

畜産廢棄物 處理 및 效率的 利用

孫 禎 翼

(서울大學校 農業生命科學大學 農業開發研究所)

1. 序 論

農畜産廢棄物中에서 많은 有機物을 포함하고 있는 畜産廢棄物은 河川 및 地下水 오염, 湖沼의 부영양화 등의 자연환경을 오염시키는 중요한 요인으로 잘 알려져 있다. 그러나 畜産廢棄物은 그 처리방법에 따라서 環境汚染을 줄일 뿐만아니라, 적정 공정을 통하여 堆肥化에 의한 효율적 이용이 가능하다는 것은 이미 알려진 사실이다.

상당수준의 축산폐기물 처리시설 및 공정체계는 이미 상업화가 되어있고, 단지 기초적 분야에서는 新技術 도입에 의한 處理效率의 增大에 관한 연구, 응용적 분야에서는 地域의 특성이나 다양한 制約條件下에서 실행가능한 中小規模 施設開發 등을 위한 일련의 실험들이 진행되고 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 非點源(Nonpoint Source)인 형태로 이루어지는 環境汚染量 豫測은 물론, BMP(Best Management Practice)를 통한 대상지역의 생산성 및 환경오염 등을 고려한 效率的 管理 등이 필요하다.

여기에서는 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 利用次元에서 堆肥化에 관한 기본적 내용을 고찰하기로 한다.

2. 廢棄物의 基本概念

가. 環境汚染의 定義

一般的 概念으로는 ‘인간의 활동에 수반하여 발생하는 유해물질 또는 에너지가 물, 공기, 토양 등을 매개로 하여 지속적인 상태로 일반 공중의 건강 또는지역의 자연환경에 피해를 주는 것을 말한다. 또한 社會·經濟的·環境基準, 環境構成成分의 變化 측면에서도 정의된다.

나. 廢棄物의 定義 및 特性分類

一般的 定義로는 廢棄物 管理法에서 ‘폐기물이란 쓰레기, 연소재, 汚泥, 폐유, 폐산, 폐알칼리 및 동물의 사체 등으로 사람의 생활이나 사업활동에 필요하지 아니하게 된 물질을 말한다.’ 폐기물의 분류는, 特性的으로는 가연성 및 불연성 폐기물, 형태적으로는 고형, 액상, 기상폐기물로 분류될 수 있다.

다. 廢棄物 관련 基本用語

1) BOD(Biological Oxygen Demand, 生産化學的 酸素要求量) : 유기물의 생화학적 산화에 소요되는 산소량으로 수질오염의 지표로 사용된다. 표준 BOD는 25°C, 5일간 소요되는 산소요구량을 나타낸다.

2) Composting(퇴비화) : 유기물 함량이 높은 폐기물을 일정 함수율에서, 미생물의 분해 작용에 의한 유기물의 감소 및 미생물의 대사 작용에 따른 유기물질의 안정화 방식을 말한다.

3) Sludge(슬러지) : 淨水나 廢水처리시 水中의 부유물이 중력작용으로 침전지의 바닥에 침전한 고형물(오니)를 말한다.

4) SS(Suspended Solid, 淨上物) : 폐수에 떠 있으면서 여과에 의해 제거가능한 물질이다.

5) VS(Volatile Solid, 有機固形物) : 폐수의 고형분중 600°C에서 소각할 때, 손실되는 고형분을 말한다.

라. 農村廢棄物의 構成內容

1) 生活廢棄物 : 物質回收가 可能한 部分으로는 폐지, 고철, 플라스틱 등을 들 수 있으며, 堆肥化가 可能한 部分으로는 飲食物 찌꺼기 등을 들 수 있다.

2) 農畜產廢棄物 : 農產廢棄物로는 볏짚, 왕겨, 콩대 등의 작물잔재 및 農資材폐기물 등

을 들 수 있으며, 農產廢棄物로는 소, 돼지, 닭 등의 家畜糞尿 등을 들 수 있다.

마. 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 그림 1과 같다.

3. 畜産廢棄物處理 概念

가. 畜産廢棄物處理 必要性

畜産시설의 집단화, 대규모화, 고밀도화에 따른 다량의 축분뇨 발생문제가 심각하기 때문에 적정 공정에 의한 축산분뇨의 퇴비화 처리를 통한 재활용(再活用)이 필요하다. 處理效果로는 축분뇨로 인한 환경오염 감소, 퇴비 사용에 의한 화학비료의 대체효과, 토양의 理化學的 특성 개선(含水率, 保水性, 粘性力, 通氣性, 表面柔軟性) 등이 열거될 수 있다.

