

## 우리나라 하수처리장 공정특성에 관한 연구

박광하<sup>†</sup> · 권영두<sup>1</sup>

강릉원주대학교 생명화학공학과

<sup>1</sup>한중대학교 보건환경학과

### A Study on the Characteristics of Process for the Sewage Treatment in Korea

Kwang-Ha Park<sup>†</sup> and Young-Du Kwon<sup>1</sup>

Department of Biochemical Engineering, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, 210-702, Korea

<sup>1</sup>Department of Health Environment, Hanzhong University, Donghae, 240-713, Korea

Received January 30, 2012/Accepted March 16, 2012

In this study, we represents the characteristics of process for a sewage treatment in korea. In case of standard activated sludge process, the results represent that BOD is 90.8%, COD is 82.2%, SS is 95.9% and E-coli is 99.4%. But T-N is 43.3% and T-P is 58.1%. Secondary treatment process shows that BOD is 91.5%, COD is 73.7%, SS is 88.4% and E-coli is 98.1%. But T-N is 35.4% and T-P is 39.6%. The ministry of environment strengthen the disposal criterion of T-N and T-P in sewage. This law shall come into force on January 1, 2012. We know the limits of removal for the N and P in treatment system. It should be reinforced to the advanced process in present plants.

**Key words:** Sewage disposal plant, standard activated sludge process, T-N, T-P

#### 1. 서 론

최근 하수종말처리장의 처리공법은 주로 생활오수에 기인한 BOD물질이 주류를 이루고 있다. 전국 시군 단위로 설치 운영되고 있는 대부분의 하수종말처리장은 BOD물질 제거에 초점을 맞추어 운영되고 있다. 최근에는 질소 및 인 등의 과다 유입으로 인하여 부영양화 등 수질의 오염도가 날로 증가하고 있어서 이를 방지하기 위한 방안으로 고도처리시설이 강력하게 요구되고 있는 실정이다. 환경부는 현행 공공하수처리시설의 방류수 수질기준은 2010. 12. 31까지 적용하고 2012. 1. 1부터 난분해성화학물질 사용 및 하천의 부영양화가 증가함에 따라 공공수역의 수질보전을 위해 공공하수처리시설의 방류수수질기준을 강화하기 위하여 방류수 수질기준을 대폭 강화한 기준을 입법예고(동절기 T-N

60 mg/L T-P 8 mg/L 기준을 비동절기 T-N 20 mg/L T-P 0.2~0.5기준으로 단일화)하였다. 1일 500 m<sup>3</sup> 이상을 처리하는 공공하수처리장의 경우 2012년 1월 1일부터 개정된 규정의 적용을 받게 되며, 1일 500 m<sup>3</sup> 미만의 공공 및 개인하수처리시설은 2014년까지 적용이 유예된다<sup>1)</sup>. 본 기준이 적용되는 2012. 1월부터는 전국 공공하수처리시설을 고도처리가 가능하도록 시설보완이 되어야 한다. 이것은 질소(N), 인(P)의 과다 유출로 수생태계가 직접적으로 큰 영향을 받고 있기 때문이다.

그러나 일부 하수종말처리장을 제외한 대부분의 하수종말처리장은 질소, 인 제거가 어려운 BOD물질의 제거에만 한정된 2차 처리공법으로 운영되고 있는 실정에 있다. 따라서 각 시군별 설치 운영되고 있는 하수종말처리장의 설치 및 처리효율 등은 처리공법에 따라 천차만별이며 고도처리를 위한 질소, 인 제거기술에 관한

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

Tel: 82-33-640-2401, Fax: 82-33-640-2401, E-mail: khpark@gwnu.ac.kr

많은 연구가 진행되고 있다.

