

농촌형 생태 뒷간의 개발과 사용성

Development and Assessment of Rural Ecological Backhouse

리신호*[†] · 윤성수* · 엄성준** · 박진선**

Rhee, Shin Ho*[†] · Yoon, Seong Soo* · Eom, Seong Jun** · Park, Jin Seon**

Abstract

This research was focused on the new model and its utility value of environmental friendly backhouse that overcomes the weaknesses of traditional backhouse and modern backhouse. To develop the model, the characteristics, merits and demerits of backhouses and the effectiveness of additional materials were analyzed and the study result of Rhee etc.(2005) is based. The design drawing of an ecological backhouse was presented considering the sanitation, environment, economy, and utility among the merits of existing backhouses and its product showed. The new designed model is considered to conveniences in modern toilet and staff is used instead to water as it is suitable for additional material of night-soil. This product was established at farm house and its utility was proved. And a farmer easily are able to make this backhouse according its design drawing.

Keywords : Ecological backhouse, Serviceability, Traditional

1. 서 론

농촌 뒷간에 관한 연구는, 환경문제가 사회적 문제로 대두되면서 농촌 뒷간의 환경적 문제해결을 위해서 시작되었다. 농촌이 우리 사회의 중심 기반이었던 시절 전통적 뒷간은 자연계의 생태적 순환에 중요한 역할을 해왔다. 즉, 밥은 똥이 되고, 똥이 거름이 되고, 거름이 밥이 되고, 밥이 생명이 되어, 또 다시 똥이 되는 생태계의 순환법칙 속에 우리의 뒷간이 있었다.

성경에도 “똥을 볼 때는 땅을 파고, 돌아설 때에는 배설물을 덮어라(신23:13, 표준새번역 성경)”고 했고,

조선시대 법률엔, ‘재를 버리는 자는 곤장 삼십대, 똥을 버리는 자는 곤장 오십대(棄灰者杖三十, 棄糞者杖五十)’로 정했다. 1900년대 초 수원에선, 상품 똥재 한 섬에 30전 이었고, 똥통에 푸른 대나무를 박아 그 속에 스며든 ‘똥물’로 피고름 섞인 다리를 고쳤고, 온 몸을 두들겨 맞아 죽어가는 사람도 살려 놓았다. 이런 사실은 옛 사람들의 똥에 대한 해안을 보여주고 있을 뿐만 아니라 자연 환경 보존과 생태 순환의 법칙을 터득하고 있었다는 이야기이다. 이런 전통적 뒷간은 농촌에도 점점 없어져가고 일부 전통고택이나 민속촌, 사찰, 그리고 생각 있는 사람들의 집에서만 유지·보존 되고 있다.

농촌의 푸는 뒷간의 경우 여름철에 해충과 악취가 심하며, 주변 토양과 지하수를 오염시킨다(최, 1995). 똥이 들어가지 않은 농지에는 화학비료의 사용으로 산성화 되어 다시 화학비료를 투입하는 악순환으로

* 충북대학교 농업생명환경대학 지역건설공학과

** 충북대학교 농업생명환경대학 지역건설공학과 대학원

[†] Corresponding author. Tel.: +82-43-261-2574

Fax: +82-43-271-5922

E-mail address: rhee2574@cbnu.ac.kr

농지는 황폐화 되고 있다. 최근 급속히 보급되고 있는 수세식 뒷간의 경우, 공중위생을 개선한 획기적인 발명품으로 인식되었으나 정화조가 그 기능을 제대로 발휘하지 못하여 지하수, 하천, 또는 해양을 오염시키며 물자원의 낭비를 가중시키는 원인이라고 규명되었다. 그에 따라 최근 건식, 무 방류, 생물학적 시스템을 이용한 뒷간이 그 대안으로 공감대가 형성되고 있으며, 미국, 유럽, 일본 등에서는 다양한 환경 친화적인 분뇨 발효 뒷간이 개발되어 있다. 최근 농촌 지역에서 발생하는 오염물질들이 크고 작은 하천과 저수지 등의 부영양화에 크게 영향을 미치는 것으로 추정되면서 농촌 지역의 생활하수에 의한 오염 발생의 억제를 통해 그 영향을 줄이려는 노력이 가시화 되고 있는 등 사회 전반에 걸쳐 환경에 대한 인식이 높아지고 있다. 친환경적인 뒷간인 자연 발효식, 완전 발효 소멸식, 순환식 등의 시스템이 위락지 공중 뒷간에 적용되어 부분적으로 보급되고 있으나 아직까지 인식 부족과 관리의 불편, 비싼 설치비와 유지비 등으로 그 이용은 아주 적은 실정이다.

윤 등(1999, 2000)은 기계장치를 줄이고 자연의 힘을 이용한 고장이 거의 없는 현장처리 분뇨정화시스템으로 퇴비화 화장실의 특징 및 처리효율에 대한 고찰을 통해 농촌지역의 활용방안을 모색하였다. 조 등(2002)은 국내외의 생물학적 시스템을 이용하여 처리하는 화장실의 유형 4개 중에 농촌 실용화 측면에서 검토하여 호기성 미생물에 의한 자연 발효방식의 화장실을 개량 모델로 제안하고, 자연발효방식 화장실의 실용화하기 위해 농촌 생활에 적합한 건물 구조가 필요하다는 연구 결과를 제시하였다. 고 등(2002)은 사용 중인 퇴비화 화장실을 조사한 결과, 설계적 정이용인원 내에서는 문제가 없으나 교반 장치를 개선하고 동계 가온 장치를 추가해야 적정이용인원이 늘어도 될 것으로 판단하였고, 안정적인 퇴비화와 악취 저감을 위해서는 정확한 예상 인원 평가에 따른 설치동수 결정과 지속적 관리 감독이 필요하다고 했다.

