

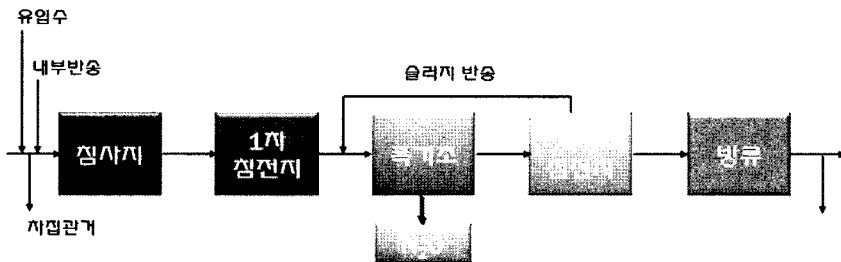
하수도시설에서의 지구온난화방지대책

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

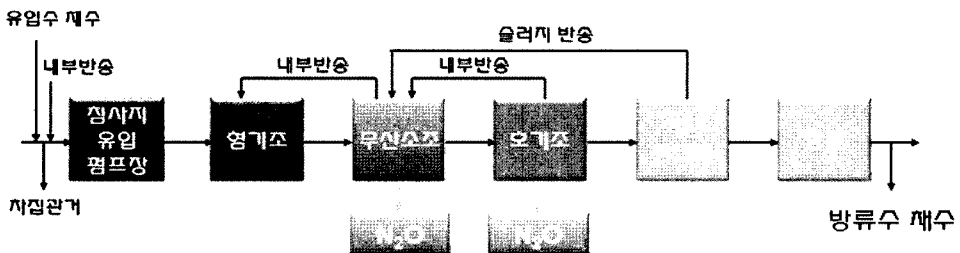
하수도시설에서는 다량의 에너지가 소비되고 있으며, 에너지소비에 따른 지구온난화의 원인물질인 이산화탄소(CO₂)를 배출하고 있다. 또한 처리프로세스로부터는 메탄(CH₄)이나 아산화질소(N₂O) 등의 온실효과가스를 배출하고 있다. 온실효과가스의 삭감을 효과적으로 달성하기 위해서는 자원 및 에너지절약을 향한 최적한 하수도시스템을 구축할 필요가 있다.

하수처리장의 온실가스 배출량

하수처리장의 온실가스는 메탄과 아산화질소가 주를 이루고 있으며, 메탄의 경우 하수 내에 함유된 유기성분이 분해되면서 배출되고, 아산화질소는 하수 처리의 탈질 과정에서 주로 배출되고 있다. 아울러, 하수 처리 단위 공정별 온실가스 배출량은 메탄은



[그림 1] 하수시설 아산화질소 배출원 (표준활성슬러지 공법)



[그림 2] 하수시설 아산화질소 배출원 (A₂O 공법)

하수도시설에서의 지구온난화방지대책

소화조 및 농축조에서 가장 많이 발생하며 아산화질소는 질산화 포기조/탈질조 및 소화조 등에 발생하고 있는 것으로 알려져 있다.

국내 하수처리장의 온실가스 배출량 산정결과는 표 1과 같다.

지구온난화방지대책의 착안점

하수도에 있어서 지구온난화방지대책으로는 총배출량의 구성비로부터 다음과 같은 배출량 삭감대책을 강구하는 것이 실효성이 높다.

① 에너지소비에 의해 배출되는 온실효과가스의 삭감

- 에너지소비에 의한 온실효과가스 배출량의 삭감대책은 에너지절약화의 촉진, 처리장내에서의 에너지이용의 효율화가 주된 대책이다.

② 처리프로세스에서 배출되는 온실효과가스의 삭감
- 처리프로세스부터의 온실효과가스의 배출삭감은 처리방식의 개선이나 운전방법의 개선 등 온실효과가스 배출량이 적은 방식으로 전환함으로써 대응한다.

③ 상수도, 공업용수, 약품류의 소비에 따른 온실효과가스 배출량의 삭감
- 수도 및 약품류의 삭감 등 자원절약을 도모함으로써 온실효과가스 배출량의 삭감을 행한다.

