

KETRI/1996
연구보고서

외국 하천의 회생사례와 정책의 시사점

1996. 10

최지용

한국환경기술개발원
Korea Environmental Technology Research Institute

제 1 장

문 제 의 제 기

제 2 장

일본의 하천오염과 회생

제 3 장

영국의 하천오염과 회생

제 4 장

정책의 시사점

< 목 차 >

제1장	문제의 제기	3
제2장	일본의 하천오염과 회생	7
2-1	년대별 수질오염 문제의 요인 및 경향	7
1)	1950년대	7
2)	1960-1970년대	8
3)	1980년대 이후	10
2-2	다마천(동경도) 오염과 회생	11
1)	하천의 수질상황	11
2)	수질오염방지대책	12
3)	다마천 구간별 수질대책	17
제3장	영국의 하천오염과 회생	27
3-1	년대별 수질오염문제의 요인 및 경향	27
1)	19세기	27
2)	20세기 초반	27
3)	1970년대 중반 - 1980년대 중반	29
4)	1980년대 후반 - 현재	30
3-2	템즈강의 오염과 회생대책	36
1)	산업혁명이후 오염역사와 회생정책	36
2)	20세기 이후의 오염역사와 회생대책	39
3)	21세기를 대비한 템즈강 관리 과제	42
제4장	정책의 시사점	47

< 표 목 차 >

<표 1> 주요하천의 수질 상황	3
<표 2> 일본의 경제발전 단계와 공해문제	11
<표 3> 배출수규제의 변천	21
<표 4> 한강, 낙동강과 템즈강 비교	44

< 그림 목 차 >

<그림 1> 하수도 보급율과 환경기준 달성율	14
<그림 2> 동경도 수질회생 및 보전대책	15
<그림 3> 다마천 상류의 수질변화 추이	18
<그림 4> 다마천 상류의 수질변화 추이	21
<그림 5> 다마천의 수질변화 비교	25
<그림 6> 템즈강의 수질변화 추이	43

제1장 문제의 제기

우리나라는 지속적인 경제발전과 인구성장으로 인해 1995년의 하·폐수 발생량은 1980년도와 비교하여 볼때 생활하수 2.2배, 산업폐수 3.7배, 축산폐수 2.4배 등으로 증가하였다. 이와같은 오염량 증가에 비해 상대적으로 저조한 기초시설 설치로 주요하천의 수질은 계속 악화되어 왔다. 특히 갈수기 때는 총 강물의 47%가 생활하수 및 산업폐수로 구성되는 등 낙동강과 영산강하류는 상수원수 3급수의 기준을 초과하고 있다.

<표 1> 주요하천의 수질 상황 (단위 : BOD ppm)

하 천	지 점	1993	1994	1995
한 강	팔 당	1.2	1.2	1.3
	가 양	4.0	4.3	4.4
낙동강	고 령	4.5	5.9	7.3
	물 금	3.4	4.6	5.1
금 강	청 원	2.7	3.3	4.7
	부 여	3.1	3.7	4.8
영산강	나 주	4.5	7.3	7.0
	무 안	1.4	1.9	2.6

참고: 상수원수 1급(1이하), 2급(3이하), 3급(6이하)

주요 선진국도 환경을 고려치 않은 정책으로 인해 하천이 오염되어 큰 사회문제로 대두된 적이 있었으나 이를 극복하고 다시 되살린 사례가 있다. 따라서, 이와같은 국가의 수질정책 변화과정과 하천의 회생사례를 분

석하여, 이를 바탕으로 현재 오염되어가고 있는 우리나라의 주요 하천을 되살리기 위한 정책방안을 도출하고자 한다. 사례국으로는 우리나라와 같이 천연자원의 부족, 국토면적의 협소, 인구의 과밀 등으로 인해 수질오염의 전례가 있으나 이를 극복한 영국과 일본을 선정하였다. 일본의 오염 역사는 급속도로 진행되어 단기간에 치유된 사례이고, 영국의 수질오염은 수백년간에 걸쳐 장기간 이루어진 역사를 가지고 있다.

제2장 일본의 하천오염과 희생

2-1 년대별 수질오염 문제의 요인 및 경향

일본은 1950년대 중반 이후부터 고도의 경제성장을 이룩하기 위해 급격한 공업화를 추진하였다. 그 결과, 세계에서 유래가 없을 만큼 심각한 환경오염 문제를 야기한 바 있고, 도처에서 막심한 오염 피해 사고가 발생하였다. 이를 극복하기 위해 1970년대 초부터 국가적인 차원에서 본격적이고 다각적인 환경보전정책을 강력하게 추진해 온 결과, 지금은 상당한 성과와 환경의 개선을 가져오게 되었고 공업 선진국으로부터 환경 선진국으로 변화하였다.

1) 1950년대

일본은 1955년부터 시작된 새로운 대규모 석유화학공단 개발사업으로 인하여 1950년대 말부터 공업지역에서 환경사고가 나타나기 시작하였다. 이에 대처하기 위해 일본 정부는 「공해방지법(1958년)」을 제정하고, 자치단체에서는 지방조례(Tokyo:1949년)에서 환경문제를 다루기 시작하였다. 그러나 환경오염에 대한 일반 국민의 인식부족과 오염 증가에 대한 처리시설미비로 대도시 및 공업단지 주변 하천의 수질이 악화되기 시작되었다. 따라서 50년대에는 「공해방지법」으로는 급속한 수질오염에 대처하는데 미흡하였다.

2) 1960-1970년대

1960~1970년대의 급격한 경제 성장에 따른 공업폐수 배출증가, 인구 및 산업의 도시 집중으로 인해 오염원의 배출은 증가하였으나, 그 당시에는 오염처리를 위한 사회 간접비 지출이 후진성을 벗어나지 못하였다. 그 결과 나타난 주요 환경문제로는 도시지역의 오염심화와 수질오염의 전국적 확산, 수질오염원 및 오염형태의 다양화, 유해물질의 하천퇴적, 호수의 부영양화 및 적조 등의 수질오염 문제가 발생하였다.

이에 대한 대응으로 「공해방지기본법(1967)」, 「수질오탁방지법(1970)」, 「공공사업의 환경영향에 관한 내용협정(1972)」, 「‘세토’내해 환경보호를 위한 특별법(1973)」등을 제정하였다. 뿐만 아니라, 수질 환경기준의 유지 및 달성 대책으로 배출수 규제, 배출원 규제, 지역오염부하량 규제(반폐쇄수역), 하수망 및 오수처리시설의 개선 및 확장, 토지이용규제 및 산업입지, 하천유역정비 및 준설, ‘슬릿지’ 및 침전물 제거 등의 시책도 동시에 추진하였다. 그 외에 배출(방류)규제를 위해 수질오탁방지법에서의 규제체계 확립, 공공수역에 방류되는 모든 배출수에 대한 배출(방류)규제, 전 배출시설의 등록 및 규제 기준의 설정 및 적용 등으로 하폐수 처리시설 설치의 확대를 가져왔다.

한편 수질오염에 관한 환경기준은 1970년 4월에 국무회의에서 결정되어, 사람의 건강보호에 관한 환경기준은 모든 공공용수역에 일률적으로 적용시키고, 생활 환경의 보존에 관한 환경기준은 하천, 호소, 해역에서 이수 목적에 따라 수역등급 기준치를 설정하였다.

산업활동의 급속한 확대, 인구의 도시집중 등에 따라 공공용수역의 수질 오염 문제는 심각해지고, 오염상태도 복잡하게 되었다. 그러나, 대상 지역

을 한정하여 규제를 철저히 하지 못하는 등 옛수질법으로는 대처할 수 없는 문제가 있어, 1970년 12월의 소위 ‘공해국회’에서 근본적인 정비강화를 위해 「수질오탁방지법」을 제정하였다. 「수질오탁방지법」에서는 공장폐수의 감시, 시설의 개선명령 등의 배출수규제에 관한 규정이 縣知事로부터 市長에게 위임되어 市 독자적으로 세밀한 수질보전행정을 수행할 수 있게 되었으며, 국가가 정한 일률적인 배출수기준으로는 환경기준의 달성, 유지가 곤란한 수역에 대해서는 지자체에서 보다 엄격한 배출수기준을 설정하도록 하였다.

수질오탁방지법에 따라 높게 정해진 배출수기준의 규정 등, 각 수질보존 대책의 추진에 의해 전국적으로는 수질이 개선되었으나, 폐쇄성 해역에서는 적조가 많이 발생하는 등 수질오염이 진행되어 산업배출수에 관한 오염부하량의 감소, 특정 시설의 설치 허가제, 폐쇄성 해역의 특수성을 고려한 매립의 제어 등의 조치를 위한 「협만환경보전감시조치법」이 1973년 10월 의원 입법에 의해 제정되었다. 이에, 환경처장관은 산업배수의 화학적 산소요구량에 관한 오염부하량을 1/2로 감소시키기 위해, 관계부현에 부하량을 할당하는 총량규제방안을 시행하였다. 「협만환경보존감시조치법」은, 1976년 11월까지의 시한 입법이었으나, 환경기준의 달성을 위해 1978년 11월까지 연장 운영되었다.

그러나, 폐쇄성수역의 환경문제가 광역적으로 대두되자 종래의 규제제도를 새로운 시각에서 수정한 제도의 도입을 위해 1978년 6월 「협만환경보전감시조치법」 및 「수질오탁방지법」의 일부를 개정한 법률을 제정하였다. 이에 따라, 「협만내해환경보존감시조치법」은 명칭을 「협만내해환경보존특별조치법」으로 수정, 항구적인 법으로 하여 부영양화에 의한 피해방지 및 자연 해변의 보존 등의 조치가 취해지게 되었다. 「수질오탁방지법」에서는 화학적 산소요구량에 대한 총량규제제도를 도입하였다. 즉, 오염이 현저한

폐쇄성 수역에서 환경기준을 달성하기 위해 오탁부하량 총량을 효과적으로 감소시킬 수 있는 수질총량규제를 도입할 필요성이 대두되었다. 따라서 1979년 6월 내각총리대신은 1985년을 목표년도로 하는 발생원별 및 부현별의 감량목표량에 따른 감소방침을 정하기 위한 총량감소기본방침을 수립하였고, 각 자치단체는 감소목표량을 달성하기 위한 총량감소계획을 책정하여 하수도정비, 총량규제기준의 설정, 소규모배출수대책 등, 산업배수와 마찬가지로 생활하수 등을 포함한 종합적인 감소 대책을 실시하였다.

3) 1980년대 이후

1970년대의 처리 시설의 집중 설치로 공공수역으로 유입되는 점오염물질은 급격히 감소하였으나, 1980년 이후부터는 생활하수에 의한 오염과 도시지역, 농지 및 산림지에서의 비점오염원 문제가 새롭게 대두되었고, 호수 및 폐쇄해역의 부영양화 및 적조는 오히려 증가하였다. 이에 대한 대책으로는 부영양호수대책을 위해 「호수수질보전을 위한 특별대책법(1984)」 제정하고, 「수질오탁방지법」에서도 지하수오염방지 및 사고시 유독물질에 의한 오염예방을 위한 개정(1989), 가정오수 관련대책을 위한 개정(1990), 인간 건강보호와 관련된 수질환경기준의 개정(1993)등 환경기본법으로의 법체계 정비를 시행하였다.

