

農家 家畜糞尿의 資源化 (I)

— 農家 家畜糞尿의 資源化의 必要性和 Composting 技法 —

崔 重 鎬 · 崔 禮 煥 · 柳 能 桓

(江原大學校 農科大學)

1. 緒 論

급격한 産業化와 農畜産物의 生産萬能主義의 뒷전에서 수자원은 오염되도록 방치되어 왔다. 하지만 국민의 生活水準 向上과 함께 水資源 오염에 대한 경각심은 하루가 다르게 높아지고 있다. 보다 맑고 깨끗한 環境에 대한 국민의 욕구는 食水를 오염으로 부터 지키고 쓰레기를 줄이자는 범 국민운동으로 까지 번지고 있다. 環境을 汚染시키는 오염원은 크게 두가지로 점원오염(Point Source Pollution)과 비점원오염(Nonpoint Source Pollution)으로 나눌 수 있다. 점원오염은 工場廢水의 배출구, 都市下水處理場의 排出口 등 오염의 장소가 작고 일정한 곳에 위치하여 있고 그리고 오염의 크기가 비교적 쉽게 측정될 수 있는 곳으로 부터의 오염을 지칭한다. 비점원오염은 토지이용이나 오염된 대기 때문에 발생하는 지표수 및 地下水의 汚染을 말하며 따라서 특정하게 어느 한 지점을 선택하여 이곳이 바로 오염원을 배출하는 지점이라고 단정할 수 없는 넓은 지역에서 同時多發的으로 일어나는 오염이다(Magette, 1989). 따라서 企業規模가 아닌 소규모의 농가 畜産活動에 의한 家畜糞尿의 배출은 비점원오염원으로 분류된다.

現在의 水質環境保存法 施行規則(1991年 2月 2日 施行)에 따르면 豚舍施設은 1,400m² 이상 또는 飼育頭數 1,000頭 이상, 牛舍와 馬舍施設은 1,200m² 이상 또는 100頭 이상에서는 水質汚染防止施設을 設置하도록 규정하고 있다. 다만

水道法 3조의 규정에 의한 上水保護區域 또는 이에 인접한 지역으로서 環境處長官이 고시한 지역 및 특별청소 지역안에서 豚舍施設은 700m² 이상 또는 500頭 이상, 牛舍와 馬舍施設은 500m² 이상 또는 50頭 이상이면 水質汚染防止施設을 갖추도록 규정하고 있다. 하지만 많은 영세 혹은 農家 畜産業은 이 규정보다 작은 시설 가지고 있기 때문에 아무 제한도 없이 廢棄物을 임의로 방출할 수 있다. 畜産 廢棄物 특히 소와 돼지 糞尿의 무절제한 방출은 지표수 및 지하수의 오염은 물론 주변의 경관을 해치며 악취로 인한 생활환경의 악화를 초래하고 있다.

腐熟化(Composting)는 家畜糞尿, 볏짚 등 농업 잔유물, 도시하수의 Sludge, 양계장의 죽은 닭 등 有機質 廢棄物 등의 퇴비화에 많이 이용되는 중요한 處理方法 중의 하나이다. Composting은 미소미생물에 의해 생물학적으로 분해(Decomposition)될 수 있는 유기질 폐기물을 상대적으로 안정된 腐蝕物質(Humus)로 高溫微生物(Thermophilic organisms)을 이용하여 전환시키는 方法을 말한다. 대표적인 高溫微生物로는 Bacteria, Actinoycetes와 Fungi 등이 있다(Sweeten, 1988). Composting은 일반적으로 통기가 되어 산소가 존재하는 지역(通氣地域; Aerobic Zone)에서 일어난다. 미생물들에 의한 통기지역에서의 好氣性 分解(Aerobic Decomposition)는 분뇨속의 有機物質을 이산화탄소와 물로 분해한다. 이때의 온도는 보통 54℃에서 71℃까지 상승하며 병원균의 잠초 등의 씨가 죽는다. 好氣性 分解는 초기에 나타나는

약간의 악취를 빼고는 고려해야 할 큰 문제는 없다. 好氣性 分解가 진행되면서 나타나는 냄새는 물체의 발효시 나타나는 구수하고 달콤한 향으로 바뀐다. 이와는 대조적으로 산소가 존재하지 않는 Anaerobic 지역에서는 嫌氣性 分解 (Anaerobic Decomposition)가 일어난다. Anaerobic 지역은 수분이 너무 많거나 腐熟材料가 밀착되어 있어 공기유통이 잘 안되어 산소가 부족할 때 생긴다. 嫌氣性 分解는 시간이 오래 걸리고 심각한 惡臭가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 通氣地域에서 일어나는 Aerobic Thermophilic 腐熟化에 대해서만 고찰하려고 한다.

