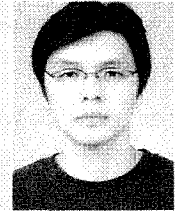


마이크로파를 이용한 하수슬러지의 효율적 감량화 공법



이용세 (주)대우건설 기술연구원 환경연구팀 선임연구원

1. 서론

1.1 국내 하수슬러지 처리의 문제점

최근에 주목을 받고 있는 하수슬러지는 주로 ‘유기성슬러지’로 유기물함량이 높은 관계로 탈수가 어려울 뿐 아니라 적당한 환경이 조성되면 쉽게 부패되어 악취, 침출수 등의 2차적인 환경오염을 유발시키기 때문에 발생과 동시에 적절한 방법에 의하여 처리 또는 자원화해야 한다.

하수슬러지의 처리와 관련한 국내 법규는 처리시설 규모 1만톤/일 이상의 하수처리시설에서 발생하는 슬러지의 매립을 금지하고 있어, 현재 처리 가능한 방법은 소각 후 잔재물을 매립하거나 해양배출 처리하는 경우로 한정되어 있다. 하지만 소각시설은 주변 지역 주민의 민원 관계로 설치사업이 적기에 추진되지 못하고 있으며, 해양배출기준도 강화되어 중금속 등의 오염물질 농도가 높은 슬러지는 사실상 해양배출이 금지된 상황이기 때문에 하수처리장을 운영하고 있는 지자체들에서는 슬러지의 적정 처리에 어려움을 겪고 있다. 국내 하수슬러지 처리의 문제점은 다음과 같다.

1. 안정적이고 검증된 처리공법의 부재
2. 처리시설 건설반대 민원 및 자치단체의 비협조
3. 해양배출 전면 금지시 처리대책 부재
4. 슬러지 처리시설 건설비에 대한 중앙정부 지원의 어려움
5. 일시에 대규모 시설건설시, 시행착오로 인한 예산낭비 및 건설비용 확보난망

1.2 DSM공정 적용의 필요성

전세계적으로 하수슬러지는 처분 (disposal)에서 재이용 쪽으로 방향을 설정하고 있다. 따라서 하수슬러지의 향후 정

책방향과 법규는 국가와 지역 특성에 맞는 재이용 방향으로 추진 될 것이 확실시 되며, 매립과 해양투기가 감소되고 있는 실정에서, 재이용 (토지살포, 소각, 비료화)을 위해서는 전단계로 슬러지 자체가 함유하고 있는 수분함량을 낮추어야 할 필요성이 있다. 이러한 방법으로는 고열탈수기, 건조 및 소각 등의 시설을 도입하여 슬러지 함수율을 줄이고 취급성을 향상시킬 뿐 아니라 매립 및 재이용 등의 목적에 유용하게 사용할 수 있을 것이다. 과거 최종처분방법의 대명사처럼 사용되어 온 매립이 부지확보 등의 어려움과 반입금지 정책으로 급격히 감소하는 상황에서 탈수 및 건조 등의 기술은 새로운 차원에서 검토되어야 할 단계에 이르렀다.

이러한 측면에서 슬러지 발생량의 감량화 기술은 당면한 슬러지 처리문제를 해결할 수 있는 가장 적극적이고, 기본적인 처리방법이라 할 수 있다. 슬러지 감량화 기술은 수분과 고형물을 효과적으로 분리하는 기술을 의미하는 것으로 건조공정도 이에 포함된다. 당사에서 기술 개발한 DSM공정 (Daewoo Sludge Management using Microwave)은 하수처리공정에서 현재 가장 문제시 되고 있는 하수슬러지를 마이크로파와 열풍을 사용하여 함수율의 효율적인 감량을 위한 기술로서, 기존의 하수처리공정 중 탈수기동 후단에 직렬로 연결하여 최종함수율을 원하는 조건으로 조절할 수 있다. 본 공정은 마이크로파 및 열풍장치를 겸용으로 사용하며, 하수슬러지가 투입되는 원수투입 모노펌프와 슬러지 전처리 장비, 마이크로파 건조장치, 처리 후 기존 처리시설로의 배출장치, 악취저감시설을 기본 공정 계통으로 구성한다. 당사의 공정은 환경법규를 충족시키고 기존 공정에 비해 경제성을 지니며, 효율을 극대화한 신공정의 적용을 수행하기 위하여 개발되었다.

