

유기성 슬러지의 탄화기술 현황 및 전망

강정식 · 권영배* · 양재경** · 현재혁***

한국기계연구원 지능형 생산 연구본부 · *순천대학교 한러연구소 · **청양대학 환경보건학과 · ***충남대학교 환경공학과

Current Status and Prospect of Carbonization of Organic Sludges

Jungshik Kang · Youngbae Kwon* · Jaekyung Yang** · Jaehyuk Hyun***

IMD. KIMM · *Korea-Russia Institute, Sooncheon National University · **Department of Environmental Health, Cheongyang University
***Department of Environmental Engineering, Chungnam National University

1. 서론

산업 발전과 생활수준의 급격한 향상으로 에너지의 사용량이 증가하게 되었으며 참살이의 국민생활 기초에 맞추어 하·폐수의 발생량도 증가하고 있다. 이에 따라 성분이 다양한 유기성 폐기물의 배출량은 계속하여 증가하고 있다. 이러한 폐기물에는 자원순환 가능한 유기물을 풍부하게 포함하고 있기 때문에 완전히 산화하여 소멸시키는 종래형의 소각처리법으로부터 자원의 재순환 전환이 사회적 요청이라 볼 수가 있다. 재순환방법으로서는 주로 퇴비화 공법이 활용되고 있지만 원료 품질의 차이가 그대로 제품의 품질에 직접적 영향을 미친다는 점, 제품의 시장이 농토나 화훼단지 등으로 실제로 크지 않다는 점이 부가 가치적 측면에서 한계가 있으며, 슬러지를 활용한 매립지 복토재의 생산은 매립지의 유효용적을 감소시키는 한계를 지니고 있다.¹⁾

한편 탄화처리에 의한 재순환은 원료를 비교적 폭넓게 활용 가능한 기술이고 제품 자체의 질적 차이가 적다는 점에서 용도별 취급이 쉬운 점과 시설에서 악취가 없다는 점 등의 장점이 있지만 제품의 균일한 품질보장과 활용방안이 충분히 개발되지 못한 측면에서는 퇴비화공법과 비슷한 상황을 맞이하고 있다. 이러한 슬러지 탄화기술은 종래의 회전 킬른식 연속 탄화방식을 적용하여 슬러지가 갖는 다량의 무기질을 보완하기 위해 톱밥이나 폐목재 칩 등 원료첨가제의 기술을 조합한 탄화물을 복합탄화재로 부르고 있다. 이것은 종래의 “炭”에는 없는 특성을 가져 어느 정도의 흡착성능만 나오면 대표적 공업제품인 활성탄에서 가격 경쟁력이 있어 성능을 강화한 제품의 수요확대에 커다란 기대를 해 볼 수 있다.

탄화기술은 건축 폐재, 간벌재 등의 폐목재, 비지, 커피 등의 식물계 잔재 등의 지역산업 특성에 부응한 다양한 유

기성폐기물이 원료가 될 수 있지만 본 논문에서는 하·폐수처리에서 필연적으로 발생하는 유기성슬러지의 자원 재순환을 위한 탄화기술의 현황과 전망을 중심으로 언급하고자 한다.

