



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년10월06일  
 (11) 등록번호 10-1070455  
 (24) 등록일자 2011년09월28일

(51) Int. Cl.  
*C04B 11/26* (2006.01) *B09B 3/00* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2008-0129678  
 (22) 출원일자 2008년12월18일  
 심사청구일자 2008년12월18일  
 (65) 공개번호 10-2010-0070928  
 (43) 공개일자 2010년06월28일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 논문1-한국자원리사이클링학회\*  
 JP2004209378 A  
 JP2006263651 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전 유성구 가정동 30번지  
 (72) 발명자  
 안지환  
 대전광역시 유성구 장대동 푸르지오아파트 106동 901호  
 엄남일  
 경기도 부천시 소사구 송내동 439-17  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 최병길

전체 청구항 수 : 총 3 항

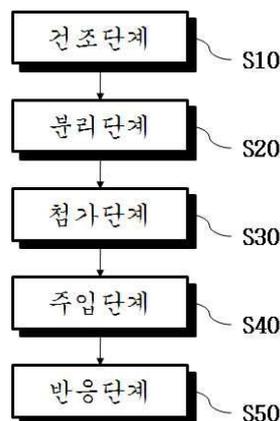
심사관 : 김희승

**(54) 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법에 관한 것으로, 이는 건식 탄산화를 이용하여 바닥재 입자 표면의 피막효과를 도출하고 이에 따라 바닥재의 안정화를 향상시키기 위한 것이다. 이를 위해 본 발명은, 생활폐기물을 소각시켜 발생된 바닥재를 건조하는 건조단계(S10)와; 상기 건조단계(S10)를 거친 바닥재 중 0.15mm이하의 입자 크기를 갖는 바닥재를 선별하는 분리단계(S20)와; 상기 분리단계(S20)를 거친 바닥재에 물을 첨가하는 첨가단계(S30)와; 상기 첨가단계(S30)를 거친 물과 바닥재의 혼합물을 탄산화 반응기에 넣고 이에 이산화탄소 가스를 주입하는 주입단계(S40)와; 상기 주입단계(S40)를 거쳐 이산화탄소가 주입된 상기 혼합물을 상기 탄산화 반응기에서 반응시키는 반응단계(S50);로 구성되는 것을 특징으로 하여, 건식탄산화를 통해 형성된 피막효과에 의해 바닥재 안정화가 이루어질 수 있다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자  
**한기천**  
충청북도 청주시 흥덕구 사창동 칸타빌아파트 102  
동 1301호

**유광석**  
대전 서구 만년동 초원아파트 107-101

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

생활폐기물을 소각시켜 발생된 바닥재를 건조하는 건조단계(S10)와;

상기 건조단계(S10)를 거친 바닥재 중 0.15mm이하의 입자 크기를 갖는 바닥재를 선별하는 분리단계(S20)와;

상기 분리단계(S20)를 거친 바닥재에 물을 첨가하는 첨가단계(S30)와;

상기 첨가단계(S30)를 거친 물과 바닥재의 혼합물을 탄산화 반응기에 넣고 이에 이산화탄소 가스를 주입하는 주입단계(S40)와;

상기 주입단계(S40)를 거쳐 이산화탄소가 주입된 상기 혼합물을 상기 탄산화 반응기에서 반응시키는 반응단계(S50);로 구성되되,

상기 건조단계(S10)에서는 바닥재를 50℃의 온도에서 48시간동안 건조시키고,

상기 첨가단계(S30)에서는 바닥재와 물과의 비율이 중량비 3:10이 되도록 물을 첨가하는 것을 특징으로 하는 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법.

**청구항 4**

청구항 3에 있어서,

상기 주입단계(S40)에서는 물이 함유된 혼합물을 상기 탄산화 반응기에 혼합물의 두께(b)와 상기 탄산화 반응기 직경(a)을  $4 > a / b$  비율로 하여 펼친 후 농도가 99% 이상인 이산화탄소 가스를 0.1L/min으로 주입하는 것을 특징으로 하는 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법.

