

대한상하수도학회주최 4대강 살리기와 상하수도대책 심포지엄 특별보고문  
부제 1 : 가뭄 대응형 하수도 구축

**Flexible Response Strategy of Advanced Wastewater Treatment under  
a Prolonged Drought**

오재일\* · 류재나

Jeill Oh\* · Jaena Ryu

중앙대학교 건설환경공학과



사진 : 2009년 3월 11일 개최한 <4대강 살리기와 상하수도대책> 심포지엄.

## 1. 서론

현재 우리나라의 하천 및 호소의 수질·수생태계 환경기준은 '환경정책기본법시행령'에 나타나 있듯이 수질오염으로부터 건전한 수생태계를 유지하고 물의 이용목적에 적합한 수질을 보존하기 위하여 ①사람의 건강보호 기준(카드

뮴, 비소, 시안 등 17개 항목; 하천/호소 공통)과 ②생활환경 기준(하천: pH, BOD, SS, DO, 총대장균군, 분원성 대장균군; 호소: pH, COD, SS, DO, T-P, T-N, 클로로필-a, 총대장균군, 분원성 대장균군)으로 구분하고, 생활환경기준은 7등급으로 분류하여 단계별로 수질 목표를 설정할 수 있도록 제시되어 있다(www.me.go.kr). 환경부의 향후 계획

\* Corresponding author Tel:+82-2-820-5339, Fax:+82-2-812-1834, E-mail: ohjeill@cau.ac.kr(Oh, J.)

으로는 생물지표(저서생물, 어류 등)와 이화학적 지표를 통합하여 하천환경을 종합적으로 평가할 수 있는 생태학적 물 환경 평가 및 관리체계 구축을 지향하고 있다. 그럼에도 우리나라 물환경 관리의 중요성은 깨끗한 먹는물 수자원의 확보차원에서 접근하는 경우가 많으며, 언론 매체에서 보도하는 물관련 사고 및 위해성의 상당부분은 현재 하천 및 호소의 수질·수생태계 환경기준의 방향성과 수준 결정 측면에서 많은 시사점을 제시하고 있다. 특히 국민이 느끼는 물의 안전성과 현재의 수질·수생태계 환경기준은 상당한 온도차가 존재하는 것도 사실이다.

한편, 하천·호소의 깨끗한 수질유지 관점에서 가장 중요한 최전방(Front line)의 방패막이 역할을 하는 것이 폐수종말처리장과 공공하수처리시설의 배출허용기준(“수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”과 “하수도법”)이라 할 수 있다. 공공수역에 배출되는 유해성 높은 화학물질로 인한 국민 건강상의 위해를 예방하고 공공수역의 수질·수생태계를 적정하게 관리·보존하기 위한 폐수종말처리장 배출허용기준은 특정수질유해물질 지정 및 배출허용기준 설정을 통해 관리하고 있다. 이는 공공수역에 배출되는 수질유해물질의 오염 부하량을 저감시켜 수질오염 악화를 예방하고 국민이 안심하고 마실 수 있는 상수원 확보 및 공급에 기여하는 등 삶의 질 향상을 목표로 하고 있다(사람의 건강, 재산이나 동식물에 생육에 직접 또는 간접적으로 위해를 줄 수 있는 물질을 특정수질유해물질로 지정하고 배출허용기준을 엄격

히 준수하도록 유도). 하지만 현재 국내에서 지정되어 있는 24종의 특정수질유해물질과 ‘청정 지역’, ‘가 지역’, ‘나 지역’, ‘다 지역’으로 구분된 배출허용기준은 아직은 선진국 수준과 상당한 차이가 있으며, 선제적이고 예방적인 차원의 관점에서 많은 개선점이 요구되고 있는 실정이다. 한편, 하수와 분뇨를 적정하게 처리하여 지역사회에 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전하기 위한 공공하수처리시설 방류수 수질기준은 Table 1과 같다(www.me.go.kr). 하지만 이 규정도 겨울철(12월 1일~3월 31일)의 총질소와 총인의 방류수 수질기준은 60mg/L 이하와 8mg/L 이하로 각각 적용하게 함으로써, 엄격한 방류수 기준의 준수여부 관점에서 비판을 받아오고 있는 실정이다. 또한 상수원 호소에 빈번하게 발생하는 조류의 발생 피해를 예방하기 위해서는 총인 규정의 재검토가 요구되고 있는 실정이며, 더불어 분뇨, 축산폐수, 공장폐수 등 연계 처리되는 하수처리장이 점차 증가함에 따라 유입되는 미량유해물질의 엄격한 관리를 위한 개별화학물질의 추가적인 관리 필요성이 새로운 화두로 제시되고 있는 상태이다.

