

환경기초시설의 에너지자립화를 위한 기술현황 및 사례 조사

윤영한^{*}, 곽필재
한국건설기술연구원 환경연구본부,
^{*}e-mail:ysng63@naver.com

Technology status and case analysis for energy independence of sewage treatment facilities

Younghan Yoon, Pill-Jae Kwak

^{*}Dept. of Environmental Research, Korea Institute of Civil engineering and Building Technology

요약

공공하수처리시설은 연간 국내 총 전력사용량의 0.7%를 차지하는 소각시설 다음으로 에너지를 다소비하는 환경기초시설이다. 뿐만 아니라 유입하수의 오염물질 제거를 위한 다양한 생물학적 공정을 통하여 이산화탄소, 메탄, 아질산성 질소 등의 지구온난화 유발 가스를 배출하고 있어 우리나라를 포함한 많은 선진국들의 처리장에서는 에너지자립화를 위한 기술개발 및 방안 마련을 위하여 노력하고 있다. 처리시설의 에너지자립화는 국가적으로는 탄소중립의 목표와 연결되는데 기존 에너지소모량을 줄이는 방안과 유효자원을 활용한 신재생에너지를 생산시키는 방안의 동시 진행으로 탄소중립 목표달성이 가능할 것으로 판단된다. 최근까지 개발된 기술 및 현황을 바탕으로 하수처리시설의 에너지자립화 또는 탄소중립의 달성 가능한 방안을 검토하였다.

1. 서론

공공하수처리시설은 오염된 하수를 생물학적으로 처리하는 과정에서 미생물의 안정화를 위한 산소공급과 다양한 처리공정의 운영을 위하여 송풍기와 펌프의 운전에 가장 많은 에너지를 사용하고 있다. 이와 같은 에너지다소비 환경기초시설인 하수처리시설의 에너지자립화를 위하여 적용될 수 있는 기술적 요소와 적용사례를 검토함으로써 정부의 탄소중립 방안을 제시하고자 한다.

2. 국내 하수처리시설 사용 에너지절감 방안

2.1 국내 하수처리시설 에너지사용 현황

'19년 기준으로 국내 공공하수처리시설은 총 4,216개소이고 시설용량 500m³/일 이상 시설은 681개소로서 국내 발생하는 하수의 98.9%를 처리하여 방류하고 있으며 이 과정에서 사용되는 에너지는 83.6만 TOE로 나타났다. 주처리공정별로 분류하면 SBR, A2O, 담체 공정의 시설이 총 시설용량의 55.0% 이상을 처리하고 있고 총 소비에너지의 54.7%를 차지하는 것으로 분석되었다.

2.2 활성미생물 유지를 위한 송풍기 및 펌프 운영 대부분의 하수처리시설은 높은 오염부하의 하수를 정화시키기 위하여 활성미생물을 이용한 생물학적 처리를 적용하고 있다. 생물학적 하수처리는 물리화학적 처리공정보다 가장 경제적이고 친환경적이며 2차 오염물을 생성시키지 않는 특징을 갖고 있다. 조항문(2012) 연구에 의하면 이와 같은 공공하수처리시설 대상의 에너지사용 현황을 살펴보면 생물반응조의 송풍기와 하수찌꺼기 운송을 위한 펌프시설에서 74.6%의 전력이 소비되는 것으로 나타났고 일본의 경우에도 65% 이상('18)의 전력이 소비된 것으로 나타났다. 따라서 공공하수처리시설의 에너지 절감을 위해서는 가장 먼저 에너지 절약형 고성능 송풍기 및 펌프시설의 도입을 통해서 사용 에너지를 절감시키는 방안이 가능하다. 국내 R&D 연구로 개발된 고효율 터보 송풍기 및 펌프 시설을 도입할 경우, 전력사용량의 최대 18.6%까지 절감 가능한 것으로 보고되고 있다.

2.3 시설운영의 디지털화

4차 산업혁명의 도래와 함께 ICBMA(IoT, Cloud, Big-data, Mobile, AI) 기술은 세계적으로 모든 기술에 보편화되고 있다. 하수처리공정 운영에도 접목되어 실시간 모니터링, 원격 제어관리 및 지능화 체계를 구축하여 안전하고 깨끗한 물환경을 조성하는 사업이 진행중에 있다. 주요 내용으로는 에너

지 절감, 수질개선, 휴먼에러 제로화 등을 위해 디지털 기반의 의사결정 체계를 구축하는 하수처리장(중·대형 시설) 지능화 선도사업이다. 한국개발연구원('21)의 보고서에 따르면 디지털 기반 의사결정 체계 구축, 최적에너지관리 솔루션 개발, 송풍량 제어운전 등을 통해 기존 대비 8.0%의 전력사용량을 절감 가능한 것으로 분석하고 있다.

