



ORIGINAL PAPER

원저

폴리에스테르 수지를 이용한 콤포스트 백 분해에 관한 연구

이건주[†]

상지대학교 환경공학과

(2005년 8월 10일 접수, 2005년 9월 20일 채택)

Decomposition of Compost Bag Using Polyester Resin

Keon Joo Lee[†]

Department of Environmental Engineering, Sangji University

ABSTRACT

In this study, the change of water content, pH, and combustion weight on the decomposition of poly ester vinyl and high density poly ethylene were examined. The poly ester vinyl was degraded by microorganism in food wastes for 30 days, while high density poly ethylene vinyl was not degraded. Also, the poly ester vinyl was rapidly degraded after the 10 days of operation and its weight was decreased. In the combustion reaction between 300°C and 600°C, complete combustion was performed. Due to the degradation of poly ester vinyl by microorganism in food waste, the pH was increased from 4.26 to 7.6. During of 60 days operation, poly ester vinyl was degraded over 90%.

Keywords : composting, decomposition, poly ester vinyl, weight change

초 록

본 연구에서는 폴리에스테르 비닐과 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)의 분해에서 수분 함량, pH, 연소시 무게에 대하여 조사하였다. 폴리에스테르 비닐은 30일 동안의 음식물 쓰레기의 미생물에 의하여 분해가 이루어졌으나, 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)은 분해가 전혀 이루어지지 않았다. 폴리에스테르계 생분해성 비닐은 음식물의 미생물에 의하여 10일후에 급속하게 분해가 일어났으며, 그 결과 무게가 감소함을 나타내었다. 연소반응의 300°C~600°C 사이에서는 완전연소가 이루어졌으며, 음식물 속의 미생물에 의한 분해로 인한

[†]Corresponding author (kjoolee@mail.sangji.ac.kr)

여 pH는 4.26에서 7.6으로 증가하였다. 그리고 poly ester vinyl은 60일 동안의 운전에서 90% 이상의 분해가 이루어졌다.

핵심용어 : 퇴비화, 생분해, 폴리에스테르, 감량화

1. 서론

근래에 플라스틱은 우리 생활에 있어서 포장재 및 소비용품 재료로 편리하게 사용되고 있다. 그러나 플라스틱의 남용으로 마구 버려지는 플라스틱 폐기물은 환경에 부담이 되고 있다. 플라스틱은 자연계에서 분해되지 않고 반영구적으로 존재하기 때문에 방치된 플라스틱은 하천이나 해양 등에서 외관상뿐만 아니라 생물 환경적으로도 나쁜 영향을 끼치고 있다. 하나의 해결책은 자연에 완전히 분해되고 동시에 퇴비화되는 생분해성 플라스틱으로 대체하는 것이지만, 아직 그 가격이 비싸서 쓰레기 봉투, 쇼핑백, 포장재, 1회용품등에 선택적으로 사용될 수밖에 없다.

플라스틱 소재는 현대인의 풍요로운 일상생활과 산업발달에 큰 공헌을 해 온 반면 대량으로 발생하는 각종 페비닐, 스티로폼, 플라스틱 매립, 소각, 재활용의 방법을 통해 처리하고 있으나, 매립시에는 매립지 확보가 어렵고 매립된 플라스틱이 땅속에서 썩지 않기 때문에 지반이 안정되지 않아 매립지의 이용에 문제가 있으며, 소각시에는 연소 화합물과의 혼소에 의해 다이옥신이 발생할 수 있고 고열에 의한 소각로의 손상을 야기 할 수 있으며, 재활용의 경우에는 플라스틱 폐기물이 너무 산재하여 이를 수거하는데 비용이 많이 들고 작은 부피의 플라스틱만이 재활용에 적합한 형편이다¹⁻⁴⁾.

