

## 〈論文〉

## 下水汚泥資源利用の動向と今後の課題について

平山 孝浩<sup>1)</sup>, 鈴木 あや子<sup>2)</sup>国土技術政策総合研究所下水処理研究室 (〒305-0804 つくば市旭 1, E-mail: hirayama-t92ta@nilim.go.jp)<sup>1)</sup>国土交通省下水道部下水道企画課 (〒100-8918 千代田区霞が関 2-1-3, E-mail: suzuki-a2qk@mlit.go.jp)<sup>2)</sup>

## 概要

下水汚泥の有効利用に関する諸課題の解決には、地域特性に応じた適切な汚泥の有効利用の検討や、新技術の導入など、様々な分野における総合的な対策を進めることが重要である。また、大量の資源・エネルギーの消費に伴う環境負荷の増大により、地球温暖化の影響が顕在化してきており、その対応は国際的な最重要課題となっている。

本稿では、近年の下水汚泥の発生量と処理処分・有効利用等の現状と資源・エネルギーとしての有効利用促進に係る施策について述べる。

キーワード: 下水汚泥、有効利用

## 1. はじめに

下水道は、生態系や自然の循環システムを健全に保つための重要な構成要素と位置付けることができる。今後とも、拡大する諸活動を支えつつ、それに伴う環境への負荷を極力抑制することが下水道に課せられた大きな使命である。

下水道は、下水の排除、処理の過程で下水汚泥をはじめとして、スクリーンかす、土砂などを生ずる。これら発生汚泥等を適正に処理することは、放流水の水質管理とともに、下水道の維持管理上最も大きな課題である。

平成 17 年度における全国の産業廃棄物排出量は約 4 億トンとなっている<sup>1)</sup>。そのうち約 19% の 7,961 万トンが下水汚泥であり<sup>1)</sup>、その発生量は下水道の普及等に伴って今後さらに増加する見込みである。これに対し、平成 17 年 4 月 1 日現在の産業廃棄物最終処分場の残余年数は首都圏で 3.4 年、全国で 7.2 年となっており<sup>2)</sup>、廃棄物の 3R (Reduce, Reuse, Recycle) の推進が急務となっている。

このような背景から、平成 8 年の下水道法改正において、発生汚泥等の減量化に努める旨の規定が設けられており、この規定に沿った取組がなされてきている。

また、平成 13 年 5 月には、平成 12 年の廃棄物の処理及び清掃に関する法律 (廃棄物処理法) の改正を踏まえ廃棄物処理法第 5 条の 2 に基づく「廃棄物の減量その他その適正な処理に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本方針」が定められ、一般廃棄物及び産業廃棄物の減量化の目標量が定められている。

その後、循環型社会への転換、廃棄物処理の適正化が社会的な課題となる中で、循環型社会形成推進基本法や各種リサイクル関連法が制定・改正されており、平成 15 年 3 月には「循環型社会形成推進基本計画」が閣議決定され、我が国における循環型社会構築に向けた取組が各方面で進められている。

さらに、平成 14 年 12 月には農林水産省や国土交通省等により、「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されており (京都議定書の発効を踏まえ、平成 18 年 3 月に改定)、このようなバイオマスの積極的な

利活用という観点からも下水汚泥は注目されている。

今後、下水汚泥については、下水道の普及率の向上等に伴う発生量の増大が避けられないこと、下水道は地方公共団体という公的主体が事業者であることなどから、廃棄物の減量化・リサイクルの推進を率先して計画的に進めていくことが必要である。

また、大量の資源・エネルギーの消費に伴う環境負荷の増大により、地球温暖化の影響が顕在化してきており、その対応は国際的な最重要課題となっている。我が国においては、先述の「バイオマス・ニッポン総合戦略」や、平成 17 年 2 月の京都議定書の発効を受け、地球温暖化対策の推進に関する法律第 8 条に基づき、平成 17 年 4 月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」(平成 20 年 3 月に改定)などに、地球温暖化対策の推進、中でもバイオマスを積極的に利活用していくことが喫緊の課題として位置付けられている。下水汚泥についても、今後、バイオマスとしての利活用の促進が求められているところである。

