

폐기물의 기계적-생물학적 전처리기술

장선우 · 오동익 · 남경필* · 김재영[†]

서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부
*BK21 사회기반 및 건설기술 인력 양성 사업단
(2002년 5월 22일 접수, 2002년 9월 18일 채택)

Mechanical-biological Pretreatment(MBP) of Municipal Solid Waste

Sun Woo Chang · Dong Ik Oh · Kyoungphile Nam* · Jae Young Kim[†]

School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National University

**Research Division for Social Infrastructure and Construction Technology, Seoul National University*

(Received 22 May 2002 ; Accepted 18 September 2002)

Abstract

Landfilling of untreated municipal solid waste (MSW) results in adverse environmental impacts such as emission of landfill gas, generation of leachate, and long-term settlements. When MSW is landfilled without pretreatment, landfill gas emissions may occur for a long period of time (up to 100 years). In order to reduce landfill emissions to a minimum, waste should be pretreated. The mechanical-biological pretreatment (MBP) of residual wastes before landfill is applied to several countries in Europe. The MBP is suitable for the pretreatment of wastes and considerably reduces gas emission and leachate generation by aerobic or anaerobic microbial decomposition. We mainly introduced the concept and process of MBP and landfilling of residual waste after MBP. MBP has the following effects on MSW: (1) homogenization and reduction of weight and volume; (2) reduction of biodegradable components and biological stabilization; (3) reduction of gas emission potential and of leachate generation; (4) increase of bulk-, landfilling- and storage density of waste; and (5) reduction of the hydraulic conductivity and gas permeability. Although there are several advantages of MBP, one of the major disadvantages of MBP is a high build-up of surface water. As MBP-treated MSW has high density, its permeability is low, so that small ponds may form on the surface after heavy rainfall. The MBP-treated MSW is quite different from raw MSW. As a consequence, it is important to investigate these new landfill concepts. The major objective of MSW pretreatment is to mitigate pollutant emitted from landfill. MBP can considerably reduce landfill gas and leachate production. Therefore, there is a significant need to consider introduction of MBP in Korea.

Key Words : Landfill, Landfill gas, Leachate, Mechanical-biological pretreatment, Municipal solid waste

[†]Corresponding author
e-mail: jaeykim@snu.ac.kr

Tel: 02-880-8364

Fax: 02-889-0032

1. 서론

유럽의 여러 나라에서는 매립에서 발생하는 여러 문제들, 예를 들면 매립공간 부족 또는 매립가스 발생 등의 문제를 해결하기 위해 폐기물의 전처리 기술을 적용하고 있다. 전처리 기술은 물리적 전처리, 생물학적 전처리, 그리고 열적 전처리 기술로 나눌 수 있는데, 실제로는 2개 이상의 기술을 결합하여 사용한다. 이중 가장 널리 사용되는 기술은 생활쓰레기의 기계적-생물학적 전처리(mechanical-biological pre-treatment, MBP)기술이다. 이 기술은 재이용 가능한 쓰레기를 분류하여 자원을 회수함으로써 지속가능한 개발(environmentally sound and sustainable development)에 기여할 뿐만 아니라, 폐기물의 양과 부피를 줄이기 위한 기계적이고 생물학적인 전처리를 통해 매립지가 생태계에 미치는 유해한 영향(예를 들면, 온실효과, 오존층 파괴, 스모그 현상 등)을 줄일 수 있다. 우리나라 역시 유럽의 여러 나라들처럼 좁은 국토면적을 가지고 있어 현재 유럽에서 활발하게 시행되고 있는 생활쓰레기의 전처리 기법의 도입을 고려해 볼 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 MBP의 개념과 공정, 그리고 MBP 후 잔류물의 매립에 대해 알아보고 그 기술적 가치를 평가해보고자 한다.

