

92-05-12

干拓地の生産基盤改善 및 田作物栽培試驗研究  
— 海南 干拓地區를 中心으로(除鹽編) —

The Experimental Studies on Improvement of Agricultural  
Production Infrastructure and Cultivation of Upland  
Crops In the Haenam Tidal Land Reclamation Area  
(Desalinization in Soil)

1992. 12

農 林 水 產 部  
農 漁 村 振 興 公 社



# 提 出 文

농어촌진흥공사 사장 귀하

본 보고서를 “간척지 생산기반 개선 및 전작물 재배시험 연구”의 제1차년도 보고서로 제출합니다.

1992년 12월

연구기관명 : 농 어 촌 연 구 원  
농어촌 구조연구소

연구총괄	: 申 昊 哲
연구원	: 尹 炅 燮
연구원	: 金 奎 秀
연구원	: 金 學 敏
토양조사	: 丁 正 化
토양분석	: 安 烈
검임연구원	: 李 允 煥
검임연구원	: 朴 景 熙

# 要 約 文

1. 研究課題名 : 干拓地 生産基盤改善 및 田作物栽培試驗 研究(除鹽編)

— 海南 干拓地를 中心으로 —

2. 研究期間 : 1992. 4. ~ 1992. 11(總 8個月)

3. 研究의 必要性 및 目的

1) 必要性

- 農産物의 國際市場 開放 趨勢와 高品質化 또는 無公害 農産物의 需要 膨脹에 能動的으로 대처키 위해
- 풍부한 干拓地 土壤資源의 高度利用으로 潛在的 生産能力을 提高시키고
- 干拓地 土壤을 밭작물 生育環境에 맞도록 改善키 위해 鹽土壤의 效率的인 除鹽方法을 모색하여
- 干拓地 土壤에 적합한 밭작물 品種選拔과 栽培法에 대한 研究가 必要하며
- 또한 干拓地에서 大規模 菜蔬栽培나 特用作物 栽培 可能性에 대한 研究가 절실히 要求된다.

2) 目的

- 干拓地 土壤을 밭작물 生育環境에 맞도록 改善키 위해 鹽土壤의 效率的 除鹽方法 모색

4. 研究內容 및 範圍

第1次年度(1992)

- 토양제염의 저해요인 분석

- 토양제염 시험포 계획 및 설계 시공
- 복토 처리구의 재염화 현상 고찰

## 5. 研究結果

'92년도 주요추진사항은 연구사업의 착수로서 다음과 같이 요약된다.

### ○ 전작물 재배 시험포 조성(0.75ha)

- 해남 간척농지 개선방안 기본계획에 따라 전작지 조성계획에 고려된 복토처리(20cm~50cm)에 재염화 억제방안으로 모래(20cm)를 포설 각 처리별 작물생육상황을 비교 검토(별책 작물재배시험 결과자료 참조)
- 조사기간중 염도상승억제는 I-1, I-2, I-3, I-4 처리구 순으로 나타났으며 모래층의 효과는 동기간에는 현저하지 못하였다.

### ○ 제염시험포 조성(0.75ha)

- 제Ⅱ-1시험구에 본 암거로 P.V.C 주름관  $\phi=50\text{m/m}$ 를 6m 간격으로 포설하고 자갈+모래층으로 충전하였으며 토양의 투수성을 감안 보조암거구(모래)를 6m 간격으로 횡으로 연결 본암거와 연결하여 0.40ha 조성
- 제Ⅱ-2시험구내에 본 암거(6m 간격)+복토 20cm의 포장을 0.35ha 조성
- 제Ⅲ시험구는 토양의 성숙도를 감안하여 9m 간격의 명거 설치
- 제Ⅱ시험구의 지하배수 암거시설은 토중의 과잉수분 배제로 토양성숙을 촉진시키고 있는 것으로 사료되며 가시적인 효과로 토양균열발달을 보이고 있으나 보다 장기적인 세심한 관찰을 요한다.

# 차 례

要 約 .....	1
第 1 章 序 論 .....	6
1.1 研究의 必要性 .....	6
1.2 研究의 目的 .....	6
1.3 研究의 範圍와 內容 .....	6
1.4 研究方法 .....	7
第 2 章 本 研究와 關聯된 既存 資料 .....	8
2.1 排水方法別 除鹽 .....	8
2.2 化學的 除鹽 .....	10
2.3 干拓年代別 土壤特性 變化 .....	10
第 3 章 干拓地 土壤의 特性, .....	14
3.1 鹽害土壤의 分類 및 特性 .....	14
3.1.1 鹽害土壤의 分類 .....	14
3.1.2 鹽害土壤의 特性 .....	14
3.2 우리나라 干拓地 土壤의 特性 .....	16
3.2.1 干潟地 土壤의 生成 .....	16
3.2.2 干潟地 土壤의 種類와 特性 .....	16
3.2.3 干潟地 土壤의 性質 .....	17
3.3 干拓地 土壤에 있어서의 作物 栽培 .....	21
第 4 章 干拓地 土壤의 除鹽 .....	26
4.1 除鹽의 理論的 考察 .....	26
4.1.1 물 및 鹽分收支 .....	27

4.1.2	溶脫効率係數	29
4.1.3	溶脫要求水量	32
4.1.4	鹽分收支式	34
4.1.5	灌溉要求水量	34
4.1.6	檢討結果에 對한 要約	35
4.2	除鹽方法	36
4.2.1	물管理에 의한 除鹽方法	36
4.2.2	排水施設에 의한 除鹽方法	38
4.2.3	生物學的 除鹽方法	39
4.2.4	化學的 除鹽方法	40
4.2.5	耕耘 및 客土에 의한 除鹽方法	40
<b>第 5 章</b>	<b>試驗圃 造成計劃 및 現況</b>	<b>42</b>
5.1	試驗圃 造成 推進 經緯	42
5.2	海南干拓農地의 現況	42
5.2.1	地形 및 地勢	42
5.2.2	土 壤	44
5.2.3	氣 候	44
5.2.4	農地利用計劃	44
5.3	試驗圃	45
5.3.1	位 置	45
5.3.2	面積 및 試驗圃 配置	45
5.3.3	試驗圃 造成現況	47
5.4	調查試驗 方法	55
5.4.1	現場調查	55
5.4.2	室內試驗	60
5.4.3	氣象調查	60

第 6 章 結果 및 考察	61
6.1 氣象現況	61
6.1.1 降雨量 및 蒸發量	61
6.2 土壤特性	62
6.2.1 土 性	62
6.2.2 酸 度	63
6.2.3 有機物 含量	63
6.2.4 有效磷酸	63
6.2.5 土壤의 物理性	68
6.2.6 鹽度の 變化	69
6.2.7 土壤龜裂 發達	71
第 7 章 今後 推進計劃	72
參 考 文 獻	73
附 錄	
1. 地下暗渠排水 理論方程式	75
2. 우리나라 干拓地 除鹽의 小史	88
3. 土壤斷面 調查 記錄表	94
4. 調查 時期別 土壤斷面 特性 比較表	97



# 第1章 序 論

## 1.1 研究의 必要性

- 農産物의 國際市場 開放 趨勢와 高品質化 또는 無公害 農産物의 需要 膨脹에 能動的으로 대처키 위해
- 풍부한 干拓地 土壤資源의 高度 利用으로 潛在的 生産能力을 提高시키고
- 干拓地 土壤을 밭작물 生育環境에 맞도록 改善키 위해 含鹽土壤의 效率的인 除鹽方法을 모색하여
- 干拓地 土壤에 적합한 밭작물 品種選拔과 栽培法에 대한 研究가 必要하며
- 또한 干拓地에서 大規模 菜蔬栽培나 特用作物 栽培 可能性에 대한 研究가 절실히 要求된다.

## 1.2 研究의 目的

干拓地 土壤을 밭작물 生育環境에 맞도록 改善키 위해 鹽土壤의 效率的 除鹽方法 摸索

## 1.3 研究內容 및 範圍

第1次年度(1992)

- 土壤除鹽의 저해요인 分析
- 土壤除鹽 試驗圃 計劃 및 設計 施工
- 覆土 處理區의 再鹽化 現象 考察

## 1.4 研究方法

- 既存 研究資料 蒐集·分析
- 海南 干拓地內에 試驗圃를 造成하여 現場 實測 資料 蒐集·分析



- 湖南作試(1972~1974)의 排水方法 및 肥培管理 改善에 관한 試驗報告에 의하면 減水深은 土管暗渠 > 두더지暗渠 > 常時湛水 順으로 많았고 暗渠排水를 함으로서 水稻收穫直後の 토양수분이 현저히 감소되는데 畝裏作 擴大를 위한 수단으로 暗渠排水를 실시하는 것이 필요하다고 하였다.
- 金 等은 암거 재료별 배수능력시험(1974)에서 P.V.C관 암거(합성수지제 Filter로 피복) 및 왕겨 암거가 단위 배수량은 많은 반면 암거내에 유입하는 토사량은 적어 암거 재료로 유망시 된다고 보고하였다.
- 盧 等에 의하면 暗渠排水가 水稻體形成에 미치는 영향 試驗(1975)에서 暗渠排水가 無排水區보다 排水條件別間에는 21%의 增收, 施肥量間에는 15kg 處理에서는 2%, 20kg 處理區에서는 7%, 25kg 處理에서는 20%의 높은 增收率을 보였고 栽植密度間에는 暗渠排水區가 60株 處理에서는 5%, 80株 處理에서는 4%, 100株 處理에서는 15%의 增收率을 보였다고 보고하였다.
- 金 等(1976)에 의하면 管暗渠에 자갈 피복을 한 것이 다른 暗渠材料에 비하여 성능이 우수하였다고 하였고 왕겨暗渠가 1次年度에서는 排水量이 많은 반면 2次年度에서는 약 1/2로 감소하였다고 하였다.
- 農工利用研究所가 시행한 干拓地除鹽에 관한 試驗(II)(1976)에 의하면 토양염분용탈 깊이는 지표하 30~50cm까지 영향을 미쳤으며 그 이하는 토양염도의 변화가 미소하였다고 하였고 토양의 지표하 30cm 이하부터 수직 침투가 점점 감소하고 그 대신 수평침투 현상이 일어났다고 하였다.
- 韓 等은 米面干拓地 除鹽排水試驗(1975~1979)에서 管暗渠 間격 7.5, 15.0, 30m 區와 無處理區別 除鹽率이 97.0%, 94.6%, 86.2%와 79.2%로 7.5m 區에서 가장 높았다고 보고하였다.
- 農業振興公社는 南陽干拓地 除鹽排水試驗(1975~1978)에서 두더지暗渠(2, 4 및 8m 間격)와 管暗渠(4, 8 및 16m 間격)의 除鹽效果를 분석한 바 두더지暗渠區에서 87.0%, 85.5%와 83.9%의 除鹽率을 얻었고 管暗渠區에서는 86.7%, 87.0%와 76.3%의 除鹽率을 얻었다.

- 李 等은 半月試驗圃에서 실시한 除鹽排水 및 土壤成熟에 관한 研究(1982~1986)에서 施設區(管暗渠)와 無施設區를 비교한 바 施設區가 除鹽 效果가 있는 것으로 인정되었으나 기대할 만큼 효과는 없었으며 이는 土壤成熟度를 고려하지 않고 조기 시설로 인하여 暗渠機能이 不良한 것이 原因이라 하였고 開渠 거리별 除鹽 效果는 거리가 멀수록 除鹽率이 낮았으며 暗渠 거리별 除鹽效果는 暗渠에서 거리가 멀수록 낮았다고 보고하였다.
- 吳 等은 湛水 土壤系에서 염분의 1차원적 확산(1976)에 관한 연구에서 관개수가 충분치 못한 우리나라 실정에는 擴散에 의한 除鹽이 가장 효과적이라 하였다.

## 2.2. 化學的 除鹽

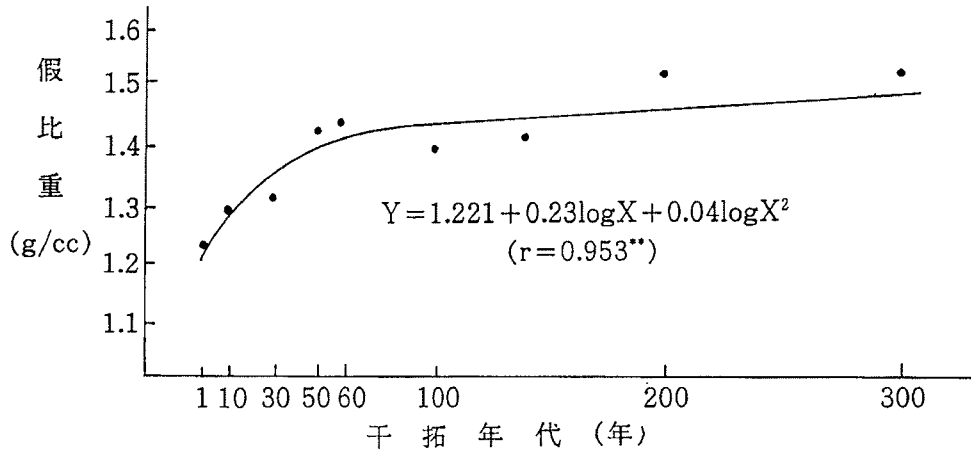
- 韓 等은 生藥施用에 의한 除鹽 效果 試驗(1979)에서 토양에 흡착되어 있는 有害成分의 용출에는 석고시용과 生藥에 대한 效果가 있다고 하였으며 吳 等の 干拓地 土壤의 土壤改良劑 利用에 의한 除鹽 試驗(1967)과 嚴 等に 의한 干拓地에 대한 改良劑 試用 效果 試驗(1978)에서도 이를 認定한 바 있다.

## 2.3 干拓年代別 土壤特性 變化

李 等に 의한 除鹽排水 및 土壤成熟에 관한 研究(1982~1986)는 干拓後 土壤의 變化(假比重, pH, 치환성 양이온, 치환성 소다올 및 鹽度)를 다음과 같이 보이고 있다고 報告하였다.

### ○ 假比重

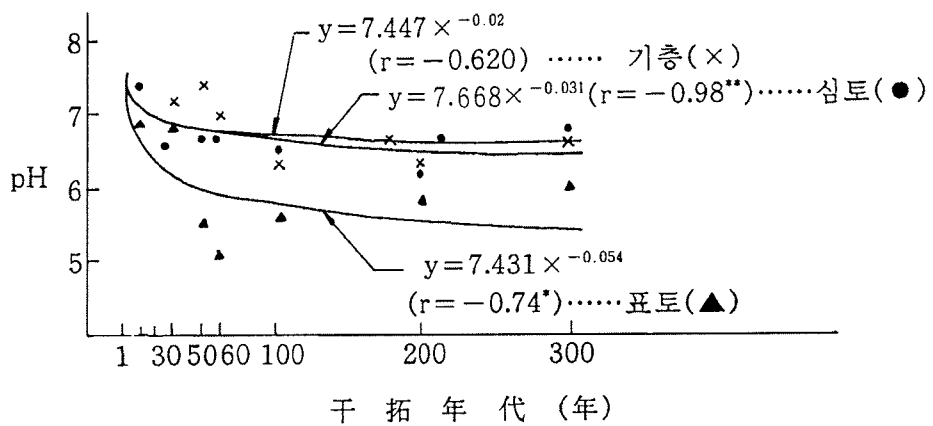
그림 2.1에 보이는 바와 같이 假比重은 干拓後 50년까지 급격히 증가하다가 그 후에는 변화의 폭이 적었다.



〈그림 2-1〉 干拓年代別 假比重의 變化(心土)

○ pH

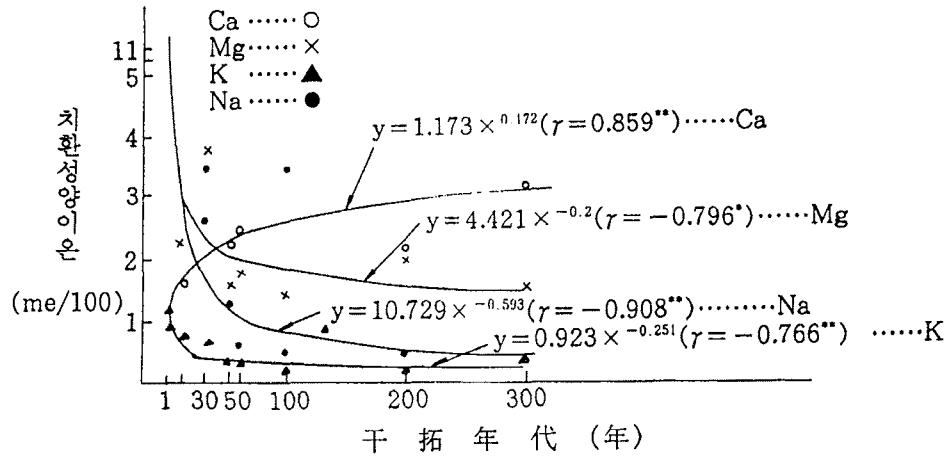
그림 2.2에 보이는 바와 같이 pH는 干拓年代의 경과에 따라 감소되었으며 표토에서 가장 변화가 컸고 기층에는 변화가 적었다.



〈그림 2-2〉 干拓年代別 pH의 變化

○ 치환성 양이온

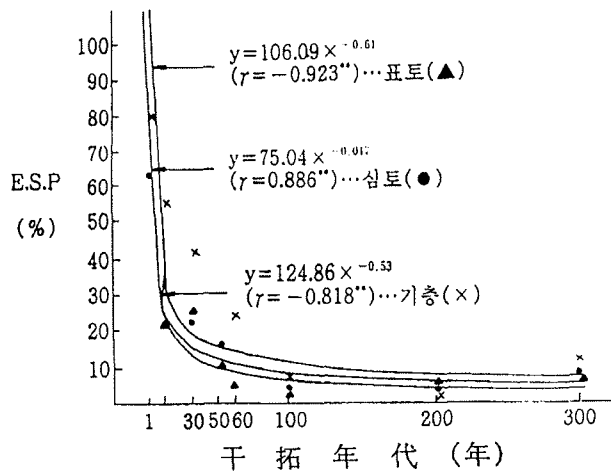
그림 2.3과 같이 치환성 염류인 Na, Mg, K 등은 간척후 50년까지 급격히 감소하였으나 Ca는 다소 증가하였다.



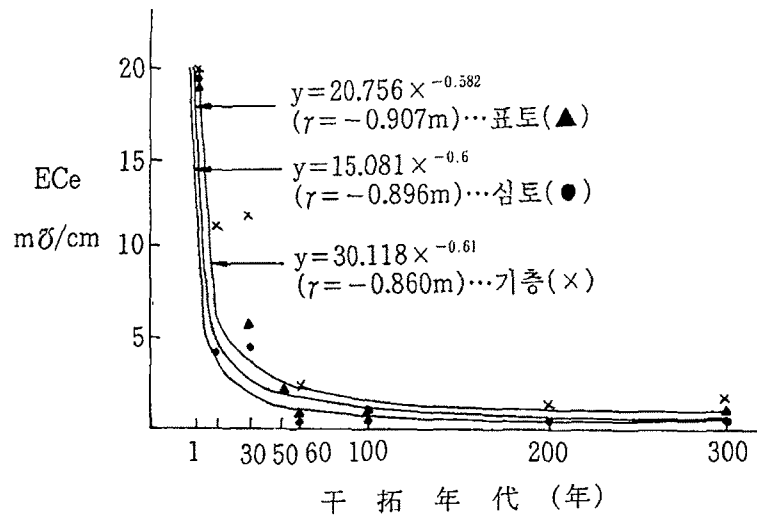
〈그림 2-3〉 干拓年代別 置換性 陽 Ion의 變化(表土)

○ 鹽度 및 치환성 소다울

그림 2.4~5에 보이는 바와 같이 鹽度(ECe) 및 치환성 소다울(E.S.P)은 아주 유사한 양상으로 감소하여 干拓後 50년이 경과하면 鹽濃度로 보면 全層을 통하여 작물재배에 지장이 없는 것으로 나타났다.



〈그림 2-4〉 干拓年代別 置換性 소다울의 變化



〈그림 2-5〉 干拓年代別 ECe의 變化



## 第 3 章 干拓地 土壤의 特性

### 3.1 鹽害土壤의 分類 및 特性

U. S. Salinity Laboratory에서 提示한 方法을 基準으로 하여 鹽害土壤을 分類하고 그의 一般的인 特性을 보면 다음과 같다.

#### 3.1.1 鹽害土壤의 分類

鹽害土壤(Salt-Affected Soil)이라 함은 土壤이 可溶性鹽類 또는 置換性나트륨을 過多하게 含有하고 있어 土壤의 生産性을 감소시키는 주원인이 되고 있는 土壤을 말한다.

鹽害土壤은 可溶性鹽類를 過多하게 含有하고 있는 鹽類土壤(Saline Soil)과 置換性나트륨을 過多하게 含有하고 있는 알카리土壤(Alkali Soil)으로 大別하고 다시 可溶性鹽類와 置換性나트륨을 含有하고 있는 정도에 따라 鹽類알카리土壤(Saline-Alkali Soil)과 非鹽類알카리土壤(Nonsaline-Alkali Soil)으로 分類된다.

〈表 3-1〉 鹽害土壤의 分類

指 標 鹽害土壤	飽和抽出液의 電氣 傳導度(mmhos/cm)	置換性나트륨百分率 (%)	飽和 土壤의 pH
鹽 類 土 壤	> 4	< 15	< 8.5
鹽 類 알 카 리 土 壤	> 4	> 15	보통 8.5 또는 <8.5
非鹽類 알 카 리 土 壤	< 4	> 15	8.5~10

#### 3.1.2 鹽害土壤의 特性

鹽害土壤의 共通的인 特性은 鹽類土壤이나 알칼리土壤內에 含有되어 있는 電解質이 鹽害土壤의 形成過程을 支配하고 그 形態를 決定하며 電解質濃度는 다른 一般的인 土壤의 電解質濃度보다 높으며 이러한 높은 電解質濃도가 土壤의

生産性に 해로운 影響을 준다는 점 등을 들수 있다.

一般的으로 鹽類土壤, 鹽類알칼리土壤, 非鹽類알칼리土壤이 갖는 特性은 다음과 같다.

