폐기물자원화
제 7 권 제 2 호, 93~105 1999

배기가스순환시스템을 적용한 소멸 퇴비화장치의 효율검토

배 재근, 김 종찬*

서울시 노원구 공능동 171 서울산업대학교 환경공학과
*경기도 보건환경연구원

Efficiency Investigation of Vanishing Composting Machine Using Exhaust gas Recirculation system

Chae-Gun Phae, Jong-Chan Kim*

Department of Environmental Engineering, Seoul national university of technology
*Kyonggi-do Institute Health & Environment

ABSTRACT

Existing composting system was improved to have a high performance for organic degradation, deodorization and energy reduction. Compared with conventional devices, this developed system uses the heat recovered from platinum catalytic tower by three times heat exchange in which 65% of exhaust gas was recirculated. Evaporation of water was made easy by maintaining negative pressure in entire system.

It was possible for reaction to be maintained steadily by microorganism agent. The optimum mixing volume ratio of garbage to sawdust was 15:1 contrary to 20:1 in conventional one. Moreover, aerobic condition was maintained efficiently.

Effects obtained by using a inner circulation system were as follows. It was possible to reduce the ammonia causing offensive odor and verified that consumption of electricity cut down to 1/3 with reduction of exhaust gas inflowing. According to this inner circulation, the optimum air flow was 0.44m^3 to 100kg treatment capacity. The electricity consumption was changed in proportion to inflowing air volume.

Key Words : Recirculation, Vanishing Composting, Garbage, Compost

초 록

본 연구는 기존의 소멸화장치를 개선하여 에너지절감과 동시에 탈취효과를 극대화시키면서 유기물의 분해

능력을 극대화시키는 장치를 개발하기 위하여 실시되었다. 기존의 장치와 비교하여 3차에 걸친 열교환을 통하여 백금촉매탑에서 발생하는 폐열을 회수하여 이용하게 하였으며, 배기가스의 65%정도를 재순환하게 하였다. 또한 장치전체에 대해서는 감압을 유지하게 하여 수분의 증발을 원활하게 하였다.

미생물제재에 의하여 반응을 안정적으로 유지하는 것이 가능했으며, 또한 분해매체는 기존의 처리용량의 20배용적을 사용했으나, 본장치에서는 15배용적에 있어서도 미생물활성화가 가능하며, 호기성분위기를 효율적을 유지하는 것이 가능했다.

배기가스의 내부순환을 시스템을 사용함에 따라 얻어지는 효과에 대하여 검토한 결과, 내부의 악취물질인 암모니아가스농도를 감소시키는 것이 가능했으며, 탈취탑으로 유입되는 배기가스가 경감됨에 따라 전력비가 1/3선으로 절감되는 효과가 확인되었다. 이러한 내순환에 따라 최적공기량은 100kg처리용량에 대하여 0.44m^3로, 이 공기량의 변화에 따라 전력비가 비례하여 변화하는 현상이 확인되었다.

주제어 : 배기가스순환, 소멸화장치, 음식물쓰레기, 퇴비화

1. 서 론

1990년대부터 폐기물의 문제가 대두되면서 각종 폐기물정책의 시행으로 각종 유가물의 자원성물질이 회수되면서 폐기물의 발생량이 감소하고 있으나, 상대적으로 매립지 및 처리대상의 폐기물의 질은 점점 저질화되는 현상이 관찰되고 있다. 즉 가연성 및 비교적수부함유율이 낮은 물질들이 분리수거됨에 따라 상대적으로 음식물쓰레기의 함량이 증가하고 있기 때문이다. 음식물쓰레기는 통상적으로 조리전, 후에 따라 생쓰레기와 음식물쓰레기로 구분되나, 본 논문에서는 모두 합쳐 음식물쓰레기로 하기로 한다.

이러한 음식물쓰레기는 수분함량이 높은 관계로 매립지내에서 침출수 및 악취발생의 원인이 되어, 폐기물관리법내에서는 2005년도부터 직매립이 금지되어 있으며, 98년도에는 사업장에서 발생하는 음식물쓰레기의 발생억제 및 재자원화의 대책으로서 30평이상의 음식점과 100명이상의 급식소에 대하여 감량화대상사업소로 지정하여 자체내에서 감량화설비를 두어 퇴비화하거나, 사료화하도록하고 있으며, 자체처리가 불가능할 경우에는 재생업자에게 위탁처리하도록 하고 있다. 신규로 건축하는 공동주택이 100가구이상인 경우에는 감량화사업의 대상이 되고 있다. 이러한 배경에 의하여 음식물쓰레기 처리에 대한 종합대책이 수립되고 있으며, 생활폐기물내의 음식물쓰레기는 분리수거하여 대형퇴비화시설 및 사료화시설에 의하여 자원화를 계획하고 있으며, 소규모 배출사업소에서는 감량처리기를 설치하는 업소가 증가하고 있다.

소형감량화처리기기(250kg/일 처리용량)의 장래수요에 대비하여 국내에서 100여개의 업체에서 기술개발을 시도하여 시중에 판매하였으나, 1997년의 경제난과 감량화장치의 기술적문제 및 에너지소비문제로 인하여 소비자로부터 외면당해 많은 회사가 어려움을 격고 있다. 현재 까지 대부분의 감량화처리기기는 퇴비화라는 전제하에 반응을 시키는 것이 대부분이나, 퇴비화에 있어서 필수적인 미생물발효라기보다는 건조에 의존하는 장치가 대부분이었다. 즉 건조하여 건조물을 퇴비로 사용할 수 있다는 것으로부터 퇴비를 연구하는 연구자에게 호응을 받지 못했다.