국내에는 생분해성 플라스틱을 30% 함유하는 생분해성 플라스틱으로 제조된 종량제 쓰레기봉투와 음식물 쓰레기를 담아 함께 퇴비화 시키는 완전 생분해성 플라스틱 음식물 쓰레기봉투가 도입 사용되고 있습니다. 그러나 이러한 완전 생분해성 플라스틱 음식물 쓰레기봉투가 과연 완전히 퇴비화되는지 또는 생분해성 플라스틱으로 제조된 종량제 쓰레기봉투가 실제로 얼마나 분해 되는지에 대

하여 가끔 의문이 제기되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 쓸 때는 보통 플라스틱처럼 간편하게 쓸 수 있고 사용 후에는 토양 중의 미생물에 의하여 분해되는 환경 친화적이고 무해한 플라스틱인 생분해성 플라스틱의 실용화 및 의무화의 압력이 거세지면서 독일, 이태리, 미국 등 선진 각국에서는 쇼핑백, 플라스틱제 병의 생분해성 수지 사용을 의무화하는 등 생분해성 플라스틱의 실용화가 활발히 진행되고 있다.

플라스틱 자체가 박테리아, 조류, 곰팡이와 같은 자연에 존재하는 미생물에 의해 물과 이산화탄소 또는 물과 메탄가스로 완전히 분해되는 플라스틱을 말한다⁵⁻⁷⁾.

생분해성 플라스틱은 사용하는 원료에 따라 천연계 고분자, 화학 합성 고분자, 미생물 생산 고분자 그리고 천연계 고분자와 화학 합성 고분자의 혼용 등으로 분류할 수 있다.

[Table 1]은 분해성 플라스틱 종류 및 용도 적용수지를 나타낸다. 생분해성 플라스틱은 비분해성 범용수지(PE, PS, PP 등)에 전분과 같은 생분해 물질을 일정량 첨가하여 제조한 플라스틱을 의미한다⁸⁻⁹⁾.

생분해성 플라스틱은 첨가된 생분해 물질의 일차 분해를 통한 플라스틱 표면의 다공질화로 Matrix 수지인 비분해성 범용수지의 분해기간 단축은 물론 중량 및 부피의 감소 효과를 갖도록 하는 부분 분해성 플라스틱 제품으로, 국내의 경우 생분해성 플라스틱과의 혼동을 피하기 위해 "생분괴성 플라스틱"이란 용어를 적용하여 생분해성 플라스틱과 별도로 구분하고 있습니다.

현재 국내에서는 쓰레기 종량제 봉투에 최종적으로 100% 생분해성 봉투의 적용을 위한 과도기적인 조치로 30% 생분괴성 봉투를 일부 지역에서 사용중에 있다¹⁰⁾.

[Table 1] The Species of Decomposable Plastic

종 류		용 도	적 용 수 지
생분해성 플라스틱		- 식품 및 화학제품 첨가제, 의학용 재료, 분해성 포장재, PP대체용 - 봉합사, 방출조절성 의학용 재료 - 의료용	- PHB계, 다당류계 - PCL, PLA, PG 등 - 천연다당류계, Chitin계, Oil계
생분괴성 플라스틱		- Disposable diaper liners, Trash bag, Shopping bag, Mulch Film - PCL 과 각종 범용수지 blend	- PE+전분 - PE+PCL
광분해성 플라스틱	광분해제 첨가형	- Mulch Film, Shopping bag, 식품포장재	- PE+금속이온
	공 중 합체형	- 낚시미끼통커버, Paper-coating, Tray, Grocery bags, Cups, Plates, Mulch Film - Six-pack-connector ring	- PS, PE, PP+Vinyl-Ketone계 공중합물 - PE+Ehtylene-CO계 공중합물

2. 실험 방법

2.1 실험과정

음식점에서 수분을 수거한 고농축 음식물 쓰레기를 사용하였다. 퇴비단상자(62×23cm) 10개를 사용하여, 5개의 퇴비단상자에 생분해성 비닐과 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 종량제 비닐을 각각 한 상자마다 반으로 나누어서 한쪽면에는 '모래+생분해성비닐+모래'순으로 만들고, 나머지 한쪽면에는 '모래+고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 종량제 비닐+모래'순으로 만들었다. 그리고 나머지 5상자의 퇴비단상자에는 각각 한 상자마다 한쪽면에는 '모래(6cm) + [생분해성비닐+음식물쓰레기] (3cm) +모래(6cm)' 와 다른 한쪽면에는 위와 같은 방법으로 '모래(6cm) + [고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 종량제 비닐+음식물쓰레기] (3cm) +모래(6cm)'순으로 대비 분해도를 측정하였다. 단, 생분해성 비닐(고밀도 폴리에틸렌 종량제 비닐)+음식물쓰레기를 양파자루(37×15cm) 안에 넣어서 모래의 침입을 방지하고 분해시 용이한 분리를 하기 위하여 사용하였다. 빗물과 과도한 수분 증발을 막기 위해서 차단 필름을 덮었다. 30일간 5일간격으로 수분측정, pH측정, 연소시 온도에 따른 생분해성 비닐의 무게 감소량, 지방족 폴리에스테르계 완전 생분해성 비닐의 변화, 생분해성 비닐의 분해시 무게 감소에 대해서 측정하였다.

