



# 친수하천의 수질사고 발생시 대응 방안 연구

— 종량 청계천과 안양천을 중심으로 —

조용모

시 정 연  
2006-R-18

친수하천의 수질사고 발생시 대응방안 연구  
- 중랑·청계천과 안양천을 중심으로 -

2006

서울시정개발연구원  
Seoul Development Institute

## 연구진

---

연구책임 조 용 모 • 도시환경연구부 연구위원  
연구원 김 소 희 • 도시환경연구부 연구원  
양 지 희 • 도시환경연구부 연구원  
이 혜 영 • 도시환경연구부 연구원

---

자문위원 민 병 현 • 호서대학교 교수  
박 석 순 • 이화여자대학교 교수  
송 용 기 • 서울시 수질과장  
유 명 진 • 서울시립대학교 교수  
이 상 훈 • 수원대학교 교수

---

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서  
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

## I. 연구의 개요

- 하천의 복원은 산책, 조깅, 물놀이 등 친수 활동의 공간으로 이용되는 것은 물론 나아가 재산권의 형성에도 이바지할 수 있기 때문에 시민들의 관심은 무척 높아지고 있음.
- 최근 하천의 이용도가 높아짐에 따라 친수하천의 수질사고가 빈번이 나타나고 있음. 그러나 이러한 수질오염사고시 대응방안이 체계적으로 수립되지 못하고 있는 실정임.
- 따라서 이 연구의 목적은 친수하천의 유독물 유입사고, 물고기 폐사사고, 조류발생에 의한 악취 및 투명도 저하 사고 등 수질오염사고시 대응방안을 제시하는데 있음. 주요 수질오염사고를 종류별로 구분하고, 이에 따른 현상과 문제점을 분석하여 제도적, 기술적 대응방안을 제시하는데 있음.

## II. 연구의 결과

### 1. 친수하천의 수질사고의 종류

- 수질오염 사고는 크게 자연현상에 의한 이상(異常) 수질오염사고와 인간에 의해 발생하는 인위적 수질오염사고로 나눌 수 있음. 산업과 교통규모의 확대로 인해 유류 및 유독물 유출에 의한 오염사고와 폐수 등의 무단방류로 인한 인위적 수질오염사고가 많이 발생하고 있음. 또

한 주요하천에 물고기 대량 폐사사고와 조류발생으로 인한 악취 발생 및 투명도저하 등의 문제가 발생하고 있음.

## 2. 관련 제도의 분석

- 수질환경보전법에는 수질오염사고시 신고하도록 하는 규정만 있고, 수질오염발생시 긴급 방제 등의 대책이 제시되어 있지 않음. 환경부 예규 「환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정」에 일부 포함되어 있기는 하나 물고기폐사와 같은 생태계에 큰 영향을 미치는 수질오염사고에 대한 규정이 포함되어 있지 않음.

## 3. 비점오염원에 의한 오염부하량

- 비점오염원에 의한 오염부하량은 초기강우시 월류수로 하천에 유입되어 물고기 폐사시키는 주요원인이 되고 있음. 청계중랑천 유역의 토지이용에 의한 배출부하량이 BOD 2,543.3kg/일, TP 68.3kg/일로 분석되었으며, 초기강우시 월류수의 수질은 2003년 6월 23일 20mm 강우시 156 ~ 227.1mg/L로 분석됨. 이러한 수질이 하천으로 유입되면 그 수역은 일시에 용존산소가 급격히 고갈되어 0 mg/L수준으로 저하됨.
- 안양천의 경우도 토지이용에 의한 배출부하량이 BOD 2,367.4kg/일, TP 64.2kg/일로 분석되었으며, 초기강우시 월류수의 수질은 2005년 5월 17일에 77 ~ 170mg/L을 보이고 있음.

## 4. 친수하천의 수질오염사고 현황

○ 유독물(유류 포함) 유출 사고

- 서울시 주요 하천에 대형 유독물 유출사고는 아직 보고된 바 없으나 국내외적으로는 많은 대형 수질오염사고가 발생하였음.
- 대형 수질오염사고는 1990년대 초 낙동강 폐놀오염사고, 중국 송화강 벤젠 유출사고 등이 있음. 이러한 사고는 한번 발생하면 대규모 생태계 파괴 및 경제적 손실을 발생하기 때문에 초기 대책이 중요함.
- 특히 유독물 유출사고의 주요 원인은 운전관리 및 운전요원의 부주의로 나타나고 있음.

○ 청계천 등의 친수하천 유하시간

- 중랑천과 안양천의 경우 상류에서 한강본류까지 유하시간은 평시유속 0.25m/sec를 적용할 경우 대략 36시간임. 청계천의 경우 유속이 1m/sec 일 때 2시간 20분 정도이면 최하류까지 도달함. 따라서 청계천에 유독물이 투입될 경우 계획된 시나리오에 따른 신속한 대응이 필요함.

○ 물고기 폐사사고

- 중랑천 물고기 폐사사고는 2000년 4월과 6월에 수만 마리의 물고기폐사 사고 발생함. 청계천의 경우는 2006년 6월 청계천 복원 후 처음으로 수백마리의 물고기(치어) 폐사사고가 발생함. 안양천의 경우는 거의 해마다 물고기폐사사고가 발생하였으나 최근 2005년 5월 안양천 하류에서 수천마리의 물고기 폐사사고 발생함.
- 주요 사고원인으로는 초기강우로 인한 하상교란과 다량의 오염물질 유입으로 용존산소가 부족한 수역에 산란기의 물고기가 진입하면서 용존산

소 부족으로 인한 사고로 보여짐.

○ 하천 투명도 저하 및 냄새 발생 사고

- 청계천의 경우 하천의 투명도가 크게 저하되어 수질이 크게 악화되고 있음. 또한 봄, 가을철에는 물비린내가 많이 발생하여 시민들에게 불쾌감을 유발함. 이러한 원인으로는 녹조현상(부착조류 대량 번식)으로 인한 사고임.

### Ⅲ. 정책건의

#### 1. 수질사고 유형에 따른 대책 시행

○ 수질사고시 대책 시나리오 미리 설정

- 친수하천에서 수질사고가 발생한 경우 효과적인 대책을 실시하기 위해서는 대책 시나리오를 미리 설정해 두는 것이 필요함.

○ 사고지역특성 및 오염물질특성에 따른 적절한 처리대책 시행

- 발생한 수질사고의 유형에 따라 효과적인 대책방안이 다르므로 원인물질을 확인하여 수질사고를 규명하고, 사고 발생 지역의 특성을 파악하여 오염물질의 하류확산방지, 오염물질의 회수 및 처리·처분, 무해화 및 희석이 가능하도록 대책장소와 방법 그리고 대책 기자재를 적절하게 선정하는 계획을 수립하여 신속히 대책을 시행함.

#### 2. 유류사고 및 화학물질사고 발생시 대책 시행

○ 유류사고시 유하시간을 고려한 오일펜스 설치 필요.

- 유류 사고의 경우 오일펜스에 의해 기름의 유하 및 확산을 방지하고, 기

름흡착제, 진공차 등 물리적·기계적인 수단에 의한 회수 및 처리대책을 시행함. 오일펜스 설치방법은 기름의 유하시간과 펜스 설치시간 및 기름의 유하방지가 가능한 지점의 설정 등에 따른 최적의 방법을 채용함.

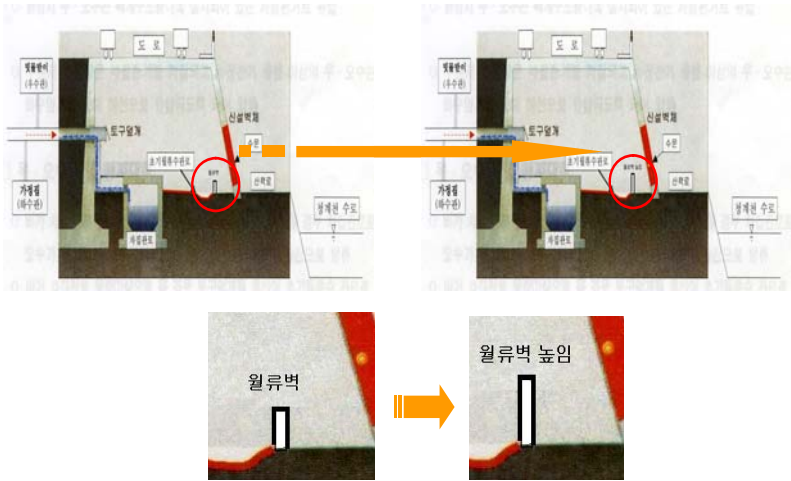
- 화학물질 사고는 토양과 수류 등에 의한 화학물질의 하류 확산방지, 기재를 이용한 회수, 약품주입에 의한 무해화 등의 처리대책 시행.
- 유류 및 화학물질 유출시 긴급 대응실시
- 유류 및 화학물질 유출시 긴급대응방법을 본문에 제시함. 즉 우·하수관로를 통해 유출되는 경우와 도로에서 하천으로 유출되는 경우 등 유출되는 상황을 고려하여 긴급대응 방법을 실시함.

### 3. 물고기 폐사 등 수환경 변화 대책

- 물고기 폐사 발생지역의 신속한 현장조사 실시
- 물고기 폐사사고가 발생한 지역의 수질분석 및 현장 확인을 통해 신속히 원인을 규명하고, 사고 발생지역의 물흐름이 원활하도록 임시 하상 정비를 실시하고, 오염도 분석결과에 따라 취·정수방법 변경여부를 판단, 조치하여야 함.
- 청계천의 물고기 폐사 방지를 위해 월류벽 높이 상향 조정
- 청계천 물고기 폐사 방지 대책으로는 구간별 폭기를 통한 DO조절, 초기 강우시 홍통과 노면을 따라 흘러 들어오는 노면수 배제, 정체된 수역이 없도록 하상 정비 등이 있음. 이 중 가장 중요한 월류수 대책을 보면 중장기적으로 초기강우를 저류할 수 있는 저류조를 주변 유역에 설치하고, 단기적으로는 현재 청계천에 설치된 월류벽을 약간 높여 초기



월류수량을 증가·저류시키는 방안을 검토하여야 함.



〈그림〉 청계천 우/오수처리 시스템 개선

- 초기 월류수에 의한 쇼크사를 줄이기 위한 어류 서식공간 조성
- 청계천의 물고기 폐사를 방지하기 위해 물고기가 비교적 많고 월류수가 직접 유입되지 않은 하상에 수초, 잡목 등을 시설하여 물고기 서식공간을 조성하여야 함. 이곳에는 수중 폭기시설을 설치하여 피난은 물고기에 용존산소를 공급할 수 있도록 하거나 깨끗한 물을 공급할 수 있도록 하는 장치 설치도 검토하여야 함.
- 하수 유입 토구에 물리화학적인 수질정화시설 확대 설치
- 청계천으로 유입되는 하수유입토구에 응집침전 처리시설 등 수질정화시설을 확대 설치하여 초기강우시 유입되는 유량을 신속히 응집침전 처리를 할 수 있도록 함.
- 주변지역에 빗물저류조 설치

- 빗물저류조 설치는 중장기적으로 월류수 대책의 핵심임. 그러나 청계천의 월류수 대책은 현재의 시설로는 한계가 있음. 따라서 중장기 대책으로 청계천 유역에 빗물저류조를 조성하는 방안이 모색되어야 함. 즉 인근에 운동장이나 주차장, 또는 지하철 시설내에 빗물저류조를 설치하는 방안을 모색하여야 함.

○ 청계천의 미관(투명도) 악화 및 냄새 발생 대책

- 청계천에는 부착조류가 대량 발생하여 투명도가 크게 저하되어 바닥이 검게 보임. 또한 계절적으로 물비린내가 발생하고 있음. 조류에 의한 미관 악화와 냄새 발생 대책이 필요한데, 효과적인 대책이 없음. 일반적인 대책으로 수증폭기를 통한 탈취, 생물학적 먹이연쇄 조절을 통한 조류 제어, 살조제 살포 등이 있음.
- 청계천의 투명도 저하가 보다 과도하게 진행될 경우 고분자유기화합물을 투여하여 부착조류 등을 제거하는 방법을 심도있게 검토하여야 함. 다만 이 방안은 어류에 영향을 미칠 수 있으므로 저농도를 주입하여 치어에 미치는 영향이 거의 없도록 하여야 함. 즉 저농도를 투입하면서 부착조류를 제거할 수 범위의 투입농도를 결정하여 주입하여야 함.

○ 수질사고 모니터링 시스템 확대 구축

- 수질사고감시 시스템은 수질측정망의 수질상태를 즉시 파악하고 수질이 이상시에 긴급하게 대처할 수 있음.
- 청계천 주요지점에 수질모니터링 시설을 확대 설치하는 방안을 모색하여야 함. 모니터링 시설을 수질오염사고에 의한 물고기 폐사 방지 및 수질관리에 활용할 수 있도록 함.

#### 4. 제도적 개선 방안

- 수질오염사고발생에 대한 제도적 대책 방안은 표와 같음.

〈표〉 수질오염사고 관련규정의 개선내용

구분	개선내용
수질오염사고 범위 규정	·수질오염사고의 범위를 확대 규정함. 수질오염사고 범위에, 유류 및 유독물 유출 사고 외에 물고기 폐사사고, 조류의 발생에 따른 미관악화와 냄새발생 등도 포함함.
원인조사 및 수습대책 제도화	·수질오염사고에 대한 원인조사 및 수습대책 규정 ·수질오염사고의 원인조사 의무화 필요, 관계기관에 신고된 수질오염사고의 경우 정해진 기간안에 수질오염사고 발생의 원인을 조사하여 관할기관에 보고토록함. · “환경오염사고 예방 및 수습업무 처리 규정” (환경부예규 제251호) 을 수질환경보전법으로 흡수하여 수습대책을 구체화할 필요성이 있음.
수질사고 발생후 처리 규정	· 『수질오염사고후 환경영향조사』 를 실시할 수 있도록 규정함. 특히 대형사고나 건강과 환경에 큰 영향을 미칠수 있는 사고는 의무적으로 환경영향을 실시하도록 함. · 『수질오염사고로 인한 비용 조사』 를 할 수 있도록 규정함. 특히 사고처리비용은 사고원인자에게 부담할 수 있도록 규정함. ·수질오염사고시 제반사항의 평가를 실시하여 문제점을 분석하고 향후 재발방지에 도움이 되는 시스템평가를 실시할 수 있도록 함.
자치단체에 역할 확대	·자치단체에 역할을 확대할 수 있도록 조례에 위임조항을 규정하고, 예산도 지원할 수 있는 체제를 확보하는 것이 필요함.

# 목 차

제 I 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구 배경과 목적 .....	3
1. 연구 배경 .....	3
2. 연구 목적 .....	4
제 2 절 연구 내용 .....	4
1. 대상 범위 .....	4
2. 내용 범위 .....	4
제 3 절 연구 수행도 .....	5
제 II 장 친수하천의 수질오염사고 개요 .....	7
제 1 절 수질오염사고 개요 .....	9
1. 수질오염사고의 정의 .....	9
2. 수질오염 및 수질오염사고 종류 .....	11
3. 수질오염사고 대책 개요 .....	15
제 2 절 관련 제도의 분석 .....	17
1. 현행 관련 규정 .....	17
2. 문제점 .....	23
3. 제도적 개선방안 .....	23
제 3 절 국내외 수질오염사고 사례 .....	27
1. 국내 수질오염사고 사례 .....	27
2. 국외 수질오염사고 사례 .....	35
제 III 장 중랑·청계천과 안양천 수질오염사고 사례 연구 .....	43
제 1 절 중랑천 수질오염사고 사례 .....	45

1. 일반 현황	45
2. 수질오염 현황	51
3. 초기 강우시 월류수 현황	55
4. 물고기 폐사사고	59
제2절 청계천 수질오염사고 사례	66
1. 일반 현황	66
2. 수질오염 현황	66
3. 하천 현황도	69
4. 조류 발생	70
5. 초기 강우시 월류수 현황	74
6. 물고기 폐사사고	79
제3절 안양천 수질오염사고 사례	85
1. 일반 현황	85
2. 수질오염 현황	89
3. 하천 현황도	94
4. 초기 강우시 월류수 현황	95
5. 물고기 폐사사고	100

#### 제Ⅳ장 친수하천 수질오염사고 관리방안 .....107

제1절 친수하천 수질오염사고 대책방안	109
1. 수질사고 일반대책 개요	109
2. 수질사고 긴급대응	109
제2절 유류사고 및 유류 외 화학물질 대책	113
1. 유류사고 대책	113
2. 화학물질 대책	121
3. 유류 및 화학물질의 유출방지 긴급대응	126
4. 청계·증랑천과 안양천의 유하시간	132

제3절 물고기 폐사 등 수환경 변화 대책 .....	134
1. 물고기 폐사 유형 및 긴급대책 실시 .....	134
2. 물고기 폐사 발생시 긴급판정 실시 .....	136
3. 청계·증량천 및 안양천의 물고기 폐사 방지 대책 .....	142
제4절 미관 악화 및 냄새 발생 대책 .....	146
1. 미관 악화 및 냄새 발생 현황 .....	146
2. 조류 및 화학물질에 의한 미관 악화 및 냄새 발생 방지대책 .....	148
3. 청계천의 미관 악화 및 냄새 방지 대책 .....	151
제5절 사고 후의 환경영향조사 .....	153
1. 환경영향조사항목 .....	153
2. 사고 후 보고서의 작성 .....	154
3. 수질사고처리에 따른 비용부담 .....	155
<b>제 V 장 결론 및 정책건의</b> .....	<b>159</b>
제1절 연구결과 요약 .....	161
제2절 정책건의 .....	163
■ <b>참 고 문 헌</b> .....	<b>167</b>
■ <b>부 록</b> .....	<b>173</b>

# 표 목 차

〈표 2-1〉 유형별 수질오염사고 현황	11
〈표 2-2〉 원인별 수질오염사고 현황	12
〈표 2-3〉 단계별 수질사고대책 개요	16
〈표 2-4〉 수질환경보전법 중 수질오염사고와 관련된 내용	19
〈표 2-5〉 하천법 중 하천에 관한 금지 행위 규정	20
〈표 2-6〉 해양오염방지법 중 수질오염사고와 관련된 내용	21
〈표 2-7〉 서울특별시 대규모 환경(수질)오염 현장조치 매뉴얼(안)	21
〈표 2-8〉 환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정	22
〈표 2-9〉 현행 수질오염관련 규정과 개선안	25
〈표 2-10〉 낙동강 폐사어류의 조사 항목 및 조사결과	30
〈표 2-11〉 하천수 수질검사 결과	32
〈표 2-12〉 임진강 어류폐사에 따른 신천 유역 사업장의 배상금	33
〈표 2-13〉 2006년 수질오염사고 발생 현황	34
〈표 3-1〉 서울시 기상 관측 결과 (1996~2005년)	46
〈표 3-2〉 중랑천 유역 내 행정구역별 면적	48
〈표 3-3〉 중랑천 유역 내 인구 현황	49
〈표 3-4〉 중랑천 유역 내 토지이용 현황	50
〈표 3-5〉 중랑천 유역 행정구역별 폐수배출업소수 및 산업폐수 현황	51
〈표 3-6〉 중랑천 유역 배출부하량	52
〈표 3-7〉 중랑천 수질측정지점 위치	53
〈표 3-8〉 청계천 수질 조사시기와 조사위치	56
〈표 3-9〉 하천수 분석 결과 (1차)	57

〈표 3-10〉 하천수 분석 결과 (2차) .....	57
〈표 3-11〉 유량 측정 결과 .....	58
〈표 3-12〉 월류수 분석 결과 (1차) .....	58
〈표 3-13〉 월류수 분석 결과 (2차) .....	59
〈표 3-14〉 중랑천 1차 물고기 폐사 구역 강수량 .....	61
〈표 3-15〉 1차사고 구역의 용존산소(DO) 및 BOD농도의 지점별 변동 .....	62
〈표 3-16〉 중랑천 2·3차 물고기 폐사 시점의 강수량 .....	63
〈표 3-17〉 2·3차사고 구역의 용존산소(DO)의 지점별 변동 .....	64
〈표 3-18〉 청계천 수질 조사시기와 조사위치 .....	66
〈표 3-19〉 청계천 조류개체수 및 조류우점종 조사결과 .....	72
〈표 3-20〉 냄새와 맛 장애를 일으키는 원인생물 .....	73
〈표 3-21〉 청계천 수질 조사시기와 조사위치 (건기시) .....	75
〈표 3-22〉 건기시 수질측정결과 .....	75
〈표 3-23〉 청계천 수질 조사시기와 조사위치 (우기시) .....	76
〈표 3-24〉 시간대별 강수량 현황 (2003년 6월 23일) .....	76
〈표 3-25〉 우기시 수질측정결과 (1차) .....	76
〈표 3-26〉 시간대별 강수량 현황 (2003년 7월 28일) .....	78
〈표 3-27〉 우기시 수질측정결과 (2차) .....	78
〈표 3-28〉 청계천 사고 당시 수질현황 .....	83
〈표 3-29〉 안양천 구역 내 인구 현황 .....	87
〈표 3-30〉 안양천 구역 내 토지이용 현황 .....	88
〈표 3-31〉 안양천 구역 행정구역별 폐수배출업소수 및 산업폐수 현황 .....	89
〈표 3-32〉 안양천 구역 배출부하량 .....	91
〈표 3-33〉 안양천 수질측정지점 위치 .....	91
〈표 3-34〉 안양천 구역의 연도별 토지이용 변화 .....	96
〈표 3-35〉 안양천 구역의 연도별 불투수 면적 변화 .....	96



〈표 3-36〉	당정천 유역 월류수 수질 및 유량 측정 (2005. 5. 17)	99
〈표 3-37〉	당정천 유역의 월류수 수질 및 유량 측정 (2005. 7. 8)	100
〈표 3-38〉	안양천 수역의 수질오염에 의한 물고기 폐사 조사 결과	102
〈표 3-39〉	안양천 물고기 폐사일지	105
〈표 4-1〉	유류사고 대책방법과 적용 가능한 하천 조건	115
〈표 4-2〉	유류 이외의 처리대책방법과 적응조건	122
〈표 4-3〉	중금속 수산화 생물성의 최적 pH성 (NaOH 중화)	123
〈표 4-4〉	각 중금속의 화학적처리법의 개요	124
〈표 4-5〉	대표적인 농약처리법	125
〈표 4-6〉	물고기 폐사원인 및 특징	135
〈표 4-7〉	현장 조사항목 일괄	138
〈표 4-8〉	폐사어 관찰 조사	140
〈표 4-9〉	현장관찰 순서와 내용	141
〈표 4-10〉	폐사어 관찰 포인트	142
〈표 4-11〉	칭계천 이용시설 개선사항	145
〈표 4-12〉	냄새에 의한 오염물질 식별방법	147
〈표 4-13〉	타약품과 농도비교	151
〈표 4-14〉	타약품과 효과비교	151
〈표 4-15〉	평가항목별 판정내용	157

# 그림목차

〈그림 1-1〉 연구 수행도	5
〈그림 2-1〉 이상 수질에 대한 하천수질 관리	10
〈그림 2-2〉 2005년 11월 봉화강의 벤젠 유출사고	37
〈그림 3-1〉 서울의 하천 현황도	46
〈그림 3-2〉 중랑천 유역 현황도	48
〈그림 3-3〉 중랑천 수질측정지점	53
〈그림 3-4〉 연도별 중랑천 수질추이 (BOD)	54
〈그림 3-5〉 연도별 중랑천 수질추이 (TP)	55
〈그림 3-6〉 월류수 분석 결과 (1차)	58
〈그림 3-7〉 월류수 분석 결과 (2차)	59
〈그림 3-8〉 중랑천 물고기 폐사	65
〈그림 3-9〉 중랑천 사고 발생지점	65
〈그림 3-10〉 청계천 조사지점도	67
〈그림 3-11〉 청계천 수질 (BOD)	68
〈그림 3-12〉 청계천 수질 (TP)	68
〈그림 3-13〉 청계·중랑천의 유역현황도	69
〈그림 3-14〉 청계천 바닥의 갈색 부착조류의 현황	71
〈그림 3-15〉 청계천바닥의 부착조류로 인한 투명도 저하	71
〈그림 3-16〉 부착규조류의 전자현미경 사진	72
〈그림 3-17〉 냄새와 맛 장애를 일으키는 남조류	74
〈그림 3-18〉 우기시 BOD 분석 결과 (1차)	77

〈그림 3-19〉 우기시 SS 분석 결과 (1차) .....	77
〈그림 3-20〉 우기시 BOD 분석 결과 (2차) .....	79
〈그림 3-21〉 우기시 SS 분석 결과 (2차) .....	79
〈그림 3-22〉 청계천 현황 .....	80
〈그림 3-23〉 청계천 하수차집관거 .....	81
〈그림 3-24〉 청계천 물고기 폐사 .....	82
〈그림 3-25〉 안양천 유역 현황도 .....	86
〈그림 3-26〉 안양천 수질측정지점 .....	92
〈그림 3-27〉 연도별 안양천 수질추이 (BOD) .....	93
〈그림 3-28〉 연도별 안양천 수질추이 (TP) .....	93
〈그림 3-29〉 안양천 유역현황도 .....	94
〈그림 3-30〉 토지이용도 변화 .....	97
〈그림 3-31〉 불투수면적도 변화 .....	98
〈그림 3-32〉 당정천 유역 월류수 수질 (2005. 5. 17) .....	99
〈그림 3-33〉 당정천 유역의 월류수 수질 (2005. 7. 8) .....	100
〈그림 3-34〉 안양천 피해현황 (2003. 9. 13) .....	101
〈그림 3-35〉 신정1빗물펌프장 현황 .....	103
〈그림 4-1〉 수질사고발생시 긴급대응 흐름도 .....	111
〈그림 4-2〉 서울시 수질사고 대응 업무체계 .....	112
〈그림 4-3〉 유류사고 처리대책 작업 흐름도 .....	114
〈그림 4-4〉 오일펜스 설치 예 .....	118
〈그림 4-5〉 직접흡인식 기름회수장치 예 .....	120
〈그림 4-6〉 흡인/점착식 회수장치 예 .....	121
〈그림 4-7〉 우·오수관로를 통한 유출 .....	127
〈그림 4-8〉 도로에서 하천으로 유출되기 전 경로 .....	128

〈그림 4-9〉 도로에서 하천으로 유출 - 1 .....	129
〈그림 4-10〉 도로에서 하천으로 유출 - 2 .....	130
〈그림 4-11〉 하천으로 직접 유출 .....	131
〈그림 4-12〉 하천 폭이 좁은 경우 .....	131
〈그림 4-13〉 하천 폭이 넓은 경우 .....	132
〈그림 4-14〉 중량천의 유하시간 .....	133
〈그림 4-15〉 청계천의 유하시간 .....	133
〈그림 4-16〉 안양천의 유하시간 .....	133
〈그림 4-17〉 폐사어 발생 지점 대응 .....	137
〈그림 4-18〉 폐사어 수집 .....	142
〈그림 4-19〉 폐사어 비닐 .....	142
〈그림 4-20〉 청계천 우/오수처리 시스템 개선 .....	143
〈그림 4-21〉 먹이연쇄 과정 .....	149
〈그림 4-22〉 환경영향조사항목 .....	153

# 제 I 장 서 론

제1절 연구 배경과 목적

제2절 연구 내용

제3절 연구 수행도



## 제1절 연구 배경과 목적

### 1. 연구 배경

양재천의 자연형하천 복원과 청계천의 복원으로 인해 시민들은 하천복원 및 하천공간 이용에 대한 중요성을 인식하고 있다. 특히 하천의 복원은 산책, 조깅, 물놀이 등 친수활동의 공간으로 이용되는 것은 물론 나아가 재산권의 형성에도 이바지할 수 있기 때문에 시민들의 관심은 무척 높다고 할 수 있다.

한강 등 하천은 수질이 크게 개선되고, 주요 지천은 자연형 하천으로 조성되면서 생태계가 회복되고 많은 어류가 서식하게 되었다.

그러나 시민의 이용이 많은 하천의 수질오염사고는 하천 이용을 제한하게 할 수 있으며, 시민들의 정서상에도 악영향을 크게 미칠 수 있고, 하천관리에 큰 장애요인이 된다.

최근 중랑천의 물고기 폐사사고를 비롯하여 안양천의 물고기 폐사사고, 안양천 상류의 유류 유출사고가 발생하였고, 2006년 6월 8일 오전 청계천에서도 초기강우가 유입되면서 수백마리의 물고기 폐사사고가 발생하였다. 이와 같이 물고기 폐사사고는 도시하천이 친수하천 또는 자연형하천으로 개선하는 과정에서 빈번하게 나타날 수 있는 수질사고이다.

하천의 수질오염사고는 크게 자연현상에 의한 수질오염사고(이상(異常)수질오염사고)와 인위적 수질오염사고(유독물 유출사고) 등으로 대별할 수 있다. 또한 자연현상에 의한 수질오염사고와 인위적인 수질오염사고의 복합화로 발생하는 물고기 폐사사고가 있다.

## 2. 연구 목적

친수하천에 많은 시민이 나와 산책하는 일과 어린이들이 물놀이하는 일이 많아지고 있으나 친수하천의 수질사고가 빈번히 나타나고 있다. 그러나 이러한 수질오염 사고시 대응방안이 체계적으로 수립되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 친수하천의 유독물 유입사고, 물고기 폐사사고, 조류발생에 의한 냄새 발생 및 미관악화(투명도 저하) 사고 등 수질오염 사고시 대응방안을 제시하는데 있다. 이를 위하여 주요 수질오염사고 유형별 대책방안 등을 제시하고, 제도적 대책방안도 제시하고자 한다.

## 제2절 연구 내용

### 1. 대상 범위

이 연구는 공간적으로 청계·중랑천과 안양천을 중심으로 물고기 폐사사고 및 조류에 의한 냄새 발생, 하천수의 미관악화(투명도 저하) 사고 등을 위주로 연구하였고, 유독물 하천유입사고 등은 일반적인 대응방안을 중심으로 서술하였다.

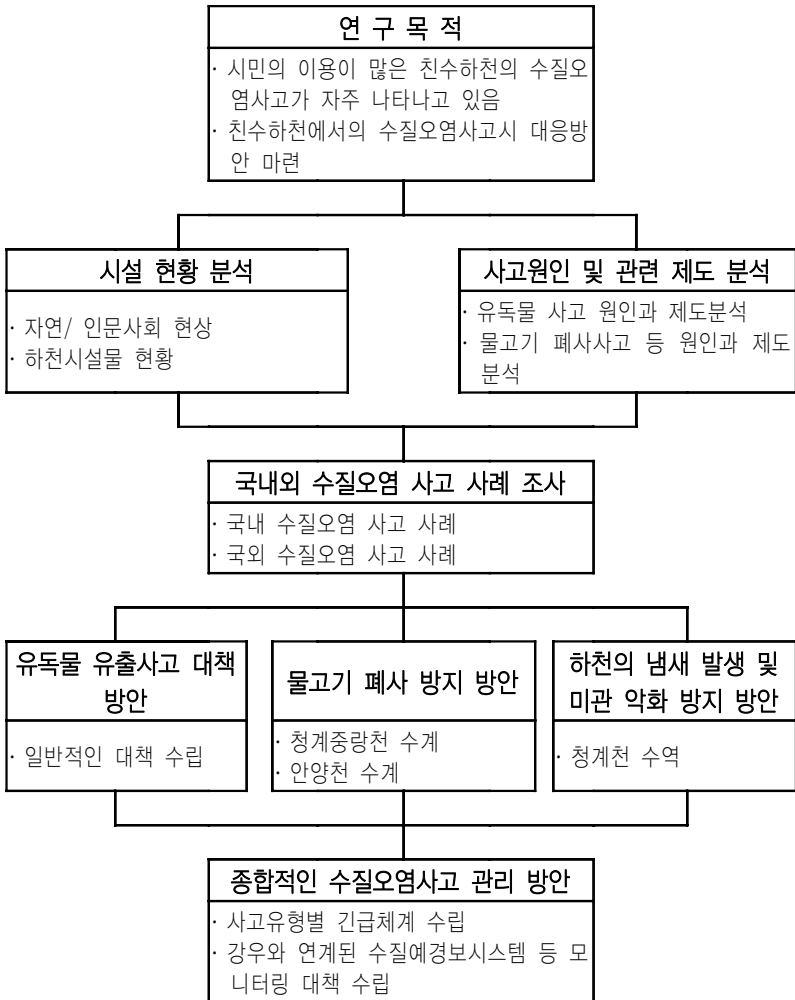
### 2. 내용 범위

내용적으로는 하천의 물놀이에 지장을 줄 수 있는 자연적 수질오염사고와 인위적 수질오염사고를 중심으로 살펴보았다. 이를 위해 수질자료 분석하였고, 수질에 영향을 미치는 주변 오염원이나 초기우수 등에 대해 살펴보았다. 나아가 이를 위해 제도적 대응책과 수질사고 발생시 긴급대책 방안 등을 살펴보았다.



### 제3절 연구 수행도

연구 수행도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구 수행도



## 제Ⅱ장 친수하천의 수질오염사고 개요

제1절 수질오염사고 개요

제2절 관련 제도의 분석

제3절 국내외 수질오염사고 사례



## 제1절 수질오염사고 개요

### 1. 수질오염사고의 정의

#### 1) 자연현상에 의한 이상(異常)수질오염사고와 인위적 수질오염사고의 정의

하천의 수질오염사고는 크게 자연현상에 의한 이상(異常)수질오염사고와 인위적 수질오염사고로 대별할 수 있다(그림 2-1 참조).

#### (1) 자연현상에 의한 이상수질오염사고

자연현상에 의한 이상수질오염사고는 자연현상에 의한 사고로 일반적으로 부영양화에 의한 수질오염을 말한다. 부영양화에 의한 수질오염사고는 독성물질에 의한 사고와 맛, 냄새의 발생 사고로 나눌 수 있다.

조류에 의한 독성물질의 발생으로 일어난 수질오염사고는 남조류에 의해 발생하는 마이크로시스틴(Microcystin) 등을 동물이 섭취하였을 경우 쇼크증상을 일으키고, 사망하게 되는 경우가 대표적이다. 또한 조류에 의해 정수장에서 정수처리를 어렵게 하거나 수돗물에 맛·냄새를 유발하여 식수로 사용할 수 없게 되는 경우와 친수하천에서 물비린내를 야기하여 하천에서 산책하는 시민들에게 불쾌감을 유발하게 하는 경우 등이 있다.

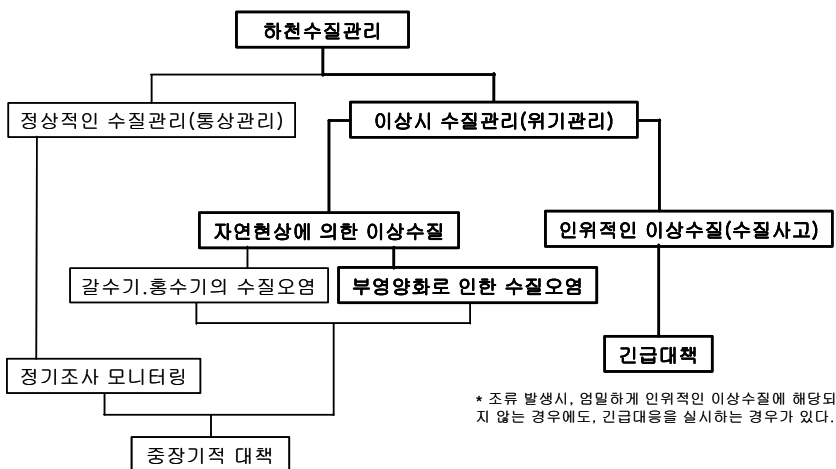
#### (2) 인위적인 수질오염사고

일반적으로 수질오염사고는 인위적으로 발생하는 이상수질오염사고라고 정의할 수 있다. 공장이나 작업장에서 기계의 고장이나 조작 실수, 폐기물 불법투기, 교통사고로 인한 유류나 화학물질이 하천으로 유출되어 발생한다. 이러한 행위로 하천의 수질오염을 야기하여 생태계가 파괴되거나 취수정지로

인한 수돗물공급 중단과 공업용수로 이용할 수 없게 되는 등 사회적 자연적 큰 영향을 미치는 경우를 말한다.

유류나 시안화물, 중금속 등 유독물질 등의 돌발적 유출에 의한 수질오염 사고는 다량의 물고기 등 수생 생물을 폐사시키고, 상수원수의 취수를 중단 시키게 하여 인간생활과 생산활동 등 사회·경제적으로 매우 큰 피해를 야기 시킨다. 수질오염사고는 유류와 유해화학물질, 중금속류, 폐기물류 이외에 수 환경변화에 의해서 발생하며, 이들 물질의 배출원은 유역 전체에 광범위하게 분포하고 있어 완벽한 오염사고의 방지가 매우 어려운 실정이다.

물고기 폐사사고는 최근 들어 빈번하게 나타나는 중요한 수질오염사고이다. 물고기 폐사사고는 원인이 여러 가지로 제시될 수 있으나 도시하천의 경우 용존산소 폐색 등이 주요 원인으로 대부분 복합적인 원인의 수질오염사고 이므로 인위적인 수질오염사고와 분리하여 살펴보았다.



〈그림 2-1〉 이상 수질에 대한 하천수질 관리

## 2. 수질오염 및 수질오염사고 종류

산업규모가 확대됨에 따라 유류, 유독물 등의 생산과 사용이 늘어나면서 취급 부주의와 수송차량 전복 등으로 오염 물질이 하천으로 유입되고 있다. 또한 산업체 등에서 폐유·폐유기용제가 다량 함유된 폐수를 무단 방류하거나 하수처리장 등 환경관련 시설의 고장, 파손 또는 운용요원의 부주의로 다량의 오·폐수가 하천으로 유출되면서 수질오염 사고가 일어나고 있다.

수질오염사고의 빈도는 감소추세를 나타내고 있으나 한번 사고가 발생하면 대규모의 생태계 파괴 및 경제적 손실을 야기할 수 있는 대형화 추세를 보이고 있다. 유형별 수질오염사고 현황과 원인별 수질오염사고 현황은 <표 2-1~2>와 같다.

<표 2-1> 유형별 수질오염사고 현황 (건수)

구분	계	유류유출	수환경 변화	유해물질 유출	기타
1999	88	55	7	9	17
2000	82	33	17	15	17
2001	81	39	19	9	14
2002	60	34	8	11	7
2003	55	28	11	6	10
2004	45	24	6	5	10

<표 2-2> 원인별 수질오염사고 현황 (건수)

구분	계	운전 및 취급부주의	온도상승 등 자연현상	기계고장	기타
1999	88	44	7	16	21
2000	82	32	16	13	21
2001	81	24	19	20	18
2002	60	23	9	11	17
2003	55	32	6	4	13
2004	45	31	4	1	9

## 1) 유류 및 유독물 유출 사고

### (1) 유류 등에 의한 오염사고

유출된 기름은 비중이 물보다 가벼워 수표면 위에 막을 형성하여 눈으로 쉽게 식별할 수 있으므로 사고 대응이 비교적 쉬우나 시민과 생태계에 미치는 영향은 심각하다. 또한 물 흐름에 의한 확산이 가속화될 수 있음을 고려할 경우 처리비용은 매우 높다고 할 수 있다.

유류 오염사고를 발생원별로 구분하면 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 유조차량, 선박 등의 운항 중 사고
- ② 유류 저장용기의 균열, 파손
- ③ 유류 운송, 저장시설 취급 부주의
- ④ 폐유 처리장 사고 및 무단방류

### (2) 유독물 등 유해화학물질에 의한 오염사고

유독물은 그 자체가 반응생성물인 화학물질 중에서 사람의 건강 또는 환경에 위해를 미치는 물질로 정의되므로 그 종류는 다양하며, 특히 합성화학 기술의 발달에 따라 신규유해물질이 매년 새로 등장하고 있다.

유독물 등 유해화학물질 오염사고를 발생원별로 구분하면 다음과 같다.

- ① 유독물 등 유해화학물질의 운송 중 사고
- ② 유독물 등 유해화학물질의 저장용기 균열, 파손
- ③ 유독물 등 유해화학물질의 운송, 저장시설 취급 부주의
- ④ 유독물 등 유해화학물질을 사용하는 사업장 사고



### ⑤ 유독물 등 유해화학물질이 함유된 폐수 등의 무단방류

유독물 등은 용제류를 제외하면 대부분이 물에 잘 녹으므로 눈으로 식별하기가 쉽지 않다. 그러므로 하천에서는 물고기 등 하천에 살고 있는 생물, 수초 등의 폐사와 냄새 등으로 식별할 수밖에 없다.

일반적으로 유독물 등 유해화학물질은 자연계에서 안정하므로 하천에서는 확산에 의한 희석효과로 오염농도가 저하되지만 상당기간 농도가 유지될 경우 하천수 전체를 사용할 수 없게 된다. 또한 지하수 등으로 유입될 경우 처리는 거의 불가능하다.

## 2) 물고기 폐사사고

물고기 폐사사고의 원인은 아직도 불분명한 점이 많이 있다. 특히 물고기 폐사의 특징을 보면 용존산소의 부족으로 인한 사고가 70% 이상을 차지하고 있다. 서울에서도 중랑천, 안양천 등에서 물고기 폐사사고가 빈번하게 발생하였고, 특히 중랑천에서는 수만마리의 물고기가 폐사한 경우가 있다.

계절별로 보면 봄철에 많이 발생하는데, 이는 봄철 갈수기를 지나면서 용존산소폐색물질이 다량으로 유입되고, 수온이 15℃이상으로 상승하여 퇴적물이 부유하면서 일시에 많은 양의 산소를 소모하기 때문에 발생하는 경우가 많다.