2. 탄화기술의 개요 및 원리

2.1. 열적처리 기술의 개요

폐기물의 열적처리 기술에서 열분해, 건류, 가스화, 용융의 구분을 해보면 열분해(Pyrolysis, 또는 Thermal Decomposition)란 폐기물을 산소 결핍상태 또는 무산소 상태에서 가열하여 그 내부의 유기물질을 물리 화학적으로 분해하는 것이다. 열분해 시에는 수소성분이 많은 휘발분이 증류되어 나오므로 탈휘발화(Devolatilization)라고도 하며 또한 차르(Char)가 잔유물로 남으므로 탄화(Carbonization)란 표현도 사용된다. 건류(Dry Distillation)는 고체 연료를 열분해하여 휘발분을 증류시키고 원래의 연료 중에 포함되어 있는 회분의 대부분이 잔유하도록 탄소를 주체로 하는 고체 연료를 형성 또는 제조하는 과정을 일컫는 용어로서 열분해와 동일한 의미로 사용되고 있다. 가스화(Gasification)란 탄소, 수소 등을 함유한 고체, 액체의 원료에서 합성용가스, 공업용 연료가스 등을 제조하는 반응을 총칭하는 것으로 폐기물처리에서는 폐기물을 열분해하여 연료가스로 만드는 것을 일컫는다. 좁은 의미로는 폐기물을 열에 의한 증발이 아닌 화학적 변화에 의해 기체로 변환하는 공정을 말한다. 일반적으로 가스화는 열분해 되는 물질이 공기, 산소, 물, 이산화탄소 등의 반응가스의 첨가에 의해 활성화되는 열분해의 한 형태로서 정의되고 있다. 용융이란 대상물을 어느 온도 이상 가열하여 유동이 가능한 상태로 만드는 것을 말하며 용융슬래그와 용융비산재를 포함하는 배가스를 생성한다. 폐기물처리에 있어서는 주로 열분해 잔재물이나 소각재를 1,300~1,600℃의 온도 범위에서 용융하게 되는데 함유되어 있던 다이옥신류는 열에

E-mail: jayhh@cnu.ac.kr

Tel: 042-821-6673

Fax: 042-822-5610

의해 파괴되며 중금속류는 일부 비산하고 나머지는 슬래그의 망상구조 내에 안정화되어 용출의 우려가 없게 된다.

탄화라는 용어를 사용할 때에는 온도가 중요하며 정확하게 정의되어 있지 않다. 일반적으로 탄화공정이란 로내의 배기가스의 온도가 대략 80~150℃이고, 반응로의 내부온도 350~450℃ 정도이며, 이 이상의 450~550℃영역은 열분해의 액화공정(oil생산), 650~850℃영역은 열분해의 가스화공정이라고 알려져 있고, 1,100℃영역은 열분해 용융화공정이라고 말한다.²⁾

2.2. 탄화기술의 원리

탄화(carbonization)는 여러 가지 유기물을 열분해(pyrolysis)시켜 다른 물질로 만드는 화학적 변화를 말하며, 유기물을 가스 배출구가 있는 용기 내에서 공기의 공급을 차단하고 가열하면 연소되지 않고, 각종 구성원소가 서로 결합하여 여러 가지 화합물을 만들며, 이들은 다시 결합 또는 분해에 의하여 가연성 가스로 변화되므로 포집하여 탄화공정의 열원으로 활용되고 최후에는 탄화물만 남게 된다.

예로부터 널리 사용하던 목재류 탄화로의 원리에 기초하여 슬러지 등 유기성폐기물을 무산소(또는 저산소) 상태에서 가열하면 로내에서 수분 및 가스가 발생하고 열분해가 시작되며, 잔존물에는 탄소를 주체로 하는 무기물이 남는 것을 탄화라고 한다. 유기성 물질을 환원상태에서 가열하면 불안정해지면서 거대한 분자로부터 작은 가스상의 분자들로 분리되며, 이때 엔트로피(entropy)가 증가되면서 파괴되고 Table 1과 같이 온도에 따라 유기성 물질들은 건조, 건류가스 형성, 탄화의 순서로 탄화가 진행된다.

3. 탄화기술의 종류 및 특징

3.1. 탄화기술의 분류

탄화기술은 열원과 폐기물의 열접촉방식에 따라 직접가열식과 간접가열식이 있으며, 탄화로 구조에 따라 회전로상식과 스크류식, 로타리킬른식 등이 있다.

