

下水汚泥の資源化技術開発調査

1. 調査目的

下水道事業の進展に伴い、下水の処理過程で発生する汚泥の量は増大の傾向にある。汚泥の処分方法として埋立処分が行われてきたが、処分地の確保が年々困難となってきている。このような状況の中で今後の方向として減量化に努めるとともに、資源の有効利用の観点からリサイクルを一層押し進めることが求められている。

大阪府においては、平成4年2月に21世紀を目指す大阪府下水道整備基本計画として「21COSMOS計画」を、次いで平成5年2月に大阪府流域下水道資源リサイクル計画「MIRACLE PLAN」を策定した。これは、下水道から発生する処理水・汚泥等を有用な資源として積極的に活用しようとするものであり、汚泥については、建設資材としての再利用に取り組み始めている。

本調査は、淀川右岸流域下水道高槻処理場において将来発生する下水汚泥の資源化技術について検討することを目的としている。

2. 調査内容

本調査の内容は以下のとおりである。

- (1) 大阪府下の汚泥発生量及び下水汚泥処理処分の概要調査
- (2) 下水汚泥の有効利用技術の現状調査
- (3) 高槻処理場における汚泥の再資源化の方向性

の検討

- (4) 高槻処理場における下水汚泥の処理方式の検討
 - (5) 焼却灰の資源化技術のアンケート調査
- 以上について、既往資料・文献及びヒアリング等によって調査を行った。

3. 調査結果

3.1 大阪府下の汚泥発生量及び下水汚泥処理処分の概要

大阪府全体での下水処理に伴う汚泥発生量及び再利用率の推移は、図3-1のとおりである。平成2年度においては再利用は行われていなかったが、平成12年度には汚泥発生量のおよそ50%を再利用する計画である。

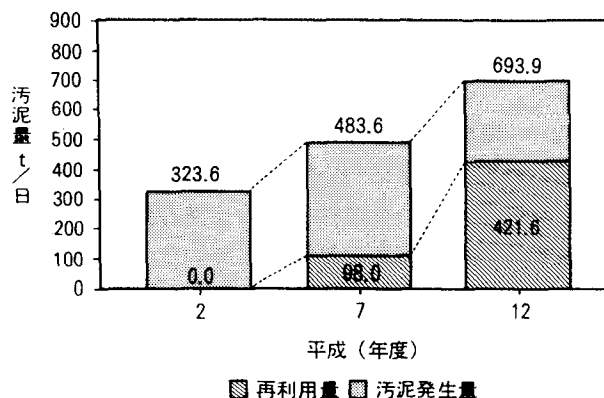


図3-1 大阪府下の汚泥発生量及び再利用率 (脱水ケーキ換算)

処理処分形態は、平成3年度実績によると、焼却灰の海面埋立処分が93%を占め、残り7%は熔融スラグ化による建設資材化の実験等に利用されている。このような状況の中で、大阪府中央処理場において熔融スラグの再利用プラントの運転を平成5年7月より開始している。

3.2 下水汚泥の有効利用技術の現状

3.2.1 下水汚泥資源化利用の概況

下水汚泥の有効利用技術は、大別して以下の3通りがある。

- (1) 緑農地利用
- (2) 建設資材利用
- (3) エネルギー利用

下水汚泥の有効利用用途は、既往調査によると表3-1の状況にあり、現状では緑農地利用が大部分である。建設資材利用は、割合としては小さいが、増加の傾向にある。最近では、焼却処理に加えて熔融処理を実施する施設が増加しており、焼却灰としての利用に加えて、熔融スラグによる利用用途が開拓されてきており、建設資材化は促進されると考えられる。

表3-1 下水汚泥の有効利用実施状況

(平成3年4月1日～平成4年3月31日)

(単位:千㎡/年)

| 区分 | 処理性状 | 脱水ケーキ | 焼却灰 | 乾燥汚泥 | コンポスト | 消化汚泥 | 計 |
|--------|----------|-------|-----|------|-------|------|-----|
| | | | | | | | |
| 緑農地 | 自治体で実施 | 113 | 3 | 12 | 54 | 8 | 190 |
| | 肥料会社等引渡し | 285 | 12 | 3 | 44 | 0 | 344 |
| | 小計 | 398 | 15 | 15 | 98 | 8 | 534 |
| 建設資材利用 | | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 合計 | | 398 | 58 | 15 | 98 | 8 | 577 |