## 3) 조류발생으로 인한 악취 발생 및 미관악화

하천이나 호소에서 물의 흐름이 느리거나 정체된 수역에서는 질소, 인 등의 영양염류가 다량으로 유입되고, 일사량이 증가하여 수온상승이 일어나면 조류가 다량으로 발생하여 조류 Blooming이 일어난다. 이때 주로 남색을 띠게 되어 녹조현상이라 한다. 녹조현상이 발생하면 산소고갈에 따른 어패류의 폐사, 물의 착색과 스킴 발생, 냄새 발생 등을 야기한다.

녹조현상은 반드시 정체성 수역에서만 한정되어 발생하는 것이 아니라

하천과 같은 우수시스템에서도 그 발생가능성이 항상 존재한다. 우수시스템에서는 물이 흐르기 때문에 영양염류가 과다하게 유입된다고 하여도 유속이 빠르면 조류 성장에 영향을 미치지 않는다. 우수시스템에서는 부유성 조류들의 성장이 최소화되며, 조류가 살아남기 위해서 적당한 매질에 붙어 부착성 생활양식을 가지게 된다. 따라서 하천과 같은 우수시스템에서는 일반적으로 부착성 조류가 우점하게 된다. 부착성 조류들은 부유성 조류와 달리 매질에 붙어사는 특성 때문에 대량 발생하여도 수체전반에 걸친 수화현상으로 나타나지 않고, 서로 달라 붙은 군체형(colony) 또는 실과 같이 늘어진 사상성형태(filamentous)로 나타나며 이들이 더욱 성장하면 매질로부터 탈리되어 수표면으로 떠오르거나 바닥에 가라앉게 된다. 그러나 가라앉은 조류들은 물의 흐름을 따라 하류로 이동하거나 탈리된 조류가 하류구간으로 유입되어 조류 발생에 영향을 미칠 수 있다.

특히 친수하천에서 조류발생으로 나타날 수 있는 문제점으로는 냄새를 유발하여 친수하천을 찾는 사람들에게 불쾌감을 유발하거나 시각적으로 물을 착색시켜 투명도가 낮은 물을 만든다.

청계천의 경우 현재 바닥에 놓인 돌에 조류가 부착하여 물의 투명도를 크게 낮게 하고 있으며, 이를 제거하기 위하여 매일 부착 조류를 일일이 청소하고 있다. 이 때문에 물이 흐려져서 많은 불쾌감을 유발한다.

또한 지난 가을철에는 조류에 의한 물비린내가 장시간 발생하여 산책을 즐기는 사람들에게 불쾌감을 유발하였다. 이런 현상은 주기적으로 발생될 것으로 예상된다.

### 3. 수질오염사고 대책 개요

수질오염사고에 정확하고 신속히 대응하기 위해서는 조기 사고 발견, 사고처리 관련기관에 신속한 연락 및 협조체제 구축, 적절한 대응책 강구가 필요하다.

수질오염사고를 시계열적으로 살펴보면 크게 수질오염사고 발생전, 수질오염사고 발생시, 수질오염사고 발생후로 구분할 수 있다<표 2-3 참조>.

<표 2-3> 단계별 수질사고대책 개요

단계	대책 대분류	대책 소분류
수질사고 발생전	사고체제 정비	·사고체제 정비 ·연락체제 정비
	수질조사 준비	·조사용 기자재 준비 ·분석기관, 채수기관 리스트 작성 ·수질자동감시장치 데이터 관리 ·수질사고대응 유역정보 정리
	대책 준비	·대책 기자재 준비 ·유량-유하시간 관련도 작성 ·수질사고대책기술 시스템 작성 ·수질사고대책 훈련 ·안전관리상의 유의사항 주지철저
수질사고 발생시	사고정보연락 실시	·사고정보연락 실시
	수질조사 실시	·조사지점과 수질항목 선정 ·수질자동감시장치 측정 데이터 확인 ·원인물질 및 발생원 조사
	영향예측 실시	·영향 범위 파악 ·수질영향예측 실시 ·조사/대책종료 판단
	대책 실시	·원인별 대책 선정 ·대책 실시 ·현장 안전관리
수질사고 발생후	환경영향조사	·사고후 환경영향 조사
	비용 파악	·비용파악 ·비용부담 정리
	대책 평가	·대책 평가 ·정보전달 시스템 평가
	기타	·사고보고서 작성 ·기록 보관

## 제2절 관련 제도의 분석

### 1. 현행 관련 규정

하천에서의 수질오염 사고에 대한 관련 규정은 수질환경보전법과 하천법, 해양오염방지법과 환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정 등에 제시되어 있다(표 2-4~8 참조).

#### 1) 수질환경보전법

수질환경보전법은 수질보전과 관련한 기본법으로 공공수역의 수질보전을 기본적 내용으로 규정하고 있으나 주된 내용은 폐수를 배출하는 사업장 규제를 목적으로 하고 있어 수질오염사고에 대한 사항은 규정되어 있지 않다.

수질환경보전법 제16조(수질오염사고의 신고)에는 ‘유류·유독물·농약 또는 특정수질유해물질을 운송 또는 보관 중인 자가 당해 물질로 인하여 수질을 오염시킨 때에는 지체 없이 지방환경관서 또는 시·군·구 등의 행정기관에 신고하여야 한다’고 규정되어 있다. 또한 제17조(상수원의 수질보전을 위한 통행제한)에는 ‘전복, 추락 등 사고시 상수원을 오염시킬 우려가 있는 물질을 수송하는 자동차를 환경부령이 정하는 도로·구간을 통행할 수 없도록’ 규정하고 있다. 제21조(수질오염경보제)와 제29조(조류에 의한 피해예방)에는 조류오염에 대한 내용을 규정하고 있다. 다만 환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정(환경부 예규)에는 수질오염사고의 구분, 사고예방대책, 사고위험시설 지정관리 등을 규정하고 있다. 또한 비상연락체제 및 응급조치도 포함하고 있다.

또한 새로운미량유해물질발견시처리규정(환경부훈령599호)에 새로운 미량유해물질에 대한 배출원 추적조사 및 저감 등 종합적인 관리체계를 구축하고 운영에 관한 사항을 규정하고 있다.

## 2) 하천법

하천법에는 하천에서의 금지 행위를 규정하고 있으나 유류 및 유해물질 배출, 물고기 폐사 등과 같은 내용을 규정하고 있지 않다.

## 3) 해양오염방지법

해양오염방지법 등은 선박과 해양시설에서 기름·유해액체물질·폐기물을 해양에 배출하는 것을 규제하고 있다.

## 4) 서울시 대규모 환경(수질)오염 현장조치 매뉴얼(안)

서울시 대규모 환경오염 현장조치 매뉴얼(안)은 서울시에서 유류 및 유해 화학물질 등으로 인한 대규모 수질오염사고 발생시 신속하고 효율적인 수습으로 피해를 최소화하기 위하여 서울시가 조치하여야 할 사항을 세부적으로 규정한 것이다.

이 매뉴얼에서는 오염사고 위기 형태 및 위기대응 지침 및 판단/고려 요소, 위기대응 업무 수행체계, 위기 대응 조치 및 절차 등을 제시하고 있다.

〈표 2-4〉 수질환경보전법 중 수질오염사고와 관련된 내용

관련법규	시행령	시행규칙
<p><b>제15조(배출 등의 금지)</b>                      다음 각호에 해당하는 행위 금지                      1. 공공수역에 특정수질유해물질, 지정폐기물, 석유제품 및 유류, 유독물, 농약을 누출·유출하거나 버리는 행위                      2. 공공수역에 분뇨, 축산폐수, 동물의 사체, 폐기물 또는 오니를 버리는 행위                      3. 하천·호소에서 자동차를 세차하는 행위                      4. 공공수역에 다량의 토사를 유출하거나 버려 상수원 또는 하천·호소를 현저히 오염되게 하는 행위</p>	-	-
<p><b>제16조(수질오염사고의 신고)</b>                      유류·유독물·농약 또는 특정수질유해물질을 운송 또는 보관 중인 자가 당해 물질로 인하여 수질을 오염시킨 때에는 지체 없이 지방환경관서 또는 시·군·구 등의 행정기관에 신고하여야 한다.</p>	-	-
<p><b>제17조 (상수원의 수질보전을 위한 통행제한)</b>                      전보, 추락 등 사고시 상수원을 오염시킬 우려가 있는 물질을 수송하는 자동차를 운행하는 자는 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 지역 또는 그 지역에 인접한 지역 중에서 제4항의 규정에 의하여 환경부령이 정하는 도로·구간을 통행할 수 없다.                      1. 상수원보호구역                      2. 특별대책지역                      3. 「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조, 「낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조, 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조 및 「영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조의 규정에 의하여 각각 지정·고시된 수변구역                      4. 상수원에 중대한 오염을 일으킬 수 있어 환경부령이 정하는 지역</p>	-	<p>제10조 (상수원의 수질보전을 위한 통행제한 지역 및 도로·구간 등) ①법 제17조제1항제4호에서 "환경부령이 정하는 지역"이라 함은 다음 각 호의 지역을 말한다.                      1. 상수원호소                      2. 「수질환경보전법 시행령」 제8조제1항제5호에 따른 상수원 취수시설이 있는 지역                      ②법 제17조제4항에 따른 통행제한 도로·구간</p>

〈표 2-4〉 수질환경보전법 중 수질오염사고와 관련된 내용 (계속)

관련법규	시행령	시행규칙
<b>제21조(수질오염경보제)</b> ① 수질오염으로 하천·호소수의 이용에 중대한 피해를 가져올 우려가 있거나, 주민의 건강·재산이나 동물·식물의 생육에 중대한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정되는 때에는 당해 하천·호소에 대하여 수질오염경보를 발령(환경부장관 또는 시·도지사) ⑤ 수질오염경보 발령대상, 대상수질오염물질, 발령기준, 경보단계, 경보단계별 조치사항 및 해제기준 등에 관한 필요한 사항은 대통령령으로 정함.	제6조 (수질오염경보) ① 환경부장관 또는 시·도지사는 법 제21조제5항에 따라 수질오염피해가 우려되는 하천·호소를 선정하여 수질오염경보를 단계별로 발령할 수 있다. ② 수질오염경보의 종류와 경보단계별 발령 및 해제기준은 별표 1과 같다. ③ 수질오염경보의 발령에 따른 단계별 조치사항은 별표 2와 같다.	-
<b>제29조(조류에 의한 피해예방)</b> 환경부장관은 조류의 발생 등으로 인하여 호소의 수질에 중대한 영향을 미친다고 인정하는 경우에는 수면관리자 또는 호소를 수원으로 하는 취수시설 또는 정수시설의 관리자로 하여금 조류의 발생 등으로 인한 피해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하도록 명할 수 있다. 이 경우 환경부장관은 소요사업비를 예산의 범위 안에서 지원할 수 있다.	-	-

〈표 2-5〉 하천법 중 하천에 관한 금지 행위 규정

관련법규	시행령	시행규칙
<b>제7조(하천에 관한 금지행위)</b> 누구든지 정당한 사유없이 하천에 대하여 다음의 행위를 하여서는 아니된다. 1. 하천유역의 지류 또는 그 방향을 변경하는 행위 2. 하천의 부속물을 손괴하거나 손괴할 우려가 있는 행위	제50조(낙시 등의 금지구역 지정 등)①시·도지사는 법 제7조제4호의 규정에 의하여 야영, 취사 및 낙시행위가 금지되는 지역을 정할 때 다음사항을 고려하여야 한다. 1. 하천의 이용목적 2. 오염원의 현황 3. 수질오염도 4. 인근지역의 쓰레기발생 및 처리현황 5. 서식여류의 종류 등 수중생태계의 현황	-

〈표 2-6〉 해양오염방지법 중 수질오염사고와 관련된 내용

관련법규	시행령	시행규칙
제5조(선박으로부터 기름의 배출금지)	제40조 (해양오염영향조사)	제9조 (선박으로부터의 기름등의 배출) 제10조 (물밸러스트의 세정도) 제16조 (선박안에서 발생하는 유성 혼합물등의 저장 또는 처리)
제11조 (선박으로부터의 유해액체물질의 배출금지)	-	제26조 (유해액체물질의 사전처리 및 배출방법) 제27조 (유해액체물질의 배출방지를 위한 설비) 제100조 (오염방지관리인의 자격·업무내용 등)

〈표 2-7〉 서울특별시 대규모 환경(수질)오염 현장조치 매뉴얼(안)

관련규정
<p>제1장 개요</p> <p>제1절(목적)</p> <p>제2절(법적 근거)</p> <p>제3절(적용범위)</p> <p>제4절(위기형태)</p> <p>제5절(위기대응 지침 및 판단/고려요소)</p> <p>제6절(위기대응 업무수행체계)</p> <p>제2장 위기대응 조치 및 절차</p> <p>제1절(유류 유출사고 발생 상황)</p> <p>제2절(화학제품 유출 사고 발생상황)</p> <p>제3절(특정시설물 유출사고 발생 상황)</p> <p>제4절(조치 목록 및 내용)</p> <p>제5절(부서별 임무 및 역할)</p>



〈표 2-8〉 환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정(환경부예규 제251호 개정2005. 1. 7)

<p><b>제1장 총칙</b></p> <p><b>제1조(목적)</b> 이 규정은 「재난 및 안전관리 기본법령」 등에 의한 환경오염사고의 예방과 수습에 대한 종합적인 관리체계를 구축하고 이의 운영에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 함. 새로운 미량 유해물질 발견시에는 환경부령 「새로운 미량유해물질발견시 처리규정」을 따른다.</p> <p><b>제2조(정의)</b> 용어를 정의함.</p> <p>1. 환경오염사고라 함은 사업 및 생활환경활동에 따라 고의 또는 과실로 오염물질이 누출·유출되어 수질·대기·토양·오염·소음 진동·악취발생 등으로 사람의 건강이나 환경에 피해를 줄 수 있는 사고를 말한다고 규정.</p> <p><b>제3조(사고유형)</b> 사고를 발생시킨 원인물질 및 사고원인에 따라 다음과 같이 구분함. 1. 토양환경보전법 제2조에 정한 토양오염물질에 의한 사고 3. 대기환경보전법 제2조에 정한 수질오염물질에 의한 사고 등</p> <p><b>제4조(사고의 구분)</b> 사고를 효율적으로 관리하기 위해 사고의 규모에 따라 다음과 같이 구분하여 규정함. 1. 대형사고(국민의 생활과 자연생태계에 미치는 피해의 정도가 매우 크고 그 영향이 광범위하여 정부차원의 종합적인 대처가 필요한 사고). 2. 중형사고(국민의 생활과 자연생태계에 미치는 피해의 정도가 크고 국민의 관심이 집중되어 광역자치단체차원의 종합적인 대처가 필요한 사고). 3. 소형사고(국민의 생활과 자연생태계에 미치는 피해의 정도가 경미하고 시군구에서 자체적으로 수습할 수 있는 사고)</p> <p><b>제5조(사고관리주관부서)</b> 사고관리부서는 원칙적으로 사고발생원인물질이나 시설등을 관리하는 부서가 되도록 규정.</p> <p><b>제2장 사고의 예방</b></p> <p><b>제6조(사고예방대책)</b> 지방자치단체장 및 환경청장은 소관업무에 대하여 매년초에 사고예방대책을 수립하도록 규정.</p> <p><b>제7조(비상연락망 구성)</b> 지방자치단체장 및 환경청장은 관할지역내 관련기관·단체·방제업체 등의 비상 연락전화번호를 작성·비치하고 수시 수정 보완하도록 규정.</p> <p><b>제8조(사고위험시설 등 지정관리)</b> 지방자치단체장 및 환경청장은 사고발생의 위험이 높거나 사고의 예방을 위하여 계속적으로 관리할 필요가 있다고 인정되는 시설 및 지역을 특별관리 대상으로 지정하여 관리하도록 규정.</p> <p><b>제9조(수질감시망 운영)</b> 시도지사 및 환경청장은 상수원 상류 등 주요하천에 대하여 사고를 조기에 발견할 수 있도록 수질감시망을 운영하도록 규정.</p> <p><b>제10조(갈수기 대책 추진)</b> 지방자치단체장 및 환경청장은 갈수기 사고예방대책을 수립 시행에 대하여 규정.</p> <p><b>제3장 사고의 보고</b></p> <p><b>제12조(사고의 보고)</b> 사고의 발생이나 발생 징후를 발견할 때에 관계기관에 신고하도록 홍보 조치 등에 대하여 규정함.</p> <p><b>제13조(보고의 방법)</b> 사고의 보고는 최초보고, 중간보고, 최종보고 등으로 구분하여 가장 빠른 방법 등으로 하도록 규정함.</p> <p><b>제4장(사고의 수습)</b></p> <p><b>제14조(응급조치)</b> 시장 군수 구청장은 관할구역에서 사고가 발생된 때에는 오염물질이 확산되지 않도록 응급조치를 하도록 조치하여야 함.</p> <p><b>제15조(대형사고 수습체계)~ 제17조(소형사고 수습)</b> 대형 중형 소형사고 수습에 대하여 규정함.</p>
--

## 2. 문제점

수질환경보전법에는 수질오염사고 발생시 신고하도록 하는 규정만 있고, 수질오염사고 발생시 긴급 방제 등의 대책이 제시되어 있지 않으며, 물고기 폐사사고시 신고, 조사, 방제 등의 대책이 규정되어 있지 않다. 현재 환경부 예규 「환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정」와 서울시 규정 「대규모 환경(수질)오염 현장조치 매뉴얼(안)」에는 수질오염사고의 구분, 사고예방대책, 사고위험시설 지정관리 등을 규정하고 있다. 또한 비상연락체제 및 응급조치도 포함하고 있다. 그러나 이 규정에서도 물고기폐사와 같은 생태계에 큰 영향을 미치는 수질오염사고에 대한 규정이 포함되어 있지 않다. 하천법과 해양오염방지법 등에도 유독물 유출사고시 대응방안이나 물고기 폐사사고, 하천이나 호소에 악취나 미관 악화가 발생할 경우 대응하는 규정이 마련되어 있지 않다.

## 3. 제도적 개선방안

수질환경보전법에 유독물 유출사고시의 대책과 물고기 폐사사고 발생시의 신고, 원인 등 조사, 사후 대책 등이 제시되어야 한다. 또한 하천이나 호소에 악취 발생시 대책과 친수하천에 미관 악화(투명도 저하)시 대책이 규정되어야 한다.

### 1) 수질오염사고 범위의 재규정

수질오염사고에는 현재 하천 등으로 유독물 유입사고 정도를 규정하고 있다. 따라서 이를 좀 더 확대하여 물고기 폐사사고, 하천의 맛 냄새의 발생상태, 또한 하천의 색깔이 검어지는 등 미관악화 상태 등을 추가하여 확대하는 것이 필요하다.

### 2) 원인 조사 및 수습대책 제도화 필요

최근 들어 하천의 수질이 크게 좋아지면서 물고기의 번식이 많아지고, 개체수가 크게 증가하고 있다. 이런 상황에서 수환경의 급격한 변화는 물고기의 대형폐사사고로 이어지고 있다. 이러한 물고기의 폐사사고는 우리나라의 수질환경에 비추어 앞으로 빈번히 발생할 것으로 보인다. 따라서 간헐적으로 일어나는 유독물 유출사고와 달리 물고기 폐사사고는 매년 일어날 수 있다. 물고기 폐사사고가 발생하면 하천의 생태계가 파괴되고, 하천에 대한 부정적 이미지가 발생하여 시민 정서에도 부정적으로 작용할 수 있으며, 하천관리에 나쁜 영향을 미칠 수 있다.

물고기 폐사사고 등의 수질오염사고는 하천의 환경과 갈수기시 초기 월류수 발생시기 등을 분석하고, 부주의에 의한 수질오염사고 대처 능력을 향상시키면 크게 줄일 수 있을 것이다. 따라서 이러한 상황을 고려하여 수질오염사고 대책 즉 원인조사, 대응체계 가동 등 수습대책, 사후평가 등의 사항이 제도화되어야 할 것이다.

### 3) 환경부 규정(예규)을 시행령 등으로 흡수하는 제도화 필요

환경부의 규정은 좀 더 적극적인 역할을 수행할 수 있도록 수질환경보전법 등 시행령에 포함시켜 운용하는 것이 바람직할 것이다.

### 4) 수질환경보전법에 포함되어야 할 규정

수질환경보전법에 포함되어야 할 규정을 정리하면 <표 2-9>와 같다.

〈표 2-9〉 현행 수질오염관련 규정과 개선안

	현행	개선안
수질오염사고 범위 규정	수질환경보전법 제2조 (정의) “수질오염사고”에 대한 정의 등에 관한 규정이 없음.	수질환경보전법 제2장 공공수역의 수질보전 제1절 총칙 제2절 수계영향건별 수질관리 제3절 호소의 수질보전에 별도의 『수질오염사고 관리』라는 절을 추가하여 수질오염사고에 대한 제반 내용이 포함되어야 함.
		수질오염사고의 범위: 수질오염사고 범위를 규정하고 이때 물고기 폐사, 조류의 발생, 미관악화, 악취발생 등도 포함하여야 함.
	수질환경보전법 제16조 (수질오염사고의 신고) 유류·유독물·농약 또는 특정수질유해물질을 운송 또는 보관 중인 자가 당해 물질로 인하여 수질을 오염시킨 때에는 지체 없이 지방환경관서 또는 시·군·구 등의 행정기관에 신고하여야 한다.	
원인조사 및 수습대책 제도화		수질오염사고에 대한 원인조사 및 수습대책을 규정화할 필요(필요시 시행령에 구체적인 처리 기관 규정).
		(수질오염사고의 원인조사) 관계기관에 신고된 수질오염사고의 경우 정해진 기간안에 수질오염사고 발생의 원인을 조사하여 관할기관에 보고.
	수질환경보전법 제21조 (수질오염경보제) ① 수질오염으로 하천·호소수의 이용에 중대한 피해를 가져올 우려가 있거나, 주민의 건강·재산이나 동물·식물의 생육에 중대한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정되는 때에는 당해 하천·호소에 대하여 수질오염경보를 발령(환경부장관 또는 시·도지사) ⑤ 수질오염경보 발령대상, 대상수질오염물질, 발령기준, 경보단계, 경보단계별 조치사항 및 해제기준 등에 관한 필요한 사항은 대통령령으로 정함.	
	“환경오염사고 예방 및 수습업무 처리 규정”(환경부예규 제251호)을 “수질환경보전법”으로 흡수하여 수습대책을 구체화할 필요성이 있음.	

〈표 2-9〉 현행 수질오염관련 규정과 개선안 (계속)

	현행	개선안
수질사고 발생후 처리 규정		『수질오염사고후 환경영향조사』를 실시할 수 있도록 규정함. 특히 대형사고나 건강과 환경에 큰 영향을 미칠수 있는 사고는 의무적으로 환경영향을 실시하도록 함.
		『수질오염사고로 인한 비용 부담』을 할 수 있도록 규정함. 특히 사고처리비용은 사고원인자에게 부담할 수 있도록 규정함.
		수질오염사고시 제반사항의 평가를 실시하여 문제점을 분석하고 향후 재발방지에 도움이 되는 시스템평가를 실시할 수 있도록 함.

## 제3절 국내외 수질오염사고 사례

### 1. 국내 수질오염사고 사례

#### 1) 낙동강 페놀 사고

##### (1) 개요

1991년 3월 14일 오후 10시 ~ 15일 오전 6시까지 8시간 동안 경북 구미시 두산전자에서 페놀 원액 30t이 낙동강 지류인 옥계천에 누출되었다. 원료인 페놀을 공급하는 파이프라인의 이음새가 파열된 것이 원인이었다.

오염된 낙동강 물은 16일 대구시 수돗물의 70%를 공급하는 다사 수원지에 유입됐고 다시 수돗물로 만들어져 대구시에 공급되었다. 페놀에 오염된 수돗물을 마신 시민들은 구토·설사·복통으로 고통을 겪었으며 수돗물로 만든 두부·김치·콩나물 등은 악취 때문에 폐기 처분하는 사태가 발생하였다. 특히 페놀이 염소소독제와 결합하면 악취가 최고 1만 배나 증가하는 클로로페놀이 생성된다는 사실도 알지 못한 채 무턱대고 소독제만 쏟아 부었다.

두산전자는 한 달간의 조업정지를 당했으나 수출에 타격을 준다는 명분에 따라 보름만에 조업을 재개했으나 4월 22일 소량의 페놀을 또 다시 유출되어 14시간 동안 대구시가 수돗물 취수를 중단하는 상황이 발생하였다(2차 사고).

두 차례에 걸친 페놀 유출사고를 요약하면 다음과 같다.

##### (2) 1차사고

① 발생업체 : 두산전자 구미공장

② 발생시기 : 1991년 3월 16일

### ③ 피해상황 및 처리

- 폐놀원액 저장 탱크에서 수지 생산 공장으로 폐놀 원액을 공급하는 과정에서 평소 사용하던 지상 파이프 고장으로 예비용 지하 파이프를 사용하던 중 연결부에 원액 약 30톤이 유출되어 배수구를 통하여 낙동강으로 유입되었음. 당시의 오염도(폐놀농도)는 3월 19일에 고령 0.11mg/L, 현풍 0.116mg/L, 수산 0.1888mg/L이었으며, 3월22일 ~ 24일에 구미 0.007mg/L, 왜관 0.0006mg/L임.
- 두산전자에 30일간(3. 26 ~ 4. 24) 조업정지 및 시설개선(폐놀 원액 공급라인 중 지하배관 폐쇄 및 지상 배관 수리, 보강)토록 함.

### (3) 2차사고

① 발생업체 : 두산전자 구미공장

② 발생시기 : 91년 4월 22일

### ③ 피해상황 및 처리

- 1차 사고에 따른 조업정지 후 4월 12일부터 시운전을 거쳐 정상 가동하여 오던 중 지상 폐놀원액 공급 라인 배관 이음새 고장으로 폐놀 원액 약 0.3 톤이 낙동강으로 유출됨. 당시 오염도는 고령 0.018mg/L, 현풍 0.002mg/L, 수산 0.001mg/L, 다사 0.096mg/L이었음.
- 두산전자에 64일간 조업정지 및 시설보강(방유벽 설치), 원격감시 장치, 자동 경보 장치를 설치토록 하였음.

### (4) 피해상황

두산전자의 손실도 엄청났는데, 폐기시킨 수돗물 값, 수도관 등의 청소비

명목으로 대구시에 13억 5,190만 원을 배상했고, 시민 1만 1,000여 명에게도 11억 원을 직접 배상하였다. 또한 환경분쟁조정위원회를 거치면서 1,986명에게 3억 5,200만 원을 지급하였고, 민사소송을 제기한 임산부 16명에게는 1억 2,000만 원의 배상금을 지급하였다. 이와 함께 두산그룹측은 1991~1994년 동안 매년 50억 원씩 모두 200억 원을 수질개선사업에 사용토록 대구시에 기부하였다.

## 2) 낙동강하구 어패류 폐사사고

### (1) 개요

1996년 6월 19일 경상도 일대에 쏟아진 폭우로 낙동강의 수위조절을 위해 하구언 수문을 개방한 뒤 6월 20일부터 23일까지 4일 동안에 걸쳐 낙동강 하구언 상류 및 하류 해안가에 물고기와 조개류가 약 5톤 정도 폐사하였다. 물고기는 하구언을 중심으로 상류에서 낙동강 지류인 엄궁천이 합류되는 지점과 하류의 장림천, 보덕천 합류지점 등에서 폐사하였으며, 피해어종은 잉어가 약 90%를 차지하였고 나머지는 누치 등이었다. 한편 조개류는 해안가인 다대포 앞에서 폐사하였다.

### (2) 사고원인

물시료에 대한 수질검사와 죽은 물고기 및 조개류에 대한 검사를 실시한 결과 특별한 유해화학물질은 검출되지 않았으나 용존산소가 2mg/L보다 낮았으며, 죽은 물고기 아가미에 이물질 등이 혼입되어 있었다.

폐사 발생 하루 전인 19일에 집중강우가 내려 지천의 퇴적물이 다량 유입하였다. 수위 조절을 위해 하구언 수문을 개방함으로써 담수가 다량 방류되어 용존산소 결핍과 부유물질 증가 등에 의해 생육환경이 악화되었다.

조개류는 염분농도가 감소될 경우 삼투압작용으로 호흡곤란을 일으키므로 폐사될 수 있다. 호우에 따른 하구언 수문 개방으로 평상시보다 약 20~



70배에 이르는 담수가 다량 유입되었으므로 해안가 염분농도가 감소하였고, 이에 따라 조개류가 질식사한 것으로 추정하였다.

〈표 2-10〉은 낙동강 폐사어류의 조사항목 및 결과이다. 용존산소가 2mg/L이하로 조사되었고, 별 다른 특이점은 없어 질식사로 추정하였다.

〈표 2-10〉 낙동강 폐사어류의 조사 항목 및 조사결과

조 사 항 목		조 사 결 과	
일반현황	용존산소	2 mg/L 이하	
	pH	7.2	
	온 도	21℃	
폐 사 어	어 종	웅어(90%이상), 누치 등 기타	
	폐사기간	6. 20 ~ 6. 22, 48 시간 이상	
	체 장	웅어:15 ~ 30cm, 누치: 15 ~ 25cm	
	외 관	표면상태	정상
		외 표 면	정상
		상 처	무
	구 강	열린상태, 이물질 혼입	
	아가 미	색 깔	연분홍 또는 살색
		이 물 질	토양등 혼입
		기 포	무
	눈	색 깔	정상(검은색)
		이 물 질	무
		기 포	무
	지느러미	외 관	정상
	감염여부		무
내 장		팽창상태 없음	
혈 액		정상(갈색이거나 초콜렛색이 아님)	
바지락	구 강	열린상태	

### 3) 임진강 물고기 집단폐사

#### (1) 개요

1996년 6월 11~12일과 13~15일에 경기도 연천군 전곡읍 한탄강 국민관광유원지내~한탄강 하류 및 임진강상류 하천변, 임진강본류에서 물고기 집

단폐사가 발생하였다.

한탄강 유원지 내에 신천과 한탄강을 분리하기 위하여 설치한 분리둑(1.5 km)이 6월 10일, 강우(36mm)로 인하여 3곳(30m)이 붕괴, 유실되어 오염도가 높은 신천물과 퇴적물이 한탄강쪽으로 일시에 유입되면서 물고기가 폐사한 사건으로 한 가지 원인에 의한 것이라기보다는 복합적 원인으로 일어난 사고이다. 신천에서 흘러나온 폐수가 임진강 물고기를 폐사시켰다고 진정을 넣어 관련 환경부 환경조사과, 한강환경관리청, 국립환경연구원 및 파주시 각 부서에서 조사를 실시하였다.

## (2) 사고원인

폐사현황 및 폐사원인을 조사한 결과 물고기 폐사의 직접적인 원인은 6월 10일 강우로 한탄강과 신천의 분리둑이 유실되면서 오염도가 높은 신천의 물과 하천퇴적물이 정체수역에 일시에 유입되면서 물고기가 폐사한 것으로 판단되었다.

수질을 분석한 결과에 의하면 중금속, 페놀, 시안, 휘발성 유기화합물 등이 모두 불검출되었고, 폐사어류(송어, 누치)를 해부한 바 아가미 성상에 특이사항이 없고 유기인계 등은 모두 불검출되어 중금속에 의한 것이 아니라고 추정되었다(표 2-11 참조).

〈표 2-11〉 하천수 수질검사 결과

(BOD, mg/l )

지점 항목	한탄강 상류	송도 3 (독유실지점 )	송도 1 (한탄강하류 )	합류지점	파주 비룡대교	송의전앞	신 천
BOD	3.8	5.7	13.4	13.7	7.0	8.7	43.4
SS	3.0	10.0	38.0	25.0	5.0	10.0	117.0
COD	4.4	12.3	7.9	17.0	6.4	10.8	39.2
CN, Cd, As, Hg, Pb, Cr <sup>+6</sup>	불 검 출						

※ 자료 : 경기도 보건환경연구원 자료, 1996. 6. 11

### (3) 피해배상액 산정

#### ① 배상액 산정기준

배상액 산정기준은 파주시 "선단별·연도별 어획량 및 판매실적"을 인용하여 실시하였다.

#### ② 배상액 종합(금 58,045,000원)

임진강의 물고기 집단폐사 원인은 수중 용존산소 결핍에 따른 질식사로서 용존산소를 감소시키는 사업장에서 배출한 "유기체 탄소 등 수중유기물질 및 질소·인 등 부영양화물질, 저급지방산 물질" 등이 수중 용존산소 감소에 직·간접 원인물질로 작용하였다. 이에 따라 배상액은 신천에 폐수를 배출하는 사업장이 공동불법 행위자로서 임진강 물고기 폐사 전년도인 1995년 어획량을 비교대상으로 하여 비교대상 보다 적게 생산된 1996년의 판매액 차이를 "피해금"으로 인정하고, 임진강 수질오염에 미치는 영향중 신천이 미치는 기여율을 산정하여 기여율에 따른 배상금을 결정하였다. 종합한 피해배상금은 <표 2-12>과 같다.

<표 2-12> 임진강 어류폐사에 따른 신천 유역 사업장의 배상금

구 분	기여율	피해금액	배 상 액
① 신청인 피해액		739,527,000원	
② 신천오염원이 임진강에 미친 수질오염 부하	32.3%	238,867,000원	
③ 신천오염원 중 산업폐수에 의한 수질오염 부하	24.3%	58,045,000원	
④ 피신청인이 신청인에게 지급하여야 할 배상액			58,045,000원

### 4) 기타 수질오염사고 사례

최근 2006년의 수질오염 사고 사례는 <표 2-13>에 정리하였는데, 아직 통계가 집계되지 않아 3건이었고, 2005년은 유류유출, 수환경 변화 사고 등 16건이었다. 2005년의 주요 수질사고 개요는 <부록 1>에 제시하였다. 집계되지 않은 사고 등을 고려하면 많은 수질오염사고가 발생하고 있으나 아직 체계적으로 관리되지 못하고 있다.

〈표 2-13〉 2006년 수질오염사고 발생 현황

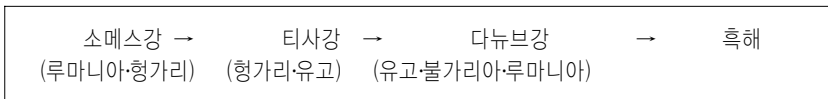
□ 유류유출사고

수계별	발생장소	일시	주요조치사항
한강	양평군 왕창면 인근 하천	'06. 1. 17 17:30(화)	○ 사고내용 1. 지하수를 식수로 사용하고 있으나, 지하수에서 기름냄새 발생/ 광주시 퇴촌면 영동리 소재 주유소 인근으로 판단되나, 기름 유출 흔적을 발견치 못함 ⇒ '06. 1. 17 양평경찰서 신고 ○ 조치내용 1. 사업장 관리에 철저를 기하여 줄 것을 당부 2. 흡착포, 오일펜스 설치 3. 지하수를 채취하여 한강청 측정분석과에 시료분석 의뢰
서해	서평택~음 성간 고속도로내 (고덕면 해창리 일원)	'06. 2. 7 09:30	○ 사고내용 1. 서산(대산프로티)에서 항공유 32,000L를 적재 후 남양주 소재 군부대로 이동 중 방판 길에 미끄러져 가드레일 추돌 후 항공유 30,000L가 고속도로 법면을 타고 배수로 유입 ○ 조치내용 1. 송탄소방서 및 고속도로 관리 사무소 합동으로 고속도로 통제 실시 및 화재대비, 흡착포, 유화제, 모래이용 회수작업 실시 2. 인력 및 방제장비 -인원: 41명(소방소 25, 도로공사 5, 한강청 4, 평택시 7) -장비: 흡착포 4박스, 유처리제 2통 -기타: 소방차 6대, 견인차 1대, 유류 흡입차 2대, 제설차 1대 3. 폐기물처리업체(동양테크)에 오염토양 수거 및 사고 주변 항공유 제거 실시
서해	화성시 팔탄면 울암리 대성저수지 유입관로	'06. 2. 10 10:00	○ 사고내용 1. 대성저수지 유입관로 부근 기름(폐유) 유출됨 2. 대성저수지 유입, 소하천 최종지점(넓이 3m, 길이 10m)에 정체되어 있는 기름 발견 ⇒ 저수지 관리자 안덕중, 화성시 신고 ○ 조치 내용 1. 유입관로부근 흡착분 이용 방제 실시 상류부근 오염물질 배출업소 점검 2. 인력 및 방제 현황 -인원: 화성시 5명 -장비: 흡착분 3, 흡착포 2박스

## 2. 국외 수질오염사고 사례

### 1) 루마니아 금광폐수 유출사고

2000년 5월 25일 루마니아 북서부 헝가리 접경도시 바야마래(Baia Mare) 소재 금광에서 2000년 1월 30~31일 사이에 내린 폭우와 폭설로 Aurul 금 제련소의 폐기물저수지가 범람하여 발생한 사고이다. 금광(Aurul 금 제련소)에서 시안화물이 유출되어 티사강을 따라 다뉴브강까지 오염되어 물고기 수백톤과 수중생물이 폐사한 사고였다. 이로 인해 사고발생국가인 루마니아와 피해국가인 헝가리, 유고 간에 피해보상 문제가 외교이슈로 비화되었다.



이 사고로 인해 피해규모 산정을 위해 루마니아·헝가리·EU 등 3자가 참여하여 피해보상방안을 검토하였다. 헝가리 정부는 인위적인 요소에 따른 재해라고 주장하는데 반해 루마니아 정부는 자연재해에 의한 것이라 주장하며 티사강 오염에 대한 보상요구를 거절한 바 있다.

### 2) 미국 제임스강 유독성 살충제(키펀) 오염사고

1975년 미국 버지니아주 호스웰시에서 라이프사이언스라는 살충제 제조 공장에 일하던 종업원의 절반이상이 두통, 시각장애, 간질환, 신경통, 불임 등 직업병에 시달리고 있어 보건당국의 검사결과 이 공장에서 제조하는 키펀이라는 유독성 살충제가 원인이라는 것이 밝혀지게 되었다. 공장 측은 종업원과 그 가족들에게 수백만 달러의 보상금을 지불하였고, 연방환경청은 공장 폐쇄와 함께 남아있던 키펀의 판매금지를 명하였다. 이에 공장 측은 남아있던 살충제를 모두 하수구에 버렸으며, 하수구에 버려진 살충제는 도시의 하

수처리장으로 유입되었다. 이로 인하여 하수 분해 미생물이 죽게 되고 하수 처리가 불가능하게 되었다. 더욱이 하수와 함께 처리수의 수용하천인 인근 제임스 강으로 살충제가 흘러들어 하류 100km구간은 생물이 살 수 없는 죽음의 강으로 변하였다. 제임스강의 물고기는 폐죽음을 당하였으며 체사피크만의 굴은 위험한 해산물이 되었다. 현재 체사피크만은 워싱턴 D.C.와 볼티모어 등 유역에 위치한 대도시에서 배출하는 생활하수와 공장폐수로 인해 심하게 오염되어 있다.

이로 인해 버지니아 주정부는 제임스강 160km에 걸쳐 낚시를 금지하고 잡힌 물고기를 취식, 판매하지 못하게 하였으며 강의 정화를 위해 많은 노력을 하였으나 쉽게 분해되지 않는 화학물질인 키펀이 하천바닥에 퇴적되어 지금도 퇴적물에서 검출되고 있다.

그 후 미국은 환경오염 유발 가능성이 있는 공장의 폐쇄나 이전시 적절한 환경영향을 검토한 후 이를 최소화하는 방법으로 시행하도록 규정하고 있다.

### 3) 중국 송화강 벤젠 누출사고

2005년 11월 13일 중국 지린시의 중국석유천연가스총공사(CNPC)의 지린 석화공사의 벤젠공장에서 벤젠 누출사고가 발생하였다. 1970년까지만 해도 청정수역이었던 송화강이 80년대 중반부터 상류 지린성에 석유화학 공장들이 들어서면서 오염이 급속히 심화되었다. 이 사고도 지린시의 한 벤젠공장에서 발생한 폭발사고로 송화강에 벤젠을 비롯해 아닐린, 니트로벤젠, 자일렌 등 유해 화학물질이 대량으로 유입되면서 비롯되었다(그림 2-2 참조).

벤젠은 대표적인 발암 물질로 백혈병을 일으키는 원인물질로 구분된다. 또한 벤젠 제조 과정의 부산물인 벤조파이렌(BAP)과 다핵탄화수소(PAH)는 분해, 증발이 되지 않아 낮은 농도에서도 생태계에 큰 피해를 준다.

이번 사태가 확대된 것은 중국 환경보호총국이 초기 대응을 제대로 못해

벤젠이 그대로 강으로 유입되었기 때문인데, 송화강의 벤젠 오염도는 약 80 km 구간에 걸쳐 유출되었으며 한 지점을 통과하는데 40시간이 소요되었다. 하얼빈시의 쓰팡타이(四方臺) 취수장에서는 니트로벤젠이 기준치를 8.53배 초과해 검출되었다(하얼빈시는 음용수의 90%를 송화강으로부터 취수함). 오염된 강물은 시속 2km의 속도로 하류로 내려오고 있는데 사고 발생후 13일 정도 지나서야 하얼빈 시를 빠져나갈 것으로 예상되어 그 사이에 많은 경제적 손실이 예상되었다. 하얼빈시에서는 물 사재기와 하얼빈시를 떠나는 사람들도 발생하였다.



〈그림 2-2〉 2005년 11월 송화강의 벤젠 유출사고

특히 오염된 강물이 통과하는 강의 길이는 헤이룽장 성이 940km, 지린성이 200km로 1,000km가 넘으며 강 유역의 수십만  $\text{km}^2$ 에 거주하는 주민만 수천만 명이었다. 때문에 이번 사태로 이 지역 주민들은 직접 또는 간접적인 영향을 받게 되었다. 이번 사태는 경제적 피해뿐만 아니라 생태계의 파괴, 물고기의 집단 폐사, 동식물에도 큰 영향을 미쳤다.