본 考察의 목적은 家畜糞尿의 資源化 필요성과 腐熟化 方法을 연구하여 한국의 영세한 農家畜産業에 적합한 腐熟化 方法을 제안하는 데 있다. 본 研究의 제안이 실용화된다면 汚物로만 취급되던 家畜糞尿의 資源化에 기여하여 水資源 環境改善에 一翼을 담당할 것이다. 또한 家畜糞尿의 有機質 肥料化로 농민들은 상업용 비료 구입량을 줄이거나 판매하여 부수입을 증대시킬 수 있게 해주는 이중의 효과를 가져올 것이다.

2. 家畜糞尿 資源化의 必要性

農村에서 家畜의 飼育은 축력의 이용, 퇴비의 생산, 자녀의 학자금 마련이나 재산 증식의 수단으로 중요한 역할을 해왔다. 특히 家畜糞尿는 野山 등의 들풀과 함께 없어서는 안되는 중요한 有機質 비료원으로 사용되어 왔다. 국가경제의 신장과 함께 국민의 肉類消費도 증가 되었으며 이에 따른 農家畜産은 많은 경우 부업에서 주업으로 그 위상이 변했으며 專業畜産 農家도 많아졌다. 家畜의 糞尿는 농한기에는 논이나 밭으로 직접 처리를 하여 외관상의 문제는 덜하나 농사철에는 처리할 땅이 없어 인근의 河川 등으로 방류하여 수자원을 오염시켜 왔다. 특히 專業畜産農家나 零細畜産業의 경우

는 농한기에도 가축의 분뇨를 처리할 땅이 없어 사시사철 하천 등에 방류하거나 잡종지 등에 방치하여 지표수 및 지하수 오염의 원인 되고 있다.

家畜糞尿는 만인의 지탄을 받는 오염원으로 방치되어서는 안된다. 귀중한 肥料資源으로 資源化되어 재활용되어야 한다. 소의 사료로 공급되는 질소(N)의 75%, 인(P_2O_5)의 60% 그리고 칼륨(K_2O)의 80%는 糞尿로 배출이 되며 닭과 돼지의 경우 인과 칼륨의 배출량은 소보다 크다는 미국 Cornell 대학의 연구결과가 있다. 糞尿는 또한 칼슘, 망간, 마그네슘, 주석, 동, 황 및 기타 영양분도 공급한다(Brodie and Bandel, 1987). Table-1은 농가 가축이 생산하는 분뇨의 양과 이에 포함되어 있는 營養分의 양을 보여주고 있다. 실질적으로 분뇨에 포함되어 있는 영양분의 함량은 가축의 종류, 사료의 성질, 糞尿貯藏方法과 糞尿의 使用方法에 따라 변한다. 가축 糞尿에 포함된 모든 비료성분을 유실없이 資源化하여 각종농업에 有機質 肥料로 再活用 한다면 비료 구입비용의 절감은 물론 地力增進과 土壤의 산산화 방지에도 일조를 할 것이다. 실제적으로 강원도 農土의 90%는 퇴비사용의 부족 때문에 pH 5.5 이하의 酸性土壤化 되었다(강원도 農村振興院, 조선일보 1993, 2, 2일자 29면 보도). 이는 전년도 보다 8%나 증가한 것이다. 1988 환경저 “88환경보존”에 따르면 1987년 소와 돼지의 飼育頭數는 각각 2,386천두와 4,281천두이다. 소의 경우만 보더라도 분뇨에서 생산되는 비료의 양은 연간

Table-1. Fertilizer produced daily by livestock

	Manure (Kg/day)	N (g/day)	P ₂ O ₅ (g/day)	K ₂ O (g/day)
453-kg beef cow	27.2	154.2	49.9	108.9
453-kg dairly cow	37.2	186.0	33.1	122.5
1,000 broilers	63.5	1088.6	244.9	340.2

Data from Brodie and Bandel(1987).