3.2. 탄화기술의 종류 및 특징

3.2.1. 직접가열 회전로상식 탄화기

1) 기술 개요

Table 1. 온도변화에 따른 화학적 탄화과정

온도(℃)	화학 반응
100~200	열적건조, 수분분리(물리적)
250	탈산, 탈황, 결합수분 및 CO2분리, H2S-화합물 분리
340	지방함유 물질 분리, 메탄 및 다른 지방물질들의 분리
380	C-함유 건류물질
400	C-O 및 C-N 결합물질의 분리
400~800	탄화물 형성
>600	Olefin.(Ethylen-) Ethylen → Butylen

원통형상의 입형로로서 가열용 공기와 버너의 화염은 로내의 연소가스 및 화염이 선화하는 방향으로 공급되고, 선화연소에 의하여 건조 및 탄화된다. 로내의 온도와 건조 탄화 조건이 선화 흐름에 의하여 균일하게 조성되기 때문에 효율이 좋은 건조 탄화가 이루어진다. 건조 슬러지는 원통 외주부에서 투입되어 교반날개에 의하여 서서히 내부로 유도되어 골고루 건조 탄화되며, 탄화물은 중심부에서 하부로 내려간다. 또한 로상의 회전수를 조정함으로써 체류시간을 조정하여 슬러지 수분량의 변화에 대응할 수 있는 구조로 되어 있다.

탄화로에서 발생한 건조가스는 재연소실로 유도되어 850℃에서 2초 이상 체류하면서 완전연소 된다. 공기를 차단하는 직접가열식 처리방법의 장점은 간접가열방식에 비해 설비가 간편화, 소형화해서 연료 소모량이 현저히 줄어 경제성을 높힐 수 있다.

2) 설비 구성 및 공정

○ 슬러지 흐름 : 하수슬러지는 저류조에서 투입호퍼에 운반되어 킬른식 건조기로 이송된다. 건조기에서 건조된 건조물은 조립기(Pelletizer)에서 입자로 만들어지고 탄화로로 공급된다. 조립물은 탄화로에서 탄화되고 탄화물은 탄화로의 중심부에서 배출되어 냉각 스크류 컨베이어에서 냉각된 후 탄화물 저장소에 보관된다.

○ 배출가스 흐름 : 탄화로에서 발생한 건류가스는 재연소실로 유도되어 완전연소(850℃, 2초 체류)되고, 악취가 제거된 후 냉각탑으로 유도된다. 냉각탑에서 650℃로 냉각된 가스는 열교환기에서 450℃로 감온되어 열교환기로 유도된다. 열교환기에서 180℃로 감온된 배출가스는 소석회 취입장치에 붙은 백필터에서 가스처리 및 먼지가 제거되고 유인송풍기를 거쳐 대기로 방출된다.

○ 건조가스의 흐름 : 건조기에서 발생하는 수증기를 많이 포함한 가스는 집진기에서 먼지가 제거된 후 열교환기에서 가열되어 재연소실에서 승온탈취된다.

○ 백연방지 가스의 흐름 : 배기가스 중에 포함된 수증기로 인한 백연을 방지하기 위해 외기를 열교환기에서 승온하고 배기통 앞쪽에서 배기가스와 합류시켜 백연을 방지한다.

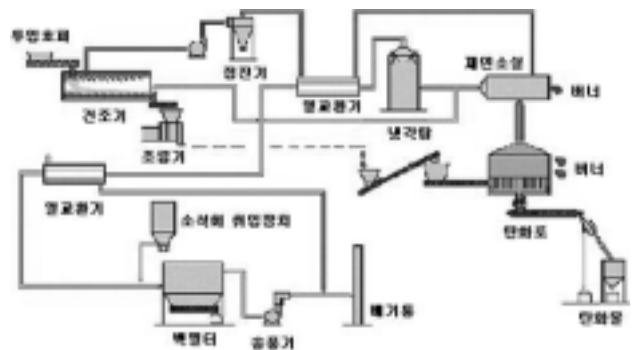


Fig. 1. 직접가열 회전로상식 탄화 공정도.

