KH3A100 | 3.3 | 3.6 | 7.1 | 2.9 | 17.8 | 39.9 | 24.3 | 7.5 |
| KH3B020 | 1.8 | 3.5 | 6.3 | 2.4 | 15.7 | 40.1 | 22.2 | 7.7 |
| KH3B040 | 2.3 | 3.6 | 7.2 | 2.5 | 17.0 | 42.4 | 24.0 | 7.7 |
| KH3C020 | 3.2 | 4.1 | 7.5 | 2.5 | 18.2 | 41.2 | 21.4 | 7.7 |
| KH3C040 | 3.4 | 3.8 | 7.5 | 2.6 | 18.0 | 41.7 | 25.6 | 7.7 |

[부 록 II] 실내 모형시험 측정자료

1. 실내 모형시험 공시토양의 이화학적 특성

[표 2-1] 공시토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Bulk density | Partical density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) | Mechanical composition (%) | | | Texture class |
|------------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|------|------|---------------|
| | | | | | Sand | Silt | Clay | |
| S11 | 1.36 | 2.65 | 48.7 | 59.2 | 8.0 | 86.7 | 5.3 | Si |
| S12 | 1.36 | 2.63 | 48.3 | 61.7 | 7.5 | 87.1 | 5.4 | Si |
| S13 | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 60.6 | 7.6 | 84.9 | 7.5 | Si |
| 평균(S1) | 1.36 | 2.64 | 48.5 | 60.5 | 7.7 | 86.2 | 6.1 | Si |
| S21 | 1.35 | 2.65 | 49.1 | 50.8 | 26.7 | 67.0 | 6.3 | SiL |
| S22 | 1.34 | 2.65 | 49.4 | 49.5 | 24.5 | 70.5 | 5.0 | SiL |
| S23 | 1.35 | 2.66 | 49.2 | 53.5 | 25.0 | 70.0 | 5.0 | SiL |
| 평균(S2) | 1.35 | 2.65 | 49.1 | 51.3 | 25.4 | 69.2 | 5.4 | SiL |
| S31 | 1.37 | 2.66 | 48.5 | 43.7 | 43.8 | 51.4 | 4.8 | SiL |
| S32 | 1.37 | 2.65 | 48.3 | 42.3 | 44.5 | 50.6 | 4.9 | SiL |
| S33 | 1.37 | 2.66 | 47.5 | 42.6 | 44.8 | 50.2 | 5.0 | SiL |
| 평균(S3) | 1.37 | 2.66 | 48.5 | 42.9 | 44.4 | 50.7 | 4.9 | SiL |
| S41 | 1.31 | 2.65 | 50.6 | 68.5 | 4.4 | 81.1 | 14.5 | SiL |
| S42 | 1.32 | 2.65 | 50.2 | 68.2 | 3.7 | 82.4 | 13.9 | SiL |
| S43 | 1.31 | 2.65 | 50.6 | 68.8 | 5.7 | 80.3 | 14.0 | SiL |
| 평균(S4) | 1.31 | 2.65 | 50.6 | 68.5 | 4.6 | 81.3 | 14.1 | SiL |
| S51 | 1.34 | 2.64 | 49.2 | 62.7 | 17.0 | 71.8 | 11.2 | SiL |
| S52 | 1.34 | 2.62 | 48.9 | 63.5 | 16.7 | 71.7 | 11.6 | SiL |
| S53 | 1.34 | 2.63 | 49.0 | 64.0 | 18.0 | 70.3 | 11.7 | SiL |
| 평균(S5) | 1.34 | 2.63 | 49.0 | 63.4 | 17.2 | 71.3 | 11.5 | SiL |

[표 2-2] 공시토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Extractable cation (cmol/kg) | | | | Soluble cation (cmol/kg) | | | | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
|------------------|------------------------------|-----|------|-----|--------------------------|-----|------|-----|-------------------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|-----------|-----|
| | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| S11 | 1.7 | 3.9 | 17.5 | 1.5 | 0.5 | 2.0 | 13.5 | 0.6 | 1.2 | 1.9 | 4.0 | 0.9 | 9.8 | 40.8 | 26.3 | 7.2 |
| S12 | 1.8 | 3.5 | 17.9 | 1.4 | 0.6 | 1.8 | 13.9 | 0.6 | 1.2 | 1.7 | 4.0 | 0.8 | 9.9 | 40.4 | 25.6 | 7.1 |
| S13 | 2.0 | 3.7 | 18.3 | 1.5 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.8 | 4.2 | 0.9 | 9.9 | 42.4 | 26.5 | 7.3 |
| 평균(S1) | 1.8 | 3.7 | 17.9 | 1.5 | 0.6 | 1.9 | 13.8 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 | 26.1 | 7.2 |
| S21 | 2.0 | 3.8 | 18.1 | 1.6 | 0.7 | 2.0 | 14.2 | 0.5 | 1.3 | 1.8 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 | 25.3 | 7.3 |
| S22 | 1.8 | 3.9 | 18.0 | 1.7 | 0.6 | 2.0 | 14.0 | 0.6 | 1.2 | 1.9 | 4.0 | 1.0 | 9.6 | 41.7 | 25.9 | 7.3 |
| S23 | 2.1 | 3.6 | 17.8 | 1.8 | 0.8 | 1.7 | 14.0 | 0.7 | 1.3 | 1.9 | 3.8 | 1.1 | 9.5 | 40.0 | 26.0 | 7.4 |
| 평균(S2) | 2.0 | 3.8 | 18.0 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 | 25.7 | 7.3 |
| S31 | 1.6 | 3.3 | 16.1 | 1.4 | 0.5 | 1.4 | 12.2 | 0.4 | 1.1 | 1.9 | 3.9 | 1.0 | 9.3 | 41.9 | 25.2 | 7.2 |
| S32 | 1.5 | 3.4 | 15.6 | 1.5 | 0.3 | 1.7 | 12.1 | 0.5 | 1.2 | 1.7 | 3.5 | 1.0 | 9.1 | 38.5 | 24.9 | 7.2 |
| S33 | 1.6 | 3.3 | 16.1 | 1.6 | 0.4 | 1.5 | 12.3 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.8 | 1.1 | 9.2 | 41.3 | 25.0 | 7.2 |
| 평균(S3) | 1.6 | 3.3 | 15.9 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 12.2 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 1.0 | 9.2 | 40.2 | 25.0 | 7.2 |
| S41 | 2.0 | 4.1 | 22.7 | 2.0 | 0.5 | 1.8 | 16.1 | 0.6 | 1.5 | 2.3 | 6.6 | 1.4 | 14.3 | 46.2 | 31.0 | 7.5 |
| S42 | 1.9 | 4.4 | 22.3 | 2.2 | 0.7 | 1.9 | 15.6 | 0.7 | 1.2 | 2.5 | 6.7 | 1.5 | 14.5 | 46.2 | 30.7 | 7.3 |
| S43 | 1.9 | 4.2 | 22.7 | 2.2 | 0.6 | 1.7 | 16.0 | 0.6 | 1.3 | 2.5 | 6.7 | 1.6 | 14.4 | 46.5 | 31.9 | 7.4 |
| 평균(S4) | 1.9 | 4.2 | 22.6 | 2.1 | 0.6 | 1.8 | 15.9 | 0.6 | 1.3 | 2.4 | 6.7 | 1.5 | 14.4 | 46.5 | 31.2 | 7.4 |
| S51 | 2.7 | 3.4 | 18.7 | 2.3 | 0.4 | 1.3 | 12.8 | 0.5 | 2.3 | 2.1 | 5.9 | 1.8 | 13.6 | 43.4 | 26.5 | 7.3 |
| S52 | 2.4 | 3.8 | 18.9 | 2.3 | 0.4 | 1.5 | 13.3 | 0.6 | 2.0 | 2.3 | 5.6 | 1.7 | 13.3 | 42.1 | 26.2 | 7.4 |
| S53 | 2.7 | 3.4 | 18.6 | 2.3 | 0.7 | 1.1 | 12.9 | 0.5 | 2.0 | 2.3 | 5.7 | 1.8 | 13.3 | 42.9 | 26.4 | 7.3 |
| 평균(S5) | 2.6 | 3.5 | 18.7 | 2.3 | 0.5 | 1.3 | 13.0 | 0.5 | 2.1 | 2.2 | 5.7 | 1.8 | 13.4 | 42.5 | 26.4 | 7.3 |

2. 침출법 제염시험자료 [석고무처리 LN]

[표 2-3] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [S1LN]

| 제염 회수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S1(초기치) | - | - | 26.1 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S1(초기치) : 제염전 S1 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S1LN1 | 207.0 | 6.6 | 12.3 | 7.3 | |
| | | S1LN2 | 208.0 | 6.9 | 10.7 | 7.3 | |
| | | S1LN3 | 211.0 | 7.0 | 11.8 | 7.2 | |
| | | (평균) | 208.7 | 6.8 | 11.6 | 7.2 | |
| 2 | 0.10 | S1LN1 | 85.0 | 7.0 | 6.3 | 7.6 | |
| | | S1LN2 | 89.8 | 7.3 | 6.6 | 7.5 | |
| | | S1LN3 | 81.5 | 6.9 | 6.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 85.4 | 7.1 | 6.5 | 7.6 | |
| 3 | 0.15 | S1LN1 | 13.3 | 7.5 | 3.5 | 8.0 | |
| | | S1LN2 | 14.2 | 7.5 | 3.6 | 7.9 | |
| | | S1LN3 | 13.1 | 7.6 | 3.9 | 7.9 | |
| | | (평균) | 13.5 | 7.5 | 3.7 | 7.9 | |
| 4 | 0.20 | S1LN1 | 4.0 | 7.8 | 2.6 | 8.1 | |
| | | S1LN2 | 5.2 | 8.1 | 2.4 | 8.0 | |
| | | S1LN3 | 4.8 | 7.8 | 2.7 | 8.1 | |
| | | (평균) | 4.7 | 7.9 | 2.6 | 8.1 | |
| 5 | 0.30 | S1LN1 | 3.1 | 8.1 | 2.1 | 7.8 | |
| | | S1LN2 | 3.5 | 8.2 | 1.8 | 8.0 | |
| | | S1LN3 | 3.0 | 8.3 | 2.0 | 7.9 | |
| | | (평균) | 3.2 | 8.2 | 2.0 | 7.9 | |
| 6 | 0.40 | S1LN1 | 2.4 | 8.2 | 1.6 | 7.7 | |
| | | S1LN2 | 2.5 | 8.5 | 1.5 | 7.9 | |
| | | S1LN3 | 2.5 | 8.5 | 1.6 | 8.0 | |
| | | (평균) | 2.5 | 8.4 | 1.6 | 7.9 | |
| 7 | 0.50 | S1LN1 | 2.2 | 8.4 | 1.4 | 8.0 | |
| | | S1LN2 | 2.3 | 8.3 | 1.3 | 7.9 | |
| | | S1LN3 | 2.2 | 8.6 | 1.3 | 8.0 | |
| | | (평균) | 2.2 | 8.4 | 1.3 | 8.0 | |
| 8 | 0.60 | S1LN1 | 1.8 | 8.5 | 1.2 | 7.9 | |
| | | S1LN2 | 2.0 | 8.6 | 1.0 | 7.8 | |
| | | S1LN3 | 1.9 | 8.5 | 1.1 | 8.0 | |
| | | (평균) | 1.9 | 8.5 | 1.1 | 7.9 | |

[표 2-4] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S2LN]

| 제염 회수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S2(초기치) | - | - | 25.7 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S2(초기치) : 제염전 S2 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S2LN1 | 198.0 | 7.1 | 10.6 | 7.6 | |
| | | S2LN2 | 197.0 | 7.1 | 11.3 | 7.5 | |
| | | S2LN3 | 201.0 | 7.0 | 10.7 | 7.5 | |
| | | (평균) | 198.7 | 7.1 | 10.9 | 7.5 | |
| 2 | 0.10 | S2LN1 | 75.3 | 7.3 | 6.5 | 7.6 | |
| | | S2LN2 | 69.6 | 7.3 | 6.1 | 7.8 | |
| | | S2LN3 | 72.9 | 7.5 | 6.3 | 7.7 | |
| | | (평균) | 72.6 | 7.4 | 6.3 | 7.7 | |
| 3 | 0.15 | S2LN1 | 13.1 | 7.6 | 3.9 | 8.0 | |
| | | S2LN2 | 10.3 | 7.8 | 4.1 | 8.0 | |
| | | S2LN3 | 12.3 | 7.8 | 4.1 | 8.1 | |
| | | (평균) | 11.9 | 7.7 | 4.0 | 8.0 | |
| 4 | 0.20 | S2LN1 | 3.8 | 7.9 | 2.7 | 8.2 | |
| | | S2LN2 | 3.9 | 8.2 | 3.0 | 8.4 | |
| | | S2LN3 | 4.0 | 8.0 | 2.8 | 8.3 | |
| | | (평균) | 3.9 | 8.0 | 2.8 | 8.3 | |
| 5 | 0.30 | S2LN1 | 2.6 | 8.3 | 2.2 | 8.2 | |
| | | S2LN2 | 2.8 | 8.1 | 2.5 | 8.1 | |
| | | S2LN3 | 2.9 | 8.3 | 2.3 | 8.3 | |
| | | (평균) | 2.8 | 8.2 | 2.3 | 8.2 | |
| 6 | 0.40 | S2LN1 | 2.1 | 8.3 | 2.0 | 8.0 | |
| | | S2LN2 | 2.2 | 8.2 | 1.9 | 8.1 | |
| | | S2LN3 | 2.1 | 8.1 | 1.9 | 8.2 | |
| | | (평균) | 2.1 | 8.2 | 1.9 | 8.1 | |
| 7 | 0.50 | S2LN1 | 1.9 | 8.5 | 1.6 | 8.1 | |
| | | S2LN2 | 1.8 | 8.5 | 1.7 | 8.2 | |
| | | S2LN3 | 1.8 | 8.3 | 1.5 | 8.1 | |
| | | (평균) | 1.8 | 8.4 | 1.6 | 8.1 | |
| 8 | 0.60 | S2LN1 | 1.6 | 8.5 | 1.4 | 8.1 | |
| | | S2LN2 | 1.6 | 8.6 | 1.4 | 8.0 | |
| | | S2LN3 | 1.5 | 8.5 | 1.3 | 8.1 | |
| | | (평균) | 1.6 | 8.5 | 1.4 | 8.1 | |

[표 2-5] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S3LN]

| 제염 회수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S3(초기치) | - | - | 25.0 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S3(초기치) : 제염전 S3 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S3LN1 | 187.0 | 7.0 | 10.9 | 7.4 | |
| | | S3LN2 | 182.0 | 6.9 | 9.8 | 7.5 | |
| | | S3LN3 | 184.0 | 6.9 | 11.0 | 7.3 | |
| | | (평균) | 184.3 | 6.9 | 10.6 | 7.4 | |
| 2 | 0.10 | S3LN1 | 66.2 | 7.0 | 6.5 | 7.5 | |
| | | S3LN2 | 63.5 | 7.1 | 6.3 | 7.6 | |
| | | S3LN3 | 62.7 | 6.8 | 6.4 | 7.8 | |
| | | (평균) | 64.1 | 7.0 | 6.4 | 7.6 | |
| 3 | 0.15 | S3LN1 | 9.3 | 7.4 | 4.5 | 8.0 | |
| | | S3LN2 | 8.9 | 7.6 | 4.3 | 7.8 | |
| | | S3LN3 | 9.2 | 7.4 | 4.0 | 8.1 | |
| | | (평균) | 9.1 | 7.5 | 4.3 | 8.0 | |
| 4 | 0.20 | S3LN1 | 2.8 | 7.8 | 3.6 | 8.1 | |
| | | S3LN2 | 3.0 | 7.7 | 3.4 | 8.4 | |
| | | S3LN3 | 2.7 | 7.7 | 3.4 | 8.2 | |
| | | (평균) | 2.8 | 7.7 | 3.5 | 8.2 | |
| 5 | 0.30 | S3LN1 | 1.8 | 8.0 | 2.8 | 8.1 | |
| | | S3LN2 | 2.3 | 8.1 | 2.7 | 8.0 | |
| | | S3LN3 | 1.9 | 7.9 | 3.0 | 8.0 | |
| | | (평균) | 2.0 | 8.0 | 2.8 | 8.0 | |
| 6 | 0.40 | S3LN1 | 1.3 | 8.2 | 2.4 | 8.2 | |
| | | S3LN2 | 1.6 | 8.1 | 2.4 | 8.0 | |
| | | S3LN3 | 1.5 | 8.1 | 2.5 | 8.1 | |
| | | (평균) | 1.5 | 8.1 | 2.4 | 8.1 | |
| 7 | 0.50 | S3LN1 | 1.4 | 7.9 | 1.9 | 7.9 | |
| | | S3LN2 | 1.2 | 8.1 | 1.8 | 8.0 | |
| | | S3LN3 | 1.3 | 8.2 | 2.1 | 7.8 | |
| | | (평균) | 1.3 | 8.1 | 1.9 | 7.9 | |
| 8 | 0.60 | S3LN1 | 1.2 | 8.3 | 1.6 | 7.8 | |
| | | S3LN2 | 1.1 | 8.2 | 1.5 | 7.8 | |
| | | S3LN3 | 1.2 | 8.0 | 1.6 | 7.9 | |
| | | (평균) | 1.2 | 8.2 | 1.6 | 7.8 | |

※ S4 및 S5 토양은 투수불량 토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음.

[표 2-6] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨 백분율(ESP) [석고무처리 침출법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dw/Ds | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------|-------|-------|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S1LN | 초기치 | 0.00 | 1.8 | 3.7 | 17.9 | 1.5 | 0.6 | 1.9 | 13.8 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 |
| | 1 | 0.05 | 1.7 | 2.9 | 10.4 | 1.3 | 0.4 | 0.9 | 7.8 | 0.4 | 1.3 | 2.0 | 2.6 | 0.9 | 9.9 | 26.3 |
| | 2 | 0.10 | 1.6 | 2.5 | 6.8 | 1.2 | 0.3 | 0.6 | 4.8 | 0.3 | 1.3 | 1.9 | 2.0 | 0.9 | 10.0 | 20.0 |
| | 3 | 0.15 | 1.6 | 2.2 | 5.1 | 1.1 | 0.3 | 0.4 | 3.6 | 0.2 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 0.9 | 9.8 | 15.3 |
| | 4 | 0.20 | 1.5 | 1.9 | 4.2 | 1.1 | 0.3 | 0.2 | 3.0 | 0.1 | 1.2 | 1.7 | 1.2 | 1.0 | 9.9 | 12.1 |
| | 5 | 0.30 | 1.5 | 1.6 | 3.3 | 1.0 | 0.2 | 0.1 | 2.3 | 0.1 | 1.3 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 9.7 | 10.3 |
| | 6 | 0.40 | 1.4 | 1.5 | 2.5 | 1.1 | 0.2 | 0.0 | 1.6 | 0.2 | 1.2 | 1.5 | 0.9 | 0.9 | 9.9 | 9.1 |
| | 7 | 0.50 | 1.4 | 1.4 | 2.2 | 1.0 | 0.2 | 0.0 | 1.4 | 0.1 | 1.2 | 1.4 | 0.8 | 0.9 | 9.7 | 8.2 |
| 8 | 0.60 | 1.4 | 1.3 | 2.0 | 1.0 | 0.1 | 0.0 | 1.3 | 0.1 | 1.3 | 1.3 | 0.7 | 0.9 | 9.7 | 7.2 | |
| S2LN | 초기치 | 0.00 | 2.0 | 3.8 | 18.0 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 |
| | 1 | 0.05 | 1.8 | 3.0 | 10.5 | 1.6 | 0.5 | 1.0 | 8.0 | 0.5 | 1.3 | 2.0 | 2.5 | 1.1 | 9.5 | 26.3 |
| | 2 | 0.10 | 1.7 | 2.5 | 7.0 | 1.6 | 0.5 | 0.6 | 5.2 | 0.5 | 1.2 | 1.9 | 1.8 | 1.1 | 9.5 | 18.9 |
| | 3 | 0.15 | 1.7 | 2.2 | 4.8 | 1.5 | 0.4 | 0.3 | 3.3 | 0.3 | 1.3 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 9.5 | 15.8 |
| | 4 | 0.20 | 1.6 | 2.1 | 3.9 | 1.4 | 0.3 | 0.2 | 2.6 | 0.3 | 1.3 | 1.9 | 1.3 | 1.1 | 9.4 | 13.8 |
| | 5 | 0.30 | 1.6 | 1.9 | 3.0 | 1.3 | 0.3 | 0.1 | 1.9 | 0.2 | 1.3 | 1.9 | 1.1 | 1.1 | 9.5 | 11.6 |
| | 6 | 0.40 | 1.5 | 1.8 | 2.5 | 1.2 | 0.2 | 0.0 | 1.5 | 0.2 | 1.3 | 1.8 | 1.0 | 1.0 | 9.6 | 10.4 |
| | 7 | 0.50 | 1.5 | 1.7 | 2.3 | 1.1 | 0.1 | 0.0 | 1.4 | 0.1 | 1.4 | 1.7 | 0.9 | 1.0 | 9.6 | 9.4 |
| 8 | 0.60 | 1.5 | 1.7 | 2.1 | 1.1 | 0.1 | 0.0 | 1.3 | 0.1 | 1.4 | 1.7 | 0.8 | 1.0 | 9.3 | 8.6 | |
| S3LN | 초기치 | 0.00 | 1.6 | 3.3 | 15.9 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 12.2 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 1.0 | 9.2 | 40.2 |
| | 1 | 0.05 | 1.5 | 2.7 | 9.1 | 1.3 | 0.3 | 0.8 | 6.7 | 0.4 | 1.2 | 1.9 | 2.4 | 0.9 | 9.1 | 26.4 |
| | 2 | 0.10 | 1.5 | 2.3 | 6.0 | 1.3 | 0.3 | 0.5 | 4.1 | 0.3 | 1.2 | 1.8 | 1.9 | 1.0 | 9.2 | 20.7 |
| | 3 | 0.15 | 1.5 | 2.0 | 4.3 | 1.2 | 0.2 | 0.2 | 2.8 | 0.2 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 1.0 | 9.0 | 16.7 |
| | 4 | 0.20 | 1.4 | 1.9 | 3.2 | 1.1 | 0.2 | 0.1 | 2.0 | 0.2 | 1.2 | 1.8 | 1.2 | 0.9 | 9.2 | 13.0 |
| | 5 | 0.30 | 1.4 | 1.7 | 2.5 | 1.0 | 0.2 | 0.0 | 1.5 | 0.1 | 1.2 | 1.7 | 1.0 | 0.9 | 9.2 | 10.9 |
| | 6 | 0.40 | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 1.2 | 0.1 | 1.3 | 1.6 | 0.9 | 0.8 | 9.1 | 9.9 |
| | 7 | 0.50 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 1.1 | 0.1 | 1.2 | 1.6 | 0.8 | 0.8 | 9.2 | 8.7 |
| 8 | 0.60 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 1.1 | 0.1 | 1.2 | 1.5 | 0.7 | 0.8 | 9.0 | 7.8 | |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

* S4 및 S5 토양은 불투수성 토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음.

[표 2-7] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S1LN]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|------------------------|--------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | SILN1 | 33.8 | 70.0 | 0.05 | 0.040 | - |
| | SILN2 | 36.5 | 68.9 | 0.05 | 0.037 | - |
| | SILN3 | 34.7 | 69.5 | 0.05 | 0.039 | - |
| | (평균) | 36.0 | 69.5 | 0.05 | 0.039 | 1.00 |
| 2 | SILN1 | 40.3 | 69.0 | 0.05 | 0.033 | - |
| | SILN2 | 43.9 | 68.5 | 0.05 | 0.030 | - |
| | SILN3 | 41.5 | 68.5 | 0.05 | 0.032 | - |
| | (평균) | 41.9 | 68.7 | 0.05 | 0.032 | 0.82 |
| 3 | SILN1 | 47.5 | 68.4 | 0.05 | 0.028 | - |
| | SILN2 | 55.9 | 69.1 | 0.05 | 0.024 | - |
| | SILN3 | 50.0 | 69.0 | 0.05 | 0.027 | - |
| | (평균) | 51.1 | 68.8 | 0.05 | 0.026 | 0.67 |
| 4 | SILN1 | 56.7 | 69.5 | 0.05 | 0.024 | - |
| | SILN2 | 66.8 | 69.8 | 0.05 | 0.020 | - |
| | SILN3 | 59.4 | 68.5 | 0.05 | 0.022 | - |
| | (평균) | 61.0 | 69.3 | 0.05 | 0.022 | 0.56 |
| 5 | SILN1 | 145.1 | 138.5 | 0.10 | 0.019 | - |
| | SILN2 | 161.2 | 138.0 | 0.10 | 0.017 | - |
| | SILN3 | 151.6 | 137.4 | 0.10 | 0.018 | - |
| | (평균) | 152.6 | 138.0 | 0.10 | 0.018 | 0.46 |
| 6 | SILN1 | 189.7 | 138.0 | 0.10 | 0.014 | - |
| | SILN2 | 211.5 | 136.0 | 0.10 | 0.013 | - |
| | SILN3 | 197.0 | 141.0 | 0.10 | 0.014 | - |
| | (평균) | 199.4 | 138.3 | 0.10 | 0.014 | 0.36 |
| 7 | SILN1 | 247.2 | 138.5 | 0.10 | 0.011 | - |
| | SILN2 | 273.6 | 137.6 | 0.10 | 0.010 | - |
| | SILN3 | 254.3 | 138.4 | 0.10 | 0.011 | - |
| | (평균) | 258.4 | 138.2 | 0.10 | 0.011 | 0.28 |
| 8 | SILN1 | 305.0 | 138.6 | 0.10 | 0.009 | - |
| | SILN2 | 338.4 | 137.3 | 0.10 | 0.008 | - |
| | SILN3 | 317.5 | 138.3 | 0.10 | 0.008 | - |
| | (평균) | 320.3 | 138.1 | 0.10 | 0.008 | 0.21 |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-8] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S2LN]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dw/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|-------|------------------|-----------|----------|-------|------------|------|
| 1 | S2RN1 | 18.0 | 69.7 | 0.05 | 0.076 | - |
| | S2LN2 | 16.7 | 69.0 | 0.05 | 0.081 | - |
| | S2LN3 | 17.2 | 69.2 | 0.05 | 0.078 | - |
| | (평균) | 17.3 | 69.3 | 0.05 | 0.078 | 1.00 |
| 2 | S2LN1 | 21.7 | 69.0 | 0.05 | 0.062 | - |
| | S2LN2 | 20.7 | 68.5 | 0.05 | 0.065 | - |
| | S2LN3 | 21.0 | 70.0 | 0.05 | 0.065 | - |
| | (평균) | 21.1 | 69.2 | 0.05 | 0.064 | 0.82 |
| 3 | S2LN1 | 26.5 | 68.4 | 0.05 | 0.050 | - |
| | S2LN2 | 27.3 | 69.8 | 0.05 | 0.050 | - |
| | S2LN3 | 25.1 | 68.9 | 0.05 | 0.054 | - |
| | (평균) | 26.3 | 69.0 | 0.05 | 0.051 | 0.65 |
| 4 | S2LN1 | 32.7 | 68.6 | 0.05 | 0.041 | - |
| | S2LN2 | 34.0 | 68.4 | 0.05 | 0.039 | - |
| | S2LN3 | 37.2 | 68.6 | 0.05 | 0.036 | - |
| | (평균) | 34.6 | 68.5 | 0.05 | 0.039 | 0.50 |
| 5 | S2LN1 | 101.6 | 138.8 | 0.10 | 0.027 | - |
| | S2LN2 | 93.8 | 137.0 | 0.10 | 0.028 | - |
| | S2LN3 | 97.3 | 140.5 | 0.10 | 0.028 | - |
| | (평균) | 97.6 | 138.8 | 0.10 | 0.028 | 0.36 |
| 6 | S2LN1 | 145.1 | 136.8 | 0.10 | 0.018 | - |
| | S2LN2 | 135.9 | 138.0 | 0.10 | 0.020 | - |
| | S2LN3 | 130.7 | 136.5 | 0.10 | 0.020 | - |
| | (평균) | 137.2 | 137.1 | 0.10 | 0.019 | 0.24 |
| 7 | S2LN1 | 218.0 | 138.5 | 0.10 | 0.012 | - |
| | S2LN2 | 205.1 | 140.0 | 0.10 | 0.013 | - |
| | S2LN3 | 199.5 | 141.0 | 0.10 | 0.014 | - |
| | (평균) | 207.5 | 139.8 | 0.10 | 0.013 | 0.17 |
| 8 | S2LN1 | 262.1 | 137.2 | 0.10 | 0.010 | - |
| | S2LN2 | 253.9 | 135.6 | 0.10 | 0.010 | - |
| | S2LN3 | 251.7 | 140.3 | 0.10 | 0.011 | - |
| | (평균) | 255.9 | 137.7 | 0.10 | 0.010 | 0.13 |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-9] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S3LN]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|-------|------------------|-----------|----------|--------|------------|------|
| 1 | S3LN1 | 2.6 | 71.5 | 0.05 | 0.536 | - |
| | S3LN2 | 2.5 | 72.5 | 0.05 | 0.566 | - |
| | S3LN3 | 2.6 | 70.4 | 0.05 | 0.528 | - |
| | (평균) | 2.6 | 71.5 | 0.05 | 0.543 | 1.00 |
| 2 | S3LN1 | 3.0 | 70.9 | 0.05 | 0.461 | - |
| | S3LN2 | 2.8 | 72.1 | 0.05 | 0.502 | - |
| | S3LN3 | 3.1 | 71.6 | 0.05 | 0.450 | - |
| | (평균) | 3.0 | 71.5 | 0.05 | 0.471 | 0.87 |
| 3 | S3LN1 | 3.5 | 70.0 | 0.05 | 0.390 | - |
| | S3LN2 | 3.2 | 71.7 | 0.05 | 0.437 | - |
| | S3LN3 | 3.5 | 70.6 | 0.05 | 0.393 | - |
| | (평균) | 3.4 | 70.8 | 0.05 | 0.407 | 0.75 |
| 4 | S3LN1 | 4.2 | 71.6 | 0.05 | 0.332 | - |
| | S3LN2 | 3.6 | 72.1 | 0.05 | 0.391 | - |
| | S3LN3 | 4.3 | 72.3 | 0.05 | 0.328 | - |
| | (평균) | 4.0 | 72.0 | 0.05 | 0.350 | 0.64 |
| 5 | S3LN1 | 9.4 | 138.5 | 0.10 | 0.287 | - |
| | S3LN2 | 8.7 | 138.8 | 0.10 | 0.311 | - |
| | S3LN3 | 9.2 | 140.7 | 0.10 | 0.298 | - |
| | (평균) | 9.1 | 139.3 | 0.10 | 0.299 | 0.55 |
| 6 | S3LN1 | 13.5 | 137.2 | 0.10 | 0.198 | - |
| | S3LN2 | 10.8 | 139.0 | 0.10 | 0.251 | - |
| | S3LN3 | 10.4 | 139.1 | 0.10 | 0.261 | - |
| | (평균) | 11.6 | 138.4 | 0.10 | 0.237 | 0.44 |
| 7 | S3LN1 | 16.8 | 137.7 | 0.10 | 0.160 | - |
| | S3LN2 | 17.7 | 138.9 | 0.10 | 0.153 | - |
| | S3LN3 | 14.3 | 142.5 | 0.10 | 0.194 | - |
| | (평균) | 16.3 | 139.7 | 0.10 | 0.169 | 0.31 |
| 8 | S3LN1 | 23.1 | 136.8 | 0.10 | 0.115 | - |
| | S3LN2 | 25.2 | 137.2 | 0.10 | 0.106 | - |
| | S3LN3 | 24.0 | 138.3 | 0.10 | 0.112 | - |
| | (평균) | 24.1 | 137.4 | 0.10 | 0.111 | 0.20 |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

※ S4 및 S5 토양은 불투수성 토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음.

3. 침출법 제염시험자료 [석고처리 LG]

[표 2-10] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [S1LG]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S1(초기치) | - | - | 26.1 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S1(초기치) : 제염전 S1 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S1LG1 | 214.0 | 6.7 | 10.9 | 7.3 | |
| | | S1LG2 | 219.0 | 6.8 | 11.8 | 7.2 | |
| | | S1LG3 | 213.0 | 7.0 | 10.8 | 7.3 | |
| | | (평균) | 215.3 | 6.8 | 11.2 | 7.3 | |
| 2 | 0.10 | S1LG1 | 96.3 | 7.2 | 7.3 | 7.4 | |
| | | S1LG2 | 98.9 | 7.0 | 7.0 | 7.6 | |
| | | S1LG3 | 92.6 | 6.9 | 7.2 | 7.5 | |
| | | (평균) | 95.9 | 7.0 | 7.2 | 7.5 | |
| 3 | 0.15 | S1LG1 | 19.0 | 7.3 | 5.0 | 7.7 | |
| | | S1LG2 | 18.8 | 7.4 | 4.8 | 7.7 | |
| | | S1LG3 | 21.3 | 7.3 | 4.9 | 7.8 | |
| | | (평균) | 19.7 | 7.3 | 4.9 | 7.7 | |
| 4 | 0.20 | S1LG1 | 13.7 | 7.8 | 3.5 | 7.9 | |
| | | S1LG2 | 13.9 | 7.8 | 3.5 | 8.1 | |
| | | S1LG3 | 12.6 | 7.6 | 3.4 | 8.1 | |
| | | (평균) | 13.4 | 7.7 | 3.5 | 8.0 | |
| 5 | 0.30 | S1LG1 | 8.5 | 7.9 | 2.7 | 8.0 | |
| | | S1LG2 | 9.6 | 8.0 | 2.6 | 7.8 | |
| | | S1LG3 | 7.4 | 8.2 | 2.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 8.5 | 8.0 | 2.6 | 7.8 | |
| 6 | 0.40 | S1LG1 | 3.7 | 8.3 | 2.0 | 7.8 | |
| | | S1LG2 | 3.4 | 8.2 | 2.1 | 7.9 | |
| | | S1LG3 | 3.0 | 8.2 | 1.9 | 7.9 | |
| | | (평균) | 3.4 | 8.2 | 2.0 | 7.9 | |
| 7 | 0.50 | S1LG1 | 2.1 | 8.2 | 1.5 | 8.0 | |
| | | S1LG2 | 2.0 | 8.5 | 1.4 | 7.9 | |
| | | S1LG3 | 2.0 | 8.3 | 1.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 2.0 | 8.3 | 1.5 | 7.9 | |
| 8 | 0.60 | S1LG1 | 1.4 | 8.5 | 1.0 | 7.8 | |
| | | S1LG2 | 1.4 | 8.4 | 1.3 | 7.8 | |
| | | S1LG3 | 1.3 | 8.3 | 1.2 | 7.9 | |
| | | (평균) | 1.4 | 8.4 | 1.2 | 7.8 | |

[표 2-11] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S2LG]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S2(초기치) | - | - | 25.7 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S2(초기치) : 제염전 S2 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S2LG1 | 214.0 | 7.1 | 10.0 | 7.2 | |
| | | S2LG2 | 220.0 | 6.8 | 9.8 | 7.5 | |
| | | S2LG3 | 219.0 | 6.9 | 11.1 | 7.4 | |
| | | (평균) | 217.7 | 6.9 | 10.3 | 7.4 | |
| 2 | 0.10 | S2LG1 | 76.3 | 7.2 | 6.7 | 7.5 | |
| | | S2LG2 | 70.1 | 7.2 | 6.6 | 7.8 | |
| | | S2LG3 | 74.9 | 7.5 | 6.7 | 7.7 | |
| | | (평균) | 73.8 | 7.3 | 6.7 | 7.7 | |
| 3 | 0.15 | S2LG1 | 21.1 | 7.4 | 4.7 | 7.9 | |
| | | S2LG2 | 20.2 | 7.5 | 4.5 | 8.0 | |
| | | S2LG3 | 19.5 | 7.3 | 4.7 | 8.0 | |
| | | (평균) | 20.3 | 7.4 | 4.6 | 8.0 | |
| 4 | 0.20 | S2LG1 | 14.1 | 7.7 | 3.5 | 8.1 | |
| | | S2LG2 | 12.7 | 7.9 | 3.4 | 7.9 | |
| | | S2LG3 | 13.5 | 7.6 | 3.5 | 8.3 | |
| | | (평균) | 13.4 | 7.7 | 3.5 | 8.1 | |
| 5 | 0.30 | S2LG1 | 9.7 | 7.8 | 2.9 | 8.2 | |
| | | S2LG2 | 8.8 | 7.9 | 2.6 | 8.0 | |
| | | S2LG3 | 9.0 | 7.6 | 2.8 | 7.9 | |
| | | (평균) | 9.2 | 7.8 | 2.8 | 8.0 | |
| 6 | 0.40 | S2LG1 | 4.9 | 8.1 | 2.3 | 8.1 | |
| | | S2LG2 | 4.5 | 7.9 | 2.5 | 8.2 | |
| | | S2LG3 | 4.2 | 8.0 | 2.2 | 7.8 | |
| | | (평균) | 4.5 | 8.0 | 2.3 | 8.0 | |
| 7 | 0.50 | S2LG1 | 2.8 | 8.4 | 1.8 | 7.8 | |
| | | S2LG2 | 3.0 | 8.3 | 2.0 | 7.9 | |
| | | S2LG3 | 2.2 | 8.3 | 1.9 | 7.7 | |
| | | (평균) | 2.7 | 8.3 | 1.9 | 7.8 | |
| 8 | 0.60 | S2LG1 | 1.8 | 8.2 | 1.6 | 7.7 | |
| | | S2LG2 | 2.1 | 8.3 | 1.6 | 7.6 | |
| | | S2LG3 | 1.5 | 8.5 | 1.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 1.8 | 8.3 | 1.6 | 7.7 | |