국내의 많은 학자들이 질소와 인을 제거하기 위한 연구를 진행하고 있다. 박재로 등은 일본의 경우 BOD<sub>5</sub>의 처리 성능 개선과 더불어 질소와 인을 제거할 수 있는 고도 처리용 합병 정화조의 보급이 장려되고 있는 점에 착안하여 우리나라에서도 적용해야 한다고 하였다<sup>2)</sup>. 이태관 등은 상수 처리시 암모니아성 질소를 제거하기 위한 목적으로 전 염소 처리가 조류 응집에 미치는 영향을 염소 농도와 반응 시간에 따라 살펴보았다<sup>3)</sup>. 광중운 등은 질소와 인에 대한 규제에 인하여 개별 하수 처리장에서는 여러 가지로 어려움을 겪을 것으로 예상하고, 우리나라 유입 하수의 특성을 분석하고 소규모 파일럿 실험을 실시하여 국내 하수에서 화학적 전처리법의 적용 가능성을 연구하였다<sup>4)</sup>. 宗形昭司는 수질정화 고도처리를 위한 수정 Bardenpho법을 개발하고, 응집제 첨가 기법에 대하여 연구 하였다<sup>5)</sup>. 宮岐章은 광업 배수, 농업 배수 중 질산성질소를 제올라이트에 의해 처리할 수 있는 공법에 대하여 연구 하였다<sup>6)</sup>. 松井謙介는 탈질소 처리 설비, 전처리 탈수 탈인 플랜트 및 고도 처리 설비와 응집제, 오니 처리 시설 등에 대하여 연구 하였으며<sup>7)</sup>, 藤原久仁一은 분뇨 처리과정에서 응집제를 첨가하여 인 성분을 효과적으로 제거하고, 탈질기술에 대하여 연구를 수행 하였다<sup>8)</sup>.

본 연구에서는 우리나라에서 운영되고 있는 하수종말처리장 설치공법의 특성과 각각의 공법에 따른 처리 효율을 중심으로 비교 연구하였으며 향후 하수종말처리장 고도처리공법에 적용이 가능한 질소 및 인 제거를 위한 공법의 필요성에 대하여 살펴보려고 하였다.

## 2. 실험방법

본 연구는 서울특별시를 비롯하여 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시와 경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도, 제주도에 운영되고 있는 하수처리장을 대상으로 하여 운영 중인 하수처리 시설의 규모별 용량, 하수처리장의 운영주체, 하수처리장 특수폐수 연계처리 정도, 하수처리장의 폐수처리방법에 따른 분류, 각 하수처리장에 적용된 처리 공법, 하수처리장의 표준화슬러지공법에 대하여 하수처리장의 특성과 하수처리장 방류수의 처리효율 관점에서 조사 분석하였다.

아울러 하수처리장의 처리효율 분석을 위해서 고려

할 수질기준 항목으로는 BOD, COD, SS, T-N, T-P, 대장균수의 6항목을 대상으로 연구를 수행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 우리나라 하수처리장 분포 현황

우리나라 하수종말처리장의 분포도를 살펴보면 전국 16개 광역지자체중 하수종말처리장 설치수가 가장 많은 곳은 전라남도로서 총 설치 수는 597개에 이른다. 100개 이상의 설치수를 보이는 지자체를 순서대로 보면 전라북도 362개, 경상남도 244개, 강원도 240개, 경기도 207개, 경상북도 201개, 충청남도 157개, 충청북도 148개의 순이다. 이와 같이 광역시이외의 광역지자체에 하수종말처리장이 많이 설치된 이유는 광역시이외의 지자체내에 비도시화지역이 많아 소규모 하수종말처리장이 많이 설치되었기 때문으로 생각된다. 각 지자체 규모별 하수종말처리장 설치내용을 Table 1에 정리하였다.

반면, 서울을 비롯한 대부분의 광역시는 하수종말처리장의 설치수가 제주도(37개)를 제외하고 모든 지역이 25개 이하로서 매우 적다. 그 이유는 광역시는 대부분 용량이 큰 대규모시설로 하수종말처리장으로 설치되어 있기 때문에 수적으로는 적은 것으로 나타났다. 가장 적은수의 하수종말처리장이 설치된 광역시는 대전시로

Table 1. Amounts of a Sewage Disposal Plant in Korea

Megalopolis	Quantities	Sewage Disposal Plants			
		More than 500 m <sup>3</sup> /day	%	Less than 500 m <sup>3</sup> /day	%
Seoul	4	4	100	0	0
Busan	24	11	45.9	13	54.1
Dague	13	6	46.2	7	53.8
Incheon	9	7	77.8	2	22.2
Gangju	5	2	40.0	3	60.0
Daejeon	3	2	66.7	1	33.3
Ulsan	11	6	54.5	5	45.5
Gyeonggi	207	80	38.6	127	61.4
Gangwon	240	32	13.3	208	86.7
Chungbuk	148	28	18.9	120	81.1
Chungnam	157	35	22.2	122	77.7
Jeonbuk	362	20	5.5	342	94.5
Jeonnam	597	42	7.0	555	93.0
Gyeongbuk	201	37	18.4	164	81.6
Gyeongnam	244	40	16.4	204	83.6
Jeju	37	5	13.5	32	86.5
Total	2,262	357	-	1,905	-

서 대규모시설 2개, 소규모시설 1개 등 총 3개이다.