2.2 퇴비화(composting)조건

- 생분괴성 종량제 봉투 시료(20×15cm)
- 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐과 대비 분해도 측정
- 음식물 쓰레기 상자에 넣음
- 빗물 및 과도한 수분 증발을 막는 차단 필름으로 덮음

● 측정 항목

- 필름의 분해모양 및 전자현미경 관찰
- 무게 감량
- 분해 시스템의 산성도, 수분의 변화

2.3 수분측정

도가니를 미리 105-110℃에서 1시간 건조시킨 다음 데시게이터 안에서 방냉하고 항량으로 하여 무게를 정확히 달고(W₁) 여기에 시료 적당량을 취하여 도가니와 시료의 무게(W₂)를 정확히 단다. 다음에 105-110℃의 건조기 안에서 4시간 건조시킨다음 데시게이터 안에 넣어 방냉하고 항량으로 하여 무게(W₃)를 정확히 측정한다. 이를 식(1)에 나타내었다(Fig. 1).

$$\text{수분(\%)} = (W_2 - W_3) / (W_2 - W_1) \times 100 \dots (1)$$

여기서, W₁ : 빈 도가니 무게

W₂ : 시료를 취한 도가니 무게
(도가니+시료무게)

W₃ : W₂를 건조한 무게

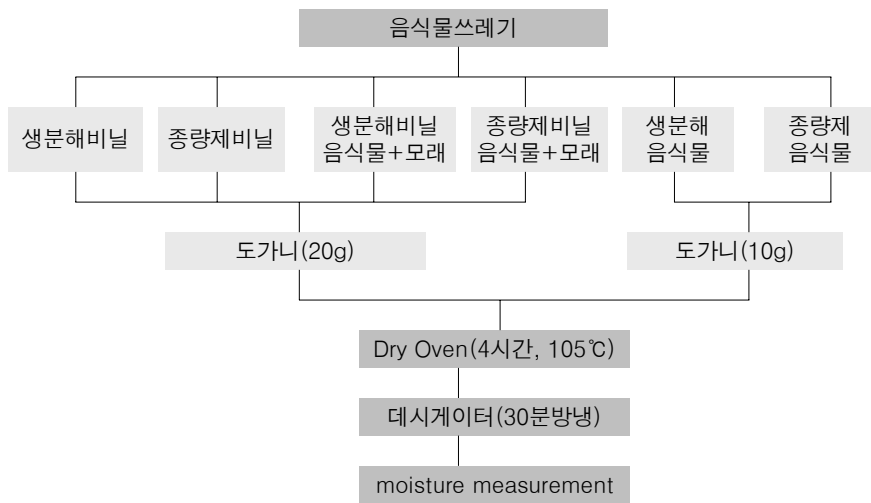
2.4 pH측정

토양시료 10g을 100ml 삼각플라스틱에 첨가한 후, 증류수 50ml을 넣고 Shaking Water Bath 에서 30분간, 25℃, 200rpm으로 shaking한다. pH Meter기로 측정한다[Fig. 2].

