

# 유기성폐기물의 자원화 기술의 현황과 전망

배 재 근  
서울산업대학교 환경공학과<sup>3</sup>

## Current Status and Prospect on Resources utilization of Organic wastes.

Chae-gun. Phae  
*Department of environmental engineering, Seoul National university of technology*

### 1. 서 론

#### 1) 유기성폐기물의 문제점 인식

90년대에 들어와 폐기물문제가 사회문제화 되고, 소각 및 매립 처리과정 중에 2차오염이 일어나면서, 쓰레기 성상 중에 가장 문제가 될 수 있는 음식물쓰레기와 슬러지에 대한 관심이 증가하게 되었다. 이들은 대부분이 미생물에 의하여 분해가능한 유기물을 많이 포함하고 있는 것으로 유기성폐기물로 분류되고 있다. 이들 유기성폐기물이 폐기물의 처리과정에서 문제가 되는 요인은 높은 수분함량으로서 음식물쓰레기는 80~85%전후, 슬러지는 75~80%전후를 보여주고 있다는 점이다. 이러한 높은 수분함량은 소각시에 발열량을 저하시켜 보조연료의 사용량을 증가시키고, 경우에 따라서는 불완전연소를 유도하게 된다. 또한 매립단계에서 침출수의 증가요인이 되며, 높은 수분함량에 유기물이 급격히 분해되어 악취발생의 요인이 되기도 한다. 이러한 문제점 때문에 90년대에 들어와 매립규제하는 움직임이 발생했으며, 최대한 수분을 억제한 상태에서 반입을 유도하고 있으나, 아직까지 많은 문제점을 야기시키고 있는 실정이다.

#### 2) 자원순환형사회와 Zero emission

최근에 자원의 유한성에 기인한 자원의 고갈문제에 많은 우려를 하게되었으며, 특히 탄소계의 유용한 자원이 소각 등에 의하여 일시에 CO<sub>2</sub>로 전환되어 지구온난화를 일으키고, 다시 생물체로 전환이 되지 못한다는 점에서 지구생존의 한계성이 점쳐지고 있다. 우리 인간들이 사용하는 자원 중에서 가장 많은 량을 차지하는 것이 유기성폐기물로서 인간계를 거쳐서 폐기물로서 발생하게 된다.

이러한 유기성폐기물에 대한 관심은 우리나라의 문제점이 아닌 선진국에서도

관심의 대상이 되고 있으며, 폐기물의 처리에 있어서 유기성폐기물을 효율적으로 제어할 시에 자원순환체제 및 Zero emission을 달성할 수 있는 결론하에 많은 대책을 수립하고 있다. 특히 순환형사회의 구축에 관심의 대상은 폐기물 중에서도 유기성폐기물로서, 유기성폐기물을 자원화하여 토양으로 환원시키는 것이 큰 과제로 부상하고 있다. 즉 폐기물 중에서 생분해가 가능한 유기성폐기물을 전량 수거하여 순환함으로 폐기물의 감량화에 기여하는 것이 가능하다.

일부의 선진국에서는 장래에 생활쓰레기의 매립과 소각을 금지한다는 정책 목표하에서 각종 제도를 정비하고 있는 중에 있다. 그러한 제도를 보면, 초기단계에는 예치금, 부담금과 같은 제도를 현실화시켜 발생을 억제하고, 발생한 폐기물에 대해서는 재활용 및 재자원화하여 소각 및 매립장으로 폐기물이 들어가지 않게한다는 것이다. 이러한 폐기물관리 및 처리시스템에 있어서 재활용가능한 물질을 분리수거 및 기계적선별에 의하여 분류하고 나면, 잔존하는 것이 유기물로서 이러한 유기물을 어떻게 재자원화시키느냐가 중요한 관건으로 등장하고 있으며, 재자원화방법의 궁극적인 대안으로 제시되는 것이 호기성미생물에 의한 퇴비화이다.

### 3) 호기성퇴비화기술의 발전 및 현상

호기성 퇴비화기술은 오래전부터 알려져 있었으며, 유기성폐기물의 처리방법으로는 일반적인 방법중에 하나이다. 선진국의 경우에는 70년대에 퇴비화에 대한 1차붐이 있었으나, 80년대, 90년대에는 폐기물의 처리방법이 소각으로 진전되면서 퇴비화에 대한 붐이 저하되어 활성화되지 못했다. 최근에 매립 및 소각에 대한 한계성이 등장하면서, 그 대안으로 또다시 퇴비화가 거론되기 시작했으며, 자원순환체제 정립에는 퇴비화가 필수적인 것으로 인식되어 각종 폐기물정책에 반영되고 있다. 최근의 움직임은 매립장을 거대한 퇴비화반응기 즉 Bioreactor라는 개념으로 접근하여 폐기물을 미생물에 의하여 분해안정화 및 소멸시켜 감량화를 유도하면서 최종산물을 자연계로 유도한다는 관점에서 접근이 시도되고 있다.

본 고에서는 우리나라에서 현상문제로 등장되고 있는 유기성폐기물 중에 음식물쓰레기와 슬러지를 이용한 퇴비화기술에 대하여 조사검토하기로 하였으며, 기술이 광범위한 것으로부터 호기성미생물에 의한 퇴비화에 국한하는 것으로 하였다. 이들 유기성폐기물의 발생량, 법적인 허용범위 및 규제사항, 전체처리공정 및 세부처리공정, 장래의 발전방향등에 대하여 검토하기로 한다.

## 2. 음식물쓰레기 및 하수슬러지의 발생량 및 처리현황

### 2.1 음식물쓰레기의 발생량 및 처리현황

음식물쓰레기는 생활폐기물 범주내에서 관리되고 있으며, 매년 생활쓰레기와 함께 통계자료로 집산되고 있다. 2000년도에 환경부에서 집계한 생활쓰레기와 음식물쓰레기의 발생량 및 자원화현황을 [표 1]에 나타냈다. 우리나라의 생활쓰레기는 매년 감소하고 있으며, 그 감소량은 90년초에 비교하여 절반수준이며, 원단위는 1kg이하로 0.887kg/인.일이다. 이중에 음식물쓰레기가 차지하는 비중은 27.1%이며, 1인당 1일 발생량은 0.24kg이다. 1가구를 4인으로 추정할 시에 1가구당 약 1kg가 발생되고 있다. 1996년도까지 생활쓰레기 중에 음식물이 차지하는 비중이 상대적으로 증가하는 경향으로 보였으나, 1997년 이후에는 감소하는 경향이 관찰되고 있다. 이러한 경향은 상대적으로 음식물쓰레기가 재활용되는 량이 증가하는 것에 기인하는 것으로 추정된다. 최근에 현황으로 보면, 생활쓰레기의 량이 1999년도에는 34.37%를 보여주고 있으며, 생활폐기물 1/3이 재활용되고 있으며, 재활용되는 량중에는 음식물쓰레기가 상당량을 차지하고 있다.