**청구항 5**

청구항 4에 있어서,

상기 반응단계(S50)에서는 이산화탄소가 주입된 혼합물을 상기 탄산화 반응기에서 240min 동안 반응시키는 것을 특징으로 하는 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 탄산화 반응 시 생활폐기물 소각바닥재의 함수율을 조절함으로써 발생하는 피막 효과에 의해 바닥재에 포함되어 있는 중금속의 용출량을 감소시켜 바닥재를 안정화시킬 수 있는 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 국내에서 발생하는 생활폐기물들은 표 1에서 나타나듯이 2000년 들어서 약 5만톤/일이 발생되고 있으며, 총 폐기물의 약 17-20%의 점유율을 보이고 있다. 하지만 발생하는 대부분의 생활폐기물들은 매립에 의

존하하고 있으며, 이러한 처리가 계속 된다면 매립장소의 한정으로 인해 환경적 문제점을 야기 시킬 수 있어 새로운 처리 방안이 필요하다.

[0003]

표 1. 생활폐기물 발생량 및 점유율.

[0004]

	'00	'01	'02	'03	'04	'05
생활폐기물 발생량(톤/일)	46,438	48,499	49,902	50,736	50,007	48,398
총 폐기물 중 점유율(%)	20.5	19.2	18.	17.2	16.5	16.7

[0005]

(출처 : 환경관리공단, "'00-'05 전국 폐기물 통계")

[0006]

[0007]

때문에 폐기물의 부피를 80%이상 감소시키며 유해물질을 분해시키는 소각 처리 방법이 활발히 진행되었으며, 05년 기준으로 전체 생활폐기물의 약 16.0%가 소각 처리되고 있다. 표 2는 생활폐기물의 처리방법 변화 추이를 나타낸 것으로, 국내의 소각장은 앞으로 증가 추세에 있어 2010년에는 약 30%의 소각율을 예상하고 있다.

[0008]

표 2. 생활폐기물의 처리방법 변화 추이

구분	'00		'01		'02		'03		'04		'05	
	톤	%	톤	%	톤	%	톤	%	톤	%	톤	%
계	46,438	100	48,499	100	49,902	100	50,736	100	50,007	100	48,398	100
매립	21,831	47.0	21,000	43.3	20,724	41.5	20,450	40.3	18,195	36.4	13,402	27.7
소각	5,441	11.7	6,577	13.6	7,229	14.5	7,348	14.5	7,224	14.4	7,753	16.0
재활용	19,166	41.3	20,922	43.1	21,949	44.0	22,938	45.2	24,588	49.2	27,243	56.3

[0009]

[0010]

(출처 : 환경관리공단, "'00-'05 전국 폐기물 통계")

[0011]

소각 처리 시설로부터 발생되는 소각재는 2004년 기준으로 약 40만톤이 발생하였으며 이 중 바닥재가 35만여톤, 비산재가 5만여톤을 차지하였고, 비산재의 경우 중금속의 용출량이 매우 높아 전량 고형화 처리를 거쳐 매립되고 있으며, 바닥재의 경우 일반 폐기물로 지정되어 있다. 표 1을 참조로 하면, 바닥재의 대부분이 골재 성분으로 구성되어 있기 때문에 재생 골재로써의 재활용이 가능하지만 많은 양의 금속 성분이 함유되어 있고, 고 알칼리 성질을 나타낼 뿐만 아니라 중금속 용출이 일어나기 때문에 바닥재의 안정화 처리가 필요함을 알 수 있다. 따라서 이를 위해 소각재의 올바른 처리방법이 필요한데, 이러한 처리방법은 물리적 선별, 세정, 용융 방법을 기준으로 구분될 수 있다. 표 3은 다양한 소각재 처리방법을 물리적 선별방법, 고형화방법, 세정방법, 건축재료 생산방법, 용융 방법으로 구분하여 각각 정리한 것이다. 선별방법은 소각재로부터 금속성분을 회수하고, 불완전하게 소각된 성분을 분리한 다음, 나머지 소각재를 재활용하기 위한 방법이다. 고형화 방법은 비산재와 반응부산물에 적용할 수 있는 것으로, 잔유물의 저장시 응집제를 첨가하여 유해물질을 고정화시키는 방법이다. 세정방법은 환경 친화적 저장, 매립 및 재활용을 개선하기 위하여 수용성 염과 중금속을 씻어 내는 방법으로 비산재와 반응부산물에 함유된 수용성 염을 제거하기 위한 방법이다. 건축재료 생산방법은 비산재와 반응부산물로부터 직접 재활용 가능한 원료를 생산하는 방법으로 공법에 따라 건축재료를 직접 생산하거나, 예를 들어 용융공법과 같은 다른 처리방법과의 조합으로 건축 재료를 생산하게 되는데, 이 방법은 재활용 재료가 최종적으로 사용되는 경우에 제한적으로 적용 가능하다. 용융 방법은 슬래그와 잔유물을 용융을 통하여 재활용 가능한 재료를 생산하기 위한 방법으로 특히 부피를 줄이는 장점이 있다.