수계 수질관리의 중요한 역할을 담당하고 있는 하수도 시스템에 대해서 보다 자세히 살펴보면, 하수도시설의 목적은 포괄적으로 “도시 및 지역사회의 건전한 발전과 공중위생 향상에 기여하고 공공수역의 수질을 보전함을 목적으로 한다” 라고 명시되어 있다(하수도법 제1조). 이 목적은 세부적으로 ①하수의 배제와 이에 따른 생활환경의 개선, ②침수

Table 1. 공공하수처리장 배출허용기준

구분	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/L)	부유물질 (SS) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총대장균 군수 (개/mL)
1일 하수처리용량 50m³이상	10이하	40이하	10이하	20이하	2이하	3,000이하
1일 하수처리 용량 50m³미만	10이하	40이하	10이하	40이하	4이하	

비고: 1. 공공하수처리시설의 페놀류 등 오염물질의 방류수수질기준은 해당시설에서 처리할 수 있는 오염물질 항목에 한하여 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 별호 13 제2호나 페놀류등 수질오염물질 표 중 특례지역에 적용되는 배출허용기준 이내에서 그 처리시설의 설치사업 시행자의 요청에 따라 환경부장관이 정하여 고시한다.

- 겨울철(12월 1일~3월 31일까지)의 총 질소와 총 인의 방류수수질기준은 60mg/L 이하와 8mg/L이하를 각각 적용한다.
- 다음 각 지역에 설치된 공공하수처리시설의 방류수수질기준은 총대장균수를 1,000개/mL 이하로 적용한다.
  - 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 별표13에 따른 청정지역
  - 수도법 제 7조에 따른 상수원보호구역 및 그 경계구역으로부터 상류로 流下巨利 10km이내의 지역
  - 수도법 제 3조제17호에 따른 취수시설로부터 상류로 유하거리 15km 이내의 지역
- 영 제4조제3호에 따른 수변구역에 설치된 공공하수처리시설에 대하여는 1일 하수처리용량 50m³ 이상인 방류수수질기준을 적용한다.

방지, ③공공수역의 수질보전과 건전한 물순환의 회복, ④지속발전 가능한 도시구축에 기여라고 정리할 수 있다(한국상하수도협회, 2005). 특히 최근 들어 정부의 하수처리장 및 하수관망의 대대적 확충 및 정비로 말미암아 하수도시설의 양적인 팽창은 어느 정도 소기의 성과를 달성한 것으로 나타났으며(Table 2, Table 3)(환경부, 2008). 이로 인해 앞에서 명시한 하수도의 목적 중에서 '하수의 배제 및 처리'와 '침수방지'에 관한 사항은 양적인 통계 측면에서는 선진국 수준에 도달한 것으로 판단된다.

하지만 앞에서 언급한 양적 팽창 통계자료가 현재 우리나라의 하수도 발전과 수준을 왜곡하는 부작용을 초래하고 있는 것도 주지의 사실이고, 하수도 방류수가 유입되는 수체(Receiving water body)의 다양한 용도별 수질관리 관점에서의 연계성 및 하수도의 미래지향적 역할 재설정 관점에

서 많은 개선점을 내포하고 있는 상황이다.

한편 앞 절에서 언급한 국내의 불완전한 하천·호소의 수질 기준 및 관리 현황, 유관 기초환경시설의 시스템적 불완전성을 감안한다면, 현재 정부에서 강력하게 추진하고자 하는 '4대강 살리기 사업'에 바라는 국민의 기대와 우려는 위태롭게 공존하고 있는 것으로 판단된다. '4대강 살리기 사업'은 주기적으로 반복되는 수해를 항구적으로 예방하면서 4대강을 지역 경제 활성화와 국가발전의 거점으로 활용하겠다는 목적 하에 ①홍수가림에 대한 항구적 안전 확보 측면(하천제방의 축조 및 홍수저류능력의 향상)과 ②하천공간의 합리적 정비를 통한 이용의 극대화 측면(습지생태공간 조성, 문화예술 공간 활용 등)이 강조되는 방향으로 기본계획을 발표한 바가 있다(국토해양부, 2008). 하지만 정작 "진정한 4대강 살리기"의 본질인 깨끗한 4대강 수질 확보와 같은 환경 분야와 이를 구체적으로 구현하는 하수도 사업

Table 2. 하수도 보급 현황

구분	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
총 인구 (천명)	47,543	47,977	48,289	48,518	48,824	49,053	49,268	49,624	50,034
처리인구 (천명)	32,539	33,843	35,369	36,760	38,449	39,924	41,157	42,450	43,568
처리시설 (개소)	150	172	184	207	242 (878)	268 (1,153)	294 (1,404)	388 (1,681)	357 (1,905)
보급률 (%)	68.4	70.5	73.2	75.8	78.8	81.4	83.5	85.5	87.1
시설용량 (천톤/일)	17,712	17,400	19,230	20,233	20,954	21,617	22,568	23,273	23,946

※()는 500톤일 미만 하수처리 시설수입.