세부적으로 질소 및 인에 관한 환경기준 및 배출규제기준을 도입하여 하수 및 오수처리는 2차 처리에서 3차 처리로 전환하였고, 특히 처리된 용수의 재사용 및 음식낭비 억제 등 생활방식 개선을 통해 오염발생량을 저감함과 동시에 발생한 생활하수의 오염처리를 위해 부패조와 소규모 오수처리시설을 확대하였다. 뿐만 아니라, 바람직한 환경질을 달성하기 위한 종합대책으로서 토지이용규제 실시 및 지역오염부하 규제제도를 확대하여,

지역기준에 따른 오염부하량을 할당하여 관리토록 하였다. 다음 <표 2>은 일본의 경제발전단계와 환경오염에 관한 요약이다.

<표 2> 일본의 경제발전 단계와 공해문제

	1955~1974	1979~1984	1985~현재
성장단계	고도 경제성장기간	경제 침체기간 (오일쇼크)	안정적 성장기간
주요산업	중공업 위주	고부가가치 산업기술 육성	고부가가치, 저공해· 저에너지 산업
공해문제	미나마타,이따이이따 이병 등 중금속관련	도시지역,공업단지 중 심의 수질오염 문제	국내 수질오염해결 지구환경문제로 전환
주요대책	기초시설 확충	예방 중점	지구 환경문제

2-2 다마천(동경도) 오염과 회생

1) 하천의 수질상황

동경은 다마천, 황천, 강호천 등 약 120개의 하천이 있는데 이들중 대부분은 동경만으로 유입되고 있으며, 가장 큰 하천이 다마천이다. 다마천의 수질은 1965년부터 1974년까지의 고도 경제 성장기에 악화되었으나 그 후 공장폐수에 대한 규제 강화 및 하수도 정비를 통해 크게 개선되었다. 즉, 1971년에는 생물학적 산소요구량(BOD)의 환경 기준치를 만족하는 하천의 비율이 33%였으나 현재는 70%이상으로 향상되었다. 주요 오염원은 1970년대 이전에는 공장폐수가 주범이었으나, 현재는 생활하수가 더 높은 비중을

차지하고 있다. 동경도 지역은 인체의 건강과 관련 있는 유해물질은 카드뮴과 시안 등을 포함하여 총 9개 항목에 대해 매년 하천, 해역, 호수등 약 7,300개 지점을 측정하고 있으며, 최근 10년간의 결과로는 '87, '89, '91년에 시안에 대해서만 환경 기준치를 초과하였고 다른 물질은 모두 환경 기준치 이내로 측정되고 있다.

2) 수질오염방지대책

하천과 동경만 수질의 환경 기준치를 달성하기 위해 하수도의 보급 및 「수질오탁방지법」과 「동경도공해방지조례」 등을 적용하여 공장 및 사업장에 대하여 지도 감독을 하고 있다. 현재 하천 오염의 주범인 생활하수에 대해 「수질오탁방지법」에서는 생활하수대책중점지역을 지정하여 시민의 협조를 구하는 등 정화 대책을 추진하고 있으며, '93년 3월에 쾌적한 주변 환경을 실현하기 위하여 동경도 수변 환경보전 계획을 수립하여 각각 다음과 같은 대책을 추진하고 있다.

(가) 공장, 사업장 대책

공장과 사업장은 법률 및 조례에 명기된 배수기준을 중심으로 배수처리 시설의 개선을 지도하고 있다. 동경만의 수질을 개선하기 위해 COD의 총량규제를 실시하고 있으며, 수질배수기준이 적용되는 특정 사업장의 수는 1993년 3월 31일 현재 1,547개, 총량규제 대상 사업장은 557개소 이다.

(나) 하수도 정비와 고도처리 추진

하수도 정비는 수질보전대책의 중요한 시책으로 다마천 유역에 대해 하수도 미보급지역의 정비를 지속적으로 추진하고 있다. 동경도의 경우, 하수

처리수가 도내 전 배수량의 90%를 점유하므로 이 수질이 동경만의 수질에 지대한 영향을 미친다. 따라서 하수처리수의 수질을 보다 향상시키기 위해서 하수처리장의 고도처리시설의 설치를 추진하고 있으며, 하수도 보급률은 '93. 3월말 현재 동경도 전체가 92%수준이며, '97년말에는 100%가 예상되고 있다.

(다) 생활하수대책

하천수 오염의 주요인은 하수도 미보급지역의 생활하수이므로 생활하수 대책 지도 요강을 확정하여 당분간 하수도 보급이 어려운 지역에 인분과 잡배수를 동시에 처리하는 합병처리정화조의 보급을 추진하고 있다. 1990년 6월 수질오탁방지법을 일부 개정하여 생활하수대책 중요지역을 지정하였고, 이지역에 대해 합병처리시설을 설치할 경우 자금을 지원해 주고 있다.

(라) 하천의 준설 및 청소

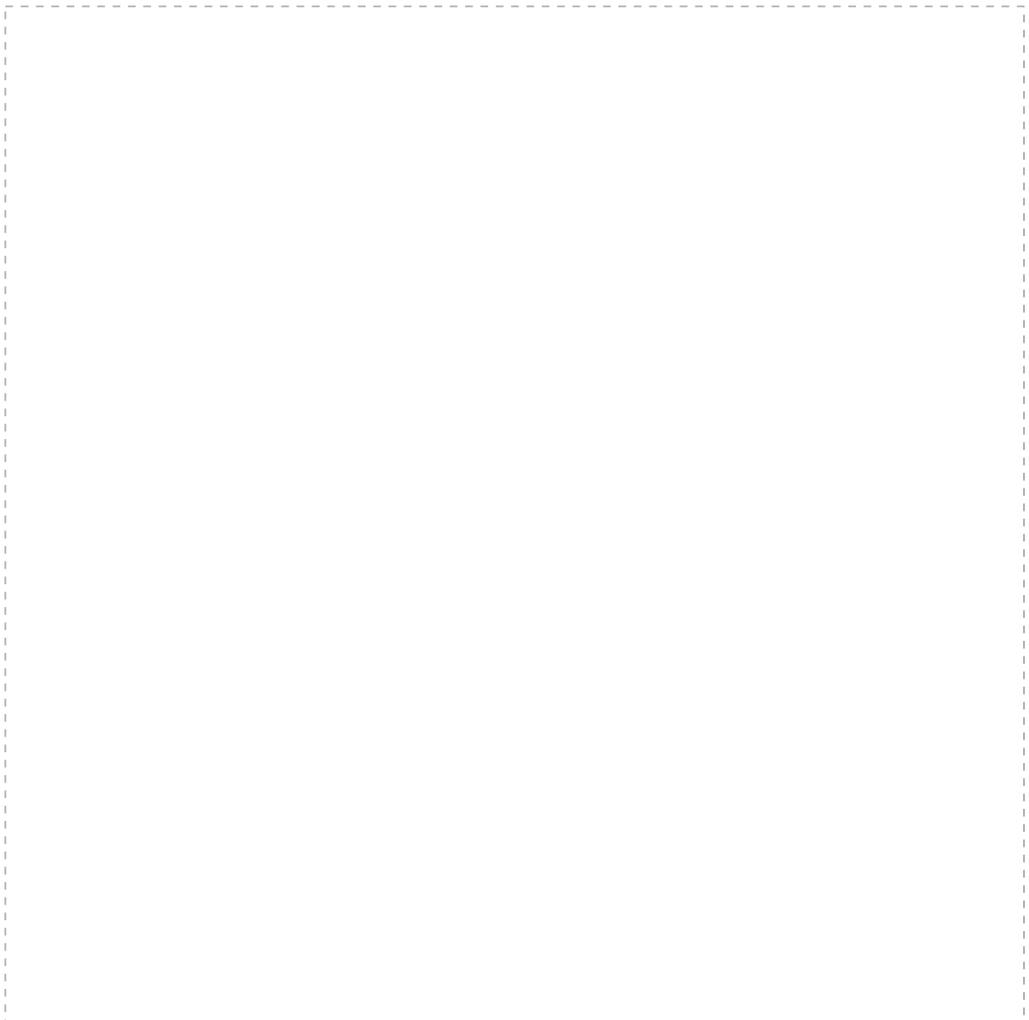
하천에 쌓인 오니와 표면에 떠다니는 쓰레기는 악취를 발생시키는 동시에 하천의 정화작용을 감소시키므로 수질악화의 주요 원인이 되고 있다. 따라서 동경도는 오염이 심한 하천에 대해 준설과 부유쓰레기 청소를 실시하고 있다.

(마) 동경도의 임무와 기능

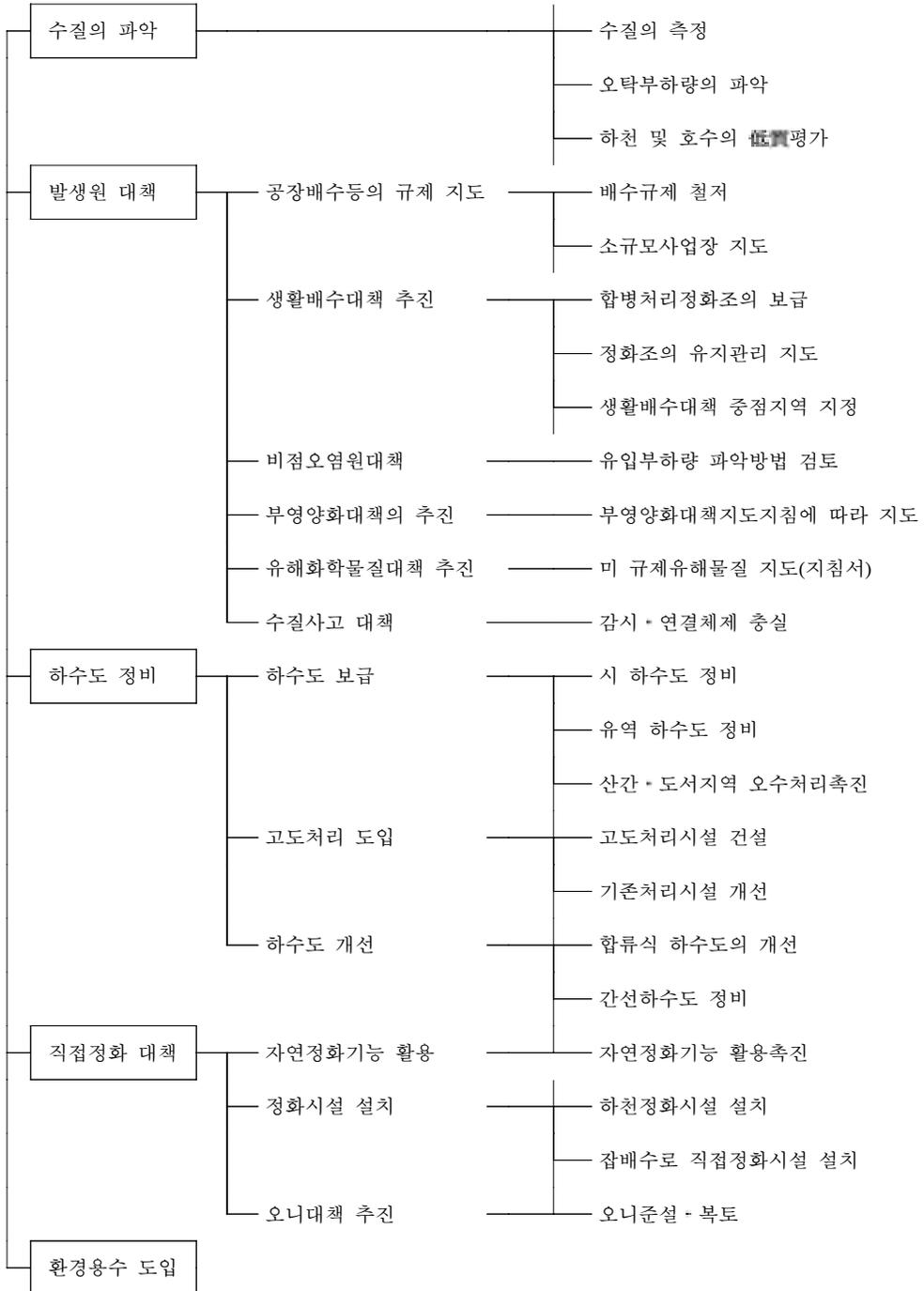
국가오염규제기준은 최저한도의 기준으로서 대부분의 자치단체는 환경을 보전하기 위해 조례로 더욱 엄격한 기준을 설정하는 권한을 가지고 있다. 동경도의 경우도 공해방지조례를 가지고 있으며 국가기준보다 엄격한 기준을 적용하고 있다. <그림 1>은 동경도의 하수도 보급률과 하천의 환경

기준 적합률간의 관계로서 환경질의 개선이 기초시설의 설치와 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다. 그리고 <그림 2>는 동경도에서 수질개선을 위해 시행한 각종 사업으로서 어느 한 분야만 아니라 다양한 부문에서 종합적으로 시행하고 있음을 볼 수 있다.