[0012]

<표 3. 생활폐기물 소각재의 전처리 방법>

종 류	공 법	처 리 대 상
선별공법	일단공법	바닥재
	다단공법	바닥재
고형화공법	밤베르그 모델	비산재, 바닥재
	슬래그-잔유물-첨가물 공법	바닥재, 비산재, 반응부산물
	시멘트-첨가 공법	바닥재, 반응부산물
	Thermoplastverfahren	비산재, 플라스틱폐기물
세정공법	빌레캤더 컨셉트	바닥재
	취리히 컨셉트	바닥재
	네덜란드 컨셉트	바닥재
	MR- Process	바닥재, 비산재
	3R- Process	비산재
건축재료생산	스위스 컨셉트	비산재, 반응부산물
	Versatzmaterialien	비산재, 반응부산물
	수경응집공법	비산재, 반응부산물
용융공법	Alinitbinder	비산재, 반응부산물
	건류소각공법	생활폐기물, 비산재
	Flugstromvergasungsverfahren	생활폐기물, 바닥재
	Flammenkammer-Schmelzverfahren	생활폐기물, 바닥재, 비산재
	VS 공법	생활폐기물, 비산재
	Schmelzbalkenverfahren	바닥재, 비산재
	Drehrohrschmelz 공법	바닥재, 비산재
	Brennschmelz 공법	바닥재, 비산재
	FosMelt 공법	바닥재, 비산재
	RedMelt 공법	바닥재, 비산재
	Plasmaschmelz 공법	비산재
	Glasschmelz 공법	비산재, 반응부산물
	Elektroschmelzverfahren	비산재
	Schmelzzyklonverfahren	슬러지, 비산재
고온가스화공법	소각가능 특정폐기물, 비산재	

[0013]

[0014]

이를 통해 전 처리된 소각재를 이용하여 국외의 경우 재활용 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 도로 보조 기층재, 충전재, 제방 등에서 대체 골재로 이용되고 있다. 특히 네덜란드의 경우는 약 90%의 높은 재활용 율을 보이고 있다. 하지만 바닥재에는 많은 양의 구리나 납 등의 중금속이 함유되어 있으며, 바닥재의 알칼리 성질 때문에 쉽게 용출될 수 있어 환경적으로 문제를 일으킬 수 있기 때문에 그에 따른 전처리 방법의 개발이 필요한 실정이다. 이 때문에 국내의 경우 재활용율이 약 6.3%로 매우 낮으며 재활용 또한 건축용 벽돌이나 블록 생산품에 일부분 이용될 뿐, 대체 골재로써의 재활용은 이루어지지 않는 실정이다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0015]

본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 건식 탄산화를 이용하여 생활 폐기물 소각 바닥재의 입자들에 대해 피막효과를 일으킴으로써 재활용 시 환경적 유해성을 일으킬 수 있는 바닥재의 중금속 용출량을 감소하여 안정화시킬 수 있는 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제 해결수단**

