

모델링에 의한 퇴비화 시설의 운전성에 관한 연구

유영석, 김이태, 이재성

한국건설기술연구원 환경연구실

Operability of Composting Facilities by Modeling

Yeong Seok Yoo, I Tae Kim, Chai Sung Gee

Environmental Engineering Division, Korea Institute of Construction Technology
142 Umyon-Dong Socho-Gu, Seoul(137-140), Korea

ABSTRACT

Composting facilities are operated with air and moisture control. Composting effects on two operating factors was analysed changing aeration rate with and without water addition to maintain the optimum moisture level. Though the composting facilities are provided with appropriate surroundings for composting, operating temperature is set for decomposition rate. Accordingly control of decomposition phases was analysed by modeling the process of high and low decomposition phases with various operating temperature.

A composting model of "The Library of Compost Engineering Software" developed by Roger T. Haug Inc. in U.S.A. was applied in modeling.

As result of this study, operation with optimum moisture has more sensitive temperature to aeration fluctuation and lead to higher reaction rate with lower aeration than operation with poor moisture. Decomposition rate in composting facilities depend on slow decomposition phase because high rate decomposing substances already have been decomposed before entire process is not completed. In order to enhance decomposition rate of organics, effective decomposition in slow decomposition phase needs to be focused.

Key words: Composting, Modeling, Decomposition rate

초 록

퇴비화 시설은 공기량과 수분 조절만으로 운전되기 때문에 2개의 운전인자의 영향을 분석하기 위

하여 수분을 첨가하는 경우와 첨가하지 않는 경우에 대하여 공기량을 변화시켜 모델링하였다. 또한 최적의 퇴비화 환경이 조성될지라도 발열량 및 분해속도에 따라 퇴비화 시설의 운전온도를 달리하여야 하므로, 고속분해 단계와 완속분해 단계의 운전온도를 변화시켜 모델링함으로써 퇴비화 공정에 대한 영향을 분석하였다. 한편 모델은 미국 Roger T. Haug Inc에서 개발한 “The Library of Compost Engineering Software”를 사용하였다.

결과적으로 적정 함수율의 퇴비화 시설 운전이 공기량 변화에 대하여 운전온도의 변화가 민감하며, 수분이 부족한 경우에 비하여 오히려 적은 공기량으로 높은 반응율을 달성하게 된다. 완속분해 단계의 효과적인 운전이 전 공정의 분해율을 높일 수 있으므로 완속분해 물질의 분해에 초점을 맞추어 단계별 운전온도를 설정하여야 함을 알 수 있었다.

핵심용어 : 퇴비화, 모델, 분해율

1. 서 론

퇴비화는 생물학적인 과정으로 온도, FAS, 산소농도, 수분, 영양물질 등의 미생물의 적정 환경이 제공되어야 한다. 퇴비화 시설에서는 초기의 원료개량과 운전이 이러한 적정 반응조건이 달성되도록 운전하게 된다.

초기 원료개량은 퇴비화 물질의 발열량 및 분해속도와 관련한 에너지를 조절하여 적정 퇴비화 온도에 이를 수 있게 하고, 함수율 조절 및 흡습제 첨가 등을 통하여 적정한 수분이 제공됨과 아울러 산소가 전달될 수 있는 FAS가 유지될 수 있도록 한다. 또한 미생물 성장에 필요한 영양물질이 공급되기도 한다. 그런데 수분과 FAS는 상반된 관계를 갖기 때문에 원료 물질의 물리적인 구조를 고려하여 적정한 수준이 되도록 하는 것이 필요하다. 이에 따라 FAS가 대략 25%내외를 유지하는 범위에서 최대의 수분이 함유되도록 하며, 초기 함수율은 분해 초기 단계에 고속분해 물질의 분해로 인하여 수분증발이 많기 때문에 운전함수율 보다 다소 높게 한다.

한편 운전 중에는 공기량 및 수분조절을 통하여 적정 온도, FAS, 산소농도, 수분이 유지되

도록 하고, 주기적인 뒤집기를 통하여 퇴비화 물질의 덩어리를 부수어 주어 혐기성화를 방지하고, 수분을 퇴비화 물질 전체에 골고루 퍼지도록 한다.

퇴비화 공정은 암모니아 가스 등의 악취물질의 발생량에 따라 옥내공정과 옥외 공정, 분해속도의 차이에 따라 고속분해 공정과 완속분해 공정, 고속분해 물질이 대부분을 차지할 경우 주퇴비화 공정만으로 구성될 수 있다. 동일한 운전조건을 갖는 단(stage)의 수리학적 체류시간은 고속분해 단계의 경우 짧게 완속분해 단계의 경우 길게 하여 분해량의 크기에 따라 적절한 공기 및 수분량이 공급되도록 한다.

