

기획연구 2007-05

# 삽교호수계의 수질총량관리제 시행을 위한 하천현황자료 구축

배병욱 · 김영일 · 이상진 · 김홍수



# 목 차

## 제1장 서 론

제1절 연구 배경 및 목적 .....	1
1. 연구배경 .....	1
2. 연구목적 .....	2
제2절 연구 내용 및 방법 .....	2
1. 연구내용 .....	2
2. 연구방법 .....	2

## 제2장 삼교호수계 유역현황

제1절 유역의 개황 .....	4
제2절 하천의 현황 .....	8

## 제3장 삼교호수계 하천의 환경기초자료 구축

제1절 하천 유량측정 및 수질분석 .....	10
1. 조사지점 현황 .....	10
2. 유량측정 및 수질분석방법 .....	18
제2절 유량측정 결과 .....	20

제3절 수질분석 결과 .....	26
1. 현장조사 결과 .....	26
2. 수질측정망 자료 .....	36

## 제4장 결론 및 제언

제1절 결론 및 요약 .....	52
제2절 연구한계와 정책제언 .....	54

## 참고문헌

# 표 목 차

<표 2-1> 충청남도 삽교호수계 행정구역 편입현황 .....	6
<표 2-2> 유역별 행정구역 편입비율 .....	7
<표 2-3> 삽교호수계 하천현황 .....	8
<표 3-1> 하천 유량 및 수질측정지점 세부현황 .....	12
<표 3-2> 수질항목별 분석방법 .....	19
<표 3-3> 조사지점별 유량측정 결과 .....	20
<표 3-4> 조사지점별 BOD <sub>5</sub> 측정결과 .....	27
<표 3-5> 조사지점별 COD <sub>Mn</sub> 측정결과 .....	27
<표 3-6> 조사지점별 DOC 측정결과 .....	28
<표 3-7> 조사지점별 SS 측정결과 .....	28
<표 3-8> 조사지점별 T-N 측정결과 .....	29
<표 3-9> 조사지점별 T-P 측정결과 .....	29
<표 3-10> 삽교천1 지점의 수질농도 변화 .....	38
<표 3-11> 삽교천2 지점의 수질농도 변화 .....	39
<표 3-12> 삽교천3 지점의 수질농도 변화 .....	40
<표 3-13> 곡교천1 지점의 수질농도 변화 .....	41
<표 3-14> 곡교천2 지점의 수질농도 변화 .....	42
<표 3-15> 무한천1 지점의 수질농도 변화 .....	43
<표 3-16> 무한천2 지점의 수질농도 변화 .....	44

# 그림목차

[그림 2-1] 삼교호 수계도 .....	5
[그림 2-2] 삼교호수계 하천모식도 .....	9
[그림 3-1] 삼교호수계 유량 및 수질측정지점 .....	11
[그림 3-2] 삼교천1 지점의 유량변화 .....	21
[그림 3-3] 삼교천2 지점의 유량변화 .....	21
[그림 3-4] 곡교천2 지점의 유량변화 .....	22
[그림 3-5] 곡교천3 지점의 유량변화 .....	22
[그림 3-6] 곡교천4 지점의 유량변화 .....	23
[그림 3-7] 무한천1 지점의 유량변화 .....	23
[그림 3-8] 무한천2 지점의 유량변화 .....	24
[그림 3-9] 신양천 지점의 유량변화 .....	24
[그림 3-10] 도고천 지점의 유량변화 .....	25
[그림 3-11] 삼교천1 지점의 수질변화 .....	30
[그림 3-12] 삼교천2 지점의 수질변화 .....	30
[그림 3-13] 곡교천1 지점의 수질변화 .....	31
[그림 3-14] 곡교천2 지점의 수질변화 .....	31
[그림 3-15] 곡교천3 지점의 수질변화 .....	32
[그림 3-16] 곡교천4 지점의 수질변화 .....	32
[그림 3-17] 무한천1 지점의 수질변화 .....	33
[그림 3-18] 무한천2 지점의 수질변화 .....	33
[그림 3-19] 신양천 지점의 수질변화 .....	34
[그림 3-20] 남원천 지점의 수질변화 .....	34
[그림 3-21] 도고천 지점의 수질변화 .....	35
[그림 3-22] 삼교호수계 수질측정망 지점 .....	36
[그림 3-23] 하천별 수질측정망 지점의 BOD <sub>5</sub> 농도변화 .....	45
[그림 3-24] 하천별 수질측정망 지점의 COD <sub>Mn</sub> 농도변화 .....	45

[그림 3-25] 하천별 수질측정망 지점의 T-N 농도변화 .....	46
[그림 3-26] 하천별 수질측정망 지점의 T-P 농도변화 .....	46
[그림 3-27] 삽교호 수질측정망 지점의 BOD <sub>5</sub> 농도변화 .....	48
[그림 3-28] 삽교호 수질측정망 지점의 COD <sub>Mn</sub> 농도변화 .....	48
[그림 3-29] 삽교호 수질측정망 지점의 T-N 농도변화 .....	49
[그림 3-30] 삽교호 수질측정망 지점의 T-P 농도변화 .....	49
[그림 3-31] 예당지 수질측정망 지점의 BOD <sub>5</sub> 농도변화 .....	50
[그림 3-32] 예당지 수질측정망 지점의 COD <sub>Mn</sub> 농도변화 .....	50
[그림 3-33] 예당지 수질측정망 지점의 T-N 농도변화 .....	51
[그림 3-34] 예당지 수질측정망 지점의 T-P 농도변화 .....	51





# 제1장 서론

## 제1절 연구 배경 및 목적

### 1. 연구배경

우리나라의 수질규제 정책은 방류수의 허용농도를 설정하는 농도위주의 규제와 일정 규모 이상의 오염원 입지를 제한하는 면적위주의 규제가 병행되어 왔으나, 이러한 일반적인 규제방식으로는 수질개선의 한계에 부딪치게 되었다. 이러한 한계를 극복하고자 과학적이고 합리적인 수질관리를 위해 기존의 개별 오염원이 수질에 미치는 영향을 억제하는 방식에서 일정 유역 내의 모든 오염원이 수질에 미치는 영향을 종합적으로 관리하는 유역관리 수단의 제도적 장치로 수질오염총량관리제가 도입되었다. 즉, 수질오염총량관리제는 단위유역에 설정된 목표수질을 만족하기 위한 배출부하량을 산정하여 궁극적으로 오염원 그룹별, 오염물질 배출자에게 허용부하량을 할당하고 이를 준수하도록 하는 제도이다.

충청남도의 경우 “금강수계물관리및주민지원등에관한법률”에 따라 금강수계 지역은 수질오염총량관리제를 도입하여 현재 시행중에 있으나, 금강수계 이외의 지역은 법률에서 수질오염총량관리제의 시행대상지역에 포함되지 않았다. 그러나 곡교천을 중심으로 하는 삼교호수계의 경우 오히려 금강 중·하류보다 보다 수질농도가 높고, 수질오염원이 밀집되어 있을 뿐만 아니라, 개발압력이 증폭되어 향후 수질오염도가 더욱 증가할 요인을 내재하고 있다. 또한, 금강수계의 경우 수질오염총량관리제의 시행으로 인해 금강 본류로 유입되는 하천의 유량 및 수질에 대한 기초자료가 충분히 구축된 반면, 삼교호수계의 경우에는 동일한 충청남도에 위치함에도 불구하고 유입하천의 유량 및 수질자료가 충분히 구축되지 못한 상황이다. 따라서 향후 삼교호수계 수질오염총량관리제의 시행시 원활한 추진을 위하여 주요하천의 유량 및 수질자료를 확보해야 할 필요성이 있다.

## 2. 연구목적

삼교호수계는 하천유량이 비교적 적은 반면, 인구가 밀집되어 하수배출량이 많고 폐수 발생량이 많은 대형 산업단지 등이 입주하고 있으며, 앞으로도 급격한 인구증가 및 산업시설의 증가로 인해 오염물질 배출량이 더욱 증가하여 곡교천 등의 수질오염이 가중될 것으로 전망된다. 그러나 현행 수질오염총량관리제를 시행하고 있는 금강수계의 경우 시행지역에 위치하는 하천의 유량 및 수질자료가 비교적 잘 구축된 반면, 삼교호수계의 경우에는 금강수계에 비해 상대적으로 관심이 부족할 뿐만 아니라 하천의 유량 및 수질자료에 대한 구축조차 이루어지지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 2011년 삼교호수계 수질오염총량관리제의 시행에 앞서 계획 수립시 필요한 기초자료를 확보하기 활용하기 위하여 삼교호수계 주요 하천의 유량 및 수질자료를 구축하는데 있다.

## 제2절 연구 내용 및 방법

### 1. 연구내용

본 연구에서 다루어지는 주요내용은 삼교호수계 유역현황, 삼교호수계 주요하천의 유량 및 수질측정 등이다. 연구대상 지역은 삼교호수계의 모든 지역으로 유역면적은 충청남도 전체면적의 19.3%에 해당되고, 유역 내 기초자치단체는 예산·천안·아산·연기·청양·홍성·당진의 일부지역이 포함되는 총 7개 시·군에 해당된다.

### 2. 연구방법

본 연구는 충청남도 삼교호수계 수질오염총량관리제 시행에 앞서 대상수계의 하천현황자료를 확보하기 위해 수행되었으며, 삼교호수계 유역현황은 정부 및 충청남도에서 출간된 통계자

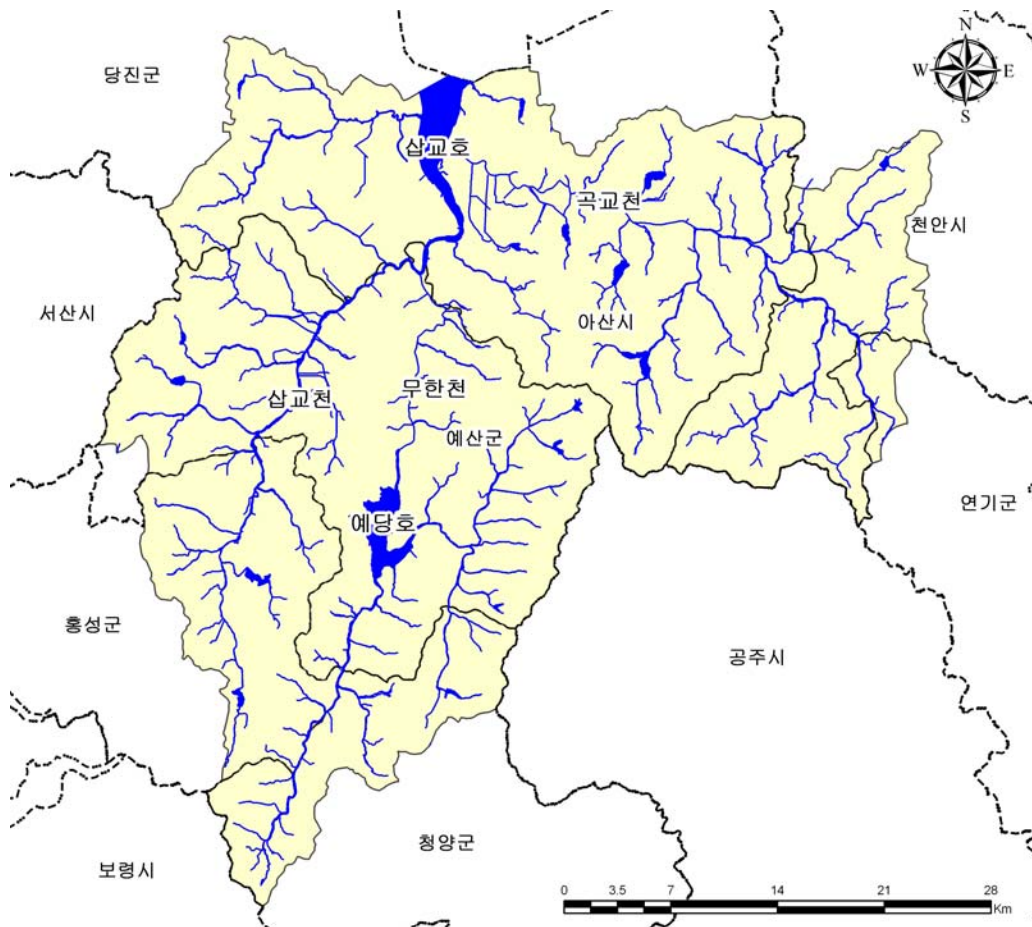
료, 관련문헌 및 website를 통한 기초자료를 이용하였으며, 삼교호수계에 위치한 주요하천 11개 지점의 유량측정 수질분석은 2007년 9~12월에 걸쳐 현장조사를 통하여 수행하였다.

## 제2장 삼교호수계 유역현황

### 제1절 유역의 개황

삼교호는 충청남도의 북서쪽에 위치하고 있으며, 삼교호수계는 크게 홍성과 예산지역의 삼교천 유역, 천안시와 아산시를 포함하는 곡교천 유역, 청양과 예산 일부지역을 포함하는 무한천 유역, 그리고 남원천, 도고천 등 기타하천 유역 등으로 구분할 수 있다. 삼교호수계는 홍성군 기러기재에서 발원하는 삼교천에 무한천, 곡교천 등의 지류가 합류하고 있으며, 수계의 동측 및 남측은 금강수계와 접하고 북측은 아산만 및 안성천수계와 접하며, 서측은 태안반도와 접하고 있다.

삼교천 유역은 주요 지류인 홍성천, 신경천, 덕산천, 대천천 등이 좌안측에 유입하고 대천천 합류 후부터는 우안측에 무한천, 곡교천 등이 차례로 합류하여 유하하면서 삼교호를 관류하여 최종적으로 서해로 유출한다. 무한천 유역은 지류인 신양천이 좌안측에서 유입하고 예당저수지를 관류하여 유하하고, 삼교천 본류의 하류부인 예산군 신암면 하평리에서 삼교천의 우안측으로 유입한다. 곡교천 유역은 천안시와 아산시의 생활하수 및 산업폐수의 대부분이 유입되는 하천으로 천안시 광덕면에서 발원하여 우안측으로 천안천, 매곡천 등이 유입하고, 매곡천 유입 후 부터는 북서방향으로 사행류하면서 온양천, 오목천 등이 차례로 합류한 후 삼교호에 유입한다.



(그림 2-1) 삼교호 수계도

삼교호수계는 충청남도 내 총 7개 시·군에 걸쳐 유역을 형성하고 있으며, 유역면적은 충청남도 전체면적의 약 19.3%에 해당하는 1,668.0km<sup>2</sup>이다. 삼교호수계 내 점유율을 살펴보면, 예산군이 31.4%로 가장 많이 차지하고, 아산시가 25.2%, 천안시와 당진군이 약 11.7%로 비슷하며, 다음으로 홍성군, 청양군, 연기군의 순으로 해당 시·군의 편입면적과 유역별 행정구역 편입 비율을 <표 2-1>과 <표 2-2>에 나타내었다.

