

# スラグ有効利用方法に関する調査

## 1. 調査の背景と目的

日本下水道事業団では、昭和61年度より兵庫地域（兵庫東、兵庫西）、大阪北東地域、大阪南地域の各自治体の要請で下水汚泥広域処理事業（エースプラン）を計画し、平成元年度より施設の供用を開始している。

この内、兵庫西エースセンター、大阪北東エースセンター、大阪南エースセンターでは、汚泥の濃縮→脱水→乾燥→溶融処理を行い、兵庫東エースセンターでは、汚泥の濃縮→脱水→焼却処理を行っている。

兵庫西、大阪北東、大阪南の3エースセンターの最終汚泥形態は溶融スラグであり、これにより、処理費の軽減、安定的な処理、および汚泥の有効利用の促進を図ることを基本としている。しかし、現在3エースセンターからのスラグは、大部分を場内保管に頼っており、全量を有効利用する段階に至っていない。

また、スラグの利用方法については、加工製品の販売実証に至っている自治体が少なく、大量のスラグを有効利用する方法については確立されていないのが現状である。

そこで、本調査では日本下水道事業団及び地方公共団体で過去に実施された溶融スラグの資源化有効利用方法の文献等を取りまとめるとともに、路盤材等への利用調査、それぞれの加工製品の市場調査、販売・利用追跡調査等を行い、今後のスラグ有効利

用の方向性を模索することを目的としている。

## 2. 調査内容

平成7年度は主に文献調査・エースセンターへのアンケート調査を行い、スラグを利用した有効利用計画の提案を行った。

## 3. 調査結果

### 3.1 溶融スラグ利用の現状

#### 3.1.1 溶融スラグ発生量

現在我が国で汚泥溶融を行っている処理場は13処理場（平成7年10月末現在）である。溶融スラグの発生量は以下の図-1に示す通り、平成4年度までは、年々増加しており、平成5年度で減少してはいるが、年間約18,000t発生している。特に、エースセンターが供給開始した平成元年度以降の伸

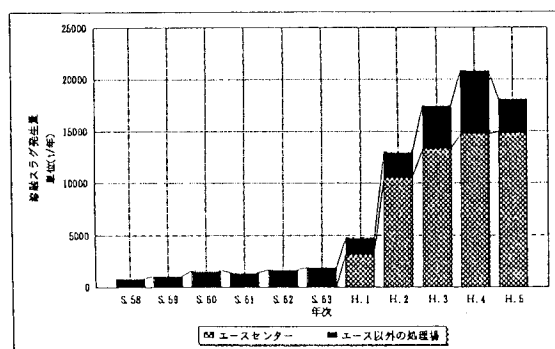


図-1 年次別スラグ発生量の推移

びが大きい。また、エースセンターが占める割合も大きく、平成5年度では約80%近くを占めている。

### 3.1.2 スラグ有効利用状況

エースセンターにおける発生量、使用量およびストック量は、平成7年12月末までの総発生量87,130tのうち、有効利用量は46,561tでストック量は40,569tに増えている。有効利用のうち、約80%にあたる36,945tが場内基礎として利用されている。

これは、3エースセンターの内、スラグの発生量が最も多い兵庫西の有効利用の93% (30,766t) が場内基礎に利用されているためである。

図-2, 3, 4に各エースセンターの有効利用状況を示す。(平成元年～平成7年12月末までただし、大阪南は平成2年～平成7年12月末)