### 3.2. 우리나라 하수처리 시설의 규모별 용량

Table 2에서 우리나라의 하수종말처리장의 용량규모를 살펴보면 500 m<sup>3</sup>/day 이상인 시설용량은 23,810,050 m<sup>3</sup>/day이며, 500 m<sup>3</sup>/day 이하인 시설용량은 130,250 m<sup>3</sup>/day으로서 총용량은 23,946,298 m<sup>3</sup>/day인 것으로 조사 되었다. 시설용량이 가장 큰 지역은 서울시로서 중앙, 탄천, 서남, 난지 등 4개 지역에 대규모 하수종말처리장이 위치해 있으며, 총시설 용량은 5,810,000 m<sup>3</sup>/day에 이르고 있으며, 500 m<sup>3</sup>/day 이하의 소규모시설은 없다. 경기도는 총 시설용량은 5,132,908 m<sup>3</sup>/day이며, 이중 500 m<sup>3</sup>/day 이상인 대규모 시설이 5,121,100 m<sup>3</sup>/day으로서 99.8%이며, 500 m<sup>3</sup>/day 이하인 소규모 하수종말처리장도 11,808 m<sup>3</sup>/day 이다. 한편 1일처리용량이 1,000,000 m<sup>3</sup>/day 이상 되는 지자체는 총 16개 지자체 중 6개 지역에 해당한다. 이에 해당하는 지자체를 용량 규모 크기별로 살펴보면 서울시>경기도>부산시>대구시>경상남도>경상북도 의 순이다. 반대로 제일 규모가 작은 지자체는 제주도로써 총 시설용량이 178,779 m<sup>3</sup>/day 이다. 그러나 이중 99%인 177,000 m<sup>3</sup>/day이 500 m<sup>3</sup>/day 이상인 대규모 시설이며, 소규모시설은 1%에 해당하는 1,779 m<sup>3</sup>/day에 불과하다. 전국 지자체중

**Table 2.** Processing capacity by size of sewage disposal plants

Megalopolis	Amounts (m <sup>3</sup> /day)	Processing Capacity			
		More than 500 m <sup>3</sup> /day	%	Less than 500 m <sup>3</sup> /day	%
Seoul	5,810,000	5,810,000	100	0	0
Busan	2,068,120	2,066,000	99.9	2,120	0.1
Dague	1,862,490	1,862,000	99.9	492	0.1
Incheon	772,350	772,000	99.9	350	0.1
Gangju	720,190	720,000	99.9	190	0.1
Daejeon	901,426	901,000	99.9	426	0.1
Ulsan	597,870	596,600	99.8	1,270	0.2
Gyeonggi	5,132,908	5,121,100	99.8	11,808	0.2
Gangwon	628,245	608,600	96.9	19,645	3.1
Chungbuk	565,809	555,200	98.1	10,609	1.9
Chungnam	565,524	556,800	98.5	8,724	1.5
Jeonbuk	932,883	913,600	97.9	19,283	2.1
Jeonnam	667,321	638,500	95.7	28,821	4.3
Gyeongbuk	1,158,809	1,147,900	99.1	10,909	0.1
Gyeongnam	1,383,574	1,369,750	99.0	13,824	1.0
Jeju	178,779	177,000	99.0	1,779	1.0
Total	23,767,519	23,639,550	98.9	128,971	1.1

500 m<sup>3</sup>/day 이하인 소규모 시설 용량이 가장 많은 곳은 전라남도로써 28,281 m<sup>3</sup>/day(4.3%)이며, 그 다음은 강원도와 전라북도 순이다.