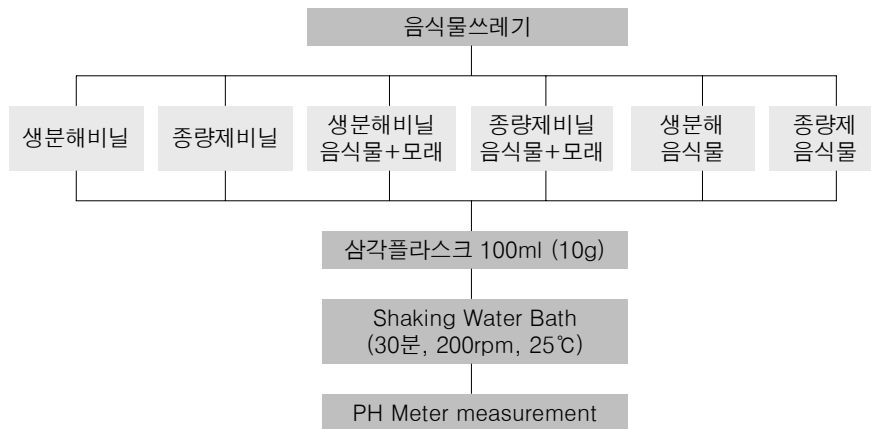
지방족 폴리에스테르 생분해성 비닐은 30일정도 경과 후에 거의 분해가 일어났다. 위의 사진과 같이 5일 후에는 거시적으로는 아무런 변화가 없었고, 10 일후에는 서서히 눈으로 식별할수 있을 정도의 미세한 분해가 일어나고 있다. 15일 후에는 지방족 폴리에스테르 생분해성 비닐이 가라졌다고 볼정도로 구멍이 생겼고, 20일 후에는 세 곳 정도가 눈에 띄게 크게 분해가 일어났다. 25일 후에는 급속하게 분해가 일어나면서 30일 후에는 거의 다 분해가 되었다. 지방족 폴리에스테르 생분해성 비닐은 30일후에 거

3. 결과 및 고찰

3.1 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐의 변화



[Fig.1] The procedure of moisture content measurement.



[Fig.2] The procedure of PH measurement.

의 눈에 안 보일 정도로 분해가 되어야 하지만, 실험을 하면서 평균 실온이 13℃~19℃ 정도로 온도가 너무 낮았다. 그러나 낮은 온도에서도 한달동안의 분해과정을 지켜본 결과 매립지에 매립을 할 경우에는 이보다 높게 온도가 올라가기 때문에 한달정도만 분해가 완전하게 일어날 수 있을 것이다(Fig. 3).

3.2 폴리에스테르계 생분해성 비닐의 전자현미경에서의 관찰

[Fig. 4]참조.

3.3 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐의 분해도

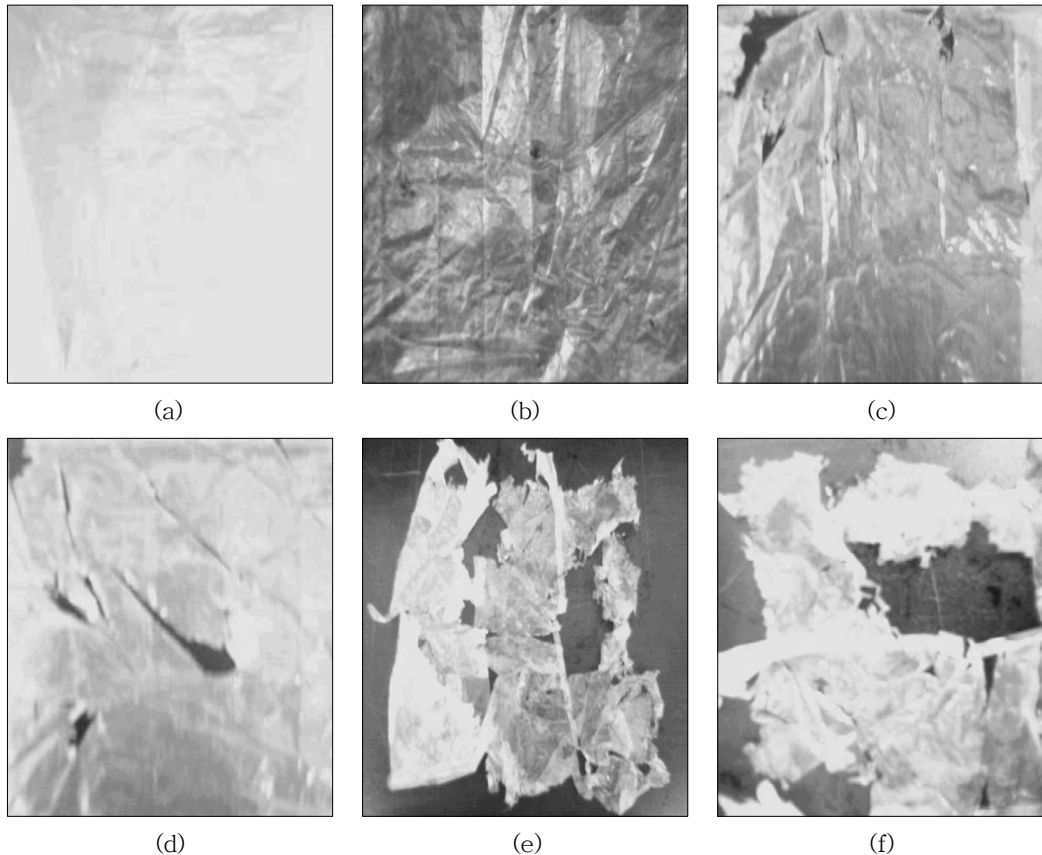
지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐의 전자현미경 관찰이다. 초기에는 거의 변화가 없었지만,