본 연구에서는 유기성폐기물중에서 미생물 분해가능한 유기물이 95%이상인 음식물쓰레기를 대상으로 고효율 소멸화장치를 개발하는 것으로 목적으로 했다. 여기에서 사전에 인지하여 두어할 것이 소

멸이라는 단어보다는 소멸화라는 단어이다. 즉 소멸처럼 보이게 하는 것으로서 완전하게 유기물을 CO_2와 H_2O로 날려보내는 것이 아니라는 것을 전제하여 정의하여 둔다. 기본적으로는 유기물의 함량 즉 생분해성물질의 함량이 높으면서 수분함량이 높은 물질을 대상으로 미생물이 발생시키는 분해산화열에 의하여 수분을 날리고, 유기물을 분해시켜, 잔존량을 최소화하며, 잔존하는 만큼 분해매체제가 분해하도록하여 외견상으로 량의 증감이 없도록 한 것이다.

본 연구는 이전에 개발된 장치를 이용하여 에너지소비를 절감시키고 탈취효과를 향상시키면서 유기물의 분해를 극대화시키는 장치를 개발하기 위하여 기존의 장치에 열교환기를 구성시키고, 배기가스를 장치내에 재순환시키는 시스템을 사용하여 기존의 장치와 비율을 비교분석하였다.

Ⅱ 실험방법 및 장치

2.1 실험에 이용한 음식물쓰레기

실험에 이용한 음식물쓰레기는 1일 100kg라는 량적인 면에서 구입이 어려운 것으로부터, 공동주택(아파트단지)에서 분리수거된 것을 이용하였으며, 처리장치에 운반 후에 4시간정도 자연탈수를 한 후에 퇴비화의 원료로서 이용하였다.

2.2 일반항목의 분석

퇴비화반응에 수반하여 함수율, 유기물의 함량(VS)등은 공해공정시험법에 따라 분석되었으며, pH와 CODcr은 퇴비원료 및 생성물을 증류수9와 시료 1로 혼합하여 Homoginizer에 의하여 용출한 후에 pH는 용축액자체서 측정되었으며, CODcr은 여과상등액을 이용하여 측정되었다. CO_2가스는 Environmetal instrument사의 Anagas CD95에 의하여 측정하였으며, 온도는 Yokogawa Model 4156 μR 100기록계를 사용하여 열전대센사를 필요한 부위에 설치하여 측정하였다. 공기유량의 측정은 Thermo anemometer AVM-03(prova instruments INC))를 이용하여 유속을 측정, 50mmφ의 입구경으로 환산하여 유량으로 계산하였다.

2.3 실험장치 및 운전방법

소멸화퇴비화장치는 100kg/일 처리용량인 것을 사용했으며, 연구의 효율화를 위하여 2대를 설치하여 실험하였다. 실험장치의 구조를 Figure 1에 나타냈다. 내부구조는 2축의 스큐류각반자에 의하여 내부순환형으로 설계되었으며, 내부물질의 혼합을 위한 교반축의 작동은 간헐운전으로 하였으며 7분작동에 25분정지의 타이머에 의하여 작동되게 하였다.

Fig. 1 공기는 링블로워에 의하여 배기측에서 흡입배출하므로 자연적으로 공기유입구로 빠져들어 가게했다. 또한 수분의 증발을 원활히하기 위하여 반응기 전체는 밀폐구조로 하였으며, 공기유입구측만을 개방하여 압을 조절하는 구조로 하였다.

고효율적인 유기물의 분해를 위하여 기존의 장치와 비교하여 배기가스순환시스템을 채용하였으며, 백금촉매탑에서 발생하는 폐열을 1단계로 촉매탑에 유입하는 배기가스의 열교환, 2단계로 유입되는 공기의 열교환, 3단계로 장치하부의 자켓으로 배기가스를 유입하여 물질에 기본적인 열을 전달하는 열교환시스템에 의하여 열회수를 완벽하게 하였다. 공기의 유입 및 배기가스의 흐름을 단계별로 Figure 2에 나타냈다.

Fig. 2 실험초기에 반응기내부에 분해매체제로서 톱밥을 주입하고, 여기에 미생물제재를 주입하여 미생물을 활성화시킨 상태에서 음식물쓰레기를 100Kg씩 주입하여 반응조건의 변화에 따라 내부상태의 변화를 온도와 pH, 이산화탄소가스의 발생량을 측정하면서 효율을 비교분석하였다.

2.4 미생물의 분리 및 활성검토방법

반응과정중에 미생물의 활성화정도를 측정하고 위하여 평판(plate)희석법을 이용하였다. 배지는 퇴비화과정중에 세균과 방선균, 효모등이 비교적 계수되는 Glucose 10g, Peptone 5g, Yeast extract 5g, $KH_2PO_4.5H_2O$ 1g, MgSO4. $7H_2O$ 0.5g, Agar 20g, pH 7.0(멸균전)을 사용했다. 미생물의 계수 및 분리를 위한 시료는 90ml멸균수에 10g의 시료를 혼합하여 진탕한 액을 사용했으며, 단계적으로 10배씩희석하여 Petri dish에 도말하였다.

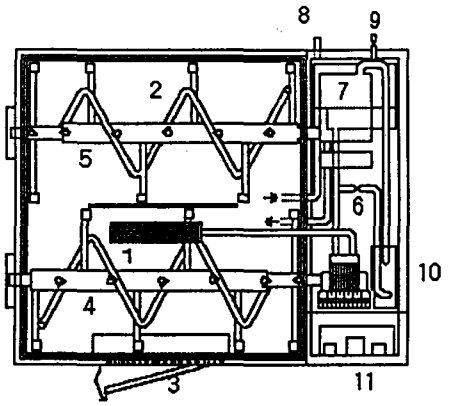
Ⅲ. 실험결과 및 고찰

3.1 실험에 이용한 음식물쓰레기의 물성분석

본 연구에서는 공동주택에서 발생하는 음식물쓰레기를 수거하여 1차적으로 자연탈수시킨 것을 원료로서 이용하였으며, 이용된 음식물쓰레기를 수시로 분석하여 그 평균값을 Tab. 1에 나타냈다. 일반적으로 급식업소에서 일정하게 배출되는 음식물쓰레기에 비교하여 과일류와 야채류가 많은 량으로 포함되어 있었으며, 수분함량도 평균 77.87%로 일반적으로 알려진 80~85%보다 아주 낮은 값을 나타내고 있다. 이러한 원인은 공동주택에서 분리수거되어 장시간 저류되고, 또 다시 2차적으로 자연탈수시켰기 때문으로 생각된다.