④ 상하수도자원의 유효이용에 의한 온실효과가스

<표 1> 국내 하수처리장의 온실가스 배출량 산정결과

N ₂ O 배출량 (N ₂ O ton/yr)	메탄 배출량 (CH ₄ ton/yr)					온실가스 배출량 (tonCO ₂ /yr)
	유기물 (CH ₄ ton/yr)	슬러지 (CH ₄ ton/yr)			합계	
		소각	매립	해양투기		
1,919	37,431	3	895	25,949	64,278	1,944,728

<표 2> 삭감대책의 착안점

프로세스 및 주요설비	에너지절약대책	처리 프로세스에서의 대책	자원절약대책	자원유효이용대책	
펌프설비	에너지절약기기 도입				
수처리 프로세스	침전지	수집기의 에너지절약대책	메탄발효억제대책	하수열이용 및 처리수이용	
	반응탱크	송풍기운전제어에 의한 에너지 대책, 포기조의 에너지절약대책	혐기처리의 개선 등		응집제사용의 삭감
	소독설비	자외선소독에 의한 에너지절약대책			약품의 소비억제
고도처리	포기조의 에너지절약대책	혐기처리의 개선등	응집제사용량의 삭감		
슬러지처리 프로세스	슬러지 농축설비	에너지절약기기의 도입 등		응집제사용량의 삭감	
	슬러지 소화설비	연료의 효율적사용, 폐열의 유효이용 등	소화가스의 완전 포착	소화가스의 도시가스공급, 전력공급(연료전지) 등	
	슬러지 탈수설비			응집제사용량의 삭감	
	슬러지 건조설비				토양개량재로서의 유효이용
기타설비(관리본관 등)	조명, 공조 등의 에너지절약대책			상수도, 공업용수 사용량의 삭감	처리수의 재이용



배출량의 삭감

- 하수도자원의 유효이용은 온실효과가스 배출 삭감대책으로서 평가 할 수 있지만, 새로운 시설의 건설을 동반하는 경우는 라이프사이클을 고려한 평가나 새로운 설비의 운전에 동반되는 온실효과가스 배출량의 증대 등을 종합적으로 판단할 필요가 있다.

각 프로세스 및 주요 설비마다의 삭감대책의 착안 점을 표 2에 나타냈다.

에너지소비에 의해 배출되는 온실효과가스의 삭감대책

에너지소비에 의해 배출되는 온실효과가스의 삭감 대책은 ① 설비 및 기기의 에너지절약화 대책, ② 에너지이용의 효율화 대책을 강구하는 것이다.

하수도시설에 있어서 사용에너지는 건설에 관련된 것에 비해 운전에 관계된 것이 크므로 사용기기의 동력이나 운전시간의 최적화가 에너지절약화를 추진하는데 있어서 매우 중요하다. 한편 하수도 그 자체가 가지고 있는 에너지자원의 활용은 한층 추진되어야 한다. 또한 처리장 전체의 에너지절약에 관련된 시스템으로서의 최적화에 대해서도 검토해야

한다. 이하, 삭감대책별 각 프로세스 및 설비에서의 대책방법에 대하여 기술한다.

펌프설비의 에너지절약대책

하수도시설 전체의 소비전력 중 펌프가 차지하는 비율은 20% 정도이며, 수처리설비, 슬러지처리시설에 이어 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 오수펌프의 구동전동기는 처리장내 사용되는 기기중, 단일기기로서는 크므로 에너지절약대책의 대상으로 된다.

1) 운전제어의 개선

기존설비에 있어 단기적인 대책은 운전제어에 의한 에너지절약화이며, 정속펌프와 가변속펌프를 조합한 수위일정제어, 유량일정제어 및 전동기의 속도 제어방식 선정 등을 생각할 수 있다.

2) 기기의 선정

시설 및 설비의 갱신시에 처리수량의 변동에 대응한 펌프제어방식의 재검토를 행하므로써 에너지절약형기기의 도입을 검토한다.