II. 기계적-생물학적 전처리 방법

1. 기계적 전처리

1.1 기계적 분쇄

기계적 분쇄는 폐기물을 생물학적으로 안정화시키기 위한 첫 번째 단계이다. 이 과정에서는 쓰레기 봉투가 파쇄되고, 생물학적 분해를 활성화시키기 위해 유기물도 잘게 분쇄된다. 생물학적 분해의 최적 함수율을 맞추기 위해 수분을 공급하며, 탄소와 주 영양성분들을 균형있게 공급한다. 분해를 가속화하기 위해 침출수를 재순환하기도 한다. 첫 단계에서 생물학적 분해에 적당하지 않은 폐기물은 분리한다. 생분해율이 낮은 비활성 또는 합성물질은 분리되어 재활용되거나 직매립된다. 이러한 비반응성 물질은 혐기성 안정화과정에서 산소를 차단하는

차단재의 역할을 하기도 한다¹⁾.

1.2 세척(washing)

폐기물을 매립 전에 씻어 줌으로써 매립지의 안정화를 가속화할 수 있다. 기계적 세척(mechanical washing)은 드럼에 물과 폐기물을 넣어 교반하는 방법이며, 수중 세척(submerged washing)은 세척조(washing column)에 물과 폐기물을 넣고 $1\sim 2 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{min}$ 의 세척 강도로 폐기물이 물에 잠기도록 하는 방법이다. 폐기물의 무게와 물의 부피비, 씻는 시간 및 횟수에 따라 세척결과가 달라지는데, 대체적으로 폐기물이 물의 5~10배 정도가 되도록 하고 3~5번 씻어내는 것이 적당하다²⁾.

1.3 Baling과 wrapping

생활폐기물에 적용하는 baling과 wrapping은 폐기물을 연료화하는 과정에서 일시적으로 보관하기 위하여 쓰이는 방법으로, 폐기물을 효과적으로 매립지에 처분할 수 있는 방법으로도 적용이 가능하다. 이 방법은 bale내에서 혐기성 발효가 일어나지 못하게 하여, 일반적으로 폐기물 매립지에서 발생하는 메탄과 이산화탄소가 대기 중으로 방출되지 못하게 한다. 또한 baling 공정에서 생물학적으로 분해 가능한 폐기물만을 골라내기도 한다. 장기적으로는 아직 검증이 되지 않아 불확실성이 있지만, 중단기적으로는 baling은 메탄과 이산화탄소의 생성을 억제하는데 효과적이다³⁾.

전처리 시 폐기물은 우선 잘게 부서져 원심력에 의해 압축이 되고 플라스틱 망으로 묶은(baling) 뒤 폴리에틸렌 필름(polyethylene film)으로 포장(wrapping)한다. 이렇게 전처리가 된 폐기물을 매립한 경우 메탄의 발생량이 줄어들었고 플라스틱의 찢어진 틈새로 침출수가 새기는 했지만 종전의 방법에서 발생량이 감소한 것으로 나타났다⁴⁾. Baling된 쓰레기는 초기 bale내에 존재하는 산소로 인해 호기성반응이 일어나서 산소가 소모되면서 이산화탄소가 발생한다. 그 후, 혐기성반응이 일어나지만 bale의 특성(예, 초기 혐기성반응시 산의 축적으로 인한 메탄생성반응의 저해, 낮은 수분함량으로 인한 미생물활성 저하 등) 때문에 발생하는 메탄의 양도 매우 미미하다¹⁾. 따라서, 가스발생으로 인해 폴리에

틸렌 필름이 찢어지는 현상은 거의 없다. 오히려, 뾰족한 물건이 있는 쓰레기를 wrapping한 경우에 찢어지는 현상이 있다. 그리고, plastic-wrapping film으로 사용되는 LDPE(low density polyethylene)는 두께 0.035mm로 찢어짐이나 천공에 얼마간의 저항성을 가지고 있다. 한편, Bale에서의 고른 열 분포와 산소로 인해 혐기성 반응은 느려지며, 침출수 발생량도 줄어든다. 침출수는 적게 발생하지만 농도가 아주 높아지므로 침출수를 수집하기 위한 장치가 필요하다. 초기에 bale내에 존재하는 산소에 의해 부패하기 쉬운 물질은 빠르게 분해되어 BOD_5/COD 비는 낮아진다⁴⁾.

