

우리나라와 독일의 수질관리 정책<1>

이상은 / 한국환경정책 평가연구원 원장

서언

지난 40년 동안 수차례의 경제개발계획의 성공적인 집행으로 우리나라는 미증유의 경제성장, 산업과 생활수준향상을 누려왔다. 산업화만이 세계에서 한국이 경쟁력을 가질 수 있는 길이라고 믿고 강력히 추진해 온 경제발전 정책에 의해 괄목할만한 산업화와 경제성장이 가능하였지만 빠른 산업화와 도시화는 심각한 환경문제를 초래하게 되었다.

이에 따라 다양한 오염원으로부터 배출되는 폐수 및 오염물질이 증가한 반면 체계적이고 다양한 수질보전대책은 1980년대에 들어서야 시작되었는데, 이때는 이미 주요 호수와 하천의 수질이 심각하게 손상된 후였다. 지난 10년간 집중적인 투자를 하여 다양한 수질오염방지시설들이 확충되었음에도 불구하고 많은 도시들의 하수시스템은 아직도 부족하고 전국적인 하수처리율도 낮은 상황이다.

우리나라의 연평균강수량은 세계평균을 상회하지만 높은 인구밀도로 인해 1인당 연간 강수량은 세계평균의 1/9에 불과하며 더욱이 연간강수량의 약 2/3이 6월에서 9월의 4개월에 집중되고 이 강우기간동안 대부분의 지표수가 바다로 유출되기 때문에 연 강수량의 24%만이 이용 가능하며 수자원이 제한된 실정이다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 용수저장과 홍수조절 그리고 에너지 생산 목적의 대형 다목적댐 등 인공호수들

을 건설해 왔다. 그러나, 이렇게 만들어진 인공호수는 수리학적 체류시간이 길고 유역면적이 크기 때문에 수질악화 및 부영양화문제를 유발하게 되었다. 수질오염문제는 과거 대규모 도시와 산업단지에 인접한 수계에서만 심각하던 것이, 지금은 전국 어디에서나 수질오염문제를 겪고 있다. 따라서, 본 글에서 한국의 물 관리 실태를 살펴보고 공업화와 심각한 수질오염문제를 겪었던 독일의 경험을 참고하여 한국의 수질개선방안을 제시하고자 한다.

한국의 하천과 호수

하천법에 따라 한국의 하천은 국가하천, 지방1급 하천 및 지방2급 하천의 3등급으로 구분된다. 국가하천은 건설교통부가 직접 관리하고, 지방1급 하천은 광역자치단체가 관리하며 지방2급 하천은 지방1급 하천에 유입되거나 이에서 분기되는 하천으로 광역자치단체가 지방1급에 준하여 관리하고 있다.

하천법에 의해 지정되어 있는 총하천수는 표-1에 제시된 것처럼 국가하천 62개 하천, 지방1급 55개, 지방2급 3,847개로 총 3,964개이며 총 하천연장은 30,416km에

표-1: 한국의 주요 하천현황

유역	유역면적 (km ²)	하천연장(km)							
		합계		국가하천		지방1급		지방2급	
		개수	길이	개수	길이	개수	길이	개수	길이
합계	88,747.5	3,964	30,416	62	2,585	55	1,320	3,847	26,238
한강	26,018.0	705	7,257	15	814	12	553	678	5,890
낙동강	23,817.3	825	7,460	10	830	10	191	805	6,440
금강	9,810.4	503	3,742	11	402	20	362	472	2,998
영산강	3,371.3	185	1,472	5	197	2	46	178	1,229
섬진강	4,896.5	284	2,071	3	237	1	22	280	1,812
기타	20,834.0	1,462	8,414	18	379	10	146	1,434	789

달한다. 또한 지류와 소하천이 34,958개로 총 하천연장이 39,110km에 달하나 이들은 하천법에 의해 지정되어 있지 않다.

표-1에는 우리나라의 주요 하천과 유역 현황을 나타내는데 한강, 낙동강, 금강, 영산강 등 주요 4대강 유역이 우리나라의 대부분을 차지하고 있다.

