

## 助成事業結果報告概要書

助成事業名称 : ホタテ(カキ)貝殻を都市ごみ焼却灰に添加した海洋保全型資材の開発  
助成事業者名 : 大平洋金属株式会社、富士電機システムズ株式会社

### 1. 技術開発担当・紹介先

久保田 勉

- ・所属/役職 富士電機システムズ株式会社 環境本部 新事業企画室 技師長
- ・役割分担 開発計画、基本設計、詳細設計、報告書作成

曾我義貞 (主任研究員)

- ・所属/役職 大平洋金属株式会社 製造部 次長
- ・役割分担 開発計画、基本設計、詳細設計、溶融試験、報告書作成

梅本真鶴

- ・所属/役職 富士電機システムズ株式会社 環境本部 新事業企画室 部長
- ・役割分担 開発計画、基本設計、詳細設計、報告書作成

川口 紀

- ・所属/役職 富士電機システムズ株式会社 環境本部 新事業企画室主幹技師
- ・役割分担 基本設計、基本設計、詳細設計、報告書作成

吉本 明正

- ・所属/役職 富士電機システムズ株式会社 環境本部 新事業企画室主幹技師
- ・役割分担 基本設計、詳細設計、データ整理・解析、報告書作成

山田 太郎

- ・所属/役職 大平洋金属株式会社 製造部 製造二課 課長
- ・役割分担 基本設計、詳細設計、溶融試験、データ整理・解析、報告書作成

嶋守義彦

- ・所属/役職 大平洋金属株式会社 製造部 製造一課 研究員
- ・役割分担 溶融試験、データ整理・解析

《連絡・照会先》大平洋金属株式会社 製造部 次長 曾我義貞 (0178-47-7221)  
富士電機システムズ株式会社 環境本部 新事業企画室 部長 梅本真鶴  
(03-5461-7600)

### 2. 技術開発の目的と開発内容

一般廃棄物の年間排出量は国内全体で平成9年には約5120万tに達しており、そのうち78%が焼却処理され、焼却残渣として約600万t発生しており埋立処分をしている。一方、ホタテ、牡蠣などの貝殻は、年間約40~50万t発生していると推定され、有効利用法が少ないのが現状である。青森県では長期間野積み状態にさらされており、一部では異臭の発生や景観を損ねる場合もでてきている。

このような背景の中、本開発は一般廃棄物の焼却灰にホタテなどの貝殻を塩基度調整材として配合し、還元雰囲気下で電気炉にて溶融後、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ を主成分とするスラグを出滓させ、用途に応じた形状、サイズに鑄込み、徐冷することにより結晶化、岩石化させ、これらの人工岩石を海洋資材としてリサイクルを推進するための基礎データを得ることを目的とする。基礎データには、主に溶融素材の組成変化と冷却速度の関

係と人工石材の歪による亀裂等の発生の有無の調査、人工岩石を海中に設置し海藻類の着床性、成長性に関する2つの観点である。

平成12年度の人工石材は200kg級であったが、平成13年度は1000kg級を製作するためシステムに若干改良を加えた。

1000kg級海洋石材製作のシステム機能フローを図2-1に示す。受入れ灰は粗大灰、鉄くずなどを篩い分け、磁選後乾燥する。乾燥灰に成分調整剤、還元剤を配合し直流電気抵抗式還元溶融炉に装入する。溶融後スラグ、メタルを取り出す。炉内では、重金属類が還元されメタルとなり比重差で炉内底部に溜まる。溶融スラグとメタルは電気炉下部の出銑口より同時に鑄型に取り出される。スラグはメタル分離槽を経由し分離され重金属を含まないスラグとなる。取り出されたスラグの冷却速度が大型ブロックを形成するために技術上重要となる。また、鑄込んだ人工石材を海中に設置しコンブ、ワカメ、モズク等の海藻類の繁茂、生育状況を確認することが第二の確認項目である。