[0016] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 생활폐기물을 소각시켜 발생된 바닥재를 건조하는 건조단계와; 상기 건조단계를 거친 바닥재 중 0.15mm이하의 입자 크기를 갖는 바닥재를 선별하는 분리단계와; 상기 분리단계를 거친 바닥재에 물을 첨가하는 첨가단계와; 상기 첨가단계를 거친 물과 바닥재의 혼합물을 탄산화 반응기에 넣고 이에 이산화탄소 가스를 주입하는 주입단계와; 상기 주입단계를 거쳐 이산화탄소가 주입된 상기 혼합물을 상기 탄산화 반응기에서 반응시키는 반응단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한 상기 건조단계에서는 바닥재를 50℃의 온도에서 48시간동안 건조시키고, 상기 첨가단계에서는 바닥재와 물과의 비율이 중량비 3:10이 되도록 물을 첨가하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 추가적으로 상기 주입단계에서는 물이 함유된 혼합물을 상기 탄산화 반응기에 혼합물의 두께(b)와 상기 탄산화 반응기 직경(a)을  $4 > a / b$ 의 비율로 하여 펼친 후 농도가 99% 이상인 이산화탄소 가스를 0.1L/min으로 주입하고, 상기 반응단계에서는 이산화탄소가 주입된 혼합물을 상기 탄산화 반응기에서 240min 동안 반응시키는 것을 특징으로 한다.

**효과**

[0019] 수습된 바와 같이, 본 발명에 따른 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법은 바닥재를 건조한 다음으로 이에 적절한 물을 첨가하여 이산화탄소를 주입 및 반응시켜 피막효과를 일으킴으로써 바닥재에 포함되어 있는 중금속을 안정화시킬 수 있으므로 바닥재의 재활용 및 유해성 저감을 가능하도록 한다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0020] 이하, 도면을 참조로 하여 본 발명에 따른 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법을 설명하기로 한다.

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 건식탄산화를 통해 형성된 피막효과에 의한 바닥재 안정화 방법을 도시한 순차도이다.

[0022]

[0023] 본 발명에 따른 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법은 생활폐기물을 소각시켜 발생된 바닥재를 50℃의 온도에서 48시간동안 건조하는 건조단계(S10)와, 상기 건조단계(S10)를 거친 바닥재 중 0.15mm이하의 입자 크기를 갖는 바닥재를 선별하는 분리단계(S20)와, 상기 분리단계(S20)를 거친 바닥재와 물과의 비율이 중량비 3:10이 되도록 물을 첨가하는 첨가단계(S30)와, 상기 첨가단계(S30)를 거친 물과 바닥재의 혼합물을 이의 두께(b)와 상기 탄산화 반응기 직경(a)을  $4 > a / b$  비율로 하여 상기 탄산화 반응기에 펼친 후 농도가 99% 이상인 이산화탄소 가스를 0.1L/min으로 주입하는 주입단계(S40)와, 상기 주입단계(S40)를 거쳐 이산화탄소가 주입된 상기 혼합물을 상기 탄산화 반응기에서 240min 동안 반응시키는 반응단계(S50)로 구성된다.

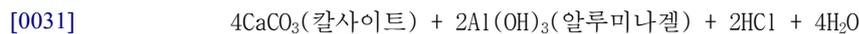
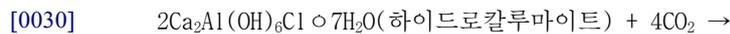
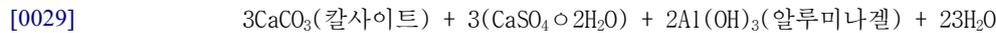
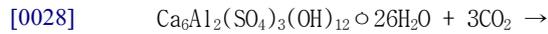
[0024] 상기된 단계 중 반응단계(S50)의 탄산화 처리 시간에 따라 에틀링자이트(ettringite)와 하이드로칼루마이트(hydrocalumite 또는 불용성 화합물) 광물의 분해가 나타나며 이에 따라 알루미늄아 젤(alumina gel)과 칼사이트(CaCO<sub>3</sub>)가 증가되는데, 이러한 화합물이 탄산화 시간에 따라 바닥재의 입자 표면에 피막효과를 일으킨다.