표-2에는 한국의 주요 호소의 특성을 요약하였다. 우리나라에는 400개가 넘는 대규모 호수와 19,000개의 호수가 있지만 대부분의 대규모 호수는 인공호수이다. 일반적으로 호수의 수리학적 체류시간이 3.6일 이상이고 질소와 인의 농도가 높으면, 부영양화로 볼 수 있는데 표-2에서 한국의 대부분의 인공호수의 수리학적 체류시간이 매우 긴 것으로 나타나 부영양화가 될 우려가 높다고 할 수 있다.

표-2 한국의 주요 호수의 특성

호수	유입량 (10 ⁶ m ³ /yr)	총저수량 (10 ⁶ m ³)	집수면적 (km ²)	평균수심 (m)	체류시간 (days)	수표면적 (km ²)
소양	1,874.5	2,900	2,703	41.4	562	70.0
팔당	16,505.2	244	23,800	6.7	5	36.5
충주	4,610.3	2,750	6,648	28.4	217	97.0
안동	1,098.5	1,230	1,584	23.9	410	51.5
남강	1,584.6	136	2,286	5.8	31	23.7
환전	641.4	794	925	28.8	435	27.6
임하	852.9	1,060	1,230	22.1	456	48.6
섬진강	592.1	466	763	17.6	287	26.5
주암	700.4	860	1,010	14.0	451	61.3
대청	2,864.8	1,490	4,134	20.5	190	72.8

가용수자원과 이용현황

우리나라의 연평균강수량은 1,274mm로 세계평균 973mm의 1.3배에 달하지만 연간 1인당 유출량이 2,900m³으로 세계평균 26,800m³의 1/9밖에 되지 않는다. 연강수량의 약 65%가 6월부터 9월의 4개월에 집중되어 대부분의 강수량이 이 시기에 내리고 홍수로 유실된다.

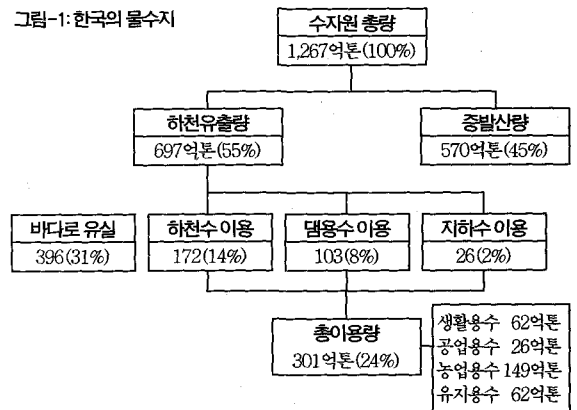
그림-1은 우리나라의 물수지를 나타낸 것이다. 연간 총강수량 1,267억m³중 45%가 증발과 침투로 손실되고 나머지 55%(697억m³)가 유출수가 되는데 이중 396억m³은

홍수로 직접 바다로 유출되어 가용한 연간 지표유출수량은 301억m³으로 연간 총강수량의 24%에 불과하다.

현재 지하수가 약 1500억m³이 있다고 하나, 토양과 지반조건을 고려할 때 지하수 개발의 기술 및 경제적 능력이 매우 제한적이다. 그림-1에 다양한 목적을 위한 물의 이용도도 함께 제시하였는데 농업용수가 가장 많은 양을 차지하고 생활용수가 21%, 공업용수가 8%를 차지하고 있다.

수자원 이용현황
(단위: 억m³/년)

그림-1: 한국의 물수지



하천과 호수의 오염

오염원

수질오염의 주요오염원은 가정하수와 산업폐수이다. 1997년말을 기준으로 총폐수배출량은 하루 17,130×10³m³이었고, 이중 85%는 가정하수이고 14%가 산업폐수였다. 이외에 축산 폐수도 일부 기여하고 있다. 축산폐수는 양적으로는 1.0%에 불과하나 BOD 부하량으로는 그 기여도가 19.9%에 달한다.

