

下水汚泥のガス化、燃料化等についての必要エネルギー等に関する研究

資源循環研究部 総括主任研究員

内田 賢治



1 はじめに

下水汚泥の処理は、地球環境保護の観点から従来のエネルギー消費型処理方法からの脱却が求められており、消費エネルギー抑制を主眼に様々な技術が提案されている。

また、国土交通省のLOTUS Project等や当機構と民間との共同研究をはじめ、複数の技術が開発され、多様化、複雑化してきており、類似技術の共通事項や特徴、必要エネルギー、 N_2O の発生状況等の違いが明らかではない。

本調査は、消化工程の有無と燃料化（中温炭化、低温炭化、改質乾燥、造粒乾燥）、ガス化、焼却の処理方式を対象として、消費エネルギー、生成燃料の持つエネルギー、処理過程で発生する N_2O 等について既往の技術情報と大まかな燃焼方式別メーカーアンケートにより比較検討を行い、処理方式別エネルギー収支等の概要を定量的に示すことを目的とした。

なお、今回は処理工程におけるエネルギー等に限定した解析を行っており、燃料化生成物の運搬・環境対策等は考慮していない。

本研究は、大阪ガス（株）、（財）下水道新技術推進機構の2者による共同研究で行った。

2 研究内容

2.1 調査技術の概要

本調査は、①消化脱水+燃料化、②直接脱水燃料化、③直接ガス化、④焼却の各処理方式を対象とする。

入力条件である脱水ケーキ量、性状等は、下水道統

計より代表値を設定する。

また、各型式別の違いについては、燃料消費量の算定方法に実績原単位や計算値等メーカーによる算定レベルの違いがあるため、大まかな燃焼方式別に複数社のメーカーアンケートを集計し、比較のための原単位を設定する。

2.2 アンケート条件の設定

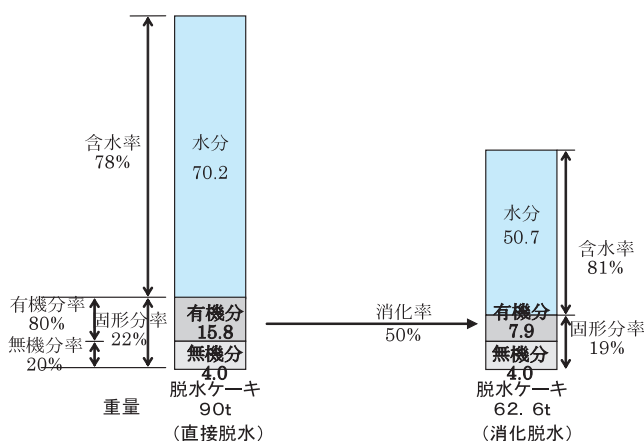
汚泥乾燥施設、炭化施設、ガス化施設、焼却施設のエネルギー消費等を把握するための投入汚泥条件は平成18年度の下水道統計より全国平均を求め、表-1のとおり設定した。

表-1 設定条件

	投入脱水汚泥	(%)
直接脱水汚泥	含水率 (%)	78
	有機分率 (%)	80
	施設規模	90t/日
消化脱水汚泥	含水率 (%)	81
	有機分率 (%)	67
	施設規模	60t/日

アンケートは、各処理工程の①汚泥生成率、②生成汚泥の発熱量、③電力・燃料消費量、④ N_2O 排出係数等の項目について調査した。

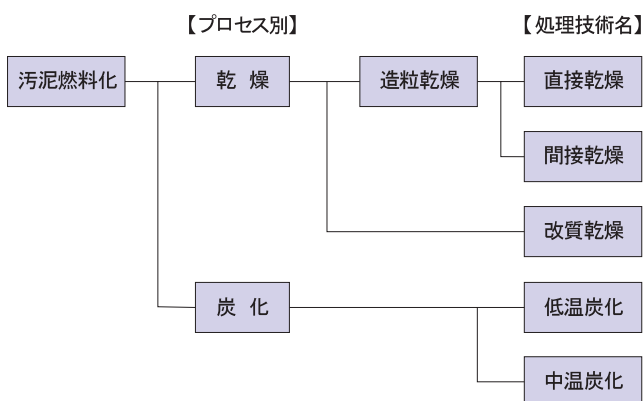
また、消化の有無による脱水ケーキ量の違いは、図-1のように設定した。



図一 消化の有無による脱水ケーキ量の違い

2.3 アンケート対象技術

燃料化技術を処理プロセスの違いにより分類すると、図一 2 に示すとおりである。



図一 2 汚泥燃料化技術の分類

上記の各処理技術とガス化技術、焼却技術について、アンケートを実施した。

3 調査結果

3.1 消化工程の有無の比較

(1) 対象汚泥量の算定

直接脱水：90t/日をベースに消化工程を含めた比較を示す。施設稼働率80%，脱水機回収率95%，濃縮汚泥濃度3.5%とすると直接脱水90t/日施設は濃縮汚泥

量474m³/日，濃縮汚泥固形物量16.6t/日相当となる。さらに濃縮汚泥量から消化脱水の場合の汚泥量等を算定すると図一 3 のとおりである。

a) 汚泥量の算定 (直接脱水)