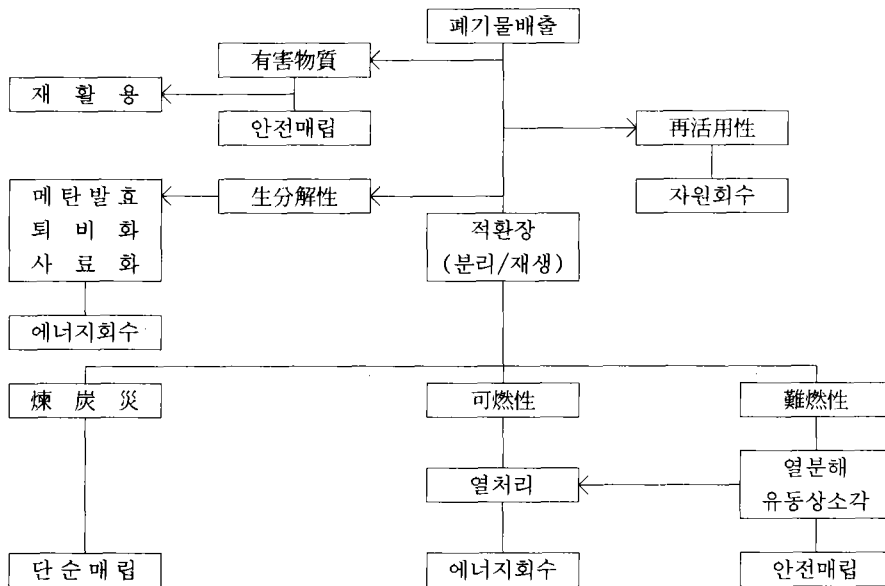


그림. 1. 一般廢棄物 管理體系⁵⁾

나. 畜産廢棄物 處理現況

1) 汚水·糞尿 및 畜産廢水의 處理에 관한 法律(1991년)

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

2) 國內의 處理現況

1日發生 畜種別 汚染物質量은 BOD基準으로 畜牛는 오염물질 발생량의 약 33%, 養豚은 28%가 未處理되기 때문에 하루 약 644톤이 무처리상태로 湖沼나 하천에 유입되고 있다. 특히, 畜産施設規模의 零細성 때문에 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이므로 무단방출에 의한 환경오염이 가속되고 있는 상황이다.⁶⁾

다. 畜産廢棄物 構成

1) 家畜의 排泄物 기준(표-1)

2) 家畜의 BOD 排出量(표-2)

일방적으로 BOD의 95%는 糞성분, 5%는 尿성분이 차지하지만, 尿는 처리용량이 크고 액체이므로 처리하는데 어려움이 많다.

3) 家畜糞尿의 비료성분 함유율(표-3)

라. 畜産廢棄物 處理方法 및 原理

1) 處理시스템의 條件

표-1. 家畜糞尿 排泄量 基準¹²⁾

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(kg)	尿量(kg)	合計(kg)
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 植 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 植 豚 (雄)	200-300 (250)	2.0-3.0 (2.5)	4.0-7.0 (5.5)	6.0-10.0 (8.8)	0.9	2.0	2.9
繁 植 豚 (授乳期)	-	2.5-4.2 (3.3)	4.0-7.0 (5.5)	0.14-0.16 (0.15)	1.2	2.0	3.2
產 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)	10週 까지 9.0kg		

() : 平均의 數植

畜産廢棄物 處理 및 效率的 利用

표-2. 家畜糞尿當 BOD 排出量(1日 1頭當)¹²⁾

家畜	排出物	排出量(kg)	BOD濃度(ppm)	BOD排出量(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

표-3. 家畜糞尿 肥料性分 含有率(%)¹²⁾

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

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

2) 處理시스템의 規模

가) 個別處理施設: 처리공정이 비교적 간단하며 초기설치비가 작으며 유지비가 적게 든다. 그러나 오염물제거에 비효율적이며 非點源 汚染이 되는 중소규모 및 비규제대상 농가의 재정적 문제 때문에 운영에 부담이 된다.

나) 共同處理施設: 고효율처리 공법이 가능하며 부영양화 요인인 영양물질의 제거를 위한 추가시설설치가 가능하다. 그러나 각 농가로부터의 축산분뇨의 운반, 시설설치비 및 유지관리등에 관련된 문제점이 있다.

3) 畜産糞尿 處理方法의 分類

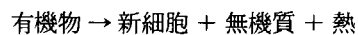
기본적으로 분뇨를 분리 및 혼합처리하는

방식으로 구분이 가능하다. 닭을 제외한 대부분의 가축의 분뇨는 분리처리를 실시한다.

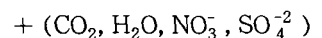
4) 處理原理

가) 好氣性 分解(aerobic digestion)

호기성 미생물의 대사작용에 의하여 유기물을 산화분해시키는 방식으로 산화처리법이 있고, 2차 처리방식으로 활성오니법, 살수여상법 등이 있다. 유기물은 호기성 대사에 의하여 미생물의 세포질(오니) (약 60%)과 에너지源(약 40%)으로 전환된다. 이때, 호기성 분해의 제한인자로는 O₂, 온도, pH, 반응저해물질, 미생물群 등이다.



(호기성미생물 + O₂)



나) 嫌氣性 分解(anaerobic digestion)

