

次に各溶融部での実際の溶融対象物の種類を表 3-3 に示す。

ここでは、各施設とも、独自性を持っており、同じガス化溶融方式である A 施設と B 施設の処理対象物は、かなり異なっている。即ち、A 施設では、一般廃棄物（可燃ごみ）とともに、一般焼却灰（他所灰）を混合処理しており、B 施設は一般廃棄物（可燃ごみ）に下水汚泥と産業廃棄物を混焼している。

一方、灰溶融方式の 2 施設（C 施設と D 施設）においても、それぞれの特長を持ち、C 施設は当初計画では、場外一般焼却灰（他所灰）も混合処理する計画であったが、現在は、場内の一般焼却灰の処理のみを行なっている。これに対し、D 施設は、場外一般焼却灰の混合処理が中心である。なお、C 施設、D 施設とも、焼却灰以外に焼却飛灰も受入れ混合処理している。

また、B 施設、D 施設は、産業廃棄物を混焼しており、C 施設は、粗大施設からの残渣も受入れている。

表 3-3 溶融対象物の種類

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
ガス化溶融炉 または 焼却炉	一般廃棄物	○	○ 92%	○	×
	一般焼却灰（他所灰）	○	×	×	×
	下水汚泥	×	○ 3%	し渣	○
	し尿汚泥	×	×	×	×
	産業廃棄物	×	○ 5%	×	○ 燃え殻、ばいじん、汚泥等
	その他	×	×	×	×
	粗大施設からの選別ごみ	可燃粗大の 破碎物のみ	可燃粗大の 破碎のみ	可燃粗大 及び残渣	×
灰溶融炉	場内一般焼却灰	—	—	○（飛灰含む）	×
	場外一般焼却灰	—	—	×	○9 割 （飛灰含む）
	その他	—	—	×	○ 廃プラ

表 3-4 にそれぞれの施設におけるごみの性状を示すが、灰溶融方式の C 施設、D 施設における、焼却炉側の可燃ごみのデータは得られず、灰溶融炉への供給灰の性状のみを示す。

ガス化溶融方式の A 施設のごみは通常は基準ごみベースで運転されており、水分が多く、若干発熱量が低い状況にある。これに対し、B 施設は同じく基準ごみベースで運転されているが、そのごみ質は水分が比較的少なく発熱量も高めのごみとなっている。

灰溶融方式の C 施設、D 施設での処理灰の性状の内、C 施設では、同じ市内の収集ごみからの焼却灰であるため、その性状が安定しており数値が示されたが、D 施設は、各自治体の焼却灰（飛灰も含む）が集まるため、水分量を含め大きく差があり、平均的な数値も示されなかった。実質的には分析頻度を多くし（1 ヶ月毎）各種の灰をブレンドして溶融処理している。

表 3-4 ごみの性状

施設の名称			A	B	C	D
炉形式			ガス化溶融方式		灰溶融方式	
ガ ス 化 溶融炉 または 焼却炉	ごみ 三成分	水分 (%)	50	29	—	—
		可燃分 (%)	44	53	—	—
		灰分 (%)	6	18	—	—
	低 位 発 熱 量 (kJ/kg)	高質	12980	12560	—	—
		基準	8370	10900	—	—
		低質	7950	6280	—	—
	サンプリング頻度 (月)		3 ヲ月	2 ヲ月	—	—
灰 溶 融 炉	水分 (%)		—	—	0.1 未満	—
	塩基度 (-)		—	—	0.6～0.8	—
	サンプリング頻度 (月)		—	—	3 ヲ月	1 ヲ月

各施設における溶融炉へのごみ供給方式を表 3-5 に示す。ガス化溶融方式のA施設、B施設は、それぞれのシステムに適した最新の方式を採用している。即ちA施設はごみを前破碎し、ピットに貯留後供給するダブルピット方式でごみ質及び供給量の安定化を図っている。

また、B施設でも、大形の粗大可燃ごみは、破碎後供給し、塩基度調整材（石灰石）も常時供給している。なお、下水汚泥はごみピットに直接投入しているが、量的に少ない場合は、標準的に行われる方式である。

一方、焼却灰の供給に当ってはC施設、D施設だけでなくA施設の他所灰についても、炉へ供給する前に磁選・破碎・ふるい等の前処理が行われており、これも標準的な方法である。ただし、前処理の程度や塩基度調整材の供給方法等は炉の形式により各施設で異なる。

表 3-5 ごみの供給方式

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
ガス化溶融炉 または 焼却炉	ごみの供給方式	スクリー式	コンベア式	—	スクリー式
	前処理装置	前処理破碎机→ ピット→破碎机 →給じん装置	ギロチン式破 碎機 ＋ 塩基度調整	—	廃プラ：破碎 機、磁選機 下水汚泥：乾 燥機
灰溶融炉	灰の供給方式	—	—	スクリー式	コンベア式
	前処理装置	—	—	磁選→ふるい →破碎机 →磁選機	ふるい →磁選機
その他 備考		他所灰は、スク リーン→磁選機 の後、給じん装 置からガス化炉 へ供給する	下水汚泥は水 分 60%に乾燥 ずみのものを ごみピットに 供給する	25mm 以下の主 灰 と 飛 灰 (20%)を混合 供給する	焼却灰とばい じんは県内 17 市町から搬入 飛灰、塩基度 調整材はピッ ト混合

3-2-2. 溶融条件と運転実績

各施設の溶融条件を表 3-6 に示す。

溶融温度は各施設とも規定の 1200℃を超える 1300℃以上で操業している。各施設の設定温度は、炉型式による差異がある。

温度の測定については、ガス化溶融 2 施設は出湯ロスラグを放射温度計で測定、灰溶融 1 施設は炉内雰囲気温度を測定、1 施設は計算値で管理している。溶融温度の管理方法が多様である事が伺える。