### 3.3. 우리나라 하수처리장 운영주체

각 지자체별에 산재해 있는 하수종말처리장의 운영주체는 지자체의 실정에 따라서 직접 운영하거나 민간 위탁 운영하고 있다. 서울시·제주시를 비롯한 7개 광역시와 경기도는 대부분 민간위탁 운영하고 있으며, 나머지는 지자체에서 직접 운영하고 있는 비율이 매우 높다. 특히 전라남도는 총 596개로 제일 많으며 이중 118곳은 민간위탁처리하고 425곳은 직접 처리하고 있다. 이와 같은 현상은 민간처리하기에는 소규모가 많으며 각 지방으로 많이 분산되어 있는 지형적 특성 때문으로 판단된다.

### 3.4. 우리나라 하수처리장 특수폐수 연계처리

전국의 모든 하수처리장은 생활오수처리를 기본으로 하고 있으며, 지역에 따라서 분뇨, 축산폐수, 침출수 등을 연계하여 처리하고 있으며 Table 3에 나타내었다. 전국적으로 연계처리하는 특수폐수 내용을 보면 분뇨가 25.8%로 가장 많고, 침출수 8.7%, 축산폐수 1.8% 기타 20%로 구성되어 있다. 그러나 연계처리가 가능한 곳은 주로 경기도와 강원도를 포함한 광역시이며, 그 외의 지자체에서는 농촌이 산재해 있는 특성 때문에 연계처리하지 못하고 있는 실정이다.

### 3.5. 우리나라 하수처리장 폐수처리방법에 따른 분류

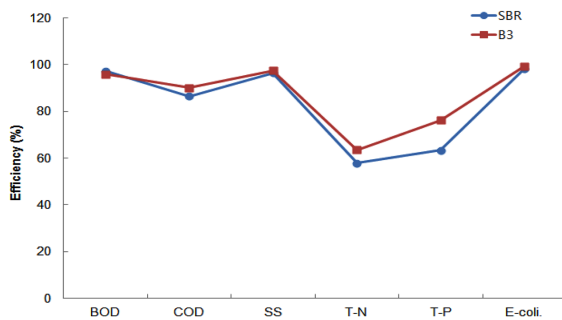
우리나라의 하수처리장 처리방법을 살펴보면 물리적 처리, 생물학적 처리, 고도 처리 등 3분야로 나누어 처리되고 있으며, 호기성균을 활용한 생물학적 처리방법을 이용한 2차 처리공법이 62.7%에 해당하며, 질소, 인 등 영양염류 제거를 위한 고도처리공법을 채택한 폐수처리가 41.1%에 해당한다. 향후 모든 하수종말처리장은 고도처리 시설을 갖추도록 의무화되어 있어서 고도처리율은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

일부 지자체에서는 BOD, COD, SS, 대장균을 효과적으로 제거함과 동시에 N, P를 병행하여 제거하기 위한 목적으로 새로운 공법을 도입하여 운영하고 있다. 이중 가장 먼저 도입된 SBR공법(충북 주덕, 경기도 대부, 강원도 도계, 부산시 서부) 및 B3공법(대전시 방어진, 충북 충주, 경기도 기흥)에 대한 평균 처리효율을 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 SBR

**Table 3.** Contacting Treatment Amounts of the Special Waste Water

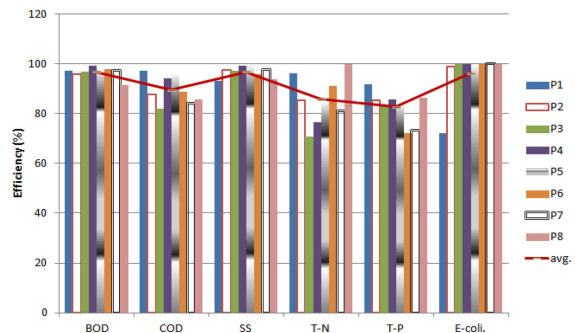
Megalopolis	Amounts (m <sup>3</sup> /day)	Special Waste Water (m <sup>3</sup> /day)							
		excretion	%	stockbr-eeding	%	leachate	%	others	%
Seoul	12,266	4,094	33	0	0	76	1	8,096	66
Busan	29,694	3,299	11	0	0	1,348	5	25,047	84
Dague	2,702	1,909	71	0	0	461	17	332	12
Incheon	583	470	81	0	0	113	19	0	0
Gangju	4,026	2,965	74	0	0	785	19	276	7
Daejeon	1,694	970	57	0	0	724	43	0	0
Ulsan	52,508	116	0.2	0	0	579	1	51,813	98
Gyeonggi	7,201	4,331	60	1,637	23	1,089	15	144	2
Gangwon	4,874	1,243	26	229	5	909	19	2,493	50
Chungbuk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chungnam	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jeonbuk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jeonnam	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyeongbuk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyeongnam	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jeju	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	115,548	19,397	16.8	1,866	1.6	6,084	5.3	88,201	76.3