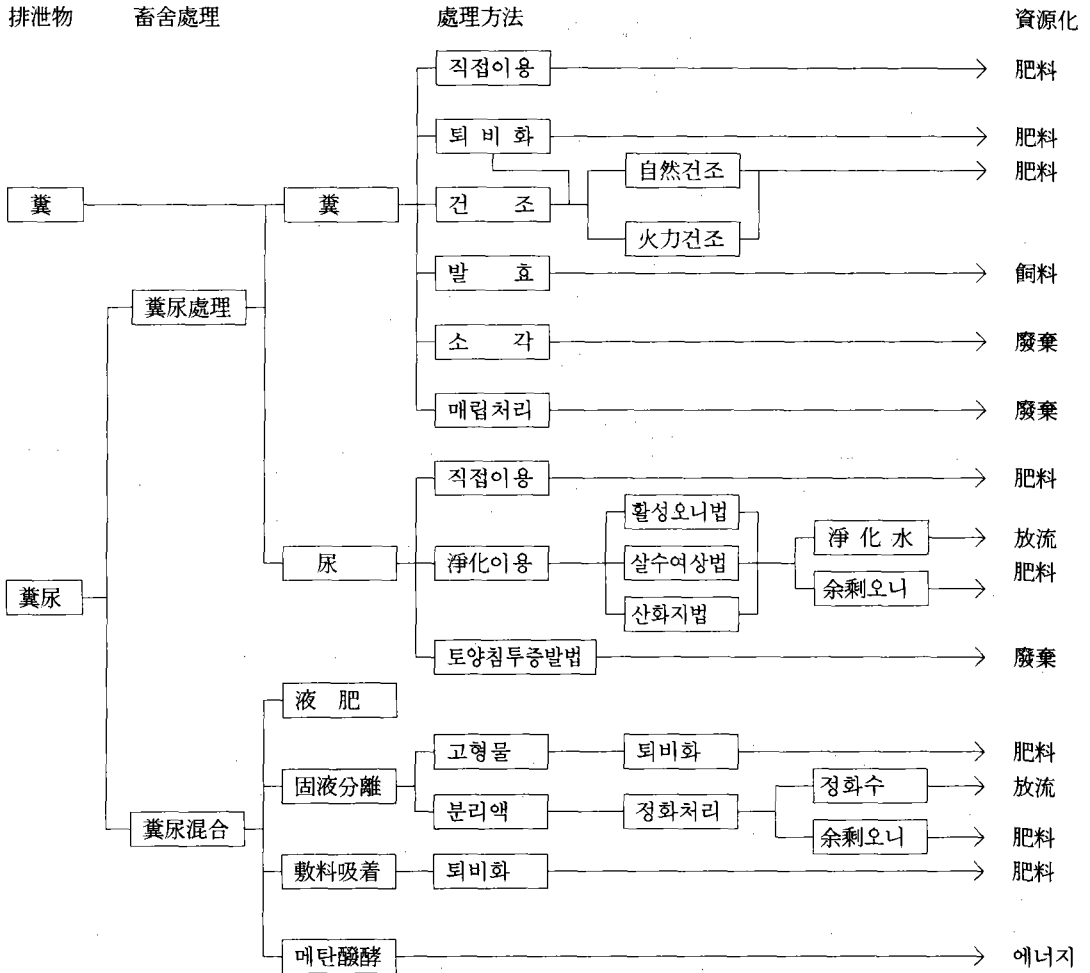
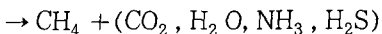


그림. 2. 畜產糞尿의 處理方法¹²⁾

혐기성 미생물에 의한 유기물 분해과정으로
 酸 생성균인 통성 혐기성균에 의한 분해과정
 및 메탄균과 같은 편성 혐기성균에 의한 분해
 과정으로 이루어진다. 일반적으로 유기물 농
 도가 높을수록 유리하고 악취가 발생한다. 이
 때, 혐기성 분해의 제한인자로는 pH, 온도,
 유기산농도, 반응저해물질 등이다.

有機物 → 新細胞 + 有機酸

(통성혐기성균)



(편성혐기성균)

4. 畜產廢棄物處理 및 資源化 方法

가. 肥料化 方法

가축의 분뇨는 다량의 N, P, K를 포함하고
 있기 때문에 직접저장료로 이용할 수 있으며 이
 상적이고, 또한 15~30% 정도의 다량의 유기
 물이 포함되어 있기 때문에, 토양의 이화학적
 및 생물학적 상태를 이상적으로 유지할 수 있
 는 기능이 있다.

1) 堆肥化 : 축분뇨를 유기질 퇴비화시켜 토
 양에 환원하는 방식으로 토양의 물리성 향상
 및 화학비료의 대체효과를 수반한다. 生糞에

서 악취 및 유해성분의 제거 및 취급이 용이한 형태로 만들어 토지에 공급·환원 처리할 수 있다.

가) 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 그림 3과 같다.

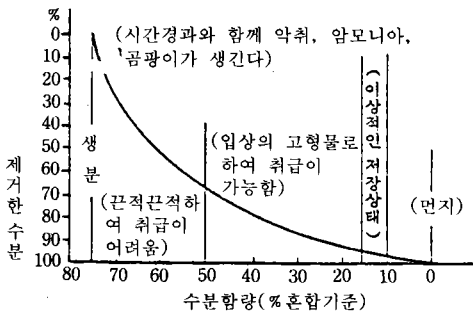


그림. 3. 水分含量과 糞의 特性和의 關係⁹⁾

(1) 火力乾燥處理: 중유등의 연료를 사용한 고온 단시간 건조(주로 鷄糞에 사용)하는 방법. 糞표면에 직접 불꽃을 사용하는 直接的 방법과 순환온풍 등으로 서서히 가열하는 間接的方法이 있다.

(2) 自然乾燥處理: 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 안정 등이 문제가 된다. 일반적으로 따뜻한 지역(또는 태양열+순환온풍)에서는 축분발효를 병용한 처리방법이 적당하다.

나) 醱酵處理法: 上記의 단순 건조방법에 의한 안정화 기술은 비교적 간단하고 시설비도 낮은 반면, 시설면적 및 주위환경(온도)의 문제가 있는 반면, 발효처리법은 적은 시설면적에서 높은 처리효율을 가지는 장점이 있다.

처리원리는 언급한 바와 같이 호기성 및 혐기성으로 구분되고, 산소 수분, C/N비, 온도, pH등이 적정범위에 있어야 한다.

