

93-05-09

농어촌용수 환경관리에 관한 연구 (II)

Study on the Management of Water Quality
for Rural Water (II)

1993. 11.

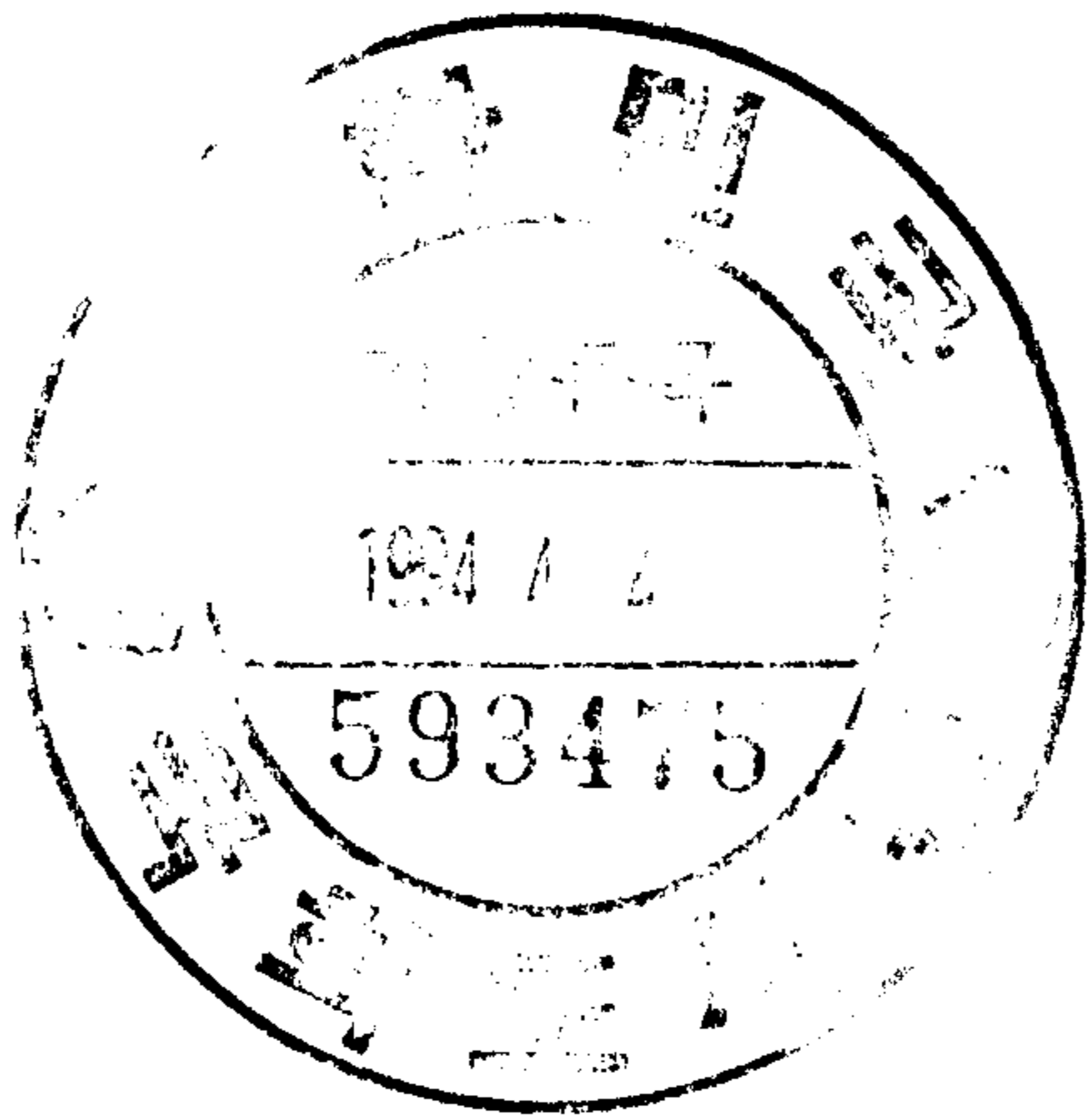
연구기관

서울대학교 농업생명과학대학 부속

농업개발연구소

농 립 수 산 부

농 어 촌 진 흥 공 사



제 출 문

농어촌진흥공사 사장 귀하

본 보고서를 “농어촌용수 환경관리에 관한 연구”의 제 2차년도 연구보고서로 제출합니다.

1993 년 11월 30일

연구기관명 서울대학교 농업생명과학대학 부속
 농업개발연구소

책임연구원	권 순 국
연구원	유 명 진
공동연구원	농어촌진흥공사
	임 종 완
	임 창 영

요 약 문

1. 연구과제명 · 농어촌용수 환경관리에 관한 연구 (II)

2. 연구기간 1993. 5. 1 ~ 1993. 11. 30 (총 7개월)

3. 연구의 필요성 및 목적

농어촌 지역의 안전한 용수확보를 위한 농어촌용수 환경관리 기법의 개발

4. 연구내용 및 결론

가. 유역의 수문분석

1) USDAHL-74/SNUA 수문모형을 유역에서의 실측유출량과 수집된 수문 및 기상자료를 이용하여 보정한 결과 실측 유출량과 모의발생 유출량 사이에 $R=0.90$ 의 높은 상관계수를 나타냈으므로 유출량의 재현에 적당한 유역파라메타의 값을 보정할 수 있었다.

2) USDAHL-74/SNUA모형의 보정된 파라메타 값과 18개년(1973-1990)의 강우, 기상자료를 이용하여 주미교지점과 7개소의 소유역 말단지점에서 18개년간 일유출량을 재현하였으며 이들 자료를 바탕으로 8개지점의 유황곡선을 유도하므로서 각각에 대한 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량을 결정하여 수질관리모형의 유출량 입력자료로 제공하였다.

나. 용수원수질조사

- 1) 복하천 본류의 수질은 대표적인 수질지표인 BOD의 경우 평균 1.74 mg/l (수질환경기준 II급), 유입지천 평균 3.80 mg/l(수질환경기준 III급)로서 지천의 오염정도가 높았으며 시기별로도 변동폭이 큰 결과를 나타냈다.
- 2) 수질의 일중변화 파악을 위하여 실시한 24시간 연속 측정의 결과 유입지천은 시간에 따른 수질변화가 본류에 비하여 큰것으로 나타났으며 이는 지천이 유역면적도 작고 유로가 짧아 유역 환경변화의 영향을 쉽게 받기 때문인 것으로 생각된다.
- 3) 복하천 유역의 음용수 수질 실태를 파악하기 위하여 8개지점의 지하수 및 공동우물과 1개소의 저수지 수질조사를 2회에 걸쳐 실시한 결과, 총 9개소의 조사지점 중 음용수 부적합 판정이 6개소(67%)로서 부적합 판정 원인을 살펴보면, 모두 일반세균 및 대장균군수에서 기준을 초과하고 있으며 이 중 2개소에서는 질산성 질소가 기준을 초과하였다. 그러나, 질산성 질소의 기준을 초과하지 않았다 하더라도 거의 기준치에 육박한 곳이 4개소로서 농촌유역에서의 지하수의 질산성 질소 오염이 문제시 되었다.

다. 수질예측기법의 확립

- 1) 원단위법과 유달율을 이용하여 지천에서의 유달 부하량을 예측할 수 있는 오염부하계산 모형과 하천 본류에서의 오염물질의 거동을 예측하는 QUAL2E모형을 결합하여 유역의 종합적인 수질환경 관리가 가능한 수

질관리 모형을 구축하였다.

2) 수질관리모형을 본 연구대상 복하천유역에 적용한 결과, 년중 180일 이상 T-N 농도가 농업용수 수질기준 1 mg/l를 초과하는 것으로 나타났고 T-P의 농도도 비교적 높은 수치를 나타내고 있어 영양물질에 의한 오염이 심각함을 알 수 있다. 이에 대한 주 오염원으로는 오염물질 배출기 여율이 가장 큰 축산폐수와 자연계부하로 사료되며, 특히 본 연구대상유역에는 규제대상 미만의 소규모 축산농가가 유역전반에 걸쳐 산재해 있으므로 오염부하삭감 대책의 수립시, 이들 소규모 축산농가의 축산폐수 및 폐기물의 관리방법을 중점적으로 고려하여야 함을 알 수 있다.

3) 유출량 변화에 따른 하천본류의 수질을 예측한 결과 복하천 본류의 평균 BOD 농도는 갈수시기 2.68 mg/l, 저수시기 1.74 mg/l, 평수시기 1.21 mg/l, 풍수시기 0.75 mg/l로서 갈수기에 일부구간을 제외하고는 생활환경 기준등급 II등급을 만족하는 상태로 나타났다. 전반적으로 하류로 갈수록 수질이 악화되어 관리천 유입지점 이하에서 갈수시기 최대 BOD농도가 4.38 mg/l로 나타났으며 본류 말단 지점에서의 BOD농도는 2.37 mg/l로 예측되었다.

라. 농어촌의 하폐수처리 시스템

1) 농촌지역의 주요 용수원인 하천의 수질보전을 위하여 중요한 것은 유역전체를 total system으로 생각하여 자연적, 반인공적, 인공적 처리방법이 적절히 조합되어야 하며 에너지 소요가 거의 없고 유지관리가 쉬운 장점으로 보아 휴경답과 용배수로를 이용한 산화수로 또는 역간접축산

화법이 농촌유역의 처리시스템으로서 적합한 것으로 나타났다.

- 2) 소규모 처리방식을 도입할 경우 생활오수와 축산배수는 처리성능이 높고 순회관리방식으로도 안정한 처리수질을 얻을 수 있으며, 농촌의 자연적 특성을 이용한 산화지법과 토양trench법을 도입하는 것이 타당할 것이다.

마. 생활용수 및 축산용수 정수방안

- 1) 연구대상지역의 음용수원 중 질산이온의 농도가 높게 나타난 생활용수는 이온 교환수지 방법을 이용하여 제거하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며 실제 지하수 원수에 적용한 결과에 의하면 질산이온의 이론적 제거율은 60%로서 음용수 수질기준을 만족시키는것으로 나타났고, 처리유량은 수지 1 t당 2,950 t 정도가 될 것으로 예상된다.
- 2) 이온교환 수지법에 의한 질산이온의 제거는 소규모 처리에 사용된 예가 많지 않으므로 이 방법의 적용을 위해서는 대상 원수에 대하여 처리 실험을 하는 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.
- 3) 본 연구에서 생활용수로 이용되는 지하수는 일반세균과 대장균에 대한 양성 반응율이 높게 나타났으므로 세균에 대한 안전성을 위해 간편한 소독시설이 필요할 것으로 판단된다.

5. 연구결과 실용화 방안

- 가. 농어촌 용수원에 대한 각종 수질현황이 파악되므로서 농어촌 수질오염에 대한 대책수립의 기초자료로 활용한다.

- 나. 농어촌용수에 대한 수질관리계획 작성시 본 연구에서 개발한 수질관리 모형(WQMM)을 이용한다면 농어촌유역에서 미래에 발생될 오염부하량을 예측하고 삭감해야 할 대상오염원과 삭감오염부하량 계산에 활용할 수 있다.
- 다. 농어촌에 적용할 수 있는 수처리기법이 제시 되었으므로 앞으로의 수질장애 대책사업에 있어서 하폐수처리 기법에 대한 대안검토에 적극 활용할 수 있다.
- 라. 농어촌의 음용수 및 축산용수 정확도에 대한 기본방향과 처리제원이 제시 되었으므로 이를 실무에 활용할 수 있다.

S U M M A R Y

1. Title :

Study on the management of water quality for rural water

2. Period of study : May 1, 1993 ~ Nov. 30, 1993 (Total 7 months)

3. Objective and necessity of the study

Development of a technique for the management of water quality to provide safe water for agricultural and rural purpose.

4. Scope of the Study and Conclusions

A. Hydrological analysis for the representative watershed

1) Parameter values suitable to the regeneration of daily runoff discharges from precipitation and some meteorological data were obtained through a calibration process with the USDAHL-74/SNUA model by using observed and predicted daily runoff discharges.

2) Daily runoff discharges at the end of the watershed and 7 subwatersheds within the watershed were regenerated by using USDAHL-74/SNUA model with calibrated parameters and meteorological data for 18 years(1973-1990) for the representative

watershed. Based on the daily runoff discharges generated during 18 years, 8 different flow duration curves were produced. These curves will give an information on various low flow data to use in the Water Quality Management Model(WQMM) discribed later on.

B. Water quality investigation for various water sources

- 1) The BOD value was appeared relatively large in tributaries showing 1.74 mg/l in the main stream and 3.80 mg/l in tributaries and showed large seasonal variation.
- 2) Continuous sampling at every 4 hours during 24 hours was done to grasp the water quality in a day. The water quality in tributaries with smaller area and shorter length of stream was varied rapidly in compare with the main stream.
- 3) To understand the state of drinking water quality in the representative watershed, 9 points of wells and reservoir were selected and sampling water for 9 points were analyzed. Total 67% of samples were known as disqualification from the drinking water standard. The main cause of the disqualification was excess of the concentration of nitrate nitrogen and the number of coliform bacteria.

C. Establishment of the predicting technique for water qualities in large-scale watershed.

- 1) The Water Quality Management Model(WQMM) to be possible an integrated management of water qualities in the watershed scale was developed by combining the submodel for pollutant loading estimation and submodel for stream water quality (QUAL2E model)
- 2) The result of application of WQMM model to the representative watershed showed serious nutrient contamination in the Bokha river. The main reason for the result was almost due to small-scale livestock farm scattered throughout the watershed.
- 3) Using the result of predicting water qualities by WQMM model for various low flow discharges along the Bokha river, BOD concentration, for example, in average showed 0.75 mg/l in the wet flow, 1.21 mg/l in the normal flow, 1.74 mg/l in the low flow and 2.68 mg/l in the drought flow. The level of BOD concentration was satisfied with the class II of Korean Receiving Water Quality Standard.

D. Treatment systems applicable to rural areas.

The total system including all the component concerning on the water quality within the wide area of watershed by reasonably

combining among natural, semi-artificial and artificial treatment systems must be considered to conserve the water quality in a small river, the main water resource in rural areas. On the assumption to introduce small-scale treatment systems suitable to rural areas, rural sewage and livestock wastewater could be reasonably treated by using oxidation ditches and soil trench method.

E. Purification scheme for rural drinking water.

- 1) Since the water quality of the ground water, the main drinking water source for rural people was mainly contaminated by coliform bacteria and nitrate nitrogen, simplified disinfection system for bacteria and ion-exchange method for nitrate nitrogen will be needed as a minimum treatment.
- 2) Since instances to introduce the ion-exchange method to small-scale simplified system were rarely found, an experiment for raw water must be preceded to introduce this method to rural areas.

5. Results of the study and Suggestion for Application.

- A. The result of water quality investigation for various water sources in rural areas could be utilized as fundamental materials to make plan measures for the rural water pollution.

- B. The water quality management model(WQMM) would play an important role to predict both the target pollutant sources to reduce and the reduction amount of pollutant loading in the future when a water quality management plan in rural areas is prepared.
- C. Because tangible treatment methods for sewage and wastewater from rural areas and the purification method for ground water were suggested, these will be used in the practical business.

목 차

요 약 문	1
SUMMARY	6
목 차	11
그 립 차 례	15
표 차 례	17
제 1 장 서 론	23
제 2 장 유역의 수문 분석	29
2.1 유역의 현황조사	29
2.1.1 지형	29
2.1.2 토지 이용	32
2.1.3 토 양	32
2.1.4 하천의 수리적 특성	32
2.2 하천 유출량 및 기상자료 조사	36
2.2.1 유출량 측정자료	36
2.2.2 기상 자료	41
2.3 유역수문모형의 선정 및 적용	41
2.3.1 USDAHL-74/SNUA 모형의 내용	41
2.3.2 모형의 입력파라메타 결정	45
2.3.3 모형의 보정 및 검증	53
2.4 유역수문모형에 의한 유출해석	56
2.4.1 전체유역에 대한 유출해석	56
2.4.2 소유역별 유출해석	58
2.5 유역의 용배수 계통조사	64
2.6 요약 및 결론	65

제 3 장	오염부하량의 산정	69
3.1	오염물질의 발생 및 배출	69
3.1.1	오염부하 발생원의 정의	69
3.1.2	원단위	71
3.2	오염부하계산 모형의 개발	72
3.2.1	모형의 필요성	72
3.2.2	모형의 기본개념	73
3.2.3	모형의 구조	76
3.2.4	모형의 입·출력 자료	84
3.3	오염원 현황	84
3.3.1	인구추이 및 예측	84
3.3.2	축산현황	87
3.3.3	토지이용 특성	88
3.3.4	사업소 현황	88
3.4	유역의 오염부하량	91
3.4.1	오염발생부하량	91
3.4.2	오염배출부하량	98
3.4.3	기여율	106
3.5	오염부하 유달특성	107
3.6	요약 및 결론	111
제 4 장	수질 및 저질조사	115
4.1	조사방법	115
4.1.1	조사지점	115
4.1.2	조사시기	116

4.1.3	수질조사방법	116
4.1.4	저질조사 방법	117
4.2	수질특성	117
4.2.1	하천수 수질조사 결과	117
4.2.2	지하수 및 저수지의 수질조사결과	127
4.2.3	저질 조사결과	128
4.3	요약 및 결론	132
제 5 장 수질예측 기법의 확립		135
5.1	수질관리모형 개발의 배경	135
5.2	하천수질 예측모형	136
5.2.1	기본이론	136
5.2.2	QUAL2E 프로그램의 설명	140
5.2.3	QUAL2E 모형의 수계모식화	142
5.3	QUAL2E 모형의 보정 및 검증	143
5.3.1	복하천 수계의 모식화	143
5.3.2	모형의 보정	145
5.3.3	모형의 검증	152
5.4	수질관리 모형의 구축	158
5.4.1	모형의 구성	158
5.4.2	지천의 수질	160
5.4.3	본류의 수질	164
5.5	요약 및 결론	167
제 6 장 농어촌에 적합한 하폐수처리 시스템		171
6.1	농촌에서의 수환경보전의 특징	171

6.1.1	현존 생태계의 적극적 활용	171
6.1.2	기존 용수관리 조직을 이용한 수질관리 시스템	172
6.1.3	실행성이 있는 단계적 환경보전	172
6.2	하폐수처리시스템의 종류와 특성	173
6.2.1	농촌 하폐수 정비 시스템	176
6.2.2	각 처리시설의 특성	182
6.3	복하천의 수질목표	199
6.3.1	목표수질의 구비조건	199
6.3.2	수질목표 대안	201
6.4	복하천 유역에 적합한 하폐수처리 시스템의 제안	201
6.5	요약 및 결론	205
제 7 장 생활용수 및 축산용수 정수		209
7.1	용수별 이용현황	209
7.1.1	이용량	209
7.1.2	음용수 및 축산용수 목표수질	209
7.1.3	대상유역의 수원별 수질현황	210
7.2	용수의 정수방안	210
7.2.1	지표수를 수원으로 하는 경우	213
7.2.2	지하수를 수원으로 하는 경우	216
7.2.3	연구대상 지역의 정수방안	217
7.3	요약 및 결론	226
참 고 문 헌		237
부 록		253

그 립 차 례

<그림 2-1>	연구 대상 유역의 형상	31
<그림 2-2>	유역의 배수정도에 따른 토양구분	34
<그림 2-3>	유역내 본류 및 지천 종단도	35
<그림 2-4>	자기 수위계 설치 지점	37
<그림 2-5>	수위계 설치지점의 하천단면	38
<그림 2-6>	자기 수위계의 설치	38
<그림 2-7>	주미교 수위-유량 관계곡선	40
<그림 2-8>	USDAHL-74/SNUA의 프로그램 흐름도	44
<그림 2-9>	USDAHL-74/SNUA 모형의 데이터	45
<그림 2-10>	유역의 지대 구분	49
<그림 2-11>	추적계수 유도를 위한 유량곡선 감퇴부 분석	52
<그림 2-12>	실측치와 모의발생 일유출량	55
<그림 2-13>	실측치와 모의발생치의 비교	55
<그림 2-14>	주미교지점에서의 유황곡선	57
<그림 2-15>	소유역 구분	60
<그림 3-1>	원단위와 유달율을 이용한 유입부하의 계산과정	73
<그림 3-2>	수질 파라메타와 유역의 수질모형화	74
<그림 3-3>	유역 오염부하 모형의 구성 및 수행내용	77
<그림 4-1>	수질측정 조사지점	115
<그림 4-2>	북하천 본류지점별 수질변화	121
<그림 4-3>	본류지점 ①의 시간에 따른 수질변화	124
<그림 4-4>	본류지점 ④의 시간에 따른 수질변화	124
<그림 4-5>	본류지점 ⑦의 시간에 따른 수질변화	125
<그림 4-6>	유입지천 (B)의 시간에 따른 수질변화	125
<그림 4-7>	유입지천 (D)의 시간에 따른 수질변화	126

<그림 4-8>	유입지천 (E)의 시간에 따른 수질변화	126
<그림 5-1>	QUAL2E 모형의 내부구조	141
<그림 5-2>	QUAL2E 모형의 REACH와 ELEMENT의 모식화	144
<그림 5-3>	복하천 수계의 모식화	146
<그림 5-4>	재폭기계수 계산식별 재폭기계수 값의 변화	148
<그림 5-5>	중요 수질지표 항목의 보정결과	150
<그림 5-6>	실측값과 모의발생값의 상관관계	154
<그림 5-7>	수질관리 모형의 구조	159
<그림 5-8>	지천의 유입수질	162
<그림 5-9>	유량에 따른 본류의 수질변화	165
<그림 6-1>	농촌지역의 수질정화 개념도	174
<그림 6-2>	자연계 및 반인공계 시스템을 이용한 수질정화계획	174
<그림 6-3>	정비대상지역의 취락현황	177
<그림 6-4>	대규모 정비방식	178
<그림 6-5>	소규모 정비방식	179
<그림 6-6>	토양침윤장치(trench방식)	187
<그림 6-7>	미국의 부패조식 오수처리방식	187
<그림 6-8>	축산분뇨의 처리방안	198
<그림 6-9>	조사지역의 생활오수대책 구상도	203
<그림 7-1>	농어촌 간이여과 정수시설의 모식도	214
<그림 7-2>	중력식 여과床에 의한 간이 정수시설 모식도	215
<그림 7-3>	여과지를 이용한 간이 정수시설 모식도	215
<그림 7-4>	연수화 공정의 모식도	217
<그림 7-5>	생물학적 탈질산화를 위한 유동층 개략도	218
<그림 7-6>	이온교환 모식도	220

표 차 례

<표 2-1>	표고별 누가면적 구성비율	30
<표 2-2>	미농무성의 수문학적 토양군 분류기준	33
<표 2-3>	유역내 하천의 특성	33
<표 2-4>	측정 수위별 유량	40
<표 2-5>	부프로그램의 내용	43
<표 2-6>	지대별 면적	47
<표 2-7>	지대별 파라메타값	47
<표 2-8>	유역의 토양분류	48
<표 2-9>	지대별 토양관련 파라메타	48
<표 2-10>	식생의 지대별 면적비	51
<표 2-11>	식생별 파라메타 값	51
<표 2-12>	유역의 추적계수	52
<표 2-13>	모형의 보정을 통한 확정 파라메타값	54
<표 2-14>	유역말단 주미교지점에서의 하천유황	57
<표 2-15>	유역의 월별 물수지	59
<표 2-16>	소유역의 지대별, 식생별 면적	62
<표 2-17>	소유역별 지천의 유황	63
<표 2-18>	유역의 취수 시설 현황	64
<표 3-1>	생활계부하계산 프로그램의 수행내용(1)	78
<표 3-2>	생활계부하계산 프로그램의 수행내용(2)	79
<표 3-3>	축산계부하계산 프로그램 수행내용(1)	80
<표 3-4>	축산계부하계산 프로그램의 수행내용(2)	80
<표 3-5>	자연계부하계산 프로그램의 수행내용	81

<표 3-6>	산업계부하계산 프로그램의 수행내용	82
<표 3-7>	유역의 인구추이 및 장래예측	86
<표 3-8>	소유역별 축산현황	87
<표 3-9>	유역의 토지이용 특성	89
<표 3-10>	사업소 현황	90
<표 3-11>	생활하수에 의한 발생원단위	91
<표 3-12>	가축종류별 분뇨 배설량	92
<표 3-13>	가축분뇨의 특성	93
<표 3-14>	가축의 노발생량 및 특성	93
<표 3-15>	가축에 의한 발생원단위	94
<표 3-16>	토지이용에 따른 발생원단위	94
<표 3-17>	공장폐수의 발생원단위	95
<표 3-18>	발생부하량	96
<표 3-19>	소유역별 분뇨처리현황	98
<표 3-20>	가축사육 규모에 따른 법률 규제	99
<표 3-21>	방류수 수질 기준	100
<표 3-22>	가축의 배출원단위	101
<표 3-23>	소유역별 규제대상 분류	102
<표 3-24>	업종별 폐수배출 원단위	103
<표 3-25>	배출부하량	104
<표 3-26>	오염원별 배출부하 기여율	106
<표 3-27>	측정시기별 유달율의 변동	108
<표 3-28>	결정계수(R^2)와 상관계수(R)	109
<표 3-29>	평균유달율과 유역특성파라메타 및 추정 평균유달율	110
<표 4-1>	복하천 분류 및 유입지천의 수질현황	118
<표 4-2>	24시간 연속 수질측정자료	122
<표 4-3>	복하천 유역의 지하수, 공동우물 및 저수지의 수질현황(1차) ..	129
<표 4-4>	복하천 유역의 지하수, 공동우물 및 저수지의 수질현황(2차) ..	130

<표 4-5>	북하천 본류의 저질조사 결과	131
<표 5-1>	QUAL2E 모형의 수질반응식	140
<표 5-2>	수위-유량 및 유속-유량관계	147
<표 5-3>	재폭기계수 산정식	148
<표 5-4>	탈산소계수의 비교	149
<표 5-5>	모형보정결과와 실측값의 상대오차	153
<표 5-6>	유량별 지천의 유입농도	161
<표 6-1>	각 정화시설의 특징	175
<표 6-2>	정비방식별 건설비와 유지관리비	181
<표 6-3>	각 오수안정지의 설계제원	185
<표 6-4>	토양처리방법의 사용실적과 처리인구의 경년추이 (미국)	186
<표 6-5>	토양처리방식과 그 특성	186
<표 6-6>	관개법의 적지 선택조건과 기준	188
<표 6-7>	토양처리법의 효과 비교	189
<표 6-8>	토양처리법에 따른 소요면적	189
<표 6-9>	각 처리공정별 장단점 비교	192
<표 6-10>	일본 건설성 고시 분뇨처리방식	194
<표 6-11>	JARUS형 오수처리시설	196
<표 7-1>	이용목적별 물이용량	209
<표 7-2>	수처리 공정별 오염물질 제거효과	212
<표 7-3>	각종 정수방법의 오염물질 제거특성	212
<표 7-4>	지표수 처리	213
<표 7-5>	역삼투법에 의한 질산이온의 전형적인 제거예	219
<표 7-6>	강염기성 이온교환 수지 Cl-NO ₃ 교환반응의 선택성 계수	222
<표 7-7>	강염기 음이온 수지의 선택성 계수	222
<표 7-8>	수지의 입자크기	223

여 백

제 1 장 서 론

여 백

제 1 장 서 론

1.1 연구의 필요성과 목적

최근 쌀을 위시한 농산물 수입개방 압력 등으로 인하여 농어촌에 대한 관심이 부쩍 높아지면서 농어촌의 정주권 개발과 더불어 환경정비의 내용 및 방향에 대한 논의가 활발하게 진행되고 있다.

농어촌지역은 1980년대만 하더라도 수질오염의 양상이 주로 도시 및 공장 하폐수에 의한 국지적인 것이 었으나, 1990년대에 들어오면서 정주권 개발(혼주화), 농공단지조성(겸업화), 생활양식의 도시화등으로 인하여 농촌전역의 수질이 악화됨에 따라 쾌적한 농촌환경에 대한 회구, 농어민의 보건증진, 그리고 안정적으로 양질의 농어촌 용수를 획득하기 위한 요구가 과거 어느때보다 강력하게 제기되고 있다

이와같이 농어촌지역의 수질환경 보전대책의 필요성이 높아짐에 따라, 과거에는 수량의 확보에만 급급하였던 농업수리 분야에 있어서 보다 다면적이고 광역적인 관점에서 수량과 수질이 조화를 이루는 물관리가 필요하게 되었다.

농어촌지역은 하천이나 저수지를 최대한 이용하는 고도의 농업수리 시스템으로 구성되어 있는 바, 이 시스템은 인공적인 수처리시스템만이 존재하는 도시지역과는 달리 논, 용수로, 배수로, 저수지 등의 반인공적인 자연생태계의 시설이다. 따라서 농어촌지역의 물관리 및 수질보전 대책은 종래 농어촌에서 무의식적으로 활용되어온 자연정화능력을 적극적으로 평가하고 시설에 의한 처리와 상호 보완하여 수계 전체를 대상으로 하는 광역적인 성격의 사업이 되어야 할것이다.

본 연구의 목적은 이와같은 관점에서 농어촌지역의 안전한 용수확보를 위한 종합적인 수질환경 관리기법을 개발하는데 있으며 금년도에서는 1차년도의 연속사업으로서 전형적인 농촌유역으로 생각되는 복하천유역을 대상으로 하여 각종 용수원의 수질조사, 수질예측기법의 확립, 농어촌 하폐수 및 음용수에 대한 처리 대안의 제시등 종합적인 수질관리 시스템의 방법론을 개발하므로서 농어촌지역에 적용 가능한 수질관리 시스템으로 발전시키는데 있다.

1.2 연구의 내용, 범위 및 방법

1.2.1 용수원 수질조사

1. 농어촌의 주 용수원인 하천, 저수지, 지하수에 대한 수질현황 파악
2. 용수관리 기초자료를 제공하기 위하여 대표시험 구역에서 수질조사

1.2.2 수리, 수문 분석

1. 대표시험 구역인 복하천 구역에 대한 기상자료 수집
2. 하천의 수리특성 조사 및 수문 유출량 해석

1.2.3 수질예측기법의 확립

1. 농어촌 구역의 수질관리에 이용할 수 있는 적합한 수질예측 모형의 선정 및 수질예측기법의 확립
2. 선정된 수질예측모형을 대표시험 구역에 적용하여 적용성 검토
3. 미래의 수질을 예측할 수 있는 기법제시

1.2.4 농어촌에 적합한 하폐수처리 시스템 제시

1. 대상지역에 적합한 하폐수 처리방법 및 공법 검토
2. 최적처리방안 제시

1.2.5 생활용수 및 축산용수의 정수 방안 제시

지하수를 용수원으로 하는 생활 및 축산용수 공급원에 대한 간이 정수처리 방안 제시

1.3 연구진

구 분	성 명	소 속 및 직 위
책임연구원	권 순 국	서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 교수
연구 원	유 명 진	서울시립대학교 공과대학 환경공학과 교수
연구보조원	김 종 상 정 태 명 박 성 순 장 정 렬 정 영 진 김 춘 희	서울시립대학교 환경공학과 박사과정 서울시립대학교 환경공학과 박사과정 서울시립대학교 환경공학과 박사과정 서울대학교 농공학과 석사과정 서울대학교 농공학과 석사과정 서울시립대학교 환경공학과 석사과정
공동연구원	임 종 완 임 창 영	농어촌진흥공사 농어촌연구원 농어촌진흥공사 농어촌연구원

여 백

제 2 장 유역의 수문 분석

여 백

제 2 장 유역의 수문 분석

농어촌용수 환경관리란, 농어촌유역에 있어서 수질과 수량을 적절히 관리하는 것이라 할 수 있다. 이 중 수량에 관한 것이 유역의 수문분석이다. 그런데, 수질은 수량에 대한 의존성을 가지므로 환경관리에 있어서 대상유역에 대한 수문분석의 중요성은 대단히 크다고 할 수 있다.

본 연구의 수문분석에서는, 유역의 유출자료 획득을 위해 유역말단 주미교지점에서의 유출량과 수위의 실측자료를 바탕으로 수위-유량관계를 유도하고, 유역 수문모형을 이용하여 유역의 과거 강우자료와 기상자료로부터 유출량을 모의발생하여 연구대상유역 하천의 유황을 파악하였다.

본 대상유역에 대한 실측 유출량 자료가 전혀 없으므로, 하천수질환경 관리에 필요한 유출량을 모의발생하기 위하여 강우, 증발량 및 유역 일반자료와 수문모형을 이용하여 강우-유출해석을 실시하고, 모의발생된 연간 일 유출량으로부터 하천 유황곡선을 유도하였다. 또, 유역을 지천별로 분할하고 소유역별 유출량을 모의발생하여 지천별 하천유황분석을 실시하므로서 소유역별 수질분석의 유량자료로 제공하고자 한다.

2.1 유역의 현황조사

2.1.1 지형

본 연구대상유역은 북측으로 羊角山(EL.380m), 남측으로 鳳儀山(EL.310m), 서측으로는 獨朝峯(EL.400m)의 분수령으로 둘러 쌓인 구릉지를 형성하고 있으며, 용인군 내사면 제일리에 위치한 獨朝峯에서 발원한 북하천 본류가 대상 유역의 중심을 통과하여 동북으로 流下하고 있다. 북하천이 대상 유역의 말단인 이천군 호법면 주미리에 위치한 주미교까지 17km를 유하하는 동안 7개의 지천이 북하천으로 유입되고 있다. 유역의 개략적인 형상은 <그림 2-1>과 같다.

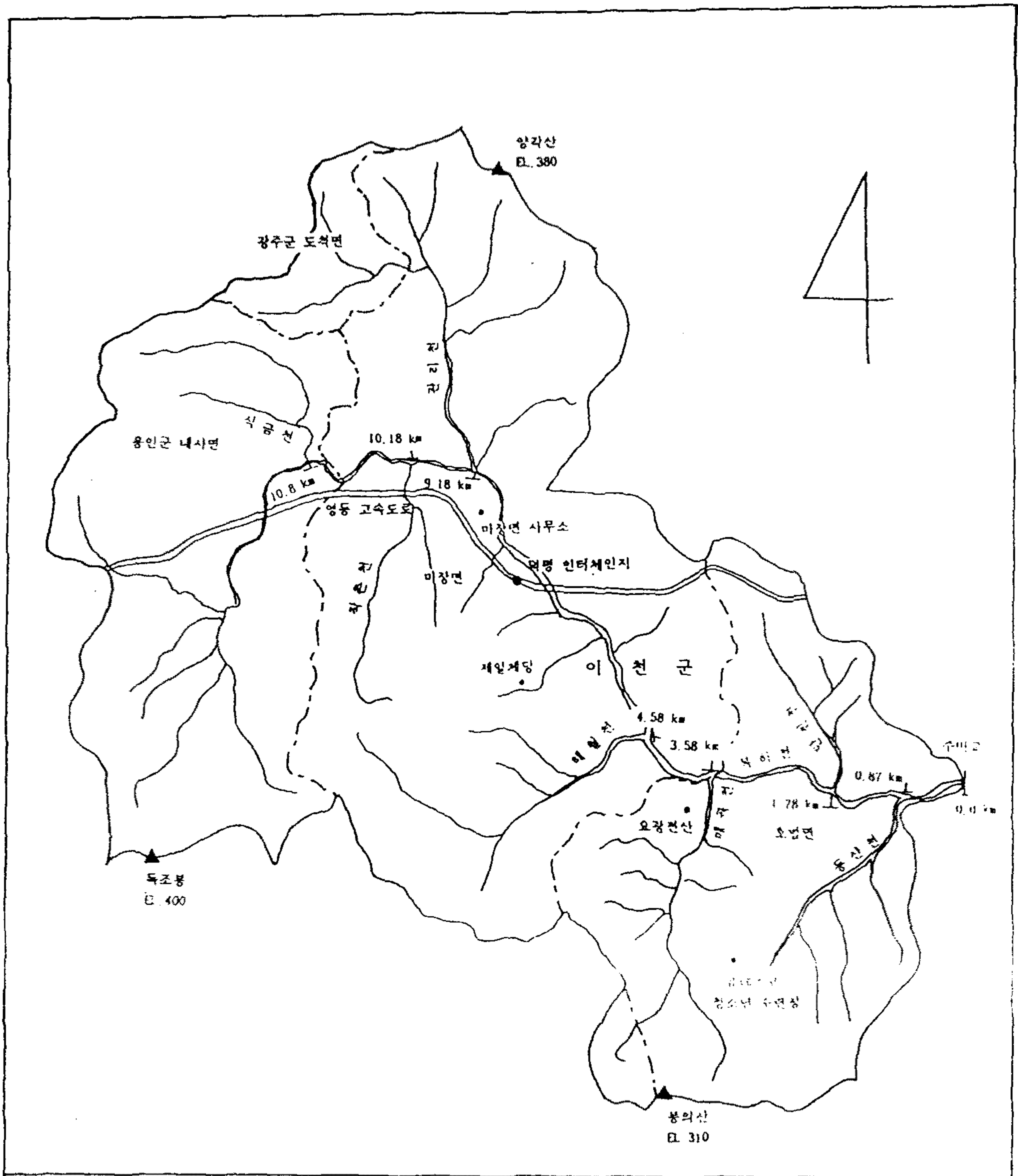
유역의 표고는 해발 100m~400m 정도이고, 평야부는 평균표고 100m 이내로

서 복하천 본류 沿岸에 농경지의 형태로 분포된다. 대상구역의 평야부와 임야부의 면적비는 36 : 64 정도이고, 유역의 표고별 누가면적 비율은 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 표고별 누가면적 구성비율

표 고 (%) 하 천	>400 m	>300 m	>200 m	>100 m	>0 m
복 하 천	1.00	2.10	18.30	54.40	100.0
동 산 천	-	0.50	7.04	44.00	100.0
단 천 천	-	-	-	41.12	100.0
매 곡 천	-	0.40	11.70	49.30	100.0
해 월 천	0.30	5.22	28.04	66.60	100.0
관 리 천	0.20	2.52	19.20	81.60	100.0

자료 . 복하천 하천 정비계획(1984, 경기도)



<그림 2-1> 연구 대상 지역의 형상

2.1.2 토지 이용

연구대상유역은 임야가 각 소유역에서 60% 이상을 점유하고 있다. 유역전체에 대해서 살펴보면, 임야가 64%, 논이 17.5%, 밭이 9.8%, 대지가 1.9%, 기타 6.8%이다.

2.1.3 토 양

토양조사는 침투능에 관련된 토양특성을 조사하는 것으로, 각 지대별 평균침투능을 추정하는데 그 목적이 있다. 모형에 입력되는 토양자료는 가능한 한 많은 현장조사를 통하는 것이 가장 정확한 값을 얻을 수 있는 방법이지만, 현재의 여건으로 보아 불가능하므로, 문헌자료를 통하여 그 값을 추정하였다.

토양의 침투능을 구하기 위해서는, 먼저, 유역을 수문학적 토양특성이 비슷한 몇개의 소구역으로 구분하여야 한다. 본 연구의 유역 수문분석에서는 유역을 토양특성이 비슷한 4개의 소구역으로 구분하였는데, 이것은 이후, USDAHL-74/SNUA 수문모형의 지대구분 근거가 된다.

유역의 토양특성별 분류를 위해서, 먼저, 농촌진흥청의 정밀토양도와 개략토양도 및 토양해설도를 기준으로 유역을 토양통별로 구분한다. 그리고, 토양통별 분류를 다시 토양의 침투능별로 재 구분하는데, 그 기준은, 미 농무성의 수문학적 토양군 분류기준에 의하여 실시하였다. 이러한 토양의 침투능에 따른 분류는, 서울대학교 농과대학 농업개발연구소의 “유출량추정 전산모형개발 보고서, 86”(이하 전산모형개발보고서)의 “한국의 토양통별 수문군분류”를 참조할 수 있어서, 일일이 재 분류하는 수고를 덜 수 있었다.

미 농무성의 수문학적 토양군분류 기준과 유역토양의 배수정도에 따른 구분을 각각 <표 2-2>와 <그림 2-2>에 나타내었다.

2.1.4 하천의 수리적 특성

본 유역은 복하천 분류가 유역의 중심을 통과하고 있고, 복하천이 발원지로부

터 주미교지점까지 유하하는 동안 7개의 지천이 본류에 거의 등간격으로 유입하고 있다. 유역내의 복하천 본류 및 지천의 종단 측량결과는 <그림 2-3>과 같고, 유역내 하천의 특성은 <표 2-3>과 같다.

<표 2-2> 미농무성의 수문학적 토양군 분류기준

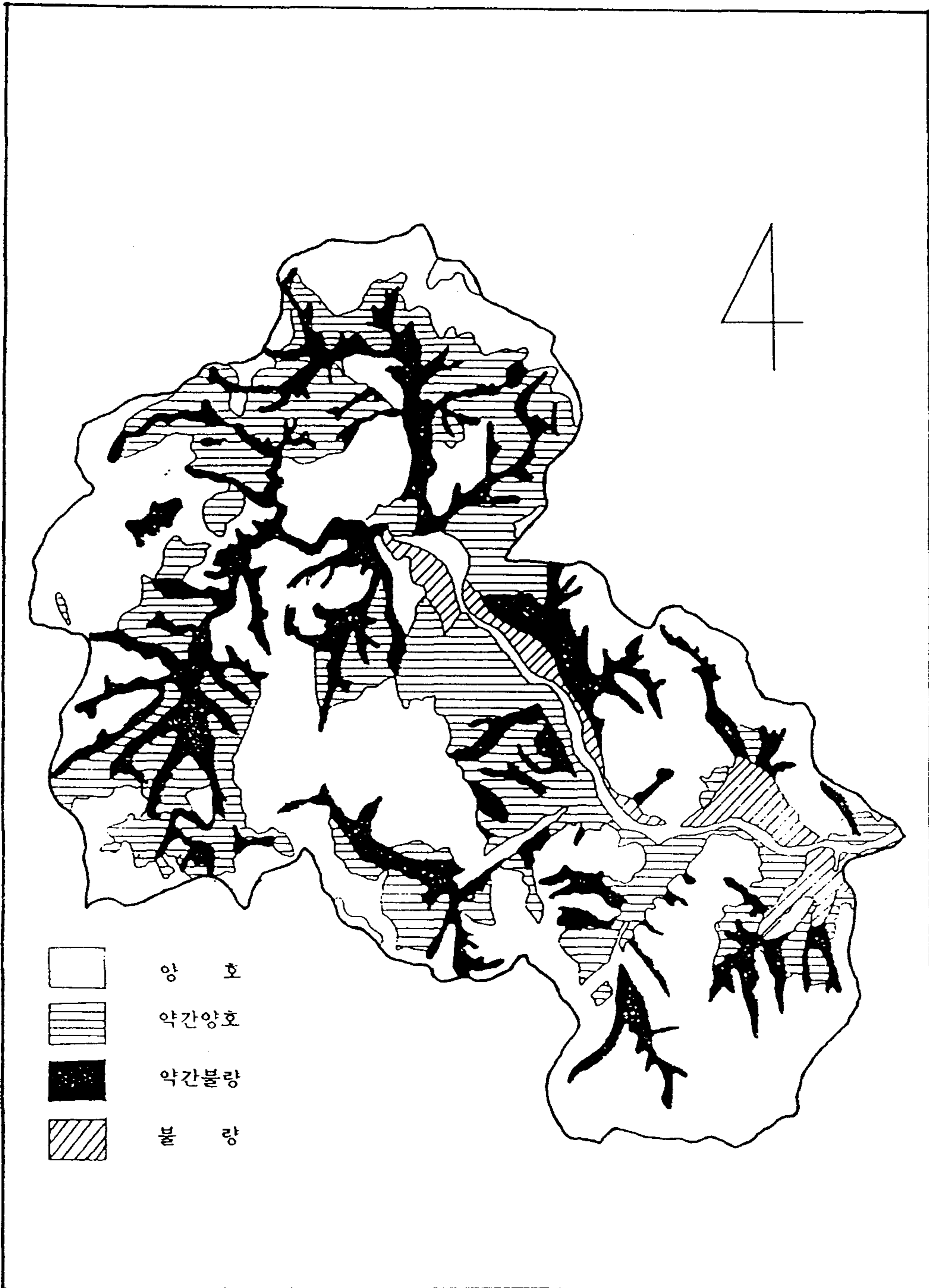
구 분 분 류 호	침투율의 정도	침투율의 크기 (mm/hr)	토양의 특성
A	높은 침투율	7.62~12.7(10.2)	낮은 유거의 가능성
B	중간 침투율	3.81~7.62(6.0)	중간정도 유거의 가능성
C	느린 침투율	1.27~3.81(3.0)	큰 유거의 가능성
D	불투수층	0.0~1.27(1.2)	높은 유거의 잠재가능성

주: () 안은 대표치

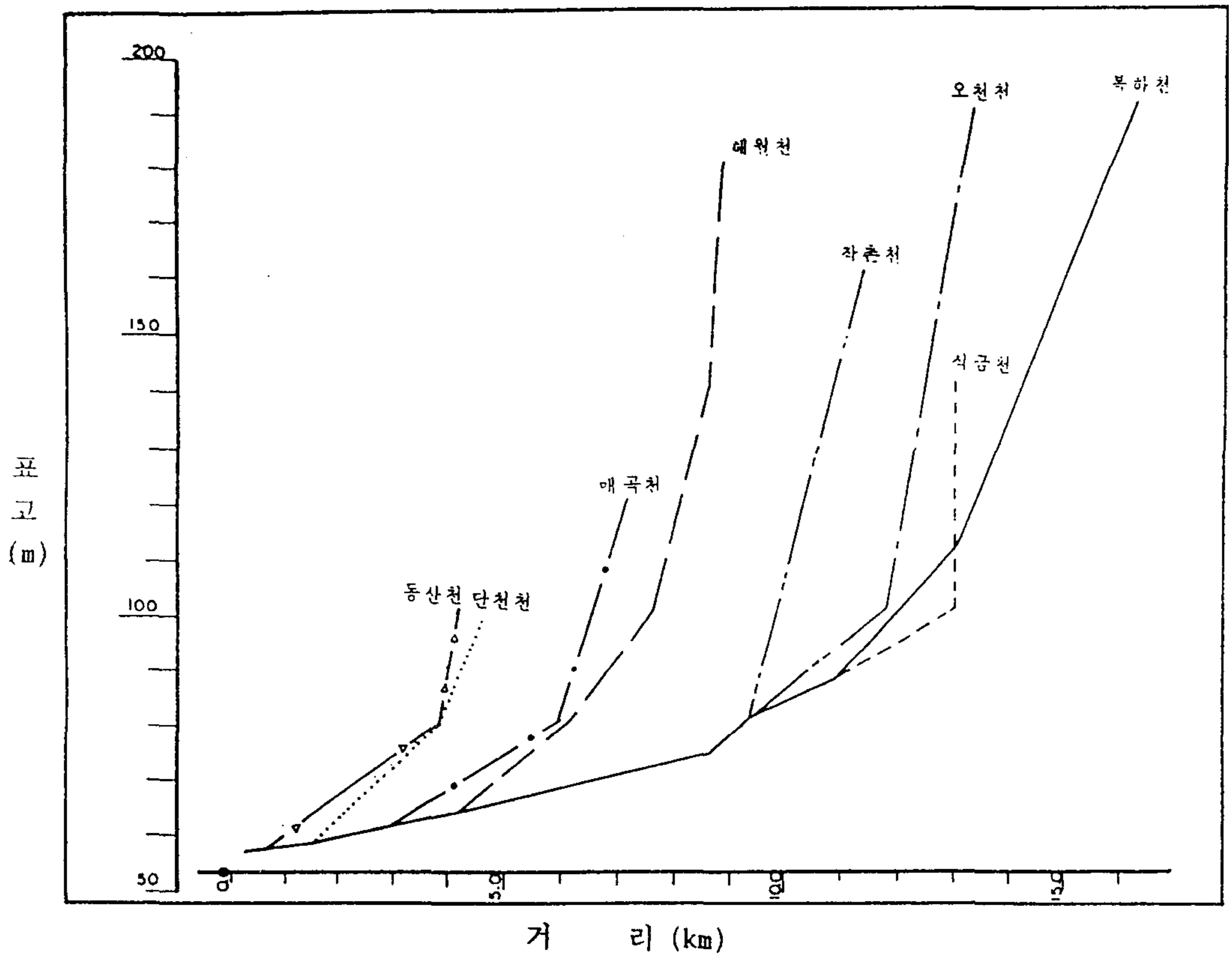
<표 2-3> 유역내 하천의 특성

하천	유역 면적 A(km ²)	유역 평균폭 A/L(km)	유로 연장 L(km)	형상 계수 A/L ²	하천 밀도 L/A	하폭 (m)	하상구배
복하천	79.98	4.70	17.0	0.28	0.21	20-121	1/142~1/530
식금천	5.16	2.35	2.2	1.07	0.42	12-25	1/23~1/55
작촌천	5.08	2.31	2.2	1.05	0.43	7-25	1/34~1/162
관리천	11.81	2.18	5.4	0.41	0.46	7-30	1/63~1/218
해월천	9.71	1.98	4.9	0.40	0.50	8-40	1/50~1/149
매곡천	9.84	2.29	4.3	0.53	0.44	10-30	1/67~1/182
단천천	5.14	61.65	3.1	0.53	0.60	12-30	1/103~1/167
동산천	6.68	1.86	3.6	0.52	0.54	9-31	1/104~1/286

자료 복하천 하천정비 계획(1984, 경기도)



<그림 2-2> 유역의 배수정도에 따른 토양구분



<그림 2-3> 유역내 분류 및 지천 종단도

2.2 하천 유출량 및 기상자료 조사

2.2.1 유출량 측정자료

1. 유출량 측정지점의 선정

본 대상유역의 유출을 대표할 수 있는 지점을 선정하기 위해 수차례의 사전 답사와 여러 자료의 검토가 있었는데, 본 연구에서는 위에서 얻은 자료들을 바탕으로 이천군 호법면 주미리의 주미교지점을 유역출구로 선정하였다. 유출량 측정지점의 개략적인 위치는 <그림 2-4>와 같다.

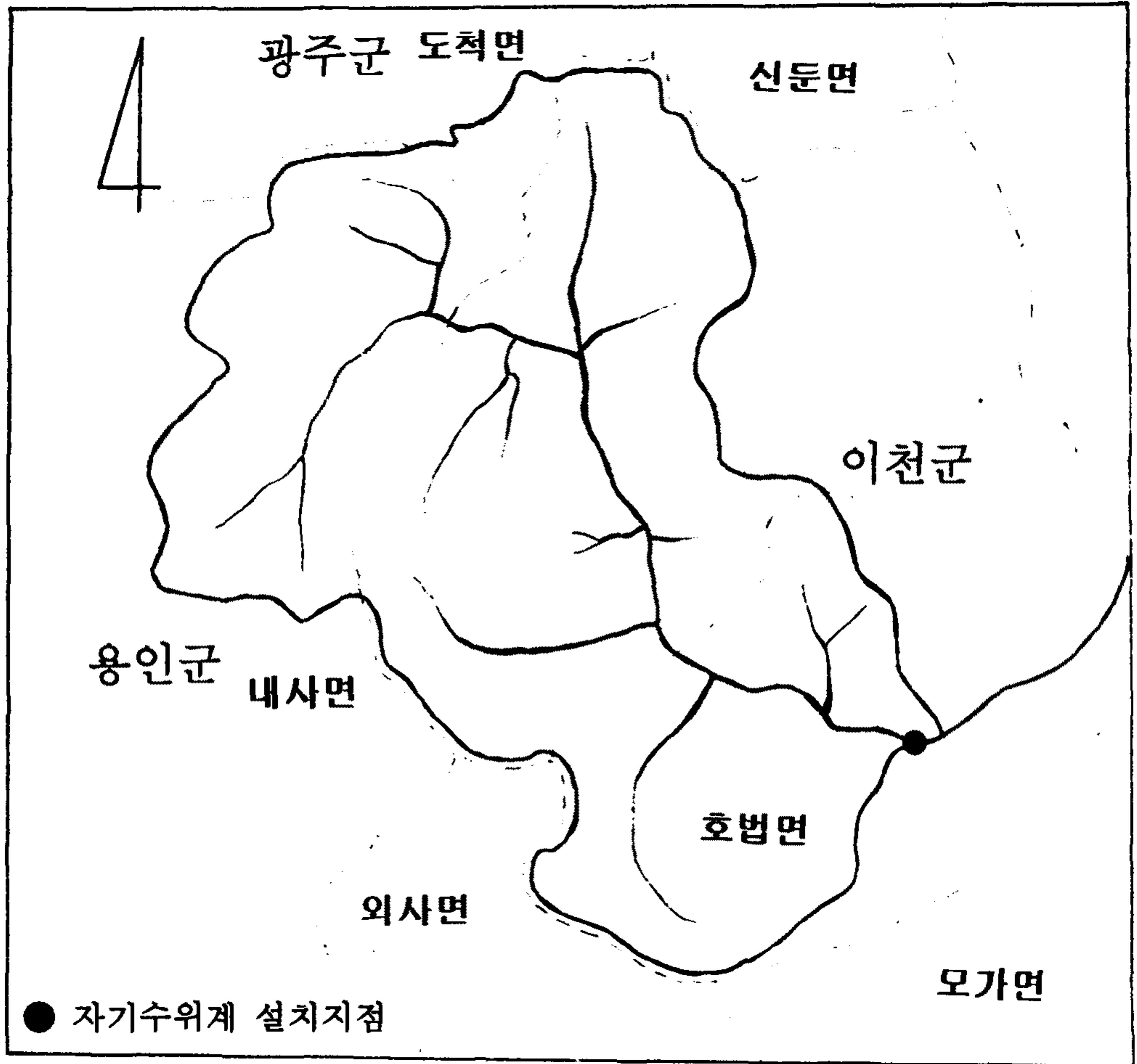
유역말단으로 선정된 주미교지점은 본 연구대상 유역을 적절히 포함하고 있고, 홍수시 하류의 영향을 받지 않으며, 또, 수위측정장비의 안정적인 설치가 가능하다는 점이 선정에 있어서 고려되었던 사항이다.

유출량 측정지점으로 선정된 주미교지점에서 유출량을 측정하기 위한 하천 단면측량을 실시 하여 <그림 2-5>에 나타내었다.

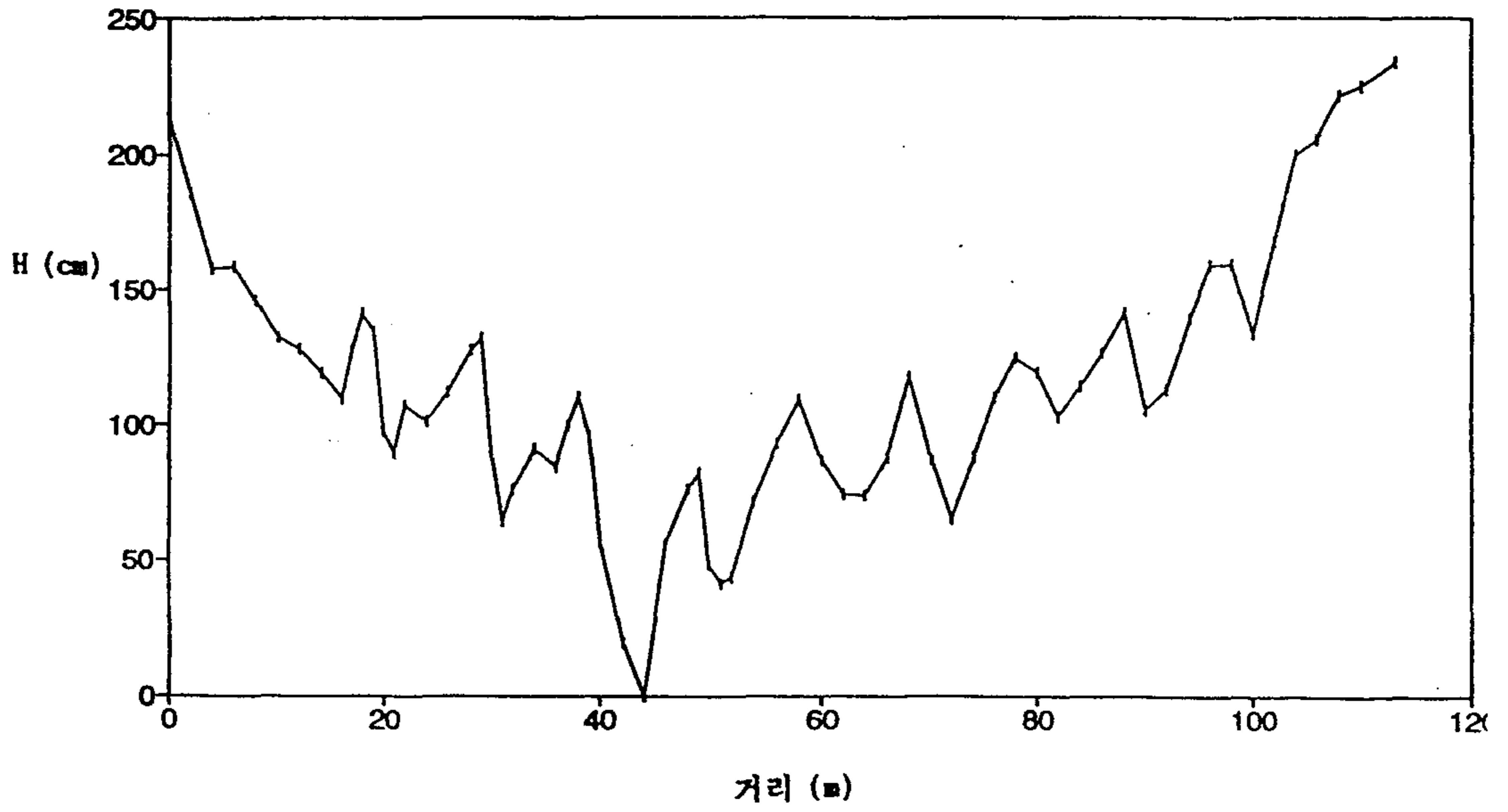
2. 유출량 측정장비

유출량 실측을 위한 장비로서 자기수위계를 설치하였는데, 본 연구에서 사용한 자기수위계는 浮漂式에 해당하는 리차드식(Richard Type) 수위계로서 하천수위의 변동에 따라 부표가 승강하여 수위변동상황을 수위계에 전달하고, 수위계는 일정한 속도로 회전하는 원통에 부착된 기록지에 정해진 축척에 따라 수위를 자동적으로 plot하는 형식이다.

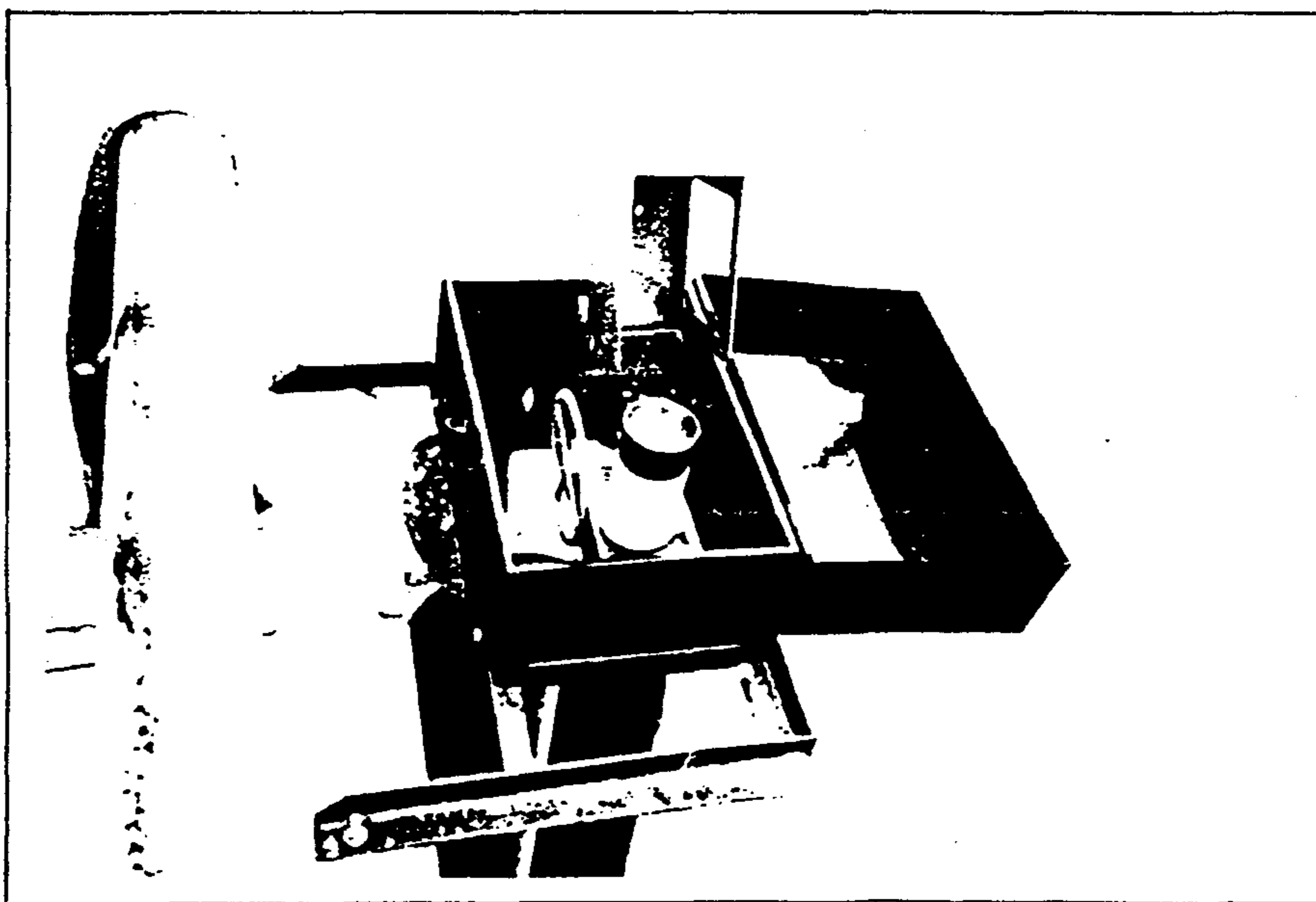
본 연구에서 사용한 수위계는 원통회전주기를 1일권 및 1주일권으로 임의로 설정할 수 있는데, 본 연구에서는 1주일권으로 설정하여 주간 수위변동 상황을 관측하였다. 수위계는 지지용 구조물과 함께 주미교 교각에 부착하였는데 <그림 2-6>과 같다.



<그림 2-4> 자기 수위계 설치 지점



<그림 2-5> 수위계 설치지점의 하천단면



<그림 2-6> 자기 수위계의 설치

3. 수위-유량 관계곡선 유도

실측한 수위자료를 유량자료로 환산하기 위해서는 하천 유출량 측정지점의 수위-유량관계 곡선을 필요로 한다. 수위-유량 관계곡선을 유도하기 위해 6회에 걸쳐 서로 상이한 수위에 대한 유량실측을 실시하였다. 유량실측을 위한 유속측정은 고수위에 대해서는 주미교 교각에서 유속계(모델명 CM-1AD, TOHO DENTAN CO. JAPAN)을 사용하여 측정하였고, 저수위에 대해서는 주미교 하류에서 측정하였다.

주미교를 연한 유속측정은, 하천단면측량 결과로부터 하천 바닥의 형상이 균일한 여러 개의 소구간으로 나누어 유속을 측정하였고, 유속측정의 일관성을 유지하기 위해, 각각의 수위에 대해 동일 지점에서 유속측정을 실시하였다.

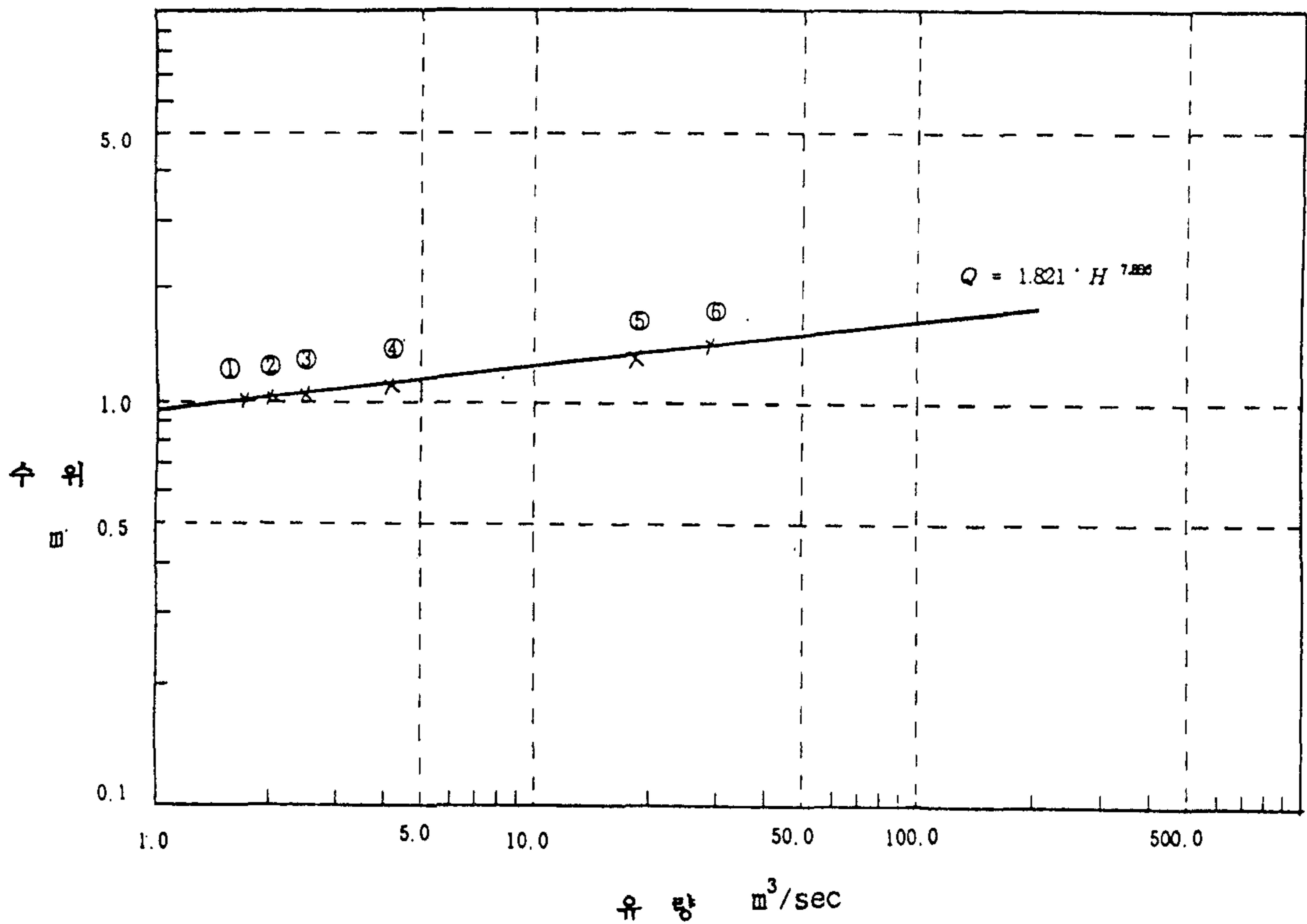
수위자료는 주미교 남단에서부터 44m 지점의 수심을 기준으로 하여 측정하였고 수위 측정기간동안 최고 수위는 172 cm였다. 연속수위측정자료에 대한 절점 수위자료는 부록 A-1에 나타내었다.

수위-유량관계 곡선은 수위 6개 지점에 대한 유량측정자료로부터 유도하였고, 6개 수위에 대한 유량과 주미교에서의 수위-유량관계 곡선은 각각 <표 2-4>, <그림 2-7>과 같다.

<그림 2-7>의 수위-유량관계 곡선과 주미교에서의 수위측정자료를 이용하여 일유출량을 계산한 결과는 부록 A-2와 같다. 일유출량 계산은 자기수위계로 측정된 연속수위측정결과의 절점 수위를 시간별 수위로 계산하고, 이 수위자료는 다시, 수위-유량관계 곡선을 통하여 시간별 유량을 계산하였다. 일유출량은 매 시간별 유량을 기초로 구하였다.

<표 2-4> 측정 수위별 유량

번호	수 위(m)	유 량(m ³ /sec)
1	1.02	1.69
2	1.03	1.99
3	1.04	2.46
4	1.11	4.13
5	1.30	18.40
6	1.42	28.80



<그림 2-7> 주미교 수위-유량관계 곡선

2.2.2 기상 자료

유역의 유출량해석을 위한 기상자료는 기상청의 기상자료 데이터 베이스로부터 1973년부터 1990년까지의 시강우량, 일평균기온 그리고 일평균 계기증발량의 형태로 구득하였다.

그러나, 위의 자료중 강우량은 시 강우의 형태로 모형에 입력될 수 있으나 일평균기온과 일평균 계기증발량은 모형에서 요구하는 형태로 전환하기 위하여 일주일간 평균기온과 일주일간 평균계기증발량의 형태로 바꾸어서 부록 A-3에서와 같이 모형입력자료로 준비하였다. 즉, 주간 평균기온과 주간 평균계기증발량의 형태로 바뀌어진 기온과 증발량자료는 모형에 입력될 때 파라메타파일(file)에 포함되어 구성되고, 시강우량자료는 절점 강우의 형태로 독립된 입력화일을 구성한다.

2.3 유역수문모형의 선정 및 적용

2.3.1 USDAHL-74/SNUA 모형의 내용

1. 모형의 선정

USDAHL 수문모형은 1970년 미국 농무성에서 유역의 지표유거, 침투, 증발산, 측방류, 중간류, 추적 및 지하수등 거의 모든 수문순환과정을 망라하여 개발된 모형이다(USDAHL-70). 이 수문모형 프로그램은 모형 내부의 알고리즘을 쉽게 추적할 수 있도록, 각각의 수문순환과정을 독립된 부프로그램으로 구성하여 수정이 용이하도록 개발되었다. 이러한 수정의 용이성때문에 여러 분야에서 그 분야에 맞게 수정하여 적용한 예가 많았고, 새로운 이론이 개발되면 쉽게 대응할 수 있는 장점도 있다.

USDAHL 수문모형 중, 대표적인 수정모형이 USDAHL-74 모형인데, 이 모형에서는 식물의 증발산량 산정의 정확도를 높이고, 토양유실 및 오염물질의 운송량을 추정할 수 있는 부프로그램으로 POLLUT 를 추가하였다. 이 모형은 우리 나

라의 지형과 같이 산악이 많은 미국의 Maryland주에서 적용성이 검토되었으며 그 외에도 미국의 전역에 적용되어, 그 적용성을 인정받은 바 있다.

본 연구에서는 유출량 추정을 위한 도구로 위의 USDAHL-74 모형을 다시 수정한 USDAHL-74/SNUA를 선정하였다. USDAHL-74/SNUA 모형은 USDAHL-74/UOM (University Of Maryland) 를 기초로 서울대 농공학과에서 수정한 모형으로, 1985년과 1986년에 경기도 광주군 도척면에 위치한 유역에 적용하여 유출량을 추정하였던 바 적용성이 인정되었다.

USDAHL-74/SNUA 모형은 개발과정에서

- 토양내의 수분이동을 산정하는 부프로그램 SUBSUR을 수정하였고
- 유출량의 산정만을 위하여 수질환경예측을 위한 부프로그램인 POLLUT를 삭제하였다.
- 모형에서 사용되는 단위를 영미계와 우리 나라에서 많이 쓰이는 미터계중 선택을 할 수 있도록 수정되었다.
- 토지이용형태중 논에 대한 사항을 보완하여 첨가 하였다.

본 모형이 개발된 배경 및 목적이 농촌유역에서의 유출해석을 위한 것이고 또, 우리 나라 농촌유역에서의 적용으로 그 적용성이 인정된 바 있으며 특히, 본 모형이 농촌유역의 여러 가지 토지이용형태와 농작업을 유출해석에 반영할 수 있는 특성을 갖고 있으므로, 본연구에서 유출해석을 위한 도구로서 USDAHL-74/SNUA 모형을 선택한데 대한 문제점은 없을 것으로 생각된다.

2. 모형의 내용

USDAHL-74/SNUA 수문모형(이하 수문모형)은 각각의 수문순환과정을 나타내는 13개의 부프로그램으로 구성되어 있다. 즉, 모형의 구조가 각 수문순환과정에 대응하여 분리되어 있으므로, 어떤 수문순환과정에 대한 새로운 수문이론이나 기법이 개발되었을 때, 그와 관련된 부프로그램의 수정만으로 쉽게 대응할 수 있는 장점이 있다.

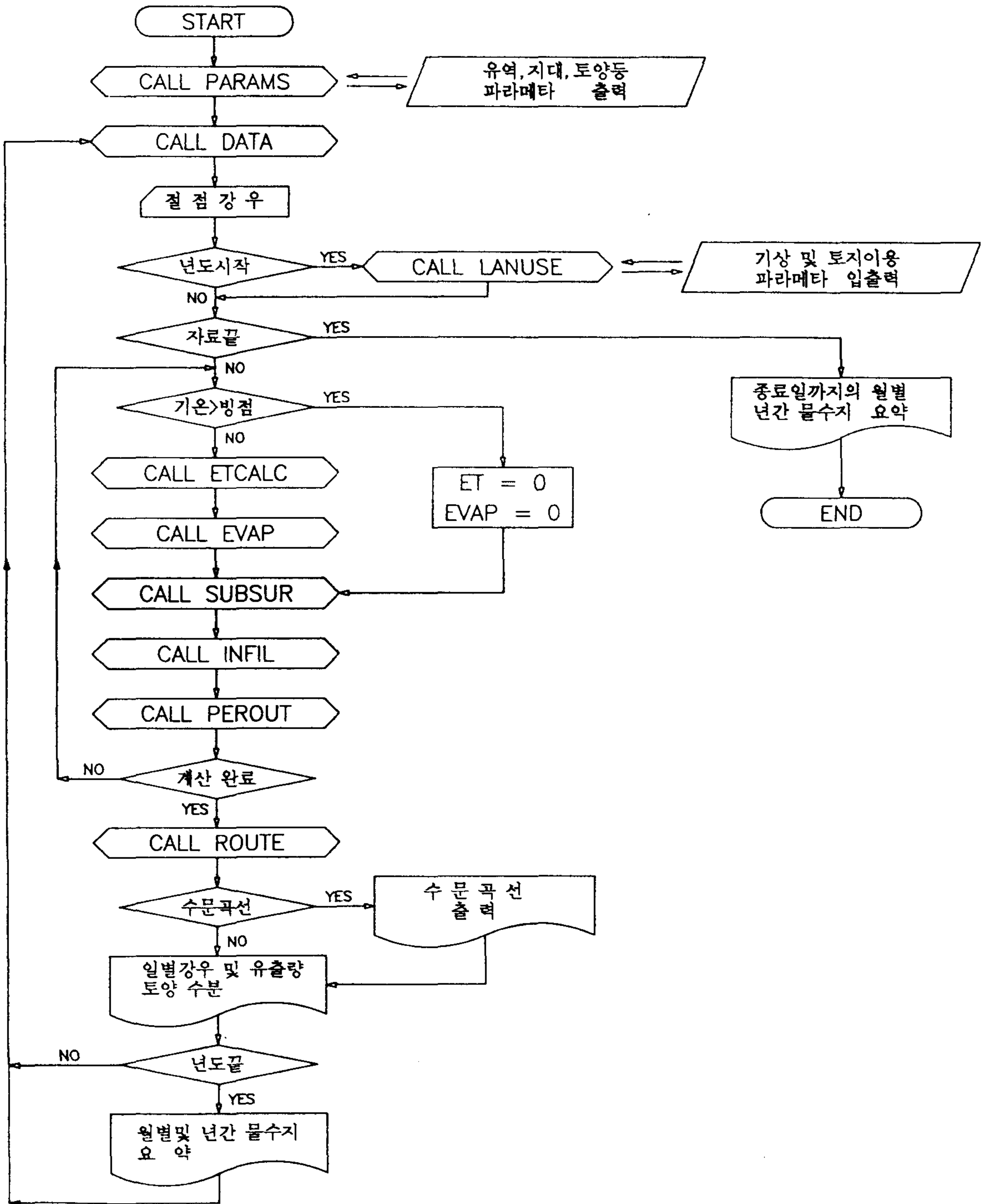
USDAHL수문모형에서 사용된 중요한 개념중 하나가 지대 구분(Zoning)이다. 지대 구분은 유출량발생에 영향을 미치는 유역파라메타의 값이 한 지대내에서 균일하도록 즉, 수문학적 동질성을 갖도록 유역을 나누는 것이다. 지대 구분에서 특히 고려되는 것은 토양의 분포, 지형(경사도), 토지이용등의 동질성이다. 즉 이 세 가지 요인을 복합적으로 고려하여 유역을 몇개(최대4개)의 지대로 분할한다.

모형의 구조를 살펴보면, 한개의 주프로그램과 13개의 부프로그램으로 이루어져 있는데, 유역의 유출량 계산에 직접 관계하는 것은 ETCALC, EVAP, INFIL, PEROUT, ROUTE, SUBSUR 의 6개이고, 나머지 DATA, DAYS, INIT, LANUSE, OUTPUT, PARAMS, SUMRY 등은 파라메타를 읽고 이를 처리하거나, 시간처리 등에 관계되는 부프로그램이다.

이 중 유출량 계산에 직접 관계하는 6개 부프로그램과 LANUSE의 내용을 간략히 설명하면 <표 2-5>와 같다.

<표 2-5> 부프로그램의 내용

부프로그램	내 용
ETCALC	• 실제 증발산량을 계산하기위해 토양 수분에 대한 지수함수로 나타나는 잠재증발산량을 계산
EVAP	• Free Water와 토양으로 부터의 증발량을 실측 계기증발량으로 부터 계산
INFIL	• 각지대에서의 침투체적을 계산 • 지대별 초과 우량계산 • Holtan(1961, 1965)의 침투이론 이용
PEROUT	• 지표류에 대한 추적
ROUTE	• 하천 유하수에 대한 추적
SUBSUR	• Subsurface Flow 의 계산
LANUSE	• 유역의 토지이용 자료로 부터 작물의 성장지수 (GI)를 계산

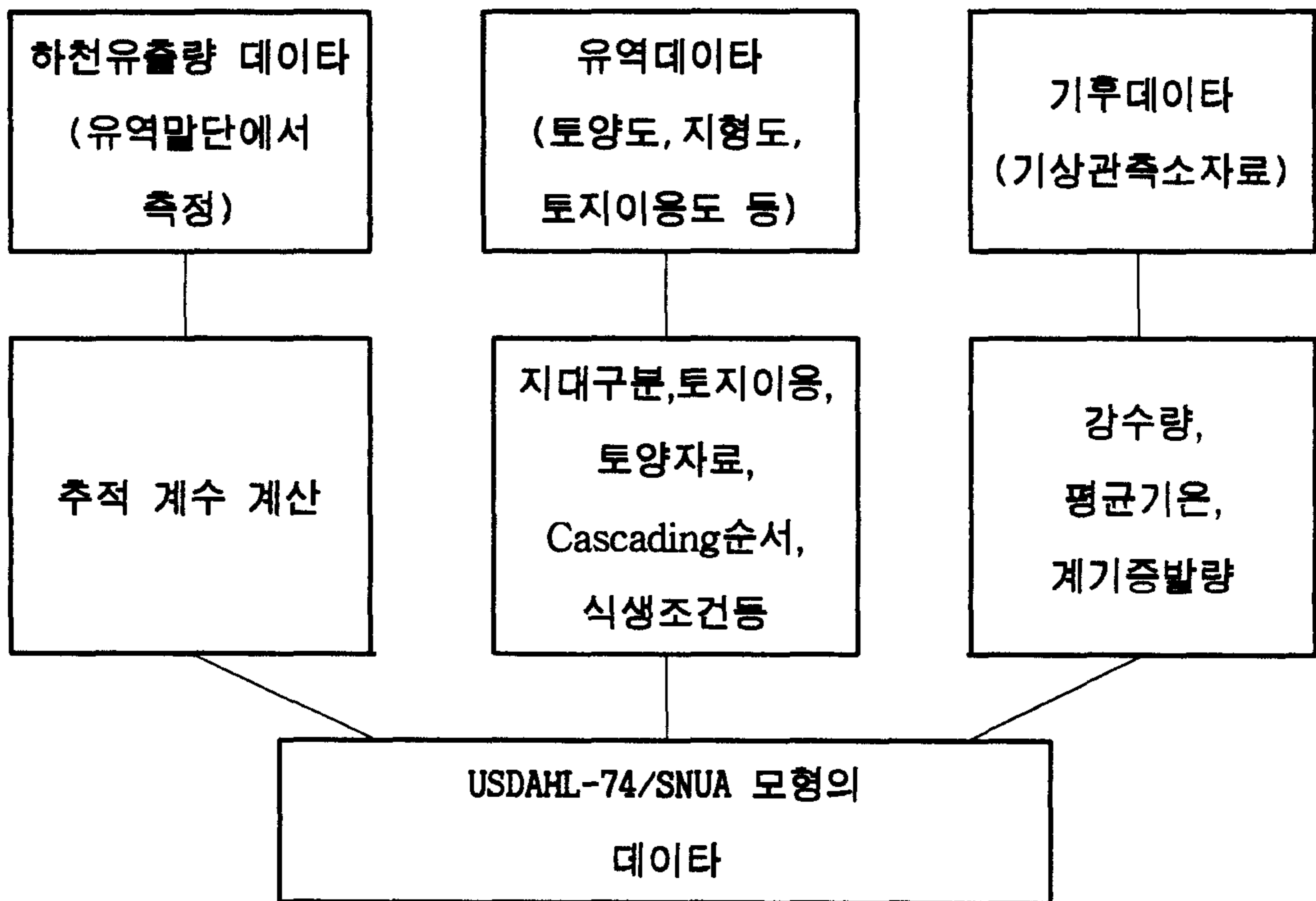


<그림 2-8> USDAHL-74/SNUA의 프로그램 흐름도

2.3.2 모형의 입력파라메타 결정

모형으로 입력되는 데이터와 파라메타는 크게 3가지로 분류할 수 있는데 하천 유출량 데이터, 유역특성데이터, 기후데이터등이다.

모형을 적용하기 위해서는 <그림 2-9>에서 보인 것과 같은 절차로 각종 입력 파라메타를 결정하여야 한다. 모형 입력파라메타는 (1) 유역자료, (2) 지대자료, (3) 토양자료, (4) 추적자료, (5) Cascading 순서, (6) 기후자료 (7) 각 작물에 대한 농작업, (8) 해당연도의 토지이용등으로 나누어 입력된다. 입력파라메타의 명칭과 성격, 입력형식등 상세한 내용은 본 연구보고서에서는 생략한다. (N.H.Holtan & M.Yaramanoglu, 1977, 참조)



<그림 2-9> USDAHL-74/SNUA 모형의 데이터

1. 지대 자료

본 연구에서는 지형, 토양, 토지이용상황등에 따라, 유역을 유출특성이 유사한 3개 지대로 구분하였다. 지대구분을 위한 자료는 지형도, 토양도, 식생도 및 현지 답사로부터 획득하였고 토양의 유사성과 유역 경사도의 균일성 그리고 토지이용형태의 유사성을 기준으로 구분하였다. 유역의 지대구분은 <그림 2-10>에 나타내었다. 그리고 지대별 특성을 살펴 보면 다음과 같다.

제 1지대: 고지대로서 평균표고가 해발 200m 이상이고 토양은 개략토양도에 의해 삼각통, 청산통으로, 정밀토양도에 의해 식양토, 사양토로 분류된다. 그리고, 수문학적 토양 분류에 의한 배수정도는 불량한 편이고, 토지이용은 산림이 대부분이다.

제 2지대: 평야부로서 표고가 100~200m 정도이고, 토양은 예산통, 오산통으로 분류되며 식양토가 주를 이루고있다. 2지대의 수문학적 특성은 양호한 편이다. 2지대는 평야부에 위치하고 있으므로 토지이용형태가 대부분 농경지이며 시가지, 도로, 초지가 일부분을 구성하고 있으나 전체 면적에 대해서는 미소한 편이다.

제 3지대: 하천변을 연한 지대로 배수정도가 양호한 사질토로 이루어져있고, 하천과 농경지가 대부분을 차지하고 있다.

<표 2-6>은 유역의 지대별 면적과 면적비를 나타내고 있으며, 지대별 파라메타값은 <표 2-7>에 나타내었다. 파라메타의 결정에 있어서, 최종침투율은 각 지대의 토양분류를 기준으로 USDAHL-74 수문모형 사용자 지침서와 유출량 추정 전산모형개발 보고서를 참조하여 결정하였다. 그리고, 표토깊이(TOPD)와 심토깊이(SOLID)는 정밀토양도를 기준으로, 영구위조점(WPP)은 사용자 지침서와 유출량 추정 전산모형개발 보고서를 참조하였다.

2. 토양 자료

토양자료는 농촌진흥청의 정밀토양도, 개략토양도와 토양해설도 그리고, 미농무성의 수문학적 토양군 분류기준을 참고하여 각지대별 토양 관련 파라메타를 구

하였다. 관련 문헌을 참고하여 결정한 토양파라메타는 <표 2-9>와 같다.

<표 2-9>의 파라메타들은 모형에서 토양내부의 물 거동을 계산하는 자료들로서, G는 중력수로서 배제가능한 함수비를 나타내고, AWC는 식물의 증산과 증발로 배제가능한 함수비를 그리고 SA는 토양수분 함수비의 초기값으로 $(G+AWC) / 2$ 로 가정하였다. CVOL은 토양 균열로 인한 공극의 부피를 %로 나타낸 값인데 본 연구에서는 고려하지 않았다.

<표 2-6> 지대별 면적

ZONE	1	2	3	계
면적(ha)	3188	4400	382	7970
면적비(%)	40	55.2	4.8	

<표 2-7> 지대별 파라메타값

지대 번호	PC ZONE 면적비	OVL 유하 거리	SL 유역 경사	FC 평균 침투능	TOPD 표토 깊이	SOLID B층까지 의 깊이	WPP1 영구 위조점	WPP2 영구 위조점
	%	m	%	mm/hr	mm	mm	%	%
1	40	470	19.6	3.6	50	420	12.7	7.6
2	55.2	480	11.9	6.0	130	690	12.7	12.9
3	4.8	285	5.8	10.2	150	250	3	3.2

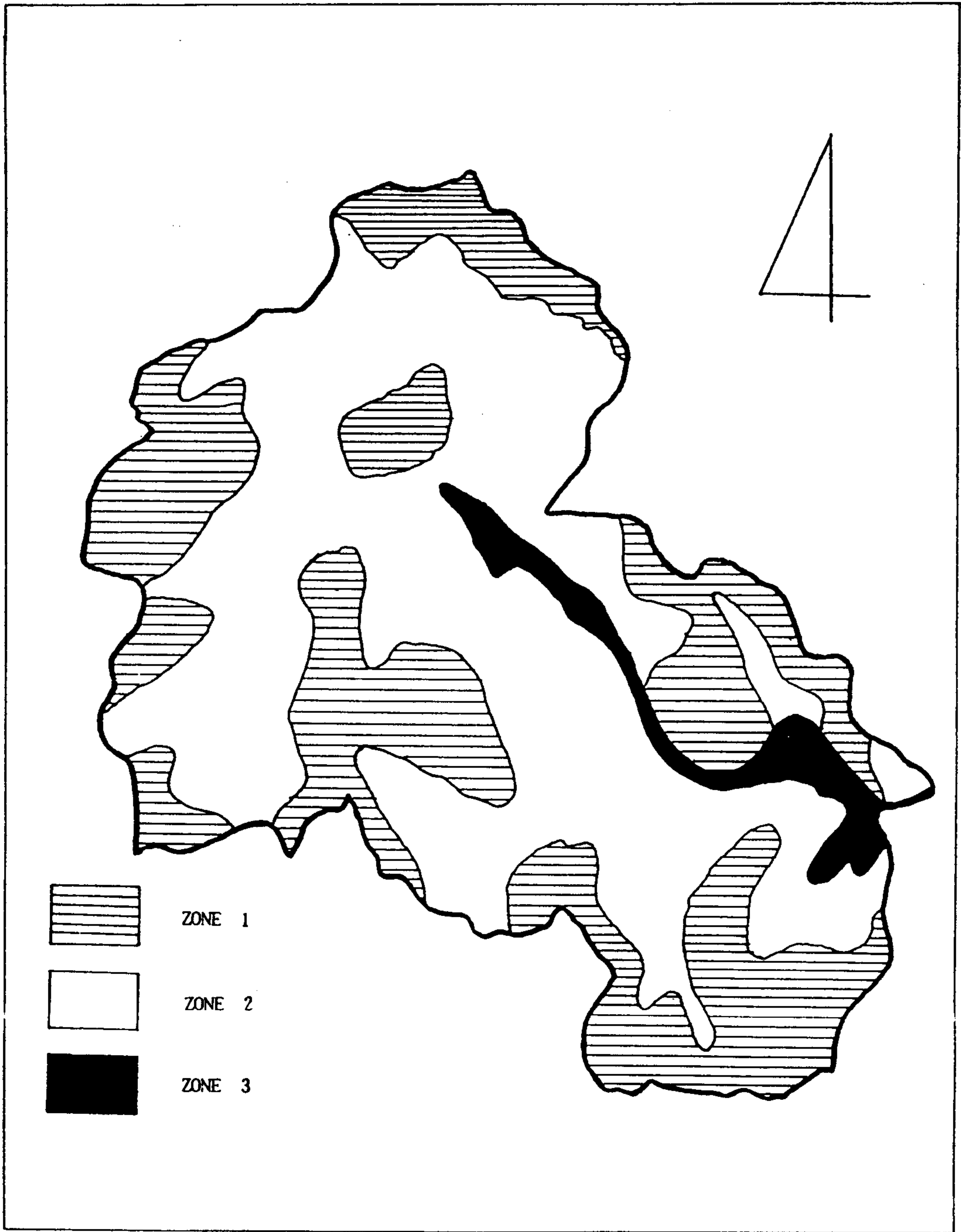
<표 2-8> 유역의 토양분류(지대별 대표토양)

지대별	수문학적 분류	정밀 토양도 분류		개략토양도 분류
		표토	심토	
ZONE 1	B, D	식양토	사양토	삼각통 청산토
ZONE 2	B	식양토	식양토	예산통 오산토
ZONE 3	A	사토	사토	중동통 오산토

<표 2-9> 지대별 토양관련 파라메타

(단위 x)

지대 구분	표토층				심토층			
	G	AWC	SA	CVOL	G	AWC	SA	CVOL
ZONE 1	15.3	24.1	19.7	0	29.2	15.3	22.25	0
ZONE 2	15.3	24.1	19.7	0	15.3	24.1	19.7	0
ZONE 3	29.2	6.5	17.85	0	29.2	6.5	17.85	0



<그림 2-10> 유역의 지대 구분

3. 토지이용 및 식생파라메타

토지이용 자료는 식생도와 농촌진흥청의 농업지대별 작목 입식도, 그리고, 현지답사를 통해서 산정 하였고, 그 결과는 <표 2-10>에 나타내었다.

