

下水汚泥の溶融処理システム

日本下水道事業団計画部 広域処理計画課長
深堀 政喜

Melting Process for Sewerage Sludge

Masaki Fukahori

Japan Sewage Works Agency Project Planning Division

はじめに

下水道は汚水の処理により水の浄化とリサイクルに寄与するが、その過程で分離される下水汚泥は下水道が普及するほど、また高度処理が進むほど増加する。

全国で発生する下水汚泥は、約4分の1が緑地利用等にリサイクルされているが、残りの部分は産業廃棄物として処分されている。

下水汚泥は人の生活により発生した自然界の物質を主としており、地球資源としてリサイクルすることが望ましい。

溶融処理は下水汚泥をリサイクル製品やその原材料として最も安定した性状が得られる方式の一つである。日本下水道事業団は、下水汚泥の広域的な集約処理事業（エースプラン）を実施しているが、そのうち3箇所の処理センターで溶融処理を採用している。

エースプランの溶融処理量は全国の溶融処理量の80%近くを占めており、平成元年からの運転実績がある。これらの下水汚泥溶融処理技術の概要と溶融スラグのリサイクルについて紹介する。

1. 下水汚泥処理とリサイクルの現況

産業廃棄物の処分地確保が年々困難になりつつあることから、下水汚泥はできるだけ減容化する必要が生じ、処理方式が脱水から乾燥、焼却や溶融などへと高次な処理の方向に移行する傾向がみられる。

表-1は全国の下水汚泥の処分状況を示すものである。

最も多い脱水ケーキの埋め立て処分は今後は減少せざるを得ない状況にある。有効利用の大部分は肥料としての緑地利用であるが、肥料化コストが高いことや需要量に限界があることから今後、大きな増加は期待できない。

下水処理場から発生する脱水ケーキは、水が75%を占めており、また固形物の70%程度は有機物である。リサイクルのための輸送コストを

表-1 下水汚泥の処分状況

(平成5年4月1日～平成6年3月31日)

(単位：千t/年)

処理性状	陸上埋立	海面埋立	有効利用	その他	計 (%)
脱水ケーキ	863	312	462	91	1,728 (75)
焼却灰	108	125	46	17	296 (13)
乾燥汚泥	28	0	65	0	93 (4)
消化・濃縮汚泥	10	0	1	179	190 (8)
計 (%)	1,009 (44)	437 (19)	574 (24)	287 (12)	2,307 (100)

(注) 乾燥汚泥には堆肥化汚泥を含む。
焼却灰には溶融スラグを含む。

抑えるためには極力減容化する必要がある。

緑豊地利用のためにはコンポスト施設により

(3) 高付加価値製品

人丁石材、特殊建築資材等高度な加工や添

堆肥化し有機物の安定化を図るが、結果として乾燥により減容化する。

建設資材等無機系の資源として利用する場合には焼却や熔融により燃焼を行うが、減容効果が大い反面設備投資、管理経費が大きくなるため大規模な施設での採用が主である。今後は汚泥処理の広域化により焼却、熔融が増加する傾向にある。

現状の技術では、加工コストの大きな技術ほど事業収支を悪化させ、また低加工低価格製品では輸送コストの影響を受けて供給区域が限定されてしまう傾向がある。このため、リサイクルを採算事業として実施出来る条件が整うのは極めて厳しい状況にあり、費用の補填を必要としている。

建設資材としてのリサイクルは概ね次のような方法で実施されている。

(1) 土木資材

砂や碎石、軽量骨材のように焼却灰や熔融スラグを低加工または無加工で土木資材として活用する。

(2) 土木建築用二次製品

煉瓦、タイル類、インターロッキングブロックのような二次製品に加工し活用するもので、都道府県、指定都市等大規模な下水処理場での実施例がある。

加物により、高価格の製品を製造するもで、現状では試作製造の域を出ていない。

2. エースプランの概要

エースプラン（広域汚泥処理事業）は複数の公共団体の下水道から発生する汚泥を集約して処理する新しい事業制度として昭和61年度に事業着手している。

日本下水道事業団は、各処理場から送泥管圧送または陸上輸送により汚泥を受入れ処理と資源利用事業を行い、その資本費および維持管理費を汚泥量当たりの処理料金として回収する。

エースプランに組み込まれた下水処理場は汚泥の処理処分から解放される。また、汚泥処理に伴う返流水負荷が削減されるため、水処理機能が安定して施設の維持管理性が格段に改善される。

広域的な汚泥の集約処理は、スケールメリットによる処理コストの低下やリサイクルの対応性拡大等の利点がある。

エースプランの事業は表-2に示す近畿圏3地域4箇所を実施している。そのうち兵庫東は焼却炉、その他は熔融炉を採用している。

3. 熔融方式とその特徴

下水汚泥処理として稼働中の熔融炉は、コー

表-2 下水汚泥広域処理事業概要

地域名	兵庫		大阪北東	大阪南
	東	西		
所在地	尼崎市平左衛門町	姫路市網干区	枚方市渚内野	忠岡町新浜、岸和田市木材町
要請自治体名	兵庫県 尼崎市	兵庫県 姫路市	大阪府 枚方市	大阪府 忠岡町