(1) 處理原理

-好氣性處理: 고온발효로 부숙시간도 짧고, 위생적이며 안정된 퇴비생산이 가능하다. 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 기계교반 등이 필요하다.

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

(2) 基本條件

유기물분해에 관여하는 미생물의 증식환경을 위하여 적정범위의 산소, 수분, 온도, pH 등이 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.

다) 醱酵乾燥處理法: 上記의 자연건조(+화력건조)+발효처리를 병용하는 방법으로 중소규모의 발효시설에 적합하다.

2) 液肥化: 糞尿를 분리하지 않고 함께 처리하는 방법으로 일반적으로 嫌氣性 발효 때문에 악취가 강하고 有害物質이 존재하며 운반·취급이 곤란하기 때문에 自家利用은 곤란

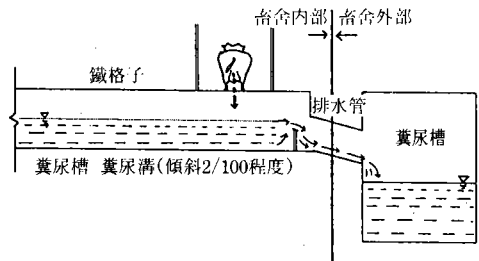


그림. 4. 自然流下式 畜舍¹⁴⁾

하다. 또한, 初期 시설비와 운영비가 저렴하지만 처리효율이 낮다.

가) 貯水槽 收集式: 糞尿床에 떨어진 분뇨를 도구(scraper)로 수집하는 방식이다.

나) 自然流下式: 傾斜된 糞尿홈에 落下된 분뇨를 自然流下시키면서 발효시켜서 저수조에 수집하는 방법이다.

(3) 其他 肥料化 新技術

(가) 堆肥醱酵法: 주로 돼지분뇨의 처리를 위하여 개발된 방법으로 특별한 반응조가 불필요한 비반응조 발효법이다. 돈사내에 호기성 발효균주와 堆肥를 넣은 발효상에서 돼지를 사육하면서 분뇨를 동시에 발효 분해하는 방법으로 특별한 처리시설이 필요없고 비용이 저렴하다.

(나) Lime安定化法: Lime를 이용하여 유기성 폐기물을 안정화하여 토양환원에 적합한 물질을 생성하는 반응조 발효법이다. 固液분리후, 회전교반기를 이용하여 고형분과 산화칼슘의 혼합반응을 촉진시키고 건조과정을 거쳐 퇴비화를 한다. 액상분은 액비화 또는 정수처리를 한다.

(4) 尿(汚水) 處理 方法

(가) 生物學的 處理方法

① 生活污泥法: 공기를 공급하여 활성오니(미생물 덩어리)를 증식시켜 유기물의 오염물을 흡착하거나 분해시키는 방법으로 비교적 대규모 처리시설에 사용한다.

② 酸化溝法: 깊이 1m정도의 도랑을 형성하여 폭기장치(rotor)에 의하여 폐수를 순환시키면서 처리하는 방법이다. 연속식은 대규모 시설, 회분식은 소규모 시설에 적합하다.

③ 撒水濾床法: 撒水濾材 표면에 부착된 미생물막(호기성 미생물에 의해 이루어지는 생물막)에 의하여 폐수중의 유기물이 산화 분해되는 방법으로, 비교적 구조도 간단하고 유지관리에 용이하며 소규모처리시설에 사용한다.

④ Lagoon법: 라군이란 넓고 얇은 연못으로 배수를 넣고 자연에 가까운 흡제방으로 둘

러쌓인 단순한 큰 웅덩이 상태로 가장 간단한 분뇨처리수단으로 사용한다. 혐기성, 임의성 호기성으로 구분되며 임의성의 경우 상부는 호기성, 하부는 혐기성 반응이 이루어 진다. 이때 완전 호기성 반응이 일어나도록 설계된 경우를 “酸化池法”이라고 한다.

(가) 其他方法:

① 埋立處分法: 악취가 심하고 BOD농도가 매우 높은 축분뇨를 매립할 수 있는 농지를 확보 및 지하수 오염발생이 문제가 된다.

② 土壤浸透法: 토양중의 미생물을 이용하여 오수를 처리하는 방법으로 지하수의 오염 염려가 적은 조건에서 사용가능하다. 토양침투법과 토양침투증발법으로 구분된다.

나. 飼料化 方法

1) 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. 단, 계분중의 병원균, 항생물질, 약제 등의 유해물질에 대하여 위생적이어야 한다.

2) 處理方法

가) 乾燥鷄糞: 열풍건조에 의하여 사료를 조제한다.

나) 醱酵鷄糞: 밀폐 사이로(silo)에서 곡물 사료를 첨가하면서 사료를 제조한다.

다. 에너지化 方法

표-4. 乾燥養鷄糞의 成分組成¹²⁾

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%

1) 原理: 高度의 嫌氣性 條件에서 2단계의 反應과정(可溶化 및 酸醱酵 過程)을 거쳐서 가축분뇨중의 有機물을 발효시켜 메탄가스를 發生시킨다. 基本적 原理는 嫌氣性 處理방법에 準한다. 보통 pH 7.0~7.5, 고도의 밀폐조건, 온도 30~40°C의 中溫발효 및 50~55°C의 高溫발효의 2가지 方法이 있으나 一般적으로 中溫발효(95% 보급)가 신뢰성이 높다. 단, 高價의 시설설비가 필요하고 겨울철 低温저하에 따른 가스생성 감소가 우려된다.