3.2.2. 간접가열 회전로상식 탄화기

1) 기술 개요

본 설비의 최대 특징은 무산소 열분해 형식이며 구조는 완전 밀폐형으로 바깥기둥은 650℃의 열풍이 체류하는 자켓으로 되어있다. 내부 중앙축에는 특수한 날개(fin)가 부착되어 있으며 이 날개를 회전시켜 약 450℃의 내부 가열면에 원심력에 의해 슬러지를 얇은 막(박막) 상태로 접촉시키며 급속 가열하여 약 30~60분 사이에 탄화시킨다. 탄화기 내부는 희산소 상태(1% 이하)이기 때문에 폴리염화비닐 등을 400~450℃로 가열해도 전혀 산화반응이 일어나지 않는다. 따라서 폴리염화비닐에 결합되어 있는 염소나 벤젠과 결합하고 있는 수소 등이 제각기 분리 가스화되어 고온 산화장치로 보내지며 고온 산화장치까지의 경로도 산소(일산화탄소)가 존재하지 않기 때문에 산화반응이 일어나지 않게 된다. 이 상태로 약 850℃ 이상으로 고온탈취가 이루어진 배가스는 폐열보일러를 통해 열원은 재활용되어지며 냉각된 가스는 다이옥신 발생이 전혀 없이 집진기를 거친 다음 청정가스가 배출되는 공정을 가지고 있다.

2) 설비 구성 및 공정

슬러지를 자동공급 호퍼에 투입하여 정량을 탄화기에 자동적으로 공급한다. 본체 외주에는 항상 열풍발생로에서 발생한 고온열풍이 통기되어 자동공급된 피탄화물을 30~60분에 무산소상태에서 탄화시킨다. 다음 탄화물은 자동적으로 냉각기로 옮겨져 20~30분에 상온으로 냉각되어 외부로 자동 배출된다. 피탄화물에서 발생하는 기화가스는 열풍발생로로 전해져 800℃ 이상에서 순간적으로 완전 연소된다. 300~600℃의 다이옥신 생성 온도대를 통과하지 않기 때문에 다이옥신은 발생하지 않고, 연소가스는 로내에서 650℃로 조정되어 탄화기의 외주 자켓으로 보내져 내부 가열원으로 유효하게 이용되며 피탄화물의 온도를 400℃ 이상으로 가열하여 탄화시킨다. 탄화기, 냉각기 및 원료호퍼의 각 계통은 모두 특수한 차단밸브로 차단되어 효율적이고 안전한 운전이 가능하게 되어 있다.

3.2.3. 간접가열 스크류식 탄화기

1) 기술 개요

75~85%의 함수율을 가진 유기성슬러지를 회전수를 달리하며 같은 방향으로 회전하는 수평드럼 내측의 바스켓 날개 및 편심축의 분산날개를 가진 로터리킬른방식의 열풍건조기에서 폐열을 이용하여 20~40분에 함수율 30%이내로 연속 건조하는 기술과 건조된 슬러지를 수직단단식으로 구성된 이송스크류 간접열방식의 탄화기에서 휘발성가스와 잔류물로 분리하고, 휘발성가스를 자체적으로 연소시키며 10~20분 내에 5~8% 함수율의 탄화물로 연속 배출하는 기술이다.

2) 설비 구성 및 공정

본 설비는 함수율 80% 전후의 탈수슬러지를 함수율 30%로 입자 건조하는 건조공정 후 슬러지를 탄화하는 탄화로, 연소가스로부터 열 회수하는 열교환기 및 배기가스 처리기로 구성된다. 함수율 80% 전후의 탈수슬러지가 건류기에 정량 공급되면 건류기는 내열식 로터리킬른으로 탈수슬러지를 회전교반 입자화 이송하면서 탄화로에서 발생한 800℃의 건류연소가스를 건조기 드럼 내부로 흡입하여 함수율 30% 이내로 건조한다. 건조후의 슬러지는 건조슬러지 컨베이어에 의해 탄화로 상부의 정량공급장치가 부착된 건조슬러지 호퍼로 이송된다. 탄화로는 로내를 상하로 4~6단의 스크류 컨베이어를 관통시킨 일종의 외열 킬른으로 최상단 스크류 컨베이어에 정량 공급한 건조슬러지를 순차적으로 상단·중단·하단의 스크류 컨베이어로 이송한다. 탄화로 하부의 예열로 버너로 스크류 컨베이어의 외측 케이싱을 500℃로 가열하면 건조슬러지는 저산소 상태로 열분해 즉, 건류탄화 시킨다. 이것을 냉각 컨베이어로 40℃ 정도로 냉각시킨 후 저장한다. 각 단의 스크류 컨베이어에서 발생한 건류가스는 스크류 컨베이어의 케이싱 상부에 붙어있는 노즐로 토출연소시켜 건류의 열원으로 사용한다. 또한 탄화로 내에 방출된 건류가스는 케이싱 상부의 노즐로 연소하고 탄화로 바로 위의 재연로로 이것을 800℃로 완전 연소 시켜 배기가스 처리와 건조기의 열원이용을