[0025] 0.15mm 이하의 입자를 가진 바닥재를 취하여 물과 적절하게 혼합하는 것은 매우 중요하다. 0.15mm 이하

의 입자를 가진 바닥재와 물의 비율이 중량비 3:10에서 가장 피막효과를 크게 할 수 있다. 위의 비율로 혼합한 후 물을 입자 표면에 고루 펼치기 위해 잘 섞는 것이 중요하다. 도 2는 바닥재와 물의 이상적인 혼합 상태를 보여준다. 도 2에서와 같이 바닥재 입자 표면에 물이 고루 펼쳐짐에 따라 이의 표면에 균일한 반응을 일으킬 수 있으며, 또한 CO<sub>2</sub> gas가 입자 사이를 충분히 이동할 수 있어 피막효과를 최대한 일으킬 수 있다.

[0026] 도 3은 탄산화 반응기의 단면도를 나타낸 것이다. 이 반응기 안에 바닥재가 위치하게 될 판은 유리질로 이루어져야 하며 CO<sub>2</sub> gas가 쉽게 이동할 수 있어야 한다. 물과 섞인 바닥재는 유리질로 된 판 위에 골고루 펼쳐야 한다. CO<sub>2</sub> gas가 바닥재를 원활히 통과하기 위해서는 펼쳐지는 바닥재의 두께(b)가 매우 중요하다. 두꺼울 경우 CO<sub>2</sub> gas의 움직임을 방해할 수 있기 때문에 탄산화 반응기 직경(a)/ 바닥재의 두께(b)는 4를 넘지 말아야 한다.

[0027] 바닥재와 물이 중량비 3:10의 비율로 혼합된 혼합물을 탄산화 반응시킴으로써 바닥재 입자 표면에 새로운 생성물이 형성된다. 도 4는 건식 탄산화 반응 시간에 따른 바닥재의 입자표면을 나타낸 것이다. 탄산화 반응을 시작하자마자 표면에 생성물들이 생겨나기 시작하며, 반응 15min 만에 표면을 뒤덮게 된다. 반응 240min 후에는 생성물의 형성이 멈추게 되며 표면의 두께가 매우 두꺼워진다. 도 5는 탄산화 처리된 바닥재 입자의 단면도 사진을 나타낸 것으로, 이를 통해 약 5um의 두께를 가진 피막이 형성됨을 확인할 수 있다. 도 6은 탄산화 반응 시간에 따라 변화되는 바닥재의 XRD 피크를 나타낸 것으로, 반응 전 바닥재에 존재하는 에틀링자이트(ettringite)와 하이드로칼루마이트(hydrocalumite 또는 불용성 화합물)의 피크가 매우 높게 나타났으며, 탄산화 반응 후 이들 화합물의 피크는 감소되었다. 이는 CO<sub>2</sub>와의 반응에 의해 분해되는 것이며, 이들 화합물의 분해로 인해 새롭게 칼사이트와 알루미나 겔을 생성하게 된다. 따라서 이렇게 생성된 화합물이 바로 바닥재 입자 표면에 형성된다. 아래의 화학식은 탄산화 반응에 따른 칼사이트와 알루미나 겔의 생성에 대해 나타낸 것이다.



[0032] 도 6에서, 탄산화 반응 240min 후의 피크에서는 이들 화합물의 피크가 보이지 않았으며, 따라서 탄산화 반응 시간의 조건은 최대 240min임을 알 수 있다.

[0033] 도 7은 바닥재의 건식탄산화에 따른 중금속의 용출량 변화 곡선을 나타낸 것이다. 바닥재의 가장 문제가 되는 중금속인 구리와 납을 선택하여 측정하였으며, 도 7과 같이 0.25ppm의 용출량을 보인 구리와 0.02ppm의 용출량을 보인 납은 탄산화 반응이 시작하자마자 급격히 감소됨을 알 수 있었다. 이는 피막 효과에 의해 중금속을 입자 안에 잡아두게 되어 나타나는 영향이며, 특히 탄산화 반응에 의해 형성되는 알루미나 겔은 중금속 흡착성이 매우 뛰어나기 때문에 용출 감소에 영향을 줄 것이라고 판단된다.

**도면의 간단한 설명**

[0034] 도 1은 본 발명에 따른 건식 탄산화를 통한 생활폐기물 소각 바닥재의 안정화 방법을 도시한 순차도.