[표 2-12] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S3LG]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S3(초기치) | - | - | 25.0 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S3(초기치) : 제염전 S3 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S3LG1 | 181.0 | 6.9 | 10.3 | 7.3 | |
| | | S3LG2 | 183.0 | 6.9 | 9.8 | 7.2 | |
| | | S3LG3 | 178.0 | 6.6 | 10.2 | 7.2 | |
| | | (평균) | 180.7 | 6.8 | 10.1 | 7.2 | |
| 2 | 0.10 | S3LG1 | 60.9 | 7.1 | 6.6 | 7.5 | |
| | | S3LG2 | 59.5 | 7.0 | 6.4 | 7.4 | |
| | | S3LG3 | 64.0 | 7.0 | 6.6 | 7.7 | |
| | | (평균) | 61.5 | 7.0 | 6.5 | 7.5 | |
| 3 | 0.15 | S3LG1 | 16.4 | 7.3 | 4.6 | 7.7 | |
| | | S3LG2 | 17.3 | 7.5 | 4.2 | 8.0 | |
| | | S3LG3 | 18.9 | 7.2 | 4.3 | 7.6 | |
| | | (평균) | 17.5 | 7.3 | 4.4 | 7.8 | |
| 4 | 0.20 | S3LG1 | 10.5 | 7.4 | 3.5 | 8.0 | |
| | | S3LG2 | 10.5 | 7.5 | 3.4 | 7.9 | |
| | | S3LG3 | 10.8 | 7.7 | 3.4 | 8.2 | |
| | | (평균) | 10.6 | 7.5 | 3.4 | 8.0 | |
| 5 | 0.30 | S3LG1 | 6.5 | 7.7 | 2.8 | 7.9 | |
| | | S3LG2 | 6.4 | 7.5 | 2.5 | 7.9 | |
| | | S3LG3 | 6.8 | 7.7 | 2.7 | 7.8 | |
| | | (평균) | 6.6 | 7.6 | 2.7 | 7.9 | |
| 6 | 0.40 | S3LG1 | 3.7 | 7.9 | 2.3 | 7.8 | |
| | | S3LG2 | 3.9 | 7.8 | 2.2 | 7.6 | |
| | | S3LG3 | 3.9 | 7.8 | 2.2 | 7.7 | |
| | | (평균) | 3.8 | 7.8 | 2.2 | 7.7 | |
| 7 | 0.50 | S3LG1 | 1.9 | 8.0 | 1.9 | 7.8 | |
| | | S3LG2 | 2.2 | 7.8 | 1.9 | 7.8 | |
| | | S3LG3 | 2.3 | 8.0 | 1.7 | 7.7 | |
| | | (평균) | 2.1 | 7.9 | 1.8 | 7.8 | |
| 8 | 0.60 | S3LG1 | 1.2 | 8.0 | 1.6 | 7.8 | |
| | | S3LG2 | 1.1 | 7.9 | 1.4 | 7.5 | |
| | | S3LG3 | 1.3 | 7.8 | 1.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 1.2 | 7.9 | 1.5 | 7.7 | |

[표 2-13] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S4LG]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S4(초기치) | - | - | 31.2 | 7.4 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S4(초기치) : 제염전 S4 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S4LG1 | 207.0 | 7.1 | 12.8 | 7.4 | |
| | | S4LG2 | 203.0 | 7.1 | 13.4 | 7.3 | |
| | | S4LG3 | 206.0 | 7.0 | 14.1 | 7.4 | |
| | | (평균) | 205.3 | 7.1 | 13.4 | 7.4 | |
| 2 | 0.10 | S4LG1 | 80.4 | 7.3 | 8.5 | 7.5 | |
| | | S4LG2 | 87.0 | 7.6 | 8.7 | 7.8 | |
| | | S4LG3 | 86.1 | 7.4 | 8.8 | 7.8 | |
| | | (평균) | 84.5 | 7.4 | 8.7 | 7.7 | |
| 3 | 0.15 | S4LG1 | 27.4 | 7.5 | 6.1 | 8.0 | |
| | | S4LG2 | 29.6 | 7.6 | 6.3 | 8.1 | |
| | | S4LG3 | 26.1 | 7.9 | 6.2 | 8.0 | |
| | | (평균) | 27.7 | 7.7 | 6.2 | 8.0 | |
| 4 | 0.20 | S4LG1 | 19.7 | 8.1 | 4.2 | 8.1 | |
| | | S4LG2 | 19.2 | 8.2 | 4.3 | 8.2 | |
| | | S4LG3 | 18.9 | 7.8 | 4.3 | 8.4 | |
| | | (평균) | 19.3 | 8.0 | 4.3 | 8.2 | |
| 5 | 0.30 | S4LG1 | 13.5 | 8.2 | 2.9 | 8.1 | |
| | | S4LG2 | 12.7 | 7.9 | 3.0 | 8.0 | |
| | | S4LG3 | 14.1 | 8.2 | 3.2 | 8.1 | |
| | | (평균) | 13.4 | 8.1 | 3.0 | 8.1 | |
| 6 | 0.40 | S4LG1 | 8.9 | 8.1 | 2.3 | 8.1 | |
| | | S4LG2 | 6.7 | 8.4 | 2.2 | 8.1 | |
| | | S4LG3 | 7.5 | 8.4 | 2.5 | 7.8 | |
| | | (평균) | 7.7 | 8.3 | 2.3 | 8.0 | |
| 7 | 0.50 | S4LG1 | 3.3 | 8.2 | 1.5 | 8.0 | |
| | | S4LG2 | 3.4 | 8.6 | 1.5 | 7.7 | |
| | | S4LG3 | 3.0 | 8.3 | 1.7 | 7.9 | |
| | | (평균) | 3.2 | 8.4 | 1.6 | 7.9 | |
| 8 | 0.60 | S4LG1 | 1.6 | 8.4 | 1.3 | 7.9 | |
| | | S4LG2 | 1.5 | 8.5 | 1.0 | 8.0 | |
| | | S4LG3 | 1.5 | 8.5 | 1.4 | 7.7 | |
| | | (평균) | 1.5 | 8.5 | 1.2 | 7.9 | |

[표 2-14] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S5LG]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds | Soil sample code | 침출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S5(초기치) | - | - | 26.4 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 S5(초기치) : 제염전 S5 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S5LG1 | 190.0 | 7.2 | 12.4 | 7.5 | |
| | | S5LG2 | 182.0 | 6.8 | 11.4 | 7.2 | |
| | | S5LG3 | 189.0 | 6.9 | 11.7 | 7.4 | |
| | | (평균) | 187.0 | 7.0 | 11.8 | 7.4 | |
| 2 | 0.10 | S5LG1 | 63.2 | 7.4 | 8.0 | 7.5 | |
| | | S5LG2 | 58.1 | 7.4 | 7.6 | 7.6 | |
| | | S5LG3 | 65.4 | 7.5 | 8.1 | 7.4 | |
| | | (평균) | 62.2 | 7.4 | 7.9 | 7.5 | |
| 3 | 0.15 | S5LG1 | 23.1 | 7.6 | 5.7 | 7.8 | |
| | | S5LG2 | 22.9 | 7.9 | 5.4 | 7.8 | |
| | | S5LG3 | 24.8 | 7.5 | 5.6 | 7.9 | |
| | | (평균) | 23.6 | 7.7 | 5.6 | 7.8 | |
| 4 | 0.20 | S5LG1 | 16.5 | 7.8 | 3.9 | 7.9 | |
| | | S5LG2 | 16.9 | 7.8 | 3.5 | 8.0 | |
| | | S5LG3 | 17.8 | 7.9 | 4.0 | 8.3 | |
| | | (평균) | 17.1 | 7.8 | 3.8 | 8.1 | |
| 5 | 0.30 | S5LG1 | 12.3 | 8.0 | 2.7 | 8.0 | |
| | | S5LG2 | 12.1 | 8.1 | 2.6 | 8.3 | |
| | | S5LG3 | 13.2 | 8.0 | 2.8 | 8.3 | |
| | | (평균) | 12.5 | 8.0 | 2.7 | 8.2 | |
| 6 | 0.40 | S5LG1 | 6.9 | 8.5 | 2.0 | 7.9 | |
| | | S5LG2 | 6.2 | 8.2 | 1.8 | 8.3 | |
| | | S5LG3 | 7.3 | 8.3 | 2.3 | 7.8 | |
| | | (평균) | 6.8 | 8.3 | 2.0 | 8.0 | |
| 7 | 0.50 | S5LG1 | 2.6 | 8.2 | 1.6 | 8.1 | |
| | | S5LG2 | 2.9 | 8.4 | 1.6 | 7.8 | |
| | | S5LG3 | 3.3 | 8.3 | 1.7 | 7.9 | |
| | | (평균) | 2.9 | 8.3 | 1.6 | 7.9 | |
| 8 | 0.60 | S5LG1 | 1.8 | 8.6 | 1.3 | 7.9 | |
| | | S5LG2 | 1.7 | 8.4 | 1.2 | 8.0 | |
| | | S5LG3 | 1.9 | 8.5 | 1.4 | 8.0 | |
| | | (평균) | 1.8 | 8.5 | 1.3 | 8.0 | |

[표 2-15] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨 백분율(ESP) [석고처리 침출법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dw/Ds | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------|-------|-------|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S1LG | 초기치 | 0.00 | 1.8 | 3.7 | 17.9 | 1.5 | 0.6 | 1.9 | 13.8 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 |
| | 1 | 0.05 | 2.5 | 2.7 | 9.8 | 1.4 | 0.5 | 0.8 | 7.4 | 0.4 | 2.0 | 1.9 | 2.4 | 1.0 | 9.8 | 24.5 |
| | 2 | 0.10 | 2.4 | 2.3 | 6.3 | 1.3 | 0.5 | 0.5 | 4.6 | 0.4 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 0.9 | 9.7 | 17.5 |
| | 3 | 0.15 | 2.3 | 2.0 | 4.5 | 1.3 | 0.4 | 0.2 | 3.2 | 0.3 | 1.9 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | 9.8 | 13.3 |
| | 4 | 0.20 | 2.2 | 1.8 | 3.2 | 1.2 | 0.3 | 0.1 | 2.2 | 0.3 | 1.9 | 1.7 | 1.0 | 0.9 | 9.8 | 10.2 |
| | 5 | 0.30 | 2.2 | 1.5 | 2.5 | 1.1 | 0.4 | 0.0 | 1.6 | 0.2 | 1.8 | 1.5 | 0.9 | 0.9 | 9.9 | 9.1 |
| | 6 | 0.40 | 2.1 | 1.3 | 2.0 | 1.0 | 0.3 | 0.0 | 1.2 | 0.1 | 1.8 | 1.3 | 0.8 | 0.9 | 9.7 | 8.2 |
| | 7 | 0.50 | 2.1 | 1.1 | 1.6 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.9 | 0.1 | 1.9 | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 9.9 | 7.1 |
| | 8 | 0.60 | 2.1 | 1.0 | 1.4 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.7 | 0.1 | 1.9 | 1.0 | 0.7 | 0.8 | 9.9 | 7.1 |
| S2LG | 초기치 | 0.00 | 2.0 | 3.8 | 18.0 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 |
| | 1 | 0.05 | 2.8 | 3.0 | 10.3 | 1.5 | 0.6 | 1.0 | 7.9 | 0.4 | 2.2 | 2.0 | 2.4 | 1.1 | 9.4 | 25.5 |
| | 2 | 0.10 | 2.7 | 2.5 | 6.7 | 1.5 | 0.6 | 0.6 | 5.0 | 0.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.2 | 9.5 | 17.9 |
| | 3 | 0.15 | 2.6 | 2.3 | 4.9 | 1.4 | 0.5 | 0.4 | 3.5 | 0.3 | 2.1 | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 9.7 | 14.4 |
| | 4 | 0.20 | 2.5 | 2.1 | 3.7 | 1.3 | 0.4 | 0.3 | 2.5 | 0.2 | 2.1 | 1.8 | 1.2 | 1.1 | 9.5 | 12.6 |
| | 5 | 0.30 | 2.5 | 1.8 | 2.7 | 1.2 | 0.4 | 0.1 | 1.7 | 0.2 | 2.1 | 1.7 | 1.0 | 1.0 | 9.5 | 10.5 |
| | 6 | 0.40 | 2.4 | 1.6 | 2.2 | 1.0 | 0.3 | 0.0 | 1.3 | 0.1 | 2.1 | 1.6 | 0.9 | 0.9 | 9.4 | 9.6 |
| | 7 | 0.50 | 2.3 | 1.5 | 1.8 | 1.1 | 0.3 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 2.0 | 1.5 | 0.8 | 1.0 | 9.5 | 8.4 |
| | 8 | 0.60 | 2.3 | 1.4 | 1.6 | 1.0 | 0.3 | 0.0 | 0.9 | 0.1 | 2.0 | 1.4 | 0.7 | 0.9 | 9.3 | 7.5 |
| S3LG | 초기치 | 0.00 | 1.6 | 3.3 | 15.9 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 12.2 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 1.0 | 9.2 | 40.2 |
| | 1 | 0.05 | 2.0 | 2.6 | 8.8 | 1.3 | 0.5 | 0.7 | 6.5 | 0.3 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 1.0 | 9.2 | 25.0 |
| | 2 | 0.10 | 1.9 | 2.3 | 5.6 | 1.2 | 0.5 | 0.5 | 3.8 | 0.2 | 1.4 | 1.8 | 1.8 | 1.0 | 9.2 | 19.6 |
| | 3 | 0.15 | 1.9 | 2.1 | 4.0 | 1.2 | 0.4 | 0.3 | 2.6 | 0.2 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 1.0 | 9.1 | 15.4 |
| | 4 | 0.20 | 1.8 | 2.0 | 2.9 | 1.1 | 0.3 | 0.2 | 1.8 | 0.1 | 1.5 | 1.8 | 1.1 | 1.0 | 9.2 | 12.0 |
| | 5 | 0.30 | 1.8 | 1.8 | 2.1 | 1.0 | 0.3 | 0.1 | 1.2 | 0.1 | 1.5 | 1.7 | 0.9 | 0.9 | 9.2 | 9.8 |
| | 6 | 0.40 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 1.5 | 1.6 | 0.8 | 0.8 | 9.3 | 8.6 |
| | 7 | 0.50 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | 0.1 | 1.6 | 1.5 | 0.7 | 0.7 | 9.1 | 7.7 |
| | 8 | 0.60 | 1.7 | 1.3 | 1.3 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 1.6 | 1.3 | 0.7 | 0.7 | 9.1 | 7.7 |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

[표 2-16] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨
백분율(ESP) [석고처리 침출법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dw/Ds | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------|-------|-------|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S4LG | 초기치 | 0.00 | 1.9 | 4.2 | 22.6 | 2.1 | 0.6 | 1.8 | 15.9 | 0.6 | 1.3 | 2.4 | 6.7 | 1.5 | 14.4 | 46.5 |
| | 1 | 0.05 | 2.7 | 3.3 | 12.7 | 2.0 | 0.6 | 0.9 | 9.1 | 0.5 | 2.1 | 2.4 | 3.6 | 1.5 | 14.0 | 25.7 |
| | 2 | 0.10 | 2.6 | 2.8 | 8.1 | 1.8 | 0.5 | 0.5 | 5.4 | 0.3 | 2.1 | 2.3 | 2.7 | 1.5 | 14.3 | 18.9 |
| | 3 | 0.15 | 2.5 | 2.4 | 5.8 | 1.7 | 0.4 | 0.3 | 3.8 | 0.2 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.5 | 14.2 | 14.1 |
| | 4 | 0.20 | 2.4 | 2.2 | 4.4 | 1.6 | 0.4 | 0.2 | 2.7 | 0.2 | 2.0 | 2.0 | 1.7 | 1.4 | 14.4 | 11.8 |
| | 5 | 0.30 | 2.4 | 2.0 | 3.0 | 1.5 | 0.3 | 0.2 | 1.6 | 0.1 | 2.1 | 1.8 | 1.4 | 1.4 | 14.1 | 9.9 |
| | 6 | 0.40 | 2.3 | 1.9 | 2.6 | 1.3 | 0.3 | 0.1 | 1.3 | 0.1 | 2.0 | 1.8 | 1.3 | 1.2 | 14.4 | 9.0 |
| | 7 | 0.50 | 2.3 | 1.7 | 2.2 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 1.0 | 0.1 | 2.1 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 14.2 | 8.5 |
| | 8 | 0.60 | 2.3 | 1.6 | 1.9 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 2.1 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 14.2 | 8.5 |
| S5LG | 초기치 | 0.00 | 2.6 | 3.5 | 18.7 | 2.3 | 0.5 | 1.3 | 13.0 | 0.5 | 2.1 | 2.2 | 5.7 | 1.8 | 13.4 | 42.5 |
| | 1 | 0.05 | 3.1 | 2.8 | 10.4 | 2.1 | 0.6 | 0.5 | 7.2 | 0.3 | 2.5 | 2.3 | 3.2 | 1.8 | 13.4 | 23.9 |
| | 2 | 0.10 | 3.0 | 2.4 | 6.6 | 1.9 | 0.6 | 0.3 | 4.3 | 0.2 | 2.4 | 2.1 | 2.3 | 1.7 | 13.0 | 17.7 |
| | 3 | 0.15 | 2.9 | 2.1 | 4.8 | 1.8 | 0.4 | 0.2 | 3.0 | 0.2 | 2.5 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 13.2 | 13.6 |
| | 4 | 0.20 | 2.8 | 1.9 | 3.7 | 1.6 | 0.5 | 0.2 | 2.2 | 0.1 | 2.3 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 13.3 | 11.3 |
| | 5 | 0.30 | 2.7 | 1.6 | 2.6 | 1.4 | 0.4 | 0.2 | 1.3 | 0.1 | 2.3 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 13.1 | 9.9 |
| | 6 | 0.40 | 2.7 | 1.4 | 2.1 | 1.3 | 0.3 | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 2.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 13.4 | 9.0 |
| | 7 | 0.50 | 2.6 | 1.2 | 1.7 | 1.3 | 0.2 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 2.4 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 13.2 | 8.3 |
| | 8 | 0.60 | 2.6 | 1.1 | 1.5 | 1.2 | 0.2 | 0.0 | 0.5 | 0.1 | 2.4 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 13.5 | 7.4 |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

[표 2-17] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S1LG]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|--------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | S1LG1 | 10.7 | 70.2 | 0.05 | 0.128 | - |
| | S1LG2 | 11.3 | 69.8 | 0.05 | 0.120 | - |
| | S1LG3 | 10.0 | 71.5 | 0.05 | 0.139 | - |
| | (평균) | 10.7 | 70.5 | 0.05 | 0.129 | 1.00 |
| 2 | S1LG1 | 11.4 | 69.2 | 0.05 | 0.118 | - |
| | S1LG2 | 11.7 | 68.4 | 0.05 | 0.114 | - |
| | S1LG3 | 10.6 | 70.0 | 0.05 | 0.129 | - |
| | (평균) | 11.2 | 69.2 | 0.05 | 0.120 | 0.93 |
| 3 | S1LG1 | 11.5 | 68.0 | 0.05 | 0.115 | - |
| | S1LG2 | 12.0 | 69.6 | 0.05 | 0.113 | - |
| | S1LG3 | 10.8 | 69.0 | 0.05 | 0.125 | - |
| | (평균) | 11.4 | 68.9 | 0.05 | 0.118 | 0.91 |
| 4 | S1LG1 | 11.6 | 70.5 | 0.05 | 0.119 | - |
| | S1LG2 | 12.7 | 67.5 | 0.05 | 0.104 | - |
| | S1LG3 | 10.8 | 67.8 | 0.05 | 0.122 | - |
| | (평균) | 11.7 | 68.6 | 0.05 | 0.115 | 0.89 |
| 5 | S1LG1 | 22.3 | 141.0 | 0.10 | 0.123 | - |
| | S1LG2 | 28.5 | 141.7 | 0.10 | 0.097 | - |
| | S1LG3 | 24.9 | 141.5 | 0.10 | 0.111 | - |
| | (평균) | 25.2 | 141.4 | 0.10 | 0.110 | 0.85 |
| 6 | S1LG1 | 27.6 | 140.2 | 0.10 | 0.099 | - |
| | S1LG2 | 29.4 | 137.0 | 0.10 | 0.091 | - |
| | S1LG3 | 25.4 | 138.6 | 0.10 | 0.106 | - |
| | (평균) | 27.5 | 138.6 | 0.10 | 0.099 | 0.77 |
| 7 | S1LG1 | 31.8 | 141.0 | 0.10 | 0.086 | - |
| | S1LG2 | 33.2 | 136.8 | 0.10 | 0.080 | - |
| | S1LG3 | 27.7 | 141.2 | 0.10 | 0.099 | - |
| | (평균) | 30.9 | 139.7 | 0.10 | 0.088 | 0.68 |
| 8 | S1LG1 | 33.7 | 140.0 | 0.10 | 0.081 | - |
| | S1LG2 | 38.5 | 142.0 | 0.10 | 0.072 | - |
| | S1LG3 | 30.6 | 140.5 | 0.10 | 0.090 | - |
| | (평균) | 34.3 | 140.8 | 0.10 | 0.081 | 0.63 |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-18] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S2LG]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dw/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|--------------|-------------|-------|---------------|------|
| 1 | S2LG1 | 4.8 | 68.5 | 0.05 | 0.278 | - |
| | S2LG2 | 5.2 | 68.5 | 0.05 | 0.257 | - |
| | S2LG3 | 5.1 | 69.2 | 0.05 | 0.265 | - |
| | (평균) | 5.0 | 68.7 | 0.05 | 0.267 | 1.00 |
| 2 | S2LG1 | 5.3 | 69.6 | 0.05 | 0.256 | - |
| | S2LG2 | 5.7 | 71.8 | 0.05 | 0.246 | - |
| | S2LG3 | 5.3 | 71.2 | 0.05 | 0.262 | - |
| | (평균) | 5.4 | 70.9 | 0.05 | 0.255 | 0.96 |
| 3 | S2LG1 | 5.4 | 70.5 | 0.05 | 0.255 | - |
| | S2LG2 | 5.9 | 72.1 | 0.05 | 0.238 | - |
| | S2LG3 | 5.5 | 71.0 | 0.05 | 0.252 | - |
| | (평균) | 5.6 | 71.2 | 0.05 | 0.248 | 0.93 |
| 4 | S2LG1 | 5.5 | 70.7 | 0.05 | 0.251 | - |
| | S2LG2 | 6.1 | 71.3 | 0.05 | 0.228 | - |
| | S2LG3 | 5.7 | 71.4 | 0.05 | 0.244 | - |
| | (평균) | 5.8 | 71.1 | 0.05 | 0.241 | 0.90 |
| 5 | S2LG1 | 11.4 | 140.8 | 0.10 | 0.241 | - |
| | S2LG2 | 11.8 | 138.0 | 0.10 | 0.228 | - |
| | S2LG3 | 11.3 | 140.2 | 0.10 | 0.242 | - |
| | (평균) | 11.5 | 139.7 | 0.10 | 0.237 | 0.89 |
| 6 | S2LG1 | 11.6 | 140.1 | 0.10 | 0.236 | - |
| | S2LG2 | 11.8 | 141.8 | 0.10 | 0.234 | - |
| | S2LG3 | 12.6 | 140.3 | 0.10 | 0.217 | - |
| | (평균) | 12.0 | 140.7 | 0.10 | 0.229 | 0.86 |
| 7 | S2LG1 | 13.0 | 135.0 | 0.10 | 0.203 | - |
| | S2LG2 | 11.7 | 140.2 | 0.10 | 0.234 | - |
| | S2LG3 | 12.5 | 141.6 | 0.10 | 0.221 | - |
| | (평균) | 12.4 | 138.9 | 0.10 | 0.219 | 0.82 |
| 8 | S2LG1 | 13.3 | 136.2 | 0.10 | 0.200 | - |
| | S2LG2 | 12.8 | 140.7 | 0.10 | 0.214 | - |
| | S2LG3 | 12.5 | 141.9 | 0.10 | 0.221 | - |
| | (평균) | 12.9 | 139.6 | 0.10 | 0.212 | 0.79 |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-19] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S3LG]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|--------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | S3LG1 | 0.92 | 69.3 | 0.05 | 1.469 | - |
| | S3LG2 | 0.94 | 70.8 | 0.05 | 1.469 | - |
| | S3LG3 | 0.91 | 71.6 | 0.05 | 1.534 | - |
| | (평균) | 0.92 | 70.6 | 0.05 | 1.491 | 1.00 |
| 2 | S3LG1 | 0.92 | 69.5 | 0.05 | 1.473 | - |
| | S3LG2 | 0.94 | 70.3 | 0.05 | 1.458 | - |
| | S3LG3 | 0.93 | 69.2 | 0.05 | 1.451 | - |
| | (평균) | 0.93 | 69.7 | 0.05 | 1.461 | 0.98 |
| 3 | S3LG1 | 0.96 | 71.5 | 0.05 | 1.452 | - |
| | S3LG2 | 0.98 | 71.3 | 0.05 | 1.419 | - |
| | S3LG3 | 0.92 | 69.7 | 0.05 | 1.477 | - |
| | (평균) | 0.95 | 70.8 | 0.05 | 1.449 | 0.97 |
| 4 | S3LG1 | 0.99 | 72.0 | 0.05 | 1.418 | - |
| | S3LG2 | 1.00 | 71.6 | 0.05 | 1.396 | - |
| | S3LG3 | 0.94 | 72.0 | 0.05 | 1.494 | - |
| | (평균) | 0.98 | 71.9 | 0.05 | 1.436 | 0.96 |
| 5 | S3LG1 | 1.95 | 141.3 | 0.10 | 1.413 | - |
| | S3LG2 | 1.93 | 141.0 | 0.10 | 1.425 | - |
| | S3LG3 | 1.94 | 140.5 | 0.10 | 1.412 | - |
| | (평균) | 1.94 | 140.9 | 0.10 | 1.417 | 0.95 |
| 6 | S3LG1 | 1.99 | 140.0 | 0.10 | 1.372 | - |
| | S3LG2 | 1.98 | 141.4 | 0.10 | 1.393 | - |
| | S3LG3 | 1.95 | 140.0 | 0.10 | 1.400 | - |
| | (평균) | 1.97 | 140.5 | 0.10 | 1.388 | 0.93 |
| 7 | S3LG1 | 2.03 | 141.5 | 0.10 | 1.359 | - |
| | S3LG2 | 2.07 | 142.1 | 0.10 | 1.339 | - |
| | S3LG3 | 1.99 | 141.3 | 0.10 | 1.385 | - |
| | (평균) | 2.03 | 141.6 | 0.10 | 1.361 | 0.91 |
| 8 | S3LG1 | 2.05 | 142.2 | 0.10 | 1.353 | - |
| | S3LG2 | 2.08 | 141.7 | 0.10 | 1.328 | - |
| | S3LG3 | 2.01 | 140.6 | 0.10 | 1.364 | - |
| | (평균) | 2.05 | 141.5 | 0.10 | 1.348 | 0.90 |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-20] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S4LG]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|--------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | S4LG1 | 36.4 | 68.5 | 0.05 | 0.037 | - |
| | S4LG2 | 37.5 | 68.4 | 0.05 | 0.036 | - |
| | S4LG3 | 35.3 | 69.5 | 0.05 | 0.038 | - |
| | (평균) | 36.4 | 68.8 | 0.05 | 0.037 | 1.00 |
| 2 | S4LG1 | 44.9 | 72.0 | 0.05 | 0.031 | - |
| | S4LG2 | 43.4 | 71.5 | 0.05 | 0.032 | - |
| | S4LG3 | 41.0 | 68.0 | 0.05 | 0.032 | - |
| | (평균) | 43.1 | 70.5 | 0.05 | 0.032 | 0.86 |
| 3 | S4LG1 | 48.2 | 72.1 | 0.05 | 0.029 | - |
| | S4LG2 | 49.7 | 71.8 | 0.05 | 0.028 | - |
| | S4LG3 | 44.6 | 69.5 | 0.05 | 0.030 | - |
| | (평균) | 47.5 | 71.1 | 0.05 | 0.029 | 0.78 |
| 4 | S4LG1 | 52.4 | 68.4 | 0.05 | 0.025 | - |
| | S4LG2 | 54.3 | 71.3 | 0.05 | 0.026 | - |
| | S4LG3 | 51.0 | 70.6 | 0.05 | 0.027 | - |
| | (평균) | 52.6 | 70.1 | 0.05 | 0.026 | 0.70 |
| 5 | S4LG1 | 114.1 | 136.5 | 0.10 | 0.023 | - |
| | S4LG2 | 117.2 | 141.2 | 0.10 | 0.023 | - |
| | S4LG3 | 110.2 | 138.6 | 0.10 | 0.025 | - |
| | (평균) | 113.8 | 138.8 | 0.10 | 0.024 | 0.65 |
| 6 | S4LG1 | 123.0 | 140.5 | 0.10 | 0.022 | - |
| | S4LG2 | 129.4 | 141.4 | 0.10 | 0.021 | - |
| | S4LG3 | 121.6 | 140.7 | 0.10 | 0.023 | - |
| | (평균) | 124.7 | 140.9 | 0.10 | 0.022 | 0.59 |
| 7 | S4LG1 | 136.4 | 142.2 | 0.10 | 0.020 | - |
| | S4LG2 | 135.7 | 138.6 | 0.10 | 0.020 | - |
| | S4LG3 | 132.8 | 141.3 | 0.10 | 0.021 | - |
| | (평균) | 135.0 | 140.7 | 0.10 | 0.020 | 0.54 |
| 8 | S4LG1 | 144.8 | 138.4 | 0.10 | 0.019 | - |
| | S4LG2 | 145.3 | 140.6 | 0.10 | 0.019 | - |
| | S4LG3 | 140.1 | 141.8 | 0.10 | 0.020 | - |
| | (평균) | 143.4 | 140.3 | 0.10 | 0.019 | 0.51 |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-21] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S5LG]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|--------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | S5LG1 | 27.2 | 71.2 | 0.05 | 0.051 | - |
| | S5LG2 | 29.3 | 72.1 | 0.05 | 0.048 | - |
| | S5LG3 | 26.9 | 68.4 | 0.05 | 0.050 | - |
| | (평균) | 27.8 | 70.6 | 0.05 | 0.050 | 1.00 |
| 2 | S5LG1 | 29.1 | 72.3 | 0.05 | 0.048 | - |
| | S5LG2 | 33.7 | 71.0 | 0.05 | 0.041 | - |
| | S5LG3 | 31.8 | 70.5 | 0.05 | 0.043 | - |
| | (평균) | 31.5 | 71.3 | 0.05 | 0.044 | 0.88 |
| 3 | S5LG1 | 31.1 | 71.6 | 0.05 | 0.045 | - |
| | S5LG2 | 36.2 | 68.4 | 0.05 | 0.037 | - |
| | S5LG3 | 34.7 | 68.5 | 0.05 | 0.038 | - |
| | (평균) | 34.0 | 69.5 | 0.05 | 0.040 | 0.80 |
| 4 | S5LG1 | 32.7 | 68.4 | 0.05 | 0.041 | - |
| | S5LG2 | 38.9 | 68.6 | 0.05 | 0.034 | - |
| | S5LG3 | 37.0 | 68.3 | 0.05 | 0.036 | - |
| | (평균) | 36.2 | 68.4 | 0.05 | 0.037 | 0.74 |
| 5 | S5LG1 | 77.5 | 137.5 | 0.10 | 0.035 | - |
| | S5LG2 | 80.3 | 138.2 | 0.10 | 0.034 | - |
| | S5LG3 | 78.8 | 138.6 | 0.10 | 0.034 | - |
| | (평균) | 78.9 | 138.1 | 0.10 | 0.034 | 0.68 |
| 6 | S5LG1 | 84.7 | 141.4 | 0.10 | 0.033 | - |
| | S5LG2 | 85.0 | 138.7 | 0.10 | 0.032 | - |
| | S5LG3 | 86.2 | 139.8 | 0.10 | 0.032 | - |
| | (평균) | 85.3 | 140.0 | 0.10 | 0.032 | 0.64 |
| 7 | S5LG1 | 90.7 | 141.2 | 0.10 | 0.030 | - |
| | S5LG2 | 90.4 | 139.5 | 0.10 | 0.030 | - |
| | S5LG3 | 92.3 | 140.6 | 0.10 | 0.030 | - |
| | (평균) | 91.1 | 140.4 | 0.10 | 0.030 | 0.60 |
| 8 | S5LG1 | 95.6 | 138.6 | 0.10 | 0.028 | - |
| | S5LG2 | 89.9 | 139.3 | 0.10 | 0.030 | - |
| | S5LG3 | 95.0 | 138.2 | 0.10 | 0.028 | - |
| | (평균) | 93.5 | 138.7 | 0.10 | 0.029 | 0.58 |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

4. 수세법 제염시험자료 [석고무처리 RN]

[표 2-22] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [S1RN]

| 제염 횟수 | Dwa/Ds | Soil sample code | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.5 | S1(초기치) | - | - | 26.1 | 7.2 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 S1(초기치) : 제염전 S1 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S1RN1 | 19.9 | 7.2 | 16.0 | 7.2 | |
| | | S1RN2 | 20.8 | 7.1 | 17.8 | 7.3 | |
| | | S1RN3 | 19.5 | 7.2 | 17.3 | 7.2 | |
| | | (평균) | 20.1 | 7.2 | 17.0 | 7.2 | |
| 2 | 1.0 | S1RN1 | 13.4 | 7.3 | 11.5 | 7.2 | |
| | | S1RN2 | 14.7 | 7.5 | 12.1 | 7.3 | |
| | | S1RN3 | 13.1 | 7.4 | 12.2 | 7.4 | |
| | | (평균) | 13.7 | 7.4 | 11.9 | 7.3 | |
| 3 | 1.5 | S1RN1 | 8.4 | 7.5 | 8.1 | 7.5 | |
| | | S1RN2 | 8.1 | 7.6 | 8.7 | 7.3 | |
| | | S1RN3 | 9.0 | 7.3 | 8.9 | 7.4 | |
| | | (평균) | 8.5 | 7.5 | 8.6 | 7.4 | |
| 4 | 2.0 | S1RN1 | 6.0 | 7.5 | 5.4 | 7.3 | |
| | | S1RN2 | 4.8 | 7.5 | 5.9 | 7.6 | |
| | | S1RN3 | 5.5 | 7.6 | 5.8 | 7.5 | |
| | | (평균) | 5.4 | 7.5 | 5.7 | 7.5 | |
| 5 | 2.5 | S1RN1 | 3.8 | 7.7 | 3.4 | 7.4 | |
| | | S1RN2 | 3.3 | 7.7 | 3.6 | 7.3 | |
| | | S1RN3 | 4.2 | 7.6 | 3.6 | 7.7 | |
| | | (평균) | 3.8 | 7.7 | 3.5 | 7.5 | |
| 6 | 3.0 | S1RN1 | 2.4 | 7.7 | 2.1 | 7.6 | |
| | | S1RN2 | 2.3 | 7.8 | 2.4 | 7.7 | |
| | | S1RN3 | 2.7 | 7.9 | 2.3 | 7.6 | |
| | | (평균) | 2.5 | 7.8 | 2.3 | 7.6 | |
| 7 | 3.5 | S1RN1 | 1.4 | 8.0 | 1.5 | 7.8 | |
| | | S1RN2 | 1.2 | 7.9 | 1.6 | 7.9 | |
| | | S1RN3 | 1.3 | 8.0 | 1.7 | 7.8 | |
| | | (평균) | 1.3 | 8.0 | 1.6 | 7.8 | |
| 8 | 4.0 | S1RN1 | 1.0 | 7.9 | 1.1 | 7.7 | |
| | | S1RN2 | 0.8 | 8.3 | 1.1 | 7.8 | |
| | | S1RN3 | 0.9 | 8.0 | 1.2 | 7.8 | |
| | | (평균) | 0.9 | 8.1 | 1.1 | 7.8 | |

[표 2-23] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S2RN]

| 제염 횟수 | Dwa/Ds | Soil sample code | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.5 | S2(초기치) | - | - | 25.7 | 7.3 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 S2(초기치) : 제염전 S2 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S2RN1 | 21.5 | 7.3 | 14.8 | 7.4 | |
| | | S2RN2 | 21.9 | 7.2 | 15.1 | 7.4 | |
| | | S2RN3 | 22.1 | 7.3 | 16.0 | 7.5 | |
| | | (평균) | 21.8 | 7.3 | 15.3 | 7.4 | |
| 2 | 1.0 | S2RN1 | 13.0 | 7.3 | 9.6 | 7.3 | |
| | | S2RN2 | 12.4 | 7.5 | 9.5 | 7.5 | |
| | | S2RN3 | 12.8 | 7.2 | 10.2 | 7.5 | |
| | | (평균) | 12.7 | 7.3 | 9.8 | 7.4 | |
| 3 | 1.5 | S2RN1 | 7.2 | 7.6 | 6.0 | 7.5 | |
| | | S2RN2 | 6.7 | 7.3 | 5.9 | 7.6 | |
| | | S2RN3 | 7.1 | 7.5 | 6.2 | 7.4 | |
| | | (평균) | 7.0 | 7.5 | 6.0 | 7.5 | |
| 4 | 2.0 | S2RN1 | 4.0 | 7.8 | 4.1 | 7.7 | |
| | | S2RN2 | 3.8 | 7.7 | 4.0 | 7.5 | |
| | | S2RN3 | 4.0 | 7.5 | 4.1 | 7.6 | |
| | | (평균) | 3.9 | 7.7 | 4.1 | 7.6 | |
| 5 | 2.5 | S2RN1 | 2.3 | 7.9 | 2.5 | 7.4 | |
| | | S2RN2 | 2.2 | 7.8 | 2.6 | 7.8 | |
| | | S2RN3 | 2.5 | 7.7 | 2.9 | 7.7 | |
| | | (평균) | 2.3 | 7.8 | 2.7 | 7.6 | |
| 6 | 3.0 | S2RN1 | 1.5 | 7.9 | 1.8 | 7.7 | |
| | | S2RN2 | 1.3 | 7.8 | 1.9 | 7.7 | |
| | | S2RN3 | 1.4 | 8.0 | 1.9 | 7.6 | |
| | | (평균) | 1.4 | 7.9 | 1.9 | 7.7 | |
| 7 | 3.5 | S2RN1 | 0.9 | 8.2 | 1.3 | 7.8 | |
| | | S2RN2 | 0.9 | 7.9 | 1.5 | 7.8 | |
| | | S2RN3 | 0.8 | 8.2 | 1.4 | 7.9 | |
| | | (평균) | 0.9 | 8.1 | 1.4 | 7.8 | |
| 8 | 4.0 | S2RN1 | 0.6 | 8.2 | 0.9 | 7.9 | |
| | | S2RN2 | 0.5 | 8.3 | 1.0 | 8.0 | |
| | | S2RN3 | 0.6 | 8.3 | 1.0 | 7.9 | |
| | | (평균) | 0.6 | 8.3 | 1.0 | 7.9 | |