### 2.2 슬러지의 발생량 및 처리현황

초기에는 대도시를 기반으로 한 대형하수처리장을 건설해 왔으나, 최근에는 중소도시 및 농어촌지역의 하수처리율을 상승시키기 위하여 중소규모의 하수처리장이 건설되고 있다. 우리나라 전체의 하수처리장은 99년도 기준으로 150개이며, 인구대비 하수도보급율은 68.4%를 보여주고 있다.

이러한 처리시설의 정비에 따라 부수적으로 발생하는 슬러지도 지속적으로 증가하고 있는 경향을 보여주고 있으며, 이러한 슬러지는 정수, 하수, 폐수슬러지로 구분되어 매년 현황이 정리되고 있다. 하수슬러지의 대부분은 생물학적처리에 기인된 것이며, 폐수슬러지는 생물학적, 화학적처리에 의한 슬러지가 혼합되어 있다.

[표 2]에는 우리나라 전체에서 발생하는 슬러지류의 발생량과 처리현황을 나타냈다. 정수오니 290만톤, 하수오니 1,593만톤, 폐수오니 191만톤으로 전체 슬러지발생량은 381만톤으로서, 1일 10,438톤이 발생하고 있다. 정수오니 및 하수오니는 매립 및 해역배출에 의존하고 있으며, 폐수슬러지는 중간처리업자에 의하여 소각, 재활용업자에 의하여 재활용되는 량이 높게 나타나고 있으며, 매립량이 다른 슬러지에 비교하여 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

[표 1] 음식물쓰레기의 발생량 및 자원화현황

구분		1991년	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	비고	
생활 폐기물	발생량(톤/일)	92,246	75,096	62,940	58,118	47,774	49,925	47,895	44,583	41,510		
	전년도대비감소율(%)	-	-18.6	-16.2	-7.7	-17.8	+4.5	-4.24	-6.92	-6.89		
	1인당발생량(kg/인·일)	2.3	1.8	1.5	1.3	1.06	1.08	0.96	0.93	0.96		
음식물 쓰레기	발생량(톤/일)	26,311	21,807	19,764	18,055	15,075	14,532	13,063	11,798	11,230		
	발생비중(%)	28.5	29.0	31.4	31.4	31.6	29.1	27.3	26.5	27.1		
	전년도대비감소율(%)	-	17.1	9.4	9.4	16.5	3.74	10.1	9.68	4.81		
	1인당 발생량(kg/인·일)	0.68	0.52	0.46	0.41	0.34	0.33	0.29	0.25	0.24		
	처리 현황 (톤/일)	매립	매립	-	-	-	-	14,87	13,486	10,973	8,308	-
			소각	-	-	-	-	372	570	815	923	-
		재활 용량	소계	-	-	-	166	316	476	1,275	2,566	3,860
			사료화	-	-	-	-	-	-	761	1,875	2,400
			퇴비화	-	-	-	-	-	-	514	691	1,460
			매탄화,기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-

-는 통계가 불가능함을 나타냄

처리현황을 보면, 재활용량이 선진국과 비교하여 상대적으로 낮은 값을 보여주고 있으며, 재활용은 퇴비화등에 의한 농업용으로 이용용도가 높으나, 지금까지 우리나라의 슬러지에 대한 대책이 농업용으로 슬러지이용을 장려하기보다는 억제하는 규제정책에 기인한 것으로 분석되고 있다. 매립량은 해마다 감소하는 것에 반하여 해양투기가 1996년도부터 급격하게 증가하고 있는 현상이 관찰되고 있다. 99년도에는 매립량보다 해양투기량이 상회하는 결과를 보여주었다. 이러한 현상은 97년도에 제정된 2001년도부터 슬러지직매립을 금지안(2000년도 7월에 2033년 7월로 잠정적 연기) 때문에 매립이 아닌 다른 처리방법을 모색하는 과정에서 상대적으로 처리비가 싼 해양투기를 선호하게 된 것으로 분석된다.

슬러지에 대한 규제가 2003년 7월부터 실시되어 매립금지로 전환되고, 런던뎀핑조약에 근거한 해양투기도 장래에는 금지될 예정에 있으므로 각종 처리 및 재활용에 대한 대책이 요구되는 것으로부터 지역특성 및 슬러지의 특성에 따라서는 재활용(퇴비화)의 비중이 점차 증가할 것으로 예상된다.

[표 2] 전체 슬러지의 발생량 및 처리현황(1999년) (단위: wet base 톤 /년)

종류	배출량	처 리 량						보관	
		계	매립	소각	재활용	해역배출	기타		
계	3,813,782	3,769,405 (100%)	895,933 (23.8%)	792,045 (21%)	467,634 (12.4%)	1,613,785 (42.8%)	8 (0%)	44,375	
정수오니	290,498	286,421 (100%)	167,779 (59%)	0 (0%)	2,813 (1%)	115,829 (40%)	0 (0%)	4,077	
하수오니	1,593,001	1,574,303 (100%)	640,516 (41%)	33,351 (2%)	80,293 (5%)	820,135 (52%)	8 (0%)	18,698	
폐수 오니	소계	1,930,283	1,908,681 (100%)	87,638 (4.6%)	758,694 (39.7%)	384,528 (20.1%)	677,821 (35.5%)	0 (0%)	21,600
	배출 업소	1,824,030	1,802,430 (100%)	80,581 (4.5%)	757,194 (42.0%)	381,942 (21.2%)	582,713 (32.3%)	0 (0%)	21,600
	공단	98,848	98,848 (100%)	3,981 (4.0%)	1,500 (1.5%)	720 (0.8%)	92,647 (93.7%)	0 (0%)	0
	농공 단지	7,405	7,403 (100%)	3,076 (42%)	0 (0%)	1,866 (25%)	2,461 (33%)	0 (0%)	2

## 2. 유기성폐기물이 폐기물처리에 미치는 영향검토

현재의 폐기물의 처리시스템은 매립과 소각에 의존하고 있으며, 전술한 것과 같이 수분함량이 높은 유기성폐기물이 처리효율 및 2차오염에 많은 영향을 미치고 있으며, 각종 문제점을 야기시키고 있다. 유기성폐기물이 폐기물의 수거단계에서 분리수거되어 별도로 처리되거나 자원화된다면, 각종 문제점을 해결하는 것이 가능할 것이다.