2007년말 현재 총 인구 중 하수처리시설(500톤/일미만 포함) 및 폐수종말처리시설을 통해 처리되는 하수처리구역 내 하수처리인구 비율로 산정한 하수도보급률은 87.1%이며, 전국에 가동 중인 500톤/일 이상 하수처리시설은 357개소, 시설용량은 23,816천톤/일이고, 500톤/일 미만 하수처리시설은 1,905개소, 시설용량은 130천톤/일이다.

Table 3. 하수관거 보급 현황

구분	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	
계획연장	103,280	107,623	112,567	116,141	119,521	120,814	125,709	127,980	130,774	
시설연장	총계	64,741	68,195	71,839	75,859	78,605	82,214	85,755	91,098	96,280
	합류식	41,437	42,878	44,534	45,680	46,167	47,255	48,257	48,966	49,636
	분류식	23,304	25,317	27,605	30,179	32,438	34,959	37,498	42,132	46,643
하수관거 보급률(%)	62.7	63.4	63.8	65.3	65.8	68.1	68.2	71.2	73.6	

2007년말 현재 하수관거 설치연장은 96,280km로 하수도정비기본계획상의 계획연장 130,774km의 73.6%이며, 이 중 우수와 오수를 동시에 배제하는 합류식관거는 49,636km(51.6%), 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식은 46,643km(48.4%)이다.

분야에 대한 고려 및 고민이 수반되지 않는다면, '4대강 살리기 사업'은 추후 절름발이 성공 밖에 얻을 수 없다는 것은 명약관화하다. 사업 대상 수체의 수질 문제에 대한 정부의 근본적이고 전향적인 자세가 요구되고 있으며, 안전한 먹는물을 확보하는 차원에서 공공수역 유해물질 관리 수준을 획기적으로 개선할 필요성과 이상기후 및 온난화로 인한 극한 가뭄을 가상한 안전하고 수준 높은 하수처리 방류수의 확보는 미래 지향성과 선제적 대응 차원에서 점차 매우 중요한 이슈가 될 것이다. 즉, 수질관리의 침범인 하수도 분야를 수반한 진정한 의미의 '4대강 살리기 사업'이 절실히 요구되는 시점이다. 따라서 본 논고는 현재 '4대강 살리기 사업'을 추진하는 중요한 시점에서 현재 우리나라 공공하수처리 운영 현황 및 기술단계 고찰을 바탕으로 4대강 수질을 보장하는 '가뭄 대응형 하수도를 구축'하는 방안에 대하여 새로이 고찰함으로써 '4대강 살리기 사업'이 추후 국민으로부터 진정으로 인정받는 사업으로 거듭날 수 있도록 새로운 방향성을 제공하고자 한다.

차지하는 191개소(53.5%)이고, 10만톤/일 이상은 48개소(13.4%)이지만 시설용량 기준으로는 80.7%를 차지하고 있는 실정이다(Table 4 참조).

처리공법으로는 고도처리공법(A<sub>2</sub>O, SBR 등)이 245개소로 69%를 차지하고 있으며, 전통적 공법(표준활성슬러지, 장기포기 등)은 31%인 112개소로 시설 확충 및 개선을 통해 고도처리공법으로 전환되는 추세이다. 2007년 말 기준 시설규모 500m<sup>3</sup>/일 이상의 가동시설 총 357개 중에서 연중 6개월 이상 가동시설 347개(시설용량 23,735천톤/일)의 운영 실태를 조사한 결과 ①방류수의 수질이 전반적으로 개선되고 있으며(수질기준을 초과한 시설도 크게 감소), ②하수처리 후 발생하는 슬러지 및 처리수의 재이용 증대, ③축산분뇨, 음식폐기물 등을 하수처리장에 연계하여 처리하는 물량 증가로 하수도 기능이 증대, ④운영관리의 민간위탁 확대를 통한 운영관리비 절감도모 등과 같은 긍정적인 평가를 받고 있다(Table 5, Table 6, Table 7, Table 8 참조).

