

講 座

畜産廢棄物處理 및 資源化

Animal Waste Treatment and Utilization

孫 禎 翼

서울大學校 農業生命科學大學 農工學科

1. 序 論

農業廢棄物중 有機物이 상당부분인 畜産廢棄物(糞尿)는 河川의 수질악화, 湖沼의 부영양화 및 지하수오염 등의 자연환경오염의 주범중의 하나로 잘 알려져 있다. 그러나 畜産廢棄物은 그 처리방법에 따라서 環境汚染을 줄일 뿐만 아니라, 적정 공정을 통하여 堆肥化에 의한 資源化가 가능하다는 것은 이미 알려진 사실이다. 대체적으로 基礎的이며 共通的인 부분에 관한 축산폐기물 처리시설 및 공정체계는 이미 제품화가 되어 가동중에 있고, 단지 地域의 특성이나 다양한 규모의 制約條件下에서 실행가능한 中小規模 施設에 관해서는 일련의 실험들을 통하여 개발·적응해 나가고 있는 추세라 할 수 있겠다.

일반적으로 特定地域內에서 축산폐기물의 효율적인 관리를 위해서는, 기본적으로 효율적인 축산폐기물 처리시설 개발을 통하여 汚染負荷量을 감소시켜야 하고, 또한 GIS(Geographic Information System)등을 이용하여 축산폐기물에 의하여 直·間接的(点源 및 非点源)인 형태로 이루어지는 環境汚染量 豫測, 나아가서는 BMP(Best Management Practice)를 통한 지역 전체의 생산성 및 환경오염 등을 고려한 效率의 管理 등이 필요하다.

본문에서는 가장 局部的이며 基本的인 畜産廢棄物 處理方法 및 施設에 관하여 논하고, 또한 畜産廢棄物의 효율적인 利用次序에서 堆肥化를 통한 資源化에 관한 기본적 내용을 고찰하기로 한다.

2. 廢棄物의 基本概念

1) 環境汚染의 定義

가. 일반적 개념 : 인간의 활동에 수반하여 발생하는 유해물질 또는 에너지가 물, 공기, 토양 등을 매개로 하여 계속적인 상태로 일반 공중의 건강 또는 지역의 자연환경에 피해를 주는 것을 말한다.

나. 기타 : 사회·경제적, 환경기준, 환경구성성분의 변화 등의 측면으로 부터 정의된다.

2) 廢棄物의 定義 및 特性分類

가. 定義 : 廢棄物 管理法에서 '폐기물이란 쓰레기, 연소재, 汚泥, 폐유, 폐산, 폐알칼리, 동물의 사체 등으로 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 아니하게 된 물질을 말한다.'

나. 性質 및 形態 : 특성적으로는 가연성 및 불연성 폐기물, 형태적으로는 고형, 액상, 기상폐기물로 분류될 수 있다.

3) 廢棄物 관련 基本用語

가. BOD(Biological Oxygen Demand, 生物化學的 酸素要求量) : 유기물의 생화학적 산화에 소요되는 산소량으로 수질오염의 지표로 사용됨. 표준 BOD는 25°C, 5일간 소요되는 산소요구량

나. SS(Suspended Soild, 浮上物) : 폐수에 떠있으면서 여과에 의해 제거가능한 물질

다. VS(Volatile Solid, 有機固形分) : 폐수의 고형분중 600°C에서 소각할 때, 손실되는 고형분

라. Sludge(슬러지) : 淨水나 廢水처리시 水中의 부유물이 중력작용으로 침전지의 바닥에 침전

한 고형물(오니)

마. Composting(퇴비화) : 유기물 함량이 높은 폐기물을 일정 함수율에서, 미생물의 분해작용에 의한 유기물의 양의 감소 및 미생물의 대사작용에 따른 유기물질의 안정화 방식

4) 農村廢棄物의 構成內容

가. 生活廢棄物

(1) 物質回收 可能部分 : 폐지, 고철, 플라스틱 등...

(2) 堆肥化 可能部分 : 飲食物찌꺼기 등...

나. 農畜産廢棄物

(1) 農産廢棄物 : 볏짚, 왕겨, 콩대 등의 작물잔재 및 農資材폐기물 등...

(2) 畜産廢棄物 : 소, 돼지, 닭 등의 家畜糞尿

5) 一般廢棄物 管理體系

재생폐기물의 처리 및 회수효과를 높이기 위한 관리체계 확립, 기술재생개발(RDF, Pyrolysis, Composting)에 관한 연구가 필요하다. 일반적인 폐기물처리의 관리체계는 다음 그림과 같다.

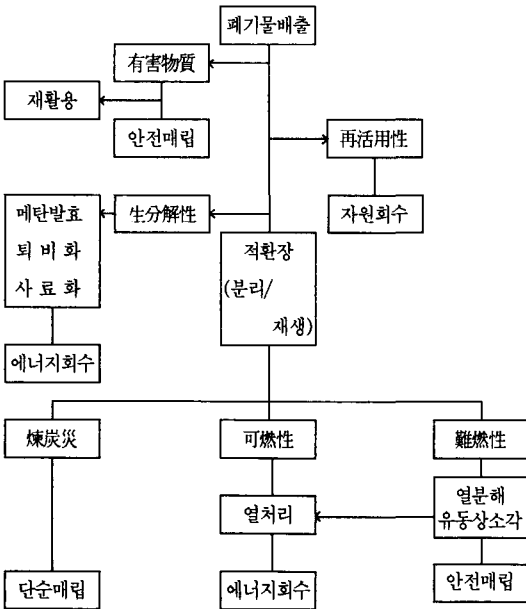


그림 1. 일반폐기물의 관리체계

3. 畜産廢棄物處理 概論

1) 畜産廢棄物處理 必要性

가. 問題點 : 畜産시설의 집단화, 대규모화, 고밀도화에 따른 다량의 축분뇨 발생

나. 對策 : 적정 공정에 의한 축산분뇨의 퇴비화 처리를 통한 재활용(資源化)

다. 效果 : 축분뇨로 인한 환경오염 감소(수질악화, 부영양화 및 지하수오염 방지)

퇴비사용에 의한 화학비료의 대체효과, 토양의 理化學的 特性을 개선효과(함수율, 보수성, 점성력, 통기성, 표면유연성)

2) 畜産廢棄物 處理 現況

가. 汚水·糞尿 및 畜産廢水의 處理에 關한 法律(1991년)

(1) 許可對象 : 돼지 및 소 사육시설은 각각, 면적 1,400㎡ 및 1,200㎡이상, 단 수질보전특별대책지역 및 상수보호구역에서는 각각, 면적 700㎡ 및 600㎡이상으로 한다.

