



Corporate Profile

大平洋金属株式会社
PACIFIC METALS CO., LTD.





Corporate Profile

PACIFIC METALS CO.,LTD.

C O N T E N T S

ごあいさつ	2
会社概要と沿革	3
本社(製造所)	4
大平洋グループ	5
ニッケル事業	6
・フェロニッケル	6
・スラグ加工品	8
廃棄物リサイクル事業	8
設備概要	9
製品の品質	9
関連会社概要	10
八戸の自然と文化	12

Ferronickel

フェロニッケル

高炭素フェロニッケル

海を渡って運ばれてきた貴重な資源、ニッケル鉱石は、ロータリーキルンから世界最大級の電気炉へ直接投入するホットチャージシステムを取り入れた“エルケム方式”により製錬され、ステンレス鋼の主原料として鉄とニッケルの合金であるフェロニッケルに生まれ変わります。そのフェロニッケルが再び製錬されてステンレス鋼になり、耐熱、耐蝕、耐酸、耐摩耗性に優れた特性を発揮し、加工されて、やがてはキッチンや浴槽、あるいは食卓を飾る食器や調理器具となって、私たちの暮らしを楽しく彩ります。一歩外へ出かけてみればステンレス製の電車車両が快適な乗り心地を提供しています。カメラ、時計、自動車など、現代生活に欠かせない機器の中にも、当社のフェロニッケルが生かされ、私たちの目に見えないところで、豊かな暮らしに役立っています。



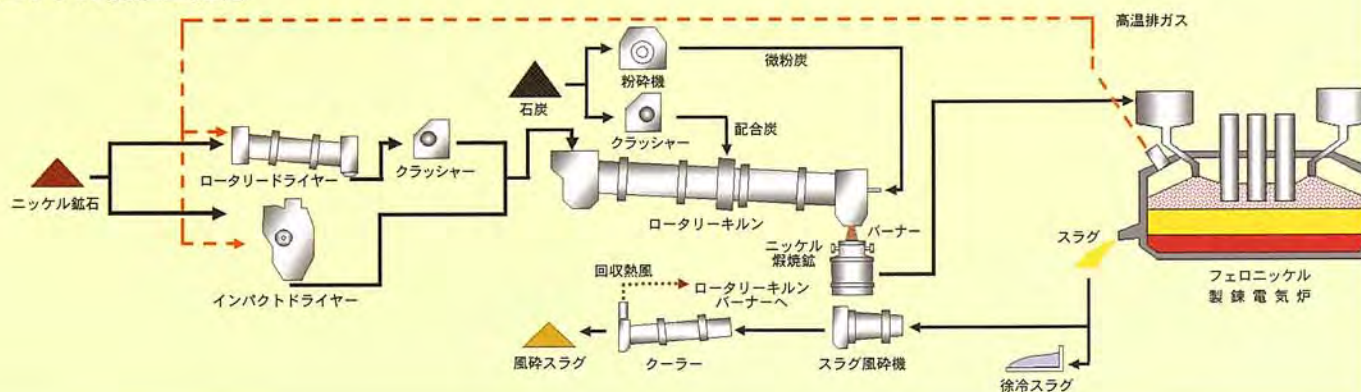
20kg型インゴット



ショット

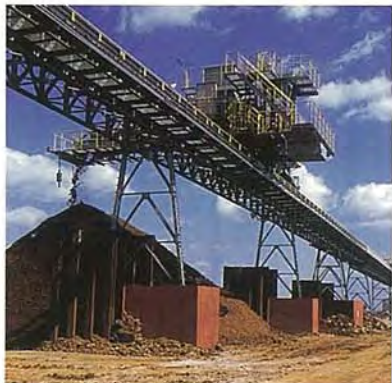
世界最高水準をいく独自の製錬技術

フェロニッケル製造工程図





メタルタップ (フェロニッケル出湯)



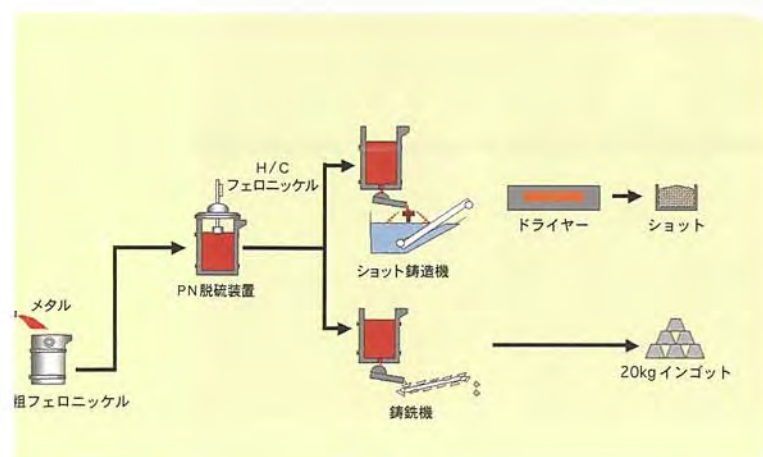
原料輸送コンベア設備



ニッケル鉱石貯鉱場



ロータリーキルン



ショット製造機

Slag PRODUCTS

スラグ加工品

製錬工程において副産物として得られるフェロニッケルスラグは、大気冷却により岩盤化し破碎整粒を行う徐冷法と、空気を吹き付け細かく球状化する当社独自の風砕法の二種類の加工方法を用いて加工され、コンクリート用細骨材、研削材、高炉用副原料、土木用資材等幅広く使用されております。これら特色ある製品を製造する再資源化技術は、環境に優しく、省エネルギーにも貢献するものとして注目されております。



風砕状況



重量コンクリート消波ブロック

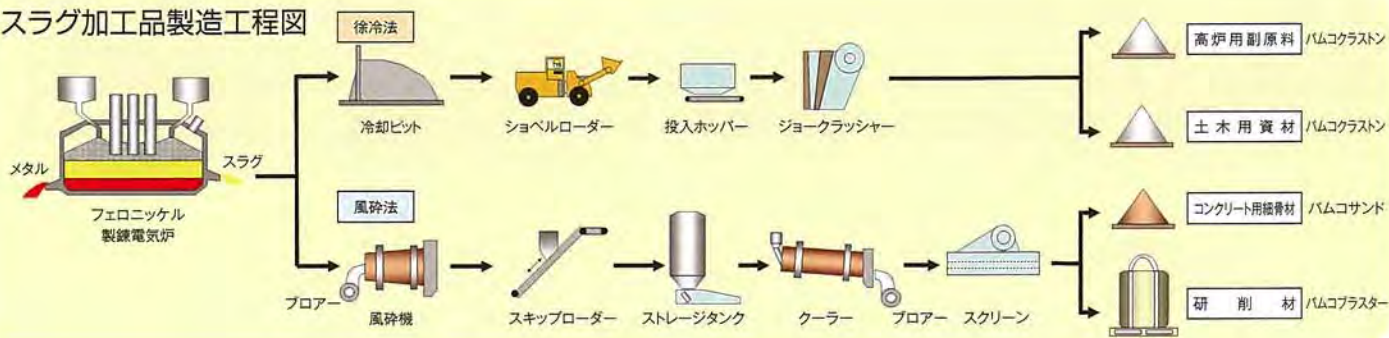


道路舗装工事



路盤材施工状況

スラグ加工品製造工程図



廃棄物リサイクル事業

ごみ焼却灰とホタテ貝殻を直流電気抵抗炉で溶融・還元し、灰に含まれている重金属類を含む各成分をメタルとスラグに分離し、メタルは金属資源、無害化されたスラグは土木・海洋資材等の資源として再利用するものです。

さらに本施設的能力を活かして、ガラスくず及び陶磁器くず、がれき類、動植物性残さ、汚泥等の処理も行なえるようにして、地域の資源有効リサイクル及びエコタウン構想に寄与しております。



焼却灰等の計量ホッパー



直流抵抗式電気炉

設備概要

(1)敷地面積 600,610㎡

(2)従業員数 490名

(3)主要設備

区 分	設 備 名 称	容 量	基数	用 途
予備処理設備	2号キルン	5.25mφ ×110mL	1	ニッケル鉱石予備処理用
	3号キルン	5.5 mφ ×118mL	1	ニッケル鉱石予備処理用
	6号キルン	5.5 mφ ×131mL	1	ニッケル鉱石予備処理用
製錬設備	6号密閉型ニッケル炉	60,000 KVA	1	フェロニッケル
	7号密閉型ニッケル炉	70,000 KVA	1	フェロニッケル
	8号密閉型ニッケル炉	80,000 KVA	1	フェロニッケル
	鑄造設備		1	フェロニッケル用
	ショット鑄造設備		1	フェロニッケル用
	スラッグ風砕設備		1	細骨材用
	焼却灰ホタテ貝殻設備	50t/日	1	リサイクル施設
発電設備	ディーゼル発電設備	5,200 KW	2	
		5,800 KW	12	
輸送設備	原料輸送コンベア設備		1式	ニッケル鉱石輸送用

製品の品質

●フェロニッケル

代表的な成分例	化学成分 (mass%)									形状並びに梱包仕様
	Ni	Cr	Mn	Si	C	P	S	Cu	Co	
高炭素フェロニッケル (FeNi H3)	≥15	≤3.0	≤0.5	≤3.0	≤3.0	≤0.03	≤0.030	≤0.10	≤1/20Ni	20kg型…バラ
高炭素フェロニッケル (FeNi H3S)	≥15	≤3.0	≤0.5	≤3.0	≤3.0	≤0.03	≤0.600	≤0.10	≤1/20Ni	ショット…バラ、フレコンバック

●細骨材 (JIS A 5011-2 コンクリート用スラッグ骨材-第2部:フェロニッケルスラッグ骨材の認証製品)

項目	品名	ふるいを通るものの質量分率 (%)							粗粒率	絶対密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	化学成分 (mass%)					
		10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm					CaO	MgO	S	FeO	M.Fe	
製品例	FNS5A	JIS規格	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15	—	≥2.7	≤3.0	≥1.50	≤15.0	≤40.0	≤0.5	≤13.0	≤1.0
		当社実績	100	100	95~100	60~80	30~50	10~30	5~15	2.40~2.80	2.8~3.1	1.6~2.7	1.80~2.10	0.1~6.0	28.0~38.0	0.01~0.20	2.0~10.0	0.1~0.5
	FNS 5-0.3A	JIS規格	100	95~100	45~100	10~70	0~40	0~15	0~10	—	≥2.7	≤3.0	≥1.50	≤15.0	≤40.0	≤0.5	≤13.0	≤1.0
		当社実績	100	95~100	50~75	15~40	1~15	0~10	0~5	3.90~4.30	2.7~3.0	1.0~2.3	1.65~1.90	0.1~6.0	28.0~38.0	0.01~0.20	2.0~10.0	0.1~0.5

●パムコブラスター (JIS Z 0312 ブラスト処理用非金属系研削材の品質相当製品)

項目	品名	遊離ケイ酸 (%)	見掛け密度 (kg/dm ³)	モース硬さ	遊離湿分 (%)	抽出水の電導度 (mS/m)	水可溶性塩分 (%)	ふるいを通るものの質量分率 (%)					化学成分 (mass%)					
								2.0mm	1.18mm	0.85mm	0.5mm	0.25mm	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	
製品例	3号	JIS規格	≤1	2.7~3.1	≥6	≤0.2	≤25	≤0.0025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		当社実績	<1	2.9~3.1	≥7	≤0.1	10~20	≤0.0015	0~4	50~93	2~30	0~25	—	48.0~58.0	28.0~38.0	0.1~6.0	0.1~3.0	2.0~10.0
	4号	JIS規格	≤1	2.7~3.1	≥6	≤0.2	≤25	≤0.0025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		当社実績	<1	2.9~3.1	≥7	≤0.1	10~20	≤0.0015	0~1	0~4	15~55	25~50	0~30	48.0~58.0	28.0~38.0	0.1~6.0	0.1~3.0	2.0~10.0

●クラストン

項目	品名	ふるいを通るものの質量分率 (%)							表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実績率 (軽) (%)	すりへり減量 (kg/l)	修正 CBR (%)	化学成分 (mass%)			
		53mm	37.5mm	26.5mm	19mm	13.2mm	4.75mm	2.36mm							CaO	S	FeO	MgO
製品例	CS-40例	100	95~100	—	50~80	—	15~40	5~25	2.9~3.1	1.5~3.0	1.90~2.50	65.0~85.0	25.0~50.0	70~150	0.1~6.0	0.01~0.20	2.0~10.0	28.0~38.0
	CS-20例	—	—	100	95~100	60~90	20~50	10~35	2.9~3.1	1.5~3.0	1.90~2.50	65.0~85.0	25.0~50.0	70~130				
	項目	ふるいを通るものの質量分率 (%)							土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)	単位容積質量 (kg/l)	最大乾燥密度 (g/cm ³)	最適含水比 (%)	修正 CBR (%)	凍上試験				
	-5mm例	100	99.94	94.21	72.05	50.72	37.19	27.7										

製品の安全性は、環境庁告示13号、19号、46号にて確認し、不検出又は定量下限値未満となっております。

●産業廃棄物処理事業の範囲

事業の区分	取り扱う産業廃棄物の種類	
中間処理	焼却	汚泥、廃油、廃プラスチック類、紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残さ、ゴムくず、金属くず、ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず、ばいじん
	溶融	燃え殻、汚泥、動物性残さ、金属くず、ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず、鉱さい、ばいじん



太平洋興産株式会社

〒031-0071 青森県八戸市沼館3-7-22
TEL 0178-47-0555

昭和60年9月設立。

当社の鋳造処理、細骨材の販売及び運搬請負業務並びに不動産事業



株式会社大太平洋エネルギーセンター

〒039-1161 青森県八戸市河原木字北沼1-1
TEL 0178-21-2321

平成9年1月設立。

内燃力発電設備による電力卸供給事業



株式会社大太平洋ガスセンター

〒039-1161 青森県八戸市河原木字海岸20-2
TEL 0178-47-1500

平成元年11月設立。

酸素ガス、窒素ガス及びアルゴンガスの製造並びに販売



株式会社パシフィックソーワ

〒104-0033 東京都中央区新川1-3-17
TEL 03-5540-1234 <http://www.pacificsowa.co.jp/>

昭和31年10月設立。

鑄鍛鋼品、各種産業機械、油圧機器、金属粉末、MIM製品、各種資材の販売



大太平洋製鋼株式会社

〒930-0808 富山県富山市下新日曹町1-93
TEL 076-432-4175 <http://www.pacificsteelmfg.co.jp/>

昭和59年7月設立。

普通鋼鍛鋼品、特殊鋼鍛鋼品、ステンレス鋼鍛鋼品、NTロール、その他各種大型鍛鋼品の製造販売





大平洋特殊鑄造株式会社

〒104-0033 東京都中央区新川1-3-17
TEL 03-5540-6124 <http://www.psc-cast.com/>

昭和59年7月設立。

耐熱鑄鋼品、耐磨耗鑄鋼品、ステンレス鑄鋼品、精密鑄造品、埋設水道管用ステンレス継手、電子ビーム穴明加工品の製造並びに販売



米子製鋼株式会社

〒683-0103 鳥取県米子市富益町88番地1
TEL 0859-28-8111 <http://www.yonago.co.jp/>

明治37年3月創業。

鑄鋼品及び換熱器の製造販売



大平洋ランダム株式会社

〒931-8555 富山県富山市岩瀬赤田町1番地
TEL 076-438-1211 <http://www.rundum.co.jp/>

昭和58年6月設立。

光通信部材、炭化けい素系研削材及び半導体部材の製造並びに販売



大平洋機工株式会社

〒275-8528 千葉県習志野市東習志野7-5-2
TEL 047-473-6181 <http://www.taiheiyo-kikou.com/>

昭和59年7月設立。

スラリーポンプ・汚泥ポンプ・各種ミキサを中心とした一般産業用機械製造業



海外関連会社



RIOTUBA リオチバ
Rio Tuba Nickel Mining Corporation



TMC タガニート
Taganito Mining Corporation

“八戸の自然と文化”



●合掌土偶
(国宝/風張遺跡)
「祈り」を強く印象付ける合掌の姿を表す坐像型の土偶。
平成21年7月、縄文土偶では3例目となる国宝に指定される。

●三陸復興国立公園・蕪島
春彼岸の頃南方から数万羽のウミネコが飛来し産卵、市街地に近く間近で繁殖の観察ができるのは珍しい。
(国の天然記念物)





●八戸三社大祭
 約300年余の歴史と伝統を誇る“日本一の山車祭り”。毎年7月31日より5日間三神社の神輿と史実、童話、歌舞伎などを題材に絢爛豪華な数十台の山車と行列とが一大絵巻を繰り広げる。
 (国の重要無形民俗文化財)



●えんぶり
 約800年の歴史を誇る、当地方の春を告げる民俗芸能。
 (国の重要無形民俗文化財)



●三陸復興国立公園・種差海岸
 天然の芝が海岸直前まで敷き詰められ、地方独特の海岸植物が多く観られる。
 (平成25年「三陸復興国立公園」指定)



大平洋金属株式会社



この印刷物は環境にやさしい
ベジタブルオイルインキを使用しています。

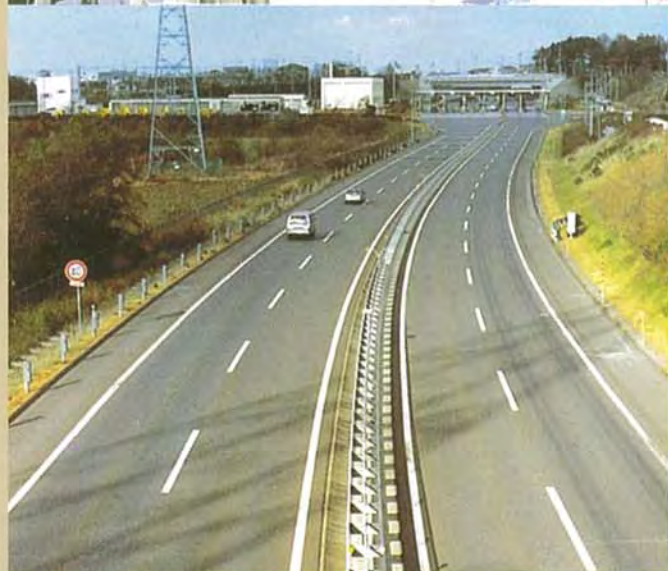
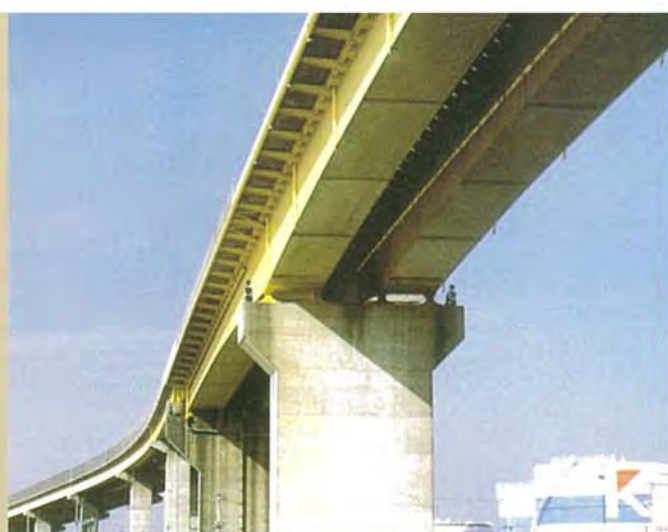


土木・建設用資材

パムコスラグ

各材料の特性が活かされ
資源の有効利用と
皆様のお役に立てれば幸いです

大平洋金属株式会社



パムコスラグの概要

大平洋金属は主にステンレス鋼の原料となるフェロニッケルを製造しています。

パムコスラグは、その製造工程で発生するスラグを、二種類の加工方法を用いて色々な形状の特色ある製品に加工したものです。

このスラグは一定の成分となるよう数種類の原料を調合使用し、構成成分は極めて安定しており、天然鉱物の蛇紋岩、カンラン岩に類似しています。そして、冷却加工したパムコスラグは物理的性質において幾多の優れた特徴をもち天然の鉱産物と同等に使用することができます。

当製造所では、これら再資源化製品を経済的かつ安定した量を供給できる体制を整えています。

パムコスラグは溶融スラグを冷却して製造します。したがって、その冷却方法を変えることにより、多くの異なる性質を持つ製品になります。

① 徐冷法

大気冷却し岩盤化する。その後、必要な粒度に破碎整粒を行う。(商品名パムコクラストン)

用途：路盤材、覆土材料・土工用材、アスファルト用碎石、高炉用副原料等

② 風砕法

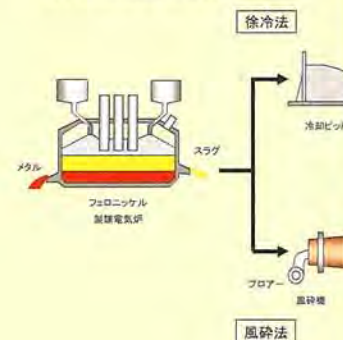
空気を吹き付け細かく球状化する。

用途：細骨材、(商品名パムコサンド)、研掃材(商品名パムコブラスター)、スラグ粉末材等



風砕機

スラグ加工品製造工程図

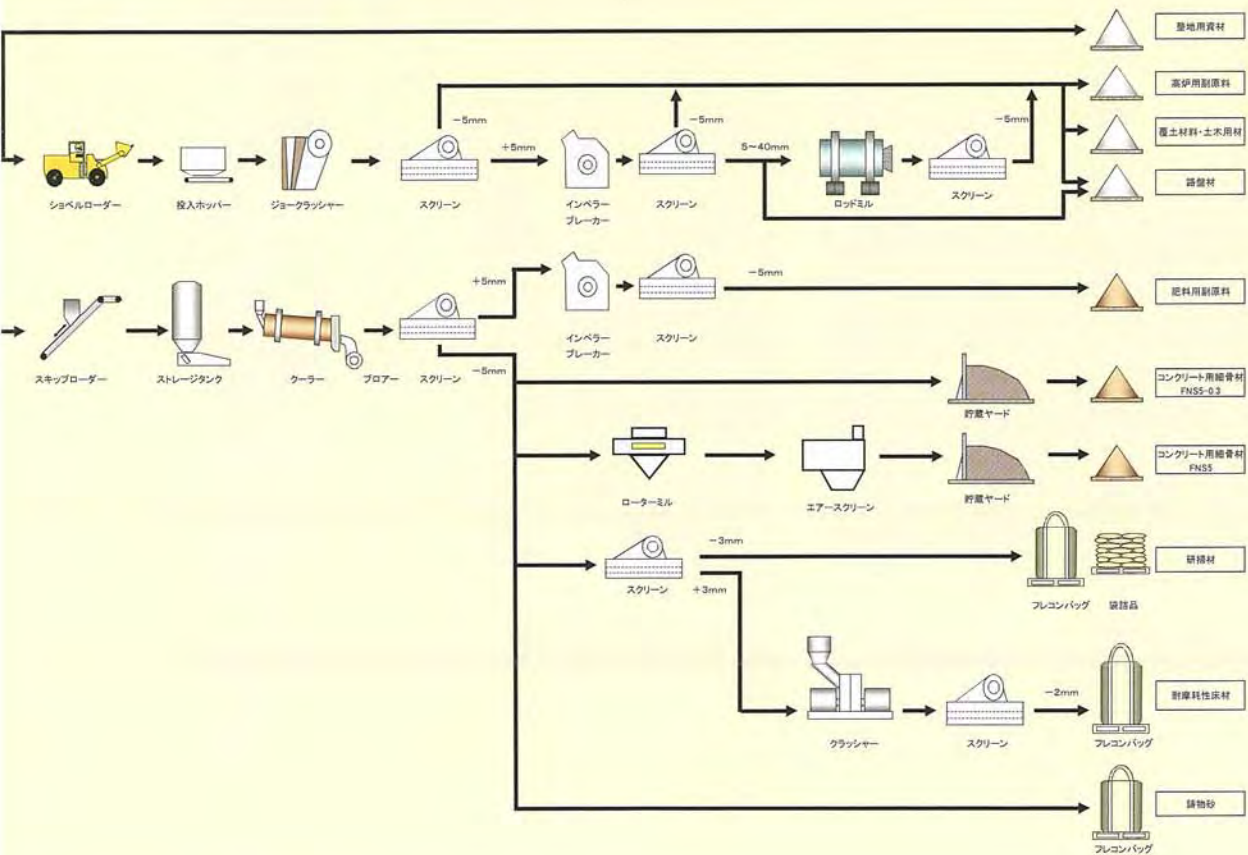




風砕スラグ

製品置場

パムコスラグの製造法



パムコスラグの化学組成

パムコスラグの原料であるフェロニッケルスラグはシリカ(SiO₂)とマグネシア(MgO)を主成分としており、冷却に充分時間をかけた大気放冷、高圧空気を使った空冷いずれの場合にも、主要な鉱物組成はEnstatite という極めて安定した結晶構造になります。

このパムコスラグの溶出試験、土壌試験の結果から無害であり、また自然界でも変質せず二次公害の心配もありません。

パムコスラグの成分例

(単位：%)

種類	T.Ni	T.Cr	T.Fe	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	S
フェロニッケルスラグ	0.050	0.80	4.50	53.45	35.50	0.65	1.45	0.041
* カンラン岩	—	—	9.84	43.54	34.02	3.46	3.99	—

* 参考数値

溶出試験の結果

(単位:mg/l)

項目	フェロニッケルスラグ		基準値
	風砕法	徐冷法	
アルキル水銀	不検出	不検出	検出されないこと
総水銀	不検出	不検出	<0.005
カドミウム	不検出	不検出	<0.3
鉛	不検出	不検出	<0.3
有機りん	不検出	不検出	<1
六価クロム	不検出	不検出	<1.5
ヒ素	不検出	不検出	<0.3
シアン	不検出	不検出	<1
ポリ塩素化ビフェニル	不検出	不検出	<0.003
トリクロロエチレン	不検出	不検出	<0.3
テトラクロロエチレン	不検出	不検出	<0.1
亜鉛	0.3	不検出	(<5)
銅	不検出	不検出	(<3)
フッ素	不検出	0.3	(<15)
ベリリウム	不検出	不検出	(<2.5)
クロム	不検出	不検出	(<2)
ニッケル	不検出	不検出	(<1.2)
バナジウム	不検出	不検出	(<1.5)
セレン	不検出	不検出	<0.3