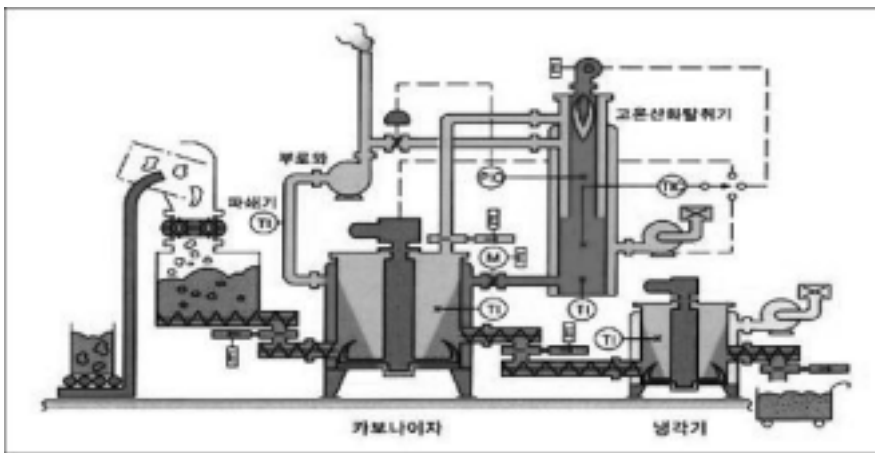


Fig. 2. 간접가열 회전로상식 탄화 공정도.

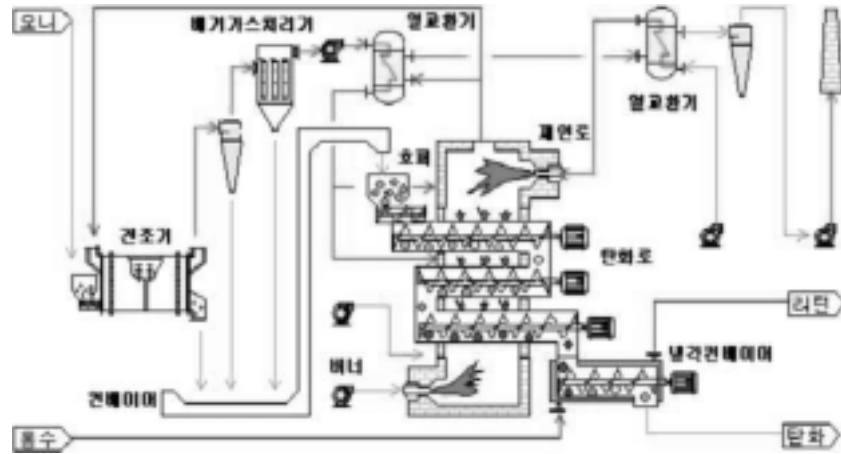


Fig. 3. 간접가열 스크류식 탄화 공정도.

도모하고 있다. 건조기의 배기가스는 순환송풍기로 흡입하여 싸이클론과 여과집진기로 먼지를 분리제거한 후 순환가스 열교환기를 거쳐 재연료로 연소시켜 악취를 분해제거한다. 재연료로 열분해된 배기가스는 순환가스, 배기가스 열교환기를 거쳐서 굴뚝을 통해 대기에 배출된다.