溶融副資材としてはシャフト式ガス化溶融炉（B 施設）でのコークスのほか、燃料式灰溶融炉（D 施設）で廃プラを燃料使用量削減のため利用している事例があった。

塩基度調整材は使用しない 2 施設がある一方、シャフト式ガス化溶融炉でカルシウム源として石灰石を、飛灰混合の灰溶融炉でシリカ源の廃ガラス研磨汚泥を利用するなど、炉形式により対応が異なる。

表 3-6 溶融条件

施設の名称	A	B	C	D
炉形式	ガス化溶融方式		灰溶融方式	
溶融温度 ℃	1300	1700～1800	1400～1600	1300
計測対象物	出湯ロスラグ	出湯ロスラグ	スラグ	炉内雰囲気
計測方法	放射温度計	放射温度計	計算値	放射温度計 熱電対
燃焼室温度 ℃	1250	約 1000	—	900～1000
ガス化（灰溶融）炉出口酸素濃度 %（空気比 m）	m=0.3 程度	0.5%以下	還元	—
燃焼室出口酸素濃度 %	m=1.3 程度	6%	—	—
副資材	なし	コークス	なし	廃プラ
塩基度調整材	なし	石灰石	なし	廃ガラス研磨汚泥 （飛灰混合で塩基度が高くなるためシリカ源として添加している）

表 3-7 に各施設の運転実績を示す。

実績稼働延べ日数は、4 施設とも、ごみ量の減少の理由により計画運転延べ日数に未達であった。

各施設の内、A 施設、B 施設および D 施設は、ごみ量の減少に対応して、出来るだけ経済的な運営が出来る様 2 炉運転を多くするなど工夫している。

一方 C 施設は当初計画していた他所灰の受入を中止し、2 炉運転から 1 炉運転に切替え、有効利用できる以上のスラグを製造しない様、溶融炉の運転日数を調整している。

表 3-7 ガス化溶融炉・灰溶融炉の運転実績（2008 年度）

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
ガス化溶融炉	実績稼働延べ日数	680	674	—	—
	計画運転延べ日数	738	726	—	—
	(実績—計画)日数	-58	-50	—	—
	上記差の理由	ごみ量の減少	ごみ量の減少	—	—
灰溶融炉	実績稼働延べ日数	—	—	280	770
	計画運転延べ日数	—	—	290	864
	(実績—計画)日数	—	—	-14	-94
	上記差の理由	—	—	タービン点検補修	ごみ量の減少
その他 備考 (運転日数等はヒアリングによる)		1 炉運転 30 日 2 炉運転 340 日 3 炉運転 0 日 通常 90 日/炉 最長 100 日/炉 年間稼働日数 365 日	1 炉運転 6 日 2 炉運転 341 日 3 炉運転 12 日 通常 90～120 日/炉 最長 150 日/炉 年間稼働日数 353 日	焼却炉 2 炉に対し、溶融炉 1 炉を交互運転する。溶融炉の 2 炉運転はない。60 日/炉で切替、最長 93 日/炉の実績がある。	1 炉運転 13 日 2 炉運転 251 日 3 炉運転 85 日 連続運転通常 90 日/炉 年間稼働日数 349 日

3-2-3. 溶融固化物の後処理装置

各施設の溶融固化物の後処理装置を表 3-8 に示す。

溶融固化物の冷却方式については、4 施設とも水砕方式であった。冷却水管理はガス化 2 施設は補給のみであるが、灰溶融施設はブロー、オーバーフローや pH 管理を行っている。また、清掃が年 1 回が 2 施設（B 施設と D 施設）あるが、2～3 ヶ月の高い頻度で実施している施設もある。

スラグ後処理は磁選と磨砕・破碎が一般化している。ふるい処理は 3 施設で行っているが、1 施設（C 施設）では設置していない。

ふるいを設けている施設（A 施設、B 施設、D 施設）は積極的にスラグの外販を行っている施設で、良好なスラグを製造するという意志を明確にしている。一方 C 施設の主要利用先は最終処分場の覆土であるため、その必要性を感じてない。なお、磁選やアルミ除去の要否は、炉形式に関連した溶融固化物の特性によるものである。特に D 施設では、工場内の破碎機で、偏平化した金属アルミを屋外ヤードのふるいで除去するアルミ対策が行われている。

表 3-8 溶融固化物の後処理装置

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
冷却方法	方式	水冷	水冷	水冷	水冷
	冷却水温度 °C	55	40～50	40	常用 40/60 以下
	pH	8	—	7	8.5
	冷却水管理	補給のみ	補給のみ	定期ブローと補給	常時オーバーフロー＋レベル制御による補給＋pH 管理
	その他管理	3 ヶ月毎に清掃	年 1 回清掃	2 ヶ月毎に清掃	年 1 回清掃
後処理方法	溶融炉排出後の処理装置	摩砕機 →ふるい (粒度調整)	ふるい→磁選 →ふるい →磨砕	磁選機 →磨砕機	(工場内)破碎機 →ふるい 50mm (屋外ヤード)ふるい 5mm→磁選 →磨砕機 屋外ふるいで金属アルミを除去

溶融固化物の貯留設備については表 3-9 に示すが、調査施設の内、2 施設（A 施設、D 施設）は 100 日以上十分なヤードを持ち、分析値が出るまでの保管に問題はない。B 施設は、実質的には 2 ヶ月分以上のヤードを持ち、そのヤード内に 2 ヶ～4 ヶのスラグの山を作り、順次回転して行く方式を取っている。

なお、それぞれの施設におけるスラグ出荷までの管理は、A 施設はヤード（120 日分）を 4 区画に分け（写真 3-2 参照）月毎に受入・検査中・出荷・予備用として管理・運用している。B 施設では、大きな工場内のヤード（実質 2 ヶ月分）（写真 3-6）に、それぞれ受入・検査・出荷・予備のスラグの山を作り、分析時間を短縮しながら運営している。D 施設は、屋外の広いヤード（250 日分）（写真 3-14）に 4 ヶ所の大きな山を作り、長期間保管が可能な体制で検査合格後の古い方の山から出荷する方式で管理運営している。