근년에 들어 국내에서는 음식쓰레기의 퇴비화에 관하여 활발히 연구하고 있는데, 특히 원료종류 및 원료개량 등의 초기 조건에 따른 퇴비화의 영향에 대하여 많은 연구를 수행하였다. 이에 따라 음식 쓰레기의 성상 및 원료 개량화 방안 등이 도출되어 있다. 그러나 음식 쓰레기의 퇴비화 시설은 소형 간이식 발효기를 제외하고 연구실적 뿐만 아니라 설계 및 운전되고 있는 바가 거의 없는 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 도출된 원료성상과 원료개량 특성을 이용하여 퇴비화 운전조건에

따른 퇴비화 영향을 분석하고 분해 단계별 운전 온도의 설정에 대하여 분석하여 퇴비화 시설의 운전성을 검토함으로써 퇴비화 시설의 합리적인 설계 및 운전을 도모하고자 한다.

3. 적용모델 및 모델링 조건

3. 1 적용모델

적용모델은 미국의 Roger T. Haug Inc에서 1992년 개발한 "The Library of Compost Engineering Software"로 QuickBASIC언어를 사용하였으며, IBM PC 호환기종, 512kb RAM과 132글자 이상의 프린터가 요구된다.

시스템은 최대 50개의 단(stage)으로 구성할 수 있고, 퇴비화 물질 최대 10종류, 퇴비반송, 팽화재 회수 공정을 모델링할 수 있다. 퇴비화 반응은 1차반응으로 가정하고, 결과의 신뢰도를 높이기 위하여 생분해성 물질을 고속분해 물질과 완속분해 물질로 구분하고 있다.

반응율은 온도만의 함수로 나타낸 최대반응계수를 산정하고, 함수율, FAS, 산소농도 등의 운전환경인자를 보정계수로 사용하여 산정하게 된다. 물질수지는 각 단에 대하여 연속투입 및 완전혼합(Continuous Feed Complete Mix) 모델과 원료의 화학 조성식에 대한 화학양론 이론을 이용하여, 고형물, 공기, 건가스, 수분 등에 대하여 물질수지를 해석한다. 에너지 수지는 퇴비원료, 공급되는 공기 및 수분공급 등의 보유열량과 분해열 등을 입력 에너지요소로 하고, 증발열, 출력가스 및 퇴비의 보유열을 출열로 하고 있다.

퇴비화의 물질수지와 에너지 수지가 상호연계되어 있으므로 다음과 같은 과정을 단의 온도, 발생열량, 설정온도 및 함수율에 대한 수렴조건을 만족할 때까지 반복계산(iteration)을 통하여 해가 구해진다. 1) 단의 온도가정 2) 유기물 반

응계수 산정 및 물질수지계산 3) 가정온도에 대한 단의 입·출열량계산 4) 입출열량을 비교하여 새로운 단의 온도설정 5) 후속단으로 진행과 아울러 수렴조건까지 계속 반복계산하게 된다.

3. 2 원료특성

원료는 음식쓰레기와 같은 습윤원료로 원활한 산소공급을 위한 FAS(free air space)를 확보하지 못하므로 흡습제에 의하여 초기 함수율 60%로 개량되는 것으로 한다.

Table 1은 본 모델링에서 퇴비 원료 및 흡습제의 특성을 나타내고 있다. 원료는 단백질을 많이 함유하고 있어 질소의 비중이 비교적 높고, 생분해성 성분이 대부분을 차지하고 있다. 흡습제는 탄소성분이 상대적으로 높고 생분해성 성분량이 적다.

Table 1. Characteristics of feed substances and absorbent.

Division	Dry high heating Value (kcal/kg)	Chemical element				Composition		
		C	H	O	N	BVS	NBVS	ASH
퇴비 원료	4,000	27	46	15	2	66.5	28.5	5.0
흡습제	4,165	295	420	186	1	34.0	63.0	3.0

BVS : biodegradable volatile solids

NBVS: non-biodegradable volatile solids

Table 2는 생분해성 물질의 구성비와 각 물질의 반응계수를 나타내고 있다. 퇴비원료는 분해가 빠른 고속분해 물질을 다량 함유하고 있으며, 흡습제는 고속분해 물질을 비교적 적게 포

Table 2. Composition and biodegradability of BVS .