〈표 2-1〉 충청남도 삼교호수계 행정구역 편입현황

구분	전체면적 (km <sup>2</sup> )	편입면적 (km <sup>2</sup> )	행정구역 편입비율(%)	삼교호수계 내 점유율(%)	비고
충청남도	8,662.6	1,668.0	19.3	100.0	
천안시	635.1	196.2	30.9	11.7	
아산시	543.4	419.6	77.2	25.2	
연기군	354.5	21.8	6.2	1.3	
청양군	480.1	124.2	25.9	7.4	
홍성군	455.8	186.3	40.9	11.2	
예산군	542.8	524.5	96.6	31.4	
당진군	697.7	194.6	27.9	11.7	

자료 : 충남발전연구원, 충청남도 삼교호수계의 수질총량관리제 시행방안, 2005

〈표 2-2〉 유역별 행정구역 편입비율

유역명	시·군	비고
무한천	청양군	비봉면 100%, 화성면 100%, 청양읍 12%, 운곡면 86%
	홍성군	장곡면 41%, 홍북면 46%
	예산군	광시면 100%, 대술면 100%, 대흥면 100%, 신양면 100%, 응봉면 54%, 신암면 46%, 예산읍 100%, 오가면 61%
	아산시	도고면 24%
곡교천	천안시	대룡동, 문성동, 남산동, 원성1·2동, 성정1·2동, 쌍용1·2동, 봉명동, 신용동, 청룡동, 부성동 각각 100%, 풍세면 100%, 광덕면 100%, 목천면 20%
	연기군	전의면 18%, 소정면 100%
	아산시	배방면 100%, 송악면 100%, 염치읍 100%, 탕정면 100%, 신창면 100%, 선장면 49%, 음봉면 61%, 온천1·2동, 권곡동, 신정동, 용화동, 온주동 각각 100%
삼교천	홍성군	장곡면 29%, 홍동면 100%, 홍성읍 100%, 금마면 100%, 홍북면 94%
	예산군	고덕면 100%, 덕산면 68%, 봉산면 100%, 삼교읍 100%, 신암면 50%, 오가면 39%, 응봉면 46%
	당진군	면천면 23%, 합덕읍 87%
기타 하천	예산군	신암면 4%
	아산시	도고면 76%, 선장면 51%, 인주면 23%
	당진군	면천면 36%, 순성면 84%, 신평면 44%, 우강면 100%, 합덕읍 13%

자료 : 충남발전연구원, 충청남도 삼교호수계의 수질총량관리제 시행방안, 2005

## 제2절 하천의 현황

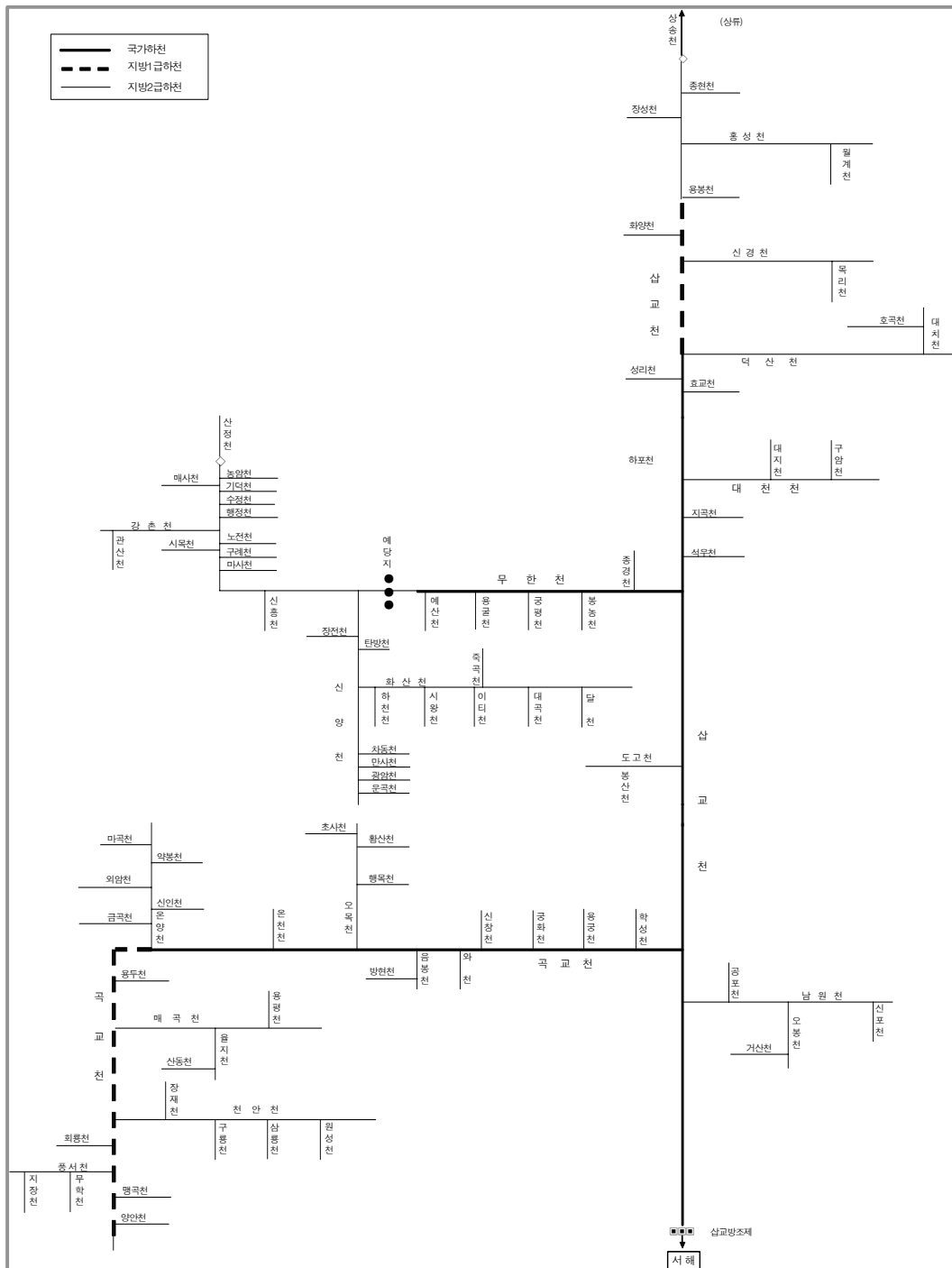
삽교호수계는 국가하천 3개소(곡교천, 무한천, 삽교천), 지방1급 하천 2개소(곡교천, 삽교천), 그리고 93개소가 지방2급 하천으로 지정·관리되고 있으며, <표 2-3>에 삽교호수계에 위치한 국가 및 지방1급 하천현황을 요약 정리하였다. 국가하천 중 하천의 유로연장은 삽교천이 가장 길고, 무한천, 곡교천 순이나, 하천의 연장은 곡교천이 무한천에 비해 약간 더 길다. 한편, 삽교천이 무한천이나 곡교천에 비해 약 3배 이상 큰 유역면적을 가지고 있으며, 무한천을 제외하고 삽교천과 곡교천의 경우에는 지방1급 하천으로도 지정되어 있다. 참고로 [그림 2-2]에 삽교호수계 하천모식도를 나타내었다.

<표 2-3> 삽교호수계 하천현황(국가 및 지방1급 하천)

하천명	하천 등급	유로연장 (km)	하천연장 (km)	유역면적 (km <sup>2</sup> )	기점	종점
곡교천	국가	49.18	18.59	545.16	충남 아산시 온양읍 온양천 합류점	충남 아산시 인주면 삽교천(국가) 합류점
곡교천	지방1	25.33	20.50	396.84	충남 연기군 전의면 유천리 행정교	충남 아산시 온양읍 곡교천(국가) 기점
무한천	국가	53.90	13.24	467.54	충남 예산군 예산읍·대흥면·오가면 경계	충남 예산군 신암면 삽교천(국가) 합류점
삽교천	국가	58.60	31.90	1649.87	충남 예산군 삽교읍 덕산천(지방2) 합류점	충남 아산시 인주면 삽교천 방조제 외곽
삽교천	지방1	26.70	8.80	198.96	충남 홍성군 금마면 홍성읍·금마면·홍북면 경계	충남 예산군 삽교읍 삽교천(국가) 기점

자료 : 건설교통부, 국가수자원관리 종합정보시스템 홈페이지, 2007.





자료 : 건교부, 한국하천일람, 2004

[그림 2-2] 삼교호수계 하천모식도

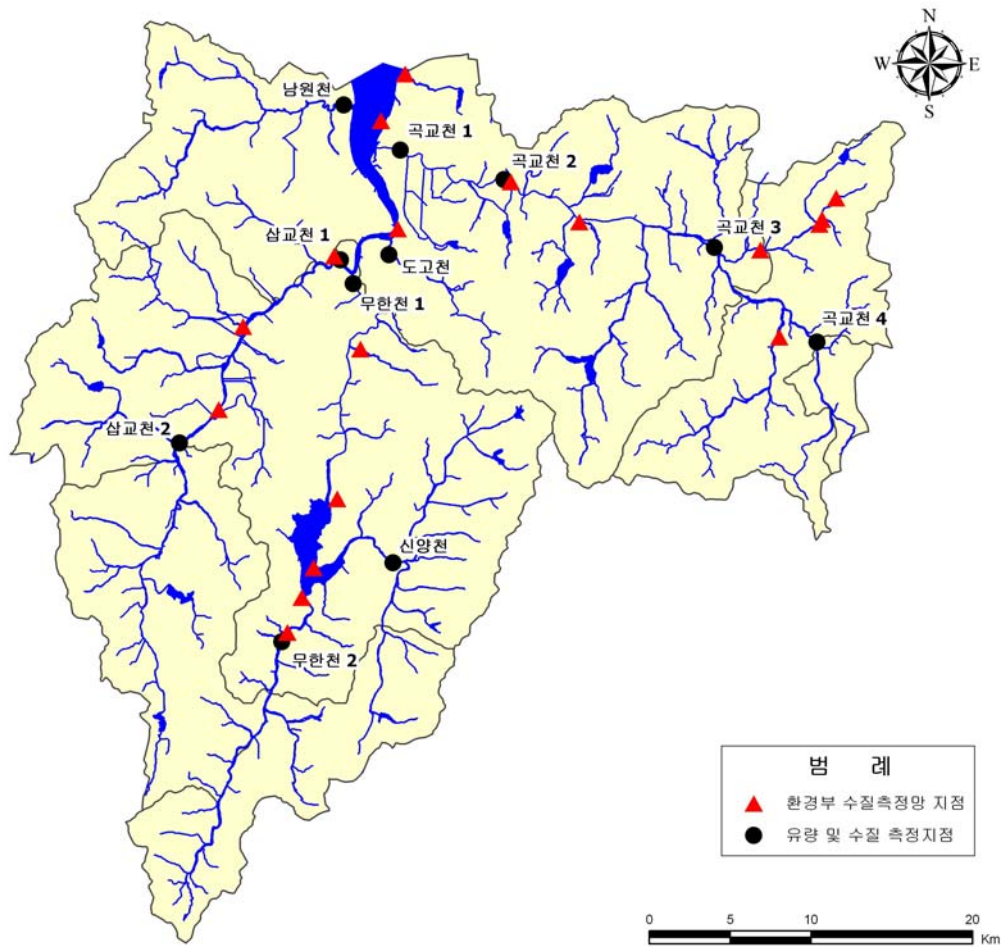
## 제3장 삼교호수계 하천의 환경기초자료 구축

### 제1절 하천 유량측정 및 수질분석

#### 1. 조사지점 현황





조사지점은 삼교호수계에 위치하는 하천에 총 11개 지점(무한천 3지점, 삼교천 2지점, 곡교천 4지점, 기타하천 2지점)을 선정하여 유량측정 및 수질분석을 수행하였다. 대부분의 하천 조사지점은 두 개의 주요하천이 합류되거나 자치단체간의 경계지점을 원칙으로 선정하였다. 특히, 하천 내 유량 및 수질을 측정하기 위한 지점은 하천의 유량 및 수질을 대표할 수 있는 지점을 선정하였다.

삼교호수계에 위치하는 주요하천의 유량 측정 및 수질분석은 가급적 하천의 대표성을 확보하고 강우에 의한 영향을 받지 않는 날을 선정하여 수행하였다. 현장조사는 2007년 9~12월까지 일정 간격으로 이루어졌으나, 9월에는 집중적인 호우로 인해 유량측정 및 수질분석을 수행하지 못하였다. 유량 및 수질측정 지점을 [그림 3-1]에 나타내었으며, 각 지점의 세부현황은 <표 3-1>과 같다.







[그림 3-1] 삼교호수계 유량 및 수질측정지점





〈표 3-1〉 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황

유역구분	무한천 유역	무한천 유역
지점명	신양천	무한천1
조사지점	예산군 신양면 서계양리(화산천 합류후)	예산군 신암면 계촌리(삼교천 유입전)
현장사진		
조사지점 약도		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 청양에서 유입되는 신양천과 예산에서 유입되는 화산천의 합류지역</li> <li>- 두 하천이 합류 후 300m 하류지점</li> <li>- 하천폭이 넓고 흐름이 완만함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 삼교천 유입전 지점</li> <li>- 수위관측소가 설치되어 있음</li> <li>- 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량측정이 불가</li> </ul>

〈표 3-1〉 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황(계속)




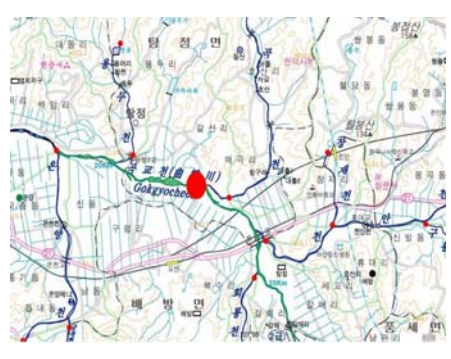
유역구분	무한천 유역	삼교천 유역
지점명	무한천2	삼교천1
조사지점	예산군 광시면 하장대리(강촌천 합류후)	예산군 신암면 하평리(무한천 합류전)
현장사진		
조사지점 약도		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍성, 예산의 경계지점</li> <li>- 노전천의 하천정비사업으로 인해 토사가 많이 쓸려 내려옴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무한천 합류전 지점</li> <li>- 수위관측소가 설치되어 있음</li> <li>- 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량측정이 불가</li> </ul>

〈표 3-1〉 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황(계속)



유역구분	삼교천 유역	곡교천 유역
지점명	삼교천2	곡교천1
조사지점	예산군 삼교읍 수촌리(덕산천 합류전)	아산시 선장면 신문리
현장사진		
조사지점 약도		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 덕산천 합류전, 신경천 합류후 지점</li> <li>- 하천 유속이 빠름</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 삼교호 유입전, 곡교천 최하류 지점</li> <li>- 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량측정이 불가</li> <li>- 선인대교 위에서 시료를 채취</li> </ul>



〈표 3-1〉 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황(계속)



유역구분	곡교천 유역	곡교천 유역
지점명	곡교천2	곡교천3
조사지점	아산시 염치읍 강청리	아산시 탕정면 매곡리
현장사진		
조사지점 약도		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 와천 합류 강청교 아래지점</li> <li>- 수위관측소가 설치되어 있음</li> <li>- 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량측정이 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매곡천 합류후 지점</li> <li>- 하폭이 넓고 유속이 빠르며, 하천수심이 비교적 낮고 완만함</li> <li>- 측정지점 상류 100m지점에서 하천정비 공사중</li> <li>- 아산, 천안 경계지점</li> </ul>

〈표 3-1〉 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황(계속)

유역구분	곡교천 유역	기타 유역
지점명	곡교천4	남원천
조사지점	연기군 소정면 소정리	당진군 우강면 부장리(삼교호 합류전)
현장사진		
조사지점 약도		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 풍세천 합류전 지점</li> <li>- 측정지점 상류에 보가 있음</li> <li>- 하폭이 좁고 유속이 느림</li> <li>- 천안, 연기 경계지점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 삼교호 합류전 지점</li> <li>- 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량측정이 불가</li> </ul>



〈표 3-1〉 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황(계속)

유역구분	기타 유역	
지점명	도고천	
조사지점	아산시 선장면 군덕리(삽교천 합류전)	
현장사진		
조사지점 약도		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 군덕교 수문 상류지점</li> <li>- 농번기에는 수문조절에 의해 수심이 깊어져 수문하류에서 유량측정</li> </ul>	

## 2. 유량측정 및 수질분석 방법

### 가. 유량측정

유속측정은 하천의 유황이 일정하고 하상의 상태가 고른 지점을 선정하여 측정하였다. 물이 흐르는 방향과 직각이 되도록 하천의 양끝을 줄자로 고정한 후 하천의 유폭이 5m 이상인 경우에는 유폭을 1m 등간격으로 소구간을 정하고, 각 소구간 간격의 중앙지점을 유속 측정점으로 하였다. 하천의 유폭이 5m 이내인 경우에는 유속특성 및 하천여건을 고려하여 더 작은 간격으로 나누고, 나누어진 각 소간의 중앙지점을 유속의 측정점으로 하였다. 또한, 나누어진 각 소구간마다 수심이 0.4m 미만일 때는 수면으로부터 전 수심의 60%가 되는 지점에서 유속을 측정하였고, 소구간의 수심이 0.4m 이상일 때는 수면으로부터 전 수심의 20%인 지점과 80%인 지점에서 각각 측정하였으며, 측정지점에서의 유속은 연속적으로 3분 동안 측정된 평균값으로 하였다.