これに対し、C 施設は貯留量が少なく、生産後短時間内で出荷する体制となっているが、主として最終処分場の覆土としているため実質的に支障はなく、将来ストックヤードを作る予定もないとの事であった。

いずれの施設においても、スラグの品質管理は JIS で定められているサンプリングと毎月の分析が行われており、安全に対する管理の意識は、浸透している。

表 3-9 溶融固化物の貯留設備

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
貯留設備		ピット+ヤード	ヤード	ピット	ピット+ヤード、 屋外ヤード
設備構造		R C 造	S R C 造	R C 造	ピット：SRC 造 ヤード：RC 造
貯留場所		工場内・外	工場内	工場内	工場内・外
貯留量 (日)	ピット	30	—	4	2
	ヤード	120	36.6 日 (実質は 2 ヶ月分)	なし	250
分析のロット管理		有	有	有	有
サンプリング頻度		1 回/週	2 回/週	1 回/週	1 回/月
分析頻度		毎月	毎月	毎月	毎月

3-2-4. ユーティリティー使用実績

各施設のユーティリティー使用実績を表 3-10 に示すが、いずれもエネルギー供給型であり、助燃材に主として何を使用するかは、それぞれの炉型式の特性による。即ち A 施設は、ごみカロリーの不足分を都市ガスでおぎない、B 施設はコークスを添加している。灰溶融方式の C 施設は、電気溶融式であり、D 施設はバーナ溶融式である。

それぞれの比較には処理ごみ量（又は処理灰量）当りのエネルギー量での比較が必要になる。溶融炉の運転において費用負担が大きなものは溶融飛灰処理のためのキレート剤である。今回これも調査した。

表 3-10 ユーティリティー使用実績（2008 年度 年間消費）

施設の名称	A	B	C	D
炉形式	ガス化溶融方式		灰溶融方式	
溶融固化物生産量 t	3794	16906	6243	32600
重油 kl	—	—	—	—
灯油 kl	—	300	112	12600
都市ガス m3	503913	—	—	—
LPG m3	—	—	—	11.4
コークス t	—	7800	—	—
石灰石等 t	—	5700	—	—
珪砂等 t	—	—	—	302
電力使用量 kWh	23947680	38000000	8658600	18645009
その他（キレート剤）t	475	330	処理費 6 万円/灰 t	山元還元

3-3. 溶融固化物の管理状況に関する調査結果

3-3-1. 溶融固化施設設置の経緯

溶融固化施設設置の目的となった要件を表 3-11 に示す。

各施設の設置目的、1 項目だけでなく数種の要件がからみあったものであるが、あえて絞った場合の主目的をヒヤリングし、◎印で示した。

主目的は大きく分けて、B 施設と D 施設は最終処分場の延命化で、A 施設と C 施設は補助金であった。特に C 施設では、施設建設後、これまで埋立っていた廃プラと粗大ごみを焼却処理することにより最終処分場に十分な残余量が発生している。

表 3-11 溶融固化施設設置の目的となった要件

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
最終処分場の状況	自区内にない	×	×	×	◎
	延命化が必要	○	◎	○	◎
	確保難	×	×	×	◎
溶融固化物の有効利用		○	○	×	×
溶融固化物有効利用の条例等		×	×	×	×
焼却施設建設の住民協定		×	×	×	○
焼却施設建設の補助金要件		◎	○	◎	○
ダイオキシン対策		×	○	×	○
その他		×	×	×	×
備考		最終処分場は H18 年に竣工したばかり	最終処分場は H29 年まで有り	処分場は廃プラ・粗大ごみの焼却処理により、残余量が増加し、50～60 年分有る	搬入市町の最終処分場事情により差が有る。 県のリサイクル製品利用条例は有るが設置後制定

3-3-2. 溶融固化物の分析管理

各施設の溶融固化物の分析管理状況を表 3-12 に示す。

表 3-12 溶融固化物の分析管理

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
管理責任者	施設運転	委託所長	工場長	市場長	工場長
	固化物品質	市担当者	市担当者	市担当者	工場長
	分析試験	市担当者	市担当者	市担当者	工場長
固化物サンプリング場所		ヤード	貯留場	ピット	貯留場
固化物サンプリング頻度		1 日/週	2 日/週	1 回/週	1 回/月
分析項目	溶出量試験	8 成分	8 成分	8 成分	8 成分
	含有量試験	8 成分	8 成分	8 成分	8 成分
	その他	粒度・その他	鉄・粒度	なし	粒度
分析頻度	溶出量試験	1 回/月	1 回/月	1 回/月	1 回/月
	含有量試験	1 回/月	1 回/月	1 回/月	1 回/月
	その他	1 回/月	コンクリート関係は 1 回/3 月、 その他 1 回/月	粒径当初のみ その他なし	1 回/2 ヶ月
記録管理	保管期間	3 年	5 年	永年	永年
	広報等の公表	販売先へ	出荷先へ	市ホームページ	粒度を除く 1 年分を県に 公表
分析値が出るまでの固化物管理		販売せず	ヤードに貯留	前回の値を採用	原則検査合格 後出荷
品質不合格品の処理方法		埋立地の覆土	再溶融処理	決めていない	出荷中止 再溶融の方針
利用者への通知方法		販売毎、月毎	トラック毎、 1 回/月	毎月のホームページ	全社に毎月送 付
その他 備考		JIS A 5031、 5032 に定められ た分析を毎月行 っている。	JIS A 5031 と 5032 の成績表 を作り用途に 合せて支給す る	主として覆土 として使用し ているため安 全のみを確認 している	屋外スラグヤ ードを 4 箇所 に区分し、検 査合格確認後 の古い山から 出荷管理