본 연구에서는, 유역의 식생구분을 벼, 목초, 산림, 그리고 발작물로 구분하였다. 그러나, 식생파라메타의 값을 정량적으로 결정하기는 매우 어려운 일이다. USDAHL-74 모형을 적용하여 유출량을 추정 한 이전의 여러 연구에서도 식생파라메타를 확정하기 위한 방법으로, 초기값은 여러 문헌을 참조하고 최종적인 파라메타값은 모형의 보정을 통하여 확정하였다. 본 연구에서도 식생파라메타의 초기값은 모형의 사용자 지침서와 관련문헌을 참고하여 가정하고, 최종적으로 모형 보정 과정을 통해서 확정한다. 모형에 입력된 식생파라메타의 초기값은 <표 2-11>과 같다.

4. 추적파라메타

추적파라메타는 토층구역 구분 및 지하수류의 분배와 관련된 파라메타로서 하천의 저류능은 물론 토양 및 지표면의 저류능과 이동상황을 반영한다. 모형의 사용자 지침서에는 지하수류를 정확히 분리하기 위해서는 가능한 한 유역의 증발산량이 최소가 되는 3월 혹은, 11월의 폭우 Hydrograph를 추천하고 있지만, 우리나라의 강우특성을 살펴보면 강우가 6, 7, 8월에 집중되고, 많은 강우량을 동반하고 있는 태풍도 7, 8, 9월에 우리 나라를 지나가기 때문에, 3월과 11월의 폭우를 선택하기란 쉬운일이 아니다. 그리고, 대상유역에 대한 유출량 관측도 1993년 6월부터 실시 되고 있어서 그 이전 폭우의 선택은 불가능하였다. 유역의 추적 파라메타의 결정을 위해서 93년 7월 13일, 8월 21일, 9월 17일의 세개의 폭우를 고려하였으나, 7월 13일 폭우의 경우는 강우지속시간이 길어서 유출량이 감소하고 있는 시간 동안에도 강우가 계속되어, 지하수로 인한 유출을 추정하는 데는 부적합하였다. 그리고, 8월 21일 강우도 강우량이 적은 편이어서 추적계수의 추정에서 제외하고 93년 9월 17일의 Hydrograph를 이용하여 추적계수를 산정 하였다. <그림 2-11>은 93년 9월 17일 유량곡선 감퇴부의 기울기를 분리한 것이고, <표 2-12>는 그

를 나타내고 있다.

<표 2-10> 식생의 지대별 면적비

(단위 %)

지대	벼	목초	산림	ROW CROP
ZONE 1	0.0	0.0	87.7	4.9
ZONE 2	36.9	3.2	37.5	12
ZONE 3	40.0	0.0	0.0	0.0

<표 2-11> 식생별 파라메타 값

	A	VD (mm)	ETEP	RootD (mm)	TU (°C)	TL(°C)
벼	0.8	30	1.2	400	35	15
목초	0.7	4	0.7	200	35	10
산림	0.9	4	1.6	1000	35	10
ROW CROP	0.3	2.5	0.75	300	35	13

주) A: 성장한 식물의 뿌리나 줄기가 지표면에서 차지하는 면적의 비

VD: 작물별 지표면 저류능

ETEP: 작물별 증발산량의 계기증발량에 대한 비

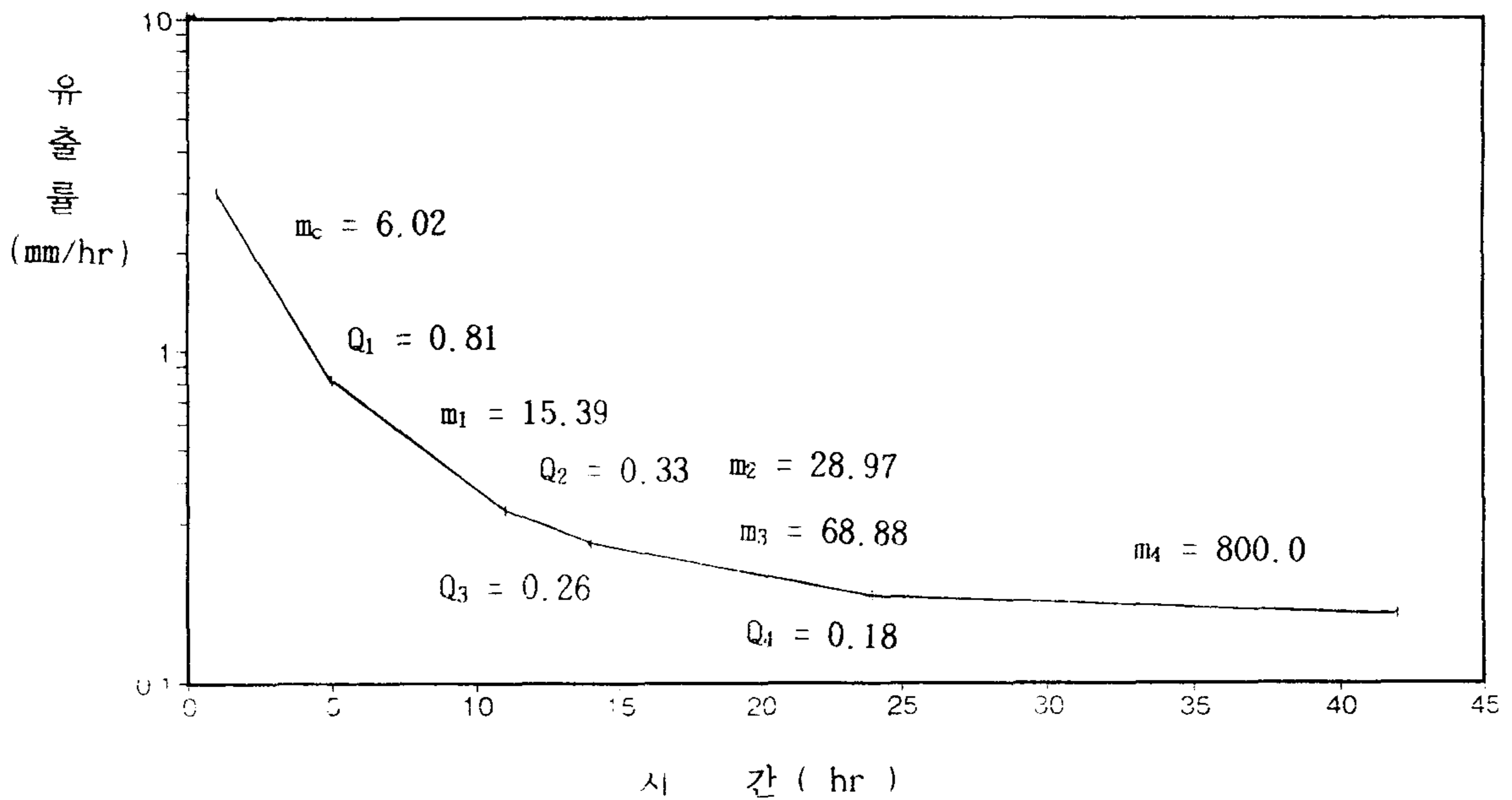
RootD: 작물별 뿌리의 깊이

TU: 작물별 증산작용이 가능한 최고 온도

TL: 작물별 증산작용이 가능한 최저 온도

<표 2-12> 유역의 추적계수

토층 구역(L)	추적 계수(M)	최대유량 (Q_b) (mm/hr)
0	6.02	-
1	15.39	0.81
2	28.97	0.33
3	68.88	0.26
4	800.0	0.18



<그림 2-11> 추적계수 유도를 위한 유량곡선 감퇴부 분석

2.3.3 모형의 보정 및 검증

USDAHL-74 수문모형을 주어진 유역에 적용하기 위해서는 보정 및 검증과정을 거쳐야한다. 즉, 실측치와 모의발생치 사이의 차이를 최소화하여 유역의 보정 파라메타의 값을 확정하는 절차이다. 본 연구에서는 실측 유출량자료가 부족하긴 하지만, 2개월간('93년 6월, 7월)의 보정자료와 2개월간('93년 8월, 9월)의 검증자료로 모형의 보정 및 검증을 실시하였다.

모형의 입력 파라메타는 모형의 보정이전에 측정과 문헌자료로부터 결정되는 측정파라메타와 반복적인 보정과정을 통하여 확정되는 보정파라메타로 구분된다. 측정파라메타로는 기상자료와 유역이나 지대의 면적, 경사도, 토지이용, 유하거리, 지하수 추적 파라메타등 모형입력전에 결정되는 것들이고, 작물의 식생파라메타(A, ET/EP), 지표저류량(VD), 지하수 손실파라메타(GR)등은 모형보정과정을 통하여 확정된다.

본 연구에서는 위의 식생파라메타, 지표저류량, 지하수손실 파라메타이외에 토층깊이도 보정파라메타에 포함하였다. 토층 깊이는 원래 현장 조사를 통하여 결정되는 값이지만, 전 유역에 걸친 현장조사는 현실적으로 불가능한 일이므로, 토양도로부터 초기치를 가정하고 모형보정을 통하여 확정하였다.

모형의 보정절차를 살펴보면, 먼저 보정기간동안의 실측유출량과 모의발생 유출량을 일치시키고, 그 다음으로 월유출량과 세부적인 유출곡선을 일치시킨다. 그러나, 보정에 사용된 이들 파라메타들은 모형에서 독립적으로 역할을 수행하는 것이 아니라, 상호 보완적으로 작용하므로, 한 파라메타를 확정하고 다른 파라메타를 순차적으로 확정해나가는 것이 불가능하여, 모형의 보정에는 많은 노력과 어려움이 따른다. 이와 같은 과정을 통하여 확정된 파라메타는 <표 2-13>과 같다.

모형의 보정이 완료되면 검증의 단계를 거쳐야 하는데, 보정에서 확정된 파라메타들을 그대로 검증에 이용하며 보정과 마찬가지로 검증기간동안의 실측유출량과 모의발생 유출량의 일치여부를 검토하므로써 모형이 유출해석을 적절히 수행하는지를 검사하는 과정이다.

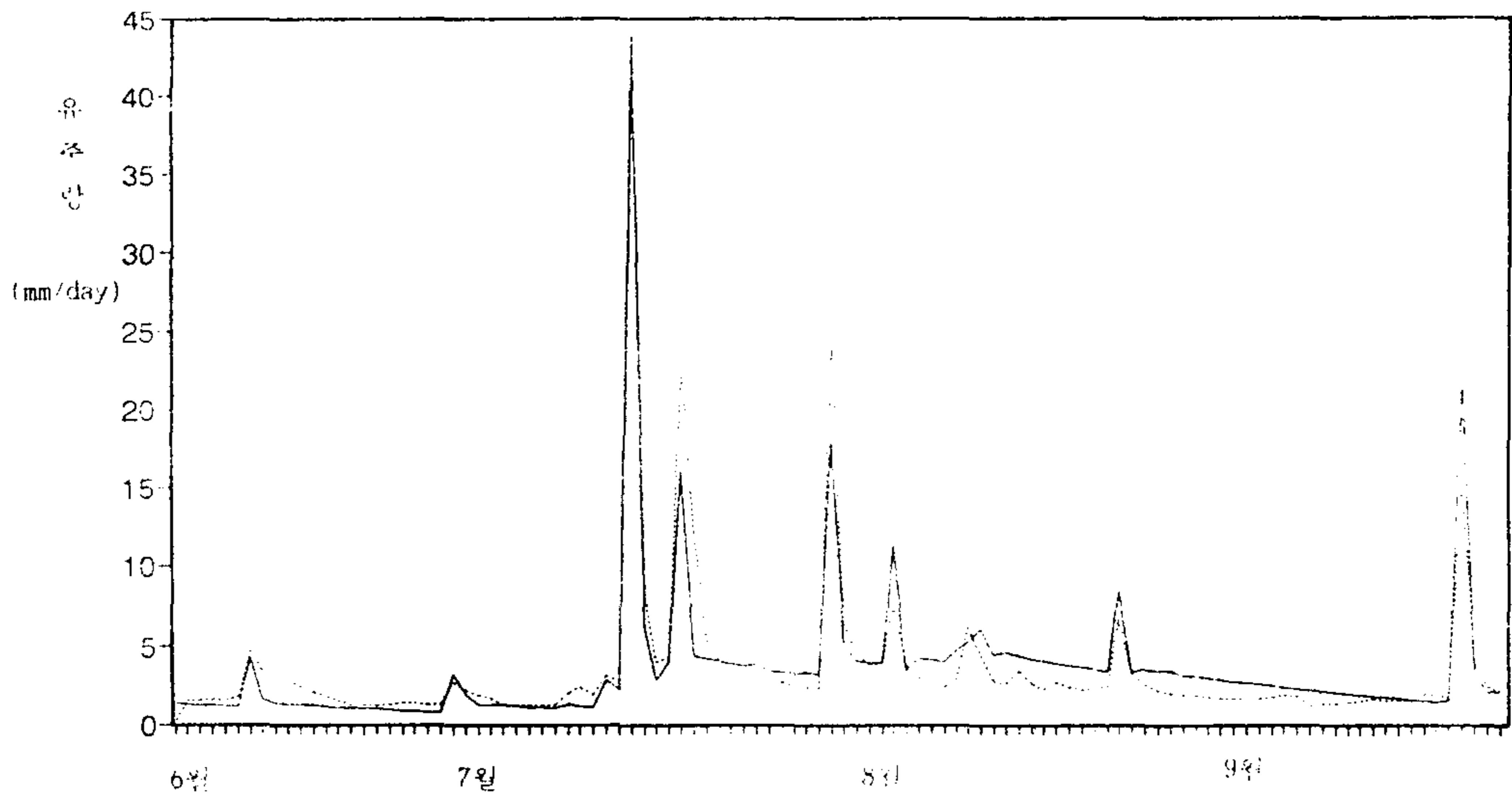
보정기간(1993년 6월 7일~8월 2일)동안의 실측 및 모의발생 일유출량은 각각 233mm와 237mm로서 거의 일치되었고, 보정 및 검증기간동안의 관측 및 모의 발생 일유출체적의 비교에서 상관계수 $r = 0.95$ 로서 실측치와 모의 발생치 사이에 높은 일치 정도를 나타내었다.

<그림 2-13>의 모의발생 및 실측 일유출량의 비교에서 실측 및 모의발생치가 동치선에 가깝게 분포하고 있음을 알 수 있고, 실측 및 모의발생 일유출량과의 회귀 방정식은 $Q_s = 0.89 Q_o + 0.465$ 로서 동치선에 거의 접근하는 것으로 나타났다. <그림 2-12>은 일유출량의 모의 발생치와 실측치를 연속적으로 비교한 결과이다.

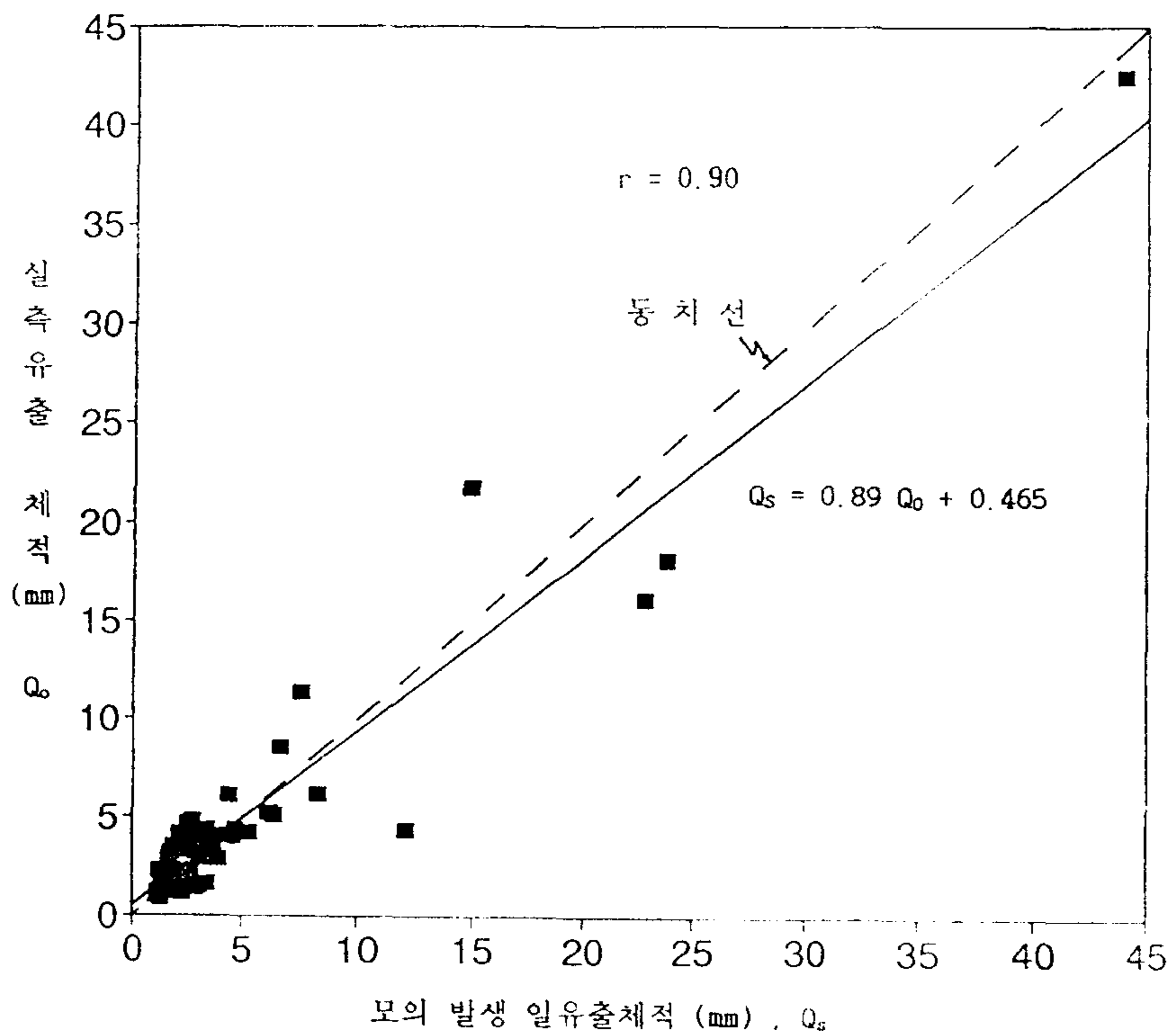
<표 2-13> 모형의 보정을 통한 확정 파라메타값

구분 \ 식생	벼	목초	산림	밭작물
A	0.1 (0.8)	0.4 (0.7)	0.4 (0.9)	0.2 (0.3)
VD	30 (30)	4.0 (4)	10.7 (4)	5.0 (2.5)
ETEP	0.9 (1.2)	0.9 (0.7)	0.9 (1.6)	0.87 (0.75)
RootD	150 (400)	150 (200)	2000 (1000)	200 (300)
GR	0.13(0)			

주: ()안은 초기값



<그림 2-12> 실측치와 모의발생 일유출량



<그림 2-13> 실측치와 모의 발생치의 비교

2.4 유역수문모형에 의한 유출해석

하천의 수질분석 및 가용수량을 산정하기 위해서는 대상하천의 유황을 파악하는 것이 필수적이다. 즉, 하천의 유황을 파악하므로서 적정 수질을 유지하기 위한 하천유지유량의 계획이 가능하고 특히, 농촌유역에서는 하천으로부터 관개용수를 확보하는 비율이 크므로 농업용수 확보 가능량을 계획할 수 있다.

하천의 유황을 파악하기 위해서는, 대상하천의 최소한 과거 30년에 대한 유출 자료를 필요로 하는데, 연구대상유역에 대한 유량자료는 전혀 없는 실정이므로, 본 연구에서는, 과거 18년에 걸친 강우자료를 바탕으로 유역의 강우-유출해석을 통하여 유출량을 재현하고, 그 유출량 자료로부터 유역의 하천유황 분석을 실시하였다.

유역에 대한 유출해석은 전체유역과 각지천별 7개 소유역에 대해 실시하고, 전체유역 및 소유역에 대한 하천유황을 파악하였다.

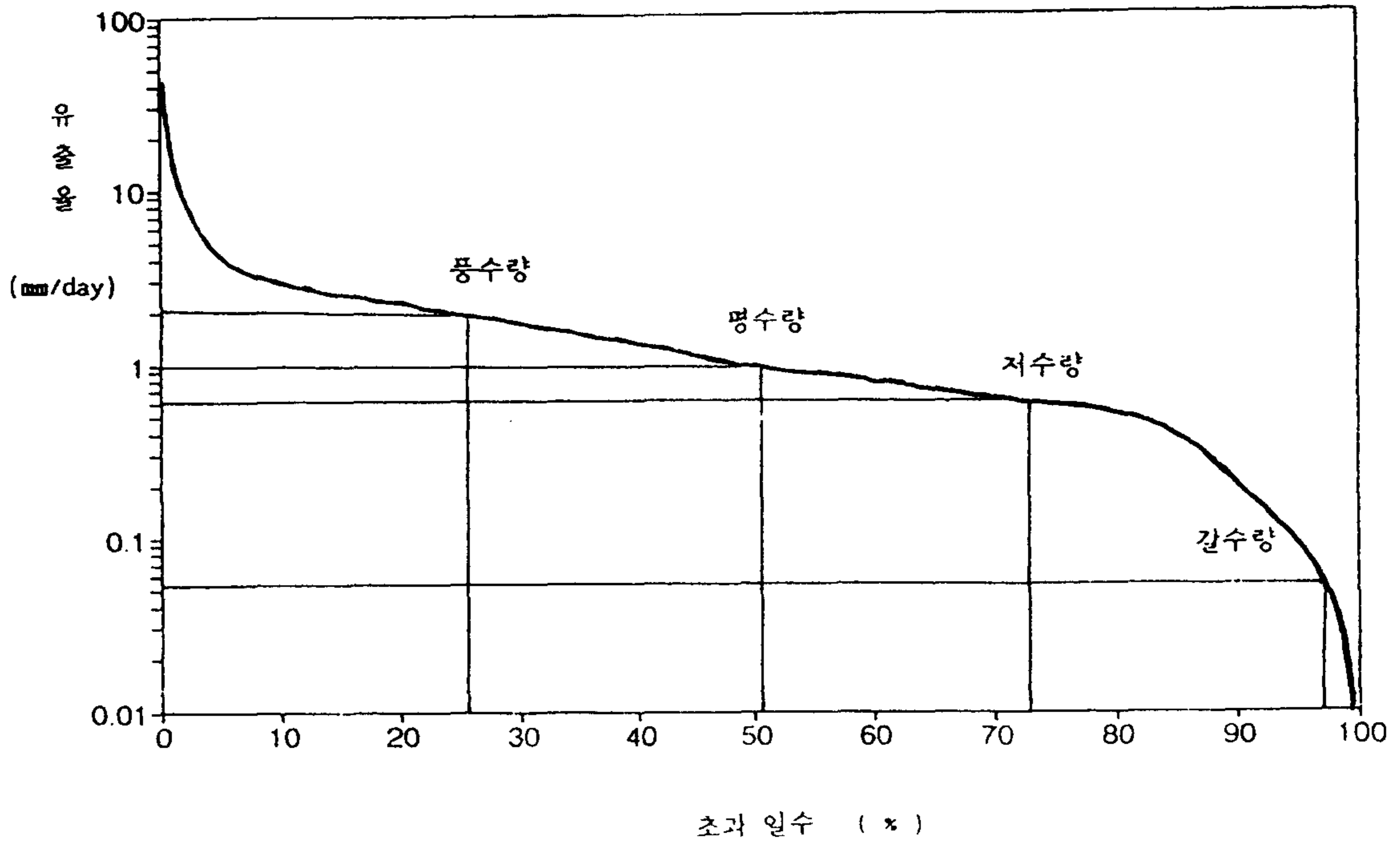
2.4.1 전체유역에 대한 유출해석

1. 유황곡선 유도

전체유역에 대한 유출량해석은 '73~'90 동안의 일 유출량을 모의발생시켜 그 자료로부터 유황곡선을 유도하고, 수질 예측의 유량자료로 이용하기 위한 풍수량, 평수량, 저수량 및 갈수량을 구하였다. 또, 18년간의 년 최대 유출량을 빈도 분석하여 홍수량(2년빈도)을 추정하였다. 전체유역에 대한 유황곡선 및 하천유황을 각각 <그림 2-14>와 <표 2-14>에 나타내었다.

유역의 유황분석에서 하천유량의 최소치에 대한 최대치의 비로 나타나는 하상계수는 1:670으로 우리 나라 4대강의 하상계수 1:330~1:580 보다 높게 나타났다. 즉, 하천유황이 불안정하여 수자원의 이용이 쉽지 않으며 수질 변동폭이 큰 것을 나타내고 있다.

여기서, 풍수량은 1년 365일중 270일이, 평수량은 180일이, 저수량은 90일이, 갈수량은 10일이 각유량보다 적게 흐르는 유량으로 정의된다.



<그림 2-14> 주미교지점에서의 유황곡선

<표 2-14> 유역말단 주미교지점에서의 하천유황

구분	단위	유 출 량	
		mm/day	m ³ /sec
홍수량(2년빈도)		33.5	30.43
풍 수 량		1.91	1.74
평 수 량		0.93	0.84
저 수 량		0.58	0.53
갈 수 량		0.05	0.045

2. 유역의 물수지

1993년 1월부터 9월까지의 유역의 월별 물수지는 <표 2-15>와 같다. 유역의 물수지는 수문모형을 이용한 강우-유출해석으로 계산한 것으로 해당기간에는 수문모형의 보정기간도 포함되어있다.

<표 2-15>에서 보는 바와 같이 유역의 강우에 대한 유출율은 약 41%를 나타냈는데, 우리 나라 평균 50~60% 보다 다소 적게 예측하고 있는 것을 볼 수 있다. 이것은, 모형의 보정이 6월~9월의 자료를 이용해 이루어졌고, 그 기간이 관개기에 해당하므로, 상류에서의 하천으로부터 관개용수의 취수가 유역말단에서의 실측치에 영향을 주었고, 관개용수를 고려하지 않은 실측치가 모형보정에 그대로 반영된 결과로 생각된다. 이후, 유역의 관개용수 수요량을 파악하여 실측치를 보정하고 모형의 보정 및 검증을 실시한다면 유효한 유출량을 구할 수 있을 것으로 생각된다. 유역의 물수지 분석에서 실측치와의 비교는 실시하지 않았는데, 그것은 유역에 대한 실측치가 모형보정기간(6월~9월)동안의 자료가 전부이고, 이미 보정에 사용한 자료이므로 실측치와의 비교분석은 실시하지 않았다.

2.4.2 소유역별 유출해석

1. 소유역 구분

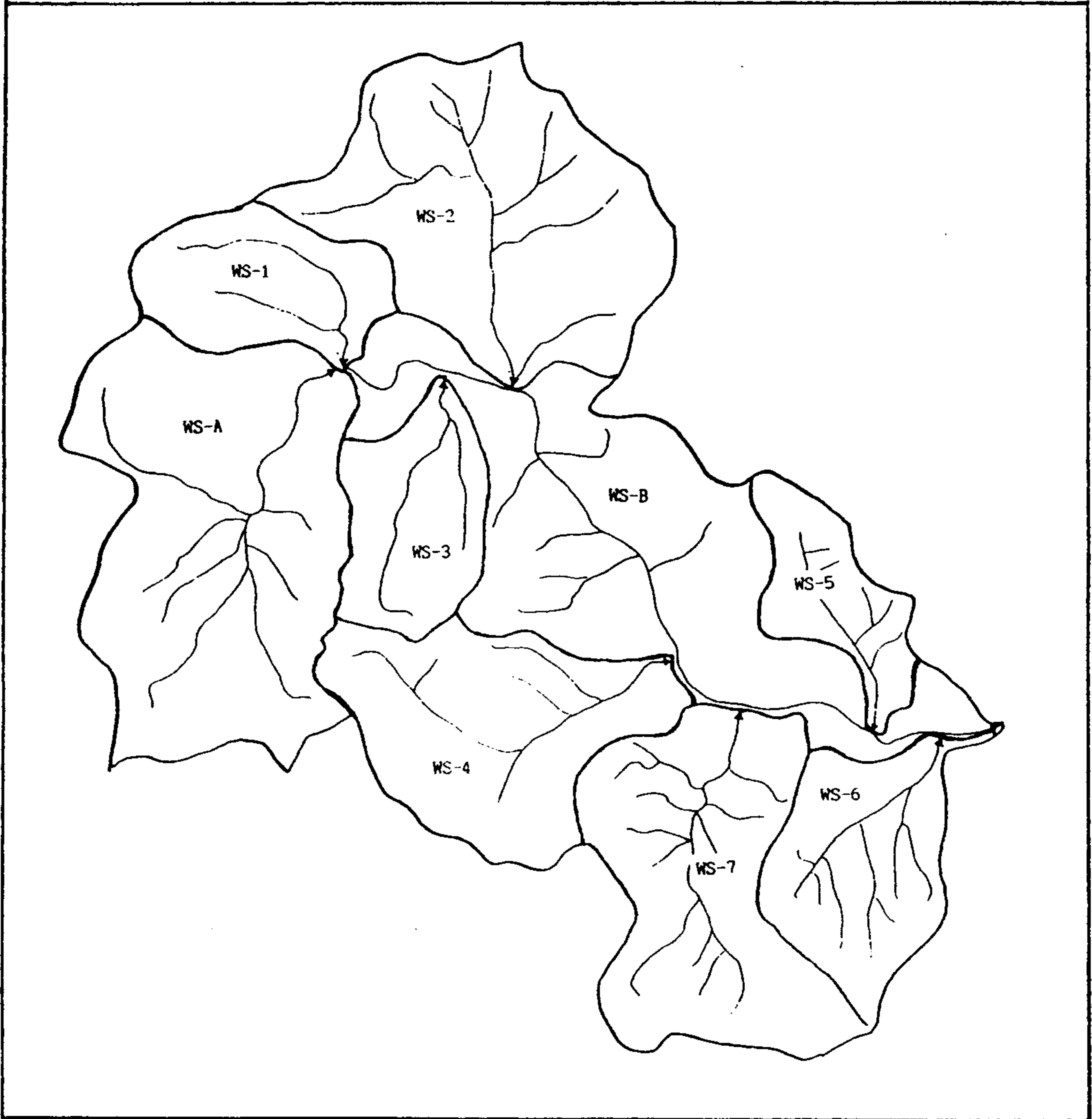
소유역별 유출량 해석을 위해서는, 먼저 전체유역을 분할하여야한다. 본 연구에서는 소유역별 수문 분석을 위해서, 복하천 본류에 대해 2개 소유역과 지천에 대해 7개 소유역으로 분할하였다.

복하천 본류의 상류 유역과 지천 7개 유역의 유역출구는 수질측정 및 유량측정을 실시하고 있는 지점과 일치시켜서, 수질예측을 위한 유량자료제공을 용이하게 하였다. <그림 2-15>는 전체 유역에 대한 소유역 구분과 유역출구를 나타내고 있다.

<표 2-15> 유역의 월별 물수지

(단위 · mm)

구분 월별	강수량	월별 유출체적	증발량	증발산량	지하 침투손실량
1월	0.3	0.0	0.0	1.5	0.3
2월	56.3	9.2	0.8	12.4	11.3
3월	28.4	6.6	1.0	20.1	15.5
4월	66.5	6.8	0.5	28.3	9.3
5월	110.7	37.9	1.7	34.1	34.3
6월	169.5	48.4	3.4	43.0	39.4
7월	398.0	156.5	9.9	52.3	59.7
8월	217.0	131.3	4.9	74.1	73.5
9월	113.0	80.6	3.1	30.2	48.8
계	1159.7	477.3	25.3	296.0	292.1



<그림 2-15> 소유역 구분

2. 소유역별 파라메타의 결정

소유역별 모형입력 파라메타를 결정하기 위해서는 각 소유역별로 조사가 이루어져야 하지만, 많은 시간과 인력을 요하므로, 본 연구에서는 전체유역의 일반자료 대부분을 그대로 소유역 유출해석에 적용하였다. 그 이유는 소유역에 대한 지대구분을 별도로 실시할 경우 개개의 소유역에 대해 보정과정을 거쳐야하고, 이를 위해서는 각각의 소유역에 대한 실측 유량을 필요로 하는등 유출해석에 많은 제약이 따르기 때문이다. 그래서, 본 연구에서는 소유역전체에 대한 유출량의 합계를 전체 유역의 유출량과 비교하여 소유역 유출해석의 정당성 여부를 검토하였다.

그러나, 유역면적, 지대별 면적비, 식생의 지대별 구성비등은 각 소유역 별로 재조사를 실시하였다. 단, 지하수 추적에 있어서 상류유역은 토층구역을 4개로 하류유역은 토층구역을 5개로 임의로 가정하였다. 그러나, 소유역별 실측유량 자료가 없으므로, 토층구역의 분할에 대한 타당성 검증은 실시하지 못하였다. 소유역별로 조사된 지대별, 식생별 면적은 <표 2-16>과 같다.

3. 소유역별 유출량 모의 발생

소유역의 경우도 전체유역과 마찬가지로 1973~1990년까지의 일유출량을 소유역별로 모의 발생하여 18년간의 일 유출량으로 각 소유역별 유허곡선을 유도하였다.

그러나, 소유역의 유출량 추정은 보정과정을 거치지 않은 결과이므로, 소유역별 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량을 합하여 전체유역의 값과 비교하였다. 그 결과 소유역에 대한 합계치가 전체 유역에 대한 값보다 약간 크게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이것은 소유역별 지하침투 손실량을 정확히 파악할 수 없고, 지하수 흐름을 정확히 파악할 수 없는데서 기인된 것으로 생각된다.

소유역에 대해 일 유출량을 모의 발생하여 소유역별 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량을 계산한 결과는 <표 2-17>과 같으며, 소유역도 대상유역 전체와 마찬가지로 유허이 불안정하여 심한 수질 변동이 나타날 것으로 생각된다.

<표 2-16> 소유역의 지대별, 식생별 면적

(단위 : ha)

소유역	면적	지대별면적		식생별 면적		
		지대	면적	벼	밭작물	산림
WS-1 식금천	487.5	1지대	167.5		11	156
		2지대	320	109	94	97
WS-2 오천천	1290	1지대	371.25		49	229
		2지대	918.75	447	206	139
WS-3 작촌천	445	1지대	190			139
		2지대	255	148	39	66
WS-4 해월천	842.5	1지대	332.5		5	320
		2지대	510	43	136	186
WS-5 단천천	332.5	1지대	195			133
		2지대	85	44	8	
		3지대	52.5	24		
WS-6 동산천	575	1지대	300		29	171
		2지대	215	145	53	
		3지대	60	54		
WS-7 매곡천	967.5	1지대	567.5		57	336
		2지대	400	206		34
WS-A 본류	1540	1지대	595		29	393
		2지대	945	354	321	132
WS-B 본류	1492.5	1지대	300			251
		2지대	933.4	303	114	101
		3지대	259.1	168		
합계	7972.5		7972.5			

<표 2-17> 소유역별 지천의 유황

(단위 · mm/day)

구분 소유역	유역면적 (ha)	풍수량	평수량	저수량	갈수량
WS-1 식금천	487.5	2.20 (0.124)	1.09 (0.061)	0.636 (0.036)	0.05 (0.003)
WS-2 오천천	1290	2.27 (0.339)	1.13 (0.169)	0.653 (0.097)	0.06 (0.009)
WS-3 작촌천	445	2.29 (0.118)	1.32 (0.068)	0.84 (0.043)	0.078 (0.004)
WS-4 해월천	842.5	2.25 (0.219)	1.148 (0.112)	0.68 (0.066)	0.06 (0.006)
WS-5 단천천	332.5	2.46 (0.095)	1.32 (0.050)	0.85 (0.033)	0.065 (0.003)
WS-6 동산천	575	2.33 (0.155)	1.17 (0.078)	0.697 (0.046)	0.06 (0.004)
WS-7 매곡천	967.5	2.34 (0.262)	1.18 (0.132)	0.696 (0.078)	0.06 (0.007)
WS-A 본류 상류	1540	2.89 (0.515)	1.14 (0.203)	0.67 (0.119)	0.059 (0.011)
WS-B 본류 하류	1492	2.46 (0.425)	1.20 (0.207)	0.70 (0.121)	0.054 (0.009)
합계		2.25 m ³ /sec	1.08 m ³ /sec	0.639 m ³ /sec	0.056 m ³ /sec
전체유역에서 의 모의발생		1.91 m ³ /sec	0.93 m ³ /sec	0.58 m ³ /sec	0.05 m ³ /sec

주 ; ()는 m³/sec

2.5 유역의 용배수 계통조사

유역의 물 거동을 살피기 위해서는 유역전체의 용수 및 배수 체계를 파악하는 것이 무엇보다도 중요하다. 즉, 용수원 취수시설, 용수로 및 배수로등의 파악이다. 그러나, 80km²에 달하는 유역 전체에 대해 현지답사 형식으로 조사를 한다는 것은 많은 노력과 시간이 소요된다. 그래서, 본 연구에서는 먼저 여러 자료들을 바탕으로 개략적인 용배수 체계를 세우고 불완전한 부분에 대해서는 현지 답사를 통해 보충하고자 한다.

당해연도 연구에서는 유역의 취수시설에 대한 자료조사를 실시하였다. 그러나, 관련 자료들이 충분하지 못하고, 수집한 자료들도 만족할 만한 자료가 아니어서 지속적인 자료의 수집 및 조사가 있어야 하겠다.

<표 2-18>은 유역의 취수시설에 관한 자료조사를 실시한 것이다. 그러나, 나타난 시설이외에도 유역에는 많은 취수 시설이 있을 것으로 생각되고, 앞으로 더 많은 조사가 있어야 될 것으로 생각된다.

<표 2-18> 유역의 취수 시설 현황

시 설 명	개소	몽리 면적(ha)
저 수 지	1	27
보	5	76.1
양 수 장	1	21.2
집 수 암 거	8	72.2
관 정	180	90
집 수 정	1	40

2.6 요약 및 결론

본 연구의 수문조사 분석에서는, 연구대상 유역내의 수질분석을 위한 유량자료를 제공하기 위하여, 유역내 여러가지 수문자료를 수집하여 USDAHL-74 수문모형으로 유역에 대한 유출해석을 실시하고, 그 결과로부터 하천유황 및 유역의 유출특성을 산정하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다..

1. 수문분석을 위해 유역의 토지이용상태, 토양, 기상자료등을 수집 분석하고, 유역말단에서 유출량 실측을 실시하였다.
2. 유역의 유출량측정 기준점으로서 유역말단의 주미교지점을 선택하였으며, 유출량 측정을 위하여 수위를 실측하였다. 실측된 수위자료를 유량자료로 환산하기 위한 유출량 기준점에서의 수위-유량관계식으로서 $Q=1.821 \cdot H^{7.886}$ 를 유도하였다.
3. USDAHL-74 수문모형으로 유역에 대한 강우-유출해석을 실시하기 위한 모형의 보정을 실시하였다. 모형의 보정에서 실측 및 모의발생 일유출량의 비교에서 비교적 높은 상관관계($r=0.95$)를 얻었고, 실측치와 모의발생치의 회귀식은 $[Q_s = 0.89 Q_o + 0.465]$ 로서 동치선에 거의 일치하는 만족할 만한 보정결과를 얻었다. 또한, 검증의 결과도 만족할 만한 결과를 얻었으므로, 본 모형을 사용하므로서 연구대상 유역에서 수문기상자료 및 유역자료에 의한 일유출량 모의발생의 가능성을 확인하였다.
4. USDAHL-74/SNUA 모형과 보정된 파라메타 및 18개년의 관련기상자료를 사용하여 일유출량 자료를 재현하므로서, 복하천에 대한 유황분석을 실시하여 풍수량 $1.74 \text{ m}^3/\text{sec}$, 평수량 $0.84 \text{ m}^3/\text{sec}$, 저수량 $0.53 \text{ m}^3/\text{sec}$, 그리고 갈수량 $0.05 \text{ m}^3/\text{sec}$ 를 구하였으며 이러한 각종 유출량 값들을 수질관리모형의 입력자료로 제공하였다.
5. 유역내 지천별 7개 소유역에 대한 각각의 유황곡선을 유도하여 각지천에 대한 갈수량, 저수량, 평수량 및 풍수량을 구하므로서, 각 지천별 수질분석에 대한 유량자료를 제공하였다.

본 연구에서 앞으로 보완되어야 할 사항은 다음과 같다.

1. 모형의 보정과정에서 갈수기의 실측 유출량자료를 획득하지 못하여 저수기에 대한 모의유출발생의 신뢰도가 적었다. 앞으로 갈수기에 대한 유출실측을 실시한다면 신뢰성 있는 모형보정이 가능할 것이다.
2. 소유역의 수질오염특성 분석에 필요한 유량을 제공하기 위한 소유역별 유출해석에서는 자체적인 모형의 보정과정을 거치지 않았는 바, 모형 보정을 위해서는 최소한 유출특성이 상이한 두개 이상의 소유역에 유출량 실측이 있어야 할 것으로 생각된다.
3. 유역의 용배수 체계는 하천유출에 크게 영향을 미치는 바, 그에 대한 연구조사가 불충분하였다. 차기년도 연구에서는 유역의 취수 및 배수시설에 대한 세밀한 조사를 통해 용·배수계통의 조사도 병행해야 할 것이다.

제 3 장 오염부하량의 산정

여 백

제 3 장 오염부하량의 산정

3.1 오염물질의 발생 및 배출

자연수에는 인위적인 활동뿐만 아니라 자연으로부터도 각종의 물질이 유입되고 있다. 인위적인 영향의 유무에 관계없이 육지의 발생원으로부터 수계에 유입하는 물질에 의해 수질이 나빠지는 현상을 오염 또는 오탁이라고 하는데 특히, 공중 위생상 위험이 발생하는 정도 또는, 보다 넓게는 생물의 생존에 위협을 줄 정도의 세균과 유독물질이 자연수중에 유입하는 것을 汚染(contamination), 독성과는 직접 관계없는 유기화합물과 질소(nitrogen, N), 인(phosphorus, P)과 조류(algae)등이 과다하게 증식해서 물이용을 저해하고 수환경을 악화시키는 현상을 汚濁(pollution)이라 하여 양자의 개념을 구분한다. 본 연구에서 취급하는 것은 후자의 오탁물질에 관한 것이지만 오염과 오탁의 구분없이 모두 汚染物質로 정의하였다.

3.1.1 오염부하 발생원의 정의

수계에서 보면 육상에 존재하는 것은 대부분 오염발생원으로 취급해도 무리가 없을 것으로 생각되며, 이들 오염부하 발생원은 오염물질의 배출점이 정해지는 공장, 하수처리장, 가정, 축사 등과 배출점을 결정하기 어려운 강우, 산림, 농지, 시가지 등으로 분류할 수 있는데 전자를 점원(point source), 후자를 비점원 혹은 면원(nonpoint source)이라 한다.

1. 점 원(Point Source)

생활하수에 의한 부하량은 주민의 생활습관등을 반영하므로 지역(도시와 농촌)마다 꼭 같지는 않다. 생활하수는 분뇨와 기타의 잡배수로 분류되나, 하수도 정비지역에서는 양편이 함께 하수처리장으로 배출되지만, 미정비지역에서는 잡배수는 발생원에서 배출되나, 분뇨는 처리방식에 따라 배출량·배출점이 달라진다. 즉,

분뇨수거 처리지역에서는 분뇨 처리장에서 배출되고 처리장의 위치에 따라서 타유역으로 배출되는 경우도 있으며, 또한 농지로 환원되는 경우는 농지에서의 유출이 계산 되어야 한다. 정화조를 사용하는 경우, 분뇨 단독처리 정화조를 사용하는 가정에서는 일부가 정화된 후 발생원으로 부터 배출되며 합병처리 정화조에 의해서 잡배수와 분뇨가 함께 처리되고 있는 경우는 두가지 모두 처리되어서 발생원의 가까운 곳에서 배출된다.

공장배수의 경우는 업종·규모에 따라 오염부하 발생량이 다르고 동일업종에 있어서도 가동율과 생산공정등의 변화에 따라 발생량도 변화하며, 발생량이 시각, 계절에 따라 변화하는 업종도 있으므로 치밀한 조사를 필요로 한다. 또한, 배수처리시설의 정화율도 시설의 갱신·처리방식의 변경등에 따라서 변한다. 축산에서의 오염부하는 가축종류·축사의 구조, 배설물·배수의 처리방식등에 따라서 달라진다.

2. 면 원(Non-Point Source)

대기로 부터의 강하물에 의한 오염부하는 강수에 의한 부하와 비강우시의 강하매진에 의한 부하로 분리할 수 있으나, 일반적으로 양자를 합한 강수·강하진으로서 평가된다. 따라서, 측정도 일정기간 동안의 강하침전물에 대해서 실시되는 경우가 많다. 대기강하물은 보통 자연부하로서 취해지나 공장의 매연·자동차의 배기가스등의 인위적발생원에 의한 대기오염의 기여가 크며, 정확하게는 자연부하라고 할 수 없으므로 새로운 평가법을 필요로 한다. 산림·시가지·농지등에 강하하는 강수·강하진 부하는 오염부하 해석에서 별도로 포함되는 경우는 거의 없다. 산림으로 부터의 오염부하는 강우시와 비강우시가 크게 다르고 농지는 논과 밭에서 오염물질 이동기작이 다르므로 오염부하 발생량도 다르다. 또한, 같은 지목이라 해도 토양의 성질이나 시비량·물관리등에 따라 오염부하 발생량은 달라지며 특히, 논은 물순환구조가 복잡하고 담수시와 비담수시의 배출양상이 크게 다르다. 이와 같이 面源(Non-Point Source)은 어느 것이든 강우시의 유출에 대한 평가가 중

요하며 이것이 실측과 유출해석을 어렵게 하는 요소로 작용한다.

3.1.2 원단위

오염부하는 이미 지적인 바와같이 발생원마다 발생량과 발생형태가 다르므로 대상에 포함되는 모든 발생원에 대해서 각각의 오염부하 발생량을 실측하는 것이 원칙이지만, 발생원 모두에 대해 계속적으로 오염부하량을 실측함은 실제로 불가능하다.

각 발생원으로 부터 오염부하 발생량 실측데이터를 이용하여 1일 또는 1년의 기간을 단위로 하는 발생량을 오염부하 발생원단위(pollutant load factor) 혹은 간단히 원단위라 한다. 원단위는 이외에도 각종의 배수처리시설에 의한 정화율(1-배출율)이 고려된 배출원단위를 필요로 하며 또한, 각 발생원의 배출지점부터 하천에 유출되는 지점사이와 그 유출지점부터 목적으로 하는 하류지점까지 유하사이의 자연정화를 각각 평가한 流出率(flow-out ratio)과 流下率(flow-down ratio)이 필요하다. 실제로는 유출과정과 유하과정을 분리하지 않고 일괄하여 流達率(run-off ratio)로 평가하는 경우가 많다.

원단위 이용시 주의할 것은 각자의 조사·연구는 각기 고유의 목적을 가지고 있기 때문에, 반드시 보편적으로 적용될 수 있는 것은 아니다. 특히 하천유역에서의 오염부하 발생량의 추정에 원단위를 적용할 경우 다음사항에 유의할 필요가 있다.

- ① 산업분야의 기술혁신, 생활수준과 습관의 변화등을 원단위에 반영시켜야 한다.
- ② 유역에 있어서의 오염부하 발생량의 추정 정도는 각 발생원의 원단위크기에 의해 크게 좌우되므로 우선 그 정도를 충분히 검토하여 적용해야 한다. 필요하다면 해당유역에서 실측해야 하는 것은 말할 필요도 없다.
- ③ 강우시의 유출량을 평가하려고 할 경우는 원단위도 강우유출이 고려가 되어 있는 것을 적용해야 할 것이다. 반대로 해당하천의 유출부하 자료가 강우시를 포

함하지 않는 저평수기의 유출부하 자료일 경우는 원단위도 강우 유출을 포함하지 않는 것을 선택해야 한다.

- ④ 원단위는 연간평균치로서 나타내는 경우가 대부분이다. 따라서 단기간의 수질이나 부하량의 변동을 예측할 경우에는 선행 무강우 기간에서의 퇴적·저류를 고려해야 한다.
- ⑤ 농지등 지리적조건, 토양조건, 식생조건, 기후적·계절적조건, 인위적 관리조건 등에 크게 영향을 받는 발생원에 대해서는 각 조건에 대응하는 원단위를 정비해 둘 필요가 있다.

3.2 오염부하계산 모형의 개발

3.2.1 모형의 필요성

인간의 활동과 산업활동에 따라 공공수역의 수질이 날로 악화되고 있으나, 오염기작이 완전히 해석되고 있지는 않다. 그러나 수질오염을 방지하기 위해서는 어떠한 형태로든지 오염기작을 표현하고 객관적 평가기준을 설정하여 시책의 효과, 개발행위의 영향등을 평가하므로써 합리적인 수질보전대책을 추진해야 한다.

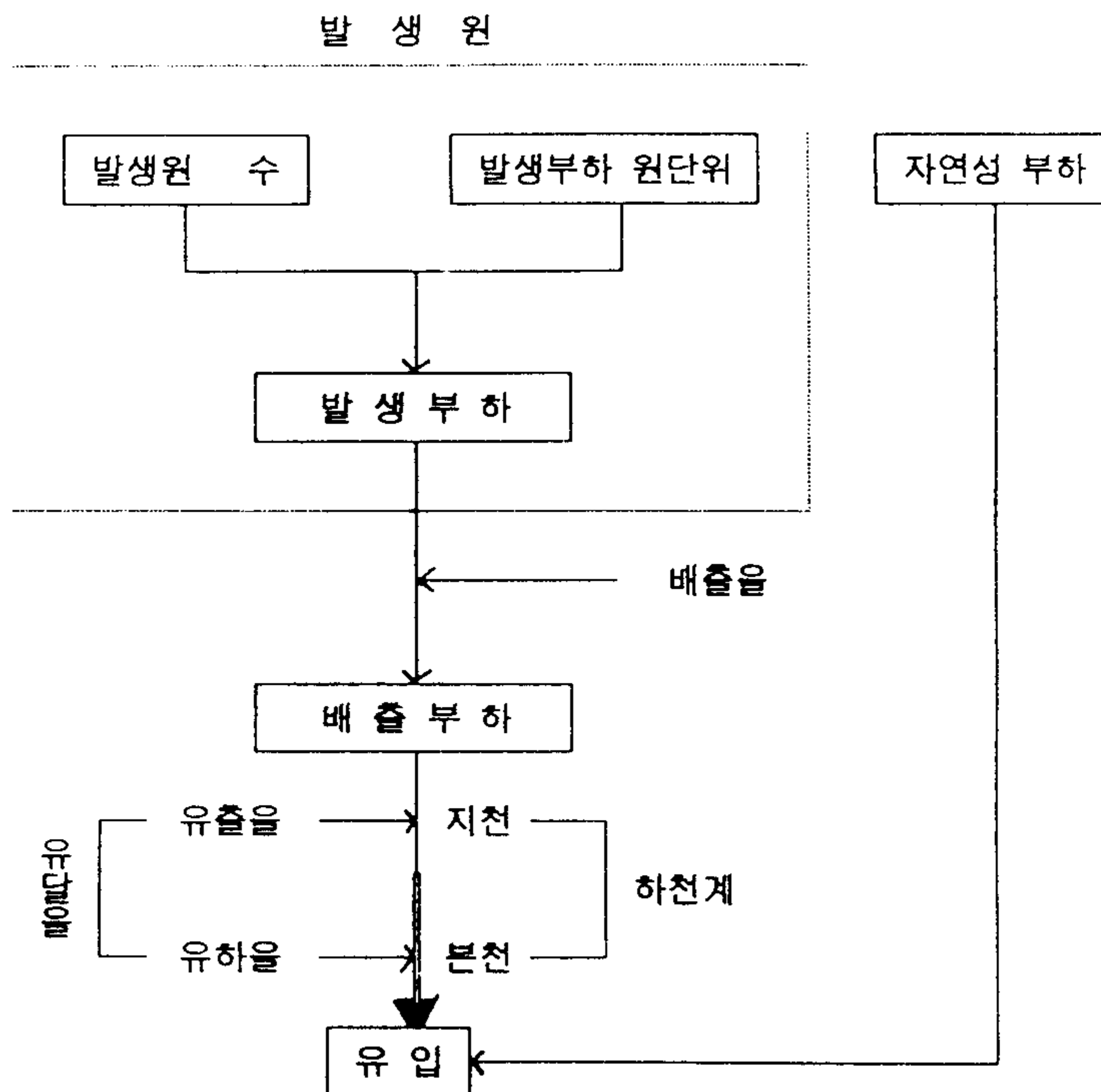
이를 위해서는, 유역에 산재해 있는 환경관련 정보의 수집, 정리, 계산 등의 효율화를 도모할 필요가 있으며, 정량적인 모형을 설정하므로써 시책의 효과 및 개발행위의 영향을 예측함과 동시에 유용하게 이용할 수 있는 수질관리모형의 개발이 필요하다.

본 오염부하 계산모형은 유역의 수질환경에 영향을 미치는 오염원에 관한 자료를 컴퓨터 프로그램을 이용하여 일원적으로 관리하고, 각종 오염원과 그 배출구조변화가 유역 수질환경에 미치는 영향을 예측하여 그 결과에 따라 수질오염방지 시책의 입안 등 수질환경관리 정책을 종합적이고 효율적으로 추진하기 위한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

3.2.2 모형의 기본개념

3.1에서 정의한 각 오염원에서의 오염부하를 發生負荷量, 排出負荷量, 流達負荷量으로 구분하여 정의하면 다음과 같다.

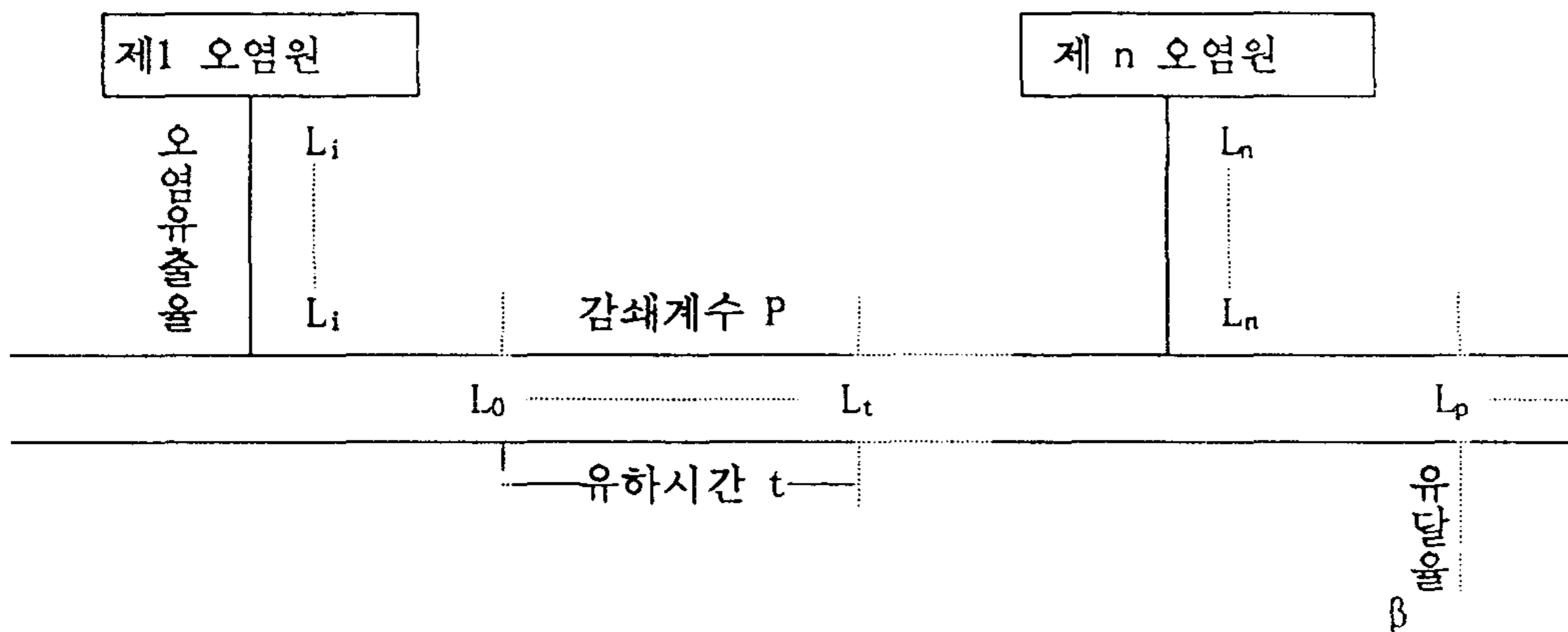
발생부하량은 각 오염원 단위규모에 오염발생 원단위를 곱한 것이며, 배출부하량은 정화조 등에 의한 처리를 거쳐 오염원으로부터 실제로 배출되는 부하량으로서, 발생부하량에 처리에 의한 제거율을 고려한 것이다. 그리고 오염물질이 발생원에서 배출되어 지천에 유입하기까지의 面的要素를 가진 과정을 流出, 지천을 유하하는 線的인 과정을 流下, 이 두 과정을 통해서 목적지점까지 도달하는 전과정을 流達이라 한다. 이렇게 하여 실제로 수역에 유입하는 오염부하량을 流達負荷量이라 하고 유달부하량과 排出負荷量과의 비를 유달율이라 한다. 이 과정을 간단하게 나타내면 <그림 3-1>과 같다.



<그림 3-1> 원단위와 유달율을 이용한 유입부하의 계산과정

오염원으로부터 하천까지의 물질의 유출과정에 대해서는 현상적으로 정확하게 파악되고 있지 않으나, 현재로서는 이 과정에서의 물질의 이동이나, 감쇄작용의 강도는 식(3-1)의 流出率로서 표현하는 것이 일반적이다. 유출율은 원칙적으로 각 오염원마다 결정되어야 하며, 유출율의 크기를 좌우하는 요인으로는 地形, 경사, 하천까지의 유출거리, 그리고 배수로의 정비상황 등이 있다. 또한, 이러한 요인이 동일하다고 하여도 오염물질의 종류에 따라서 오염유출의 크기는 달라질 수 있다.

<그림 3-2>는 물질이송 과정에 관련된 중요 파라메타에 대하여 나타낸 것으로 이들 파라메타를 정리하면 다음과 같다.



<그림 3-2> 수질 파라메타와 유역의 수질모형화

$$\text{오염유출율, } a_i = \frac{L_i}{L_i} \quad (3-1)$$

$$\text{감쇠계수, } p = -\frac{1}{t} \log_{10} \frac{L_t}{L_0} = \frac{1}{t} \log_{10} \frac{L_0}{L_t} \quad (3-2)$$

$$\text{감쇠율, } a = 10^{-p \cdot t} = \frac{L_t}{L_0} \quad (3-3)$$

$$\text{도달율, } b_i = a \cdot a_i \quad (3-4)$$

$$\text{유달율, } \beta = \frac{L_p}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad (3-5)$$

L_i = i번째 오염원의 배출부하량(g/일)

L_i' = i번째 오염원으로 부터 하천으로 유출하는 부하량(g/일)

L_0 = 하도 내의 어느 지점의 부하량(g/일)

L_t = 어느 지점으로 부터 t시간만큼 유하한 지점의 부하량(g/일)

n = 대상구역의 오염원 수

L_p = 구역의 하류 기준점에서의 부하량(g/일)

식(3-3)의 減衰率(a)은 본질적으로 減衰係數(p)와 같은 수질특성을 나타내는 파라메타이다. 감쇠계수(a)는 하도 내의 기준점을 설정하고 그곳까지의 유하시간을 일정하게 할 경우에 감쇠작용의 크기를 나타낸다. 즉, 공간적(혹은 시간적)으로 고정된 파라메타이다. 도달율(b_i)은 식(3-4)에서와 같이 오염유출율(a_i)과 감쇠율(a)과의 곱이며, 원칙적으로는 각 오염원 마다 결정되어야 한다. 이것은 어떤 오염원에서의 排出負荷量이 하류의 기준점에 도달하는 부하량의 비율을 나타내는 파라메타이며, 流達率(β)은 대상구역의 汚染流出特性을 나타내는 가장 간단한 파라메타이다.

여기서, 식(3-5)에 대하여

$$L_p = \sum_{i=1}^n (a_i \cdot 10^{-p \cdot t} \cdot L_i) = \sum_{i=1}^n (b_i \cdot L_i) \quad (3-6)$$

로 하면 유달율은 식(3-7)과 같다.

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (b_i \cdot L_i)}{\sum_{i=1}^n (L_i)} \quad (3-7)$$

이상 설명한 도달율(b_i) 및 유달율(β)은 모형의 線型性 가정에 의하여 수질관리 계획상 중요한 역할을 하는 파라메타이다.

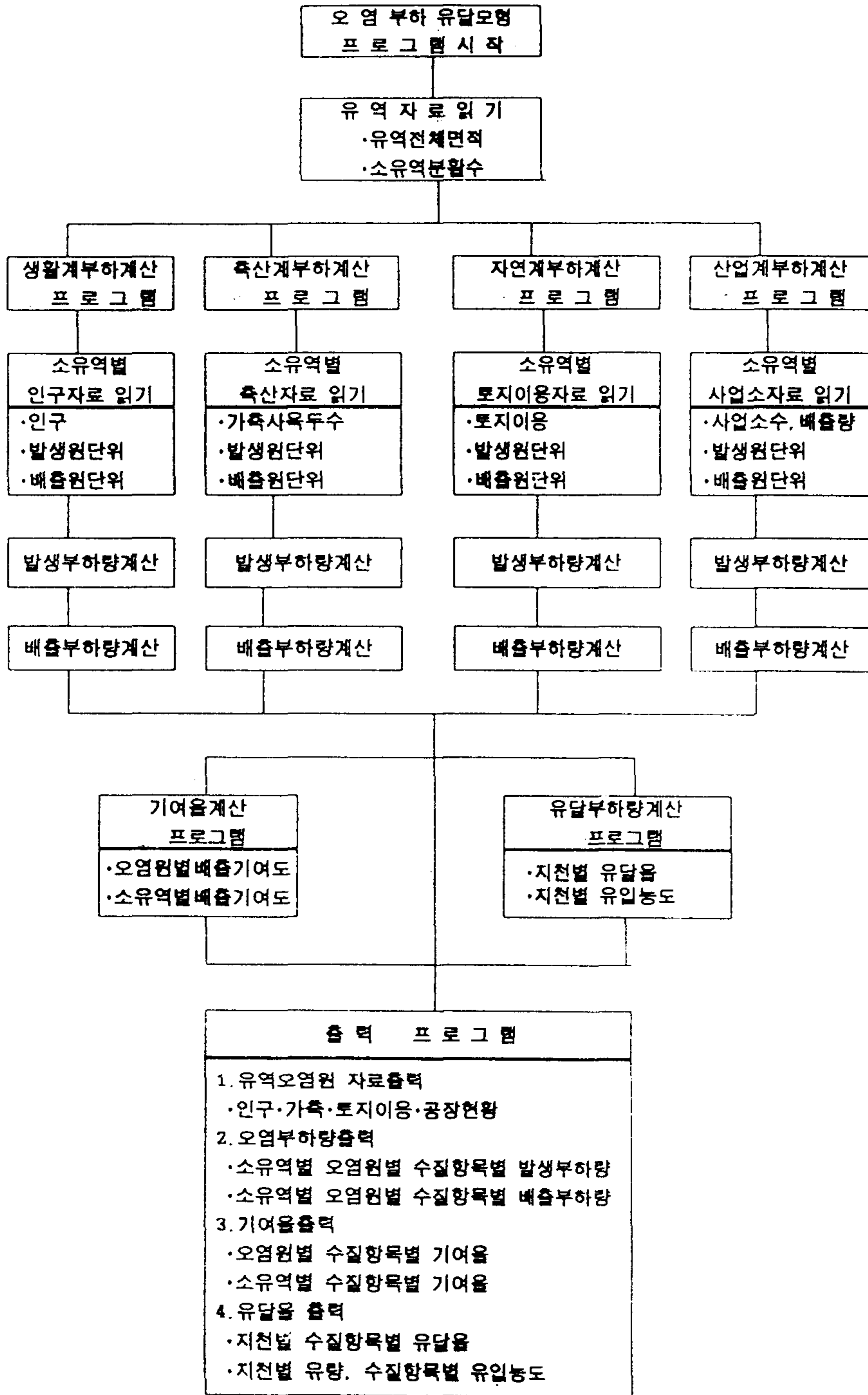
3.2.3 모형의 구조

오염부하 계산모형은 각 오염원에서 발생 및 배출되는 오염부하를 생활계부하, 축산계부하, 자연계부하, 산업계부하로 구분하여 계산하는 오염부하 계산프로그램과 기여율 계산, 유달율 계산 및 출력에 관한 프로그램으로 구성되어 있으며 모형의 구조와 수행내용은 <그림 3-3>과 같다.

1. 오염부하량 계산

오염부하계산 프로그램은 대상구역의 오염원에 대한 기초자료를 이용하여 오염원으로 부터의 발생 및 배출오염부하량을 계산하며, 이 결과를 분석하여 구역에서 발생하는 오염부하량의 현황을 파악할 수 있다. 또한 현상과 동일한 방법에 의해 장래의 오염부하량의 추정 및 수질오염방지 시책을 실시하는 경우의 오염부하량의 추정도 가능하다.

또한 본 모형에서 산정하는 수질오염 지표항목은 생물화학적 산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P)이다.



<그림 3-3> 유역 오염부하 모형의 구성 및 수행내용

가. 생활계부하 계산

생활계 오염부하는 주로 인간의 활동에 의한 것으로서 생활하수와 영업하수로 나눌 수 있으나, 일반적으로 생활하수라 칭하며, 여기서는 생활하수를 생활계 잡배수와 분뇨로 구분하여 발생부하량을 산출하고, 생활잡배수는 그 처리형태에 따라 직접방류형, 하수처리형, 분뇨는 수거, 분뇨정화조사용, 농지환원, 기타로 세분하여 처리형태별 배출율을 고려하여 배출부하량을 산출한다.

그리고, 이용된 원단위는 생활계잡배수는 도시수준과 농촌수준으로 구분하였고, 분뇨는 도시·농촌의 구분없이 동일한 값이 사용되었다.

나. 축산계부하 계산

축산계에서 유래하는 부하는 가축이 배설하는 분뇨와 축사폐수에 의한 것으로, 발생부하량은 각각의 발생원단위를 이용하여 계산하며, 배출부하량은 다시 분은 수거, 농지환원으로, 뇨는 처리형태별로 세분하여 배출원단위를 이용하여 계산한다.

사용하는 원단위는 가축종류별로 육우, 한우, 젓소, 사슴, 양, 돼지, 닭, 오리등으로 구분하여 적용할 수 있도록 하였으며, 분의 농지환원시는 식물에 의한 흡수, 자연감소 등을 고려하여 용탈율과 유출율을 적용하였다.

<표 3-1> 생활계부하계산 프로그램의 수행내용(1)

(발생 부 하 계 산)

구 분			계 산
생 활 하 수	생 활 계 배 수	도시 수준	오염원규모×발생원단위
		농촌 수준	오염원규모×발생원단위
	분 뇨		오염원규모×발생원단위

<표 3-2> 생활계부하계산 프로그램의 수행내용(2)

(배출부하계산)

구분		계산방법			
생활 하 수	생활계배수	직접방류		발생량×직접방류인구비율	
		하수처리	BOD	발생량×하수처리인구비율×(1-제거율)	
			T-N	발생량×하수처리인구비율×(1-제거율)	
			T-P	발생량×하수처리인구비율×(1-제거율)	
	분 노	수거	유역내	분뇨처리장배출수량×농도	
			유역외	제 외	
		정화조사용	합병정화조	BOD	발생부하량×사용인구비율×(1-제거율)
				T-N	발생부하량×사용인구비율×(1-제거율)
				T-P	발생부하량×사용인구비율×(1-제거율)
			단독분뇨정화조	BOD	발생부하량×사용인구비율×(1-제거율)
				T-N	발생부하량×사용인구비율×(1-제거율)
				T-P	발생부하량×사용인구비율×(1-제거율)
		농지환원	BOD	발생부하량×농지환원율×용탈율×유출율	
			T-N	발생부하량×농지환원율×용탈율×유출율	
			T-P	발생부하량×농지환원율×용탈율×유출율	

<표 3-3> 축산계부하계산 프로그램 수행내용(1)

(발생부하계산)

구 분		계 산 방 법		
		분	노	
가 축	소	육우	오염원규모×분발생원단위	오염원규모×노발생원단위
		유우	오염원규모×분발생원단위	오염원규모×노발생원단위
	돼 지		오염원규모×분발생원단위	오염원규모×노발생원단위
	닭		오염원규모×분발생원단위	오염원규모×노발생원단위
	사슴		오염원규모×분발생원단위	오염원규모×노발생원단위

<표 3-4> 축산계부하계산 프로그램의 수행내용(2)

(배출부하계산)

구 분		배출형태	
노	A	수질환경기본법 규제대상	오염원규모×대상비율×배출원단위
	B	오수·분뇨 및 축산폐수처리법	오염원규모×대상비율×배출원단위
	C	· 미처리방류	발생부하량
분	농지 환원	B O D	발생부하량×농지환원율×용탈율×유출율
		T - N	발생부하량×농지환원율×용탈율×유출율
		T - P	발생부하량×농지환원율×용탈율×유출율
	수거	유역 내	발생부하량×(1-농지환원율)+유역외유입량
		유역 외	제 외

다. 자연계부하 계산

자연계부하는 유역의 토지이용 형태를 산림, 논, 밭, 대지, 기타로 구분하여 각각의 원단위를 이용하여 발생 및 배출부하량을 산정한다.

<표 3-5> 자연계부하계산 프로그램의 수행내용

구 분		계 산 방 법	
토 지 이 용 형 태	산림	BOD	오염원 규모×BOD발생원단위
		TN	오염원 규모×TN발생원단위
		TP	오염원 규모×TP발생원단위
	논	BOD	오염원 규모×BOD발생원단위
		TN	오염원 규모×TN발생원단위
		TP	오염원 규모×TP발생원단위
	밭	BOD	오염원 규모×BOD발생원단위
		TN	오염원 규모×TN발생원단위
		TP	오염원 규모×TP발생원단위
	대지	BOD	오염원 규모×BOD발생원단위
		TN	오염원 규모×TN발생원단위
		TP	오염원 규모×TP발생원단위
기타	BOD	오염원 규모×BOD발생원단위	
	TN	오염원 규모×TN발생원단위	
	TP	오염원 규모×TP발생원단위	

라. 산업계부하 계산

산업은 업종별로 무수히 분류될 수 있으나, 본 모형에서는 농촌에서 일반적으로 볼 수 있는 업종을 중심으로 식품제조업, 음료제조업, 섬유제조업, 기계제조업, 기타로 구분하여 업종별 발생 및 배출원단위를 이용하여 부하량을 산출한다.

<표 3-6> 산업계부하계산 프로그램의 수행내용

구 분	계 산 방 법
식 품 제 조 업	폐수발생량×발생(배출)원단위
음 료 제 조 업	폐수발생량×발생(배출)원단위
섬 유 제 조 업	폐수발생량×발생(배출)원단위
기 계 제 조 업	폐수발생량×발생(배출)원단위
기 타	폐수발생량×발생(배출)원단위

2. 기여율 계산

각 오염원에서 배출된 오염물질은 실제로 하천등 공공수역으로 방출되어 수질오염에 영향을 미치게 되므로, 기여율 계산프로그램은 각 오염원이 수질오염에 영향을 미치는 배출부하량에 얼마만큼 기여하는가를 파악하여 수질환경 악화가 우려될 시 우선적으로 삭감대책을 실시하여야 할 오염원을 파악하는데 그 목적이 있다.

기여율 계산프로그램은 각 오염원의 배출부하량을 소유역별, 오염원별, 수질항목별로 집계하고 이를 이용하여 각 오염원별, 소유역별 오염물질 배출기여율을 산출한다.

$$Y_{wij} = \frac{A_{wij}}{D_{wj}} \times 100(\%) \quad (3-8)$$

Y_{wij} = w유역의 i오염원의 j수질항목 기여율 (%)

A_{wij} = w유역의 i오염원의 j수질항목의 배출부하량 (kg/day)

D_{wj} = w유역의 j수질항목의 총배출부하량 (kg/day)

3. 유달을 계산

오염물질이 각 오염원으로부터 배출되어 대상수역에 유입하는 동안에 유역의 특성에 따라 회석, 확산, 이류, 침전, 흡착, 탈착, 용해, 분해, 침투, 소류, 생물섭취 등의 자연적 현상과 취수, 배수, 예취, 청소등의 인위적인 조작이 첨가되어 복잡한 경로를 거쳐서 변화되므로, 유달을 계산프로그램은 이들 작용을 거친 오염물질의 유출특성을 가장 쉽게 파악할 수 있는 수질파라메타인 유달을 산출하는 데 그 목적이 있다.

본 연구에서는 맑은 날의 실측자료를 이용한 유달을 유역의 특성파라메타와 중회귀분석을 실시하였는 바, 이는 상관관계가 가장 높은 하나의 독립변수를 이용하는 것 보다는 상관계수가 비교적 높은 두개 이상의 독립변수를 이용하는 것이 유역의 특성을 반영하는 정도가 높다고 판단되었기 때문이다.

$$R_i = \alpha_i X1 + \beta_i X2 + \dots + \gamma_i \quad (3-9)$$

$R_i = i$ 수질항목의 유달율(%)
 $\alpha_i, \beta_i, \dots, \gamma_i = i$ 수질항목의 유역상수
 $X1, X2, \dots, =$ 유역의 특성파라메타

식(3-9)의 유달율을 이용하여 지천의 유달부하량은 다음과 같이 계산한다.

$$L_{wi} = R_{wi} \times D_{wi} \quad (3-10)$$

$L_{wi} = w$ 유역의 i 수질항목의 유달부하량(kg/day)
 $R_{wi} = w$ 유역의 i 수질항목의 총배출부하량(kg/day)

실제로 하천수질예측 모형의 입력자료는 유량과 농도이므로, 유입농도는 유달 부하량을 유량으로 나누어서 구할 수 있다.

3.2.4 모형의 입·출력 자료

유역 오염부하 모형의 입력자료는 생활계 data, 축산계 data, 자연계 data, 산업계 data, 유량 data의 5가지 data 화일이 필요하다.

모형의 수행 결과는 각 오염원별 발생·배출부하량, 기여율, 유달율, 수질항목별 농도가 소유역별로 도표형식으로 출력된다.

이상의 입·출력자료의 자세한 사항은 부록 B에 수록하였다.

3.3 오염원 현황

3.3.1 인구추이 및 예측

본 연구대상 유역의 인구는 1983년 9,795명에서 1986년 9,857명, 1989년 10,182명으로 연평균 인구증가율이 0.21%에서 1.1%로 증가하다가 1989년 이후 연평균인구 증가율이 0.33%로 둔화하여 1992년 현재 10,284명에 이르고 있다. 1983년부터 1992년 까지 10년간의 연평균 인구 증가율은 0.49%로 소도시의 연평균 인구 증가율(0.5~1%)의 수준을 보이고 있다.

유역의 인구 밀도는 1983년 122.4인/km²에서 1992년 128.55인/km²으로 약간 증가하는 추세이며 가구수 증가율은 같은 기간동안 0.27%로 인구증가율 보다 낮게 나타나고 있으며 가구당 인구수는 1983년 4.6인, 1989년 4.7인으로 변화가 거의 없다.

소유역별로 살펴보면, 최근 10년간의 인구증가율은 -2.27~+5.67%, 인구밀도 694.7~31.9인/km²의 분포를 나타내고 소유역별로 차이가 심한 것으로 조사되었다.

인구증가는 자연증가 외에도 정치, 경제, 사회, 문화등 사회적 요소에 의해서도 이루어지므로 장래의 인구전망도 이러한 사회적 인구증가를 유발시키는 가변인

자를 파악하고 자연증가와 과거의 인구추세 등을 감안하여 그 지역에 적합한 인구 증가율을 산출하여 장래의 인구를 추정하는 것이 일반적이다.

본 조사구역은 농촌의 면지역으로서 장래의 도시계획과 같은 특별한 개발대책이 없으므로 자연증감만을 고려하여 과거의 인구자료를 이용한 통계적 방법으로 장래인구를 추정하였다.

각 소유역별 장래인구의 추정은 1983~1992년의 최근 10개년간의 인구자료를 이용하여 다음과 같은 두 방법으로 추정하였다.

최소자승법: $y_n = a + b \cdot n$

등차증가법: $y_n = y_0 + n \cdot C$

여기서, y_n : 추정년도 인구, a, b : 상수, n : 설계기간, y_0 : 기준년도 인구,
 C : 연평균인구증가수 $= (y_0 - y_t) / t$, y_t : 기준년도로부터 t 년전의 인구

<표 3-7> 유역의 인구추이 및 장래예측

유역명	면적 (km ²)	인구수 (인)				가구수				년평균 인구증감율 (%)	인구밀도 (인/km ²)	가구당 인구수
		1983	1986	1989	1992	83	86	89	92			
WS#1 (평창)	14.6	1840	1675	1745	2300	348	386	391	-	2.26	157.5	4.5
WS#2 (식금)	5.2	150	120	156	166	35	32	40	-1	1.02	31.9	3.9
WS#3 (작촌)	5.1	778	854	815	853	168	196	202	247	0.92	167.3	3.5
WS#4 (관리)	13.1	1324	1289	1195	1273	345	410	398	425	-0.39	97.2	3.0
WS#5 (회억)	1.5	481	424	426	420	93	96	100	120	-1.35	280.0	3.5
WS#6 (오천)	1.5	895	896	983	1042	204	219	287	302	1.53	694.7	3.5
WS#7 (이치)	2.2	242	424	426	420	54	49	54	62	5.67	190.9	6.8
WS#8 (덕평)	2.6	468	556	711	491	93	110	127	168	0.48	188.9	2.9
WS#9 (각평)	2.9	230	273	256	246	56	58	56	67	0.67	84.8	3.7
WS#10 (해월)	9.7	774	838	859	768	150	161	174	188	-0.08	79.2	4.1
WS#11 (매곡)	9.8	1023	1053	1180	921	211	231	234	249	-1.04	94.0	3.7
WS#12 (단천)	5.2	1010	967	934	923	237	231	238	255	-0.9	177.5	3.7
WS#13 (동산)	6.7	580	488	496	461	120	114	118	124	-2.27	68.8	3.7
총계	80.0	9,795	9,857	10,182	10,284	2,114	2,293	2,149	-	0.49	128.6	4.1

3.3.2 축산현황

국민소득의 증가에 따른 식생활의 변화와 농가소득의 증대를 위한 축산진흥 정책 등에 의해서 전국적으로 가축사육 두수는 증가하고 있으나 축산농가수는 감소하는 경향을 보이고 있다.

대상구역의 대부분을 포함하는 이천군 마장면과 호법면의 가축사육추세는 한우의 경우는 사육두수와 사육농가수가 모두 감소하는 추세이며, 유우는 모두 증가하고 있다. 돼지의 경우는 사육농가수는 감소하지만, 사육두수는 전반적으로 증가하고 있으며 닭은 사육농가수는 비슷하지만 사육두수는 급속히 증가하고 있다.

<표 3-8> 소유역별 축산현황 (단위: 두)

구역명	유우		한우		돼지		닭	
	91	93	91	93	91	93	91	93
WS#1	154	180	36	40	1666	1820	10010	10000
WS#2	43	38	5	5	26	24	4260	4300
WS#3	0	15	41	66	1170	1523	10800	33670
WS#4	293	270	184	176	2960	3020	1570	12000
WS#5	6	6	11	10	300	699	60	3005
WS#6	0	0	102	52	1905	1171	0	10
WS#7	0	0	25	22	350	753	330	900
WS#8	41	87	1	54	15	291	2000	5428
WS#9	0	0	44	38	103	126	670	2100
WS#10	529	266	114	88	1159	490	81000	84452
WS#11	506	599	38	36	221	353	0	21508
WS#12	95	229	169	148	2731	2531	26	9805
WS#13	192	140	161	89	661	556	3800	64
총 계	1,859	1,830	931	824	13,267	13,389	148,726	187,265

3.3.3 토지이용 특성

연구대상구역의 토지이용 현황은 리별 토지이용 면적을 참고하여 임야, 논, 밭, 대지 기타로 구분하여 소유역별로 환산한 바, 대상구역의 총면적 중 임야가 64%인 51.2km², 논이 17.5%, 밭 9.8%, 대지 1.9%, 기타가 6.8%를 점하고 있다.

대상구역의 토지이용특성을 소유별로 살펴보면, 임야는 소유역 전체 면적에 대해 24.4%~78%, 논은 4.8%~42.2%, 밭이 7.1%~17.9%, 대지가 0.4%~ 13.7%를 각각 차지하고 있다.

대체적으로 상류구역에서 임야의 구성비율이 66.4%~83.8%로 높으며 중하류로 갈수록 낮아지고 있다.

3.3.4 사업소 현황

수질환경에 영향을 미치는 폐수배출산업을 중심으로 섬유제조업, 식료품제조업, 기계제조업, 기타산업으로 분류하여 공장수와 종업원수 및 폐수발생량을 조사하였다.

대상구역에는 비교적 규모가 큰공장이 5개소가 있으며, 이들은 모두 식품 및 음료품 제조업소이다. 전체적으로는 소규모의 가내공업이 주종을 이루고 있고 30여개의 공장에서 1,680명의 종업원이 종사하고 있다.

<표 3-9> 유역의 토지이용 특성

(단위: ha)

소유역명	면적	임야	논	밭	대지	기타
WS-1 평창	1456.1	967.0 (66.4)	204.0 (14)	145.1 (10)	32.0 (2.2)	108.0 (7.4)
WS-2 식금	515.6	402.4 (78)	25.0 (4.8)	36.7 (7.1)	2.3 (0.4)	49.2 (9.5)
WS-3 작촌	507.5	384.8 (75.8)	55.2 (10.9)	36.5 (7.2)	7.6 (1.5)	23.4 (4.6)
WS-4 관리	1310.5	906.5 (69)	253.8 (19)	119.8 (9)	18.7 (1)	47.7 (4)
WS-5 회억	149.6	83.7 (55.9)	32.6 (21.7)	22.8 (15.2)	5.6 (3.7)	4.9 (3.3)
WS-6 오천	154.3	37.6 (24.4)	40.6 (26.3)	27.7 (17.9)	21.2 (13.7)	27.2 (17.6)
WS-7 이치	220.9	83.2 (37.7)	93.3 (42.2)	23.0 (10.4)	3.2 (1.4)	18.2 (8.2)
WS-8 덕평	258.8	164.7 (63.6)	34.3 (13.3)	21.3 (8.2)	14.2 (5.5)	24.3 (9.4)
WS-9 각평	287.4	183.2 (63.7)	53.7 (18.7)	26.0 (9)	3.3 (1.1)	21.2 (7.4)
WS-10 해월	971.6	613.7 (63.2)	139.2 (14.3)	121.8 (12.5)	13.2 (1.4)	65.7 (6.8)
WS-11 매곡	984.1	691.4 (70.3)	178.0 (18.1)	72.8 (7.4)	11.7 (1.9)	30.2 (3.1)
WS-12 단천	514.4	310.7 (60.4)	106.5 (20.7)	44.3 (8.6)	8.1 (1.6)	44.8 (8.7)
WS-13 동산	667.8	270.2 (40.5)	220.7 (33)	85.9 (12.9)	7.7 (1.6)	83.3 (12.5)
총 계	7998.6	5119.1 (64)	1400.9 (17.5)	783.7 (9.8)	148.8 (1.9)	546.1 (6.8)

<표 3-10> 사업소 현황

구역명	분류	개 수	종업원수 (인)	배출량 (m ³ /day)
WS-1	섬유제조업	3	38	11
	기 타	7	183	38
	소 계	10	221	49
WS-4	식품제조업	1	50	300
	소 계	1	50	300
WS-6	기 타	2	10	10
	소 계	2	10	10
WS-7	섬유제조업	2	150	13
	기 타	1	107	33
	소 계	3	257	46
WS-8	식품제조업	2	250	450
	음료품제조업	1	425	1700
	기 타	2	106	156
	소 계	5	781	2300
WS-10	기 타	5	45	6.5
	소 계	5	45	6.5
WS-11	식품제조업	1	39	160
	기 타	3	269	30.5
	소 계	4	408	190.5
총 계		30	1680	2902.0

3.4 유역의 오염부하량

3.4.1 오염발생부하량

오염원에서의 오염발생부하량을 산출하기 위해서는 오염원별로 실측한 값을 사용하는 것이 원칙이나, 국내뿐만 아니라 국외에서도 이들 원단위에 대한 연구결과가 많으므로 이들의 연구결과를 비교·분석하여 본 유역에 적합하다고 판단되는 값들을 선정하여 적용하였다.

먼저, 생활계부하의 主源인 생활하수는 생활잡배수와 분뇨로 구분하여 <표 3-11>의 값을 적용하였으며, 생활잡배수의 경우는 도시수준과 농촌수준에 따라 그 배출특성이 다를 것으로 판단되어 구분하여 적용하였다.

<표 3-11> 생활하수에 의한 발생원단위 (단위: g/인/일)

구분		항목	적용값	
			도시수준 ¹⁾	농촌수준 ²⁾
생활하수	생활잡배수	BOD	23.2	11.0
		T-N	2.6	1.0
		T-P	0.82	0.4
	분뇨 ³⁾	BOD	18.0	
		T-N	9.0	
		T-P	1.0	

- 주: 1) 농촌유역 수질오염특성에 관한 연구(1992, 김한태)
 2) 농촌유역 광역수질관리계획 보고서(1986, 近畿農政局, 日本)
 3) 日本 集落排水 協議會(1990)

가축에 의한 발생부하량은 가축분뇨 배설량 <표 3-12>와 그 특성 <표 3-13>으로 부터 가축분과뇨를 구분하여,뇨발생량에는 가축의뇨발생량에 축사폐수배출량<표 3-14>을 합하여 산출하였으며,가축종류별뇨배출량은 한우와 육우 33 l/일,젓소 40 l/일,돼지 12.4 l/일을 적용하였다.이로부터 계산된 가축종류별오염물질 발생원단위는 <표 3-15>와 같다.

<표 3-12> 가축종류별 분뇨 배설량

구분	체중(kg)	분 (kg/day)	뇨 (kg/day)
한우	350	9.3	3.7
	160	5.4	1.3
육우	600	10.0	11.4
	500	11.5	5.6
	350	5.7	3.2
	160	5.0	1.8
젓소	500	11.6	6.8
	350	11.1	3.8
	160	7.6	1.6
돼지	>170	2.9	2.8
	70~90	1.9	2.6
	30~50	1.0	1.4
	10~20	0.5	0.8
닭	1.4	0.12	-

자료: 이천군 축산폐수공동처리장건설 실시설계보고서(1991, 환경처)

<표 3-13> 가축분뇨의 특성

(단위: mg/l)

구 분	돼지		소						닭
			젖 소		육 우		한 우		
	분	뇨	분	뇨	분	뇨	분	뇨	분
BOD	43,000	5,000	41,000	4,500	57,000	4,400	45,000	3,200	28,350
COD	59,000	6,500	30,000	4,800	67,000	4,800	57,000	3,700	49,500
SS	58,000	2,000	57,000	300	73,000	2,300	65,000	1,400	39,550
T-N	3,077	2,400	31,300	24	33,700	34	8,200	140	40,374
T-P	4,500	2,000	1,800	70	1,800	180	1,500	260	1,766.6
NH ₃ -N	900	500	1,500	100	470	470	350	310	1,250.4
NO ₃ -N	37	0.2	3,900	21	1,500	22	1,050	2.1	1,444.1
NO ₂ -N	2.2	0.3	2.3	0.0	21	0.0	2.1	0	3.0
PO ₄ -P	1,700	100	1,300	30	1,500	15	1,100	140	1,755.6

자료: 이천군 축산폐수공동처리장건설 실시설계보고서(1991, 환경처)

<표 3-14> 가축의 노발생량 및 특성

구 분	폐수발생량 (l/두/일)	BOD (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	
소	한우	33	2,900	1,452	33
	육우	33	2,900	1,452	33
	젖소	40	2790	1,452	33
돼지	12.4	2510	983	48	

자료: 이천군 축산폐수공동처리장건설 실시설계보고서(1991, 환경처)

<표 3-15> 가축에 의한 발생원단위

(단위:g/두/일)

항목 가축종류		B O D		T - N		T - P	
		분	노	분	노	분	노
소	한우	331	95.7	60.3	47.9	11.0	1.1
	육우	576	95.7	340.0	47.9	18.2	1.1
	젖소	330	111.6	252.0	58.1	14.5	1.3
돼지		141.2	31.1	18.5	12.2	12.5	0.6
닭		3.4	-	4.8	-	0.2	-
오리		5	-	12.7	-	1.75	-
양,염소, 사슴		160	-	21.0	-	7.5	-

자연계에서 유래하는 부하는 주로 비점원(면원)에 의한 부하로서 대부분 토지이용 특성에 따라 분류하여 토지이용형태별 발생 및 배출원단위를 적용하는 것이 일반적이다. 본 연구에서도 토지이용형태별 특성을 임야, 논, 밭 대지, 기타로 구분하여 리별로 조사하여 문헌상의 원단위값을 참고하여 <표 3-16> 값을 적용하였으며, 지역적 편기현상을 배제하고 농촌유역의 특성을 반영하는 조사·연구자료를 최대한으로 참고하였다.

