

都市ゴミ焼却灰を活用したエコレンガ製造技術の開発

荒木窯業株式会社

1. 研究の目的

都市ゴミ焼却灰は、数%が熔融スラグとして利用されているだけで、残りは全て埋立て処分されている。しかし、最終処分場はそのスペースに限りがあり、焼却灰の資源化による処分場の延命化が強く望まれている。

このような背景のもと、従来のレンガの製造技術を用いて、焼却灰の資源化技術を開発し、併せて、製品の高付加価値化及び製品の利用促進を通じてリサイクルモデルを構築することを目的としている。

2. 構成メンバーと主な役割

荒木窯業株式会社	・・・	エコレンガ製造技術の開発、製品の高付加価値化
九州大学知的財産本部	・・・	研究プロジェクトのコーディネート
福岡県工業技術センター	・・・	原料及び製品の物性評価、製造条件の解析
福岡県保健環境研究所	・・・	焼成試験時の環境調査等
大川市	・・・	都市ゴミ焼却灰の提供、利用促進
久留米市	・・・	追跡調査の協力、利用促進
大牟田市	・・・	R D F 焼却灰の提供、利用促進

3. 研究開発期間及び経費

平成14年度～平成16年度 毎年1,000万円（合計3,000万円）

4. 研究の概要

都市ゴミ焼却灰及びR D F 焼却灰を活用したレンガの試作と品質評価を積み重ねてエコレンガの製造技術を開発する。また、試作品製造の際に、焼成試験炉の排ガス・工場排水水質・工場近辺の土壌等の周辺環境に及ぼす影響を調査する。

併せて、顧客のニーズに合致した安全・安価・多彩なバリエーションを持つ製品を開発して、高付加価値化を目指し、焼却灰排出自治体における公共事業への製品の利用促進を図ることによりリサイクルモデルを構築する。

5. エコレンガの原料と試作フローチャート

(1) エコレンガの原料

- ・粘土質原料 ・・・ 通常のレンガ製造に使用している天然資源である可塑性のある赤系粘土2種類及び再生材である花崗岩風化物（真砂土）及び山砂（砂岩）の水簸残渣を用いた。
- ・焼却灰 ・・・ 大川市の都市ゴミ焼却灰及び大牟田市のR D F 焼却灰を用いた。その平均的な主要成分を表1に示す。

表 1 焼却灰の成分分析結果

単位：wt%

灰区分 成分	大川市 ゴミ焼却灰	大牟田市 RDF焼却灰	特記事項
SiO ₂	19.0	14.5	*一般的な窯業原料に比較してCaOが非常に多い。
CaO	33.0	39.5	
Al ₂ O ₃	13.0	9.4	
Fe ₂ O ₃	5.4	3.3	*窯業原料に無い成分であるClが非常に多い。
Na ₂ O	3.2	5.4	
K ₂ O	4.9	4.7	
Cl	10.8	13.5	
SO _x	3.5	3.3	