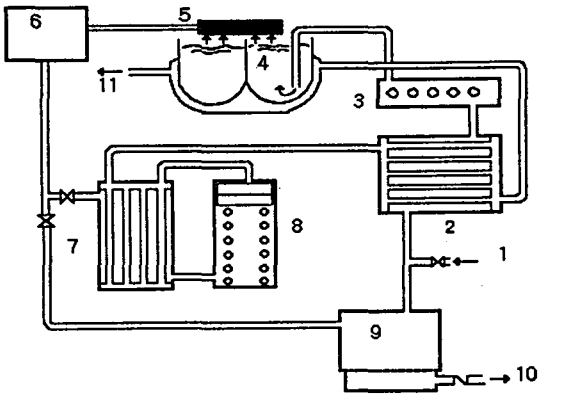
3성분으로 볼시에는 77.87%가 수분이며, 가연분이 20.10%, 회분이 2.03%으로 측정되었다. 즉 이러한 성분만으로 볼시에는 소멸화에 적정한 원료임을 알 수 있다. 즉 수분을 증기로 배출시키고, 유기물을 미생물에 의하여 분해시킬 시에 잔존하는 고형물은 2.03%로 감량화율을 98%에 가깝게 유도할 수 있다는 계산이 얻어진다.

음식물쓰레기의 성분면에서 잔반이 적고, 과일류와 야채류가 많다는 것을 셀룰로스성분의 분해가 늦어질 수 있다는 예측이 되며, 양적으로 축적되는 량이 계산량보다도 많을 수 있을 것이라는 예측이 된다.



1. air filter 2. Pipe screw 3. Final product output door 4. agitator 1
5. Agitator 2 6. ring blower 7. Deordor tower 8. exhaust gas
9. air inlet 10 condensor 11. control plate

Fig 1. Diagram of vanishing composring system



1. air inlet 2. air heat excahnger 3. air preheater 4. Fermenter reactor
5. air filter 6. ring blower 7. exhaust gas heat exchanger
8. Pt Catalyst tower 9. Condensor 10. drain valve 11. final exhaust gas

Fig 2. Air circulation and heat exchange system in air flow line.

3.2 미생물제재에 의한 활성화정도의 검토

100kg처리용량의 퇴비화장치를 2대를 설치하고, 초기에 분해매체제를 각각 2m^3(약 250kg)를 넣고, 미생물제재를 일처리용량의 50%즉 50kg를 넣은 반응기와 넣지 않은 반응기의 반응의 활성화정도를 비교분석하였다. 음식물쓰레기는 1일째 55kg, 2일째 77.8kg, 3일째부터 정상적으로 100kg를 주입했다. 그 실험 결과를 Fig. 1에 나타냈다. 실험은 초기 반응에 대한 영향만을 보기위하여 7.5일동안에 실시되었으며, 이 기간동안에 주입한 음식물쓰레기는 762.4kg로서 1일에 약 100Kg의 비율로 주입하였다.

미생물제재를 주입한 반응조에서는 초기부터 왕성하게 반응하여 약 1일 경과후에 60℃까지 온도가 올라갔으며, 시간의 경과에 따라 주입후에 온도가 서서히 상승하여 1일경과시점에서 온도가 저하하는 주기를 보였다. 또한 초기수분을 수분이 일정하게 유지되면 38~39%정도로 맞추어 실험을 하였으나, 42.43%를 최대로하여 지속적으로 일정한 수분함수율을 보였다.

이에 반하여 미생물을 주입하지 않는 반응기는 초기의 온도반응폭이 좁았으며, 약 1주 50℃이상으로 상승하는 기간이 4~5일이 걸렸다. 이와 동시에 음식물쓰레기를 주입하기전에 온도가 저하되지 않고, 주입시에 새로운 음식물쓰레기에 의하여 냉각되어 저하되는 현상이 관찰되었다. 또한 온도가 상승하지 않아, 수분의 증발이 원활히 이루어지 않아, 수분함량이 증가하는 현상이 관찰되었다. 최종적으로 수분함량 48.9%까지 상승하였다.

이러한 결과로부터 초기에 미생물을 주입하여 반응을 활성화시키는 것이 주요하다는 것이 밝혀졌으며, 반응이 원활히 진행되지 않을 경우에는 수분함량이 증가하여 반응이 혐기성으로 전환될 가능성이 있는 것을 밝혀졌다.

3.3 분해매체제의 소멸화장치에 미치는 영향

소멸화퇴비화장치에서는 중요한 역할을 하는 분해매체제이다. 분해매체제는 미생물의 담체의 역할을 하면서도 수분조정, 소멸화기간에 영향을 미치게 된다. 본 절에서는 장기간에 걸쳐 얻어진 자료를 분석하여 분해매체제의 영향을 파악하고, 소멸화장치내에서의 분해매체제의 초기주입량에 대하여 검

Table 1. Properties of garbage in used experiment.

tems		Wet base (%)	Dry base (%)	3 components contents (%)			Element analysis value (dry solid %)					High calorific value(kcal/kg)
				water	organic matters	Ash	C	H	N	O	S	
Pro-perties	Meats	1.54	1.87	73.14	24.98	1.88	51.65	6.16	7.24	34.63	0.32	5099.9
	Vegetables	32.48	21.69	85.22	13.54	1.24	50.28	5.56	4.17	39.77	0.22	4515.9
	Furits	40.17	30.26	83.33	15.46	1.21	51.88	5.33	2.85	39.70	0.24	4546.6
	Fishs	4.62	7.84	62.43	34.04	3.53	60.30	7.03	12.86	19.01	0.80	5890.4
	Rices	18.80	31.30	63.17	35.27	1.56	49.14	6.39	2.97	41.34	0.15	4881
	The others	2.39	7.05	34.84	37.86	27.30	29.61	1.30	1.97	66.84	0.27	349.2
Total and average		100	100	77.87	20.10	2.03	49.76	5.58	3.98	40.42	0.25	4464.4

토하였다.