クスベッド、表面溶融、旋回溶融、アーク溶融の4方式である。そのうち代表的な方式とその特徴は次のとおりである。また、発生するスラグは水冷、空冷いずれの場合も通常大部分がガラス質であり、そのままでは結晶化ガラスとならない。

(1) コークスベッド

乾燥汚泥（含水率35～45%）とコークス碎石等は、約1500℃のコークスベッド上部に投入され、汚泥の可燃分は熱分解ガス化し二次空気により完全燃焼する。

灰分は、コークスベッド層を通過する間に溶融スラグとなって流下する。乾燥汚泥は整形が必要である。（エース兵庫西、大阪北東で採用）

(2) 表面溶融

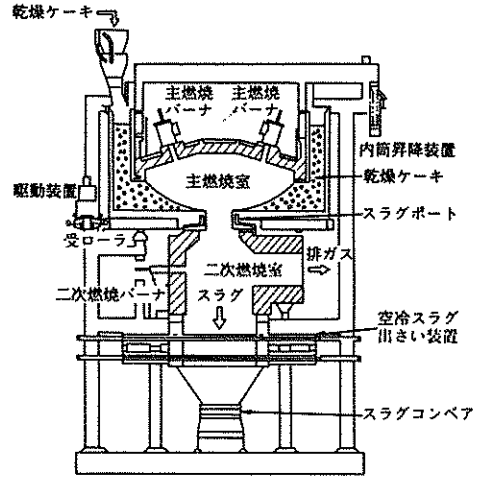


図-2 表面溶融炉本体構造概要

(3) 旋回溶融

円筒炉内に供給した粉末汚泥（含水率7%

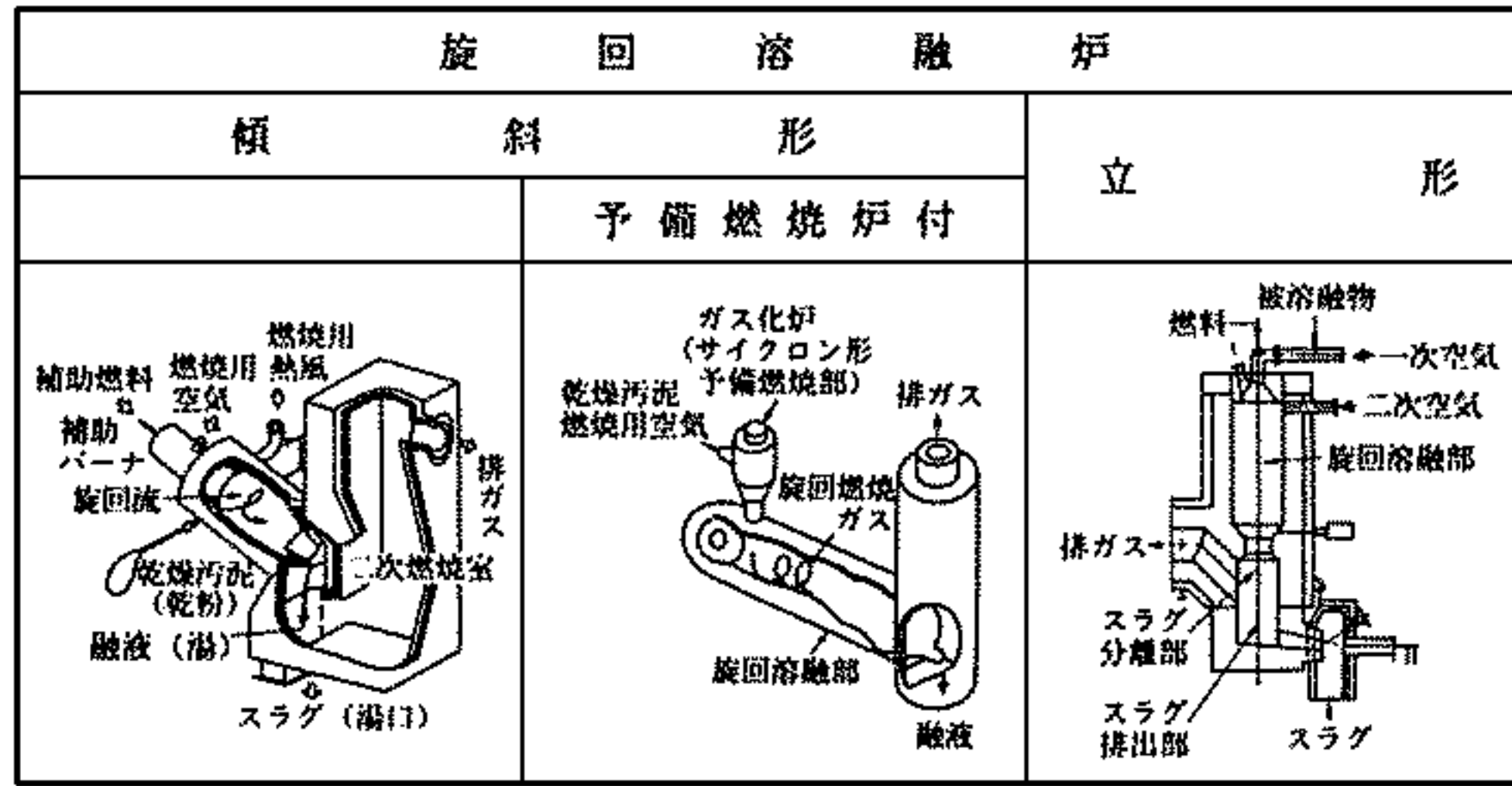


図-3 旋回溶融炉の形式と概要

理場から汚泥を受け入れるため、重金属等有害物質を含まない。

そのため、水冷スラグの大部分をそのまま土木材料としてリサイクルする方法を基本方針として、灯油を燃料とする表面溶融を採用している。

現在、25 d s t / 日 2 基と 35 d s t / 日 1 基が稼動し、年間約 3 千トンのスラグが発生している。

平成 7 年度は、岸和田市等近隣都市の下水道管渠工事の埋め戻し材等として発生量を超える需要があった。

当面は確実なリサイクルが見込めるが、将来の汚泥処理量増加に備えて、建築用タイル、多孔質スラグなど新素材の開発実用化の調査検討を行っている。

各エースセンターで発生するスラグの性状、成分は季節によりやや変動するが、リサイクルの原料としては比較的安定しており、有害物質溶出の危険も極めて少ない。表-3 に各エースセンターのスラグ性状の一例を示す。

5. スラグ資源化の試みと課題

継続的に大量に発生するスラグは、土木資材として無加工でリサイクルできれば、新たな資源エネルギーの消費を最小限にすることになる。しかし、発生場所の近隣地域の需要は限界があり、今後は付加価値の高い製品への活用も併せて進める必要がある。

表-3 溶融スラグの組成

項目	処理場 単位	兵庫西	大阪南	
		Al ₂ O ₃	W/W %	14.05
CaO	W/W %	22.53	27.03	
Na ₂ O	W/W %	1.79	0.44	
Fe ₂ O ₃	W/W %	7.12	18.15	
MgO	W/W %	2.50	2.44	
MnO ₂	W/W %	0.14	0.16	
P ₂ O ₅	W/W %	3.08	11.97	