본 공정에서는 마이크로파와 열풍을 겸용하여 슬러지 온도 상승에 따른 겸용 비율을 달리하여 최적 운전인자를 결정하였으며, 이를 상용화 장비에 적용하였다.

표 1. 기존 건조공법의 문제점 및 DSM공정 적용 방안

구분	기존건조공법	적용 및 개선
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 감량효과 우수 : 5~30% · 처리공정이 간단하고 운전조작 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 최종함수율 : 20% 이내 → 적절한 슬러지반송, 첨가제 투입 · 전공정의 자동화 및 중앙제어 운전
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 건설비 및 운영비가 다소 높음 → 연료비 비중이 40~70%로 높아 유지관리비 상승 · 외국기술 → 기술지원 및 A/S가 어렵고 예비품의 확보가 곤란 · 부적절한 탈취설비 → 고농도취기에 적합하지 않은 탈취설비의 적용으로 악취발생 · 슬러지 투입시 문제점 발생 → 정착성 있는 슬러지의 투입으로 유동성 불량, 압밀에 의한 열효율저하 등의 문제 발생 	<ul style="list-style-type: none"> · 연료비 절감기술 적용 → 마이크로파와 열풍의 적절한 혼합에 의한 연료비(LNG) 최소화 · 국내 신기술 적용 → 국내 대기업 보유기술로 기술지원 및 A/S가 확실하고 예비품 확보가 용이 · 효과적인 탈취방법 적용 → 활성탄 + 촉매탈취에 의하여 고농도취기에 대한 효과적인 탈취 · 효과적인 슬러지 투입방안 → 정착성이 있는 고도처리 슬러지의 특성을 고려하여 압력을 이용한 분산투입으로 문제점 해결

2. DSM공법 개발의 목적

2.1 DSM공법 개발의 목적 및 범위

본 공법의 개발은 가정에서 음식물을 가열하는 데 많이 사용하는 전자레인지의 간편성 및 편리성에 착안하여 시작하였다. 사전연구결과, 이러한 간편성과 편리성을 환경산업에 접목할 수 있을 것으로 판단을 하였으며 이를 현재 가장 환경문제시 되고 있는 하수슬러지의 감량화에 적용하면 보다 효율적이고 간편하며 경제적으로 처리할 수 있을 것으로 사료되었다. 이에 DSM공법의 개발을 착수하였으며, 다년간의 연구 끝에 공법개발을 완료하게 되었다.

본 공법의 개발목적은 환경법규, 지역별, 하수처리장별, 최종처분처 (end user) 등에 유연성이 있는 목표 함수율 (20%~65%)에 도달될 수 있도록 마이크로파를 이용한 호환성, 경제성이 있으며 현장에서 근본적으로 해결될 수 있는 최적 감량화 공정을 개발하고자 하는 데 있다. 즉, 하수슬러지에 대한 법규 및 하수처리장 실정에 맞는 슬러지 감량화 기술을 개발하고 감량화 된 하수슬러지의 다양한 사용방법에 대한 객관적인 guideline을 제시하여, 하수슬러지 감량화 시스템의 package화 및 최적화를 목표로 하였다.

3. 개발추진내용

3.1. 하수슬러지 감량화를 위한 최적조건 산출

3.1.1 마이크로파와 열풍을 이용한 최적조건 산출

신공법개발을 위하여 마이크로파와 열풍의 조사열량 비율 조절 실험을 실시하여 하수슬러지의 변화를 관찰 하였으며, 연속운전시 최적의 처리조건 및 경제성을 얻고자 하였다. 연구결과, 슬러지 교반 및 파쇄를 했을 경우 비율실험에서 가장 낮은 총무게량을 나타냈으며, 가장 좋은 처리효율을 나타내는 경우는 마이크로파와 열풍을 동시에 조사하는 경우였다. 이러한 결과는 마이크로파의 수분감소율이 열풍보다 높은 것과, 혼합 조사가 단독 조사보다 감량화 효율이 높은 것을 증명하는 것이다.