[표 2-24] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S3RN]

| 제염 횟수 | Dwa/Ds | Soil sample code | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.5 | S3(초기치) | - | - | 25.0 | 7.2 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 S3(초기치) : 제염전 S3 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S3RN1 | 18.6 | 7.3 | 14.8 | 7.3 | |
| | | S3RN2 | 19.6 | 7.4 | 13.7 | 7.1 | |
| | | S3RN3 | 18.8 | 7.3 | 15.0 | 7.2 | |
| | | (평균) | 19.0 | 7.3 | 14.5 | 7.2 | |
| 2 | 1.0 | S3RN1 | 10.5 | 7.5 | 8.1 | 7.3 | |
| | | S3RN2 | 10.5 | 7.2 | 7.8 | 7.4 | |
| | | S3RN3 | 10.4 | 7.3 | 8.3 | 7.2 | |
| | | (평균) | 10.5 | 7.3 | 8.1 | 7.3 | |
| 3 | 1.5 | S3RN1 | 6.7 | 7.5 | 4.6 | 7.2 | |
| | | S3RN2 | 5.6 | 7.6 | 4.4 | 7.4 | |
| | | S3RN3 | 6.5 | 7.3 | 4.7 | 7.4 | |
| | | (평균) | 6.3 | 7.5 | 4.6 | 7.3 | |
| 4 | 2.0 | S3RN1 | 3.3 | 7.7 | 2.7 | 7.5 | |
| | | S3RN2 | 3.1 | 7.6 | 3.0 | 7.3 | |
| | | S3RN3 | 3.2 | 7.6 | 2.9 | 7.5 | |
| | | (평균) | 3.2 | 7.6 | 2.9 | 7.4 | |
| 5 | 2.5 | S3RN1 | 1.7 | 7.7 | 2.1 | 7.4 | |
| | | S3RN2 | 1.8 | 7.7 | 1.9 | 7.7 | |
| | | S3RN3 | 1.8 | 7.8 | 2.0 | 7.5 | |
| | | (평균) | 1.8 | 7.7 | 2.0 | 7.5 | |
| 6 | 3.0 | S3RN1 | 1.0 | 7.9 | 1.4 | 7.6 | |
| | | S3RN2 | 0.9 | 7.8 | 1.3 | 7.6 | |
| | | S3RN3 | 1.0 | 7.8 | 1.4 | 7.5 | |
| | | (평균) | 1.0 | 7.8 | 1.4 | 7.6 | |
| 7 | 3.5 | S3RN1 | 0.7 | 8.0 | 0.9 | 7.6 | |
| | | S3RN2 | 0.6 | 7.8 | 0.9 | 7.7 | |
| | | S3RN3 | 0.7 | 7.9 | 1.0 | 7.6 | |
| | | (평균) | 0.7 | 7.9 | 0.9 | 7.6 | |
| 8 | 4.0 | S3RN1 | 0.4 | 8.1 | 0.6 | 7.6 | |
| | | S3RN2 | 0.4 | 8.2 | 0.5 | 7.7 | |
| | | S3RN3 | 0.3 | 8.1 | 0.6 | 7.9 | |
| | | (평균) | 0.4 | 8.1 | 0.6 | 7.7 | |

[표 2-25] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S4RN]

| 제염 횟수 | Dwa/Ds | Soil sample code | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.5 | S4(초기치) | - | - | 31.2 | 7.4 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 S4(초기치) : 제염전 S4 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S4RN1 | 24.2 | 7.3 | 21.0 | 7.3 | |
| | | S4RN2 | 24.3 | 7.2 | 23.4 | 7.5 | |
| | | S4RN3 | 23.1 | 7.1 | 22.5 | 7.4 | |
| | | (평균) | 23.9 | 7.2 | 22.3 | 7.4 | |
| 2 | 1.0 | S4RN1 | 15.9 | 7.2 | 15.0 | 7.5 | |
| | | S4RN2 | 16.1 | 7.5 | 16.2 | 7.5 | |
| | | S4RN3 | 16.5 | 7.3 | 15.7 | 7.3 | |
| | | (평균) | 16.2 | 7.3 | 15.6 | 7.4 | |
| 3 | 1.5 | S4RN1 | 9.8 | 7.6 | 6.7 | 7.3 | |
| | | S4RN2 | 10.6 | 7.5 | 10.6 | 7.7 | |
| | | S4RN3 | 10.4 | 7.3 | 10.5 | 7.5 | |
| | | (평균) | 10.3 | 7.5 | 10.3 | 7.5 | |
| 4 | 2.0 | S4RN1 | 6.3 | 7.6 | 7.2 | 7.4 | |
| | | S4RN2 | 6.6 | 7.8 | 7.4 | 7.6 | |
| | | S4RN3 | 6.6 | 7.6 | 7.1 | 7.5 | |
| | | (평균) | 6.5 | 7.7 | 7.2 | 7.5 | |
| 5 | 2.5 | S4RN1 | 3.7 | 7.9 | 5.3 | 7.5 | |
| | | S4RN2 | 4.1 | 7.6 | 5.5 | 7.6 | |
| | | S4RN3 | 4.0 | 7.6 | 5.4 | 7.8 | |
| | | (평균) | 3.9 | 7.7 | 5.4 | 7.6 | |
| 6 | 3.0 | S4RN1 | 2.4 | 8.0 | 3.4 | 7.9 | |
| | | S4RN2 | 2.6 | 7.7 | 3.9 | 7.6 | |
| | | S4RN3 | 2.5 | 7.8 | 3.7 | 7.7 | |
| | | (평균) | 2.5 | 7.8 | 3.7 | 7.7 | |
| 7 | 3.5 | S4RN1 | 1.4 | 7.9 | 2.4 | 7.8 | |
| | | S4RN2 | 1.7 | 7.9 | 2.5 | 7.7 | |
| | | S4RN3 | 1.5 | 8.0 | 2.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 1.5 | 7.9 | 2.5 | 7.7 | |
| 8 | 4.0 | S4RN1 | 1.0 | 8.1 | 1.4 | 7.8 | |
| | | S4RN2 | 1.1 | 7.9 | 1.8 | 7.9 | |
| | | S4RN3 | 1.1 | 8.0 | 1.7 | 7.8 | |
| | | (평균) | 1.1 | 8.0 | 1.6 | 7.8 | |

[표 2-26] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S5RN]

| 제염 횟수 | Dwa/Ds | Soil sample code | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.5 | S5(초기치) | - | - | 26.4 | 7.3 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 S5(초기치) : 제염전 S5 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S5RN1 | 19.9 | 7.3 | 17.3 | 7.3 | |
| | | S5RN2 | 21.2 | 7.1 | 19.2 | 7.4 | |
| | | S5RN3 | 21.0 | 7.2 | 18.9 | 7.3 | |
| | | (평균) | 20.7 | 7.2 | 18.5 | 7.3 | |
| 2 | 1.0 | S5RN1 | 12.2 | 7.4 | 12.2 | 7.3 | |
| | | S5RN2 | 14.1 | 7.5 | 13.1 | 7.5 | |
| | | S5RN3 | 13.2 | 7.4 | 13.0 | 7.5 | |
| | | (평균) | 13.2 | 7.4 | 12.8 | 7.4 | |
| 3 | 1.5 | S5RN1 | 7.3 | 7.6 | 9.1 | 7.3 | |
| | | S5RN2 | 8.5 | 7.8 | 9.7 | 7.6 | |
| | | S5RN3 | 8.0 | 7.6 | 9.5 | 7.4 | |
| | | (평균) | 7.9 | 7.7 | 9.4 | 7.4 | |
| 4 | 2.0 | S5RN1 | 4.6 | 8.0 | 6.3 | 7.4 | |
| | | S5RN2 | 5.5 | 7.7 | 6.3 | 7.4 | |
| | | S5RN3 | 5.1 | 7.8 | 6.4 | 7.7 | |
| | | (평균) | 5.1 | 7.8 | 6.3 | 7.5 | |
| 5 | 2.5 | S5RN1 | 3.8 | 8.1 | 4.7 | 7.8 | |
| | | S5RN2 | 3.9 | 8.0 | 4.5 | 7.6 | |
| | | S5RN3 | 3.1 | 7.9 | 4.8 | 7.6 | |
| | | (평균) | 3.6 | 8.0 | 4.7 | 7.7 | |
| 6 | 3.0 | S5RN1 | 2.3 | 8.2 | 3.2 | 7.5 | |
| | | S5RN2 | 2.2 | 8.2 | 3.3 | 7.6 | |
| | | S5RN3 | 2.5 | 7.8 | 3.2 | 7.7 | |
| | | (평균) | 2.3 | 8.1 | 3.2 | 7.6 | |
| 7 | 3.5 | S5RN1 | 1.2 | 7.9 | 1.9 | 7.7 | |
| | | S5RN2 | 1.3 | 8.3 | 2.3 | 7.9 | |
| | | S5RN3 | 1.2 | 8.1 | 2.2 | 7.8 | |
| | | (평균) | 1.2 | 8.1 | 2.1 | 7.8 | |
| 8 | 4.0 | S5RN1 | 0.8 | 8.2 | 1.3 | 8.0 | |
| | | S5RN2 | 1.0 | 8.3 | 1.4 | 7.8 | |
| | | S5RN3 | 0.9 | 8.2 | 1.3 | 7.9 | |
| | | (평균) | 0.9 | 8.2 | 1.3 | 7.9 | |

[표 2-27] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨 백분율(ESP) [석고무처리 수세법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dwa/Ds | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------|-------|--------|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S1RN | 초기치 | 0.0 | 1.8 | 3.7 | 17.9 | 1.5 | 0.6 | 1.9 | 13.8 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 |
| | 1 | 0.5 | 1.6 | 3.0 | 12.6 | 1.3 | 0.4 | 1.1 | 9.8 | 0.4 | 1.2 | 1.9 | 2.8 | 0.9 | 9.5 | 29.5 |
| | 2 | 1.0 | 1.5 | 2.6 | 9.1 | 1.1 | 0.3 | 0.8 | 6.8 | 0.3 | 1.2 | 1.8 | 2.3 | 0.8 | 9.6 | 24.0 |
| | 3 | 1.5 | 1.3 | 2.3 | 6.7 | 1.0 | 0.2 | 0.5 | 5.0 | 0.2 | 1.1 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 9.4 | 18.1 |
| | 4 | 2.0 | 1.3 | 2.1 | 4.5 | 1.0 | 0.1 | 0.3 | 3.1 | 0.1 | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 0.9 | 9.5 | 14.7 |
| | 5 | 2.5 | 1.2 | 1.9 | 3.1 | 0.9 | 0.1 | 0.2 | 2.0 | 0.1 | 1.1 | 1.7 | 1.1 | 0.8 | 9.3 | 11.8 |
| | 6 | 3.0 | 1.1 | 1.8 | 2.0 | 0.8 | 0.0 | 0.1 | 1.1 | 0.1 | 1.1 | 1.7 | 0.9 | 0.7 | 9.4 | 9.6 |
| | 7 | 3.5 | 1.0 | 1.7 | 1.5 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 1.0 | 1.7 | 0.8 | 0.7 | 9.4 | 8.5 |
| | 8 | 4.0 | 1.0 | 1.6 | 1.2 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 1.0 | 1.6 | 0.7 | 0.7 | 9.2 | 7.6 |
| S2RN | 초기치 | 0.0 | 2.0 | 3.8 | 18.0 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 |
| | 1 | 0.5 | 1.7 | 3.2 | 13.2 | 1.5 | 0.4 | 1.2 | 10.6 | 0.4 | 1.3 | 2.0 | 2.6 | 1.1 | 9.0 | 28.9 |
| | 2 | 1.0 | 1.6 | 2.8 | 10.2 | 1.4 | 0.3 | 0.9 | 8.2 | 0.3 | 1.3 | 1.9 | 2.0 | 1.1 | 9.1 | 22.0 |
| | 3 | 1.5 | 1.5 | 2.5 | 7.1 | 1.2 | 0.2 | 0.6 | 5.6 | 0.2 | 1.3 | 1.9 | 1.5 | 1.0 | 9.0 | 16.7 |
| | 4 | 2.0 | 1.5 | 2.3 | 4.9 | 1.1 | 0.2 | 0.5 | 3.7 | 0.1 | 1.3 | 1.8 | 1.2 | 1.0 | 9.2 | 13.0 |
| | 5 | 2.5 | 1.4 | 2.1 | 3.3 | 1.0 | 0.2 | 0.3 | 2.3 | 0.1 | 1.2 | 1.8 | 1.0 | 0.9 | 9.1 | 11.0 |
| | 6 | 3.0 | 1.4 | 2.0 | 2.5 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | 1.6 | 0.1 | 1.3 | 1.9 | 0.9 | 0.8 | 8.9 | 10.1 |
| | 7 | 3.5 | 1.3 | 1.9 | 1.8 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.2 | 1.9 | 0.8 | 0.9 | 9.0 | 8.9 |
| | 8 | 4.0 | 1.3 | 1.9 | 1.3 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.3 | 1.9 | 0.7 | 0.8 | 8.9 | 7.9 |
| S3RN | 초기치 | 0.0 | 1.6 | 3.3 | 15.9 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 12.2 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 1.0 | 9.2 | 40.2 |
| | 1 | 0.5 | 1.5 | 2.8 | 11.7 | 1.4 | 0.2 | 0.9 | 9.3 | 0.4 | 1.3 | 1.9 | 2.4 | 1.0 | 8.8 | 27.3 |
| | 2 | 1.0 | 1.4 | 2.5 | 8.3 | 1.3 | 0.2 | 0.6 | 6.4 | 0.3 | 1.2 | 1.9 | 1.9 | 1.0 | 8.8 | 21.6 |
| | 3 | 1.5 | 1.4 | 2.2 | 6.7 | 1.1 | 0.2 | 0.4 | 5.3 | 0.2 | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 0.9 | 8.9 | 15.7 |
| | 4 | 2.0 | 1.3 | 2.0 | 5.0 | 0.9 | 0.1 | 0.2 | 3.9 | 0.1 | 1.2 | 1.8 | 1.1 | 0.8 | 8.7 | 12.6 |
| | 5 | 2.5 | 1.3 | 1.9 | 3.5 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 2.6 | 0.1 | 1.2 | 1.8 | 0.9 | 0.7 | 8.6 | 10.5 |
| | 6 | 3.0 | 1.3 | 1.9 | 2.4 | 0.7 | 0.0 | 0.1 | 1.6 | 0.0 | 1.3 | 1.8 | 0.8 | 0.7 | 8.7 | 9.2 |
| | 7 | 3.5 | 1.3 | 1.7 | 1.6 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 1.3 | 1.7 | 0.7 | 0.6 | 8.5 | 8.2 |
| | 8 | 4.0 | 1.3 | 1.6 | 1.1 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 1.3 | 1.6 | 0.7 | 0.6 | 8.5 | 8.2 |

Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율

초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

[표 2-28] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨
백분율(ESP) [석고무처리 수세법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dwa/Ds | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------------|----------|--------|---------------------|-----|------|-----|---------------------|-----|------|-----|---------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S4RN | 초기치 | 0.0 | 1.9 | 4.2 | 22.6 | 2.1 | 0.6 | 1.8 | 15.9 | 0.6 | 1.3 | 2.4 | 6.7 | 1.5 | 14.4 | 46.5 |
| | 1 | 0.5 | 1.7 | 3.4 | 16.1 | 1.9 | 0.4 | 1.0 | 11.6 | 0.4 | 1.3 | 2.4 | 4.5 | 1.5 | 13.2 | 34.1 |
| | 2 | 1.0 | 1.6 | 2.9 | 11.4 | 1.7 | 0.2 | 0.6 | 7.9 | 0.3 | 1.4 | 2.3 | 3.5 | 1.4 | 13.1 | 26.7 |
| | 3 | 1.5 | 1.5 | 2.7 | 8.7 | 1.4 | 0.2 | 0.3 | 6.0 | 0.2 | 1.3 | 2.4 | 2.7 | 1.2 | 13.2 | 20.5 |
| | 4 | 2.0 | 1.3 | 2.5 | 6.0 | 1.3 | 0.1 | 0.2 | 3.8 | 0.2 | 1.2 | 2.3 | 2.2 | 1.1 | 13.2 | 16.7 |
| | 5 | 2.5 | 1.3 | 2.4 | 3.6 | 1.1 | 0.0 | 0.1 | 1.8 | 0.1 | 1.3 | 2.3 | 1.8 | 1.0 | 13.0 | 13.8 |
| | 6 | 3.0 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 1.2 | 2.2 | 1.5 | 1.0 | 12.8 | 11.7 |
| | 7 | 3.5 | 1.2 | 2.1 | 1.9 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 1.2 | 2.1 | 1.3 | 0.9 | 13.0 | 10.0 |
| | 8 | 4.0 | 1.2 | 2.0 | 1.6 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.1 | 1.2 | 2.0 | 1.2 | 0.8 | 13.0 | 9.2 |
| S5RN | 초기치 | 0.0 | 2.6 | 3.5 | 18.7 | 2.3 | 0.5 | 1.3 | 13.0 | 0.5 | 2.1 | 2.2 | 5.7 | 1.8 | 13.4 | 42.5 |
| | 1 | 0.5 | 2.3 | 3.0 | 12.4 | 2.0 | 0.3 | 0.8 | 8.5 | 0.3 | 2.0 | 2.2 | 3.9 | 1.7 | 12.7 | 30.7 |
| | 2 | 1.0 | 2.1 | 2.6 | 8.1 | 1.7 | 0.2 | 0.5 | 5.1 | 0.2 | 1.9 | 2.1 | 3.0 | 1.5 | 12.6 | 23.8 |
| | 3 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 5.7 | 1.5 | 0.1 | 0.2 | 3.4 | 0.2 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 1.3 | 12.6 | 18.3 |
| | 4 | 2.0 | 1.8 | 2.2 | 3.8 | 1.3 | 0.1 | 0.1 | 2.0 | 0.1 | 1.7 | 2.1 | 1.8 | 1.2 | 12.4 | 14.5 |
| | 5 | 2.5 | 1.6 | 2.1 | 2.7 | 1.1 | 0.0 | 0.1 | 1.2 | 0.1 | 1.6 | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 12.5 | 12.0 |
| | 6 | 3.0 | 1.5 | 1.9 | 2.1 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 0.1 | 1.5 | 1.9 | 1.3 | 0.9 | 12.3 | 10.6 |
| | 7 | 3.5 | 1.4 | 1.8 | 1.6 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 1.4 | 1.8 | 1.1 | 0.9 | 12.3 | 8.9 |
| | 8 | 4.0 | 1.3 | 1.7 | 1.3 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 1.3 | 1.7 | 1.0 | 0.8 | 12.1 | 8.3 |

Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율

초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

5. 침출·수세법 제염시험자료 [석고처리 LR]

[표 2-29] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [S1LR]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | Soil sample code | 침출수(배출수) | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------------------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S1(초기치) | - | - | 26.1 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) S1(초기치) : 제염전 S1 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S1LR1 | 180.0 | 7.2 | 10.9 | 7.3 | |
| | | S1LR2 | 191.0 | 7.0 | 12.3 | 7.2 | |
| | | S1LR3 | 188.0 | 7.2 | 11.8 | 7.0 | |
| | | (평균) | 186.3 | 7.1 | 11.7 | 7.2 | |
| 2 | 0.10 | S1LR1 | 98.7 | 7.2 | 7.6 | 7.3 | |
| | | S1LR2 | 99.2 | 7.5 | 7.9 | 7.5 | |
| | | S1LR3 | 89.4 | 7.4 | 8.0 | 7.4 | |
| | | (평균) | 95.8 | 7.4 | 7.8 | 7.4 | |
| 3 | 0.15 | S1LR1 | 30.6 | 7.4 | 4.9 | 7.5 | |
| | | S1LR2 | 25.5 | 7.3 | 5.3 | 7.5 | |
| | | S1LR3 | 38.8 | 7.7 | 5.2 | 7.8 | |
| | | (평균) | 31.6 | 7.5 | 5.1 | 7.6 | |
| 4 | 0.20 | S1LR1 | 18.3 | 7.7 | 3.6 | 7.6 | |
| | | S1LR2 | 20.5 | 7.9 | 3.7 | 7.8 | |
| | | S1LR3 | 19.2 | 7.9 | 3.6 | 7.7 | |
| | | (평균) | 19.3 | 7.8 | 3.6 | 7.7 | |
| 5 | 0.70 | S1LR1 | 3.9 | 8.2 | 2.2 | 8.1 | |
| | | S1LR2 | 3.6 | 8.1 | 2.5 | 8.0 | |
| | | S1LR3 | 3.6 | 8.3 | 2.4 | 7.8 | |
| | | (평균) | 3.7 | 8.2 | 2.4 | 8.0 | |
| 6 | 1.20 | S1LR1 | 2.4 | 8.2 | 1.6 | 7.8 | |
| | | S1LR2 | 2.6 | 8.1 | 2.0 | 7.9 | |
| | | S1LR3 | 2.6 | 8.1 | 1.9 | 7.9 | |
| | | (평균) | 2.5 | 8.1 | 1.8 | 7.9 | |
| 7 | 1.70 | S1LR1 | 1.6 | 8.0 | 1.2 | 7.8 | |
| | | S1LR2 | 1.5 | 7.9 | 1.4 | 7.6 | |
| | | S1LR3 | 1.6 | 8.0 | 1.4 | 7.9 | |
| | | (평균) | 1.6 | 8.0 | 1.3 | 7.8 | |
| 8 | 2.20 | S1LR1 | 1.0 | 7.7 | 0.8 | 7.7 | |
| | | S1LR2 | 1.1 | 7.8 | 1.0 | 7.5 | |
| | | S1LR3 | 1.1 | 7.9 | 0.9 | 7.6 | |
| | | (평균) | 1.1 | 7.8 | 0.9 | 7.6 | |

[표 2-30] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S2LR]

| 제염 횟수 | Dw/Ds (Dwa/Ds) | Soil sample code | 침출수 (배출수) | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|-------------------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S2(초기치) | - | - | 25.7 | 7.3 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) S2(초기치) : 제염전 S2 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S2LR1 | 193.0 | 7.2 | 11.6 | 7.3 | |
| | | S2LR2 | 185.0 | 7.3 | 11.0 | 7.3 | |
| | | S2LR3 | 186.0 | 7.4 | 9.7 | 7.5 | |
| | | (평균) | 188.0 | 7.3 | 10.8 | 7.4 | |
| 2 | 0.10 | S2LR1 | 90.9 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | |
| | | S2LR2 | 86.9 | 7.4 | 7.5 | 7.3 | |
| | | S2LR3 | 93.4 | 7.6 | 6.9 | 7.4 | |
| | | (평균) | 90.4 | 7.5 | 7.3 | 7.4 | |
| 3 | 0.15 | S2LR1 | 22.2 | 7.8 | 5.3 | 7.4 | |
| | | S2LR2 | 22.7 | 7.9 | 5.1 | 7.5 | |
| | | S2LR3 | 23.7 | 7.7 | 4.8 | 7.7 | |
| | | (평균) | 22.9 | 7.8 | 5.1 | 7.5 | |
| 4 | 0.20 | S2LR1 | 14.8 | 7.8 | 4.0 | 7.8 | |
| | | S2LR2 | 14.5 | 8.2 | 3.9 | 7.6 | |
| | | S2LR3 | 15.4 | 7.8 | 3.6 | 7.8 | |
| | | (평균) | 14.9 | 7.9 | 3.8 | 7.7 | |
| 5 | 0.70 | S2LR1 | 2.8 | 8.3 | 2.6 | 8.0 | |
| | | S2LR2 | 2.8 | 8.2 | 2.6 | 8.3 | |
| | | S2LR3 | 2.9 | 8.2 | 2.4 | 8.1 | |
| | | (평균) | 2.8 | 8.2 | 2.5 | 8.1 | |
| 6 | 1.20 | S2LR1 | 2.0 | 8.1 | 1.9 | 7.9 | |
| | | S2LR2 | 1.8 | 8.2 | 2.0 | 8.2 | |
| | | S2LR3 | 1.9 | 8.1 | 1.7 | 8.0 | |
| | | (평균) | 1.9 | 8.1 | 1.9 | 8.0 | |
| 7 | 1.70 | S2LR1 | 1.3 | 7.9 | 1.4 | 7.7 | |
| | | S2LR2 | 1.3 | 8.0 | 1.5 | 7.9 | |
| | | S2LR3 | 1.2 | 7.8 | 1.4 | 7.8 | |
| | | (평균) | 1.3 | 7.9 | 1.4 | 7.8 | |
| 8 | 2.20 | S2LR1 | 0.8 | 7.6 | 1.1 | 7.6 | |
| | | S2LR2 | 0.7 | 7.9 | 1.1 | 7.7 | |
| | | S2LR3 | 0.8 | 7.8 | 1.0 | 7.9 | |
| | | (평균) | 0.8 | 7.8 | 1.1 | 7.7 | |

[표 2-31] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S3LR]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | Soil sample code | 침출수 (배출수) | | 토 양 | | 비 고 |
|-------|--------------------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S3(초기치) | - | - | 25.0 | 7.2 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) S3(초기치) : 제염전 S3 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S3LR1 | 164.0 | 7.2 | 10.7 | 7.3 | |
| | | S3LR2 | 165.0 | 7.3 | 10.8 | 7.3 | |
| | | S3LR3 | 162.0 | 7.3 | 11.1 | 7.1 | |
| | | (평균) | 163.7 | 7.3 | 10.9 | 7.2 | |
| 2 | 0.10 | S3LR1 | 83.3 | 7.4 | 7.0 | 7.4 | |
| | | S3LR2 | 84.9 | 7.7 | 6.9 | 7.5 | |
| | | S3LR3 | 79.7 | 7.7 | 7.3 | 7.5 | |
| | | (평균) | 82.6 | 7.6 | 7.1 | 7.5 | |
| 3 | 0.15 | S3LR1 | 19.0 | 8.0 | 4.6 | 7.8 | |
| | | S3LR2 | 17.3 | 7.9 | 4.6 | 7.8 | |
| | | S3LR3 | 18.7 | 7.9 | 4.7 | 7.6 | |
| | | (평균) | 18.3 | 7.9 | 4.6 | 7.7 | |
| 4 | 0.20 | S3LR1 | 11.5 | 7.8 | 3.3 | 7.8 | |
| | | S3LR2 | 11.2 | 8.1 | 3.6 | 7.9 | |
| | | S3LR3 | 10.3 | 7.9 | 3.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 11.0 | 7.9 | 3.5 | 7.8 | |
| 5 | 0.70 | S3LR1 | 2.4 | 8.2 | 2.5 | 8.0 | |
| | | S3LR2 | 2.5 | 8.0 | 2.6 | 8.2 | |
| | | S3LR3 | 2.4 | 8.3 | 2.6 | 8.2 | |
| | | (평균) | 2.4 | 8.2 | 2.6 | 8.1 | |
| 6 | 1.20 | S3LR1 | 1.4 | 8.2 | 1.8 | 8.0 | |
| | | S3LR2 | 1.4 | 8.0 | 1.9 | 7.9 | |
| | | S3LR3 | 1.3 | 8.0 | 2.0 | 8.1 | |
| | | (평균) | 1.4 | 8.1 | 1.9 | 8.0 | |
| 7 | 1.70 | S3LR1 | 0.9 | 8.1 | 1.3 | 7.8 | |
| | | S3LR2 | 0.8 | 7.9 | 1.6 | 7.8 | |
| | | S3LR3 | 0.9 | 7.7 | 1.4 | 7.9 | |
| | | (평균) | 0.9 | 7.9 | 1.4 | 7.8 | |
| 8 | 2.20 | S3LR1 | 0.6 | 7.5 | 1.0 | 7.7 | |
| | | S3LR2 | 0.6 | 7.7 | 1.0 | 7.8 | |
| | | S3LR3 | 0.6 | 7.6 | 1.1 | 7.6 | |
| | | (평균) | 0.6 | 7.6 | 1.0 | 7.7 | |

[표 2-32] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S4LR]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | Soil sample code | 침출수 (배출수) | | 토 양 | | 비 고 |
|-------|-----------------|------------------|-----------|-----|-----------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S4(초기치) | - | - | 31.2 | 7.4 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) S4(초기치) : 제염전 S4 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S4LR1 | 205.0 | 7.3 | 15.0 | 7.4 | |
| | | S4LR2 | 187.0 | 7.1 | 13.8 | 7.2 | |
| | | S4LR3 | 199.0 | 7.2 | 13.6 | 7.2 | |
| | | (평균) | 197.0 | 7.2 | 14.1 | 7.3 | |
| 2 | 0.10 | S4LR1 | 89.6 | 7.5 | 9.5 | 7.6 | |
| | | S4LR2 | 97.0 | 7.4 | 8.9 | 7.6 | |
| | | S4LR3 | 84.8 | 7.6 | 9.1 | 7.4 | |
| | | (평균) | 90.5 | 7.5 | 9.2 | 7.5 | |
| 3 | 0.15 | S4LR1 | 29.3 | 7.9 | 6.6 | 7.6 | |
| | | S4LR2 | 33.3 | 7.7 | 6.3 | 7.7 | |
| | | S4LR3 | 28.8 | 7.8 | 6.5 | 7.7 | |
| | | (평균) | 30.5 | 7.8 | 6.5 | 7.7 | |
| 4 | 0.20 | S4LR1 | 19.3 | 8.1 | 4.7 | 7.6 | |
| | | S4LR2 | 18.6 | 7.7 | 4.6 | 7.9 | |
| | | S4LR3 | 21.0 | 7.9 | 4.6 | 7.8 | |
| | | (평균) | 19.6 | 7.9 | 4.6 | 7.8 | |
| 5 | 0.70 | S4LR1 | 3.7 | 8.4 | 3.5 | 7.9 | |
| | | S4LR2 | 3.9 | 8.3 | 3.2 | 8.3 | |
| | | S4LR3 | 4.2 | 8.3 | 3.3 | 8.0 | |
| | | (평균) | 3.9 | 8.3 | 3.3 | 8.1 | |
| 6 | 1.20 | S4LR1 | 2.3 | 8.1 | 2.5 | 7.8 | |
| | | S4LR2 | 2.4 | 8.4 | 2.4 | 7.9 | |
| | | S4LR3 | 2.7 | 8.2 | 2.6 | 8.3 | |
| | | (평균) | 2.5 | 8.2 | 2.5 | 8.0 | |
| 7 | 1.70 | S4LR1 | 1.5 | 8.0 | 2.0 | 7.8 | |
| | | S4LR2 | 1.4 | 8.0 | 1.9 | 7.7 | |
| | | S4LR3 | 1.7 | 7.9 | 1.9 | 7.7 | |
| | | (평균) | 1.5 | 8.0 | 1.9 | 7.7 | |
| 8 | 2.20 | S4LR1 | 1.0 | 7.8 | 1.6 | 7.4 | |
| | | S4LR2 | 1.0 | 7.9 | 1.3 | 7.6 | |
| | | S4LR3 | 1.3 | 7.8 | 1.5 | 7.5 | |
| | | (평균) | 1.1 | 7.8 | 1.5 | 7.5 | |

[표 2-33] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[S5LR]

| 제염 횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | Soil sample code | 침출수 (배출수) | | 토 양 | | 비 고 |
|----------|--------------------|---------------------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| 1 | 0.05 | S5(초기치) | - | - | 26.4 | 7.3 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) S5(초기치) : 제염전 S5 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 pH |
| | | S5LR1 | 184.0 | 7.4 | 12.1 | 7.3 | |
| | | S5LR2 | 179.0 | 7.3 | 11.0 | 7.5 | |
| | | S5LR3 | 182.0 | 7.3 | 11.3 | 7.5 | |
| | | (평균) | 181.7 | 7.3 | 11.5 | 7.4 | |
| 2 | 0.10 | S5LR1 | 79.2 | 7.7 | 7.9 | 7.7 | |
| | | S5LR2 | 88.3 | 7.5 | 7.8 | 7.6 | |
| | | S5LR3 | 93.9 | 7.5 | 7.7 | 7.7 | |
| | | (평균) | 87.1 | 7.6 | 7.8 | 7.7 | |
| 3 | 0.15 | S5LR1 | 24.5 | 8.1 | 5.7 | 7.8 | |
| | | S5LR2 | 26.4 | 7.8 | 5.2 | 7.6 | |
| | | S5LR3 | 26.0 | 7.9 | 5.5 | 7.9 | |
| | | (평균) | 25.6 | 7.9 | 5.5 | 7.8 | |
| 4 | 0.20 | S5LR1 | 18.1 | 8.3 | 4.1 | 8.0 | |
| | | S5LR2 | 18.6 | 8.1 | 3.7 | 7.7 | |
| | | S5LR3 | 17.5 | 8.0 | 3.9 | 8.1 | |
| | | (평균) | 18.1 | 8.1 | 3.9 | 7.9 | |
| 5 | 0.70 | S5LR1 | 3.3 | 8.4 | 3.0 | 8.3 | |
| | | S5LR2 | 2.9 | 8.3 | 2.8 | 8.1 | |
| | | S5LR3 | 2.8 | 8.3 | 2.9 | 8.2 | |
| | | (평균) | 3.0 | 8.3 | 2.9 | 8.2 | |
| 6 | 1.20 | S5LR1 | 2.2 | 8.0 | 2.3 | 8.1 | |
| | | S5LR2 | 2.0 | 8.2 | 2.1 | 8.0 | |
| | | S5LR3 | 1.9 | 8.1 | 2.2 | 8.1 | |
| | | (평균) | 2.0 | 8.1 | 2.2 | 8.1 | |
| 7 | 1.70 | S5LR1 | 1.4 | 8.0 | 1.9 | 7.9 | |
| | | S5LR2 | 1.5 | 8.1 | 1.6 | 8.2 | |
| | | S5LR3 | 1.3 | 8.1 | 1.7 | 8.0 | |
| | | (평균) | 1.4 | 8.1 | 1.7 | 8.0 | |
| 8 | 2.20 | S5LR1 | 0.8 | 7.9 | 1.5 | 7.9 | |
| | | S5LR2 | 0.9 | 7.6 | 1.2 | 7.6 | |
| | | S5LR3 | 0.8 | 7.8 | 1.3 | 7.8 | |
| | | (평균) | 0.8 | 7.8 | 1.3 | 7.8 | |