2. 생물학적 전처리

도시 폐기물은 일반적으로 70~80%의 유기성 폐기물을 포함하고 있다⁵⁾. 유기물을 포함하고 있는 폐기물은 매립 전에 생물학적 처리를 통해 안정화시킬 수 있다. 생물학적 전처리 목적은 매립가스 발생량 저감과 매립지반의 장기 침하 방지이다. 생물학적 전처리는 폐기물을 매립지로 옮겨오기 전에 별도의 장소에서 실시하거나, 매립지 현장(in-situ)에서 실시한다. 생물학적 전처리는 산소의 공급여부에 따라 호기성 또는 혐기성 전처리로 나눌 수 있다.

2.1 호기성 처리(aerobic treatment)

퇴비화(composting)와 같은 호기성 처리는 생활쓰레기에서 나오는 유기물을 수분과 공기에 노출시킴으로써 비교적 빠른 시간 안에 안정화시킬 수 있으며, 모든 종류의 유기물에 적용이 가능하다⁶⁾. 호기성처리의 목적은 폐기물의 부패를 줄이고, 메탄가스 발생을 방지하고 잔류물을 안정화하는 것이다. 이 기술은 특히 리그닌 함유율이 높은 폐기물에 효과적이다. 대부분의 호기성 퇴비화에서는 폐기물 안에 존재하는 호기성 박테리아에 의해 생분해 가능한 폐기물과 여러 유기물질은 이산화탄소와 물로 전환되고 “안정한” 휴믹물질만 남게된다.

호기성 안정화 동안, 뒤집기 시간(turnover time)은 최적 생물학적, 화학적, 물리학적 인자(예를 들면, C/N비, 수분, 온도, 공기의 공급, 혼합률 등)와 관계가 있으며, 미생물 종과 수가 증가하면서 유기

물의 분해는 가속화된다. 퇴비화 과정에서 C/N비는 25~35정도가 적절하기 때문에 음식물 쓰레기는 셀룰로오스가 많은 종이나 목재 폐기물과 섞어야 한다. 함수율은 약 50% 정도가 적당하며, 공기 주입을 원활하게 하기 위해 분쇄시킨 나무 조각 등의 팽화재를 퇴비 속에 넣어주어야 한다.

야외 퇴비화(open composting)는 오늘날 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 뒤집기 시간은 주로 퇴비화하는 폐기물의 종류와 공기 공급 장치의 유무, 퇴비 더미 크기와 관계가 있다. 뒤집기 시간은 짧게는 몇 주에서 길게는 2년까지 갈 수 있으며, 공기 주입 정도나 뒤집어주는 횟수에 따라 달라진다. 퇴비화의 목적이 퇴비 후 남은 물질들을 매립하려는 것이면, 보통 2~5주 정도가 적당하다. 이 기간동안 분해 가능한 유기물은 대부분 분해된다. 적절하게 수분을 관리하기 위해서는 평평한 장소가 좋다. 퇴비 더미의 화재를 방지하기 위해서는 4m 이상 퇴비를 쌓아올리는 것은 적당하지 않다.

야외 퇴비화와는 달리 공간이 협소하고, 냄새나 먼지가 문제가 되는 지역에서는 반응조 퇴비화(reactor composting)를 실시하기도 한다. 반응조는 드럼이나 windrow를 사용하며, 퇴비원료의 종류에 따라 달라지지만 뒤집기 시간을 수 주 이내로 줄여 퇴비화과정을 가속화시킬 수 있다¹⁾.

2.2 혐기성 처리(anaerobic treatment)

혐기성 처리로도 많은 유기물을 분해시킬 수 있다. 리그닌은 혐기성 처리에서 분해되지 않으므로 메탄 발생에 기여하지 않는다. 만약 폐기물에 공기가 주입되면 리그닌은 이산화탄소와 물로 분해되지만 메탄은 발생하지 않는다. 리그닌은 수분보유능(water holding capacity)이 높아 공기주입을 감소시킴으로써 매립지의 혐기성 환경 조성에 일조를 한다.