[표 3]에는 어느 지역의 음식물쓰레기를 분리수거전과 분리수거후의 쓰레기성상의 변화를 나타냈다. 분리수거전에 음식물쓰레기가 전체쓰레기에 차지하는 량이 61.54%였으나, 분리수거후에는 11.91%로 감소되었으며, 이러한 분리수거에 의하여 함수율이 53.6%에서 22.44%로 감소되었다. 수분함량이 22.44%의 조건이라면 소각 시에 충분한 열량을 확보하여 처리하는 것이 가능하며, 매립 시에도 급격한 침출수의 배출이 없이 혐기성상태를 호기상태를 완화시켜 분해를 촉진 시킬과 동시에 2차오염을 경감하는 것이 가능하다. 이러한 효과는 슬러지에 있어도 같은 효과를 얻을 수 있으며, 특히 슬러지의 경우에는 지반다짐에 문제가 있어 매립이 불가능한 경우가 있는 것으로부터 매립작업의 효율화를 기할 수 있다.

이러한 부가적인 효과가 기대되나, 분리된 유기성폐기물을 어떤 방법으로 효율적으로 처리하느냐가 중요한 과제로 부상되고 있다. 특히 우리나라의 경우에는 경험 및 기술축적이 없이 각종 자원화시스템이 95년이후에 설치되었으며, 기술도입 초기에 일어날 수 있는 각종 문제점이 발생하여 많은 불신감을 시장에 주었기 때문에 사업에 많은 어려움을 안고 있다. 최근에는 초기에 일어났던 각종 기술적 문제점이 개선되면서 기술축적이 되어 신뢰성이 확보되고 있다. 이러한 점으로부터 자원화를 활성화시켜 폐기물처리의 원천적인 문제점해결과 동시에 자원순환시스템의 구축이 필요하다.

[표 3] 음식물쓰레기 분리수거지역과 비분리수거지역의 쓰레기성상의 비교

항목	구분	음식물쓰레기 분리수거 후		음식물쓰레기 분리수거 전		비고
		중량(kg)	%	중량(kg)	%	
음식물쓰레기		11.58	11.91	60.0	61.54	
종이류		62.40	65.20	18.60	19.08	
비닐, 플라스틱류		12.60	13.17	7.80	8.0	
목재류		0.9	0.94	0.90	0.92	
고무, 피혁류		0.60	0.63	-	-	
섬유류		1.50	1.57	3.0	3.77	
금속류		1.50	1.57	-	-	
금속캔류		1.20	1.25	3.0	3.77	
도자기초자류		3.60	3.76	4.2	4.31	
기타		0.60	0.94	-	-	
계		95.70	100	97.5	100	
겉보기비중(ton/m <sup>3</sup> )		0.242		0.362		
함수율(%)		22.44		53.6		

## 4. 퇴비화에 관련된 관계법 및 규제내용

### 4.1 발생단계에서의 각종규제

#### 1) 음식물쓰레기

유기성폐기물의 퇴비화에 대한 각종 법관련 규제내용은 다양하게 변환되어 오고 있으며, 현실적인 실현 가능성이 없는 예전의 법규내용 때문에 시행착오를 겪으면서 수정해오고 있다. 특히 음식물쓰레기에 대해서는 많은 변화가 있었으며, 법적인 규제내용 변화과정을 [표 40]에 나타냈다. 즉 초기부터 감량화장치에 초점을 두고 규제해 왔으며, 시간의 변화에 따라 규제를 강화해 왔으나, 현실적으로 많은 부작용이 나타난 것으로부터 30평이상의 용식업소, 100명이상 급식하는 단체급식시설에 대해서 감량화대상업소로 지정하여 배출된 음식물쓰레기를 자원화하도록 유도하고 있다.

수도권매립지에서는 99년도부터 음식물쓰레기를 반입을 금지하려는 움직임이 있으나, 이러한 규제는 법적인 규제가 아니며, 자율규제방식이며, 2005년도 1월 1일부터 음식물쓰레기가 매립지로 반입되는 것이 금지되어 있으며, 퇴비화, 소멸화등의 과정의 거쳐 잔재만을 매립하도록 하고 있다.

## 2) 슬러지

각종슬러지에 대한 규제에 관계되는 법은 폐기물관리법이며, 일부 재자원화와 관계하여 농림수산부의 비료공정규격이 관여하고 있다. 슬러지 처리에 대한 별도의 가이드라인의 설정은 없으며, 폐기물관리법내의 시행령과 시행규칙, 고시에서 규제하고 있다. 일단은 슬러지의 정의에서 85%이하의 수분함수율을 가지면서 폐수처리과정 및 공정에서 발생하는 공정오니로 구분하고 있다. 또한 유기성오니와 무기성오니의 구분의 유기물함량이 40%이상인 것을 유기성오니로 구분하고 있다.

규제상에 특이한 내용은 1997년도 초에 2001년도 1월 1일까지 직매립을 금지했던 것이며, 이러한 직매립 금지는 수도권을 비롯한 각 매립지에서 침출수 및 악취, 작업상의 지반다짐에서 문제점을 제기했기 때문이다. 그러나 이러한 규제에도 불구하고, 국내 경제적 여건이 악화되면서, 각 지자체에서는 시설의 확충을 위한 노력을 하지 않았으며, 해양투기를 마지막 카드로 가지고 있었다. 전국 하수처리장 대부분이 2001년도부터 직매립규정을 지키는 것이 불가능해 진것으로부터, 2000년도 7월에는 직매립금지 조치를 잠정적으로 연기하게 되었으며, 2003년 7월까지 연장함과 동시에 2003년 7월까지 매립할시에는 슬러지 함수율 75%이하로 함과 동시에, 2003년 7월까지 당해지역에서 발생하는 슬러지를 처리할 수 있고 시설에 대하여 점진적으로 검토할 것을 명시하고 있다.

