

기본연구과제 2003-07

# 錦江 中・下流圈域의 水質汚染物質 流達特性

- 忠淸南道 流域을 中心으로 -

이 상 진

# 발 간 사

올해는 UN이 정한 '세계 물의 해'로서, 충청권의 젖줄이라 일컬어지는 금강의 수환경 현황 및 수질오염물질의 유달특성에 대한 본 연구가 수행되어 무엇보다도 큰 의미가 있다고 생각한다.

물은 인간의 생존을 위하여 필수적일 뿐만 아니라 자연계에서 기초생산자인 녹색식물의 광합성에서부터 모든 동·식물 및 미생물의 생존을 위해서는 절대적인 요소이다. 그러나 우리 나라는 계절별, 연도별, 지역별 강수량의 편차가 심한 동시에 하천경사가 급한 지리적 특성으로 일시에 유출되고 있으며, 대수층의 발달이 빈약하여 대규모의 지하수 개발이 어려운 문제 등 수자원의 이용 면에서 불리한 자연조건을 안고 있다.

이와 같이 한정된 수자원의 관리에 있어서 이수(利水)와 치수(治水)의 문제가 함께 고려되어야 하며, 이수는 양적 부족을 극복해야 하는 동시에 질적 측면을 관리해야 하는 측면이고, 치수는 홍수나 범람과 같은 양적 과다를 치유하는 측면이라 할 수 있다. 그러나 금강수계를 포함한 우리 나라의 수자원 확보여건은 양과 질적으로 매우 제한되어 있어, 깨끗한 양질의 수자원을 확보하는 일은 국가 및 지방자치단체의 경쟁력의 척도로 일컬어지고 있다.

또한, 양질의 수자원 확보는 자연적인 여건 외에 자치단체별 지방재정을 확충하기 위해 경쟁적으로 고도화된 토지이용의 개발위주 정책이 지속되고 있어, 앞으로 수환경관리 여건은 현시점 보다 지속적으로 위협을 받을 전망이다.

금강의 양호한 수질과 수량확보의 출발점은 무엇보다도 지류(支流)하천에 대한 수질개선이 선행되어야 하며, 지류하천의 수질개선이 수반되지 않는 한 금강

의 수질개선은 사실상 거의 불가능하다. 이러한 관점에서 본 연구는 수질오염원이 밀집되어 있는 금강 중·하류권역에 유달(流達)하는 지류하천의 유량과 수질을 조사하여 오염물질 유달부하량을 산출하고 수질개선이 요구되는 하천을 분류하여 우선 순위를 선정한 절차와 방법은 매우 돋보이는 연구결과라 할 수 있다. 물론, 연구대상 유역이 광범위하고 유역내 위치하고 있는 지류하천의 수가 많아 평·갈수기 중심으로 유량 및 수질농도 측정의 횟수가 매우 제한적 실시된 점은 아쉬움으로 남고 있다.

끝으로 본 연구를 수행하는 과정에서 많은 자문과 협조를 았은 관계 전문가 및 여러 가지 어려운 여건에서도 연구에 최선을 다한 이상진 박사의 노고에 감사의 뜻을 표하며, 모쪼록 금강 수환경의 이해와 향후 금강수질개선의 관련 연구에 유익한 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

2003년 12월 31일

**충남발전연구원장**

**오 제 직**

# 제 목 차 례

<b>제1장 연구의 개요</b> .....	1
<b>제1절 연구의 배경 및 목적</b> .....	1
1. 연구배경 .....	1
2. 연구목적 .....	3
<b>제2절 연구의 범위와 방법</b> .....	5
1. 연구범위 .....	5
2. 연구방법 .....	5
 <b>제2장 수환경관리 동향 및 선행연구 고찰</b> .....	7
<b>제1절 수환경 관리 동향</b> .....	7
1. 국내 .....	7
2. 외국 .....	8
1) 미국 .....	8
2) 영국 .....	10
3) 독일 .....	11
4) 일본 .....	12
<b>제2절 선행연구 고찰</b> .....	14
 <b>제3장 금강의 수환경</b> .....	16
<b>제1절 수계의 개요</b> .....	16
1. 금강의 유황 .....	16
2. 유역면적 .....	16
3. 행정구역 현황 .....	18

4. 권역구분 .....	19
<b>제2절 수환경 관리 .....</b>	<b>21</b>
1. 수질오염원 현황 .....	21
1) 인구 .....	21
2) 산업폐수 .....	22
3) 축산폐수 .....	24
4) 토지이용 현황 .....	24
2. 환경기준 및 관리제도 .....	26
1) 수질 환경기준 .....	26
2) 수질관리 목표 .....	28
3) 특별대책지역 및 상수원보구역 .....	30
4) 수변구역 지정제도 .....	32
5) 수질규제 기준 .....	32
6) 폐수배출 허용기준 적용지역 .....	34
7) 수질측정망 .....	36
8) 수질오염총량관리제 .....	39
 <b>제4장 조사 및 분석방법 .....</b>	<b>42</b>
<b>제1절 조사범위 및 기간 .....</b>	<b>42</b>
1. 조사범위 .....	42
2. 조사 및 적용기간 .....	45
<b>제2절 조사·분석 및 평가방법 .....</b>	<b>47</b>
1. 유량 및 수질조사 .....	47
1) 제1지류하천 .....	47
2) 환경기초시설 .....	49
2. 지류하천 group화 방법 .....	50
3. 유달부하량 산정 .....	51

<b>제5장 결과 및 고찰</b>	53
<b>제1절 유량 및 수질</b>	53
1. 연기권 유역	53
2. 공주권 유역	53
3. 청양권 유역	55
4. 부여권 유역	55
5. 논산권 유역	56
6. 서천권 유역	57
7. 갑천, 미호천 및 금강본류	58
<b>제2절 유달부하 특성</b>	60
1. 항목별 유달부하량	60
1) BOD <sub>5</sub>	60
2) COD <sub>Mn</sub>	63
3) T-N	66
4) T-P	69
2. 유역면적당 유달특성	72
1) BOD <sub>5</sub>	72
2) COD <sub>Mn</sub>	72
3) T-N	73
4) T-P	74
3. 양안별 오염물질 유달특성	74
<b>제3절 수환경 평가</b>	77
1. 목표등급 달성여부	77
1) 금강본류 평가	77
2) 지류하천 평가	78
2. 상·하류간 유달부하량 평가	79
3. 평균농도 평가	80

1) 행정유역별 .....	80
2) 금강 양안별 .....	82
4. 지류하천 group 평가 .....	83
1) Group A 지류하천 .....	85
2) Group B 지류하천 .....	86
3) Group C 지류하천 .....	87
4) Group D 지류하천 .....	88
<b>제4절 주요 하천의 관리목표</b> .....	90
1. 오염물질 삭감목표량 설정 .....	90
2. 오염물질 상관성 및 유달부하량 전망 .....	92
1) 오염물질 Group별 상관성 .....	93
2) 유달부하량 전망 .....	97
 <b>제6장 결 론</b> .....	 100
 <b>제7장 향후과제 및 제언</b> .....	 103
 <b>참 고 문 헌</b> .....	 106

## 표 차례

<표 1.1> 行政流域別 第1支流河川의 分類現況 .....	6
<표 3.1> 錦江圈域別 自治團體 現況 .....	18
<표 3.2> 錦江水系 圈域區分 現況 .....	20
<표 3.3> 錦江圈域別 人口 및 汚·下水發生量 現況 .....	22
<표 3.4> 錦江圈域別 廢水排出業體數 및 廢水發生量 現況 .....	23
<표 3.5> 錦江圈域別 畜産廢水發生量 現況 .....	25
<표 3.6> 錦江圈域別 土地利用 現況 .....	25
<표 3.7> 河川의 水質環境基準 .....	27
<표 3.8> 水域區間別 水質環境基準等級 및 水質改善目標 .....	29
<표 3.9> 大淸湖 上水源 水質保全 特別對策地域 現況 .....	30
<표 3.10> 上水源保護區域 指定現況 .....	31
<표 3.11> 錦江水系의 水邊區域 指定現況 .....	32
<표 3.12> 水質規制基準 施設 및 規制項目 .....	33
<표 3.13> 錦江圈域別 排出許容基準 適用地域 指定現況 .....	36
<표 3.14> 河川水의 測定項目 및 調査時期 .....	37
<표 3.15> 錦江水系 主要地點의 水質測定網 運營結果 .....	39
<표 4.1> 調査對象 河川의 流域分類 現況 .....	43
<표 4.2> 環境基礎施設의 流量 및 水質分析 適用期間 .....	45
<표 4.3> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 調査地點 .....	46
<표 4.4> 河川水의 水質分析方法 .....	49
<표 5.1> 燕岐圈流域 測定結果 .....	53
<표 5.2> 公州圈流域 測定結果 .....	54
<표 5.3> 靑陽圈流域 測定結果 .....	55



<표 5.4> 扶餘圈流域 測定結果 .....	56
<표 5.5> 論山圈流域 測定結果 .....	57
<표 5.6> 舒川圈流域 測定結果 .....	58
<표 5.7> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 測定結果 .....	59
<표 5.8> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 BOD <sub>5</sub> 流達負荷量 .....	61
<표 5.9> 支流河川別 BOD <sub>5</sub> 流達負荷量 .....	62
<표 5.10> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 COD <sub>Mn</sub> 流達負荷量 .....	64
<표 5.11> 支流河川別 COD <sub>Mn</sub> 流達負荷量 .....	65
<표 5.12> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 T-N 流達負荷量 .....	67
<표 5.13> 支流河川別 T-N 流達負荷量 .....	68
<표 5.14> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 T-P 流達負荷量 .....	70
<표 5.15> 支流河川別 T-P 流達負荷量 .....	71
<표 5.16> 流域別 汚染物質의 流達負荷量 .....	80
<표 5.17> 流域別 汚染物質의 平均濃度 .....	81
<표 5.18> Group A의 流量 및 水質現況 .....	86
<표 5.19> Group B의 流量 및 水質現況 .....	87
<표 5.20> Group C의 流量 및 水質現況 .....	88
<표 5.21> Group D의 流量 및 水質現況 .....	89
<표 5.22> 主要 河川別 BOD <sub>5</sub> 의 目標水質 및 削減目標量 等 .....	92
<표 5.23> Group A의 函數式 .....	94
<표 5.24> Group D의 函數式 .....	96
<표 5.25> 主要 河川의 汚染物質 展望濃度 .....	97
<표 5.26> 行政流域別 汚染物質 流達負荷量 展望 .....	98
<표 5.27> 行政流域別 汚染物質 展望濃度 .....	99

## 그림차례

[그림 3.1] 錦江의 流域圖 .....	17
[그림 3.2] 錦江水系 圈域圖 .....	19
[그림 3.3] 錦江水系の 排出許容基準 適用地域 現況圖 .....	35
[그림 3.4] 錦江水系の 水質測定網 位置圖 .....	38
[그림 4.1] 調査 및 測定地點 模式圖 .....	44
[그림 4.2] 流速 測定器機 .....	48
[그림 5.1] 錦江本流의 流下地點別 BOD <sub>5</sub> 流達現況 .....	60
[그림 5.2] 錦江本流의 流下地點別 COD <sub>Mn</sub> 流達現況 .....	63
[그림 5.3] 錦江本流의 流下地點別 T-N 流達現況 .....	66
[그림 5.4] 錦江本流의 流下地點別 T-P 流達現況 .....	69
[그림 5.5] 流域面積當 BOD <sub>5</sub> 流達負荷量 .....	72
[그림 5.6] 流域面積當 COD <sub>Mn</sub> 流達負荷量 .....	73
[그림 5.7] 流域面積當 T-N 流達負荷量 .....	73
[그림 5.8] 流域面積當 T-P 流達負荷量 .....	74
[그림 5.9] 左・右岸 汚染物質 流達負荷量 模式圖 .....	76
[그림 5.10] 錦江本流 流下地點別 汚染物質의 算術平均 濃度現況 .....	78
[그림 5.11] 主要 支流河川의 BOD <sub>5</sub> 算術平均 濃度現況 .....	79
[그림 5.12] 左・右岸 汚染物質 平均濃度 模式圖 .....	83
[그림 5.13] 支流河川의 group化 模型 .....	85
[그림 5.14] Group A 支流河川의 BOD <sub>5</sub> 와 相關性 .....	94
[그림 5.15] Group B 支流河川의 BOD <sub>5</sub> 와 相關性 .....	95
[그림 5.16] Group C 支流河川의 BOD <sub>5</sub> 와 相關性 .....	95
[그림 5.17] Group D 支流河川의 BOD <sub>5</sub> 와 相關性 .....	96

# 제1장 연구의 개요

## 제1절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구배경

물은 대부분 증발된 수증기가 비나 눈의 형태로 지표에 내린 것이다. 지상에 내린 물의 일부는 지표에서 바로 증발하고, 식물로부터 증산되며, 하천과 호수 등에서 증발된다. 또한, 토양을 통하여 지하로 스며들기도 하고, 하천이나 강을 통하여 바다로 흘러들어 바다에서 증발된다. 물은 지구 내에서 대기와 육지, 바다로 번갈아 이동하는데, 이를 물의 순환이라 부른다. 물의 순환은 크게 상승경로와 하강경로로 크게 대별되며, 상승경로는 태양에너지에 의해서 일어나게 되고, 하강경로는 중력에 의해서 이루어진다.

자연계에서 기초생산자인 녹색식물의 광합성에서부터 모든 동·식물 및 미생물 생존을 위해서 물은 필수적이며, 인간은 생존을 위하여 물을 사용할 뿐만 아니라 생산 및 여가활동 등에 절대적인 요소이다. 지구상에 존재하는 물의 총량은 약 1,386백만 $\text{km}^3$ 으로 추정하고 있으며, 여러 가지 다양한 형태로 존재하게 되는데 부피로 따져보면 97.2%가 염수(鹽水)이고, 빙하나 빙산으로 1.76%, 지하수로 0.76%, 그리고 0.01%가 호수 및 하천 등으로 존재하고 있다. 이 중에서 인간이 사용할 수 있는 담수호의 물 또는 하천 수는 약 9만 $\text{km}^3$ 에 불과하여 수자원으로 이용할 수 있는 지표수량은 매우 제한적이며 전체 물량의 극히 일부에 지나지 않는다<sup>1)</sup>.

이와 같이 지표수량은 매우 제한적이거나 물 순환계에서 인류가 가장 쉽게 이용할 수 있어 오랜 역사를 통하여 인류 생활과 문명의 발생 및 발전에 가장 중

요한 요건이 되어왔다. 인간을 포함한 모든 동·식물 및 미생물의 생존을 위한 필수재임에도 불구하고, 우리는 일상생활에서 물의 가치를 인식하지 못하고 살아온 것이 사실이다. 그러나 언제부터인가 물은 수자원(水資源)이라고 부르게 되었으며, 이것은 뒤늦게나마 물의 소중함을 인식하게 되었다는 의미로 볼 수 있다<sup>2)</sup>. 이러한 인식은 최근의 경제성장, 인구의 도시집중, 그리고 생활수준의 향상으로 인하여 물에 대한 수요가 급증했으나, 그 공급은 양적 측면과 질적 측면의 제한된 상황에서 기인한다고 볼 수 있다. 우리 나라의 물 관리현황을 살펴볼 때, 수문·지리적인 특성상 시간과 공간적으로 불균형이 심화로 물의 합리적인 개발, 이용과 배분을 위한 하천의 수리·수문 정책에 치중하고 있는 실정이다. 또한, 각종 자료는 치수(治水)위주에서 크게 벗어나지 못하고, 수환경(水環境) 자료의 신뢰성 및 자료 상호간에도 연관성이 부족하여 유역중심별 수환경의 계획과 관리가 어려운 실정이다.

금강(錦江)의 수질개선(水質改善)을 위해서는 무엇보다도 지류(支流)하천에 대한 수질개선이 선행되어야 하며, 지류하천의 수질개선이 수반되지 않는 한 금강의 수질개선은 사실상 거의 불가능하다. 따라서 금강유역에 위치한 지방자치단체는 지류하천의 수환경관리를 위하여 적극적이고 다각적인 노력이 요구된다. 특히, 오염원이 밀집되어 있는 중·하류권역에서는 우선적으로 금강에 직접 유달(流達)하는 지류하천에 대한 오염물질 항목별 특성을 조사·연구하고, 더 나아가 수환경적으로 불리한 여건에 직면하고 있는 하천에 대하여 세밀한 조사와 지속적인 연구과정을 통하여 합리적인 수환경 관리대책을 마련하여 시행할 필요가 있다고 판단한다.

이러한 관점에서 본 연구는 남한에서 3대 강(江)의 하나인 금강수계(錦江水系)에 대한 일반적인 수환경 관리현황을 살펴보고자 하였다. 또한, 금강 중·하류권역 중 충청남도지역에서 금강에 직접 유달하는 제1지류하천 및 환경기초시설에 대하여 수환경관리의 근간이 되는 오염물질의 유달특성을 연구하여 제시

하려는 것이다. 이로써, 2005년 8월부터 단계적으로 시행예정인 오염총량관리 계획수립의 기초자료로 활용함은 물론, 지속적이고 건전성이 상시 유지되는 수 환경 관리방안을 찾고자 노력하였다.

## 2. 연구목적

본 연구의 목적은 미호천합류지점 이후부터 금강하구언까지 충청남도 유역에서 금강에 유달(流達)하는 오염물질의 양을 정량적으로 파악하여 지류하천별, 행정유역별 오염물질의 유달특성을 연구하려는 것이다. 이를 위하여 연구대상 범위에 위치하는 제1지류하천에 대한 현장조사와 병행하여 하천의 유량(流量)을 측정하고, 동시에 채수한 하천수의 오염물질 항목별 농도를 분석하였다.

물 문제는 21세기 고도사회에서 심각하게 대두될 것으로 전망되고 있는 가운데 최근 이상 기후로 홍수와 가뭄의 영향이 점점 심각해짐에 따라, 이로부터 피해를 줄이고 수질오염을 사전에 예방하여 깨끗한 양질의 수자원을 확보하는 일은 국가 및 지방자치단체의 경쟁력의 척도로 일컬어지고 있다. 그러나 자치단체별 지방재정을 확충하기 위해 경쟁적으로 고도화된 토지이용의 개발위주 정책이 지속되고 있어, 앞으로 수환경관리 여건은 현시점 보다 지속적으로 위협을 받을 전망이다.

물은 자연보전 기능, 재해방지 기능, 수운, 친수공간 등 공공재적 특성을 갖고 있으나, 물의 이용과 수질보전에 따른 비용과 편익이 서로 다른 지역에 귀속됨에 따라 상반된 이해관계를 갖는 지역간에 갈등이 발생하게 된다. 금강수계(錦江水系)에서 상류지역의 과다한 물 이용이나 오염물질 배출은 중·하류지역의 하천유량과 수질에 큰 영향을 미친다. 즉, 중·하류지역의 여건을 고려하지 않은 채, 상류지역에서 과다한 물을 이용하고, 수질오염을 수반하는 생산활동을

지나치게 영위할 경우, 그 이익은 상류지역에 돌아갈 수 있지만 그에 따른 손해는 상당부분 중·하류지역에 고스란히 귀속되게 된다. 이는 수자원을 개발 우선주의에서 비롯된 질과 양을 종합적으로 고려치 않은 계획에서 빚어지는 결과로 판단되며, 현시점에서 세심한 주의를 기울이지 않는 한 금강수계의 합리적인 수환경관리는 기대하기 어려울 것이다. 이와 같이 물 이용에 따른 편익과 갈등은 비용의 부담을 효율적이지 못하게 하고 수환경관리를 어렵게 하는 요인으로 작용하고 있어, 각종 단체나 국내·외 전문가들은 물의 통합관리 및 종합대책의 수립을 강조하고, 수환경관리에 대한 인식의 변화를 촉구하고 있는 실정이다.

지금까지 금강은 대부분 상류권역인 용담호 및 대청호 유역중심으로 광역상수원의 이용적 측면에서 용수배분 및 수질관리에 대한 연구활동과 각종 시책이 편중 하여온 것이 사실이다. 그러나 다행히도 2002년도부터 중·하류 지역을 함께 고려하는 수변구역제도, 오염총량관리제도, 물이용부담금제도, 상수원지역 주민지원제도 등 금강수계를 전체로 하는 물관리대책을 법률적으로 뒷받침하기 위하여 「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」이 특별법으로 제정되어 추진되고 있다.

이러한 관점에서 비추어 볼 때, 본 연구 과정을 통해 밝혀진 금강의 중·하류권역에서 금강에 유달(流達)하는 지류하천별 오염물질의 특성은 향후 금강수계의 오염총량관리제를 실시하기 위한 오염물질 삭감(削減)목표량이나 유달부하량을 정량적으로 파악할 수 있는 기반구축과 자치단체별 보전의 정도, 개발의 한계를 결정하여 주는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 제2절 연구의 범위와 방법

### 1. 연구범위

본 연구는 금강수계 내에서 지류하천과 환경기초시설로부터 유달(流達)하는 수질오염물질의 항목별 특성을 파악하려는 것이다. 그러나 금강수계의 유역은 광범위하고 여러 자치단체가 공유하고 있어 금강수계의 상류권역인 대청호권역을 제외하고, 금강 중류 및 하류권역 중 미호천 합류 후부터 금강하구언까지 충청남도 유역에 위치하고 있는 제1지류하천과 환경기초시설을 중심으로 한정하였다.

### 2. 연구방법

연구방법으로 금강중류권역에 위치한 삼성천에서부터 금강하류권역에 위치한 길산천까지 제1지류하천과 지류하천을 거치지 않고 금강에 직접 방류하는 환경기초시설을 조사하였다. 대부분 수환경정책이 기초자치단체를 중심으로 이루어지고 있는 점을 고려하여, 조사된 제1지류하천 및 환경기초시설을 표 1.1과 같이 연기권유역, 공주권유역, 청양권유역, 부여권유역, 논산권유역, 그리고 서천권유역으로 분류하였다. 연구대상 지역의 수환경 평가와 함께 우선적으로 수환경 관리정책을 펼쳐야 할 주요 하천을 선정하기 위하여 조사 및 측정결과를 통계적으로 분석하고, 수질개선 목표를 제시하고자 하였다. 또한, 일반적인 현황과 자료의 신뢰도 향상을 위하여 환경부, 금강유역환경청, 충청남도 등에서 출간된 오염원 현황자료의 검토분석, 수환경관련 문헌 및 Internet Web Site 연구자료의 분석, 그리고 국내·외 수환경 관리정책의 Benchmarking을 병행하였다.

<표 1.1> 行政流域別 第1支流河川의 分類現況

행정구역	연구대상의 지류하천 등	대상 수
연기권구역	삼성천, 제천, 용수천	3
공주권구역	대교천, 원봉천, 도남천, 마암천, 석장천, 왕촌천, 무릉천, 혈저천, 월송천, 정안천, 제민천, 도천, 공주축산폐수공공처리시설 <sup>1)</sup> , 유구천, 공주하수종말처리시설 <sup>2)</sup> , 보흥천, 검상천, 용성천, 대학천, 운곡천, 성두천, 중평천	22
청양권구역	어천, 치성천, 잉화달천, 지천	4
부여권구역	자왕천, 합정천, 가증천, 은산천, 금천, 장암천, 부여하수종말처리시설 <sup>3)</sup> , 북고천, 왕포천, 봉두천, 하황천, 화수천, 청포천, 계양천, 주교천, 사동천, 칠산천, 입포천, 원당천	19
논산권구역	석성천, 논산분뇨처리시설 <sup>4)</sup> , 논산천, 강경천 <sup>5)</sup> , 대흥천	5
서천권구역	원산천, 단상천, 광암천, 옥포천, 길산천	5
합 계	제1지류하천 53, 제2지류하천 1, 하수종말처리시설 2, 축산폐수공공처리시설 1, 분뇨처리시설 1	58

1)~4) 금강분류에 직접 방류하는 환경기초시설

5) 논산천 끝단에서 합류하는 제2지류하천



## 제2장 수환경관리 동향 및 선행연구 고찰

### 제1절 수환경 관리 동향

#### 1. 국내

지난 1990년대 이후 우리 나라에서는 도시의 중·소하천을 대상으로 하천의 환경 기능을 개선하려는 노력이 시작되었다. 이는 주로 도시의 편의적인 공간이나 시민들의 휴식처로 만드는 것으로 지방자치단체가 주체가 되어 추진되고 있다. 그러나 이러한 하천환경개선사업은 하천환경에 대한 이념적 철학과 방법론, 기술적 지식과 경험이 미흡한 상태에서 시작된 것으로서 하천환경의 보전, 복원 측면에서 일부 시행착오가 있었다<sup>3)</sup>. 하천의 수질과 자연환경보전을 담당하는 환경부에서는 최근 자연생태계 보전차원에서 하천환경을 다루기 위한 생태계 보전기술을 개발과 함께 친수성(親水性) 하천의 조성에 초점을 맞추고 있으며, 특히 그린네트웍 구성의 일환으로 공원녹지와 하천을 일체적으로 보고 관리하는 방안을 구상하고 있다. 한국건설기술연구원에서는 하천환경관리기법을 개발하는 등 하천환경 전 분야에 걸쳐 연구를 수행하고 있다. 또한, 민간 환경운동 단체는 자연보호와 수질보호를 위한 공청회 등을 통하여 국민의 관심을 고조시키고 식수오염에 따른 문제의 제기와 환경보호에 대한 움직임이 합쳐져 활발한 움직임을 보이고 있다.

하천이란 물과 그 주변공간의 통합체로 이루어진 하천 그 자체로서 수량, 수질, 공간 등 3가지로 구성된다. 하천을 바탕으로 해서 살아가는 동·식물과 이들이 이루어 내는 경관 등을 포함한 자연적, 인공적 모습을 포함하고 있음에도 불구하고 홍수로 인한 피해의 경감과 경제발전에 필요한 각종 용수를 확보하기 위하여 하천이 가지는 여러 가지 기능 중에서 이수 및 치수 기능에 치중하여

왔다. 이에 따라 자연스럽고 아름다운 하천의 모습은 인공적으로 많이 변화하였을 뿐만 아니라 그 안에 서식하는 동·식물의 서식처 환경에도 상당한 영향을 미쳤다.

최근에 이러한 변화에 따른 역기능을 최소화하고, 환경적으로 건전하게 하천을 가꾸려는 노력의 일환으로 수환경 여건을 고려한 하천정책을 펼치고 있으며 이를 뒷받침하기 위한 연구활동이 활발히 전개되고 있다. 하천관리자인 건설교통부는 하천환경관리를 체계적으로 추진하기 위하여 최근 하천환경관리지침 등을 작성하여 하천환경정비를 위한 시범사업을 추진하고 있으며, 또한 지방자치단체가 관리하는 소하천에 대해서도 정비지침을 마련하여 시·도에서는 이에 따라 하천환경정비 시범사업을 벌이고 있다.

## 2. 외국

### 1) 미국

수질관리를 위한 미국 최초의 법은 Clean Water Act(CWA)로 알려진 「연방수질오염관리법」(Federal Water Pollution Control Act Amendment of 1972)이며, 수차폐의 수정을 거치면서 연방정부의 수질보전정책을 지탱하여 왔다. 연방수질오염관리법은 국가적인 목표와 목적을 설정하였을 뿐만 아니라 수질관리에 대한 철학의 변화기점이 되었고, 각종 오염원에 대한 대응방안, 집행시스템, 연방과 주정부와의 관계 등에 관하여 종전의 연방법과는 다른 절차를 채용하며, 수계를 화학적·물리적·생물적 관점에서 생태계로서 지녀야 하는 양호한 상태로 회복하고 유지하는 것을 목적으로 한다<sup>4)</sup>.

이전의 연방수질법 체계는 수질기준이 중심적인 규제수단이었으나, 이것이 충분하게 기능하지 못하자 연방의회에서는 수질기준의 개념은 유지하면서 기술에 기초한 배출기준(technology-based effluent limitations)과 배수허가제를 중심

으로 하는 사전 방지체제로 전환하고자 하였다. 수질정화법에서는 수질기준을 설정함에 있어서, 미국 환경보호청(U.S. EPA)장관은 최신 과학기술을 기초로 한 수질권고치(criteria)를 공표하여야하며, 설정에 있어서는 경제적 실행가능성을 고려여부를 검토하여야 한다. EPA에서는 항목별 수질환경 기준치를 제시하고 있으며, 주정부는 수질기준을 설정하여 연방정부의 승인을 얻어 시행하게 되므로, 연방정부의 수질기준은 주정부의 수질기준 설정에 정보를 제공하는 의미를 가진다. 각 주정부는 연방정부의 기준치보다 엄격한 기준치를 설정하는 것이 가능하지만, 기업체가 다른 지역으로 이전할 것을 우려하여 일반적으로 연방정부 기준치를 수용하고 있다.

상수원 보호, 수생생태계 보호, 해양생태계 보호라는 3가지 목적으로 설정되는 수질기준은 특정수계 혹은 하천의 일정한 권역에 대한 이용용도(designated beneficial uses), 특정수계 이용을 목적으로 보호하기 위한 기준치(water quality criteria)를 지키며 수계의 용도를 유지하고 달성하기 위한 오염방지정책(anti-degradation policy)의 구성요소를 가지고 있다. 특히, 미국은 가장 원론적인 오염총량관리제인 TMDL(Total Maximum Daily Loads)제도를 1992년부터 시행하고 있으며, 관리대상에 비점오염원을 포함할 만큼 기술적, 제도적으로 가장 발달되어 있다. TMDL제도는 주정부가 기준을 초과하는 오염된 수계를 파악하고 기준을 달성할 수 있는 최대 일일 오염부하량을 조사·산정하여 오염원을 할당하며, 할당된 오염부하량을 이행하기 위한 법적, 재정적 계획을 수립하여 추진하고 목표달성여부를 지속적으로 평가하는 제도이다. EPA는 TMDL의 이행촉진을 위해서 2000년 7월 시행규정을 제2차 개정하여 주정부는 15년 이내에 완료될 수 있는 추진일정 수립을 의무화하고, 비점오염원에 대한 TMDL 개발시 이행을 보장할 수 있는 효과적인 프로그램 수립 및 재정지원을 의무화하고 있다.

## 2) 영국

영국에서는 식생을 하천의 구성요소 중 가장 쉽게 조작할 수 있는 요소의 하나이며 하천의 환경적인 형성과정의 지표가 될 수 있다고 보고있다. 하천변과 수로 내에 서식하는 종들을 다각적으로 정리하고 분류하여 하천의 공간 유형을 제시하여 환경등급을 설정하고, 또한 환경요소들과의 관련성을 파악하고자 노력하고 있다. 식생의 구조는 주변환경의 특성을 대변하므로 식물생태 연구의 주안점은 식물 종과 군락이 환경적 조절에 적응해 가고, 또 환경변화가 식생에 미치는 영향의 정도를 파악하는데 있으며, 이러한 조사는 하천유역의 관리 및 연구에 적절히 이용되고 있다<sup>5)</sup>.