모델 연구에서 각 지역의 전통 뒷간을 조사 분석하고 생태학적 지혜와 장점을 반영하여 현대적 개량 모델로서 발효식 뒷간을 개발하여 제시하고(리 등 2005), 농촌 보급방안에 대해 검토하여 왔다. 이번 연구에서

는 앞의 연구 결과를 바탕으로 전통 뒷간과 현대 뒷간의 특징 및 장점과 단점, 첨가제의 효용성 등을 비교 분석하여 농촌형 생태 뒷간을 개발하고 농가에 설치하여 기존의 농촌 화장실의 대안으로 그 효과를 살펴보고 사용성을 검증하였다.

II. 분뇨의 생태 처리 분석

1. 박테리아에 의한 처리

분뇨는 다량의 유기물과 질소화합물을 포함하고 있는데 그 특성은 시간과 영양섭취 패턴변화에 따라 크게 다르다. BOD(생화학적 산소 요구량, biochemical oxygen demand)와 SS(부유물질, suspended solid)가 평균적으로 약 30,000ppm에 이르는 매우 고농도의 유기폐기물로서 약 절반이 탄수화물, 나머지는 단백질이 2/3이고, 1/3이 지방으로 구성되어 있다.

성인 1인당 매일 똥 0.14L, 오줌 0.9L로 함께 1.1 L의 분뇨를 배출하고 있으며 COD(화학적 산소 요구량, chemical oxygen demand) 생산량은 총 60g 정도이다. 분뇨가 혐기성 처리되면 H₂S, NH₃ 등 강한 악취를 발산시켜 인체에 해를 미칠 수도 있다.

박테리아가 효소를 분비하여 분뇨 중에 복잡한 유기물을 간단하게 변형하고 최종적으로 무기물화 하는 과정으로서 이를 촉진하기 위해서는 최적온도의 유지, 정기적인 분뇨의 투입 및 폐기생성물의 제거, 적절한 생육환경유지 등의 최적 환경조성을 위한 조치가 필요하다. 분뇨를 호기성 처리하게 되면 악취 및 환원성 산화물이 소량 발생되고, 생물 산화에 의한 제거효과를 거둘 수 있다.

박테리아를 산소와 관련시켜 보면, 크게 호기성 박테리아와 혐기성 박테리아, 그리고 임의성 박테리아로 분류할 수 있다. 호기성(好氣性) 박테리아는 산소가 공급되어야만 성장할 수 있는 박테리아로 유기물을 분해하여 탄산가스와 물을 생성하며 그 과정에서 에너지를 방출한다(유기물+O₂⇒CO₂+H₂O+에너지). 혐기성(嫌氣性) 박테리아는 호기성 박테리아와는 반대로 산소가 없는 조건에서만 성장할 수 있는 박테리아로서 호흡을 위한 산소는 SO₃와, NO₃와 같

은 산화물에서 산소를 탈취하여 H_2S (냄새발생), N_2 같은 환원물질을 생성시킨다. 혐기성 박테리아는 호기성, 혐기성에 구애받지 않고 성장할 수 있는 박테리아다.

분뇨 중에서 똥에는 호기성 박테리아의 활동이 왕성하며 오줌에서는 혐기성 박테리아의 활동이 왕성하다. 호기성 박테리아는 세균 등 다른 토양 유기물과 함께 인체에서 배설된 똥을 영양분으로 삼아 활동한다. 이들은 똥 속의 영양분을 먹고 부식 활동을 하는 과정에서 산화(발효)와 더불어 열을 발생시킨다. 똥의 95%는 산화돼 가스와 함께 열로 날아가 버리고 5%는 발효찌꺼기로 남는다. 박테리아의 배설물격인 이 발효찌꺼기는 이미 똥의 성질이 완전히 없어진 것으로 일반 토양의 부식토로서 식물을 키우는 최고의 거름이 된다.

혐기성 박테리아는 수분으로 인해 공기가 차단되는 오줌 속에서 활동이 왕성하다. 이 박테리아는 자체 정화기능을 갖는다. 오줌 속에 있는 영양분과 세균을 잡아먹으면서 열을 발생시키고 그 과정에서 대부분 수분은 증발 되어버린다. 추운 겨울이나 습기가 많은 곳에서는 수분이 증발되지 않고 그대로 남기도 하지만 이 오줌은 질소와 염분이 조금 들어있는 전혀 성격이 다른 물이 된다. 이것을 액비(液肥)라 부르며 엽채 채소를 키우는 데 최상의 비료이다. 물과 1대 1로 희석시켜 정원이나 잔디밭, 채소밭에 뿌리면 그 효과가 아주 좋은 것으로 알려져 있다.

2. 첨가제에 의한 처리

유기물은 토양 미생물에 의해 분해되면서 흙의 탄질비* 10에 가까워지려는 활동이 끊임없이 일어난다. 똥에 왕겨나 재, 낙엽 등을 넣는 것은 흙의 탄질비를 10정도로 조절하여 안정적인 퇴비로 만들기 위해서이다.

똥을 썩히는 호기성 박테리아는 산소를 좋아해서 산소 공급이 잘 돼야만 박테리아가 급격히 증식되고 활동이 왕성해진다. 그런데 똥이 그냥 쌓이면 똥 속

에 있는 호기성 박테리아는 산소 부족으로 활동이 더디어진다. 왕겨나 굵은 톱밥, 잘게 썬 짚, 대패 밥, 낙엽 등은 ‘산소를 공급해주는 매개체’라 하여 ‘통기성 매질’, 또는 ‘희석제’, ‘첨가제’라 부른다. 이것의 주성분은 셀룰로오스(cellulose), 헤미셀룰로오스(hemicellulose), 리그닌(lignin) 등으로 되어 있어 유기 폐기물과 혼합되어 좋은 부식토를 생산 할 수 있는 재료다.

