

## 무기계 폐기물 재활용기술

알미늄 슬러지 재자원화 기술(고베제강소)

자동차 차체의 도장 전처리과정시에 발생하는 알미늄 슬러지의 재자원화기술로서 알미늄 재료를 사용한 차체에 도막의 밀착성, 내식성을 높이는 인산아연을 처리할 때 처리액 중에 용출한 알루미늄이온을 나트륨, 불소를 포함하는 크리오라이트로서 처리액으로 부터 분리 회수한다

<특징>

이 슬러지를 알미늄함금 용융처리 용 후력스 원료로서 재이용하는 것으로, 설비비용은 처리라인에 슬러지 제거용 필터를 취부하는 것만으로 되므로 저가로 대응이 가능하다

### ◎ 콘크리트 오니의 분체재료로 재자원화 (오오이타현의 지역 컨소시움)

생 콘크리트 공장에서 배출되는 콘크리트 슬러지를 고부가가치의 분체재료로 재 자원화하는 완전 리사이클 처리 시스템으로서, 실험 플랜트로 분체재료의 미분쇄 건조 슬러지인 “PDS”가 성공적으로 제조되면서, 실용화의 연구 개발이 진행됐다.

<특징>

① 회수 수중(水中)의 불순물(작은 모래분)을 제거하는 장치와 슬러지 케익 처리용의 건조 미분쇄 장치 등이 새롭게 개발돼 PDS 제조가 가능하게 되었으며, PDS 는 둥근 모양을 띤 미립자로서 3-10 마이크로미터의 크기이다.

② 고 유동 콘크리트용 분체 재료 및 에어 몰타르, 셀프 레벨링재, 중화재 등으로 사용될 전망이며, 또한 미분쇄 처리기술을 이용함으로써 건설자재의 불량품 및 폐 유리병, 주물 등 건조 폐기물의 재 자원화도 가능하게 된다.

### 건축폐재 발전연료로 재활용(히라바야시가이목재협동조합)

약제처리나 도장가공한 건축용목재의 폐재를 발전용 연료로서 리사이클하는 시스템으로, 폐재를 1 톤 6 천엔 전후의 처리비로 인수하여 칩으로 가공한 후 약제처리를 한 목재와 미처리로 양질인 목재를 분별, 미처리 목재는 건축용보드의 원료로 그대로 매각하고 약제 처

리한 목재는 보일러에서 소각한다

<특징>

소각시에 약제 및 도료등이 원인으로 발생하는 유독가스는 로의 배기구에 붙은 필터로 제거하며, 동 및 크롬등을 포함하는 소각재는 특수 시멘트로 고화하여 매립 처분할 수 있도록 한다

### 하수오니 소각재 혼합 세라믹관 사업화(노리타케컴퍼니리미티드)

하수오니 소각재를 35% 혼합하여 제조한 하수도용 세라믹관으로서, 종래의 세라믹관에 비하여 경량이고 고강도이며 저가이다

<특징>

- ① 원료는 하수오니 소각재 35%외에 폐기기와 분쇄품도 35% 사용하고 있으며, 점토의 사용은 35%로 억제하였다
- ② 계절에 의해 성분변동이 있는 이 소각재를 독자의 노하우로 안정화하여 저수분 압출 성형기술, 횡형의 회전건조 및 소각기술등에 의해 제조가 가능하였으며, 종래의 세라믹관에 비하여 중량은 70%로 경량이고 강도가 1.6 배이며 가격은 17% 저렴하다
- ③ 이 소각재중의 중금속은 고정화되어 토양환경 기준값 이하로 된다

### 석탄재 재활용 콘크리트(구마가이구미)

화력발전소에서 발생하는 석탄재(fly ash)를 사용한 터널 분무용 콘크리트로서, 석탄재는 분급되어 시멘트원료등으로서 이용되고 있으나, 분급전의 原粉은 품질이 일정하지 않아 재이용이 어려웠다.

<특징>

금번 콘크리트재료인 세골재(砂)의 일부로서 석탄재 원분을 배합하였으며, 미세입자이므로 점성이 증가하므로 분무시의 repound율이 종래에 비하여 28% 저감되고, 향내 분진을 약 20% 저감하는 동시에 강도도 약 30% 향상하여 재료비를 약 6% 절감할 수 있다.