<표 3-16> 토지이용에 따른 발생원단위

(단위: kg/km²/day)

구분	항목	BOD	T-N	T-P
	논	5.12 ¹⁾	8.2 ²⁾	1.4 ²⁾
	밭 ³⁾	5.18	8.95	0.39
	임야 ³⁾	1.0	4.64	0.021
	대지 ⁴⁾	87.6	10.05	0.55
	기타 ⁴⁾	0.96	4.64	0.027

주: 1) 담수호 부영양화 방지대책 수립 I (1989, 농업진흥공사)

2) 농경지로부터 영양염류의 유출특성에 관한 연구(1990, 홍성구)

3) 국립환경연구원보(1992)

4) 국립환경연구원보(1989)

공장폐수에 의한 오염부하는 업종을 농촌유역에서 흔히 볼 수 있는 식품제조업, 음료제조업, 섬유제조업, 기계제조업, 기타로 구분하여 업종별 오염물질발생원 단위를 <표 3-17>의 값을 적용하였다.

<표 3-17 > 공장폐수의 발생원단위

(단위: g/day/m³)

업종	BOD	T-N	T-P
식품제조업	2421	32.42	16.98
음료제조업	164	37.76	17.22
섬유제조업	987	103.42	11.25
기타	288	51.99	21.46

자료: 농촌유역의 수질오염 특성에 관한 연구 (김한태,1992)

이상의 오염원별 원단위를 이용하여 본 연구대상유역에서의 1일동안의 발생부하량은 <표 3-18>에서와 같이 유역전체로 볼 때 BOD는 6635.50 kg/day, T-N 2638.98 kg/day, T-P 335.15 kg/day 이며, 이를 다시 오염원별로 살펴보면, 전체 발생량 중 가축에 의한 발생량이 BOD 63.9%, T-N 75.7%, T-P 78.7%를 점하고 있어 본 유역의 가장 중요한 오염발생원임을 알 수 있고 그 다음으로는 토지, 생활하수, 공장폐수의 순으로 나타났다.

<표 3-18> 발생부하량 (단위: kg/day)

<1> 생활계부하 발생부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	444.142	164.020	29.170
WS 2	260.528	77.313	17.854
WS 3	411.677	220.165	27.721
WS 4	755.477	253.084	48.358
WS 5	137.571	38.826	9.974
WS 6	223.986	41.624	15.971
WS 7	142.189	29.817	10.311
WS 8	130.055	67.810	6.926
WS 9	45.064	18.060	2.530
WS10	526.579	512.421	28.577
WS11	413.829	303.721	18.826
WS12	633.706	211.792	40.526
WS13	195.817	70.420	10.585
SUM	4320.621	2009.073	267.328

<2> 가축에 의한 발생부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	66.700	23.000	3.220
WS 2	4.814	1.660	0.232
WS 3	24.737	8.530	1.194
WS 4	36.917	12.730	1.782
WS 5	12.180	4.200	0.588
WS 6	30.218	10.420	1.459
WS 7	12.180	4.200	0.588
WS 8	14.239	4.910	0.687
WS 9	7.134	2.460	0.344
WS10	22.272	7.680	1.075
WS11	26.709	9.210	1.289
WS12	26.767	9.230	1.292
WS13	13.369	4.610	0.645
SUM	298.236	102.840	14.398

<3> 자연계 발생부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	56.731	82.809	3.829
WS 2	9.468	26.462	0.599
WS 3	15.477	27.526	1.047
WS 4	39.874	76.661	4.221
WS 5	8.571	9.361	0.592
WS 6	22.674	10.936	0.808
WS 7	9.673	14.706	1.433
WS 8	17.234	14.939	0.685
WS 9	8.888	16.507	0.914
WS10	32.103	55.200	2.641
WS11	36.472	56.503	3.033
WS12	18.487	30.006	1.786
WS13	28.615	43.282	3.560
SUM	304.266	464.899	25.148

<4> 산업계발생부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	21.801	3.113	0.939
WS 2	0.000	0.000	0.000
WS 3	0.000	0.000	0.000
WS 4	24.210	0.324	0.170
WS 5	0.000	0.000	0.000
WS 6	0.576	0.104	0.043
WS 7	18.591	2.384	0.575
WS 8	1249.178	49.131	23.043
WS 9	0.000	0.000	0.000
WS10	1.872	0.338	0.139
WS11	396.144	6.773	3.371
WS12	0.000	0.000	0.000
WS13	0.000	0.000	0.000
SUM	1712.372	62.168	28.281

< 표 3-18 > 계 속

구역명	QUAL	BOD	T - N	T - P					
WS 1	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	66.700	23.000	3.220	WS 8	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	14.239	4.910	0.687
		444.142	164.020	29.170			130.055	67.810	6.926
		56.731	82.809	3.829			17.234	14.939	0.685
		21.801	3.113	0.939			1249.178	49.131	23.043
		589.374	272.942	37.158			1410.706	136.790	31.341
WS 2	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	4.814	1.660	0.232	WS 9	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	7.134	2.460	0.344
		260.528	77.313	17.854			45.064	18.060	2.530
		9.468	26.462	0.599			8.888	16.507	0.914
		0.000	0.000	0.000			0.000	0.000	0.000
		274.810	105.435	18.685			61.086	37.027	3.789
WS 3	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	24.737	8.530	1.194	WS10	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	22.272	7.680	1.075
		411.677	220.165	27.721			526.579	512.421	28.577
		15.477	27.526	1.047			32.103	55.200	2.641
		0.000	0.000	0.000			1.872	0.338	0.139
		451.891	256.221	29.962			582.826	575.639	32.433
WS 4	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	36.917	12.730	1.782	WS11	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	26.709	9.210	1.289
		755.477	253.084	48.358			413.829	303.721	18.826
		39.874	76.661	4.221			36.472	56.503	3.033
		24.210	0.324	0.170			396.144	6.773	3.371
		856.478	342.799	54.531			873.154	376.207	26.520
WS 5	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	12.180	4.200	0.588	WS12	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	26.767	9.230	1.292
		137.571	38.826	9.974			633.706	211.792	40.526
		8.571	9.361	0.592			18.487	30.006	1.786
		0.000	0.000	0.000			0.000	0.000	0.000
		158.322	52.387	11.154			678.960	251.028	43.604
WS 6	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	30.218	10.420	1.459	WS13	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	13.369	4.610	0.645
		223.986	41.624	15.971			195.817	70.420	10.585
		22.674	10.936	0.808			28.615	43.282	3.560
		0.576	0.104	0.043			0.000	0.000	0.000
		277.454	63.084	18.281			237.801	118.313	14.790
WS 7	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	12.180	4.200	0.588	오염원 별유역 합계	생태계계 생물계계 자연계계 자산계계	298.236	102.840	14.398
		142.189	29.817	10.311			4320.621	2009.073	267.328
		9.673	14.706	1.433			304.266	464.899	25.148
		18.591	2.384	0.575			1712.372	62.168	28.281
		182.633	51.108	12.907					
총 계							6635.495	2638.980	335.154

3.4.2 오염배출부하량

오염배출부하의 산정을 위해서는 오염원별 배출특성이 조사되어야 한다. 본 연구에서는 생활하수의 경우, 생활잡배수는 현재 유역내에 처리시설이 존재하지 않으므로 발생부하량 전량이 하천으로 직접 배출되는 것으로 하였다. 분뇨는 현지 조사 및 행정자료를 참고하여 <표 3-19>와 같이 처리형태별로 분류하여, 정화조 사용인구는 가정용 단독정화조의 일반적인 부하제거율로 BOD 65%, T-N 7%, T-P 15%를 적용하였으며 외부로 수거되는 것은 배출부하에서 제외하였다.

<표 3-19> 소유역별 분뇨처리현황

(단위: %)

유역명	수거	정화조	농지환원	부속탱크	자연감량
WS-1	72	5	5	8	10
WS-2	60	0	20	10	10
WS-3	10	3	60	15	10
WS-4	7	7	66	14	6
WS-5	17	5	50	15	13
WS-6	30	13	20	20	17
WS-7	5	0	50	20	25
WS-8	20	3	50	10	17
WS-9	10	0	55	20	15
WS-10	13	5	50	15	17
WS-11	10	4	50	20	16
WS-12	15	20	40	10	15
WS-13	7	5	50	20	18

축산폐수에 의한 배출부하량은 배출형태에 따라 분류해야 하므로, 현지의 축산폐기물 관리형태와 법규제등의 사항을 면밀히 조사해야 한다.

일반적으로 축사의 오수발생량은 축사시설의 형태, 분 분리작업, 청소방법 및 사용수량등에 따라 다르다. 보통 축산폐수는 연속적으로 발생하지 않고 하루 중 1~2회의 청소시간에 발생된다.

<표 3-20> 가축사육 규모에 따른 법률 규제

	환경보전법		오수·분뇨 및 축산폐수 처리에 관한 법률
	일반지역	상수 보호구역	
소	1,400 m ² 이상 (1,000마리 이상)	700 m ² 이상 (500마리 이상)	250m ² 이상 1,400 m ² 이하 200두 이상 1,000 두 미만
돼지	1,200 m ² 이상 100마리 이상	600 m ² 이상 50마리 이상	350m ² 이상 1,200 m ² 이하 30두 이상 100두 미만
닭	-	-	5000 m ² 이상 또는 3,000두 이상

축산시설은 그 규모에 따라 <표 3-20>의 법규제를 받고 있으며 본 연구대상 유역의 법규제 현황을 살펴보면, 본 조사대상 유역이 포함된 이천군 마장면과 호법면은 水質保全特別對策地域으로 지정되어 있으며 마장면 16개리 1,399가구(5181명), 호법면 14개리 947가구(3,748명)이 一般廢棄物管理區域으로 지정되어 있고 그 중 연구대상 유역에 포함되는 곳으로는 마장면의 오천1~3리, 양촌리, 덕평1리, 관2~3리, 각평리, 작촌리, 호법면의 매곡1~2리, 동산1~2리, 단천 1리가 해당된다. 본 연구대상 유역에서는 제외되지만, 유역말단 직하류의 호법면 유산리 2,593,000m², 후안리 390,000m², 주미리 1,197,000m², 송갈리 386,000m²가 上水保護區域으로 지정되어 있다.

일반적으로 축산농가에서는 가축의 분은 糞분리작업에 의해 인근 야적장이나 퇴비장에 쌓아두었다가 폐기물관리업자에 의해 수거되거나 농지로 환원되는데, 연

구대상 유역의 현지조사에 의하면 유역내의 축산농가에서는 가축분의 대부분을 퇴비로 이용하고 있어 배출부하량계산시에 퇴비로 이용되는 가축분은 농지에서의 용탈율과 유출율을 고려하여 계산하였다.

<표 3-20>의 법규제에 따라 비규제 대상농가에 일시 침전조가 있으나 제거능을 발휘하지 못하므로, 각 사육농가에서 발생하는 축산폐수는 전량 배출되는 것으로 가정하면 배출부하원단위는 발생부하원단위와 같다.

<표 3-21> 방류수 수질 기준

항목	허가대상 농가	신고대상 농가
BOD (mg/l)	150 이하 (50)	1,500 이하
SS (mg/l)	150 이하 (50)	-

자 료: 수질환경보전법 (1992, 환경청)

규제대상 농가에서는 <표 3-21>의 방류수 규제기준에 따라, BOD의 경우 허가대상농가(환경보전법 적용)에서는 150 mg/l이하, 신고대상농가(오수·분뇨 및 축산처리에 관한 법률 적용)에서는 1,500 mg/l이하로 처리하여 방류하여야 하므로 처리시설로 유입된 축산폐수 전량이 배출된다고 가정하면 위의 규제기준을 상한선으로 하여 폐수발생량을 곱하면 가축종류별 배출원단위를 산정할 수 있다.

T-N과 T-P는 현행 법률상 규제가 없으므로 기존의 처리공법을 기준으로 해서 제거율 만큼 처리되고 나머지는 배출되는 것으로 가정하여 계산하면, 기존의 처리공법 중 활성오니법과 가정용 단독분뇨 정화조의 부하제거율을 고려하여 활성오니법은 T-N 20%, T-P 20%, 분뇨정화조의 경우는 T-N 25%, T-P 1.4%를 적용하였다.

법률규제에 따라 축사에서 배출형태를 A형은 허가대상농가, B형은 신고대상농가, C형은 비규제 대상농가로 구분하였다.

<표 3-22> 가축의 배출원단위

(단위:kg/day)

구분 가종 축류		A			B			C		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
소	한우	1.65	38.3	0.88	49.5	35.9	1.08	95.7	47.9	1.1
	육우	1.65	38.3	0.88	49.5	35.9	1.08	95.7	47.9	1.1
	젖소	2.0	46.5	1.04	60.0	43.5	1.28	11.6	58.1	1.3
돼지		.62	9.7	0.12	18.6	9.1	0.59	31.1	12.2	0.6

연구대상 유역의 가축사육현황을 <표 3-20>에 의해 소유역별로 구분하면 <표 3-23>과 같다. 유역전체로 보면, 가축사육두수를 기준으로 허가대상 비율이 돼지가 1200두로 전체 돼지 사육두수의 9.1%, 신고대상은 유우 549두로 전체유우 사육두수의 30%, 한우 175두로 전체 한우 사육두수의 21.5%, 닭은 154,366두로 전체 닭 사육두수의 82.4%에 해당하며, 그 외는 비규제대상으로 유우는 전체의 70%, 한우 78.8%, 돼지 32.6%, 닭 17.5%를 접하고 있다.

토지이용에 따른 배출부하에서 실제로 논이나 밭, 산림지 등은 자연정화능력이 있는 것으로 보고되고 있으나, 국내의 연구결과가 부족하여 본 연구에서는 자연정화능력이 없는 것으로 가정하여 발생부하량 전량이 배출되는 것으로 하였으며, 공장폐수에 의한 배출부하는 업종별로 <표 3-24>의 배출원단위를 적용하였다.

<표 3-23> 소유역별 규제대상 분류

	규제대상미만				오수·분뇨 및 축산폐수처리				수질환경보전법			
	소		돼지	닭	소		돼지	닭	소		돼지	닭
	유우	한우	사육 두수 (%)	사육 두수 (%)	유우	한우	사육 두수 (%)	사육 두수 (%)	유우	한우	사육 두수 (%)	사육 두수 (%)
	사육 두수 (%)	사육 두수 (%)			사육 두수 (%)	사육 두수 (%)			사육 두수 (%)	사육 두수 (%)		
WS-1	180 (100)	40 (100)	462 (25.4)	10000			1358 (74.6)					
WS-2	38 (100)	5 (100)	24 (100)	4300 (100)								
WS-3	15 (100)	66 (100)	875 (57.5)	1670 (5)			648 (42.5)	32000 (95)				
WS-4	203 (75.2)	106 (60.2)	980 (32.5)	8500 (70.8)	67 (24.8)	70 (39.8)	2040 (67.5)	3500 (29.2)				
WS-5	6 (100)	10 (100)	54 (7.7)	-			645 (92.3)	3005 (100)				
WS-6	-	52 (100)	51 (4.4)	10 (100)			1120 (95.6)					
WS-7	-	22 (100)	55 (7.3)	900 (100)			698 (92.7)					
WS-8	32 (36.8)	9 (16.7)		1528 (28.2)	55 (63.2)	45 (83.3)	291 (100)	3900 (71.8)				
WS-9		38 (100)	126 (100)	2100 (100)								
WS-10	169 (63.5)	58 (65.9)	372 (100)	2009 (2.4)	97 (36.5)	30 (34.1)		82466 (97.6)				
WS-11	344 (57.4)	36 (100)	353 (100)	-	255 (42.6)			21508 (100)				
WS-12	154 (67.2)	118 (79.7)	459 (18.1)	1805 (18.4)	75 (32.8)	30 (20.3)	875 (34.6)	8000			1200 (47.4)	
WS-13	140 (100)	89 (100)	556 (100)	64 (100)								
총계	1281 (70)	649 (78.8)	4367 (32.6)	32899 (17.6)	549 (30)	175 (21.2)	7672 (57.3)	154366 (82.4)			1200 (9.1)	

주: (%)는 전체 사육두수에 대한 백분비

<표 3-24> 업종별 폐수배출 원단위

(단위: g/m³/day)

항목	BOD	T-N	T-P
식료품	20.0	15.86	7.34
섬유	21.5	5.69	3.45
기타	20.0	35.4	11.47

자료: 농촌유역에서의 수질오염특성에 관한 연구(김한태, 1992)

이상의 자료를 이용하여 계산된 배출부하량은 <표 3-25>와 같다. 유역전체적으로 살펴보면 BOD 1303.93 kg/day, T-N 938.13 kg/day, T-P 71.763 kg/day가 하루동안 배출되며, 오염원별로는 BOD의 경우는 가축이 전체배출부하량의 60.6%로 가장 많이 배출하며, T-N은 자연계부하가 49.3%, 가축이 42.3%로 거의 대부분을 차지하며, T-P는 가축이 36.2%, 자연계 부하가 35.0%로 T-N과 마찬가지로 T-P배출부하량의 72%를 점하고 있어, 본 유역에서는 영양염류의 주 배출원이 축산폐수와 자연계부하임을 알 수 있다. 수질항목별 배출율은 BOD가 발생부하량의 42.8%, T-N 3.6%, T-P 23.9%가 배출되는 것으로 조사되어 BOD의 제거율이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다.

<표 3-25> 배출부하량

(단위: kg/day)

<1> 생활계배출부하량 (kg/day)

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	56.702	18.553	2.717
WS 2	3.714	1.110	0.171
WS 3	14.277	3.996	0.680
WS 4	18.166	3.538	0.758
WS 5	5.694	1.058	0.237
WS 6	16.198	3.660	0.704
WS 7	7.628	2.186	0.360
WS 8	6.515	1.048	0.258
WS 9	3.918	0.887	0.169
WS10	10.826	1.957	0.439
WS11	13.707	2.930	0.588
WS12	13.225	2.636	0.557
WS13	7.414	2.075	0.357
SUM	177.983	45.635	7.997

<2> 축산계 배출부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	70.237	32.751	1.868
WS 2	53.570	21.312	1.374
WS 3	71.494	34.040	2.816
WS 4	151.008	66.042	5.498
WS 5	22.427	9.194	1.027
WS 6	35.727	14.440	1.442
WS 7	25.665	9.564	1.216
WS 8	21.912	12.435	0.747
WS 9	10.256	4.416	0.291
WS10	77.994	55.802	2.560
WS11	90.985	55.194	2.249
WS12	106.131	58.786	3.539
WS13	52.302	22.788	1.316
SUM	789.708	396.764	25.945

<3> 자연계 배출부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	56.731	82.809	3.829
WS 2	9.468	26.462	0.599
WS 3	15.477	27.526	1.047
WS 4	39.874	76.661	4.221
WS 5	8.571	9.361	0.592
WS 6	22.674	10.936	0.808
WS 7	9.673	14.706	1.433
WS 8	17.234	14.939	0.685
WS 9	8.888	16.507	0.914
WS10	32.103	55.200	2.641
WS11	36.472	56.503	3.033
WS12	18.487	30.006	1.786
WS13	28.615	43.282	3.560
SUM	304.266	464.899	25.148

<4> 산업계배출부하량

Water shed	BOD	T-N	T-P
WS 1	0.997	1.751	0.474
WS 2	0.000	0.000	0.000
WS 3	0.000	0.000	0.000
WS 4	0.200	0.159	0.073
WS 5	0.000	0.000	0.000
WS 6	0.040	0.071	0.023
WS 7	0.679	1.179	0.274
WS 8	26.120	23.814	10.230
WS 9	0.000	0.000	0.000
WS10	0.130	0.232	0.075
WS11	3.810	3.628	1.524
WS12	0.000	0.000	0.000
WS13	0.000	0.000	0.000
SUM	31.976	30.834	12.674

<표 3-25> 계 속

Watershed	QUAL	BOD	T - N	T - P	Watershed	QUAL	BOD	T - N	T - P
WS 1	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	56.702	18.553	2.717	WS 8	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	6.515	1.048	0.258
		70.237	32.751	1.868			21.912	12.435	0.747
		56.731	82.809	3.829			17.234	14.939	0.685
		0.997	1.751	0.474			26.120	23.814	10.230
		184.667	135.864	8.888			71.780	52.236	11.921
WS 2	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	3.714	1.110	0.171	WS 9	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	3.918	0.887	0.169
		53.570	21.312	1.374			10.256	4.416	0.291
		9.468	26.462	0.599			8.888	16.507	0.914
		0.000	0.000	0.000			0.000	0.000	0.000
		66.752	48.885	2.144			23.062	21.810	1.374
WS 3	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	14.277	3.996	0.680	WS10	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	10.826	1.957	0.439
		71.494	34.040	2.816			77.994	55.802	2.560
		15.477	27.526	1.047			32.103	55.200	2.641
		0.000	0.000	0.000			0.130	0.232	0.075
		101.248	65.563	4.543			121.053	113.192	5.715
WS 4	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	18.166	3.538	0.758	WS11	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	13.707	2.930	0.588
		151.008	66.042	5.498			90.985	55.194	2.249
		39.874	76.661	4.221			36.472	56.503	3.033
		0.200	0.159	0.073			3.810	3.628	1.524
		209.247	146.399	10.551			144.974	118.255	7.395
WS 5	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	5.694	1.058	0.237	WS12	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	13.225	2.636	0.557
		22.427	9.194	1.027			106.131	58.786	3.539
		8.571	9.361	0.592			18.487	30.006	1.786
		0.000	0.000	0.000			0.000	0.000	0.000
		36.693	19.613	1.857			137.842	91.427	5.882
WS 6	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	16.198	3.660	0.704	WS13	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	7.414	2.075	0.357
		35.727	14.440	1.442			52.302	22.788	1.316
		22.674	10.936	0.808			28.615	43.282	3.560
		0.040	0.071	0.023			0.000	0.000	0.000
		74.639	29.108	2.977			88.331	68.146	5.232
WS 7	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	7.628	2.186	0.360	SUM	생 활 계 축 산 계 자 연 계 산 업 계 소 계	177.983	45.635	7.997
		25.665	9.564	1.216			789.708	396.764	25.945
		9.673	14.706	1.433			304.266	464.899	25.148
		0.679	1.179	0.274			31.976	30.834	12.674
		43.645	27.636	3.284					
total							1303.932	938.133	71.763

3.4.3 기여율

각 오염원이 수질오염에 직접 영향을 미치는 배출부하량에 대한 기여율은 소 유역별로 BOD의 경우, 축산계 30.5~80.3%, 자연계 14.2~38.5%, 생활계 5.6~30.7%, 산업계부하가 0~36.4%이며, T-N의 경우는 자연계 28.6~75.7%, 축산계 부하가 20.3~64.3%이고, T-P도 T-N과 비슷한 경향을 보이고 있어 본 연구유역에서는 영양물질의 주 배출원이 축산폐수와 자연계부하임을 알 수 있다. 그러므로 본 유역에서 부하삭감대책의 강구시에 축산폐수와 비점원의 관리대책을 우선적으로 행해야 할 것이다.

<표 3-26> 오염원별 배출부하 기여율 (단위: %)

Watershed	QUAL	BOD	T - N	T - P	Watershed	QUAL	BOD	T - N	T - P
WS 1	생활계	30.705	13.656	30.573	WS 8	생활계	9.076	2.006	2.166
	축산계	38.035	24.106	21.015		축산계	30.526	23.805	6.270
	자연계	30.721	60.950	43.081		자연계	24.009	28.599	5.746
	산업계	0.540	1.289	5.331		산업계	36.389	45.590	85.817
WS 2	생활계	5.565	2.271	7.991	WS 9	생활계	16.988	4.068	12.305
	축산계	80.252	43.597	64.084		축산계	44.471	20.247	21.184
	자연계	14.183	54.132	27.925		자연계	38.540	75.684	66.511
	산업계	0.000	0.000	0.000		산업계	0.000	0.000	0.000
WS 3	생활계	14.101	6.095	14.965	WS10	생활계	8.943	1.729	7.686
	축산계	70.613	51.920	61.992		축산계	64.430	49.299	44.799
	자연계	15.286	41.984	23.043		자연계	26.520	48.767	46.210
	산업계	.000	0.000	0.000		산업계	0.107	0.205	1.304
WS 4	생활계	8.681	2.416	7.185	WS11	생활계	9.455	2.478	7.955
	축산계	72.167	45.111	52.113		축산계	62.759	46.674	30.417
	자연계	19.056	52.364	40.006		자연계	25.158	47.781	41.017
	산업계	0.096	0.108	0.696		산업계	2.628	3.068	20.612
WS 5	생활계	15.519	5.394	12.784	WS12	생활계	9.594	2.883	9.467
	축산계	61.122	46.878	55.306		축산계	76.995	64.298	60.176
	자연계	23.359	47.728	31.909		자연계	13.411	32.819	30.357
	산업계	0.000	0.000	0.000		산업계	0.000	0.000	0.000
WS 6	생활계	21.702	12.575	23.645	WS13	생활계	8.394	3.046	6.823
	축산계	47.866	49.608	48.450		축산계	59.211	33.440	25.142
	자연계	30.378	37.572	27.134		자연계	32.395	63.515	68.035
	산업계	0.054	0.246	0.771		산업계	0.000	0.000	0.000
WS 7	생활계	17.477	7.911	10.969	total	생활계	13.650	4.864	11.143
	축산계	58.804	34.609	37.041		축산계	60.564	42.293	36.154
	자연계	22.162	53.215	43.640		자연계	23.334	49.556	35.043
	산업계	1.557	4.265	8.351		산업계	2.452	3.287	17.660

3.5. 오염부하 유달특성

본 연구에서는 유입지천의 수질을 추정하기 위해서 유달율을 이용하였다. 특히, 농촌유역과 같이 물순환구조가 복잡한 경우에 수학적 모형을 이용하여 수질을 추정하기 위해서는 하천으로의 배출점을 일일이 조사하여야 하므로 많은 수의 수질샘플링이 필요하고 또한, 소지천의 수질매개변수의 추정이 곤란하여 오염물질의 거동을 정확하게 파악하기가 어렵기 때문에 유역의 제반 특성을 반영한 유달율을 이용하는 것이 편리하다고 판단된다.

오염부하 유달특성을 파악하기 위해 1992년 8월 22일, 10월 10일, 1993년 2월 16일, 5월 21일, 8월 28일, 10월 10일의 6회의 실측자료와 원단위법을 이용한 현재의 배출부하량을 바탕으로 <그림 4-1>의 본류의 수질측정 조사지점 ①, ③, ④, ⑥, ⑦번과 식금천(A), 작촌천(B), 관리천(C), 매곡천(E)에 대해 오염부하 유달율을 조사하였다.

<표 3-27>에서 보는 바와같이 각 측정지점의 유달율이 측정시기 및 수질항목별로 매우 심한 차이를 보이고 있다. 본류의 경우를 살펴보면, 6회 관측값의 평균유달율은 BOD 14.2~4.7%, T-N 25.5~13.4%, T-P가 335.8~154.1%이며, 관측값의 표준편차는 BOD는 4.0~6.3%, T-N 12.4~23.8%, T-P 232.2~100.9%로 BOD와 T-N의 유달율은 연중 변동폭이 적어 안정되어 보이나, T-P의 유달율은 연중 변동폭이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

측정시기별로는 동절기에 속하는 1993년 2월 16일 관측시의 유달율이 가장 낮고, 갈수기로 판단되는 1993년 5월 21일의 유달율이 가장 높게 나타나 계절적 변동도 심함을 알 수 있다.

유입지천의 실측유달율의 표준편차는 BOD 2.8~6.4%, T-N 8.1~21.5%, T-P가 93.3~310.5%로 조사되었고, 평균유달율은 BOD 4.0~18.2%, T-N 10.8~26.2%, T-P 128.3~348.8%의 범위로서 본류지점의 경우와 비슷한 경향을 나타내고 있다.

이상의 결과를 살펴볼 때, 유역의 수질특성을 정도 높게 파악하기 위해서는 유역의 물리적 특성인 물순환구조와 배출경로, 계절적인 오염물질배출 특성등을 더욱 세밀하게 조사·분석해야 할 것으로 판단된다.

<표 3-27> 측정시기별 유달율의 변동 (단위: %)

측정지점		1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균
①	BOD	13.0	8.3	6.0	20.0	18.8	18.9	14.2
	TN	25.1	71.3	4.8		14.6	11.5	25.5
	TP		639.2	51.8	389.9	262.4	3.2	335.8
③	BOD	6.0	9.2	9.1	25.2	12.1	9.1	11.8
	TN	15.3	62.8	5.2		24.3	12.4	24.0
	TP		462.4	45.5	416.8	287.1	5.8	30.2
④	BOD	6.9	1.8	4.9	14.5	10.7	7.8	7.8
	TN	23.9	54.4	3.2		15.8	6.2	20.7
	TP		355.2	24.6	211.5	208.0	2.2	199.8
⑥	BOD	3.4	0.9	2.5	17.6	5.0	2.9	5.4
	TN	18.6	37.5	5.6		21.8	3.2	17.3
	TP		239.4	19.1	263.1	136.0	4.4	164.4
⑦	BOD	5.0	1.5	1.4	14.3	3.1	2.9	4.7
	TN	7.4	39.8	2.3		14.3	3.2	13.4
	TP		210.1	17.7	261.2	127.5	8.3	154.1
A	BOD	20.1	25.5	9.3	19.0	20.7	14.5	18.2
	TN	43.0	31.2	7.3	26.0	14.5	7.3	21.6
	TP	1.7	876.6	77.2	356.8	431.7	4.6	348.8
B	BOD	4.5	11.7	1.9	10.4	6.3		6.9
	TN	21.1	49.8	14.7	50.6	16.3	4.6	26.2
	TP	11.5	385.2	26.5	649.7	232.0	2.9	261.0
C	BOD		8.6	20.2	19.4	4.3	8.1	12.1
	TN	13.1	7.3	4.4	27.7	8.5	3.7	10.8
	TP	15.7	200.6	25.3	219.7	180.2	5.2	128.3
E	BOD	3.5	3.0	1.9		2.2	9.6	4.0
	TN	18.0	63.9	2.1	44.1	19.7	7.8	25.9
	TP	0.6	277.6	17.8	322.0	135.2	3.5	150.6

<표 3-28> 결정계수(R^2)와 상관계수(R)

수질항목 독립변수	BOD		T-N		T-P	
	결정계수	상관계수	결정계수	상관계수	결정계수	상관계수
유역면적	0.90	-0.93	0.99	-0.99	0.86	-0.93
인구밀도	0.43	0.65	0.48	0.69	0.33	0.57
유로장	0.86	-0.93	0.98	-0.99	0.80	-0.90
인구	0.94	-0.96	0.99	-0.81	0.92	-0.96
농경지비율	0.53	-0.76	0.65	-0.81	0.57	-0.76

유달율은 유역의 제반특성들과 함수관계가 있을 것으로 판단되는 바, 본 연구에서는 유달율을 종속변수, 유역의 제반특성을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. <표 3-28>에서 보는바와 같이 유역특성파라메타로서는 유역면적, 인구밀도, 유로장, 인구수, 농경지비율(농경지면적/소유역면적)을 대상으로 하였다. 하나의 독립변수를 이용하는 단순회귀식으로는 유역의 특성을 정도높게 반영하기 곤란하다고 판단되어 상관관계가 비교적 높은 두개이상의 독립변수와 농촌유역의 특성을 반영하기 위해 농경지비율을 포함한 3개의 독립변수를 이용한 중회귀식을 구성하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 중회귀식의 독립변수의 선정에 대해서는 상관계수(R)와 결정계수(R^2)를 이용하였다. 상관계수는 두 변수의 인과관계를 고려하지 않은 상태에서 단지 두 변수사이의 선형성의 강도를 나타내는 지표이며, 결정계수는 회귀식의 적합성의 정도, 즉 독립변수의 종속변수에 대한 설명력의 크기를 나타내는 척도로서 결정계수가 1에 가까울수록 독립변수의 설명력이 크고 회귀식의 적합도가 높다는 것으로 평가할 수 있다.

본 연구에서는 <표 3-28>의 상관계수와 독립변수를 이용하여 선정된 독립변수는 유역면적과 인구수이며 농경지비율을 포함한 3개의 독립변수와 유달율과의 중회귀분석에 의해 도출된 중회귀식은 식(3-13)과 같다.

$$Y1 = 0.399708X1 - 0.00465X2 + 0.374169X3 + 10.67$$

$$Y2 = -0.15736X1 - 0.00017X2 - 0.14932X3 + 31.77 \quad (3-13)$$

$$Y3 = 10.82858X1 - 0.1141X2 + 5.517752X3 + 307.62$$

Y1, Y2, Y3 = BOD, T-N, T-P의 유달율(%)

X1, X2, X3 = 유역면적(km²), 인구수(인), 농경지비율(%)

<표 3-29> 평균유달율과 유역특성파라메타 및 추정 평균유달율

측정지점	변수	유역면적 (km ²)	인구수 (인)	농경지비율 (%)	평균유달율 (%)		추정값 (%)
					BOD	T-N	
①		14.6	2300	24.0	BOD	14.2	14.2
					T-N	25.5	24.0
					T-P	335.8	335.7
③		26.3	3515	20.3	BOD	11.8	11.8
					T-N	24.0	20.3
					T-P	302.9	303.4
④		41.0	6054	24.4	BOD	7.8	7.4
					T-N	20.7	24.4
					T-P	199.8	195.4
⑥		58.3	7979	25.9	BOD	5.4	5.9
					T-N	17.3	25.9
					T-P	164.4	171.4
⑦		80.0	10284	27.3	BOD	4.7	4.4
					T-N	13.4	27.3
					T-P	154.1	151.1
A		5.5	166	11.9	BOD	18.2	16.0
					T-N	11.6	11.9
					T-P	555.0	413.9
B		5.1	853	18.1	BOD	6.9	14.9
					T-N	14.2	18.1
					T-P	422.3	365.4
C		11.2	1273	28.0	BOD	11.2	19.9
					T-N	7.4	28.0
					T-P	200.2	438.1
E		9.8	921	25.5	BOD	4.0	19.2
					T-N	11.9	25.5
					T-P	245.0	449.4

식(3-13)의 중회귀식의 결정계수는 BOD, T-N, T-P 모두가 0.99로서 중회귀식의 적합성이 높다는 것을 알 수 있으며 중회귀분석에 이용한 무강우시의 6회 실측유달율의 평균값과 유역특성파라메타 및 중회귀식(3-13)에 의해 추정된 평균유달율은 <표 3-29>와 같다.

3.6 요약 및 결론

수역의 수환경에 영향을 미치는 환경관련 정보의 수집, 정리, 계산등의 효율화를 위해 본 연구에서는 농촌유역에 적용가능한 오염부하 계산모형을 개발하였으며, 이 모형은 오염원에서 부터 하천본류 유입지점사이의 지천에서의 오염물질의 거동을 예측할 수 있는 바, 개발된 모형을 연구대상 복하천 유역에 적용한 결과는 다음과 같다.

1. 유역의 수환경변화 예측 및 관리를 위해서는 이에 직접적으로 영향을 미치는 오염부하량의 산정이 선행되어야 하는 바, 본 연구에서는 각 오염원 및 배출구조의 변화와 각종 처리시설 도입시의 부하삭감량등의 정량적 계산을 수행하는 오염부하계산 모형을 개발하였으며, 타 농촌유역의 적용도 가능하도록 범용화에 중점을 두었다.
2. 개발된 오염부하계산 모형은 원단위를 이용하여 오염부하 발생량 및 배출량을 계산하고, 부하삭감 대책의 우선순위 결정의 고려를 위해 오염원별의 배출부하 기여율을 계산하며 소지천으로 부터의 유입부하량의 계산을 위해서는 유달율을 이용한 바, 특히 물순환구조가 복잡한 농촌 소유역에서는 유역내에서 일어나는 모든 수질반응을 대변해주는 수질매개변수인 유달율을 이용하는 것이 합리적인 방법이라 사료된다.
3. 오염물질의 유달율 산정을 위해서 본 연구대상 유역에서의 맑은 날 실측한 6회의 수질자료를 이용하여 유역특성 매개변수와 회귀분석을 실시한 바, 상관관계

가 높은 변수로는 유역면적, 인구수였으며, 농촌유역의 특성을 반영하기위해 농경지면적비율을 포함한 3개의 독립변수를 이용한 중회귀식을 구성하였다.

4. 연구대상 복하천유역의 오염원 현황은 유역전체로 볼때, 인구 10,284명, 유우 1,830두, 한우 824두, 돼지 13,389두, 닭 187,265두로서 한우를 제외한 모든 가축의 사육두수가 증가하는 경향이며, 유역전체 면적(80km²)에 대해 임야 65%, 논 17.5%, 밭 9.8%, 기타 8.7%를 점하고 있으며, 수질환경에 영향을 미치는 폐수배출산업은 30여개의 공장에서 총 2902m³/일의 폐수를 배출하고 있다.
5. 유역의 오염원 현황자료와 원단위를 이용하여 계산된 오염배출부하량은 유역전체로 보면, BOD 1303.93kg/day, T-N 938.13kg/day, T-P 71.77kg/day가 배출되며, 오염원별 배출부하 기여율은 소유역별로 BOD의 경우 가축이 30.5~80.3%, 자연계부하가 14.2~38.5%, 생활하수 5.6~30.7%, 공장폐수가 0~36.4%이며 T-N의 경우는 토지 28.6~75.7%, 가축 20.3~64.3%이며, T-P도 T-N과 비슷한 경향을 보이고 있어 본 연구유역에서는 영양물질의 주 배출원이 축산폐수와 자연계임을 알 수 있다. 그러므로, 본 유역에서 부하삭감대책의 강구시에 축산폐수와 비점원의 관리대책을 우선적으로 시행해야 할 것이다.

제 4 장 수질 및 저질 조사

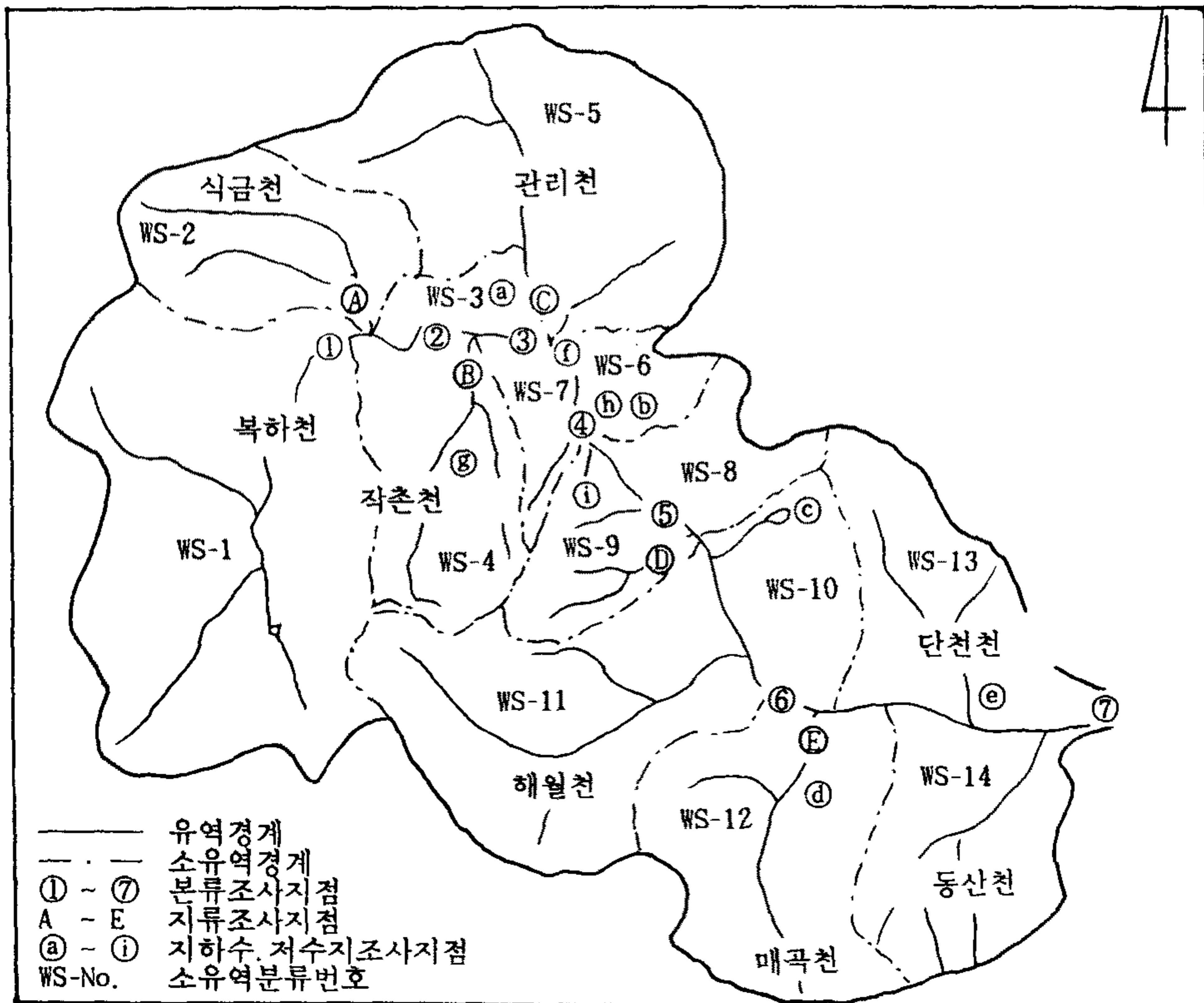
여 백

제 4 장 수질 및 저질조사

4.1 조사방법

4.1.1 조사지점

연구대상 유역의 복하천 수질현황을 조사하기 위해 실시한 수질조사는 1차년도 연구와 같이 17Km의 복하천 본류구간에 대하여 7개 지점과, 유입지천에 대하여 5개지점을 선정하여 실시하였다. 수질조사 대상지점은 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> 수질측정 조사지점

수질측정은 연중 4회의 常時測定과 1회의 24시간 連續測定을 실시하였으며, 24시간 연속측정시에는 본류지점 ①, ④, ⑤, ⑦과 유입지천 (A), (B), (C), (D), (E)의 9개 지점에 대하여 4시간 간격으로 1일 6회 측정을 실시하였다. 2회 상시측정시에는 본류지점 ①, ④, ⑤, ⑦에 대하여 低質조사를 병행하여 실시하므로써 저질이 하천수질에 미치는 영향을 조사·분석하였다.

연구대상 복하천 유역의 중요한 用水源인 지하수 및 저수지의 수질을 조사하기 위하여, 유역의 대표지점으로 판단되는 마장면 양촌리 및 호법면 단촌리의 개인 우물 2개소와 마장면 이치리 및 호법면 매곡리의 간이급수시설 2개소, 그리고 마장면 각평리의 저수지 1개소에 대하여 측정을 실시하였다. 또한 온도가 높은 하절기의 지하수 수질변동 특성을 조사하기 위해 8월 12일에 실시된 2회 조사에서는 1회 조사지점에 4개소의 개인우물을 추가하여 모두 9개소의 수질을 음용수 수질기준에 준하여 조사하였다.

4.1.2 조사시기

연구대상 유역의 상시 수질측정 조사는 겨울, 봄, 여름, 가을로 구분하여 4회 실시하였으며, 수질의 강수에 의한 영향을 배제하기 위하여 측정조사는 강수가 있는지 최소 1주일이 경과한 후 실시하였다. 수질측정은 冬期 1993년 2월 6일, 春期 5월 21일, 夏期 8월 28일, 秋期 10월 9일에 실시하였다.

수질의 일중 변동특성을 파악하기 위해 1993년 8월 27일 오전 10시부터 1993년 8월 28일 오전 6시 까지 24시간동안 4시간 간격으로 6회에 측정조사를 실시하였다.

저질에 대한 측정조사는 1993년 5월 21일에 1회 실시하였으며, 用水源인 地下水와 저수지에 대해서는 3월 9일과 8월 12일에 걸쳐 2회 실시하였다.

4.1.3 수질조사방법

수질분석은 <표 4-1>의 20개항목으로, 수온, pH, 용존산소, 전기전도도는 현장에서 직접 측정하였으며 나머지 16개 항목은 환경오염공정시험법, Standard

Methods 및 일본 하수시험법에 의해서 실험실분석을 실시하였다.

북하천 유역의 用水源으로 사용되고 있는 개인우물과 공동우물 및 저수지의 수질측정분석은 음용수 수질기준에 의해 경기도 보건환경연구원에 의뢰하여 실시하였다.

4.1.4 저질조사 방법

저질에서 상부 수층으로의 오염물질 이동은 오염물질의 종류와 양 및 그 존재 형태와 조성, 생물의 활동, pH, DO 및 온도 등의 조건에 따라서 달라진다. 따라서 하천에 있어서 저질은 상부 수층의 수질에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 영향을 조사하기 위해 2차 상시측정시 본류구간 4개 지점(지점 ①, ④, ⑤, ⑦)을 선정하여 저질을 채취하고 저질내의 營養鹽類와 VSS를 분석하였다.

4.2 수질특성

4.2.1 하천수 수질조사 결과

북하천 본류 및 유입지천의 4회의 상시 수질측정 조사결과 및 평균치를 <표 4-1>에 나타냈다.

<표 4-1> 복하천 본류 및 유입지천의 수질현황

Site	Date	Temp.	pH	DO mg/L	Conduc. μmhos	SS mg/L	TUR. NTU	Cl mg/L	Hard. mg/L	대장균 개/mL
A	1	2.3	6.6	14.5	99	1.60	1.80	8.90	48.00	100 15 57.5
	2	16.5	6.9	9.8	125	4.75	3.30	10.07	47.00	
	3	21.4	7.9	9.3	100	2.50	1.70	11.41	43.50	
	4	15.2	8.2	10.8	110	0.29	0.51	9.93	49.00	
	Avg	13.8	7.4	11.1	109	2.29	1.82	10.08	46.88	
B	1	4.0	6.1	13.8	81	2.00	2.20	8.90	39.00	50 15 32.5
	2	17.6	6.8	9.9	150	59.20	39.00	22.16	49.50	
	3	20.0	6.9	9.1	100	1.00	1.50	11.49	37.00	
	4	16.4	7.0	11.0	110	0.57	0.61	9.93	49.50	
	Avg	14.5	6.7	10.9	110	15.69	10.83	13.12	43.75	
C	1	6.4	6.5	13.0	90	7.40	2.5	11.30	53.50	125 67.5 96.3
	2	17.2	7.1	8.8	140	8.00	9.8	16.79	47.50	
	3	21.6	7.1	8.7	110	1.00	1.7	11.70	37.60	
	4	19.5	9.2	12.0	140	1.14	0.7	12.76	55.50	
	Avg	16.2	7.5	10.6	120	4.38	3.7	13.14	48.53	
D	1	14.6	8.4	10.1	710	9.20	3.80	156.30	81.50	25 45 35
	2	21.8	6.8	12.7	600	5.75	2.20	109.10	102.50	
	3	27.5	9.1	7.1	850	0.67	1.20	171.08	52.30	
	4	21.1	9.1	6.5	900	4.00	1.20	119.82	63.00	
	Avg	21.3	8.4	9.1	765	4.90	2.10	139.08	74.83	
E	1	12.6	7.0	14.5	100	3.20	2.4	17.00	38.00	125 52.5 88.8
	2	17.2	6.7	9.0	120	2.50	3.3	15.11	48.00	
	3	21.0	6.6	8.3	130	0.50	2.0	15.46	39.00	
	4	20.0	7.0	9.9	140	1.14	0.9	19.14	39.00	
	Avg	17.7	6.8	10.4	123	1.83	2.1	16.68	41.00	
1	1	2.4	6.2	14.8	91	1.20	3.00	10.60	39.00	275 67.5 171.3
	2	16.6	6.9	9.8	100	10.25	8.75	15.11	45.00	
	3	21.1	7.4	9.2	100	2.50	1.60	12.05	40.50	
	4	14.7	6.9	10.7	120	0.57	0.60	9.93	46.00	
	Avg	13.7	6.9	11.1	103	3.63	3.49	11.92	42.63	
2	1	3.9	6.0	14.3	90	1.60	1.80	11.30	41.50	125 22.5 73.8
	2	17.4	6.8	9.5	135	48.50	36.50	18.80	47.00	
	3	21.1	7.2	9.2	100	1.00	1.20	11.70	38.50	
	4	17.1	7.7	11.0	60	0.57	0.50	9.93	46.00	
	Avg	14.9	6.9	11.0	96	12.92	10.00	12.93	43.25	
3	1	5.6	6.1	14.0	90	1.40	2.20	7.60	45.00	75 60 67.5
	2	17.9	6.9	9.0	135	16.50	18.50	13.43	45.50	
	3	22.4	7.2	8.8	110	0.50	1.60	12.27	43.00	
	4	19.0	7.2	12.1	130	1.14	0.56	11.34	49.50	
	Avg	16.2	6.9	11.0	116	4.88	5.72	11.16	45.75	
4	1	3.6	6.1	12.1	100	0.40	2.00	12.40	46.00	- 1.5 1.5
	2	17.5	6.7	9.4	125	14.00	13.00	12.09	49.00	
	3	23.6	7.2	8.7	110	2.00	1.60	12.90	43.50	
	4	18.3	6.8	9.8	140	0.14	0.40	14.18	55.00	
	Avg	15.8	6.7	10.0	119	4.14	4.25	12.89	48.38	
5	1	8.5	6.3	14.6	95	5.20	1.60	13.10	49.00	100 37.5 68.8
	2	19.4	6.7	9.9	130	39.75	15.00	16.79	52.00	
	3	21.7	7.1	9.3	125	1.00	1.30	13.61	46.00	
	4	18.3	7.1	9.8	140	5.71	2.60	12.76	53.00	
	Avg	17.0	6.8	10.9	123	12.91	5.13	14.06	50.00	
6	1	4.5	6.8	10.7	120	3.00	2.10	16.70	48.00	25 52.5 38.8
	2	20.2	6.4	8.8	140	13.25	8.50	17.46	43.00	
	3	24.0	7.1	9.6	100	2.00	2.50	16.73	50.00	
	4	19.1	7.0	9.3	150	1.14	0.80	18.43	38.50	
	Avg	16.9	6.8	9.6	128	4.85	3.48	17.33	44.88	
7	1	8.1	7.1	13.5	115	5.00	2.60	17.00	46.50	25 22.5 23.8
	2	20.6	7.1	10.3	155	12.00	7.40	20.14	46.20	
	3	23.7	7.4	8.8	110	1.50	2.50	16.02	39.10	
	4	18.5	7.7	10.4	150	5.43	1.25	15.60	51.50	
	Avg	17.7	7.3	10.8	133	5.98	3.44	17.19	45.83	

<표 4-1> 계 속

Sites	Date	BOD mg/L	COD mg/L	T-P mg/L	PO4-P mg/L	NH3-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	TKN mg/L	T-N mg/L	Chl-a mg/m3
A	1	1.90	2.70	0.517	0.041	0.180	0.021	0.503	0.560	1.084	6.280
	2	1.51	7.30	0.927	0.219	0.043	0.043	2.586	0.980	3.609	2.507
	3	1.00	2.72	0.687	0.019	0.172	0.025	0.217	0.270	0.512	
	4	1.90	3.10	0.020	0.011	0.280	0.010	0.073	0.619	0.702	15.806
	Avg	1.58	3.96	0.538	0.072	0.169	0.025	0.845	0.607	1.477	8.198
B	1	0.70	1.40	0.445	0.069	0.373	0.015	0.425	3.150	3.590	4.999
	2	0.28	11.50	4.547	3.277	0.051	0.115	2.050	4.482	6.647	7.834
	3	0.85	2.22	0.845	0.038	0.051	0.017	0.710	0.140	0.867	
	4	1.80	2.60	0.037	0.020	0.140	0.001	0.269	0.582	0.852	15.586
	Avg	0.68	4.43	1.469	0.851	0.154	0.037	0.864	2.089	2.989	9.473
C	1	6.60	13.50	0.420	0.024	0.503	0.041	0.398	0.560	0.999	3.696
	2	2.66	8.50	1.549	0.109	0.064	0.146	1.812	1.261	3.219	6.559
	3	0.35	0.97	0.737	0.036	0.099	0.048	0.221	0.210	0.479	
	4	1.60	3.00	0.052	0.048	0.052	0.053	0.171	0.280	0.504	25.626
	Avg	2.80	6.49	0.690	0.054	0.180	0.072	0.651	0.578	1.300	11.960
D	1	19.00	32.00	2.857	1.175	7.455	0.651	3.049	8.540	12.240	10.560
	2	6.63	42.76	1.580	0.523	0.057	0.018	0.251	1.961	2.230	3.648
	3	3.63	9.15	1.361	0.431	0.334	0.480	2.279	0.560	3.319	
	4	13.70	22.40	1.066	0.902	0.535	0.792	0.012	3.082	3.886	12.686
	Avg	10.74	26.58	1.716	0.758	2.095	0.485	1.398	3.536	5.419	8.965
E	1	0.70	1.80	0.317	0.038	0.225	0.023	0.286	0.280	0.589	11.680
	2	3.72	6.70	1.692	0.000	0.072	0.045	3.339	0.140	3.524	5.118
	3	0.20	0.55	0.600	0.036	0.302	0.086	0.936	0.380	1.402	
	4	1.10	1.40	0.019	0.012	0.141	0.044	0.219	0.420	0.683	41.713
	Avg	1.43	2.61	0.657	0.022	0.185	0.050	1.195	0.305	1.550	19.504
1	1	1.20	1.80	0.503	0.183	0.085	0.021	0.488	0.210	0.719	5.279
	2	2.11	5.10	1.969	0.260	0.350	0.061	2.564	0.770	3.395	5.279
	3	1.00	2.75	0.674	0.024	0.128	0.053	0.380	0.140	0.573	
	4	1.70	2.40	0.014	0.006	0.046	0.010	0.327	0.420	0.757	45.499
	Avg	1.50	3.01	0.790	0.118	0.152	0.036	0.940	0.385	1.361	18.686
2	1	1.80	2.90	0.465	0.028	0.105	0.023	0.447	1.120	1.590	2.127
	2	4.52	7.50	4.144	2.473	1.384	0.103	2.687	4.342	7.132	12.711
	3	0.90	2.35	1.277	0.029	0.010	0.021	0.670	0.170	0.861	
	4	1.10	1.90	0.021	0.007	0.015	0.009	0.192	0.280	0.481	14.005
	Avg	2.08	3.66	1.477	0.634	0.379	0.039	0.999	1.478	2.516	9.614
3	1	1.90	3.00	0.424	0.048	0.182	0.026	0.402	0.350	0.778	5.229
	2	2.76	5.10	2.058	0.985	0.087	0.093	2.752	1.191	4.036	4.654
	3	0.70	1.80	0.741	0.019	0.015	0.027	0.765	0.210	1.002	
	4	1.10	1.90	0.031	0.017	0.598	0.150	0.212	0.700	1.062	15.958
	Avg	1.62	2.95	0.814	0.267	0.221	0.074	1.033	0.613	1.720	8.614
4	1	1.40	2.30	0.314	0.028	0.239	0.028	0.282	0.280	0.590	2.149
	2	2.46	4.50	1.614	0.178	0.023	0.062	2.456	0.420	2.938	4.505
	3	2.35	6.08	0.784	0.019	0.139	0.057	0.579	0.210	0.846	
	4	1.50	2.80	0.019	0.008	0.210	0.016	0.229	0.514	0.759	19.638
	Avg	1.93	3.92	0.683	0.058	0.153	0.041	0.887	0.356	1.283	8.764
5	1	1.40	2.00	0.407	0.031	0.146	0.027	0.383	0.490	0.900	3.964
	2	4.07	9.60	0.920	0.127	0.023	0.065	2.188	0.560	2.813	18.087
	3	1.25	3.22	0.744	0.023	0.166	0.050	0.714	0.210	0.974	
	4	1.00	1.80	0.037	0.017	0.034	0.012	0.183	0.560	0.755	44.892
	Avg	1.93	4.16	0.530	0.050	0.090	0.040	0.870	0.460	1.360	22.310
6	1	1.50	2.70	0.327	0.003	0.625	0.038	0.297	0.770	1.105	1.288
	2	3.32	5.50	1.405	0.120	0.061	0.061	1.993	0.280	2.334	14.940
	3	0.80	2.20	0.617	0.030	0.336	0.049	0.646	0.440	1.135	
	4	1.20	2.00	0.052	0.023	0.021	0.009	0.208	0.210	0.427	36.739
	Avg	1.70	3.10	0.600	0.044	0.261	0.039	0.786	0.425	1.250	17.656
7	1	1.00	1.40	0.351	0.024	0.180	0.036	0.323	0.210	0.569	12.430
	2	3.22	5.30	1.631	0.021	0.430	0.085	2.586	0.700	3.371	17.990
	3	0.55	1.52	0.677	0.018	0.137	0.046	0.706	0.210	0.962	
	4	1.00	1.60	0.031	0.008	0.010	0.002	0.183	0.210	0.395	27.172
	Avg	1.44	2.46	0.673	0.018	0.189	0.042	0.950	0.333	1.324	19.197

* Site : A, B, C, D, E는 유입지류이며 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7은 본류이다.

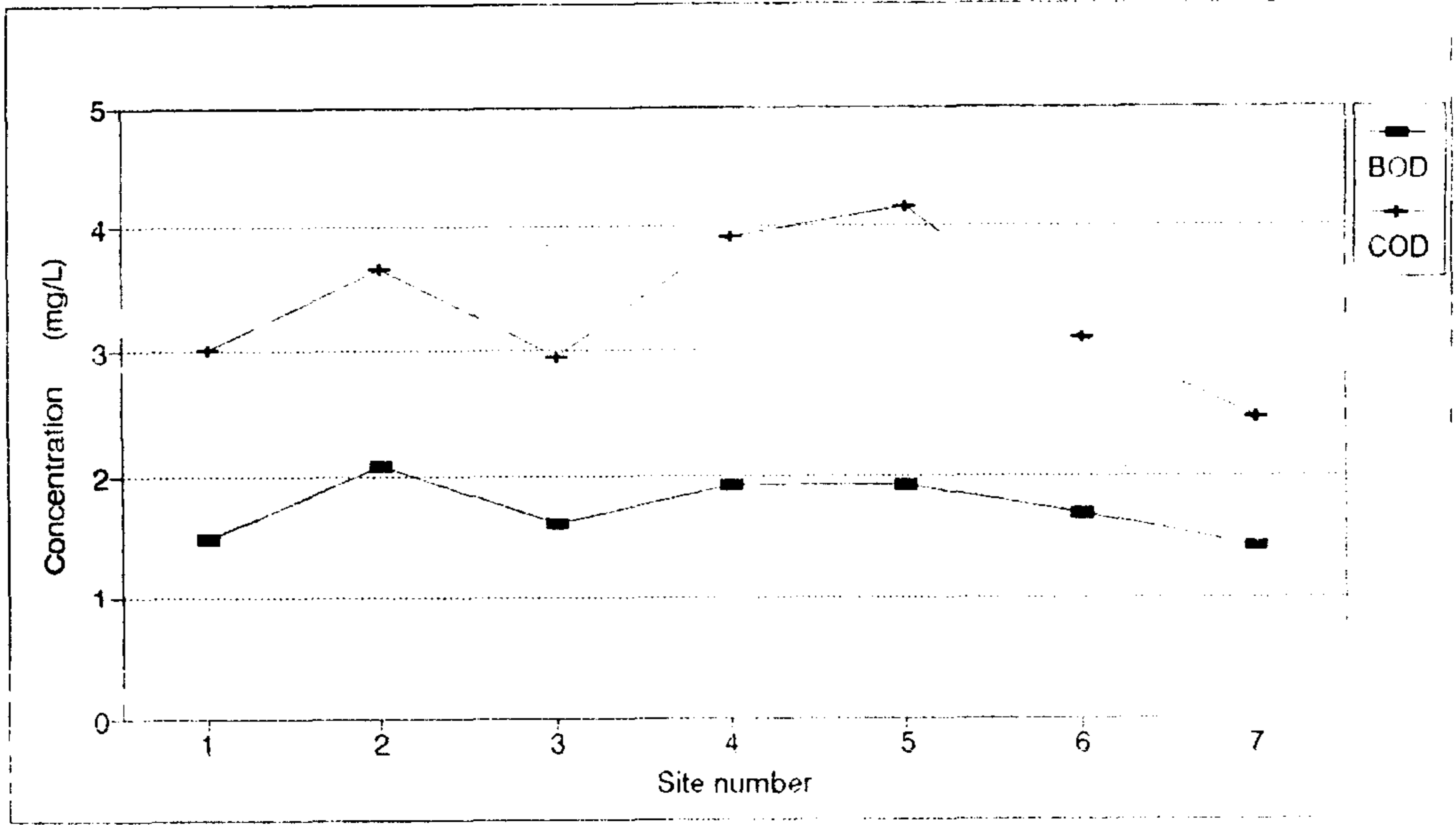
* Date : 1은 1993년 2월 6일, 2는 1993년 5월 21일, 3은 1993년 8월 27일
4는 1993년 10월 9일

4회 상시측정 결과, pH, 전기전도도, 염소이온농도는 유입지천 (D)지점에서 타지점에 비해 높은 것으로 나타났으며, DO는 전지점에서 포화농도에 가까운 양호한 편으로 나타났다. SS농도와 탁도는 작촌천(B)지점에서 높은 값을 보였는데 이는 작촌천 상류에 있는 축사들의 영향으로 판단된다. 영양염類인 T-N과 T-P농도 역시 유입지천인 (B)와 (D)지점에서 높게 나타났으며 특히, T-N은 (D)지점에서 타지점에 비해 상당히 높은 값을 보였다. 유기오염물질인 BOD와 COD의 농도도 유입지천인 (D)지점이 타지점에 비해 매우 높은 값을 보였으며 봄철의 2차측정 시기에는 COD농도가 42.76 mg/l로 다른 어느 측정시보다 높았다. 또한, BOD와 COD의 농도차이도 (B)지점에서 상당히 큰 것으로 나타났다. 복하천 본류구간의 BOD 농도는 5월 21일에 실시한 2회 측정결과 본류지점 ②, ⑤, ⑥, ⑦에서 3.22~4.52 mg/l로 나타났지만, 대체적으로 생활환경기준 II등급 수준을 유지하고 있다. 유입지천의 경우 (D)지점이 타지점에 비해 수질이 매우 나쁜 것으로 나타나, 이 지점의 유역에 대한 오염원 관리대책이 선행 되어야 할 것으로 생각된다.

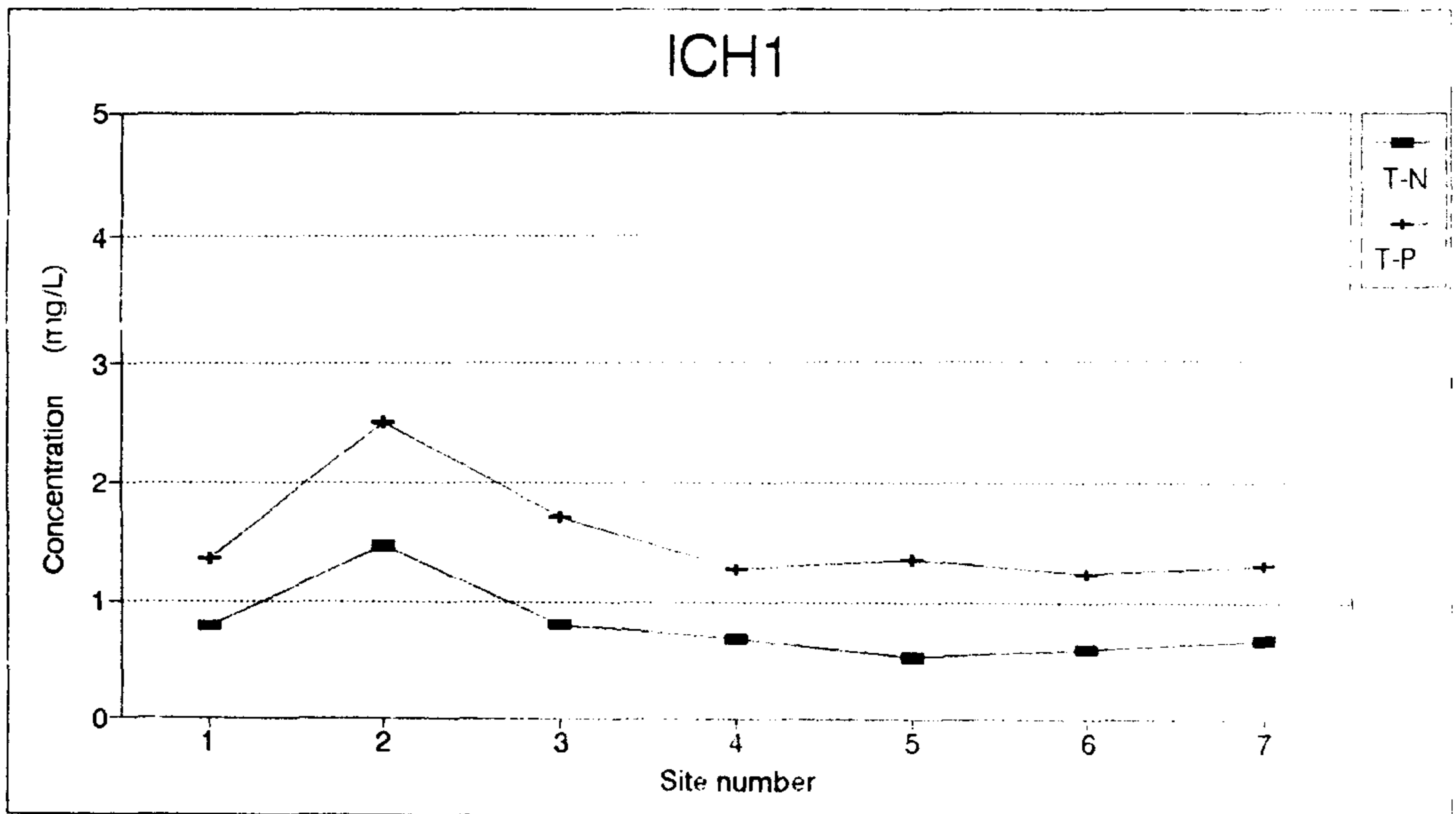
<그림 4-2>는 본류수질의 상시측정 평균치를 이용하여 BOD, COD, T-N 및 T-P에 대한 각 지점에서의 변화를 나타낸 것이다.

<그림 4-2>에서 보는 바와 같이 본류의 BOD와 COD의 농도는 지점별로 큰 차이가 없으나, ②지점의 T-P, T-N의 농도는 타지점과 비교해 볼 때 월등히 높게 나타났는 바, 이는 유입지천인 작촌천(B)이 유입되는 지점으로서 이 유입지천에 의한 영향 때문인 것으로 보인다.

<표 4-2>는 수질의 24시간 연속측정 결과를 나타낸 것이며 <그림 4-3>~<그림 4-8>은 본류지점 ①, ④, ⑦ 및 유입지천 (B), (D), (E)의 일중 수질변화를 보인 것이다.



(1) BOD 및 COD



(2) T-N 및 T-P

<그림 4-2> 복하천 본류지점별 수질변화

<표 4-2> 24시간 연속 수질측정자료

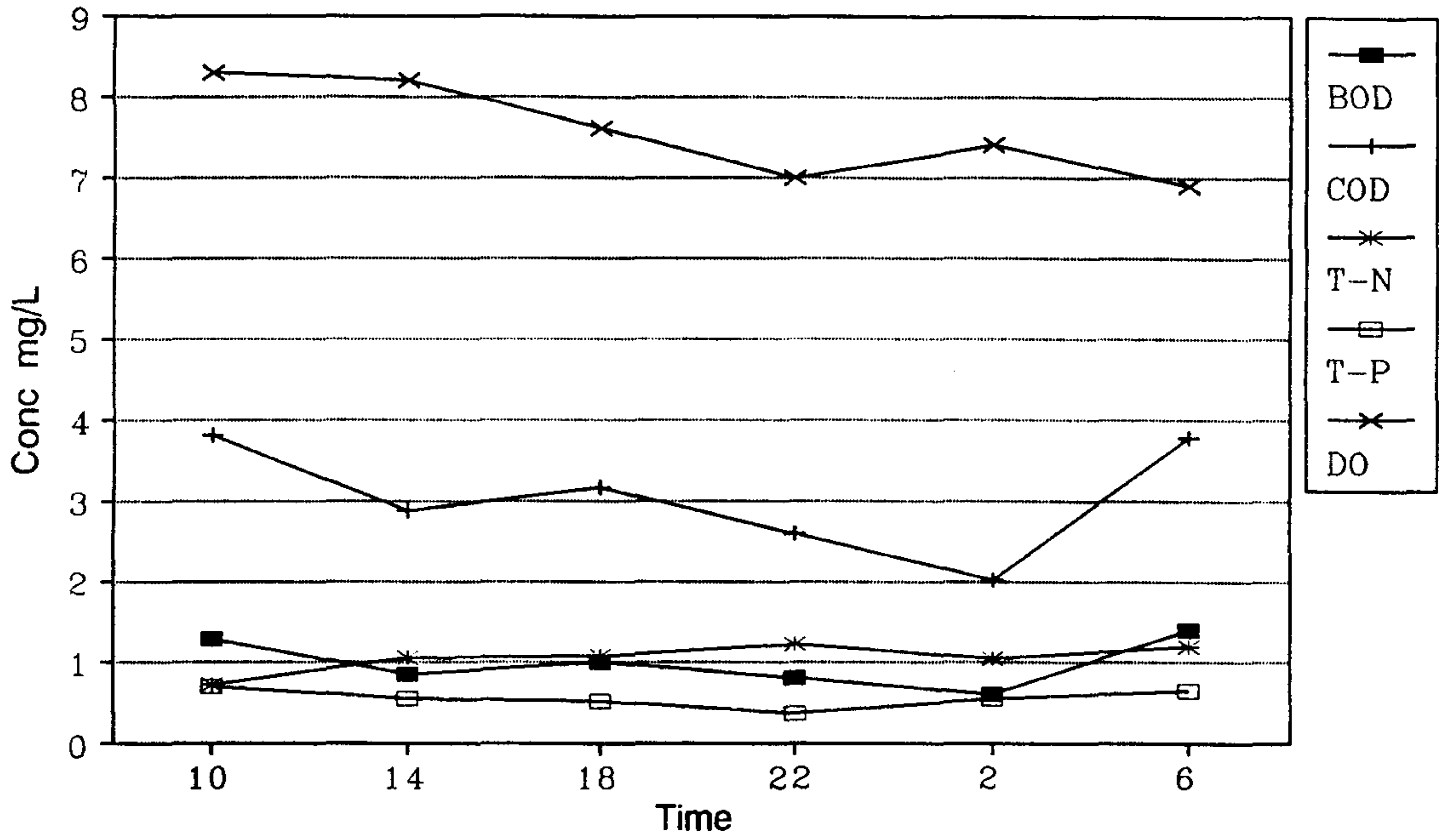
(단위: mg/l)

Site	Time	Temp.	pH	DO mg/L	Cond. μmhos	SS mg/L	BOD mg/L	COD mg/L	T-P mg/L	PO4-P mg/L
A	1	19.0	7.35	9.4	100	3.60	0.20	0.86	0.553	0.054
	2	23.0	7.60	9.0	110	3.20	0.40	1.32	1.445	0.020
	3	21.0	7.38	8.4	105	4.40	0.40	1.44	0.630	0.020
	4	19.0	7.24	8.1	105	11.60	0.85	3.29	0.744	0.015
	5	17.0	7.24	8.0	100	5.20	0.30	1.27	0.546	0.025
	6	16.2	7.25	8.9	110	4.80	0.70	2.23	0.563	0.015
B	1	19.0	6.90	8.7	100	10.80	0.15	1.46	0.714	0.040
	2	20.0	6.94	8.3	100	12.80	0.48	2.49	0.939	0.038
	3	20.0	6.90	7.8	100	4.00	0.31	1.17	0.754	0.038
	4	19.0	6.82	7.9	98	6.40	0.31	1.41	1.019	0.041
	5	17.0	6.88	7.5	90	7.20	0.20	1.22	0.727	0.034
	6	16.5	6.88	8.3	90	3.60	0.20	0.86	0.654	0.037
C	1	20.0	7.05	8.5	100	7.20	0.90	2.97	1.633	0.064
	2	22.0	7.20	7.8	100	27.60	0.65	2.54	0.624	0.035
	3	21.0	7.08	7.6	102	5.60	0.50	1.81	0.724	0.049
	4	19.0	7.07	7.5	103	6.00	0.20	1.10	0.851	0.054
	5	17.5	7.07	7.6	95	5.60	0.35	1.44	0.851	0.047
	6	17.0	7.10	8.2	90	2.80	0.65	1.91	0.935	0.049
D	1	21.9	8.17	6.9	830	3.60	3.38	8.82	2.943	0.519
	2	25.8	8.85	10.1	850	9.20	2.14	6.27	2.548	0.525
	3	24.1	8.90	6.0	820	5.20	2.03	5.61	2.715	0.480
	4	21.8	7.55	6.0	850	8.00	2.65	7.43	2.588	0.490
	5	20.6	7.55	6.5	860	13.20	2.14	6.68	2.943	0.502
	6	20.0	7.52	6.5	810	52.40	2.96	12.64	2.702	0.500
E	1	20.1	6.72	8.2	125	18.80	1.40	5.38	0.882	0.034
	2	21.8	6.78	8.0	160	16.80	0.95	4.05	0.456	0.034
	3	19.3	6.72	6.7	125	2.80	0.35	1.15	0.949	0.041
	4	17.8	6.65	6.6	130	5.20	0.40	1.52	0.647	0.045
	5	17.1	6.70	6.6	120	1.60	0.40	1.16	1.029	0.041
	6	16.8	6.55	7.2	110	6.40	0.35	1.51	0.744	0.034
1	1	19.0	6.84	8.3	110	5.60	1.30	3.81	0.694	0.029
	2	22.0	6.98	8.2	110	7.60	0.85	2.89	0.556	0.032
	3	22.0	7.00	7.6	110	6.80	1.00	3.18	0.523	0.035
	4	20.0	6.78	7.0	100	6.00	0.80	2.60	0.372	0.029
	5	17.5	6.79	7.4	120	5.20	0.60	2.02	0.556	0.030
	6	17.2	6.41	6.9	100	2.80	1.40	3.78	0.647	0.029
4	1	20.0	7.25	8.6	110	6.40	0.80	2.64	0.523	0.040
	2	23.0	7.23	8.1	120	6.40	0.90	2.89	0.627	0.040
	3	22.0	7.22	7.7	115	4.00	0.70	2.15	0.483	0.041
	4	20.0	7.05	7.1	115	9.20	1.00	3.42	0.905	0.049
	5	18.0	7.05	7.4	110	6.40	1.15	3.52	0.714	0.046
	6	17.5	7.08	7.5	110	4.40	0.90	2.69	0.630	0.041
5	1	18.9	6.92	7.9	130	8.80	0.30	1.63	0.634	0.043
	2	19.8	7.07	6.4	160	8.40	0.70	2.59	0.674	0.038
	3	21.4	7.20	11.0	125	15.20	0.40	2.52	0.811	0.012
	4	21.1	7.10	8.6	120	17.60	0.40	2.76	0.771	0.040
	5	20.5	6.98	7.2	120	11.60	0.90	3.41	0.617	0.052
	6	19.0	6.92	6.5	120	17.40	0.45	2.87	0.863	0.087
7	1	21.7	7.22	8.4	130	20.80	0.65	3.70	1.143	0.049
	2	22.8	7.39	8.8	160	12.00	0.30	1.95	0.868	0.046
	3	22.4	7.42	8.5	130	4.40	0.50	1.69	0.573	0.041
	4	21.5	7.23	7.8	125	10.80	0.95	3.46	0.664	0.041
	5	20.7	7.20	7.6	130	4.40	1.00	2.94	0.627	0.048
	6	20.3	7.14	7.8	125	10.40	0.65	2.66	0.530	0.049

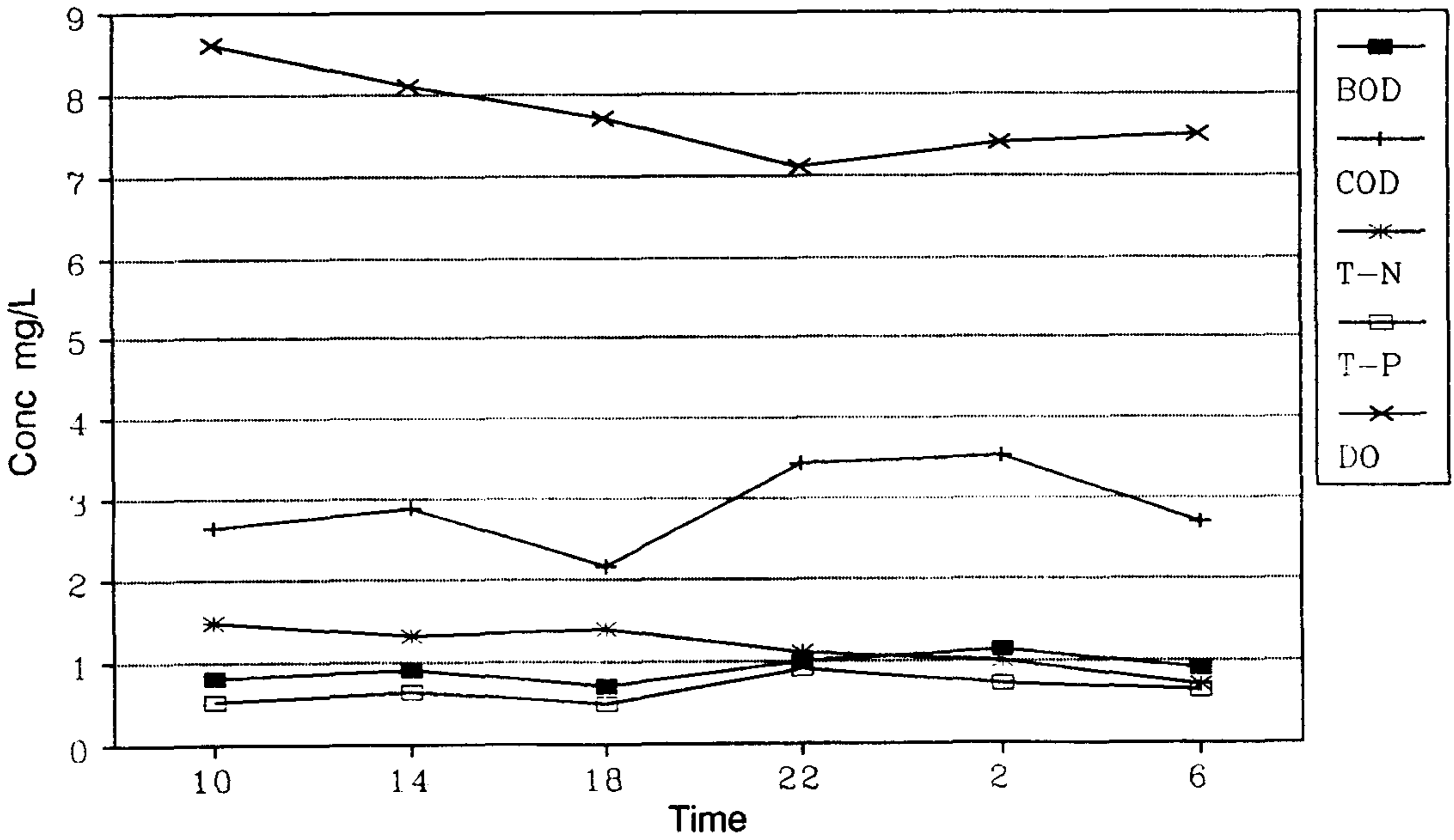
<표 4-2> 계 속

Site	Time	NH3-N mg/L	NO2-N mg/L	NO3-N mg/L	TKN mg/L	T-N mg/L
A	1	0.120	0.035	0.157	0.14	0.332
	2	0.067	0.062	0.312	0.21	0.585
	3	0.019	0.017	0.360	0.14	0.517
	4	0.271	0.017	0.384	0.42	0.820
	5	0.109	0.011	0.205	0.28	0.496
	6	0.072	0.006	0.169	0.14	0.315
B	1	0.032	0.054	0.539	0.14	0.732
	2	0.017	0.033	0.408	0.21	0.650
	3	0.277	0.039	0.741	0.42	1.201
	4	0.017	0.046	0.579	0.14	0.764
	5	0.120	0.032	0.825	0.21	1.067
	6	0.021	0.036	0.638	0.07	0.744
C	1	0.021	0.112	0.296	0.14	0.548
	2	0.012	0.043	0.106	0.14	0.288
	3	0.012	0.062	0.042	0.14	0.244
	4	0.099	0.110	0.312	0.17	0.592
	5	0.263	0.075	0.241	0.41	0.726
	6	0.012	0.048	0.106	0.14	0.294
D	1	0.311	0.656	2.629	0.48	3.765
	2	0.100	0.563	2.458	0.28	3.301
	3	0.099	0.536	2.680	0.28	3.496
	4	0.422	0.658	2.426	0.62	3.704
	5	0.325	0.561	2.434	0.73	3.725
	6	0.248	0.458	2.136	0.28	2.874
E	1	0.208	0.219	1.119	0.28	1.618
	2	0.012	0.100	1.079	0.28	1.459
	3	0.012	0.070	0.996	0.14	1.206
	4	0.055	0.140	0.908	0.14	1.188
	5	0.014	0.113	0.900	0.21	1.224
	6	0.013	0.104	0.908	0.21	1.222
1	1	0.160	0.055	0.471	0.20	0.726
	2	0.332	0.065	0.455	0.54	1.061
	3	0.237	0.083	0.563	0.42	1.066
	4	0.279	0.088	0.575	0.56	1.222
	5	0.212	0.077	0.686	0.28	1.043
	6	0.292	0.032	0.682	0.48	1.194
4	1	0.571	0.056	0.674	0.75	1.480
	2	0.466	0.065	0.539	0.73	1.334
	3	0.388	0.042	0.618	0.74	1.400
	4	0.212	0.067	0.519	0.58	1.166
	5	0.284	0.062	0.519	0.42	1.001
	6	0.187	0.051	0.435	0.21	0.697
5	1	0.313	0.062	0.435	0.54	1.037
	2	0.256	0.048	0.634	0.56	1.242
	3	0.279	0.042	0.439	0.64	1.121
	4	0.093	0.062	0.527	0.14	0.728
	5	0.012	0.078	0.650	0.14	0.868
	6	0.137	0.053	0.646	0.42	1.119
7	1	0.103	0.070	0.630	0.28	0.980
	2	0.023	0.062	0.626	0.28	0.969
	3	0.012	0.057	0.678	0.28	1.014
	4	0.179	0.055	0.626	0.34	1.021
	5	0.078	0.042	0.753	0.28	1.075
	6	0.101	0.048	0.785	0.14	0.973

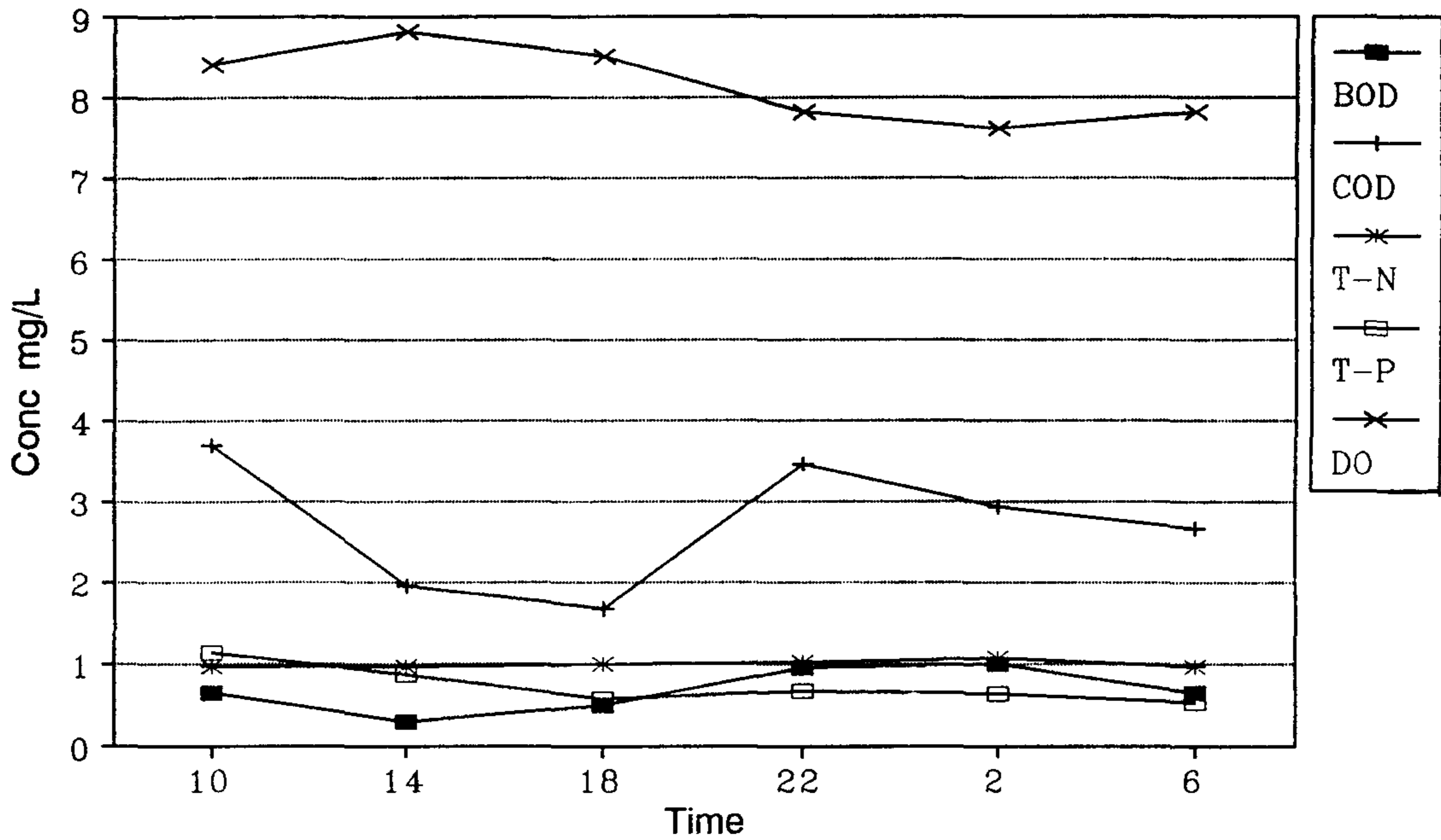
* Time: 1은 1993년 8월 26일 10시, 2는 14시, 3은 18시,
4는 22시, 5는 1993년 8월 27일 02시, 6은 06시



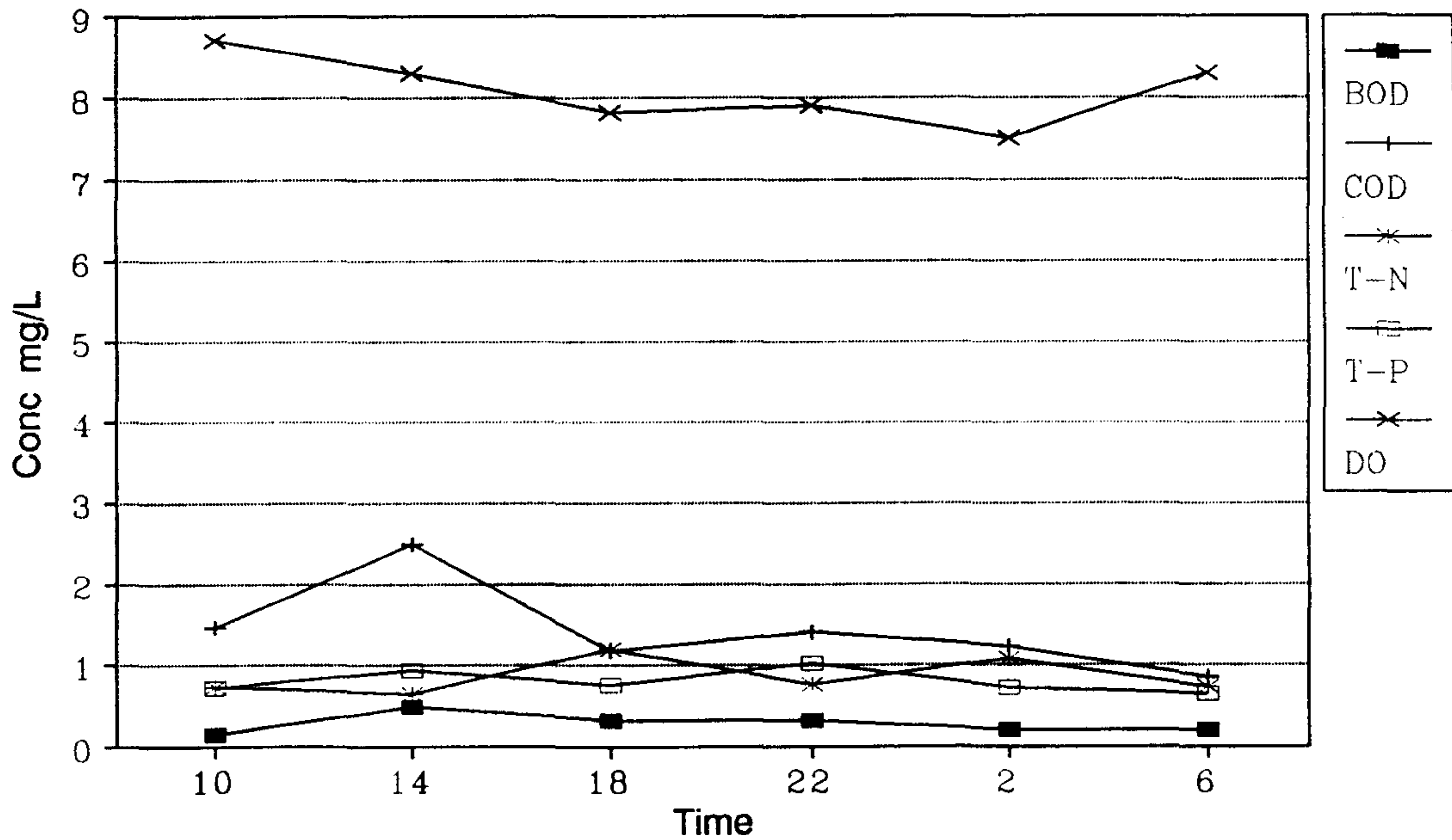
<그림 4-3> 본류지점 ①의 시간에 따른 수질변화



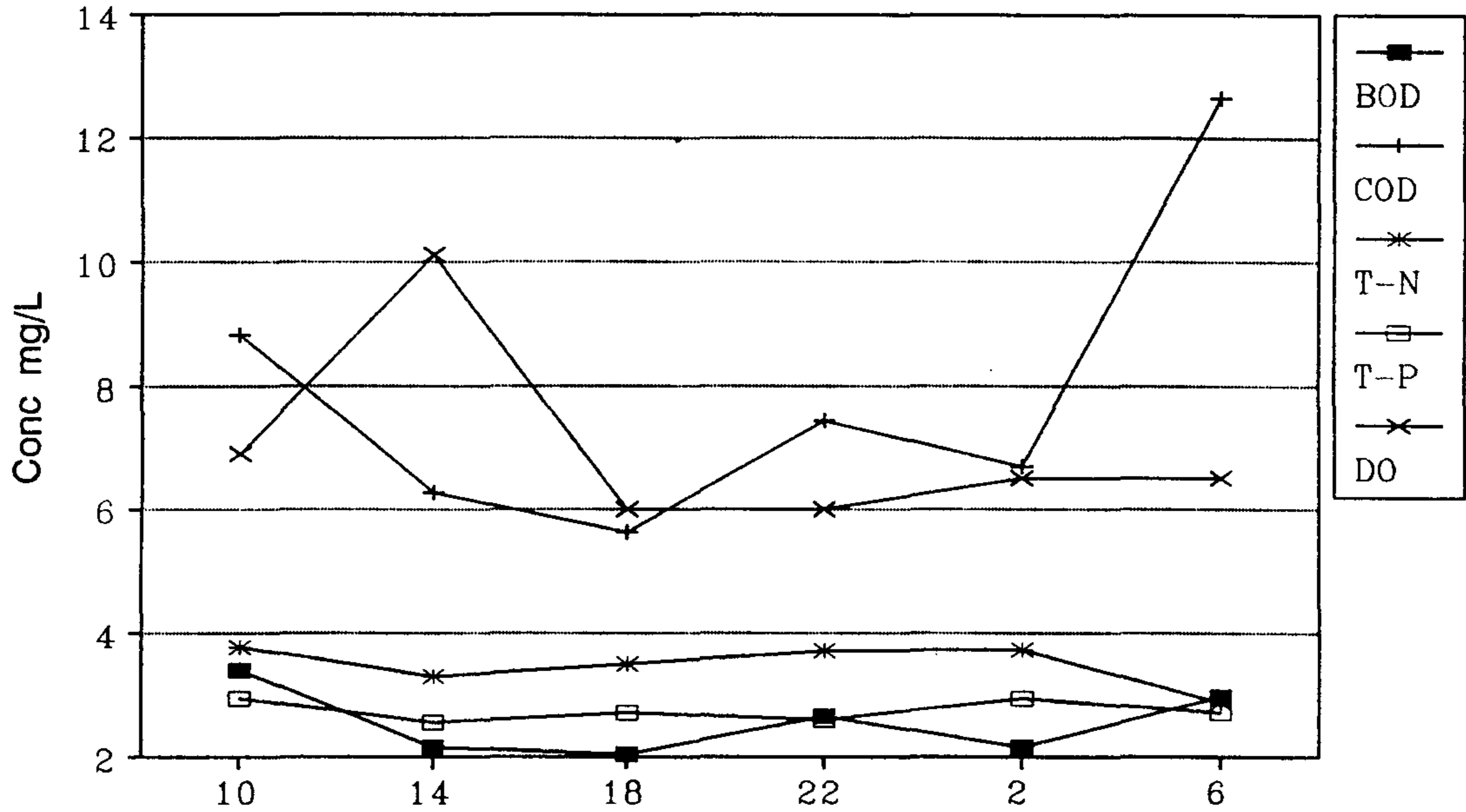
<그림 4-4> 본류지점 ④의 시간에 따른 수질변화



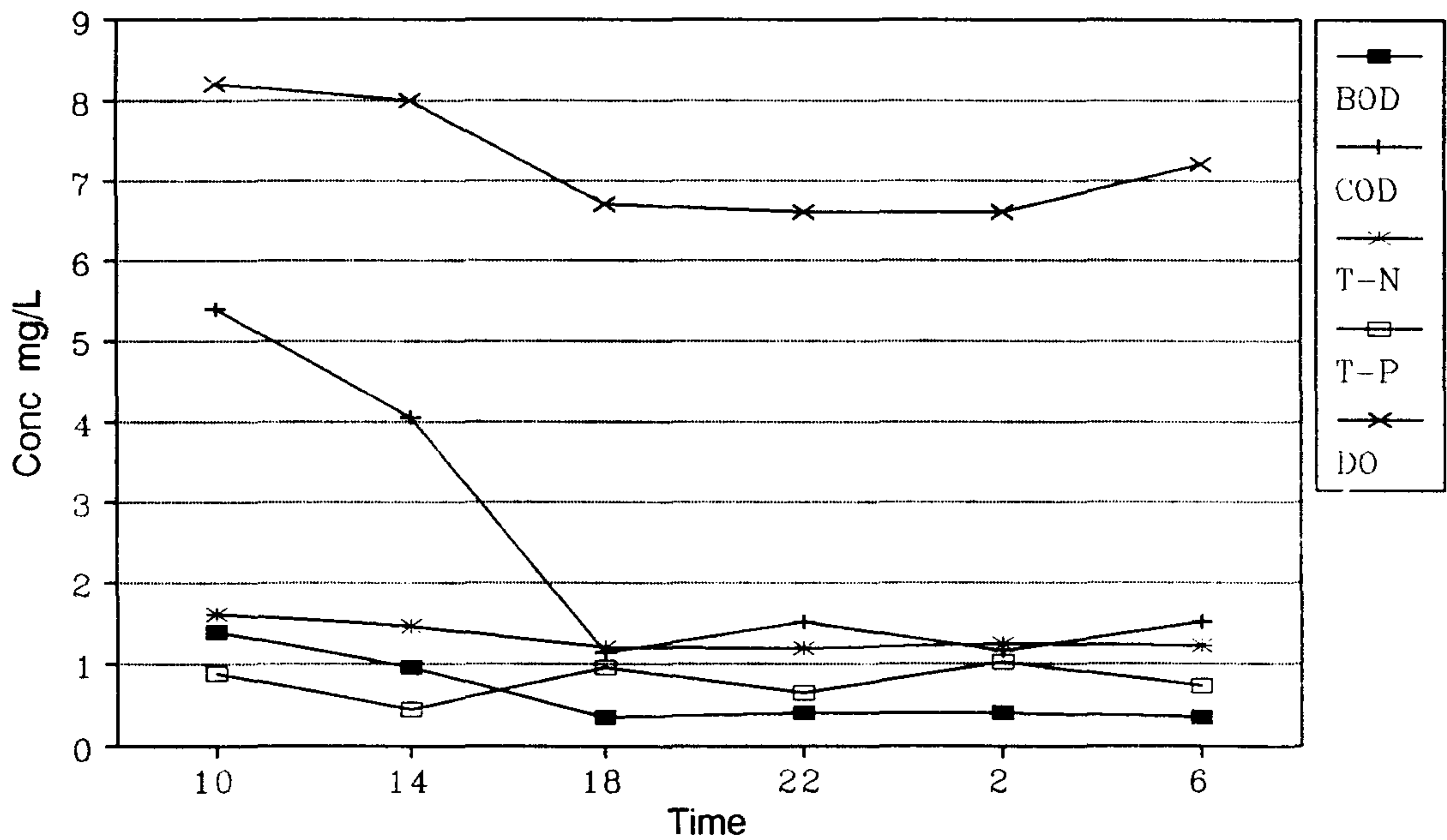
<그림 4-5> 본류지점 ⑦의 시간에 따른 수질변화



<그림 4-6> 유입지천 (B)의 시간에 따른 수질변화



<그림 4-7> 유입지천 (D)의 시간에 따른 수질변화



<그림 4-8> 유입지천 (E)의 시간에 따른 수질변화

일중 수질변화를 알아보기 위해 실시한 24시간 연속측정 결과 SS에 대하여 지점 (A)에서는 최저 3.20 mg/l에서 최고 11.60 mg/l로 나타났고, 지점(D)에서는 최저 3.60 mg/l에서 최고 52.40 mg/l로서 비교적 큰 차이를 보였다. 지점 (D)에서의 SS 농도가 시간에 따라 심한 변동을 보이는 것은 평시에 유량이 적고 유입지천의 유로가 짧아서 유역의 환경변화에 따라 민감한 변화를 보이는 것으로 생각된다. 그외의 다른 수질항목은 전구간에 걸쳐 일중 변화가 심하지는 않은 것으로 나타났다. T-P 농도의 경우는 측정시간별로 큰 변화를 보이지 않았지만, 2.543 mg/l로 다른 지점에 비하여 비교적 높게 나타났다. 또한, 지점 (D)에서는 BOD, COD 및 T-N의 농도역시 시간에 따른 변화를 크게 보이지는 않았지만, 다른 지점에 비하여 상시측정 결과와 마찬가지로 높았다.

