

하수슬러지 퇴비화 기술<1>



조재경 / 현대에너지머리닝 주 환경기술연구소 팀장, 폐기물관리 기술사



목 차

I. 서론

Ⅰ. 하수슬러지 발생 및 처리 현황

1. 발생현황
2. 처리 현황

Ⅲ. 퇴비화와 하수슬러지의 성상

1. 농축슬러지와 소화슬러지의 유기물 함량
2. 응집제의 종류에 따른 유기물의 함량
3. 기타 슬러지의 성상

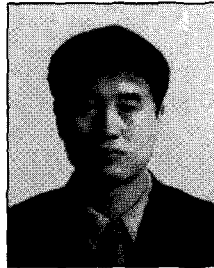
Ⅳ. 파일럿 플랜트(1톤/일) 장치를 이용한 하수슬러지 퇴비화

1. 실험방법 및 장치
2. 실험결과 및 토의

Ⅴ. 생성퇴비를 이용한 식물재배 실험

1. 개요
2. 실험방법
3. 실험 결과 및 고찰
4. 식물의 중금속 측정 결과

Ⅵ. 결론



1. 서론

전국적으로 '95년 말 기준, 발생하고 있는 하수슬러지의 양은 연간 1,079천톤으로 이중 대부분이 육상매립 및 해양투기 방법에 의해 처리되고 있고 농지환원, 건설자재, 조경, 지렁이 사육 등으로 재이용되는 것은 총발생량의 4.4%인 47천톤에 불과하며 재이용의 약 70%가 과수원 등에 퇴비로 활용되고 있는 실정이다. 이상과 같이 하수슬러지는 발생량 대부분이 단순매립과 해양투기되고 있으나 매립지 부족 및 각종 규제 강화에 의하여 처리에 많은 문제점을 안고 있다. 특히 단순 매립시에는 하수슬러지가 80% 정도의 수분을 함유하고 있는 관계로 수송·운반상 2차오염을 유발시키며, 매립지 반입시에 지반의 다짐에 어려움을 보여, 생활폐기물 매립지에서는 이러한 물질의 반입을 기피하고 있는 실정이다. 또한 대부분이 유기성폐기물로서 분해에 의한 매립지 내에서 악취, 침출수, 해충 등의 2차 환경오염을 야기시키고 있으며, 폐기물 처리에 대한 지역이기주의(NIMBY) 현상은 더욱 더 하수슬러지 처분을 어렵게 만들고 있다.

하수슬러지를 발생하는 시설이 점차적으로 증가되어 2011년까지 전국에 하수처리장이 보급될 때에는 막대한 슬러지의 발생량이 예견되며 이러

하수슬러지를 발생하는 시설이 점차적으로 증가되어 2011년까지 전국에 하수처리장이 보급될 때에는 막대한 슬러지의 발생량이 예견되며 이러한 슬러지는 단순매립에만 의존하지 못하므로 새로운 처리방법의 모색이 필요하게 되었다. 이러한 관점에서 미생물에 의하여 자원을 소멸시키지 않고 재활용이 가능하면서 이산화탄소 등의 지구환경 문제에 대한 해결점으로 퇴비화 방법이 매립처분 방법의 적정 대안 기술로 부각되고 있다.

한 슬러지는 단순매립에만 의존하지 못하므로 새로운 처리방법의 모색이 필요하게 되었다. 이러한 관점에서 미생물에 의하여 자원을 소멸시키지 않고 재활용이 가능하면서 이산화탄소 등의 지구환경 문제에 대한 해결점으로 퇴비화 방법이 매립처분 방법의 적정 대안 기술로 부각되고 있다. 본고는 G7환경공학기술개발사업(국립환경연구원 주관)의 일환으로 수행중인 “유기성폐기물 퇴비화기술 개발” 내용중 하수슬러지의 퇴비화와 관련된 부분을 일부 발췌한 것으로 하수슬러지 발생 및 처리 현황, 퇴비화와 관련된 하수슬러지의 성상, Pilot Plant(1톤/일 규모) 장치를 이용한 하수슬러지 퇴비화 현장실험 내용 및 생성된 퇴비를 이용한 식물재배 실험 결과를 고찰하였다.

2. 하수슬러지 발생 및 처리 현황

2.1 발생현황

우리나라의 하수슬러지 발생량은 1995년도 기준, 전국

적으로 65개 처리장을 대상으로 집계한 결과(표 1)에 의하면 연간 약 일백만톤이 발생하였다. 이러한 발생량은 하수처리시설 확충을 위한 각종 계획에 의하여 2011년까지 전국 각처에 하수처리장이 보급될 시에 막대한 슬러지의 발생량이 예상된다.