이러한 직매립금지 조치가 취해짐에 따라 이전에도 서술했듯이 해양투기가 증가하고 있으며, 서해의 일부 지역에는 해양환경오염을 증가시키고 있는 것으로 지적되고 있다. 런던 Dumping 조약에 의하여 슬러지의 해양투기가 선진국에서는 금지되었고, 곧 우리나라도 협약을 준수해야 한다는 관점에서 임시 단편적인 조치임을 모두 인지하면서도 당장은 경제적 논리에 의하여 해양투기하고 있는 실정이다.

[표 4] 음식물쓰레기와 관련된 법체계의 변화

시행시기	관련법규 및 정부시책근거	구 분		
		집단급식소	음식점	기타사업장
94년9월1일	• 폐기물관리법 시행규칙 제6조1항 별표4 • 식품위생법제2조 제9호(식품접객업, 다방, 다방, 제과점, 단란주점, 유흥주점은 제외)	1일 평균 급식 인원 3,000명 이상 급식소	객석(객실포함) 면적 1000㎡(300평) 이상 식품접객업소	
95년9월1일	• 유통산업발전법 제2조(대규모점포: 시장, 백화점, 시핑센터, 도매센터)	1일 평균 급식 인원 2,000명 이상 급식소	객석(객실포함) 면적 660㎡(200평) 이상 식품접객업소	
97년7월19일	• 농수산물유통 및 가격안정에 관한 법률제14조(도매시장, 공판장)	1일 평균 급식 인원 1,000명 이상 급식소	객석(객실포함) 면적 660㎡(200평) 이상 식품접객업소	
97년10월1일	• 관광진흥법제3조제1항제2호(호텔, 휴양콘도미농)	1일 평균 급식 인원 500명 이상 급식소	객석(객실포함) 면적 330㎡(100평) 이상 식품접객업소	
98년1월1일	• 주택건설촉진법제31조(주택건설기준등)제1항 2항 및 주택건설기준에 관한 규정제38조	100가구 이상의 공동주택(아파트, 연립주택, 다세대주택)	객석(객실포함) 면적 100㎡(30평) 이상 휴게소 및 일반음식점	대규모점포, 농수산물도매시장, 농수산물공판장, 호텔, 콘도미농
2005년1월1일	• 폐기물관리법 시행규칙 제6조1항 별표4	특별시 광역시 시지역에서 발생하는 음식물쓰레기의 매립금지, 소각, 퇴비화, 사료화, 소멸화처리후에 매립가능		

[표 5] 유기성슬러지의 직매립 금지시기 및 대상

시행시기	2003.7.1	2005.1.1
대상시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수종말처리시설</li> <li>- 하수종말처리시설</li> <li>- 폐수배출시설</li> </ul> (폐수배출량 2000㎡ 이상)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 축산폐수처리시설</li> <li>- 분뇨처리시설</li> <li>- 폐수배출시설</li> </ul> (폐수배출량 700㎡ 이상 ~ 2000㎡ 미만)

※ 관련 법령 : 폐기물관리법 시행규칙 별표4

※ 유기성슬러지 : 고형물중 유기물의 함량이 40% 이상인 슬러지

## 4.2 자원화에 의한 생성물(퇴비)의 이용에 관한 규제

### 1) 농림수산부의 부산물비료

최근에 선진국에서는 유기성폐기물의 자원화 및 효율적인 이용을 위하여 법률 확대하고 있는 것에 비교하여, 우리나라는 상당히 소극적으로 대처하고 있다. 지금까지는 농지에 대한 음식물쓰레기 및 슬러지 등의 이용에 대해서는 농림수산부의 부산물비료 공정규격에서 규제되어 왔으며, 음식물쓰레기는 많은 논란 끝에 비료공정규격에 적합하면서 영분 1% 미만일 때 다른 퇴비와 30% 미만으로 혼합하



여 사용을 허가하고 있다. 슬러지에 대해서는 농어촌의 읍면단위의 하수슬러지에 대해서는 농업진흥청장이 시험분석하여 적합하다는 허가를 득하여 사용하게 하였으며, 시이상의 도시에서 발생하는 슬러지에 대해서 사용하지 못하도록 규제해 왔다. 즉 규제의 1단계는 원료에 있으며 도시하수슬러지는 불가하다고 되어 있으며, 2단계에는 Cu 500, Cr 300, As 50, Cd 5, Hg 2, Pb 150ppm (mg/kg-wet base)등의 중금속의 농도로 규제하고 있다[표 6, 7].

실제 도시하수의 경우에는 중금속 농도가 상회하는 것이 공단이 포함되어 있는 지역에서 관찰되고 있으나, 일반 생활하수가 주로 포함된 곳에서는 규제값은 상회하지 않는다. 이러한 이유로 환경관계전문가들은 원료규제를 철폐하고, 성분분석에 의하여 사용여부, 즉 자원화여부를 결정하도록 충고하였으나 농업관계전문가들은 도시에서 발생하는 것이 폐기물이라는 이유와, 농업사이드에서 발생하는 부산물만으로도 퇴비수요를 충분히 감당할 수 있다는 것만으로 원료 규제를 고수하고 있다.

[표 6] 농림부의 부산물비료의 종류 및 규격

종 류	유기물함량 (%)	C/N 비	유해성분(ppm)						참 고
			As	Cd	Hg	Pb	Cr	Cu	
퇴 비(슬러지등이 해당)	25 이상	50 이하	50	5	2	150	300	500	
구 비	25 이상	50 이하	50	5	2	150	300	500	
부숙겨	25 이상	50 이하	50	5	2	150	300	500	
재	-	-	50	5	2	150	300	500	염산불용해물 30% 이하
녹 비	-	-	50	5	2	150	300	500	청초에 한함
분뇨 잔사	25 이상	50 이하	50	5	2	150	300	500	기생충 無
부엽토	-	-	50	5	2	150	300	500	
아미노산 발효 부산비료	-	-	-	-	-	-	-	-	조미료 생산시
건계분	25 이상		50	5	2	150	300	500	염산불용해물 30% 이하
건조축산폐기물	25 이상	50 이하	50	5	2	150	300	500	도축 과정시
부숙왕겨 및 톱밥	30이상	70이하	50	5	2	150	300	500	
토양미생물/토양활성제재비료	-	-	-	-	-	-	-	-	재배시험용