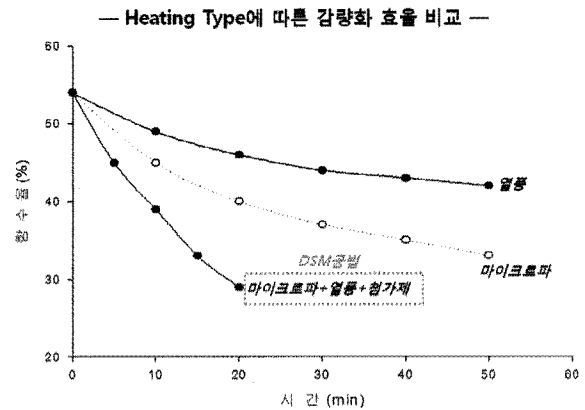


그림 1. DSM 공정 적용 시 마이크로파, 열풍비율에 따른 감량효과

3.1.2 DSM공정의 장기 연속 운전

최적조건을 산출한 결과를 바탕으로 하여, DSM공법의 실 적용을 위한 장기연속운전을 실시하였다. 장기 운전 기간 동안의 투입함수율은 평균 80%대로 일정하게 유지가 되었다.

DSM 메인공정인 마이크로파 건조공정에 하수슬러지를 투입한 장기 운전 결과 평균함수율은 31.5%로 나타났으며, 최대 50%, 최소 20%대로 나타났음을 그림을 통해 알 수 있다. 에너지 효율적 측면에서나 하수슬러지의 재활용시 다양한 용도로의 활용면에서 처리목표함수율을 정하여야 하며, 이러한 목표의 변경은 본 공법에서 수월하고 손쉽게 진행할 수 있는 사항으로 편리성이 큰 장점이 된다. 본 장점으로 인

하여 지하체의 요구에 따라 다양한 함수율로의 처리가 가능하며 적용범위가 넓어질 수 있을 것으로 판단된다.