備考

※分析方法：『産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法』（昭和48・2・17 環告13号）に則って実施した。
 ※基準値：『金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令』（昭和48・2・17 総令5号）の値を示す。但し、カッコ内の数値については『海洋投入処分に係る基準値（溶出試験）』の値を示した。

土壌試験の結果

(単位:mg/l)

項目	フェロニッケルスラグ		基準値
	風砕法	徐冷法	
カドミウム	不検出	不検出	0.01 以下
シアン	不検出	不検出	1 未満 (mg/kg)
有機りん	不検出	不検出	検出されないこと
鉛	不検出	不検出	検出されないこと
六価クロム	不検出	不検出	0.01 以下
ヒ素	不検出	不検出	0.05 以下
ヒ素	不検出	不検出	0.01 以下
総水銀	不検出	不検出	15 未満 (mg/kg)
アルキル水銀	不検出	不検出	0.0005以下
ポリ塩素化ビフェニル	不検出	不検出	検出されないこと
銅	不検出	不検出	125 以下 (mg/kg)
ジクロロメタン	不検出	不検出	0.02以下
四塩化炭素	不検出	不検出	0.002以下
1,2-ジクロロエタン	不検出	不検出	0.004以下
1,1-ジクロロエチレン	不検出	不検出	0.02以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	不検出	不検出	0.04以下
1,1,1-トリクロロエタン	不検出	不検出	1 以下
1,1,2-トリクロロエタン	不検出	不検出	0.006以下
トリクロロエチレン	不検出	不検出	0.03以下
テトラクロロエチレン	不検出	不検出	0.01以下
1,3-ジクロロプロペン	不検出	不検出	0.002以下
チウラム	不検出	不検出	0.006以下
シマジン	不検出	不検出	0.003以下
チオベンカルブ	不検出	不検出	0.02以下
ベンゼン	不検出	不検出	0.01以下
セレン	不検出	不検出	0.01以下

備考

※分析方法：『土壌汚染に係る環境基準を定める環境庁告示』（平成3・8・23 環告46号）
 ※基準値：『土壌汚染に係る環境基準を定める環境庁告示』（平成3・8・23 環告46号）の値を示す。
 ※不検出とは定量限界値以下の値をいう。

パムコスラグ

ご紹介

- ① コンクリート用細骨材 5
商品名：パムコサンド
- ② 研削材 7
商品名：パムコブラスター
- ③ 路盤材 8
- ④ 覆土材料・土工用材 9

コンクリート用細骨材

商品名 パムコサンド
 JISマーク表示制度 認証番号QA0210003
 PHC杭用細骨材評価 BCJ-D084(日本建築センター)
 グリーン購入法に係わる特定調達品目

パムコサンドは大型電気炉内で溶融させたスラグを定期的に取り出し風砕処理を行った人工砂です。この砂は粒形が丸く、品質が安定しており、コンクリート用砂としては天然砂以上に優れた特色もっています。

パムコサンドには 5-0.3mm と 5mm以下品の二種類があります。5-0.3mm品は粗目砂であり、天然砂の品質改善等に用いる混合使用を目的とし、他方、5mm以下品は単独使用できる粒度構成になっています。これらの砂は粒形が球状であることから、流動性の良い、強度のあるコンクリートの製造が可能です。



11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

(1) パムコサンドの特徴

特 徴	使用時の効果
粒形が球である	コンクリートの単位水量を低減できる
実積率が高い	コンクリート強度が高い
高温焼成残存強度が高い	耐熱コンクリート用骨材に適している
比重が大きい	重量コンクリート材に適している
エイジングを必要としない	貯蔵時の凝固がなく取り扱いが容易

(2) 重量コンクリートの配合例 (設計条件：210-8-40)

	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					σ28 (kg/m ²)	単位重量 (kg/m ³)	
			C	W	S	G	Add.			
パムコサンド	54.0	37.4	252	136	828	1357	0.50	343	5.3	2565
天 然 砂	56.8	40.8	266	151	759	1248	0.53	334	4.3	2428

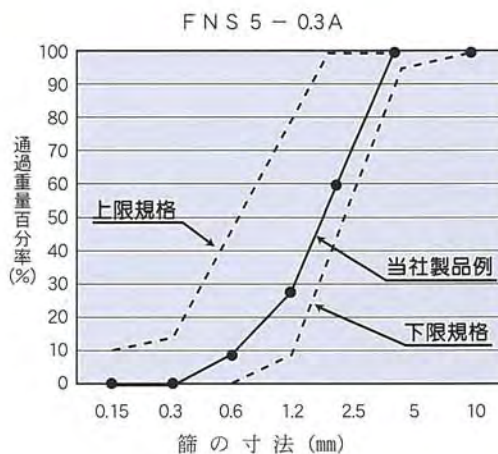
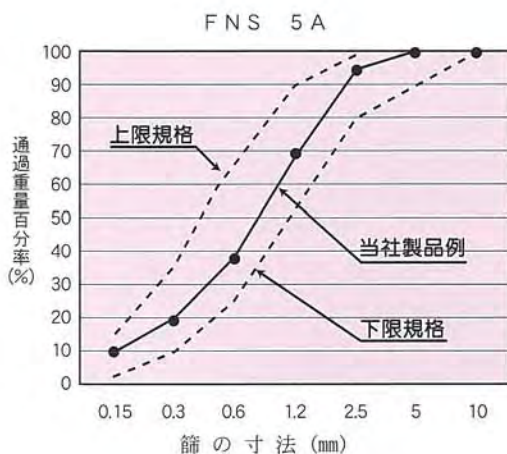
(スランプ: 8.5cm、エア-: 4.8%、混和剤: vinsol 80)



パムコサンド使用の重量消波ブロック (青森県六ヶ所港湾工事)

(3) 各種試験値(規格値と実績平均値)

項目 (記号)	区分	5mmフェロニッケルスラグ 細骨材 (FNS 5A)		5~0.3mmフェロニッケルスラグ 細骨材 (FNS 5-0.3A)	
		規格値	実績平均値	規格値	実績平均値
		物性値	表乾密度 (g/cm ³)	—	2.94
	絶乾密度 (g/cm ³)	2.70以上	2.92	2.70以上	2.80
	吸水率 (%)	3.0以下	0.96	3.0以下	1.04
	単位容積質量 (kg/l)	1.50以上	1.88	1.50以上	1.75
	洗い試験損失量 (%)	—	4.6	—	0.1
粒度 (%)	10 (mm)	100	100	100	100
	5	90~100	100	95~100	100
	2.5	80~100	95	45~100	61
	1.2	50~90	69	10~70	28
	0.6	25~65	38	0~40	9
	0.3	10~35	19	0~15	1
	0.15	2~15	9	0~10	0
	粗粒率	2.60±0.20	2.71	4.10±0.20	4.02



パムコサンド使用の砂防ダム (青森県三戸郡)

研 削 材

商品名 パムコプaster
 プラスト処理用非金属系研削材
 フェロニッケルスラグ

パムコプasterは風砕スラグを規定の粒度毎に分級回収した研削材です。このプaster粒子は形状が丸く、硬度がある事から天然砂にない特色を持っています。

研削時に粉塵の発生が非常に少なく、また、施工物への粒子片の突き刺さり無く、塗装後の発錆の防止等、作業性に優れた研削材です。

JISZ0312:2004「プラスト処理用非金属系研削材」にて要求される品質規格を満たしております。



(1) パムコプasterの特徴

特 徴	使用時の効果
微粉の含有が少ない	粉塵の発生が少なく作業環境が良い
粒形が球である	①母材の研削が少ない ②仕上がり面が平滑である
硬度が高い	①天然砂と比べて作業速度が優れている ②繰り返し使用が可能である
化学的に安定している	貯蔵中の変質がない

(2) 作業性の比較

使用研削材種類	パムコプaster	珪砂	銅滓
単位面積当り使用量 (kg/m ²)	23.8	33.3	19.4
単位時間当り使用量 (kg/h)	297	372	210
単位時間当り作業量 (m ² /h)	12.4	11.2	10.8
粉塵発生量(mg/m ²)	88	191	260
一回使用後の破壊率 (%)	12	40	60

試験条件) 研削前鋼板表面状況 : C (赤さび板)
 仕上げ表面状況 : Sa 2 1/2
 使用材料種類 : 4号

(3) 各種試験値

形 状	球 形
単位容積質量 (kg/l)	1.86
ヌー プ 硬 度 (300gf)	853
モ ー ス 硬 度	7
単位面積当り使用量 (kg/m ²)	20



パムコプaster使用による研削作業 (%)

(4) 粒度範囲

篩目 (mm)	+2.8	2.8~2.0	2.0~1.18	1.18~0.85	0.85~0.50	0.50~0.25	-0.25
品名							
2号	0~5	0~50	45~75	0~20	—	—	—
3号	0~1	0~4	50~93	2~30	0~25	—	—
4号	—	0~1	0~4	15~55	25~50	0~30	—
5号	—	—	0~1	0~4	40~80	15~45	—

パムコスラグは徐冷スラグを破碎し、粒度調整したものです。土木用資材として-5mm品（スラグ砂）は山砂の代替品として凍上抑制層に使用されております。

また、クラッシュランスラグ（CS-40、CS-20）は、クラッシュランの規格を満足し、締固め後の路床支持力が高く、施工が容易であります。かつ、凍結融解抵抗性に優れていることから、寒冷地での道路用材料として効果的です。

(1) パムコスラグの特徴

特徴	使用時の効果
修正CBR値が高い	路盤材として十分な強度を有する
凍結融解抵抗性が大きい	寒冷地での路盤材として適している
締固め特性がよい	少ない締固め作業で所定の強さを得る
ひび割れ特性がよい	表層舗装面のひび割れが少ない
塑性指数が零である	凍期における路盤の凍上を防止する



(2) 各種試験値(平成13年度)

路盤材呼び名 「粒度規格」		クラッシュラン C-40 相当品	クラッシュラン C-20 相当品
物理的性質	絶幹比重	2.90	2.90
	吸水率 (%)	2.62	2.78
	すりへり減量 (%)	52.3	55.3
	安定性 (%)	10.4	10.0
	塑性指数	N.P	N.P
	最大乾燥密度 (g/cm ³)	2.370	2.271
	最適含水比 (%)	7.19	6.53
	修整CBR値 (%)	118.1	71.6



パムコスラグ路盤材を使用した当社構内試験道路

(3) 徐冷スラグ-5mm品 凍上試験

試験項目		結果
土粒子の密度試験 (JIS A 1202)	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	3.225
突き固めによる土の締め固め試験 (JIS A 1210)	試験方法	A-b (注1)
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.671
	最適含水比 ω_{opt} (%)	12.3
凍上試験 (道路土工-排水工指針)	凍上様式	1
	凍上率(%)	0
	判定	合格



凍上試験

(注1) 4.75mm未満の試料で試験を実施した。

パムコスラグ覆土材料・土工用材は、埋立地または湿地などの軟弱地盤を改良するための覆土材、造成地などの盛土材、埋設管の埋戻し用材などの土工用材に適します。そして、各用途に応じた最適の粒度、形状で供給しています。

このスラグは締固め易く、道路等の地耐力の確保が容易です。また、内部摩擦角が大きいので軟弱地盤の覆土材、路床材、盛土材として優れています。また、上下水道管のパイプラインの埋設時にスラグを用いるとパイプの周囲が弱アルカリ性に保たれることから、腐食の防止効果があります。

その他の用途として工場用地の造成を始め、運動場、ゴルフ場の下面にスラグを敷き詰めることにより排水性の良い地盤を造ることができます。



(1) 覆土材料・土工用材の特徴

特 徴	使用時の効果
せん断抵抗角が大きい	路床の支持力が高い
土粒子の比重が重い	軟弱地盤へのめり込みが良い

(2) 各種試験値

土粒子の比重		3.060
含 水 比 (%)		8.0
湿 潤 密 度 (g/cm ³)		2.266
乾 燥 密 度 (g/cm ³)		2.097
間 隙 比		0.459
飽 和 度 (%)		23.21
力学的特性	最適含水比 (%)	8.4
	最大乾燥密度 (kg/cm ³)	2.20
	三 軸 試験条件 圧密排水試験	
	粘 着 力 (kgf/cm ²)	0.741
	せん断抵抗角 (度)	40.996
	—	
	透 水 試験条件 定水位	
	含 水 比 (%)	7.5
	透 水 係 数 (cm/sec)	1.65×10 ⁻²
	—	



パムコスラグ覆土材を使用した仮設道路（青森県三戸郡）



大太平洋金属株式会社

PACIFIC METALS CO., LTD.

本 社

〒031-8617 青森県八戸市大字河原木字遠山新田5-2

お問い合わせ先

営業二部資材営業課

TEL 0178(47)7165

FAX 0178(22)7350

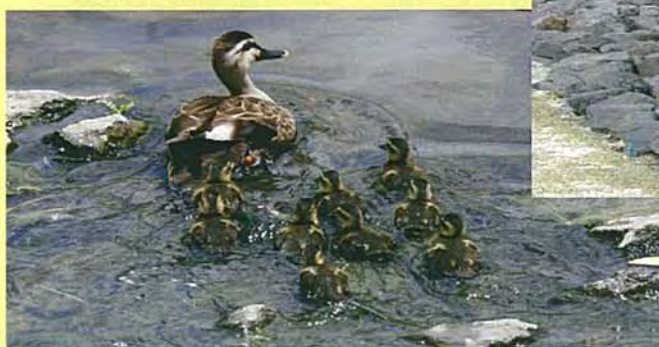
太平洋興産株式会社
営業部営業課

TEL 0178(47)0555

FAX 0178(47)0557



溶融スラグ（徐冷）有効利用に向けた取り組み （溶融スラグ石材研究会活動状況報告書）



（愛知県安城市郷東川）

平成22年3月
溶融スラグ石材研究会

目 次

序文	1
研究会の概要	2
熔融スラグ石材研究会年次別活動概要	4
1. 熔融スラグ製造施設の概要とスラグ製造状況	13
1. 1 大太平洋金属㈱の熔融スラグ製造状況写真	14
1. 2 メルテック㈱の熔融スラグ製造状況写真	14
1. 3 中央電気㈱の熔融スラグ製造状況写真	15
1. 4 中部リサイクル㈱の熔融スラグ製造状況写真	15
2. 熔融スラグの建設材料への適用に関する基礎試験と実施例	16
2. 1 熔融スラグの物理的・化学的性質	16
2. 2 道路用骨材としての品質	21
2. 3 コンクリート骨材としての品質	24
2. 4 海洋資材としての品質	31
2. 5 ポップアウト試験	35
3. ネティス、エコマーク等の製品認定への取組み実施例	40
4. おわりに	41
付 録	
1. 各社プロフィール	42
2. 各社事業概要	45
3. 中国環境施設調査報告	63
4. 学会等における研究発表	69

序文

循環型社会形成の推進を図るために廃棄物を溶融スラグを製造している4社（大平洋金属株式会社、メルテック株式会社、中央電気工業株式会社、中部リサイクル株式会社）と人工石材を加工している利用1社（東洋興産株式会社）の5社で「溶融スラグ石材研究会」を平成15年6月1日設立した。また、研究支援機関として宮城県農業短期大学（現宮城大学）と共同研究協定書を締結し、北辻政文教授を顧問として迎えた。

研究会の事業内容は、廃棄物を原料とした溶融スラグによる人工石の開発、人工石の建設資材への適用、研究開発成果の発表、（社）日本産業機械工業会で行っている溶融スラグJIS化に向けた研究等を進めることである。

当研究会で製造するスラグは、冷却方法を徐冷方式としているため、結晶構造を有し、重金属の溶出が極めて少なく、また形状が大きい特徴がある。この特徴を活かし、当初は溶融スラグの路盤材利用、河川護岸材利用、魚礁、等の研究を行い、東北地域で国土交通省などの試験的施工として河川の護岸材に多く使用された。しかし、廃棄物溶融スラグのJIS化認定は平成18年7月に「JISA5032一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ」と「JISA5031一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材」に限定されたため、石材としての利活用の普及拡大とはいかなかった。さらに、廃棄物の再資源化が重要でありその為の研究を進めてきたが、産廃由来のスラグに対する認識不足と産廃スラグ溶融データ不足のために、産廃由来のスラグはJISの対象外となった。そこで、全国産業廃棄物連合会（会員約16,000社）に図り中間処理部会での「溶融分科会」を平成19年7月に立ち上げて本研究会のデータ等を分科会に提出し、産廃由来のスラグのJIS化へ向けて、調査研究を共同で進めることにした。その成果として、平成21年11月には【調査報告書】、【溶融スラグデータ集】、を作成し、産廃由来スラグの安全性を担保し、かつ安定した品質のJIS規格に準拠した産廃由来スラグを製造することは当然ながら、廃棄物の受け入れ、溶融、スラグの出荷管理に至るまでの品質を管理することを目的とした【品質管理マニュアル】作り、全国自治体等に配布した。また各種業界紙等への掲載、廃棄物学会等の発表などを行い「溶融スラグ石材研究会」設立目的を果たしてきた。

本報告者は、これらの成果を取りまとめたものであり、わが国における今後の循環型社会の構築に役立つことを願いたい。

溶融スラグ石材研究会 会長 上埜秀明

研究会の概要

【理事会長】 上埜 秀明 (中央電気株式会社 顧問)

【監事監査役】 東 洋幸 (大平洋金属株式会社常務取締役)

【会 員】 (五十音順)
大平洋金属株式会社
中央電気工業株式会社
中部リサイクル株式会社
東洋興産株式会社
メルテック株式会社

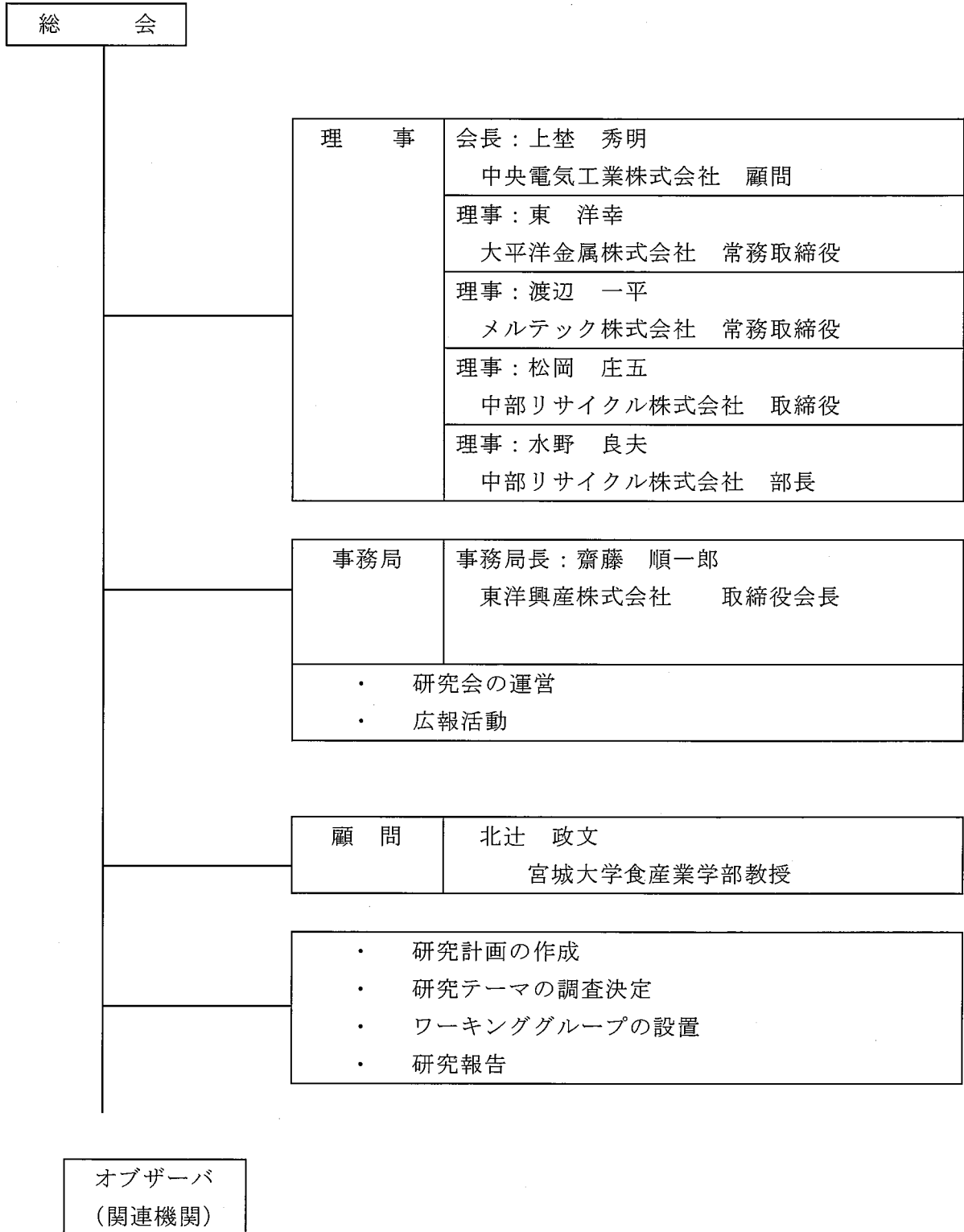
【顧 問】 北辻 政文 (宮城大学食産業学部教授)

【事 務 局】 東洋興産株式会社内に設置

【活動の目的】

大平洋金属株式会社、中央電気工業株式会社、中部リサイクル株式会社、東洋興産株式会社及びメルテック株式会社(以下総称して5社という)は、5社個々が担う循環型社会構築に対し積極的な参画とその役割とに鑑み、「熔融スラグによる環境保全型人工石の利用技術開発」について、5社相互の品質確保と向上を図り、合わせて環境整備の社会的啓発に資することを目的に、非営利団体である研究会(以下本会という)を設立する。

【組 織】



溶融スラグ石材研究会年次別活動概要

[平成 15 年度]

- 平成 15 年 3 月 13 日 研究会発足第 1 回準備会
議 題
(1) 溶融スラグ人工石の環境保全型資材としての利用について
(2) ごみ焼却灰溶融の共同研究の組織化について
及びその協定書規約草案（その後、各社メールにて協議）
- 平成 15 年 3 月 14 日 溶融スラグ石材製品化工場及び E S S ストーン施工現地視察会
場 所 : 東洋興産(株)仙台工場、宮城県古川市渋川他
研究会発足第 2 回準備会
- 平成 15 年 5 月 21 日 研究会発足第 2 回準備会
議 題
(1) 共同研究協定書の審議
(2) 研究会規則の審議
(3) 本会設立総会について
- 平成 15 年 5 月 21 日 「E E 東北'03」建設技術公開に出展発表
～22 日 開催地 : 宮城県多賀城市
展示品 : 各社プラント産出品及びトローヨー E S S マット
パネル
- 平成 15 年 6 月 1 日 溶融スラグ石材研究会発会
正会員 新明和工業株式会社
(メルテック株式会社)
大平洋金属株式会社
中央電気工業株式会社
中部リサイクル株式会社
東洋興産株式会社
宮城県農業短期大学と共同研究協定締結
- 平成 15 年 6 月 17 日 J C I シンポジウム、パネル展示に参加
開催地 : 東京都 三田 建築会館ホール
溶融スラグ石材研究のパネル展示及び各社カタログ配布
- 平成 15 年 7 月 17 日 平成 15 年度第 1 回定例理事会（設立総会）
議 題
(1) 共同研究協定書について
(2) 研究会設立及び運営に関する基本協定書規約について
(3) 平成 15 年度活動計画について
(4) 平成 15 年度事業予算について
(5) 基本協定書規約に基づく役員を選任について
(6) その他

- 平成 15 年 10 月 3 日 平成 15 年度第 2 回定例理事会
議 題
(1) 人工石材の品質評価試験について及び事業内容の確認
(2) 「建設技術フェア 2003 in 中部」出展について
(3) 「産業廃棄物の電気炉処理等に関する調査研究」について
- 平成 15 年 10 月 15 日 溶融スラグ品質評価試験開始
各社より溶融スラグを東洋興産㈱に搬入して、試験供試体を作成し、宮城県農業短期大学 建設環境材料学研究室（北辻研究室）に依頼
- 平成 15 年 11 月 11 日 平成 15 年度第 3 回定例理事会
議 題
(1) 溶融スラグ石材の品質評価試験についての検討
(2) 官公庁及び建設関連団体との勉強会についての検討
(3) その他
- 平成 15 年 11 月 12 日 「建設技術フェア 2003 in 中部」へ出展
～13 日 開催地：ナゴヤドーム
展示品：各社産、溶融スラグ及びパネル展示
パンフレット等資料配布
- 平成 15 年 11 月 26 日 ウェステックシンポジウム
パネラー 北辻先生、会員参加
河川環境展見学会
開催地：千葉県 幕張メッセ
- 平成 16 年 1 月 22 日 平成 15 年度第 4 回定例理事会
議 題
(1) 「焼却灰・ほたて貝殻リサイクル施設の現状」の発表
発表者：大太平洋金属㈱ 環境事業推進室室長 曾我義貞氏
(2) 15 年度事業経過報告について
(3) 16 年度事業としての「E E 東北'04」出展について
(4) 「産業廃棄物の電気炉処理等に関する調査研究」報告
中央電気工業㈱ 環境事業部技術部 参事 菊野孝則氏
大太平洋金属㈱新設 60t プラント見学勉強会
- 平成 16 年 3 月 23 日 平成 15 年度第 5 回定例理事会
議 題
(1) 溶融スラグ石材品質評価物性試験結果報告
(2) 産業廃棄物の電気炉処理等に関する調査研究最終報告
(3) 「E E 東北'04」出展について
(4) 官公庁及び建設関連団体との勉強会開催について



平成 16 年 3 月 24 日

溶融スラグ石材護岸施工地視察勉強会
視察地：山形県山形市須川護岸工事



平成 16 年 5 月 26 日
～27 日

「E E 東北'04」出展

開催地：国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所
タイトル：「灰溶融スラグから作る建設資材」
各社製造工程をパネルとサンプルにて展示。来客に説明。

