

Technical Article

하수처리시설에서 최적처리기술 평가 방법론 고찰

– 미국과 유럽의 사례를 중심으로 –

정동환 · 조양석 · 최인철 · 안경희 · 정현미 · 권오상

국립환경과학원 상하수도연구과

A study on Assessment Methodology for Best Treatment Technologies at Public Sewage Treatment Works in Korea

Dong-Hwan Jeong · Yangseok Cho · In-Cheol Choi · Kyunghee Ahn ·
Hyen-Mi Chung · Ohsang Kwon

National Institute of Environmental Research

요약 : 유역의 수질환경기준(중권역 목표기준) 또는 수질오염총량관리 목표수질을 달성하기 위하여 유역 내 지역별·시설규모별 하수처리장에 대한 방류수 수질 준수농도(안)를 설정하는 것이 필요하다. 공공하수처리시설에서 하수처리기술은 혐기-무산소-호기 하수처리법에서부터 다양한 처리기술이 적용되고 있으며, 운영관리에 따라 효율의 차이가 나는 등 다양한 요인에 따라 처리효율이 달라질 수 있다. 또한 처리효율뿐만 아니라 전력 등 에너지 소요비용도 고려하여 각 유역환경 조건에 맞는 적합한 처리기술을 적용하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 유역하수도정비계획 수립 시 공공하수처리시설에 적용하는데 필요한 최적처리기술을 평가하기 위해 미국과 유럽의 산업계 배출수 처리시설에 대한 최적처리기술 평가 방법을 검토하여 우리나라 공공하수처리시설의 운영관리에 적합한 최적처리기술 평가지침의 평가항목을 제시하였다.

주요어 : 최적처리기술, 평가지침, 유역하수도, 하수처리시설

Abstract : In order to assess sewage treatment technology necessary to achieve water quality criteria in the watershed and to ensure best treatment technology is applied in building and expanding PSTWs when establishing the Watershed Sewer System Maintenance Plan, it is necessary to develop assessment guidelines to determinate the best treatment technologies applicable to the public sewage treatment works(PSTWs). Sewage treatment technologies such as anaerobic-anoxic-aerobic treatment process are employed at PSTWs, and treatment efficiency varies due to many factors such as how the PSTWs are operated. Therefore, analyzing assessment guideline of best available technology(BAT) using currently in USA and EU, this study presents assessment parameters for the assessment guidelines to be used in determining the best treatment technologies applicable to PSTWs.

We have a plan to implement pilot assessment in preparation for the final assessment guidelines

based on the results of professionals survey and to determine weighted factors and assessment parameters using analytic hierarchy process (AHP).

Keywords : Best treatment technology, Assessment guideline, Watershed sewer system, Sewage treatment works

I. 서론

2013년 『하수도법』에 유역단위 하수도 관리체계가 도입되어 시·군이 수립하는 하수도정비기본계획의 상위 계획으로 유역환경청이 유역하수도정비계획을 수립하도록 하였다(환경부고시, 2013). 유역하수도 정비계획에서는 유역특성 및 방류수역 수질상황을 고려하여 하수처리장별 방류수 수질 준수농도를 별도로 적용하는 것이 가능하다. 이에 따라 유역하수도 정비계획 수립 시 하수처리시설에서 적용가능한 방류수 수질 준수농도 유지를 위한 최적처리기술을 선정하는 것이 필요하며, 하수처리시설 항목별, 처리기술 계열별 처리범위를 산정하고 에너지, 소요비용 등을 토대로 효율적인 하수처리 최적처리기술 선정을 위한 평가지침을 개발하는 것이 필요하다. 유역의 수질환경기준(중권역 목표기준) 또는 수질오염총량관리 목표수질을 달성하기 위하여 유역 내 공공하수처리시설에서 하수처리기술은 혐기-무산소-호기 처리법에서부터 다양한 처리기술이 적용되고 있으며, 운영관리에 따라 효율의 차이가 나는 등 다양한 요인

에 따라 처리효율이 달라질 수 있다. 또한 처리효율 뿐만 아니라 전력 등 에너지 소요비용도 고려하여 각 유역환경 조건에 맞는 적합한 처리기술을 적용하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 Figure 1과 같이 유역하수도정비계획 수립시 공공하수처리시설 최적처리기술을 효율적으로 적용하기 위하여 외국의 최적처리기술 평가 방법을 검토하고 우리나라 공공하수처리시설 운영관리를 고려하여 유역하수도정비계획 수립 시 적용하는데 필요한 최적처리기술 평가지침을 마련하는 전단계로 평가항목을 검토하여 제시하고자 하였다.