혐기성 전처리는 폐기물로부터 에너지(energy)와 영양분(nutrient)을 회수할 수 있다는 장점이 있다. 농지와 삼림에서 생산된 모든 생산물은 도시 지역으로 운반된다. 따라서, 영양분이 그들이 생산된 장소로 되돌아갈 수 있도록 생태사이클(ecocycle)을 만들어 주는 것은 매우 중요하다. 영양분을 도시지역에서 농지와 삼림 지역으로 재순환함으로써 비료 사용을 줄일 수 있으며, 토지 개량제나 비료 생산

에 필요한 에너지를 절약할 수 있다. 영양분은 퇴비나 발효과정에서 나오는 생물학적 잔류물 형태로 재순환되거나 침출수 형태로 재순환된다.

매립지에서는 폐기물의 발효과정을 통해 잔류 고형폐기물로부터 에너지와 영양분을 회수할 수 있다. 이 경우 발효 잔류물은 굴착해서는 안되며 매립지에 남겨 두어야 한다. 수집된 생물학적 가스(biogas)로부터 생물학적 에너지가 회수되며, 침출수를 통하여 영양분이 회수된다. 중금속은 경금속과는 달리 혐기성 상태에서 매우 안정한 황화물을 형성하기 때문에 침출수 내 중금속 농도는 매우 낮다. 이렇게 매립지는 혐기적 필터와 같이 작용하며 혼합된 폐기물로부터 영양분을 분리시킨다. 만약 침출수를 비료로 사용하면 영양분을 생태사이클로 보낼 수 있다. 하지만, 소각 후에는 이것이 가능하지 않다. 왜냐하면 소각재에는 쉽게 분해가 되는 중금속의 농도가 높아서 밀폐된 단일매립지(monofill)에 매립하는 것이 안전하기 때문이다¹⁾.

공간이 극히 제한되어 있는 지역에서는 발효 잔류물에서 분해 가능한 부분은 분리하여 매립지 복토재로 사용할 수 있다. 플라스틱의 비율이 높은 난분해성 물질은 새로운 매립지의 측벽(side wall)을 건설하기 위한 건설자재와 차단재로 사용할 수 있다. 분리한 플라스틱을 차단벽 중간에 매설하고 점토로 둘러싼다. 플라스틱을 차단재로 사용하기 때문에 상당량의 점토를 절약할 수 있다. 그러나 이 분리과정은 금속 황화물의 산화로 인해 중금속의 유동성이 증가할 위험이 있어, 가능한 빨리 발효 잔류물을 점토로 덮어 혐기성 상태로 만들어 주는 것이 중요하다. 플라스틱과 같은 불활성 폐기물은 공기 투과량을 줄여 매립지를 혐기성 상태로 만드는 것을 촉진한다¹⁾.

3. 기계적-생물학적 전처리과정

3.1 일반모형(common model)

앞의 전처리 방법을 도입하여 기계적 분리 공정과 폐기물가공연료(refuse derived fuel, RDF), paper/plastic fraction, WDP(washing and digestion plant) 등의 여러 공정들을 조합한 일반 모형은 Fig. 1의 순서도와 같으며, 현재 여러 나라에서 시행되고 있는 공정들은 이러한 모형을 현지 사정에

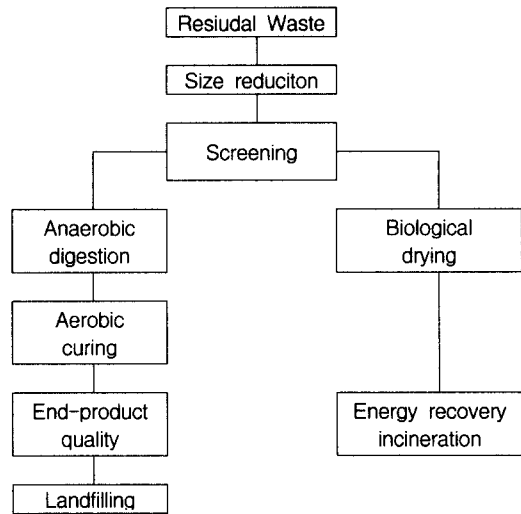


Fig. 1. Flow diagram of a MBP process.

맞게 응용한 것이라 할 수 있다⁷⁾.