3) 배치계획의 검토

신규로 펌프설치를 계획할 경우는 펌프양정을 작

<표 3> 지구온난화방지대책사례(1)

대상프로세스	수처리프로세스, 반응탱크				
현상	<ul style="list-style-type: none"> • 유입수량 : 일평균 1,670 m³ • OD조용량 약 900 m³ × 2조 • 교반로터 : 직경 800 mm × 4대 				
대책	<ul style="list-style-type: none"> • 효율적인 질소, 인제거를 목적으로 한 운전방법을 검토 탈질조건을 운전을 1일1회, 2시간 				
	운전조건				
	시각	10:30	11:30	13:30	15:00
	설정조건		초화조건	탈질조건	초화조건
	유입펌프(m ³ /hr)	75	0	110	0
슬러지반송량(m ³ /hr)	23	100	23	100	23
로터의 운전방법	고속조건		저속조건	고속조건	
대책의 효과	① 전력량은 종래와 비교해서 2.6% 삭감할 수 있었다. ② 총질소의 단위오니당의 제거효과는 종래와 비교해서 약 8% 상승했다. ③ 방류수의 총인농도에 관해서는 단위오니당의 제거효과는 약 18% 상승했다.				
참고문헌	OD법에 있어서 N,P 제거개선, 제33회 하수도연구발표회 강연집, pp.441 ~ 443, 1996년				

게 하기 위해 관로 루트나 매설 깊이를 고려해서 배치계획을 행한다.

수처리프로세스의 에너지절약대책

1) 침전지에 대하여

슬러지 분쇄기의 운전방법을 슬러지의 침전량이나 슬러지 펌프의 운전시간에 연동시키는 간헐운전으로 하여 에너지절약화를 도모한다. 단 이 경우 사고방지를 위한 보호책이나 제어방법, 스킴대책 등을 고려할 필요가 있다. 또한 슬러지 수집기를 경량화함으로써 소요동력을 삭감할 수 있다.

2) 반응탱크에 대하여

반응탱크에 있어서 소요전력은 하수도시설 전체에서 소비하는 전력량의 약 50%를 차지하고 있으며, 그 중 포기조 송풍기의 소비전력량이 대부분을 차지하고 있어, 이에 대한 삭감대책이 매우 중요하다. 반응탱크의 제원이나 산기장치의 위치·규모 등은 처리장마다 다르며, 산소이동효율을 고려한 대책을 각기 검토할 필요가 있다.

3) 소독설비에 대하여

소독설비는 장치의 에너지소비량이 커지는 경우가 있으므로 고도처리기능도 포함한 종합적인 평가가 필요하다. 자외선소독은 물순환구상등 앞으로의 물환경을 생각하면 채용이 증가하는 것으로 생각되지

만 장치의 에너지소비량은 염소소독에 비하면 일반적으로 크며, 적용에 있어서 설치조건 등을 검토할 필요가 있다. 오존소독은 현재의 소독기술 중에서도 가장 에너지소비가 크기 때문에 소독만이 아니라 탈색이나 COD의 제거 등 고도처리기능을 종합적으로 평가할 필요가 있다.

슬러지처리프로세스의 에너지절약대책

슬러지처리 프로세스에 있어서 에너지절약대책은 종합적인 에너지이용효율의 면에서 대책을 검토할 필요가 있다.

1) 슬러지농축에 대하여

중력농축의 농축효율은 슬러지의 성상의 영향을 강하게 받는다. 슬러지의 성상 중에도 슬러지의 유기분 비율이 농축효율을 크게 좌우하는 인자로 되어 있다. 농축이 곤란한 슬러지를 안정적이며 효율적으로 농축하기 위한 방법으로서 원심농축이나 부상농축이 채용되고 있다. 이들의 기계농축은 농축효율이 우수하지만 에너지소비량이 많기 때문에 그 채용에 있어서는 그 사용범위(생슬러지와 잉여슬러지의 분리 등) 및 응집제사용의 검토를 행할 뿐만이 아니라 소화나 탈수 등의 다음공정에서의 에너지절약화 및 SS회수율에 의한 수처리프로세스의 에너지화를 포함한 종전체적인 검토도 필요하다.

