

## Vermistabilization에 의한 下水슬러지와 家畜糞尿의 竝合處理

孫熹政 · 金炯奭\*

東亞大學校 環境工學科, \*新羅大學校 環境學科

### Co-treatment of Sewage Sludge and Cow Manure by Vermistabilization

Hee-Jeong Son and Hyeong-Seok Kim\*

*Department of Environmental Engineering, Dong-A University,  
Hadan-dong, Saha-gu, Pusan 604-714, Korea*

*\*Department of Environmental science college of natural sciences, Silla University,  
Kwaebop-dong, Sasang-gu, Pusan 617-736, Korea*

#### 요 약

본 연구에서는 지렁이를 이용한 하수슬러지의 안정화시 타 폐기물과의 혼합 가능성을 알아보기 위해 가축폐기물중 우분의 혼합 비율을 달리하여 부숙에 따른 이화학적 정상변화를 살펴보고 이를 바탕으로 부숙시료에 대한 지렁이의 생존율, 증체율, 부화율 그리고 슬러지 섭취량 및 배설량 등을 평가하였다. 50일 부숙시킨 혼합시료의 이화학적 특성은 pH가 6.9~7.2. Eh는 -22~174 mV, 알카리도는 270~1,150 mc CaCO<sub>3</sub>/L로 조사되었으며. 부숙시료에 대한 지렁이 입식실험에서 생존율은 30%, 20%, 10%의 우분혼합구에서 각각 88.3%, 83%, 63.7%, 증체율은 각각 321%, 297%, 265%, 부화율은 각각 91%, 76.7%, 66.7%로 나타났다. 50일 동안의 섭취량과 분변토 발생량은 하수슬러지의 혼합비율이 높을수록 감소하는 경향이었으며, 지렁이 한 마리당 하루 섭취량과 분변토 발생량은 20%이상의 우분혼합구에서 각각 0.15~0.18 g, 0.11~0.14 g으로 나타났다 이상의 결과로부터 하수슬러지의 vermistabilization 처리시 우분의 혼합비율은 20% 이상이 요구되며 슬러지의 병합처리 가능성을 인정할 수 있었다.

주제어: 지렁이, 하수슬러지, 우분, 생존율, 증체율, 부화율, 분변토, 슬러지처리효율

#### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of cow manure as additive material on the ripening of sewage sludge for vermistabilization. The changes of the waste properties by ripening for 50days were observed as a function of the various mixture ratios of sewage sludge and cow manure. The pH values of the mixture wastes decreased from 7.5~7.67 to 6.9~7.2 by the ripening for 50days, and the mixture ratio made different pH values. The initial value of oxidation-reduction potential (Eh) of the mixture waste was a negative (—) value indicating an unfavorable condition for earthworm life, but the values of Eh increased with the ripening time. The increase rate of Eh value was proportional to the mixture ratio of cow manure. The value of alkalinity was also changed into the favorable range for earthworm after 50days except for non-use of the cow manure. When the mixture ratio of the cow manure increased from 10% to 30%, the growth of earthworms increased from 63.7% to 88.3% for the survival rate, 265% to 321% for the liveweight increasing rate and 66.7% to 91% for hatching rate of the cocoons. It can be concluded that the proper content of the cow manure in the sewage sludge to ensure effective vermistabilization was over 20%, when the mixture was ripened during 50 days. The quantity of ingestion and ejection at 20%~30% was found to be 0.15~0.18g sludge and 0.11~0.14g solid per capacity earthworm per day, respectively.

**Key words:** Vermistabilization, Earthworm, Sewage Sludge, Cow Manure, Feed Condition, Survival Rate, Liveweight Increase Rate, Hatching Rate, Cast.

\*1998년 6월 11일 접수, 8월 4일 수리

\*E-mail: khs@lofus.silla.ac.kr

## 1. 서 론

슬러지는 수질오염방지를 위해 하 폐수에 포함되어 있는 입자상, 콜로이드상 및 용존상의 오염물질 제거시 발생되는 고품상의 2차 환경오염물질로써 완전한 하·폐수 처리는 유입수의 오염물질을 제거하여 깨끗한 배출수를 만드는 것은 물론 처리시 발생하는 슬러지를 안전하게 최종 처분하는 것까지 포함된다.<sup>1)</sup>