2) 最近의 메탄가스 發生장치

가) 濃縮法: 축산폐수를 기계탈수하여 난분해성 고형물은 비료로 이용하고, 탈즙액을 이용하여 메탄가스를 채취하는 方法으로, 메탄가스 發生량보다는 주로 분뇨처리 的 용이성에 중점을 두는 方法이다.

나) 2段酸化法: 前처리 公정에 알칼리를 첨가하여 가열한 後, 액화, 가스화, 발효 등 2公정으로 분리하는 方法이다. 前처리 일수는 종래방법의 50% 단축가능하며 메탄발생량도 30% 증대가능하다고 보고되고 있다.

다) 簡易醱酵法: 분뇨처리 이용을 중심으로 개발된 것이 아니고, 축사에서 배출된 가축분뇨의 일부를 메탄가스화하여 축산농가의 일반 주방용에 사용하기 위한 소규모 간이장치이다.

5. 醱酵處理法에 의한 堆肥化에 관련 된 各種 變數

가. 含水率

유기물의 호기성 분해속도와 밀접한 관계를 갖는 변수이다. 低水分狀態에는 수분중의 영양분과 산소를 미생물이 이용할 수 없고, 高水分狀態에서는 호기성 미생물의 공기노출이 방해되어 혐기성상태로 되어 퇴비화효율을 저하시키나다. 따라서 適正水分範圍는 一般적으로 개방형 시스템의 경우 含水率調整을 위해서는 함수율이 낮은 유기성 폐기물(예, 톱밥,

왕겨, 벚짖 등)을 혼합재료(bulking agent)로 利用한다.

나. 曝氣率

호기성 및 혐기성 분해과정을 결정하는 중요한 변수이다. 유기물질의 호기성 분해시 必要되는 산소를 공급한다. 一般적으로 호기성 퇴비화에서는 5~15% 수준이 적당하고, 0.5%이하에서 혐기성상태로 변화한다. 과도한 공급은 열손실을 수반하여 온도하강을 초래한다.

다. 溫度

부숙정도가 지표가 되는 중요한 변수이다. 부숙속도가 부숙물의 온도환경에 크게 의존한다. 특히 유기폐기물의 생화학적 안정, 병원균의 제거, 악취억제 등을 위해서는 발열상태는 필수적이다. 40~60°C에서 퇴비화가 完結되는 단계이다.

라. C/N비

온도와 함께 부숙정도를 나타내는 대표적인 변수이다. 유기물의 분해과정에 關여하는 미생물의 증식을 위해서 탄소원(C)를 에너지로 利用하며 세포형성에는 질소원(N)이 必要하다. C/N비는 미생물증식에 영향을 주어 반응속도 등을 결정한다. 유기물이 분해되는 과정중에는 一般적으로 C/N비는 감소한다. 50이하 20~35가 적당(C/N비가 크면 장시간이 걸린다.)

마. 微生物의 密度

반응이 진행됨에 따라 초기 분해미생물은 中溫성 박테리아에서 1주일 경과되면 淸(고)온성 박테리아 및 淸온성 곰팡이류 등이 出現한다. 70°C 이상이 되면 포자형성 박테리아가 현저히 나타난다. 분해가 서서히 진행됨에 따라서 中溫성 박테리아와 곰팡이류가 재출현하게 된다. 온도와 미생물과의 발육관계는 그림

5와 같다. 微生物의 種類는 中溫性 微生物(mesophilic microorganism) : 20~45°C, 新(高)溫性 微生物(thermophilic microorganism) : 45~60°C 일반적으로 55°C 정도에서 분해속도가 최대이다.

바. 色, 냄새

부숙이 진행되면 惡臭源인 각종 병원균의 사멸과 함께 악취가 감소하고, 색은 암갈색으로 변화된다.

사. pH

6~8로 큰 변동은 없으나 일반적으로 pH 7~8이 최적조건이다.

아. 기 타

物理的 崩壞度, CEC, cellulose, lignin 등의 요인이 검토된다.

6. 堆肥化 시스템의 體系度

가. 基本的 原理

堆肥化 課程을 나타내는 개념도는 그림 6과 같다. 수집된 가축분뇨는 적정수분을 유지하기 위하여 혼합재료 등을 사용한 수분 조정을

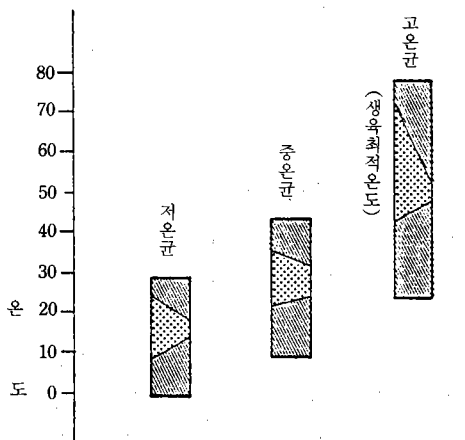


그림 5. 溫度와 微生物과의 發育關係³⁾

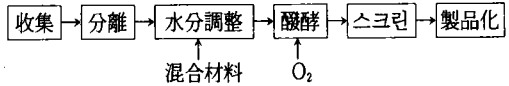


그림 6. 堆肥化 시스템의 基本 原理³⁾

실시한다. 이후 醱酵槽에서 호기성분해에 의한 퇴비화 철를 실시하고 스크린을 거친 후 제품화에 도달한다.

