

돈사폐수의 고온 호기성 소화공정 적용 타당성 평가

정윤진, 조종복, 이진용, 이증형

아주대학교 환경공학과

Evaluation of Autoheated Thermophilic Aerobic Digestion Process for the Treatment of Pig Manure Wastewater

Yoon-Jin Chung, Jong-Bok Cho, Jin-Yong Lee, Jong-Hyoung Lee

Department of Environmental Engineering, Ajou University

ABSTRACT

Since autoheated thermophilic aerobic digestion(ATAD) process has various advantages for the treatment of high-strength organic wastewater, active research and field application has been applied in U.S.A. and Canada, recently and the interest in ATAD process has been elevated for treating high-strength organic wastewater efficiently in Korea.

Therefore, various experiments were carried out to evaluate the feasibility of ATAD process for the treatment of pig manure wastewater.

The results of this study showed possibility to reuse pig manure wastewater as wet fodder or liquid compost, since ATAD process led excellent stabilization on the basis of odor and putrefaction. However, digested sludge can not be provided as wet fodder to most of hog farms without changing dry feeder system into wet system and as liquid compost to hog farms not having their own grass land.

Since the results showed that the increase of temperature in reactor was resulted not from energy by biological activity, but from mechanical mixing energy, the reactor investigated in this study was against the principle of ATAD process. Therefore, if pig manure wastewater treated by ATAD can not be utilized as wet fodder, it is not economical to adopt ATAD process only for the treatment of wastewater.

Key words: Autoheated thermophilic aerobic digestion process, Liquid compost, Pig manure wastewater, Energy resulted from biological activity, Wet fodder

초 록

현재 미국이나 캐나다에서는 고농도 유기성 폐수의 처리에 대한 고온 호기성 소화 공정의 여러 가지 장점으로 인하여 활발한 연구 및 적용이 진행되고 있으며, 국내에서도 고농도 유기성 폐수 처리의 여러 문제점으로 관심이 고조되고 있다. 따라서 본 연구에서는 돈 분뇨 폐수를 대상으로 고온 호기성 소화 공정의 적용 타당성을 평가하기 위한 실험을 수행하였다. 그 결과 호기성 소화 슬러지는 악취 및 부패 등의 측면에서는 상당히 안정화됨으로서 소화슬러지의 습식사료화 및 액비화의 가능성을 보여주었다. 그러나 습식사료화는 국내 양돈 농가가 대부분 건식 사료 급이 체제를 이루고 있으므로 사료 급이 체제의 전환이 요구되고, 액비화의 경우는 초지 확보가 가능한 단위 농장에서만 적용이 가능하다고 사료된다. 한편 고온 호기성 소화조의 온도 상승 원인을 조사한 실험 결과에 의하면 생물학적 활성으로 인하여 발생한 에너지보다 교반 에너지에 의한 온도상승이 훨씬 큰 것으로 나타나고 있어 ATAD의 기본 원리에 어긋나고 있어 고온 호기성 소화를 거친 돈 분뇨 폐수가 습식 사료화 될 수 없는 여건하에서 단순한 폐수 처리의 목적만으로 고온 호기성 소화조를 적용하는 것은 비경제적이라고 할 수 있다.

핵심용어 : 고온 호기성 소화 공정, 돈 분뇨 폐수, 생물학적 에너지, 액비, 습식사료

1. 서 론

최근 급속한 경제 성장과 더불어 생활 수준이 향상되면서 육류 소비량 역시 크게 증대하여 양돈산업을 비롯한 각종 축산업의 증가로 많은 양의 고농도 유기성 폐수가 배출되고 있어 생활환경과 자연환경 오염을 가중시키고 있다. 또한 양돈농가의 영세성과 전문적인 지식의 부족으로 고농도의 유기성 폐수가 적절히 처리되지 않은 상태로 하천이나 호소로 유입되어 상수원의 오염은 물론 질소와 인과 같은 영양염류의 과다로 부영양화 현상을 초래하는 등 수질 악화를 초래하고 악취 발생 및 병원성 세균의 번식으로 인근 주민들의 민원의 대상이 되는 등 점오염원과 비점오염원으로서 크게 대두되고 있다.¹⁾

중소규모의 양돈농가에서는 저장액비화법 또는 톱밥발효돈사를 이용하여 돈사폐수를 처리하고 있으나 저장액비화법의 경우 액비를 살포할

초지가 부족하며 톱밥발효돈사의 경우 안정화 측면에서 비효과적인 실정에 있어 양돈농가의 영세성과 처리시설의 운전 및 관리의 전문성 결여 등 여러 문제를 고려하여 일정 지역별로 공동 처리하는 방안이 제시되고 있다. 그러나 돈사폐수의 공동처리방안은 수거 방법과 처리 공정이 복잡하고 운전 및 비용면에서 많은 문제점을 지니고 있으며 차집관거의 경우 집합 불량 및 파손으로 2차적인 오염을 유발하고 있는 실정이다. 그러므로 설치 및 운전 비용이 적게 요구되고 효과적으로 돈사폐수를 처리할 수 있는 공정의 조속한 개발과 적용이 요구된다.

일반적으로 분뇨 및 축산폐수의 안정화 공법으로 상온의 호기성 소화 또는 혐기성 소화 공정이 적용되고 있으나 비교적 긴 체류시간을 필요로 하여 소화조의 규모가 커야 하며, 독성물질과 외부온도에 민감하고 병원성 세균의 완전한 사멸을 기할 수 없는 단점이 있다. 반면 고온 호기성 소화공정(Autoheated Thermophilic

Aerobic Digestion Process, ATAD Process)은 외부의 가온 없이 미생물의 활성에 의해 생성된 에너지를 이용하여 소화조의 온도를 고온으로 유지할 수 있고, 악취와 병원성 세균에 의한 문제를 해결할 수 있으며, 체류시간이 짧기 때문에 소화조의 규모가 타공정에 비해 작아 초기 설치 비용을 절감할 수 있는 공정으로, 현재 캐나다 및 미국 등지에서 활발한 연구 결과를 토대로 돈사폐수 처리에 적용하고 있으며,^{2,3,4)} 국내에서도 고농도 유기성 폐수처리의 문제점 등으로 인하여 이에 대한 관심이 고조되고 있다.