(2) 申告對象 : 돼지, 소 및 닭 사육시설은 각각, 면적 250㎡이상~1,400㎡미만, 350㎡이상~1200㎡미만 및 500㎡이상으로 한다.

나. 國內의 處理現況

(1) 1日發生 畜種別 汚染物質量(BOD基準) : 畜牛는 오염물질 발생량의 약 33%, 養豚은 28%가 未處理→하루 약 644톤이 무처리상태로 湖沼나 하천에 유입

(2) 畜産施設規模의 零細性 : 全畜牛農家の 약 95%, 全養豚農家の 약 48%가 法律規制對象 규모 以下→무단방출에 의한 환경오염 가속

다. 地域別 總BOD 방출량

일반적으로 수계별(流域別) 구분에 의한 BOD 방출량의 표현이 적합하나, 편의상 도별 BOD 방출량을 인용하였다.(표1)

3) 畜産廢棄物 公害의 內容 및 構成

가. 축산폐기물 공해의 내용 :

배출분뇨에 의한 오탁, 惡臭 발생(닭의 경우), 其他 병원균 및 해충 발생 등

나. 畜産廢棄物의 構成

(1) 家畜의 排泄物물 기준(표2)

(2) 家畜의 BOD 排出量 : 일반적으로 BOD의 95%는 糞 성분, 5%는 尿 성분이 차지하지만, 尿는 처리용량이 크고 액체이므로 처리하는데 어려움이 많다(표3).

(3) 家畜糞尿의 비료성분 함유율(표4)

講座：畜産廢棄物處理 및 資源化

표1. 지역별 총 BOD 방출량

| | 乳牛, 肉牛 | 豚 | 鷄 | 總 計 | 比率 (%) |
|---------|---------|---------|-------|---------|--------|
| 京 畿 道 | 329.5 | 239.1 | 151.2 | 712.6 | 28.0 |
| 江 原 道 | 83.4 | 39.2 | 17.0 | 139.6 | 5.5 |
| 忠 清 北 道 | 67.9 | 41.0 | 18.2 | 127.1 | 5.0 |
| 忠 清 南 道 | 110.5 | 184.6 | 55.2 | 350.3 | 13.8 |
| 全 羅 北 道 | 82.0 | 76.9 | 45.8 | 204.7 | 8.1 |
| 全 羅 南 道 | 148.8 | 82.6 | 22.9 | 254.3 | 10.0 |
| 慶 尙 北 道 | 190.9 | 125.7 | 72.9 | 389.5 | 15.3 |
| 慶 尙 南 道 | 149.3 | 118.5 | 42.0 | 309.8 | 12.2 |
| 濟 州 島 | 21.1 | 26.4 | 5.0 | 52.5 | 2.1 |
| 總 計 | 1,085.8 | 1,024.4 | 430.2 | 2,540.4 | 100.0 |

(單位：ton/day)

표2. 가축분뇨배설량 기준

| 家 畜 | 排泄物 | 排泄量(kg) | BOD濃度(ppm) | BOD排泄量(g) | BOD合計量(g) | 對人比 |
|-----|-----|---------|------------|-----------|-----------|------|
| 乳牛 | 糞 | 25 | 24,500 | 614 | 638 | 43배 |
| | 尿 | 6 | 4,000 | 24 | | |
| 肉牛 | 糞 | 15 | 24,500 | 368 | 384 | 26배 |
| | 尿 | 4 | 4,000 | 16 | | |
| 豚 | 糞 | 3 | 63,000 | 189 | 204 | 13배 |
| | 尿 | 3 | 5,000 | 15 | | |
| 鷄 | 糞尿 | 0.16 | 65,000 | 11 | 11 | 0.7배 |
| 人 | 糞尿 | 1.2 | 12,500 | 15 | 15 | 1 |

표3. 가축분뇨당 BOD 배설량(1日1頭當)

| 家 畜 | 處 理 物 | 水 分 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|-------|-------|------|------|-------------------------------|------------------|------|------|
| 鷄 | 生 | 65.4 | 1.66 | 2.92 | 1.79 | 5.60 | 0.87 |
| | 醱 酵 | 61.5 | 1.40 | 2.58 | 1.15 | 2.55 | 0.24 |
| | 乾 燥 | 12.5 | 3.78 | 4.59 | 2.03 | 8.30 | 1.29 |
| 豚 | 生 | 76.6 | 0.63 | 0.92 | 0.28 | 0.85 | 0.26 |
| | 醱 酵 | 41.6 | 1.64 | 2.83 | 1.05 | — | — |
| 牛(糞) | 生 | 81.9 | 0.43 | 0.38 | 0.29 | 0.45 | 0.18 |
| | 醱 酵 | 72.8 | 0.67 | 0.60 | 0.85 | 0.63 | 0.23 |
| | 乾 燥 | 31.2 | 1.11 | 1.72 | 1.23 | — | — |
| 牛(尿) | 生 | — | 0.47 | 0.14 | 1.32 | — | — |
| 牛(糞尿) | 生 | 90.0 | 0.36 | 0.19 | 0.44 | 0.23 | 0.12 |

4) 畜産廢棄物 處理方法 및 原理

가. 處理시스템의 條件

처리시 오염물질의 적은 확산공간, 집약적 시스템에 의한 높은 처리효율, 제약조건을 고려한 경제적 시스템 운영, 주변환경에 영향을 주지 않는 밀폐성 등이 필요하다.