국내에서 발생하는 폐기물중 퇴비화 등을 통하여 재활용이 가능한 유기성 슬러지는 1997년 현재 184개 분뇨처리장과 79개의 도시하수종말처리장, 28,000여개의 각종 산업시설의 폐수처리장에서 발생하는 슬러지 및 4,400여개의 축산시설에서도 다량의 유기성 폐기물이 발생되고 있으며, 향후 도시하수시설의 확충, 방류수 수질기준의 강화 및 산업시설의 증가 등으로 지속적인 증가가 예상된다.<sup>2)</sup>

한편 1970년대 중반부터 시작한 우리나라의 하수처리는 1997년 현재 79개소의 하수종말처리장에서 약 11,526,100 m<sup>3</sup>/d의 하수를 처리중이며, 슬러지 발생량은 약 3,500 m<sup>3</sup>/d로 그 중 육상매립이 75%, 해양투기가 20.3%, 재이용이 3.5%, 소각 0.023%, 기타 0.3%이며 이들의 처리비용은 소각이 30,600원/톤으로 가장 높고 육상매립이 19,700원/톤, 재이용시 3,600원/톤으로 나타나 재활용 방안 강구가 시급한 것으로 나타났다.<sup>3)</sup>

따라서, 우리나라에서는 유기성 슬러지의 처리·처분을 위하여 1992년 지렁이를 이용한 퇴비화처리를 폐기물 처리기술의 하나로 고시하여 이의 활용을 적극 권장하고 있는 실정이다.

지렁이를 이용한 유기성쓰레기의 퇴비화 기술은 폐기물을 지렁이 먹이로 이용, 처리하는 기술로서 2차공해의 발생이 거의 없고,<sup>4)</sup> 처리과정에서 부산물로 발생하는 분뇨는 토양개량제와 유기질 비료로서의 활용이 가능할 뿐만아니라,<sup>5)</sup> 지렁이의 대량증식을 통하여 얻을 수 있는 동물성 단백질은 가축의 동물성 사료원으로서 이용가치가 높기 때문에 자원이 부족한 우리나라 여건에 알맞은 폐기물의 처리방법이라 여겨진다.<sup>6)</sup> 이와 같은 지렁이를 이용한 퇴비화 기술은 Fos-

tag와 Babb<sup>7)</sup>에 의해서 처음 시도된 이래 선진외국의 경우 현재는 실용화 단계에 있는 것으로 보고되고 있다.

지금까지 지렁이를 이용한 처리·처분은 주로 가축폐기물, 분뇨처리장 슬러지 및 일부 식품공장 슬러지 등과 같은 단순 유기성슬러지에 한정되어 연구되어 왔으나, 오늘날 질적으로 더욱 다양화되고 양적으로 팽창하고 있는 산업폐기물의 처리·처분문제에 능동적으로 대처하기 위해서는 처리대상 폐기물의 다양화가 절실한 실정이다.<sup>8)</sup> 또한 효율적인 vermistabilization의 공정을 운용하려면 지렁이 먹이로 잘 이용될 수 있도록 폐기물 종류에 따른 영양성분의 적절한 혼합이 필요하며 이들의 적정 혼합비율에 대한 연구가 우선과제라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 지렁이의 생태학적인 능력을 활용하여 하수슬러지의 효율적 처리·처분의 일환으로 타 폐기물과의 혼합처리 가능성을 알아보기 위해 축산 폐기물중 우분을 하수슬러지와 혼합하여 부숙기간에 따른 이화학적 성상변화를 살펴보고 이를 바탕으로 부숙시료에 대한 지렁이의 생존율, 증체율, 부화율 및 슬러지 섭취량과 배설량을 조사하여 Vermistabilization에 의한 슬러지의 병합처리 가능성을 검토하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 시료 및 운전

실험에 사용한 원시료는 P하수처리장에서 Belt press로 탈수한 합수율 78%의 하수슬러지이며, 1일 배합사료 12 kg, 청초 20 kg을 급여하는 홀스타인 젖소의 뇨성분이 배제된 우분을 하수슬러지와 혼합시 합수율 조절을 위해 강제 통풍식으로 합수율 50%이하로 건조후 사용하였다. 지렁이의 사료화를 위한 하수슬러지와 우분의 혼합비율(중량비)은 70:30, 80:20, 90:10, 100:0(대조구)으로 실시하였다.