3.2 적용 사례

① 오스트리아: A시설 예

오스트리아의 A시설은 2000Mg/a의 도시쓰레기와 5000Mg/a의 하수 슬러지를 퇴비화 할 수 있는 전처리시설이다⁸⁾. 여기에서는 유리, 종이, 금속, 포장재 등과 같은 재활용이 가능한 것들을 분리해낸 나머지 폐기물, 즉 residual waste(RW)를 반입하는데 RW에는 야채찌꺼기와 같이 생분해가 가능한 것이 약 60%정도 차지한다. 우선 자동화된 기계적 공정에서는, 잔류 폐기물에 탈수슬러지가 약 15%정도 섞인 혼합물이 회전 드럼 내에서 분쇄(grinding), 체가름(screening), 자력 선별(magnetic separation)을 거치는데, 공정 후 크기는 100 mm 이하로 맞추어진다. 그 후 퇴비단(composting bed)에서 약 3주간 공기를 주입시켜 분해시키고 나머지 약 10주간은 퇴비 더미를 정기적으로 뒤집어 준다. 이 기간 동안 역시 퇴비단에 공기를 주입하며, 스프링클러로 물을 살포한다. 모든 처리단계는 건물 내부에서 이루어진다. 퇴비에서 발생하는 폐가스는 바이오필터(biofilter)로 정화하며, 생산된 퇴비는 매립지로 옮긴다.

② 네덜란드: B시설 예

네덜란드의 B시설에서는 생활쓰레기를 기계적 전처리로 일차선별하여 RDF로 분리하여 에너지 회

수시설로 보내고, 남은 부분은 세척과 소화과정을 조합한 "wet organic fraction"이라고 불리는 공정을 통해 깨끗한 불활성 물질(예를 들면, 모래, 돌, 유리조각, 도자기조각 등)과 생물학적 가스를 추출한다⁹⁾. 세척 과정에서 회수된 불활성 물질은 여러 공정을 거쳐 재선별된다. 소화는 혐기성 분해공정을 이용한다.

III. 기계적-생물학적 전처리폐기물의 매립

1. 기계적-생물학적 전처리폐기물의 특징

MBP 잔류물들은 생물학적으로 안정화되어 퇴비와 비슷하다. 이 때, 잔류물의 무게와 부피는 약 30~50%정도 감소하는데 폐기물의 조성과 전처리 공정의 형태에 따라 달라진다. 전처리된 잔류물은 균질하고 위생적이며, 함수율은 30~35%까지 감소한다. 또한 밀도는 증가하고, 공극의 부피는 감소한다. 잔류물의 탄소 함유량은 50%이상 감소하는데, 전처리의 정도에 따라 달라진다.

충분한 시간동안 전처리한 잔류물의 경우 생쓰레기의 38% 정도가 생물학적 단계에서 분해된다. 이후 생물학적으로 안정된 잔류폐기물에서는 3% 정도의 탄소가 가스 상으로, 1% 이하가 침출수로 방출되며, 약 58%의 탄소가 매립지 내에서 잔류하게 된다¹⁰⁾.

전처리된 폐기물의 물성을 나타내기 위해 일반적으로 사용되는 물성치와 기타 물성치는 Table 1, 2와 같다¹¹⁻¹²⁾. 기계적-생물학적 전처리 전·후 폐기물의 물성변화는 Fig. 3과 같다¹³⁾.

2. 전처리잔류물의 매립

2.1 매립지 거동에 미치는 MBP의 영향

전처리한 폐기물을 매립하면 매립지 내 탄소함유량과 생물학적 활성도가 감소하여 전통적인 생활폐기물의 매립과 비교하였을 때 매립지 내에서의 생물학적 분해과정이 덜 중요해진다. 즉, 산생성 반응이 억제되어 메탄과 이산화탄소의 생성이 감소하며 결과적으로 온실가스의 발생량을 줄인다는 점에서

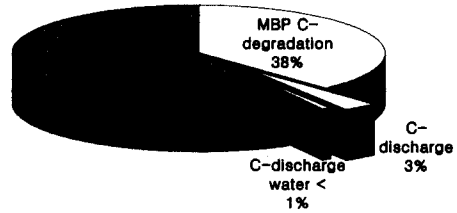


Fig. 2. Carbon balance of pretreated waste.