(注) 肥料会社等へ引き渡された脱水ケーキの大部分がコンポスト化され緑農地へ有効利用されている。

(出典:日本の下水道 平成5年)

3.2.2 緑農地利用

汚泥の緑農地利用については、汚泥を自然の循環サイクルに返すという意味で最も自然な形態であるが、欧米各国に比べあまり進展していない。その理由として次の項目が挙げられる。

- ①臭気及び取扱いの難しさ
- ②寄生虫や雑草の種子の混入
- ③重金属の混入
- ④施用基準が不明確

このうち、①及び②は、コンポスト化することでほとんど解決される。このことからわが国ではコンポスト化堆肥の形態が大部分である。

平成元年度の時点で、地方自治体が自らコンポスト化装置を保有しているのは26ヶ所である。このように、技術的には確立しているが、設置する場合費用的にかなり高価となる。

③については、重金属の規制として、肥料取締法によるひ素、カドミウム、水銀の3項目が対象となっている。そのほか農用地における土壤中の亜鉛濃度に係る暫定的な管理基準、土壤中の重金属濃度の望ましい基準があり、これらの規制値は諸外国に比べ相当厳しい値であり、汚泥の農地利用が進まない要因の一つとなっている。

④については、需要開拓に力が注がれているところである。

3.2.3 建設資材利用

下水汚泥の建設資材利用は、昭和50年代に大都市を中心とした地方自治体において試みられるようになった。この背景には、汚泥処分地が逼迫してきたこと、それに伴い処分費が高騰してきたことから、汚泥処分量の減量化が重要課題となり、焼却あるいは熔融により無機化する処理方式が普及したことによる。

下水汚泥の建設資材利用は、焼却灰利用が主体であったが、最近熔融処理を採用する事例が増え始めており、熔融スラグ利用も研究されるようになってきた。

図3-2に下水汚泥の建設資材利用用途を示す。

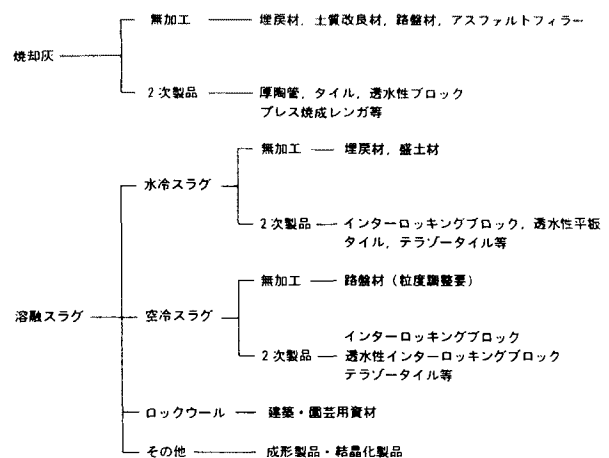


図3-2 下水汚泥の建設資材利用用途

(1) 焼却灰の建設資材利用

石灰系焼却灰は石灰を含むことから自硬性があり、そのままの形態で土質改良材、路床材、埋め戻し材として利用される。一方、高分子系焼却灰は自硬性はないが焼成原料として適している。この特性を生かしてプレス焼成レンガ、透水性レンガ、軽量骨材等の製品が製作されている。

(2) 溶融スラグの建設資材利用

溶融スラグは、Si, Ca, Al, Fe, Pといった無機成分の化合物を主体とした安定した物質である。建設資材利用は、溶融スラグを無加工のまま使用する場合と二次製品の原料とする場合がある。

無加工で使用する場合は、骨材や砕石として利用用途が考えられるが、空冷及び水冷スラグともガラス質であるため強度が小さく、すり減り減量が多いという問題がある。この点を解決することがスラグ利用における課題である。最近では、徐冷や再加熱により結晶化を促進させ堅硬なスラグを製造する技術の開発が行われており注目されている。