「京都議定書目標達成計画」においては、国、地方公共団体、事業者、国民といったすべての主体が参加・連携して、同計画に掲げられた各種対策・施策を推進することが求められている。地方公共団体においては、同計画により、庁舎等におけるエネルギー消費のみならず、下水道事業等の運営といった事業を含めた温室効果ガスの総排出量に関する目標を掲げ、かつ、定期的実施状況の点検を行うことが求められている。このように、下水道管理者は、率先して、地域の特性を踏まえ、消化槽から発生する消化ガスなど下水から得られる資源やエネルギーをバイオガスや汚泥燃料として積極的に活用し、下水道を環境保全インフラとして整備することが求められている。

## 2. 下水汚泥の発生量と処理処分等の現状

平成 18 年度における下水汚泥の処理及び処分の状況を Table 1 に示す。下水汚泥は年間 223 万 DS-t (乾燥重量トン) が発生しており、そのうち約 74% が緑農地利用、建設資材利用、燃料化等として有効利用されている。

下水汚泥の有効利用の状況を Fig. 1、Table 2 に示す。有効利用の内訳としては、従来緑農地利用が中心であったが、近年はセメント原料としての利用な

Table 1: Effective use and disposal of sewage sludge (Based on dry weight at the generation sludge. FY 2006)

単位：DS-t/年

引き渡し先 処理後の 汚泥形態	最終安定化先								合計	%	
	埋立処分	緑農地利用	建設資材利用		燃料化等	海洋還元	場内ストック	その他			
			セメント化	セメント化以外							
生汚泥	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.0%
濃縮汚泥	53	2	0	0	0	0	0	0	25	80	0.0%
消化汚泥	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
脱水汚泥	36,730	28,011	92,912	2,579	3,161	0	13	137	163,542	163,542	7.3%
移動脱水車汚泥	33	59	11	39	0	0	0	0	142	142	0.0%
コンポスト	592	240,585	0	3,318	0	0	1	0	244,496	244,496	10.9%
機械乾燥汚泥	115	867	0	0	0	0	2	1	984	984	0.0%
天日乾燥汚泥	3,829	30,649	3,609	6	16,083	0	0	0	54,176	54,176	2.4%
炭化汚泥	21	1,733	898	181	0	0	24	78	2,934	2,934	0.1%
焼却灰	518,538	26,879	698,896	302,153	4	0	4,642	5,381	1,556,493	1,556,493	69.6%
熔融スラグ	237	3,308	6,371	200,722	776	0	705	28	212,146	212,146	9.5%
合計	560,146	332,093	802,697	508,998	20,025	0	5,387	5,653	2,234,998	2,234,998	100%
%	25.1%	14.9%	35.9%	22.8%	0.9%	0.0%	0.2%	0.3%			100%