약 질소(N) 13만톤, 인산(P_2O_5) 4만톤 그리고 칼륨(K_2O) 9만톤에 이른다. 따라서 家畜糞尿는 중요한 자원으로 간주되어 낭비하지 말고 재활용 되어야 한다.

家畜糞尿의 재활용 이용에는 면밀한 계획과 연구가 뒷받침이 되어야 한다. 필요량 이상의 糞尿가 農土에 살포된다면 이는 地表水 및 地下水를 오염시키게 된다. 이상적인 農業條件에서 소나 돼지 糞尿에 포함되어 있는 질소성분의 70% 그리고 닭 분뇨에 포함되어 있는 질소성분의 82%는 살포 당해년도에 작물에 이용되지만 나머지는 다음 해로 이월이 되어 이용이 된다. 糞尿에 포함되어 있는 인산과 칼리도 다음 해로 이월이 되면서 농지에 蓄積이 된다(Brodie and Bandel, 1987). 따라서 분뇨를 경제적이고 농업생산성을 유지하면서도 地表水와 地下水에도 오염을 주지 않고 사용하려면 정확한 분뇨의 성분試驗과 土壤實驗을 통한 비료요구량을 계산한 후 이루어져야 한다.

3. 腐熟化의 長點과 短點

腐熟化의 가장 큰 장점은 家畜의 糞尿를 냄새가 거의 없는 안정된 물질로 分解하여 주변 環境을 해치지 않고도 장기적인 보관을 가능하게 하는 것이다. 腐熟化를 통해 有機性 廢棄物은 그 함수율이 보통 35% 이하로 떨어지고, 有機物質의 입자들이 균일하게 되며, 거칠던 조직이 약해져 잘 부서지는 부드러운 조직으로 변하고, 부피와 무게가 줄어 들며, 그리고 날 파리 등 해충의 발생이 없는 물리적 성질을 갖게 된다. 이와같은 物理的 性質의 改善 때문에 腐熟化된 有機物 堆肥는 다루기와 전답에의 살포가 용이하여 경비를 절감한다. 腐熟化 時의 고온으로 病原菌과 잡초씨가 죽어 보다 위생적이다. 비효분의 성분면에서는 인(P: Phosphorus), 칼륨(K: Potassium)과 다른 무기요소들은 腐熟化에 影響을 받지 않는다. 암모니아는

大氣中으로 蒸發하기도 하나 TN(Total Nitrogen)의 함유량은 크게 변하지 않는다. 糞尿의 비효분은 유지하면서도 냄새가 없고 다루기가 쉽고 病原菌이 없어 상업적인 商品性이 높아진다. 腐熟化의 단점은 施設費, 裝備 購入費와 人件費 등이다. 상업적 목적의 腐熟化일 경우는 시장이 계절적이어서 不安定하다. 惡臭가 腐熟化 초기에 발생하여 불편하다. 또한 경우에 따라서는 법률에 의해 腐熟化 시설들이 규제되기도 한다.

4. 腐熟化에 影響을 주는 因子

가. 含水率

적절한 수분 含有率은 腐熟을 유발하는 微生物의 성장과 발육에 필수적이다. 일반적으로 家畜糞尿 및 Sludge의 腐熟化일 경우 초기 함수율은 40% 내지 60% 정도가 적절하며 腐熟이 완료되면 함수율은 20% 내지 40% 정도로 감소된다. 家畜糞尿와 똥짚을 이용한 腐熟인 경우 초기 함수율이 35% 이하가 되면 腐熟化가 지연될 수 있으므로 수분을 보충하여 주어야 한다. 함수율이 너무 높으면 공기의 유통에 지장을 주어 산소의 결핍을 초래하고 Anaerobic 지역이 생기게 된다. 또한 과잉 함수율은 腐熟溫度를 낮추어 Thermophilic 微生物의 成長을 저해하여 腐熟化 진행이 둔화된다. 수분 함수율이 65% 이상이 되면 腐熟材料들이 작은 덩어리들로 뭉쳐져서 부분적인 Anaerobic 지역으로 되며 嫌氣性 分解를 초래하여 腐熟化의 지연과 함께 惡臭를 발생하게 된다.