혼합된 재료를 pH 조절없이 수분 65±5% 조건으로 50일간 호기성 조건에서 1일 2회 뒤집어 발효시키면서 혼합구별 이화학적 성상변화를 측정하고, 10×10×20 cm 크기의 스티로폼 상자에 50일간 부숙시킨 슬러지를 채운 후 지렁

Table 1. Physico-chemical properties of raw materials

Raw material	pH	M.C*	C/N	Eh (mV)	Alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Heavy Mctal (mg/kg)					
						As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Sewage sludge	7.53	78	9.3	-380	5,300	13	136	4	2	103	35
Cow manure	7.97	47	22	-28	1,050	2.5	13	0.26	0.12	36.7	4 l
Korea standard	-	-	<50	-	-	50	300	5	2	150	300

\* M.C · Moisture content

이를 입식시켜 일정시간 간격으로 지렁이의 생존율, 증체율, 난포 부화율 및 슬러지 섭취량과 분변도 발생량을 점검하였다.

또한 혼합비율별 지렁이가 부숙시료를 섭취하고 배설하는 슬러지 처리 물질수지로 섭취량과 배설량을 조사하여 처리율의 판단지표로 사용하였으며 지렁이가 먹이를 섭취한 후 분변토를 사육상 상부에 배설해 놓아 육안으로도 미처리된 슬러지와 식별 가능한 분변토층이 형성되어 있기 때문에 수작업으로 분리하여 풍건시킨후 입경이 2 mm이하의 것으로 하였다.

본 실험에 사용된 원시료 즉 하수슬러지와 우분의 이화학적 특성을 Table 1에 나타내었다.

2.2 실험용 지렁이

실험에 사용된 지렁이는 H양식장에서 인공 양식종인 붉은 지렁이(Lumbricus rubellus, red worm)로서, 가축분 퇴비를 먹이로 이용하여 실내온도 15~25°C, 상대습도 70±5%의 실험실에서 30×25×70 cm 크기의 통기와 배수가 잘되는 나무상자에서 사육시키면서 필요한 경우에 채취하여 사용하였다

입식 지렁이는 크기와 상태를 균등하게 하기 위하여 사육상에서 채취한 지렁이 알을 인공부화시켜 빛을 차단한 암흑조건에서 사육하면서 환대가 발생되기 전의 것을 실험에 이용하였다.

2.3. 분석

실험에 사용된 원시료와 입식시료의 pH, 온도, 함수율, C/N, As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, 산화환원전위(Eh), 알칼리도 등의 이화학적 성상은 폐기물공정시험법<sup>9)</sup>과 토양화학분석법<sup>10)</sup>에 준하여 분석하였다.

2.3.1. 생존율

육안에 의한 관찰과 지렁이 앞부분에 물질을 접촉시켜 반응이 없는 경우는 죽은 것으로, 반응이 매우 약하거나 뒷부분의 일부가 잘려나가도 반응을 하면 살아있는 것으

로 판단하였다.

2.3.2. 증체율

지렁이를 사육용기에서 꺼낸후 증류수에 1분간 넣었다가 꺼내어 피부표면에 부착된 슬러지 제거와 5B여과지에 1분간 접촉시켜 체표면의 수분을 제거시킨후 무게를 측정하였다. 그러나 지렁이가 섭취하여 장내에 있는 슬러지에 대하여서는 고려하지 않았다.

2.3.3. 부화율

사육상에서 채취한 지렁이 알 20개씩을 나무상자에 넣은 후 사육시설에 보관하면서 10일 간격으로 50일간 지렁이 알의 부화율을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 혼합구별 이화학적 성상

지렁이 먹이로 이용되는 슬러지의 성상과 성분은 하·폐수처리장에서 발생하는 슬러지의 농축방법, 슬러지의 혐기성 소화여부 등에 따라 달라진다. 또한, 유기성 슬러지는 미생물의 작용에 의해 변화하는데 이 과정에서 일어나는 여러 가지의 변화는 지렁이의 생육에 많은 영향을 주게된다.<sup>7)</sup>

Table 2는 하수슬러지에 각각 30%, 20%, 10% 비율로 우분을 혼합한 초기의 이화학적 성상을 나타낸 것이다.