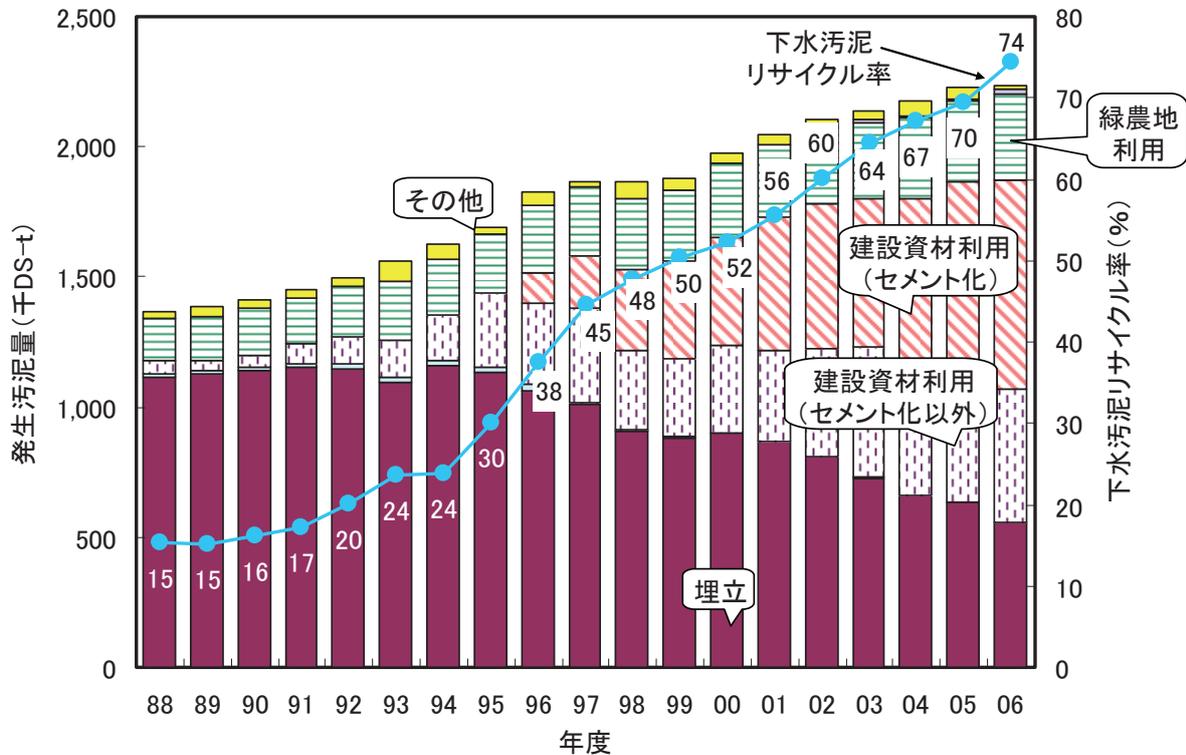


Fig.1: Trend of effective use of sewage sludge (Based on dry weight at the generation sludge)

どの建設資材利用が進んできており、平成 7 年度に建設資材利用が緑農地利用の割合を上回り、平成 18 年度における緑農地利用は有効利用全体の約 20% (汚泥発生時乾燥重量ベース) である。セメント化以外の建設資材利用については自治体での実施量と民間での実施量が同量程度であるが、緑農地利用・セメント原料としての利用では民間に引渡している量が多くなっている。

### 3. 下水汚泥の有効利用

下水汚泥の有効利用の形態は、マテリアル利用、エネルギー利用に分けられる。セメント原料等としての建設資材利用やコンポスト等としての緑農地利用が着実に進展している一方、下水道バイオガス又は汚泥燃料としてのエネルギー利用は未だ低い水準にとどまっている。それぞれの状況を以下に概観する。

#### 3.1 マテリアル利用

##### (1) 緑農地利用

下水汚泥には、多量の肥効成分や有機物が含まれており、適正な施用を行うことによって土壤改良材や

**Table 2: Effective use of sewage sludge (Based on dry weight at the generation sludge. FY 2006)**

単位：DS-t/年

	液状汚泥	脱水汚泥	コンポスト	乾燥汚泥	炭化汚泥	焼却灰	溶融スラグ	計
緑農地利用								
自治体で実施	0	9,785	37,295	5,014	693	11,324	3,236	67,347
民間に引渡し	2	18,285	203,290	26,502	1,039	15,555	72	264,745
小計	2	28,070	240,585	31,516	1,733	26,879	3,308	332,093
建設資材利用(セメント化)								
自治体で実施	0	1,431	0	0	0	87,784	0	89,215
民間に引渡し	0	91,491	0	3,609	898	611,112	6,371	713,481
小計	0	92,923	0	3,609	898	698,896	6,371	802,697
建設資材利用(セメント化以外)								
自治体で実施	0	209	35	6	177	118,183	109,647	228,258
民間に引渡し	0	2,408	3,283	0	4	183,970	91,075	280,740
小計	0	2,618	3,318	6	181	302,153	200,722	508,998
燃料化等								
自治体で実施	0	10	0	13,144	0	4	0	13,159
民間に引渡し	0	3,151	0	2,939	0	0	776	6,867
小計	0	3,161	0	16,083	0	4	776	20,025
合計	2	126,772	243,903	51,214	2,812	1,027,933	211,177	1,663,812