따라서 본 연구에서는 돈 분뇨를 효과적으로 처리할 수 있는 고온 호기성 소화공정의 적용 가능성을 검토하고, 우리나라 실정에 맞는 최적 운전조건과 적절한 후속처리공정을 개발하여 양돈폐수 처리의 기초 자료를 제시하고자 한다.

2 실험방법 및 장치

본 연구에 이용된 ATAD 소화조는 미국과 캐나다 등지에서 많이 적용되고 있는 설계 사양을 따랐으며 Fig. 1과 같은 0.1ton 규모로서 두께가 3mm이며 내경이 40cm인 강관을 이용하

여 높이 80cm로 제작하였으며, 에너지 손실을 최소화하기 위해 소화조의 벽 및 바닥에 10cm 두께의 유리섬유로 단열하였고 그 외부의 단열 및 유리섬유의 형태를 유지하기 위해 3mm의 폴리에틸렌을 이용하여 소화조를 감싸주었다. 소화조 운전시 상부 여유 공간과 거품층의 두께를 고려하여 돈사폐수를 75L 정도로 채웠다. 그리고 유기물질을 분해하기 위해 소요되는 산소 공급은 2Hp의 Compressor를 이용하여 2L/min으로 소화조 바닥에 설치되어 있는 산기관을 통하여 공급하였으며, 유입 돈사폐수의 원활한 혼합과 산소전달효율을 향상시키기 위해 0.5Hp의 DC 모터를 설치하여 임펠러를 회전시켰다. 설치된 임펠러는 폭 5cm, 길이 20cm의 Vaned Disc 형태로서 산기관으로부터 약 6cm 상부에 설치하였으며 균일한 혼합을 위하여 폭 3cm, 길이 62cm인 Baffle을 소화조 내벽에 90°의 차이를 두고 4개를 설치하였고 폭 5cm, 길이 28cm의 거품제거기를 폐수면으로부터 8cm 상부에 설치하였다.

또한 온도를 자동적으로 연속 측정하기 위해 Thermocoupler와 기록계를 소화조에 설치하였으며, 시료는 시료 채취구를 이용하여 채취하

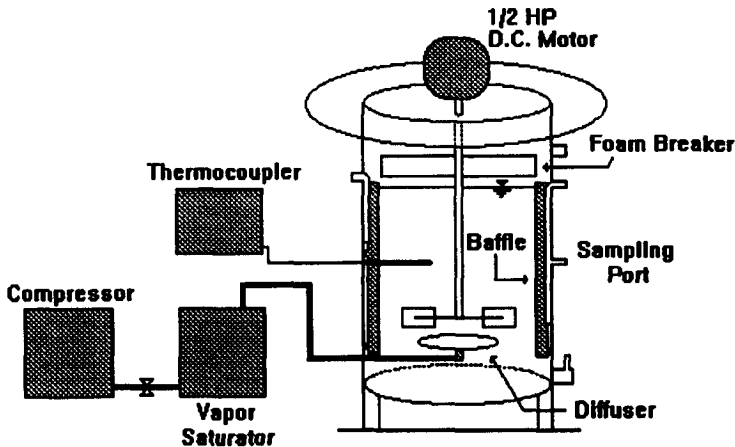


Fig. 1. Schematic Diagram of Lab. Scaled ATAD Process.

여 분석하였다. 한편 ATAD공정의 특성을 조사하기 위하여 TCODcr, TS, 그리고 VS가 측정되었으며 분석 항목은 미국 공중보건협회의 Standard Method⁷⁾에 따랐고 이에 사용된 방법은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Analytical Methods of Operating Parameters.

Parameters	Analytical Methods
TCODcr	Open Reflux Method
TS	Dry at 103~105°C
VS	Dry at 550°C

3. 결과 및 토의

고온 호기성 소화공정을 이용한 돈 분뇨의 처리 특성을 조사하기 위하여 1ton규모의 고온 호기성 소화조를 용인군에 있는 D농장에 설치한 후, 회분식으로 3일간 운전한 결과 소화시킨 슬러지는 악취 및 발생케이크의 부패 등의 측면에서는 상당히 안정화 처리된 것으로 나타났다. 따라서 소화 슬러지를 습식 사료화 하거나 액비로 사용하는 방안을 검토하였으며, 실제로 양돈 축사에 소화 슬러지를 급이한 결과 일반 사료보다 선호도가 높은 양상을 나타내는 등 상당한 가능성을 나타내었다. 그러나 현재 우리나라 대부분의 양돈 농가에 설치된 사료 급이기가 전식을 차지하고 있기 때문에 습식 사료화는 사료 급이

체제를 전환해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그리고 액비로 사용할 경우 미국 EPA규정에 준할 때 고온 호기성 소화 슬러지의 액비 사용은 가능하지만 초지가 확보되어야 하는 제한성을 가지고 있기 때문에 초지가 확보될 수 있는 단위 농장에서만 액비 사용으로의 적용은 가능하리라고 사료된다.^{2,5,6)} 그러나 소화슬러지의 악취 및 부패 등의 안정화와 사료로서의 가치에 비해 1ton규모의 고온 호기성 소화조의 과도한 교반 에너지로 인해 고온 호기성 미생물의 활동에 적합한 온도 이상으로 소화조의 온도가 상승되어 생물학적 반응이 원활하지 못하였으며 이로 인해 COD 및 고형물질 제거율이 매우 저조하게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 0.1ton 규모의 고온 호기성 소화조를 제작하여 교반기의 회전 속도 조절을 가능케 함으로서 에너지 수지식을 통해 소화조 온도 상승의 원인을 규명하고 운전 기간 동안의 COD 및 고형물의 변화를 관찰하였다.