〈表 3-2〉 鹽害土壤의 特性

鹽害土壤 特 性	鹽 害 土 壤	鹽 類 알칼리 土壤	非 鹽 類 알칼리 土壤
○ 土性を 지배하는 인자	可溶性鹽類	- 가용성 염류 및 치환성나트륨	치환성나트륨
○ 土壤粒子에 대한 효과	凝集現象	- 가용성 염류의 과다함유 경우 : 凝集 - 과잉가용성 염류를 제거하면 : 分散	분산현상
○ 土壤의 透水性	알칼리 토양에 비하여 높은편이다.	- 용탈시킴에 따라 투수성이 낮아짐	염류토양에 비하여 낮다.
○ 作物生育 저해의 主원인	토양용액의 높은 삼투압	- 토양용액의 높은 삼투압 및 알칼리성	토양용액의 알칼리성
○ 改良方法	용탈 방법	- 토양개량제 시용 및 용탈방법	토양개량제 시용, 深耕 및 용탈방법

## 3.2 우리나라 干拓地 土壤의 特性

### 3.2.1 干潟地 土壤의 生成

- 干潟地는 潮差가 심하고 波浪의 영향을 적게받는 오목한 灣, 潟湖, 砂嘴의 배후지 등에 海底傾斜가 비교적 완만한 해안에 잘 형성되는 堆積地形으로 西南海岸에 넓게 발달되어 있다.
- 干潟地를 이루는 물질은 대부분 河川에서 공급되므로 넓은 干潟地는 黃海로 유입하는 한강, 금강, 만경강, 동진강 등 제 河川이 대량의 물질을 홍수기에 바다로 운반하므로 하구부근에 많이 분포하고 있다. 따라서 하구부근의 干潟地는 모래를 많이 포함하고 있으며 여기서 다시 粘土, 微砂와 같은 細粒物質은 潮流에 따라 밀려와서 물이 잔잔한 곳에 堆積되어 전형적인 干潟地, 즉 갯벌을 形成한다.
- 海洋地質學的으로 干潟地는 潮間帶(Inter Tidal Zone)라 하며 해양의 여러 堆積環境중 混合堆積環境으로 分類하고 있으며 主潮流路, 正規潮間帶, 鹽水濕地등 3부분으로 이루어져 있다. 이중 主潮流路는 흔히 갯골이라 하여 항상 바닷물이 덮이는 곳으로 만조와 간조때에 潮流의 이동이 있는 물길이며, 正規潮間帶는 평균 만조위와 평균 간조위 사이의 지역으로서 육지쪽으로 鹽水濕地와의 경계부분에 鹽生植物이 일부 자라고 있으나 전반적으로 바닷물에 덮이는 시간이 많기 때문에 식물이 자라지 못하며 몇가지 종류의 貝類와 介類가 살고 있으며 鹽水濕地는 육지에서 제일 가까운 곳에 위치하는 평균 만조위 때에만 바닷물로 덮이는 부분으로 통통마디, 수송나물, 나문재 등의 鹽生植物이 자라서 정착하게 됨에 따라 퇴적물의 集積을 크게 돕게 되어, 이부분이 간척하기에 좋은 곳으로 오래된 干拓地는 이에 속하고 있다.

### 3.2.2 干潟地 土壤의 種類와 特性

- 河川의 운반물질이 대부분으로서 河海混成沖積物이 모체가 되어 있다.

대체로 河口부근 해안에는 粗粒質인 모래가 많이 堆積되어 있으며 微砂 및 粘土와 같은 細粒物質은 해안을 따라 멀리 운반되면서 微砂質 壤土의 전형적인 干潟地를 형성하고 있다.

- 美國 農務省의 舊式 토양분류체계를 보면 Saline Alluvial Soil이라고 부를 수 있을 것이며 위의 3.1에 언급한 미국 농무성 鹽度研究所의 분류법에 의하면 Saline-alkali Soil 또는 Saline-Sodic Soil에 속한다.
- 1987~1989년에 農業振興公社에서는 서남해안간척자원 264,805ha를 조사하여 土性, 成熟度, 貝殼 및 石礫含有, 傾斜도를 가지고 16個의 作圖單位로 分類하여 그 特性和 分布面積을 보면 表 3.3과 같다. 이를 보면 干潟地 土壤이 있는 지형은 海洋地質學的으로 正規潮間帶에 거의 大部分이 분포되어 있으며 土壤의 成熟도에 있어서는 Pons의 현장감정법에 의해 대체로 지표면에서 20~40cm 깊이까지 황갈회색을 띠는 半成熟土壤으로 구분되고 土壤의 鹽度は 대체로 30~50mmhos/cm 범위에 있다.

### 3.2.3 干潟地 土壤의 特質

#### 1. 特 性

干潟地 土壤의 성질중 가장 중요한 것으로 土性を 들 수 있으며 이는 作物栽培와 其他 土地利用에 있어서 가장 基本的인 성질이 되기 때문이다. 土性を 決定하는 土壤粒子中 모래(2~0.05mm), 微砂(0.05~0.002mm), 粘土(0.002mm以下)가 있으며 이중 粘土가 가장 중요하다. 西南海岸 干拓資源調查(1987~1989) 결과에 의하면 조사면적 264,805ha중 砂土는 16,394ha로 전면적인 6.2%를 차지하며 壤質砂土는 57,420ha이며, 砂壤土는 40,629ha로서 이들 砂質系 土壤이 全 調查面積의 43.2%를 차지하고 있다. 海成冲積物의 특징인 微砂(Silt)와 粘土를 母材로한 微砂質系 토양은 全 調查面積의 47.3%를 차지하고 埴質系 土壤은 9.5%를 차지하고 있다.

〈表 3-3〉 土性別調査地域別分布面積

作圖 符號	土 性	地 域 別 面 積 (ha)							比 率 (%)
		京 畿	忠 南	全 北	全南(I)	全北(II)	慶 南	計	
1	砂土(S)	1,189	4,845	920	7,005	1,743	692	16,394	6.2
2	壤質砂土(LS)	3,038	4,163	45,050	5,094	25	50	57,420	21.7
4,5,6	砂壤土(SL)	4,730	3,066	29,450	1,751	955	677	40,629	15.3
18	微砂土(SI)	467	—	—	—	—	—	467	0.2
7,8,9 10,11	微砂質壤土 (SIL)	23,416	7,786	30,380	11,538	44,535	7,507	124,862	47.1
14,16	微砂質埴壤土 (SICL)	—	250	—	2,122	12,415	7,191	21,978	8.3
19,20	微砂質埴土 (SIC)	—	—	—	—	3,055	—	3,055	1.2
計		32,840	20,110	105,500	27,510	62,728	16,117	264,805	100.0

자료 : 서남해안 간척지 자원조사 종합보고서(1990.12)

### 2. 鹽分濃度 및 其他 化學的 性質

干潟地 土壤은 바닷물의 영향을 받은 토양이므로 鹽分濃도가 飽和抽出液의 傳導度로 30~50mmhos/cm (25°C시)가 되는 것이 보통이다. pH는 7.1~8.6 범위에 있고 유기물 함량은 적은 편으로 0.1~3.1 범위에 있다.

### 3. 土壤의 成熟度

沖積土의 土壤生成을 연구한 화란의 Pons에 의하면 沖積土의 初期生成 작용을 토양성숙과 결부시켜 해석하여 성숙도에 따라서 沖積土를 분류하였다.

화란토양의 분류체계에서는 沖積土와 泥炭土를 물리적 성숙도에 따라서 분류하고 있으며 미농무성의 새로운 토양분류법(1975)에서도 이 성숙도를 포함시키고 있다. 우리나라의 간척지 토양은 일종의 沖積土로서 表 3.4과 같은 기준으로 서남해안 간척지 자원 조사(1987~1989) 결과는 表 3.5에 보는 바와 같이 미성숙토양은 全 調査面積의 69.9%인 184,973ha 였으며 반성숙토양(약 30cm 깊이까지 n값이 1.0~1.4범위)은 극히 적은 5,551ha(2.0%)에 지나지 않았으며 나머

지는 砂質土로써 성숙도를 가려낼 수 없거나 微砂土와 같이 분류되지 않은 것들이다.

〈表 3-4〉 物理的成熟에 따른 土壤物質의 分類

n 값	記號	名 稱	結持性の 程度(平均粘土含量에 依함)
< 0.7	r	成 熟	굳음, 손에 붙지 않거나 약간 붙는다. 꽂추면 손가락 사이로 빠져 나오지 않음.
0.7~1.0	$\omega\alpha$	거 의 成 熟	약간 굳음, 손에 약간 붙으며 꽂 추어도 손가락 사이로 빠져 나오지 않음.
1.0~1.4	$\omega\beta$	半 成 熟	약간 연합, 손에 붙으며 꽂추면 손가락 사이로 잘 빠져 나옴.
1.4~2.0	$\omega\gamma$	거 의 未 成 熟	연합, 손에 잘 붙으며 꽂추면 손가락 사이로 잘 빠져 나옴.
> 2.0	$\omega\delta$	未 成 熟	액상땀흙, 반죽이 되지 않음.

〈表 3-5〉 土壤別地域別土壤成熟面積

作 圖 符 號	成熟區分	地 域 別 面 積 (ha)							比 率 (%)
		京 畿	忠 南	全 北	全南(I)	全北(II)	慶 南	計	
4,5,6,7,8 9,10,14,19	未 成 熟	26,853	9,852	59,530	14,594	58,769	15,375	184,973	69.9
11,16,20	半 成 熟	1,293	1,250	-	817	2,191	-	5,551	2.0
1,2,3,18	其 他 (區分없음)	4,694	9,008	45,970	12,099	1,768	742	74,281	28.1
計		32,840	20,110	105,500	27,510	62,728	16,117	264,805	100.0

#### 4. 貝殼 含量

우리나라 干潟地에는 많은 양식장이 있어 干潟地 특유의 생태계가 형성되어 貝類가 서식하면서 토양중에 貝殼類의 잔해가 남아 있다. 이러한 토양은 투수성등이 보통 干潟地 土壤과 다르다.

서남해안 간척자원조사(1987~1989)에 의하면 간척지 토양별 특성과 지역별 분포면적은 表 3-6과 같다.

〈表 3-6〉

干拓地 土壤別 特性과 地域別 分布面積

作圖 符號	土壤名	傾斜 (%)	地 形	土壤 排水	石 礫 貝 殼 含量(%)	土地 利用 現 況	土地 利用 推 薦	土 壤 處 理						推定 滲透量 (mm/日)	透水 係數 (m/日)	土壤 鹽度 (mmhos /cm)	面 積	備 考
								客土	覆土	石礫 除去	表土 處理	排水 改善	除鹽					
1	砂 土	0~2	正規潮間帶	不良		干拓地	畚,田		○			○	○	15	3	29-31	16,394	
2	壤質砂土	"	"	"		"	"		○			○	○	15	1-3	27-31	57,210	
3	貝殼以 壤質砂土	"	"	"	Shell 20~30	"	"		○			○	○	15	1-3	27-31	210	
4	砂 壤 土	"	"	"		"	畚	○				○	○	8	0.7-1.0	32-40	39,754	
5	石礫以 砂 壤 土	"	"	"	石礫 20~30	"	"	○		○		○	○	10	0.4-0.9	36-39	486	
6	貝殼以 砂壤土	"	"	"	Shell 20~30	"	"	○				○	○	10	0.7-1.0	26-39	389	
7	未成熟 SiL	"	正規潮間帶 淺 海 地	"		"	"					○	○	3	0.2-0.5	36-48	117,726	
8	"	2~5	"	"		"	"					○	○	3	0.2-0.5	28-52	863	
9	盤層以 未成熟 SiL	0~2	"	"		"	"					○	○	2	0.1-0.2	28-52	78	
10	貝殼以 未成熟 SiL	"	"	"	Shell 20~30	"	"					○	○	4	0.2-0.5	32-39	1,985	
11	半成熟 SiL	"	鹽水湿地	"		"	"					○	○	3.5	0.3-0.7	40-41	4,210	
14	未成熟 Siel	"	淺 海 地 正規潮間帶	"		"	"					○	○	2	0.2-0.02	34-49	21,315	
16	半成熟 Siel	"	鹽水湿地 正規潮間帶	"		"	"					○	○	2	0.2-0.02	31-38	663	
18	Si	"	正規潮間帶	"		"	"					○	○	2.5	0.1-0.2	28-29	467	
19	未成熟 SiC	"	正規潮間帶	"		"	"					○	○	2	0.2-0.02	31-41	2,377	
20	半成熟 SiC	"	淺 海 地	"		"	"					○	○	2	0.2-0.02	30-41	678	
	小 計							40,629	73,814	486	-	264,805	264,805	7.0			264,805	

### 3.3 干拓地土壤에 있어서의 作物栽培

新干拓地 土壤은 높은 濃度の 可溶性鹽類(소오디움, 마그네슘, 칼슘, 가리등의 염화물, 황산염, 소량의 탄산염등)를 함유하고 있기때문에 作物을 栽培하면 생육장해를 일으켜서 감수된다.

干拓地 土壤의 可溶性 鹽類에 의한 作物생육장해는 ① 높은 濃度の 특정 이온 -소오디움이온( $\text{Na}^+$ ), 마그네슘 이온( $\text{Mg}^{2+}$ )등에 의한 독성발현으로 인해서 생리병을 유발한다. ② 可溶性 鹽類는 土壤의 水分 Potential을 저하시켜 作物 뿌리에 의한 흡수를 감소시킨다. 干拓地 土壤의 土壤溶液中的 鹽類濃도가 높으면 전체이온濃도도 높아지므로 作物을 栽培할 경우 뿌리세포가 원형질 분리를 일으킨다. 발아종자의 어린뿌리는 특히 土壤溶液의 높은 이온농도에 예민하다.

높은 濃도에 의한 作物의 생육장해에서 더 큰 문제는 土壤溶液의 浸透 Potential이 높아지므로 뿌리의 흡수가 감소되는데 있다. 아울러 소오디움이온( $\text{Na}^+$ ), 염소이온( $\text{Cl}^-$ )의 다량흡수에 의한 영양과 대사의 이상을 들수 있다. 즉 가리이온( $\text{K}^+$ ), 칼슘이온( $\text{Ca}^{2+}$ )의 흡수저해, 질소의 이상대사 말하자면 전질소, 단백질소의 체내 濃도가 높아진다. 이를 막기 위해 질소를 충분히 공급하면 피해를 경감시킬 수 있다.

干拓地 土壤溶液은 높은 濃度の  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , 철이온( $\text{Fe}^{2+}$  환원상태에서)등과 낮은 濃度の  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 과는 서로 불균형 상태에 있게 된다. 따라서 作物은 영양장해를 쉽게 받을 수 있다. 요컨데 鹽害는 탄산동화, 단백질합성, 호흡과 같은 대사과정에 영향을 준다.

鹽類毒性은 우선 作物조직중에 있는 이온끼리의 불균형에서부터 시작된다. 이온불균형은  $\text{Na}^+$  과잉의 경우가 많다. 作物은 과잉의  $\text{Na}^+$  흡수에 대해서 어느정도 대항한다.  $\text{Na}^+$ 이 액포에 들어갈 때에도 마찬가지이다. 이런 과정은 에너지를 추가적으로 더 필요하므로 鹽類의 높은 濃度 조건하에서는 호흡속도가



빨라지므로 저장된 탄수화물의 소비는 보통 土壤에서 정상생육을 하는 작물의 경우보다 많다. 작물이 鹽類障害를 받으면 에너지가 부족하게 된다. 에너지 공급과 鹽類濃度 관계를 보면 소금의 毒性效果는 낮은 光度에서 보다 높은 光度에서 적다고 한다. 높은 광도 조건하에서는 작물기관에서의 양이온끼리의 균형이 낮은 光度에서 보다 잘 유지 된다고 한다. 낮은 光度에서는  $Na^+$ 은 과잉 상태이고  $K^+$  濃度は 낮아서 이들 이온사이에는 불균형 상태가 유지된다. 이와 같은 이온끼리의 불균형은 탄산동화의 異常과 脂質轉換이 급격히 감소된다고 한다.

鹽類의 높은 濃度下에서의 에너지 부족은 여러 에너지 요구과정 즉 탄산동화, 단백질합성 또는 질소동화와 같은 대사에 영향을 준다. 또한 鹽類의 높은 濃度下에서는 뿌리에서의 Cytokinin합성 뿐만아니라, 작물 지상부에서의 Cytokinin轉位를 제한한다. 한편 Abscicic酸의 합성은 鹽類濃度가 높으면 촉진된다고 알려져 있다.

$Na^+$ 의 과잉상태에서는 세포질에서 효소와 세포기관이  $Na^+$ 의 과잉부하를 받게 된다. 작물의 내염성은 품종간에 현저한 차이가 있다(목화, 보리등). 그러나 녹두, 상추, 양파, 당근은 차이가 없다고 한다. 작물에 대한 鹽類效果는 土壤水分의 浸透 Potential을 높여 발아종자와 발아근의 흡수를 감퇴시킨다. 鹽類가 이온화되면 水和되어서 물분자의 평균 운동을 감소시키고 그 결과 물의 에너지 함량은 적어진다. 이때문에 鹽類濃度 增加는 土壤水分張力을 增加시켜 습수에 영향을 주게 된다.

干拓地 土壤에 作物을 栽培할때 우선 고려해야 할 것은 土壤의 鹽類濃度を 측정해봐야 한다. 이를 위해서 보통 電氣傳導度(EC)를 측정한다. 電氣傳導度 값과 작물 생육 관계를 보면 다음과 같다.

〈表 3-7〉

作物生育에 미치는 鹽類의 影響

美農務省 Handbook No.60

EC, mmhos/cm	0	2	4	8	16
作物에 대한 影響	鹽害 거의 無 視함	鹽分에 대단히  민감 作物의 收量은 制限을  받을수 있음	많은 作物의 收量은 制限을  받음	耐鹽性作物만이 收量安全確保可 能	몇가지 極耐性 作物만이 收量 安全確保可能
飽和浸出液濃度 (規定, N)	0.0	0.02	0.04	0.08	0.16
浸透壓(bar)	0	1	2	4	8
分類(提案)	非鹽性 (non-Saline)	鹽性若干 (Slightly Saline)	鹽性普通 (Moderately Saline)	鹽性甚 (Very Saline)	鹽性極甚 (extremely Saline)

위에서 보는 바와 같이 0~2mmhos/cm에서는 작물생육에 지장은 없으나 電氣傳導度가 올라갈수록 작물수량 확보는 불안정해 진다.

다음은 작물별 耐鹽性を 電氣傳導度 값으로 表示했다.

〈表 3-8〉

作物의 耐鹽度와 減水率과의 關係

mmhos/cm, 25°C

作物	減水率		
	10%	25%	50%
作物·보리(Barley)	12	16	18
밀(Wheat)	7	10	14
수수(Sorghum)	6	9	12
대두(Soybean)	5.5	7	9
수도(Paddyrice)	5	6	8
옥수수(Corn)	5	6	7
잠두(Broad bean)	3.5	4.5	6.5
아마(Flax)	3	4.5	6.5

작 물	減 水 率		
	10%	25%	50%
菜 蔬 근 대(Beat)	8	10	12
시금치(Spinach)	5.5	7	8
토마토(Tomato)	4	6.5	8
배 추(Cabbage)	2.5	4	7
감 자(Potato)	2.5	4	6
고구마(Sweet potato)	2.5	3.5	6
상 추(Lettuce)	2	3	5
양 파(Onion)	2	3.5	4
당 근(Carrot)	1.5	2.5	4
飼料作物 버뮤다그라스(Bermuda grass)	13	16	18
알팔파(Alfalfa)	3	5	8
오오차아드 그래스(Orchard grass)	2.5	4.5	8
크로오바, 알시이크, 레드(clover, alsike and red)	2	2.5	4
果 樹 포 도(Grape, Thompson)	4		8
마스크메론(Maskmelon)	3.5		
오렌지(Orange)	2.5		5
사과, 배(Apple, Pear)	2.5		5
복숭아, 살구(Peach, apricot)	2.5		5
딸 기(Strawberry)	1.5		3

즉 보통 土壤에서 자란 작물 수량을 100%로 보고 干拓地에서 같은 작물을 같은 조건에서 재배 했을때 수량이 10%, 25%, 50% 감수될때의 電氣傳導度 값을 표시했다. 水稻의 경우 土壤의 포화용액의 電氣傳導度가 5mmhos/cm면 보통 논에서 정상·생육을 했을 때의 수량의 10%가 감수됨을 뜻하며 보리나 밀

의 경우에는 7mmhos/cm에서 10%가 감소되므로 水稻보다 내염성이 약간 강하다.

鹽類濃도가 높은 干拓地 土壤의 시비는 鹽類를 계속 제거해야 하기 때문에 표층시비가 바람직하다. 위에서 언급된 바와 같이 干拓地 土壤에서는  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$  사이에 불균형이 심하므로 균형을 취하려면  $\text{Na}^+$  제거 조작을 계속하는 동시에 가리비료를 다량 시비할 필요가 있다. 그런데 가리비료는 수용성이므로 유실이 많기 때문에 緩効性가리 예컨대 우량점토인 몬모리나이트(Monmorilonite)나 Zeolite에  $\text{K}^+$ 를 흡착시킨 가리흡착 비료를 사용하는 것이 좋다.

鹽도가 높은 干拓地 土壤에 작물을 재배할 때에는 계속적인 脫鹽과 동시에 肥效增進과 節肥를 위해서 근권 심층추비나 기비로서 흡착질소비료 사용이 효과가 있다.