국제적인 환경보호단체인 세계야생생물기금(WWF)은 뽕화강의 오염은 현지 주민과 환경은 물론 러시아 인접 지역의 생태계에도 피해를 줄 수 있다고 지적하였다. 한편, 뽕화강 하류와 연결되는 아무르강을 식수원 사용하는 러시아 하바로프스크 주정부는 아무르강의 오염도를 매시간 측정하는 등 비상경계에 들어갔었다.

#### 4) 라인강 수질사고

##### (1) 개요

라인강 상류유역 스위스 바젤부근 Schweizerhalle에 위치하는 산도스제약회사에 1986년 11월 1일 화재가 발생하였다. 이 창고에는 1,300톤에 달하는 90여종의 화학물질이 보관되어 있었는데 화재 진화를 위해 사용한 다량의 물과 함께 이들은 곧바로 라인강으로 흘러들어가 라인강을 하루 아침에 죽음의 강으로 변모시키고, 부근 토양과 지하수를 오염시켰다.

##### (2) 피해상황

라인강에 서식하던 수중생물은 폐죽음을 당하였고, 사고지점 하류 400km에 해당하는 하천구간의 저서생물은 완전히 사라져 버렸다. 피해액은 400억 달러로 추정되고 있으며, 하천정화 노력으로 많이 회복되긴 했지만 지금도 하천 퇴적물에서는 유해화학물질이 검출되고 있어 라인강을 본래대로 회복하기란 매우 오랜 시간이 필요한 실정이다.

##### (3) 사고후 처리과정 및 조치

사건발생 직후 관리당국의 솔직한 발표와 신속한 대처가 이루어지지 않아 하류지역 프랑스와 독일에서 용수관리에 많은 피해가 발생함으로써 산도스사는 독일, 프랑스, 네덜란드, 벨기에 대하여 1억 스위스프랑을 지급하게 되었다. 유독물질을 보관하는 회사에서 사고시 인접 라인강에 미칠 재해에 대한 아무런 사전 대책을 세우지 않았기 때문에 그 피해가 광범위하게 확산되고 지속적으로 이어졌다.

## 5) 미국 미시시피 강 폐사사고 사례

### (1) 개요

1973년 1월 16일, 짧은 동절기가 지난 후, 미국 미시시피 강 Vancleave 근처 Paige and Cooper Bayous 강 언덕에서 수십만마리의 stripped mullet 이 죽었다. 주민들은 그보다 수배의 물고기가 수일에 걸쳐 가라앉거나 조수에 쓸려 내려갔다고 보았다. Centrarchid, ictalurid fish는 건강하게 보이는 것으로 보아 독성물질에 의한 것으로는 보이지는 않았다. 독성물질, 산소부족, 어업사고 등의 원인이 아닌 저온에 의한 폐사는 플로리다, 텍사스에서는 주기적으로 보고되고 있으나, 미시시피, 앨라바마에서는 보고되지 않았다.

### (2) 원인 추정

물고기의 죽음은 저온이 주원인이지만, 삼투압, 영양, 순화, 살충제 등의 요인이 복합적으로 작용한 것으로 추정되었다. 이 폐사에서는 이온-삼투압 조절 메카니즘의 파괴가 일어난 것으로 보이며 이러한 파괴는 온도에 순화하지 못한 경우, 상승작용을 일으킬 수 있다. 또한 endrin과 같은 살충제가 높게 나타났는데, 이들 살충제는 아마도 저온에 대한 저항성을 감소시켰을 것으로 추정하고 있다.

## 6) 스페인 Tajo강 폐사사고 사례

### (1) 개요

1991년 스페인의 Tajo강에서 봄부터 여름에 걸쳐 어류폐사사고가 발생하였다. 발생장소는 산업도시인 Aranjuez시 하류지역이었으며, 발생초기에는 여러 종의 물고기가 폐사하였다. 10일 경과 후 폐사현상은 60km 하류지역까지 확산되었으나, 잉어 단일종만이 폐사하였으며 다른 어종은 영향을 받지 않았다. 잉어의 폐사현상은 예상보다 매우 느린 속도로 하류로 확산되었으나,

지속적으로 일어났다.

영향을 받은 잉어를 검사한 결과 바이러스 혈증과 물곰팡이 번식이 발견되었고, 감염되었다가 치료된 잉어를 깨끗한 물로 옮겨 놓았을 경우 병의 확산이 일어나지 않았으며, 폐사의 발생이 예상보다 훨씬 느린 속도로 진행되었다. 이런 상황을 미루어 볼 때, 이 사고는 사고초기에는 어류의 치사량 이상의 독성 물질에 의해 폐사가 일어났으나, 시간이 경과함에 따라 오염물질의 농도는 감소하였다. 그러나 잉어의 경우 면역체계가 약화되어 감염에 따른 지속적인 사망이 일어난 것으로 보인다.

## (2) 원인 추정

수질과 어류시료를 분석한 결과 각 분석 항목별로 특이한 수치를 나타내지 않았으나 물벼룩과 어류세포를 이용한 독성실험 결과는 독성물질이 부유물질에 존재하는 것으로 밝혀져 이 부유물질을 재차 유기물과 무기물로 분획하여 독성시험을 실시하였다.

최종 독성시험 결과 원인물질은 어류에 대해 독성을 일으키는 dehydroabietic acid로 확인되었다.

## 7) 호주 Darling강 녹조 사고

1991년 12월, 호주 뉴사우스웨일즈 주의 달링(Darling)강 주변 목장에서 방목하던 소와 양 1600여 마리가 폐죽음을 당하는 사고가 발생하였다. 사망 원인을 조사하는 과정에서 가축들이 마신 강물에 문제가 있었음이 나타났다. 사고당시 달링강에서는 1년 이상 가뭄이 지속되어 이로 인한 수량부족과 극심한 부영양 상태를 나타내고 있었다. 더불어 강렬한 태양빛에 의해 식물성 플랑크톤(조류)의 대량 성장이 초래되었다. 부영양화가 심한 경우 사람을 포함한 많은 동물에게 해로운 독성 물질을 분비하는 남조류가 성장하게 되는데, 달링강의 가축 폐죽음 역시 이러한 남조류 때문으로 분석되었다.

## 제Ⅲ장 중랑·청계천과 안양천 수질오염사고 사례연구

제1절 중랑천 수질오염사고 사례

제2절 청계천 수질오염사고 사례

제3절 안양천 수질오염사고 사례



## 제1절 중랑천 수질오염사고 사례

## 1. 일반 현황

## 1) 자연 현황

## (1) 하천 현황

서울시의 하천 현황은 <그림 3-1>과 같다. 이 중 중랑천은 경기도 양주군 주내면 산북리 불국산에서 발원하여 의정부시를 지나 남류하여 하류부인 성동구 송진동에서 서류하고, 소근동에 이르러서 유역의 최대지류인 청계천과 합류, 한강본류의 성수대교 직하류 우안측에서 한강본류로 유입한다. 중랑천은 유역면적 296.04km<sup>2</sup>, 유로연장 34.8km인 한강의 제1지류로, 청계천 이외에 면목천, 우이천, 묵동천, 당현천, 방학천, 도봉천, 호원천, 회룡천, 백석천, 부용천, 광사천, 어둔천, 유양천 등이 유입되고 있다. 대부분의 지천은 서울시내를 관류하는 전형적인 도시하천 수계로 이루어져 있다.

## (2) 기상

우리나라는 중위도 온대성 기후대에 위치하여 봄, 여름, 가을, 겨울의 사계절이 뚜렷하게 나타나며 기온의 차가 크게 나타나고 있다. 겨울에는 한랭 건조한 대륙성 고기압의 영향을 받아 춥고 건조하며, 여름에는 고온 다습한 북태평양 고기압의 영향으로 무더운 날씨를 보이고, 봄과 가을에는 이동성 고기압의 영향으로 맑고 건조한 날이 많다.

서울관측소의 최근 10년 간(1996~2005년) 관측자료를 분석한 내용은 <표 3-1>과 같다. 평균기온은 12.9℃이며, 1월이 -2.0℃로 가장 낮고, 8월이 25.6℃로 가장 높게 나타나 겨울철과 여름철의 온도의 차가 27.6℃이다. 연평



### (3) 지형 및 지질

중랑천 유역의 동측에는 용암산, 수락산, 불암산 등이 왕숙천과 함께 분수령을 이루고 있고, 유역의 서측에는 도봉산, 북한산 등이 곡릉천, 창릉천과 분수령을 이루고 있다.

중랑천은 유역 전체의 평균고도가 약 EL.107.2m이며, 침식이 장기간 진행되어 지표의 기복이 크게 완화된 노년기 지형을 나타내고 있다. 중랑천 유역은 서울특별시와 의정부시 등 도시지역이 대부분을 차지하며, 농경지는 상류에 분포하고 있다.

## 2) 인문·사회 현황

### (1) 행정구역별 면적

WAMIS(국가수자원관리종합정보시스템)에서 제공하는 표준유역을 이용하여 중랑천 유역에 포함되는 행정구역의 면적을 산정하였다. 중랑천 전체 유역 면적은 298.35km<sup>2</sup>으로, 서울의 11개 구(강북구, 광진구, 노원구, 도봉구, 동대문구, 서대문구, 성동구, 성북구, 종로구, 중구, 중랑구)와 경기도의 3개 시(구리시, 양주시, 의정부시)를 포함하고 있다. 전체 유역 면적 중 서울시가 약 60%를 차지한다(그림 3-2, 표 3-2 참조).





〈그림 3-2〉 중랑천 유역 현황도

〈표 3-2〉 중랑천 유역 내 행정구역별 면적

행정구역		면적 (m <sup>2</sup> )			중랑천유역 구성비 (%)	
시도	시군구	전체면적	유역 내 면적	면적비(%)	시군구 비율	시도 비율
서울시	강북구	23,603,571	23,603,571	100.00	7.91	60.07
	광진구	17,051,636	7,417,462	43.50	2.49	
	노원구	35,424,011	35,243,349	99.49	11.81	
	도봉구	20,799,232	20,799,232	100.00	6.97	
	동대문구	14,215,985	14,215,985	100.00	4.76	
	서대문구	17,613,064	146,188	0.83	0.05	
	성동구	16,846,458	12,318,130	73.12	4.13	
	성북구	24,566,016	24,566,016	100.00	8.23	
	종로구	23,913,257	13,298,162	55.61	4.46	
	중구	9,961,216	9,117,501	91.53	3.06	
중랑구	18,503,020	18,482,667	99.89	6.19		
경기도	구리시	33,295,680	316,309	0.95	0.11	39.93
	양주시	310,236,522	37,228,383	12.00	12.48	
	의정부시	81,597,445	81,597,445	100.00	27.35	
총 합		-	298,350,399	-	100.00	100.00

※ 자료 : 서울특별시(2005), 서울통계연보; 경기도(2005), 경기통계연보

(2) 인구

각 행정구역별로 중랑천 유역내 포함되는 비율을 이용하여 유역인구를 산정하면 <표 3-3>과 같다. 전체 유역인구 중 서울시 인구가 3,293천명으로 88.7%, 경기도 인구는 421천명으로 11.3%를 차지하고 있다.

(3) 토지이용

각 행정구역별로 중랑천 유역내 포함되는 비율을 이용하여 토지이용현황을 산정하면 <표 3-4>와 같다. 유역면적 중 임야가 44.8%로 가장 많은 면적을 차지하며, 대지가 38.9%를 차지하고 있다.

<표 3-3> 중랑천 유역 내 인구 현황

행정구역	인구 (명)	시/도별 인구 (명)	
서울시	강북구	362,275	3,293,903
	광진구	167,336	
	노원구	627,339	
	도봉구	383,611	
	동대문구	383,896	
	서대문구	2,973	
	성동구	251,527	
	성북구	455,041	
	종로구	99,305	
	중구	125,016	
	중랑구	435,583	
경기도	구리시	1,846	421,051
	양주시	19,187	
	의정부시	400,018	
총합	3,714,954	3,714,954	

※ 자료 : 서울특별시(2005), 서울통계연보; 경기도(2005), 경기통계연보

〈표 3-4〉 종량천 유역 내 토지이용 현황

(단위 : km<sup>2</sup>)

행정구역	총계	전	답	임야	대지	목장	기타	하천	
서울시	강북구	23.60	0.09	0.05	13.40	9.27	-	0.47	-
	광진구	7.42	0.03	0.01	1.11	4.60	-	0.57	-
	노원구	35.24	0.33	0.44	16.93	15.00	-	1.45	-
	도봉구	20.80	0.35	0.25	10.00	9.28	-	0.37	-
	동대문구	14.22	0.09	0.05	1.23	11.93	-	0.40	-
	서대문구	0.15	0.00	0.00	0.04	0.10	-	0.00	0.00
	성동구	12.32	0.22	0.02	0.22	7.69	-	1.39	2.78
	성북구	24.57	0.10	0.06	8.81	14.69	-	0.36	0.55
	종로구	13.30	0.49	-	5.26	7.07	-	0.32	0.15
	중구	9.12	-	-	1.25	7.48	-	0.36	0.03
경기도	중량구	18.48	0.71	0.40	3.93	10.50	-	2.04	0.90
	구리시	0.32	0.05	0.01	0.12	0.07	-	0.03	0.03
	양주시	37.23	3.88	4.56	22.42	3.48	0.28	1.84	0.77
의정부시	81.60	6.07	5.35	48.83	14.91	0.03	4.52	1.88	
총합	298.35	12.39	11.22	133.55	116.06	0.31	14.12	7.09	
%	100.00	4.15	3.76	44.76	38.90	0.10	4.73	2.38	

비고: 1. 밭은 지목별 면적중 전과 과수원을 포함한다.

2. 대지는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지(골프장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함한다.

3. 기타에는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지를 포함한다.

※ 자료 : 서울특별시(2005), 서울통계연보; 경기도(2005), 경기통계연보

#### (4) 산업

종량천유역에 포함되는 전체 행정구역의 폐수배출업소수 및 산업폐수 현황을 조사하면 〈표 3-5〉와 같다. 산업업소수는 5,508개소이며, 폐수발생량은 144,313m<sup>3</sup>/일, 폐수방류량은 48,773m<sup>3</sup>/일이다.

〈표 3-5〉 중랑천 유역 행정구역별 폐수배출업소수 및 산업폐수 현황

행정구역	업소수 (개)	폐수발생량 (㎥/일)	폐수방류량 (㎥/일)	유기물부하량 (kg/일)		
				발생	방류	
서울시	강북구	195	432	176	74	3
	광진구	233	4,315	4,261	55	5
	노원구	291	835	833	28	23
	도봉구	211	407	403	62	0
	동대문구	265	12,237	9,384	125	26
	서대문구	194	553	191	9	3
	성동구	557	2,570	2,570	451	93
	성북구	279	1,275	1,275	84	18
	종로구	1,004	726	338	21	3
	중구	1,347	86,475	-	0	-
경기도	중랑구	239	273	273	0	0
	구리시	144	1,877	1,647	250	36
	양주시	314	31,595	26,795	13,477	656
	의정부시	235	743	627	270	7

※ 자료 : 환경부(2005), 공장폐수의 발생과 처리

## 2. 수질오염 현황

### 1) 수질오염부하량 현황

#### (1) 부하량 산정방법

「오염총량관리계획수립지침」(환경부고시 제1999-143호)을 참조하여 부하량을 산정하였다.

#### (2) 오염원

유역에 포함되는 행정구역의 인구, 하수처리장, 축산, 양식 오염원을 조사하였다. 중랑천 유역 인구로 대부분은 하수처리지역에 포함되고 있으며, 경기도 양주시의 하수처리비율이 가장 낮게 나타나고 있다. 중랑천 유역 내에는 중랑하수처리장과 의정부하수처리장이 위치하여 있어 처리된 물을 중랑천으

로 방류하고 있다. 가축과 양식시설은 대부분 상류지역인 경기도에 위치하고 있다.

### (3) 발생부하량

각 행정구역의 오염원을 산정한 후 유역에 해당하는 면적비를 곱하여 발생부하량과 배출부하량을 산정하였다.

중랑천의 발생부하량은 BOD 198,494.9kg/일, TN 41,799.7kg/일, TP 5,048.0kg/일로 산정되었다. 이 중 대부분은 인구에 의해 발생하는 생활계 부하량이다.

### (4) 배출부하량

중랑천 유역의 배출부하량은 BOD 33,246.2kg/일, TN 41,466.1kg/일, TP 3,037.7kg/일이다. 배출부하량 중 성동구에 위치한 중랑하수처리장과 의정부에 위치한 의정부하수처리장에서 배출되는 비중이 큰 것으로 나타났다<표 3-6, 부록 2 참조>.

<표 3-6> 중랑천 유역 배출부하량

구분	배출부하량 (kg/일)				
	합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
BOD	33,246.2	422.7	29,944.6	276.1	2,543.3
TN	41,466.1	138.3	40,641.3	156.0	518.9
TP	3,037.7	16.1	2,891.0	59.1	68.3

### (5) 토지이용에 의한 배출부하량

중랑천의 비점오염원이 수질오염사고에 의한 물고기 폐사사고에 영향을 미치고 있다. 중랑천유역의 토지이용에 의한 배출부하량은 BOD 2,543.3kg/일, TN 518.kg/일, TP 68.3kg/일로 분석되었다<표 3-6 참조>.

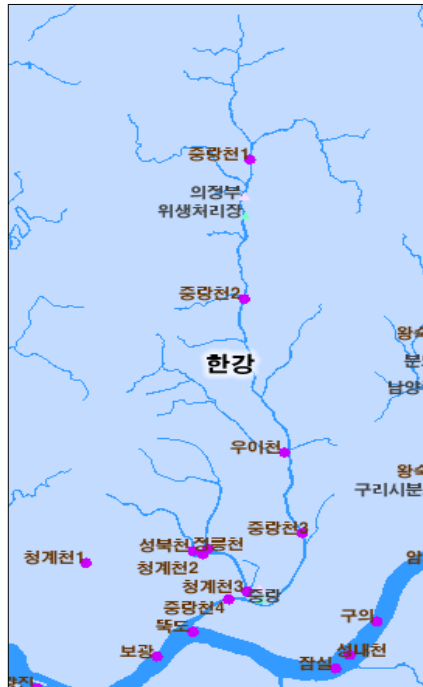
## 2) 수질 현황

환경부 수질측정지점은 <표 3-7> 및 <그림 3-3>에 나타난 것과 같다. 중랑천 본류에서는 중랑천 1~4 지점에서 수질측정이 이루어지고 있다.

<표 3-7> 중랑천 수질측정지점 위치

지점	위 치
중랑천 1 (상류)	경기도 의정부시 신곡동 568 (신곡교)
중랑천 2	서울시 노원구 (노원교)
중랑천 3	서울시 동대문구 장안동 (장안교)
중랑천 4 (하류)	서울시 성동구 성수1동 (성동교)

※ 자료 : <http://water.nier.go.kr/weis/>



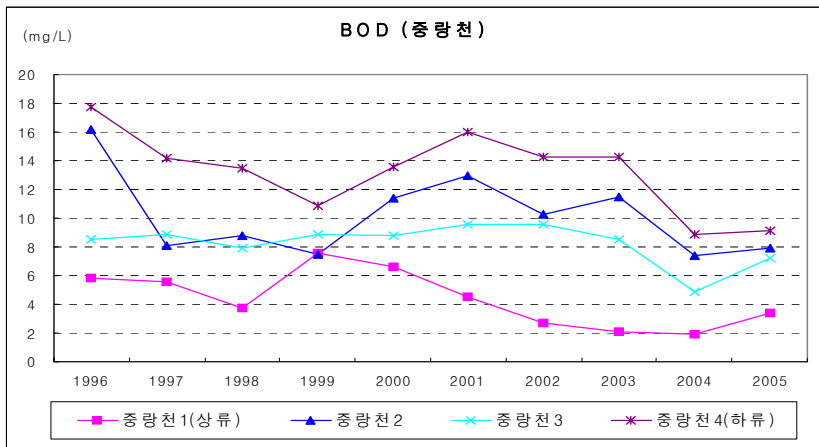
<그림 3-3> 중랑천 수질측정지점

※자료 : <http://water.nier.go.kr/weis/>

각 지점의 10년간(1996~2005년) BOD, TP 연평균 수질데이터를 <부록 3>과 <그림 3-4, 5>에 제시하였다.

(1) BOD

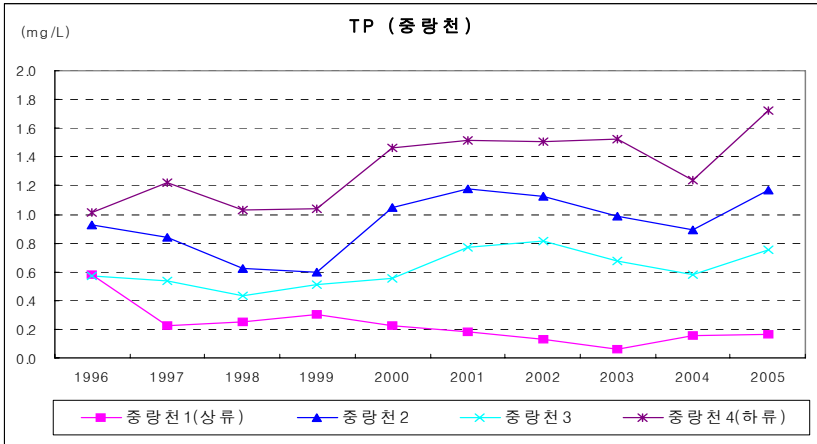
BOD 농도는 상류인 중랑천 1 지점의 경우 다소 양호해졌으며, 중랑천 2, 4지점의 경우도 2001년 이후 수질이 개선되고 있다<그림 3-4 참조>.



<그림 3-4> 연도별 중랑천 수질추이 (BOD)

(2) TP

1996년에서 2005년까지 10년간 중랑천 1 지점은 수질이 개선되었으나, 나머지 지점은 수질이 더 악화되었다. 특히 하수처리장 유입 이후의 측정 지점인 중랑천 2, 4 지점은 TP 농도가 증가하였다<그림 3-5 참조>.



〈그림 3-5〉 연도별 중랑천 수질추이 (TP)

### 3. 초기 강우시 월류수 현황

비점오염원부하는 불특정지점에 산재해 있는 오염원에서 배출되는 오염 부하를 말하며, 도시지역에서는 도로상에 쌓인 퇴적물이 많으며, 하수관거에 쌓여있는 퇴적토 등도 비점오염원 역할을 하고 있다. 비점오염원 물질이 강우유출에 의하여 하천에 유입될 때 하천수질에 큰 영향을 미치며, 특히 초기 강우시 하수관거를 월류하는 월류수는 생활하수 이상의 높은 오염도를 보이고 있고, 이들이 하천으로 직접 유입될 경우 하천의 용존산소를 고갈시켜 물고기를 대량 폐사시키는 원인으로 작용하고 있다.

또한 도시하천 유역은 도시화가 진행되면서 도로포장 및 아파트 건설 등으로 불투수지면이 크게 증가하는데 서울의 중랑·청계천, 안양천의 유역도 예외가 아니다. 이러한 상황은 초기강우의 오염도를 크게 증가시키며 강우의 유출속도를 증가시켜 하천수질에 영향을 미치고 있다.

여기에서는 초기월류수의 수질에 대해 기존에 조사한 자료를 바탕으로



살펴보았다. 앞에서 살펴본 비점오염원 배출부하량은 논, 밭 등 계량 가능한 자료를 바탕으로 부하량을 계산하였지만 여기에서는 기존 실측한 문헌자료를 바탕으로 제시하였다.

### 1) 초기 월류수의 수질 현황

「청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서」(2004)에서 조사한 하천수와 월류수 수질 조사 결과를 살펴보면 다음과 같다. <표 3-8>에 수질 조사시기와 조사위치를 제시하였다.

<표 3-8> 청계천 수질 조사시기와 조사위치

조사시기	하천수	1차 : 2003년 10월 23일 2차 : 2004년 2월 25일
	월류수	1차 : 2003년 11월 8일 2차 : 2004년 2월 22일
조사위치	하천수	W-1 : 서울시 성동구 마장동 용두4교 하류 50m 지점 W-2 : 서울시 성동구 행당동 17번지 한양대학교 남동측 600m 지점 W-3 : 서울시 성동구 송정동 장안철교 상류 50m 지점 W-4 : 서울시 성동구 금호동 용비교 하류 200m 지점
	월류수	WF-1 : 서울시 성동구 용답동 용답지하철역 서측 50m 지점

※ 자료 : 서울특별시(2004), 청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서

#### (1) 평상시의 하천수 수질

하천수 분석결과 1차 조사시 BOD는 4.1~9.5mg/L, T-N은 3.293~7.744mg/L, T-P는 0.045~1.423mg/L로 나타났다<표 3-9 참조>. 2차 조사시에는 BOD는 1.3~21.0mg/L, T-N은 7.386~28.402mg/L, T-P는 0.110~1.636mg/L로 조사되었다<표 3-10 참조>.

〈표 3-9〉 하천수 분석 결과 (1차) (단위:mg/L)

항목	지점	W-1	W-2	W-3	W-4
	pH		8,9	8,1	7,5
DO		6,4	6,5	6,6	6,2
BOD		4,1	9,5	5,7	5,4
SS		4,0	13,0	7,0	7,5
T-N		3,293	4,115	7,744	7,366
T-P		0,045	0,706	1,423	1,236
Chl-a		0,004	0,021	0,003	0,005
총대장균군 (MPN/100mL)		$1,3 \times 10^2$	$1,6 \times 10^3$	$7,1 \times 10^2$	$9,7 \times 10^2$

※ 자료 : 서울특별시(2004), 청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서

〈표 3-10〉 하천수 분석 결과 (2차) (단위:mg/L)

항목	지점	W-1	W-2	W-3	W-4
	pH		7,7	7,8	7,5
DO		8,9	1,8	8,2	8,4
BOD		1,3	21,0	6,9	7,2
SS		6,0	18,0	9,0	12,0
T-N		7,386	19,360	28,402	26,792
T-P		0,110	1,109	1,496	1,636
Chl-a		0,003	0,019	0,006	0,006
총대장균군 (MPN/100mL)		$9,9 \times 10$	$0,2 \times 10$	$4,8 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$

※ 자료 : 서울특별시(2004), 청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서

## (2) 초기 강우시의 월류수 수질

월류수의 유량을 측정한 결과는 〈표 3-11〉에, 수질을 분석한 결과는 〈표 3-12 ~ 13〉에 제시하였다. 1차, 2차 조사시 모두 BOD는 매우 높게 나타나 생활하수수준으로 나타나고 있다(그림 3-6 ~ 7 참조). 또한 용존산소(DO)는 2mg/L이하로 나타나서 하천에 유입할 경우 용존산소를 급격히 소모하여 물고기 폐사에 영향을 미칠 것으로 보인다.

〈표 3-11〉 유량 측정 결과

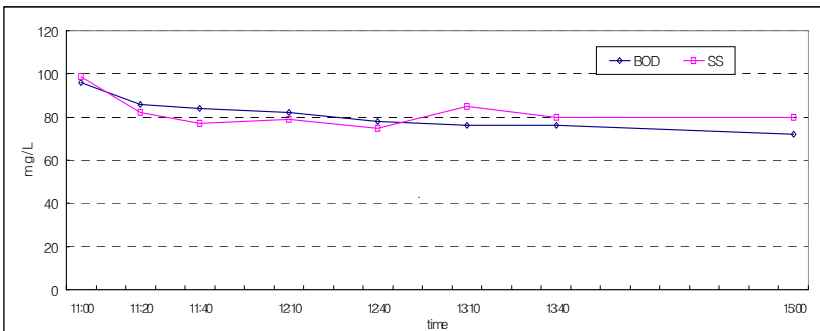
구분	하천폭 (m)	측정간격 (m)	수심 (m)	단면적 (m <sup>2</sup> )	유속 (m/sec)	유량 (m <sup>3</sup> /day)
1차	6.5	-	1.3	8.45	1.65	1,204,632
2차	6.5	-	1.5	9.75	1.74	1,465,776

※ 자료 : 서울특별시(2004), 청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서

〈표 3-12〉 월류수 분석 결과 (1차) (단위:mg/L)

지점	WF-1							
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회
항목	11:00	11:20	11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	15:00
수온(°C)	12.8	12.9	12.8	12.7	13.4	12.5	13.1	13.2
pH	7.4	7.2	7.2	7.5	7.2	7.3	7.3	7.3
DO	2.1	2.3	2.4	2.3	2.3	2.5	2.3	2.6
BOD	96.0	86.0	84.0	82.0	78.0	76.0	76.0	72.0
SS	99.0	82.0	77.0	79.0	75.0	85.0	80.0	80.0
T-P	2.058	1.580	1.527	1.548	1.580	1.577	1.534	1.463
T-N	7.938	7.570	8.183	7.846	7.919	8.550	7.754	8.397
NH <sub>3</sub> -N	6.122	6.224	6.531	6.684	6.582	6.327	6.684	6.173
NO <sub>3</sub> -N	0.053	0.061	0.083	0.072	0.093	0.087	0.079	0.078
탁도(NTU)	8.90	7.99	8.23	8.61	8.09	8.06	7.89	7.60

※ 자료 : 서울특별시(2004), 청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서

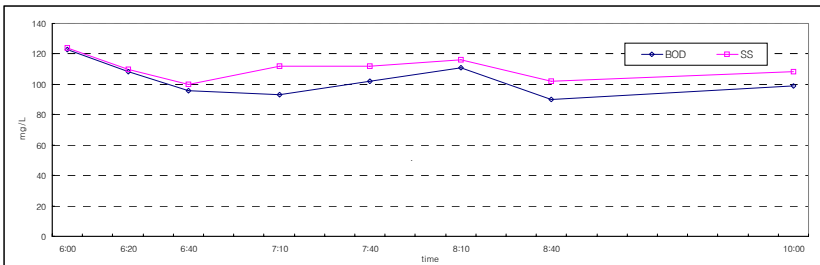


〈그림 3-6〉 월류수 분석 결과 (1차)

〈표 3-13〉 월류수 분석 결과 (2차) (단위:mg/L)

항목	지점	WF-1							
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	
	06:00	06:20	06:40	07:10	07:40	08:10	08:40	10:00	
수온(°C)	12.0	12.1	12.2	12.4	12.5	12.5	12.7	12.7	
pH	7.0	7.3	7.2	7.2	7.0	7.2	7.1	7.1	
DO	1.8	1.9	2.1	2.1	2.0	2.2	2.0	2.1	
BOD	123.0	108.0	96.0	93.0	102.0	111.0	90.0	99.0	
SS	124.0	110.0	100.0	112.0	112.0	116.0	102.0	108.0	
T-P	1,337	1,384	1,401	1,469	1,496	1,449	1,466	1,486	
T-N	34,520	33,472	31,542	31,944	32,346	33,150	32,910	32,508	
NH <sub>3</sub> -N	8.564	8.714	9.014	8.814	9.164	9.314	9.014	9.114	
NO <sub>3</sub> -N	0.018	0.020	0.028	0.024	0.029	0.034	0.029	0.028	
탁도(NTU)	11.50	10.00	10.80	11.00	11.30	10.50	9.40	9.10	

※ 자료 : 서울특별시(2004), 청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서



〈그림 3-7〉 월류수 분석 결과 (2차)

#### 4. 물고기 폐사사고

중랑천은 수질이 크게 개선되고, 생태계가 회복하면서 물고기의 번식이 많아지고, 하천변을 산책하거나 운동하는 시민들이 많아지고 있다. 그런데 최근 중랑천에는 수질오염으로 인한 물고기의 대량폐사사고가 발생하였다. 2000년 4~6월 3개월 동안 3차례의 물고기 폐사사고가 발생하여 시민들에게

충격을 주었다. 즉 이러한 물고기의 대량폐사사고는 처음으로 접하는 사고이었으며, 이것이 시민들에게 생태계의 보전이 중요하다는 생각을 일깨우기도 하였다.

중랑천의 물고기 폐사사고는 3차례에 걸쳐 발생하였다. 이에 대한 개략적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

## 1) 1차 폐사사고

### (1) 개요

1차 폐사사고는 중랑천 살곶이 다리(한양대학교 앞)에서 2000년 4월 21일에 발생하였다. 물고기 10만여 마리가 떠오르는 사고였는데, 폐사 물고기 종류는 잉어가 95% 이상이었고, 기타 붕어와 메기가 포함되었다. 이때 초기 강우는 9mm였으며, 중랑하수처리장에 유입된 14만톤(시설용량 7만톤) 중 7만톤이 1차 침전지만 거친 후 중랑천에 방류되었다.

### (2) 사고시 물고기 관찰

사고 발생시에는 물고기가 머리를 수면상으로 들고, 용존산소 부족시 나타나는 전형적인 유영 및 호흡행태를 보이고 있었다. 독극물 유입시 나타나는 발작이나 비정상적인 유영 상태를 나타내지는 않았다.

### (3) 사고지점 유역의 자연적 현황

사고당시인 4월 21일 중랑천에 내린 강우는 중랑측정소 등의 결과에 의하면 <표 3-14>와 같다.

- 1차사고 당일 서울 전역에 10mm 정도의 강우가 발생. 특히 09시~10시 사이 8mm 정도의 소나기성 강우가 발생함.
- 강우 종료후 강한 햇빛이 쬐는 맑은 날씨로 전환되어 외부 혼입이나

저층에서 부상한 유기물질 등이 분해하여 용존산소를 더욱 더 빨리 고갈시킴.

- 갈수기에 도로, 하수관로 등에 오염물질이 많이 퇴적되어 하천 정체구역을 중심으로 유기성 오염물질이 다량 퇴적될 수 있는 환경임.

〈표 3-14〉 중랑천 1차 물고기 폐사 유역 강수량 (단위:mm)

시간 \ 유역	유역	중랑측정소	동대문측정소	노원측정소	도봉측정소
	강우	4월 21일	4월 21일	4월 21일	4월 21일
4:00				0.5	1.0
5:00		0.5	0.5	0.5	0.5
6:00					0.5
7:00		0.5	0.5	0.5	
8:00					1.0
9:00		4.5	6.5	4.5	4.0
10:00		3.0	3.0	3.5	2.5
11:00		0.5	0.5	0.5	
12:00		0.5	0.5		
13:00		강한햇빛 맑음	강한햇빛 맑음	강한햇빛 맑음	강한햇빛 맑음
총강우량		9.5	8.5	10.0	9.5

※ 자료 : 기상청 서울지역 강우 측정소 자료

#### (4) 사고발생 원인

서울특별시 보건환경연구원에서 분석한 수질 결과에서는 용존산소가 낮고, SS가 매우 높게 나타났으며, 중금속류가 검출되지 않음에 따라 용존산소 고갈에 의한 폐사사고라 할 수 있다.

- 강우로 인한 하상교란과 다량의 오염물질 유입으로 국지적인 용존산소 감소 수역(살곶이다리 부근)에서 호흡장애 및 질식에 의해 폐사가 발생한 것으로 추정됨.
- 산란기에 비가 올 경우 물고기가 비교적 빠르게 상류로 이동함. 이 경

우 용존산소 부족 수역 진입시 상대적으로 더 큰 충격을 받음.

- 4월 21일 살곶이 다리의 용존산소량은 1.0mg/L로 다른 날에 비해 현저히 낮게 나타나고 있으며, 4월 27일과 6월 10일에도 다른 지역에 비해 낮은 농도를 보였음.
- 1차 사고시 청계천 하류의 BOD는 82.0mg/L로 가장 높았고, 장안빛물 펌프장 등의 방류수질도 높아 강우에 의한 유기물 유입량이 많음을 알 수 있으며, 사고수역인 살곶이 다리와 근접 상류수역도 60.7, 62.9mg/L로 매우 높았음. 1차사고 수역의 용존산소(DO) 및 BOD 농도의 지점별 변동은 <표 3-15>와 같음.

<표 3-15> 1차사고 수역의 용존산소(DO) 및 BOD농도의 지점별 변동(4월21일)

하류 ←

→ 상류

지점	한강 성수대교	성동교	살곶이다리 (사고지점)	청계천합류전	청계천하류	중랑교
날짜	4월 3일	4월 12일	4월 21일	4월 21일	4월 21일	4월 21일
DO(mg/l )	11.6	6.8	1.0	2.2	1.1	6.1
BOD(mg/l )	5.1	22.1	60.7	62.9	82.0	19.7

## 2) 2차 및 3차 폐사사고

### (1) 개요

2차 사고는 2000년 6월 9일에 중랑천 군자교 하류(낙차공 상류)에서 발생하였다. 한강 본류로부터 5단계의 낙차공을 올라간 산란기 잉어류 2000여 마리가 폐사하는 사고가 발생하였다. 이때 중랑천 유역에는 폭우성 소나기 약 20mm가 쏟아졌으며, 이런 갑작스러운 폭우로 도로와 하수도 등에 쌓여있던 오염물질이 하천으로 유입되었고, 또한 다량의 하-폐수가 미처리되어 중랑천으로 방류되었다.

또한 3차 사고가 연이어 2000년 6월 10일, 중랑교 하류(낙차공 상류)에서 발생하였다. 산란기 잉어류 100여 마리가 폐사하는 사고였다. 500여 마리의 잉어는 한강 본류로 이송 방류하였다. 이때 내린 초기강우는 폭우성 소나기로 12mm였다.

### (2) 사고지점의 기상현황

- 6월 9일(2차사고 전날) 18:00~19:00 사고지점에 근접해 있는 중랑 및 동대문 강우측정소의 측정결과 국지성 강우가 20mm 발생하였음. 6월 10일(3차사고 전날) 19:00~21:00에 12mm 국지성 강우가 발생하였음 <표 3-16 참조>.

<표 3-16> 중랑천 2·3차 물고기 폐사 시점의 강수량 (단위:mm)

시간강우 \ 유역	중랑측정소		동대문측정소		노원측정소		도봉측정소	
	6월 9일	6월 10일	6월 9일	6월 10일	6월 9일	6월 10일	6월 9일	6월 10일
8:00 ~ 17:00		맑음						
18:00	11.0		5.0					
19:00	7.0		2.0		1.0	1.5		4.5
20:00						8.0	1.0	0.5
21:00						8.0		
22:00								
23:00								
24:00							0.5	
총강수량	18.0	0	7.0	0	1.0	17.5	1.5	5.0

※ 자료 : 기상청 서울지역 강우 측정소 자료

### (3) 사고 원인 조사

- 어류가 20~30cm의 낙차공을 넘어와 소상하고 있는 과정에 용존산소가 부족한 수역에서 호흡장애 및 질식, 폐사한 것으로 추정됨.
- 2차사고시 하류의 용존산소는 4.6mg/L이었으나, 상류 정체구역은 1.7mg



/L로 급감하였으며, 3차 사고시 3.7mg/L에서 1.8mg/L로 급감하여 국지적으로 용존산소 부족 수역을 형성함<표 3-17 참조>.

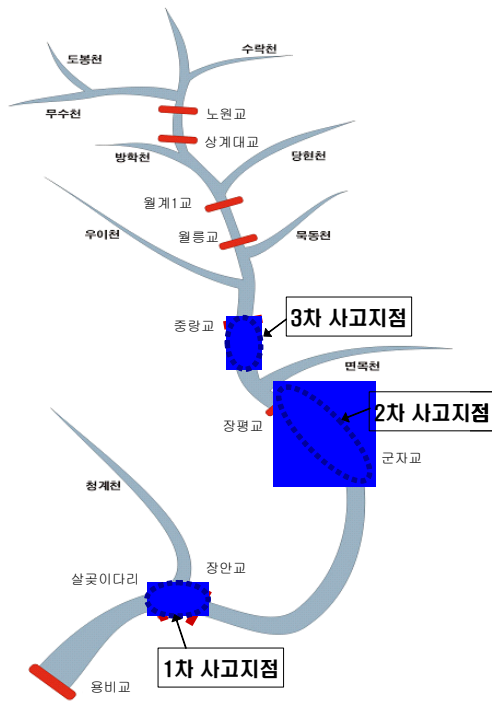
- 2·3차 사고 모두 전일의 국지성 강우후 다음날에는 아침부터 강한 햇살이 쬐는 맑은 날씨가 유지되어 하폐수 유입이나 하상교란에 의한 오염물질 분해가 가속화되었음.
- 강우시 비점오염원이 유입되었으며, 하상교란 영향으로 강우 3~4일 후 까지 용존산소 감소가 일어났음. 이 시기에 조류도 급발생하는 양상을 보이고 있으며 BOD도 높게 나타남.
- <그림 3-8>은 물고기 폐사 현황 사진이며, <그림 3-9>는 중량천 사고 발생지점임.

<표 3-17> 2·3차사고 수역의 용존산소(DO)의 지점별 변동

하류 ←		→ 상류		
6월 10일	군자교 낙차공 50m 하류	군자교 하류 (사고지점)	군자교 상류	평상시 장안교 (6월 13일)
DO(mg/L)	4.6	1.7	6.2	9.2
BOD(mg/L)	5.5	7.2	8.2	5.9
하류 ←		→ 상류		
6월 11일	중량교 낙차공 50m 하류	중량교 하류 (사고지점)	월릉교 상류	평상시 장안교 (6월 13일)
DO(mg/L)	3.7	1.8	6.6	9.2
BOD(mg/L)	19.8	28.1	15.4	5.9



〈그림 3-8〉 중랑천 물고기 폐사



〈그림 3-9〉 중랑천 사고 발생지점

## 제2절 청계천 수질오염사고 사례

### 1. 일반 현황

청계천은 중랑천의 제1지류로 유로연자 10.84km, 유역면적 59.83km<sup>2</sup> 인 하천이다. 청계천에 관련된 자연현황, 인문·사회현황 및 수질오염부하량 현황은 앞 절에서 언급하였다.