Division	Composition(%)		reaction coefficient(/day)	
	rapidly biodegradable	Slowly biodegradable	rapidly biodegradable	Slowly biodegradable
additives	70	30	0.05	0.005
	60	40	0.01	0.005

합하고 있고, 분해속도도 상당히 느리다.

3. 3 모델링 조건

(1) 운전조건의 영향

원료는 함수율은 80%의 습윤원료로 흡습제를 사용하여 초기 함수율 60%로 개량한다. 수분은 퇴비화 진행에 따라 증발하게 되는데 수분을 첨가하여 50%의 운전 함수율을 유지시키는 경우와 그렇지 아니한 경우를 설정하였다. 공기량은 최대 반응점을 확인할 수 있도록 수분첨가 및 수분 미첨가 경우의 각각에 대하여 100, 120, 150, 200, 300, 350 acmm로 변화시켰다. 시스템은 일정한 운전조건을 갖는 1개의 단으로 구성되며 단의 수리학적 체류시간은 10일로 하였으며, 원료공급량은 건조중량기준으로 10톤/일로 공급하는 것으로 하였다.

(2) 원료함수율과 흡습제 양에 따른 운전영향

함수율이 65%, 70%, 75%인 원료를 초기 함수율 60%로 원료 개량하기 위하여 흡습제 첨가량이 다른 각 경우에 대하여 (1)과 같이 모델링을 수행하였다.

(3) 분해단계의 운전온도의 영향

함수율 70%인 습윤원료가 흡습제로 초기 함수율을 60%로 개량되고, 흡습제 자체도 퇴비화되는 공정으로 원료 및 흡습제 공급량은 건조중량 기준으로 각각 10톤/일이다. 시스템은 총 100일의 수리학적 체류시간을 갖으며 5일 HRT의 4개의 단으로 조합된 고속분해 단계와 10일

HRT의 8개 단으로 조합된 완속분해 단계로 구성되어 있다. 운전함수율은 50%가 유지되도록 수분을 지속적으로 첨가한다. 운전온도는 고속분해 단계 45°C, 55°C, 65°C, 완속분해 단계 45°C 및 55°C로 변화시켜 Table 3과 같이 5개의 경우를 모델링하였다.

4. 결과 및 고찰

4. 1 운전조건의 영향

Fig. 1과 Fig. 2는 공기량 변화에 따른 온도의 변화를 나타내고 있다. 온도는 공기량의 증가에 따라 감소하며, 동일한 공기 공급량에서 수분을 첨가하는 경우가 반응율이 훨씬 높음에도 불구하고 더 높다. 공기량 증가에 따른 온도 감소율은 수분 첨가 경우가 높으며, 퇴비화 환경이 나쁜 범위에서 수분 미첨가 경우가 높게 나타났다. 또한 온도의 차이는 100 acmm과 350 acmm에서 거의 없고 200~250 acmm에서 크게 나타났다. 수분 미첨가 경우는 수분량이 충분하지 않으므로 수분 증발열의 증가에 제한을 받게 된다. 또한 공기량이 증가하면서 퇴비화 최적온도에 접근함에 따라 분해율이 높아져 발

Table 3. Operating temperature in decomposition phases. (unit : °C)

Division	rapid decomposition Phase	Slow decomposition phase
run # 1	45	45
run # 2	55	45
run # 3	55	55
run # 4	65	45
run # 5	65	55

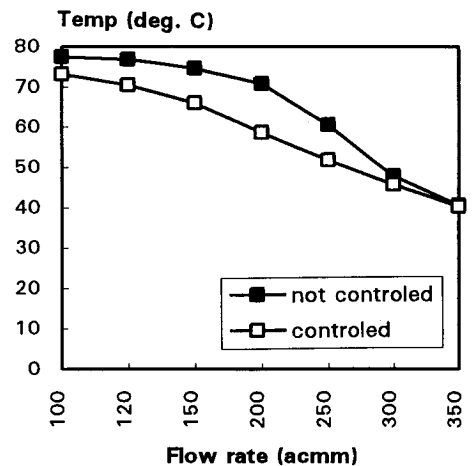


Fig. 1. Effect of air flow rate on temperature.

생 열량도 증가하게 된다. 그런데, 발생열량의 증가에도 불구하고 증발열이 크게 상승하지 않아 온도를 높게 유지하며, 완만하게 하락한다. 또한 최적온도 이후의 공기량에서는 분해율이 감소함에 따라 발생열량이 적어지고, 공기에 의한 방출열량은 증가하여 급격히 온도가 떨어지게 된다.