II. 국내 하수처리시설에 적용된 처리기술 현황 및 분류

1. 처리기술별, 규모별, 지역별 공공하수처리시설 현황

2013년 환경부 하수도통계에 의하면, 500m³/일 이상 공공하수처리시설은 전체 557개소이며 I지역 72개소, II지역 140개소, III지역 135개소, IV지역

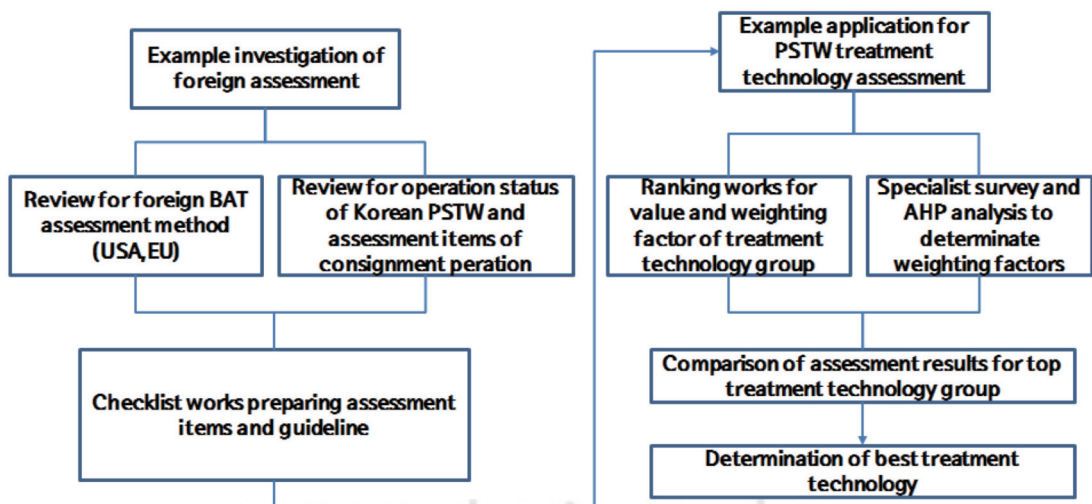


Figure 1. Framework to prepare assessment guideline of best treatment technologies suitable for Korean PSTWs.

Table 1. The status of PSTWs according to treatment technology group and effluent limit area grade in 2013

Classification	PSTWs NO.	Facility capacity (thousands m ³ /day)	Treatment capacity (thousands m ³ /day)	Treatment technology					
				A ₂ O	SBR	Media	MBR	Others*	
Subtotal	557 (543)	25,348.7 (25,246.2)	19,765.7 (19,085.5)	133 (128)	192 (186)	123 (119)	37 (30)	72 (80)	
Above 500 m ³ /day	I area	72 (71)	1,054.5 (1,053.2)	857.7 (866.9)	14 (11)	38 (35)	2 (6)	5 (5)	13 (14)
	II area	140 (140)	5,719.4 (5,912.3)	4,345.1 (4,229.3)	33 (35)	40 (40)	31 (29)	16 (12)	20 (24)
	III area	135 (132)	10,186.6 (9,940.6)	7,911.6 (7,619.1)	29 (26)	46 (45)	41 (41)	5 (4)	14 (16)
	IV area	210 (200)	8,388.3 (8,340.1)	6,651.3 (6,370.2)	57 (56)	68 (66)	49 (43)	11 (9)	25 (26)
Subtotal	3,232 (3,092)	243.4 (230.8)	-	-	-	-	-	-	
below 500 m ³ /day and above 50 m ³ /day	1,697 (1,625)	194.3 (183.8)	-	-	-	-	-	-	
below 50 m ³ /day	1,535 (1,467)	49.1 (47.0)	-	-	-	-	-	-	

* Other treatment technologies are involved activated sludge, oxidation pond, extended aeration, bio-filtration, rotating biological contactor, and contact oxidation.

※ () : Report of operation and management for public sewage treatment works in 2012.

Table 2. The status of above 500 m³/day PSTWs according to phosphorus treatment process in 2013

Classification	PSTWs NO.	Facility capacity (thousands m ³ /day)	Treatment capacity (thousands m ³ /day)	Treatment technology				
				Filtration	Floatation	Disk filtration	Settling	Others
Total	326 (557)	10,280.7	7,825.6	119	87	48	44	28
I area	67 (72)	622.9	451.3	31	17	6	5	8
II area	135 (140)	5,676.4	4,308.8	49	36	25	19	6
III area	124 (135)	3,981.5	3,065.5	119	34	17	20	14
IV area	- (210)	-	-	-	-	-	-	-

220개소로 분류, 500m³/일 미만 시설은 약 3,200개소가 있다(Table 1). 2013년 566개 공공하수처리 시설 중 가동일수가 200일 이상인 처리시설 수에 대해 분류한 결과이다.

방류수 수질기준을 준수하기 위해 2012년부터 도입된 인처리시설은 대부분 500m³/일 이상 처리시설에 적용하여 I지역 67개소, II지역 135개소, III지역 124개소로 326개소에 설치되어 있다. 환경부 2013년 공공하수처리시설 운영결과 조사에 의하면, 이중 여과방식을 가장 많이 도입하여 119개 하수처리장에 설치되어 있다(Table 2).