나. 處理시스템의 規模

(1) 個別處理施設：처리공정이 비교적 간단하며 초기설치비가 작으며 유지비가 적게 든다. 그러나 오염물제거에 비효율적이며 非点汚染源이 되는 중소규모 및 비규제대상 농가의 재정적 문제

때문에 운영에 부담이 된다.

(2) 共同處理施設：고효율처리 공법이 가능하며 부영양화 요인인 영양물질의 제거를 위한 추가시설설치가 가능하다. 그러나 각 농가로 부더의 축산분뇨의 운반, 시설설치비 및 유지관리 등에 관련된 문제점이 있다.

다. 畜産糞尿의 處理方法의 分類

기본적으로 분뇨를 분리 및 혼합처리하는 방식으로 구분이 가능하다. 닭을 제외한 대부분의 가축은 분리처리를 실시한다.

표3. 가축분뇨 비료성분 함유율(%)

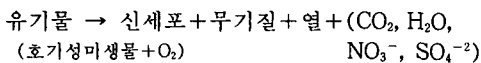
| 區 分 | 體重(kg) | 1 日 1 頭 當 | | | 1 年 1 頭 當 | | |
|--------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------|-------|------------|
| | | 糞量(kg) | 尿量(kg) | 合計(kg) | 糞量(t) | 尿量(t) | 合計(t) |
| 搾乳牛 | 500-600 (550) | 30-50 (40.0) | 15-25 (20.0) | 45-75 (60.0) | 14.6 | 7.3 | 21.9 |
| 成 牛 | 400-600 (500) | 20-35 (27.5) | 10-17 (13.5) | 30-52 (41.0) | 10.6 | 4.9 | 15.5 |
| 育成牛 | 200-300 (150) | 10-20 (15.0) | 5-10 (7.5) | 15-30 (22.5) | 5.5 | 2.7 | 8.2 |
| 子 牛 | 100-200 (150) | 3- 7 (5.0) | 2- 5 (3.5) | 5-12 (8.5) | 1.8 | 1.3 | 3.1 |
| 肉 豚 (大) | 90 | 2.3-3.2 (2.7) | 3.0-7.0 (5.0) | 5.3-10.2 (7.7) | 1.0 | 1.8 | 2.3 |
| 肉 豚 (中) | 60 | 1.9-2.7 (2.3) | 2.0-5.0 (3.5) | 3.9-7.7 (5.8) | 0.8 | 1.3 | 2.1 |
| 肉 豚 (小) | 30 | 1.1-1.6 (1.3) | 1.0-3.0 (2.0) | 2.1-4.6 (3.3) | 0.5 | 0.7 | 1.2 |
| 繁殖豚 (雌) | 160-300 (230) | 2.1-2.8 (2.4) | 4.0-7.0 (5.5) | 6.1-9.8 (7.9) | 0.9 | 2.0 | 2.9 |
| 繁殖豚 (雄) | 200-300 (250) | 2.0-3.0 (2.5) | 4.0-7.0 (5.5) | 6.0-10.0 (8.0) | 0.9 | 2.0 | 2.9 |
| 繁殖豚 (授乳期) | - | 2.5-4.2 (3.3) | 4.0-7.0 (5.5) | 6.5-11.2 (8.8) | 1.2 | 2.0 | 3.2 |
| 産卵鷄 | 1.4-1.8 (1.6) | 0.14-0.16 (0.15) | | 0.14-0.16 (0.15) | 55 (kg) | | 55 (kg) |
| 肉 鷄 | 0.04-2.8 (1.4) | (0.13) | | (0.13) | 10週飼까지 9.0kg | | |

() : 平均的 數值

라. 處理原理

(1) 好氣性 分解(aerobic digestion)

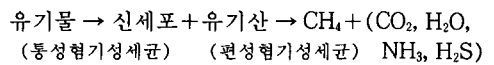
호기성 미생물의 대사작용에 의하여 유기물을 산화분해시키는 방식으로 산화처리법이 있고, 2차 처리방식으로 활성오니법, 살수여상법등이 있다. 유기물은 호기성 대사에 의하여 미생물의 세포질(오니) (약60%)과 에너지원(약40%)으로 전환된다. 이때, 호기성분해의 제한인자로는 O₂, 온도, pH, 반응저해물질, 미생물群 등이다.



(2) 嫌氣性 分解(anaerobic digestion)

혐기성 미생물에 의한 유기물 분해과정으로 acid 생성균인 통성혐기성세균에 의한 분해과정 및 메탄균과 같은 편성 혐기성세균에 의한 분해과정으로 이루어진다. 일반적으로 유기물 농도가 높을수록 유리하고 악취가 발생한다. 이때, 혐기성분해의

제한인자로는 pH, 온도, 유기산농도, 반응저해물질 등이다.



4. 畜産廢棄物處理 및 資源化 方法

1) 肥料化 方法

가축의 분뇨는 다량의 N, P K를 포함하고 있기 때문에 직접적으로 이용할 수 있으면 이상적이고, 또한 15~30% 정도으 다량의 유기물이 포함되어 있기 때문에, 토양의 이화학적 및 생물학적 상태를 이상적으로 유지할 수 있는 기능이 있다.