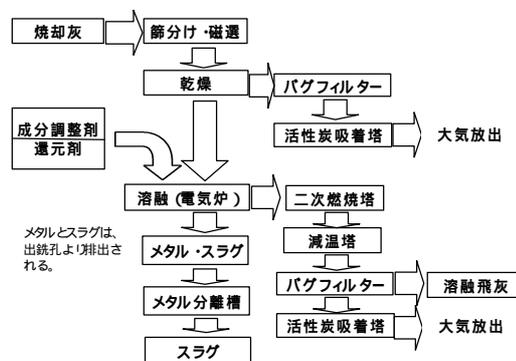


図2-1 灰溶融固化再資源システム機能フロー図

スラグとなる。取り出されたスラグの冷却速度が大型ブロックを形成するために技術上重要となる。また、鑄込んだ人工石材を海中に設置しコンブ、ワカメ、モズク等の海藻類の繁茂、生育状況を確認することが第二の確認項目である。

実験設備は、大平洋金属株式会社および富士電機システムズ株式会社が所有する処理能力15t/D規模の試験設備を用いて行った。

### 3. 廃棄物処理技術開発の成果

#### 3-1 試験時の運転状況

原料配合と製作個数を表3-1-1に示す。90W×90L×45Hのサイズは、青森県の漁業関係者よりの要望であり、海流の影響が大きい外洋に設置するための大型サイズである。

##### 3-1-1 物質収支と熱収支

物質収支を図3-1-1に示す。受入れ灰から、篩がけと磁選により16.5%含まれている鉄塊を取り除く。水分も約17%含まれており、乾燥灰は重量でおおよそ受入れ灰の2/3となる。これに、ホタテ貝殻と還元剤を混ぜて、炉に投入する。炉出口側では、受入れ灰ベースで約56wt-%のスラグ、5wt-%のメタルと7wt-%溶融飛灰、その他約6wt-%となった。その他は貝殻中

表3-1-1 原料配合状況と鑄込み個数

都市ごみ焼却灰	ホタテ貝殻	Feイオン供給体	鑄込数	備考
90%	10%	0部	20ヶ	
90%	10%	5部	3ヶ	
90%	10%	0部	1ヶ	丸棒入り

Feイオン供与体：圧延工程で発生する鉄酸化物の粉であるミルスケールを使用  
 添加率は、(都市ごみ焼却灰+ホタテ貝殻)100部とした重量である。

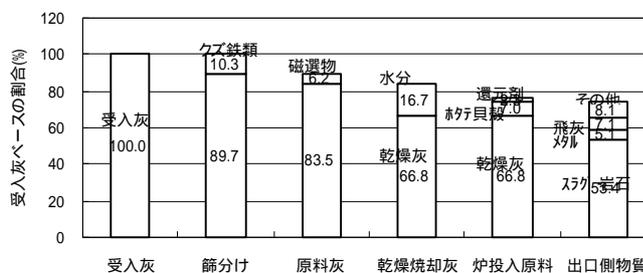


図3-1-1 物質収支

の炭酸カルシウムの熱分解で発生する  $\text{CO}_2$  及びコークスと灰中の未燃カーボンから発生する  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$  としての気散分である。また、熱収支では、投入物の昇温・反応・溶融に投入エネルギーの約 59%が使われ、約 41%が外部への放熱などになっている。電気炉本体は、最外殻の鉄皮部を安全上水冷しており、この冷却水への熱移動が放熱のうちの 3/4 をしめている。

### 3-1-2 各種試験結果

#### (1) 成分試験結果

スラグは、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  と  $\text{Fe}$  の 5 つの成分で、全体の約 90 ~ 95% 占めている。メタルの主成分は鉄( $\text{Fe}$ )であり、ほかに銅( $\text{Cu}$ )、リン( $\text{P}$ )を微量含んでいる。成分分析の結果は、平成 12 年度の結果とほぼ同等である。

#### (2) 溶出試験結果

ミルスケール添加量 (0.5 部) の違う人工石について溶出試験を実施した。2 つの試料の溶出試験について、いずれも告示を十分満足する結果になっている。溶出試験結果は、平成 12 年度の結果と同等である。

#### (3) 人工石材冷却速度

冷却速度の調査は人工石材形状を維持するためには重要な項目である。平成 12 年度では、センサーの断線もあって端部だけの測定となったが、平成 13 年度は中央部と端部の比較ができた。この結果で、初期の温度低下に差は見られるが冷却速度はほぼ同等と言える。したがって、亀裂もできにくいと推定される。