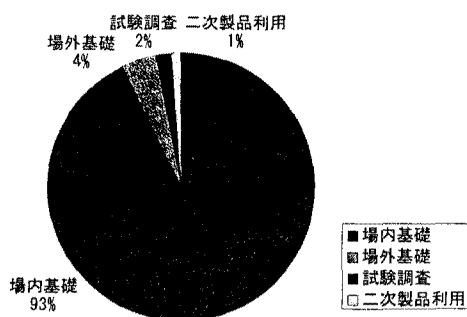


図-2 兵庫西エースセンター

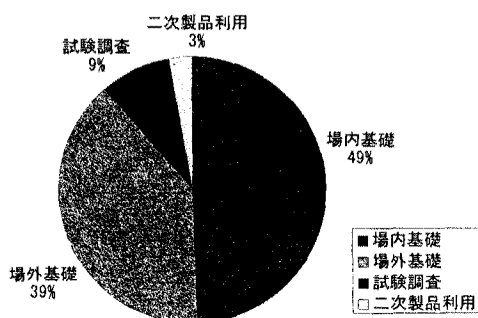


図-3 大阪北東エースセンター

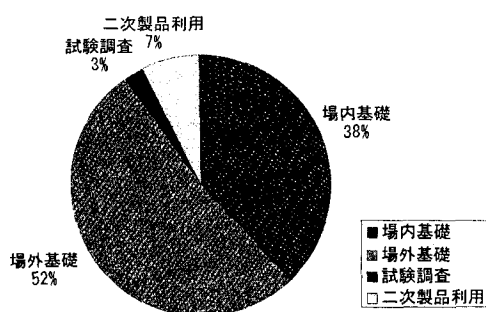


図-4 大阪南エースセンター

## 3.2 文献調査結果

平成6年度には、日本下水道事業団の調査報告書と共同開発報告書を中心に調査したが、本年度はそれ以外の文献について調査した。22文献のうち、19文献がスラグの製造方法、二次製品の性状、製造方法の実験報告であった。

残りの3文献の事業団の他にスラグ製造・販売を行っている自治体(大阪府・富山県)の有効利用に関する報告であった。自治体のスラグ発生量はエースセンター全体に比べて少ない為、有効利用に関する報告をそのままエース事業に応用することは難しいが、スラグ供給業務(設備の運転操作、積み込みだけでなく、PRや注文・受付・納品業務・売却に関する事務等)を独立させている点、現場渡しを考慮した供給価格の策定、製品化を目的とした施設運転方法の確立など参考とすべき点も多い。

## 3.3 アンケート調査結果

### 3.3.1 利用量及び利用方法

平成6, 7年度における発生量は32,609tで、この内有効利用量は14,549tで、発生量に対する有効利用率は、平成6年度で45%程度で発生量の約半分近くが有効利用されているが、累積ストック量は増加している。

有効利用の内訳をみると、場内基礎、場外基礎で有効利用量が、94.8% (13,801t) を占めており、現状での大量利用方法としては、下水道工事の基礎、管の埋戻材が最も有効と言える。また、大阪南での利用方法は土壌改良材としてスラグを使用しており、新しい利用方法として着目すべきである。

二次製品利用(原料供給)は有効利用量のうち4.3% (629t)であった。

### 3.3.2 出荷形態

スラグの出荷はほとんどが利用業者がダンプにて引き取る方法をとっている。

建築物の基礎材や埋戻材として使用する場合、1回当たりの引き取り量が数百トンとなるので、事前に量の調整が必要となっている。

### 3.3.3 スラグの品質管理

各エースセンターから発生するスラグは受入汚泥の性状等により、スラグの質に差が見られる。このため、各センターともに炉の運転方法、スラグの保管方法に工夫している。

また二次製品の原料として利用する場合、スラグの粒度、スラグ内のコークスの量、塩基度が製品の品質を大きく左右するため、この点でのスラグの品質管理が業者からの要望として上がっている。

### 3.4 スラグ利用製品の品質基準

熔融スラグを利用した二次製品の品質及び性状は、それぞれの製品に応じた、規格に適合していることが必要であり、原料及び加工品は、従来から使用されている建設資材等と比較して、同程度の品質及び性状が求められる。このため、規格や品質試験方法は、従来の製品と同じものを準用することが妥当と考えられる。