하수슬러지는 농축과정만으로 배출되는 것과 소화과정에 의하여 배출되는 것에 따라 그 발생량에 차이가 있을 수 있고 합류식 관거인가 분류식 관거인가에 따라 크게 다를 수 있다.

환경부에서 1994년도에 실시한 하수종말처리장 슬러지 광역처리방안에 대한 타당성조사 연구에 의하면 장차 모든 하수처리장에 유입되는 하수관거가 분류식 또는 합류식이라더라도 관거가 잘 정비되어 토사의 유입이 최소화되리라는 가정하에 이론적인 하수슬러지 발생량을 산출한 것이기 때문에 실제 발생량과는 차이가 있을 것으로 예상이 되지만 2006년도에는 농축슬러지만으로는 약 120만톤의 슬러지의 발생량이 예측되고 있다.

(표 1) 하수슬러지 발생 현황

시도	처리장명	시설용량 (천톤/일)	하수유입량 (천톤/일)	처리방법	일일발생량 (톤/일)
총 합계		9,522.4	10,520.7		2,953.1
서울 합계		3,710.0	5,571.2		1,426.1
서울	중랑	1,460.0	1,852.5	표준활성	447.8
	탄천	750.0	804.8	표준활성	267.1
	가양	1,000.0	1,798.4	표준활성	508.7
	난지	500.0	1,115.5	표준활성	202.4
부산 합계		616.0	556.5		200.8
부산	수영	286.0	281.6	표준활성	45.5
	장림	330.0	274.9	표준활성	155.3
대구 합계		750.0	759.8		212.3
대구	신천	350.0	360.0	표준활성	68.5
	달서천	400.0	399.8	표준활성	143.8
인천 합계		430.0	349.1		86.4
인천	가좌	190.0	169.8	표준활성	53.6
	승기	240.0	179.3	표준활성	32.9

시도	처리장명	시설용량 (천톤/일)	하수유입량 (천톤/일)	처리방법	일일발생량 (톤/일)
광주 합계		300.0	330.8		134.9
광주	광주	300.0	330.8	표준활성	134.9
대전 합계		300.0	323.5		107.6
대전	대전	300.0	323.5	표준활성	107.6
경기 합계		1,706.4	1,337.8		428.1
경기	수원	165.0	94.8	표준활성	6.4
	성남	340.0	284.8	표준활성	103.4
	의정부	140.0	55.7	표준활성	22.7
	안양	300.0	264.3	표준활성	116.4
	부천	150.0	119.1	표준활성	41.3
	동두천	47.0	22.4	표준활성	1.8
	안산	121.0	129.3	1차처리	30.2
	고양	135.0	86.7	표준활성	33.4
	과천	30.0	22.6	표준활성	11.5
	구리	50.0	51.0	표준활성	15.1
	화도	10.0	8.2	표준활성	5.2
	시흥	176.0	156.3	표준활성	17.9
	용인	24.0	25.3	표준활성	13.5
	광주광동	0.25	0.3	장기폭기	0.1
	광주만선	0.15	0.1	장기폭기	0.0
	광주읍	11.0	11.5	표준활성	6.0
	광주분원	0.15	0.2	장기폭기	0.1
	광주귀여	0.15	0.1	장기폭기	0.0
	광주매산	0.5	0.2	장기폭기	0.0
	양평	4.2	3.4	표준활성	2.2
	양서	0.6	0.5	장기폭기	0.3
용문	1.2	0.9	장기폭기	0.6	
하자포	0.2	0.1	토양접촉	0.0	
강원 합계		175.0	141.8		33.9
강원	춘천	100.0	73.0	표준활성	18.4
	원주	75.0	68.8	표준활성	15.5
충북 합계		273.0	227.6		82.1
충북	청주	150.0	134.2	표준활성	64.3
	충주	50.0	34.9	표준활성	0.6
	제천	35.0	33.0	표준활성	7.7
	문의	1.0	0.6	장기폭기	0.1
	보은	6.0	6.5	표준활성	1.5
	옥천	18.0	6.9	표준활성	5.2
	영동	8.0	6.9	표준활성	1.3
	단양	5.0	4.6	표준활성	1.4
충남 합계		93.0	79.4		20.6
충남	천안	70.0	70.8	표준활성	19.3
	계룡	23.0	8.6	표준활성	1.3
전북 합계		103.0	101.8		29.8