환경부 2013년 공공하수처리시설 운영결과 조사에 의하면, 2013년 500m³/일 이상 공공하수처리시설에서 전국 전체 운영비용은 약 1조 2천억원으로 조

사되었고, I지역 843억원(7%), II지역 2,737억원(22%), III지역 4,581억원(37%), IV지역 4,293억원(34%)을 차지하였다. 지역등급에 따라 하수처리장의 처리용량당 운영비용에서 차이가 발생하는 것을 알 수 있으며 IV지역을 제외하면 I지역 269.4원/m³, II지역 172.6원/m³, III지역 158.6원/m³으로 총인 기준이 엄격할수록 처리용량당 운영비용이 높음을 알 수 있다(Figure 2). 2013년 하수 처리용량당 하수슬러지 발생량의 경우도 I지역 718.8톤/m³, II지역 513.0톤/m³, III지역 451.8톤/m³으로 IV지역 508.4톤/m³을 제외하면 운영비용의 경우와 유사하게 총인 기준이 엄격할수록 슬러지 발생량이 많아지는 것으로 나타났다. 2013년 하수 처리용량당 약품사용량을 지역별로 비교한 결과 I지역 40.1톤/m³, II지역 50.9

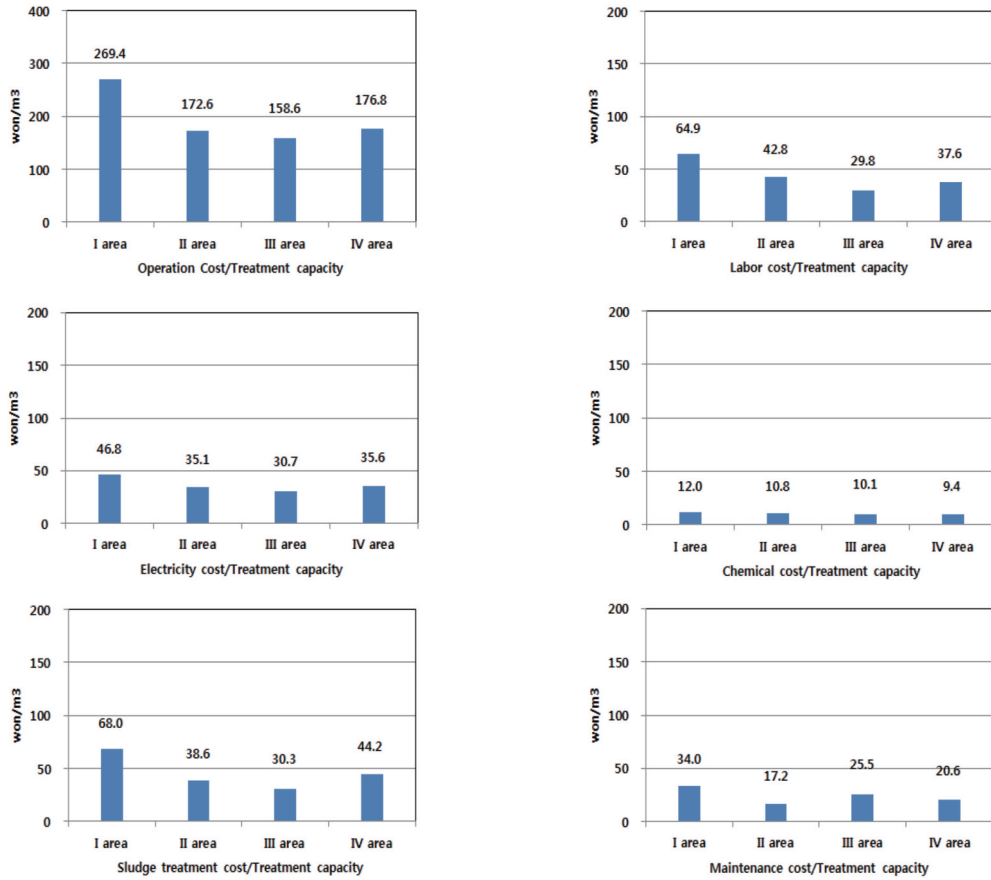


Figure 2. Operation cost per treatment capacity above 500 m³/day PSTWs in 2013.