3.2.4. 간접가열 킬른식 탄화기

1) 기술 개요

탄화는 여러 가지 유기물을 열분해 시켜서 다른 물질로 만드는 화학적 변화를 말하며, 유기물을 가스 배출구가 있는 용기 내에서 공기의 공급을 차단하고 가열하면 연소되지 않고, 각종 구성원소가 서로 결합하여 여러 가지 화합물을 만들며, 이들은 다시 결합 또는 분해에 의하여 가연성 가스로 변화되므로 포집하여 탄화작업의 열원으로 활용되고 최후에는 탄화물만 남게 된다.

2) 설비구성 및 공정

○ 슬러지(함수율 80%)를 스크류 이송장치로 운반하여 호퍼로 투입하고, 호퍼에서 슬러지를 사출방식으로 저온건조기에 연속 투입한다. 저온건조기(150~200℃)에서는 유입된 슬러지를 교반 및 이송시키면서 폐열풍으로 수분을 증발 시킨 후 흡입 배출시킨다. 이 때 발생하는 수분(증기)은 증기처리장치에서 1차 처리되며, 응축된 물은 유수분리기와 정화장치를 통하여 배출된다.

○ 고온건조기(200~300℃)에서는 저온 건조기에서 이송된 건조 슬러지의 입도가 형성되고, 완전 건조되면서 일부 건류 현상도 일어난다. 이때 발생된 가스는 가스연소실로 보내져 완전 연소시켜 배출시킨다.

○ 건조된 슬러지는 저온 무산소 탄화로에 투입되어 무산소 환경의 저온(400~600℃)에서 서서히 가열, 교반, 이송되는 동안 완전히 건류 탄화되어 부피와 중량이 감소된 무해한 탄화물로 된다. 발생된 건류가스는 가스연소실에서 완전 연소시켜 자체 에너지원으로 활용 후 배기가스 정화장치에서 처리한다.

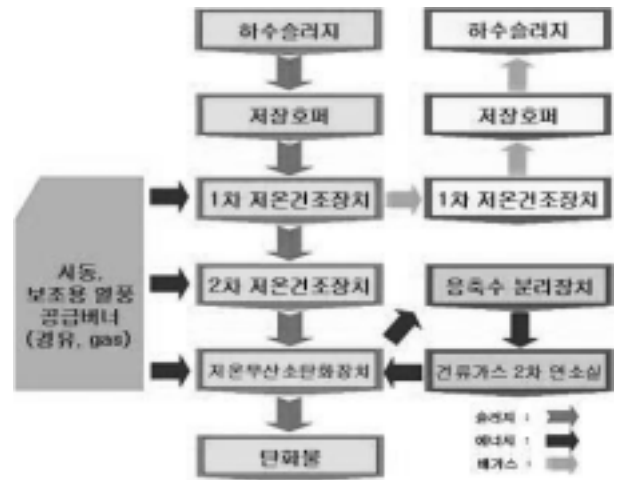


Fig. 4. 간접가열 킬른식 탄화 공정도.

4. 유기성슬러지 탄화제품의 특성과 용도

4.1. 유기성슬러지 탄화제품의 특성

탄화물은 Table 3에서 볼 수 있는 것처럼 비교적 가볍고 다공질이며 화학적으로 안정한 무취상태이다. 비표면적이 크기 때문에 흡취성, 흡착성이 좋고 발열량이 1,500~2,500 Kcal/kg으로 슬러지의 재료에 따라 상이한 제품을 얻을 수가 있다.³⁾ 또한 국내업체의 자료에 의하면 하수슬러지 탄화물에 대한 휘발성분은 건조고형분 중량당 평균치 4.83%, 회분은 80.76%, 고정탄소가 14.41%, 그리고 함수율은 3%이다. 또한 일본업체의 자료에 의하면 탄화슬러지의 함수율은 0%, 회분이 62.1%, 휘발분은 13.3%, 고정탄소는 24.6%로 나타났으며 발열량은 2,465 kcal이다. 이는 안전하게 장기보관과 운용이 용이함을 나타내는 것으로 활용면에서 취급이 쉬운 특징을 가지고 있다.