하천 수변조사 방법을 시도하고 있는 영국에서는 기존의 조사방법 외에 정보를 보다 적극적으로 이용할 수 있는 보충적인 방법을 개발 중에 있으며, 이를 통해서 얻어진 결과를 기반으로 전체 유역의 환경적 특성을 조사하는데 이용하고 있다. 그리고 위와 같은 방대한 데이터를 효과적으로 저장, 분석하기 위해서 GIS를 통한 데이터베이스의 결합을 시도하고 있으며, 데이터의 저장과 복구, 통합, 모델링의 시각화 등에서 많은 효과를 내고 있다.

영국은 현재까지 정부와 종전의 물관리청 사이에 합의되었던 비공식적인 수질목표체계가 사용되고 있으며, 이 체계는 1978년 국립물위원회(National Water Council)에 의해 도입되어 유럽공동체의 수질관련지침 등을 반영하여 수정된 것이다. 수질등급체계는 1991년 영국 수자원법 83조의 법적 수질목표기준을 마련하기 위해 만들어졌으며 1994년에 제정되었다. 영국 국립 하천청(National River Authority)은 오염물질관리를 통하여 하천, 수로, 하구, 그리고 해안 등에서의 수질을 지속적으로 개선하고, 오염물질 배출자로 하여금 그들이 배출한 오염물질에 대한 비용부담을 보장하는 것을 수질관리목표로 정해놓고 있다. 이를 위하여 영국의 국립하천청은 수질이 양호한 수역에서 수질유지, 수질이 불량한 수역에서 수질개선, 수요자에게 양질의 용수공급, 오염자 처벌 및 비용부과, 그

리고 수질개선이나 오염물질 저감에 대한 부담금 감면 등의 사업을 시행하고 있다<sup>6)</sup>.

하천수질은 주로 부유물질량(SS), 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 암모니아, 유해물질, 박테리아, 바이러스 등을 대상으로 관리하고 있으며, 하천에 유입되는 수질기준은 도시하수처리위원회(Urban Wastewater Treatment Directive)에서 마련하여 관리하는 수질모형을 적극 활용하고 있다<sup>6)</sup>.

### 3) 독일

독일에서는 자연의 모습이 급격히 감소하게 된 1960년대부터 자연의 재생 및 복원에 관한 기술을 축적해 오기 시작하였으며, 자연 생태계 보호와 경관에 관한 법률을 내용으로 하는 「연방자연보호법」이 1976년 제정되었다. 연이어 하천법과 토지개량법 등 토목적 개발에 관련된 자연자원의 중요성과 보전 및 활용방안에 관한 방향을 설정하고 법제화함으로써 각주에서 개별적인 기초조사 및 연구사업이 시행되었다. 생태계를 고려한 자연스런 모습의 하천환경정비는 스위스, 독일에서 처음 시도된 만큼 다양한 개발사례와 오랜 기간 축적된 정밀한 시공기술을 가지고 있다. 근자연형하천공법(Naturnaher wasserbau)은 연방수문연구소(Bundesanstalt für Gewässerkunde)를 중심으로 연구조사가 진행되어 왔으며 라인강, 모젤강, 엘베강, 도나우강 등 수운의 활동이 활발한 하천과 다목적 댐이 건설되는 지천을 구분하여 하천정비를 실시해 오고 있다.

독일의 하천관리는 하천의 직선화를 배제하고, 하천의 자연적 형태를 최대한 고려하며, 우수지 및 홍수지를 적절히 배분하여 배치한다. 도시내 중·소하천의 자연 복원사업은 하천을 중심으로 한 도시의 종합적 자연 복원사업이 되도록 추진하며, 하상의 변화에 관련한 충분한 자료를 확보하기 위한 기초사업을 실시하고 장래 하상변화를 예측함으로써 자연적 하상의 복원이 되도록 하고 있다.

독일 내에서 근자연형하천공법이 급속도로 확산될 수 있었던 원인 중 하나는 독일의 경제력 이외에 자연보전에 대한 국민의 지대한 관심을 꼽을 수 있다. 자연환경의 복원이 다양한 소득이 가져다주는 것에 우선적 가치를 두는 독일인의 사고방식과 모형에 의한 반복실험, 생물·생태학적인 방대한 기초자료, 그리고 정확한 과학적 근거를 통한 법제화 등이 근자연형하천공법의 성공적인 보급의 원인으로 보여진다. 또한, 독일은 주로 중·소 하천변 및 호변에서 모래층에 의한 여과 방법으로 지하수를 취수하여 생활용수와 공업용수를 확보하고 있어, 그 동안 추진해 왔던 하천개수에 의한 직선의 콘크리트 호안화는 하상의 침식을 가속화시켜 결과적으로 수위저하를 초래하게 되었다. 결국, 하천변 및 호변에서 취수하는 생·공용수의 확보에 문제점으로 대두하게 되고, 주변 농경지에서 작물의 생육 및 수확량의 감소원인이 되었다. 이에 따라 하천변 취수에 필요한 저수지 확보와 홍수시 일시 저류를 위해 하천 본류 혹은 제내지에 큰 저수지를 만들게 되었는데, 이때 댐에 적용했던 기본 개념을 응용하게 되었고, 그 결과 저류지 부근에 치수 및 이수 효과는 물론 자연 생태계에 매우 도움이 된 것으로 평가된다.

독일은 직접적인 오염총량규제를 시행하고 있지는 않지만, “폐수배출허가제”, “폐수부과금제” 등과 같은 폐수배출규제수단을 오염총량규제 원리에 의하여 운영하고 있다. 다만, 목표수질에 따른 유역내 오염부하량을 산정하고, 오염원을 할당하는 절차는 없으나, 배출 허가시 공공수역의 목표수질(Ⅱ등급)달성 범위 내에서 폐수배출량과 배출농도를 허가하고 있다. 「연방물관리법」에 의하여 허가신청은 폐수배출허가시 유입 공공수역이 목표수질을 달성된다고 확인될 때에만 허가서를 발급하고, 주정부에서 정한 폐수처리 “최소요구기준”이내에서 배출량(배출유량과 농도)을 결정하고 있다.

#### 4) 일본

일본 하천법은 지금까지 사회경제의 변화에 대응하여 몇 차례의 개정을 거

쳐 현재에 이르고 있다. 특히, 1964년에는 완전히 새롭게 고쳐진 신 하천법이 제정되어 수계가 일관된 하천유역관리제도를 도입하는 등 치수와 이수의 체계적인 제도의 정비가 이루어져 오늘날의 하천행정의 규범으로서 역할을 담당해 왔다. 그러나 그 후 사회경제가 변화함에 따라 최근의 하천 제도를 둘러싼 상황은 크게 변화되고, 하천은 치수, 이수의 역할뿐만 아니라 정취가 있는 수변 공간과 다양한 생물의 생식·생육환경으로서 인식되어 가고 있다. 또한, 지역의 풍토와 문화를 형성하는 중요한 요소로서 그 개성을 살린 하천 만들기가 강하게 요구되어 왔으며, 사회경제가 고도화됨에 따라 갈수기가 사회적으로 미치는 영향이 커져서 원활한 갈수조정의 추진 등이 과제로 떠오르고 있다.

일본 환경의 기본법이라 할 수 있는 공해대책기본법 제9조 규정에 기초하여 제정된 공공수역의 수질오염에 관련한 환경기준은 사람의 건강보호 및 생활환경을 보전하기 위하여 유지하여야 하는 기준으로 정의되고 있다. 일본은 인구와 산업이 집중하여 오염이 심한 폐쇄성 수역(동경만, 이세만, 세토내해)이 종래의 농도규제 적용만으로는 수질이 개선되지 않음에 따라, 1978년 「수질오탁방지법」을 개정하여 1979년부터 제1차 총량규제를 적용하였다. 이후 매 5년마다 계획을 변경하여 1994년부터 1999년까지 제4차 총량규제를 적용하였으나, 수질문제가 계속 발생하여 2000년부터 시행되는 제5차 총량규제에서 질소·인을 추가하였다. 이는 폐쇄 수역의 수질을 개선시키기 위하여 실행 가능한 삭감목표량 및 달성목표 년도를 정하여 이를 지방정부와 발생원에 할당·이행하는 제도로써 환경기준에 따른 허용부하량을 산정하고, 삭감량을 결정하는 미국 TMDL 제도와 달리, 기술수준 등을 감안하여 삭감량 만을 결정하고 있다.

## 제2절 선행연구 고찰

하천의 수환경관리에 관한 연구는 하천생태계 보전차원과 친수성 하천의 조성, 오염물질의 총량관리를 위해서는 관련 데이터베이스 구축을 통한 시뮬레이션에서부터 비용과 제도의 수용여부에 관한 분석이나 평가를 포함하는 다양한 전문분야의 지식이 요구된다. 최근 수환경관리 방안에 있어서 한강수계 및 낙동강수계에서 삭감량 산정과 오염부하량 할당에 관한 연구가 이루어지고 있는 반면, 금강수계의 경우 용담호 및 대청호 등 광역상수원 이용과 관련하여 상류권역에 국한된 몇몇 연구 이외는 중·하류권역에서는 수환경특성에 관한 연구가 상당히 미흡한 실정이다.

한강수계 중 남한강수계의 경우 이두곤(1990)은 지천별 목표수질을 달성하기 위해 산정된 오염부하량(BOD기준)의 삭감목표량을 각 수계별로 할당한 결과, 최소삭감에 의한 방법이 가장 효율적이며, 유달부하량에 비례한 삭감방법, 일정 삭감률에 의한 방법, 오염의 우심 지류천에서 우선 삭감방법의 순으로 효율에 차이가 있음을 규명하였다. 환경부는 남한강수계의 복하천을 대상으로 「한강수계상수원수질개선및지원등에관한법률」에 의해 도입된 오염총량관리제의 시행을 연구한 결과, 오염총량관리계획의 수립에 가장 큰 어려움은 오염원의 파악임을 강조하고, 현재 환경부 수질정책시스템에서 사용하고 있는 GIS코드의 지역별·소유역별 구분의 수정, 기존 GIS코드 상에서 누락, 소유역 구분이 잘못되어 있는 경우 등에 한계가 있으므로 오염총량관리계획을 수립할 경우에는 이에 대한 대비책을 수립하여야 함을 제시하고 있다<sup>7)</sup>. 낙동강수계의 경우 박(1994)은 유기물질 내부생산의 유발인자인 총인을 중심으로 총량규제 지정항목을 정하는 것이 효율적임을 강조하였고, 김(1996)등은 낙동강 유역내 지방자치단체간 연계하여 공동보조를 취하고, 수질개선을 위한 비용도 지역간 형평성을 고려하여 부담하여야 함을 제시하고 있다.



이처럼, 하천의 한 수계내의 수환경관리를 위해서는 우선적으로 지류하천별 오염원조사, 하천별 유량 및 수질 조사 등 다양한 자료구축과 시기적으로 적절한 새로운 데이터를 수시 갱신하여, 이를 토대로 분야별 연구를 충실하게 수행해야 함은 물론, 더 나아가 경제적 효율성을 높이는 삭감방법의 개발과 환경기준 달성 과정의 환경재의 편익평가, 사회적 수용여부 등이 종합적으로 고려되어지는 수환경관리가 단계적·체계적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다.

## 제3장 금강의 수환경

### 제1절 수계의 개요

#### 1. 금강의 유황

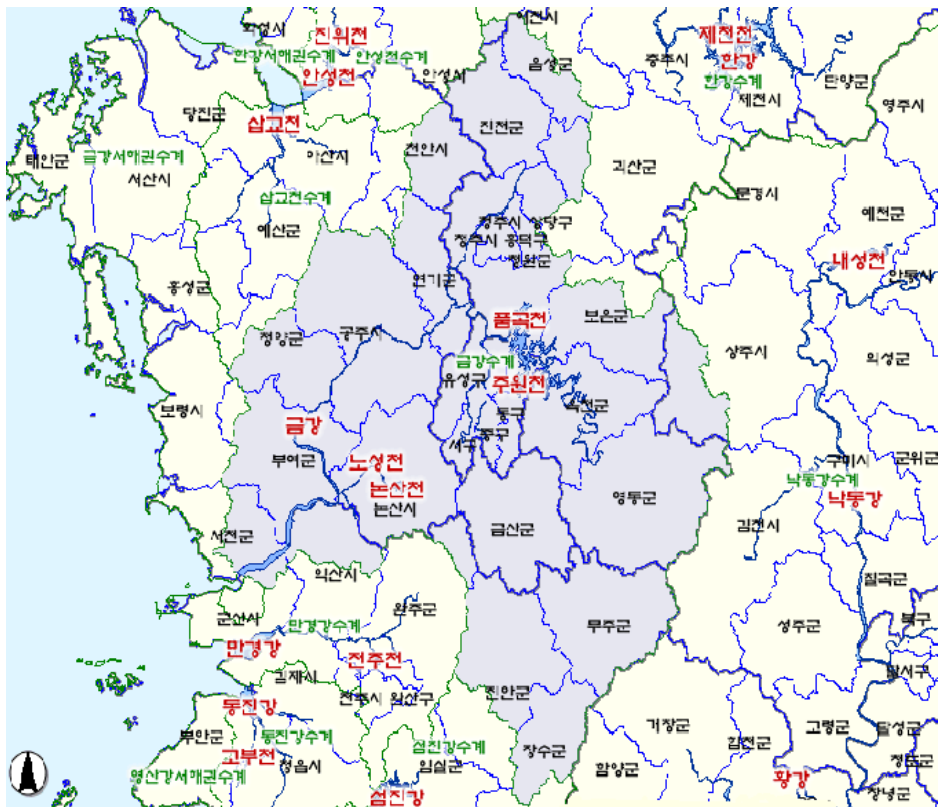
금강은 전라북도 장수군 장수읍 수분리 신무산 뜯봉샘에서 발원하여 용담호, 대청호를 거쳐 북쪽으로 흐르다가 중류지점인 미호천과 합류되는 곳에서 서남(西南)으로 방향을 바꾸어 서해로 유출하고 있다.

대청호 상류유역에서는 주요 지류하천인 남대천, 초강, 보청천 등이 우안측에서 유입하고, 보청천 합류 후부터는 북서(北西)방향으로 사행류(蛇行流)하면서 소옥천, 회인천, 주원천, 품곡천을 차례로 합류한 후 대청호를 관류(貫流)하게 된다. 이후 대청댐조정지를 지나 잠시 남서류(南西流)하면서 신탄진 부근에서 대전광역시 등에서 유입하는 갑천과 합류하고 유황(流向)은 다시 북서류(北西流)하여 부강을 조금 지나서 충청북도 등에서 유입하는 미호천과 합류하면서 유로는 남서쪽으로 크게 바뀌어 흐른다. 이어서 충청남도 지역에서 유입하는 유구천, 지천, 금천, 논산천 등과 합류하여 유하(流下)하면서 금강호(금강하구언)를 관류하고 최종적으로 서해로 유출한다. 이와 같은 금강은 동서길이가 약 120km, 남북길이는 약 160km이며, 본류의 총 유로 길이는 393.9km에 이른다.

#### 2. 유역면적

금강은 한강, 낙동강에 이어 3번째로 큰 유역을 차지하고, 동경 126°40' 25" ~ 128°03' 53", 북위 35°34' 47" ~ 37°03' 03" 사이인 남한의 중앙부 서방에 위치

하고 있다<sup>8)</sup>. 유역면적은 남한의 약 1/10에 해당하며, “대청호등 금강수계 물관리 종합 대책”<sup>9)</sup>에서는 9,930km<sup>2</sup>로 표기하는 등 출간된 각종 보고서마다 다소간의 차이가 있다. “수자원 관리 종합정보 시스템”<sup>6)</sup>에 의하면 총 7광역자치단체가 위치하고, 유역둘레의 길이는 736.09km이며, 총 유역면적은 9,915.09km<sup>2</sup>로서 충청남도가 3,832.62km<sup>2</sup>(38.65%)로 가장 넓고, 충청북도 3,398.65km<sup>2</sup>(34.28%) 전라북도 1,839.86km<sup>2</sup>(18.56%), 대전광역시 540.13km<sup>2</sup>(5.45%), 경상북도 281.89km<sup>2</sup>(2.84%), 경기도 20.49km<sup>2</sup>(0.21%), 그리고 경상남도 1.43km<sup>2</sup>(0.01%) 순으로 표현하고 있다(그림 3.1 참조).



자료 : 한국수자원공사, 수자원단위정보지도, 2003.

[그림 3.1] 錦江의 流域圖

### 3. 행정구역 현황

광역자치단체별 금강수계에 유입하는 행정구역 편입비율로는 대전광역시가 총 540.13km<sup>2</sup> 중 100%, 충청북도 7,447.87km<sup>2</sup> 중 45.63%, 충청남도 8,662.56km<sup>2</sup> 중 44.24%, 전라북도 7,985.88km<sup>2</sup> 중 23.04%, 경상북도 19,048.05km<sup>2</sup> 중 1.48%, 경기도 10,162.16km<sup>2</sup> 중 0.20%, 경상남도 10,499.88km<sup>2</sup> 중 0.01%가 금강수계에 편입하고 있다. 그러나 「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」 시행규칙 별표1에서는 경상남도를 포함하지 않는 6개 광역자치단체로 한정하고 있는 실정이다.

권역별 금강수계를 공유하는 자치단체의 행정구역 현황을 살펴보면, 표 3.1과 같이 금강상류인 대청호권역은 11개 기초자치단체, 금강중류권역은 20개 기초자치단체, 그리고 금강하류권역은 7개 기초자치단체로 금강중류권역에 가장 많은 자치단체가 위치하고 있으며, 일부 기초자치단체는 2개 이상의 권역으로 나뉘어져 있는 것을 고려하면 총 31개 시·군·구가 위치하고 있다.

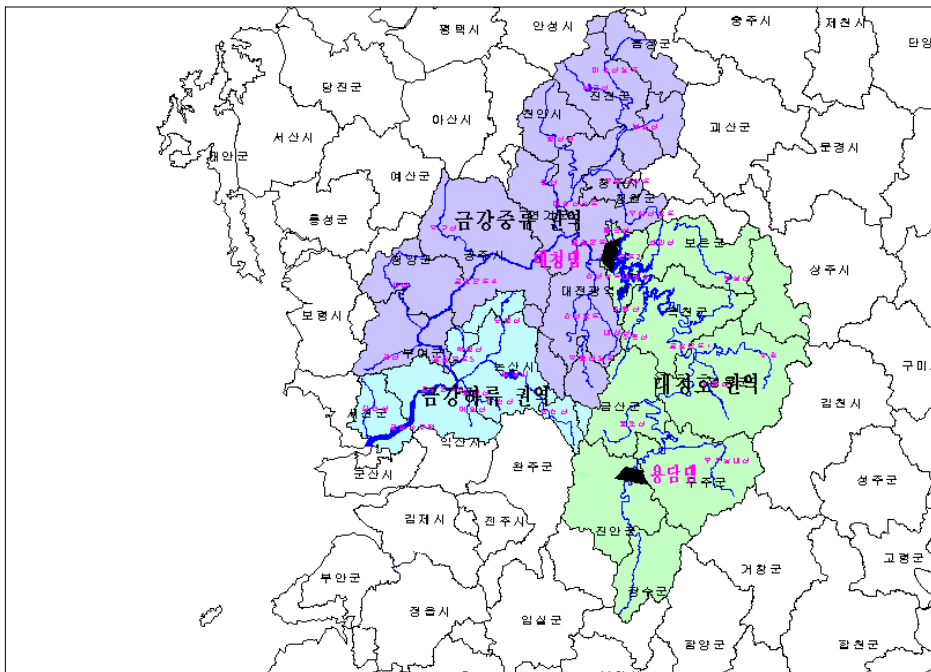
<표 3.1> 錦江圈域別 自治團體 現況

구 분	행정구역(1광역시·5道·31市·郡·區)
대청호권역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 大田市(2): <u>동구</u>·<u>대덕구</u></li> <li>- 全北道(3): 무주·장수·진안</li> <li>- 忠北道(4): 영동·보은·옥천·<u>청원</u></li> <li>- 忠南道(1): <u>금산</u></li> <li>- 慶北道(1): 상주</li> </ul>
금강중류권역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 大田市(5): <u>동구</u>·<u>대덕구</u>·중구·서구·유성구</li> <li>- 忠北道(6): <u>청원</u>·진천·괴산·음성·청주·증평</li> <li>- 忠南道(8): <u>금산</u>·<u>논산</u>·연기·천안·공주·청양·<u>부여</u>·계룡</li> <li>- 京畿道(1): 안성</li> </ul>
금강하류권역	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 忠南道(4): <u>부여</u>·서천·<u>논산</u>·<u>금산</u></li> <li>- 全北道(3): 익산·군산·완주</li> </ul>

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

#### 4. 권역구분

일반적으로 금강수계는 그림 3.2에서 보는 바와 같이 발원지에서 대청댐까지를 금강상류, 대청댐 하류에서 석성천 합류점 전까지를 금강중류, 그리고 석성천 합류 후부터 금강하구언까지를 금강하류 등 3개 권역으로 크게 구분하고 있다<sup>9)</sup>.



자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

[그림 3.2] 錦江水系 圈域圖

금강수계의 권역 및 유역별 오염원의 일반적인 현황을 살펴보기하기 위하여 정부합동으로 수립한 “대청호등 금강수계 물관리종합대책”의 유역 분할체계를 적용하였으며, 이 종합대책에서는 표 3.2와 같이 대청호권역은 6개 유역, 금강중류권역은 8개 유역, 그리고 금강하류유역은 2개 유역으로서 총 3권역 16개 유역으로 분류하고 있다.

<표 3.2> 錦江水系 圈域區分 現況

구분	유역명칭	주요 도시
대청호권역	6개 유역	
	1. 용담댐유역(발원지 ~ 용담댐)	장수, 진안
	2. 남대천유역(발원지 ~ 금강 본류)	무주
	3. 본류 I 유역	금산
	4. 초강유역	영동
	5. 보청천유역	보은
	6. 대청댐유역	옥천
금강중류권역	8개 유역	
	1. 미호천유역	음성, 진천
	2. 무심천유역	청주
	3. 병천천유역	천안
	4. 조천유역	조치원읍(연기)
	5. 갑천유역	대전
	6. 본류Ⅱ유역	장기면(공주)
	7. 본류Ⅲ유역	공주
	8. 본류Ⅳ유역	청양, 부여
금강하류권역	2개 유역	
	1. 논산천유역	논산
	2. 하구연유역	부여, 익산, 서천

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

## 제2절 수환경 관리

### 1. 수질오염원 현황

물이 오염되는 것은 외부로부터 오염물질이 유입되기 때문이며, 오염물질이 배출되는 장소를 오염원이라 한다. 오염물질의 배출원은 보통 점오염원(point source)과 비점오염원(non point source)으로 구분하고 있다. 점오염원은 하수관, 배수구, 수로, 터널, 구거, 관정, 축사 등 오염물질의 발생장소 및 유출경로의 확인이 가능한 오염원으로<sup>10)</sup> 한 지점에서 혹은 극히 좁은 구역 내에서 오염물질이 집중적으로 배출되는 곳을 말한다. 반면, 비점오염원은 점오염원 이외의 오염원으로서 농지에 살포된 비료 및 농약, 토양 침식물, 축사 유출물, 대기 강하물, 도시지역 먼지 및 쓰레기 등 오염물질의 발생장소와 유출경로의 확인이 어려운 오염원으로<sup>10)</sup> 오염물질이 연속적으로 배출되지 않고 주로 강수시 오염물질을 일시적으로 유출시키는 곳을 말하며, 배출원을 하나의 점으로 파악하기 힘들어 면오염원(area source)이라고도 한다.

#### 1) 인구

금강수계 내 인구는 표 3.3과 같이 1998년 기준으로 3,094,668명으로 이중 금강 상류권역인 대청호권역에 약 10.4%인 322,742명이 거주하고, 금강중류권역에 약 80.6%인 2,494,973명, 그리고 금강하류권역에 약 9.0%인 276,953명이 거주하고 있다. 오·하수발생량은 일일 대청호권역의 경우 69,861m<sup>3</sup>, 금강중류권역은 1,017,830m<sup>3</sup>, 그리고 금강하류권역에서 52,629m<sup>3</sup> 발생하는 것으로 조사되었다.

장래인구의 예측을 보면, 1998년에 비하여 2005년 인구는 대청호권역에서 약 4.4%감소 추세, 금강중류권역에서는 7.6% 증가추세, 그리고 금강하류권역에서는 0.9%가 감소추세이나, 전체적인 금강수계 인구는 약 5.6% 증가하는 3,266,818명으로 전망하고 있다.

<표 3.3> 錦江圈域別 人口 및 汚·下水發生量 現況

권역명	구역명	인구(명)			오·하수량( $m^3/day$ )		
		1998년	2002년	2005년	1998년	2002년	2005년
대청호	용담댐구역	43,235	41,982	41,685	7,270	6,988	6,990
	남대천구역	20,727	20,377	20,215	4,417	4,334	4,307
	본류 I 구역	64,167	61,685	60,989	14,620	14,204	14,154
	초강구역	61,784	60,376	59,688	10,620	10,338	10,304
	보청천구역	46,861	44,826	43,878	8,361	8,733	9,423
	대청댐구역	85,968	83,440	82,071	24,573	24,293	24,571
	소 계	322,742	312,686	308,526	69,861	68,890	69,749
금강중류	미호천구역	167,906	174,866	178,817	38,999	41,378	43,080
	무심천구역	601,994	630,266	640,684	284,047	299,147	304,010
	병천천구역	42,860	47,203	48,077	8,292	9,097	9,434
	조천구역	62,680	63,520	63,972	18,149	18,485	18,682
	갑천구역	1,286,080	1,352,338	1,418,868	580,489	613,779	643,579
	본류 II 구역	192,835	196,824	199,613	61,556	63,384	64,723
	본류 III 구역	48,141	46,632	46,067	8,796	8,471	8,426
	본류 IV 구역	92,477	88,944	87,651	17,502	16,882	16,707
	소 계	2,494,973	2,600,593	2,683,749	1,017,830	1,070,623	1,108,641
금강하류	논산천구역	188,819	191,302	190,993	38,683	39,311	39,460
	하구언구역	88,134	84,916	83,550	13,946	13,563	13,508
	소 계	276,953	276,218	274,543	52,629	52,874	52,968
합 계		3,094,668	3,189,497	3,266,818	1,140,320	1,192,387	1,231,358

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

## 2) 산업폐수

금강수계에서 폐수를 배출하는 업소현황은 1998년 기준으로 3,064업소로서 일일 폐수발생량은  $214,945m^3$ 에 이르고 있다. 이 중 대청호권역의 폐수발생량은  $9,724m^3/일$ 으로 전체 폐수발생량의 4.5%를 차지하며, 금강중류권역은  $198,438m^3$



/일로서 92.3%, 그리고 금강하류권역은 6,783m<sup>3</sup>/일로서 3.2%를 차지하고 있다. 1998년 대비 2005년 폐수배출량은 표 3.4와 같이 대청호권역, 금강중류권역, 그리고 금강하류권역에서 각각 29.9%, 36.5%, 5.7%가 증가할 것으로 전망하고 있으며, 금강수계 전체로는 약 35.2%가 증가하는 총 290,707m<sup>3</sup>/day으로 전망하고 있다.

<표 3.4> 錦江圈域別 廢水排出業體數 및 廢水發生量 現況

권역명	유역명	폐수배출업소수			폐수배출량(m <sup>3</sup> /day)		
		1998년	2002년	2005년	1998년	2002년	2005년
대청호	용담댐유역	43	43	43	1,409	1,459	1,500
	남대천유역	19	19	19	619	619	619
	본류 I 유역	50	50	50	1,043	1,054	1,063
	초강유역	60	60	60	454	511	559
	보청천유역	61	61	61	683	816	906
	대청댐유역	97	97	97	5,516	6,800	7,980
	소 계	330	330	330	9,724	11,259	12,627
금강중류	미호천유역	408	408	408	12,497	12,943	13,294
	무심천유역	432	432	432	37,243	43,595	49,207
	병천천유역	80	80	80	24,857	31,160	36,951
	조천유역	89	89	89	13,204	13,935	14,287
	갑천유역	979	979	979	70,887	86,758	101,339
	본류 II 유역	234	234	234	37,443	45,542	52,720
	본류 III 유역	51	51	51	1,354	1,610	1,822
	본류 IV 유역	87	87	87	953	1,130	1,287
	소 계	2,360	2,360	2,360	198,438	236,673	270,907
금강하류	논산천유역	245	245	245	5,442	5,616	5,725
	하구연유역	129	129	129	1,341	1,411	1,448
	소 계	374	374	374	6,783	7,027	7,173
합 계		3,064	3,064	3,064	214,945	254,959	290,707

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

### 3) 축산폐수

금강수계의 축산폐수를 배출하는 가축 중 소의 경우 1998년 기준으로 408,454두가 사육되고 있으며, 이 중 대청호권역에서 약 19.2%, 금강중류권역에서 69.3%, 그리고 금강하류권역에서 11.5%를 차지하고 있다. 돼지의 경우 1,008,310두가 사육되고 있으며, 이 중 대청호권역에서 약 12.9%, 금강중류권역에서 50.4%, 그리고 금강하류권역에서 36.7%를 차지하고 있다. 1998년 대비 2005년의 경우 표 3.5에서 보는 바와 같이 소의 사육두수는 감소하고, 돼지의 경우 사육두수가 증가할 것으로 전망하고 있으며, 이에 따른 축산폐수 배출량은 일일 17,892m<sup>3</sup>에서 18,357m<sup>3</sup>로 약 2.6%가 증가할 것으로 전망하고 있다.

### 4) 토지이용 현황

금강수계의 토지이용 현황을 살펴본 결과, 표 3.6과 같이 1998년 기준으로 임야가 65.3%로 가장 많고, 농경지 30.7%, 그리고 대지 등 기타면적이 차지하는 비율이 4.0% 순으로 조사되었다. 임야면적 중 금강상류인 대청호권역에서 약 49.6%를 차지하고, 중류권역에서 약 42.4%, 그리고 하류권역에서 약 8.0%를 차지하였다. 또한, 농경지면적 중 중류권역이 46.9%, 대청호권역이 27.8%, 그리고 금강하류권역이 25.3% 순으로서 지형적인 특성상 상류권역에서는 전(田)의 비율이 높고, 중·하류권역에서는 답(畓)의 비율이 높았다.