### 2. 수질오염 현황

#### 1) 수질현황

「청계천·서울숲 조성에 따른 미기후 및 생태변화 조사 연구」(2006, 서울시정개발연구원)에서 2005년 11월과 12월에 서울시 광장 부근의 상류지점인 수표교에서 하류지역인 중랑천 합류지점까지 5개 지점에서 조사한 수질 자료를 참고하여 수질 현황을 살펴보면 다음과 같다.

수질 조사시기와 조사위치는 <표 3-18>, <그림 3-10>과 같다.

<표 3-18> 청계천 수질 조사시기와 조사위치

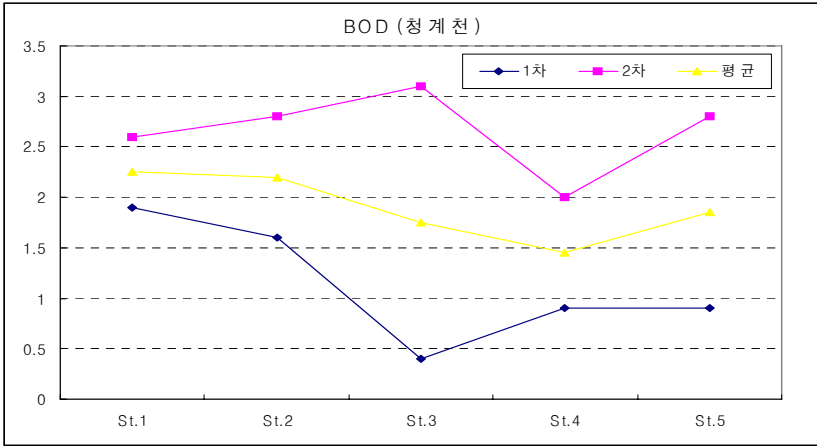
조사시기	1차 조사 : 2005년 11월 16일 2차 조사 : 2005년 12월 27일
조사위치	St. 1 : 서울시 종로구 청계천 수표교 St. 2 : 서울시 종로구 청계천 오간수교 St. 3 : 서울시 종로구 청계천 비우당교 St. 4 : 서울시 종로구 청계천 고산자교 St. 5 : 서울시 종로구 청계천 중랑천 합류지

※ 자료 : 서울시정개발연구원(2006), 청계천·서울숲 조성에 따른 미기후 및 생태변화 조사 연구

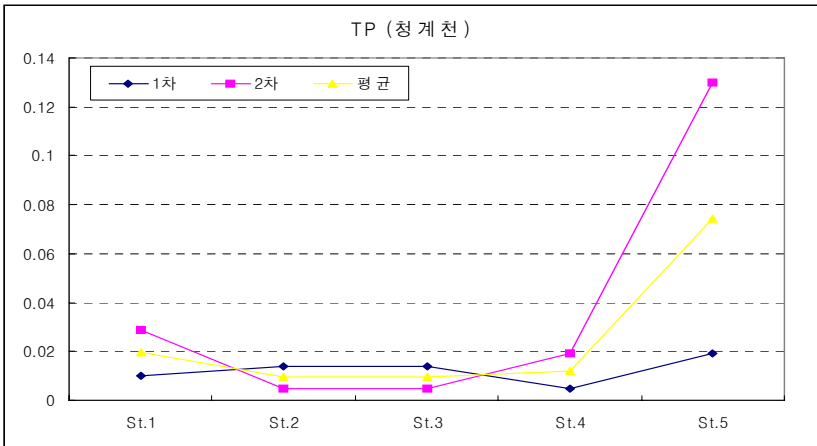


〈그림 3-10〉 청계천 조사지점도

조사결과 BOD는 1차 조사에 비해 2차 조사에서 더 높게 나타났으며, 0.4~3.1mg/L의 범위로 2급수 정도의 수질환경을 나타내고 있다. T-N은 1, 2차 조사의 차이가 크게 나타나지 않았으며, 1.92~3.00mg/L의 범위를 나타내고 있다. TP는 St.5에서의 2차 조사를 제외하고는 0.03mg/L 이하의 양호한 수질을 보이고 있다<부록 4, 그림 3-11~12 참조>.



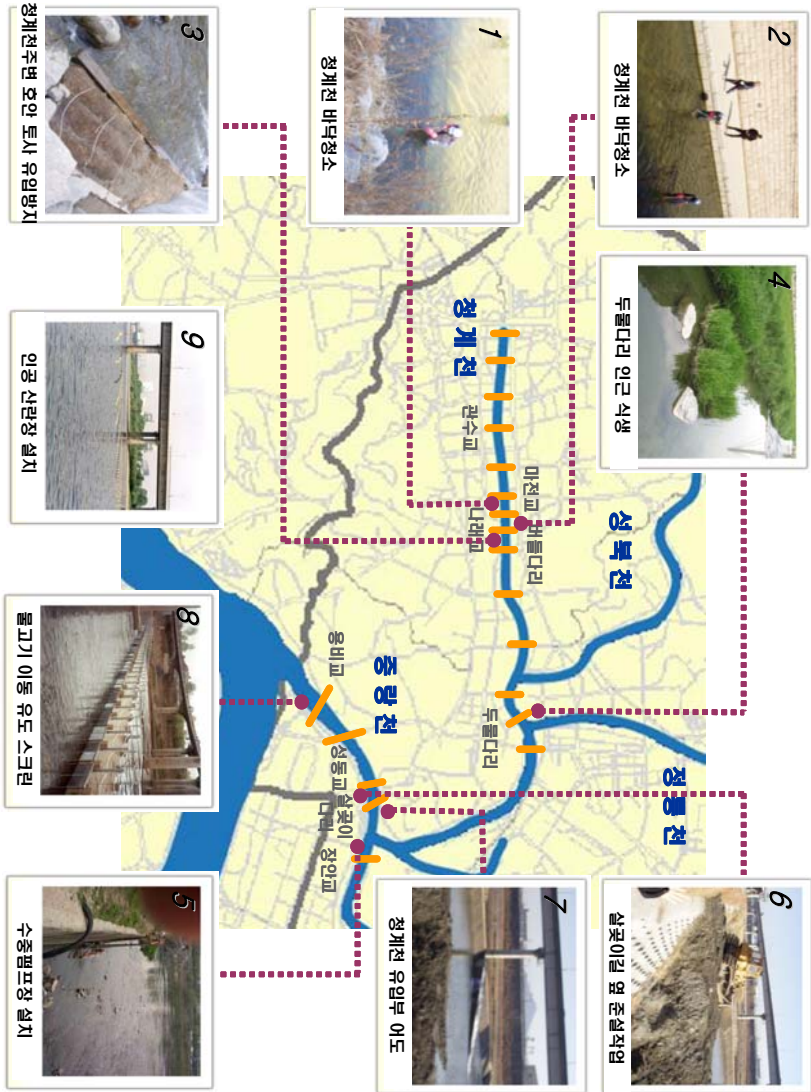
〈그림 3-11〉 청계천 수질 (BOD)



〈그림 3-12〉 청계천 수질 (TP)

### 3. 하천 현황도

청계천유역 현황도 및 물고기폐사에 대한 내용은 <그림 3-13>과 같다.



<그림 3-13> 청계·중랑천의 유역현황도

### 〈그림 설명〉

1. 청계천 바닥청소 : 나래교 상류 부근에서 바닥청소작업
2. 청계천 바닥청소 : 나래교 하류 부근에서 바닥청소작업
3. 청계천 주변 호안 토사 유입방지 : 청계천5가 버들다리 인근에 토사 유입을 방지하기 위한 시설 설치
4. 두물다리 인근 식생 : 어류서식 및 수질정화를 위해 정수식물 식재
5. 수중펌프장 설치 : 하수처리장 처리수 직접 공급을 위해 중랑천 장안교 하류에 수중 펌프장 설치 (2004.3)
6. 살곶이길 옆 준설작업 : 청계천과 중랑천 합류지 부근 준설작업
7. 청계천 유입부 어도 : 청계천이 중랑천으로 합류하는 살곶이길 옆 부근에 어도 설치
8. 물고기 이동 유도 스크린 : 한강 용비교 하류에 물고기 이동 유도 스크린 설치 (2003.6)
9. 인공 산란장 설치 : 중랑천 하구 등에 물고기 산란장 조성 (2004.4)

## 4. 조류 발생

청계천은 〈그림 3-14~15〉와 같이 바닥 암석에 부착조류가 대량 서식하고 있어 투명도를 크게 저하시키고 있다. 청계천은 유속이 빠른 하천이므로 부유성조류가 서식하기 어렵고 부착성 조류가 서식하는 환경이 조성된 것이다. 현재 청계천의 경우 수심이 30cm이하이므로 부착조류가 대량 발생하기 전에는 바닥의 모래가 보일 정도의 깨끗한 수질을 보이고 있으나 부착조류가 발생한 이후에는 바닥에 짙은 검은색의 조류가 청계천의 하천미관을 크게 악화시키고 있다.



〈그림 3-14〉 청계천 바닥의 갈색 부착조류의 현황



〈그림 3-15〉 청계천바닥의 부착조류로 인한 투명도 저하

청계천의 조류발생 현황은 〈표 3-19〉에 제시하였으며, 사상형 부착조류의 그림을 〈그림 3-16〉에 제시하였다.

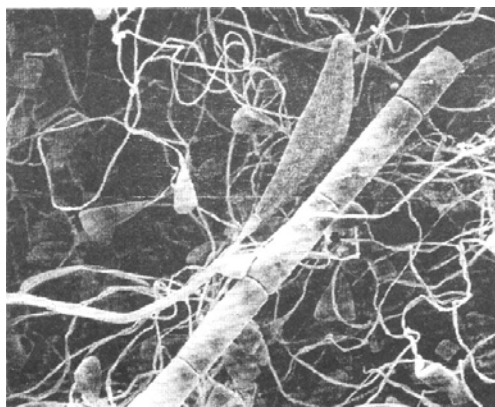


〈표 3-19〉 청계천 조류개체수 및 조류우점종 조사결과

(단위 : 세포수/mL)

날짜	항목	지점			
		청계광장	오간수교	고산자교	중앙천합류전
2월 28일	조류개체수	420	276	325	324
	조류우점종	<i>Asterionella formosa</i>	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.
3월 3일	조류개체수	1255	1495	1480	380
	조류우점종	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.
3월 6일	조류개체수	1504	1148	1409	572
	조류우점종	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.
3월 9일	조류개체수	967	791	1365	311
	조류우점종	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.
3월 13일	조류개체수	833	711	1040	228
	조류우점종	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.
3월 17일	조류개체수	640	802	1029	337
	조류우점종	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.
3월 20일	조류개체수	765	765	697	285
	조류우점종	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Cyclotella</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.

※ 자료 : 서울시 내부자료



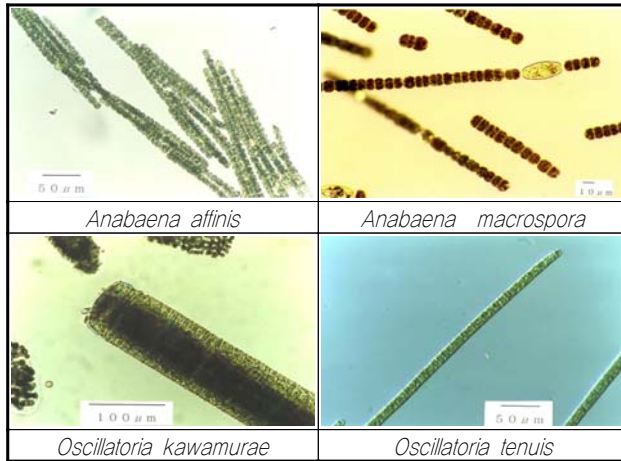
〈그림 3-16〉 부착규조류의 전자현미경 사진

※자료 : 김백호·한명수(2005) 재인용

또한 청계천에는 봄, 가을철에 물비린내가 발생하여 청계천을 산책하는 시민들에게 불쾌감을 주고 있다. 이러한 냄새의 원인은 조류에 의한 영향으로 판단된다. 일반적으로 냄새장해를 일으키는 조류는 <표 3-20>, <그림 3-17>과 같다.

<표 3-20> 냄새와 맛 장해를 일으키는 원인생물

이취미장해	원인생물	비고
곰팡이냄새 흙냄새	남조류 - <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Anabaena</i> 등	원인물질로는 2-MIB, Geosmin이 알려짐
	방선균 - <i>Streptomyces</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Actinomadura</i> , <i>Micromonospora</i> 등	
비린냄새 생선냄새 해조류냄새	황금편모조류 - <i>Uroglena</i> , <i>Malomonas</i> , <i>Synura</i> , <i>Dynobryon</i> 등	원인물질로는 알데히드류 2, 4-Heptadienal 이 알려짐
	녹조류 - <i>Volvox</i> 등	
	와편모조류 - <i>Peridinium</i> 등	
조류냄새 풀냄새	규조류 · 녹조류	장해는 적으나, 대량증식시 식물플랑크톤의 주된 냄새
방향	규조류	장해는 적으나, 규조류 대량증식시 발생하며 여과장해에 문제로 작용



〈그림 3-17〉 냄새와 맛 장애를 일으키는 남조류

※출처 : <http://www.pref.shiga.jp/biwako/plankton/>

## 5. 초기 강우시 월류수 현황

「청계천 복원사업 환경영향평가서」(2003)에서 조사한 건기시 수질과 우기시 수질 조사 결과를 살펴보면 다음과 같다.

건기시 수질 조사시기와 조사위치는 〈표 3-21〉에 제시되었으며, 결과는 〈표 3-22〉와 같다. 건기시 수질 분석 결과 BOD 1.2~3.1mg/L, SS 7.2~12.8mg/L, T-N 1.242~2.009mg/L, T-P 0.269~0.300mg/L로 분석되었다. 청계천의 정체수역과 일부 생활하수 등이 강우시 월류되어 수질을 악화시키는 것으로 판단된다.

〈표 3-21〉 청계천 수질 조사시기와 조사위치 (건기시)

조사시기	2003년 6월 14일
조사위치	W'-1 : 정릉천, 청계천 합류지점 W'-2 : 신답빗물 펌프장 상류 약 50m 지점

※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서

〈표 3-22〉 건기시 수질측정결과 (단위 : mg/L)

항목 \ 지점	W'-1	W'-2	하천수질기준 II 등급
pH	7.54	7.37	6.5 ~ 8.5
DO	3.9	3.6	5 이상
BOD	1.2	3.1	3 이하
COD	3.8	8.4	-
SS	7.2	12.8	25 이하
T-N	1,242	2,009	-
T-P	0.269	0.300	-
Phenols	ND	ND	-
CN	ND	ND	-
Cr+6	ND	ND	-
Zn	ND	ND	-
Cu	ND	ND	-
Cd	ND	ND	-
Pb	ND	ND	-
Mn	ND	ND	-
As	ND	ND	-
Hg	ND	ND	-
유기인	ND	ND	-
PCB	ND	ND	-
총대장균군수 (MPN/100mL)	$1.0 \times 10^3$	$1.3 \times 10^3$	1,000 이하

※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서

우기시 수질 조사시기와 조사위치는 〈표 3-23〉에 제시되었다. 1차 조사 시(2003년 6월 23일) 시간대별 강우량은 〈표 3-24〉와 같으며, 수질 조사 결과는 〈표 3-25〉와 〈그림 3-18 ~ 19〉에 제시하였다. 즉 초기강우시인 11 ~ 13

시에 강우가 20mm 정도 내렸으며, RW-3, RW-4 지점에서는 BOD와 SS의 농도가 각각 92~252mg/L, 202~1,270 mg/L로 크게 증가하여 월류수의 수질이 물고기를 폐사시키는 요인이 될 수 있음을 알 수 있었다.

〈표 3-23〉 청계천 수질 조사시기와 조사위치 (우기시)

조사시기	1차 : 2003년 6월 23일 (서울기상대 강우량 : 26.0mm) 2차 : 2003년 7월 28일 (서울기상대 강우량 : 29.0mm)
조사위치	RW-1 : 청계2가 출입구 상류 하수관거 (좌측) RW-2 : 청계2가 출입구 상류 하수관거 (우측) RW-3 : 정릉천, 청계천 합류 100m 전 RW-4 : 정릉천, 청계천 합류지점 RW-5 : 중랑천, 청계천 합류 100m 전

※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서

〈표 3-24〉 시간대별 강우량 현황 (2003년 6월 23일)

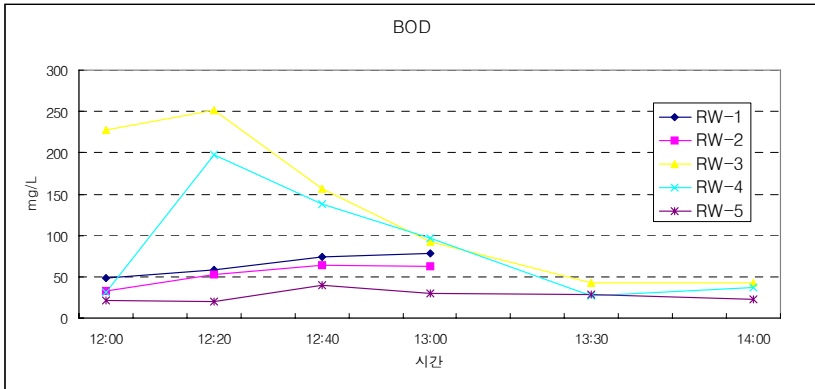
시간	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	합계
시간대별 강수량 (mm)	0.1	0.2	1.7	8	6.5	5	2	0.5	0	0	0	0	1.5	0	0.5	26

※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서

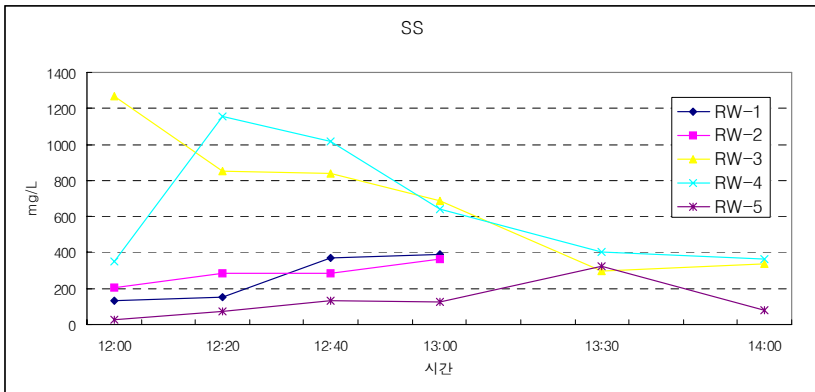
〈표 3-25〉 우기시 수질측정결과 (1차)

시간	BOD (mg/L)					SS (mg/L)				
	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	RW-5	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	RW-5
12:00	48.0	32.4	227.1	30.8	21.4	130.0	202.0	1270.0	352.0	27.0
12:20	57.6	53.0	252.0	197.1	20.6	149.0	281.0	853.3	1155.0	71.0
12:40	74.0	64.5	156.0	138.0	40.5	372.0	286.0	836.7	1020.0	135.0
13:00	78.0	63.0	92.0	96.0	29.4	390.0	360.0	686.7	643.3	127.0
13:30	-	-	42.0	27.0	28.8	-	-	296.0	400.0	322.5
14:00	-	-	43.0	37.5	23.4	-	-	334.0	362.0	76.0

※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서



〈그림 3-18〉 우기시 BOD 분석 결과 (1차)



〈그림 3-19〉 우기시 SS 분석 결과 (1차)

2차 조사시(2003년 7월 28일) 시간대별 강우량은 〈표 3-26〉과 같으며, 수질 조사 결과는 〈표 3-27〉과 〈그림 3-20~21〉에 제시하였다. 2차 조사시에는 1차 조사시보다 뚜렷한 경향은 보이지 않으나, RW-1, RW-2 지점에서 BOD농도가 높게 나타나고 있다. 즉 초기 월류수에 의한 영향을 알 수 있었

으며, 이러한 초기 월류수가 물고기 폐사의 원인인 용존산소 고갈을 야기시킬 것으로 판단된다.

〈표 3-26〉 시간대별 강우량 현황 (2003년 7월 28일)

시간	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	합계
시간대별 강수량 (mm)	0.2	0	0	0	0	0.8	1.5	1	0	0.5	1	3.5	3	4.5	9	2.5	1.5	29

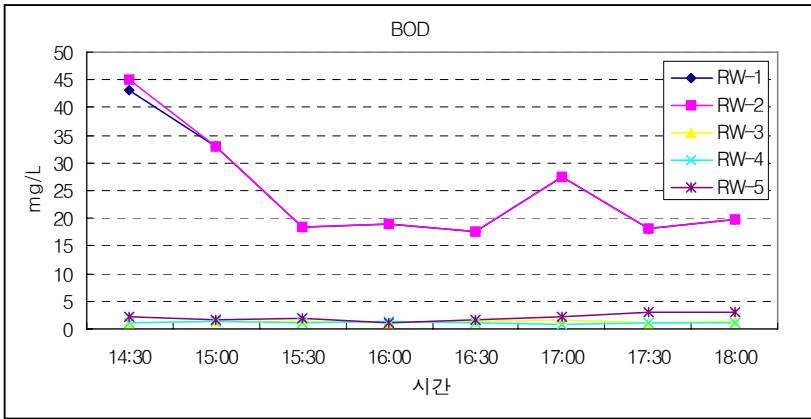
※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서

〈표 3-27〉 우기시 수질측정결과 (2차)

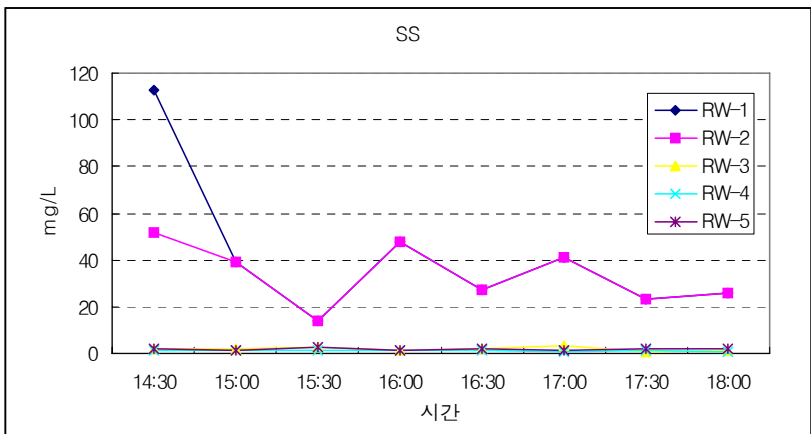
시간	BOD					SS				
	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	RW-5	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	RW-5
14:30	43.0	45.0	1.2	1.2	2.3	113.0	52.0	1.8	1.2	2.0
15:00	33.0	33.0	1.5	1.3	1.6	39.0	39.0	2.2	1.0	1.4
15:30	18.4	18.4	1.4	1.1	2.0	14.0	14.0	2.8	1.4	2.4
16:00	18.9	18.9	1.0	1.5	1.2	48.0	48.0	1.2	1.0	1.0
16:30	17.6	17.6	1.3	1.0	1.7	27.0	27.0	2.2	1.0	2.2
17:00	27.6	27.6	1.6	0.9	2.1	41.0	41.0	3.2	0.6	1.2
17:30	18.0	18.0	1.0	1.0	3.1	23.0	23.0	0.8	1.0	2.0
18:00	19.7	19.7	1.4	1.0	3.1	26.0	26.0	1.2	0.8	2.0

※ 자료 : 서울특별시(2003), 청계천 복원사업 환경영향평가서

\* RW-1, 2 지점 1회 채수시(14:30)는 각 하수관로에서 채수하고 하수관로 범람에 따라 2~8회(15:00~18:00)는 청계2가 출입구에서 채수함.



〈그림 3-20〉 우기시 BOD 분석 결과 (2차)



〈그림 3-21〉 우기시 SS 분석 결과 (2차)

## 6. 물고기 폐사사고

청계천 삼일교 및 고산자교 등의 현황은 〈그림 3-22〉와 같고, 〈그림



3-23)은 청계천 하수 차집관거를 볼 수 있는 탐방로를 보이고 있다. 즉 강우 시 하수관거를 월류하여 청계천본류로 유입하도록 시설되어 있다.



〈그림 3-22〉 청계천 현황



〈그림 3-23〉 청계천 하수차집관거

#### (4) 청계천 물고기 폐사 시간대별 상황

청계천은 복원된 후 첫 번째 갈수기인 2006년 6월 8일에 물고기 폐사사고가 발생하였는데, 이때의 시간대별 상황을 나타내면 다음과 같다.

- 11:31 ~ 11:41 : 4.5mm 집중호우 내림
- 11:42 ~ 12:25 : 삼각동 박스를 시작으로 우, 오수 월류
- 13:50 : 오간수교~비우당교 어류폐사 최초발생
- 17:30 : 영도교~무학교 구간 어류 집단폐사 발생접수

- 15:30 : 폐사어류 수거작업 시작
- 17:00 : 청계천 통제 해제 및 상황종료
- 20:00 : 폐사어류 수거 및 청소작업 종료

(5) 폐사어류의 현황

하수가 유입된 삼각동, 마전교 수문 인근에서 약 2km 하류쪽에서부터 어류폐사가 발생하였다. 주로 폐사 어종은 산란기 피라미로 약 90%가 오염물질에 약한 것으로 추정되고 있는 종이다. 그 외 어종은 잉어, 붕어, 메기, 버들치 등으로 비교적 체장이 작은 어종 위주로 폐사하였다. 폐사된 어류의 개체수는 수백마리정도로 보고되었는데 폐사 그림은 <그림 3-24>와 같다.



<그림 3-24> 청계천 물고기 폐사

(6) 폐사원인의 추정

삼각동과 마전동 부근에서 배출되는 하수로 인해 하류 2km 수역에서 용존산소(DO) 부족이 나타나 질식사(호흡곤란)한 것이 주 원인으로 추정된다. 기타 수온이 높은 초기강우(비점오염원)에 의한 쇼크 및 아가미의 부유물질 협착 등도 또 다른 원인이 되었을 것으로 추정된다. 또한 폐사어류의 외관상 아가미의 출혈이나 비대증상이 없고, 비늘 및 지느러미의 탈락 또는 괴사증상이 없으므로 유해 화학물질에 의한 폐사는 아닌 것으로 보인다.

(7) 청계천 사고당시의 수질현황

청계천 사고 당시 수질현황은 <표 3-28>과 같다.

<표 3-28> 청계천 사고 당시 수질현황

구 분		용존산소량(DO) (mg/L)		부유물질(SS) (mg/L)		수온 (°C)	
일자	장 소	측정치	증감율	측정치	증감율	측정치	증감
평시	전 구 간	13.7		3.7		20.4(월류전)	
06.08 (13:00 ~ 14:00)	오간수교	1.07	▽13배	194.7	△53배	21.7	+1.3
	고산자교	0.23	▽60배	284.9	△77배	22.3	+1.9
폐 사 원 인		산소결핍으로 인한 질식		부유물질의 아가미 협착		급격한 수온상승에 따른 쇼크	
참 고 사 항		어류서식 가능 용존산소량 4mg/L 이상 (2mg/L이하시 생존불가)		지름 2mm이하의 유기, 무기물을 포함한 고형물		어류 체감온도 1°C = 6°C 1.3°C = 7.8°C 1.9°C = 11.4°C	

※ 자료 : 청계천관리센터 내부자료

(8) 청계천의 초기월류수 처리 대책

- ① 초기강우시 유지용수의 최대한 공급

초기 강우(우·오수) 유입시 오수농도 희석을 위해 청계천 유지용수를 최대한 공급해야 한다. 초기강우가 예보되는 시점에는 상당량의 용수를 방류하도록 계획되어야 한다. 이를 위해 필요시 수질오염사고를 대비하여 유지용수 방류를 위한 시설용량을 확대하는 것도 검토해야 한다.

#### ② 초기 월류수 유입차단을 위해 수문 개폐시스템 보완

주변 침수우려가 없는 범위 내에서 수문 월류턱(차집관의 높이)을 높이는 등의 보완을 실시하여 비교적 많은 초기강우를 차집관거에서 저류할 수 있는 효과를 확보하여야 할 것이다.

#### ③ 어류서식공간 확대

청계천의 어류폐사가 나타날 수 있으므로 어류 서식공간을 확대 설치할 필요가 있다. 즉 청계천 하상 여러 구간에 물고기의 서식공간을 조성 검토하고, 가능하면 수질오염사고를 대비하여 깨끗한 물도 공급할 수 있도록 시설하여야 한다.

#### ④ 산소공급 장치 설치

청계천 우수토실을 중심으로 주요 우·하수 유입지역에 산소공급 장치를 설치할 수 있는 방안에 대해 검토해야 한다. 초기 월류수 유입시 고농도 산소공급으로 용존산소량을 증대시켜 집단폐사(질식사)를 예방할 수 있는 방안도 모색하여야 할 것이다.

## 제3절 안양천 수질오염 사고 사례

### 1. 일반 현황

#### 1) 자연 현황

##### (1) 하천 현황

안양천은 한강의 제1지류로 유역면적 281.56km<sup>2</sup>, 유로연장 32.21km인 하천이다. 안양시, 군포시 등을 거쳐 서울의 강서구 양화교에서 한강 본류와 합류하게 된다. 안양천은 도림천, 목감천, 시흥천, 삼성천, 수암천, 학의천, 산본천, 당정천, 오전천, 왕곡천 등의 지천이 유입되고 있다. 유역이 광범위하고 안양천 주변도시들의 급속한 발전으로 유입인구의 증가와 토지이용변화 심하다.

##### (2) 지형 및 지질

백운산에서 발원한 안양천은 북서쪽으로 흘러가며 동측으로 관악산과 삼성산을 끼고, 서남측으로 수리산, 구름산 등을 사이에 두고 흐르고 있다. 유역은 비교적 완만한 편이며 각 구릉에서 발원된 여러 지천이 흘러 안양천과 합류된다. 완만한 경사를 지닌 지역은 농경지, 주택, 공업지역으로 이용되고 있다.

토양은 대부분이 화강편마암 사질토양으로 비옥도가 높고, 지질은 경기편마암 복합체의 일부로서 주로 편마암류와 후기에 관입한 화강암류 층적층으로 구성되어 있다.

#### 2) 인문·사회 현황

##### (1) 행정구역별 면적



〈표 3-29〉 안양천 유역 내 인구 현황

행정구역		인구 (명)	시/도별 인구 (명)
서울시	강서구	47,067	1,989,938
	관악구	466,209	
	구로구	424,725	
	금천구	266,047	
	동작구	145,550	
	양천구	484,007	
	영등포구	156,333	
경기도	과천시	7,386	1,432,702
	광명시	333,053	
	군포시	126,851	
	부천시	181,891	
	시흥시	41,048	
	안양시	625,197	
의왕시	117,276		
총합		3,422,639	3,422,639

※ 자료 : 서울특별시(2005), 서울통계연보; 경기도(2005), 경기통계연보

### (3) 토지이용

각 행정구역별로 안양천 유역내 포함되는 비율을 이용하여 토지이용현황을 산정하면 〈표 3-30〉과 같다. 임야가 40.22%를 차지하며, 대지가 38.48%를 차지하고 있다.



〈표 3-30〉 안양천 유역 내 토지이용 현황

(단위 : km<sup>2</sup>)

행정구역	총계	전	답	임야	대지	목장	기타	하천	
서울시	강서구	3.58	0.12	0.59	0.30	1.30	-	0.96	-
	관악구	25.73	0.13	0.05	14.64	9.97	-	0.46	-
	구로구	20.11	0.93	0.59	3.88	12.56	-	1.16	-
	금천구	13.01	0.12	0.04	2.95	8.87	-	0.39	-
	동작구	5.75	0.02	0.02	0.98	4.00	-	0.51	-
	양천구	16.92	0.12	0.27	2.39	12.26	-	1.57	0.31
	영등포구	9.23	0.02	0.02	0.04	5.66	-	0.48	3.02
경기도	과천시	3.86	0.31	0.25	2.47	0.63	-	0.13	0.06
	광명시	38.51	5.85	4.27	14.90	10.25	0.07	2.27	0.89
	군포시	16.57	1.53	1.28	7.53	5.12	0.02	0.84	0.24
	부천시	11.25	0.86	1.13	1.95	6.35	0.01	0.87	0.07
	시흥시	14.11	1.97	2.13	4.37	3.37	0.17	1.92	0.17
	안양시	58.52	1.92	1.29	30.48	20.25	-	2.87	1.69
	의왕시	43.17	4.37	3.18	25.85	7.25	0.07	1.99	0.44
총합	280.31	18.26	15.12	112.74	107.85	0.35	16.43	6.90	
%	100.00	6.51	5.39	40.22	38.48	0.12	5.86	2.46	

비고: 1. 밭은 지목별 면적중 전과 과수원을 포함한다.

2. 대지는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지(골프장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함한다.

3. 기타에는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지를 포함한다.

※ 자료 : 서울특별시(2005), 서울통계연보; 경기도(2005), 경기통계연보

#### (4) 산업

안양천유역에 포함되는 전체 행정구역의 폐수배출업소수 및 산업폐수 현황을 조사하면 〈표 3-31〉과 같다. 산업업소수는 4,317개소이며, 폐수발생량은 285,838m<sup>3</sup>/일, 폐수방류량은 90,212m<sup>3</sup>/일이다.

〈표 3-31〉 안양천 유역 행정구역별 폐수배출업소수 및 산업폐수 현황

행정구역		업소수 (개)	폐수발생량 (㎥/일)	폐수방류량 (㎥/일)	유기물질부하량 (kg/일)	
					발생	방류
서울시	강서구	376	12,983	11,016	14,336	110
	관악구	251	412	242	1	0
	구로구	199	5,275	4,415	540	118
	금천구	319	5,575	5,068	5,945	135
	동작구	185	1,375	1,158	0	0
	양천구	227	487	485	67	13
	영등포구	408	29,141	8,721	8,134	67
경기도	과천시	41	98	98	0	0
	광명시	144	767	617	24	16
	군포시	214	4,863	1,475	4,479	27
	부천시	961	3,576	3,302	621	89
	시흥시	483	217,199	50,558	221,475	727
	안양시	410	3,229	2,401	202	10
	의왕시	99	858	656	806	22

※ 자료 : 환경부(2005), 공장폐수의 발생과 처리

## (5) 빗물 펌프장 및 우수지 현황

안양천 유역은 도심지의 제내지 지반고가 외수위보다 낮은 저지대 지역이며 유역의 불투수비율이 높아 내수피해를 방지하기 위해 하천변을 따라 배수펌프장을 준공하여 가동 중에 있다. 2005년 현재 안양천 본류 11개소, 도림천 11개소, 목감천 5개소, 학의천 1개소 등 총 28개소의 빗물펌프장이 운영 중에 있다〈부록 5 참조〉.

## 2. 수질오염 현황

### 1) 수질오염부하량 현황

#### (1) 부하량 산정방법

「오염총량관리계획수립지침」(환경부고시 제1999-143호)을 참조하여 부

하량을 산정하였다.

## (2) 오염원

안양천 유역의 서울시 인구는 모두 하수처리되고 있으며, 경기도 일부 지역은 하수처리가 되지 않고 있다. 안양천유역 내에는 경기도에 박달하수처리장과 석수하수처리장이 위치하고 있으며, 처리된 물을 안양천으로 방류하고 있다. 가축과 양식시설 대부분은 경기도에 위치하고 있다.

## (3) 발생부하량

각 행정구역의 오염원을 산정한 후 유역에 해당하는 면적비를 곱하여 발생부하량과 배출부하량을 산정하였다<부록 6 참조>.

안양천의 발생부하량은 BOD 178,643.1kg/일, TN 37,677.6kg/일, TP 4,480.1kg/일로 산정되었다. 이 중 대부분은 인구에 의해 발생하는 생활계 부하량이다.

## (4) 배출부하량

안양천 유역의 배출부하량은 BOD 9,127.1kg/일, TN 10,747.1kg/일, TP 690.4kg/일이다. 배출부하량 중 안양시에 위치한 박달하수처리장과 석수하수처리장에서 배출되는 비중이 큰 것으로 나타났다<표 3-32 참조>.

## (5) 토지이용에 의한 배출부하량

안양천의 비점오염원이 수질오염사고에 의한 물고기 폐사사고에 영향을 미치고 있다. 안양천유역의 토지이용에 의한 배출부하량은 BOD 2,367.4kg/일, TP 64.2kg/일로 분석되었다.

〈표 3-32〉 안양천 유역 배출부하량

구분	발생부하량 (kg/일)				
	합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
BOD	9,127.1	1,215.4	5,111.3	267.8	2,367.4
TN	10,747.1	372.4	9,733.5	108.5	499.7
TP	690.4	44.6	549.2	23.5	64.2

## 2) 수질현황

환경부 수질측정지점은 〈표 3-33〉, 〈그림 3-26〉과 같다. 안양천 본류에 서는 안양천 1~5 지점에서 측정이 이루어지고 있다.

〈표 3-33〉 안양천 수질측정지점 위치

지점	위 치
안양천 1 (상류)	경기도 군포시 당정동 (구 군포교)
안양천 2	경기도 안양시 비산동 (비산대교)
안양천 3	경기도 안양시 석수동 (동아제약 옆)
안양천 4	서울시 구로구 고척동 (고척교)
안양천 5 (하류)	서울시 양천구 목동 (양화교)

※ 자료 : <http://water.nier.go.kr/weis/>



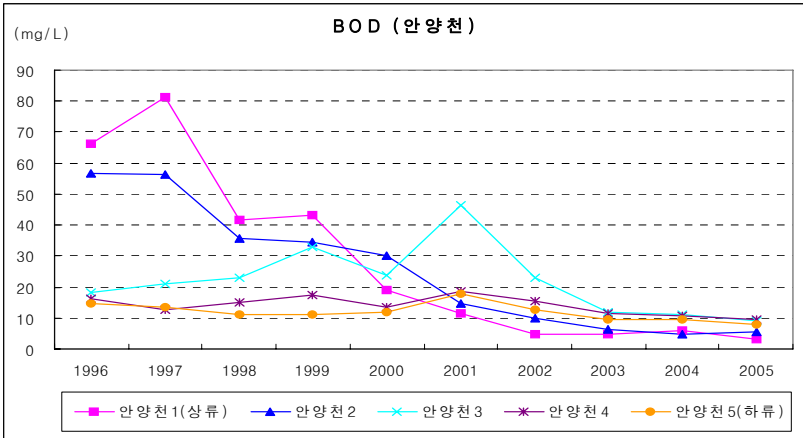
〈그림 3-26〉 안양천 수질측정지점

※ 자료 : <http://water.nier.go.kr/weis/>

각 지점의 10년간(1996~2005년) BOD, TN, TP 연평균 수질데이터를 〈부록 7〉과 〈그림 3-27~28〉에 제시하였다.

(1) BOD

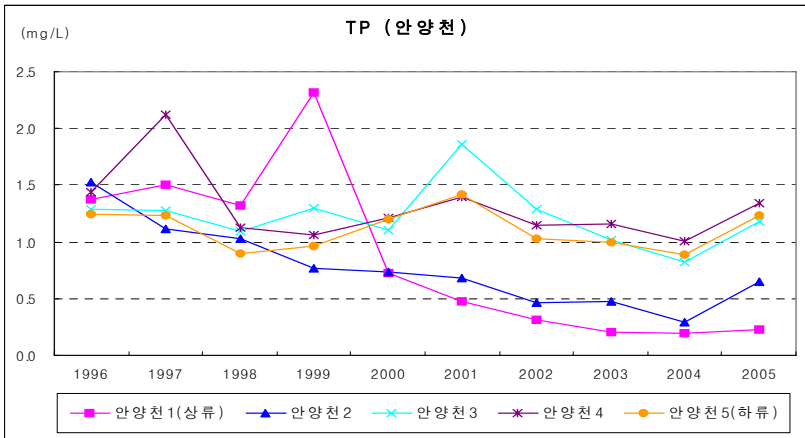
BOD의 추이를 살펴보면, 안양천 3 지점을 제외하고 대부분 지점에서 수질이 개선된 것을 살펴볼 수 있다. 특히 안양천 1,2 지점의 수질이 상당히 많이 개선되어 2005년도에는 안양천 1 지점에서 BOD 3.2mg/L, 안양천 2 지점에서는 5.5mg/L로 나타났다.



〈그림 3-27〉 연도별 안양천 수질추이 (BOD)

(2) TP

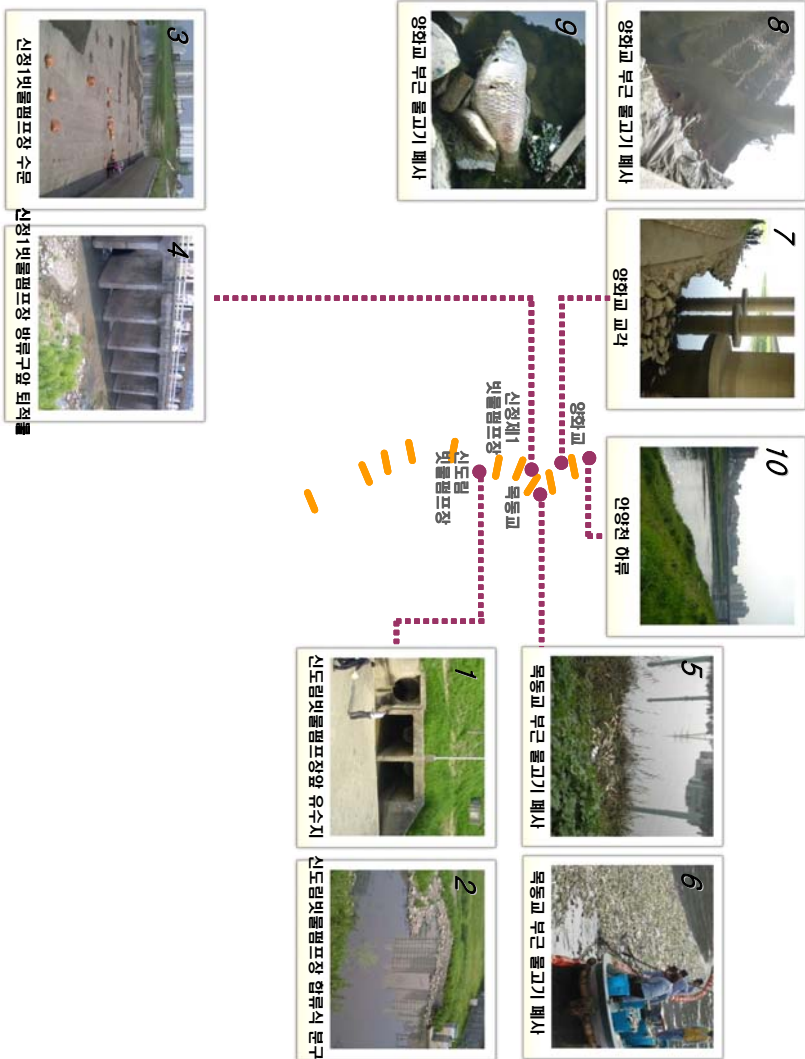
안양천의 TP는 안양천 1, 2 지점을 제외하고 수질 개선이 이루어지지 않은 것으로 나타났다.