Table 2와 같이 우분을 혼합하였을 경우 전체적으로 원시료에 비하여 이화학적 성상의 개선은 보였으나 산화환원전위의 경우 여전히 모든 혼합구에서 음(-)의 값을 알카리도는 1,000 mg CaCO<sub>3</sub>/L이상으로 적정범위를 벗어나고 있어 vermistabilization의 공정을 효율적으로 운용하기 위해서는 Loehr등<sup>11)</sup>이 제시한 짧은 기간동안에 유기성 폐기물의 분해를 촉진시킬 수 있는 부숙과정 등의 전처리가 요구된다.

따라서 혼합시료를 pH조절없이 함수율 65±5%으로 50일간 호기성 조건에서 발효시킨 후 분석한 이화학적 성상은 Table 3과 같다.

Table 2에서 보듯이 pH의 경우 대조구를 비롯한 모든 처리구에서 초기부터 생존 가능한 pH7.5~7.67의 약알카리 값

Table 2. Physico-chemical properties of samples

Additive Material	Mixture ratio of A.M.*	pH	M.C	C/N	Eh (mV)	Alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Heavy metal (mg/kg)					
							As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Control	0%	7.5	78	7	-380	5,300	13	136	4	2	103	35
Cow manure	30%	7.7	76	16	-220	2,750	6	105	2.7	1.0	57	27
	20%	7.6	76	15	-270	3,100	10	127	3.2	1.7	78	30
	10%	7.5	75	12	-320	3,850	11	139	3.7	2.0	95	34

\* A.M : Additive Material

**Table 3.** Physico-chemical Properties of the ripened waste for 50days

Additive Material	Mixture ratio of A.M*	pH	M.C	C/N	Eh (mV)	Alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Heavy metal (mg/kg)					
							As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Control	0%	7.0	-	9	-22	1.150	14.2	167	5.3	2.8	123	47
Cow Manure	30%	6.9	-	24	174	270	7.4	129	3.3	1.2	70	33
	20%	7.0	-	21	45	640	11.7	156	3.7	2.0	91	35
	10%	7.2	-	14	27	850	12.6	159	4.2	2.3	109	39

\* A.M : Additive Material

으로 기존의 연구 결과<sup>2-7)</sup>에 따르면 지렁이 굵이조건에 중요한 인자로 작용하지 않는 것으로 평가되었으나, Table 3에 나타난 바와 같이 50일 부숙후 pH6.9~7.2로 점차 지렁이 생육을 위한 최적의 환경으로 변화되어감을 알 수 있었다. 그러나 산화환원전위와 알칼리도에서 대조구는 물론 모든 혼합구에서 초기에는 지렁이 생존이 불가능한 -220~320 mV와 2,750~3,850 mg CaCO<sub>3</sub>/L의 값을 보였으나 Table 3에서와 같이 50일 부숙시료에서는 산화환원전위와 알칼리도는 대조구를 제외한 모든 처리구에서 양(+)의 값과 1,000 mg CaCO<sub>3</sub>/L이하의 값을 보여 우분을 건조시켜 사용한 본 실험의 경우 10%이상 혼합후 일정기간 부숙시킬 경우 이화학적 특성으로 보면 vermistabilization처리가 가능할 것으로 판단된다.

**3.2. 지렁이 생육실험**

**3.2.1. 지렁이 생존율**

50일 부숙시료 1 kg씩을 스티로폼상자(10×10×20 cm)에 채운 후 지렁이 30마리씩을 각각 입식시켜 10일 간격으로 50일 동안 시료교체없이 생존여부를 관찰한 입식실험 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

그림에서와 같이 50일 부숙후 지렁이 주입시 생존실험에서 대조구의 경우 초기부터 탈출을 시도했으며, 절반 이상 생존이 불가능하였다. 혼합비율별 비교에서 30%, 20% 혼

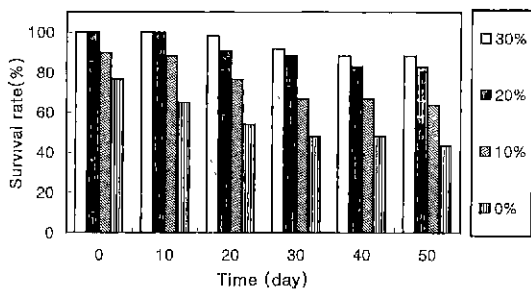
합구는 50일 경과후에도 각각 88.3%, 83%의 생존율을 보였으나, 10% 혼합구에서는 63.7%로 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 생존이 불가능한 지렁이의 대부분이 기존의 자료에서 볼 수 있는 단백질 중독 현상과 같은 증세를 보였으나 먹이의 강산성이 그 원인으로 제시한 고<sup>12)</sup>의 보고에 따르면 본 실험기간 동안 pH는 중성범위를 크게 벗어나지않아 다른 원인으로도 이와 같은 단백질 중독 현상이 발생할 수도 있음을 알 수 있었다.

