

下水汚泥の処理・処分及び有効利用

佐 納 良 樹

信州大学繊維学部精密素材工学科

Resourcing and Ultimate Disposal of the Sludge from Municipal Sewage

Yoshiki SANO

Department of Fine Materials Engineering, Faculty of Textile Sci. and Technol., Shinshu University

Key Words : Municipal sewage sludge, Ultimate disposal, Resourcing, Intensive treatment

都市下水汚泥, 最終処分, 再利用, 集約処理

はじめに

我が国の都市下水処理は、大部分活性汚泥法に頼っているが、最近の下水道普及率の上昇に伴い、埋め立て適地の不足など、余剰汚泥の処理処分問題が急速に深刻化しつつある。

特に信州は自然に恵まれた特筆すべき観光、保養立地としての責任上、今後確実に増加する余剰汚泥の取り扱いについては特に慎重さが求められる。とはいえ余剰汚泥は本来めばしい有用成分を含んでいないし、一般的には誠に取り扱いの厄介な代物である。したがってこれの利用ということは数～十数年前には誰も本気で考えなかった事である。

しかし、最終処分方法としての海上投棄や、陸上埋め立て処分は2次的環境汚染の原因になり兼ねないこと、近年とみに高まってきた、“廃棄物は資源の宝庫”の考え方から活性汚泥プロセスから発生する余剰汚泥についても積極的な利用法が探し求められる様になった。その背景には最近、国としても推進しつつある余剰汚泥の集約処理方式^{1),2)}により、一定品質の汚泥を大量に準備し易くなったこともあろう。

ここでは、下水汚泥の処理処分を主体とする有効利用についての考え方、現況の一部を紹介し問題点を探ってみたいと思う。

1. 下水汚泥の処理処分及び利用の考え方

下水汚泥を形成する固形分の大部分は微生物細胞で

あるから比較的不安定な有機高分子物質が主要成分である。したがって汚泥を放置すると短時間で悪臭を放ち、有害ガスの発生を伴う。このような事から汚泥処理の主眼は汚泥の無機化、安定化にある。また都市下水には病原菌や有害物質が含まれている可能性は十分にあるからこれらの無害化も必要である。さらに発生する余剰汚泥量は標準汚泥法で流入BODの約40%程度であるから膨大なものである。したがって汚泥の減容は絶対に必要な要件である。

そのような事から各処理場共、汚泥を脱水、乾燥の後、焼却灰化して埋め立てる方式が主流になっている。しかしこれは物質の循環やエネルギー経済の面から決して最良の方法でないことは大方の同意するところであろう。物質の循環から言えば汚泥を形成する有機物は無機化することなく、何等かの形で山元（農地、緑地など）還元するのが理想的であるが、重金属類の混在、肥効成分のアンバランスならびに再利用するための経費が障害になって十分活用されていない。

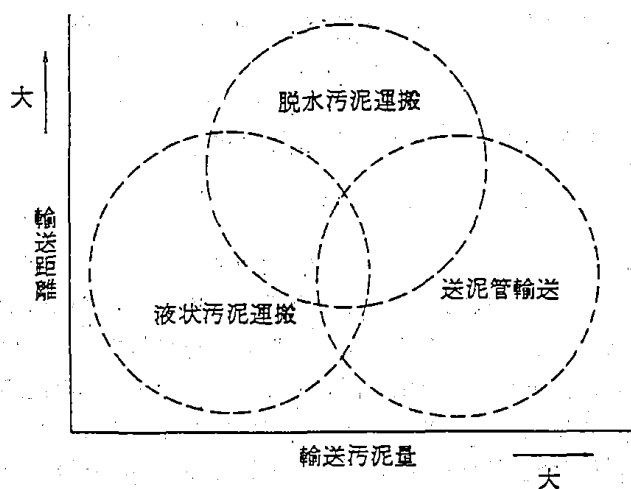
これらの諸問題を避ける次善の策として最近、汚泥の焼却、溶融処理が注目されている^{3),4),5)}。

以下、汚泥の利用(資源化)の現況について述べる。

2. 汚泥の集約処理

前述のごとく都市下水から発生する生汚泥量（水処理系から引き抜かれた時点で）は年間約5%の増加を見ており1988年度の汚泥発生量は2億4000万m³に達している¹⁾。これだけ大量の汚泥を効率良く処理処分

するには個々の処理場で個別の処理をするよりも、日本下水道事業団が推めつつある、汚泥の広域処理（ACEプラン）の方がはるかに利点が多いと思われる。というよりこれだけ大量の汚泥が発生する限り、単なる投棄・埋め立ては不可能であるから有効利用方法を考えざるを得ない。その為には品質の一定化しやすい集約処理が有利である。数箇所の処理場からの汚泥を収集するには、輸送方式が問題になるが汚泥量と輸送距離に応じた経済的な輸送方式について図1²⁾の概念図が提案されている。