이와 같은 실험은 Table 2와 같이 4차례에 걸쳐 수행되었는데, Exp. 1과 Exp. 2는 소화조의 온도상승을 규명하기 위한 에너지 수지식의 각 항을 조사하기 위하여 물을 유입시켜 270 rpm으로 운전되었는데 Exp. 1에서는 공기를 주입하지 않은 반면 Exp. 2에서는 평균 2L/min으로 공기를 주입하였다. 그리고 Exp. 3과 Exp. 4는 교반 에너지의 변동에 따른 소화조 온

Table 2. Operation Conditions of Lab. Scale Experiments.

No. of Experiment	Operation Parameters	Influent	Mixing Speed (rpm)	Air Flowrate (L/min)(L/min)	Pig Manure Characteristic		
					TCODcr (mg/L)	TS (% W/W)	VS (% W/W)
Exp. 1		Water	270	No Air		-	
Exp. 2		Water	270	2		-	
Exp. 3		Wastewater	270	2	41,374	3.32	2.42
Exp. 4		Wastewater	180	2	63,432	4.97	3.78

도 상승의 메카니즘을 규명하고 COD 및 고형물 제거효율을 평가하기 위하여 돈 분뇨를 유입시켰다. Exp. 3에서는 교반 속도를 270rpm으로, Exp. 4에서는 소화조 온도 35°C에서 교반속도를 180rpm으로 감소시켰고, 전체 평균 공기 주입량은 2L/min으로 주입하였다.

3. 1 ATAD 공정에서의 Energy Balance

3. 1. 1 ATAD 공정 주변에서의 에너지 변화

ATAD공정에서의 에너지 수지식은 식 1과 같이 표현될 수 있다.

$$\rho C_p V \frac{dT}{dt} = q + B - UA(T - T_0) - E_a - E_v \quad (\text{식 1})$$

$$\rho C_p V \frac{dT}{dt} : \text{Accumulation Rate (Btu/hr)}$$

ρ : 물의 밀도 (lb/ft³)

C_p : 물의 비열 (Btu/lb · °F)

V : 물의 부피 (ft³)

$\frac{dT}{dt}$: 시간에 따른 온도 변화 (°F/hr, T = T₀)

q : 교반에너지 (Btu/hr)

B : 생물학적 활성으로 인하여 발생한 에너지 (Btu/hr)

$UA(T - T_0)$: 소화조 벽을 통하여 외부로 전달되는 에너지 (Btu/hr)

E_a : 공기의 유출입에 의하여 전달되는 에너지 (Btu/hr)

E_v : 수분의 증발에 의한 에너지 손실 (Btu/hr)

식 1에서 축적된 에너지($\rho C_p V \frac{dT}{dt}$)는 교반에너지(q)와 생물학적 활성으로 인하여 발생한 에너지(B)에서 ATAD공정의 운전과정 중 손실된 에너지를 제외시킴으로서 구할 수 있다. 그러나 Exp. 1에서는 물을 이용함으로써 생물학적 활성으로 인하여 발생한 에너지(B)가 없고 공기와 수분 증발의 유출입이 없기 때문에 E_a 항과 E_v 항을 무시할 수 있으며 소화조 온도(T)와 외기 온도(T_0)가 같을 때 소화조의 벽을 통한 외부손실은 없다고 가정할 수 있다. 따라서 Exp. 1에서는 식 1의 교반에너지(q)가 식 2와 같다.

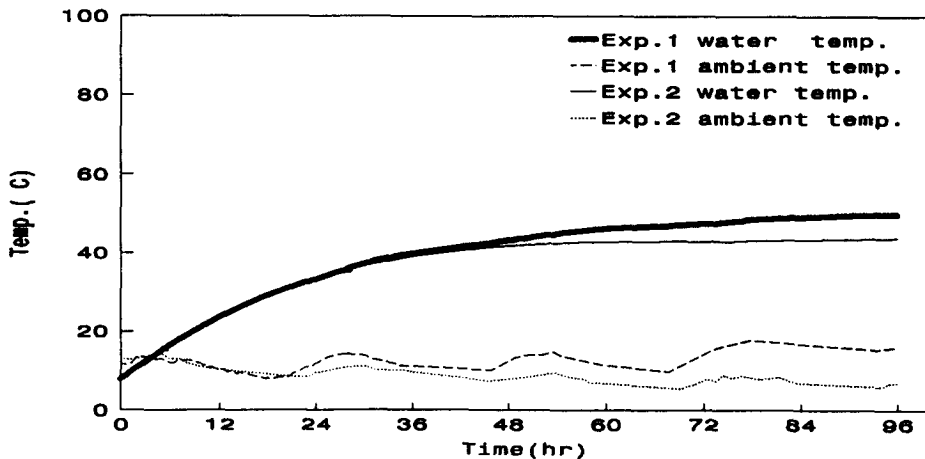


Fig. 2. Change of Water Temperature with Time at 270rpm of Mixing Speed.

$$q = \rho C_p V \frac{\partial T}{\partial t} \quad (at T=T_0) \quad (\text{식 2})$$