平成 16 年 5 月 26 日

平成 16 年度総会理事会

議 題

- (1) 平成 15 年度事業報告の承認について
- (2) 平成 15 年度会計報告、監査報告の承認について
- (3) 平成 16 年度事業計画について
- (4) 平成 16 年度会計予算について
- (5) 規約改正について
- (6) 新会員募集について

平成 16 年 7 月 23 日

平成 16 年度第 2 回通常理事会、施設見学会

議 題

- (1) 産廃由来のスラグの試験データの蓄積による行政、
関係業界への認知度の高揚
- (2) 一廃、産廃の混合灰スラグのデータの蓄積
- (3) 廃棄物学会に参加して積極的な研究の発表
- (4) J I S 規格対応のスラグ石材の化学物質含有及び溶出
試験の方法によるデータの作成
- (5) 大太平洋金属㈱主導による漁礁研究の経年調査
- (6) 見学勉強会の実施
- (7) 行政、関係業界との交流会

平成 16 年 9 月 1 日

施設見学会：中央電気工業㈱ 鹿島工場 廃棄物溶融施設見学会
「徐冷スラグの有効利用」について山形県施工事例視察
日本廃棄物処理施設技術管理協議会 理事 泊瀬川 孚氏
会長理事 上埜 秀明氏 } 同道案内
事務局 齊藤順一郎氏

平成 16 年 11 月 25 日
～26 日

ウェステック 2004 勉強会

開催地：幕張メッセ国際会議場

- ① 11/25(木) 14:45～16:15 (場所：201 会議室)
平成 16 年度廃棄物処理施設技術管理者中央研究集会
「焼却灰溶融スラグ(徐冷)の有効利用事例」
日本廃棄物処理施設技術管理者協議会
理事 泊瀬川 孚氏
- ② 11/26(金) 13:50～14:15 (場所：コンベンションホール A)
エコスラグ 2004 コンフェランス
「石材研究会・徐冷スラグの有効利用」
中部リサイクル㈱ 取締役製造部長 松岡 庄五氏
- ③ 11/26(金) 14:15～14:50 (場所：コンベンションホール A)
フリーディスカッション (講師と聴講生)

「エコスラグ利用普及・今後の課題」
コーディネーター 宮城県農業短期大学

助教授 北辻 政文氏

平成 16 年 11 月 26 日

平成 16 年度第 3 回通常理事会、勉強会

講 師 : 日本廃棄物処理施設技術管理者協議会

理事 泊瀬川 孚 氏

議 題

- (1) 一廃産廃混合スラグの試験データの纏め方と活用について
宮城県農業短期大学 助教授 北辻政文氏 指導
- (2) 研究発表を題材とした勉強会
日本廃棄物処理施設技術管理者協議会 理事 泊瀬川 孚氏
- (3) 各社の近況報告と意見交換
- (4) その他

平成 17 年 1 月 28 日

平成 16 年度第 4 回通常理事会、施設見学会

議 題

- (1) 「E E 東北'05」への出展について
- (2) 継続的試験について
- (3) 勉強会および研究発表について
- (4) 各社の近況報告と意見交換
- (5) 北辻先生よりスラグ業界の動向について
- (6) その他

施設見学会 : メルテック株式会社 小山工場 溶融施設見学会

[平成 17 年度]

平成 17 年 4 月 8 日

平成 17 年度総会理事会

議 題

- (1) 平成 16 年度活動報告、決算報告
- (2) 平成 17 年度活動計画、予算案審議
- (3) 産廃/一廃混合スラグのコンクリート用骨材評価について
- (4) 道路用溶融スラグの J I S 化対応について
- (5) 各社近況報告と意見交換
- (6) その他

平成 17 年 5 月 25 日

「E E 東北'05」出展

～26 日

開催地 : 国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所

発 表 : 大平洋金属(株)営業部次長川崎氏

溶融スラグ石材の利用について、特に青森近海に
おける漁礁の研究成果を発表

各社製造工程をパネルとサンプルにて展示。来客に説明。

平成 17 年 5 月 25 日

平成 17 年度第 2 回通常理事会

議 題

- (1) 事務局より報告
- (2) 新年度活動計画について
- (3) 各社近況報告と意見交換
- (4) その他

東北経済産業局循環型産業振興係長酒井原氏と意見交換。



平成 17 年 11 月 1 日

平成 17 年度第 3 回通常理事会

議 題

- (1) 事務局より報告
- (2) 溶融スラグの J I S 化の動向について
- (3) 中部地方整備局等の溶融スラグに関する動向と勉強会
についての報告
- (4) 各社近況報告と意見交換
- (5) その他

北辻顧問による溶融スラグの J I S 化の現況と動向についての説明を中心とした協議及び各社近況報告と意見交換を行った。

平成 18 年 3 月 22 日

平成 17 年度第 4 回通常理事会

議 題

- (1) 事務局より報告
- (2) 平成 17 年度 溶融スラグ研究報告
- (3) 宮城大学北辻研究室との溶融スラグについての
共同研究協定更新について
- (4) 各社近況報告と意見交換
- (5) その他

北辻顧問による平成 17 年度溶融スラグ研究報告を中心に共同研究協定更新について協議。各社近況報告と意見交換を行った。

[平成 18 年度]

平成 18 年 10 月 3 日

平成 18 年度総会理事会

議 題

- (1) 平成 17 年度活動報告
- (2) 平成 17 年度決算報告
- (3) 平成 18 年度活動計画
- (4) 平成 18 年度予算案審議
- (5) 産廃／一廃混合スラグのコンクリート用骨材及び
路床材評価について
- (6) 各社近況報告と意見交換
- (7) その他

視察見学会 : 大太平洋金属(株)八戸工場

溶融飛灰リサイクル事業の展開により新プラントの完成が近いことから、先進技術視察会を行った。

平成 18 年 12 月 5 日

平成 18 年度第 2 回通常理事会

議 題

- (1) 全産連における溶融分科会について
- (2) 各社産スラグの品質評価試験について
- (3) 研究会カタログ製作について
- (4) 各社近況情報交換
- (5) その他

視察見学会：中央電気工業(株)鹿島工場 溶融プラントの視察
平成 19 年 4 月 23 日 平成 18 年度第 3 回通常理事会

議 題

- (1) 平成 18 年度溶融スラグ石材研究評価中間報告
- (2) 産廃 JIS 化についての経緯と今後の活動について
- (3) 研究会カタログ製作について

平成 19 年度総会理事会について

- (4) 各社近況報告と意見交換
- (5) その他

(社) 全国産業廃棄物連合会 事務局 調査部 次長 香川智紀氏、
係長 日浦朋子氏による今般産廃が J I S 適用から外れた経緯と
今後の J I S 化に向けての活動のあり方について報告と意見交
換を行い、当研究会との全産廃連との連携を協議した。

[平成 19 年度]

平成 19 年 6 月 1 日 平成 19 年度総会理事会

議 題

- (1) 平成 18 年度活動報告
- (2) 平成 18 年度決算報告
- (3) 平成 19 年度活動計画案審議
- (4) 平成 19 年度予算案審議
- (5) 産廃一廃混合スラグのコンクリート用骨材及び
路床材評価について
- (6) その他 (各社近況報告と意見交換)

平成 19 年 10 月 7 日 研究会のパンフレット製作完成

平成 19 年 10 月 26 日～ 関東地方整備局建設技術展示館に常設展示

平成 19 年 11 月 14 日 平成 19 年度第 2 回通常理事会

議 題

- (1) 訪中環境視察についての経過報告
- (2) 溶融スラグ石材研究会訪中視察団団結式
- (3) 訪中時の注意事項確認
- (4) その他

第 2 回通常理事会は訪中視察時の移動理事会として中国の現況
視察と中国の環境行政担当者との交流勉強会を兼ねた理事会と
なった。

平成 19 年 11 月 14 日 視察見学会

～11 月 18 日 訪問地：中国天津市、唐山市、保定市

中国におけるごみ処理の現状視察と環境行政担当者との友好的

平成 20 年 1 月 16 日



な交流が行われた。

平成 19 年度第 3 回通常理事会
議 題

- (1) 訪中視察会計報告
- (2) 訪中視察報告書作成について
- (3) 各社近況報告
- (4) その他



各視察記録写真等を持ち寄り、報告書作成の様式を検討。

平成 20 年 3 月 3 日

平成 19 年度第 4 回通常理事会
議 題

- (1) 訪中環境視察報告書作成について
- (2) 平成 19 年度人工石材の継続的品質変動評価試験について
- (3) 平成 20 年度総会について
- (4) その他

[平成 20 年度]

昨年度に引き続き関東技術事務所建設技術展示館に当研究会メンバー企業の製品及びパネルを常設展示

平成 20 年 6 月 4 日

平成 20 年度総会理事会
議 題

- (1) 平成 19 年度活動報告の承認について
- (2) 平成 19 年度決算報告の承認について
- (3) 平成 20 年度活動計画案審議
- (4) 平成 20 年度予算案審議
- (5) 役員改選について
- (6) 産廃一廃混合スラグのコンクリート用骨材及び路床材
評価フィールドの選定について
- (7) その他（各社近況報告と意見交換）

平成 20 年 7 月 31 日

平成 20 年度臨時理事会

議 題 「神奈川県藤沢市で発覚した生コン違反原料の
溶融スラグ混入事件に対する当研究会の対応について」

- (1) 全産連事務局より経過説明
- (2) 北辻先生より専門家としての考察
- (3) 本件について協議、検討、対応策について
- (4) 本研究会としての統一見解表明について
- (5) その他

来 賓： 全国産業廃棄物連合会 日浦氏、岡田氏
ジャパンリサイクル株式会社 植木氏

各社現時点で得ている情報を交換し、今後の当研究会としての方

向性を話し合った。

統一見解

- ① 全産連のスケジュールよりも、各都道府県のヒアリングをなるべく早い時期に実施する。
- ② J I S化と同時に都道府県レベルの浸透を目指す。
- ③ 路盤材(道路用 JIS)のみの改訂を目指す。
- ④ ワーキンググループではフィールド試験やその他の試験も出来ればやる。
- ⑤ アスファルトの実績として利用実績を纏める。
- ⑥ 研修会議についてはワーキンググループの状況をもう少し聞いてからにする。

平成 20 年 10 月 9 日
～11 日

エコプロダクツ東北 2008
開催地： 仙台市 夢メッセみやぎ
会員企業のスラグ製品並びにパネルを展示

平成 20 年 10 月 30 日

平成 20 年度第 2 回通常理事会
議 題

- (1) 熔融スラグの需給バランス悪化の件
- (2) 景観用熔融スラグの現状
- (3) 熔融スラグの今後の課題
- (4) 新たな販売先の検討
- (5) 機能性熔融スラグの可能性

平成 20 年 10 月 29 日
～30 日

建設技術フェア 2008 in 中部
開催地： 名古屋市中企業振興会館 吹上ホール
環境リサイクル分野に会員企業のスラグ製品及びパネル等展示

平成 21 年 1 月 15 日

平成 20 年度第 3 回通常理事会
議 題

- (1) 熔融スラグ業界の現況と今後の動向についての情報交換
- (2) 熔融スラグの研究の報告
- (3) 熔融スラグの今後の課題について
- (4) その他

平成 21 年 3 月 24 日

平成 20 年度第 4 回通常理事会
議 題

- (1) 熔融石材研究会今後の活動について
- (2) 熔融スラグの関連団体との連携活動について
- (3) 熔融スラグの今後の課題について
- (4) その他

(社) 全国産業廃棄物連合会 事務局 日浦氏と当研究会の連携強化と活動内容方について勉強会を合わせて行った。

[平成 21 年度]

平成 21 年 6 月 2 日

平成 21 年度総会理事会

議題

- (1) 平成 20 年度活動報告の承認について
- (2) 平成 20 年度決算報告の承認について
- (3) 平成 21 年度活動計画案審議
- (4) 平成 21 年度予算案審議
- (5) 全産廃連との連携活動について
- (6) 産廃一廃混合スラグ石材の継続的品質変動評価試験
20 年度総括
- (7) その他（各社近況報告と意見交換）

平成 21 年 9 月 18 日

平成 21 年度第 2 回通常理事会

議 題

- (1) 全産連溶融技術分科会（8/10）報告
- (2) 当研究会の活動報告書作成経過報告
- (3) 産廃スラグ溶融マニュアル(案)への各社対応
- (4) 溶融スラグ販売の現状と問題点
- (5) 溶融スラグの市場開拓
- (6) その他

平成 21 年 9 月 19 日

廃棄物学会発表参加 及び スラグ利用現場視察・意見交換会

廃棄物学会会場：名古屋大学東山キャンパス

現場視察場所：安城市安城町地内準用河川郷東川



愛知県安城市郷東川

1. 溶融スラグ製造施設の概要とスラグ製造状況

表-1. 溶融スラグ製造施設の概要に製造施設の概要を示す。処理方式は、3社が電気加熱による溶融炉で、1社がコークスを燃料とする溶融炉である。また、1炉あたりの処理能力は、約50～100t/日となっている。

表-1. 溶融スラグ製造施設の概要

会社名	所在地	事業概要	施設概要
大太平洋金属株式会社 http://www.pacific-metal.co.jp/	青森県八戸市	鉄鋼業(フェロアロイ製造)及び廃棄物溶融固化リサイクル	①処理方式 直流式電気抵抗式還元溶融(ハーフエコリサイクルシステム) ②処理能力 50t/日
メルテック株式会社 http://www.pacific-metal.co.jp/	栃木県小山市	焼却灰を原料とする人工骨材の製造販売	①処理方式 燃料方式(コークスベッド方式) ②処理能力 100t/日
中央電気工業株式会社 http://www.chu-den.co.jp/	茨城県鹿嶋市	鉄鋼業(フェロアロイ製造)及び廃棄物溶融固化リサイクル事業	①処理方式 電気抵抗式(サブマージドアーク炉) ②処理能力 115t/日(2炉) 180t/日(2炉)
中部リサイクル株式会社 http://www.chu-den.co.jp/	名古屋市港区	一般廃棄物及び産業廃棄物の中間処理、再資源化	①処理方式 電気溶融炉(サブマージドアーク炉) ②処理能力 45.6t/日

各社の溶融スラグの製造状況の写真を以下に示す。4社とも空気冷却によるいわゆる徐冷スラグである。鑄込みの方式は2社が溶湯をスラグパンに鑄込む方式であり、1社は型枠に鑄込む方式であり、もう1社は冷却ピットに流し込む方式である。

1. 1 大平洋金属(株)の溶融スラグ製造状況写真

1. 1. 1 電気炉



1. 1. 2 溶融スラググ鑄込容器



1. 1. 3 溶融スラグの出湯



1. 1. 4 溶融スラグ



1. 2 メルテック(株)の溶融スラグ製造状況写真

1. 2. 1 溶融スラグの出湯



1. 2. 2 溶融スラグ鑄込のモールド



1. 2. 3 溶融スラグ（破碎前）



1. 2. 4 溶融スラグ（破碎後）



1. 3 中央電気㈱のエコスラグ製造状況写真

1. 3. 1 電気炉



1. 3. 2 溶融スラグの出湯



1. 3. 3 溶融スラグ冷却ピット

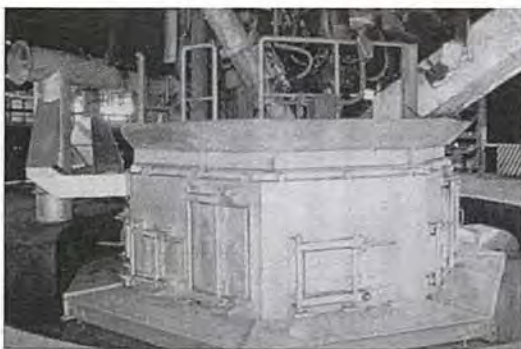


1. 3. 4 溶融スラグ製品ヤード



1. 4 中部リサイクル㈱の溶融スラグ製造状況写真

1. 4. 1 電気炉



1. 4. 2 溶融スラグの冷却パン



1. 4. 3 溶融スラグの自然冷却



1. 4. 4 溶融スラグ



2. 溶融スラグの建設材料への適用に関する基礎試験と実施例

2.1 溶融スラグの物理的・化学的性質

2.1.1 物理的性質

各社のスラグについて、建設材料としての評価を行うために、以下の骨材に関する物理試験を行った。

- ① ふるいわけ試験(JIS A 1102)
- ② 密度および吸水率試験(JIS A 1109)
- ③ 骨材の単位容積質量および実績率試験(JIS A 1103)

図-1～5にスラグの外観を、表-1～4に物理試験結果を示す。

各社のスラグはいずれも密度および吸水率試験において変動が小さいことがわかる。このことはスラグの品質が安定していることを意味している。しかし、破碎方法の変動が大きいことから、ふるい分け試験や単位容積質量試験についてはバラツキが大きかった。一方、HS(細骨材)についてはいずれの項目においても変動が小さく、かつ高品質の材料であるといえる。

これらのことから、破碎方法に課題が残るものの、全てのスラグにおいて物理的性質は良好であったといえる。



図-1 中央電気工業 KB



図-2 中部リサイクル CH



図-3 メルテック : M)



図-4 大平洋金属 : H (粗骨材)



図-5 大平洋金属：HS（細骨材）

表-1 粗骨材の物理試験結果（中央電気工業：KB）

種類		n	最大	最小	平均	
ふるい分け		FM	19	7.21	4.88	6.46
密度	表乾	g/cm ³	19	2.84	2.77	2.81
	絶乾	g/cm ³	19	2.83	2.77	2.80
吸水率		%	19	0.56	0.1	0.32
単位容積質量		kg/l	19	1.97	1.42	1.62
実積率		%	19	69.6	51.1	57.88

表-2 粗骨材の物理試験結果（中部リサイクル：CH）

種類		n	最大	最小	平均	
ふるい分け		FM	6	6.17	3.34	4.61
密度	表乾	g/cm ³	6	2.86	2.74	2.83
	絶乾	g/cm ³	6	2.85	2.72	2.81
吸水率		%	6	1.01	0.46	0.60
単位容積質量		kg/l	6	2.01	1.47	1.68
実積率		%	6	70.8	52.1	59.6

表-3 粗骨材の物理試験結果（メルテック：M）

種類		n	最大	最小	平均	
ふるい分け		FM	3	8.82	8.06	8.46
密度	表乾	g/cm ³	3	2.86	2.85	2.85
	絶乾	g/cm ³	3	2.84	2.83	2.84
吸水率		%	3	0.67	0.36	0.50
単位容積質量		kg/l	3	1.61	1.51	1.57
実積率		%	3	56.7	53.3	55.2

表4-1 粗骨材の物理試験結果(大平洋金属 : H (粗骨材))

種類			1回目	2回目	平均
ふるい分け		FM	6.54	-	6.54
密度	表乾	g/cm ³	2.79	2.77	2.78
	絶乾	g/cm ³	2.75	2.73	2.74
吸水率		%	1.49	1.46	1.48
単位容積質量		kg/ℓ	1.68	1.45	1.57
実積率		%	61.2	53.10	57.15

表4-2 骨材の物理試験結果 HS (細骨材)

種類			一回目	二回目	三回目	平均
ふるい分け		FM	2.87	2.65	2.52	2.68
粒形判定実積率		%	54.8	62.8	75.6	64.4
密度	表乾	g/cm ³	2.92	2.91	2.96	2.93
	絶乾	g/cm ³	2.92	2.88	2.93	2.91
吸水率		%	0.42	1.06	0.88	0.79
微粒分量		%	2.06	11.99	13.4	9.15
単位容積質量		kg/ℓ	1.77	1.81	1.86	1.81
実積率		%	60.8	62.7	65.3	62.9
ASR	膨張率	%	0.010	0.021	—	0.016
	Ed	%	102.1	98.3	—	100.2
モルタル膨張率		%	-1.0	-1.0	—	-1.0

2.1.2 環境安全性評価試験

わが国の環境問題は公害との戦いであったことから、産業廃棄物については特に神経質にならざるをえない。そこで、環境安全性の評価として、①重金属溶出試験、②重金属含有量試験をおこなった。

溶出試験ならびに含有試験結果を表-5~6に示す。溶出試験においては、ふっ素 (F) とほう素 (B) の溶出が認められるスラグがあるが、規格値を大きく下回っている。その他の重金属は定量下限値以下となっている。一般廃棄物のスラグにおいては鉛 (Pb) の溶出がしばしば問題となるが、本研究では問題はなかった。含有試験においても同様なことがいえる。

これらのことから産業廃棄物由来のスラグからの重金属の溶出量および含有量は環境基準を大きく下回っており、環境への負荷が小さいといえる。

表-5 溶出試験

	対象物	単位	n	測定値		平均	規格値
				最大	最小		
スラグ KB (中央電気工業)	Cd	mg/l	12	<0.001	<0.001	0.001	0.01
	Pb			<0.008	<0.005	0.005	0.01
	Cr ⁶⁺			<0.04	<0.04	0.04	0.05
	As			<0.005	<0.005	0.005	0.01
	Hg			<0.0005	<0.0005	0.0005	0.0005
	Se			<0.006	<0.002	0.002	0.01
	F			<0.2	<0.2	<0.2	0.8
B	<0.2	<0.2	<0.2	1			
スラグ CH (中部リサイクル)	Cd	mg/l	12	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	Pb			0.008	<0.005	0.005	0.01
	Cr ⁶⁺			<0.04	<0.04	<0.04	0.05
	As			<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	Hg			<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
	Se			0.006	<0.002	0.003	0.01
	F			0.4	<0.1	0.2	0.8
B	0.5	0.1	<0.18	1			
スラグ M (メルテック)	Cd	mg/l	12	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	Pb			<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	Cr ⁶⁺			<0.01	<0.01	<0.01	0.05
	As			<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	Hg			<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
	Se			<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	F			<0.1	<0.1	<0.1	0.8
B	<0.1	<0.1	<0.1	1			

スラグ H (大平洋金属)	Cd	mg/ℓ	12	<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	Pb			<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	Cr ⁶⁺			<0.04	<0.04	<0.001	0.05
	As			<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	Hg			<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0005
	Se			<0.005	<0.005	<0.005	0.01
	F			0.5	0.1	0.26	0.8
	B			0.4	0.07	0.3	1

表-6 含有試験

	計量対象	単位	n	測定値		平均	規格値
				最大	最小		
スラグ KB (中央電気工業)	Cd	mg/kg	12	< 0.1	< 0.1	< 0.1	≦ 150
	Pb			41.0	0.5	16.7	≦ 150
	Cr ⁶⁺			< 0.5	< 0.5	< 0.5	≦ 250
	As			< 0.5	< 0.5	< 0.5	≦ 150
	Hg			< 0.05	< 0.05	< 0.05	≦ 15
	Se			< 0.1	< 0.1	0.01	≦ 150
	F			1670	297	959	≦ 4000
	B			1110	163	456	≦ 4000
スラグ CH (中部リサイクル)	Cd	mg/kg	12	<0.5	<0.5	<0.5	≦ 150
	Pb			15	<1	8	≦ 150
	Cr ⁶⁺			<1	<1	<1	≦ 250
	As			<1	<1	<1	≦ 150
	Hg			<0.01	<0.01	<0.01	≦ 15
	Se			<1	<1	<1	≦ 150
	F			1900	460	1166	≦ 4000
	B			490	150	298	≦ 4000
スラグ M (メルテック)	Cd	mg/kg	12	<10	<10	<10	≦ 150
	Pb			20	<10	<10	≦ 150
	Cr ⁶⁺			<20	<20	<20	≦ 250
	As			<10	<10	<10	≦ 150
	Hg			<1	<1	<1	≦ 15
	Se			<10	<10	<10	≦ 150
	F			260	<40	141	≦ 4000
	B			300	170	246	≦ 4000

スラグ H (大太平洋金属)	Cd	mg/kg	12	3	1	2	≤ 150
	Pb			<15	0	<15	≤ 150
	Cr ⁶⁺			0.1	0	0.02	≤ 250
	As			<15	0	<15	≤ 150
	Hg			<1.5	0	<1.5	≤ 15
	Se			<15	0	<15	≤ 150
	F			1140	<40	636	≤ 4000
	B			330	137	196	≤ 4000

2.2 道路用骨材としての品質

石材スラグは主に下層路盤として利用されているので、修正 CBR 試験を行った。CBR 試験結果を表-7~10および図-6~9に示す。

スラグをクラッシュランの代替材料として利用する場合、修正 CBR 値は 20%以上が規格値となっている。本研究の範囲では、いずれのスラグもこれを満足した。なお、スラグの最大乾燥密度と最適含水率の関係は明確なピーク値が得られにくいことがわかった。

(1)スラグの CBR 試験結果 (M)

表-7. CBR試験結果

最大乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	2.195
測定時の含水比 ω (%)	3.0
締固め度 (%)	95
$\rho_{dmax} * 95\%$ (g/cm ³)	2.085
修正 CBR (%)	25.0

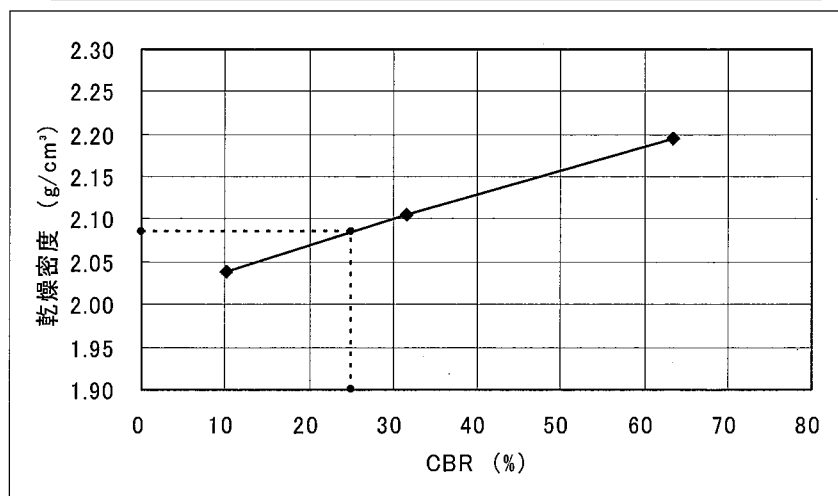


図-6. 乾燥密度-CBR曲線

(2) スラグの CBR 試験結果 (CH)