[0035] 도 2는 바닥재와 물의 이상적인 혼합 상태를 도시한 그림.

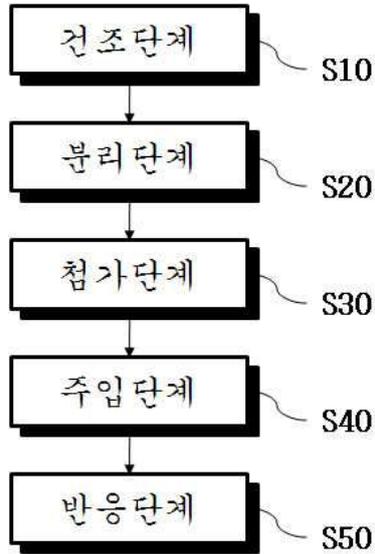
[0036] 도 3은 바닥재의 건식탄산화를 실시한 탄산화 반응기의 단면도.

[0037] 도 4는 건식 탄산화 반응 시간에 따른 바닥재의 입자표면도.

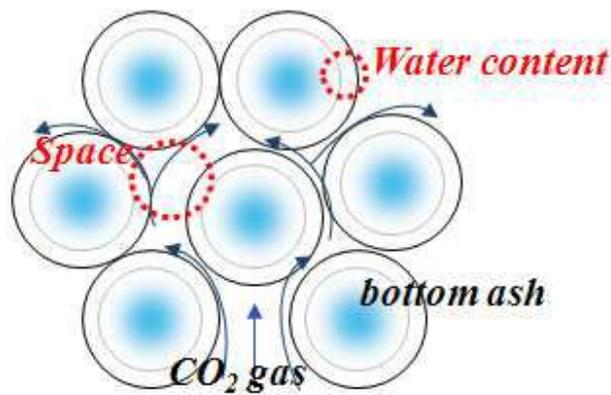
- [0038] 도 5는 탄산화 처리된 바닥재 입자의 단면도 사진.
- [0039] 도 6은 탄산화 반응 시간에 따라 변화되는 바닥재의 XRD 그래프.
- [0040] 도 7은 바닥재의 건식 탄산화에 따른 중금속의 용출량 변화 곡선도.

