

우리나라와 독일의 수질관리 정책 <마지막회>

이상은 / 한국환경정책 평가연구원 원장

독일의 수질관리

독일의 물관리 체제

독일은 서독과 동독이 통일된 후 연방제를 도입하고 있으며, 공공기능은 연방정부와 연방 Lander(Old Lander = 구서독, New Lander = 구동독)에 분산되어 있다. 연방정부는 일반적인 법적체제를 만들고 Federal Ministry for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety)에서 물관련정책을 관장한다. 통일 이전의 구서독과 구동독을 대표하는 Federal Lander에서의 각각 지방정부인 각 주가 수자원과 수질관리의 최종적인 권한과 책임을 가진다. 각 주의 지자체중 county인 곳은 개별적인 지역물관리계획을 수립하여 시행하며, county에 속하지 않는 지자체는 관련된 법의 집행과 자료 수집만을 담당한다. 또한 주정부 산하에 지역물조합을 구성하여 하천정화, 용수공급, 지하수이용보전, 하수처리, 오염방지사업을 추진하여 대표적인 조합으로는 Ruhr Verband, Emscher Genossenschaft 등이 있다.

독일의 자연조건

독일은 공업국가이며 면적은 356,970km², 인구는 8200만명으로 인구밀도는 230인/km²이다. 연간 강수량은 760mm로 비가 적은 지역이 500mm, 비가 많은 산간 지역은 2,500mm이다. 한국에 비해 강우량은 많지 않지만, 연중 균일한 분포 때문에 수량 부족 문제는 거의 없다.

독일은 6개의 유역(라인, 엠스, 제제르, 엘베, 오데르, 다뉴브)으로 구분되며, 하천은 운하로 연결되어 있다. 전체

적으로 용수공급이 충분하며, 일부 지역별 용수부족은 광역용수공급시설로 해결하고 있다. 독일은 북부지역에 자연호수들이 있는데 총 면적은 1,213km²이고, 면적이 10km²를 넘는 것은 26개이며 100km²를 넘는 호수도 2개소가 있다. 이러한 자연특성 때문에 물관리 정책은 수량문제보다는 수질개선이 주요 관심사이다.

독일의 수자원 이용 현황

독일 연방통계사무소의 1995년 측정자료에 의하면 1995년의 취수량 기준 용수량은 화력발전소의 냉각수가 278억m³, 공업용수가 100억m³, 생활용수를 포함한 공급용수가 58억m³, 농업용수가 16억m³이다.

생활용수를 포함한 공공용수공급을 보면, 전체적으로는 용수공급이 충분하며 지역적으로는 공급이 수요가 공급을 초과하는 지역이 있지만, 이러한 지역은 광역용수공급 시설로 용수부족 문제를 해결하고 있다. 1995년 취수량은 58억m³이며, 17,849 취수장으로부터 용수를 취수하여 98.6%의 인구에 생활용수를 공급하고 있다. 1995년의 가정과 소규모 영업용 생활용수는 39억m³이며, 급수인구는 8,060만명이다. 생활용수의 용수원은 지하수와 용천수가 72.7%, 지표수가 22%, 강둑여과수가 5.3%이지만 공업용수의 경우는 지하수와 용천수가 31%이고 지표수가 69%로서 용도에 따라 수원을 달리하고 있다.

일인당 일일 생활용수 사용량은 1995년에 132l이며, 상수도관과 기타에 의한 손실율은 취수량의 14.4%이었고 New Lander 지역의 생활용수량은 9억m³이며, 급수인구는 13.8백만명, 급수율은 97.5%이다. 적극적인 수요관

표-7: 독일의 하천수질 등급

수질등급	부메지수	BOD ₅ (mg/ℓ)	NH ₄ -N(mg/ℓ)	O ₂ 최소(mg/ℓ)
I	1.0~1.5	1	traces	>8
I-II	1.5~1.8	1~2	약0.1	>8
II	1.8~2.3	2~6	<0.3	>6
II-III	2.3~2.7	5~10	<1	>4
III	2.7~3.2	7~13	0.5이상mg/ℓ	>2
III-IV	3.2~3.5	10~20	0.5이상mg/ℓ	<2
IV	3.5~4.0	>15	0.5이상mg/ℓ	<2
IV	>4.0	특성물질		

· 출처: Joint Water Commission of the Federal Lander (LAWA)

리에 의해 취수량은 계속 감소하는 추세에 있어 생활용수 등 공공용수 취수량은 91년의 연간 65억m³에서 '95년에는 연간 58억m³으로 감소하였고 공업용수도 같은 기간동안 110억m³에서 90억m³으로 감소하였으며 1일 1인당 급수량도 공업용수도 91년의 144ℓ에서 132ℓ로 감소하였다.