腐熟을 시작하기전 함수율이 높은 家畜糞尿는 건조한 混合材料와 잘 혼합하여 적절한 함수비가 되도록 해야 한다. 混合材料의 예로는 왕겨, 뽕짚, 옥수수대과 옥수수자루, 콩대와 콩깍지, 톱밥, 땅콩 껍질, 木片(Wood Chip) 등의 탄소함량이 높으며 건조된 農産 副産物 등이 적당하다. 腐熟이 완료되어도 木片 등 조직이 크고

탄소의 분해가 잘 안되는 혼합재료들은 다른 재료들 처럼 短期間 동안의 腐熟化에 의해 완전히 分解되지 못하고 장기간 腐熟化가 계속 진행된다. 이 재료들을 추려 다시 혼합재로 섞어 쓰게되면 腐熟 미생물의 분산과 성장이 촉진되어 腐熟化가 빨리 진행된다.

나. 材料의 組織과 密度

腐熟材料들은 충분한 空隙을 유지하여 공기의 유통이 원활하도록 준비되어야 한다. 混合材 混合의 가장 큰 목적 중의 하나는 원활한 공기의 유통에 의한 산소의 공급이다. 혼합재와 家畜糞尿의 混合比率는 부피로 계산했을 때 1:1이하에서 5:1이상까지 변할 수 있다. 混合比率에 영향을 주는 因子들은 混合材의 입자의 크기, 탄소분해의 난이도와 家畜糞尿의 함수비 등이다.

다. 通氣(Aeration)

通氣의 목적은 ① 腐熟 微生物의 發育을 促進하고, ② 腐熟過程에서 발생하는 水分을 除去하며, 또한 ③ 腐熟化로 발생하는 열을 분산시켜 腐熟適正溫度를 유지시켜 주는 것이다. 일반적으로 水分除去와 溫度維持 때문에 요구되는 空氣의 양이 미생물의 活動에 필요한 공기의 양보다 많다. 공기는 항상 5% 내지 15%의 산소를 함유하고 있어야 한다.

라. C/N 比率과 其他 營養素

질소(N), 탄소(C) 및 기타 영양소들이 有機物質을 分解하는 微生物들의 新陳代謝와 繁殖을 위해 필요하다. 미생물들의 종류에 따라 이들 영양소의 필요량은 다를 수 있다. 이들 중 C/N 비가 有機物의 분해과정에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 탄소는 미생물들의 세포구성에 필요하며 미생물들에게 Energy를 공급해 준다. 미생물에 의한 有機物의 分解過程 중 발생하는 이산화탄소에도 많은 양의 탄소가

소모된다. 따라서 腐熟化의 진행과 함께 유기 물질에 포함된 탄소의 함량은 감소하게 된다. 대부분의 질소는 미생물들의 몸을 구성하는데 이용이 되며 약간의 질소는 Ammonia나 Nitrogen Gas로 변해 대기중으로 蒸發이 된다. 그러므로 腐熟化된 후에도 질소의 함량은 많이 감소하지 않는다. 窒素의 함량이 작고 탄소의 함량이 많으면(C/N비 30 이상), 미생물들은 탄소를 모두 소모할 때까지 질소를 再使用한다.

탄소 不足으로 인한 腐熟化의 지연을 막을 수 있는 최적 C/N비는 사용되는 혼합재료의 성질에 따라 다르다. 즉 C/N비는 混合材料에 포함되어 있는 탄소가 얼마나 잘 분해되어 微生物들의 新陳代謝에 용이하게 사용될 수 있는가에 따라 다르다. 混合材料속의 탄소가 바로 미생물들에 의해 이용될 수 있는 상태에 있다면 窒素의 消費도 빨라져서 C/N비가 작아도 腐熟化는 순조롭게 일어난다. 반면에 Cellulose와 Lignin 같은 탄소의 분해가 힘든 纖維質 物質에서는 탄소의 분해가 서서히 일어나기 때문에 混合材料의 炭素含有量은 많아도 미생물이 이용할 수 있는 탄소의 양이 제한되어 미생물의 繁殖이 제한받게 되고 따라서 질소의 소비량도 작아 단시간내에 腐熟化 過程이 완료되지 못한다. 따라서 炭素不足으로 인한 腐熟化의 지연을 방지하기 위해서는 더 많은 混合物이 필요하게 되며 C/N비도 커지게 된다. 대부분의 家畜糞尿를 腐熟化하는데 필요한 초기 C/N비는 20:1에서 30:1 정도이다. 家畜糞尿의 C/N비가 보통 10:1 정도이므로 탄소성분이 많은 혼합물질을 添加하여 C/N비를 높여 주어야 정상적으로 腐熟化를 할 수 있다. 混合物은 또한 糞尿의 함수율을 최적 함수율로 낮추고 有機物 구석구석으로 공기의 유통을 원활히 할 수 있어야 한다.