<그림 1> 하수도 보급율과 환경기준 달성을



<그림 2> 동경도 수질 희생 및 보전 대책



3) 다마천 구간별 수질대책

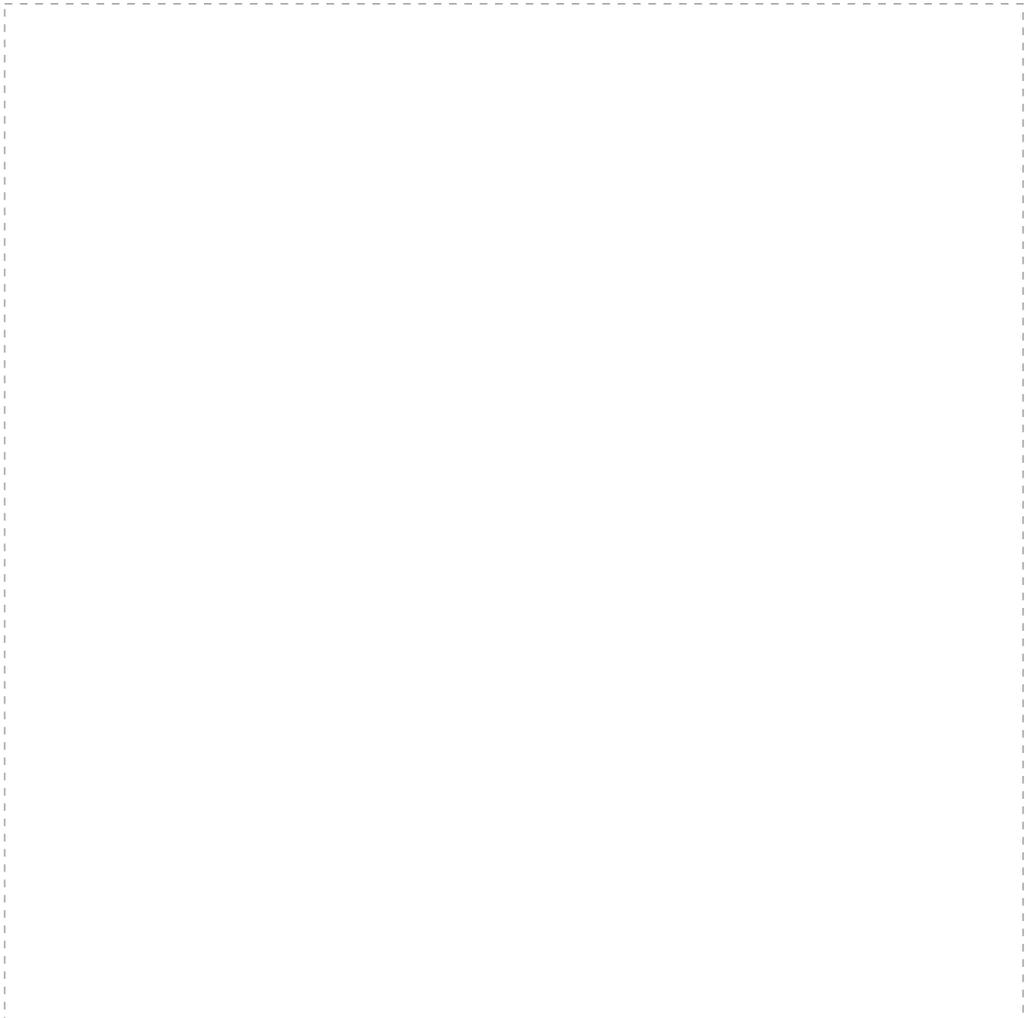
(가) 상류지역

다마천 상류지역은 산림지로 구성되어 있으며, 자연관찰, 수영 및 낚시, 캠프 등을 할 수 있게 하고, 수서생물로는 담수송어(산천어), 황어 등이 살 수 있도록 하며, 상수원수 1급-2급 수준 유지를 목표로 하고 있다. 수질 상태는 1980년까지는 악화되는 경향이었으나, 하수도 보급율의 향상에 따라 점차 개선되고 있다. 현재 BOD의 환경기준적합정도는 AA유형에서 96%, A유형에서 100%를 달성하고 있으며, 오염원별 BOD부하율은 생활하수 90.0%, 공장폐수 7.2%의 비중을 차지하고 있다. 현재 하수도보급율은 66.2%로서 다마천상류지역의 수질개선을 위하여 하수도 확충에 의한 생활하수의 오염부하를 감소시키는 것이 필요하다. 생물상 중 어류는 민물송어, 은어, 황어 등이 서식하고 있으며, 저서 동물은 「청정수」에서 살 수 있는 지표생물이 서식하고 있으며, 부착조류는 오염에 어느정도 내성이 있는 종이 많다.

동경도에서는 현재 수질목표 달성을 위하여 하수도 보급을 지속적으로 추진하고 있고, 생활하수의 부하가 높은 유역을 생활하수대책 중점지역으로 지정하여서 종합적인 생활하수대책을 진행중에 있다. 또한, 하이킹 등 자연관찰용의 장소로 이용하기 위하여 양호한 자연을 보존하는 것과 동시에 하류의 수량확보와 수질개선을 위해 연간방류량을 일정량 이상 유지토록 하고 있다. 한편 「다마천하천관리계획」을 수립하여 다마천상류지역은 ‘자연정비지역’, ‘자연이용지역’ 및 ‘자연보존지역’으로 설정하였다. ‘자연정비지역’에서는 인공시설을 억제하고 산책로, 휴식시설 등으로의 이용을 도모하도록 하고 있으며, ‘자연이용지역’에서는 자연관찰원, 자연탐색로 등 자

연적인 시설을 중심으로 정비하나 약간의 인공시설도 허용하고 있으며, ‘자연보존지역’에서는 자연생태계의 보존을 목적으로 한 지역으로 인위적 시설은 금지하는 것을 원칙으로 하여 관리하고 있다. 따라서 다음 그림에서 보듯이 상류 지역의 배도교 지점에서의 수질은 80년대 이후 점차 개선되어 현재는 거의 1급수에 가까운 수준을 유지하고 있다.

<그림 3> 다마천 상류의 수질변화 추이



(나) 중류지역

다마천 중류 지역에서는 자연학습, 물놀이, 낚시, 스포츠 등을 즐길 수 있고, 어류로는 은어, 황어 등이 서식하고 있다. 수질상태는 1975년도까지는 악화되는 경향을 보이다가, 그 후 하수도의 보급에 따라 개선되었으나 최근에는 그 변화폭이 거의 없다. 수질 환경기준은 B유형(상수원수 3급)의 환경기준을 목표로 하고 있으며, BOD의 환경기준 달성율은 68%이다. BOD부하량 구성은 생활하수 70.1%, 공장폐수 8.5%, 하수처리장배수 20.5%로 생활하수가 차지하는 비중이 크며 하수도보급율은 76.7%이다.

다마천의 중류지역의 수질개선을 위해 현재 하수도 보급에 의한 생활하수의 오염부하를 감소를 추진하고 있으며, 하천내 처리를 위해 현재 자갈 접촉산화식 정화시설이 중류의 지천에 설치되어 수질정화를 도모하고 있다. 합류식 하수도구역에 대해서는 우천시 우수도 등에서 오수의 일부가 우수로 하천에 월류하는 것이 수질보전상의 과제로 대두되고 있다. 어류로는 은어, 청어, 피라미, 잉어류가 관측되고 저생동물로는 물벌레, 거머리류 등의 '오탁수'의 지표생물이 보이고 있으며, 부착조류로는 오염에 강한 내성을 가지는 종과 오염에 중간정도의 내성을 가지는 종이 많다. 하천변은 고수변과 저수변이 구별되어 물주변에 접근하기 쉬운 형태이고 종합공원, 운동공원, 자연위락광장 등으로 이용되고 있다.

수질목표달성을 위해 하수도 보급을 계속 추진하고 있으며, 합류식하수도의 개선과 우수의 저류·활용 등에 의하여 우천시 유출부하량을 감소시키고, 지형·지질 등의 조건이 허락되는 지역에서는 우수지하침투를 촉진함과 동시에 하수 고도처리시설의 건설을 추진하고 있다. 하수처리수의 암모니아성 질소에 대해서는 동경만의 인·질소 감소대책과 연계하여 그 배출억제에 노력하고 있고, 생활하수의 부하가 높은 유입지천유역을 생활하수대책 중점지역으로 지정해 종합적인 생활하수대책을 시행하고 있다. 지

천에서의 부하를 감소시키기 위해 지천에서의 직접정화시설의 설치를 추진하고 있으며, 하천의 자정작용을 향상시키기 위해 연간방류량을 유지하고 있다.

「다마천하천환경관리계획」에 따르면 다마천중류지역은 ‘시설이용지역’, ‘자연정비지역’, ‘자연이용지역’ 및 ‘자연보존지역’으로 구분, 설정하고 있다. ‘시설이용지역’은 인공정비지역과 같이 위락시설, 문화시설 등 인공적인 시설이 가능한 지역이다.

(다) 하류지역

하류지역의 하천관리는 물과 푸르름이 있는 넓은 공간의 확보와 낚시, 산책, 스포츠 및 자연관찰이 가능토록 하고, 피라미, 농어 등이 서식토록 하며, 수질은 C유형(공업용수 1급)의 환경기준 달성을 목표로 하고 있다. 수질상태는 1965년도부터 개선되기 시작하여 1975년도 이후로 완만하게 개선되어 왔으며, 최근에는 변동폭이 거의 없다. BOD의 환경기준적합도는 100%이고, BOD오염부하량 유입량은 합류식하수도구역에서 가장 많다. 하수처리장 보급율은 98.3%로서 거의 완비된 상태이기 때문에 다마천하류지역의 수질은 중류지역에서의 유입오염부하의 감소에 따라 더욱 개선될 것으로 예상된다. 서식어류는 피라미, 농어, 송어 등이 보이고 있으며, 저생동물로는 실지렁이류, 작은조개류가 있으며, 부착 조류로는 중간정도의 오염에 내성이 있는 종과 오염에 어느정도 내성이 있는 종이 많다. 다마천하류지역의 넓은 하천변에는 공원과 운동장이 있어서 위락, 스포츠의 장으로도 시민에게 이용되고 있으며, 또한 하구부에는 갈대 등의 자연식생이 풍부하다. 동경도에서는 수질 목표달성을 위해 합류식하수도의 개선과 우수의 저류·활용등에 의해 우천시의 우수토 및 펌프장의 월류부하량을 감소하는 방안을 강구하고 있으며, 지형·지질 등의 조건이 허락되는 지역에서는 우

수의 지하침투를 추진하고 있다.