산업폐수 배출업소수는 1992년에 23,310개소에서 1997년에는 39,939개소로 증가하였다. 축산폐수 발생량도 육류소비량이 증가하면서 함께 증가하였다. 소와 돼지

를 사육하는 축산업소는 1990년 790×10^3 개소에서 1996년 570×10^3 개소로 감소하였으나 같은 기간에 소와 돼지의 총사육두수는 665만두에서 991만두로 증가하였다. 그러나 대다수의 축산업소는 소규모이어서 오염원이 산재되어 있기 때문에 적절한 처리를 거치지 않고 폐수가 방류되는 것을 제어하기가 매우 어렵다.

수질오염현황

표-3에 4대강 상류, 중류, 하류 주요지점의 BOD변화를

표-3 주요하천의 수질

하천명	지점	목표수질	1990	1997	1998
한강	상류(I)	1.0	1.3	1.6	1.3
	상류(II)	1.0	1.1	0.8	0.8
	중류	1.0	1.0	1.5	1.5
	하류	6.0	4.7	5.5	4.6
낙동강	상류	1.0	1.0	1.1	0.9
	중류	3.0	3.2	4.7	3.2
	하류	3.0	3.3	3.8	3.2
금강	상류	1.0	1.5	1.1	0.9
	중류	1.0	3.1	3.6	2.3
	하류	3.0	3.1	3.4	2.4
영산강	상류	1.0	1.2	1.6	1.6
	중류	3.0	6.7	7.2	5.9
	하류	3.0	1.2	2.3	2.0

제시하였다.

한강의 경우 상류와 중류의 수질은 매우 양호하나 대도시 서울을 지나 하류로 가면서 오염이 심한 지천이 합류되어 수질이 나빠진다. 인구 1500만의 서울과 수도권 주요 생활용수의 공급원인 팔당호가 위치하는 중류의 수질이 수질개선을 위해 많은 노력이 기울여지고 있음에도 불구하고 악화되고 있음에 주목해야 한다. 낙동강 상류의 수질도 BOD 0.9mg/l로 양호한 것으로 나타나고 있으나 대구시로부터 오염된 폐수가 유입되는 금호강이 합류하면서 수질이 악화되고 있다. 낙동강의 수질은 하천하류에서 약간 개선되었는데 이는 하천의 자정작용과 중류와 하류사이에 주요오염원이 존재하지 않기 때문이다.

한국 중부의 주요 용수원인 금강의 상류에 위치하고 있는 대청호의 수질은 가까스로 수질 1등급 기준(BOD

< 1mg/l)을 만족하고 있으나 중류와 하류는 대전시와 청주시를 포함한 다양한 오염원에서의 하수 및 산업폐수의 배출로 인해 수질이 악화되고 있다.

영산강은 하천 연장이 4대강중 가장 짧은 하천이고 유역 면적도 크지 않다. 상류의 농업용수공급을 위한 몇 개 호수 때문에 하천의 평균유속은 매우 낮고 그 결과 광주천과의 합류지점에서 BOD는 5.9mg/l로 매우 높으며, 이는 광주천이 광주시의 하수와 산업폐수로 많이 오염되어 있기 때문이다. 그러나 하류에서 수질이 다시 개선되고 있음을 알 수 있다.

한국의 수자원은 인공호수에 크게 의존하고 있으나 대부분의 호수는 앞서 언급한 것처럼 부영양화의 경향을 나타내고 있다. 표-4는 2개의 주요 저수지인 팔당호와 대청호의 총 질소와 총 인의 농도를 나타내었다. T-N과 T-P농도는 두 저수지 모두 증가경향을 나타내고 있으며, 이미 여러 차례 부영양화문제를 경험하였다.

표-4 주요 호수의 영양물질 농도

연도	T-N(mg/l)		T-P(mg/l)	
	팔당호	대청호	팔당호	대청호
1995. 3	2.377	1.215	0.030	0.020
1997. 3	2.542	1.974	0.026	0.029
1998. 3	2.522	2.174	0.069	0.039

수질 기준

수질 등급은 주로 사용용도에 따라 하천과 호수에 대해서는 5등급(I·II·III·IV·V)으로 구분하여 관리하고 있고 해수에 대해서는 3등급으로 규제하고 있는데, 1등급은 최소화 처리만으로 음용수로 사용할 수 있는 최고수질을 나타낸다. BOD, SS, pH, 대장균 등 일반적인 주요 항목에 대한 기준은 각각의 등급에 따라 정해져 있고 9개의 유해물질에 대한 기준이 건강보호의 목적으로 정해져 있다.