기타 중요한 營養素로는 인(Phosphorus, P)과 칼륨(Potassium, K)이 있다. 인은 微生物의 原形質(Protoplasm)의 구성요소이며 칼륨은 박테리아 세포내의 삼투압(Osmotic Pressure)을

조절하는데 필요하다. 정상적인 腐熟化에는 질소량의 약 20%의 인과 약 8%의 칼륨이 필요하다. 따라서 家畜糞尿나 기타 보통의 有機物들은 腐熟化하는데 필요한 C : N : P : K비는 약 25 : 1 : 0.2 : 0.08이 바람직하다.

라. pH

腐熟化는 有機物質의 초기 pH 값이 6.5에서 7.2일 때 가장 잘 이루어진다. 처음 腐熟化가 시작될 때는 有機酸(Organic Acid)의 발생으로 인해 pH 값이 6.0 이하로 낮아질 수 있다. 이 有機酸은 냄새가 나쁘고 박테리아의 成長과 活動을 妨害하여 腐熟化에 지장을 준다. 또한 이 경우에는 有機物質 속의 온도가 정상치 보다 높아질 수도 있으나 시간이 지나면서 박테리아의 活動이 강화되고 pH 값이 올라가면 온도는 정상으로 돌아온다. 따라서 混合物質을 糞尿와 혼합할 때 부터 약간의 중화제나 석회(Lime)를 함께 혼합해 주는 것도 바람직하다. 腐熟化가 끝나면 pH 값은 7.5에서 8.5 혹은 그 이상이 될 수도 있다.

바. 溫 度

溫度는 腐熟速度에 영향을 주는 가장 중요한 인자 중의 하나이며 온도를 측정하므로써 腐熟化의 成敗與否를 짐작할 수 있다. 有機質 糞尿의 腐熟化 초기에는 주위의 溫度와 같은 溫度에서 시작이 되나 수 시간 내지 수 일 후부터는 온도가 상승하기 시작한다. 微生物들은 有機物質들을 소화하여 질소와 탄소 등의 영양소들을 섭취하며 繁殖이 왕성해지며 이 과정에서 열을 방출한다. 腐熟材料의 온도가 45°C에 이르면 Aerobic Thermophilic 腐熟作用이 시작된다. 이후로의 腐熟速度는 고열로 인해 복잡한 유기물 분자간의 결속력이 약화되고 분해되어 간단한 화합물로 변하면서 더 빨라진다. 한창 腐熟作用이 이루어질 때의 온도는 54°C에서 60°C 정도가 된다. 그러나 많은 경우 온도는 66°C

이상으로 올라가며 때로는 85°C까지 올라가는 수도 종종 있다. 따라서 腐熟을 위한 구조물이나 腐熟化의 관리는 온도가 66°C 이상을 넘어가지 않도록 계획이 되어야 한다. 특히 腐熟化 초기단계에서 온도가 66°C를 넘으면 유익한 미생물들이 많이 죽게되어 腐熟化에 支障을 초래할 수도 있다. 腐熟化의 適正溫度인 54°C에서 66°C를 넘지않도록 필요하다면 腐熟材料를 종종 뒤집어 주거나 강제 통풍을 시켜주는 것도 중요하다. 腐熟化 도중에 거의 모든 병원균들은 높은 온도와 高溫微生物과의 生存競爭에서 패하여 죽는다. 또한 대부분의 잡초씨들도 고온(66°C와 71°C사이)에서 죽는다.

5. 腐熟化 方法의 考察

腐熟化는 재료의 준비과정과 腐熟過程의 두 가지 과정으로 크게 나눌 수 있다. 재료의 준비과정은 糞尿와 혼합물을 적절히 配合하는 과정이다. 이 과정에서는 배합된 재료의 함수량을 조절하고 최적 C/N비를 갖게 하며 공기의 유통이 잘 되도록 해준다. 적정 함수량을 주기위해 물을 살포하기도 하고 최적 C/N비 보다 많은 混合物를 사용할 수도 있다. 덩어리가 크고 마른 糞尿 덩어리는 잘게 부수어 주고 腐熟化에 부적합한 이물질은 제거한다. 가능하면 시장에서 구할 수 있는 腐熟種菌들을 구입하여 糞尿에 섞거나 혹은 이미 腐熟過程이 완료된 유기질 비료 약간을 함께 혼합하여 腐熟化를 촉진시키는 것이 보통이다.