<표 3.5> 錦江圈域別 畜産廢水發生量 現況

권역 명	유역명	소(두)			돼지(두)			축산폐수량(m³/ 일)		
		1998년	2002년	2005년	1998년	2002년	2005년	1998년	2002년	2005년
대청호	용담댐유역	19,058	20,748	22,089	40,760	41,032	41,466	727	761	790
	남대천유역	4,515	5,088	5,410	11,508	9,617	8,908	194	189	188
	본류 I유역	6,206	6,511	6,688	9,407	9,805	10,060	225	235	241
	초강유역	16,479	17,334	17,752	33,471	34,414	35,015	611	635	649
	보청천유역	19,075	20,271	21,124	27,606	32,933	37,301	627	699	756
	대청댐유역	13,305	13,585	13,808	6,897	7,789	8,297	308	321	329
	소 계	78,638	83,537	86,871	129,649	135,590	141,047	2,692	2,840	2,953
금강 중류	미호천유역	117,855	107,151	102,924	201,120	195,731	197,132	4,019	3,774	3,708
	무심천유역	35,061	30,087	27,611	27,671	30,762	33,089	919	852	825
	병천천유역	15,460	17,156	18,529	56,668	69,499	77,091	1,391	1,532	1,623
	조천유역	10,510	10,532	10,544	41,546	41,790	41,985	618	621	622
	갑천유역	5,001	4,974	4,966	12,097	12,267	12,367	207	208	209
	본류 II유역	42,579	41,603	41,171	57,193	61,670	64,303	1,354	1,372	1,386
	본류 III유역	25,071	25,672	6,040	45,554	49,755	51,820	860	908	933
	본류 IV유역	31,438	32,149	32,606	66,608	71,135	73,433	1,296	1,350	1,381
	소 계	282,975	269,324	264,391	508,457	532,609	551,220	10,664	10,617	10,687
금강 하류	논산천유역	14,147	15,096	15,585	275,836	276,277	276,876	2,730	2,765	2,786
	하구천유역	32,694	35,283	36,808	94,368	91,079	90,307	1,806	1,880	1,931
	소 계	46,841	50,379	52,393	370,204	367,356	367,183	4,536	4,645	4,717
합 계		408,454	408,240	408,655	1,008,310	1,035,555	1,059,450	17,892	18,102	18,357

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

<표 3.6> 錦江圈域別 土地利用 現況

구 분	계	대청호권역	금강중류권역	금강하류권역
전 (km²(%))	392 ( 3.9)	225 ( 2.3)	111 ( 1.1)	56 ( 0.6)
답 (km²(%))	2,664 (26.8)	625 ( 6.3)	1,322 (13.3)	717 ( 7.2)
임야(km²(%))	6,488 (65.3)	3,217 (32.4)	2,748 (27.7)	523 ( 5.3)
대지(km²(%))	166 ( 1.7)	28 ( 0.3)	122 ( 1.2)	16 ( 0.2)
기타(km²(%))	220 ( 2.3)	97 ( 1.0)	68 ( 0.7)	55 ( 0.6)

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

## 2. 환경기준 및 관리제도

### 1) 수질 환경기준

환경기준은 「환경정책기본법」 제10조의 규정에서 ‘國民의 건강을 保護하고 快適한 環境을 造成하기 위하여 環境基準을 設定하여야 하며 環境與件의 變化에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다’ 라고 규정하고, 설정된 기준으로는 대기환경기준, 소음환경기준, 수질환경기준으로 구분하여 정하고 있다. 수질환경기준은 사람의 건강을 유지하고 쾌적한 환경을 유지하려는 기본목표와 물수급상의 장기예측, 수자원의 오염정도를 관련시키고 있다. 수질환경기준은 그 자체가 규제기준은 아니며, 법적 구속력은 갖지 않는 수질환경정책과 수질환경행정의 목표이다. 이를 배경으로 한정된 수자원의 효율적 관리를 위해서 물의 사용목적에 따라 기준항목과 기준치를 적용하고 있으며 하천(stream), 호소(lake), 지하수(groundwater), 그리고 해역(sea)에 대하여 각각 설정하고 있다.

하천의 경우, 표 3.7에서 보는 바와 같이 수질농도에 따라 5등급(I ~ V)으로 분류하고, 각 등급별로 이용 가능한 목적(용도)을 구분하고 있다. 항목기준을 살펴보면 수소이온농도(pH), 생물화학적산소요구량(BOD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 대장균군수의 5가지 기준항목을 설정한 후 각각 차등화 하여 설정하고, 그 이외에 사람의 건강보호 기준항목으로 전 수역을 대상으로 카드뮴(Cd)을 비롯한 총 9가지 기준항목의 중금속 및 독성물질에 관한 기준을 설정하고 있다.

<표 3.7> 河川의 水質環境基準

등급	이용목적별 적용 대상	기준				
		pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	대장균군수 (MPN/100mL)
I	상수원수1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이상	50이하
II	상수원수2급 수산용수1급 수영용수	6.5~8.5	3이하	25이하	5이상	1,000이하
III	상수원수3급 수산용수2급 공업용수1급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이상	5,000이하
IV	공업용수2급 농업용수	6.0~8.5	8이하	100이하	2이상	-
V	공업용수3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기 등이 떠나지 않을 것	2이상	-
사람 의 건강 보호	전 수 역	카드뮴(Cd):0.01mg/L이하, 비소(As):0.05mg/L이하, 시안(CN):검출되어서는 안됨, 수은(Hg):검출되어서는 안됨, 유기인:검출되어서는 안됨, 연(Pb):0.1mg/L이하, 6가크롬(Cr <sup>+6</sup> ):0.05mg/L이하, 폴리크로리네 이티드비페닐(PCB):검출되어서는 안됨, 음이온계면 활성제(ABS):0.5mg/L이하.				

- 비고 : 1. 수산용수1급 : 빈부수성수역의 수산생물용  
 2. 수산용수2급 : 중부수성수역의 수산생물용  
 3. 자연환경보전 : 자연경관 등의 환경보전  
 4. 상수원수 1급 : 여과 등에 의한 간이정수처리 후 사용  
 5. 상수원수 2급 : 침전여과 등에 의한 일반적 정수처리 후 사용  
 6. 상수원수 3급 : 전처리 등을 거친 고도의 정수처리 후 사용  
 7. 공업용수 1급 : 침전 등에 의한 통상의 정수처리 후 사용  
 8. 공업용수 2급 : 약품처리 등 고도의 정수처리 후 사용  
 9. 공업용수 3급 : 특수한 정수처리 후 사용  
 10. 생활환경보전 : 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 아니할 정도

## 2) 수질관리 목표

하천환경기준 달성을 위해 하천주변의 오염원 분포, 지형, 수리현황, 수역의 동질성 등을 고려하여 연간 275일 이상 유지되는 저수위보다 높은 수위에서 달성·유지되어야할 수역별 수질목표 등급과 달성기간을 전국 194개 하천구간을 대상으로 관리하고 있다. 2001년도 기준으로 I 등급은 27구간, II 등급 94구간, 그리고 III등급 이하가 73구간을 목표로 설정하고 있다.

금강수계의 수역별 수질환경기준의 적용등급과 수질개선 목표를 살펴보면, 표 3.8과 같다. 금강본류는 발원지에서부터 미호천 합류점 전까지는 전구간에 걸쳐 I 등급으로 지정되어 있고, 미호천 합류 후부터 금강하구 유입점 전까지 II등급으로 설정하고 있다. 또한, 금강본류에 유입하는 주요 지류하천에도 유역 내 오염원분포, 수환경관리 여건 등에 따라 수역 구간별 수질환경 기준등급과 수질개선 목표를 각각 다르게 설정하고 있다. 그러나 설정된 제1지류하천의 수질개선 목표지점은 수질측정망지점을 기준으로 설정한 것으로 보여지며, 현재 운영되고 있는 수질측정망 측정지점이 각 하천의 하단지점이라고는 보기가 어렵고, 그리고 수역구간의 수질을 대표할 수 있는 지점이라고 볼 수 없음을 감안할 때, 오염물질의 총량관리를 위해서는 정기적으로 관리하는 수질측정망 측정지점의 재검토와 추가적인 확대가 필요하리라 판단한다.

<표 3.8> 水域區間別 水質環境基準等級 및 水質改善目標

수역구분		수질환경 기준등급	수질개선목표 (BOD <sub>5</sub> mg/L)		비고 (측정지점)
			2002년	2005년	
무주남대천	전구간	I	0.7	0.6	무주남대천
봉황천	전구간	I	1.3	1.2	봉황천
영동천	전구간	I	1.2	1.2	영동천2
초강	발원지-금강합류점 전	I	0.8	0.7	초강2
보청천	전구간	I	0.8	0.8	보청천4
금강본류	발원지-대청호유입점 전	I	0.8	0.8	우산리
회인천	전구간	I	0.7	0.7	회인천
품곡천	전구간	I	1.5	1.4	품곡천
소옥천	전구간	I	2.0	1.6	옥천천
주원천	전구간	I	2.3	2.1	주원천
금강본류	대청호하류-갑천합류점 전	I	0.8	0.7	현도
대전천	전구간	IV	2.8	2.7	대전천3
유등천상류	발원지-유등교지점전	II	1.4	1.3	유등천1
유등천하류	유등교지점후-갑천합류점 전	IV	3.3	3.3	유등천5
갑천상류	발원지-유등천합류점 전	II	2.7	2.4	갑천3
갑천하류	유등천합류후-금강합류점 전	IV	5.8	5.3	갑천5
금강본류	갑천합류후-미호천합류점 전	I	2.1	1.8	청원
백곡천	전구간	I	10.9	9.1	백곡천2
보강천	전구간	I	1.7	1.3	보강천
미호천상류	발원지-무심천합류점 전	I	2.3	2.2	미호천3
무심천상류	발원지-청주시와청원군경계점 전	I	2.8	2.5	무심천1
무심천하류	청주시와청원군경계후-미호천합류점 전	IV	2.8	2.7	무심천3
병천천	전구간	I	1.4	1.4	병천천
조천	전구간	I	10.2	9.7	조천
미호천하류	무심천합류후-금강합류점 전	IV	4.0	3.9	미호천6
유구천	전구간	I	1.8	2.1	유구천
지천	전구간	I	2.0	1.8	지천
금강본류	미호천합류후-금천합류점 전	II	2.1	2.0	부여1
금천	전구간	II	2.6	2.5	금천
석성천	전구간	II	3.8	3.4	석성천
금강본류	금천합류후-논산천합류점 전	II	2.3	2.2	부여2
노성천	전구간	II	2.8	2.5	노성천
마산천	전구간	II	5.9	5.0	마산천
어량천	전구간	II	4.7	4.1	어량천
강경천	전구간	III	5.4	4.6	강경천
논산천	전구간(탑정지 제외)	II	1.0	0.9	논산천2
길산천	전구간	II	2.7	2.6	길산천
금강본류	논산천합류후-금강하구유입점 전	II	2.5	2.4	강경

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

### 3) 특별대책지역 및 상수원보구역

환경오염·환경훼손 또는 자연생태계의 변화가 현저하거나 현저하게 될 우려가 있는 지역과 환경기준을 자주 초과하는 지역을 ‘특별대책지역’으로 지정하고, 특별대책지역내의 환경개선을 위하여 필요한 경우에 한하여 지역내의 토지이용과 시설설치를 제한할 수 있다.

금강수계 내에는 대청호의 상수원 수질보전을 위하여 1990년 7월에 수질보전 특별대책지역을 최초로 지정한 후 일부 지정된 지역이 수계특성상 불합리한 것으로 확인되어 2001년 10월에 표 3.9와 같이 변경하여 지정하였다.

<표 3.9> 大淸湖 上水源 水質保全 特別對策地域 現況

행정구역	특별대책지역 I 권역	특별대책지역 II 권역
대전광역시	동 구: 추동, 비룡동, 주산동, 용계동 마산동, 효평동, 직동, 신하동 신상동, 사성동, 오동, 세천동 내탑동, 신촌동, 단촌동	
충청북도	청원군: 문의면[남계리, 등동리 일부 문심천수계]를 제외한 전역] 보은군: 회남면, 회북면(갈치리를 제외 한 전역) 옥천군: 안남면, 안내면(오덕리를 제외 한 전역), 군북면(이백리, 자모 리, 증약리를 제외한 전역)	옥천군: 옥천읍, 군서면, 이원면 동이면, 청성면(능월리, 도 장리를 제외한 전역), 군북 면(이백리, 자모리, 증약리)

자료 : 환경부, 고시 제2001-148호, 2001.

또한, 음용·공업용 등에 제공하기 위하여 취수시설을 설치한 지역의 하천·호소·지하수의 상수원 확보와 수질보전상 필요하다고 인정되는 지역을 취수원의 특성 및 지형여건과 수질오염 상황 등을 고려하여 ‘상수원보호구역’으로 지정하거나 이를 변경할 수 있다. 상수원보호구역 안에서는 수질오염물질·특정수질유



해물질, 유해화학물질, 농약, 폐기물, 오수·분뇨 또는 축산폐수를 버리는 행위를 엄격하게 금지하고 있으며, 또한 수영, 야영, 양식, 가축의 방목, 자동차 세차 행위 등 상수원을 오염시킬 위험이 있는 행위를 금지하고 있다.

금강수계내 상수원보호구역으로 지정된 면적은 충청북도가 8개소 105.70km<sup>2</sup>로 가장 넓고, 다음으로 대전광역시 1개소 78.19km<sup>2</sup>, 충청남도 11개소 10.80km<sup>2</sup> 그리고 전라북도가 5개소 0.63km<sup>2</sup>이다(표 3.10참조).

<표 3.10> 上水源保護區域 指定現況

구 분	상수원보호구역명	지정면적(km <sup>2</sup> )	행정구역	지정년도	관련취수장
대전광역시	대청호	78.19	동구 대청동, 대덕구 신탄진	1998	중리신탄진대덕
충청북도	대청호	101.29	청원군 문의면 보은군 회남면	1980	대청,국전
	영운	0.33	청주시 상당구	1976	영운
	보은	0.94	보은군 보은읍	1985	보은
	삼승	0.16	보은군 삼승면	1988	삼승
	옥천	1.07	옥천군 이원면	1982	옥천
	청산	0.61	옥천군 청산면	1988	청산
	영동	1.07	영동군 심천면	1988	영동
충청남도	강외	0.23	청원군 강외면	1990	조치원(충남)
	병천	0.41	천안시 병천면	1993	병천
	옥룡	1.56	공주시 옥룡동	1982	옥룡
	유구	0.51	공주시 유구읍	1990	석남
	논산	0.92	논산시 가야곡·부적·은진면	1979	성평
	연산	0.18	논산시 연산면	1988	연산
	금산	0.46	금산군 남일면	1988	금산 1
	추부	0.53	금산군 제원면	1988	금산 2
	조치원	0.65	연기군 조치원	1989	조치원
	금남	0.64	연기군 금남면	1994	금남
	부여	1.76	부여읍·규암면	1989	부여
전라북도	청양	3.18	청양읍·운곡면·대치면	1989	청양
	운산	0.08	진안군 진안읍	1987	언건(비상용)
	무주	0.32	무주군 무주읍	1976	무주
	안성	0.16	무주군 안성면	1992	안성
	구천동 설천	0.01 0.06	무주군 설천면	1987 1988	구천 설천

#### 4) 수변구역 지정제도

수변구역(水邊區域, Riparian Buffer Zone)은 수질오염을 사전에 예방하기 위해 상수원으로 이용되고 있는 하천의 근접지역을 자연상태로 보전토록 하려는 구역이다. 금강수계의 상수원으로 이용되는 대청호 및 용담호 경계로부터 1km 이내와 댐 상류지역 중 특별대책지역에서 금강본류는 하천의 경계로부터 양안 1km이내, 특별대책지역밖 상류의 금강본류는 하천경계로부터 양안 500m이내, 그리고 댐 상류 주요 지류천은 하천경계로부터 양안 300m이내를 중심으로 수변구역으로 지정하고 있다. 지정된 수변구역 안에서는 특별한 경우를 제외하고, 오염물질을 많이 배출하는 공장, 축사, 음식점, 숙박시설, 그리고 목욕탕 등의 설치가 금지되며, 또한 수변구역에 있는 기존시설에 대해서도 수질기준을 강화하여 적용하고 있다. 금강수계의 수변구역 현황은 표 3.11과 같이 총 373.19km<sup>2</sup>를 지정하여 관리하고 있다.

<표 3.11> 錦江水系の 水邊區域 指定現況

대상지역		지정면적 (km <sup>2</sup> )	대상지역		지정면적 (km <sup>2</sup> )
시·도명	시·군·구명		시·도명	시·군·구명	
대전광역시	동 구	1.58	충청남도	금산군	26.61
충청북도	보은군	26.53	전라북도	무주군	21.32
	옥천군	128.36		장수군	28.20
	영동군	28.86		진안군	111.73

자료 : 환경부, 고시 제2002-141호, 2002.

#### 5) 수질규제 기준

환경기준은 환경보전을 위하여 요구되는 수준을 수치적으로 표현한 것이며, 수질 규제기준은 환경기준을 유지하기 위한 법적 구속력을 갖는 규제수단의 하나이다. 일반적으로 수질 규제기준은 수질환경기준과 하천의 자정능력에 따라

정해지는 것이 원칙이나, 경제적 및 기술적 여건을 감안하여 적용 가능한 수준으로 설정되고 있다. 그 대표적인 것으로는 표 3.12와 같이 방류수 수질기준과 배출허용기준이 있으며, 각각의 시설별 규제항목 및 허용농도를 다르게 정하고 있다.

<표 3.12> 水質規制基準 施設 및 規制項目

구 분	시설구분	규제항목
방 류 수 수질기준	하수종말처리시설	BOD, COD, SS, T-N, T-P, 대장균군수
	폐수종말처리시설	BOD, COD, SS, T-N, T-P
	농공단지 오·폐수종말 처리시설	BOD, COD, SS, T-N, T-P
	분뇨처리시설	BOD, COD, SS, T-N, T-P, 대장균군수
	축산폐수공공처리시설	BOD, COD, SS, T-N, T-P, 대장균군수
	축산폐수처리시설	BOD, SS 특정지역 허가대상(T-N, T-P)
	오수처리시설	BOD, SS
	단독정화조	BOD
배출허용 기 준	폐수배출시설	BOD, COD, SS 등 총 28항목
	폐기물매립시설 침출수	BOD, COD, SS 등 총 27항목

자료 : 하수도법, 수질환경보전법, 오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률, 폐기물관리법

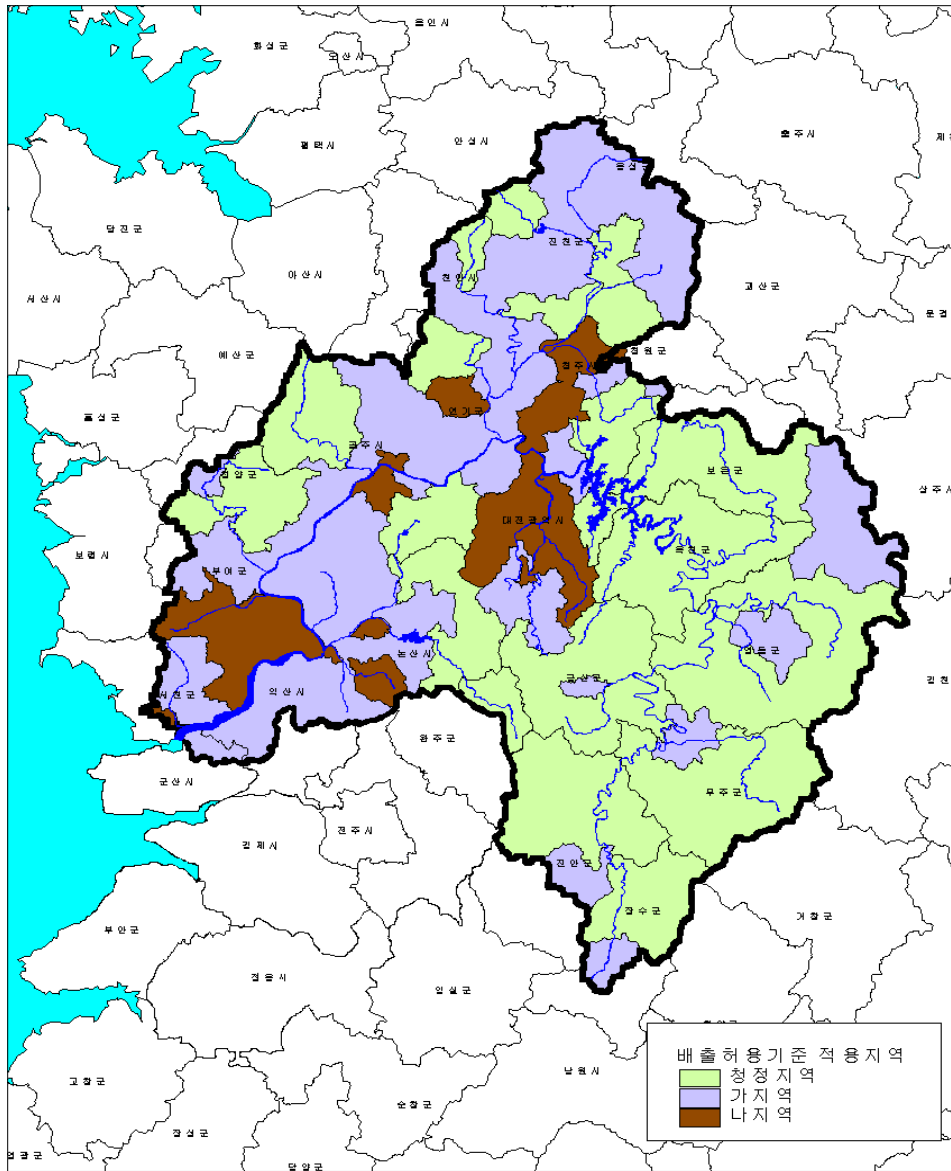
방류수 수질기준은 배출허용기준이 개별 배출시설에 적용되는 규제기준이라고 볼 때, 하수·폐수종말처리시설, 축산폐수공공처리시설, 그리고 분뇨처리시설 등에 적용되는 기준으로 시설별, 지역 및 규모별로 오염물질 허용농도를 각각 다르게 적용하고 있다. 일반적으로 방류수의 수질기준은 폐수배출허용기준보다 엄격하게 설정되는데, 그 이유는 개별 폐수배출시설의 방류수가 공공처리시설에

서 다시 처리될 가능성이 있으며, 또한 공공처리시설은 개별 배출업소의 배출량에 비해 상대적으로 많은 하수, 폐수 또는 분뇨가 최종적으로 처리되어 방류되는 공공수역에 큰 영향을 미치기 때문이다.

그러나 이와는 달리 배출허용기준은 개별 배출업소에 적용되는 규제기준으로서 각 배출업소가 오염물질을 배출할 때 지켜야 하는 최대배출허용치 또는 허용농도를 말한다. 우리 나라에서는 배출허용기준 적용지역은 수역의 이용상황 및 오염원분포 등을 감안하여 지역별로 차등을 두어 설정하고 있다. 수질환경보전법 및 폐기물관리법 시행규칙 별표에서 배출허용기준을 지역별로 4단계(청정, 가, 나, 특례지역)로 구분하여 적용하고 있으며, 또한 배출량에 따라 BOD, COD, SS의 경우 폐수배출량 2,000m<sup>3</sup>/일 이상과 미만으로 구분하여 적용하고 있다. 즉, 폐수 및 침출수 배출량 2,000m<sup>3</sup>/일 이상의 다량 배출시설은 더욱 엄격한 배출허용기준을 적용 받게되어 농도규제방식에 양적 규제방식을 부분적으로 병행하고 있다. 다만, 산업단지나 농공단지의 폐수종말처리구역 및 하수처리구역 내에서 종말처리시설에 폐수를 유입하는 시설에 대하여는 별도의 기준을 고시하여 완화된 배출허용기준을 적용할 수 있다.

## 6) 폐수배출 허용기준 적용지역

금강수계에서 폐수배출업소의 방류수 허용기준 적용을 위한 지역지정 현황을 살펴보면, 전체면적의 52.6%가 “청정”지역으로 지정되어 있고, 36.2%는 “가”지역, 그리고 11.2%는 “나”지역으로 지정하여 적용하고 있다. 한편, 금강상류인 대청호권역은 83.9%가 “청정”지역으로 지정되어 있으며, 나머지 16.1%가 “가”지역으로 지정되어 있다. 금강중류권역 및 금강하류권역은 “청정”지역이 각각 32.1%, 21.9%, “가”지역은 각각 49.4%, 55.9%, 그리고 “나”지역은 각각 18.5%, 22.2%로 지정되어 상류권역 일수록 “청정”지역의 지정률이 높고, 중·하류권역 일수록 “나”지역의 지정률이 높은 것으로 조사되었다(그림 3.3 및 표 3.13 참조).



자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

[그림 3.3] 錦江水系の 排出許容基準 適用地域 現況圖

<표 3.13> 錦江圈域別 排出許容基準 適用地域 指定現況

구 분	계	대청호권역	금강중류권역	금강하류권역
계 (km <sup>2</sup> )	9,889	4,192	4,330	1,367
청정지역 (km <sup>2</sup> )	5,205	3,516	1,390	299
가 지역 (km <sup>2</sup> )	3,581	676	2,141	764
나 지역 (km <sup>2</sup> )	1,103	-	799	304

자료 : 정부합동, 대청호등 금강수계 물관리종합대책, 2000.

## 7) 수질측정망

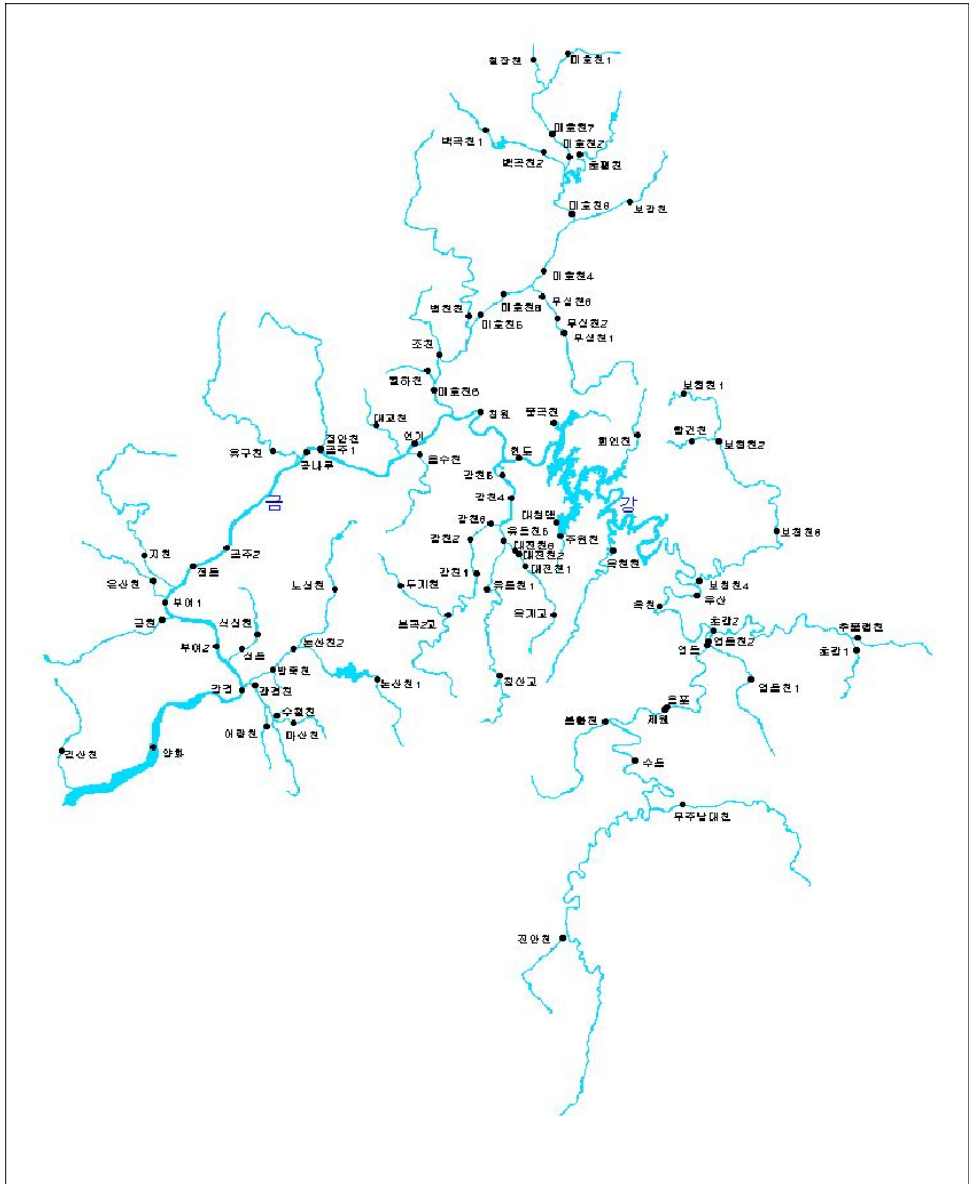
금강수계의 수질오염 상태를 파악하여 수질관리 기초자료 및 수질보전 정책자료로 활용하기 위해 금강본류 및 주요 하천을 대상으로 수질측정지점을 정하여 수질오염도를 상시 측정하고 있다. 수질측정지점은 이수목적에 따라 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수, 도시관류 등으로 분류하고, 하천수와 호소수의 경우 금강유역환경청, 시·도, 그리고 한국수자원공사에서 각각 측정하고 있다. 금강수계의 수질측정망 지점은 2003년을 기준으로 본류 20지점, 지류하천 46지점으로 총 86지점에 대하여 측정하고 있으며, 측정항목 및 조사횟수는 표 3.14와 같다. 그러나 “수질측정망 운영계획”<sup>(11)</sup>에서 하천의 수위 또는 유량은 건설교통부 및 한국수자원공사의 수위, 유량측정지점에 한하여 적용하고 있어, 대부분의 수질측정망지점에서 유량이 측정되고 있지 않거나, 수질측정지점과 유량 측정 지점이 동일하지 않는 점을 고려한다면, 오염총량관리를 위한 오염물질의 유달부하량을 상시적으로 파악하기 위해서는 측정지점별 하천의 유량측정이 반드시 수반되어야 할 것으로 판단한다.

<표 3.14> 河川水の 測定項目 및 調査時期

구 분	조 사 항 목	조사횟수	시기(월)	비 고 (항목선정기준)
하 천 수	수위 또는 유량, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, $\text{NH}_4^+\text{N}$ , $\text{NO}_3^-\text{N}$ , 총인, 수온, 페놀류, 전기전도도, 분원성대장균군수, 총대장균군수	12회/년	매월	하천수질환경 기준 및 하천 보호상 필요 한 항목
	DTN, DTP, $\text{PO}_4^{3-}\text{P}$ , 클로로폼, Cd, CN, Pb, $\text{Cr}^{+6}$ , As, Hg, ABS	4회/년	3,6,9,12월	
	PCB, 유기인, TCE, PCE	1회/년	7월	

자료 : 환경부, 수질측정망운영계획, 2003.