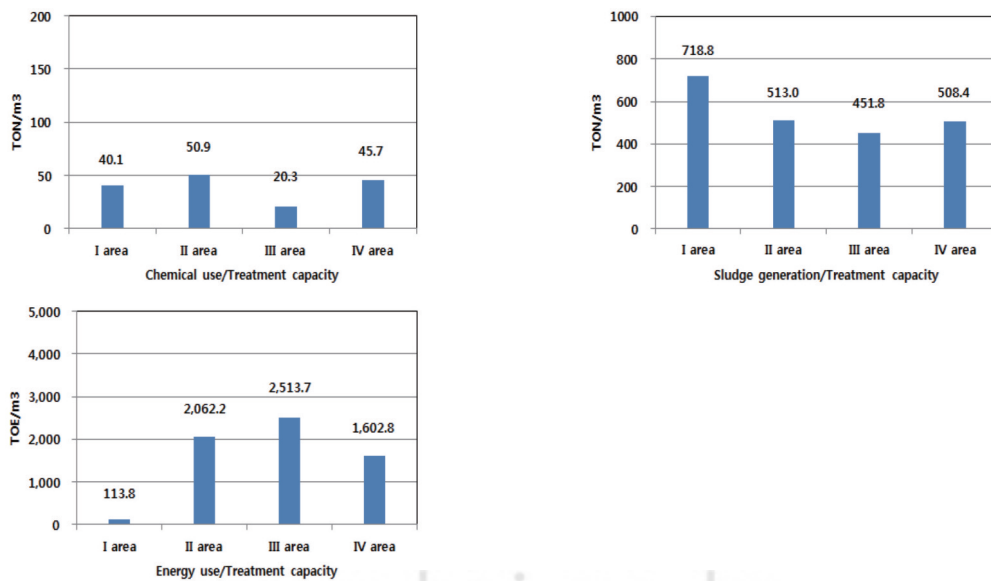


Figure 3. Sludge generation, Chemical and Energy use per treatment capacity above 500 m³/day PSTWs in 2013.

톤/m³, III지역 20.3톤/m³, IV지역 45.7톤/m³으로 II지역과 IV지역의 공공하수처리시설에서 좀 더 효율적인 운영·관리할 필요성이 제기되었다(Figure 3).

2. 계층구조 방법을 이용한 처리기술계열 분류

2013년 공공하수처리시설에 적용하고 있는 현재 하수처리기술에 대해 각 개별 처리기술의 주요 공법 특성을 고려한 유사 처리기술을 계열화하여 분류하