공법의 처리효율을 보면 BOD 97.2% COD 86.5%, SS 96.4%, 대장균군 98.3%으로서 2차처리공법인 표준활성슬러지법보다 더 높은 효율을 보이고 있다. 또한 N, P 처리효율도 57.9%, 63.4%로서 2차처리공법보다 높음을 알 수 있다. 강원도 도계의 경우는 동일한 SBR공법임에도 불구하고, 타 지역의 평균값보다도 N, P 처리효율이 26.8%, 31.6%로 현저히 낮음을 볼 때, 운영관리방법에 따라 처리효율이 현저히 차이가 날수 있음을 알 수 있다. 반면, B3공법을 보면 BOD 96.0% COD 90.0%, SS 97.5%, 대장균군 99.4%으로서 2차처리공법인 표준활성슬러지법보다 높은 효율을 나타냈으며, SBR공법보다도 고효율을 나타내고 있다. 또한 N, P 처리효율도 63.5%, 76.1%로서 2차처리공법 및

**Fig. 1.** Average efficiency of SBR and B3 process by the local governments.

SBR공법보다도 더 높음을 알 수 있다. 그러나 지역에 따라 처리효율에 큰 차이를 보이고 있는데 이것은 위에서 살펴본 바와 같이 운영관리자에 따라 처리효율에 변화가 있을 수 있음을 알려 주고 있다.

이 외의 최근에 고도처리시설을 설치하여 운영하고 있는 지자체가 많아지면서 전국적으로 약 75%에 달한다. 가장 대표적인 공법을 Fig. 2(P1: 경기도 단월-간월 방류식장기포기법, P2: 인천시 만수-Azenit-P, P3: 부산시 강변-응집순환변법, P4: 경기도 곤지암-산화구법+생물막여과법, P5: 강원도 진부-MBR, P6: 충남 대천-ACS공법, P7: 경북 안강-단계적격리식산화구법, P8: 경기도 광주-HBR II)에 나타내었다. 이들 고도처리공법

**Fig. 2.** Efficiency of advanced treatments by the local governments.

에 의한 처리효율을 살펴보면 BOD 96.8% COD 89.5%, SS 96.7%, 대장균군 96.3%으로서 2차처리공법인 표준활성슬러지공법보다 높은 효율을 나타냈을 뿐만 아니라, N, P 처리효율도 85.7%, 82.7%로서 2차처리공법 및 SBR, B3 등 기존 고도처리공법보다도 훨씬 높은 처리효율을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 아직까지 2차처리에 의존하고 있는 전국의 하수처리장은 최근의 고도처리공법을 도입하기 위한 비교검토를 수행하여야 하며, 기존 고도처리시설도 N, P 처리효율을 높이기 위하여 시설을 보강하여야 한다.

### 3.6. 우리나라 하수처리장의 표준활성슬러지공법 처리효율

전국적으로 하수종말처리장에서 가장 많이 이용하고 있는 공법은 표준활성슬러지법이다. 서울시 4개 대형하수종말처리장은 이 공법을 채택하여 운영하여 오고 있다. 대부분의 광역시도 표준활성슬러지법에 의하여 처리하고 있으며, 일부 광역시에서는 중소규모의 하수종말처리장은 그 실정에 맞는 다른 공법을 채용하고 있다. 그러나 다른 시도에서는 처리효율이 다른 수많은 하수처리공법을 채용하고 있어서 하수처리효율도 각각 각색으로 나타나고 있다.

전국 하수종말처리장중 표준활성슬러지법의 처리효율을 알아보기 위하여 가장 대표적인 8곳(St1: 서울 성동구 중랑물재생센터, St2: 서울 강남구 탄천물재생센터, St3: 서울 강서구 서남물재생센터, St4: 경기도 고양시 난지물재생센터, St5: 광주, St6: 대전, St7: 원주, St8: 제천)을 선정하여 Fig. 3에 나타 내었다.