脱水汚泥量：90 t /日 × 0.8 (稼働率) = 72 t /日

脱水汚泥含水率：78%

脱水汚泥固形物：72 t /日 × (1 - 0.78) = 15.8 t -DS/日

脱水機回収率：95%

濃縮汚泥固形物量：15.8 t -DS / 0.95 = 16.6 t /日

濃縮汚泥濃度：3.5%

濃縮汚泥量：16.6 t /日 × 100 / 3.5 = 474 m³ /日

b) 汚泥量の算定 (消化脱水)

VTS：80%，消化率：50%

消化汚泥固形物量：16.6 t /日 × (1 - 0.8 × 0.5) = 10.0 t /日

消化ガス発生量 = 濃縮汚泥固形物 (t/d) × 0.8 (有機分) × 0.55 Nm³ / kg-VTS × 1000

= 16.6 t /日 × 0.8 × 0.55 × 1000 = 7,304 Nm³ /日

加温用消化ガス利用量：5 Nm³ / m³

加温消化ガス量：474 m³ /日 × 5 = 2,370 Nm³ /日

余剰消化ガス量：7,304 - 2,370 = 4,934 m³ /日

脱水機回収率：95%

脱水汚泥固形物量：10.0 t /日 × 0.95 = 9.5 t /日

脱水汚泥含水率：81%

脱水ケーキ量 9.5 t /日 ÷ (1 - 0.81) = 50 t /日

(2) エネルギー収支

a) 算定条件

① 消化工程電力

消化工程電力消費は、設計事例から、投入濃縮汚泥量 1 m³ 当たり 5.3 kWh として算定した。

② 余剰消化ガスエネルギー

設計指針から消化ガスの発熱量を 22 MJ / Nm³ として算定した。

③ 脱水機消費動力

脱水機の消費電力は、「高効率型圧入式スクリュウプレス脱水機技術マニュアル 2006年3月」の試算例から設定した。

脱水機消費電力：5.8 kWh / t-wet (直脱)

20 kWh / t-wet (消化脱水)