<그림 4-3>~<그림 4-8>에서 보는바와 같이 BOD농도는 유입지천 (E)(매곡천)를 제외한 다른 유입지천과 본류구간에서는 큰 변화를 보이지 않았다. 유입지천 (E)에서 BOD농도의 일중변화는 1차측정 시간인 8월 26일 오전10시에 1.4 mg/l로 나타났으나, 시간이 경과함에 따라 감소하여 3차 측정시간인 8월 26일 오후6시에는 0.35mg/l로 낮아졌다. COD농도 역시 유입지천 (E)점 에서 1차 측정시간에 5.3 mg/l로 높게 나타났으나, 3차 측정시간에는 1.15 mg/l로 많은 감소를 보였다. T-N과 T-P농도는 지점별로 약간의 차이를 보이고 있지만, 측정시간에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 특히, 본류구간 ①번지점을 제외한 본류구간의 BOD와 COD농도는 지천과 비교할 때 시간에 따른 변화가 크지 않았으며, T-N과 T-P농도의 시간에 따른 변화정도는 본류지점과 지천 지점간의 차이를 보이고 있지 않았다.

4.2.2 지하수 및 저수지의 수질조사결과

북하천 유역의 개인우물과 간이 급수시설 및 저수지의 2회의 수질조사 결과는 <표 4-3> 및 <표 4-4>와 같다.

<표 4-3> 및 <표 4-4>에서 보는 바와 같이 지하수와 우물 및 저수지에 대

한 수질조사 결과, 1차 측정시 마장면 각평리에 있는 저수지의 수질은 일반세균과 대장균 항목에서 양성반응을 보여 飲用水 수질기준에 부적합한 것으로 판정되었다. 8월 12일에 실시한 2차측정 결과에서는 전체 대상 用水源 중 저수지를 포함한 6개의 용수원이 음용수 수질기준에 부적합한 것으로 판정되었다. 2차측정 결과 부적합 판정을 받은 수질항목은 저수지의 경우 철, 색도, 탁도, 일반세균 및 대장균이었으며, 그외 부적합 판정을 받은 다른 용수원은 질산성질소, 대장균군 및 일반세균등에서 2~3개의 항목에 대하여 수질기준을 초과하는 것으로 나타났다.

4.2.3 저질 조사결과

5월 21일에 측정조사된 복하천 본류구간 ①, ④, ⑤, ⑦지점에 대한 저질조사 결과는 <표 4-5>와 같다.

저질에 대한 조사결과, 영양염류인 질소와 인의 농도(mg/kg)는 T-N과 T-P는 각각 최고 753 및 1,391mg/kg으로 상당히 높게 나타났으며, 휘발성부유물질(VSS)의 양은 지점 ⑤에서 9.345%로 타지점에 비하여 높게 나타났다. 한편, 본류 지점 ①, ④, ⑤, ⑦에 대한 상시수질측정 결과 나타난 T-N 과 T-P의 농도는 지점별로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 보아 현재 저질은 본류수질에 큰 영향을 미치지 않고 있지만, 앞으로, 복하천 본류수질에 큰 영향을 미칠 것으로 생각되는 바, 준설등 저질개선 방안에 대한 상세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

<표 4-3> 북하천 유역의 지하수, 공동우물 및 저수지의 수질현황
(1차조사, 1993년 3월 9일)

시험항목	기준	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤
수소이온농도	5.8-8.5	6.5	6.6	7.0	6.3	6.4
암모니아성질소	0.5 mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소	10mg/l이하	5.1	1.7	불검출	1.4	2.8
염소이온	150mg/l이하	16	6.4	3.2	14.6	15.7
경도	300mg/l이하	139	58	42	72	91
과망간산칼륨소비량	10mg/l이하	1.3	0.6	0.3	0.6	0.9
철	0.3mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
망간	0.3mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
동	1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
납	0.1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
아연	1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6가크롬	0.05mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카드뮴	0.01mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세레늄	0.01mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	0.005mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
비소	0.05mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
블소	1mg/l이하	불검출	0.1	불검출	0.1	0.2
황산이온	200mg/l이하	18.7	6.2	8.9	9.6	11.2
세계	0.5mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
증발잔류물	500mg/l이하	57.2	불검출	34.5	43.1	48.5
다이아지논	0.02mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	0.06mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	0.25mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	0.04mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
색도	5도이하	5도이하	5도이하	5도이하	5도이하	5도이하
탁도	2도이하	적합	적합	적합	적합	적합
냄새	무취	무	무	무	무	무
맛	무미	무	무	무	무	무
일반세균	100이하/ml	0	0	390	2	2
대장균군	음성/50ml	음성	음성	양성	음성	음성
판정		적합	적합	부적합	적합	적합

㉠ : 마장면 양촌리 개인우물

㉡ : 마장면 이치리 공동 간이급수시설

㉢ : 마장면 각평리 각평저수지

㉣ : 호법면 매곡리 공동 간이급수시설

㉤ : 호법면 단천리 축산농가 개인우물

<표 4-4> 복하천 유역의 지하수, 공동우물 및 저수지의 수질현황

(2차조사, 1993년 8월 12일)

시험항목	기준	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚	㉛
수소이온농도	5.8-8.5	6.8	6.8	7.2	6.4	6.0	6.9	6.4	6.8	7.0
암모니아성질소	0.5mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
질산성질소	10mg/l이하	7.7	8.8	0.6	3.5	16.5	12.9	3.7	8.8	7.9
염소이온	150mg/l이하	16	20	5	18	27	30	17	20	23
경도	300mg/l이하	100	57	35	55	85	82	55	57	103
과망간산칼륨 소비량	10mg/l이하	0.9	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.3	0.3	0.6
철	0.3mg/l이하	불검출	불검출	0.42	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
망간	0.3mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
동	1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
납	0.1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
아연	1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	0.11	0.19	불검출	불검출	불검출
6가크롬	0.05mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카드뮴	0.01mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
세레늄	0.01mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
수은	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
시안	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	0.005mg/l 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
비소	0.05mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
불소	1mg/l이하	0.1	0.1	0.1	불검출	불검출	0.1	0.1	0.1	0.1
황산이온	200mg/l이하	3	2	7	2	13	8	2	2	6
세제	0.5mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
중발잔류물	500mg/l이하	216	131	80	121	197	210	129	131	231
다이아지논	0.02mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
파라티온	0.06mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
말라티온	0.25mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
페니트로티온	0.04mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
카바릴	0.07mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,1,1-트리클로로에틸렌	0.1mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
트리클로로에틸렌	0.03mg/l이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
색도	5도이하	2도	1도	10도	1도	1도	1도	1도	1도	1도
탁도	2도이하	적합	적합	5도	적합	적합	적합	적합	적합	적합
냄새	무취	무	무	무	무	무	무	무	무	무
맛	무미	무	무	무	무	무	무	무	무	무
일반세균	100이하/ml	0	440	2500	10	250	280	0	440	420
대장균군	음성/50ml	음성	양성	양성	음성	양성	음성	음성	양성	양성
판정		적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합	적합

㉓ : 마장면 양촌리 개인우물 ㉔ : 마장면 이치리 공동 간이급수시설 ㉕ : 마장면 각평리 각평저수지
 ㉖ : 호법면 매곡리 공동간이급수시설 ㉗ : 호법면 단천리 축산농가 개인우물 ㉘ : 마장면 오천리 개인우물
 ㉙ : 마장면 작촌리 개인우물 ㉚ : 마장면 이치리 폐쇄우물 ㉛ : 마장면 덕평리 개인우물

<표 4-5> 복하천 본류의 저질조사 결과

Site	①	④	⑤	⑦
NH ₃ -N (mg/kg)	10.37	6.899	37.27	12.06
NO ₂ -N (mg/kg)	1.003	0.997	1.843	1.211
NO ₃ -N (mg/kg)	46.2	23.5	107.5	18.74
TKN (mg/kg)	252.1	28.0	643.3	28.0
T-N (mg/kg)	299.3	52.5	753.6	47.95
PO ₄ -P (mg/kg)	1156	281.5	697.1	387.3
T-P (mg/kg)	1391	384.3	1120	513.9
수분함량 (%)	18.89	20.96	39.81	20.77
고형분 (%)	80.71	79.04	60.19	79.23
VSS (%)	0.719	0.860	9.354	1.451

4.3 요약 및 결론

연구대상유역의 복하천 수질현황을 조사하기 위해 본류구간 7개 지점과 5개의 유입지천에 대하여 4회의 상시측정과 24시간 연속측정을 1회 실시한 결과와 유역의 용수원인 지하수와 저수지의 수질을 파악하기 위해 2회의 측정조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 복하천 본류의 수질은 pH가 6.0에서 9.1까지 나타나 생활환경 기준인 6.5~ 8.5를 시기에 따라 벗어나는 경우도 있었으며, SS는 본류지점 ②에서 갈수기인 2회 측정시 48.5 mg/l로 상수원수의 SS기준을 초과하였다.
2. 생·화학적 산소요구량은 2회 측정시에 지점 ②, ⑤, ⑥, ⑦에서 상수원수Ⅱ급 기준인 3.0 mg/l를 초과하였다.
3. 수질의 일증변화를 파악하기 위하여 실시한 24시간 연속측정 결과 유입지천은 시간에 따른 수질변화가 본류에 비해 큰 것으로 나타났는 바, 이는 유역면적이 작고 유입지류의 유로가 짧아 유역의 환경변화에 대한 영향을 쉽게 받기 때문인 것으로 생각된다.
4. 유역의 지하수 및 저수지의 수질은 현재 사용중인 8개소의 지하수와 1개소의 저수지 중 1993년 8월12일에 측정조사된 결과는, 저수지는 음용수로 이용하기에는 부적합한 것으로 나타났으며, 4개소의 지하수가 대장균군에 대하여 양성으로 나타났고, 마장면 오천리와 호법면 단천리의 개인우물에서는 질산성질소가 높게 검출되었는 바, 이지역의 지하수를 음용수로 이용하기 위해서는 세균과 질산성질소에 대한 처리대책의 수립이 요구된다.
4. 복하천 본류의 저질조사 결과를 보면, 營養鹽類인 질소와 인의 농도(mg/kg)가 상당히 높은 것으로 나타났는 바, 이러한 저질성상은 장래 복하천 본류 수질에 영향을 끼칠 가능성이 있을 것으로 판단된다.

제 5 장 수질 예측기법의 확립

여 백

제 5 장 수질예측 기법의 확립

하천, 호소(저수지), 하구등은 그 자체가 정화능력을 지닌 하나의 오염물질 처리장역할을 하지만, 흐름의 상태, 계절, 강우량, 수질변화 및 오염원의 종류에 따라 자정능력은 크게 차이가 나고, 오염물질의 농도가 정화 능력을 초과할 경우 오염상태가 악화되기도 한다. 하천 및 호소 등으로 유입되는 각종 오염물질은 유량에 따라 희석되고 확산과 유수 흐름에 따른 분산현상으로 이동하게 되므로, 오염물질의 특성과 생태계에 미치는 영향을 판단하기 위해서는 하천, 호소등의 수원을 유량 및 시간변화에 따라 반응하는 하나의 system으로 가정하여야 하며 이에 따른 인과관계를 수학적으로 표현하는 것을 모형화(modeling)기법이라 한다.

5.1 수질관리모형 개발의 배경

농어촌에서의 수질관리의 목적은 현재와 미래에 있어서 양질의 쾌적하고 풍부한 수자원을 확보함으로써 사람의 건강과 동·식물의 생육에 알맞은 수질환경과 자연환경을 조성하는 데 있다.

수질의 종합적 관리대책을 수립하기 위해서는 이와 관련된 모든 環境資料의 수집을 통하여 미래의 환경수요를 예측하고 이로부터 지역주민의 요구 및 관리의 목표, 범위등을 고려한 수질관리 방안이 결정되어야 한다. 이러한 수질관리 계획의 수립과정에서 계획안의 평가수단으로서 모형이 차지하는 비중은 상당히 크다고 볼 수 있다. 즉, 수체와 유역에 영향을 미치는 제반요소들을 파악하고 현재의 수질을 기초로 장래의 수질예측 및 수질저감대책을 평가하여 목표수질 접근을 위한 관리시책의 계획화가 요구되는 바, 이를 위해서는 수질관리모형의 작성이 선행되어야 한다.

水質管理模型이 갖추어야 할 필요조건은 대상유역 내의 수질오염 현상을 정확히 표현하여야 하고 여러가지의 負荷削減 대책을 강구한 경우에 수질오염 개선 여부를 정확히 예측할 수 있어야 한다.

5.2 하천수질 예측모형

水系에서 물리적, 화학적, 생물학적인 상호반응으로 인한 수질의 변화를 여러 가지 반응이론과 物質收支를 이용하여 수학적으로 표현한 수질예측모형은 적절한 數値解析 기법을 통하여 정량적으로 해석하게 된다. 지금까지 하천의 수질예측을 위하여 개발된 모형은 Streeter-Phelps 모형을 효시로 DOSAG, MIT, LAGRANGIAN, PIONEER, QUAL1, QUAL2, QUAL2E, WASP5, SNSIM, WQRRS등이 있으며, 사용된 수치해석 기법으로는 유한차분법과 유한요소법이 있다.

본 연구에서는 하천수질 예측모형으로 QUAL2E모형을 이용하였으며, 이 모형은 그 동안 국내외의 환경사업분야에 사용되어 그 신뢰성이 인정되었고 국내의 연구결과도 풍부하며 여러가지 수질항목에 대한 예측이 가능한 범용모형으로서 개인용 컴퓨터에서도 사용할 수 있는 장점이 있으므로 이를 선택하였다.

QUAL2E 모형은 수리학적으로는 定常等流(steady uniform flow)에 대하여 적용이 가능하며, 수질의 계산에 있어서는 다음의 두가지 경우를 제외하고는 정상상태의 수질을 계산한다. 수질의 동적모의(dynamic simulation)가 가능한 첫번째 경우는 기상조건의 일변화에 따른 수질(수온 및 DO) 변동에 대한 모의로서, 이때 기상관련 자료들은 동적으로 입력된다. 그러나 유량이나 오염원 입력치의 동적변화에 대한 수질의 동적모의는 불가능하다. 동적모의가 가능한 또 하나의 경우는 순간적으로 부하된 오염원에 대한 계산으로서, 이는 특정지점(들)에 순간적으로 부하되는 오염원의 농도를 해당지점(들)의 초기조건으로 입력함으로써 가능하다.

5.2.1 기본이론

1. 흐름의 적용형태

등류에 대하여 적용할 수 있으며, 주어진 유량에 대한 평균유속과 평균수심의 산정에 있어서 유량계수 방법과 제형단면 방법의 두가지 방법중 선택하여 사용할 수 있다.

유량계수(Discharge coefficients) 방법은 실측자료로부터 평균유속(V)와 평균수심(d)를 유량(Q)에 대하여 다음의 두 식에 의하여 산정한다.

$$V = aQ^b, d = a Q^b \quad (5-1)$$

제형단면 방법(Trapezoidal method)은 단면형을 사다리꼴로 가정하여 Manning의 유속공식으로 부터 평균유속(V)과 평균수심(d)를 계산한다.

제형단면 방법은 자료의 입력방법이 사용하기 간편한 반면, 단면형상이 제형이어야 한다는 제약이 있으며, 유량계수법은 단면형상에 관계없이 사용할 수 있으나, a, b, α, β의 계수값들을 산정하여 입력해야 한다.

종확산계수(Longitudinal Disperion Coefficient, D_L)는 하천단면을 폭이 수심에 비하여 매우 큰 사각형 단면으로 가정하여 식(5-2)로 계산한다.

$$D_L = \kappa u^* d = \kappa \sqrt{g n V d^{(5/6)}} \quad (5-2)$$

여기서, κ =무차원 확산상수(disperion constant), u^* : 마찰속도(shear velocity),
 n = Manning의 조도계수

2. 물질 이송식(Mass Transport Equation)

QUAL2E모형은 오염발생원(Source or Production)과 오염소멸원(Sink or Decay)에 대해 1차원 이송확산 방정식을 사용하며, 이의 해법으로는 유한차분법을 사용한다. 수치기법은 시간에 대한 후방차분 및 공간에 대한 중앙차분을 사용하는 음해법으로서, Thomas Algorithm을 사용하여 계산을 수행한다. QUAL2E의 수치기법은 많은 수치분산을 수반하는 기법이며, 따라서 종 확산계수에 따른 계산농도의 민감도는 매우 작다.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial \left(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x} \right)}{A_x \partial x} - \frac{\partial (A_x \bar{u}_x)}{A_x \partial x} + \frac{dc}{dt} + \frac{S}{V} \quad (5-3)$$

여기서, C:어떤 물질의 농도(M/L³) $\frac{dc}{dt}$:물질의 자체변화
x:거리(L) S:물질의 유입 및 유출
t:시간(T) V:수체적(L³)
A_x:단면적(L²) D_L:확산계수(L²/T)
 \bar{u}_x :평균유속(L/T)

3. 수질요소들의 반응과 상호작용

QUAL2E에 의하여 계산 가능한 수질항목은 용존산소, 생물화학적 산소요구량, 수온, Chlorophyll-a, 유기태질소, 암모니아성 질소, 질산태 질소, 아질산태 질소, 유기인, 용존성 인, 대장균, 임의의 비보존성물질, 3개의 보존성물질등 모두 15개항목이며, 이들은 간단하게는 생화학적 반응이 없는 보존성 물질부터 서로 다른 항목간의 상호작용이 있는 것들까지 다양하다. 각 수질항목의 모의에 있어서 포함할 수 있는 반응을 요약하면 다음과 같다.

가. 물질 상호간의 반응이 없는 경우 :

- 1) 보존성 물질 - 반응이 없음
- 2) 대장균 - 1차 감소(die-off)
- 3) 임의 비보존성 물질(Arbitrary Nonconservative Constituents) 1차 감소(1st-order decay), 1차 침전(1st-order settling) 등
- 4) BOD(CBOD) : 1차 감소(탈산소) 및 1차 침전 또는 부상

나. 질소 순환(Organic N, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N) :

1) Organic N :

algae의 호흡에 의한 생성:

NH₃-N의 수화(hydrolysis)에 의한 1차 감소 (1st-order decay):

1차 침전 (1st-order settling)

2) $\text{NH}_3\text{-N}$:

수화에 의한 생성:

$\text{NO}_2\text{-N}$ 으로의 산화에 의한 1차 감소:

저면발생원에 의한 증가:

algae에 의한 감소:

3) $\text{NO}_2\text{-N}$:

$\text{NH}_3\text{-N}$ 의 산화에 의한 생성:

$\text{NO}_3\text{-N}$ 으로의 산화에 의한 1차 감소

4) $\text{NO}_3\text{-N}$:

$\text{NO}_2\text{-N}$ 의 산화에 의한 생성; algae에 의한 감소

다. 인 순환(Organic P, Dissolved P)

1) Organic P :

algae의 호흡에 의한 생성:

dissolved P로의 1차 감소; 1차 침전

2) Dissolved P :

Organic P의 용해에 의한 생성:

저면발생원에 의한 증가:

algae에 의한 감소:

라. Algae

1차 성장(1st-order growth):

호흡에 의한 1차 감소; 1차 침전

마. 용존 산소량(DO)

대기와의 재폭기에 의한 생성;

algae의 호흡 및 광합성에 의한 소비 생성;

CBOD에 의한 감소; SOD에 의한 감소;

$\text{NH}_3\text{-N}$ 및 $\text{NO}_2\text{-N}$ 의 산화에 의한 감소

이상의 요소들의 수질반응식은 <표 5-1>과 같다.

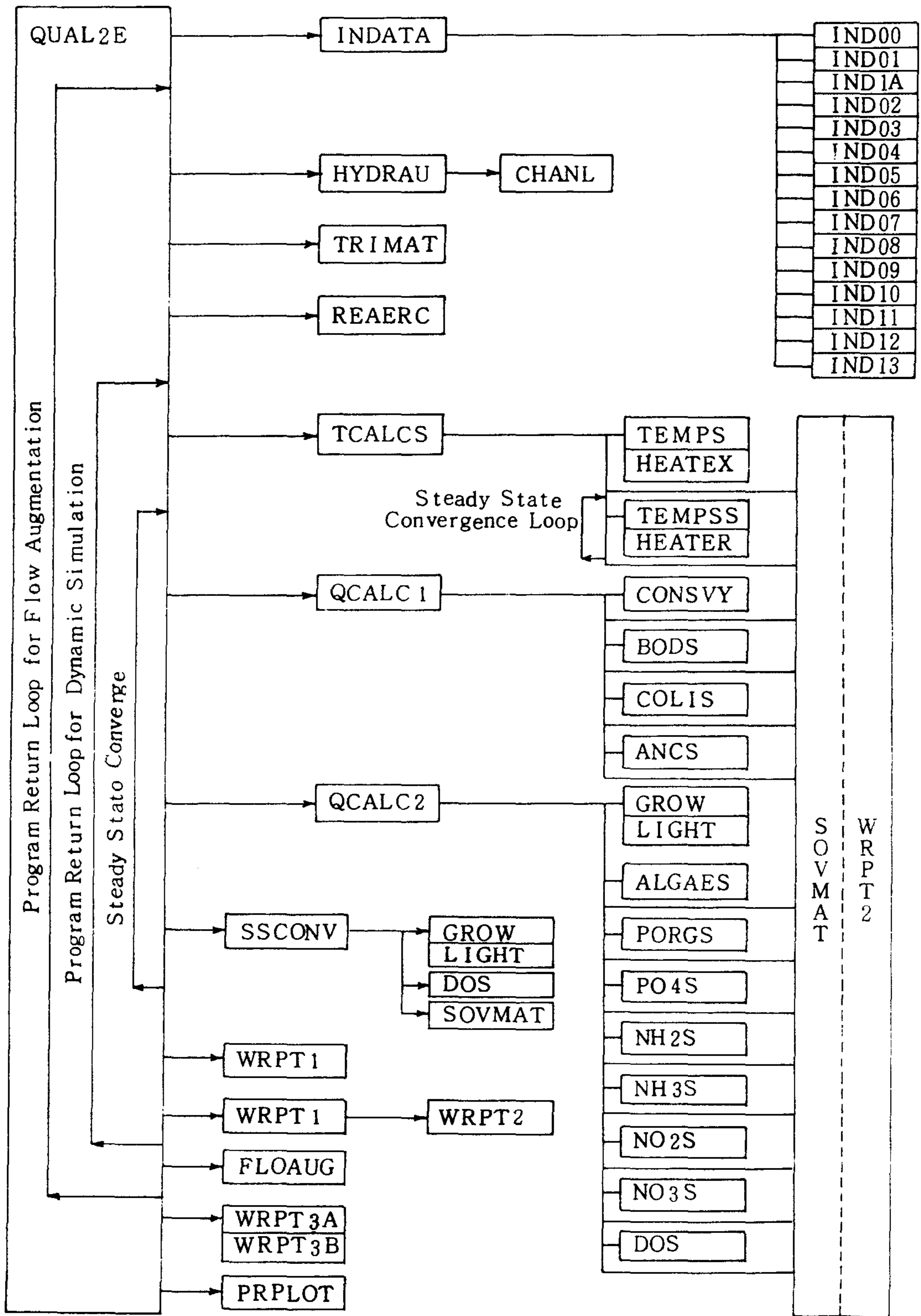
<표 5-1> QUAL2E 모형의 수질반응식

조류	$\frac{dA}{dt} = \mu A - \rho A - \frac{\sigma_1}{d} A$
유기질소	$\frac{dA}{dt} = \alpha_1 \rho A - \beta_3 N_4 - \sigma_4 N_4$
암모니아성 질소	$\frac{dN_1}{dt} = \beta_3 N_4 - \beta_1 N_1 + \frac{\sigma_3}{d} - F_1 \alpha_1 \mu A$
아질산성 질소	$\frac{dN_2}{dt} = \beta_1 N_1 - \beta_2 N_2$
질산성 산소	$\frac{dN_3}{dt} = \beta_2 N_2 - (1-F) \alpha_1 \mu A$
유기인	$\frac{dp_1}{dt} = \alpha_2 \rho A - \beta_4 P_1 - \sigma_3 P_1$
용존인	$\frac{dp_1}{dt} = \beta_4 P_1 + \sigma_2/d - \alpha_2 \mu A$
C-BOD	$\frac{dL}{dt} = -K_1 L - K_3 L$
용존산소	$\frac{dO}{dt} = K_2(O^* - O) + (\alpha\mu - \alpha_4\rho)A - K_1L - \frac{K_4}{d} - \alpha_5\beta_1N - \alpha_6\beta_2N$

5.2.2 QUAL2E 프로그램의 설명

QUAL2E는 1개의 주 프로그램과 50개의 부 프로그램으로 구성되어 있으며, 부 프로그램은 입력, 수리, 온도, 상호영향이 없는 수질항목, 상호영향이 있는 수질항목, 정상상태의 수렴여부 판단 및 각종 형태의 출력을 수행하며, 모든 예측항목은 역음해법(implicit backward difference method)에 의해 행렬계산을 하는 부 프로그램에 의하여 결과를 구하고 있다.

QUAL2E 모형의 각 부프로그램명칭 및 내부구조는 <그림 5-1>과 같다.



<그림 5-1> QUAL2E 모형의 내부구조

QUAL2E는 먼저, INDATA에 의하여 기상과 플로팅에 대한 입력자료를 제외한 13개의 입력자료를 읽고 자료의 수와 구성에 대한 오류를 검토한 후 오류가 있으면 잘못되었음을 알려주고 프로그램의 수행을 중지 시킨다. 입력자료에 잘못이 없으면 수리계산을 하고, 미리 계산할 수 있는 변수는 먼저 계산한다.

용존산소를 계산할 경우 REAERC를 호출하여 재폭기 계수를 계산한다. 차후의 계산에 필요한 변수들이 계산되고 초기조건이 설정된 후 TCALCS에서 온도를 계산한다. 여기서 계산된 온도는 각 수질항목 간의 계산시 反應係數의 보정에 이용된다. TCALCS의 계산후 QUALC1에서는 상호영향이 없는 항목들을 계산하며 QCALC2는 상호영향을 미치는 수질항목의 계산을 수행한다. QCALC2의 계산이 끝나면 정상상태인 경우 수렴여부를 검토하여 藻類의 계산여부에 따라 조류계산시에 사용된 조건들을 출력한다. 만약, 동적상태의 수행인 경우는 시간을 증가시켜 재계산을 한다. 동적상태의 계산이 끝나면 계산된 각 수질항목을 출력하며 Flow Augmentation이 필요한 경우 FLOAUG를 사용하여 필요수량을 계산하고 수리계산과 수질항목을 재계산 한다. 이상의 계산이 모두 끝나면 수리, 조류, 각 수질항목, 용존산소에 대한 출력을 수행하고 플로팅이 필요한 경우 BOD와 DO를 플로팅한다.

5.2.3 QUAL2E 모형의 수계모식화

하천수계는 아래에 기술된 바와 같은 대구간(Reach)와 계산요소라 부르는 소구간(Element)로 구성된다.

대구간은 균일한 수리학적 특성을 지닌 계산요소들로 구성되며, 최대 50개까지 설정할 수 있다. 계산요소는 이들이 속해있는 대구간에 관계없이 그 길이는 일정해야 하며, 하나의 대구간 내에는 최대 20개까지, 전구간에 대하여 최대 500개까지 들 수 있고 이들은 다음과 같은 7개의 형태로 구분된다.

1. headwater element : 수계의 상류단에 해당하며 본류 및 각 지류에 대하여 각각 한개씩 존재한다.

2. standard element : 7가지 형태의 element 중 다른 6개 형태에 속하지 않는 가장 일반적 형태의 element이다.
3. element just upstream from a junction . junction element의 바로 위에 위치하며, 최대 9개까지 들 수 있다.
4. junction element : 본류상의 element로서 지류가 유입되는 곳에 위치하며, 최대 9개까지 들 수 있다.
5. last element in system : 수계의 하류단에 해당하는 element로서 수계 전체에 대하여 단 한개 존재한다.
6. input element : 본류상의 element로서 점오염원 또는 흐름이 유입되는 지점에 위치한다.
7. withdrawal element 수계로부터 유출되는 지점의 element로서 input element 와 withdrawal element를 합하여 최대 25개까지 들 수 있다.

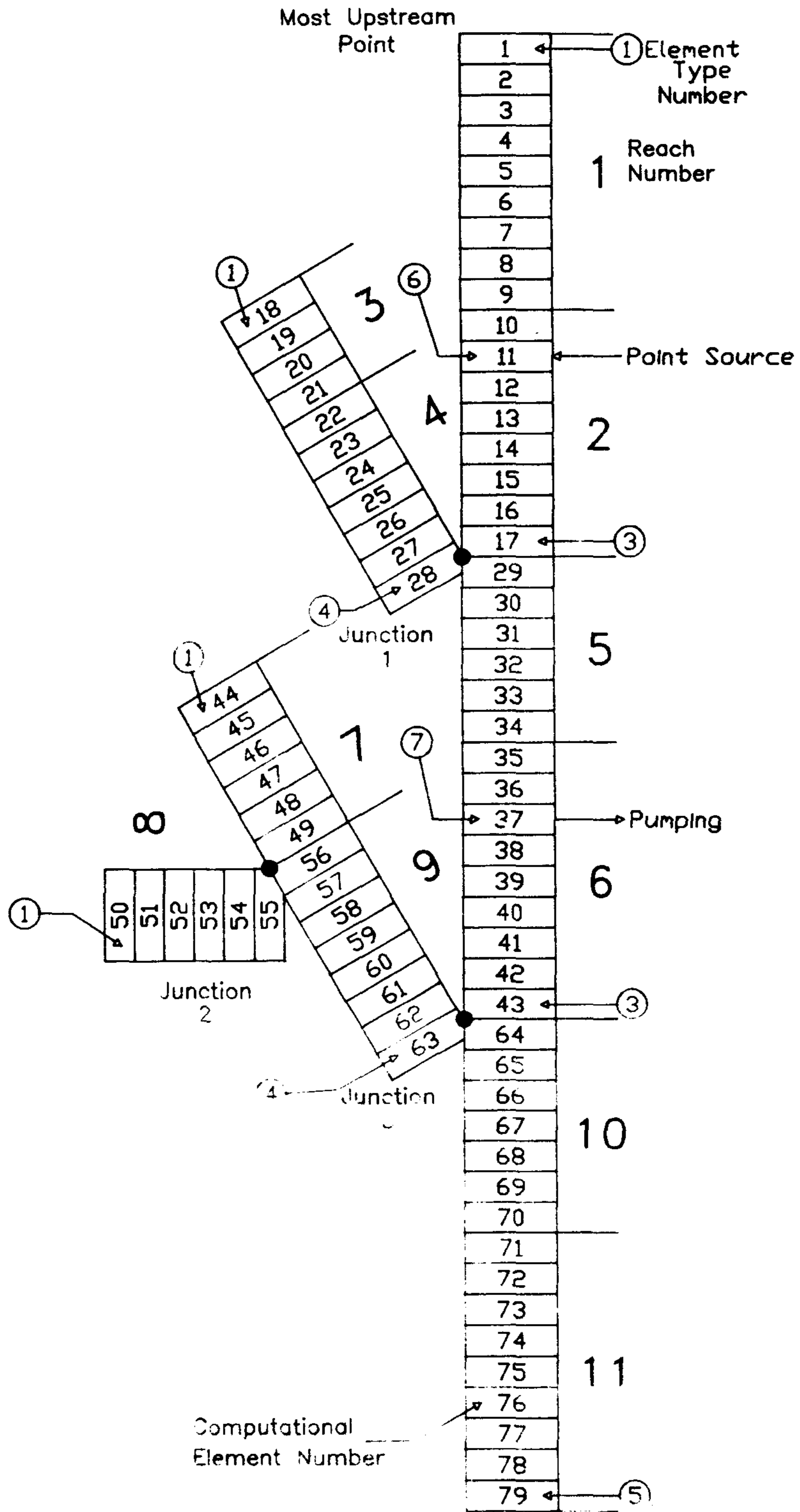
또한, 본류로 유입하는 지류는 또다른 대구간으로 설정할 수도 있고 점원으로 설정할 수 있다.

이상의 QUAL2E모형의 대상수계의 모식화는 <그림 5-2>와 같다.

5.3 QUAL2E 모형의 보정 및 검증

5.3.1 복하천 수계의 모식화

연구대상 유역의 하천 유로연장을 수질측정지점 ①번 부터 ⑥번까지 8.4km를 수리학적 특성이 유사하다고 판단되는 5개의 대구간(REACH)으로 구분하여 소구간(Computational element) 길이는 200m로 하여 모두 41개로 구분하였다. 본류로 유입하는 지류는 식금천, 작촌천, 관리천, 해월천과 농업용배수로인 덕평지천 및 오천리의 오수처리장의 배출구를 하천수질예측에서 모두 점원으로 취급하였고, 대상하천을 <그림 5-3>과 같이 모형에 맞도록 모식화 하였다.



<그림 5-2> QUAL2E 모형의 REACH와 ELEMENT의 모식화

5.3.2 모형의 보정

1. 유량계수의 보정

QUAL2E모형에서는 하천의 평균유속(V)과 수심(d)을 식(5-1)로 계산하므로 실측자료를 바탕으로 <표 5-2>과 같이 각 계수를 구하였다.

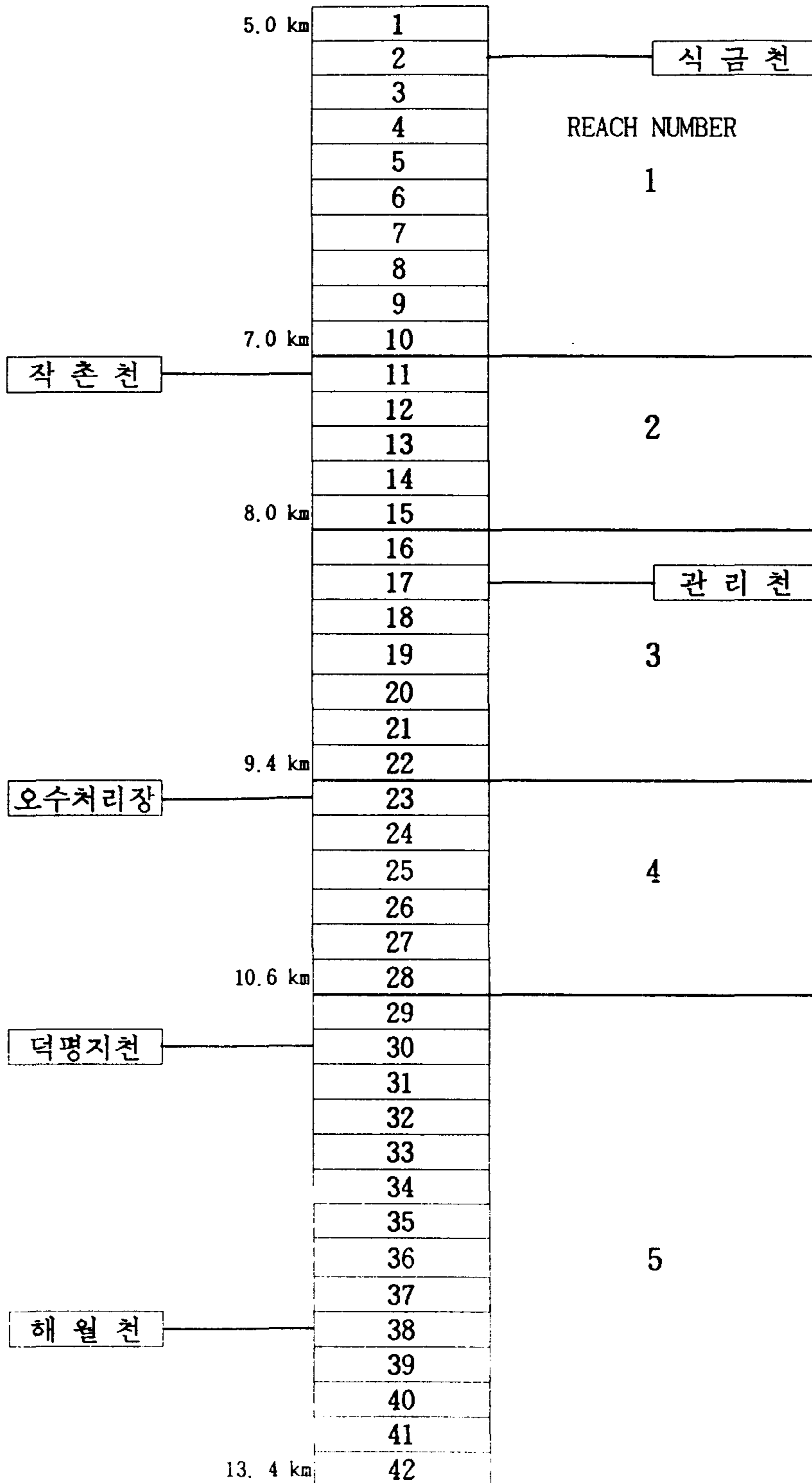
2. 재폭기계수의 보정

본 연구대상 복하천에 대해서는 실측한 재폭기계수가 없으므로 본 하천에 잘 맞는 계산식을 도출하기 위하여 여러가지 수식으로 계산하여 본 하천의 특성에 맞는 식을 선택하였다.

QUAL2E모형에서는 다음 <표 5-3>과 같이 9가지의 재폭기계수를 산출할 수 있으므로, 이들 식중에서 대상하천에 가장 적합한 계산식을 선정하였다.

계산식별 재폭기계수 계산 값을 살펴보면, Owens식이 가장 큰 값으로 22~91/day, Churchill-O'Conner식은 10~40/day 로서 국내의 연구결과 나타난 값 1.87~4.27/day 과 비교해 볼 때 큰 차이를 보이며, Labgbien식은 7~20/day, Thacstone식은 2.8~12/day의 범위를 나타내었다. 이들 값을 비교·검토한 결과, 모형의 보정에 이용할 재폭기계수 산정식으로 Thacstone 식을 선택하였다.

연구대상 복하천의 대구간별 재폭기계수 값은 2번과 3번 대구간에서 가장 큰 값을 나타내었는 바, 이는 수심에 반비례하고 유속엔 지수함수적으로 비례하는 것으로 구성되어 있는 재폭기계수 계산식으로 볼 때, 1번 대구간에서는 하폭이 약 6m 내외, 수심이 약 0.2 m 내외이고, 평균유속이 약 0.25 m/s 인데 반해서, 2번과 3번 대구간은 하폭이 약 8.2 m와 11.9 m로 넓어지고 수심은 약 0.16 m로 얇게 유지되면서 유속은 약 0.36~0.39 m/s로 빨라지기 때문이다.



<그림 5-3> 북하천 수계의 모식화

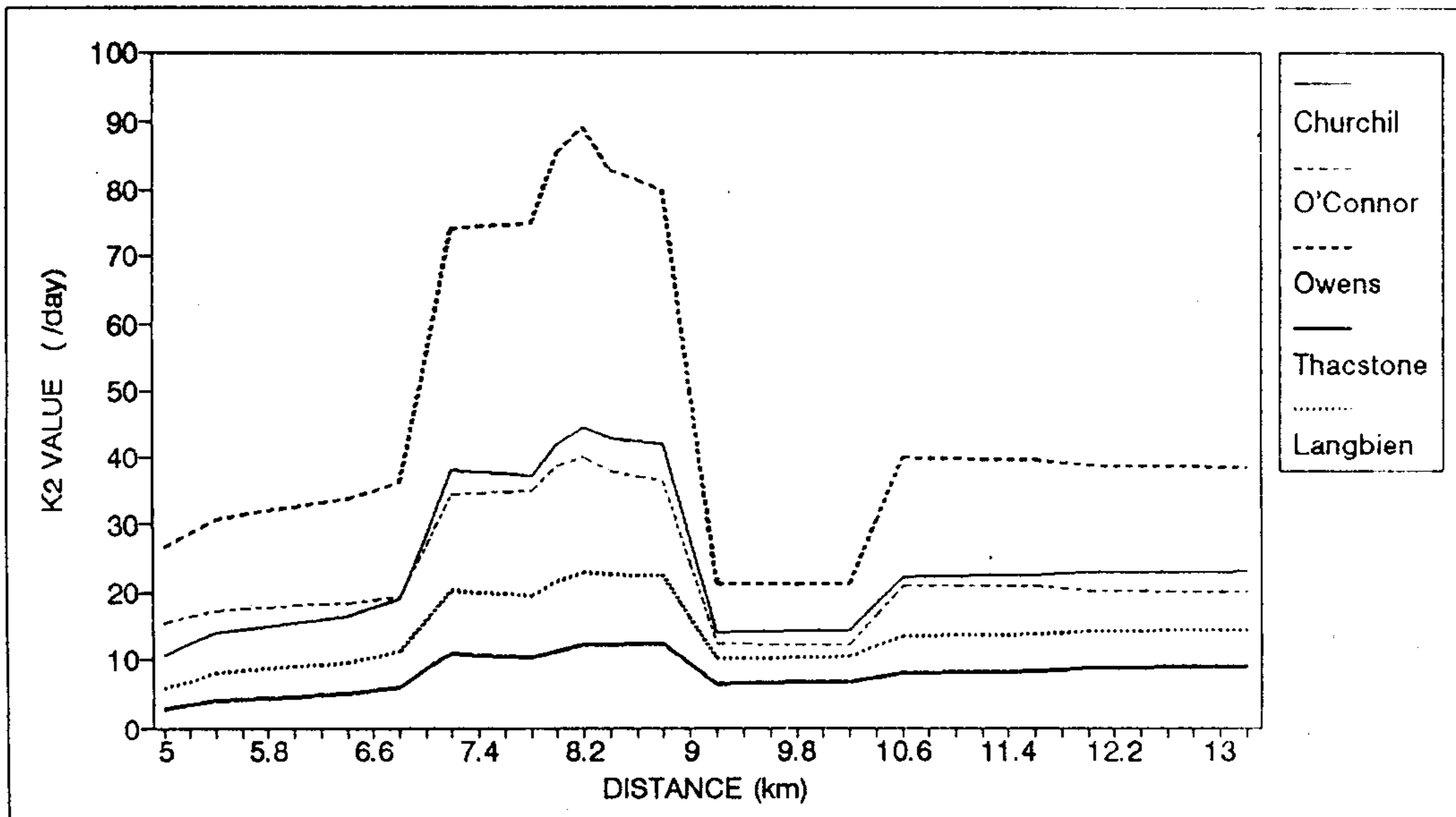
<표 5-2> 수위-유량 및 유속-유량관계

구간 \ 실측자료	하폭	수심	유속	유량	관계식
REACH1 (시점)	6.0	.15	.0702	0.0632	$D=0.25Q^{0.139}$ $V=0.534Q^{0.744}$
	7.0	.22	0.2305	0.3549	
	6.5	.18	0.2200	0.2575	
	5.0	.24	0.104	0.1237	
REACH2 (2.0 km)	7.3	0.17	0.139	0.134	$D=0.20Q^{0.301}$ $V=0.430Q^{0.272}$
	9.4	0.19	0.193	0.3036	
	10.3	0.12	0.456	0.5385	
	10.	0.08	0.234	0.17554	
REACH3 (3.0 km)	4.3	0.10	0.257	0.108	$D=0.380Q^{0.2}$ $V=0.580Q^{0.45}$
	16.2	0.10	0.437	0.6628	
	7.3	0.17	0.276	0.4337	
	5.1	0.08	0.430	0.1954	
REACH4 (4.4 km)	8.4	0.32	0.142	0.5044	$D=0.23Q^{0.283}$ $V=0.38Q^{0.589}$
	6.4	0.37	0.129	0.2839	
	7.7	0.21	0.4628	0.710	
REACH5 (5.6 km)	13	0.22	0.3086	0.9224	$D=0.23Q^{0.2826}$ $V=0.38Q^{0.5886}$
	11.5	0.17	0.173	0.3393	

주: ()안의 수치는 측정지점의 거리

<표 5-3> 재폭기계수 산정식

제안자	재폭기계수 산출식
O'Connor and Dobbins (1956)	<p>자연하천의 난류흐름을 고려하여</p> $K_2 = 1.346 \times \frac{(D_m \cdot U)^{0.5}}{H^{1.5}} : \text{수심에 따른 유속의 변화가 적은 하천의 경우}$ $K_2 = 824.67 \times \frac{(D_m^{0.5} \times S^{0.25})}{H^{1.25}} : \text{수심에 따른 유속변화가 큰 경우}$ <p>H : 수심(L), D_m : 온도영향을 고려한 분자확산계수(L²/T) U : 유속(L/T), S : 하상경사</p>
Churchill, Elmore, Buckinhan 식 (1962)	$K_2 = 5.026 \times \frac{U^{0.969}}{H^{1.873}}$
Owens, Edwards, Gibbs 식 (1964)	<p>유속의 변화가 0.03~0.15m/sec이고 수심이 0.1~3.35m 범위의 하천에 대해</p> $K_2 = 5.313 \times \frac{U^{0.87}}{H^{1.85}}$
Thackston and Krendel 식 (1966)	$K_2 = 24.948 \times (1 + F^{0.5}) \times \frac{U^*}{H}$ $U^* = \sqrt{H \times S \times g} = 1.167 \times \frac{n \times U \times \sqrt{g}}{H} : \text{Shear Velocity(L/T)}$ <p>g : 중력가속도(L/T²) n : Manning의 조도계수</p>
Langbien Durum 식 (1967)	<p>수심이 얇고 유속이 빠른 하천의 경우</p> $K_2 = 224.6769 \times Q^{-0.23}$ <p>Q : 유량(L³/T)</p> $K_2 = 5.1349 \times \frac{U}{H^{1.33}}$
Forbee 식	$K_2 = 0.3 + 0.19 \times S^{1.2} : \text{유속이 느리고 유량이 적은 소하천의 경우}$
Ozturk식	$K_2 = 4.56 \times \frac{V_t^{4/3}}{H} : \text{조식의 영향을 받는 하구의 경우}$ <p>V_t : 평균조수유속</p>
Tsivoglou Wallace 식	$K_2 = B(\Delta h/L) :$ <p>Δh : reach 내 수면의 고저차 L: reach 길이 B : 비례 상수</p>



<그림 5-4> 재폭기계수 계산식별 재폭기계수 값의 변화

3. 자정계수의 보정

하천의 자정능력을 판단할 수 있는 탈산소계수(K_1)과 침전계수(K_3)를 중심으로 보정하였는 바, 각 대구간별 보정된 탈산소계수 값과 국내 연구결과를 비교하면 <표 5-4>와 같다.

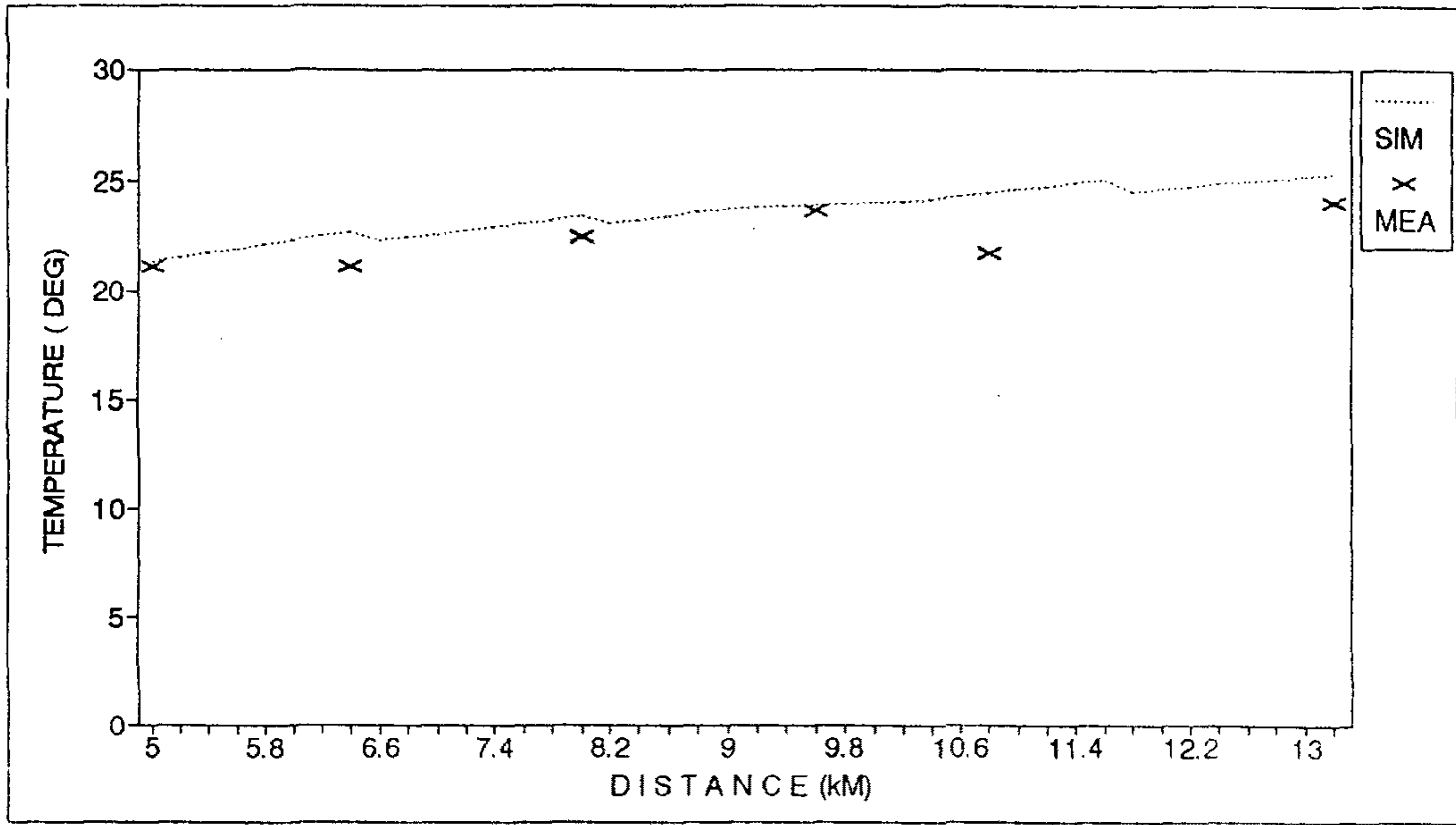
본 연구의 보정된 수치가 국내의 연구결과 수치 보다 다소 큰 값을 값을 나타내었다. 이는 비교된 국내 연구가 대하천인 한강본류, 낙동강본류 등에 적용한 것으로 이들 하천은 오염이 심화된 하천들로 하천의 자정능력이 그만큼 상실된 하천이나, 본 연구대상 복하천은 농촌유역의 하천으로 비교적 오염이 덜 진행되었고 하천의 구배가 비교적 급하며, 하천바닥에 자갈층이 있어서 일종의 정화시설 역할을 하기 때문으로 판단된다.

본류구간에서는 하류로 갈수록 K_1 계수값이 적어지며, 특히 BOD 침강성을 나타내는 K_3 의 값이 비교적 큰 것을 알 수 있었다.

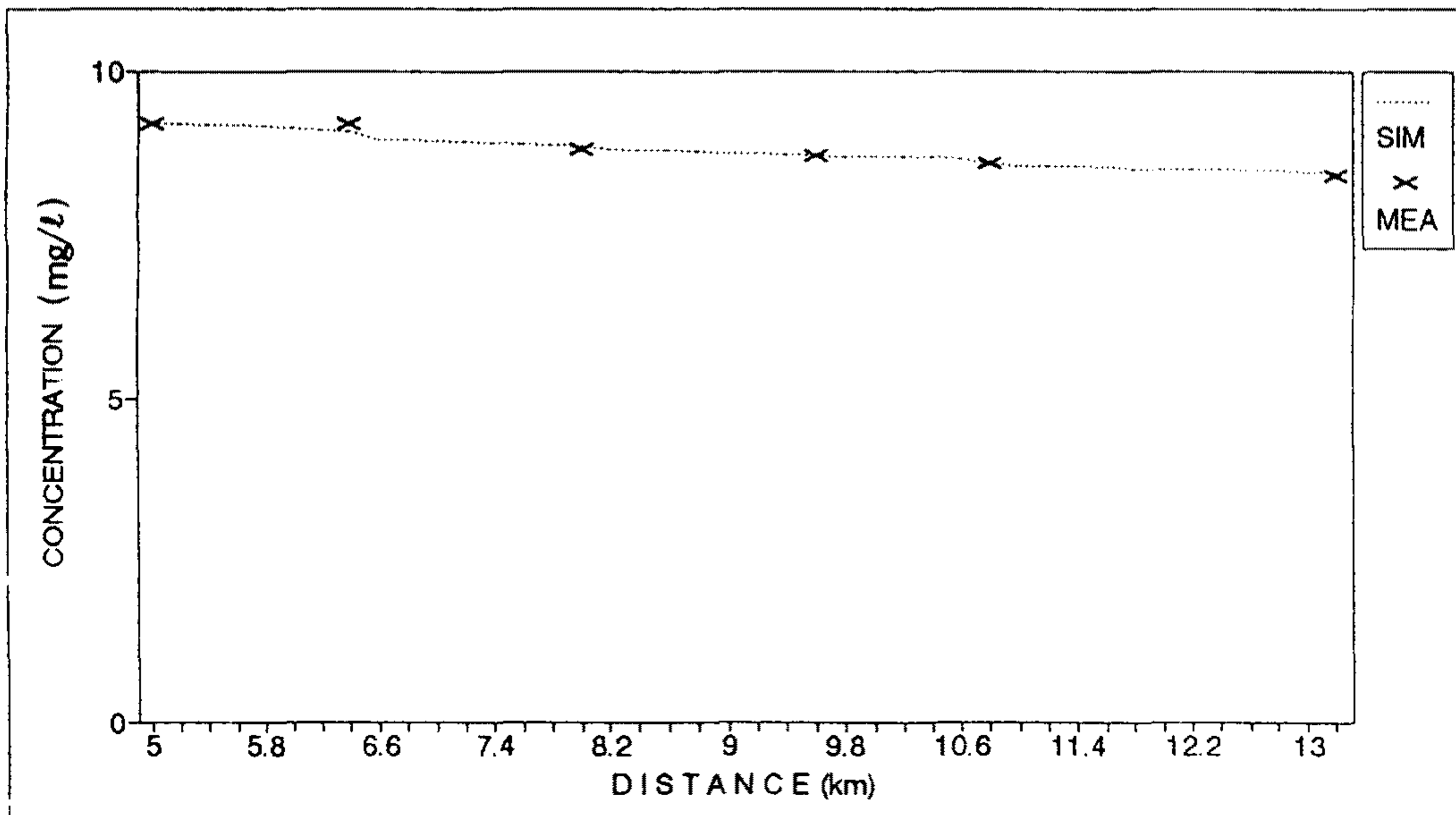
<표 5-4> 탈산소계수의 비교

사업명	계 수	범 위 (/DAY)
한강유역 환경보전사업	K_1	0.02~0.35
	K_2	0.05~1.83
	K_3	8.0
낙동강유역 환경보전사업	K_1	0.10~0.40
	K_2	Lanbien&Durum
	K_3	-
서,남해권 환경보전사업	K_1	0.05~0.25
	K_2	0.10~4.27
	K_3	0.20~0.80
본 연구 적용	K_1	0.23~1.0
	K_2	2.8~12
	K_3	0.2~2.0

이상의 보정을 완료한 QUAL2E 모형을 1993년 8월28일의 실측자료와 모형에 의한 모의발생값의 비교를 <그림 5-5>에 나타내었다.

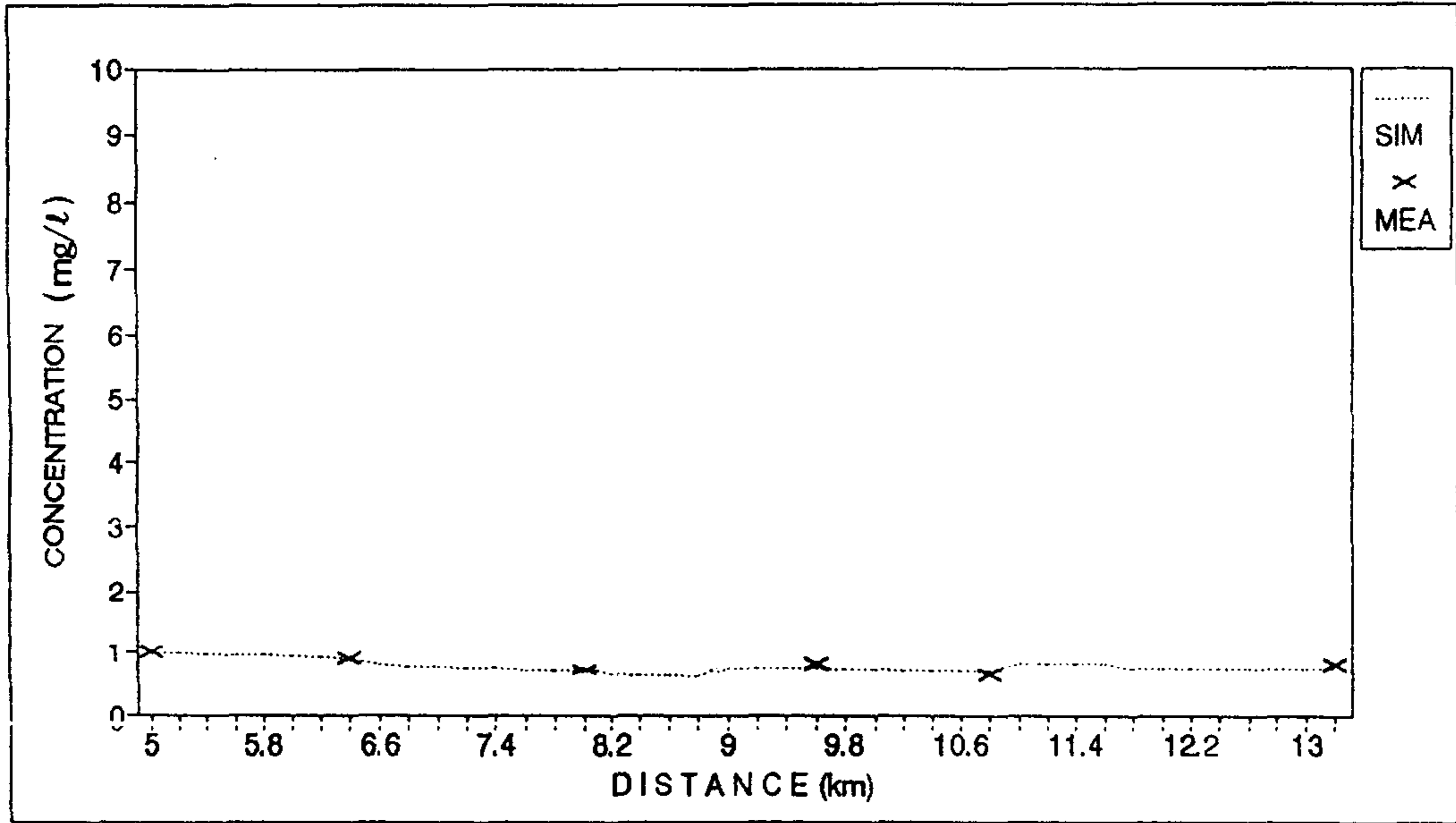


(1) 온 도

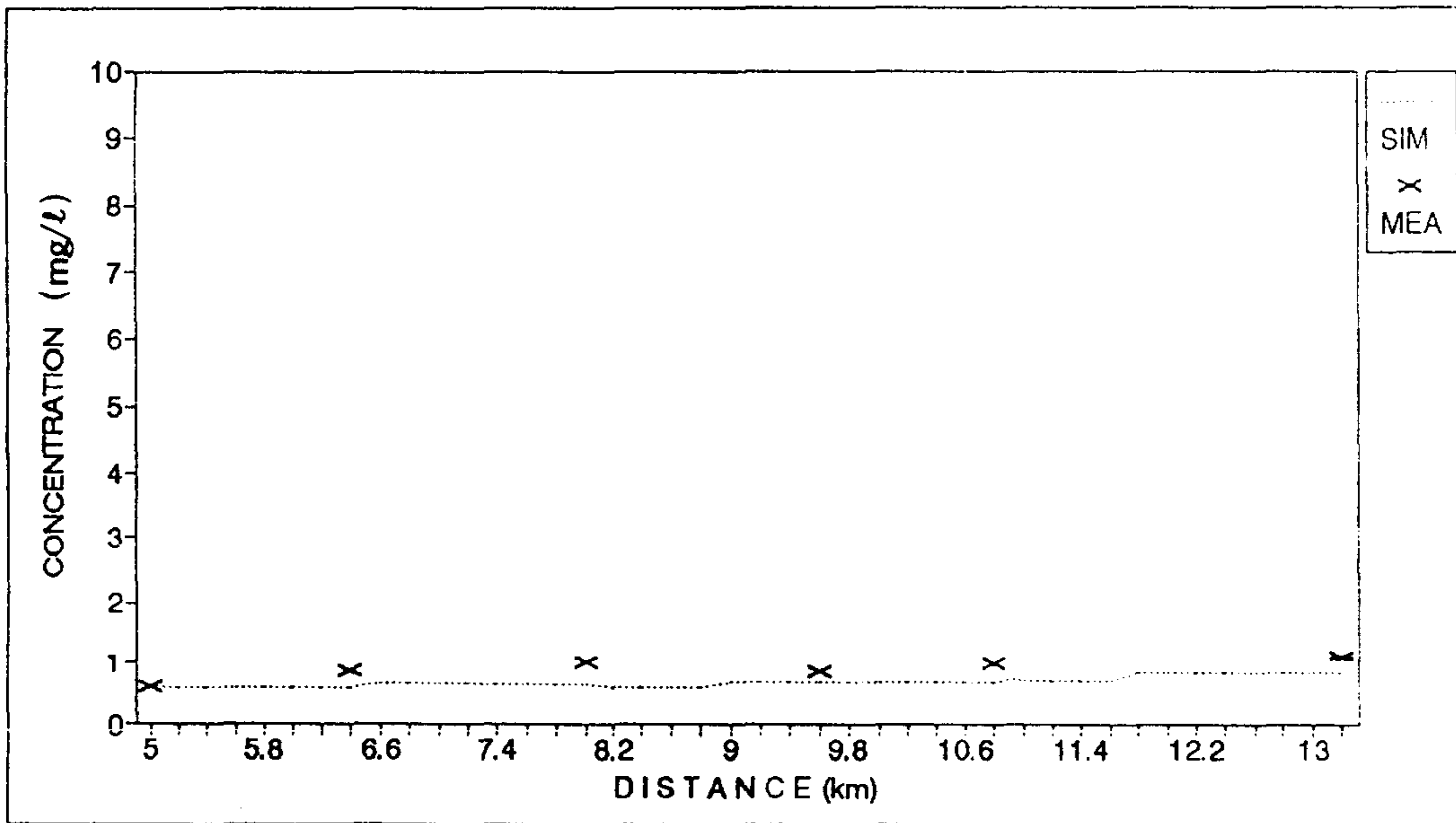


(2) 용존산소

<그림 5-5> 중요 수질지표 항목의 보정결과

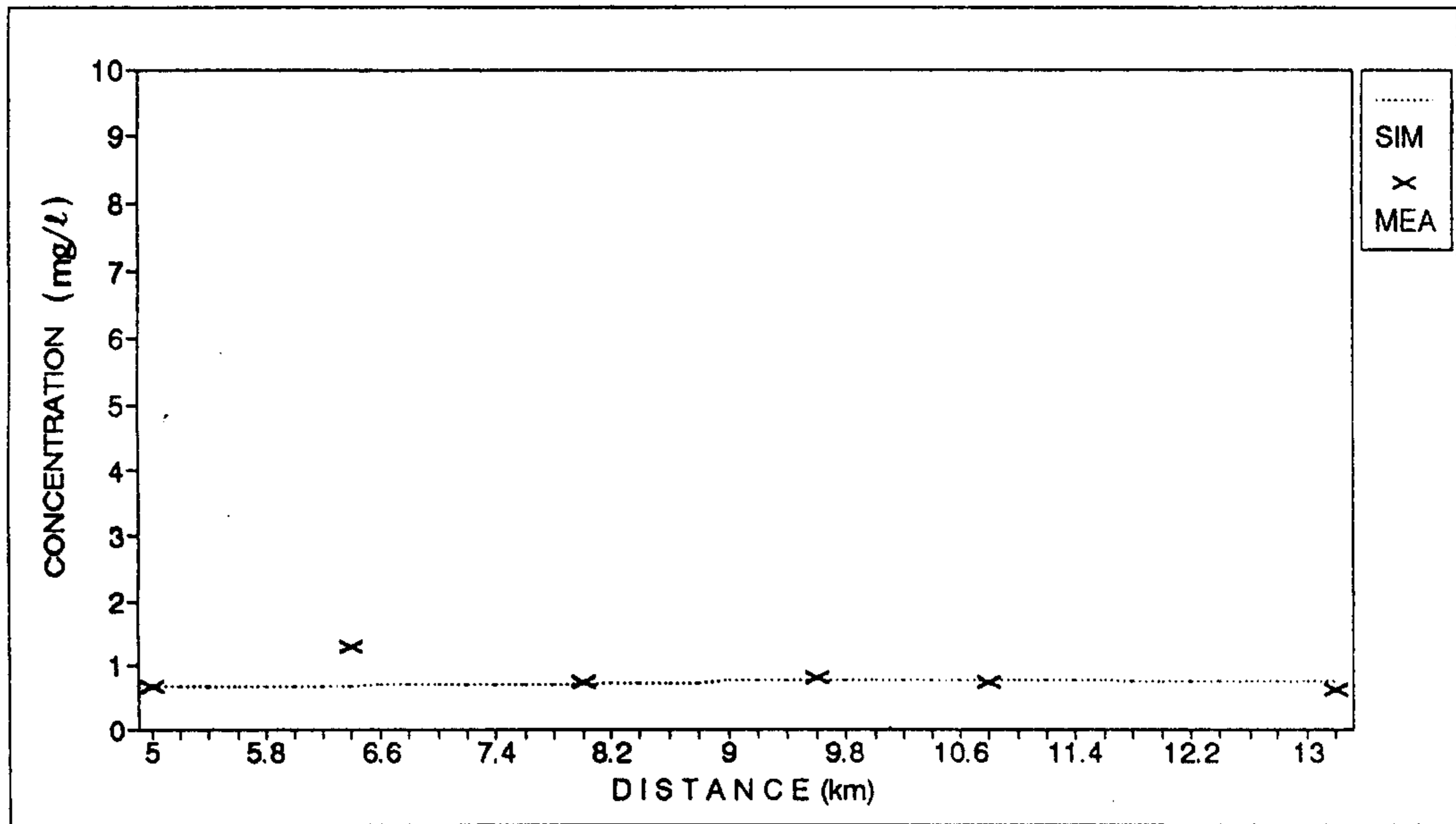


(3) 생물화학적 산소요구량



(4) 전 질 소

<그림 5-5> 계 속



(5) 전 인

<그림 5-5> 계 속

실측치와 모의발생치를 상대오차를 중심으로 살펴보면, 온도는 1.0~12.4%, DO 0.0~1.2%, BOD 0.0~21.7%, T-N 0.5~33.1%, T-P 0.6~46.8%의 범위로서 실측치와 잘 일치하는 경향이며 구간에 따라서는 T-P의 경우, 상대오차가 최대 46.8%를 나타내지만 이는 실측수질농도가 낮은 수치이며 샘플링시와 분석시의 오차등도 내포될 수 있음을 고려하면 모형의 신뢰성에는 큰 영향을 미치지 않는다.

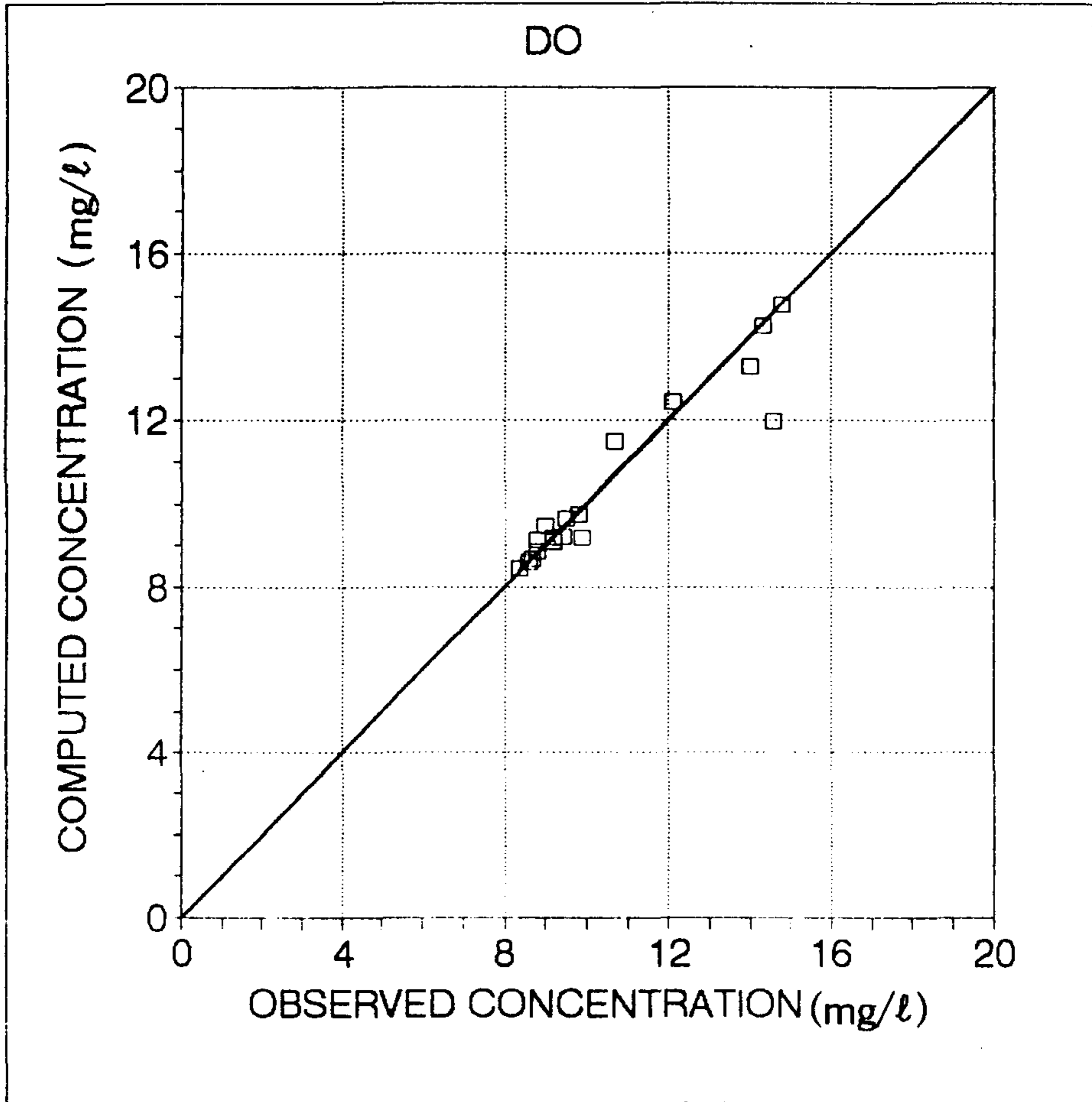
5.3.3 모형의 검증

보정을 완료한 QUAL2E모형을 1993년 2월 16일, 5월 21일의 실측자료로 검증하였다.

모형의 신뢰성 평가를 위해서 일반적으로 많이 이용하는 실측값과 모의발생 값과의 상관관계를 나타내는 결정계수(R^2)를 중심으로 살펴보면, DO 0.91, BOD 0.81, T-N 0.92 T-P 0.89로서 매우 높은 정상관을 보이며 <그림 5-6>에서 보듯이 DO, T-N, T-P 의 경우는 전구간에서 실측치와 거의 일치하며, BOD는 실측값 보다 다소 낮게 계산됨을 알 수 있다.