Fig. 3에서 나타난 처리효율을 보면 BOD 90.8% COD 82.2%, SS 95.9%, 대장균군 99.4%가 제거되는 우수한 처리효율을 보이고 있다. 이것은 폭기조를 중심으로 호기성균을 이용한 생물학적 처리를 중심으로 하

고 있기 때문이다. 또한 BOD와 COD 처리효율이 높은 것은 2차처리공법인 표준활성슬러지법이 BOD와 COD 물질 제거를 목적으로 하고 있기 때문이다. 아울러 SS 및 대장균군도 처리효율이 95% 이상으로 매우 높다. 그러나 표준활성슬러지법은 2차처리공법인 관계로 부영양화의 원인이 되고 있는 영양염류 질소(N), 인(P)의 제거능력이 낮아서 총질소(T-N), 총인(T-P) 제거 효율이 43.3%, 58.1%에 머무르고 있다. 따라서 최근에 수질오염의 주원인으로 자리 잡고 있는 영양염류의 제거효율을 높이기 위해서는 3차처리공법의 도입이 시급하다. 동일한 공법을 사용하고 있음에도 불구하고 각 지역별 처리효율이 다르게 나타나고 있는데 이것은 설치연도가 오래된 경우 노후 되어 처리효율이 낮아졌거나 운전관리방법에 따라 처리효율이 달라짐을 나타내는 것으로 생각된다.

한편, 각 시도에 설치되어 있는 공법 중 표준활성슬러지법을 제외한 다른 공법으로 운영되고 있는 7곳(P1: 대전시 흑석-PSBR, P2: 온정-회전원판접촉법, P3: 경기도 남한산성-산화구법 + MCF여과, P4: 강원도 둔내-접촉산화, P5: 충북 대소공공-AOSB, P6: 전남 공산공공-회전원판법, P7: 경북 빛내-변형회분식활성슬러지법)의 대표적 공법을 Fig. 4에 나타내었다. 방류수의 수질을 살펴보면, BOD 91.5% COD 73.7%, SS 88.4%, 대장균군 98.1%가 제거되는 양호한 처리효율을 나타내었다. 그러나 이들 공법도 표준활성슬러지법과 마찬가지로 2차처리공법인 관계로 질소(N), 인(P)의 제거능력은 매우 낮아서 총질소(T-N), 총인(T-P) 제거 효율이 35.4%와 39.6%로 낮았다. 표준활성슬러지법보다도 더 낮은 처리효율을 나타내고 있다. 특히 회전원판법은 N, P 제거효율이 25%에도 못 미치고 있다. 따라서 2차처리공법 위주로 되어 있는 처리시설로는 영양염류(N, P)를 제거하는데 한계가 있다. 따라서 효율적인 3차처리공법

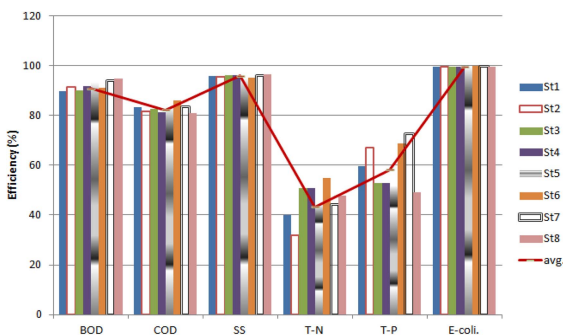


Fig. 3. Efficiency of standard activated sludge process.

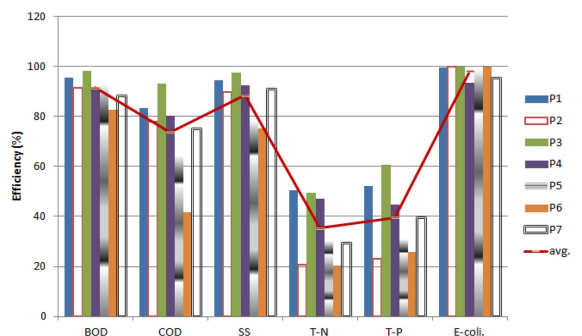


Fig. 4. Efficiency of secondary treatment process.

의 도입이 필요하며, 현재 전국적으로 약 75%정도 시설이 고도처리를 하고 있으며, 서울시 관내 하수종말처리장은 고도처리 시설을 보완 설치 중에 있다.

