

하수처리시설에서의 에너지저감기술

박 준 택 / 에너지관리부문 위원장
한국에너지기술연구원 지열에너지연구센터(jtpark@kier.re.kr)

“하수처리시설”이라 함은 하수를 처리하여 하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 설치하는 시설을 말한다. 2006년말 현재 하수도보급률은 85.5%이며, 전국에 가동중인 공공하수처리시설은 334개소, 시설용량은 23,1587톤/일이다.

하수처리시설은 공공환경기초시설 중에서도 에너지 다소비 시설의 하나로 전체 하수처리시설에서의 연간 에너지소비량은 1,129 toe에 달하고 있으며, 하수도보급률 상승에 따라 에너지소비량도 더욱 증가할 전망이다.

한편, 하수도시설에서의 사용에너지는 약 99%가 전력이다. 하수처리장에서 소비되는 전력량은 약 16억 kWh이며, 국내 전체 전력소비량의 약 0.4%를 차지하고 있어 이로 인해 지구온난화의 원인물질인 이산화탄소가 다량 배출되고 있다.

그간의 우리나라 하수도사업은 시설확충과 처리효율을 높이기 위한 신기술도입에 초점이 맞추어져 있고 에너지사용 효율성에 대해서는 미흡하였다. 즉, 공공하수도시설에 도입되는 대부분의 환경기술은 수처리, 악취, 하수찌꺼기 등 각각의 처리공정상의 성능향상에 초점이 맞추어져 있었다.

에너지 고갈과 지구환경 문제에 대처하기 위하여 공공하수도시설에서도 에너지사용을 절감하고 하수처리과정에서의 부생물질의 자원화와 미활용 재생에너지의 이용을 극대화하여 공공하수도시설의 에너지 자립화가 절실히 요구되고 있다. 이에 본 고에서는

하수처리시설에서의 주된 에너지저감기술에 대한 개요 및 적용사례 등을 간략히 소개하고자 한다.

하수처리시설에서의 에너지절감기술 개요

현재 하수처리시설에서 도입되고 있는 주된 에너지저감기술은 표 1과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이, 기기의 교체에 따른 에너지저감대책과 운전관리에 의한 에너지저감대책으로 구분할 수 있다. 기기의 교체에 따른 에너지저감대책은 인버터제어나 고효율 설비 도입이 주로 실시되고 있다. 또한 운전관리에 관한 에너지저감대책은 간헐운전이나 운전설정치의 최적화 등이 주로 실시되고 있다.

한편, 하수도시설에서의 기기별 전력사용비율(그림 1)을 보면, 일반적으로 포기용 송풍기에서 처리장 전체 전력소비량의 약 30% 이상을 소비하고 있다. 따라서 하수도시설에서의 에너지저감대책은 바로 포기용 송풍기에서의 에너지절약대책을 강구하는 것이 가장 효과적이라 말할 수 있다. 포기용 송풍기에서의 에너지저감대책의 주된 기술로서는 고효율 송풍기(인버터형 터보블로워) 및 초미세기포장치를 설치하여 송풍동력을 저감하는 사례가 많다.

슬러지처리공정에서는 고효율탈수기 채용에 의한 탈수효율 향상을 꾀하고 있으며, 또한 하수처리장에서는 하수가 갖는 열(하수열)이 대량으로 발생되고 있으므로 이 열을 히트펌프로 회수하여 처리장내 필

요한 냉온수를 공급하는 실적이 증가하고 있다.

따라서 하수처리시설에서의 에너지자립화를 위한 주된 에너지저감기술은 다음과 같다.

- 인버터형 터보블로워
- 초미세기포장치
- 초미세기포장치
- 하수열이용 히트펌프

인버터형 터보블로워

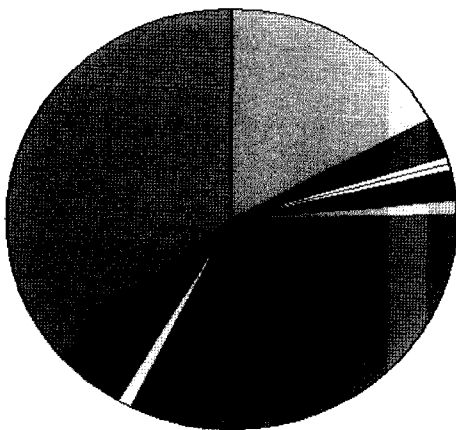
인버트 및 에어베어링을 적용 그리고 고효율 모터

(BLDC 또는 고속유도전동기 채택)에 임펠러를 직결하여 사용함으로써 기존 제품(Roots Blower, 기어중속형 터보블로워 등)의 단점인 저효율, 폐오일의 처리, 고소음, 고진동, 고비용등의 문제점을 해결한 것으로 각종 하·폐수처리장 폭기설비, Roots 블로워, 기존 터보블로워를 사용 중인 설비 등에 주로 도입되고 있다.