1992년의 가구당 수도요금은 2.8DM/m³였다. 1995년의 조사에 의하면 Old Lander(서독)은 2.99DM/m³ 동독은 1995년에는 3.12DM/m³였으나 1996년에는 3.35DM/m³로 상승하였다.

공업용수의 1995년 취수량은 100억m³이며, 용수재활용이 횡수가 1991년의 4.3에서 1995년에는 4.8회로 증가하여 재활용율이 높아지고 있다. 용수 사용량이 가장 큰 부분인 냉각수용 취수량은 1995년의 314개 화력발전소에서 280억m³을 취수했는데, Old Lander에서 277억m³, New Lander에서 3억m³였다. 용수원은 99.8%가 지표수이며 대부분 냉각용으로 사용된다.

독일의 수질오염 현황

독일은 1950년대부터 정기적으로 수질을 측정해왔다. 과거의 수질측정 기록을 보면 독일의 대표적인 하천인 라인강은 1970년초에 비해 중금속부하가 1/2에서 1/10으로 감소되어 수질이 개선된 이후, 어종이 급격히 증가해서 현재는 44종류의 어류가 서식하고 있다. 그러나 구 동독(New Lander)지역에 있던 엘베강은 수온을 포함한 중금속에 의해 심각하게 오염되어 있었으며, 1989년 이래 공장가동 중단과 하수처리장 건설 증가로 물고기 생존에 필요한 용존산소 농도인 4mg/ℓ로 회복되어 어종이 증가하고 있으나 아직도 하수처리방류수의 기존 초과와 오염된 하상저니 때문에 오염문제가 발생하고 있다.

독일의 수질기준

독일의 하천수질 등급 구분은 표-7과 같이 I, I-II, II, II-III, III, III-IV, IV의 7단계로 포함된 물질의 위해도에 따라 부과금을 부과하고 있다.

독일의 수질오염방지시설

독일의 하수처리장 건설은 1970년 초부터 본격화되었으며, 하수도접속 인구기준으로 1995년의 하수처리율은 88.6%이고 3%정도가 추가적으로 소규모 오수처리시설에 의해 처리되고 있다. 하수처리장은 1987년의 9,941개소에서 1995년에는 10,279개로 증가하였고 하수도 접속 인구비율은 1987년 82.6%에서 1995년에는 88.6%로 높아졌고 1995년의 총 하수처리량은 99억m³이다. 처리공법별로는 3억m³은 1차처리, 15억m³은 2차처리, 81억m³ 영양염류처리를 위한 공법으로 처리되고 있으며, 고도처리율은 1983년의 7%에서 1995년에는 72%로 증가하였다. 하수처리장의 방류수 수질기준은 표 8과 같으며 하나의 기준이 적용되는 우리나라와는 달리 등가인구(population equivalent)에 따라 기준을 달리하고 있어 총량적인 개념으로 보다 합리적이라고 할 수 있다.

하수처리시설 건설을 위해 구서독(Old Lander)에서는 1970년부터 1994년까지 1,550억DM을 공공하수도처리시스템과 하수처리장의 건설과 보수에 투자하였다. 이중 460억DM은 하수처리장 건설에 1,090억DM은 하수도시스템 건설에 사용하였다. 한편, 1991년부터 1996년까지 독일에서 투자된 하수처리장 건설비용은 430억DM이다. 지자체에서는 연평균 120억DM을 폐수처리비용으로 사용하고 있으며, 1996년의 하수처리에 필요한 비용은 일인당 연간 215DM이다.