各施設とも管理責任者を定め、安全に係る有害物質溶出量・含有量については、JIS に従って毎月 1 回測定している。しかし、その他の粒度を始めとする物理性状の測定や不合格品の処理方法等では差が生じている。即ち、スラグの主要な利用先を覆土としている C 施設は粒度も当初のみで通常は測定されていない。

これに対しスラグを多量に製造し、多方面に販売している A 施設、B 施設、D 施設においては、適切な分析と管理が行われており、JIS の認証を受けている A 及び B 施設においては、道路用とコンクリート用の重複した分析は行わないが利用側の用途に応じて、道路用（JIS A 5032）又はコンクリート用（JIS A 5031）の試験成績書がそれぞれ発行される体制が確立している。

なお、今回調査施設の内 A 施設と B 施設が JIS の認証を受けたが、これは、多量のスラグを各市でスラグ入り製品を採用することを条件で多くの利用先に販売するに当たり、各市の土木部および利用側から強く「公式に安全を保証する体制の確立」を求められた事によるものであった。

3-3-3. 溶融固化物の生産量と利用状況

各施設の溶融固化物生産量と利用量は表 3-13 通りである。

B 施設及び D 施設は生産量に対して順調に有効利用されているが、A 施設は JIS 認証が取れるまでは、利用が進まなかった。A 施設は利用を進めるために JIS 認証を取り JIS 認証後の 2010 年 4 月以降は、全量を市の道路工事で有効利用できるとの説明があった。

C 施設は、溶融炉でのスラグ生産量を有効利用できる量以内に制限しており、数値上は 100%有効利用となっている。

表 3-13 溶融固化物の生産量（2008 年度）

施設の名称		A	B	C	D
炉形式		ガス化溶融方式		灰溶融方式	
溶融固化物生産量 t		3794	16906	6243	32600
内訳	利用量 t	1440	16906	6243	30200
	ストック量 t	366	0	0	2400
	廃棄処分量 t	1988	0	0	0
その他 備考		JIS 認証後積極的に有効利用する予定。 09 年度 生産量 3482t 利用量 3024t ストック 316t 処分量 142t	全量 1 社に販売後、利用者へ再販している	主として最終処分場の覆土として利用している	県のリサイクル製品認定の埋め戻し材 20 社に 2/3 を、コンクリート二次製品 23 社に 1/3 を利用 アスファルト用は隣接 1 社 5mm ふるい上は自社内で路盤材利用

各施設の溶融固化物の流通状況を表 3-14 及び表 3-15 に示す。

ガス化溶融炉施設の内、A施設は竣工後利用が進まず、市土木部門との協議の中で JIS の認証を受ければ市工事で利用することとなった。従って、2008 年度の利用実績は、道路用、コンクリート用としてそれぞれ数社に試験施工的に支給したのみで、処分場の覆土が最大利用先となっている。2010 年度以降は全量市発注工事で使用する予定で単価は 0 円としている。

一方 B 施設は、竣工時より、全量を 1 社に販売しその会社の責任において、再販売を行う体制を確立しており、二次購入会社が直接工場へ取りに来る方式となっている。なお、二次購入者への販売価格は不明である。

表 3-14 溶融固化物の流通状況 (1) (2008 年度)

施設の名称	A				B			
炉形式	ガス化溶融方式							
	利用量 t/年	流通先 社	契約	単価 円/t	利用量 t/年	流通先 社	契約	単価 円/t
道路用骨材	328	4	支給	0	1631	1→3	特命 隋契	181
コンクリート用骨材	34	3	支給	0	6901	1→1		181
埋め戻し材・盛土	17	1	支給	0	8374	1→9		181
最終処分場の覆土	1059	1	支給	0	—	—	—	—
管等土木基礎材	—	—	—	—	—	—	—	—
凍上抑制材	—	—	—	—	—	—	—	—
地盤・土質改良材	—	—	—	—	—	—	—	—
その他（研究用）	2	2	支給	0	—	—	—	—
固化物の引渡し場所	道路・コンクリート用はセンター渡し 埋め戻し・覆土は現場渡し				場内税込み渡し			
備考	・道路用・コンクリート用とも市の工事を受注した業者がスラグを引取りにくる。 ・JIS 認証を受け、2010 年 4 月より生産スラグの全量を公共用に指定して使用する予定である。（道路用で十分な需要がある）				・全量をまず 1 社に販売した後、そこから再販売する。再販を受けた利用会社が直接工場へ取りに来る。 ・単価は一次販売価格			

灰溶融方式のC施設及びD施設の流通状況は表 3-15 に示す。

C施設の道路用及びコンクリート用の利用量は少量で主要な利用先は覆土である。単価も市発注工事は0円としている。

D施設は、コンクリート用及び埋め戻し材として、多数の会社に多量に販売している。この時の販売方法は、年間予約方式を採用し、需要と供給の調整を行っている。単価も比較的高い価格（250 円/t）となっている。この施設は、これまでの実績もあり、JIS の認証を受けなくても、順調に販売できている。

表 3-15 溶融固化物の流通状況（2）（2008 年度）

施設の名称	C				D			
炉形式	灰溶融方式							
	利用量 t/年	流通先 社	契約	単価 円/t	利用量 t/年	流通先 社	契約	単価 円/t
道路用骨材	116	5	隋契	189 又 は 0	300	自社内	－	50
コンクリート用骨材	52	5	隋契	189 又 は 0	9500	23	購入 申込	250
埋め戻し材・盛土	－	－	－	－	18800	20	購入 申込	250
最終処分場の覆土	5927	1	－	0	－	－	－	－
管等土木基礎材	－	－	－		－	－	－	－
凍上抑制材	－	－	－		－	－	－	－
地盤・土質改良材	146	1（市）	隋契	0	－	－	－	－
その他（研究用）	1	1	隋契	0	－	－	－	－
固化物の引渡し場所	場内積み渡し				場内積み渡し			
備考	・ 現在 1 炉運転で、需要（覆土）と供給（生産量）がバランスしているため、それ以上のスラグの製造と有効利用先の開拓は考えていない。 ・ 市工事に利用する時の単価は 0 円。				・ コンクリート二次製品ユーザが使いやすいように、砕石協会とも協議の上、屋外ヤードで分級した。 ・ 道路用アスファルト合材の事前審査制度では溶融スラグの指定がない。			