시도	처리장명	시설용량 (천톤/일)	하수유입량 (천톤/일)	처리방법	일일발생량 (톤/일)
전북	전주	103.0	101.8	표준활성	29.8
전남 합계		30.0	12.4		1.9
전남	나주	22.5	10.6	표준활성	1.3
	광양	5.5	1.3	표준활성	0.5
	순천공단	2.0	0.5	표준활성	0.0
경북 합계		255.5	274.1		96.6
경북	경주	69.0	47.3	표준활성	0.1
	구미	135.0	183.3	표준활성	58.7
	영천	25.0	28.0	표준활성	33.1
	왜관	20.0	11.6	표준활성	4.2
	온정	6.5	3.9	회전원판	0.5
경남 합계		715.5	398.7		65.9
경남	마산	280.0	178.6	1차처리	15.8
	울산	250.0	73.6	1차처리	1.4
	회야	32.0	28.5	표준활성	9.6
	진주	110.0	88.2	표준활성	29.4
	통영	20.0	13.1	표준활성	1.6
	부곡	13.0	5.7	회전원판	0.9
	거창	10.5	11.0	산화구법	7.2
제주 합계					
제주	제주	60.0	54.8	표준활성	25.6
	중문	5.0	1.4	표준활성	0.4

2.2 처리 현황

국내 가동중인 하수처리장 중에서 선정된 처리장을 중심으로 하수슬러지의 처리현황을 조사한 결과를 [표 2]에 나타내었다. 각 사업소별로 처리방법에 다소 차이는 있었으나 대부분의 경우는 매립에 의존하고 있었다. 그러나 매립을 위하여 각 사업소 내에 일반폐기물 매립지와 수도권주변에 매립지가 조성되어 있는 지역에서는 아직까지 문제가 없이 매립이 진행되고 있으나 일부 하수처리장의 경우 예를 들면 부산 장림하수처리장은 주변의 매립지가 포화상태에 달해 반입이 차단되고 난 후에 처리에 많은 문제점을 안고 있어 이후의 매립계획은 해양투기를 생각하고 있었다. 매립을 추진하고 있는 대부분의 사업소는 장래 처리방법에 대한 대책을 강구하고 있는데 이들 중에 대다수가 장래에 소각처리를 검토하고 있었다. 한편, 유해물질에 대한 문제점이 적은 지역의 경우에는 토양환원을 목적으로 퇴비화를 고려하고 있으며 춘천, 구리, 과천

의 경우에는 지금도 일부슬러지를 토양개량제로서 유효 이용하기 위하여 농가 또는 화훼단지에 공급하고 있었다.

현황조사에서 일반적인 사항으로 사업소에서 제시한 사항은 대도시의 경우에는 소각의 필요성을 강조하였고 농촌과 밀접한 관계를 가진 중·소도시(읍·면단위지역 포함)에서는 퇴비화를 강조하고 있었다. 실제 하수슬러지에 대한 처리곤란성 때문에 각 사업소에서는 상당한 조사를 하고 있었으며, 조사대상이 소각과 퇴비화에 집중되어 있었다. 아울러, 소각은 초기 시설비등이 고가이며 유지관리상의 어려운 점 때문에 선정에 신중을 기하고 있었으며 퇴비화에 대하여 많은 관심이 증가되고 있음을 확인할 수 있었다. 퇴비화에 대한 검토에서 일부하수처리장의 경우에는 중금속이 문제로 된다는 점에서 농업용 이용보다는 임업용 이용에 초점을 두고 장기간 시비실험을 하고 있는 곳도 있었다.