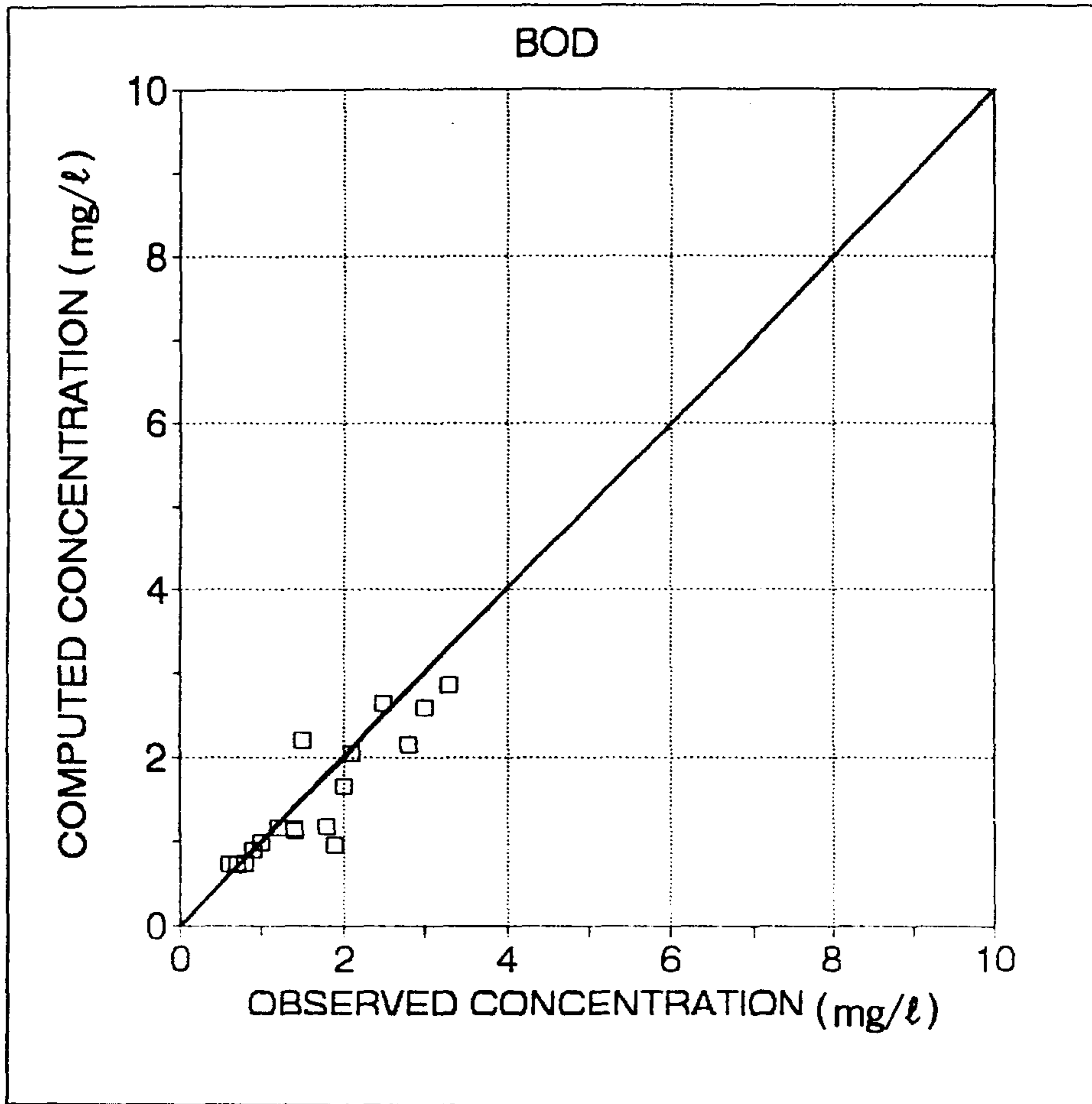
<표 5-5> 모형보정결과와 실측값의 상대오차 (단위;%)

측정지점	상 대 오 차				
	온도	용존산소	생물화학적산소 요구량	총질소	총 인
①	1.2	0.1	2.0	0.5	0.6
②	7.3	1.2	0.0	36.1	46.8
③	4.3	0.68	1.43	39.1	4.2
④	1.0	0.0	6.25	24.4	1.8
⑤	12.4	0.0	21.7	34.3	3.5
⑥	5.3	0.6	6.3	27.6	21.6



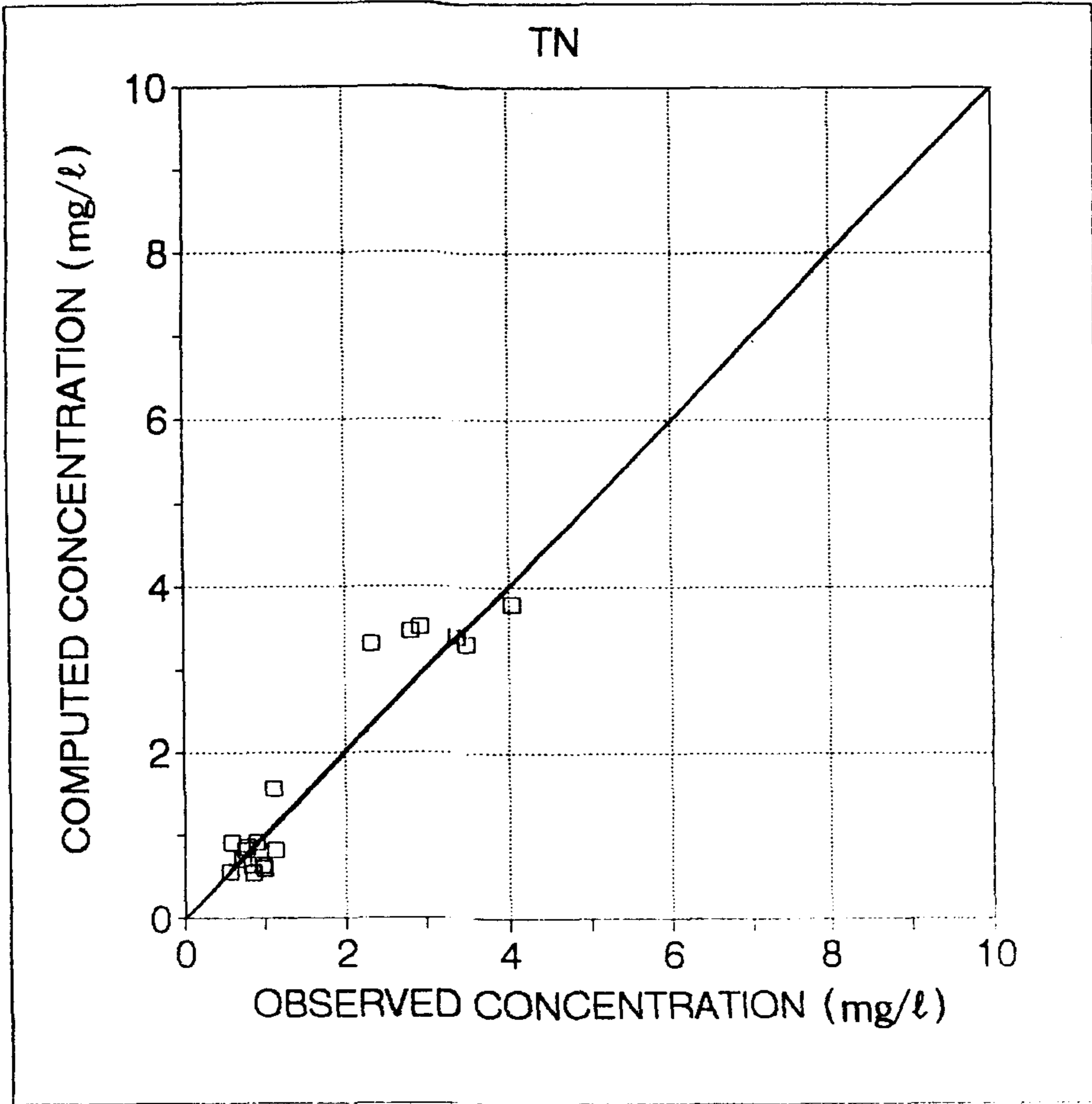
(1) 용존산소

<그림 5-6> 실측값과 모의발생값의 상관관계



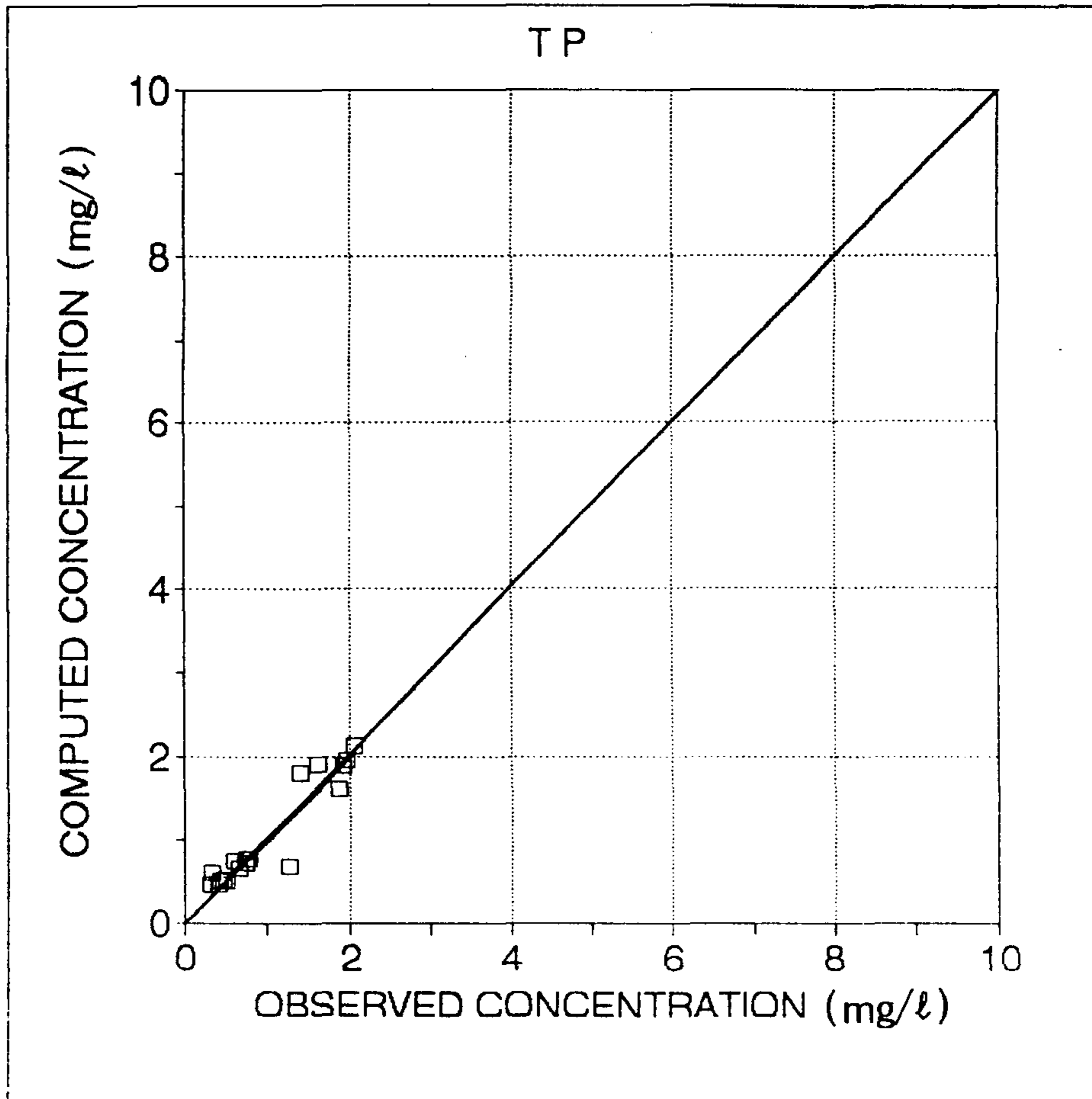
(2) 생물화학적 산소요구량

<그림 5-6> 계 속



(3) 총 질소

<그림 5-6> 계 속



(4) 총인

<그림 5-6> 계 속

5.4 수질관리 모형의 구축

5.4.1 모형의 구성

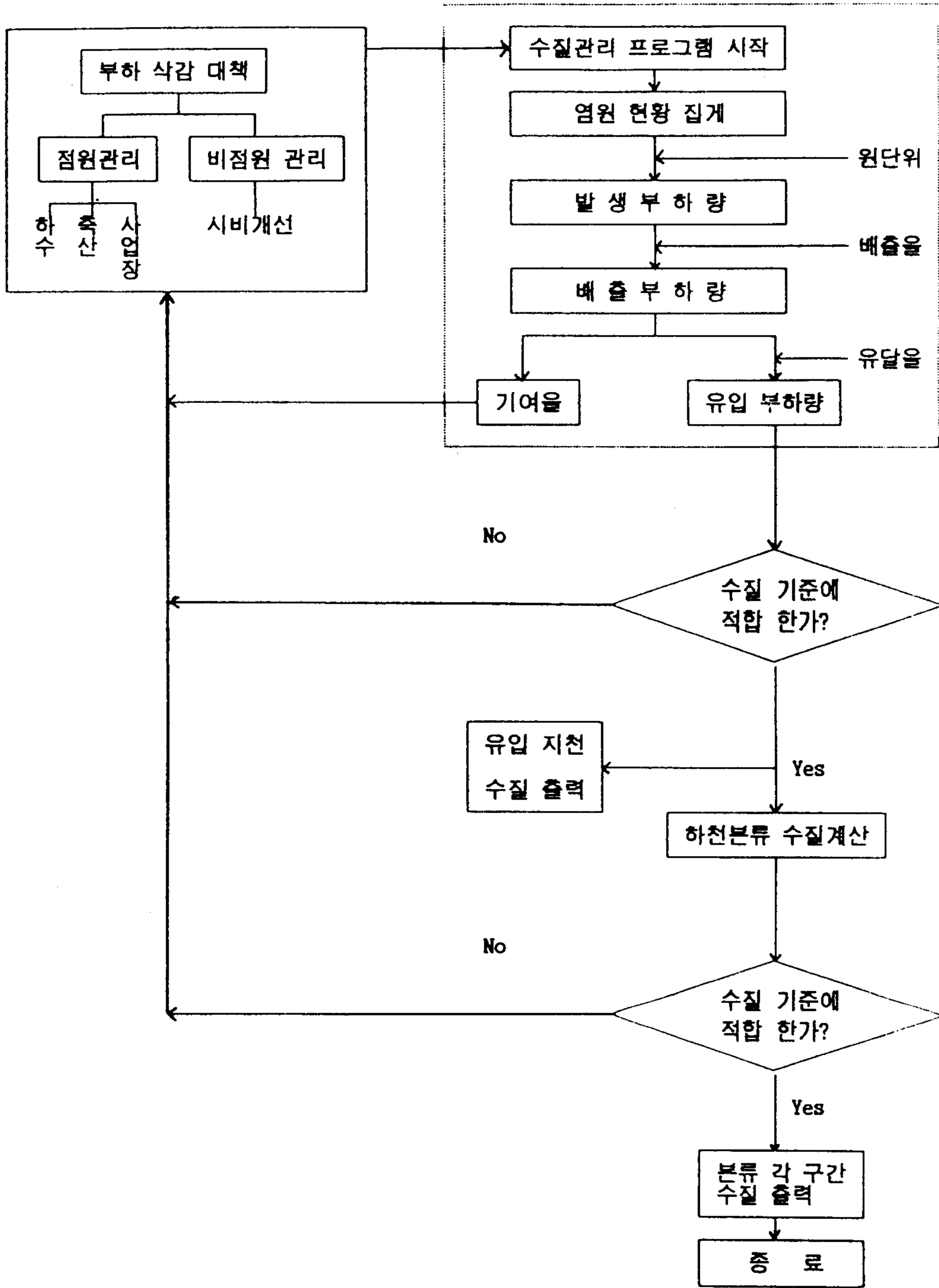
오염원을 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 오염원 관리시스템과 수질 예측모형을 결합하면 유역전체의 수질환경을 효율적이고 체계적으로 관리할 수 있는 수질관리 모형이 될 수 있다. 본 연구에서는 제3장의 유역 오염부하 모형과 하천수질예측모형인 QUAL2E모형을 결합하여 하천수질 관리모형을 구축하였다.

전술한 바와 같이, 오염부하 모형은 원단위법과 유달율을 이용하여 지천말단 수질감시 기준점의 수질을 예측할 수 있는 가장 간편한 모형이며, 하천수질예측 모형은 본류로 유입한 이들 지천들의 오염물질이 하류로 유하하면서 변화되는 과정을 수학적으로 예측이 가능하므로 본류의 수질감시 기준점에서의 수질을 예측할 수 있다.

수질관리모형의 수행과정은 유역의 오염원 자료로부터 오염부하모형에 의해 각 소유역별 본류유입 유량과 수질농도가 계산되어지며, 이 결과를 QUAL2E모형에 입력하여 하천본류의 수질을 계산한다. 만일, 수질감시 기준점에서의 예측수질이 목표수질을 초과할 경우, 오염부하 모형을 이용하여 각종 오염원에 대해 오염부하 삭감대책을 강구하여 위의 과정을 반복한다.

오염부하 삭감대책은 실제로는 최적화기법을 통한 경제적 분석도 고려하여야 하나 본 연구의 범위가 너무 광범위하게 되므로 이 방법론은 제외하고 본 연구에서의 부하삭감 대책은 오염부하 유달모형에서 계산된 기여율을 바탕으로 배출부하 기여율이 큰 오염원에 대해 처리시설의 부하제거율을 고려하여 수립하는 방법을 택하였다.

본연구에서 구축한 수질관리모형의 구조는 <그림 5-7>과 같다.



<그림 5-7> 수질관리 모형의 구조

5.4.2 지천의 수질

유입지천의 유량을 제2장의 수문분석의 결과를 사용하여 계산된 지천의 수질은 <표 5-6>과 같다.

<표 5-6>에서 갈수시의 유입지천별 수질의 분포는 BOD 2.5~13.15 mg/l, T-N 3.668~25.082 mg/l, T-P 0.086~43.57 mg/l 를 나타내고 있으며, 저수량시는 BOD 0.5~7.2 mg/l, T-N 0.8~13.3 mg/l, T-P 0.045~23.10 mg/l, 평수량시는 BOD 0.29~4.4 mg/l, T-N 0.505~8.313 mg/l, T-P 0.028~14.4 mg/l, 풍수량시는 BOD 0.14~2.1 mg/l, T-N 0.246~4.04 mg/l, T-P 0.014~7.033 mg/l 의 범위를 나타내는 것으로 예측되었다.

유출량 분석에서, 갈수량은 년 중 10일 동안, 저수량은 90일 동안 이 유량이 하로 유출하고, 평수량은 180일, 풍수량은 270일 이상이 이 유량을 초과하여 유출하는 것으로 정의되므로 유입지천의 수질을 이 유출량 분석기준에 적용하면 1년 중 10일은 갈수량시의 수질보다 악화된 상태를 나타내고, 저수량시는 1년 중 90일 동안, 평수량시는 180일 동안, 풍수량시는 270일동안 이 기준유량시의 수질보다 악화된 상태를 유지한다고 볼 수 있다.

예측된 지천의 수질을 본연구의 1차년도 연구보고서에서 제안한 농업용수 수질기준과 비교해 보면 일년 중 180일 이상이 T-N 농도가 농업용수 수질기준 1mg/l를 초과하는 것으로 나타났고 T-P의 농도도 비교적 높은 수치를 나타내고 있으므로 본 연구대상 복하천유역의 소규모 지천들이 영양물질에 의한 오염이 심각함을 알 수 있다.

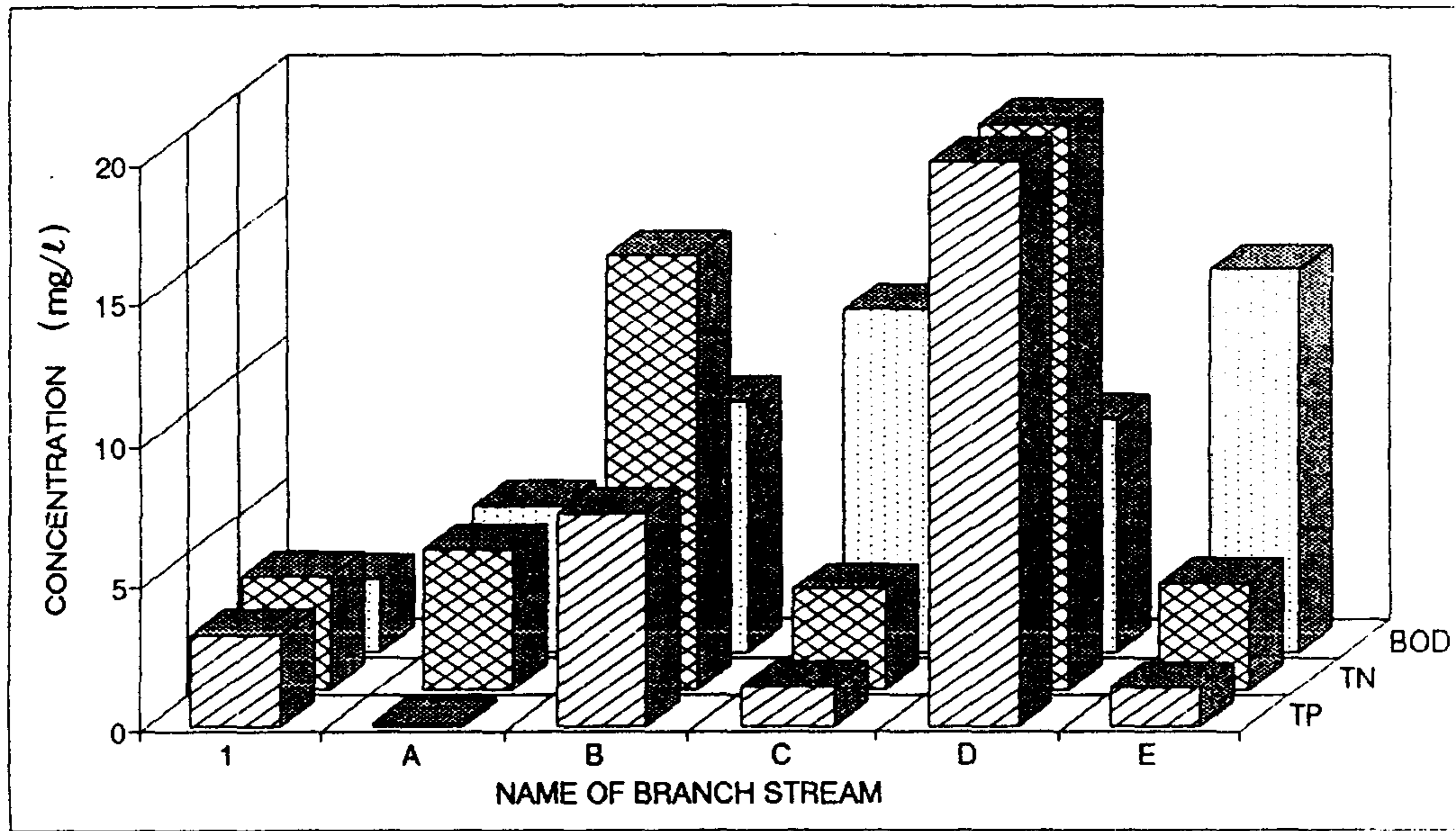
영양물질의 주 오염원으로는 오염물질 배출기여율이 가장 큰 축산폐수와 자연계부하로 생각되며 특히, 규제대상 미만의 소규모 축산농가가 유역전반에 걸쳐 산재해 있으므로 오염부하삭감 대책의 수립시 이들 소규모 축산농가의 축산폐수 및 폐기물의 관리방법을 중심으로 하여야 함을 알 수 있다.

각 기준 유량별 지천의 BOD, T-N, T-P의 유입농도를 <그림 5-8>에 나타내었다.

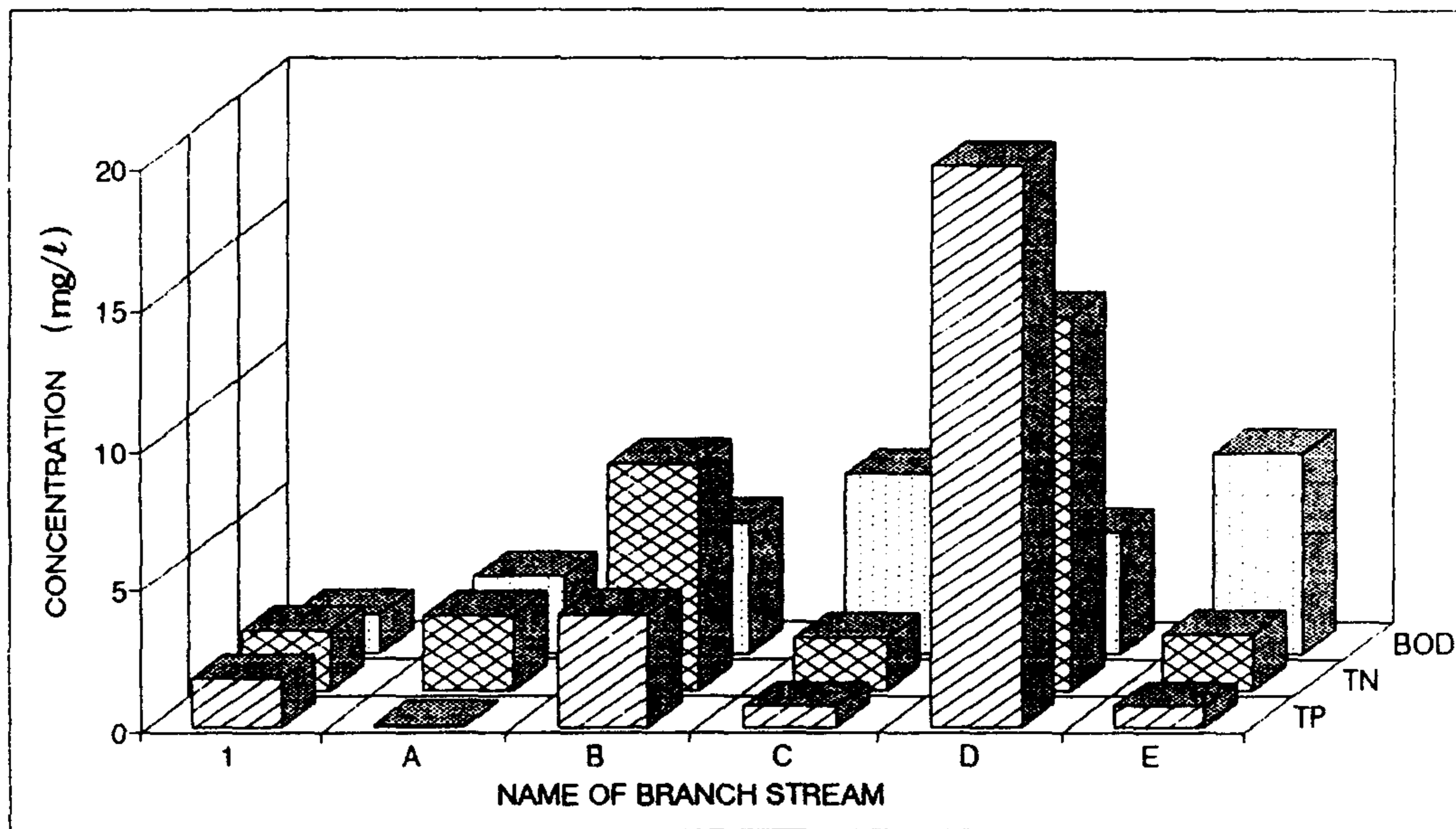
<표 5-6>유량별 지천의 유입농도

(단위:mg/l)

		BOD	T-N	T-P
①	갈수량	2.52	3.9246	3.1459
	저수량	1.34	2.0864	1.6724
	평수량	0.83	1.3008	1.0427
	풍수량	0.41	0.6334	0.5077
A	갈수량	5.12	4.8835	0.0860
	저수량	2.72	2.5961	0.0457
	평수량	1.69	1.6186	0.0285
	풍수량	0.83	0.7881	0.0139
B	갈수량	8.7	15.2480	7.4510
	저수량	0.47	0.8106	0.3961
	평수량	0.29	0.5054	0.2470
	풍수량	0.14	0.2461	0.1202
C	갈수량	12.04	3.4695	1.3959
	저수량	6.4	1.8444	0.7421
	평수량	4.0	1.1499	0.4627
	풍수량	1.9	0.5599	0.2253
D	갈수량	8.15	25.0822	43.579
	저수량	1.33	13.334	23.1672
	평수량	2.70	8.3133	14.4439
	풍수량	1.32	4.0479	7.0329
E	갈수량	13.47	3.6684	1.3672
	저수량	7.16	1.9500	0.7285
	평수량	4.47	1.2158	0.4532
	풍수량	2.17	0.5920	0.2207

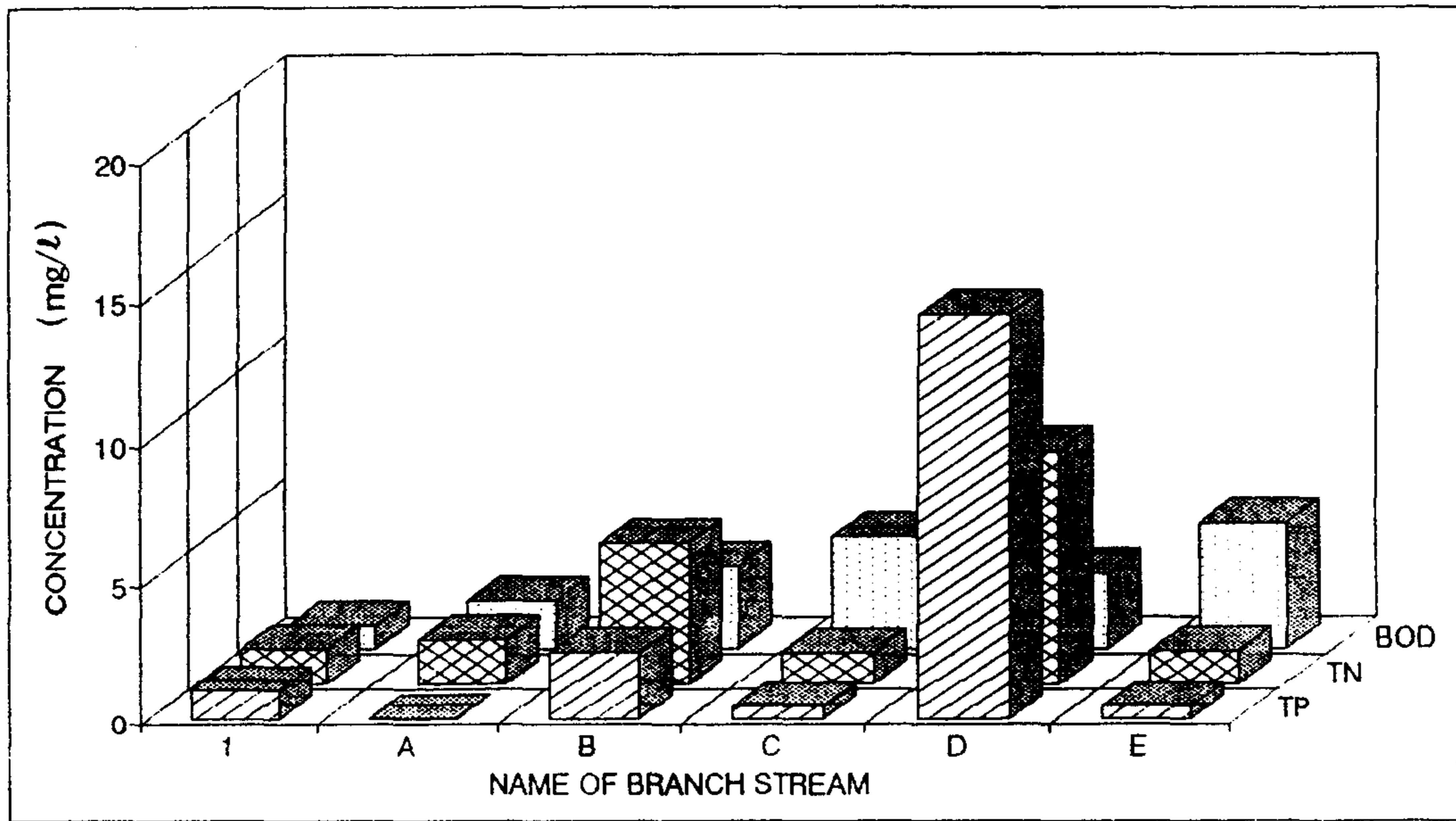


(1) 갈수기

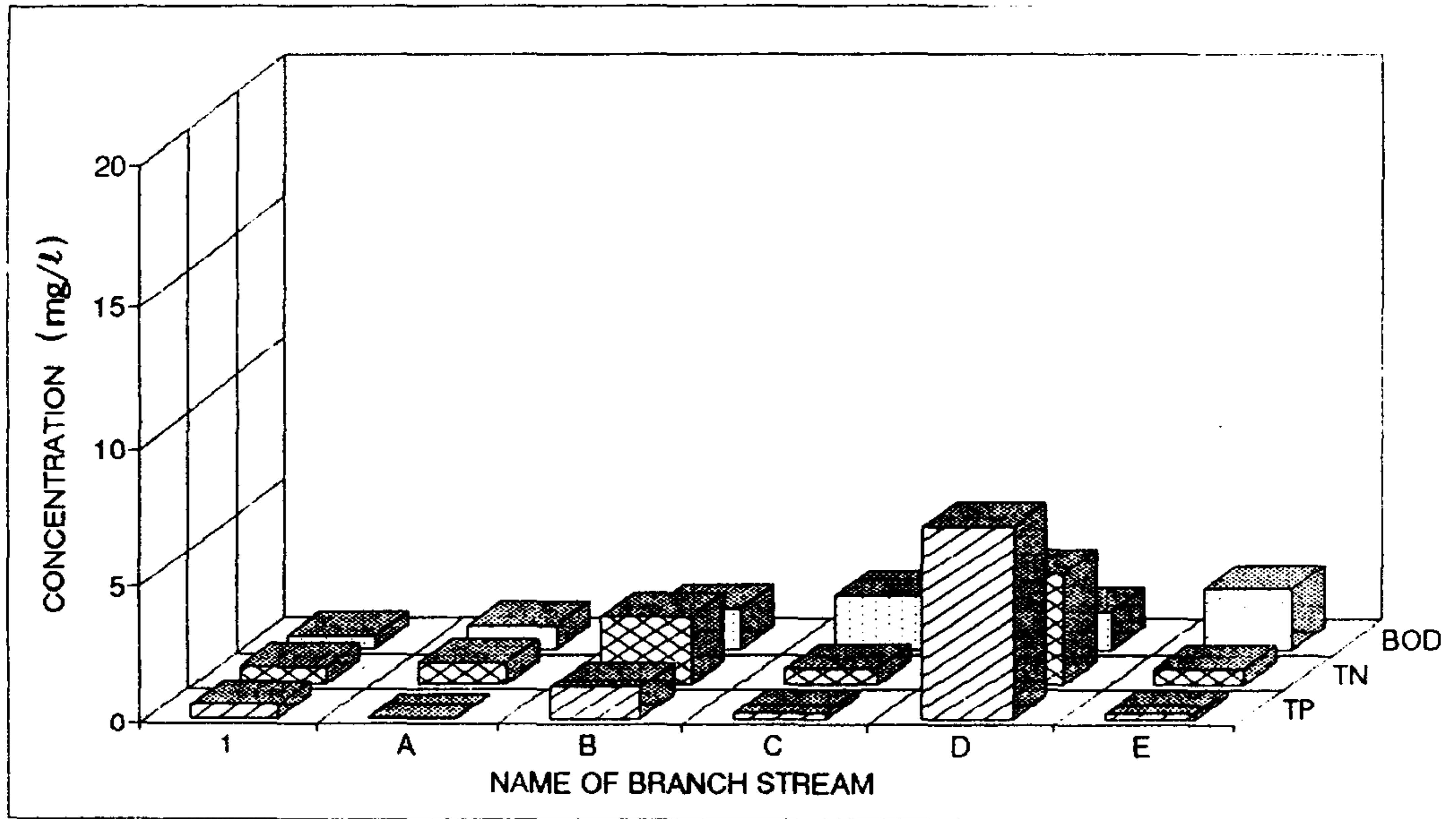


(2) 저수기

<그림 5-8> 지천의 유입수질



(3) 평수기



(4) 풍수기

<그림 5-8 > 계 속

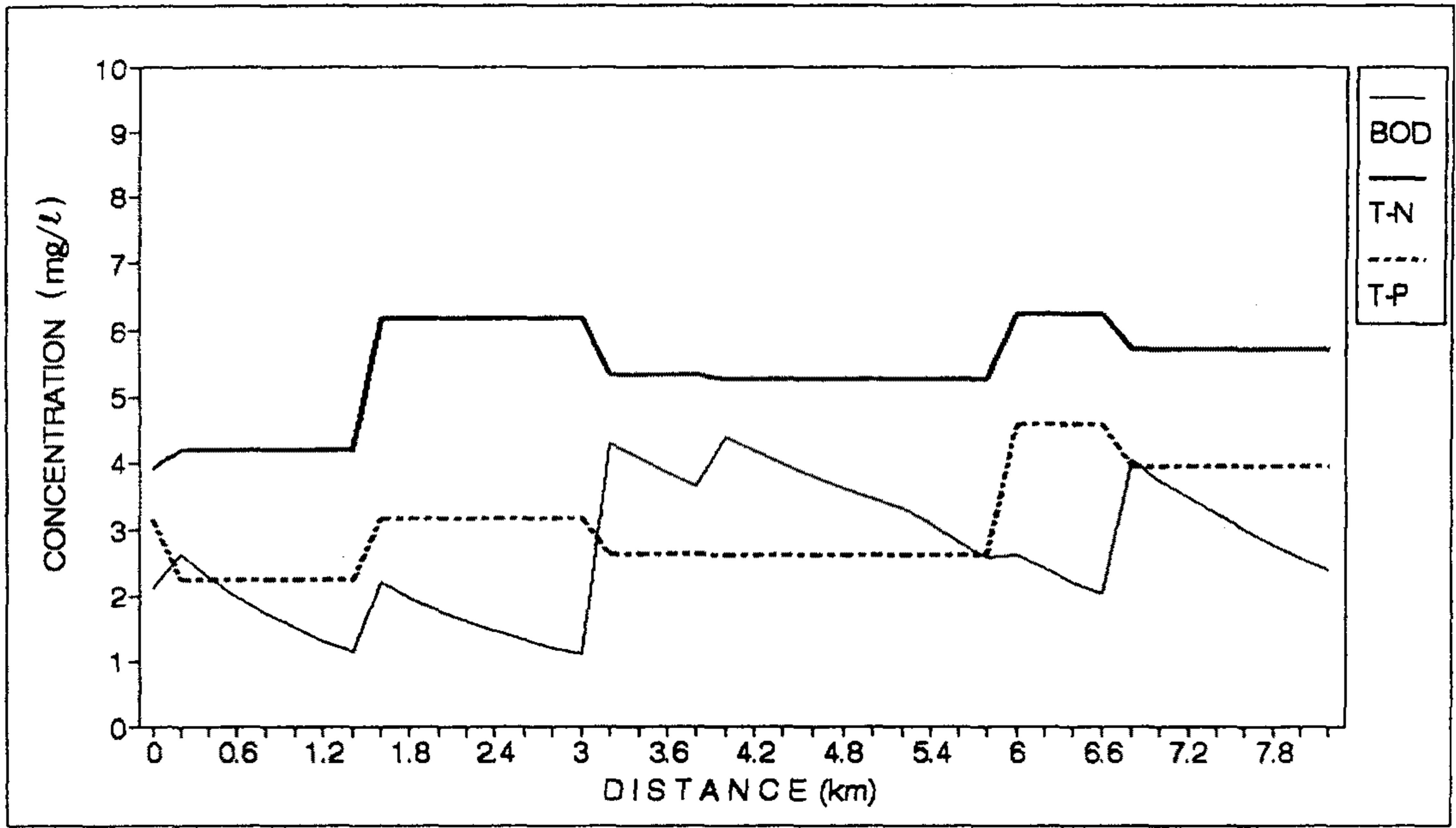
5.4.3. 본류의 수질

관련법규에 따르면, 복하천은 전구간에 걸쳐 생활환경기준 II등급을 유지하여야 하는 바, 복하천본류의 수질을 예측한 결과, 복하천 본류의 평균 BOD 농도는 갈수기시 2.68 mg/l, 저수기시 1.74 mg/l, 평수기시 1.21 mg/l, 풍수기시 0.75 mg/l로서, 갈수기시 일부구간을 제외하고는 거의 일년내내 이 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 전반적으로 하류로 갈수록 수질이 악화되며, 관리천이 유입하는 지점 이하에서 본류의 수질이 급격히 악화되어 갈수기시 최대 BOD 농도가 4.38 mg/l까지 나타내며 본류 말단지점에서의 BOD농도는 2.37 mg/l를 나타낸다.

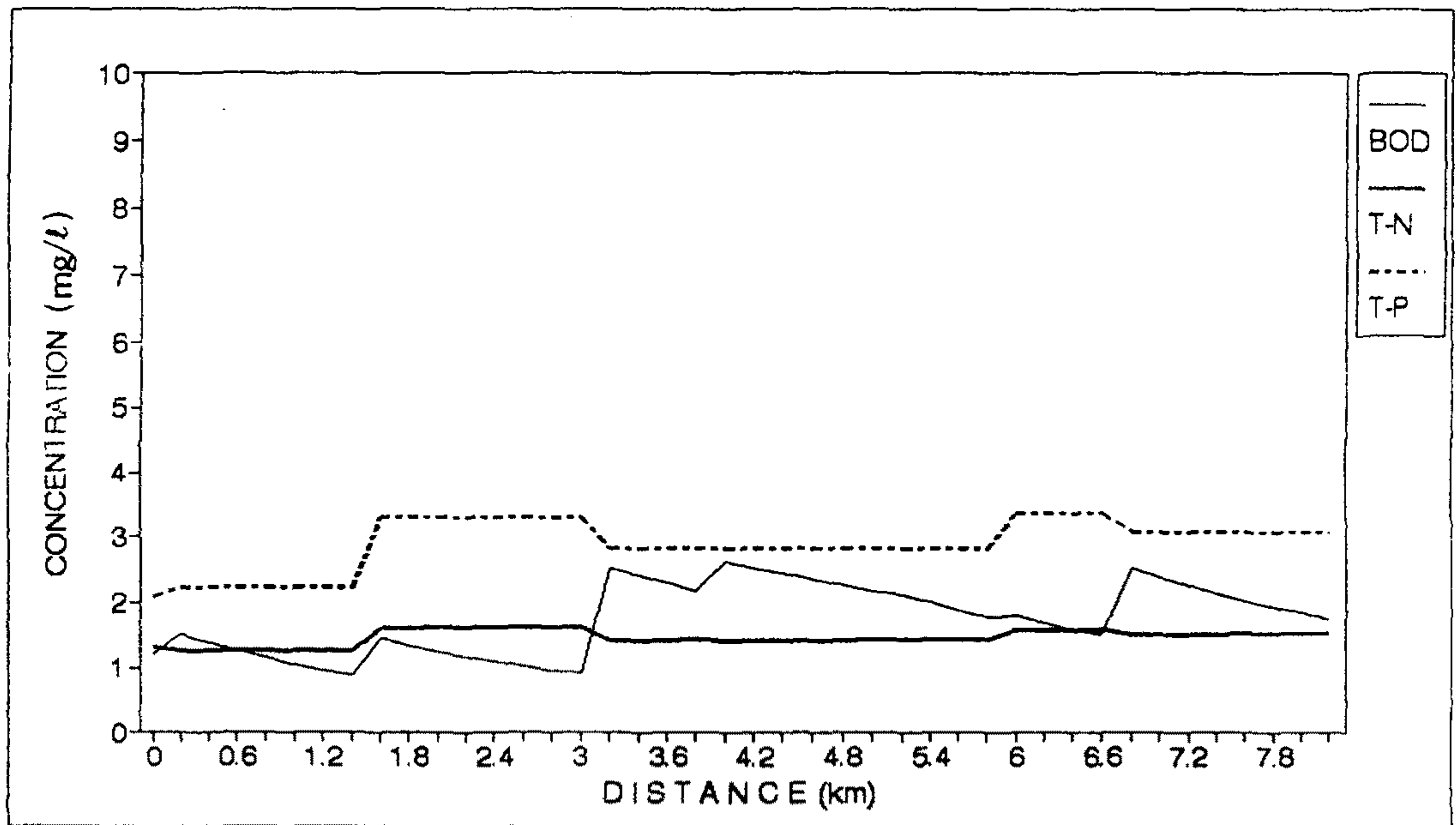
T-N과 T-P의 경우도 BOD와 비슷한 경향을 나타내지만, 갈수기시의 농도와 그외 유량조건의 경우가 크게 차이가 나는 것이 다르다. 각 유량조건에서의 평균 T-N 농도는 갈수기시 5.41 mg/l, 저수기시 1.47 mg/l, 평수기시 1.49 mg/l, 풍수기시 0.77 mg/l로 나타났으며, T-P는 갈수기시 3.11 mg/l, 저수기시 2.90 mg/l, 평수기시 0.84 mg/l, 풍수기시 0.46 mg/l로 나타났다.

각 구간별로는 T-N, T-P 농도가 작촌천 유입지점 이후에서 관리천 유입지점 전까지와 덕평지천 유입지점 이하부터 해월천 유입지점 전까지의 구간이 타구간에 비해 상대적으로 오염이 심화되는 경향을 나타내고 있다. T-N의 농도는 일년 중 풍수기시를 제외하고는 1차년도 연구보고에서 제안한 농업용수 수질기준 T-N 1mg/l을 초과하여 농업용수로 이용시 농작물의 피해가 우려되므로 유역의 오염원에 대한 자세한 파악과 관리대책을 수립하여야 한다.

이상의 결과를 유량시기별 수질항목별 농도로 나타내면 <그림 5-9>과 같다.

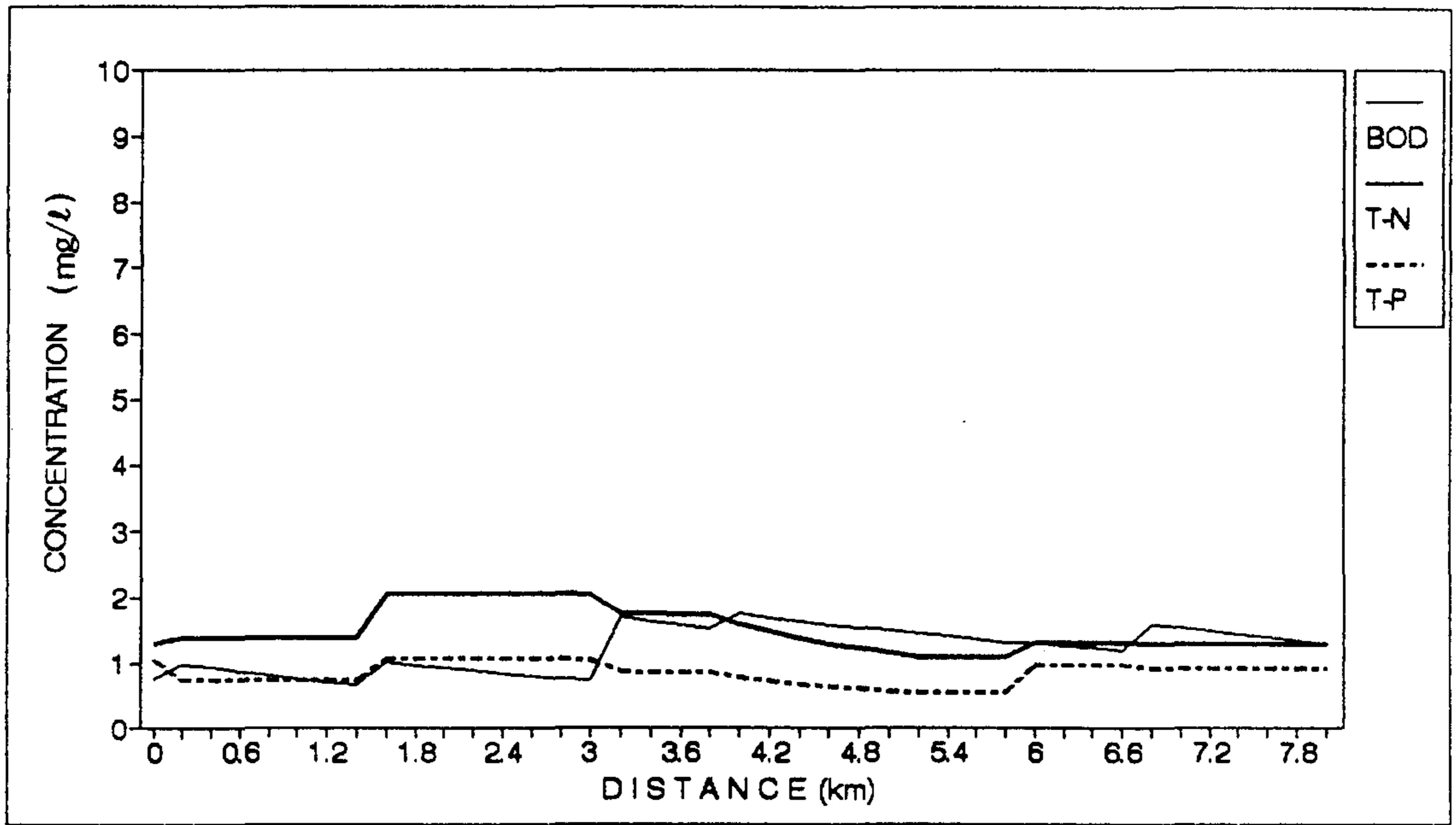


(1) 갈수기의 수질농도 변화

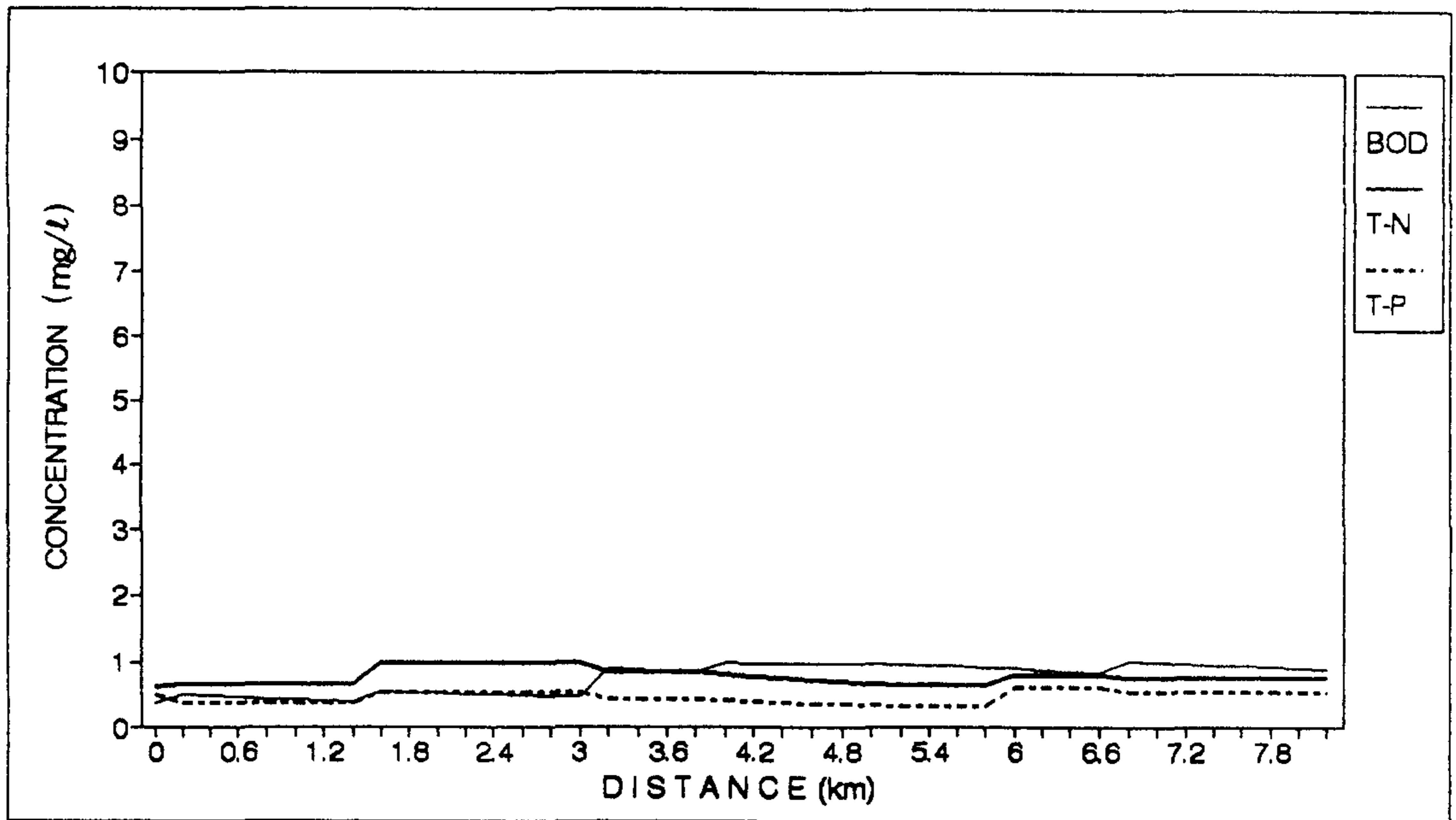


(2) 저수기의 수질농도의 변화

<그림 5-9> 유량에 따른 본류의 수질변화



(3) 평수기의 수질농도의 변화



(4) 풍수기의 수질농도의 변화

<그림 5-9> 계속

5.5 요약 및 결론

농촌유역의 종합적 수질관리 대책의 수립 및 평가 수단으로 제3장의 오염부하계산 모형과 하천수질예측 모형인 QUAL2E모형을 결합한 수질관리모형을 구축하여 연구대상 복하천 유역에 적용성을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 유역내에서 수환경에 영향을 미치는 오염원의 변화를 반영하는 오염부하계산 모형은 원단위법과 유달율을 이용하여 지천에서의 유달부하량을 예측할 수 있는 모형이며, 하천본류에서의 오염물질의 거동을 예측하는 QUAL2E모형을 결합하여 유역의 종합적 수환경관리가 가능한 수질관리모형을 구축하였다. 수질관리모형은 계산된 본류 수질기준점에서의 수질농도와 수질기준을 비교하여, 수질기준에 부적합하다고 판단되면 오염배출부하 기여율이 높은 오염원 및 소유역을 중심으로 부하삭감계획을 강구하여 수질기준을 만족하도록 하는 과정을 수행한다,
2. 하천본류의 수질을 예측하는 QUAL2E모형은 그동안 국내외의 환경사업분야에서 그 신뢰성이 인정된 모형으로 연구대상 유역에 적합하도록 보정한 바, 재폭기계수(K_2)는 Thacstone식이 2.8~12/day의 범위를 나타내어 연구대상유역의 재폭기현상을 잘 묘사하는 것으로 나타났고, 탈산소계수(K_1)과 BOD침강계수(K_3)가 각각 0.23~1.0/day, 0.2~2.0/day의 분포를 보여 국내의 연구보고 값보다 크게 나타났다.
4. 수질관리모형을 본 연구대상 복하천유역에 적용한 결과, 유출량변화에 따른 지천의 예측수질을 본 연구의 1차년도 연구보고서에서 제안한 농업용수 수질기준과 비교해 보면 년 중 180일 이상이 T-N 농도가 농업용수 수질기준 1 mg/l를 초과하는 것으로 나타났고 T-P의 농도도 비교적 높은 수치를 나타내고 있어, 본 연구대상 유역의 소규모 지천들이 영양물질에 의한 오염이 심각함을 알 수 있다. 영양물질의 주 오염원으로는 오염물질 배출기여율이 가장 큰 축산폐수와 자연계부하로 사료되며, 특히 본 연구대상유역에는 규제대상 미만의 소규모 축산농가가 유역전반에 걸쳐 산재해 있으므로 오염부하삭감 대책의 수립시, 이들

소규모 축산농가의 축산폐수 및 폐기물의 관리방법을 중점적으로 고려하여야 함을 알 수 있다.

5. 유출량 변화에 따른 하천본류의 수질을 예측한 결과 복하천 본류의 평균BOD 농도는 갈수기시 2.68 mg/l, 저수기시 1.74 mg/l, 평수기시 1.21 mg/l, 풍수기시 0.75 mg/l 로서, 갈수기시 일부구간을 제외하고는 생활환경기준 II등급을 만족하는 상태로 나타났다. 전반적으로 하류로 갈수록 수질이 악화되어 관리천 유입지점 이하에서 갈수기시 최대 BOD농도가 4.38 mg/l로 나타났으며 본류 말단지점에서 BOD농도는 2.37 mg/l로 예측되었다.
6. 유출량 변화에 따른 영양염류의 수질예측 결과도 BOD와 비슷한 경향을 나타냈지만 유량조건에 따라 더욱 변화가 심하였으며, 년중 풍수기를 제외하고는 제안 농업용수 수질기준 T-N 1 mg/l를 초과하는 것으로 나타나 농업용으로의 이용시 수질관리대책이 요망된다.

제 6 장 농어촌에 적합한 하폐수처리 시스템

여 백

제 6 장 농어촌에 적합한 하폐수처리 시스템

6.1 농촌에서의 수환경보전의 특징

최근 우리나라 대도시는 물론 지방의 소도시 주변에도 점차 도시화 및 혼주화 양상을 보이고 있으며 이에 따라 하수처리 시설이 정비되지 않은 도시지역은 물론 농촌에서도 주변의 무관리 하수가 용배수로망을 통해 오염을 광역화시켜 농촌지역에도 그 영향을 미치고 있다.

이러한 농촌지역의 수질보전을 위해서는 인공적인 수처리시설과 농어촌에서 흔히 볼 수 있는 생태계의 특성을 적극적으로 이용하는 복합시스템의 활용이 적극 모색되어야 하겠으며, 기존의 용수관리조직을 최대한 활용하여 실행성있는 계획을 체계적으로 수립하여야 소기의 목적을 달성할 수 있을 것이다.

6.1.1 현존 생태계의 적극적 활용

농촌지역에는 역사적으로 축적되어온 반인공시스템(농업용수로, 농지 등) 및 자연생태계가 널리 분포되어 있으며 이들은 수처리가 주목적은 아니지만 우수한 淨化能力을 갖고 있다. 이러한 특성을 고려할때, 농촌지역에서는 인공 수처리시설과 생태계의 정화능력이 잘 조화된 처리시스템을 도입하여 수질을 개선시키는 방법이 적합하다고 사료된다. 이러한 반인공시스템 및 자연생태시스템를 이용한 복합적인 처리시스템은 인공적인 수처리시설만을 도입한 경우 보다 처리효과가 크며, 자연생태계를 이용함으로써 처리부담을 경감시킬 수 있다는 장점이 있다.

따라서 농촌지역에서는 그 지역의 수계특성을 파악하여 자연 정화능력을 최대한 이용하는 수처리시스템을 도입하는 것이 좋으며, 농촌지역의 수질보전은 주거지역에 국한하지 말고 용배수로망 및 농지를 포함한 전역을 조사하여 대책을 수립하여야 할 것이다.

6.1.2 기존 용수관리 조직을 이용한 수질관리 시스템

앞으로 농촌에 설치될 인공 수처리시설은 지방자치단체가 관리하는 것이 일반적일 것이며 그 시설의 공공성, 관리에 요구되는 기술 및 비용부담의 체계로 보아 타당하다. 그렇지만, 농촌지역의 수질정화는 수계 전체가 일정한 질서에 의해 총괄적으로 이루어지는 복합시스템으로서, 이러한 물관리는 종전의 인공수처리시설의 관리와는 달리 기존의 용수관리 조직이 새로운 수질관리체계의 밑바탕이 되어야 한다는 점은 이미 기술하였다. 이와 동시에 수질보전기구를 정비함에 있어 중시해야 할 것은 수질보전에 대한 지역주민의 참여이다. 넓은 지역을 관리하는데 있어서 지역주민의 일상적 참여는 불가피할 수 밖에 없다. 따라서 지역주민의 일상생활중에 수질관리에 대한 노력을 정착하고 생활화하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 지역주민의 수질에 대한 인식전환이 필요하다.

6.1.3 실행성이 있는 단계적 환경보전

농촌지역을 청정한 공간으로 유지하는 것은 생활환경의 정비라는 측면 이외에도 농업용수의 관리라는 측면에서도 대단히 중요하다. 그러나, 이것을 일시에 실현하는 것은 불가능하며 농촌공간의 청정도가 정상적으로 유지되기 위해서는 생태계의 균형에 보조를 맞추어 수질관리가 성숙되어야 한다. 이는 환경보전계획이 일시에 시행될 경우, 이제까지의 생태적 균형에 변화가 생겨 다시 새로운 균형이 형성되기까지는 많은 기간을 필요로 하며 그 사이 생태계의 변화는 계속되어 정상성이 확립되지 않기 때문이다.

생태계의 균형이나 경험의 성숙을 필요로 하는 농촌지역의 수질보전은 정비 목표를 현시점에서 예측가능한 수준으로 설정하여 단계적으로 추진하는 것이 원칙이다. 또한, 현실적으로도 수환경보전 정비사업시 생태계의 균형, 수질관리의 경험 축적등의 문제에 앞서 한정된 비용으로 넓은 지역을 정비해야 하는 어려움 때문에 자연히 단계적인 계획을 추진할 수 밖에 없다. 따라서 환경보전사업 대상지역에 적절한 순서를 정하여 년차적 계획으로 실시하는 것이 불가피하며, 그 우선 순위

는 수질현황과 그 영향정도를 파악하여 결정하는 것이 일반적이다.

6.2 하폐수처리시스템의 종류와 특성

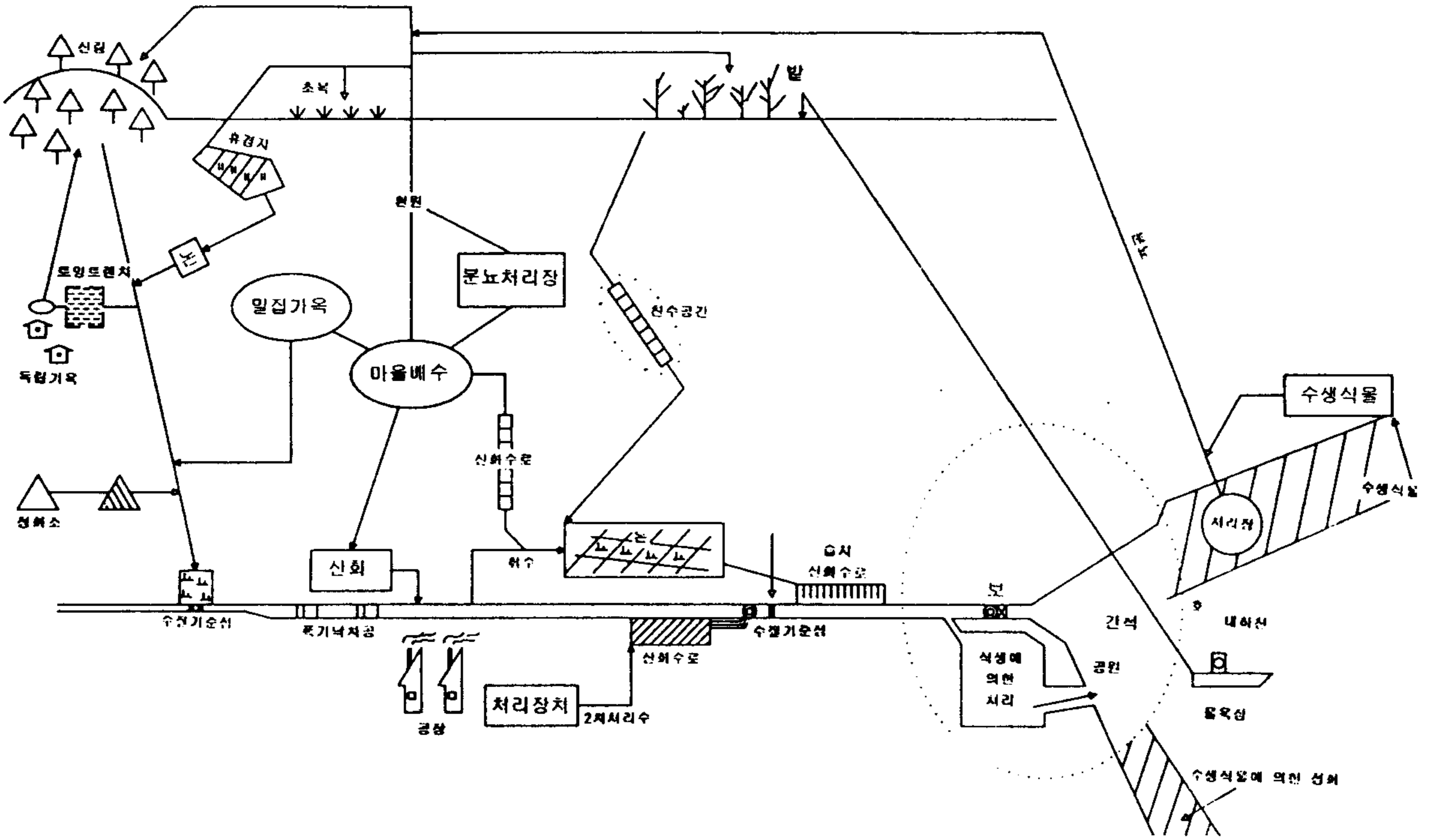
수질보전을 위하여 가장 큰 역할을 하는 것은 도시나 농촌지역을 막론하고 하수처리시스템이다. 그러나 하수처리시스템을 유역전체에 도입하는 것은 불가능하므로 하수도를 건설할 수 없는 지역의 오수대책을 어떻게 수립하느냐가 중요한 과제이다.

농촌지역에는 논, 밭과 함께 총연장의 길이가 매우 긴 用排水路가 있으므로 이들이 가지고 있는 정화력을 유용하게 이용하는 것이 바람직하다. 물론, 비료의 과다 사용으로 농지가 오염물질의 유출원이 될 수도 있지만 반면에 환원상태의 논은 탈질효과가 크며, 질소와 함께 부영양화 물질인 인은 밭의 토양에 잘 흡착되므로 이러한 정화력을 이용하는 것도 하나의 방법일 것이다.

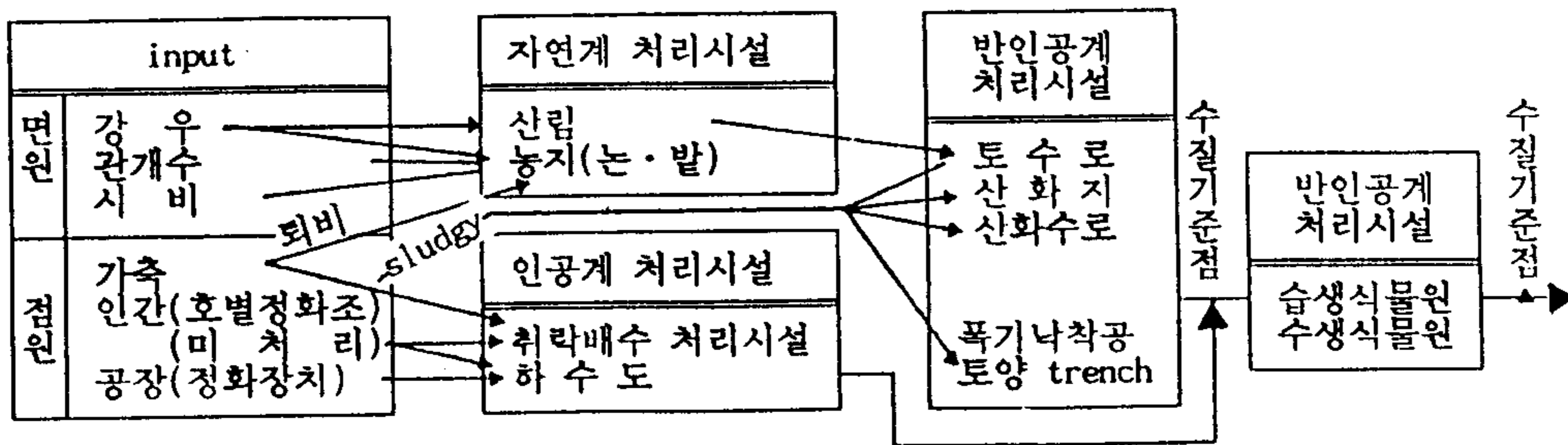
이전에는 보통 오수처리시설을 계획할 경우, 인공적인 수처리시스템만을 도입하는 것이 대부분이었으나, 광역적인 수질보전을 위해서는 자연 정화력을 포함하는 유역전체를 total system으로 하여 수질보전대책을 세울 필요가 있다.

이런 의미에서 방치되어 있는 논을 산화지로서 이용하는 것도 하나의 방법이 될 것이며 노후화한 소류지등도 산화지로서 이용할 수 있다. 그리고 자연생태계의 정화기능을 더욱 활성화하기 위하여 하천이나 수로의 자정능력을 높인 酸化水路나 연못, 호소의 자정능력을 높인 酸化池와 같은 간이처리시스템의 도입도 고려하여야 한다.

이러한 예로서 <그림6-1> 및 <그림 6-2>와 같이 자연정화기능과 오수처리시설을 조합한 total system을 도입하는 것이 적합하며, 각 정화시설의 특징은 <표 6-1>과 같다.



<그림 6-1> 농촌지역의 수질정화 개념도



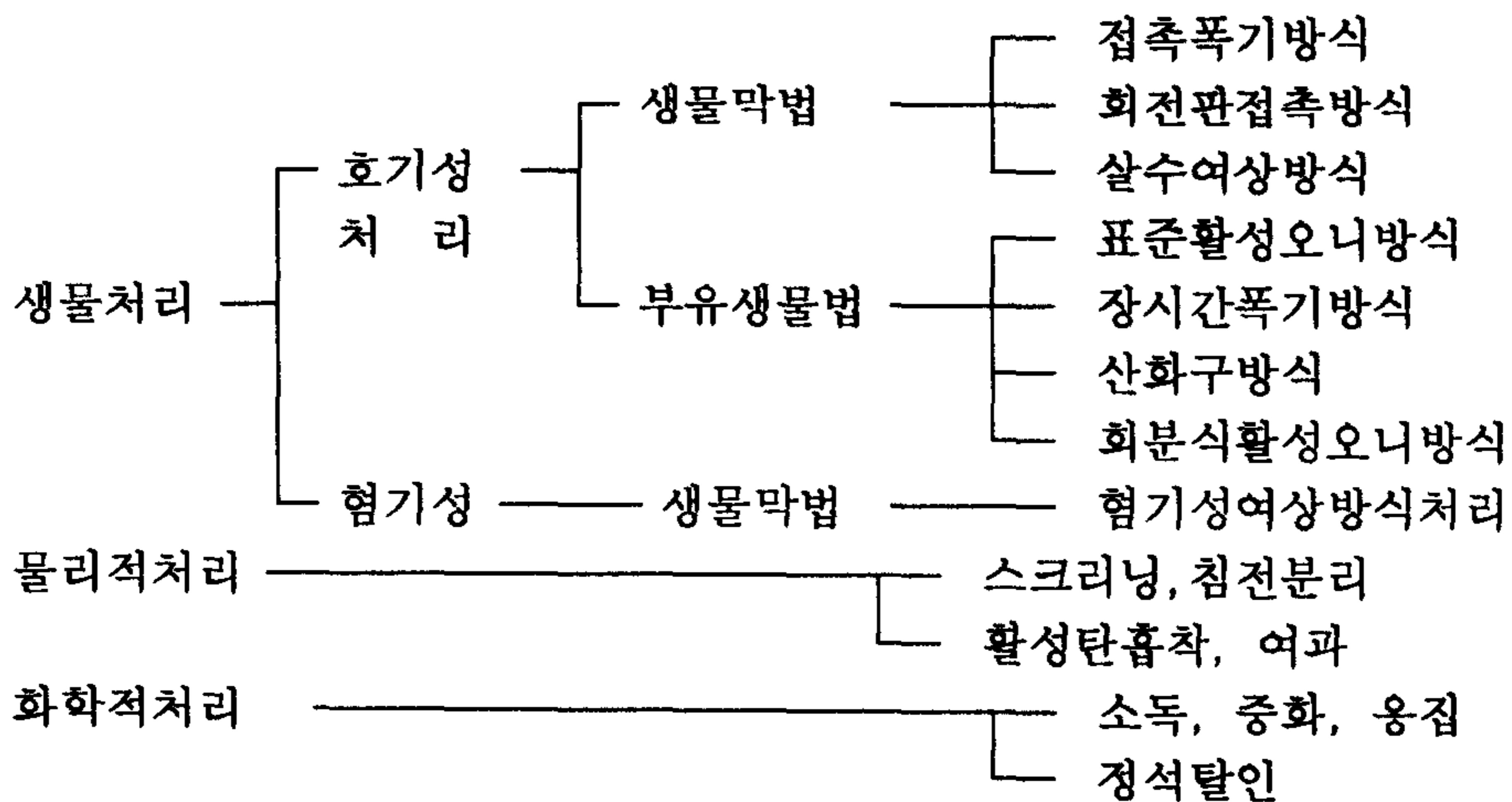
<그림 6-2> 자연계 및 반인공계 시스템을 이용한 수질정화계획

<표 6-1> 각 정화시설의 특징

정화 방법	대상 농도	처리수량	장 소	비 고
개별정화조	BOD 200 mg/l	1m ³ /일	각 호	토양침투를 포함
취락배수	BOD 200mg/l	60 - 600m ³ /일	취 락	
산화조	BOD 10-200mg/l	200 m ³ /10a일	취락주변	습지, 휴경지
산화수로	BOD 10-30mg/l	대 유량	용배수로	수로내외
하천의자정작용	BOD 10mg/l이하	대 유량	하 천	
논에 의한 정화	T-N 3 mg/l이상	소 유량	논	0.1 - 0.2g/m ² ·일
밭에 의한 정화	T-P 0.5mg/l이	소 유량	밭.林地	0.01-0.02g/m ² ·일

자연계 및 반인공계 시스템과 함께 검토하여야 할 인공계 처리시설은 오염물질을 오수로부터 분리시켜 배제시키는 것으로서 제거해야 할 대상물에 따라 적절한 오수처리방법이 선택되어야 한다.

오염물질의 처리에는 ① 미생물의 대사작용을 이용한 생물처리, ② 중력침전 및 여과작용을 이용한 물리적 처리, ③ 응집제 등의 약품을 이용한 화학적처리가 있으며 일반적으로 생활하수의 처리에 적용되는 방법은 다음과 같다.



6.2.1 농촌 하폐수 정비 시스템

산업의 발달과 생활양식의 변화에 따라 농촌지역의 하폐수가 대량으로 발생, 하천에 유입되어 수질을 악화시키고 있다. 따라서, 수역의 환경개선과 생활환경개선을 위하여 생활계 하수, 축산폐수 등에 의한 오염부하를 삭감할 필요가 있으며 이를 위해서는 우선적으로 하폐수의 차집이 필요하다.

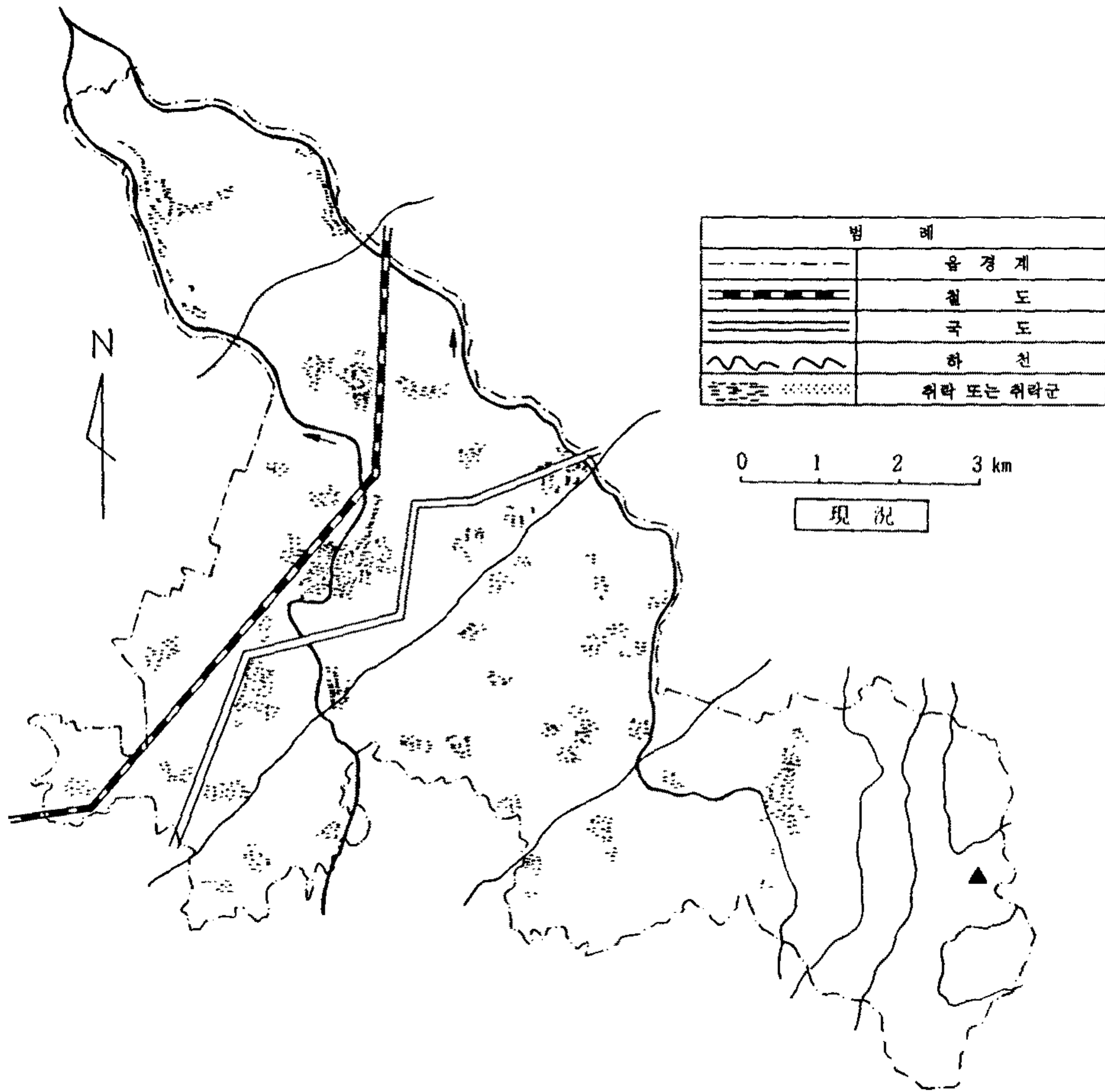
각 가정으로부터 오수를 수집하여 처리하는 하수도 시설의 정비방식은 규모에 따라 다음의 세가지 방식이 있다.

첫째, 유역하수도나 공공하수도로 대표되는 정비방식으로, 시군읍면 행정구역의 대부분 혹은 몇몇 시군읍면을 대상으로 하여 오수를 관로로 모아 최하류에 설치된 오수처리시설에서 처리하는 방식이다. 이 방식은 1개소의 오수처리시설이 담당하는 구역이 넓고 관로나 처리시설의 규모가 크다.

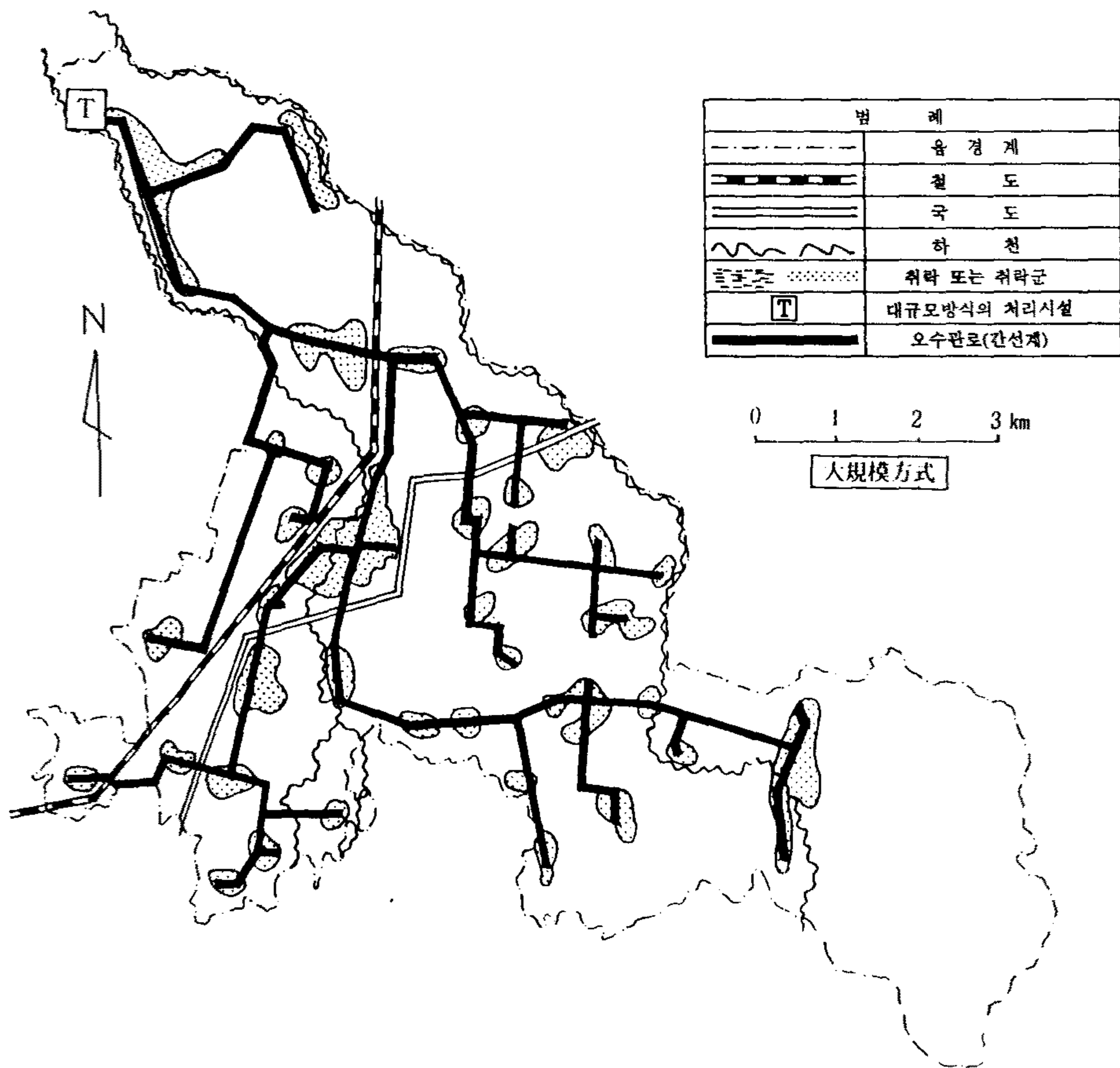
이 방식은 <그림 6-3>과 같이 넓은 구역의 오수를 <그림 6-4>와 같이 1개소에서 집중적으로 처리하므로 대규모 집중처리방식이라 부르며, 인구밀도가 높은 도시의 기간시설의 역할을 하여 각 가정으로부터 배출되는 분뇨나 생활잡배수와 함께 공장배수 등이 모두 모아지는 것이 특징이다.

둘째, 각 가정이 개별적으로 정화조를 설치하여 처리하는 방식으로서 이러한 방식을 개별처리방식이라고도 하며, 분뇨만을 처리하는 단독처리 정화조와 생활잡배수도 병행하여 처리하는 합병정화조를 예로 들 수 있다.

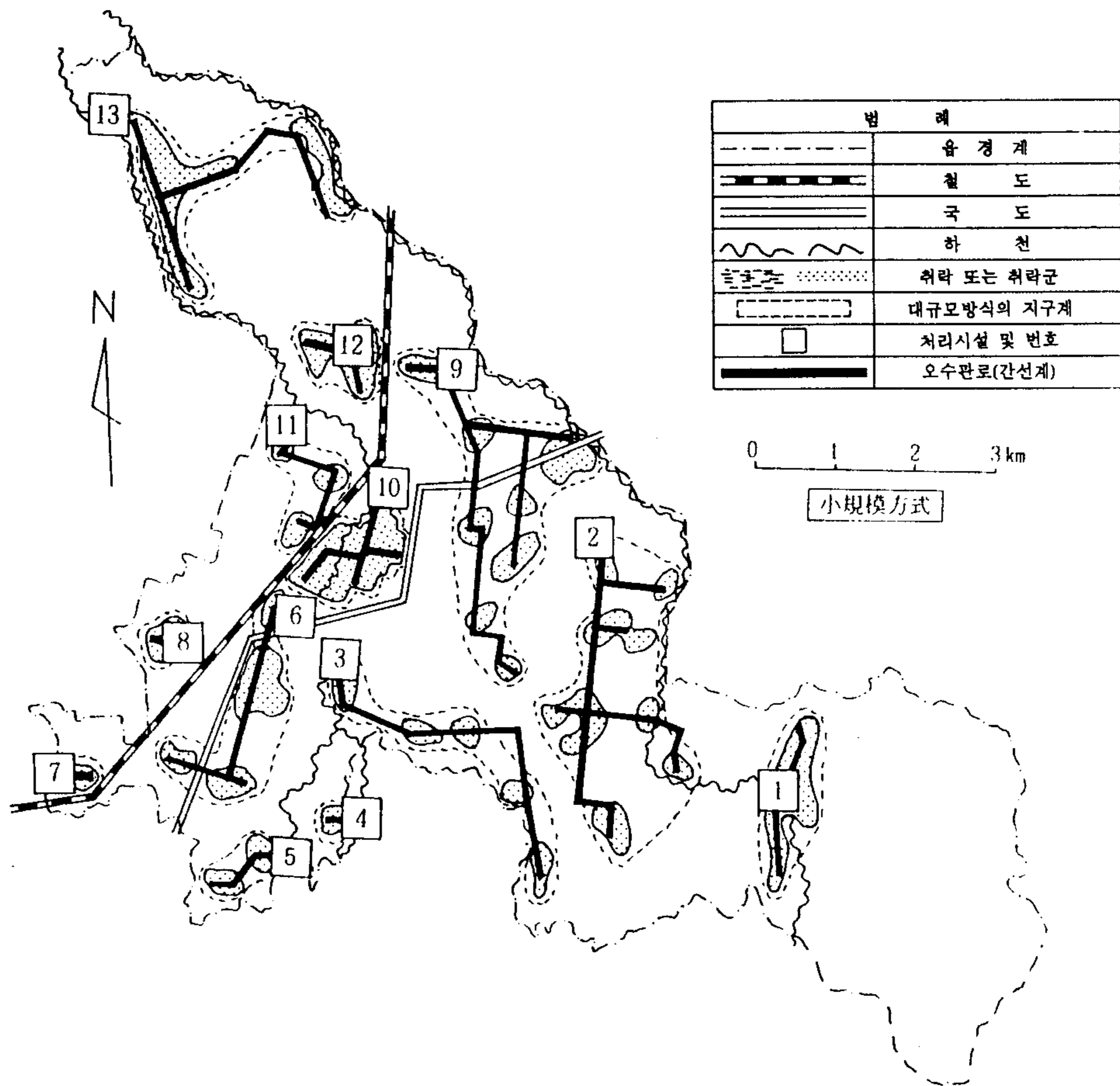
셋째, 시군읍면에서 하나 또는 수부락을 통합하여 관로시설과 오수처리시설을 정비하는 방식으로서 처리대상이 대개 수백인에서 수천인 정도로 시설자체가 소규모이며 시군읍면 전체로 볼 때, 이러한 시설이 수개소에서 수십개소로 분산설치되므로, 결국 소규모 분산처리방식이라 할 수 있으며 <그림 6-5>와 같다.



<그림 6-3> 정비대상지역의 취락현황



<그림 6-4> 대규모 정비방식



<그림 6-5> 소규모 정비방식

이들 세가지 방식중에서 개별처리방식은 넓은 지역을 정비한 예는 거의 없으며 더구나 유지관리를 각 가정에서 해야 하기 때문에 시군읍면 전역을 대상으로 하는 처리방법으로는 실용성이 적다.

일본의 농촌지역에서 대규모방식과 소규모방식으로 정비했을 경우 건설비와 유지관리비를 취락형태 즉, 집거, 산거, 산재별로 검토·비교하여 그 결과를 <표 6-2>에 나타내었다.

1인당 건설비는 오수처리방식에서는 대규모가 소규모 보다 30%~40% 정도 싸다. 반대로, 관로시설 측면에서는, 소규모 방식이 관로의 매설 깊이가 얕고 취락간의 관로가 필요치 않으며 증계펌프등의 부대시설이 적어 대규모방식 보다 20~40% 정도 저렴하여, 전체 건설비 측면에서 소규모 방식이 유리하다. 이 원인은 건설비중 관로시설의 비율이 소규모의 경우에는 70~80% 인데 비하여 대규모 방식에서는 약 90%로 높아지기 때문이다.

또 1인당 유지관리비 측면에서도 소규모방식이 유리하다. 이는 대규모방식이 전문기술자의 상주관리를 필요로 하는데 비해 소규모방식은 일상적인 관리는 지역주민이 하고 보수점검은 전문기술자의 순회관리로 가능하기 때문이다. 또 관로시설의 유지관리비도 관로깊이가 길고 부대시설이 많은 대규모방식이 높다. 결론적으로 건설비와 유지관리비의 양측면에서 농촌지역에 적합한 정비방식은 소규모방식이다.

다음은 오수처리시설의 건설공사 후 언제부터 처리시설을 사용할 수 있는가 하는 것이다. 소규모방식은 하나의 지구가 작으므로 대규모방식과 비교할 때 단기간에 공사를 완료하여 사용할 수 있으므로 읍면 정도의 넓이는 지역전체로 볼때, 소규모방식이 사용율이 높다. 특히, 건설 中期에는 그 차가 크며 10년 정도에서 보면 소규모방식이 약 70%에 달하는 데 비하여 대규모방식은 약 40%에 머물고 있어 총건설비가 같은 경우에도 소규모방식이 효과가 빨리 나타난다는 것을 알 수 있다. 따라서 소규모방식이 효과가 나타나는 시기도 빠르고 경제적인 정비방식이라는 것을 알 수 있다.

<표 6-2> 정비방식별 건설비와 유지관리비

지구명	정비방식	건설비 (백만엔)								유지관리비 (백만엔/년)		
		처리시설	관로시설						합계	처리시설	관로시설	합계
			관로포설공	추진공	중계펌프실	수관교공	복월공	소계				
집거취락	소규모	1,740	4,678	57	78	-	49	4,862	6,602	69.1	10.3	79.4
	대규모	1,056	6,386	82	899	-	75	7,442	8,498	72.4	25.0	97.4
산거취락	소규모	1,200	4,523	34	28	2	39	4,626	5,826	51.6	9.8	61.4
	대규모	823	5,112	35	303	2	70	5,532	6,355	54.9	16.1	71.0
산재취락	소규모	959	3,692	98	135	23	28	3,976	4,935	30.6	10.7	41.3
	대규모	564	4,365	104	439	23	91	5,022	5,586	35.5	15.7	51.2

주1) 1986년 단가에 의한 산정임

주2) 관로시설 유지관리비는 오수관로 청소비 및 중계펌프 전력요금, 청소비 등의 합계임

자료: 農村地域の 水質保全과 農業集落排水事業(日本農業集落排水協會, 1990)

6.2.2. 각 처리시설의 특성

1. 자연계 처리시설

가. 산림

산림은 질소에 대한 정화능력을 가지고 있으며, 그 양은 약 $0.7 \text{ t/km}^2/\text{년}$ ($0.002 \text{ g/m}^2/\text{일}$)로 보고되고 있다. 1 m^2 당 처리효과가 작은 것처럼 보이나 이것은 자연강우만이 유입되기 때문이며 큰 부하가 주어진다면 보다 큰 능력이 발휘될 것이다. 또, 지역전체로 보면 면적이 크므로 질소 제거량이 커서 산림을 잘 보존하고 그 면적이 감소되지 않도록 주의하여야 한다.

나. 호, 지, 소

호, 지, 소는 하천과 같은 자정작용을 가지고 있으나 하천에 비하여 그 속도가 느려 근래에는 질소와 인의 제거효율을 높이기 위해 물옥잠과 같은 수초재배법이 이용되고 있다고 한다. 그러나, 이 경우에 수초의 회수와 이용이 문제가 되어 일본에서는 비료나 사료로 이용하려는 연구가 진행되고 있다. 질소제거량은 $0.2 \sim 0.5 \text{ g/m}^2/\text{일}$, 인은 $0.02 \sim 0.1 \text{ g/m}^2/\text{일}$ 로 보고되고 있다.

다. 습지

일본 동경만의 습지는 약 $0.1 \text{ g/m}^2/\text{일}$ 의 오수처리를 하고 있으며, 네덜란드에서는 갈대나 난초를 심은 습지에서 오수를 처리하고 있다. 약 5ha 의 습지에 길이 400m 의 도랑을 설치하여 질소 농도 약 120 mg/l 의 물을 흘려 보내면 처리후의 수질은 질소 $20 \sim 80 \text{ mg/l}$, 인 $4 \sim 16 \text{ mg/l}$ 로서 제거율은 95%와 93%이었다. 질소 제거량은 6~8월 사이에 약 $1 \text{ g/m}^2/\text{일}$ 로서 큰 편이다.

일본의 古畑등은 고농도의 질소($40 \sim 90 \text{ mg/l}$)가 함유된 밭으로 부터의 유출수를 습지에서 정화하는 시험을 하였다. 식생으로는 부초, 물옥잠, 창포, 미나리, 벼, 울무를 사용하였다. 그 결과 담수구에서는 부초, 유수구에서는 벼와 울무가 좋은 정화능력을 보였다. 후자의 제거량은 $0.3 \text{ g/m}^2/\text{일}$ 이었다.

라. 논

논은 인공적인 습지로 생각할 수 있다. 논에서는 식생에 의한 흡수 이외에 환원상태하의 탈질이 일어난다. 논에서 기대되는 제거기능은 세가지가 있다.

첫째는, 강우나 용수중에 함유된 질소의 제거로서 이것은 일반적으로 벼 재배 논에서 잘 나타나는 기능이다.

둘째는, 논을 축산분뇨 활용장소로 이용하는 것으로 비료 대신에 분뇨를 활용한다.

셋째는, 농업집수역에서 최대의 과제인 밭 유출수중의 질산성 질소의 제거에 밭의 아랫쪽에 위치한 논을 이용하는 것이다. 일본의 田淵등이나 國松의 실험결과에 의하면 $0.02 \sim 0.4 \text{ g/m}^2/\text{일}$ 의 질소 제거효과가 있었다.

2. 반인공계 처리시설

농촌지역에서 유역의 수질보전은 자연 정화력을 충분히 살린 대책이 필요하다. 그러나 요즈음 수질오염의 심각성을 고려할때 인간의 손을 더하지 않고 자연의 정화력에만 의존하는 것으로는 수질보전의 목적을 달성할 수 없다. 인간이 배출하는 오염물질의 양과 질도 이전과는 비교가 안될 정도로 다양하게 배출되고 있기 때문이다.