[표 2-34] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨 백분율(ESP) [석고처리 침출·수세법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dw/Ds (Dwa/Ds) | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------|-------|----------------|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S1LR | 초기치 | 0.00 | 1.8 | 3.7 | 17.9 | 1.5 | 0.6 | 1.9 | 13.8 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 4.1 | 0.9 | 9.9 | 41.4 |
| | 1 | 0.05 | 2.5 | 2.9 | 10.8 | 1.3 | 0.7 | 1.0 | 8.3 | 0.4 | 1.8 | 1.9 | 2.5 | 0.9 | 9.9 | 25.3 |
| | 2 | 0.10 | 2.4 | 2.4 | 7.2 | 1.2 | 0.7 | 0.6 | 5.3 | 0.3 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 0.9 | 10.0 | 19.0 |
| | 3 | 0.15 | 2.3 | 2.1 | 5.4 | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 4.0 | 0.2 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 0.9 | 9.9 | 14.1 |
| | 4 | 0.20 | 2.2 | 1.9 | 4.0 | 1.1 | 0.4 | 0.1 | 2.9 | 0.2 | 1.8 | 1.8 | 1.1 | 0.9 | 9.8 | 11.2 |
| | 5 | 0.70 | 2.0 | 1.7 | 2.9 | 1.0 | 0.2 | 0.1 | 1.9 | 0.2 | 1.8 | 1.6 | 1.0 | 0.8 | 9.6 | 10.4 |
| | 6 | 1.20 | 1.8 | 1.5 | 2.2 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 1.4 | 0.1 | 1.7 | 1.5 | 0.8 | 0.7 | 9.6 | 8.3 |
| | 7 | 1.70 | 1.7 | 1.4 | 1.7 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 1.6 | 1.4 | 0.7 | 0.8 | 9.5 | 7.4 |
| | 8 | 2.20 | 1.7 | 1.3 | 1.3 | 0.8 | 0.1 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.6 | 1.3 | 0.7 | 0.8 | 9.5 | 7.4 |
| S2LR | 초기치 | 0.00 | 2.0 | 3.8 | 18.0 | 1.7 | 0.7 | 1.9 | 14.1 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 3.9 | 1.1 | 9.5 | 41.1 |
| | 1 | 0.05 | 2.9 | 3.0 | 11.2 | 1.6 | 0.8 | 1.1 | 8.8 | 0.4 | 2.1 | 1.9 | 2.4 | 1.2 | 9.4 | 25.5 |
| | 2 | 0.10 | 2.8 | 2.6 | 7.5 | 1.4 | 0.7 | 0.6 | 5.7 | 0.3 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | 1.1 | 9.5 | 18.9 |
| | 3 | 0.15 | 2.6 | 2.3 | 5.0 | 1.3 | 0.6 | 0.4 | 3.6 | 0.2 | 2.0 | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 9.5 | 14.7 |
| | 4 | 0.20 | 2.5 | 2.1 | 4.1 | 1.1 | 0.4 | 0.3 | 2.9 | 0.2 | 2.1 | 1.9 | 1.2 | 1.0 | 9.4 | 12.8 |
| | 5 | 0.70 | 2.2 | 1.9 | 2.8 | 1.0 | 0.2 | 0.1 | 1.8 | 0.1 | 2.0 | 1.8 | 1.0 | 0.9 | 9.0 | 11.1 |
| | 6 | 1.20 | 2.0 | 1.8 | 2.3 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 1.4 | 0.1 | 1.9 | 1.7 | 0.9 | 0.7 | 9.1 | 9.9 |
| | 7 | 1.70 | 1.9 | 1.7 | 1.8 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 0.7 | 8.9 | 9.0 |
| | 8 | 2.20 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 1.7 | 1.6 | 0.7 | 0.7 | 8.9 | 7.9 |
| S3LR | 초기치 | 0.00 | 1.6 | 3.3 | 15.9 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 12.2 | 0.5 | 1.2 | 1.8 | 3.7 | 1.0 | 9.2 | 40.2 |
| | 1 | 0.05 | 2.0 | 2.9 | 9.5 | 1.3 | 0.5 | 1.0 | 7.1 | 0.3 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 1.0 | 9.2 | 26.1 |
| | 2 | 0.10 | 1.9 | 2.5 | 6.8 | 1.2 | 0.4 | 0.6 | 4.8 | 0.2 | 1.5 | 1.9 | 2.0 | 1.0 | 9.3 | 21.5 |
| | 3 | 0.15 | 1.8 | 2.2 | 4.7 | 1.0 | 0.3 | 0.4 | 3.3 | 0.1 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 0.9 | 9.2 | 15.2 |
| | 4 | 0.20 | 1.7 | 1.9 | 3.4 | 0.9 | 0.3 | 0.2 | 2.2 | 0.1 | 1.4 | 1.7 | 1.2 | 0.8 | 9.2 | 13.0 |
| | 5 | 0.70 | 1.5 | 1.8 | 2.6 | 0.7 | 0.2 | 0.1 | 1.6 | 0.0 | 1.3 | 1.7 | 1.0 | 0.7 | 9.0 | 11.1 |
| | 6 | 1.20 | 1.3 | 1.6 | 2.1 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 1.2 | 1.6 | 0.8 | 0.7 | 9.0 | 8.9 |
| | 7 | 1.70 | 1.2 | 1.5 | 1.6 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 1.2 | 1.5 | 0.7 | 0.6 | 8.9 | 7.9 |
| | 8 | 2.20 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 1.2 | 1.4 | 0.7 | 0.6 | 8.7 | 8.0 |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법)

Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 침출법)

초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

[표 2-35] 제염진행중 토양의 양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨 백분율(ESP) [석고처리 침출·수세법]

| Soil sample code | 제염 횟수 | Dw/Ds (Dwa/Ds) | 추출성양이온 (cmol/kg) | | | | 가용성양이온 (cmol/kg) | | | | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) |
|------------------|-------|----------------|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|------|-----|------------------|-----|-----|-----|---------------|---------|
| | | | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | Ca | Mg | Na | K | | |
| S4LR | 초기치 | 0.00 | 1.9 | 4.2 | 22.6 | 2.1 | 0.6 | 1.8 | 15.9 | 0.6 | 1.3 | 2.4 | 6.7 | 1.5 | 14.4 | 46.5 |
| | 1 | 0.05 | 2.8 | 3.7 | 14.0 | 2.0 | 0.7 | 1.2 | 10.2 | 0.5 | 2.1 | 2.5 | 3.8 | 1.5 | 14.1 | 27.0 |
| | 2 | 0.10 | 2.6 | 3.3 | 10.1 | 1.9 | 0.7 | 0.9 | 7.2 | 0.4 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 1.5 | 14.2 | 20.4 |
| | 3 | 0.15 | 2.5 | 3.0 | 6.5 | 1.7 | 0.6 | 0.6 | 4.2 | 0.3 | 1.9 | 2.4 | 2.3 | 1.4 | 14.4 | 16.0 |
| | 4 | 0.20 | 2.4 | 2.6 | 4.3 | 1.5 | 0.5 | 0.3 | 2.4 | 0.3 | 1.9 | 2.3 | 1.9 | 1.2 | 14.3 | 13.3 |
| | 5 | 0.70 | 2.2 | 2.3 | 3.2 | 1.4 | 0.4 | 0.1 | 1.6 | 0.2 | 1.8 | 2.2 | 1.6 | 1.2 | 13.6 | 11.8 |
| | 6 | 1.20 | 2.1 | 2.0 | 2.6 | 1.4 | 0.3 | 0.0 | 1.2 | 0.2 | 1.8 | 2.0 | 1.4 | 1.2 | 13.7 | 10.2 |
| | 7 | 1.70 | 1.9 | 1.8 | 2.1 | 1.2 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | 0.1 | 1.7 | 1.8 | 1.3 | 1.1 | 13.5 | 9.6 |
| | 8 | 2.20 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.1 | 0.1 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 1.6 | 1.7 | 1.2 | 1.0 | 13.5 | 8.9 |
| S5LR | 초기치 | 0.00 | 2.6 | 3.5 | 18.7 | 2.3 | 0.5 | 1.3 | 13.0 | 0.5 | 2.1 | 2.2 | 5.7 | 1.8 | 13.4 | 42.5 |
| | 1 | 0.05 | 3.2 | 2.9 | 11.5 | 2.1 | 0.8 | 0.7 | 8.1 | 0.3 | 2.4 | 2.2 | 3.4 | 1.8 | 13.3 | 25.6 |
| | 2 | 0.10 | 3.1 | 2.5 | 7.8 | 2.0 | 0.8 | 0.4 | 5.2 | 0.3 | 2.3 | 2.1 | 2.6 | 1.7 | 13.4 | 19.4 |
| | 3 | 0.15 | 3.0 | 2.2 | 5.0 | 1.8 | 0.7 | 0.2 | 3.0 | 0.2 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | 1.6 | 13.4 | 14.9 |
| | 4 | 0.20 | 2.9 | 1.9 | 3.3 | 1.6 | 0.6 | 0.1 | 1.6 | 0.2 | 2.3 | 1.8 | 1.7 | 1.4 | 13.3 | 12.8 |
| | 5 | 0.70 | 2.6 | 1.7 | 2.6 | 1.4 | 0.4 | 0.1 | 1.2 | 0.1 | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 12.9 | 10.9 |
| | 6 | 1.20 | 2.4 | 1.5 | 1.9 | 1.3 | 0.3 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | 2.1 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 12.8 | 10.2 |
| | 7 | 1.70 | 2.3 | 1.4 | 1.6 | 1.1 | 0.2 | 0.0 | 0.5 | 0.1 | 2.1 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 12.8 | 8.6 |
| | 8 | 2.20 | 2.1 | 1.3 | 1.4 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 2.0 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 12.6 | 7.9 |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법)
 Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 침출법)
 초기치 : 제염전 토양 포화추출액의 양이온함량, CEC 및 ESP

[표 2-36] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S1LR]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dw/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|----------------------------|-------------|-------|---------------|------|
| 1 | S1LR1 | 9.5 | 70.6 | 0.05 | 0.145 | - |
| | S1LR2 | 9.3 | 70.3 | 0.05 | 0.147 | - |
| | S1LR3 | 9.4 | 71.0 | 0.05 | 0.147 | - |
| | (평균) | 9.4 | 70.6 | 0.05 | 0.146 | 1.00 |
| 2 | S1LR1 | 10.0 | 70.2 | 0.05 | 0.137 | - |
| | S1LR2 | 9.8 | 69.3 | 0.05 | 0.138 | - |
| | S1LR3 | 9.9 | 70.8 | 0.05 | 0.139 | - |
| | (평균) | 9.9 | 70.1 | 0.05 | 0.138 | 0.95 |
| 3 | S1LR1 | 10.6 | 72.4 | 0.05 | 0.133 | - |
| | S1LR2 | 10.2 | 71.0 | 0.05 | 0.136 | - |
| | S1LR3 | 10.5 | 71.5 | 0.05 | 0.133 | - |
| | (평균) | 10.4 | 71.6 | 0.05 | 0.134 | 0.92 |
| 4 | S1LR1 | 10.7 | 69.8 | 0.05 | 0.127 | - |
| | S1LR2 | 10.4 | 69.7 | 0.05 | 0.131 | - |
| | S1LR3 | 10.7 | 71.5 | 0.05 | 0.130 | - |
| | (평균) | 10.6 | 70.3 | 0.05 | 0.129 | 0.88 |
| 5 | S1LR1 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | S1LR2 | | | | | |
| | S1LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 6 | S1LR1 | " | | | | |
| | S1LR2 | | | | | |
| | S1LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 7 | S1LR1 | " | | | | |
| | S1LR2 | | | | | |
| | S1LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 8 | S1LR1 | " | | | | |
| | S1LR2 | | | | | |
| | S1LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-37] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S2LR]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|----------------------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | S2LR1 | 4.3 | 68.4 | 0.05 | 0.310 | - |
| | S2LR2 | 4.3 | 71.5 | 0.05 | 0.324 | - |
| | S2LR3 | 4.0 | 69.6 | 0.05 | 0.339 | - |
| | (평균) | 4.2 | 69.8 | 0.05 | 0.324 | 1.00 |
| 2 | S2LR1 | 4.5 | 70.2 | 0.05 | 0.304 | - |
| | S2LR2 | 4.3 | 70.1 | 0.05 | 0.318 | - |
| | S2LR3 | 4.4 | 68.6 | 0.05 | 0.304 | - |
| | (평균) | 4.4 | 69.6 | 0.05 | 0.309 | 0.95 |
| 3 | S2LR1 | 4.5 | 72.2 | 0.05 | 0.313 | - |
| | S2LR2 | 4.7 | 70.0 | 0.05 | 0.290 | - |
| | S2LR3 | 4.6 | 71.5 | 0.05 | 0.303 | - |
| | (평균) | 4.6 | 71.2 | 0.05 | 0.302 | 0.93 |
| 4 | S2LR1 | 4.8 | 71.8 | 0.05 | 0.292 | - |
| | S2LR2 | 4.6 | 70.3 | 0.05 | 0.298 | - |
| | S2LR3 | 4.6 | 70.6 | 0.05 | 0.299 | - |
| | (평균) | 4.7 | 70.9 | 0.05 | 0.296 | 0.91 |
| 5 | S2LR1 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | S2LR2 | | | | | |
| | S2LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 6 | S2LR1 | " | | | | |
| | S2LR2 | | | | | |
| | S2LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 7 | S2LR1 | " | | | | |
| | S2LR2 | | | | | |
| | S2LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 8 | S2LR1 | " | | | | |
| | S2LR2 | | | | | |
| | S2LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-38] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S3LR]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dw/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|-------|------------------|----------------------------|----------|-------|------------|------|
| 1 | S3LR1 | 0.83 | 68.0 | 0.05 | 1.598 | - |
| | S3LR2 | 0.85 | 68.4 | 0.05 | 1.569 | - |
| | S3LR3 | 0.85 | 69.2 | 0.05 | 1.588 | - |
| | (평균) | 0.84 | 68.5 | 0.05 | 1.585 | 1.00 |
| 2 | S3LR1 | 0.86 | 70.3 | 0.05 | 1.594 | - |
| | S3LR2 | 0.91 | 71.7 | 0.05 | 1.536 | - |
| | S3LR3 | 0.90 | 71.8 | 0.05 | 1.556 | - |
| | (평균) | 0.89 | 71.3 | 0.05 | 1.562 | 0.99 |
| 3 | S3LR1 | 0.89 | 70.5 | 0.05 | 1.545 | - |
| | S3LR2 | 0.90 | 70.2 | 0.05 | 1.521 | - |
| | S3LR3 | 0.92 | 71.1 | 0.05 | 1.507 | - |
| | (평균) | 0.90 | 70.6 | 0.05 | 1.524 | 0.96 |
| 4 | S3LR1 | 0.92 | 70.4 | 0.05 | 1.492 | - |
| | S3LR2 | 0.90 | 70.6 | 0.05 | 1.530 | - |
| | S3LR3 | 0.91 | 70.3 | 0.05 | 1.506 | - |
| | (평균) | 0.91 | 70.4 | 0.05 | 1.509 | 0.95 |
| 5 | S3LR1 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | S3LR2 | | | | | |
| | S3LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 6 | S3LR1 | " | | | | |
| | S3LR2 | | | | | |
| | S3LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 7 | S3LR1 | " | | | | |
| | S3LR2 | | | | | |
| | S3LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 8 | S3LR1 | " | | | | |
| | S3LR2 | | | | | |
| | S3LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |

Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-39] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S4LR]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (mℓ) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|-------|------------------|----------------------------|----------|--------|------------|------|
| 1 | S4LR1 | 31.3 | 69.5 | 0.05 | 0.043 | - |
| | S4LR2 | 28.6 | 70.3 | 0.05 | 0.048 | - |
| | S4LR3 | 31.2 | 69.8 | 0.05 | 0.044 | - |
| | (평균) | 30.4 | 69.9 | 0.05 | 0.045 | 1.00 |
| 2 | S4LR1 | 36.9 | 71.4 | 0.05 | 0.038 | - |
| | S4LR2 | 37.5 | 72.0 | 0.05 | 0.037 | - |
| | S4LR3 | 36.1 | 71.2 | 0.05 | 0.038 | - |
| | (평균) | 36.8 | 71.5 | 0.05 | 0.038 | 0.84 |
| 3 | S4LR1 | 41.3 | 71.4 | 0.05 | 0.034 | - |
| | S4LR2 | 40.2 | 70.9 | 0.05 | 0.034 | - |
| | S4LR3 | 40.4 | 70.7 | 0.05 | 0.034 | - |
| | (평균) | 40.6 | 71.0 | 0.05 | 0.034 | 0.76 |
| 4 | S4LR1 | 43.9 | 71.2 | 0.05 | 0.032 | - |
| | S4LR2 | 42.7 | 69.8 | 0.05 | 0.032 | - |
| | S4LR3 | 46.2 | 71.3 | 0.05 | 0.030 | - |
| | (평균) | 44.3 | 70.8 | 0.05 | 0.031 | 0.69 |
| 5 | S4LR1 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | S4LR2 | | | | | |
| | S4LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 6 | S4LR1 | " | | | | |
| | S4LR2 | | | | | |
| | S4LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 7 | S4LR1 | " | | | | |
| | S4LR2 | | | | | |
| | S4LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 8 | S4LR1 | " | | | | |
| | S4LR2 | | | | | |
| | S4LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[표 2-40] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [S5LR]

| 제염 횟수 | Soil sample code | 침출시간 (hr) | 침출량 (ml) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr |
|----------|---------------------|----------------------------|-------------|--------|---------------|------|
| 1 | S5LR1 | 21.5 | 70.3 | 0.05 | 0.064 | - |
| | S5LR2 | 23.6 | 71.4 | 0.05 | 0.059 | - |
| | S5LR3 | 20.1 | 69.9 | 0.05 | 0.068 | - |
| | (평균) | 21.7 | 70.5 | 0.05 | 0.064 | 1.00 |
| 2 | S5LR1 | 23.9 | 69.8 | 0.05 | 0.057 | - |
| | S5LR2 | 23.4 | 68.4 | 0.05 | 0.057 | - |
| | S5LR3 | 25.7 | 70.2 | 0.05 | 0.053 | - |
| | (평균) | 24.3 | 69.5 | 0.05 | 0.056 | 0.88 |
| 3 | S5LR1 | 26.6 | 68.4 | 0.05 | 0.050 | - |
| | S5LR2 | 27.5 | 69.3 | 0.05 | 0.049 | - |
| | S5LR3 | 26.4 | 68.5 | 0.05 | 0.051 | - |
| | (평균) | 26.8 | 68.7 | 0.05 | 0.050 | 0.78 |
| 4 | S5LR1 | 27.9 | 70.8 | 0.05 | 0.049 | - |
| | S5LR2 | 28.0 | 70.4 | 0.05 | 0.049 | - |
| | S5LR3 | 29.2 | 70.7 | 0.05 | 0.047 | - |
| | (평균) | 28.4 | 70.6 | 0.05 | 0.048 | 0.75 |
| 5 | S5LR1 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | |
| | S5LR2 | | | | | |
| | S5LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 6 | S5LR1 | " | | | | |
| | S5LR2 | | | | | |
| | S5LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 7 | S5LR1 | " | | | | |
| | S5LR2 | | | | | |
| | S5LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |
| 8 | S5LR1 | " | | | | |
| | S5LR2 | | | | | |
| | S5LR3 | | | | | |
| | (평균) | | | | | |

Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율

HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율

[부록 III] 현장 라이시미터 제염시험 측정자료.

1. 현장 라이시미터 제염시험 공시토양의 이화학적 특성

[표 3-1] 공시토양의 물리적 특성

| Soil sample code | Bulk density | Partical density | Porosity (%) | Saturation percentage (%) | Mechanical composition (%) | | | Texture class |
|------------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|------|------|---------------|
| | | | | | Sand | Silt | Clay | |
| S11 | 1.32~1.40 | 2.61~2.68 | 48.0~48.9 | 46.3~60.2 | 4.5 | 81.4 | 5.2 | Si |
| S12 | | | | | ~ | ~ | ~ | |
| S13 | | | | | 9.1 | 90.3 | 9.5 | |
| 평균(S1) | 1.37 | 2.66 | 48.5 | 54.5 | 6.9 | 84.0 | 9.1 | Si |
| S21 | 1.31~1.39 | 2.62~2.70 | 49.5~51.1 | 43.5~54.7 | 20.2 | 63.7 | 5.0 | SiL |
| S22 | | | | | ~ | ~ | ~ | |
| S23 | | | | | 27.5 | 74.8 | 8.6 | |
| 평균(S2) | 1.34 | 2.69 | 50.2 | 47.8 | 24.6 | 68.5 | 6.9 | SiL |
| S31 | 1.33~1.42 | 2.63~2.71 | 48.3~49.8 | 36.6~48.4 | 40.0 | 46.6 | 4.8 | SiL L |
| S32 | | | | | ~ | ~ | ~ | |
| S33 | | | | | 45.3 | 52.5 | 9.4 | |
| 평균(S3) | 1.36 | 2.67 | 49.1 | 40.7 | 41.8 | 51.0 | 7.2 | SiL |
| S41 | 1.29~1.37 | 2.62~2.69 | 48.2~50.8 | 60.5~71.3 | 2.2 | 80.7 | 10.2 | Si SiL |
| S42 | | | | | ~ | ~ | ~ | |
| S43 | | | | | 6.5 | 87.6 | 14.5 | |
| 평균(S4) | 1.35 | 2.65 | 49.1 | 69.7 | 4.2 | 83.8 | 12.0 | SiL |
| S51 | 1.31~1.38 | 2.60~2.68 | 48.1~49.6 | 61.4~70.2 | 15.3 | 68.3 | 10.5 | SiL |
| S52 | | | | | ~ | ~ | ~ | |
| S53 | | | | | 18.6 | 74.2 | 13.0 | |
| 평균(S5) | 1.35 | 2.64 | 48.9 | 64.3 | 16.3 | 72.1 | 11.6 | SiL |

[표 3-2] 공시토양의 화학적 특성

| Soil sample code | Exchangeable cation (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | EC (dS/m) | pH |
|------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------------|---------|-----------|---------|
| | Ca | Mg | Na | K | | | | |
| S11 | 0.8~1.7 | 1.2~2.3 | 3.0~5.2 | 0.6~1.3 | 8.5~11.3 | | 23.2~27.5 | 7.3~7.8 |
| S12 | | | | | | | | |
| S13 | | | | | | | | |
| 평균(S1) | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | 24.6 | 7.7 |
| S21 | 0.9~1.7 | 1.3~2.2 | 2.9~5.0 | 0.8~1.2 | 8.3~11.0 | | 24.5~31.0 | 7.4~8.0 |
| S22 | | | | | | | | |
| S23 | | | | | | | | |
| 평균(S2) | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 27.3 | 7.8 |
| S31 | 0.7~1.6 | 1.1~2.3 | 2.5~4.9 | 0.7~1.3 | 8.1~10.9 | | 23.8~29.6 | 7.3~7.9 |
| S32 | | | | | | | | |
| S33 | | | | | | | | |
| 평균(S3) | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | 25.7 | 7.7 |
| S41 | 1.0~2.1 | 1.9~2.8 | 5.2~7.3 | 1.1~1.8 | 12.3~15.5 | | 24.3~30.5 | 7.5~8.0 |
| S42 | | | | | | | | |
| S43 | | | | | | | | |
| 평균(S4) | 1.8 | 2.4 | 6.2 | 1.5 | 13.1 | 47.3 | 27.7 | 7.9 |
| S51 | 1.5~2.4 | 1.8~2.6 | 4.6~6.5 | 1.3~2.1 | 11.4~14.7 | | 23.4~28.8 | 7.4~8.0 |
| S52 | | | | | | | | |
| S53 | | | | | | | | |
| 평균(S5) | 1.6 | 2.3 | 5.2 | 1.5 | 12.2 | 42.6 | 25.1 | 7.8 |

2. 수세법 제염시험자료 [석고무처리]

[표 3-3] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[석고무처리 수세법 무암거(연속담수)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1RNC | 초기치 | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm |
| | 1 | 0.375 | 3.4 | 8.0 | 19.5 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 2.5 | 7.5 | 16.9 | 7.7 | |
| | 3 | 1.125 | 2.4 | 7.5 | 13.0 | 7.9 | |
| | 4 | 1.500 | 2.6 | 7.8 | 11.1 | 8.3 | |
| | 5 | 1.875 | 2.3 | 7.9 | 7.6 | 8.1 | |
| | 6 | 2.250 | 2.0 | 8.0 | 6.8 | 8.2 | |
| | 7 | 2.625 | 1.7 | 7.9 | 6.1 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 1.2 | 8.3 | 4.8 | 8.0 | |
| | 9 | 3.375 | 1.1 | 8.1 | 4.3 | 7.6 | |
| | 10 | 3.750 | 1.1 | 7.9 | 3.6 | 7.3 | |
| S2RNC | 초기치 | - | - | - | 27.3 | 7.8 | 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 4.1 | 7.8 | 22.6 | 7.7 | |
| | 2 | 0.750 | 3.0 | 7.4 | 18.5 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 2.9 | 7.6 | 13.7 | 7.9 | |
| | 4 | 1.500 | 2.9 | 7.7 | 10.7 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 3.2 | 7.8 | 8.8 | 7.9 | |
| | 6 | 2.250 | 2.4 | 7.8 | 6.4 | 8.1 | |
| | 7 | 2.625 | 1.8 | 8.0 | 5.0 | 8.0 | |
| | 8 | 3.000 | 1.7 | 8.1 | 3.9 | 7.9 | |
| | 9 | 3.375 | 1.7 | 7.9 | 3.5 | 7.6 | |
| | 10 | 3.750 | 1.3 | 8.2 | 3.2 | 7.4 | |
| S3RNC | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 7.7 | |
| | 1 | 0.375 | 3.9 | 7.8 | 20.5 | 7.9 | |
| | 2 | 0.750 | 2.5 | 7.5 | 16.4 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 2.2 | 7.6 | 11.5 | 8.0 | |
| | 4 | 1.500 | 2.2 | 8.0 | 9.3 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 2.1 | 8.2 | 6.7 | 8.0 | |
| | 6 | 2.250 | 1.9 | 8.5 | 5.6 | 8.2 | |
| | 7 | 2.625 | 1.5 | 8.0 | 4.1 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 1.3 | 8.1 | 3.4 | 8.2 | |
| | 9 | 3.375 | 1.1 | 8.1 | 3.0 | 7.9 | |
| | 10 | 3.750 | 1.2 | 8.0 | 2.6 | 7.5 | |

[표 3-3] 계 속

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S4RNC | 초기치 | - | - | - | 27.7 | 7.9 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 7.3 | 8.0 | 21.3 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 4.5 | 7.8 | 19.9 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 4.3 | 7.9 | 17.2 | 7.9 | |
| | 4 | 1.500 | 3.8 | 8.2 | 14.1 | 8.0 | |
| | 5 | 1.875 | 4.1 | 8.3 | 10.7 | 8.1 | |
| | 6 | 2.250 | 4.0 | 8.3 | 9.8 | 8.2 | |
| | 7 | 2.625 | 2.6 | 8.0 | 8.9 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 2.1 | 8.1 | 7.7 | 8.2 | |
| | 9 | 3.375 | 1.9 | 8.2 | 7.0 | 7.8 | |
| | 10 | 3.750 | 1.7 | 8.4 | 5.9 | 7.7 | |
| S5RNC | 초기치 | - | - | - | 25.1 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 6.6 | 7.9 | 22.0 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 4.0 | 7.6 | 19.2 | 7.7 | |
| | 3 | 1.125 | 3.9 | 7.7 | 15.3 | 8.0 | |
| | 4 | 1.500 | 3.5 | 8.2 | 12.9 | 8.2 | |
| | 5 | 1.875 | 3.7 | 8.3 | 11.2 | 8.1 | |
| | 6 | 2.250 | 3.6 | 8.4 | 10.1 | 8.3 | |
| | 7 | 2.625 | 2.5 | 8.1 | 8.3 | 8.1 | |
| | 8 | 3.000 | 2.0 | 8.0 | 6.7 | 8.0 | |
| | 9 | 3.375 | 1.7 | 8.1 | 5.8 | 7.8 | |
| | 10 | 3.750 | 1.6 | 8.1 | 5.1 | 7.5 | |

[표 3-4] 제염진행중 배출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[석고무처리 수세법 무압거(간단담수)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|-------|--------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1RNI | 초기치 | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 3.3 | 7.8 | 20.3 | 7.9 | |
| | 2 | 0.750 | 2.8 | 7.5 | 18.5 | 8.0 | |
| | 3 | 1.125 | 2.9 | 8.0 | 15.6 | 8.1 | |
| | 4 | 1.500 | 2.4 | 8.1 | 11.3 | 8.0 | |
| | 5 | 1.875 | 2.0 | 8.0 | 9.8 | 7.6 | |
| | 6 | 2.250 | 1.8 | 7.8 | 7.2 | 7.7 | |
| | 7 | 2.625 | 1.9 | 7.8 | 6.0 | 7.8 | |
| | 8 | 3.000 | 1.5 | 8.1 | 5.1 | 7.7 | |
| | 9 | 3.375 | 1.3 | 7.9 | 3.8 | 7.5 | |
| S2RNI | 초기치 | - | - | - | 27.3 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 4.3 | 7.7 | 24.7 | 7.7 | |
| | 2 | 0.750 | 3.4 | 7.4 | 20.7 | 7.8 | |
| | 3 | 1.125 | 2.9 | 7.8 | 17.4 | 8.1 | |
| | 4 | 1.500 | 2.8 | 8.1 | 14.3 | 7.9 | |
| | 5 | 1.875 | 3.0 | 7.9 | 12.0 | 7.5 | |
| | 6 | 2.250 | 2.5 | 8.0 | 8.2 | 7.9 | |
| | 7 | 2.625 | 2.1 | 8.0 | 6.6 | 7.7 | |
| | 8 | 3.000 | 1.9 | 7.8 | 4.7 | 7.7 | |
| | 9 | 3.375 | 1.7 | 8.1 | 3.9 | 7.5 | |
| S3RNI | 초기치 | - | - | - | 25.7 | 7.7 | |
| | 1 | 0.375 | 3.6 | 7.8 | 22.2 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 2.7 | 7.6 | 17.5 | 8.0 | |
| | 3 | 1.125 | 3.1 | 8.2 | 12.5 | 8.3 | |
| | 4 | 1.500 | 2.7 | 8.1 | 9.9 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 2.3 | 7.9 | 6.8 | 7.8 | |
| | 6 | 2.250 | 2.4 | 8.0 | 5.4 | 7.9 | |
| | 7 | 2.625 | 1.9 | 8.1 | 3.9 | 8.0 | |
| | 8 | 3.000 | 1.6 | 7.8 | 3.4 | 7.8 | |
| | 9 | 3.375 | 1.3 | 7.9 | 2.9 | 7.8 | |
| 10 | 3.750 | 1.4 | 7.8 | 2.5 | 7.5 | | |

[표 3-4] 계 속

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 배출수 | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|------|--------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S4RNI | 초기치 | - | - | - | 27.7 | 7.9 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 6.7 | 8.0 | 23.6 | 7.8 | |
| | 2 | 0.750 | 5.8 | 7.9 | 20.3 | 8.0 | |
| | 3 | 1.125 | 5.1 | 8.3 | 18.5 | 8.2 | |
| | 4 | 1.500 | 4.4 | 8.0 | 16.2 | 8.1 | |
| | 5 | 1.875 | 3.6 | 8.1 | 13.3 | 7.9 | |
| | 6 | 2.250 | 3.3 | 8.2 | 11.7 | 7.8 | |
| | 7 | 2.625 | 2.8 | 8.0 | 10.6 | 8.0 | |
| | 8 | 3.000 | 2.5 | 7.8 | 8.3 | 7.9 | |
| | 9 | 3.375 | 2.2 | 7.9 | 7.2 | 7.7 | |
| | 10 | 3.750 | 2.0 | 8.1 | 6.5 | 7.6 | |
| S5RNI | 초기치 | - | - | - | 25.1 | 7.8 | |
| | 1 | 0.375 | 6.6 | 7.9 | 22.8 | 7.7 | |
| | 2 | 0.750 | 5.3 | 7.7 | 19.2 | 7.9 | |
| | 3 | 1.125 | 5.6 | 7.9 | 17.0 | 8.1 | |
| | 4 | 1.500 | 4.5 | 8.2 | 15.7 | 8.3 | |
| | 5 | 1.875 | 3.2 | 8.3 | 13.8 | 8.0 | |
| | 6 | 2.250 | 3.1 | 8.5 | 10.9 | 7.7 | |
| | 7 | 2.625 | 2.7 | 8.1 | 9.5 | 7.8 | |
| | 8 | 3.000 | 2.3 | 8.2 | 7.8 | 7.6 | |
| | 9 | 3.375 | 1.9 | 7.8 | 6.6 | 7.7 | |
| | 10 | 3.750 | 1.7 | 8.0 | 5.7 | 7.4 | |

[표 3-5] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고무처리 수세법 무암거(연속담수)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|-------|--------|------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|--|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1RNC | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 1.2 | 1.6 | 3.2 | 0.9 | 9.3 | 34.4 | |
| | 2 | 0.750 | 1.1 | 1.5 | 2.8 | 0.9 | 9.1 | 30.8 | |
| | 3 | 1.125 | 1.1 | 1.5 | 2.5 | 0.8 | 9.2 | 27.2 | |
| | 4 | 1.500 | 1.0 | 1.5 | 2.1 | 0.9 | 9.0 | 23.3 | |
| | 5 | 1.875 | 1.0 | 1.4 | 1.9 | 0.9 | 9.0 | 21.1 | |
| | 6 | 2.250 | 1.0 | 1.5 | 1.7 | 0.9 | 8.8 | 19.3 | |
| | 7 | 2.625 | 0.9 | 1.4 | 1.5 | 0.8 | 8.9 | 16.9 | |
| | 8 | 3.000 | 1.0 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 8.8 | 15.9 | |
| | 9 | 3.375 | 1.1 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 8.8 | 14.8 | |
| S2RNC | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | |
| | 1 | 0.375 | 1.0 | 1.9 | 3.5 | 1.1 | 9.4 | 37.2 | |
| | 2 | 0.750 | 1.0 | 1.9 | 3.1 | 1.2 | 9.5 | 32.6 | |
| | 3 | 1.125 | 0.9 | 1.8 | 2.7 | 1.1 | 9.4 | 28.7 | |
| | 4 | 1.500 | 1.0 | 1.8 | 2.4 | 1.1 | 9.4 | 25.5 | |
| | 5 | 1.875 | 1.0 | 1.7 | 2.1 | 1.0 | 9.5 | 22.1 | |
| | 6 | 2.250 | 1.0 | 1.6 | 1.7 | 1.1 | 9.3 | 18.3 | |
| | 7 | 2.625 | 0.9 | 1.6 | 1.6 | 1.0 | 9.4 | 17.0 | |
| | 8 | 3.000 | 0.9 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 9.2 | 14.1 | |
| | 9 | 3.375 | 0.8 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 9.3 | 12.9 | |
| S3RNC | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | |
| | 1 | 0.375 | 1.1 | 1.8 | 3.3 | 1.1 | 9.5 | 34.7 | |
| | 2 | 0.750 | 1.1 | 1.7 | 2.9 | 1.1 | 9.6 | 30.2 | |
| | 3 | 1.125 | 1.2 | 1.7 | 2.5 | 1.0 | 9.5 | 26.3 | |
| | 4 | 1.500 | 1.1 | 1.8 | 2.1 | 1.1 | 9.4 | 22.3 | |
| | 5 | 1.875 | 1.1 | 1.6 | 1.9 | 1.0 | 9.4 | 20.2 | |
| | 6 | 2.250 | 1.0 | 1.7 | 1.7 | 0.9 | 9.3 | 18.3 | |
| | 7 | 2.625 | 1.1 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 9.4 | 16.0 | |
| | 8 | 3.000 | 1.0 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 9.3 | 12.9 | |
| | 9 | 3.375 | 1.0 | 1.5 | 1.1 | 0.9 | 9.1 | 12.1 | |
| 10 | 3.750 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 9.0 | 11.1 | | |

[표 3-5] 계 속

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|-------|--------|------------------|-----|-----|------|------------------|------------|---|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S4RNC | 초기치 | - | 1.8 | 2.4 | 6.2 | 1.5 | 13.1 | 47.3 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP |
| | 1 | 0.375 | 1.8 | 2.5 | 5.0 | 1.5 | 13.0 | 38.5 | |
| | 2 | 0.750 | 1.9 | 2.4 | 4.4 | 1.4 | 13.1 | 33.6 | |
| | 3 | 1.125 | 1.8 | 2.3 | 3.9 | 1.4 | 12.9 | 30.2 | |
| | 4 | 1.500 | 1.8 | 2.2 | 3.3 | 1.3 | 12.7 | 26.0 | |
| | 5 | 1.875 | 1.7 | 2.3 | 3.1 | 1.4 | 12.6 | 24.6 | |
| | 6 | 2.250 | 1.7 | 2.1 | 2.9 | 1.3 | 12.7 | 22.8 | |
| | 7 | 2.625 | 1.6 | 2.0 | 2.8 | 1.3 | 12.6 | 22.2 | |
| | 8 | 3.000 | 1.6 | 1.9 | 2.5 | 1.2 | 12.5 | 20.0 | |
| | 9 | 3.375 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 1.3 | 12.4 | 19.4 | |
| 10 | 3.750 | 1.5 | 1.8 | 2.3 | 1.2 | 12.4 | 18.5 | | |
| S5RNC | 초기치 | - | 1.6 | 2.3 | 5.2 | 1.5 | 12.2 | 42.6 | 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 1.5 | 2.4 | 4.4 | 1.4 | 12.3 | 35.8 | |
| | 2 | 0.750 | 1.5 | 2.3 | 3.9 | 1.4 | 12.3 | 31.7 | |
| | 3 | 1.125 | 1.5 | 2.3 | 3.5 | 1.3 | 12.0 | 29.2 | |
| | 4 | 1.500 | 1.3 | 2.2 | 3.2 | 1.4 | 12.1 | 26.4 | |
| | 5 | 1.875 | 1.4 | 2.1 | 3.0 | 1.3 | 11.9 | 25.2 | |
| | 6 | 2.250 | 1.4 | 2.2 | 2.8 | 1.2 | 12.0 | 23.3 | |
| | 7 | 2.625 | 1.3 | 2.0 | 2.5 | 1.2 | 11.8 | 21.2 | |
| | 8 | 3.000 | 1.3 | 1.9 | 2.3 | 1.3 | 11.9 | 19.3 | |
| | 9 | 3.375 | 1.4 | 1.8 | 2.1 | 1.2 | 11.7 | 17.9 | |
| 10 | 3.750 | 1.3 | 1.8 | 2.0 | 1.1 | 11.6 | 17.2 | | |