表-8. CBR試験結果

最大乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	2.171
測定時の含水比 ω (%)	2.8
締固め度 (%)	95
$\rho_{d\max} * 95\%$ (g/cm^3)	2.062
修正 CBR (%)	28.6

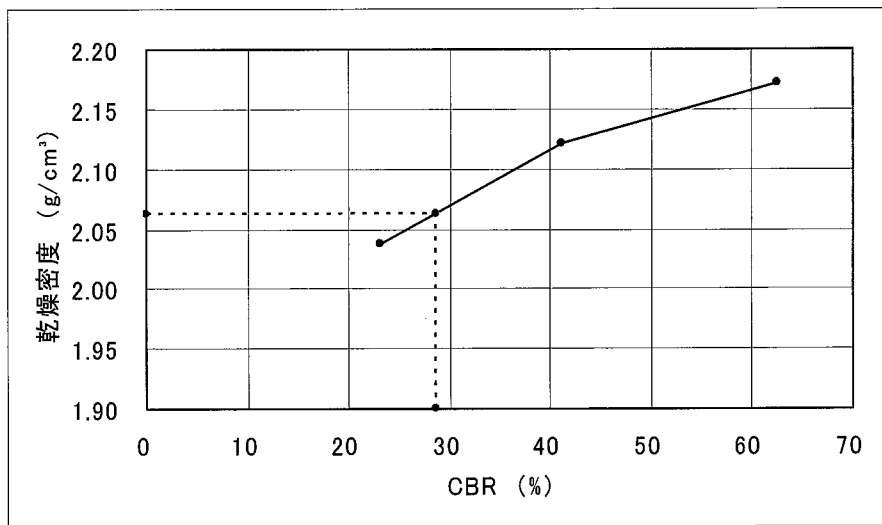


図-7. 乾燥密度-CBR曲線

(3) スラグの CBR 試験結果 (KB)

表-9. CBR試験結果

最大乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	2.116
測定時の含水比 ω (%)	2.5
締固め度 (%)	95
$\rho_{d\max} * 95\%$ (g/cm^3)	2.010
修正 CBR (%)	23.3

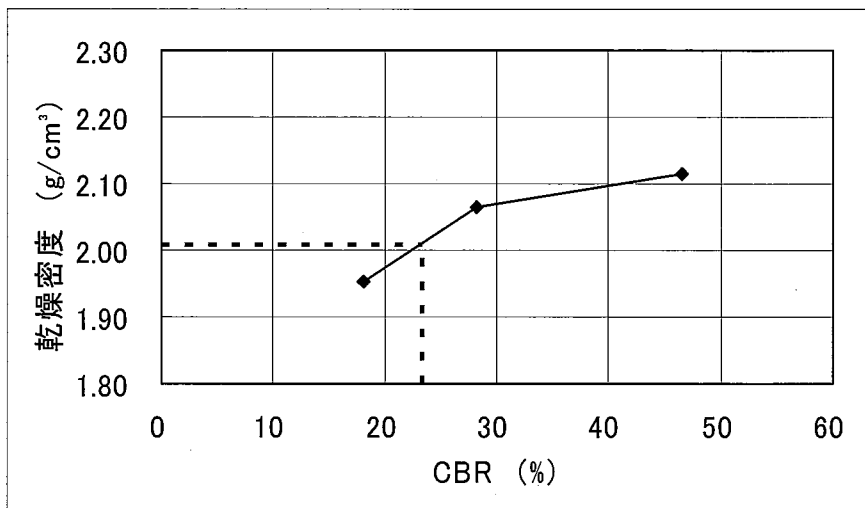


図-8. 乾燥密度-CBR曲線

(3) スラグの CBR 試験結果 (H)

表-10. CBR試験結果

最大乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	2.115
測定時の含水比 ω (%)	3.0
締固め度 (%)	95
$\rho_{dmax} * 95\%$ (g/cm ³)	2.009
修正 CBR (%)	29.0

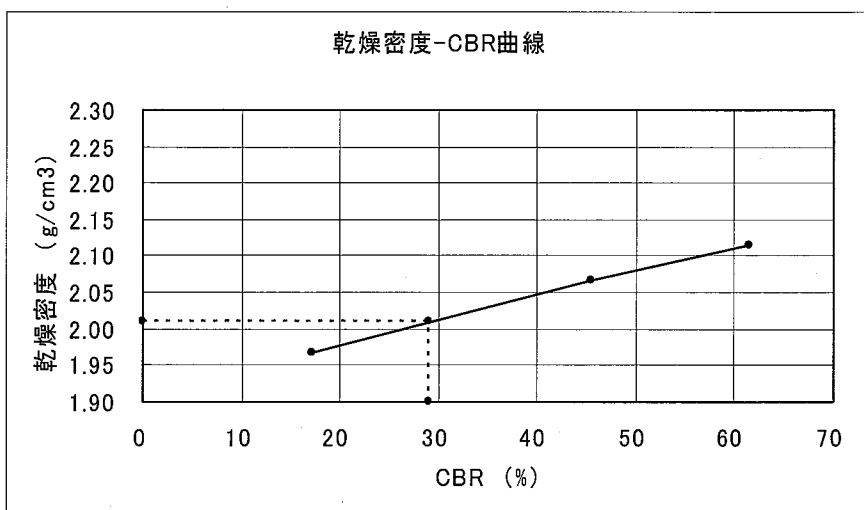


図-9. 乾燥密度-CBR曲線

2.3 コンクリート骨材としての品質 (HS)

大平洋金属のスラグは破碎調整後、コンクリート用細骨材を製造している。そこで、コンクリート用細骨材としての評価を行った。

試験項目は以下のとおりである。

- ① 配合試験
- ② フレッシュコンクリートの試験
 - a) スランプ試験(JIS A 1101)
 - b) 空気量試験(JIS A 1116)
 - c) 単位容積質量試験
- ③ 硬化コンクリートの試験
 - a) 圧縮強度試験(JIS A 1108)
 - b) 曲げ強度試験(JIS A 1106)
 - c) 引張試験 (JIS A 1113)

 - d) 動弾性係数試験(JIS A 1127)
 - e) 静弾性係数試験(JIS A 1149)
 - f) 凍結融解試験(ASTM C 666 A)
 - g) 中性化促進試験

(1) フレッシュコンクリートの試験結果

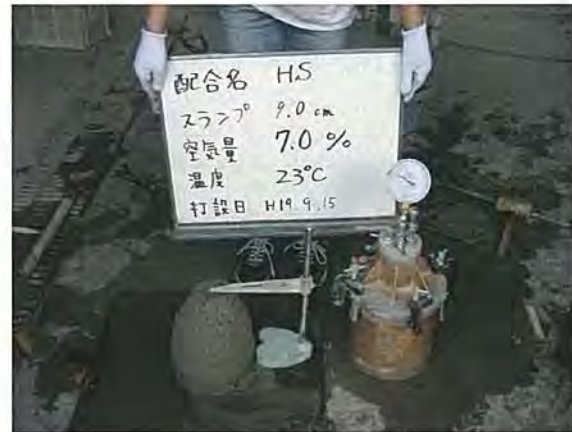
スラグを用いたコンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表-11に、フレッシュコンクリートの状況を図-10示す。またスラグの置換率は50%とした。コンクリートのスランプおよび空気量は目標範囲内であり、良質なフレッシュコンクリートの状態である。

表-11 配合表およびフレッシュコンクリートの試験値

配合名	水セメント比	細骨材率	単位量 (kg/m ³)						フレッシュコンクリートの性状		
	W/C		s/a	水 W	セメント C	細骨材 S		粗骨材 G	AE 減水剤 (cc)	スランプ (cm)	空気量 (%)
	(%)	(%)	山砂			スラグ砂					
N	55	44	16 3	296	753	—	1047	30	7.5	6.0	31
HS		43			391	391					



N



HS

図-10 フレッシュコンクリートの状況

(2) 硬化コンクリートの試験結果

(a) 圧縮強度試験結果

強度試験結果を図-11に示す。

スラグを用いたコンクリートは、いずれの材齢においても普通コンクリート（N）を上回っている。これはスラグを用いた場合、砕砂を用いた時と同様に、スラグのせん断抵抗性が高められたものと考えられる。

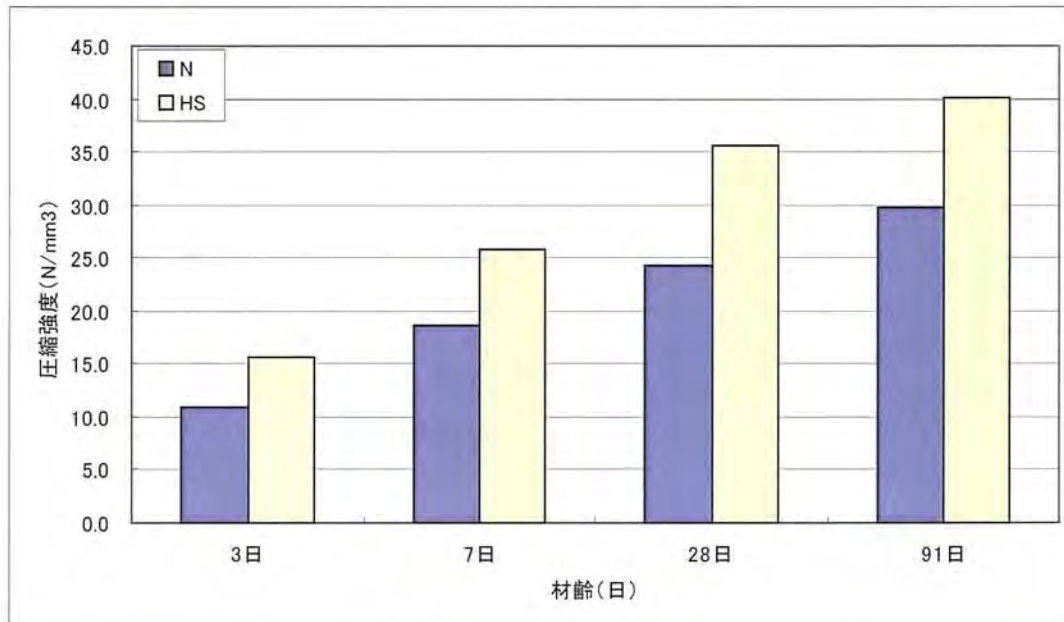


図-11 圧縮強度試験結果

(b) 引張強度および曲げ強度試験結果

引張強度試験結果を図-12に、曲げ強度試験結果を図-13に示す。

一般に引張、曲げ強度は圧縮強度と関係があり、通常引張強度は圧縮強度の1/9～1/13、曲げ強度は1/5～1/7になるといわれている。本研究の結果から、いずれ

のスラグコンクリートも標準の範囲から大きく外れておらず，その性質は普通コンクリートと同等であると判断できる。

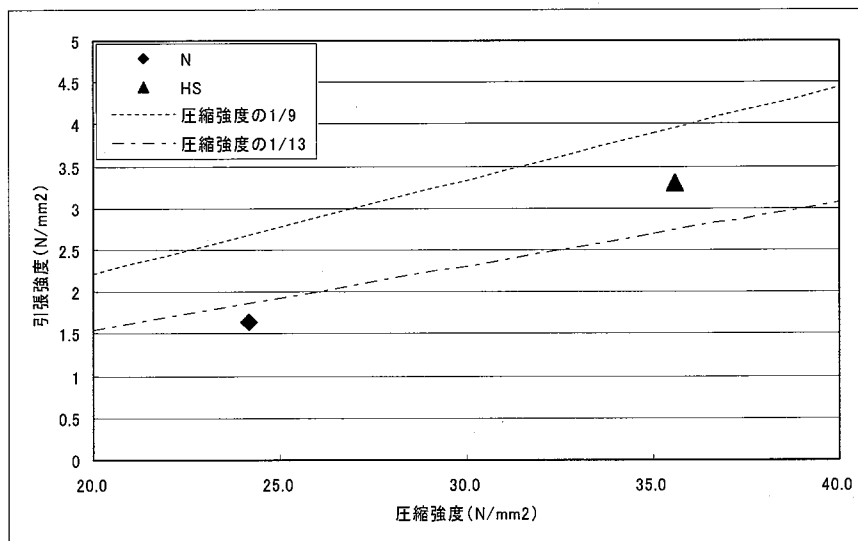


図-12 引張強度試験結果

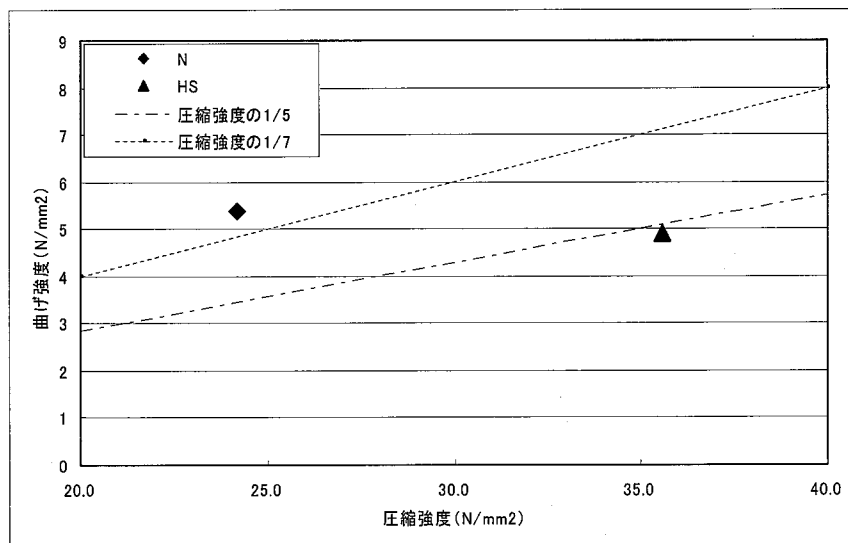


図-13 曲げ強度試験結果

(c) 乾燥収縮試験結果

乾燥収縮試験結果を図-14 に示す。

乾燥収縮が大きいコンクリートでは、鉄筋等で拘束を受ける場合、収縮ひび割れが発生する。このひび割れは、水密性や気密性を要する構造物では、極めて悪影響を及ぼす。スラグコンクリートにおいて、普通コンクリートと同等かやや高い収縮量を示している。しかしその程度は小さく、スラグの混入の悪影響は認められない。

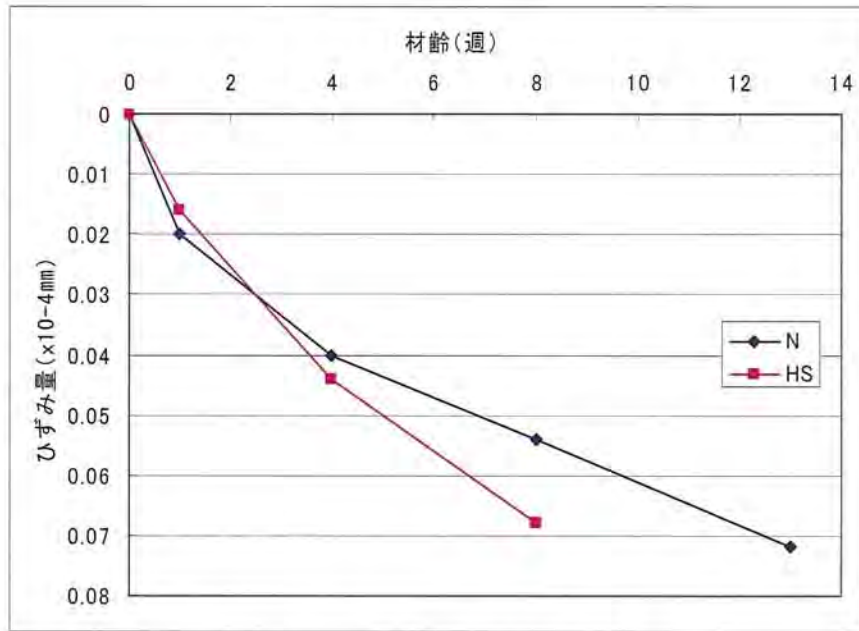


図-14 乾燥収縮試験結果

(d) 静弾性係数試験結果

静弾性係数試験結果を図-15, 16 に示す。なお、図には土木学会の標準値も示した。スラグを用いたコンクリートの静弾性係数は、スラグ置換率が高くなるほど大きくなる傾向が見られ、これまでのスラグの研究と一致している。

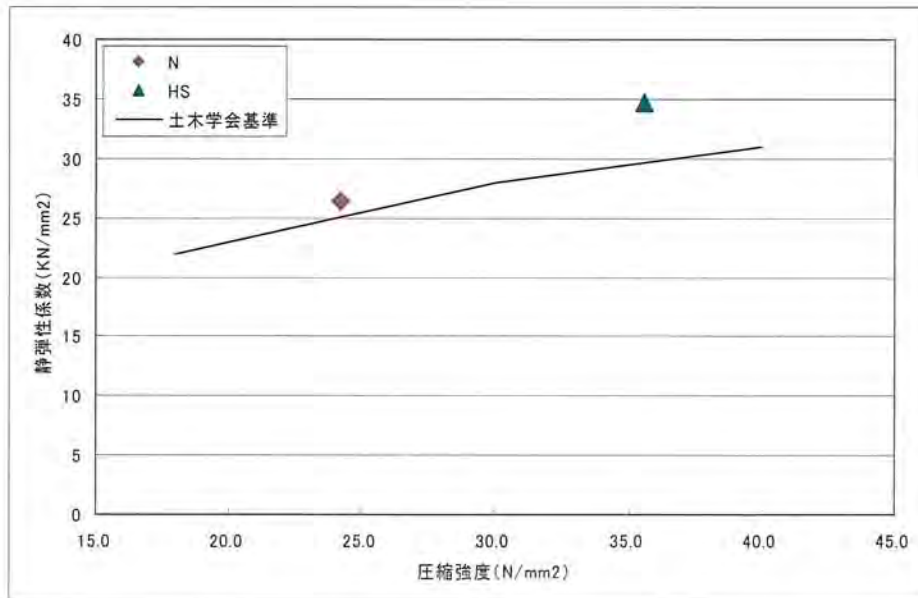


図-15 静弾性係数試験結果

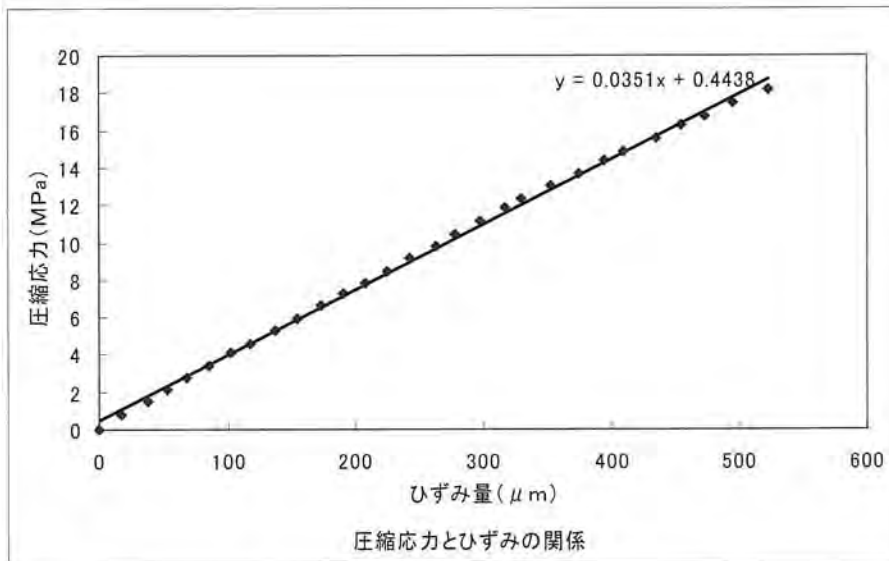


図-16 圧縮応力とひずみの関係

(e) 中性化試験結果

用排水路等の小断面のコンクリート製品では鉄筋までのかぶり厚さを大きくとることは難しく、中性化が大きいコンクリートは不向きである。そこで、促進中性化試験を実施した。試験結果を図-17 および図-18 を示す。試験開始 13 週時においては、N が約 17mm、スラグコンクリートは約 13mm で N より 2mm ほど浅かった。

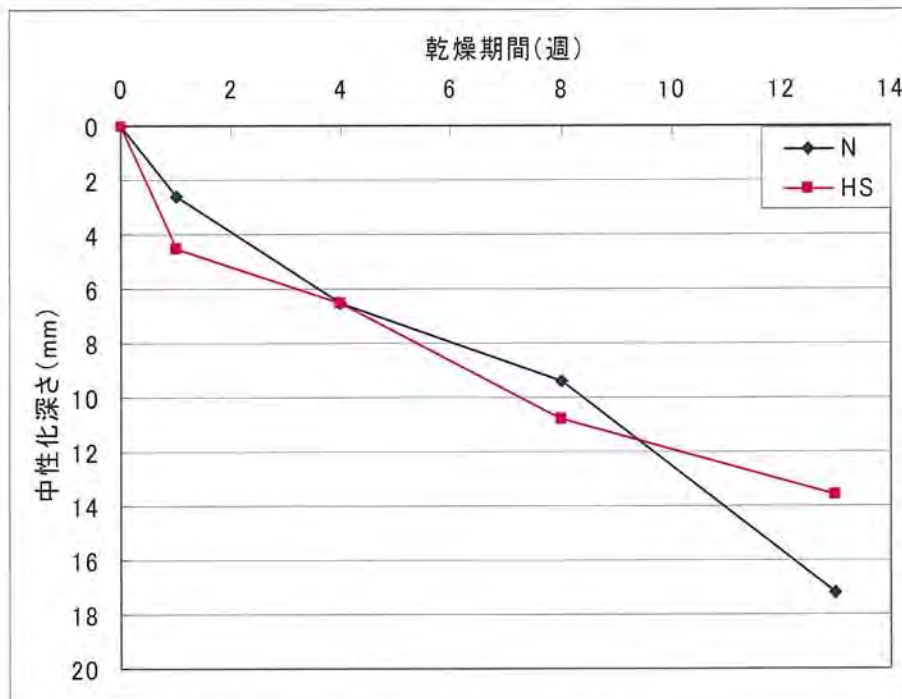
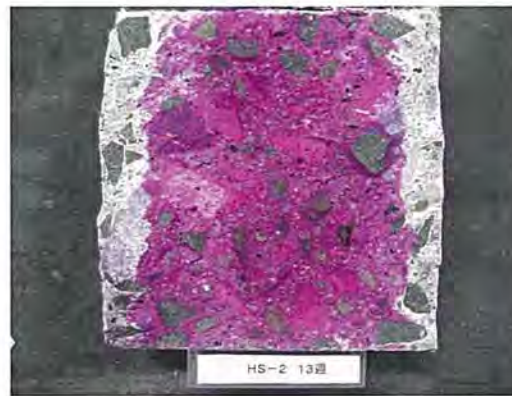


図-17 中性化試験結果



N (13 週)



HS (13 週)

図-18 中性化の状況(13 週)

(f) 硬化コンクリートの耐凍害性

寒冷地コンクリートにおいて、耐凍害性が高いことは不可欠な条件である。スラグコンクリートおよび普通コンクリートについて ASTM C 666A 法（水中凍結－水中融解）により試験を行った。凍結融解試験結果を図-19, 20 および 21 に示す。

凍結融解抵抗性の判断基準として、300 サイクル終了時の相対動弾性係数は、60%以上でなければならない。試験結果をみると、スラグ混合の有無にかかわらず、いずれのコンクリートも 300 サイクル時点で判定基準の 60%を大きく上回っており、耐凍害性が高いといえる。しかし、図-9 を見るとスラグコンクリートの質量減少率はややスケーリング量が多い。この原因として、スラグを細骨材として用いた場合、ブリーディングの増加が確認されており、その影響によると考えられる。

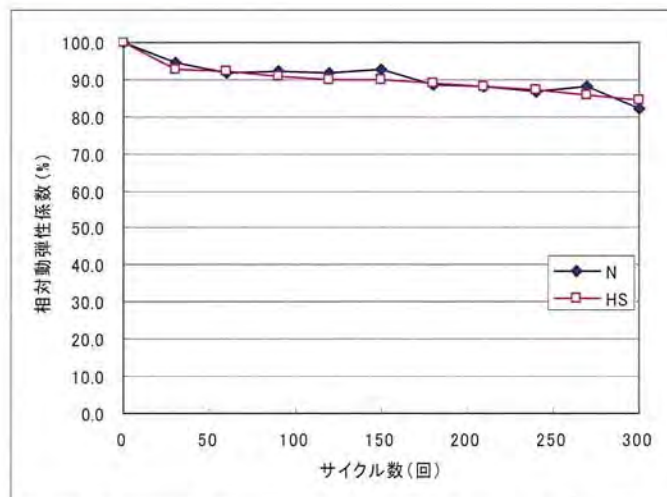


図-19 凍結融解試験結果（動弾性係数）

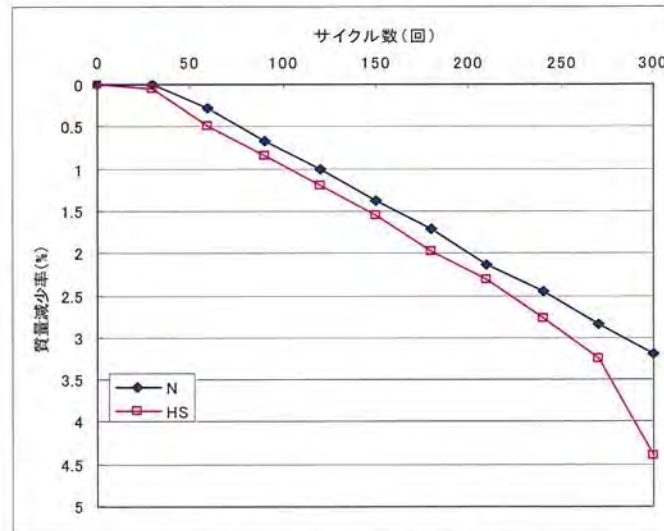


図-20 凍結融解試験結果（質量減少率）



N (300 サイクル)



HS (300 サイクル)