실험은 초기의 분해매체제의 량을 변화시켜 반응조건에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 상기에서와 같이 장치를 2대 사용하였으며, 분해매체제량을 초기주입하는 량을 100kg처리용량으로 25(2.5m^3), 20(2m^3), 15(1.5m^3), 10(1m^3)배로 조정하여 실험하였다. 톱밥의 평균적인 밀도가 0.2라는 점으로부터 무게로는 500kg, 400kg, 300kg, 200kg의 량을 초기에 각각 주입하여 미생물제재를 접종하고, 음식물쓰레기를 상기의 실험방법에 따라 순차적으로 주입하였다. 본 실험에서는 쉽게 결과가 도출되지 않는 다는 점에서 반응개시후에 15일후에 변화된 인자를 측정하여 검토하였다.

분해매체제의 량에 따라 반응에 영향을 끼치는 요인을 온도, pH, 수분함유율로 구분이 가능하다. 즉 분해매체제의 량이 적으면 수분조절기능이 부족하여 수분이 증가하며, 혐기성으로 진행되어 pH가 저하하게 된다. 또한 이와 동시에 미생물의 산화열이 발생하지 않아 온도는 상승하지 않는다. 이와 같은 관점에서 실험을 한 결과, Fig. 2와 같은 결과가 얻어졌다. 즉 톱밥의 량이 많으면 건조하는 현상이 관찰되었으며, 적은 경우에는 수분함량이 증가하는 현상이 관찰되었다. 이러한 결과로부터 실험에 이용한 소멸화시스템은 분해매체재의 량이 부피면에서 음식물쓰레기의 주입량 15배정도가 타당한 것으로 밝혀졌다. 즉 1.5m^3의 장치용적으로 설계시에 효율적으로 운전이 가능한 것으로 밝혀졌다.

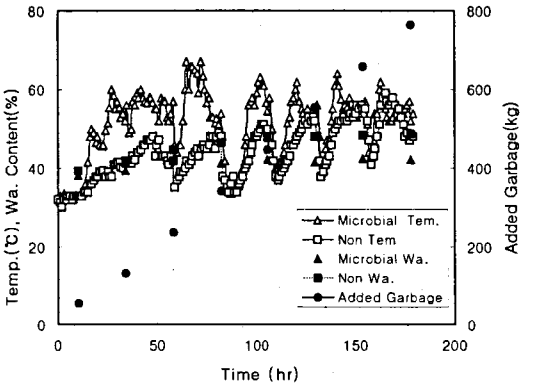


Fig. 1. The affect on temperature and water content in reactor added microbial agent and non added.

3.4 배기가스 순환시스템의 효율성 검토

지금가지 대부분의 소멸화장치는 배기가스를 순환시키지 않고 거의 모든 량을 외기로 배출시켜왔다. 이러한 배기가스르 외기로 전량 배출시에 반응기내부의 열을 축열하는 것이 불가능하며, 또한 탈취탑의 규모가 대형화하게 되어 에너지소비가 과도하게 된다. 대부분의 장치는 백금촉매탈취탑이 설치되어 있어 촉매탑의 온도를 300℃이상으로 유지하기 위해서는 많은 에너지가 소요되며, 이 에너지는 탈취탑을 통과하는 가스량에 비례한다. 이러한 면에서 본 연구에서는 배기가스를 순환시키는 시스템을 채용하였으며, 이에 대한 구체적인 검토를 진행했다. 실험은 우선 순환시스템으로 15일간 운전후에 같은 조건에서 배기가스를 순환시키지 않고 재차 15일간 운전하여 비교분석하였다. 배기가스의 순환은 설치된 링블로워에 의하여 하였으며, 순환이 없는 상태에서는 50㎜φ의 파이프내에서 공기유속이 11.4m/s로 관찰되어, 유량은 1.37m^3/min이었다. 이러한 량중에서 공기유입구측의 유속을 4.0m/s로 조정하여 0.48m^3/min가 외부로 배출되게하고 나머지는 65%가스를 내부로 재차 순환되도록 하였다.

1) 암모니아가스발생에 대한 영향

이전까지의 실험에서 경험적으로 배기가스를 순환시킴에 따라 악취의 주원인물질인 아모니아취가 감소되는 것으로부터 우선 암모니아가스와 pH변화를 측정하였다. 암모니아가스는 검지관법에 의하여 실시되었으며, pH는 용출하여 측정하였다. 계속적으로 운전을 하던 장치를 사용하였으므로 초기의 pH조건이 7.5이상을 유지하고 있었다. 이러한 상

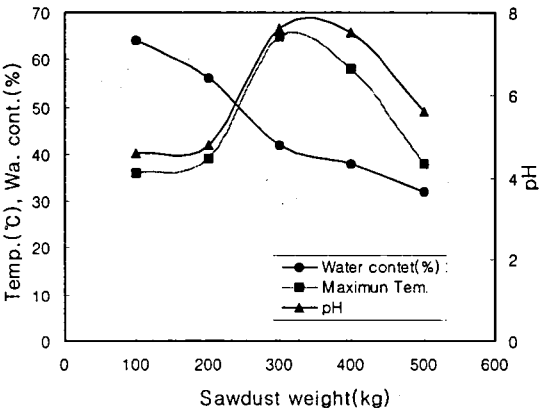


Fig. 2. The affect on compost reaction of sawdust weight as bulking agent.