## 第 4 章 干拓地 土壤의 除鹽

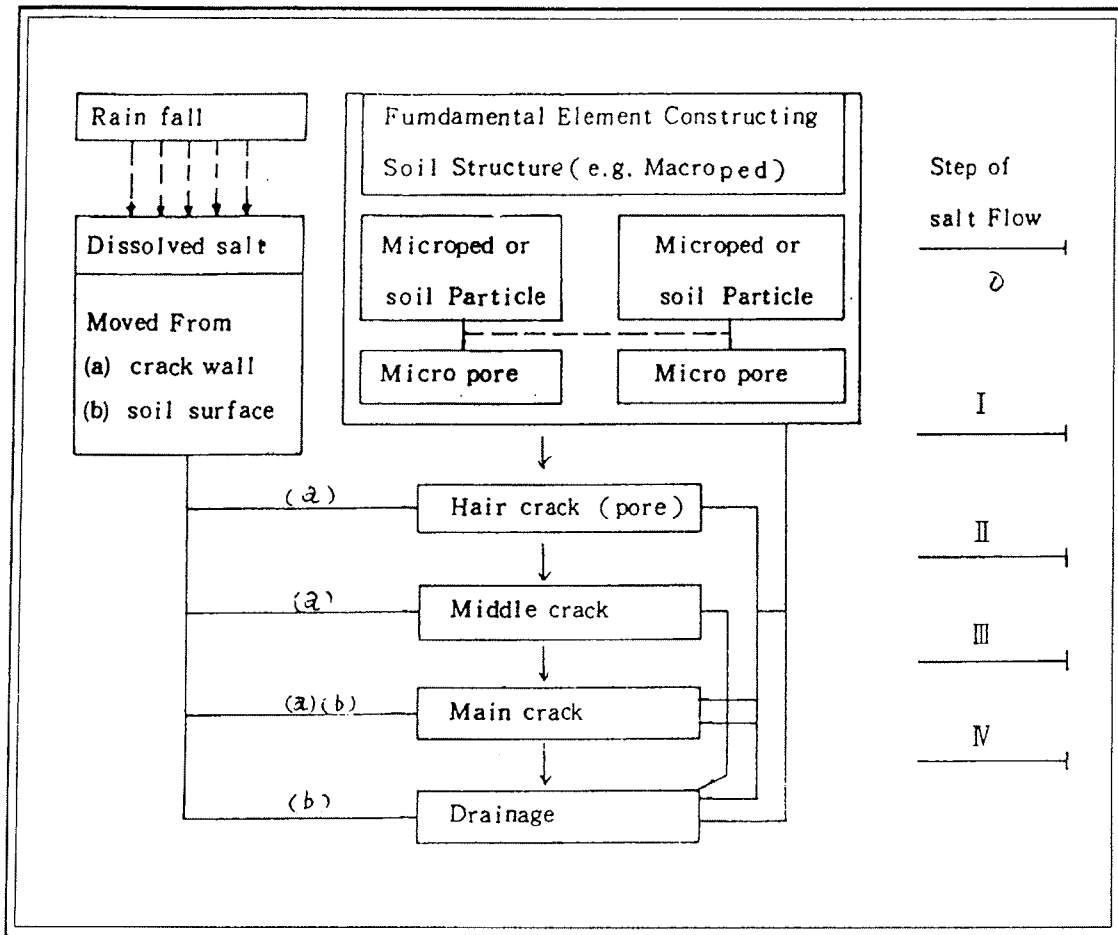
### 4.1 除鹽의 理論的 考察

干拓地土壤의 除鹽過程은 稀釋, 擴散, 透水 等の 3가지 基本作用에 依해 進行된다고 할 수 있다. 土壤中에서 水分의 移動은 不飽和土壤系에서의 擴散에 依한 透水和 飽和土壤系에서 水頭差에 依해 飽和水分이 下降하는 透水로 區分할 수 있다.

즉 換水除鹽 경우에는 稀釋作用에 依한 除鹽效果가 크며 滲透水에 依한 除鹽 경우에는 주로 擴散과 透水에 依한 除鹽過程을 分析하고 있으며 이들 過程을 概念的으로 圖式化 하면 〈그림 4-1〉의 除鹽機構의 概念體系圖와 같이 說明할 수 있다. 즉, 土粒子 또는 몇개의 土粒子 集合體를 土壤의 構成基本單位 (Macroped)로 生覺하면 이에 吸着되어 있는 鹽分이 Micropore로 移動하는 過程을 鹽分移動의 初期段階로 볼 수 있으며, Micropore로부터 移動되는 鹽分은 微細龜裂(Hair Crack or Pore)을 통해 孔隙水中에 溶出되고 보다 큰 龜裂로 移動되어 마지막에는 大龜裂로 傳達되어 鹽分은 물과 함께 系外로 排出된다고 할 수 있다.

反面에 滲透는 주로 大孔隙, 큰龜裂, 植物根, 동물의 구멍을 통해 下層土로 移動하므로 이러한 孔隙들에 있는 鹽分은 比較的 빨리 溶脫되나 溶脫水의 一部는 微細孔隙內의 鹽分을 溶脫하는 데는 거의 效果없이 下層土로 通過할 것이다.

이러한 現象은 單粒構造를 갖는 緻密한 土壤에서 잘 나타난다. 그러므로 本 試驗圃와 같은 新干拓地에는 非毛管孔隙(大孔隙)에서는 滲透水의 透水에 依해 溶脫되고, 毛管孔隙(小孔隙)에서는 毛管力과 擴散에 依해 大孔隙으로 鹽分이 移動하게 된다.



〈그림 4-1〉 除鹽機構의 基本的인 概念體系圖

#### 4.1.1 물 및 鹽分收支

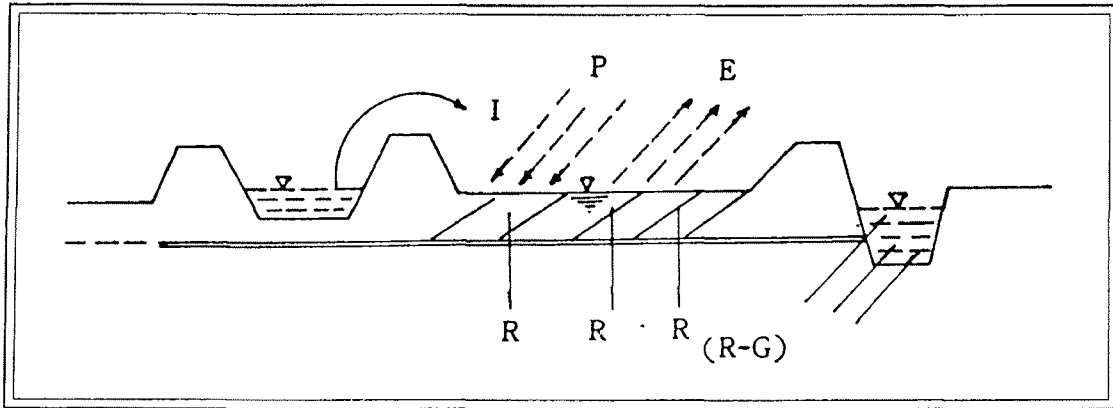
本 試驗圃에 適用할 鹽分收支, 溶脫要求水量, 溶脫效率係數 및 灌溉要求水量 等の 式을 檢討하기 위하여 W. H. Van Der Molen, J. H. Bouman. Ayexs & Westcot式을 比較分析하고 W. H. Van Der Molen 式을 採擇하였다.

이들 理論式의 比較過程을 略述하면 다음과 같다.

灌溉土壤에서의 물-收支는 〈그림 4-2〉에서와 같이 形成되므로 〈式 4-1〉과 같은 물-收支式이 成立된다.

$$I+P+G=E+R+\Delta W \dots\dots\dots\langle\text{式 4-1}\rangle$$

- |           |                      |
|-----------|----------------------|
| I : 灌溉量   | F : 蒸發量              |
| P : 有效雨量  | R : 深層滲透量            |
| G : 毛管上昇量 | $\Delta W$ : 貯溜水の變化量 |



〈그림 4-2〉 灌溉土壤의 물-收支

〈式 4-1〉에서 I와 P는 土壤에 實質的으로 浸透된 有效量이어야하며 土壤에 貯溜된  $\Delta W$ 는 正 또는 負로 될 수 있으나 長期間일때는 無視할 程度이다.

土壤의 鹽類는 溶解度가 높아 沈澱이나 凝結되는 경우는 거의 없으므로 鹽分收支式은 〈式 4-1〉으로부터 다음과 같이 된다.

$$Ic_i + PC_p + GC_g = RC_r + \Delta Z'' \quad \dots\dots\dots \langle \text{式 4-2} \rangle$$

- |                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| C : 含鹽量 (meq/l) | g : 地下水임을 表示                      |
| i : 灌溉水임을 表示    | r : 深層滲透量                         |
| P : 有效雨量임을 表示   | $\Delta Z''$ : 根域의 含鹽變化量 (meq/cm) |

〈式 4-1〉에서 純深層滲透量( $R^*$ )은  $(R-G)$ 가 될 것이며,  $\Delta W$ 는 長期日때는 無視할 程度이므로 다음 〈式 4-3〉과 같이 된다.

$$I + P = E + R^* \quad \dots\dots\dots \langle \text{式 4-3} \rangle$$

〈式 4-2〉에서 降雨에 依해 供給되는 鹽分量( $PC_p$ )은 거의 없으며  $C_g = C_r$ 의 平衡狀態에 있다고 假定할 수 있으므로 〈式 4-2〉 및 〈式 4-3〉로부터 〈式 4-4〉이 된다.

$$ID^* = R^*Cr + \Delta Z^* \dots\dots\dots\langle\text{式 4-4}\rangle$$

여기에 R\*가 “溶脫要求水量”이며 이것에 依해 土壤의 鹽分은 除去될 수도 있고 蓄積되기도 한다. 土壤의 鹽分收支가 平衡이라면  $\Delta Z^*$ 는 零일 것이므로 다음과 같은 <式 4-5>이 얻어진다.

$$ICi = R^*Cr \dots\dots\dots\langle\text{式 4-5}\rangle$$

<式 4-3> 및 <式 4-5>으로부터 溶脫要求水量 R\*式은 다음과 같이 誘導된다.

$$R^* = (E - P) \frac{Ci}{Cr - Ci} \dots\dots\dots\langle\text{式 4-6}\rangle$$

<式 4-6>까지의 誘導過程은 Bouman이나 Van Der Molen 理論과 同一하나 Bouman은 實際灌溉量은 주어질때 <式 4-3> 및 <式 4-5>에서 <式 4-7>와 같은 또 하나의 溶脫要求量式을 誘導하였다.

$$R^* = I \cdot \frac{Ci}{Cr} \dots\dots\dots\langle\text{式 4-7}\rangle$$

#### 4.1.2 溶脫效率係數

溶脫效率係數(f)는 한 土層으로부터 排出量(滲透水)와 그 土層의 土壤溶脫鹽度 사이의 比를 나타낸다. 根域의 含鹽量은 그곳의 土壤水分에 溶解되어 있는 量과 同一하다고 解析할 수 있으며 土壤水分의 下降과 이에 依한 鹽分의 移動은 土壤水分이 圃場容水量 狀態에 達한 以後에 發生할 것이므로 根域의 含鹽量은 圃場容水量에서의 含鹽量과 같다고 할 수 있다.

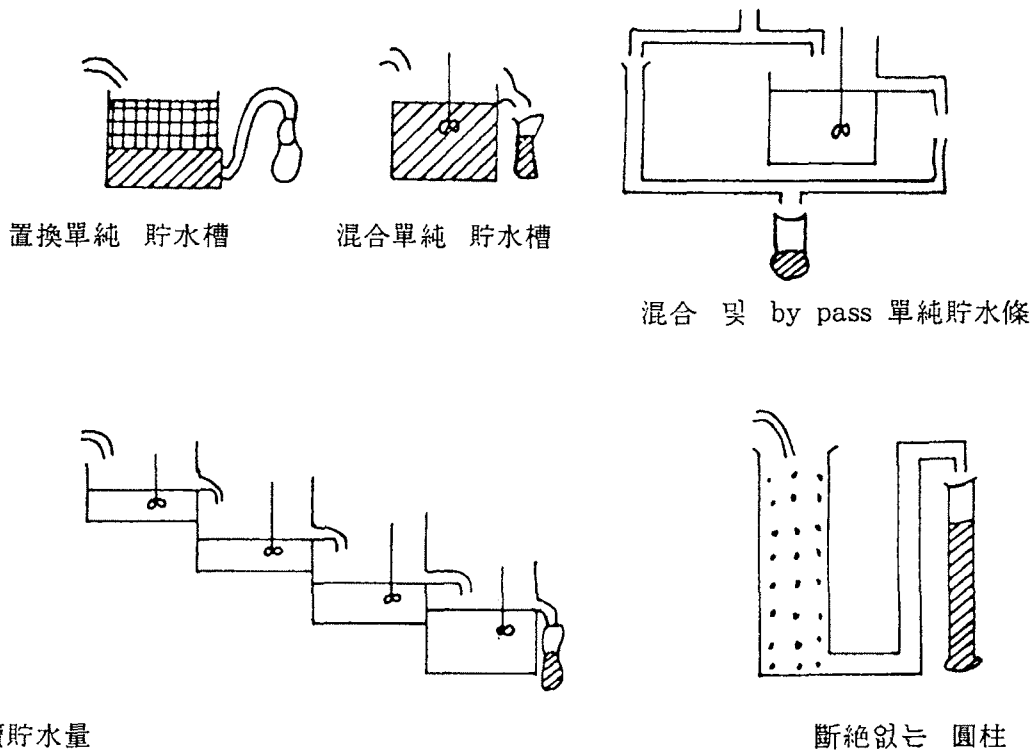
流入水(灌溉水)의 鹽分濃度, 滲透水鹽濃度 및 圃場容水量에서의 鹽濃度(Cfc) 등의 3者間에는 流入水가 通過하는 方法에 따라 다음의 <式 4-8, 9, 10>와 같은 세가지 類型으로 假定할 수 있고 流入水の 土層通過形態는 <式 4-2>에서와 같이 假定할 수 있다.

$$Cr = Cfc \dots\dots\dots\langle\text{式 4-8}\rangle$$

$$Cr = f \cdot Cfc \dots\dots\dots\langle\text{式 4-9}\rangle$$

$$Cr = f \cdot Cfc + (1 - f)Ci \dots\dots\dots\langle\text{式 4-10}\rangle$$





〈그림 4-3〉 多孔質을 通過하는 溶質의 移動過程에 對한 理論模型圖

여기서 (f)가 溶脫效率係數이고  $0 < f \leq 1$  條件이 된다. 〈式 4-8〉은 鹽分土壤 溶脫過程에서는 實際로 存在하기 어려우며 〈式 4-9〉式은 灌溉水の 鹽濃度를 無視할 경우이다.

鹽分土壤에서의 溶脫은 다음과 같은 두 과정의 結合作用으로 생각할 수 있다.

하나는 非毛管孔隙인 大孔隙內에서 透水에 依한 溶脫로 溶脫水和 土壤鹽分溶脫의 置換이며, 다른 하나는 擴散에 依한 溶脫로 毛管力과 擴散에 依한 毛管孔隙(小孔隙)으로부터 非毛管孔隙(大孔隙)으로 移動이다. 特殊孔隙等 非毛管孔隙은 表層土에 잘 發達하므로 溶脫效率은 表土에서는 比較的 낮을 것이고 土深이 깊어짐에 따라 커지며 永久地下水位近處의 土層에서는 1에 가까워질 것이다.



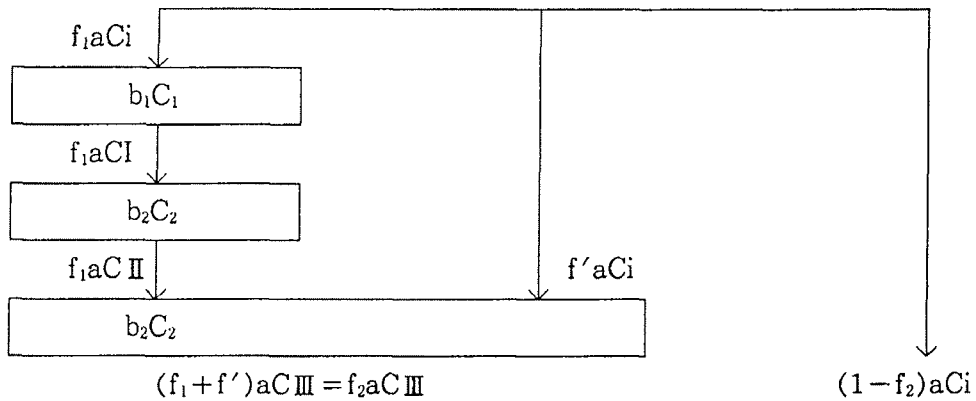
$$C_I = \frac{f_1 a C_i + b_1 C_1}{f_1 a + b_1} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-13} \rangle$$

$$C_{II} = \frac{f_1 a C_I + b_2 C_2}{f_1 + f' a + b_3} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-14} \rangle$$

$$C_{III} = \frac{f_1 a C_{II} + f' a C_i + b_3 c_3}{f_1 + f' a + b_3} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-15} \rangle$$

여기서  $C_I, C_{II}, C_{III}$  : 各 土層에서 다음 土層으로 滲透되는 滲透水의 鹽 分濃度

- f : 溶脫效率係數
- a : 灌溉水量
- $C_i$  : 灌溉水鹽濃度
- b : 土壤溶液
- c : 土壤鹽濃度



〈그림 4-4〉 數值法에 依한 溶脫效率係數 計算模型

#### 4.1.3 溶脫要求水量

〈式 4-6〉까지는 Bouman과 Van Der Molen의 理論이 同一하나 滲透水鹽濃度 ( $C_r$ )適用에서 見解를 달리하는 것 같다. 즉 Bouman은 灌溉水의 鹽濃度를 無視하여 〈式 4-9〉을 採用하였으나 Van Der Molen은 〈式 4-10〉을 採用하였다. 그러나 後述하는 溶脫效率係數의 決定式에서는 Bouman도 灌溉水의 鹽濃度를 考慮하고 있다.

Bouman은 <式 4-9>을 <式 4-6, 7>에 代入하여 <式 4-16 및 17>의 溶脫要求 水量式을 誘導하였고 Van Der Molen은 <式 4-10>을 <式 4-12>에 代入하여 <式 4-19>을 誘導하였다.

$$R^* = (E - P) \cdot \frac{C_i}{fC_{fc} - C_i} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-16} \rangle$$

$$R^* = I \cdot \frac{C_i}{fC_{fc}} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-17} \rangle$$

$$R^* = (E - P) \cdot \frac{C_i}{f(C_{fc} - C_i)} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-18} \rangle$$

上記의 <式 4-16, 18>은 含鹽量을 (meq/l)로 表示하였으나 土壤의 鹽度는 通常 電氣傳導度(EC)로 나타내므로 <式 4-16, 17, 18>을  $EC_e$ 로 表示하면 使用 하기에 便利하다.

土壤鹽度는 電氣傳導度로 表示할 때는 飽和抽出液이나 1:1또는 다른 比率의 土壤과 물의 比率에 依해 土壤鹽度を 求한다. 물이 下降할 때의 水分含量이 圃場容水量狀態에 있다고 假定하면 飽和抽出液의 鹽度( $EC_e$ )와 圃場容水量狀態의 鹽度( $EC_{fc}$ )사이에는 다음과 같은 關係가 成立된다.

$$EC_e = \frac{W_{fc}}{W_e} \cdot EC_{fc}$$

여기에  $W_{fc}$  : 圃場容水量(V%)

$W_e$  : 飽和抽出時 含水量(V%)

有機質土나 砂土가 아닌 中粒質土壤에서는  $W_e \simeq W_{fc}$ 의 關係가 認定되고 있으 므로

$$EC_e \simeq 0.5EC_{fc} \text{ or } EC_{fc} \simeq 2EC_e \dots\dots\dots \langle \text{式 4-19} \rangle$$

<式 4-19>을 電氣傳導度로 表示하면 다음과 같이 된다. <式 4-16~18>

$$R^* = (E - P) \cdot \frac{EC_i}{2fEC_e - EC_i} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-16} \rangle$$

$$R^* = I \cdot \frac{EC_i}{2fEC_e} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-17} \rangle$$

$$R^* = (E - P) \cdot \frac{EC_i}{f(2EC_e - EC_i)} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-18} \rangle$$

R. S. Ayers & D. W. Westcot는 溶脫要求水量式을 發表하여 Bouman이나 Van Der Molen式과는 若干의 見解를 달리하고 있다. 그 理由는 첫째 : Ayers & Westcot는  $R^*$ 를 率로 나타내므로 後述하는 灌溉要求水量에서와 같이 灌溉量

의 損失率로 보고 있는 反面에 Bouman과 Van Der Molen은  $R^*$ 를 mm로 나타내어 灌溉量의 不足量으로 보이고 있고 둘째 : Ayers & Westcot는 <式 4-19>의  $EC_e$ 와  $EC_{fc}$ 의 比가 灌溉方法에 따라서 相異하다고 解析하는데 있는 것 같다.

#### 4.1.4 鹽分收支式

Van Der Molen <式 4-4> <式 4-10> <式 4-18> <式 4-19>의 關係로부터 <式 4-20>의 Salt Storage Equation 誘導하였다.

$$\Delta Z = \frac{K - LZ_1}{M} \dots\dots\dots \text{<式 4-20>}$$

여기서  $K = IEC_i - (1-f)R^*EC_i$

$$L = \frac{fR^*}{W_{fc}} \quad M = 1 + 0.5L$$

$Z_1 =$  土壤의 最初含鹽度

<式 4-20>에서  $W_{fc}$ ,  $I$  및  $R^*$ 는 mm로 表示한 것이므로  $Z_1$ 과  $\Delta Z$ 는  $EC_{mm}$ 로 求한 것이 된다. 그러므로  $W_{fc}$ 下에서의  $EC_{fc}$ 는 다음과 같다.

$$EC_{fc} = \frac{Z}{W_{fc}} \dots\dots\dots \text{<式 4-21>}$$

또한 飽和抽出液의 鹽濃度( $EC_e$ )는 다음과 같이 求할 수 있다.

$$EC_e = \frac{Z}{2W_{fc}} \dots\dots\dots \text{<式 4-22>}$$

<式 4-20>으로 灌溉水の 影響을 받고 있는 鹽分土壤의 除鹽過程을 豫測할 수 있는데 土壤試料를 採取하여 土壤의 最初 含鹽量  $Z_1$ 을 안다면 鹽分變化量  $\Delta Z$ 는 計算할 수 있다. 土壤의 鹽分收支가 平衡에 達한 含鹽量이 될 것이다.

#### 4.1.5 灌溉要求水量

溶脫要求量에서 言及한 바와 같이 Ayers & Westcot는  $R^*$ 를 灌溉水の 損失率로 보는 反面 Bouman과 Van Der Molen은 灌溉水の 不足量으로 解析하고 있다.

○ Bouman은 <式 4-3> 및 <式 4-16>으로부터

$$I = (E - P) \left\{ 1 + \frac{EC_i}{2fEC_e - EC_i} \right\} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-23} \rangle$$

○ Van Der Molen은 <式 4-3> 및 <式 4-18/>으로부터

$$I = (E - P) \left\{ 1 + \frac{EC_i}{fC2EC_e - EC_i} \right\} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-24} \rangle$$

○ Ayers & Westcot는

$$I = \frac{E - P}{1 - \frac{EC_i}{f(5EC_e - EC_i)}} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-25} \rangle$$

$$I = \frac{E - P}{1 - \frac{EC_i}{f(2Ma + EC_e)}} \dots\dots\dots \langle \text{式 4-26} \rangle$$

#### 4.1.6 檢討結果에 對한 要約

除鹽過程을 理論的으로 解析하고 豫測하기 위하여 上述한 바와 같이 몇가지 理論式에 對한 比較 檢討結果를 略述하면 다음과 같다.