30일후에는 음식물의 미생물에 의해서 생분해성 비닐이 분해가 되었다.

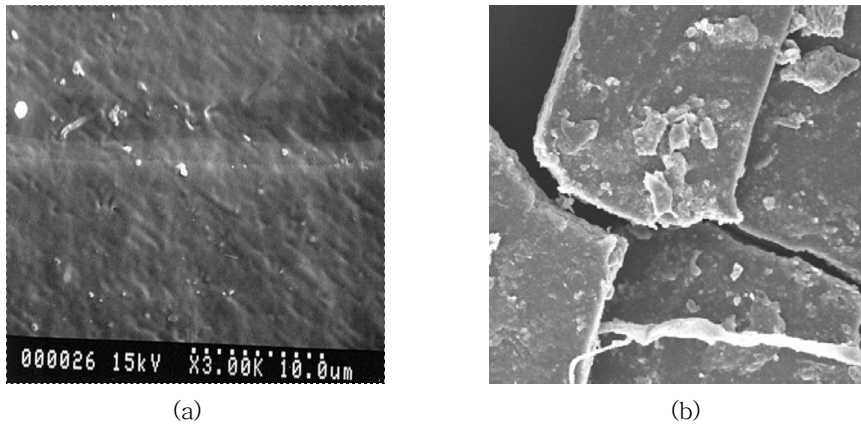
지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐속의 음식물과 고밀도 폴리에틸렌 비닐속의 음식물의 수분 변화가 가장 높게 나타났는데, 음식물속에 들어있는 수분함유로 인해서 나머지 토양의 수분의 변화보다 높게 나타났대(Fig. 5).

초기 5일까지는 분해가 거의 일어나지 않았고, 10일후 급격한 상승을 나타냈는데, 10일때 수분의 변화가 가장 크게 나타난 이유는, 그때의 온도가 다른때보다 온도가 높았기 때문에 가장 큰 수분의 변화를 보였다.

지방족 폴리에스테르 생분해성 비닐속의 음식물이 다른 것들보다 높게 나타났다. 초기에는 수분을 제거한 고농축의 음식물이기 때문에 강산성에 가



[Fig. 3] Photos of polyester compost bag. (a) after 5days, (b) after 10days, (c) after 15days, (d) after 20days, (e) after 25days, (f) after 30days.



[Fig.4] SEM of polyester compost bag.(a) initial condition,(b)after 30days.

까웠지만, 음식물의 미생물에 의한 분해에 의해서 점차적으로 중성으로 변화했다. 이러한 결과는 매립을 할 경우에도 토양을 산성을 만드는 것이 아니라 중성으로 만들것으로 예상된다(Fig. 6).

[Fig. 7]에서 초기 200°C에서는 거의 변화가 없었고, 이후 300°C~600°C 사이에서 급격한 연소가 되었다. 400°C에서는 생분해성 비닐이 녹아서 검은색을 띤 액체로 변화하였고, 600°C에서는 급격한 기울기를 나타냈기 때문에 연소가 가장 활발하게 일어났다.