[표 3-6] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고무처리 수세법 무압거(간단담수)]

| 토양분류 Code | 제염회수 | Dwa/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|-------|--------|------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|--|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1RNI | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 1.0 | 1.5 | 3.2 | 1.0 | 9.2 | 34.8 | |
| | 2 | 0.750 | 1.0 | 1.5 | 2.9 | 0.9 | 9.0 | 32.2 | |
| | 3 | 1.125 | 0.9 | 1.6 | 2.7 | 0.9 | 9.1 | 29.7 | |
| | 4 | 1.500 | 1.0 | 1.4 | 2.4 | 0.8 | 9.1 | 26.4 | |
| | 5 | 1.875 | 1.0 | 1.5 | 2.1 | 0.9 | 9.0 | 23.3 | |
| | 6 | 2.250 | 1.1 | 1.3 | 1.8 | 0.9 | 8.8 | 20.5 | |
| | 7 | 2.625 | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 0.8 | 8.9 | 19.1 | |
| | 8 | 3.000 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 0.9 | 8.8 | 17.0 | |
| | 9 | 3.375 | 0.9 | 1.3 | 1.3 | 0.9 | 8.7 | 14.9 | |
| 10 | 3.750 | 0.9 | 1.2 | 1.2 | 0.9 | 8.7 | 13.8 | | |
| S2RNI | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | |
| | 1 | 0.375 | 1.1 | 1.9 | 3.8 | 1.0 | 9.5 | 40.0 | |
| | 2 | 0.750 | 1.0 | 1.7 | 3.4 | 1.1 | 9.6 | 35.4 | |
| | 3 | 1.125 | 0.9 | 1.8 | 2.9 | 1.0 | 9.4 | 30.9 | |
| | 4 | 1.500 | 1.0 | 1.8 | 2.6 | 1.0 | 9.5 | 27.4 | |
| | 5 | 1.875 | 1.0 | 1.7 | 2.3 | 1.1 | 9.3 | 24.7 | |
| | 6 | 2.250 | 0.9 | 1.6 | 2.0 | 1.0 | 9.4 | 21.3 | |
| | 7 | 2.625 | 1.0 | 1.6 | 1.8 | 0.9 | 9.3 | 19.4 | |
| | 8 | 3.000 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 9.2 | 16.3 | |
| | 9 | 3.375 | 0.9 | 1.3 | 1.4 | 0.9 | 9.2 | 15.2 | |
| 10 | 3.750 | 0.9 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 9.1 | 13.2 | | |
| S3RNI | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | |
| | 1 | 0.375 | 1.2 | 1.8 | 3.6 | 1.1 | 9.6 | 37.5 | |
| | 2 | 0.750 | 1.1 | 1.7 | 3.2 | 1.2 | 9.5 | 33.7 | |
| | 3 | 1.125 | 1.1 | 1.6 | 2.8 | 1.2 | 9.5 | 29.5 | |
| | 4 | 1.500 | 1.0 | 1.6 | 2.4 | 1.1 | 9.4 | 25.5 | |
| | 5 | 1.875 | 0.9 | 1.7 | 2.1 | 1.0 | 9.5 | 22.1 | |
| | 6 | 2.250 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.0 | 9.3 | 19.4 | |
| | 7 | 2.625 | 1.0 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 9.4 | 17.0 | |
| | 8 | 3.000 | 0.9 | 1.5 | 1.4 | 1.0 | 9.3 | 15.1 | |
| | 9 | 3.375 | 0.8 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 9.3 | 12.9 | |
| 10 | 3.750 | 0.9 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 9.3 | 11.8 | | |

[표 3-6] 계속

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwa/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|-------|--------|------------------|-----|-----|------|------------------|------------|---|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S4RNI | 초기치 | - | 1.8 | 2.4 | 6.2 | 1.5 | 13.1 | 47.3 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 40cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP |
| | 1 | 0.375 | 1.8 | 2.4 | 5.5 | 1.5 | 13.2 | 41.7 | |
| | 2 | 0.750 | 1.8 | 2.4 | 4.9 | 1.6 | 13.1 | 37.4 | |
| | 3 | 1.125 | 1.7 | 2.2 | 4.4 | 1.5 | 13.2 | 33.3 | |
| | 4 | 1.500 | 1.6 | 2.3 | 3.9 | 1.4 | 13.1 | 29.8 | |
| | 5 | 1.875 | 1.7 | 2.2 | 3.5 | 1.3 | 13.0 | 26.9 | |
| | 6 | 2.250 | 1.7 | 2.2 | 3.3 | 1.4 | 13.0 | 25.4 | |
| | 7 | 2.625 | 1.6 | 2.1 | 3.1 | 1.4 | 12.8 | 24.2 | |
| | 8 | 3.000 | 1.5 | 2.2 | 2.9 | 1.3 | 12.9 | 22.5 | |
| | 9 | 3.375 | 1.6 | 2.0 | 2.6 | 1.3 | 12.8 | 20.3 | |
| 10 | 3.750 | 1.5 | 1.9 | 2.5 | 1.2 | 12.7 | 19.7 | | |
| S5RNI | 초기치 | - | 1.6 | 2.3 | 5.2 | 1.5 | 12.2 | 42.6 | 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.375 | 1.5 | 2.4 | 4.7 | 1.4 | 12.1 | 38.8 | |
| | 2 | 0.750 | 1.6 | 2.3 | 4.4 | 1.4 | 12.2 | 36.1 | |
| | 3 | 1.125 | 1.5 | 2.3 | 3.9 | 1.5 | 12.1 | 32.2 | |
| | 4 | 1.500 | 1.5 | 2.2 | 3.4 | 1.4 | 12.1 | 28.1 | |
| | 5 | 1.875 | 1.4 | 2.0 | 3.1 | 1.3 | 12.0 | 25.8 | |
| | 6 | 2.250 | 1.4 | 2.1 | 2.8 | 1.3 | 11.8 | 23.7 | |
| | 7 | 2.625 | 1.5 | 2.1 | 2.7 | 1.2 | 11.9 | 22.7 | |
| | 8 | 3.000 | 1.3 | 2.0 | 2.4 | 1.3 | 11.8 | 20.3 | |
| | 9 | 3.375 | 1.3 | 1.9 | 2.2 | 1.2 | 11.8 | 18.6 | |
| 10 | 3.750 | 1.2 | 1.8 | 2.1 | 1.2 | 11.8 | 17.8 | | |

3. 침출법 제염시험자료 [석고처리]

[표 3-7] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [석고처리 침출법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | 침출수 | | | | 토양 | | 비고 |
|--------------|------|--------|-------------|--------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1LGC | 초기치 | - | - | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : |
| | 1 | 0.05 | 25.0 | 80.7 | 28.0 | 8.4 | 16.5 | 7.8 | |
| | 2 | 0.10 | 24.8 | 84.8 | 31.5 | 8.5 | 10.7 | 7.8 | |
| | 3 | 0.15 | 24.9 | 90.4 | 31.2 | 8.0 | 8.4 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 24.5 | 91.8 | 30.4 | 8.1 | 5.2 | 7.7 | |
| | 5 | 0.25 | 24.7 | 98.8 | 29.3 | 8.2 | 4.3 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 25.3 | 105.0 | 27.7 | 8.0 | 3.7 | 8.0 | |
| | 7 | 0.35 | 25.1 | 112.2 | 27.1 | 7.9 | 3.5 | 8.0 | |
| | 8 | 0.40 | 24.9 | 115.7 | 26.0 | 8.1 | 2.9 | 7.8 | |
| | 9 | 0.45 | 25.6 | 123.9 | 24.8 | 7.8 | 2.5 | 7.7 | |
| 10 | 0.50 | 24.8 | 125.3 | 21.6 | 7.8 | 2.3 | 7.5 | | |
| S2LGC | 초기치 | - | - | - | - | - | 27.3 | 7.8 | 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 25.7 | 19.5 | 43.1 | 7.7 | 14.9 | 7.9 | |
| | 2 | 0.10 | 25.3 | 20.0 | 44.2 | 7.8 | 8.2 | 8.1 | |
| | 3 | 0.15 | 26.0 | 21.3 | 43.8 | 7.6 | 6.4 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 25.2 | 21.5 | 43.9 | 7.5 | 4.0 | 7.7 | |
| | 5 | 0.25 | 26.1 | 22.8 | 43.2 | 7.7 | 3.3 | 8.3 | |
| | 6 | 0.30 | 24.8 | 22.3 | 38.6 | 7.7 | 2.9 | 8.0 | |
| | 7 | 0.35 | 24.3 | 23.7 | 29.0 | 7.8 | 2.4 | 7.9 | |
| | 8 | 0.40 | 25.9 | 26.2 | 23.7 | 7.9 | 2.3 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 25.8 | 27.5 | 17.9 | 8.1 | 2.1 | 8.1 | |
| 10 | 0.50 | 24.2 | 27.0 | 15.2 | 8.1 | 1.9 | 8.0 | | |
| S3LGC | 초기치 | - | - | - | - | - | 25.7 | 7.7 | |
| | 1 | 0.05 | 24.9 | 6.4 | 39.5 | 7.8 | 13.4 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 24.8 | 6.5 | 42.1 | 8.0 | 9.0 | 7.9 | |
| | 3 | 0.15 | 25.3 | 6.7 | 41.6 | 8.1 | 5.3 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 24.9 | 6.7 | 42.0 | 8.3 | 3.1 | 8.3 | |
| | 5 | 0.25 | 24.8 | 7.0 | 37.4 | 7.9 | 2.1 | 8.2 | |
| | 6 | 0.30 | 24.5 | 7.0 | 28.7 | 8.0 | 1.8 | 7.8 | |
| | 7 | 0.35 | 26.0 | 7.8 | 23.7 | 8.1 | 1.6 | 7.9 | |
| | 8 | 0.40 | 25.4 | 7.9 | 20.3 | 8.1 | 1.3 | 7.7 | |
| | 9 | 0.45 | 25.3 | 8.4 | 16.8 | 8.2 | 1.2 | 7.8 | |
| 10 | 0.50 | 24.7 | 8.5 | 15.3 | 7.9 | 1.2 | 7.6 | | |

[표 3-8] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [석고처리 침출법 (무압거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dw/Ds | 침출수 | | | | 토양 | | 비고 |
|--------------|------|-------|--|--------------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1LGN | 초기치 | - | - | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | ※ S1LGN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | | |
| | 2 | 0.10 | | | | | | | |
| | 3 | 0.15 | | | | | | | |
| | 4 | 0.20 | | | | | | | |
| | 5 | 0.25 | | | | | | | |
| | 6 | 0.30 | | | | | | | |
| | 7 | 0.35 | | | | | | | |
| | 8 | 0.40 | | | | | | | |
| | 9 | 0.45 | | | | | | | |
| 10 | 0.50 | | | | | | | | |
| S2LGN | 초기치 | - | - | - | - | - | 27.3 | 7.8 | |
| | 1 | 0.05 | 24.3 | 57.6 | 42.7 | 7.6 | 13.7 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 23.3 | 60.2 | 44.4 | 7.7 | 10.0 | 7.7 | |
| | 3 | 0.15 | 24.5 | 66.2 | 43.7 | 7.5 | 7.2 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 25.2 | 75.1 | 42.9 | 7.6 | 4.7 | 7.8 | |
| | 5 | 0.25 | 24.6 | 84.1 | 42.6 | 7.8 | 3.8 | 8.2 | |
| | 6 | 0.30 | 25.1 | 104.2 | 36.4 | 8.0 | 3.0 | 7.9 | |
| | 7 | 0.35 | 26.0 | 120.8 | 32.1 | 7.9 | 2.3 | 7.9 | |
| | 8 | 0.40 | 25.5 | 148.2 | 27.0 | 8.0 | 2.0 | 8.0 | |
| | 9 | 0.45 | 23.4 | 181.3 | 24.5 | 8.2 | 1.9 | 7.8 | |
| 10 | 0.50 | 24.2 | 216.3 | 19.7 | 7.9 | 1.7 | 7.8 | | |
| S3LGN | 초기치 | - | - | - | - | - | 25.7 | 7.7 | |
| | 1 | 0.05 | 24.6 | 16.6 | 38.4 | 8.0 | 12.6 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 24.9 | 18.4 | 39.5 | 7.9 | 7.5 | 8.3 | |
| | 3 | 0.15 | 24.5 | 19.5 | 43.1 | 8.3 | 5.2 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 25.2 | 21.2 | 40.2 | 8.1 | 3.7 | 7.8 | |
| | 5 | 0.25 | 25.2 | 23.2 | 39.2 | 7.9 | 2.9 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 24.8 | 26.9 | 35.6 | 7.7 | 2.3 | 7.8 | |
| | 7 | 0.35 | 24.7 | 29.9 | 27.7 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | |
| | 8 | 0.40 | 25.1 | 34.7 | 25.4 | 8.0 | 1.8 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 24.9 | 39.1 | 20.9 | 7.9 | 1.6 | 7.6 | |
| 10 | 0.50 | 25.3 | 45.2 | 17.5 | 7.9 | 1.5 | 7.7 | | |

[표 3-9] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고처리 침출법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dw/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|--|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1LGC | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.9 | 1.5 | 3.0 | 0.8 | 9.1 | 33.0 | |
| | 2 | 0.10 | 1.8 | 1.4 | 2.4 | 0.9 | 9.2 | 26.1 | |
| | 3 | 0.15 | 1.9 | 1.4 | 1.9 | 0.9 | 9.2 | 20.7 | |
| | 4 | 0.20 | 1.7 | 1.5 | 1.6 | 0.8 | 9.3 | 17.2 | |
| | 5 | 0.25 | 1.7 | 1.3 | 1.4 | 0.7 | 9.1 | 15.4 | |
| | 6 | 0.30 | 1.8 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 9.2 | 14.1 | |
| | 7 | 0.35 | 1.9 | 1.3 | 1.2 | 0.8 | 9.1 | 13.2 | |
| | 8 | 0.40 | 1.8 | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 9.2 | 12.0 | |
| | 9 | 0.45 | 1.8 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 9.2 | 10.9 | |
| S2LGC | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.8 | 1.8 | 2.9 | 1.2 | 9.6 | 30.2 | |
| | 2 | 0.10 | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 1.2 | 9.6 | 21.9 | |
| | 3 | 0.15 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.1 | 9.5 | 17.9 | |
| | 4 | 0.20 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 1.0 | 9.6 | 14.6 | |
| | 5 | 0.25 | 1.6 | 1.7 | 1.2 | 1.1 | 9.4 | 12.8 | |
| | 6 | 0.30 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 1.0 | 9.5 | 11.6 | |
| | 7 | 0.35 | 1.6 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 9.5 | 10.5 | |
| | 8 | 0.40 | 1.7 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 9.6 | 10.4 | |
| | 9 | 0.45 | 1.6 | 1.3 | 0.9 | 1.0 | 9.4 | 9.6 | |
| S3LGC | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.7 | 1.9 | 2.7 | 1.1 | 9.4 | 28.7 | |
| | 2 | 0.10 | 1.6 | 1.7 | 2.2 | 1.0 | 9.4 | 23.4 | |
| | 3 | 0.15 | 1.6 | 1.7 | 1.5 | 1.1 | 9.5 | 15.8 | |
| | 4 | 0.20 | 1.7 | 1.8 | 1.3 | 0.9 | 9.6 | 13.5 | |
| | 5 | 0.25 | 1.6 | 1.8 | 1.2 | 1.0 | 9.5 | 12.6 | |
| | 6 | 0.30 | 1.7 | 1.7 | 1.0 | 1.0 | 9.5 | 10.5 | |
| | 7 | 0.35 | 1.7 | 1.6 | 0.9 | 0.9 | 9.4 | 9.6 | |
| | 8 | 0.40 | 1.6 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 9.5 | 9.5 | |
| | 9 | 0.45 | 1.5 | 1.4 | 0.8 | 0.9 | 9.6 | 8.3 | |
| 10 | 0.50 | 1.6 | 1.4 | 0.7 | 0.9 | 9.5 | 7.4 | | |

[표 3-10] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고처리 침출법 (무암거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|------|--------|---|-----|-----|-----|------------------|------------|---|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1LGN | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : |
| | 1 | 0.05 | ※ S1LGN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시 험자료를 얻지 못하였음 | | | | | | |
| | 2 | 0.10 | | | | | | | |
| | 3 | 0.15 | | | | | | | |
| | 4 | 0.20 | | | | | | | |
| | 5 | 0.25 | | | | | | | |
| | 6 | 0.30 | | | | | | | |
| | 7 | 0.35 | | | | | | | |
| | 8 | 0.40 | | | | | | | |
| | 9 | 0.45 | | | | | | | |
| | 10 | 0.50 | | | | | | | |
| S2LGN | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.8 | 1.9 | 3.1 | 1.0 | 9.6 | 32.3 | |
| | 2 | 0.10 | 1.8 | 1.7 | 2.3 | 1.1 | 9.5 | 24.2 | |
| | 3 | 0.15 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.0 | 9.6 | 18.8 | |
| | 4 | 0.20 | 1.8 | 1.8 | 1.4 | 1.1 | 9.4 | 14.9 | |
| | 5 | 0.25 | 1.6 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 9.5 | 13.7 | |
| | 6 | 0.30 | 1.7 | 1.7 | 1.2 | 1.0 | 9.5 | 12.6 | |
| | 7 | 0.35 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 0.9 | 9.3 | 11.8 | |
| | 8 | 0.40 | 1.8 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 9.4 | 10.6 | |
| | 9 | 0.45 | 1.6 | 1.6 | 0.9 | 0.9 | 9.3 | 9.7 | |
| | 10 | 0.50 | 1.7 | 1.4 | 0.9 | 0.9 | 9.3 | 9.7 | |
| S3LGN | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.8 | 1.7 | 2.8 | 1.1 | 9.4 | 29.8 | |
| | 2 | 0.10 | 1.7 | 1.6 | 2.0 | 1.2 | 9.5 | 21.1 | |
| | 3 | 0.15 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 1.0 | 9.5 | 15.8 | |
| | 4 | 0.20 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 9.4 | 13.8 | |
| | 5 | 0.25 | 1.9 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 9.5 | 12.6 | |
| | 6 | 0.30 | 1.8 | 1.7 | 1.1 | 1.0 | 9.3 | 11.8 | |
| | 7 | 0.35 | 1.7 | 1.6 | 1.0 | 0.9 | 9.4 | 10.6 | |
| | 8 | 0.40 | 1.7 | 1.4 | 0.9 | 1.1 | 9.5 | 9.5 | |
| | 9 | 0.45 | 1.6 | 1.5 | 0.8 | 1.0 | 9.5 | 8.4 | |
| | 10 | 0.50 | 1.7 | 1.3 | 0.8 | 1.0 | 9.5 | 8.4 | |

[표 3-11] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [석고처리 침출법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|-------------|--------------|--------|---------------|------|--|
| S1LGC | 1 | 25.0 | 80.7 | 0.05 | 0.036 | 1.00 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 24.8 | 84.8 | 0.10 | 0.034 | 0.94 | |
| | 3 | 24.9 | 90.4 | 0.15 | 0.032 | 0.89 | |
| | 4 | 24.5 | 91.8 | 0.20 | 0.031 | 0.86 | |
| | 5 | 24.7 | 98.8 | 0.25 | 0.029 | 0.81 | |
| | 6 | 25.3 | 105.0 | 0.30 | 0.028 | 0.78 | |
| | 7 | 25.1 | 112.2 | 0.35 | 0.026 | 0.72 | |
| | 8 | 24.9 | 115.7 | 0.40 | 0.025 | 0.69 | |
| | 9 | 25.6 | 123.9 | 0.45 | 0.024 | 0.67 | |
| | 10 | 24.8 | 125.3 | 0.50 | 0.023 | 0.64 | |
| S2LGC | 1 | 25.7 | 19.5 | 0.05 | 0.153 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 25.3 | 20.0 | 0.10 | 0.147 | 0.96 | |
| | 3 | 26.0 | 21.3 | 0.15 | 0.142 | 0.93 | |
| | 4 | 25.2 | 21.5 | 0.20 | 0.136 | 0.89 | |
| | 5 | 26.1 | 22.8 | 0.25 | 0.133 | 0.87 | |
| | 6 | 24.8 | 22.3 | 0.30 | 0.129 | 0.84 | |
| | 7 | 24.3 | 23.7 | 0.35 | 0.119 | 0.78 | |
| | 8 | 25.9 | 26.2 | 0.40 | 0.115 | 0.75 | |
| | 9 | 25.8 | 27.5 | 0.45 | 0.109 | 0.71 | |
| | 10 | 24.2 | 27.0 | 0.50 | 0.104 | 0.68 | |
| S3LGC | 1 | 24.9 | 6.4 | 0.05 | 0.450 | 1.00 | |
| | 2 | 24.8 | 6.5 | 0.10 | 0.446 | 0.99 | |
| | 3 | 25.3 | 6.7 | 0.15 | 0.437 | 0.97 | |
| | 4 | 24.9 | 6.7 | 0.20 | 0.432 | 0.96 | |
| | 5 | 24.8 | 7.0 | 0.25 | 0.414 | 0.92 | |
| | 6 | 24.5 | 7.0 | 0.30 | 0.405 | 0.90 | |
| | 7 | 26.0 | 7.8 | 0.35 | 0.387 | 0.86 | |
| | 8 | 25.4 | 7.9 | 0.40 | 0.374 | 0.83 | |
| | 9 | 25.3 | 8.4 | 0.45 | 0.351 | 0.78 | |
| | 10 | 24.7 | 8.5 | 0.50 | 0.338 | 0.75 | |

[표 3-12] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [석고처리 침출법 (무암거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수량 (<i>l</i>) | 경과시간 (hr) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|--|--------------|--------|---------------|------|---|
| S1LGN | 1 | * S1LGN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| | 7 | | | | | | |
| | 8 | | | | | | |
| | 9 | | | | | | |
| | 10 | | | | | | |
| S2LGN | 1 | 24.3 | 57.6 | 0.05 | 0.049 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 23.3 | 60.2 | 0.10 | 0.045 | 0.92 | |
| | 3 | 24.5 | 66.2 | 0.15 | 0.043 | 0.88 | |
| | 4 | 25.2 | 75.1 | 0.20 | 0.039 | 0.80 | |
| | 5 | 24.6 | 84.1 | 0.25 | 0.034 | 0.69 | |
| | 6 | 25.1 | 104.2 | 0.30 | 0.028 | 0.57 | |
| | 7 | 26.0 | 120.8 | 0.35 | 0.025 | 0.51 | |
| | 8 | 25.5 | 148.2 | 0.40 | 0.020 | 0.41 | |
| | 9 | 23.4 | 181.3 | 0.45 | 0.015 | 0.31 | |
| | 10 | 24.2 | 216.3 | 0.50 | 0.013 | 0.27 | |
| S3LGN | 1 | 24.6 | 16.6 | 0.05 | 0.172 | 1.00 | |
| | 2 | 24.9 | 18.4 | 0.10 | 0.157 | 0.91 | |
| | 3 | 24.5 | 19.5 | 0.15 | 0.146 | 0.85 | |
| | 4 | 25.2 | 21.2 | 0.20 | 0.138 | 0.80 | |
| | 5 | 25.2 | 23.2 | 0.25 | 0.126 | 0.73 | |
| | 6 | 24.8 | 26.9 | 0.30 | 0.107 | 0.62 | |
| | 7 | 24.7 | 29.9 | 0.35 | 0.096 | 0.56 | |
| | 8 | 25.1 | 34.7 | 0.40 | 0.084 | 0.49 | |
| | 9 | 24.9 | 39.1 | 0.45 | 0.074 | 0.43 | |
| | 10 | 25.3 | 45.2 | 0.50 | 0.065 | 0.38 | |

4. 침출법 제염시험자료 [석고무처리]

[표 3-13] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [석고무처리 침출법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | 침출수 | | | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|------|--------|-------------|--------------|--------------|-----|--------------|-----|---|
| | | | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1LNC | 초기치 | - | - | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm |
| | 1 | 0.05 | 24.6 | 136.1 | 29.3 | 8.2 | 15.4 | 8.2 | |
| | 2 | 0.10 | 24.2 | 165.4 | 27.9 | 8.5 | 9.5 | 8.0 | |
| | 3 | 0.15 | 24.8 | 205.8 | 28.2 | 8.2 | 7.8 | 8.3 | |
| | 4 | 0.20 | 24.3 | 256.7 | 30.1 | 8.3 | 5.0 | 7.8 | |
| | 5 | 0.25 | 25.3 | 336.7 | 31.0 | 8.3 | 3.8 | 7.8 | |
| | 6 | 0.30 | 24.8 | 403.2 | 28.6 | 7.9 | 2.9 | 7.9 | |
| | 7 | 0.35 | 24.9 | 492.3 | 28.3 | 8.1 | 2.5 | 8.1 | |
| | 8 | 0.40 | 25.1 | 573.0 | 27.5 | 8.1 | 2.2 | 8.0 | |
| | 9 | 0.45 | 25.2 | 689.1 | 24.2 | 7.9 | 1.9 | 7.9 | |
| | 10 | 0.50 | 24.9 | 763.5 | 22.1 | 8.0 | 1.7 | 7.8 | |
| S2LNC | 초기치 | - | - | - | - | - | 27.3 | 7.8 | 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 26.0 | 79.2 | 43.8 | 7.6 | 15.7 | 7.8 | |
| | 2 | 0.10 | 25.8 | 99.3 | 44.0 | 7.8 | 8.6 | 8.0 | |
| | 3 | 0.15 | 25.9 | 121.8 | 45.4 | 7.7 | 5.9 | 8.0 | |
| | 4 | 0.20 | 25.5 | 139.7 | 42.2 | 7.6 | 3.8 | 8.1 | |
| | 5 | 0.25 | 25.5 | 161.4 | 40.7 | 7.7 | 3.0 | 8.3 | |
| | 6 | 0.30 | 25.1 | 197.0 | 38.5 | 8.0 | 2.6 | 8.1 | |
| | 7 | 0.35 | 25.0 | 228.7 | 27.3 | 7.7 | 2.1 | 8.1 | |
| | 8 | 0.40 | 24.7 | 254.3 | 20.9 | 7.8 | 1.8 | 8.0 | |
| | 9 | 0.45 | 24.7 | 278.6 | 17.8 | 7.8 | 1.5 | 8.0 | |
| | 10 | 0.50 | 25.6 | 326.9 | 14.6 | 8.1 | 1.3 | 7.7 | |
| S3LNC | 초기치 | - | - | - | - | - | 25.7 | 7.7 | |
| | 1 | 0.05 | 25.1 | 13.5 | 41.1 | 7.9 | 14.0 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 25.0 | 16.2 | 39.5 | 8.2 | 10.1 | 8.4 | |
| | 3 | 0.15 | 25.7 | 19.0 | 37.9 | 8.3 | 7.2 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 25.5 | 22.8 | 34.2 | 7.8 | 4.6 | 8.3 | |
| | 5 | 0.25 | 26.2 | 28.9 | 33.3 | 8.1 | 2.7 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 26.0 | 32.1 | 27.8 | 7.7 | 1.7 | 8.0 | |
| | 7 | 0.35 | 24.9 | 36.0 | 25.5 | 7.9 | 1.5 | 8.0 | |
| | 8 | 0.40 | 25.3 | 42.7 | 22.6 | 7.8 | 1.3 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 25.1 | 47.8 | 18.0 | 8.1 | 1.3 | 8.1 | |
| | 10 | 0.50 | 24.7 | 51.3 | 17.4 | 8.2 | 1.2 | 7.8 | |

[표 3-14] 제염진행중 침출수 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH [석고무처리 침출법 (무암거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | 침출수 | | | | 토양 | | 비고 |
|--------------|------|--------|--|--------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1LNN | 초기치 | - | - | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | ※ S1LNN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | | |
| | 2 | 0.10 | | | | | | | |
| | 3 | 0.15 | | | | | | | |
| | 4 | 0.20 | | | | | | | |
| | 5 | 0.25 | | | | | | | |
| | 6 | 0.30 | | | | | | | |
| | 7 | 0.35 | | | | | | | |
| | 8 | 0.40 | | | | | | | |
| | 9 | 0.45 | | | | | | | |
| | 10 | 0.50 | | | | | | | |
| S2LNN | 초기치 | - | - | - | - | - | 27.3 | 7.8 | ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 25.3 | 108.9 | 44.0 | 7.8 | 13.5 | 7.9 | |
| | 2 | 0.10 | 25.3 | 152.1 | 45.3 | 8.0 | 9.1 | 7.8 | |
| | 3 | 0.15 | 25.5 | 193.5 | 43.5 | 8.1 | 6.8 | 7.7 | |
| | 4 | 0.20 | 25.4 | 261.2 | 44.8 | 7.9 | 5.1 | 8.0 | |
| | 5 | 0.25 | 24.5 | 302.8 | 42.2 | 8.0 | 4.0 | 8.1 | |
| | 6 | 0.30 | 25.1 | 394.3 | 39.6 | 7.9 | 3.3 | 8.3 | |
| | 7 | 0.35 | 25.0 | 537.6 | 35.7 | 8.1 | 2.5 | 8.1 | |
| | 8 | 0.40 | 25.6 | 691.5 | 32.5 | 8.2 | 1.9 | 7.9 | |
| | 9 | 0.45 | 25.5 | 871.6 | 25.4 | 8.2 | 1.7 | 8.2 | |
| | 10 | 0.50 | 24.8 | 923.4 | 21.8 | 8.3 | 1.6 | 7.8 | |
| S3LNN | 초기치 | - | - | - | - | - | 25.7 | 7.7 | ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 25.6 | 21.4 | 39.2 | 8.0 | 12.4 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 25.7 | 32.0 | 37.5 | 8.3 | 7.5 | 8.2 | |
| | 3 | 0.15 | 26.2 | 43.3 | 39.5 | 7.9 | 5.7 | 8.3 | |
| | 4 | 0.20 | 25.5 | 55.2 | 41.8 | 7.9 | 4.1 | 8.2 | |
| | 5 | 0.25 | 25.3 | 65.6 | 39.4 | 7.8 | 3.0 | 7.9 | |
| | 6 | 0.30 | 24.7 | 75.5 | 35.0 | 7.8 | 2.2 | 7.7 | |
| | 7 | 0.35 | 24.6 | 91.1 | 29.3 | 8.1 | 1.9 | 7.8 | |
| | 8 | 0.40 | 25.0 | 114.8 | 27.5 | 7.9 | 1.6 | 7.8 | |
| | 9 | 0.45 | 24.8 | 126.4 | 23.1 | 7.7 | 1.4 | 8.0 | |
| | 10 | 0.50 | 24.8 | 135.9 | 19.8 | 7.8 | 1.3 | 7.7 | |

[표 3-15] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고무처리 침출법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dw/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|------|-------|------------------|-----|-----|-----|------------------|------------|--|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1LNC | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.0 | 1.5 | 3.0 | 0.9 | 9.3 | 32.3 | |
| | 2 | 0.10 | 1.0 | 1.6 | 2.4 | 0.9 | 9.2 | 26.1 | |
| | 3 | 0.15 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 0.8 | 9.2 | 20.7 | |
| | 4 | 0.20 | 1.0 | 1.5 | 1.6 | 0.9 | 9.1 | 17.6 | |
| | 5 | 0.25 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 9.2 | 14.1 | |
| | 6 | 0.30 | 0.9 | 1.4 | 1.2 | 0.7 | 9.0 | 13.3 | |
| | 7 | 0.35 | 1.0 | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 9.1 | 12.1 | |
| | 8 | 0.40 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 9.1 | 11.0 | |
| | 9 | 0.45 | 0.9 | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 9.0 | 10.0 | |
| 10 | 0.50 | 0.9 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 9.1 | 9.9 | | |
| S2LNC | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.7 | 3.2 | 1.2 | 9.6 | 33.3 | |
| | 2 | 0.10 | 1.0 | 1.7 | 2.4 | 1.1 | 9.6 | 25.0 | |
| | 3 | 0.15 | 1.1 | 1.8 | 1.8 | 1.0 | 9.5 | 18.9 | |
| | 4 | 0.20 | 1.0 | 1.6 | 1.6 | 1.0 | 9.4 | 17.0 | |
| | 5 | 0.25 | 0.9 | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 9.5 | 13.7 | |
| | 6 | 0.30 | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 0.9 | 9.5 | 11.6 | |
| | 7 | 0.35 | 1.0 | 1.6 | 1.0 | 1.0 | 9.4 | 10.6 | |
| | 8 | 0.40 | 0.9 | 1.4 | 0.9 | 0.9 | 9.3 | 9.7 | |
| | 9 | 0.45 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 0.8 | 9.5 | 9.5 | |
| 10 | 0.50 | 0.8 | 1.3 | 0.8 | 0.9 | 9.4 | 8.5 | | |
| S3LNC | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.0 | 1.9 | 2.9 | 1.0 | 9.6 | 30.2 | |
| | 2 | 0.10 | 0.9 | 1.8 | 2.3 | 1.0 | 9.5 | 24.2 | |
| | 3 | 0.15 | 1.0 | 1.7 | 1.9 | 0.9 | 9.5 | 20.0 | |
| | 4 | 0.20 | 1.1 | 1.8 | 1.4 | 1.0 | 9.6 | 14.6 | |
| | 5 | 0.25 | 0.9 | 1.8 | 1.2 | 1.0 | 9.4 | 12.8 | |
| | 6 | 0.30 | 1.0 | 1.7 | 1.0 | 1.1 | 9.5 | 10.5 | |
| | 7 | 0.35 | 0.9 | 1.6 | 0.9 | 1.0 | 9.5 | 9.5 | |
| | 8 | 0.40 | 0.9 | 1.7 | 0.8 | 0.9 | 9.3 | 8.6 | |
| | 9 | 0.45 | 1.0 | 1.5 | 0.7 | 0.9 | 9.4 | 7.4 | |
| | 10 | 0.50 | 0.9 | 1.4 | 0.7 | 0.9 | 9.4 | 7.4 | |

[표 3-16] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고무처리 침출법 (무압거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds | 교환성양이온 (cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|------|--------|--|-----|-----|-----|------------------|------------|---|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1LNN | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | ※ S1LNN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | | |
| | 2 | 0.10 | | | | | | | |
| | 3 | 0.15 | | | | | | | |
| | 4 | 0.20 | | | | | | | |
| | 5 | 0.25 | | | | | | | |
| | 6 | 0.30 | | | | | | | |
| | 7 | 0.35 | | | | | | | |
| | 8 | 0.40 | | | | | | | |
| | 9 | 0.45 | | | | | | | |
| 10 | 0.50 | | | | | | | | |
| S2LNN | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.8 | 3.0 | 1.1 | 9.5 | 31.6 | |
| | 2 | 0.10 | 1.0 | 1.7 | 2.3 | 1.0 | 9.5 | 24.2 | |
| | 3 | 0.15 | 1.0 | 1.7 | 1.8 | 0.9 | 9.6 | 18.8 | |
| | 4 | 0.20 | 1.1 | 1.8 | 1.5 | 1.0 | 9.5 | 15.8 | |
| | 5 | 0.25 | 0.9 | 1.6 | 1.2 | 0.9 | 9.6 | 12.5 | |
| | 6 | 0.30 | 1.0 | 1.6 | 1.1 | 0.9 | 9.7 | 11.3 | |
| | 7 | 0.35 | 0.9 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 9.5 | 10.5 | |
| | 8 | 0.40 | 0.9 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 9.6 | 9.4 | |
| | 9 | 0.45 | 1.0 | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 9.4 | 8.5 | |
| 10 | 0.50 | 0.9 | 1.3 | 0.8 | 0.9 | 9.6 | 8.3 | | |
| S3LNN | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | 초기치 : 제염전 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP 토양의 교환성양 이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.0 | 1.7 | 2.7 | 1.1 | 9.4 | 28.7 | |
| | 2 | 0.10 | 1.1 | 1.9 | 2.2 | 1.2 | 9.4 | 23.4 | |
| | 3 | 0.15 | 1.0 | 1.7 | 1.7 | 1.0 | 9.5 | 17.9 | |
| | 4 | 0.20 | 1.2 | 1.8 | 1.4 | 1.1 | 9.5 | 14.7 | |
| | 5 | 0.25 | 1.0 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 9.5 | 12.6 | |
| | 6 | 0.30 | 1.1 | 1.7 | 1.0 | 1.0 | 9.3 | 10.8 | |
| | 7 | 0.35 | 1.1 | 1.5 | 0.9 | 0.9 | 9.4 | 9.6 | |
| | 8 | 0.40 | 1.0 | 1.6 | 0.8 | 0.9 | 9.3 | 8.6 | |
| | 9 | 0.45 | 1.1 | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 9.4 | 8.5 | |
| 10 | 0.50 | 1.0 | 1.4 | 0.7 | 0.9 | 9.4 | 7.4 | | |

[표 3-17] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [석고무처리 침출법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|-------------|--------------|--------|---------------|------|--|
| S1LNC | 1 | 24.6 | 136.1 | 0.05 | 0.021 | 1.00 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 24.2 | 165.4 | 0.10 | 0.017 | 0.81 | |
| | 3 | 24.8 | 205.8 | 0.15 | 0.014 | 0.67 | |
| | 4 | 24.3 | 256.7 | 0.20 | 0.011 | 0.52 | |
| | 5 | 25.3 | 336.7 | 0.25 | 0.009 | 0.43 | |
| | 6 | 24.8 | 403.2 | 0.30 | 0.007 | 0.33 | |
| | 7 | 24.9 | 492.3 | 0.35 | 0.006 | 0.29 | |
| | 8 | 25.1 | 573.0 | 0.40 | 0.005 | 0.24 | |
| | 9 | 25.2 | 689.1 | 0.45 | 0.004 | 0.19 | |
| | 10 | 24.9 | 763.5 | 0.50 | 0.004 | 0.19 | |
| S2LNC | 1 | 26.0 | 79.2 | 0.05 | 0.038 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 25.8 | 99.3 | 0.10 | 0.030 | 0.79 | |
| | 3 | 25.9 | 121.8 | 0.15 | 0.025 | 0.66 | |
| | 4 | 25.5 | 139.7 | 0.20 | 0.021 | 0.55 | |
| | 5 | 25.5 | 161.4 | 0.25 | 0.018 | 0.47 | |
| | 6 | 25.1 | 197.0 | 0.30 | 0.015 | 0.39 | |
| | 7 | 25.0 | 228.7 | 0.35 | 0.013 | 0.34 | |
| | 8 | 24.7 | 254.3 | 0.40 | 0.011 | 0.29 | |
| | 9 | 24.7 | 278.6 | 0.45 | 0.010 | 0.26 | |
| | 10 | 25.6 | 326.9 | 0.50 | 0.009 | 0.24 | |
| S3LNC | 1 | 25.1 | 13.5 | 0.05 | 0.216 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 25.0 | 16.2 | 0.10 | 0.179 | 0.83 | |
| | 3 | 25.7 | 19.0 | 0.15 | 0.157 | 0.73 | |
| | 4 | 25.5 | 22.8 | 0.20 | 0.130 | 0.60 | |
| | 5 | 26.2 | 28.9 | 0.25 | 0.105 | 0.49 | |
| | 6 | 26.0 | 32.1 | 0.30 | 0.094 | 0.44 | |
| | 7 | 24.9 | 36.0 | 0.35 | 0.080 | 0.37 | |
| | 8 | 25.3 | 42.7 | 0.40 | 0.069 | 0.32 | |
| | 9 | 25.1 | 47.8 | 0.45 | 0.061 | 0.28 | |
| | 10 | 24.7 | 51.3 | 0.50 | 0.056 | 0.26 | |