즉, 우수처리시설과 같이 높은 농도를 대상으로 하는 기술과 자연 정화력과의 중간에 위치하는 정화기술의 도입이 바람직하다. 산화지나 산화수로가 이와 같은 방법 중의 하나라고 할 수 있다. 산화지는 원래 우수처리방식으로서 널리 사용되어 온 기술이었으나, 광대한 시설면적을 필요로 하여 미국에서 많이 사용되고 있다. 우리나라에서는 휴경논을 산화지로서 이용하는 방법이 가능한 방법일 것이다.

산화수로는 하천이나 수로의 자정작용을 높이는 방법이지만 <표 6-1>에서 나타낸 바와 같이 저농도, 대유량의 정화에 적합하다. 설치장소는 용배수로 내나 용배수로의 외측에 설치하는 방법이 있으나, 후자가 더욱 실용적이다. 이러한 반인공계 처리시설이 대상으로 하는 오수는 부락배수등의 방류수 수질을 고려하면 COD $6 \sim 30 \text{ mg/l}$ 정도가 될 것이다.

가. 安定池

안정지는 오수를 못속에서 생물학적으로 분해처리하는 방법이므로 못속의 DO 상태에 따라 好氣性, 通性嫌氣性, 嫌氣性 안정지로 분류한다. 이중 호기성 안정지를 酸化池라고 하나, 우리나라에서는 안정지를 하수처리에 사용한 예는 거의 없었다. 酸化池의 예로서는, 일본의 愛知縣 豊橋市에 건설되고 있는 산화구에서 2차 처리수의 고도처리 방법으로 이용하고 있다. 그러나, 미국에서는 건설비와 유지관리비가 저렴하여 경제성이 우수하므로 많은 오수 안정지가 건설되어 가동되고 있다. 1957년 도시하수 처리장으로서 631개소에 안정지가 건설되었으며 그 대부분이 처리인구 5,000인 이하의 규모이었다. 이러한 오수안정지는 연못속이 혐기성 상태가 되면 악취를 발생하나 안정지를 넓은 농지 가운데 건설하면 비교적 문제를 적을 것이다. 오수 안정지의 특징으로 볼 때 수질개선대책 사업중 용수로 부터 분리된 오수를 정화시키는 시설로서 활용이 바람직하며 악취 방지를 위해서 호기성 안정지, 즉 산화지로 관리한다.

오수 안정지의 형태는 전술한바와 같이, 호기성, 통성혐기성, 혐기성 안정지로 나누어지나 미국에서 연구된 각 형태별 계획제원은 <표 6-3>과 같다.

일반적인 방법으로는 통성 혐기성형(위는 호기성, 아래쪽은 혐기성)의 안정지로서, 수심 0.6~1.5m 정도의 경우 BOD 부하율은 22.4~50.0 kg/ha/일 정도이다. 이것을 기초로 500인 정도의 생활잡배수(원단위 150 l/인/일)를 오수안정지로 처리시 필요한 면적은 20~50 a로 실용 가능한 방법 중의 하나이다.

산화지 자체의 질소, 인 제거율은 약 20% 정도이나, 연못내에 물옥잠이나 갈대 등과 같은 수생식물을 심어 식물체에 질소, 인 등의 영양염류를 흡수시켜 제거하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 이 경우에는 다 자란 수생식물을 정기적으로 제거해야 하므로 수생식물의 제거나 제거 후의 처리, 처분 등 관리 문제, 사료 등으로 이용할 수 있는 유용식물을 선택하는 문제 등 해결해야 할 많은 문제점이 있다. 또 수생식물이 번성하고 있는 곳에서는 모기나 장구벌레 등이 발생하기 쉽고 주변환경에 나쁜 영향을 준다고 하는 보고도 있지만, 일본의 농촌지역에서는 농업용 소류지를 산화지로 활용하여 유역의 수질보전에 도움을 주고 있다.

<표 6-3> 각 오수안정지의 설계제원

인 자	Oswald (1963)			Metcalf & Eddy (1972)				
	호기성지 (고울지)	통기협기성지	협기성지	호기성지	통성협기성지		협기성지	폭기 라 군
					교반기 미부착	표면교반 기부착		
수심(feet)	0.6-1.0	1-4	8-10	3-6	3-6	3-6	8-15	6-20
저류일수(days)	2-6	7-40	30-50	7-30	7-20	7-20	20-50	3-10
유기물부하율 (lb/acre/day)	100-200	20-50	300-500	15-50	30-100	30-100	200-500	-
BOD제거율(%)	80-90	70-85	50-70	80-95	80-95	80-95	50-80	80-95
방류수조류농도	100	10-15	-	40-160	10-40	10-40	-	-

주: 1) 1feet = 0.3048m, 1 lbBOD/acre/day = 1.12kg BOD/ha/day
 2) 유입BOD를 1,200(mg/l)로 가정

나. 토양처리

생활배수를 농지에 환원하여 처리하는 방법은 옛부터 극히 자연스럽게 행해졌다. 독일이나 프랑스 등에는 일세기 정도의 역사를 갖고 있는 도시배수의 농지 환원 처리시스템이 있다. 미국에서도 1950경 서부를 중심으로 수백개소에 달하는 도시에서 오수의 토양처리 시스템이 채용되고 있으며, <표 6-4>에 나타난 바와 같이 1972년 현재, 571개소의 도시에서 처리인구는 6,600만명에 달하고 있다. 이에 비하여 우리나라의 하수처리시스템은 활성오니법이 중심이며 이전부터 농가에서 사용해 온 토양처리방식을 지역시스템으로 발전시킨 예는 거의 없으므로 앞으로 연구개발되어야 할 과제이다.

오수의 토양처리방식은 관개방식과 지하관개방식이 있으며, 지표관개방식에는 완속침투방식, 고속침투방식, 지표유하방식, 습지관개방식등이 있다.

토양처리방식별 특성은 <표 6-5>와 같다.

<표 6-4> 토양처리방법의 사용실적과 처리인구의 경년추이 (미국)

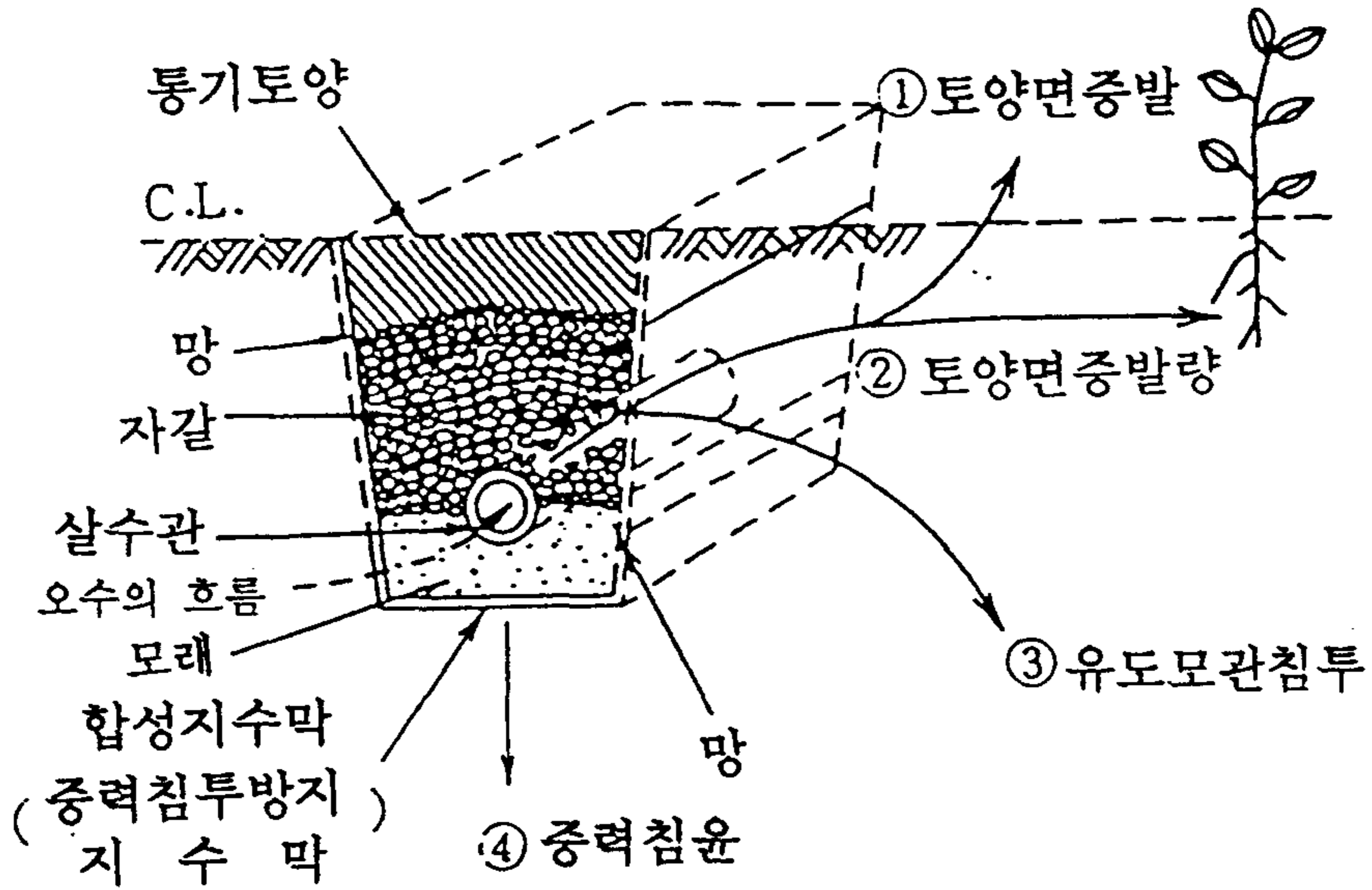
년	도시 수	처리 인구 (천 인)	년	도시 수	처리 인구 (천 인)
1940	304	0.5	1962	401	2.7
1945	422	1.3	1968	512	4.1
1957	461	2.0	1972	571	6.6

<표 6-5> 토양처리방식과 그 특성

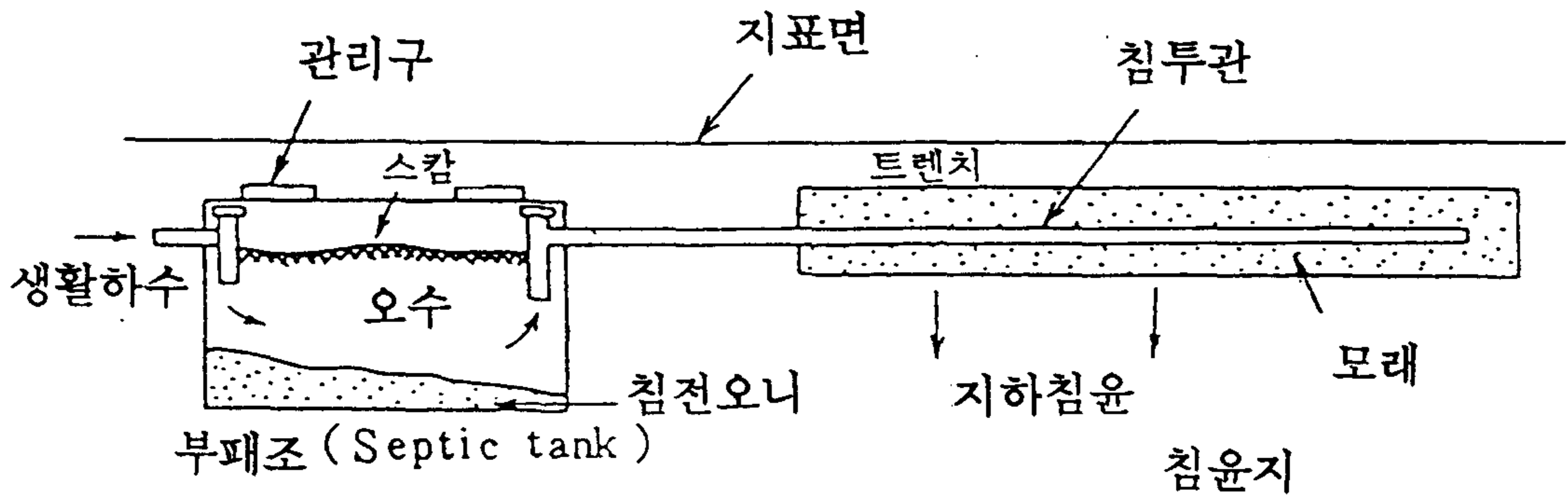
	완속침투형	고속침투형	지표유하형	부유관개형	지하관개형
배수주거법 수량 부하 ($l/m^3 \cdot 일$)	S*, 지표* 1.8~14.5	보통은 지표 14.5~45	S, 지표 9~22	S, 지표 36~90	trench등 7~73
필요최소 전처리 작용조건	침전	침전	스크린, 제사	침전	침전
지표식물	증발, 침투 필요	침투 모든것이 가능 그다지 중요하 지 않음	지표유하 침투, 증발 필요	증발, 침투, 유하 필요	침투, 일부증발 모든것이 가능
경사	<20° : 경지 <40° : 휴경지		2~8°	보통 <5°	비중요 조건
토양침투성 처리목표수질	소	대	소	소~중	소~대
BOD	<5	<5	<10	-	-
SS	<5	<5	<20	-	-

주: 1) S : 스프링클러, * 지표 : 전면 또는 구 등에 의한 지표관개
2) 독일등에는 이외 극히 저부하용이나 초지관개법의 중간형이 있다.

<표 6-5>는 미국 환경보호청(U.S. EPA)의 자료를 정리한 것이다. 이 방법의 특성을 살펴보면 일본과 같은 습윤한 기후풍토, 과밀한 사회조건하에서 고속침투법, 지표유하법, 습지관개법, 지하관개법 등은 채택에 어려움이 많다. 그 중에서도 실정에 알맞는 방법은 완속침투법과 지하관개법을 들 수 있다. 완속침투법은 1.8~14.5 mm/일의 오수를 농지의 구불어진 도랑에 관수하여 침윤, 증발산시키는 방법이다. 지하관개법은 <그림 6-6>, <그림 6-7>과 같이 trench를 사용하여 오수를 지하에 매설한 파이프를 통하여 토양중에 살수하여 관개하는 방법으로 US EPA는 1일당 수량 부하 7~73 $l/m^2/일$ 의 범위내에서 관개하는 것이 적당하다고 하였다.



<그림 6-6> 토양침윤장치(trench방식)



<그림 6-7> 미국의 부패조식 오수처리방식

지하침투를 할 경우 trench는 여러가지 방법이 있으나, 일본의 土壤毛管淨化 研究會의 新見등은 <그림 6-6>에 나타난 바와 같은 토양모관침윤장치를 개발하였다. 그러나, 이 방법도 장기간의 연속 사용시 trench가 막힐 가능성이 있다. 또, 이들 토양처리법에서는 생활배수를 그대로 관개침투시키는 것이 아니라 <표 6-5>와 같이 필요 최소한의 전처리 즉 침전, 스크린, 침사등의 1차처리, 혹은 <그림 6-7>과 같은 부패조(실제는 침전분리, 부패조)에서 침전·분리하여 어느 정도의 혐기성 소화처리를 마친 처리수를 토양에 관개해야 한다. U.S EPA에서는 장래 배수규제 강화에 대응하는 하나의 방법으로 토양처리방식을 평가하고 있으며 설계를 위한 기본적인 기준 및 처리효과는 <표 6-6>, <표 6-7>, <표 6-8>과 같다.

<표 6-6> 관개법의 적지 선택조건과 기준

인 자	기 준
토 질	모래부터 점토까지의 대부분 토양에 대해 적용가능 하지만 롬 질 토양이 최적
토양의 투수성	투수성이 양호(5cm/일 이상)한 토양이 바람직하다. 농업 전문가의 조언을 받는 것이 좋다.
토양의 깊이 지하수위까지의 깊이 지하수의 관리	관개지 전역에 대하여 균일하게 1.5 - 1.8m 이상 보통 1.5m 이상 지하수위가 만일 지면에서 3m 이내라면 폐수의 처리 효과를 유지하기 위해 필요
경 사 토질 구조	15%까지 적용 가능 기존 지하수에의 간섭, 또는 침투수의 거동 관점에서 그림을 작성하여 해석하여 들 것
완충 지대 배수원에서의 거리	주택지역에서 적당한 거리를 두는 것이 바람직하지만 그 거리는 폐수의 성상, 폐수적용방법, 작물의 종류에 따른다 경제성에 따른다

<표 6-7> 토양처리법의 효과 비교

목	적	관 개 법	지표유하법	침투여과법
처리후의 물 회수율		일반적으로불가	50 - 60%	90% 까지
2차처리 이상의 방법으로 사용	BOD 및 SS 제거	90 - 99%	90 - 99%	90 - 99%
	질소 제거	85 - 90 %	70 - 90 %	0 - 80%
	인 제거	80 - 99 %	50 - 60 %	70 - 95 %
판매목적 작물의 재배용으로 사용		우수	양호	불가
토지로의 직접환원으로서 사용		완전	부분적	완전
지하수 함양법으로서 사용		0 - 30 %	0 - 10 %	90% 까지
한냉지역에서 사용		a) 양호	b)	우수

주: a) 자료가 통일되지 않았고 삼림지의 관개는 양호, 농작지의 관개는 간신히 가능
 b) 자료부족

<표 6-8> 토양처리법에 따른 소요면적

처 리 법	소요 면적비	비 고
토 양 (완속침투)	1	H = 2m 로 계산 단 BOD가 80%일 때는 1/320
생물산화지	1/8	
간헐모래여과	1/30	
살수여상(쇄석형)	1/70	
플라스틱형 살수여상	1/4000	H = 20m로 할 때 MLSS 2500 mg/l, H = 4.5
활성오니	1/2000	
초심층폭기	1/60,000	H = 150m로 계산

* 2차처리중 중요한 생물활동의 부분만 비교

위에서 설명한 바와 같이 토양처리방식은 일반 오수처리방식에 비하여 다음과 같은 특징과 유의할 점이 있다.

- ① 토양은 BOD, SS에 대하여 높은 제거성능을 갖고 있으며 또 질소, 인과 냄새 제거능이 있다.
- ② 사용하는 토양에 따라 다르지만 일반적으로 토양은 공극용적이 작고, 통수성, 통기성도 작기 때문에 토양중의 공기(가스)의 이동, 교환이 곤란하다. 이때문에 호기성 미생물의 대사가 활발하게 이루어지는 범위는 지표부의 얇은 층에 국한되어 단위면적당 처리효율이 낮으며 넓은 면적을 필요로 한다.
- ③ 흡입자의 공극이 작으므로 오수를 토양중에 장기간 침투시키면 폐쇄가 일어나기 쉬우며 장기간의 연속사용이 곤란하다.
- ④ 토양의 종류, 성상이 복잡하므로 보편, 일반화시키기가 어렵다.

현재는 이 방법이 2차처리수의 고차처리나 2차처리수의 잔류비료 성분의 유효이용, 그리고 수자원의 고도이용등의 목적으로 사용되고 있으며 저부하(5 l/m³ 정도)의 2차처리수는 지하관개법을 사용하는 것이 바람직하다.

이 경우에 있어서,

- ① 토양에서의 질소·인의 제거성능은 일정한 한계가 있고,
- ② 토양의 오수처리 반응은 완만하며,
- ③ 동일 토양의 연속이용을 피하여 주1회 정도 관개하여 막힘을 방지하고 토양중의 공기의 이동, 교환을 촉진시키는 등에 특히 유의하여야 한다.

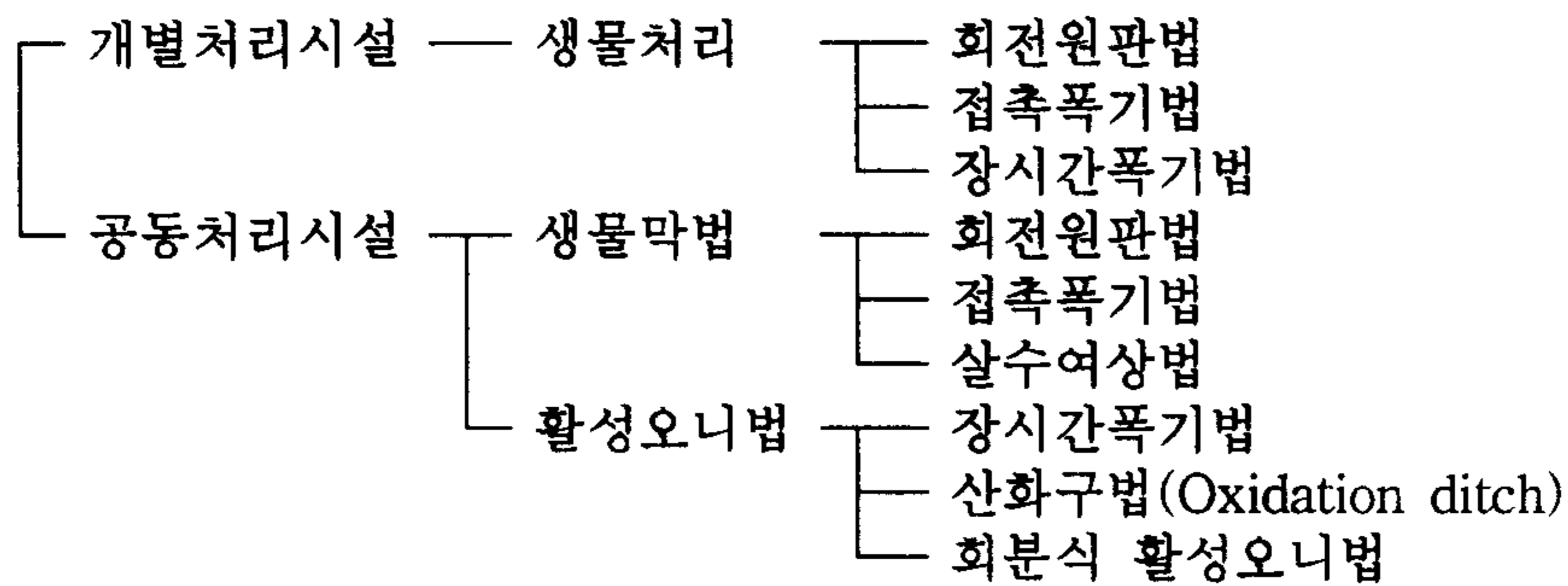
3. 인공계 처리시설

농촌지역은 주 오염원이 생활하수와 축산배수가 대부분이며, 주로 대상이 되는 오염물질은 BOD, SS, 질소와 인 등으로 미생물이 섭취가능한 물질이므로, 이들의 제거에는 생물처리가 중심이 된다. 일반적인 생물처리는 시설의 건설비가 비싸고, 막대한 동력을 요하며 시설의 유지관리가 복잡하고 다량의 오니가 발생하는

등 많은 문제점이 있다.

따라서 농촌지역에서 생물처리를 도입할 경우 간단한 처리기술을 도입해야 한다. 그러나 농촌지역은 배수가 소규모이고 부지 사용에 그다지 제한을 받지 않으므로 고도 장치를 사용하지 않아도 생물처리가 가능하다. 그러나 이러한 경우, 미생물 농도나 산소 농도를 인공적으로 조절하기가 곤란하므로 일반적인 생물처리와 비교하면 오염물질의 제거속도가 느리다.

이러한 것을 고려한 농촌의 수환경보전에 적합한 생활배수의 소규모 처리시설은 다음과 같다.



어느 처리시설을 선정할 것인가의 문제는 그 지역의 자연적, 사회적 조건에 따라 다르며 또한 처리대상인구에 따라서도 달라질 수 있다. 각 처리공정별 장단점은 <표 6-9>와 같다.

한편, 처리시설을 선정하는데 있어서 그 지역의 자연적, 사회적 조건과 방류수 수질기준을 고려하여야 한다. 일본 建設省에서는 처리대상인구에 따른 적합한 처리방식을 고시하였으며 그 내용을 요약하면 <표 6-10>과 같다.

<표 6-9> 각 처리공정별 장단점 비교

처 리 방 법	장 점	단 점
표준활성오니법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부하변동에 따라 운전조건을 변화시켜 수질제어가 가능 ○ 폭기량이 비교적 적다 ○ 대량의 하수처리에 적합하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고도의 유지관리기술이 요구됨 ○ 오니처리, 처분비용이 많이 듦
장기폭기법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부하변동에 따른 운전이 가능 ○ 유지관리가 비교적 용이하다. ○ 오니발생량이 비교적 적다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 넓은 부지가 필요하다. ○ 폭기량이 많다. ○ 최종침전지의 용량을 충분히해야 한다.
산화구법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 장시간폭기법에 비해 폭기에 의한 동력소모가 적다. ○ 부하변동에 따른 운전이 가능 ○ 유지관리가 비교적 용이하다 ○ 질소, 인의 제거효과를 기대할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 넓은 부지가 필요하다.
회분식활성오니법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시간적 부하변동에 대처하기 쉽고 충격부하에 강하다. ○ 유지관리가 쉽고 안정된 처리수질을 얻을 수 있다. ○ 처리수질이 양호하고 N, P 및 높은 COD의 제거효과를 기대할 수 있다. ○ 오니팽화현상이 일어나지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오니의 발생량이 표준활성오니법과 동일한 정도로 많다

<표 6-9> 계 속

처리 방법	장 점	단 점
회전원판법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 운전관리가 가능하다. ○ 최종침전지로부터 오니팽화 현상에 의한 슬러지 유출이 일어나지 않는다. ○ 동력비가 적게 든다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수질의 제어가 어렵다. ○ 투시도가 떨어진다. ○ 침전지의 일부 또는 전부에 여과설비를 설치해야 하는 경우가 있다. ○ 모기류의 해충이 발생하기 쉽다.
접촉폭기법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지관리가 쉽다. ○ 오니발생량이 표준활성오니법에 비해 적다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탈리에 의한 수질의 악화를 초래하는 경우가 있다. ○ 접촉재의 폐쇄현상에 의한 처리수질악화 우려가 있다.
살수여상법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동력비가 적게 든다. ○ 오니관리에 대한 운전이 필요 없고 유지관리가 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 악취 및 여상에 해충이 발생한다. ○ 처리수의 투시도가 떨어진다. ○ 처리공정상 수두손실이 높다. ○ 넓은 시설면적이 소요된다.
토양트랜치법	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토양의 생태계와 미생물을 최대한 활용 가능하다. ○ 시공이 간단하다. ○ 처리효율이 좋다. ○ 기후변화에 지장이 적다. ○ 악취를 제거할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소요면적이 넓다. ○ 유해물질(농약등)의 혼입으로 기능이 상실된다.
역간접축산화법	<ul style="list-style-type: none"> ○ BOD와 대장균 제거율이 양호하다. ○ 자연수계에 설치하는 공법이므로 에너지 절약이 가능하다. ○ 유지관리가 쉽다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유하초기저점에서 자갈층에 부착된 생물막의 탈리 및 여재의 폐쇄여부 등에 유의해야 한다. ○ 우수, 침수의 영향을 받지않아야 한다.

<표 6-10> 일본 건설성 고시 분뇨처리방식

고 시 구 분	처리인원	0	100	500	2,000	5,000
	처리방법					
제1 (BOD 90mg/l 이하)	부패탱크 방식 살수여상형 평면산화형 단순폭기형 지하사여과형 장기간폭기방법 전폭기형 분리폭기형 분리접촉폭기방식					
제2 (BOD 60 mg/l 이상)	회전판폭기 방식 접촉폭기 방식 산화여상 방식 장기간폭기 방식 순환수로폭기 방식					
제3 (BOD 30 mg/l 이하)	회전판폭기 방식 접촉폭기 방식 살수여상 방식 표준살수여상 방식 장기간폭기 방식 표준활성오니 방식 분주폭기 방식 오니재폭기 방식 순환수로폭기 방식					
제4 (BOD 120 mg/l 이하)	침전부패처리방식 상동 상동 상동					
제5 (BOD 250 mg/l 이하)	지하침투처리방식					
제6 (BOD 20 mg/l 이하)	회전판접촉 방식 접촉폭기 방식 살수여상 방식 장기간폭기 방식 분주폭기 방식					

그리고 일본농업집락배수협회에서는 농촌지역에 적합한 생활오수처리방법으로 접촉폭기법과 회분식활성오니법을 중심으로 JARUS형 오수처리시설을 개발하였다. JARUS처리법은 日本農業集落排水協會에서 농업지역에 널리 적용할 수 있는 오수처리시설로 개발하였으며, 중요한 구조, 설비등은 이미 표준화되어 있다. 이 방식은 농업취락배수사업에서 생활배수의 경우, 오수의 설계유입량은 1인당 270 l/인·일, 유입수질은 BOD 200 mg/l, SS 200 mg/l이며, 처리 목표수질은 BOD 20 mg/l, SS 50 mg/l 이하이다. 그러나 실제의 유입량과 유입수질은 처리시설에 따라 혹은 시간에 따라 다르다. 따라서 처리시설마다 유입수량, 수질을 파악하여 폭기강도, 오니의 제거 횟수 등을 조정하여 최적운전을 하여야 한다.

JARUS I 형과 III형에 대해 1986년 부터 1988년까지 실시한 조사결과 유입수질이 BOD 100-250 mg/l, SS 140-300 mg/l에 대하여 처리수질은 BOD 20 mg/l 이하, SS 20 mg/l 이하로 처리목표수질이 달성되었다

또, 질소에 대해서는 특별한 탈질기능을 부가하지 않아도 유입수의 평균 T-N이 36.8 mg/l인데 대하여 방류수에서는 25.0 mg/l로 저하된 것이 확인되었다.

그중 T-N의 51%는 질산성질소나 아질산성질소로 변화하는데 방류수중의 T-N 농도중 NO_x-N 성분이 많으면 방류후에도 환원상태의 논토양층이나 하천, 호소를 통과할 때 탈질이 진행되어 T-N이 더욱 감소할 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 본 연구대상지역은 생활배수외에 축산배수가 많은 비중을 차지하므로 축산배수 처리 방법에 대하여 검토하여 보았다.

축산배설물의 처리에는 여러가지 방법이 있지만, 분이나 사료등의 고형물을 축사내에서 분리 회수하여 퇴비화하는 방식이 널리 사용되었다. 축산오수중에는 질소, 인, 칼륨 등의 비료성분이 많이 함유되어 있으며, 액비로서 농지에 사용하여 작물생산에 유용하게 이용된다. 그러나, 자가 소유의 농지 혹은 인근 농가의 농지에 사용할 수 없는 경우에는 배수처리가 필요하다.

<표 6-11> JARUS형 오수처리시설

명 칭		처 리 상 태			처리대상인구		
		BOD	SS	T-N	1인	201인	501인
JARUS I형	침전분리, 접촉 폭기 조합방식	20 mg/l 이하	50 mg/l 이하	- 이하	●	○	○
JARUS II형	탈질을 고려한 혐기성여상 및 접촉폭기조합형	20	50	20	●	○	○
JARUS III형	유량조정, 혐기성여상과 접촉폭기조합형	20	50	-	○	●	○
JARUS IV형	탈질을 고려한 유량조정, 혐기성여상과 접촉폭기조합형	20	50	20	○	●	○
JARUS V형	혐기성여상과 접촉폭기조합형	20	50	-	●	○	○
JARUS VI형	회분식활성오니 방식	20	50	-	○	○	○
JARUS VII형	탈질을 고려한 회분식활성오니 방식	20	50	15	○	○	○

한편, 축산 배설물 처리시설 설치상 유의점은 다음과 같다.

- ① 각 처리방식의 특징을 고려하여 각 축사에 적합한 시설을 선정한다.
- ② 부지를 충분히 확보하여 관리가 편리해야 한다. 부지면적은 처리방식에 따라 다르지만 충분한 면적을 취해 시설에 대한 부하를 경감시키고 시설 관리에 편리하도록 하며 배출된 오니의 처리와 보관에 필요한 면적도 고려한다.
- ③ 복잡한 구조를 피하고 간단하고 견고한 장치를 선정한다.

축산배설물에 적합한 배수처리방법을 <그림 6-8>에 나타내었다. 축산배수의 처리는 활성오니법등의 호기성 생물처리가 일반적이지만 토양정화법, 혐기성 처리법과 같은 방법도 일부 사용되고 있다.

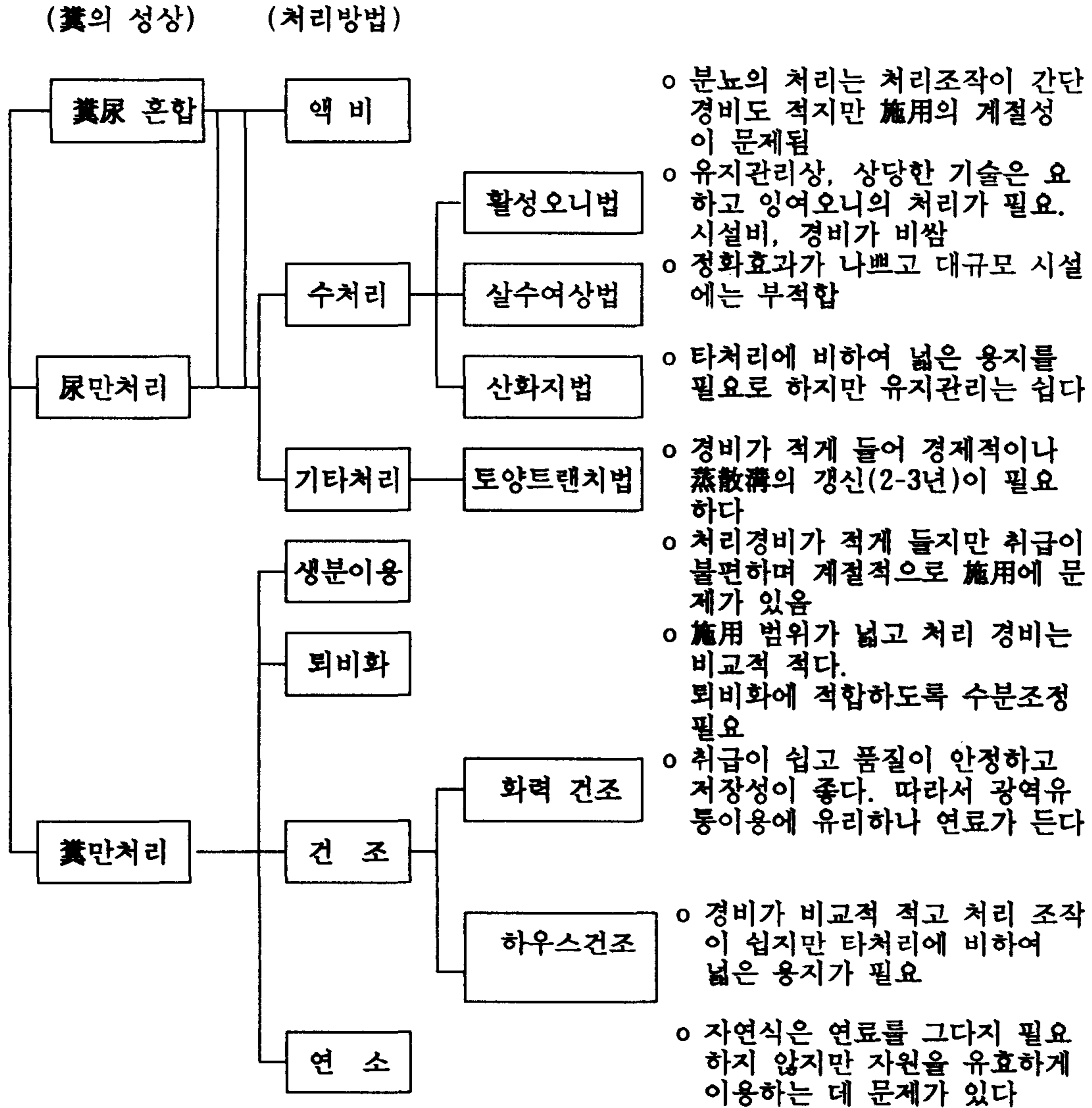
생물처리법에는 활성오니법, 회전원판법 및 살수여상법 등이 있으며 그 중에서도 활성오니법이 가장 많이 사용되고 있다. 활성오니법은 표준활성오니법 이외에 많은 변형법이 있으며, 장시간폭기방식, 2단폭기법, 산화구방식 등이 많이 사용된다. 축산배수처리에서는 源水 농도가 대단히 높으므로 전처리로 스크린, 침전분리조 등을 통해 충분히 고액분리를 한 후 회석하여 BOD를 1,000 mg/l 전후로 조정하여 폭기조에 유입한다. 전처리시설은 축사 구조, 고액분리법의 선택과 조합, 관리조건 등에 따라 BOD나 SS의 제거성능이 현저히 달라진다. 활성오니법에 의한 제거율은 BOD 85-95%, COD 80-90%, SS는 90-95%이다.

토양정화법은 소규모 사업장의 간이처리법으로 이용되며 최근에는 처리 효율을 높이기 위해 토양처리 후에 식물처리를 하는 방법이 사용되고 있다. 이 방법은 관리가 비교적 간단하고 건설비가 싸다는 특징이 있으나, SS나 생물막에 의해 토양의 폐쇄가 일어나기 쉽다는 문제점이 있다. 토양정화법에는 토양중에 유공관을 매설하여 배수를 유출시키는 토양trench법과 용기에 토양을 채워 정화시키는 토양column법이 있다.

우리나라에서 농촌지역의 부락단위 오수처리시설에 이용할 수 있는 처리법에 대한 연구는 현재까지는 많지 않은 실정이다.

한국과학기술연구원에서 '88부터 '90까지 주택용 간이정화시설로서 폭기식(KSTA)과 비폭기식(KSTN) 정화조를 개발하여 현장 실험을 실시한 결과 유입수 BOD 340~933 mg/l 범위에서 각각 유출수 BOD 60~191 mg/l, 85~261 mg/l로 BOD 제거율이 KSTA가 73~82%, KSTN이 55~78%로 기존의 부패형 정화조 보다 높은 효율을 얻었다.

처리실험 결과를 근거로 연구자들은 KSTA는 하수도 보급이 미비한 지역에, KSTN은 하수도가 보급된 지역의 1차처리 시설이나 토양처리시설의 설치가 가능한 농촌지역에 보급함으로써 수질오염 감소에 기여하리라고 평가하였다.



<그림 6-8> 축산분뇨의 처리방안

국립환경연구원에서는 '91년 부터 '92년까지 아파트 단지에서 배출되는 오수를 대상으로 10 m³/일 규모의 pilot 현장실험을 통하여 고정담체 생물막법과 유동담체 생물막법, 두 종류의 부락단위 오수처리시설 개발을 위한 연구를 하였다. 고정담체 생물막법은 BOD, SS, T-N, T-P가 각각 86%, 88%, 20%, 24%의 제거율을 보였으며 유동담체 생물막법의 경우는 BOD, SS, T-N, T-P가 각각 93%, 96%, 31%, 36%를 나타내었다. 그후 표본시설로서 부락단위를 대상으로 시범사업을 실시하여 문제점을 보완할 예정으로 연구를 진행하고 있다.

소규모 축산폐수처리장치로는 '93년 한국과학기술연구원에서 침사조, 침전분리조, 폭기실, 침전조, 여재를 충전한 순환조로 구성되는 축산정화조를 실험실 및 현장실험을통하여 개발한 바 있다. 본 처리장치는 현장실험에서 BOD가 86.6~97.6%, COD가 80~90.7% 제거되어 매우 우수한 결과를 보였으며, 실험실에서의 TKN 제거율은 BOD부하 0.5~1.0kg/m³일에서 66~82%이었으며 인의 제거율은 20% 정도였다.

6.3 복하천의 수질목표

6.3.1 목표수질의 구비조건

수질보전을 위한 목표를 어느 정도의 수질로 통합하여 설정할 것인가는 물이용의 목적에 따라 다르다. 물이용(수역 기능의 이용)면으로 본 수역의 기능구분은 다음과 같다.

- ① 上水水源
- ② 농공용수(농축산 가공)
- ③ 농업용수
- ④ 수산용수
- ⑤ 보건휴양기능, 친수기능
- ⑥ 농촌생활환경

물의 이용목적에 따라 요구되는 수질(許容濃度)은 각각 다르다. 예를 들면, 관개목적의 농업용수는 인의 농도가 문제되지 않지만, 수산용수나 보건휴양 기능에서는 플랑크톤의 이상발생이 일어나지 않도록 인의 농도를 낮게 유지하여야 한다. 한편, 농촌용배수의 경우 한지역 내에서도 장소에 따라 이용목적이 달라질 수도 있어 한 지점에 몇가지의 이용목적이 있을 경우도 있다.

이와 같은 경우, 관개용수와 같이 이용면에서 계절적인 변화가 있는 곳에서는 시기에 따라 만족할 만한 수질의 수준이 다르다. 다시 말하면, 현재의 수질도 시간적 공간적인 거동을 갖고 있지만, 동시에 이용면에서 기대되는 수질도 시간적으로 다르다. 예컨대, 목표수질을 기준화할 때는 장소(수역의 지점)와 시기를 지정할 필요가 있다. 그러나 실제로는 수질과 저질, 수질과 수생식물간 물질이동이 있으므로 시기의 지정은 의미가 없는 경우가 많다. 여기서 이수목적 중에서도 항상 최소한 만족해야 하는 수질이 있다면, 그것은 건강에 관련된 환경기준(이 경우는 만족되는 것이 바람직한 수준)이 이에 해당된다.

이상으로부터 농촌수환경 보전계획에서 고려하여야 할 구체적인 목표수질은 다음과 같다.

- ① 해당 수역에서 설정된 환경기준을 만족할 것
- ② 당해수역에 환경기준이 설정되어 있지 않은 경우에는 하천과 호소의 기준을 만족할 것
- ③ 농업용수 수질기준을 만족할 것
- ④ 상기 각항에 규정되지 않는 항목에 대한 기준을 정할 필요가 있는 경우는 지역마다 별도 검토한다

농촌수환경보전계획의 목표수질에서 취급하는 수질항목은 위와 같은 방법으로 환경기준, 농업용수 기준에 해당되는 항목으로 한다.

6.3.2 수질목표 대안

농어촌용수는 용수 사용형태로 볼 때, 전체 사용량의 85% 이상이 농업용수로 사용되며 이중 약 80%가 소비되므로 우리나라 전체 용수량 중에서 차지하는 비중이 가장 크며, 이러한 관점에서 농업용수의 관리는 매우 중요하다고 생각된다.

우리나라 농업용수의 수질기준은 환경수질기준으로 하천 및 호소의 경우 IV 등급으로만 규정되어 있어 농업용수에 관한 수질기준이 설정될 필요성이 있는 바, 1차년도 보고서에서 농업용수 수질기준이 유기물 농도 이외에도 T-N에 대해서도 1 mg/l 이하로 제안한 바 있다. 또 복하천의 수질은 현재 목표수질인 수질환경기준 II등급을 유지하고 있으나 본 조사지역이 서울시 상수원인 팔당댐의 상류에 위치하고 있으므로 팔당댐의 수질보호를 위해 이 댐의 목표수질인 상수원수 1급수, 즉 수질환경기준 I 등급(호소수)을 이 지역의 수질목표 대안으로 제시하고자 한다.

이럴 경우, 복하천의 수질목표는 유기물의 지표로 사용되는 BOD의 1 mg/l 이하, 총인과 총질소가 각각 0.010 mg/l , 0.200 mg/l 이하가 된다.

본 연구대상 복하천유역의 본류 및 유입지천의 수질현황은 위의 세항목 모두 제시한 기준을 훨씬 초과하고 있는 것으로 나타났는 바, 복하천의 수질개선을 위해서는 BOD를 1 mg/l 이하로 개선시키는 것 외에, T-N과 T-P가 각각 0.200 mg/l , 0.010 mg/l 이하로 기준을 만족하도록 처리될수 있는 방안이 강구되어야 한다.

6.4 복하천 유역에 적합한 하폐수처리 시스템의 제안

본 연구대상 복하천은 서울시의 광역상수원인 팔당호의 상류지역으로서 하수도시설이 정비되지 않아, 가정오수가 도로상의 관거·개거 및 농업용배수로 등을 따라 합류식형태로 복하천으로 유출되고 있으며 마장면 오천리의 간이하수처리장을 제외하고는 하수종말처리장이나 분뇨처리장이 없어 배출된 하수 전량이 하천으로 유입되고 있다.

또한 주변 취락지역의 축산농가에서 발생하는 폐수가 적절한 처리과정을 거치지 않고 유입됨에 따라 수질을 악화시키는 하나의 요인이 되는 바, 특히 규제미만의 소규모 축산농가에서 발생하는 폐수는 지속적으로 유입됨으로써 환경용량이 취약한 인근 소하천의 수질이 악화되고 있는 실정이다.

우리나라 농촌지역에서는 인구밀집 지역인 읍은 각군에서 하수종말처리장이거나 또는 분뇨처리장을 설치하여 오수를 처리하지만, 기타 지역에서 발생하는 오수는 법적 규제 조치가 없어서 그대로 하천에 유입되고 있다. 따라서 비록 법규상으로는 처리대상이 아니지만 수질보전 차원에서 농촌지역 등의 소규모 마을에서 발생하는 오수를 따로 차집하여 일정수준 이하로 처리함으로써 수질오염을 저감시켜야 한다.

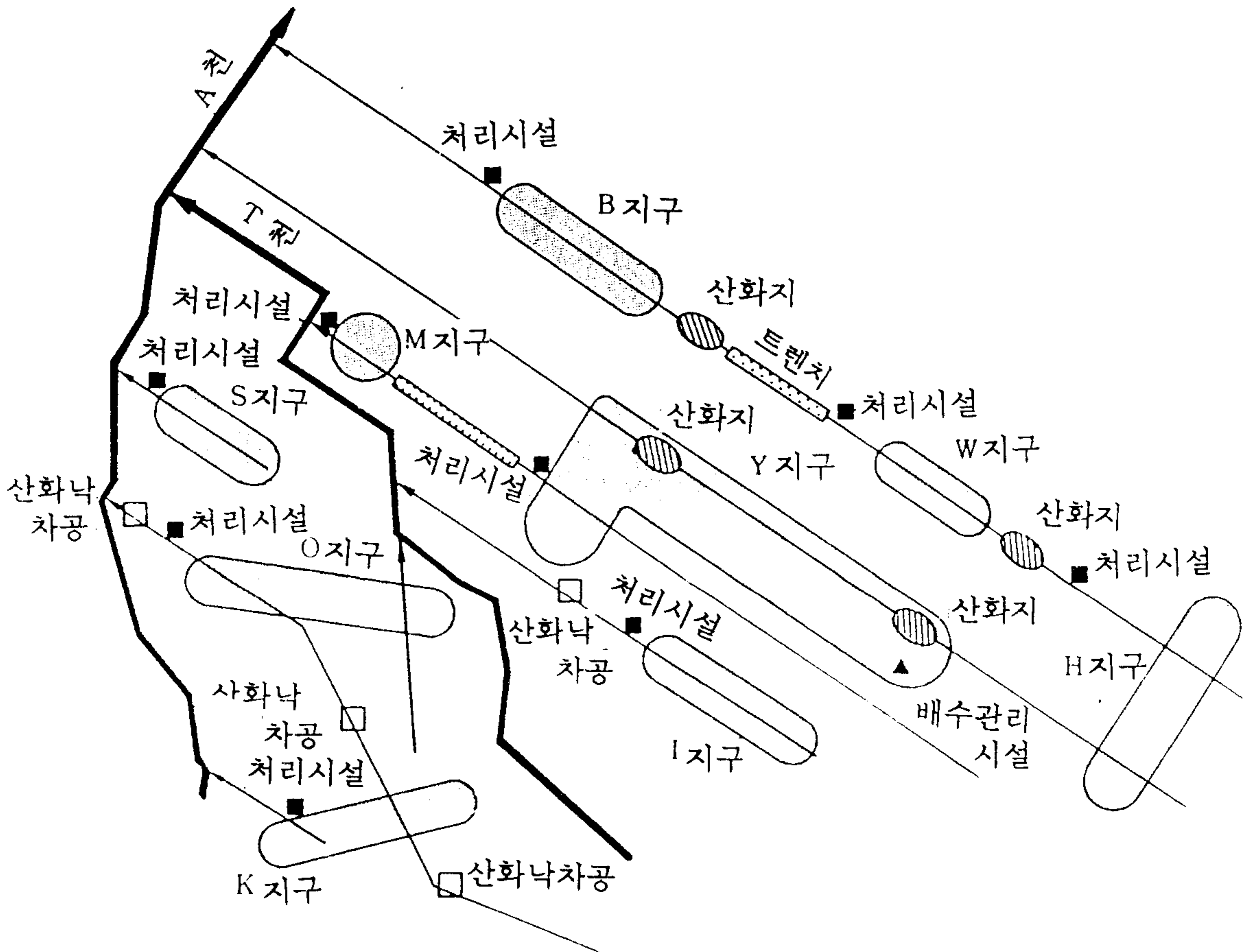
그리고 축산폐수의 경우에는 현행 환경보전법 및 폐기물관리법상 일정 수준 이상의 축산시설에 대하여 방류수 수질기준과 처리방법을 규제하고 있으며, 규제대상 농가는 정화시설을 설치하도록 의무화하고 있으나, 축산농가의 영세화로 인하여 현행 법령에 의해 대부분이 규제대상에서 제외되는 실정이다. 그러나 이러한 규제대상미만의 소규모 축산농가에서 배출되는 축산폐수도 차집하여 일정 수준 이하로 처리한 다음, 현재 인근에서 가동중이거나 장차 계획중인 처리장으로 이송시켜 완전 처리하도록 계획함으로써 축산폐수에 의한 수질오염을 미연에 방지하여야 한다.

농촌은 인구가 적은 취락이 산재되어 있는 저밀도의 공간이므로 광역적으로 오수를 차집하는 대규모 오수처리시설을 설치한다는 것은 관로시설의 건설비가 커짐과 동시에 유지관리가 어려우므로 <그림 6-9>와 같이 취락배수시설을 도입할 수 있을 정도로 가옥 및 축산시설이 밀집한 지역에서는 1개~수개 부락 단위로 정비하여 소규모처리방식을 도입하고 독립가옥등의 오염원에 대하여는 오염원별로 개별처리 또는 자연정화기능을 이용한 간이정화시설적인 시스템을 이용하는 것이 타당하다.

또, 농촌은 생산과 생활의 양면에 걸친 자원의 순환재이용 시스템이 형성되어 온 공간이므로 오니와 처리수의 재순환이용을 지향하는 것이 바람직하다.

그리고 농촌취락에서는 생활양식이 비슷한 지연집단에 의해 지역사회가 구성되며, 농업생산활동과 일상생활이 일체적으로 이루어지고 있는 바, 취락배수사업은 지역주민의 의견을 기초로 하여 주민 스스로가 참여하도록 하는 종합적인 수질환경개선을 기하도록 해야한다.

북하천 유역의 주요염원은 농경지 유출수에 의한 면오염원과 생활오수, 소규모 축산배수에 의한 점오염원으로, 이중 면오염원은 특정 배출구가 없으므로 관리가 어려운 실정이다. 따라서 생활하수와 축산배수를 대상으로하는 본 조사지역에 적합한 하폐수처리 시스템을 제시하고자 한다.



<그림 6-9> 조사지역의 생활오수대책 구상도

농촌에 적합한 생활하수 처리시설은 소규모 시설로서 처리성능이 높고 상주 관리자를 두지않는 순회관리방식으로도 안정한 처리수질을 얻을 수 있으며 경제적 이고 유지관리가 쉬운 방법이다. 농촌 취락배수시설에서는 주로 접촉폭기법이 이용되고 있지만, 최근에는 회분식 활성오니법 등 부유생물법의 실시 사례가 늘어나고 있다. 그러나, 모든 방식이 각각의 특징이 있으며 적용시에는 지역조건에 가장 적합한 처리방식을 선정하여야 한다. 또, 채용한 오수처리방식의 구조물 배치, 설계, 식재 및 주변정비 등이 농촌의 환경에 알맞고 지역주민에게 친숙한 시설이어야 한다는 점도 중요하다.

한편, 축산폐수의 처리방법으로는 농촌의 자연적 특성을 이용한 반자연계 시스템인 酸化池법과 토양트렌치법을 도입하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

그리고 이미 오염이 심화되었거나 생활계와 축산폐수 처리시설의 도입으로도 하천의 수질이 완전히 회복되지 않는 지역에서는 하천의 직접 정화방식으로 휴경답을 이용한 酸化水路 또는 礫間接觸酸化法の 도입도 고려해 볼 수 있다. 역간접 축산화법은 하상이 사력질이고 수심이 얇을 때 자갈표면과 공극에 생물막을 형성시켜 침전·흡착된 유기물을 분해하는 방법으로서, 에너지가 거의 필요없고 유지관리가 쉽기 때문에 농촌지역의 수질개선시스템으로 적용하기에 적합하며 이 방법에 대해서는 본 연구의 1차년도 연구과제에서 상세히 검토한 바 있다.

차후에는 이러한 오수처리방법들을 토대로, 처리목표수질, 취락형태, 오염원현황 및 자연조건 등 각 하천유역별 특성을 고려하여 각지역의 최적처리시스템의 도입 방안을 결정하고 도입된 시스템의 가동시, 실제로 삭감되는 부하량과 수질개선 효과를 분석하여 제시하고자 한다.

6.5 요약 및 결론

농촌지역은 가정오수와 축산폐수등의 오염발생원이 넓은 지역에 걸쳐 산재하는 것이 특징이다. 본 장에서는 농촌지역에 적용 가능한 淨化技術과 오염물질의 관리·처리시스템에 대하여 살펴보았다.

농촌지역은 자연적인 정화기능을 발휘할 수 있는 요소가 많이 존재하므로 이러한 기능을 충분히 활용하고, 보다 양질의 수자원확보를 위한 인공처리방법등을 검토한 바, 다음과 같은 사항들이 농촌지역의 수질관리를 위해 필요한 것으로 나타났다.

1. 농촌지역의 주요 용수원인 하천의 수질보전을 위하여 중요한 것은 유역전체를 total system으로 생각하여 자연적, 반인공적, 인공적 처리방법이 적절히 조합되어야 한다.
2. 하천과 수로의 자정능력을 높이기 위해서는 휴경답과 배수로를 이용한 산화수로 또는 역간접축산화법이 적합하며, 이 방법들은 에너지의 소요가 거의 없고 유지관리가 쉬운 장점이 있다.
3. 농촌지역은 농업부락이 산재되어 있는 저밀도 공간으로서, 적합한 오수정비방식은 가옥 및 축산시설이 밀집한 지역에서는 한개 내지 수개 부락단위로 통합한 소규모처리방식을 도입하고, 산재한 가옥등의 오염원에 대해서는 개별처리시스템을 도입하는 것이 경제적이다.
4. 소규모 처리방식을 도입할 경우, 생활오수는 처리성능이 높고 순회관리방식으로도 안정한 처리수질을 얻을 수 있는 방법으로서 접촉폭기법, 장기폭기법 및 회분식활성오니법을 들 수 있으며, 축산배수는 농촌의 자연적 특성을 이용한 산화지법과 토양trench법을 도입하는 것이 타당할 것이다.

여 백

제 7 장 생활용수 및 축산용수의 정수

여 백

제 7 장 생활용수 및 축산용수 정수

7.1 용수별 이용현황

7.1.1 이용량

연구대상 복하천유역의 물이용 현황을 1차년도 연구에서 수요원단위와 단위 용수심을 이용하여 추정한 물이용량은 <표 7-1>과 같다. <표 7-1>에서 농업용수는 44,760 ton/day로 총 이용량 52,233.7 ton/day의 약 86%를 차지하고 있어 중요한 용수수요량임을 알 수 있다. 한편, 생활용수와 축산용수는 전체 물이용량 중에서 차지하는 비율은 미소하나, 수질의 입장에서는 아주 중요하므로 이에대한 자세한 현황파악이 중요하다.

<표 7-1> 이용목적별 물이용량

이용목적	이용량 (ton/day)
생활용수	2,449.3
농업용수	44,760.8
축산용수	1,023.6
공업용수	4,000

7.1.2 음용수 및 축산용수 목표수질

우리나라 음용수의 수질기준은 1963년 3월 보건사회부령으로 규정된 것이 1984년 3월 음용수 수질기준 등에 관한 규칙으로 개정되고, 1990, 1991, 1992, 1993년 각 1회의 개정을 보았다. 개정된 음용수 수질기준은 미생물에 관한 기준 2개항,

건강상 유해영향 무기물질에 관한 기준 10개항, 건강상 유해영향 유기물질에 관한 기준 10개항 및 심미적 영향물질에 관한 기준 14개항 등 총 36개 항목에 대한 규정이 제정되어 엄격히 시행되고 있으나, 방사성 물질에 관한 기준이 제정되어 있지 않아 이에 대한 규정설정이 요망된다. 축산용수 수질기준은 가축의 음용에 필요한 용수이므로 음용수 수질기준에 따르면 무리가 없을 것으로 판단된다. 우리나라 음용수 수질기준은 제4장 <표 4-4>(북하천 유역의 지하수, 저수지 및 공동우물의 수질현황)와 같다.

7.1.3 대상유역의 수원별 수질현황

북하천의 본류와 지류는 대부분 농업용수로 이용되고 있으며, 생활용수와 축산용수는 주로 지하수를 사용하고 있다. 농업용수로 이용하는 하천수를 우리나라 수질환경기준에 적용시켜보면, 대체적으로 적합한 것으로 나타났지만, 일본의 농업용수 수질기준 및 1차년도에 제안된 농업용수 수질기준과 비교해 볼때 총 질소농도가 초과하는 것으로 나타났다. 한편, 북하천의 수질은 현재 목표수질인 II등급을 유지하나 6장에서 제안한 바와 같이 서울시의 상수원인 팔당댐의 상류에 위치하므로 수질환경기준 I등급을 이 지역의 목표수질로 할 경우 북하천의 수질을 개선하기 위한 방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

생활용수로 주로 사용되고 있는 지하수와 공동우물은 일부가 질산성 질소, 일반세균 및 대장균군 항목에서 음용수 수질기준에 부적합한 것으로 판명되어 이에 대한 대책을 수립해야 할 것으로 생각된다.

7.2 용수의 정수방안

농·어촌 지역에서 용수목적으로 사용되는 물은 일반적으로 용천수나 우물로부터 얻어진다. 이러한 물은 간단한 처리(소독)를 하거나 처리를 하지 않고 음료용으로 사용된다. 그러나, 산업이 발달하고 인구의 증가에 따라 지표수 뿐만 아니라 지하수도 상당히 오염되었거나 오염이 점차로 확산되어가는 실정이므로 간단한 소

독처리만으로는 안심하고 물을 마실 수 없게 되었다.

우리나라의 생활용수 공급체계는 정규상수도과 간이상수도로 구별되는데 정규 상수도는 주로 인구가 밀집되어 있는 도시를 중심으로 하여 공급되며 간이상수도는 20호 이상의 자연부락을 대상으로 급수인구 1인당 80ℓ 이상을 취수할 수 있는 수원확보가 가능한 농·어촌 지역을 중심으로 하여 공급된다. 1990년 현재 우리나라의 상수도 보급율은 78% 이며 간이상수도 보급율은 11.4%이고 그이외는 개인 우물이나 공동우물 생활용수로 사용하고 있다. 우리나라 간이상수도시설은 29,070 개소인 데 이 중 1991년 6월 보건사회부에서 27,370개소의 수질을 검사한 결과, 3.2%에 해당하는 879개소가 부적합 판정을 받았다. 이 중 750개소는 일반세균 및 대장균 항목이 기준을 초과하였고, 114개소는 질산성 질소, 5개소는 암모니아성 질소, 10개소는 탁도가 시준을 초과한 것으로 나타났다. 검사를 하지 못한 곳은 폐쇄 대상지역이 대부분을 차지 하였으며 수원 고갈과 개·보수 지역등 이었다.

생활용수로 사용하기 위한 처리는 지표수나 지하수를 음용수에 적합하도록 하는데 그 목적이 있다. 음용수질은 건강과 직결되기 때문에 세균, 유기물질과 중금속이 완전히 제거되어야 하며 또, 탁도의 원인이 되는 부유물질, 경도물질 및 맛을 유발시키는 물질들을 제거할 수 있어야 한다.

농어촌 지역에서의 음용수 공급시설은 원수의 수질이 좋으므로 도시와 같이 모든 공정을 도입하여 처리할 필요가 없는 경우가 많으며, 또한 규모가 작으므로 기술적, 경제적인 문제로 모든 처리공정을 갖추는 것이 어렵기도 하다.

<표 7-2>는 일반적인 음용수 처리법으로서 농어촌지역에 적용 가능한 처리공정의 효과를 나타낸 것이고 <표 7-3>은 일반적인 처리법으로는 제거되지 않고 특수한 처리법으로 제거할 수 있는 오염물질 제거특성을 나타낸 것이다.

<표7-2> 수처리 공정별 오염물질 제거효과

수질인자 \ 처리공정	폭기	화학적침전	침전	급속여과	완속여과	염소소독
용존산소 제공	+	*	*	+	++	+
CO ₂ 제거	+	*	*	+	++	+
탁도제거	*	+++	+	+++	++++	*
색도제거	*	++	+	+	++	++
맛·냄새 제거	++	+	+	++	++	+
세균제거	*	+	++	++	++++	++++
철·망간 제거	++	+	+	++++	++++	*
유기물 제거	+	+	++	+++	++++	+++

주) * : 효과가 없음
+ : 효과정도

<표7-3> 각종 정수방법의 오염물질 제거특성

항 목	유 기 물				무 기 물			
	부유성	콜로이드성	용해성		부유성	콜로이드성	용해성	
			생물분해성	생물난분해성			응석성	이온성
응집·침전·여과	◎	◎	X	X	◎	◎	○	X
활성탄흡착	X	X	△	◎	X	X	X	X
이온교환	X	X	X	X	X	X	X	◎
역삼투	X	X	○	◎	X	X	X	○
증유			△	△			○	◎

주: 1)응석성이란 약품에 의하여 침전이 형성되어 불용화될 수 있는 특성을 말한다
◎ · 제거가 양호 ○ · 어느 정도 제거 △ 약간의 제거
X · 제거 불능

2) 자료 : 最新 上水道 工學 (1988)

7.2.1 지표수를 수원으로 하는 경우

하천, 강, 호수 및 저수지는 오늘날 용수원으로서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 지표수의 성질은 유량, 유역의 특성, 계절 등에 따라 크게 다르며 가장 오염되기 쉬운 수자원 중의 하나이다. 대체로 상류는 깨끗한 수질을 유지하나 하류로 갈수록 오염이 심해지는 경우가 많다. 오염물질중 무기물질은 유역의 지질 및 공장폐수에 기인하며 유기물질은 대부분 생활하수, 축산폐수 등에 기인한다.

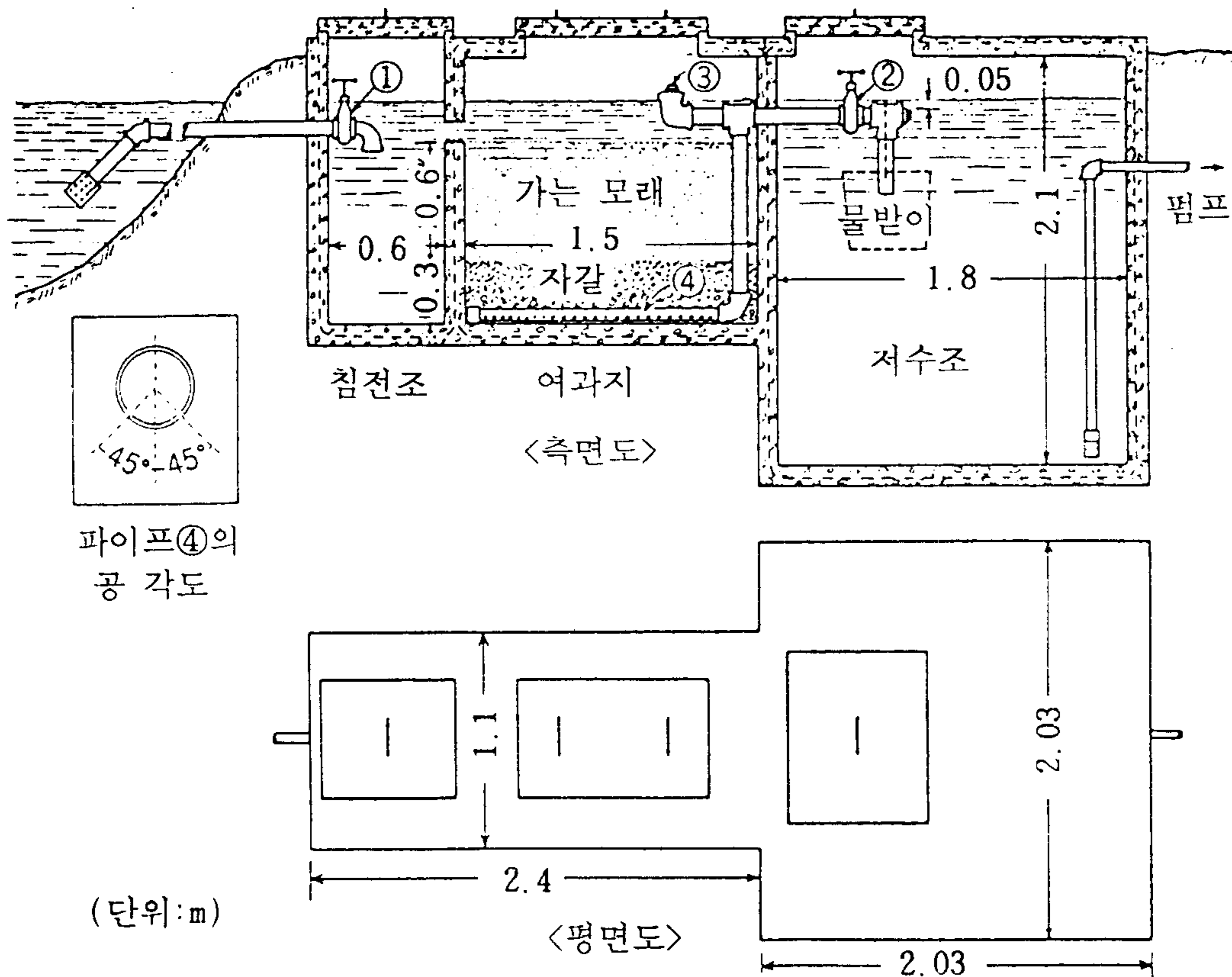
<표 7-4> 지표수 처리

처리 공정	전염소소독	화학적 응집	침전	급속여과	완속여과	후염소소독
수질 깨끗하고 오염 되지 않은 수원						O
약간 오염되었 고 탁도가 낮 은 수원				O	X	O
약간 오염되었 고 탁도가 중 간인 수원				X	X	O
약간 오염되었 고 탁도가 높 은 수원		X	X	X	X	O
약간 오염되었 고 조류가 많 은 수원	X	X	X	X		X
심하게 오염되 었고 탁도가 낮은 수원	X			X	X	X
심하게 오염되 었고 탁도가 높은 수원	X	X	X	X		X

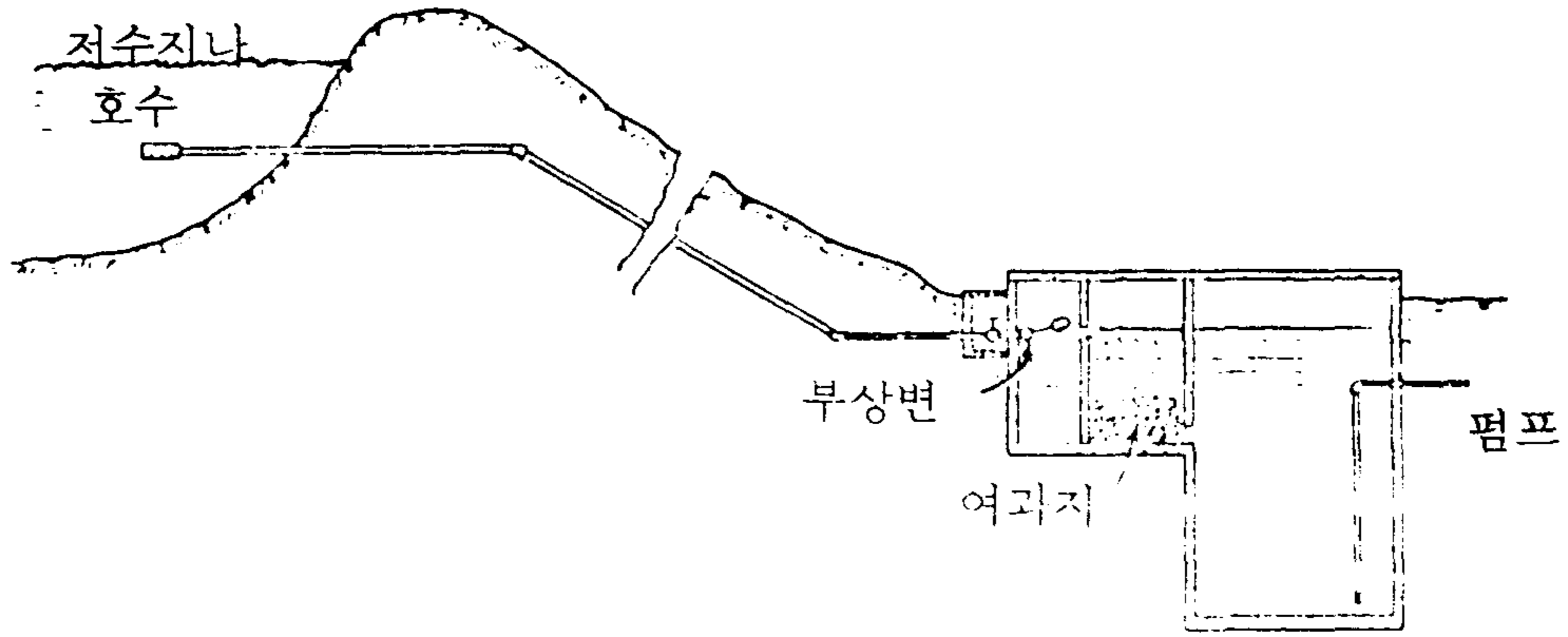
주: X:필수, O:선택

<표 7-4>는 지표수의 특성에 따른 가장 적절한 처리시스템을 나타낸 것이다. 농어촌 지역은 취락이 분산되어 있는 경우가 많으므로 취락단위로 용수를공급하는 경우, 규모가 작아 일반적인 상수처리 과정을 도입하여 물을 정화시키는 것은 현실적으로 어렵기 때문에 가능한한 양질의 수자원을 확보하여 간단한 처리만으로 생활용수로 이용할 수 있는 방법이 바람직하다.

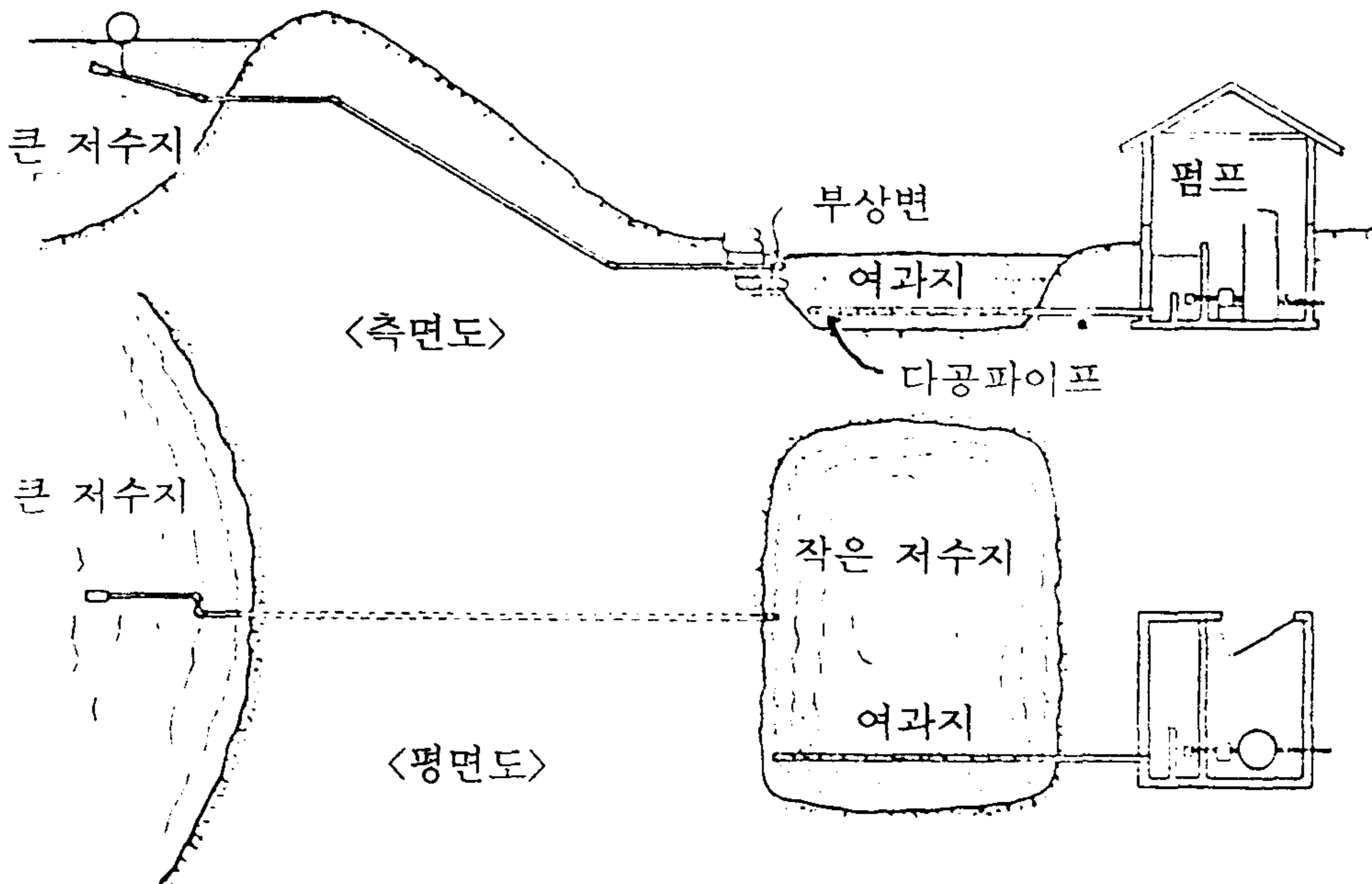
부유물질은 침전과 여과에 의하여 제거할 수 있으므로 지표수를 수원으로 하는 경우 <그림 7-1>에서 <그림 7-3>과 같이 가정 및 취락단위로 적용하여 생활용수로 사용할 수 있다.



<그림 7-1> 농·어촌 간이여과 정수시설의 모식도



<그림 7-2> 중력식 여과床에 의한 간이 정수시설 모식도



<그림 7-3> 여과池를 이용한 간이 정수시설 모식도

<그림 7-1>은 하루에 약 3 ton 가량을 여과할 수 있고 0.1 m²의 여과지로 부터 하루 190ℓ를 여과할 수 있다. 침전조는 가끔 청소를 해주어야 하고 저류조는 적어도 2일 정도 공급할 수 있는 물량이 확보되어야 한다.

<그림 7-2>는 중력을 이용하여 물을 취수할 수 있는 형태로서 float valve를 설치하여 취수원으로 부터 일정량을 취수할 수 있는 구조이다.

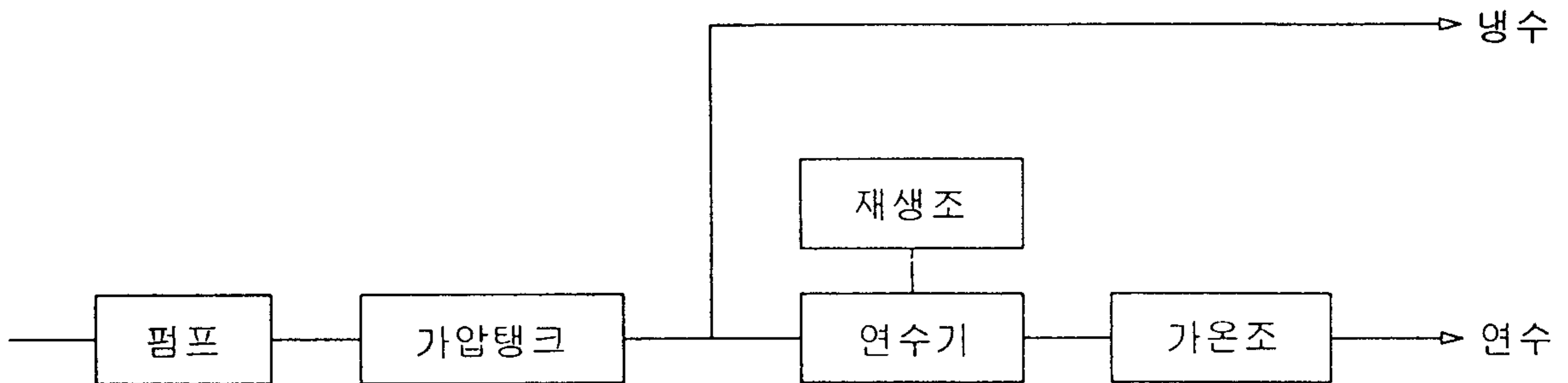
<그림 7-3>은 작은 연못을 만들어 물을 저류시키고 여과지를 설치하여 여과 지 밑의 다공관을 통하여 취수하는 방법으로서 연못의 크기는 적어도 3~4주 분의 물을 공급할 수 있는 용량이 되어야 하며, 물의 탁도가 높을 때는 응집제를 투여 하여 탁도를 제거하여야 한다. 또한, 사용하는 여과지는 가끔 청소를 하여야 하고 음용수로 사용할 경우에는 소독도 실시하여야 한다.

7.2.2 지하수를 수원으로 하는 경우

지하수는 강수나 지표수가 지층을 통과하여 지하에 부존되어 있는 물을 말하며 지층을 통과할때 토양의 여과작용 및 이온교환 능력에 따라 정수된다. 지하수는 지층의 종류에 따라 그 성분이 다르며 유속이 느리기 때문에 국지적으로 차이가 심하다. 오염의 기회는 지표수에 비하여 훨씬 적으나 축산폐수, 생활하수, 농업 배수 등에 의하여 지하수는 상당히 오염되고 있는 실정이다. 특히 우리나라의 경우 농어촌 지역의 생활용수를 지하수에 의존하는 경우가 많아 지하수원에 대한 관리와 처리방안이 절실히 요구되고 있다. 지하수를 음용수나 생활용수로 이용할때 일반적으로 지표수에 비하여 硬度가 높은 경우가 많기 때문에 硬水에 대한 軟水化의 방안이 필요하다. 미국의 경우 농어촌 지역에 사용되는 생활용수 중 경수에 의한 문제가 80%에 달한다고 보고되고 있다.

일반적으로 용수의 총경도가 170 ppm을 넘지 않는 경우에는 물을 끓여 생활용수로 사용할 수 있으며, 세탁용수로만 사용할 경우에는 끓이지 않고도 사용할 수 있다. 총경도가 500~1200 ppm 일때는 별도의 연수화 공정이 필요하고 1200 ppm 이상일 때는 생활용수로는 부적합하다.

<그림 7-4>은 연수화 공정에 대한 모식도이다.



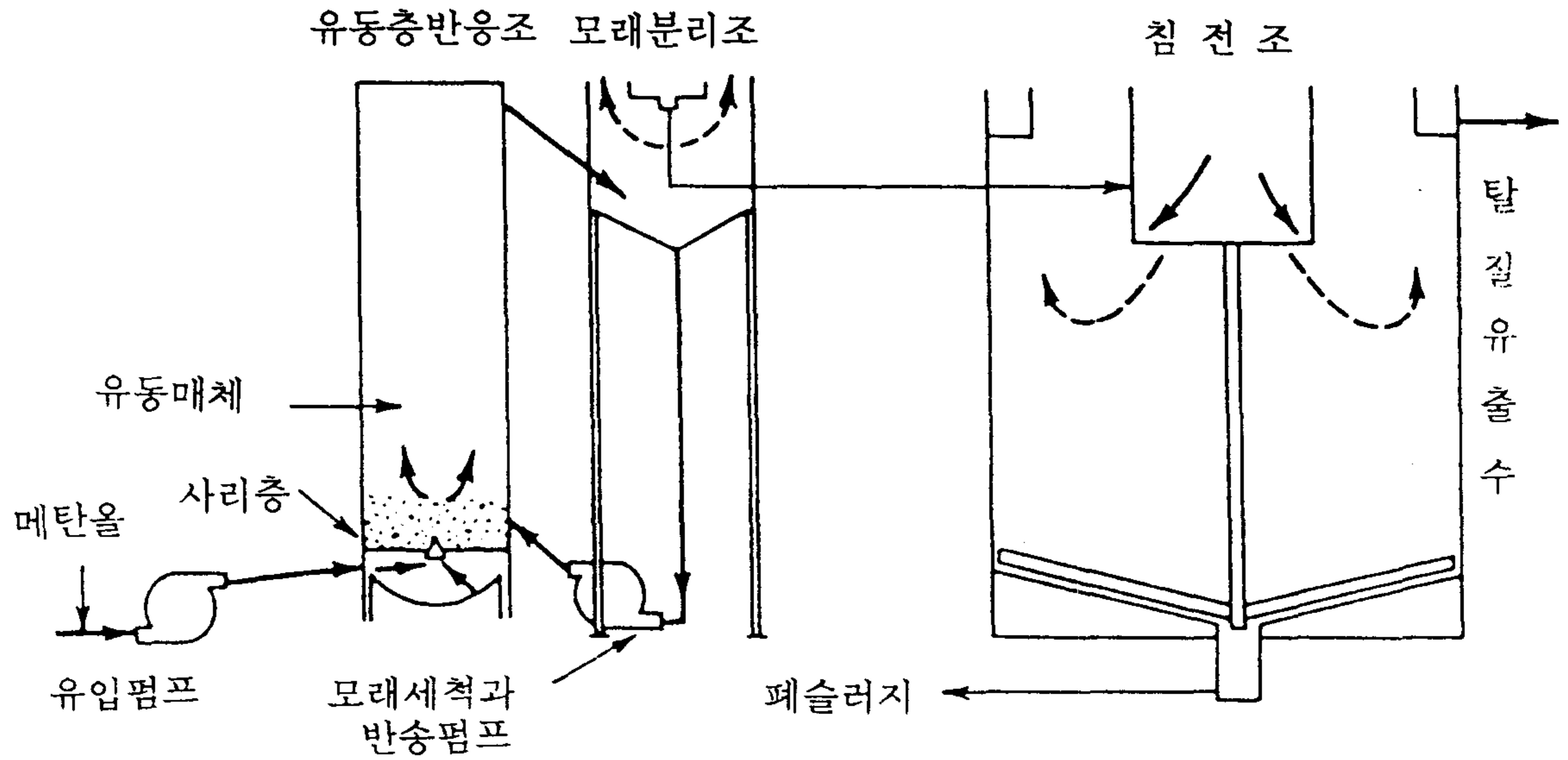
<그림 7-4> 연수화 공정의 모식도

7.2.3 연구대상 지역의 정수방안

본 연구대상 복하천유역은 지하수에 의존하여 간이급수시설과 개인우물 및 공동우물을 생활용수로 사용하고 있으며, 이중 1993년 8월에 9지점을 선정하여 수질검사를 실시한 바, 6개지점이 음용수로 부적합한 것으로 판명되었다. 주로 일반세균 및 대장균 항목이 기준을 초과하였으며, 이 중 2개소는 질산성 질소가 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

일반세균 및 대장균의 제거는 소독처리로 가능하지만 질산성이온은 일반적 상수처리 공정인 凝集·沈澱, 濾過, 消毒으로는 제거되지 않는다. 따라서 음용수로부터 질산이온을 제거하기 위한 화학적 응집, 연수화, 화학적 환원, 생물학적 脫窒酸化, 이온交換 樹脂, 逆滲透 등이 연구되어 왔는데 화학적 응집과 침전은 질산이

은의 높은 용해성 때문에 제거가 어렵고 화학적 환원은 화학약품의 첨가로 인한 부수적인 문제가 뒤따르기 때문에 실용화 하는 데는 한계가 있다. 생물학적인 탈질산화는 미국에서는 이용되지 않으나, 유럽에서는 사용되고 있으며 단점은 정화 후 질소가스를 제거하기 위하여 후속폭기처리가 필요하며, 미생물을 소독하기 위해 많은 양의 소독제가 필요하다. <그림 7-5>는 생물학적 탈질산화를 위한 유동층의 개략도이다.



<그림 7-5> 생물학적 탈질산화를 위한 유동층 개략도

逆滲透법은 용존고형물의 농도가 높고 鹽水일 경우에 주로 이용되는 방법으로 황산이온 농도가 높은 물을 원수로 사용할 경우, 이온교환수지법을 사용하기 전에 사용하면 효과적이다. <표 7-5>은 역삼투법에 의한 질산이온의 전형적인 제거효율을 나타낸 것이다.

<표 7-5>에서 질산이온의 제거는 약 65% 정도에 달하는데 이 값은 상대적으로 다른 음이온 제거율보다 낮은 값이다.

<표 7-5> 역삼투법에 의한 질산이온의 전형적인 제거에

항 목	유입농도 (mg/l)	유출농도 (mg/l)	폐염수 (mg/l)
Ca	154	7.0	590
Mg	3.8	0.17	15
Na	92	11	345
K	3.6	0.5	12.8
CO ₃	0.0	0.0	0.0
HCO ₃	7.8	5.2	45.9
Cl	92.8	6.0	346.9
SO ₄	380	5	1,500
NO ₃	93.0	31.9	270.2
F	0.06	0.03	0.13
Fe	<0.05	<0.05	0.08
Mn	<0.01	<0.01	0.01
As	<0.01	<0.01	<0.01
Cu	<0.01	<0.01	<0.02
Zn	0.01	0.007	0.02
MBAS	<0.1	<0.1	0.2
경도(as CaCO ₃)	401.0	18.2	1,538
총 부유물	823	64	3,120
pH	5.2	5.6	5.9
전기전도도 mhos/cm(Kx10 ⁶)25°C에서	890	120	3,800

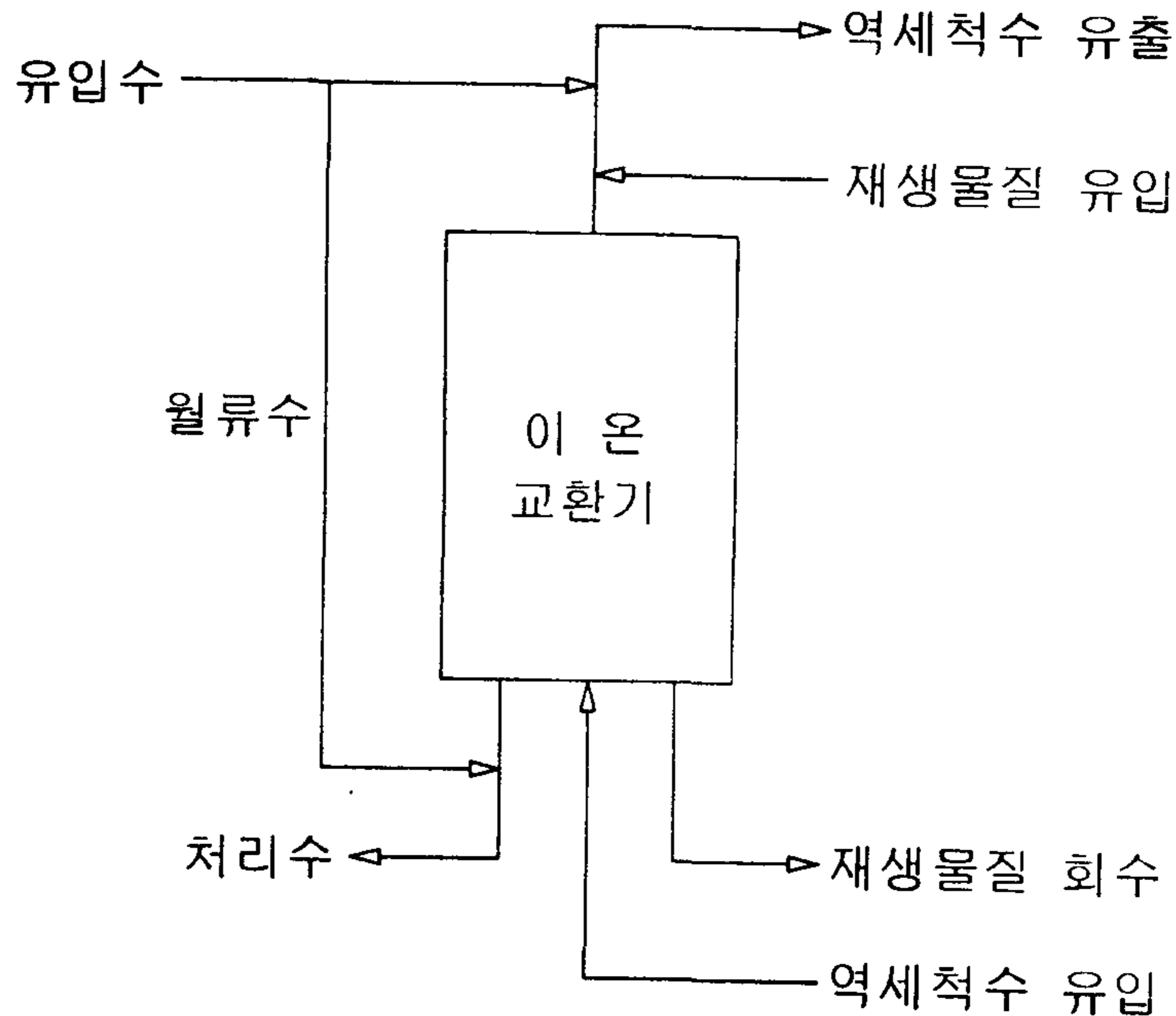
주) 자료 : Water Treatment Principles and Design (1985)

처리율 : 13.0 Gallon/분 주입압력 . 30 psig

물 회수율 : 74.3%

음용수에서 질산이온을 제거하기 위해 주로 사용되는 방법은 이온교환 수지 법으로 초기에는 zeolite, crystal-alumina, silicate 등이 물의 연수화에 이용되었으나, 이온교환율이 크고 수명과 처리용량이 큰 인공 합성수지로 대체되고 있다. 음용수의 연수화 목적 이외에도 이온교환수지는 불소와 질산성질소 및 크롬 등을 제거하는데 사용되고 있지만 비용이 많이 드는 단점이 있다. 비유기성 오염물질 제거에 이온교환법을 사용할 경우 처리수량의 변동에 잘 적응하며 제거율이 상당히 높고, 각각의 상황에 적합한 수지를 선택하여 사용할 수 있는 잇점이 있으나, 다른 이온들의 영향에 따라서 처리효율의 변화폭이 크고 용존 고형물의 영향을 많이 받는 단점이 있다.