3-3-4. 溶融固化物利用における課題と要望

今回調査した施設は、大型施設が中心で2施設が燃料消費型で、また2施設は JIS 認証済みであった。このため、各施設からの課題・要望事項は、(1)施設運営に関すること、(2)土木部門との調整に関すること及び(3) JIS 認証に関することが中心となった。

その概要を以下に示す。

(1) 施設運営に関すること

- ①石油・コークス等エネルギー価格の高騰により、エネルギー消費型の溶融炉は逆風が吹き苦戦している。
- ②焼却灰等の処理に関し、溶融以外の低コスト処理が広がっており、競争が激化している。
- ③このため溶融処理の推進をもっと積極的に図ってほしい。

(2) 土木部門との調整に関して

- ①土木部門は将来に向けての安全性の保証を強く求めることが多い。
- ②補助金・交付金付の工事および国道・県道工事においては、溶融固化物の使用が、会計検査・工事監査で問題にならない様にしてほしい。
- ③このためには、国が率先して、溶融固化物の利用を進める様各レベルでの調整をさらに行ってほしい。

(3) JIS 認証に関して

- ①JIS の認証には手間がかかり、JIS の認証を取っても、すぐに溶融固化物の販売増加には結びつかない。
- ②JIS の認証を取った以上は、その地域の溶融固化物の利用は、JIS 認証品の溶融固化物のみを使用する等の強力な指導をお願いしたい。

3-4. 溶融固化物の分析結果

3-4-1. 性状分析の手順

当該調査対象施設については、溶融対象物、溶融固化物の溶出量および含有量試験について各2検体ずつ実施した。関連する性状分析として、平成18年に制定されたJIS規格に準拠して、道路用骨材試験とコンクリート用細骨材試験を実施した。また、違法生コンクリート出荷で問題となったコンクリートのポップアウト評価試験を実施した。

各分析項目と分析方法について表3-16に示す。また、各検体のサンプリング時の写真を、写真3-1～写真3-16に示す。

表3-16 溶融対象物・溶融固化物の分析項目

分析項目	分析細目	溶融対象物		溶融固化物	
		施設数	検体数	施設数	検体数
有害物質の溶出量 JIS K 0058-1 の5.	鉛、カドミウム、六価クロム、砒素、水銀、セレン、フッ素、ホウ素	2	4	4	8
有害物質の含有量 JIS K 0058-2	鉛、カドミウム、六価クロム、砒素、水銀、セレン、フッ素、ホウ素	2	4	4	8
道路用骨材試験 JIS A 5032	粒度分布、表乾密度、吸水率	—	—	3	3
コンクリート用細骨材試験 JIS A 5031	酸化カルシウム、全硫黄、三酸化硫黄、金属鉄、塩化物量、絶乾密度、吸水率、篩い分け、微粒分量、粒径判定実績率、安定性試験、アルカリシリカ反応性（化学法）、膨張性、粗粒率	—	—	1	1
コンクリートのポップアウト評価試験	ポップアウト法（北辻法） アルカリシリカ法（建材試験センター法）	—	—	1	1



写真 3-1 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 08 As-1)



写真 3-2 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 08 As-1)



写真 3-3 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 04 As-2)



写真 3-4 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 04 As-2)



写真 3-5 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 16 Bs-1)



写真 3-6 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 16 Bs-1)



写真 3-7 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 01 Bs-2)



写真 3-8 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 01 Bs-2)



写真 3-9 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 18 Cs-1)



写真 3-10 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 18 Cs-1)



写真 3-11 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 02 Cs-2)



写真 3-12 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 02 Cs-2)



写真 3-13 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 19 Ds-1)



写真 3-14 溶融固化物サンプリング
(2010. 02. 19 Ds-1)



写真 3-15 溶融固化物溶融対象物サンプリング
(2010. 03. 04 Ds-2, Da-2)



写真 3-16 溶融固化物サンプリング
(2010. 03. 04 Ds-2)

3-4-2. 分析結果

(1) 有害物質について

溶融対象物の溶出量試験と含有量試験の結果を表 3-17 に示す。

「中間処理されたばいじんの溶出基準」と比較すると、鉛の溶出量が基準値を超える場合があるが、溶融対象物がこのまま最終処分されるわけではないので参考にとどめる。

溶融固化物の溶出量試験と含有量試験の結果を表 3-18 に示す。

各施設において採取時期を変えて各 2 回のサンプリングを行ったが、何れの溶融固化物も日本工業規格（JIS A 5031、JIS A 5032）の規格値を満足している。したがって、日本工業規格を引用した環境省からの通知（環廃対発 070928001）に定める溶融固化物の目標基準を満足しており、再生利用における安全性に問題はない。

表 3-17 溶融対象物の分析結果（有害物質）

ID	採取日	溶出量 JIS K 0058-1 の 5. mg/L							
		Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	THg	Se	F	B
Ca-1	2010. 02. 18	<0. 005	0. 22	0. 30	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	0. 44	0. 3
Ca-2	2010. 03. 02	<0. 005	0. 36	0. 24	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	0. 34	<0. 1
Da-1	2010. 02. 19	<0. 005	1. 7	0. 10	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	1. 4	<0. 1
Da-2	2010. 03. 04	<0. 005	2. 5	<0. 05	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	1. 6	<0. 1
参考 1：埋立処分に係る 中間処理されたばいじ んの溶出基準		<0. 3	<0. 3	<1. 5	<0. 3	<0. 005	<0. 3	—	—
参考 2：有効利用に係る 溶融スラグの規格値		<0. 01	<0. 01	<0. 05	<0. 01	<0. 0005	<0. 01	<0. 8	<1. 0