첨가제의 특징은 탄질비가 높다는 것인데, 질소가 절대적으로 많은 똥 위에 탄소가 많은 첨가제를 뿌려주면 탄질비가 적절한 수준으로 되어 냄새도 적고 퇴비의 효율도 높아진다. 반대로 낙엽이나 풀, 짚 등을 쌓아놓은 것을 퇴비로 만들려면 오줌이나 똥 같은 질소가 많은 재료를 뿌려 섞어주면 탄질비가 낮아져서 빨리 썩어 훌륭한 퇴비가 된다. 첨가제는 똥의 함수율을 낮춰 똥 더미 내에 공기구멍을 많이 만들어 산소 공급이 잘되고 수분을 잘 빨아들이기 때문에 호기성 박테리아 활동의 최적 조건을 만들어 준다. 이 공기구멍에 의해 호기성 부패가 시작되고 방선균류뿐만 아니라 다른 호기성 박테리아가 유기물을 분해해서 좋은 퇴비를 생성한다.

첨가제는 똥의 표면을 덮기 때문에 보온이 되어 얼지 않고, 냄새를 없애고 벌레의 활동을 막는 역할도 한다. 첨가제는 똥의 높은 소금기를 희석시켜주는 역할도 하고 똥만으로는 부족한 미세한 무기질을 주기도 한다. 이 무기질은 똥을 퇴비화 시키는 데 중요한 역할을 하는 생물인 방선균, 미생물, 지렁이 등의 배설물에 안정을 주어 좋은 퇴비생산에 훌륭한 역할을 담당한다. 또한 탄소가 많아 똥 더미 내에 있는 박테리아에게 먹이를 많이 제공하는 역할도 한다.

재는 정수, 정화, 방부, 탈취 효과를 지니고 있다. 재는 배설물의 냄새를 막고 거름의 알칼리화를 돕는 역할을 한다. 흙에서 식물들이 자라면서 흙 속에 있던 여러 영양물들이 빠져나가 흙이 산성화되는데, 여기에 알칼리성 덩어리인 재를 뿌려주면 식물에게 여러 영양분을 주는 생명력 있는 흙으로 변한다. 또한 재의 성분은 식물의 목질을 튼튼하게 성장시키는 기능을 하므로 과실을 단단하고 튼튼하게 한다. 더불어 재는 엽록소의 형성을 가능케 하며 식물의 병을 방지하는 역할도 한다.

* 탄질비는 유기물내의 탄소 함유량을 질소의 함유량으로 나눈 값(C/N)으로 분뇨의 생태적 처리의 중요 항목이다.

재는 수분을 빠르게 많이 흡수하므로 냄새를 없애 주고 유기물의 분해를 억제시킨다. 고려와 조선 시대에는 시신이 오래도록 썩지 않도록 하기 위해 반드시 재를 넣어 장례를 지냈다고 한다. 재는 똥에서 필요한 수분과 산소를 흡수하여 냄새를 없애주지만 썩지 않게 하여 재 속에 있는 똥은 몇 년이 지나도 발효 거름으로 되지 않고 그대로 있게 되므로 분뇨의 첨가제로 적합하지 못하다.

이와 같은 내용으로 보아 첨가제로 사용하기 적합한 재료는 '왕겨'이다. 왕겨는 벼를 뿔 때 나오는 재료이므로 농촌에서 구하기가 쉽고 농가에서는 비용도 들지 않는다.

III. 뒷간의 분석

뒷간의 종류와 장단점

전통 뒷간을 잣간, 해우소, 푸는 뒷간, 통시, 미세기 측간 등으로 분류하여 장단점을 살펴보았다.

1. 잣간

불을 땀 후 나오는 재를 쌓아놓는 잣간에 뒷간을 둔 것이다. 잣간은 1766년에 나온 유증림의 『증보산림경제(增補山林經濟)』에 그 명칭이 나오는데, 잣간의 방향과 사용상의 주의 사항 등을 실었다. 조선 시대에 평민들은 부춘돌 잣간을 사용했고 양반들은 누각 잣간을 사용한 것으로 전해지고 있다.

부춘돌 잣간(Fig. 1)은 잣간 곁에 부춘돌(디딤돌) 두 개를 두고 앞에는 재를 쌓아두고 뒤에는 똥재를 쌓아두는 방식이다. 볼일을 보고 재를 똥에 뿌리고 삽으로 똥재 더미에 던지면 된다. 비와 바람만 막을 수 있는 공간에 부춘돌 2개만 있으면 되는 간단한 구조이다.

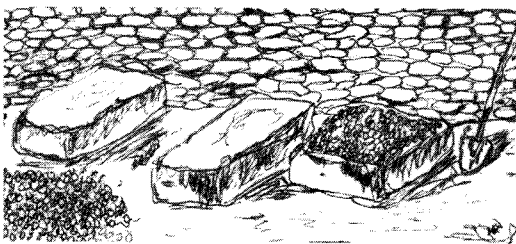


Fig. 1 A backhouse of two stones in ash room



Fig. 2 A storied backhouse in ash room

누각 잣간은 벽과 부춘(뒷간의 바닥)을 모두 나무 널로 하고 기둥 밑자락에서 석자 이상 높이에 마루를 설치하여 사다리로 오르내리게 하였다. 재를 담아 두고 부춘에서 똥을 누고 그 위에 재를 뿌려서 덮게 한다. 누각 잣간은 2층 구조이기 때문에 지상에서 분뇨를 쉽게 처리할 수 있고 부춘돌 잣간에 비해 좀 더 좁은 공간에 설치할 수 있으며 깔끔하고 외형상 멋지게 지을 수 있다. 그러나 부춘돌 잣간에 비해 뒷간을 짓는 비용이 더 들며 똥재를 수납할 공간이 크지 않아 자주 똥재를 처리해야 하고, 똥재를 보관할 수 있는 공간을 따로 마련할 수 있는 조건이어야만 한다는 단점을 가진다. 똥재는 재의 특성으로 냄새는 나지 않지만 재속의 똥은 썩지 않으므로 일반 거름과 섞어 썩혀서 이용해야 한다.