[표 3-18] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr) [석고무처리 침출법 (무암거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|--|--------------|--------|---------------|------|---|
| S1LNN | 1 | * S1LNN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| | 7 | | | | | | |
| | 8 | | | | | | |
| | 9 | | | | | | |
| | 10 | | | | | | |
| S2LNN | 1 | 25.3 | 108.9 | 0.05 | 0.027 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | 25.3 | 152.1 | 0.10 | 0.019 | 0.70 | |
| | 3 | 25.5 | 193.5 | 0.15 | 0.015 | 0.56 | |
| | 4 | 25.4 | 261.2 | 0.20 | 0.011 | 0.41 | |
| | 5 | 24.5 | 302.8 | 0.25 | 0.009 | 0.33 | |
| | 6 | 25.1 | 394.3 | 0.30 | 0.007 | 0.26 | |
| | 7 | 25.0 | 537.6 | 0.35 | 0.005 | 0.19 | |
| | 8 | 25.6 | 691.5 | 0.40 | 0.004 | 0.15 | |
| | 9 | 25.5 | 871.6 | 0.45 | 0.003 | 0.11 | |
| | 10 | 24.8 | 923.4 | 0.50 | 0.003 | 0.11 | |
| S3LNN | 1 | 25.6 | 21.4 | 0.05 | 0.139 | 1.00 | |
| | 2 | 25.7 | 32.0 | 0.10 | 0.093 | 0.67 | |
| | 3 | 26.2 | 43.3 | 0.15 | 0.070 | 0.53 | |
| | 4 | 25.5 | 55.2 | 0.20 | 0.054 | 0.39 | |
| | 5 | 25.3 | 65.6 | 0.25 | 0.045 | 0.32 | |
| | 6 | 24.7 | 75.5 | 0.30 | 0.038 | 0.27 | |
| | 7 | 24.6 | 91.1 | 0.35 | 0.031 | 0.22 | |
| | 8 | 25.0 | 114.8 | 0.40 | 0.025 | 0.18 | |
| | 9 | 24.8 | 126.4 | 0.45 | 0.023 | 0.17 | |
| | 10 | 24.8 | 135.9 | 0.50 | 0.021 | 0.15 | |

5. 침출·수세법 제염시험자료 [석고무처리]

[표 3-19] 제염진행중 침출수(배출수) 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[석고무처리 침출·수세법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | 침출수(배출수) | | | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|-------|--------------------|-------------|--------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1LRC | 초기치 | - | - | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 1 | 0.05 | 24.6 | 122.7 | 28.2 | 8.4 | 14.9 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 24.5 | 159.9 | 30.4 | 8.3 | 10.7 | 8.1 | |
| | 3 | 0.15 | 23.9 | 198.4 | 29.7 | 8.1 | 8.0 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 24.8 | 255.0 | 30.5 | 8.1 | 5.8 | 7.9 | |
| | 5 | 0.575 | - | - | 1.8 | 7.8 | 4.6 | 8.2 | |
| | 6 | 0.950 | - | - | 1.7 | 7.9 | 4.1 | 7.8 | |
| | 7 | 1.325 | - | - | 1.3 | 8.2 | 3.5 | 7.9 | |
| S2LRC | 초기치 | - | - | - | - | - | 27.3 | 7.8 | 공급수심 : 15cm 제염토심 1~4회 : 70cm 5~8회 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH |
| | 1 | 0.05 | 25.6 | 85.3 | 44.0 | 7.6 | 16.0 | 8.1 | |
| | 2 | 0.10 | 24.0 | 98.5 | 45.2 | 7.5 | 9.4 | 8.1 | |
| | 3 | 0.15 | 24.7 | 126.4 | 44.1 | 7.6 | 6.7 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 26.1 | 159.1 | 44.8 | 7.9 | 4.5 | 8.3 | |
| | 5 | 0.575 | - | - | 2.3 | 7.7 | 4.1 | 8.2 | |
| | 6 | 0.950 | - | - | 2.1 | 7.8 | 3.6 | 7.8 | |
| | 7 | 1.325 | - | - | 1.6 | 7.7 | 2.8 | 7.9 | |
| S3LRC | 초기치 | - | - | - | - | - | 25.7 | 7.7 | 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 * S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 25.2 | 14.1 | 40.8 | 8.0 | 13.8 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 25.1 | 16.5 | 38.5 | 8.3 | 9.8 | 7.9 | |
| | 3 | 0.15 | 25.4 | 20.5 | 42.0 | 8.4 | 7.6 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 25.3 | 24.9 | 39.9 | 8.1 | 5.1 | 8.2 | |
| | 5 | 0.575 | - | - | 1.9 | 8.2 | 3.9 | 8.2 | |
| | 6 | 0.950 | - | - | 1.5 | 8.1 | 3.3 | 7.9 | |
| | 7 | 1.325 | - | - | 1.4 | 8.1 | 2.1 | 8.0 | |
| 8 | 1.700 | - | - | 1.2 | 7.9 | 1.8 | 8.0 | | |

[표 3-20] 제염진행중 침출수(배출수) 및 토양의 전기전도도(EC)와 pH

[석고무처리 침출·수세법 (무암거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | 침출수(배출수) | | | | 토 양 | | 비 고 |
|--------------|-------|--------------------|---|--------------|--------------|-----|--------------|-----|--|
| | | | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | EC (dS/m) | pH | EC (dS/m) | pH | |
| S1LRN | 초기치 | - | - | - | - | - | 24.6 | 7.7 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 1 | 0.05 | ※ S1LRN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시 험자료를 얻지 못하였음 | | | | | | |
| | 2 | 0.10 | | | | | | | |
| | 3 | 0.15 | | | | | | | |
| | 4 | 0.20 | | | | | | | |
| | 5 | 0.575 | | | | | | | |
| | 6 | 0.950 | | | | | | | |
| | 7 | 1.325 | | | | | | | |
| 8 | 1.700 | | | | | | | | |
| S2LRN | 초기치 | - | - | - | - | - | 27.3 | 7.8 | 공급수심 : 15cm 제염토심 1~4회 : 70cm 5~8회 : 40cm 초기치 : 제염전 토양 포화 추출액의 전기전 도도(EC) 및 pH |
| | 1 | 0.05 | 24.1 | 98.9 | 45.2 | 7.7 | 15.7 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 24.9 | 154.7 | 43.7 | 7.9 | 9.2 | 7.8 | |
| | 3 | 0.15 | 24.6 | 188.1 | 44.5 | 7.9 | 5.9 | 8.1 | |
| | 4 | 0.20 | 25.7 | 271.5 | 43.8 | 8.0 | 4.3 | 8.4 | |
| | 5 | 0.575 | - | - | 2.5 | 7.7 | 3.7 | 7.9 | |
| | 6 | 0.950 | - | - | 2.1 | 7.7 | 3.0 | 8.1 | |
| | 7 | 1.325 | - | - | 1.9 | 8.0 | 2.4 | 7.8 | |
| 8 | 1.700 | - | - | 1.8 | 7.9 | 2.1 | 8.0 | | |
| S3LRN | 초기치 | - | - | - | - | - | 25.7 | 7.7 | 토양의 EC 및 pH : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 24.6 | 20.3 | 39.6 | 8.4 | 13.6 | 8.0 | |
| | 2 | 0.10 | 25.4 | 29.8 | 38.4 | 7.9 | 8.3 | 7.9 | |
| | 3 | 0.15 | 24.9 | 38.6 | 36.7 | 8.1 | 6.2 | 7.9 | |
| | 4 | 0.20 | 25.3 | 48.9 | 39.0 | 8.0 | 5.0 | 7.7 | |
| | 5 | 0.575 | - | - | 1.9 | 7.9 | 3.6 | 8.1 | |
| | 6 | 0.950 | - | - | 1.6 | 8.1 | 2.7 | 7.9 | |
| | 7 | 1.325 | - | - | 1.5 | 7.8 | 2.2 | 7.8 | |
| 8 | 1.700 | - | - | 1.3 | 7.9 | 1.8 | 7.8 | | |

[표 3-21] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고무처리 침출·수세법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dw/Ds (Dwa/Ds) | 교환성양이온(cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|------|-------------------|-----------------|-----|-----|-----|------------------|------------|--|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1LRC | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dw/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.6 | 3.1 | 0.8 | 9.2 | 33.7 | |
| | 2 | 0.10 | 1.1 | 1.7 | 2.4 | 0.8 | 9.1 | 26.4 | |
| | 3 | 0.15 | 0.9 | 1.5 | 1.9 | 0.8 | 9.0 | 21.1 | |
| | 4 | 0.20 | 1.0 | 1.5 | 1.6 | 0.9 | 9.1 | 17.6 | Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 5 | 0.575 | 1.0 | 1.6 | 1.4 | 0.8 | 9.1 | 15.4 | |
| | 6 | 0.950 | 0.9 | 1.5 | 1.2 | 0.9 | 9.0 | 13.3 | |
| | 7 | 1.325 | 0.9 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 8.9 | 12.4 | |
| | 8 | 1.700 | 0.9 | 1.3 | 1.0 | 0.8 | 9.0 | 11.1 | |
| S2LRC | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 공급수심 : 15cm 제염토심 1~4회 : 70cm 5~8회 : 40cm |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.7 | 3.4 | 1.1 | 9.7 | 35.1 | |
| | 2 | 0.10 | 1.0 | 1.6 | 2.5 | 1.2 | 9.5 | 26.3 | |
| | 3 | 0.15 | 1.1 | 1.7 | 1.9 | 1.1 | 9.6 | 19.8 | |
| | 4 | 0.20 | 0.9 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 9.4 | 17.0 | 초기치 : 제염전 토양의 교 환성양이온, CEC 및 ESP |
| | 5 | 0.575 | 1.0 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 9.5 | 13.7 | |
| | 6 | 0.950 | 1.0 | 1.6 | 1.2 | 0.9 | 9.4 | 12.8 | |
| | 7 | 1.325 | 1.0 | 1.5 | 1.1 | 1.0 | 9.3 | 11.8 | |
| | 8 | 1.700 | 0.9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 9.4 | 10.6 | |
| S3LRC | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.6 | 3.0 | 1.0 | 9.4 | 31.9 | |
| | 2 | 0.10 | 1.2 | 1.7 | 2.3 | 1.0 | 9.5 | 24.2 | |
| | 3 | 0.15 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.0 | 9.3 | 19.4 | |
| | 4 | 0.20 | 1.0 | 1.6 | 1.5 | 1.1 | 9.4 | 16.0 | ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 5 | 0.575 | 1.0 | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 9.3 | 14.0 | |
| | 6 | 0.950 | 1.0 | 1.5 | 1.1 | 0.9 | 9.3 | 11.8 | |
| | 7 | 1.325 | 0.9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 9.2 | 10.9 | |
| | 8 | 1.700 | 1.0 | 1.3 | 0.9 | 1.0 | 9.3 | 9.7 | |

[표 3-22] 제염진행중 토양의 교환성양이온함량, 양이온교환용량(CEC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)
[석고무처리 침출·수세법 (무암거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | Dwl/Ds (Dwa/Ds) | 교환성양이온(cmol/kg) | | | | CEC (cmol/kg) | ESP (%) | 비 고 |
|--------------|------|--------------------|---|-----|-----|-----|------------------|------------|---|
| | | | Ca | Mg | Na | K | | | |
| S1LRN | 초기치 | - | 1.1 | 1.6 | 3.9 | 0.9 | 9.2 | 42.4 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 (1~4회 침출법) Dwa/Ds : 제염토양깊이당 공급수심의 비율 (5~8회 수세법) |
| | 1 | 0.05 | ※ S1LRN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시 험자료를 얻지 못하였음 | | | | | | |
| | 2 | 0.10 | | | | | | | |
| | 3 | 0.15 | | | | | | | |
| | 4 | 0.20 | | | | | | | |
| | 5 | 0.575 | | | | | | | |
| | 6 | 0.950 | | | | | | | |
| | 7 | 1.325 | | | | | | | |
| | 8 | 1.700 | | | | | | | |
| S2LRN | 초기치 | - | 1.0 | 1.8 | 4.4 | 1.1 | 9.6 | 45.8 | 공급수심 : 15cm 제염토심 1~4회 : 70cm 5~8회 : 40cm 초기치 : 제염전 토양의 교 환성양이온, CEC 및 ESP |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.6 | 3.1 | 1.0 | 9.7 | 32.0 | |
| | 2 | 0.10 | 1.0 | 1.5 | 2.4 | 1.0 | 9.5 | 25.3 | |
| | 3 | 0.15 | 1.0 | 1.6 | 1.8 | 1.1 | 9.6 | 18.8 | |
| | 4 | 0.20 | 0.9 | 1.6 | 1.5 | 1.1 | 9.6 | 15.6 | |
| | 5 | 0.575 | 0.9 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 9.5 | 12.6 | |
| | 6 | 0.950 | 1.0 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 9.4 | 11.7 | |
| | 7 | 1.325 | 1.9 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 9.3 | 10.8 | |
| | 8 | 1.700 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 1.0 | 9.3 | 9.7 | |
| S3LRN | 초기치 | - | 1.1 | 1.8 | 4.1 | 1.1 | 9.5 | 43.2 | 토양의 교환성양이온, CEC 및 ESP : 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 1 | 0.05 | 1.1 | 1.7 | 2.8 | 1.0 | 9.5 | 29.5 | |
| | 2 | 0.10 | 1.2 | 1.7 | 2.2 | 1.1 | 9.5 | 23.2 | |
| | 3 | 0.15 | 1.1 | 1.6 | 1.7 | 1.1 | 9.4 | 18.1 | |
| | 4 | 0.20 | 1.0 | 1.6 | 1.4 | 1.0 | 9.4 | 14.9 | |
| | 5 | 0.575 | 1.1 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 9.5 | 12.6 | |
| | 6 | 0.950 | 0.9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 9.5 | 10.5 | |
| | 7 | 1.325 | 1.0 | 1.4 | 0.9 | 1.0 | 9.4 | 9.6 | |
| | 8 | 1.700 | 1.0 | 1.3 | 0.8 | 0.9 | 9.5 | 8.4 | |

[표 3-23] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)

[석고무처리 침출·수세법 (암거설치)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 | |
|--------------|------|----------------------------|--------------|--------|---------------|------|--|--|
| S1LRC | 1 | 24.6 | 122.7 | 0.05 | 0.023 | 1.00 | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 | |
| | 2 | 24.5 | 159.9 | 0.10 | 0.018 | 0.78 | | |
| | 3 | 23.9 | 198.4 | 0.15 | 0.014 | 0.61 | | |
| | 4 | 24.8 | 255.0 | 0.20 | 0.011 | 0.48 | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | |
| S2LRC | 1 | 25.6 | 85.3 | 0.05 | 0.035 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 | |
| | 2 | 24.0 | 98.5 | 0.10 | 0.028 | 0.80 | | |
| | 3 | 24.7 | 126.4 | 0.15 | 0.023 | 0.66 | | |
| | 4 | 26.1 | 159.1 | 0.20 | 0.019 | 0.54 | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | |
| S3LRC | 1 | 25.2 | 14.1 | 0.05 | 0.208 | 1.00 | 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 | |
| | 2 | 25.1 | 16.5 | 0.10 | 0.177 | 0.85 | | |
| | 3 | 25.4 | 20.5 | 0.15 | 0.144 | 0.69 | | |
| | 4 | 25.3 | 24.9 | 0.20 | 0.118 | 0.57 | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | |

[표 3-24] 제염진행중 토양의 수리전도도(HC) 및 상대수리전도도(HCr)

[석고무처리 침출·수세법 (무압거)]

| 토양분류 Code | 제염횟수 | 침출수량 (ℓ) | 경과시간 (hr) | Dwl/Ds | HC (cm/hr) | HCr | 비 고 |
|--------------|------|--|--------------|--------|---------------|------|--|
| S1LRN | 1 | ※ S1LRN 토양은 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 시험자료를 얻지 못하였음 | | | | | Dwl/Ds : 제염토양깊이당 침출수심의 비율 공급수심 : 15cm 제염토심 : 70cm HCr : 초기수리전도도에 대한 제염진행중 수리전도도의 비율 ※ S4 및 S5는 투수 불량토양으로 침 출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였음 |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| | 7 | | | | | | |
| | 8 | | | | | | |
| S2LRN | 1 | 24.1 | 98.9 | 0.05 | 0.028 | 1.00 | |
| | 2 | 24.9 | 154.7 | 0.10 | 0.019 | 0.68 | |
| | 3 | 24.6 | 188.1 | 0.15 | 0.015 | 0.54 | |
| | 4 | 25.7 | 271.5 | 0.20 | 0.011 | 0.39 | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| | 7 | | | | | | |
| | 8 | | | | | | |
| S3LRN | 1 | 24.6 | 20.3 | 0.05 | 0.141 | 1.00 | |
| | 2 | 25.4 | 29.8 | 0.10 | 0.099 | 0.70 | |
| | 3 | 24.9 | 38.6 | 0.15 | 0.075 | 0.53 | |
| | 4 | 25.3 | 48.9 | 0.20 | 0.060 | 0.43 | |
| | 5 | 수세법에 의한 제염시험으로 수리전도도 측정 불가 | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| | 7 | | | | | | |
| | 8 | | | | | | |

[부록 IV] 제염예측기법(PTDRT) Program Source

```

'=====
'|              초기화면              |
'=====
Option Explicit
Dim n As Integer

Private Sub Form_Load()
n = 0
' 프로그램의 버전설정
lblVersion.Caption = "버전 " & App.Major & "." &
App.Minor & "." & App.Revision
End Sub

Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
Unload Me
frmMain.Show
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Unload Me
End Sub

Private Sub Frame1_Click()
Unload Me
frmMain.Show
End Sub

Private Sub imgLogo_Click()
Unload Me
frmMain.Show
End Sub

' PTDRT 설명 이동
Private Sub Timer1_Timer()
If Label1.Left <= -Label1.Width Then
Label1.Left = Picture1.Width
End If
Label1.Left = Label1.Left - 100
End Sub

'=====
'|              메뉴관리              |
'=====

Option Explicit

Dim X

Private Sub MDIForm_Load()
frmMain.Arrange vbCascade
OpenWindow = 0
mnuOpenDeLysimeter.Checked = False
mnuFileOpenSoil.Checked = False
' 처음 폼을 실행 할 때는 file메뉴만 나타남
mnuData.Visible = False
mnuData.Enabled = False

mnuSolve.Visible = False
mnuSolve.Enabled = False
mnuEdit.Visible = False
End Sub

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)
Unload Me
End Sub

Private Sub mnuAnalysisGraph_Click()
frmGraph.Show
End Sub

'추가버튼 클릭
Private Sub mnuDataAdd_Click()
If (frmMain.ActiveForm.Caption = "토양특성 입력창")
Then
frmProperty.SoilPropertyAddRecord
ElseIf (frmMain.ActiveForm.Caption = "제염예측") _
Then
frmLysimeterCalculation.LysimeterAddRecord
End If
End Sub

'취소버튼 클릭
Private Sub mnuDataCandle_Click()
If (frmMain.ActiveForm.Caption = "토양특성 입력창")
Then
frmProperty.SoilPropertyCandleRecord
ElseIf (frmMain.ActiveForm.Caption = "제염예측") _
Then
frmLysimeterCalculation.LysimeterCandleRecord
End If
End Sub

'삭제버튼 클릭
Private Sub mnuDataDelete_Click()
If (frmMain.ActiveForm.Caption = "토양특성 입력창") _
Then
frmProperty.SoilPropertyDeleteRecord
ElseIf (frmMain.ActiveForm.Caption = "제염예측") _
Then
frmLysimeterCalculation.LysimeterDeleteRecord
End If
End Sub

'자료수정메뉴 클릭
Private Sub mnuDataEdit_Click()
If (frmMain.ActiveForm.Caption = "토양특성 입력창") _
Then
frmProperty.SoilPropertyModifyRecord
End If
End Sub

```

```

Private Sub mnuEditGraphData_Click()
frmGraph.GraphData
End Sub

Private Sub mnuEditGraphOption_Click()
frmGraph.GraphOption
End Sub

'종료버튼 클릭
Private Sub mnuFileExit_Click()
Unload Me
End
End Sub

' 토양특성 입력폼 열기
Private Sub mnuFileOpenSoil_Click()
If (mnuFileOpenSoil.Checked = False) Then _
mnuFileOpenSoil.Checked = True
Load frmMain
frmProperty.Show
Me.mnuData.Visible = True
Me.mnuDataDelete.Visible = True
Me.mnuDataEdit.Visible = True
Me.mnuDataEdit.Enabled = True
Me.mnuDataAdd.Visible = True
Me.mnuDataSeperate.Visible = True
Me.mnuDataCancle.Visible = True
OpenWindow = OpenWindow + 1
If (OpenWindow = 1) Then
mnuData.Visible = True
End If
End If
End Sub

'제염예측결과 보고서 출력
Private Sub mnuFilePrintLysimeter_Click()
LysimeterReport.Show
End Sub

'토양입력 보고서 출력
Private Sub mnuFilePrintSoilproperty_Click()
PropertyReport.Show
End Sub

'도움말 메뉴 클릭
Private Sub mnuHelpHelp_Click()
CommonDialog1.HelpFile = "PTDRT.hlp"
CommonDialog1.HelpCommand = cdlHelpContents
CommonDialog1.ShowHelp
End Sub

Private Sub mnuHelpPTDRT_Click()
frmAbout.Show
End Sub

' 제염예측 폼 열기
Private Sub mnuOpenDeLysimeter_Click()
frmLysimeterCalculation.Show
Me.mnuData.Visible = True
Me.mnuDataDelete.Visible = True
Me.mnuDataEdit.Visible = True

```

```

Me.mnuDataAdd.Visible = True
Me.mnuDataSeperate.Visible = True
Me.mnuDataCancle.Visible = True
Me.mnuSolve.Visible = True
End Sub

Private Sub mnuPopupPrint_Click()
frmGraph.GraphPrinter
End Sub

Private Sub mnuPopupGraphPrint_Click()
frmGraph.GraphPrinter
End Sub

Private Sub mnuPopupGraphSave_Click()
frmGraph.GraphSave
End Sub

'실행버튼 클릭
Private Sub mnuSolveSolve_Click()
If (frmMain.ActiveForm.Caption = "제염예측") then
frmLysimeterCalculation.LysimeterCalculation
End If
End Sub

Private Sub mnuTextPopupPrint_Click()
frmGraphWord.GraphWordPrint
End Sub

Private Sub mnuTextPopupSave_Click()
frmGraphWord.GraphWordSave
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
StatusBar.Panels(2) = Format(Date, "Long Date")
StatusBar.Panels(3) = Format(Time, "Long Time")
End Sub

'진행바 설정
Public Sub Progress()
Dim Counter As Integer
Dim Workarea(2000) As String
ProgressBar1.Visible = True
ProgressBar1.Min = LBound(Workarea)
ProgressBar1.Max = UBound(Workarea)
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Min
'배열을 통한 루프
For Counter = LBound(Workarea) To UBound(Workarea)
Workarea(Counter) = "초기값" & Counter
'배열의 각 항목 초기값 설정
ProgressBar1.Value = Counter
Next Counter
ProgressBar1.Visible = False
ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Min
ProgressBar1.Visible = False
End Sub

'=====
'| 토양자료 입력 |
'=====

```

Option Explicit

Dim res

'폼의 크기 및 위치 설정

Private Sub Form_Load()

txtSoilCode.Text = Str(SoilProperty.Recordset.Bookmark) _

+ "/" + Str(SoilProperty.Recordset.RecordCount)

Me.Height = 9975

Me.Width = 10800

Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2

Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 30

frmMain.mnuData.Visible = True

frmMain.mnuData.Enabled = True

txtArea.Visible = True

' 자료가 없을 경우에는 recordset의 맨 처음으로

If SoilProperty.Recordset.EOF = False Then

SoilProperty.Recordset.MoveFirst

End If

' Combo박스에 단위 추가

CboUnit.AddItem "km"

CboUnit.AddItem "m"

CboUnit.AddItem "ha"

CboUnit.AddItem "a"

CboUnit.AddItem "평"

CboUnit.AddItem "정보"

Graph

End Sub

'토양설명창이 나타남

Private Sub cmdChemical_Click()

frmDialog.Show

End Sub

'Code 검색

Private Sub cmdCodeSearch_Click()

frmSoilCode.Show

End Sub

'단위 설정

Private Sub cmdunit_Click()

Dim area, Unit

area = Val(txtArea.Text)

lblunit.Visible = True

txtArea.Visible = True

If CboUnit.Text = "km" Then

Unit = 1000000

Elseif CboUnit.Text = "ha" Then

Unit = 10000

Elseif CboUnit.Text = "a" Then

Unit = 100

Elseif CboUnit.Text = "평" Then

Unit = 3.3058

Elseif CboUnit.Text = "정보" Then

Unit = 9917.4

Else: Unit = 1

CboUnit.Text = "m"

End If

txtArea.Text = Val(txtAreaData.Text) * Unit

End Sub

'ESP 계산

Private Sub cmdESP_Click()

Dim ESPi As Single

ESPi = Val(txtNa.Text) / Val(txtCEC.Text) * 100

txtESPi = Format(ESPi, "0.00")

cmdChemical.Enabled = True

cmdChemical.Visible = True

End Sub

Public Sub Command1_Click()

PresentPrint

Me.PrintForm

End Sub

'처음자료로 이동

Private Sub cmdFirst_Click()

SoilProperty.Recordset.MoveFirst

txtSoilCode.Text = Str(SoilProperty.Recordset.Bookmark) _

+ "/" + Str(SoilProperty.Recordset.RecordCount)

Graph

End Sub

'마지막자료로 이동

Private Sub cmdLast_Click()

SoilProperty.Recordset.MoveLast

txtSoilCode.Text = Str(SoilProperty.Recordset.Bookmark) _

+ "/" + Str(SoilProperty.Recordset.RecordCount)

Graph

End Sub

'다음자료로 이동

Private Sub cmdNext_Click()

SoilProperty.Recordset.MoveNext

If txtSoilCodeID.Text = "" Then

res = MsgBox("이후의 자료가 존재하지 않습니다.", _

vbOKOnly)

SoilProperty.Recordset.MoveLast

End If

txtSoilCode.Text = Str(SoilProperty.Recordset.Bookmark) _

+ "/" + Str(SoilProperty.Recordset.RecordCount)

Graph

End Sub

Private Sub cmdPrevious_Click()

SoilProperty.Recordset.MovePrevious

If txtSoilCodeID.Text = "" Then

res = MsgBox("이전의 자료가 존재하지 않습니다.", _

vbOKOnly)

SoilProperty.Recordset.MoveFirst

End If

txtSoilCode.Text = Str(SoilProperty.Recordset.Bookmark) _

+ "/" + Str(SoilProperty.Recordset.RecordCount)

Graph

End Sub

Private Sub Form_MouseDown(Button As Integer, Shift

As Integer, X As Single, Y As Single)

If Button = vbRightButton Then PopupMenu

frmMain.mnuData

End Sub

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
OpenWindow = OpenWindow - 1
If OpenWindow = 0 Then
frmMain.mnuData.Visible = False
End If
frmMain.mnuData.Visible = False
frmMain.mnuFileOpenSoil.Checked = False
frmMain.mnuSolve.Visible = False
Unload Me
End Sub

Private Sub Frame5_MouseDown(Button As Integer,
Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
If Button = vbRightButton Then PopupMenu
frmMain.mnuData
End Sub

Private Sub Frame6_MouseDown(Button As Integer,
Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
If Button = vbRightButton Then PopupMenu
frmMain.mnuData
End Sub

' 토양분포 그래프
Private Sub MSChart1_Db1Click()
Graph
End Sub

' 자료 삭제 버튼 클릭
Public Sub SoilPropertyDeleteRecord()
If (SoilProperty.Recordset.AbsolutePosition > 0) Then
res = MsgBox("현재 레코드를 삭제합니다.", vbOKCancel _
+ vbExclamation, "레코드삭제")
If (res = vbOK) Then
SoilProperty.Recordset.Delete
SoilProperty.Recordset.MoveFirst
End If
End If
End Sub

' 취소버튼 클릭
Public Sub SoilPropertyCancleRecord()
Unload frmProperty
If frmMain.mnuDataAdd.Caption = "추가완료" Then
frmMain.mnuDataAdd.Caption = "자료추가"
ElseIf frmMain.mnuDataEdit.Caption = "수정완료" Then
frmMain.mnuDataEdit.Caption = "자료수정"
End If
frmMain.mnuFile.Enabled = True
frmMain.mnuDataAdd = True
frmMain.mnuDataEdit = True
frmMain.mnuDataDelete = True
frmMain.mnuFilePrint = True
End Sub

' 자료수정 버튼 클릭
Public Sub SoilPropertyModifyRecord()
frmMain.mnuDataAdd.Enabled = False
frmMain.mnuDataSeperate.Visible = True
frmMain.mnuDataCancle.Visible = True
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = False
If (frmMain.mnuOpenDeLysimeter.Checked = True) Then
frmLysimeterCalculation.Enabled = False
'Activeinput sub로 연결
Activeinput
If (frmMain.mnuDataEdit.Caption = "자료수정") Then
frmMain.mnuDataEdit.Caption = "수정완료"
txtAreaData.Text = ""
cmdCodeSearch.Visible = True
Else
frmMain.mnuDataSeperate.Visible = True
frmMain.mnuDataCancle.Visible = True
If (Trim(txtSoilCodeID.Text) = "") Then
res = MsgBox("코드번호를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtSoilCodeID.SetFocus
ElseIf (Trim(txtSand.Text) = "") Then
res = MsgBox("토양성분중 Sand(%)를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtSand.SetFocus
ElseIf (Trim(txtSilt.Text) = "") Then
res = MsgBox("토양성분중 Silt(%)를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtSilt.SetFocus
ElseIf (Trim(txtClay.Text) = "") Then
res = MsgBox("토양성분중 Clay(%)를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtClay.SetFocus
ElseIf (Trim(txtDensity.Text) = "") Then
res = MsgBox("용적밀도를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtDensity.SetFocus
ElseIf (Trim(txtPDensity.Text) = "") Then
res = MsgBox("입자밀도를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtDensity.SetFocus
ElseIf (Trim(txtPorosity.Text) = "") Then
res = MsgBox("공극율을 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtPorosity.SetFocus
ElseIf (Trim(txtSP.Text) = "") Then
res = MsgBox("SP를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtSP.SetFocus
ElseIf (Trim(txtCa.Text) = "") Then
res = MsgBox("Ca를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtCa.SetFocus
ElseIf (Trim(txtMg.Text) = "") Then
res = MsgBox("Mg를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtMg.SetFocus
ElseIf (Trim(txtNa.Text) = "") Then
res = MsgBox("Na를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtNa.SetFocus
ElseIf (Trim(txtK.Text) = "") Then
res = MsgBox("K를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtK.SetFocus
ElseIf (Trim(txtCEC.Text) = "") Then
res = MsgBox("CEC를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtCEC.SetFocus
ElseIf (Trim(txtECi.Text) = "") Then
res = MsgBox("초기 전기전도도를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtECi.SetFocus
ElseIf (Trim(txtpH.Text) = "") Then
res = MsgBox("pH를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtpH.SetFocus
ElseIf (Trim(txtArea.Text) = "") Then

```

```

res = MsgBox("제염면적을 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtArea.SetFocus
ElseIf (Trim(txtECf.Text) = "") Then
res = MsgBox("제염목표 전기전도도를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtECf.SetFocus
ElseIf (Trim(txtESPf.Text) = "") Then
res=MsgBox("제염목표 교환성나트륨백분율을 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtESPf.SetFocus
ElseIf (Trim(txtDepth.Text) = "") Then
res = MsgBox("제염깊이를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtDepth.SetFocus
ElseIf (Trim(txtHC.Text) = "") Then
res = MsgBox("수리전도도를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtHc.SetFocus
Else
SetDataField
res = MsgBox("변경내용을 저장하시겠습니까?", _
vbOKCancel, "수정완료")
' 자료 저장
If (res = vbOK) Then
SoilProperty.Recordset.Update
Else
SoilProperty.Recordset.CancelUpdate
End If
' 저장이나 취소를 누르고 난후 폼 형태를 원상태로 복원시킴
frmMain.mnuFile.Enabled = True
frmMain.mnuDataDelete = True
frmMain.mnuDataCancel = True
frmMain.mnuDataSeparate = True
frmMain.mnuDataAdd.Enabled = True
frmMain.mnuDataEdit.Caption = "자료수정"
SoilProperty.Recordset.MoveLast
' DeActiveinput sub로 연결
DeActiveinput
End If
End If
End Sub

' 토양분류
Private Sub cmdClass_Click()
Dim k As Integer
Dim Y As Integer
Dim d As Integer
Dim t As Integer
Dim area, Unit
Dim Equation As Integer
Y = Val(txtClay.Text)
d = Val(txtSand.Text)
t = Val(txtSilt.Text)
' USDA의 삼각좌표분류법에 의한 토성분류
' =====
If (Y >= 0# And Y <= 10#) And _
(d >= 85# And d <= 100#) _
And (t >= 0# And t <= 15#) Then
txtGSC.Text = "사토(sand)"
ElseIf ((Y >= 0# And Y <= 15#) And _
(d >= 70# And d <= 90#) _
And (t >= 0# And t <= 30#)) Then
txtGSC.Text = "양질사토(loamy sand)"

```

```

ElseIf ((Y >= 0# And Y <= 20#) And _
(d >= 43# And d <= 85#) _
And (t >= 0# And t <= 50#)) Then
txtGSC.Text = "사양토(sandy loam)"
ElseIf ((Y >= 20# And Y <= 35#) And _
(d >= 45# And d <= 80#) _
And (t >= 0# And t <= 28#)) Then
txtGSC.Text = "사질식양토(sandy clay loam)"
ElseIf ((Y >= 27# And Y <= 40#) And _
(d >= 0# And d <= 20#) _
And (t >= 40# And t <= 73#)) Then
txtGSC.Text = "미사질식양토(silty clay loam)"
ElseIf ((Y >= 35# And Y <= 55#) And _
(d >= 45# And d <= 65#) _
And (t >= 0# And t <= 20#)) Then
txtGSC.Text = "사질식토(sandy clay)"
ElseIf ((Y >= 40# And Y <= 100#) And _
(d >= 0# And d <= 45#) _
And (t >= 0# And t <= 40#)) Then
txtGSC.Text = "식토(clay)"
ElseIf ((Y >= 40# And Y <= 60#) And _
(d >= 0# And d <= 20#) _
And (t >= 40# And t <= 60#)) Then
txtGSC.Text = "미사질식토(silty clay)"
ElseIf ((Y >= 27# And Y <= 40#) And _
(d >= 20# And d <= 45#) _
And (t >= 15# And t <= 53#)) Then
txtGSC.Text = "식양토(clay loam)"
ElseIf ((Y >= 7# And Y <= 27#) And _
(d >= 23# And d <= 52#) _
And (t >= 28# And t <= 50#)) Then
txtGSC.Text = "양토(loam)"
ElseIf ((Y >= 0# And Y <= 12#) And _
(d >= 0# And d <= 20#) _
And (t >= 80# And t <= 100#)) Then
txtGSC.Text = "미사토(silt)"
ElseIf ((Y >= 0# And Y <= 27#) And _
(d >= 0# And d <= 50#) _
And (t >= 50# And t <= 88#)) Then
txtGSC.Text = "미사질양토(silt loam)"
Else: txtGSC.Text = "판정불가"
End If
' 간척지의 토양분류법에 의한 토성분류
If (Y >= 0# And Y <= 10#) And _
(t >= 75# And t <= 100#) _
And (d >= 0# And d <= 15#) Then
txtRSC.Text = "S1"
ElseIf (Y >= 0# And Y <= 10#) And _
(t >= 50# And t <= 85#) _
And (d >= 15# And d <= 40#) Then
txtRSC.Text = "S2"
ElseIf (Y >= 0# And Y <= 10#) And _
(t >= 40# And t <= 60#) _
And (d >= 40# And d <= 60#) Then
txtRSC.Text = "S3"
ElseIf (Y >= 10# And Y <= 30#) And _
(t >= 65# And t <= 90#) _
And (d >= 0# And d <= 15#) Then
txtRSC.Text = "S4"
ElseIf (Y >= 10# And Y <= 20#) And _
(t >= 40# And t <= 75#) _

```

```

And (d >= 15# And d <= 50#) Then
txtRSC.Text = "S5"
Else: txtRSC.Text = "판정불가"
End If
Graph
End Sub

Public Sub SoilPropertyAddRecord()
frmMain.mnuDataEdit.Enabled = False
frmMain.mnuDataSeperate.Visible = True
frmMain.mnuDataCancle.Visible = True
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = False
If (frmMain.mnuOpenDeLysimeter.Checked = True) Then
frmLysimeterCalculation.Enabled = False
Activeinput
If (frmMain.mnuDataAdd.Caption = "자료추가") Then
frmMain.mnuDataAdd.Caption = "추가완료"
txtAreaData.Text = ""
txtArea.Visible = False
cmdCodeSearch.Visible = True
SoilProperty.Recordset.AddNew
Else
frmMain.mnuDataSeperate.Visible = True
frmMain.mnuDataCancle.Visible = True
If (Trim(txtSoilCodeID.Text) = "") Then
res = MsgBox("코드번호를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtSoilCodeID.SetFocus
ElseIf (Trim(txtSand.Text) = "") Then
res = MsgBox("토양성분중 Sand(%)를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtSand.SetFocus
ElseIf (Trim(txtSilt.Text) = "") Then
res = MsgBox("토양성분중 Silt(%)를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtSilt.SetFocus
ElseIf (Trim(txtClay.Text) = "") Then
res = MsgBox("토양성분중 Silt(%)를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtClay.SetFocus
ElseIf (Trim(txtDensity.Text) = "") Then
res = MsgBox("용적밀도를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtDensity.SetFocus
ElseIf (Trim(txtPDensity.Text) = "") Then
res = MsgBox("입자밀도를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtDensity.SetFocus
ElseIf (Trim(txtPorosity.Text) = "") Then
res = MsgBox("공극율을 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtPorosity.SetFocus
ElseIf (Trim(txtSP.Text) = "") Then
res = MsgBox("SP를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtSP.SetFocus
ElseIf (Trim(txtCa.Text) = "") Then
res = MsgBox("Ca를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtCa.SetFocus
ElseIf (Trim(txtMg.Text) = "") Then
res = MsgBox("Mg를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtMg.SetFocus
ElseIf (Trim(txtNa.Text) = "") Then
res = MsgBox("Na를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtNa.SetFocus
ElseIf (Trim(txtK.Text) = "") Then

```