図-21 凍結融解試験後の状況

(3) まとめ

熔融スラグのコンクリート用骨材としての適用について研究を行った結果以下のことがわかった。

- (1) スラグの骨材試験から熔融スラグの密度は大きく、吸水率は小さい傾向が見られた。コンクリート用骨材としての品質はいずれも良いと判断された。また、ロットの違いによる変動も小さかった。
- (2) スラグからの重金属の溶出および含有値は環境基準を大きく下回っており、スラグが環境に及ぼす負荷は小さかった。また、変動も小さかった。
- (3) 徐冷スラグを用いた修正 CBR 値は、いずれのスラグも 20% 以上であり、クラッシュランの代替材料として利用可能であると判断される。

- (4) スラグコンクリートの強度特性は普通コンクリート以上である。
- (5) スラグコンクリートの耐久性は、普通コンクリートと同等かそれ以上である。

2.4 海洋資材としての品質

海洋環境は年々悪化しており、中でも「磯やけ」は深刻な問題である。「磯やけ」とは岩石や岩盤から海藻が消滅し、白色の石灰藻で覆われる現象である。このため、海中林（海藻群）に棲む魚が生息や産卵場所の不足により減少して行くのである。例えば、有名なハタハタはホンダワラにしか産卵しないし、ニシンは、コンブやホンダワラに卵を産むが、それらの海藻が減り、産卵場所の不足によりハタハタやニシンが激減しているのである⁴⁾。1970年代までは、沿岸漁業の漁獲高は200万tを越えていたが、近年では、150万tと大きく減少している理由の一つでもある⁵⁾。

この対策としては、鉄イオンを供給することが有効である。鉄イオンは光合成色素であるクロロフィルやβカロチンの濃度を高め、硝酸塩を摂取しやすくする作用があることから、海藻の生長、増殖には不可欠なミネラルである。本来、鉄イオンは土壌に多く存在し、落葉広葉樹が多かった時代は、大量の腐植土壌の中にフルボ酸鉄が生成され、地下水、河川を經由して海に運ばれていた⁴⁾。しかし、明治時代以降、広葉樹が伐採され、成長の速い針葉樹が植林されたために広葉樹が減少したことと、砂防ダムや堰などの築造により、フルボ酸鉄の経路が阻まれ、海洋への鉄イオンの供給が阻害された。

そこで、人為的に、海に鉄イオンを供給する試みが行われるようになった。綿貫ら⁶⁾は水溶性のガラスプレートにキレート鉄を封じ込め、長期にわたって鉄イオンを供給できるプレートを開発して藻場の増殖に成功している。また、金属鉄をそのまま使った鋼鉄の漁礁の効果も報告されている⁴⁾。

本報では、これらの研究を参考にし、人工石 H を漁礁材料として用いた。鉄イオンを供給するために、型枠に鑄込む際、製鉄所の副産物である FeO を主成分とするミルスケールを外割で 5% 添加した。人工石 H は大平洋金属において作製された。人工石 H は熔融物の粘度および炉内還元雰囲気調整を目的として、通常、ごみ焼却灰 1 t 当たり約 90 kg のドロマイト： $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ と約 10~20 kg のコークスが副資材として炉内に投入されている。これにより炉内は高温還元雰囲気となり、熔融物中の金属や塩素含有量を少なくすることが可能となる。今回は、ドロマイトの代わりにホタテ貝殻を使用した。貝殻の主成分は 90~95% が CaCO_3 であり、ドロマイトや石灰石と同様の効果が期待できると同時に、水産業界からの廃棄物の有効利用の観点から選定した。ホタテ貝殻は青森県だけでも年間約 5 万 t が発生している。約 1,500°C の熔融物を 45×45×40 cm (約 200 kg) および 90×90×45 cm (約 1 t) となるような温型鑄型に流し込んだ。冷却は空気中で自然冷却であるが、結晶化が進むように保温性の鑄型を用いているために、冷却速度は約 1°C/min と遅かった。出来上がった人工石の色調は黒色で、表面は凹凸があり、気泡も散見された。主な組成鉱物はゲーレンナイト： $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ であった(図-22)。



図-22 人工石 H の概観



図-23 1ヵ月後のコンクリート (75×75×75cm) の状況
(八戸市鮫漁港付近)

人工石を青森県内の3箇所の漁港にそれぞれ設置し海藻類の着床状況を確認した。一例を図-23～26に示す。比較のためにコンクリートブロックも設置したが、設置後1ヶ月の観察では、コンクリートブロックには藻類がなかったのに比べ、人工石には明らかに藻類の着床が見られた(図-23, 24)。図-25は、八戸市鮫漁港付近における人工石設置後6ヶ月の状況である。1m程のコンブを中心に、ワカメ、アオサ、アカバギンナンソウ、ダルスが確認された。図-26は同じく6ヵ月後の今別町今別漁港付近のものである。大量のモズクが生い茂り、モズクの中に魚が隠れていることがわかる。この地区は砂地が多く、人工石を設置すれば6ヶ月程度で、小魚の生息場が形成されることが確認できた。また、この地区ではモズクは貴重な特産物であり、地元漁業関係者は人工石による漁礁の設置に大きな期待を寄せている。

海水中での調査は、危険と時間の制約があり、人工石の鉄分の含有量と藻類の着床量との関係を明確にするまでのデータは取れなかった。今後調査する予定であるが、人工石漁礁は、コンクリート漁礁に比べると、少なくとも初期の段階（6ヶ月間）では海藻類の着床および成長に効果があると判断された。



図-24 1ヵ月後の人工石（45×45×40cm）の状況
（八戸市鮫漁港付近）



図-25 6ヵ月後の人工石（90×90×45cm）の状況
（八戸市鮫漁港付近）



図-26 6ヵ月後の人工石（90×90×45cm）の状況
（今別町今別漁港付近）

2.5 ポップアウト試験

神奈川県の実験現場において溶融スラグを用いたコンクリート構造物にポップアウト現象が発生し、大きな社会問題となった。溶融炉の形式により溶融スラグ製造時に塩基度調整剤として石灰石が添加される。石灰石は溶融炉の高温環境（1300～1500℃）の中で化学反応を起こし、生石灰（CaO）になる。一般的に石灰石は粉状で添加されるため、溶融炉の中で他成分と混合溶解され、安定的な溶融物になる。しかし、石灰石の粒度が大きく、且つ、炉内滞留時間が短い場合、生石灰は free-CaO として溶融スラグの中に残存することがある。こうした溶融スラグを用いたコンクリートには図-27に示すようなポップアウト現象が起こる可能性がある。ポップアウトが起こった部分には共通して白色物質が認められるのが特徴である。そこで、本項では、各社のスラグについて、ポップアウトの評価を行った。

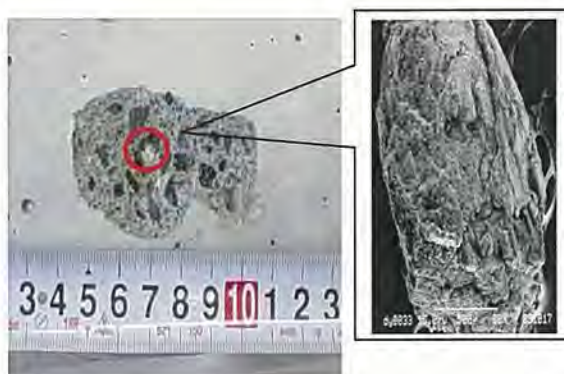


図-27 ポップアウト現象（左）
白色物（右）

(1) ポップアウト試験概要

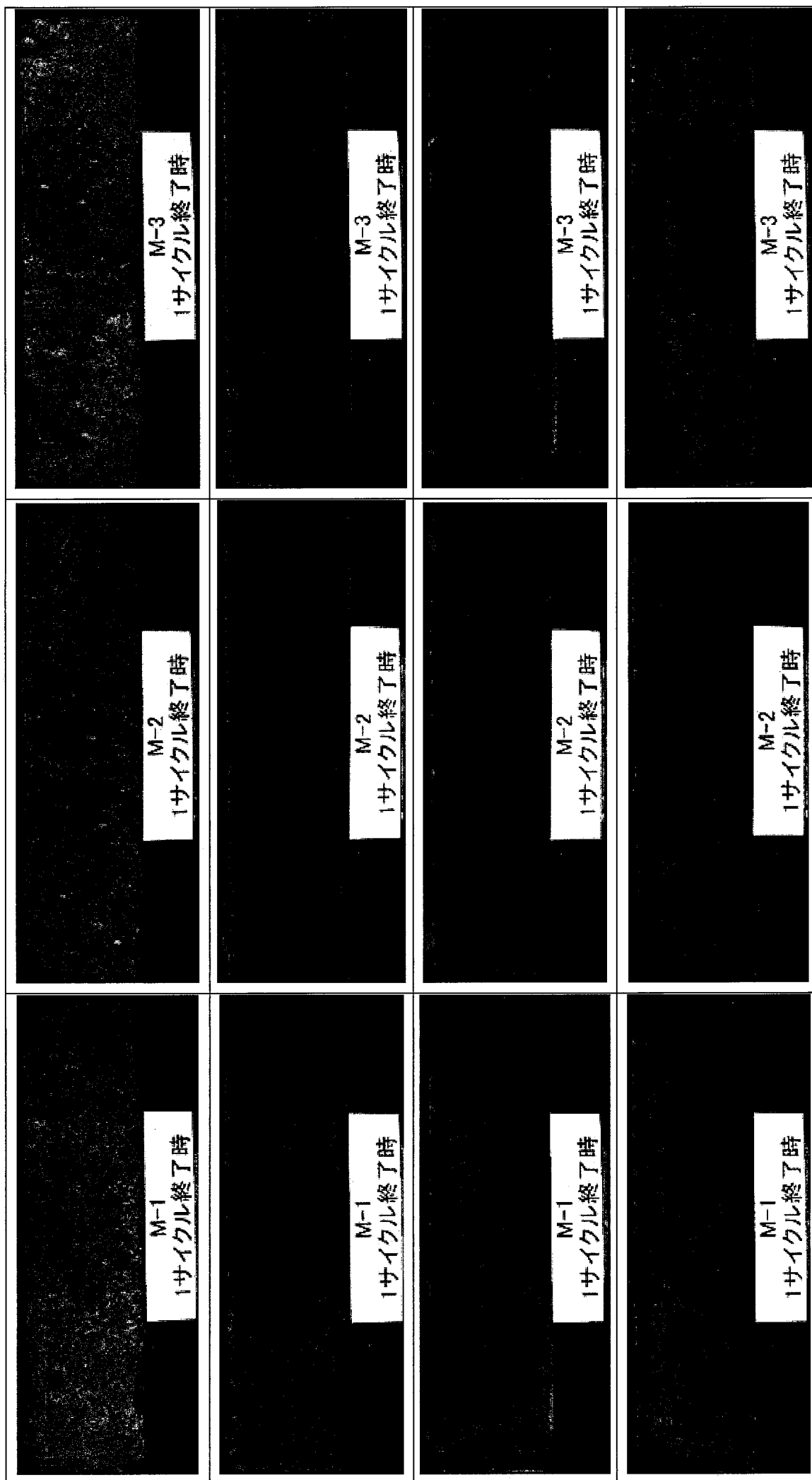
モルタルの配合は、水：セメント：細骨材＝1：2：4の質量比（アルカリシリカ試験法）とした。細骨材は全量溶融スラグを用いた。試験方法は、JIS A 1804「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法」（迅速法）に準拠した。

モルタルは、機械練り用練混ぜ機を用いて JIS A 1146 に従って練り混ぜた。練り鉢及びパドルを混合位置の固定し、規定量のセメントと溶融スラグ骨材を入れた。次に練混ぜ機を始動させ、パドルを回転させながら 30 秒間混合した。次に、練混ぜ機を停止し規定量の水を入れた。引き続き練混ぜ機を 30 秒間作動させた後 20 秒間休止し、その間練り鉢及びパドルに付着したモルタルをさじによってかき落とし更に、練り鉢の底のモルタルをかき上げるように 2、3 回かき混ぜた。休止が終わったら再び作動させて 120 秒間練り混ぜた。その後、型枠に流し込み 24 時間後に脱型をし、24 時間恒温室の水温 20℃ の水槽に浸した後、オートクレーブ養生装置にかけた。オートクレーブ養生装置は温度 127℃、圧力 150kPa の高温高圧の環境を有する。なお、オートクレーブ養生装置による促進養生は、4 時間を 1 サイクルとした。

評価方法としては、モルタル表面に発生したポップアウトの目視のみの評価である。

(2) 試験結果

試験結果を図-28～31に示す。一部に気泡が見られるものの、白色の物質は認められず、いずれのモルタルにもポップアウトは発生していないことが分かる。これらのことから、本研究で用いた各社のスラグには、不安定な free-CaO は存在しないと判断される。



供試体①

供試体②

供試体③

図-28 M-メルテック促進試験終了時の状況


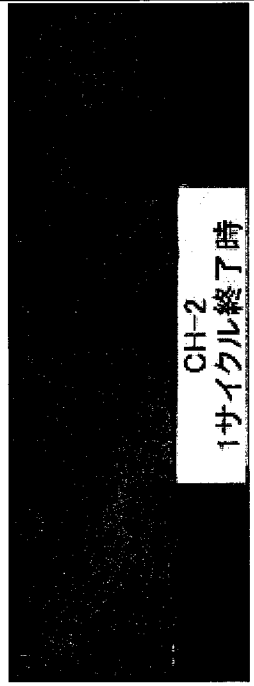
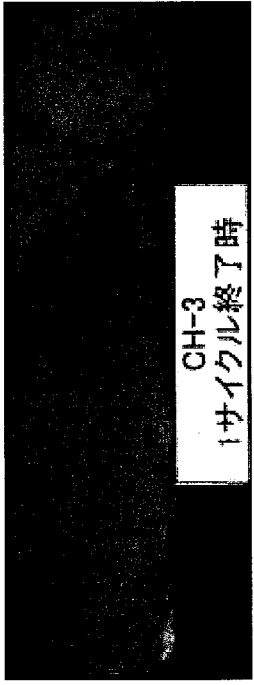
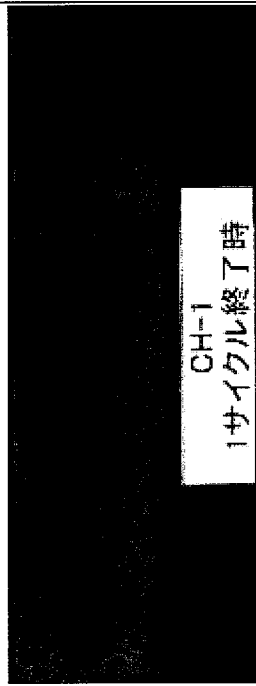
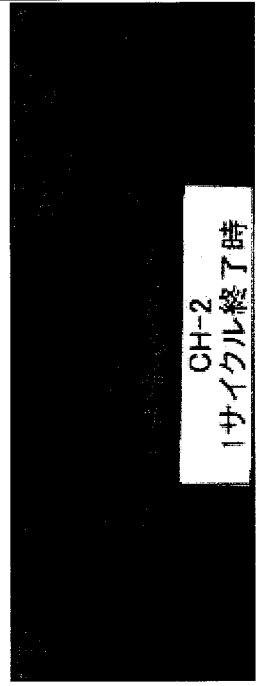
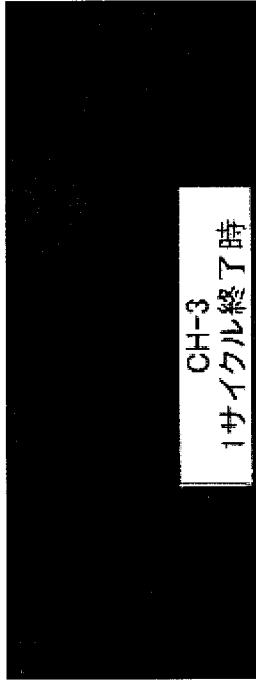
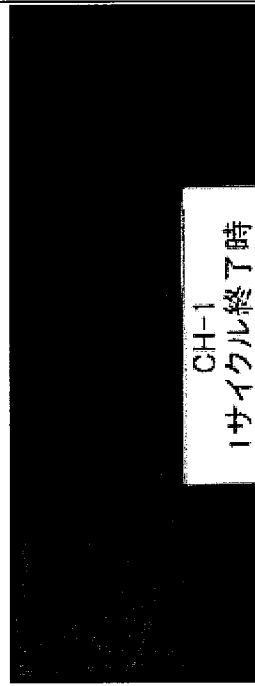
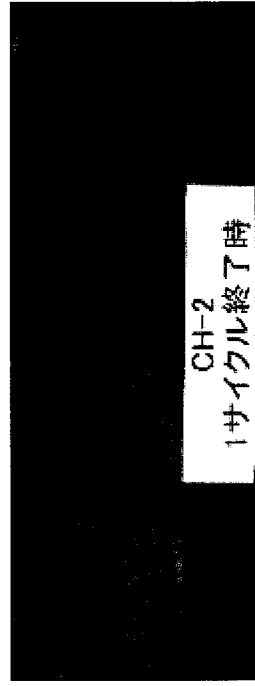
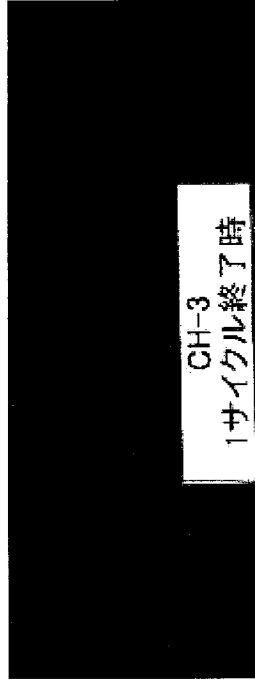
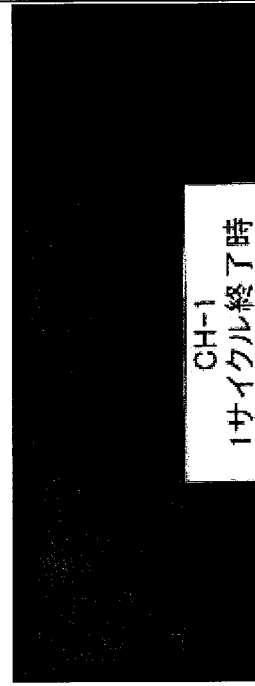
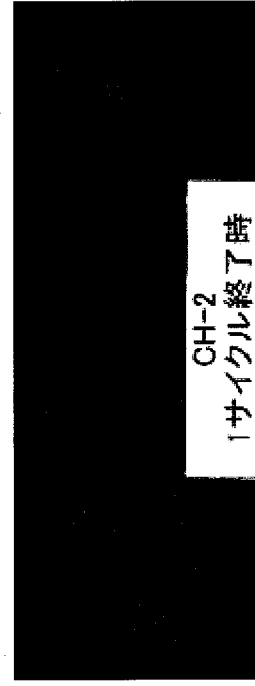
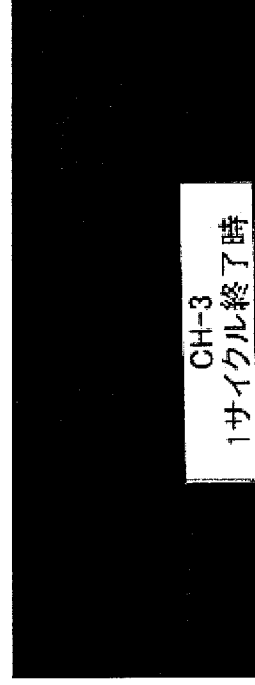
<p>H-1 1サイクル終了時</p>	<p>H-2 1サイクル終了時</p>	<p>H-3 1サイクル終了時</p>
<p>H-1 1サイクル終了時</p>	<p>H-2 1サイクル終了時</p>	<p>H-3 1サイクル終了時</p>
<p>H-1 1サイクル終了時</p>	<p>H-2 1サイクル終了時</p>	<p>H-3 1サイクル終了時</p>
<p>H-1 1サイクル終了時</p>	<p>H-2 1サイクル終了時</p>	<p>H-3 1サイクル終了時</p>

供試体①

供試体②

供試体③

図-29 H-大平洋金属促進試験終了時

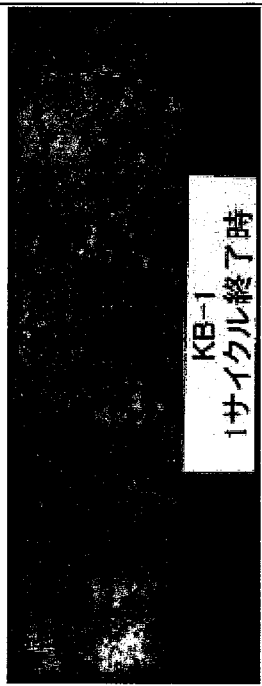
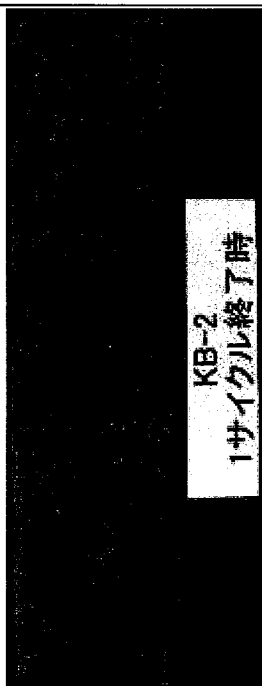
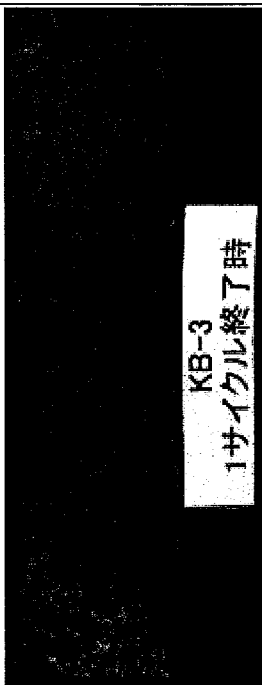
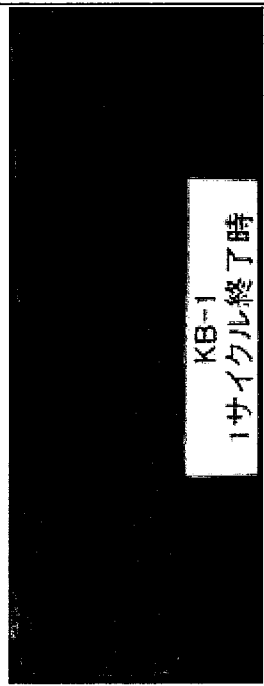
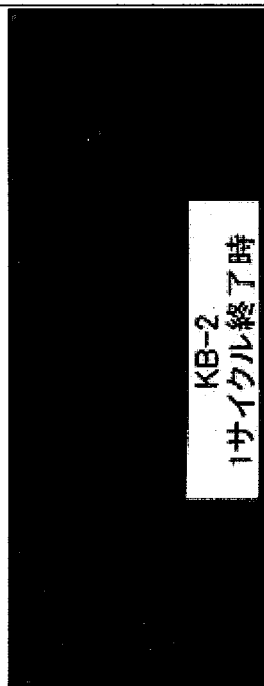
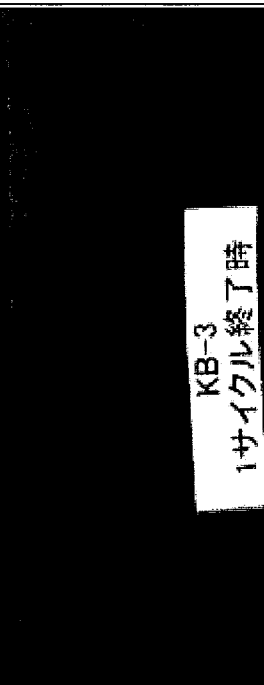
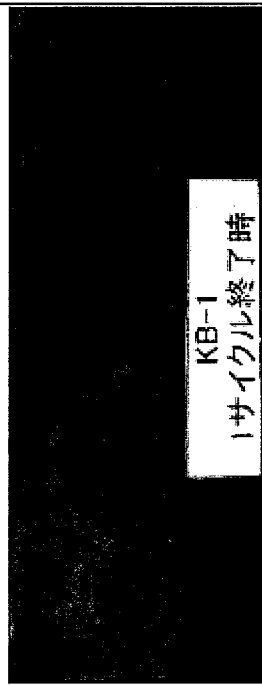

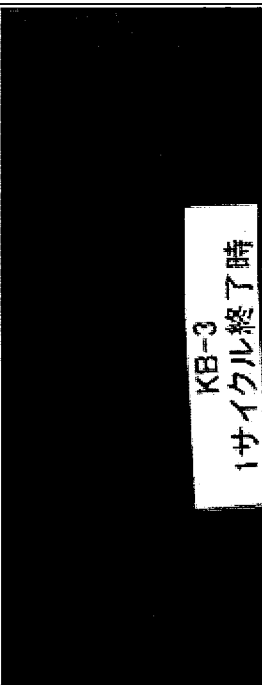
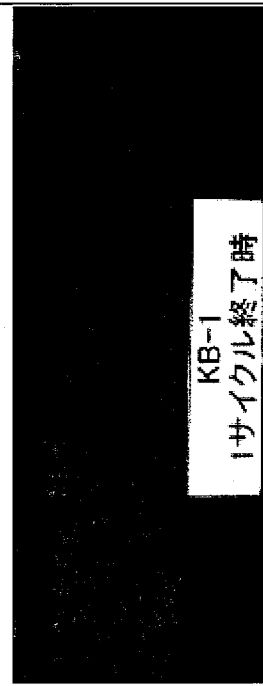
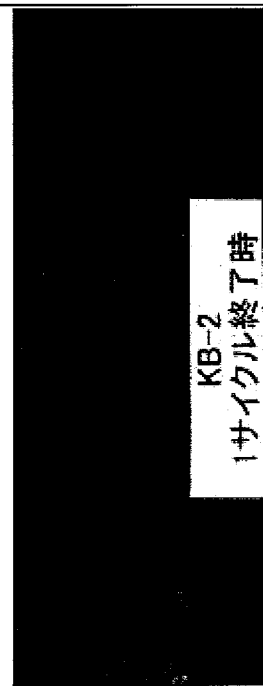
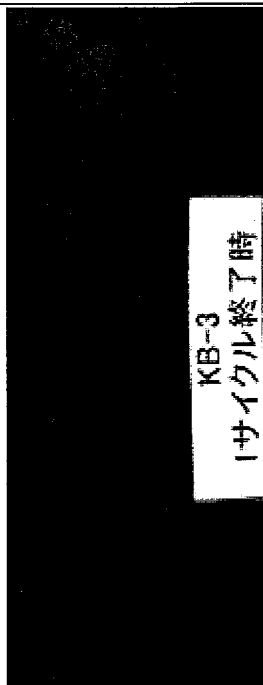
 <p>CH-1 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-2 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-3 1サイクル終了時</p>
 <p>CH-1 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-2 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-3 1サイクル終了時</p>
 <p>CH-1 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-2 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-3 1サイクル終了時</p>
 <p>CH-1 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-2 1サイクル終了時</p>	 <p>CH-3 1サイクル終了時</p>