腐熟過程은 腐熟材料의 양에 따라 다르다. 상업적으로 하는 대형 腐熟化인 경우는 전문시설과 장비가 필요하다. 그러나 본 文獻研究의 목적은 소규모 農家 畜産業에 있어서 家畜糞尿의 資源化에 관한 것이므로 상업적 목적의 腐熟化 方法은 고려대상에서 除外되었다. 다만 참고로 미국에서 상업적 목적으로 많이 쓰이는 3가지 方法을 간단하게 기술하였다. 이들은 Wi-

ndrow Composting 方法, Static Pile Composting 方法 그리고 Aerated-Bin Composting 方法이다.

Windrow Composting 方法은 가장 많이 쓰이는 方法이다. 폭 3~4.5m 높이 0.9~1.5m로 糞尿나 Sludge를 混合物과 배합하여 길게 쌓아 놓고 자연상태에서 腐熟을 시키는 方法이다. 필요하면 살수를 하여 최적함수량을 유지해주며 腐熟溫度의 조절과 공기의 유통을 위해 가끔씩 증장비를 사용하여 뒤집어 주는 方法이다. Static Pile Composting 方法은 腐熟材料를 물리적으로 뒤집어 주는 대신 공기를 강제로 유통시켜 뒤집는 方法과 동일한 효과를 보도록 하는 方法이다. 바닥에서 부터 공기를 위로 강제로 송풍하거나 혹은 위에서 강제로 흡입하여 공기를 유통시키는 方法이다. Aerated-Bin Composting 方法은 시설비가 비싸 시장이 확보되지 않으면 시도하기 힘든 方法이다. 이 方法은 준비가 된 재료를 큰 통(Silo 등)에 저장하여 腐熟을 한다. 공기의 유통은 기계적으로 뒤집어 주기도 하고 유공관을 통해 강제 유통시키기도 한다.

腐熟化의 원리와 方法 등은 이미 오랜전 개발되어 실용화 되었다. 그러나 시장으로의 출하를 목적으로 하지 않는 소규모 腐熟化 기법은 경제적인 이유 때문에 최근까지도 실용화되지 못했다. 비점원 오염에 의한 環境破壞가 一般大衆에 인식이 되면서 가정에서 발생하는 유기질 쓰레기도 줄이고 再活用하기 위하여 家庭用 소형 Composter가 開發되었다. 家庭用 소형 Composter는 상품화되어 미국의 시장에서 싸고 쉽게 구입할 수 있고 넓은 정원을 소유한 가정에서 유기질 비료생산을 위하여 많이 사용되고 있다. 우리나라에서도 냄새 안나는 변수 등 腐熟化의 원리를 이용한 상품이 개발되었다. 강원도 춘천군 신북농협에서는 鷄糞을 톱밥과 혼합한 후 腐熟化하여 20kg 한포대에 1,800원씩 판매하고 있으며 大規模 花卉農家에서는 자력

으로 家畜糞尿 등을 腐熟化하여 사용하고 있다. 박노양은 축사에서 腐熟化를 활성화 시킬 수 있는 종균을 발견하여 발명특허(출원번호 90-21878, 공고일자 1992. 10. 17)를 획득하였다.

미국 중동부의 Delmarva 반도는 養鷄産業이 發達한 지역이다. 養鷄業의 가장 큰 문제중의 하나는 질병 등으로 인해 죽는 닭의 처리이다. 地下水位가 낮은 반도에서 죽은 닭의 매장처리는 地下水의 汚染을 招來하며 燒却處理는 시간이 오래 걸리며 費用도 크다. 전문 處理會社에 의한 飼料 등으로의 再利用이 대규모 養鷄團地에서는 실행되고 있다. 그러나 넓은 지역을 대상으로 할 때는 죽은 닭의 수집, 운반과 가공시 질병의 통제와 住民의 反撥 등의 문제점 때문에 사료로의 재이용도 용이하지 않다. University of Maryland의 Murphy and Handwerker (1988)는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 가정용 소형 Composter를 대형화한 養鷄農場用 Composter를 개발하였다. 實驗에 사용된 Composter의 構造는 Fig. 1과 같이 9개의 단위 Composter로 구성되어 있고 각 단위 Composter의 크기는 1.5×1.5×1.5m의 정육면체이다.