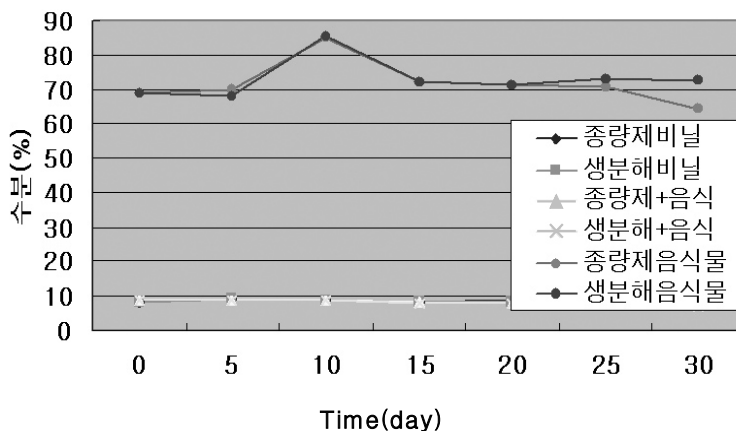
[Fig. 8]에서는 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐의 30일간의 분해시 무게 감량을 측정하였

다. 초기 10일간은 거의 분해가 일어나지 않아서 거의 변화가 없었다. 그러나 10일 이후에는 눈에 띄게 무게 감소가 나타났는데, 그러한 이유는 음식물속에 들어있는 미생물의 변화로 인해서 급속하게 무게 감소 변화가 일어났다.

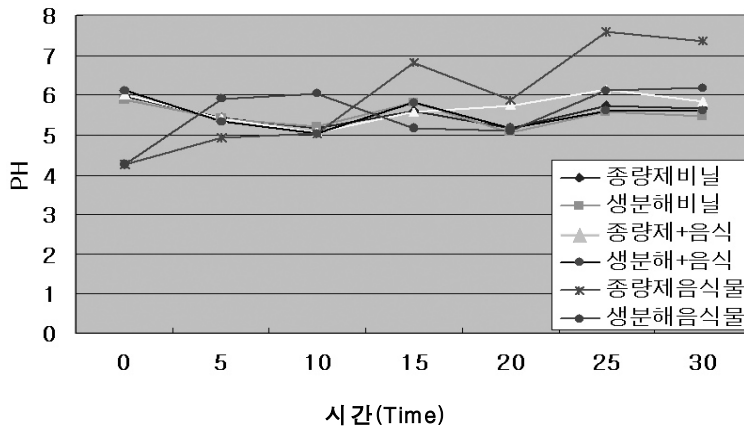
4. 결론

지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐과 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 수지의 비닐을 수분함량, PH, 연소시 무게 감량, 분해시 감소량등 분석하였다.

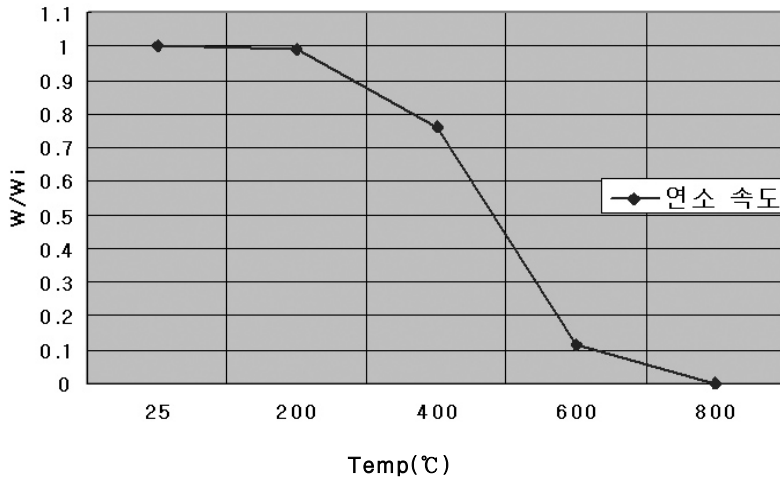
지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐은 30일간



[Fig.5] The change of water content during decomposition.