\* 혼합유기질비료 : 질소, 인산, 칼리 전량의 합계량 : 7 %

[표 7] 농림부의 비료관리법의 부산물공정규격내의 퇴비로 사용가능한 원료

구분	지정 원료	비고
일반지정 원료	1. 농림부산물(짚류, 왕겨, 미강, 녹비, 농작물, 잔사, 낙엽, 수피, 톱밥, 목편, 부엽토, 아생초, 폐사료, 한약재찌꺼기, 이탄, 토탄, 갈탄, 깻묵류, 및 기타 유사물질 포함) 2. 수산부산물(어분, 어묵찌꺼기, 해초찌꺼기, 게걸질, 해산물도매 및 소매장 부산물포함) 3. 인축분뇨 및 구비(인분뇨 처리잔사, 우분뇨, 돈분뇨, 계분 기타 동물의 분뇨) 4. 음식물 쓰레기, 5. 식품품 제조업, 유통 또는 판매업에서 발생하는 동식물성 잔재물 (도축, 고기가공 및 저장, 낙농업, 과실 및 야채, 통조림 및 저장가공, 동식물 유지, 빵제품 및 국수, 설탕 및 과자, 배합사료, 조미료, 두부 및 기타), 6. 음료품 및 담배 제조업에서 발생하는 동식물성 잔재물 (주정, 소주, 인삼주, 증류주, 약주 및 탁주, 청주, 포도주, 맥주, 청량음료, 담배제조업 및 기타)	1. 가공된 (화학처리) 폐목재 제외 2. 폐수처리오니 제외 4. 전체원료의 30% 이내 사용 5. 폐수처리오니 및 공정오니 제외 6. 폐수처리오니 및 공정오니제외
특별지정 원료	1. 식품품 제조 및 판매업(수산포함)에서 발생하는 폐수처리오니 2. 음료수 및 담배 제조업에서 발생하는 폐수처리오니 3. 종이제조업에서 발생하는 부산물 및 폐수처리오니 4. 읍,면단위 농어촌지역 생활하수오니 5. 기타 조건부 지정 해당물질	*비료가치가 인정되고 인축 및 농작물에 유해한 물질(중금속 및 유해화학물)이 포함되지 않음이 입증된 배출소별로 농업과학기술 원장이 정하는 기준에 따라 특별지정
사용불가 원료	1. 산업용 화학물 제조업 및 기타 화학제품제조업(제약포함) 부산물 및 폐수처리오니 2. 고무제품 및 플라스틱 제조업 부산물 및 폐수처리오니 3. 제 1차 금속 제조업 부산물 및 폐수처리오니 4. 조립금속 제품, 기계 및 장비제조업 부산물 및 폐수처리오니 5. 석유제조 및 정제업 부산물 및 폐수처리오니 6. 가죽 및 모피제품 제조업 부산물 및 폐수처리오니 7. 비금속광물 제품 제조업 부산물 및 폐수처리오니 8. 육상운수 및 자동차 부산물 및 폐수처리오니 9. 수선업 및 세탁업 부산물 및 폐수처리오니 10. 인쇄, 출판 및 사진처리업 부산물 및 폐수처리오니 11. 전기업 부산물 및 폐수처리오니 12. 도시 및 공단지역 폐수처리오니 13. 기타 사용불가로 명시된 폐기물과 유사한 물질도 포함	* 일반지정 및 조건부 지정폐기물을 제외한 폐기물 * 지정폐기를 포함

\* 특별지정 원료는 추가로 지정하는 퇴비 원료를 의미함  
 \* 사용불가는 "비료의 품질을 저하시킬수 있는 이물질"에 해당 원료임

## 2) 환경부의 부속토

이러한 실정에서 환경부에서는 자원화를 촉진시키기 위하여 농림수산부와 별도의 자원화촉진 법규를 만들게 되었으며, 99년도에 법제화되어, 2000년부터 시행되고 있다.

이 법은 농림수산부에서는 "퇴비"라는 용어를 사용하고 있는 것으로부터 별도의 용어가 필요하게 되어 "부속토"라는 용어를 사용하고 있으며, 농림수산부는 중금속을 대상으로 규제하고 있으나, 중금속의 농도, 중금속 농도에 따른 사용용도, 토지에 대한 최대사용량, 반드시 퇴비화 과정을 거친 것을 사용하게 하기 위하여

퇴비화를 위한 기본조건을 명시하고 있으며, 속성이된 것을 증명하기 위하여 최종퇴비의 발열여부까지 검토하게 하고 있다.

이러한 내용으로 판단되듯이 현재의 퇴비화에 대한 규제는 2원화되어 있는 것을 알 수 있으며, 현재 농림부 관계자 및 환경부 관계자는 1원화할 것을 희망하고 있으며, 점진적인 검토하에 개선될것으로 생각된다.

[표 8] 부숙도의 원료기준 및 제품기준

구분		등급		비고
		가등급	나등급	
유해물질	비소(As)	50이하	50이하	건조기준의 함량분석기 준
	카드뮴(Cd)	5이하	8이하	
	크롬(Cr)	300이하	370이하	
	구리(Cu)	500이하	750이하	
	납(Pb)	150이하	225이하	
	수은(Hg)	2이하	3이하	
유기물함량		25%이상	25%이상	VS함량
유기물대 질소비		50이하	50이하	C/N비
염분		1%이하	1%이하	
부숙도		실험수행시 20℃이상 재발열이 없을 것		
사용용도		정원, 공원, 임야, 간척지, 개간지, 도로절개지, 폐광지, 토양식생복원등의 토양개량제	매립지복토용	
년간시비량		1천평당 13톤이상을 사용해서는 안된다.		