표-8: 독일 Wastewater Ordinance의 도시하수방류수 기준

하수처리장의 규모 등가인구 EW*	COD mg/ℓ**	BOD ₅ mg/ℓ**	NH ₃ -N mg/ℓ**	TN (NH ₃ -N+NO ₂ - N+NO ₃ -N) mg/ℓ**	TP mg/ℓ**
1,000미만	150	40	-	-	-
1,000-5,000	110	25	-	-	-
5,000-10,000	90	20	10	-	-
10,000-100,000	90	20	10	18	2
100,000 이상	75	15	10	18	1

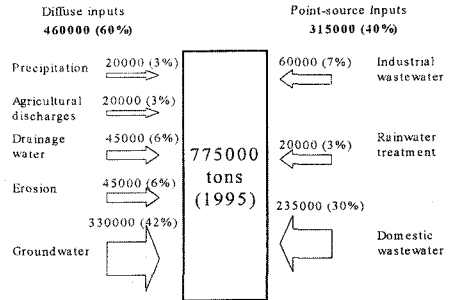
* 1EW는 처리되지 않은 하수의 60g BOD₅/d에 해당됨
 ** 품질관리된 순간측정 또는 2시간 간격 혼합 샘플임

독일의 수질오염문제

독일은 유기물질에 의한 오염문제는 해결된 상태이나 질소와 인에 의한 오염문제는 아직도 해결해야 할 과제로 남아 있다. 하천에서 영양염류의 농도는 1955년부터 1975년까지 급격히 증가하였으나, 하수처리시설 확충 이후 암모니아성 질소의 농도도 급격히 감소하였으며, 세척제의 변경과 하수처리시설에서의 인 처리에 의해 인 농도도 급격히 낮아졌다. 그러나 호소에서는 1980년 초까지 조류 농도와 총 인 농도가 증가하다가 1980년 중반부터 지속적으로 감소하고 있다.

그림-2에서 보는 바와 같이 지표수로의 연간 인 부하는 58,000톤, 질소부하는 775,000톤인데, 대부분의 인 부하는 도시하수처리장과 농지에서의 유출토사에 의한 것이고, 질소는 농지에서 시비된 질소가 지하수를 통해 유입되는 것과 하수처리장으로부터 유입되는 것이다. 그동안의 저감 노력에 의해 1995년까지 1985년 대비 하천과 바다로 유입되는 인 부하량을 절반으로 줄인다는 목표를 달성하였으나 앞으로 농지로부터의 영양염류 저감을 위해 노력을 기울일 계획이다. 1996년 1월 26일 EC에서 공표한 Nitrate Directive에 의해 1996년의 최대 유기질소 시비량을 연간 210kg/ha에서 1999년에는 170kg/ha로 감소시키고, 인의 경우도 1980년에는 30kg/ha이던 것이 1995년에는 12kg/ha로 줄이고 있다.

Nitrogen Inputs into Flowing Waters



Phosphorus Inputs into Flowing Waters

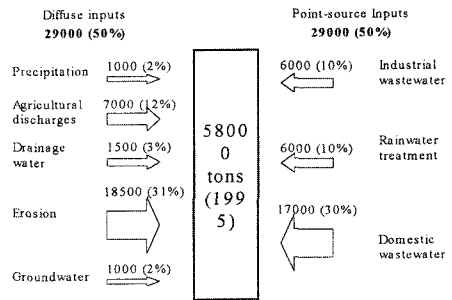


그림-2: 독일의 수체내 질소와 인의 오염원별 유입량

한국의 장래 물관리 방향

한국의 수질개선을 위한 중장기 국가계획이 여러 종류가 있었으나, 그 결과는 만족스럽지 않았다. 이는 일부 비현실적인 계획이 조기에 종결되고 대부분의 계획의 목표가 너무 과대한 반면에 필요한 예산은 과소 추정되었기 때문이다. 이제 물관리 종합대책이 유일한 전국의 물을 망라하는 장기 종합대책이지만 특별지역의 수질관리에 대한 상세한 수행프로그램과 프로젝트가 수립되어 있다. 그러나 이들 수행계획은 일관성있고 합리적인 방안이 기초하여야 하며 과거의 실패의 경험을 되풀이하지 않아야 한다.