## ◎ 알미늄 드로스로 고급내화물 원료개발(龍谷대학이공학부)

알미늄드로스로부터 피널(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)형의 고급 내화물원료를 합성하는 기술로서, 연소합성법에 의한 것이며, 기존의 유도로를 이용하여 단시간에 합성할 수 있다.

### <특징>

- ① 알미늄드로스는 알미늄의 회수, 정련시등에 발생하며, 통상의 전기로에서 1,700℃의 고온에서 1시간 처리하여도 거의 성분변화가 없으며, 공기와 반응하여 생성하는 표면의 질화알미늄은 물에 접촉하면 암모니아가스를 발생하는등 처리가 과제로 되 있다.
- ② 원재료간의 화학반응열을 이용하여 무기재료를 제작하는 연소합성에 착안하여, 철강 및 내화물 메이커등이 설치한 유도로의 유도장 중에서 가열, 반응을 활성화시킨다
- ③ 구체적으로는 알미늄 함유량이 적은 알미늄드로스를 원료로 물로 세정한 것을 유도장에 넣어 탄소시트로 덮어 연소 반응한다
- ④ 처리시간은 수분정도로 단시간이며 에너지비용도 저렴하고 단상의 스티벨화합물을 합성할 수 있으며, 지금까지 1로트 100g정도의 합성에 성공하여 X선 회절로 스피넬을 확인하였다

## ◎ 용융비산재 재자원화 시스템(NKK)

용융 비산재에 포함된 아연, 납을 환원하는 시스템으로, 소각재 및 비산재를 용융하면 슬랙, 메탈 및 용융 비산재가 발생하며, 슬랙과 메탈은 재자원화는 곤란하여 현재는 안정화처리를 한 후 매립 처분되고 있다.

### <특징>

- ① 아연 및 납을 고농도로 농축하는 전기저항식 채용용로의 특징을 활용한 것으로, 전기저항식 채용용로는 용융한 슬랙중에 전극을 삽입하여 슬랙의 전기저항에 의한 발열현상으로 재를 용융하는 구조이다
- ② 기타의 용융방식에 비하여 진동이 적고, 환원분위기에서 용융하므로 슬랙과 메탈, 용융비산재가 혼합하지 않아 고품질을 유지, 유가금속인 아연 및 납을 용융 비산재 중에 고농도로

농축할 수 있다.

③ 이 전기저항식 재용융로의 비산재를 수세하여, 수용성염류를 제거하는 것으로 비철제련 회사의 유가 회수가 가능한 아연함유율 40% 이상의 회수물을 얻을 수 있고, 아연보다 함유량이 적은 납에 대해서도 동시에 자원화가 가능하게 되었다

### ◎ 건설현장 오니의 재활용(고베제강소)

소각재 및 오니등의 폐기물을 건조하여 진공, 밀폐하여 무해화 한 후, 콘크리트 블록으로 하는 공법으로, 주차장의 기반재등으로 활용하며, 비용은 매립처리에 비하여 약 2 배이지만, 이 성과를 이용하여 타 폐기물에 확대 할 생각이다

<특징>

① 제품강도를 높이기 위하여 제 2 플랜트에서 조립물을 180℃, 10 기압의 성능을 유지하는 압력장치에 넣어 약 5-7 시간에 걸쳐 화학반응을 시켜 약 100 배의 강도를 갖는 성상으로 변화시키는 것을 실현하였다

② 강도를 높이기 위하여 용융 및 소결에 의해 1000℃ 이상의 조건하에서 1 회 용융하여 다시 고화시키는 방법이 있지만, 금번의 장치는 저온에서 가동하므로 1 톤당 300 엔정도의 연료비로 처리할 수 있다

③ 처리한 물질은 재생모래 및 형에 넣어 가공하여 블록으로서 활용할 수 있는 외에 고품질의 육묘토나 페콘크리트 로반재에 배합재로 활용이 전망된다

④ 오니이외에도 화력발전소에서 발생하는 석탄재 및 중금속공장에서 발생하는 집진 더스트 등의 재자원화에도 적용할 수 있다

### ◎ 알미늄 드로스 재활용 기술(오넥스)

알미늄 제련과정에서 생기는 오니인 알미늄드로스로부터 합성 제올라이트 만큼의 높은 양이온 교환량을 갖는 백색 인공제올라이트를 제조하는 기술로서, 토양개량제 및 수지개선제, 자동차의 촉매등에 이용할 수 있다.현재 알미늄 드로스는 일본에서 약 40만톤 이상이 발생하여, 매립 처분되고 있다