○ 溶脫要求水量式에서 보면 W. H. Van Der Molen, J. H. Bouman 및 R. S. Ayers & D. W. Westcot들이 모두 類似하나 J. H. Bouman式은 灌溉水의 鹽濃度가 微微하여 이를 無視하고 있으며 R. S. Ayers & D. W. Westcot에 依한 式은 灌溉方法에 따라서  $EC_c$ 와  $EC_e$ 의 比가 다르다고 解析하는 것 같으며, 本圃場에서는 W. H. Van Der Molen式이 適合하다고 認定되었으나 灌溉水質의 鹽濃度가 微微하다면 J. H. Bouman式도 無理가 없는 것으로 생각된다. 또한 干拓地에 새로운 灌溉方法이 導入될 경우에는 R. S. Ayers & D. W. Westcot式에 對한 適用與否가 檢討되어야 한다.

○ 溶脫效率係數를 決定하는데는 指數函數法이나 數值法이 모두 類似傾向을 나타내므로 數值法을 使用해도 充分하다.

○ 灌溉要求水量은 水-收支式으로부터의 誘導過程에서 보듯이 溶脫要求水量을 損失量으로 보는 것보다 必要量으로 보는 것이 타당할 것으로 분석된다.

○ 本 試驗圃에 適合한 除鹽過程의 理論式을 檢討하는데는 長期的인 調査 分析結果를 가지고 檢討되어야 할 것이다.

## 4.2 除鹽 方法

干拓地土壤의 除鹽方法으로는 물管理에 의한 方法, 排水施設에 의한 方法, 生物學的 方法, 化學的 方法, 耕耘 및 客土에 의한 方法 등이 있다. 合理的인 除鹽效果를 얻기 위하여 먼저 土壤의 鹽分濃度, 透水性, 除鹽用水量, 除鹽期間, 經濟性 기타 地下水水位 및 氣象條件 등의 地域的 特性을 考慮하여 한가지 方法 또는 두가지 이상의 方法을 併用할 것인가를 결정해야 한다. 鹽分濃도가 높고 透水性이 낮은 干拓地土壤에서는 보통 물管理에 의한 除鹽方法과 排水施設에 의한 除鹽施設에 의한 除鹽方法에 의하거나 이 두가지 方法과 生物學的 除鹽方法, 化學的 除鹽方法 및 기타의 除鹽方法을 적절하게 組合시켜 鹽分을 除去한다.

### 4.2.1 물 管理에 의한 除鹽方法

물管理에 의한 除鹽方法은 干拓地土壤內의 鹽分이 물에 잘 녹는 可溶性이라는 점을 이용하여 鹽分을 溶脫시켜 除去하는 方法으로 鹽分溶脫水의 排水方法 및 表土層의 土壤管理方法에 따라 다음과 같이 分類된다.

#### 1. 鹽分溶脫水의 排水方法에 따른 分類

가. 水洗法

나. 浸出法

다. 水洗浸出法

水洗法은 土壤에 물을 공급한 후 耕耘 및 씨레질을 하여 鹽分の 溶解를 촉진시킨 다음 溶脫水는 주로 地表排水에 의해 排出시키는 方法이고, 浸出法은 土壤表面에 물을 공급하여 根域을 통해 下層部로 浸透시켜 土壤內의 鹽分을 溶脫시키며 浸出水는 주로 地下排水에 의하여 排除시키는 方法이며, 水洗浸出法은 水洗法과 浸出法을 併用하는 方法이다.

水洗法의 경우 여러번 換水시키면 鹽分濃도가 높은 初期 干拓地에서도 短期間內에 表土層에서 큰 除鹽效果를 얻을 수 있다. 그러나 除鹽用水量이 많이

所要되고 深土層의 除鹽이 어려우며 乾燥期에는 鹽分이 表土層으로 上昇하여 鹽分濃도가 높아지는 短點이 있다.

浸出法의 경우는 水洗法에 비하여 除鹽用水量이 적게 所要되며 透水性이 良好한 土壤에서는 深土層까지 除鹽이 가능하다. 그러나 대부분의 干拓地土壤은 透水性이 낮기 때문에 除鹽期間이 길며, 除鹽用水의 浸出이 가능할 정도의 透水性을 維持하기 위해서는 除鹽排水施設 또는 土壤改良劑의 施用이 不可避하다.

除鹽排水施設과 土壤改良劑 施用으로도 浸出이 불가능하거나 透水性이 不良한 土壤에서는 水洗法이 效果的이고, 透水性이 良好한 土壤에서는 浸出法이 效果的이다. 그 밖의 경우는 水洗法과 浸出法의 長短點과 土壤의 透水性, 除鹽用水量, 除鹽期間 및 經濟性 등을 考慮하여 두 가지 방법을 적절하게 組合시켜 併行하는 水洗浸出法이 바람직하다.

## 2. 表土層의 土壤管理方法에 따른 分類

### 가. 灌水法

### 나. 耕耘灌水法

### 다. 灌水耕耘法

灌水法은 土壤表面에 물을 灌水시켜서 表土層의 鹽分을 溶脫시키는 方法이고, 耕耘灌水法은 表土層을 깊이 耕耘한 후에 灌水시켜서 鹽分을 溶脫시키는 方法이며, 灌水耕耘法은 土壤表面에 灌水後 耕耘과 耨레질을 하여 鹽分을 溶脫시키는 方法이다.

灌水法의 경우 表土層에서는 鹽分이 물에 溶解되어 鹽分濃도가 상당히 낮아 지지만 下層部에서는 오히려 鹽分濃도가 증가 하므로 耕作層 아래까지 除鹽效果를 기대할 수는 없다. 鹽分の 溶解度는 灌水初期에 크기만 점차로 감소된다. 따라서 처음 灌水할 때는 灌水深을 깊게 하고 灌水期間을 짧게 하는 것이 效果的이며, 점차 灌水回數가 많아짐에 따라 灌水深을 얇게 하고 灌水期間을 길게 하는 것이 效果的이다.

耕耘灌水法의 경우는 耕耘에 의하여 土壤을 부드럽게 해줌으로써 表土層에



集積된 鹽分の 溶脫을 쉽게 하고 土壤의 毛細官을 파괴시켜 鹽分上昇을 防止하는 效果가 있다. 耕耘湛水法은 湛水法과 耕耘에 의한 除鹽效果가 동시에 나타나기 때문에 湛水法에 비하여 除鹽效果가 크다.

湛水耕耘法의 경우는 湛수로 인하여 鹽分の 上昇을 억제하는 동시에 耕耘과 碎れ질을 통해 鹽分の 溶解를 빠르게 하여 쉽게 溶脫시키고, 鹽分溶脫水는 地表排水는 물론이고 土壤의 下層部로 浸出시키기 때문에 이 방법을 반복함으로써 短期間內에 鹽分濃度を 현저하게 낮출 수 있다. 따라서 湛水法이나 耕耘湛水法에 비하여 除鹽效果가 상당히 크게 나타나며 開發初期 高鹽度干拓地の 除鹽에 널리 適用된다.

#### 4.2.2 排水施設에 의한 除鹽方法

排水施設에 의한 除鹽方法은 일반적으로 地下水位가 높고 透水性이 낮은 干拓土壤에서 除鹽排水溝(除鹽도랑)또는 除鹽排水暗渠를 설치하여 浸透水에 溶解된 鹽分과 地下水에 溶解된 鹽分을 除去하는 방법이다.

干拓地の 除鹽排水施設로는 防潮堤를 築造한 후 먼저 地表排水로 表土層이 乾土化되도록 小規模의 排水溝를 많이 掘鑿하여 어느정도 表土層의 乾土化가 이루어지면 下層土에 대한 地下水位를 낮추며 또 土壤의 透水性을 높이기 위하여 除鹽排水暗渠를 설치하는 것이 效果的이다. 除鹽排水暗渠는 먼저 補助暗渠로서 주로 두더지暗渠 또는 切斷暗渠를 설치한 다음 土層乾燥에 따른 土壤構造의 發達이 地表面 아래 0.5~0.6m까지 이르게 되면 主暗渠로서 土管, 콘크리트管, PVC有孔주름管 등을 補助暗渠와 연결하는 複合式 暗渠排水組織이 바람직하다.

除鹽을 目的으로 排水溝나 排水暗渠를 설치할 때는 干拓地の 전반적인 排水組織을 檢討해야 하고 모든 除鹽施設은 반드시 排水路에 연결시키도록 計劃해야 한다.

除鹽排水施設의 規模와 組織은 地形, 地下水位, 土壤의 透水性과 鹽分含量, 土地利用形態 및 經濟性등을 考慮하여 대체적으로 다음과 같이 결정한다.

#### 1. 除鹽排水溝

除鹽排水溝(除鹽도랑)는 윗나비 0.8~1.2m, 깊이 0.4~0.7m 정도로 해서 5~10m간격으로 配置한다.

除鹽排水暗渠없이 除鹽排水溝에 의해서만 除鹽을 실시하여 作物을 栽培할 경우에는 깊이를 좀더 깊게 하고 配置間隔을 넓혀서 耕地面積의 감소를 줄이는 것이 바람직하다.

#### 2. 補助暗渠

補助暗渠(두더지暗渠)는 通水孔의 直徑 8~12cm, 埋設深度 0.4~0.6m, 配置間隔 2~5m 정도 되도록 설치하는 것이 좋다.

#### 3. 主暗渠

主暗渠의 埋設深度는 上流端에서 0.6~1.0m, 下流端에서 0.8~1.2m, 정도 되게 하는 것이 적당하며, 配置間隔은 地下排水의 理論方程式(Hooghoudt公式, Ernst公式, Glover-Dumn公式 등)을 適用하여 算出하되 大략 10~20m 정도 範圍內에서 결정하는 것이 좋다.

#### 4. 暗渠의 配置와 耐久性

補助暗渠와 主暗渠는 直交시켜 설치하는 것을 原則으로 하며, 補助暗渠에서 集水된 물을 主暗渠를 통해 排水시키기 위해서는 主暗渠의 疎水材를 두텁게 넣어서 補助暗渠와 연결되도록 해야 할 필요가 있다.

主暗渠는 耐久性 材料를 사용하고, 補助暗渠와의 結合을 考慮한 形狀과 斷面 構造로 한다. 補助暗渠로는 두더지暗渠 이외에도 耐久性이 다른 여러가지 種類가 있으므로 土壤條件 및 考慮하여 適當한 方法을 選定한다.

### 4.2.3 生物學的 除鹽方法

生物學的 除鹽方法은 물管理 및 排水施設에 의하여 土壤의 鹽分濃度를 감소시켜 耐鹽性이 강한 綠肥作物을 비롯한 각종 牧草들이 자랄 수 있을 정도로 되면, 벼등 主作物을 栽培하기에 앞서 이들 耐鹽性作物을 栽培하여 鹽分濃度를 낮추는데 效果的이며 土壤構造와 土性を 改良시켜 主作物의 生育條件을 향상시

킬 수 있다.

除鹽을 目的으로 栽培할 作物은 耐鹽성과 越冬力이 강한 秋播作物이 適合하다. 예를 들면 벼를 栽培하기 前年度 가을에 秋播作物을 栽培하여 이듬해 봄철에 土壤의 鹽分濃度를 낮추어 移秧後 活着과 正常生育을 원활하게 할 수 있다.

이와 같이 干拓畝에서 耐鹽성과 越冬力이 강한 秋播作物로 土壤表面을 被覆하여 주는 것은 除鹽의 중요한 방법중 한가지라고 할 수 있다.

#### 4.2.4 化學的 除鹽方法

化學的 除鹽方法은 高鹽度 干拓地土壤의 理化學的 性質에 나쁜 영향을 끼치는 置換性 나트륨을 칼슘의 置換作用에 의해 쉽게 除去할 수 있다는데 根據를 두고 있으며 보통 칼슘을 含有하고 있는 鹽은 置換性나트륨을 除去하고, 土壤의 透水性을 높여 除鹽效果를 증가시킨다.

일반적으로 粘土와 置換性 나트륨을 많이 含有하고 있는 高鹽度 干拓地土壤을 地下排水에 의한 方法으로 除鹽하는 경우는 除鹽過程中 電解質濃度가 감소되고 粘土의 分散 및 膨潤現象이 일어나 土壤孔隙을 閉鎖하기 때문에 土壤의 透水性이 현저하게 감소된다. 이러한 경우 地下排水에 의한 除鹽效果가 부족하므로 化學的 除鹽方法과 並行시킬 때 큰 除鹽效果를 얻을 수 있다.

따라서 이러한 토양에는 土壤改良劑를 施用하면 陽이온 置換效果와 電解質濃度의 증가로 인하여 土壤의 初期透水性이 높아지고 이것이 오래 持續되어 除鹽作業이 容易할 뿐만 아니라 除鹽期間을 단축시킬 수 있다.

干拓地土壤의 除鹽에 일반적으로 사용되는 土壤改良劑로는 石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 石灰( $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ), 鹽化칼슘( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 등이 있는데, 이 중에서 石膏는 저렴한 값으로 求得이 容易하고 效果도 크게 나타나기 때문에 널리 사용되고 있다.

#### 4.2.5 耕耘 및 客土에 의한 除鹽方法

### 1. 耕耘에 의한 除鹽方法

秋收한 直後에는 耕作層에서의 年中 鹽分含量이 가장 적지만, 秋收後耕作層이 점차로 乾燥하게 되면서 毛細管作用으로 表土層에 下層土의 鹽分이 集積한다. 그러므로 秋收가 끝난 후에 秋耕을 하여 下層土와 耕作土를 분리시켜 줌으로써 鹽分이 表土層에 集積하는 것을 防止할 수 있다.

따라서 秋耕은 될 수 있는 대로 깊게 갈아 耕作層을 두껍게 하는 것이 좋다.

만약 干拓畝에서 秋收가 끝난 후에 秋耕을 하지 않고 그대로 放置하면 이듬해 봄에 表土層으로 鹽分이 集積되며, 春耕을 함으로써 뿌리가 뻗을 깊이에 鹽分이 섞이게 되어 移秧後 活着期에 鹽害를 받게 된다.

### 2. 客土에 의한 除鹽方法

客土作業은 일반 耕作地에서 施行되는 土層改良과 상당히 밀접한 관계가 있다.

干拓地에서의 客土는 鹽分을 含有하고 있지 않은 腐植土가 適合하며, 鹽分含量이 많을수록 客土量을 증가시켜야 한다. 또한 客土對象 土壤의 土性を 면밀히 調査한 후에 客土計劃을 세워야 한다.

透水性이 낮은 粘土地帶는 野山이나 밭의 砂質腐植土로 客土하여 透水性을 높여서 除鹽이 빨리 이루어지게 하고, 반면 透水性이 매우 높은 砂質土地帶는 粘土性의 微細하고 腐植質이 많은 흙으로 客土하여 營養物質이 쉽게 빠져 나가는 것을 防止하여 土壤의 肥沃度를 維持하도록 한다.

## 第 5 章 試驗圃 造成 計劃 및 現況

### 5.1 試驗圃 造成 推進 經緯

- 1987. 5 : 海南 防潮堤 最終 締切
- 1991. 8 : 海南 干拓農地開發 改善 方案, 基本計劃 確定(田作 및 田畚 겸용 지역면적 851ha)
- 1992. 4 : 本 研究事業 施行 計劃승인(조성 27244-162) 및 試驗圃 확정
- 1992. 5 : 제1시험구 조성(0.75ha)
- 1992. 7 : 시험포 토양조사(제1차)
- 1992. 7 : 시험포 토양조사(제2차)
- 1992.10 : 제2시험구(지하배수암거 -0.75ha) 및 제3시험구(명거 -0.75ha) 조성
- 1992.11 : 제4~10시험구 배수지거공사 및 부대시설(관리사 및 울타리)공사

### 5.2 海南干拓農地の 現況

#### 5.2.1 地形 및 地勢

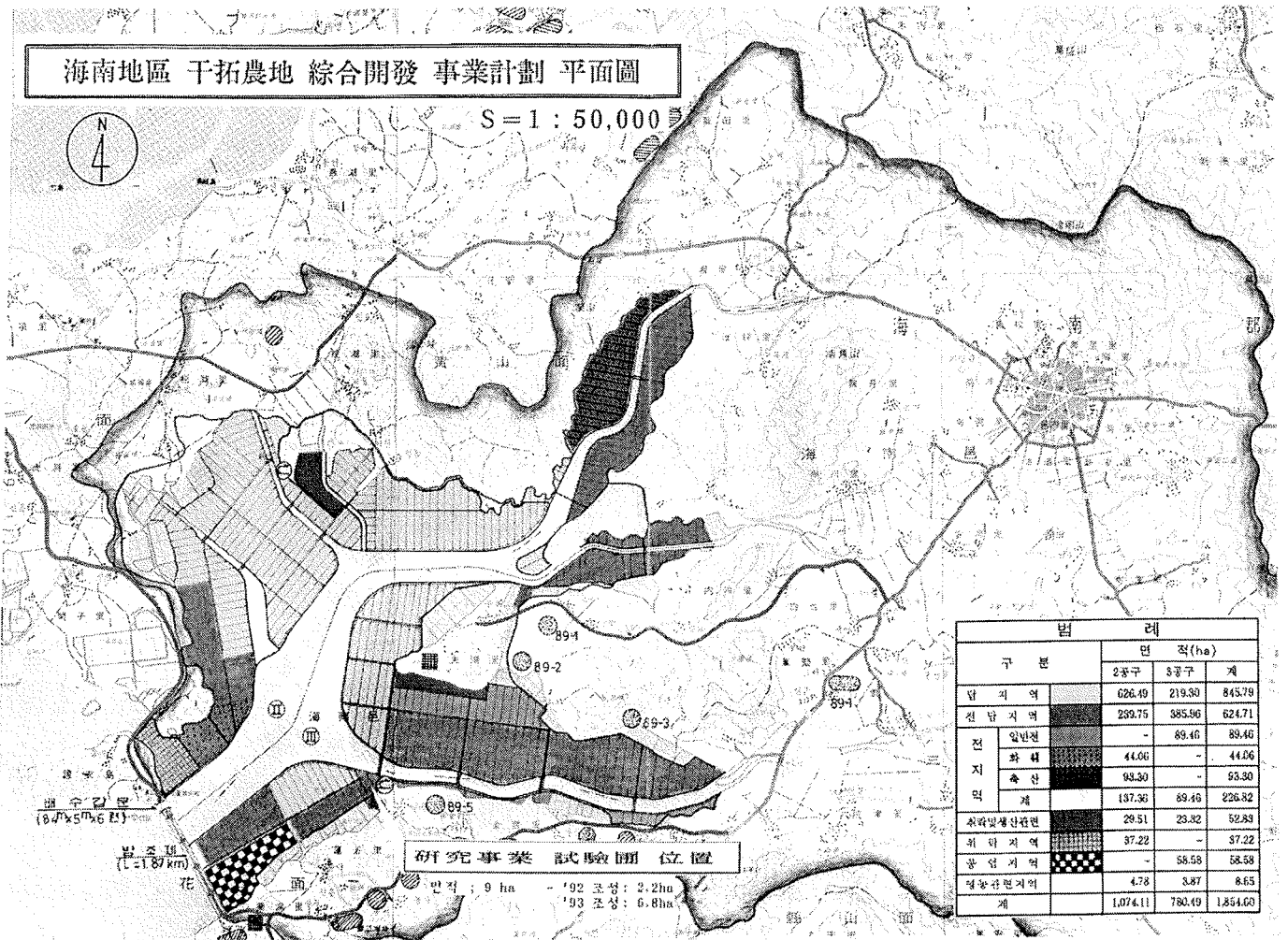
本 地區는 주변 산맥을 살펴보면 인접 月出山으로 뻗어 내려오면서 溪谷面의 西氣山(515.3 m), 海南邑의 金剛山(481 m), 三山面의 頭翰山(702 m)과 松旨面의 達馬山(489 m)로 바다에 접하여 산과 산사이에 약간의 中間地가 있고 南西部에는 해안평야가 발달되어 있는 대체로 평탄하며 경사도는 2% 이하이다. (그림 5-1 참조)

母材는 河海混成 冲積層 및 谷間冲積이며 地形은 河海混成 平坦地 및 谷間地이다. 土性은 微砂質 埴壤土가 대부분이고 식양토 및 자갈이 많은 미사질양토가 일부 분포되어 있다.

地區周圍에 분포된 母岩은 Precambria期 암석으로서 주로 화강암, 화강편마암이 넓게 분포되어 있다.

# 海南地區 干拓農地 綜合開發 事業計劃 平面圖

S = 1 : 50,000



구 분	면 적(ha)		계
	2공구	3공구	
담 지 역	626.49	219.30	845.79
선 담 지 역	230.75	385.36	624.71
전 지 역	일반전	89.46	89.46
	과 식	44.06	44.06
	축 산	93.30	93.30
역 계	137.36	89.46	226.82
산림및생산업	28.51	23.32	52.83
위 퇴 지 역	37.22	-	37.22
공 업 지 역	-	58.58	58.58
정농장원지역	4.78	3.87	8.65
계	1,074.11	780.49	1,854.60

研究事業 試驗圃 位置

면적 : 9 ha - '92 조성 : 2.2ha  
'93 조성 : 6.8ha

자료출처 : 干拓地の生産基盤改善 및 田作物栽培試驗研究 : 海南干拓地區를 中心으로, 除鹽編 : 海南干拓地區를 中心으로, 附

### 5.2.2 土壤

本 干拓地는 河海混成冲積層을 母材로 한 토양으로 방조제가 체절된지가 5年 밖에 안되고 미성숙토의 준설로 토양염도(직파하여 수도를 재배한 곳의 토양염도는 4~14mmhos/cm이나 그 심토 및 미경작된 지역의 전토층은 18~38mmhos/cm)로 아직도 높은 편이고 지하수위도 30~80cm 범위에 있다.

또한 본 간척지 토양은 주로 해수의 영향을 받아 생성되었으며 성숙과정은 미미하며 넓은 의미에서 보면 鹽性土壤이고 土地의 利用目的 기후조건에 따라 분류방법이 다르나 다음과 같이 분류할 수 있다.

- U.S.S.L 方法 : Saline Alkali
- Pons 方法 : 未成熟—半成熟
- U.S.D.A 方法 : Fluvio—Marine Alluvial

한편 투수계수 및 지하수의 염도도 동일한 토양군내에서도 차이가 심하나 시험포 주위의 평균적 값은 다음과 같다.