유속측정을 위한 기기는 연속측정이 가능한 임펠러 형태의 유속계(VALEPORT Model BFM002)를 이용하였다. 각 하천의 유량은 아래와 같이 '수질오염공정시험방법'의 유속단면적법을 이용하여 산정하였으나, 폭이 넓고 수심이 깊어 인력으로 측정하기 힘든 하천의 하류지점(삽교천1, 곡교천2, 무한천1)은 금강홍수통제소의 자료를 이용하여 산정하였다. 삽교천1은 합덕 수위관측소, 곡교천2는 강청교 수위관측소, 무한천1은 창소 수위관측소 자료를 이용하였으며, 각 지점의 유량은 시료를 채취한 날에 측정한 일유량 자료를 평균하여 산정하였다. 반면, 곡교천1과 남원천 지점의 유량은 하천의 폭이 넓고 수심이 깊을 뿐만 아니라 수위관측소 조차 설치되어 있지 않아 본 연구에서는 유량을 산정하지 못하였다.

$$Q = q_1 + q_2 + \cdots + q_n$$

Q : 하천유량( $m^3/sec$ )

$q_n$  : 소구간 유량(소구간별 유수 단면적  $m^2 \times$  평균유속  $m/sec$ )

## 나. 수질조사

수질분석을 위한 시료는 두 하천이 합류되는 경우 합류이후 충분히 혼합된 지점에서 채수하였고, 유속측정 지점 또는 시료의 성질을 대표할 수 있는 위치에서 시료를 채우기 전에 시료로 3회 이상 세척 후 채수하였다. 수온과 pH는 유속 측정과 동시에 현장에서 측정하였으며, 현장 측정이 곤란한 분석항목은 시료를 채수하여 냉장 보관한 후 실험실로 운반하여 분석하였다. 수질분석 항목들은 하천의 현황을 파악할 수 있고 수질오염총량관리제를 고려하여 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, DOC, SS, T-N, 그리고 T-P 등을 선정하였다. 특히, BOD<sub>5</sub>는 현행 수질오염총량관리제의 대상물질로 사용되고 있으며, T-P 또한 2단계 수질오염총량관리제의 대상물질로 선정되었기 때문에 무엇보다도 중요한 수질항목이라 할 수 있다. 참고로 수질항목별 분석방법을 <표 3-2>에 나타내었다.

〈표 3-2〉 수질항목별 분석방법

측정항목	분석방법	측정분석기기명	비 고
수온	현장측정	Muti Probe System (YSI 556MPS)	현장에서 측정
pH	현장측정	Muti Probe System (YSI 556MPS)	현장에서 측정
BOD <sub>5</sub>	20℃에서 5일간 산소소비량	BOD 배양기	실험실에서 분석
COD <sub>Mn</sub>	산성100℃ KMnO <sub>4</sub> 법	수욕조	"
DOC	기기분석법	TOC분석기 (DC180, Dohrmann)	"
SS	유리섬유여지법	건조기	"
T-N	흡광광도법	흡광광도계	"
T-P	흡광광도법	흡광광도계	"

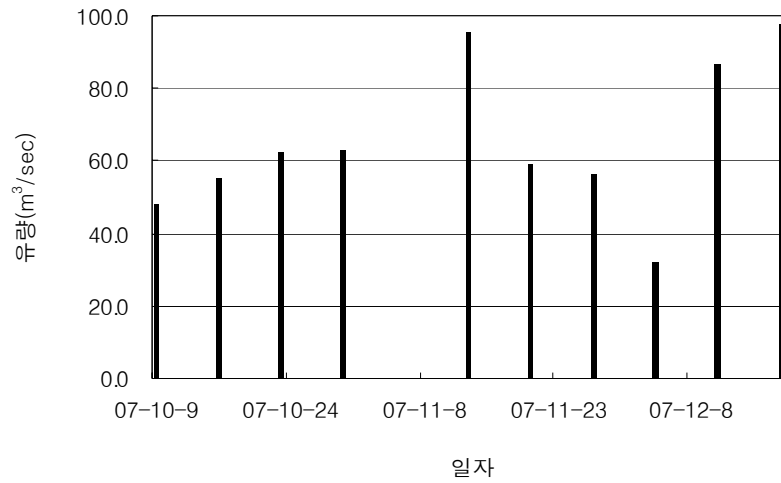
## 제2절 유량측정 결과

<표 3-3>과 [그림 3-2]~[그림 3-10]은 삽교호수계 하천별 유량자료를 나타낸 것이다. 조사된 하천 중에서 삽교천의 유량이 가장 많았으며, 상류지점인 삽교천2 지점과 삽교천1지점의 유량 차이가 상당히 크게 나타났다. 곡교천의 경우에는 천안-연기 경계지점인 곡교천4 지점은 평균  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 의 유량을 보였으며, 천안-아산 경계지점인 곡교천3 지점에서는 평균  $4.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 천안 지역에서 유입되는 지천들에 의해 유량이 증가하였다. 특히, 곡교천2 지점은 곡교천3에 비해 유량이 약 4배 이상 증가하였고, 하류로 갈수록 유량이 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 한편, 무한천도 삽교천과 마찬가지로 상류지점에 비해 하류지점의 유량이 상당히 증가하였으며, 기타 하천인 신양천은 무한천2 지점과 유사한 유량을 보였으며, 도고천은 평균  $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 가장 적은 유량을 보였다.

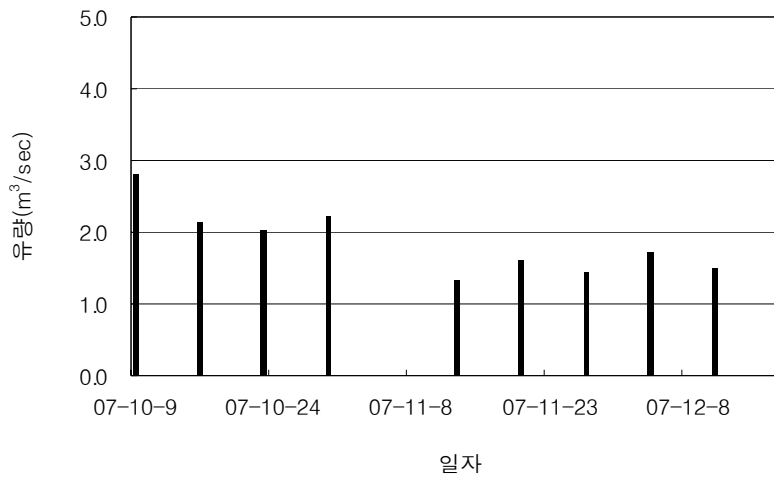
〈표 3-3〉 조사지점별 유량측정 결과

(단위 :  $\text{m}^3/\text{s}$ )

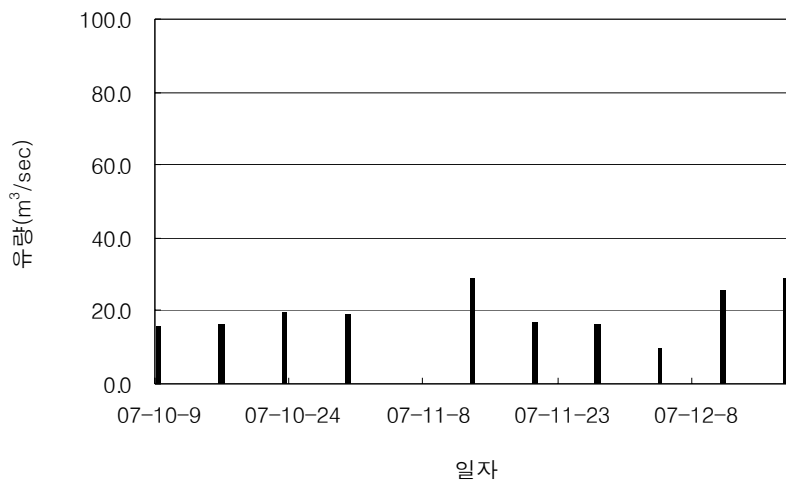
측정일 \ 지점	삽교천		곡교천			무한천		신양천	도고천
	1	2	2	3	4	1	2		
2007/10/9	48.027	2.801	16.091	5.668	0.547	77.562	1.218	1.857	0.380
2007/10/16	55.158	2.142	16.340	4.626	0.505	6.502	1.198	1.164	0.170
2007/10/23	62.559	2.041	19.621	4.817	0.338	11.291	1.464	1.123	0.124
2007/10/30	62.907	2.236	19.007	4.454	0.469	45.769	1.525	1.129	0.154
2007/11/13	95.689	1.328	28.806	4.140	0.227	15.698	1.013	0.974	0.137
2007/11/20	59.317	1.605	17.129	4.472	0.218	15.750	1.259	1.370	0.104
2007/11/27	56.597	1.447	16.389	3.898	0.186	15.750	0.798	1.043	0.113
2007/12/04	31.931	1.730	9.743	3.526	0.154	10.235	0.894	1.263	0.116
2007/12/11	86.487	1.506	25.752	3.189	0.139	14.139	0.832	1.053	0.115
2007/12/18	97.959	1.424	29.145	3.171	0.136	16.877	0.825	0.987	0.111



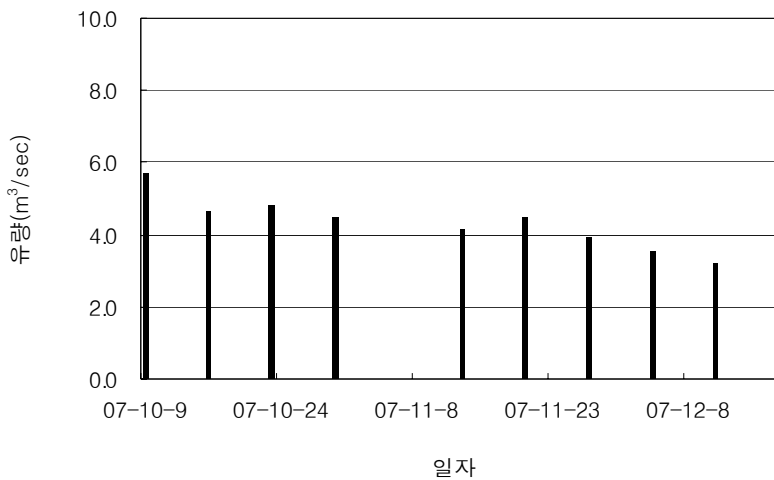
[그림 3-2] 삽교천1 지점의 유량변화



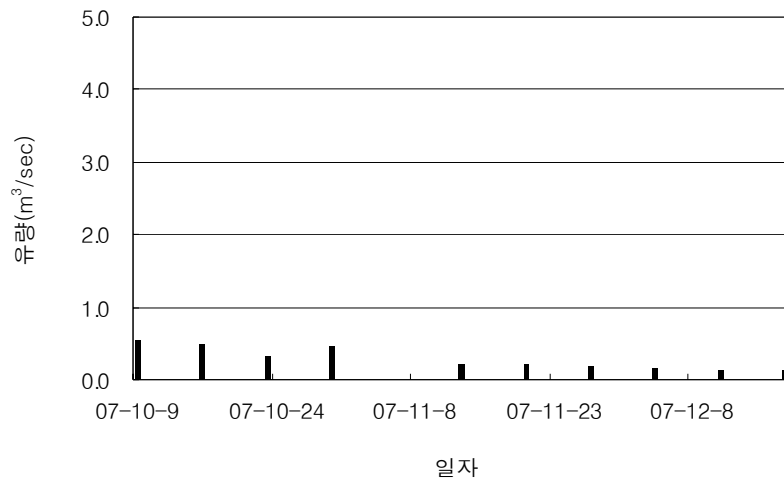
[그림 3-3] 삽교천2 지점의 유량변화



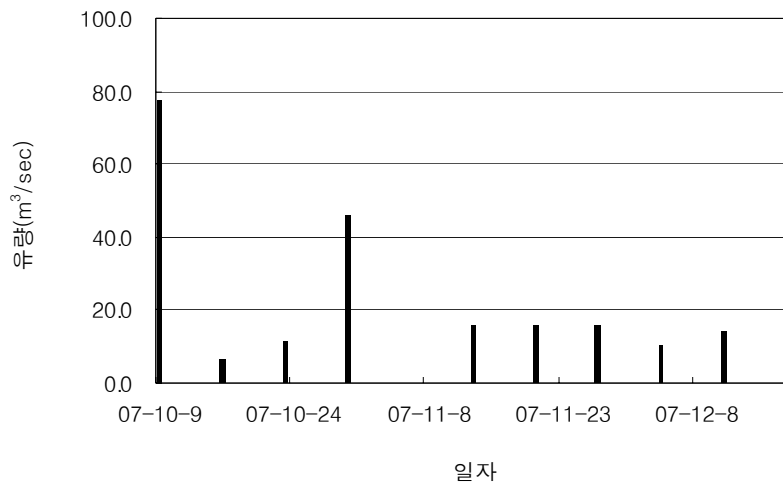
[그림 3- 4] 곡교천2 지점의 유량변화



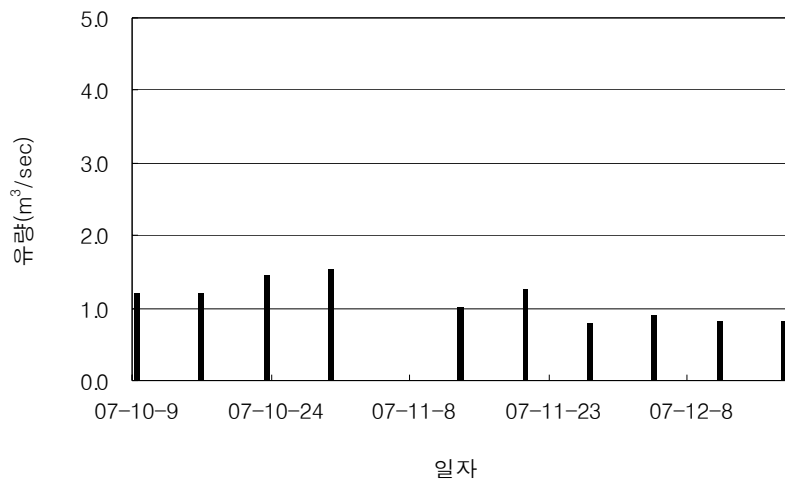
[그림 3-5] 곡교천3 지점의 유량변화



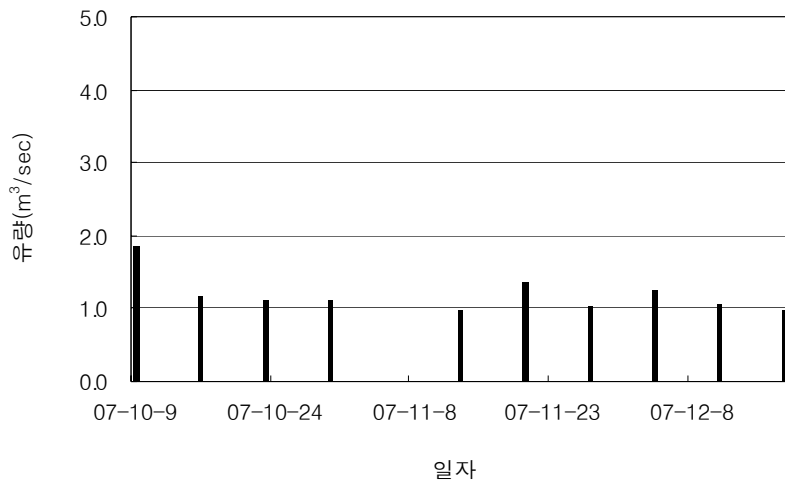
[그림 3-6] 곡교천4 지점의 유량변화



[그림 3-7] 무한천1 지점의 유량변화

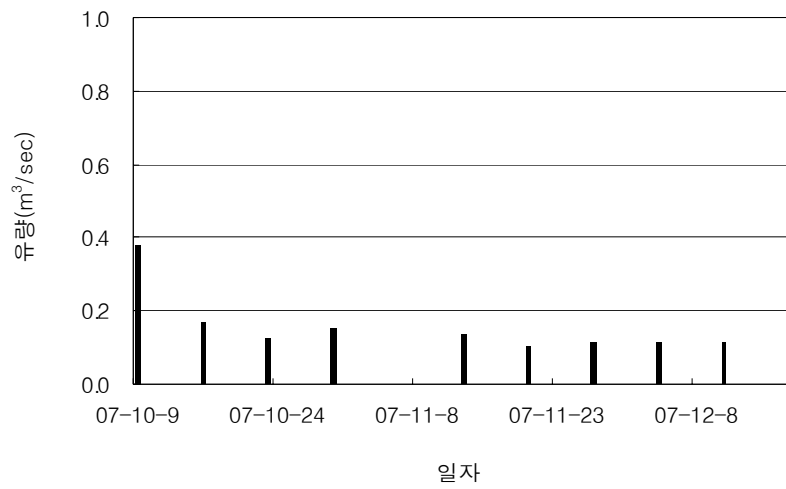


[그림 3-8] 무한천2 지점의 유량변화



[그림 3-9] 신양천 지점의 유량변화





[그림 3-10] 도고천 지점의 유량변화

### 제3절 수질분석 결과

#### 1. 현장조사 결과

<표 3-4>~<표 3-9>는 삽교호수계 하천 11지점의  $BOD_5$ ,  $COD_{Mn}$ , DOC, SS, T-N, T-P 분석결과를 정리한 것이며, [그림 3-11]~[그림 3-21]은 하천별 수질인자들의 변화를 나타낸 것이다.