수분 첨가 경우는 공기량에 의한 온도만이 반응제한 인자이다. 또한 증발열은 수분이 충분히 공급되기 때문에 분해율의 증가에 따라 발생 열량의 증가와 더불어 증가하고, 그 비중이 커진다. 그러므로 공기량 증가에 따라 퇴비의 최적 온도에 이르면서 증발열의 증가로 온도가 급격하게 떨어지게 된다.

한편 수분첨가의 경우가 공기량 변화에 따라 온도가 변화에 더 민감하게 변한다는 것을 알 수 있는데, 퇴비화 플랜트의 운전시 함수율과 온도의 통제에 주의를 기울여야 할 것이다.

Fig. 2는 공기량 변화에 따른 반응율의 변화를 나타내고 있다. 반응율은 수분 첨가의 경우 공기량 150 acmm에서 0.64/일과 수분 미첨가의 경우 공기량 250 acmm에서 0.38/일로 최대를 나타내는 포물선을 형태를 나타내며, 수분첨가의 경우가 진폭이 훨씬 크며, 수분 미첨가 경우는 공기량 증가에 따라 미미한 상승을 한후 하락하게 된다.

두 경우에 대한 반응 영향인자를 비교하면 다음과 같다. FAS는 원료개량을 통하여 조절하였기 때문에 두 경우 모두 반응에 대한 제한이 되지 않는다. 산소농도는 전체 공기량 범위에서 체적기준으로 수분첨가의 경우 9~17%, 수분 미첨가의 경우 11~17%를 나타내고 있는데, 수분첨가 경우 반응율이 높아 산소소모가 많아지므로 약간 낮게 나타나고 있으며, 15% 이상의 산소농도는 수분첨가 경우가 200 acmm 이후, 수분 미첨가 경우가 120 acmm 이후에 유지하

게 된다. 또한 수분 미첨가 경우의 함수율은 100 acmm에서 43%인데, 공기량 증가에 따라 계속 감소하다가 200 acmm에서 약 39%의 최저점을 이룬 후 다시 증가한다. 결과적으로 공기량 변화에 따른 반응율은 수분첨가 경우가 산소농도에 의하여 약간 영향을 받고, 수분 미첨가 경우가 수분에 의하여 절대적인 영향을 받고 있다.

이에 따라 반응계수는 수분미첨가의 경우 함수율이 낮으므로 공기량 변화에 의한 온도조건

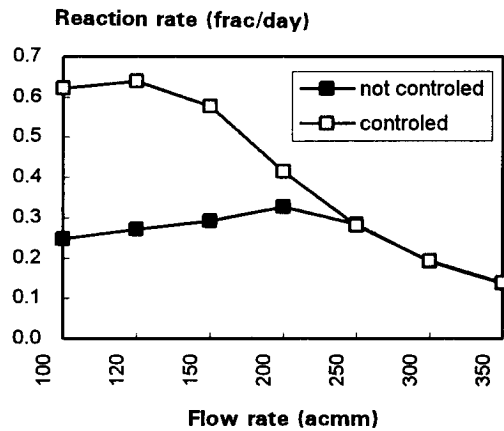


Fig. 2. Effect of air flow rate on reaction rate.

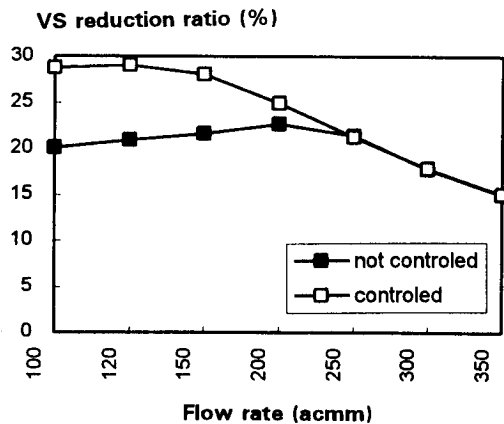


Fig. 3. Effect of air flow rate on VS reduction rate.

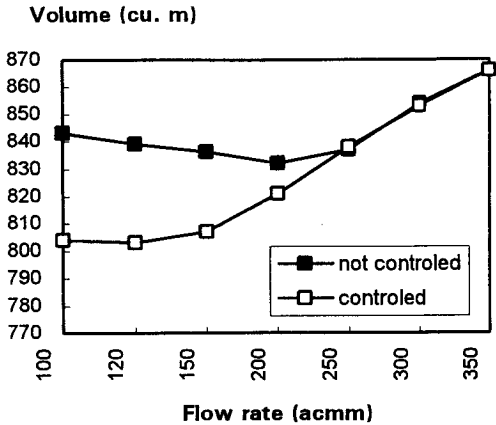


Fig. 4. Effect of air flow rate on volume.