<표 4> 지구온난화방지대책사례(2)

대상프로세스	수처리, 반응탱크, 계측제어에 의한 에너지절약대책
대상하수처리장	大阪府川復 처리장
대책	① DO계측에 의한 블로워압력제어 ② DO계측에 의한 블로워의 대수제어 ③ ORP계를 사용한 풍량관리 ④ DO계측에 의한 블로워회전제어
대책의 효과	① 에너지절약효과는 고도처리수량이 20% 증가한 것을 가미하면 실질삭감전력량은 29%에 상당한다. ② 송풍량을 자동제어함으로써 제거BOD당의 송풍기전력량 절감효과는 수동제어에 비교하면 풍량으로 약 24%, 전력량에서 약 22%였다. ③ 제거 BOD당의 전력소비량은 대책전에 비해 겨울철 49%, 여름철 28% 삭감할 수 있었다. 또한 2년간의 운전실시에 의하면 평균전력삭감율은 약 40%였다.
참고문헌	大西 春樹, 기설하수처리장의 자동제어시스템의 도입효과, 제3회 수시스템자동계측제어 국내 워크샵논문집, 1989년10월

2) 슬러지소화에 대하여

슬러지소화조의 운전이 소비되는 전력은 슬러지투입펌프, 교반 등을 위한 동력이며, 비교적 전력의 소비는 적지만 보온효과의 향상이나 교반상황을 개선함으로써 잉여열량의 회수율을 향상시키는 것이 가능하다. 양호한 소화슬러지의 생성은 다음 슬러지탈수공정에서의 약품첨가량의 삭감 및 여과속도의 향상에 의한 전력소비량의 삭감에도 기여할 수 있다.

3) 슬러지탈수에 대하여

약 주입량 제어 등 운전방법을 개선함으로써 탈수효율을 향상시켜 에너지절약을 도모한다. 또한 탈수케익의 함수율을 저하시킴으로서 발열량이 높아지며, 소각프로세스에 있어서 보조연료사용량을 저감하는 것이 가능하다. 탈수설비에 있어서는 저함수율화에 의한 에너지소비의 증가분과 소각설비에 있어서 에너지절약분을 종합한 슬러지처리설비로서의 에너지평가를 행할 필요가 있다.

4) 슬러지건조에 대하여

건조공정은 처분슬러지량의 감량화를 도모함으로써 소각 또는 용융의 전처리로서 평가 받고 있으며, 현재 열풍건조방식과 간접증기건조방식이 주로 사용되고 있다. 소각 또는 용융설비가 있는 경우는 열교환기나 폐열보일러로 생성한 열풍이나 증기를 이용함으로써 에너지의 유효이용을 도모할 수 있다.

고도처리프로세스의 에너지절약대책

헤파-호기활성슬러지법에 있어서는 포기조 DO제

어 등의 적절한 방법을 채용함으로써 전력량 삭감이 가능하다.

기타의 에너지절약대책

기타 건축물의 관리 등에 있어서 에너지절약대책은 온실효과가스의 배출이 적은 공조설비의 도입, 냉난방에 있어서 적절한 온도관리, 물의 유효이용, 주변이나 옥상 녹화 등이다.

처리프로세스에서 배출되는 온실효과가스의 삭감대책

하수도의 각 처리프로세스에서 발생하는 온실효과가스 배출량의 삭감대책은 수처리방식 및 운전방법에 의한 대책을 강구하는 것이 유효하다. 수처리프로세스로부터의 메탄 배출에 대해서는 최초 침전지 등에 있어서 혐기적인 상태를 억제함으로써 배출량의 억제가 가능하지만 수처리 전체의 처리효율을 고려한 후에 대책을 강구할 필요가 있다.