ID	採取日	含有量 JIS K 0058-2 mg/kg							
		Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	THg	Se	F	B
Ca-1	2010. 02. 18	<10	230	23	<10	<0. 1	<10	150	60
Ca-2	2010. 03. 02	<10	260	<10	<10	<0. 1	<10	140	50
Da-1	2010. 02. 19	30	1040	<10	<10	<0. 1	<10	480	130
Da-2	2010. 03. 04	39	1200	<10	11	<0. 1	<10	420	130
参考 2：有効利用に係る 溶融スラグの規格値		<150	<150	<250	<150	<15	<150	<4000	<4000

表 3-18 溶融固化物の分析結果（有害物質）

ID	採取日	溶出量 JIS K 0058-1 の 5. mg/L							
		Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	THg	Se	F	B
As-1	2010. 02. 08	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	<0. 08	<0. 1
As-2	2010. 03. 04	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	<0. 08	<0. 1
Bs-1	2010. 02. 16	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	<0. 08	<0. 1
Bs-2	2010. 03. 01	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	0. 12	<0. 1
Cs-1	2010. 02. 18	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	<0. 08	<0. 1
Cs-2	2010. 03. 02	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	<0. 08	<0. 1
Ds-1	2010. 02. 19	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	<0. 08	<0. 1
Ds-2	2010. 03. 04	<0. 005	<0. 005	<0. 04	<0. 005	<0. 0005	<0. 005	0. 19	<0. 1
規格値		<0. 01	<0. 01	<0. 05	<0. 01	<0. 0005	<0. 01	<0. 8	<1. 0

ID	採取日	含有量 JIS K 0058-2 mg/kg							
		Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	THg	Se	F	B
As-1	2010. 02. 08	<10	26	<10	<10	<0. 1	<10	<100	97
As-2	2010. 03. 04	<10	32	<10	<10	<0. 1	<10	<100	87
Bs-1	2010. 02. 16	<10	30	<10	<10	<0. 1	<10	180	210
Bs-2	2010. 03. 01	<10	24	<10	<10	<0. 1	<10	130	160
Cs-1	2010. 02. 18	<10	30	<10	<10	<0. 1	<10	130	80
Cs-2	2010. 03. 02	<10	26	<10	<10	<0. 1	<10	<100	47
Ds-1	2010. 02. 19	<10	51	<10	<10	<0. 1	<10	190	170
Ds-2	2010. 03. 04	<10	36	<10	<10	<0. 1	<10	160	140
規格値		<150	<150	<250	<150	<15	<150	<4000	<4000

(2) 骨材試験について

今回試験調査の対象とした施設はいずれも水砕スラグであった。道路用溶融スラグ JIS A 5032 に基づく細骨材試験の結果を表 3-19 に示す。何れも、粒度分布や表乾密度、吸水率において FM-2.5 の規格値を満足しており道路用の細骨材として問題はない。

また、コンクリート用細骨材への利用が多い施設に於いて、コンクリート用溶融スラグ JIS A 5031 に基づく細骨材試験を実施した。結果を表 3-20 に示すが、化学成分、塩化物量、膨張性、物理的性質（絶乾密度、吸水率、安定性、粒形判定実績率、微粒分量）および粒度分布において MS2.5 の規格値を満足しておりコンクリート用の細骨材として問題はない。

表 3-19 溶融固化物の分析結果(道路用細骨材試験 JIS A 5032)

ID	採取日	粒度分布 % (ふるい通過質量百分率) 呼び名					表乾密度 g/cm ³	吸水率 %	すりへり 減量 %
		13.2mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm	0.075mm			
As-1	2010. 02. 08	100	100	88	48	2	2.99	0.10	—
Cs-1	2010. 02. 18	100	100	97	68	2	2.76	0.14	—
Ds-1	2010. 02. 19	100	100	98	76	4	2.95	0.27	—
規格値 FM-2.5			100	85~100		0~10	2.45 以上	3.0 以下	—

表 3-20 溶融固化物の分析結果(コンクリート用細骨材試験 JIS A 5031)

ID	採取日	化学成分 %				塩化物 量 %	膨 張 性	物理的性質				
		酸 化 カ ル シ ウ ム	全 硫 黄	三 酸 化 硫 黄	金 属 鉄			絶 乾 密 度 g/cm ³	吸 水 率 %	安 定 性 %	粒形判 定実績 率 %	微粒分 量 %
Bs-1	2010. 02. 16	36.9	0.3	<0.1	0.1	<0.01	-0.8	2.88	0.11	1.5	54.9	2.5
規定値 MS2.5		45.0 以下	2.0 以下	0.5 以下	1.0 以下	0.04 以下	モルタル 膨 張 率 2% 以下	2.5 以上	3.0 以下	10 以下	53 以上	7.0 (5.0) 以下

ID	採取日	粒度分布 % (ふるい通過質量百分率) 呼び名							粗粒率	アルカリシ リカ反応性 化学法
		10mm	5mm	0.3mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm		
Bs-1	2010. 02. 16	100	100	99	90	49	17	6	2.39	無害
規定値 MS2.5		100	95~100	85~100	60~95	30~70	10~45	5~20	契 約 に 定める	

(3) ポップアウト評価試験について

溶融スラグを用いたコンクリートのポップアウトは脱型直後には発生せず、数ヵ月後以降に発生することが多い。このため溶融スラグの反応性を事前に把握する迅速的なポップアウト試験方法が求められる。

そこで今回の調査では、JIS A 1804「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法」（迅速法）で用いられるオートクレーブ養生装置を用いて検討した。供試溶融固化物は Bs-1 で、モルタルの配合は以下とした。