## 2. 공공하수처리 운영현황 및 기술단계

### 2.1 공공하수처리시설 현황

환경부 조사(환경부, 2008)에 의하면 '07년 말 기준으로 전국에서 가동 중인 공공하수처리시설은 총 357개소(시설규모 500m<sup>3</sup>/일 이상)이다. 이 중 1만톤/일 이하가 다수를

하지만 아직도 하수처리시설의 설치 및 운영상의 문제점이 상존하고 있어 원인 진단을 통한 시설 조기 확충 및 개량 등의 대책마련도 요구되고 있다. 그 주요 내용으로는 일부 하수처리장에서 ①유입량 과다 또는 파소 문제, ②저농도 하수 유입문제, ③하수처리 단가의 상승 문제(방류수 수질 기준 강화, 고도처리시설 증가, 시설운영관리 강화 등에 의

Table 4. 시설용량별 공공하수처리시설 현황

구분	계	1천톤/일 미만	1~5 미만	5~10 미만	10~50 미만	50~100 미만	100~500 미만	500 이상
시설수 (개소)	357 (100)	43 (12.1)	94 (26.3)	57 (15.1)	88 (24.7)	30 (8.4)	34 (9.5)	17 (3.9)
용량 (천톤/일)	23,816 (100)	29 (0.1)	244 (1.0)	365 (1.5)	1,952 (8.2)	2,010 (8.5)	7,087 (29.8)	12,129 (50.9)

Table 5. 유입수 및 방류수 수질 (단위: mg/L)

연도	구분	BOD	COD	SS	T-N	T-P
'07	유입수질(A)	134.2	77.7	130.8	46.1	4.9
	방류수질(B)	7.7	11.4	5.2	14.9	1.2
	제거율(A-B/A)	94.3	85.3	96.0	67.6	75.3
'06	유입수질(A)	129.6	75.8	127.4	32.4	3.7
	방류수질(B)	8.9	11.8	5.8	15.9	1.3
	제거율(A-B/A)	93.1	84.4	95.4	50.9	64.9



Table 6. 하수슬러지 발생 및 처리 (단위 : 천톤/년, %, 원/톤)

구분		계	해양투기	재이용	소각	육상매립
'07	처리량	2,780 (100)	1,903 (68.4)	1,903 (68.4)	302 (10.9)	60 (2.2)
	1톤당 비용	36,200	35,785	33,259	43,107	39,797
'06	처리량	2,692 (100)	1,946 (72.3)	370 (13.7)	307 (11.4)	69 (2.6)
	1톤당 비용	32,577	29,924	36,050	45,809	29,943

Table 7. 하수처리수 재이용 (단위 : 천톤/년, %)

구분		'07		'06	
		재이용량	비율	재이용량	비율
계		641,914	100	490,866	100
처리장 내용수	소계	371,980	57.9	244,880	49.9
	세척수	151,712	23.6	115,230	23.5
	냉각용수	54,568	8.5	32,566	6.6
	청소수	32,614	5.1	18,642	3.8
	희석용수	9,131	1.4	8,139	1.7
	식수대살수	4,453	0.7	1,000	0.2
	기타	119,502	18.6	69,303	14.1
처리장 외용수	소계	269,934	42.1	245,986	50.1
	하천유지용수	193,623	30.2	196,816	40.1
	농업용수	40,383	6.3	29,347	6.0
	공업용수	9,899	1.5	6,919	1.4
	기타	26,029	4.1	12,904	2.6

Table 8. 하수처리장 연계처리 물량 (단위 : 천톤/년, %)

구분		계	분뇨	분뇨, 정화조오니	축산폐수	공장폐수	기타
'07	처리량	139,329	5,654	45,995	4,603	63,260	19,817
	비율	100	4.1	33.0	3.3	45.4	14.2
'06	처리량	51,394	3,740	29,493	5,793	-	12,368
	비율	100	7.3	57.3	11.3	-	24.1

한 에너지 사용량 및 비용 등이 증가), ④기후변화 대응 문제 (에너지 절약, CDM 체제 구축 및 운영) 등이 현안으로 대두되고 있다. 따라서 이를 감안한 운영관리 효율화 방안 모색 노력이 추가적으로 필요한 것으로 판단되고 있다.