도면

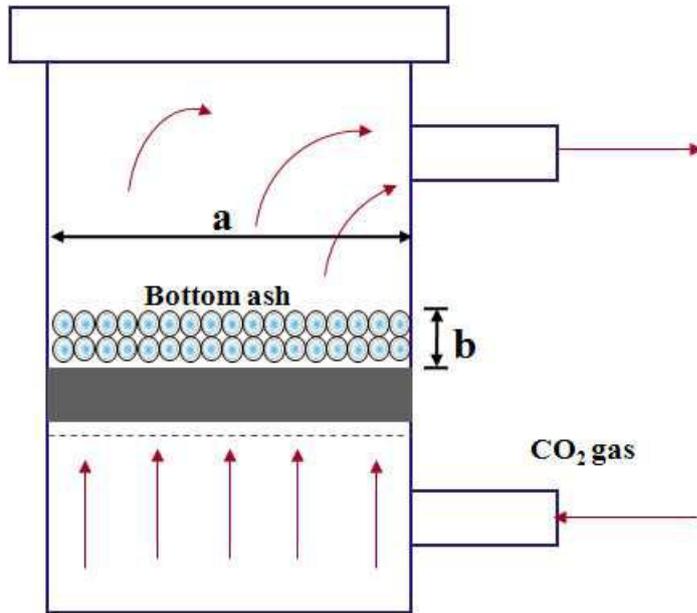
도면1



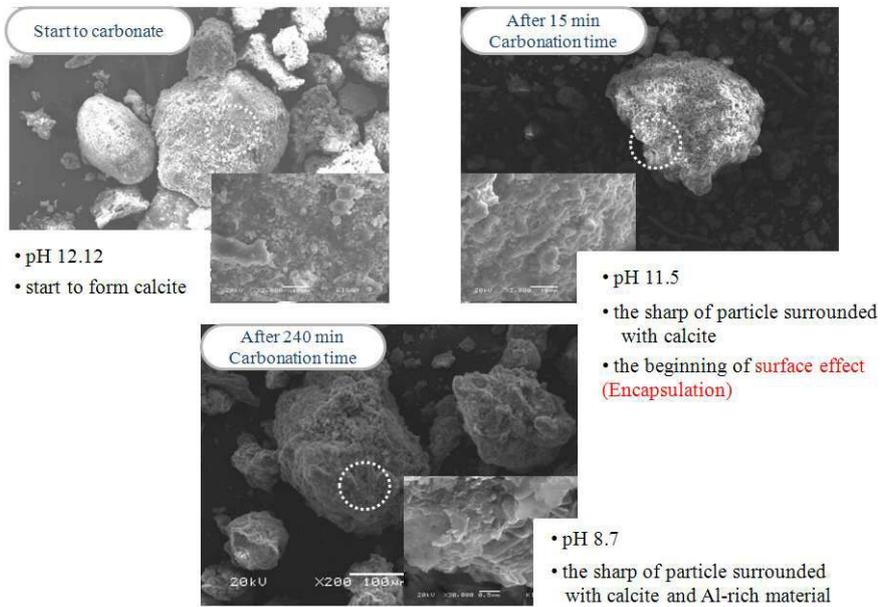
도면2



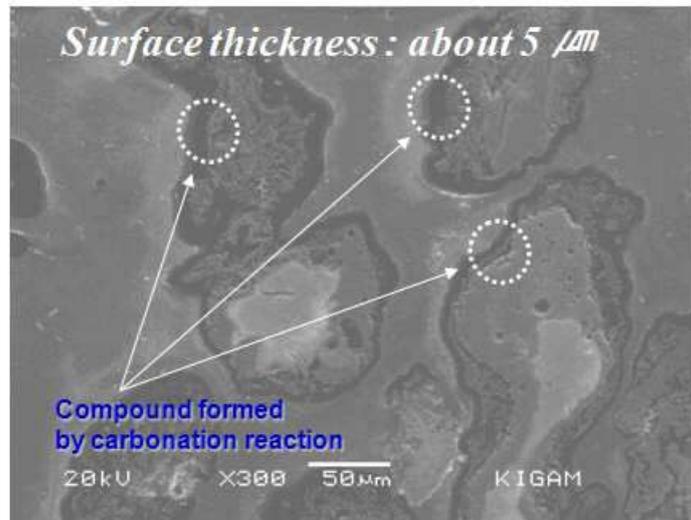
도면3



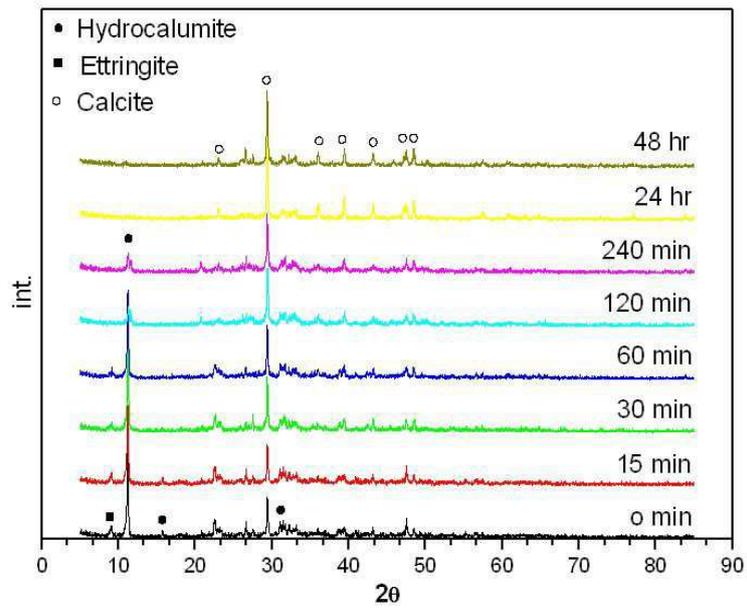
도면4



도면5



도면6



도면7