나. 工程體系圖

공정체계는 크게 前處理 過程과 堆肥化 過程으로 구분된다. 前處理 過程에서는 주로 건조 등을 수반한 함수율 조정을 실시한다. 함수율 조정이 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 통과 후에도 퇴비화 기준에 도달하지 못하였을 경우는 재순환시키면서 혼합재료 (bulking agent)을 추가하여 부숙을 진행시킨다. 공정체계의 개념은 그림 7과 같다.

7. 醱酵處理 堆肥化 施設

가. 醱酵處理施設의 種類

1) 家畜糞尿 處理施設의 特徵과 利用

분뇨의 발효처리는 以前부터 시행되어지고 있는 퇴비제조 방법이다. 최근 가축사육수가 증가에 분뇨의 배설량이 증가함에 따라 소규모 시설면적으로 생략적으로 있다. 주요방법에 관한 내용은 표-5와 같다.

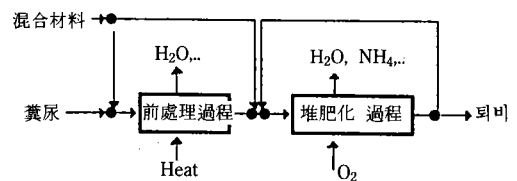


그림 7. 堆肥化 시스템의 基本 工程體系圖⁴⁾

표-5. 糞尿處理 施設의 特徵과 利用狀況⁸⁾

처리 구분	처리시설명	시설의 특징						경영별 이용상황				비고
		태양열 이용	수분조절재 첨가필요성	악취처리 난이도	처리 노력	시설필요면적	시설비	낙농	비육	양돈	양계	
건조시설	자연 건조 시설	유	무	어려움	중	대	소	△	△	○	○	
	화력 건조 시설	무	무	쉬움	소	소	대	×	×	△	⊙	탈취기능포함
발효처리시설	퇴비사 (유)	(유)	유	어려움	다	대	소	⊙	⊙	○	△	
	상차형발효시설	유	유	(쉬움)	다	중	중	△	○	○	△	일부송풍기능
	교반기 발효조	유	유	(쉬움)	중	중	대	○	○	⊙	△	지붕이있음
	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 4) × ... 거의 이용되지 않음
 2) (무)는 사용이 바람직하지 않음 △ ... 일부 이용된다.
 3) (쉬움)은 처리하기 쉬움 ○ ... 많이 이용된다.
 ⊙ ... 매우 많이 이용된다.

2) 家畜糞尿의 醱酵施設

퇴비화 과정에서 醱酵槽(reactor)에 專用 교반기 및 송풍기(일부 없음)를 설치 시스템으로 초기시설비는 비싸나, 대량으로 처리 가능하며 효율이 높고 모든 가축에 사용 가능하다.

일반적으로 생분의 함수율을 60~70%로 조정한 후에 발효조에 투입하여야 한다. 첨가재(예, 톱밥, 왕겨 등)의 투입량은 다음식에 의하여 구할 수 있다.

$$\text{첨가재 첨가량(kg/두)} = \text{生糞배설량(kg/두)} \times \frac{(\text{生糞 함수율} - \text{목표함수율})}{(\text{목표함수율} - \text{첨가재 함수율})}$$

톱밥의 경우는 구입난이 예상되기 때문에 고액분리방식을 적용하여 톱밥의 양을 적게 하던가 건조분, 왕겨, 기타 첨가재 등도 검토된다.

가) 開放型 醱酵槽

발효조 上部는 개방되어 있고 側面은 콘크리트 또는 시멘트, 벽 등으로 되어 있다. 교반기는 스크류(screw)식 및 로타리(rotary)식을 사용

한다. 일반적으로 單列式(片道處理), 複列式(往復處理), 回行式(循環處理) 構造 등이 있다. 複列式 개방형 발효조는 그림 6과 같다.

나) 閉鎖型 醱酵槽

개방형보다 시설면적이 작고 퇴비화가 효율적이지만 시설비가 높기 때문에 일반적으로 양계농가에서 사용한다. 형태에 따라 垂直型 醱酵槽 및 水平型 回轉 醱酵槽가 있다.

(1) 垂直型 醱酵槽: 원통형 발효조에 상하 2단(上段이 下段보다 크다)으로 분리되어 있다. 시설의 중심축에서 온풍이 공급되고, 下段은 히터가 설치되어 60℃ 전후의 온도를 유지하여 발효를 촉진시키게 설계되어 있다. 증발에 의하여 생성된 수분과 발효시 생성된 악취는 上段에 모아진 후 송풍기에 흡입된 후, 토양이나 톱밥탈취 장소를 통과하는 과정에서 완전히 제거된다. 소요용적은 20~30%의 여유가 있어야 한다. 상단의 수분함량은 55% 정도로 유지한다.

(2) 水平型 回轉 醱酵槽: 단열재로 피복한 철제 원통형 발효조를 회전시킨다. 발효조 내부벽에 날개를 설치하여 투입된 분뇨를 회전

에 따라 전체가 교반되는 구조로 되어 있다. 회전과 함께 투입된 분뇨는 3일후에 출구로 이동하도록 설계되어 있다. 또한 발효를 촉진시키기 위하여 송풍(가온) 기능을 가지고 있다. 가열정도에 따라 약간 차이는 있지만 일반적으로 1차 투입시 수분함량을 65%로 조절해야 하고, 내부용적을 40% 정도로 여유가 있어야 한다(그림 9).