상수도, 공업용수, 약품류의 소비에 따른 온실효과가스의 삭감

상수도, 공업용수, 약품류의 소비에 따른 온실효과가스의 삭감대책은 1) 고도처리에서의 대책, 2) 소독설비에서의 대책, 3) 슬러지농축설비에서의 대책 등을 들 수 있다.

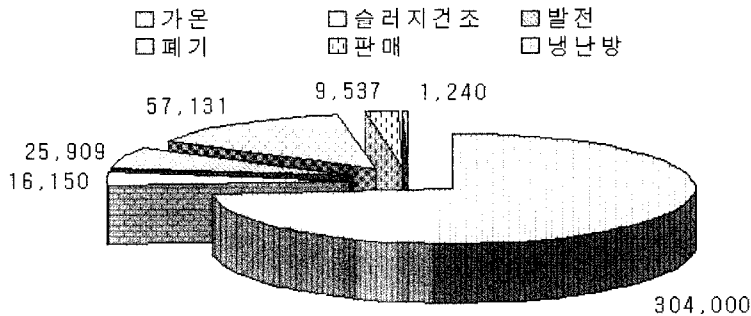
1) 고도처리에 대하여

<표 5> 지구온난화방지대책사례(3)

대상프로세스	가압탈수설비의 약품혼화조(삿보로시 手稻 처리장)
대 책	① 슬러지저장조를 단속운전으로 변경했다. ② 약품혼화조의 사용수를 2조 교대운전에서 1조 단속운전으로 변경했다. ③ 약품혼화조교반기를 상시운전에서 혼화 완료후에 정지하는 운전으로 변경했다.
대책의 효과	대책실시 후, 1년간평균으로 약주입율이 1.7% 감소했다. 특히 슬러지성상이 악화되는 하기에는 대책전후의 차이가 2.2%나 되었다. 염화제2철의 연간사용량은 487.9 t이며, 약주입율이 2% 감소함으로써 약품사용량은 약 140 t 저감되어 이것에 의한 온실효과가스삭감량 약 44.5 t(삭감율 약 30%)에 상당한다.
참고문헌	井手; 가압탈수설비에 있어서 약품혼화조개조에 의한 약주율저감에 대하여, 제29회 하수도연구회 강연집, pp.593 ~ 595, 1992년

<표 6> 지구온난화방지대책사례(4)

대상프로세스	슬러지처리프로세스, 탈수
대책	슬러지중의 섬유분의 감소에 의해 탈수성이 저하하기 때문에 고지의 첨가에 의해 섬유분을 보충하여 탈수성의 개선을 도모한다.(고지첨가율 : 슬러지 SS당 10% 정도 첨가)
대책의 효과	① 난탈수성슬러지의 탈수성이 크게 개선되었다. 함수율의 저하는 3 ~ 5%(고지첨가율 10% · SS당) ② 응집제의 사용량 저감(약 10%) ③ 여과속도가 올라가 처리능력 향상 ④ 발생습के의총량 감소 고지첨가에 의해 고형물량은 증가하지만 수분이 감소하기 때문에 총량은 감소된다. ⑤ 탈수케익의 보유열량이 증대되어, 슬러지소각용연료의 삭감이 가능하다. 고지를 10% 첨가함으로써 탈수케익열량이 320 kcal/kg에서 504 kcal/kg로 증가한다. 이 열량증가분을 도시가스로 환산하면 탈수케익당 18.6Nm ³ /t가 된다. 즉 보조연료(도시가스)의 삭감에 의한 CO ₂ 배출량이 37 kg/t 삭감할 수 있다. ⑥ 고지의 재이용 · 자원활용에 일조
참고문헌	萩島, 난탈수성오니의 고지첨가에 의한 탈수성개선에 대하여, 제31회 하수도연구발표회 강연집, pp 583 ~ 585, 1994년



[그림 3] 소화가스 이용현황

처리수의 재이용 실태를 파악하여 최적한 이용을 강구한다.

2) 소독설비에 대하여

소독약품 사용량의 변동상황을 파악하여 제어방법 등을 고려함으로써 투입율의 적정화를 도모한다.