호수에 대한 기준은 하천수에 대한 기준과 유사하나 몇

가지 차이가 있다. 유기물질에 대한 항목이 BOD대신 COD가 사용되고 하천수보다 SS에 대한 기준이 엄격하다. 또한 1993년 이후 부영양화 관련 항목으로 T-N과 T-P에 대한 기준이 포함되었다.

한국은 전 지역이 청정지역, '가' 지역, '나' 지역 및 특정 지역의 4개 지역으로 나뉘어져 있다.

청정지역은 수질이 수질기준 I 등급으로 유지되어야 하는 지역을 나타낸다. '가' 지역과 '나' 지역은 수질기준 II, III과 IV, V로 유지되어야 하는 지역을 나타낸다. 중소규모 산업지역으로부터의 오염에 민감한 일부 농업지역은 특정지역으로 지정되어 있으며, 지역의 특성에 따라 다른 기준이 적용되고 폐수배출량이 규제된다. 또한 환경부장관이 지정하는 특정지역에는 T-N과 T-P 기준이 적용된다.

수질오염방지시설

1999년 말 기준으로 150개 하수처리장에서 하루 17.7 × 10⁶m³의 하수를 처리하고 있으며, 이는 한국에서 발생하는 1일 총하수발생량의 68%에 해당한다. 하수처리장의 건설은 1980년대 이후부터 활발하게 이루어졌으며 우선적으로 대도시와 공업도시를 중심으로 건설되었다. 따라서 대부분의 하수처리장은 대용량으로 150개 처리장중 51개소가 하루 50 × 10⁶m³이상의 대규모 처리시설이다.

처리공정은 일부 몇 군데 예외를 제외하고 표준활성슬러지법이 대부분이다. 대도시와 공업도시의 하수처리장의 건설이 완료됨에 따라 중소규모 도시에 적절한 기술과 특별대책지역에 위치하는 도시에 적합한 고도의 처리공정에 관심이 기울여지고 있다. 적절한 처리공정은 지역특성 외에 효율, 경제성, 운영관리의 용이성을 고려하여 선정되어야 한다. 대부분의 내륙도시에는 폐수내 유기물질 제거가 매우 중요하며 경제성과 내구성 때문에 물리/화학적 처리공정보다는 생물학적 처리공정이 선호되고 있다.

표준활성슬러지 일변도에서 탈피하고 새로운 기술의 적용과 적절한 처리공정의 사용을 장려하기 위해 환경부는 1996년부터 "하수도 기술 선진화시범사업"이라는 프로그램을 운영하고 있다. 14개의 중소규모 도시의 하수처리장은 이 프로그램에 따라 건설되고 있으며 영양물질 제거 기능을 가진 최적의 공정이 기술경쟁을 통해 각 도시에서 선정되었다. 이 프로그램에서 적합 공정의 선정시 고려되는 주요 인자는 영양물질 제거효율, 자동화정도, 환경친화성이다.

분뇨의 약 24,000m³/day는 도시지역에서 분뇨처리장에서 처리된다. 나머지 분뇨의 약 3%는 장기부숙조에서 분해되고 나머지 19%는 퇴비화 또는 해양투기 등의 방법으로 처리된다. 돼지 1,000두 이상 또는 소나 말 100두 이상을 사육하거나 돈사의 경우 1,400m³, 우사의 경우 1,200m³규모 이상인 축산업소는 축산폐수 배출수를 BOD 150mg/l, SS 150mg/l의 우사는 BOD 1,500mg/l의 배출허용기준을 준수해야 한다. 그러나 대부분의 축산업소는 더욱 소규모이어서 축산폐수의 30%만이 법의 규제를 받기 때문에 축산폐수 발생량의 70%는 부적절하게 처리되고 있다고 할 수 있다.