2. 해우소

해우소(解憂所)는 절에서 많이 불리지는 뒷간으로 비탈진 곳에 지어져 있고, 근심을 푸는 곳이란 뜻이다(Fig. 2). 해우소는 첨가제가 낙엽이라는 차이만 있을 뿐 분뇨 처리 원리는 잣간의 원리와 비슷하다. 해우소의 경우 비탈구조의 특성상 똥과 오줌이 떨어졌을 때 똥과 오줌의 이동속도의 차이로 똥과 오줌이 분리되므로 수분양이 적어질 뿐만 아니라 낙엽이나 부엽토 등이 첨가제로 분뇨와 섞이므로 호기성 미생물에 의한 분해를 가속시켜준다.

해우소는 비탈위에 놓임으로써 상단부에서 일을 보고, 하단부의 분뇨를 수거하는 공간은 텃밭과 연결됨

으로써 퇴비로 사용할 때 바로 꺼내 쓸 수 있고, 통풍이 좋아 산소공급이 원활하여 호기성 미생물의 발효 효과를 높여준다. 통풍이 잘되어 냄새를 막아 준다는 장점이 있으나, 겨울에는 너무 춥고 첨가제를 실어다가 넣어 주어야 하는 단점이 있다.

3. 푸는 뒷간

푸는 뒷간(Fig. 3)은 전통 뒷간에서 가장 일반적인 형태로서 분뇨가 일정하게 차면 퍼내는 뒷간이다. 인분은 가축의 배설물보다 더 좋은 퇴비지만 인분을 바로 사용할 경우 일종의 농도 장애인 채독(유기산 중독으로 질소가 과다 공급되어 발생하는 현상)이 발생한다. 그렇기 때문에 인분은 바로 사용하지 않고 두엄구덩이에서 4일에서 10일정도 썩힌 후에 농지에 사용한다. 썩힌 인분은 농지의 흙과 섞여 흙 속의 미생물과 복합적인 작용을 하여 분해되어 퇴비가 안정화됨으로써 채독도 방지해 주고 영양분을 오랫동안 유지시켜주는 역할을 한다.



Fig. 3 A Haewuso backhouse 해우소(김영사)

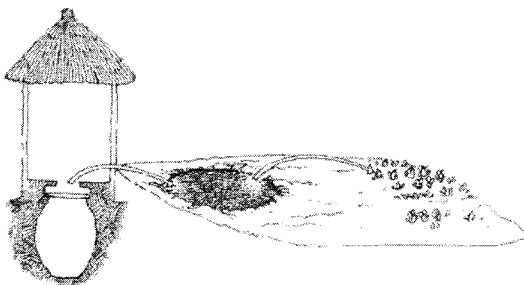


Fig. 4 A dip-up-backhouse and treatment process of night-soil

푸는 뒷간의 장점은 썩힌 인분을 좋은 퇴비로 활용하는 점이다. 그러나 나쁜 냄새가 나고, 매우 더러워 보이고, 병원성 미생물의 서식지가 되기도 하다. 인분을 담아 두는 통항아리나 구조물이 깨질 경우 지하수로 유입되어 물이 오염될 수 있으며, 퍼내야 하는 단점을 가지고 있다.

4. 통시

통시는 ‘똥돼지간’ 또는 ‘똥통시’라고도 불리는 뒷간으로 분뇨 저장 공간에 돼지우리를 같이 둔 방식으로 기본 구조는 누각 구조와 평면 구조 방식이 있다. 누각 구조는 지리산 자락에서 볼 수 있는데 위층이 뒷간이고 아래층이 돼지우리이다. 제주도에 평면 구조(Fig. 3)의 통시가 발달되어 있는데 부출 밀이 돼지우리와 연결되어 있으며 부출의 높이는 돼지가 머리를 들면 닿을 정도이다. 통시라도 구조가 다른 것은 지형적 특징인 것으로 여겨지는데 지리산은 수풀이 깊어 짐승이나 벌레가 많기 때문에 안전하도



Fig. 5 A storied backhouse using pigsty(지리산)

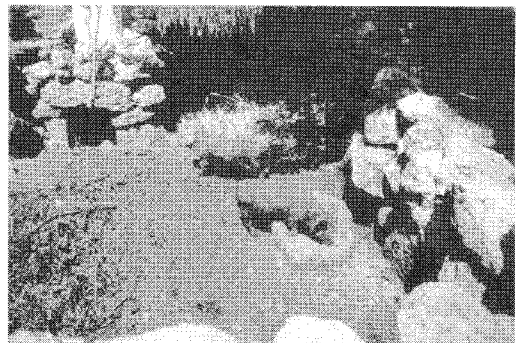


Fig. 6 A surface backhouse using pigsty(제주도)

록 누각 구조로 지은 것으로 생각되고, 제주도는 바람이 세므로 평면 구조를 쓰는 것으로 여겨진다.

통시의 장점은 똥을 돼지의 먹이로 쓸 수 있어 생태계 안정에 기여한다는 점이다. 그러나 돼지우리가 반드시 필요하고 돼지의 분뇨 처리와 냄새도 방지해야 된다는 단점도 있다.

5. 미세기 측간

바닷물의 미세기(밀물과 썰물)를 이용한 뒷간으로 제주도만 쓰인 것으로 미세기 측간이 있다. 밀물 때 분뇨를 용해 및 희석시켜 처리하고 뒷간 내부도 바닷물로 씻기고, 썰물 때 바다로 쓸려나간 분뇨는 해양생물들에게 영양분을 제공해 준다. 도시의 분뇨를 모아서 대규모로 바다에 버리는 것과는 양적인 면에서 성질이 다르다. 바닷가에 인접한 지역에서만 사용이 가능하고 조석 간만의 차가 큰 곳에서는 사용하기 어렵다.