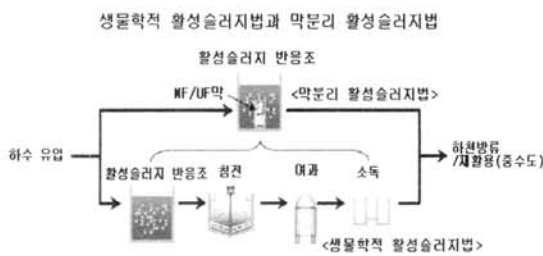
## 2.2 하수처리 기술단계

심각해지는 물 부족 현상과 수질오염으로 인하여 깨끗한 물을 확보할 수 있는 수처리 기술의 중요성은 점차 확대되고 있는 실정이며, 도시화와 산업화에 따른 수질악화, 난분해성

물질의 증가, 환경규제 강화, 생활수준 향상 등으로 친환경적인 수처리 기술의 필요성이 증가하고 있다. 따라서 기존의 물리·화학적 및 생물학적 공정보다 수처리 효과가 우수한 다양한 기술들이 제시되고 있으며, 그 중에서 환경친화적 막(Membrane)분리 기술이 최근 들어 많은 관심을 받고 있다(기존 공정을 막분리 공정으로 대체하거나 기존 공정과 막분리 공정을 조합하여 사용). 이러한 막분리 공정은 미세공을 가진 분리막을 이용하여 특정한 크기를 지닌 오염물질을 분리하여 제거하는 기술로써 Table 9와 같이 미세공의

Table 9. 수처리용 분리막의 종류 및 용도

구분	오염물질 크기	분리대상	용도
MF막	100nm~10μm	부유물질, 박테리아	상·하수처리 등
UF막	1~100nm	현탁물질, 단백질, 다당류, 고분자물질	하수처리(산업용 폐수) 등
NF막	1nm 정도	유기물(선택적)	담수화 전처리, 상수처리(농약 제거) 등
RO막	1nm 이하	이온성물질, 중금속	담수화, 초순수 제조, 정수기 등



참고: www.roplant.org

Fig. 1. MBR 공정의 개념도

크기에 따라 정밀여과(MF)막, 한외여과(UF)막, 나노여과(NF)막, 역삼투(RO)막으로 구분할 수 있다(삼성경제연구소, 2008).

따라서 수질환경기준 강화에 대응하고, 수처리 효율 향상을 위하여 하수처리 부문에서도 막분리 고도처리 공정 도입이 증가하고 있는 추세이다. 현재 생물학적 활성슬러지법과 분리막 기술의 장점을 결합한 막분리 활성슬러지법(MBR: Membrane Bio-Reactor)이 대표적인 기술로 부상하고 있으며, 이러한 MBR의 장점으로는 ①부유물질을 100% 제거할 수 있는 안정적 처리, ②침전조가 필요 없어 공간 절감 가능, ③생물학적 활성슬러지법 보다 미생물의 농도를 3~4 배 높게 유지할 수 있어 유기물 분해에 효과적, ④여과 및 소독 공정이 최소화되어 전체 공정이 간편하다는 장점이 부각될 수 있다. Fig. 1은 활성슬러지법과 비교한 MBR 공정의 개념도 이다(www.roplant.org).

향후 하수처리 부문에서 막분리 공정 시장은 고속 성장할 전망으로 MBR 공정의 시장 규모는 2008년 3억 달러에서 2013년 5억 달러로 연평균 11% 증가할 전망이며, MBR 공정을 포함한 하수처리 부문 전체에서 막분리 공정 시스템의 시장규모는 2007년 42억 달러에서 2012년 104억 달러로 연평균 10% 증가할 전망이다(삼성경제연구소, 2008). 현재 막분리 기술은 나노복합막, 기능성 항균막 등 여과성능

을 극대화하기 위한 기능성 분리막 제조 연구가 활발히 진행 중이며, 적용범위를 확대하기 위해 저비용·고효율 막분리 공정이 꾸준히 개발 중이다(MBR 공정과 RO막, 오존살균, 자외선 살균 등 다양한 요소기술의 효율적 조합을 통한 공정의 효율성 제고에 관한 연구). 결론적으로 하수처리 기술 분야의 고도화 및 첨단화가 활발히 진행되고 있는 중이며, 한계성을 극복하는 기술적 도약을 바탕으로 하수를 처리한 후 각종 용수로 재활용하는 다양한 용도별 하수재이용 기술 분야의 시장이 점차 넓혀지고 있으며, 새로운 패러다임 기반이 굳건히 구축되어가고 있는 실정이다.