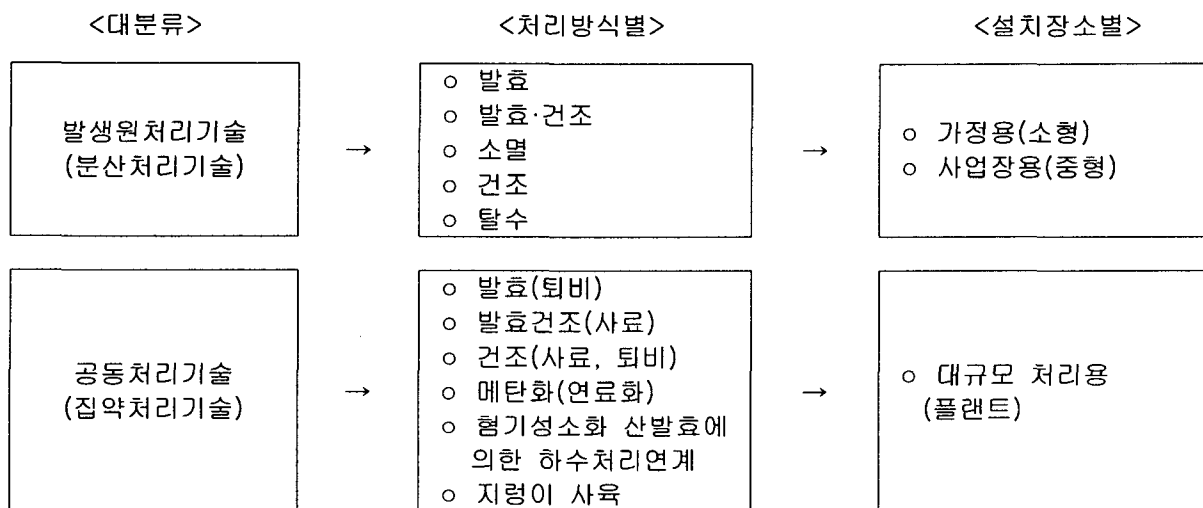
## 5. 유기성폐기물의 처리기술 및 호기성퇴비화공정

### 5.1 유기성폐기물 처리기술의 종류

90년대에 들어와 유기성폐기물에 대한 관심이 높아지면서 처리하는 기술이 다양하게 보급되고 있으며, 또한 다양한 기술이 계속적으로 소개되고 있다. 처리기술을 크게 분류하면 발생원에서 감량화 시키는 기술과 수거운반하여 공동으로 처리하는 기술로 분류할 수 있다. 이들 기술을 전문용어로는 분산처리기술과 집약처리기술로 분류하기도 한다. 예를 들면 감량화기기를 가정 및 공동주택단위, 집단급식소, 대형음식점등에 두고 처리한다면 발생원에서 감량화처리하는 기술이며, 개별적으로 발생된 음식물쓰레기를 수집계통에 의하여 한곳으로 수집한 후에 공동으로 처리한다면 공동처리 및 집약처리라고 말할 수 있다.

정책적으 바람직한 것은 발생원에서 감량화시키는 것이며, 이를 편익분석등을 포함한 전체경비로 계산하면, 공동처리보다도 많은 경제적이점이 있다. 이러한 면에서 선진외국에서는 분석처리개념에 의하여 정책이 시행되고 있는 실정이다. 그러나 우리나라의 경우에는 지금까지 각종 감량화자치가 많은 문제점을 유발시켜 공동처리개념으로 진행되고 있다.

이러한 분류에 입각하여 우리나라에서 확보되어 있어 각종 기술을 분류하여 [그림 1]에 나타냈다. 발생원처리기술은 소용량으로 감량화기기로 분류되며, 대용량은 처리시설로서 분류된다. 또한 처리규모에 따라 가정용, 사업장용, 공공처리용(플랜트형)으로 대별되며, 처리목적에 따라 유기성폐기물양을 줄이기 위한 감량화시설, 퇴비 및 사료를 생산하여 직접 사용 가능하도록 하는 자원화 시설로도 분류된다. 대부분의 장치들은 자원화시설로 분류되고 있으며, 유기성폐기물을 열 및 미생물로 변환시켜 각종 유가물질을 생산하는 것을 목적으로 하고 있다.



<그림 1> 음식물쓰레기 처리기기 구분

## 5.2 유기성폐기물의 호기성퇴비화 처리기술의 원리 및 공정

유기성폐기물의 호기성퇴비화는 기본적으로 호기성미생물에 의하여 유기물을 분해하면서 발생하는 산화열에 의하여 내부온도를 상승시켜(60~70℃) 유기물을 분해함과 동시에 수분을 증발시켜 감량화시키고, 분해잔재물을 안정화시켜 퇴비로서 사용하는 것이다. 이러한 기본원리에 따라 미생물이 생존할 수 있는 원료의 조건(수분, pH, C/N비등)을 설정하는 전처리장치와 호기성분위기 유지를 위한 산기장치, 발생하는 산화열 즉 온도를 유지하기 위한 보온, 단열시설 및 공기에 의하여 냉각을 방지하는 제어방법, 열에 의하여 증발하는 수분 및 악취를 효율적으로 제어하는 설비, 미분해잔사를 반송퇴비로서 순환시켜 주는 선별 및 반송기, 최

종최품을 안정화하기 위한 부숙(숙성)시설등이 필요하다.

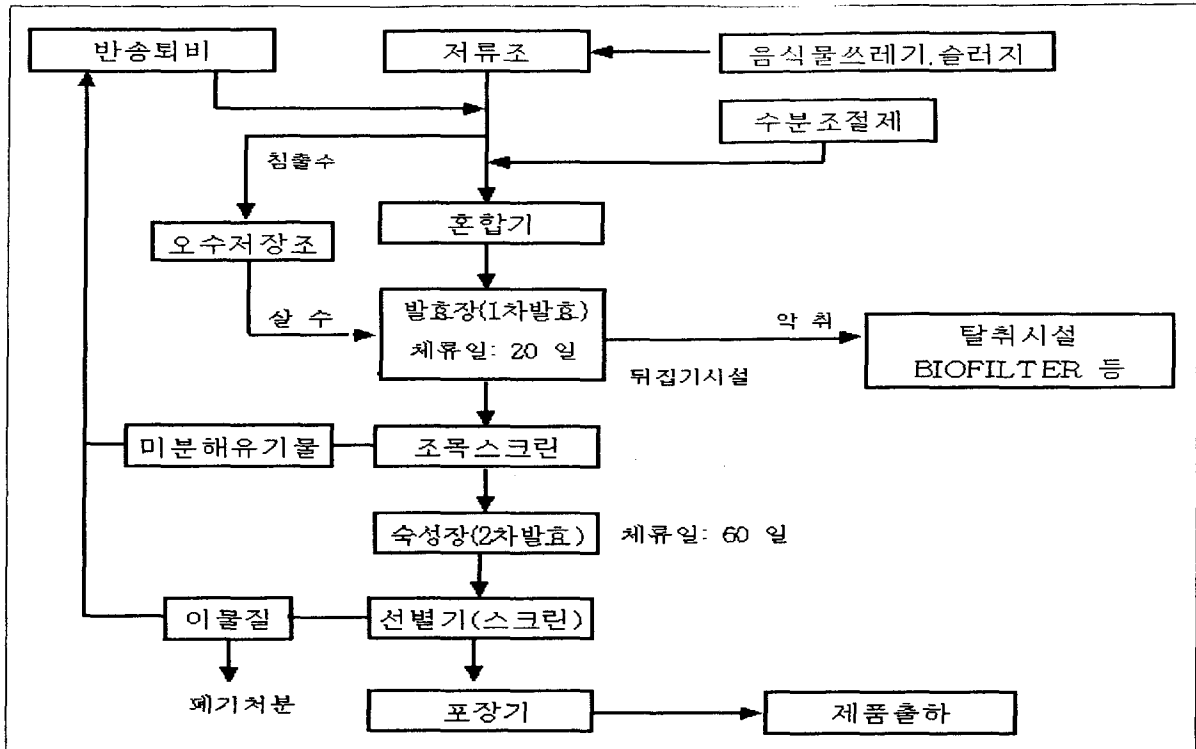
이러한 기본적인 개념하에 전체 흐름을 [그림 2]에 나타냈다. 이 흐름은 기본적인 시설로서 원료의 성상에 따라서는 변화가 필요하다. 즉 음식물쓰레기와 같이 각종 협잡물이 포함되어 있어 균일한 조성이 되어 있지 않을 시에는 파봉, 파쇄, 선별등의 전처리설비가 보강되어야 한다.