3.3 高槻処理場における下水汚泥の処理方式

3.3.1 下水汚泥の処理方式検討の背景

高槻処理場は、高槻市の公共下水道として昭和44年に供用開始され、昭和50年に淀川右岸流域下水道に編入され、現在平成5年度末の完成を目標に45,800㎡/日の施設を建設中である。

汚泥処理は、現在脱水ケーキを中央処理場で焼却、溶融している。今回、水処理施設建設にともない、汚泥処理施設の建設が必要となり計画見直しが行われた。見直し内容は、次のとおりである。

①汚泥処理プロセスの変更

②汚泥処理施設の配置変更

変更内容は、図3-3のとおりである。

本検討では、汚泥資源化の観点から汚泥焼却プロセスについて検討した。

3.3.2 汚泥焼却プロセスの選定

高槻処理場に焼却炉を建設するにあたり、次の点を考慮している。

- ①地元周辺環境が厳しく、臭気や排ガス、粉塵等の二次公害の恐れがない施設であること。
- ②芥川町づくり整備計画に沿った景観重視の施設であること。

焼却炉を選定するにあたり、選定要因として以下の事項を考慮した。

- ・二次公害の恐れがないこと
- ・配置計画が困難でないこと
- ・焼却生成物の再資源化が可能なこと
- ・余剰蒸気の利用が見込めること
- ・間欠運転が容易であること
- ・経済性に優れていること

(1) システム検討条件

検討対象システムは、以下の6種類とした。

- ①多段焼却炉－接触酸化脱臭方式
- ②直投式流動床焼却方式
- ③乾燥－流動床焼却方式
- ④表面溶融方式
- ⑤コークスベッド溶融方式
- ⑥流動床焼却炉－灰溶融方式