3) 슬러지농축설비에 대하여

적절한 약 투입량 제어에 의해 약품의 과잉투입의 방지가 가능하다.

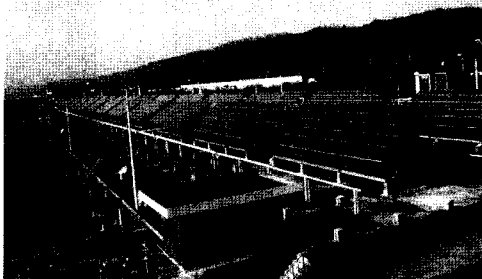
하수도자원의 유효이용에 의한 온실효과가스의 삭감

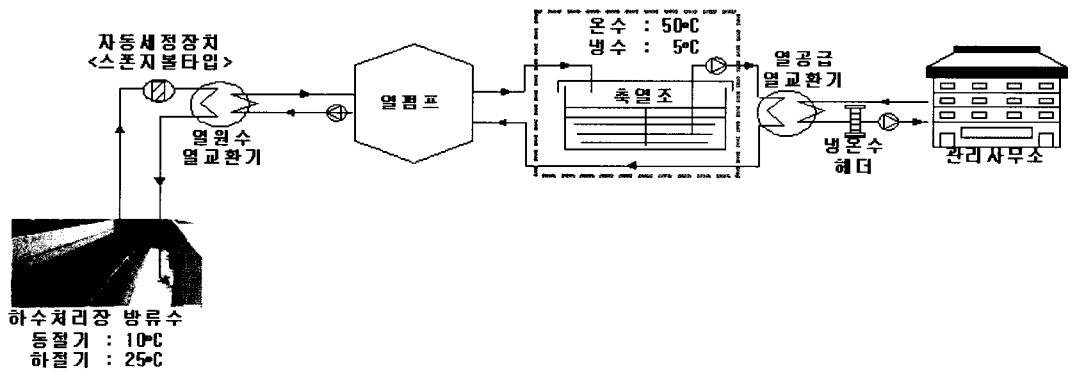
하수도에 있어서 에너지 및 자원을 유효이용함으로써 하수도사업 이외에 전력이나 가스 등의 에너지의 공급함으로써 온실효과가스의 삭감에 기여할 수 있다.

1) 소화가스의 이용에 대하여

발생한 소화가스는 보통 슬러지 소화조의 가열용 열원으로서 이용되고 있지만(그림 3) 가온에 필요한 가스량은 발생량으로 충분할 경우 여잉가스의 이용을 촉진할 필요가 있다. 연간가스발생의 약 1/2를 도시가스에 공급하고 있는 사례도 있다. 발생가스를 직접 열에너지로서 이용할 뿐 아니라 가스내연기관에 의해 발전하여 전기에너지로 변환해서 이용되는

<표 7> 지구온난화방지대책사례(5)

대상프로세스	처리장전체, 자연에너지,태양광발전
대상하수처리장	대구 신천하수처리장
대책	<ul style="list-style-type: none"> • 처리장의 부지를 이용해서 태양광발전을 행하여, 처리장내 전기공급 • 설비용량 : 879 kW(1차 : 679, 2차 : 200) • 설치장소 : 최초침전지 • 설치면적 : 15,000 m²
대책의 효과	<ul style="list-style-type: none"> • 연간발전전력량 : 559,000 kWh/년 • 이산화탄소삭감량을 계산하면 22,902 kWh/년 × 0.384 kgCO₂/kWh = 215 t CO₂/년 가 되어 연간 약 215 t의 이산화탄소의 삭감 가능
설치 예 (전경사진)	



[그림 4] 하수처리수이용 시설관리동 냉난방시스템 개략도

경우도 있다. 시설에 따라 다르지만 하수처리에 소비하고 있는 전기에너지의 약 30%를 발생가스로부터 회수한 사례도 있다.

2) 하수 열이용에 대하여
 하수나 처리수 등을 열원으로 히트펌프에 의해 열 에너지를 회수하여 냉난방에 이용하는 것이다. ㉔