『다마천하천환경관리계획』에서는 다마천하류지역을 ‘인공정비지역’ 및 ‘자연이용지역’으로 설정하고 있다. ‘인공정비지역’은 운동시설, 유희시설, 수경시설, 편익시설 등의 인공시설을 적극적으로 정비하는 지역이고, ‘자연이용지역’은 수목원, 자연관찰원, 자연답사로 등의 자연적인 시설을 중심으로 정비하는 지역으로 약간의 인공적인 시설을 도입할 수 있는 지역으로 관리하고 있다. 다음 그림은 다마천 하류지역의 수질추이로서 60년대 이전에는 심각하게 오염되었으나 그후 지속적인 하수처리로 현재는 2급수 수준을 유지하고 있음을 보여 주고 있다.

<그림 4> 다마천 상류의 수질변화 추이



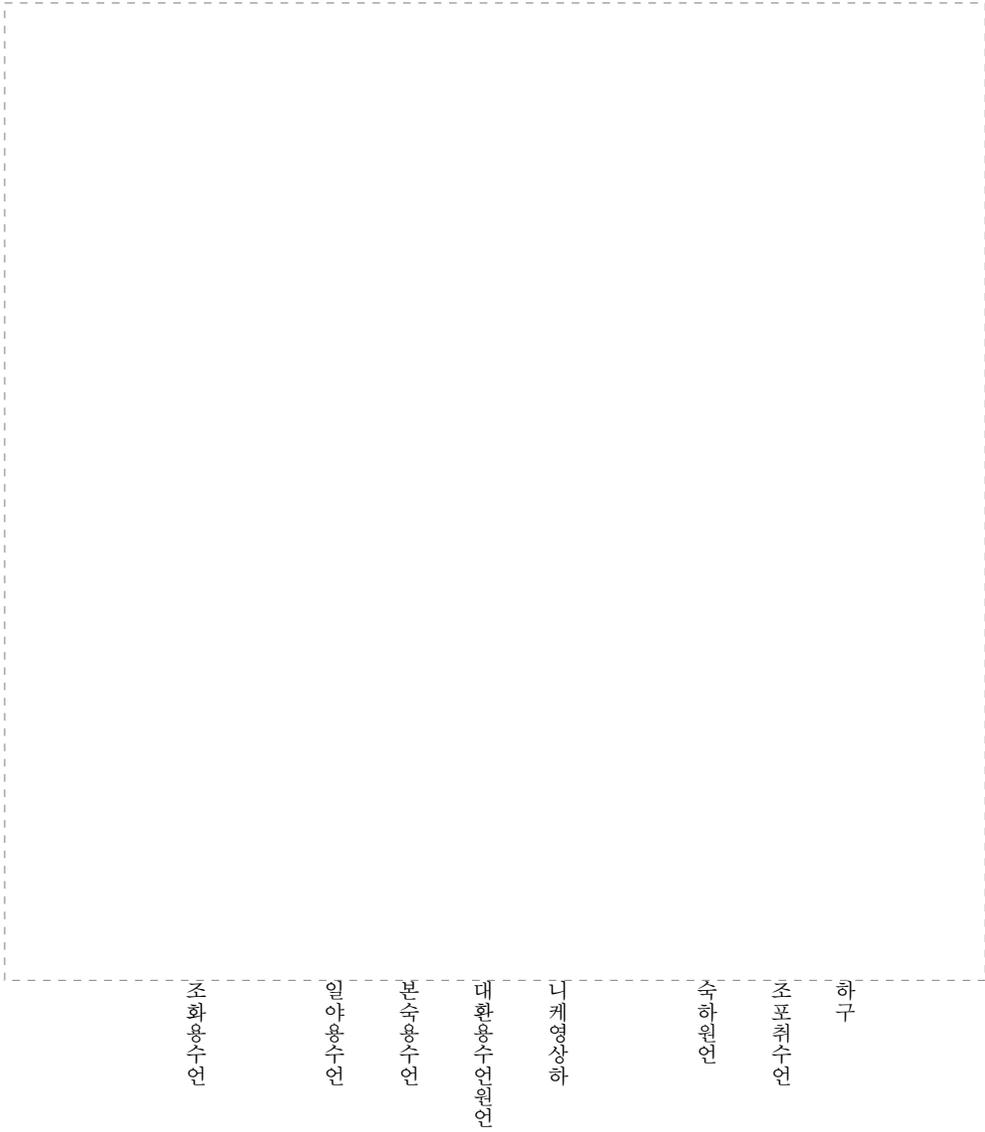
<표 3> 배출수규제의 변천

연, 월, 일	수질오염방지법	동경도 공해방지조례
1969. 7. 2		조례교부(1970. 4. 1 시행)
1970. 3. 3		조례배수기준설정(4. 1 시행)
1970. 12. 25	수질오염방지법교부(1971. 6. 24 시행)	동, 아연, 온도, 악취를 규제항목에 추가
1971. 1.		
1972. 1. 11		하수처리장, 분뇨처리장등을 규제대상으로 추가. BOD, COD, SS등을 기준
1972. 3. 27	축사를 규제대상으로 추가	비소, 망간, 납등을 규제항목으로 추가
1972. 10. 1		
1973. 12. 22		
1974. 3. 20		규제에 정하고 있던 규제기준을 조례에서 정함.
1974. 9. 30	수은의 배출수기준개정(1974. 10. 30 시행)	배수량의 측정의무화(500㎍/일이상)
1974. 12. 1	T-Hg 0.005㎍/ℓ 숙박업소, 시험연구기관을 규제대상으로 추가	
1974. 12. 20		수은기준 0.005㎍/ℓ으로 강화
1975. 2. 3	PCB를 규제항목으로 추가 (1975. 3. 31시행) 0.003㎍/ℓ	
1975. 10. 22		PCB를 규제항목으로 추가
1976. 6. 1	정수장, 중앙도매시장을 규제대상으로 추가	
1976. 3. 31		BOD, COD, SS의 기준강화 유해물질 기준강화 공정별 처리시설 설치의무화 상수원수역의 농도규제강화 공포일 시행
1978. 6. 13	수질오염방지법개정(총량규제도입)	
1979. 5. 10	병원, 일반폐기물처리시설을 규제대상으로 추가	
1980. 7. 1	총량규제, 신증설사업장예의 기준적용	
1981. 7. 1	총량규제, 기존사업장예의 기준적용	
1981. 11. 30	자동차정비분해업등 8업종을 규제대상으로 추가	
1984. 7.	총량규제목표기준적용	
1985. 5. 17	질소·인을 규제항목으로 추가	
5. 27	질소·인 배출수기준규정	
1986. 6. 21	피혁제조업및 모피제조업의 배출수기준개정	
1987. 7. 1	제2차 총량규제, 신설사업장예의 기준적용	
1988. 8. 26	공동조리장, 도시락제조업, 음식점, 스낵점, 요리집을 규제대상으로 추가	
1989. 3. 29	TCE, Tetrachloroethylene을 유해물질로 지정(시행일 : 1989. 10. 1)	
1989. 4. 3	TCE등의 배출수기준설정(시행일 : 1989. 10. 1)	

연, 월, 일	수질오염방지법	동경도 공해방지조례
1989. 6. 28	수질오염방지법의 개정	
	㉠ 유해물질을 포함한 물의 지하침투금지	
	㉡ 사고시의 응급조치의 의무고시	
1989. 8. 21	법시행규칙의 일부개정	
	(특정지하침투수의 침투제한에 관한 요건 설정)	
1990. 9. 14	수질오염방지법시행령의 일부개정	
	㉠ 처리대상인원 201-500인분의 분뇨정화조가 규제대상으로 추가	
	㉡ 법제 22조의 보고미수대상시설의 확대 등	
1991. 6. 21	피혁제조및 모피제조업의 배출수기준개정	
1991. 7. 1	제3차총량규제, 신설사업장예의 기준적용	
	(기존시설예의 적용 1994. 4. 1)	
1991. 7. 19		처리대상인원 201이상 500인이하의 분뇨정화조를 규제대상으로 추가
1991. 7. 26	TCE와 Tetrachloroethylene에 의한 세정시설 및 이들 물질의 잔류시설을 규제대상으로 추가	
	(시행일 : 신설 1991. 10. 1, 기존시설 1992. 4. 1)	
1993. 8. 27	수질오염방지법시행령의 일부개정	
	※제3조 제1항 제 13호중 『또는 해양식물플랑크톤』을 추가	
1993. 8. 27	배수기준을 정하는 총리부령의 일부개정	
	㉠ 해역의 질소및 인에 관련된 배수기준이 추가	
	㉡ 부칙별표 제 2에서 잠정업종을 설정	
	(시행일 : 신설 1993. 10. 1, 기존시설 1994. 4. 1)	
1993. 12. 27	배수기준을 정하는 총리부령의 일부개정	
	㉠ 아연, 비소의 강화	
	㉡ 디클로로메탄등 13물질을 추가	
	(시행일 : 신설 1994. 2. 1, 기존시설 1994. 8. 1)	
	㉢ 아연, 비소, 디클로로메탄, 1,2-디클로로메탄, 벤젠, 셀렌에 대해 일부업종의 지정 배수기준을 설정	
	(잠정기준은 1994. 2. 1부터 3년간적용)	
1995. 7. 12	배수기준을 정하는 총리부령등의 일부개정	
	배수기준을 정하는 총리부령부칙제2항에서 규정하는 『잠정배수기준』에 대해, 축산농업에 대해서는 2000년 7월 14일까지 적용 기간을 연장.(시행일 : 1995. 7. 15)	

연, 월, 일	수질오염방지법	동경도 공해방지요례
1989. 6. 28	수질오염방지법의 개정	
1989. 8. 21	<ul style="list-style-type: none"> ㉠ 유해물질을 포함한 물의 지하침투금지 ㉡ 사고시의 응급조치의 의무고시 	
1990. 6. 22	법시행규제의 일부개정 (특정지하침투수의 침투제한에 관한 요건설정)	
1990. 9. 14	수질오염방지법시행령의 일부개정 <ul style="list-style-type: none"> ㉠ 처리대상인원 201~500인분의 분뇨정화조가 규제대상으로 추가 ㉡ 법제 22조의 보고미수대상시설의 확대등 	
1991. 6. 21	피혁제조 및 모피제조업의 배출수기준개정	
1991. 7. 1	제3차총량규제, 신설사업장예의 기준적용 (기존시설예의 적용 1994. 4. 1)	
1991. 7. 19		처리대상인원 201이상 500인이하의 분뇨정화조를 규제대상으로 추가
1991. 7. 26	TCE와 Tetrachloroethylene에 의한 세정시설 및 이들 물질의 잔류시설을 규제대상으로 추가 (시행일 : 신설 1991. 10. 1, 기존시설 1992. 4. 1)	
1993. 8. 27	수질오염방지법시행령의 일부개정 ※ 제3조 제1항 제 13호중 『또는 해양식물플랑크톤』을 추가했음.	
1993. 8. 27	배수기준을 정하는 총리부령의 일부개정 <ul style="list-style-type: none"> ㉠ 해역의 질소 및 인에 관련된 배수기준이 추가되었음 ㉡ 부칙별표 제 2에서 잠정업종을 설정했음. (시행일: 신설 1993. 10. 1, 기존시설 1994. 4. 1)	
1993. 12. 27	배수기준을 정하는 총리부령의 일부개정 <ul style="list-style-type: none"> ㉠ 아연, 비소의 강화 ㉡ 디클로로메탄등 13물질을 추가했음 (시행일 : 신설 1994. 2. 1, 기존시설 1994. 8. 1)	
1995. 7. 12	<ul style="list-style-type: none"> ㉢ 아연, 비소, 디클로로메탄, 1,2-디클로로메탄, 벤젠, 셀렌에 대해 일부업종의 지정배수기준을 설정했다. (잠정기준은 1994. 2. 1부터 3년간 적용)	
	배수기준을 정하는 총리부령등의 일부개정 배수기준을 정하는 총리부령부칙제2항에서 규정하는 『잠정배수기준』에 대해, 축산농업 및 양은 가공업에 대해서는 2000년 7월 14일까지 적용기간을 연장했다.	