K ₂ O	W/W %	0.62	0.25	
SiO ₂	W/W %	34.71	28.41	
未燃分	W/W %	<0.1	<0.1	
溶出試験 (直後)	As	mg/ℓ	<0.005	<0.005
	Cd	mg/ℓ	<0.01	<0.01
	Cr ⁶⁺	mg/ℓ	<0.04	<0.04
	T-Hg	mg/ℓ	<0.0005	<0.0005
	Pb	mg/ℓ	<0.1	<0.1
	CN	mg/ℓ	<0.1	<0.1
	Cu	mg/ℓ	<0.1	0.3
Zn	mg/ℓ	<0.1	<0.1	

既に実用化段階にある建築用各種タイル、舗道用ブロック等セラミック製品は、現状では生産コストが売却益で回収できない状況にあり、公共資金の繰り入れを必要とするため普及が進んでいない。また、既存製品と同様の製品を大量に供給するのは、既成の需給関係に影響を及ぼすため、慎重な対応が必要である。

今後のリサイクルは採算性、市場の状況を考慮して方向を定める必要がある。

エースプランにおいては、次のようなりサイ

クルを目指して技術開発や事業計画を進めたいと考えている。

(1) 地球資源の保護につながるもの

地球上の希少な天然資源や将来枯渇が予想される輸入資源の代替となる高級石材等の生産を図る。

(2) 環境保全効果が大さい

温暖化、浸水の防止に貢献する保水性の高い舗道板等被覆製品の生産や河川水等の浄化に寄与する有害物質の吸着材、ろ過材料等としての活用を図る。

(3) 下水汚泥スラグの特徴を生かす

天然の資材原料の代用として利用する方法から脱皮して、各種金属類を含む下水汚泥の特徴を生かした天然資材にない優れた新素材開発を行う。

例えば、下水汚泥に含まれる鉄と硫黄による硫化鉄を結晶核として溶融生成した結晶化ガラスは、黒御影と良く似た色調光沢であるが、耐酸アルカリ、曲げ強度が天然材よりはるかに優れており、利用用途の開拓が期待さ

れる。

おわりに

下水汚泥の溶融処理は、大量な汚泥を安全確実にリサイクルするために必要な手段の一つとして社会に容認されている。

しかし、溶融には既に多くの資源エネルギーを消費しており、更に加工を加えてリサイクルするには、新たに生み出す資源価値とそれに必要な資源価値消費とのバランスを考える必要がある。

廃棄物の民間処分費は今後更に上昇する傾向にあるが、処分費との費用比較のみでリサイクル方式を選択するのではなく、環境保護に貢献し未来に有用な資源を残すことができるリサイクル技術の開発が望ましい。

溶融処理は汚泥の乾燥工程、熱エネルギーの循環利用と一体的なものであり、これらの効率改善と合わせて資源価値の高いリサイクル方式を追求していきたい。