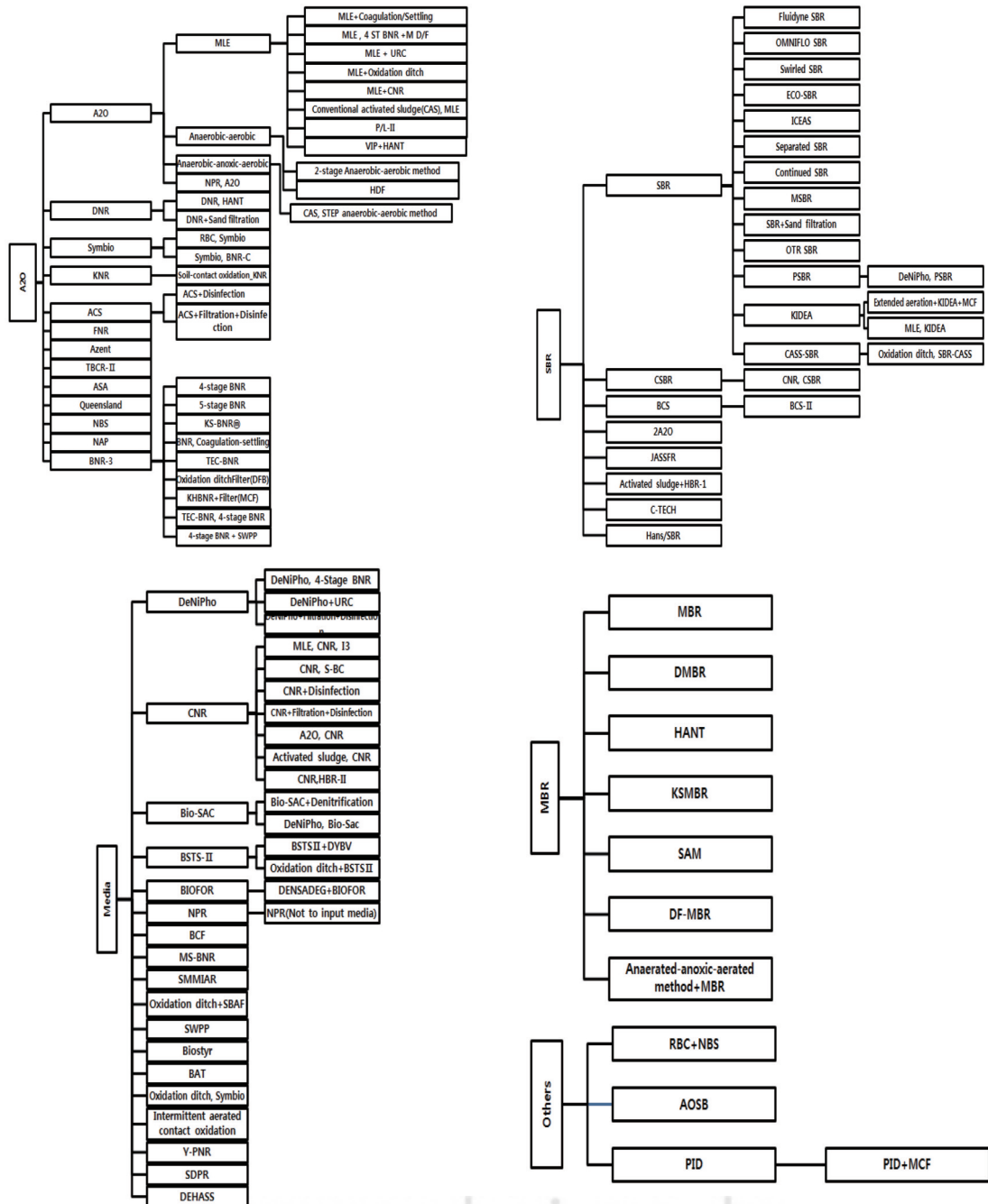


Figure 4. Classification of biological treatment technologies used in PSTWs in Korea.

Table 3. Assessment checklist for best treatment technology in USA

Classification (Example)	Technology A		Technology B		Technology C		Technology D		
	WF	VF	WVF	VF	WVF	VF	WVF	VF	WVF
Environmental factors									
○ Effluent water quality(Compliance of effluent standard)									
○ Pollutants treatment efficiency									
○ Treatment technology of small sludge generation									
○ Concentration of discharge watershed (Ability of eutrophication)									
Operation factors									
○ Simplicity of operation and maintenance									
○ Simplicity of modification of using process									
○ Cost in order to reduce effluent water quality									
○ Safety, availability, appropriateness, stability, consistency of facilities ⁵									
Economical factors(Energy and resources)									
○ Operation cost(Electricity, Chemicals, Sludge, Labor)									
○ Construction cost and land purchase cost									
○ Maintenance cost (Equipment replacement cost, etc)									
Total weighting and value factor (TWVF) = $\Sigma(WVF)$									

※ VF: Value factor, WF: Weighting factor, WVF: Weighting and value factor= $WF \times VF$, TWVF: Total summation of WVFs in order to select treatment technology

는 계층구조 방법을 이용하여 기술계열별로 분류하고 Figure 4와 같이 나타냈으며, SBR법 192개, A₂O법 133개, Media법 123개, MBR법 37개 등으로 처리기술을 크게 분류할 수 있다.

III. 국내 하수처리시설에 적합한 최적처리기술 평가 체계 고찰

1. 외국 최적처리기술 평가 체계

1) 미국의 최적처리기술 평가방법

미국의 국가오염물질배출규제제도(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)에서 공공 및 개별 허가를 받는 폐수처리에 최적처리기술을 평가하는 방법을 적용하고 있다. 이를 하수처리시설의 최적처리기술 평가 절차에 적용해 보면 다음과 같이 표현을 바꾸어 볼 수 있다(US EPA, 2010; 환경부, 2004).

첫째, 하수처리구역의 오염원 발생특성을 파악하

는 것이 필요하다. 하수처리구역에서 발생하는 하수량, 오염물질 종류, 농도 등 오염원의 특성 파악, 산업폐수, 음폐수, 분뇨, 침출수 등과 연계 처리하는 경우 유입량, 수질유해물질의 종류와 농도 등을 파악하여야 한다.

둘째, 하수처리기술을 파악하고 조사하는 것이 필요하다. 하수에서 오염물질을 제거할 수 있는 처리기술을 파악하고 하수처리공정에 대해서 처리방법과 처리효율을 조사하며, 처리기술의 운영비, 유지관리비, 에너지 등을 조사한다.

셋째, 공공수역에서 수질에 미치는 영향을 평가하는 것이 필요하다. 해당 하수처리시설에 적당한 처리기술을 결정하기 위하여 관련 영향인자를 모두 고려하여 기술별로 환경, 운전, 에너지와 자원 및 경제성과 관련된 영향을 평가한다. 우선 처리기술의 방류수가 수질기준을 준수하는 지를 파악한다. 그 다음 처리기술을 평가하기 위하여 처리기술의 환경, 운전, 에너지와 자원에 대한 세부 영향평가를 가치인자(Value factor)와 가중인자(가중치, Weighting factor)

Table 4. Assessment checklist for best treatment technology in EU

Classification (Example)		Technology A	Technology B	Technology C	Technology D	Unit
Data from mass and energy balance		Discharge or consumption				
Input	Influent amount of sewerage					m ³ /day
	Influent water quality					mg/L
Energy	Fossil energy					MJ
	Electricity					MJ
Discharge	Effluent amount of sewerage					m ³ /day
	Effluent water quality					mg/L
Air emission	GHG(CH ₄ , CO ₂)					kg
	Odor materials					kg
Waste	Sludge					kg
Chemicals	Coagulants					kg
	Dehydrate chemicals					kg
	Disinfectants					kg

를 적용하여 수행하여야 한다(Table 3).