에 따라 약간의 증가가 있게 되며, 수분첨가의 경우는 공기량이 적은 범위에서 산소부족으로 제한을 받고, 온도가 높아 다소 낮은 반응율을 나타내다 최적온도에 이르는 공기량 150 acmm 에서 최고점을 이룬 후 하락한다. 두 경우 공히 250 acmm 이후 온도에 의한 반응제한을 받게 되고, 수분 증발량이 적기 때문에 거의 비슷한 반응율을 갖는 것으로 나타났다.

공기량 변화에 따른 유기물 감소율과 체적변화는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내고 있다. 유기물 감소율의 차이는 수리학적 체류시간이 비교적 길기 때문에 반응율에서의 차이가 상쇄되어 적게 나타나고 있으나, 소요체적에서는 크게 나타나고 있다.

4. 2 원료함수율과 흡습제 양에 따른 운전영향

원료함수율의 차이는 개량재인 흡습제 양의 차이를 초래하게 되는데, 원료 함수율이 낮을수록 고속분해 물질을 많이 포함하고 있어 분해시 수분 증발량이 많아져 수분 미첨가시에는 반응 환경이 보다 열악해진다. 이에 따라 수분첨가여부의 두 경우에 대한 반응율의 차이가 더 커지고

수분첨가 경우는 반응율이 각 원료함수율에 대하여 거의 같게 나타났다. 또한 최대 반응점은 수분 미첨가 경우에 공기량 200 acmm으로 일정하나, 수분을 첨가한 경우 함수율이 낮을수록 즉 분해 물질량이 많을수록 적은 공기량으로 이동하는 것으로 나타났다.

4. 3 고속분해단계의 운전온도의 영향

Fig. 5는 고속분해 단계에서 생분해성 물질의 감소율을 나타내고 있는데 원료와 흡습제를 포함한 퇴비화 물질 전체를 기준으로 나타내고 있다. 고속분해 단계의 생분해성 물질의 감소율은 45°C, 55°C, 65°C의 운전온도에서 각각 63.2%, 75.1%, 84.1%로 운전온도가 높을수록 분해율이 높게 나타났으나, 4단에서 분해량은 운전온도가 낮을수록 다소 분해량이 많은 것으로 나타났다. 4단에서 운전온도가 높은 경우 고속분해 물질이 거의 분해되었지만, 운전온도가 낮은 경우 분해가 활발히 진행중이었음을 나타낸다.

Fig. 6의 고속분해 단계에서 암모니아 가스

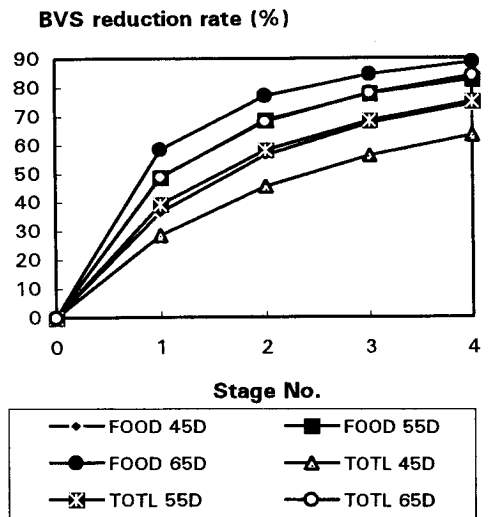


Fig. 5. BVS reduction ratio in high decomposition phase.

발생량은 초기부터 분해가 활발히 일어나는 65 °C에서 가장 높았다. 그러나 4단에서는 적은 양이지만 대략적으로 3 : 2 : 1로 분해량 차이 이상으로 운전온도가 낮을수록 많이 배출하였다. 원료 물질 중 고속분해 물질은 질소성분을 많이 함유하고 있는데, 운전온도가 높은 경우는 분해 속도가 빨라 분해물질 내에 원료의 고속분해 물질을 적게 포함하고 있기 때문이다.

Fig. 7은 고속분해 단계의 공기공급량의 변화 추이를 나타내고 있다. 운전온도가 낮을 수록 단위 분해량에 대한 공기공급량은 많이 소요되고, 분해량이 많을수록 그 차이는 축소된다.