가. 堆肥化 : 축분뇨를 유기질 퇴비화하여 토양에 환원하는 방식. 토양의 물리성 향상 및 화학비료의 대체효과. 生糞에서 악취 및 유해성분의 제거 및 취급이 용이한 형태로 만들어 토지에 공

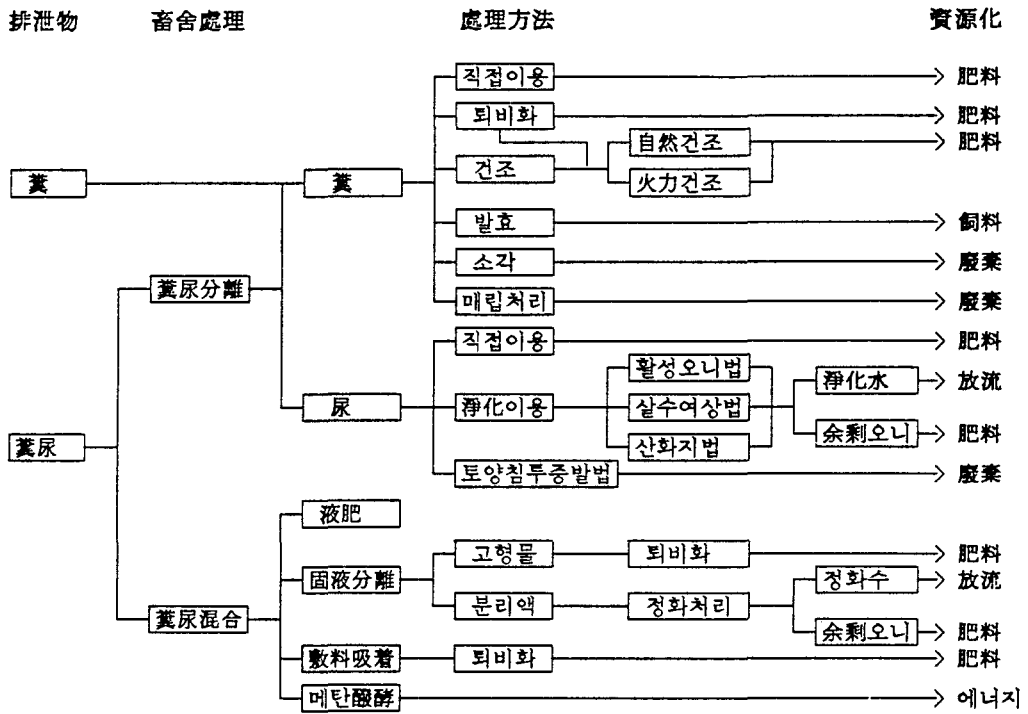


그림 2. 축산분뇨의 처리방법

급·환언 처리할 수 있다.

(1) 乾燥處理法：건조에 의하여 수분함유율을 30%이하(가능하면 15%이하)로 하여 미생물이 번식하기 어려운 상태로 안정화하는 동시에 분뇨의 악취를 제거, 수분함량과 糞의 특성은 그림3과 같다.

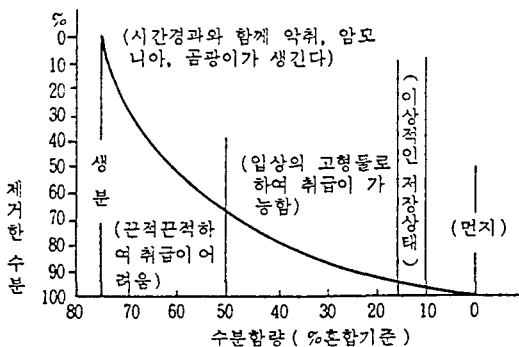


그림 3. 수분함량과 糞의 특성과의 관계

가) 火力乾燥처리：중유등의 연료를 사용한 고온 단시간 건조(주로 鷄糞에 사용)하는 방법, 糞표면에 직접 불꽃을 사용하는 直接的 방법과 순환온풍등으로 서서히 가열하는 間接的 방법이 있다.

나) 自然乾燥처리：태양열을 이용하여 건조하는 방식. 연질이나 경질필름을 이용한 하우스내에서 자동교반 및 통풍에 의하여 건조시킨다. 시설비는 낮은 반면, 여름은 건조하기 쉽고 겨울은 어렵기 때문에 시설면적이 커지고, 또한 비료의 이용가치의 안정등이 문제가 된다. 일반적으로 따뜻한 지역(또는 태양열+순환온풍)에서는 축분발효를 병용한 처리방법이 적당하다.

(2) 醱酵處處理法：단순 건조방법에 의한 안정화 기술은 비교적 간단하고 시설비도 낮은 반면, 시설면적 및 주위환경(온도)의 문제가 있다는 것은 이미 언급한 바와 같다. 발효처리는 호기성 및 혐기성으로 구분되고, 기본조건으로는 산소, 수분, C/N비, 온도, pH등이 적정범위에 있어야 한다.

가) 處理原理

-好氣性처리: 고온발효로 부숙시간도 짧고, 위생적이며 안정된 퇴비생산이 가능. 충분한 산소공급, 적정함수량(60~70%) 및 C/N비(30이상)의 조건이 필요. C/N비를 높이기 위한 혼합물질(예, 톱밥)첨가 및急速발효처리를 위한 기계교반등이 필요

-嫌氣性처리: 산소에 의한 화학반응이 수반되지 않는 방법으로, 38~55°C의 저온반응이기 때문에 병원균의 사멸이 곤란하고 악취발생이 심하다.

나) 기본조건

유기물분해에 관여하는 미생물의 증식환경을 위하여 적정범위의 산소, 수분, 온도, pH등이 필요하고, 또한 미생물 증식 및 활동의 에너지원인 탄소(C) 및 세포형성을 위한 질소(N)(C/N비)가 필요하다. 상세한 내용은 下記의 발효처리법에 의한 퇴비화 과정에 관련된 각종 변수 부분을 참조할 것.