図1 汚泥輸送の形態¹⁾

3. 高温溶融による土木・建築資材化

脱水ケーキを1400～1600℃で溶融し、溶融スラグから骨材を製造する技術が開発されている。すなわち高温に保つことによって可燃物が燃焼分解した後に残るSi、Alなどが結晶または非結晶の状態では固化したものを加工して資源化しようとする試みである³⁾。この方法は後述の焼却法よりも減量化、安定化が良好であると言われている。溶融スラグの結晶化度は溶融および冷却方法に直接依存し、さらにそれは製品の機械的強度に大きく影響する。表1³⁾は溶融スラグの冷却方法と製品の特性の関係を定性的に示したものである。これらの実用上の問題点については、今後の実績を積み重ねる必要が有るようである。

4. 焼却灰の利用

乾物汚泥の55%は焼却灰化により安定化および減量化はかられているのが最近の主流であることは先に述

表1²⁾ 溶融スラグの冷却方法と物性

名 称	冷却方法	スラグの特性
水砕スラグ	水 冷	ガラス質、細粒状、強度低い
空冷スラグ	空 冷	大部分がガラス質、塊状あるいは破碎すれば粒状、強度低い
結晶化スラグ	保 冷	結晶化している、塊状あるいは破碎すれば粒状、強度高い
	再 加熱	

表1 溶融スラグの冷却方法と物性³⁾

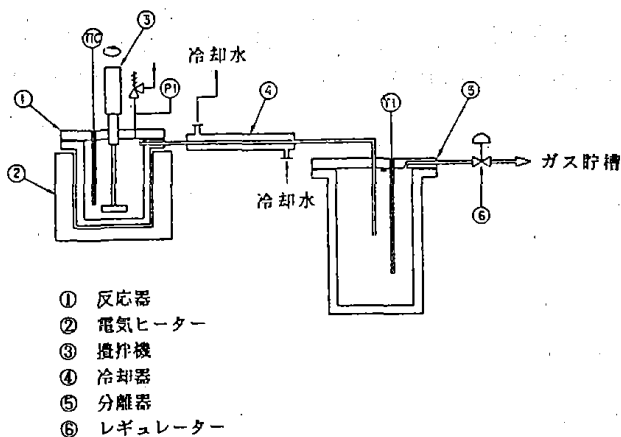
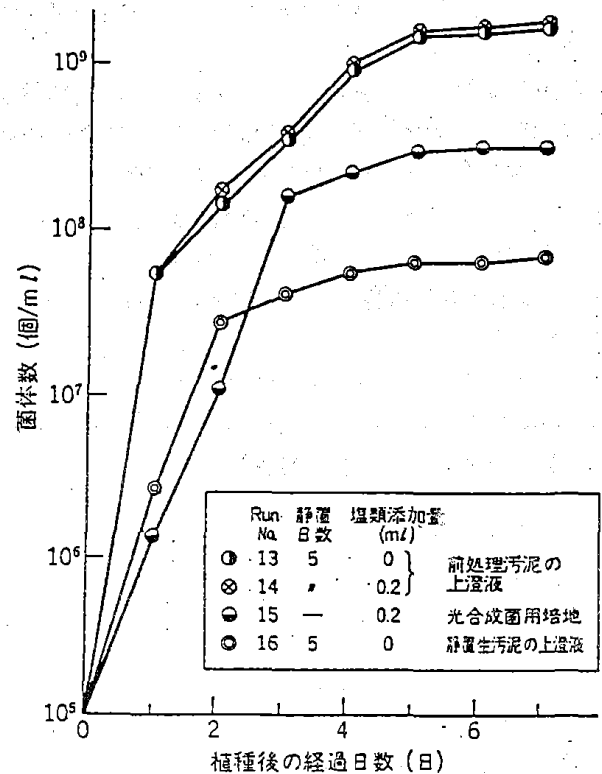
べた。焼却により体積は10分の1に減量するとはいえ、その埋め立て適地も次第にひっ迫しつつあることから焼却灰の有効利用も試みられている。表2⁴⁾は利用分野の1例であるが、汚泥を沈降濃縮する際に添加する凝集剤の種類により石灰系と高分子系に大別される。土木建築用資材（例えば道路路床材）やタイル原料として利用するにせよ、加えうる焼却灰の量は母材の数%程度に抑えざるを得ないのが現状である。したがって利用の量的拡大には使用分野に適した焼成物の品質向上が要望されている。