식 2에서 시간에 따른 온도 변화($\partial T/\partial t$)는 Exp. 1의 운전 조건에서 운전시간에 따른 온도 변화를 나타낸 Fig. 2에서 $T=T_0$ 에서의 접선의 기울기로 구할 수 있으며, 그 결과 270rpm에서의 교반에너지(q)는 424.5Btu/hr로 계산된다. 이 값과 Exp. 1의 실험조건을 고려하여 식 1을 이항 정리하면 식 3으로 정리된다.

$$UA(T-T_0) = 424.5 - \rho C_p V \frac{\partial T}{\partial t} \quad (\text{식 3})$$

식 3에서 전체 운전 시간에 따른 소화조 벽을 통한 단위 시간당 외부손실($UA(T-T_0)$)은 Fig. 2에서 온도변화 곡선의 접선 기울기와 온도에 따라 보정된 물의 밀도, 비열, 부피를 이용하여 구할 수 있으며, 이 값을 $(T-T_0)$ 와 도식화하면 Fig. 3과 같이 나타난다.

또한 Fig. 2에서 Exp. 1과 Exp. 2의 소화조

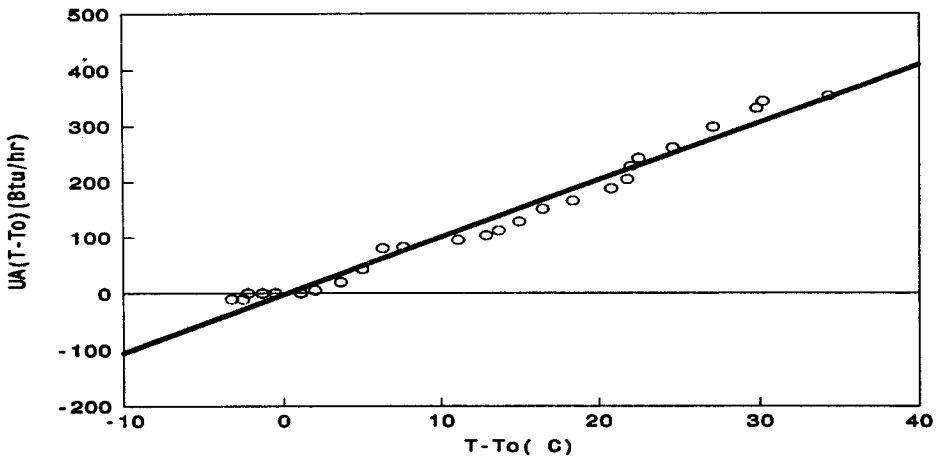


Fig. 3. Correlation between $UA(T-T_0)$ and $(T-T_0)$.

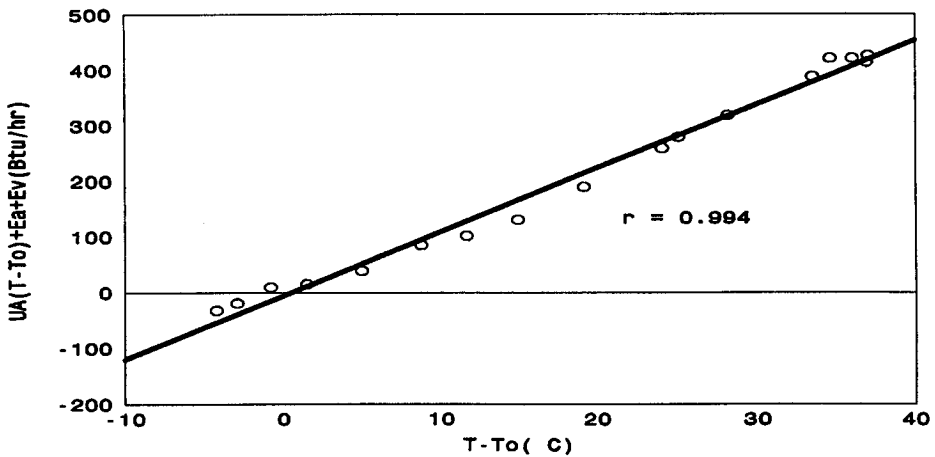


Fig. 4. Correlation between $UA(T-T_0)+E_a+E_v$ and $(T-T_0)$.

온도 차이는 공기의 유출입과 수분 증발에 의한 에너지 손실($E_a + E_v$)을 나타내고 있으며 이 값은 식 4로 계산된다.

$$E_a + E_v = \left[\rho C_p V \frac{\partial T}{\partial t} \right]_{\text{Exp.1}} - \left[\rho C_p V \frac{\partial T}{\partial t} \right]_{\text{Exp.2}} + [q - UA(T - T_0)]_{\text{Exp.2}} - [q - UA(T - T_0)]_{\text{Exp.1}} \quad (\text{식 4})$$

식 4의 우측항은 Exp. 1과 Exp. 2의 실험

결과를 이용하여 구할 수 있으며 좌측항의 E_a 는 식 5로 구할 수 있다.

$$E_a = D_g Q_a G_{sp} (T - T_0) \quad (\text{식 5})$$

D_g : Air의 밀도(lb/ft^3)

Q_a : Air의 유량(ft^3/hr)

G_{sp} : Air의 비열($\text{Btu}/\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}$)