- ① JIS A 5031 の附属書 1(規定)「コンクリート用溶融スラグを用いたモルタルの膨張率試験方法」に従った水：セメント：溶融スラグ＝1：2：2.25 の質量比としたもの（ポップアウト法）
- ② JIS A 1804「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法」による水：セメント：溶融スラグ＝1：2：4 の質量比（アルカリシリカ法）

オートクレーブ養生装置は温度 127℃、圧力 150kPa の高温高压の環境を有する。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、4 サイクルまで試験をおこない、サイクルごとに供試体の長さで 1 次共鳴縦振動数を測定して相対動弾性係数の変化を確認した。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による計数評価と長さ変化率や相対動弾性係数の変化について計測評価をおこなった。

試験結果は、写真 3-17, 3-18 に示す通りいずれの供試体においてもポップアウトは発生しなかった。

相対動弾性係数や長さ変化試験はモルタル内部の弛緩の判断に用いられる。図 3-1 は相対動弾性係数の試験結果である。この基準は 85%以上であるが、初期値（100%）からの低下は見られず、むしろ促進養生により相対動弾性係数が上昇していることから、組織がち密化していると判断される。長さ変化率は判断基準として 0.1%の膨張が用いられるが、前図と同様に図 3-2 から、4 サイクル終了時においても、その基準を大きく下回っている。

これらのことから、今回使用したスラグは、外観的、内部組織の双方においてポップアウトの影響はないと判断される。

(4) まとめと今後の課題

対象とした施設で生産された溶融固化物は、安全性の目標基準として制定された日本工業規格を満足しており、安全性の高い骨材としての利用が可能である。また、同じく日本工業規格に定められた、道路用細骨材およびコンクリート用細骨材の規定値を満足しており細骨材としての有効利用が可能である。

日本工業規格で規定はされていないが、石灰石に起因してコンクリート表面に発生するポップアウト現象についても評価試験を行い、今回対象とした溶融固化物にはポップアウトの影響がないことが分かった。

なお、金属アルミニウムは水素の発生を伴う強力な膨張性を発現することから、コンクリート品質に不具合をもたらすことが知られており、そのため溶融固化物の現行のコンクリート用の工業規格においても膨張性の基準が規定されている。したがってコンクリート細骨材に利用する溶融固化物は、膨張性の規格値を満足したものが利用されている。一方、本年度に開始したコンクリート用溶融スラグ骨材の試験方法等の標準化調査委員会が実施したポップアウト促進試験において、生石灰の粒の混入によるポップアウト現象と類似の現象が、溶融固化物に混入する金属アルミニウムが起因と考えられる現象として確認された。このため金属アルミニウムに関する基準の見直しは今後の課題となっている。

本調査においては、生産に石灰石を使用した場合の溶融固化物を対象に、生石灰の粒が起因するポップアウトの評価試験を実施したが、上述の様に膨張性が関係する金属アルミニウムが残留する可能性のある溶融固化物についての評価は実施せず今後の検討課題とした。