### 3. 가뭄 대응형 하수도 구축의 필요성

#### 3.1 가뭄

근래의 기후변화를 통한 가뭄의 빈도 증가는 인구의 증가 추이와 함께 물경쟁을 초래하고 있으며(연간 1인당 사용가능 물의 양 감소), 이는 지표 및 지하수원의 오염 등의 수질악화를 초래한다. 가뭄은 홍수와 달리 시간과 공간적으로 시작과 끝을 정의하기가 난해하며, 현상을 인식하는데 몇 주 또는 몇 달의 기간이 소요되는 어려움이 있다. 가뭄은 수문시스템의 모든 요소에 동시에 영향을 미치지 않으며(토양수분량이 비정상적으로 낮을 수 있지만 하천이나 저수지의 수위는 정상적일 수 있음), 절대적인 상태가 아니라 상대적인 부족상태를 나타내기 때문에(수요량의 증가로 상대적인 공급량 감소를 통한 가뭄 초래) 인지에는 더욱 어려움이 있다.

가뭄을 단계별로 구분하여 그 상태에 따른 현황을 정리하는 데는 Table 10과 같이 PDSI(Palmer 가뭄지수), SWSI(지표수공급지수), SPI(표준강수지수), MSWSI(수문학적 가뭄지수) 등이 척도로 사용되고 있으며, 강수량, 적설, 기온, 지하수위, 저류량, 지표 및 지표하의 수문특성 등의 여러 가지 인자를 사용하여 그 상태정도를 표현하고 있다(이주현, 2006). 가용 수자원의 확보 측면에서 가뭄의 단계는 약한 가뭄 시 수위가 정상치보다 낮게 나타나는 현상으로 시작하여, 물부족의 발생으로 단계가 심화되며, 극심한 가뭄 시에는 물부족에 대응하기 위하여 급수를 제한한다.

Table 10. 가뭄단계별 가뭄현황

구분	가뭄단계	가뭄상태	PDSI MSWSI	SPI(3) SPI(6)	가뭄현황
D0	정상	정상상태	-1.0 이상	-0.49 이상	평범한 상태
D1	약한가뭄	가뭄준비	-1.0 ~ -1.9	-0.5 ~ -0.9	농작물, 산림성장이 느려짐 산불 가능성이 정상보다 높음 물이 종종 부족, 농작물이 완전 회복되지 못함 하천수위, 저수위, 지하수위가 몇 달째 정상보다 낮게 유지
D2	보통가뭄	가뭄주의	-2.0 ~ -2.9	-1.0 ~ -1.49	농작물이나 산림에 약간의 피해 산불 가능성 높음 하천유량, 저수지, 우물의 유량이 적음 일부 물부족 발생
D3	심한가뭄	가뭄경보	-3.0 ~ -3.9	-1.5 ~ -1.9	농작물이나 산림에 손실 산불 가능성 매우 높음 하천수위, 저수위, 지하수위가 계속적으로 감소 강우예보가 없는 경우
D4	극심한 가뭄	가뭄비상	-4.0 이하	-2.0 이하	농작물이나 산림에 많은 피해 산불 가능성 극히 높음 물부족에 대응하기 위해 급수제한 시작

3.2 미량유해물질

가뭄을 가정한 하수 고도처리 필요성 관점에서 고려해야 할 중요한 인자 중의 하나가 미량유해물질에 대한 관리 및 처리기술이 될 것이다. 산업발달로 인해 해마다 유해화학물질의 사용과 유통이 증가하고 있으며, 이러한 유해화학물질은 미량으로도 인체 및 수생태계에 급성·만성적으로 중대한 영향을 줄 수 있어 엄격하고 철저한 관리가 요구된다. 본격적인 산업화 이후 유해물질 노출로 인한 예기치 못한 인체 및 생태계 오염사례가 다수 발생하고 있으며 국내도 예외는 아니다. 현재 유해물질의 수계 배출관리를 위해 운영하고 있는 정책방안들은 유해화학물질의 안전한 관리 측면에서 많이 부족한 실정이다. 국내의 배출허용기준이 설정된 물질은 유기물, 질소, 인 등 전통적인 수질오염물질과 페놀, 수은, 카드뮴 등 중금속 및 유해화학물질 등을 합하여 32종에 불과한 반면, 미국과 유럽 등 선진국에서는 120여 종에 이르는 유해물질에 대하여 배출허용기준을 설정하고 엄격한 허가 및 관리체계를 유지하고 있는 실정이다(www.me.go.kr). 한편 이러한 문제점을 보완하기 위하여 환경부는 ①특정수질유해물질 확대 지정(특정수질유해물질을 배출하는 사업장은 상수원보호구역이나 특별대책지역 등지에 입지가 금지되며, 그 외곽지역에서는 입지를 허용하되 엄격한 배출기준을 준수하여 운영), ②완충저류시설 확대(화재 등에 의한 사고 및 예기치 못한 폐수처리시설의 가동 중단으로 인해 적절하게 처리되지 못한 폐수가 공공수역