<그림 5> 다마천의 수질변화 비교도



제3장 영국의 하천오염과 회생

3-1 년대별 수질오염문제의 요인 및 경향

1) 19세기

영국의 수질관리 정책은 세계의 모범으로서 자주 인용되고 있으나, 지금의 수질관리 정책이 정착되기까지는 수많은 시행착오와 심각한 수질오염의 역사를 겪었다. 19세기 이전까지만 해도 모든 도시들은 하수도와 변소도 없었으며, 오물을 길가나 집주변에 그냥 버리는 것이 그 당시의 영국도시들의 실상이었다. 특히 영국의 수질환경은 산업혁명 이후부터 본격적으로 오염되기 시작하여 19세기에는 이미 오염이 극심해졌다. 따라서 1876년에는 「River Act」를 제정하여 광산폐수, 생활하수, 산업폐수 등의 하천으로의 배출금지를 시도하였으나, 오염물의 하천으로의 배출금지는 비현실적이기 때문에 성공하지 못하였다.

2) 20세기 초반

1912년 ‘왕립하수관리위원회’는 제8차 보고서에서 하수방류수기준과 방류지역의 희석배율을 제시하였다. 당시 제시한 하수와 하천수 비율은 갈수시 8배 이상으로 하였고, 방류수 기준을 BOD 20ppm, SS 30ppm으로 하고, 방류하천의 BOD 4ppm 이하로 유지토록 하였다. 이어, 1951년에는 「River

(Prevention of Pollution) Act」를 제정하여 1876년에 제정한 「River Act」와 교체하여 이전의 현실성없는 하천으로의 배출금지를 신규배출자에 한해 배출금지위주에서 수질기준달성을 위한 방류수 기준으로 전환하여 새로운 점오염원에 대한 규제를 실시하였다. 「River (Prevention of Pollution) Act」를 제정한지 10년 후인 1961년에는 모든 배출자에 대해 수질기준달성을 위한 방류수기준으로 전환하였다. 수질기준 목표는 하천국(River Boards)에서 설정하였으며, 이후 수자원청(Water Authorities)의 업무로 귀속되었다.

1973년에 지역수자원청에서 물관리업무를 통합하기 전까지는 여러기관에 물자원 업무가 분산되어 있었다. 특히 1950년대와 1960년대의 경제성장에 따라 물이용량과 오염물 배출량이 급증하였으나 이를 질과 양적인 측면에서 고려해 종합적으로 관리할 기관이 없었다. 물론, 1945년 「Water Act」에서는 중앙정부가 국가 물자원을 조정하고 관리할 책임을 부여받았지만 국가 물자원을 최적 관리할 집행력 부재로 실제적인 영향력을 행사할 수 없었다. 따라서 1960년까지 지방정부 자체로서는 도시의 성장과 공업의 발달로 인한 용수수요의 급증과 도시의 교외화가 진행됨에 따른 물 문제를 해결할 수 없었다. 이에따라, 1963년 「Water Resource Act」을 제정하여 물자원계획과 규제에 관한 하천국의 기능을 강화시켰으며, 32개의 하천국을 29개의 하천청(River Authorities)으로 재조직하여, 하천청이 물값을 받아 유역을 관리하도록 하였다. 그리고 최상위 기관인 Water Resources Board를 설치하여 하천청간 이해조정과 국가 물자원계획을 수립하도록 하였다. 또한 「Water Resources Act」에서는 오염물의 회석을 위한 최소유지용수 개념을 도입하고, 수자원 전국계획을 수립토록 하였으나 기존의 지역별 물관리 체계로 인해 효율적으로 추진되지는 못하였다.

3) 1970년대 중반 - 1980년대 중반

1960년대 중반 영국의 용수수요 예측에 의하면 금세기 말까지 약 35년간 용수수요는 2배가 증가하리라 예상되고 있었으나, 이를 공급할 물자원 개발사업은 여러 기관의 반대로 지연되고 있었고, 특히 물자원에 대한 지역 이기주의로 인해 물자원의 최적 이용에 큰 장애를 초래하였다. 이를 타개하고자 1973년 「Water Resources Act」를 제정해 유역간 물이동, 지표수와 지하수, 수질과 수량을 종합적으로 고려한 ‘National Water Plan’을 수립하였다. 이 계획은 투자비용의 조달, 지방행정 조직의 개편, 하수처리문제, 도시간 사회간접자본 투자우선순위의 차이, 물관련 시설간의 투자수준 차이 등 많은 문제의 대두로 효율적인 추진이 어려워지자 전국을 大水系 중심의 수계별 관리 방안을 모색하였다. 이에 따라 1973년 의회에서는 수자원개발(상수공급)과 오염처리(하수처리)를 각 지방자치기관의 입장에서 시행함에 따라 하천의 효율적 관리가 미흡함을 지적하고, 하천의 효율적인 관리를 위해 「Water Act」를 제정하여 지역수자원청(Regional Water Authority : RWA)을 설치토록 하여 수질과 수량의 관리일원화와 유역별로 관리토록 하였다. 이를 위해 10개의 유역단위 수자원청을 설치하여 수질과 수량을 유역단위로 종합 관리토록 하였고, 지역수자원청의 임무를 다음과 같이 지정하였다.

- 수자원의 개발
- 상수도 시설(정수, 배수, 급수)의 건설 및 관리
- 하수도시설(하수관거, 하수처리장)의 건설 및 관리
- 하천공사의 시행 및 관리
- 수질오염통제
- 홍수통제 및 염해방지
- 어업 및 수역 위락활동 관리

- 수서생물상의 조사 및 보존

특히, 수질과 수량의 일원화 관리를 위해 1974년에는 「Control of Pollution Act」를 제정하여 지역수자원청(Regional Water Authority)에서 하천 수질목표를 설정토록 함으로서 수질과 수량의 일원화 관리의 법적인 뒷바침을 하였다. 1983년에는 「Water Act」를 개정하여 오염방지수준 및 자료의 공개와 용수이용(1986)과 취수(1987)에 관한 백서를 발간토록 하였다.

4) 1980년대 후반 - 현재

영국의 경제가 1970년대 후반부터 침체기에 접어들자 1977년부터 공공사업에 대한 지원을 축소하였고, 대처정부의 탈산업화 정책으로 산업용수 수요는 격감하여 1971년의 용수수요가 1일 540만톤에서 1985년에는 450만톤으로 감소하였다. 또한, 공공부문인 물 자원 개발에 대한 장기저리융자도 축소되어 1981/2년의 의존율 40%에서 1986/7년에는 10%로 줄어들었다. 따라서, 상수처리시설의 개·보수와 하수처리를 위한 비용조달을 위해서는 용수가격의 인상이 불가피하였다. 국유산업에 대한 일반적인 조치의 일환으로 정부는 1983년 Water Act를 개정하여 지역수자원청의 理事陣에 민간사업자를 대폭 참여시켰고 용수공급에 합당한 수도요금을 징수하도록 유도하였다.

한편, 산업혁명 이후부터 설치되어 노후화된 상수 및 하수시설의 유지관리를 위해 많은 비용이 소요됨에 따라 1950년대에서 1980년대까지의 복지국가 위주의 정책이 시장경제에 바탕을 둔 물 관리정책으로 전환되었다. 1989년에는 「Water Act」를 개정하여 RWA 업무중 상하수도 부문만 분리하여 사기업화하고 나머지 업무와 기능(사법권 부여 등)을 보강한 후 NRA (National River Authority)를 설치하였다. 따라서 1989년에는 RWA가 담당하

고 있던 용수공급, 하수처리 등의 업무를 10개의 Water Services Public Limited Companies(WSPLCs)가 담당토록 민영화하였다. 국가하천청에서는 수원관리에서 연안역관리까지 영국의 수자원에 관한 전 과정을 통합관리 (from source to sea : uplands - lowerlands - wetlands - estuaries - coasts)하고 있다. 다음은 NRA에서 수행하는 주요사업이다.

(가) 수질 관리

영국의 하천청은 지표수, 지하수, 하구, 육지에서 3마일까지의 해안지역의 수질관리를 책임지고 있다. 목표는 전국의 수질개선에 두고 있으며 이의 달성을 위해 오염처리, 배출수 수질규제 및 오염자 부담원칙의 적용 등을 통해 수질개선에 노력하고 있다. 다음은 하천청에서 담당하고 있는 주요 업무이다.

- 배출허가 : 영국의 하천청에서는 현재 정화조 배출수에서 대규모 산업 폐수까지 약 10만개소의 배출수를 관리하고 있다. 1993년 총 배출업소 중 배출기준 적합율은 74%이었고, 이중에서 수처리회사가 관리하고 있는 처리장의 합격율은 94%이었다. 하천청에서는 각 처리장의 배출수를 철저히 감시하고 있으며 공정개선을 적극 지원하고 있다. 또한 배출자의 자체감시에 대한 엄격한 조사를 하천청에서 실시하고 있다.
- 오염예방 : 수환경을 개선하는데 있어서 가장 핵심 사항이 오염예방이다. 예방이 처리보다 좋다는 개념을 시민들에게 심어주기 위해 각종 캠페인과 교육을 실시하고 있다. 또한 NRA는 수질감시망을 통해 수질 오염방지에 노력하고 있다.
- 오염사고 및 처리 : 영국도 역시 많은 수질오염사고가 발생하고 있으며 1994년에는 32,000건의 오염사고가 하천청에 보고되었고, 이중에서 24,000건에 대해 현장확인을 하였다. 하천청의 일은 수질의 상황을 감

시하고 규제하는 일뿐만 아니라 오염사고 예방을 위한 각종 교육과, 사고발생시 즉시 현장에서 각종 조치를 취함으로써 초기단계에서의 효율적인 관리를 도모하고 있다.

- 폐광과 오염된 토지의 복원 : 폐광에 의한 수질오염 방지방안의 강구와 오염토지의 복원을 위한 정화사업을 추진하고 있다.

(나) 수량 관리

수량관리의 목표는 환경수요와 물 이용자간의 적절한 균형유지에 두고 있다. 또한 수자원 개발은 장래의 용수이용에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 환경적으로 지속가능한 개발에 둔 친환경적 용수개발을 목표로 추진하고 있다.