태에서 순환하는 시스템에서는 pH가 8이상을 넘지 않았으며, 거의 7.5와 8.0이하를 유지하고 있었다. 이에 반하여 16일째부터 배기가스순환을 중단한 시기부터는 pH가 상승하기 시작했으며 거의 8.5이상을 초과했다. 이와 같은 현상에 수반하여 암모니아가스의 농도도 증가하는 현상을 보였다. 즉 내부순환을 하는 것에 의하여 pH의 급격한 상승을 억제하면서, 악취가스도 감소시키는 것이 가능하다는 것이 밝혀졌다. 이전의 보고에서 pH가 8.5이상에서는 퇴비화반응이 저해된다는 보고가 있는 것으로부터 내부순환은 퇴비화반응의 저해현상을 해소하는 역할을 할 수 있으며 가스발생을 억제하여 탈취탑의 기능을 원활하게 할 수 있다.

내부순환에 의한 악취의 억제는 배기가스내의 이산화탄소가 수증기와 함께 배출되는 배기가스내의 암모니아와 반응하여 중화를 시키기 때문인 것으로 예측된다. 즉 배기가스내에는 2~4%의 이산화탄소가 포함되어 있으므로 ppm단위로 포함되어 있는 암모니아를 충분히 중화시키는 것이 가능할 것이다.

2) 전기소비량에 미치는 영향

배기가스중의 냄새를 제거하기 위하여 배금촉매탑을 사용하는 과정에서 많은 전력이 소모된다. 300℃의 온도를 유지하기 위해서는 전기히터를 사용하여 가온하기 때문이다. 15일동안 내부순환하고, 15일동안에 순환시스템을 채용하지 않고 측정된 전력소비량과 이때 배출되는 공기량을 Fig. 4에 나타냈다.

공기량에 비례하여 전력소비량이 증가하는 현상이 관찰되고 있다. 내부순환시에 탈취탑으로 들어가는 공기량이 0.4~0.6m^3이었으나, 전량 배기시키는 경우에는 1.2~1.4m^3의 량이 탈취탑으로 들어가게 된다. 전력비를 kwh당 50원이라는 전제하에 전력비를 비교해보면, 내부순환에서는 60,000~70,000원선이나 내부순환이 없이 전량배출일 경우에는 150,000~170,000의 전력비가 소모된다.

이러한 결과로부터 내부순환을 할시에 배기되는 암모니아가스의 감소와 전력비의 절감이라는 면에서 중요한 제어수단임을 확인할 수 있었다. 또한 이러한 경제적인 가치외에도 암모니아에 의한 미생물 저해를 방지할 수 있다는 점에서 반응효율의 향상에도 기여한다. 이러한 기술은 소규모퇴비화장치뿐만이 아닌 대규모의 장치에서도 사용이 가능한 기술로서 많은 응용이 기대된다.

3.5 최적 유입공기량의 검토

상기와 같은 실험을 통하여 소멸기의 기본적인 제어조건이 확립된 것으로부터 내부순환시에 최적 공기공급량에 대하여 검토하고, 공기공급량변화에 따라 각종 제어조건의 변화에 대하여 검토하였다.

먼저 유입공기량의 변화에 따라 열교환되어 반응기에 주입되는 공기의 온도를 측정하였다. 공기량이 많이 유입될수록 탈취탑에 많은 배기가스가 들어가, 탈취탑을 통과한 배기가스가 유입공기를 열교환하게 된다. 유입공기 즉 배기가스가 많을수록 유입되는 공기의 온도는 높아지게된다. 유입되는 공기의 온도는 내부미생물의 활성화를 위하여 40℃ 이하가 적당하다. 본 연구에서는 유입공기를 60℃

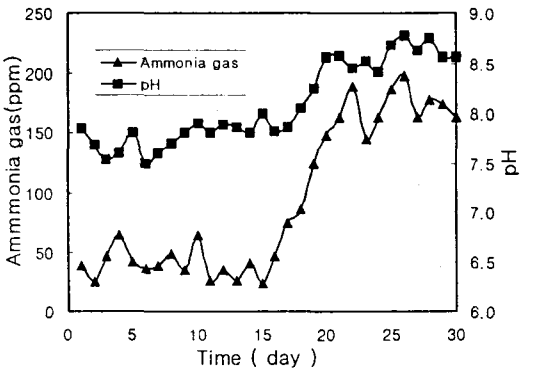


Fig. 3. The change of pH and ammonia gas in exhaust gas of air recirculation system.

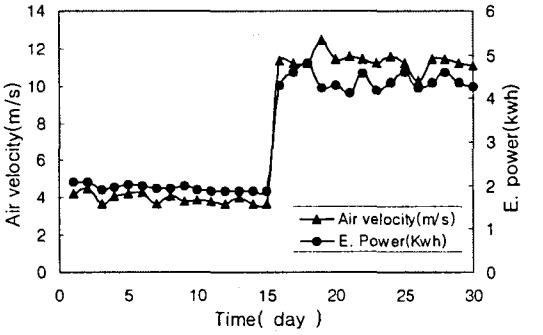


Fig. 4. The affect on electrical cost by change of inlet air flow rate in exhaust gas recirculation system.

선에서 제어하면서 반응기의 하부자켓에서 열교환할 경우에 40℃이하, 즉 34~40℃선이 유지되는 것으로 확인되었다. 최적의 공기량은 100kg처리용량에서는 0.44m^3로 밝혀졌다(Fig. 5).

또한 상기에서도 검토된 것과같이 공기량에 따라 전기사용량이 비례한다는 것이 밝혀졌다. 본절에서는 적정공기량으로서 결정된 0.44m^3/min영역에서의 전기사용량에 대하여 검토하였다. 공기량을 변화시켜 가면서 전기사용량을 조사한 결과, 최적공기유량에 있어서 1.9Kwh의 전기용량이 필요한 것으로 검토되었다. 기존의 소멸화시스템에서는 장치내에로 유입되는 공기량을 조절하는 시스템이 부과되어 있지 않았기 때문에 장치에 많은 애로사항이 있었다. 즉 100kg처리용량에 50kg가 연속적으로 들어가도 같은 공기량 및 제어조건에서 가동되어 경제적인 부담이 추가로 요구되었다. 처리용량이 적게 배출되면 공기량을 조절하는 것에 의하여 대응이 가능하며, 또한 공기량의 조절에 의하여 전기소비량을 절감시켜, 유지관리비를 절약하는 것이 가능하다(Fig. 6).