비록 입식시료는 다르지만 Tsukamoto 등<sup>13)</sup>이 보고한 결과를 기준으로 했을 경우 20% 이상의 혼합비율에서 vermistabilization이 가능하였으며, 부숙시료의 굵이조건이 지렁이 먹이로서 부적합한 수준이었던 대조구에서 뿐만 아니라 10% 혼합구에서도 절반 가까이 탈출하거나 생존이 불가능한 것으로 나타나 지렁이 안정화 적용에 있어서 슬러지의 이화학적 특성과 함께 일정기간 이상의 생육실험 또한 필요함을 알 수 있다.

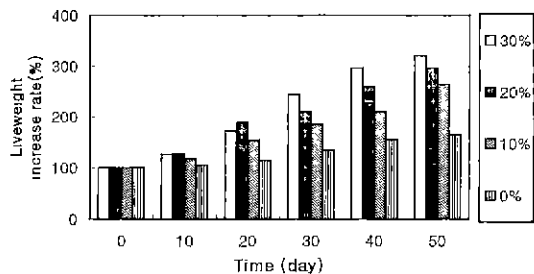
**3.2.2. 증체율**

일반적으로 증체율이란 한 개체의 체중이 증가하는 비율로서 정의 되지만 지렁이의 크기가 워낙 작고 수많은 개체가 집단을 형성하기 때문에 본 연구에서는 그 집단이 일정기간에 증가한 증체율로 평가하였으며, 생존을 실험과 병행하여 측정하였다.

Fig. 2에 보는 바와 같이 대조구의 경우 165%의 증가율



**Fig. 1.** Survival rate among 30 earthworms in the ripened sludge with the experimental time



**Fig. 2.** Liveweight increase rate of earthworms for the three sludge samples.

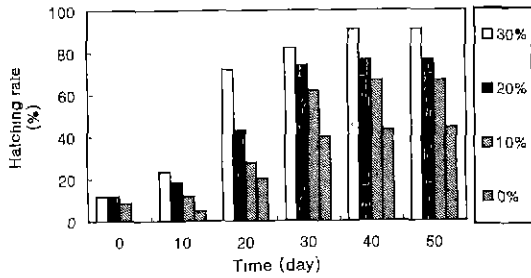


Fig. 3. Hatching rate for the 20 cocoons of earthworm in the ripened sludges according to the experimental time.

을 보였으나 적정 증체율로는 미흡하였으며 30%, 20%, 10% 혼합구의 경우 각각 321%, 297%, 265%를 보여 생존이 가능한 지렁이의 경우 일정 시간 후에는 왕성한 소화하는 것으로 판단된다.

전체적으로 15일 후부터 30일 정도까지는 왕성한 성장을 보였으며, 그 이후에는 증가율이 다소 둔화되는 경향을 보였다. 이는 Muyima 등<sup>14)</sup>이 함수율 75%에서 10~15일간의 적응기간후 성장이 가속화된다는 보고와 유사한 결과이며, 지렁이가 성체가 되면서 성장율이 떨어지는 것과 관련이 있는 것으로 사료된다.

3.2.3. 부화율

50일 부속시료에서의 지렁이 난포 부화율을 평가하기 위하여 사육상에서 채취한 지렁이알 20개씩을 작은 원형 플라스틱통에 넣은 후 같은 조건에서 부화율을 조사하였으며 그 결과는 Fig. 3에 도시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 50일 동안의 부화율은 대조구가 44%이고, 30%, 20%, 10% 혼합구에서 각각 91%, 76.7%, 66.7%로 나타나 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 혼

합처리구의 경우 10~20일 사이 부화속도가 가장 높았으며, 30일 정도에서 대부분 부화가 이루어졌다. 이는 피혁슬러지를 대상으로 한 결과<sup>8)</sup>보다 다소 빠른 것으로 대상시료에 따라 난포의 부화를 또한 영향을 받음을 알 수 있었다.