```

res = MsgBox("K를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtK.SetFocus
ElseIf (Trim(txtCEC.Text) = "") Then
res = MsgBox("CEC를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtCEC.SetFocus
ElseIf (Trim(txtECi.Text) = "") Then
res = MsgBox("초기 전기전도도를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtECi.SetFocus
ElseIf (Trim(txtpH.Text) = "") Then
res = MsgBox("pH를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtpH.SetFocus
ElseIf (Trim(txtArea.Text) = "") Then
res = MsgBox("제염면적을 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtArea.SetFocus
ElseIf (Trim(txtECf.Text) = "") Then
res = MsgBox("제염목표 전기전도도를 입력하십시오.", _
vbOKOnly)
txtECf.SetFocus
ElseIf (Trim(txtESPf.Text) = "") Then
res = MsgBox("제염목표 교환성나트륨백분율을 입력하십
시오.", vbOKOnly)
txtESPf.SetFocus
ElseIf (Trim(txtDepth.Text) = "") Then
res = MsgBox("제염깊이를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtDepth.SetFocus
ElseIf (Trim(txtHC.Text) = "") Then
res = MsgBox("수리전도도를 입력하십시오.", vbOKOnly)
txtHc.SetFocus
Else
SetDataField
res=MsgBox("저장하시겠습니까?", vbOKCancel, "추가완료")
If (res = vbOK) Then
On Error Resume Next
SoilProperty.Recordset.Update
Else
SoilProperty.Recordset.CancelUpdate
End If
frmMain.mnuDataSeperate = True
frmMain.mnuDataCancle = True
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = True
frmMain.mnuFile.Enabled = True
frmMain.mnuDataEdit.Enabled = True
frmMain.mnuDataAdd.Caption = "자료추가"
SoilProperty.Recordset.MoveLast
DeActiveinput
End If
End If
End Sub

```

' 화면출력시 색 변형

```

Private Sub PresentPrint()
Me.BackColor = &HFFFFFF
cmdClass.BackColor = &HFFFFFF
Frame1.BackColor = &HFFFFFF
Frame2.BackColor = &HFFFFFF
Frame3.BackColor = &HFFFFFF
Frame4.BackColor = &HFFFFFF
Frame5.BackColor = &HFFFFFF
Frame6.BackColor = &HFFFFFF
PicClass.BackColor = &HFFFFFF

```

```

Picture16.BackColor = &HFFFFFF
Picture17.BackColor = &HFFFFFF
Picture13.BackColor = &HFFFFFF
Picture12.BackColor = &HFFFFFF
cmdChemical.Visible = False
Command1.Visible = False
cmdESP.Visible = False
cmdFirst.Visible = False
cmdNext.Visible = False
cmdLast.Visible = False
cmdPrevious.Visible = False
SoilProperty.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub Activeinput()
txtSoilCodeID.Enabled = False
txtSand.Enabled = True
txtSilt.Enabled = True
txtClay.Enabled = True
txtDensity.Enabled = True
txtPDensity.Enabled = True
txtPorosity.Enabled = True
txtArea.Visible = False
lblArea1.Visible = True
cmdClass.Enabled = True
cmdClass.Visible = True
cmdUnit.Visible = True
txtSP.Enabled = True
txtCa.Enabled = True
txtMg.Enabled = True
txtNa.Enabled = True
txtK.Enabled = True
txtCEC.Enabled = True
txtECi.Enabled = True
txtECf.Enabled = True
txtpH.Enabled = True
txtESPi.Enabled = True
txtESPf.Enabled = True
cmdESP.Visible = True
cmdESP.Enabled = True
txtArea.Visible = False
txtAreaData.Enabled = True
txtAreaData.Visible = True
CboUnit.Enabled = True
CboUnit.Visible = True
txtDepth.Enabled = True
txtHc.Enabled = True
cmdUnit.Visible = True
lblunit.Visible = False
lblESPi.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub DeActiveinput()
txtSoilCodeID.Enabled = False
txtSand.Enabled = False
txtSilt.Enabled = False
txtClay.Enabled = False
txtDensity.Enabled = False
txtPDensity.Enabled = False
txtPorosity.Enabled = False
cmdClass.Enabled = False

```

```

cmdClass.Visible = False
cmdESP.Enabled = False
cmdESP.Visible = False
txtSP.Enabled = False
txtCa.Enabled = False
txtMg.Enabled = False
txtNa.Enabled = False
txtK.Enabled = False
txtCEC.Enabled = False
txtECi.Enabled = False
txtECf.Enabled = False
txtpH.Enabled = False
txtESPi.Enabled = False
txtESPf.Enabled = False
lblArea1.Visible = True
txtArea.Visible = True
txtAreaData.Enabled = False
txtAreaData.Visible = False
CboUnit.Enabled = False
CboUnit.Visible = False
txtDepth.Enabled = False
txtHC.Enabled = False
cmdUnit.Visible = False
lblunit.Visible = True
lblESPi.Visible = True
cmdCodeSearch.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub Timer1_Timer()
If Frame3.MousePointer Then
Frame3.Appearance = 2
End If
End Sub

```

```

Private Sub txtESPf_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
cmdClass_Click
End If
End Sub

```

```

Private Sub txtSand_GotFocus()
txtSoilCodeID.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub SetDataField()
'각 필드와 각각의 텍스트와의 연결을 재확인하는 코딩
'=====
SoilProperty.Recordset.Fields("SoilCode") = _
txtSoilCodeID.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Sand") = txtSand.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Silt") = txtSilt.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Clay") = txtClay.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("BulkDensity") = _
txtDensity.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("ParticleDensity") = _
txtPDensity.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Porosity") = _
txtPorosity.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("SP") = txtSP.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Ca") = txtCa.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Mg") = txtMg.Text

```

```

SoilProperty.Recordset.Fields("Na") = txtNa.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("K") = txtK.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("CEC") = txtCEC.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("ECi") = txtECi.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("ESPi") = txtESPi.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("Area") = txtArea.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("pH") = txtpH.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("DeDepth") = txtDepth.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("HC") = txtHC.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("GSoilClass") = _
txtGSC.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("RSoilClass") = txtRSC.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("ECf") = txtECf.Text
SoilProperty.Recordset.Fields("ESPf") = txtESPf.Text
End Sub

```

```

Private Sub Graph()
Dim values() As Single
ReDim values(0, 0 To 2)
values(0, 0) = Val(txtSand)
values(0, 1) = Val(txtSilt)
values(0, 2) = Val(txtClay)
MSChart1.ChartData = values
With MSChart1.Legend
.Location.Visible = True
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
End With
MSChart1.ColumnCount = 3
MSChart1.ColumnLabelCount = 3
MSChart1.Column = 1
MSChart1.ColumnLabel = "Sand"
MSChart1.Column = 2
MSChart1.ColumnLabel = "Silt"
MSChart1.Column = 3
MSChart1.ColumnLabel = "Clay"
MSChart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = "입도조성 " + _
"[토양코드:" + txtSoilCodeID.Text + "]"
End Sub

```

```

'=====
'| 토양코드 검색 |
'=====

```

Option Explicit

Dim res

```

' 코드 검색 Code
Private Sub cmdCancel_Click()
Unload Me
End Sub

```

```

' 마지막 확인작업을 통해 사용가능 여부 판단함
Private Sub cmdOK_Click()
SoilProperty.RecordSource = "select * from 토양특성 _
where [SoilCode]='" & txtSoilSearch.Text & "'"
SoilProperty.Refresh
If txtSoilSearch = txtSoil.Text Then
res = MsgBox("이미 사용중인 코드번호입니다. 다른 코드번호를 _
이용해주세요", vbOKOnly + vbExclamation, "토양 _
코드 검색")
If (res = vbOK) Then

```

```

txtSoilSearch = ""
End If
Else:
res = MsgBox("사용가능한 코드번호입니다.", vbOKOnly + vbExclamation, "토양코드 검색")
If (res = vbOK) Then
frmProperty.txtSoilCodeID.Enabled = True
txtSoilSearch.Visible = False
frmProperty.txtSoilCodeID = frmSoilCode.txtSoilSearch
Unload Me
End If
End If
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Unload Me
End Sub

```

```

Private Sub txtSoilSearch_KeyPress(KeyAscii As Integer)
'엔터키 누름
If KeyAscii = 13 Then
If txtSoilSearch = txtSoil.Text Then
res = MsgBox("이미 사용중인 코드번호입니다. 다른 _
코드번호를 이용해주세요", vbOKOnly + vbExclamation "토양코드 검색")
If (res = vbOK) Then
txtSoilSearch = ""
End If
Else:
res = MsgBox("사용가능한 코드번호입니다.", vbOKOnly + vbExclamation, "토양코드 검색")
If (res = vbOK) Then
frmProperty.txtSoilCodeID.Enabled = True
txtSoilSearch.Visible = False
frmProperty.txtSoilCodeID = frmSoilCode.txtSoilSearch
Unload Me
End If
End If
End If
End Sub

```

```

'=====
'| 토양설명 |
'=====

```

Option Explicit

```

' Label의 색을 변환하여 제염가능 표시, 체크버튼 이용
Private Sub Form_Load()
If frmProperty.txtRSC = "S1" Then
ol(0).Value = 1
ol(1).Value = 1
ol(2).Value = 1
ol(3).Value = 1
ol(4).Value = 1
ol(0).BackColor = &HC0E0FF
ol(1).BackColor = &HC0C0FF
ol(2).BackColor = &HC0E0FF
ol(3).BackColor = &HC0E0FF
ol(4).BackColor = &HC0FFC0
lblS1(0).BackColor = &HC0E0FF

```



```

If Button = vbRightButton Then
PopupMenu frmMain.mnuData
End Sub

Private Sub txtSoilCode_Change()
Property.RecordSource = "select * from 토양특성 where _
[SoilCode]='" & txtSoilCode.Text & "'"
Lysimeter.RecordSource = "select * from 제염예측 where _
[SoilCode]='" & txtSoilCode.Text & "'" & "order by _
SoilCode"
Lysimeter.Refresh
lblSoilCodeID.Caption = txtSoilCode.Text
End Sub

' 최소값을 구함
Private Sub ECrManage()
Dim i As Single
Dim j As Single
Dim low As Single
Dim G
Dim Manage As String
Dim Gypsum As String
Dim Culvert As String
low = Val(txtDRequirement(i))
Manage = lblManage(i).Caption
Gypsum = lblGypsum(i).Caption
Culvert = lblCulvert(i).Caption
j = Val(txtDPeriod(i).Text)
G = txtGypsum(i).Text
If txtSoilClass = "S1" Or txtSoilClass = "S2" Or _
txtSoilClass = "S3" Then
For i = 0 To 4
If Val(txtDRequirement(i).Text) < low Then
low = Val(txtDRequirement(i).Text)
j = Val(txtDPeriod(i).Text)
G = txtGypsum(i).Text
Manage = lblManage(i).Caption
Gypsum = lblGypsum(i).Caption
Culvert = lblCulvert(i).Caption
End If
Next i
txtECrDRM = low
txtECrDPM = j
txtECrDGM = G
lblECrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S4" Then
low = Val(txtDRequirement(0).Text)
j = Val(txtDPeriod(0).Text)
G = txtGypsum(0).Text
Manage = lblManage(0).Caption
Gypsum = lblGypsum(0).Caption
Culvert = lblCulvert(0).Caption
txtECrDRM = low
txtECrDPM = j
txtECrDGM = G
lblECrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S5" Then
low = Val(txtDRequirement(0).Text)
j = Val(txtDPeriod(0).Text)
G = txtGypsum(0).Text
Manage = lblManage(0).Caption
Gypsum = lblGypsum(0).Caption
Culvert = lblCulvert(0).Caption
txtECrDRM = low
txtECrDPM = j
txtECrDGM = G
lblECrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
End If
End Sub

Private Sub PeriodECrManage()
Dim i As Single
Dim j As String
Dim low As Single
Dim G As String
Dim Manage As String
Dim Gypsum As String
Dim Culvert As String

If txtSoilClass = "S1" Or txtSoilClass = _
"S2" Or txtSoilClass = "S3" Then
low = Val(txtDPeriod(1))
Manage = lblManage(1).Caption
Gypsum = lblGypsum(1).Caption
Culvert = lblCulvert(1).Caption
j = txtDRequirement(1).Text
G = txtGypsum(1).Text
For i = 1 To 4
If Val(txtDPeriod(i).Text) < low Then
low = Val(txtDPeriod(i).Text)
j = txtDRequirement(i).Text
G = txtGypsum(i).Text
Manage = lblManage(i).Caption
Gypsum = lblGypsum(i).Caption
Culvert = lblCulvert(i).Caption
End If
Next i
txtPECrDPM = low
txtPECrDRM = j
txtPECrDGM = G
lblPECrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S4" Then
txtPECrDPM = (txtDPeriod(0).Text)
txtPECrDRM = (txtDRequirement(0).Text)
txtPECrDGM = txtGypsum(0).Text
Manage = lblManage(0).Caption
Gypsum = lblGypsum(0).Caption
Culvert = lblCulvert(0).Caption
lblPECrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S5" Then
txtPECrDPM = (txtDPeriod(0).Text)
txtPECrDRM = (txtDRequirement(0).Text)
txtPECrDGM = txtGypsum(0).Text
Manage = lblManage(0).Caption
Gypsum = lblGypsum(0).Caption
Culvert = lblCulvert(0).Caption
lblPECrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
End If
End Sub

Private Sub ESPrManage()
Dim i As Single

```

```

Dim j As Single
Dim low As Single
Dim G
Dim Manage As String
Dim Gypsum As String
Dim Culvert As String

If txtSoilClass = "S1" Or txtSoilClass = _
"S2" Or txtSoilClass = "S3" Then
low = Val(txtDRequirement(i))
Manage = lblManage(i).Caption
Gypsum = lblGypsum(i).Caption
j = Val(txtDPeriod(i).Text)
G = txtGypsum(i).Text
Culvert = lblCulvert(i).Caption
For i = 5 To 9
If Val(txtDRequirement(i).Text) < low Then
low = Val(txtDRequirement(i).Text)
j = Val(txtDPeriod(i).Text)
G = txtGypsum(i).Text
Manage = lblManage(i).Caption
Gypsum = lblGypsum(i).Caption
Culvert = lblCulvert(i).Caption
End If
Next i
txtESPrDRM = low
txtESPrDPM = j
txtESPrDGM = G
lblESPrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S4" Then
txtESPrDPM = (txtDPeriod(5).Text)
txtESPrDRM = (txtDRequirement(5).Text)
txtESPrDGM = txtGypsum(5).Text
Manage = lblManage(5).Caption
Gypsum = lblGypsum(5).Caption
Culvert = lblCulvert(5).Caption
lblESPrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S5" Then
low = Val(txtDRequirement(5).Text)
j = Val(txtDPeriod(5).Text)
G = txtGypsum(5).Text
Manage = lblManage(5).Caption
Gypsum = lblGypsum(5).Caption
Culvert = lblCulvert(5).Caption
txtESPrDRM = low
txtESPrDPM = j
txtESPrDGM = G
lblESPrManagement.Caption = Gypsum & Culvert & Manage
End If
End Sub

```

```

Private Sub PeriodESPrManage()
Dim i As Single
Dim j As String
Dim low As Single
Dim G As String
Dim Manage As String
Dim Gypsum As String
Dim Culvert As String
If txtSoilClass = "S1" Or txtSoilClass = _
"S2" Or txtSoilClass = "S3" Then

```

```

low = Val(txtDPeriod(6))
Manage = lblManage(6).Caption
Gypsum = lblGypsum(6).Caption
Culvert = lblCulvert(6).Caption
j = txtDRequirement(6).Text
G = txtGypsum(6).Text
For i = 6 To 9
If Val(txtDPeriod(i).Text) < low Then
low = Val(txtDPeriod(i).Text)
j = txtDRequirement(i).Text
G = txtGypsum(i).Text
Manage = lblManage(i).Caption
Gypsum = lblGypsum(i).Caption
Culvert = lblCulvert(i).Caption
End If
Next i
txtPESPrDPM = low
txtPESPrDRM = j
txtPESPrDGM = G
lblPESPrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S4" Then
txtPESPrDPM = (txtDPeriod(5).Text)
txtPESPrDRM = (txtDRequirement(5).Text)
txtPESPrDGM = txtGypsum(5).Text
Manage = lblManage(5).Caption
Gypsum = lblGypsum(5).Caption
Culvert = lblCulvert(5).Caption
lblPESPrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
ElseIf txtSoilClass = "S5" Then
txtPESPrDPM = (txtDPeriod(5).Text)
txtPESPrDRM = (txtDRequirement(5).Text)
txtPESPrDGM = txtGypsum(5).Text
Manage = lblManage(5).Caption
Gypsum = lblGypsum(5).Caption
Culvert = lblCulvert(5).Caption
lblPESPrManagement = Gypsum & Culvert & Manage
End If
End Sub

```

```

Private Sub cmdFirst_Click()
Property.Recordset.MoveFirst
End Sub

```

```

Private Sub cmdLast_Click()
Property.Recordset.MoveLast
End Sub

```

```

'용탈용수량 산정
Public Sub LysimeterCalculationDR()
lblSoilCodeID.Caption = txtSoilCode
ECi = CSng(txtECi.Text)
ECr = CSng(txtECf.Text) / CSng(txtECi.Text)
Depth = CSng(txtDepth.Text)
ESPi = CSng(txtESPi.Text)
ESPr = CSng(txtESPrf.Text) / CSng(txtESPi.Text)
If ChkUnitArea.Value = 1 Then
area = CSng(txtArea.Text) / CSng(txtArea.Text)
Calculation
ElseIf ChkUnitArea.Value = 0 Then
area = txtArea.Text
Calculation

```

```

ElseIf ChkUnitArea.Value = 2 Then
res = MsgBox("면적조건을 선택하여 주십시오.", _
vbOKCancel + vbExclamation, "단위면적")
If (res = vbOK) Then
ChkUnitArea.SetFocus
End If
End If
End Sub

'침출시간 산정
Public Sub LysimeterCalculationDP()
ReDim DR(0 To 9)
If txtDRequirement(1).Text = "" Then
res = MsgBox("용탈용수량을 먼저 실행 하십 _
시오.", vbOKOnly)
If (res = vbOK) Then
Exit Sub
End If
ElseIf Not txtDRequirement(1).Text = "" Then
If txtSoilClass = "S1" Or txtSoilClass = "S2" Or _
txtSoilClass = "S3" Then
If ChkUnitArea.Value = 1 Then
DR(1) = CSng(txtDRequirement(1)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(2) = CSng(txtDRequirement(2)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(3) = CSng(txtDRequirement(3)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(4) = CSng(txtDRequirement(4)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(6) = CSng(txtDRequirement(6)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(7) = CSng(txtDRequirement(7)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(8) = CSng(txtDRequirement(8)) / CSng(txtDepth.Text)
DR(9) = CSng(txtDRequirement(9)) / CSng(txtDepth.Text)
CalculationDP
ElseIf ChkUnitArea.Value = 0 Then
DR(1) = CSng(txtDRequirement(1)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(2) = CSng(txtDRequirement(2)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(3) = CSng(txtDRequirement(3)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(4) = CSng(txtDRequirement(4)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(5) = CSng(txtDRequirement(5)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(6) = CSng(txtDRequirement(6)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(7) = CSng(txtDRequirement(7)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(8) = CSng(txtDRequirement(8)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
DR(9) = CSng(txtDRequirement(9)) / (CSng(txtArea.Text) * _
CSng(txtDepth.Text))
CalculationDP
End If
End If
End If
CalculationDP
CalculationHC
End Sub

Private Sub cmdNext_Click()
Property.Recordset.MoveNext
If txtSoilCode.Text = "" Then

```

```

res = MsgBox("이후의 자료가 존재하지 않습니다.", _
vbOKOnly)
Property.Recordset.MoveLast
End If
End Sub

```

```

Private Sub cmdPrevious_Click()
Property.Recordset.MovePrevious
If txtSoilCode.Text = "" Then
res = MsgBox("이전의 자료가 존재하지 않습니다.", _
vbOKOnly)
Property.Recordset.MoveFirst
End If
End Sub

```

```

' 현재폼 인쇄
Public Sub Command1_Click()
Printer.Orientation = 1
PresentPrint
Me.PrintForm
End Sub

```

```

Private Sub Form_MouseUp(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
If Button = vbRightButton Then
PopupMenu frmMain.mnuData
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
OpenWindow = OpenWindow - 1
If OpenWindow = 0 Then
frmMain.mnuData.Visible = False
End If
frmMain.mnuData.Visible = False
frmMain.mnuFileOpenSoil.Checked = False
frmMain.mnuSolve.Visible = False
frmMain.mnuFileOpenSoil.Checked = False
Unload Me
End Sub

```

```

Public Sub LysimeterDeleteRecord()
If (Lysimeter.Recordset.AbsolutePosition > 0) Then
res = MsgBox("현재 레코드를 삭제합니다.", vbOKCancel _
+ vbExclamation, "레코드삭제")
If (res = vbOK) Then
Lysimeter.Recordset.Delete
Lysimeter.Recordset.MoveFirst
End If
End If
End Sub

```

```

Public Sub LysimeterCancleRecord()
'취소버튼 클릭
Unload Me
If frmMain.mnuDataAdd.Caption = "추가완료" Then
frmMain.mnuDataAdd.Caption = "자료추가"
ElseIf frmMain.mnuDataEdit.Caption = "수정완료" Then
End If
frmMain.mnuFile.Enabled = True
frmMain.mnuDataAdd.Enabled = True
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = True

```

```

frmMain.mnuData.Enabled = False
frmMain.mnuSolve.Enabled = False
frmMain.mnuFilePrint = True
'-----
frmMain.mnuData.Visible = False
frmMain.mnuSolve.Visible = False
'-----
End Sub

Public Sub LysimeterAddRecord()
If (frmMain.mnuFileOpenSoil.Checked = True) Then
frmProperty.Enabled = False
If (frmMain.mnuDataAdd.Caption = "자료추가") Then
frmMain.mnuDataSeperate.Visible = True
frmMain.mnuDataCancle.Visible = True
frmMain.mnuFile.Enabled = False
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = False
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = False
frmMain.mnuDataAdd.Caption = "추가완료"
Activeinput
Lysimeter.Recordset.AddNew
Else
SetDataField
res = MsgBox("저장하시겠습니까?", vbOKCancel, _
"추가완료")
If (res = vbOK) Then
frmMain.Progress
Lysimeter.Recordset.Update
ElseIf (res = vbCancel) Then
Lysimeter.Recordset.CancelUpdate
End If
frmMain.mnuDataSeperate = True
frmMain.mnuDataCancle = True
frmMain.mnuDataDelete.Enabled = True
frmMain.mnuFile.Enabled = True
frmMain.mnuDataAdd.Caption = "자료추가"
Property.Recordset.MoveLast
frmMain.mnuFile.Enabled = True
DeActiveinput
End If
End Sub

Private Sub Activeinput()
txtDRequirement(0).Enabled = True
txtDRequirement(1).Enabled = True
txtDRequirement(2).Enabled = True
txtDRequirement(3).Enabled = True
txtDRequirement(4).Enabled = True
txtDRequirement(5).Enabled = True
txtDRequirement(6).Enabled = True
txtDRequirement(7).Enabled = True
txtDRequirement(8).Enabled = True
txtDRequirement(9).Enabled = True
txtDPeriod(0).Enabled = True
txtDPeriod(1).Enabled = True
txtDPeriod(2).Enabled = True
txtDPeriod(3).Enabled = True
txtDPeriod(4).Enabled = True
txtDPeriod(5).Enabled = True
txtDPeriod(6).Enabled = True
txtDPeriod(7).Enabled = True
txtDPeriod(8).Enabled = True
txtDPeriod(9).Enabled = True
txtGypsum(1).Enabled = True
txtGypsum(0).Enabled = True
txtGypsum(1).Enabled = True
txtGypsum(2).Enabled = True
txtGypsum(3).Enabled = True
txtGypsum(4).Enabled = True
txtGypsum(5).Enabled = True
txtGypsum(6).Enabled = True
txtGypsum(7).Enabled = True
txtGypsum(8).Enabled = True
txtGypsum(9).Enabled = True
txtHCr(0).Enabled = True
txtHCr(1).Enabled = True
txtHCr(2).Enabled = True
txtHCr(3).Enabled = True
txtHCr(4).Enabled = True
txtHCr(5).Enabled = True
txtHCr(6).Enabled = True
txtHCr(7).Enabled = True
txtHCr(8).Enabled = True
txtHCr(9).Enabled = True
'-----
txtECrDRM.Enabled = True
txtECrDPM.Enabled = True
txtECrDGM.Enabled = True
txtPECrDRM.Enabled = True
txtPECrDPM.Enabled = True
txtPECrDGM.Enabled = True
'-----
txtESPrDRM.Enabled = True
txtESPrDPM.Enabled = True
txtESPrDGM.Enabled = True
txtPESPrDRM.Enabled = True
txtPESPrDPM.Enabled = True
txtPESPrDGM.Enabled = True
End Sub

Private Sub DeActiveinput()
txtDRequirement(0).Enabled = False
txtDRequirement(1).Enabled = False
txtDRequirement(2).Enabled = False
txtDRequirement(3).Enabled = False
txtDRequirement(4).Enabled = False
txtDRequirement(5).Enabled = False
txtDRequirement(6).Enabled = False
txtDRequirement(7).Enabled = False
txtDRequirement(8).Enabled = False
txtDRequirement(9).Enabled = False
txtDPeriod(0).Enabled = False
txtDPeriod(1).Enabled = False
txtDPeriod(2).Enabled = False
txtDPeriod(3).Enabled = False
txtDPeriod(4).Enabled = False
txtDPeriod(5).Enabled = False
txtDPeriod(6).Enabled = False
txtDPeriod(7).Enabled = False
txtDPeriod(8).Enabled = False
txtDPeriod(9).Enabled = False
txtHCr(0).Enabled = False

```

```

txtHCr(1).Enabled = False
txtHCr(2).Enabled = False
txtHCr(3).Enabled = False
txtHCr(4).Enabled = False
txtHCr(5).Enabled = False
txtHCr(6).Enabled = False
txtHCr(7).Enabled = False
txtHCr(8).Enabled = False
txtHCr(9).Enabled = False
'-----
txtGypsum(0).Enabled = False
txtGypsum(1).Enabled = False
txtGypsum(2).Enabled = False
txtGypsum(3).Enabled = False
txtGypsum(4).Enabled = False
txtGypsum(5).Enabled = False
txtGypsum(6).Enabled = False
txtGypsum(7).Enabled = False
txtGypsum(8).Enabled = False
txtGypsum(9).Enabled = False
txtECrDRM.Enabled = False
txtECrDPM.Enabled = False
txtECrDGM.Enabled = False
txtESPrDRM.Enabled = False
txtESPrDPM.Enabled = False
txtESPrDGM.Enabled = False
txtPECrDRM.Enabled = False
txtPECrDPM.Enabled = False
txtPECrDGM.Enabled = False
txtPESPrDRM.Enabled = False
txtPESPrDPM.Enabled = False
txtPESPrDGM.Enabled = False
End Sub

'폼의 색 및 형식변경
Private Sub PresentPrint()
Me.BackColor = &HFFFFFF
lblSoilCodeID.BackColor = &HFFFFFF
Frame5.BackColor = &HFFFFFF
Frame6.BackColor = &HFFFFFF
Frame7.BackColor = &HFFFFFF
Frame8.BackColor = &HFFFFFF
Frame5.Appearance = 0
Frame6.Appearance = 0
Frame7.Appearance = 0
Frame8.Appearance = 0
chkUnitArea.BackColor = &HFFFFFF
cmdFirst.Visible = False
cmdNext.Visible = False
cmdLast.Visible = False
cmdPrevious.Visible = False
Command1.Visible = False
End Sub

Private Sub SetDataField()
'각 필드와 텍스트 연결 재확인
Lysimeter.Recordset.Fields("SoilCode") = _
lblSoilCodeID.Caption
Lysimeter.Recordset.Fields("RNCNGECrDRM") = _
txtDRequirement(0).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGECrDRM") = _
txtDRequirement(1).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCGECrDRM") = _
txtDRequirement(2).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGECrDPM") :
txtDRequirement(3).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCNGECrDRM") =
txtDRequirement(4).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("RNCNGECrDPM") :
txtDPeriod(0).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGECrDPM") =
txtDPeriod(1).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCGECrDPM") =
txtDPeriod(2).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGECrDPM") :
txtDPeriod(3).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCNGECrDPM") =
txtDPeriod(4).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("RNCNGECrHC") =
txtHCr(0).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGECrHC") =
txtHCr(1).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCGECrHC") =
txtHCr(2).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGECrHC") =
txtHCr(3).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCNGECrHC") =
txtHCr(4).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LGECrGypsum") =
txtGypsum(1).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ECrDRM") =
txtECrDRM.Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ECrDPM") =
txtECrDPM.Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ECrManage") =
lblECrManagement.Caption
Lysimeter.Recordset.Fields("ECrgypsum") =
txtECrDGM.Text
Lysimeter.Recordset.Fields("RNCNGESPrDRM")
txtDRequirement(5).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGESPrDRM") :
txtDRequirement(6).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCGESPrDRM") =
txtDRequirement(7).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGESPrDRM")
txtDRequirement(8).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCNGESPrDRM") :
txtDRequirement(9).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("RNCNGESPrDPM")
txtDPeriod(5).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGESPrDPM") =
txtDPeriod(6).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCGESPrDPM") =
txtDPeriod(7).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGESPrDPM")
txtDPeriod(8).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCNGESPrDPM") =
txtDPeriod(9).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("RNCNGESPrHC") =
txtHCr(5).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGESPrHC") =
txtHCr(6).Text

```

```

Lysimeter.Recordset.Fields("LCGESPrHC") = _
txtHCr(7).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCNGESPrHC") = _
txtHCr(8).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LCNGESPrHC") = _
txtHCr(9).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ESPrDRM") = _
txtESPrDRM.Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ESPrDPM") = _
txtESPrDPM.Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ESPrGypsum") = _
txtESPrDGM.Text
Lysimeter.Recordset.Fields("LNCGESPrGypsum") = _
txtGypsum(1).Text
Lysimeter.Recordset.Fields("ESPrManage") = _
lblESPrManagement.Caption
End Sub

```

Private Sub CalculationHC()

frmMain.Progress

If txtSoilClass = "S1" Then

```

txtHCr(0) = "-"
txtHCr(1) = (1.35 * Exp(-3.2259 * DR(1))) * txtHC.Text
txtHCr(2) = (1.0429 * Exp(-1.0021 * DR(2))) * txtHC.Text
txtHCr(3) = (-0.3834 * (Log(DR(3))) - 0.1604) * txtHC.Text
txtHCr(4) = (-0.3792 * (Log(DR(4))) - 0.0966) * txtHC.Text
txtHCr(5) = "-"
txtHCr(6) = (1.35 * Exp(-3.2259 * DR(6))) * txtHC.Text
txtHCr(7) = (1.0429 * Exp(-1.0021 * DR(7))) * txtHC.Text
txtHCr(8) = (-0.3834 * (Log(DR(8))) - 0.1604) * txtHC.Text
txtHCr(9) = (-0.3792 * (Log(DR(9))) - 0.0966) * txtHC.Text
Elseif txtSoilClass = "S2" Then
txtHCr(0) = "-"
txtHCr(1) = (1.3338 * Exp(-3.0288 * DR(1))) * txtHC.Text
txtHCr(2) = (1.0561 * Exp(-0.855 * DR(2))) * txtHC.Text
txtHCr(3) = (-0.399 * (Log(DR(3))) - 0.2112) * txtHC.Text
txtHCr(4) = (-0.3423 * (Log(DR(4))) - 0.0084) * txtHC.Text
txtHCr(5) = "-"
txtHCr(6) = (1.3338 * Exp(-3.0288 * DR(6))) * txtHC.Text
txtHCr(7) = (1.0561 * Exp(-0.855 * DR(7))) * txtHC.Text
txtHCr(8) = (-0.399 * (Log(DR(8))) - 0.2112) * txtHC.Text
txtHCr(9) = (-0.3423 * (Log(DR(9))) - 0.0084) * txtHC.Text
Elseif txtSoilClass = "S3" Then
txtHCr(0) = "-"
txtHCr(1) = (1.1777 * Exp(-2.1866 * DR(1))) * txtHC.Text
txtHCr(2) = (1.0678 * Exp(-0.6525 * DR(2))) * txtHC.Text
txtHCr(3) = (-0.3663 * (Log(DR(3))) - 0.1562) * _
txtHC.Text
txtHCr(4) = (-0.341 * (Log(DR(4))) + 0.0246) * txtHC.Text
txtHCr(5) = "-"
txtHCr(6) = (1.1777 * Exp(-2.1866 * DR(6))) * txtHC.Text
txtHCr(7) = (1.0678 * Exp(-0.6525 * DR(7))) * txtHC.Text
txtHCr(8) = (-0.3663 * (Log(DR(8))) - 0.1562) * txtHC.Text
txtHCr(9) = (-0.341 * (Log(DR(9))) + 0.0246) * txtHC.Text
Elseif txtSoilClass = "S4" Then
txtHCr(0) = "-"
txtHCr(1) = "-"
txtHCr(2) = "-"
txtHCr(3) = "-"
txtHCr(4) = "-"
txtHCr(5) = "-"

```

```

txtHCr(6) = "-"
txtHCr(7) = "-"
txtHCr(8) = "-"
txtHCr(9) = "-"
Elseif txtSoilClass = "S5" Then
txtHCr(0) = "-"
txtHCr(1) = "-"
txtHCr(2) = "-"
txtHCr(3) = "-"
txtHCr(4) = "-"
txtHCr(5) = "-"
txtHCr(6) = "-"
txtHCr(7) = "-"
txtHCr(8) = "-"
txtHCr(9) = "-"
End If
End Sub

```

Private Sub CalculationDP()

' # 산출식

If txtSoilClass = "S1" Then

```

txtDPeriod(0) = "-"
txtDPeriod(1) = ((-31.193 * DR(1) ^ 2 + 96.098 * DR(1) + _
11.193) ^ 2) / 24
txtDPeriod(2) = ((-35.5 * DR(2) ^ 2 + 69.396 * DR(2) + _
6.0243) ^ 2) / 24
txtDPeriod(3) = ((64.415 * DR(3) ^ 2 + 145.83 * DR(3) + _
9.3987) ^ 2) / 24
txtDPeriod(4) = ((32.42 * DR(4) ^ 2 + 96.269 * DR(4) + _
7.1072) ^ 2) / 24
txtDPeriod(5) = "-"
txtDPeriod(6) = ((-31.193 * DR(6) ^ 2 + 96.098 * DR(6) + _
11.193) ^ 2) / 24
txtDPeriod(7) = ((-35.5 * DR(7) ^ 2 + 69.396 * DR(7) + _
6.0243) ^ 2) / 24
txtDPeriod(8) = ((64.415 * DR(8) ^ 2 + 145.83 * DR(8) + _
9.3987) ^ 2) / 24
txtDPeriod(9) = ((32.42 * DR(9) ^ 2 + 96.269 * DR(9) + _
7.1072) ^ 2) / 24
Elseif txtSoilClass = "S2" Then
txtDPeriod(0) = "-"
txtDPeriod(1) = ((13.009 * DR(1) ^ 2 + 48.323 * DR(1) + _
5.6313) ^ 2) / 24
txtDPeriod(2) = ((-18.674 * DR(2) ^ 2 + 33.513 * DR(2) + _
3.0065) ^ 2) / 24
txtDPeriod(3) = ((75.247 * DR(3) ^ 2 + 81.731 * DR(3) + _
6.8426) ^ 2) / 24
txtDPeriod(4) = ((-5.4173 * DR(4) ^ 2 + 78.506 * DR(4) + _
5.3448) ^ 2) / 24
txtDPeriod(5) = "-"
txtDPeriod(6) = ((13.009 * DR(6) ^ 2 + 48.323 * DR(6) + _
5.6313) ^ 2) / 24
txtDPeriod(7) = ((-18.674 * DR(7) ^ 2 + 33.513 * DR(7) + _
3.0065) ^ 2) / 24
txtDPeriod(8) = ((75.247 * DR(8) ^ 2 + 81.731 * DR(8) + _
6.8426) ^ 2) / 24
txtDPeriod(9) = ((-5.4173 * DR(9) ^ 2 + 78.506 * DR(9) + _
5.3448) ^ 2) / 24
Elseif txtSoilClass = "S3" Then
txtDPeriod(0) = "-"
txtDPeriod(1) = ((-5.0595 * DR(1) ^ 2 + 29.669 * DR(1) +

```