- 투수계수 :  $1.03 \times 10^{-2} \sim 1.67 \times 10^{-1} \text{cm/일}$
- 지하수염도 : 29.0~32.6 mmhos/cm

### 5.2.3 氣候

本 地區는 지형학적으로 Monsoon기상권에 속하여 있으며 동절기에는 만주 및 몽고지방에서 불어오는 북서계절풍으로 한냉건조한 대륙성 기후의 영향을 받고 하절기에는 강우전선을 몰고오므로 고온다습한 해양성 기후의 영향을 받아 동절과 하절기의 기온차가 심하다.

### 5.2.4 農地利用 計劃

本 地區는 우리나라 간척사업 역사상 처음으로 干拓農地의 다목적 이용계획을 수립하고 있으며 특히 지금까지 畚으로만 이용되어 왔던 干拓農地를 부분적이거나 田으로 이용계획을 수립하고 있으며 그 내용은 다음 表 5-1과 같다.

〈表 5-1〉

海南 干拓農地 利用計劃

구 분	畓	田畓	田				기 타	계
			一般	화회	축산	소계		
면적	845.79	624.71	89.46	44.06	93.30	226.82	157.28	1,854.60
%	45.6	33.7	4.8	4.8	5.0	12.2	8.5	100

### 5.3 試驗圃

#### 5.3.1 位 置

本 試驗圃은 海南邑 邑內里에서 西南쪽으로 약14km 떨어져 있는 全南 海南 郡 花山面 蓮谷里에 위치한 海南 干拓農地 綜合開發 事業으로 조성된 3공구 간척농지로 계획중인 연곡양수장 시점부에 위치하고 있다. (그림 5-1참조)

#### 5.3.2 面積 및 試驗區 配置

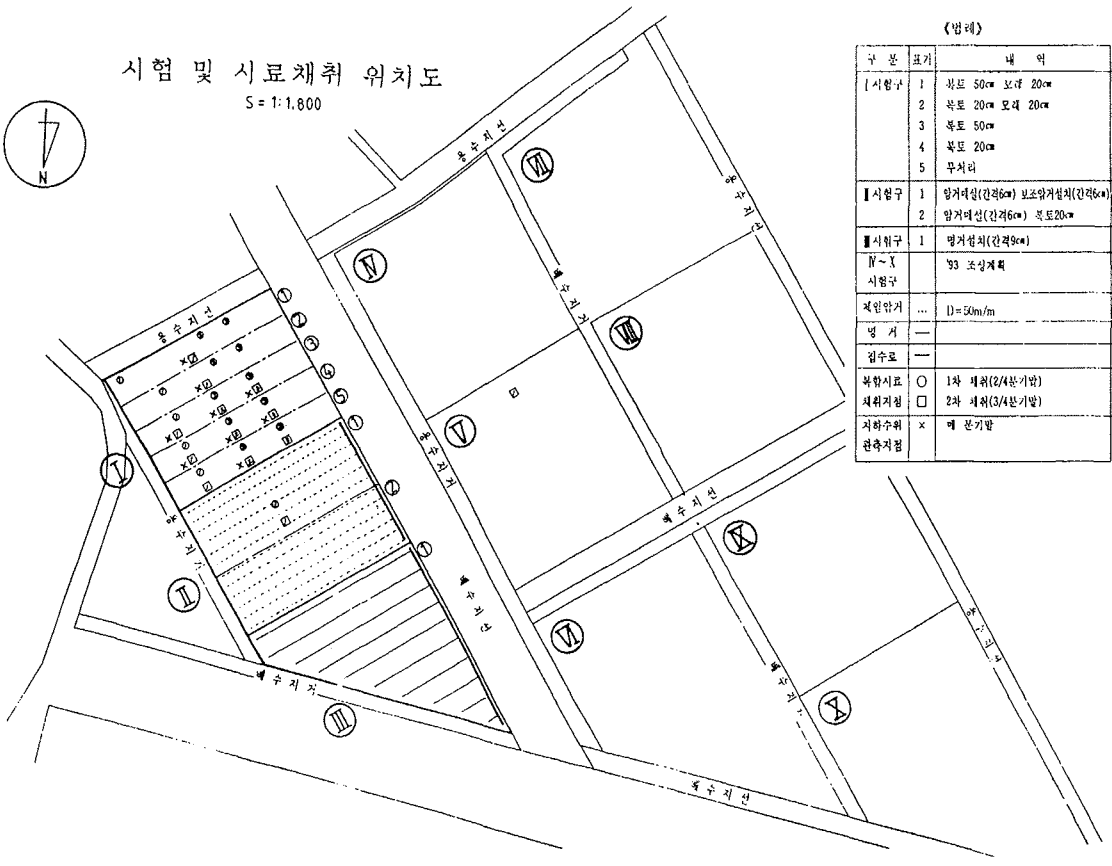
本 試驗圃는 그림 5-2에서 보는 바와 같이 10시험구(9.05ha)로 나누어 조성중에 있으며 表 5-2와 같이 처리하였다.

〈表 5-2〉

試驗區別 處理 現況

구 분	처 리	면 적(ha)	비 고
제1시험구	모래 20cm + 복토50cm	0.15	'92 재배시험
	모래 20cm + 복토20cm	0.15	"
	복토50cm	0.15	"
	복토20cm	0.15	"
	무 처리	0.15	"
소 계		0.75	
제2시험구	본 암거 + 보조암거	0.40	시공중
	본 암거 + 복토20cm	0.35	"
소 계		0.75	
제3시험구	명거 (9m 간격)	0.75	"
제4-10시험구	(본 암거)	6.80	계획중
계		9.05	





(범례)

구분	표기	내역
I 시험구	1	차토 50cm 모래 20cm
	2	복토 20cm 모래 20cm
	3	복토 50cm
	4	복토 20cm
	5	무처리
II 시험구	1	함거레실(간격6cm) 보조암거실채(간격6cm)
	2	함거레실(간격6cm) 복토20cm
III 시험구	1	명거레실(간격9cm)
IV~X 시험구		93 조성계획
제일암거	...	D=50m/m
범서	—	
침수로	—	
복합시료 채취지점	○	1차 채취(2/4분기말)
채취지점	□	2차 채취(3/4분기말)
지하수위	x	매 분기말
관측지점		

### 5.3.3 試驗圃 造成 現況

위에서 언급된 바와 같이 本 試驗圃는 총 9.05ha로 제10시험구로 나뉘져 있으며 각 시험구의 특성은 다음과 같다. (사진 5-1참조)

#### 1. 제1시험구(시공완료)

가. 면 적 : 0.75ha

나. 시험목적

- 복토 두께별(0.2 및 0.5 m) 塩化정도 검증
- 모래층(0.2 m)의 효과 검증
- 전작물 재배 가능성 검증

다. 처리내용 : 모래 20cm + 복토 50cm (0.15ha)

모래 20cm + 복토 20cm (0.15ha)

복토 50cm (0.15ha)

복토 20cm (0.15ha)

무처리 (0.15ha)

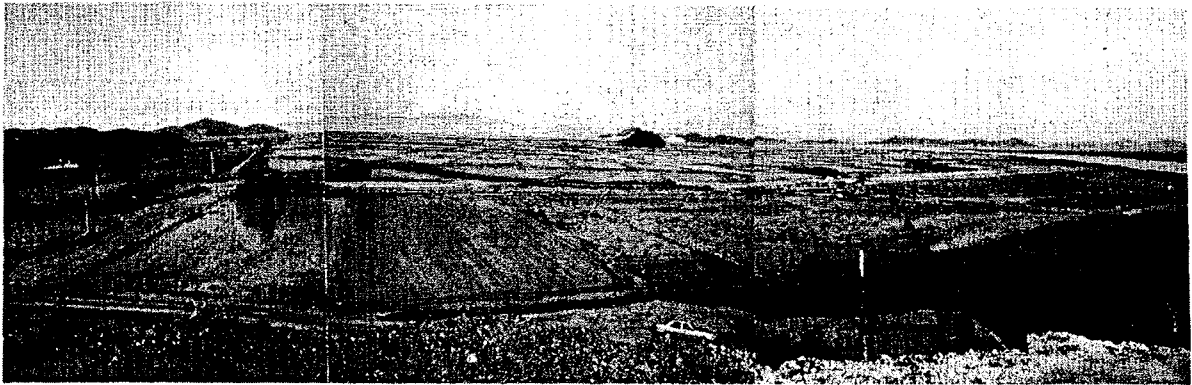
계 0.75ha

라. 복토재료

本 地區에 既調査된 복토원(인근 야산)에서 반입하였으며 재료의 입도는 다음과 같다.

〈表 5-3〉 복토재료의 粒度

구 분	모래 (%)	미사 (%)	점토 (%)	토 성
복토재료	71~74	18~22	7~8	砂壤土
모래	93	6	1	砂土



(사진 5-1) <시험포 전경>

위치 : 전남 해남군 화산면 연곡리  
해남 간척농지 개발사업지구 3공구내

## 2. 제2시험구(시공중)

가. 면 적 : 0.75ha

나. 시험목적

- 지하배수 암거에 의한 除鹽 效果 검증
- 복토(20cm)처리시 지하배수 암거에 의한 再鹽化 억제효과 검증

다. 처리내용

- 본 암거( $\phi$  50㎜ P.V.C 주름판+화학섬유 필터+자갈 20cm+모래 20cm)를 심도 0.55m~0.75m로 6m 간격으로 6열 매설하고 이에 각각 횡 방향으로 간격6m로 저폭 20cm의 심도 30cm의 구형 도랑에 모래 15cm의 소수재를 충전하여 본 암거에 연결하여 0.4ha 조성.

- 본 암거( $\phi$  50㎜ P.V.C 주름판+화학섬유 필터+자갈 20cm+모래 20cm)를 심도 0.55m~0.75m로 6m 간격으로 6열 0.35ha 조성중에 있다.

라. 지하배수 암거 구조

각 흡수관의 배수량 측정을 위해 단관식으로 하였고 상류부에 입상관을 설치하여 유지관리상 편익을 도모하고 하류부는 개거 배수지거에 자유 유출되도록 마감식 수갑을 설치하였다. (사진 5-2~11참조)

## 3. 제3시험구(시공중)

가. 면 적 : 0.75ha

나. 시험목적

- 명거에 의한 간척지토양의 성숙과정 고찰
- 명거에 의한 제염효과

다. 처리내용

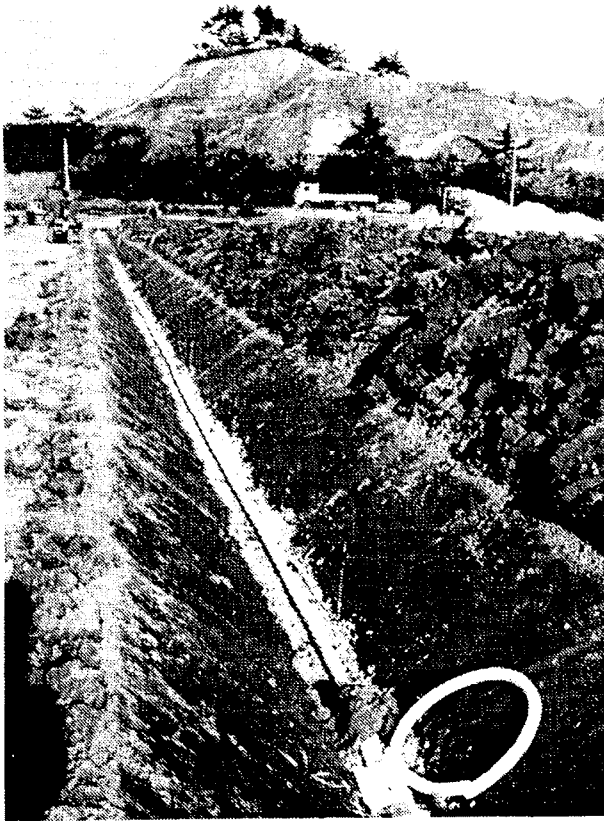
- 저폭 0.2m 심도 0.55~0.75m에 범면 기울기 1:1.2의 명거를 9m간격으로 9조 설치.



〈사진 5-2〉  
 <지하배수 제염암거 관매설 Ⅱ-1 및 Ⅱ-2 처리구 전경>



〈사진 5-3〉  
 <관매설 토공절개>



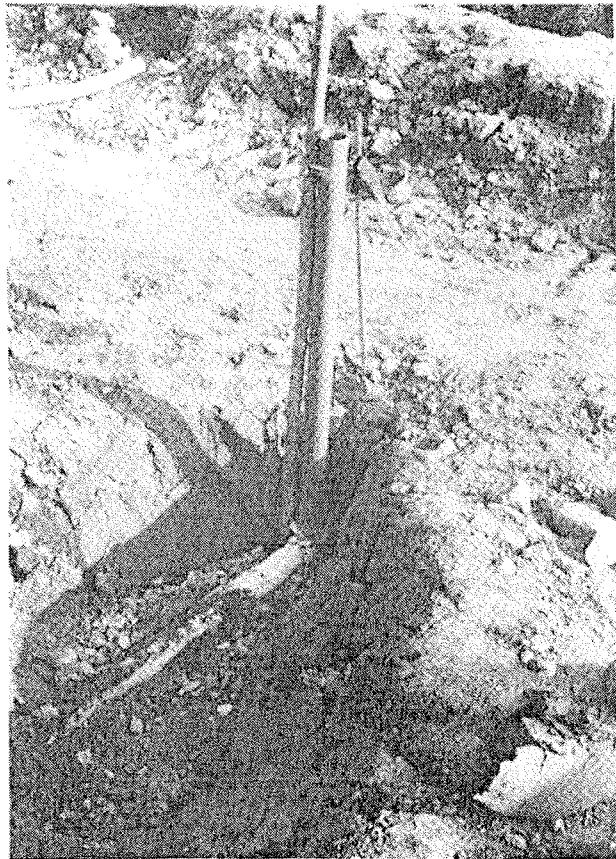
〈사진 5-4〉  
 <유공관 부설>



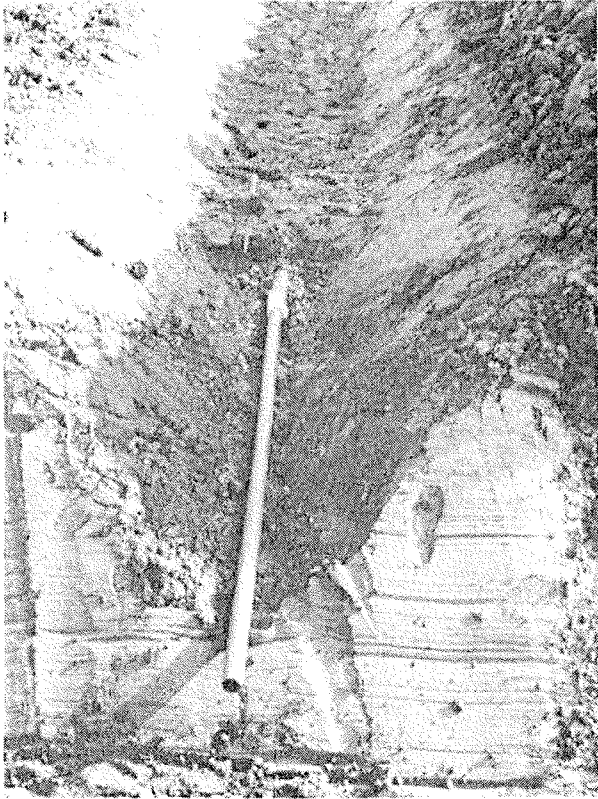
〈사진 5-5〉  
 <소수재 자갈부설>



〈사진 5-6〉 <소수제 모래 부설>



〈사진 5-7〉  
<입상관 설치>



〈사진 5-8〉

〈연결관설치〉

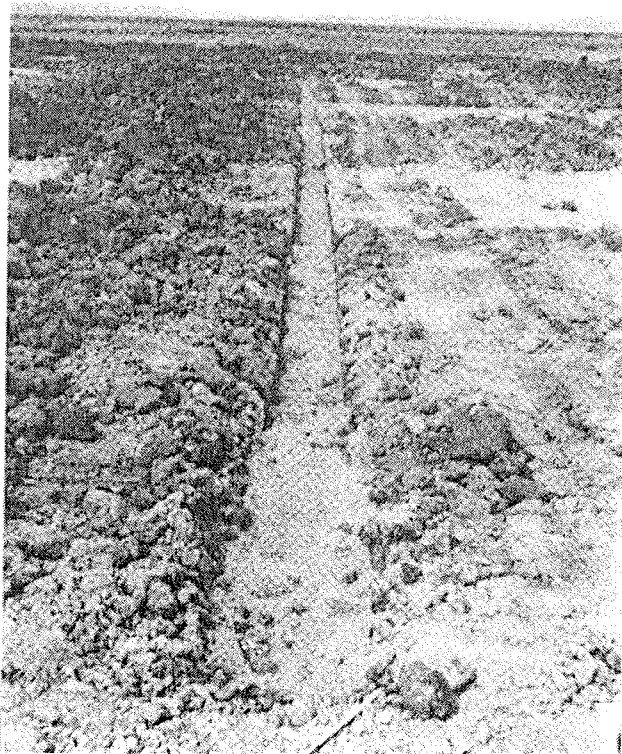
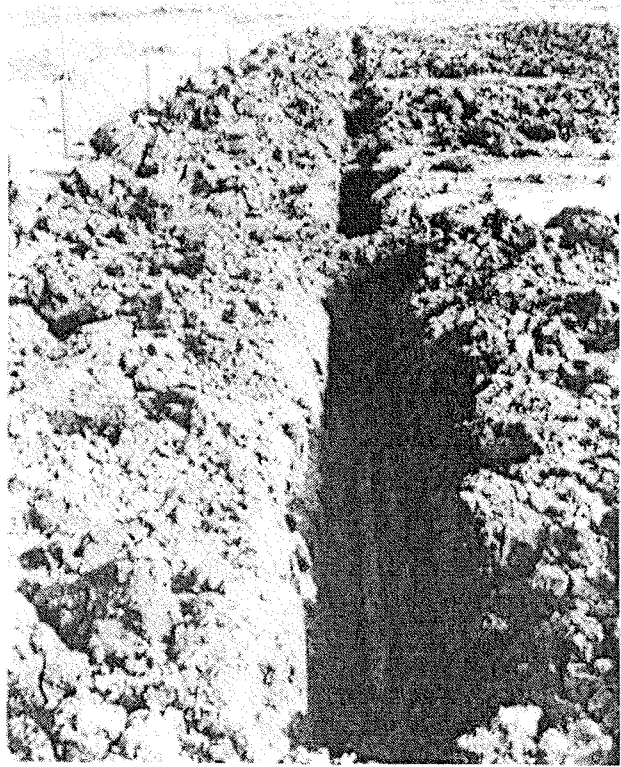


〈사진 5-9〉

〈집수거 절개〉



〈사진 5-10〉  
〈보조암거 굴착〉



〈사진 5-11〉  
〈보조암거 소수재 부설〉

#### 4. 제4~10 시험구(계획중)

가. 면 적 : 6.80ha

나. 시험목적

- 지하배수 암거에 의한 물관리 제염효과 검증
- 제염 추정 수치모델의 물관리 시험
- 지하배수 암거의 간격 결정
- 간척지 토양에서의 전작재배시험

### 5.4 調査 試驗方法

#### 5.4.1 現場調査

○ 토양시료채취(사진 4-12~13 및 15 참조)

토양시료는 교란시료로서 포장별 복합시료를 채취하였다.

- 채취심도는 0~20, 20~40, 40~70, 70~100cm로 구분 채취를 원칙으로 하였으나 각 포장의 처리 특성을 고려하여 채취심도를 일부 조정하였다.

- 포장별 복합시료 : 각 포장당 3개지점을 선정하여 심도별로 채취 후 각 심도별 시료를 균등 혼합하여 그 포장의 복합시료를 하였다.

○ 물 - 시료채취

지하수, 관개수등을 비정기적으로 채취하였다.

○ 투수시험(사진 4-19 참조)

지하수위 하층부에서는 수위상승법에 의하였으며 상부층에서는 수위하강법에 의하였다.

○ 지내력

Cone penetrometer에 의한 측정

○ 토양경도 (사진 4-14 참조)

야까나마식 경도계에 의한 측정

○ 지하수위 (사진 4-16~18 참조)

지하수위 측정은 측정정을 설치하여 측정하였다.



〈사진 5-12〉

〈토양조사 오-가 보링〉



〈사진 5-13〉

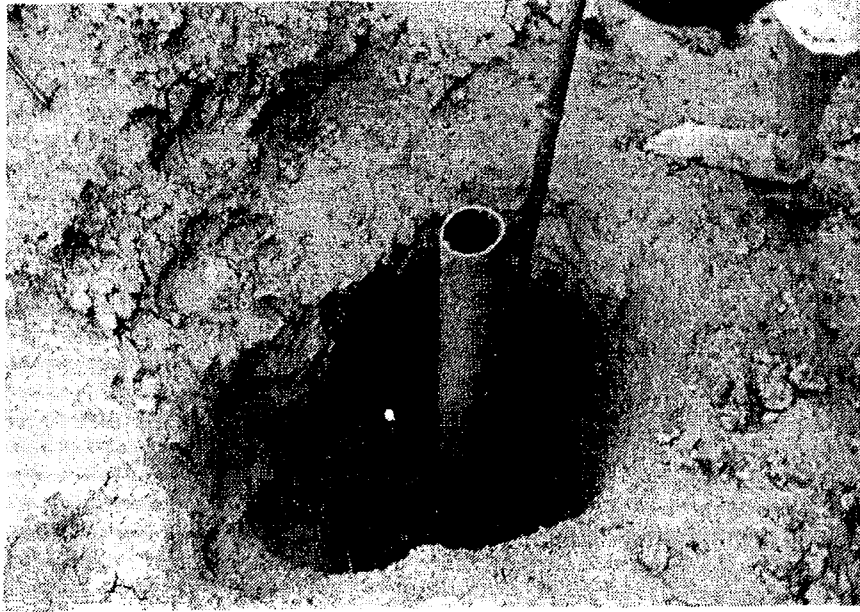
〈토양단면 조사시항〉



〈사진 5-14〉  
〈토양단면 경도측정〉



〈사진 5-15〉 〈토양 불교란시료 채취〉



<사진 5-16> <지하수위측정 pipe설치>



<사진 5-17> <지하수위 측정공>



<사진 5-18>

<지하수위 측정>



<사진 5-19>

<투수시험 실시>

#### 5.4.2 실내시험

현장에서 채취된 각종 자료는 다음과 같은 방법에 의하여 분석되었다.