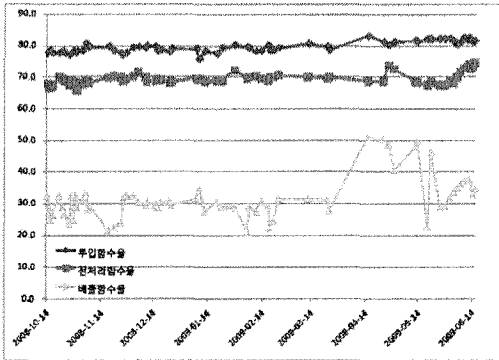


그림 2. DSM 공정 장기운전시 투입, 전처리, 배출함수율

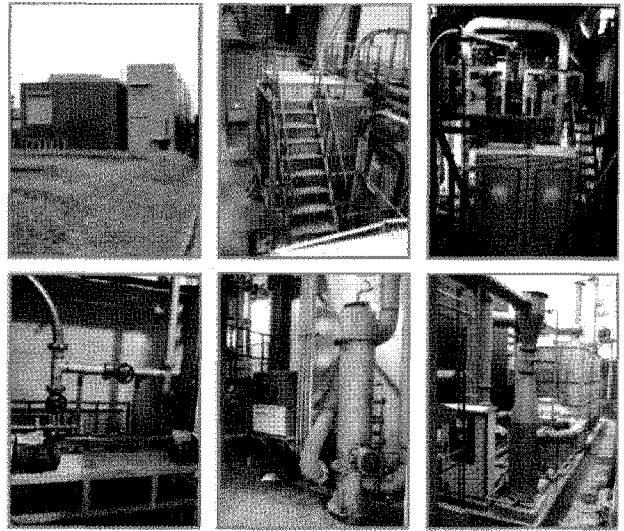


그림 3. DSM 공정 지하체 상용화 설비 전경 및 각 공정별 사진

4. 개발추진성과

4.1. 지하체 하수처리장 실공정 적용사례

당사 개발 신공법인 DSM공정을 지하체에 제한하여 공법을 실적용하는 데에 성공하였으며, 현재 시공을 마치고 시운전을 실시하고 있으며 2010년 하반기 중으로 상용운전을 목표로 하고 있다. 혁신공법을 실공정으로 적용한 첫 번째 사례로서, 이를 바탕으로 향후 더 많은 실적을 거둘 수 있을 것으로 기대되어 진다.

표 2. 지하체 적용 내용

항 목	내 용	비 고
· 사업명	하수처리장 슬러지처리시설 설치공사	
· 공사위치	지하체 하수처리장 내	
· 기준년도	2006년	
· 목표년도	2025년	
· 처리대상시설	지하체 하수처리장의 하수슬러지를 탈수 후 건조처리	
· 시설규모	10톤/일	
· 슬러지처리대상량	최대 슬러지 2,640톤/년 처리	2025년 기준
· 처리방식	완전 건조 방식	
· 처리형식	DSM 건조기 (마이크로파 + 열풍)	
· 대지면적	29,886㎡	
· 건축면적	연면적 173.7㎡	
· 공사기간	착공 후 12개월 (시운전 6개월 포함)	

4.2. 산업재산권

신공법인 당사의 DSM공정은 우수성을 객관적으로 입증받기 위하여 특허 및 신기술 획득을 하였으며, 향후에도 지속적인 기술향상을 통해 새로운 산업재산권을 획득할 예정이다. 현재까지 보유하고 있는 특허 및 신기술은 다음과 같다.

- (1) 국내특허 등록 : 마이크로파와 가열을 이용한 하수슬러지 처리장치 및 방법 (제0541159호)
- (2) NET신기술 등록 : 마이크로파와 열풍을 이용한 하수슬러지 감량화 기술 (제0075호)

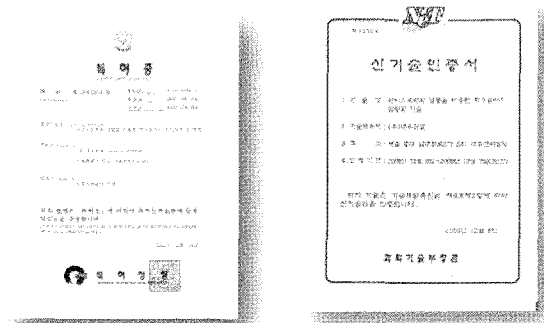


그림 4. DSM 공정 관련 특허 및 신기술증서

5. DSM공법 적용효과

5.1. 환경적 기대효과

- (1) 경제적인 하수슬러지 감량화 공법 확보
- (2) 전기에너지를 사용하는 클린기술로서의 환경법규 변화에 유동적 대응 가능
- (3) 하수처리장 운영비용 절감 (매립 및 해양투기 금지시 슬러지 처리비 측면 및 재활용 가능성) 및 부수입 창출 가능
- (4) 중·소규모 하수처리장 슬러지처리시설 적용가능
- (5) 녹색성장을 위한 정부정책에 부합하는 친환경기술 확보 및 하수슬러지의 자원화 인식 고취

5.2. 기술적 기대효과

- (1) 마이크로파와 열풍을 이용한 하수슬러지 감량화 신공정을 국내에 최초로 적용하여 효율적인 감량화와 공정에서 발생하는 악취로 인한 민원문제를 해결할 수 있다.
 - 평균 80% 함수율의 탈수슬러지를 20~60%의 목표함수율로 감량화 및 재활용 가능
 - 유지관리의 용이성 및 간편성 확보
 - 인터넷을 이용한 운전 및 공정 자동화 시스템 구축
- (2) 에너지 절약적, 기술집약적, 그리고 경제적 하수슬러지 처리기술 확립 및 기타 고농도 유기고형물 처리시설의 계획, 설계 및 운영에 활용