供試体①

供試体②

供試体③

図-30 H-中部リサイクル促進試験終了時

 <p>KB-1 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-2 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-3 1サイクル終了時</p>
 <p>KB-1 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-2 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-3 1サイクル終了時</p>
 <p>KB-1 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-2 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-3 1サイクル終了時</p>
 <p>KB-1 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-2 1サイクル終了時</p>	 <p>KB-3 1サイクル終了時</p>

供試体①

供試体②

供試体③

図-31 KB-中央電気工業促進養生終了

3. ネティス・エコマーク製品等の認定への取組実施例

各種リサイクル製品の認定や新技術の認定が、各県および国土交通省で行われている。これらへの登録は、製品の利用普及に大きく影響する。これまでに取得した各認定製品は以下のとおりである。

表-1 ネティス・エコマーク製品等の認定への取組実施例

認定名称	認定機関	認定名称	認定番号	取得者
NETIS	国土交通省	トーヨーESS マット	TH-030002	東洋興産(株)
NETIS	国土交通省	スラグ入りコンクリート製品	TH-050006-A	青森県エココンクリート工業会
リサイクル製品認定製品	青森県	産廃スラグ入りコンクリート製品	180301～ 180347	ホクエツ東北(株) 青森前田コンクリート工業(株) 中栄コンクリート工業(株)
リサイクル製品認定製品	青森県	産廃スラグ入り加熱アスファルト	1904015	エコプラザ八戸
宮城県グリーン製品	宮城県	トーヨーESS マット	第 60 号	東洋興産(株)
とちの環エコ製品	栃木県	メルエース	19-007	メルテック(株)
あいくる	愛知県	アスファルト混合物(一般廃棄物溶融スラグ入り)	1-37 1-75	大有建設
あいくる	愛知県	溶融スラグ入り再生砕石(RC-40)	2-5 2-166	大有建設
あいくる	愛知県	一般廃棄物溶融スラグ入りコンクリート製品	4-126	大有コンクリート工業
あいくる	愛知県	ソイルアスファルト混合物(一般廃棄物溶融スラグ入り)	2-96	大有建設

4. おわりに

明治以降、わが国には廃棄物の多くは焼却により減容化し、その残渣を埋め立てる処分方法がとられてきた。これは衛生面からも有効な方法であったが、近年ダイオキシン類の生成や重金属の残留および埋立処分場の逼迫等が問題となり、廃棄物を高温で熔融する処理方法がとられるようになった。すなわち、廃棄物を 1300℃以上の高温で熔融後、冷却固化しスラグを生成する技術である。高温で熔融するため、ダイオキシンや有機系の環境ホルモンは熱分解され、さらに重金属はスラグのガラスネットワークに固定され溶出しない技術である。また、生成されたスラグは建設材料として利用されるため、埋立処分量がほとんどなくなることから、廃棄物大国であるわが国において救世主となりうる技術である。

廃棄物の熔融化技術は、日本独自の技術であり、昭和 54 年岩手県釜石市が稼働を始めている。現在熔融化施設は 200 箇所を超え、スラグの発生量は 100 万トンに及ぶ勢いである。しかし、その多くは一般廃棄物を対象としたものであり、産業廃棄物由来のスラグは僅かである。また、平成 18 年 7 月には一般廃棄物および下水汚泥熔融スラグはコンクリート用熔融スラグ骨材 (JIS A 5031)、道路用熔融スラグ (JIS A 5032) として、それぞれ日本工業規格に制定された。しかし、産業廃棄物を原料とした熔融スラグ(以下産廃スラグ)についてはデータの蓄積が少なかったことから、今回の JIS ではその対象とはならなかった。

廃棄物の熔融化は産業廃棄物へも波及しており、今後大量の産廃スラグが発生すると考えられることから、産廃スラグについても建設材料としての検討が必要である。

産廃スラグに関する研究は、香川県豊島に不法投棄された産廃スラグのものがある。不法投棄産廃は、廃棄物の種類が特定できないことから、もっとも扱いが困難な廃棄物である。しかし、このような材料であっても熔融スラグの環境安全性、品質は安定しており、熔融化技術は、高度な処理方法であるといえる。

本報告書で対象としたスラグも産廃を含んでおり、産廃スラグの範疇である。そしてその品質は、天然骨材よりも品質がよく、建設材料として利用可能であることが明らかとなった。とくに、結晶化することにより、安全性をより高めたスラグといえる。産廃スラグも今後広く利用普及するためには JIS の制定が不可欠であるが、JIS の見直しは 5 年毎に行われており、その間に十分なデータの蓄積をしなければならない。すなわち、コンクリートやアスファルト等の試験施工を行うと共に、環境安全性の評価を数多く積み上げていく必要がある。また産廃の処理は民間主導で行われることが多く、経済性の追求と共に事業者の倫理と CSR (社会的責任) が強く求められていくことになる。産廃スラグが JIS 化されるためには、国民の安全と安心を補償しなければならない。そのためには産官学の連携をもち、多方面からの評価を行うことが必要である。また、より多くの廃棄物の減量化と同時にスラグを建設資材として利用することは、限りある天然資源の延命化に繋がり、将来の世代のために貴重な資源を多く残せることになる。すなわち、Sustainable Development そのものとして期待される。

本報告書が、わが国の今後のリサイクル推進に役立つことを期待したい。

付 録

1. 各社プロフィール

参加企業プロフィール

メルテックは、焼却灰を原料とする人工骨材「メルエース」の製造・販売を通して、リサイクル社会の実現に向けて地域社会に貢献していきます。

埋め立て処理から資源創造へ
焼却灰の埋め立てによる最終処分は、有害物質による土壌や地下水の汚染が懸念されることから限界が生じています。

地球規模の環境保全が提唱される中、限りある資源を有効利用するために徹底した再資源化が求められています。

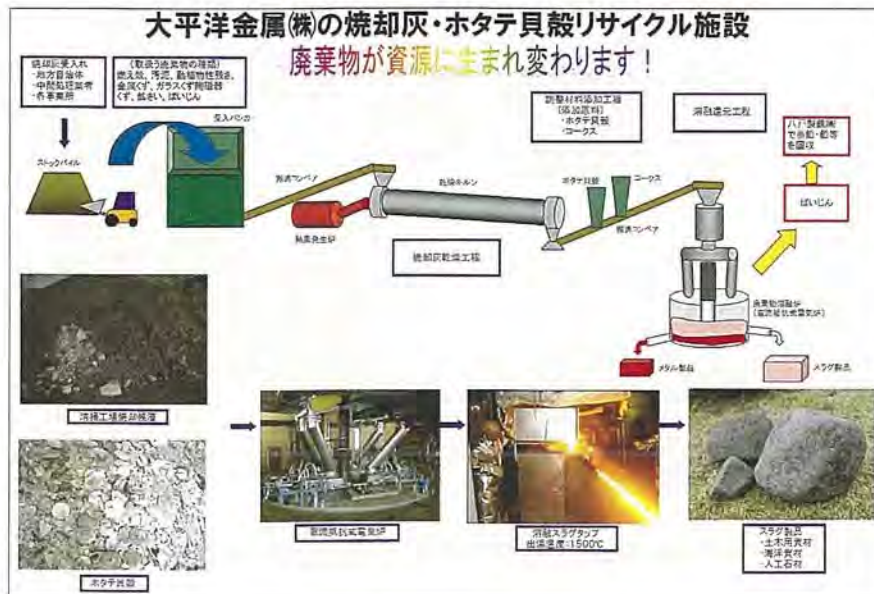
高温溶融による焼却灰の人工骨材化
メルテックでは、焼却灰をコークスを燃料とした高温溶融により、安全性が高く強度も十分にある人工骨材として再利用しています。

メルテック株式会社



大太平洋金属株式会社

世界最高水準をいく独自の再資源化システムの事業を展開し、地域の循環型リサイクルに貢献しています。



ゴミ焼却灰とホタテ貝殻を直流電気抵抗炉で溶融・還元し、灰に含まれている重金属類を含む各成分をメタルとスラグに分離し、メタルは金属資源、無害化されたスラグは土木・海洋資材等の資源として再利用するものです。

さらに、ガラスくずおよび陶磁器くず、がれき類、動植物性残渣、汚泥等の処理も行い、地域の資源有効リサイクル、およびエコタウン構想に寄与しています。

参加企業プロフィール

東洋興産株式会社

青く美しい地球を後世に残す ために

近年ダイオキシンや重金属に代表される環境汚染問題が顕在化する中で、ごみ焼却灰の還元溶融化方式は有害物質を除去した極めて有用なスラグ石材になることが実証され、再資源化による整合性のある石材として認知され、その活用が待たれています。

私共は土木石材を業とする共生環境の保全をコンセプトとした石材専門会社です。この有用な灰溶融スラグ石材を環境整備の社会的啓発に向けて広く、大きく、身近な環境建設資材として、また、母なる海洋牧場の漁礁基材として夢を大きく膨らませる研究開発に協力しております。

異業種の技術交流を基に、水環境保全対応の知恵と技術の融合がセメントの有害性を踏まえた生態系を分断することのない共生環境を創る源泉を形づくります。

■リサイクル護岸材

- セメントレス、ゴミのリサイクル化で自然と人に優しい素材
- 共生環境の保全とゼロエミッション
- 植生緑化機能と植生根の活用による柔構造体の恒久的多自然護岸で生態系の保全
- 護岸・護床工事の簡単施工、工期短縮、コスト削減が実現
- 製品の工場生産ユニット化で品質の向上と普通作業員の簡便な施工が可能で施工性が飛躍的に改善



【各社企業概要】

企業名	事業所所在地 連絡先	事業内容
中部リサイクル株式会社	〒455-0026 愛知県名古屋市港区昭和町18番地 TEL:052-611-1511 s.matsuoka@chubu-recycle.co.jp FAX:052-614-0716	一般・産業および特別管理産業 廃棄物の溶融固化、無害化処理等
中央電気工業株式会社	〒314-0014 茨城県鹿嶋市光4番地 TEL:0299-84-3407 t_kikuno@chu-den.co.jp FAX:0299-84-3409	一般・産業および特別管理産業 廃棄物の溶融固化、無害化処理等
メルテック株式会社	〒323-0158 栃木県小山市大字梁字愛宕2333番29 TEL:0285-49-1080 minegishi.s@meltec-ltd.co.jp FAX:0285-49-1084	焼却灰を原料とする人工骨材の 製造と販売
大太平洋金属株式会社	〒031-8617 青森県八戸市大字河原木字遠山新田5番2 TEL:0178-47-7165 k-kawasaki@pacific-metals.co.jp FAX:0178-22-7350	一般・産業および特別管理産業 廃棄物の溶融固化、無害化処理等
東洋興産株式会社	〒989-3123 宮城県仙台市青葉区錦ヶ丘6丁目7番10号 TEL:022-392-8030 ecostone@ninus.ocn.ne.jp FAX:022-392-8032 【溶融スラグ石材研究会事務局】	環境景観石材の開発・製造・輸入・ 販売業 環境土木石材工事の設計・施工 および管理業務

2. 各社事業概要

2.1 大太平洋金属(株)における溶融スラグ製造概要と品質

2.1.1 施設概要

大太平洋金属(株)はフェロニッケル等の合金鉄製錬で長年培ってきた低品位鉱石からの有価金属の高効率回収という独自の製錬技術を活用し、「焼却灰・ホタテ貝殻リサイクル施設」と命名したごみ焼却灰の無害再資源化システムの開発に平成7年から取り組んできました。

また、八戸地区を青森県の資源循環型地域づくりの拠点とし、廃棄物を発生させないモデル地域にする「あおもリエコタウン構想」が平成14年12月に経済産業省と環境省に承認されました。この構想の中核を担うのが、「焼却灰・ホタテ貝殻リサイクル施設」であり、大太平洋金属では平成15年10月から後述のリサイクル施設の操業を開始し、隣接する非鉄製錬会社との連携により最終処分不要な「ゼロ・エミッション」地域の構築を目指しています。

このシステムは、県内外から発生する一般廃棄物および産業廃棄物の焼却灰に炭酸カルシウムを主成分とする、青森県内でも年間5万トン前後発生するホタテ貝殻を副原料として添加し、直流抵抗式電気炉で還元溶融することによって、金属とスラグを分離し、有害物質の含有量が従来技術に比較して極めて少ない溶融スラグを製造すると共に、分離回収した金属は金属製品として、一部金属は非鉄製錬会社の原料として再利用するものです。溶融スラグは、土壤汚染対策法で定められている有害物質の溶出基準及び含有量基準を満足しています。

表-1 に処理対象廃棄物の種類を示します。

表-1 処理対象廃棄物の種類

事業の区分		廃棄物の種類	
中間処理	焼却	産業廃棄物	汚泥 廃油 廃プラスチック類 紙くず 木くず 繊維くず 動植物性残さ ゴムくず 金属くず ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず ばいじん（廃油を含むものに限る。）
	溶融		燃え殻 汚泥 動植物性残さ 金属くず ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず 鉱さい ばいじん 政令第2条第13号廃棄物（燃え殻、汚泥（燃え殻及びばいじんを処理したものに限る。）及びばいじんを処理したものに限る。）
	溶融	特別管理産業廃棄物	燃え殻 汚泥 ばいじん 政令第2条第13号廃棄物（燃え殻、汚泥（燃え殻及びばいじんを処理したものに限る。）（これらのうち、カドミウム又はその化合物、鉛又はその化合物、六価クロム化合物、砒素又はその化合物、ダイオキシン類を含むことのみにより有害なものに限る。）

これらのうち、自動車等破砕物であるものを除く。

2.1.2 処理工程

施設は、前処理の篩い分け設備、受入・乾燥・配合・搬送設備、直流抵抗式電気炉および排ガス処理設備で構成されます。処理能力は、乾燥原料で一日あたり50トンです。図-1に、焼却灰・ホタテ貝殻リサイクル施設の処理フロー図を示します。受け入れた焼却灰は、磁選した後、篩い分けして原料ホッパーに投入します。また副原料のホタテ貝殻と還元剤のコークスもそれぞれのホッパーに投入してロータリードライヤーに送られて加熱乾燥した灰と所定の配合比率に計量・切出して電気炉に投入します。

焼却灰・ホタテ貝殻リサイクル施設 廃棄物処理フロー

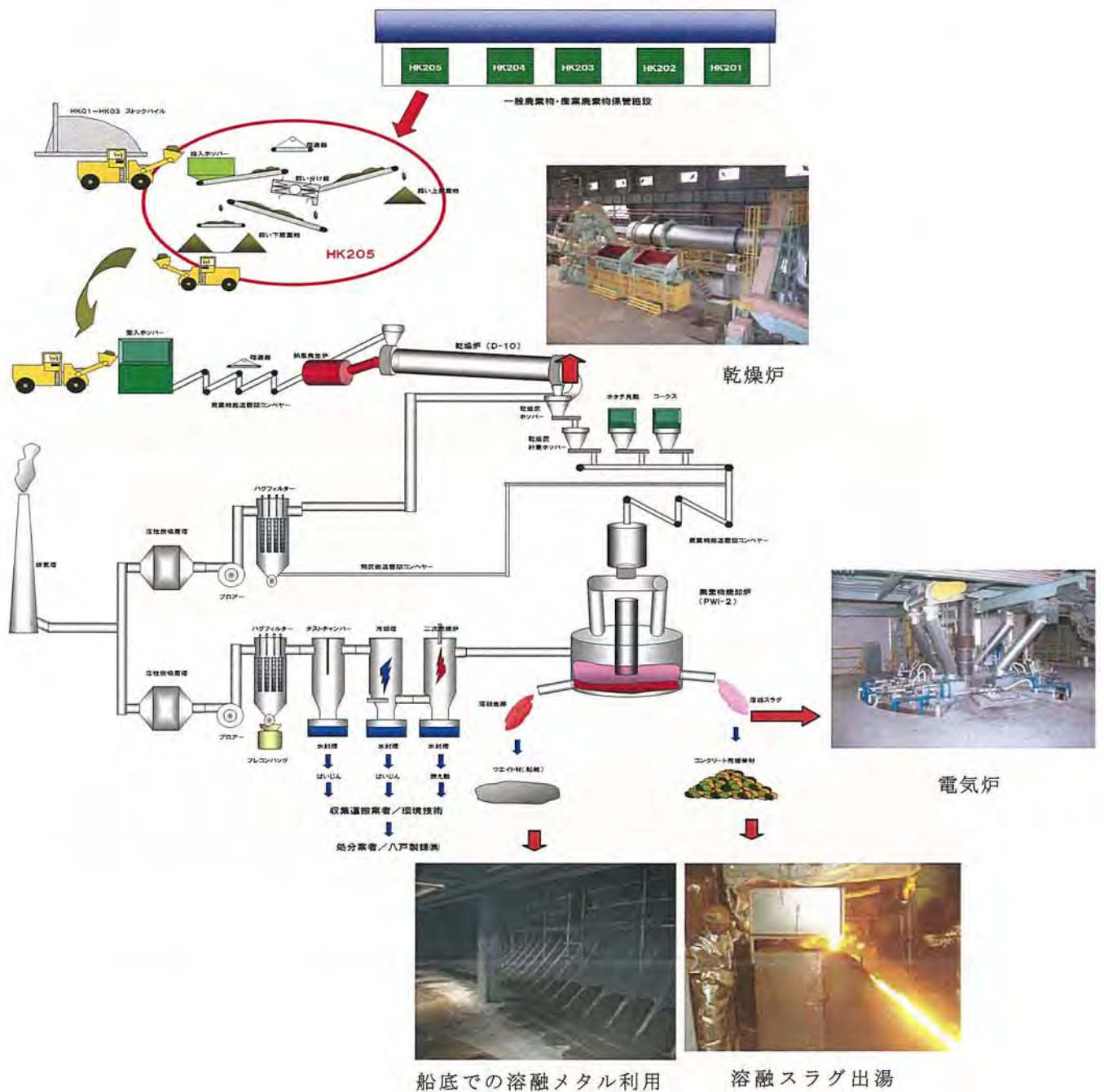


図-1 焼却灰・ホタテ貝殻リサイクル施設の処理フロー図

電気炉内で1,500~1,600℃に還元溶融された原料は、比重の差によって溶融金属とスラグの層に分離され、それぞれのタップ孔からそれぞれの鋳型に抜き取ります。スラグ用鋳型から抜き取ったスラグは、破碎し、粒度を整え路盤材や細骨材とします。この細骨材は、各品質基準を満足することから、県内のコンクリート二次製品メーカーがこれまでの砂の代替えとして配合して製品を製造しています。これらのコンクリート二次製品は、青森県リサイクル製品の認定を受けています。また当社溶融スラグ細骨材を配合したアスファルトも同認定を受けています。一方溶融金属は、比重が大きいことから造船会社で船舶のウエイト材として使用されています。

ロータリードライヤーの排ガスは、バグフィルターでダストを回収した後、活性炭で処理して粉塵等を完全に除去して、大気中に放出し、回収ダストは原料にもどします。500~600℃になる電気炉排ガスは、2次燃焼炉で約900℃に再燃焼しダイオキシン等を分解した後、ダイオキシンの再生成を抑制する為に、冷却器で約200℃に急冷し、バグフィルターと活性炭で処理した後放出します。電気炉排ガス工程で回収した溶融飛灰は、隣接する非鉄製錬会社に委託して亜鉛や鉛等の原料にリサイクルをします。図-2に、青森県認定リサイクル製品カタログから、弊社溶融スラグから製造した細骨材を配合したアスファルト混合物及びコンクリート製品の一部を抜粋して紹介します。また、溶融スラグの品質及び溶融スラグ細骨材配合コンクリート製品の品質を表-2~表-5に示します。

第4回 認定製品	■平成20年3月認定【認定期間】～平成23年3月31日
<p>認定番号:第190401号 <small>【製品名】</small> 溶融スラグ入り再生加熱アスファルト混合物</p>	
<p>【品目】 ●再生加熱アスファルト混合物 <small>【循環資源】</small> ●産業廃棄物溶融スラグ ●アスファルトコンクリート塊</p> <p>産業廃棄物溶融スラグ、アスファルトコンクリート塊を使用した再生加熱アスファルト混合物です。 通常製品と同等の品質を有しています。</p>	
<p><small>共同企業体エコプラザ八戸</small> 八戸市北インター工業団地3-129-3 TEL.0178-28-3414 FAX.0178-28-9939</p>	



第8回 認定製品	■平成22年3月認定【認定期間】～平成25年3月31日	
<p>認定番号:①第210801号-③第210809号 <small>【製品名】</small> SC-ベンチフリュームふた 認定番号:④第210807号-⑥第210812号 <small>【製品名】</small> SC-U型側溝(落蓋式) 認定番号:⑦第210806号-⑧第210815号 <small>【製品名】</small> SC-鉄筋コンクリート境界杭</p>		
<p>認定番号:①第210802号-③第210810号 <small>【製品名】</small> SC-L型側溝(LS1) 認定番号:④第210804号-⑥第210813号 <small>【製品名】</small> SC-U型側溝ふた(落蓋式) 認定番号:⑦第210808号-⑧第210816号 <small>【製品名】</small> SC-排水フリューム</p>		
<p>認定番号:①第210803号-③第210811号 <small>【製品名】</small> SC-U型側溝ふた(LS1) 認定番号:④第210805号-⑥第210814号 <small>【製品名】</small> SC-横断ユニバーサル側溝</p>		
<p>※中は八戸工場、※は南部工場、※は弘前工場で製造された製品です。</p> <p>【品目】 ●コンクリート製品 <small>【循環資源】</small> ●産業廃棄物溶融スラグ 産業廃棄物溶融スラグを使用したコンクリート製品です。 通常製品と同等の品質を有しています。</p>	 <p>①第210801号-③第210809号 SC-ベンチフリュームふた</p>	 <p>①第210806号-③第210815号 SC-鉄筋コンクリート境界杭</p>
<p>②第210808号-④第210816号 SC-排水フリューム</p>		
<p>①(株)ホクエツ東北 八戸工場 上北郡おいらせ町向川原38-2 TEL.0178-56-2311 FAX.0178-56-4031 http://www.aomorihsnet.jp ②(株)ホクエツ東北 南部工場 上北郡東北町大字大浦字南家裏14-29 TEL.0178-56-5646 FAX.0178-56-5647 http://www.aomorihsnet.jp ③(株)ホクエツ東北 弘前工場 南津軽郡田舎館村大字川部字富岡68-2 TEL.0172-58-2430 FAX.0172-58-2543 http://www.aomorihsnet.jp</p>		

図-2 青森県認定リサイクル製品 (青森県認定リサイクル製品カタログから抜粋)

表-2 有害物質の溶出量 (mg/l)

製造月	カドミウム	鉛	六価クロム	ひ素	総水銀	セレン	ふっ素	ほう素
10.05月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.2	0.3
10.01月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.4	0.4
09.11月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.2	0.3
09.08月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.3	0.2
09.06月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.5	0.6
規格値	0.01以下	0.01以下	0.05以下	0.01以下	0.0005以下	0.01以下	0.8以下	1.0以下

表-3 有害物質の含有量 (mg/kg)

製造月	カドミウム	鉛	六価クロム	ひ素	総水銀	セレン	ふっ素	ほう素
10.05月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.2	0.3
10.01月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.4	0.4
09.11月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.2	0.3
09.08月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.3	0.2
09.06月	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005	<0.0005	<0.005	0.5	0.6
規格値	0.01以下	0.01以下	0.05以下	0.01以下	0.0005以下	0.01以下	0.8以下	1.0以下

表-4 コンクリート用溶融スラグ細骨材の化学成分

製造月	CaO (%)	全硫黄 (%)	三酸化硫黄 (%)	金属鉄 (%)	塩化物量 (%)	膨脹性 (%)	有機不純物	アルカリシリカ反応性
10.05月	23.2	0.5	0.1	0.4	0.003	0.01	淡い	無害 (A)
09.01月	21.3	0.6	0.1	0.5	0.002	-1.87	淡い	無害 (A)
09.11月	22.0	0.6	0.1	0.5	0.002	-2.22	淡い	無害 (A)
09.08月	23.0	0.5	0.1	0.5	0.002	-2.85	淡い	無害 (A)
09.06月	22.7	0.6	0.2	0.5	0.003	-1.21	淡い	無害 (A)
規定値	45.0以下	2.0以下	0.5以下	1.0以下	0.004以下	2%以下	—	—

表-5 コンクリート用溶融スラグ細骨材の物理的性質

製造月	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	安定性 (%)	粒形判定実績率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率
10.05月	2.94	0.52	1.1	53.1	0.8	2.74
09.01月	2.90	0.45	0.5	55.6	0.7	2.63
09.11月	2.93	0.59	0.4	53.1	1.5	2.58
09.08月	2.94	0.47	0.8	53.1	2.9	2.55
09.06月	2.92	0.87	2.5	53.2	1.3	2.67
規格値	2.5以上	3.0以下	10以下	53以上	7.0以下	—

2. 2メルテック(株)における溶融スラグ製造概要と品質

2.2.1 施設概要

1999年4月からの本格操業開始以来、累計で24万トン以上の一般廃棄物及び産業廃棄物の焼却灰、ばいじんの資源化委託を受け、コークスベット方式溶融炉で、高温還元溶融(1800℃)により焼却灰中の物質を分離抽出し、素材原料として再生利用することで資源循環型社会構築に寄与しています。