<특징>

- ① 80℃부터 230℃, 20기압의 고온고압의 분위기하에서 알미늄드로스를 수산화 나트륨과 화학반응 시키는 것에 의해 효율적으로 백색 제올라이트를 제조하는 것에 성공하였다.
- ② 실험결과에서는 100g당 450 몰 비라는 높은 양이온 교환량을 확인하였으며, 비용도 합성 제올라이트에 비하여 한단계 낮은 kg당 수백 엔으로 공급할 수 있다
- ◎ 석탄재를 이용한 인공노반재(일본국토개발)

석탄화력발전소로부터 발생하는 석탄재를 재이용하여 토사등의 토질재료와 동등의 강도 및 경량성, 시공성을 갖는 노반재료로서, 종래재료에 비하여 경량이고 강도가 높고 점착성이 있기 때문에 연약지반사의 성토재료로 이용한 경우, 기초지반의 압밀 침하 및 미끄럼 등의 안정상의 문제가 잘 발생하지 않는다

<특징>

제조는 석탄재에 물과 수 종류 첨가제, 시멘트를 혼합하여 만드는 완장토를 굳여서 만들며, 양생한 후에 굴삭 및 파쇄하여 제조하므로 로상, 성토, 토지조성, 구조물의 매립, 하천 제방등에 통상의 토질재료로서 적용할 수 있다.

- ◎ 석탄재, 폐유리를 이용한 세라믹 흡음재(오다건설)

석탄재와 폐유리를 재이용한 다공질 세라믹 흡음재로서, 화력발전소로부터 나오는 석탄재와 폐유리를 원료로 이용하여 연속 기포구조의 세라믹 재료로 한 것이다.

<특징>

- ① 경량이고 열전도율이 낮아 흡음특성외에 단열성 및 통기성도 우수하다.
- ② 상품화 한 것은 흡음기와 흡음판 2종이며, 흡음률은 70-90%이고 저음역부터 고음역까지 flat한 특성이 있으며, 특히 저음역에서의 흡음특성은 종래의 흡음재에 비하여 약 3배 높다
- ③ 유리섬유나 록울등의 흡음재와 같이 배후에 공기층 및 보강재를 설치 할 필요가 없어 노화한 섬유가 비산하여 폐에 악 영향을 미칠 염려도 없다

## ◎ 콘크리트 세골재 재활용(하자마, 중외로공업)

콘크리트 세골재를 도시쓰레기와 하수오니의 리사이클재로 100% 치환하는 기술로서, 도시쓰레기의 용융슬랙과 하수오니의 소각재를 미세화 한 용융파우더를 조합시킨다.

### <특징>

- ① 세골재에 용융슬랙을 사용하는 경우 유동성 및 강도, 내구성이 저하하므로 지금까지는 천연골재와 혼합하였기 때문에 세공제의 재생비율이 낮았으나, 금번 하수오니 용융파우더와 혼합하는 것으로 리사이클율 100%를 달성하였다.
- ② 콘크리트는 시멘트와 물, 사리인 세골재와 모래의 세골재로 구성되면, 개발한 것을 이 세공제의 부분을 100% 리사이클재로 할 수 있는 기술이다,
- ③ 하수오니 용융파우더는 하수오니의 소각재를 로 내에서 용융, 표면을 마쇄하여 평균입경 20 $\mu$ m의 미세한 구상화 파우더로 한 것으로, 용융슬랙과의 혼합 세골재를 이용한 콘크리트는 다져 넣을 때의 시공성, 경화후의 강도, 내구성에 대하여 세골재를 이용한 콘크리트와 거의 동등의 품질을 확보한다

## ◎ 오탁수정화기능의 제올라이트 응집제(오백스)

무기계 응집제로 안전성이 높고, 리사이클 제품화 한것으로 종래의 고분자 응집제에 비하여 반액이하로 제공할 수 있는 제올라이트 응집제.