3.6 소멸화반응의 장기거동의 검토

지금까지 설정된 각종 제어조건하에서 장기간동안에 온도변화와 주입한 량을 Fig. 7에 나타냈다. 본 그림에서 알 수 있듯이 반응이 안정화한 5일째부터는 낮게는 40℃, 높게는 60℃이상으로 온도가 반복하는 현상이 보여지고 있다. 즉 초기에 음식물쓰레기를 넣게 되면, 음식물쓰레기에 의하여 일부 냉각되나, 시간의 경과에 따라 미생물이 음식물쓰레기를 분해함에 따라 온도가 상승하고, 이러한 상승폭이 상당기간 유지된 후에 유기물이 분해되어 안정화됨으로 온도가 하강하는 현상이 관찰되고 있다. 이러한 현상은 건조만을 위주로 하는 시스템에서는 전혀 관찰되고 있지 않다는 점에서 미생물이 움직이는 시스템이라는 것을 증명할 수 있다.

이러한 사실을 더욱더 명확히 하기 위하여 1일동안의 변화를 상기의 그림에서 도출하여 Fig. 8에 나타냈다. 5, 6, 7일째의 온도거동에서 알 수 있듯이 1일거동이 투입후에 저하여 상승한 후에 투입전에 또다시 온도가 하강하는 현상을 관찰할 수 있다.

3.7 소멸화반응의 단기간의 검토

상기의 장기반응에서 단기적거동이 어느정도 검토된 것으로부터 1일간의 유기물의 분해거동을 명확히 규명할 필요성이 있었다. 이러한 명확히 필요성에 따라 24시간동안에 물질분해거동을 조사했다.

Fig. 9에 1일동안의 온도변화와 배기가스내의 이산화탄소농도를 측정하여 나타냈다. 본 그림에서

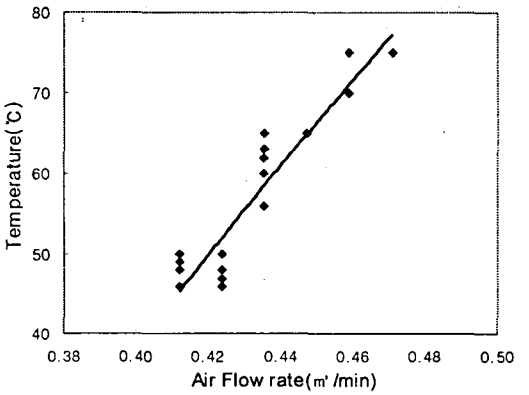


Fig. 5. Change of Inlet air temperature by change of inlet air flow rate

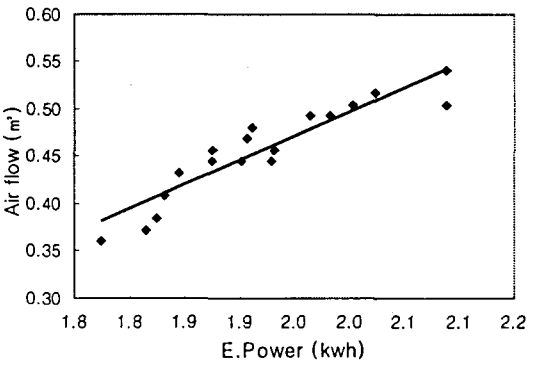


Fig. 6. The affect on electrical power by changing of inlet tair flow rate

알 수 있는 것과 같이 온도는 음식물쓰레기를 투입 후에 곧 상승하여 60℃까지상승한 후에 최종적으로 53℃로 안정화되는 거동을 보였다. 물질의 분해가 가장 활발히 일어나는 시간은 이산화탄소의 농도로 알 수 있는 것으로부터, 초기 3~4시간에 이산화탄소의 농도가 4%선을 보이고 난후에 서서히 안정화되는 것으로부터, 초기에 가장 분해가 활발하게 일어나는 것을 알수 있다.

Fig. 10에는 1일동안의 물이 응축된 물의 량과 수분함량과의 관계를 나타냈다. 본 그림에 알 수 있듯이 시간의 변화에 따라 음식물쓰레기가 포함하고 있는 대부분의 수분이 배가가스와 함께 배출되고 있는 것을 알 수 있다. 또한 이와 동시에 초기에 수분함량이 38~39%선을 유지하고 있으나, 최종적으로 30%선까지 떠어지고 있다.

이러한 수분제거량에 대한 정확한 고찰을 위하여 배출되는 배기가스내에 포함된 수분을 응축기를 부착하여 정량적인 검토를 했다.

실험한 결과 61.45 *l* 가 응축되었으며, 배기가스내의 수분함량은 측정하는 것이 불가능한 것으로부터, 가시적인 면에서 상당량의 수분이 배기가스로 날아가는 것이 확인되었다. 1일 투입한 량 120kg전

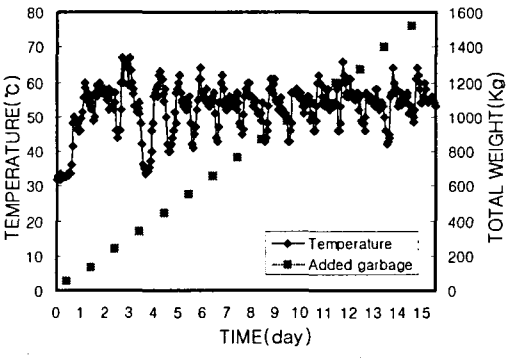


Fig. 7. The change of temperature during long time o eration in vanishin com ost s stem.