Table 1. Major properties of pretreated waste.

Parameter	Meaning
Respiratory activity, AT4, [ml O ₂ /TS]	Oxygen demand within 4 days
Gas formation, GB21, [l/kg TS]	Gas production within 21 days

Table 2. Minor properties of pretreated waste.

Physical properties	unit	Biological properties	unit
<i>grain size distribution</i>		BOD ₅	mg/l
Maximum grain size	mm	COD	mg/l
Fine grain percentage	mass %	TOC eluate	mg/l
Percentage regulation	-	C/N ratio	-
Curvature	-	temperature	°C
<i>Other solids analyses</i>			
Moisture content	% fs		
Loss on ignition	% dm		
Grain density	g/cm ³		
shear strength	mg/m ²		
hydraulic conductivity	m/s		

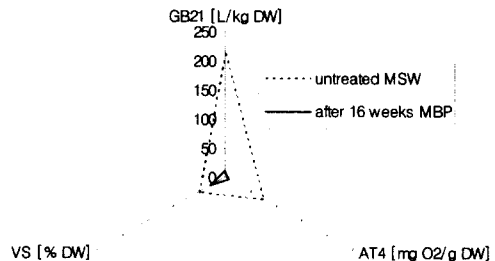


Fig. 3. Properties change between untreated and pretreated waste.

긍정적으로 평가할 수 있다. 실제로, 전처리를 한 폐기물은 전처리를 실시하지 않은 폐기물에 비해 이산화탄소와 메탄가스는 90%까지 발생량을 줄일 수 있으며, 그 외 잔류물은 침출수 부하율이 80% 이상, 탄소방출량은 90% 이상 감소하여 탄소 함유율을 95% 이상까지 고정 가능하다.

전처리 폐기물 매립지는 지반공학적인 측면에서 저장 밀도가 1 Mg dm/m^3 이상까지 증가하며, 투수성이 감소하는 특징이 있다. Scheelhaase 등¹²⁾의 연구에 따르면 포화 투수계수(saturated hydraulic conductivity, K_f)는 $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 까지, 비포화 투수계수(non-saturated hydraulic conductivity, K_w)는 $5 \times 10^{-10} \sim 6 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, 투기계수(gas conductivity, K_g)는 $1 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ 까지 나타날 수 있다고 한다. 그리고 비교적 균질한 매립지의 건설이 가능해 지반 붕괴의 위험이 적어진다.

2.2 기존 매립지 개념의 수정

독일에서는 2005년부터 전처리를 거치지 않은 쓰레기의 매립지로의 반입을 금지하기로 했다. 하지만 이에 대한 매립지 자체의 사전준비는 충분하지 않다. 매립지에 반입되는 폐기물을 전처리하여 매립하기 위해서는, 매립지의 개념이 수정될 필요가 있다. 전처리한 폐기물의 특징은 폐기물이라기 보다는 차라리 토사에 가까울 정도로 폐기물이 원래 가지고 있던 특성에서 많이 변화한다. 먼저, 가스의 발생 가능량이 아주 적다. 그리고 전처리된 잔류물은 고밀도라서 투수계수가 낮고, 침출수가 적게 발생됨과 동시에 표면에 물이 많이 고이게 된다. 이러한 전처리물의 성상 때문에 이를 포함하는 매립지는 다음과 같은 조건을 지녀야 한다. 매립작업이 진행되지 않는 동안에는 강우 시를 고려하여 차수막으로 표면을 덮어 주어야 한다. 그리고 고인 물을 관리하고 배출하는 시스템을 갖춰야 한다. 가스 발생량은 많지 않기 때문에 적극적인 가스 배출시스템은 필요하지 않다¹⁴⁾.

2.3 전처리 폐기물 매립시의 문제점

전처리 폐기물은 생물학적 분해와 압축과정을 통해 부피가 감소되면서 압축되어 투수성이 낮아진다.