(3) 醱酵乾燥處理法: 上記의 자연건조(+ 화력건조)+ 발효처리를 병용하는 방법

나. 液肥化: 糞尿를 분리하지 않고 함께 처리하는 방법으로 일반적으로 嫌氣性 발효때문에 악취가 강하고 有害物質이 존재하며 운반·취급이 곤란하기 때문에 自家利用은 곤란하다. 또한, 初期 시설비와 운영비가 저렴하지만 처리효율이 낮음

(1) 貯水槽 收集式: 糞尿床에 떨어진 분뇨를 도구(scraper)로 수집하는 방식

(2) 自然流下式: 傾斜진 糞尿홈에 落下된 분뇨를 自然流下시키면서 발효시켜서 저수조에 수집하는 방법

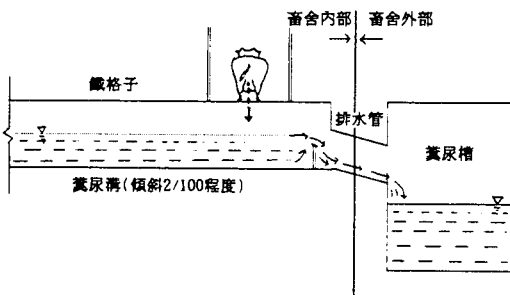


그림 4. 自然流下式 畜舍

다. 其他 肥料化 新技術

(1) 톱밥醱酵法: 주로 폐지분뇨의 처리를 위하여 개발된 방법으로 특별한 반응조가 불필요한 비반응조 발효법. 돈사내에 호기성 발효균주와 톱밥을 넣은 발효상에서 돼지를 사육하면서 분뇨를 동시에 발효 분해하는 방법으로 특별한 처리시설이 필요없고 비용이 저렴하다.

(2) Lime安定化法: Lime을 이용하여 유기성폐기물을 안정화하여 토양환원에 적합한 물질을 생성하는 반응조 발효법, 固液분리후, 회전교반기를 이용하여 고형분과 산화칼슘의 혼합반응을 촉진시키고 건조과정을 거쳐 퇴비화를 한다. 액상분은 액비화 또는 정수처리를 한다.

라. 尿(汚水)處理 方法

(1) 生物學的 處理方法

가) 활성오니법: 공기를 공급하여 활성오니(미생물 덩어리)를 증식시켜 유기물의 오염물을 흡착하거나 분해시키는 방법으로 비교적 대규모 처리시설에 사용.

나) 산화구법: 깊이 1m정도의 도랑을 형성하여 포기장치(rotor)에 의하여 폐수를 순환시키면서 처리하는 방법. 연속식은 대규모시설. 회분식은 소규모 시설에 적합하다.

다) 살수여상법: 살수여재 표면에 부착된 미생물막(호기성 미생물에 의해 이루어지는 생물막)에 의하여 폐수중의 유기물이 산화 분해되는 방법으로, 비교적 구조도 간단하고 유지관리에 용이하며 소규모처리시설에 사용.

라) 라군法(lagoon): 라군이란 넓고 얇은 연못으로 배수를 넣고 자연에 가까운 흠제방으로 둘러쌓인 단순한 큰 웅덩이 상태로 가장 간단한 분뇨처리수단으로 사용. 혐기성, 임의성, 호기성으로 구분되며 임의성의 경우 상부는 호기성, 하부는 혐기성 반응이 이루어진다. 이때 완전 호기성 반응이 일어나도록 설계된 경우를 “酸化池法”이라고 한다.

(2) 其他方法:

가) 매립처분법: 악취가 심하고 BOD농도가 매우 높은 축분뇨를 매립할 수 있는 농지를 확보 및 지하수 오염발생 문제.

나) 토양침투법: 토양중의 미생물을 이용하여 오수를 처리하는 방법으로 지하수의 오염염

려가 적은 조건에서 사용가능. 토양 침투법과 토양 침투증발법으로 구분된다.

2) 飼料化 方法

가. 飼料源：牛糞 및 豚糞은 효율이 낮기 때문에 사용하지 않고, 일반적으로 鷄糞이 사용된다. 계분중에는 약 12%의 단백질이 포함되어 있기 때문에 처리후 곡물사료에 10~20% 혼합하여 사료로 사용가능하다.

나. 處理方法

(1) 乾燥鷄糞：열풍건조에 의하여 조제됨

(2) 醱酵鷄糞：밀폐 사이로(silo)에서 곡물 사료를 첨가하면서 제조

다. 注意事項：계분중의 병원균, 항생물질, 약제 등의 유해물질에 대하여 위생적일 것

표5. 乾燥養鷄糞의 성분조성

| | |
|---------------|--------|
| 乾 物 重 | 91.49% |
| 乾 物 組 成 | |
| 組 蛋 白 質 | 33.56% |
| 純 蛋 白 質 | 12.06% |
| 可 消 化 蛋 白 質 | 24.16% |
| 組 織 維 | 10.66% |
| 組 脂 肪 | 1.83% |
| 可 溶 性 無 窒 素 源 | 23.19% |

3) 에너지化 方法

가. 原理：高度의 嫌氣性 條件에서 2단계의 반응과정(可溶化 및 酸醱酵 過程)을 거쳐서 축산 분뇨중의 유기물을 발효시켜 메탄가스를 발생시킴. 기본적 원리는 嫌氣性 처리방법에 준한다.

나. 條件：pH 7.0~7.5, 고도의 밀폐조건, 온도 30~40°C의 중온발효 및 50~55°C의 고온발효의 2가지 방법이 있으나 일반적으로 중온발효(95% 보급)가 신뢰성이 높다.

다. 최근의 메탄가스 발생장치

(1) 濃縮法：기계를 기계탈수하여 난분해성 고형물은 비료로 이용하고, 탈즙액을 이용하여 메탄가스를 채취하는 방법으로, 메탄가스 발생량 보다는 주로 분뇨처리의 용이성에 중점을 두는 방법

(2) 2段酸化法：前처리 공정에 알칼리를

첨가하여 가열한 후, 액화, 가스화, 발효등 2공정으로 분리하는 방법. 전처리 일수는 종래방법의 50% 단축가능하며 메탄발생량도 30%증대 가능하다고 보고되고 있다.