Fig. 1의 실선은 고정된 벽이고 점선은 조립식 벽이다. 벽체의 재료는 화학처리되어 부식에

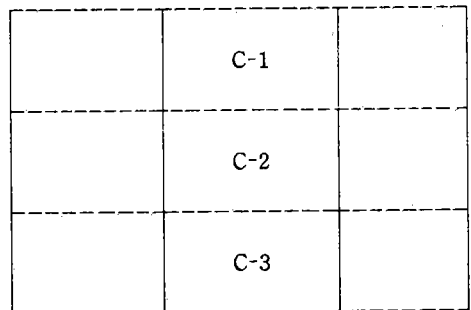


Fig. 1. University of Maryland research composter(Dead bird disposal). Disposal capacity : 154kg(340 lbs.) carcass per day, C-1(Primary composting), C-2(Secondary composting), C-3(Tertiary composting).

강한 목재를 사용하였다. 이들은 죽은 닭, 鷄糞, 밀짚과 물을 배합하여 실험하여 좋은 결과를 얻었다. 매일 죽은 닭을 수거하여 1차 腐熟化를 하는 C-1에 계분, 밀짚 그리고 물을 혼합하여 하나의 Composter가 채워질 때까지 채운다. 다 차면 옆의 Composter로 옮겨서 채우기 시작한다. 다 채워진 Composter는 온도를 측정하여 온도가 최고치까지 상승하다 떨어지기 시작하거나 혹은 일정한 시간이 경과한 후에 2차 Composter(C-2)로 조립식 벽을 열고 Compost 재료를 이동시킨다. 2차 Composter에서도 일정한 시간이 경과하면 숙성과정인 C-3로 옮겨져서 논과 밭의 비료로 사용이 되거나 시장으로 출하될 때까지 숙성된다. 이 방법을 특별한 기술과 장비도 필요로 하지 않으며 腐熟化 시설도 농가에서 遊休施設을 이용하거나 간단하게 설치할 수 있어 많은 호응을 얻고 있다. 실제로 있어서 단위 Composter의 배치는 Fig. 1과 같지 않다. 이는 지역의 특성에 맞고 作業하기 편하도록 구조를 조금씩 변경하여 사용하고 있다. 이들의 연구에 고무되어 미국의 각지에서 많은 유사한 연구가 이루어지고 있고 또한 많은 成功事例가 發表되고 있다(Ackerman and Richard, 1990 ; Donald and Blake, 1990 ; Blevins, 1990 ; Murphy, 1990 ; Dutton, 1990).

6. 畜産糞尿의 腐熟化를 위한 條件

腐熟化 이론과 실용화 기술은 오래전에 개발되어서 상업적으로 이용이 되어 왔다. 최근에는 類似分野인 양계업에서도 소형 Composter를 개발하여 죽은 닭과 鷄糞의 有機質 비료화에 腐熟化 기술이 사용되기 시작했다. 이와같은 기존의 理論과 技術이 小規模 畜産農家の 廢棄物인 家畜糞尿의 資源化에 폭 넓게 이용이 되기 위해서는 몇가지 전제조건이 요구된다. 소규모 畜産業에 손쉽게 이용될 수 있는 腐熟化 기술을 개발하고 이를 標準化하여 특별한 교육이 없이

도 農家에서 이용될 수 있도록 Video Tape 등을 이용하여 弘報하여야 한다. 環境保存의 중요성과 畜産 廢棄物이 環境에 미치는 영향을 함께 수록하여 농민 스스로가 廢棄物 再利用의 必要性과 再利用의 대열에 참여하고자 하는 의식을 갖도록 하여야 한다. 畜産糞尿 처리를 위한 腐熟化 기술을 개발하는데 필요한 구체적인 조건을 보면 다음과 같다.

1. 腐熟化를 하기 위하여 많은 時間과 經費가 所要되어서는 안된다. 施設은 가능하면 간단하게 설치할 수 있거나 기존의 遊休施設을 이용할 수 있어야 한다. 作業量은 기존의 作業量과 같은 수준이거나 약간 더 하는 정도이어야 한다. 高價裝備의 購入이나 使用이 필요없어야 한다.