汚泥形態	利用分野	利用方法及び調査及び実施状況
石灰系焼却灰	土木建築資材	道路用路盤・路床材 ：場内道路で施工 軟弱地盤改良材 ：再生利用業者へ譲渡 コンクリート用細骨材 ：下水道コンクリート製品等の試作と現場施工 ：園芸用コンクリート製品等の試作と現場施工
	窯業資材	タイル原料 ：タイル製品試作と現場施工 陶器原料 ：製品試作
	農業用資材	園芸用土壌改良材 ：再生利用業者へ譲渡
高分子系焼却灰	土木建築資材	道路用路盤・路床材 ：場内道路で現場施工 運動公園用路盤・路床材 ：場内で現場施工実験 コンクリート用細骨材 ：空洞コンクリートブロック製品の試作
	窯業資材	タイル原料 ：セラミックスとの50%混入タイル製品の試作
	農業用資材	園芸用土壌改良材 ：場内で現場実験中

表2 汚泥焼却灰有効利用⁵⁾

5. 高温熱分解による油化

脱水汚泥を不活性気流の下で300℃、約10気圧に保持する事により、汚泥中の有機物を燃料油に変換する試みが鈴木ら^{7),8)}によっておこなわれている。含水率81.1%、揮発性固形分 (Volatile solid) 84.8%の原料汚泥を図2⁷⁾に示した実験装置で300℃、1気圧、1時間の処理によりオイル、チャーおよび水性相が得られ、オイルの発熱量は約9000kcal/kgであったという。生成したオイルの分離には高压蒸留法が有効である⁷⁾。

図2 汚泥油化および高压蒸留実験装置⁷⁾図3 光合成細菌の増殖¹¹⁾

6. バイオマスへの転化

生汚泥に適切な嫌気的処理を施せば、分解の初期段階には酢酸を主体とする低級脂肪酸が生成する⁹⁾。他方、光合成菌の一種である紅色非硫黄細菌 (*Rhodospseudomonas*) の菌体はタンパク質含量が高く、各種アミノ酸も豊富であり畜産・水産飼料として大変価値が高いとされている¹⁰⁾。しかもこの菌は光エネルギーの存在下で酢酸を優先的に資化する。このような事実にもとづき生汚泥をアルカリで前処理して得た上澄み液で紅色非硫黄細菌の培養を試みた¹¹⁾。図3¹¹⁾は光合成菌接種後の菌体数の推移を経過日数に対して点描したものである。汚泥に適当な前処理を施しておけば汚泥上澄み液でも、紅色非硫黄細菌用培地と同程度の増殖が見られた事から汚泥の一部を他のバイオマスに転化

出来ることが示唆された。

汚泥の主成分である有機性固形分の好気発酵によるコンポスト化は、前述した物質(元素)の循環の面で最も理想的な有効利用法である。しかし含有重金属の問題やコンポスト化工程のコスト高が障壁になって本法による処理・処分量の増加は思わしくない。

おわりに

汚泥の処理処分問題の延長としての有効利用について検討した。敢えていうならば汚泥の有効利用を考えるよりは、処理すべき汚泥量の減少が根本的に重要であろう。しかし人口の集中、生活レベルの上昇が避けられない以上、汚泥量の減少は有り得ない。したがって今後は地球規模の環境保全ならびに廃棄物の積極的再資源化の必要性がますます高まるものと思われる。

引用文献

- 1) 佐藤和明：汚泥集約処理の課題と方向，下水道協会誌，第27巻，第326号，6-9 (1991)
- 2) 成田愛世：広域汚泥処理事業について，環境技術，第16巻，607-610 (1987)
- 3) 大川昌俊，山下 博，伊藤秀明：下水汚泥の建設資材への有効利用，下水道協会誌，第27巻，第315号，63-

73 (1990)

- 4) 一島 博：溶融スラグのインターロッキングブロック利用，同誌，第27巻，第315号，30-34 (1990)
- 5) 佐々木邦利：溶融スラグのコンクリート骨材利用，同誌，第27巻，第315号，35-39 (1990)
- 6) 西村徳教：焼却灰のタイル利用，同誌，第27巻，第315号，17-20 (1990)
- 7) 鈴木 明，中村 忠，伊藤新治，横山伸也：高圧蒸留法による下水汚泥油化生成物からのオイル分離，化学工学論文集，第16巻，1124-1127 (1990)
- 8) 鈴木 明，中村 忠，伊藤新治，横山伸也：下水汚泥の油化处理における蒸留法によるオイル分離，化学工学論文集，第17巻，326-334 (1991)
- 9) 大亦正次郎，河野又四，村尾沢夫，酒井平一，外村健三：応用微生物学 (初版)，p.257-258，培風館 (1982) など
- 10) 小林達治：光合成細菌の基礎と応用 I，II，日本土壤肥料学会雑誌，第46巻，101-109，148-156 (1975)
- 11) 佐納良樹，奥村正秀，有賀 修，大滝浩司：余剰汚泥の資化—汚泥の前処理について—，信州大学環境科学論集，第8号，44-52 (1986)