(3) 簡易醱酵法：분뇨처리 이용을 중심으로 개발된 것이 아니고, 축사에서 배출된 가축분뇨의 일부를 메탄가스화하여 축산농가의 일반주방 용에 사용하기 위한 소규모 간이장치

라. 注意事項：高價의 시설설비, 겨울철 기온 저하에 따른 가스생성 감소우려

5. 醱酵處理法에 의한 堆肥化에 관련된 各種 變數

1) 含水率(water content)：유기물의 호기성 분해속도와 밀접한 관계

가. 適正水分範圍：低水分狀態에서는 수분중의 영양분과 산소를 미생물이 이용할 수 없고, 高水分狀態에서는 호기성 미생물의 공기노출이 방해되어 혐기성상태로 되어 퇴비화효율을 저하시킨다. 일반적 60~70% 적정

나. 含水率調整：함수율이 낮은 유기성 폐기물(예, 톱밥, 왕겨, 볏짚 등...)을 혼합재료(bulking agent)로 이용

2) 曝氣率(aeration rate)：호기성 및 혐기성 분해과정 결정

가. 機能：유기물질의 호기성 분해시 소요되는 산소(공기)의 공급

나. 條件：일반적으로 호기성 퇴비화에서는 5~15% 수준이 적당하고, 0.5%이하에서 혐기성상태로 변화한다. 과도한 공급은 열손실을 수반하여 온도하강을 초래한다. 대체적으로 200~1200 l/m²/min이 적정수준으로 보고되고 있다.

3) 溫度(temperature)：부숙정도의 중요한 지표.

가. 機能：부숙속도가 부숙물의 온도환경에 크게 의존한다. 특히, 유기폐기물의 생화학적 안정, 병원균의 제거, 악취억제등을 위해서는 발열상태는 필수적이다.

나. 條件：40~60°C에서 퇴비화 완결단계이다.

4) C/N비(Carbon/Nitrogen)：온도와 함께 부숙정도를 나타내는 대표적인 변수.

가. 內容: 유기물의 분해과정에 관여하는 미생물의 증식을 위해서 탄소원(C)를 에너지로 이용하며 세포형성에는 질소원(N)이 필요하다. C/N비는 미생물증식에 영향을 주어 반응속도 등을 결정한다. 유기물이 분해되는 과정중에는 일반적으로 C/N비는 감소함.

나. 條件: 50이하 20~35가 적당(C/N비가 크면 장시간 걸림)

5) 色, 냄새: 부숙이 진행되면 惡臭源인 각종 병원균의 사멸과 함께 악취가 감소하고, 색은 암갈색으로 변화된다.

6) pH: 6~8로 큰 변동은 없으나 일반적으로 pH 7~8이 최적조건

7) 微生物의 密度:

가. 內容: 반응이 진행됨에 따라 초기 분해미생물은 중온성 박테리아에서 1주일 경과되면 친(고)온성 박테리아 및 친온성 곰팡이류 등이 출현한다. 70℃이상이 되면 포자형성박테리아가 현저히 나타난다. 분해가 서서히 진행됨에 따라서 중온성박테리아와 곰팡이류가 재출현하게 된다. 온도와 미생물과의 발육관계는 그림5와 같다.

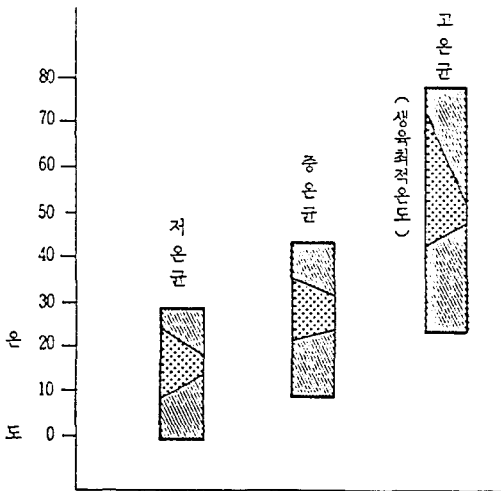


그림5. 온도와 미생물과의 발육관계

나. 微生物의 種類: 中溫性 미생물(mesophilic microorganism): 20~45℃

親(高)溫性 미생물(thermophilic microorganism):

45~60℃

다. 條件: 일반적으로 55℃정도에서 분해속도 최대

8) 기타: 物理的 崩壞度, CEC, cellulose, lignin, ...

6. 醱酵處理에 의한 堆肥化 施設

1) 醱酵處理施設의 種類

가. 家畜糞尿 處理施設의 特徵과 利用

분뇨의 발효처리는 옛날부터 시행되어 온 퇴비제조 방법이다. 최근 가축사육수가 증가에 분뇨의 배설량이 증가함에 따라 소규모 시설면적으로 생력적으로 처리하기 위한 각종 방법이 시행되고 있다. 주요방법에 관한 내용은 표6과 같다.

나. 攪拌, 送風 醱酵施設

퇴비화 과정에서 발효조에 전용 교반기 및 송풍기(일부 없음)를 설치 시스템으로 초기시설비는 비싸나, 대량으로 처리 가능하며 효율이 높고 모든 축중에 사용 가능하다.

(1) 開放型 醱酵槽:

발효조 상부는 개방되어 있고 측면은 콘크리트, 시멘트, 벽돌 등으로 되어 있다. 교반기는 스쿠르식 및 로타리식을 사용한다. 일반적으로 단열식(1번처리), 복열식(왕복처리), 회행식(순환처리) 구조 등이 있다. 複列式 개방형 발효조는 그림6과 같다.

(2) 閉鎖型 醱酵槽

개방형보다 시설면적이 작고 퇴비화가 효율적이지만 시설비가 높기 때문에 일반적으로 양계농가에서 사용한다. 형태에 따라 수직형 발효조 및 수평형 회전 발효조가 있다.

가) 垂直型 醱酵槽: 원통형 발효조에 상하 2단(상단이 하단보다 큼)으로 분리되어 있다. 시설의 중심축에서 온풍이 공급되고, 하단은 히터가 설치되어 60℃전후의 온도를 유지하여 발효를 촉진시키게 설계되어 있다. 증발에 의하여 생성된 수분과 발효시 생성된 악취는 상단에 모아진후 송풍기에 흡입된 후, 토양이나 톱밥탈취 장소를 통과하는 과정에서 완전히 제거된다. 소요용적은 20~30%의 여유가 있어야 한다. 상단의 수분함량은 55%정도로 유지한다.