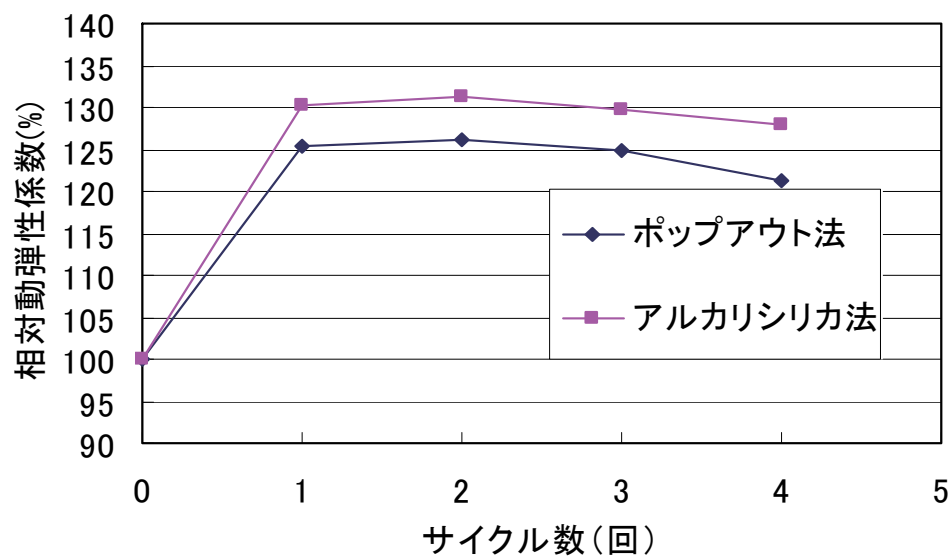


図 3-1 動弾性係数試験

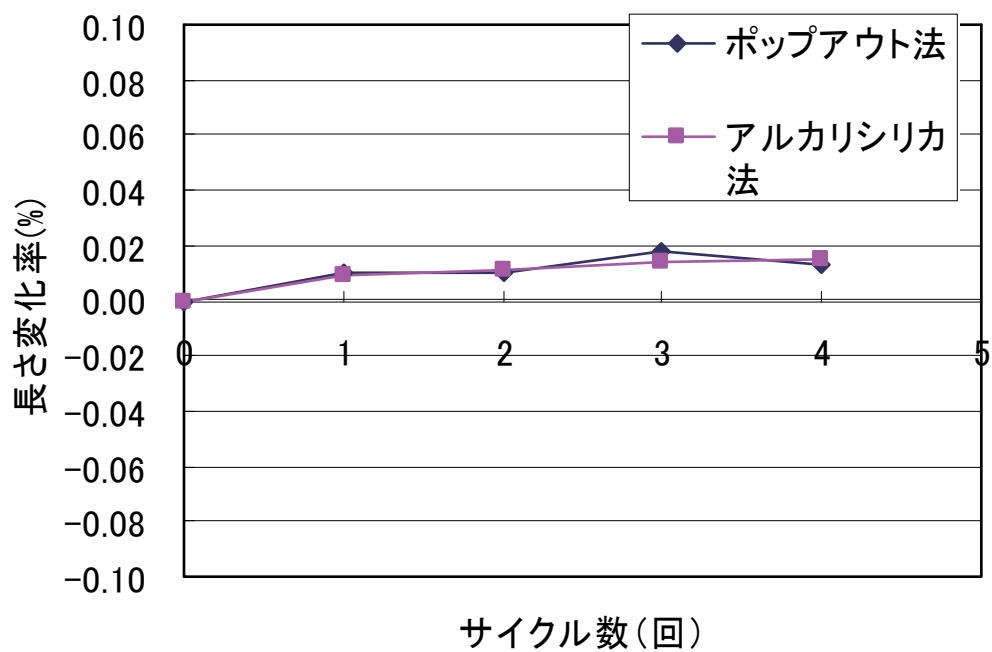
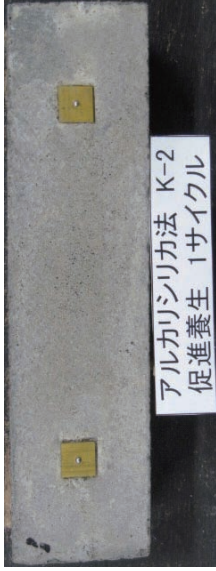
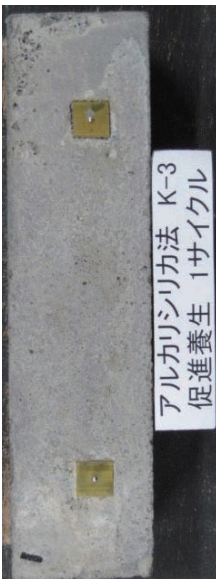
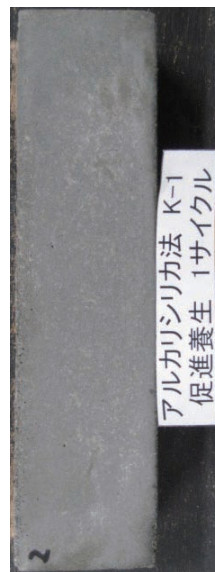
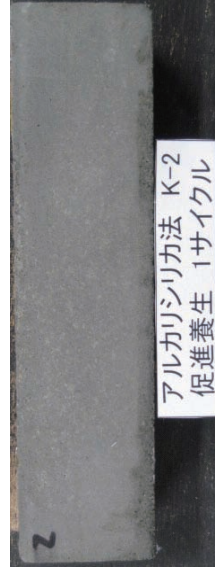
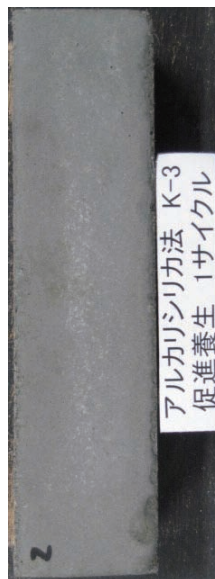
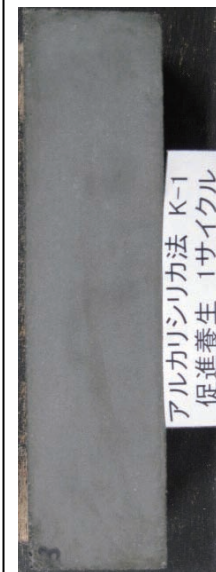
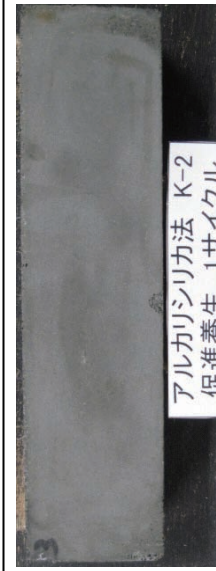
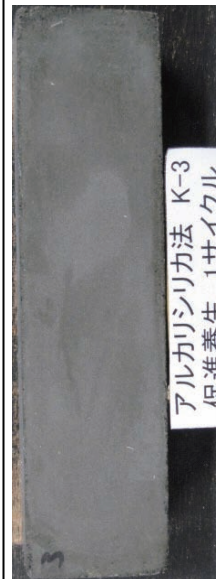
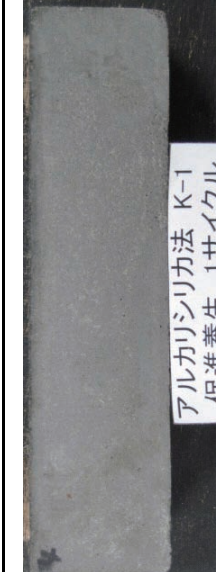
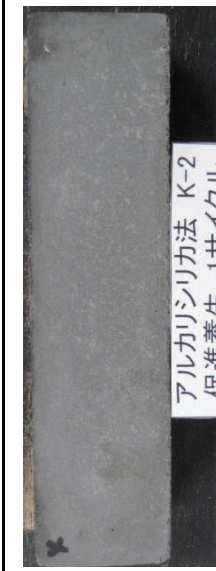
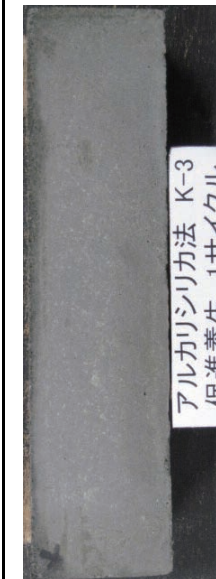


図 3-2 長さ変化試験結果

写真 3-17 ポップアウト評価試験結果（アルカリシリリカ法）

アルカリシリリカ法 (No. 1~3)

供試体①

供試体②

供試体③

促進試験終了時