##### ○ 물리시험

- 입도분석 : Hydro-meter법
- 3상분석 : Oven dry법에 의한 측정
- 진 비중 : "
- 가 비중 : "
- 공극율 : "

##### ○ 화학분석 시험

- pH(1:2.5) : 초자전극법
- 유기물 : Turin씨의 간이습식 산화법
- 유효인산 : Lancaster법
- K, Na : 염광분석법
- Ca, Mg : E.D.T.A 적정법
- 전기전도도 : 포화 추출액에 의한 측정
- Cl : 초산은 적정법
- SO<sub>4</sub> : BaSO<sub>4</sub>를 침출시켜 중량법으로 적정
- CaCO<sub>3</sub> : 황산 적정법

#### 5.4.3 氣象調查

본 연구시험포에 기상자료 관측기가 미설치되어 해남관측자료를 수집하였다.

## 第 6 章 結 果 및 考 察

### 6.1 氣象現況

#### 6.1.1 降雨量 및 蒸發量

本 地 區의 年 平 均 降 雨 量은 1,525mm이고 蒸 發 量은 年 平 均 1,251mm이나 調 査 期 間인 '92년 是 7월 과 8월 에 심한 旱 災로 同 期 間 月 平 均 강우치의 47%에 相當하는 260mm에 不 及 하였 으며 月 別 자료는 次 表 <표 6-1>과 같 다.

〈표 6-1〉 月別 降雨量 및 蒸發量

區 分 月	강 우 량		증 발 량		비 고
	평 균	'92	평 균	'92	
1	27.9	20.3	50	45.0	○ 강우량은 해남농 업관측소 기록치 이고 증발량은 목포기상대 기록 치임
2	45.1	35.7	56	56.4	
3	77.1	107.6	86.6	68.3	
4	84.8	74.8	108.9	112.4	○ 평균강우량은 1985~1988년 기록치평균
5	152.2	140.0	139.0	138.2	
6	335.1	364.0	136.7	140.5	○ 평균증발량은 1907~1987년 기록치평균
7	253.1	99.0	135.1	129.8	
8	301.1	161.8	164.1	132.7	
9	127.6	216.6	129.6	92.3	
10	53.2	3.6	115.7	95.6	
11	41.1	38.1	74.8	24.6	
12	27.3		54.7		
계	1,525.4		1,251.2		



## 6.2 土壤特性

### 6.2.1 土 性

토양의 무기질입자의 粒徑組成에 의한 토양의 분류를 土性(Texture)이라고 하며 즉 모래, 미사, 점토 등의 함유비율에 의하여 결정된다.

표 6.2~5에서 보이는 바와 같이 I-1 시험구는 토심 0~20cm에서 모래 79%, 미사 18%, 점토 3%로 壤質砂土(LS)이고 20~50cm에는 모래 70%, 미사 23%, 점토 7%를 砂壤土(SL), 50~70cm는 모래 75%, 미사 18%, 점토 7%로 壤質砂土(LS)이며, 70~90cm는 모래 9%, 미사 73%, 점토 18%로 微砂質壤土(SiL)이고 90~100cm 토심에는 모래 14%, 미사 66%, 점토 20%로 역시 微砂質壤土(SiL)이다.

I-2 시험구는 토심 0~20cm에서 모래 78%, 미사 16%, 점토 6%로 壤質砂土(LS)이고 20~40cm에는 모래 89%, 미사 8%, 점토 3%로 砂土(S)이며 40~60cm는 모래 10%, 미사 72%, 점토 18%로 微砂質壤土(SiL), 60~80cm에는 모래 11%, 미사 69%, 점토 20%로 微砂質壤土(SiL)이며 80~100cm 토심에서는 모래 10%, 미사 70%, 점토 20%로 역시 微砂質壤土(SiL)이다.

I-3 시험구는 토심 0~20cm에서 모래 72%, 미사 21%, 점토 7%로 砂壤土(SL)이고 20~50cm는 모래 72%, 미사 21%, 점토 7%로 表層과 공히 砂壤土(SL)이며 50~70cm는 모래 22%, 미사 58%, 점토 20%의 微砂質壤土(SiL)이고 70~100cm에도 모래 10~14%, 미사 65~70%, 점토 20~21%의 微砂質壤土(SiL)이다.

I-4 시험구는 토심 0~20cm에서 모래 76%, 미사 17%, 점토 7%로 壤質砂土(LS)이고 20~100cm는 모래 8~24%, 미사 58~72%, 점토 16~22%의 微砂質壤土(SiL)로 되어있다.

I-5 시험구는 토심 0~100cm에 모래 10~16%, 미사 65~71%, 점토 18~21%의 微砂質壤土(SiL)이다.

### 6.2.2 酸度(pH)

I-1 시험구는 土深 0~50cm의 pH는 4.8~5.1로 강산성토양이며 모래층인 50~70cm는 3.5로 역시 강산성화 되었으며 70~100cm는 5.7~7.6으로 약산성 내지 약알칼리성 토양이다.

I-2 시험구는 土深 0~20cm의 pH는 3.8로 강산성토양이며 20~40cm는 5.4로 약산성토양이고 40~100cm는 7.6~7.8로 약알칼리 토양이다.

I-3 시험구는 土深 0~50cm의 pH는 3.5~4.7의 강산성토양이며 50~100cm는 7.7~7.9의 약알칼리 토양이다.

I-4 시험구는 土深 0~20cm의 pH는 3.5로 강산성토양이며 20~100cm는 7.5~7.8의 약알칼리 토양이다.

I-5 시험구는 土深 0~100cm의 pH는 7.7~7.8의 약알칼리 토양이다.

대체로 모든 작물은 pH 5.5~7.0에서 잘 자라고 있는데에 비해 복토재료는 강산성을 띄고 있다.

### 6.2.3 有機物 含量

유기물 함량은 토양이 비옥도의 지표가 되는 중요한 것으로 우리나라 밭토양의 경우 2.0%에 지나지 않아 매우 적은 편이다.

본 시험포 복토재료나 원간척지 토양의 유기물 함량은 비교적 적은 0.1~0.96%로 1.0% 이하에 지나지 않아 적어도 3.0~3.5%로 높여주는 데는 장기간에 걸친 유기질 비료의 적극적인 시비가 필요하다.

### 6.2.4 有効磷酸

우리나라 밭토양의 유효인산 평균 함량인 114ppm에도 상당히 미치지 못하는 23~56ppm(복토재료)와 32~52ppm(원간척토양)에 불과하여 상당기간 인산질 비료의 시비에 힘써야 할 것이다.

〈표 6-2〉

포장별 토양시료 분석 성적

(’92. 6 시험성적)

시료 번호	시험 번호	토 심 cm	입 도 분 석 (%)				pH	OM %	C.E.C me/100g	가 용 성 양 이 온				가 용 성 음 이 온				S.A.R	E.S.P	ECe mmhos/ cm	S.P %	가비중	
			모래	미사	점토	토성				(1:25)	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>						CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
20-1	872	0~ 20	21	52	27	CL	7.8			6.98	164	7.5	37.5	200	32.6	2.8				17.1	43.3	1.39	
	2	873	20~ 50	9	64	27	SiCL	7.7			3.48	138	11.5	36.0	156	7.7	3.2				14.0	43.0	1.49
	3	874	50~ 70	11	65	24	SiL	8.0			4.65	153	8.5	39.5	172	29.1	2.0				15.7	40.6	1.36
	4	875	70~ 90	35	36	29	CL	7.8			8.13	222	16.5	38.0	240	9.4	2.0				20.6	35.1	0.91
	5	876	90~100	39	34	27	CL	7.7			11.6	317	29.0	76.0	356	50.6	2.4				28.5	44.3	1.20

<표 6-3>

포장별 토양시료 분석 성적

('92. 7 시험성적)

시료 번호	시험 번호	토 심 cm	입도 분석 (%)				pH (1:25)	OM %	C.EC me/100g	가용성 양이온				가용성 음이온			S.A.R	E.S.P	ECe mmhos/ cm	S.P %	가비중
			모래	미사	점토	토성				K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					
I-1-1	941	0~20	79	18	3	LS	5.1	0.15									0.13	19.5			
	2 942	20~50	70	23	7	SL	4.8	0.15									0.17	23.7			
	3 943	50~70	75	18	7	LS	3.5	0.10									5.03	26.0			
	4 944	70~90	9	73	18	SiL	5.7	0.25									17.67	14.7			
	5 945	90~100	14	66	20	SiL	7.6	0.71									19.82	41.9			
I-2-1	946	0~20	78	16	6	LS	3.8	0.15									7.37	21.5			
	2 947	20~40	89	8	3	S	5.4	0.25									17.89	15.9			
	3 948	40~60	10	72	18	SiL	7.6	0.96									17.92	39.9			
	4 949	60~80	11	69	20	SiL	7.8	0.45									19.34	37.2			
	5 950	80~100	10	70	20	SiL	7.8	0.30									24.1	38.8			
I-3-1	951	0~20	72	21	7	SL	4.7	0.15									0.92	37.0			
	2 952	20~50	72	21	7	SL	3.5	0.15									8.24	39.9			
	3 953	50~70	22	58	20	SiL	7.7	0.76									17.85	40.9			
	4 954	70~90	14	65	21	SiL	7.8	0.45									15.70	39.2			
	5 955	90~100	10	70	20	SiL	7.9	0.61									14.90	38.9			

<표 6-4>

포장별 토양시료 분석 성적

('92. 7 시험성적)

시료 번호	시험 번호	토 심 cm	입도 분석 (%)				pH (1:25)	OM %	C.E.C me/100g	가용성 양이온				가용성 음이온				S.A.R	ESP	ECe mmhos/ cm	S.P %	가비중
			모래	미사	점토	토성				K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					
1-4-1	956	0~ 20	76	17	7	SiL	3.5	0.25										10.82	39.0			
2	957	20~ 40	24	58	18	SiL	7.5	0.20										16.52	40.7			
3	958	40~ 60	16	68	16	SiL	7.8	0.15										15.37	40.4			
4	959	60~ 80	8	72	20	SiL	7.7	0.45										21.53	41.4			
5	960	80~100	12	66	22	SiL	7.6	0.30										26.34	41.3			
1-5-1	961	0~ 20	16	66	18	SiL	7.8	0.51										27.2	36.1			
2	962	20~ 40	10	71	19	SiL	7.8	0.40										14.5	37.8			
3	963	40~ 60	14	67	19	SiL	7.8	0.61										18.2	39.2			
4	964	60~ 80	14	66	20	SiL	7.8	0.25										21.3	41.5			
5	965	80~100	14	65	21	SiL	7.7	0.20										24.6	44.7			

<표 6-5>

포장별 토양시료 분석 성적

('92. 9 시험성적)

시료 번호	시험 번호	토 심 cm	입 도 분 석 (%)				pH (1:25)	OM %	CEC me/100g	가용성 양이온				가용성 음이온				S.A.R.	ESP	ECe mmhos/ cm	S.P %	가비중
			모래	미사	점토	토성				K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					
I-1-1	1416	0~20	74	18	8	SL	6.2	0.76										0.87	22.9	1.44		
	2 1417	20~50	71	22	7	SL	4.6	0.35										2.32	26.3	1.36		
	3 1418	50~70	93	6	1	S	5.8	0.66										7.75	16.0	1.66		
	4 1419	70~100	9	63	28	SiCL	7.7	0.61										18.30	37.8	1.51		
I-2-1	1420	0~20	76	20	4	SL	4.5	0.30										14.60	20.5	1.51		
	2 1421	20~40	93	6	1	S	5.8	0.61										20.8	17.3	1.63		
	3 1422	40~70	9	64	27	SiCL	7.8	0.66										29.9	40.9	1.42		
	4 1423	70~100	9	64	27	SiCL	8.0	0.40										24.0	39.9	1.33		
I-3-1	1424	0~20	75	20	5	SL	5.6	0.40										7.58	20.8	1.40		
	2 1425	20~50	72	22	6	SL	4.1	0.25										21.8	23.2	1.45		
	3 1426	50~70	8	70	22	SiL	8.1	0.66										13.9	37.7	1.49		
	4 1427	70~100	8	69	23	SiL	8.2	0.76										18.5	37.1	1.42		
I-4-1	1428	0~20	74	20	6	SL	4.7	0.45										23.0	23.2	1.56		
	2 1429	20~40	9	68	23	SiL	8.0	0.71										16.3	37.6	1.46		
	3 1430	40~70	9	67	24	SiL	8.1	0.61										20.2	40.2	1.24		
	4 1431	70~100	9	69	22	SiL	8.2	0.66										24.1	36.8	1.35		

### 6.2.5 土壤의 物理性

各圃場(제1시험구)의 土壤物理性을 비교해 보면 표 6.6과 같다. 표에서 공극율은 진비중을 2.70으로 고정했을 때의 값이다. 간척지 토양이 보통토양으로 변화하는 물리적 과정에서는 수분함량이 감소하게 되며 수분함량의 감소없이는 보통 토양으로 변화를 기대할 수 없다. 이러한 수분감소와 더불어 발생하는 물리적 과정을 토양의 성숙이라 한다. 초기 간척지 토양은 공극의 크기가 매우 작기 때문에 모든 물의 모세관 작용이나 기타 작용으로 배수의 제한을 받고 있다. 즉, 토양공극율로 볼 때 일반 토양인 복토 부분은 45~49%이며 본 간척지 토양은 50% 내외로 성숙이 진행되고 있는 듯하다.

대개 간척지 토양은 공극량은 많으나 공극의 크기가 매우 작으므로 즉 유효공극이 작기 때문에 투수계수가 매우 낮은데, 원인이다.

〈표 6-6〉 圃場 및 土深別 物理性 比較

圃場	土深 (cm) 區 分	假 比 重	孔隙率 %	備 考
I-1	0~20	1.44	46	시료채취일 1992. 9
	20~50	1.36	49	
	50~70	1.66	37	
	70~100	1.51	44	
I-2	0~20	1.51	43	
	20~50	1.63	38	
	50~70	1.42	47	
	70~100	1.33	51	
I-3	0~20	1.40	47	
	20~50	1.45	45	
	50~70	1.49	45	
	70~100	1.42	47	
I-4	0~20	1.56	41	
	20~50	1.46	46	
	50~70	1.24	54	
	70~100	1.35	50	

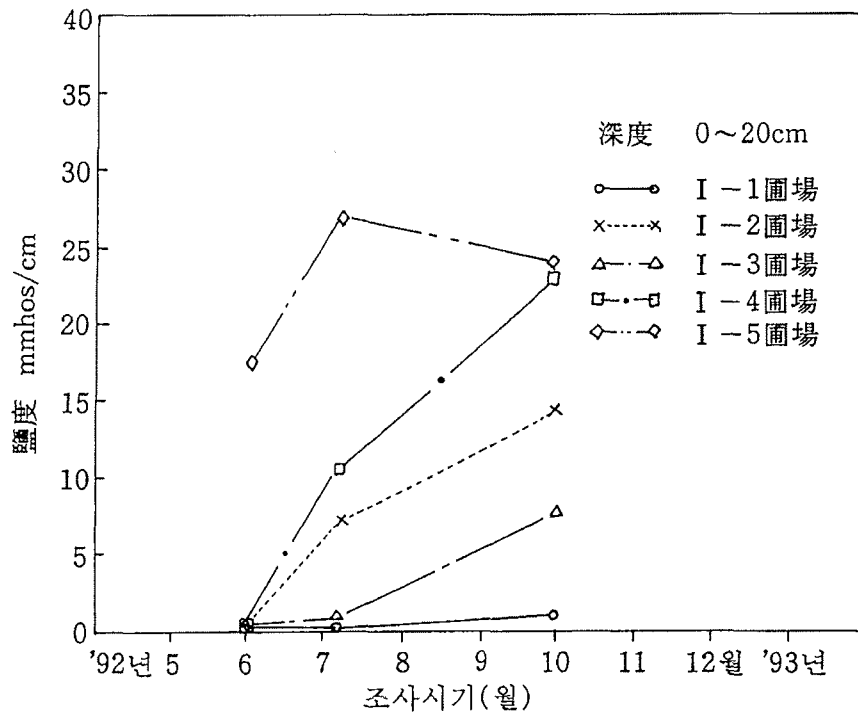
### 6.2.6 鹽度の 變化

'92년도에는 제1시험구(복토처리구)에서 처리별 토심에 따른 염도의 변화를 조사하였다.

그림 6.1은 深度 0~20cm에서의 염분변화를 나타낸 것으로 I-1처리구를 제외한 모든 처리구가 I-3, I-2, I-4 순으로 염분이 상승하였으며 I-4 처리구에서는 무처리(I-5구)구와 거의 같은 정도의 염분이 집적되었다.

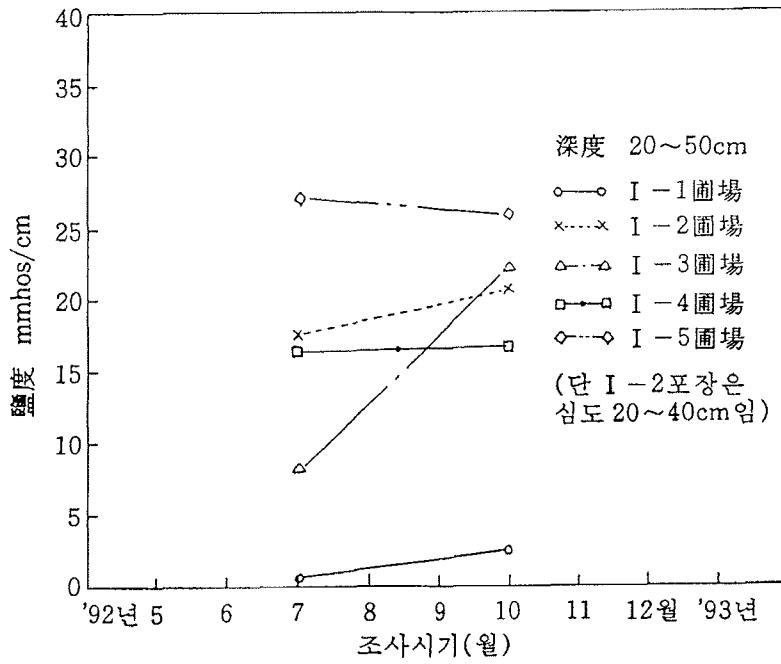
그림 6.2는 深度 20~50cm에서의 염분변화를 I-1, I-4, I-2, I-3 및 I-5 처리구 순으로 鹽도가 높았으며 I-1 처리구를 제외한 모든 처리구가 15mmhos/cm 이상의 鹽度を 보이고 있다.

그림 6.3은 深度 50~70cm에서의 염분변화로 I-1, I-3, I-4 및 I-2 처리구 순으로 鹽도가 높았다.

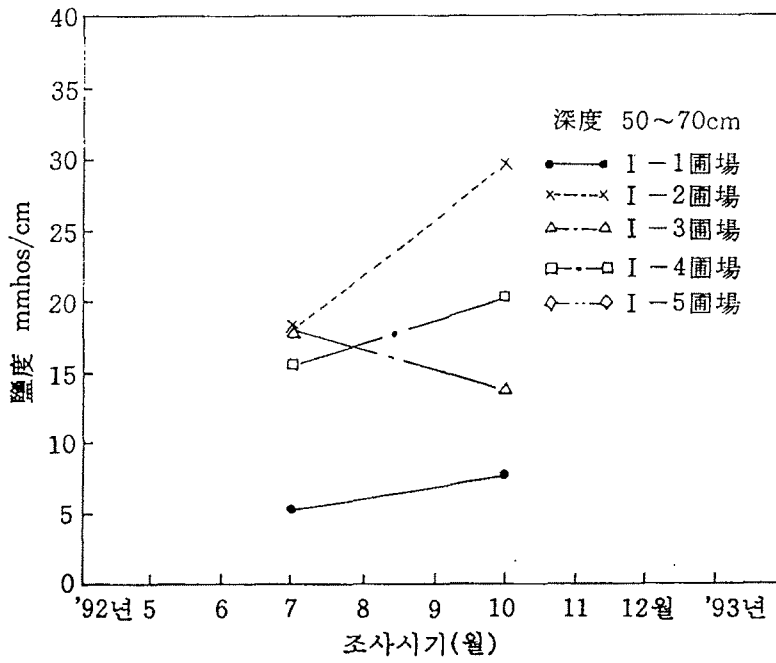


[그림 6-1] 圃場別 調査時期別 鹽分の 變化





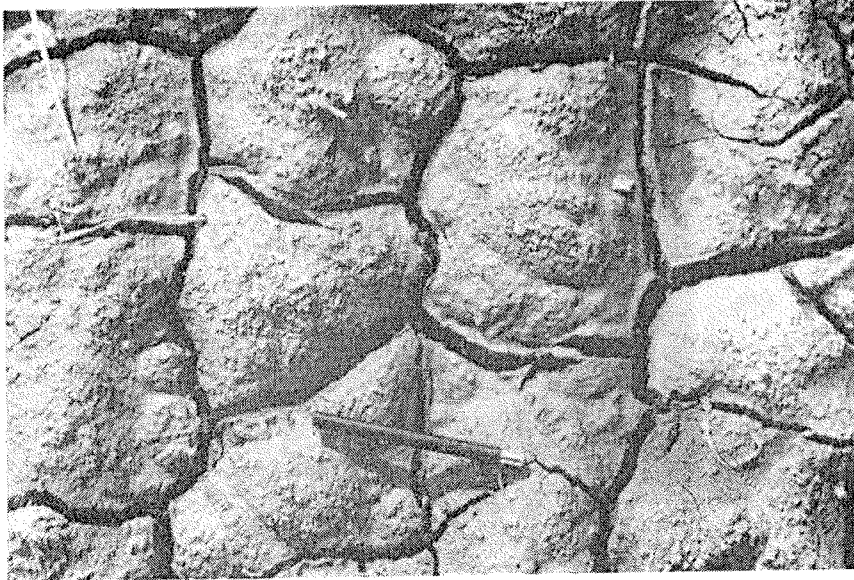
[그림 6-2] 圃場別 調査時期別 鹽分の 變化



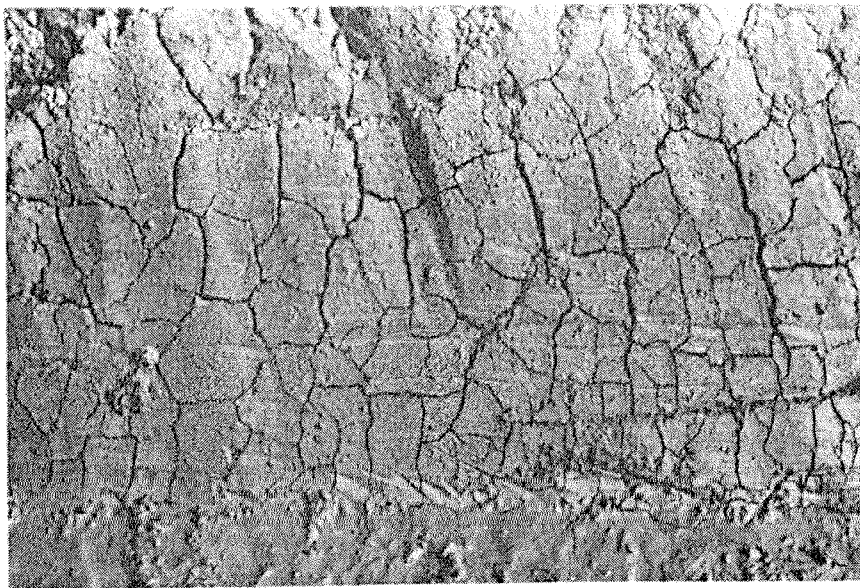
[그림 6-3] 圃場別 調査時期別 鹽分の 變化

### 6.2.7 土壤 龜裂(Crack)發達

사진 6-1~2에서 보는 바와 같이 지하배수 재염 암거 매설 처리구에서는 지표면에 커다란 龜裂이 형성되고 있으며 명거범면에서는 수로범면 노출면에서 서서히 가느다란 龜裂들이 진전되고 있어 토양 성숙을 촉진시키고 있는 듯 하며 보다 시간을 두고 관찰하여야 할 것 같다.