대표적으로  $BOD_5$  측정결과를 살펴보면, 삽교천은 수질측정기간 동안 평균  $BOD_5$ 가 3.8~4.5 mg/L의 농도범위를 보였다. 삽교천의 경우 삽교천 하류지점인 삽교천1 지점이 상류지점인 삽교천2에 비해  $BOD_5$  평균농도가 작은 경향을 보였는데, 이는 덕산천 유입이후 예산지역에서 유입되는 하천의 농도가 낮아 삽교천의 희석효과를 가져왔거나 삽교천 자체의 자정능력이 뛰어나기 때문인 것으로 판단된다.

곡교천의 경우 연기군과 천안시 경계지점인 곡교천4 지점의 평균  $BOD_5$ 가 2.3 mg/L인 것을 제외하고 대부분 평균  $BOD_5$ 가 8 mg/L 내외로 하천 수질기준 IV등급 정도를 보였다. 특히, 천안시과 아산시 경계지점인 곡교천3 지점부터 대부분의 수질인자들이 크게 증가하는 경향을 보였는데, 이는 천안시의 인구증가 및 산업시설의 증가로 인해 오염물질 배출량이 증가하였기 때문이며, 향후 곡교천의 수질개선을 위해서는 무엇보다도 천안지역의 오염물질 배출량 관리가 시급한 과제라 사료된다.

무한천의 경우 무한천2의  $BOD_5$  평균농도가 2.1 mg/L로 매우 양호한 경향을 보였으나, 무한천1은 5.3 mg/L로 높아져 예산군 지역의 오염원이 무한천에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다. 한편, 당진군 지역에 위치한 남원천이 5.4 mg/L로 매우 높은 값을 보여 당진군 지역도 오염원의 관리가 이루어져야 할 것이며, 도고천의 경우에도 4.7 mg/L로 높아 남원천과 마찬가지로 세심한 관리가 이루어져야 할 하천인 것으로 사료된다.

$BOD_5$ 와 더불어 유기물을 대표하는 수질인자인  $COD_{Mn}$ 과 DOC도  $BOD_5$ 의 변화와 유사한 경향을 보였으며, T-N과 T-P의 경우도  $BOD_5$  변화와 유사한 양상을 보였다.

〈표 3-4〉 조사지점별 BOD<sub>5</sub> 측정결과

지점 측정일	삼교천		곡교천				무한천		신양천	남원천	도고천
	1	2	1	2	3	4	1	2			
2007/10/9	2.5	2.5	7.1	5.1	3.6	2.4	3.2	1.2	1.2	5.1	5.8
2007/10/16	2.5	2.8	9.3	3.9	3.3	2.6	3.1	1.1	1.2	5.1	5.8
2007/10/23	4.2	4.2	8.5	8.7	8.8	3.0	4.6	2.1	1.3	8.3	6.6
2007/10/30	3.0	3.0	5.3	5.8	6.3	2.4	3.2	2.6	2.3	5.5	5.2
2007/11/13	3.7	3.3	8.3	8.7	8.4	1.6	7.0	1.9	3.9	6.3	3.9
2007/11/20	6.5	9.1	9.4	8.9	15.1	2.4	8.3	5.0	3.8	6.1	7.0
2007/11/27	4.1	4.8	6.0	7.5	7.2	2.4	6.1	0.9	1.9	5.2	3.8
2007/12/04	3.4	4.3	7.6	6.7	8.6	1.4	3.4	1.5	1.4	4.3	1.1
2007/12/11	4.2	5.3	9.8	10.9	10.5	2.2	7.0	3.0	1.4	4.1	4.9
2007/12/18	3.6	4.9	8.2	8.9	5.3	2.9	6.8	2.2	1.8	4.1	3.1

〈표 3-5〉 조사지점별 COD<sub>Mn</sub> 측정결과

지점 측정일	삼교천		곡교천				무한천		신양천	남원천	도고천
	1	2	1	2	3	4	1	2			
2007/10/9	5.9	6.0	12.5	9.0	7.9	4.1	6.3	2.3	2.0	9.6	7.7
2007/10/16	4.9	5.0	12.5	7.9	7.7	4.3	6.3	1.9	2.3	7.7	8.6
2007/10/23	4.6	4.5	9.5	9.2	9.8	3.4	6.8	2.6	2.5	11.1	8.5
2007/10/30	4.2	4.0	8.1	8.5	10.0	2.8	4.7	3.0	3.3	8.8	5.8
2007/11/13	5.1	4.0	9.0	10.7	11.5	1.6	8.6	2.7	5.2	7.8	4.3
2007/11/20	6.5	11.0	12.9	11.6	18.3	3.1	12.4	7.7	4.0	11.0	10.5
2007/11/27	5.6	7.2	11.4	13.8	12.0	5.6	9.0	3.2	4.6	9.8	7.8
2007/12/04	6.3	7.1	13.1	11.6	11.8	3.7	6.6	1.9	2.7	8.0	4.7
2007/12/11	6.2	7.9	10.1	11.4	12.0	4.1	8.3	5.2	2.1	7.3	6.3
2007/12/18	5.3	7.2	11.3	11.6	6.8	4.0	9.1	3.6	3.0	7.7	5.8

〈표 3-6〉 조사지점별 DOC 측정결과

지점 측정일	삽교천		곡교천				무한천		신양천	남원천	도고천
	1	2	1	2	3	4	1	2			
2007/10/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007/10/16	1.98	1.95	4.19	3.83	3.59	1.68	2.59	1.14	1.60	3.34	3.65
2007/10/23	2.36	2.11	4.36	3.98	3.61	1.53	2.14	1.72	1.61	3.94	2.67
2007/10/30	2.02	1.83	2.97	3.76	4.11	1.03	1.81	1.13	1.62	3.03	2.08
2007/11/13	3.20	3.13	5.48	6.28	6.17	1.56	5.32	2.10	3.34	5.49	3.13
2007/11/20	5.34	6.46	9.58	7.95	11.09	3.08	6.78	3.36	2.50	4.93	5.16
2007/11/27	4.62	4.23	7.82	8.53	8.02	2.88	7.71	2.79	2.70	8.17	6.13
2007/12/04	4.94	5.13	10.78	8.89	9.47	2.58	6.02	2.51	2.20	7.10	4.81
2007/12/11	5.44	6.77	9.42	8.41	8.99	3.65	7.42	3.38	2.10	4.01	4.14
2007/12/18	3.41	4.68	9.64	9.53	4.22	2.92	7.19	2.65	2.30	6.10	3.29

〈표 3-7〉 조사지점별 SS 측정결과

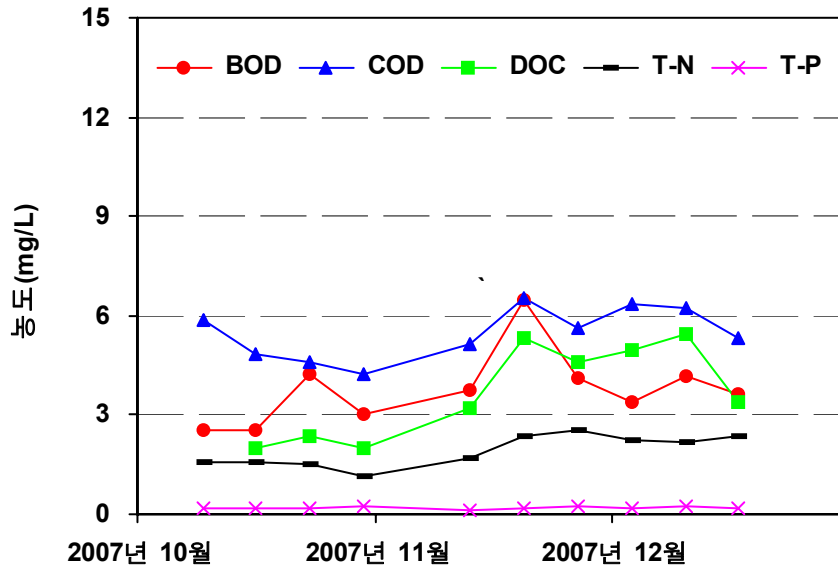
지점 측정일	삽교천		곡교천				무한천		신양천	남원천	도고천
	1	2	1	2	3	4	1	2			
2007/10/9	11.3	19.3	6.3	4.7	13.7	1.1	22.3	1.7	2.3	22.0	12.3
2007/10/16	16.0	23.0	15.3	5.3	25.7	1.7	4.0	3.3	4.0	21.0	15.3
2007/10/23	19.0	17.0	15.3	19.7	28.3	23.7	12.7	8.0	4.3	11.0	15.7
2007/10/30	72.0	67.0	15.0	17.0	32.5	4.5	43.5	8.0	12.5	7.5	26.5
2007/11/13	20.5	5.0	6.5	6.5	94.5	2.5	2.0	1.5	1.0	13.5	4.5
2007/11/20	18.5	36.5	15.0	22.5	5.5	11.0	9.0	4.5	24.5	15.5	19.0
2007/11/27	17.0	9.5	7.5	8.5	16.5	2.0	21.5	3.5	3.5	20.0	8.0
2007/12/04	13.5	15.0	10.5	15.5	18.5	2.5	14.5	5.0	2.5	15.5	4.5
2007/12/11	16.0	24.0	8.5	5.0	29.0	3.5	6.5	1.0	2.0	20.5	6.0
2007/12/18	10.5	21.5	19.0	6.0	72.5	10.5	0.5	1.0	9.0	12.0	14.0

〈표 3-8〉 조사지점별 T-N 측정결과

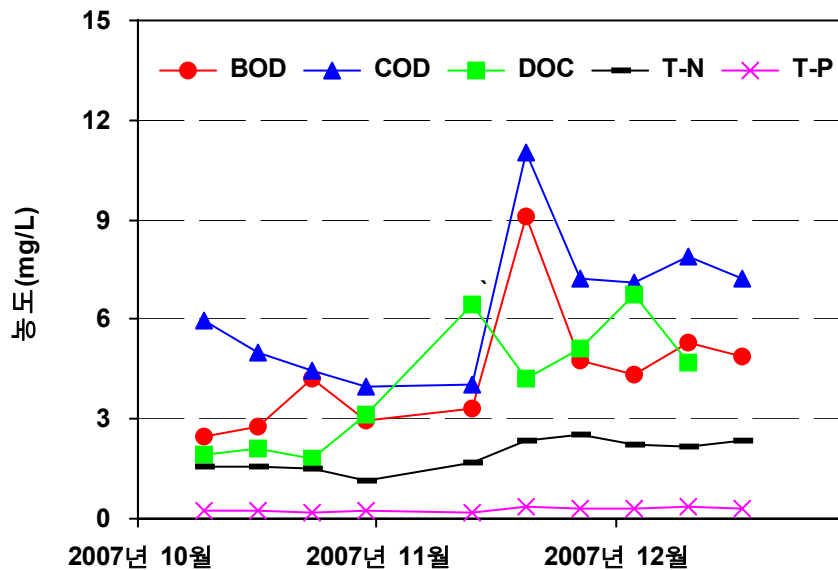
지점 측정일	삽교천		곡교천				무한천		신양천	남원천	도고천
	1	2	1	2	3	4	1	2			
2007/10/9	1.562	1.784	2.442	2.394	2.106	1.540	1.873	1.314	0.916	2.420	1.936
2007/10/16	1.581	1.692	2.221	1.763	1.453	1.021	1.210	0.808	0.934	1.591	1.768
2007/10/23	1.501	1.536	2.378	2.069	1.976	1.307	1.134	0.962	0.903	1.891	2.014
2007/10/30	1.132	1.241	1.677	1.643	1.509	1.273	1.134	1.042	0.927	1.522	1.326
2007/11/13	1.691	1.736	2.741	2.862	3.260	2.138	3.136	1.347	1.859	2.166	1.808
2007/11/20	2.354	3.764	3.923	3.772	4.917	2.671	3.473	2.365	1.302	2.575	2.348
2007/11/27	2.535	2.865	2.798	3.096	2.655	1.186	2.943	0.949	1.358	2.593	1.584
2007/12/04	2.210	3.262	3.763	3.763	5.024	1.117	2.247	0.814	0.838	2.103	1.090
2007/12/11	2.175	2.868	4.921	4.543	4.873	1.662	3.119	3.028	0.997	2.112	1.976
2007/12/18	2.373	3.329	4.440	4.599	2.295	1.056	4.097	1.032	1.036	2.785	1.408