수질관리전략

모든 물을 음용수 수준의 수질로 유지하는 것은 거의 불가능하며, 선진국에서조차도 비경제적인 것으로 받아들여지고 있다. 독일의 경우는 전국적인 수질개선 목표를

Class II (Moderately polluted)로 잡고 있으며 현재 그 목표를 달성하고 있다. 따라서 각 물의 편익 이용 형태를 보호할 수 있는 수질을 유지하면서 생태계를 보호하는 것이 매우 중요하며 이를 수질개선의 목표로 삼아야 할 것이다. 이를 위해 5단계로 구분된 우리나라의 수질환경기준을 물의 환경용량과 편익이용형태를 고려하여 독일의 경우와 같이 현실적으로 세분화 하는 방안의 검토도 할 필요가 있다고 본다. 또한 이를 목표로 각 수계의 환경용량을 설정하고 모든 배출자는 이 용량을 넘지 않는 범위에서 오염물질을 배출하도록 규제되어야 한다. 따라서 수질관리를 위한 장기전략은 다음과 기본 개념을 포함하여야 한다.

a. 각 하천유역의 환경용량을 파악하고 오염물질의 부하를 감소시킬 수 있는 경제적이고 단계적인 목표를 결정한다. 4대강 유역에 대한 계획된 BOD부하량과 감소계획은 하천유역의 환경용량과 다양한 오염원에 대한 정밀조사에 기초하여 개발되어야 한다. 그러나, 보다 합리적인 오염저감계획을 위해서 물의 편익이용 형태가 지속적으로 조사되어야 하고, 부하할당을 위한 보다 논리적인 방법이 개발되어야 한다. 이를 위해, 환경자료뿐 아니라 유속, 오염물질 배출율과 같은 수문자료가 축적되어야 한다.

b. 발생한 모든 오염물질이 적정하게 수집되어 처리시설로 이송되도록 하기 위해 하수도를 확충하고 개보수하기 위한 체계적인 계획이 수립되어야 한다. 다양한 처리시설의 운영효율을 최적화하기 위해 이루어져야 한다.

c. 재활용율을 높여서 제한된 수자원을 보전하고 수계로 배출되는 오염부하량을 감소시키기 위해 폐수재이용기술을 도입하여야 한다. 또한, 물질약과 폐수발생량 감소를 위해 적절한 수요관리정책이 시행되어야 한다.

d. 폐수처리에 질소와 인의 제거를 도입하여 한국의 주요 수원인 인공호수의 부영양화를 최소화하여야 한다. 표-5의 1996년부터 발효된 T-N, T-P에 대한 배출허용기준은 그다지 엄격하지 않으며 따라서 지역조건에 따라 보다 엄격한 기준이 적용되어야 한다. 더욱이, 생물학적 영양물질 제거공정의 적용은 영양물질 제거에 매우 효과적이며

하수설비계획의 집행에 많은 경제적 부담이 되지 않는다고 생각한다.

e. 오염원이 산재하고 있는 지역은 하수도를 건설하는 것보다 소규모의 오수처리장을 건설하는 것이 보다 경제적이다. 하천의 개발사업과 함께 하천고수부지를 현장오염처리시설로 조성하는 것이 가능하다.

f. 그동안 오염문제 해결의 주된 방책이었던 "사후처리"보다는 "사전오염방지기술(또는 청정기술)"을 도입해야 할 때다. 이를 위해, 최첨단의 기술을 개발하여 오염방지분야에 도입하여야 한다.

g. 환경오염방지를 위한 장기기술개발계획이 수립되어야 하고 단계적으로 수행되어야 한다. 이러한 차원에서 환경부가 지원하는 다양한 기술개발사업들에 보다 많은 예산이 배정되어 지속적으로 추진되어야 할 것이며 과학기술부와 산업자원부의 연구개발사업에도 환경분야의 연구가 활성화되어 고도정수처리, 고도폐하수처리기술 및 청정기술 등을 포함한 연구사업들이 진행되고 있는 것은 다행스러운 일이다.

결언

한국은 빠른 산업화와 도시화로 인해, 하수 및 산업폐수 발생량이 현저히 증가하여 자연수체에 오염부하량이 증가하고 있다. 더욱이, 높은 인구밀도, 제한된 수자원, 개략식 화장실의 수세식으로의 빠른 전환 등 한국의 사회-경제적 그리고 자연적 조건이 하천과 호소의 수질을 더욱 악화시켰다.