앞에서 언급한 전통 뒷간의 종류별 장단점을 요약하면 Table 1과 같다.

III. 현대 뒷간의 종류와 장단점

1. 수세식

지금 가장 널리 사용되는 현대 뒷간은 수세식이다. 도시에는 거의 모든 가정이 수세식을 사용하고 있고, 농촌의 경우도 실내는 거의 다 사용하고 있다. 사용

자 입장에서 보면, 수세식은 청결하고 위생적이며 냄새가 거의 없고, 청소도 쉽다. 그러나 물을 많이 사용하고, 지하수나 하천 등에 희석된 똥물이 유입되어 물이 오염되는 등 복합오염의 주범이다. 수세식 변기는 한번 사용에 물 13L에서 19L로 하루에 남자가 똥을 1.09회, 오줌을 6.58회, 여자의 경우 똥 0.77회, 오줌 5.17회로써 남녀 평균 하루 동안 108L를 사용한다. 부부만 살 경우 216L이고 자식이 들이면 그 양은 400L 이상으로 물을 많이 사용한다. 수세식 변기에서 물을 내리면 관을 타고 정화조에 다다른 분뇨는 법적 산소 요구량만을 충족시킨 희석수가 되어 나갈 뿐이다. 법적 산소 요구량이 충족되었다고는 하더라도 대장균이 가득한 분뇨가 하천에 섞였을 경우 이를 분해 하는 호기성 박테리아가 공기로부터 차단되어 죽어버리므로 수인성 질병 병원균의 개체수를 증가시키게 된다. 정화시키기 위해서는 분뇨양의 20배의 물이 필요하게 되고 그 물은 오수로 변하는 것이다. 세계위생기구의 실험결과에 의하면 정화조를 통과한 희석수에는 대장균이 43×10^4 개/cc가 있다. 따라서 이러한 오수를 처리하기 위해 별도의 정화시설이 필요하다.

2. 포세식

포세식(Fig. 4)은 수세식의 물 대신 거품으로 분뇨를 처리하는 방식으로 수세식에 비해 물을 아주 적게 사용하는 것이 큰 장점이다. 포세식은 한 달에 15~50L 정도의 물이 필요하여, 수세식의 1/400~1/135이다. 4인 가족 기준의 정화조 용량이면 1년에 한번 펴내면 된다. 실내외에 모두 설치 할 수 있으며, 이동설치도 가능하다는 장점을 가지고 있다.

그러나 초기 설치비가 비싸며 거품제를 구입해야 하는 단점을 가진다. 거품제의 분해속도가 느려서 수거된 분뇨는 2년 이상 발효되어야 퇴비로 활용되므로 모아서 정화해야 한다.

3. 발효식

발효식(Fig. 9)은 분뇨에 혐기성 및 호기성 박테리아와 곰팡이 균을 첨가제로 넣어서 발효시키는 방식으

Table 1 The characteristics of traditional backhouse

Kinds	character	merits	demerits
ash room	using ash	no smell, no vermin, cheap structure	prepare ash, keep dung mixed ash
haewuso	using slopes	prevent smell, natural ferment supplied oxygen	prepare natural additives
dip-up-backhouse	store and ferment night-soil	made good compost	bed smell, many vermin, dip-up
tongshi	using pigsty	use night-soil to pig food, ecological	breed pig, remove dung, prevent smell
tide sidehouse	using flowing tide	ecological, save resources	sea side using

로, 냄새가 나쁘지 않고 자연 발효가 되므로 좋은 퇴비 생산이 가능하다. 소 용량은 분뇨를 퇴비로 만들 수 있는 공간이 있으면 되고, 대용량의 경우 음식물과 분뇨를 함께 발효시킬 수 있고 도시형 모델로 적합하다. 그러나 생화학 처리의 경우 수분증발이 적고 발열온도가 낮기 때문에 발효 정도가 더디며, 전기식의 경우 전력 소모가 매우 크다. 설치 할 때부터 유지 관리 까지 전문 기술력이 필요하기 때문에 경비가 많이 드는 단점을 가지고 있다. 또한 주 1회 정도 첨가제를 분뇨 주위에 넣어야 한다.

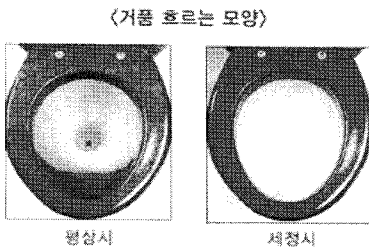


Fig. 7 A bubble toilet stool

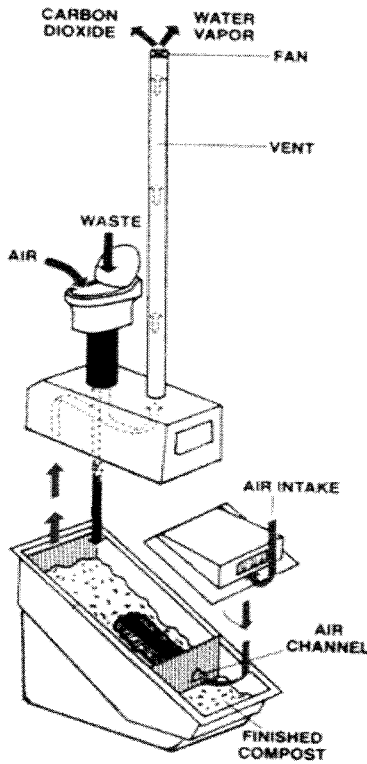


Fig. 8 A ferment toilet

Table 2 The characteristics of present backhouse

Kinds	Charac.	merits	demerits
flush	use water	clean, sanitary	much water, water pollution
bubble	use bubble water	clean, little water	high cost equipment sewage disposal
ferment	use mold & bacteria	no water, made compost	high cost equipment & maintenance, expert skill

현대 뒷간의 종류별 특징과 장단점을 요약하면 Table 2와 같다.