기존 터보블로워는 일반 상용 모터(1,800 RPM)에 기어로 중속하여 약 30,000 RPM으로 임펠러를 구동하여 공기를 압축하고 있으나, 이 터보블로워는 고효율 고속 모터에 임펠러를 직접 연결하여 구동하는

<표 1> 하수도시설에 도입되고 있는 주된 에너지저감기술 예

처리공정	설비	에너지절약대책
전처리	침사지설비	침사기계 스크린설비의 타이머 운전
	주펌프	펌프의 인버터 제어
수처리	초침·중침설비	반송슬러지펌프 인버터제어
		반송슬러지율 설정 최적화
	여과설비	여과역세 브로워 간헐운전
	반응탱크	초미세기포장치 도입
폭기풍량 설정 최적화		
반응탱크의 풍량제어밸브 도입		
슬러지처리	슬러지탈수설비	고효율탈수기 채용에 의한 탈수효율 향상
공통설비	공조설비	하수열원 히트펌프 도입



- 유입펌프
- 슬러지 이송펌프
- 농축조 가동펌프
- 소화조 가동펌프
- 방류펌프
- 여포세척수 펌프
- 포기조 송풍기
- 소화조 가스교환기
- 슬러지 탈수 처리설비
- 기타

[그림 1] 하수처리시설에서의 기기별 전력사용비율

방식으로서 기존 설비(Roots Blower)와 비교하면 표 2와 같다.

경기 구리소재 하수처리장에 기존 설비(Roots Blower) 대신 인버터형 터보블로워로 교체, 운전한 사례를 보면 에너지절감률은 약 38%, 투자비 회수기간은 약 4년인 것으로 보고되고 있다.

초미세기포장치

반응탱크의 송풍량은 유입하수 등으로부터 구한 필요산소량을 토대로 산기장치의 산소이동효율로부터

설정되어 진다. 각종 포기장치의 소요에너지는 기포경이 작을수록 소요에너지효율은 향상된다. 또한 병용식은 산기식에 비해 송풍동력은 삭감할 수 있지만 순환펌프를 처리수에 관계없이 운전을 필요로 하기 때문에 저유량시에는 에너지효율이 저하한다.

하수처리시설에서의 포기장치는 산기식, 기계식 표면포기식, 겸용식(수형형 포기기) 등이 적용되고 있으나, 국내 하수처리장의 경우 산기식이 약 54%, 수중형포기기가 16%, 기계식 표면포기가 15% 등으로 적용되고 있다. 산기식의 경우 그림 2에서와 같이 현재 다양한 형식의 산기식 포기장치가 적용되고 있으

<표 2> 기존 설비(Roots Blower)와의 비교

구분	기존 설비(Roots Blower)	인버터형 고속 터보블로워
구동방식	<ul style="list-style-type: none"> 저속 유도전동기 사용 인버터 사용안함 오일윤활방식 기어증속 또는 벨트 	<ul style="list-style-type: none"> 고속영구자석모터(BLDC) 또는 고속비동기모터 사용 인터터 사용 Air Bearing 사용(오일불필요) 모터직결형
장단점	장점	<ul style="list-style-type: none"> 고효율이며 고장이 적음 소음 및 진동이 거의 없음 에너지절약효과 탁월 환경친화적
	단점	<ul style="list-style-type: none"> 효율이 매우 낮고, 고장 잦음 소음 및 진동이 심함 오일관리에 세심한 주의필요