生成された溶融スラグは、結晶(徐冷)スラグで天然石と同等の性能を有し、安全性については有害物質の溶出量及び含有量基準(JIS A5032)を大幅にクリアし、製品名「メルエース」として「とちの環エコ製品認定(栃木県リサイクル製品認定制度)」を受け道路用再生骨材の補足材として利用されています。また、溶融メタルは有価金属含有量(銅、金、銀、プラチナ、パナジウム)が高く安定した品位で生成され、精錬事業者から高品位の評価を得、有価で販売されています。



- 所在地 栃木県小山市大字梁 2333 番 29
- 施設名 メルテック株式会社
- 処理能力 110.76 t/日(24時間)
- 稼働日数 300日/年

2.2.2 溶融施設

当社は、製品の安全性、物理的性能を確保するため、原料である焼却灰の性状の均一化を行っています。原料ヤードでの攪拌を行い、選別工程で鉄分などの溶融不適物の除去を行い、乾燥工程で形状の均一化を図っています。

溶融炉はコークスベット方式を採用しています。最高温度は1800℃以上であり、また炉内は還元雰囲気のため重金属(Cd、Pb、Hg等)の揮散を促進するため、溶融スラグへの重金属の含有率が低く安全な良質のスラグが生産されます。また、物理的には空冷により結晶化を促進させ天然石と同等となります。



(設備全景)

2.2.3 処理フロー

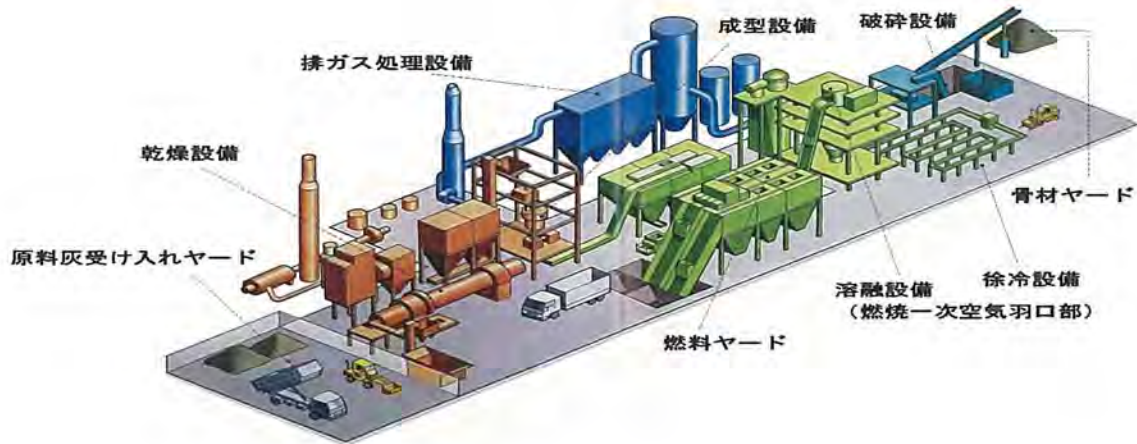
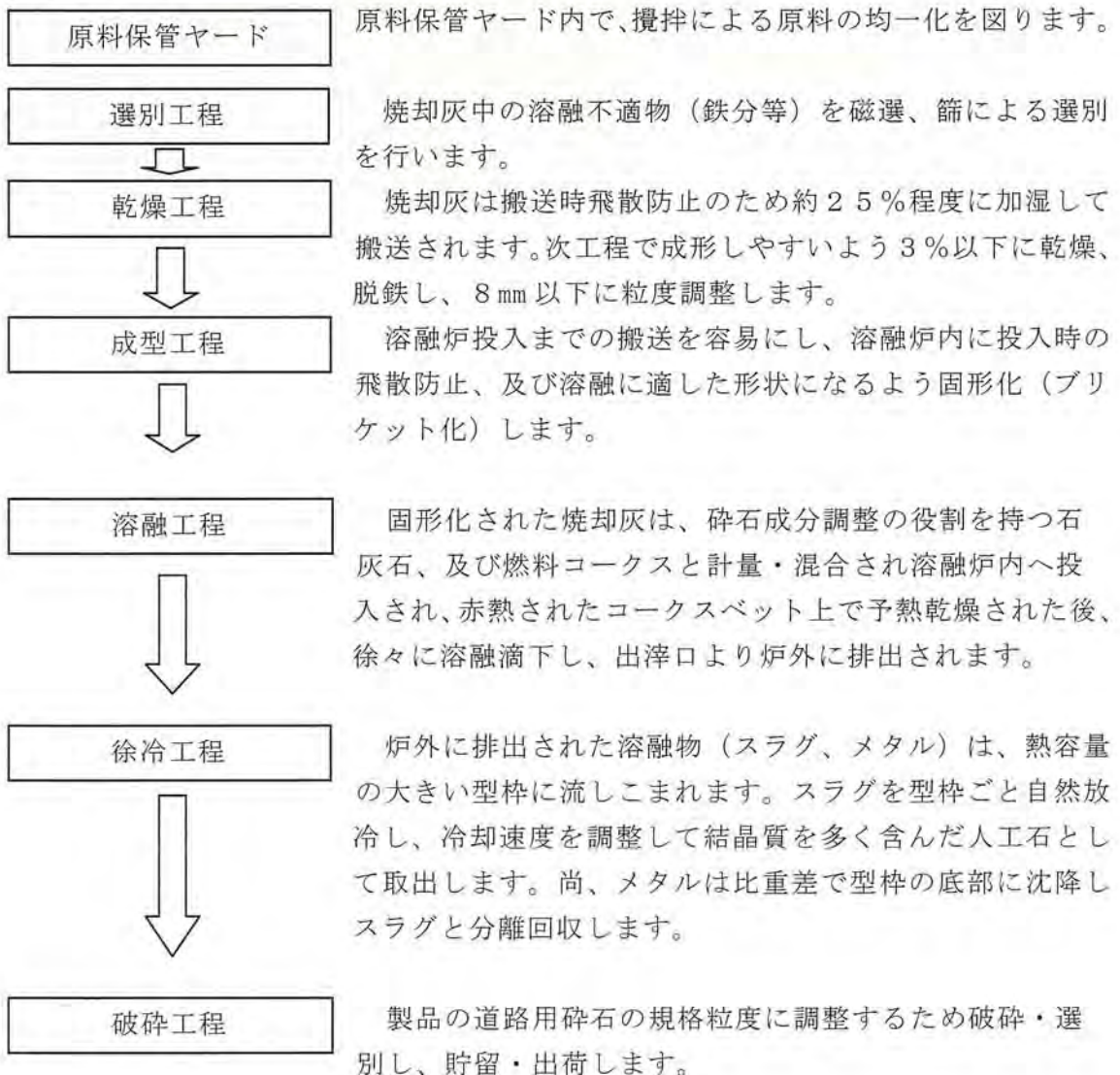


図-1 処理フロー

2.2.4 処理工程



2.2.5 溶融スラグの建設材料への適用についての実証、実施例

表-1 国土交通省関連溶融スラグ利用研究（メルテック）

	路盤材	コンクリート骨材	アスファルト骨材
試験レベル	パイロット施工	パイロット施工	場内テスト
実施時期	1999年7月施工	2000年10月施工	2000年8月～12月
場所	新4号国道 薬師寺交差点付近の側道	新4号国道 向野交差点 ランプと側道の重力式擁壁	国土交通省土木研究所 場内
試験目的	道路路盤材としての適用性評価	コンクリート粗骨材としての 適用性評価	耐久性評価
写真			
評価	天然骨材と同等	天然骨材と同等	A交通供用7～8年相当で問題なし

2.3 中央電気工業（株）における廃棄物溶融固化リサイクル事業概要

2.3.1 はじめに

当社は、明治39年新潟県に誕生した水力発電事業会社をルーツに、昭和9年にマンガン系合金鉄メーカーとして設立され現在に至っている。茨城県鹿嶋市と新潟県妙高市に生産拠点をもち、コア事業である合金鉄事業に加え、環境事業及び機能材料事業を展開している。鹿島工場では、鉄鋼生産に不可欠な副原料であるマンガン系合金鉄を製造しており、併せて環境事業を行っている。

環境事業は、合金鉄製造で培った高温溶融技術を生かし平成7年に開始した既存合金鉄炉による民間初の焼却灰溶融固化無害化事業が始まりである。現在では既存合金鉄炉2基と廃棄物専用炉2基の計4基体制による『廃棄物溶融リサイクルセンター』として、一般廃棄物や産業廃棄物の溶融処理による無害化リサイクル事業を行っている。

2.3.2 環境事業の概要

(1) 施設の概要

鹿島工場では、茨城県・千葉県・神奈川県を主体に各市町村から発生する一般廃棄物の焼却灰を引き取り、溶融固化・無害化处理し、路盤材などへリサイクルしている。さらに、産業廃棄物や汚染土壌の溶融固化処理も行っている。処理が出来る対象廃棄物は次の表-1に示す通りである。

表-1 対象廃棄物

一般廃棄物	焼却灰およびばいじん、破碎残渣、不燃残渣、し尿焼却残渣、汚泥
産業廃棄物	がれき類、ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず(石綿含有廃棄物を含む。)、金属くず、汚泥、鉍さい、燃え殻、ばいじん
特別管理産業廃棄物	汚泥、燃えがら、ばいじん、鉍さいで重金属、有機塩素系化合物、ダイオキシンなどの基準値を上回るもの、廃石綿等
汚染土壌	ダイオキシン汚染土壌、埋め立て処分場掘り起こし物

廃棄物の溶融固化処理能力は、表-2に示す通りであり、溶融設備を4基有しており、安心して継続的な処理委託に応えられる体制となっている。

表-2. 廃棄物の溶融固化処理能力

処理設備	処理施設許可能力 t / 日	処理能力 t / 年
合金鉄電気炉 (2基)	115.3	計 100,000
廃棄物専用電気炉 (2基)	160.2	
合計 4基	275.5	

2.3.3 溶融固化システムの特徴

① 既存施設の有効活用と廃棄物専用炉による溶融処理

- ・既存の合金鉄炉では、合金鉄製造と同時に焼却灰の溶融固化を行うことで、焼却灰中の有用成分を合金鉄製造の副原料として活用できる。

- ・ 廃棄物専用炉では、その性状や成分により合金鉄炉への使用が制限される廃棄物も処理できる。

②高温処理による有害物の無害化

- ・ 熔融固化処理は旧厚生省指定(厚告194号)の特別管理廃棄物であるばいじんの処理方法のひとつであり、高温下での熔融はダイオキシンの無害化を完全に行うことができる。

③高効率の減容化、軽量化

- ・ 容積は35%に、重量は60%まで減少する。

④資源リサイクル

- ・ 熔融固化物は粒度調整し、路盤材、景観舗装材として活用されている。
 熔融固化物(エコスラグ)の規格である、「JIS A 5032 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化した道路用熔融スラグ」、「JIS A 5031 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化したコンクリート用熔融スラグ」に基づく品質管理を行い、各種土木用資材としてリサイクルしている。

2.3.4 熔融固化システムのフロー

図-1 に処理フローを示す。当社熔融固化システムは電気抵抗加熱による高温熔融を行うことによりダイオキシン及び重金属の分離・無害化を経て安定化・再資源化が可能となる。生成スラグの品質が安定しており、広範囲の用途へリサイクルできる。また、排ガス処理における高度処理システムの採用によりダイオキシン及び有害汚染物質の排出が抑制される。



図-1 熔融固化システムフロー

2.3.5 溶融固化物（溶融スラグ）の活用

図-2 に示すように、溶融固化物の環境安全性等の品質を確認した上で、各種用途へ活用している。道路用路盤材は、溶融スラグを破砕、粒度調整を行い、路盤材としての必要性能を確認し販売している。また、河川等の護岸工事用途として、自然に優しいセメントレス護岸材「護岸材（エコストーンマット）」、道路、舗道、公園等の施設整備用途として、「透水性景観舗装材（レスタエコ）」、「透水性景観舗装材（エコロード）」を開発している。

1 商品例



2 溶出試験結果

単位(mg/L)

分析項目	カドミウム	鉛	六価クロム	砒素
基準	0.01以下	0.01以下	0.05以下	0.01以下
試験結果	<0.005	<0.005	<0.01	<0.005
分析項目	総水銀	セレン	フッ素	ホウ素
基準	0.0005以下	0.01以下	0.8以下	1以下
試験結果	<0.0005	<0.002	<0.1	<0.01

基準：土壤環境基準
試験方法：JIS K-0058-1

3 含有試験

単位(mg/kg)

試料名	Cd	6価Cr	Hg	Se	Pb	As	F	B
定量下限値	≤0.1	≤0.5	≤0.05	≤0.1	≤0.5	≤0.5	≤100	≤0.5
基準	≤150	≤250	≤15	≤150	≤150	≤150	≤4000	≤4000
試験結果	≤0.1	≤0.5	≤0.05	≤0.1	5	≤0.5	750	170

基準：土壤環境基準
試験方法：JIS K-0058-2

図-2 溶融スラグのリサイクル

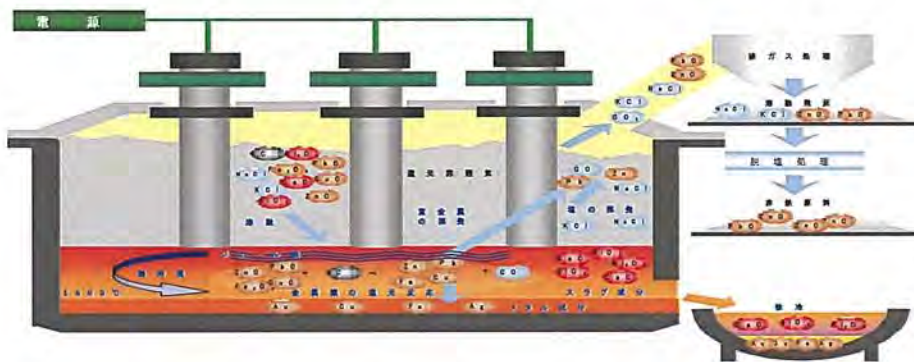
2.4.3 電気抵抗炉（サブマージドアーク炉）の構造と特徴

サブマージドアーク炉は還元式電気抵抗炉に分類され、その特徴は以下の3点である。

- (1) 強還元雰囲気中で溶融すること（低O₂状態）
- (2) 電力を溶融エネルギーとして高温（約1,600℃）で溶融する。
- (3) 3本の黒鉛電極で三相交流電流を流す。

炉体は円筒状（耐火物構造）であり、3本の黒鉛電極は炉底面に対して垂直、上部から見ると正3角形に配置される。原料となる焼却灰は磁選・乾燥、ばいじんは脱塩・造粒の予備処理を行ったあと、適量の炭材（コークス等）とスラグ品質を調整するカルシウム分（石灰石等）を混合して炉内に装入する。炭材中のC分は

$MO + C \rightarrow M + CO$ の反応で金属酸化物を還元するが、その還元力は炉内温度および炭材の配合割合に正比例し、電極の配置間隔に反比例する。したがって各金属元素の酸素親和力の違いによって還元力（移行率）を調整することができる。

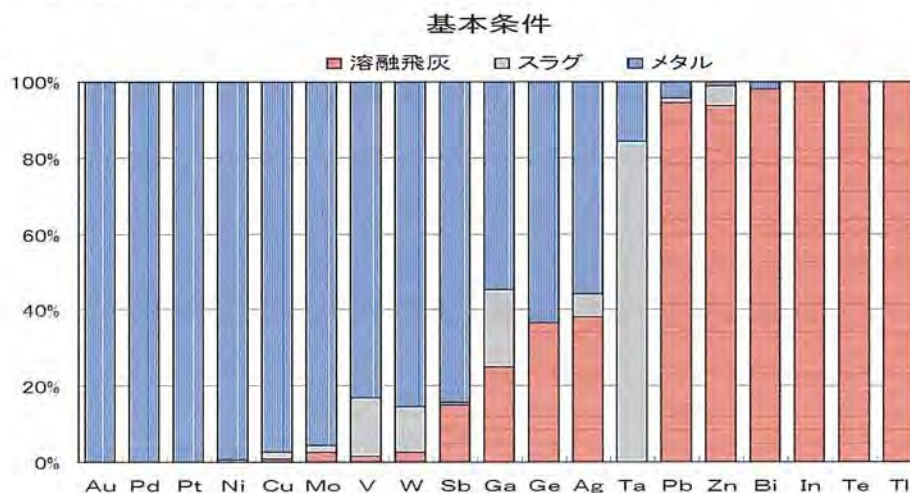


2.4.4 独立行政法人：JOGMECとの共同スタディ

「焼却灰中の金属・レアメタルの含有量とその炉内挙動調査」

- ・期間：平成19年12月～20年3月
- ・指導：国立環境研究所 大迫政浩室長
- ・参考文献①参照

(1) 各金属の移行率の違い



(2) まとめ：各金属の挙動は以下の4グループに分けることができる。

- ① 90%以上が溶融飛灰に移行：Pb、Zn、Bi、In、Te、Tl
- ② 80%以上が溶融メタルに移行：Cu、Ni、Au、Pd、Pt、Mo、V、W、Sb
- ③ 運転条件により溶融飛灰又はメタルへの移行率が変化：Ag、Ga、Ge
- ④ ほとんどスラグに残留：Ta

2.4.5. 貴金属を含む金属回収実績

表-1 2008年度の焼却灰処理実績と再資源化製品の生産量

	年間溶融処理量		年間製品生産量 (回収量)			
	量 (w. t)	一廃：産廃 (%)	溶融 スラグ (t/y)	金属回収量		
				磁選鉄 (t/y)	溶融メタル (t/y)	亜鉛・鉛原料 (t/y)
量	21,846	66%:34%	11,476	1,012	964 内 銅:111t 銀:665kg 金:40kg	374 内 亜鉛:135t 鉛:19t

2.4.6 溶融スラグの実績値

(1) 安全性

電気炉内での各金属の移行率の図で示すように、焼却灰中の有害金属類（鉛、カドミウム、クロム等）は強還元されて、溶融メタルまたは溶融飛灰にほとんど移行分離する。したがって溶融スラグに残留する量が非常に少ないため、有害金属の含有量・溶出量はJIS基準値をはるかに下回る数値となり、安全性の高い溶融スラグとなる。

以下に溶融スラグの含有量および溶出量の実績値を示す。

表-2 含有量実績値(JIS K 0058-2による)

成分	単位	基準値	含有量実績値			
			H20.9.17	H20.10.15	H20.11.26	H20.12.10
鉛 (Pb)		<150	5	8	5	4
カドミウム (Cd)		<150	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
六価クロム(Cr6+)		<250	<1	<1	<1	<1
ヒ素 (As)		<150	<1	<1	<1	<1
総水銀 (T. Hg)	mg/kg	<15	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン (Se)		<150	<1	<1	<1	<1
フッ素 (F)		<4000	1,200	600	1,300	1,400
ホウ素 (B)		<4000	330	460	270	280

表-3 溶出量実績値 (JIS K 0058-1による)

成分	単位	基準値	溶出量実績値			
			H20. 9. 17	H20. 10. 15	H20. 11. 26	H20. 12. 10
鉛 (Pb)	mg/l	<0.01	<0.005	0.005	<0.005	<0.005
カドミウム (Cd)		<0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
六価クロム(Cr6+)		<0.05	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
ヒ素 (As)		<0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
総水銀 (T. Hg)		<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
セレン (Se)		<0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
フッ素 (F)		<0.8	0.4	<0.1	0.1	<0.1
ホウ素 (B)		<1.0	<0.1	<0.1	<0.1	0.2

(2) 強度：スラグの結晶化を促進して自然石に近い強度にする。

- ① 溶融スラグを2日間掛けて徐冷 (0.3~0.5℃/分) することにより、ガラス質スラグを減らして結晶化を進める。
- ② 石灰石を添加することによりスラグ塩基度 (CaO/SiO₂) を0.85以上に調整して結晶化を進める。

2.4.7 溶融スラグの使用例 (愛知県安城市) 河川改修工事 「郷東川」



施工直後 (H18年3月)



2年経過後 (H20年) 植生の回復が見られる

(愛知県名古屋市) 広域河川山崎改良工事



籠マット工の詰め石に利用 (平成21年)

2. 5 東洋興産(株)での溶融スラグについての石材事業

2.5.1 環境景観高機能石材

■ 多自然型護岸材に求められる性能とは？

- ① セメントを使用しない自然素材である木、石、土等を組合せ、安定した護岸構造を構築し、加えて自然の景観、環境を保全することが出来ること。
- ② 積極的に共生環境を増進することに配慮した性能であること。
- ③ 流水による洗掘作用、土砂の吸出し作用等に配慮した堅牢な護岸機能を有し、コスト縮減が計れること。



■ 溶融スラグ石材を活用したトーヨーESSマット

ゴミ焼却処理によって発生するダイオキシン・重金属等による土壤汚染、水質汚染は深刻な環境破壊を招いております。その中、現在注目されております焼却灰溶融処理技術の確立がこの環境破壊を食い止める重要な手段であると私共は考えております。

トーヨーESSマットはこの技術によって再生された溶融スラグ石材を基に造り上げた土木資材です。

護岸材としての製品性能は在来工法・其の他の類似工法と比較して安全・安心・コスト縮減に寄与する土木資材です。また、ゼロエミッション・再生資源再利用の促進の観点から社会貢献度の高い製品と位置づけられると考えます。

- (1) 溶融スラグ石材からの重金属の溶出試験
 - ・・・土壤基準値以下で環境安全性が確保されている
- (2) 物理特性
 - ・・・JIS A5003 に準拠する石材試験で花崗岩に匹敵
- (3) コスト
 - ・・・自然石材と同等の価格設定

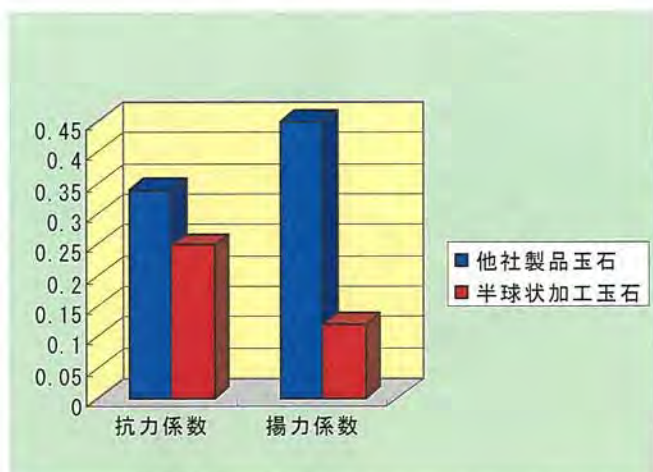


2.5.2 トーヨーESSマットの特徴

1. 溶融スラグ石材を半球状に切削加工する・・・石材の形状

- (1) 流水に対する抗力、揚力が減少し安定性が增大する。
- (2) マットとの接着面積を最大限確保することが堅牢な製品構造を構成する。
- (3) 上記により水理設計上、最大流速への適用範囲が拡大する。

[抗力・揚力係数の比較]



[石材の形状比較]

半球加工を施した平滑面に接着剤を塗布、固着一体化している



玉石野面上に接着材若しくはオールアンカー等にて固定

2.5.2 基布と吸出し防止材の縫製一体化



ポリエステル主材のジオグリッドと1.2mm厚吸出し防止材を縫製一体化し、16~17t/m²の高張力な連結基材をマット基布として、安全な玉石連結材とした。

- (1) 吸出し防止材の縫製一体化による工期短縮。
- (2) 製品全面より堤体内浸透水の効率的排水により滑り崩壊、吸出し破壊を抑止。
- (3) 植生根の土中貫入を容易にし、植生繁茂を助長する。更に植生根の力がマットと堤体を一体化させ恒久的な安定した護岸を形成する。

2.5.3 施工性及び経済効率

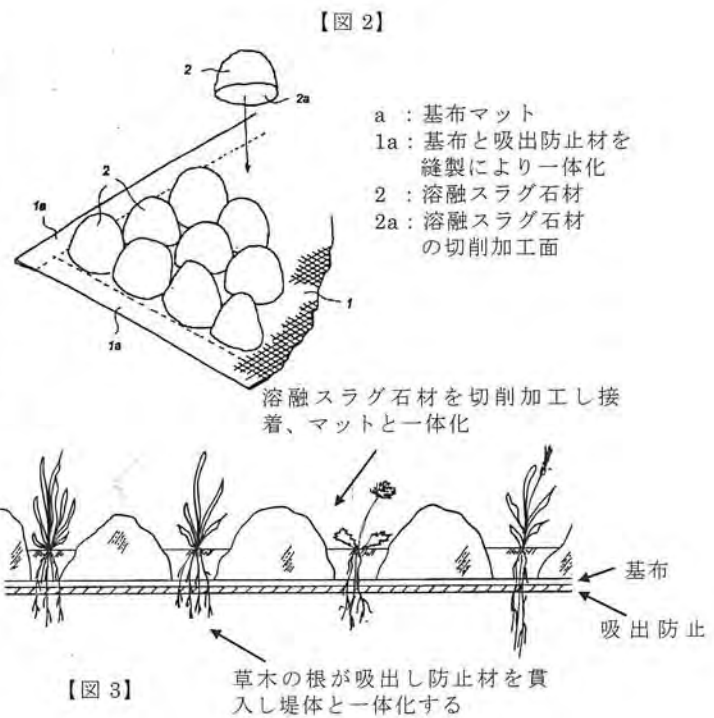
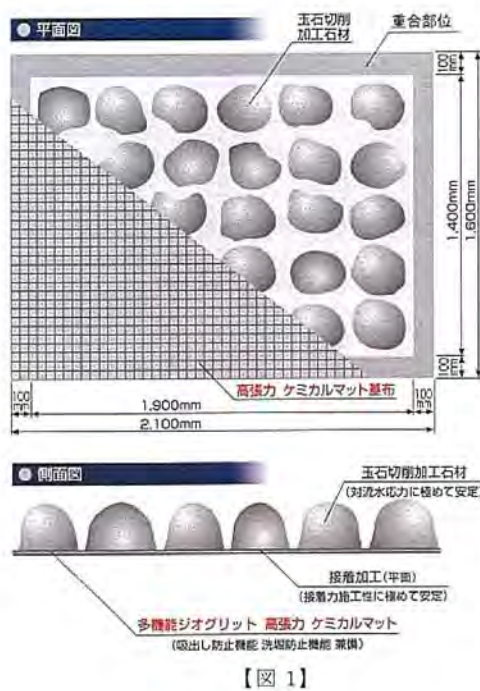
ユニット化された製品が機械敷設を可能にし、工期短縮・省力化によって在来工法と比較し約20%のコスト削減が可能！！