수질보전대책

맑은물공급종합대책

정부는 안전하고 깨끗한 물을 공급하기 위해 "맑은물공급종합대책"이라는 5개년 계획(1993-1997)을 수립하여 추진하였다. 물관리에 관련된 8개 관련부서가 이 계획에 포함되어 있고, 환경부가 주된 역할을 수행하였다. 이 대책의 이름이 제시하듯이 주요목적은 안전한 음용수를 충분히 공급하는 것이 주요 목표이며 수질개선에 의해 안전한 음용수를 위한 양질의 수질수원을 확보하는 것이 이

계획의 핵심이다.

이 종합대책을 통해 수질개선을 위한 다음의 방안들이 계획되었다. a) 597개소의 수질오염 방지시설을 건설하여 하수처리율을 1992년의 37%에서 73%(인구기준)로 제고. b) 특별대책지역내 수질보호를 위한 방안을 강력히 수행. c) 방류수와 폐수에 대한 보다 엄격한 허용기준 적용. d) 하천과 호수의 자정능력회복과 수질개선을 위해 하천복원. e) 수질환경기준달성율을 1992년의 17.4%에서 97년에는 83%로 개선

보다 자세한 내용은 다음과 같다.

첫째, 서울지역과 중부지역의 주요 상수원인 팔달호와 대청호의 수질을 보호하기 위해 호수주변 지역을 특별대책지역으로 지정하였다. 이 지역에서의 모든 개발사업은 제한되며, 폐수배출제한이 보다 강화되고 하수처리장을 포함하여 수질오염조절시설의 건설이 최고의 우선순위를 갖는다.

둘째, 4대강 유역의 수질보전계획이 수립되었다. 이들 계획은 하수처리장과 축산폐수의 합병처리장을 포함한 수처리시설의 확장으로 목표수질 준수를 위해 강력히 수행되었다. 이 계획의 완료후, 목표수질달성율은 1997년에 73%로 계획되었다.

셋째, 보다 엄격하고 합리적인 배출허용기준을 점진적으로 적용한다. 환경부가 지정한 호수로 방류하는 처리장에는 질소와 인의 배출허용기준이 적용된다. 1996년 1월 1

일 이후 효력이 발휘된 개정 방류수수질기준을 이전 기준과 비교하여 표-5에 제시하였다.

이 대책을 수행하기 위해 15조 1,200억원의 예산이 이 기간동안 책정되었으나 이 계획은 1994년 낙동강 하류의 몇 개 도시에서 발생한 음용수 오염사건후에 수정되었다.

사고직후 수립된 수정계획은 "4대강의 수질관리개선을 위한 대책"에 기초하여 5년간 건설되어야 할 환경기초시설의 수를 607개소를 증가시키고 총예산을 15조 9,800 억원으로 증가되었다.

또 하나의 중요한 변화는 여러 부처에 분산되어 있는 다양한 물관리정책을 조정하기 위해 총리실에 설치하여 업무조정을 하고 있다. 수질개선기획단의 단장은 총리실의 국무조정실장이며 관련부처의 과천공무원들로 조직을 운영하고 있다. 따라서 모든 물관리에 대한 주요정책은 총리를 의장으로 하는 "물관리정책조정위원회"에서 확정하는데 현재는 환경부장관을 비롯한 관계부처 장관들로 구성된 물관리정책조정위원회에 상정할 안건들은 민간 전문가로 구성된 '물관리정책민간위원회'의 심의를 거친 후 상정된다.

이 대책은 또한 제도과 법규개정뿐 아니라 오염된 하천의 저니 준설을 포함하여 주요하천의 수질을 최소한 II 등급으로 유지하기 위해 개선시킬 것이다. 계획의 수행후 음용수원 I 등급에서 취수된 음용수의 비율은 34%에서 70%로 증가될 것으로 계획되었다. 이 기간동안 총 투자액은 추정액의 105%에 달하였으나 불구하고 계획완료후 수질환경기준을 준수하고 있는 수역의 비율은 1997년의 목표 73%보다 매우 낮은 21%에 불과하였다. 엄청난 투자에도 불구하고 이 기간동안 계획보다 적은 52개소 하수처리장을 포함한 216개소의 수질오염방지시설만이 건설되었다.