비가 올 경우에 표면에 물 웅덩이가 생길 수 있다. 이렇게 되면 약한 부분이 생겨 중장비의 작업성이 낮아질 수 있다. 이는 생활폐기물을 전처리할 경우 매립지에서 매우 중요한 문제가 된다. 미래의 안전을 위해서는 MBP를 적용해 생물학적 처리가 시행되어야 하므로 집중호우 뒤 발생하는 압축 및 침하 문제가 해결되어야 한다¹¹⁾.

IV. 외국의 적용 현황

1. 선진국의 경우

매립지 부지확보와 가스배출을 저감하기 위해 많은 나라들, 특히 유럽의 국가들은 여러 종류의 전처리를 촉진하는 관련법규를 마련하고 있다. 기계적 전처리는 분해를 가속화하기 위해 다른 여러 종류의 공정과 같이 사용할 수 있으며, 특히 오스트리아와 독일에서 널리 사용되고 있으며 최근에는 여러 나라에 소개되고 있다.

생물학적 전처리는 다른 여러 기술과 함께 수행되고 있다. 보편적으로 사용되는 것은 호기성 처리 기술로써 독일, 이탈리아, 벨기에, 이탈리아 등에서 사용되고 있다. 하지만, 이 기술로는 폐기물로부터 생물학적 가스나 영양 성분을 회수할 수 없다.

스웨덴이나 영국에서는 혐기성 처리가 발달해 왔다. 혐기성 처리 기술은 매립지를 5~10년 후에 굴착될 가능성이 있는 bioreactor cell의 형태 또는 안정화된 발효 잔류물의 마지막 보관장소 형태로 운영되고 있다. 두 기술은 최적 분해조건, 가스와 침출수 수집 및 모니터링을 고려해야 하기 때문에 모두 고도의 관리가 요구되는 기술이라 할 수 있다. 혐기성 처리 기술은 독일과 네덜란드에서 처음 발명되었으며, 최근에는 미국에까지 소개되어 매우 빠르게 보급되고 있으며, 오스트레일리아와 남아프리카공화국에서도 도입되고 있다. 혐기성 공정에서의 에너지 회수(전기, 열 그리고 모터연료)는 일반적인 사항인 반면, 영양분의 회수는 척박한 토양을 가진 나라에서 특히 중요하다. 매립 부지가 부족한 일본, 대만, 홍콩 등의 나라에서도 매립지의 생물학적 분해를 최적화하기 위해 많은 연구들이 진행되고 있다¹⁾.

2. 개발도상국의 경우

대부분의 개발도상국들도 매립 시 전처리에 대해 필요성은 느끼지만 경제적인 이유로 선풍 도입하지 못하고 있다. 전처리하지 않은 생활폐기물의 매립은 국민건강에 매우 큰 잠재위험요소로 대두되고 있다. 하지만 경제적인 이유로 효과적인 처리시설을 갖추기가 쉽지 않다. 따라서, 개발도상국의 경제 상황에 적절한 전처리 기술이 개발될 필요가 있다. 주로 기계적인 전처리가 대안으로 제시되고 있는데 아직까지는 불완전한 것으로 나타났다¹⁵⁾.

대부분의 개발도상국들은 경제적인 문제로 폐기물처리에 있어 적절한 매립방식을 찾지 못하고 있다. 매립시설을 갖춘다 하더라도 침출수나 가스가 지속적으로 나오기 때문에 유지비용을 감당하지 못할 것이다. 따라서, 각국의 특성에 맞는 실현 가능한 매립형태의 개발이 시급하다. 그 중 매립하기 전에 전처리과정을 거치는 것이 한가지 대안이 될 수 있다¹⁶⁾. 기계적인 분리나 분쇄도 좋지만 몬순 기후 지역의 경우는 간단한 생물학적인 처리, 즉 호기성 분해과정을 거치는 것만으로도 충분할 수 있다¹⁷⁾.