넷째, 하수처리기술에 대한 최종 최적처리기술(Best available technology 또는 Best practicable technology) 선정 시 TWVF(Total summation of weighting and value factors in order to select treatment technology, 환경, 운전, 에너지 및 자원 평가를 포함)를 가장 우선적으로 고려하여야 한다. 그 다음 의사결정과정에서 고려해야 하는 인자는 비용과 경제성이다.

2) 유럽의 최적처리기술 평가방법

유럽의 경우 산업시설 배출수 처리에 있어 매체통합적 환경영향(Cross-media)을 평가하여 최적처리기술을 결정한다. 이 평가 방법은 유럽 집행위원회에서 제정한 통합환경관리제도 지침의 규정에 따르게 되어 있는데, 이 지침에 따르면 매체통합적 환경영향은 처리기술을 선택할 때 환경영향을 상호교차하여 평가하여 복잡한 환경영향을 명백하게 일관된 방법으로 의사결정하기 위한 것이다(국립환경과학원, 2013). 유럽에서 최적처리기술을 평가하는 방법은 다음과 같다(환경부, 2003; 국립환경과학원, 2013).

첫째, 물질 및 에너지 수지에 대한 것으로 전과정 평가 기법(LCA)의 인벤토리(목록)에서 시스템의 투입과 배출을 평가하며 물질 및 에너지 수지를 작성할 때에 평가를 위한 조건과 시스템 경계가 먼저 결정되

고 나서 모든 기술에 대한 투입량, 배출 자료 및 에너지 자료의 수행 및 결정을 검토하여야 한다(Table 4).

둘째, 공공수역에 미치는 영향을 평가하는 것으로 처리기술의 환경에 대한 영향 가능성의 크기와 범위를 평가하며 개별 항목은 잠재적인 환경영향에 따라 평가되고 같은 환경영향을 갖는 항목은 같은 영향 항목으로 분류된다(Table 5). 이러한 매체통합적 환경영향 평가 방법론은 인체독성, 지구온난화, 수서생물독성, 산성화, 부영양화, 오존층 파괴, 광화학적 오존생성능 등 7개 환경주제에 대해 환경영향을 종합적으로 제공하기 위해 선택된다. 이들 매체통합적 환경영향을 계산하기 위해서 다양한 영향에 대한 두 가지 서로 다른 접근법을 사용한다. 첫째, 지구온난화, 산성화, 부영양화, 오존층 파괴, 광화학적 오존생성능을 평가할 때, 각 오염물질은 변환계수를 사용하여 동등한 기준물질로 변환시킨다. 예를 들어, 온실가스는 지구온난화지수(Global warming potential, GWP)를 설명하기 위해 이산화탄소 당량으로 표현할 수 있다. 기준물질의 단위로 각 오염물질을 나타냄으로써 직접 오염물질들을 비교할 수 있으며, 배출에 따른 총영향의 중요도를 함께 평가할 수 있다. 대안기술에서 발생하는 각 온실가스의 배출량은 온실가스에 대한 GWP로 표현되거나 이산화탄소 양의 등가영향(Equivalent effect)으로 표현된다. 각 온실가스들은 가장 큰 영향이 무엇인지 비교할 수 있다. 또한 아래

Table 5. Assessment checklist for best treatment technology using Cross-media method in EU

Classification (Example)	Technology A	Technology B	Technology C	Technology D	Unit per effluent flowrate(m ³ /day)
Impact items	Ability of total impact				
Human toxicity					m ³ Air
Global warming					
Bio-toxicity(water)					L Water
Acidification					kg SO ₂ -Equ.
Eutrophication					kg PO ₄ ³⁻ -Equ.
Ozone layer deletion					
Photochemical ozone generation					kg Ethen-Equ.

등식을 사용하여 기술에 대해 총 이산화탄소 등가치로 나타내어 더 해줄 수 있다.

$$\text{Global warming potential} = \sum \text{GWP}_{(\text{오염물질})} \times \text{mass}_{(\text{오염물질})}$$

둘째, 인체독성과 수서생물 독성에 대해서는, 각 오염물질의 배출량을 오염물질이 배출되었을 때 안전한 정도까지 희석에 필요한 수계 및 대기의 부피 내 오염물질의 독성 임계값으로 나눔으로써 산출할 수 있다. 대기 및 수질의 부피는 오염되었을 때 대기 및 수질의 총 이론적인 부피에서 비롯된 것을 더한 것으로 대안기술들을 비교할 수 있다.

$$\text{Toxicity} = \sum \frac{\text{Mass of pollutant released}}{\text{Toxicity threshold of the pollutant}}$$

위 두 가지 접근법에서 사용한 변환계수와 독성 임계값은 인정된 국제 포럼에서 개발된 방법으로부터 나온 것이다. 포럼이 없는 경우 변환계수는 EU 회원국에서 사용하고 있는 현재 경험값에서 도출한다(국립환경과학원, 2013).