으로 유입되는 것을 막기 위해 폐수를 일시적으로 저장하는 저류시설), ③생태독성 배출관리제도 추진(산업폐수 방류수 내에 포함된 미지의 수많은 유해물질이 생물체 또는 생물체 그룹에 미치는 독성 영향을 분석하고, 그 영향 정도에 따라 산업폐수 배출원을 관리하는 제도; 물벼룩에 미치는 24시간 후의 치사율을 측정하는 TU(Toxicity unit)라는 단위를 사용하여 생태독성 수준을 표현) 등과 같은 정책을 추진하고 있다(www.me.go.kr).

한편 하수처리장 입장에서의 미량유해물질 관리는 최근 들어 그 중요성이 점차 커지고 있다. 하수처리구역에서의 유입(PPCP & EDCs; Pharmaceutical and personal care products & Endocrine disrupting chemicals) 되거나 혹은 폐수 연계처리 과정에서 유입되는 미량유해물질은 하수처리장에서 완전히 처리되지 않고 다시 방류되어 식수원으로 재유입될 경우 인체에 유해하게 작용될 수 있다. 또한 도시 인근의 하천의 경우 심할 경우 80% 이상을 하수처리장 방류수를 이용하여 하천유지용수로 사용해야 하는 경우가 있다(하류에 위치한 하수처리장에서 처리된 방류수를 중상류지역까지 매설된 관거를 통해 운반하여 순환시키면서 연중 일정한 하천유지용수로 이용). 따라서 이러한 방류수에 함유된 미량유해물질의 존재유무는 수생태계에서 오락 활동을 하는 인근 주민들에게 심각한 영향을 줄 수 있는 잠재적 위험성을 내포하고 있는 실정이다.

### 3.3 물재이용 활성화

근래 극심한 가뭄으로 인하여 농업용수는 물론 생활용수가 부족하여 물에 대한 위기가 고조되고 있으며, 앞으로도 기후변화에 따른 가뭄이 빈발할 것으로 전망됨에 따라 물절약과 더불어 물재이용 활성화가 매우 중요한 이슈가 되고 있다. 우리나라는 하천 취수율은 36%로 물에 대한 스트레스가 높은 국가군에 속하며 가뭄 시 물 이용에 취약한 실정이고, 하천, 댐 등 기존 수원에서 취수를 줄여 물에 대한 스트레스를 줄이고 기후변화에 따른 가뭄 등에 선제적으로 대응하기 위해서는 빗물이용, 중수도, 하·폐수 재이용 등 물의 재이용(Water reclamation, Recycling, Reuse)을 적극적으로 추진해야 하는 상황이다(환경부, 2009). 따라서 최근 환경부는 물의 재이용을 유도하기 위해, 여러 개별법에 산재되어 있는 관련 규정을 통합한 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」을 제정하여 체계적·종합적으로 물 재이용 활성화를 추진하기 위한 법적 기반을 정비하고자 하고 있다. 이와 더불어 그 동안 정부 주도로 추진해 왔던 하수처리수 재이용 사업을 공공용수 재이용의 경우 민간투자사업으로 추진하여 새로운 물산업으로 육성해 나갈 계획이다. 이를 통해 궁극적으로는 한정된 수자원의 효율적 이용 및 지역적 물 부족의 완화 효과와 신규 물산업의 육성 및 고용창출 효과를 동시에 꾀하고자 한다. 이러한 움직임은 하수처리 기술의 업그레이드 환경 구축, 하수 방류수의 새로운 부가가치 창출이라는 새로운 패러다임을 제공해 주는 토대가 될 것이며, 극심한 가뭄과 연계된 수체의 수질 보호라는 지상 명제를 대비하는 하수도 분야의 바람과도 궁극적으로 일맥상통하고 있다.

종합적으로 정리하면 앞에서 언급한 이상 기후에 의한 가뭄피해의 증가 추세, 유해화학물질의 사용과 인체·수생태계 위해성 증가, 가뭄 등에 선제적으로 대응하기 위한 물의 재이용 정책의 적극적인 활용 등을 감안할 때 21세기에 부응하는 하수도의 중요성 및 새로운 역할은 필연적으로 증대될 것이며, 하수도 분야가물관리 분야에 있어서 주요한 리더쉽을 발휘하는 중추 역할을 맡게 될 것으로 판단된다. 결론적으로 '4대강 살리기 사업'의 진정한 성공을 위해서는 4대강의 수질을 궁극적으로 확보하는 하수도 사업의 중요성을 인식하고 중요한 역할을 담당케 하는 방향으로 정책이 추진되어야 할 것이다.