2.4 에너지 절약형 하수처리공법의 도입

최근 주목받고 있는 에너지 절감형 하수처리공법으로는 아나모스균을 활용한 단축질소제거공정이 많은 국내외 연구진에 의해서 검토되고 있다. 혐기성 조건에서 아질산염을 전자 수용체로 이용하여 암모니아를 산화하며, 독립영양균으로 탈질 시 외부탄소원이 불필요한 혐기성 암모늄 산화균을 이용하는 하수처리공법인 이 공정은 이론적으로 기존의 질산화-탈질 공정 대비 약 60%의 에너지 절감 효과, 90%의 온실가스 절감 유도, 슬러지 생산 90% 저감 효과 기대 가능한 것으로 평가되고 있다. 오스트리아의 Strass 하수처리시설(약 5만m³/일)에 아나모스균 기반의 DEMON® 공정을 적용한 결과 11.1%의 전력에너지가 절감된 것으로 분석되었고 일본의 오사카 하수처리장에 슬러지 탈리액 처리를 위하여 아나모스 공정을 도입하여 전력비, 약품비, 슬러지 처리비를 저감한 효과를 발표하였다. 국내에서는 실규모 하수처리시설이 부산 녹산처리장(16만m³/일) 대상으로 적용되어 '22년 하반기에 준공이 계획되어 있다. 단축질소제거공정은 고농도의 질소부하의 유입이 필요하기 때문에 소화조 설비가 있는 처리장 중심으로 적용이 유리할 것으로 판단된다.

3. 국내 하수처리시설 에너지생산 기술

3.1 국내 하수처리시설 신재생에너지 생산 현황

'19년 기준으로 국내 공공하수처리시설에 적용된 신재생에너지 지원은 소화가스, 소수력, 풍력, 태양광에 의한 발전과 하수열을 이용한 냉난방 에너지의 공급으로 나타났으며 총 발생량은 총 10.8만 TOE로 나타났다(표 1).

[표 1] 공공하수처리시설 신재생 에너지별 생산량(TOE, 개소수)

시설 기준	소화 가스	소수력	풍력	태양광	하수열	기타*	합계
500 m ³ /일 이상	88,078	136	43	9,837	33	9,839	107,966
	53	6	2	205	1	10	228

- 기타: 열병합발전 등에 의한 생산(보일러 가온 용, 가스엔진 등 사용)

생산량의 83.6%는 53개소 처리장에 적용된 소화조를 통하여

소화가스로 생산되었고 다음으로는 205개소 처리장의 유틸부지를 활용한 태양광 설비를 통하여 전력(6.9%)이 생산되는 것으로 분석되었다.



[그림 1] 하수처리시설 대상 적용가능한 신재생에너지원

3.2 통합 바이오가스의 생산방안 도입

기존의 유기성폐기물인 하수찌꺼기, 가축분뇨, 음식물쓰레기를 모두 단일 시설로 처리하여 혐기성분해를 통해 바이오가스를 생산하는 방안으로서, 부산물의 감량화 및 안정화와 동시에 발생된 바이오가스를 발전용이나 보일러연료 등으로 활용되며 고순도 정제를 통해서 도시가스과 같은 에너지 확보를 통한 하수처리시설의 탄소중립을 도모할 수 있다. 현재 유기성 폐자원 활용 기반의 재활용 사업은 발생 물질별 사업주체가 상이하여 활성화에 걸림돌이 되고 있으며 사업의 절차상에 행정적, 재정적 지원체계에 차이가 있어 실제 사업을 시행하는 지자체 및 사업자는 많은 혼란을 겪고 있는 것이 현실이다. 따라서 전국적으로 효과적인 에너지 생산을 위해서는 기술개발과 함께 정책적인 정비 및 지원이 병행될 필요가 있고 정부에서도 입법 개정을 통하여 논의 중에 있다.

3.3 신규 신재생에너지 시설의 도입

정부에서는 새로운 신재생에너지원 발굴을 통한 국내 공공하수처리시설의 에너지자립화를 시도하고 있다. 서로 다른 농도의 용액이 혼합될 때 발생하는 화학적 에너지를 전기 에너지로 전환시켜 발전하는 기술인 염분차 발전은 제주도와 같은 섬 지역 및 해안가에 위치한 하수처리시설에 도입 가능한 방안으로 제시될 수 있다. 현재 일부 지역을 대상으로 실증화 연구가 진행중이고 해변가에 위치한 하수처리시설 대상으로 염분차 발전을 적용할 경우 약 4만 TOE/년의 신재생에너지를 확보할 수 있을 것으로 파악되고 있다. 이밖에도 하수처리 시설 단위공정의 낙차를 이용한 소수력 발전, 하수열 기반의 히트펌프를 활용한 냉난방 에너지 활용, 하수처리시설의 지하화에 따른 유틸부지를 이용한 태양광 발전 방안이 대규모

처리장 중심으로 도입될 경우, 에너지자립화를 빠른 시기에 달성이 가능할 것으로 판단된다.

4. 맺음말

국제사회는 2050 탄소중립 달성을 위해서 다양한 사업을 통하여 에너지저감 및 신재생에너지 생산에 노력하고 있다. 에너지 다소비 시설인 하수처리시설을 미래에는 신재생에너지 공급 시설로 탈바꿈하기 위한 정책마련 및 기술개발을 추진하고 있고 일부 처리시설에서는 조금씩 변화를 보이는 성과를 도출하고 있다. 기존 설비의 개량 및 개선, 새로운 생물학적 공정의 도입, ICT 기술에 의한 최적 운영, 신재생 에너지 기술의 적용으로 시설용량 500m³/일 이상 처리시설을 대상으로 위에서 언급된 방안을 시기별로 적정한 재원과 함께 선투입 된다면 '50년까지 정부의 탄소중립이 달성 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업(20220232)의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 하수처리장 에너지 사용환경 개선방안 마련 연구, 한국환경공단, 2021
- [2] 통합 바이오가스화시설 설치사업 업무지침 및 운영기준 마련, 한국환경공단, 2019
- [3] 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진 법안 검토보고, 환경노동위원회, 2021.
- [4] 경기도 환경기초시설 에너지 이용 효율화 방안, 경기연구원, 2015