## 6. 유기성폐기물의 세부처리조작

### 6.1 각종 전처리 기술

전처리시설이란 유기성폐기물이 반입되어 1차발효실(주발효시설)로 유입되기 직전까지를 말한다. 슬러지의 경우에는 성상이 일정하고, 단지 수분함량이 75~80%를 보이는 것으로부터 수분을 60%전후로 조정하기 위한 혼합조만이 필요하게 된다.

반면에 음식물쓰레기의 경우에는 ① 수분함량이 높고, ② 경우에 따라서는 봉투에 담겨져 유입되고, ③ 이물질이 혼입되어 있고, ④ 염분농도가 높게 유입된다는 점에서 전처리에 많은 노우하워가 필요하다. 이러한 것으로 음식물쓰레기를 퇴비화한다는 조건하에서 시설이 계획된다면, 어떠한 유기성폐기물도 대응이 가능하다.



[그림 2] 유기성폐기물의 호기성퇴비화처리공정 흐름도

### 1) 수분함량에 대한 대책

수분함량에 대한 대책으로는 반송퇴비 및 통기개량제의 공급으로 혼합기에 어떻게 균일하게 혼합하느냐에 있으며, 역으로 통기개량제를 어떤 것을 사용하느냐에 기술적인 초점이 맞추어져 있다. 지금까지는 톱밥, 가구등의 파쇄목을 사용해 왔으나, 톱밥은 쉽게 구입이 불가능한 점, 가구등의 파쇄목은 페인트성분 및 방식용으로 사용한 각종 방부제가 문제되고 있는 것으로부터 가로수등의 전지목을 수거하여 파쇄후에 사용하는 곳이 증가하고 있다.

### 2) 파봉 및 선별장치

음식물쓰레기는 대부분 종량제봉투에 투입되어 반입되는 경우가 많은 것으로부터 파봉이 선결되어야 하며, 파봉과 동시에 질의 균일화를 위하여 혼합이 되어야 한다. 최근에 파봉혼합선별 기술이 개발되어 보급되어 있으며, 그 효능이 계속적으로 개선되고 있다.

### 3) 염분대책

이전의 각종 규제안에서 서술된 것과 같이 슬러지에서는 큰 문제가 없으나, 음식물쓰레기의 경우에는 염분이 문제로 되고 있다. 이러한 염분을 제거하여 원료기준으로 최소 0.2%이하로 억제할 필요가 있으며, 퇴비화과정중에 수분의 증발 및 유기물분해에 의하여 농축된다고 해도 최종제품에서 1% 이내로 억제하는 것이 필요하다. 이러한 염분의 제거를 위하여 많은 기술이 제안되고 있으나, 현실적으로 적용이 어려우며, 현재 단계에서는 세척에 의하여 염분을 제거하는 방법이 가장 합리적인 방법이다. 그러나 이러한 세척방법을 사용할 시에는 폐수가 대량으로 발생하여 폐수처리대책이 요구되며, 폐수처리시설이 동시에 설치되어야 한다. 발생하는 폐수가 고농도라는 점에서 폐수처리시설에 많은 투자가 필요하다. 폐수처리설비를 하지 않으면서 염분을 제거하기 위해서는 최근에 진행되고 있는 하수연계처리방법과 같은 개념으로 발생한 폐수를 하수와 연계처리하는 방법이 합리적이다. 이를 위해서는 퇴비화설비도 하수처리장 인근에 설치될 경우에 유리할 수 있다. 하수처리와 연계하면서 세척에 의하여 염분을 제거하면서 퇴비화를 한다는 전제조건에서 전처리방법으로 제안할 수 있는 시스템이 습식선별시스템이다.

## 6.3 주발효시설

주발효시설은 퇴비화설비에 있어서 심장부와 같은 것으로 많은 시스템이 소개되고 있다. 주발효시설은 뒤집기장치와 공기의 공급방법에 따라 차별화될 수 있다.

### 1) 뒤집기 장치에 따른 구분

현재까지 우리나라에 공급되어진 호기성비화장치는 크게 분류하면, 에스컬레이터식, 다단회전원통식, 패들회전식, 회전로터리식, BOX, 칸막이식으로 구분이 가능하다. 지금까지 가장 많이 보급되어 있는 순으로 하면 에스컬레이터식> 황형패들회전식> 회전로터리식 > 칸막이식> BOX식> 다단회전원통식으로 구분이 가능하다. 각각은 장단점을 안고 있으며, 특히 유기성폐기물의 성상에 따라 뒤집기 장치의 선정에 신중을 기하여야 한다. 이들 주발효시스템에 따라 개방(Open)식과 밀폐(Close)식으로 구분이되며 에스컬레이터식, 황형패들식, 회저로터리식, 칸막이식등은 개방식으로 구분이 되며, BOX형, 다단회전원통식은 밀폐식으로 구분이 가능하다. 개방식은 부하의 증가에 대하여 대응이 가능하나, 상대적으로 공기량이

많이 요구되며 악취제어가 곤란하며, 밀폐식의 경우에는 부하증가에 대한 대응이 어려운 반면에 공기요구량이 적고, 악취를 점오염원으로 처리하여 2차오염을 방지할 수 있다.