肥料として十分な効果を有することが明らかになっている。

下水汚泥を緑農地に利用する場合の形態としては、脱水ケーキ、乾燥汚泥、炭化汚泥、コンポスト化汚泥が考えられる。このうち、コンポスト化汚泥は、汚泥が質的に改善されており、取り扱いやすく、発酵処理の際に滅菌・安定化する利点があることから、有効利用の促進の観点からコンポスト化の意義は大きい。

また、肥料の品質を保全するため肥料の規格等を定めている肥料取締法が平成11年7月に改正され、平成12年10月から施行されている。これにより特殊肥料とされていた下水汚泥を原料とする肥料が普通肥料に位置付けられたが、「下水汚泥肥料」は、有害成分を含有するおそれが高いものとされ、農林水産大臣の登録を受けなければならないとされている。

**(2) 建設資材利用**

下水汚泥の建設資材利用としては、セメント原料としての利用の割合が多くなってきており、平成18年度においては、建設資材利用のうち乾燥重量ベースで約61%がセメント原料としての利用となっている。

下水汚泥から焼却灰や溶融スラグを建設資材として利用する形態は、大きく分けて次の2つがある。

- 1) 下水汚泥の最終処分形態(焼却灰や溶融スラグ)そのものを資材として利用するもの (例:石灰系焼却灰の埋め戻し材、路盤材 等)
- 2) 焼却灰や溶融スラグを建設資材製造の原材料の一部又は全部として利用するもの (例:高分子系焼却灰の陶管及び透水性レンガ原料としての利用 等)

最近では、焼却灰と掘削残土を用いて改良土を製造する技術が実用化されているほか、下水汚泥焼却灰だけで他の材料を添加することなく、レンガやタイル等の製品を作り出す技術も開発されている。

**3.2 エネルギー利用**

下水汚泥のエネルギー利用は、下水汚泥の嫌気性消化過程において発生するメタンを主成分とする下水道バイオガスの利用、汚泥自体の燃料化、下水汚泥焼却廃熱の利用に分類される。

**(1) 下水道バイオガスの利用**

平成18年度 of 下水道バイオガス発生量の内訳をみると、約7割(211百万m<sup>3</sup>)が利活用されており、残り約3割(95百万m<sup>3</sup>)は焼却処分されている。また、下水道バイオガス発生量の約2割(60百万m<sup>3</sup>)はガス発電に利活用されているが、約3割(90百万m<sup>3</sup>)は消化槽の加温用としての用途にとどまっている。

下水道バイオガスを用いた発電は、下水処理場の電力費の節約と資源有効利用の観点から進められている。国内では1984年より下水道バイオガス発電設備が導入され始め、平成18年度時点で総基数が37基、総発電容量が約22,460kWになっている。総発電容量は、平成17年度版下水道統計における処理場施設の契約電力合計(約1,200kW)の約2%に相当する。

**(2) 下水汚泥の燃料化**

下水汚泥の燃料化の手法として、現在、炭化、油温減圧乾燥及び造粒乾燥が検討されている。炭化とは、脱水汚泥を乾燥した後、低酸素もしくは無酸素状態で蒸し焼きする工程を指す。炭化工程の温度に大きく依存するが、炭化汚泥は約13MJ/kg(3,000kcal/kg)の発熱量(低位)を有しており(石炭は26.6MJ/kg(特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令(平成18年3月経済産業省、環境省令第3号)の一般炭の発熱量))、また、ほとんど臭いがしないという特徴を有している。これらの特徴を踏まえ、東京都では、勿来火力

発電所へ炭化汚泥を供給する事業を開始した。また、愛知県においても、同様の事業を予定している。

また、脱水汚泥を廃食用油等に投入し、減圧・加熱の条件下で水分を蒸発させる油温減圧乾燥汚泥は、約 22MJ/kg の発熱量(低位)を有しており、福岡県御笠川浄化センターでは平成 13 年度より松浦火力発電所に供給を行っている。