<표 3> 각종 포기장치의 소요에너지

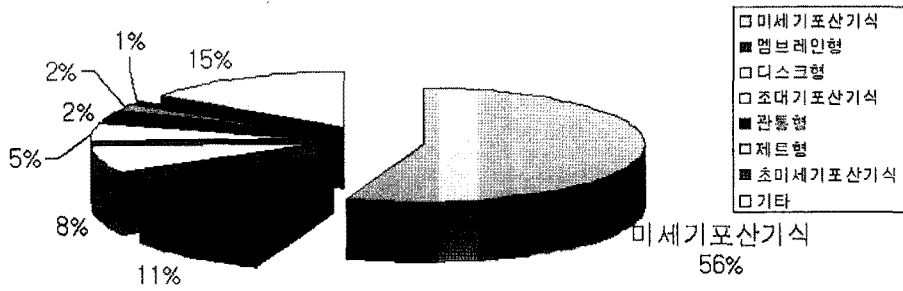
포기방식	소요에너지 (kWh/O ³ kg)	산소이동효율(%)	
산기식	조대기포	0.6 ~ 1.25	8 ~ 13
	미세기포	0.31 ~ 0.83	8 ~ 13
	초미세기포	0.22 ~ 0.33	8 ~ 13
기계식 표면포기	0.32 ~ 0.83		
병용식(수중형포기)	송풍기 0.28 ~ 0.37 펌프 0.31 ~ 0.65		

<표 4> 산기식 포기장치의 특징

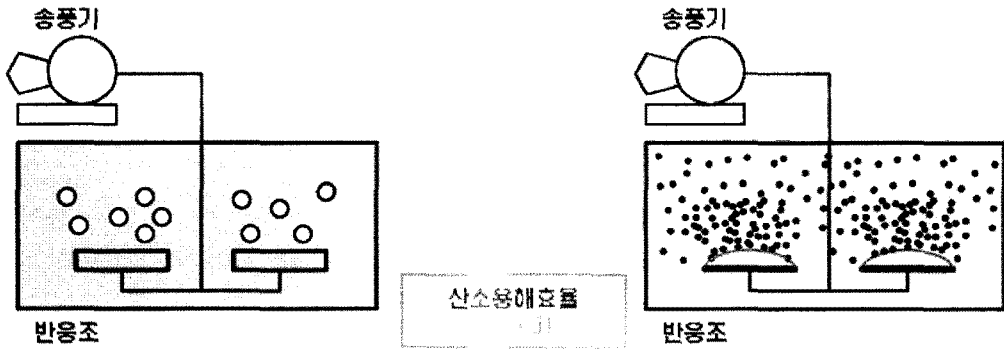
포기방식	특징	장점	단점	
산기식	미세기포	발생기포가 적다	산소이동효율이 높고 액 혼합을 충분히 행할 수 있다.	조대기포에 비해 건설비 및 유지관리비가 높다.
	조대기포	기포가 크다	사기장치의 막힘이 없고 유지관리가 용이하다.	건설비가 높다. 산소이동효율은 미세기포에 비해 낮고 동력비가 높게된다

며, 미세기포산기식이 약 56% 정도 사용되고 있다. 반응탱크 설비에 있어서 기존의 산기장치 대신에 그림 3과 같은「초미세산기장치」를 도입했을 경우, 종래형보다 산소용해효율(송풍량에 대한 수중에 용

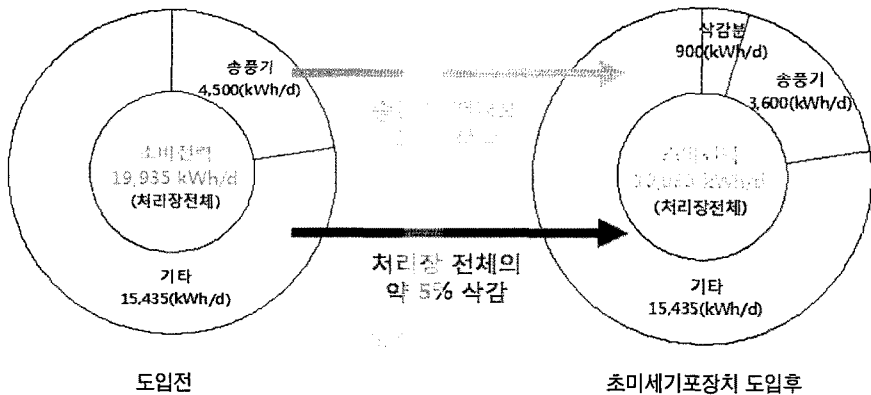
해된 산소량의 비율을 말하며, 기포가 작을수록 오수중에 산소 용해가 쉽게된다)이 높기 때문에 필요 공기량이 줄어들어 블로워의 소요 동력이 줄어든다. 가장 산소용해효율이 좋은 초미세 기포 방식은 근년



[그림 2] 산기식 포기장치 형식별 적용현황



[그림 3] 초미세기포장치



[그림 4] 초미세기포장치 도입에 의한 전력저감 효과 예

일본에서는 구미로부터 기술 도입되어 실적이 증가하고 있는 설비이며, 초미세기포장치로 교체하면 소비전력량을 현재보다 약 20%(처리장 전체 약 5%)정도 삭감할 수 있는 것으로 보고되고 있다.