위해서는 분의 비교용적과 외관의 비중을 구해야 한다. 이것은 가축의 종류나 톱밥의 사용량 등에 따라 다르지만 발효건조분의 표-6의 수치를 사용한다. 또한 목표함수율과 체류일수의 관계는 표-7을 사용한다. 체류일수는 발효조내의 환경조건에 따라 변하지만,攪拌(1-2회/일),送風(0.2-0.4m³/min), 태양열이용, 乾物 1일분해량(糞 2.0%, 톱밥 0.7% <왕겨는 0.1%>)(6kg/건물1kg분해), 糞의 퇴적두께(100cm)이다. 이와같은 수치를 이용하여서 필요 발효조 용적은 다음과 같은 방법으로 계산한다.

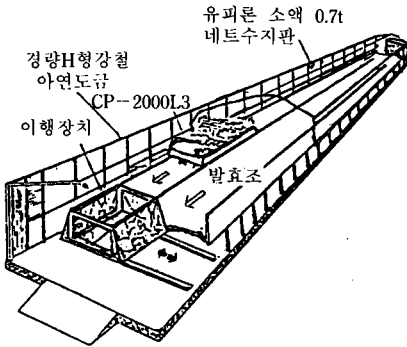


그림. 8. 複列式 開放型 醱酵槽⁸⁾

$$\text{必要 醱酵槽 容積} = \text{投入時 重量} \times \text{滯留日數} \times \text{比容積}$$

단, 投入時 重量 = 生糞重量 + 添加材重量

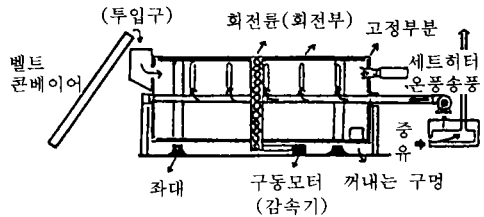


그림. 9. 水平型 回轉醱酵槽⁸⁾

다) 醱酵槽의 必要 有效容積(1項當)

(1) 開放型 醱酵槽

1두당 필요로 하는 발효조의 용적을 구하기

표-6. 開放型 醱酵槽內의 滯留日數¹³⁾

목표함수율	생분함수율 체류일수(일)					
	65%	70%	75%	80%	85%	90%
30%	12.8	15.1	17.6	20.4	23.6	27.2
40%	11.1	13.1	15.4	17.7	20.6	23.7
50%	8.4	10.0	11.7	13.5	15.6	18.0
60%	3.8	4.7	5.2	6.1	7.0	8.1

표-7. 醱酵槽 乾燥裏 比容積(豚糞)¹³⁾

함수율(%)	분		톱밥흡입	
	외관비중	비 용 적	외관비중	비 용 적
85~75	0.7t/m ³	1.43m ³ /t		
75~60	0.6 "	1.67 "	0.5t/m ³	2.00m ³ /t
60~50	0.6 "	1.67 "	0.4 "	2.50 "
50~30	0.5 "	2.00 "	0.4 "	2.50 "
30 이하	0.5 "	2.00 "	0.4 "	2.50 "

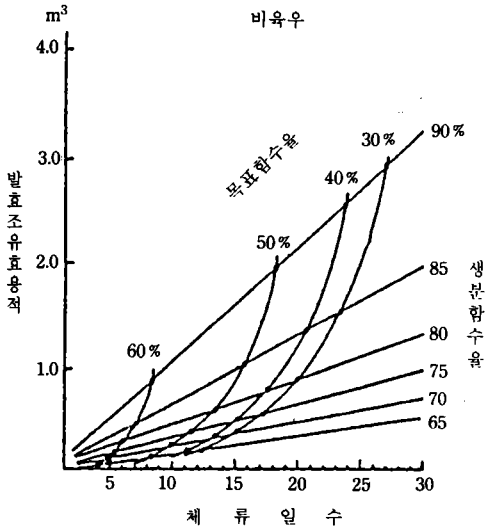


그림. 10. 生糞含水率·目標含水率別 開放型 醱酵槽 容積(肥肉豚)¹³⁾

(2) 閉鎖型 醱酵槽

1두당 필요로 하는 발효조의 용적을 산출할 수 있다. 체류일수는 표-8을 사용한다. 체류일수는 발효조내의 환경조건에 따라 변하지만, 攪拌(수평형 4-6회/시, 수직형 10-20회/시), 送風(개방형 이상), 발효조의 단열재(60mm 천후), 乾物 1일분해량(糞 3.0%, 톱밥 1%)이다. 필요발효조 용적은 다음과 같은 방법으로 계산한다.

$$\text{必要 醱酵槽 容積} = (\text{投入時 重量} + \text{排出時 重量}) / 2 \times \text{滯留日數} \times \text{比容積}$$

3) 簡易堆積 醱酵施設

퇴비에 혼합재료를 첨가하면서 퇴비더미를

늘어놓고 정기적으로 뒤집어지거나, 간이발효조를 사용한다. 초기 비용은 적게드나, 부숙효율이 낮아 장기간의 부숙기간이 필요하다.

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

나) 簡易醱酵槽 : 비닐하우스 등의 간이시설에 소형 간이발효조를 만들고 人力이나 스크류 콘베어(screw conveyor)를 사용하여 수분 조절이나 수분조절재를 투입한다. 공기(산소) 투입을 촉진시키기 위한 구조를 포함하고 있다. 上記의 醱酵乾燥處理法을 사용하는 것이 일반적이다.