〈그림 3-28〉 연도별 안양천 수질추이 (TP)

### 3. 하천 현황도

안양천 유역 현황 및 물고기 폐사에 대한 내용은 <그림 3-29>와 같다.



<그림 3-29> 안양천 유역 현황도

## 〈그림 설명〉

1. 신도림 빗물펌프장 앞 유수지
2. 신도림 빗물펌프장 합류식 분구
3. 신정1빗물펌프장 수문
4. 신정1빗물펌프장 방류구 앞 퇴적물 : 빗물 펌프장 방류구 앞 콘크리트 호안 위에 쌓인 퇴적물이 안양천으로 흘러들어가 부유하게 됨
5. 목동교 부근 물고기 폐사 : 2005년 9월 13일 목동교 부근에 물고기 폐사사고 발생
6. 목동교 부근 물고기 폐사
7. 양화교 교각
8. 양화교 부근 물고기 폐사 : 2005년 5월 3일 강우발생(12mm) 후 5월 9일 양화교 지점에 500마리의 물고기가 집단 폐사되는 사고 발생
9. 양화교 부근 물고기 폐사
10. 안양천 하류 : 한강 합류전 안양천 모습

## 4. 초기 강우시 월류수 현황

안양천 유역은 도시화에 따라 불투수지면이 증가하고 있다. 이로 인해 강우시 유출률이 증가하고, 침투시간이 빨라지며 유역지체가 감소되고 있다. 특히 강우초기에 일시적으로 배출되는 초기세척 현상(first flush)으로 인해 강우유출수의 최대유량에 앞서 최대오염유출이 발생하여 도시하천에 큰 영향을 주고 있다.

「안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발」(2006)에서 조사한 월류수 수질 조사 결과를 살펴보면 다음과 같다.

### 1) 안양천유역의 불투수층 변화

안양천 유역 전체의 연도별 Landsat 영상을 이용하여 토지이용실태를 분석한 결과를 <표 3-34>와 <그림 3-30>에 나타내었다. 2000년도에는 도시지역이 유역 전체면적의 절반정도의 비율을 차지하고 있어 안양천은 전형적인



도시하천의 특징을 갖고 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-34〉 안양천 유역의 연도별 토지이용 변화

년도	토지이용 형태 (단위 : km <sup>2</sup> )							
	수(水)역	도시지역	나지	습지	초지	산림지	농업지	총 계
1975	0.76	47.69	2.76	1.84	14.34	131.0	88.71	287.15
1980	0.87	81.38	9.06	0.53	17.39	106.26	71.63	287.15
1990	0.41	106.76	9.79	0.18	6.27	125.07	38.64	287.15
2000	0.65	124.25	5.15	0.01	6.59	113.10	37.37	287.15

※ 자료 : 서울대학교(2006), 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발

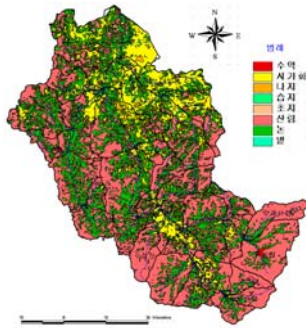
안양천 유역은 1980년대 이후 서울의 목동신시가지, 경기도의 평촌 및 산본 신도시, 각종 택지개발사업 등이 진행되면서 도시화가 급속도로 이루어져왔다. 도시화가 진행되어 불투수층으로 구분될 수 있는 주거지, 상업지 및 공업지의 경우 1980년에 비해 2000년도에는 1.6배 증가되었다. 급격한 도시화는 궁극적으로 비점오염도를 가중시키는 요인으로 작용하고 있다.

안양천 유역을 보면 도시지역으로 개발되어 불투수지면의 면적은 1980년 81.38 km<sup>2</sup>에서 2000년 124.25 km<sup>2</sup>로 증가하였으며 반면에 투수면적으로 구분된 수역(水), 나지, 습지, 초지, 산림지, 농업지들은 1980년 205.77 km<sup>2</sup>에서 2000년 162.89 km<sup>2</sup>로 감소하고 있다(표 3-35, 그림 3-31 참조).

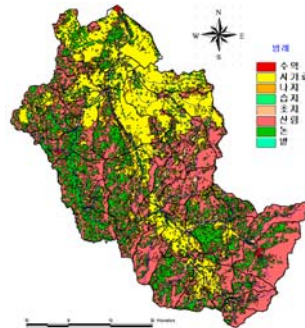
〈표 3-35〉 안양천 유역의 연도별 불투수 면적 변화

년도	면 적 (km <sup>2</sup> )			면적비		
	불투수지역	투수지역	총 계	불투수지역	투수지역	총 계
1975	47.69	239.46	287.15	0.16	0.84	1.00
1980	81.38	205.77	287.15	0.28	0.72	1.00
1990	106.76	180.39	287.15	0.37	0.63	1.00
2000	124.26	162.89	287.15	0.43	0.57	1.00

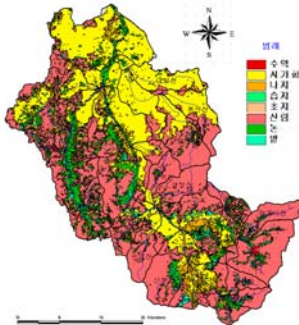
※ 자료 : 서울대학교(2006), 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발



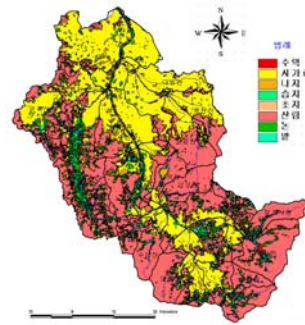
1975년 토지이용도



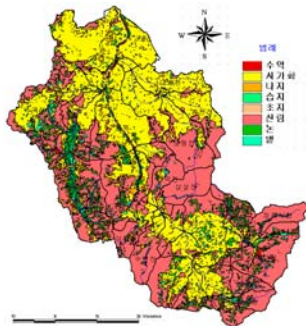
1980년 토지이용도



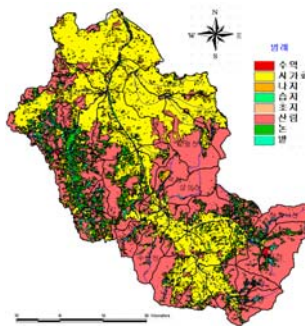
1985년 토지이용도



1990년 토지이용도



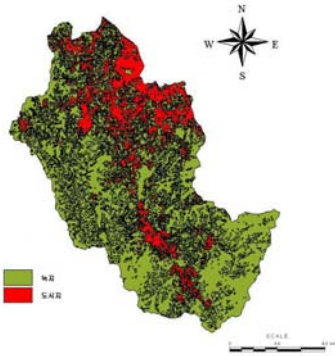
1995년 토지이용도



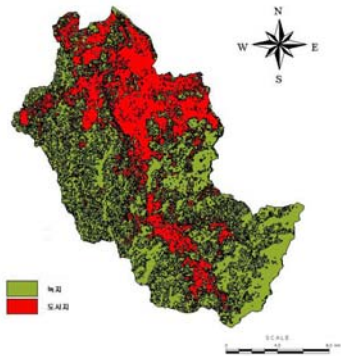
2000년 토지이용도

〈그림 3-30〉 토지이용도 변화

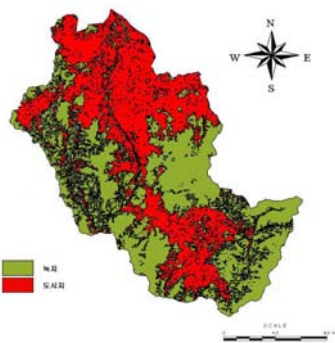
※ 자료 : 서울대학교(2006), 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발



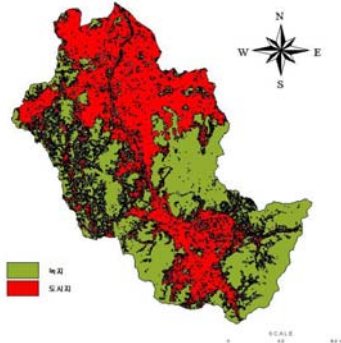
1975년 불투수면적도



1980년 불투수면적도



1995년 불투수면적도



2000년 불투수면적도

〈그림 3-31〉 불투수면적도 변화

※ 자료 : 서울대학교(2006), 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발

## 2) 당정천(안양천 상류의 유입지천)의 월류수 수질

당정천은 하천이 끝나는 지점에서 전량 차집되고 있으나 강우시 차집관거 용량 이상의 하수는 직접 하천으로 유입되고 있다.

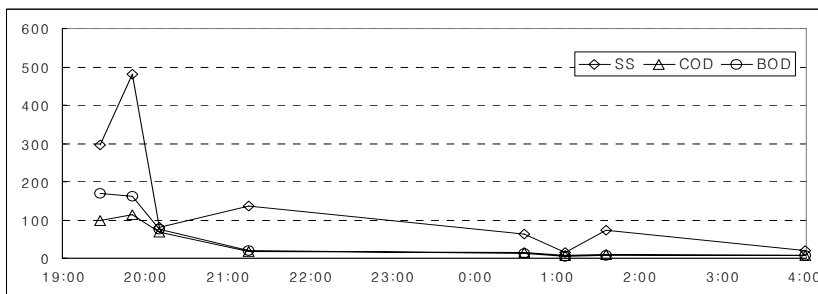
강우시 수질을 측정된 결과 강우 발생 후 차집관거의 용량을 초과한 월류수는 하천으로 직접 유입되고 있는데, 월류가 발생한지 30분을 전후하여 오염물질이 가장 높은 값을 나타냈으며, 초기 강우후 일정시간 후에는 유출되는 오염물질의 농도가 급속하게 낮아지고 있다.

2005년 5월 17일의 경우 월류수 유량의 오염물질 농도는 침투값이 SS 480ppm, COD 114ppm, BOD 169.5ppm으로 나타났으며, 2005년 7월 8일의 경우 SS 536.7ppm, COD 71.6ppm, BOD 240.6ppm으로 나타났다<표 3-36~37, 그림 3-32~33 참조>.

<표 3-36> 당정천 유역 월류수 수질 및 유량 측정 (2005. 5. 17)

측정시간	SS(ppm)	COD(ppm)	BOD(ppm)	유출량(m <sup>3</sup> /s)
2005-05-17 19:27	296.7	99.0	169.5	0.60
2005-05-17 19:50	480.0	114.0	160.8	0.68
2005-05-17 20:10	80.6	68.8	76.8	1.53
2005-05-17 21:15	135.6	17.8	19.9	2.54
2005-05-18 00:35	64.4	14.4	13.8	0.85
2005-05-18 01:05	15.0	7.3	4.4	2.75
2005-05-18 01:35	74.0	9.7	8.4	2.33
2005-05-18 04:00	20.4	8.7	6.8	0.06

※ 자료 : 서울대학교(2006), 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서, 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발

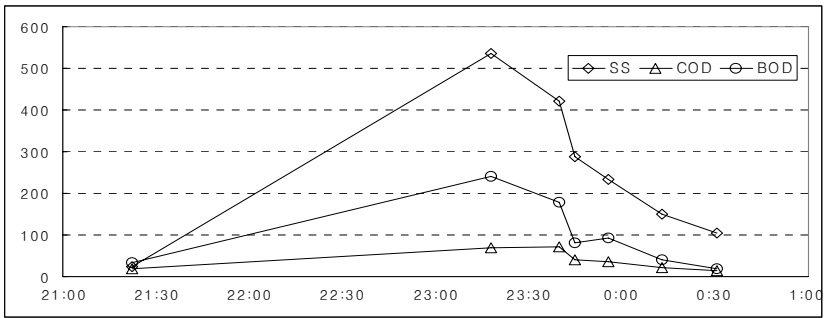


<그림 3-32> 당정천 유역 월류수 수질 (2005. 5. 17)

〈표 3-37〉 당정천 유역의 월류수 수질 및 유량 측정 (2005. 7. 8)

측정시간	SS(ppm)	COD(ppm)	BOD(ppm)	유출량(m <sup>3</sup> /s)
2005-07-08 21:22	24.1	18.8	32.3	0.11
2005-07-08 23:18	536.7	69.2	240.6	0.56
2005-07-08 23:40	422.5	71.6	177.6	-
2005-07-08 23:45	287.5	41.3	79.8	0.35
2005-07-08 23:56	232.5	35.0	93.6	-
2005-07-09 00:13	150.0	22.6	39.5	0.29
2005-07-09 00:31	105.7	14.7	19.0	0.24

※ 자료 : 서울대학교(2006), 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발



〈그림 3-33〉 당정천 유역의 월류수 수질 (2005. 7. 8)

## 5. 물고기 폐사사고

안양천의 수질오염사고는 최근 2003년과 2005년의 두 차례에 걸쳐 발생하였고, 그 외에도 수질오염사고도 자주 발생하였다.

### 1) 2003년 수질오염 사고

#### (1) 개요

2003년 9월 28일에 당정천 합류지점 ~ 안양대교 사이에 시안(CN)이 유입

되어 물고기의 폐사사건이 발생하였다<그림 3-34 참조>. 하천주변과 하천수의 오염도 조사결과 안양천 전 구간에서 비교적 높은 농도의 시안이 검출되었다. 이 사고 이전까지 하천수에서 시안이 검출되는 예는 거의 없었으며 하천수로 희석된 점을 고려할 때 고농도의 시안이 유입된 것으로 판단된다. 특히 안양천 상류지역인 조일제지(안양천 본류) 앞에서 지렁이가 살아있는 것으로 볼 때 시안은 당정천에서 유입된 것으로 판단된다.



<그림 3-34> 안양천 피해현황 (2003. 9. 13)

물고기 폐사지점과 수질오염도는 <표 3-38>에 나타내었는데, 당정천 합류지점 ~ 안양대교에서 CN의 농도가 높은 것을 알 수 있다.

〈표 3-38〉 안양천 수역의 수질오염에 의한 물고기 폐사 조사 결과

채수지점 (채수시간)	폐사물고기수 (관찰시간)	오염도					유역 길이	도달 시간	비고
		CN	Cr	COD	SS	ABS			
당정천 (18:00)	2~3마리	0.072	-	20.5	15.6	2.615	0m	0분	
군포정화시설 유입수 (14:10)	수중보에 2~3마리	0.302	-	6.4	5.0	0.195	100m	20분	
군포정화시설 유출수 (14:20)	호계교까지 4~5마리	불검출	-	0.5	3.2	0.112	110m	80분	
산본천 (14:00)	없음	불검출	-	12.6	18.0	0.775	500m	125분	
LG전선 방류구 (15:06)	주변에 5~6마리	0.1241	-	7.9	4.3	0.152	660m	150분	CN 배출업소
안양정화시설 유출수 (14:50)	비교적 많은 개체수	0.5306	0.0442	5.2	2.7	0.115	1,500m	230분	
비산대교 (15:40)	대다수의 개체가 폐사	0.9108	0.0317	7.8	8.0	0.015			
안양대교 (15:50)	대다수의 개체가 폐사	0.0793	-	6.7	4.4	0.027			

## 2) 2005년 수질오염 사고

### (1) 개요

2005년 5월 8~9일에 양천구와 강서구 사이 및 안양천 하류(양화교 지점)에서 물고기 폐사사고가 발생하였다. 2005년 5월 3일에 강우량이 12mm 내렸으며, 양천구와 강서구 사이에서 12마리의 물고기가 폐사된 후 5월 9일 안양천 하류에 위치한 양화교 지점에서 500마리의 물고기가 대량 폐사하였다.

### (2) 사고원인 추정

### ① 빗물펌프장의 영향

빗물펌프장 방류구앞 콘크리트 호안위에 쌓인 퇴적물이 강우시 안양천으로 유입되었다. 이때 한강의 배수영향으로 인해 신정1 빗물펌프장 앞의 안양천 하천수 유속이 느려져 부유물이 하류로 흘러 내려가지 못하고 정체되어 물고기 폐사에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 한강의 배수는 펌프장 옆에 위치한 오목교까지 영향을 미쳐 정체수역을 만들었다. <그림 3-35>는 사고원인으로 추정되는 신정1빗물펌프장의 방류구 및 퇴적물(펌프장에서는 잔물이라 함)을 보이고 있다.



<그림 3-35> 신정1빗물펌프장 현황

### ② 하수관로 준설공사의 영향

2005년 5월 3일에서 7일 사이에는 안양천 중류부터 하류구간에서 폐사된 물고기를 발견하지 못하였으나 5월 9일 양화교 지점에서 물고기가 집단폐사된 것으로 보아 양화교 지점의 국부적인 문제로 보여진다.

2005년의 경우 물고기 양화대교 직상류 부분부터는 폐사된 흔적이 없었다. 따라서 오염이 시작된 지점이 양화대교 상류에서부터 시작한 것은 아닌



것으로 판단된다.

따라서 안양천 양화교지점의 좌우에 위치한 관거에서 유입수로 인해 물고기의 집단폐사 가능성이 있어 향후 이를 확인하기 위해서는 하천에 직접 투입되는 관거의 유출부를 확인하였는데, 실제로 5월 9일 양화교 지점의 하천수 색깔은 검정색에 가까웠으며 악취가 심하게 발생하였다.

### ③ 폐사지점의 지형적 여건

안양천 하류(목동교 지점 이후)는 상류의 유수가 직접적으로 부딪치는 s자형을 이루고 있으며, 이 지점부터 폭이 좁아진다. 따라서 물고기가 많이 폐사할 수 있는 정체된 지점이다.

### ④ 수질 현황 및 용존산소 폐색

물고기가 대량 폐사된 원인은 폐사 당일 강서구의 실측에 의하면 용존산소(DO)가 1.7mg/L로 조사되었으며, 그 하류 500m 지점은 3.4mg/L로 조사되었다. 따라서 1차적인 원인은 용존산소 폐색으로 인한 물고기의 호흡곤란으로 추정되고 이때 수중의 부유물질도 매우 높았던 것으로 분석된다.

용존산소를 폐색시킨 원인으로는 여러 가지로 추정될 수 있으나, 주변 도로 등에서 배출되는 비점오염원이 원인물질로 추정되고 있다. 특히 주변 빗물펌프장의 잔물처리(비오는날, 또는 야간에 안양천으로 배출)가 큰 요인 중 하나라고 판단된다. 특히 고농도의 슬러지가 포함된 잔물은 부유물질이 높고, 용존산소가 극히 낮아서 하천으로 유입되면 심한 악취와 용존산소의 급격한 폐색을 불러온다.

폐사지점은 당일 지형적 형태로 하천수가 정체되고, 바닥의 혐기화된 저니토가 부유하면서 수중 산소를 급격히 폐색시키는 것으로 판단된다. 또한 산란기로 추정되는 물고기가 비가 올 경우 소상하는 습성을 가져, 안양천 상류(현재 폐사지점보다 상류지점의 조성된 수초)에 산란을 위해 올라온 것으

로 추정되며, 이때 용존산소가 낮은 하천수를 만나 대량폐사된 것으로 판단된다.

### 3) 그 외의 물고기 폐사사고

안양천에서 일어났던 물고기 폐사사고 일지는 <표 3-39>와 같다.

<표 3-39> 안양천 물고기 폐사일지

순	일시		장소	어종 및 개체수
1	1997	7.19	안양천 하류	250여 마리
2	2002	8.18	오목교 ~ 한강유입점	누치 1,800여 마리
3		9.21	목동교 영학정 부근	잉어, 누치 300여 마리
4	2003	4.19	양화교 ~ 한강유입점	잉어 18마리
5		4.25	양화교 ~ 한강유입점	잉어, 붕어 40마리
6		6.3~6.5	양화교 ~ 한강유입점	누치 100여 마리
7		7.26~8.9	목동교 ~ 한강유입점	누치 3,000여 마리
8		9.1~9.4	목동교 ~ 한강유입점	누치 220마리
9		9.13~9.17	목동교 ~ 한강유입점	누치 7,300여 마리
10		9.28	안양시 호계동 부근	붕어 등 수백마리
11	2004	6.18	도림천 합류부	붕어 70여 마리
12	2005	5.3~5.9	양천구와 강서구 사이 안양천 하류 양화교지점	잉어, 붕어 등 12마리 잉어, 붕어 등 500여 마리

이와 같이 안양천에서도 자주 물고기 폐사사고가 발생하고 있는데, 폐사 원인을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) 직접적인 원인 : 용존산소(DO) 부족에 의한 질식사

- ① 갈수기 유지수량 감소로 인한 하천자정능력 저하
- ② 기온상승에 따른 조류번식 증가 및 하천바닥의 퇴적물 부패
- ③ 초기강우(storm water)에 의한 하천으로의 비점오염원 다량유입
- ④ 유역내 미처리하수(CSOs, SSOs, 하수처리장 배제) 하천유입

⑤ 독성물질 유입(시안, 비소, 납, 카드뮴, 크롬, 수은 등)으로 인한 폐사

(2) 간접적인 원인 : 생태 환경의 악화

① 물고기 서식처 부족

② 하천구조 단순화 및 수변대 콘크리트화로 인한 어류서식환경의 악화

③ 수리구조물(낙차공, 보 등)에 의한 정체수역 형성

## 제Ⅳ장 친수하천 수질오염사고 관리방안

- 제1절 친수하천 수질오염사고 대책방안
- 제2절 유류사고 및 유류 외 화학물질 대책
- 제3절 물고기 폐사 등 수환경 변화 대책
- 제4절 미관 악화 및 냄새 발생 대책
- 제5절 사고 후의 환경영향조사



## 제1절 친수하천 수질오염사고 대책방안

### 1. 수질사고 일반대책 개요

친수하천에서 수질사고가 발생한 경우 효과적인 대책을 실시하기 위해서는 가능한 대책방법을 미리 설정해 두는 것이 필요하다. 수질사고의 유형에 따라 유효한 대책방안이 다르므로, 사고원인물질별, 수질사고 특성별 효과적인 시나리오를 설정하여 대처하는 것이 필요하다.

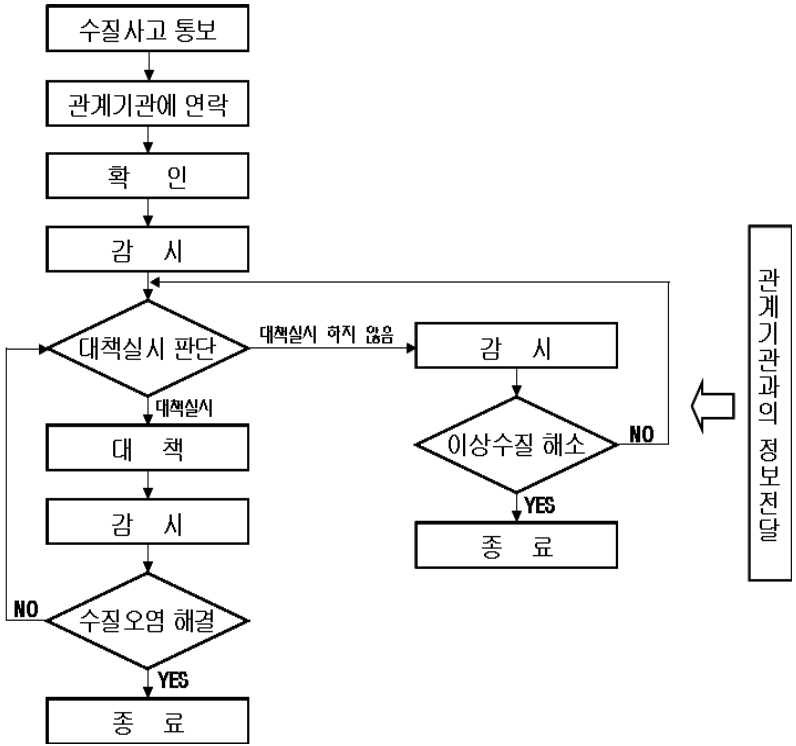
수질사고는 그 유형에 따라 크게 유류유출 사고, 수환경 변화사고, 화학물질 사고로 구분하며, 그 원인들로는 관리부주의와 교통사고, 자연현상 등으로 나눌 수 있다. 각각의 유형과 원인에 따른 대책으로 유류사고대책, 유류 외 화학물질 대책, 물고기 폐사 등 수환경 변화 대책, 그리고 미관 악화 및 냄새 발생 대책으로 분류할 수 있다. 미관 악화 및 냄새발생은 조류와 휘발성 유기화학물에 의해서도 발생할 수 있어 원인물질이 무엇이나에 따라 대책방안을 달리해야 한다. 수질사고 대책방안의 기본은 사고의 유형과 그 원인물질에 상관없이 그 영향을 최소화 시키는 것이다.

### 2. 수질사고 긴급대응

수질사고시 긴급 대응은 수질사고의 통보와 동시에 정보연락, 이상현상 확인, 현지상황 확인/감시, 대책의 실시 등 광범위하다. 수질사고를 통보받은 후에는 신속하게 관계기관에 연락을 실시하며, 통보자로부터 통보내용을 듣는 문답조사를 실시함과 동시에 현장에서의 육안관찰 등에 의한 조사를 실시하고, 통보내용을 확인한다. 사고확인이 된 경우에는 긴급대응 흐름도에 따라서 대책 및 감시를 실시하고, 이상수질 해소(解消)가 확인되는 시점에서 종료한다.

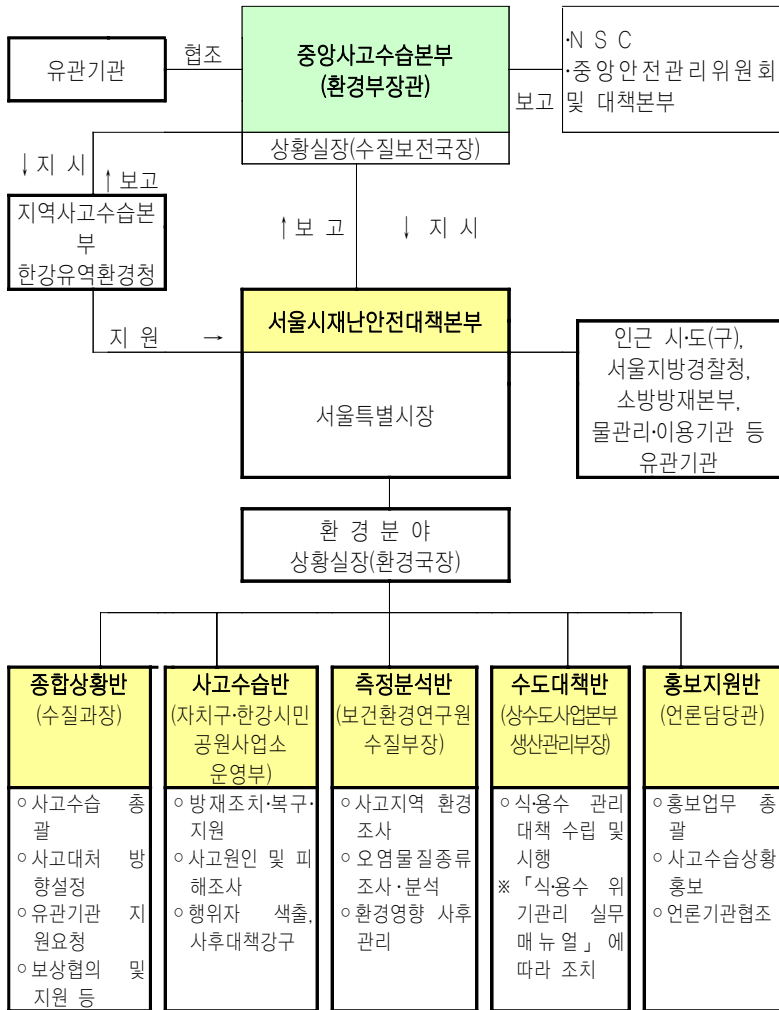
또한 관련기관에 대한 연락은 어떤 상황에서도 즉시 그리고 항상 이루어져야 한다. 사고 통보부터 종료까지 계속적으로 상호 협력하여 정보를 공유한다. <그림 4-1>은 수질사고통보 수신 후 긴급대응 흐름도를 나타낸 것이다.

서울시의 경우 「국가위기관리기본지침(대통령훈령 제124호)」 및 「대규모 환경(수질)오염 위기대응 실무매뉴얼」 등에 근거하여 수질오염사고 발생시 서울특별시 및 관련기관의 대응절차 및 제반 조치사항 등을 규정하여 환경부 등 관련기관과 협의하여 “「대규모 환경(수질)오염」 현장조치 매뉴얼(안)”을 작성하였다. 그 체계를 살펴보면, 사고가 발생하여 접수되면, 수질오염사고 처리 담당과로 통보되어 상황을 판단하고, 수질오염사고 처리 현장지원반과 수질오염사고 처리 대책반에게 전달되고 있다. <그림 4-2>는 환경부를 비롯한 유관기관을 포함하여 서울시의 수질사고 발생시의 대응 체계를 나타낸 그림이다.



〈그림 4-1〉 수질사고발생시 긴급대응 흐름도





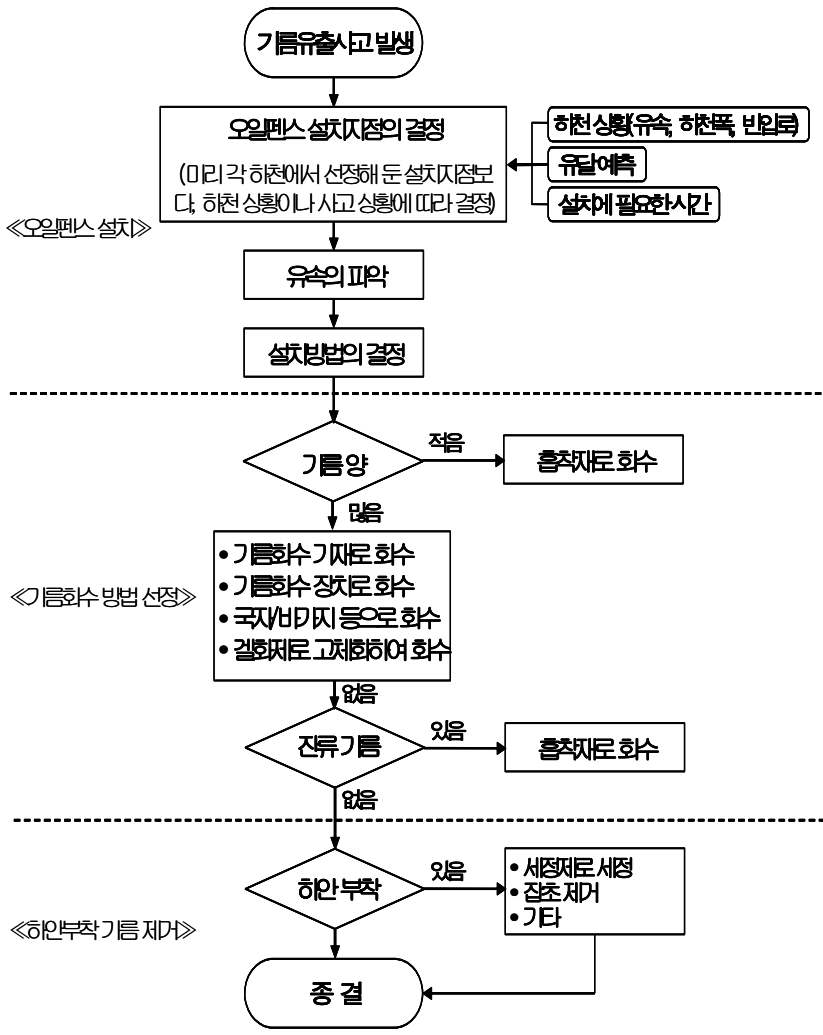
〈그림 4-2〉 서울시 수질사고 대응 업무체계

## 제2절 유류사고 및 유류 외 화학물질 대책

### 1. 유류사고 대책

유류사고는 관리부주의나 교통사고 등에 의해 발생하며 사고가 발생한 하천의 상태와 유류 유출 상황에 따라서 그 대책 방법이 다르다. 유류사고의 경우 일반적으로 오일펜스에 의해 기름의 유하나 확산을 방지하는 것과 유류 흡착제의 사용, 양동이나 진공차 등에 의한 물리·기계적인 회수 대책이 있다. 그 외에도 유화 산화제 투입이나 기름 응고제로 기름을 응집고화시켜 회수하는 화학적인 처리방법도 있다. 그러나 화학적 처리방법의 경우 사용하는 화학약품이 하천 생태계에 안전한지 그 영향을 신중히 검토하여 실시해야 한다.

〈그림 4-3〉은 유류사고 대책의 작업 흐름도를 나타낸 것으로 3단계의 대책과정으로 구분된다. 우선적으로 오일펜스를 설치하여 유하와 확산을 방지하고, 두 번째 단계에서 유류의 양에 따라 기름회수 방법을 선정하며, 최종적으로 하안에 부착된 유류를 제거하여 대책을 종결한다. 각 단계에 해당하는 대책방법의 선정은 하천의 조건과 유류 유출 상황에 따라 달라질 수 있다. 〈표 4-1〉은 유류사고 대책방법과 적용 가능한 하천 조건을 나타낸 것이다.



〈그림 4-3〉 유류사고 처리대책 작업 흐름도

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

〈표 4-1〉 유류사고 대책방법과 적용 가능한 하천 조건

	방법	적용하는 하천조건	기름막 및 유출 상황	적용 작소 제약
유하 확산 방지	토양	지천, 수로, 발생원	기름양이 그다지 많지 않음	하천폭이 너무 넓지 않은 곳 유속이 빠르지 않은 곳
	오일펜스 설치	본천, 지천, 수로, 발생원	기름양이 많음 기름막이 두꺼움	유속이 0.5m/s 이하인 곳 하천폭이 좁은 곳 오일펜스 등의 설치가 가능한 곳
	둑, 수문, 통문 등 조작	본천, 지천, 수로	기름양이 많음 기름막이 두꺼움	폐쇄될 경우 다른 지역에 큰 영향 (문제)이 없는 곳 해당 관리시설이 있는 곳
회수 용구 이용	국자, 바가지 등을 이용한 기름 회수	지천, 수로, 발생원	기름막이 두꺼움	회수 위치(발판)을 확보할 수 있으면 충분히 좋고, 장소적 제약이 적은 곳
	낮이나 가위로 기름이 부착된 식물을 제거	하안	하안에 부착된 기름막이 두꺼움	
	네트나 망 등을 이용해 기름에 의해 오염된 것들을 회수 (물고기 등)	본천, 지천, 수로	기름이 부착된 것	
회수 기자재 등 이용	흡착재(오일매트 덮어내는 형태)	호안 등의 하천시설	하안에 부착된 기름막이 두꺼움	유속이 0.5m/s 이하인 곳 오일펜스 등의 설치가 가능한 곳
	흡착재 (오일매트)	본천, 지천, 수로	기름막이 얇은 경우에도 적용가능 기름막이 유하하는 상황에서도 가능	
	유처리제, 겔화제 (화학적 처리)	수로, 발생원의 유출지점	기름막이 두꺼움 유출 기름이 많고, 국제화 기름막 유하 방지	
회수 장치 이용	배큘카(진공차)	지천, 수로, 발생원	기름막이 두꺼움 적용한 회수량이 적음 기름막 범위가 있음	진공차 반입 도로가 확보되는 곳 회수된 기름의 처리시설이 근처에 있는 곳
	회수선(배), 회수기계	본천, 지천, 수로 (어느 정도 수심이 있어야 함)	기름막이 두꺼움 기름막 범위가 있음	회수선, 회수기계의 반입이 가능한 하천구역 회수선, 회수기계의 처리시설 확보된 곳
분산화	유화분산제	본천, 지천, 수로	기름막이 넓은	상수 등의 취수가 근처에서 이루어 지지 않는 곳 2차오염 등의 영향이 없는 곳
처분	매립	-	-	회수된 것들의 처분이 가능한 곳 (매립지)

\* 출처 : 国土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## 1) 오일펜스 설치에 대한 사항

오일펜스 설치방법은 유류의 유하시간과 오일펜스 설치시간, 그리고 유류의 유하방지가 가능한 지점의 설정 등에 따라 최적의 방법을 선정한다.

### (1) 오일펜스 설치 조건

오일펜스의 설치는 설치하고자 하는 하천의 조건에 따라 달라진다. 경험적으로 유속이 0.5m/s 미만인 경우에는 대응할 수 있으나 0.5m/s이상의 유속에서는 방유벽이 흔들리는 현상이나 오일펜스의 굴곡 등으로 유하방지효과가 저하될 수 있다. 또한 수심의 경우 충분한 수심이 확보되는 경우에는 오일펜스의 유하방지 기능면에서 스킵트부는 40cm정도만 있으면 효과가 있다. 그러나 수심이 얇은 경우에는 기름이 썰 수 있으므로 오일펜스에 길다란 흡착제를 붙여서 설치한다. 그리고 무엇보다 중요한 설치시간은 사고발생이 통보되고 대책실시까지의 시간으로 약 75%가 2시간 이내로 조사되었다. 하천의 조건에 따라 오일펜스의 설치시간은 다를 수 있으나 대개 2시간 정도로 전망할 수 있다. 따라서 오일펜스를 설치해야 하는 경우에 대비하여 설치에 필요한 인원과 소요시간, 요원확보에 대해서도 확실히 파악해 두는 것이 필요하다. 일반적으로 오일펜스 설치에 적당한 장소를 요약하면 아래와 같이 살펴볼 수 있다.

- 유속이 느린 곳
- 하천 폭이 좁은 곳
- 유속면의 횡단방향 차단이 되는 곳
- 오일펜스 등의 기재를 반입할 수 있고 현지대책이 용이한 곳
- 가변 등을 이용하여 용이하게 선도 로프를 설치할 수 있는 곳

○ 오일펜스를 이을 구조물이나 건설이 있는 곳

○ 오일펜스 파손이나 전장작업에 방해가 되는 구조물이 없는 곳

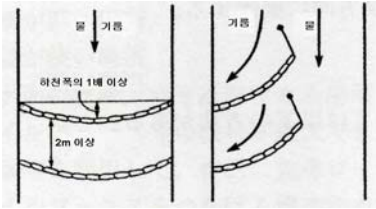
그러나 그 외의 경우에도 과거 사고발생 지점 등 필요한 장소의 경우에는 “중요지점”으로 설정하여 크레인차를 이용하거나 다른 고정기구를 이용하여 설치할 수도 있다.

### (2) 오일펜스 설치 종류

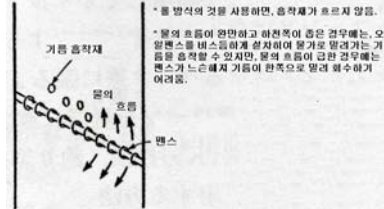
오일펜스는 설치 형태와 설치 위치에 따라 달라진다. 흐름이 완만하고 하천 폭이 좁은 경우에는 비스듬하게 오일펜스를 설치하여 하안에서도 회수가 용이하도록 한다. 그러나 흐름이 빠른 곳에서는 흡착제가 한쪽으로 치우치기 때문에 롤방식을 사용하면 흡착제가 흐르지 않아 용이하다. 또한 하천 폭이 넓은 하천에서는 하안 쪽으로 오일펜스가 기울어질 수 있으므로 몇 개의 오일펜스를 사용하여 설치한다. <그림 4-4>는 설치 형태와 위치에 따른 오일펜스의 설치 예를 나타낸 것이다.

### (3) 오일펜스 설치시 유의사항

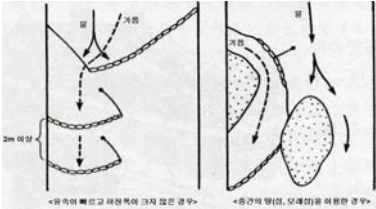
오일펜스 설치시 몇가지 유의사항이 있다. 첫째, 중유는 물보다 조금 가볍지만(비중 0.82~0.96), 물에 가라앉을 수도 있고 오일펜스에 완전히 흡착되지 않는 경우도 있으니 주의해야 한다. 둘째, 유속이 빠른 경우에는 오일펜스가 적당한 효과를 나타내지 않을 수도 있다.