路盤材等はアスファルト舗装要綱、インターロッキングブロックや従来製品のないインターロッキングレンガ・透水性ブロックはインターロッキング協会規格、それ以外の製品は主にJIS規格がそれぞれ適用されている。また、従来製品との品質の違いによる問題を回避するため、独自の施工要領や工事手順を定めている製品もある。

### 3.5 基本方針の提案

エース事業におけるスラグ有効利用の基本方針は、エース事業の特性およびスラグ利用製品の特性を勘案して、立案するものとする。

#### 3.5.1 エース事業の特性

- 1) 収益事業であること。
- 2) スラグ発生量が大量であること。
- 3) 発生するスラグの大部分が急冷（直接水冷）スラグであること。

#### 3.5.2 スラグ利用製品の特性

- 1) スラグ利用製品の種類  
スラグ利用製品としては、これまでの調査、実績をもとに表-1のようなものがあげられる。
- 2) 評価マトリックス  
スラグ利用製品を大きく、素材利用、骨材利用、製品化に分け、それぞれ材料面、製造面、施設面及び市場性についての特性を表-1にまとめた。

#### 3.5.3 有効利用計画

エース事業の特性、スラグ利用製品の特性等を踏まえて、有効利用計画を検討する。

- 1) 無加工、無調整スラグの直接利用の促進  
エース事業の特性としては、熔融スラグの発生量が大きいこと、現状ではスラグの資源化用途が確定せず、大量の場合内保管に頼らざるを得ないこと等から、早急な資源化が求められている。このため、無加工、無調整スラグの埋戻し材等への大量有効利用は効果的な方法であり、これまで以上に促進されなければならない。
- 2) スラグ資源化施設（加工・調整施設）の計画  
また同時に、スラグの加工、調整による有効利

表-1 スラグ利用製品の特性比較表

特性項目	素材利用 (埋戻材、路床・路盤材等)	骨材利用 (コンクリート用、コンクリート調整剤)	製品化 (インターロッキングブロック等)
材料面 受入 成分調整 原料成形 保管方法 等	・粒度調整としては、アスファルト舗装に用いる場合、上層下層それぞれ粒径40mm、50mm以下が望ましく、骨材利用、製品化に比べて粒径は大きい。 ・埋戻材として利用する場合は粒径3mm未満が適している。	・熔融スラグの粗骨材は、金属鉄を多く含んでいるため、コンクリートへの錆による影響を防ぐため遮る必要がある。 ・空冷スラグは、最大寸法100mm程度の塊状であり、破砕して粗骨材の適応粒径とする必要がある。	・使用しやすい粒径は0.5mm以下であり、素材、骨材利用に比べて、破砕システムに精度が求められる。(セラミック建材) ・表面に利用する場合、5mm以下(細骨材)に選別する必要がある。(インターロッキングブロック)
製造面 加工 製造精度 品質管理 混入率 等	・熔融スラグを単体(混合物なし)で利用するのは、規格上満たさない項目もあり、他の適切な材料を混合し、調整して使用する。(路盤材)	・スラグを粗骨材に利用したコンクリートは、通常のコンクリートよりも若干低い強度となるが、単体で使用しても規格は満足している。 ・スラグを細骨材に利用したコンクリートでは、混入率が高くなるため強度の低下があるため、改善方法としてセメント量を増加することで対応できる。 ・粗骨材として利用する場合、物理的的特性は、一般的に空冷スラグの方が優れている。	・スラグ含有率10%、及び20%において、比較的安定した素地が得られる。(タイル) ・粗骨材、細骨材として熔融スラグを混入する場合、混入率の上限は70%である。(インターロッキングブロック)
施設面 設備規模 保管場所 設備投資 等	・骨材利用・製品化に比べると、粒径が大きいことから設備規模及び投資は少なくなる。 ・1回の使用量が骨材利用・製品化よりも多いため、保管場所を多く必要とする。	・コンクリートの強度の点からスラグ単体で使用する事は難しいため、骨材を混合する設備が必要となる。	・素材利用・骨材利用に比べると、加工の工程が多くなるため設備規模及び投資は多くなる。 ・原料として供給する場合も粒径は小さくする必要があるので、設備規模及び投資は多くなる。 ・従来の製法と比較し、焼成時間の短縮が可能で、設備の簡素化と省エネルギーが図れる。(セラミック建材)
市場性 需要 供給 コスト 等	・素材利用は製品化に比べて、使用量が多く、公共事業としても大きな需要が見込める。 ・地域性(輸送コスト) 30キロ圏内(参考値)	・骨材利用も素材利用と同様に使用量が多く、公共事業としても大きな需要が見込める。 ・地域性(輸送コスト) 60キロ圏内(参考)	・熔融スラグを原料に製品化するための生産条件としては、採算ラインとしてある程度の製品量が必要となる。例えばタイル、インターロッキングブロックに関しては、1オーダーでそれぞれ500㎡、10,000㎡以上必要であるという報告があり、熔融スラグの量にすると、10t、800tになる。