- 물 자원관리 : 하천과 호수를 효율적으로 관리하여 용수공급의 원활을 기하며, 지하수량이 일정수준이상 고갈되지 않도록 지하수 涵養을 실시하기도 한다. 또한 가뭄시 저수관리를 위해 지하수를 취수하여 하천으로 내려보내는 사업도 실시하고 있다.
- 저수관리 : 하천의 저수상태는 가뭄에 의해서도 원인이 되지만 대부분의 경우는 지하수의 과다채수로 인해 하천의 기저유량이 감소하기 때문이다. 이와같은 현상이 발생하면 문제의 근본 원인을 규명하고 과도한 채수를 하고 있는 기득수리권을 규제한다. 특히 저수현상이 자주 발생하는 지역을 지정하여 집중 관리를 실시하고 있다.
- 취수허가 : 기존의 취수허가가 장래의 용수이용에 지장을 초래하지 않는 범위내에서 취수를 허가한다. 이와같은 기준에 근거하지 않으면 과도한 취수로 인해 용수의 고갈을 초래하고 희석용수의 감소로 하천의 오염이 촉진된다. 따라서, 취수허가를 통해 용수이용수준을 규제함으로써 용수공급을 위한 수자원과 하천환경을 동시에 보호한다. 하천청에

서는 약 50,000개의 용수취수허가를 승인하였으며, 이는 주기적으로 재 검토하여 필요한 경우에는 갱신하여 주고 그렇지 못한 경우에는 허가를 취소한다. 1994년에는 1,500개의 신규허가를 해주었고, 3,000개의 기존허가가 변경 또는 취소되었으며 19,000여곳의 용수허가에 대한 강제 조사를 실시하였다.

- 취수요금 : 하천청은 용수이용자에게서 받은 물값으로 운영하고 있다. 요금산정은 연간 단위로 하고 있으며 당해년도의 예산이 부족하면 다음년도에 보충하고, 재원이 남았을 경우에는 다음년도에 요금을 삭감하여 준다.
- 자원보호 : 지속가능한 수자원 이용이 가능하기 위한 각종 보호정책이 추진되고 있다. 특히 지하수의 오염방지에 큰 노력을 기울이고 있다.
- 수량 측정 : 전국의 10,500개소의 측정소를 운영하고 있으며, 이를 바탕으로 국가수자원을 운영관리하고 있다.

(다) 홍수방지

NRA의 중요한 일종의 하나가 홍수에 관한 업무이다. 하천청은 홍수예방이 최선의 정책임을 파악하여 지방계획기관(Local Planning Authorities)에 예방에 관한 조언을 하고 있다. 즉 하천청이 지역개발계획에 대해 홍수의 피해규모 등을 제시하고 지방계획기관이 이를 반영하도록 하고 있다. 각 지방자치단체는 하천내 및 인근에 대한 각종 사업에 대한 허가시 홍수안전성에 대해 하천청의 허가를 받아야 한다.

(라) 어업

어업의 목표를 기존의 어족자원을 보전하는 한편, 경제적 사회적으로 유익하게 이용하는데 두고 있다. 이를 위해 어업허가제도, 어군의 조사 및 감

시, 회귀성 어류의 이동통로 제공, 어류의 서식지 제공 등의 업무를 수행하고 있다.

(마) 위락

하천청은 하천 및 하천에 부속한 토지에서의 위락행위 촉진을 유도할 임무를 가지고 있다. 이러한 임무를 관철하기 위해 위락활동과 수환경 및 수이용이 균형을 이루도록 하고 있다.

(바) 생태계 보호 및 보전

각 동식물의 서식지 및 각종 하천환경을 조사하여 이를 바탕으로 야생 동식물, 생태계, 경관 및 고고학적 가치가 있는 각종 구조물의 보호와 보전을 위해 노력한다.

(사) 주운

내륙의 800km의 수로를 운행하는 약 40,000의 선박, 55만의 종사자를 등록하여 관리하고 있다. 또한 위락목적으로 수로를 이용하는 방문자는 1,050만이나 된다.

(아) 지하수 관리

의회에서는 1991년 Water Resources Act를 통해 NRA에 수자원관리권을 부여하였고 이의 핵심은 수이용허가권이다. 지하수 부존량 및 수질조사를 위한 굴착과 취수행위에 대해서는 수이용권의 허가까지는 필요하지 않지만 그와같은 행위에 대해 동의를 받도록 하였다. 이와 같은 지하수조사에 대한 동의는 수이용허가 절차보다는 까다롭지 않지만 지하수질 및 수량에 악영향을 미치지 않는 범위내에서 신중하게 결정하여 동의를 한다. 이와같은

동의 및 허가과정은 NRA가 주체가 되어 수행할 경우에도 똑같은 절차를 거쳐 시행한다. 종종 굴착에 관해서는 지방계획기관의 동의와 NRA의 배수 (drainage) 및 배출(discharge)허가를 동시에 받아야 한다. 지하수 조사를 위한 굴착 허가는 다음의 사항을 기준으로 한다.

- 부존수량의 존재여부
- 인근의 수이용자에 악영향을 끼치는지의 여부
- 인근의 지표수나 지하수에 수질오염의 여부
- 굴착방법이 위생적으로 수행되는지 여부
- 굴착폐기물 적정처리 여부

한편 지하수 조사계획서를 공식적으로 제출하기 전에 NRA의 담당자와 사전협의를 권장함으로써 불필요한 자원의 낭비를 줄이도록 권장하고 있다. 즉 지하수가 과다하게 이용되는 지역에 대한 굴착을 원할 경우 사전에 이를 조정함으로써 불필요한 자원의 낭비를 줄이고자 함에 그 이유가 있다. 또 NRA는 지하수 오염도를 조사하고 보호할 책무가 있다. 1992년에 국가하천청에서는 지하수 보호종합정책을 발표하였다. 이 종합정책에는 지역적 또는 국부적인 지하수 이용으로부터 오염방지를 위한 각종 대책이 포함되어 있다. 이중에서 가장 핵심적인 것이 지하수 오염지도의 작성이다. 이 지도는 지역차원에서 지하수 오염방지를 위한 지도로 지하대수층의 위치를 토양과 지질구조에 따라 표시한 지하수 지도이다. 지도에는 지하수 오염가능성을 색깔로 구분하여 상부토층이 얇고, 투수성이 좋은 지질로 된 경우에는 보라색으로 표시하여 오염의 위험성이 높은 곳으로, 또 상부 토층이 두껍고 불투수층으로 되어 있는 경우는 옅은 갈색으로 표시하여 오염의 정도가 적은 지역으로 하였다.

3-2 템즈강의 오염과 회생대책

템즈강 유역면적은 13,400km²으로 강폭은 상류지역인 옥스퍼드에서는 45m이고 테딩턴 부근에서는 75m이며 런던교에서는 225m이고 강 하구부에서는 9km에 이른다. 길이는 총 245km에 달하며, 테딩턴에서부터 강의 하구부까지 90km는 북해의 조수의 간만이 영향을 미치는 감조구역이다. 이와같은 감조영향에 대비하기 위해 하구수문을 건설하여 운영하고 있다. 런던은 15세기의 헨리 7세부터 인구가 급격히 증가하기 시작하였으며 템즈강은 런던의 발달에 중요한 역할을 하였고, 현재도 템즈강은 런던의 수운과 상수원으로 이용되며 템즈강 수돗물에 대한 런던시민의 신뢰는 전반적으로 높은 상태이다. 템즈강은 용수공급원으로서만이 아니라 시민의 친수공간으로도 활발히 이용되며, 상류는 요트와 보트놀이 등의 장소로 이용되고 있다. 이와같이 런던의 생명수로 이용되던 템즈강은 근세 이후 2번이나 죽음의 강으로 변한 역사를 가지고 있다. 첫번째는 19세기 산업혁명 이후 런던의 급속한 팽창에 의한 오염으로 인한 것이며, 두번째는 세계 1-2차 대전 후 20세기 세계의 중심국가로서 역할로 인해 런던의 급속한 팽창에 기인한 것이다.

1) 산업혁명이후 오염역사와 회생정책

템즈강은 19세기초까지만 해도 유럽에서 물고기가 가장 풍부하였으며, 연어, 송어, 농어, 잉어 등 여러 종류의 담수어가 살고 있어 어족이 많은 하천으로 유명하였다. 그러다가 19세기 전반에 걸쳐 대영 제국이 급속도로 팽창하면서 세계 교역량의 1/3을 담당하게 되고, 산업시설이 들어서면서 런던이 대도시로 성장하였다. 따라서 템즈강은 산업혁명 이후 공업화를 거치

면서 철강, 화학, 석탄, 방직산업 등 가장 오염이 심한 산업들의 폐수에 의하여 심하게 오염되었다.

무엇보다도 템즈강을 오염시킨 원인은 수세식 변소의 보급이었다. 16세기말 “존 해링턴”이 수세식 변기를 고안한 후 19세기에 “토머스 크래퍼”에 의해 현대식 수세식 변기로 발전되어 산업혁명과 함께 급속히 보급이 확산되었다. 뿐만 아니라, 19세기에 영국의 인구가 빠르게 팽창하면서 주택의 수가 급증하였고 각 가정에서 배출되는 하수도 템즈강으로 직접 유입되어 강은 썩어가기 시작하였다. 1850년경에는 악취가 무척 심하였는데 그중 가장 악취가 심한 지역은 주로 빈민들이 거주하는 지역으로 하천수질개선을 위해 큰 영향력을 행사하지 못하였다.

그러나 템즈강의 오염으로부터 발생하는 시각적이고 후각적인 불쾌함보다 더욱 심각한 문제는 오염된 원수가 직접 식수로 공급되면서 질병에 감염될 위험성이 높아지게 되었고, 런던 시민 중 주로 가난한 사람들이 수인성 전염병에 많이 감염되었다. 가난한 사람들은 주로 하수 등이 땅속으로 스며들어 흐르는 얇은 샘에서 식수를 구하거나 혹은 하수 배출구가 위치하고 있는 템즈강으로부터 파이프를 통하여 물을 공급받았다. 그 결과 1830년대부터 1866년까지 여러 차례에 걸쳐 콜레라가 발생하여 1849년에는 런던에서만 18,036명이 사망하였고 1854년에는 2만명 정도가 사망하였다.

특히 이 당시 여러 학자들이 콜레라의 만연은 오염된 물과 직접적으로 관련이 있다는 것을 속속 보고함에 따라서 대중의 여론은 공중보건당국으로 하여금 이에 대한 조치를 하게끔 압력을 가하게 되었다. 그러다가 1858년에는 기후가 건조하고 기온도 높아져 런던 전역이 템즈강의 악취로 뒤덮이게 되면서 많은 영향력 있는 시민들의 주목을 끌게 되었고, 특히 템즈강변에 위치한 국회에서 회의가 중단되는 사태까지 발생하게 되자 영국 의회가 수질 문제에 관심을 가지게 되었고 템즈강의 오염을 막기 위한 여러 입

법 조치들이 더욱 신속하게 처리되었다.

1850년에 보건 당국에서는 배수 시설과 하수처리 등 여러 종류의 수질 관리의 개선책을 제시되기 시작하였고, 1852년에는 「대도시 수질법안 (Metropolis Water Act)」이 통과되어 템즈강이 조수와 만나는 지역에서 물을 취수하는 것을 법으로 금지시켰다. 이를 시작으로 하수질을 관리하는 여러 후속 조치들이 뒤따르게 되었고, 이 가운데 가장 역점을 두고 시행한 사업은 하수 시설이었으며 이와 함께 템즈강의 흐름을 원활하게 하기 위하여 제방을 쌓았으며 강의 흐름을 막는 쓰레기를 제거하였다.