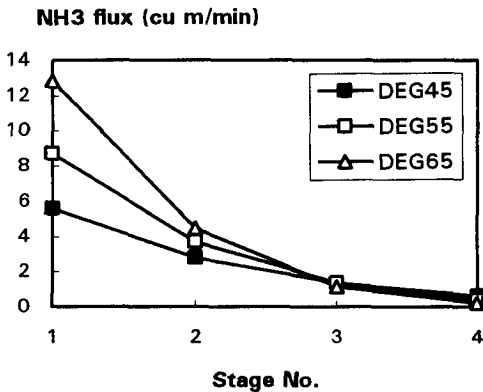


Fig. 6. Ammonia flux in high decomposition phase.

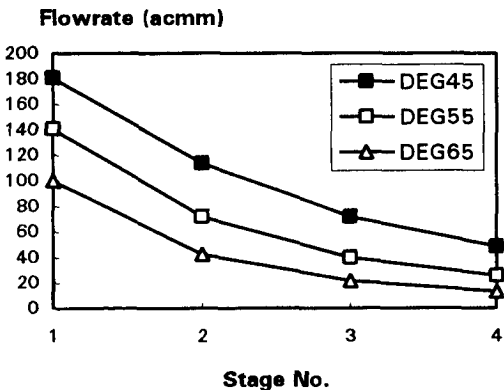


Fig. 7. Air flowrate in high decomposition phase.

Fig. 8의 수분첨가량은 운전온도와 발생열량에 지배를 받게 된다. 단위분해량에 대한 수분증발량은 운전온도가 높을 수록 크다는 것을 알 수 있다.

고속분해 단계에서 배출되는 퇴비화 물질의 비산소 소비량은 각 운전온도에서 240.1mg O₂/kg VS-hr, 135.6mg O₂/kg VS-hr, 80.86mg O₂/kg VS-hr로 나타났다. 이와 같은 비산소 소비량은 고속분해 단계에서는 어떤 운전온도에서도 안정화가 덜 되었음을 알 수 있다.

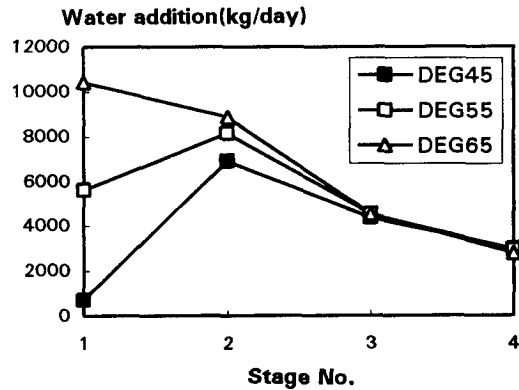


Fig. 8. Water addition amount in high decomposition phase.

4. 4 완속분해단계의 운전온도의 영향

Fig. 9는 운전 조건별 생분해성 유기물의 감소율을 나타내고 있다. 생분해성 유기물의 감소율이 90%를 상회하게 되는 수리학적 체류시간은 운전 #1은 90일, 운전 #2는 70일, 운전 #3은 50일, 운전 #4는 50일, 운전 #5는 40일로 나타났다. 다시말하면 고속분해 단계에서는 생분해성 유기물 감소율이 운전 #3은 75.2%, 운전 #4 및 운전 #5는 84.0%로 운전 #3이 크게 뒤쳐져 있으나, 완속분해 단계에서 점차 그 차이가 축소되어 50일 HRT 이후 운전 #4를 추월하게 되며, 운전 #5에는 거의 근접하게 된다. 이와 같

은 현상은 완속분해 물질도 충분한 발열량이 된다면 완속분해 단계에서도 운전온도를 고온으로 유지함으로써 분해율을 높일 수 있으며, 고속분해 물질은 분해속도가 빨라 고속분해 단계에서 분해가 미흡할지라도 완속분해 단계의 초반에 거의 분해를 완료할 수 있기 때문이다. 또한 완속분해 물질이 분해속도가 느리고 발열량이 적을 경우 고속분해 물질의 분해를 지연시켜 완속분해 물질의 분해온도를 높혀 분해율을 높일 수 있다고 추론할 수 있다.

완속분해 단계의 암모니아 유량은 Fig. 10과 같이 완속분해 단계의 첫 단에서 운전 #1은

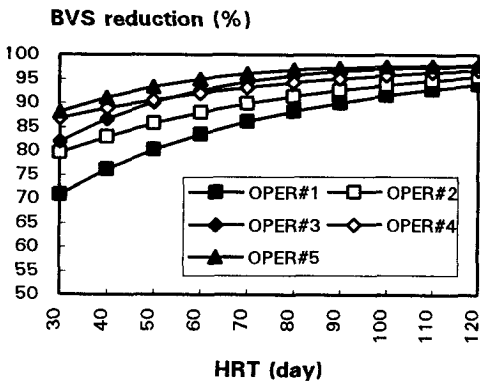


Fig. 9. BVS reduction ratio in slow decomposition phase.