3.3. 부속시료 섭취량과 분변토 발생량

슬러지 처리물의 주요판단지표는 지렁이에 의한 섭취량, 분변토 발생량, 소화를 등으로 하였으며, 이들의 물질수지를 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 보는 바와 같이 50일 동안의 섭취량과 분변토 발생량은 슬러지의 혼합비율이 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 하수슬러지와 우분의 혼합구에서 지렁이 한 마리당 하루 섭취율은 30%, 20%, 10%에서 각각 0.18, 0.15, 0.09 g/c · d로 나타났으며, 배설율은 각각 0.142, 0.113, 0.062 g/c · d로 미국의 6개 vermistabilization 시설에서 보고<sup>15)</sup>한 0.12~0.27 g/g · d과 유사한 결과를 보였으나 대조구에서는 본 실험의 결과 0.064로 하수슬러지 단독으로는 지렁이 먹이로서 불충분하여 적정 전처리가 필요함을 알 수 있다.

또한 슬러지 혼합비율이 낮아질수록 섭취율과 배설율이 증가하고 섭취량에 비례하여 배설량도 증가하는 경향으로 이는 먹이의 상태가 양호한 것일수록 많은 양을 섭취하되 영양분 또한 많아 섭취량의 적은 비율을 소화해도 생육에는 충분하고 그렇지 않은 경우에는 영양분 또한 적으므로 섭취한 양의 많은 비율을 소화해야하기 때문에 적은 양만을 배설하는 것으로 판단된다.

한편 조<sup>16)</sup>의 경우 지렁이 1마리가 하루에 처리하는 슬러지 량과 분변토 발생량은 각각 0.086 g, 0.069 g으로 최<sup>15)</sup>는 각각 0.084 g, 0.059 g으로 보고하여 본 실험과 유사한 결과였으나 김<sup>17)</sup>의 경우는 각각 0.018~0.027 g과 0.014~0.02 g

Table 4. Mass balance of sludge feed to earthworm on the various of mixing ratios

Additive Material	Mixture ratio of A.M*	Ingestion sludge (g)	Casting (g)	Ingestion rate		Casting rate		Digestion rate (%)
				g/c · d	g/g · d	g/c · d	g/g · d	
Control	0%	40	25.2	0.05	0.064	0.05	0.04	37
Cow manure	30%	252	199.1	0.18	0.219	0.142	0.173	21
	20%	202.5	151.9	0.15	0.183	0.113	0.137	25
	10%	94.5	65.2	0.09	0.113	0.062	0.078	31

\* A.M : Additive Material

Ingestion sludge (g)=Feed sludge (g)-Remaining sludge (g)

Ingestion rate (g/c · d)=Ingestion sludge/Number of worms · days

Ingestion rate (g/g · d)=Ingestion sludge/Mass of worms · days

Casting production rate (g/c · d)=Casting/Number of worms · days

Casting production rate (g/g · d)=Casting/Mass of worms · days

Digestion rate (%)={(Ingestion sludge-Casting)/Ingestion sludge} × 100

으로 보고하여 큰 차이를 보였는데 이는 지렁이 종류, 먹이  
의 상태 및 실험조건 등이 다른 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

지렁이를 이용한 하수슬러지의 안정화시 타폐기물과의  
혼합 가능성을 알아보기 위해 가축폐기물중 우분의 혼합비  
율을 달리하여 부숙에 따른 이화학적 성상변화를 살펴보고  
이를 바탕으로 부숙시료에 대한 지렁이의 생존율, 증체율,  
부화율 그리고 슬러지 섭취량 및 배설량 등을 평가하여 다  
음과 같은 결론을 얻었다.