이러한 조치들로 인하여 일시적으로 템즈강의 오염 상태가 완화되기는 하였지만 오래가지 않아 또 다시 템즈강의 오염이 악화되기 시작하였고 노폐물 덩어리들이 진흙과 섞여 쌓여 강 유역에 독을 형성하였다. 이렇게 템즈강의 오염 현상이 악화될 무렵, 템즈강에서 1878년에 Princess Alice호와 Bywell Castle호가 충돌하여 많은 사람이 사망하였고, 사망자 수가 많은 이유로 오염된 강물 때문이라는 주장이 대두되었다. 물론 이것이 사망자가 늘어난 직접적인 이유라고 인정되지는 않았으나 템즈강의 오염에 대하여 전국적으로 관심을 불러 일으키는 계기가 되었다.

그 결과 1882년에 ‘대도시 하수처리 위원회’가 구성되어 전문가를 비롯한 각계 각층의 사람들로부터 증언을 듣고 악취의 원인과 물고기가 죽어가는 지점 등을 찾아내는 등 큰 성과를 거두기 시작하였다. 그 후 ‘대도시 사업국(Metropolitan Board of Works)’에 소속되어 있는 Dibdin이라는 화학자가 템즈강의 오염에 대한 학술적 연구를 통해, 암모니아 등의 오염 물질들의 양을 측정하여 처음으로 수질오염에 대한 과학적인 자료를 제시하였다. 또한 용존산소량과 BOD의 개념을 도입하여 오염 물질이 많을수록 용존산소량이 감소하며 이것으로 인하여 강속의 물고기가 죽는다고 설명하는 등, 이후로 과학적인 설명이 하수를 관리하는데 중요한 개념이 되었다.

따라서, 하수가 유입되는 지역에서 상당한 반경에 이르기까지 물고기가 살지 못한다는 것을 파악하고, 새로운 하수관리체계가 필요하다는 것을 제기하였다. 즉 배수되는 물을 따로 모아들이는 하수 시설에서 한 걸음 나아가 집수된 하수를 여과와 침전의 방식을 사용하여 정화하고, 하수의 배출구조도 좀더 바다 쪽에 설치하자는 의견이 제시되었다. 따라서 대도시하수처리위원회에서는 템즈강으로 정화되지 않은 하수를 유입시켜서는 안되며, 하수를 침전시켜 슬러지를 제거하여 육지에 묻어야 하며, 또한 침전후 걸러진 하수를 직접 강으로 버려서는 안되며 땅 속으로 흘러 여과시키던지 혹은 후속 처리를 하도록 결정 하였다. 이와 함께 빗물은 하수와는 별도로 관리해야 한다는 것이 주장되었고 이에 따라 런던의 하수시설이 전면적으로 개량됨으로써 1891년경에는 템즈강의 수질이 많이 향상되었으며 종전에 사라졌던 많은 종류의 물고기가 다시 나타나기 시작하였으나 회복 수준에는 이르지 못하였다. 1894년에는 조셉 바잘게티(Joseph Bazalgette)가 템즈강 양쪽변에 하수구를 만들어 멀리 하구에서 방류할 것을 의회에 제안한 것이 받아들여짐으로서 하수도 공사가 시작되었다.

2) 20세기 이후의 오염역사와 회생대책

1900년 무렵부터 1950년경까지 두차례의 세계대전을 겪으면서 하수처리 시설의 확대는 거의 이루어지지 않은 상태에서 런던의 도시화가 급속도로 진행되었다. 이에 따라 산업폐수와 생활하수 및 비점오염원의 템즈강으로의 유입이 확대되었고 19세기 말 회생의 기미를 보이던 템즈강은 다시 죽음의 그늘을 드리우기 시작하였다. 제2차 세계대전 후에는 연료 부족으로 슬러지 처리장의 가동이 중단되기도 하였고 전후 복구 과정에서 정부가 쓰레기를 제때에 처리하지 못하자 시민들이 쓰레기를 템즈강에 투기하기도

하였다. 무엇보다도 사용량이 급격히 증가한 합성세제로 인하여 수질은 더욱 악화되었고, 발전소에서 대기오염을 감소시키기 위한 아황산가스 세정수 때문에 발전소 주변의 강물에는 고농도의 아황산염이 검출되었다. 뿐만 아니라, 발전소에서 방출하는 고온의 물 또한 수질오염을 가속화시키는 원인이 되었다. 그 결과 1950년대에는 템즈강의 본류가 거의 산소가 없는 혐기상태가 되어 어떠한 생물도 살 수 없는 죽음의 강이 되었다. 템즈강의 이러한 최악의 상태를 인지하게 된 계기는 외국의 많은 배들이 템즈강에 정박하는 1951년에 있었던 영국 축제에서였다. 악취를 제거하기 위하여 염소를 다량 사용하였지만 거의 소용이 없었다. 그 결과 더이상 도시를 관통하고 있는 템즈강의 오염을 방치할 수는 없다는 분명한 결론에 도달하게 된 것이다.

오염된 템즈강을 살리기 위한 조치들은 유관 기관들의 열정적인 노력과 과학적인 조사에 힘입은 바가 크다. 런던 시민들에게 최상의 삶을 제공하는 것이 런던 의회의 역할이라고 할 때, 런던 의회의 가장 급선무는 악취가 나지 않는 물을 런던 시민들에게 공급해 주는 일이며, 이것이 시민들의 의회에 대한 가장 커다란 압력이었다. 그러나 아무리 강한 의지를 가진 지방정부나 통제기관이 있다 하더라도 강은 이들의 힘만으로는 다시 살릴 수 없는 일이었다. 템즈강의 회생은 강에서 일어나는 변화를 연구해 주고 대처 방안을 마련해 준 과학자 등 전문가들의 협조가 무엇보다도 중요하였다.

따라서 본격적으로 템즈강을 살리기 위한 조치가 시작되면서 처음 구성된 것이 조사연구를 담당하는 ‘템즈강조사위원회(The Thames Survey Committee)’와 강에 관한 정보를 수집하는 Pippard교수를 중심으로 하는 피파드 위원회(Pippard Committee)이었다. 템즈 조사위원회에서는 기초 조사부터 시작하여 10년간 연구를 수행한 결과 템즈강의 오염물질은 주로 암모니

아와 질산이라는 것을 밝혀 내고 과거에는 산업폐수가 오염의 주원인이었지만 이제는 생활하수도 주요한 오염원이 되었으며 일반 시민들 자신이 오염의 원인 제공자라는 것을 인식시켰다.

이와같은 사실이 명백해지자 템즈강조사위원회는 가장 중요한 것은 기존의 하수처리시설을 보강하여야 한다는 결론의 건의서를 제출하게 되었다. 그 결과 여러지역에서 하수처리장 확장 공사가 실시되어 하수를 완전히 처리하여 템즈강으로 방류하도록 하였고, 영국 정부도 1961년에 하천에 오물과 쓰레기를 버리는 것을 금지하는 조치를 취하였다. 그 후 1963년에는 「수자원법」에 의해 하천관리 전담부서를 설치하였고, 1970년대에는 공해문제를 전담할 환경부를 세계 최초로 설치하였으며 ‘왕립위원회(Royal Commission)’를 구성하여 장기적으로 수질오염을 방지할 수 있는 방안들을 건의토록 하였다. 동시에 강물의 질을 용존산소량을 기준으로 측정하여 강물이 어느 곳에서도 양질의 상태를 유지하도록 모니터링 하는 조치도 마련하였다.

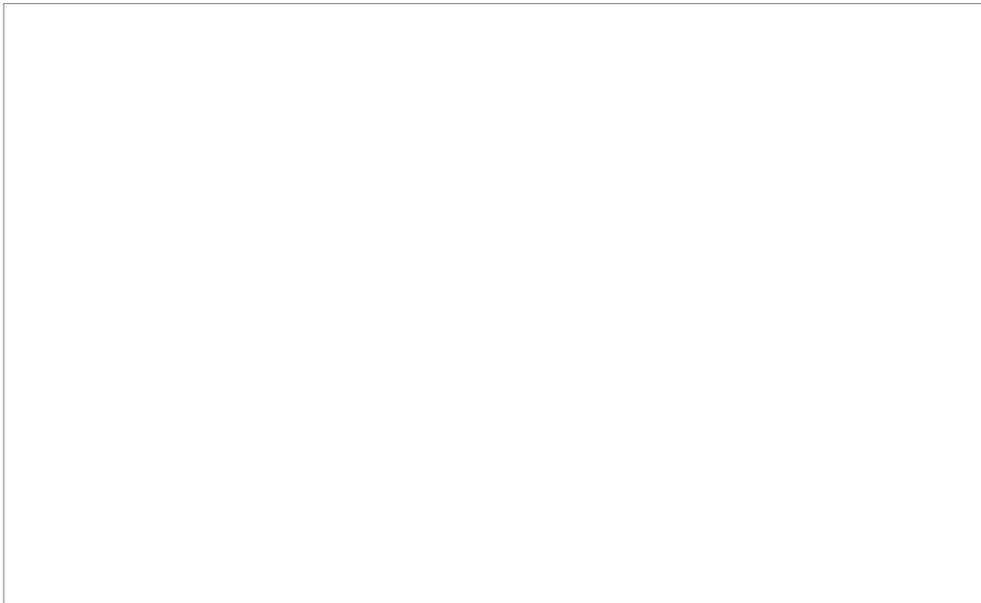
이처럼 의회에서는 시민들에게 깨끗한 물을 공급하는 것이 이들의 의무로 인식하여 적극적으로 환경관련 법안을 정비하고, 하수처리장을 늘려 완벽하게 하수를 관리하고, 처리되지 않은 오수가 강으로 유입되지 않게 한 결과 템즈강의 물이 점차 개선되기 시작하였다. 즉, 1950년경에는 템즈강의 오염현황이 최악의 상태를 나타내어 하구지역은 무산소지대를 형성하여 죽음의 하천이 되었으나, 1950년 이후부터 위와 같이 배출규제, 하류 방류수수료 변경, 하수처리의 적극 실시 등으로 1967년에는 하구 지역에 50여종의 어류를 확인하였고, 1974년에는 1833년에 템즈강에서 자취를 감춘 연어가 다시 나타나 템즈강은 이제 죽음의 강이라는 오명을 벗게 되었으며, 현재는 하구에 100여종의 어류가 확인되고 있다.

3) 21세기를 대비한 템즈강 관리 과제

현재 템즈강의 모든 수질관리와 수질감시는 템즈강 수질관리청(NRA, National Rivers Authority)에서 전담하고 있다. 강하류인 ‘백튼’, ‘크로스니스’, ‘롱리치’지역과 상류인 ‘모그텐’지역에 대형의 하수처리장이 건설되어 운영되고 있으며, 이 사업은 1978년에야 마무리되었다. 런던 시민들의 물 사용량은 일일 170리터 정도이고, 이중 90%의 음료수를 템즈강에서 취수(우리나라와 비슷)하고 있으며, 상수처리는 대형 저수지에 일단 가두었던 물을 고도처리하고 있다. 템즈강의 향후 관리에 있어서 현재 가장 문제가 되는 것은 폭우에 의해 급격히 유입되는 비점오염원과 지천들의 범람으로 인한 오염이며, 현재 비상수단으로 템즈강에 하루 약 30톤의 산소를 주입하고 있다. 하천관리청은 수질관리의 기본적 배경을 생태학적 관리에 맞추고 있다.