## 4. 가뭄 대응형 하수도 구축

최근 국내 하수도 분야의 현 위치는 기회와 위기가 동시에

공존하는 상황이라고 할 수 있다. 기후 변화에 따른 물산업의 중요성이 새로이 부각됨에 따라 하수도 사업의 위상 제고라는 기회와 현 정부의 정책 1호라는 '4대강 살리기 사업'이 치수·이수 위주의 추진됨에 따라 발생하는 하수도 분야의 상대적 위축 및 박탈감이라는 위기가 그것이다. 앞 절에서도 살펴보았듯이 하천·호소의 맑은 수질을 확보하기 위해서는 하수도의 중요성은 절대로 간과해서는 안된다는 중요성에 대하여 언급하였으며, 미래지향적인 가뭄 대응형 하수도 구축의 필요성에 대하여 자세히 살펴보았다. 결론적으로 이러한 가뭄 대응형 하수도 구축을 위해 필요한 추진 방향 및 전략을 정리하면 다음과 같다(사전적 예방 성격을 지님). 먼저 기존의 하수도 시설 및 운영을 극한 가뭄에도 효과적으로 대응시킬 수 있도록 최적화된 소프트(Soft) 전략이 있을 수 있다. 기존 하수 고도처리/재이용 공정을 최적화하고 처리능을 극대화하는 동시에 극한 가뭄을 대비한 처리장 운영 기법을 도출하고 관련 운전 매뉴얼을 구축하는 것이다. 즉 방류 수체의 유량·수질 상태와 연계된 처리장 최적운전 방안 구축, 가뭄 대응 운전 최적화 시뮬레이션 기법 구축 및 수질 관리 모델링, 모의 훈련 등 추가적인 대규모 공정(설비) 도입 없이 현재의 처리장 시설과 운영 기법을 최대한 활용하여 극한 가뭄 대응 하수도 시스템을 구축하고 하천 수계의 유량이 극히 저조한 상태에서는 보다 안전하고 깨끗한 방류수를 제공할 수 있도록 하는 것이다. 또 다른 접근방법은 보다 적극적인 대응책을 강구하는 능동형 하드(Hard) 전략 방식이 있을 수 있다. 극한 가뭄을 대비하여 비상 추가 공정(설비)을 예비로 도입하여 최악의 상황에 대비하는 전략이다. 이는 주로 물리·화학적 처리(응집처리/AOP 공정 등) 방식을 위주로 비상시에만 가동되는 에너지 절감형, 부지절감형 설비를 도입하는 것으로 보다 엄격한 방류수 수질을 확보할 수 있는 시스템을 사전에 확보하는 방식이다(예, 호주의 사례에서와 같이 정수 분야에서 극한 가뭄 시에만 가동되는 담수화 공정을 구축하는 것과 유사한 접근방식). 한편 이러한 추가 공정은 월류수(CSOs)를 처리하는 대책이 요구되는 합류식 지역에서는 우천시에만 가동되는 월류수 처리 설비를 가뭄시에도 사용 가능한 기능을 추가 부여하는 것과 같은 유연한 접근이 가능할 것이며, 미량유해물질을 제어할 수 있는 추가적인 기능 부여를 통해 수체의 상수원 활용성을 증대시키는 방안에 대해서도 고려가 가능할 수 있을 것이다. 종합적으로 「가뭄 대응형 하수도 구축」은 미래에 예상되는 물환경 재난을 미리 대비하는 하나의 지혜로운 해안이 될 것이다.



## 참고문헌

1. 국토해양부 (2008) 경제위기 조기극복을 위한 핵심과제 실천 계획, **물과 함께하는 국토 재창조**
2. 삼성경제연구소 (2008) SERI 경제 포커스, **수처리 기술의 진화와 시사점**
3. 이주현, 이길재 (2006) 국가 가뭄관리 정보시스템 구축, **물과미래** Vol. 39, No. 3.
4. 한국상하수도협회 (2005) **하수도시설기준**
5. 환경부 (2008) **07년도 공공하수처리시설 운영관리 실태조사 결과**
6. 환경부 (2008) **2007 하수도 통계**
7. 환경부 (2009) 보도자료, **물 재이용 활성화, 가뭄 극복의 새로운 대안**
8. www.me.go.kr 환경부 사이버홍보관, **공공수역 위해성 관리**
9. www.me.go.kr 환경부 사이버홍보관, **수질환경 기준·평가**
10. www.roplant.org