- ・ 補助材 . . . 焼却灰のように一旦焼成された原料は可塑性を失う傾向にあり、成形助剤としてベントナイト、強度増強剤として長石粉を用いた。

(2) エコレンガ試作フローチャート

エコレンガ試作のフローチャートを図1に示す。

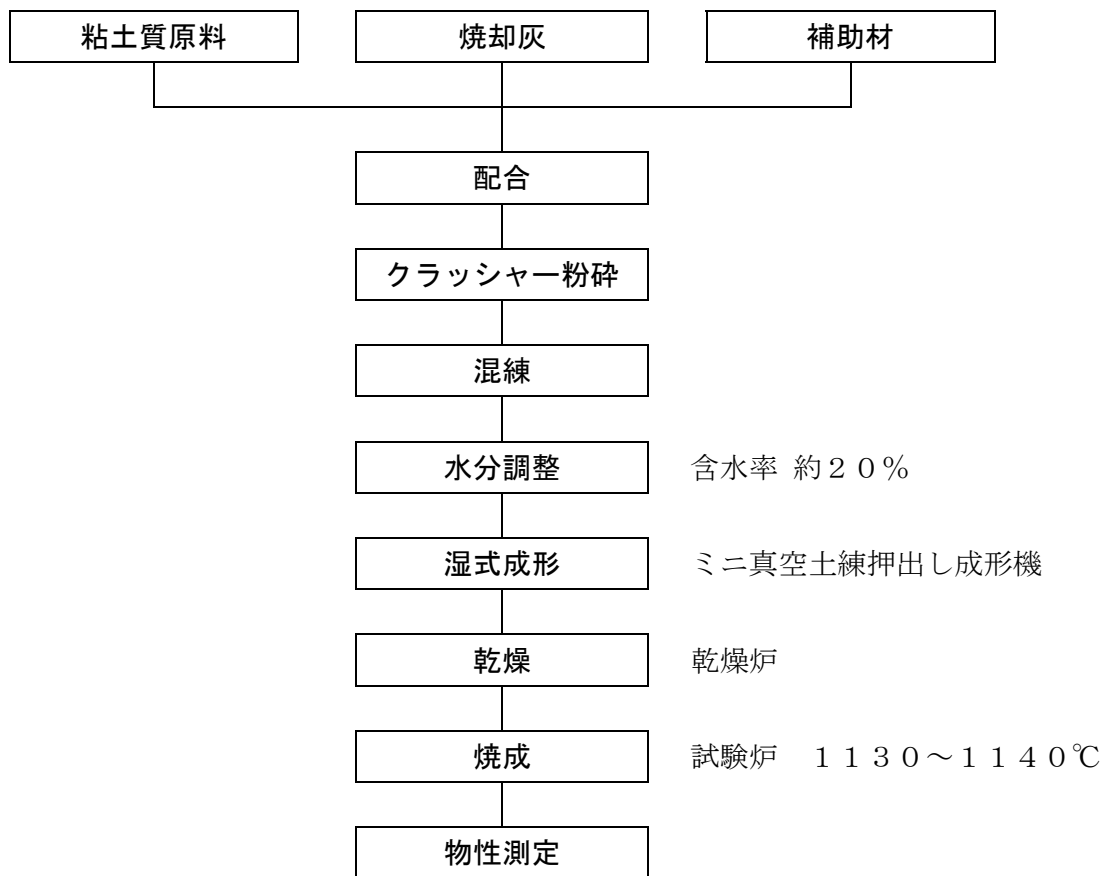


図1 エコレンガ試作のフローチャート

6. 試作品の製造とその物性について

(1) 大川市都市ゴミ焼却灰を用いたエコレンガ

乾式成形 31種類、湿式成形 6種類、延べ36種類の基礎試験を経て、最終的に成形性（可塑性）と強度の改善を目的にベントナイト、長石を添加し、表2に示す配合比とした。

表2 エコレンガの配合比

原料	添加量(容積%)
大川市焼却灰	27
赤系粘土	30
山砂水簸残渣	15
真砂土水簸残渣	23
金属精錬スラグ	5
長石	3
ベントナイト	5



図2 大川市焼却灰含有エコレンガ外観

焼成温度1140℃、酸化雰囲気での焼成結果、下記のJIS及びJASS規格を満足する物性値を有するエコレンガを製造することができた。外観写真を図2に示す。

表3 大川市焼却灰含有エコレンガの物性測定結果（工業技術センター測定）

試験項目	吸水率 (%)	圧縮強さ (N/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)
測定値	7.7	31.0	6.9
JIS規格 JASS規格	JIS R 1250 (吸水率10%以下、圧縮強さ30N/mm ² 以上)		JASS 7M-101 (5N/mm ² 以上)

溶出試験の結果、重金属の溶出は認められず、土壤環境基準を満足していた。

表4 大川市焼却灰含有エコレンガの溶出試験測定結果（保健環境研究所測定）

試験項目	カドミウム	鉛	六価クロム	砒素	総水銀	セレン	弗素	硼素
測定値(mg/l)	<0.001	<0.005	<0.04	<0.005	<0.0005	<0.002	<0.08	0.1
土壤環境基準	0.01	0.01	0.05	0.01	0.0005	0.01	0.8	1

(2) 大牟田市のRDF焼却灰を用いたエコレンガ

乾式成形12種類、湿式成形4種類の試験を経て、灰の配合率は27容積%とした。焼成温度1130℃、酸化雰囲気での焼成結果、JIS及びJASS規格を満足するレンガ

の製造に成功した。

また、RDF焼却灰を用いたエコレンガの場合も溶出試験結果、土壤環境基準を満たしていた。

表5 RDF焼却灰含有エコレンガの物性試験結果

試験項目	吸水率 (%)	圧縮強さ (N/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)
測定値	4.5	42.1	8.2
JIS規格 JASS規格	10% 以下	30N/mm ² 以上	5N/mm ² 以上



図3 RDF焼却灰含有エコレンガ外観

(3) バリエーションの展開

エコレンガの焼成条件（1140～1150℃、酸化・還元焼成）及び焼成後の加工方法（イブシ及びローリング加工）を組み合わせることにより、8種類のバリエーションを展開し、付加価値を高めることで用途の多様化に対応できるようになった。

(4) エコレンガ経年変化の追跡調査

都市ゴミ焼却灰及びRDF焼却灰を用いたエコレンガは試作途中であり、経年変化までは追跡調査できないため、既に開発を終え実際に施工されている下水道汚泥焼却灰を用いたエコレンガの経年変化を3年間追跡調査した。調査結果を表6に示す。

- ・エコレンガ品名：e-BRICKS FR
- ・施工時期・場所：平成11年、久留米市中央公園

表6 e-BRICKS 追跡調査結果(物性測定：工業技術センター、溶出試験：保健環境研究所)