### <특징>

- ① 알루미늄 정련과정에서 발생하는 오니, 즉 알루미늄 드로스를 고온고압에서 화학반응을 시키는 것에 의해 합성 제올라이트만큼의 높은 양이온 교환능을 갖는 백색 인공 제올라이트로 변화할 수 있는 재자원화 제조기술을 개발하였다.
- ② 인공 제올라이트는 수산화나트륨 및 수산화칼륨등의 알칼리성으로 처리하므로 PH는 알칼리 수치를 나타내며, 이 상태에서는 응집제로 사용할 수 없기 때문에 일정의 화학반응처리로 응집제를 제조하는데 성공하였다
- ③ 자연환경에 친화적으로 오탁수를 정화하며, 블록의 침강이 빠르므로 플랜트의 간소

화 및 설비투자의 저감이 가능하고, 수온에 거의 영향을 받지 않기 때문에 전처리, 후처리의 필요가 없다.

### ◎ 유리Cullet 50% 함유 재생 아스팔트 콘크리트(다데바야시아스콘)

폐기처분 되었던 유리병을 최대 50% 함유하는 재생 아스팔트 콘크리트로서, 유리병의 각을 제거한 Cullet과 재생 아스팔트를 혼합한 것이며, 제조용 전용기도 동시에 개발하였다.

<특징>

① 크기 2.36~4.75mm 정도의 Cullet을 50%까지 함유하였으며, 이 경우 유리조각의 각을 제거하여 Cullet화 할 필요가 있기 때문에 동시에 유리재생 골재 제조장치도 개발하였다.

② 이 장치는 분별 회수한 유리병을 10톤까지 넣은 재료호퍼에 투입 후, 롤 크러셔와 입도 조정기에 의해 파쇄, 온풍에 의한 열균 가열로에서 Cullet에 부착한 균을 멸균하여 재 이용하며 시간당 500kg의 처리능력이 있다.

### 알미늄오니로부터 제올라이트 제조기술(오넥스)

알미늄 정련과정에서 발생하는 오니 즉 알미늄 드로스를 재자원화하는 기술로서, 알미늄 드로스를 고온 고압에서 화학반응 시키는 것에 의해 합성 제올라이트 만큼의 높은 양이온 교환량을 갖는 백색 합성제올라이트로 변화시키는 기술.

<특징>

① 80℃부터 230℃에서 20기압의 고온고압상태를 만들어, 알미늄드로스를 수산화나트륨 수용액등과 화학반응시키는 것으로 제올라이트를 제조하였다.

② 실험결과에 의하면 100g당 450 몰비의 높은 양이온 교환량을 갖는 제올라이트가 안정적으로 제조할 수 있는 동시에 합성 제올라이트보다 절반이하의 가격으로 공급할 수 있다.

### ◎ 도시쓰레기 시멘트원료로 재자원화 시스템(태평양시멘트)

시멘트제조 킬른을 사용하여 가정등으로부터 배출되는 일반폐기물을 COMPOST화 하여 시멘트원료로 이용하는 시스템으로, 2002년부터 본격 운전에도 돌입할 계획이다.

<특징>

- ① 호기성발효의 생분해에 의해 도시쓰레기를 유효자원화 하는 것으로, 저속회전 시킨 킬룬 가운데를 호기성분위기로 유지하여 3일정도 걸쳐서 쓰레기 중에 포함된 탄수화물 및 단백질의 유기물을 분해하여, 냄새가 없는 취급이 용이한 물질로 전이하는 동시에 분해 중 발생하는 가스에 대해서도 인접하는 시멘트킬룬의 연소용 공기로서 이용하여 완전히 탈취한다.
- ② 이 시스템은 쓰레기 회수차에서 회수된 쓰레기를 직접 시멘트공장에 가져가므로 소각로가 필요하지 않은외에 공장에서도 그대로 킬룬에 투입하므로 위생적이고 일손이 들지 않고 처리가 가능하다.

◎ 석탄재를 이용한 녹화 콘크리트(다께나까-竹中公무점)

발전소로부터 발생하는 석탄재를 이용한 새로운 녹화 콘크리트로서, 녹화 콘크리트는 콘크리트의 공극에 보수성, 비료효과, 알카리분의 중화에 유효한 유기질재료를 주성분으로 하는 충전재를 채우고, 그 표층을 유기질재료와 비료 및 증자등을 혼련 한 기반으로 덮은 것이다.