敷設面積： 200~250m²/日/5~6名

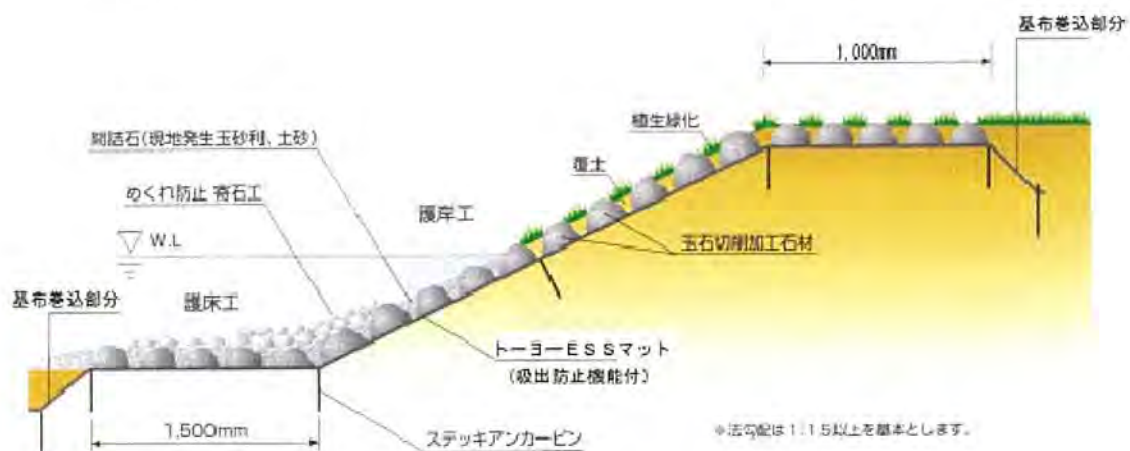
※ 吸出し防止工が必要なく、コスト削減に直結
(吸出し防止材の縫製一体化による)



2.5.4 製品単体図、構造図



2.5.5 施工標準断面図



2.5.6 施工手順

- ① 法面、河床等の基盤整形
- ② マットの敷設作業
- ③ マット間の連結作業
- ④ 打ち込みアンカーの打設
- ⑤ 覆土、間詰、寄せ石工

2.5.7 トーヨーESSマット工法 まとめ

- ① **自然と生活に共生環境の保全と創造を**
(水辺に叡知を注ぎ生態系に配慮した豊かな自然を保全し、省力、省資源によって人間生活に調和のとれた緑と自然の景観を創ります)
- ② **環境保全型資材の活用**
(ごみ熔融スラグ人工石使用による整合性のあるゼロ・エミッションに貢献できます)
- ③ **安全性、安定性**
(堅牢な熔融スラグ石材と強固な連結工法による外力対応安定化が図れます)
- ④ **耐久性**
(製品資材の吟味と施工法の工夫によるメンテナンスフリー、ライフサイクルコスト縮減が可能です)
- ⑤ **施工性**
(規格、管理化製品の工場生産は品質向上と普通作業員による簡便施工を可能にし、工期短縮を実現させます)
- ⑥ **経済性**
(新工法による簡便施工、工期短縮でコスト縮減に直結します)

■ 施工例



須川護岸工事 (山形県蔵王)



施工後6ヶ月経過



源長寺沢川多自然型護岸工事
(山形県)



地域用水環境整備事業
渋川用水路工事 (宮城県)



施工完了



施工後2ヶ月経過



やすらぎの川整備事業
月布川広場整備工事 (山形県)



施工後5ヶ月経過



施工後1年6ヶ月経過

3. 中国施設報告

3. 1 視察調査にあたって

(1) 目的

中国における廃棄物処理の現状を視察することを目的に、童新政氏の紹介で天津市、保定市、唐山市のゴミ処理行政について視察し、施設の実態、関係者との意見交換を行うこと、中国での高度ゴミ処理技術の可能性についての知見、糸口を得ることを調査目的とした。



〔天津市会見写真〕



〔天津市人民政府招待状〕

(2) 日本・中国の廃棄物処理の状況と視察の課題

日本では従来、都市ゴミを焼却処理し、焼却残さは埋めてする処理を長く行ってきた。しかし、埋め立て処分について、重金属、ダイオキシン等の有害物質の環境への懸念、あるいは埋め立て処分場の確保が困難という問題が生じている。そこで、近年、焼却残さを熔融固化することにより、無害化、石材化し土木資材として有効利用するシステムが急速に普及している。熔融固化処理の特徴としては重金属等の回収と無害化された熔融スラグの土木資材としてのリサイクル利用が可能なことである。

文献等によると、現在日本からの廃プラ、使用済み家電、部品等が中国に持ち込まれ、資源回収等が行われており急速に拡大していることを言われており、中国の資源回収事業での環境問題等についても顕在化が指摘されている。資源循環を考える上で今後、日本国内のみならず、国際協力を推進することが、大きな課題となることは明らかである。上記の問題を踏まえ、廃棄物からの資源循環に関するシステムを作るという課題解決への貢献等も想定して、熔融固化技術の活用も重要となっている。

今回、中国の廃棄物処理の現地を視察し施設の実態、関係者との意見交換を行うこと、さらに上記問題を踏まえ、熔融石材研究会の熔融固化技術により、解決、貢献に向けての方策、可能性についての知見、糸口を得ることを視察調査の目的とした。

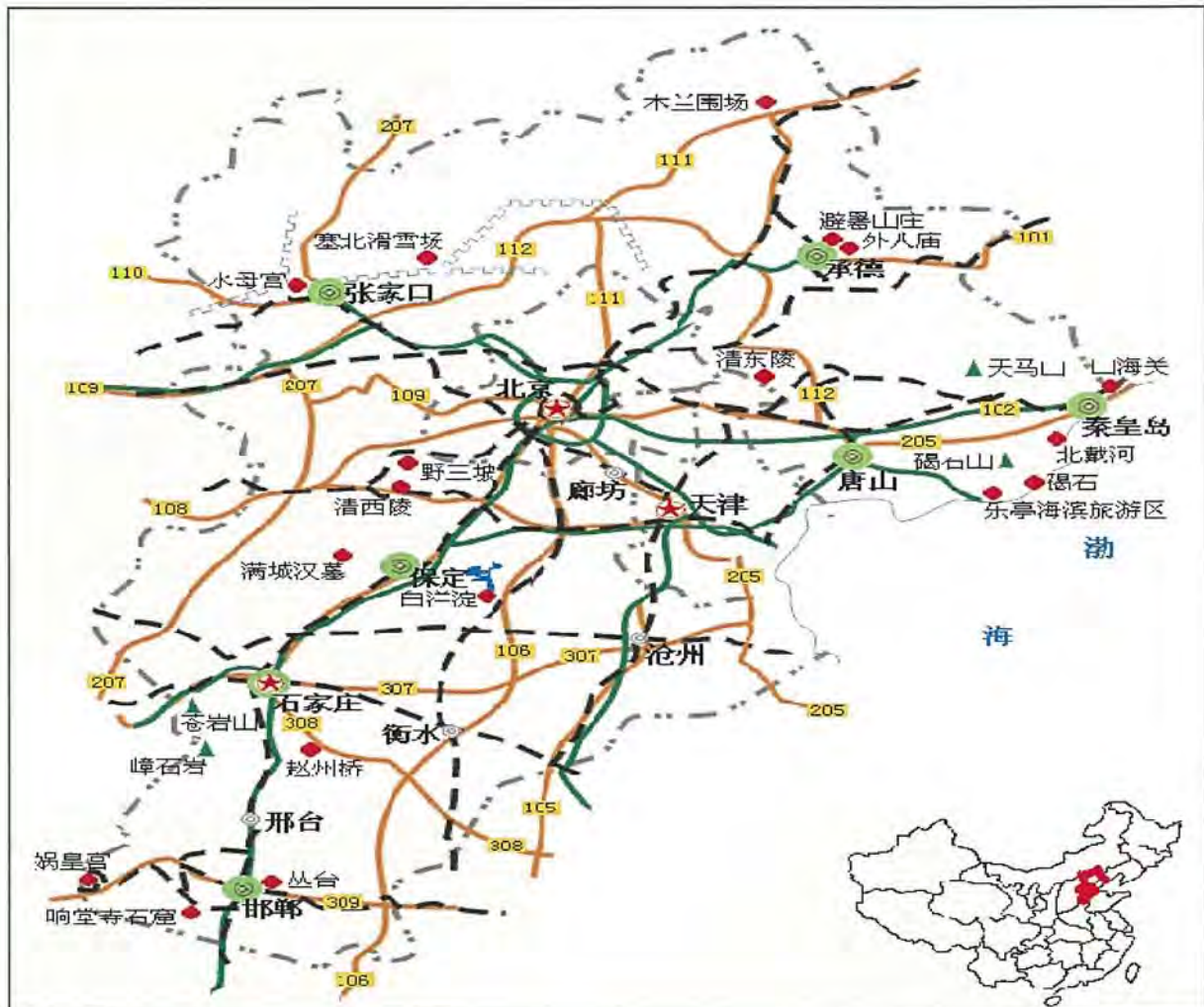
3. 2 訪中参加者名

〔熔融スラグ石材研究会〕

会長	上埜 秀明 (中央電気工業株式会社)
理事	渡辺 一平 (メルテック株式会社)
理事	水野 良夫 (中部リサイクル株式会社)
理事	松岡 庄五 (中部リサイクル株式会社)
顧問	北辻 政文 (宮城大学准教授)
事務局長	齊藤順一郎 (東洋興産株式会社)
委員	峯岸 栄 (メルテック株式会社)
委員	今村 太一 (中央電気工業株式会社)
委員	上野慎一郎 (大平洋金属株式会社)
委員	菊野 孝則 (中央電気工業株式会社)
委員	佐藤 弘志 (中部リサイクル株式会社)

3.3 視察訪問スケジュール

- ①日程 : 2007年11月14日(水) ~ 11月18日(日)
 ②訪問先 : 天津市、保定市、唐山市、北京市 : 詳細は以下の通り



3.4 天津市危険物処理中心視察 (11/15)

先ず天津市環境局長から、「当施設は工業廃棄物、危険廃棄物の安全処理を目的に事業実施しており、原子力廃棄物の処理も実施している。蔡薫事より工場の概要等を説明する。」との挨拶があった。

蔡薫事からの工場概要説明では、設備はフランスの技術を導入、シンガポール企業と合弁会社を造り事業運営している。工場は5つの工程からなっており、①危険物の焼却②汚泥処理(重金属)③安全埋め立て処分(不燃物)④医療用品廃棄物処理(天津市全部が対象)⑤生物化学処理(工場内排水処理)である。2001年に事業会社設立しており。資本金は7200万元で、天津市、シンガポールの化学会社、中国環境公社の出資による。2003年9月に本格稼働している。尚、中国で1番最初に稼働した施設である。処理対象の範囲は廃棄物40種、有害物600項目であり、①金属廃棄物②重金属、農薬化学物質汚染残渣③猛毒、爆発物④発がん性の農薬汚染物 等である。技術対応の要点は①安全に廃棄物を処理するための管理 ②二



次汚染を生じない為の管理である。焼却工程については、①焼却能力は13,500 t/年 ②キルン式で、燃焼温度は800～900℃以上 ③2次燃焼は滞留時間が2秒以上、温度は1200～1400℃である。物理処理・資源回収について、対象は重金属汚泥を含む廃液、有機性有害廃棄物であり、蒸留等で分離での分離処理を行なっている。化学製品等の包装資材の処理は埋め立て処理となっている。医療用品の処理は高温、高圧処理している。排水処理量は500 t/日の能力を有しており、国の検査は4回/年で環境局が実施している。



(正門前にて記念写)

(天津市のゴミ処理概要)

生活ゴミと工場廃棄物処理は環境保健局が担当している。生活ゴミ発生量は、都市ゴミ1200万t/年、農業廃棄物2000万t/年(動物の糞尿)。工業廃棄物発生量は、危険物が約15万t/年発生しており、その処理内訳は、12～13万tがリサイクル、2万tの無害化処理を行なっている。また、医療系廃棄物5000万t/年が発生している。それらの廃棄物を処理するため、6つの埋め立て場を有し、また焼却工場は現在1施設(タクマ製焼却炉)が稼動しており、更に2施設が建設中である。



現状の焼却残さのリサイクル状況は1万2000 tを路盤材に利用しており、飛灰は危険物として1万2000 t/年埋め立て処理している。また、焼却灰の一部をコンクリートで固化してコンクリートタイルとして使用している。



(焼却工場)



(焼却灰混入コンクリートタイル)

最後に、活発な意見交換が行なわれた、その内容は次の通りである。

- ①天津市危険物処理センターは中国で一番最初に稼動(2003年)した施設で、現在中国全土で4施設が稼動しているが、収益を上げている施設は当施設だけである。また、国の方策として今後各省に1施設を建設する計画がある。
- ②排水基準は日本のおよそ10倍で、特にPb(鉛)の溶出基準は1mg/lである。
- ③PCB処理施設は、東北地方に1箇所あるが、天津市では現在天津市危険物処理センターが申請中である。
- ④廃アスベスト、石綿の処理は埋め立て処理を行なっている。
- ⑤Pb廃棄物の主な発生源は、鉛電池である。

(天津市側出席者)

天津市環境管理委員会 王 宗湧 副主任
 天津市僑務弁公室 袁 静 副蕪長
 処理中心 蔡 凌 蕪事



3.5 天津市環境委員会での北辻准教授からの「日本におけるごみ処理の現状」について講演会

講演に先立ち、天津市環境局刻志永副主任より挨拶があった。その挨拶の中で、天津市人口は1000万人であり、ごみ処理は5つの埋め立て処分場と1つの焼却場で処理されており、5000t/日のごみ処理を行っていることが紹介され、埋め立ては貴重な土地を無駄にしているとの問題意識を持っているとの意見を述べられた。北辻准教授講演内容要については別紙資料を参照。

(意見交換)

講演後の意見効果では、ごみ処理事業についての費用負担の問題、ごみからの資源回収等のリサイクル等について活発な議論があった。

(天津市メンバー)

天津市僑務弁公室 刻志永副主任
 所長



(北辻准教授講演)

3.6 保定市人民政府商務局の歓迎昼食会 (ZHONGYIN HOTEL にて) (11/16)

保定市商務局 王局長より挨拶及び市概要説明を受けた。保定市は18県、3区、1開発区で構成され、面積が約2.2万㎡、位置は河北省中央(北京へ145km 天津へ150km)、人口は約1100万人、GDP1200億元、経済成長率は10%/年アップの都市である。



3.7 保定市商務局訪問(11/16)

保定市商務局を訪問し北辻准教授の講演会を行った。最初に商務局ニン氏より歓迎の挨拶を受け上埜会長より歓迎へのお礼の挨拶が行われた。

北辻准教授の講演について活発な質疑が行われ、日本の溶融処理についての現状、中国のごみ処理の現状等について議論された。また、講演会終了後、保定市の生活ごみの埋め立て工場を視察した。このごみ処理埋め立て工場での処分場容積は372万m³で、現在900t/日で埋め立て処理が行われており当初計画では15年間の埋め立てを予定していたが

当初計画に比べ処理量が増加しており
10年位で埋め立てが完了する見通し
との説明を受けた。
構造については、遮水シートはあるが、
排水施設は無いとのことであつた。



(北辻准教授講演)

3.8 唐山市環境委員会訪問→北辻准教授の講演会(11/17)

唐山市環境委員会を訪問し、北辻准教授の講演会を行った。

講演に際し、唐山市のゴミ処理状況について説明を受けた。唐山市の概況は、人口は720万人、経済成長率13%/年、唐山市には製鉄事業が行われておりその鉄鋼生産量は5,000万t/年で中国の1/10の生産規模となっている、唐山市のごみ処理は現状、全て埋め立て処理であり、焼却設備は現在建設中のものがある。現在700t/日のごみ処理を行っている。下水処理場については発生する汚泥は農業への利用を行っている。

また、講演後、熔融技術についての意見交換が行われた。その内容は以下の通りである。

- ・ 熔融設備設置費用について→設備費：70t/日炉で35億円 用地：5000m²
- ・ 日本での稼働実績について→日本で約30年
- ・ 熔融の電力原単位：900kwh/t→540元/t (8000円/t)
- ・ 唐山市でのゴミ処理設備整備状況→日常のごみ焼却設備(発電)700t/日を建設中である。
- ・ 日本での熔融処理での費用負担：排出者から貰うのが一般
- ・ 日本政府からの税金等の優遇→一切ない
- ・ 日本では燃えるゴミと燃えないゴミを分別している。工業ゴミ(シュレッダーダスト等)も熔融され始めている
- ・ 日本での農産物の廃棄物処理方法→バイオマス利用、メタンガス発電によるエネルギー回収等
- ・ 日本での汚泥の処理方法→今までは焼却して埋立て、若しくは熔融してセメント工場で、燃料として再利用。
最近は製紙会社で使用
- ・ 日本のセメント生産での廃棄物利用について→400kg/tの廃棄物を使用
- ・ 熔融処理での排ガス処理→熔融飛灰の中にはZn、Pb、As、Cd、Hg等が含まれていて、これらをフィルターで回収し、きれいな空気だけを出す
- ・ 日本にはいろいろな種類の熔融炉があり、種類ごとに紹介することが出来ます。見に来て頂くとすべてわかりますので、是非一度見に来て下さい。



(環境管理委員会との意見交換)

また、唐山西郊污水处理工場見学を見学し、処理状況について、生活排水のみの処理で、処理水は川に流すことと工場の冷却水に利用しており、下水の整備率は農村以外で100%、全体で85%との説明を受けた。

(唐山市出席者)	名前	職務
	張 羽	市政府副市長、
	張 大軍	市政府副秘書長
	黄 桂梅	市城管局副局長
	劉 德政	市環境保護局副局長
	勾 國慶	市商務局副局長

3.9 まとめ

(1) 中国の廃棄物処理の状況について

中国でも環境への取り組みも極めて重要な課題と考えている。意見交換の中で「地球はひとつ」の発言に集約されている。中国のゴミ処理の現状はは直接埋め立てが殆どで、焼却実施例として天津のごみ焼却（発電）が稼働していることを確認した。保定市では現在焼却設備 1 基建設中とのことである。天津市では産業廃棄物（各種有害物対象）の焼却中心の処理施設がフランスの技術導入で運営されており、今後同様のものを中国各所に整備を進めたいとのことであった。

中国側の見解として、焼却施設建設の技術は中国にあり、熔融施設は未だないが、資源、環境の観点から興味はあるとのことであった。

(2) 中国との協力事業等の可能性についてイメージ

現状考えられる検討テーマ例を上げると以下の通りである。

- ①現在中国の廃棄物処理を循環リサイクルシステムとして完成させていくための技術貢献
- ②熔融スラグリサイクル普及への貢献
- ③廃棄物処理施設運営、環境管理等についての貢献 等

3.10 中国における廃棄物処理の課題と展望

人口が 13 億人を超え、さらに急速な経済発展を遂げる中国において、廃棄物の適正処理は、今後、極めて重要な課題である。

現在、中国の廃棄物の多くは、直接埋立処分が行われている。しかし、これは悪臭の発生が伴うとともに、エネルギー源である廃棄物を無駄にしていることになる。一部では焼却施設も稼働しているものの、極めて少ない状況である。焼却処理は、衛生面や廃棄物の減容の観点から有効であり、さらに発電が可能であることから、日本では 1800 箇所を超える焼却施設がある。しかし、近年問題視されている点は、環境安全性である。先ず、排ガス中から猛毒のダイオキシンが発生しており、日本は世界で最も多くのダイオキシンを発生している国でもある。次に焼却灰にはダイオキシンに加え、重金属も多数含まれている点である。中国における環境基準は、日本の 1/10 程度緩い基準となっており、天津市では焼却灰を煉瓦の原料として利用されていたが、日本では焼却灰を建設資材として、直接利用することはできず、埋立されている。このため、最近では、焼却炉から熔融炉へ移行している。熔融炉は、ごみを直接熔融する形式と焼却灰を熔融する形式があり、施設数は 200 ヵ所を超えている。この熔融炉の特徴は、①高温で溶かすためダイオキシンが分解されること、②金属や重金属は分離回収されるため資源として利用できること、③焼却灰が発生せず、建設資材として利用できるスラグが発生することである。さらに発電設備も備えた熔融炉も建設されている。このように、熔融炉は廃棄物がゼロとなり、資源およびエネルギーを回収する技術である。

以上のように、日本では直接埋立、焼却、熔融の順で処理方法が変遷し、熔融炉が主流となりつつある。中国においても今後、大きな技術発展を期待したい。そのためには廃棄物処理に関する環境問題等について両国の技術者の交流を進め、中国の廃棄物処理技術の検討を行うことが必要である。

廃棄物を適正処理し資源として回収することは、人々の安全・安心を保障するとともに、将来の世代のために資源を残せること、すなわち、ブルントランド報告書に示された **Sustainable Development** (持続可能な発展) そのものとして期待される。

4. 学会等における研究発表

研究発表は、農業農村工学会（旧農業土木学会）および廃棄物資源循環学会（旧廃棄物学会）を中心に、精力的に行われた。これまでに発表された研究業績を表-1に示す。

表-1 研究業績一覧

1. 論文発表
(1) 菊野孝則：高温熔融固化処理による無害化とリサイクル事業、学会・出版社：日本工業出版、掲載誌名：環境浄化技術9巻、7号、(頁36～38)、発行年月：20010年07月
(2) 松岡庄五：ごみ焼却灰を再資源化してできる熔融スラグについて、学会・出版社：日本工業出版、掲載誌名：環境浄化技術9巻、7号、(頁39～43)、発行年月：20010年07月
(3) 渡辺一平：焼却灰熔融スラグの有効利用、学会・出版社：日本工業出版、掲載誌名：環境浄化技術9巻、7号、(頁44～46)、発行年月：20010年07月
(4) 北辻政文：産業廃棄物熔融スラグのコンクリート骨材評価、学会・出版社：(社)日本産業機械工業会、掲載誌名：産業機械、710号、(頁29～31)、発行年月：2009年11月
(5) 大友鉄平、大塚浩司、北辻政文、武田三弘：ごみ熔融スラグを用いたポーラスコンクリートの緑化と空隙性状に関する研究、学会・出版社：(社)日本コンクリート工学、掲載誌名：コンクリート年次論文集31巻、1号、(頁1741～1746)、発行年月：2009年07月
(6) 北辻政文・上埜秀明：空冷された産廃スラグの建設材料としての利用に関する基礎的研究、学会・出版社：廃棄物学会、掲載誌名：廃棄物学会研究発表会講演論文集19巻、1号、(頁651～653)、ページ数：3、発行年月：2008年11月
(7) 北辻政文、上埜秀明：産廃熔融スラグの建設材料としての品質、学会・出版社：廃棄物学会、掲載誌名：第18回廃棄物学会研究発表会講演論文集、(頁649～651)、発行年月：2007年11月
(8) 北辻政文：ごみ熔融スラグの建設材料としての利用、学会・出版社：社団法人全国産業廃棄物連合会、掲載誌名：INDUST、22巻、10号、(頁18～21)、発行年月：2007年10月
(9) 北辻政文：産廃スラグのJIS化の今後 一般廃棄物から産業廃棄物への波及、学会・出版社：日本工業出版、掲載誌名：環境浄化技術6巻、6号、(頁6～8)、発行年月：2007年06月
(10) 北辻政文：循環型社会における熔融技術の役割、学会・出版社：日本フェロアロイ協会、掲載誌名：フェロアロイ、47巻、1号、(頁1～8)、ページ数：8、発行年月：2004年04月
(11) 北辻政文・曾我義貞・梅本真鶴・上埜秀明・齋藤順一郎：環境保全型資材としての熔融スラグ人工石の利用、学会・出版社：(社)農業土木学会、掲載誌名：農業土木学会誌71巻、8号、(頁53～56)、ページ数：4、発行年月：2003年08月
(12) 北辻政文 田中礼治：ごみ焼却灰熔融スラグのコンクリート用粗骨材としての利用に関する基礎的研究、学会・出版社：(社)農業土木学会、掲載誌名：農業土木学会論文集、225号、(頁89～98)、発行年月：2003年06月
(13) 北辻政文：ごみ熔融スラグの建設材料としての利用、学会・出版社：資源処理学会、掲載誌名：資源処理技術、49巻、4号、(頁1～8)、発行年月：2002年11月
(14) 北辻政文・遠藤孝夫・石田博樹・藤居宏一：Study on the utilization of melting slag from municipal solid waste as concrete materials、学会・出版社：Thomas Telford、掲載誌名：Proceeding of International Congress - Challenges of Concrete Construction-、(頁321～333)、発行年月：2002年09月
(15) 北辻政文・田中礼治・遠藤孝夫・鳴海繁実：都市ごみガス化熔融スラグのコンクリート用細骨材としての利用、学会・出版社：(社)日本コンクリート工学協会、掲載誌名：コンクリート工学論文集、13巻、2号、(頁89～98)、発行年月：2002年05月
(16) 北辻政文・大西崇夫・藤居宏一：ごみ熔融スラグ細骨材の鉄筋コンクリート製品への利用、学会・出版社：(社)農業土木学会、掲載誌名：農業土木学会論文集、204号、(頁167～172)、発行年月：1999年12月
(17) 北辻政文・藤居宏一：ごみ焼却灰熔融スラグのコンクリート用細骨材への適用に関する基礎的研究、学会・出版社：(社)農業土木学会、掲載誌名：農業土木学会論文集、193号、(頁1～8)、発行年月：1997年12月

溶融スラグ（徐冷）有効利用に向けた取組み
（溶融スラグ石材研究会活動状況報告書）

【発行日】平成22年3月

【企画・発行】溶融スラグ石材研究会事務局

〒989-3123 宮城県仙台市青葉区錦ヶ丘6丁目7番10号

TEL : 022-392-8030 FAX : 022-392-8032

E-mail : ecostone@ninus.ocn.ne.jp

無断複製を禁ず