〈표 3-9〉 조사지점별 T-P 측정결과

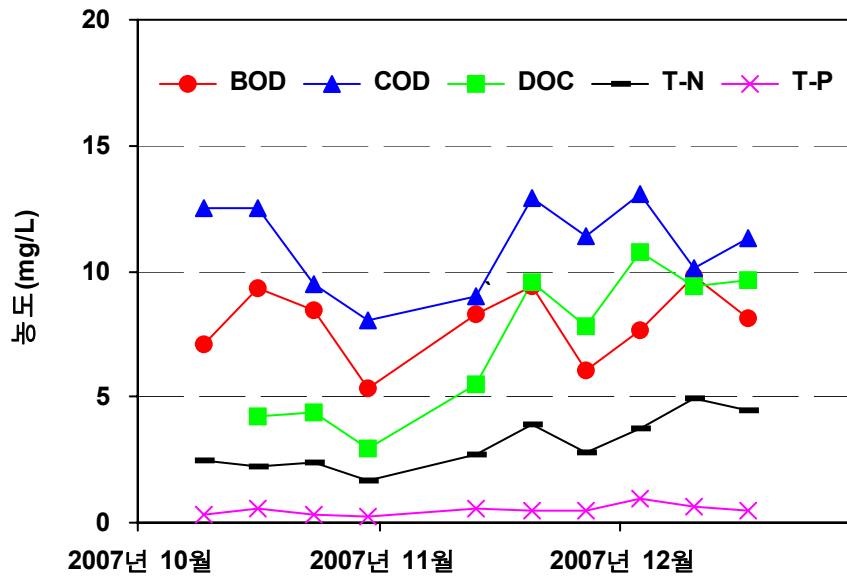
지점 측정일	삽교천		곡교천				무한천		신양천	남원천	도고천
	1	2	1	2	3	4	1	2			
2007/10/9	0.173	0.231	0.354	0.409	0.236	0.103	0.091	0.067	0.050	0.275	0.183
2007/10/16	0.192	0.236	0.592	0.265	0.156	0.121	0.101	0.077	0.084	0.299	0.262
2007/10/23	0.153	0.190	0.348	0.482	0.379	0.102	0.093	0.063	0.045	0.327	0.223
2007/10/30	0.212	0.225	0.266	0.284	0.327	0.098	0.162	0.055	0.060	0.329	0.291
2007/11/13	0.149	0.206	0.565	0.804	0.412	0.048	0.795	0.023	0.027	0.199	0.138
2007/11/20	0.173	0.353	0.472	0.419	1.082	0.084	0.386	0.029	0.044	0.191	0.151
2007/11/27	0.240	0.317	0.491	0.421	0.482	0.081	0.252	0.033	0.030	0.271	0.229
2007/12/04	0.195	0.320	0.989	0.424	0.880	0.082	0.137	0.021	0.019	0.255	0.155
2007/12/11	0.214	0.369	0.663	0.572	0.578	0.085	0.538	0.121	0.020	0.190	0.257
2007/12/18	0.185	0.293	0.466	0.721	0.242	0.075	0.554	0.018	0.014	0.236	0.261