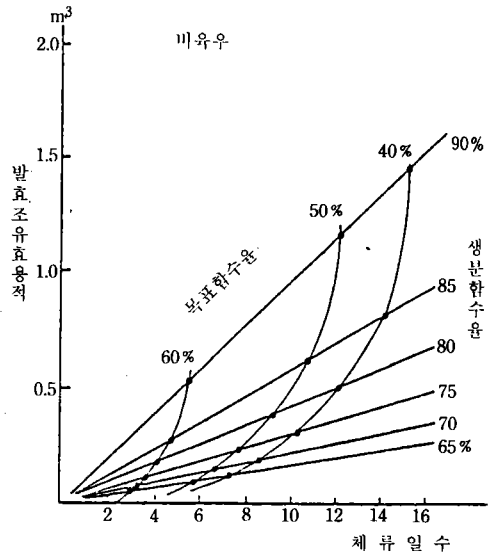


그림. 11. 生분함수량·목표함수량별 폐쇄형 발효조 용적(肥肉豚)¹³⁾

표-8. 開放型 醱酵槽內의 滯留日數¹³⁾

목표함수율	생분함수율별 체류일수(일)					
	65%	70%	75%	80%	85%	90%
%	일	일	일	일	일	일
40	7.4	8.9	10.4	12.1	14.2	16.3
50	5.7	6.9	8.0	9.1	10.9	12.5
60	2.6	3.2	3.6	4.0	4.9	5.5

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

가. 汚染負荷量 減少

局部的인 方法으로서, 對象地域 狀況에 적합한 畜産폐기물 처리시설 개발을 통하여 하천 및 지하수로 방출되는 家畜糞尿를 효율적으로 차단함으로써 주변지역에 대한 汚染負荷量의 감소를 고려하는 적절한 管理가 필요하다.

나. 肥料形態로의 利用

對象地域의 작물별의 양분흡수특성, 재배토양특성 및 施肥시기 등을 고려하여, 적정 비료성분의 구성, 적절한 施肥 方法을 통하여 토양의 理化學的 特性 改善, 작물의 생산성 증대를 위한 적절한 管理가 필요하다.

다. 地域計劃의 管理

綜合的인 方法으로서, 非点汚染源 형태인 畜産폐수에 의하여 발생하는 환경오염량을 일정수준 이하로 유지시키고 비료형태의 이용에 따른 작물의 생산성 증대를 위하여, GIS 등을 이용한 綜合적 管理가 필요하다.

9. 結 論

農村에서 발생하는 生活廢棄物과 農畜産廢棄物은 자연환경을 오염시키기 이전에 상당부분 再活用 형태로 資源化가 가능하다. 이들 중에서 多角的인 차원에서 再活用이 까다로운 부분은 農畜産廢棄物이고 특히 畜産폐기물(糞尿)을 들 수 있다. 畜産폐기물은 有機物이 상당부분을 점하고 있기 때문에 유역내에서의 수질환경을 악화시키는 중요한 汚染源으로 알려져 있다. 그러나 家畜廢棄物은 적절한 시설에 의한 처리공정을 거쳐서 환경오염 감소는 물론, 堆肥化에 의한 비료로서의 이용이 가능하다는 것은 이미 언급한 바와 같다.

地域的 特性에 맞는 農畜産廢棄物과 家畜廢棄物을 상호간에 적절히 사용함으로써, 環境汚染의 減少, 資源化에 따른 경제성 증대 및 작물의 생산성 향상 등을 실현시킬 수 있다. 따라서, 특정지역 내에서 畜産폐기물의 효율적인 管理를 위해서는, 적절한 畜産廢棄物 處理施設 開發은 물론, BMP를 통한 대상지역 전체에 대한 綜合적 管理 등이 필요하다.

參 考 文 獻

1. 國立環境研究院, 1988. 畜産廢棄物의 適正 管理. 國立環境研究院.
2. 김우영. 1993. 畜産폐수처리이용과 대책. 오성출판사.
3. 農村經濟研究院. 1990. 家畜糞尿 및 畜産廢水 處理對策에 관한 研究. 報告書 C 90-10.
4. 孫禎翼. 1993. 畜産廢棄物處理 및 資源化. 韓國生物生産施設環境學會誌 2:150-160.
5. 尹旰燮. 1992. 廢棄物處理技術. 同和技術.
6. 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.
7. 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. 韓國生物生産施設環境學會誌 2:16-26.
8. 畜産業協同組合中央會. 1991. 家畜排泄物處理利用 技術. 畜産業協同組合中央會.
9. 韓國科學技術研究院. 1990. 全國 畜産糞尿 適正 管理對象研究. 韓國環境科學研究協議會.
10. 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 32:10-32.
11. 洪志亨. 1992. 施設農業을 위한 未利用에 너지 資源의 活用. 韓國生物生産施設環境學會誌 1:84-92.

12. 水門豊 外 10人. 1985. 新畜産學. 朝倉書店.
13. 全農 施設・資材部. 1983. 家畜の糞尿處理利用-施設・機器導入のてびき.
14. 全農 施設・資材部. 1983. 家畜の糞尿處理利用-施設・機械の構造.
15. Hession, W. C., K. L. Huber, S. Mostaghimi, V. O. Shanholtz and P. W. McClellan, 1989, BMP effectiveness evaluation using AGNPS and a GIS. ASAE paper no. 89-2566.
16. Jones, D. D., J. C. Nye and A. C. Dale. 1980. Methane generation from livestock waste. Extension Service. Purdue Univ.
17. MWPS-1. 1983. Structure and environment handbook(11th ed.). The Midwest Plan Service.
18. Rich, L. G. 1973. Environmental System Engineering. McGraw-Hill. Inc.