#### 4. 결 론

우리나라 하수종말처리장에 대해서 지역별, 공법별, 처리효율에 대하여 전반적으로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하수종말처리장의 처리공법은 대부분 2차처리공법으로 운영되고 있다. 현재 운영되고 있는 2차처리공법 중 가장 많이 이용되고 있는 공법은 표준활성슬러지법이며, 지역특성에 따라 그 외에 수많은 공법이 채택되어 이용되고 있다.

2. 표준활성슬러지법의 처리효율은 BOD 90.8% COD 82.2%, SS 95.9%, 대장균군 99.4%가 제거되는 우수한 처리효율을 나타냈으며, 부영양화의 원인이 되고 있는 영양염류 질소(N), 인(P)의 제거능력은 낮아서 총질소(T-N), 총인(T-P) 제거 효율이 43.3%와 58.1%로 나타났다. 그 이유는 2차처리공법인 표준활성슬러지법이 주로 유기물 제거를 목적으로 하고 있기 때문이다.

3. 표준활성슬러지법 이외의 다른 2차처리공법의 처리효율을 보면 BOD 91.5% COD 73.7%, SS 88.4%, 대장균군 98.1%로 양호한 결과로 나타났다. 그러나 이들 공법도 질소(N), 인(P)의 제거능력은 매우 낮아서 총질소(T-N), 총인(T-P) 제거 효율이 35.4%와 39.6%로 나타났다. 표준활성슬러지법보다도 더 낮은 처리효율을 나타내고 있으며, 회전원판법은 N, P 제거효율이 25%에도 못 미치고 있다. 따라서 현재 2차처리공법 위주로 되어 있는 처리시설로는 영양염류(N, P)를 제거하는데는 한계가 있음을 알 수 있다.

4. 최근에 고도처리시설을 설치하여 운영하고 있는 지자체가 많아지고 있다. 이들 고도처리공법에 의한 처리효율을 살펴보면 BOD 96.8% COD 89.5%, SS 96.7%, 대장균군 96.3%으로서 2차처리공법인 표준활성슬러지법보다 높은 효율을 나타냈을 뿐만 아니라, N, P

제거효율도 85.7%와 82.7%로서 2차처리공법 및 SBR, B3 등 기존 고도처리공법보다도 훨씬 높은 처리효율을 나타냄을 알 수 있다.

5. 고도처리시설 종류 및 관리운영방법에 따라 처리효율이 큰 차이를 보이고 있다. 향후 시설을 보강하고자 하는 지자체에서는 이미 설치되어 가동되고 있는 기존 고도처리의 효율 및 장단점, 그 지역의 하수성상 등을 고려하여 가장 적절한 공법을 선택하도록 하여야 한다.

#### 감사의 글

본 논문은 2010년 강릉원주대학교의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 환경부, 2011, “하수도법 시행령 및 시행규칙”.
2. 박재로, 김우호, “침지형 막분리법과 응집제 첨가 활성슬러지법의 조합에 의한 하수중의 유기물 및 인 제거 특성에 관한 연구”, 한국수질보전학회지, 2000, 16(3), 401-411.
3. 이태관, 진정숙, “전 염소 처리가 *Microcystis aeruginosa* 응집에 미치는 영향”, 대한환경공학학회지, 2000, 22(3), 505-510.
4. 곽중운, 최정환, “1차 처리장에 응집제를 이용한 하수의 화학적 처리”, 한국수질보전학회지, 1996, 12(1), 47-55.
5. 宗形昭司, “霞霞浦를 위한 고도 처리 계획과 고효율 질소 인 제거법 개발”, 月刊 下水道, 1999, 22(6), 17-21.
6. 宮岐章, “특집 산업 배수 처리 장래 : 불소 처리 기술이나 신응집제를 개발 ; 산업 배수 처리의 현상과 문제점”, 月刊地球環境, 1998, 29(12), 12-15.
7. 松井謙介, “정화조 오니 대응형 막분리 탈질소 처리 기술 (J 시스템)에 대하여”, 生活と環境, 1997, 42(9), 25-29.
8. 藤原久仁一, “濱松市の 질소總CE 제거에 관한 3 가지 프로세스의 운전 결과”, 下水道協會誌, 1992, 29(338), 80-85.