<특징>

- ① 식물은 콘크리트의 공극에 뿌리를 내려 육성하며, 금번 석탄화력 발전소에서 발생하는 석탄재를 콘크리트의 조골재,시멘트 페이스트, 충전재 및 표층 기반재로서 유효 이용하는 새로운 타입을 개발한 것으로, 석탄재의 새로운 리사이클 수법으로서 기대되고 있다.
- ② 개발한 녹화콘크리트는 조(粗)골재를 저 알카리성 및 고강도 시멘트 페이스트로 고화하여 25-30%의 공극률을 갖는 기공성 콘크리트외에 충전재, 표면기반에 석탄재를 이용하였다.
- ③ 석탄의 연소로에서 배출되는 입자가 작은 비산재를 시멘트에 혼합하여 입자가 큰 것은 조골재로서 이용하며,.이것에 의해 기공성 콘크리트는 시멘트의 40%, 조골재의 10%를 석탄재로 치환할 수 있으며, 또한, 충전재에는 비산재를 혼합하고, 표층기반에는 보수성이 우수한 크링커재를 혼합한다.

석탄화력발전소로부터 발생하는 석탄재는 98년에 679만톤이며, 이중 약 75%가 재이용되고 있으며, 나머지는 매립 처분되고 있다. 신 녹화 콘크리트는 석탄재의 새로운 리사이클 수법으로서 보급에 탄력이 붙을 전망이다.

## ◎ 슬래그를 이용한 해양블록 제조기술(가와사끼제철)

제강 슬래크와 고로 슬래크를 주성분으로, 콘크리트와 동등이상의 성능을 갖는 해양블록 제조 기술로서, 보통의 콘크리트에 비하여 비중이 높고, 내마모성은 2배이다.

### <특징>

① 용선예비처리 공정에서 발생하는 용선 예비처리 슬래크를 주성분으로, 같은 제철공정의 부산물인 고로 슬래크 미분말 및 소량의 비산재를 조합한 고화체이며, 시멘트, 사리, 모래로 된 콘크리트와 동등이상의 성능을 갖는다.

② 콘크리트 해양블록에 요구되는  $18\text{N}/\text{m}^2$ 의 강도를 만족하는 외에 (1) 원재료는 모두 슬래크 등의 부산물 (2) 비중이 2.6(콘크리트는 2.3)으로 높아 파도에 대한 안정성이 우수하고 (3) 알카리 용출이 적고, 조류, 패류의 부착이 콘크리트의 2배 (4) 치밀한 조직을 갖기 때문에 내마모성은 콘크리트의 2배, 염분이 침투하기 어렵다.

③ 사용 시에는 기존의 생 콘크리트 플랜트에서의 혼련, 믹서차로의 운반, 콘크리트 펌프로의 압송등 콘크리트와 동등의 취급이 가능하여 신규의 설비를 필요로 하지 않고, 가격은 콘크리트보다 10% 이상 절감 될 전망이다. 이들의 특징에 의해 어초블록, 海中용 피복 및 하천 및 해양의 친수성공사, 자연형 호안공사의 석재등에도 수요가 전망된다

## ◎ 오니 및 소각재 저온 고화기술(INAX)

알미늄성분을 다량으로 포함하는 오니 및 소각재를 저온에서 고화하는 기술로서, 건재의 원료로서 재이용한다,

### <특징>

①  $180^\circ\text{C}$ 이하에서는 고화되지 않는 것으로 여겨졌던 알미늄성분을 다량으로 포함하는 무기 재료를 저온에서 고화하는 기술로서, 오니등의 원료에 소석화와 물을 가하여 일정한 압력을 가하여 고화하는 것이며, 원료중의 입자끼리의 결합을 방해하는 물질을 초미립자로 변화하여 결합을 촉진한다.

② 이 기술을 살려서 오니 및 슬래크, 소각재등을 고화하여 타일등의 원료로 하며, 또한 쓰레기 처리장 및 건설현장에 재처리 플랜트를 건설하는 사업도 검토하고 있다.