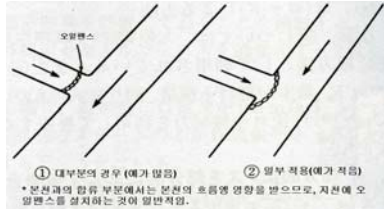
〈2중 설치 예〉



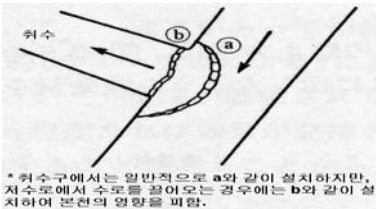
〈비스듬히 설치한 예〉



〈본천에 설치한 예〉

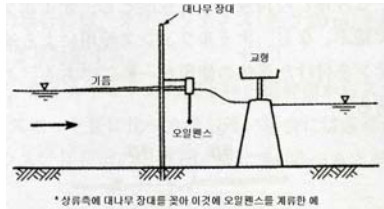


〈지천에 설치한 예〉



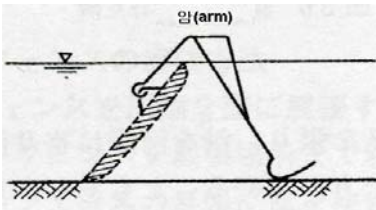
\* 취수구에서는 일반적으로 a와 같이 설치하지만, 저수구에서 수로를 끌어오는 경우에는 b와 같이 설치하여 본천의 영향을 피함.

〈취수구에서의 설치 예〉

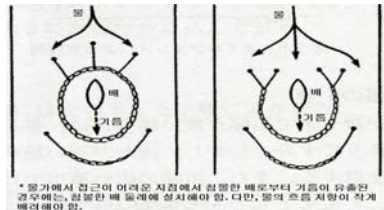


\* 상류쪽에 대나무 장대를 꽂아 이것에 오일펜스를 계류한 예

〈교항을 이용한 설치 예〉



〈암(arm)을 이용한 설치 예〉



〈침몰한 선박의 설치 예〉

〈그림 4-4〉 오일펜스 설치 예

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## 2) 유류 회수방법 선정

유류의 회수방법은 흡착재에 유류를 흡착시켜 흡착재를 회수하는 방법과 회수 장치를 이용하여 직접적으로 유류를 회수하는 방법이 있다.

### (1) 흡착재에 의한 유류 회수

오일펜스에서 유류를 가두어 흡착재에 흡착시켜 흡착재를 회수하는 방법으로 흡착재의 종류에는 석상, 포상, 사상, 입상, 튜브(tube) 등이 있다.

#### ① 흡착재 선정

흡착재로 사용되는 소재는 나무와 같은 천연물과 폴리에스텔사, 폴리우렌탄사 등의 고분자체 인공소재가 있으나 현재로서는 폴리필렌소재가 대부분이다.

흡착재는 수질사고 현장의 유류 유출량을 고려하여 선택하며, 특히 사고현장에 대량의 기름이 부유할 경우 흡착량이 높은 흡착재를 적용하도록 한다.

#### ② 흡착재 사용 순서

매트상의 흡착재(1번 50cm의 정방형)를 사용하는 것이 일반적이나 유하하는 경우에는 소형 혹은 시트상을 묶어 사용하거나, 입상의 나이론 흡착재를 망에 넣어 사용하는 경우가 많다. 선택된 흡착재는 일반적으로 다음과 같은 순서로 사용한다.

1. 회수 위치 결정
2. 유류면에 적용
3. 5분정도의 방치 후 수면에 끌어올림
4. 몇 초간 물을 걷어내고 봉지에 담음

이것이 일반적인 순서이며, 2 - 4를 반복하며 기름을 회수한다.

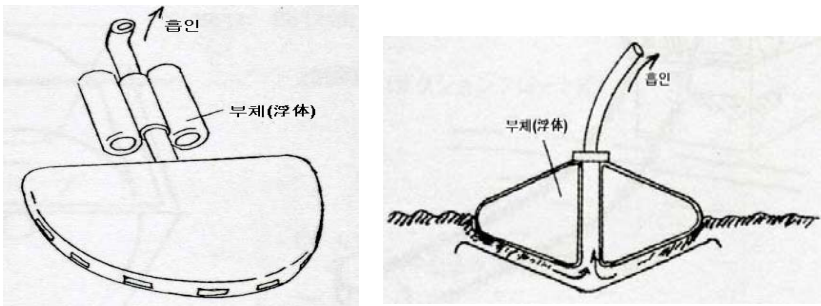
### (2) 기름 회수 장치에 의한 회수



기름회수장치에는 현재 시판되는 회수방법에 따라 유수(油水)직접흡인방식과 흡착·점착방식 및 수중 회수방식으로 구분할 수 있다. 수면에 부유된 유류를 펌프에 의해 직접 흡인하는 직접 유수흡인방식이 가장 일반적인 회수 방법이다.

① 유수(油水) 직접 흡인 방식

유류 흡인부는 가능한 유류층 표면에 가깝게 위치하여 유층만 흡인하도록 한다. 특히 이 방식을 사용하는 경우는 평수면의 유출기름을 대상으로 한다(그림 4-5 참조).

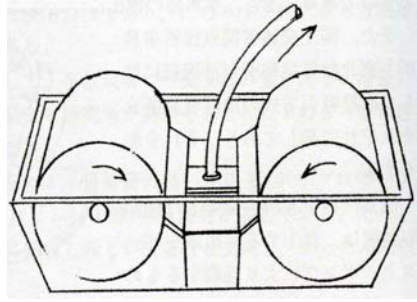
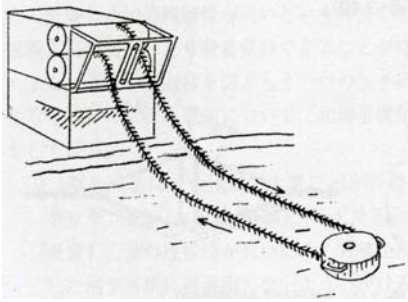


〈그림 4-5〉 직접흡인식 기름회수장치 예

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

② 흡착·점착방식에 의한 기름의 회수

흡착방식은 폴리프로필렌계, 폴리우레탄계 등의 친유성의 다공질재료를 드럼통 표면에 쌓아 붙이거나 벨트를 사용하여 유출기름을 여기에 흡착시킨 후 기름을 짜는 방식이다. 점착방식은 금속이나 드림에 대한 기름 점착성을 이용할 때 다수의 금속제나 고무벨트를 유탁경계면을 통하여 회전시켜 경계위로 보낼 때 표면에 부착된 기름을 특수한 와이퍼에 닦아내는 방식이다. 중간 점도에서 유동성을 잃은 점도가 높은 기름까지 회수할 수 있는 특징이 있다(그림 4-6 참조).



〈그림 4-6〉 흡인/점착식 회수장치 예

좌) 모프(mop) 부착식 회수기, 우) 드럼식 회수장치

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

### 3) 하안 부착 유류 제거

오일펜스와 유류회수 단계를 통해 제거되지 않고 하안에 부착된 유류는 세정제로 제거하거나 유류가 부착된 잡초 등을 잘라내어 제거한다. 토양의 경우에는 그 흙을 파내어 유류를 제거하고 파낸 토양은 지정폐기물 처리기준에 따라 처리한다.

## 2. 화학물질 대책

화학물질 사고에 따른 처리대책은 토양, 수문 등에 의한 화학물질의 하류 확산 방지, 기자재를 이용한 회수, 약품주입에 의한 무해화, 방류에 따른 희석 등이 있다. <표 4-2>에 처리대책방법과 그 적용조건을 나타냈다.

〈표 4-2〉 유류 이외의 처리대책방법과 적응조건

	방법	적용하천 조건	원인물질 유출상황	적용장소 등 제약
유하 확산 방지	토양에 의한 지수	지천, 수로, 발생원	• 유출량이 적음	• 작은 수로 등의 유량이 적은 곳 • 처리 공간이 있는 곳
	수문, 통문, 독의 폐쇄	지천, 수로, 하천일대	• 유출량이 많음	• 해당시설이 있는 곳 • 폐쇄하는 경우 다른 지역에 중대한 영향을 미치지 않는 곳
회수 기기 의 이용	양동이, 바스켓	지천, 수로, 발생원	• 유출량이 적음 • 작업에 위험이 적은 농도	• 인위적 회수가 가능한 공간이 있는 곳 • 회수기기의 운반 등이 가능한 곳
	펌프, 배큘카(진공차)	지천, 수로, 발생원	• 비교적 농도가 높음 • 펌프 등에 회수가능한 양	• 기기의 반입이 가능한 곳 • 작업 공간이 있는 곳
	그물 등에 의한 포획(물고기)	지천, 수로, 하천일대	• 작업에 위험이 적은 농도	• 작업위치(발판)가 단단한 곳(육지) • 배의 항행이 가능한 곳(수역)
처리	약품처리(중화, 응집침전 등)	지천, 수로, 발생원	• 유출량이 적음 • 농도가 높음	• 주변에 민가 등이 없는 곳 • 작업 공간이 있는 곳
	희석(댐, 언덕에서 방류)	지천, 하천일대	• 유출량이 많음 • 농도가 높음	• 방류시설이 있는 곳

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## 1) 중금속 사고대책

중금속 유출사고는 도금공장, 금속표면처리 공장 등에서 폐수의 유출이 원인이 되는 경우가 많고 이때 폐수 pH는 산성상태가 되어 있으므로 중금속의 대부분은 이온의 형태로 존재한다. 현장에서 실시 가능한 대책은 원인이 되는 중금속을 포함한 유출물을 회수하고 적절한 시설에서 처리하는 것이 기본이다. 회수가 불가능한 경우에는 독 등에서 방류에 의한 희석을 검토할 수 있다.

회수 및 독 등지에서의 방류에 따른 희석이 불가능하여 불가피하게 현장에서 처리를 해야 하는 경우에는 유독물이 하천으로 유입하기 전에 수문, 독 등의 하천 구조물을 이용하여 막거나, 토양을 쌓아 올려 흐름을 멈추게 한 후 유출물을 반응용기(드럼통)에 양수하여 일정량씩 처리한다. 처리방법으로는 가성소다 등의 알칼리제를 첨가하여 불용성의 수산화물을 형성시켜 침전 제거를 하는 화학처리법과

활성탄 등을 사용하여 흡착제거 하는 물리처리법이 있다.

처리수의 방류는 농도를 확인한 후 희석하여 하천에 방류하며, 현장 처리를 실시하는 경우에는 작업원의 안전 및 주변 환경의 안전에 대해서도 충분히 고려하여 실시한다.

### (1) 중금속의 화학처리

사업장 배수처리에 있어서 중금속의 화학처리에서는 ① 약품침전법1(수산화물로 침전) ② 약품침전법2(석회처리법) ③ 이온교환법 ④ 전기분해법 등이 있다.

현장에서 수질사고 처리는 ①의 수산화물로 침전시켜 약품침전법1을 적용하는 방법을 이용한다. 이 방법은 폐수의 pH를 중성-알칼리성으로 하여 중금속을 불용성의 수산화물로 침전 제거하는 방법이다.

처리방법의 선정은 현장에서의 안정성과 경제성 등을 고려하여 결정한다. <표 4-3>은 중금속 수산화 생물성의 최적 pH성을 나타낸 것이고, <표 4-4>는 각 중금속의 화학적처리법의 개요를 나타낸 것이다.

<표 4-3> 중금속 수산화 생물성의 최적 pH성 (NaOH 중화)

금속이온	pH 범위	잔류농도(mg/L)	재용해pH
카드뮴 Cd <sup>2+</sup>	10.5 이상	0.1 이하	
구리 Cu <sup>2+</sup>	8 이상	1 이하	
니켈 Ni <sup>2+</sup>	9 이상	1 이하	
망간 Mn <sup>2+</sup>	10 이상	1 이하	
납 Pb <sup>2+</sup>	9~9.5	1 이하	9.5 이하
아연 Zn <sup>2+</sup>	9~10.5	1 이하	10.5 이하
철 Fe <sup>3+</sup>	5~12	1 이하	12.5 이하
철 Fe <sup>2+</sup>	9~12	3 이하	
크롬 Cr <sup>3+</sup>	8~9	2 이하	9 이하
주석 Sn <sup>2+</sup>	5~8	1 이하	
알루미늄 Al <sup>2+</sup>	5.5~8	3 이하	8 이하

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

〈표 4-4〉 각 중금속의 화학적처리법의 개요

금 속	처리방법	처 리 개 요
구리, 납, 니켈 아연, 철, 망간, 알루미늄	수산화물법	폐액중의 각 금속처리법으로서는 수산화물법이 일반적임. 이 원리는 가성소다 등의 알칼리제를 중금속이온을 포함한 폐액에 pH를 높일 때 중금속이온은 수산이온과 반응하여 산화물의 침전을 생성함.
6가크롬 (3가크롬)	환원수산화물법	6가 크롬의 경우 수산화물을 형성시켜주고 먼저 6가 크롬을 3가 크롬에 환원하여 알칼리제를 추가하면 수산화물로서 고액분리함. 환원제로서 철, 유황화제일철 및 아황산나트륨등이 있음.
비 소	수산화물공침법	비소는 일반적으로 칼륨, 마그네슘, 바륨, 철, 알루미늄 등의 금속 수산화물과 공침하는 것이 잘 알려져 있음. 이 처리방법은 가한 금속의 종류의 적절한 추가량, pH치에 따라 소거효과 등이 다르나 염화철과 수산화칼륨과의 병용에 따라 공침이 더욱더 효과가 있음.
수 은	유황화물법	유황화수은(HgS)은 난용성염이기 때문에 폐액에 유황화 나트륨(Na <sub>2</sub> S)을 더해 유황화 수은으로서 침전제거하는 방법이 있음. $Hg_2 + S_2 \rightarrow HgS$

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## 2) 농약 사고대책

농약유출사고대책은 원인이 되는 농약을 포함한 유출수를 회수하고, 적절한 시설에서 처리하는 것이 기본이다.

### (1) 농약처리법의 종류와 선정

농약처리법으로는 화학적, 물리적, 미생물학적 처리법이 있다. 대표적 농약처리법은 〈표 4-5〉와 같다.

〈표 4-5〉 대표적인 농약처리법

분류	처리법	개 요	비 고
화학 적 처리	염소 처리	차염소산나트륨등의 산화능에 의해 농약을 분해하는 방법으로 방향환에 의 친전자적 위화반응 불포화결합으로의 추가반응 및 산화반응에 따름.	대상농약의 화학구조에 따라 처리효과가 다름. 또 중간반응으로 유해한 생성물을 발생하므로 주의가 필요함.
	오존 처리	오존의 산화분해능력을 이용하여 농약을 분해하는 방법. 염소에 따른 강한 산화작용이 있고 pH, 온도 등의 영향을 받아 수처리 후에는 빠른 산소분해 때문에 잔류성이 적고 농약과의 반응성은 높음.	염소처리와 동일하게 대상농약의 화학구조에 의해서 처리효과가 다름. 현장에서 장치 사용이 어려움.
물리 적 처리	활성탄처리 (흡착제처리)	활성탄의 비표면적을 이용하는 방법. 흡착능력에 따라 농약을 흡착처리하는 일시적방법임.	농약의 화학구조에 따르지 않아 적용범위가 다른 방법과 비교해서 넓음. 그러나, 처리후 활성탄 처리가 필요함.
	다른 흡착제 처리	활성탄이외의 흡착제를 이용하는 방법으로 대체흡착제로서는 오가쿠즈, 목탄 등이 있음.	활성탄과 비교해서 처리능력이 다소 떨어지지만 싼 자재를 유용하게 사용할 수 있음.
생물 학적 처리	미생물처리	미생물 정화능력을 이용한 방법으로 미생물에 의한 분해로 농약을 제거함.	농약에 의해 미생물의 활성이 저하되나 따로 장소가 필요함.

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## (2) 활성탄의 특성과 처리방법

활성탄을 사용하는 대책방법은 타워 방식의 반응탑에 활성탄을 채워 넣고, 그 안에 농약으로 오염된 하천수를 펌프로 통과시키거나 혹은 활성탄과 교반·혼합시켜 상징수를 처리수로서 원래의 하천에 방류하는 것이다. 이때 처리수 중의 농약농도를 확인하고 안전을 확인 후 희석 방류한다.

## (3) 활성탄의 사용시 주의사항

활성탄을 취급할 때는 아래와 같은 내용에 주의하여야 한다.

- 활성탄은 공기 중에 산소를 흡착하는 성질이 있기 때문에 (특히 습한상태) 밀폐된 곳에서는 공기 중 산소농도의 저하를 초래

- 사용후 폐활성탄의 폐기처분은 산업폐기물로서 처리
- 흡입하거나 눈이나 피부에 닿지 않도록 방진마스크, 안전안경(고글), 장갑 등 적절하게 보호구를 착용
- 실내 취급하는 장소에는 국소배기장치를 설치하거나, 작업환경을 허용농도이하로 보존

### 3. 유류 및 화학물질의 유출방지 긴급대응

#### 1) 우·오수관로를 통하여 유출되는 경우

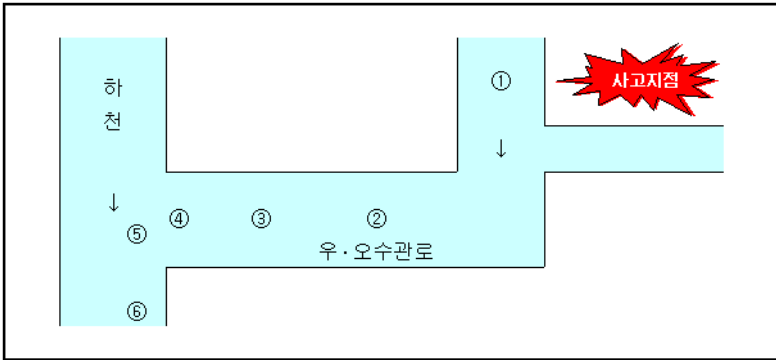
〈그림 4-7〉은 사고지점으로부터 유류 및 화학물질이 우·오수관로를 통해 유출되는 경로를 나타낸 것이다.

유류가 발견된 지점이 소하천 중·상류(①지점)로 수량이 없거나 극히 적은 경우에는 직하류 지역(②지점)에 웅덩이 또는 임시제방을 설치하여 차단·차집하여 제거한다. 관로 차단이 가능한 경우에는 관로를 차단한 후 흡인차량 등을 이용하여 수거할 수도 있다.

그러나 유출량이 많은 경우에는 ③지점에 비상용 웅덩이 또는 임시제방을 추가로 설치하여 확산을 방지한다. 하천수량이 많아 웅덩이나 임시제방으로 차단이 어려울 경우에는 동일지점에 오일펜스를 설치하고 흡착포 등으로 제거하고, 우수지가 있는 경우(④지점)에는 배수갑문을 차단하여 차단 후 흡착포 등으로 제거한다.

이미 분류에 유입되고 있는 경우에는 유입지점 하단의 유속이 느린 지점을 선정(⑤지점)하여 오일펜스(흡착물, 흡착포 포함)를 설치하여 차단한 후 제거한다. 하류 추가유출을 방지하기 위해서는 상기의 과정과 병행하여 대응을 실시한다.

하류에 영향을 미칠 것으로 판단되는 경우에는 ⑥지점 또는 그 하류에 비상용 오일펜스를 보강 설치한다.



〈그림 4-7〉 우·오수관로를 통한 유출

## 2) 도로에서 하천으로 유입되기 전의 경우

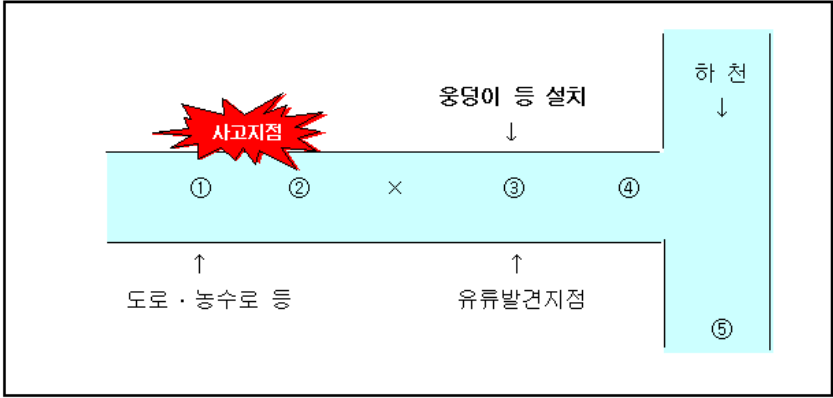
〈그림 4-8〉은 도로에서 하천으로 오염물질이 유출되기 전 경로를 나타낸 것이다.

유류 발견지점 최단하류지점(③지점)에 웅덩이, 임시제방(둑)등을 설치하여 유류의 하천유출을 우선 차단한다. 사고지점에서 계속해서 유출되는 경우에는 ①과 ③사이의 적당한 지점(②지점)에 웅덩이 또는 임시제방을 설치하여 확산을 방지하고, 유출량이 많을 경우에는 ④지점에 비상용 웅덩이 또는 임시제방 보강 설치한다.

사고발생 지점으로부터 제방을 설치한 지점까지 골고루 인력을 투입하여 수거용기, 흡인차량 등을 통해 유류를 제거하며, 장비의 사용이 여의치 않을 경우에는 빗집이나 흡착포 등을 이용하여 제거한다. 유류가 부착된 흙의 경우는 파내어 지정폐기물 처리기준에 따라 적정처리 한다.

유출예상 하천중 물의 흐름이 느린 하류 10m지점(⑤지점)에 비상용 오일펜스를 설치(흡착물 또는 흡착포 포함)하여 토양에 침투된 잔류유류가 하천 본류로 유출되는 것을 방지한다. 상황에 따라 최소 5일 이상 설치 및 상시 감시가 필요하다.



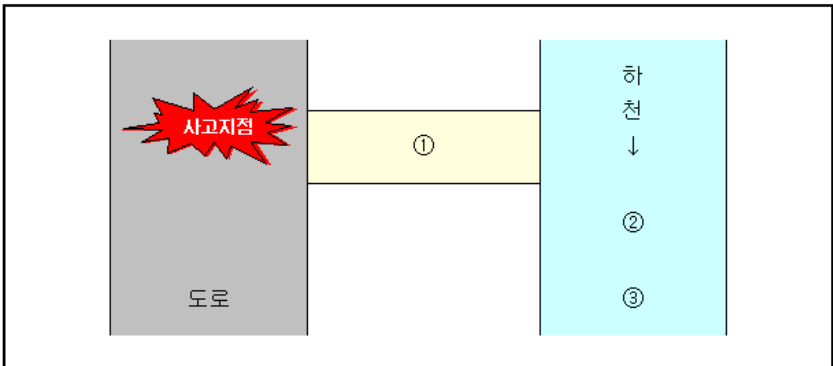


〈그림 4-8〉 도로에서 하천으로 유출되기 전 경로

### 3) 도로에서 하천으로 유입되는 경우

#### (1) A형

〈그림 4-9〉와 같이 도로에서 하천으로 유출될 경우 ①지점에 웅덩이를 설치하고 ②와 ③지역에 오일펜스를 설치하여 하천으로 유입되는 것을 차단한다.



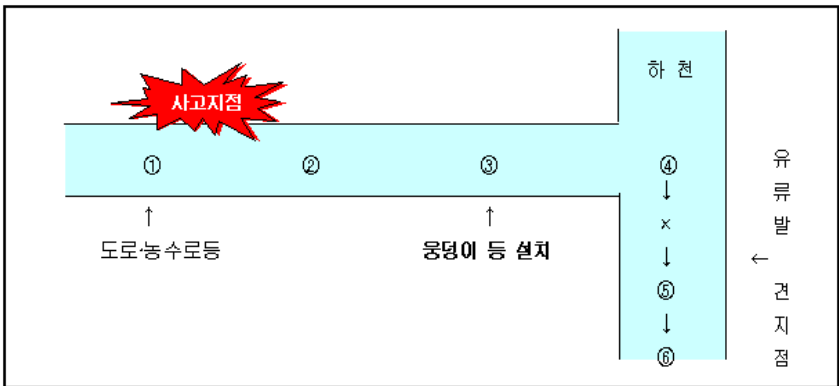
〈그림 4-9〉 도로에서 하천으로 유출 - 1

(2) B형

〈그림 4-10〉과 같이 도로에서 하천으로 유출될 경우 유류가 발견된 지점으로 부터 물의 흐름이 느린 지점(⑤지점, 유류발견 지점으로부터 20~100m 정도)에 오일펜스(흡착물 및 흡착포 포함)를 설치하고 ③지점에 웅덩이 또는 임시제방을 설치하여 하천으로 유입하여 확산되는 것을 방지한다.

유출량이 많은 지점은 오일펜스 등을 2~3중으로 설치하고, 오일펜스 앞에 모인 기름의 두께가 조금 두터워질 경우 용기 등으로 기름을 퍼낸 후 잔여기름은 흡착포, 흡착물 이용하여 제거한다. 오일펜스 등은 설치 후 시간이 오래 경과된 것은 교체하고, 잔류된 미량의 유류는 흡착포 등으로 제거작업 실시한다.

유류가 하천으로 유입되는 ④지점에 오일펜스(흡착물, 흡착포)를 설치하고, 사고지점에서 계속 유출될 경우에는 ②지점에 웅덩이 또는 임시제방을 설치하여 하류 확산을 방지한다. ⑤지점 하류 1km이내의 ⑥지점에 비상용 오일펜스를 설치하며, 필요시에는 ⑥지점 하류에도 오일펜스를 추가로 설치한다.



〈그림 4-10〉 도로에서 하천으로 유출 - 2

4) 하천에 유류가 직접 유입되는 경우

〈그림 4-11〉은 하천으로 유류가 직접 유입되는 경우를 나타낸 것이다.

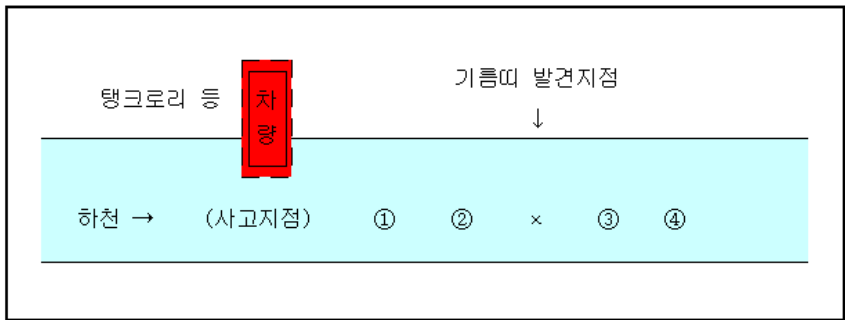
유류가 발견된 지점에서 물의 흐름이 느린 지점(③, 유류발견지점으로 부터 2

0~100m정도)에 오일펜스(흡착물 및 흡착포 포함) 설치하고, 유출량이 많은 지점은 오일펜스 등을 2~3중으로 설치한다. 오일펜스 앞에 모인 기름두께가 조금 두터워질 경우에는 용기 등으로 기름을 퍼낸 후 흡착포, 흡착물을 이용하여 제거한다.

오일펜스 등을 설치 후 시간이 오래 경과된 것은 교체하고 오일펜스 교체 과정에서 발생하는 미량의 유류는 흡착물 또는 흡착포로 제거한다. 사고지점에서 제일 가까운 하류 ①지점에 오일펜스(흡착포, 흡착물)설치하고, 사고차량에 남은 잔여기름은 단시간 내에 다른 탱크로리차를 동원하여 이송 조치한다. 사고차량에서 잔여분 기름이 유출될 수 있으므로 빠른 시간내 차량 인양을 하는 것이 중요하다.

③지점 하류 1km이내의 ④지점에 비상용 오일펜스 설치하고, 하류에 영향이 미칠 것으로 판단될 경우 ④지점 하류에 비상용 오일펜스를 보강하여 설치한다. 기름띠가 많이 발견될 경우에도 ②지점에 오일펜스 보강하여 설치한다.

대응 방안들은 사고 현지 상황에 따라 유동적으로 변화될 수 있으므로, 특히 상류의 유량(댐 방류량) 감소 또는 증가 조치, 방재둑, 옹벽이 설치 등 오염 상황에 따라 여러 가지 방법을 적절히 사용해야 한다.

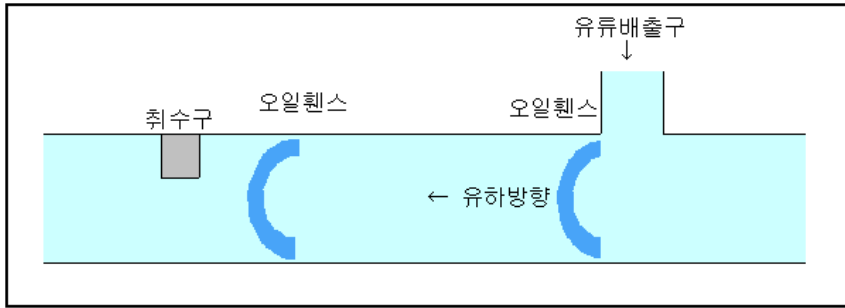


〈그림 4-11〉 하천으로 직접 유출

### 5) 하천 폭에 따른 대응

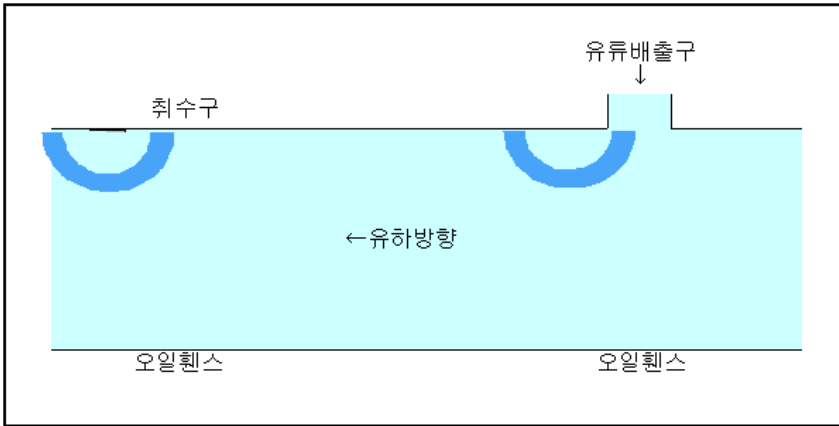
하천폭에 따라 그 대응 방안이 달라진다. 하천폭이 좁은 경우에는 〈그림

4-12)와 같이 오일펜스를 유하방향으로 하천폭 전면에 설치하여, 필요에 따라 2~3중으로 설치하여 유류의 유출을 방지한다.



〈그림 4-12〉 하천 폭이 좁은 경우

그러나, 하천폭이 넓은 경우에는 하천폭 전면에 오일펜스를 설치할 수 없으므로 유류가 배출되는 곳에 유하방향을 고려하여 설치하고, 취수구가 있는 경우에는 그 곳으로 유류가 흘러들어가지 않도록 취수구 전면에 오일펜스를 설치하여 유류가 유입되지 않도록 설치한다(그림 4-13 참조).



〈그림 4-13〉 하천 폭이 넓은 경우

#### 4. 청계·중랑천과 안양천의 유하시간

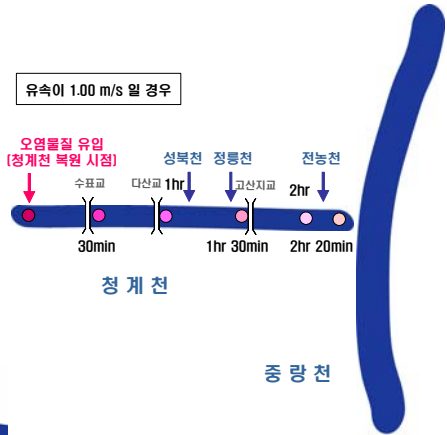
중랑천 최상류에서 유독물질이 유출되었을 때 유속이 0.25m/sec일 경우 유독물질이 한강본류에 도달하는 시간은 37시간 정도로 예상된다(그림 4-14 참조).

청계천의 경우 유속이 1.0m/sec일 경우 중랑천에 2시간 20분 정도이면 도달할 것으로 예측되어 수질오염사고 발생시 긴급대책은 신속·정확히 이루어져야 할 것이다(그림 4-15 참조).

안양천에 유독물질이 유출되었을 경우 유하시간을 살펴보면 〈그림 4-16〉과 같으며, 유속이 0.25m/sec일 경우 유독물질이 한강본류에 도달하는 시간은 36시간 정도로 예상된다.



< 4-14> 중랑천의 유하시간



< 4-15> 청계천의 유하시간



<그림 4-16> 안양천의 유하시간

## 제3절 물고기 폐사 등 수환경 변화 대책

### 1. 물고기 폐사 유형 및 긴급대책 실시

주요 친수하천에서 발생하고 있는 물고기 폐사의 유형을 펴 보면 크게 네 가지 유형으로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 봄철 해빙기 및 갈수기에 유량 부족으로 유속이 느리거나 정체된 수역에서 수온상승 등 기온변화에 의해 오염도가 급상승으로 발생함. 특히 수온이 상승하는 3-4월에 주로 발생.

둘째, 갈수기 하천수량이 부족한 상태에서 초기 강우 등에 의해 씻겨진 오염물질이 일시에 과다 유입되고, 유속이 빨라져 하상 퇴적물이 뒤집히는 현상으로 발생

셋째, 하천 상류 또는 하천변 공사장에서 부유물질이 다량 함유된 물을 흘려보낸 탁류로 인해 발생

넷째, 그 외 기타 복합적인 요인에 의한 용존산소 부족 또는 유기물질, 암모니아성 질소 등의 오염도 급상승이나 조류과다 번식에 의해 발생

#### 1) 물고기 폐사 주요 원인

물고기 폐사 주요원인은 봄철 초기 강우시 도로 등에 퇴적된 다량의 비점오염물질이 하수관거를 월류하여 하천으로 유입되면서 용존산소량을 2mg/L 이하까지 급격하게 저하시켜 나타나는 수질오염 사고이다. 이러한 수질오염 사고는 하천수량이 적고 수온이 상승하는 봄철 해빙기에 주로 발생하며, 또한 5-20mm 정도의 소량 강우가 봄철에 하천으로 유입되어 자정능력을 저하시키면서 발생하게 된다. 2006년 6월에 발생한 청계천 물고기 폐사의 경우도 당시 강우는 6mm 정도로 소량의 강우가 내렸으나, 이 초기 강우에 의해 오염물질이 하수관거를 월류하면서 용존산소가 급격히 감소하여 발생한 경우이다.

〈표 4-6〉은 자연적 요인에 의해 발생하는 물고기 폐사의 원인과 특징을 나타낸 것이다.

〈표 4-6〉 물고기 폐사원인 및 특징

폐사원인	현장여건 및 폐사어의 특징
용존산소 결핍	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐사가 이른 아침(02:00-해돋이무렵)에 갑자기 발생</li> <li>• 산소 요구량이 많은 어종과 큰 물고기가 먼저 죽음(선택적)</li> <li>• 용존산소 농도가 낮음(2mg/L 이하)</li> <li>• 해리된 이산화탄소의 농도가 높음</li> <li>• 물의 색이 밝은 연두색에서 회색, 갈색, 흑색 등으로 바뀜</li> <li>• 물에서 썩은 배추 냄새가 남</li> <li>• 동물성 플랑크톤이 죽거나 죽어감</li> </ul>
독성 조류의 번성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일출후부터 일몰시까지 진행됨(대부분 다음날도 반복됨)</li> <li>• 민감한 조류는 점차 사라지고 한 가지 조류만 남음</li> <li>• 동물성 플랑크톤, 곤충, 어류 및 물을 마시는 동물에게도 독성을 미침</li> <li>• 조류가 급격히 증가할 때 pH는 9.5-11까지 증가, 용존산소는 거의 포화상태, 수온은 27℃ 이상이고 한 종류의 독성조류가 다량 존재함</li> </ul>
수층혼합 (Turnovers)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 봄, 가을에 발생하나, 계속된 더운 날씨후 차가운 강우시에도 발생(상류로부터 수량 증가 또는 강한 바람이 불 때)</li> <li>• 전형적인 신호는 낮은 용존산소량, 부패된 유기물, 냄새, 색변화이며, 산소 고갈 중에 나타남</li> </ul>
황화수소 중독	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물 속에서 황화수소의 냄새가 남</li> <li>• 강변에 검고 부패한 유기물 발견</li> <li>• 방향성을 잃은 죽어가는 물고기</li> <li>• 검은 빛깔의 물고기, 코코아 색깔의 아가미를 가진 물고기</li> <li>• 황화수소가 독성을 나타내는 경우 용존산소(DO)는 보통 3mg/L 이상</li> </ul>
기체 과포화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 급격한 수온변화나 과포기로 인해 발생</li> <li>• 어류의 지느러미, 피하, 눈 주위, 아가미 등에 거품 발생</li> </ul>
기타 환경스트레스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐사의 2차 원인</li> <li>• 과밀도, 먹이부족, 산란주기 등</li> <li>• 자연발생적 독성물질</li> </ul>

## 2) 물고기 폐사 등 수환경 변화 사고시 긴급 대책 실시

사전예방을 통해서 인위적으로 조성되는 수환경 변화에는 대응할 수 있으나, 자연 현상에 의해 발생한 수환경 변화로 물고기 폐사가 초래될 수 있다. 이러한 경우 몇가지 대책 방안을 보면 다음과 같다.



첫째, 무엇보다 사고가 발생한 지역의 수질분석 및 현장 확인을 통한 신속한 원인규명이 필요하다. 용존산소량(DO), pH, 수온 등을 신속하게 현장에서 측정하고, 더불어 물고기 폐사상태 확인 및 필요시 하천수와 물고기 정밀시험분석을 실시한다. 사고의 원인이 유독물에 의한 경우에는 유독물 사고대처 방안에 따라 조치하며, 폐수 불법배출 등 인위적인 사고시에는 관련업소의 집중단속 실시한다.

두 번째는 사고가 발생한 지역의 물흐름을 원활히 할 수 있도록 임시로 하상을 정비하는 것이다. 수중보 등에 의하여 물이 정체되어 조류가 발생한 경우에는 물 같이 작업을 실시하며, 하천폭, 유량·유속 등 현장 여건이 좋은 경우에는 미세그물 등을 설치하여 퇴적물을 차집·제거한다.

셋째, 오염도 분석결과에 따라 취·정수방법 변경여부 판단·조치하는 것이다. 주기적으로 수질분석을 하여 하류지역 취·정수장에 영향 여부를 판단하고, 오염물질의 흐름을 지속적으로 추적하여 하류 관련기관에 신속히 전달한다.

## 2. 물고기 폐사 발생시 긴급판정 실시

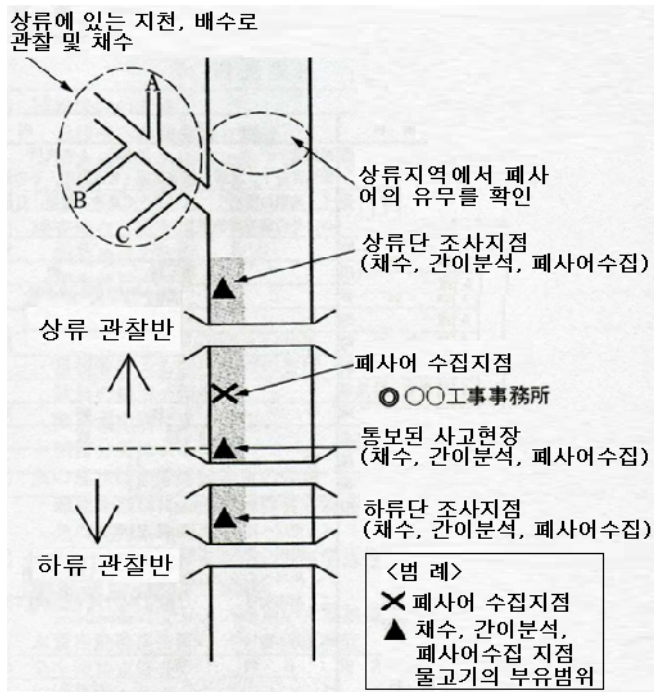
하천 등에서 물고기 폐사가 발생하는 경우 물고기의 증상(관찰결과)으로부터 폐사원인(원인물질)에 대해 특정(판별) 할 수 있도록 간이 판정방법을 설명한다. 상세한 원인조사가 필요한 경우에는 보건환경연구원, 내수면연구소, 수산시험장이나 대학교 등의 전문가에게 의뢰한다.

### 1) 정보 확인 및 육안관찰

물고기 폐사 발생은 원인자로부터의 통보 이외에는 낚시꾼, 통행인, 지역주민 등의 통보가 대부분으로 전화통보 형태이다. 첫 번째 통보가 반드시 하천관리자에게 들어오는 것은 아니지만, 정보전달 양식을 기본으로 문답조사를 실시한다.

더불어 일반 긴급대응 체계와 같이 관계기관으로 정보연락과 정보내용을 확인하고 수질사고 협력체계에 따라 사고를 통보하고 폐사 발생 사고 내용을 확인한다.

수질사고 접수후 정보를 확인한 이후에는 사고 발생 원인의 규명을 위해 현장 조사반을 파견하여 사고현장을 확인하여 사고현장에서 채수, 간이수질 분석 및 폐사어를 채취한다. 원칙적으로는 두개의 조사반을 구성하여 상류와 하류에서 흐르는 하천을 감시하며, 육안으로 이상이 확인될 경우에는 각 지점에서 채수 및 간이수질 분석과 함께 폐사어를 수집한다. <그림 4-17>는 폐사어 발생 통보 후 현장에서의 대응방안을 나타낸 것이다.



<그림 4-17> 폐사어 발생 지점 대응

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故対策技術」

## 2) 현장 대응

정보 확인과 육안관찰을 통한 결과 등은 신속하게 유관기관에 전달되어, 현장에서 신속한 대응을 실시할 수 있어야 한다. 원인이 유류인 경우에는 관찰된 현장에서 유류의 색, 농도, 범위(넓이와 폭) 및 유류의 이동상황 등 근본적인 정보를 확인한 후 상·하류 옆 기름의 영향범위의 확인을 실시하고, 동시에 발생원을 확인하여 더 이상의 확산이 일어나지 않도록 한다. 특히 유류는 하천의 유속, 풍향/풍속에 의해서 우안 또는 좌안으로 불어오는 바람에 의해 한쪽 구석으로 밀려가는 경우가 있으므로 영향범위와 발생원 확인시 이 점에 유의하여야 한다.