```

2.8513) ^ 2) / 24
txtDPeriod(2) = ((-10.509 * DR(2) ^ 2 + 18.676 * DR(2) +
1.7535) ^ 2) / 24
txtDPeriod(3) = ((3.8217 * DR(3) ^ 2 + 48.476 * DR(3) +
2.3501) ^ 2) / 24
txtDPeriod(4) = ((-1.6974 * DR(4) ^ 2 + 31.578 * DR(4) +
2.2107) ^ 2) / 24
txtDPeriod(5) = "-"
txtDPeriod(6) = ((-5.0595 * DR(6) ^ 2 + 29.669 * DR(6) +
2.8513) ^ 2) / 24
txtDPeriod(7) = ((-10.509 * DR(2) ^ 2 + 18.676 * DR(2) +
1.7535) ^ 2) / 24
txtDPeriod(8) = ((3.8217 * DR(3) ^ 2 + 48.476 * DR(3) +
2.3501) ^ 2) / 24
txtDPeriod(9) = ((-1.6974 * DR(4) ^ 2 + 31.578 * DR(4) +
2.2107) ^ 2) / 24
ElseIf txtSoilClass = "S4" Then
txtDPeriod(0) = "-"
txtDPeriod(1) = "-"
txtDPeriod(2) = "-"
txtDPeriod(3) = "-"
txtDPeriod(4) = "-"
txtDPeriod(5) = "-"
txtDPeriod(6) = "-"
txtDPeriod(7) = "-"
txtDPeriod(8) = "-"
txtDPeriod(9) = "-"
ElseIf txtSoilClass = "S5" Then
txtDPeriod(0) = "-"
txtDPeriod(1) = "-"
txtDPeriod(2) = "-"
txtDPeriod(3) = "-"
txtDPeriod(4) = "-"
txtDPeriod(5) = "-"
txtDPeriod(6) = "-"
txtDPeriod(7) = "-"
txtDPeriod(8) = "-"
txtDPeriod(9) = "-"
End If
ECrManage
ESPrManage
PeriodECrManage
PeriodESPrManage
End Sub

Private Sub CalculationDR()
frmMain.Progress
'# 산출식
'===== ECr=====
'석고무처리 무암거 수세법 회귀방정식
EquationECrRNCNG = Exp((0.5556 - ECr) / 0.3074) * Depth
'석고처리 무암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLNCG = (ECr / 0.0369) ^ (-1 / 0.9535) * Depth
'석고처리 암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLCG = (ECr / 0.0326) ^ (-1 / 0.9944) * Depth
'석고무처리 무암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLNCNG = (ECr / 0.0337) ^ (-1 / 0.9856) * Depth
'석고무처리 암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLCNG = (ECr / 0.0255) ^ (-1 / 1.1131) * Depth
'===== ESPr=====
'석고무처리 수세법 회귀방정식

```

```

EquationESPrRNCNG = Exp((0.6357 - ESPr) / 0.2242) * Depth
'석고처리 침출법 회귀방정식
EquationESPrLNCG = Exp((0.0387 - ESPr) / 0.2227) * Depth
'석고무처리 침출법 회귀방정식
EquationESPrLCG = Exp((0.0328 - ESPr) / 0.2152) * Depth
'석고무처리 무암거 침출법 회귀방정식
EquationESPrLNCNG = Exp((0.0103 - ESPr) / 0.229) * Depth
'석고무처리 암거 침출법 회귀방정식
EquationESPrLCNG = Exp((0.0002 + ESPr) / -0.2413) * Depth
'-----
If txtSoilClass = "S1" Or txtSoilClass = "S2" Or
txtSoilClass = "S3" Then
txtDRequirement(0) = EquationECrRNCNG * area
txtDRequirement(1) = EquationECrLNCG * area
txtDRequirement(2) = EquationECrLCG * area
txtDRequirement(3) = EquationECrLNCNG * area
txtDRequirement(4) = EquationECrLCNG * area
txtDRequirement(5) = EquationESPrRNCNG * area
txtDRequirement(6) = EquationESPrLNCG * area
txtDRequirement(7) = EquationESPrLCG * area
txtDRequirement(8) = EquationESPrLNCNG * area
txtDRequirement(9) = EquationESPrLCNG * area
txtGypsum(0) = "-"
txtGypsum(1) = 0.86 * Val(txtDensity) * Val(txtDepth) *
area * ((Val(txtESPi) - Val(txtESPf)) / 100) *
Val(frmLysimeterCalculation.txtCEC)
txtGypsum(2) = 0.86 * Val(txtDensity) * Val(txtDepth) *
area * ((Val(txtESPi) - Val(txtESPf)) / 100) *
Val(frmLysimeterCalculation.txtCEC)
txtGypsum(3) = "-"
txtGypsum(4) = "-"
txtGypsum(5) = "-"
txtGypsum(6) = 0.86 * Val(txtDensity) * Val(txtDepth) *
area * ((Val(txtESPi) - Val(txtESPf)) / 100) *
Val(frmLysimeterCalculation.txtCEC)
txtGypsum(7) = 0.86 * Val(txtDensity) * Val(txtDepth) *
area * ((Val(txtESPi) - Val(txtESPf)) / 100) *
Val(frmLysimeterCalculation.txtCEC)
txtGypsum(8) = "-"
txtGypsum(9) = "-"
ElseIf txtSoilClass = "S4" Then
txtDRequirement(0) = EquationECrRNCNG * area
txtDRequirement(1) = "-"
txtDRequirement(2) = "-"
txtDRequirement(3) = "-"
txtDRequirement(4) = "-"
txtDRequirement(5) = EquationESPrRNCNG * area
txtDRequirement(6) = "-"
txtDRequirement(7) = "-"
txtDRequirement(8) = "-"
txtDRequirement(9) = "-"
txtGypsum(0) = "-"
txtGypsum(1) = "-"
txtGypsum(2) = "-"
txtGypsum(3) = "-"
txtGypsum(4) = "-"
txtGypsum(5) = "-"
txtGypsum(6) = "-"
txtGypsum(7) = "-"
txtGypsum(8) = "-"
txtGypsum(9) = "-"

```

```

Elseif txtSoilClass = "S5" Then
txtDRequirement(0) = EquationECrRNCNG * area
txtDRequirement(1) = "-"
txtDRequirement(2) = "-"
txtDRequirement(3) = "-"
txtDRequirement(4) = "-"
txtDRequirement(5) = EquationECrRNCNG * area
txtDRequirement(6) = "-"
txtDRequirement(7) = "-"
txtDRequirement(8) = "-"
txtDRequirement(9) = "-"
txtGypsum(0) = "-"
txtGypsum(1) = "-"
txtGypsum(2) = "-"
txtGypsum(3) = "-"
txtGypsum(4) = "-"
txtGypsum(5) = "-"
txtGypsum(6) = "-"
txtGypsum(7) = "-"
txtGypsum(8) = "-"
txtGypsum(9) = "-"
End If
End Sub

```

```

'=====
'|                       그래프                       |
'=====

```

Option Explicit

```

Dim DR() As Single
Dim DRM() As Single
Dim res
Dim area As Single
Dim Depth As Single
Dim ESPrmin As Single
Dim ESPrmax As Single
Dim ECrmin As Single
Dim ECrmax As Single
Dim xstep As Single
Dim ESPr As Single
Dim ECr As Single
Dim values() As Single
Dim i As Integer
Dim num_x As Integer
Dim IRow As Long
Dim Xlabel As Single
Dim EquationECrRNCNG As Single
Dim EquationECrLNCNG As Single
Dim EquationECrLCNG As Single
Dim EquationECrLCG As Single
Dim EquationECrLNCNG As Single
Dim EquationESPrRNCNG As Single
Dim EquationESPrLNCNG As Single
Dim EquationESPrLCG As Single
Dim EquationESPrLNCNG As Single
Dim EquationESPrLCNG As Single

Private Sub Form_Load()
If Property.Recordset.RecordCount = 0 Then
cmdPrevious.Enabled = False

```

```

cmdNext.Enabled = False
cmdFirst.Enabled = False
cmdLast.Enabled = False
End If
Me.Height = 9975
Me.Width = 10800
Me.Left = (Screen.Width - Me.Width - 2160) / 2
Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 30
frmOption.Show
GraphSetup
End Sub

```

```

Private Sub Chart1_DbClick()
If Property.Recordset.EOF = True Or _
Property.Recordset.BOF = True Then
res = MsgBox(" 입력된자료가 존재하지 않습니다.", _
vbOKOnly)
If vbOKOnly = True Then
Exit Sub
End If
End If
frmOption.Show
End Sub

```

```

Private Sub Chart1_MouseDown(Button As Integer, Shift
As Integer, X As Single, Y As Single)
If Button = vbRightButton Then
PopupMenu frmMain.mnuGraphPopup
End If
End Sub

```

```

Public Sub GraphData()
frmGraphWord.Show
On Error Resume Next
Clipboard.Clear
Chart1.EditCopy
frmGraphWord.RichTextBox1.Text = Chart1.TitleText & _
Clipboard.GetText()
End Sub

```

```

Private Sub cmdNext_Click()
Property.Recordset.MoveNext
If txtSoilCode.Text = "" Then
res = MsgBox("이후의 자료가 존재하지 않습니다.", _
vbOKOnly)
Property.Recordset.MoveLast
End If
GraphSetup
End Sub

```

```

Private Sub cmdPrevious_Click()
Property.Recordset.MovePrevious
If txtSoilCode.Text = "" Then
res = MsgBox("이전의 자료가 존재하지 않습니다.", _
vbOKOnly)
Property.Recordset.MoveFirst
End If
GraphSetup
End Sub

```

```

Private Sub cmdFirst_Click()

```

```

Property.Recordset.MoveFirst
GraphSetup
End Sub

Private Sub cmdLast_Click()
Property.Recordset.MoveLast
GraphSetup
End Sub

Public Sub GraphOption()
frmOption.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Me.BackColor = &HFFFFFF
PresentPrint
Me.PrintForm
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
OpenWindow = OpenWindow - 1
If OpenWindow = 0 Then
frmMain.mnuData.Visible = False
End If
frmMain.mnuFileOpenSoil.Checked = False
frmMain.mnuSolve.Visible = False
Unload Me
End Sub

Private Sub Frame6_Db1Click()
Unload frmOption
Unload frmGraphWord
Unload Me
frmProperty.Show
frmProperty.SoilPropertyModifyRecord
End Sub

Private Sub txtSoilCode_Change()
Property.RecordSource = "select * from 토양특성 where _
[SoilCode]='" & txtSoilCode.Text & "'"
Lysimeter.RecordSource = "select * from 제염예측 where _
[SoilCode]='" & txtSoilCode.Text & "'"
Lysimeter.Refresh
End Sub

Private Sub PresentPrint()
cmdFirst.Visible = False
cmdNext.Visible = False
cmdLast.Visible = False
cmdPrevious.Visible = False
Command2.Visible = False
Frame1(2).BackColor = &HFFFFFF
Frame1(3).BackColor = &HFFFFFF
Frame4.BackColor = &HFFFFFF
Frame4.Appearance = 0
Frame6.BackColor = &HFFFFFF
Frame6.Appearance = 0
Frame8.BackColor = &HFFFFFF
Frame8.Appearance = 0
Frame9.BackColor = &HFFFFFF
Frame9.Appearance = 0

Chart1.Height = 414
End Sub

Private Sub CalDRM()
Chart1.Title.VtFont.Name = "굴림"
Chart1.Legend.VtFont.Name = "굴림"
Chart1.Title.VtFont.Size = 12
Chart1.Legend.VtFont.Size = 10
'-----제염예측 상대교환성나트륨백분율(수세법)-----
If (frmOption.optESPr.Value = True And
frmOption.optECr = False And
(frmOption.optRinsing = True And
frmOption.optLeaching = False)) Then
Frame4.Visible = False
Frame8.Visible = True
Depth = CSng(txtDepth.Text)
ESPrmin = CSng(txtESPf.Text) / CSng(txtESPi.Text)
ESPrmax = CSng(txtESPi.Text) / CSng(txtESPi.Text)
xstep = CSng(frmOption.StepText.Text)
num_x = ((ESPrmax - ESPrmin) / xstep)
ReDim values(0 To num_x, 1 To 1)
' Compute the data values.
For i = 0 To num_x
ESPr = ESPrmax - xstep * i
values(i, 1) = Exp((0.6357 - ESPr) / 0.2242) * Depth
Next i
' Send the data to the chart mschart
Chart1.RowCount = num_x
Chart1.ChartData = values
' Create the legend.
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowLabelCount = 1
For IRow = 1 To num_x + 1
Xlabel = ESPrmax - xstep * IRow + xstep
Chart1.DataGrid.RowLabel(IRow, 1) = Format(Xlabel, _
"0.00")
Next IRow
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
' Set the legend text for the series.
Chart1.Title.Text = "교환성나트륨백분율 기준 용탈용수량
& "[토양코드]" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = "ESPr
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text _
= "용탈용수량(m) "
Chart1.ColumnCount = 1
Chart1.ColumnLabelCount = 1
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리수세법"
Chart1.Refresh
'-----제염예측 상대교환성나트륨백분율(침출법)-----
Elseif (frmOption.optESPr.Value = True And _
frmOption.optECr = False And _
(frmOption.optRinsing = False And _
frmOption.optLeaching = True)) Then
Frame4.Visible = False
Frame8.Visible = True

```

```

Depth = CSng(txtDepth.Text)
ESPrmin = CSng(txtESPrf.Text) / CSng(txtESPi.Text)
ESPrmax = CSng(txtESPrf.Text) / CSng(txtESPi.Text)
xstep = CSng(frmOption.StepText.Text)
num_x = ((ESPrmax - ESPrmin) / xstep)
If txtClass.Text = "S1" Or txtClass.Text = "S2" Or _
txtClass.Text = "S3" Then
ReDim values(0 To num_x, 1 To 4)
For i = 0 To num_x
ESPr = ESPrmax - xstep * i
values(i, 1) = Exp((0.0387 - ESPr) / 0.2227) * Depth
'석고처리무암거구 침출법
values(i, 2) = Exp((0.0328 - ESPr) / 0.2152) * Depth
'석고처리암거구 침출법
values(i, 3) = Exp((0.0103 - ESPr) / 0.229) * Depth
'석고무처리무암거구 침출법
values(i, 4) = Exp((0.0002 + ESPr) / -0.2413) * Depth
'석고무처리 암거구 침출법
Next i
Chart1.RowCount = num_x
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowLabelCount = 1
For IRow = 1 To num_x + 1
Xlabel = ESPrmax - xstep * IRow + xstep
Chart1.DataGrid.RowLabel(IRow, 1) _
= Format(Xlabel, "0.00")
Next IRow
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.Title.Text = ".교환성나트륨백분율 기준 용탈용수량 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = "ESPr"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m)"
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거구침출법"
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거구침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거구침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거구침출법"
Chart1.Refresh
ElseIf txtClass.Text = "S4" Or txtClass.Text = "S5" _
Then
res = MsgBox("S4, S5 토양에서는 침출법이 불가능합니다.", _
vbOKOnly)
If (res = vbOK) Then
frmOption.optDRM = True
frmOption.optRinsing = True
End If

```

```

End If
'-----제염예측 상대전기전도도(수세법)-----
ElseIf (frmOption.optESPr.Value = False And _
frmOption.optECr = True And (frmOption.optRinsing =
True And frmOption.optLeaching = False)) Then
Frame4.Visible = True
Frame8.Visible = False
Depth = CSng(txtDepth.Text)
ECrmin = CSng(txtECf.Text) / CSng(txtECi.Text)
ECrmax = CSng(txtECi.Text) / CSng(txtECi.Text)
xstep = CSng(frmOption.StepText.Text)
num_x = ((ECrmax - ECrmin) / xstep)
ReDim values(0 To num_x, 1 To 1)
For i = 0 To num_x
ECr = ECrmax - xstep * i
values(i, 1) = Exp((0.5556 - ECr) / 0.3074) * Depth
Next i
Chart1.RowCount = num_x
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowLabelCount = 1
For IRow = 1 To num_x + 1
Xlabel = 1 - xstep * IRow + xstep
Chart1.DataGrid.RowLabel(IRow, 1) = Format(Xlabel, _
"0.00")
Next IRow
End With
Chart1.Title.Text = ".전기전도도 기준 용탈용수량 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = "ECr"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m)"
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 1
Chart1.ColumnLabelCount = 1
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거구수세법"
Chart1.Refresh
'-----제염예측 상대전기전도도(침출법)-----
ElseIf ((frmOption.optESPr.Value = False And _
frmOption.optECr = True) And (frmOption.optRinsing =
False And frmOption.optLeaching = True)) Then
Frame4.Visible = True
Frame8.Visible = False
Depth = CSng(txtDepth.Text)
ECrmin = CSng(txtECf.Text) / CSng(txtECi.Text)
ECrmax = CSng(txtECi.Text) / CSng(txtECi.Text)
xstep = CSng(frmOption.StepText.Text)
num_x = ((ECrmax - ECrmin) / xstep)
If txtClass.Text = "S1" Or txtClass.Text = "S2" Or _
txtClass.Text = "S3" Then
ReDim values(0 To num_x, 1 To 4)
For i = 0 To num_x
ECr = ECrmax - xstep * i
values(i, 1) = ((ECr / 0.0369) ^ (-1 / 0.9535)) * Depth
'석고처리무암거구침출법

```

```

values(i, 2) = ((ECr / 0.0326) ^ (-1 / 0.9944)) * Depth
'석고처리암거침출법
values(i, 3) = ((ECr / 0.0337) ^ (-1 / 0.9856)) * Depth
'석고무처리무암거침출법
values(i, 4) = ((ECr / 0.0255) ^ (-1 / 1.1131)) * Depth
'석고무처리암거침출법
Next i
Chart1.RowCount = num_x
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowLabelCount = 1
For IRow = 1 To num_x + 1
Xlabel = 1 - xstep * IRow + xstep
Chart1.DataGrid.RowLabel(IRow, 1) = Format(Xlabel, _
"0.00")
Next IRow
End With
Chart1.Title.Text = ". 전기전도도 기준 용탈용수량 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = "ECr"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m)"
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Refresh
Elseif txtClass.Text = "S4" Or txtClass.Text = "S5" _
Then
res = MsgBox("S4, S5 토양에서는 침출법이 불가능합니다.", _
vbOKOnly)
If (res = vbOK) Then
frmOption.optDRM = True
frmOption.optRinsing = True
End If
End If
End If
End Sub

Public Sub CalculationDR()
ReDim DR(0 To 9)
ESPmin = CSng(txtESPf.Text) / CSng(txtESPi.Text)
ECrmin = CSng(txtECf.Text) / CSng(txtECi.Text)
ReDim DR(0 To 9)
'# 산출식
'=====ECr=====
'석고무처리 무암거 수세법 회귀방정식

```

```

EquationECrRNCNG = Exp((0.5556 - ECrmin) / 0.3074)
'석고처리 무암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLNCNG = (ECrmin / 0.0369) ^ (-1 / 0.9535)
'석고처리 암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLCG = (ECrmin / 0.0326) ^ (-1 / 0.9944)
'석고무처리 무암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLNCNG = (ECrmin / 0.0337) ^ (-1 / 0.9856)
'석고무처리 암거 침출법 회귀방정식
EquationECrLCNG = (ECrmin / 0.0255) ^ (-1 / 1.1131)
'=====ESP=====
'석고무처리 수세법 회귀방정식
EquationESPPrRNCNG = Exp((0.6357 - ESPmin) / 0.2242)
'석고처리 침출법 회귀방정식
EquationESPPrLNCNG = Exp((0.0387 - ESPmin) / 0.2227)
'석고무처리 침출법 회귀방정식
EquationESPPrLCG = Exp((0.0328 - ESPmin) / 0.2152)
'석고무처리 무암거 침출법 회귀방정식
EquationESPPrLNCNG = Exp((0.0103 - ESPmin) / 0.229)
'석고무처리 암거 침출법 회귀방정식
EquationESPPrLCNG = Exp((0.0002 + ESPmin) / -0.2413)
If txtClass = "S1" Or txtClass = "S2" Or txtClass = _
"S3" Then
DR(0) = EquationECrRNCNG
DR(1) = EquationECrLNCNG
DR(2) = EquationECrLCG
DR(3) = EquationECrLNCNG
DR(4) = EquationECrLCNG
DR(5) = EquationESPPrRNCNG
DR(6) = EquationESPPrLNCNG
DR(7) = EquationESPPrLCG
DR(8) = EquationESPPrLNCNG
DR(9) = EquationESPPrLCNG
Elseif txtClass = "S4" Or txtClass = "S5" Then
DR(0) = EquationECrRNCNG
DR(1) = "0"
DR(2) = "0"
DR(3) = "0"
DR(4) = "0"
DR(5) = EquationESPPrRNCNG
DR(6) = "0"
DR(7) = "0"
DR(8) = "0"
DR(9) = "0"
End If
End Sub

Private Sub Calculation()
If frmOption.optDPM.Value = True And _
frmOption.optRinsing = True And frmOption.optLeaching _
= False Then
res = MsgBox(" 수세법의 경우에는 침출시간추정이 불가
능합니다.", vbOKOnly)
If (res = vbOK) Then
If txtClass.Text = "S1" Or txtClass.Text = "S2" Or _
txtClass.Text = "S3" Then
frmOption.optLeaching = True
frmOption.optDPM = True
Elseif txtClass.Text = "S4" Or txtClass.Text = "S5" _
Then
frmOption.optRinsing = True
frmOption.optDRM = True

```

```

End If
End If
ElseIf (frmOption.optESPr.Value = False And _
frmOption.optECr = False) Then
res = MsgBox(" 제염예측 기준을 정하여 주십시오.", _
vbOKOnly)
ElseIf (frmOption.chartType(0) = False And _
frmOption.chartType(1) = False And _
frmOption.chartType(2) = False And _
frmOption.chartType(6) = False And _
frmOption.chartType(7) = False) Then
res = MsgBox(" 그래프 형식을 선택하여 주십시오.", _
vbOKOnly)
ElseIf (frmOption.optDRM.Value = False And _
frmOption.optDPM.Value = False) Then
res = MsgBox(" 제염항목을 설정하여 주십시오.", _
vbOKOnly)
ElseIf (frmOption.optRinsing.Value = False And _
frmOption.optLeaching.Value = False) Then
res = MsgBox(" 제염방법을 설정하여 주십시오.", _
vbOKOnly)
ElseIf (frmOption.optDRM.Value = True And _
frmOption.optDPM.Value = False) Then
CalDRM
ElseIf (frmOption.optDRM.Value = False And _
frmOption.optDPM.Value = True) Then
CalDPM
End If
End Sub

```

```

Private Sub CalDPM()
Dim values() As Single
Chart1.Title.VtFont.Name = "굴림"
Chart1.Legend.VtFont.Name = "굴림"
Chart1.Title.VtFont.Size = 12
Chart1.Legend.VtFont.Size = 10
CalculationDR
If ((frmOption.optECr = True) And _
(frmOption.optLeaching = True) And (frmOption.optDPM _
= True)) Then
Frame4.Visible = True
Frame8.Visible = False
Chart1.RowCount = 1
If txtClass = "S1" Then
ReDim values(0, 0 To 3)
values(0, 0) = ((-31.193 * DR(1) ^ 2 + 96.098 * DR(1) + _
11.193) ^ 2) / 24
values(0, 1) = ((-35.5 * DR(2) ^ 2 + 69.396 * DR(2) + _
6.0243) ^ 2) / 24
values(0, 2) = ((64.415 * DR(3) ^ 2 + 145.83 * DR(3) + _
9.3987) ^ 2) / 24
values(0, 3) = ((32.42 * DR(4) ^ 2 + 96.269 * DR(4) + _
7.1072) ^ 2) / 24
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowCount = 1
Chart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = ""

```

```

End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Title.Text = ". 전기전도도 기준 침출시간 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m) "
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"침출시간(day) "
Chart1.Refresh
ElseIf txtClass = "S2" Then
ReDim values(0, 0 To 3)
values(0, 0) = ((13.009 * DR(1) ^ 2 + 48.323 * DR(1) + _
5.6313) ^ 2) / 24
values(0, 1) = ((-18.674 * DR(2) ^ 2 + 33.513 * DR(2) + _
3.0065) ^ 2) / 24
values(0, 2) = ((75.247 * DR(3) ^ 2 + 81.731 * DR(3) + _
6.8426) ^ 2) / 24
values(0, 3) = ((-5.4173 * DR(4) ^ 2 + 78.506 * DR(4) + _
5.3448) ^ 2) / 24
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowCount = 1
Chart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = ""
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Title.Text = ". 전기전도도 기준 침출시간 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m) "
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"침출시간(day) "

```

```

Chart1.Refresh
ElseIf txtClass = "S3" Then
ReDim values(0, 0 To 3)
values(0, 0) = ((-5.0595 * DR(1) ^ 2 + 29.669 * DR(1) + _
2.8513) ^ 2) / 24
values(0, 1) = ((-10.509 * DR(2) ^ 2 + 18.676 * DR(2) + _
1.7535) ^ 2) / 24
values(0, 2) = ((3.8217 * DR(3) ^ 2 + 48.476 * DR(3) + _
2.3501) ^ 2) / 24
values(0, 3) = ((-1.6974 * DR(4) ^ 2 + 31.578 * DR(4) + _
2.2107) ^ 2) / 24
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.Visible = True
.Location.LocationType = 1
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowCount = 1
Chart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = ""
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Title.Text = ". 전기진도도 기준 침출시간 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m)"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"침출시간(day)"
Chart1.Refresh
ElseIf txtClass = "S2" Then
ReDim values(0, 0 To 3)
values(0, 0) = ((13.009 * DR(1) ^ 2 + 48.323 * DR(1) + _
5.6313) ^ 2) / 24
values(0, 1) = ((-18.674 * DR(2) ^ 2 + 33.513 * DR(2) + _
3.0065) ^ 2) / 24
values(0, 2) = ((75.247 * DR(3) ^ 2 + 81.731 * DR(3) + _
6.8426) ^ 2) / 24
values(0, 3) = ((-5.4173 * DR(9) ^ 2 + 78.506 * DR(9) + _
5.3448) ^ 2) / 24
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.LocationType = 1
.Location.Visible = True
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowCount = 1
Chart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = ""
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
values(0, 2) = ((64.415 * DR(3) ^ 2 + 145.83 * DR(3) + _
9.3987) ^ 2) / 24
values(0, 3) = ((32.42 * DR(4) ^ 2 + 96.269 * DR(4) + _
7.1072) ^ 2) / 24
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.LocationType = 1
.Location.Visible = True
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowCount = 1
Chart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = ""
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Title.Text = ". 교환성나트륨 기준 침출시간 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m)"
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"침출시간(day)"
Chart1.Refresh
ElseIf txtClass = "S4" Or txtClass.Text = "S5" _
Then
res = MsgBox("S4, S5 토양에서는 침출시간추정이 _
불가능합니다.", vbOKOnly)
If (res = vbOK) Then
frmOption.optDRM = True
frmOption.optRinsing = True
End If
End If
ElseIf (frmOption.optESPr.Value = True) And _
(frmOption.optLeaching = True) And _
(frmOption.optDPM = True) Then
Frame4.Visible = False
Frame8.Visible = True
If txtClass = "S1" Then
ReDim values(0, 0 To 3)
values(0, 0) = ((-31.193 * DR(1) ^ 2 + 96.098 * DR(1) + _
11.193) ^ 2) / 24
values(0, 1) = ((-35.5 * DR(2) ^ 2 + 69.396 * DR(2) + _
6.0243) ^ 2) / 24

```

```

Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Title.Text = ". 교환성나트륨 기준 침출시간 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]" .
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m' ) "
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"침출시간(day) "
Chart1.Refresh
ElseIf txtClass = "S3" Then
ReDim values(0, 0 To 3)
values(0, 0) = ((-5.0595 * DR(1) ^ 2 + 29.669 * DR(1) + _
2.8513) ^ 2) / 24
values(0, 1) = ((-10.509 * DR(2) ^ 2 + 18.676 * DR(2) + _
1.7535) ^ 2) / 24
values(0, 2) = ((3.8217 * DR(3) ^ 2 + 48.476 * DR(3) + _
2.3501) ^ 2) / 24
values(0, 3) = ((-1.6974 * DR(4) ^ 2 + 31.578 * DR(4) + _
2.2107) ^ 2) / 24
Chart1.ChartData = values
With Chart1.Legend
.Location.LocationType = 1
.Location.Visible = True
.TextLayout.HorzAlignment = _
VtHorizontalAlignmentRight
Chart1.RowCount = 1
Chart1.DataGrid.RowLabel(1, 1) = ""
End With
Chart1.Plot.SeriesCollection(1).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(2).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(3).Pen.Width = 1
Chart1.Plot.SeriesCollection(4).Pen.Width = 1
Chart1.ColumnCount = 4
Chart1.ColumnLabelCount = 4
Chart1.Column = 1
Chart1.ColumnLabel = "석고처리무암거침출법"
Chart1.Column = 2
Chart1.ColumnLabel = "석고처리암거침출법"
Chart1.Column = 3
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리무암거침출법"
Chart1.Column = 4
Chart1.ColumnLabel = "석고무처리암거침출법"
Chart1.Title.Text = ". 교환성나트륨 기준 침출시간 " _
& "[토양코드:" & txtSoilCode & "]" .
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdX).AxisTitle.Text = _
"용탈용수량(m' ) "
Chart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).AxisTitle.Text = _
"침출시간(day) "
Chart1.Refresh
ElseIf txtClass.Text = "S4" Or txtClass.Text = "S5" _
Then
res = MsgBox("S4, S5 토양에서는 침출시간추정이 _
불가능합니다. ", vbOKOnly)
If (res = vbOK) Then
frmOption.optDRM = True
frmOption.optRinsing = True
End If
End If

End If
End If
End Sub

Public Sub GraphSetup()
Calculation
End Sub

Public Sub GraphPrinter()
On Error GoTo printerr
Dim strprintfile As String
Dim NumCopies, i
dlgchart.CancelError = True
dlgchart.ShowPrinter
NumCopies = dlgchart.Copies
For i = 1 To NumCopies
Next i
On Error Resume Next
Clipboard.Clear
Chart1.EditCopy
Printer.PaintPicture Clipboard.GetData(), 300, 2000
Printer.EndDoc
Exit Sub
printerr:
MsgBox Err.Description
End Sub

Public Sub GraphSave()
On Error GoTo saverr
Dim strsavefile As String
With dlgchart ' CommonDialog object
.Filter = "Pictures (*.bmp)|*.bmp"
.DefaultExt = "bmp"
.CancelError = True
.ShowSave
strsavefile = .FileName
If strsavefile = "" Then Exit Sub
End With
On Error Resume Next
Clipboard.Clear
Chart1.EditCopy
SavePicture Clipboard.GetData, strsavefile
Exit Sub
saverr:
MsgBox Err.Description
End Sub

'=====
'|                                     프로그램 설명
'|=====

Option Explicit

' 레지스트리 보안 옵션
Const READ_CONTROL = &H20000
Const KEY_QUERY_VALUE = &H1
Const KEY_SET_VALUE = &H2
Const KEY_CREATE_SUB_KEY = &H4
Const KEY_ENUMERATE_SUB_KEYS = &H8
Const KEY_NOTIFY = &H10
Const KEY_CREATE_LINK = &H20

```

```

Const KEY_ALL_ACCESS = KEY_QUERY_VALUE + _
KEY_SET_VALUE + KEY_CREATE_SUB_KEY + _
KEY_ENUMERATE_SUB_KEYS + KEY_NOTIFY + _
KEY_CREATE_LINK + READ_CONTROL
' 레지스트리 키 ROOT 형식
Const HKEY_LOCAL_MACHINE = &H80000002
Const ERROR_SUCCESS = 0
Const REG_SZ = 1
' 32비트 숫자
Const REG_DWORD = 4
Const gREGKEYSYSINFOLOC = _
"SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools Location"
Const gREGVALSYSINFOLOC = "MSINFO"
Const gREGKEYSYSINFO = -
"SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools\MSINFO"
Const gREGVALSYSINFO = "PATH"

Private Declare Function RegOpenKeyEx Lib "advapi32"
Alias "RegOpenKeyExA" (ByVal hKey As Long, ByVal
lpSubKey As String, ByVal ulOptions As Long, ByVal
samDesired As Long, ByRef phkResult As Long) As
Long
Private Declare Function RegQueryValueEx Lib "advapi32"
Alias "RegQueryValueExA" (ByVal hKey As Long,
ByVal lpValueName As String, ByVal lpReserved As Long,
ByRef lpType As Long, ByVal lpData As String, ByRef
lpcbData As Long) As Long
Private Declare Function RegCloseKey Lib "advapi32"
(ByVal hKey As Long) As Long

Private Sub Form_Load()
Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2
Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 2
Me.Caption = App.Title & " 정보"
lblVersion.Caption = "버전 " & App.Major & "." & _
App.Minor & "." & App.Revision
lblTitle.Caption = App.Title
End Sub

Private Sub cmdSysInfo_Click()
Call StartSysInfo
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
Unload Me
End Sub

Public Sub StartSysInfo()
On Error GoTo SysInfoErr
Dim rc As Long
Dim SysInfoPath As String
If GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, _
gREGKEYSYSINFO, gREGVALSYSINFO, SysInfoPath) _
Then
' 시스템 정보 프로그램의 경로를 레지스트리에서만 가져옴
Elseif GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, _
gREGKEYSYSINFOLOC, gREGVALSYSINFOLOC, _
SysInfoPath) Then
' 알려진 32비트 파일버전의 존재 여부를 확인
If (Dir(SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE") <> "") Then
SysInfoPath = SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE"

```

```

Else
GoTo SysInfoErr
End If
Else
GoTo SysInfoErr
End If
Call Shell(SysInfoPath, vbNormalFocus)
Exit Sub
SysInfoErr:
MsgBox "지금은 시스템정보를 사용할 수 없습니다.", _
vbOKOnly
End Sub

Public Function GetKeyValue(KeyRoot As Long, KeyName
As String, SubKeyRef As String, ByRef KeyVal As String)
As Boolean
Dim i As Long
Dim rc As Long
' 열려 있는 레지스트리 키 처리
Dim hKey As Long
Dim hDepth As Long
' 레지스트리 키의 데이터 형식
Dim KeyValType As Long
' 레지스트리 키 값을 임시로 저장
Dim tmpVal As String
' 레지스트리 키 변수의 크기
Dim KeyValSize As Long

rc = RegOpenKeyEx(KeyRoot, KeyName, 0, _
KEY_ALL_ACCESS, hKey) ' 레지스트리 키를 열...
If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError
' 오류 처리.
tmpVal = String$(1024, 0)
' 변수의 크기 할당
KeyValSize = 1024
' 변수 크기 표시
' 레지스트리 키 값을 읽어옴
' 키 값 작성
rc = RegQueryValueEx(hKey, SubKeyRef, 0, _
KeyValType, tmpVal, KeyValSize)
If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError
' Win95는 Null 종료 문자열 추가
If (Asc(Mid(tmpVal, KeyValSize, 1)) = 0) Then
' Null을 찾음. 문자열에서 추출함
tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize - 1)
' WinNT는 Null 종료 문자열 추가하지 않음
Else
' Null을 찾지 못함. 문자열에서만 추출
tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize)
End If
' 데이터 형식 검색
Select Case KeyValType
' 문자열 레지스트리 키 데이터 형식
Case REG_SZ
' 문자열 값 복사
KeyVal = tmpVal
' 이진 단어 레지스트리 키 데이터 형식
Case REG_DWORD
' 각각 비트 변환
For i = Len(tmpVal) To 1 Step -1
' 값 문자를 문자별로 작성

```

```

KeyVal = KeyVal + Hex(Asc(Mid(tmpVal, i, 1)))
Next I
' 이진 단어를 문자열로 변환
KeyVal = Format$("&h" + KeyVal)
End Select
GetKeyValue = True
' 레지스트리 키를 닫음
rc = RegCloseKey(hKey)
' 종료.
Exit Function
' 오류가 발생하면 지움
GetKeyError:
' 반환값을 빈 문자열로 설정
KeyVal = ""
' 실패를 반환
GetKeyValue = False
' 레지스트리 키를 닫음
rc = RegCloseKey(hKey)
End Function
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Unload Me
End Sub

'=====
'|                       그래프 옵션                       |
'=====

Option Explicit

Private Sub Form_Load()
Me.Height = 9975
Me.Width = 2160
Me.Left = Screen.Width - (frmGraph.Left + Me.Width)
Me.Top = frmGraph.Top
End Sub

Private Sub ChartType_Click(Index As Integer)
frmGraph.Chart1.chartType = Index
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Unload Me
End Sub

Private Sub optECr_Click()
frmGraph.GraphSetup
End Sub

Private Sub optESPr_Click()
frmGraph.GraphSetup
End Sub

Private Sub optLeaching_Click()
frmGraph.GraphSetup
End Sub

Private Sub optRinsing_Click()
frmGraph.GraphSetup
End Sub

Private Sub StepText_KeyPress(KeyAscii As Integer)

```

```

If KeyAscii = 13 Then
frmGraph.GraphSetup
End If
End Sub

'=====
'|                       그래프 자료                       |
'=====

Option Explicit

Dim fname As String

Private Sub Form_Load()
Me.Top = frmGraph.Top * 2
Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2
RichTextBox1.Left = Me.ScaleLeft
CommonDialog1.FileName = App.Path
CommonDialog1.Filter = "텍스트파일 (*.txt;*.doc)|*.txt;*.doc|모든파일 (*.*)|*.*|"
Label1 = "파일명"
End Sub

Private Sub Command1_Click()
GraphWordPrint
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Call newsave_Click
End Sub

Private Sub Form_Resize()
RichTextBox1.Width = Me.ScaleWidth
RichTextBox1.Height = Me.ScaleHeight
End Sub

Public Sub GraphWordPrint()
Printer.Print RichTextBox1.Text
Printer.EndDoc
Clipboard.Clear
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Unload Me
End Sub

Private Sub RichTextBox1_GotFocus()
Frame1.Left = (RichTextBox1.Width) * 0.7
End Sub

Private Sub RichTextBox1_MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
If Button = vbRightButton Then
PopupMenu frmMain.mnuTextPopup
End Sub

Public Sub GraphWordSave()
Call newsave_Click
End Sub

Private Sub newsave_Click()
CommonDialog1.CancelError = True

```

```
On Error GoTo vvv:
CommonDialog1.DialogTitle = "저장하기"
CommonDialog1.ShowSave
fname = CommonDialog1.FileName
If fname <> "" Then RichTextBox1.SaveFile (fname)
'richtextbox의 저장명령
vvv:
CommonDialog1.CancelError = False
End Sub
```