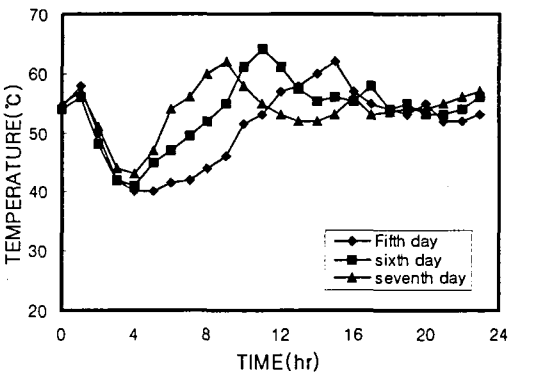


Fig. 8. The change of temperature during one day period.
p g p y

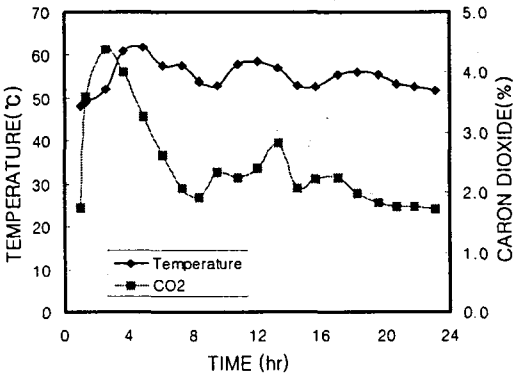


Fig. 9. The change of temperature and cabon dioxide con. during experiment periods.

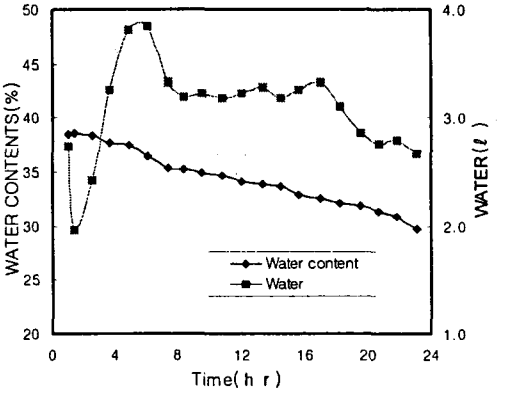


Fig. 10. The cahnge of condensed water and water content during experiment periods.

후에 대하여 수분으로 제거된 량이 93.6 *l* 정도이고, 나머지는 미생물에 의하여 분해되어 제거되는 것으로 최종적으로 조사되었다(Fig. 11).

1일동안의 반응을 측정하면서 열효면에서 각 기계장치의 부위에 온도가 어떻게 설정되어 거동을 나타내는 가를 조사하기 위하여 탈취탑의 온도와 유입가스의 열교환 예열온도, 반응기 하부의 자켓 온도를 측정하여 Fig. 12에 나타냈다. 본 그림에서 알 수 있는 것과 같이 유입가스의 온도는 반응의 진전과함께 초기설정값은 65℃정도이나, 반응이 활발해 짐에 따라 하강하여 반응이 종료되는 시점에서 다시 복구되었다.

이러한 현상은 탈취탑의 내로 유입되는 공기량에 비례하여 나타나는 현상으로서 수분의 증발이 많을 시에는 유입공기량이 적어져 탈취탑내의 배기량이 적어 열교환능력이 떨어져서 일어나는 현상으로 해명되었다. 이러한 3가지 온도조건으로 운전시에 장치 전체에 주는 미생물발열열을 제외한 열은 34~36℃정도를 유지하는 열로서 측정되었다. 즉 유기물이 없을 시에는 단지 34℃정도를 기본적인 열공급에 의하여 유지되나, 유기물의 공급이 있게 되면 미생물의 산화열에 의하여 60℃까지 상승하게 되는 것이다.

Ⅳ. 결 론

본 연구는 기존의 소멸화장치를 개선하여 에너지 절감과 동시에 탈취효과를 극대화시키면서 유기물의 분해능력을 극대화시키는 장치를 개발하기 위하여 실시되었다. 기존의 장치와 비교하여 3차에 걸친 열교환을 통하여 백금촉매탑에서 발생하는 폐열을 회수하여 이용하게 하였으며, 배기가스의 65%정도를 재순환하게 하였다. 또한 장치전체에 대해서는 감압을 유지하게 하여 수분의 증발을 원활하게 하였다.

이렇게 개량된 장치를 이용하여 미생물의 제재의 효율성과 분해매체재의 적정공급등에 의하여 검토한 결과, 미생물제재에 의하여 반응을 안정적으로 유지하는 것이 가능했으며, 또한 분해매체제는 기존의 처리용량의 20배용적을 사용했으나, 본장치에서는 15배용적에 있어서도 미생물활성화가 가능하며, 호기성분위기를 효율적을 유지하는 것이 가능했다.

배기가스의 내부순환을 시스템을 사용함에 따라 얻어지는 효과에 대하여 검토한 결과, 내부의 악취물질인 암모니아가스농도를 감소시키는 것이 가능했으며, 탈취탑으로 유입되는 배기가스가 경감됨에

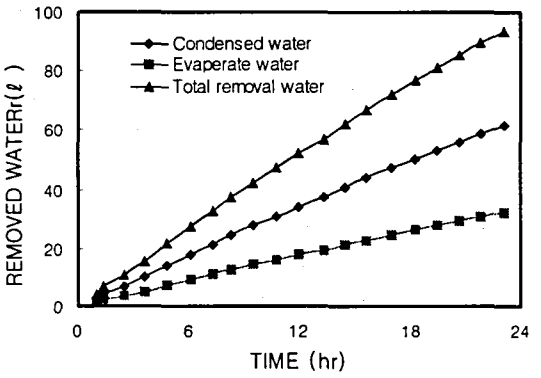


Fig. 11. Removed water from vanishing compost system during one day period.