에너지절약형 탈수기(스크류 프레스)

하수슬러지의 탈수처리는 슬러지중의 수분을 증발시키는 것으로 용적을 감소시키는 것이 가능하므로 최종공정의 매립처분이나 소각처리 또는 자원화의 비용이나 효율에 크게 영향을 미친다.

하수슬러지 탈수에는 진공탈수기, 가압탈수기, 원심탈수기, 벨트프레스탈수기 등 다양한 형식의 탈수기가 사용되고 있다. 최근의 경우 처분슬러지가 증가하는 무기응집제를 사용하고 있는 진공탈수기, 가압탈수기가 감소하고 고분자기술의 진보에 따라 고분자응집제를 사용하고 있는 벨트프레스탈수기와

원심탈수기가 많이 사용되고 있다. 이들 탈수기의 특징을 비교하면 표 5와 같다.

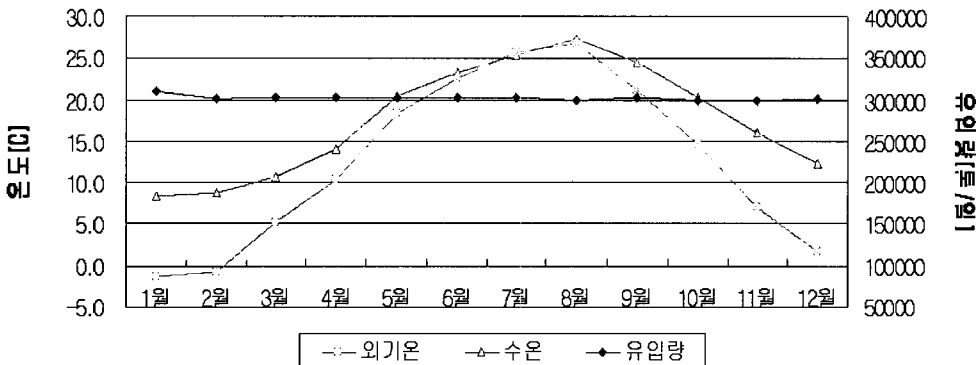
소비전력량의 일반적인 경향으로서는 벨트프레스탈수기<가압탈수기<진공탈수기<원심 탈수기의 순으로 높게 된다. 또한 최근에는 새로운 에너지절약형 스크류프레스 탈수기가 개발되었다. 스크류프레스탈수기의 소비전력량은 벨트프레스 탈수기의 약 60% 정도, 원심 탈수기의 약 30% 정도인 것으로 보고되고 있다. 거의 대부분이 벨트프레스탈수기에 의한 탈수처리가 행해지고 있다. 스크류프레스 탈수기를 채용하면 벨트프레스 탈수기와 비교하여 전력소비량을 약 60% 정도 저감할 수 있다.

하수열원 히트펌프

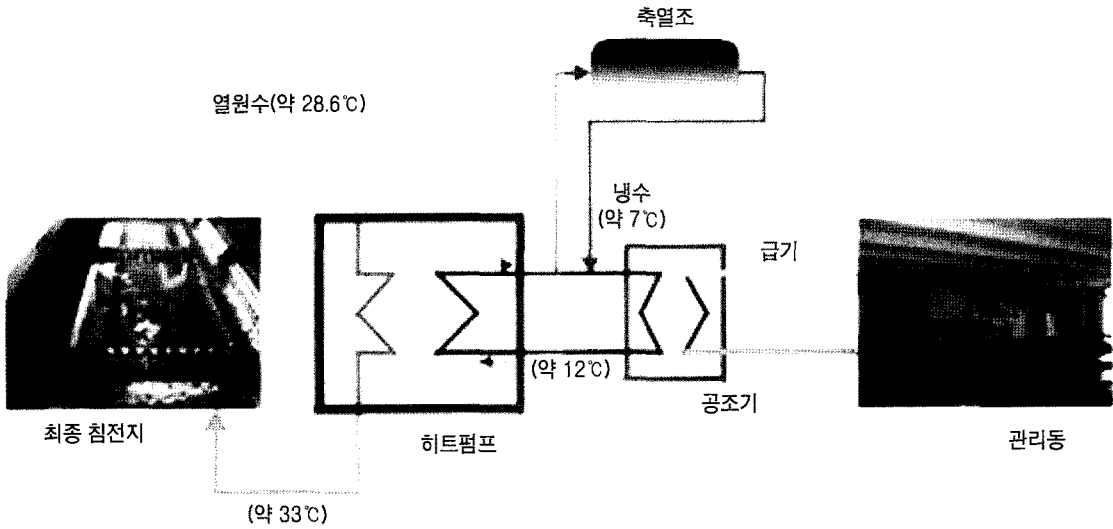
하수는 지하에 매설된 관거 내를 흐르고 있으므로 외기온의 영향을 받는 것도 적으며, 그림 5에 나타