이 실험값들을 이용하여, $T - T_0$ 에 대한 단위

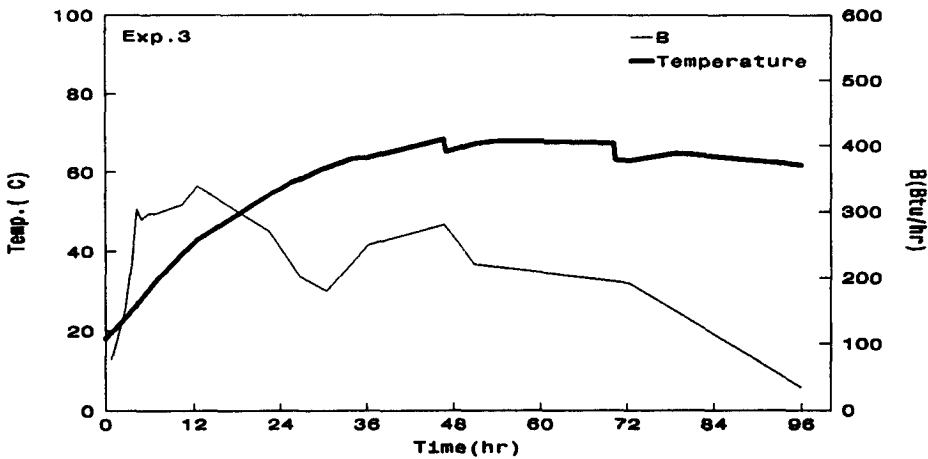


Fig. 5. Change of Temperature and Biological Energy(B) with Reaction Time at 270rpm of Mixing Speed.

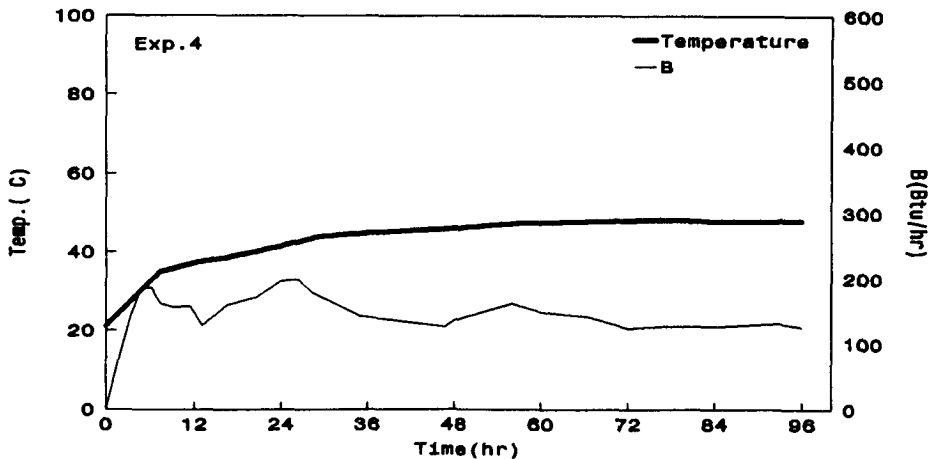


Fig. 6. Change of Temperature and Biological Energy(B) with Reaction Time at 180rpm of Mixing Speed.

시간당 전체에너지손실을 도식화하면 Fig. 4와 같은 상관관계를 얻을 수 있다.

이상의 실험값과 상관관계를 이용하여 AT-AD공정에서의 생물학적 활성으로 인하여 발생한 에너지를 추정할 수 있다.

3. 1. 2 ATAD공정에서의 생물학적 에너지 추정

ATAD공정에서의 생물학적 에너지(B)를 검토하기 위하여 식 1을 B에 대하여 정리하면 식

6과 같다.

$$B = \rho C_p V \frac{dT}{dt} + [UA(T - T_0) + E_a + E_v] - q \tag{식 6}$$

따라서 단위 시간당 발생되는 생물학적 에너지 변화는 Exp. 3과 Exp. 4의 시간에 따른 온도 변화와 식 6을 기초로 하여 Fig. 5와 Fig. 6과 같이 나타낼 수 있다.

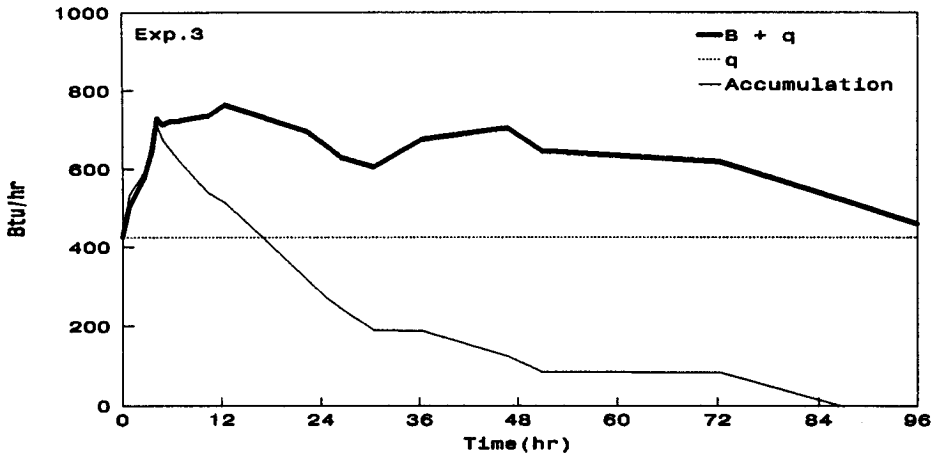


Fig. 7. Change of Unit Energy with Digestion Time at 270rpm of Mixing Speed.