#### (4) 圧縮強度試験結果

製作した海洋資材からサンプルを切出して、圧縮強度試験を実施した。一般にコンクリートや石材の場合、曲げ強度は圧縮強度の 1/5 ~ 1/7、引っ張り強度は 1/10 ~ 1/13 であり、圧縮強度の値から推算が可能であるため、今回は圧縮強度試験のみ行った。

通常、漁礁として利用されているコンクリートブロック (テトラポット等) の圧縮強度は  $20\text{N}/\text{mm}^2$  程度である。また、我が国で最も利用されている安山岩の圧縮強度は  $50 \sim 230\text{N}/\text{mm}^2$  である。今回製作した人工石材の強度は  $84\text{N}/\text{mm}^2$  であり、コンクリートブロックと比較して約 2 ~ 4 倍、天然石と比較して約 1.7 ~ 0.36 倍の強度であった。このことから、天然の石材に比べるとやや低い強度であるが、コンクリートに比べると高く、建設資材としての利用は可能であると判断される。

#### (5) 排ガス分析結果

排ガス中の有害成分は、いずれも規制値よりも低い値になっていた。また、スラグ・メタル中のダイオキシン類も非常に低い値であった。

#### (6) 組成分析 (線回折)

ミルスケール量にかかわらず、結晶の主要な形態はゲーレナイトとなっており、当初  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CaO}$  三成分系状態図上で想定していた結晶形態と一致した。

### 3-3 海洋設置試験

#### 鮫地区 (蕪島付近)

鮫地区 (蕪島付近) に設置した 200kg 級ブロックの経過を写真 3-3-1 に示す。

平成 12 年 2 月度に設置した人工石材は、1 ヶ月後に海藻類が人工石材上面への着床が見られた。その後平成 13 年 11 月観察時では、ワカメ、コンブ、アカバギンナンソウ、ダ

ルス、アオサ等の着床が見られた。平成 14 年 2 月観察時はそれらの海藻類の成長が観察された。また、コンクリートブロックにも海藻類の着床が見られた。この時期に採取した海藻類の写真を 3-3-2 に示す。平成 13 年 11 月に設置した 1000kg 級人工石材を、3 ヶ月後の平成 14 年 2 月観察した。この観察で人工石材上面を中心に海藻類の着床が見られた。また、コンクリートブロックでは、側面の一部に海藻類の着床が見られた。

#### 今別漁港

今別漁港への設置人工石材については、設置後 1 ヶ月の観察でモズク類の着床は見られなかったため、平成 13 年 6 月と平成 14 年 2 月時状態を観察した。設置後 4 ヶ月後の平成 13 年 6 月にはモズク等の海藻類の着床が見られたが、その後平成 14 年 2 月時観察では、モズクは確認できず、他の海藻類の着床が見られた。この時期、モズクは枯れ流出したと推定している。また、コンクリートブロックの平成 14 年 2 月観察では、海藻類の着床は確認できなかった。1000kg 級ブロックについては、平成 14 年 2 月に浜名漁港に設置した。

#### 階上地区（小舟渡漁港付近）

小舟渡漁港付近（防波堤の外側）への設置は、比較的海流の影響が大きな海域でも流出し難いことを目的とするもので、平成 13 年 11 月に設置した 1000kg 級ブロックの 11 月～2 月までの 3 ヶ月間の観察では、人工石材で海藻類の着床は人工石材上面を主に側面にも見られる。しかし、コンクリートブロックでは海藻類の着床は見られなかった。今後も継続的な観察が必要であろう。

#### 4. まとめ

焼却灰とホタテ貝殻という 2 種類の廃棄物から海洋設置石材を製作し大型の人工海洋石材の製作技術を確立したと考えている。また、約 1 年間の藻礁としての海中観察の結果、約 1 年の期間では人工海洋石材はコンクリートブロックより海藻の着床率は高いと言える。しかし、長期間海洋に設置した場合、人工海洋石材とコンクリートブロックの海藻着床量に差が見られないと推定されるため、長期の観察が必要であると考えている。



写真 3-3-1 蕪島付近設置人工石材



写真 3-3-2 蕪島付近設置石材採取海藻類