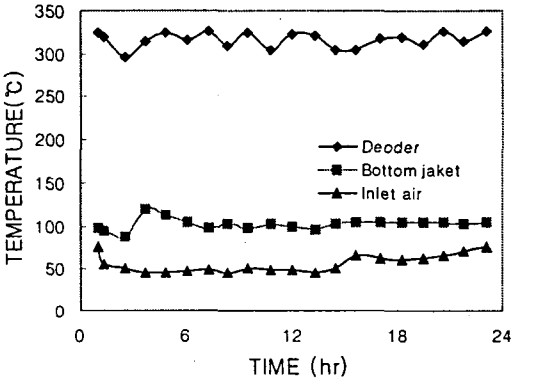


Fig. 12. Temperature in inlet air and deordor reactor, bottom jaket by air reheating of vanishing compost system.

따라 전력비가 1/3선으로 절감되는 효과가 확인되었다. 이러한 내순환에 따라 최적공기량은 100kg처리용량에 대하여 0.44m^3로 확인되었으며, 이 공기량의 변화에 따라 전력비가 비례하여 변화하는 현상이 관찰되었다. 이전에는 투입량에 대한 반응조건을 제어하는 것이 불가능했으나, 공기량을 제어하는 것에 의하여 가능하다는 것이 확인되었다.

이외에 본연구에서는 소멸화가 이루어지는 각 과정을 장기거동과 단기거동을 구분하여 각종 변화조건을 면밀하게 검토하여 소멸화에 대한 기본적인 이론적인 체계를 수립했다.

소멸화에 대한 기본적인 이론의 확인 및 증명작업은 지금까지 거의 이루어지지 않았다는 점으로부터 본 연구의 가치가 인정된다고 생각하며, 이러한 시스템을 더욱더 효율화시키기 위해서는 더 많은 연구가 이루어져할 것으로 생각된다.

사사: 본 연구는 서울산업대학에서 지원된 학술연구비에 의하여 수행되었습니다. 지원 에 감사드립니다.

참 고 문 헌

배재근, 백광욱, 최종오, 김혜경, 주방폐기물의 고속퇴비화 소멸용장치의 특성에 관한 연구, 서울산업대학교 논문집 Vol 39 p477~491, 1994

배재근, 최종오, 김혜경, 음식물쓰레기의 퇴비화용 속성발효균주개발 및 특성 연구, 한국유기 성폐자원학회 추계학술대회, p60~64, 1994

배재근, 심혁성, 최종오, 소멸화 퇴비화의 응용화 및 최적반응조건 검토, 한국유기성폐자원학 회 추계학술대회, p33~36, 1996

문정호, 황종수, 채성준, 박상규, 오성훈, 소멸형 잔반처리기 수분조정제 개발에 관한 연구, 한국유기성폐자원학회 춘계학술대회, p76~82, 1997

남궁완, 김미자, 김정대, 식종물질이 음식물쓰레기 퇴비화정도 및 미생물활성에 미치는 영향, 한국유기성폐자원학회 Vol 5, No1, p15~24, 1997.6

김영권, 홍명표, 김명진, 홍석일, 박명석, 김종석, 장호근, 음식물찌꺼기 소멸효율 재고를 위 한 발효균 및 발효 공정 최적화 연구, 한국유기성폐자원학회 Vol 6 ,No 2 p95~112 .1998 8

신항식, 황응주, 소규모 소멸식 음식물찌꺼기 퇴비화 장치의 운전 성능 평가, 한국폐기물학 회 Vol 16, No 1, p29~35, 1999.1

배재근, 한홍렬, 음식물쓰레기 분리수거지역의 폐기물특성 비교분석, 대한환경공학회 춘계학 술연구발표회 논문초록집, p267~268, 1999

W.Amner, A. J. Mccarthy and C. Edwards. "Quantutative assessment of factors affecting the recovery of indigenous are release thermophilic bacteria form compost". Appl. Env. Microbiol, 54, 1988, p. 3107~3112.

S.H.Atchley, J.B.Clark, "Variability of Temperature, pH and Moisture in an Aerobic Composting Process", 1979, Vol. 38, No. 1,

W.F.Jr.Brinton and M.W.Droffner, "Microbial Approaches To characterization Of Composting Processes." Compost Science & Utilization..., 2(3), 12~17(1994).

J.S.Jeris and W.R.Regan, "Controlling Environmental parameters for optimum composting : Moisture, Free Air Space and Recycle", Compost Sci., 1973, Vol.14, No.2, pp.8~15

K.Nakasaki and T.Akiyama, 1988, Effect of seeding on Thermophillic composting of household organic waste, J.Ferment. Technol., Vol. 66, No.1, pp.37~42

K.Nakasaki, S.Fujiwara, and H.Kubota, " A NeWly Isolated Thermophillic Bacterium, Bacillus Licheniformis HA1 To Accelerate The Organic Matter Decomposition In High Rate Composting", Compost science & utilization, Vol. 2, No.2, 88~96, 1994

N.Morisaki, C.G.Phae, N.Nakasaki, M. Shoda and H.Kuboda, "Nitrogen Transformation during Thermophillic Composting", J.Ferment. Bioeng., 67, 57~61(1989)

C.G.Phae, M.Sasaki, M.Shoda, "Characteristics of Bacillus subtilis isolated from Suppressive Composts Phytopathogens", Soil Sci. Plant Ntr., 36, 575~586(1990)

C.G.Phae and M.Shoda, "Expression of Suppressive Effect by Bacillus subtilis to Phytopathogens in inoculated Composts", J.Ferment. Bioeng., 70, 410~416(1990)

C.G.Phae, M.Shoda and N.Kita, N.Nakano and K.Ushiyama, "Biological control of Crown and Root rot and Bacterial wilt of Tomato by Bacillus subtilis", Annals of the Phytopathology Society of Japan, 58, 329~339(1992)

C.G.Phae, M.Shoda and H.Kubota, " Suppressive effect of Bacillus subtilis and its products on Phytopathogenic Microorganisms", J.Ferment. Bioeng., 69, 1~7(1990)