수질측정망으로 운영·관리되고 있는 측정지점과 측정지점에서 연도별 산술 평균한 수질변화를 살펴보았다. 그 결과, 제1지류하천의 수질측정지점이 그림 3.4에서 보는 바와 같이 해당하천의 수질을 대표하거나 금강본류와 합류하기 직전인 하단지점이라고는 볼 수 없으며, 또한 산술평균 한  $\text{BOD}_5$  농도는 1998~1999년에 기상적인 요건 등으로 일부지점에서 목표수질을 달성하였으나, 대부분의 경우에는 초과하고 있는 것으로 확인되었다(표 3.15 참조).



자료 : 환경부, 수질측정망운영계획, 2003.

[그림 3.4] 錦江水系の 水質測定網 位置圖



<표 3.15> 錦江水系 主要地點의 水質測定網 運營結果(BOD<sub>5</sub>)

(단위 : mg/L)

구분	권역명	측정 지점명	목표 등급	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02
금강 본류	대청호	옥 천	I	1.3	1.2	1.1	<u>0.9</u>	<u>1.0</u>	1.1	1.1	1.2
	금강중류	청 원	I	4.7	3.8	3.6	2.3	2.6	2.5	3.0	2.9
		연 기	II	4.6	3.5	3.9	<u>2.9</u>	3.1	<u>3.0</u>	3.7	4.0
		공주1	II	4.8	3.8	3.7	<u>2.5</u>	<u>2.6</u>	<u>2.6</u>	3.4	3.1
		공주2	II	4.4	3.7	3.9	<u>2.7</u>	<u>2.9</u>	3.1	4.2	3.2
		부여1	II	4.3	3.7	3.4	<u>2.4</u>	<u>2.6</u>	<u>2.7</u>	3.7	3.3
		부여2	II	4.2	3.7	3.8	<u>2.7</u>	<u>2.7</u>	3.6	3.9	3.3
	금강하류	강 경	II	3.8	3.6	3.6	<u>2.8</u>	3.5	4.5	5.1	4.5
지류 하천	금강중류	갑 천	IV	12.2	12.5	8.5	<u>6.1</u>	<u>7.3</u>	8.3	<u>8.0</u>	<u>7.1</u>
		미호천	IV	<u>5.6</u>	<u>4.8</u>	<u>5.3</u>	<u>4.5</u>	<u>3.4</u>	<u>4.4</u>	<u>5.5</u>	<u>4.9</u>
		유구천	I	2.1	1.8	2.0	2.2	1.5	1.7	1.6	1.3
		지 천	I	3.6	2.8	2.4	2.6	1.3	1.6	2.1	1.8
		금 천	II	3.7	4.1	3.9	<u>3.0</u>	3.3	<u>3.0</u>	3.3	<u>2.9</u>
	금강하류	석성천	II	4.0	4.5	4.9	3.9	4.1	5.0	4.3	4.9
		강경천	III	8.1	6.8	6.4	<u>5.7</u>	6.2	<u>5.6</u>	<u>5.4</u>	6.8
		논산천	II	<u>2.4</u>	<u>1.7</u>	<u>1.6</u>	<u>1.3</u>	<u>2.0</u>	<u>2.0</u>	<u>2.0</u>	<u>2.6</u>
		길산천	II	5.4	4.4	4.7	<u>3.0</u>	<u>2.7</u>	3.3	4.2	3.2

자료 : 환경부, 수질측정망 자료, 1995~2002.

## 8) 수질오염총량관리제

수질오염총량관리제는 사회·경제적인 여건의 미비와 정량적인 부하량 산정, 수질예측, 그리고 이행을 담보할 수 있는 모니터링 등과 같은 기술적인 문제로 인해 그 동안 도입이 미루어져 오다가 획기적인 수질개선을 위해서는 도입이 불가피하다는 인식이 광범위한 공감대를 얻게되었다. 또한, 오염부하량 산정방법, 수질모델을 이용한 부하량과 수질 관계에 대한 정량적인 예측, 모니터링을 위한 기술 및 장비의 발전 등 총량관리를 지원하기 위한 기술적인 문제들도 점차 해결되고 있어, 1999년 「한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률」을 통

해 팔당호 상류유역에 오염총량관리제를 시행하고, 금강 전체수계에 대해서도 낙동강 수계와 함께 공포된 「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」 및 「낙동강수계물관리및주민지원등에관한법률」에 근거하여 오염총량관리제를 연차적으로 시행할 준비과정에 있다.

금강수계의 수환경 현황을 살펴본 바와 같이 금강의 수질을 이수목적, 수질보전, 생태계 등에 맞는 하천의 수역별 목표수질을 설정하고, 지정목적에 적합한 수준으로 개선하기 위해 수질농도를 중심으로 다각적인 수질환경정책을 펼쳐왔다. 그러나 공공수역의 허용 오염부하량을 고려하지 않은 상태에서 배출허용기준 중심의 농도 규제만으로는 금강 중·하류지역에 과도하게 밀집된 인구 및 산업시설 등에서 배출되는 오염부하의 양적 증가를 통제하고, 환경기준을 달성하는데 근본적인 한계가 있다는 판단아래 오염총량관리제를 도입하기에 이르렀다.

이에 따라 정부에서는 「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」을 제정하여 역점적으로 시행하려는 수질오염물질총량관리제도는 하천의 용수목적, 생태계 보전 등에 맞는 목표수질기준을 설정하고, 해당 하천수계의 유역에서 배출되는 오염부하 총량이 설정된 수질기준을 달성할 수 있도록 오염부하량을 허용량 이하가 되도록 관리하려는 제도이다.

수질오염 총량관리대상 오염물질은 2005년부터 2010년까지의 기간동안에는 BOD로 하고, 2011년부터 2015년까지의 기간동안은 COD, 질소, 인, TOC 등 오염물질에 대한 적용가능성, 효과성 등에 관하여 국립환경연구원의 연구·검토를 거쳐 수계관리위원회와 협의하여 2005년 말까지 결정토록 하고 있다. 오염총량관리제 시행방법에 있어서 한강수계는 팔당호 상류유역 지방자치단체가 수질오염총량관리제의 실시여부를 임의 결정·시행하는 임의적인 오염총량관리제인데 반하여, 금강수계와 낙동강수계는 의무적인 오염총량관리제이다. 이에 따라 금강수계에 위치한 광역자치단체장은 2004년 8월까지 환경부장관의 승인을 받

아 전지역에 대한 오염총량관리기본계획 수립을 완료하여야 하며, 지방자치단체 별 시행시기는 다소간의 차이가 있으나, 광역자치단체에서 수립한 기본계획에 따라 시행계획의 수립과정을 거쳐, 2005년 8월부터 점진적으로 시행하여 2008년 8월부터는 금강수계 내에 위치한 모든 기초자치단체는 오염총량관리제를 시행하도록 의무화 하고있다.

## 제4장 조사 및 분석방법

### 제1절 조사범위 및 기간

#### 1. 조사범위

본 연구의 조사범위는 미호천 합류 후부터 금강하구언까지 금강 중·하류권역에서 오염물질 항목별 유달하는 특성을 연구하고자 충청남도의 유역에 위치한 제1지류하천과 지류하천을 거치지 않고 금강본류에 직접 방류하고 있는 환경기초시설을 대상으로 하였다. 연구범위에 포함하는 대상하천 및 환경기초시설의 현황 조사결과 제1지류하천 중에서 평·갈수기 중심으로 유량이  $0.2\text{m}^3/\text{min}$  이상인 하천은 54개소였고, 제1지류하천을 거치지 않고 금강에 직접 방류하는 환경기초시설은 4개소였다. 연구내용에 대한 이해와 분석의 효율성을 기하기 위하여 조사된 제1지류하천 및 환경기초시설에 대하여 표 4.1과 같이 “대청호 등 금강수계 물관리종합대책”<sup>9)</sup> 기준에 따라 금강중류권역을 본류Ⅱ, 본류Ⅲ, 그리고 본류Ⅳ 유역으로 구분하고, 금강하류권역은 논산권유역과 하구언유역으로 분류하였다. 또한, 기초자치단체별 수환경관리 특성을 분석 및 평가하고자 유역면적, 오염원 분포, 금강본류에 유달하는 지점 등을 고려하여 행정유역을 중심으로 하는 연기권유역, 공주권유역, 청양권유역, 부여권유역, 논산권유역, 서천권유역 등 6개 유역으로 세분하였다.

그림 4.1은 연구대상 범위인 금강 중·하류권역의 제1지류하천, 환경기초시설, 그리고 금강본류의 조사 및 측정지점 위치를 종합적으로 모식화한 것으로서 이를 기준으로 금강 중·하류권역에서 지류하천별, 행정유역별, 미호천 합류점을 기준으로 상·하류간 오염물질 유달특성을 비교·평가하였다.

<표 4.1> 調査對象 河川の 流域分類 現況

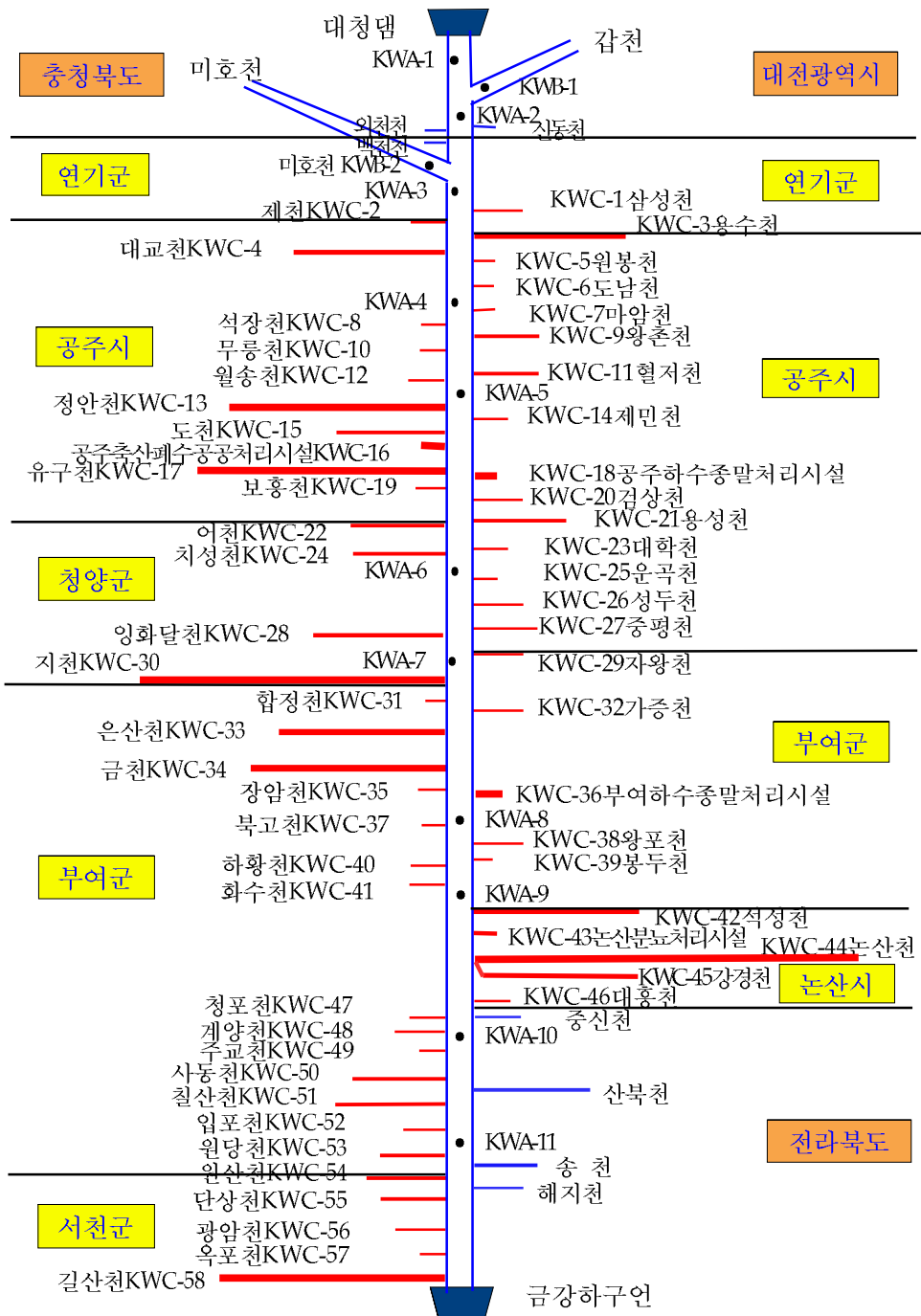
권역명	유역명	행정유역명	하천명	권역명	유역명	행정유역명	하천명	
금강중류	본류Ⅱ유역	연기권유역	삼성천	금강중류	본류Ⅳ유역	부여권유역	지왕천	
			제천				합정천	
			용수천				가증천	
		공주권유역	대교천				은산천	
			원봉천				금천	
			도남천				장암천	
			마암천				부여하수 <sup>3)</sup>	
			석장천				북고천	
			왕촌천				왕포천	
			무릉천				봉두천	
			혈저천				하황천	
			월송천				회수천	
			정안천	금강하류	논산천유역	논산권유역	석성천	
			제민천				논산분뇨 <sup>4)</sup>	
			도천				논산천	
			공주축산 <sup>1)</sup>				강경천	
			유구천				대흥천	
			공주하수 <sup>2)</sup>		하구언유역	부여권유역	청포천	
	본류Ⅲ유역	보흥천	계양천					
		검상천	주교천					
		용성천	사동천					
		대학천	칠산천					
		운곡천	입포천					
		성두천	원당천					
		중평천	서천권유역			원산천		
		청양권유역				어천	단상천	
						치성천	광암천	
						본류Ⅳ유역	잉화달천	옥포천
							지천	길산천

1) 축산공공 : 공주축산폐수공공처리시설

2) 공주하수 : 공주하수종말처리시설

3) 부여하수 : 부여하수종말처리시설

4) 논산분뇨 : 논산분뇨처리시설



[그림 4.1] 調査 및 測定地點 模式圖

## 2. 조사 및 적용기간

연구범위인 금강 중·하류권역의 제1지류하천별 유량측정 및 수질분석은 점 오염원에 한정하기 위하여 평·갈수기에 강수의 영향을 받지 않는 기간을 선택하여 현장조사를 수행하였다. 1차 조사는 1999년 12월, 2차 조사는 2000년 5월, 3차 조사는 2001년 10월, 그리고 4차 조사는 2003년 4월에 실시하여 총 4회 조사하였다.

제1지류하천을 거치지 않고 금강 중·하류권역에서 금강으로 직접 방류하는 공주축산폐수공공처리시설, 공주하수종말처리시설, 그리고 논산분뇨처리시설의 방류유량 및 수질농도를 1년간 운영결과에 근거하여 적용하였다. 그러나 부여하수종말처리시설의 경우 2002년 11월부터 시운전하였고, 2003년 3월에 최종적으로 준공됨에 따라 유입수량 및 방류수 수질정도를 고려하여 최근 2개월간의 결과를 적용하였다(표 4.2 참조).

<표 4.2> 環境基礎施設の 流量 및 水質分析 適用期間

시 설 명	적용지점	적용기간	비고
공주축산폐수공공처리시설	KWC-16	2001. 11. 1 ~ 2002. 10. 31	
공주하수종말처리시설	KWC-18	2001. 11. 1 ~ 2002. 10. 31	
부여하수종말처리시설	KWC-36	2003. 2. 10 ~ 2003. 4. 9	2003. 3. 준공
논산분뇨처리시설	KWC-43	2001. 11. 1 ~ 2002. 10. 31	

금강본류의 유하거리에 따른 각 지점(KWA-1 ~ KWA-11)과 상류유역의 자치단체로부터 유입되는 갑천(KWB-1) 및 미호천(KWB-2)의 오염물질 유달부하량을 파악하기 위하여 “금강수계 하천정비기본계획 사전환경성검토서”<sup>12)</sup>의 자료를 인용하였으며, 이때 인용한 측정지점은 표 4.3과 같고 유량과 수질현황은 2001년도에 4회 조사한 결과를 평균하여 적용하였다.

<표 4.3> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 調査地點

구 분	지점번호	측정지점	비 고
금강본류	KWA-1	대전광역시 용호동 용호교 하류 200m	대청댐 하류
“	KWA-2	충북 청원군 부강면 노호리 한라시멘트 하류 300m	갑천 합류후
“	KWA-3	연기군 남면 월산리 새터말 모래채취장 앞	미호천 합류후
“	KWA-4	공주시 반포면 장암리 청벽대교 상류 50m	
“	KWA-5	공주시 신관동 공주대교 상류 50m	공주시 유입전
“	KWA-6	청양군 목면 어천리 뚝점나루터	
“	KWA-7	부여군 청남면 왕진리 왕진마을	지천 합류전
“	KWA-8	부여군 장암면 장정마을	부여군 합류후
“	KWA-9	부여군 세도면 반조원리	석성천 합류전
“	KWA-10	부여군 세도면 양대리 다근이마을	논산시 합류후
“	KWA-11	부여군 양화면 입포리 입포초교 앞	금강호 유입전
갑 천	KWB-1	대전광역시 운평동 대전산업단지폐수종말 처리시설 뒷편	대전광역시 유입
미호천	KWB-2	연기군 동면 합강1리 월산교	금강 합류전



## 제2절 조사·분석 및 평가방법

### 1. 유량 및 수질조사

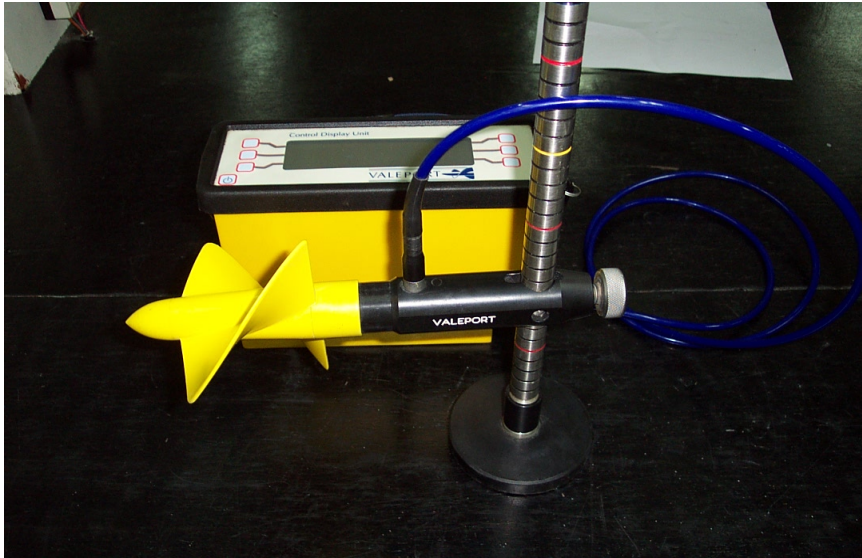
#### 1) 제1지류하천

제1지류하천에서 금강본류에 유달하는 오염물질 항목별 총량을 파악하기 위하여 유속의 측정위치는 대상 하천별 금강에 합류되기 직전 또는 금강과 합류되기 500m 이전의 하단지점에서 유황(流況)이 일정하고 하상의 상태가 고른 지점을 선정하였다.

선정한 지점에서 물이 흐르는 방향과 직각이 되도록 하천의 양끝을 줄자로 고정된 후 하천의 유폭이 5m 이상인 경우에는 유폭을 1m 등간격으로 소구간을 정하고, 각 소구간 간격의 중앙지점을 유속 측정점으로 하였다. 그러나 하천의 유폭이 5m 이내인 경우에는 유속특성 및 하천여건을 고려하여 더 작은 간격으로 나누고, 나누어진 각 소간의 중앙지점을 측정점으로 하였다. 또한, 나누어진 각 소구간마다 수심이 0.4m미만일 때는 수면으로부터 전 수심의 60%가 되는 지점에서 측정하였고, 소구간의 수심이 0.4m 이상일 때는 수면으로부터 전 수심의 20%인 지점과 80%인 지점에서 각각 측정하였다.

유속측정을 위한 기기는 그림 4.2에서 보는 바와 같이 연속측정이 가능한 Impeller Type의 Flow meter(VALEPORT Model BFM002)를 이용하였으며, 각각의 소구간에서 연속적으로 3분 동안 측정된 평균값으로 하였다.

하천별 유량은 측정된 유속의 결과를 이용하여 다음과 같이 Velocity-Area의 방법으로 산출하였다.



[그림 4.2] 流速 測定器機

한편, 하천별 수질분석은 유속측정시 동일한 지점에서 동일한 시간대에서 현장 측정항목을 측정하였으며, 현장측정이 곤란한 항목은 하천수를 채수하여 냉장 보관한 후 실험실로 운반한 후 “수질오염공정시험방법”<sup>13)</sup>에 준하여 분석하였다. 분석항목은 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 항목을 중점적으로 분석하고, 그 외 하천별 여건에 따라 수환경 특성을 파악하기 위한 필요한 항목을 추가적으로 분석하였다. 수질항목별 분석방법은 표 4.4와 같다.

<표 4.4> 河川水의 水質分析方法

측정항목	분석방법	측정분석기기명
수온	현장측정	Digital thermometer (Hanna HI 92240)
수소이온농도(pH)	현장측정	pH Meter
용존산소 (Dissolved Oxygen)	Winkler-아지드화나트륨 변법에 의한 현장고정	DO Bottle(300mL)
생물학적산소요구량 (BOD <sub>5</sub> )	20℃에서 5일간 산소소비량	BOD Incubator
화학적산소요구량 (COD <sub>Mn</sub> )	산성100℃ KMnO <sub>4</sub> 법	Water Bath
총질소 (Total Nitrogen)	자외선흡광광도법	Spectrophotometer
질산성질소 (Nitrate Nitrogen)	Ion Chromatography법	Spectrophotometer
총인 (Total Phosphorus)	Ascorbic Acid 환원법	Spectrophotometer

## 2) 환경기초시설

제1지류하천을 거치지 않고 중·하류권역에서 금강본류에 직접 유입하는 환경기초시설은 공주축산폐수공공처리시설(KWC-16), 공주하수종말처리시설(KWC-18), 부여하수종말처리시설(KWC-36), 그리고 논산분뇨처리시설(KWC-43)이 위치하고 있다. 각각의 환경기초시설에서 금강본류로 방류하고 있는 오염물질 부하량을 파악하기 위하여 각각의 시설에서 매일 측정·분석하고 있는 방류수의 유량 및 수질분석 자료를 평균하여 적용하였다. 그러나 공주하수종말처리시설의 경우 시설용량이 20,000m<sup>3</sup>/day로, 하수관거를 통해 이송되는 하수량은 시설용량을 상회하고 있어 일부 처리되지 않고 있는 하수량 및 수질농도를 포함하여 적용하였다.

## 2. 지류하천 group화 방법

금강 중·하류권역 중에서 미호천 합류 후부터 금강하구언까지 충청남도 유역에 위치하는 제1지류하천 및 환경기초시설에서 분석된 BOD<sub>5</sub> 평균농도와 산출된 유량을 바탕으로 하천의 규모별로 금강 본류에 유달하는 오염물질의 특성을 파악하고, 수환경 관리대책의 우선 순위를 설정하고자 4개 group으로 분류하였다.

분류방법은 X축에 BOD<sub>5</sub> 평균농도를 대입하고, Y축에 유량( $\text{m}^3/\text{min}$ )을 log값으로 표현하였다. 이때의 X축은 제 3장의 표 3.8에서 보는 바와 같이 부여1 지점의 측정망에서 2005년도 BOD<sub>5</sub> 목표수질이  $2.0\text{mg/L}$  인점을 고려하여 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$ 인 지점에서 Y축과 교차토록 하였다. Y축은 하천의 주변여건에 따라 하천특성별 고유의 갈수량, 생태계 서식처, 하천경관 등 자연 및 인위적 기능을 보전할 수 있는 유지유량을 보다 명확히 결정할 수 있는 표준적인 방법을 개발하여 적용할 필요가 있다. 그러나 평·갈수기에 건전한 수환경관리를 위해서는 최소 유량이 상시적으로 유지되어야 할 평균유량을  $10\text{m}^3/\text{min}$ 로 설정하여 X축과 교차하도록 모형화 하였다.

이러한 분류기준을 적용할 때 group A(제1사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  이상인 영역, group B(제2사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  미만인 영역이며, group C(제3사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  미만이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  미만인 영역, 그리고 group D(제4사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  미만이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  이상인 영역이라 할 수 있다.

### 3. 유달부하량 산정

수질오염부하량은 발생단계별로 발생부하량, 배출부하량, 그리고 유달부하량으로 나누어진다. 오염물질 발생부하량이란 점오염원과 비점오염원으로부터 발생하는 오염물질의 양을 말하며, 배출부하량이란 발생부하량이 처리과정을 거쳐 삭감(削減)된 후 또는 처리과정을 거치지 아니하고 직접 공공수역으로 배출되는 오염물질의 양을 말한다<sup>14)</sup>. 유달부하량은 배출된 오염물질이 하천을 유하(流下)하는 과정에서 침전, 증발, 분해 등의 물리적·화학적·생물학적 작용을 통하여 감소된 후 어떤 특정지점에 이르게 되는 오염물질량을 말한다. 금강에 유달하는 오염물질 항목별 부하량을 산정하기 위하여 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Miv</sub>, T-N, 그리고 T-P와 같은 항목별로 분류한 다음, 제1지류하천별(환경기초시설 포함) 및 행정구역별, 그리고 하천의 group별 각 오염물질의 평균농도 및 평균 유달부하량을 다음과 같이 산출하였다.

$$C = \frac{[(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2) + \dots + (Q_n \times C_n)]}{(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n)}$$

$$L = \frac{[(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2) + \dots + (Q_n \times C_n)] \times 10^{-3}}{N_n}$$

C : 평균농도(mg/L),      Q<sub>n</sub> : 유량(m<sup>3</sup>/day),      C<sub>n</sub> : 수질농도(mg/L),  
L : 평균유달부하량(kg/day),      N<sub>n</sub> : 측정횟수

또한, 어느 특정지점에서 하천유량에 각 오염물질의 농도를 곱하여 오염물질 항목별 유달부하량이 결정되며, 유달하는 오염물질의 객관적인 기준을 도입하여 평가하기 위해서 일일 유달하는 오염물질의 총량을 해당 수계의 유역면적으로 나누어 살펴볼 필요가 있다. 따라서 금강 중·하류권역에서 유역면적당 일일 유달하는 오염물질의 부하량을 산정하기 위하여 다음과 같이 일일 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Miv</sub>, T-N, 그리고 T-P의 평균 유달부하량을 해당 유역면적으로 나누어 산정하였다.

$$L_A = L/A$$

$$L = \frac{[(Q_1 \times C_1) + (Q_2 \times C_2) + \dots + (Q_n \times C_n)] \times 10^{-3}}{N_n}$$

$L_A$  : 유역면적당 유달부하량(kg/km<sup>2</sup> · day)     $L$  : 평균유달부하량(kg/day)

$A$  : 유역면적(km<sup>2</sup>)

$Q_n$  : 유량(m<sup>3</sup>/day)

$C_n$  : 수질농도(mg/L)

$N_n$  : 측정횟수

## 제5장 결과 및 고찰

### 제1절 유량 및 수질

#### 1. 연기권 유역

연기권유역은 연기군 전체 행정면적의 361.53km<sup>2</sup><sup>16)</sup> 중 약 93.9%에 해당하는 339.36km<sup>2</sup>가 금강중류권역으로 유입되고, 나머지 약 6.1%인 22.17km<sup>2</sup>가 곡교천을 따라 삼교호 수계로 유출하고 있다. 금강수계로 유입하는 면적 중에서 220.47km<sup>2</sup>가 조천, 월하천 등을 따라 미호천을 거쳐 금강에 합류하고, 19.51km<sup>2</sup>가 백천천 등으로 미호천 합류이전 금강본류에 합류하며, 나머지 99.38km<sup>2</sup>가 미호천합류 이후 금강에 유입한다. 또한, 공주권유역인 대교천으로 1.33km<sup>2</sup>가 유출하고, 용수천 및 제천으로 각각 60.14km<sup>2</sup>, 5.03km<sup>2</sup>의 유역면적이 공주시로부터 유입되며, 대전광역시에서 용수천 및 삼성천으로 각각 10.33km<sup>2</sup>, 7.72km<sup>2</sup>가 유입되고 있다. 연기권 유역으로 분류하여 측정한 하천은 3지점으로서, 조사 및 분석된 유량과 수질농도의 산술평균은 표 5.1과 같다.

<표 5.1> 燕岐圈流域 測定結果

측정지점	하천명	포함 행정유역	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWC-1	삼성천	연기, 대전	21.5	2.2	3.6	1.891	0.109
KWC-2	제천	연기, 공주	31.6	4.9	6.7	4.602	0.187
KWC-3	용수천	공주, 연기, 대전	101.4	3.2	3.1	1.777	0.045

#### 2. 공주권 유역

공주시는 전체 행정면적인 940.64km<sup>2</sup><sup>17)</sup>가 모두 금강수계로 유입한다. 그러나 분류한 공주권유역의 면적은 연기군에서 1.33km<sup>2</sup>가 대교천으로 유입하고, 용수천

및 제천으로 각각 60.14km<sup>2</sup>, 5.03km<sup>2</sup>의 면적이 연기권유역으로 유출되며, 청양권유역의 어천으로 3.60km<sup>2</sup>, 부여권유역의 자왕천으로 7.88km<sup>2</sup>, 그리고 논산권유역의 석성천 및 논산천으로 각각 37.20km<sup>2</sup>, 51.06km<sup>2</sup>가 유출되고 있음을 반영하였다. 한편, 공주권유역으로 분류하여 측정된 지점은 하수종말처리시설 및 축산폐수공공처리시설을 포함하여 22지점으로 각 지점에서 측정결과의 유량 및 수질농도의 산술평균 값은 표 5.2와 같다.