1. 우분을 혼합한 초기의 ORP와 알카리도는 모든 혼합  
구에서 각각 음(-)의 값과 1,000 ppm 이 상으로 직접  
지렁이 먹이로서 부적합하였으나 50일 부숙후에는 대  
조구를 제외한 모든 혼합 구에서 적정 수준에 도달하  
였다.
2. 부숙시료에 대한 지렁이 생존율은 30%, 20%, 10%에  
서 각각 88.3%, 83%, 66.7%였으나, 대조 구의 경우  
43.3%로 절반이상이 탈출하거나, 생존이 불가능한 것  
으로 나타났다.
3. 증체율은 대조구에서도 165%의 증가를 보였으나 적정  
증체율로는 미흡하였으며 30%, 20%, 10% 혼합구의  
경우 각각 321%, 297%, 265%를 보여 생존이 가능한  
지렁이의 경우 일정 시 간 후에는 왕성한 소화를 하는  
것으로 판단된다. 전체적으로 15일 후부터 30일 정도  
까지는 왕성한 성장을 보였으며, 그 이후에는 증가율  
이 다소 둔화되는 경향을 보였다.
4. 부화율의 경우 30%, 20%, 10% 혼합구에서 각각 91%,  
76.7%, 66.7% 혼합비율에 따라 뚜렷 한 차이를 보였  
으며, 10~20일 사이 부화속도가 가장 높았으며, 30일  
정도에서 대부분 부화가 이루어졌다.
- 5 50일 동안의 섭취량과 분변도 발생량은 하수슬러지의  
혼합비율이 높을수록 감소하는 경향이 있었으며, 지렁이  
한 마리당 하루 섭취량과 분변도 발생량은 20% 이상의  
우분혼합구에서 각각 0.15~0.18 g, 0.11~0.14 g으로 나  
타났다. 이상의 결과로부터 하수슬러지의 vermistabi-  
lization 처 리시 우분의 혼합비율은 20% 이상이 요구되  
며 슬러지의 병합처리 가능성을 인정할 수 있었다.

#### 후 기

본 연구는 1997년도 무량화학술연구지원비에 의해 수행  
되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 원양수, 이철희, 최성필 : 하수슬러지 성분 및 소자 특성에 관  
한 연구, 한국폐기물학회지, 14 (1), pp. 275-283 (1995).
2. 환경부 : 환경백서 (1997).
3. 환경관리연구소 : 환경산업총람 (1996).
4. Camp, Dresser. and Mckee, "Engineering assessment of  
vermicomposting of Municipal waste-water sludges. Pre-  
pared for the Municipal Environmental Research La-  
boratory," Office of Research and Development, Envi-  
ronmental Protection Agency, Cincinnati, OH, EPA 600/  
2-81-075 (1981).
5. Sabine, J.R. : "Earthworms as a source of food and drugs-  
In Earthworm ecology," Chapman and Hall, London, pp.  
285-296 (1983).
6. 岡田光正, 森 忠洋, 須藤隆一 : "マミズによる汚泥處理  
可能性に關する研究, - ミミズ個體群の 動態に關する  
simulationと 汚泥處理 ための最適條件の推定", 國立公害  
研究所研究報告, 第14號, pp. 233-246 (1980).
7. Fostage, O.T. and Babb, M.R. : "Biodegradation of an-  
imal waste by *Lumbricus terrestris*", J Dairy Sci, 55, pp.  
87-872 (1972).
8. 손희정, 송영채, 성낙창 : "피혁슬러지와 우분의 혼합비율  
에 따른 Vermistabilization에 관한 연구", 대한환경공학  
회지, 19(10), pp. 1319-1332 (1997).
9. 동화기술 : "폐기물공정시험법"(1995).
10. 농업기술연구소 : "토양화학분석법"(1988).
11. Loehr, R.C., Martein, J.H. and Neuhauser, E.F. : "Liquid  
sludge stabilization using vermistabilization," J.WPCF,  
57(7), pp. 817-826 (1985).
12. 고재경 : "지렁이를 이용한 환경문제의 농업적 해결"서원  
출판사 (1992).
13. Tsukamoto, J. and Watanabe, H. : "Influence of tem-  
perature on hatching and growth of *Eisenia foetida*," *Ped-  
biologia*, 17, pp. 338-342 (1977)
14. Muyima, N.Y.O., Reinecke, A.J. and Viljoen-Reinecke, S.A.  
: "Moisture Requirments of *DENDROBAENA VENETA*  
(*OLIGOCHAETA*), A Candidate for vermicomposting",  
*Soil Biol. Biochem.* 26(8), pp. 973-976 (1994).
15. 최훈근 : "유기성슬러지 처리에 있어서 지렁이를 이용한  
퇴비화의 슬러지 급이와 사육조건에 관한 연구", 서울시  
립대학교 박사학위논문 (1992).
16. 조경희 : "*Lumbricus rubellus*를 이용한 슬러지 처리 및 분  
변도의 비료성 안정성에 관한 연구", 이화여자대학교  
석사학위논문 (1992).
17. 김선일 : "지렁이를 이용한 슬러지 안정화", 건국대학교  
석사학위논문(1993).