〈사진 6-1〉 <암거 매설 처리구의 지표면 균열 발달과정>



〈사진 6-2〉 <명거범면 균열 발달 과정>

## 第 7 章 今後 推進 計劃

- 제1시험구에는 1차년도에 선정된 작목을 재배하고 염분상승억제 방안으로 적정한 관개용수 공급계획하여 염분거동 조사
- 제2시험구에서는 제염용수 및 화학적 토양개량제 공급으로 조기 제염 가능성도와 암거효과 검증
- 제3시험구에서는 명거설치에 따른 토층변화 고찰
- 제1, 2, 3 시험구의 중간성적을 토대로 제4~10시험구 확대 조성
- 장기적인 제염 추정모형 개발

## 參 考 文 獻

- 具滋雄, 1987, “鹽害土壤의 除鹽에 관한 基礎理論(I)~(IV)”, 韓國農工學會誌, 29.1~4, p. 35~39, p. 14~19, p. 106~110, p. 47~56.
- \_\_\_\_\_, 殷鍾浩, 1988, “간척지 토양의 제염과 정중 수리전도도의 변화”, 한국농공학회지, 30.4, p. 85~93.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1988, “간척지 토양의 제염과정 중 전기전도도와 치환성 나트륨 백분률 및 pH사이의 관계”, 한국농공학회지, 30.4, p. 127~133.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1989, “새만금지구 干潟土壤의 염분거동 해석 및 제염효과 분석을 위한 실험적 연구”, 한국농공학회지, 31.2, p. 92~103.
- 農水産部, 1983, “農地改良事業計劃設計基準(排水篇)”, p. 267~304.
- \_\_\_\_\_, 1991, “農地改良事業計劃設計基準(海面干拓篇)”, p. 629~644.
- \_\_\_\_\_, 1981, “UNDP韓國排水改良事業 綜合報告書”, UNDP/PIPOK, 農水産部
- 신상혁, 1983, “간척지 개발과 제염의 효과적인 방안(특집)”, 농업진흥, 39, p. 80~85.
- \_\_\_\_\_, 1983, “간척지 토양에 대한 성숙과정, 제염연구 절실”, 농업진흥, 37, p. 122~123.
- 李殷雄, 1981, “간척지 토양의 염해방지”, 흥농계, 19, p. 98~100.
- 李重基, 1978, “간척지 제염에 관한 연구”, 한국농공학회지, 20.2(6), p. 67~79.
- 鄭斗鎬 외, 1969, “간척지에서 두더지암거 설치법과 제염효과에 관한 연구”, 한국농공학회지, 11.4(12)
- 農業振興公社, 1976~1978, 米面, 南陽干拓地 除鹽排水試驗研究報告書.
- 오영탁, 1976, 毛細管現象에 의한 鹽分上昇, 干拓地土壤除鹽促進에 대한 研究, 農事試驗, 研究報告書, 農村振興廳.
- 農漁村振興公社, 1991, “海南地區 干拓農地 綜合開發事業計劃書”
- 趙成鎭 外, 1991, “土壤學”, 鄉文社, p. 274~279.

- 長堀金造 外, 1975, “干拓後の鹽分舉動”, 日本 農業土木論文集, 56號.
- 福島忠雄, 1976, “干拓地土壤の鹽分舉動と除鹽”, 日本農業土木學會誌 44(9).
- 長堀金造 外, 1982, “干拓へドロの基礎的諸特性と除鹽機構について”. 日本農業土木論文集 101號.
- 宮本征一 外, 1974, “除鹽の基礎, 土壤の物理性 29”
- 天谷孝夫 外 2人, 1982, 除鹽の進行過程に関するモデル試験, 農業土木論文集, 102號.
- F.A.O, 1976, Drainage Testing, Irrigation and Drainage Paper 28, Rome.
- Ayers, R.S., etc. 1976, Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rome.
- 安 烈, 1990, 우리나라 干潟地 特性과 干拓後 土壤의 理化學的 性質變化에 關한 研究, 全北大學校 大學院 博士論文.

## 附錄 1. 地下暗渠排水 理論方程式

## 地下暗渠排水 理論方程式

### 1. 地下排水理論 및 適用方式

토양층의 地下水位 變화를 이론적으로 규명한다는 것은 상당히 복잡하고 어려운 문제로 지하수위에 영향을 미치는 인자는 아래와 같다.

- 강수량 및 외부에서의 流入水量
- 증발량 및 외부 流出水量
- 토양 특성
- 배수거의 깊이 및 간격
- 배수거의 횡단면적
- 배수거내의 수위

위의 여러 인자들 간의 상호관계를 명확히 규명하여 지하수위 變화를 추정하는 것은 상당히 복잡하고 어려움이 있어 다음 가정하에 定流狀態와 不定流狀態도 구분하여 방정식을 사용하고 있다.

(假定)

- 지하수위의 變화는 2차원 흐름으로 흡수거로 부터 동일한 거리에 있는 지점의 지하수위는 동일하며
  - 지하배수 암거구역내의 강우 또는 기타 외부 유입수등에 의한 보충수량은 어느 지점에서나 균일하고,
  - 토층내의 토성은 균일하며 투수계수도 어느 부분에서나 동일하며 等方性이다.
- 이와 같은 전제로 定流狀態公式은 지하배수 암거 유출량과 지하수 보충량이 동일하여 지하수위의 變화가 없다는 가정하에 이루어진 공식이고 不定流狀態公式은 地下水 보충량이 일정하지 않으므로 보충수량의 영향으로 시간별 지하수위의 變화를 고려한 공식이다.

## 2. 定流方程式

일반적으로 많이 이용되고 있는 Hooghoudt공식과 Ernst 공식이 있으며 토층에 따라 구분 적용한다.

가. 토층의 성질이 균질인 경우

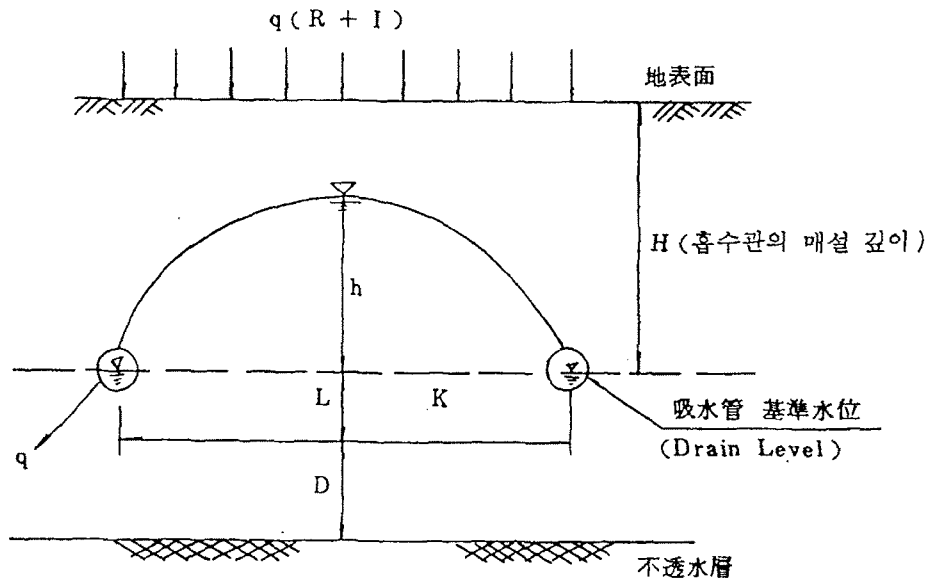


그림 附-1 均一한 土層

○ Hooghoudt公式

$$q = 8Kdh/L^2 + 4Kh^2/L^2 \dots\dots\dots(\text{附.1.1})$$

h : 管間の 中央部에서 속도랑 基準水位로부터 地下水位까지의 높이 (m)

q : 單位 排水量 (m/day)

L : 管 間隔 (m)



K : 透水係數 ( m / day )

D : 吸水管基準水位로부터 不透水層까지의 깊이 ( m )

d : 等價深度 (Equivalent depth) ( m )

$$d = \frac{D}{1 + \left(\frac{8D}{\pi L}\right) \ln\left(\frac{D}{U}\right)} \dots\dots\dots (附.1.2)$$

u : 潤邊 ( m ) =  $\pi r_0$

r<sub>0</sub> : 吸水管의 半徑 ( m )

○ Ernst 公式

$$h = \frac{qL^2}{8KD} + \frac{qL}{\pi K} \ln\frac{D}{U} \dots\dots\dots (附.1.3)$$

但  $D < \frac{1}{4} L$

(적용시 유의 사항)

- Ernst 공식은 不透水層 깊이가 管間隔의 1/4이내 일때 적용 가능하며
- Hooghoudt 공식은 管間隔에 무관하여 적용할 수 있고 等價深度(d)는 吸水管間隔(L)과의 함수관계에 있어 試算法에 의해 決定한다.

나. 吸水管이 土性이 다른 土層境界에 있는 경우.

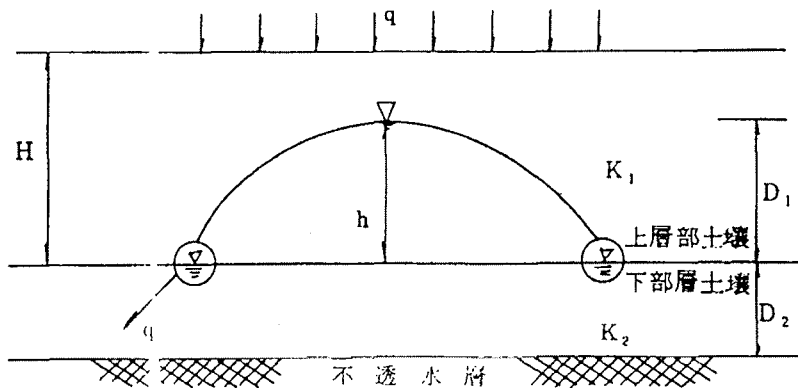


그림 附-2 吸水管이 土層境界에 있는 境遇

○ Hooghoudt 公式

$$q = \frac{8K_2dh/L^2 + 4k_1h^2/L^2}{D^2} \dots\dots\dots(\text{附 1.4})$$

$$d = \frac{qL^2}{1 + \left(\frac{8D_2}{\pi}L\right) \ln\left(\frac{D_2}{U}\right)}$$

○ Ernst 公式

$$h = q \left[ \frac{D_1}{K_1} + \frac{qL^2}{8K_2D_2} + \frac{qL}{\pi k_2} \cdot \ln\left(\frac{D^2}{U}\right) \right] \dots\dots\dots(\text{附 1.5})$$

但  $D_2 < \frac{1}{4} K$

여기서,

$K_1$  : 上層部 土壤의 透水係數 (m/day)

$K_2$  : 下層部 土壤의 透水係數 (m/day)

$D_1$  : 吸水管 基準水位에서 地下水位까지의 높이  $\dots\dots\dots$  (m)

$D_2$  : 吸水管 基準水位에서 不透水層까지의 깊이  $\dots\dots\dots$  (m)

(공식 적용시 유의사항)

- Ernst 공식은 不透水層 깊이( $D_2$ )가 管 間隔(L)의 1/4이내 일 때 적용.
- Hooghoudt 공식은 不透水層 깊이( $D_2$ )에 관계없이 적용.

다. 吸水管이 土性이 다른 두 土層部에 놓여있는 경우.

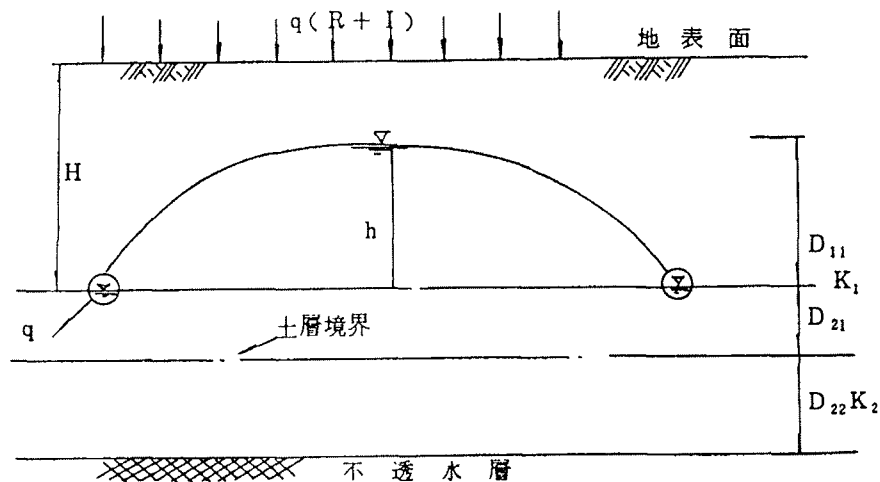


圖 附-3 二層土

○ Ernst公式

$$h = q \frac{D_{11}}{K_1} + \frac{qL^2}{8(K_1D_{21} + K_2D_{22})} + \frac{qL}{\pi k_1} \ln \frac{aD_{21}}{U} \dots\dots\dots(\text{附1.6})$$

여기서,

$K_1$  : 上層部 土壤의 透水係數  $\dots\dots\dots(m/day)$

$K_2$  : 下層部 土壤의 透水係數  $\dots\dots\dots(m/day)$

$D_{11}$  : 吸水管 基準水位에서 地下水位까지의 높이  $\dots\dots\dots(m)$

$D_{21}$  : 吸水管 基準水位下的 上層部 土壤의 깊이  $\dots\dots\dots(m)$

$D_{22}$  : 下層部 土壤의 不透水層까지의 깊이  $\dots\dots\dots(m)$

$a$  : 上·下層部 土壤의 透水係數 比에 따른 幾何學的 係數

$K_2/K_1 > 50 \dots\dots\dots a=4$

$K_2/K_1 < 0.1 \dots\dots\dots a=1$

$0.1 < K_2/K_1 < 50 \dots\dots\dots a$ 는 다음의 그림 附-4에서 求한다.

$K_2/K_1 \rightarrow 50 \dots\dots\dots a=4$

<適用>

Ernst 公式의 適用은 不透水層깊이( $D_{22}$ )가 管間隔( $L$ )의 1/4以內일 때 適用한다.

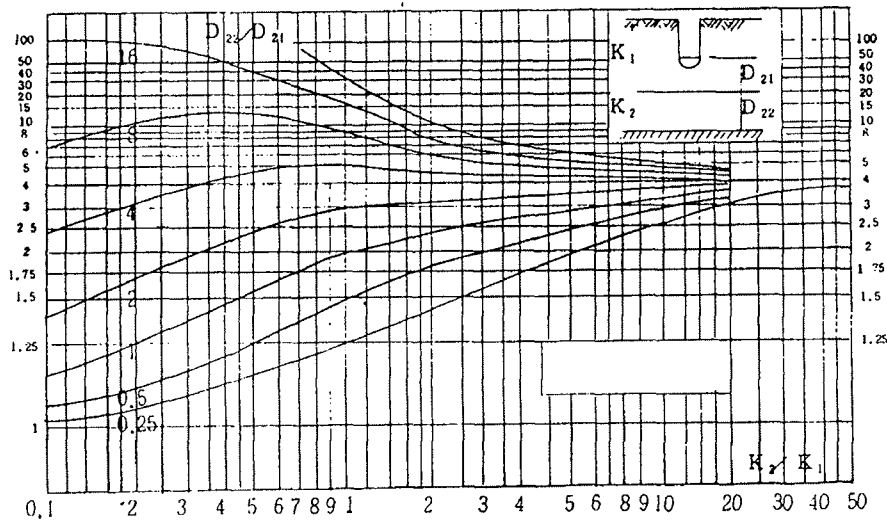


그림 附-4 Ernst公式의 幾何學的 係數  $a$ 를 決定하기 위한 圖表

a 값은  $D_{22}/D_{21}$ 의 값을 곡선에서 구해 횡축에  $K_2/K_1$ 값과 교차점을 찾아 교차점에서 횡으로 직선상에 종축과 만나는 점이다.

라. 吸水管이 성질이 다른 두 토층의 하층부에 있는 경우

○ Ernst 公式

$$h = q \left( \frac{D_{11}}{K_1} + \frac{D_{21}}{K_2} \right) + \frac{q_{i2}}{8K_2 D_{22}} + \frac{1}{\pi K_2} \ell n \frac{D_{22}}{U} \dots\dots\dots (附1.7)$$

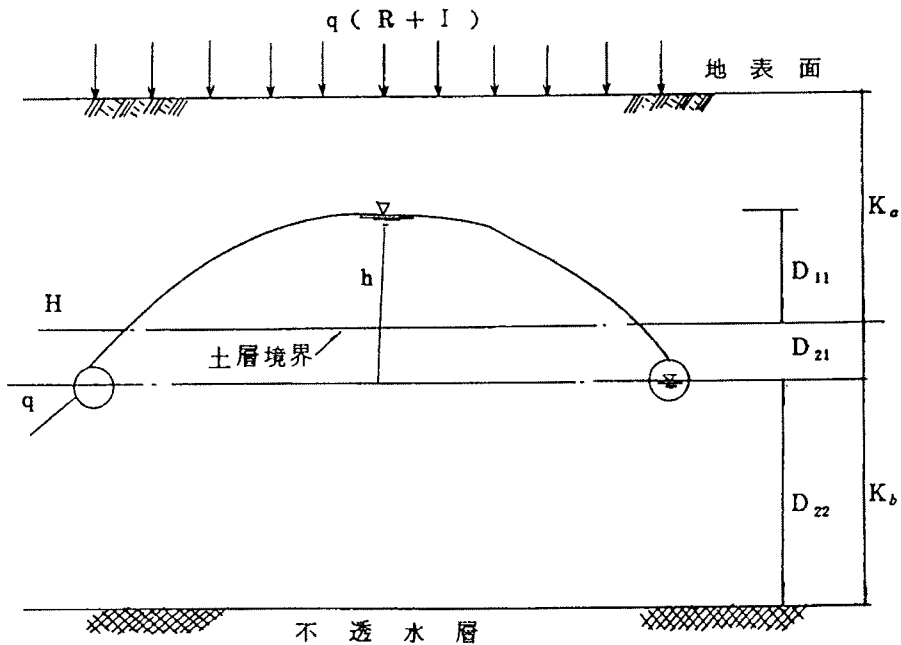


그림 附-5 混成層土

여기서,

$D_{11}$  : 地下水面下 上層土의 높이(m)

$D_{21}$  : 吸水管 基準水位上 下層土의 높이(m)

$D_{22}$  : 吸水管 基準水位下 下層土의 不透水層까지의 깊이(m)

Kirkham公式

Hooghoudt公式과 類似하며 數學的인 解析에 依해 導出되었다.

$$\text{一般式} \quad h = \frac{qL}{Kb} \cdot \frac{1}{1-q/Ka} \cdot Fk$$

$$Fk = \frac{1}{\pi} \left\{ \ell n \frac{L}{\pi r} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left( \cos \frac{2n\pi r}{L} - \cos n\pi \right) \left( \cot h \frac{2n\pi D}{L} - 1 \right) \right\} \dots\dots\dots(\text{附1.8})$$

- 여기서,      h : 排水管 위의 地下水位(m)  
               q : 單位排水量(m/day)  
               L : 排水間隔(m)  
               Ka : 排水管 上層部の 透水係數(m/day)  
               Kb : 排水管 下層部の 透水係數(m/day)  
               r : 排水管的 半徑(m)  
               D : 排水管에서 不透水層까지의 깊이(m)

[適用] (Nomograph使用)

「그림 附-6」에서  $\frac{h}{D} \left( \frac{K_b}{q} - \frac{K_b}{K_a} \right)$ 와  $D/2r$ 이 만나는 點에서 L/D軸과 連結시켜 L/D를 찾고 주어진 D값으로 排水間隔(L)을 決定한다.

$$\frac{h}{D} \left( \frac{K_b}{q} - \frac{K_b}{K_a} \right)$$

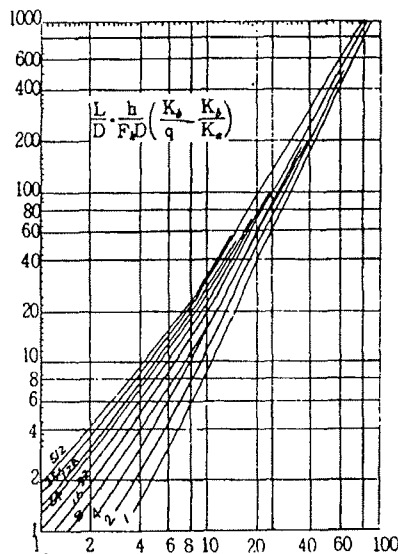


그림 附-6 Kirkham의 Nomograph

### 3. 不定流 方程式

不定流公式의 “글로버-덤(Glover-Dumn)”公式을 適用할 때는 다음과 같은 基本資料의 調査가 先行되어야 한다.