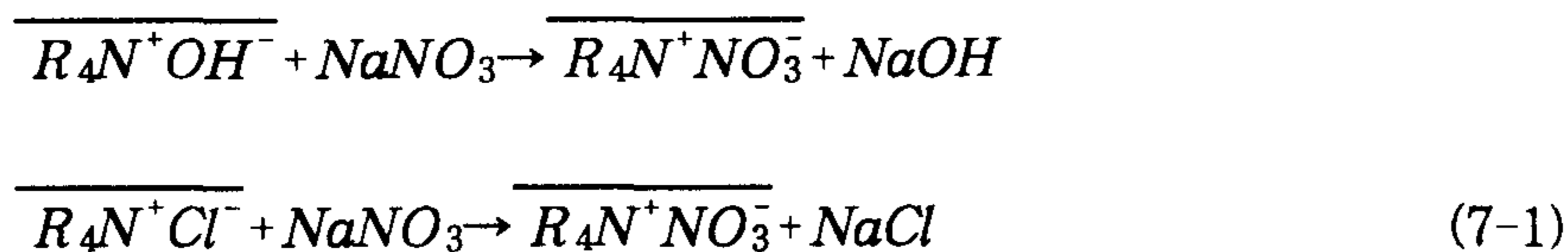
이온교환 수지의 반응은 강산과 약산의 양이온 교환과 강염기와 약염기 음이온 교환의 네가지로 구분할 수 있다. 일반적으로 이용되고 있는 이온교환 방법의 모식도를 <그림 7-6>에 나타냈다.



<그림 7-6> 이온교환 모식도

북하천 유역의 용수원인 지하수 및 저수지의 수질을 조사한 결과 검출된 질산성이온은 강염기성 음이온 교환수지를 이용하여 질산이온을 염소로 치환하여 제거하면 비교적 간단하면서 처리비용을 줄일 수 있는 잇점이 있다.

강염기 양이온 교환은 pH 1.0~13.0 까지의 범위에서 효과적이다. 수산기 또는 염소형 강염기 양이온 교환수지를 사용하면 다음 반응식과 같이 질산이온이 제거된다.



수지의 선택성은 황산이온, 질산이온, 염소이온의 순으로 질산이온쪽 보다는 황산이온쪽이 크므로 원수의 황산이온이 높으면 질산이온의 흡착능력은 감소한다. 선택성 계수는 수지에 따라 약간 다르지만, 값이 클수록 이온교환 물질에 의한 이온의 선택성은 커진다. 이온교환 물질은 원자가가 높은 이온, 극성을 띠는 능력이 큰 이온, 이온교환 고형물의 이온교환 영역과 강하게 반응하는 이온, 다른 이온과 관여를 적게 하고 복염을 형성하는 이온을 선택하는 경향이 있다. 질산성 질소 제거용으로 시판되는 수지의 선택성 계수는 1.6~4.6 정도이다. 通水의 SV는 10~20(l/h), 질산의 貫流容量은 0.3~0.5 kEq/m²-수지 정도가 보통이다. <표 7-6>은 시판되는 강염기성 이온교환 수지 Cl-NO₃ 교환반응의 선택성 계수를 나타낸 것이고, <표 7-7>은 강염기 음이온 교환수지에서 주로 사용되고 있는 선택성계수를 나타낸 것이다.

<표 7-6> 강염기성 이온교환 수지 Cl-NO₃ 교환반응의 선택성 계수

이온교환수지	Cl-NO ₃ 교환반응의 분배계수			
	1	2	3	평균
1. Dowex 1-XI	1.76	1.70	1.49	1.65
2. Amberlite IRA 910	2.17	2.25	1.63	2.02
3. Dowex 21K	2.37	2.10	1.73	2.07
4. A1016-X8 (para-ortho)	3.07	2.09	1.70	2.25
5. Dowex 2-X8	2.62	2.51	2.20	2.44
6. Amberlite IRA 900	2.64	2.77	2.45	2.62
7. Dowex 1-X8	2.94	2.69	3.22	2.95
8. A1016-X8 (low-capacity)	3.25	2.76	2.96	2.97
9. Duolite A102D	2.76	3.04	3.16	2.99
10. A1016-X8 (meta-para)	3.02	2.65	3.55	3.07
11. Amberlite IRA 911	3.72	3.58	2.73	3.34
12. Dowex 1-X12	3.71	3.99	3.66	3.79
13. Amberlite IRA 904	4.61	4.65	-	4.63
14. Dimethyldodecy amine R	6.47	6.34	6.41	6.41

주) 자 료 : 수처리 공학 (1990)

<표 7-7> 강염기 음이온 수지의 선택성 계수

음이온	선택계수	음이온	선택계수
I ⁻	8	OH ⁻ (Type II)	0.65
NO ₃ ⁻	4	HCO ₃ ⁻	0.4
Br ⁻	3	CH ₃ COO ⁻	0.2
HSO ₄ ⁻	1.6	F ⁻	0.1
NO ₂ ⁻	1.3	OH ⁻ (Type I)	0.06
CN ⁻	1.3	SO ₄ ²⁻	0.15
Cl ⁻	1.0	CO ₃ ²⁻	0.03
BrO ₃ ⁻	1.0	HPO ₄ ²⁻	0.01

주) 자 료 : 수처리 공학 (1990)

또한, 이온교환 수지 내의 입자크기에 따라서 이온교환 속도와 컬럼내의 수리적 영향을 미치기 때문에 이온교환 수지의 설계시 고려할 필요가 있다. 입자 직경의 크기는 0.04~1.0 mm, 균등계수는 1.4~1.6이 일반적으로 사용되고 있으며, 이온교환 수지를 큰 규모로 적용할 경우는 U.S mesh 로 20~50번과 50~100번을 가장 많이 사용한다. <표 7-8>은 수지입자 크기를 U.S mesh 와 mm 로 나타낸 것이다.

<표 7-8> 수지의 입자크기

U.S mesh	직경 (mm)
16~20	1.2~0.85
20~50	0.85~0.3
50~100	0.3~0.15
100~200	0.15~0.08
200~400	0.08~0.04

다음은 본 연구대상 복하천유역의 용수원 중 호법면 단천리 축산농가의 개인 우물 한 지점을 선택하여 수지의 총 교환용량을 1.0eq/l, 황산이온의 선택성 계수는 0.15, 질산이온의 선택성 계수는 4인 수지를 사용하였을 때 이온 교환수지법을 적용한 예이다.

지점의 이온농도

$$\text{SO}_4^{2-} : 13\text{mg/l} = 0.27 \text{ meq/l}$$

$$\text{Cl}^- : 27\text{mg/l} = 0.76 \text{ meq/l}$$

$$\text{NO}_3^- : 16.5\text{mg/l} = 0.27 \text{ meq/l}$$

$$\text{총 음이온농도} = 1.295 \text{ meq/l}$$

컬럼 이온교환수지 평형식은 아래식과 같다.

$$K_B^A = \frac{[\overline{B^+}]^n [A^{n+}]}{[A^{n+}] [B^+]^n} = \frac{[\overline{B^+}]^n}{[A^{n+}]_{\text{고형물}}} \times \frac{[A^{n+}]}{[B^+]^n_{\text{용액}}} \quad (7-2)$$

식(7-2)로부터

$$\frac{\overline{X}_{A^{n+}}}{(1 - \overline{X}_{A^{n+}})^n} = K_B^A \left(\frac{\overline{C}}{C} \right)^{n-1} \frac{X_{A^{n+}}}{(1 - X_{A^{n+}})^n} \quad (7-3)$$

여기서, $[A^{n+}] = \text{농도 (eq/l)}$, $[B^+] = \text{농도 (eq/l)}$, $[X_{A^{n+}}] = \frac{[A^{n+}]}{C}$,
 $[X_{B^{n+}}] = \frac{[B^{n+}]}{C}$, $[\overline{X}_{A^{n+}}] = \frac{[\overline{A^{n+}}]}{C}$, $[\overline{X}_{B^+}] = \frac{[\overline{B^+}]}{C}$,
 $C = \text{농도 (eq/l)}$, $\overline{C} = \text{이온교환용량 (eq/l)}$

식(7-3)으로부터 SO_4^{2-} 에 대한 선택성 계수가 크기 때문에 SO_4^{2-} 가 윗 부분에
 서 먼저 제거된다고 가정하면,

$$\begin{aligned} \frac{\overline{X}_{\text{SO}_4}}{(1 - \overline{X}_{\text{SO}_4})^2} &= K_{\text{Ca}}^{\text{SO}_4} \left(\frac{\overline{C}}{C} \right) \frac{X_{\text{SO}_4}}{(1 - X_{\text{SO}_4})^2}, \left(X_{\text{SO}_4} = \frac{0.27}{1.3} = 0.2 \right) \\ &= 0.15 \times \frac{1}{0.001295} \times \frac{0.2}{(1 - 0.2)^2} = 24.1 \\ \overline{X}_{\text{SO}_4} &= 0.96 \end{aligned} \quad (7-4)$$

수지의 96%는 황산이온을 제거하는데 사용되고 윗 부분은 4%만 남는다
 NO_3^- 와 Cl^- 의 당량비는 0.27 : 0.76이므로,

$$\therefore X'_{\text{NO}_3} = \frac{0.27}{0.27+0.76} = 0.26$$

$$\frac{\overline{X}_{\text{NO}_3}}{1 - \overline{X}_{\text{NO}_3}} = K_{\text{Cl}}^{\text{NO}_3} \frac{X'_{\text{NO}_3}}{1 - X'_{\text{NO}_3}} = \frac{4 \times 0.26}{0.74} = 1.41$$

$$\therefore \overline{X}_{\text{NO}_3} = 0.59$$

각 이온에 대한 제거비를 계산하면,

	윗 부분	아래 부분
$\overline{X}_{\text{SO}_4}$	0.96	0
$\overline{X}_{\text{NO}_3}$	$(0.59)(0.04) = 0.024$	0.59
\overline{X}_{Cl}	0.016	0.41

질산이온이 수지 내에서 파괴점에 도달할 때 처리유량을 계산하면,

$$\text{황산이온 평형} \cdot 1.0 \text{eq/l} \times 0.96 f = 0.3 \times 10^{-3} \text{eq/l} \times V$$

$$\text{질산이온 평형} \cdot 1.0 \text{eq/l} \times [0.024f + 0.59(1-f)] = 0.27 \times 10^{-3} \text{eq/l} \times V$$

여기서, f = 윗 부분을 차지하는 수지의 부피비,

V = 질산이온이 파괴점에 도달할 때까지의 단위부피당 물 주입량

$$\therefore f = \frac{0.3 \times 10^{-3}}{0.96} \times 2950 = 0.93$$

$$V = \frac{0.59}{0.2 \times 10^{-3}} = 2950 \text{ l/l-수지}$$

질소이온의 제거율은 60%에 달하며, 제거유량은 수지 1 l 당 2,950 l가 제거 가능한 것으로 나타나 단위수지당 제거할 수 있는 유량면에서 효과적이라 할 수 있다. 그러나, 음이온 교환수지에 의한 질산이온 제거는 소규모 처리에 사용된 예가 많지 않으므로 이 방법을 적용하기 위해서는 대상원수에 대하여 처리실험에 대한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 생활용수로 이용되는 지하수는 대장균의 양성반응율이 높게 나타났으므로 세균에 대한 안전성을 위해 간편한 소독을 실시할 수 있는 시설이 필요할 것이다. 음용수의 확보를 위해서는 수질기준에 적합한 용수원의 개발이 우선되어야 하며, 간이 급수설비를 확충하고 처리기법도 질산성질소 등을 제거할 수 있도록 다양화 시켜야 하겠다.

7.3 요약 및 결론

본 연구대상 지역의 음용수 용수원인 지하수의 수질은 세균과 질산성 질소가 음용수 수질기준을 초과하는 경우가 있으므로 소독시설과 질산성 질소를 제거할 수 있는 처리기법이 요구되는 바, 세균의 처리는 간단한 소독시설의 설치로 가능하지만 질산성 질소 제거는 일반적인 상수처리 공정으로는 제거하기가 어렵다. 이러한 특성을 고려하여 연구대상 지역의 생활용수 및 축산용수 정수방안에 대한 연구결과는 다음과 같다.

1. 음용수의 처리공법 중 질산성질소를 제거하기 위한 처리공법으로는 생물학적 탈질산화, 역삼투법 및 이온교환 수지법 있으며, 이 중 생물학적인 탈질산화는

후속처리가 필요하며, 역삼투법은 이온교환 수지법을 사용하기 전의 전처리과정으로 특히, 황산이온의 농도가 높을 때 효과적이다. 일반적으로 질산성 질소를 제거하기 위해서는 주로 이용되는 방법은 이온교환 수지법이다.

2. 본 연구대상 지역의 음용수 수원 중 질산이온의 농도가 높게 나타난 용수원은 이온교환수지 방법을 이용하여 제거하는 것이 바람직 할 것으로 판단되는 바, 음용수 수원중의 하나인 개인우물에 대하여 이온교환수지법을 적용한 결과, 질산이온의 이론적 제거율은 60%로서 음용수 수질기준을 만족시키며, 처리유량은 수지 1 t 당 2950 t정도가 될 것으로 예상된다. 그러나, 이온교환 수지법에 의한 질산이온의 제거는 소규모 처리에 사용된 예가 많지 않으므로 이 방법의 적용을 위해서는 대상원수에 대하여 처리실험에 의한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.
3. 본 연구대상 지역의 음용수 수원은 대장균에 대한 양성반응율이 높게 나타났는 바, 세균에 대한 안전성을 위해서는 간편한 소독시설이 필요할 것이다.
4. 음용수의 안정적인 확보를 위해서는 수질기준에 적합한 용수원의 개발이 우선되어야 하며, 간이 급수설비를 확충하고 처리기법도 질산성질소 등을 제거할 수 있도록 다양화 시켜야 할 것으로 사료된다.

여 백

제 8 장 종합결론

여 백

제 8 장 종합결론

농어촌에 적용할 수 있는 수질환경관리 시스템을 개발하기 위한 연구로서 북하천 유역을 대표 시험유역으로 하여 용수원의 수질조사, 유역의 수문분석, 수질에 측 기법의 개발, 하폐수처리 시스템 분석, 음용수 및 축산용수 정수방안에 대하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 용수원 수질조사

대표 시험유역의 북하천 수질현황을 조사하기 위하여 본류구간 7개지점과 5개 유입지천에 대한 4회의 상시측정 및 1회의 24시간 연속측정의 결과와 음용수 및 축산용수의 용수원인 지하수와 저수지 수질을 파악하기 위하여 2회의 측정조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

- 가. 북하천 본류의 수질은 pH가 생활환경기준을 벗어나는 경우가 종종 있었으며 SS는 갈수기에 높게 나타났다. 그러나, BOD는 일반적으로 상수원수 II급 기준에 해당 되었으나 갈수기 측정시는 이 기준을 초과 하였다.
- 나. 수질의 일중 변화를 파악하기 위하여 실시된 24시간 연속측정 결과, 유입지천은 시간에 따른 수질변화가 본류에 비해 큰것으로 나타났으며 이는 유역면적이 작고 유입지천의 유로가 짧아 유역의 환경변화에 영향을 더 쉽게 받기 때문인 것으로 생각된다.
- 다. 북하천 유역의 음용수 수질실태를 파악하기 위하여 8개 지점의 지하수 및 공동우물과 1개소의 저수지 수질조사를 2회에 걸쳐서 실시한 결과, 총 9개소의 조사지점중 음용수 부적합 판정을 받은곳이 6개소(67%)로서, 부적합 판정 원인을 살펴보면 모두 일반세균 및 대장균군수에서 기준을 초과하고 있으며, 그 중 2개소에서는 질산성질소가 기준을 초과하고 있음을 알 수 있었다. 그러나, 초과하지 않더라도 거의 기준값에 다다르고 있는 곳이 4개소여서 농촌유역의 지하수의 질산성 질소 오염이 문제시 되었다. 또한, 저수지는 일반세균, 대장균군수,

색도, 탁도에서 기준치를 초과하였으며 질산성질소는 0.6 mg/l로서 아주 낮았다.

라. 복하천 본류의 저질조사 결과에 의하면 영양염류인 질소와 인의 농도가 높게 나타났으며 이러한 저질성상은 장래 복하천 본류수질에 영향을 끼칠 가능성이 큰것으로 판단된다.

2. 유역의 수문분석

연구대상 유역인 복하천 유역의 수질분석을 위한 유량자료를 제공하기 위하여 USDAHL-74/SNUA 수문 모형의 보정과 검정을 실시한 후, 수집된 각종 기상자료 및 수문자료를 이용하여 유역의 유출해석을 실시하여 하천의 유황곡선 및 유출특성을 산정한 결과는 다음과 같다.

가. 유역의 유출량 측정 기준점으로서 유역말단의 주미교 지점을 선택하여 유출량 측정을 위한 수위를 실측하였고, 실측수위 및 실측 유출량자료를 바탕으로 유출량 측정 기준점에서의 수위-유량 관계곡선을 $Q=1.821H^{7.886}$ 으로 유도하였다.

나. USDAHL-74/SNUA 수문모형의 보정결과 실측유출량과 모의발생 유출량 사이의 $R=0.95$ 의 높은 상관관계를 얻어서 유출량의 재현에 적절한 유역파라메타의 값을 확정하였다. USDAHL-74/SNUA 모형의 보정된 파라메타값과 1973~1990년(18개년)의 강우, 기상자료를 이용하여 복하천 주미교 지점의 18개년의 일유출량을 재현하였고, 모의발생된 일유출량을 근거로 유황곡선을 유도하여 수질 모의 발생에 이용하고자 홍수량, 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량을 각각 구하였다.

다. 유출량 측정기준점에서의 일유출량 재현과 동일한 과정으로 유역내 지천별 7개 소유역의 말단지점에 대한 각각의 유황곡선을 유도하여 각 지천에 대한 강수량, 저수량, 평수량, 풍수량을 구하여 수질관리 모형의 유출량 입력자료로 제공하였다.

3. 수질예측 기법의 확립

농촌유역의 종합적 수질관리 대책의 수립 및 평가 수단으로서 오염부하계산 모형과 하천수질 예측을 위한 QUAL2E모형을 조합한 수질관리 모형을 구축하여 대표시험 유역에 적용하였던 바, 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 본 연구에서는 각 오염원 및 배출구조의 변화와 각종 처리시설의 도입을 감안한 부하삭감량 등의 오염발생량에 대한 정량적 계산을 수행하는 오염부하계산 모형을 개발하였으며 모든 농촌유역에 적용이 가능하도록 범용화에 중점을 두었다.
- 나. 개발된 오염부하계산 모형은 원단위를 이용하여 오염부하 발생량 및 배출량을 계산하고, 부하삭감 대책의 우선순위 결정을 위하여 오염원별 배출부하 기여율을 계산하며 지천으로 부터의 유입부하량의 계산을 위해서는 유달율을 이용한 바, 특히 물순환구조가 복잡한 농촌 소유역에서는 유역내에서 일어나는 모든 수질반응을 대변해주는 수질매개변수인 유달율을 이용하는 것이 합리적인 방법이라 사료된다.
- 다. 오염물질의 유달율 산정을 위해서 본 연구대상 유역에서의 맑은 날 실측한 6회의 수질자료를 이용하여 유역특성 매개변수와 회귀분석을 실시한 바, 상관관계가 높은 변수로는 유역면적, 인구수였으며, 농촌유역의 특성을 반영하기 위해 농경지 면적비율을 포함함 3개의 독립변수를 이용한 중회귀식을 구성하였다.
- 라. 유역의 오염원 현황자료와 원단위를 이용하여 계산된 오염원별 배출부하 기여율은 소유역별로 BOD의 경우 가축이 30.5~80.3%, 자연계부하가 14.2~38.5%, 생활하수 5.6~30.7%, 공장폐수가 0~36.4%이며, T-N의 경우는 토지 28.6~75.7%, 가축 20.3~64.3%이었다. T-P도 T-N과 비슷한 경향을 보이고 있어 본 연구유역에서는 영양물질의 주 배출원이 축산폐수와 자연계임을 알 수 있다. 그러므로 본 유역에서 부하삭감대책의 강구시에 축산폐수와 비점원의 관리대책

을 우선적으로 시행해야 할 것이다.

- 다. 원단위법과 유달율을 이용하여 지천에서의 유달부하량을 예측할 수 있는 오염 부하 계산 모형과, 하천본류에서의 오염물질의 거동을 예측하는 QUAL2E 모형을 결합하여 유역의 종합적 수환경관리가 가능한 수질관리모형을 구축하였다. 수질관리모형은 계산된 본류 수질기준점에서의 수질농도와 수질기준을 비교하여, 수질기준에 부적합하다고 판단되면 오염배출부하 기여율이 높은 오염원 및 소유역을 중심으로 부하삭감계획을 강구하여 수질기준을 만족하도록 하는 과정을 수행한다.
- 바. 하천본류의 수질을 예측하는 QUAL2E모형은 그 동안 국내외의 환경사업분야에서 그 신뢰성이 인정된 모형으로 연구대상 유역에 적합하도록 보정한 바, 재폭기계수(K_2)는 Thacstone식이 2.8~12/day의 범위를 나타내어 연구대상유역의 재폭기현상을 잘 묘사하는 것으로 나타났고, 탈산소계수(K_1)와 BOD침강계수(K_3)가 각각 0.23~1.0/day, 0.2~2.0/day의 분포를 보여 국내의 연구보고 값보다 크게 나타났다.
- 사. 수질관리모형을 본 연구대상 복하천유역에 적용한 결과, 유출량변화에 따른 지천의 예측수질을 본 연구의 1차년도 연구보고서에서 제안한 농업용수 수질기준과 비교해 보면, 년중 180일 이상이 T-N 농도가 농업용수 수질기준 1 mg/l를 초과하는 것으로 나타났고 T-P의 농도도 비교적 높은 수치를 나타내고 있어 본 연구대상 유역의 소규모 지천들이 영양물질에 의한 오염이 심각함을 알 수 있다. 영양물질의 주 오염원으로는 오염물질 배출기여율이 가장 큰 축산폐수와 자연계부하로 사료되며, 특히 본 연구대상유역에는 규제대상 미만의 소규모 축산농가가 유역전반에 걸쳐 산재해 있으므로 오염부하삭감 대책의 수립시, 이들 소규모 축산농가의 축산폐수 및 폐기물의 관리방법을 중심으로 고려하여야 함을 알 수 있다.

아. 유출량 변화에 따른 하천본류의 수질을 예측한 결과 복하천 본류의 평균 BOD 농도는 갈수시기 2.68 mg/l, 저수시기 1.74 mg/l, 평수시기 1.21 mg/l, 풍수시기 0.75 mg/l로서 갈수기에 일부구간을 제외하고는 생활환경 기준등급 II등급을 만족하는 상태로 나타났다. 전반적으로 하류로 갈수록 수질이 악화되어 관리천 유입지점 이하에서 갈수시기 최대 BOD농도가 4.38 mg/l로 나타났으며 본류 말단 지점에서의 BOD농도는 2.37 mg/l로 예측되었다.

자. 유출량 변화에 따른 영양염류의 수질예측 결과도 BOD와 비슷한 경향을 나타냈지만 유량조건에 따라 더욱 변화가 심하였으며, 년중 풍수기를 제외하고는 제안된 농업용수 수질기준 T-N 1 mg/l를 초과하는 것으로 나타나 농업용으로의 이용시 수질관리 대책이 요망된다.

4. 농촌지역에 적합한 하폐수 처리방안

농어촌 지역의 특성은 자연정화 기능이 많이 포함되어 있으므로 이들을 충분히 활용할 수 있는 시스템이 모색되어야 하며 또한, 농어촌에서 보다 양질의 수자원 확보를 위한 인공적인 수처리 방법을 검토한 바, 농촌지역의 수질관리를 위하여 다음과 같은 사항이 필요한 것으로 나타났다.

가. 농촌지역의 주요 용수원인 하천의 수질보전을 위하여 중요한 것은 유역전체를 total system으로 생각하여 자연적, 반인공적, 인공적 처리방법이 적절히 조합되어야 한다.

나. 하천과 수로의 자정능력을 높이기 위해서는 휴경답과 배수로를 이용한 산화수로 또는 역간접촉산화법이 적합하며, 이 방법들은 에너지의 소요가 거의 없고 유지관리가 쉬운 장점이 있다.

다. 농촌지역은 농업부락이 산재되어 있는 저밀도 공간으로서, 적합한 오수정비방식은 가옥 및 축산시설이 밀집한 지역에서는 한개 내지 수개 부락단위로 통합한 소규모처리방식을 도입하고, 산재한 가옥등의 오염원에 대해서는 개별처리

시스템을 도입하는 것이 경제적이다.

라. 소규모 처리방식을 도입할 경우 생활오수와 축산배수는 처리능력이 높고 순회 관리방식으로도 안정한 처리수질을 얻을 수 있으며, 농촌의 자연적 특성을 이용한 산화지법과 토양trench법을 도입하는 것이 타당할 것이다.

5. 음용수 및 축산용수 정수방안

8개소의 지하수 및 공동우물, 1개소의 저수지 수질조사 결과를 기초로 생활용수 및 축산용수에 대한 정수방안을 검토하였던 바, 다음과 같은 결과를 얻었다.

가. 음용수 및 축산용수의 목표수질은 보건사회부령 음용수 수질기준을 적용하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

나. 연구대상지역의 음용수원 중 질산이온의 농도가 높게 나타난 생활용수는 이온교환수지법을 이용하여 제거하는 것이 바람직 할 것으로 판단되며 실제 대상 저수지 원수에 적용한 바에 의하면 질산이온의 이론적 제거율은 60%로서 음용수 수질기준을 만족시키는 것으로 나타났고, 처리 유량은 수지 1t당 2,950ℓ 정도가 될 것으로 예상된다.

다. 이온교환수지법에 의한 질산이온의 제거는 소규모 처리에 사용된 예가 많지 않으므로 이 방법의 적용을 위해서는 대상 원수에 대하여 처리실험을 하는 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

라. 본 구역에서 생활용수로 이용되는 지하수는 일반세균과 대장균에 대한 양성 반응율이 높게 나타났으므로 세균에 대한 안전성을 위해 간편한 소독시설이 필요할 것으로 판단된다.

마. 음용수의 안정한 확보를 위해서는 수질기준에 적합한 용수원의 개발이 우선되어야 하며, 간이 처리시설을 확충하고 처리기법도 질산성질소 등을 제거할 수 있도록 다양화 시켜야 한다.

참 고 문 헌

여 백

참 고 문 헌

1. 강원대학교 한강연구소, 1984: 한강유역환경의 종합적연구(I)
2. 강원대학교 한강연구소, 1988: 남한강수질 보전대책연구
3. 건설부, 1988: 주암다목적댐 건설사업 환경관리 조사 최종보고서
4. 건설부, 1989: 한국 수문관측소 일람
5. 건설부, 1991: 하천 환경관리 기본 조사·연구
6. 건설부, 1991: 홍수 수문자료집
7. 건설부, 1991: 경안천 하천환경관리 기본계획(사례연구)
8. 건설부, 1991: 광역 상수도화를 위한 소규모 정수시설 기초조사연구
9. 건설부, 1992: 수자원 관리기법 개발연구조사 보고서
10. 경기도, 1984: 복하천 하천정비기본계획
11. 고평백, 1992: 하천에 유입된 유독성 유기오염물의 농도분포 예측을 위한 수학적 모형의 개발: Dynamic simulation 및 민감도 분석, 대한토목학회 논문집, Vol(12) No(2), 대한토목학회
12. 고덕구, 1989: 소유역의 장기유출 예측을 위한 모의발생 수문모형의 개발, 서울대 박사학위논문
13. 고재군, 1985: 농경지의 토양침식과 수질오염의 예측 및 억제, 환경농학회지, Vol(4) No(2), 한국환경농학회
14. 국립환경연구소, 1985: 주요공단지역의 수질총량규제에 관한연구(I), 국립환경연구소, Vol(7)
15. 국립환경연구소, 1986: 주요공단지역의 수질총량규제에 관한연구(II), 국립환경연구소, Vol(8)
16. 국립환경연구소, 1987: 폐수배출시설 표준원단위 조사연구(I), 국립환경연구소, Vol(9)
17. 국립환경연구소, 1988: 폐수배출시설 표준원단위 조사연구(II), 국립환경연구소,

Vol(10)

18. 국립환경연구소, 1989: 수질환경기준 달성 최적화 방안에 관한연구(I), Vol(11)
19. 국립환경연구소, 1989: 폐수배출시설 표준원단위 조사연구(III), 국립환경연구소, Vol(11)
20. 국립환경연구원, 1986: 지역특성별 수질 및 폐기물의 적정관리 방안에 관한연구, 국립환경원보, Vol(8)
21. 국립환경연구원, 1987: 단위수역의 환경용량 산정에 관한연구 -충주댐 유역을 중심으로-, 국립환경연구원보, Vol(9)
22. 국립환경연구원, 1987: 수역의 적정환경기준 설정에 관하여, 국립환경연구원보, Vol(9)
23. 국립환경연구원, 1989: 하천 및 호수수질 최적화 관리방안, 세계환경의 날 기념학술세미나
24. 국립환경연구원, 1990: 팔당상수원 보호 종합 대책에 관한 연구
25. 국립환경연구원, 1991: 한강유역을 중심으로한 환경관리 기술개발 (I)
26. 국립환경연구원, 1992: 한강유역을 중심으로 한 환경관리 기술개발(II) -팔당호 및 경안천 유역을 중심으로-
27. 국제협력사업단, 1992: 대한민국 한강수계 중소하천 환경정비 계획조사 주보고서
28. 국토개발연구원, 1988: 하천유지 용수의 수급에 관한 연구
29. 국토개발연구원, 1989: 상수보호구역의 지정과 관리에 관한 연구
30. 김동민, 1977: 수도권 한강수계의 수질관리를 위한 기하학적 계획법의 적용, 대한토목학회지, Vol(25) No(1)
31. 김두섭, 1993: 회귀분석, 법문사
32. 김복영, 이상규, 권창식, 소규호, 윤은호, 1991: 부레옥잠에 의한 생활하수의 정화효과, 한국환경농학회지, Vol(10) No(1)
33. 김석환, 박용규 최홍순 편저, 1992: C언어 프로그래밍, 대영사
34. 김시원, 김철기, 이기춘, 1984: 농업수리학, 향문사

35. 김완규, 1991: 하천 수질관리에 있어서 황학산의 영향에 관한 기초적 연구, 부산대학교 박사 논문
36. 김정현, 1991: 수질관리, 동화기술
37. 김진환, 1989: 낙동강 중류 수질 모형화에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사학위논문
38. 김한태, 1993: 농촌유역에서의 수질오염 특성에 관한연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문
39. 농림수산부 농어촌진흥공사, 1987~1989: 담수호의 환경오염 및 부영양화 방지 대책수립(I-III)
40. 농림수산부, 1989: 축산발전 종합대책
41. 농수산부, 농업진흥공사, 1985~1986: 유출량 추정 전산모형 개발 (I~II)
42. 농어촌진흥공사, 1991: '91농업용수 수질오염조사 보고서
43. 농촌진흥청 농업기술 연구소, 1984: 토양해설도 (이천군)
44. 농촌진흥청 농업기술연구소, 1977: 정밀토양도(이천군)
45. 농촌진흥청 식물환경연구소, 1971: 개략토양도(서울특별시 및 경기도)
46. 동화기술 편집위원회, 1992: 환경관계 법규, 동화기술
47. 동화기술편집위원회, 1993: 水質汚染公定試驗方法, 동화기술
48. 박성우, 권순국, 서승덕, 안병기, 이순혁, 최예환, 1984: 응용수문학, 향문사
49. 박정신, 윤영선, 1991: 현대통계학, 다산출판사
50. 박중현, 1987: 최신 상수도공학, 동명사
51. 보건사회부, 1991: 음용수 수질관리 지침서
52. 서승덕, 김태한, 윤경덕, 1983: 농업용수의 수질환경 조사분석, 경북대 농학지, Vol(1) PP. 85~93
53. 서울대학교 농과대학 농공학과, 1986: USDAHL-74 / SNUA version 사용자 지침서
54. 서울대학교 수공학연구실, 1991: 하천환경 관리기법의 비교연구
55. 서울특별시, 1988: 수질오염 감축대책 연구보고서

56. 서울특별시, 1990: 서울특별시 상수도의 특정물질 조사연구 보고서
57. 선종오, 1991: 팔당호에 대한 WASP4 모형의 적용성 검토, 서울대학교 대학원 석사학위논문
58. 신성의 외 1인, 1990: 수처리 공학, 동화기술
59. 신용배, 서승원, 1987: 하천수질의 2차원 유한요소해석, 대한토목학회논문집, Vol(7) No(3), 대한토목학회
60. 안태홍, 1988: QUAL2E 모형을 이용한 한강 본류의 수질예측 평가에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문
61. 양병수, 1990: 용수 및 폐수처리, 동화기술
62. 연세대학교 환경공해연구소, 1989: 농촌소규모 취락지역 오수처리시스템 개발 사업
63. 오경두, 1993: QUALII 모형의 적용성에 관하여, 한국수문학회지, Vol(25) No(1)
64. 용인군, 1989: 경안천 정화사업 기본계획 및 실시설계보고서
65. 용인군, 1980~1990: 통계연보
66. 유명로, 안상진, 1989: 유한요소법에 의한 호소의 수질예측모형, 환경농학회지, Vol(8) No(1)
67. 유명진, 김갑수, 조용모, 강선균, 신동석, 1993: 팔당호와 한강하류에 대한 수질 모형의 적용, 서울시정연구, Vol(1) No(1), 서울시정개발연구원
68. 유순호, 서윤수, 1990: 우리나라 농업용수의 수질과 토양오염실태, 환경오염과 농업에 관한 국제 심포지움, PP.96~111
69. 윤용남, 1990: 공업수문학, 청문각
70. 윤용남, 1990: 수리학(기초와 응용), 청문각
71. 이규성, 1991: 수질오염 개론, 형설 출판사
72. 이길성, 1993: 수도권 광역상수도 5단계 타당성조사 및 기본계획 -팔당호 수질 조사 및 평가-, 서울대학교 토목공학과
73. 이길철, 1987~1988: 효율적 수질보전을 위한 수질관리 system, 환경과 공해,

Vol(10~11)

74. 이두곤, 1990: 총량규제에 의한 수질오염 관리방안에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문
75. 이명우, 1990: 토지이용을 고려한 소유역의 수질예측 모형에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문
76. 이병호, 김성득, 조홍제, 조태규, 1992: 골프장 유출수가 하류수계에 미치는 영향, 대한토목학회지 논문집 Vol(12) No(3), 대한토목학회
77. 이성신, 1992: 하천 환경관리에 관한연구, 한국수문학회지, Vol(25) No(3), pp. 26~34
78. 이수길, 1991: 농촌지역에서의 비점원 오염물질이 하천수질에 미치는 영향에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문
79. 이용범, 1991: 수경재배 농가의 지하수와 배양액 분석, PP. 28~36
80. 이운상, 1992: USLE모형을 이용한 농촌지역의 비점오염원규모와 특성에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문
81. 이재구, 경기성, 김학남, 오경석, 1990~1991: 무심천 수질오염실태와 그 방지책, 한국환경농학회지, Vol(9) No(1), 한국환경농학회
82. 이천군, 1980~1992: 통계연보
83. 이천군, 1990: 마장면 오천리 간이 오수처리시설공사 기본 및 실시설계보고서
84. 이천군, 1990: 복하천 하천정화사업 기본계획 및 실시설계보고서
85. 이천군, 1990: 축산폐수처리 시설공사 기본 및 실시설계 보고서(백사면 모전2리, 마장면 덕평2리)
86. 이천군, 1991: 이천군 축산폐수 및 분뇨 공동처리장 건설공사 실시설계보고서
87. 이천군, 1992: 복하천 하천정화사업(2차) 실시설계 보고서
88. 임상문, 1992: 연안 담수호의 수질예측과 관리방안에 관한연구 -시화지구 담수호를 대상으로-, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문
89. 임인건, 1991: 터보C 정복, 가남사
90. 전국환경관리인 연합회, 1991: 환경관계 법규(I), (II), 홍문관

91. 정재기, 조광명, 김낙수, 1986: 가정오수의 오염부하량 원단위에 관한 조사연구, 한국환경공학회지, Vol(5) No(2), 한국환경농학회
92. 정종관, 1988: 수질환경 기준 유지를 위한 하수처리 적정화 방안 연구, 서울대학교 석사학위논문
93. 중앙기상대, 1991: 기상연보
94. 최덕희, 한한수, 1992: 통계학, 청문각
95. 최진호, 이서래, 1982: 낙동강 중류수계의 수질조사 연구 및 자정능력 평가 -1978~80년-, 한국환경농학회지, Vol(1) No(1), 한국환경농학회
96. 하호성, 허종수, 1983: 진주시 생활하수가 남강 수질오염에 미치는 영향, 한국환경농학회지, Vol(2) No(2), 한국환경농학회
97. 한건연, 1992: 하천 수질관리, 한국수문 학회지, Vol(25) No(3), 한국수문학회
98. 한국건설기술 연구원, 1987: PC용 하천수질관리모델의 개발(I)
99. 한국건설기술 연구원, 1988: PC용 수질예측모델의 개량 및 응용
100. 한국건설기술 연구원, 1991: 하천환경 관리기법의 비교연구
101. 한국건설기술연구원, 1991, 하천환경관리 기본조사연구
102. 한국과학기술원, 1982, 1984: 대기·수질 환경관리 전산모델 연구(1차), (2차)
103. 한국과학기술원, 1985, 1987: 수계별수질예측 수치모델의 개발(I), (IV)
104. 한국과학기술원, 1987: 우리나라 수질오염 방지에 관한 연구
105. 한국과학기술원, 1991: 소규모 오수처리 시설 및 공동 축산폐수 정화시설 운영 관리 지침서 작성 연구
106. 한국과학기술원, 1990: 전국 축산분뇨 적정관리 대책 연구, 한국환경과학연구협의회
107. 한국수문학회, 1993: 제1회 수공학 워크샵
108. 한국수문학회, 1993: 제35회 수공학연구발표회 논문집, 국수문학회
109. 한국수자원공사, 1990: 한강하천 유지유량 조사 연구보고서
110. 한국수자원공사, 1992: 수문자료집
111. 환경처, 1991: 이천군 축산폐수 공동처리장 건설공사

112. 환경처, 1991: 한국환경연감
113. 환경청, 1987: 전국 오염하천 정화를 위한 조사연구 보고서
114. 환경청, 1993: 한강유역 환경보전 종합 계획사업 수질부문 보고서, Vol(24)
115. Ambrose, R. B., and J. P. Connally, 1988: WASP4, A Hydrodynamic and Water Quality Model- Model Theory, User's Manual, and Programmer's Guide, U. S. Environmental Protection Agency Athens, Geogia
116. Avery, S. T., and P. Novak, 1978: Oxygen Transfer at Hydraulic Structures, J. of the Hydraulic Division, Vol(104) (HY11), ASCE
117. Beck, M. B and B. A. Finney, 1987: Operational Water Quality Management, WRR, Vol(23) No(11)
118. Beck, M. B., 1987: Water Quality Modeling, A Riview of the Analysis of Uncertainty WRR, Vol(23) No(8)
- 119 Beer, T., and P. C. Young, 1983: Longitadial Dispersion in Natural Streams, J. of Envir. Eng., Vol(109) No(4), ASCE
120. Bhargava, D. S. 1986: DO SAG Model for Extremely fast River Puriffication, J. of Envir. Eng., Vol(112) No(3), ASCE
121. Biswas, A. K. 1981: Models for water Quality Management, Mcgraw-Hill inc
122. Brown, L. C., and T. M. Barnwell, 1985: The Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User's Manual, U.S. EPA
123. Butts, T. A., and R. L. Evans, 1983: Small Stream Channel Dam Aeration Charcteristics, J. of Envir. Eng., Vol(109) No(3), ASCE
124. Camera, A. S. and Clifford W. Randall, 1984: The QUALII Model, Jo. of Envir, Eng., Vol(110) No(5), ASCE
125. Cheon, S. M., 1987: Laboratory and Instream Nitrification rates for Selected Streams, J. of Envir. Eng., Vol(113) No(3), ASCE

126. Clesceri, L. S., 1989: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 17th Edition
127. Crow, F. R., W. O. Ree, S. B. Loesch, and M. D. Pine, 1977: Evaluating Components of the USDAHL Hydrology Model Applied to Grassland Watersheds, Transactions of the ASCE
128. Ellrs, D. V., G. White and A. E. Warn, 1989: Surface Water Pollution & It's Contral, the Macmillan press Ltol
129. Foree, E. G. 1976: Reaeration and Velocity Prediction for Small Streams', J. of the Enviromental Engineering Division, Vol(102) (ee5), ASCE
130. Gobak, T. and H. Nakanishi, 1990: Water Quality Management in the YoDo River Basin, Wat. Sci. Tech., Vol(23), Kyoto
131. Gulliver. J. S., and J. Rindels, 1993: Measurement of Air-Water Oxygen Transfer at Hydraulic Structures, J. of the Hydraulic Division, Vol(119) No(3), ASCE
132. Hanson, C. L. 1977: Evaluation of the Components of the USDAHL-74 Model of Watershed Hydrology, ASAE
133. Hofkes, E. H., 1986: Small Community Water Supplies(Technology of Small Water Supply Systems in Developing Countries), JOHN WILEY & SONS Inc.
134. Holtan, H. N., G. J. Stiltner, W. H. Hendson, and N. C. Lopez, 1975: UADAHL-74 Revised Model of Watershed Hydrology, United Ststes Department of Agriculture
135. Holtan, H. N., M. Yaramanoglu, 1977: A User's Mnual for the University of Maryland Version of the USDAHL Model of Watershed Hydrology, Agricultural Experiment Station University of Maryland
136. Holtan, H. N., N. C. Lopez, 1971: USDAHL-70 Model of Watershed Hydrology, United States Department of Agriculture

137. James, A., 1984: An Introduction to Water Quality and Modeling, John Wiley & Sons Inc.
138. Jhon S. Gulliver, Jhon R. Thene and Alan J. Rindels, 1992: Indexing Gas Transfer in Self-Aerated Flow, J. of Envir. Eng., Vol(116) No(3), ASCE
139. Kothandaraman, V. 1971: Effects of Contaminants on Reaeration Rates in River Water, Journal Water pollution Control Fedation, Vol43(5)
140. Lamb, J. C., 1985: Water Quality and It's Contral, Jhon wiley & Sons Inc
141. Loehr, R., 1984: Pollution Control for Agriculture, Academic Press Inc
142. Lowrance, Richard., 1992: Nitrogen Outputs from a Field-size Agricultural Watershed, J. of Envirmental Quality, Vol(21) No(6)
143. Martin, E. J., and E. T. Martin, 1991: Technologies for Small Water and Wastewater Systems, Environmental Engineering Series, Van Nostrand Reinhold
144. Metcalf & Eddy, 1991: Waste Water Engineering Treatment, Disposal and Reuse, International Edition, McGraw-Hill Book Company
145. Montgomery, J. M., 1985: Water Treatment Principles and Design, JOHN WILEY & SONS
146. Morley, D.A., 1979: Mathematical Modeling in Water and Wastewater Theatneet, Apply science publishers L.T.D. London.
147. Nakasone, H., 1987: Study of Aeration at Weirs and Cascades, J. of the Envir. Eng., Vol(113) No(1), ASCE
148. Nelson, L.N. 1974: Scientific Stream Pollution Analysis, Mcgraw-Hill inc.
149. Novotony, V., 1985: A review of Hydrologic and Water Quality Models used for Simulation of Agricultural Pollution, Agricultural Nonpoint Source Pollution
150. Orlob, G. T. 1992: Water-Quality Modeling for Decision making J. of Envir. Eng., Vol(118) No(20), ASCE

151. Orlob, G.T, 1983: Mathematical Modeling of Water Quality, Streams, Lakes, Lakes, and Reserrvirs
152. Pavoli J. L., 1977: Handbook of Water Quality Management Planning, Environmental Engineering Series, Van Nostrand Reinhold
153. Ramalho R. S., 1983: Introduction to Wasterwater Treatment Processes, Academic Press Inc
154. Reynolds, T. D., 1982: Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Brooks/Cole Engineering
155. Robert, V. T., and J. A. M., 1987: Principles of Surface Water Quality Modeling and Control
156. Rust, W., and G. F. Lee, 1983: J. of Enviromental Eng;., Vol(109) No(2), ASCE
157. Sayre, I. M., 1988: International Standards for Pointing Water, J. AWWA January, 53~50
158. Schellhamer, D. H. 1988: Lagrangian Transport Modelling with QUALII, J. of Envir. Eng., Vol(114) No(2), ASCE
159. Schneiter, R. W., and W. J. Grenney, 1984: Temperature Corrections to Rate Coefficients, J. of Envir. Eng, Vol(19) No(3), ASCE
160. Stauffer, R. E., 1987: Effects of Oxygen Transport on the Areal Hypolimnetic Oxygen Deficit, WRR., Vol(23) No(10)
161. Thirty-first Progress Report, 1961: Effect of Water Temperature on Stream Reaeration, Journal of the Sanitary Engineering division Proceedings of the ASCE, Vol(87) (SA6)
162. Thomann, R. V., and J. A. Mueller, 1987: Principles of Surface Water Quality Modeling and Control, Harper Row, Publishers, New York
163. Thomas, G. W., G. R. Haszler, and J. D. Cratchfield, 1992: Nitrite-Nitrogen and prosphaite-phosphorus in Sevenk kentudcy Streams Druining Small

- Agricultural Watershed, J. Envir. Quality, Vol(21) No(1),
164. Todd, D. A. and P. B. Bedient, 1985: Stream Dissolved Oxygen Analysis and Control, J. of Envir. Eng., Vol(111) No(3), ASCE
165. Todd, D. A., P. B. Bedient, and J. F. Haasbeek, 1989: Impact of Land use and NPS Loads on Lake Quality, J. of Envir. Eng., Vol(115) No(3), ASCE
166. Warren, V., and J. H. Mark, 1985: Water supply and pollution control
167. Wood, D. M. 1990: Automated Calibration and use of Stream-Quality Simulation Model, J. of Envir. Eng., Vol(116) No(2), ASCE
168. Wright, F. B. 1977: Rural Water Supply and Sanitation, ROBERT E. KRIEGER PUBLISHING COMPANY
169. 家畜衛生學教育研修協議會, 1983: 家畜衛生學概論, PP. 92~97
170. 谷山重孝, 太田信介, 岩井孝道, 木下勝義, 太田勝也, 1989: 農村地域の水質保全に関わる対策の歴史, 農業土木學會誌, Vol(57) No(7)
171. 國立公害研究所, 1988: 自然淨化機能による水質改善に関する総合研究(V)
172. 國松孝男, 1989: 河川汚濁 解析, 技報堂出版
173. 近畿農政局計劃部資源課, 1984: 農村地域 水質廣域管理 計劃調査 報告書 水質廣域管理 計劃調査 PP.17~23
174. 埼玉縣農業試驗場, 1990: 埼玉縣農業試驗場研究報告, 第44號. PP.63~69
- 農業土木學會, 1992: 農業土木學會中央研修會テキスト -快適な農村環境の創出と維持管理-
175. 端 憲二, 1982: 廣域農業水利における水質管理の基礎的研究, 農業土木試驗場報告, Vol(22)
176. 端 憲二, 1991: 農村地域の水質管理と水環境保全, 農土木學會中央研修會, PP. 49~78
177. 大橋欣治, 1989: 農村地域の水管理と水質保全, 農業土木學會誌, Vol(57) No(7)
178. 大井節男, 田 中 哲治郎, 1972: 河川の水質汚濁機構の解明について, 農業土木學會誌, Vol(40) No(10)
179. 稻森悠平, 林 紀男, 須藤隆一, 1986: 水路における淨化とその意義, 日本國立公害研

- 究報告, 第 97 號, PP. 5~33
180. 鈴木誠治, 田淵俊雄, 1984: 農業地域の小河川における降雨時の水質と流出負荷に関する研究, 農業土木學會誌論文集, Vol(114), PP. 21~31
181. 鈴木誠治, 田淵俊雄, 1984: 農業地域の小河川における流出負荷量の季節變動と年間總量について, 農業土木學會誌論文集, Vol(114), PP. 33~38
182. 山形縣, 1985: 最上川流部水質環境管理計劃
183. 杉木昭典, 1970: 水質汚濁現象と防止對策, 技報堂出版
184. 西口 猛, 1985: 農村集落排水のための汚水處理技術入門, (社)農業土木學會
185. 須臾隆一, 1990: 水域の直接淨化の意義と展望, 用水と廢水, Vol(32) No(8), PP. 3~7
186. 新野謙司, 1991: 農業・農村の環境保全機能とその増進, 農土木學會中央研修會, PP. 79~90
187. 玉城 哲, 1972: 農業と環境保全, 農業土木學會誌, Vol(40) No(10)
188. 日本農業土木 綜合研究所, 1987: 廣域農村排水 システム 検討調査 報告書
189. 日本壤協會, 1983: 水質廣域管理計劃調査報告書
190. 日本濁研究協會, 1982: 湖沼環境調査指針, 公害對策技術同友會
191. 日本土壤協會, 1990: 農村における水質淨化技術シンポジウム
192. 日本土壤協會, 1991: 農村にける水質正貨技術シンポジウム -水質淨化と水邊の快適空間の創造-
193. 長内 武逸, 1990: 礫間接觸酸化法による河川水の直接淨化, 用水と廢水, Vol(32) No(8), PP. 16~25
194. 田淵俊雄, 1986: 農業小集水域の窒素流出構造, 農業土木學會誌論文集, Vol(124), PP. 53~60
195. 田淵俊雄, 1987: 農業土木技術者のための水質入門, (社)農業土木學會
196. 田淵俊雄, 高村義親, 1982: 一ノ瀬川流域における窒素排出フローの現況試算とその改善案, 農業土木學會誌, Vol(50) No(4)
197. 中西 弘, 浮田正夫, 1984: 汚濁負荷量の算定について, 國立公害研究所
198. 中曾根英雄, 1980: 農業用水路における淨化施設の提案, 農業土木學會誌, Vol(48)

No(11)

199. 中曾根英雄, 1983: 農業用水の簡易浄化法についての一提案, 農業土木學會誌, Vol(51) No(10)
200. 中曾根英雄, 尾崎益雄, 安部征雄, 1985: 接觸酸化水路を利用した農業用水の簡易浄化, 農業土木學會誌, Vol(53) No(8)
201. 志村博康, 1981: 水質への積極的對應と水資源の確保, 農業土木學會誌, Vol(49) No(1), PP. 49~56
202. 村山 昶, 1972: 農業水利をめぐる公害とその問題点, 農業土木學會誌, Vol(40) No(10)
203. 村田恒雄, 1992: 下水の高度處理技術, 理工圖書
204. 和田安彦, 1984: 河川の水質浄化とその問題点(2), 環境技術, Vol(13) No(3) PP. 211~218

여 백

부 록

부록 A 유역의 수문분석관련 자료

부록 B 오염부하모형 프로그램 및 QUAL2E 모형
입력자료

여 백

부 록 A

부록 A-1. 주미교에서의 절점 수위 자료(1993.6.7~9.8)

단위: m

일 자	시간	수위
930607	2030	0.985
930608	0630	0.985
	0830	0.960
	1030	0.950
	1230	0.950
	1430	0.955
	1630	0.960
	1830	0.960
	2030	0.970
930609	0030	0.980
	0630	0.980
	0830	0.955
	1830	0.955
	2030	0.970
930610	0030	0.980
	1230	0.980
	1430	0.950
	1830	0.950
	2030	0.970
930611	0030	0.980
	0930	0.980
	1130	0.950
	1830	0.950
	2030	0.960
930612	0230	0.980
	1030	0.980
	1630	0.980
	2030	1.000
930613	0030	1.010
	0230	1.020
	0430	1.050
	0530	1.070
	0600	1.080
	0630	1.120
	0730	1.180
	0800	1.200
	0830	1.210
	1030	1.190
	1230	1.160
	1430	1.120
	1630	1.100
	2030	1.090
930614	0230	1.080
	0400	1.070
	1130	1.070
930615	0200	1.070
	0600	1.060
	0800	1.050
	1600	1.050
	1800	1.060
930616	0430	1.060
930617	0430	1.030
930620	1530	0.960
	1810	0.960
	2010	0.970
930621	0700	0.970
	0800	0.950
	1000	0.940
930622	0800	0.940
930626	1000	0.960
	1200	0.950
930627	0800	0.950
930628	0600	0.940
	1200	0.940
	1800	0.960
	2200	0.970
930629	0000	0.980
	0200	1.000
	0400	1.010
	0600	1.050
	0700	1.060
	1300	1.060
	1800	1.040
930630	0000	1.020
	0400	1.010
930701	0400	1.010
	0600	1.000
	0830	1.000
	0900	0.990
	1000	0.980
	1200	0.970
	1600	0.970
	1800	0.980
	2200	1.000
930702	0900	1.000
	1100	0.970
	1200	0.960
	1600	0.960
930703	0700	0.960
	0800	0.940
	1200	0.940
930708	0600	0.940
	0800	0.950
	1200	0.990
	1400	1.070
	1600	1.050
	2200	1.030
930709	0800	1.000
	1200	1.020
	1300	1.030
	1400	1.080
	1800	1.030
	2000	1.000
930710	0400	1.020
	0830	1.000
	1000	0.980
	1200	0.970
	1800	0.970

일 자	시간	수위
	2350	1.000
930711	1500	1.000
	1600	1.150
	1630	1.170
	1730	1.170
	1800	1.160
	2000	1.120
	2200	1.100
930712	0200	1.070
	0600	1.060
	0800	1.050
	1000	1.030
	1400	1.030
	1600	1.020
930713	0200	1.030
	0400	1.080
	0600	1.300
	0630	1.350
	0700	1.400
	0730	1.390
	0900	1.370
	1000	1.400
	1030	1.450
	1100	1.600
	1130	1.700
	1200	1.720
	1300	1.720
	1330	1.700
	1400	1.680
	1600	1.580
	1800	1.490
	2000	1.420
	2200	1.370
	2350	1.330
930714	0200	1.280
	0600	1.240
	0800	1.200
	1000	1.180
	1200	1.170
	1400	1.150
	1600	1.140
	1800	1.130
	2350	1.130
930715	0800	1.110
	1200	1.110
930716	1200	1.110
	1400	1.080
	1600	1.070
	1800	1.080
	2000	1.090
	2200	1.110
	2350	1.150
930717	0100	1.210
	0200	1.270
	0300	1.390
	0330	1.410
	0400	1.420
	0430	1.430
	0500	1.410
	0600	1.370
	0800	1.310
	1000	1.280
	1200	1.270
	1400	1.260
	1500	1.270
	1530	1.290
	1600	1.310
	1630	1.350
	1700	1.400
	1800	1.490
	1810	1.500
	1900	1.480
	2000	1.450
	2100	1.420
	2200	1.410
	2300	1.410
	2350	1.390
930718	0400	1.320
	0600	1.290
	0800	1.270
	1000	1.250
	1200	1.230
	1400	1.210
	1600	1.190
930719	0200	1.150
	0600	1.150
930720	0000	1.100
	0600	1.100
930721	0600	1.080
	1200	1.070
930727	1200	1.020
930729	0300	1.020
	0400	1.030
	0500	1.070
	0600	1.090
	0630	1.150
	0700	1.350
	0730	1.520
	0800	1.550
	0900	1.520
	1020	1.540
	1230	1.470
	1300	1.450
	1400	1.440
	1530	1.420
	1600	1.400
	1800	1.340
	2000	1.300
	2200	1.250
930730	0000	1.230
	0200	1.210
	0400	1.200
	0600	1.180
	0800	1.170
	1000	1.140
930802	1100	1.060
	1700	1.060
	1900	1.110
	2000	1.150
	2030	1.160
	2230	1.160
	2300	1.150
930803	0130	1.130
	0300	1.160
	0500	1.180
	0600	1.250
	0730	1.260
	1100	1.250
	1300	1.190
	1400	1.170
	1600	1.150
	1900	1.130
930804	0700	1.110
	0800	1.080
	1800	1.050
	2200	1.070
930805	0600	1.070
	1000	1.060
	1200	1.040
	1800	1.040
930806	0700	1.060
	0800	1.030
	1900	1.020
930807	0600	1.030
	1400	1.020
930808	1300	1.020
	1700	1.070
	2000	1.080
	2300	1.090
930809	0030	1.150
	0110	1.220
	0210	1.220
	0400	1.240
	0500	1.220
	0700	1.180
	0800	1.170
	1200	1.130

일 자	시간 수위									
930810	0000	1.080	0200	1.080	0400	1.090	0600	1.100	1000	1.160
	1400	1.120								
	1600	1.100	1800	1.090	2000	1.080				
930811	0000	1.070	0600	1.070	0700	1.050	0800	1.030	2000	1.030
930812	0700	1.050	0800	1.000	1400	1.000	1600	1.030	1800	1.030
	2200	1.070								
930813	0100	1.090	0600	1.080	1000	1.070	1100	1.060	1800	1.060
	1900	1.070								
930814	0600	1.060	1000	1.020	1500	1.020	1700	0.980	1800	1.020
930815	1200	1.020	1500	1.000						
930816	1300	1.050	1800	1.040	2000	1.030	2200	1.030		
930817	0000	1.040	0400	1.040	0700	1.050	0900	1.030	1800	1.000
930831	0800	0.980								
930901	0800	0.980								
930902	0900	0.980								
930903	1200	1.000								
930904	1300	0.995								
930905	0000	0.960	0600	0.970	1000	0.960	1600	0.900	1900	0.900
	2200	0.950								
930906	0000	0.960	0700	0.960	0900	0.940	1600	0.940	2200	0.970
930907	0600	0.970	0900	0.940	1400	0.940	2000	0.970		
930908	0700	0.970	0800	0.940						
930909	0000	0.970	0700	0.970	0800	0.960	1400	0.960		
930910	0600	1.005	0700	0.970	1600	0.97	1800	0.98		
930911	0700	0.98	0800	0.96	1800	0.96				
930912	0000	0.97	0800	0.97	1000	0.96	1800	0.98		
930913	0800	0.98	0830	0.87	1700	0.97	2000	1.000		
930914	1000	1.000	1200	0.99	2200	1.010				
930915	1000	1.000	1030	0.99	1300	0.995				
930916	1000	0.99	1200	0.97	1400	0.96	1600	0.970	2000	0.98
930917	0600	1.030	0800	1.060	0900	1.090	1000	1.170	1100	1.330
	1130	1.500	1200	1.500	1250	1.575	1400	1.495	1600	1.350
	1800	1.275	2000	1.235	2200	1.195				
930918	0000	1.170	0200	1.150	0400	1.140	0600	1.130	0830	1.110
	0900	1.060	1800	1.030						
930919	0200	1.050	0900	1.050	1000	1.000	1800	1.000		
930920	0000	1.030	1000	1.030	1200	1.000	1800	1.000		
930921	0000	1.015	1000	1.020	1300	0.990	1800	0.990	2200	1.000
930922	0900	1.000	1300	1.000						
930923	0000	1.010	0300	1.060	0600	1.050	0800	1.030	1600	1.000
930924	0000	1.020	0600	1.030	1100	1.000	1600	1.000		
930925	0000	1.030	1100	1.030	1130	1.000	1700	1.000	2200	1.030

일 자	시간	수위
930926	1000	1.030 1100 1.000 1800 1.000 2000 1.030
930927	1100	1.030 1300 1.015
930818	0000	1.020 1000 1.030 1100 1.000 1800 1.000
930819	0000	1.030 1000 1.030 1200 1.000 1800 1.000 2200 1.030
930820	1100	1.030 1300 1.010
930821	0200	1.030 0400 1.080 0500 1.150 0600 1.240 0700 1.320
	0800	1.290 1000 1.230 1200 1.180 1600 1.140 1800 1.130
	2000	1.110 2200 1.100
930822	0000	1.090 0800 1.070 1000 1.060 1600 1.050 2000 1.040
930823	1200	1.040
930824	0900	1.010 1000 0.980 2200 1.030
930825	0800	1.010 1100 0.970
930826	0800	1.030 1200 0.970 1800 0.970 2200 1.000
930827	1000	1.000 1100 0.970
930828	0800	1.000 1000 0.980 1800 0.980
930829	0800	1.000 1200 0.970 1800 0.970 2200 0.980
930830	0800	0.980

부록 A-2. 실측 일유출량 (1993.6.7~9.8)

단위: m³/day

월 일	유출량	월 일	유출량	월 일	유출량	월 일	유출량
6 7	20366.60	6 8	122604.70	6 9	120441.50	6 10	125495.10
6 11	120231.80	6 12	139627.00	6 13	372186.20	6 14	271573.90
6 15	244855.20	6 16	231836.80	6 17	189763.70	6 18	161883.70
6 19	137858.40	6 20	120070.50	6 21	105676.80	6 22	97464.77
6 23	101305.10	6 24	105517.20	6 25	109881.40	6 26	108757.20
6 27	102936.30	6 28	105267.20	6 29	212380.10	6 30	171357.90
7 1	146871.50	7 2	132779.20	7 3	102088.10	7 4	96584.98
7 5	96584.98	7 6	96584.98	7 7	96584.98	7 8	160292.40
7 9	186424.10	7 10	147353.50	7 11	247281.30	7 12	217247.80
7 13	3447377.00	7 14	653027.00	7 15	367136.30	7 16	339670.00
7 17	1790349.00	7 18	948662.90	7 19	420162.30	7 20	320693.80
7 21	275309.20	7 22	252301.90	7 23	237101.10	7 24	222706.00
7 25	209080.20	7 26	196188.10	7 27	185442.50	7 28	183926.40
7 29	1870115.00	7 30	505486.40	7 31	362842.50	8 1	300425.10
8 2	305298.10	8 3	596798.00	8 4	294611.60	8 5	238667.90
8 6	205874.50	8 7	189026.40	8 8	223329.70	8 9	484607.20
8 10	347041.70	8 11	219954.50	8 12	204801.40	8 13	270691.90
8 14	203704.00	8 15	177241.40	8 16	209424.70	8 17	190609.60
8 18	177213.60	8 19	182973.60	8 20	189752.60	8 21	525563.20
8 22	251028.80	8 23	207744.90	8 24	171997.90	8 25	156814.20
8 26	154543.70	8 27	143749.10	8 28	141708.00	8 29	137097.30
8 30	134163.00	8 31	134163.00	9 1	134163.00	9 2	137967.40
9 3	153865.50	9 4	143349.10	9 5	100308.80	9 6	107883.40
9 7	112807.40	9 8	113776.00	9 9	122867.30	9 10	134974.00
9 11	121546.60	9 12	125938.90	9 13	119845.90	9 14	157830.00
9 15	155019.20	9 16	137830.00	9 17	1170434.00	9 18	299755.90
9 19	191188.90	9 20	178690.00	9 21	164340.00	9 22	160199.50
9 23	189640.40	9 24	176556.50	9 25	184280.00	9 26	183922.20

부록 A-3. 1993년 주간 일평균기온 및 주간 계기증발량

주	주간 평균기온	주간 계기증발량	주	주간 평균기온	주간 계기증발량
1	-2.0	1.0	21	17.8	4.4
2	-1.4	0.9	22	19.8	4.6
3	-5.5	1.3	23	19.9	4.8
4	-2.7	1.4	24	22.4	3.6
5	-1.4	1.5	25	22.4	4.3
6	0.5	2.0	26	20.7	5.0
7	1.4	1.5	27	23.5	5.9
8	-0.7	1.8	28	23.6	3.3
9	0.2	2.0	29	21.1	3.2
10	3.1	1.8	30	22.3	2.8
11	5.0	2.7	31	26.8	7.2
12	5.3	2.2	32	25.9	5.2
13	8.0	3.3	33	25.5	6.8
14	6.8	3.6	34	23.7	3.6
15	6.7	3.3	35	22.5	3.5
16	14.5	4.5	36	21.5	4.0
17	12.8	3.7	37	21.2	2.3
18	15.0	4.1	38	19.1	3.5
19	17.0	3.6	39	17.2	3.8
20	16.8	4.5			

부록 A-4. 입력 파라메타

Watershed Parameters

Area= 7848.5 Number of Zones= 3.0 RTG. Coeff: Total= 5.0
 Above weir= 6.0 Number of Crops= 5.0
 Deep Ground Water Recharge= .13000 Does Land Use Change? NO
 Does Yearly Tillage Change? NO

General Zone Parameters

ZONE	% W/S	LENGTH	SLOPE	FC	DPTH TOP	AREATED	DPTH	
WPP1%	WPP2%							
1	40.0	470.	19.60	3.600	50.0	420.0	12.70	7.60
2	55.2	480.	11.90	6.000	130.0	690.0	12.70	12.90
3	4.8	285.	5.80	10.200	150.0	250.0	3.20	3.20

Soil Parameters

ZONE	% G1	% AWC1	% ASM1	% CRAK1	% G2	% AWC2		
% ASM2	% CRAK2							
1	15.3	24.1	24.1	.00	29.2	15.3	29.2	.00
2	15.3	24.1	24.1	.00	15.3	24.1	24.1	.00
3	29.2	6.5	29.2	.00	29.2	6.5	29.2	.00

Routing Parameters

Channel Routing Delt T= 1.000
 Channel Coefficient= 6.02
 Initail Stream flow= .05000
 Initial Snow Cover= .00
 TEMP at Which Snow Melt begin= .0

Cascading Parameters

ZONE	% TO NEXT ZONE	REST GOES TO?
1	70.0	CHAN
2	80.0	CHAN

(100% OF Alluvium (ZONE 3) flow goes to channel)
 (%Baseflow diverted from alluvium= 90.0)

The Soil parameters in water depth follow.

ZONE	LAYER	G	AWC	SA	CRACKING	C
TOPD	SOILD					
1					50.00	420.00
	1	15.300	24.100	15.300	.000	11.0820
	2	93.440	48.960	93.440	.000	3.8054
	3	54.433	.000	54.433	.000	3.7633
	4	168.394	.000	168.394	.000	.1300
2					130.00	690.00
	1	35.190	55.430	35.190	.000	6.9076
	2	70.380	110.860	70.380	.000	6.4724
	3	125.196	.000	125.196	.000	6.3755
	4	387.307	.000	387.307	.000	.1300
3					150.00	250.00
	1	73.000	16.250	73.000	.000	22.0923
	2	58.400	13.000	58.400	.000	11.1800
	3	259.714	.000	259.714	.000	10.9790
	4	803.450	.000	803.450	.000	.1300

LAND USE PARAMETERS

ROWCROP	RICE	PASTURE	OAK	PINE
A VALUES	.10	.40	.40	.20
CROP VD	30.00	4.00	10.70	5.00
ETEP	0.90	.90	.90	.87
ROOT DEPTH	150.00	150.00	2000.00	200.00
UPPER TEMP	35.00	35.00	35.00	35.00
LOWER TEMP	15.00	10.00	10.00	13.00

부록 A-5. 일유출량의 모의 발생 결과

		1973 1982	1974 1983	1975 1984	1976 1985	1977 1986	1978 1987	1979 1988	1980 1989	1981 1990
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.434	0	0	0.008
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.191	0	0	0	0	0.173	0	0	0.006
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.44	0	0	0	0	0.11	0	0	0.005
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.295	0	0	0	0	0.098	0	0	0.019
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.252	0	0	0	0	0.088	0	0	0.014
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.142	0	0	0	0	0.047	0	0	0.053
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.178	0	0	0	0	0.041	0	0.446	0.048
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.189	0	0	0	0	0.035	0	0.521	0.043
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.169	0	0	0	0	0.032	0	0.26	0.434
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.153	0	0	0	0	0.028	0	1.017	0.184
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.139	0	0	0	0	0.032	0	0.589	0.164
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.125	0	0	0	0	0.032	0	0.526	0.148
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.005	0	0	0	0	0.023	0	0.476	0.172
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.021	0	0.43	0.149
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.191	0	0.386	0.135
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.137	0	0.346	0.12
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.096	0	0.321	0.122
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.088	0	0.28	0.108
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0.084	0	0.256	0.095
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.019	0	0	0	0.005	0.179	0	0.199	0.004
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.017	0	0	0	0.004	0.17	0.046	0.182	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.015	0	0	0	0.005	0.193	0.024	0.155	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.013	0	0	0	0.005	0.198	0.018	0.131	0
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.011	0	0	0	0.004	0.183	0.014	0.115	0
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.01	0	0	0	0.003	0.169	0.013	0.102	0
	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.008	0	0	0	0.003	0.156	0.01	0.084	0
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.013	0	0	0.001	0	0.089	0.002	0.038	0.001
	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.012	0	0	0.001	0	0.08	0.001	0.031	0.008
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.01	0.106	0	0	0	0.073	0.001	0.027	0.011
	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.01	0.039	0	0	0	0.067	0.001	0.023	0.024

		1973 1982	1974 1983	1975 1984	1976 1985	1977 1986	1978 1987	1979 1988	1980 1989	1981 1990
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.01	0.034	0	0	0	0.062	0.001	0.019	0.014
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.009	0.045	0	0	0	0.079	0.001	0.017	0.013
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0.009	0.036	0	0	0	0.082	0.001	0.015	0.012
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002
		0.002	0.028	0	0.004	0	0.203	0.005	0.016	1.043
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002
		0.002	0.023	0	0.004	0	0.19	0.005	0.015	1.015
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002
		0.002	0.017	0	0.004	0	0.172	0.004	0.014	0.944
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001
		0.002	0.013	0	0.003	0	0.155	0.003	0.013	0.877
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
		0.002	0.038	0	0.003	0	0.14	0.003	0.045	0.827
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024
		0.002	0.038	0	0.01	0	0.126	0.002	0.862	0.75
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.015
		0.002	0.034	0	0.01	0	0.346	0.002	0.469	1.736
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.107
		0.009	0.01	0	0.009	0.003	1.421	0.003	0.724	1.309
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0.103
		0.009	0.007	0	0.007	0.003	0.835	0.003	0.657	1.175
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.089
		0.008	0.006	0	0.009	0.002	0.778	0.002	0.601	1.143
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.075
		0.008	0.005	0	0.009	0.002	0.718	0.002	0.551	1.062
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.062
		0.007	0.003	0	0.006	0.002	0.66	0.002	0.503	1.073
	16	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0.051
		0.007	0.003	0	0.005	0.002	0.606	0.002	0.459	0.931
	17	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0.041
		0.007	0.003	0	0.004	0.002	0.555	0.001	0.418	0.896
	18	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.037
		0.012	0.001	0	0.012	0.026	0.508	0.005	0.38	2.263
	19	0	0	0	0	0	0.001	0	0.001	0.029
		0.018	0.001	0	0.012	0.02	0.463	0.005	0.344	2.719
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.027
		0.039	0.001	0	0.036	0.015	0.422	0.004	0.312	1.674
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.021
		0.031	0.001	0	0.033	0.012	0.384	0.004	0.282	1.573
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.017
		0.024	0.001	0	0.028	0.009	0.349	0.003	0.254	1.822
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0.017
		0.02	0.001	0.001	0.023	0.007	0.316	0.003	0.241	2.022
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0.029
		0.02	0.001	0.001	0.018	0.007	0.293	0.003	0.22	2.005
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0.031
		0.025	0.005	0	0.021	0.005	0.222	0.003	0.951	1.78
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.024
		0.02	0.005	0.026	0.016	0.005	0.2	0.003	0.592	1.731
	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.019
		0.017	0.004	0.007	0.013	0.004	0.181	0.002	0.561	1.622
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0.016
		0.014	0.004	0.004	0.009	0.004	0.171	0.002	0.929	1.517

		1973 1982	1974 1983	1975 1984	1976 1985	1977 1986	1978 1987	1979 1988	1980 1989	1981 1990
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013
		0.012	0.004	0.002	0.007	0.004	0.148	0.002	0.905	1.418
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.011
		0.01	2.671	0.056	0.005	0.003	0.136	0.002	0.866	1.324
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
		0.008	0.545	0.026	0.005	0.003	0.124	0.001	14.854	1.235
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013
		0.47	0.585	0.015	0.006	0.004	0.14	0.001	9.148	1.15
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.011
		1.03	0.537	0.011	0.005	0.003	0.129	0.001	2.983	1.071
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.009
		0.446	0.488	0.008	0.005	0.003	0.117	0.001	2.9	0.996
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008
		0.402	0.441	0.005	0.004	0.003	0.106	0.001	2.75	0.925
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008
		0.362	0.398	0.003	0.311	0.002	0.096	0	2.594	0.858
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007
		0.326	0.358	0.003	0.112	0.003	0.086	0	2.446	0.795
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006
		0.292	0.321	0.003	0.095	0.008	0.082	0	2.304	0.736
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006
		0.261	0.287	0.003	0.08	0.008	0.07	0	2.17	1.307
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0.006
		0.233	0.255	0.003	0.066	0.007	0.065	0.716	2.042	1.361
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005
		0.207	0.25	0.002	0.054	0.006	0.058	0.377	1.92	0.994
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.279
		0.188	0.231	0.002	0.044	0.006	0.052	0.209	1.804	1.168
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.29
		0.407	0.204	0.002	0.035	0.005	0.046	0.188	1.694	1.086
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0.224
		0.379	0.19	0.002	0.027	0.005	0.04	0.157	1.609	1.006
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0.197
		0.355	0.347	0.001	0.021	0.004	0.037	0.137	1.485	0.953
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0.173
		0.321	0.293	0.001	0.016	0.181	0.032	0.118	1.398	0.858
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15
		0.288	0.263	0.001	0.012	0.082	0.616	0.101	1.31	0.806
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13
		0.258	0.234	0.001	0.01	0.076	0.349	0.085	1.226	0.747
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.112
		0.23	0.208	0.001	0.009	0.063	0.253	0.072	1.146	0.691
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.096
		0.205	0.184	0	0.008	0.054	0.282	0.064	1.072	0.638
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0.082
		0.182	0.804	0	0.007	0.042	0.27	0.051	1.001	0.625
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0.351
		0.162	0.529	0	0.007	0.034	0.549	0.044	0.968	0.634
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	3.626
		0.143	0.485	0	0.276	0.027	0.511	0.036	0.871	0.612
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.993
		0.127	0.44	0	0.071	0.021	0.456	0.029	0.823	0.565
	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.921
		0.112	0.399	0	0.068	0.016	0.415	0.024	0.784	0.542
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0.856
		0.1	0.361	0	0.058	0.013	0.375	0.02	0.731	1.647
	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0.79
		0.09	0.326	0	0.046	0.011	0.339	0.018	0.669	1.917
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.729
		0.099	0.294	0	0.037	0.01	0.313	0.017	0.66	1.432

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.671
		0.106	0.264	0	0.029	0.01	0.274	0.016	0.798	1.243
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.617
		0.095	0.236	0	0.023	0.009	0.246	0.014	0.669	1.204
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.566
		1.163	0.216	0	0.018	0.008	0.22	0.013	0.619	1.122
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.519
		0.394	0.286	0	3.407	0.007	0.201	0.012	0.574	1.043
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.474
		0.344	0.211	0	0.641	0.007	0.174	0.011	0.532	0.969
	6	0	0	0.074	0	0	0	0	0	0.433
		0.308	0.189	0	0.58	0.006	0.155	0.01	0.493	0.899
	7	0	0	0.026	0	0.441	0	0	3.88	0.395
		0.276	0.168	0.002	0.528	0.005	1.308	0.009	0.457	0.833
	8	0.063	13.398	0.027	0	0.072	0	0.038	12.644	0.359
		0.247	0.149	0.002	0.481	0.005	0.544	0.009	0.423	1.009
	9	0.036	1.165	1.134	0	0.062	0	0.975	1.414	0.327
		0.22	0.132	0.002	0.438	0.004	0.403	0.008	0.392	0.851
	10	0.028	0.83	0.142	0	0.052	0	0.146	1.334	0.316
		0.196	0.121	0.002	0.397	0.004	0.373	0.007	0.364	0.796
	11	0.026	0.777	0.123	0	0.044	0	0.128	1.249	0.279
		0.174	0.105	0.002	0.359	0.003	0.33	0.006	0.339	0.736
	12	2.434	0.716	0.107	0	0.037	0	0.111	1.163	0.26
		0.154	0.106	0.001	0.331	0.003	0.298	0.006	0.315	0.68
	13	0.298	0.658	0.092	0	0.031	0	0.095	1.13	0.237
		0.136	0.091	0.001	0.293	0.003	0.268	0.005	0.292	5.977
	14	0.243	2.367	0.078	0	0.027	0	0.874	3.383	0.215
		0.12	0.082	0.001	0.263	0.002	0.241	0.407	0.27	1.687
	15	0.215	1.04	0.067	0.633	0.024	0	0.208	2.57	0.195
		0.106	4.933	0.001	0.236	0.002	0.215	0.102	0.25	2.232
	16	1.348	0.93	0.057	0.113	13.179	0	0.167	2.651	0.179
		0.095	0.97	0.001	0.211	0.002	0.193	0.085	0.236	1.642
	17	1.421	0.857	0.048	0.097	3.16	0	0.158	2.056	0.171
		0.085	0.831	0	0.189	0.001	0.172	0.071	0.219	1.638
	18	0.68	0.805	0.04	0.362	1.555	0	0.136	2.521	0.155
		0.076	0.766	0	0.168	0.001	0.154	0.059	0.21	1.492
	19	0.623	0.727	0.034	0.179	1.436	0	0.118	1.938	0.142
		0.068	0.706	0.001	0.15	0.001	0.137	0.051	0.19	1.398
	20	0.569	0.674	0.029	0.157	1.573	0	0.103	1.902	0.145
		0.06	0.664	1.173	0.16	0.001	0.123	1.607	0.176	1.306
	21	0.518	0.732	0.029	0.137	1.346	0	0.088	6.016	0.13
		0.053	0.602	0.207	0.135	0.001	0.111	0.683	0.161	1.23
	22	0.47	5.171	0.034	0.125	1.256	0	0.076	2.513	0.119
		0.047	0.578	0.134	0.122	0.001	2.141	0.503	0.147	1.137
	23	0.426	1.735	0.033	0.104	1.17	0	0.065	2.355	0.108
		0.041	0.494	0.116	0.111	0	0.634	0.457	0.135	1.085
	24	1.166	1.526	0.031	0.095	1.088	0	0.067	2.21	0.098
		0.036	0.467	0.1	0.1	0	0.569	0.414	0.123	0.999
	25	7.591	1.533	0.029	0.494	15.259	0	9.546	2.077	0.092
		0.031	0.427	0.086	0.09	0	0.524	0.374	0.112	0.923
	26	1.511	1.75	0.027	0.124	7.663	0	1.377	1.951	0.081
		0.027	0.389	0.073	0.081	0	0.496	0.337	0.102	0.86
	27	1.41	1.486	5.745	0.111	3.319	0	1.355	1.831	0.074
		0.023	0.436	0.066	0.096	1.803	0.431	0.303	0.094	0.798
	28	1.315	1.38	0.856	0.093	3.145	0	1.187	1.717	0.066
		0.02	0.385	0.114	0.075	1.338	0.4	0.272	0.084	0.74
	29	1.225	2.121	0.688	0.081	2.957	0	1.203	3.082	0.059
		0.018	8.673	0.084	0.069	0.464	0.364	0.243	0.075	1.463
	30	1.139	1.491	0.638	0.07	2.79	0	1.237	1.913	1.001
		0.014	2.128	0.279	0.059	0.421	0.329	0.216	0.068	1.196
	31	1.059	1.399	0.587	0.06	2.633	0	1.093	1.801	0.319
		0.013	1.613	0.139	0.053	0.381	0.309	0.192	0.061	1.054

		1973 1982	1974 1983	1975 1984	1976 1985	1977 1986	1978 1987	1979 1988	1980 1989	1981 1990
5	1	4.598	1.306	0.536	2.05	3.714	0	1.017	1.689	0.268
		0.011	1.509	0.125	0.047	1.638	0.268	0.176	0.055	1.708
	2	2.233	1.218	1.267	1.044	2.618	0	0.944	1.583	0.246
		0.01	1.411	0.109	0.042	0.832	0.263	0.158	0.05	3.359
	3	1.618	1.135	1.844	0.525	2.552	0	0.876	1.482	0.213
		0.009	1.318	0.091	0.037	0.729	0.224	0.137	0.045	2.482
	4	1.509	1.057	1.035	0.486	2.405	0	0.811	1.45	0.189
		0.008	1.229	0.077	0.034	0.668	0.209	0.124	0.04	1.674
	5	1.41	0.983	0.955	0.43	2.293	0	0.751	1.259	0.167
		0.007	1.146	0.064	6.088	0.613	0.189	0.107	0.036	1.553
	6	1.315	0.912	0.885	0.401	2.126	0	0.731	1.216	0.148
		0.011	5.504	0.054	3.802	0.56	0.171	0.096	0.032	1.456
	7	6.776	0.846	0.817	0.354	2.006	0	5.462	1.135	0.13
		0.014	1.775	0.045	1.648	0.511	0.155	0.086	0.029	1.857
	8	2.994	4.885	0.791	0.319	1.886	0	1.422	1.057	0.115
		0.013	1.678	0.037	1.525	0.465	0.142	0.094	0.028	1.427
	9	2.191	2.809	0.67	0.285	1.771	0	1.327	0.984	1.583
		0.012	1.568	0.032	1.427	0.435	0.129	0.076	0.024	1.339
	10	2.047	1.507	0.639	0.255	1.662	0	1.238	0.915	2.508
		0.011	1.467	0.028	1.33	0.398	0.122	0.068	0.024	1.249
	11	1.921	1.409	0.586	0.227	1.558	0	1.153	0.85	2.103
		0.01	1.37	0.026	1.239	0.351	0.106	0.06	0.056	1.179
	12	1.8	1.316	0.535	0.373	1.46	0	1.072	0.789	0.991
		0.027	1.279	0.023	1.294	0.321	0.098	0.053	0.049	1.086
	13	1.689	1.397	2.057	0.226	1.37	0	1.043	1.07	0.913
		3.773	1.195	0.022	31.328	0.878	0.092	0.047	0.051	1.047
	14	1.582	8.722	0.837	0.201	3.388	0	0.903	0.822	0.844
		0.955	1.114	0.025	3.109	0.383	0.082	0.041	0.775	0.934
	15	1.547	2.873	0.709	0.177	1.607	0	1.137	2.243	0.779
		0.834	1.039	0.024	3.206	0.37	0.074	0.037	0.232	0.887
	16	1.354	2.753	0.652	0.156	1.505	0	1.104	1.031	0.893
		0.77	0.967	0.022	3.104	0.326	0.066	0.031	0.203	0.824
	17	1.366	2.607	0.598	0.142	1.41	0	0.871	0.951	0.782
		0.709	0.9	0.021	2.928	0.296	0.062	0.027	0.179	1.229
	18	1.188	2.585	0.585	0.121	1.319	0	0.81	0.879	0.715
		0.651	0.836	0.019	3.106	0.815	0.055	0.024	0.156	1.631
	19	1.145	9.298	0.704	0.11	1.234	0.041	0.75	0.814	0.67
		1.277	0.791	0.018	2.936	1.975	0.049	0.02	0.136	1.046
	20	1.07	11.673	0.624	0.091	1.153	0.015	0.694	0.754	0.607
		0.793	0.726	0.017	2.771	0.819	0.044	0.018	0.118	0.996
	21	0.996	6.741	0.573	0.081	1.098	0.013	0.641	0.698	0.557
		0.734	0.674	0.015	2.584	0.756	0.039	0.015	0.102	0.926
	22	0.927	4.487	0.526	0.072	1.007	0.012	0.592	0.645	0.51
		0.676	0.625	0.014	2.453	0.696	4.133	0.013	0.088	0.86
	23	0.863	4.168	0.481	0.064	0.943	0.011	0.546	0.596	0.467
		0.622	0.579	0.013	2.312	0.641	2.314	0.012	0.076	0.797
	24	0.802	3.943	0.44	0.057	0.879	0.01	0.517	0.55	0.426
		0.571	0.536	0.012	2.179	0.589	0.912	0.013	0.066	0.739
	25	0.744	4.066	0.402	0.051	0.819	0.01	3.811	0.53	0.388
		0.532	0.496	0.011	2.052	0.54	1.686	0.012	0.063	0.684
	26	0.691	3.847	0.366	0.045	0.763	0.009	1.136	3.573	0.353
		0.599	0.459	0.01	1.931	0.494	3.307	0.011	0.056	0.633
	27	0.64	3.666	0.333	0.04	0.71	0.008	1.049	1.229	0.321
		0.536	0.439	0.01	1.816	0.452	1.602	0.01	0.05	0.585
	28	0.635	3.459	0.303	0.036	0.66	0.007	0.976	1.066	0.299
		0.495	0.401	0.009	1.706	0.412	1.49	0.009	0.045	0.541
	29	0.539	3.273	0.275	0.032	0.614	0.007	0.907	0.99	0.266
		0.454	0.373	0.008	1.603	0.375	1.391	0.008	0.041	0.499
	30	0.522	3.135	0.517	0.028	0.571	0.006	0.842	0.92	0.241
		0.415	0.346	0.007	1.505	0.342	1.298	0.008	0.037	0.47
	31	0.483	3.358	1.521	0.025	0.531	0.005	0.781	0.854	0.226
		1.894	0.322	0.006	1.411	0.31	1.21	0.007	0.033	0.597

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
6	1	0.447	3.009	0.98	0.022	3.941	0.005	0.723	0.792	0.2
		0.869	0.299	0.006	1.323	0.288	1.179	0.019	0.03	0.529
	2	0.421	3.083	0.939	0.023	3.253	0.004	0.669	0.767	0.183
		0.772	0.277	0.005	1.24	0.256	7.51	3.645	0.028	0.499
	3	0.383	3.54	0.823	0.022	1.441	0.004	0.637	0.676	0.167
		0.713	0.256	0.005	1.161	0.232	2.262	1.182	0.026	0.462
	4	0.356	2.877	0.817	0.02	1.349	0.004	0.591	0.636	0.152
		0.658	0.236	0.004	1.087	0.21	2.066	0.631	0.025	0.427
	5	0.331	2.694	0.855	0.019	1.251	0.007	0.556	0.615	0.139
		0.605	0.218	0.004	1.017	0.195	1.942	0.588	5.265	0.394
	6	0.308	2.549	0.763	0.018	1.169	0.007	2.708	0.567	0.126
		0.557	0.2	0.003	0.951	0.176	1.822	0.527	0.947	0.365
	7	0.286	2.406	0.735	0.016	1.091	0.006	2.037	0.524	0.114
		0.511	0.184	4.039	0.899	0.16	16.888	0.482	0.865	0.337
	8	0.265	2.27	1.203	0.016	1.017	0.006	1.844	0.505	0.104
		0.469	0.169	14.448	0.831	0.146	2.802	0.439	7.669	3.114
	9	0.245	2.14	0.779	0.147	0.947	0.16	1.464	1.682	0.098
		0.429	0.154	0.558	0.777	0.133	2.862	0.412	4.164	1.852
	10	0.226	5.292	0.722	0.055	0.881	0.124	1.893	0.815	0.089
		0.393	0.141	0.413	0.725	0.12	2.773	0.363	2.039	1.109
	11	0.208	2.62	0.666	0.105	0.819	0.051	1.455	0.755	0.089
		0.359	0.128	0.369	0.677	0.109	2.617	0.329	1.923	0.991
	12	0.192	2.45	0.614	0.086	0.76	0.048	1.364	0.7	0.082
		0.328	0.148	0.336	0.64	0.098	2.468	0.297	1.805	0.936
	13	0.188	2.311	0.565	0.836	0.706	0.045	1.274	0.648	0.076
		0.307	0.129	0.305	0.588	0.088	2.325	0.267	1.692	0.859
	14	0.734	2.179	0.519	0.309	0.654	0.043	1.189	0.599	0.069
		0.274	0.119	0.276	0.551	0.081	2.19	0.24	7.894	0.797
	15	0.281	2.053	0.477	0.276	0.606	0.04	1.108	0.554	0.062
		0.251	0.109	0.25	0.516	0.081	2.061	0.215	3.136	0.779
16	0.264	1.933	0.437	0.248	0.562	0.038	1.032	0.512	0.055	
	0.229	0.099	0.226	0.482	1.558	1.939	0.192	2.578	0.656	
17	0.587	1.82	0.423	0.222	0.52	0.035	0.96	1.016	0.05	
	0.21	0.09	0.237	0.509	0.548	1.823	0.192	2.451	0.633	
18	0.419	1.725	0.378	0.198	0.481	0.036	0.893	5.598	0.045	
	0.196	0.082	0.246	0.438	0.473	1.712	0.171	2.347	0.616	
19	0.372	1.608	0.349	0.176	0.445	0.036	0.872	1.696	0.067	
	0.174	0.075	0.84	0.411	0.426	1.608	0.154	2.156	27.722	
20	0.34	1.591	0.32	0.157	0.411	0.035	24.811	1.583	0.055	
	0.163	0.307	1.643	0.383	0.389	1.575	0.143	2.046	4.774	
21	0.321	1.364	0.293	0.139	0.381	0.033	2.475	1.483	0.169	
	0.147	0.1	0.684	0.357	0.355	1.396	0.208	1.924	25.742	
22	0.29	1.336	0.268	0.14	0.353	0.031	2.498	1.388	0.187	
	0.133	0.093	0.627	0.332	0.324	1.336	0.14	1.808	3.385	
23	0.266	1.254	0.262	0.117	0.328	0.029	2.149	1.297	0.146	
	0.124	0.086	0.585	0.308	0.305	1.251	0.129	1.698	4.299	
24	0.244	1.176	0.254	0.151	0.304	0.027	2.68	1.212	0.133	
	0.109	0.08	0.53	0.289	0.538	1.171	0.118	1.593	13.566	
25	0.239	1.102	0.227	0.107	0.281	37.473	6.194	1.132	0.122	
	0.099	0.074	0.486	0.265	4.9	1.095	0.107	1.494	34.094	
26	0.231	1.033	0.219	0.1	0.26	28.175	9.019	7.108	0.111	
	0.089	0.069	1.684	0.245	1.151	1.023	0.098	1.4	24.231	
27	1.227	0.976	0.201	0.089	0.24	3.261	12.194	5.539	0.106	
	0.08	0.064	0.708	0.601	1.063	0.955	0.089	1.311	9.694	
28	4.194	0.905	0.185	0.081	0.221	2.01	6.041	2.385	0.088	
	0.071	0.061	0.666	0.26	4.977	0.892	0.081	1.227	7.375	
29	2.067	0.848	0.174	0.073	0.204	23.433	4.607	2.351	0.083	
	0.065	0.43	0.614	0.241	2.223	0.832	0.073	1.201	7.844	
30	26.464	0.794	0.158	0.065	0.237	7.726	4.214	2.214	0.077	
	0.058	0.14	0.565	0.227	1.841	0.776	0.067	1.031	7.042	