<표 5.2> 公州圈流域 測定結果

측정지점	하천명	포함 행정유역	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWC-4	대교천	공주, 연기	41.5	1.6	3.1	2.100	0.046
KWC-5	원봉천	공주	1.3	0.7	3.6	2.379	0.061
KWC-6	도남천	공주	1.1	1.1	3.8	0.771	0.042
KWC-7	마암천	공주	6.1	1.3	1.8	1.914	0.023
KWC-8	석장천	공주	1.5	1.1	2.4	0.816	0.042
KWC-9	왕촌천	공주	15.0	1.4	2.3	1.516	0.015
KWC-10	무룡천	공주	1.3	2.5	4.3	0.557	0.037
KWC-11	혈저천	공주	14.6	1.2	2.9	1.483	0.022
KWC-12	월송천	공주	1.7	1.1	3.1	1.226	0.023
KWC-13	정안천	공주	90.6	2.5	3.2	2.192	0.042
KWC-14	제민천	공주	2.0	3.2	5.0	1.762	0.120
KWC-15	도 천	공주	8.6	1.2	3.2	1.632	0.029
KWC-16	축산공공 <sup>1)</sup>	공주	0.1	11.3	30.3	34.494	0.526
KWC-17	유구천	공주	177.2	1.1	2.6	1.863	0.022
KWC-18	공주하수 <sup>2)</sup>	공주	20.1	11.4	12.1	17.688	1.026
KWC-19	보흥천	공주	4.7	1.3	2.6	1.904	0.102
KWC-20	검상천	공주	9.2	1.3	2.7	1.383	0.077
KWC-21	용성천	공주	23.9	1.4	2.9	1.735	0.030
KWC-23	대학천	공주	1.5	1.4	3.0	2.366	0.065
KWC-25	운곡천	공주	3.5	3.0	2.8	1.655	0.038
KWC-26	성두천	공주	1.7	1.2	3.0	1.175	0.054
KWC-27	중평천	공주	6.8	0.7	3.0	1.943	0.028

1) 공주축산폐수공공처리시설, 2) 공주하수종말처리시설



### 3. 청양권 유역

청양군은 전체 행정면적의 479.63km<sup>2</sup><sup>18)</sup> 중 74.2%에 해당하는 355.92km<sup>2</sup>가 금강 중류권역으로 유입되며, 나머지 25.8%에 해당하는 123.71km<sup>2</sup>가 무한천을 따라 삼교호 수계로 유출되고 있다. 분류한 청양권유역의 면적으로 공주시 유역의 3.60km<sup>2</sup>가 어천으로, 부여군 유역의 27.21km<sup>2</sup>가 지천에 유입하고 있음을 고려하였다. 청양권유역으로 분류하여 측정한 하천은 4지점으로서, 조사 및 분석된 유량과 수질농도의 산술평균 값은 표 5.3과 같다.

<표 5.3> 靑陽圈流域 測定結果

측정지점	하천명	포함 행정유역	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWC-22	어 천	공주, 청양	25.7	1.9	3.8	2.541	0.041
KWC-24	치성천	청양	45.0	3.7	5.1	3.415	0.054
KWC-28	잉화달	청양	30.8	1.8	2.7	1.716	0.024
KWC-30	지 천	청양, 부여	181.5	3.0	3.5	2.334	0.044

### 4. 부여권 유역

부여군은 전체 행정면적이 624.51km<sup>2</sup><sup>19)</sup>로 이 중 91.2%에 해당하는 569.38km<sup>2</sup>가 금강수계로 유입되고 있으며, 외산면지역 등 약 8.8%에 해당하는 55.13km<sup>2</sup>가 보령시에 소재한 보령호(댐)와 웅천천을 거쳐 서해로 유출되고 있다. 분류한 부여권유역의 면적은 공주시에서 자왕천으로 7.88km<sup>2</sup>가 유입하고, 청양권유역의 지천으로 27.21km<sup>2</sup>, 논산권유역인 석성천으로 56.90km<sup>2</sup>, 서천권유역인 원산천으로 27.72km<sup>2</sup>가 유출되고 있음을 고려하였다. 부여권유역의 하천지점은 하수종말처리시설을 포함하여 19지점으로, 각 지점에서 측정된 유량 및 수질농도의 산술평균 값은 표 5.4와 같다. 지리적 특성상 부여군 지역에서 발원하여 금강에 유달하는

소규모 하천이 상당수 존재하고 있으며, 청포천부터는 금강의 좌안인 남쪽유역은 전라북도가 연접하고 있다.

<표 5.4> 扶餘圈流域 測定結果

측정지점	하천명	포함 행정유역	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWC-29	자왕천	공주, 부여	9.8	1.3	3.6	1.281	0.024
KWC-31	합정천	부여	2.4	1.6	4.2	1.567	0.052
KWC-32	가중천	부여	6.3	3.2	5.2	2.921	0.099
KWC-33	은산천	부여	51.8	1.6	4.3	2.661	0.038
KWC-34	금 천	부여	132.4	3.7	7.0	2.725	0.124
KWC-35	장암천	부여	2.5	1.1	3.0	1.511	0.050
KWC-36	부여하수 <sup>1)</sup>	부여	10.8	6.1	11.1	9.831	0.785
KWC-37	북고천	부여	4.6	1.8	7.0	1.914	0.087
KWC-38	왕포천	부여	5.7	5.6	7.9	4.271	0.133
KWC-39	봉두천	부여	0.2	5.0	10.0	6.920	0.534
KWC-40	하황천	부여	4.5	1.0	4.5	2.865	0.047
KWC-41	화수천	부여	6.5	1.8	6.1	1.801	0.055
KWC-47	청포천	부여	2.6	2.0	5.7	2.810	0.146
KWC-48	계양천	부여	3.1	2.4	11.7	1.000	0.092
KWC-49	주교천	부여	7.7	2.8	11.2	3.495	0.137
KWC-50	사동천	부여	30.8	3.3	5.0	2.388	0.114
KWC-51	칠산천	부여	38.5	1.2	5.8	1.911	0.079
KWC-52	입포천	부여	10.1	2.2	5.5	2.422	0.075
KWC-53	원당천	부여	0.8	1.9	5.3	1.920	0.059

1) 부여하수종말처리시설

## 5. 논산권 유역

논산시의 행정면적은 2003년 9월 승격된 계룡시 행정면적(60.68km<sup>2</sup>)을 포함하여 총 615.54km<sup>20)</sup>이며, 전체의 유역면적은 금강수계로 유입하고 있다. 이 중

502.59km<sup>2</sup>(81.7%)가 금강 하류권역으로 유출하고 있으며, 논산시 벌곡면 및 계룡시 일부지역(112.95km<sup>2</sup>)은 금산군 일부지역(7.79km<sup>2</sup>)과 함께 갑천의 상류지역을 형성하여 대전광역시를 거쳐 미호천 합류이전인 금강의 중류지점에 유입하고 있다. 계룡시를 포함한 논산권유역의 면적은 공주시에서 석성천 및 논산천으로 88.26km<sup>2</sup>, 부여군에서 석성천으로 56.90km<sup>2</sup>면적이 유입하고, 또한 전라북도에서 논산천으로 111.57km<sup>2</sup>, 강경천으로 64.86km<sup>2</sup>가 각각 유입되고 있음을 고려하였다. 논산권유역으로 분류하여 측정한 하천은 논산분뇨처리시설을 포함하여 5지점으로서 조사 및 분석된 유량과 수질농도의 산술평균 값은 표 5.5와 같다. 강경천의 경우, 유역면적이 비교적 광범위하고, 유달지점이 논산천의 끝단지점에서 합류하여 금강으로 유달하고 있음을 고려하여 제1지류하천으로 분류하여 측정하였고, 논산천의 경우 강경천과 합류하기 직전에서 측정하였다.

<표 5.5> 論山圈流域 測定結果

측정지점	하천명	포함 행정유역	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWC-42	석성천	공주, 부여, 논산	83.3	5.2	7.5	5.607	0.303
KWC-43	논산분뇨 <sup>1)</sup>	논산	0.03	8.1	24.5	11.063	0.610
KWC-44	논산천	공주, 논산, 전북	173.6	5.8	6.6	4.377	0.212
KWC-45	강경천	논산, 전북	49.8	7.6	9.3	8.811	0.800
KWC-46	대흥천	논산	5.2	34.6	15.1	8.329	0.797

1) 논산분뇨처리시설

## 6. 서천권 유역

서천군은 전체 행정면적인 357.63km<sup>2</sup><sup>21)</sup> 중 49.8%에 해당하는 178.13km<sup>2</sup>가 금강 하류권역에 유입되고 있으며, 나머지 50.2%에 해당하는 179.50km<sup>2</sup> 면적은 서해로

직접 유출되고 있다. 분류한 서천권유역의 면적은 부여군에서 원산천으로 27.72 km<sup>2</sup>가 유입되고 있음을 고려하였다. 표 5.6은 서천권유역의 하천의 유량 및 수질 측정 결과를 나타낸 것으로, 서천권유역으로 분류하여 측정한 하천은 5지점이며, 각 지점에서 측정된 유량 및 수질농도의 산술평균 값은 표 4.6과 같다. 금강을 경계로 남쪽유역은 전라북도가 연접하고 있으며, 금강호의 영향으로 대부분 제1지류하천의 하단지점은 유속이 매우 느린 경향을 보이고 있다.

<표 5.6> 舒川圈流域 測定結果

측정지점	하천명	포함 행정유역	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWC-54	원산천	부여, 서천	9.1	1.7	5.6	1.441	0.050
KWC-55	단상천	서천	24.1	3.5	7.6	3.078	0.160
KWC-56	광암천	서천	6.5	2.3	5.1	2.462	0.056
KWC-57	옥포천	서천	3.3	2.5	5.9	2.883	0.164
KWC-58	길산천	서천	203.6	4.1	7.1	4.019	0.143

## 7. 갑천, 미호천 및 금강분류

갑천의 유역면적은 648.98km<sup>2</sup>로서 제2지류하천인 유등천, 대전천, 유성천 등과 합류하여 금강중류권역으로 유입하고 있다. 이 중 상류지역에 충청남도 금산군 및 논산시가 각각 131.41km<sup>2</sup>(20.3%), 112.95km<sup>2</sup>(17.4%)를 차지하고, 갑천유역의 중·하류는 대전광역시와 약 62.3%에 해당하는 404.62km<sup>2</sup>를 차지하고 있다.

한편, 미호천의 유역면적은 1,855.81km<sup>2</sup>로서, 무심천, 병천천, 조천 등과 합류하여 금강중류권역에서 금강에 이르게 되며, 전체유역면적 중 경기도가 19.46km<sup>2</sup>(1.1%), 충청남도는 약 26.4%로 천안시 및 연기군이 각각 269.90km<sup>2</sup>, 220.47km<sup>2</sup>, 충청북도가 1,345.98km<sup>2</sup>(72.5%)를 차지하고 있다.

또한, 금강발원지에서 미호천 합류 전까지 금강 유역면적은 4,363.58km<sup>2</sup>로서, 차지하는 유역면적 비율은 충청북도 46.7%, 전라북도 34.0%, 충청남도 10.1%, 경상북도 6.5%, 대전광역시 2.7%, 그리고 경상남도 0.03% 등의 순이었으며, 각각의 유역면적은 2,039.51km<sup>2</sup>, 1,481.65km<sup>2</sup>, 440.15km<sup>2</sup>, 283.28km<sup>2</sup>, 117.62km<sup>2</sup>, 그리고 1.37km<sup>2</sup>로 조사되었다. 표 5.7은 금강본류의 11지점(KWA-1 ~ KWA-11) 및 갑천 1지점(KWB-1), 미호천 1지점(KWB-2)에서 분석된 유량과 수질자료를 산술적으로 평균하여 나타낸 것이다.

<표 5.7> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 測定結果

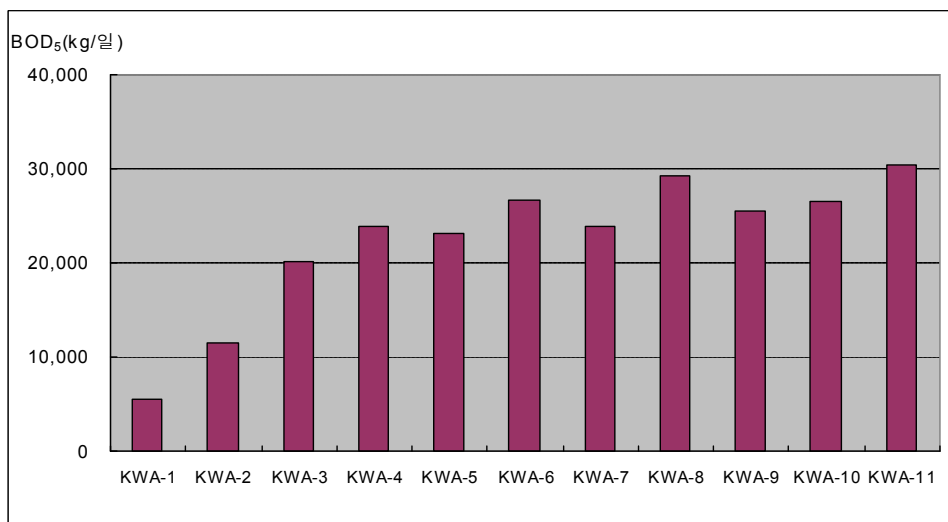
측정지점	하천명	유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWA-1	금강본류	1,520.9	2.5	3.0	1.373	0.085
KWA-2	금강본류	2,082.2	3.9	4.8	2.873	0.205
KWA-3	금강본류	3,075.8	4.6	5.6	4.893	0.235
KWA-4	금강본류	3,196.2	5.2	5.9	6.170	0.268
KWA-5	금강본류	3,308.0	4.9	6.0	5.968	0.265
KWA-6	금강본류	3,714.2	4.9	5.9	4.068	0.205
KWA-7	금강본류	3,888.4	4.3	5.2	4.108	0.190
KWA-8	금강본류	4,062.2	4.9	5.7	4.163	0.210
KWA-9	금강본류	4,180.8	4.2	5.0	4.040	0.170
KWA-10	금강본류	4,879.9	3.8	4.8	4.398	0.223
KWA-11	금강본류	5,026.4	4.2	5.0	5.273	0.250
KWB-1	갑천	433.2	9.4	11.2	9.758	0.558
KWB-2	미호천	796.1	8.1	9.8	6.645	0.345

## 제2절 유달부하 특성

### 1. 항목별 유달부하량

#### 1) BOD<sub>5</sub>

금강 중·하류권역에서 금강본류에 유달하는 BOD<sub>5</sub>의 부하량은 대청댐 방류 이후 갑천의 합류점 이전인 KWA-1지점에서 5,592.3kg/day이었으나, 갑천에서 6,300.2kg/day가 유달됨에 따라 KWA-2지점에서는 11,540.4kg/day로 크게 증가하였고, 미호천에서 9,661.3kg/day가 합류되면서 KWA-3지점에서 20,120.5kg/day으로 다시 한번 큰 폭으로 증가하였다. 이후 금강은 하류로 유하하면서 충청남도 유역의 각 지류하천에서 유달하는 BOD<sub>5</sub>부하량과 합류하고, 자정작용 및 물질변화 과정 등의 영향으로 유하거리에 따라 그림 5.1과 같이 약 23,000~30,000kg/day 범위에서 지속적인 증감을 반복하였다. 특히, 공주시가지에서 유달되어 합류되는 KWA-6지점, 부여시가지 및 금천유역의 합류지점 KWA-8, 그리고 논산천, 강경천 등의 합류 이후인 KWA-10 지점 등에서 비교적 큰 증가량을 보였으며, 지점별 세부적인 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량은 표 5.8과 같다.



[그림 5.1] 錦江本流의 流下地點別 BOD<sub>5</sub> 流達現況

<표 5.8> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 BOD<sub>5</sub> 流達負荷量

구 분	측정지점	금강본류 위치	BOD <sub>5</sub> (kg/day)
금강본류	KWA-1	대전광역시 용호동 용호교 하류 200m	5,592.3
	KWA-2	연기군 동면 합강리	11,540.4
	KWA-3	연기군 남면 월산리	20,120.5
	KWA-4	공주시 청벽대교 상류 50m	23,913.3
	KWA-5	공주시 공주대교 상류 50m	23,174.7
	KWA-6	청양군 목면 어천리	26,651.6
	KWA-7	청양군 청남면 지천 합류전	23,842.2
	KWA-8	부여군 장암면 금천 합류후	29,300.3
	KWA-9	부여군 세도면 석성천 합류전	25,490.6
	KWA-10	부여군 세도면 양대리	26,522.1
	KWA-11	부여군 양화면 입포초등학교앞	30,436.8
금강지류	KWB-1(갑천)	대전광역시 운평동 금강 합류전	6,300.2
	KWB-2(미호천)	연기군 동면 합강리 금강 합류전	9,661.3

미호천 합류이후 금강하구언까지 충청남도의 유역에서 금강에 유달하는 BOD<sub>5</sub>의 총량은 8,438.9kg/day으로 조사되었으며, 갑천에서 유달하는 양보다는 많고 미호천에서 유달하는 양보다 적은 수준이었다. 분류한 행정유역별 비교시 유달하는 BOD<sub>5</sub>의 비율은 논산권유역이 33.0%로 가장 많았고, 다음으로 서천권 유역 15.3%, 부여권유역 14.8%, 공주권유역 14.7%, 청양권유역 13.4% 등의 순이었으며, 이때 유달하는 BOD<sub>5</sub>양은 표 5.9와 같이 각각 2,781.2kg/day, 1,289.3kg/day, 1,245.0kg/day, 1,242.8kg/day, 그리고 1,129.6kg/day이었다.

<표 5.9> 支流河川別 BOD<sub>5</sub> 流達負荷量

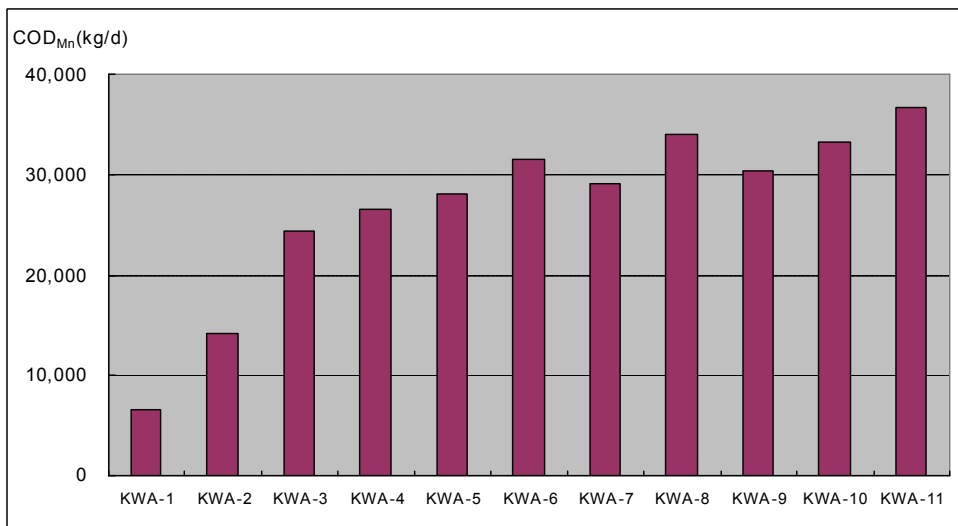
구 분	측정지점	BOD <sub>5</sub> (kg/day)	구 분	측정지점	BOD <sub>5</sub> (kg/day)
삼성천	KWC-1	63.4	자왕천	KWC-29	16.0
제 천	KWC-2	221.3	합정천	KWC-31	8.6
용수천	KWC-3	466.4	가증천	KWC-32	42.9
연기권유역	소 계	751.1	은산천	KWC-33	120.3
대교천	KWC-4	89.8	금 천	KWC-34	613.1
원봉천	KWC-5	1.1	장암천	KWC-35	3.8
도남천	KWC-6	1.5	부여하수 <sup>3)</sup>	KWC-36	95.9
마암천	KWC-7	12.4	북고천	KWC-37	9.4
석장천	KWC-8	1.9	왕포천	KWC-38	37.7
왕춘천	KWC-9	29.1	봉두천	KWC-39	1.2
무릉천	KWC-10	4.9	하황천	KWC-40	4.9
혈저천	KWC-11	27.3	화수천	KWC-41	23.0
월송천	KWC-12	2.8	청포천	KWC-47	7.2
정안천	KWC-13	318.1	계양천	KWC-48	6.0
제민천	KWC-14	11.0	주교천	KWC-49	31.5
도 천	KWC-15	12.9	사동천	KWC-50	130.2
축산공공 <sup>1)</sup>	KWC-16	1.5	칠산천	KWC-51	61.2
유구천	KWC-17	306.7	입포천	KWC-52	30.3
공주하수 <sup>2)</sup>	KWC-18	329.9	원당천	KWC-53	1.9
보흥천	KWC-19	10.1	부여권유역	소 계	1,245.0
검상천	KWC-20	14.7	석성천	KWC-42	561.4
용성천	KWC-21	46.7	논산분뇨 <sup>4)</sup>	KWC-43	0.4
대학천	KWC-23	2.8	논산천	KWC-44	1,437.1
운곡천	KWC-25	7.9	강경천	KWC-45	531.9
성두천	KWC-26	2.3	대흥천	KWC-46	250.4
중평천	KWC-27	7.3	논산권유역	소 계	2,781.2
공주권유역	소 계	1,242.8	원산천	KWC-54	23.2
어 천	KWC-22	64.0	단상천	KWC-55	122.2
치성천	KWC-24	252.4	광암천	KWC-56	22.9
잉화달	KWC-28	72.2	옥포천	KWC-57	10.2
지 천	KWC-30	741.0	길산천	KWC-58	1,110.8
청양권유역	소 계	1,129.6	서천권유역	소 계	1,289.3

- 1) 공주축산폐수공공처리시설
- 2) 공주하수종말처리시설
- 3) 부여하수종말처리시설
- 4) 논산분뇨처리시설



## 2) COD<sub>Mn</sub>

금강 중·하류권역에서 금강본류에 유입하는 COD<sub>Mn</sub>의 부하량은 대청댐 방류 이후 갑천 합류점 이전인 KWA-1지점에서 6,632.3kg/day이었으나, 갑천에서 7,339.6kg/day의 COD<sub>Mn</sub>가 유입하여 KWA-2지점에서는 14,186.3kg/day로 크게 증가하였으며, 다시 미호천에서 유입하는 11,514.9kg/day의 COD<sub>Mn</sub>부하량과 합류하면서 KWA-3지점에서 24,439.4kg/day으로 다시 한번 큰 폭으로 증가하였다. 대체로 COD<sub>Mn</sub>의 유달부하량은 BOD<sub>5</sub>와 유사한 경향을 보였다. 또한, 금강은 하류로 유하하면서 금강의 양안에 위치한 충청남도 유역의 각 지류하천에서 유입하는 COD<sub>Mn</sub>와 합류하며, 산화 및 분해작용 등으로 유하거리에 따라 그림 5.2와 같이 약 25,000~35,000kg/day 범위에서 증감을 반복하는 양상을 보였다. 특히, 공주시가지에서 유입되어 합류되는 KWA-6지점, 부여시가지 및 금천 유역의 합류지점 KWA-8, 논산천, 강경천 등의 합류 이후인 KWA-10, 그리고 서천권 유역의 KWA-11 지점 등에서 COD<sub>Mn</sub> 유달부하량이 크게 증가하였고, 유하지점별 세부적인 COD<sub>Mn</sub>의 부하량은 표 5.10과 같았다.



[그림 5.2] 錦江本流의 流下地點別 COD<sub>Mn</sub> 流達現況

<표 5.10> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 COD<sub>Mn</sub> 流達負荷量

구 분	측정지점	금강본류 위치	COD <sub>Mn</sub> (kg/day)
금강본류	KWA-1	대전광역시 용호동 용호교 하류 200m	6,632.3
	KWA-2	연기군 동면 합강리	14,186.3
	KWA-3	연기군 남면 월산리	24,439.4
	KWA-4	공주시 청벽대교 상류 50m	26,543.6
	KWA-5	공주시 공주대교 상류 50m	28,126.9
	KWA-6	청양군 목면 어천리	31,517.2
	KWA-7	청양군 청남면 지천 합류전	29,082.7
	KWA-8	부여군 장암면 금천 합류후	33,975.4
	KWA-9	부여군 세도면 석성천 합류전	30,457.2
	KWA-10	부여군 세도면 양대리	33,246.4
	KWA-11	부여군 양화면 입포초등학교앞	36,631.2
금강지류	KWB-1(갑천)	대전광역시 운평동 금강 합류전	7,399.6
	KWB-2(미호천)	연기군 동면 합강리 금강 합류전	11,514.9

미호천 합류이후 금강하구언까지 충청남도의 유역에서 금강에 유달하는 COD<sub>Mn</sub>의 총량은 일일 12,517.3kg으로 BOD<sub>5</sub> 유달부하량의 약 1.48배에 달하는 것으로 조사되었다. 이는 갑천과 미호천에서 유달하는 양보다 많은 값이다. 분류한 행정유역별 비교시 유달하는 COD<sub>Mn</sub>의 비율은 논산권유역이 25.1%로 가장 높았고, 다음으로 부여권유역 22.8%, 서천권유역 18.5%, 그리고 공주권유역 15.7% 등의 순이었으며, 이때 유달하는 COD<sub>Mn</sub>의 양은 표 5.11과 같이 각각 3,136.3kg/day, 2,850.0kg/day, 2,310.9kg/day, 그리고 1,968.3kg/day이었다.

<표 5.11> 支流河川別 COD<sub>Mn</sub> 流達負荷量

구 분	측정지점	COD <sub>Mn</sub> (kg/day)	구 분	측정지점	COD <sub>Mn</sub> (kg/day)
삼성천	KWC-1	99.8	자왕천	KWC-29	36.2
제 천	KWC-2	308.5	합정천	KWC-31	18.4
용수천	KWC-3	432.1	가증천	KWC-32	53.8
연기권유역	소 계	840.5	은산천	KWC-33	307.4
대교천	KWC-4	199.4	금 천	KWC-34	1,240.0
원봉천	KWC-5	5.1	장암천	KWC-35	6.7
도남천	KWC-6	5.4	부여하수 <sup>3)</sup>	KWC-36	173.0
마암천	KWC-7	15.3	북고천	KWC-37	47.9
석장천	KWC-8	4.3	왕포천	KWC-38	53.7
왕춘천	KWC-9	47.8	봉두천	KWC-39	2.5
무릉천	KWC-10	7.6	하황천	KWC-40	35.7
혈저천	KWC-11	63.1	화수천	KWC-41	63.9
월송천	KWC-12	7.2	청포천	KWC-47	20.9
정안천	KWC-13	397.6	계양천	KWC-48	51.0
제민천	KWC-14	15.8	주교천	KWC-49	139.7
도 천	KWC-15	29.5	사동천	KWC-50	204.5
축산공공 <sup>1)</sup>	KWC-16	4.1	칠산천	KWC-51	322.7
유구천	KWC-17	632.1	입포천	KWC-52	66.5
공주하수 <sup>2)</sup>	KWC-18	349.5	원당천	KWC-53	5.4
보흥천	KWC-19	19.6	부여권유역	소 계	2,850.0
검상천	KWC-20	29.6	석성천	KWC-42	728.2
용성천	KWC-21	86.3	논산분뇨 <sup>4)</sup>	KWC-43	1.1
대학천	KWC-23	5.8	논산천	KWC-44	1,649.1
운곡천	KWC-25	10.1	강경천	KWC-45	646.4
성두천	KWC-26	6.8	대흥천	KWC-46	111.4
중평천	KWC-27	26.3	논산권유역	소 계	3,136.3
공주권유역	소 계	1,968.3	원산천	KWC-54	65.9
어 천	KWC-22	129.0	단상천	KWC-55	260.5
치성천	KWC-24	306.4	광암천	KWC-56	45.5
잉화달	KWC-28	111.7	옥포천	KWC-57	26.3
지 천	KWC-30	864.3	길산천	KWC-58	1,912.7
청양권유역	소 계	1,411.3	서천권유역	소 계	2,310.9

1) 공주축산폐수공공처리시설

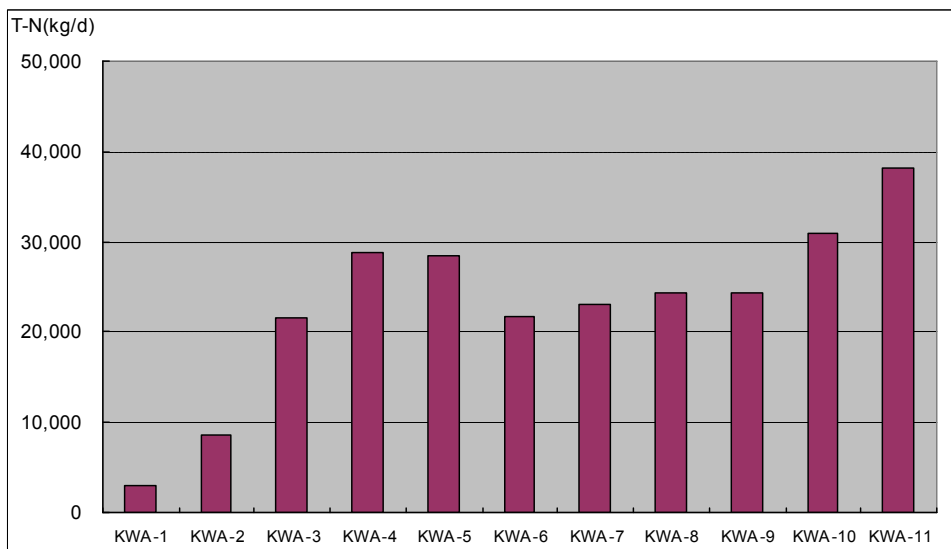
2) 공주하수종말처리시설

3) 부여하수종말처리시설

4) 논산분뇨처리시설

### 3) T-N

금강 중·하류권역에서 금강본류에 유달하는 T-N의 부하량은 갑천의 합류점이전인 KWA-1지점에서 3,017.36kg/day이었다. 그러나 갑천에서 6,174.84kg/day의 T-N의 유달로 인하여 KWA-2지점에서 8,587.67kg/day로 크게 증가하였으며, 미호천에서 유달하는 7,627.12kg/day의 T-N부하량과 합류하면서 KWA-3지점에서 21,624.33kg/day로 다시 한번 큰 폭으로 증가하였다. T-N의 유달부하량은 금강 하류로 유하하면서 금강의 양안에 위치한 충청남도 유역의 지류하천에서 유달하는 T-N과 질산화 및 탈질과정, 물질 변화과정 등으로 유하거리에 따라 그림 5.3과 같이 약 22,000~38,000kg/day의 비교적 큰 범위 내에서 증감을 반복하였으며, 특히 KWA-4 및 KWA-5 지점을 정점으로 다시 감소추세를 보이다가 KWA-10과 KWA-11 지점 등에서 비교적 큰 증가량을 보였다(표 5.12 참조).