[土層資料]

- 土壤의 透水係數 :  $K(m/day)$
- 不透水層까지의 깊이 :  $D(m)$
- 排水可能空隙率 :  $\mu$

[土木資料]

- 吸水管의 種類 및 크기
- 排水基準 :  $h_0, h_t$

여기서,  $h_0$ 는 初期地下水位의 높이

$h_t$ 는 計劃期間  $t$ 日後의 地下水位

定流方程式의 排水基準  $h/q$ 代身에 不定流方程式에서의 排水基準은  $h_0/h_t$ 이다.

Hooghoudt公式에서 一般的으로 排水管上層部の 흐름은 下層部の 흐름에 비해 無視할 수 있기 때문에 다음과 같이 變化시킬 수 있다.

따라서 排水組織의 必要條件  $h_t/h_0$ 가 決定되면 (附.1.12)式에서 貯水係數  $j$ 가 決定되고 透水係數  $K$ 나 또는  $\mu$ 값으로(附.1.11)式에서 所要排水強度  $h/q$ 를 算定할 수 있다.

$$L^2 = 8kdh/q \dots\dots\dots(附.1.9)$$

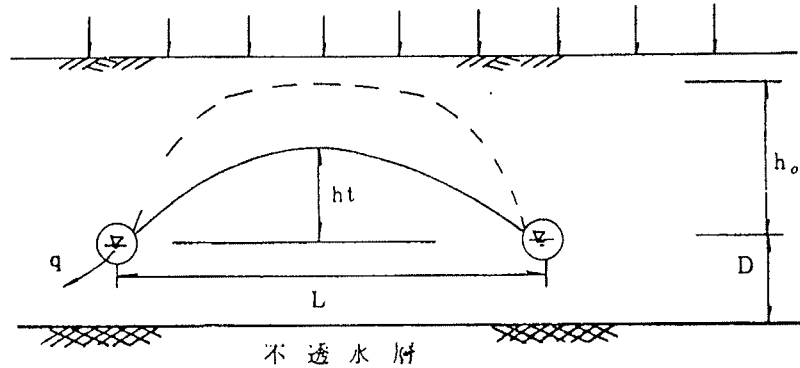
Glover-Dumn公式에서

$$\begin{aligned} L &= \pi \left[ \frac{kdt}{\mu} \right]^{1/2} \left[ \ell n 1.16h_0/h_t \right]^{-1/2} \\ &= \pi \left[ \frac{kdt}{\mu} \right]^{1/2} \left[ \frac{t}{j} \right]^{-1/2} \dots\dots\dots(附.1.10) \end{aligned}$$

(附.2.1), (附.2.2)式에서

$$h/q = \frac{\pi^2 j}{8\mu} \dots\dots\dots(附.1.11)$$

○ Glover-Dumn公式에 依하면



$$h_t/h_0 = 1.16e^{-1/j} \dots\dots\dots(\text{附.1.12})$$

- 여기서,  $d$  : Hooghoudt의 等價深度( $d$ )와 同一  $\dots\dots\dots(m)$   
 $t$  : 計劃하는 地下排水 期間  $\dots\dots\dots(\text{day})$   
 $\mu$  : 排水可能空隙率  $\dots\dots\dots(\%)$   
 $h_0$  : 初期地下水位 높이  $\dots\dots\dots(m)$   
 $h_t$  :  $t$ 日後의 地下排水 높이  $\dots\dots\dots(m)$   
 $j$  : 貯水係數  
 $h/q$  : 排水強度

(공식 적용시 유의사항)

- Glover-Dumn공식은 흡수관 윗 부분의 흐름이 고려되지 않았으므로 不透水層 깊이  $D$ 가 작거나 吸水管 위 지하수위 높이  $h$ 가 비교적 클때 오차가 발생되기 쉽다.
- Glover-Dumn공식에서도 等價深度( $d$ )와 管間隔( $L$ )이 미지수이므로 試算法에 의해  $L$ 을 가정한후 구한다.

#### 4. 排水基準

가. 地下水位( $h$ )

吸水管 上層部の 地下水位 높이는 農作物生産성과 관련하여 適正地下水位를 決定한다. 田作에서 適正地下水位는 地表下 約 40~60cm (강우후 2~3日의 지

하수위)이다. 이때 관으로 부터 地下水位까지의 높이(h)는  
 여기서,  $h=H-Z$  .....(附.1.13)

H : 管의 深度(m)

Z : 適正地下水位 地表下 0.4~0.5 m

나. 單位排水量(g)

單位 排水量은 地表의 單位面積으로부터 吸水管을 通하여 排出되는 水量으로  
 서 決定方法은 다음과 같다.

< 第一方法 >

Hooghoudt公式에서

$$L^2 = \frac{8Kdh + 4Kh}{q} \dots\dots\dots(附.1.14)$$

貯溜係數 J에서

$$J = \frac{\mu L^2}{\pi^2 K(d + \frac{1}{2}h)} \dots\dots\dots(附.1.15)$$

Hooghoudt公式을  $\frac{h}{q}$  에 대해 整理하고

$$\frac{L^2}{k(d + \frac{1}{2}h)} = \frac{8h}{q}$$

貯溜係數를  $\frac{L^2}{k(d + \frac{1}{2}h)}$  項으로 整理하면,

$$\frac{L^2}{k(d + \frac{1}{2}h)} = \frac{j\pi^2}{\mu}$$

上記 式을 結合시키면,

$$\frac{8h}{q} = \frac{j\pi^2}{\mu} \qquad \frac{h}{q} = \frac{j\pi^2}{8\mu}$$



따라서 배수기준  $h/q$ 는  $j$ 와  $\mu$ 의 함수가 된다.

지하수위 하강속도를 5일간에 지표하 50cm까지 하강한다고 가정하여 Glover-Dumn 공식으로부터  $j$ 를 구하였다.

$$\frac{h_t}{h_0} = 1.16e^{-\mu t} \dots\dots\dots(\text{附.1.16})$$

또한  $\mu$ 는 土質에 따라 다르며 推定方法은 여러가지가 있으나, 現在 많이 使用되고 있는 Van Beer의 方法은 아래와 같다.

$$\mu = \sqrt{K} \dots\dots\dots \text{Van Beer 方法} \dots\dots\dots(\text{附.1.17})$$

- 여기서,
- $\mu$  : 排水可能 空隙率  $\dots\dots\dots(\%)$
  - $K$  : 透水係數  $\dots\dots\dots(m/day)$
  - $h_t$  :  $t$ 日後의 地下水位 높이  $\dots\dots\dots(m)$
  - $h_0$  : 初期 地下水位 높이  $\dots\dots\dots(m)$

$h/q$ 를 排水基準(Drainage Criterion)이라 하며 定流方程式에 適用한다.

<第二方法>

第二方法으로서 Glover-Dumn公式의 假定에 따라  $t$ 日後의 單位排水量( $qt$ )은,

$$qt = \frac{2}{\pi} \cdot \alpha \mu h_t \dots\dots\dots(\text{附.1.18})$$

$t$ 日間の 平均地下 流出量( $\bar{q}$ )

$$\bar{q} = \frac{2}{\pi} \cdot \alpha \mu \cdot \bar{h} \dots\dots\dots(\text{附.1.19})$$

여기서  $\alpha$ 는 感應係數 (Reaction Factor)

$$\alpha = \frac{1}{J} = - \frac{\log\left(\frac{1}{1.16} \cdot h_t/h_0\right)}{t} \dots\dots\dots(\text{附.1.20})$$

$$\text{또는 } \alpha = \frac{\pi^2 kd}{\mu L^2} \quad (\text{day}^{-1}) \dots\dots\dots(\text{附.1.21})$$

$\bar{q}$  = 平均 流出量

$\bar{h} = t$  日間の 平均地下水位

$$\bar{h} = \sqrt{h_0 h_t} \dots\dots\dots(\text{附.1.22})$$

第一方法과 第二方法으로 算出된 單位排水量의 差異는 別로 크지 않다. 또한 第一方法은 定流狀態와 不定流狀態를 混合한 것이다.

<第三方法>

地下水位를 地表面에서 Z깊이까지 期間 t 日 동안에 下降시키려고 할 때 Z까지의 排水可能量(Q)

$$Q = Z \cdot \mu \dots\dots\dots(\text{附.1.23})$$

여기서,  $\mu$  : 排水可能空隙率

그러므로 單位排水量(q)은

$$q = \frac{Q}{t} = \frac{Z \cdot \mu}{t} \quad (m/day) \dots\dots\dots(\text{附.1.24})$$

이다.

## 附錄 2. 우리나라 干拓地除鹽의 小史

## 附錄 2

# 우리나라 干拓地除鹽의 小史

干拓地の生産性を 제고시키기 위해 除鹽에 관심을 갖게 된 것은 1930년대의 일이고 본격적으로 관심을 갖게 된 것은 극히 최근의 일로 대략 다음과 같이 시대적으로 요약된다.

### 1) 1930년대

- 우리나라에서의 表面洗滌 방법에 의한 除鹽시험의 시초로 1935~1936년에 全羅北道 金堤에서 관행되고 있는 表面洗滌 제염을 보다 효율적으로 시행하기 위해 半耕耘필지, 半耕耘후 건조시킨 필지, 灌水후 半耕耘한 필지 및 灌水후 교반하는 필지별로 表面洗滌을 실시한 결과 답수후 半耕耘한 필지의 제염효과가 가장 컸다하나 구체적인 기록치는 찾을 수 없었다.
- 1939~1942년에 金堤에서 나무가지와 대나무등을 사용하여 지하배수에 의한 제염시험이 실시되었으나 대개가 농민들에 의하여 시행되었기 때문에 기록된 자료가 없으나 우리나라에서 처음으로 시도된 지하배수에 의한 제염의 효시가 된다.

### 2) 1960년대

- 1964년에 UNTID에 의해 江華地區에서 開渠排水路 깊이 (0.9, 1.2 및 1.5 m)와 간격(18, 36 및 72 m)별 除鹽試驗 結果 0.9 m 깊이의 18 m 간격에서 가장 제염 효과가 컸다고 보고 하였다.
- 1965년에 농촌진흥청 농공이용연구소는 경기도 시흥군 수암면 고잔리에서 두더지 암거에 의한 제염시험을 0.3, 0.4 및 0.6 m 깊이와 3, 4 및 5 m 간격으로 3 반복 시험결과 0.6 m 깊이의 3 m 간격이 가장 제염효과가 컸다.
- 1967년에 土地改良組合聯合會가 全羅北道 부안군 조포지구에서 開渠에 의한 제염시험으로 0.6, 0.9 및 1.2 m의 깊이와 43, 64 및 106 m 간격으로 3反復 시험결과 0.9 m 깊이의 43 m 간격이 가장 제염효과가 컸다.

- 1969년에 농촌진흥청 농공이용연구소는 江華干拓地에서 개거와 두더지 암거에 의한 제염시험으로 개거구는 0.9, 1.2 및 1.5 m의 깊이와 18, 36 및 72 m 간격으로 3반복 시험결과 0.9 m 깊이에 18 m 간격구에서 가장 제염효과가 컸으며 두더지 암거구는 0.4, 0.5 및 0.6 m 깊이에 3, 4 및 5 m 간격으로 3반복시험결과 0.6 m 깊이의 3 m 간격이 제염효과가 제일 좋았다.

### 3) 1970년대

- 1972년 농업진흥공사는 米面干拓地에서 表面洗滌 除鹽試驗을 위해 지구내 A, B 및 C 지구에 각기 1㎡의 시험포장을 선정하여 이양전에 1.2~2.1mmhos/cm의 염분농도를 가진 관개용수를 1회에 50mm씩 관개한후 표층토를 삽으로 교반한 24시간 후에 배수하는 表面洗滌 제염법을 1회에서 5회까지 실시하여 무처리 비교구와 비교 검토한 결과는 다음과 같다.

表面洗滌 除鹽實績

포장별	土深別	시험전 토양염분 mmhos/cm	無處理區		1回洗滌區		3回洗滌區		5回洗滌區	
			토양염도 mmhos/cm	제염율 %	토양염도 mmhos/cm	제염율 %	토양염도 mmhos/cm	제염율 %	토양염도 mmhos/cm	제염율 %
A포장	表土	80	24	70	16	80	14	82	13	84
	心土	43	28	35	24	44	30	30	24	44
B포장	表土	51	16	68	13	74	16	68	5	90
	心土	41	59	145	50	122	39	5	42	103
C포장	表土	76	14	81	11	85	5	93	7	91
	心土	41	9	78	14	66	14	66	10	75
平均	表土	69	18	74	13	81	12	82	8	88
	心土	42	32	24	28	33	28	33	25	41
灌 溉 用 水 量		mm	0		50		150		250	

註 1) 表土의 土深은 0~35cm 이고

2) 心土의 土深은 35~67cm 임

다음은 1970년대의 大單位 農業綜合開發事業의 一環으로 造成된 干拓農地에서 農振公이 施行한 主要 除鹽試驗事業을 要約한 것이다.

가) 南陽地區

南陽干拓農地에서 1975년 9월에 3.5ha의 除鹽試驗圃場을 설치하고 除鹽進行過程을 調査하는 동시에 벼를 直播하는 試驗耕作을 실시하였다.

試驗圃場에 2m, 4m, 8m 간격으로 두더지 暗渠를 埋設하였고, 4m, 8m, 16m 간격으로 管暗渠를 埋設하였으며, 埋設깊이는 모두 0.7m 로 하였다.

이 두 試驗圃場에서 除鹽用水에 의한 2년간(1975~1976년)의 除鹽試驗結果 4m 간격 두더지 暗渠의 경우 試驗前 鹽分濃度 9,569ppm이 3,204ppm으로, 4m 간격 管暗渠의 경우 3,136ppm으로 低下되는 등 地下暗渠에 의한 除鹽效果가 컸음을 알 수 있었다.

除鹽試驗과 아울러 1976년 5월에 이 試驗圃場에 水稻를 直播하고 發芽率과 收穫量을 調査하였다. 두더지暗渠나 管暗渠의 경우 發芽率에는 큰 차이가 없었으나(平均420個/坪), 收穫量은 2m 간격 두더지暗渠의 경우 375kg/10a, 4m 간격 管暗渠의 경우 385kg/10a로 無處理區에 비하여 10a당 약100kg이 增收되었다.

한편 1976년에는 施設除鹽을 實用化하는 동시에 灌水에 의한 洗滌除鹽을 실시하였다. 여기서 적용한 主要 除鹽方法은 다음과 같다.

① 두더지暗渠는 土壤의 粘土含量에 따라 그수명이 좌우되므로 보다 더 安全한 暗渠를 장기간 유지하기 위하여 粘土含量이 20% 이상되는 地域은 두더지暗渠로 하고 기타 地域은 管暗渠 및 開渠로 하였다.

② 排水間隔은 Hooghout公式에 의해 產出한 두더지暗渠의 경우 5m, 管暗渠의 경우 7m, 開渠排水路의 경우 25m를 工事量을 고려해서 모두 2배로 하여 施設하였다.

③ 排水深은 0.75m 로 하였는데 이는 0.6m를 境界로 그 上層部가 成熟土壤에

가깝다는 점과 既施設된 排水支渠의 깊이 등을 참작한 것이었다.

④ 排水路의 기울기는 0.2~0.3%로 하였다.

施設除鹽面積을 除外한 地域에 대해서는 1976년 7월16일부터 11월30일까지 270mm의 除鹽用水를 공급하여 平均 30%의 除鹽效果를 올렸다.

나) 界火島地區

界火島地區의 防潮堤는 建設部에서 施行한 東津江水利干拓事業의 일환으로 1960년대말에 築造되었다. 그 후 農業振興公社에 의한 內部開畝工事が 年次的으로 施行되어 1978년 全地區 2,500ha에 대한 開畝이 完工될때까지는 장기간 경과되었지만, 灌溉用水를 본격적으로 공급하기 시작한 1977년부터 土壤鹽度가 급속도로 저하되었다.

自然降雨에 의한 除鹽率은 1973~1976년 사이에 28%에 지나지 않았으나, 1977년 1次營農을 마친후인 10월의 除鹽率은 75%에 달했으며, 營農3次年度인 1979년 10월에는 83%까지 除鹽되어(3,520ppm) 거의 鹽害를 입지 않는 水準에 도달했다.

다) 米面地區

米面地區에서의 除鹽試驗은 管暗渠의 埋設間隔에 따른 除鹽效果를 測定하기 위한 것이었다.

1976년부터 1979년까지 4년간에 걸친 이 地區의 除鹽試驗은 管暗渠의 間격을 7.5 m, 15 m, 30 m로 하여 除鹽用水를 공급하고 이들 暗渠를 통해 土壤鹽分을 排出시키므로써 土深別(0~120cm)로 鹽分濃度가 어떻게 변화되는가를 測定한 것으로, 이 試驗에서 얻은 結果는 管暗渠의 間격이 좁을수록 除鹽效果가 크게 나타났다.

라) 半月試驗圃

앞에서 본 3個地區에서의 現場除鹽試驗을 토대로 하여 農業振興公社의 農業土木試驗研究所에서는 干拓農地의 除鹽排水 및 土壤成熟度에 관한 計劃·設計技術을 定立하기 위해, 1982년부터 1986년까지 5年間に 걸쳐 半月 水理試驗

場 敷地의 一部인 干拓地에 6個 除鹽試驗圃場을 설치하고 試驗·研究를 수행했다.

이 試驗研究에서는 이제까지의 단편적인 除鹽効果의 測定試驗과는 달리 除鹽過程에서 일어나는 각종 자료(氣象, 水文, 沈下量 등)의 分析에서부터 理論式과의 비교등을 통하여 除鹽設計基準을 設定하기까지 綜合的인 研究가 竝行되었다 (農振公 農業土木試驗研究所, 1982~1986, 除鹽排水 및 土壤成熟에 관한 研究 參考)



### 附錄 3. 土壤斷面 調查記錄表

시료채취일 : 1991. 7

채취장소 :

Description by : J.J.W

- I Ag 0-18cm Dark greenish gray(5Gy4/1) silt loam : many coarse prominent dark gray(5Y4/1) mottles ; structureless(massive) : firm, sticky and plastic ; common coarse pores ; common coarse red roots ; abrupt smooth boundary.
- II Ag 18-29cm Dark gray(5Y4/1) silt loam ; many coarse prominent very dark gray(5Y3/1) mottles ; weak coarse prismatic structure ; firm sticky and plastic ; common medium to fine pores ; many fine rice roots ; diffuse wave boundary.
- III Bg 29-50cm Very dark gray (5Y3/1) silt loam ; many coarse prominent dark greenish gray(5Gy4/1) mottles ; weak coarse prismatic structure ; firm sticky and plastic ; few coarse pores ; few fine root ; diffuse wave boundary :
- II C1g 50-80cm Dark greenish gray(5Gy4/1) silt loam ; few very coarse prominent very dark gray(5Y3/1) mottles ; structureless (massive) ; firm sticky and plastic few coarse pores ; non roots ; diffuse wave boundary:
- II C2g 80-100cm Dark greenish gray(5GY4/1) silt loam ; non mottles ; puddes ; sticky and plastic ; few very fine pores ;

시료채취일 : 1992. 9

채취장소 : 제Ⅱ시험구내

Description by : J.J.W

- Ag 0-20 Dark gray(5Y4/1) silt loam, massive. prominent common fine very dark greenish brown(10YR3/2) mottles firm sticky and plastic, common fine to medium pores, diffuse wave boundary  
Hardness. 19, 23, 18, 18, 21. 20, 19, 21, 19, 20  $\approx$  19.8
- Bg 20-50 Dark gray(5Y4/1) silt loam, weak very coarse prismatic structure prominent few very fine to fine very dark grayish brown (10YR3/2) mottles, common fine pores, diffuse wave boundary.  
Hardness. 25, 22, 19, 15, 24, 22, 16, 16, 14, 19  $\approx$  19.2
- C1g 50-80 Dark greenish gray(5Gy4/1) silt loam, massive, prominent many coarse dark gray(5Y4/1) mottles, slight firm, sticky and plastic, few fine pores.  
diffuse wave boundary  
Hardness. 11, 12, 10, 10, 11, 10, 10, 10, 10, 10  $\approx$  10.4
- C2g 80-100 Dark greenish gray(5Gy4/1) silt loam, semipuddles non mottles sticky and plastic, non pores.  
Hardness. 7, 8, 9, 8, 11, 9, 11, 8, 9, 8  $\approx$  8.2
- 透水係數 K : 0.0336m/day

## 附錄 4. 調查時期別 土壤斷面 特性比較表

(土 色)

圃場 № II

토심 (cm) \ 년월	년월	
	'91.7	'92.9
10	DGG	DG
20	DG	DG
30	VDG	
40		
50		
60	DGG	DGG
70		
80	DGG	DGG
90		
100		

(土 性)

圃場 № II

토심 (cm) \ 년월	년월	
	'91.7	'92.9
10		
20		
30		
40		
50	SiL	SiL
60		
70		
80		
90		
100		

(構 造)

圃場 № II

토심 (cm) \ 년월	년월	
	'91.7	'92.9
10	토괴상	토괴상
20	각주상	각주상
30	각주상	
40		
50		
60	토괴상	토괴상
70		
80		
90	빨흙	빨흙
100		

(斑 紋)

圃場 № II

토심 (cm) \ 년월	년월	
	'91.7	'92.9
10	있음 (DG)	있음 (DGB)
20	" (VDG)	"
30	"	
40	" (DGG)	
50		(DGB)
60		
70	" (VDG)	" (DG)
80		
90	없음	없음
100		

(可塑性 및 粘着性)

圃場 № II

년월 토심(cm)	'91.7	'92.9
10	강함	강함
20		"
30	"	
40		
50	"	
60		"
70	약함	
80		약함
90	약함	
100		약함

(根 分 布)

圃場 № II

년월 토심(cm)	'91.7	'92.9
10	보통	보통
20	많음	"
30	적음	
40		없음
50	없음	
60		
70	없음	
80		없음
90	없음	
100		없음

(孔 隙)

圃場 № II

년월 토심(cm)	'91.7	'92.9
10	있음	있음
20	"	"
30	적음	
40		"
50	적음	
60		
70	아주 적음	
80		아주 적음
90	아주 적음	
100		아주 적음

(硬 度)

圃場 № II

년월 토심(cm)	'91.7	'92.9
10	19.1	19.8
20	17.5	19.2
30	15.9	
40		9.8
50	9.8	
60		
70	9.8	
80		9.8
90	9.8	
100		9.8