2. 우리나라에 적합한 공공하수처리시설 최적처리 기술 평가지침안 검토

미국과 유럽의 최적처리기술 평가방법을 검토한 결과 유럽 최적처리방법 평가방법은 부영양화, 수서생물독성 이외에도 수계에 직접 영향을 미치지 않는 인체독성, 지구온난화, 산성화, 오존층파괴, 광화학적 오존생성 등 전과정평가 기법(LCA)에 기초한 항목을 평가항목으로 정하고 있고 이러한 항목의 데이터베이스를 구축하려면 많은 시간과 비용을 투자하여야 하는 어려운 점이 존재한다. 따라서 먼저 하수

처리시설의 직접적인 영향을 살펴볼 수 있는 미국의 최적처리기술 평가방법을 적용하여 우리나라 최적처리기술 평가방법을 마련하는 것이 바람직하다. 그 다음 규모가 크고 환경에 미치는 영향이 큰 발전소, 석유화학단지, 제철소과 같은 처리시설의 최적처리기술 평가에는 유럽에서 채용하고 있는 인체독성, 지구온난화, 산성화, 오존층파괴, 부영양화, 수서생물독성, 광화학적 오존생성 등 7개 주요 주제에 대해 종합적으로 환경영향 평가항목을 확대하여 점차적으로 추진하는 것이 바람직하다고 판단된다.

미국 NPDES에서 규정하고 있는 최적처리기술 평가 방법과 공공하수도시설 운영·관리 업무지침의 운영결과 조사표 및 공공하수도시설 관리업무 위탁지침의 평가항목을 참조하여 국내 여건에 적합한 최적처리기술 평가지침안을 마련할 필요가 있다. 이러한 최적처리기술 평가 절차 및 내용은 다음과 같이 정리할 수 있다(Figure 5, Table 6).

첫째, 하수발생 특성을 파악하는 것으로 하수처리 구역의 오수 성상, 유입 농도 및 유량 등 하수발생 특성을 파악하는 것이다.

둘째, 하수처리기술을 파악하고 조사하는 것으로 하수 처리효율, 물질수지, 처리공정 등 처리시설과 관련된 자료를 조사하여야 한다. 즉 하수처리 방법과 처리효율, 처리기술의 운영비, 유지관리비, 에너지 등을 조사하여야 한다.

셋째, 하수 최적처리기술 평가대상 처리기술의 영향을 평가하는 것으로 이 단계는 기술(시설)별로 환경, 운전, 에너지와 자원 및 경제성과 관련된 영향을 평가하는 것인데, 우선 대상 하수처리기술(시설)의

Table 6. Assessment checklist of value factor and weighting factor for best treatment technology

Classification(Example)	Technology A			Technology B		Technology C		Technology D	
	WF	VF	WVF	VF	WVF	VF	WVF	VF	WVF
Environmental factors									
○ Effluent standard compliance									
○ Sewage treatment efficiency									
○ Amount of sludge generation									
○ Impact on water quality of discharge watershed									
○ Ratio of odor emission standard compliance									
Operation factors									
○ Operation of sewage treatment facilities									
○ Use of chemicals									
○ Use of electricity									
○ Simpleness of operation and maintenance									
○ Simpleness of modification of using process									
○ Safety, availability, appropriateness, stability, consistency of facilities									
Economical factors(Energy and resources)									
○ Operation cost(Electricity, Chemicals, Sludge, Labor)									
○ Construction cost and land purchase cost									
○ Maintenance cost (Equipment replacement cost, etc)									
Total weighting and value factor (TWVF) = Σ(WVF)									

※ VF: Value factor, WF: Weighting factor, WVF: Weighting and value factor=WF×VF, TWVF: Total summation of WVFs in order to select treatment technology

Source : Ministry of Environment(MOE), 2012.05.07; MOE, 2013.03.04; MOE, 2004.