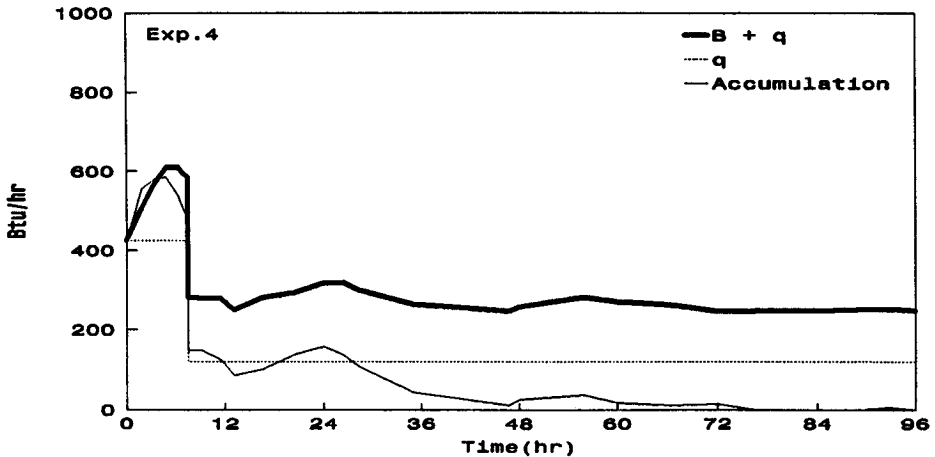


Fig. 8. Change of Unit Energy with Digestion Time at 180rpm of Mixing Speed.

Exp. 3과 Exp. 4에서의 소화시간에 따른 각 항의 값인 생물학적 에너지(B), 교반에너지(q), 그리고 소화조 내에 축적된 에너지를 나타내면 Fig. 7과 Fig. 8과 같다.

B+q는 시스템으로 공급되는 단위 시간당 전체 에너지를 나타내는 것으로 Exp. 3에서는 이 가운데 424.5 Btu/hr는 교반에 의한 에너지이며 나머지는 생물학적 에너지를 나타내고 있으며, Exp. 4에서는 소화조 온도 35°C에서 교반

속도를 270rpm에서 180rpm으로 감소시켰기 때문에 교반에너지가 121.6 Btu/hr로 나타났다. 그리고 B+q와 소화조 내 축적된 에너지와의 차이는 단위 시간당 전체 에너지 손실을 나타내고 있다.

한편 Fig. 9와 Fig. 10은 Exp. 3과 Exp. 4의 소화시간 경과에 따른 각 에너지의 누적 변화를 나타내고 있는데 Exp. 3에서는 96시간의 운전 결과 전체 소화조에 공급된 약 60,800 Btu중

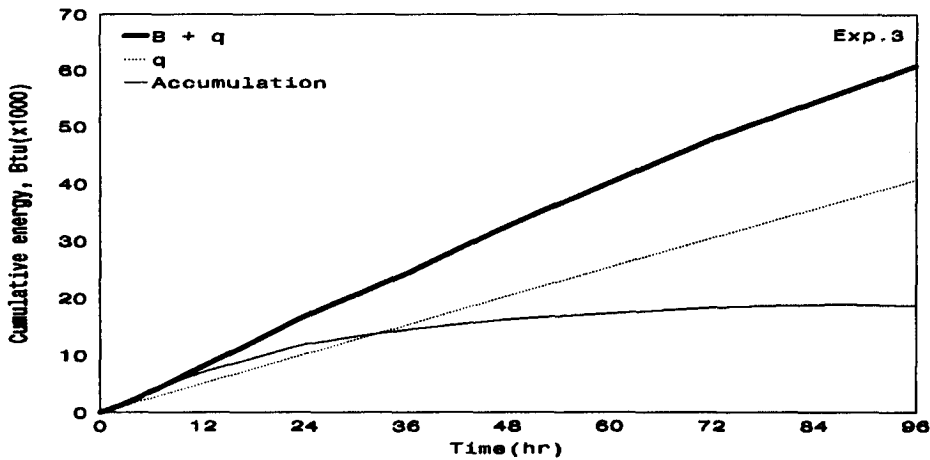


Fig. 9. Change of Cumulative Energy with Digestion Time at 270rpm of Mixing Speed.

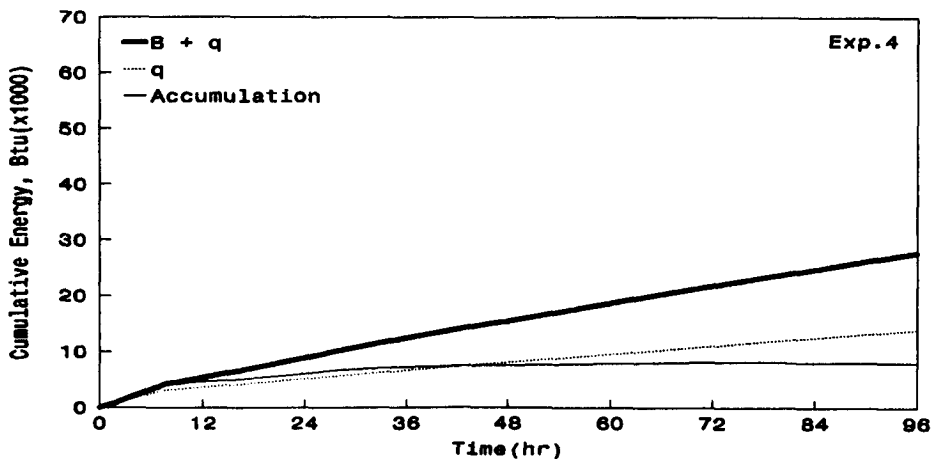


Fig. 10. Change of Cumulative Energy with Digestion Time at 180rpm of Mixing Speed.

67%인 약 40,800 Btu가 교반에너지였으며 나머지 33%가 미생물 활성화에 의해 생성된 에너지를 나타내고 있으며 전체 공급 에너지중 69%는 외부로 손실되고 나머지 31%는 소화조 온도 상승에 기인하였다. 그리고 Exp. 4에서는 96시간의 운전 결과, 약 27,700 Btu가 소화조에 공급되었고 이 중 51%인 약 14,000 Btu가 교반에너지이고 나머지는 생물학적 에너지임을 나타내고 있으며 전체 공급 에너지 중 71%는 외부로 손실되고 나머지 29%는 소화조 온도를 상승시키는데 기인하였다. 따라서 Exp. 3과 Exp. 4 모두 소화조의 온도 상승은 미생물의 활동에 의해 생성된 에너지보다 교반에 의한 마찰 에너지에 기인한다고 할 수 있다.