<표 5> 각종 탈수방법별 비교

탈수기종류	벨트프레스	원심탈수기	가압탈수기	진공탈수기
건설비	100	110	200	150
소비전력	100	650	410	630
설치면적	100	30	100	100
소음	소	대	중	대
항수율	75	82	80	85
케익량	100	170	150	200



[그림 5] 원촌 하수처리장의 하수유입량, 하수온도 및 외기온도



[그림 6] 하수열이용 냉난방시스템 개략도

<표 6> 일본에서의 하수열이용 냉난방사례

No	처리장명	관리처	냉방/난방용량(Mcal/h)	하수의 종류	운전개시
1	樂舍처리장	東京都하수도국	530 / 498	처리수	1986년
2	湯島펌프장	東京都하수도국	344 / 126	생하수	1988년
3	中部하수처리장	横浜市하수도국	60 / 60	처리수	1988년
4	定山溪처리장	札幌市하수도국	71 / 111	처리수	1988년
5	金澤처리장	横浜市하수도국	362 / 420	처리수	1988년
6	各城처리장	名古屋市하수도국	330.2 / 360	처리수	1988년
7	木場펌프장	東京都하수도국	240 / 240	생하수	1989년
8	芦屋하수처리장	芦屋시	116 / 135	처리수	1989년
9	新河岸처리장	東京都하수도국	604.8 / 580	처리수	1990년
10	今池처리장	大阪府	272 / 370	처리수	1990년
11	幕場테크노가든	東京電力	34,776 / 35,290	처리수	1991년
12	森森崎수처리센터	東京都하수도국	304 / 292	처리수	1991년
13	露橋하수처리장	名古屋市하수도국	27 / 34	처리수	1991년
14	洋蘭센터	東海市하수도과	53 / 63.5	처리수	1991년
15	三河島처리장	東京都하수도국	360 / 380	처리수	1992년
16	北多摩一號처리장	東京都하수도국	110 / 100	처리수	1993년
17	奈良縣정화센터	奈良縣流域하수도	354 / 350	처리수	1993년
18	小菅처리장	東京都하수도국	850 / 776	처리수	1993년
19	堀留分室	名古屋市하수도국	145 / 162.4	처리수	1993년
20	後樂펌프장	東京都하수도국	21,470 / 26,324	생하수	1994년

넌 바와 같이 대개 동절기 12℃에서 하절기 25℃ 정도이고 일교차도 2℃ 정도로 연간을 통하여 수온이 안정되어 있을 뿐만 아니라 여름은 차갑고 겨울은 따뜻한 특징이 있어, 하수를 열원으로 한 히트펌프(heat pump)는 공기열원 열펌프보다 냉매와의 온도차가 크게 되므로 열교환 효율이 좋아 고효율로 냉난방 할 수 있다.

국내 하수열에너지의 부존량은 약 4,319 Gcal/h이며, 이는 4,798.49 ha(약 1천4백만평)의 건물에 공조

가능한 열량이다. 하수열은 주로 하수처리장의 관리동 냉난방과 인근의 지역냉난방 열로 이용되고 있다. 그림 6은 하수열이용 냉난방시스템 개략도를 나타낸 것이다.

일본의 경우는 표 6에서와 같이 1986년, 동경도 落合(오치아이) 하수처리장을 시작으로 하여 많은 하수처리장에서 하수열을 이용하여 관리동의 냉난방을 하고 있다. 