## 2) 공기공급(산기)시스템

처리시스템에 따라 공기공급방법에 많은 차이점이 있으며, 개방식은 외부송입식을 밀폐식의 경우에는 출구흡입식을 채용하는 경향이 있다. 가장 이상적인 방법은 발효조내부에 퇴비화에 필요한 공기량을 공급하면서 공급되는 공기에 의하여 증기로 증발되는 수분제거를 최대한으로 하면서 악취제어를 위하여 점오염원으로 형태로 확산되지 않는 상태에서 내부공기를 배출시키는 것이다. 이러한 조건을 충족시키기 위해서는 밀폐식이 가장 적당하다. 개방식의 경우에도 부분적으로 밀폐하여 공기량을 최소로 하면서 악취를 제어하는 시스템으로 방법을 강구할 필요가 있다.

## 6.4 후숙시설

후숙시설의 목적은 1차발효과정에 미분해된 유기물을 분해시켜 안정화 시킴과 동시에 퇴비내에 잔존하는 각종 취기를 제어하는 목적이다. 통상적으로 1차발효과 원활하게 수행되었다면, 내부온도가 40℃이하로 유지되면서 유기물의 안정화가 일어난다. 통상적으로 야적의 개념으로 저장하며, 때에 따라서는 바닥에 주발효시설보다 훨씬적으로 산소를 공급하여 안정화속도를 촉진시킨다. 이 시설의 경우에는 주위에 민가등이 없어 개방식으로 설치했으나, 주위에 민원발생의 소지가 있을 경우에는 내부에 설치해야 한다.

## 6.5 2차오염방지시스템

퇴비화에 있어서 2차오염은 악취가 1순위이며, 다음이 시설에 따라서 염분제거등을 위하여 세정을 실시할 경우에는 폐수처리설비가 필요하다. 세척설비가 없는 시설에서 발생하는 폐수는 대부분 주발효시설에 살수하여 수분조정용으로 사용하여 무배출시스템의 구현이 가능하다. 가장 민원의 소지가 있는 것이 악취문제이며, 현재까지 시설된 대부분의 퇴비화설비는 바이오필터법(토양탈취법)을 채용하고 있다. 이러한 바이오필터법도 그림과 같은 개방식과 탑형으로 만들어진 밀폐식으로 구분이 된다. 일반적으로 관리가 용이하다는 점에서 개방식을 많이 사용하고 있다. 이 시설의 경우에는 저농도악취에 대하여 효과가 뛰어나며, 저농도로



배출되는 곳에서는 문제가 없이 운영되고 있으나, 고농도일 경우에는 별도의 시스템이 필요하게 된다. 가장 이상적인 탈취방법은 저농도와 고농도를 분류하여 고농도악취는 습식약액세정법 혹은 별도의 처리방법으로 저농도화시켜, 저농도악취와 혼합하여 최종처리하여 배출하는 것이 이상적이다.

## 7. 맺음말

21세기는 자원순환사회라고 말하고 있으며, 생태계에 대한 영향을 최소화하면서, 자원을 적절하게 분배사용하기 위해서는 자원화가 필수적인 과제이다. 선진외국도 생활쓰레기에 대해서는 직매립을 금지하고, 소각을 금지한다는 장래 정책 목표를 수립하고 있으며, 이를 위하여 발생억제를 위한 각종 제도의 개발이 이루어지고 있으며, 발생한 후에 감량화 및 자원화하는 기술 및 시스템의 개발에 노력을 기울이고 있다.

우리나라의 상황은 외국과 많은 차이가 있으나, 90년대 초기에 매립지가 문제가 되어 2003년 7월부터 슬러지, 2005년도1월부터는 음식물쓰레기의 직매립을 금지하는 사항을 폐기물관리법에 명시하고 있는 실정이다. 이러한 배경하에서 유기성폐기물의 자원화기술에 대한 관심이 증가하고 있으며, 다양한 자원화시스템이 기술개발되어 보급되고 있다.

21세기의 자원순환체제구축을 위해서 선진국에서는 기본구상을 하고 있으며, 기본 구상에 따라 산학연이 각종 제도 및 기술개발에 총력을 기울이고 있다. 최근에 첨단환경산업을 리드하는 환경관련 기업들은 자원순환사회와 Zero emission을 표방하여 브로셔를 제작하고 기술적 우위를 점하기 위하여 노력하고 있다.

자원의 유한성에 대비하여 세계각국은 소각과 매립을 점진적으로 지양한다는 정책을 가지고 있는 것으로부터 폐기물중에 종이, 고분자화합물질 및 무기성물질(유리, 도자기, 금속류)은 발생억제 및 분리수거에 의하여 제어가 가능하나, 음식물쓰레기와 슬러지등은 발생억제에 한계가 있으며, 반드시 처리과정을 거쳐 감량화시켜야 하며, 가장 좋은 수단이 다시 자연계로 환원시키는 자원화가 필수적이다. 자원화수단으로 귀결되는 퇴비화시스템이다.

최근에 매립대신에 퇴비화시스템을 두어 생활폐기물을 자원화시켜 무배출시스템을 구현하고자 하는 연구가 시작되었다. 즉 생활폐기물중의 유기물은 기계적, 인적자원에 의하여 분별수거하여 재사용하고, 최종적으로 잔존하는 유기성폐기물을 퇴비화에 의하여 생물학적으로 분해시켜 안정화시킨 후에 농지로 환원이 가능한 것은 순환시키고, 불가능한 것은 최종적으로 매립을 하자는 시도이다. 퇴비화과정중에 유기물이 안정화되어 최종매립되어도 2차오염이 발생하지 않으며, 매립지안정화가 필요없게 된다. 이러한 시도는 "퇴비화에 의한 폐기물의 매립전처리

경 영구매립시스템"으로 명칭되어 활발하게 연구가 이루어지고 있다. 일부의 연구에 의하면 퇴비화과정을 거치면 1/10정도의 감량화와 동시에 매립지내의 침출수에 영향을 거의 주지 않는 것으로 보고하고 있다. 21세기에는 매립시스템이 퇴비화시스템으로 변화할 것이다.