3. 2 ATAD 공정에서의 유기물질 제거

일반적으로 생물학적 안정화 공법은 상온의 호기성 소화와 혐기성 소화 공정이 이용되고 있으나, 비교적 긴체류시간(10일~40일)을 필요로 하며 최종 처분시 병원성 세균의 사멸을 위한 살균 공정이 추가로 요구되는 등 많은 문제점을 안고 있다.⁴⁾ 반면 ATAD공정은 기존의 안정화 공법이 당면하고 있는 문제점을 해결할 수 있을

뿐만 아니라 45°C 이상의 고온에서는 질산화 박테리아의 활성이 현저히 저하하여 질산화가 억제되므로, 중온 소화보다 상대적으로 산소 요구량이 적고 고온 호기성 소화슬러지는 장기간의 보관에도 심각한 악취가 발생하지 않는다. 그리고 고농도 유기물질 처리에 적용할 수 있으며 고온에 의한 반응속도의 상승으로 비교적 짧은 체류시간을 요구하기 때문에 소화조의 크기를 줄일 수 있고 고온 호기성 슬러지는 비타민과 단백질의 양이 증가하며 동물의 먹이로서 사용이 가능하다. 그러나 유입 슬러지의 총고형물 농도(TS)가 2.5~3% 이상 유지되어야 하며 폭기량이 과도할 경우 에너지 손실량이 증가하여 소화조의 온도가 감소하고, 폭기량이 적으면 DO가 감소하여 반응이 제한을 받는다.^{5,6)} 이와 같은 ATAD공정을 이용하여 양돈 폐수의 처리를 위하여 Exp. 3과 Exp. 4에서의 소화시간 경과에 따른 TCODcr와 고형물의 농도 변화를 조사하였으며 그 결과는 Fig. 11과 Fig. 12와 같으며 각각의 제거 효율은 Table 3에 나타나 있다.

Fig. 12에서 180rpm으로 교반하였을 경우에는 소화조의 온도가 최고 48.2까지 상승했으며 이때 TCODcr과 VS 제거율은 각각 24.0%,

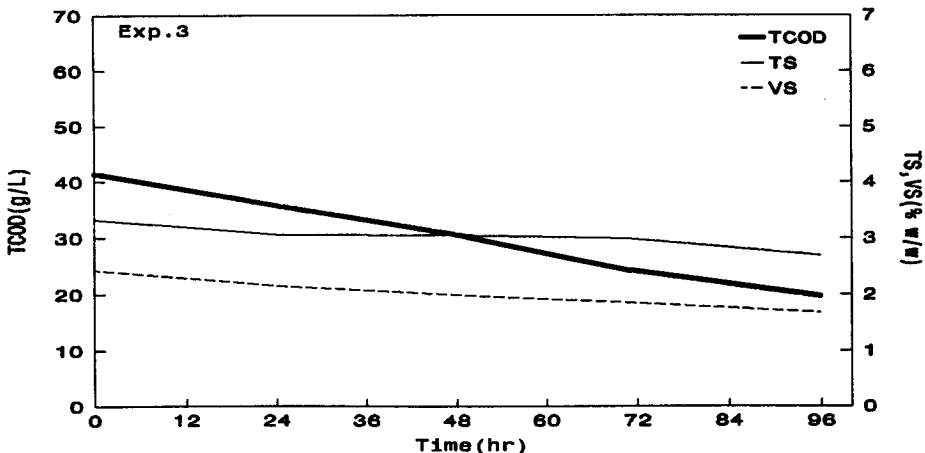


Fig. 11. Change of TCODcr,TS, and VS with Digestion Time at 270rpm of Mixing Speed.

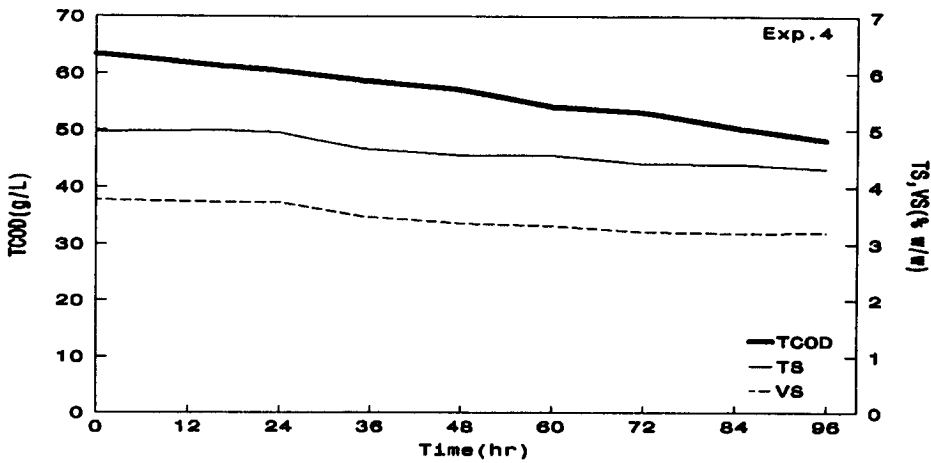


Fig. 12. Change of TCODcr, TS, VS with Digestion Time at 180rpm of Mixing Speed.

Table 3. Operation of Characteristics of Exp.3 and Exp.4.