나) 垂平型 回轉 醱酵槽: 단열재로 피보한

표6. 분뇨처리 시설의 특징과 이용상황

| 처리 구분 | 처리 시설 명 | 시설의 특징 | | | | | | 경영별 이용상황 | | | | 비고 |
|--------|-----------|--------|-------------|----------|-------|--------|-----|----------|----|----|----|--------|
| | | 태양열 이용 | 수분조절재 첨가필요성 | 악취처리 난이도 | 처리 노력 | 시설필요면적 | 시설비 | 낙농 | 비육 | 양돈 | 양계 | |
| 건조처리시설 | 자연건조시설 | 유 | 무 | 어려움 | 중 | 대 | 소 | △ | △ | ○ | ○ | |
| | 화력건조시설 | 무 | 무 | 쉬움 | 소 | 소 | 대 | × | × | △ | ◎ | 탈취기능포함 |
| 발효처리시설 | 간이퇴비사 (유) | (유) | 유 | 어려움 | 다 | 대 | 소 | ◎ | ◎ | ○ | △ | |
| | 상자형발효시설 | 유 | 유 | (쉬움) | 다 | 중 | 중 | △ | ○ | ○ | △ | 일부송풍기능 |
| | 교반송풍발효조 | 유 | 무 | (쉬움) | 중 | 중 | 대 | ○ | ○ | ◎ | △ | 저비용이있음 |
| | 수직형발효조 | 무 | 무 | 쉬움 | 소 | 소 | 대 | × | × | △ | ◎ | |
| 액상처리시설 | 수평형발효조 | 무 | 무 | 쉬움 | 소 | 소 | 대 | × | × | △ | ○ | |
| | 액상처리시설 | 무 | 무 | (어려움) | 중 | 소 | 대 | ◎ | × | △ | × | |

주 : 1) (유)는 이용이 바람직
 2) (무)는 사용이 바람직하지 않음
 3) (쉬움)은 처리하기 쉬움

4) × ... 거의 이용되지 않음
 △ ... 일부 이용된다
 ○ ... 많이 이용된다
 ◎ ... 매우 많이 이용된다

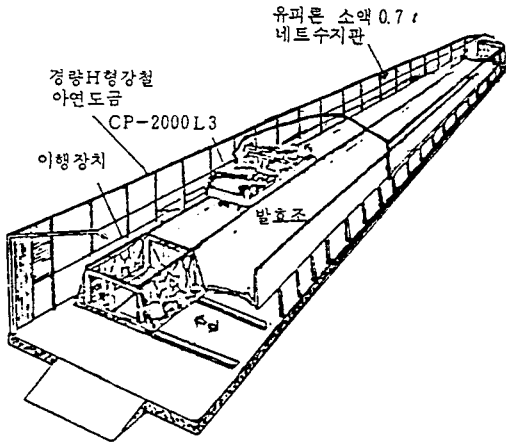


그림 6. 복열식 개방형 발효조

철제 원통형 발효조를 회전시킨다. 발효조 내부벽에 날개를 설치하여 투입된 분뇨를 회전에 따라 전체가 교반되는 구조로 되어 있다. 회전과 함께 투입된 분뇨는 3일후에 출구로 이동하도록 설계되어 있다. 또한 발효를 촉진시키기 위하여 송풍(가온)기능을 가지고 있다. 1차 투입시 수분함량을 65%로 조절해야 하고, 내부용적을 40%정도로

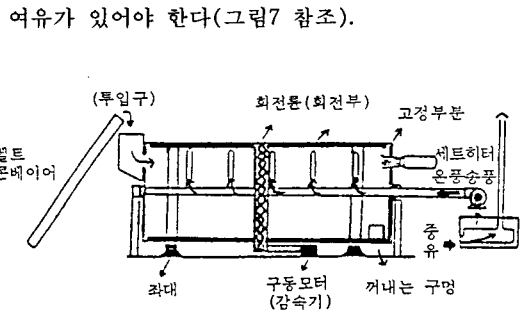


그림 7. 수평형 회전발효조

여유가 있어야 한다(그림7 참조).

다. 簡易堆積 醱酵施設

퇴비에 혼합재료를 첨가하면서 퇴비더미를 늘여 놓고 정기적으로 뒤집거나, 간이발효조를 사용한다. 초기 비용은 적게드나, 부숙효율이 낮아 장기간의 부숙기간이 필요하다.

(1) 堆肥舍 : 분뇨와 깔짚, 톱밥 등 기타 재료가 혼합된 혼합물을 장기간 퇴적하여 뒤집어 주는 작업으로 발효, 부숙시켜 퇴비화하는 시설로서 고전적인 방법

(2) 簡易醱酵槽 : 비닐하우스등의 간이시설에 소형 간이발효조를 만들고 인력이나 스크류 콘

베어를 사용하여 수분조절이나 수분조절재를 투입한다. 퇴비사 보다는 외부의 영향을 받지 않는다. 공기(산소)투입을 촉진시키기 위한 구조를 포함하고 있다.

2) 堆肥化 시스템의 體系度

가. 基本的 原理

堆肥化 과정을 나타내는 개념도는 그림8과 같다. 수집된 가축분뇨는 적정수분을 유지하기 위하여 혼합재료등을 사용할 수분조정을 실시한다. 이후 醱酵槽에서 호기성분해에 의한 퇴비화 처리를 실시하고 스크린을 거친후 제품화에 도달한다.

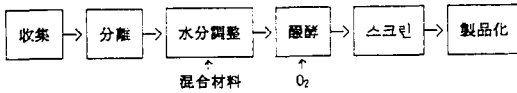


그림8. 퇴비화시스템의 기본 원리

나. 工程體系圖

공정체계는 크게 前處理 過程과 堆肥化 過程으로 구분된다. 전처리 과정에서는 주로 건조등을 수반한 함수율 조절을 실시한다. 함수율 조절이 끝나면 산소공급에 의한 호기성 처리과정이 진행된다. 이때, 기계적 교반방법을 실시하여 신속한 발효반응이 가능하고, 열, 수분 및 가스 등이 방출된다. 堆肥化 施設을 통과후에도 퇴비화 기준에 도달하지 못하였을 경우는 재순환시키면서 혼합재료(bulking agent)을 추가하면서 부숙을 진행시킨다. 공정체계의 개념도는 그림9와 같다.