(표2) 하수슬리지 처리 현황

시도	처리장명	슬리지 처리현황(톤/년)						
		소계	육상 매립		해양 투기		재이용	
			매립량	비율(%)	투기량	비율(%)	재이용량	비율(%)
총 합계		1,077,868.8	866,420.5	80.4	164,502.5	15.3	46,945.8	4.4
서울 합계		520,543.0	511,002.0	98.2	0.0	0.0	9,541.0	1.8
서울	중랑	163,461.0	163,461.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	탄천	97,506.0	97,506.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	가양	185,693.0	180,005.0	96.9		0.0	5,688.0	3.1
	난지	73,883.0	70,030.0	94.8		0.0	3,853.0	5.2
부산 합계		73,280.5	0.0	0.0	72,521.5	99.0	759.0	1.0
부산	수영	16,599.5		0.0	16,167.5	97.4	432.0	2.6
	장립	56,681.0		0.0	56,354.0	99.4	327.0	0.6
대구 합계		77,506.0	0.0	0.0	75,132.0	96.9	2,374.0	3.1
대구	신천	25,003.0		0.0	22,629.0	90.5	2,374.0	9.5
	달서천	52,503.0		0.0	52,503.0	100.0		0.0
인천 합계		31,553.0	31,256.0	99.1	297.0	0.9	0.0	0.0
인천	가좌	19,553.0	19,256.0	98.5	297.0	1.5	0.0	0.0
	승기	12,000.0	12,000.0	100.0		0.0	0.0	0.0
광주 합계		49,238.0	33,989.0	69.0	15,249.0	31.0	0.0	0.0
광주	광주	49,238.0	33,989.0	69.0	15,249.0	31.0	0.0	0.0
대전 합계		39,274.0	39,274.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
대전	대전	39,274.0	39,274.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
경기 합계		156,243.0	142,810.0	91.4	0.0	0.0	13,433.0	8.6
경기	수원	2,342.0		0.0		0.0	2,342.0	100.0
	성남	37,734.0	32,702.0	86.7		0.0	5,032.0	13.3
	의정부	8,271.0	8,271.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	안양	42,486.0	42,486.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	부천	15,091.0	15,091.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	동두천	675.0	675.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	안산	11,005.0	11,005.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	고양	12,175.0	12,175.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	과천	4,200.0	1,641.0	39.1		0.0	2,559.0	60.9
	구리	5,498.0	5,286.0	96.1		0.0	212.0	3.9
	확도	1,906.0		0.0		0.0	1,906.0	100.0
	시흥	6,546.0	6,546.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	용인	4,920.0	4,920.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	광주광동	23.0	13.0	56.5		0.0	10.0	43.5
	광주만선	9.0	5.0	55.6		0.0	4.0	44.4
	광주읍	2,180.0	1,970.0	90.4		0.0	210.0	9.6
	광주분원	21.0	12.0	57.1		0.0	9.0	42.9
	광주귀여	8.0	1.0	12.5		0.0	7.0	87.5
	광주매산	16.0	11.0	68.8		0.0	5.0	31.3
	양평	803.0		0.0		0.0	803.0	100.0
양서	114.0		0.0		0.0	114.0	100.0	

시도	처리장명	슬러지 처리현황(톤/년)						
		소계	육상 매립		해양 투기		재이용	
			매립량	비율(%)	투기량	비율(%)	재이용량	비율(%)
	응문	216.0		0.0		0.0	216.0	100.0
	하자포	4.0		0.0		0.0	4.0	100.0
강원 합계		12,390.0	5,667.0	45.7	0.0	15.3	6,723.0	54.3
강원	춘천	6,723.0		0.0		0.0	6,723.0	100.0
	원주	5,667.0	5,667.0	100.0		0.0	0.0	0.0
충북 합계		29,957.5	28,743.5	95.9	0.0	0.0	1,214.0	4.1
충북	청주	23,470.0	23,280.0	99.2		0.0	190.0	0.8
	충주	216.0	216.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	제천	2,814.0	2,814.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	문의	29.5	29.5	100.0		0.0	0.0	0.0
	보은	549.0		0.0		0.0	549.0	100.0
	옥천	1,911.0	1,911.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	영동	475.0		0.0		0.0	475.0	100.0
	단양	493.0	493.0	100.0		0.0	0.0	0.0
충남 합계		7,501.0	3,083.0	41.1	0.0	0.0	4,418.0	58.9
충남	천안	7,036.0	3,083.0	43.8		0.0	3,953.0	56.2
	계룡	465.0		0.0		0.0	465.0	100.0
전북 합계		10,889.0	10,889.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
전북	전주	10,889.0	10,889.0	100.0		0.0	0.0	0.0
전남 합계		683.0	683.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
전남	나주	476.0	476.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	광양	189.0	189.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	순천공단	18.0	18.0	100.0		0.0	0.0	0.0
경북 합계		35,255.0	33,952.0	96.3	1,303.0	3.7	0.0	0.0
경북	경주	25.0	25.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	구미	21,413.0	21,413.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	영천	12,080.0	12,080.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	왜관	1,545.0	242.0	15.7	1,303.0	84.3	0.0	0.0
	은정	192.0	192.0	100.0		0.0	0.0	0.0
경남 합계		24,059.0	23,783.0	98.9	0.0	0.0	276.0	1.1
경남	마산	5,764.0	5,764.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	울산	510.0	510.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	회야	3,511.0	3,511.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	진주	10,728.0	10,728.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	통영	585.0	309.0	52.8		0.0	276.0	47.2
	부곡	317.0	317.0	100.0		0.0	0.0	0.0
	거창	2,644.0	2,644.0	100.0		0.0	0.0	0.0
제주 합계		9,496.8	1,289.0	13.6	0.0	0.0	8,207.8	86.4
제주	제주	9,355.0	1,289.0	13.8		0.0	8,066.0	86.2
	중문	141.8				0.0	141.8	100.0