현장에서 조사해야 할 항목은 <표 4-7>과 같으며, 원인불명의 경우에는 사고 상황 조사로서 표 중간의 모든 항목이 조사대상항목이 된다. 또한, 사고 원인자의 신고에 의해 원인물질이 명확한 경우에는 그 원인물질에 대해 간이측정법에 의한 확인분석 및 분석기관에서의 정량분석을 실시한다.

<표 4-7> 현장 조사항목 일괄

조사내용		조사항목
외관 등에 관한 조사항목	현지관측	육안 관찰 (하천, 호소) / 취기관찰 (악취) / 착색 / 탁도 / 거품발생
수질검사항목	현장관측 (간이측정법)	수온 / pH / 용가크롬 / 잔류염소 / DO / 전기전도도 / 수은 / 비소 / 시안 / 페놀 / 카드뮴/ 동/ 농약 / 암모니아 / VOC
	분석기관에서 분석 (채수, 보존, 정밀분석)	중금속류(비소, 카드뮴, 수은 등) / 유해물질(페놀, 시안 등) / 농약 / 유기물
폐사 어류 관찰 항목	현지관측 (폐사물고기 회수, 관찰, 보존)	외관(표면, 안구, 출혈) / 경직상태 / 아가미 내부 상태
	전문기관에서 분석	아가미 내부 상태 / 전량분석(함유독물)
간이독성시험 항목	Bio-assay 기술을 이용한 간이독성시험	어류에 관한 간이독성시험 / 발광세균과 물벼룩을 이용한 간이독성시험

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

긴급 수질사고에서 원인물질이 불명확한 경우에는 원인물질의 확인을 신속하고 정확하게 행하는 것이 중요하다. 원인물질을 확인하는 방법의 하나로 수질시험, 육안관찰 정보를 참고하여 현장에서 간이측정법에 의한 분석, 더 나아가 분석기관에

정밀분석을 실시하여 원인물질을 확실히 파악해 두는 것이 필요하다.

### 3) 폐사어 관찰에 의한 원인물질 판별

#### (1) 폐사어 관찰 개요

폐사어 관찰에 의한 원인물질의 확인조사는 피해 사체(폐사어)로부터 폐사원인을 규명하는 것으로 현장에서 조사와 실험실내에서 조사로부터 이루어진다. <표 4-8>는 폐사어의 증상과 사인의 판정기준을 정리한 것이다. 물고기의 각 부위의 관찰상황으로 부터 종합적인 판정을 내려, 물고기의 사인을 추정하는 경우 참고한다.

<표 4-8> 폐사어 관찰 조사

조사 방법	현장 조사내용		실험실 조사내용	조사대상
형태적 방법	피해 종류수		-	사체 · 빈사체 수
	피해 물고기 분산상황	평면분산		
		연직분산		
		종류수 분포		
	피해 물고기 형태	체격/자세	몸통길이-몸통무게 상관도	사체(외관)
		색깔	-	
		출혈	-	
상처(창상 등)		조직검사	빈사체(외관, 어육)	
기생체		-	사체, 빈사체(어육, 내장)	
	부패정도	망막 조직검사	빈사체(안구)	
생리적 방법	횡전(橫轉)어 회복시험		-	횡전어
	-	적혈구 저항력 (산소결핍이 원인인지 아닌지 판단)		사체, 빈사체(혈액)
		근육 유산함유량 (산소결핍이 원인인지 아닌지 판단)		빈사체(물고기 근육)
		신선도 시험지에 의한 사망추정 시험		사체(어육)
분석적 방법	-		성분분석법(재판화학)	사체(전량, 내장)
			점액검사법	사체(점액)

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## (2) 현장조사 실시

- ① 현장관찰 : 현장에서 관찰은 <표 4-9>에 표시한 순서에 따라서 필요한 사항을 확인한다. 이와 같은 작업에서는 야장의 기록이나 증거사진의 촬영을 전담한 사람을 미리 결정·실시하며, 다른 곳으로 이동시에는 책임자가 확인을 하도록 한다.

<표 4-9> 현장관찰 순서와 내용

순서	항목	내용
1	폐사어 분포상황	어느쪽 하안(강가)에 많은가? 어떻게 분포하고 있는가? 폐사어는 수중에 있는가?, 부유상태인가?, 강가(기슭)로 밀려온 것인가?
2	횡전어 포획, 폐사어 수집	발견하면 신속히 포획·수집하여, 물고기 종류를 확인
3	사고현장 개요	표지가 되는 다리, 하천구조물 등을 사용하여 사고현장의 위치, 범위를 개략하여 그림 유입 배수구, 지천 등의 위치를 기입 물의 자취(흔적), 조류의 부착, 모래진흙 부착 등, 주위의 상황을 기재
4	폐사어, 횡전어 특징	관찰항목은 야장(현장기록지)에 따름 특별히 눈에 띄는 사항을 기록
5	피해 개요	폐사어 종류, 수, 크기를 파악

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

- ② 폐사어의 수집 : 수집한 물고기는 1마리씩 비닐봉지에 담는다. 이 경우에 진흙 등이 부착되어 있어도 씻지 않는다. 비닐봉지에는 채취지점이나 어종 등을 기재한 플래이트를 붙이고 입구를 묶는다. 플래이트는 원예용 철사로 고정하면 사용하기 쉽다. 또한, 수집된 폐사어는 얼음을 넣은 아이스박스에 보관하여 운반한다(그림 4-18~19 참조). 폐사어의 증상을 야장에 기재한 경우, 증상의 특징을 파악하여 추후 폐사어 발생 원인을 판단하는 기준의 1단계 기준으로 제시할 수 있다(표 4-10 참조).



〈그림 4-18〉 폐사어 수집

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」



〈그림 4-19〉 폐사어 비닐

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

〈표 4-10〉 폐사어 관찰 포인트

관찰항목		관찰 포인트
몸 표면	색	표피가 벗겨지고, 백탁화됨(흰색막이 생김) 흑색화됨 / 백황색화됨 / 변하지 않음
	점성	투명한 점성 분비물이 전체를 덮음(오래 지속됨) 있음 / 없음
	경직화	경직화 여부
안구	색	백색화 여부
출혈	아가미 부분	출혈여부
	지느러미 부분	출혈여부
아가미 내부	색	암적색 / 선홍색~핑크색 / 황갈색~암갈색
	주름 형상	뚜렷함 / 흐트러짐이 있음 / 뚜렷하지 않음(녹은 느낌이 있음)

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

### 3. 청계·중랑천 및 안양천의 물고기 폐사 방지 대책

#### 1) 단기 대책

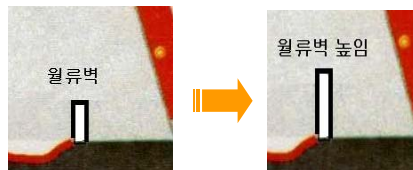
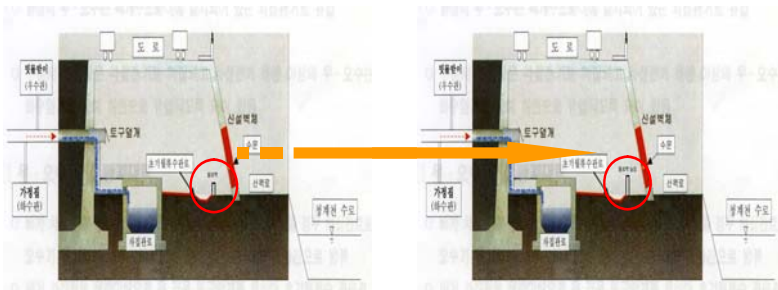
청계천 주변지역은 우·하수 합류식 지역으로 평상시 하수는 복개구조물 외부도로에 설치되어 있는 연결관로를 통하여 차집관로에 유입되어 하수처리장으로 이송된다. 우천시 일정량은 차집관로에 차집되고 나머지는 토구덮개를 통해 월류되며,

월류된 우·하수는 수압에 의해 열려진 수문을 통해 하천으로 유입되도록 되어 있다.

따라서 우선적으로 강우가 차집관로 용량(시간 최대 오수량의 3배) 이하로 올 경우 차집관로에 유입되어 하수처리장으로 흘러온 하수를 처리후 중랑천으로 방류한다. 강우가 차집관로 용량이상으로 올 경우 토구덮개를 통하여 초기월류수 관로로 유입되어 고산자교 하류에 설치된 수질정화장치(CSD)에서 정화하여 하천으로 방류한다.

(1) 월류벽 높이의 상향 조정 필요

<표 4-11>은 청계천의 물고기 폐사와 관련하여 문제점과 개선사항을 정리한 것으로 구간별 폭기를 통한 용존산소 조절, 초기강우시 흠통과 노면을 따라 흘러 들어오는 노면수 배제, 정체된 수역이 없도록 하상 정비 등의 대책을 제시하고 있다. 특히 청계천 월류수 처리 시스템과 관련해서는 <그림 4-20>과 같이 월류벽을 약간 높여 초기 월류수 처리량을 증가시켜 청계천으로 유입되는 수질을 개선하는 방안을 고려할 필요가 있다.



< 4-20> / 수처리 시스템 개선

(2) 초기 월류수에 의한 쇼크사를 줄이기 위한 어류 서식공간 조성

청계천의 물고기의 폐사를 방지하기 위해 물고기가 비교적 많고 월류수가 직접으로 유입되지 않은 하상에 수초, 잡목 등을 시설하여 물고기 서식공간을 조성하는 것이다. 이곳에는 수중폭기시설을 설치하여 피난온 물고기에 용존산소를 공급할 수 있도록 한다. 또한 이 곳에 깨끗한 물을 공급할 수 있도록 하는 장치도 시설하는 것을 검토할 수 있을 것이다.

### (3) 수질모니터링 시설의 설치 확대

청계천 주요지점에 수질모니터링 시설을 확대 설치하는 방안을 모색하여야 한다. 즉 이 모니터링 시설을 수질오염사고에 의한 물고기 폐사 방지에 활용할 수 있도록 하여야 한다.

## 2) 중장기 대책

### (1) 빗물저류조 설치

청계천 수역의 물고기 폐사를 방지하기 위한 중장기 대책으로는 월류수 대책이 핵심이다. 그러나 청계천의 월류수 대책은 현재의 시설에는 한계가 있다. 따라서 중장기 대책으로는 청계천 유역에 빗물저류조를 조성하는 방안이 모색되어야 한다. 즉 인근에 운동장이나 주차장, 또는 지하철 시설내에 빗물저류조를 설치하여 초기강우시 월류수를 줄일 수 있는 공간으로 활용하여야 한다.

### (2) 하수 유입 토구에 물리화학적인 수질정화시설 확대 설치

청계천으로 유입되는 하수유입토구에 응집침전 처리시설을 설치하여 초기강우시 순간적으로 응집침전 처리를 할 수 있도록 설치하도록 한다.



〈표 4-11〉 청계천 이용시설 개선사항

	현 문제점	개선책 및 유지보수
물고기 폐사	<ul style="list-style-type: none"> <li>소량강우시 초기우수에 의하여 오염물 질이 다량 유입되어 자정능력 저하</li> <li>수심이 낮으며 수온이 높고 하상의 유기물 부패 등에 의한 산소부족</li> <li>집중호우시 인근의 부유토사 침투</li> <li>유기물질, 암모니아성질소 등의 농도증가로 오염도 급상승 또는 조류발생 등으로 수질악화</li> <li>부유물질이 아가미에 협착</li> <li>수온상승으로 인한 쇼크</li> <li>구간별로 용존산소가 다름</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수문이 많아 DO조절이 쉽지 않으나 구간별로 폭기가 필요함.</li> <li>용존산소량을 증대시킬 수 있는 방안 강구(돌방태 등으로 간이 수중보 설치)</li> <li>2개 지점에서 자동모니터링(온도, pH, DO)을 실시하고 있으나 구간별로 모니터링이 필요</li> <li>월류벽을 현재 위치보다 위로 올리는 방법(→침수우려가능성있음)</li> <li>초기강우시 고가의 흙통 및 노면을 따라 흘러들어오는 노면수를 처리해야 함→흙통을 우수관으로 연결, 바로 청계천으로 들어가지 않도록 함(비용이 많이 드는 단점이 있음).</li> <li>정체된 수역이 없도록 하상 정비</li> <li>하상퇴적물, 하수구, 맨홀내 퇴적물등을 제거·청소</li> <li>수문에 스타팅믹서를 설치</li> </ul>
냄새·미관 악화	<ul style="list-style-type: none"> <li>삼일교 전후로 물이 혼탁하며 조류부착됨→수경관악화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>살조제 등을 뿌려 부착조류 방지</li> <li>하수 박스, 하상 준설 실시</li> <li>수질개선 및 정화를 위한 갈대, 줄, 창포 등을 식재</li> <li>부유물 수거</li> <li>녹조방지시설 설치</li> </ul>
설계상 문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>탐방로 안의 냄새</li> <li>수문이 많아 수환경관리 어려움.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>환기구 설치</li> <li>가능한한 시설관리가 용이하게 구조를 개선함.</li> </ul>
청소상 문제	<ul style="list-style-type: none"> <li>청계천으로 인부가 들어가 바닥에 있는 부착조류를 긁어내야 하므로 청소하기가 쉽지가 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>부착조류를 먹는 청소고기 방생</li> </ul>
유지 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>아직 초기단계로 유지관리에 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>오염사고 재발방지 및 원인분석</li> <li>상시 실시간 유속, 유량, 수질체크</li> <li>화상시스템을 이용한 어류관찰 감지장치 도입(어류의 행동을 CCTV등을 이용하여 행동변화, 반응을 모니터로 감시)</li> <li>보다 구체적이고 체계적인 유지관리체계 수립</li> </ul>

## 제4절 미관 악화 및 냄새 발생 대책

### 1. 미관 악화 및 냄새 발생 현황

미관의 훼손과 냄새의 발생은 사람들이 쉽게 체감할 수 있는 요인으로 인체에 미치는 독성 유무를 떠나 지역 주민들의 민원 발생 원인이 되기도 한다. 미관의 훼손(투명도 저하)은 퇴적물이나 쓰레기 등에 의해서도 발생할 수 있으며, 조류나 방선균과 같은 미생물의 대사물질로 인해서도 발생할 수 있다. 냄새는 조류와 같은 미생물의 대사물질이나 방향족과 같은 휘발성 유기화학물질에 의해서도 발생한다. 그러나 사람들이 감지할 수 있는 휘발성 냄새 유발물질의 농도는 수십 ng/L 정도의 미소량이기 때문에 정량분석이 어려울 뿐 아니라 냄새발생 원인 물질을 종류나 농도별로 정확하게 분류하기는 쉽지 않다.

#### 1) 화학물질에 의한 냄새 발생

미관 악화와 냄새 발생 문제는 시민들에게 친수공간에서의 활동을 제한하며, 정서상 악영향을 미칠 수 있어 하천관리에 큰 장애요인이 될 수 있다.

〈표 4-12〉는 주로 산업장에서 유출되는 물질에 의해 냄새를 유발하는 원인물질을 나타낸 것으로, 주로 화학물질에 의해 발생하는 냄새이다.

〈표 4-12〉 냄새에 의한 오염물질 식별방법

냄새의 구분	포함물질	수증냄새한계 (단위 : ppb)	주요제조 및 사용처
계란/채소 썩는 냄새 (황화합물)	• 황화수소	50-100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 석유정제공장</li> <li>• 제약/유기합성공장</li> <li>• 농약합성공장</li> <li>• 석유정제공장</li> <li>• 레이온/셀로판지공장</li> </ul>
	• 메틸메캅탄	1.1	
	• 이황화디메틸	100	
	• 황화디메틸	1	
	• 이황화탄소	3	
신나냄새	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스틸렌</li> <li>• 톨루엔</li> </ul>	400-700 -	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고분자합성공장</li> <li>• 용제사용/유기합성공장</li> </ul>
약간의 향기와 석유냄새	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 벤젠</li> <li>• 에틸벤젠</li> </ul>	1,000 -	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용제사용/유기합성공장</li> <li>• 유기합성공장</li> </ul>
석유/세탁소 냄새 (염화탄소류)	• 삼(사)염화에탄	50,000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정밀기계/전자부품공장</li> <li>• 정밀기계/전자부품공장</li> <li>• 정밀기계/세탁소</li> <li>• 정밀기계/전자부품공장</li> </ul>
	• 삼염화에틸렌	10,000	
	• 사염화에틸렌	300-50,000	
	• 사염화탄소	50,000	
흙먼지 냄새의 소독약품 냄새	• 염화벤젠	20-100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유기합성공장</li> <li>• 정밀기계/유기합성공장</li> </ul>
	• 이염화벤젠	0.3-10	
불쾌한 병원의 소독약품 냄새(페놀류)	• 페놀	100-1,000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정밀기계/유기합성공장</li> <li>• 유기합성(염료 등)공장</li> <li>• 농약공장</li> </ul>
	• 일(이)염화페놀	1-10	
	• 피시피	100-1,000	
암모니아/분뇨 냄새 (질소화합물)	• 암모니아	37	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 염색/섬유(수지)공장</li> <li>• 염료/농약합성공장</li> <li>• 유기합성(수지 등)공장</li> </ul>
	• 아닐린	2,000	
	• 삼메칠아민	1,700	
자극성 향기	• 아세트 알데히드	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피혁/알콜제조공장</li> </ul>
버터/식품 부패한 냄새	• 프로판산	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 향료/의약품공장</li> <li>• 향토/의약품공장</li> </ul>
	• 부(펜)탄산	-	

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

## 2) 조류에 의한 미관 악화와 냄새 발생

물의 흐름이 느리거나 정체수역에서 지속적으로 오염물질이 유입되고 특히, 봄, 가을철에 다량의 영양물질이 빗물과 함께 유입되어 조류가 빈번하게 발생하는 경우가 있다. 일사량이 증가하여 수온상승이 일어나면 조류가 다량으로 발생하여 조류Blooming이 일어난다. 이러한 조류의 발생은 pH의 변화와 용존산소 저하 등의 수질저하를 가중시켜 수증생물에게 심각한 영향을 초래하게 되며 더불어 맛과

냄새 물질을 유발하며 남조류의 경우에는 독성물질을 생성함으로써 사람의 건강에 영향을 줄 수도 있다.

친수하천에서 조류발생으로 나타날 수 있는 문제점으로는 정수처리시 나타나는 정수처리장애와 달리 냄새를 유발하여 친수하천을 찾는 사람들에게 불쾌감을 유발한다. 또한 시각적으로 물을 착색시켜 투명도가 높은 물을 혼탁하게 하여 미관을 악화시킨다.

청계천과 같이 유속이 빠른 곳에서는 수질기준을 만족하고 있음에도 불구하고 독성이 문제시 되는 남조류보다 부착성 규조류로 인해 미관을 저하시켜 시민들에게 불쾌감을 유발하고 있다. 청계천은 현재 바닥에 놓인 돌에 조류가 부착하여 물의 투명도를 저하시키고 있으며, 이를 제거하기 위하여 매일 청소하여 제거하고 있다. 청소에 의해 제거된 부착조류가 하류로 흘러내려가면서 물을 현탁시키므로 하류에서는 많은 불쾌감을 유발하고 있다. 이렇게 떠내려간 부착조류는 하류에서 가라 앉으면서 또 다시 투명도를 저하시키는 역할을 한다.

또한 지난해 가을철에는 조류에 의한 물비린내가 장시간 발생하여 산책을 즐기는 사람들에게 불쾌감을 유발하기도 하였다. 이런 현상은 청계천에서 계절적, 주기적으로 발생될 것으로 보인다.

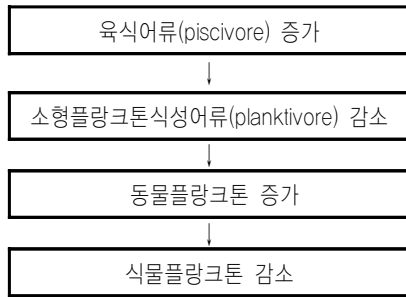
## 2. 조류 및 화학물질에 의한 미관 악화 및 냄새 발생 방지대책

### 1) 수중 폭기

화학약품 등에 의한 냄새 방지대책은 발생원 제어 대책 외에는 효과적인 방지대책이 없다. 국부적으로 수중폭기를 통해 탈취하는 방법이 부분적으로 사용되는 방안이다. 또한 조류에 의한 물비린내 등의 냄새 발생도 폭기방법을 통한 제어로는 제한적일 수밖에 없다. 다만 발생지점이 국부적이거나 효과가 예상되는 제한된 구역에서 적용할 수 있을 것이다. 수심이 얇은 곳이거나 수직혼합이 충분하지 않은 곳에서는 조류의 총량이 오히려 증가하게 되므로 주의가 필요하다.

### 2) 생물학적 먹이연쇄 조절 (biomanipulation)

조류 성장에 의한 미관 악화와 냄새 발생의 경우 생물학적 먹이연쇄 조절을 통해 하천 생태계를 안정시키며 그 영향을 줄일 수 있다. 흔히 사용하는 먹이연쇄 조절방법은 육식어류의 방류에 의한 동물플랑크톤의 현존량 증대이다. 이 방법은 일단 어류를 방류하면 지속적으로 효과를 나타내므로 관리경비가 들지 않는 경제적 방법이 될 수 있다. 먹이연쇄과정은 <그림 4-21>과 같다.



<그림 4-21> 먹이연쇄 과정

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」

동물플랑크톤 증가를 위해 먹이연쇄 조절에 사용하는 어류로서는 송어, walleye, 배스 등이 있다. 그러나 먹이연쇄 조절은 먹이연쇄의 복잡성에 따라 효과가 빠르게 나타나지 않는 경우도 있으므로, 긴급대응보다는 상시적인 하천의 생태계 관리 측면에서 사용하여야 한다.

백연어(silver carp)는 식물플랑크톤을 먹는 어류로서 남조류 제거에 효과가 있다는 보고가 있으며, 우리나라에서 자연번식이 되지 않고 있다. 그러나 도입할 경우 생태계의 교란 위험이 있으므로 생태계 교란 위험성 등 효과를 검증하는 단계를 거쳐야 할 것이다.

### 3) 살조제 살포 등 냄새 방지 대책

조류에 의한 미관 악화 및 냄새 발생을 해결하기 위해 염소나 황산동 제품을

사용하고 있다. 염소의 경우는 잔류성이 낮을 뿐만 아니라 펄핑이나 교반 등의 추가 과정이 필요하며 THM과 같은 발암물질을 생성할 수 있다. 특히 염소 소독만으로는 조류의 제거가 불가능하며, 어류에 영향을 주어 생태계 전반에 영향을 끼칠 수도 있다. 황산동관련 제품의 경우에는 오래전부터 살조·살균 및 악취제거제로 사용되어 왔다. 그러나 구리는 쉽게 침전되어 약효가 지속되지 못하였고, 침전된 구리는 2차 환경문제를 발생시키는 단점을 가지고 있다. 현재 시중의 황산동 제품들은 킬레이트 결합력이 나쁘고 확산력이 없으며, 구리가 빨리 결정화되어 물바닥에 침전되어 약효가 지속되지 못하는 것은 물론 2차오염을 유발할 수 있다.

최근 개발되어 시판되고 있는 살조제는 고분자유기화합물 형태인데, 황산동 제품보다 산화력을 오래 지속시킬 수 있으며, 2차 환경문제도 크게 줄인 제품이라고 한다. 예를 들어 미세량을 투입하여 효과는 기존제품에 버금가도록 하였고, 2차 환경문제도 크게 줄이도록 개발되었다.

고분자유기화합물인 A사 제품은 구리에 고분자를 중합시켜 쉽게 침전되지 않고, 오래동안 수중의 조류와 접촉할 수 있도록 하여 살조 효과를 높인 제품이다. A사에서 자사제품과 다른 제품들과 적용형태에 따라 농도를 비교한 것인데, 효과가 상대적으로 높게 나타나고 있다(표 4-13~14 참조). 다만 살조제를 적용할 경우 치어에 미치는 영향을 검토하여 사용하여야 할 것이다. 즉 치어에 영향을 미치지 않을 정도의 농도를 선택하고, 살조효과를 비교하여 적절한 사용방법을 결정하여 사용하여 할 것이다.

〈표 4-13〉 타약품과 농도비교

적용	A사 제품	황산동 및 유사품	염소계	유기화합물	항토
조류방지	1~3	4~5	5~10	10~20	500~1000
어병예방	3~5	10~20	X	X	500~1000
어병치료	50~100	100~200	1000~2000	500~1000	1000~2000
수조내살균	100~200	200~500	1000~2000	500~1000	X
배관살균	100~200	200~500	1000~2000	500~1000	X

※ 출처 : A사 제품 카다로그

〈표 4-14〉 타약품과 효과비교

적용	A사 제품	황산동 및 유사품	염소계	유기화합물	향토
확산성	좋음	보통	보통	보통	없음
약효지속성	좋음	보통	없음	없음	없음
안정성	좋음	없음	없음	없음	보통
경제성	좋음	보통	보통	보통	보통
용해성	좋음	보통	보통	보통	없음
약품내성	무발생	무발생	발생	발생	무발생
2차적 환경오염	무발생	발생	발생	발생	발생
암모니아, 황화수소제거	좋음	보통	보통	보통	효과 없음

※ 출처 : A사 제품 카타로그

### 3. 청계천의 미관 악화 및 냄새 방지 대책

청계천은 많은 시민이 즐겨 찾는 친수하천이다. 2급수의 양호한 수질이 흘러가고, 수심이 30cm정도이기 때문에 바닥이 들여다 볼 정도로 투명하다. 그러나 최근 부착조류가 발생하여 투명도가 크게 저하되고 있으며, 이것은 해를 거듭할수록 심화될 것으로 보인다. 왜냐하면 계절이 바뀌어 조류 발생이 제한되어도 조류 발생의 조건이 조성된다면 더욱 빠른 시간에 번식하기 때문이다. 즉 수계에서 조류가 발생하면 완전하게 없어지지 않고 잠재되기 때문이다.

거의 연중 내내 나타나는 미관(투명도) 악화와 계절적으로 발생하는 냄새를 제어하여 친수하천으로 기능을 확보하여야 하는 청계천의 경우 투명도 저하와 냄새 발생 제어 방법은 사실상 살조제를 첨가하는 방법 외에 효과적인 방법이 없다. 즉 청계천과 같이 많은 시민이 산책하는 친수하천에서 깨끗한 물이 흐르는 것을 볼 수 있게 하기 위해서는 부득이 한 방법을 대안으로 선택할 수 밖에 없을 것이다. 현재 일부에서는 부착조류에 의한 투명도저하를 생태적인 차원에서 용인하자는 이야기도 있다. 그러나 청계천은 몇 년 내에 현재보다 과도하게 부착조류가 생성하여 투명도를 크게 저하 시킬것으로 보인다. 이러한 경우 살조제를 부득이하게 살포하는 방안을 강구할 수 밖에 없을 것이다.

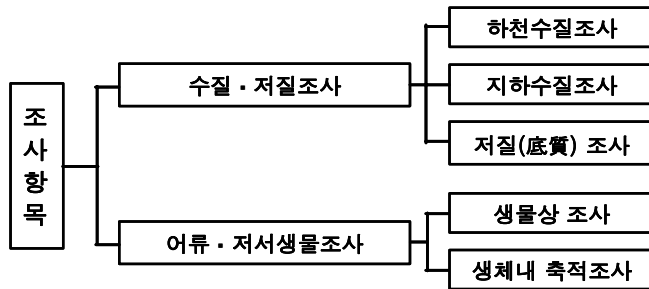
투명도 저하방지와 냄새방지 대책으로 고분자유기화합물 같은 살조제를 투여하여 부착조류 등을 제거하는 방법이 효과적일 수 있다. 청계천의 유속과 유하거리 등을 고려하여 고분자무기화합물질 등을 주기적으로 투여하면 미관도 확보하고, 냄새도 제거할 수 있다. 이때 치어에 미치는 영향에 대한 검토가 필요할 것이다. 즉 미량을 투입하여 치어에 대한 영향도 미미하고, 살조효과가 있다면 충분히 검토할 만한 대안으로 고려할 수 있다.



## 제5절 사고 후의 환경영향조사

### 1. 환경영향조사항목

수질오염사고 발생시 수질과 하천생물의 피해상황 등의 조사를 실시하지만, 사고대책 종료 후에도 유출사고의 규모와 피해상황에 대해 환경영향조사가 필요하다. 환경영향조사항목은 <그림 4-22>에 제시하였으며, 수질·저질(底質)조사 및 어류·저서 생물조사가 주요 조사항목이다.



<그림 4-22> 환경영향조사항목

#### 1) 수질과 저질조사

##### (1) 조사목적

수질과 저질에서 유해물질과 중금속에 의한 오염이 장기간 지속되면 하천생물에 영향을 주거나 음용수로 이용하는데 지장을 준다. 따라서 사고 후 오염수역의 수질 및 저질에서의 오염상황을 조사하여 환경에 미치는 영향의 유무를 확인한다.

##### (2) 조사내용

조사는 원칙적으로 사고 원인물질 및 사고시의 원인물질과 함께 유출되었다고 상정된 물질에 대해 실시한다. 필요한 환경기준항목과 음용수 수질기준항목 등에 대해서도 실시하는 것이 바람직하다. 조사지점 및 조사 빈도는 사고의 규모와 피

해상황, 하천과 지하수의 이수상황 등을 고려하여 결정한다.

## 2) 어류·저서 생물조사

### (1) 조사목적

수질과 저질에서 원인물질 등에 의한 오염은 원인물질에 대한 내성으로 어류나 저서생물상에 변화가 생길 가능성을 고려하여야 한다. 어류와 저서생물 체내로 들어간 축적되어 발병과 사망의 원인 가능성도 고려하여야 한다. 그 때문에 오염수역의 어류 및 저서생물조사를 실시하여 환경에서 영향 유무를 확인하도록 한다.

### (2) 조사내용

#### ① 생물상조사

오염수역의 어류 및 저서생물에 대한 생식종과 현재량의 조사를 실시한다. 비교 대조를 위해 비오염지역의 생물상에 대해서도 조사를 실시한다. 또한 조사지역에서의 생물상의 기존조사자료가 있으면 사고에 의한 영향 유무의 판별재료가 된다. 조사지점 및 빈도는 사고의 규모와 피해상황, 하천상황 등을 고려하여 결정한다.

#### ② 어류·저서 생물의 축적량조사

오염수역의 어류 및 저서생물에 대한 사고원인물질의 축적량을 조사한다. 비교 대상으로 비오염지역의 생물상에 대해서도 조사를 실시한다. 조사지점 및 빈도는 사고의 규모와 발생상황, 하천상황 등을 고려하여 결정한다.

## 2. 사고 후 보고서의 작성

사고 상황의 보고는 수질사고 발생후 제1보, 제2보 등의 보고내용을 집약하는 형태로 정리하면 좋다.

## 3. 수질사고처리에 따른 비용부담

수질사고처리는 본래 원인자의 책임으로 실시해야 하지만 피해 확대를 막기 위해 긴급하고 정확한 대응이 불가피한 경우에는 하천관리자와 기타 관계기관이 먼저 직접대책을 실시하는 경우가 많다. 이때 하천관리자 등이 사고처리를 실시한 경우에도 원인자는 스스로가 발생시킨 수질사고 등의 결과에 책임을 갖고, 수질사고 등의 처리에 필요한 비용은 부담해야 한다.

현재 우리나라 하천법 등에는 하천을 손상하는 행위에 대해 비용을 부담시킬 수 있는 조항만이 있다. 수질오염사고 발생시 비용을 부담시키는 조항이 없다. 이러한 사항도 하천법이나 수질환경보전법 또는 서울시 조례 등에 규정되어야 할 것이다.

### 1) 원인자

비용부담 청구는 개인, 기업, 법인을 묻지 않고 할 수 있다. 또한 큰 지진에 의한 재해 등 천재지변과 같은 시설의 관리자에게 책임이유가 없는 경우에는 비용청구의 대상이 되지 않는다. 만약 원인자가 다수 존재하는 경우에는 하천의 수질오염의 기여도에 따라서 각 원인자가 비용을 부담하도록 한다.

### 2) 원인자 부담의 범위

부담범위는 하천의 유지관리와 하천시설을 양호한 상태로 보존하도록 하는 행위, 수질사고의 대응조치로 기름, 산·알칼리 등의 확산 등을 방지하는 오일펜스, 오일매트 등의 설치, 화학처리 등을 포함한다.

하천의 유지에 필요한 비용 중 원인자에게 부담시키는 범위는 업자에 의뢰한 경우 처리에 필요한 경비 및 수질분석비, 처리에 필요한 재료비 등 수질사고 등의 처리에 직접 필요한 유지행위에 따른 비용을 포함한다.

### 3) 비용청구의 절차

#### (1) 조사·대책평가의 방식

수질사고에 대한 조사와 대책의 평가는 사고발생부터 조사·대책 종료까지 일련

의 행동 및 대책내용을 항목별로 세분화하여 평가하고<표 4-15 참조>, 사고처리 후에 대책 실시를 포함하여 총괄회의를 열어 검토하는 것이 좋다. 평가는 수질사고대응에 있어 한계점과 반성할 점을 명기하여 향후 수질사고 대응방안에 사용하도록 한다.

〈표 4-15〉 평가항목별 판정내용

구분	평가항목	판정내용	결과 기재	비고
1	통보체제	사고 발견자로부터 통보가 빠른 시점에 하천관리자에게 들어가는지 여부	발견에서 2시간내에 이루어짐	A:발견에서 1시간내 B:발견에서 3시간내 C:발견에서 3시간 이상
2	연락체제	수질감시연락시스템의 멤버사이의 연락체제가 이루어졌는지 여부	이행에 다소간 위반이 있었음	A:원활하게 이루어졌음 B:이행에 다소간 위반이 있었음 C:중요한 정보가 전달되지 않았음
3	각 연락기관과 협력체제	시청, 보건환경연구원 등 작업상 연락체제가 잘 이루어졌는지 여부	각 기관의 협력체제가 잘 이루어졌음.	A:원활히 이루어졌음. 업무분담을 잘 진행하였음. B:협력체제가 일부 잘 진행되었음 C:협력체제가 잘 진행되지 않음.
4	상황파악의 확실성	사고상황의 파악, 사고물질의 규명, 사고영향범위 파악, 피해상황파악이 충분히 되었는지 여부	사고파악이 되어있음.	A:사고 파악이 잘되어 있음 B:부분적으로 파악이 되어 있음 C:전부 파악이 되지 않고 있음
5	수질예측의 확실성	사고에 의한 수질영향범위의 예측결과가 정확하지 여부	수질예측 결과	A:충분하게 되어있음 B:약간 불충분함 C:전부 불충분함
6	작업내용(신속성, 협력성)	채수, 분석 및 처리등에 따른 작업 순서 및 작업 분담이 잘되었는지 여부	협력체제가 잘되어 신속대응 결과	A:협력체제도 잘되고 신속히 대응 B:다소 시간이 지연됨 C:시간이 걸리고 지연됨
7	메스컴 등에 대응	메스컴에 정보가 잘 전달되었는지, 사고 상황과 대책 등이 정확히 전달되었는지 여부	메스컴 정보 전달 결과	A:정보제공이 원활함 B:일부 제공이 충분하지 않음 C:사고내용이 불충분하게 전달됨
8	사전준비가 양호, 불량	사고 대응 처리에 대해 사전준비가 되었는지, 또는 사전에 준비되었던 것이 잘 이용되었는지, 준비부족이 없었는지 여부	사전준비가 가능하였기 때문에 신속히 대응 처리작업을 한 결과	A:준비한 효과가 있고, 신속한 대응처리 작업이 가능함 B:일부 준비부족이 있었으나 작업에 지장이 없었음 C:준비 부족이 많았음
9	원인규명	사고처리와 동시에 이루어진 원인규명 방법, 순서는 잘 이루어졌는지, 원인 규명은 가능한지 여부	원인자의 규명 결과	A:원인 규명이 가능함 B:원인규명은 가능하지 않으나, 어떤 범위까지는 알 수 있음 C:원인규명이 전부 가능하지 않음

※ 출처 : 國土交通省水質連絡云(2001), 「水質事故對策技術」



## 제 V 장 결론 및 정책건의

제 1 절 연구결과 요약

제 2 절 정책건의





양재천의 자연형하천 복원과 청계천의 복원으로 인해 시민들은 하천복원 및 하천공간 이용에 대한 중요성을 인식하고 있다. 특히 하천의 복원은 산책, 조깅, 물놀이 등 친수활동의 공간 확보는 물론 나아가 재산권의 형성에도 이바지할 수 있기 때문에 시민들의 관심이 무척 높아지고 있다.

시민의 이용이 많은 하천에 수질오염사고가 발생할 경우, 시민들에게 정서상 악영향이 크게 미칠 수 있고 하천의 이용을 제한하게 할 수 있으며 하천관리에 큰 장애요인이 되고 있다. 그러나 이러한 수질오염사고시 대응방안이 체계적으로 수립되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 이 연구의 목적은 친수하천의 유독물 유입사고, 물고기 폐사사고, 조류 발생에 의한 악취 및 투명도 저하 사고 등 수질오염사고시 대응방안을 제시하는데 있다.

## 제1절 연구결과 요약

### 1. 친수하천의 수질사고의 종류

하천의 수질오염사고는 크게 자연현상에 의한 이상(異常)수질오염사고와 인위적 수질오염사고로 대별할 수 있다.

자연현상에 의한 이상수질오염사고는 자연현상에 의한 수질오염사고로 일반적으로 부영양화에 의한 수질오염을 말한다. 부영양화에 의한 수질오염사고는 독성 물질에 의한 사고와 맛·냄새의 발생 사고로 나눌 수 있다.

인위적으로 발생하는 이상수질오염사고는 공장이나 작업장에서 기계의 고장이 나 조작 실수, 폐기물 불법투기, 교통사고로 인한 유류나 화학물질이 하천으로 유출되어 발생한다. 또한 수질오염사고는 유류, 유독물 등 유해화학물질, 중금속류,

폐기물의 유입 이외에도 수환경변화에 의한 물고기폐사 등 매우 다양하며 이들 물질의 배출원은 유역 전체에 광범위하게 분포하고 있어 완벽한 오염사고 방지가 매우 어려운 실정이다.

## 2. 관련 제도의 분석

수질환경보전법에는 수질오염사고시 신고하도록 하는 규정만 있고, 수질오염발생시 긴급 방제 등의 대책이 제시되어 있지 않으며, 물고기 폐사사고시 신고, 조사, 방제 등의 대책이 규정되어 있지 않다. 현재 환경부 예규 「환경오염사고 예방 및 수습업무처리규정」에는 수질오염사고의 구분, 사고예방대책, 사고위험시설 지정관리 등을 규정하고 있다. 또한 비상연락체제 및 응급조치도 포함하고 있다. 그러나 이 규정에서도 물고기폐사와 같은 생태계에 큰 영향을 미치는 수질오염사고에 대한 규정이 포함되어 있지 않다. 하천법과 해양오염방지법 등에도 유독물 유출사고시 대응방안이나 물고기 폐사사고, 하천이나 호소에 악취나 미관 악화가 발생할 경우 대응하는 규정이 마련되어 있지 않다.

## 3. 비점오염원에 의한 오염부하량

비점오염원에 의한 오염부하량은 초기강우시 월류수로 하천에 유입되어 물고기 폐사시키는 주요원인이 되고 있다. 중랑천 유역의 토지이용에 의한 배출부하량이 BOD 2543.3kg/일, TP 68.3kg/일로 분석되었다. 초기강우시 월류수의 수질은 2003년 6월 23일 20mm 강우시 156~227.1mg/L로, 이러한 수질이 하천으로 유입되면 일시에 용존산소가 급격히 고갈되어 0 mg/L수준으로 저하된다.

안양천의 경우도 토지이용에 의한 배출부하량이 BOD 2,367.4kg/일, TP 64.2kg/일로 분석되었으며, 초기강우시 월류수의 수질은 2005년 5월 17일에 77~170mg/L을 보이고 있다.

## 4. 친수하천의 수질오염사고 현황

### 1) 유독물(유류 포함) 유출 사고

서울시 주요 하천에 대형 유독물 유출사고는 아직 없었으나 국내외적으로는 많은 대형 수질오염사고가 발생하였다. 1990년대 초 낙동강 페놀오염사고, 중국 쑹화강 벤젠 유출사고 등 대형 수질오염사고는 한번 발생하면 대규모 생태계 파괴 및 경제적 손실을 발생하기 때문에 초기 대책이 중요하다.

## 2) 물고기 폐사사고

중랑천에서 2000년 4월과 6월에 수만 마리의 물고기 폐사사고 발생하였다. 청계천의 경우는 2006년 6월 청계천 복원 후 처음으로 수백마리의 물고기(치어) 폐사사고가 발생하였다. 안양천의 경우 거의 해마다 물고기폐사사고가 발생하고 있으며, 2005년 5월 안양천 하류에서 수천마리의 물고기 폐사사고가 발생하였다.

물고기 폐사사고의 주요 사고원인으로는 초기강우로 인한 하상교란과 다량의 오염물질 유입으로 용존산소가 부족한 수역에 산란기의 물고기가 진입하면서 용존산소 부족가 부족하여 발생한 것으로 보여진다.

## 3) 하천 투명도 저하 및 악취 발생 사고

청계천의 경우 하천의 투명도가 크게 저하되어 수질이 크게 악화되고 있다. 또한 봄, 가을철에는 물비린내가 많이 발생하여 시민들에게 불쾌감을 유발하고 있는데 원인으로는 녹조현상(부착조류 대량 번식)으로 인한 것으로 추정된다.