4.2. 유기성슬러지 탄화제품의 용도

다음 Table 4와 같이 환경오염 방지제로써의 다양한 제품화가 가능하다. 악취를 제거할 수 있는 탈취제/ 흡착제

Table 4. 탄화물의 일반적 특성에 따른 사용용도

특성	활용분야
다공 흡착성	환경오염물질 흡착 및 수질 정화제(오수정화 및 방류수 SS 제거제)
미생물 활성	퇴비 발효 촉진제
토양 활성	토양개량제(농업, 조경토목 녹화자재), 법면 녹화자재(공공사업), 원예자재, 건조지 녹화, 미네랄 및 미량요소 보강제단열제, 건재(암면 대체)
대체 연료	비닐하우스 난방용 보조 연료
흡수, 흡유성	탈수 보조제 및 폐유 흡착제(해양오염 제거제), 시멘트 고화제
환원성	고로 환원제, 가탄제, 보온제(제철공정)
흡착성	오염물질 흡착제(다이옥신, 포름알데하이드 등의 흡착/산업용 및 공공시설용), 소취 및 탈취제(암모니아, 황화수소 등의 악취가스/가정용, 축산용, 산업용), 조습제(수증기의 흡 탈착/일반주택용), 수질정화제(오수정화/산업용), 일회용 숯(산소 보존제)
복합제	포장도료보수제(표면처리공법/공공사업), 촉매담체(촉매분해 작용에 의한 흡착성의 향상/산업용) 토양활성
열 흡수성	융설제
단열성	건재(암면 대체), 보온제(제철공정)

(활성화), 제설제 등, 흡음제, 방음제, 벽돌, 패널로 성형 사용하는 것이 일본에서 제품화된 사례도 있다. 뿐만 아니라 음식물쓰레기 소멸화 장치에 투입되는 칩(chip)을 대신하여 수분조절제로도 사용이 가능하다. 에너지 연료로서의 제품화가 가능하여 코크스 대용의 철강 가탄제로써 사용중이며 비닐하우스의 난방용 보조연료와 이동식 간이연료인 숯 탄으로써의 사용가능하다.⁴⁾ 기타 용도의 제품화는 적조구제물질, 해저저질 개선제, 해양인공어초로 이용, 일본에서는 매립장의 복토제, 어초고형물로 성형하여 사용하고 있으며 산성토양개량용 개토제로 활용가능하다.⁵⁾

5. 유기성슬러지의 탄화기술의 문제점 및 향후 전망

5.1. 문제점

유기성슬러지의 탄화기술은 기술개발 성숙단계이나 탄화제품의 품질측면이나 기술적인 문제가 남아 있기 때문에 지속적 연구가 필요하다. 아직까지 슬러지의 탄화제품에 관한 인식부족으로 제품의 수요처 확보에 어려움이 있으며 이에 따른 관련기준 및 규제가 미흡하기 때문에 완전한 법적 보호아래 있지 못한 현실이기도 하다. 또한 탄화물 사용자의 환경에 대한 인식자체가 낮아서 활용하는데 따른 별도의 지침이 필요하며, 처리부산물에 대한 재이용이 될 수 없을 때를 대비한 대책수립과 추가적인 처분비의 소요를 예측해야 하는 단점도 부각되고 있다.⁶⁾ 현재까지 국내 상업운전 사례가 드물고, 국내의 상용화 기술 수준이 낮기 때문에 운영매뉴얼이나 경제성을 평가한 자료가 미흡한 실정이다 보니 기술적 신뢰성이나 안정성에 대한 미흡한 분야이므로 보다 넓고 깊은 연구가 필요하다.