## ◎ 폐유리 콘크리트 골재로 재생 플랜트(세라텍)

폐유리를 콘크리트의 골재로 재생하는 플랜트로서, 내부에 경질세라믹의 칼이 붙은 원통에 폐유리를 넣어 원통을 회전시켜 폐유리를 파쇄하고, 골재로서 최적의 자연의 숯돌과 동등의 구상의 미세한 입자로 한다. 골재는 콘크리트에 강도를 부여할 목적으로 혼합하여 사용하며, 골재끼리의 간극이 작게 되면 콘크리트의 강도도 증가하므로 골재는 미세한 구상의 입자로 하는 것이 요구되며, 폐유리를 파쇄하는 데에는 프레스에서 압력을 가하는 것이 일반적이거나 각에 남기 때문에 골재로서는 사용할 수 없다.

### <특징>

- ① 플랜트는 먼저 프레스장치로 폐유리를 크게 파쇄하고, 원통에서 다시 미세하게 파쇄하며, 원통은 2 개가 있고, 회전방향이 역으로 되어 있으며, 폐유리 입자가 2 개의 원통을 통과하는 과정에서 원통의 날이 다양한 각도로 입자에 충돌하여 각이 없어져서 둥글게 되어 간다.
- ② 입자의 직경은 3mm 이하이며, 원통의 회전속도와 시간을 조절하여 입장의 크기를 변화시킨다.

## ◎ 소각재 용융 슬랙화장치(共伸엔지니어링)

처리량 1 톤당 3600 만엔의 저가의 소각재 용융슬랙화장치로서, 소각재의 투입, 용융, 배출을 자동 연속운전하는 것으로 소각로에서도 대량 처리할 수 있는 방식을 채용하였으며, 배치 처리방식의 대형로에 비하여 대폭적인 저가화를 실현하였다.

### <특징>

- ① 체류형 요동식 소각재 용융로로서, 로는 횡 설치형으로 처리물을 일시 체류시키고, 로를 좌우로 반회전씩 요동시킨 후에 내부에 설치한 배출날개로 슬랙을 배출하는 구조로, 소각 효율도 높고 운전비는 종래의 1/3 정도이다.
- ② 배출된 직후의 슬랙에 수류를 접촉시켜 분쇄하는 기능도 겸비하였고, 로 정지 후의 파쇄 작업은 필요하지 않다.

## 상수도오니 재이용 타일개발(塵島-가시마)

수도물을 정화할 때 발생하는 오니등을 주원료로 한 외장형 타일로서, 원료인 폐기물을 50-80% 배합할 수 있는 외에 촉감을 부여한 고급타일의 생산방식에도 대응할 수 있다.

### <특징>

- ① 오니를 건조시킨 후에 800-1100℃에서 소성, 소성토로 가공하여 신축율을 감소시키고, 원료에 50-80%의 비율로 혼합하여도 성형 및 소성할 수 있도록 하였다.
- ② 촉감을 살리기 위하여 원료를 건조시키지 않고 점토상 그대로 압출 성형하여 소성하는 고급타일의 생산방식에도 대응할 수 있으며, 오니만이 아니고 정수공정에서 발생하는 침사도 타일원료로 재생할 수 있도록 하였다

## 폐 토너를 제철원료로서 재자원화 하는 리사이클 시스템(NKK)

폐 토너를 제철원료로서 재자원화 하는 리사이클 시스템으로서, 토너는 입경 수 마이크로미터의 초미분(超微分)이므로 처리가 어려워, 대부분은 고화 하여 매립 처리되 왔으나, 밀폐한 설비로 토너를 처리하여 粉鐵광석의 조립공정에 첨가하여 리사이클 하는 기술을 실용화 한 것이다.

### <특징>

- ① 새로운 시스템은 분철광석에 가루 코크스를 가하여 혼합 조립(造粒)하는 공정에 폐 토너를 첨가하는 것으로 토너의 수지는 환원제로서, 철분은 원료로서 선철제조에 이용되며, 고객은 규격외품 및 회수 한 카트리지로부터 수집한 폐 토너를 포대에 넣어서 NKK 경병제작소에 갖고 와서 NKK는 이것을 집진기를 부설한 전용의 호퍼에 투입한 후 조립공정에 투입한다.
- ② 설비를 밀폐구조로 하여 방진 및 방폭 대책을 실시하는 등 환경, 안전대책을 철저히 하는 동시에 첨가방법에 대한 연구로 조립물(造粒物) 내부에서의 폐 토너의 분포를 적정화 하였다.