[그림 5.3] 錦江本流의 流下地點別 T-N 流達現況

<표 5.12> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 T-N 流達負荷量

구 분	측정지점	금강본류 위치	T-N(kg/day)
금강본류	KWA-1	대전광역시 용호동 용호교 하류 200m	3,017.36
	KWA-2	연기군 동면 합강리	8,587.67
	KWA-3	연기군 남면 월산리	21,624.33
	KWA-4	공주시 청벽대교 상류 50m	28,816.69
	KWA-5	공주시 공주대교 상류 50m	28,398.36
	KWA-6	청양군 목면 어천리	21,772.60
	KWA-7	청양군 청남면 지천 합류전	23,019.04
	KWA-8	부여군 장암면 금천 합류후	24,362.70
	KWA-9	부여군 세도면 석성천 합류전	24,369.13
	KWA-10	부여군 세도면 양대리	30,890.36
	KWA-11	부여군 양화면 입포초등학교앞	38,190.55
금강지류	KWB-1(갑천)	대전광역시 운평동 금강 합류전	6,174.84
	KWB-2(미호천)	연기군 동면 합강리 금강 합류전	7,627.12

미호천 합류이후 금강하구언까지 충청남도의 유역에서 금강에 유달하는 T-N의 총량은 일일 8,337.17kg으로 BOD<sub>5</sub> 유달부하량의 약 0.99배, COD<sub>Mn</sub> 유달부하량의 0.67배에 달하는 것으로 조사되었다. 이는, 갑천과 및 미호천에서 유달하는 양보다 많은 값이다. 분류한 행정유역별 비교시 유달하는 T-N의 비율은 논산권유역이 29.1%로 가장 높았으며, 다음으로 공주권유역 19.7%, 서천권유역 17.3%, 부여권유역 15.7%, 청양권유역 12.1%, 그리고 연기권유역이 6.1%를 차지하였다. 유달하는 T-N의 양은 표 5.13과 같이 논산권유역 2,423.82kg/day, 공주권유역 1,641.68kg/day, 서천권유역 1,441.00kg/day, 부여권유역 1,310.54kg/day, 청양권유역 1,010.72kg/day, 그리고 연기권유역이 509.42kg/day을 차지하였다.

<표 5.13> 支流河川別 T-N 流達負荷量

구 분	측정지점	T-N (kg/day)	구 분	측정지점	T-N (kg/day)
삼성천	KWC-1	57.55	자왕천	KWC-29	20.27
제 천	KWC-2	213.23	합정천	KWC-31	6.29
용수천	KWC-3	238.64	가증천	KWC-32	30.16
연기권유역 소 계		509.42	은산천	KWC-33	184.42
대교천	KWC-4	128.32	금 천	KWC-34	527.88
원봉천	KWC-5	4.16	장암천	KWC-35	5.66
도남천	KWC-6	1.16	부여하수 <sup>3)</sup>	KWC-36	153.54
마암천	KWC-7	16.98	북고천	KWC-37	12.02
석장천	KWC-8	1.47	왕포천	KWC-38	28.16
왕촌천	KWC-9	31.81	봉두천	KWC-39	1.68
무릉천	KWC-10	1.07	하황천	KWC-40	16.08
혈저천	KWC-11	32.28	화수천	KWC-41	20.50
월송천	KWC-12	3.19	청포천	KWC-47	10.46
정안천	KWC-13	276.68	계양천	KWC-48	4.59
제민천	KWC-14	5.62	주교천	KWC-49	37.45
도 천	KWC-15	16.69	사동천	KWC-50	105.47
축산공공 <sup>1)</sup>	KWC-16	4.68	칠산천	KWC-51	108.24
유구천	KWC-17	467.32	입포천	KWC-52	35.33
공주하수 <sup>2)</sup>	KWC-18	512.17	원당천	KWC-53	2.34
보흥천	KWC-19	12.10	부여권유역 소 계		1,310.54
검상천	KWC-20	17.54	석성천	KWC-42	610.16
용성천	KWC-21	70.30	논산분뇨 <sup>4)</sup>	KWC-43	0.49
대학천	KWC-23	5.36	논산천	KWC-44	1,128.26
운곡천	KWC-25	8.43	강경천	KWC-45	621.39
성두천	KWC-26	3.03	대흥천	KWC-46	63.52
중평천	KWC-27	21.33	논산권유역 소 계		2,423.82
공주권유역 소 계		1,641.68	원산천	KWC-54	16.17
어 천	KWC-22	91.25	단상천	KWC-55	105.51
치성천	KWC-24	236.86	광암천	KWC-56	26.93
잉화달	KWC-28	69.23	옥포천	KWC-57	13.18
지 천	KWC-30	613.38	길산천	KWC-58	1,279.20
청양권유역 소 계		1,010.72	서천권유역 소 계		1,441.00

1) 공주축산폐수공공처리시설

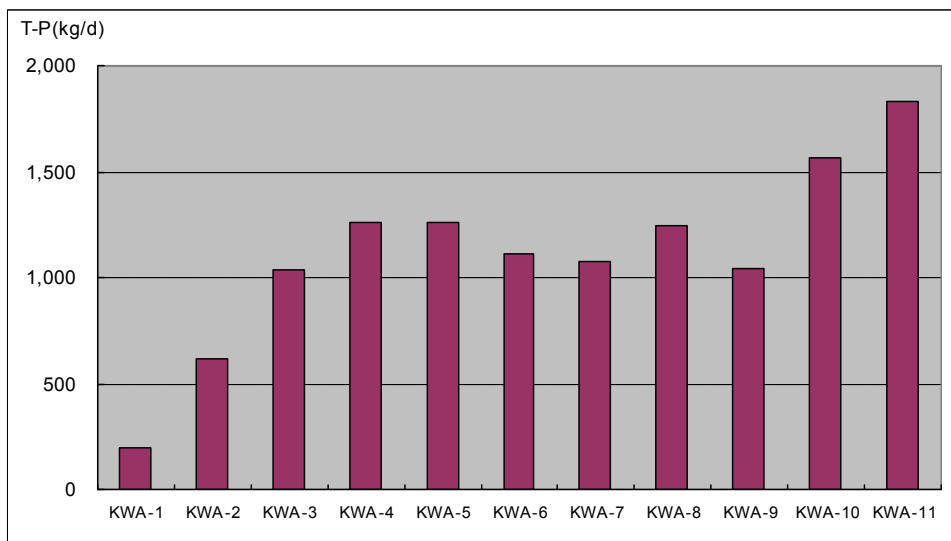
2) 공주하수종말처리시설

3) 부여하수종말처리시설

4) 논산분뇨처리시설

#### 4) T-P

금강 중·하류권역에서 금강본류에 유달하는 T-P의 부하량은 대청댐 방류 이후 갑천 합류점 이전인 KWA-1지점에서 192.69kg/day이었으나, 갑천에서 364.62kg/day의 T-P 유달부하량으로 KWA-2지점에서 613.17kg/day로 크게 증가하였고, 미호천에서 405.90kg/day의 T-P부하량과 합류하면서 KWA-3지점에서 1,037.87kg/day로 다시 한번 큰 폭으로 증가하였다. 이는, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, T-N과 비슷한 경향을 보이고 있었다. 금강은 하류로 유하하면서 양안에 위치한 충청남도 유역의 지류하천에서 유달하는 T-P부하량과 자정작용 및 물질의 변화과정 등으로 유하거리에 따라 그림 5.4와 같이 약 1,000~1,800kg/day 범위 내에서 T-N과 유사한 경향으로 KWA-4 및 KWA-5 지점을 정점으로 다시 감소추세를 보이다가 KWA-10, KWA-11 지점 등에서 큰 폭으로 증가하였다(표 5.14 참조).



[그림 5.4] 錦江本流의 流下地點別 T-P 流達現況

<표 5.14> 錦江本流 및 甲川, 美湖川의 T-P 流達負荷量

구 분	측정지점	금강본류 위치	T-P(kg/day)
금강본류	KWA-1	대전광역시 용호동 용호교 하류 200m	192.69
	KWA-2	연기군 동면 합강리	613.17
	KWA-3	연기군 남면 월산리	1,037.87
	KWA-4	공주시 청벽대교 상류 50m	1,259.82
	KWA-5	공주시 공주대교 상류 50m	1,261.27
	KWA-6	청양군 목면 어천리	1,110.05
	KWA-7	청양군 청남면 지천 합류전	1,079.22
	KWA-8	부여군 장암면 금천 합류후	1,243.64
	KWA-9	부여군 세도면 석성천 합류전	1,039.30
	KWA-10	부여군 세도면 양대리	1,563.73
	KWA-11	부여군 양화면 입포초등학교앞	1,829.71
금강지류	KWB-1(갑천)	대전광역시 운평동 금강 합류전	364.62
	KWB-2(미호천)	연기군 동면 합강리 금강 합류전	405.90

미호천 합류이후 금강하구언까지 충청남도의 지류하천에서 금강에 유달하는 T-P의 총량은 일일 340.83kg으로 갑천 및 미호천에서 유달하는 양보다 적었다. 분류한 행정구역별 비교시 유달하는 T-P의 비율은 논산권유역이 44.8%로 가장 높았으며, 다음으로 부여권유역 16.2%, 서천권유역 15.4%, 공주권유역 14.3%, 연기권유역 4.8%, 그리고 청양권유역이 4.67%를 차지하였다. 표 5.15에 나타낸 바와 같이 유달하는 T-P의 양은 논산권유역 152.59kg/day, 부여권유역 55.13kg/day, 서천권유역 52.60kg/day, 공주권유역 48.65kg/day, 그리고 연기권유역 및 청양권유역이 각각 16.34kg/day, 15.53kg/day를 차지하였다.



<표 5.15> 支流河川別 T-P 流達負荷量

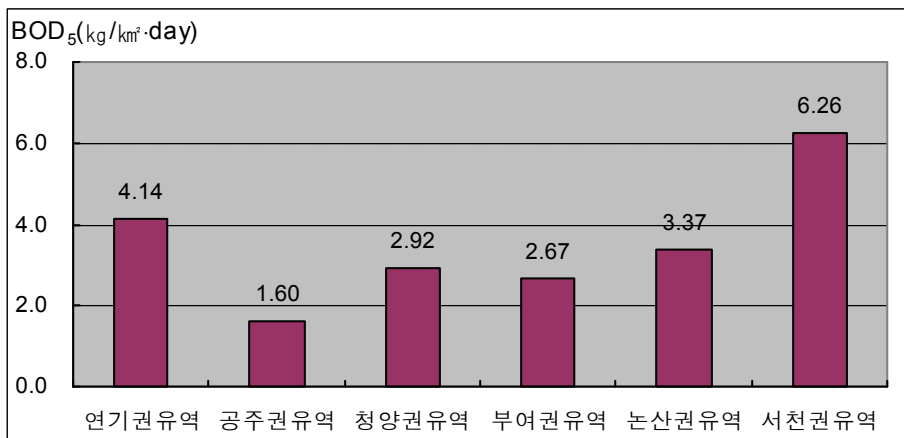
구 분	측정지점	T-P(kg/day)	구 분	측정지점	T-P(kg/day)
삼성천	KWC-1	2.98	자왕천	KWC-29	0.31
제 천	KWC-2	7.54	합정천	KWC-31	0.16
용수천	KWC-3	5.82	가증천	KWC-32	1.02
연기권유역	소 계	16.34	은산천	KWC-33	2.58
대교천	KWC-4	2.71	금 천	KWC-34	22.96
원봉천	KWC-5	0.11	장암천	KWC-35	0.12
도남천	KWC-6	0.06	부여하수 <sup>3)</sup>	KWC-36	12.26
마암천	KWC-7	0.21	북고천	KWC-37	0.64
석장천	KWC-8	0.09	왕포천	KWC-38	1.25
왕춘천	KWC-9	0.37	봉두천	KWC-39	0.13
무릉천	KWC-10	0.06	하황천	KWC-40	0.34
혈저천	KWC-11	0.43	화수천	KWC-41	0.57
월송천	KWC-12	0.06	청포천	KWC-47	0.54
정안천	KWC-13	4.78	계양천	KWC-48	0.48
제민천	KWC-14	0.42	주교천	KWC-49	1.51
도 천	KWC-15	0.32	사동천	KWC-50	4.69
축산공공 <sup>1)</sup>	KWC-16	0.07	칠산천	KWC-51	4.57
유구천	KWC-17	5.87	입포천	KWC-52	0.91
공주하수 <sup>2)</sup>	KWC-18	29.71	원당천	KWC-53	0.07
보흥천	KWC-19	0.61	부여권유역	소 계	55.13
검상천	KWC-20	1.00	석성천	KWC-42	39.30
용성천	KWC-21	1.13	논산분뇨 <sup>4)</sup>	KWC-43	0.03
대학천	KWC-23	0.10	논산천	KWC-44	53.09
운곡천	KWC-25	0.11	강경천	KWC-45	53.97
성두천	KWC-26	0.14	대흥천	KWC-46	6.20
중평천	KWC-27	0.30	논산권유역	소 계	152.59
공주권유역	소 계	48.65	원산천	KWC-54	0.64
어 천	KWC-22	1.37	단상천	KWC-55	5.72
치성천	KWC-24	3.13	광암천	KWC-56	0.60
잉화달	KWC-28	0.88	옥포천	KWC-57	0.78
지 천	KWC-30	10.14	길산천	KWC-58	44.86
청양권유역	소 계	15.53	서천권유역	소 계	52.60

- 1) 공주축산폐수공공처리시설
- 2) 공주하수종말처리시설
- 3) 부여하수종말처리시설
- 4) 논산분뇨처리시설

## 2. 유역면적당 유달특성

### 1) BOD<sub>5</sub>

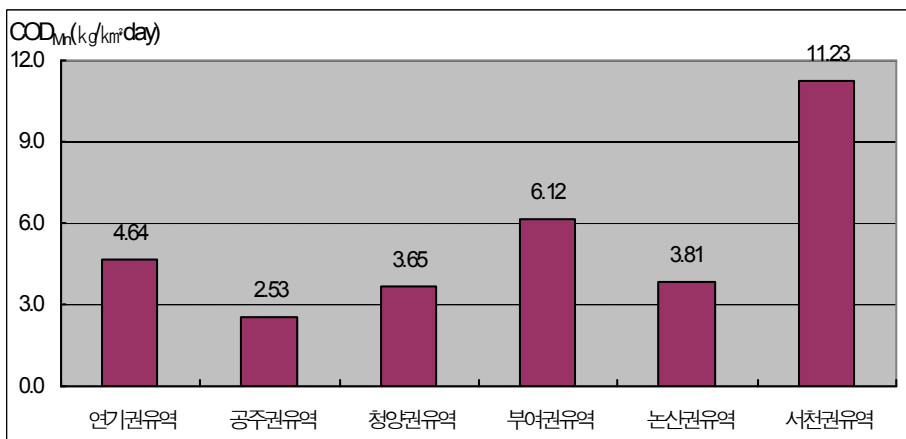
그림 5.5는 단위 유역면적당 행정유역별 일일 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량을 나타낸 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 단위면적당 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량은 서천권유역이 6.26kg/km<sup>2</sup>·day로 가장 많았다. 다음으로 연기권유역이 4.14kg/km<sup>2</sup>·day, 논산권유역, 청양권유역, 부여권유역이 각각 3.37kg/km<sup>2</sup>·day, 2.92kg/km<sup>2</sup>·day, 2.67kg/km<sup>2</sup>·day이었으며, 그리고 공주권유역이 1.60kg/km<sup>2</sup>·day으로 가장 적었다.



[그림 5.5] 流域面積當 BOD<sub>5</sub> 流達負荷量

### 2) COD<sub>Mn</sub>

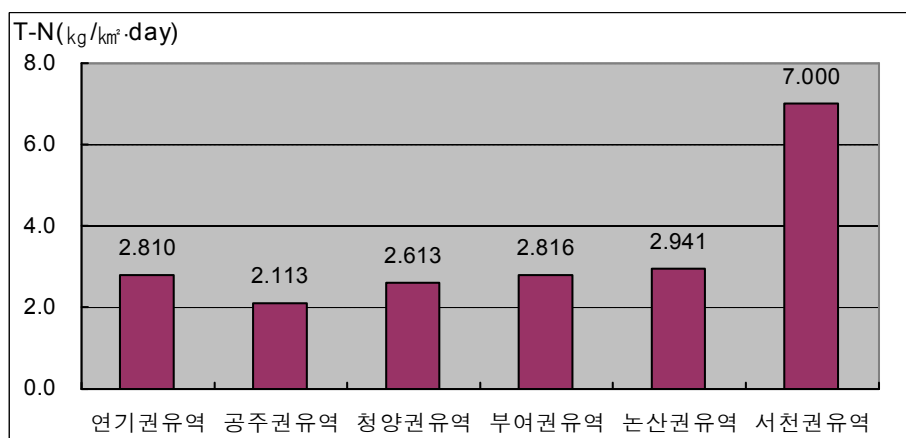
단위 면적당 행정유역별 일일 유달하는 COD<sub>Mn</sub>의 부하량은 그림 5.6에서 보는 바와 같이 서천권유역이 11.23kg/km<sup>2</sup>·day로 가장 많았다. 다음으로 부여권유역, 연기권유역, 논산권유역, 청양권유역이 각각 6.12kg/km<sup>2</sup>·day, 4.64kg/km<sup>2</sup>·day, 3.81kg/km<sup>2</sup>·day, 3.65kg/km<sup>2</sup>·day이었으며, 그리고 공주권유역이 2.53kg/km<sup>2</sup>·day으로 가장 적었다.



[그림 5.6] 流域面積當 COD<sub>Mn</sub> 流達負荷量

### 3) T-N

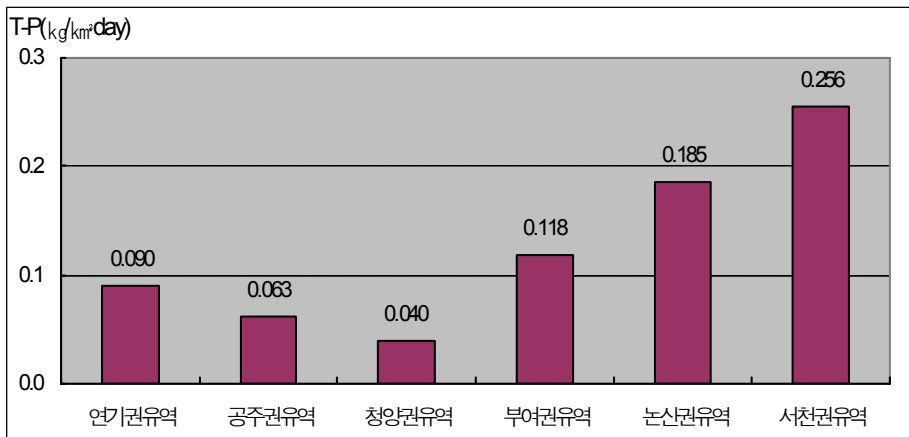
단위 면적당 행정구역별 일일 유달하는 T-N의 양은 그림 5.7과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 단위 면적당 행정구역별 일일 유달하는 T-N의 부하량은 서천권유역이 7.000kg/km²·day로 가장 많았다. 다음으로 논산권유역, 부여권유역, 연기권유역, 청양권유역이 각각 2.941kg/km²·day, 2.816kg/km²·day, 2.810kg/km²·day, 2.613kg/km²·day이었으며, 그리고 공주권유역이 2.113kg/km²·day으로 가장 적었다.



[그림 5.7] 流域面積當 T-N 流達負荷量

#### 4) T-P

그림 5.8은 단위 면적당 행정구역별 일일 유달하는 T-P의 부하량은 서천권유역이  $0.256\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ 로 가장 많았다. 다음으로 논산권유역, 부여권유역, 연기권유역, 공주권유역이 각각  $0.185\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ ,  $0.118\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ ,  $0.090\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ ,  $0.063\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ 이었으며, 그리고 청양권유역이  $0.040\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{day}$ 으로 가장 적었다.



[그림 5.8] 流域面積當 T-P 流達負荷量

### 3. 양안별 오염물질 유달특성

금강을 기준으로 북쪽유역을 우안, 남쪽유역을 좌안이라 하며, 금강의 유역 내 자치단체는 좌안에 위치하거나 또는 우안에 위치하기도 하며, 경우에 따라서는 양안에 위치하고 있다. 효율적인 수환경 관리를 위한 유역별 개발의 한계를 설정하거나, 오염부하량의 할당을 위해서는 금강의 양안과 행정유별 오염물질의 유달특성을 파악해 볼 필요가 있다. 따라서 미호천 합류이후 금강하구언까지 충청남도의 유역에서 금강기준으로 좌·우안별 오염물질의 유달부하량을 살펴본 결과, 일일 유달하는 BOD<sub>5</sub>양의 8,438.9kg 중 금강의 북쪽인 우안에서 52.6%에 해당하는 4,440.1kg이 유달하고, 남쪽인 좌안에서 3,998.8kg(47.4%)이 유달되는

것으로 나타났다. COD<sub>Mn</sub>의 경우 전체 12,517.3kg 중 우안에서 62.8%인 7,862.92kg이 유달하고, 좌안에서 37.2%인 4,654.4kg이 유달하고 있었다. T-N의 경우는 좌·우안 유달부하량 비교시 우안에서 55.8%, 좌안에서 44.2%이었으나, T-P의 경우에는 각각 38.3%, 61.7%로 좌안이 높게 유달하고 있었다. 좌안에서 T-P의 유달부하량이 우안보다 많은 이유는 논산권유역으로 분류된 지류하천의 유량이 많을 뿐만 아니라 강경천, 대홍천, 석성천, 그리고 논산천의 T-P 평균농도가 각각 0.800mg/L, 0.797mg/L, 0.303mg/L, 0.212mg/L로 다른 하천에 비하여 매우 높았기 때문이다. 금강본류와 비교적 근거리에 위치한 논산시가지 생활하수를 처리할 수 있는 논산하수종말처리시설이 2003년 9월부터 가동 중이고 향후 강경읍 시가지의 생활하수를 차집하여 처리할 예정이며, 또한 연무읍하수종말처리시설이 2005년까지 완료할 계획으로 되어 있어, 하수종말처리시설 등 환경기초시설 등이 설치되어 가동할 경우에는 T-P를 포함한 오염물질의 유달부하량은 상당량이 저감될 것으로 전망된다. 이와 관련한 행정유역별, 오염물질 항목별 좌·우안의 유달부하량의 모식도는 그림 5.9와 같다.

BOD <sub>5</sub> 유달부하량(kg/day)		
연기권유역 221.3	금강 분류	연기권유역 529.8
공주권유역 748.7		공주권유역 494.1
청양권유역 1,129.6		부여권유역 193.7
부여권유역 1,051.3		논산권유역 2,781.2
서천권유역 1,289.3		전라북도

COD <sub>Mn</sub> 유달부하량(kg/day)		
연기권유역 308.5	금강 분류	연기권유역 532.0
공주권유역 1,301.5		공주권유역 666.9
청양권유역 1,411.3		부여권유역 319.3
부여권유역 2,530.7		논산권유역 3,136.3
서천권유역 2,310.9		전라북도

T-N유달부하량(kg/day)		
연기권유역 213.2	금강 분류	연기권유역 296.2
공주권유역 911.5		공주권유역 730.2
청양권유역 1,010.7		부여권유역 233.8
부여권유역 1,076.7		논산권유역 2,423.8
서천권유역 1,441.0		전라북도

T-P유달부하량(kg/day)		
연기권유역 7.5	금강 분류	연기권유역 8.8
공주권유역 14.6		공주권유역 34.1
청양권유역 15.5		부여권유역 15.0
부여권유역 40.2		논산권유역 152.6
서천권유역 52.6		전라북도

[그림 5.9] 左 · 右岸 汚染物質 流達負荷量 模式圖

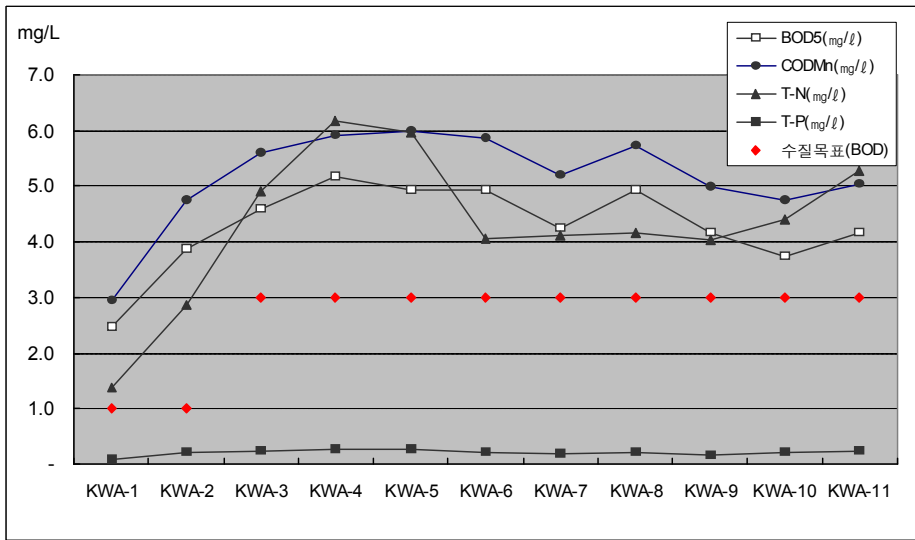
### 제3절 수환경 평가

#### 1. 목표등급 달성여부

금강수계의 본류 및 주요 지류하천의 수질적용 등급이 설정된 수계구간은 제 3장의 표 3.8에서 살펴본 바와 같이 금강의 본류는 발원지에서부터 미호천합류 전까지 I 등급으로 설정되고, 미호천 합류 후부터 금강하구언까지 II등급으로 설정되었다. 지류하천의 경우에는는 갑천과 미호천 하류구간은 각각 IV등급으로 설정되어 금강에 합류하도록 수질등급이 설정되어 있고, 그 외 금강 중·하류권역인 충청남도 유역에서 금강과 직접 합류하는 주요 제1지류하천의 적용등급을 살펴보면, 유구천 및 지천은 I 등급, 강경천 III등급, 금천, 석성천, 논산천, 길산천은 각각 II등급으로 설정하고 있다. 따라서 설정된 수계구간에 대하여 연구기간 동안에 측정·분석된 금강본류 및 제1지류하천의 산술적인 평균농도로 수질관리 목표등급 달성 여부를 평가하였다.

##### 1) 금강본류 평가

금강본류의 유하지점별 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P의 항목별 산술평균값을 살펴본 결과, 그림 5.10에서 보는 바와 같이 전체적인 양상은 갑천 합류 전까지는 비교적 낮은 수질농도를 보였으나, 갑천과 미호천 합류 후 수질농도는 급격한 증가를 보이다가 금강하구언까지 일정범위 내에서 수질농도의 증감을 반복하며 점진적으로 감소하는 경향을 나타내고 있었다. BOD<sub>5</sub>의 항목을 기준으로 수질환경기준 등급을 평가시 KWA-1 ~ KWA-2지점은 I 등급의 수계구간으로 1.0mg/L이하로 설정하고 있으나, 설정된 기준을 초과하는 2.5mg/L와 3.9mg/L로 II등급의 수질을 보였으며, KWA-3 ~ KWA-11까지는 II등급 수계구간으로 3.0mg/L 이하로 설정되어 있으나, 대부분의 측정지점에서 BOD<sub>5</sub>가 3.8~5.2mg/L 범위인 III등급을 유지하는 수질로서 산술적인 농도로 살펴볼 때, 전구간 하천의 수질관리 목표등급을 초과하였다.



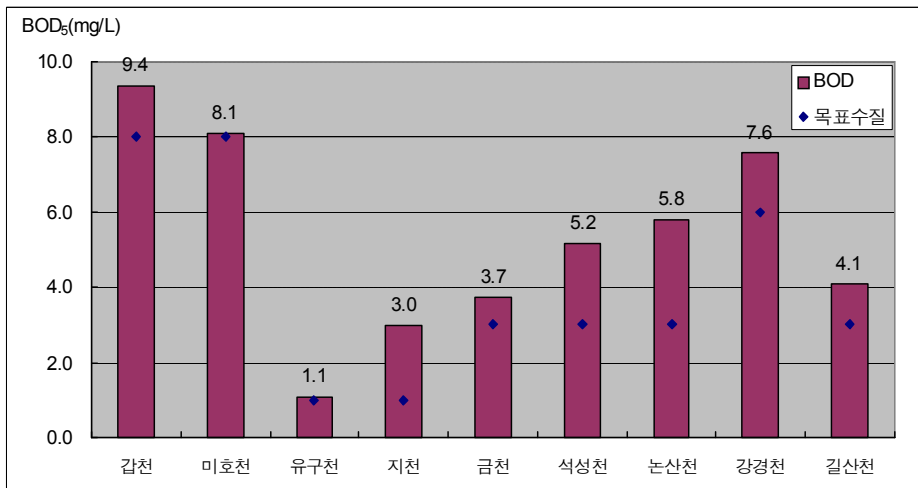
[그림 5.10] 錦江本流 流下地點別 汚染物質의 算術平均 濃度現況

## 2) 지류하천 평가

금강 중·하류권역의 지류하천 중 수질목표 등급이 설정된 주요 하천에 대하여 BOD<sub>5</sub> 항목을 기준으로 달성여부를 평가한 결과, 그림 5.11과 같이 갑천과 미호천의 경우 IV등급으로 설정되어 있으나, 각각 9.4mg/L, 8.1mg/L로 수질기준을 초과하였다. 그리고, 유구천 및 지천은 I 등급의 목표수질로 설정되어 있으나, 각각 1.1mg/L, 3.0mg/L로 II등급의 수질을 나타내고 있었다.

또한, 금천, 석성천, 논산천, 길산천은 II등급으로 목표수질을 설정하고 있으나, 각각 3.7mg/L, 5.2mg/L, 5.8mg/L, 4.1mg/L로 III등급의 수질을 보이고 있으며, III등급으로 설정된 강경천의 BOD<sub>5</sub> 산술평균 농도는 7.6mg/L로 하천수질 관리목표를 초과하고 있었다.





[그림 5.11] 主要 支流河川의 BOD<sub>5</sub> 算術平均 濃度現況

## 2. 상·하류간 유달부하량 평가

금강 중·하류권역에서 일일 유달하는 오염물질의 항목별 평가를 위하여 미호천 합류점인 KWA-3지점을 기준으로 하는 상류지역과 본 연구대상인 KWA-3 지점의 하류지역을 구분하여 상·하류간 유달부하량을 평가하였다. 상·하류지역을 구분하여 오염물질 항목별 유달부하량을 살펴본 결과, 표 5.16과 같이 상류지역에서 유하하는 BOD<sub>5</sub> 부하량은 일일 21,553.8kg이고 하류지역에서는 8,438.9kg으로, 상류지역에서 약 2.55배가 많았으며, 상류지역 중 유달하는 BOD<sub>5</sub>의 비율을 살펴볼 때 미호천이 44.8%, 갑천이 29.3%를 차지하였다. COD<sub>Mn</sub> 유달부하량은 2.04배, T-N은 2.02배, 그리고 T-P는 2.83배 정도가 상류지역에서 많은 것으로 조사되었다.

또한, 하류지역의 행정구역별 비교시 BOD<sub>5</sub>의 경우 일일 유달부하량은 논산권역이 33.0%를 차지하고 있었으며, 대부분 오염물질 항목별 비교에서도 논산

권유역이 가장 많았고, 다음으로 부여권유역, 서천권유역, 공주권유역, 청양권유역, 그리고 연기권유역의 순이었다.

