

분변 및 하수 슬릿지의 퇴비화와 장래방안

김오식 / 부산공업대학 강사
(주) 삼화기술단 환경부장

1. 분변퇴비의 비효와 조건

비료란 식물에 영양을 공급하거나 식물의 재배를 증진시키기 위하여 토양에 제공되는 물질이다. 이러한 비료를 크게 분류하여 보면 천연비료와 인조비료(화학비료 또는 금비)로 나눌 수 있으며, 비료를 법제적으로 분류하면 보통비료(3요소비료와 유기질비료)와 부산물비료(퇴비, 녹비, 재)로 나뉘어지고 있다. 분변과 정화조슬릿지 및 하수슬릿지를 이용하여 제조하는 분변퇴비는 부산물 비료에 속하는 것이다.

분변의 발생량은 지역이나 계절 및 연령 등에 따라 다르지만 대체로 $0.8 \sim 1.3 \ell/\text{man}\cdot\text{day}$ 정도이다. 또한 변소의 구조나 식생활 및 하수도 보급율(특히 하수도 지선관거의 보급율)에 따라서도 다르므로 분변의 배출량을 일반적 $0.1 \ell/\text{man}\cdot\text{day}$ 로 하고 있지만, 실제의 수거량은 10 ~ 20%의 자연감량을 고려하여 $0.8 \ell/\text{man}\cdot\text{day}$ 정도로 잡고 있다.

정화조 슬릿지는 당해 지역의 수거실적을 근거로 함을 원칙으로 하지만 수거실적이 확실하지 않는 경우에는 규모별이나 정화조설치율 및 청소율에 따라 산정할 수 있다. 그러나 그러한 방법들의 명확성에 문제점이 있는 경우에는 환경청의 지침을 사용하여 수세식 변소의 사용인구에 대하여 $0.4 \ell/\text{man}\cdot\text{day}$ 혹은 이하로 할 수 있다.

1987년도 부산시(수영하수처리장이 건설되기 직전임)에서 수거된 분변과 정화조슬릿지는

모두 704,250 *kl*이며, 이 중에서 수거분변은 407,437 *kl*이고 정화조슬릿지는 283,639 *kl*이며 균용이 6,333 *kl* 그리고 법무부용(형무소 등)이 6,841 *kl*이었다. 1986년도 우리나라의 위생처리장에서 발생된 탈수슬릿지는 토양매립 8.0%, 농토환원 81% 및 기타 11% 등으로 처분되고 있으며, 비닐하우스에 의한 특용작물 재배가 많은 경상도와 전라도 지방에서 농토환원의 비율이 높은 것이 특징이다. 세계적으로 보면 스위스나 룩셈부르크와 같이 토지의 이용을 고도화하는 나라들은 슬릿지의 농토환원이 75% 정도로 높지만, 노르웨이처럼 인구밀도가 낮은 나라들은 매립하고 있으며, 일본이나 오스트리아 등은 소각처분하는 비중이 높다.

화학비료의 과다사용으로 우리나라의 토양은 상당히 산성화되어 있다. 농촌진흥청에서 1970년대에 실시한 우리나라 논토양의 수소이온농도를 보면 pH 4.4이하가 약 20%, pH 5.0 ~ 5.4가 약 45%, pH 5.5 ~ 5.9는 약 23%, pH 6.0 ~ 6.4는 약 9%, pH 6.5 ~ 7.0은 2% 그리고 pH 7.1 이상은 1% 정도이었다. 그러므로 부식유기질이 많은 토양으로 개토(1988년도 개토지원 268억원)하여 왔으며, 석회질 사료의 사용을 강조하여 왔었다. 이러한 결점을 보완할 수 있는 것이 분변퇴비이다.

경작토에 대한 분변퇴비의 사용효과를 보면 산성토양의 개량, 토양의 양이온치환용량 증대, 토양의 미생물학적인 특성개선 및 영양분의 공

급 등이다. 생분변을 직접 사용하면 식물의 성장장애와 토양의 산성화, 취급상의 곤란성, 보건 위생상의 문제점 및 이용의 기피성 등이 존재하게 된다. 이러한 생분변의 결점들을 보완할 수 있는 분변퇴비의 구비조건을 보면, 완속발효시켜야 하고 위생적으로 안전하여야 하며, 혐잡물이 없어야 하고, 중금속 등의 유해물질이 기준치 이하이어야 하고, 악취가 없어야 하고, 비료성분이 일정하여야 하며, 소비상품화되어야 한다.