보다 효과적인 수질보전을 위해 하수도 건설 및 개보수, 호수의 부영양화방지를 위한 질소, 인의 처리, 취락지역과 축산폐수처리를 위한 소규모 처리시설의 도입과 가운 여러 가지 측면이 고려되어야 한다. 또한, 다양한 배출자로부터 오염부하를 감소시키기 위해 사후처리에서 사전예방적 안목으로 오염방지의 개념을 전환하는 것이 매우 중요하다. 특히 그동안 규제와 단속위주의 환경관리에서

모든 물을 음용수 수준의 수질로 유지하는 것은 거의 불가능하며, 선진국에서조차도 비경제적인 것으로 받아들여지고 있다. 독일의 경우는 전국적인 수질 개선 목표를 Class II (Moderately polluted)로 잡고 있으며 현재 그 목표를 달성하고 있다. 따라서 각 물의 편익 이용 형태를 보호할 수 있는 수질을 유지하면서 생태계를 보호하는 것이 매우 중요하며 이를 수질 개선의 목표로 삼아야 할 것이다. 이를 위해 5단계로 구분된 우리나라의 수질환경기준을 물의 환경용량과 편익 이용 형태를 고려하여 독일의 경우와 같이 현실적으로 세분화하는 방안의 검토도 할 필요가 있다고 본다. 또한 이를 목표로 각 수계의 환경용량을 설정하고 모든 배출지는 이 용량을 넘지 않는 범위에서 오염물질을 배출하도록 규제되어야 한다.

자율관리로 전환되기 때문에 기업 스스로의 자율적인 참여가 필요하며 일반 주민들이 자율적으로 수질을 감시하는 체제가 갖추어져야 한다. 정부, 기업체, 국민은 오염의 희생자가 아니라 주요 오염자임을 인식하고 수질보전에 각자의 위치에서 최선을 다하는 자세가 필요하다.

한국의 하천수질환경기준

구분	등급	이용목적별 적용대상	기준				
			pH	BOD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	대장균군수 (MPN/100ml)
생활환경	I	상수원수 1급 자연환경보전	6.5-8.5	1 이하	25 이하	7.5 이상	50 이하
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수계용수	6.5-8.5	3 이하	25 이하	5 이상	1,000 이하
	III	상수원수 3급 수산용수 2급 공업용수 1급	6.5-8.5	6 이하	25 이하	5 이상	5,000 이하
	IV	공업용수 2급 농업용수	6.0-8.5	8 이하	100 이하	2 이상	-
	V	공업용수 3급 생활환경보전	6.0-8.5	10 이하	쓰레기등이 떠있지 아니할 것	2 이상	-
사람의 건강보호	전수역	- 카드뮴(Cd) : 0.01mg/ℓ 이하, - 비소(As) : 0.05mg/ℓ 이하, - 시안(CN), 수은(Hg), 유기인 : 검출되어서는 안됨 - 폴리크로리네이티드비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨 - 납(Pb) : 0.1mg/ℓ 이하, - 6가크롬(Cr+6) : 0.05mg/ℓ 이하 - 음이온계면활성제(SBS) : 0.5mg/ℓ 이하					

한국의 호수수질환경기준

구분	등급	이용목적별 적용대상	기준						
			pH	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	대장균군수 (MPN/100ml)	총인 (mg/ℓ)	총질소 (mg/ℓ)
생활환경	I	상수원수 1급 자연환경보전	6.5-8.5	1 이하	1 이하	7.5 이상	50이하	0.010이하	0.200 이하
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수계용수	6.5-8.5	3 이하	5 이하	5 이하	1,000이하	0.030이하	0.400 이하
	III	상수원수 3급 수산용수 2급 공업용수 1급	6.5-8.5	6 이하	15 이하	5 이상	5,000이하	0.050이하	0.600 이하
	IV	공업용수 2급 농업용수	6.0-8.5	8 이하	15 이상	2이상	-	0.100이하	1.0이하
	V	공업용수 3급 생활환경보전	6.0-8.5	10 이하	쓰레기등이 떠있지 아니할 것	2이상	-	0.150 이하	1.5이하
사람의 건강보호	전수역	- 카드뮴(Cd) : 0.01mg/ℓ 이하 - 비소(As) : 0.05mg/ℓ 이하 - 시안(CN), 수은(Hg), 유기인 : 검출되어서는 안됨 - 폴리크로리네이티드비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨 - 납(Pb) : 0.1mg/ℓ 이하 - 6가크롬(Cr+6) : 0.05mg/ℓ 이하 - 음이온계면활성제(SBS) : 0.5mg/ℓ 이하							