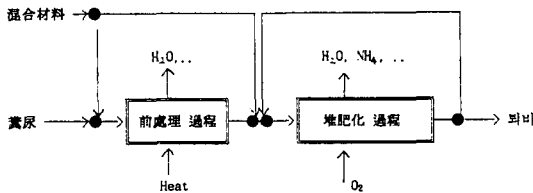


그림 9. 퇴비화시스템의 기본 공정개념도

7. BMP(Best Management Practice)를 통한 畜産廢棄物管理

1) 汚染負荷量 減少次元

가장 기본적인 방법으로서, 지역상황에 적합한 효율적인 축산폐기물 처리시설 개발을 통하여 하천 및 지하수로 방출되는 畜産糞尿(주로 尿)를 통하여 주변지역에 대한 汚染負荷量의 감소를 고려하는 적절한 관리가 필요하다.

2) 肥料形態의 利用次元

對象地域의 작물별의 양분흡수특성, 재배토양특성 및 施肥시기 등을 고려하여, 적정 비료성분의 구성, 적절한 施肥방법을 통하여 토양의 이화학적 특성 개량, 작물의 생산상 증대를 위한 적절한 관리가 필요하다.

3) 地域計劃的 次元

GIS(Geographic Information System)등을 이용하여 축산폐기물에 의하여 非点汚染源(Non Point Source Pollution)인 형태로 이루어지는 환경오염량 예측을 통한 대상지역의 환경오염량 감소 및 작물의 생산성 증대를 위한 종합적 관리가 필요하다.

8. 結 論

일반적으로 農村廢棄物은 生活廢棄物과 農畜産廢棄物로 간단히 분류할 수 있다. 이들의 폐기물은 자연환경을 오염시키기 이전에 상당부분 再活用 형태로 자원화가 가능하다. 이들 중에서 多角的인 차원에서 재활용이 가다로운 부분은 農畜産廢棄物中 축산폐기물(糞尿)를 열거할 수 있다. 특히, 축산폐기물은 有機物이 상당부분이기 때문에 유역내에서의 수질환경오염의 중요한 오염원으로도 알려져 있다.

그러나 畜産廢棄物은 적절한 처리공정을 거쳐서 환경오염 감소는 물론, 堆肥化에 의한 비료로서의 이용이 가능하다는 것은 이미 언급한 바와 같다. 地域的 특성에 맞는 농산폐기물과 축산폐기물의 상호간 적절히 사용함으로써 環境汚染의 減少, 資源化에 따른 경제성 증대 및 작물의 생산성 향상 등이 실현된다면 최적의 결과라고 할 수 있겠다. 특정지역내에서 축산폐기물의 보다 효율적인 관리를 위해서는, 효율적인 畜産廢棄物 處理施設 開發은 물론, BMP를 통한 대상지역 전체에 대한 효율적 관리 등이 요청된다.

參 考 文 獻

1. 國立環境研究院. 1988. 畜產廢棄物의 適正管理.
2. 農村經濟研究院. 1990. 家畜糞尿 및 畜產廢水處理對策에 관한 研究. 報告書 C 90-10.
3. 尹晝燮. 1992. 廢棄物處理技術. 同和技術.
4. 崔弘林, 金鉉台, 鄭永倫. 1993. 專業養畜農家の糞尿處理시스템 開發을 위한 模型實驗. 韓國生物生產施設環境學會誌 2:16-26.
5. 崔弘林, 金鉉台, 鄭永倫. 1993. 畜糞尿處理를 위한 Bin형 腐熟槽-Sundry 시스템의 堆肥化 效率評價. 韓國農工學會誌 35:92-103.
6. 畜產業協同組合中央會. 1991. 家畜排泄物 處理利用 技術. 畜產業協同組合中央會.
7. 韓國科學技術研究院. 1990. 全國 畜產糞尿 適正 管理對策研究. 韓國環境科學研究協議會.
8. 洪志亨. 1990. 農村廢棄物 處理 現狀과 再資源化 課題. 韓國農工學會誌 32:19-23.
9. 洪志亨. 1992. 施設農業을 위한 未利用 에너지

資源의 活用. 韓國生物生產施設環境學會誌 1: 84-92.

10. 水門豐 外 10人. 1985. 新畜產學. 朝倉書店.
11. Hession, W.C., K.L.Huber, S. Mostaghime, V.O. Shanholtz and P.W.McClellan. 1989. BMP effectiveness evaluation using AGNPS and aGIS. ASAE paper no. 89-2566.
12. Jones, D.D., J.C.Nye and A.C.Dale. 1980. Methane generation from livestock waste. Extension Service. Purdue Univ.
13. MWPS-1. 1983. Structure and environment handbook(11th ed.). The Midwest Plan Service.
14. Rich, L. G. 1973. Environmental system Engineering. McGraw-Hill. Inc.
15. Sutton, A.L. 1983. Utilization of animal manure as fertilizer. Cooperative Extension Service. Purdue Univ.

● 신 간 소 개 ●

施設園藝自動化 — 基礎와 應用

저 자 : 송현갑, 금동혁, 류관희, 이기명, 이종호, 정두호

출 판 : 문운당

743-3504-5(Fax:745-0265)

발행년도 : 1993년, 정가 12,000원

(내 용)

- 공기의 성질
- 유체와 유체기계
- 열전달 및 온실난방
- 작물생육과 환경요인
- 온실의 구조 및 자재

- 계측 및 제어시스템
- 온실환경의 계측 및 자동제어
- 양액재배의 자동제어
- 재배관리 작업의 자동화
- 세계의 시설원예 형태와 현황

< 윤 남 규 >