<표 5.16> 流域別 汚染物質의 流達負荷量

구 분	유 역 명	BOD <sub>5</sub> (kg/day)	COD <sub>Mn</sub> (kg/day)	T-N (kg/day)	T-P (kg/day)
KWA-3 상류유역	금강본류(KWA-1)	5,592.3	6,632.3	3,017.36	192.69
	갑천(KWB-1)	6,300.2	7,399.6	6,174.84	364.62
	미호천(KWB-2)	9,661.3	11,514.9	7,627.12	405.90
	소 계	21,553.8	25,546.8	16,819.33	963.21
KWA-3 하류유역	연기권유역	751.1	840.5	509.42	16.34
	공주권유역	1,242.8	1,968.3	1,641.68	48.65
	청양권유역	1,129.6	1,411.3	1,010.72	15.53
	부여권유역	1,245.0	2,850.0	1,310.54	55.13
	논산권유역	2,781.2	3,136.3	2,423.82	152.59
	서천권유역	1,289.3	2,310.9	1,441.00	52.60
	소 계	8,438.9	12,517.3	8,337.17	340.83
합 계		29,992.7	38,064.1	25,156.49	1,304.04

### 3. 평균농도 평가

#### 1) 행정유역별

제 4장 제 2절 ‘조사·분석 및 평가방법’에서 언급한 평균농도 산출방법에 의하여 KWA-3지점을 기준으로 상·하류간 오염물질 평균농도를 비교하였다. 표 5.17에서 보는 바와 같이 상류지역에서 각각의 오염물질 평균농도는 하류지역보다 높았다. BOD<sub>5</sub>의 경우 상류지역이 5.4mg/L로 하류지역보다 약 1.64배, COD<sub>Mn</sub>의 경우 6.5mg/L로 약 1.33배, T-N의 경우 4.247mg/L로 약 1.05배, 그리

고 T-P의 경우 0.243mg/L로 약 1.81배가 높았다.

한편, 구분된 KWA-3 지점기준으로 하류지역의 제1지류하천 및 환경기초시설에서 총 유달하는 BOD<sub>5</sub>의 평균농도는 3.3mg/L로 하천수질 환경기준 Ⅲ등급을 나타냈으며, 행정유역별 비교시 논산권유역은 6.2mg/L인 Ⅳ등급으로 가장 높았다. 다음으로 서천권유역 및 연기권유역은 Ⅲ등급 수준으로 각각 3.6mg/L, 3.4mg/L이었으며, 나머지 행정유역의 BOD<sub>5</sub> 평균농도는 Ⅱ등급 수준으로 청양권유역은 2.8mg/L, 부여권유역 2.6mg/L, 그리고 공주권유역이 2.0mg/L으로 가장 낮은 값을 보였다.

COD<sub>Mn</sub>의 경우에는 논산권유역이 7.0mg/L로서 가장 높았고, 다음으로 서천권유역이 6.5mg/L, 부여권유역이 6.0mg/L 순이었으며, 전체 행정유역의 COD<sub>Mn</sub>의 평균농도는 4.9mg/L로 나타났다. 또한, T-N, T-P의 경우 논산권유역, 서천권유역에서 비교적 높게 산출되었으며, 전체 행정유역의 평균농도는 각각 3.286mg/L, 0.134mg/L로 산출되었다.

<표 5.17> 流域別 汚染物質의 平均濃度

구 분	유 역 명	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
KWA-3 상류유역	금강본류(KWA-1)	2.6	3.0	1.378	0.088
	갑천(KWB-1)	10.1	11.9	9.900	0.585
	미호천(KWB-2)	8.4	10.0	6.653	0.354
	평 균	5.4	6.5	4.247	0.243
KWA-3 하류유역	연기권유역	3.4	3.8	2.291	0.073
	공주권유역	2.0	3.1	2.626	0.078
	청양권유역	2.8	3.5	2.480	0.038
	부여권유역	2.6	6.0	2.748	0.116
	논산권유역	6.2	7.0	5.388	0.339
	서천권유역	3.6	6.5	4.058	0.148
	평 균	3.3	4.9	3.286	0.134

## 2) 금강 양안별

미호천 합류이후 금강하구언까지 충청남도의 유역에서 금강기준으로 전체적인 좌·우안별 오염물질의 평균농도를 살펴본 결과, BOD<sub>5</sub> 평균농도는 우안의 2.6mg/L보다 좌안이 4.8mg/L로 높았고, COD<sub>Mn</sub> 평균농도는 우안의 4.6mg/L보다 좌안이 5.6mg/L로 높았다. T-N의 평균농도 경우에서도 각각 2.723mg/L 및 4.450mg/L로 좌안이 높았으며, T-P의 경우에서도 각각 0.076mg/L 및 0.254mg/L로 좌안이 높게 산출되었다. 한편, BOD<sub>5</sub>의 경우 좌·우안에 위치한 행정유역별 비교시 우안에서는 연기권유역이 4.9mg/L로 가장 높았고, 좌안에서는 논산권유역 및 부여권유역이 각각 6.2mg/L, 4.1mg/L로 높게 산출되었다. 금강하류권역 중 전라북도지역을 제외한 금강의 좌·우안 행정유역별 오염물질 평균농도 산출결과의 모식도는 그림 5.12와 같다.

BOD <sub>5</sub> 평균농도(mg/L)			COD <sub>Mn</sub> 평균농도(mg/L)		
연기권유역 4.9	금강 본류	연기권유역 3.0	연기권유역 6.8	금강 본류	연기권유역 3.0
공주권유역 1.6		공주권유역 3.2	공주권유역 2.8		공주권유역 4.3
청양권유역 2.8		부여권유역 4.1	청양권유역 3.5		부여권유역 6.8
부여권유역 2.4		논산권유역 6.2	부여권유역 5.9		논산권유역 7.0
서천권유역 3.6		전라북도	서천권유역 6.5		전라북도

T-N평균농도(mg/L)			T-P평균농도(mg/L)		
연기권유역 4.692	금강 본류	연기권유역 1.674	연기권유역 0.166	금강 본류	연기권유역 0.050
공주권유역 1.934		공주권유역 4.747	공주권유역 0.031		공주권유역 0.222
청양권유역 2.480		부여권유역 4.943	청양권유역 0.038		부여권유역 0.317
부여권유역 2.506		논산권유역 5.388	부여권유역 0.093		논산권유역 0.339
서천권유역 4.058		전라북도	서천권유역 0.148		전라북도

[그림 5.12] 左 · 右岸 汚染物質 平均濃度 模式圖

#### 4. 지류하천 group 평가

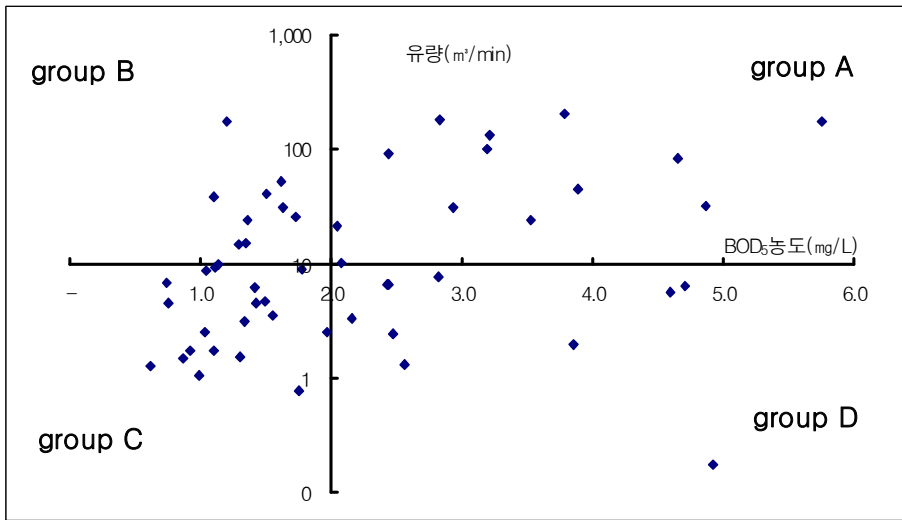
금강 상류지역인 대청호권역 뿐만 아니라 중·하류권역에도 제1지류하천의 수는 상당히 많이 존재하고 있다. 연구대상 지역에서도 조사기간 동안 물이 흐르는 하천은 환경기초시설 4개소를 포함하여 총 58개로서 전체를 대상으로 수 환경관리 방안을 마련하기란 재정적·시간적 여건만을 고려한다 하더라도 매우

어려운 현실이다. 따라서 분석된 BOD<sub>5</sub> 평균농도와 유량을 기준으로 수환경 관리대책의 우선 순위를 설정하고자 group화하였다.

본 연구에서 다루어진 제1지류하천 54지점과 환경기초시설 4개지점 등 총 58개 지점에 대한 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 산출된 평균유량을 토대로, X축에 BOD<sub>5</sub> 평균농도를 대입하고, Y축에 유량( $\text{m}^3/\text{min}$ )을 log값으로 표현하였다. 이때, X축은 금강본류의 수질측정망인 부여1 지점의 BOD<sub>5</sub> 목표수질이  $2.0\text{mg/L}$  인점을 감안하여 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$ 인 지점에서 Y축과 교차토록 하고, Y축은 하천의 주변여건에 따라 비록 다를 수 있으나, 평·갈수기에 건전한 수환경관리를 위해서는 최소 유량이 상시적으로 유지되어야 할 평균유량을  $10\text{m}^3/\text{min}$ 로 설정하여 서로 교차하도록 모형화 하였다.

이러한 분류기준을 적용할 때 group A(제1사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  이상인 영역, group B(제2사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  미만인 영역이며, group C(제3사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  미만이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  미만인 영역, 그리고 group D(제4사분면)는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  미만이고 BOD<sub>5</sub> 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  이상인 영역이라 할 수 있다.

그림 5.13의 분류된 결과에서 보듯이 BOD<sub>5</sub> 기준으로 볼 때, group A와 group D는  $2.0\text{mg/L}$  이상으로 필요에 따라 수질개선이 요구되는 group이라 할 수 있으며, group B와 group C는  $2.0\text{mg/L}$  미만으로 수질이 비교적 양호한 group이라 할 수 있다. 또한, 유량측면에서 볼 때 group A와 group B는  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상으로 비교적 유량이 풍부하고, group C와 group D는 비교적 유량이 적은 group이라 할 수 있다.



[그림 5.13] 支流河川의 group化 模型

#### 1) Group A 지류하천

유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상이며,  $\text{BOD}_5$ 의 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  이상인 group A의 제1지류하천 및 환경기초시설은 유량이 비교적 많고 오염물질 농도가 높아 수환경 관리측면에서 볼 때 가장 불리한 group으로 현황은 표 5.18과 같다. Group A에 속하는 일반적인 하천의 특징으로 group C와 group D보다 유역면적이 광범위하고 오염원이 다양하여 수질개선이 단시간 내에 이루기는 어려우며, 이에 따른 재정적·기술적인 투자가 상당히 요구된다. Group A로 분류된 16지점(공주 및 부여 하수종말처리시설 포함)에서  $\text{BOD}_5$ 의 유달부하량은  $7,025.4\text{ kg/day}$ 이며 평균한  $\text{BOD}_5$  농도는  $4.0\text{mg/L}$ 로 산출되었고,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$   $5.5\text{mg/L}$ , T-N  $3.851\text{mg/L}$ , 그리고 T-P는  $0.173\text{mg/L}$ 이었다. 총 58개 측정지점에 대한 유량적인 측면에서는 전체 양의 약 68.7%이나  $\text{BOD}_5$  유달부하량 측면에서는 83.3%에 이르고 있다.

결론적으로 중·하류권역에서 금강본류의 하천수질 환경기준이 II등급으로 설정하고 있음을 감안한다면 group A에 속하는 지류하천은 금강에 유입되는 유량이 많고, 또한  $\text{BOD}_5$  농도가 비교적 높아 금강의 수질을 악화시키는 group

이라 할 수 있다. 따라서 금강의 수질개선을 위해서는 수환경관리의 대책이 가장 먼저 고려되어야 할 group이다.

<표 5.18> Group A의 流量 및 水質現況

구 분	측정지점	평균유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> 유달 량(kg/day)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
공주하수 <sup>1)</sup>	KWC-18	20.1	329.9	11.4	12.1	17.688	1.026
강경천	KWC-45	49.8	531.9	7.4	9.0	8.671	0.753
부여하수 <sup>2)</sup>	KWC-36	10.8	95.9	6.1	11.1	9.831	0.785
논산천	KWC-24	173.6	1,437.1	5.7	6.6	4.513	0.212
제 천	KWC-2	31.6	221.3	4.9	6.8	4.692	0.166
석성천	KWC-42	83.8	561.4	4.7	6.0	5.054	0.326
치성천	KWC-24	45.0	252.4	3.9	4.7	3.653	0.048
길산천	KWC-58	230.6	1,110.8	3.8	6.5	4.363	0.153
단상천	KWC-55	24.1	122.2	3.5	7.5	3.043	0.165
금 천	KWC-34	132.4	613.1	3.2	6.5	2.768	0.120
용수천	KWC-3	101.4	466.4	3.2	3.0	1.635	0.040
사동천	KWC-50	30.8	130.2	2.9	4.6	2.375	0.106
지 천	KWC-30	181.5	741.0	2.8	3.3	2.347	0.039
정안천	KWC-13	90.6	318.1	2.4	3.0	2.120	0.037
입포천	KWC-52	10.1	30.3	2.1	4.6	2.429	0.063
삼성천	KWC-1	21.5	63.4	2.0	3.2	1.858	0.096
합계(평균)	16 하천	1,210.8	7,025.4	4.0	5.5	3.851	0.173

1) 공주하수종말처리시설

2) 부여하수종말처리시설

## 2) Group B 지류하천

Group B로 분류된 하천은 유량이 10m<sup>3</sup>/min 이상이며, BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 미만인 하천으로 유량이 비교적 많고 수질농도가 낮아 수환경 측면에서 볼 때 가장 양호한 group으로 표 5.19와 같다. Group B로 분류된 9개 하천에서 BOD<sub>5</sub> 유달부하량은 817.3kg/day이며, BOD<sub>5</sub> 평균농도는 1.4mg/L이고, COD<sub>Mn</sub> 3.1mg/L, T-N 1.961mg/L, 그리고 T-P는 0.033mg/L이었다. 총 58개 측정지점에 대한 유량적인 측면에서 볼 때 유량은 약 23.8%를 차지하나, BOD<sub>5</sub> 유



달부하량 측면에서는 9.7%를 차지하고 있다. 따라서 중·하류권역의 금강본류 수질환경기준이 II등급인 점을 감안한다면, 이들 하천에서 유입하는 하천수는 금강본류의 수질농도를 낮게 유지하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

<표 5.19> Group B의 流量 및 水質現況

구 분	측정지점	평균유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> 유달 량(kg/day)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
어 천	KWC-22	25.7	64.0	1.7	3.5	2.463	0.037
잉화달천	KWC-28	30.8	72.2	1.6	2.5	1.562	0.020
은산천	KWC-33	51.8	120.3	1.6	4.1	2.474	0.035
대교천	KWC-4	41.5	89.8	1.5	3.3	2.146	0.045
용성천	KWC-21	23.9	46.7	1.4	2.5	2.046	0.033
왕촌천	KWC-9	15.0	29.1	1.3	2.2	1.471	0.017
혈저천	KWC-11	14.6	27.3	1.3	3.0	1.536	0.021
유구천	KWC-17	177.2	306.7	1.2	2.5	1.831	0.023
칠산천	KWC-51	38.5	61.2	1.1	5.8	1.954	0.083
합계(평균)	9 하천	419.0	817.3	1.4	3.1	1.961	0.033

### 3) Group C 지류하천

유량이 10m<sup>3</sup>/min 미만이고, BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 미만인 하천으로 수질적 측면보다는 필요에 따라 수량확보에 관심을 기울여야 할 group으로 표 5.20과 같다. Group C로 분류된 19하천에서 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량은 142.8kg/day 이며, 평균한 BOD<sub>5</sub> 농도는 1.2mg/L이고, COD<sub>Mn</sub> 3.5mg/L, T-N 1.594mg/L, 그리고 T-P는 0.048mg/L이었다. 총 58개 측정지점에 대한 하천의 유량과 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량 측면에서 볼 때 각각 4.7% 및 1.7%에 불과한 매우 적은 양이다. 일반적 특징으로 group A와 group B보다 유역면적이 좁고 유하거리가 짧으며, 고정된 오염원 하에서 하천유량에 따라 오염물질 농도의 변화 폭이 크며, 비록 BOD<sub>5</sub> 농도가 높다 할지라도 금강에 유달하는 BOD<sub>5</sub> 부하량이 매우 적은 하천이라 할 수 있다.

<표 5.20> Group C의 流量 및 水質現況

구 분	측정 지점	평균유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> 유달 량(kg/day)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
원산천	KWC-54	9.1	23.2	1.8	5.0	1.239	0.049
원당천	KWC-53	0.8	1.9	1.8	4.9	2.113	0.063
운곡천	KWC-25	3.5	7.9	1.5	2.0	1.660	0.021
보흥천	KWC-19	4.7	10.1	1.5	2.9	1.783	0.090
북고천	KWC-37	4.6	9.4	1.4	7.3	1.825	0.097
마암천	KWC-7	6.1	12.4	1.4	1.7	1.930	0.024
계양천	KWC-48	3.1	6.0	1.3	11.4	1.029	0.107
대학천	KWC-23	1.5	2.8	1.3	2.7	2.447	0.045
자왕천	KWC-29	9.8	16.0	1.1	2.6	1.435	0.022
검상천	KWC-20	9.2	14.7	1.1	2.2	1.326	0.076
월송천	KWC-12	1.7	2.8	1.1	2.9	1.265	0.024
도 천	KWC-15	8.6	12.9	1.0	2.4	1.353	0.026
장암천	KWC-35	2.5	3.8	1.0	1.8	1.553	0.033
도남천	KWC-6	1.1	1.5	1.0	3.5	0.760	0.038
성두천	KWC-26	1.7	2.3	0.9	2.7	1.213	0.054
석장천	KWC-8	1.5	1.9	0.9	2.0	0.681	0.043
하황천	KWC-40	4.5	4.9	0.7	5.5	2.463	0.053
중평천	KWC-27	6.8	7.3	0.7	2.7	2.175	0.030
원봉천	KWC-5	1.3	1.1	0.6	2.7	2.247	0.062
합계(평균)	19 하천	82.1	142.8	1.2	3.5	1.594	0.048

#### 4) Group D 지류하천

Group D에 속하는 하천은 유량이 10m<sup>3</sup>/min 미만이고, BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 이상인 하천으로서, 제1지류하천과 환경기초시설로 유량이 적고 오염물질 농도가 높아 수환경 관리측면에서 볼 때 시급한 수질개선과 필요에 따라 수량확보에 관심을 기울여야 할 group으로 판단된다(표 5.21 참조). Group D로 분류된 14지점(공주축산폐수공공처리시설 및 논산분뇨처리시설 포함)에서 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량은 453.4kg/day이며, 평균한 BOD<sub>5</sub>의 농도는 6.3mg/L이고, COD<sub>Mn</sub> 7.9mg/L, T-N 3.485mg/L, 그리고 T-P는 0.186mg/L이었다. 총 58개 측정 지점에 대한 유량적인 측면에서 볼 때 약 2.8%로 매우 적은 양이나, BOD<sub>5</sub>의 유달부하량 측면에서는 5.4%에 이르는 양이다. Group D로 분류된 하천의 일반

적 특징으로 group A와 group B보다 유역면적이 좁고, 유하길이가 짧으며, BOD<sub>5</sub> 분해에 따른 수체 내 DO농도가 낮고 하천유량이 적어, 하천내 수질정화 시설을 설치·운영하는 등 비교적 적은 비용과 노력으로 단시간 내에 수질개선이 가능한 하천인 것으로 판단된다.

<표 5.21> Group D의 流量 및 水質現況

구 분	측정지점	평균유량 (m <sup>3</sup> /min)	BOD <sub>5</sub> 유달 량(kg/day)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
대흥천	KWC-46	5.2	250.4	33.7	15.0	8.546	0.833
축산공공 <sup>1)</sup>	KWC-16	0.1	1.5	11.3	30.3	34.494	0.526
논산분뇨 <sup>2)</sup>	KWC-43	0.03	0.4	8.1	24.5	11.063	0.610
봉두천	KWC-39	0.2	1.2	4.9	9.8	6.649	0.533
가증천	KWC-32	6.3	42.9	4.7	5.9	3.311	0.112
왕포천	KWC-38	5.7	37.7	4.6	6.6	3.436	0.153
제민천	KWC-14	2.0	11.0	3.9	5.5	1.962	0.146
주교천	KWC-49	7.7	31.5	2.8	12.5	3.363	0.135
무릉천	KWC-10	1.3	4.9	2.6	4.0	0.565	0.031
합정천	KWC-31	2.4	8.6	2.5	5.3	1.814	0.046
화수천	KWC-41	6.5	23.0	2.4	6.8	2.180	0.061
광암천	KWC-56	6.5	22.9	2.4	4.8	2.861	0.063
옥포천	KWC-57	3.3	10.2	2.2	5.5	2.773	0.164
청포천	KWC-47	2.6	7.2	2.0	5.7	2.844	0.148
합계(평균)	14 하천	49.9	453.4	6.3	7.9	3.485	0.186

1) 공주축산폐수공공처리시설

2) 논산분뇨처리시설

## 제4절 주요 하천의 관리목표

### 1. 오염물질 삭감목표량 설정

오염물질의 삭감(削減)이란, 수질환경에 미치는 악영향을 감소시키기 위해 오염원의 관리 및 처리방법을 통해 오염물질의 부하량을 제거 또는 감소시키는 것을 말한다<sup>10)</sup>. 일반적으로 오염물질이 공공수역에 유입되는 경로는 유역내의 비점오염물질을 포함한 점오염물질이 처리되지 않고 배출되는 경우, 발생원에서 개별의 처리시설을 거쳐 방류되는 경우, 그리고 환경기초시설을 거쳐 방류되는 경우 등 여러 경로를 거치게 된다. 이러한 처리과정을 거쳐 삭감된 후 또는 처리과정을 거치지 아니하고 직접 공공수역으로 배출되는 오염물질의 양을 배출부하량이라 한다. 또한, 배출된 오염물질이 공공수역에 배출된 후 하류로 유하하면서 자정작용, 조류성장 등 물질변화과정을 거친 후 어느 특정지점까지 도달하는 오염물질의 양을 유달부하량이라 한다. 이때, 발생부하량과 배출부하량의 차이를 삭감부하량<sup>14)</sup>이라 하며, 유달부하량을 배출부하량으로 나누어 유달률을 산정할 수 있고, 발생부하량과 유달부하량의 차이로 총 삭감부하량을 산출할 수 있으며, 총 삭감부하량을 발생부하량으로 나누어 총 삭감률을 산정할 수 있다.

일반적으로 수역구간에서 발생하는 오염물질의 삭감을 위해서는 오염물질 발생원을 감소시키는 방법, 발생한 오염물질의 삭감과정을 통하여 배출부하량을 감소시키는 방법, 배출된 오염물질을 하천수의 정화시설 설치운영 또는 자정능력이 향상되도록 하천의 조건을 변화시키는 방법으로 크게 나누어 생각해 볼 수 있다. 그러나 오염물질의 발생원을 감소시키는 방법은 특별한 경우를 제외하고 사실상 거의 불가능하며, 하천의 조건을 변화시키는 방법 또한 많은 비용과 시간을 초래하게 된다.

따라서 우선적으로는 고정된 오염원 조건에서 삭감부하량을 크게 하여 배출

부하량을 줄이는 방법으로 점오염원에서 발생하는 오염물질을 정화시설, 환경기초시설의 설치·운영 등으로 처리하여야 한다. 그러나 모든 수역을 대상으로 동시에 삭감부하량을 크게 하기란 시간적·경제적으로 한계에 직면할 수밖에 없다. 그러므로 우선적으로 고려해야할 대상하천의 선정기준을 “대청호 등 금강수계 물관리종합대책”에서 금강본류의 강경지점에서 2005년 목표수질을 BOD<sub>5</sub>기준으로 2.4mg/L로 설정하고 있음을 고려하였다. 이러한 기준에 따라 Group A와 group D 중에서 BOD<sub>5</sub> 평균농도가 2.5mg/L 이상인 18개 하천과 시설용량의 부족으로 유입하수를 일부 미처리하는 공주하수종말처리시설을 대상으로 하였다. 수역구간별 BOD<sub>5</sub> 목표수질 설정을 위해서는 유역별 오염원 분포현황, 발생부하량, 배출부하량, 유달부하량, 오염물질의 총 삭감률, 그리고 다양한 측면에서 구축된 하천의 수환경 조건에 따라 설정하여야 한다. 그러나 제 3장의 표 3.8에서 설정하고 있는 지류하천의 BOD<sub>5</sub> 수질개선목표는 대부분 하단지점이 아닌 수질측정망 지점이며, 풍수기를 포함하여 년중 산술평균 값으로 기준하고 있다는 점을 고려하여, 금천(KWA-34)과 강경천(KWC-45)은 각각 2.5mg/L, 4.6mg/L로 동일하게 적용하고, 나머지 하천의 경우에는 평·갈수기에 측정된 BOD<sub>5</sub> 평균수질, 설정된 수역의 환경기준, 수계구간의 주변여건, 그리고 하수종말처리시설의 방류수 수질기준 및 수질상태를 고려하여 목표수질을 정하였다. 각 지점별 BOD<sub>5</sub> 목표수질, 목표수질을 기초로 한 BOD<sub>5</sub>의 추가삭감목표량, 그리고 삭감후 BOD<sub>5</sub> 유달부하량의 산출결과는 표 5.22와 같다.

<표 5.22> 主要 河川別 BOD<sub>5</sub>의 目標水質 및 削減目標量 等

구 분	측정지점	BOD <sub>5</sub> 유달부하량 (kg/day)	BOD <sub>5</sub> 평균농도 (mg/L)	BOD <sub>5</sub> 목표수질 (mg/L)	BOD <sub>5</sub> 추가 삭감목표량 (kg/day)	BOD <sub>5</sub> 삭감 후유달부하 량(kg/day)	환경기준 적용등급
논산천	KWC-44	1,437.1	5.7	3.0	687.2	749.9	Ⅱ
길산천	KWC-58	1,110.8	3.8	3.0	231.2	879.6	Ⅱ
지 천	KWC-30	741.0	2.8	2.5	87.7	653.3	I
금 천	KWC-34	613.1	3.2	2.5	136.3	476.8	Ⅱ
석성천	KWC-42	561.4	4.7	3.0	199.3	362.2	Ⅱ
강경천	KWC-45	531.9	7.4	4.6	202.2	329.6	Ⅲ
용수천	KWC-3	466.4	3.2	2.5	101.5	364.9	미설정
공주하수 <sup>1)</sup>	KWC-18	329.9	11.4	7.0	127.2	202.7	-
치성천	KWC-24	525.4	3.9	2.5	90.3	162.1	미설정
대흥천	KWC-46	250.4	33.7	5.0	213.2	37.2	미설정
제 천	KWC-2	221.3	4.9	2.5	107.7	113.6	미설정
사동천	KWC-50	130.2	2.9	2.5	19.2	111.0	미설정
단상천	KWC-55	122.2	3.5	2.5	35.5	86.7	미설정
가증천	KWC-32	42.9	4.7	3.0	15.5	27.3	미설정
왕포천	KWC-38	37.7	4.6	3.0	13.1	24.6	미설정
주교천	KWC-49	31.5	2.8	2.5	3.6	27.8	미설정
제민천	KWC-14	11.0	3.9	3.0	2.4	8.6	미설정
합정천	KWC-31	8.6	2.5	2.3	0.6	8.0	미설정
봉두천	KWC-39	1.2	4.9	3.0	0.5	0.8	미설정

1) 공주하수종말처리시설

## 2. 오염물질 상관성 및 유달부하량 전망

자연상태인 하천에서 다양한 오염원의 분포와 수질상태를 기초로 장래의 수질을 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 또한, 예측된 장래 하천수질은 오염원이 다양하고, 여러 요소가 복잡하게 영향을 미치고 있기 때문에 예측된 결과는 많은 차이가 발생할 수 있음을 전제하고 있다. 그러나 오염원의 증감을 비롯

한 환경요인 변화에 따른 수질변화를 계산식 또는 전산모델을 이용하여 오염원과 수질의 관계를 미리 파악하여, 예견되는 문제를 준비하여야 함을 감안한다면 반드시 필요하리라 판단한다.

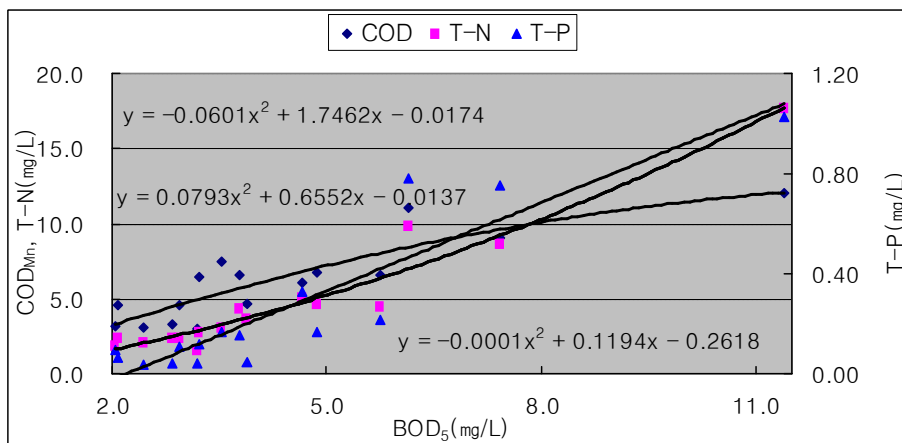
수질 모델링의 궁극적인 목적은 자연상태인 수역에서 실제상태와 부합되게 수식화하여 예측된 결과가 대상하천의 수질변화를 미리 표현함으로서 수환경 관리대책 수립시 필요한 제반사항을 얻고자 하는데 있다. 따라서 수질예측은 모델링 대상유역의 물리, 화학 및 생물학적 제반 현상인 시·공간에 대하여 수치 해석의 기법상 적용이 가능한 모델을 선정하여야 한다. 이러한 이유로 우리 나라의 경우 수체가 비교적 안정하다 할 수 있는 규모가 큰 하천과 호소를 중심으로 다양한 모델적용이 시도되고 있다.

그러나 본 연구대상인 제1지류하천의 현황을 살펴볼 때 대부분 크기가 작고 계절 및 일변화에 따라 유량의 변동폭이 심하며, 오염물질의 유달부하량 뿐만 아니라 수질농도의 변화폭도 매우 크게 나타나고 있다. 또한, 하천에서는 목표수질을 BOD<sub>5</sub> 중심으로 이루어지고 있으며, 지류하천에 대한 지속적인 자료가 거의 구축되어 있지 않은 실정이다. 따라서 수질예측 모델링 프로그램에 의한 접근방법보다는 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P의 상관관계를 분석하여 적용하는 것이 합리적이라는 판단아래, group별 상관계수와 함수식을 살펴보고, 장래 오염물질 유달부하량을 전망하였다.