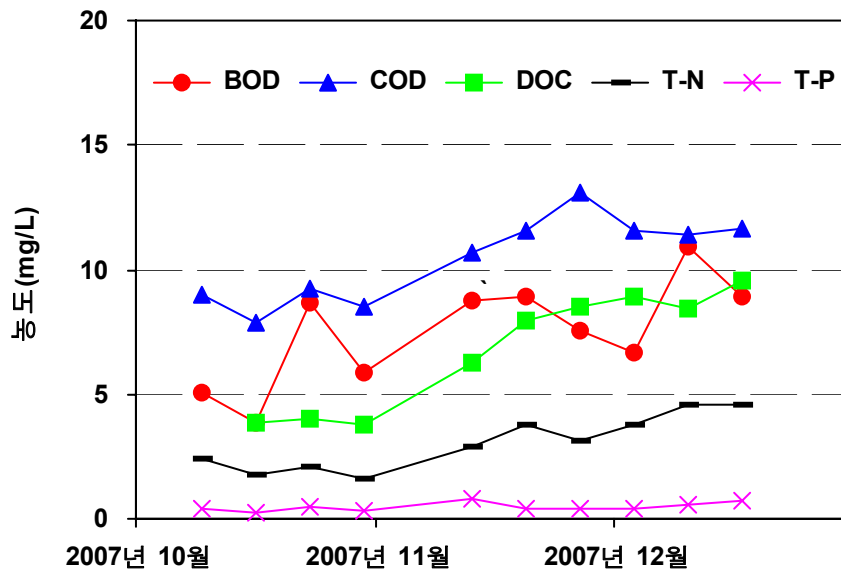
(그림 3-11) 삼교천1 지점의 수질변화



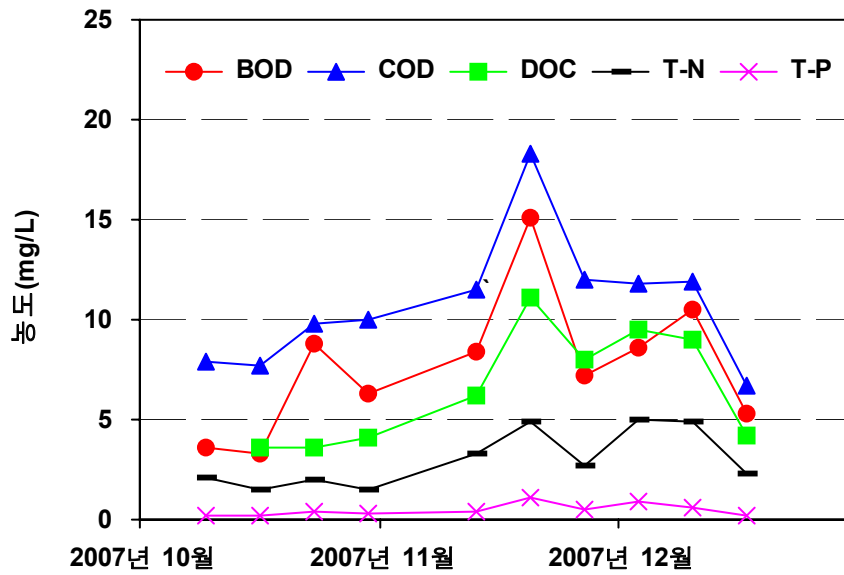
(그림 3-12) 삼교천2 지점의 수질변화



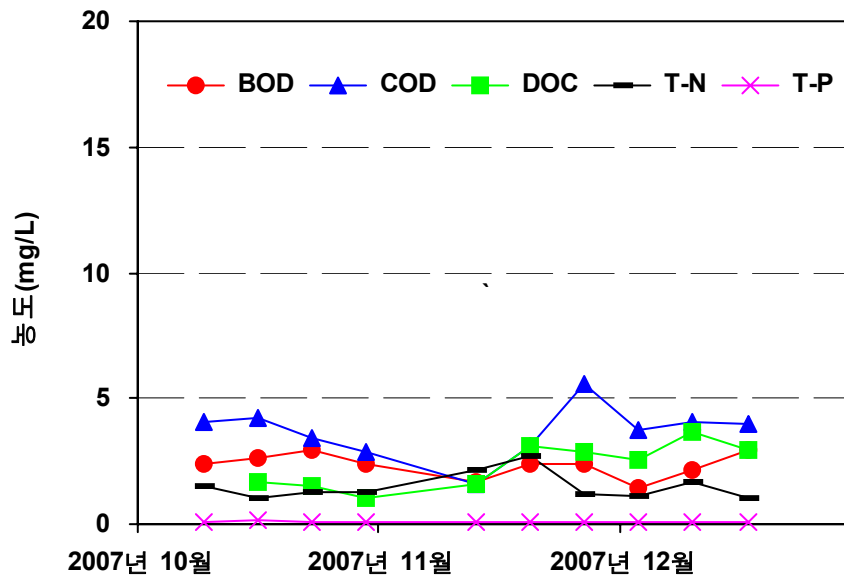
(그림 3-13) 곡교천1 지점의 수질변화



(그림 3-14) 곡교천2 지점의 수질변화

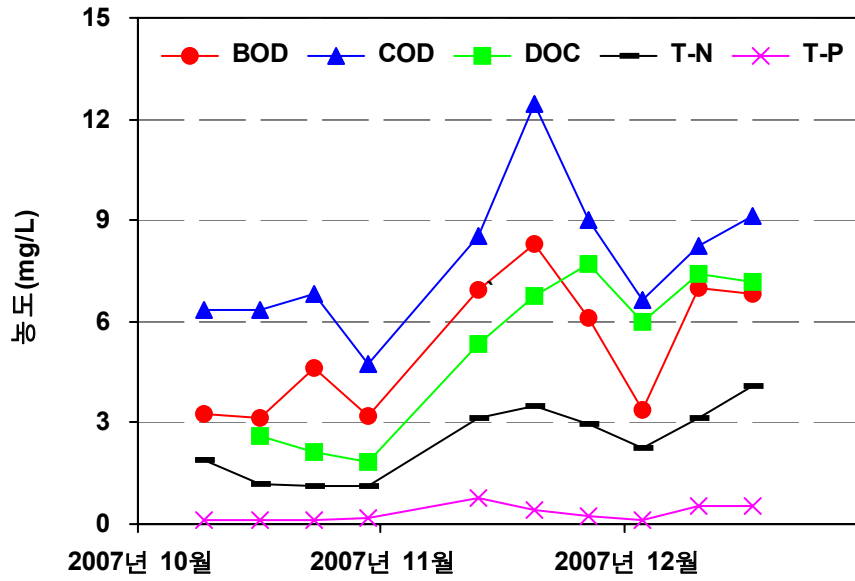


(그림 3-15) 곡교천3 지점의 수질변화

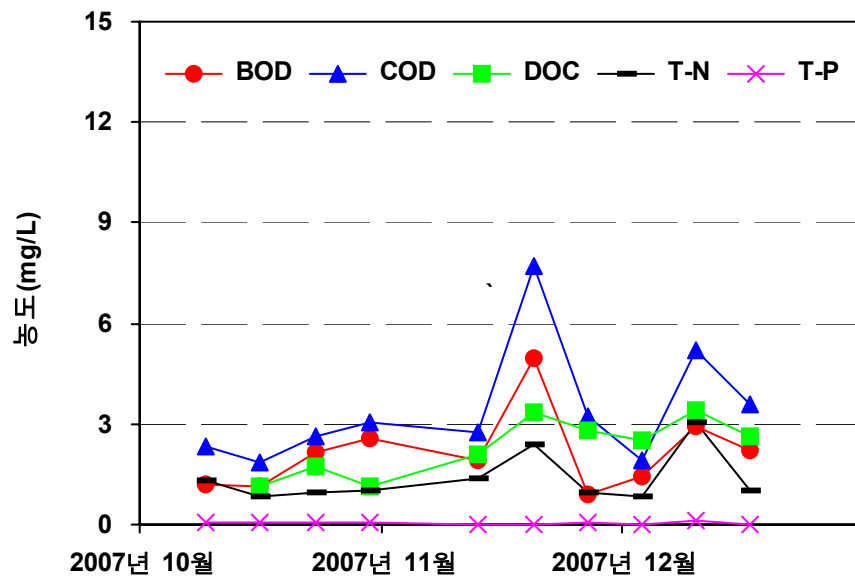


(그림 3-16) 곡교천4 지점의 수질변화

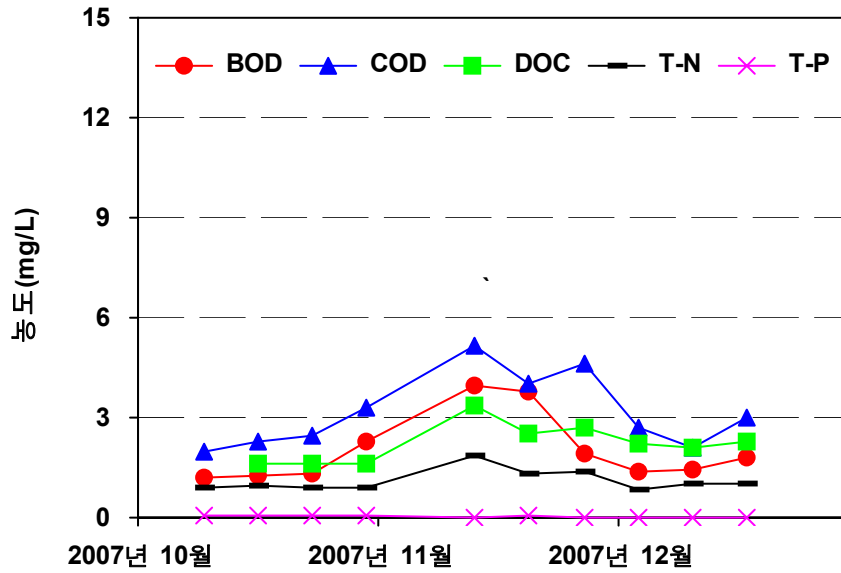




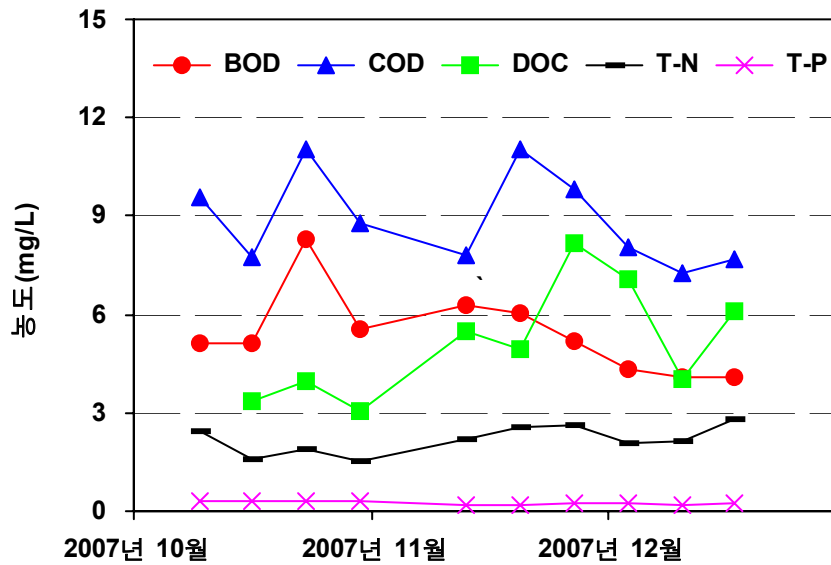
[그림 3-17] 무한천1 지점의 수질변화



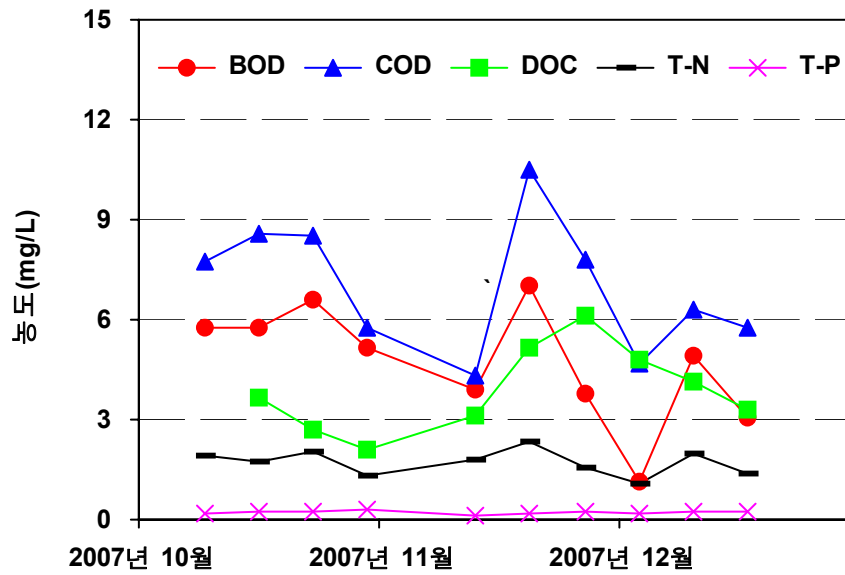
[그림 3-18] 무한천2 지점의 수질변화



[그림 3-19] 신양천 지점의 수질변화



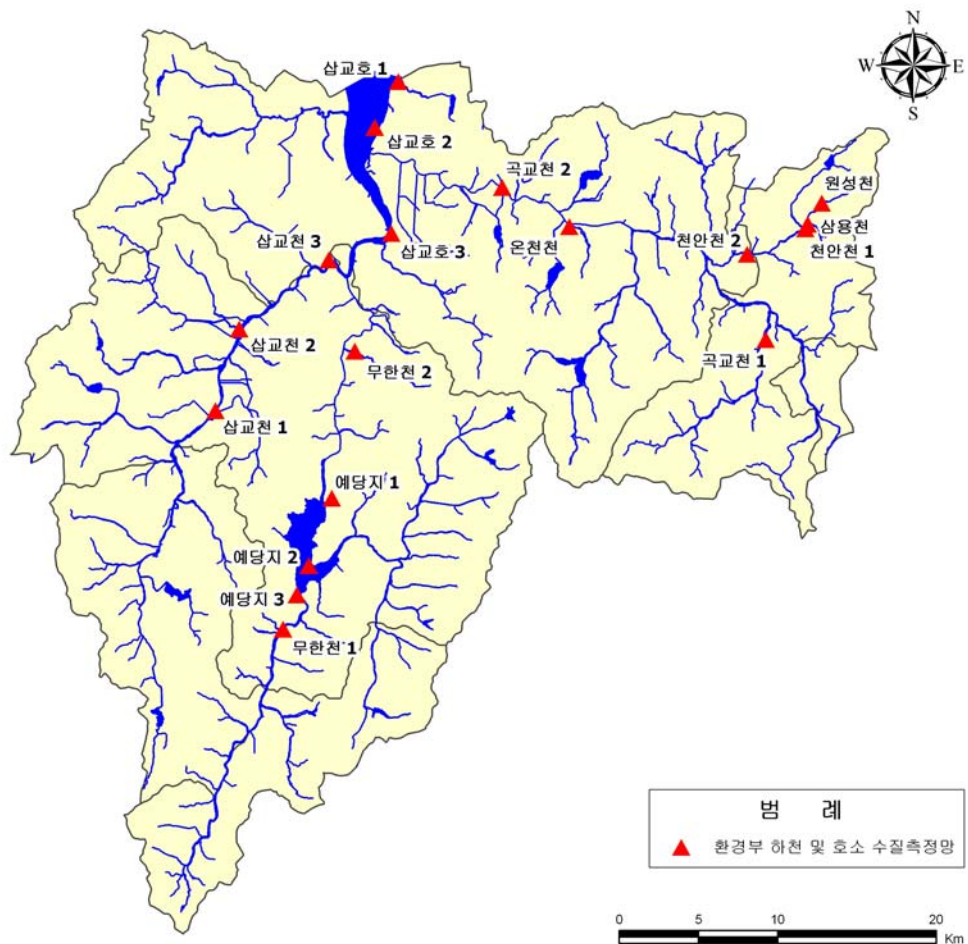
[그림 3-20] 남원천 지점의 수질변화



[그림 3-21] 도고천 지점의 수질변화

## 2. 수질측정망 자료

삼교호수계 하천 및 호소의 수질변화를 알아보고, 본 연구에서 수행한 하천 수질결과와도 비교하기 위하여 최근 3년간의 수질측정망자료를 정리하였다. 삼교호수계 내의 하천 및 호소 수질측정망 지점의 위치는 [그림 3-22]와 같으며, 수질측정망의 삼교천3, 무한천1, 곡교천2 지점은 본 연구에서 수행한 삼교천1, 무한천2, 곡교천2 지점과 동일한 지점들이다.



[그림 3-22] 삼교호수계 수질측정망 지점

## 가. 하천 수질측정망

<표 3-10>~<표 3-16>는 삼교호수계 하천 수질측정망 지점에 대한 지난 3년간의  $BOD_5$ ,  $COD_{Mn}$ , SS, T-N, T-P 등의 변화를 정리한 것이다. 하천 수질측정망 지점은 대부분 삼교호수계 주요 하천인 삼교천, 곡교천, 무한천에 위치하고 있으며, 하천 수질측정망 지점 중 주요하천의 말단지점(삼교천3, 곡교천2, 무한천2)의 항목별 수질변화를 [그림 3-23]~[그림 3-26]에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 최근 3년간의 수질농도 변화는 대체적으로 증가추세에 있으며, 3개 주요하천 중 삼교천이 2005년 대비 증가폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 특히, 2006년에 비해 2007년 모든 하천들이 잦은 강우로 인해 수질농도 변화는 대체적으로 비슷한 경향을 보였으나, 이와는 반대로 무한천은 급격히 감소하는 경향을 보였다. 지난 3년간 삼교천3, 곡교천2, 무한천2의 평균  $BOD_5$  농도는 각각 3.3, 6.1, 4.2 mg/L 정도이었으며, 삼교천3과 무한천2는 하천 수질기준 III등급, 곡교천2는 하천 수질기준 IV등급 정도의 높은 수질을 보였다.  $COD_{Mn}$ , T-N, T-P 항목 등도  $BOD_5$ 와 마찬가지로 삼교천3과 무한천2에 비해 곡교천2의 수질이 매우 높은 편이었다. 삼교호수계 주요 3개 하천을 비교해보면, 모든 수질항목에서 삼교천3의 수질이 가장 양호한 것으로 나타났으나, T-P의 경우에는 무한천2가 가장 낮은 농도를 보였다.

〈표 3-10〉 삼교천1 지점의 수질농도변화

년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	2.5	5.0	15.6	9.231	0.284
	2월	1.9	5.0	32.0	7.975	0.398
	3월	2.6	8.3	154.7	8.345	0.590
	4월	3.1	8.9	69.0	7.464	0.125
	5월	3.9	9.2	23.6	7.464	0.221
	6월	4.6	10.3	44.0	4.980	0.456
	7월	3.7	10.0	70.0	4.176	0.302
	8월	2.6	6.0	65.6	4.000	0.274
	9월	1.8	9.2	101.0	5.632	0.504
	10월	1.7	4.4	45.6	7.120	0.235
	11월	1.6	4.1	11.2	5.928	0.144
	12월	1.9	6.2	13.4	8.832	0.706
2006년	1월	8.7	8.9	19.2	12.432	0.571
	2월	8.9	9.0	17.8	10.608	0.883
	3월	2.9	4.9	22.8	9.600	0.317
	4월	3.2	6.0	19.0	7.536	0.437
	5월	8.8	9.1	29.6	6.720	0.485
	6월	4.7	10.7	24.8	6.360	0.254
	7월	2.7	9.3	73.6	4.728	0.331
	8월	4.4	6.7	11.2	4.992	0.254
	9월	3.6	8.1	19.2	2.064	0.168
	10월	1.2	5.7	13.0	4.096	0.677
	11월	4.2	5.8	11.6	5.648	0.514
	12월	2.4	5.7	20.0	7.200	0.346
2007년	1월	5.3	7.6	24.2	6.384	0.845
	2월	3.0	6.0	24.2	8.432	0.182
	3월	4.3	9.0	16.0	7.440	0.298
	4월	4.0	9.0	30.5	6.792	0.312
	5월	4.7	11.4	18.0	8.208	0.259
	6월	4.3	12.4	6.8	5.620	0.541
	7월	8.6	11.5	10.8	6.687	0.222
	8월	6.0	10.1	10.7	3.454	0.336
	9월	1.8	6.5	28.7	6.415	0.378
	10월	1.6	6.4	39.0	6.317	0.295

〈표 3-11〉 삼교천2 지점의 수질농도변화

년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	3.3	4.9	29.2	7.385	0.197
	2월	3.9	4.5	20.4	9.212	0.403
	3월	4.0	9.5	146.0	6.074	0.360
	4월	4.6	12.3	51.0	6.388	0.240
	5월	5.1	9.6	82.0	9.696	0.298
	6월	5.6	8.1	45.6	4.110	0.259
	7월	1.8	12.2	146.0	3.360	0.322
	8월	2.3	6.6	78.8	4.000	0.288
	9월	1.9	4.9	27.5	3.216	0.192
	10월	1.6	4.5	58.8	6.512	0.250
	11월	2.0	3.6	12.0	5.280	0.144
	12월	2.5	6.4	11.2	7.752	0.571
2006년	1월	2.3	6.2	21.2	8.376	0.293
	2월	4.9	6.2	15.0	7.944	0.389
	3월	2.5	4.9	14.8	8.136	0.307
	4월	2.9	6.6	21.2	6.504	0.307
	5월	4.7	6.0	64.8	5.056	0.307
	6월	5.0	11.7	24.4	3.792	0.197
	7월	2.3	8.2	63.2	3.360	0.293
	8월	3.3	7.1	12.2	3.280	0.187
	9월	3.5	6.7	21.6	1.888	0.187
	10월	1.3	5.8	11.4	3.072	0.461
	11월	3.9	5.9	11.0	5.088	0.355
	12월	2.5	6.2	24.8	6.880	0.312
2007년	1월	4.8	6.8	18.4	10.296	0.950
	2월	2.5	6.1	22.6	7.600	0.240
	3월	4.4	9.9	11.0	7.416	0.230
	4월	4.0	9.5	46.3	7.440	0.370
	5월	3.4	9.4	50.0	6.528	0.206
	6월	6.4	11.3	15.5	3.206	0.290
	7월	8.1	10.7	29.5	3.718	0.214
	8월	5.3	9.7	8.0	2.342	0.247
	9월	2.0	6.3	31.0	5.821	0.231
	10월	0.9	4.9	33.7	6.298	0.243

〈표 3-12〉 삼교천3 지점의 수질농도변화

년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	1.7	4.0	6.8	6.646	0.240
	2월	1.8	9.9	11.2	8.751	0.259
	3월	2.2	7.0	39.2	6.406	0.259
	4월	2.5	7.1	18.0	5.926	0.101
	5월	4.2	9.4	22.8	10.680	0.206
	6월	5.1	11.4	30.4	4.590	0.202
	7월	2.8	9.3	54.8	3.792	0.288
	8월	2.9	5.9	91.6	4.320	0.269
	9월	2.6	5.3	53.0	3.136	0.240
	10월	1.1	3.7	14.8	6.768	0.187
	11월	1.6	4.3	15.2	5.520	0.158
	12월	1.5	4.9	13.0	6.624	0.307
2006년	1월	2.2	4.8	7.2	8.592	0.355
	2월	2.1	5.3	8.8	7.320	0.298
	3월	3.0	5.3	12.8	8.424	0.269
	4월	6.3	8.8	23.6	6.240	0.202
	5월	4.4	8.2	19.2	5.776	0.187
	6월	6.3	13.2	18.4	3.576	0.182
	7월	2.4	8.6	27.6	3.696	0.264
	8월	4.2	7.4	10.1	4.208	0.178
	9월	4.2	8.0	16.4	1.776	0.206
	10월	4.2	7.7	13.0	2.976	0.230
	11월	4.0	5.2	10.0	4.016	0.298
	12월	1.3	4.9	8.0	7.488	0.264
2007년	1월	1.9	5.0	9.0	6.688	0.259
	2월	2.8	6.2	16.6	8.320	0.370
	3월	3.1	10.9	11.0	7.920	0.346
	4월	3.8	10.0	29.2	6.984	0.250
	5월	3.8	10.8	26.7	6.480	0.178
	6월	6.1	10.5	6.0	3.515	0.164
	7월	8.3	13.1	14.5	3.686	0.218
	8월	4.6	8.6	8.7	2.215	0.246
	9월	1.8	6.2	25.7	5.785	0.208
	10월	0.8	4.6	21.7	5.905	0.208



〈표 3-13〉 곡교천1 지점의 수질농도변화

년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	0.9	2.4	3.3	4.032	0.118
	2월	0.8	3.7	1.6	3.168	0.053
	3월	1.1	4.1	4.8	3.283	0.086
	4월	1.8	5.4	2.8	2.520	0.029
	5월	1.7	5.0	8.4	2.700	0.038
	6월	2.0	4.4	4.8	1.200	0.034
	7월	1.2	5.4	6.0	2.592	0.058
	8월	1.8	3.9	6.4	3.110	0.066
	9월	0.7	2.5	5.0	2.189	0.048
	10월	0.8	2.3	2.2	2.525	0.038
	11월	1.0	2.2	5.6	3.878	0.034
	12월	0.8	2.0	6.0	4.144	0.014
2006년	1월	0.2	1.9	8.4	3.040	0.010
	2월	0.2	3.5	2.8	3.856	0.053
	3월	0.7	3.2	6.4	3.072	0.043
	4월	2.6	4.7	7.2	3.424	0.110
	5월	1.2	5.6	7.2	2.144	0.043
	6월	4.1	9.7	14.0	5.968	0.130
	7월	0.9	5.3	6.2	1.037	0.062
	8월	1.0	4.1	6.3	3.504	0.101
	9월	4.3	4.8	8.4	0.797	0.082
	10월	2.7	6.1	5.6	0.859	0.067
	11월	1.2	3.3	4.8	1.008	0.048
	12월	0.7	2.2	1.8	1.406	0.038
2007년	1월	0.8	1.8	7.4	2.035	0.043
	2월	0.4	2.3	1.6	1.867	0.029
	3월	0.8	3.1	3.8	1.771	0.029
	4월	1.1	3.0	20.6	3.149	0.058
	5월	1.3	6.1	5.5	2.285	0.058
	6월	2.6	4.7	3.0	1.016	0.016
	7월	2.0	5.3	4.8	5.776	0.698
	8월	9.9	12.8	45.0	5.150	0.182
	9월	0.7	1.4	2.2	4.692	0.041
	10월	1.1	1.7	2.8	3.326	0.035

〈표 3-14〉 곡교천2 지점의 수질농도변화

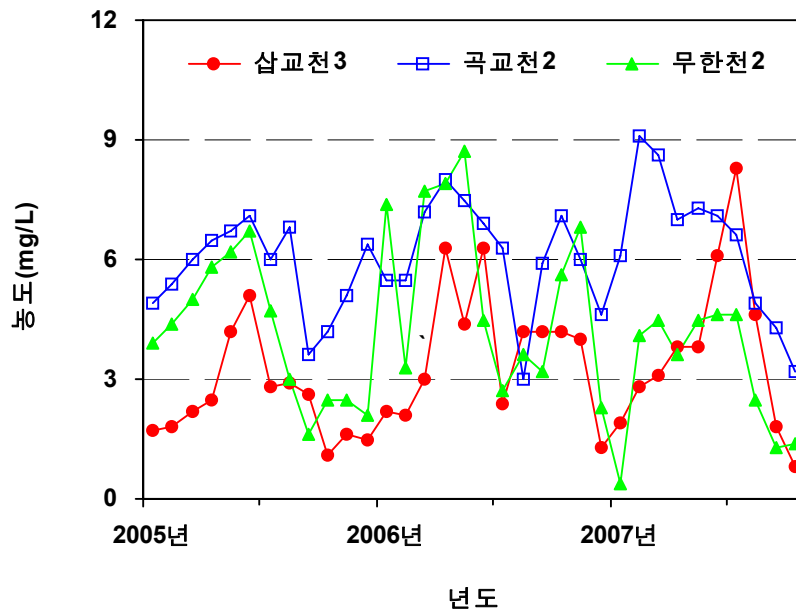
년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	4.9	8.2	19.3	9.000	1.217
	2월	5.4	12.3	15.6	19.440	0.595
	3월	6.0	18.8	16.0	16.080	0.634
	4월	6.5	15.8	15.2	20.080	0.298
	5월	6.7	17.8	68.4	12.240	0.821
	6월	7.1	16.6	20.0	9.888	0.806
	7월	6.0	16.3	33.2	9.456	0.734
	8월	6.8	11.4	14.8	7.872	0.312
	9월	3.6	5.8	23.2	5.808	0.374
	10월	4.2	5.2	7.8	6.744	0.235
	11월	5.1	6.9	8.8	8.376	0.518
	12월	6.4	8.3	6.4	10.128	0.427
2006년	1월	5.5	9.9	12.0	15.072	1.018
	2월	5.5	9.0	18.8	12.000	0.691
	3월	7.2	14.6	12.8	17.472	0.835
	4월	8.0	12.3	12.8	15.696	0.595
	5월	7.5	12.0	12.0	14.976	0.619
	6월	6.9	12.9	23.2	8.496	0.691
	7월	6.3	17.4	45.2	7.872	0.816
	8월	3.0	7.9	8.7	5.784	0.350
	9월	5.9	9.5	15.0	8.208	0.648
	10월	7.1	14.3	16.8	10.176	1.138
	11월	6.0	11.4	9.6	14.928	1.080
	12월	4.6	8.0	12.4	16.896	0.326
2007년	1월	6.1	10.1	14.5	13.164	1.189
	2월	9.1	15.8	12.8	20.616	0.927
	3월	8.6	15.2	10.4	14.916	0.649
	4월	7.0	14.9	10.4	15.437	0.718
	5월	7.3	11.6	26.9	14.973	0.981
	6월	7.1	14.3	22.8	12.297	0.752
	7월	6.6	13.7	27.9	13.629	0.853
	8월	4.9	10.3	56.4	4.928	0.529
	9월	4.3	7.9	16.7	6.117	0.329
	10월	3.2	6.5	18.5	5.633	0.470