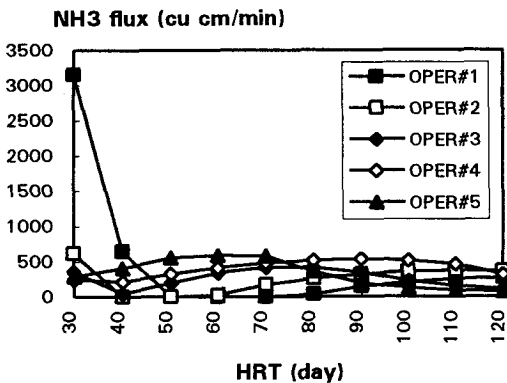


Fig. 10. Ammonia flux in slow decomposition phase.

3,152cm³/min, 운전 #2는 618cm³/min, 운전 #3은 355 cm³/min, 운전 #4는 247cm³/min, 운전 #5는 290 cm³/min로서 운전 #1을 제외하고는 낮은 값을 나타내고 있고 운전 #1은 완속분해 단계의 두 번째 단부터 안정한 수치를 나타내고 있다. 이에 따라 운전 #1은 30일 HRT까지 악취방지 대책으로 옥내 퇴비화가 대하여 고려됨직하고 그 나머지 운전에서는 별 문제가 없다.

Fig. 11과 같이 비산소 소비량이 50mg O₂/kg VS-hr 이하로 떨어지는 수리학적 체류시간은 운전 #1은 90일, 운전 #2는 70일, 운전 #3은 50일, 운전 #4는 50일, 운전 #5는 40일이다. 이와 같은 결과는 90%의 생분해성 물질 감소율을 달성하는 체류시간과 일치하게 되는데, 이 두 지표가 상호 일정한 관계로 안정화 정도를 판단하는 척도가 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

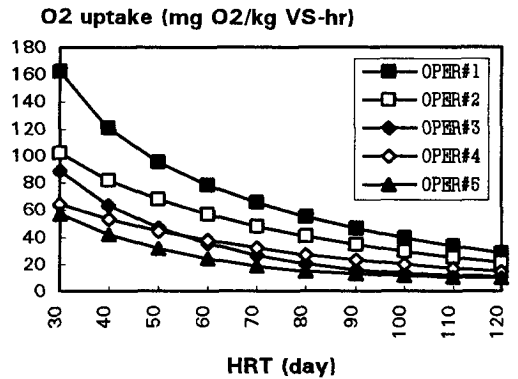


Fig. 11. Specific oxygen uptake in slow decomposition phase.

Fig. 11과 Fig. 12는 운전온도 및 함수율을 유지하기 위한 공기 공급량과 수분 첨가량을 나타내고 있다.

공기 공급량은 분해량이 많고 운전온도가 낮을수록 많은 양이 소요되는데, 20 acmm 이하

로 공기량이 떨어지는 수리학적 체류시간은 운전 #1은 80일, 운전 #2는 60일, 운전 #3은 50일, 운전 #4는 40일, 운전 #5는 40일이다. 이 결과는 비산소 소비량 50mg O₂/kg VS-hr 이하로 떨어지는 수리학적 체류시간 보다 45°C 운전온도에서 10일 HRT만큼이 빠른 것이다.

이에 따라 공기량은 운전온도에 따른 안정화의 지표로 활용될 수 있으며, 이러한 일정한 공기량을 최소공기량으로 정의하고, 최소공기량을 지속적으로 공급함으로써 퇴비의 온도를 상온으로 조절할 수 있을 것이다.

수분은 분해에 의한 반응열에 의한 증발량을 보충하기 위하여 첨가되는데, 수분첨가량은

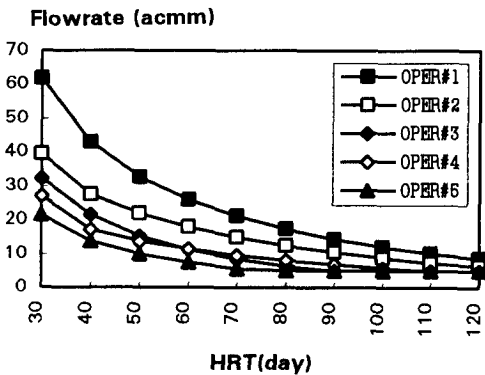


Fig. 12. Air flow rate in slow decomposition phase.