5.3. 경제적·산업적 기대효과

- (1) 슬러지의 감량화로 매립 및 해양투기 금지로 인한 슬러지 처리의 어려움을 덜어주고 국가와 지방정부의 정책적 부담경감과 경제적 이익 창출 가능
- (2) 처분해야 할 슬러지의 양을 50~80% 감소시킴으로써 최종처분까지의 소각시설과 같이 민원발생의 소지가 많은 환경시설의 추가시설분을 감소시킬 수 있고, 이로 인한 직접적인 경제이익과 함께 환경분쟁의 소지를 줄일 수 있음
- (3) 기존 공법에 비해 전기에너지 사용을 통한 환경친화적인 공법이며, 유지관리비 또한 절감 가능 (기존 탈수공정 적용 후 해양투기의 경우, 본 공정 적용시 최대 4배의 부피 감량효과를 보이므로, 운반비용의 1/4배 절감효과 발생)
- (4) 독자적으로 Package화된 슬러지 최종처리기술을 개발하고, 신기술 개발에 따른 해외 수출 효과 기대 (예상되는 해외시장의 규모는 2010년 기준 약 15억 달러일 것으로 추정됨-환경부 자료에서 1998년에서 2005년까지의

하수슬러지 발생량 근거, 매년 10% 증가 예측)

- (5) 최근의 녹색성장정책과 관련하여, 하수슬러지 처리시 이산화탄소 배출을 저감시킬 수 있으며, 이를 CDM사업과 연계하여 추진이 가능함

6. 맺음말

본 혁신기술은 강화된 환경법규 및 녹색성장에 대한 패러다임이 새로운 시대의 흐름으로 인식되고 있는 상황에서, 하수슬러지의 처리방법에도 새로운 변화와 기준이 필요하다는 인식하에 기존 탈수슬러지 처리공정의 한계점을 극복하고, 관련법규의 제정으로 인한 슬러지 처리의 어려움을 덜어내고자 환경분야에서는 첨단기술인 마이크로파와 열풍을 이용한 하수슬러지 감량화 공정을 국내최초로 개발하여, 하수슬러지를 처리하여 감량화 이후 슬러지의 재활용 처분에 대한 여러 가지 가능성에 대한 솔루션을 제공하고자 다년간에 걸쳐 개발된 기술이다.

당사의 신공정은 clean 에너지인 전기에너지를 사용하여 하수슬러지 감량화의 유연한 적용을 통한 퇴비화 및 복토재, 연료화 등의 다양한 재활용을 모색하여, 최적의 가능성을 알아보았다.

본 기술은 다른 슬러지 처리 공법에 비해 처리시간을 단축할 수 있고, 각 지역여건에 맞게 최종처리효율을 다르게 맞춤으로서 원하는 처리방법으로의 적용이 가능하여 재활용할 수 있다. 이는 기존 처리시설의 개량 및 감축효과와 처리 효율 향상효과를 함께 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

현재 일본과 유럽, 미국을 중심으로 하수슬러지 처리 기술이 많이 개발되어 있으나, 이에 비해 우리나라의 기술은 상대적으로 뒤쳐져 있는 실정이다. 그러나 본 DSM기술 개발을 통해 우리나라는 물론 추후 미국과 같이 슬러지 등급제를 적용하여 농지살포 및 재활용을 강조하는 지역에 우선적으로 선택될 수 있는 기술이라 할 수 있다.

본 DSM공정은 상용화 적용이 빠르게 진행되어 현재 시공 후 시운전 중에 있다. 이를 바탕으로 향후 추진되어질 각종 하수슬러지 감량화 시설 공사 및 턴키공사에 우선적으로 적용할 수 있을 것으로 판단되며, 홍보효과도 상당할 것으로 관측된다. 이로 인해 현재 주로 외국 기술의 도입을 통한 공정에 의존하고 있는 슬러지 처리 분야에서 국내 독자개발 기술을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

· 이용세 e-mail : macgyver@dwconst.co.kr