用・資源化についても具体化を図る時期に来ている。この場合、要請団体の負担による処理料金の制約もあり、大がかりな資源化設備の設置は当面難しいのが現状である。一方、スラグ利用製品の特性について、資源化の可能性、設備の規模等を勘案すると、製品への加工が簡便で維持管理の容易な磁気選別・粒度調整設備施設が適すると考えられる。

その理由を以下に述べる。

- ① 無加工・無調整利用により鉄分除去を行うことで2次製品利用等への販路が広がる可能性が大きい。
- ② 有償販売への可能性が高まる。
- ③ 2次製品を製造しているメーカーの要請に応えることができる。

#### 3) 高付加価値製品の計画

前述のスラグ磁選・粒調設備をベースに、さらに付加価値の高い製品や製造の効率化を目指した製品化を行う。具体的な製品としては、現在の資源化実績の延長線上にあるものとして、コンクリート骨材、二次製品やインターロッキングブロック、タイル等がある。

また、従来の資源化製品の枠にとらわれず、溶

融スラグの特性を生かす資材の開発も必要である。特にエース事業の収益性を考慮すれば、

- ① 海外からの輸入に頼る希少資材類似品への適用、
- ② 耐酸性、硬度、美観度の性状が天然素材より優れた製品、
- ③ 加工性、比重、強度等の性状が既存に見られない新素材等への適用が考えられる。

この段階では、エースセンターからの出荷の姿としてブロック等の原料を出荷するもの（原料出荷）と、エースセンター内にそれらの製造設備を設け最終製品として出荷するもの（製品出荷）の、ふたつの方法がある。

### 3.6 まとめと今後の課題

スラグを埋戻材等へ利用する場合は大量に使用される反面、一回の使用量が大量となるために保管する必要があり、保管場所を確保しなくてはならない。

現状における資源利用を促進する設備として、磁選・粒調設備を挙げたが、各エースセンターの特性、使用場所、使用目的によっては、磁選や粒調の必要がない場合や必要粒径が異なる場合が考えられるため、今後もこれらの検討が必要であろう。

高付加価値製品としては、従来の延長線上でコンクリート骨材、インターロッキングブロック、タイル等の製品化を考えたが、従来のスラグ資源化の枠にとらわれず、熔融スラグの特性を活かした製品開発が必要である。

これらの計画を実施する場合には製品に応じた詳細な調査（素材利用－道路管理者への調査・説明、骨材利用－製品認定・規格化、製品化－製造方法・販路確立）や要請団体、関係企業・関係省庁への説明・理解が必要不可欠である。

また、各エースセンターは個々に汚泥特性や、地域性、施設規模等が異なることから、各エースセンターの有効利用の方向性も異なるはずであり、個々の有効利用方法を検討する必要がある。

● この調査に関する問い合わせは

技術第一部長  
 技術第二部主任研究員  
 技術第二部研究員  
 研究第二部研究員

高橋 賢治  
 堀尾 芳弘  
 越智 聡  
 久保田勝一