〈표 3-15〉 무한천1 지점의 수질농도변화

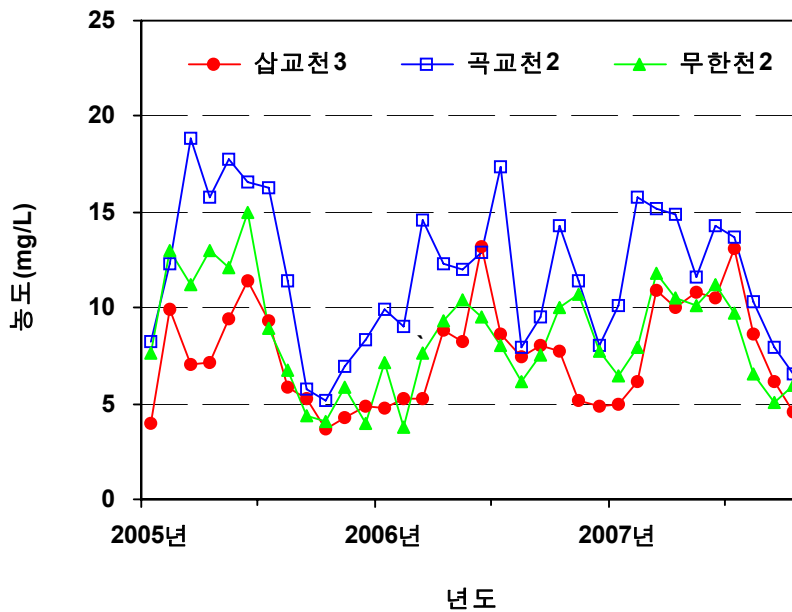
년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	1.9	2.9	6.3	3.456	0.232
	2월	1.1	3.7	5.6	3.235	0.283
	3월	2.0	4.6	16.4	2.342	0.058
	4월	2.2	5.0	16.0	2.189	0.029
	5월	3.2	8.8	20.4	2.136	0.110
	6월	3.3	8.6	8.4	3.000	0.029
	7월	2.3	7.6	31.2	2.460	0.182
	8월	1.2	5.1	10.8	2.268	0.106
	9월	4.0	8.6	85.0	2.556	0.413
	10월	0.8	3.2	7.2	4.272	0.062
	11월	1.1	2.3	6.4	2.496	0.038
	12월	1.7	4.3	8.2	3.264	0.091
2006년	1월	1.1	2.1	2.4	3.536	0.024
	2월	1.3	2.6	2.8	3.168	0.034
	3월	1.7	3.1	5.8	2.803	0.034
	4월	3.6	5.8	12.2	1.978	0.062
	5월	5.0	7.0	11.8	1.546	0.082
	6월	4.1	9.7	17.2	2.342	0.106
	7월	1.3	5.4	12.8	2.237	0.096
	8월	3.1	5.8	5.8	1.718	0.058
	9월	2.8	5.8	6.0	0.950	0.058
	10월	1.4	5.0	6.4	1.315	0.048
	11월	3.3	5.2	4.4	2.338	0.082
	12월	0.8	3.2	1.8	2.026	0.019
2007년	1월	0.6	2.7	0.8	2.506	0.024
	2월	0.7	2.7	1.6	5.088	0.014
	3월	1.3	7.6	1.6	1.680	0.034
	4월	1.1	4.9	11.0	4.048	0.067
	5월	5.0	8.3	24.3	2.112	0.101
	6월	5.7	9.7	9.7	2.213	0.115
	7월	5.7	9.4	4.5	4.750	0.075
	8월	2.9	6.8	3.2	1.698	0.069
	9월	1.0	3.8	0.6	3.905	0.153
	10월	0.8	4.0	5.2	2.799	0.085

〈표 3-16〉 무한천2 지점의 수질농도변화

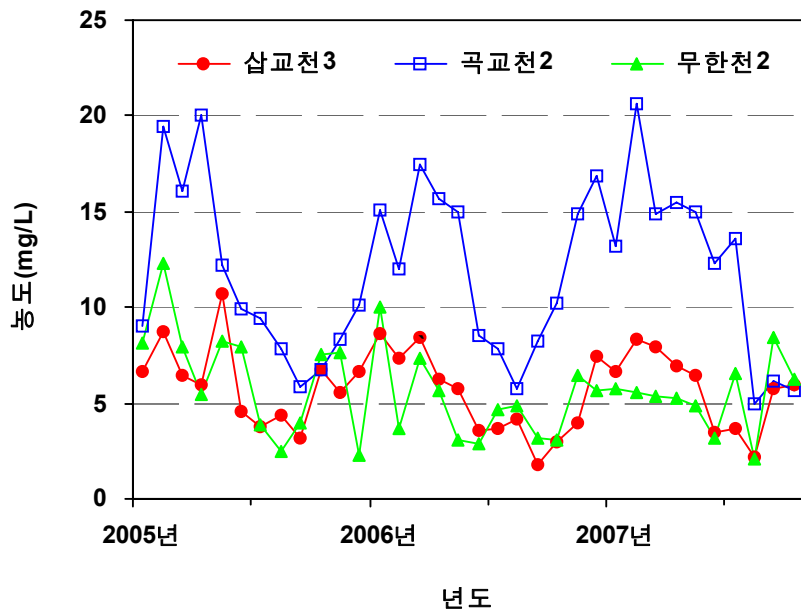
년	월	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2005년	1월	3.9	7.6	12.0	8.160	0.264
	2월	4.4	13.0	7.6	12.274	0.451
	3월	5.0	11.2	18.0	7.944	0.254
	4월	5.8	13.0	35.2	5.496	0.086
	5월	6.2	12.1	26.0	8.232	0.269
	6월	6.7	15.0	37.6	7.920	0.403
	7월	4.7	8.9	39.6	3.912	0.245
	8월	3.0	6.7	27.6	2.496	0.130
	9월	1.6	4.4	11.0	3.984	0.082
	10월	2.5	4.1	6.0	7.584	0.106
	11월	2.5	5.9	6.2	7.632	0.072
	12월	2.1	4.0	8.9	2.256	0.077
2006년	1월	7.4	7.1	7.6	10.056	0.139
	2월	3.3	3.8	17.2	3.648	0.038
	3월	7.7	7.6	7.2	7.320	0.120
	4월	7.9	9.3	11.0	5.616	0.115
	5월	8.7	10.4	13.6	3.088	0.178
	6월	4.5	9.5	20.4	2.832	0.182
	7월	2.7	8.0	25.6	4.640	0.192
	8월	3.6	6.2	8.0	4.880	0.101
	9월	3.2	7.5	7.8	3.152	0.120
	10월	5.6	10.0	18.8	3.104	0.082
	11월	6.8	10.7	11.2	6.496	0.106
	12월	2.3	7.7	3.2	5.664	0.144
2007년	1월	0.4	6.4	4.8	5.744	0.106
	2월	4.1	7.9	6.6	5.600	0.091
	3월	4.5	11.8	6.0	5.392	0.096
	4월	3.6	10.5	15.8	5.216	0.192
	5월	4.5	10.1	23.7	4.848	0.187
	6월	4.6	11.2	8.0	3.212	0.159
	7월	4.6	9.7	16.7	6.554	0.177
	8월	2.5	6.5	3.8	2.041	0.102
	9월	1.3	5.1	1.0	8.405	0.097
	10월	1.4	6.0	4.4	6.285	0.152



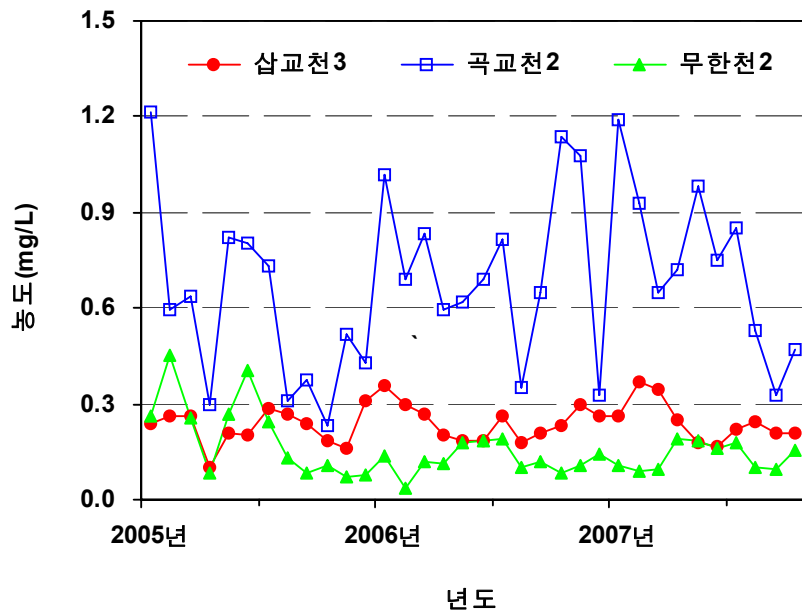
[그림 3-23] 하천별 수질측정망 지점의 BOD<sub>5</sub> 농도변화



[그림 3-24] 하천별 수질측정망 지점의 COD<sub>Mn</sub> 농도변화



[그림 3-25] 하천별 수질측정망 지점의 T-N 농도변화



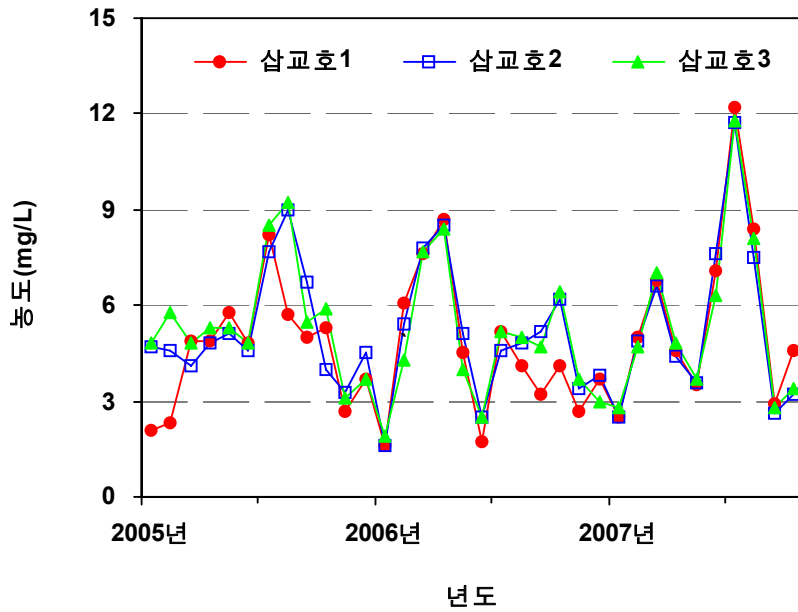
[그림 3-26] 하천별 수질측정망 지점의 T-P 농도변화

## 나. 호소 수질측정망

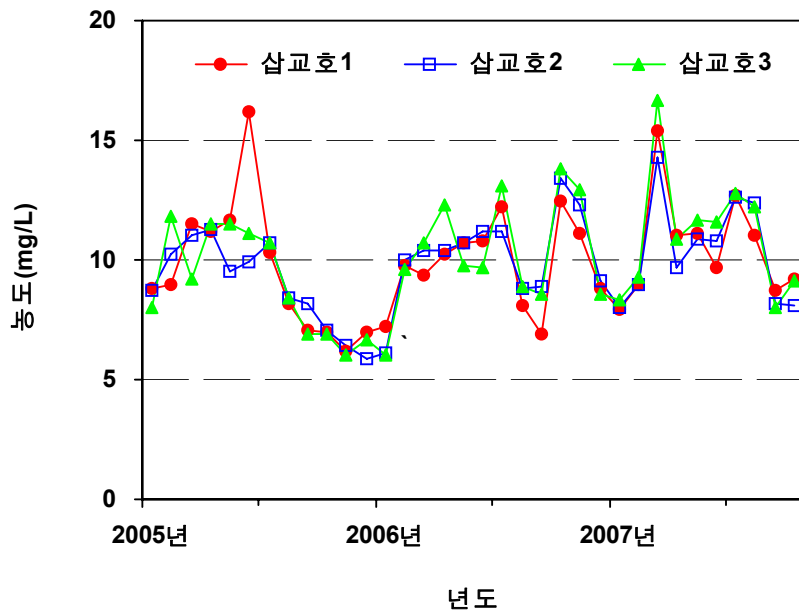
삼교호수계 내에는 예당지와 삼교호 2개의 호소가 있으며, 2개의 호소에 총 6개의 수질측정망 지점이 설정되어 있다. [그림 3-27]~[그림 3-34]는 예당지와 삼교호 수질측정망 지점에 대한 수질항목별 측정결과를 나타낸 것이다. 동일한 호소 내 설정된 수질측정망 지점간에는 수질항목에 관계없이 큰 차이를 보이지 않았다. 삼교호의 최근 3년간 수질농도 변화를 항목별로 살펴보면, 3년간 평균  $COD_{Mn}$ , T-N, T-P는 호소 수질기준 VI등급의 수질을 보였으며, 특히,  $COD_{Mn}$ 과 T-P는 해가 갈수록 점진적으로 증가하는 추세를 보였다.

한편, 예당지의 3년간 평균  $COD_{Mn}$ , T-N, T-P 농도를 살펴보면,  $COD_{Mn}$ 은 호소 수질기준 V등급에서 VI등급으로 증가추세에 있고, T-N은 VI등급에서 V등급으로 감소추세에 있으며, T-P는 IV등급 수준을 보이고 있다. 예당지의  $BOD_5$ 는 유사한 수준이거나 다소 증가추세에 있으나  $COD_{Mn}$ 은 예당지 상류 무한천의 농도가 차이가 별로 없음에도 불구하고 해가 지날수록 증가하는 추세를 보였는데, 이는 생물학적으로 분해 불가능한 오염물질이 증가한다는 것을 의미하는 것으로 특별한 오염물질 저감대책이 없는 한 호소 내 오염물질의 축적으로 인해 예당지의  $COD_{Mn}$  농도는 계속적으로 증가할 것으로 추정된다. 반면, T-N 농도는 상류지역에서 유입되는 무한천의 T-N 농도 감소로 인해 호소의 T-N 농도 또한 감소하는 경향을 보여  $COD_{Mn}$  농도의 증가와는 상반되는 결과를 보였다.

예당지 수질변화를 예당지 상류 및 하류지점(무한천1 및 무한천2)에 위치한 수질측정망 자료와 비교해보면, 무한천1에 비해 예당지의 수질이 낮아지는 경향을 보이다가 예당지 하류지점에서 증가하는 추세를 보여 예당지가 오염물질의 완충역할(축적 또는 분해)을 하는 것으로 판단된다.