IV. 생태 뒷간의 개발

1. 개발 목표와 개발요소

주민들이 원하는 뒷간은 위생적인 뒷간이다. 전통 뒷간 중 악취와 해충을 방지할 수 있는 잣간의 원리를 채택하여 위생성을 확보한다. 농촌에서 구하기 쉬운 첨가제를 사용해서 냄새가 나지 않게 하고 해충을 방지할 수 있게 한다. 두 번째는 분뇨를 퇴비화할 수 있는 친환경 뒷간이다. 벌크 재료인 첨가제 중에서 똥을 퇴비로 잘 바꾸어 주는 왕겨를 사용하여 친환경적 처리 시스템이 되도록 한다. 세 번째는 유지비가 적은 뒷간이다. 농촌 주민에게 가장 현실적인 경제적 부담을 줄이기 위해 농촌에서 구하기 쉽고 값싼 재료를 이용하여 만들 수 있고 물을 사용하지 않는 방식을 채택한다. 마지막으로 현대 뒷간처럼 사용하기 편리한 구조이다. 번기는 좌변기 형식으로 하되 에너지 투입이 되지 않도록 동력 장치는 쓰지 않고 간단한 수동 조작 장치를 고안하고 누각 뒷간 형태를 만들어 사용하기 좋게 한다. 이러한 개발 목표와 요소를 요약하면 Table 3과 같다.

Table 3 The development objectives and factors of ecological backhouse

Objectives	Factors of development
sanitation	prevent from bed smell and vermin
environment	compost night soil mixed chaffs
economy	use to cheap materials and cheap maintenance
utility	handy equipment and structure without energy

2. 개발 모형의 설계와 제작

생애 뒷간은 개발 목표를 달성하기 위해 Table 3의 요소를 반영하고 2005년 연구(리 등, 2005)에서 제시한 모델을 기준으로 개발하였다. 생애 변기의 설계도는 Fig. 6과 같다. 생애 변기와 똥 수레, 오줌통을 누각 뒷간에 설치한 모습은 Fig. 7과 같다. 생애 변기는 보통합판과 제재한 각목을 사용하여 왕겨 통과 좌대를 만들고, 앉는 부분은 양변기 좌대 뚜껑을 이용하였다. 좌대 안은 직경 350mm의 플라스틱 통을 길이에 맞게 잘라서 만들었다. 똥에 왕겨를 떨어뜨리는 장치(Fig. 8)는 두께 2mm의 합석판으로 그림과 같이 굴절 박스를 만들고, 그 안에 축을 설치하고 날개 100mm×70mm를 4개 용접하였다. 박스의 굴절 정도는 왕겨가 똥 위에 바로 떨어질 수 있

도록 경사각을 주었다. 분뇨 수거용 수레는 농사 또는 일반 작업에 널리 사용하는 외발 플라스틱 수레를 사용하였다. 수레의 아래쪽에 구멍을 뚫어 15mm의 밸브와 소켓을 설치하고 밸브 입구에 망을 여러 겹으로 해서 끼워 오줌만 따로 나가서 오줌통으로 모이도록 하였다. 오줌통은 직경 350mm 정도의 플라스틱 통을 이용하며 뚜껑에 구멍을 뚫어 오줌을 보내는관이 들어가도록 했다.

생애 변기를 만드는 데 들어간 재료와 비용은 Table 4와 같다. 제작 단가가 약 12만 원정도 되지만 왕겨 투입 장치를 제외하고는 농가에서 사용하고 남은 재료를 활용할 수 있고, 왕겨 투입 장치도 자투리 합석판과 철판으로 용접하여 제작할 수 있다. 농가에서 일반적으로 10만 원 정도면 충분히 제작할 수 있다.