2. 분변의 퇴비화와 공정

퇴비화는 주원료와 부원료내의 분해가 능한 유기물을 미생물에 의하여 분해시켜 안정화하는 프로세스이다. 유기물은 혐기성 조건이나 호기성 조건에서도 분해될 수 있지만 혐기성 발효는 분해속도가 완만하고 악취의 제거가 곤란하므로 대규모적인 퇴비화 프로세스에서는 호기성 발효(즉, industrial fermentation)를 채용하고 있다. 유기물은 호기성 미생물에 의하여 비교적 안정한 물질과 CO₂ 및 H₂O로 분해되며 분해과정 중에 열이 발생되게 된다. 이러한 열은 프로세스의 온도를 상승시키게 되므로 분해가 촉진되게 된다.

퇴비화에 관여하는 미생물은 주로 세균, 균류 효모 및 Actinomycetes 등이다. 퇴비와 프로세스에서의 주원료는 생분변과 축산분변, 정화조슬러지 및 하수슬러지이며, 부원료로써는 연탄재, 왕겨, 톱밥, 볏짚 및 폐각분(수산조개류의 가루) 등이 이용되고 있다. 퇴비화 프로세스에서의 중요한 인자들을 보면, 원료의 종류와 함수율, 온도, PH 및 탄소/질소의 비(즉 C/N 비) 등이다.

퇴비화에 적절한 함수율은 50 ~ 60 % 이며 함수율이 20 % 이하로 되면 분해가 정지하게 된다. 퇴비화에 유효한 온도는 55 ~ 65°C 이고 강제통기시에는 약 2주간 정도 55 ~ 70°C 의 고온발효가 시행 되고 있다. PH는 퇴비화 공정을 평가하는데 있어서 중요한 사항이며, 퇴비화가 진행됨에 따라서 PH가 5.0 ~ 9.0 까지 변

화한다. 발효후 3일이면 유기산 생성으로 PH가 5.0 정도로 저지되었다가 발효가 완속해지면 PH가 8.0 ~ 9.0으로 상승하게 된다.

퇴비화의 초기에는 C/N의 비가 20 ~ 30 이면 최적이지만, 퇴비화의 말기에는 C/N의 비가 10 ~ 20으로 저하되게 된다.

퇴비화 장치들에 있어서 발효초기의 통기량은 투입되는 혼입물의 부피당 113 ~ 324 Air-ℓ / m³ · min 정도로 공급되고 있다. 이를 투입되는 탈수슬러지의 강열감량당으로 환산하면 고분자 응집제를 사용한 탈수슬러지에서는 2.2 ~ 3.9 Air-ℓ / VS kg · min 이고, 소석회나 염화제 2철을 이용한 탈수슬러지에서는 5.0 ~ 10.5 Air-ℓ / VS kg · min 정도이다.

기본적인 퇴비화의 단위공정을 보면 원료의 예비조정, 1차발효, 2차발효 및 제품화 등이다. 원료의 예비조정에서는 유기물의 분해에 적절한 수분과 수소이온농도를 유지하고 미생물의 활동에 적절한 환경조건을 갖게 하는 것이다. 1차발효는 발효의 시범공정으로 단백질과 탄수화물 및 지방 등의 유기물을 분해시키며 발효조내의 온도는 60 ~ 70°C까지 상승하게 된다. 여기서는 2 ~ 3일에 한번씩 뒤집어 주어야 하며, 1차발효는 10 ~ 14일간 시행되게 된다.

2차발효는 분해가능한 유기물을 분해시켜 완속시키는 단위공정이다. C/N의 비가 높은 퇴비를 농토에 사용하면 퇴비중의 토양미생물이 질소를 탈취하므로 오히려 농작물이 질소결핍으로 인하여 생육에 장애를 받게 된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하고자 2차발효를 시행하여 C/N의 비가 10 ~ 20 이하로 되도록 하고 있다. 2차발효는 1 ~ 2 m의 높이로 쌓아두어 40 ~ 50%의 함수율을 보지시키며 통기시키고 있다. 또한 2차발효의 뒤집기에서는 온도상승현상이 사라질 때까지 1 ~ 3개월 정도 쌓아두고 있다.