# 제2절 정책건의

## 1. 수질사고 유형에 따른 대책 시행

### 1) 수질사고시 대책 시나리오 미리 설정

친수하천에서 수질사고가 발생한 경우 효과적인 대책을 실시하기 위해서는 대책 시나리오를 미리 설정해 두는 것이 필요하다.

### 2) 사고지역특성 및 오염물질특성에 따른 적절한 처리대책 시행

발생한 수질사고의 유형에 따라 효과적인 대책방안이 다르므로 원인물질을 확인하고 수질사고를 규명할 필요가 있다. 사고 발생 지역의 특성을 파악하여 오염물질의 하류확산방지, 오염물질의 회수 및 처리·처분, 무해화 및 희석이 가능하도록 대책장소와 방법 그리고 대책 기자재를 적절하게 선정하는 계획을 수립하여 사고 발생시 빠른 시일 내에 계획대로 대책을 시행하여야 한다.

## 2. 유류사고 및 화학물질사고 발생시 대책 시행

### 1) 유류사고시 유하시간을 고려한 오일펜스 설치 필요.

유류 사고의 경우 오일펜스를 설치하여 기름의 유하(流下)나 확산을 방지하고, 기름흡착제, 진공차, 물리적·기계적인 수단에 의한 회수 및 처리대책을 시행하여야 한다. 오일펜스 설치 방법은 기름의 유하시간과 오일펜스 설치시간 및 기름의 유하방지가 가능한 지점의 설정 등에 따른 최적의 방법을 채택한다.

### 2) 유류 및 화학물질 유출시 긴급 대응실시

우·하수관로를 통해 유출되는 경우, 도로에서 하천으로 유출되는 경우 등 유출되는 상황을 고려하여 긴급대응을 하여야 한다.

## 3. 물고기 폐사 등 수환경 변화 대책

### 1) 물고기 폐사 발생지역의 신속한 현장조사 실시

물고기 폐사사고가 발생할 경우 사고발생지역의 수질분석 및 현장확인을 통해 신속한 원인규명을 실시하여야 한다. 또한 사고가 발생한 지역의 물흐름이 원활하도록 임시로 하상을 정비하고, 오염도 분석결과에 따라 취·정수방법 변경여부를 판단, 조치하여야 한다.

### 2) 청계천의 물고기 폐사 방지 대책

청계천 물고기 폐사 방지 대책으로는 구간별 폭기를 통한 DO조절, 초기 강우시 흙통과 노면을 따라 흘러 들어오는 노면수 배제, 정체된 수역이 없도록 하상

정비 등이 있다. 이 중 가장 중요한 월류수 대책을 보면 중장기적으로 초기강우를 저류할 수 있는 저류조를 주변 유역에 설치하고, 단기적으로는 현재 청계천에 설치된 월류벽을 약간 높여 초기 월류수량을 증가저류시키는 방안을 검토하여야 한다.

### 3) 초기 월류수에 의한 쇼크사를 줄이기 위한 어류 서식공간 조성

청계천의 물고기 폐사를 방지하기 위해 물고기가 비교적 많고 월류수가 직접 유입되지 않은 하상에 수초, 잡목 등을 시설하여 물고기 서식공간을 조성하여야 한다. 이곳에는 수중 폭기시설을 설치하여 피난온 물고기에 용존산소를 공급할 수 있도록 하거나 깨끗한 물을 공급할 수 있도록 하는 장치 설치도 검토하여야 한다.

### 4) 하수 유입 토구에 물리화학적인 수질정화시설 확대 설치

청계천으로 유입되는 하수유입 토구에 응집침전 처리시설 등 수질정화시설을 확대 설치하여 초기강우시 유입되는 유량을 신속히 응집침전 처리를 할 수 있도록 한다.

### 5) 주변지역에 빗물저류조 설치

빗물저류조 설치의 중장기적으로 월류수 대책의 핵심이다. 그러나 청계천의 월류수 대책은 현재의 여건으로는 한계가 있다. 따라서 중장기 대책으로 청계천 유역에 빗물저류조를 조성하는 방안이 모색되어야 한다. 즉 인근에 운동장이나 주차장, 또는 지하철 시설내에 빗물저류조를 설치하는 방안을 모색하여야 한다.

## 4. 청계천의 미관(투명도) 악화 및 냄새 발생 대책

청계천에는 부착조류가 대량 발생하여 투명도가 크게 저하되어 바닥이 검게 보인다. 또한 계절적으로 물비린내가 발생하고 있다. 조류에 의한 미관 악화와 냄새 발생 대책이 필요한데, 아직까지는 효과적인 대책이 없다. 일반적인 대책으로 수중 폭기를 통한 탈취, 생물학적 먹이연쇄 조절방법, 살조제 살포 등이 있다.

투명도 저하방지와 냄새 방지 대책으로 고분자유기화합물 같은 살조제를 투여

하여 부착조류 등을 제거하는 방법이 효과적이다. 다만 이 방안은 어류에 영향을 미칠 수 있으므로 저 농도를 주입하여 치어에 미치는 영향없고, 부착조류의 제거 효과가 있는 투입농도를 결정하여야 할 것이다.

## 5. 제도적 개선 방안

수질오염사고발생에 대한 제도적 대책 방안은 <표>와 같다.

<표> 수질오염사고 관련규정의 개선내용

구분	개선내용
수질오염사고 범위 규정	·수질오염사고의 범위를 확대 규정함. 수질오염사고 범위에, 유류 및 유독물 유출 사고 외에 물고기 폐사사고, 조류의 발생에 따른 미관악화와 냄새발생 등도 포함함.
원인조사 및 수습대책 제도화	·수질오염사고에 대한 원인조사 및 수습대책 규정 ·수질오염사고의 원인조사 의무화 필요, 관계기관에 신고된 수질오염사고의 경우 정해진 기간안에 수질오염사고 발생의 원인을 조사하여 관할기관에 보고토록함. · “환경오염사고 예방 및 수습업무 처리 규정” (환경부예규 제251호) 을 수질환경보전법으로 흡수하여 수습대책을 구체화할 필요성이 있음.
수질사고 발생후 처리 규정	· 『수질오염사고후 환경영향조사』 를 실시할 수 있도록 규정함. 특히 대형사고나 건강과 환경에 큰 영향을 미칠수 있는 사고는 의무적으로 환경영향을 실시하도록 함. · 『수질오염사고로 인한 비용 조사』 를 할 수 있도록 규정함. 특히 사고처리비용은 사고원인자에게 부담할 수 있도록 규정함.
자치단체에 역할 확대	·수질오염사고시 제반사항의 평가를 실시하여 문제점을 분석하고 향후 재발방지에 도움이 되는 시스템평가를 실시할 수 있도록 함.
자치단체에 역할 확대	·자치단체에 역할을 확대할 수 있도록 조례에 위임조항을 규정하고, 예산도 지원할 수 있는 체제를 확보하는 것이 필요함.

## 참 고 문 헌





## 【단행본 및 보고서】

경기도, 「통계연보」, 2005

국립환경연구원, 「수질오염사고와 대응」, 1998

김백호 외, “청계천 생태기능 복원의 가치와 부착조류에 의한 수질 및 생태계관리”, EnvSciences 13 : 37-42, 12, 2005

김운수 외, 「청계천·서울숲 조성에 따른 미기후 및 생태변화 조사연구」, 서울시정개발연구원, 2005

박석순, 「살생의 부메랑」, 에코리브르, 2005

서울대학교, 「수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서;안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발」, 2006

서울특별시, 「중랑천 물고기폐사 원인 및 수질개선 방안」, 2000

서울특별시, 「청계천 복원사업 환경영향평가서」, 2003

서울특별시, 「청계천 하류 및 주변 하천정비사업 환경영향평가서」, 2004

서울특별시, 「통계연보」, 2005

서울특별시, 「한국조류발생 방지대책 및 수질개선 방안 연구」, 1999

신경화 외, “조류로부터 기인한 냄새물질의 분석 및 제거”, 대한환경공학회 추계 학술연구 발표회 논문초록집, 1995

송미영 외, 「녹조제어 사례에 기초한 녹조방지사업의 적용 방안」, 경기개발연구

- 원, 2001
- 이창우, 「한강생태계 조사연구」, 서울시정개발연구원, 2002
- 이학훈, “전주천 자연형 하천 추진경과 및 향후 관리방안”, 춘천 물포럼 2004, 2004
- 일본수도협회저, 「생물원인의 맛, 냄새 대책 지침」, 서울특별시 수도기술연구소, 1999
- 정진성 외, 「상수도에서의 조류장애 및 저감대책」, 낙동강환경관리청, 1998
- 조용모, 「안양천 수질개선과 생태하천 조성을 위한 기초연구, 서울시정개발연구원」, 2001
- 조항문, 「수원에 조류 이상 증식시 대응 방안」, 서울시정개발연구원, 2005
- 정혜진, 「우리나라 적조연구 현황 및 향후 연구 방향」, 군산대석사학위논문, 2002
- 한강유역환경청, 「한강수계 수질환경통계편람」, 2004
- 환경부, 「2004 공장폐수의 발생과 처리」, 2005
- 환경부, 「2003 오염원조사」, 2006
- 환경부 「상수원수질보전을 위한 통행지침」, 2000
- 환경부 「위기대응실무 매뉴얼」, 2005
- 國土交通省水質連絡會編, (財)河川環境管理財團 □□澳協力, 「水質事故對策技術」, 技報堂出版, 2001

## 【인터넷사이트】

건설교통부 홈페이지 <http://www.moct.go.kr>

국가수자원관리 종합정보 홈페이지 <http://www.wamis.go.kr>

기상청 홈페이지 <http://www.kma.go.kr>

물환경정보시스템 홈페이지 <http://water.nier.go.kr>

법제처 홈페이지 <http://www.moleg.go.kr>

환경부 홈페이지 <http://www.me.go.kr>



# 부 록



부록 1. 2005년 수질오염사고 발생 현황

(부록 1-1) 2005년 유류유출사고로 인한 수질오염사고 발생 현황

수계별	발생장소	일시	주요조치사항
서해	경기도 파주시 법원읍 금곡리 대영주유소	'05. 5. 17 17:30(화)	○ 사고 내용 1. 대영주유소의 배달차량에 경유 주입 중 직원의 실수로 주유기가 바닥에 떨어져 경유 109L가 유출됨 ※ 사고지점→농수로 ○ 조치 내용 1. 경유 유출확인 및 사고원인조사 2. 흡착포를 사용하여 경유제거작업 실시 3. 논 가장자리에 퍼져있는 잔류유류 제거 4. 방제장비 등 동원현황 -인력: 총 9명(공무원 3명, 대영주유소 6명) -흡착포: 15박스
한강	인천광역시 부평구 길산동 갈월로	'05. 6. 6 07:39(월)	○ 사고 내용 1. 상기 장소에서 휘발유 24,000L를 적재한 탱크로리차가 전도되면서 화재발생 및 휘발유가 도로상에 유출됨 ※ 사고지점→굴포천→한강함류지점→서해 3km 12km 약40km ○ 조치 내용 1. 방제장비 등 동원현황 -인력: 총 181명(소방관 93명, 공무원 28명, 경찰관 60명) -장비: 흡착포 6박스, 유처리제 10kg×2 -기타장비: 소방장비 34대, 구청장비 6대, 모래 1통, 쓰레기봉투 100L 40매
한강	경기도 남양주시 와부읍 월문리 1106 구)	'05. 6.15 16:00(수)	○ 사고 내용 1. '96 부도로 인하여 구)신양제지 공장가동 중지 후, 동부지 내에 방치중인 병커C유 보관탱크 2기(22,600L, 10,000L)의 보일러 연결배관의 노후로 인한 유류의 우수로 유출로 월문천의 지류인 인근 농수로로 병커C유 약 30L 누출됨. ※ 사고지점→우수로→월문천→한강 ○ 조치 내용 1. 농수로에서 인근논과 하천의 오일펜스와 흡착포 설치 2. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 총 33명(남양주시 18명, 한강유역환경청 6명, 기타9명) -장비: 흡착포 7박스 -기타장비: 포크레인 1대

〈부록 1-1〉 2005년 유류유출사고로 인한 수질오염사고 발생 현황 (계속)

수계별	발생장소	일시	주요조치사항
서해	경기도 화성시 항남면 방안리 152-2 동현주유소 인근	'05. 6.15 19:30(수)	○ 사고 내용 1. SK(주)동현주유소 경유탱크 저장조 20톤×2기에 경유 주입작업 중 주유파열로 경유 약 100L가 주변 농경지 및 농수로로 유출됨 ※ 사고지점→발안천→남양호→서해 ○ 조치 내용 1. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 총 45명(화성시, 지정폐기물처리업체) -장비: 흡착포 12박스, 흡착불 24개
한강	경기도 파주시 법원읍 법원리 483소재 동현섬유 사업장내	'05. 7. 2 15:00(토)	○ 사고 내용 1. 동현섬유(대표:노학봉)의 보일러 연료로 사용되는 경유 를 저장하는 보조탱크의 밸브를 보일러 사용 후 잠그지 않아 약 50L가 보조탱크를 넘어 배수로를 따라 갈곡천으 로 유입됨. ※ 사고지점→갈곡천→문산천→임진강→한강 2km 20km 10km 40km ○ 조치 내용 1. 방제작업 실시 2. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 20명(공무원 5명, 동현섬유 인력 15명) -장비: 오일펜스 20m(3개), 흡착포 10박스, 유처리제 2켤
한강	경기도 안양시 박달동 소재 육군 제9390부대	'05. 8. 3 04:00(수)	○ 사고내용 1. 유류저장탱크 유량계 호스가 파손되어 경유 약 1,000L 가 유출되어 그 중 약 500L가 군부대 우수관을 통하여 안양시 박달동 소재 삼봉천을 거쳐 안양천에 유입 ※ 사고지점→삼봉천→안양천(충훈2교)→한강 ○ 조치내용 1. 방제작업 실시 2. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 100여명 -장비: 오일펜스 10개소, 흡착포 50롤×50M



〈부록 1-1〉 2005년 유류유출사고로 인한 수질오염사고 발생 현황 (계속)

수계별	발생장소	일시	주요조치사항
한강	경기도 양주시 남면 입암리 416-5, 6번지 인성화학(윤 덕한)	'05. 8.19 16:40(금)	○ 사고내용 1. 인성화학 업소는 화학제품(스치로폴) 업체로서 부식된 밸브를 교체하는 과정에서 B-C유가 유출됨(업체측 주장: 약 400L 유출). ○ 조치내용 1. 방제작업 실시 2. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 총20명(공무원 4명, 공익 3명, 사고업체직원 13명) -장비: 오일펜스 1기, 흡착포 7박스, 유처리제 10롤, 오일펜스 100m, 흡착롤 10개
한강	경기 파주시 법원읍 육군 6859부대	'05.10.1 2 13:20	○ 사고내용 1. 군 차량 주유 중 부주의로 경유 약 10L 유출 추정 ○ 조치내용 1. 방제작업 실시 2. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 10명 -장비: 유처리제 18L
서해	경기도 군포시 속달동 산1-16번지 공군8249번 지	'05.11.14 13:00	○ 사고내용 1. 군부대 내무반 철거중 난방 경유 약3,400L를 인근계곡에 누출 ※ 사고지점→반월천→반월저수지→서해 ○ 조치내용 1. 방제장비 등 동원현황 -동원인력: 총 207명(공군, 용역업체) -장비: 웅덩이 설치, 가설펌프, 유흡착포 500매 -유흡착포로 약 2,600L 회수, 잔류 약 800L가 토양에 스며들어 용역업체 회수작업

〈부록 1-2〉 2005년 수환경변화로 인한 수질오염사고 발생 현황

수계별	발생장소	일시	주요조치사항
한강	경기도 파주시 조리읍 장곡리 322번지 공릉저수지	'05. 2. 28 11:30(월)	○ 사고내용 1. 공릉저수지 내 유료낚시터에서 물고기 잉어·붕어 등 500여 마리 폐사됨(저수지(낚시터) 부영양화 추정) ※ 고산천→곡릉천→한강→서해 3km 8km 21km ○ 조치내용 1. 폐사물고기 수거 조치 2. 저수지 현장측정항목(DO, pH, 수온) 측정 및 시료 채수 3. 장비 등 동원현황 -동원인력: 총28명(도·시 공무원 17명, 농업기반공사 파주시 사 직원 4명, 마을주민 7명) -기타장비: 1.5톤 화물1대, 나룻배 1대, 수거마대 20장 등
한강	경기도 과천시 주암동 142 (양재천 주암교 부근)	'05. 6. 4 14:30(금)	○ 사고내용 1. 한강에서 서식하던 물고기(잉어, 붕어 등)가 산란기를 맞아 상류로 거슬러 오는 과정에서 하폭이 좁고 수심이 깊은 양재천 서초 구간을 지나 하폭이 넓고 수심이 낮은 과천시 구간인 우면 고가도로 주변까지 올라오면서 수온의 상승과 하상의 유기물들의 부패로 가스 등이 발생하며 공기부족으로 물고기 자연사(폐사)로 추정됨. ※ 양재천→탄천→한강 ○ 조치내용 1. 수질조사 등 2. 폐사 물고기 수거 3. 장비 등 동원현황 -동원인력: 환경관리팀장 외 7명 -기타장비: 장화 6, 마대 12
서해	경기도 수원시 황구지천 오목천교 인근	'05.11.11 14:00	○ 사고내용 1. 농업용수 공급용 설치보로 인해 유수의 흐름이 원활치 못하여 용존산소 부족으로 물고기 폐사 추정. ※ 사고지점→황구지천→안성천→평택호→서해 ○ 조치내용 1. 수질조사 등 2. 폐사 물고기 수거 3. 장비 등 동원현황 -동원인력: 30명 -기타장비: 장화 10, 마대 20, 들채 10

## 부록 2. 중랑천 유역 부하량

### 〈부록 2-1〉 중랑천 유역 BOD 발생부하량

행정구역		BOD 발생부하량 (kg/일)			
		합	생활계	축산계	토지이용
서울시	강북구	18,939.0	18,128.8	-	810.2
	광진구	8,769.3	8,372.4	-	396.9
	노원구	32,740.1	31,431.9	-	1,308.2
	도봉구	19,638.7	18,830.4	-	808.3
	동대문구	20,170.9	19,144.2	-	1,026.7
	서대문구	160.4	151.8	-	8.6
	성동구	13,094.0	12,407.5	23.7	662.9
	성북구	23,923.9	22,653.0	-	1,271.0
	종로구	5,759.6	5,145.7	-	613.9
	중구	6,965.6	6,321.7	-	643.9
경기도	중랑구	22,772.8	21,862.4	-	910.3
	구리시	93.7	86.9	0.8	6.0
	양주시	3,895.5	890.3	2,598.0	349.8
	의정부시	21,571.6	19,423.4	789.4	1,356.9
총 합		198,494.9	184,850.4	3,411.9	10,173.4

### 〈부록 2-2〉 중랑천 유역 TN 발생부하량

행정구역		TN 발생부하량 (kg/일)			
		합	생활계	축산계	토지이용
서울시	강북구	9,964.5	3,807.0	-	157.5
	광진구	1,824.0	1,758.2	-	65.8
	노원구	6,849.4	6,600.7	-	248.7
	도봉구	4,108.3	3,954.4	-	153.9
	동대문구	4,187.5	4,020.3	-	167.2
	서대문구	33.3	31.9	-	1.5
	성동구	2,720.8	2,605.6	7.1	108.1
	성북구	4,978.9	4,757.1	-	221.8
	종로구	1,193.6	1,080.6	-	113.0
	중구	1,432.7	1,327.6	-	105.1
경기도	중랑구	4,761.0	4,599.1	-	161.9
	구리시	20.4	18.4	0.2	1.8
	양주시	1,028.2	211.9	640.1	165.1
	의정부시	4,697.0	4,081.3	211.1	404.3
총 합		41,799.7	38,854.0	858.5	2,075.6

〈부록 2-3〉 중랑천 유역 TP 발생부하량

행정구역		TP 발생부하량 (kg/일)			
		합	생활계	축산계	토지이용
서울시	강북구	456.5	435.1	-	21.4
	광진구	210.8	200.9	-	9.8
	노원구	788.6	754.4	-	34.3
	도봉구	473.1	451.9	-	21.1
	동대문구	484.7	459.5	-	25.3
	서대문구	3.9	3.6	-	0.2
	성동구	316.3	297.8	2.2	16.3
	성북구	575.8	543.7	-	32.1
	종로구	139.2	123.5	-	15.7
	중구	167.6	151.7	-	15.9
	중랑구	547.8	524.7	-	23.1
경기도	구리시	2.5	2.2	0.1	0.2
	양주시	299.3	23.9	257.5	14.7
	의정부시	582.0	469.1	69.8	43.1
총 합		5,048.0	4,442.0	329.5	273.2

〈부록 2-4〉 중랑천 유역 BOD 배출부하량

행정구역		BOD 배출부하량 (kg/일)				
		합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
서울시	강북구	202.5	-	-	-	202.5
	광진구	99.2	-	-	-	99.2
	노원구	327.0	-	-	-	327.0
	도봉구	202.1	-	-	-	202.1
	동대문구	256.7	-	-	-	256.7
	서대문구	2.1	-	-	-	2.1
	성동구	28,029.8	-	27,861.1	3.0	165.7
	성북구	317.7	-	-	-	317.7
	종로구	153.5	-	-	-	153.5
	중구	161.0	-	-	-	161.0
	중랑구	347.1	119.5	-	-	227.6
경기도	구리시	2.0	0.4	-	0.1	1.5
	양주시	631.6	302.8	-	184.0	87.4
	의정부시	2,513.7	-	2,083.5	89.0	339.2
총 합		33,246.2	422.7	29,944.6	276.1	2,543.3

〈부록 2-5〉 종량천 유역 TN 배출부하량

행정구역		TN 배출부하량 (kg/일)				
		합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
서울시	강북구	39.4	-	-	-	39.4
	광진구	16.4	-	-	-	16.4
	노원구	62.2	-	-	-	62.2
	도봉구	38.5	-	-	-	38.5
	동대문구	41.8	-	-	-	41.8
	서대문구	0.4	-	-	-	0.4
	성동구	37,927.3	-	37,898.0	2.3	27.0
	성북구	55.4	-	-	-	55.4
	종로구	28.3	-	-	-	28.3
	중구	26.3	-	-	-	26.3
	종량구	76.3	35.8	-	-	40.5
경기도	구리시	0.6	0.1	-	0.1	0.4
	양주시	308.4	102.3	-	153.7	41.3
	의정부시	2,844.8	-	2,743.3	-	101.1
총 합		41,466.1	138.3	40,641.3	156.0	518.9

〈부록 2-6〉 종량천 유역 TP 배출부하량

행정구역		TP 배출부하량 (kg/일)				
		합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
서울시	강북구	5.4	-	-	-	5.4
	광진구	2.5	-	-	-	2.5
	노원구	8.6	-	-	-	8.6
	도봉구	5.3	-	-	-	5.3
	동대문구	6.3	-	-	-	6.3
	서대문구	0.1	-	-	-	0.1
	성동구	2,600.1	-	2,595.8	0.2	4.1
	성북구	8.0	-	-	-	8.0
	종로구	3.9	-	-	-	3.9
	중구	4.0	-	-	-	4.0
	종량구	9.9	4.2	-	-	5.8
경기도	구리시	0.1	-	-	-	-
	양주시	77.6	11.9	-	58.9	3.7
	의정부시	306.1	-	295.2	-	10.8
총 합		3,037.7	16.1	2,891.0	59.1	68.3

### 부록 3. 중랑천 수질

〈부록 3-1〉 연도별 중랑천 수질추이 (BOD)

연도 \ 지점	중랑천1 (상류)	중랑천2	중랑천3	중랑천4 (하류)
1996	5.8	16.2	8.5	17.7
1997	5.6	8.1	8.9	14.2
1998	3.7	8.8	7.9	13.5
1999	7.6	7.5	8.9	10.9
2000	6.6	11.4	8.8	13.6
2001	4.5	13.0	9.6	16.0
2002	2.7	10.3	9.6	14.3
2003	2.1	11.5	8.5	14.3
2004	1.9	7.4	4.9	8.9
2005	3.4	7.9	7.2	9.1

〈부록 3-2〉 연도별 중랑천 수질추이 (TP)

연도 \ 지점	중랑천1	중랑천2	중랑천3	중랑천4
1996	0.576	0.924	0.569	1.016
1997	0.221	0.838	0.538	1.218
1998	0.255	0.622	0.434	1.027
1999	0.301	0.601	0.514	1.040
2000	0.229	1.048	0.557	1.459
2001	0.186	1.178	0.772	1.514
2002	0.127	1.122	0.813	1.510
2003	0.057	0.986	0.674	1.520
2004	0.160	0.895	0.583	1.236
2005	0.163	1.173	0.753	1.720

## 부록 4. 청계천의 이화학적 수질평가

### 〈부록 4-1〉 청계천의 이화학적 수질평가

항목	지점	St. 1 (수표교)		St. 2 (오간수교)		St. 3 (비우당교)		St. 4 (고산자교)		St. 5 (중랑천합류지)	
		1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
Water-Temp(°C)		11.2	1.0	10.9	1.8	10.9	1.7	10.7	3.9	9.6	2.0
pH		7.8	8.0	7.8	7.7	7.9	7.9	7.8	7.8	8.1	7.9
DO(mg/L)		12.8	15.5	12.8	15.1	13.0	14.9	13.1	14.8	13.2	11.9
Conductivity( $\mu$ S/cm)		153	162	154	164	160	167	223	182	200	202
BOD(mg/L)		1.9	2.6	1.6	2.8	0.4	3.1	0.9	2.0	0.9	2.8
COD(mg/L)		2.1	2.4	1.8	2.4	2.3	2.3	1.5	2.6	2.1	1.1
SS(mg/L)		3.2	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.0	4.0	1.2	0.4
T-N(mg/L)		2,544	2,064	2,544	1,920	2,472	2,328	2,976	2,400	3,000	2,160
T-P(mg/L)		0.010	0.029	0.014	0.005	0.014	0.005	0.005	0.019	0.019	0.130
PO <sub>4</sub> -P(mg/L)		0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Phenol(mg/L)		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
총대장균군수 (총대장균군수/100mL)		40	300	300	200	1,300	200	500	200	1,300	200

※ 자료 : 서울시정개발연구원(2006), 청계천·서울숲 조성에 따른 미기후 및 생태변화 조사 연구

## 부록 5 안양천 빗물펌프장 및 우수지 현황

### 〈부록 5-1〉 안양천 빗물펌프장 및 우수지 현황

하천	펌프장명	현 황						비고
		집수면적 (ha)	우수지 용량 (m³)	규모 (hp×대)	토출량 (m³/분)	계획빈도 (년)	설치년도	
안양천	염창2	86.7	11,000	1,000×2 470×1	820	10	1986 2002	
	목2동	15.1	600	100×2 75×1	80	10	1994	
	양평2	70.6	2,800	900×3 250×1	1,089	10	1990	
	양평1	338.4	115,000	630×12	2,424	10	1988	
	신정1	1,279	256,000	1,200×12 450×6 200×2 1,275×13	12,295	30	1978 1985 1991 2005	05년 증설 완료
	신정3	28.5	1,200	200×3 355×4 533×4(t)	1,010	30	1989 2005 2005	05년 증설 완료
	신도림	183.8	49,500	400×4 500×2	920	10	1978	
	신정2	577.0	162,000	700×7	1,750	20	1986	
	신정간이	-	-	50×2 30×2	69	30	2005	05년 신설 완료
	개봉2	1,086	3,640	1,000×8 700×4	4,800	10	1995	
	철산	266.0	17,900	750×7	2,100	10	1985	
	신구로	299.2	100,800	400×7 650×2	1,750	20	1979 2005	05년 증설 완료
	가산2	46.7	10,000	250×3	300	10	1971 2001	
	가산1	44.9	9,000	250×3	300	10	1971 2001	
	독산	118.0	36,927	300×4	360	20	1981	
	하안	750.1	110,000	1,100×8	3,800	10	1989	
	시흥	101.0	14,800	450×4	680	10	1981	
	시흥2	-	-	190×1 310×5(t)	940	20	2005	05년 신설 완료
	소하	519.0	62,000	750×10	3,000	30	2002	
연현	57.4	1,150	170×2 300×2	440	20	2000		
덕천	22.0	1,500	200×1 360×1	300	20	2000		
소계	4,738.1	965,817	-	30,912	-	-		

※ 자료 : 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발(2006), 서울대학교



〈부록 5-1〉 안양천 빗물펌프장 및 우수지 현황 (계속)

하천	펌프장명	현황						
		집수면적 (ha)	우수지 용량 (m³)	규모 (hp×대)	토출량 (m³/분)	계획빈도 (년)	설치년도	비고
도림천	문래	209.0	3,400	900×4 250×1	1,435	10	1989	
	구로1	136.0	29,100	350×2 250×3 475×3 354×2	1,571	20	1977 1977 2005 2005	05년 증설 완료
	도림2	150.4	31,000	500×4 250×3	1,301	10	1982	
	도림1	201.8	70,000	500×6 537×4	2,182	20	1980 2005	05년 증설 완료
	대림3	182.8	49,555	500×6	1,290	10	1980	
	구로2	46.7	1,700	250×3 120×3	690	10	1986	
	구로3	45.4	1,400	400×3 100×2	605	10	1988	
	구로4	-	-	375×3(1) 180×1	480	20	2005	05년 신설 완료
	구로5	-	-	120×3(1)	90	20	2005	05년 신설 완료
	신림	-	-	620×5	1,000	20	2005	05년 신설 완료
대림2	18.7	1,000	250×3	336	10	1992		
소계		990.8	187,158	-	10,983	-	-	
목감천	개봉1	5,295.0	156,000	1,000×8 1,340×8	9,440	10	1989	
	광명3	19.2	823	60×3 120×5	340	10	1993 2002	
	광명2	25.0	1,529	70×6 120×4	380	10	1993 2002	
	광명1	99.7	3,033	250×5 270×2 160×1 120×1	1,060	5 10	1993 2002	
	광명	68.7	7,325	400×3 300×2 175×1	736	5 10	1989 2002	
소계		5,507.6	168,710	-	11,956	-	-	
학익천	비산	7.4	600	20×3 200×1	90	30	2000	
계		10,204.1	1,111,082	-	44,935	-	-	

※ 자료 : 수자원의 지속적 확보기술개발사업 연차보고서; 안양천 유역의 물순환 건전화 기술 개발(2006), 서울대학교

## 부록 6. 안양천 유역 부하량

〈부록 6-1〉 안양천 유역 BOD 발생부하량

행정구역		BOD 발생부하량 (kg/일)			
		합	생활계	축산계	토지이용
서울시	강서구	2,594.1	2,449.4	30.4	114.3
	관악구	23,595.6	22,723.9	-	871.7
	구로구	21,347.9	20,239.3	21.9	1,086.7
	금천구	13,747.4	12,981.7	-	765.8
	동작구	7,444.1	7,099.2	-	344.8
	양천구	25,018.1	23,905.8	54.1	1,058.2
	영등포구	8,067.6	7,580.7	-	486.9
경기도	과천시	512.0	381.3	62.9	57.9
	광명시	18,411.5	16,813.2	678.9	919.5
	군포시	7,039.1	6,306.0	274.0	454.3
	부천시	9,665.7	9,026.0	86.8	552.8
	시흥시	2,525.0	1,934.7	158.8	309.7
	안양시	32,013.6	30,234.3	-	1,779.3
	의왕시	6,661.3	5,709.0	255.9	667.8
총 합	178,643.1	167,384.6	1,623.6	9,469.8	

〈부록 6-2〉 안양천 유역 TN 발생부하량

행정구역		TN 발생부하량 (kg/일)			
		합	생활계	축산계	토지이용
서울시	강서구	545.5	514.4	7.6	23.5
	관악구	4,942.3	4,772.0	-	170.3
	구로구	4,448.3	4,250.3	4.9	193.2
	금천구	2,855.5	2,726.1	-	129.4
	동작구	1,548.0	1,490.8	-	57.2
	양천구	5,212.1	5,020.2	15.7	176.1
	영등포구	1,669.9	1,592.0	-	77.9
경기도	과천시	119.3	81.1	17.6	18.7
	광명시	3,982.8	3,552.6	173.3	256.9
	군포시	1,517.1	1,330.0	76.4	109.7
	부천시	2,028.1	1,899.0	22.3	106.9
	시흥시	575.2	420.7	40.9	89.3
	안양시	6,727.5	6,356.3	-	371.2
	의왕시	1,506.2	1,212.2	69.4	218.8
총 합	37,677.6	35,217.6	428.1	1,998.9	

〈부록 6-3〉 안양천 유역 TP 발생부하량

행정구역		TP 발생부하량 (kg/일)			
		합	생활계	축산계	토지이용
서울시	강서구	65.2	58.8	3.2	3.2
	관악구	568.4	545.4	-	23.1
	구로구	515.0	485.7	1.7	27.5
	금천구	330.7	311.6	-	19.1
	동작구	178.9	170.4	-	8.6
	양천구	605.6	573.7	5.5	26.3
	영등포구	193.9	181.9	-	11.9
경기도	과천시	18.4	10.4	5.6	1.9
	광명시	501.0	412.3	60.9	27.8
	군포시	197.7	158.5	25.9	13.0
	부천시	243.9	220.9	8.4	14.6
	시흥시	78.6	48.0	14.3	9.8
	안양시	782.5	734.4	-	48.1
	의왕시	200.4	150.3	26.5	22.0
총 합	4,480.1	4,062.3	152.0	257.0	

〈부록 6-4〉 안양천 유역 BOD 배출부하량

행정구역		BOD 배출부하량 (kg/일)				
		합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
서울시	강서구	36.4	-	-	7.8	28.6
	관악구	217.9	-	-	-	217.9
	구로구	272.2	-	-	0.5	271.7
	금천구	191.4	-	-	-	191.4
	동작구	86.2	-	-	-	86.2
	양천구	273.6	-	-	9.1	264.6
	영등포구	121.7	-	-	-	121.7
경기도	과천시	44.1	14.4	-	5.1	14.5
	광명시	550.0	178.6	-	141.6	229.9
	군포시	208.5	64.9	-	25.2	113.6
	부천시	627.5	481.8	-	7.5	138.2
	시흥시	289.7	63.8	-	26.7	77.4
	안양시	5,564.5	-	5,111.3	8.3	444.8
	의왕시	643.2	411.7	-	35.8	166.9
총 합	9,127.1	1,215.4	5,111.3	267.8	2,367.4	

〈부록 6-5〉 안양천 유역 TN 배출부하량

행정구역		TN 배출부하량 (kg/일)				
		합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
서울시	강서구	7.8	-	-	1.9	5.9
	관악구	42.6	-	-	-	42.6
	구로구	48.6	-	-	0.3	48.3
	금천구	32.3	-	-	-	32.3
	동작구	14.3	-	-	-	14.3
	양천구	47.6	-	-	3.5	44.0
	영등포구	19.5	-	-	-	19.5
경기도	과천시	14.6	1.9	-	6.1	4.7
	광명시	148.4	41.8	-	42.4	64.2
	군포시	70.1	20.3	-	21.4	27.4
	부천시	188.0	155.6	-	5.7	26.7
	시흥시	113.5	56.2	-	10.6	22.3
	안양시	9,826.3	-	9,733.5	-	92.8
	의왕시	173.7	96.6	-	16.7	54.7
총 합	10,747.1	372.4	9,733.5	108.5	499.7	

〈부록 6-6〉 안양천 유역 TP 배출부하량

행정구역		TP 배출부하량 (kg/일)				
		합	생활계	하수처리장	축산계	토지이용
서울시	강서구	1.6	-	-	0.8	0.8
	관악구	5.8	-	-	-	5.8
	구로구	6.9	-	-	-	6.9
	금천구	4.8	-	-	-	4.8
	동작구	2.1	-	-	-	2.1
	양천구	7.4	-	-	0.8	6.6
	영등포구	3.0	-	-	-	3.0
경기도	과천시	1.9	0.3	-	0.6	0.5
	광명시	20.9	5.8	-	8.1	7.0
	군포시	10.1	2.4	-	4.1	3.3
	부천시	23.3	18.1	-	1.6	3.6
	시흥시	17.5	6.5	-	2.1	2.5
	안양시	561.2	-	549.2	-	12.0
	의왕시	23.9	11.5	-	5.3	5.5
총 합	690.4	44.6	549.2	23.5	64.2	

## 부록 7. 안양천 수질

〈부록 7-1〉 연도별 안양천 수질추이 (BOD)

연도 \ 지점	안양천1 (상류)	안양천2	안양천3	안양천4	안양천5 (하류)
1996	66.4	56.6	18.3	16.4	14.6
1997	81.2	56.2	21.0	12.5	13.5
1998	41.6	35.7	23.1	15.2	11.1
1999	43.4	34.3	32.9	17.4	11.2
2000	19.0	30.0	23.6	13.3	11.7
2001	11.3	14.8	46.4	18.5	17.9
2002	4.9	10.0	22.8	15.6	12.6
2003	4.6	6.3	12.0	11.3	9.6
2004	5.8	4.8	11.1	10.8	9.7
2005	3.2	5.5	9.2	9.7	8.0

〈부록 7-2〉 연도별 안양천 수질추이 (TP)

연도 \ 지점	안양천1 (상류)	안양천2	안양천3	안양천4	안양천5 (하류)
1996	1,379	1,524	1,289	1,435	1,250
1997	1,509	1,117	1,272	2,126	1,230
1998	1,317	1,026	1,095	1,124	0,894
1999	2,317	0,769	1,300	1,059	0,958
2000	0,723	0,738	1,108	1,207	1,203
2001	0,478	0,680	1,859	1,400	1,416
2002	0,313	0,465	1,289	1,146	1,031
2003	0,210	0,471	1,018	1,155	1,001
2004	0,193	0,290	0,826	1,002	0,888
2005	0,227	0,644	1,183	1,340	1,230



## 영문요약(Abstract)





## A Study on Emergency Management of Water Contamination Accidents

<b>Project Number</b>	<b>SDI 06-R-18</b>
<b>Research Staff</b>	<b>Yong-Mo Cho (in Charge)</b>
	<b>So-Hee Kim</b>
	<b>Ji-Hee Yang</b>
	<b>Hye-Young Lee</b>

Restoration of river provides formation of property as well as chances of walking, jogging and swimming. Recently water contamination accidents frequently occur but emergency measures of water pollution accident are not established systematically.

The purpose of this study is to suggest emergency measures for inflow of toxic material, death of a lot of fishes, an offensive odor and deterioration of transparency.

Chapter 2 provides overview of water contamination accidents. There are two types: nature and a man. Recently accidents of oil spillage, chemical inflow and wastewater discharge to stream frequently occur because of development of industry and transportation. But legal system is insufficient. 「Water Quality Conservation Act」 only provides that someone should report when water pollution occurs. But it doesn't provide management methods.

Chapter 3 describes present states of Jungnangcheon, Cheonggyecheon and Anyangcheon. Pollution loading of non-point source is a primary factor about death of a lot of fishes. Discharge loading of land use is 2,543.3kg/day(BOD) and 68.3kg/day(TP) in Cheonggyecheon basin. Also, in first-flushing of rainfall, CSO concentrations(BOD) is 156 ~ 227.1mg/L(June 23, 2003) in Cheonggyecheon basin. Discharge loading of land use is 2,367.4

kg/day(BOD) and 64.2kg/day(TP) in Anyangcheon basin. Also, in first-flushing of rainfall, CSO concentrations(BOD) is 156 ~ 227.1mg/L(May 17, 2005) in Anyangcheon basin. When high pollution water inflows in a stream, DO(dissolved oxygen) of the stream become zero(0 mg/L) abruptly. This is the reason of death of a lot of fishes in stream.

Chapter 4 discusses management plans of water contamination accidents. Scenarios based on type of water contamination accidents have to be established in advance. So measures for accident areas in accordance with characteristics of pollutants have to be administered effectively. When oil and chemical accidents occur, oil-fences are set up according to flow time. When fish death accident occurs, the cause is examined and follow-up measures are taken. Especially measures for prevention of fish death in Cheonggyecheon are to supply a plenty of DO amount, to remove DO blocking materials during first-flushing, to adjust of elevation of household wastewater discharging pipe to prevent inflow of CSOs. Also, to prevent fish death by first-flushing of CSOs, water quality purification facilities must be made. To prevent transparency deterioration and odor, a plenty of DO amount must be supplied in stream and algal blooming must be removed. Expanded water quality monitoring system should be set up to check water quality effectively and systematically, and to take appropriate measures in case of emergency.

## Table of Contents

---

### *Chapter I Introduction*

1. Background and Purpose
2. Contents
3. Flowchart

### *Chapter II Overview of Water Contamination Accident*

1. Overview of Water Contamination Accident
2. Analysis of System
3. Case Studies of Water Contamination Accident

### *Chapter III Present State of Jungnangcheon, Cheonggyecheon, and Anyangcheon*

1. Present State of Jungnangcheon
2. Present State of Cheonggyecheon
3. Present State of Anyangcheon

### *Chapter IV Emergency Management of Water Contamination Accident*

1. Measures of Water Contamination Accident
2. Measures of Oil-Spill Accident and Chemical Materials
3. Measures of Changing about Water Circumstance
4. Measures of Odor and Transparency Deterioration
5. Environmental Impact Assessment after Accidents

### *Chapter V Summary and Policy Recommendations*

- *References*
- *Appendices*

시정인 2006-R-18

친수하천의 수질사고 발생시 대응방안 연구

---

발 행 인 강 만 수

발 행 일 2006년 10월 31일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울시 서초구 서초동 391번지

전화 (02)2149-1154 팩스 (02)2149-1199

---

값 9,000

ISBN 89-8052-487-0-93530

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.