5.2. 향후 전망

자원의 재순환은 자원, 환경유지, 생활, 경제를 지속적으로 발전시키는데, 반드시 필요하다는 점이 세계적인 인식으로 확산되었다. 이에 즈음하여 국가의 환경보전 및 정화는 국민 개개인과 조직적 차원에서 지방자치단체(지자체)의 책임으로 오염물을 처리하면서 필연적으로 발생한 유기성 슬러지를 자원으로 재순환하여 재활용한다는 것은 큰 의의가 있다. 이에 탄화기술은 공공사업에서의 이용이 가능한 점, 원료로부터 제품시장까지 지역에서 완결하는 지역 밀착형의 자원재순환형 사업인 점 등의 특성이 있으므로 지자체의 적극적인 협력을 얻는 것이 가능할 것이다. 이는 지역 완결형이면 주민의 이해를 얻기 쉽고 지역산업의 육성 및 진흥에 도움이 되기 때문에 지자체로서 대응이 쉬운 사업이라고 할 수 있다.

따라서 지자체와 지역주민이 협조만 잘 이루어진다면 유기성슬러지의 자원재순환사업은 지역의 산업특성을 살펴 분산적인 적은 규모의 사업으로 지자체의 자원활용 특성에 따라 활발하게 행해질 것으로 생각된다. 그러나 재활용은 기술만으로 달성할 수 있는 것이 아니다. 우선은 규격정비가 필요하다. 유기성슬러지를 유효이용하기 위해서는 이용자가 만족하는 품질 확보와 물, 토양 등에 대한 안전성을 확인해야 하므로 이에 기준정비가 이루어져야 한다. 또한 유기성슬러지의 고형물 성분 중 회분이 50% 정도를 차지하고 있다. 탄화처리시 성상변화의 특성과 적정 탄화조건을 확립 제시 함으로써 자원으로써의 재순환이용이 가능한 흡착제와 인근 화훼단지 등에 이용하기 위한 용도 특성을 조사하는 것과 제품의 유기물 함량정도에 따라 다양한 용도를 개발하여야 한다는 것을 의미한다.

탄화제품의 환경적 안전성에 관해서는 각종 법령·용출기준, 함유기준, 토양에 대한 축적방지 기준이 설정되어 있어야 한다. 한편 환경오염 제어를 위한 자재로 활용하거나 건설자재로써 이용할 경우, 탈취제, 토질개량제 등 용도가 다양하므로 이러한 제품별로 기준을 별도로 적용하고 있는 상황인데, 향후에는 그 발생량이 증가할 것으로 여겨지므로 KS화에 의한 일정품질화가 검토되어야 하며, 이러한 규격 및 기준 정비에 의해 유효이용이 더욱 촉진될 것으로 기대된다. 또 자원의 재순환경영과 유지관리 노력이 지속되기 위해서는 시장개척 및 확보, 제품이용자의 요구 파악 등 안정된 재순환 경영전략을 확립하는 것이 반드시 필요하다. 지역성과 처리장 규모를 고려하여 재순환 기술을 선정, 개발함으로써 유기성슬러지 탄화제품의 지속가능한 자원 재순환시스템 구축을 기대한다.

참고 문헌

1. 양재경, “하수슬러지 탄화기술,” 슬러지처리기술의 현황 및 전망에 대한 워크샵, pp. 133 ~ 159(2007).
2. 환경관리공단, “소각 및 고온열분해 처리실무,” pp. 267 ~ 274(2004).

3. 권영배 외, “고함수 폐기물의 연속건류 탄화처리 기술,” 한국열분해용융공학회 2003년 춘계학술발표회, pp. 227~241(2003).
4. 권영배 외, “건류탄화에 의한 하수슬러지 처리기술,” 한밭대학교 하수슬러지처리를 위한 심포지움, pp. 113~125 (2003).
5. 현재혁 외, “재활용가능 폐기물 혼합을 통한 하수 슬러지의 일일 복토재 전환,” 한국폐기물학회지, **23**(8), 675~680(2006).
6. 강정식 외, “유기성 폐기물의 건류 탄화처리기술,” 한국열분해용융공학회 2002년 춘계학술발표회, pp. 135~147(2002).