2. 腐熟 혼합재의 구입이 용이해야 한다. 現在는 톱밥이 많이 사용되고 있으나 이는 소규모 自營畜産 農家들에게는 톱밥의 購入, 運搬, 貯藏 및 經費 등을 고려하여 볼 때 실현성이 없다. 또한 참여농민이 많아질 경우 톱밥의 공급도 문제가 될 것이다. 따라서 벃집이나 왕겨 등 자영농가에서 농업부산물로 나오는 재료를 이용할 수 있는 腐熟化 기술이 개발되어야 한다.

3. 施設과 方法이 합법적이고 안전해야 한다. 腐熟化 方法은 현존하는 土壤, 물 大氣汚染 法規에 저촉되지 않아야 한다. 疾病의 傳播, 惡臭의 발생, 기타 害蟲 등의 발생이 없어야 한다. 腐熟이 완료된 糞尿와 기타 재료는 훌륭한 有機質 비료로 사용될 수 있어야 한다.

4. 腐熟化 시설은 연속적인 사용이 가능해야 하며 畜産農家の 규모에 따라 용이하게 規模의 조정을 할 수 있어야 한다. 降雨와 한파로부터 보호할 수 있는 施設을 하거나 용이하게 설치할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

7. 結 論

심각한 環境破壞의 원인이 되는 農家 家畜糞尿는 적절히 처리되어 環境改善에 일익을 담당

하고 유기질 비료로 再活用되어 귀중한 土壤의 酸性化를 막고 생산성을 增大하는데 이용이 되어야 한다. 家畜糞尿는 べ짚이나 왕겨 등의 農家 副産物을 이용하여 腐熟化하므로서 훌륭한 有機質 비료로 재 활용될 수 있다. 이를 위한 기술과 시설은 미국 중동부 Delmarva 반도의 養鷄農家에서 사용되는 소규모 腐熟化 시설과 기술을 응용하여 개발한다면 어려움 없이 개발이 될 것으로 생각되며 이 방향으로 개발할 것을 제안한다. 개발된 기술을 보급하기 위해서는 ① 분뇨의 腐熟化에 많은 시간과 경비가 소요되어서는 안된다. ② 구입이 용이한 혼합재를 사용해야 한다. ③ 시설과 方法이 합법적이고 안전해야 한다. ④ 環境保存의 중요성과 家畜糞尿가 환경에 미치는 영향을 홍보하여 畜産農家가 스스로가 家畜糞尿의 腐熟化에 참여하는 분위기를 조성해야 한다.

參 考 文 獻

1. Ackerman, S. E. and T. L. Richard. Composting Mortality from Cage Layer Flocks. IN : Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849. pp. 31-37, 1990.
2. Blevins, K. A. Simple Dead-Bird Composter. IN : Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waster Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849. pp. 50-51, 1990.
3. Brodie, H. L. and V. A. Bandel. Bandel. Manure Testing. Cooperative Extention Service, Department of Agricultural Engineering, University of Maryland. Fact Sheet 430. 1987.
4. Donald, J. O. and J. P. Blake. Dead Poultry Composter Construction. IN : Blake and Hult Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waster Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849. pp. 38-44, 1990.
5. Dutton, H. E. Composting Dead Chickens Dutton Farm Demonstration. IN : Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849. pp. 45-49. 1990.
6. Magette, W. L. Citizen's Guide to Environmental Terminology. Cooperative Extention Service, Department of Agricultural Engineering, University of Maryland. Water Resources 18. 1989.
7. Murphy, D. W. Disease Transfer Studies in a Dead Bird Composter. IN : Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849. pp. 25-30. 1990.
8. Murphy, D. W. and T. S. Handwerker. Preliminary Investigations of Composting as a Method of Dead Bird Disposal. IN : Proceedings of the National Poultry Waste Management Symposium held at the Holiday Inn on the Land, 328 West Land Ave., Columbus, Ohio. pp. 65-72. 1988.
9. Sweeten, J. M. Composting Manure and Sludge. IN : Proceedings of the National Poultry Waste Management Symposium Held at the Holiday Inn on the Lane, 328 West Lane Ave., Columbus, Ohio. pp. 38-44. 1988.