(2) 処理能力及び基数

処理能力及び基数は以下の条件とした。

- ①処理能力 90tケーキ/日
- ②基数 1基

(3) 脱水ケーキの条件

- ①種類 生汚泥－高分子薬注ベルトプレス脱水ケーキ

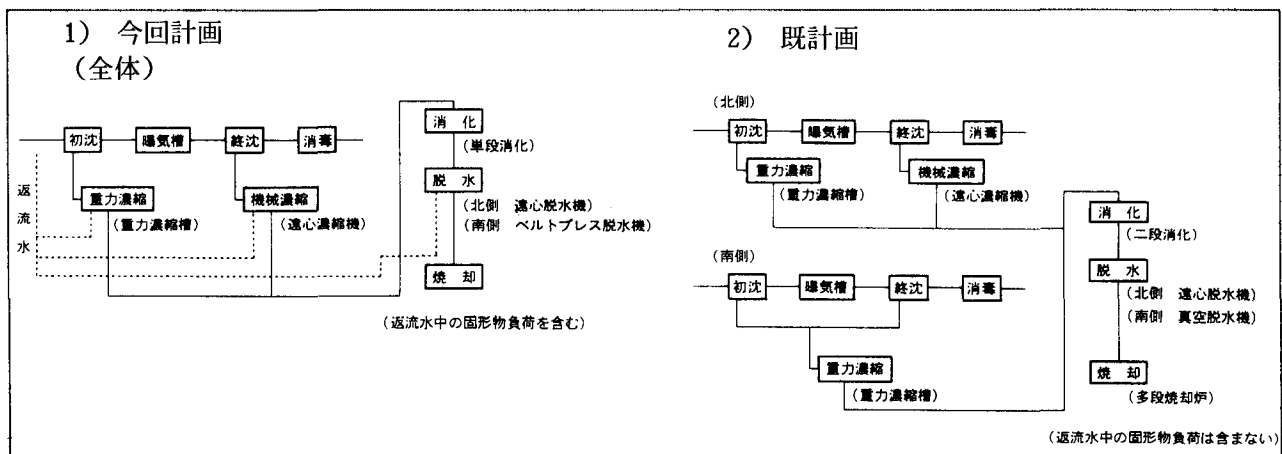


図3-3 高槻処理場汚泥処理フロー

②ケーキ性状

- ・水分：78%
- ・可燃分：70%
- ・灰分：30%
- ・発熱量：3,900kcal/kg-DS

(4) 稼働時間の条件

24h/日×330日/年

(5) 焼却プロセスの評価

各システムに関し比較検討に行った結果、焼却炉については二次公害の恐れがなく、経済的で実績豊富な乾燥機なしの流動床炉を基本とすることとした。

3.4 高槻処理場における汚泥の再資源化の方向性

建設資材化のメニューについては、「MIRACLE PLAN」の中で「リサイクル事業実施にあたっては、現在の汚泥処理フローを考慮して、溶融スラグの路盤材、ブロック骨材としての利用及び高分子系焼却灰のレンガ等の成形を先行して事業着手する。」という方針が提示されている。

本調査では、溶融スラグについては路盤材、ブロック骨材としての利用、焼却灰についてはプレス焼成レンガとしての利用について特徴をまとめた。表3-2に特徴を示す。

表3-2 建設資材化メニューの特徴

| | 溶融スラグ 路盤材骨材利用 | 焼却灰 プレス焼成レンガ利用 |
|-----------|---|-------------------------------|
| 汚泥減量化効果 | 大 | 小 |
| 製品消費の可能性 | 全量可能 | 将来的には全量は困難 |
| 既存製品との競合 | 無 | 有 |
| 資材化設備必要面積 | 小 | 大 |
| その他 | 製品価格は安い。 ブロック骨材の他にも 二次製品原料として利用可能である。 | 公共事業において需要 先を確保することが重要である。 |

溶融スラグ利用と焼却灰利用にはそれぞれ得失があるが、

- ① プレス焼成レンガについては既存製品との競合が生じる。
- ② 高槻処理場においては将来的に高度処理を導入する必要があり敷地面積に制約がある。
- ③ 溶融スラグについては、路盤材や碎石、骨材、二次製品原料等、建設資材化利用の用途の幅が

広く公共事業における相当の需要が期待できる。

以上の理由から、建設資材化の基本方針としては溶融スラグ化による路盤材あるいは骨材利用を目指すことが適当と判断した。

このことから、汚泥再資源化を考慮して汚泥処理プロセスは焼却-灰溶融方式が適当であるとした。

3.5 焼却灰の資源化技術アンケート調査結果

焼却灰の資源化に関し、現状での技術について調査を行った。技術としては、新規性があり需要及び市場性のあるものとした。調査の結果は、次に示すとおりであった。

灰溶融スラグ利用に関するものとして

- ① 高品質スラグ
- ② スラグの陶土利用
- ③ 透水性インターロッキングブロック
- ④ TCブロック
- ⑤ 抗菌砂
- ⑥ 防音壁への利用

⑦ コンクリート混和材としての利用

焼却灰利用に関するものとして

- ① 水熱合成法による焼却灰固化
- ② 人工ゼオライト
- ③ 教材用資材
- ④ 園芸用資材

溶融スラグ+焼却灰利用に関するもの

- ① 多機能資源化システム

(セラミック焼成技術による透水性舗装材)

技術的な完成度、市場開拓、流通方法の検討等に関し解決すべき点も多く、今後の研究および実験による成果が待たれるところである。

4. まとめと今後の課題

大阪府下における汚泥の発生は、平成12年度には脱水ケーキ換算で約700tケーキ/日が見込まれ、その内の50%を再利用する計画である。調査対象の高槻処理場においては、平成12年度に脱水ケーキで37,450tケーキ/年が見込まれており、その資源化技術の開発が必要となっている。

現状での下水汚泥の資源化技術は、その大部分が緑農地利用である。最近では、建設資材化利用が増加の傾向にあり、焼却処理に加え溶融処理を実施する施設が増加しており、建設資材化は促進されると考えられる。

高槻処理場の焼却プロセス評価から焼却炉は二次公害の恐れがなく、経済的で実績のある流動床炉を

基本とし、再資源化の基本的方向は、溶融スラグ化による資源化が適当であると判断した。

今後は、溶融スラグの建設資材利用に関して、具体的な資源化メニューについて検討する必要がある。

● この調査に関する問い合わせは 技術部技術課長 村上 孝雄
研究第一部研究員 大森 栄二