抜取り日	測定日	吸水率 (%)	曲げ強さ (N/mm ²)	圧縮強さ (N/mm ²)	溶出試験
規格		10以下	5以上	30以上	土壤環境基準
未使用品	H14.11.15	8.5	7.8	39.4	基準値以下
H14.9.24		6.7	8.9	42.8	基準値以下
H15.10.28	H15.12.18	5.2	10.0	45.1	基準値以下
H16.10.14	H16.11.12	5.4	9.1	49.1	基準値以下

施工後5年経過したが、品質特性の劣化や有害物の溶出は認められず、レンガ製品として十分な物性値と安全性が保たれていた。

7. 環境測定

(1) 試験炉で試作品焼成中の排ガス分析

大川市の都市ゴミ焼却灰を用いたエコレンガを焼成中の試験炉排ガスを分析した結果、

- ・重金属類、塩化水素、若干のダイオキシシンが認められた。
- ・重金属類によって揮散の割合が異なり、焼成炉排ガスのばいじん中の重金属濃度は、原料である焼却灰の金属含有量の約50～100倍の濃度であった。
- ・塩化水素は、原料中の約48%が塩化素ガスとしてばい煙中に揮発されている事が分かった。
- ・ダイオキシシンについては、原料の灰に含まれる組成が排ガス中のばいじんに含まれるダイオキシシンの組成と異なり、また量も多く検知されていることから、焼成の過程で再合成されたものと考えられる。

表7 焼却灰中のダイオキシシン含有量及び排ガス中のダイオキシシン類測定結果

	ダイオキシシン類含有量		試験炉内温度	ダイオキシシン類 (ng-TEQ/g)	
		ng-TEQ/g		750℃以下	750℃以上
大川市 焼却灰	1号炉	0.4	大川市焼却灰 エコレンガ	3.3	0.72
	2号炉	0.78			
RDF 焼却灰	加熱脱塩 処理後	< 0.1			

(2) 工場周辺の環境測定

重金属、塩化水素、ダイオキシシン類などの有害物質を含有する焼却灰を取り扱う試験を行なうため、山田市との協議で、下記項目について工場周辺の環境調査を3年間行った。

- ・工場排水
- ・試験炉近傍の土壤中の重金属溶出試験及びダイオキシシン類含有量
- ・山田市内の小学校2校の土壤中のダイオキシシン類
- ・工場近傍の河川水質の分析

3年間の追跡調査を行った結果、全ての項目について環境基準値以下で問題なかった。

8. 研究活動の広報について

毎年10月に西日本展示場で開催されるエコ・テクノ展にエコレンガ関係を出展し、広報を行なった。展示会全体の入場者数は次のとおりであった。

- 第1回目：平成14年10月23～25日
(入場者数 34,257人)
- 第2回目：平成15年10月22～24日
(入場者数 34,609人)
- 第3回目：平成16年10月27～29日
(入場者数 35,037人)

また、以下の2件について学会発表を行った。

- ・第20回韓日国際セラミックスセミナー
「Effects of Sintering Conditions on



図4 エコテクノ出展風景(平成16年)

Chemical Properties of Bricks Containing Incineration Fly Ash」

・第15回廃棄物学会研究発表会

「焼却灰を原料に用いたレンガの製造時における含有成分の挙動」

9. 企業化の検討

ゴミ焼却灰等を使用したエコレンガを製造する際に、重金属類、塩化水素、ダイオキシン類が焼成炉から排ガス中に含まれて排出する事が想定される事から、排ガス処理の方法・設備等について委託調査を行った。

処理方法は、洗浄塔で排ガスとアルカリ性洗浄液を接触・反応させて有害物質を捕集するもので、設備費は次のような額となった。

- ・エコレンガ 400 t / 月生産ベースを想定した場合
900 m³ / 分排ガス処理設備設置に関わる必要経費 123,000 千円
- ・エコレンガ 100 t / 月生産ベースを想定した場合
300 m³ / 分排ガス処理設備設置に関わる必要経費 60,000 千円

なお、いずれの算出においても有害物質除去効率は同程度とし、次の値の範囲とした。

塩素：86～91% 塩化水素：86～91% フッ化水素：90～95%

また、エコレンガの製造方式についてローラーキルン、シャトルキルン、トンネルキルンの3方式を検討した結果、全ての方式で製造コストが185～190円/個となり、通常製品との競争力が無い事が判明した。

コスト上昇の原因は、

- ①焼却灰に多量の塩素を含み、キルンの耐酸化改造が必要であり、更に排ガスの洗浄設備も必要となって、その設備費償却の割合が大きい。
- ②焼却灰に多量のカルシウムを含み、焼成温度幅が著しく狭く、通常のレンガのように積み重ねて焼くと下段部分に変形を起し易いので、荷重のかからない特殊な焼成方法を取る必要があり、生産効率が下がる結果となった。

以上のような理由で、品質的に規格を満足するレベルまで開発できたが、製造コストの面で、通常製品の2～3倍割高となって競争力が無くなり、企業化を断念した。今後、リサイクル商品として競争力を高めるためには、焼却灰等の廃棄物を安全・安価に供給できるように公共レベルでの無害化処理が望まれる。

以上