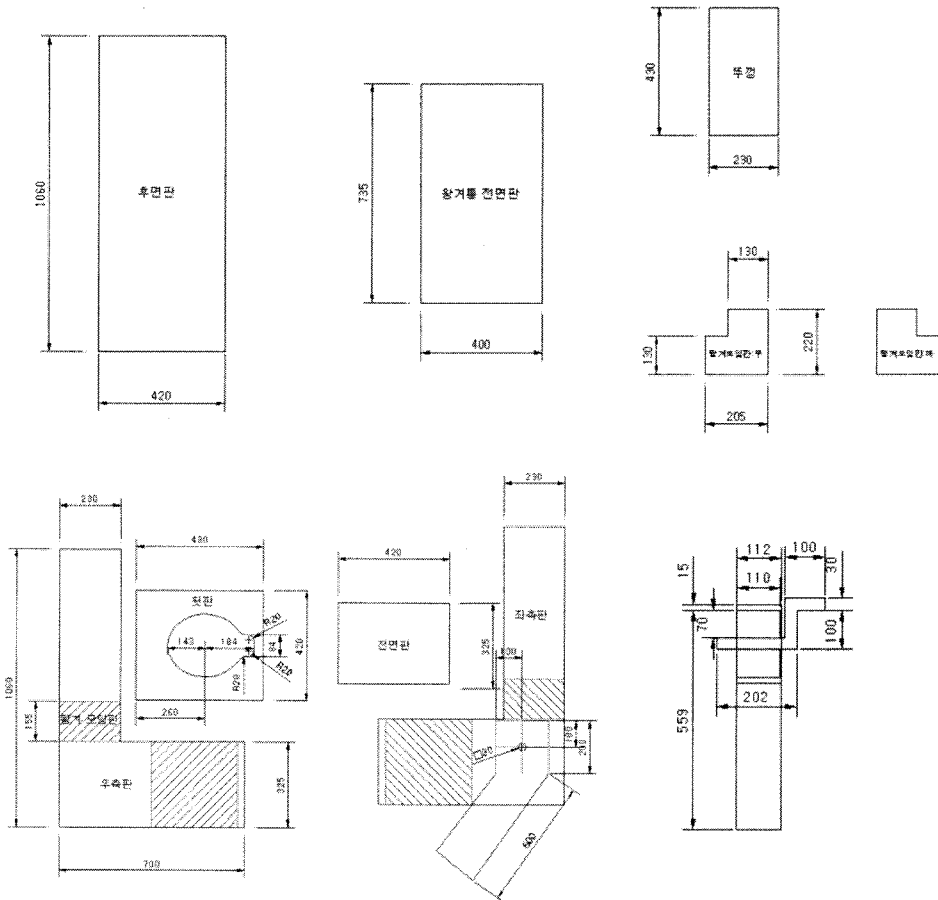


Fig. 9 A design drawing of toilet bowl

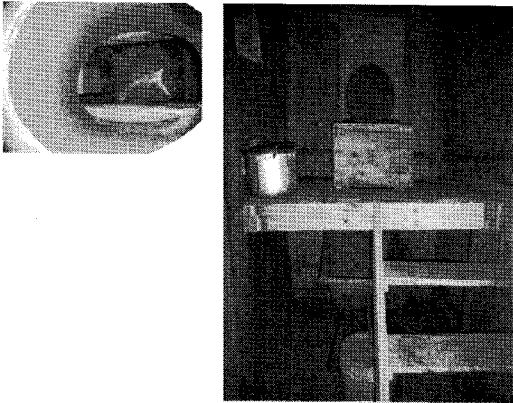


Fig. 10 A state of ecological backhouse(inner toilet bowl ; right)

3. 개발 모형의 특징

개발한 모형의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 누각 뒷간은 누각 잣간을 응용한 것으로서 사용하기 좋고 깨끗하게 유지할 수 있다.
- (2) 첨가제 왕겨는 악취를 없애고 해충이 생기지 않게 할 뿐만 아니라 똥과 발효되어 좋은 거름이 된다.
- (3) 작동원리는 수세식의 물 내림 방식을 참고하여

왕겨가 수동 장치에 의해 떨어지도록 하여 물을 사용하지도 않고 에너지가 들지도 않는다.

(4) 재료가 간단하고 싼 값으로 쉽게 구할 수 있고, 농가에서 제작이 쉽다.

(5) 왕겨와 똥을 받는 수레와 오줌통이 따로 설치되어 분뇨가 차거나 필요할 때면 언제든지 간편하게 퇴비나 액비로 사용할 수 있다.

Table 4 The production cost and materials of an ecological backhouse

kinds	specification	unit cost(₩)	no.	cost
plywood	12×1220×2440mm	18,000	1	18,000
square lumber	50×50×3900mm	1,500	4	6,000
cross nail	Φ3.5mm×35mm	500	3	1,500
	Φ3.5mm×50mm	500	1	500
seat cap	for toilet bowel	5,000	1	5,000
cart	100L	35,000	1	35,000
bucket	Φ350mm×350mm	2,000	2	4,000
drop tool of chaffs	galvanized iron sheet, iron rod	50,000	1	50,000
Total				120,000

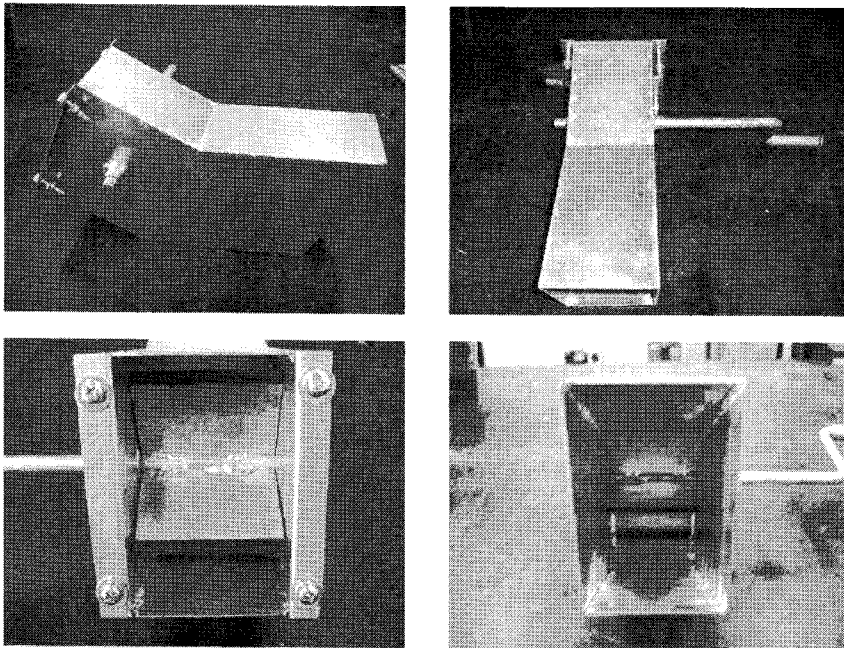


Fig. 11 A outlet stool of chaffs

4. 개발 모형의 작동원리

개발한 생태 뒷간은 생태변기(왕겨 통+ 변기)와 분뇨가 저장되고 발효되는 똥 수레와 오줌통으로 구성되어 있으며, 기본 작동 원리는 다음과 같다.

(1) 누마루에서 나온 똥은 바닥의 수레로 떨어지게 되고 오줌은 망과 밸브를 지나 오줌통으로 가게 된다. 오줌이 통으로 흘러 나가면 똥에 수분이 적당하여 호기성 미생물과 박테리아의 활동이 좋아진다.