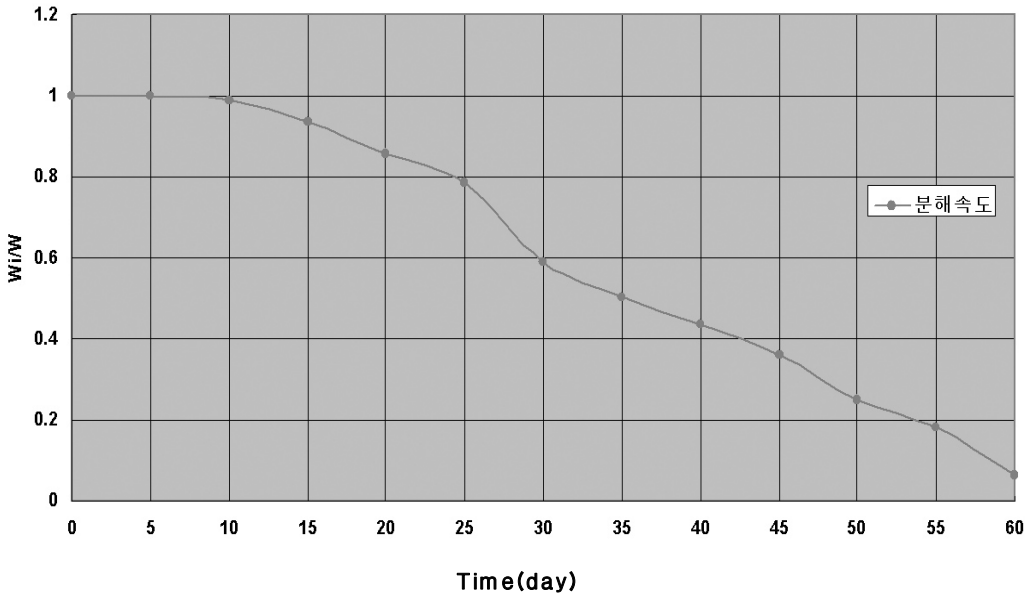
[Fig.6] The PH change of the decompost bag.



[Fig.7] The combustion temperature of polyster vinyl.

의 음식물의 미생물에 의해서 생분해가 일어났으며, 기존의 중량제 비닐(HDPE)는 분해가 전혀 이루어지지 않는 결과를 얻었다. 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐은 음식물의 미생물에 의해서 10일후에 급속하게 분해가 일어나 무게가 감소하는 경향을 보였고, 연소반응시의 300℃~600℃ 사이에서는 완전연소가 되는 경향을 보이며, 음식물의 PH는 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐의 초기 PH 4.26(강산성)에서 7.6(중성)으로 음식물 속의 미생물에 의한 분해로 인하여 PH가 증가하는 경향을 보였다. 그리고 60일 이후에는 거의

90%이상 완전분해 되었다. 위와 같은 실험 결과로 인해서, 실제로 지방족 폴리에스테르계 생분해성 비닐이 기존의 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 중량제 비닐로 대체가 된다면, 수집, 운반, 선별, 매립(재활용, 퇴비화)에서 중간과정이 없어지면서 수거비용절감으로 인하여, 경제적인 효과를 얻을 수 있게 될 것이고, 완전생분해성 비닐이기 때문에 퇴비화용 음식물 쓰레기 전용 봉투로 사용한다면 회수용 용기사용보다 간단 청결하고, 음식물 쓰레기분리수거 촉진하고, 매립장의 수면연장과 매립지반의 안정화를 가져오게 될 것이다.



[Fig.8] The weight change of poly ester vinyl as increased the time.

참고문헌

1. 국립환경연구원, “일반폐기물 종합 관리체계 구축을 위한 정책개발 연구,” (1995).
2. 한국과학기술연구원, “생분해성 고분자의 연구 개방 동향,” (1992).
3. 한국생분해성플라스틱협의회, “생분해성/생분괴성 플라스틱의 혐기성 소화 실험” (2002).
4. 한국기술정보컨설팅, “분해성 플라스틱 기술개발 및 활용,” (1991).
5. 한국생분해성플라스틱협의회, “완전생분해성 플라스틱의 퇴비화 실험” (2001).
6. 한국과학기술연구원, “광분해성 고분자,” (1995).
7. 국립기술품질원, “생분해성 플라스틱개발과 사용촉진심포지움,” (1999).
8. 한국환경정책학회, “플라스틱 포장재의 환경적 특성 및 관련정책에 관한 연구,” (1998).
9. 한국과학기술연구원, “Polylactide 및 Aliphatic polyester계 생분해성 고분자,” (1993).
10. 한국환경생물학회, “Alcaligenes latus의 배양방법에 따른 생분해성 플라스틱의 생산특성,” 16(1), p. 10 (1998). 