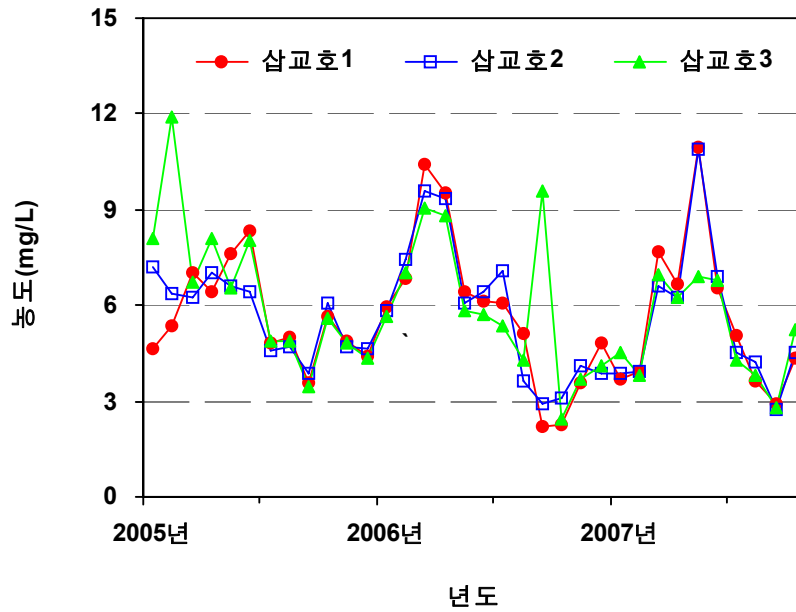


[그림 3-27] 삼교호 수질측정망 지점의 BOD<sub>5</sub> 농도변화

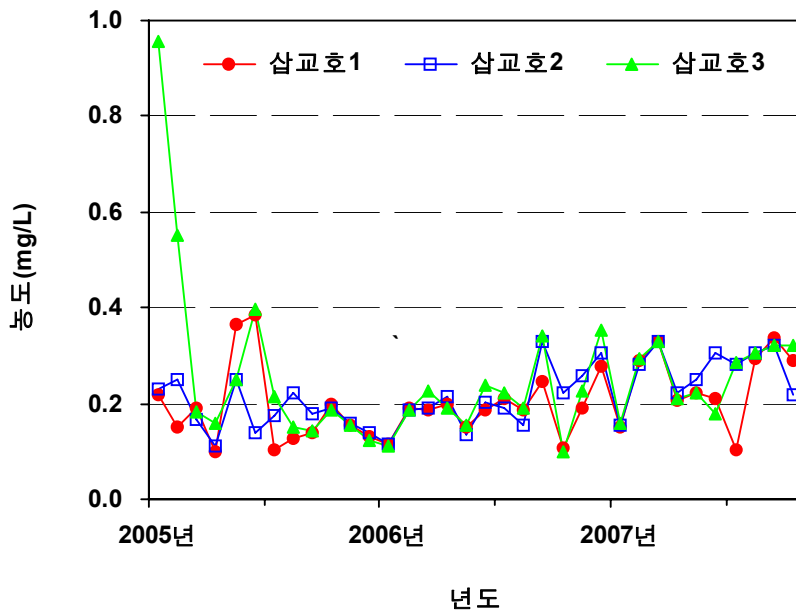


[그림 3-28] 삼교호 수질측정망 지점의 COD<sub>Mn</sub> 농도변화

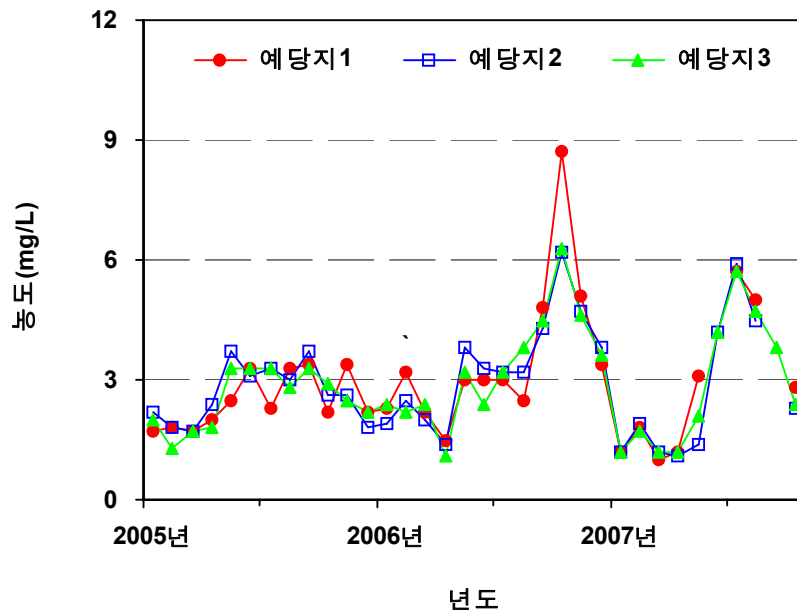




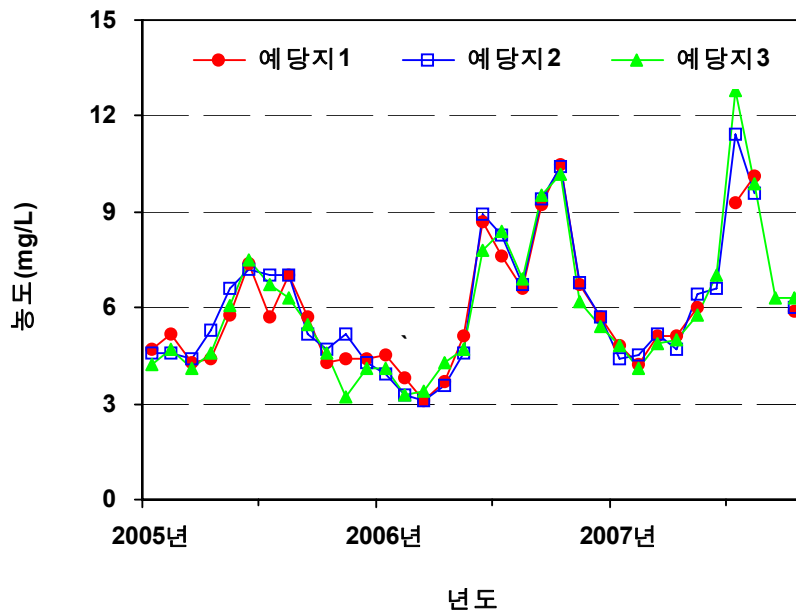
[그림 3-29] 삼교호 수질측정망 지점의 T-N 농도변화



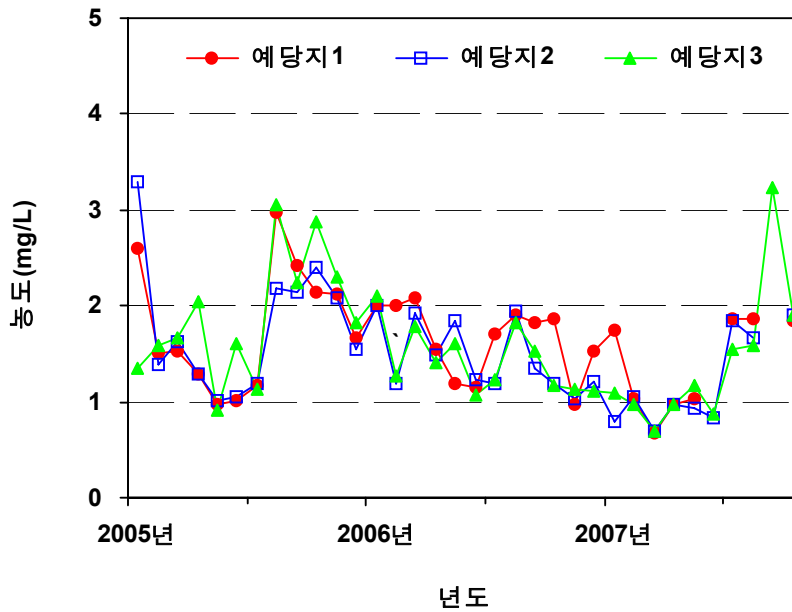
[그림 3-30] 삼교호 수질측정망 지점의 T-P 농도변화



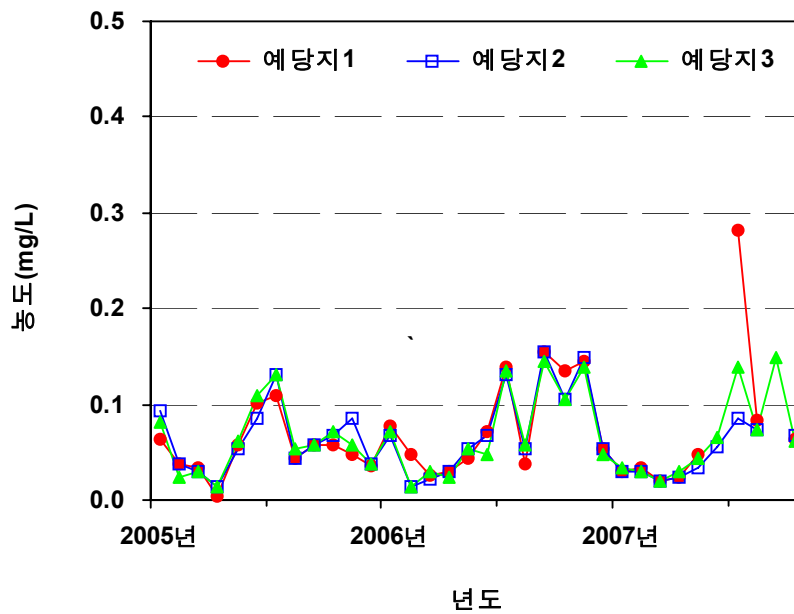
[그림 3-31] 예당지 수질측정망 지점의 BOD<sub>5</sub> 농도변화



[그림 3-32] 예당지 수질측정망 지점의 COD<sub>Mn</sub> 농도변화



[그림 3-33] 예당지 수질측정망 지점의 T-N 농도변화



[그림 3-34] 예당지 수질측정망 지점의 T-P 농도변화

## 제4장 결론 및 제언

### 1. 결론 및 요약

본 연구에서는 삽교호수계 수질오염총량관리제의 원활한 시행을 위해서 계획수립에 필요한 기초자료를 구축하기 위하여 삽교호수계 주요하천의 유량 및 수질 모니터링을 수행하였으며, 이와 같은 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 삽교호수계 주요하천 중에서 유역면적이 넓은 삽교천의 유량이 가장 많았으며, 상하류간의 유량차이가 크게 났다. 곡교천은 천안지역 이후부터 유량이 증가하기 시작하여 삽교호에 가까워질수록 유량이 점진적으로 증가하는 경향을 보였으며, 무한천도 삽교천과 마찬가지로 상하류간의 유량차이가 큰 것으로 나타났다.

2. 삽교천의 경우 상류지점에 비해 하류지점의  $BOD_5$  농도가 작은 경향을 보였는데, 이는 덕산천 유입이후 예산지역에서 유입되는 하천의 농도가 낮아 삽교천의 희석효과를 가져왔거나 삽교천 자체의 자정능력이 뛰어났기 때문인 것으로 판단된다.

3. 곡교천은 천안시와 아산시 경계지점 이후부터 대부분의 수질인자들이 급격히 증가하는 경향을 보였는데, 이는 천안시의 인구증가 및 산업시설의 증가로 인해 오염물질 배출량이 증가하였기 때문이며, 향후 곡교천의 수질개선을 위해서는 무엇보다도 천안지역의 오염물질 배출량 관리가 시급한 과제이다.

4. 무한천은 예산지역에서 배출된 오염원의 영향으로 인해 평균  $BOD_5$  농도가 5.3 mg/L로 하천 수질기준 IV등급 수준을 보였으며, 당진군에 위치한 남원천 역시 평균  $BOD_5$  농도가 5.4 mg/L로 오염원관리가 이루어져야 할 하천인 것으로 판단된다.

5. 삽교호수계 주요하천의 3년간 수질측정망 자료와 본 연구의 수질측정결과가 유사한 경향을 보였다. 모든 수질항목에서 삽교천이 가장 양호한 반면, 곡교천의 수질이 가장 나쁜 것으로 나타났으며, 특히, T-P의 경우에는 무한천이 가장 낮은 결과를 보였다.

6. 삽교호수계 호소에 설치된 수질측정망 자료를 분석한 결과, 삽교호는 최근 3년 평균 IV등급의 수질을 보였으며, COD<sub>Mn</sub>과 T-P는 해가 갈수록 점진적으로 증가하는 추세를 보였다. 반면, 예당지의 경우에는 COD<sub>Mn</sub> 농도는 무한천 상류와 차이가 없음에도 불구하고 증가하는 추세를 보였는데, 이는 생물학적으로 분해 불가능한 오염물질이 증가한다는 것을 의미하는 것으로 특별한 저감대책이 없는 한 호소 내 오염물질의 축적으로 인해 예당지의 COD<sub>Mn</sub> 농도는 계속적으로 증가할 것으로 예상된다.

## 2. 연구한계와 정책제언

본 연구에서는 삼교호수계 주요하천의 유량을 유속-단면적법에 의해 산정하려 하였으나, 일부 하천은 하폭이 넓고 수심이 깊어 인력으로 측정하는데 한계가 있어 금강홍수통제소의 수위 관측소 측정자료를 이용하여 산정하였다. 이와 같이 유량자료 확보의 어려움에도 불구하고 연구과정에서 밝혀진 내용을 기초로 삼교호수계의 수질오염총량관리제의 시행에 앞서 다음과 같이 제언하고자 한다.

1. 삼교호수계 수질오염총량관리 기본계획 및 시행계획 수립시 기준유량 산정 및 목표수질을 설정하기 위해 하천의 주요지점에 대한 유량 및 수질 모니터링이 필요하며, 제도를 보다 과학적이고 합리적으로 시행하기 위해서는 적어도 시행 3년 이전부터는 매년 삼교호수계 주요하천의 유량 및 수질자료를 구축해 놓아야 할 것이다.

2. 본 연구의 하천 유량 및 수질 모니터링 지점 중에서 하천의 폭이 넓고 수심은 깊은 하천 말단지점의 유량을 측정하지 못하고 있는 실정이므로, 지속적인 모니터링을 위해서는 이러한 지점의 유량을 정확히 산정할 수 있는 방법을 강구해야 할 것이다.

3. 향후, 삼교호수계 수질오염총량관리제를 시행하는 시점이전에 삼교호유역의 오염원자료를 이용하여 유역에서 발생 및 배출되는 부하량과 하천에 유달되는 산정하여야 할 것이며, 하천 유달부하량과 유량 및 수질자료와의 비교·평가도 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, 국가수자원관리 종합정보시스템(<http://www.wamis.go.kr>), 2007
2. 건설교통부, 한국하천일람, 2004
3. 국립환경과학원, 수질총량관리센터(<http://tmdl.nier.go.kr/>)
4. 김형중외, 삼교호의 수질특성에 관한 연구, 한국관개배수, 11(2), 2004
5. 박재영외, 삼교호 유입하천에서 강수시 오염물질의 유출특성, 한국육수학회, 34(1), 2001
6. 충남환경기술개발센터, 삼교천수계의 수질관리를 위한 방안 연구, 2003
7. 충남발전연구원, 충청남도 삼교호수계의 수질총량관리제 시행방안, 2005
8. 충청남도, 충청남도 환경보전종합계획, 2007
9. 환경부, 수질측정망운영계획, 2007
10. 환경부, 환경정책기본법, 2007
11. 환경부, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률, 2007
12. 환경부, 오염총량관리제도 해설, 2003
13. 환경부, 금강수계물관리및주민지원등에관한법률, 2002





## ■ 집 필 자 ■

연구책임 · 대전대학교 환경공학과 배병욱 교수  
충남발전연구원 충청남도수질총량관리센터 김영일 전임책임연구원  
공동연구 · 충남발전연구원 충청남도수질총량관리센터 이상진 센터장  
충남발전연구원 충청남도수질총량관리센터 김홍수 전임연구원  
연구보조 · 충남발전연구원 충청남도수질총량관리센터 최정호 연구원  
충남발전연구원 충청남도수질총량관리센터 조병욱 연구원  
대전대학교 환경공학과 최기승 연구원  
대전대학교 환경공학과 임문구 연구원

기획연구 2007-05 · 삼교호수계의 수질총량관리제 시행을 위한 하천현황자료 구축

글쓴이 · 배병욱 외 3인 / 발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원  
인쇄 · 2007년 10월 31일 / 발행 · 2007년 10월 31일  
주소 · 대전광역시 중구 용두동 112-1 동아일보빌딩 5-6층 (301-745)  
전 화 · 042-820-1180(충청남도수질총량관리센터) / 팩스 · 042-820-1129  
ISBN · 978-89-6124-034-5 93530

<http://www.cdi.re.kr>

©2007. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.