(2) 생태 변기의 손잡이를 돌려 왕겨를 똥에 떨어뜨린다. 왕겨는 똥의 숙성과정에서 생기는 악취와 해충을 막아주는 역할을 하고, 똥을 분해하는 호기성 미생물이 활동할 수 있는 공기구멍을 확보하여 준다.

(3) 똥 수레와 오줌통이 차면 꺼내서 퇴비, 액비 등 거름으로 쓴다. 똥은 왕겨와 함께 호기성 미생물에 의해 산화분해 되면서 퇴비가 된다. 오줌도 호기성 미생물에 의해 산화 분해 작용을 거치면서 발효열에 의해 수증기, 이산화탄소, 소량의 메탄가스 등으로 변성되어 대부분 날아가고 남은 것은 액비가 된다.

V. 적용 및 고찰

농촌에 누각 뒷간을 만들고 개발한 생태 변기를 설치하여 1년 동안 사용성을 검토한 결과는 다음과 같다.

(1) 왕겨의 배출은 손잡이를 반 바퀴 돌리면 적당량(약 30g)이 나와 똥을 덮어 주고 발효에 충분하다. 왕겨 통은 40회 정도의 용량으로 4인 가족 기준으로 10일 정도 사용할 수 있고, 똥 수레는 1달에 1번 비우면 된다.

(2) 왕겨 통의 아래에 모임 판을 설치하여 왕겨가 가운데로 모여 잘 배출되도록 한다.

(3) 변기 속 플라스틱 통은 클수록 덜 더러워지므로 가급적 크게 하는 것이 좋다.

(4) 똥은 왕겨와 함께 약 2주 정도면 산화분해 되어 퇴비가 된다. 똥이 퇴비가 되는 기간에 따른 탄질비의 변화를 측정하여 썩는 기간에 대한 정확한 설정이 필요하다.

(5) 개발된 생태 뒷간은 황제가 사용하는 뒷간을 연상할 정도로 외관이 아름답고 내부 장식이 가능하며, 발효되는 냄새가 싫지 않다. 오줌통의 발효 냄새

는 좋지 않으므로 덮어 두어야 한다.

VI. 결 론

농촌에 적합한 환경친화적 뒷간을 개발하기 위한 현대적 개량 모델로서 발효식 뒷간의 연구 결과(Rhee etc., 2005)를 바탕으로 전통 뒷간과 현대 뒷간의 특징 및 장점과 단점, 첨가제의 효용성 등을 비교 분석하여 농촌형 생태 뒷간을 개발 제작하고 농가에 설치하여 기존 농촌 화장실의 대안으로 그 효과를 살펴보고 사용성을 검증하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 분뇨를 생태적으로 처리하는 첨가제로서 가장 적합한 재료는 왕겨로서 농촌이라는 지역성과 값 싸고 구하기 쉬운 경제성을 갖춘 재료가 왕겨이다. 왕겨는 부피가 커서 똥을 덮어 보온이 되고 냄새를 없애주며 벌레의 활동도 막아주고 무기질을 제공하여 똥을 퇴비로 활성화 시키는 역할을 한다.

2. 전통 뒷간의 종류는 갯간, 해우소, 푸는 뒷간, 통시, 미세기 측간으로 분류할 수 있었고, 구조가 간단하고 생태적으로 퇴비로 만드는 장점이 있는 반면 손이 많이 가서 번거롭고 불편하다.

3. 현대식 뒷간은 수세식과 포세식, 발효식 등이 있었고, 깨끗하고 위생적이며 편리성이 있는 반면 구조가 복잡하여 시설비와 유지비가 많이 드는 단점이 있다.

4. 전통 뒷간과 현대 뒷간의 장점을 살려서 위생적이고 친환경성과 경제성이 있고 사용하기 편리한 생태 뒷간을 개발하여 설계도와 모형을 제시하여 농민 스스로 제작할 수 있도록 하였다.

5. 개발된 생태 뒷간은, 4인 가족 기준으로, 10일 주기로 왕겨가 보충되어야 하고 똥 수레는 1달에 한번 비우면 된다. 외관이 멋있고 발효되는 냄새가 싫지 않으며 뒷간 내부를 아름답게 장식할 수 있다.

Reference

1. 김광언(2002), 동아시아의 뒷간, 서울, 민속원

2. 유중립(2003), 증보산림경제(增補山林經濟), 농촌진흥청 율김, 수원, 농촌진흥청
3. 이동범(2000), 생태적인 우리의 뒷간, 귀농통문 13호, p.95 ~ 113
4. 이동범(2000), 자연을 꿈꾸는 뒷간, 단행본, 서울, 들녘
5. 환경부(2003), 오수·분뇨 및 축산폐수처리 통계
6. 최무용, 1995, 재래식 화장실 주변의 수질오염에 대한 연구, 한국지하수학회 하계학술발표논문집, 4(5), pp.1 ~ 8
7. 조순재, 김상범, 2002, 농촌 지역의 환경친화형 화장실 모델 연구, 한국농촌계획학회지 2002년 추계학술발표논문집, pp.45 ~ 50
8. 고주형, 김영한, 김도형, 김대철, 김도환, 김창원, 2002, 퇴비화 화장실 기능 평가 및 개선 연구, 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문집(II), pp.225 ~ 226
9. 리신호, 엄성준, 윤성수, 2005, 뒷간의 생태적 복원을 위한 농촌 모델의 개발 연구, 충북대학교 농업과학연구지, 22, pp.99 ~ 102
10. 윤광식, 최수명, 한경수, 2000, 농촌 지역 환경 및 생활개선을 위한 퇴비화 화장실 활용, 한국농촌계획학회지, 6(1), pp.38 ~ 43
11. <http://www.04toilrt.com>
12. <http://www.changil.co.kr>
13. <http://www.enfresh.net>
14. <http://www.hshitech.co.kr>
15. <http://www.toilet-moolim.co.kr>