생분변이나 정화조슬러지를 고속퇴비화 공정으로 퇴비화할 때에는 농축탈수 및 첨가제에 따라 달라지게 되며, 이를 분류하여 보면 다음과 같다. 첫째는 분변에 유기성의 부원료(볏짚, 왕

겨, 톱밥 등)를 첨가혼합하여 퇴비화하는 시스템이다. 들찌는 분변에 무기성의 부원료(연탄재, 조개껍질 등)를 첨가혼합하여 퇴비화하는 시스템이다. 세찌는 생분변을 농축(함수율 97% → 90%)한 후에 유기성의 부원료를 첨가 혼합하는 시스템이다. 네찌는 정화조슬릿지를 함수율 80% 정도로 탈수하여 바로 퇴비화하는 시스템이다. 이러한 4가지 시스템의 경제성(환경정보고서, 1987)을 비교하여 보면 20% 내외의 차이가 있으므로 당해 지방의 여건에 따라 경제성이 달라질 수 있다고 사료된다.

3. 퇴비화 프로세스의 검토

기계식의 퇴비화 프로세스가 발달되고 있는 나라는 서독과 일본이다. 서독은 수거변소가 존재하지 않고 수세식 변소에 의한 분류식 하수관거와 하수처리장이 건설되어 있으므로 하수슬릿지의 퇴비화 시스템이 개발되어 있다. 서독에서 채용되고 있는 퇴비화 프로세스를 보면 첨가제인 톱밥과 하수슬릿지를 혼합하여 Bioreactor에서 1차발효시키고 콤포스트를 숙성화시켜 농토로 환원시키는 시스템이다.

일본은 수거식 변소가 상당히 잔존하고 있으므로 우리나라와 유사한 점이 많으나 일본의 정화조외는 다르며, 우리나라의 소규모 하수처리 시설인 오수처리시설에 해당된다고 할 수 있다. 그러므로 일본의 위생처리장에 병설되어 있는 퇴비화시설의 프로세스를 보면, 수분을 조정하고 통기성을 확보하여 탈수슬릿지를 건조시키거나 톱밥과 쓰레기를 혼합하여 함수율을 60~65%로 감소시켜서 호기성 발효시켜 퇴비화하고 있다.

일본의 고지현 예서촌(藝西村)의 퇴비센타

에서는 생분변과 폐기농산물을 퇴비화하고 있다. 예서촌은 인구 4,600명 정도로 원예채배가 주업이므로, 야채 찌꺼기와 가정 쓰레기로부터 플라스틱 등의 비퇴비화물을 제거하는 전처리공정이 있고, 이와 같이 전처리된 퇴비용 원료와 왕겨 및 분변 등을 혼합하여 고효율로 발효시키는 발효공정이 있으며, 생성퇴비에 혼재하는 이물질 제거하는 후선별공정 등이 설치되어 있다. 이러한 퇴비화 시스템은 소규모의 농어촌 분변에 적절한 퇴비화 프로세스라고 할 수 있지만, 대도시의 퇴비화시설로써는 부적당한 것이다.

우리나라의 환경청에서 지정하고 있는 분변의 퇴비화시설을 보면, 발효식퇴비화시설(환경청고시 87-31호)과 숙성퇴비화시설(환경청고시 87-32호)이 있다. 후자인 숙성퇴비화 시설은 부패실에 혼합장치와 가열장치 및 송풍장치를 설치하여 온도 등을 자동으로 조절시켜 분변을 부숙시키고 부숙분변을 최종적으로 퇴비화하는 시스템이므로 대도시용이기 보다는 오히려 읍면단위 이하의 농어촌용의 분변퇴비화 시설이라고 하는 것이 타당하다.

전자의 발효식 퇴비화시설은 전처리 공정과 생물학적 처리공정 및 물리화학적 처리공정으로 대별된다. 전처리 공정은 분변의 여과와 연탄재의 분쇄 및 패각분 등의 첨가물 준비로 이루어지지만, 연탄재의 수집과 패각의 수집 및 패각의 분말화 등은 내포되어 있지 않은 시스템이다. 생물학적 처리공정은 체류시간 7일 정도의 발효단계와 함수율 40% 이하의 건조단계 및 체류시간 10일 정도의 안정화단계로 구성되는 시스템이다. 또한 물리화학적 처리공정은 함수율 20% 이하의 건조파쇄단계와 저장단계 및 포장단계 등으로 구성되는 시스템이다.

(다음호에 계속)

UNEP '89년 제17회 世界環境의 날 주제

전 인류에 대한 경고 : 더워지는 지구

Global Warming