NRA에서는 1830년에 사라졌던 연어와 100종이 넘는 어류들이 다시 템즈에 살아왔다는 사실을 홍보하고 있으나 민간환경단체는 현 수질오염의 심각성에 대해 이의를 제기하고 있다. 즉, 우선 템즈강은 육안으로 보기도 너무나 오염되어 있고, 하수처리의 방식이 대형처리장 중심으로 운영되기 때문에 약간의 사고에도 심각한 오염의 여지가 있으며, 물고기의 회귀율이 높아진다고 하나 아직 수영을 할 수 있는 수준이 아니며, 낚시를 하여 잡은 고기는 다시 강속에 던져 버리는 것이 일반적이다.

<그림 6> 템즈강의 수질변화 추이



<표 4> 한강, 낙동강과 템즈강 비교(1991)

	한 강	낙 동 강	템 즈 강
○ 총연장(km)	514	522	450
○ 강폭(m)	평균 600, 최대 1,300	평균 46(전구간)	평균 400, 최대 600
○ 면적(km ²)	26,219	23,817	13,000
○ 인구(천명)	20,000	4,510	11,000
○ 하수처리장수	7개소, 315만톤/일	3개소, 67만톤/일	400개소, 428만톤/일
○ 투자금액(억원)	3,927	840	20,000
○ 하수처리율(%)	64.6 (전국 35.7%)	29.7 (전국 35.7%)	98.5 (전국 96%)
○ 평균강우량(mm)	1,200	1,166	900
○ 유량변동폭	393배	372배	10-20배
○ 댐건설	7개의 다목적 및 발전댐 (소양, 충주, 화천, 춘천, 의암, 청평, 팔당)	4개의 다목적 댐 (남강, 안동, 합천, 임하)	없음 (상수공급용 저수지 다수)
○ 주요오염원	생활하수, 축산폐수, 공장폐수	생활하수, 축산폐수, 공장폐수	생활하수, 공장폐수 (공장은 주로 하류에 위치)
○ 하천의 이용	적음	적음	수송, 레저등으로 활발히 이용

제4장 정책의 시사점

현재 우리나라 주요하천의 상태는 이전에 영국과 일본에서 경험한 바와 같이 심각하게 오염된 수준은 아니나 그대로 방치할 경우 똑 같은 전철을 밟을 우려가 있다. 환경 선진국이 하천을 살리는 데 있어 추진한 가장 기본적인 정책이 환경기초시설의 확충, 하수 관망의 정비개선, 기초시설의 처리효율제고, 질과 양을 통합한 물관리 체계의 확립에 바탕을 두고 있었다. 따라서 우리나라도 하천오염을 극복하고 국민이 신뢰할 수 있는 양질의 용수를 공급하기 위해 우리가 추구해야 할 수질관리 정책을 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

□ 기초시설의 확충

하수처리장, 분뇨처리장, 축산폐수처리장 등 환경기초시설을 지속적으로 확충하여야 한다. 무엇보다도 가장 중점을 두어야 할 사항이 하수처리장을 확충하여 하수처리율을 제고하고, 질소·인 처리 등을 위한 3차 처리시설을 도입하고, 하수 발생량은 적어도 수질보호에 문제가 있는 농어촌 소도시의 하수처리사업을 시행하여야 한다. 특히 농어촌 생활하수 관리를 위해 마을단위 오수처리시설 혹은 고효율 정화조 보급을 통한 발생지에서의 처리를 도모하여야 한다.

□ 현지처리의 확대

농어촌 지역과 같이 소규모하수 발생원으로서 하수처리장으로의 하수유입이 어려운 지역의 경우, 하수와 분뇨를 동시에 처리하는 합병정화조의 보급확대를 추진해야 한다. 특히 소규모 축산농의 경우 가축폐기물을 퇴비화하여 농지 환원을 최대한으로 하고 그 외 생활오수, 분뇨 등을 종합적으로 처리할 수 있는 합병정화조의 보급을 확대하여 현지처리를 적극 추진하여야 한다.

□ 기초시설의 처리효율제고

처리 효율을 높이기 위하여 전문기관에 의한 환경기초시설의 운영과 관리 및 기술지원체계를 구축하여야 하고, 특히 일부 지역의 환경기초시설 운영의 경우 민영화 및 공사화 방안을 추진하여 효율적이고 경제적인 관리가 가능하도록 하여야 한다. 특히 기술수준이 열악한 일반 시·군의 분뇨처리장중 하수처리장과 연계운영되지 않는 영세한 분뇨 처리장에 대한 기술관리를 위한 국고지원 확대하여야 한다. 또한 농도기준규제의 배출부과금제에서 배출총량에 따른 부과금제도로 전환하여 오염물질 삭감을 유도함과 동시에, 방류수 수질기준을 단계적으로 강화하고 질소 및 인 등의 영양물질에 대한 규제 기준을 확대 도입하여야 한다.

□ 하수도 관망의 정비

하수처리의 효율성 증대를 위해 하수관망을 우수와 오수를 분리하는 방식으로 점차 개선하고, 특히 공업지역 하수도는 일반 하수도와는 달리 철

저한 분류식으로 의무화하여야 한다. 기존의 합류식하수관의 교체나 개량 시에는 최대한 분류식으로 하며 하수종말처리장 설치 지역에 대해서는 분류식 하수관거의 설치를 점차 확대하고, 하수처리장 가동시기에 맞추어 하수관거 사업이 완료되도록 추진하여야 한다. 도시 하수도의 배수시스템을 재검토하여 물순환형, 환경용수 활용방안 등과 연계하여 하수도 정비를 추진하도록 하여야 한다.

□ 사업장 배출규제의 강화

업종별·물질특성별 사업장단위 관리체제로의 전환 등에 의해 유해산업에 대한 오염통제기능을 강화하여야 한다. 공공수역 수질자동측정체계를 구축하고 환경오염행위에 대한 감시체계를 강화하며 오염사고시 신속한 대응체계를 구축하여야 한다. 사업장별로 원폐수와 방류수의 특성을 분류하여 D/B화 하고, 오염사고 발생시 축적된 자료와 비교·검색함으로써 배출원을 효과적으로 파악하여 적절한 조치가 신속히 취해질 수 있도록 하여야 한다.

□ 지역총량규제제도의 도입

환경비용을 내부화하기 위한 제도적 노력과 총량규제의 단계적 시행을 추진하여야 한다. 대상지역은 특히 문제되는 지역, 오염원이 많은 호소, 내만 등으로 하고, 규제항목은 해당수역 수질개선에 핵심이 되는 물질로 한다. 또한 총량분석에 기초한 배출기준 설정과 지방자치 단체에 지역배출기준 설정권한 부여 등 배출허용기준 설정원칙을 재정립하도록 한다.

□ 상수원의 안정적 확보

상수원 전용 저수지를 건설하여 안정적인 취수원을 확보하며, 상수원수의 안정성을 높이기 위하여 관정개발과 伏流水 및 강변여과수 개발 등 간접취수방식을 병행한다. 광역상수도사업을 지속적으로 추진함과 동시에 지방자치 단체간 취수원을 공동 개발하는 중·소규모의 광역상수도와 인접 광역상수도간 연계 방안을 경제성 검토 후에 추진한다. 농어촌 지역의 상수도시설 확충과 더불어 소규모 수도시설의 공동운영 방식을 도입하며 상수도가 보급되지 않은 농·어촌지역에 설치된 간이상수도를 개선하여야 한다.

□ 비점오염원의 관리강화

농경지 우수유출수, 도시지역 우수유출수, 목장 유출수 등 비점오염원에 대한 기초조사를 지속적으로 실시하며, 사업장 부지, 매립장 침출수, 탄광 폐수, 비료·농약 등에 대한 비점오염원 관리기준을 설정하여야 한다. 우리나라의 기후조건과 토지이용을 반영한 비점오염원 처리방안을 적극 도입하며 상수원주변 산림훼손의 억제, 수변목초지대의 조성, 기존 습지의 이용 등의 대안을 활용하며 비점오염원이 수질에 큰 영향을 끼치는 지역은 점오염원처리와 연계처리하도록 한다.

□ 생태계복원 및 친수환경의 조성

환경기초시설 완비와 총량규제의 실시로 수질오염문제를 해결한 후 훼손

손된 수생생태계 복원을 추진하여야 한다. 도시하천의 개수작업을 생태계 회복사업과 병행 추진하며 홍수 등에 지장이 없는 범위 내에서 수변지역에 다양한 시민의 여가공간을 조성한다. 또한 수변지역 개발시 수변공간과 조화된 개발을 유도하며 수변공간을 공원화하도록 한다. 하천의 생명력 복원을 위해 어류이동에 장애가 되는 댐과 하구의 개선 및 어도의 설치, 인위적으로 조성된 하천개수사업에 대한 생명력 복원, 각 하천의 상류와 하류를 연결하여 국토의 생명선 복원을 각각 추진한다. 하천환경을 쾌적한 생활공간으로 재창출하여 사람과 물이 공생하는 사회건설을 위해 물 사용으로 인한 환경부하를 완전 제거하며, 물의 수문학적 순환장애를 최소화하고 비환경파괴적인 방법으로 용수를 확보하도록 하여야 한다.

□ 물 관리 체계의 확립

물 관리 기본법을 제정하여 효율적인 물 관리를 법적으로 뒷받침할 수 있어야 하고, 물 관리 중앙 조직을 일원화하여 수량과 수질, 공급과 수요를 종합적이고 효율적으로 수행하여야 한다. 물 관리 지방조직을 통폐합하여 유역별 물 관리청으로 재편하여 유역별 체계적 관리를 도모하여야 한다.

< 참 고 문 헌 >

- 1) 환경처, 환경공무원 해외시찰 귀국보고서, 1993. 11
- 2) 환경처, 영국의 환경관리 현지시찰 결과 보고서, 1990. 8
- 3) 환경부, 일본의 환경정책, 1995.1
- 4) 환경운동연합, 영국 국가하천 관리청, 1994
- 5) 서울 YMCA, 한강생태계 보전과 지속가능한 개발, 1994
- 6) 東京都, 東京都 水邊環境保全計劃, 1993
- 7) 日本環境處, 環境處 20年史(要約), 1991
- 8) 日本厚生省 生活衛生局, 水道實務六法, 1991年版
- 9) 日本環境廳, 環境白書, 大藏省印刷局發行, 1994
- 10) Andrew Heaton, Conservation and the National Rivers Authority, John Wiley & Sons Ltd, 1993
- 11) Central Office of Information, Control of Water Pollution in Britain, 1986
- 12) Central Office of Information, The Thames Barrier, 1982
- 13) Department of The Environment, The UK Environment, Department of The Environment, 1992
- 14) Department of The Environment, Pollution Control in Great Britain, 1976
- 15) Department of The Environment, Digest of Environment Protection and Water Statistics, A Publication of the Government Statistical Service, 1991
- 16) Foreign & Commonwealth Office, Britain's System of Government, HMSO, 1994
- 17) Graham Ashworth, The role of local government in environmental protection, Longman Group. Ltd. UK. 1992
- 18) John Lewin, British Rivers, George Allen & Unwin, 1981
- 19) National River Authority, Low Flows and Water Resources, 1993
- 20) National River Authority, Water : Nature's Precious Resource, 1994
- 21) Nigel Lees and Helen Woodston, Environmental Information, British Library Board, 1992
- 22) Thames Water Authority, Corporate Plan, 1987