표-5. 방류수수질기준

	하수처리장		폐수처리장	
	1995. 12. 31까지	1996. 1. 1부터	1995. 12. 31까지	1996. 1. 1부터
BOD(mg/L)	< 30	< 20	< 50	< 30
COD(mg/L)	< 70	< 20	< 50	< 40
SS(mg/L)	< 70	< 20	< 70	< 30
T-N(mg/L)		< 60		< 60
T-P(mg/L)		< 8		< 8

* 일부 미분, 크롬 등의 주요 오염물질도 규제됨

이와 같은 결과는 계획의 목표가 너무 과대하였고 수질은 한번 악화되면 쉽게 복구되지 않으며, 필요한 총 투자액이 과소평가되었다는 것을 알려주었다. 따라서 수질개선을 위한 건전한 방안수립을 위해서는 보다 체계적이고 합리적인 접근이 필요할 것으로 생각된다.

물관리종합대책

1996년에 총리실의 수질개선 기획단은 “물관리종합대책”이라는 15년간의 계획(1997-2011)을 수립하였다. 수질을 담당하는 건설교통부에 기획예산처를 포함하는 모든 물관련부처와 기관이 다시 참여하였고 이 대책은 수량공급계획과 수질관리계획으로 구성되어 있다. 수질관리계획상의 다양한 세부계획들은 2005년까지 완료하는 것을 목표로 하고 있으나 수량을 수질과 분리하여 고려할 수 없으므로, 물관리종합대책 기간 종료시까지 수질 개선 대책들도 지속된다고 보아야 한다. 이 대책의 자세한 내용은 표-6에 요약하였다. 물관리종합대책을 성공적으로 수행하여 하천과 호수의 수질을 개선시킬 목적으로 4대강 유역의 수질보전대책이 이미 수립되었거나 진행중에 있다.

종합대책”이라고 한다. 이 특별대책 내에 수질오염방지시설의 건설, 수질측정지점의 확대와 같은 다양한 세부계획들이 포함되었으며, 한국에서 기존에 시도되지 않았던 여러 가지 방안들이 포함되어 있다.

이러한 방안에는 팔당호와 상류수계의 수변구역 지정, 오염총량관리제 시행, 그리고 물이용부담금 제도 신설 등이다. 물이용부담금제는 “수익자부담원칙”에 기초하여 서울시민을 포함하여 한강유역 하류에 사는 주민들이 기존의 수도요금에 물이용부담금을 추가하여 부담하도록 한 것이다. 물이용부담금은 한강 상류 수질개선 프로젝트의 집행을 위한 재원으로 조성될 것이다. 낙동강에 대한 “낙동강물관리종합대책”은 1999년말 확정되었으며 영산강과 금강 유역에 대한 특별대책 2000년까지 완료될 것이다.

〈다음호에 계속〉

* 이 원고는 지난 6월 국제환경기술전 세미나에서 발표된 자료입니다.

첫째, 한강유역의 수질보호를 위한 특별대책이 1998년

표-6 물관리 종합대책

구분	내용	투자예산(억원)	기간
하수 및 폐수처리	244개소 하수처리장의 건설, 하수도 확충	247,310	97-2005
	농어촌하수처리시설	8,108	97-2005
	분뇨처리시설	6,136	
	축산폐수처리시설	5,500	97-2000
	상업폐수처리장	6,186	97-2005
기준과 집행강화	수질기준 강화		
	배출허용기준 강화		
	오염물질배출부과금제 도입		
정보관리체계	수질측정망 확대		
	수량과 수질정보의 전산화		

에 수립되었다. 팔당호가 서울과 서울인근에 거주하는 150만명의 음용수원이므로 이 프로그램은 팔당호의 수질을 보호하기 위한 다양한 방법을 강조하고 있고, 따라서 이 프로그램은 “팔당호등 한강수계 상수원 수질관리특별