Parameter	Exp.3	Exp. 4
Max. Temperature(°C)	72.4	48.2
TCOD Removal efficiency(%)	52.7	24.0
VS Removal efficiency(%)	31.0	15.3
B*/1kg COD removed	11,159~12,119 Btu/Kg COD (2,812~3,054 kcal)	
B*/1kg VS removed	27,766~34,599 Btu/Kg COD (6,997~8,719 kcal)	

* B : Energy resulted from Biological Activity

15.3%로 나타났으나 270rpm으로 교반한 Fig. 11의 경우 소화조 온도가 72.4까지 상승했으며 TCODcr, VS의 경우 각각 52.7%, 31.0%의 제거효율을 나타내어 교반에너지가 큰 270rpm에서 180rpm보다 처리효율이 더 양호한 것으로 나타났다. 그러나 단위 시간당 유입되는 교반에너지가 180rpm과 270rpm 운전시 각각 121.6 Btu/hr, 424.5 Btu/hr로 나타나고 있어 270rpm이 180rpm에 비해 약 3.5배의 에너지가 소비됨으로서 처리효율의 향상에 비해 과도한 운전 비용이 요구되고, 또한 두 경우 모두 소화조의 온도를 상승시키는데 있어 교반에너지가 미

생물의 활동에 의해 생성된 에너지보다 훨씬 커 ATAD의 기본 원리와 어긋나고 있으며 비경제적인 것으로 나타났다. 한편 돈사폐수의 고온호기성 소화 과정 중 생성되는 생물학적 에너지는 COD 1kg 제거당 2,812~3,054kcal, VS 1kg 제거당 6,997~8,719kcal로 나타났으며, 전체적으로 운전시간의 경과에 따라 제거 유기물질당 생물학적 생성에너지가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 초기에는 생물학적 분해가 용이한 유기물질이 제거되고 소화기간이 경과함에 따라 상대적으로 분해가 어려운 유기물질이 제거되기 때문이라고 사료된다.

4. 결 론

미국과 캐나다 등지에서 적용되고 있는 설계 사양에 의거한 1ton 규모의 고온호기성 소화조를 이용하여 돈 분뇨 폐수를 처리하였을 경우 과도한 교반에너지로 인해 소화조의 온도가 80°C까지 상승되었으며 고온의 환경으로 인하여 미생물의 활성이 저하되어 COD 및 고형물 제거율이 저조하게 나타났다. 하지만 3일간 소화시킨 돈 분뇨 폐수는 악취 및 발생 슬러지와 케이크의

부패 등의 측면에서는 상당히 안정화 처리된 것으로 나타났다. 따라서 소화슬러지를 습식 사료화 하거나 액비로 사용하는 방안을 검토하였으며, 실제로 양돈 축사에 소화슬러지를 급이한 결과 일반사료보다 선호도가 높은 양상을 나타내는 등 상당한 가능성을 나타내었다. 그러나 사료 급이 체제를 전환해야 하는 문제점을 가지고 있으며 고온 호기성 소화 슬러지의 액비 사용에 가능한 초지가 확보되어야 하는 제한성을 가지고 있다.

실험실 규모의 고온호기성 소화조에서 소화온도가 처리효율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행된 회분식 실험에서 교반 속도를 180rpm으로 운전했을 경우에는 소화조의 온도가 최고 48.2°C까지 상승했으며 이때 TCODcr과 VS 제거율은 각각 24.0%, 15.3%로 나타났고 270rpm으로 운전했을 때에는 소화조 온도가 72.4 까지 상승했으며 TCODcr, VS의 경우 각각 52.7%, 31.0%의 제거효율을 나타내어 교반에너지가 큰 270rpm에서 180rpm보다 처리효율이 더 양호한 것으로 나타났다. 그러나, 단위 시간당 유입되는 교반에너지가 180rpm과 270rpm 운전에서 각각 121.6 Btu/hr, 424.5 Btu/hr로 나타나고 있어 270rpm이 180rpm에 비해 약 3.5배의 에너지가 소비됨으로서 처리효율의 향상에 비해 과다한 운전 비용이 요구되고, 또한 두 경우 모두 소화조의 온도를 상승시키는데 있어 교반에너지가 미생물의 활동에 의해 생성된 에너지보다 훨씬 커 ATAD의 기본 원리에 어긋나고 있다. 따라서 고온 호기성 소화를 거친 돈 분뇨 폐수가 습식 사료화될 수 없는 여

건에서 단순한 폐수 처리의 목적으로만 고온 호기성 소화조를 적용하는 것은 비경제적이라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 이진용, "고온 호기성 소화 공정을 이용한 돈사 폐수의 처리 방안 연구", 석사논문, 1994.
- 2) Lee, Y.S., Shin, H.J., "Study on Auto-heated Aerobic Digestion of Waste Sludge." Jour. KSEE, 10, 3, 1988.
- 3) Jewell, W.J., Kabrick, R.M., "Auto-heated Aerobic Thermophilic Digestion with Aeration." Jour. WPCF., 52, 3, 1980.
- 4) Matsch, L.C., Drnevich, R.F., "Autothermal Aerobic Digestion." Jour. WPCF, 49, 2, 1977.
- 5) Gould, M.S., Drnevich, R.F., "Autothermal Thermophilic Aerobic Digestion." ASCE, 104, EE2, 259-269, 1978.
- 6) Surucu, G.A., Chian, E.S.K. & Engelbrecht, R.S., "Aerobic Thermophilic Treatment of High Strength Wastewaters." Jour. WPCF, 48, 4, April 1976.
- 7) "Standard Method for the Examination of Water and Wastewater." 18th Ed., Amer. Pub. Health Assn., Washington, D.C., 1971.