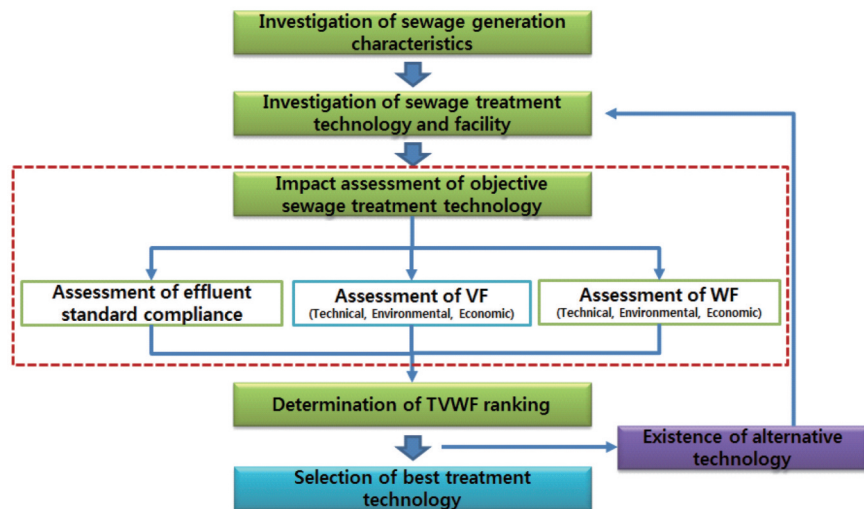


Figure 5. Framework of assessment for best treatment technology

방류수 농도가 방류수 수질기준을 준수하는지 검토하며, 하수처리기술(시설)을 평가하기 위해 가치인자 및 가중인자를 활용하여 환경, 운전, 에너지와 자원

에 대한 세부 영향평가를 수행하는 것이 필요하다 (Table 6의 가치 및 가중 인자항목 참조).

넷째, 마지막으로 최종 처리기술을 선정하는 것으

로 대상 하수처리기술(시설)의 총가중가치인자 값을 우선적으로 고려하며 최적처리기술을 선정하며 그 다음 기술(시설)의 경제적 타당성을 고려할 수 있다.

VI. 결론

우리나라 유역하수도 공공하수처리시설에서 중권역 목표기준(하천 수질환경기준) 달성에 필요한 하수처리기술을 평가하고 유역하수도정비계획 수립 시 공공하수처리시설 신규 건설 및 증설에 최적처리기술을 적용하기 위해서는 공공하수처리시설에서 적용 가능한 최적처리기술을 선정하는 지침을 마련하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 미국과 유럽에서 적용하고 있는 최적처리기술(BAT) 평가지침을 조사 분석하고 우리나라 공공하수처리시설에 적합한 최적처리기술 평가지침(안) 마련을 위한 지침 평가항목을 우선 검토하여 제시하였다. 즉, 공공하수처리시설(500 m³/day 이상) 운영 실태조사 및 위탁운영 평가지침을 반영한 최적처리기술 평가지침안의 평가항목으로 1) 환경요인의 경우 방류수 수질기준 준수, 하수처리 효율, 슬러지발생량, 방류(공공)수역 수질 기여도 등, 2) 운전요인의 경우 하수처리시설 가동, 약품사용량, 전력사용량, 운전 및 유지관리의 용이성, 가용 처리공정 및 변경 용이성, 시설의 안전성·유용성·적절성·안정성·견고성 등, 3) 경제적 요인의 경우 운영비용(운전비·전력비·약품비·슬러지처리비), 시설 설치비용, 토지비용, 개·보수비용 등을 도출하였다.

향후 계층분석기법(AHP)을 통한 전문가 설문을 수행하여 하수처리기술 및 유역특성을 고려한 공공하수처리시설 최적처리기술 평가지침의 평가항목 가중치를 결정하고 우리나라 공공하수처리시설에 적합한 최적처리기술 평가지침안을 마련하는 것이 필요하다.

인용문헌

국립환경과학원. 2013. EU 통합환경관리 BAT 기준서: 경제성 및 매체통합적 환경영향.
환경부. 2003. BAT 평가기법 비교분석.
환경부. 2004. 폐수처리공정별 BAT 평가 및 원단

위 산정.

환경부. 2012. 공공하수도시설 관리업무 위탁지침.
환경부. 2013. 공공하수도시설 운영·관리 업무지침.
환경부. 2013. 유역하수도정비계획 세부 단위유역, 환경부고시 제2013-10호.
환경부. 2014. 2013년 공공하수처리시설 운영결과 조사.
환경부. 2014. 2013년 하수도통계.
US EPA. 2010. NPDES permit writers' manual.

References

National Institute of Environmental Research. 2013. Integrated Pollution Prevention and Control reference document on economics and cross-media effects.
Ministry of Environment. 2003. Comparison analysis of BAT assessment methods.
Ministry of Environment. 2004. Pollutants unit mass from industrial wastewater discharging facility and best available technology assessment on the wastewater treatment processes.
Ministry of Environment. 2012. Guideline for commission management of public sewage treatment works.
Ministry of Environment. 2013. Guideline for operation and management of public sewage treatment works.
Ministry of Environment. 2013. Specified unit watershed of the Watershed Sewer System Maintenance Plan, The notice of MOE No. 2013-10.
Ministry of Environment. 2014. Investigation of management results for public sewage treatment works in 2013.
Ministry of Environment. 2014. Statistics of sewerage in 2013.
US EPA. 2010. NPDES permit writers' manual.