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
7	1	2.937	0.744	0.147	0.059	0.225	3.913	4.026	2.665	9.502
		0.049	0.13	0.519	0.203	1.725	0.723	0.06	1.046	6.706
	2	2.761	0.697	0.134	0.054	0.201	3.713	3.808	5.492	16.76
		0.044	6.148	0.477	0.19	1.616	0.684	0.055	0.927	6.776
	3	2.643	0.668	0.122	0.116	0.185	3.545	3.594	2.624	57.627
		0.038	2.312	0.446	0.209	1.513	0.634	0.117	0.882	6.12
	4	2.529	0.664	0.112	4.328	0.821	3.36	3.399	2.474	14.985
		0.034	1.464	5.932	0.204	1.414	0.592	0.065	0.823	6.024
	5	2.475	0.6	0.101	1.145	0.21	3.202	3.216	2.37	8.734
		0.029	1.374	67.845	0.233	1.338	0.552	0.06	0.767	5.75
	6	2.155	0.578	2.01	0.943	1.979	3.119	3.042	2.178	20.874
		0.025	1.282	3.051	0.25	1.233	0.534	0.056	0.714	5.506
	7	2.088	0.539	3.177	0.875	0.765	4.687	2.876	2.067	9.913
		0.022	1.195	3.182	1.475	1.152	0.489	0.054	0.665	5.225
	8	1.969	5.993	1.053	0.809	6.684	3.332	2.718	1.944	6.138
		0.019	1.112	3.36	4.222	1.074	0.457	0.056	0.71	6.034
	9	1.849	95.034	0.976	0.747	4.205	3.148	2.567	1.827	10.026
		0.016	1.05	4.802	1.436	1.013	0.427	0.057	0.605	5.184
	10	1.736	3.171	7.344	4.168	2.068	3.007	6.287	1.716	6.438
		0.015	0.96	3.444	2.419	0.929	0.407	21.574	0.571	4.934
	11	1.628	2.933	2.497	1.512	1.962	3.105	3.384	1.611	7.389
		0.036	0.893	3.245	1.757	13.853	1.018	11.886	2.075	5.401
	12	1.526	2.943	1.966	1.221	10.666	18.341	3.036	1.538	34.796
		0.031	0.828	3.063	9.64	8.887	0.434	2.768	0.902	5.364
	13	1.501	2.93	1.858	1.194	4.031	3.849	15.481	1.419	9.298
		0.029	0.766	7.215	3.066	1.851	0.382	10.086	0.832	4.901
	14	1.311	2.93	1.742	1.027	3.018	3.917	4.772	1.593	7.442
		0.028	7.323	4.507	2.675	1.81	0.358	12.488	0.774	13.364
	15	1.257	2.703	1.745	0.99	2.862	3.846	4.251	16.542	7.063
		0.027	2.273	3.666	2.515	1.706	8.032	26.835	0.776	7.778
	16	1.18	2.756	7.241	0.966	2.701	8.9	4.061	5.231	6.949
		0.122	1.905	3.537	2.368	6.519	6.747	46.343	3.028	7.725
	17	1.101	2.562	2.394	9.376	2.547	5.066	3.841	3.238	8.769
		0.043	1.775	3.211	2.825	4.593	2.056	9.603	1.257	10.471
	18	1.027	2.432	2.266	2.045	2.401	4.346	3.64	3.341	6.571
		0.04	1.668	3.079	2.29	2.871	1.923	6.826	1.137	25.93
	19	1.021	2.295	2.15	1.939	2.261	8.771	3.449	3.146	6.602
		0.037	6.912	2.909	2.503	34.409	1.806	6.482	1.065	8.986
	20	0.915	2.19	2	1.785	2.128	5.266	3.266	2.973	6.266
		0.035	14.157	2.747	2.19	4.515	1.694	6.579	1.119	7.163
	21	0.889	2.235	1.904	1.683	2.002	4.339	3.092	5.897	5.905
		0.033	2.839	2.593	2.087	4.658	110.142	21.363	6.682	6.65
	22	0.885	1.998	1.789	1.577	1.882	4.082	5.688	13.616	5.609
		0.031	2.97	2.446	1.961	4.574	76.287	14.841	2.507	6.279
	23	0.814	1.889	1.678	1.476	1.767	3.86	3.909	63.053	5.358
		0.029	2.796	2.42	1.863	4.358	7.468	12.394	2.484	6.007
	24	0.765	1.778	9.038	1.381	1.659	3.648	3.411	14.817	5.08
		0.027	4.366	2.099	1.723	15.827	5.503	14.955	2.385	6.229
	25	0.714	1.673	61.307	1.29	1.727	3.439	3.317	7.277	4.838
		0.026	3.716	2.066	1.621	5.94	5.038	9.08	17.386	13.428
	26	0.665	1.589	18.099	1.226	1.483	3.253	3.032	6.583	4.652
		0.028	3.369	1.964	1.543	4.915	35.534	7.787	3.085	9.686
	27	0.675	1.48	16.908	1.129	1.397	3.076	2.952	5.738	4.407
		1.482	4.201	1.87	1.424	4.673	58.702	7.74	11.051	8.053
	28	0.59	1.488	22.169	1.043	1.309	2.907	2.791	5.705	4.197
		1.742	2.988	1.973	1.336	4.443	13.195	6.655	9.711	6.726
	29	0.557	4.341	11.986	0.976	1.225	2.746	2.631	5.542	4.027
		18.663	2.921	2.094	1.271	4.207	8.769	6.616	8.594	6.291
	30	1.926	2.021	6.996	0.908	1.146	2.632	2.519	5.268	3.757
		1.212	2.78	5.026	1.174	3.98	8.109	6.287	5.388	5.98
	31	0.875	1.848	6.801	0.844	1.071	2.453	2.373	4.953	3.593
		1.142	2.608	2.376	1.103	3.867	7.879	5.968	4.652	5.684

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
8	1	0.846	1.899	5.972	0.784	1.001	2.319	2.225	4.75	3.504
		1.04	2.486	2.237	1.029	3.614	7.538	5.662	4.383	5.394
	2	0.817	1.706	5.874	0.728	0.935	2.225	2.472	4.515	3.177
		0.976	2.325	3.027	1.061	3.363	7.169	5.391	4.149	5.13
	3	0.749	1.694	5.612	1.073	0.872	2.049	9.1	4.29	3.108
		0.906	2.194	2.832	2.089	3.357	11.334	5.133	3.925	4.873
	4	23.324	1.746	5.327	15.068	0.85	1.945	8.374	4.075	2.916
		0.841	2.066	2.329	1.394	3.144	40.05	4.885	3.704	4.628
	5	10.279	1.548	5.068	1.394	0.768	1.831	9.454	3.87	2.774
		0.837	1.944	2.211	1.46	2.999	11.874	4.648	3.507	4.399
	6	1.514	4.202	16.297	3.002	0.736	1.723	33.444	3.674	2.631
		0.715	1.828	2.082	1.586	2.837	9.589	4.421	3.32	4.18
	7	1.403	2.256	4.268	1.673	2.041	1.62	5.991	3.487	2.564
		0.689	1.717	1.96	1.433	2.683	31.717	4.204	3.141	3.971
	8	1.315	2.079	5.436	1.565	1.004	2.263	5.391	3.47	2.385
		0.636	1.645	1.844	1.337	2.536	21.019	3.997	2.971	10.868
	9	1.229	1.962	5.289	1.494	0.846	1.594	5.207	3.04	8.823
		0.588	1.586	1.734	2.488	2.471	10.416	3.799	2.809	20.975
	10	1.147	1.845	5.032	1.392	0.806	1.558	4.943	2.99	2.575
		0.542	3.271	1.629	14.768	2.292	9.748	3.609	2.654	3.72
	11	1.071	1.734	4.786	1.285	0.743	1.492	4.688	2.837	2.306
		0.499	1.926	1.53	4.173	7.291	9.242	3.428	2.507	3.407
	12	0.998	1.628	4.549	1.209	0.698	2.165	4.443	2.689	2.198
		0.516	1.814	1.436	3.357	3.118	8.706	3.256	2.575	3.242
	13	0.93	1.528	4.323	1.449	0.653	4.659	4.209	2.547	2.084
		0.501	1.705	1.348	3.657	4.677	8.322	3.092	2.164	3.076
	14	0.865	1.469	5.09	23.832	0.611	4.608	3.994	8.477	1.976
		7.206	1.601	1.264	3.319	3.637	7.917	2.935	2.161	2.951
	15	0.805	1.367	4.59	27.487	0.573	2.639	3.789	5.056	1.874
		15.141	1.503	1.243	5.525	3.432	7.588	2.785	1.987	2.769
	16	0.748	1.255	3.876	12.763	0.542	5.337	3.642	3.489	1.776
		2.992	1.409	1.218	5.256	3.458	23.529	2.643	1.891	2.746
	17	6.21	1.193	3.729	9.79	0.504	4.428	5.237	3.502	1.938
		2.839	1.321	1.092	4.276	3.271	6.363	2.507	1.781	4.53
	18	7.254	1.117	3.542	6.327	0.472	3.05	3.932	5.728	6.704
		2.677	1.237	1.02	3.956	3.117	7.944	2.405	1.676	3.051
	19	1.178	1.046	3.361	5.458	0.441	11.853	3.59	4.87	2.168
		2.526	1.16	0.955	3.769	2.903	7.745	2.275	1.578	2.91
	20	18.766	0.978	3.214	5.113	0.411	15.853	3.401	3.905	2.296
		2.51	1.086	0.895	3.56	3.18	13.407	2.125	1.554	2.814
	21	2.817	0.931	3.072	4.92	0.383	6.938	3.222	3.942	2.77
		5.156	1.024	0.838	3.36	2.882	5.064	2.125	12.984	16.182
	22	1.945	0.844	2.87	4.67	0.357	4.923	3.051	3.471	2.165
		2.757	0.992	0.796	3.168	2.727	7.807	4.978	4.748	4.951
	23	8.6	3.066	2.731	5.638	0.332	4.603	3.067	3.41	2.044
		4.154	0.918	0.739	2.982	2.576	7.702	1.936	3.164	4.475
	24	2.79	1.873	2.588	6.104	0.308	4.361	10.865	3.233	1.93
		2.885	1.465	0.693	2.815	2.432	7.687	1.818	2.983	4.32
	25	2.783	1.267	2.452	5.047	0.286	4.383	15.354	3.06	10.95
		3.873	1.022	1.975	2.657	2.294	10.401	1.727	2.825	4.102
	26	2.656	1.186	2.323	5.587	0.265	4.353	3.163	6.747	23.45
		2.923	0.993	0.977	2.507	2.225	7.551	1.638	2.671	3.894
	27	2.508	1.109	2.2	4.929	0.245	3.994	3.071	14.92	3.531
		7.169	1.02	0.915	2.394	2.003	7.445	1.555	2.561	3.694
	28	2.491	1.081	2.083	13.608	0.227	3.793	2.915	4.572	3.825
		3.956	0.929	1.853	2.238	14.085	7.501	1.499	2.366	3.504
	29	5.411	0.952	1.992	8.155	0.209	3.639	2.76	4.57	3.659
		3.61	0.835	4.028	2.093	13.232	7.74	1.415	3.1	3.322
	30	2.776	0.933	1.955	7.082	0.193	3.386	2.612	4.462	3.636
		3.402	0.81	2.035	1.975	3.411	36.881	1.364	6.114	3.149
	31	2.969	0.85	2.461	8.865	0.187	3.225	2.471	4.177	17.956
		3.214	0.756	1.811	1.869	3.372	23.597	1.287	3.29	7.341

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
9	1	6.002	1.104	1.804	6.241	0.277	3.052	2.361	3.988	28.997
		3.025	0.735	4.629	1.745	3.288	11.097	1.216	15.527	20.331
	2	3.572	2.199	2.08	5.484	6.795	2.888	2.211	3.844	6.449
		2.857	0.647	47.432	1.718	10.427	8.823	1.152	3.76	6.525
	3	3.117	1.141	2.521	5.191	3.594	3.136	2.088	4.364	16.182
		2.697	0.665	54.946	1.559	4.529	8.331	1.153	4.39	6.123
	4	3.076	1.103	2.308	4.985	2.004	2.715	1.974	3.666	13.555
		2.545	0.637	13.953	16.236	4.166	7.929	1.034	4.279	5.686
	5	2.907	1.029	2.073	4.634	1.878	2.665	1.865	3.496	6.585
		2.4	4.518	7.372	2.205	3.943	9.919	0.984	4.053	5.362
	6	2.746	0.959	1.954	4.43	3.998	2.521	1.783	15.287	6.003
		2.262	1.343	6.496	2.679	3.727	8.101	0.93	3.829	5.136
	7	2.592	0.909	1.861	4.206	2.379	2.402	1.666	3.46	5.705
		2.13	1.49	6.149	3.867	3.522	7.889	0.878	3.628	4.835
	8	2.446	0.832	1.734	4.171	2.217	2.396	1.575	4.056	5.421
		2.005	1.315	5.837	2.458	3.335	7.591	0.828	3.607	4.68
	9	2.438	0.776	1.64	4.073	2.085	2.582	1.498	3.915	5.201
		1.886	1.299	5.703	2.315	3.156	7.222	0.781	3.725	41.024
	10	8.158	0.721	1.547	3.777	1.959	2.24	1.4	3.713	4.885
		1.773	1.88	5.147	3.878	2.986	6.867	0.736	3.175	23.299
	11	3.016	0.67	1.477	3.591	1.867	2.135	1.322	3.613	4.647
		1.666	4.362	5.002	2.557	2.823	6.521	0.731	3.142	120.232
	12	2.889	0.623	1.373	3.405	3.689	2.013	1.247	3.426	4.417
		1.565	2.004	4.757	2.388	2.668	6.136	1.186	2.973	45.355
	13	2.731	0.602	1.298	3.227	2.083	1.898	1.303	3.24	4.196
		1.468	1.892	4.522	2.256	2.545	5.843	0.74	2.813	16.304
	14	2.578	4.506	2.183	3.084	1.97	1.788	4.489	3.071	3.985
		1.398	1.828	4.298	2.252	2.372	5.566	0.704	11.485	9.866
	15	2.433	1.475	6.5	2.89	1.851	1.683	1.738	2.907	3.784
		1.278	1.695	4.083	3.582	2.247	5.3	0.663	14.199	9.451
16	2.295	1.352	5.571	2.743	1.737	1.585	1.667	2.75	3.591	
	1.209	1.592	3.877	2.436	2.12	5.045	0.624	5.472	8.983	
17	2.164	1.268	2.87	2.596	1.63	1.491	2.271	2.6	3.408	
	1.132	1.491	3.681	4.648	2.013	4.802	0.596	8.095	8.536	
18	2.096	1.185	2.692	2.456	1.528	1.51	1.687	2.458	3.232	
	1.059	1.396	3.494	3.249	1.888	4.569	0.551	6.045	8.128	
19	1.925	1.107	2.551	2.322	1.431	1.379	1.594	2.322	3.065	
	0.991	1.305	3.315	5.342	1.78	4.346	0.521	5.109	7.733	
20	2.069	1.033	5.357	2.195	1.339	1.301	1.497	2.193	2.905	
	0.941	1.219	3.347	3.521	2.118	4.127	0.494	4.806	7.367	
21	1.94	0.964	3.095	2.075	1.252	1.223	1.406	2.07	2.753	
	0.866	1.184	3.185	3.331	12.594	3.962	0.457	4.556	7.017	
22	1.873	0.898	2.88	1.96	1.17	1.149	1.789	1.953	2.608	
	0.815	1.076	3.03	3.154	3.098	3.713	0.429	4.317	6.681	
23	1.711	0.837	2.722	1.851	1.093	1.079	1.381	1.843	2.47	
	0.761	1.06	2.872	2.967	2.95	3.547	0.401	4.087	7.191	
24	1.632	0.779	2.569	1.747	1.02	1.014	1.654	1.737	6.063	
	0.71	1.738	2.721	2.801	2.792	3.37	0.375	3.867	6.269	
25	1.67	0.725	2.424	1.649	0.951	0.952	1.386	1.638	5.959	
	0.663	1.151	2.577	2.644	2.638	3.225	0.35	3.686	6.102	
26	3.689	0.674	2.286	1.556	0.886	0.894	1.301	1.543	3.095	
	0.628	1.073	2.44	2.494	2.492	3.034	0.326	3.472	5.779	
27	2.084	0.627	2.154	1.468	0.825	0.84	1.219	1.453	3.033	
	0.575	1	2.31	2.351	2.353	2.888	0.304	4.801	5.506	
28	1.951	0.582	2.029	1.384	0.768	0.789	1.141	1.368	2.876	
	0.54	0.932	2.186	2.215	2.221	2.742	0.283	3.526	5.246	
29	1.996	0.541	1.91	1.305	0.714	0.742	1.068	1.288	2.724	
	0.505	0.867	2.209	2.086	2.095	2.603	0.263	3.355	4.997	
30	1.735	0.529	1.798	1.245	0.664	0.697	0.999	1.212	2.58	
	0.473	0.806	4.211	2.016	1.975	2.47	0.245	3.176	4.759	

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
10	1	1.697	0.507	1.714	1.177	0.617	0.656	0.933	1.141	2.441
		0.442	0.763	2.535	1.834	1.881	2.344	0.227	3.006	4.531
	2	1.639	0.472	1.609	1.108	0.573	0.616	0.916	1.073	2.31
		0.418	0.699	2.388	1.742	1.757	2.223	0.211	2.844	4.305
	3	1.513	0.447	1.537	1.045	0.533	0.579	1.003	1.01	2.185
		0.386	0.799	2.376	1.637	1.65	2.109	0.195	2.689	4.096
	4	1.464	0.416	1.591	1.007	0.495	0.555	0.878	0.95	2.161
		0.36	0.693	2.219	1.537	1.555	2	0.181	2.542	3.924
	5	1.373	0.388	1.439	0.936	0.46	0.517	0.82	0.894	1.887
		0.335	0.646	2.131	4.571	1.463	1.897	0.167	2.401	3.71
	6	1.28	0.368	1.356	0.887	0.427	0.489	0.765	0.904	1.854
		0.312	0.599	1.982	2.359	1.375	1.799	0.155	2.268	3.532
	7	1.364	0.349	1.285	0.837	0.406	0.458	0.713	0.805	1.753
		0.29	0.582	1.877	1.941	1.293	1.721	0.143	2.141	3.359
	8	1.199	0.315	1.194	0.79	0.373	0.429	0.665	0.786	1.656
		0.269	1.184	1.77	1.906	1.215	1.616	0.132	2.021	3.194
	9	1.123	0.297	1.12	0.745	0.349	0.407	0.62	0.741	1.564
		0.249	0.718	1.668	1.792	1.173	1.537	0.121	1.906	3.037
	10	1.05	0.275	1.067	0.702	0.325	0.374	0.578	0.698	1.477
		0.231	0.668	1.571	17.564	1.948	1.459	0.112	1.797	2.887
	11	0.981	0.255	1.311	0.661	0.302	0.351	0.694	2.106	1.395
		0.213	0.618	1.48	4.094	1.288	1.384	0.103	1.722	2.744
	12	0.917	0.237	1.084	0.622	0.28	0.327	0.718	1.115	1.317
		0.197	0.571	1.393	21.657	1.225	1.312	0.095	1.964	2.608
	13	0.866	0.219	1.019	0.618	0.26	0.305	0.66	0.99	1.244
		0.181	0.588	1.311	20.867	1.146	1.244	0.088	1.775	2.478
	14	0.799	0.202	0.953	0.543	0.241	0.283	0.612	0.919	1.174
		0.167	0.531	1.233	4.645	1.935	1.204	0.081	1.674	2.354
	15	0.747	0.186	0.891	0.53	0.228	0.263	0.567	0.856	1.109
		0.153	0.492	1.16	4.71	1.251	1.093	0.075	1.576	2.237
	16	0.696	0.171	0.832	0.498	0.208	0.245	0.526	0.798	1.048
		0.14	0.454	1.091	4.482	1.197	1.059	0.069	1.764	2.125
	17	0.649	0.165	0.777	0.466	0.192	0.227	0.488	0.751	0.99
		0.131	0.419	1.026	4.239	1.119	0.999	0.064	1.517	2.018
	18	0.605	2.717	0.726	0.437	0.177	0.21	0.452	0.691	0.958
		0.119	0.386	0.965	4.02	1.047	0.98	0.059	1.429	1.917
	19	0.564	0.832	0.678	0.409	0.163	0.194	0.419	0.644	0.896
		0.206	0.357	0.907	3.799	0.979	0.907	0.055	1.645	1.822
	20	0.526	0.755	0.633	0.382	0.149	0.179	0.395	0.599	0.846
		0.138	0.329	0.891	3.6	0.915	0.863	0.052	1.382	1.732
	21	0.517	0.693	0.591	0.372	0.137	0.165	0.359	0.557	0.798
		0.129	0.305	0.78	3.411	4.893	0.814	0.049	1.302	1.645
	22	0.486	0.651	0.553	0.344	0.125	0.152	0.337	0.517	0.753
		0.119	0.283	0.76	3.23	1.919	0.768	0.046	1.222	1.562
	23	0.465	0.588	0.517	0.322	0.114	0.146	0.314	0.481	0.709
		0.109	0.262	0.717	3.058	1.727	0.724	0.043	1.146	1.483
	24	0.438	0.541	0.484	0.304	0.104	0.131	0.292	0.447	0.668
		0.101	0.243	0.675	2.893	1.619	0.682	0.041	1.075	1.406
	25	0.406	0.496	0.453	0.278	0.094	0.124	0.272	0.417	0.628
		0.093	0.224	0.635	2.736	1.518	0.642	0.039	1.007	1.348
	26	0.379	0.464	0.424	0.26	0.085	0.119	0.251	1.319	0.591
		0.086	0.215	0.597	2.587	1.46	0.604	0.036	0.944	1.258
	27	0.372	0.411	0.402	0.241	0.077	0.241	0.232	0.744	0.555
		0.079	0.222	0.561	2.444	1.442	0.568	0.034	0.884	1.198
	28	1.234	0.38	0.374	0.243	0.07	0.534	0.215	0.658	0.597
		0.073	0.201	0.535	2.309	1.371	0.534	0.031	0.829	1.134
	29	0.606	0.362	0.347	1.002	0.063	0.37	0.198	0.608	0.555
		0.067	0.185	0.498	2.18	1.278	0.524	0.029	0.776	1.073
	30	0.557	0.303	0.323	0.445	0.094	0.332	0.183	0.562	0.522
		0.062	0.17	0.467	2.057	1.195	0.454	0.028	0.757	1.015
	31	0.513	0.288	0.301	1.404	0.061	0.301	0.168	0.518	0.498
		0.067	0.158	0.437	2.027	1.116	0.446	0.026	1.273	0.96

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
11	1	0.472	0.262	0.28	1.036	0.055	0.273	0.155	0.478	0.464
		0.067	0.144	0.409	1.752	1.042	0.435	0.024	0.856	0.907
	2	0.434	0.239	0.259	0.894	0.05	0.246	0.142	0.441	1.35
		0.064	0.131	0.388	1.725	0.972	0.592	0.023	0.801	0.856
	3	0.399	0.217	0.24	0.825	0.046	0.223	0.13	0.406	0.969
		0.06	0.133	0.359	1.625	1.11	0.525	0.021	0.746	0.808
	4	0.366	0.198	0.222	0.763	0.042	0.201	0.119	0.374	0.824
		0.059	0.12	0.335	1.531	1.102	0.645	0.019	0.797	0.762
	5	0.336	0.182	0.205	0.705	0.038	0.182	0.108	0.345	0.767
		0.051	0.11	0.312	1.441	1.029	0.519	0.018	8.19	0.73
	6	0.309	0.166	0.189	0.65	0.035	0.165	0.099	0.318	0.71
		0.051	0.1	0.29	1.388	0.959	0.502	0.017	5.124	0.736
	7	0.284	0.152	0.175	0.598	0.033	0.15	0.09	0.294	0.657
		0.048	0.091	0.27	1.267	0.949	0.51	0.016	2.719	0.69
	8	0.261	0.139	0.16	0.55	0.031	0.137	0.082	0.272	0.607
		0.045	0.082	0.251	1.209	0.885	0.474	0.014	2.874	0.631
	9	0.241	0.126	0.147	0.506	0.029	0.125	0.074	0.252	0.561
		0.081	0.074	0.232	1.918	0.824	0.742	0.013	2.618	0.606
	10	0.223	0.115	0.135	0.464	0.027	0.114	0.067	0.233	0.527
		0.165	0.069	0.215	1.788	0.765	0.819	0.012	2.474	0.564
	11	0.206	0.104	0.124	0.425	0.025	0.104	0.061	0.216	0.479
		0.61	0.175	0.437	2.437	0.71	0.743	0.011	2.332	0.532
	12	0.19	0.094	0.113	0.39	0.023	0.094	0.055	0.199	0.443
		0.388	0.255	0.42	1.985	0.659	0.717	0.01	2.223	0.499
	13	0.174	0.085	0.103	0.356	0.022	0.085	0.05	0.183	0.408
		0.352	0.185	0.354	1.894	0.625	0.666	0.01	2.06	0.468
	14	0.16	0.076	0.094	0.326	0.02	0.077	0.045	0.169	0.376
		0.318	0.162	0.321	1.801	0.568	0.617	0.009	1.947	0.439
	15	0.147	0.068	0.086	0.298	0.019	0.07	0.041	0.155	0.555
		0.452	0.267	0.656	1.665	0.528	0.568	0.008	1.831	0.411
	16	0.134	0.061	0.078	0.272	0.018	0.063	0.037	0.142	0.5
		0.387	0.295	1.887	1.663	0.489	0.523	0.008	1.721	0.385
	17	0.122	0.054	0.071	0.249	0.016	0.057	0.034	0.13	0.435
		0.351	0.326	0.876	1.646	0.452	0.481	0.018	1.687	0.36
	18	0.111	0.048	0.065	0.228	0.015	0.051	0.029	0.118	0.399
		0.317	0.293	0.813	1.54	0.419	0.542	0.017	1.482	0.353
	19	0.101	0.043	0.059	0.209	0.014	0.046	0.027	0.108	0.365
		0.285	0.262	0.751	1.509	0.388	0.634	0.016	1.425	1.269
	20	0.092	0.038	0.053	0.193	0.013	0.041	0.026	0.098	0.363
		0.256	0.234	0.881	1.298	0.36	0.545	0.015	1.342	2.663
	21	0.083	0.033	0.049	0.178	0.012	0.037	0.024	0.089	0.348
		0.242	0.208	0.867	1.27	0.335	0.499	0.014	1.258	1.02
	22	0.075	0.029	0.044	0.163	0.011	0.033	0.023	0.081	0.319
		0.3	0.184	0.814	1.495	0.311	0.458	0.013	1.178	0.945
	23	0.068	0.026	0.041	0.149	0.01	0.03	0.021	0.073	0.291
		0.356	0.168	0.752	1.375	0.289	0.42	0.012	1.103	0.878
	24	0.061	0.023	0.037	0.137	0.009	0.027	0.02	0.066	0.266
		0.337	0.148	0.694	1.281	1.177	0.385	0.02	1.032	0.815
	25	0.054	0.02	0.034	0.099	0.008	0.025	0.02	0.06	0.242
		0.31	0.131	0.639	1.22	0.861	0.352	0.017	0.965	0.768
	26	0.049	0.018	0.032	0.09	0.008	0.023	0.018	0.054	0.222
		0.279	0.111	0.588	1.206	0.639	0.322	0.015	0.901	0.699
	27	0.044	0.017	0.03	0.082	0.007	0.022	0.017	0.049	0.204
		0.251	0.099	0.563	1.261	0.586	0.801	0.014	0.875	0.65
	28	0.039	0.015	0.028	0.075	0.006	0.02	0.016	0.044	0.188
		0.237	0.088	0.49	2.07	0.538	0.871	0.013	0.819	0.601
	29	0.035	0.014	0.026	0.069	0.006	0.019	0.015	0.04	0.174
		9.339	0.078	0.469	1.45	0.494	0.674	0.012	0.767	0.556
	30	0.032	0.013	0.025	0.062	0.005	0.018	0.013	0.036	0.161
		2.176	0.374	0.43	1.382	0.461	0.621	0.011	0.715	0.514

		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
		1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
12	1	0.029	0.012	0.023	0.057	0.005	0.016	0.012	0.033	0.147
		2.04	0.231	0.41	1.408	0.413	0.571	0.01	0.667	0.842
	2	0.016	0.01	0.021	0.065	0.004	0.015	0.011	0.03	0.095
		1.977	0.204	0.6	1.164	0.379	0.424	0.009	0.622	0.778
	3	0.014	0.009	0.02	0.059	0.004	0.014	0.01	0.028	0.086
		1.799	0.181	0.501	1.139	0.389	0.395	0.009	0.581	0.68
	4	0.013	0.009	0.018	0.053	0.003	0.013	0.01	0.026	0.177
		1.795	0.159	0.459	1.156	0.331	0.358	0.008	0.542	0.628
	5	0.013	0.008	0.017	0.048	0.003	0.012	0.009	0.024	0.177
		1.95	0.139	0.429	1.109	0.315	0.33	0.008	0.506	0.58
	6	0.012	0.007	0.016	0.043	0.002	0.011	0.008	0.022	0.127
		1.661	0.122	0.379	1.018	0.355	0.304	0.008	0.473	0.535
	7	0.011	0.007	0.015	0.038	0.002	0.01	0.007	0.021	0.114
		1.557	0.107	0.35	0.964	0.331	0.279	0.007	0.45	0.493
	8	0.011	0.006	0.014	0.034	0.002	0.009	0.007	0.019	0.103
		1.458	0.093	0.319	0.9	0.3	0.256	0.006	0.413	0.454
	9	0.006	0.003	0.011	0.031	0.002	0.008	0.006	0.008	0.091
		0.8	0.081	0.29	0.19	0.272	0.218	0.013	0.387	0.418
	10	0.006	0.003	0.01	0.028	0.001	0.008	0.005	0.007	0.082
		0.769	0.08	0.318	0.153	0.286	0.204	0.018	0.368	0.384
	11	0.005	0.003	0.009	0.025	0.001	0.007	0.005	0.007	0.074
		0.855	0.092	1.082	0.147	0.262	0.182	0.019	0.337	0.353
	12	0.005	0.002	0.008	0.023	0.001	0.006	0.004	0.007	0.068
		0.747	0.08	0.687	0.141	0.237	0.17	0.018	0.314	0.325
	13	0.005	0.002	0.008	0.022	0.001	0.006	0.004	0.006	0.063
		0.71	0.077	0.632	0.138	0.215	0.157	0.016	0.292	0.305
	14	0.005	0.002	0.007	0.02	0.001	0.005	0.003	0.006	0.057
		0.673	0.07	0.616	0.129	0.215	0.145	0.015	0.274	0.279
	15	0.004	0.002	0.006	0.019	0	0.005	0.003	0.005	0.052
		0.638	0.06	0.579	0.123	0.22	0.14	0.014	0.253	0.257
	16	0.005	0.001	0	0.017	0	0.004	0.003	0.002	0.047
		0.559	0.031	0.533	0.005	0.198	0.145	0.01	0.234	0.228
	17	0.005	0.001	0	0.016	0	0.004	0.002	0.001	0.042
		0.51	0.027	0.533	0	0.186	0.136	0.009	0.217	0.219
	18	0.004	0.001	0	0.015	0	0.003	0.002	0.001	0.039
		0.49	0.024	0.513	0	0.887	0.125	0.008	0.2	0.187
	19	0.004	0.001	0	0.014	0	0.003	0.002	0.001	0.059
		0.464	0.021	0.511	0	0.587	0.115	0.008	0.184	0.18
	20	0.004	0.001	0	0.013	0	0.002	0.001	0.001	0.077
		0.44	0.019	0.468	0	0.539	0.105	0.008	0.173	0.166
	21	0.003	0.001	0	0.012	0	0.002	0.001	0.001	0.068
		0.417	0.016	0.428	0	0.494	0.096	0.007	0.154	0.156
	22	0.003	0.001	0	0.011	0	0.002	0.001	0.001	0.06
		0.435	0.015	0.39	0	0.451	0.088	0.007	0.143	0.161
	23	0	0.001	0	0.006	0	0.001	0.001	0	0.066
		0.664	0.001	0.031	0.163	0.315	0.093	0.005	0.126	0.037
	24	0	0.001	0	0.006	0	0.001	0	0	0.058
		0.632	0	0.015	0.162	0.284	0.085	0.004	0.142	0.029
	25	0	0	0	0.005	0	0.001	0	0	0.05
		0.595	0	0.014	0.154	0.26	0.077	0.004	0.129	0.036
	26	0	0	0	0.005	0	0.001	0	0	0.045
		0.566	0	0.014	0.147	0.237	0.069	0.004	0.118	0.041
	27	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0.04
		0.531	0	0.013	0.141	0.241	0.062	0.003	0.106	0.037
	28	0	0	0	0.004	0	0	0	0	0.036
		0.491	0	0.012	0.135	0.232	0.056	0.003	0.097	0.034
	29	0	0	0	0.004	0	0	0	0	0.036
		0.467	0	0.011	0.14	0.215	0.05	0.003	0.09	0.032
	30	0	0	0	0.003	0	0	0	0	0.031
		0.431	0	0.011	0.217	0.399	0.045	0.003	0.08	0.029
	31	0	0	0	0.003	0	0	0	0	0
		0	0	0.011	0	0	0	0.002	0	0

부 록 B

부록 B-1 오염부하계산 모형 프로그램

```
// This is the program linking subprogram //
main.c (asd.h)
people.c (asd.h)
livestoc.c (asd.h)
land.c (asd.h)
industry.c (asd.h)
prtsum.c (asd.h)

// This is main program //
#include <stdio.h>
#include "b:\link\asd.h"
#define MAX 30
void calc_dir(float dp[MAX], float dc[MAX], float da[MAX], float dr[MAX], float
dwc[3], float dwa[3], float result1[][3], int Ws_N);
void calc_sewage(float sp[MAX], float sc[MAX], float sa[MAX], float swc[3], float
swa[3], float sr[MAX], float wrm[3], float result2[][3], int Ws_N);
void calc_bunyo(float bp[MAX], float bw[3], float br[MAX], float inv_p[MAX], float
lrm[3], float result3[][3], int Ws_N);
void prt_prod(float pp[MAX], float pc[MAX], float pa[MAX], float pwc[3], float pwa[3],
float pwb[3], int Ws_N);
void printresult(float dir[][3], float sew[][3], float bun[][3], int Ws_N);
float prod[MAX][3];
float discharge[MAX][3];

main1()
{
    int i, j;
    float result1[MAX][3], result2[MAX][3], result3[MAX][3];
    float people[MAX], diratio[MAX], peop_rat[MAX], invest_p[MAX];
    float cit_r[MAX], agr_r[MAX];
    float osucwon[3], osuawon[3], bun_won[3], wrmf[3], lrmf[3];
    float Ws_A;
    int Ws_N;
    FILE *dat_pepl;

    for (i = 0; i < 3; i++)
        wrmf[i] = lrmf[i] = osucwon[i] = osuawon[i] = bun_won[i] = 0;

    if ((dat_pepl = fopen("dat_pepl.in", "r")) == NULL) {
        printf("Don't open dat_pepl.in\n");
        exit(1);
    }
}
```

```

fscanf(dat_pepl, "%f %d\n", &Ws_A, &Ws_N);

for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &people[i]);
for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &cit_r[i]);
for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &agr_r[i]);
for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &diratio[i]);
for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &peop_rat[i]);
for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &invest_p[i]);

for (i = 0; i < 3; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &osucwon[i]);
for (i = 0; i < 3; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &osuawon[i]);
for (i = 0; i < 3; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &bun_won[i]);
for (i = 0; i < 3; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &wrmf[i]);
for (i = 0; i < 3; i++)
    fscanf(dat_pepl, "%f", &lrmf[i]);

fclose(dat_pepl);

for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    for (j = 0; j < 3; j++)
        result1[i][j] = result2[i][j] = result3[i][j] = 0;

calc_dir(people, cit_r, agr_r, diratio, osucwon, osuawon, result1, Ws_N);
calc_sewage(people, cit_r, agr_r, osucwon, osuawon, diratio, wrmf, result2, Ws_N);
calc_bunyo(people, bun_won, peop_rat, invest_p, lrmf, result3, Ws_N);
prt_prod(people, cit_r, agr_r, osucwon, osuawon, bun_won, Ws_N);
printresult(result1, result2, result3, Ws_N);
printf("population\n");
return 0;
}

void calc_dir(float dp[MAX], float dc[MAX], float da[MAX], float dr[MAX], float
dwc[3], float dwa[3], float result1[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float comc[MAX][3], coma[MAX][3];

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)

```

```

        for (j = 0; j < 3; j++) {
            comc[i][j] = (dp[i] * dc[i]/100.0 * dr[i]/100.0 * dwc[j]/1000);
            coma[i][j] = (dp[i] * da[i]/100.0 * dr[i]/100.0 * dwa[j]/1000);
            result1[i][j] = (comc[i][j] + coma[i][j]);
        }
    }

```

```

void calc_sewage(float sp[MAX], float sc[MAX], float sa[MAX], float swc[3], float
swa[3], float sr[MAX], float wrm[3], float result2[][3], int Ws_N)

```

```

{
    int i, j;
    float calc[MAX][3], cala[MAX][3];

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++) {
            calc[i][j] = (sp[i] * sc[i]/100.0 * swc[j] * (1-(wrm[j]/100.0)) *
(1-(sr[i]/100.0))/1000.0);
            cala[i][j] = (sp[i] * sa[i]/100.0 * swa[j] * (1-(wrm[j]/100.0)) *
(1-(sr[i]/100.0))/1000.0);
            result2[i][j] = (calc[i][j] + cala[i][j]);
        }
}

```

```

void calc_bunyo(float bp[MAX], float bw[3], float br[MAX], float inv_p[MAX], float
lrm[3], float result3[][3], int Ws_N)

```

```

{
    int i, j;
    float bun_disch[MAX][3];
    float comp1[MAX][3], comp2[MAX][3], comp3[MAX][3];

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            bun_disch[i][j] = (bp[i] * bw[j]/1000.0);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            comp1[i][j] = (bun_disch[i][j] * br[i]/100.0);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            comp2[i][j] = (bun_disch[i][j] * inv_p[i]/100.0 * (1 - (lrm[j]/100.0)));

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            comp3[i][j] = ((bun_disch[i][j] - comp1[i][j] - comp2[i][j]) * 0.1 * 0.8);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)

```



```

        result3[i][j] = (comp1[i][j] + comp2[i][j] + comp3[i][j]);
    }

#define TA tab_peop

void prt_prod(float pp[MAX], float pc[MAX], float pa[MAX], float pwc[3], float pwa[3],
float pwb[3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float prod_osu[MAX][3], prod_bun[MAX][3], sump[3];
    FILE *tab_peop;

    sump[0] = sump[1] = sump[2] = 0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++) {
            prod_osu[i][j] = (pp[i] * (pc[i]/100.0 * pwc[j] + pa[i]/100.0 *
pwa[j])/1000.0);
            prod_bun[i][j] = (pp[i] * pwb[j]/1000.0);
            prod[i][j] = (prod_osu[i][j] + prod_bun[i][j]);
        }
    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "wt")) == NULL) {
        printf("Cannot open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }
    fprintf(TA, "Pollutant mass produced from population\n");
    fprintf(TA,
"=====\\n");
    fprintf(TA, "| Water shed | CLASS | BOD | T-N | T-P |\\n");
    fprintf(TA,
"=====\\n");
    for (i=0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(TA, "| WS%2d | ", i + 1);
        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(TA, " %7.3f ", prod[i][j]);
        fprintf(TA, "\\n");
        for (j=0; j < 3; j++)
            sump[j] += prod[i][j];
    }
    fprintf(TA,
"-----\\n");
    fprintf(TA, "| SUM | | %7.3f | %7.3f | %7.3f |\\n", sump[0],
sump[1], sump[2]);
    fprintf(TA,
"=====\\n");
    fclose(TA);
}

void printresult(float dir[][3], float sew[][3], float bun[][3], int Ws_N)

```

```

{
    int i, j;
    float sum[3];
    FILE *tab_peop;

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a")) == NULL) {
        printf("Don't open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }
    for (i = 0; i < 3; i++)
        sum[i] = 0;
    fprintf(TA, "Pollutant mass discharged from population\n");
    fprintf(tab_peop,
"=====
\n");
    fprintf(tab_peop, "| Water shed | CLASS | BOD | T-N | T-P
\n");
    fprintf(tab_peop,
"=====
\n");

    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "| WS%2d | ", i + 1);
        for (j = 0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", discharge[i][j] = (dir[i][j] +
sew[i][j] + bun[i][j]));
        fprintf(tab_peop, "\n");
        for (j = 0; j < 3; j++)
            sum[j] += discharge[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"-----
\n");
    fprintf(tab_peop, "| SUM | | %7.3f| %7.3f| %7.3f\n",
sum[0], sum[1], sum[2]);
    fprintf(tab_peop,
"=====
\n");
    fprintf(tab_peop, "\n");

    fclose(tab_peop);
}

```

// This is the program of Population //

```
#include <stdio.h>
```

```
#include "D:\TURBOC\pyj2\asd.h"
```

```
#define MAX 30
```

```
void calc_dir(float dp[MAX], float dc[MAX], float da[MAX], float dr[MAX], float
dwc[3], float dwa[3], float result1[][3], int Ws_N);
```

```
void calc_sewage(float sp[MAX], float sc[MAX], float sa[MAX], float swc[3], float
swa[3], float sr[MAX], float wrm[3], float result2[][3], int Ws_N);
```

```
void calc_bunyo(float bp[MAX], float bw[3], float br[MAX], float inv_p[MAX], float
```

```

lrm[3], float result3[][3], int Ws_N);
void prt_prod(float pp[MAX], float pc[MAX], float pa[MAX], float pwc[3], float pwa[3],
float pwb[3], int Ws_N);
void printresult(float dir[][3], float sew[][3], float bun[][3], int Ws_N);
float prod[MAX][3];
float discharge[MAX][3];

main()
{
    int i, j;
    float result1[MAX][3], result2[MAX][3], result3[MAX][3];
    float people[MAX], diratio[MAX], peop_rat[MAX], invest_p[MAX];
    float cit_r[MAX], agr_r[MAX];
    float osucwon[3], osuawon[3], bun_won[3], wrmf[3], lrmf[3];
    float Ws_A;
    int Ws_N;
    FILE *dat_pepl;

    for (i = 0; i < 3; i++)
        wrmf[i] = lrmf[i] = osucwon[i] = osuawon[i] = bun_won[i] = 0;

    if ((dat_pepl = fopen("dat_pepl.in", "r")) == NULL) {
        printf("Don't open dat_pepl.in\n");
        exit(1);
    }

    fscanf(dat_pepl, "%f %d\n", &Ws_A, &Ws_N);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &people[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &cit_r[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &agr_r[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &diratio[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &peop_rat[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &invest_p[i]);

    for (i = 0; i < 3; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &osucwon[i]);
    for (i = 0; i < 3; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &osuawon[i]);
    for (i = 0; i < 3; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &bun_won[i]);
    for (i = 0; i < 3; i++)

```

```

        fscanf(dat_pepl, "%f", &wrmf[i]);
for (i = 0; i < 3; i++)
        fscanf(dat_pepl, "%f", &lrmf[i]);

fclose(dat_pepl);

for (i = 0; i < Ws_N; i++)
    for (j = 0; j < 3; j++)
        result1[i][j] = result2[i][j] = result3[i][j] = 0;

calc_dir(people, cit_r, agr_r, diratio, osucwon, osuawon, result1, Ws_N);
calc_sewage(people, cit_r, agr_r, osucwon, osuawon, diratio, wrmf, result2, Ws_N);
calc_bunyo(people, bun_won, peop_rat, invest_p, lrmf, result3, Ws_N);
prt_prod(people, cit_r, agr_r, osucwon, osuawon, bun_won, Ws_N);
printresult(result1, result2, result3, Ws_N);
printf("population\n");
return 0;
}

void calc_dir(float dp[MAX], float dc[MAX], float da[MAX], float dr[MAX], float
dwc[3], float dwa[3], float result1[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float comc[MAX][3], coma[MAX][3];

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++) {
            comc[i][j] = (dp[i] * dc[i]/100.0 * dr[i]/100.0 * dwc[j]/1000);
            coma[i][j] = (dp[i] * da[i]/100.0 * dr[i]/100.0 * dwa[j]/1000);
            result1[i][j] = (comc[i][j] + coma[i][j]);
        }
}

void calc_sewage(float sp[MAX], float sc[MAX], float sa[MAX], float swc[3], float
swa[3], float sr[MAX], float wrm[3], float result2[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float calc[MAX][3], cala[MAX][3];

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++) {
            calc[i][j] = (sp[i] * sc[i]/100.0 * swc[j] * (1-(wrm[j]/100.0)) *
(1-(sr[i]/100.0))/1000.0);
            cala[i][j] = (sp[i] * sa[i]/100.0 * swa[j] * (1-(wrm[j]/100.0)) *
(1-(sr[i]/100.0))/1000.0);
            result2[i][j] = (calc[i][j] + cala[i][j]);
        }
}

```

```

void calc_bunyo(float bp[MAX], float bw[3], float br[MAX], float inv_p[MAX], float
lrm[3], float result3[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float bun_disch[MAX][3];
    float comp1[MAX][3], comp2[MAX][3], comp3[MAX][3];

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            bun_disch[i][j] = (bp[i] * bw[j]/1000.0);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            comp1[i][j] = (bun_disch[i][j] * br[i]/100.0);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            comp2[i][j] = (bun_disch[i][j] * inv_p[i]/100.0 * (1 - (lrm[j]/100.0)));

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            comp3[i][j] = ((bun_disch[i][j] - comp1[i][j] - comp2[i][j]) * 0.1 * 0.8);

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++)
            result3[i][j] = (comp1[i][j] + comp2[i][j] + comp3[i][j]);
}

```

```
#define TA tab_peop
```

```

void prt_prod(float pp[MAX], float pc[MAX], float pa[MAX], float pwc[3], float pwa[3],
float pwb[3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float prod_osu[MAX][3], prod_bun[MAX][3], sump[3];
    FILE *tab_peop;

    sump[0] = sump[1] = sump[2] = 0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++) {
            prod_osu[i][j] = (pp[i] * (pc[i]/100.0 * pwc[j] + pa[i]/100.0 *
pwa[j])/1000.0);
            prod_bun[i][j] = (pp[i] * pwb[j]/1000.0);
            prod[i][j] = (prod_osu[i][j] + prod_bun[i][j]);
        }
    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "wt")) == NULL) {
        printf("Cannot open tab_peop.out\n");
    }
}

```

```

        exit(1);
    }
    fprintf(TA, "Pollutant mass produced from population\n");
    fprintf(TA,
"=====\\n");
    fprintf(TA, "| Water shed | CLASS | BOD | T-N | T-P |\\n");
    fprintf(TA,
"=====\\n");
    for (i=0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(TA, " | WS%2d | |", i + 1);
        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(TA, " %7.3f ", prod[i][j]);
        fprintf(TA, "\\n");
        for (j=0; j < 3; j++)
            sump[j] += prod[i][j];
    }
    fprintf(TA,
"-----\\n");
    fprintf(TA, " | SUM | | %7.3f | %7.3f | %7.3f |\\n", sump[0],
sump[1], sump[2]);
    fprintf(TA,
"=====\\n");
    fclose(TA);
}

```

```

void printresult(float dir[][3], float sew[][3], float bun[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float sum[3];
    FILE *tab_peop;

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a")) == NULL) {
        printf("Don't open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }
    for (i = 0; i < 3; i++)
        sum[i] = 0;
    fprintf(TA, "Pollutant mass discharged from population\n");
    fprintf(tab_peop,
"=====\\n");
    fprintf(tab_peop, "| Water shed | CLASS | BOD | T-N | T-P
|\\n");
    fprintf(tab_peop,
"=====\\n");

    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, " | WS%2d | |", i + 1);
        for (j = 0; j < 3; j++)

```

```

        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", discharge[i][j] = (dir[i][j] +
sew[i][j] + bun[i][j]));
        fprintf(tab_peop, "\n");
        for (j = 0; j < 3; j++)
            sum[j] += discharge[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"-----\n");
        fprintf(tab_peop, "|      SUM      |      | %7.3f| %7.3f| %7.3f\n",
sum[0], sum[1], sum[2]);
        fprintf(tab_peop,
"===== \n");
        fprintf(tab_peop, "\n");

        fclose(tab_peop);
}

```

```
// This is the program of livestock //
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include "D:\TURBOC\pyj2\asd.h"
```

```
#define MAX 30
```

```
void calc_ch(float ce[MAX], float cec[3], float result21[][3], int Ws_N);
```

```
void calc_re(float m[][MAX], float rbw[][3], float rrf[MAX], float result22[][3], int
Ws_N);
```

```
void calc_typ(float tn[][MAX], float tr[][4][MAX], float tdw[][3][3], float tnw[][3], float
result23[][3], int Ws_N);
```

```
void prtlp(float ppn[][MAX], float ppnw[][3], float ppbw[][3], int Ws_N);
```

```
void prtld(float d21[][3], float d22[][3], float d23[][3], int Ws_N);
```

```
float dscg[MAX][3];
```

```
float prodl[MAX][3];
```

```
main2()
```

```
{
```

```
    int i, j, k;
```

```
    int wsn;
```

```
    float livn[7][MAX], livr[7][4][MAX], livnw[7][3], livbw[7][3];
```

```
    float Ws_A, livdw[7][3][3], effl[MAX], effconc[3], refarm[MAX];
```

```
    float result21[MAX][3], result22[MAX][3], result23[MAX][3];
```

```
    FILE *dat_liv;
```

```
    if ((dat_liv = fopen("liv.in", "r")) == NULL) {
```

```
        printf("Cannot open liv.in\n");
```

```
        exit(1);
```

```
    }
```

```
    wsn = 0;
```

```

fscanf(dat_liv, "%f %d", &Ws_A, &wsn);
printf("%d\n", wsn);
/* getch(); */
for (i=0; i < 7; i++)
    for (j=0; j < wsn; j++) {
        fscanf(dat_liv, "%f", &livn[i][j]);
        /* printf("[%d][%d]=%f ", i, j, livn[i][j]); */
    }

for (i=0; i < 7; i++)
    for (j=0; j < 4; j++)
        for (k=0; k < wsn; k++) {
            fscanf(dat_liv, "%f", &livr[i][j][k]);
            /* printf("[%d][%d][%d]=%f ", i,j,k,livr[i][j][k]); */
        }
/* getch(); */
for (i=0; i < 7; i++) {
    fscanf(dat_liv, "%f %f %f", &livnw[i][0], &livnw[i][1], &livnw[i][2]);
    fscanf(dat_liv, "%f %f %f", &livbw[i][0], &livbw[i][1], &livbw[i][2]);
    /* printf("[%d][]=%f %f %f", i, livnw[i][0], livnw[i][1], livnw[i][2]);
    printf("[%d][]=%f %f %f", i, livbw[i][0], livbw[i][1], livbw[i][2]); */
}
/* getch(); */
for (i=0; i < 7; i++)
    for (j=0; j < 3; j++) {
        fscanf(dat_liv, "%f %f %f", &livdw[i][j][0], &livdw[i][j][1],
&livdw[i][j][2]);
        /* printf("[%d][%d][]=%f %f %f", i, j, livdw[i][j][0],
livdw[i][j][1], livdw[i][j][2]); */
    }

for (i=0; i < wsn; i++) {
    fscanf(dat_liv, "%f", &effl[i]);
    /* printf("[%d]=%f", i, effl[i]); */
}
fscanf(dat_liv, "%f %f %f", &effconc[0], &effconc[1], &effconc[2]);
/* printf("[][]={%f %f %f", effconc[0], effconc[1], effconc[2]); */
for (i=0; i < wsn; i++) {
    fscanf(dat_liv, "%f", &refarm[i]);
    /* printf("rf[%d]=%f", i, refarm[i]); */
}
fclose(dat_liv);

for (i=0; i < wsn; i++)
    for (j=0; j < 3; j++)
        result22[i][j] = 0;

calc_ch(effl, effconc, result21, wsn);

```



```

    calc_re(livn, livbw, reform, result22, wsn);
    calc_typ(livn, livr, livdw, livnw, result23, wsn);
    prtlp(livn, livnw, livbw, wsn);
    prtld(result21, result22, result23, wsn);
    printf("land\n");
}

void calc_ch(float ce[MAX], float cec[3], float result21[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;

    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            result21[i][j] = ce[i] * cec[j]/1000.0;
    printf("calc_ch\n");
}

void calc_re(float m[][MAX], float rbw[][3], float rrf[MAX], float result22[][3], int
Ws_N)
{
    int i, j, k;

    i=j=k=0;

    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            for (k=0; k < 7; k++)
                result22[i][j] += (m[k][i] * rbw[k][j] *
rrf[i]*(0.1*0.8/100.0)/1000.0);
}

void calc_typ(float tn[][MAX], float tr[][4][MAX], float tdw[][3][3], float tnw[][3], float
result23[][3], int Ws_N)
{
    int i, j, k, l;

    i = j = k = l = 0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            result23[i][j] = 0;

    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            for (k=0; k < 7; k++) {
                for (l=0; l < 3; l++)
                    result23[i][j] += (tn[k][i] * tr[k][l][i]/100.0 *
(tdw[k][l][j])/1000.0);
                result23[i][j] += (tn[k][i] * tr[k][4][i]/100.0 *

```

```

(tnw[k][j])/1000.0);
    }
}

void prt1p(float ppn[][MAX], float ppnw[][3], float ppbw[][3], int Ws_N)
{
    int i, j, k;
    float total[3];
    FILE *tab_peop;

    i = j = k = 0;
    total[0] = total[1] = total[2] = 0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            prodl[i][j] = 0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            for (k=0; k < 7; k++)
                prodl[i][j] += (ppn[k][i] * (ppnw[k][j] + ppbw[k][j])/1000.0);

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a")) == NULL) {
        printf("Error: cannot open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }

    fprintf(tab_peop, "\nPollutant mass produced from livestock. (unit:
kg/day)\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "| Water shed | QUAL | BOD | T-N | T-P
\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i=0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "| WS%2d | ", i+1);
        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, "%7.3f ", prodl[i][j]);
        fprintf(tab_peop, "\n");
        for (j=0; j < 3; j++)
            total[j] += prodl[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"----- \n");
    fprintf(tab_peop, "| SUM | |%7.3f |%7.3f |%7.3f | \n",
total[0], total[1], total[2]);
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
}

```

```

        fclose(tab_peop);
    }

void prtld(float d21[][3], float d22[][3], float d23[][3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    float sum[3];
    FILE *tab_peop;
    sum[0] = sum[1] = sum[2] = 0;

    tab_peop = fopen("tab.out", "a");
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            dscg[i][j] = 0;

    fprintf(tab_peop, "\npollutant mass discharged from livestock.      (unit:
kg/day\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "|  Water shed  |          |  BOD  |  T-N  |  T-P
\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i=0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "|      WS%2d      |          |", i+1);
        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, "%7.3f  ", (dscg[i][j] = (d21[i][j] + d22[i][j] + d23[i][j])));
        fprintf(tab_peop, "\n");
        for (j=0; j < 3; j++)
            sum[j] += dscg[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"----- \n");
    fprintf(tab_peop, "|      SUM      |          |%7.3f  |%7.3f  |%7.3f  | \n",
sum[0], sum[1], sum[2]);
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    fclose(tab_peop);
    printf("live end!\n");
}
// This is the program of industries //
#include <stdio.h>
#include "D:\TURBOC\pyj2\asd.h"
#define MAX 30

```

```

void calc_ind_p(float pol[][30],float prw[][3], int Ws_N);
void calc_ind_d( float dol[][30],float dsw[][3], int Ws_N);
void prt_ind(int Ws_N);
float prdm[MAX][3];
float dism[MAX][3];

main4()
{
    int i, j, Ws_N;
    float Ws_A, outlet[4][MAX], prw[4][3], dsw[4][3];
    FILE *dat_ind;

    if ((dat_ind = fopen("dat_ind.in", "r")) == NULL) {
        printf("Cannot open dat_ind.in\n");
        exit(1);
    }

    fscanf(dat_ind, "%f %d\n", &Ws_A, &Ws_N);

    for (i=0; i<4; i++)
        for (j=0; j < Ws_N; j++)
            fscanf(dat_ind, "%f", &outlet[i][j]);

    for (i=0; i < 4; i++)
        fscanf(dat_ind, "%f %f %f", &prw[i][0], &prw[i][1], &prw[i][2]);
    for (i=0; i < 4; i++)
        fscanf(dat_ind, "%f %f %f", &dsw[i][0], &dsw[i][1], &dsw[i][2]);
    fclose(dat_ind);
    /*printf("prw[0][0] = %f dsw[0][0] = %f\n", prw[0][0], dsw[0][0]);*/
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            prdm[i][j] = dism[i][j] = 0;

    calc_ind_p(outlet,prw, Ws_N);
    calc_ind_d(outlet,dsw, Ws_N);
    prt_ind(Ws_N);
    /*printf("industry\n"); */
}

void calc_ind_p(float pol[][30],float prw[][3], int Ws_N)
{
    int i, j, k;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            prdm[i][j] = 0;
    i = j = k = 0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)

```

```

        for (j=0; j < 3; j++)
            for (k=0; k < 4; k++)
                prdm[i][j] += (pol[k][i] * prw[k][j]/1000.0);
    }

void calc_ind_d(float dol[][30],float dsw[][3], int Ws_N)
{
    int i, j, k;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            dism[i][j] = 0;
    i=j=k=0;
    for (i=0; i < Ws_N; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            for (k=0; k < 4; k++)
                dism[i][j] += (dol[k][i] * dsw[k][j]/1000.0);
    /*printf("calc_ind_d  dism[2][0] = %f\n", dism[2][0]);*/
}

void prt_ind(int Ws_N)
{
    int i, j;
    float sump[3], sumd[3];
    FILE *tab_peop;

    for (i=0; i < 3; i++)
        sump[i] = sumd[i] = 0;

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a")) == NULL) {
        printf("Error: cannot open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }

    fprintf(tab_peop, "\nPollutant mass produced from industry.      (unit:
kg/day)\n");
    fprintf(tab_peop,
"=====
\n");
    fprintf(tab_peop, "|  Water shed  |  QUAL  |  BOD  |  T-N  |  T-P
\n");
    fprintf(tab_peop,
"=====
\n");

    for (i=0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "|  WS%2d  |  ", i+1);
        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, "%7.3f  ", prdm[i][j]);
        fprintf(tab_peop, "\n");
        for (j=0; j < 3; j++)

```

```

        sump[j] += prdm[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"-----\n");
    fprintf(tab_peop, "|      SUM      |          |%7.3f  |%7.3f  |%7.3f  |\n",
sump[0], sump[1], sump[2]);
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    fprintf(tab_peop, "\npollutant mass discharged from industry. (unit:
kg/day\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "| Water shed |          | BOD  | T-N  | T-P
|\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i=0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "|      WS%2d      |          |", i+1);
        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, "%7.3f  ", dism[i][j]);
        fprintf(tab_peop, "\n");
        for (j=0; j < 3; j++)
            sumd[i][j] += dism[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"-----\n");
    fprintf(tab_peop, "|      SUM      |          |%7.3f  |%7.3f  |%7.3f  |\n",
sumd[0], sumd[1], sumd[2]);
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    fclose(tab_peop);
    printf("industry o.k!!\n");
}

// This is the program of land //
#include <stdio.h>
#include "D:\TURBOC\pyj2\asd.h"
#define MAX 30

void calc_land(float la[30], float lr[][30], float lw[][3], float Ws_A, int Ws_N);
void prt_land(int Ws_N);

float produ[MAX][3];

main3()

```

```

{
    int i, j, Ws_N;
    float Ws_A, wsar[MAX], arlu[5][MAX], luw[5][3];
    FILE *dat_land;

    if ((dat_land = fopen("dat_land.in", "r")) == NULL) {
        printf("Cannot open dat_land.in\n");
        exit(1);
    }

    fscanf(dat_land, "%f %d\n", &Ws_A, &Ws_N);
    for (i=0; i < Ws_N; ++i)
        fscanf(dat_land, "%f", &wsar[i]);
    for (i=0; i < 5; ++i)
        for (j=0; j < Ws_N; ++j)
            fscanf(dat_land, "%f", &arlu[i][j]);
    for (i=0; i < 5; ++i)
        fscanf(dat_land, "%f %f %f", &luw[i][0], &luw[i][1], &luw[i][2]);
    fclose(dat_land);

    calc_land(wsar, arlu, luw, Ws_A, Ws_N);
    prt_land(Ws_N);
}

void calc_land(float la[30], float lr[][30], float lw[][3], float Ws_A, int Ws_N)
{
    int i, j, k;

    for (i=0; i < Ws_N; ++i)
        for (j=0; j < 3; ++j)
            prodlu[i][j] = 0;

    for (i=0; i < Ws_N; ++i)
        for (j=0; j < 3; ++j)
            for (k=0; k < 5; ++k)
                prodlu[i][j] += (Ws_A * la[i]/100.0 * lr[k][i]/100.0 *
lw[k][j]);
}

void prt_land(int Ws_N)
{
    int i, j;
    float suml[3];
    FILE *tab_peop;

    suml[0] = suml[1] = suml[2] = 0;

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a")) == NULL) {

```

```

        printf("Error: cannot open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }

    fprintf(tab_peop, "\nPollutant mass produced from land.          (unit:
kg/day)\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "|  Water shed  |  QUAL  |  BOD  |  T-N  |  T-P
\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i=0; i < Ws_N; ++i) {
        fprintf(tab_peop, "|  WS%2d  |  ", i+1);
            for (j=0; j < 3; ++j)
                fprintf(tab_peop, "%7.3f  ", prodlu[i][j]);
        fprintf(tab_peop, "\n");
            for (j=0; j < 3; ++j)
                suml[j] += prodlu[i][j];
    }
    fprintf(tab_peop,
"----- \n");
    fprintf(tab_peop, "|  SUM  |  |%7.3f  |%7.3f  |%7.3f  | \n",
suml[0], suml[1], suml[2]);
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    fprintf(tab_peop, "\npollutant mass discharged from land.      (unit:
kg/day\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "|  Water shed  |  |  BOD  |  T-N  |  T-P
\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i=0; i < Ws_N; ++i) {
        fprintf(tab_peop, "|  WS%2d  |  ", i+1);
            for (j=0; j < 3; ++j)
                fprintf(tab_peop, "%7.3f  ", prodlu[i][j]);
        fprintf(tab_peop, "\n");
    }
    fprintf(tab_peop,
"----- \n");
    fprintf(tab_peop, "|  SUM  |  |%7.3f  |%7.3f  |%7.3f  | \n",
suml[0], suml[1], suml[2]);
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

```



```

        fclose(tab_peop);
        printf("land o.k!!\n");
    }
// This is the program of print //
#include <stdio.h>
#include "D:\TURBOC\pyj2\asd.h"
#define MAX 30

void prt_rat(float sumd[][3], float sdsc[][3], float totald[3], int Ws_N);
void prt_fdc(float sumd[][3]);

main5()
{
    int i, j, t, Ws_N;
    float sump[MAX][3], sumd[MAX][3], spop[4][3], sdsc[4][3];
    float Ws_A, totalp[3], totald[3];
    FILE *dat_ind, *tab_peop;

    for (i=0; i < 3; i++)
        totalp[i] = totald[i] = 0;

    if ((dat_ind = fopen("dat_ind.in","r"))== NULL) {
        printf("Don't open dat_ind.in\n");
        exit(1);
    }

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a"))== NULL){
        printf("Don't open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }

    fscanf(dat_ind, "%f %d\n", &Ws_A, &Ws_N);
    fclose(dat_ind);

    for (i=0; i < 4; i++)
        for (j=0; j < 3; j++)
            spop[i][j] = sdsc[i][j] = 0;

    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        for (j = 0; j < 3; j++) {
            t = 0;
            spop[0][j] += prod[i][j];
            spop[1][j] += prodl[i][j];
            spop[2][j] += prodlu[i][j];
            spop[3][j] += prdm[i][j];
        }
}

```

```

        sdsc[0][j] += discharge[i][j];
        sdsc[1][j] += dscg[i][j];
        sdsc[2][j] += prodlu[i][j];
        sdsc[3][j] += dism[i][j];
        t = 0;
    }

    fprintf(tab_peop, "\n Pollutant mass produced for each subwatershed
(unit:kg/day)\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "| Watershed | QUAL | BOD | T - N | T
- P | \n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "| WS%2d | pop |", i+1);

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", prod[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " | liv |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", prodl[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " | land |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", prodlu[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " | industry |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", prdm[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " | sum |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", sump[i][j] = prod[i][j] +
prodl[i][j] + prodlu[i][j] + prdm[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " | "
|\n----- \n");

        for (j=0; j < 3; j++)
            totalp[j] += sump[i][j];
    }

    fprintf(tab_peop, "| sum | pop |"); /* sogae */
    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", spop[0][j]);

```

```

        fprintf(tab_peop, " \n|          | liv |");

for (j=0; j < 3; j++)
    fprintf(tab_peop, " %7.3f ", spop[1][j]);
    fprintf(tab_peop, " \n|          | land |");

for (j=0; j < 3; j++)
    fprintf(tab_peop, " %7.3f ", spop[2][j]);
    fprintf(tab_peop, " \n|          | industry |");

for (j=0; j < 3; j++)
    fprintf(tab_peop, " %7.3f ", spop[3][j]);
    fprintf(tab_peop,
\n-----\n");

        fprintf(tab_peop, "|          total          |");
        for (i=0; i < 3; i++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", totalp[i]);
            fprintf(tab_peop,
\n-----\n");

        fprintf(tab_peop, "\nPollutant mass discharged for each subwatershed
(unit:kg/day)\n");
        fprintf(tab_peop,
"===== \n");
        fprintf(tab_peop, "| Watershed | QUAL | BOD | T - N | T
- P | \n");
        fprintf(tab_peop,
"===== \n");

for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
    fprintf(tab_peop, "| WS%2d | pop |", i+1);

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", discharge[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|          | liv |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", dscg[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|          | land |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", prodlu[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|          | industry |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", dism[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|          | sum |");
}

```

```

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (sumd[i][j] = (discharge[i][j] +
dscg[i][j] + prodlu[i][j] + dism[i][j])));
            fprintf(tab_peop,
\n-----\n");

        for (j=0; j < 3; j++)
            totald[j] += sumd[i][j];
    }

    fprintf(tab_peop, "|      sum      |      pop      |"); /* sogae */
    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", sdsc[0][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|              |      liv      |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", sdsc[1][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|              |      land     |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", sdsc[2][j]);
        fprintf(tab_peop, " \n|              | industry |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", sdsc[3][j]);
        fprintf(tab_peop,
\n-----\n");

    fprintf(tab_peop, "|              total              |");
    for (i=0; i < 3; i++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", totald[i]);
        fprintf(tab_peop,
\n-----\n");

    fclose(tab_peop); /* close output file */

    prt_rat(sumd, sdsc, totald, Ws_N);
    prt_fdc(sumd);
    printf("Good-bye!?\n");
}

void prt_rat(float sumd[][3], float sdsc[][3], float totald[3], int Ws_N)
{
    int i, j;
    FILE *tab_peop;

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a"))== NULL){

```

```

        printf("Don't open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }

    fprintf(tab_peop, " \n contribution ratio from pollutant mass discharged(%)
\n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");
    fprintf(tab_peop, "| Watershed | QUAL | BOD | T - N | T
- P | \n");
    fprintf(tab_peop,
"===== \n");

    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "| WS%2d | pop |", i+1);

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ",(discharge[i][j]/ sumd[i][j] *
100.0));

        fprintf(tab_peop, " \n| | liv |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (dscg[i][j]/ sumd[i][j] * 100.0));
        fprintf(tab_peop, " \n| | land |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (prodlu[i][j]/ sumd[i][j] *
100.0));

        fprintf(tab_peop, " \n| | industry |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (dism[i][j]/ sumd[i][j] * 100.0));
        fprintf(tab_peop, " \n| | industry |");

    }

    fprintf(tab_peop, "===== \n");

    fprintf(tab_peop, "| total | pop |"); /* sogae */
    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (sdsc[0][j]/totald[j] * 100.0));
    fprintf(tab_peop, " \n| | liv |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (sdsc[1][j]/totald[j] * 100.0));
    fprintf(tab_peop, " \n| | land |");

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (sdsc[2][j]/totald[j] * 100.0));
    fprintf(tab_peop, " \n| | industry |");

```

```

    for (j=0; j < 3; j++)
        fprintf(tab_peop, " %7.3f ", (sdsc[3][j]/totald[j] * 100.0));
        fprintf(tab_peop,
\n-----\n");

    fclose(tab_peop);
    printf("prtsum\n");
}

void prt_fdc(float sumd[][3])
{
    int i, j, Ws_N;
    float fdc[MAX][3], ror[MAX][3];
    float sar[MAX], sp[MAX], spr[MAX], sq[MAX];
    float Ws_A, kb[4], kn[4], kp[4], temp[MAX];
    FILE *dat_fdc, *tab_peop;

    if ((dat_fdc = fopen("dat_fdc.in","r"))== NULL) {
        printf("Don't open dat_fdc.in\n");
        exit(1);
    }

    if ((tab_peop = fopen("tab.out", "a"))== NULL){
        printf("Don't open tab_peop.out\n");
        exit(1);
    }

    fscanf(dat_fdc, "%f %d\n", &Ws_A, &Ws_N);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &sar[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &sp[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &spr[i]);
    for (i = 0; i < Ws_N; i++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &sq[i]);
    for (j=0; j < 4; j++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &kb[j]);
    for (j=0; j < 4; j++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &kn[j]);
    for (j=0; j < 4; j++)
        fscanf(dat_fdc, "%f", &kp[j]);

    fclose(dat_fdc);
    /* fdc ; flow down concentration */
    /* calculate fdc */
    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        temp[i] = 0;

```

```

        ror[i][0] = (kb[0]*Ws_A*sar[i]/100.0+kb[1]*sp[i]+kb[2]*spr[i]+kb[3]);
        ror[i][1] = (kn[0]*Ws_A*sar[i]/100.0+kn[1]*sp[i]+kn[2]*spr[i]+kn[3]);
        ror[i][2] = (kp[0]*Ws_A*sar[i]/100.0+kp[1]*sp[i]+kp[2]*spr[i]+kp[3]);
    }
    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        temp[i] = (sq[i] * 100.0);
        if (temp[i] > 0.000) {
            fdc[i][0] = ((ror[i][0]/100.0*sumd[i][0])/(sq[i]*86.4));
            fdc[i][1] = ((ror[i][1]/100.0*sumd[i][1])/(sq[i]*86.4));
            fdc[i][2] = ((ror[i][2]/100.0*sumd[i][2])/(sq[i]*86.4));
        }
        else
            fdc[i][0] = fdc[i][1] = fdc[i][2] = 0;
    }

    fprintf(tab_peop, "          Flow          down          concentration
(unit:mg/liter)\n");
    fprintf(tab_peop,
"-----\n");
    fprintf(tab_peop, "| Watershed | QUAL | BOD | T - N | T
- P |\n");
    fprintf(tab_peop,
"-----\n");

    for (i = 0; i < Ws_N; i++) {
        fprintf(tab_peop, "| WS%2d | run off |", i+1);

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", ror[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " |\n|          | concent |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", fdc[i][j]);
        fprintf(tab_peop, " |\n|          | flow |");

        for (j=0; j < 3; j++)
            fprintf(tab_peop, " %7.3f ", sq[i]);
        fprintf(tab_peop, " |
\n-----\n");
    }

    fclose(tab_peop);
}

```

부록 B-2

유역 오염부하모형의 입력자료

1. 생활계부하 계산 입력자료

- people.dat -

80 13
2300 166 853 1273 420 1042 420 491 246 768 921 923 461
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
72 60 20 10 5 17 30 5 20 10 13 10 15
5 0 17 3 5 5 13 0 3 0 5 4 20
23.2 2.6 0.82
11.0 1.0 0.4
18.0 9.0 1.0
0 0 0
65 7 15

2. 축산계부하 계산 입력자료

- livestock.in -

80 13
40 40 66 176 10 52 22 54 38 88 36 148 89
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
180 50 15 270 6 0 0 87 0 266 599 229 140
1820 1200 1523 3020 699 1171 753 291 126 490 353 2531 556
10000 4300 33670 12000 3005 10 900 5428 2100 84452 21508 9805 64
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 korea
0 0 0 39.8 0 0 0 83.3 0 34.1 0 20.3 0
100 100 100 60.2 100 100 100 16.7 100 65.9 100 79.7 100
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 meat
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 milk
0 0 0 24.8 0 0 0 63.2 0 36.5 42.6 32.8 0
100 100 100 75.2 100 0 0 36.8 0 63.5 57.4 67.2 100
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 47.4 0 pig
74.6 0 42.5 67.5 92.3 95.6 92.7 100 0 0 0 34.6 0
25.4 100 57.5 32.5 7.7 4.4 7.3 0 100 100 100 18.1 100

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 poultry
 0 0 95 29.2 100 0 0 71.8 0 97.6 100 81.6 0
 100 100 5 70.8 0 100 100 28.2 100 2.4 0 18.4 100
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 duck
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 etc
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 95.7 47.9 1.1 331 60.3 11.0
 95.7 47.9 1.1 576 340.0 18.2
 111.6 58.1 1.3 330 252 14.5
 31.1 12.2 0.6 141.2 18.5 12.5
 0 0 0 3.4 4.8 0.2
 0 0 0 5 12.7 1.75
 0 0 0 160 21.0 7.5
 4.95 38.3 0.88 49.5 35.9 1.08 95.7 47.9 1.1
 4.95 38.3 0.88 49.5 35.9 1.08 95.7 47.9 1.1
 6.0 46.5 1.04 60.0 43.5 1.28 111.6 58.1 1.3
 1.86 9.7 0.12 18.6 9.1 0.59 31.1 12.2 0.6
 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 0 0 0
 23 40 85 86 78 57 95 77 90 82 86 65 88

3. 산업계부하 계산 입력자료

- industry.in -

80 13

0.0 0.0 0.0 10.0 0.0 0.0 0.0 450.0 0.0 0.0 160.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 700.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 11.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 13.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 38.0 0.0 0.0 0.0 0.0 2.0 20.0 156.0 0.0 6.5 30.5 0.0 0.0
 2421 32.42 16.98
 164 37.76 17.22
 987 103.42 11.25
 288 51.99 21.46
 20. 15.86 7.34
 20. 15.86 7.34
 21.5 35.69 3.45
 20 35.74 11.47

4. 자연계부하 계산 입력자료

- landuse.in -

79.986 13
 18.2 6.45 6.35 16.38 1.87 1.93 2.76 3.24 3.59 12.15 12.3 6.43 8.35
 14 4.8 10.9 19 21.7 26.3 42.2 13.3 18.7 14.3 18.1 20.7 33
 10 7.1 7.2 9 15.2 17.9 10.4 8.2 9 12.5 7.4 8.6 12.9
 66.4 78 75.8 69 55.9 24.4 37.7 63.6 63.7 63.2 70.3 60.4 40.5
 2.2 0.4 1.5 1 3.7 13.7 1.4 5.5 1.1 1.4 1.9 1.6 1.6
 7.4 9.5 4.6 4 3.3 17.6 8.2 9.4 7.4 6.8 3.1 8.7 12.5
 5.12 8.2 1.4
 5.18 8.95 0.39
 1 4.64 0.021
 87.6 10.05 0.55
 0.96 4.64 0.027

부록 B-3 QUAL2E 모형의 입력자료

TITLE01		BOKHA-RIVER BASIN CALIBRATION RUN flow-down		
TITLE02		BOK-HA RIVER BASIN		
TITLE03	NO	CONSERVATIVE MINERAL I	IN	
TITLE04	NO	CONSERVATIVE MINERAL II	IN	
TITLE05	NO	CONSERVATIVE MINERAL III	IN	
TITLE06	NO	TEMPERATURE		
TITLE07	YES	5-DAY BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND		
TITLE08	NO	ALGAE AS CHL-A IN UG/L		
TITLE09	YES	PHOSPHORUS CYCLE AS P IN MG/L		
TITLE10		(ORGANIC-P, DISSOLVED-P)		
TITLE11	YES	NITROGEN CYCLE AS N IN MG/L		
TITLE12		(ORGANIC-N, AMMONIA-N, NITRITE-N, NITRATE-N)		
TITLE13	YES	DISSOLVED OXYGEN IN MG/L		
TITLE14	NO	FECAL COLIFORMS IN NO./100 ML		
TITLE15	NO	ARBITRARY NON-CONSERVATIVE		
ENDTITLE				
NO LIST DATA INPUT				
NO WRITE OPTIONAL SUMMARY				
NO FLOW AUGMENTATION				
STEADY STATE				
NO TRAPEZOIDAL X-SECTIONS				
NO PRINT LCD/SOLAR DATA				
NO PLOT DO AND BOD				
FIXED DNSTM COND (YES=1)=	0.0	5D-ULT BOD CONV K COEF =	0.23	
INPUT METRIC (YES=1) =	1.0	OUTPUT METRIC (YES=1) =	1.0	
NUMBER OF REACHES =	5.0	NUMBER OF JUNCTIONS =	0.0	
NUM OF HEADWATERS =	1.0	NUMBER OF POINT LOADS =	6.0	
TIME STEP (HOURS) =	0.0	LNTH COMP ELEMENT (DX)=	0.2	
MAXIMUM ITERATIONS =	30.0	TIME INC. FOR RPT2 (HRS)=	0.0	
LATITUDE OF BASIN (DEG) =	37.2	LONGITUDE OF BASIN (DEG)=	127.2	
STANDARD MERIDIAN (DEG) =	127.0	DAY OF YEAR START TIME =	141.0	
EVAP. COEFF. (AE) =	9.6E-6	EVAP. COEFF. (BE) =	3.2E-6	

ELEV. OF BASIN (ELEV) =	100.0	DUST ATTENUATION COEF. =	0.06
ENDATA1			
O UPTAKE BY NH3 OXID(MG O/MG N)=	3.43	O UPTAKE BY NO2 OXID(MG O/MG N)=	1.14
O PROD BY ALGAE (MG O/MG A) =	1.6	O UPTAKE BY ALGAE (MG O/MG A) =	2.0
N CONTENT OF ALGAE (MG N/MG A) =	0.085	P CONTENT OF ALGAE (MG P/MG A) =	0.014
ALG MAX SPEC GROWTH RATE(1/DAY)=	2.5	ALGAE RESPIRATION RATE (1/DAY) =	0.05
N HALF SATURATION CONST (MG/L) =	0.2	P HALF SATURATION CONST (MG/L)=	0.04
LIN ALG SHADE CO (1/H-UGCHA/L) =	0.005	NLIN SHADE (1/H-(UGCHA/L)**2/3)=	0.0
LIGHT FUNCTION OPTION (LFNOPT) =	1.0	LIGHT SATURATION COEF (INT/MIN)=	0.03
DAILY AVERAGING OPTION (LAVOPT)=	2.0	TOTAL DAILY SOLAR RADTN (INT) =	0.92
NUMBER OF DAYLIGHT HOURS (DLH) =	14.0	TOTAL DAILY SOLAR RADTN (INT) =	350.0
ALGY GROWTH CALC OPTION(LGROPT)=	2.0	ALGAL PREF FOR NH3-N (PREFN) =	0.9
ALG/TEMP SOLR RAD FACTOR(TFACT)=	0.44	NITRIFICATION INHIBITION COEF =	10.0
ENDATA1A			
ENDATA1B			
STREAM REACH	1. ORCH=REACH #1	FROM	8.4 TO 6.4
STREAM REACH	2. ORCH=REACH #2	FROM	6.4 TO 5.4
STREAM REACH	3. ORCH=REACH #3	FROM	5.4 TO 4.4
STREAM REACH	4. ORCH=REACH #4	FROM	4.4 TO 3.0
STREAM REACH	5. ORCH=REACH #5	FROM	3.0 TO 0.0
ENDATA2			
ENDATA3			
FLAG FIELD RCH=	1.0	10	1 6 2 2 2 2 2 6 2
FLAG FIELD RCH=	2.0	5	2 2 2 2 2
FLAG FIELD RCH=	3.0	5	2 6 2 2 2
FLAG FIELD RCH=	4.0	7	6 2 2 2 2 2 2
FLAG FIELD RCH=	5.0	15	2 2 2 6 2 2 2 6 2 2 2 2 2 2 5
ENDATA4			
HYDRAULICS RCH=	1.0	6.0	0.5338 0.7442 0.24994 0.139 0.031
HYDRAULICS RCH=	2.0	6.0	0.6127 0.7007 0.2 0.301 0.031
HYDRAULICS RCH=	3.0	6.0	0.43 0.2717 0.17 0.2762 0.031
HYDRAULICS RCH=	4.0	6.0	0.5798 0.45 0.38 0.1996 0.033
HYDRAULICS RCH=	5.0	6.0	0.38 0.5886 0.23 0.2828 0.033
ENDATA5			
TEMP/LCD RCH=	1.0	100.0	0.06 0.0 28.0 20.0 1017.0 0.0
TEMP/LCD RCH=	2.0	100.0	0.06 0.0 28.0 20.0 1017.0 0.0
TEMP/LCD RCH=	3.0	100.0	0.06 0.0 28.0 20.0 1017.0 0.0
TEMP/LCD RCH=	4.0	100.0	0.06 0.0 28.0 20.0 1017.0 0.0
TEMP/LCD RCH=	5.0	100.0	0.06 0.0 28.0 20.0 1017.0 0.0
ENDATA5A			
REACT COEF RCH=	1.0	1.2	1.0 0.0 5.0 0.0 0.0 0.0
REACT COEF RCH=	2.0	2.0	0.0 0.0 5.0 0.0 0.0 0.0
REACT COEF RCH=	3.0	2.1	3.0 1.0 5.0 0.0 0.0 0.0
REACT COEF RCH=	4.0	2.0	3.0 1.0 5.0 0.0 0.0 0.0
REACT COEF RCH=	5.0	1.8	3.0 0.2 5.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA6			
N AND P COEF RCH=	1.0	0.0	0.0 0.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0
N AND P COEF RCH=	2.0	0.0	0.0 0.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0
N AND P COEF RCH=	3.0	1.0	0.2 5.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0
N AND P COEF RCH=	4.0	1.0	0.2 5.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0
N AND P COEF RCH=	5.0	1.0	0.2 2.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA6A			
ALG/OTHER COEF RCH=	1.0	10.0	0.6 0.01 0.0 0.0 0.0 0.0
ALG/OTHER COEF RCH=	2.0	10.0	0.6 0.01 0.0 0.0 0.0 0.0
ALG/OTHER COEF RCH=	3.0	10.0	0.6 0.01 0.0 0.0 0.0 0.0
ALG/OTHER COEF RCH=	4.0	10.0	0.6 0.01 0.0 0.0 0.0 0.0
ALG/OTHER COEF RCH=	5.0	10.0	0.6 0.01 0.0 0.0 0.0 0.0

```

ENDATA6B
INITIAL COND-1 RCH= 1.0 20.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-1 RCH= 2.0 20.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-1 RCH= 3.0 20.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-1 RCH= 4.0 20.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-1 RCH= 5.0 20.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA7
INITIAL COND-2 RCH= 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-2 RCH= 2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-2 RCH= 3.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-2 RCH= 4.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INITIAL COND-2 RCH= 5.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA7A
INCR INFLOW-1 RCH= 1.0 0.0 20.0 9.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-1 RCH= 2.0 0.0 16.8 9.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-1 RCH= 3.0 0.0 20.0 9.2 2.65 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-1 RCH= 4.0 0.0 20.0 9.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-1 RCH= 5.0 0.0 20.0 9.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA8
INCR INFLOW-2 RCH= 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-2 RCH= 2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-2 RCH= 3.0 0.0 0.75 0.055 0.076 2.604 1.255 0.582
INCR INFLOW-2 RCH= 4.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
INCR INFLOW-2 RCH= 5.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA8A
ENDATA9
HEADWTR-1 HDW= 1. OPEONG-CHANG 0.401 28.0 9.2 0.755 0.0 0.0 0.0
ENDATA10
HEADWTR-2 HDW= 1.0 0.0 0.0 0.0 0.203 0.126 0.038 0.6320.20650.6535
ENDATA10A
POINTLD-1 PTL= 1. OSIK-GEUM 0.0 0.16 21.4 9.3 0.763 0.0 0.0 0.0
POINTLD-1 PTL= 2. OJAC-CHON 0.0 0.143 20.0 9.1 1.528 0.0 0.0 0.0
POINTLD-1 PTL= 3. OGWAN-RI 0.0 0.3 21.6 8.7 1.603 0.0 0.0 0.0
POINTLD-1 PTL= 4. OEFLUENT 0.0 0.003 25.0 5.0 35.0 0.0 0.0 0.0
POINTLD-1 PTL= 5. OHAE-TAE 0.0 0.027 27.5 7.1 5.189 0.0 0.0 0.0
POINTLD-1 PTL= 6. OHAE-EUL 0.0 0.193 21.0 8.3 1.482 0.0 0.0 0.0
ENDATA11
POINTLD-2 PTL= 1.0 0.0 0.0 0.00.30110.26190.02370.4433 0.142 0.494
POINTLD-2 PTL= 2.0 0.0 0.0 0.00.72770.11870.01550.55110.51421.0308
POINTLD-2 PTL= 3.0 0.0 0.0 0.00.3062 0.2790.08010.79560.51791.3661
POINTLD-2 PTL= 4.0 0.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
POINTLD-2 PTL= 5.0 0.0 0.0 0.02.6586 1.20.35192.08039.694110.659
POINTLD-2 PTL= 6.0 0.0 0.0 0.00.2551 0.365 0.0781.07210.32911.2929
ENDATA11A
DAM DATA DAM= 1.0 4.0 3.0 1.6 0.8 0.3 1.2
DAM DATA DAM= 2.0 5.0 3.0 1.6 0.8 0.7 1.0
DAM DATA DAM= 3.0 5.0 14.0 1.6 0.8 0.4 1.2
ENDATA12
DOWNSTREAM BOUNDARY-1 70.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
ENDATA13
ENDATA13A
BEGIN RCH 1
PLOT RCH 1 2 3 4 5

```

분야별 공동연구 참여내역

연구 항목	연구진			공동연구진
용수원 수질조사	서울시립대 서울시립대 서울시립대 서울대 농생대 서울대 농생대	교수 환경공학과 환경공학과 농공학과 농공학과	유 명 진 김 종 상 김 춘 희 장 정 렬 정 영 진	
수리수문분석	서울대 농생대 서울대 농생대 서울대 농생대	교수 농공학과 농공학과	권 순 국 장 정 렬 정 영 진	농어촌진흥공사 임 창 영
수질에측기법의 확립	서울대 농생대 서울대 농생대 서울대 농생대	교수 농공학과 농공학과	권 순 국 장 정 렬 정 영 진	
하폐수처리 시스템	서울시립대 서울시립대 서울시립대	교수 환경공학과 환경공학과	유 명 진 박 성 순 김 종 상	농어촌진흥공사 임 종 완
생활 및 축산용수 정수방안	서울시립대 서울시립대 서울시립대	교수 환경공학과 환경공학과	유 명 진 정 태 명 김 춘 희	