さらに、脱水汚泥を 5mm 程度の粒状に整形し、乾燥させる造粒乾燥汚泥は、約 17MJ/kg の発熱量(低位)を有しており、北九州市北湊浄化センターにおいて、八幡製鉄所の卸電力事業等への活用について調査を実施している。

#### 4. 資源・エネルギーとしての有効利用促進

資源・エネルギーとしての有効利用促進に関して、今後重点的に取り組む施策について、以下に述べる。

##### 4.1 民間の有する技術、流通に関するノウハウの活用による資源・エネルギー循環の推進

下水汚泥等の資源化、流通、販売・利用を一体的に捉え、民間企業の有するノウハウを最大限活用することにより、下水汚泥等の資源・エネルギー利用を推進するため、国土交通省は、平成 20 年度の新規施策として、民間活用型地球温暖化対策下水道事業制度を創設した。具体的には、下水道管理者が民間企業と一体となって行う下水汚泥等の循環利用に関する計画の策定を支援することや、同計画に基づき、民間事業者が整備する下水汚泥等の資源化施設(下水汚泥等の処理施設(炭化炉等)、貯蔵施設などの関連施設)の建設を支援するものである。

##### 4.2 下水処理場における省エネルギー・創エネルギー対策の推進

下水道は下水の収集・処理の過程の大量のエネルギー消費に伴う CO<sub>2</sub> の排出に加え、汚泥の焼却による N<sub>2</sub>O の排出など、水・汚泥処理の過程でも多くの温室効果ガスを排出している。近年、処理水量の伸びを上回って温室効果ガスの排出が増加しており、下水道事業における温室効果ガスの排出量は我が国全体の排出量のうち約 0.5% (2004 年度) を占めている。

下水処理場における温室効果ガス排出量の削減、エネルギー自立度の向上のため、下水道管理者による温室効果ガス排出量の削減目標設定及び省エネルギー・創エネルギー対策を推進する。各下水処理場においては、下水処理場の規模等の特性に応じた温室効果ガス排出削減目標を設定し、温室効果ガス排出量の削減を図るとともに、下水処理場のエネルギー自立の向上を図ることが必要である。

##### 4.3 下水汚泥の資源化に係る技術開発及び新技術の円滑な導入の推進

国土交通省では、下水道で特に重点的に技術開発を推進すべき分野において、産学官の適切な役割

分担のもと、民間による技術開発を誘導・推進するとともに、開発された技術の早期かつ幅広い実用化を目的として、下水汚泥の有効利用をより一層推進する、下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト (LOTUS Project) を平成 15 年 12 月に開始した。

このプロジェクトでは、以下の 2 つの開発目標を掲げた。

##### ○スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術の開発

汚泥の有効利用率 100% を達成するため、下水汚泥を処分するコストよりも安いコストでリサイクルができる技術の開発

##### ○グリーン・スラッジ・エネルギー技術の開発

地球温暖化対策のため、下水汚泥等のバイオマスエネルギーを使って、商用電力価格と同等かそれよりも安いコストで電気エネルギーを生産できる技術の開発

このプロジェクトに提案・選定された 7 技術の評価が平成 20 年 1 月に完了しており、今後は開発された技術の積極的な活用を通じた下水汚泥の有効利用が期待される。

#### 5. 終わりに

下水汚泥の有効利用に関する諸課題の解決には、地域特性に応じた適切な汚泥の有効利用の検討や、新技術の導入など、様々な分野における総合的な対策を進めることが重要である。今後も引き続き、関係各位には下水道における資源・エネルギー循環の形成をはじめとした、汚泥の減量化・有効利用の推進に対し御理解、御協力をお願いする次第である。

##### [参考文献]

- 1) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部: 平成19年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 平成17年度実績, pp.21-30 (2008)
- 2) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課: 産業廃棄物処理施設の設置、産業廃棄物処理業の許可等に関する状況(平成16年度実績)について (2007)