#### 1) 오염물질 Group별 상관성

유량이 10m<sup>3</sup>/min 이상이며, BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 이상인 group A에서 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도와의 상관성을 비교평가한 결과, 그림 5.14와 같이 BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 증가할수록 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P의 농도가 증가하였다. BOD<sub>5</sub>에 대한 상관계수는 COD<sub>Mn</sub>( $r=0.8618$ ), T-N( $r=0.9605$ ), 그리고 T-P는( $r=0.9125$ )로 양의 상관관계를 보였으며, BOD<sub>5</sub> 평균농

도의 증가에 따른 각각 오염물질 농도의 상관성은 매우 높았다. 또한, 이때 성립하는 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도 관계의 함수식은 표 5.23과 같이 표현할 수 있다.



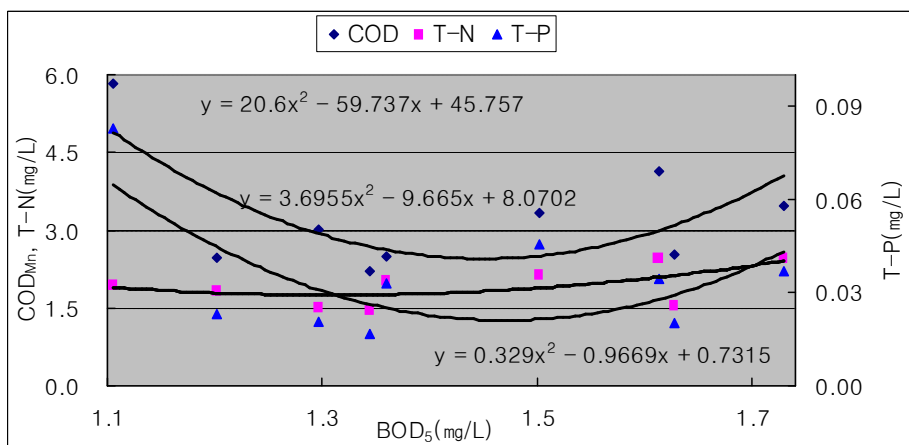
[그림 5.14] Group A 支流河川의 BOD<sub>5</sub>와 相關性

<표 5.23> Group A의 函數式

구 분(y)	함수식	상관계수	비고
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	$y = -0.0601x^2 + 1.7462x - 0.0174$	$r = 0.8618$	x=BOD <sub>5</sub> 평균 농도(mg/L)
T - N(mg/L)	$y = 0.0793x^2 + 0.6552x - 0.0137$	$r = 0.9605$	
T - P(mg/L)	$y = -0.0001x^2 + 0.1194x - 0.2618$	$r = 0.9125$	

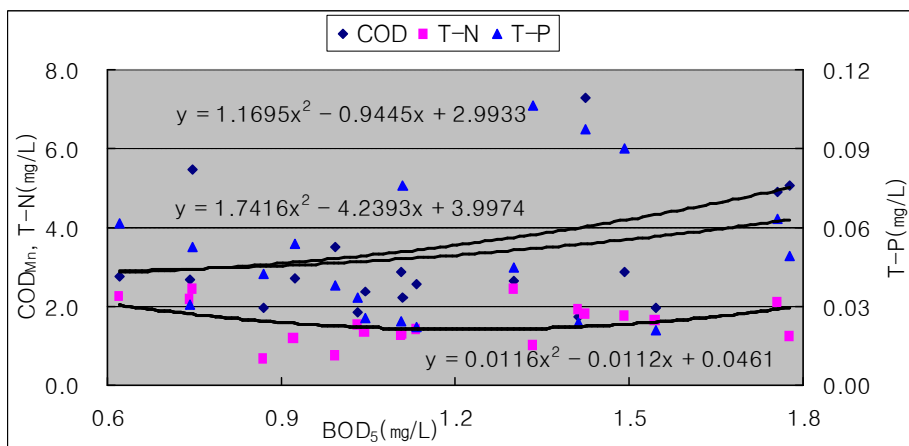
Group B로 분류된 하천에서 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도와 상관성을 비교 평가한 결과, 그림 5.15와 같이 BOD<sub>5</sub> 평균농도가 증가할수록 T-N( $r=0.4717$ )의 농도가 증가하는 양의 상관관계를 보였으나, 상관성은 높지 않았다. 한편, COD<sub>Mn</sub>와 T-P의 경우에는 BOD<sub>5</sub> 평균농도와 뚜렷한 상관성이 없었다.





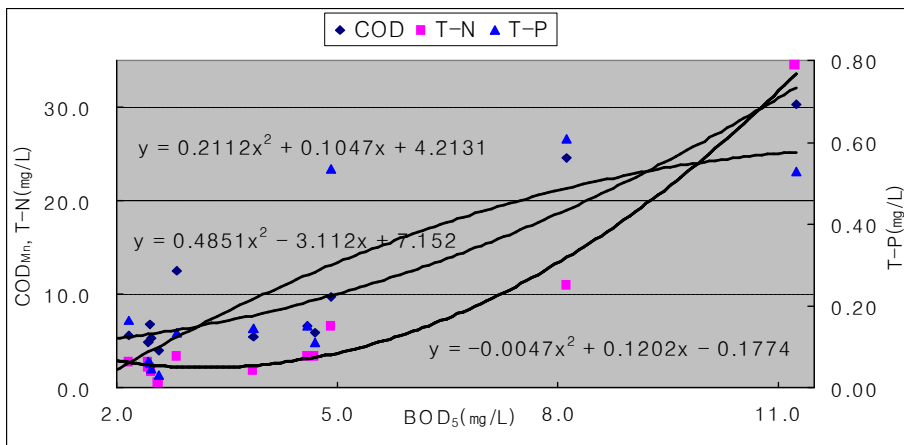
[그림 5.15] Group B 支流河川의 BOD<sub>5</sub>와 相關性

유량이 10m<sup>3</sup>/min 미만이고, BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 미만인 group C 하천에서 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도와의 상관성을 비교 평가한 결과, 그림 5.16과 같이 BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 증가할수록 COD<sub>Mn</sub>(r=0.2648)와 T-P(r=0.2153)의 평균농도가 증가하는 양의 상관관계를 나타냈으나 상관계수가 높지 않았고, T-N의 경우에는 BOD<sub>5</sub>의 평균농도 증가에 따른 상관성은 없었다.



[그림 5.16] Group C 支流河川의 BOD<sub>5</sub>와 相關性

Group D는 유량이 10m<sup>3</sup>/min 미만이고, BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 이상인 하천이며, 대흥천(KWC-46)의 경우 강경읍 시가지의 중앙부를 관류(貫流)하는 하천으로 하단지점에서 생활하수 유입량이 많아 일반적인 하천의 수환경 기준으로 평가하기에는 부적절한 것으로 판단된다. 따라서 대흥천을 제외하고 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도와의 상관성을 비교 평가한 결과, 그림 5.17과 같이 BOD<sub>5</sub> 평균농도가 증가할수록 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도는 함께 증가하는 양의 상관관계를 나타냈고, 상관계수는 COD<sub>Mn</sub>가 (r=0.9149), T-N은(r=0.9056), 그리고 T-P는(r=0.8150)로서 각각의 상관성은 매우 높게 나타났다. 이때, 성립하는 BOD<sub>5</sub>의 평균농도와 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P 평균농도와의 함수식은 표 5.24와 같이 표현할 수 있다.



[그림 5.17] Group D 支流河川의 BOD<sub>5</sub>와 相關性

<표 5.24> Group D의 函數式

구 분(y)	함수식	상관계수	비고
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	$y = 0.2112x^2 + 0.1047x + 4.2131$	$r = 0.9149$	x=BOD <sub>5</sub> 평균 농도(mg/L)
T - N(mg/L)	$y = 0.4851x^2 - 3.1120x + 7.1520$	$r = 0.9056$	
T - P(mg/L)	$y = -0.0047x^2 + 0.1202x - 0.1774$	$r = 0.8150$	

## 2) 유달부하량 전망

오염물질 항목별 상관성 평가의 결과에서 보듯이 BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 이상인 group A와 group D에서는 상관계수 비교적 높아, 표 5.22의 주요 하천에 대한 BOD<sub>5</sub>의 목표수질과 하천유량을 기초로 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P의 농도를 전망하였다. 이때, group A에 해당하는 하천은 표 5.22의 함수식을 적용하고, group D에 해당하는 경우에는 표 5.23식을 적용하였다.

예측된 조건으로 오염원의 발생부하량은 큰 변화가 없고 하천유량의 변화가 거의 없으며, BOD<sub>5</sub>의 삭감목표량이 이루어진다는 것을 전제하였고, 공주하수종말처리시설의 T-N 및 T-P의 경우에는 방류수 수질상태를 고려하여 적용하였다. 주요 하천에 대하여 산출된 수질항목별 농도는 표 5.25와 같다.

<표 5.25> 主要 河川의 汚染物質 展望濃度

구 분	지점명	적 용 함수식	오염물질 전망농도(mg/L)			
			BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	T-N	T-P
논산천	KWC-44	Group A	3.0	4.7	2.666	0.096
길산천	KWC-58	Group A	3.0	4.7	2.666	0.096
지 천	KWC-30	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
금 천	KWC-34	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
석성천	KWC-42	Group A	3.0	4.7	2.666	0.096
강경천	KWC-45	Group A	4.6	6.7	4.678	0.285
용수천	KWC-3	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
공주하수 <sup>1)</sup>	KWC-18	Group A	7.0	9.3	15.000	1.000
치성천	KWC-24	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
대흥천	KWC-46	Group D	5.0	10.0	3.720	0.306
제 천	KWC-2	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
사동천	KWC-50	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
단상천	KWC-55	Group A	2.5	4.0	2.120	0.036
가증천	KWC-32	Group D	3.0	6.4	2.182	0.141
왕포천	KWC-38	Group D	3.0	6.4	2.182	0.141
주교천	KWC-49	Group D	2.5	5.8	2.404	0.094
제민천	KWC-14	Group D	3.0	6.4	2.182	0.141
합정천	KWC-31	Group D	2.3	5.6	2.561	0.074
봉두천	KWC-39	Group D	3.0	6.4	2.182	0.141

1) 공주하수종말처리시설

또한, BOD<sub>5</sub> 평균농도를 기준으로 2.5mg/L 이상인 18지점의 지류하천과 공주 하수종말처리시설 중심으로 산출된 오염물질 항목별 수질농도가 달성되는 경우, 행정구역별 장래 오염물질 유달부하량은 표 5.26과 같이 산출되었다. 이 결과로 비추어볼 때 전체 6개 행정구역에서 추가적인 BOD<sub>5</sub>의 총 삭감률은 현재보다 약 26.9%, COD<sub>Mn</sub>는 16.2%, T-N은 24.6%, 그리고 T-P의 총 삭감률은 42.2%로 기대되며, 이때 오염물질 항목별 각각의 유달부하량은 6,164.7kg/day, 10,495.6kg/day, 6,288.435kg/day, 196.860kg/day으로 전망되고 있다.

<표 5.26> 行政流域別 汚染物質 流達負荷量 展望

구 분	오염물질 유달부하량 (kg/day)			
	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Mn</sub>	T-N	T-P
연기권유역	542.0	860.2	463.315	9.882
공주권유역	1,113.1	1,889.6	1,564.490	47.875
청양권유역	951.6	1,536.3	851.918	14.018
부여권유역	1,056.1	2,268.2	1,145.869	35.666
논산권유역	1,479.2	2,293.7	1,351.501	58.150
서천권유역	1,022.6	1,647.6	911.342	31.269
합 계	6,164.7	10,495.6	6,288.435	196.860

표 5.26에서 산출된 행정구역별 오염물질 유달부하량을 기초로 조사된 하천 유량을 적용한 행정구역별 오염물질 전망농도는 표 5.27에서 보는 바와 같다. BOD<sub>5</sub> 농도는 논산권유역이 3.3mg/L로 가장 높게 전망되었고, 다음으로 서천권유역 2.9mg/L, 연기권유역 2.4mg/L, 청양권유역 2.3mg/L, 부여권유역 2.2mg/L이었고, 공주권유역은 1.8mg/L로 가장 낮게 전망되었다. COD<sub>Mn</sub>의 경우 논산권유역, 부여권유역, 서천권유역, 연기권유역의 순이었다. 또한, T-N의 경우에는 논산권유역이 가장 높게 예측되고, 연기권유역이 가장 낮게 산출되었으며, T-P는 논산권유역이 가장 높게 예측되고, 청양권유역에서 가장 낮은 값으로 산출되었다.

이와 같이 주요 19개 지점에서 추가적인 오염물질의 삭감량이 달성되는 경우 연구대상 범위인 삼성천에서 길산천까지 충청남도 유역에서 금강에 유달하는 오염물질의 전체적인 평균농도는 BOD<sub>5</sub> 경우 3.3mg/L에서 2.4mg/L로, COD<sub>Mn</sub>는 4.9mg/L에서 4.1mg/L로, T-N은 3.286mg/L에서 2.479mg/L로, 그리고 T-P는 0.134 mg/L에서 0.078mg/L로 수질농도가 낮아질 것으로 전망되어, 금강본류의 수질개선에 상당한 도움이 될 것으로 판단하고 있다.

<표 5.27> 行政流域別 汚染物質 豫測濃度

유역명	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
연기권유역	2.4	3.9	2.083	0.044
공주권유역	1.8	3.0	2.503	0.077
청양권유역	2.3	3.8	2.090	0.034
부여권유역	2.2	4.8	2.403	0.075
논산권유역	3.3	5.1	3.004	0.129
서천권유역	2.9	4.6	2.567	0.088
평 균	2.4	4.1	2.479	0.078

## 제6장 결 론

본 연구에서는 금강의 수환경관리를 위해서는 무엇보다도 지류하천에 대한 수질의 개선이 선행되어야 한다는 관점에서 출발하였다. 이를 위하여 미호천 합류점 이후부터 금강하구언까지 충청남도 유역에서 금강에 유달하는 오염물질의 양을 정량적으로 파악하고, 합리적인 수환경 관리목표를 모색하고자 지류하천별, 행정유역별 오염물질의 유달특성을 연구하였다. 조사기간 동안 금강 중·하류권역에서 오염원 현황, 하천유량 및 오염물질 분석, 그리고 각종 문헌연구 등을 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 금강본류의 유하지점별 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P의 항목별 산술평균 값을 살펴본 결과, 전체적인 양상은 갑천 합류 전까지는 비교적 낮은 수질농도를 보였으나, 갑천과 미호천 합류 후 수질농도는 급격한 증가를 보이다가 금강하구언까지 일정범위 내에서 수질농도의 증감을 반복하며 점진적으로 감소하는 경향을 나타내고 있었다. 또한, 금강본류의 유하지점별 BOD<sub>5</sub> 산술평균은 설정된 I 등급 수계구간에서 2.5mg/L ~ 3.9mg/L 농도를 보였으며, II 등급 수계구간에서 3.8~5.2mg/L범위의 수질로 나타나 전구간 환경기준을 초과하였다. 지류하천 중 갑천과 미호천의 하단구간의 경우 IV등급으로 설정되어 있으나, 각각 9.4mg/L, 8.1mg/L의 수질로 설정된 환경기준을 초과하였으며, 기타 환경기준이 설정된 지류하천의 대부분 수계구간에서 하천수질 환경기준을 초과하고 있는 실정이다.
2. 미호천 합류점인 KWA-3지점을 기준으로 금강하류권역 중 전라북도 일부유역을 제외한 상·하류간 일일 유달하는 오염물질 부하량을 평가한 결과, 상류지역에서 유달하는 BOD<sub>5</sub> 부하량은 일일 21,553.8kg이고 하류지역에서는 8,438.9kg으로, 상류지역에서 약 2.55배가 많았다. 또한, COD<sub>Mn</sub>, T-N 그리고

T-P 경우에서도 하류지역보다 상류지역이 각각 2.04배, 2.02배, 2.83배 정도로 많았다.

3. 연구대상지역의 금강 양안에서 일일 유달하는 BOD<sub>5</sub> 부하량의 8,438.9kg 중 금강의 북쪽인 우안에서 52.6%에 해당하는 4,440.1kg이 유달하였고, 남쪽인 좌안에서 3,998.8kg(47.4%)이 유달하였다. 또한, COD<sub>Mn</sub> 및 T-N의 경우에서도 각각 62.8%, 55.8%로 우안이 높게 유달하였으나, T-P의 경우 좌안에서 61.7%로 높게 유달하고 있었다. 그러나 오염물질의 항목별 평균농도로 볼 때 좌안의 BOD<sub>5</sub>는 4.8mg/L, COD<sub>Mn</sub> 5.6mg/L, T-N 4.450mg/L, 그리고 T-P 0.254mg/L로 우안보다 좌안에서 모두 높았다.
4. 행정구역별 유달되는 BOD<sub>5</sub> 부하량은 논산권유역이 2,781.2kg/day(33.0%)로 가장 많은 양을 차지하였고, 연기권유역에서 751.1kg/day(8.9%)로 가장 적은 양을 차지하였다. 그러나 단위 유역면적당 BOD<sub>5</sub>의 유달부하량은 서천권유역이 6.26kg/km<sup>2</sup> · day로 가장 높았고, 공주권유역이 2.53kg/km<sup>2</sup> · day으로 가장 낮았다.
5. 연구대상 지역의 제1지류하천 및 환경기초시설 등 58개 지점에서 총 유달하는 BOD<sub>5</sub> 평균농도는 3.3mg/L로 하천수질 환경기준의 III등급을 나타냈으며, COD<sub>Mn</sub>의 경우 4.9mg/L, T-N은 3.286mg/L, 그리고 T-P는 0.134mg/L로 나타났다. 행정구역별 비교시 각각의 항목별 평균농도는 논산권유역에서 가장 높았고, 공주권유역에서 비교적 낮은 값을 보였다.
6. 유량이 10m<sup>3</sup>/min 이상이며 BOD<sub>5</sub>의 평균농도가 2.0mg/L 이상인 group A는 16개 하천(공주 및 부여하수종말처리시설 포함)으로 유량이 비교적 많고 오염물질 농도가 높아 수환경 관리측면에서 볼 때 가장 불리한 group이라 할 수 있다. 유량적인 측면에서는 전체 양의 약 68.7%이나 BOD<sub>5</sub> 유달부하량 측

면에서는 83.3%에 이르고 있어, 금강의 수질개선을 위해서는 수환경관리의 대책이 가장 먼저 고려되어야 할 group이라 판단한다.

7. Group B는 하천의 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  이상이며,  $\text{BOD}_5$ 의 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  미만인 하천으로 유량이 비교적 많고 수질농도가 낮아 수환경 측면에서 볼 때 가장 양호한 group으로 금강본류의 수질농도를 낮게 하는 역할을 하며, group C의 하천은 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  미만이고,  $\text{BOD}_5$ 의 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  미만인 하천으로 수질적 측면보다는 필요에 따라 수량확보에 관심을 기울여야 할 group이다. Group D는 유량이  $10\text{m}^3/\text{min}$  미만이고,  $\text{BOD}_5$ 의 평균농도가  $2.0\text{mg/L}$  이상인 하천으로서, 유량이 적고 오염물질 농도가 높아 수환경 관리측면에서 볼 때, 시급한 수질개선과 필요에 따라 수량확보에 관심을 기울여야 할 group으로 판단된다.

8.  $\text{BOD}_5$  평균농도  $2.5\text{mg/L}$ 이상인 하천을 중심으로 수질개선 목표를 설정하고, group A와 group D의 함수식을 각각 적용하여  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ , T-N, 그리고 T-P의 농도를 산출하였다. 그 결과 연구대상 범위의 충청남도 유역에서 금강에 유달하는 오염물질 항목별 평균농도는  $\text{BOD}_5$  경우  $3.3\text{mg/L}$ 에서  $2.4\text{mg/L}$ 로,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 는  $4.9\text{mg/L}$ 에서  $4.1\text{mg/L}$ 로, T-N은  $3.286\text{mg/L}$ 에서  $2.479\text{mg/L}$ 로, 그리고 T-P는  $0.134\text{mg/L}$ 에서  $0.078\text{mg/L}$ 로 수질농도가 낮아질 것으로 전망되어, 금강 본류의 수질개선에 상당한 도움이 될 것으로 판단하고 있다.



## 제7장 향후과제 및 제언

본 연구는 금강 중·하류권역에서 수질오염총량관리제를 실시하기 위한 금강수계의 현황과 금강에 유달하는 오염물질의 특성에 대한 평가 및 분석에 지나지 않는다. 또한, 연구대상 유역이 광범위하고 유역내 위치하고 있는 제1지류 하천의 수가 많아 평·갈수기 중심으로 유량 및 수질농도 측정의 횟수가 매우 제한적 실시되었다. 그리고 환경기준을 평가하는 수질지표는 일반적으로 하천에서는 BOD<sub>5</sub>, 호소에서는 COD<sub>Mn</sub>, T-N 및 T-P가 중심이 되어있는 현실에 맞추어, BOD<sub>5</sub>를 중심으로 COD<sub>Mn</sub>, T-N, 그리고 T-P의 유달특성과 수환경 평가방법 등에 한정하여 연구한 것이 아쉬움으로 남고 있다.

이에 따라 본 연구의 미비한 점을 보완하고, 향후 금강수계의 합리적이고 과학적인 수환경관리를 위하여 향후 추진 해야할 연구과제를 제시하고자 한다.

1. 금강 중·하류권역뿐만 아니라 상류권역을 포함한 금강수계 전체의 오염물질별 유달특성을 보다 더 정밀하고 지속적이며 반복적인 조사를 수행하여 수계 전체를 이해할 수 있도록 하고, 또한 우선 순위로 선정된 주요 지류하천에 대한 수환경 관리방안에 대한 꾸준한 연구가 필요하다고 판단한다.
2. 수질 모델링의 궁극적인 목적은 자연상태인 수역에서 실제상태와 부합되게 수식화하여 예측된 결과가 대상하천의 수질변화를 미리 표현함으로서, 수환경 관리대책 수립시 필요한 제반사항을 얻고자 하는데 있다. 따라서 오염총량관리를 위한 목표 년도의 수질예측은 매우 중요한 사항이므로 금강유역의 물리, 화학 및 생물학적 제반 현상인 시·공간에 대하여 수치해석의 기법상 적용이 가능한 모델을 개발하여, 금강의 본류와 주요 지류하천의 수질예측에 관한 지속적인 연구가 필요하리라 판단한다.

3. 금강본류의 유하지점별 및 총량관리단위구역의 수질은 오염원에서 배출되는 오염물질의 총량뿐만 아니라 하천의 유량과 매우 밀접하며, 계절적으로 오염물질이 배출되는 총량의 증감을 보다는 하천유량의 증감을 변화가 크다는 점을 고려하여야 한다. 따라서 풍수기, 평수기 및 갈수기별 기준유량 설정하고, 설정된 기준유량에 따라 오염물질의 할당량 및 삭감목표량을 설정·관리하는 방안에 대한 연구가 필요하리라 판단한다.
4. 하천별 목표수질을 달성하기 위한 삭감목표량은 오염원별 발생부하량과 배출부하량이 정확히 파악되어야 함을 필요로 한다. 따라서 정확한 오염물질의 발생부하량과 배출부하량을 산정하기 위하여 단위구역의 특성에 적합한 발생부하원단위에 대한 관심과 주기적으로 평가하는 연구가 필요하며, 또한 비점오염원의 배출부하량을 산정하기 위하여 강수의 영향과 토지지목별 발생부하원단위에 대한 꾸준한 연구가 필요하리라 판단한다.
5. 수질오염물질의 관리계획을 수립함에 있어서 구역별 오염원, 기상, 수자원, 하천의 유량, 그리고 수질농도 등 수년간의 수환경관리 자료가 필수적이다. 그러나 단위구역별 기준유량 및 오염물질별 농도 등 장래의 수질예측에 필요한 기초적인 자료가 거의 확보되지 않은 현실에서 금강 중·하류권역 전체를 대상으로 오염총량관리제를 실시하는 것보다, 오염물질의 유달부하량이 많고 수질농도가 높은 하천의 유역을 선정하여 실시하는 것이 바람직하다. 동시에 실시하지 않는 유역은 향후 수년간 수환경관리 자료를 지속적으로 구축하고, 그 결과를 수환경적으로 평가하여 시행대상 유역을 점진적으로 확대하여야 할 것으로 판단한다.
6. 금강에 유달하는 오염물질 총량은 제1지류하천의 유량과 수질농도에 따라 좌우되며, 이는 곧 금강의 유량과 수질농도로 귀결된다. 따라서 금강의 수질개선을 위한 총량관리단위구역의 목표수질은 금강본류의 유하지점별 목표수질

을 반드시 고려하여 설정하여야 한다. 또한, 설정된 수질목표를 달성하기 위한 단위유역별 오염물질의 할당량 및 삭감목표량은 유역별 발생부하량, 배출부하량, 총 삭감률, 그리고 유역면적당 부하량 등 수환경 특성과 함께 사회적 수용여부를 종합적으로 반영하여야 할 것으로 판단하고 있다.

## 참 고 문 헌

1. 환경부, “「세계 물의 해」자료집”, 2003.
2. 전라남도, “수자원의 효율적 관리를 위한 물 거래제도 연구”, 1999.
3. 환경부, “하천복원 가이드라인 (시안)”, G-7 국내여건에 맞는 자연형 하천공법 개발 연구팀, 2002.
4. 임봉수 외6, “Metcalf & Eddy 폐수처리공학(상), 도서출판 동화기술, 1993.
5. 양진우 외5, “낙동강유역 수환경관리의 선진화 방안”, 부산발전연구원, 2000.
6. 한국수자원공사, “수자원 관리 종합정보 시스템”(http://wamis.kowaco.or.kr/), 2003.
7. 송교욱 외5, “낙동강수계 총량규제 적용을 위한 기초연구(Ⅰ)”, 부산발전연구원, 2000.
8. 대전지방국토관리청, “금강수계 하천정비기본계획”, 2002.
9. 정부합동, “대청호 등 금강수계 물관리종합대책”, 2000.
10. 환경부, “오염총량관리계획수립지침(안)”, 1999.
11. 환경부, “수질측정망운영계획”, 2003.
12. 대전지방국토관리청, “금강수계 하천정비기본계획 사전환경성검토서”, 2002.
13. 환경부, “수질공정시험방법”, 2002.
14. 환경부, “금강수계오염총량관리기본방침”, 2002.
15. 금강유역관리청, “금강중권역 수질오염원 현황”, 2000.
16. 연기군, “연기통계연보”, 2002.
17. 공주시, “공주통계연보”, 2002.
18. 청양군, “청양통계연보”, 2002.

19. 부여군, “부여통계연보”, 2002.
20. 논산시, “논산통계연보”, 2002.
21. 서천군, “서천통계연보”, 2002.
22. 환경부, “한강수계 오염총량관리제 시행방안 연구보고서”, 2000.
23. 국립환경연구원, 수계오염총량관리기술지침, 2002.
24. 환경부, “비점오염원 조사연구사업보고서”, 1995.
25. 충청남도, “충남 환경보전 종합대책 기본계획수립”, 2003.
26. 국립환경연구원, “정책결정자를 위한 각국의 수질관련기준 비교분석”, 2001.
27. 국립환경연구원, “수질환경기준 달성 최적화 방안에 관한 연구(Ⅰ) -수질오염물질 발생원별 원단위-”, 1989.
28. 환경부, “환경정책기본법”, 2002.
29. 충청남도, “금강수계 지방2급 하천정비 기본계획 사전환경성검토서”, 2003.
30. 환경부, “수질환경보전법”, 2002.
31. 환경부, “오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률”, 2002.
32. 환경부, “금강수계물관리및주민지원등에관한법률”, 2002.
33. 광주시, “광주시 수질오염총량관리계획”, 2001.
34. 강원도, “오염총량관리제에 따른 정책적 대응방안에 관한연구”, 2000.
35. 환경부, “비점오염원 조사연구사업 보고서”, 1995.
36. 박원규, “낙동강수계에서의 총량규제방안에 관한 연구”, 한국환경기술개발원, 1994.
37. 김승우 외1, “금호강유역에서의 수질총량규제 실시방안 연구”, 한국환경기술개발원, 1996.
38. 환경부, “하수도통계”, 2001.

39. 한국건설기술연구원, “하천식생에 의한 수리특성 예측모형 개발”, 1999.
40. 국립환경연구원, “수질관련 기준 비교 분석”, 2000.
41. 건교부/한국건설기술연구원, “자연형 하천계획 및 하천 수질과 유량의 상관성 조사·연구”, 1994.
42. 국무총리수질개선기획단, “금강수계 물관리종합대책 종합평가결과”, 2002.
43. 환경부, “배출허용기준(폐수) 적용을 위한 지역지정 규정”, 1999.
44. 김승우 외, “특정 수계권역의 수질총량규제 방안연구”, 한국환경정책평가연구원, 1997.
45. 용담댐 관련 공동 조사위원회, “용담댐 용수의 합리적 이용 및 배분”, 2002.
46. U.S. EPA, Introduction to Water Quality Standards, EPA 823-F-99-020, 1999.
47. APHA(American Public Health Association), Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 19th ed. APHA-AWWA-WEF, New York, 1995.
48. Maryland Department of the Environment, Total Maximum Daily Load for Biochemical Oxygen Demand(BOD) for the Western Branch of the Patuxent River, 1998.
49. U.S. EPA, Compendium of the Tools for Watershed Assessment and TMDL Development, EPA841-B-97-006, 1997.
50. NC Department of Environment and Natural Resources, Total Maximum Daily Load for Total Nitrogen to Neuse River Estuary, North Carolina, 1999.

51. U.S. EPA, WASP5, A Hydrodynamic and Water Quality Model Theory, User's Manual, and Programmer's Guide, Environmental Research Lab, 1988.
52. U.S. EPA, Technical Guidance Manual for Developing Total Maximum Daily Loads, 1997.
53. Maryland Department of the Environment, Total Maximum Daily Load for Nitrogen and Phosphorus for the Transquaking River Dorchester, Maryland, 1999.

## ■ 집 필 자 ■

### 이 상 진(李相辰)

- 충남발전연구원 환경연구부장
- 공학박사(환경공학 전공)
- 수질관리기술사
- lsjin@cdi.re.kr

기본연구과제 2003-07

### 錦江 中 · 下流圈域의 水質汚染物質 流達特性

- 忠淸南道 流域을 中心으로 -

---

발 행 자 : 오 제 직(충남발전연구원장)

---

발 행 일 : 2003년 12월 31일

발 행 처 : 충남발전연구원

305-313 대전광역시 유성구 상대동 138-42

전화 : (042)824-7813

팩스 : (042)824-7817

인 쇄 처 :

---

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

<비 매 품>