V. 결 론

폐기물을 매립하기 전에 전처리하는 방법에는 기계적 전처리, 생물학적 전처리, 그리고 열 전처리 방법이 있다. 본 연구에서는 기계적 전처리와 생물학적 전처리를 조합한 기계적-생물학적 전처리 기술(mechanical-biological pretreatment, MBP)에 대해 살펴보았다. 폐기물을 전처리하는 가장 큰 목적은 매립시 발생하는 오염물질의 저감이다. 우리는 이 기술이 특히 매립지의 가스 발생량과 침출수의 양을 대폭 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 폐기물의 전처리 및 전처리 후 매립에 사용되는 기술은 매우 혁신적이라 할 수는 없다. 하지만, 기존의 여러 공법들을 효율적으로 사용하여 전통적인 방법에 비해 효율을 높일 수 있는 폐기물의 전처리 기술은 새로운 방법론이라 할 수 있다. 특히 우리나라 역시 유럽과 마찬가지로 국토가 좁다는 것과 온실가스 문제를 비켜갈 수 없다는 점에서 폐기물을 전처리하는 기술의 도입을 고려해 볼 필요가 있다.

References

1. Bramryd, T., and Binder, M.: Environmental and Efficiency Evaluation of Different Pre-stabilization Techniques for Solid Wastes, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 231-238 (2001)
2. Higuchi, S. Hanashima, M. Ushikoshi, K. Kobayashi, T. Katsukura, N. Nabeshima, Y. Horii, Y. Hirose, Y., and Misumi, F.: Washing of Waste as Pre-treatment for Landfill, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 339-350 (2001)
3. Baldasano, J. M., and Gasso, S.: Application of Baling-Wrapping Technology for Reduction of GHG Emissions from Municipal Solid Waste, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 351-360 (2001)
4. Andreottola, G., Bortolon, A., Dallago, L., and Ragazzi, M.: A Comprehensive Study on MSW Baling as a Pre-treatment to Waste-to-energy Plants, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 361-370 (2001)
5. Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S.: Integrated Solid Waste Management, McGraw-Hill, Inc. New York (1993)
6. Hudgins, M., and Harper, S.: Operational Characteristics of Two Aerobic Landfill Systems, Sardinia 99, 7th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 327-334 (1999)
7. Muller, W. Wallmann, R., and Fricke, K.: Anaerobic Digestion as an Integrated Part of a Bio-mechanical Waste Treatment Process, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 415-424 (2001)
8. Raninger, B. Pilz, G., and Gheser, D.: Optimization of Mechanical-Biological Treatment of Waste to Achieve Austrian Landfill Requirements, Sardinia 99, 7th International Waste Manage-

- ment and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 387-394 (1999)
9. Luning, L., Oorthuys, F. M. L. J. Kamphuis, B. A. Sisselaar D. J. A., and Loesberg, G. E., :Realization, Start-up, and Initial Operational Experiences of Vagrans MBP Plant in Groningen, NL, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, 2001. Vol. 1, pp. 425-434 (2001)
 10. Scheelhaase, T., : Landfill Behaviour of MBP -waste and New Landfill Concepts for a Low Emission Landfill, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 247-254 (2001)
 11. Collins, H.-J. : Compaction of Municipal Solid Waste after Mechanical and Biological Treatment, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 3, pp. 455-464 (2001)
 12. Scheelhaase, T., Bidlingmaier, W. Klumper, A., Maile, A., and Rechberger, M.,: Geotechnical Behaviour of Mechanically-biologically Pretreated Residual Waste, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 3, pp. 445-453 (2001)
 13. Von Felde, D., and Doedens, H.: Full Scale Results of Landfilling Mechanical Biological Pretreated MSW, Sardinia 99, 7th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 533-540 (1999)
 14. Stegmann, R., and Heyer, K. -U.: Landfill Concept for Mechanical-biologically Treated Residual Waste, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 1, pp. 381-388 (2001)
 15. Munnich, K. Mahler C. F., and Maak, D.: Mechanical Biological Pretreatment of Residual Waste in Brazil, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 4, pp. 177-186 (2001)
 16. Huttner, L. E., and Kekebus, F.: Mechanical -Biological Potential Applications in Developing Countries, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 4, pp. 171-176 (2001)
 17. Ranaweera, R. M. R. P. Trankler, O.,: Pre-treatment Prior Final Disposal - a Case Study For Thailand, Sardinia 2001, 8th International Waste Management and Landfill Symposium, Vol. 4, pp. 187-198 (2001)