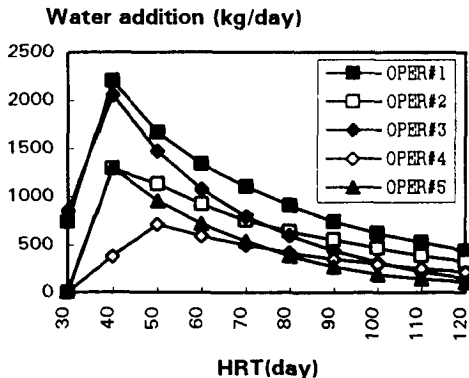


Fig. 13. Water addition amount in slow decomposition phase.

Fig. 13과 같이 체류시간이 지남에 따라 분해량이 적어져 감소하게 된다. 운전조건에 따른 수분 첨가량은 물질 감소율 90%까지의 각 단계에서의 수분 첨가량을 더한 누적치를 구하면 대략적으로 운전 #1은 23.6톤/일, 운전 #2는 24.7톤/일, 운전 #3은 25.6톤/일, 운전 #4는 27.4톤/일, 운전 #5는 27.4톤/일을 나타내고 있다. 다시 말하면, 일정한 물질을 분해하는데 소요되는 수분 첨가량은 운전온도가 높을수록 많으며, 특히 고속분해 단계의 운전온도와 분해량에 좌우됨을 알 수 있다.

한편 총입출열량은 90%의 물질 감소율을 기준으로 누계를 하면 운전 #1은 49.9×10⁶kcal/일, 운전 #2는 46.3×10⁶kcal/일, 운전 #3은 45.8×10⁶kcal/일, 운전 #4는 45.1×10⁶kcal/일, 운전 #5는 44.2×10⁶kcal/일로 나타났다.

총 입출열량은 감소율이 같기 때문에 반응열이 거의 유사하게 되어 결국 공기공급량의 차이에 따라 그 양의 크기가 정해짐을 알 수 있다. 즉 운전온도가 낮으면 공기 공급량이 증대되어 같은 물질을 퇴비화하는데 더 많은 총입출열량이 소요되는 것이다.

6. 결 론

본 퇴비화 시설의 운전성 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 적정 함수율의 퇴비화 시설 운전은 수분이 부족한 경우에 비하여 공기량에 대한 운전온도의 변화가 민감하며, 오히려 적은 공기량으로 높은 반응율을 달성하게 된다.
- 2) 단위 분해량에 대한 공기공급량은 운전온도가 낮을 수록, 반면 수분공급량은 운전온도가 높을 수록 더 많이 소요된다.
- 3) 완속분해 단계의 효과적인 운전으로 전 공정의 분해율을 높일 수 있다.

4) 퇴비화 단계는 고속 및 완속분해 단계로 구분하는 것 보다 운전조건에 의하여 분해를 조절할 수 있으므로 악취발생량을 기준으로 옥내 퇴비화 단계와 옥외퇴비화 단계로 분류하는 것도 바람직하다.

5) 분해율, 비산소 소비량, 공기공급량은 서로 일정한 관계를 가지므로 안정화의 지표로 사용할 수 있다.

6) 분해목표와 운전온도에 대하여 최소공기량을 정의할 수 있음을 알았다.

참 고 문 헌

- 1) 藤田賢二, コンポスト化技術, 技報堂出版株式會社, 1994.
- 2) Environmental Sanitation Information Center, Environmental Sanitation Reviews, Environmental Sanitation Information Center, 1983.
- 3) J.S. Wiley, Studies of high-rate composting of garbage and refuse. Proceeding 10th Industrial Waste Conference, Purdue University, pp.306-313, 1991.
- 4) Jim Glenn and Nora Goldstein, Solid Waste Composting Plants Face the Challenges, BioCycle, The JG Press, pp.48-52, 1992.12.
- 5) Nora Goldstein and Robert Steuterville, Biosolids Composting Makes Healthy Progress, BioCycle, The JG Press, pp. 48~57, 1993. 12.
- 6) Roger T. Haug, The Practical Handbook of Compost Engineering, LEWIS Publishers, 1993.
- 7) The Composting Council Alexandria, Virginia, Compost Facility Operating Guide, U.S. EPA, 1989.
- 8) U.S. Solids Waste Composting Facility Profiles, 1993.3.