④ 乾燥，炭化，ガス化，焼却等消費エネルギー

直接脱水：施設規模 90 t /日のものとした。

消化脱水：施設規模 62.5 t /日とし、60 t /日の数値を能力按分して算定した。

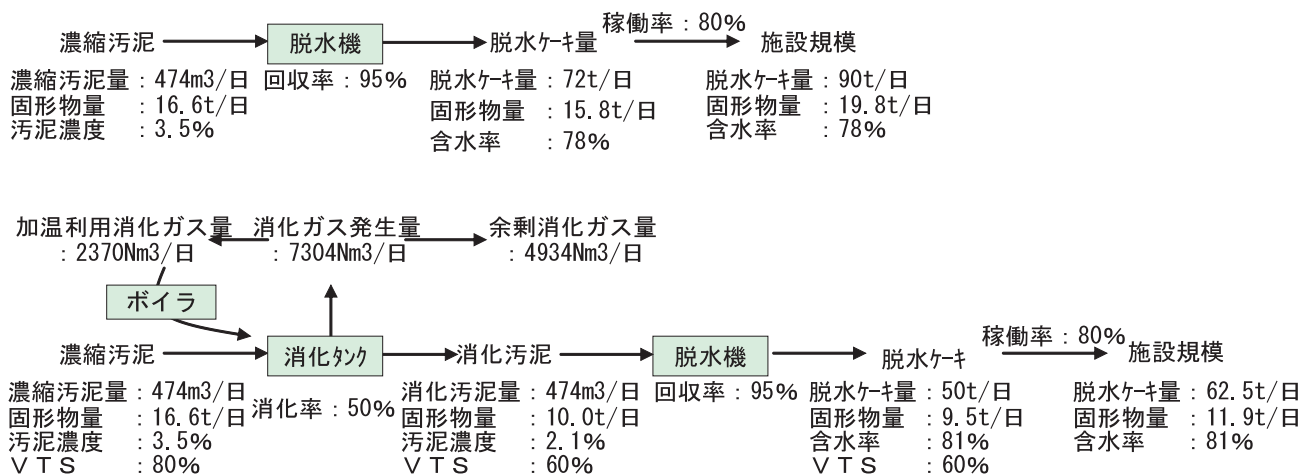


図-3 消化の有無による汚泥量等の違い

3.2 消化工程の有無とエネルギー消費・生成量

消化，脱水，資源化等の工程を含めたエネルギー消費量と生成量を図-4に示す。

(1) エネルギー消費量

処理工程で消費する重油を39.1MJ/L，電力を3.6MJ/kWhでエネルギー消費量に換算した。

直接脱水の場合，燃料消費の多い造粒乾燥，改質乾燥，低温炭化，中温炭化の順でエネルギー消費が多く，焼却，ガス化は少ない。

消化脱水の場合，造粒乾燥，低温炭化，改質乾燥の順でエネルギー消費が多い。焼却，ガス化では，直接脱水と消化脱水で消化脱水のエネルギー消費量は直接脱水よりも多くなる。

(2) 発生製品エネルギー生成量

製品のもつ発熱量と生成量から発生製品のエネルギー生成量を求める。汚泥の一部がガス化される低温・中温炭化より，造粒・改質乾燥の製品発生量が多いことから，生成される製品量の多い造粒乾燥の熱量が最も多い。

(3) エネルギー収支

生成製品を燃料代替として利用することを考慮し，「エネルギー消費－製品発熱量」として算定したエネルギー収支を図-5に示す。

消費エネルギーに製品の利用による削減効果を考慮すると，生成製品熱量の多い造粒乾燥，改質乾燥では，エネルギー消費がマイナスとなっている。また，消化工程で発生する余剰消化ガスのエネルギーを考慮する

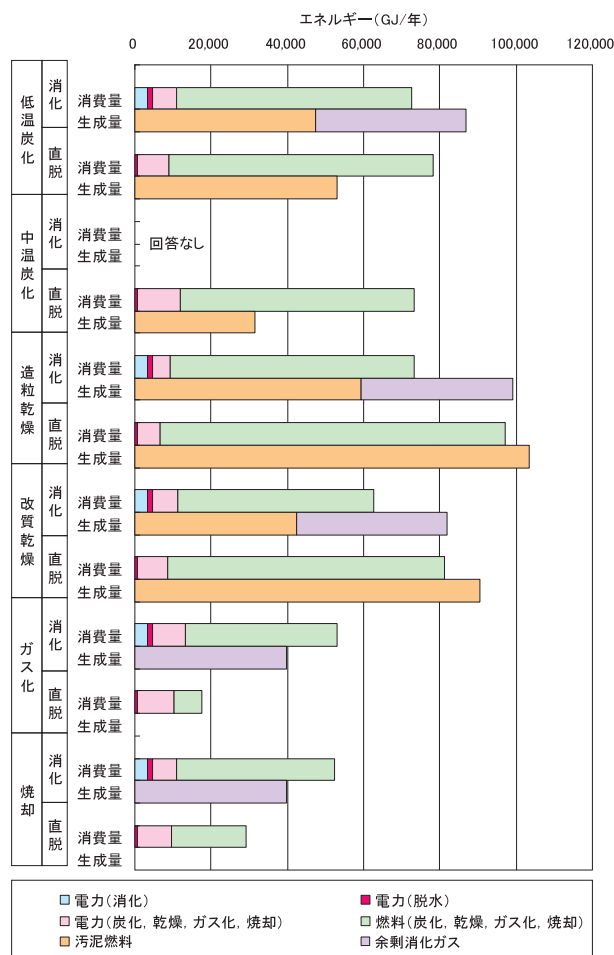


図-4 消化工程の有無とエネルギー消費・生成量

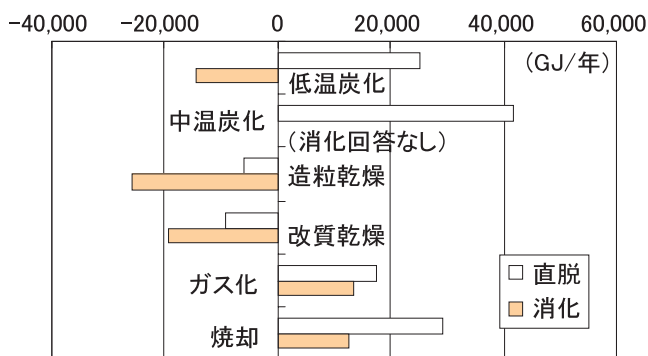


図-5 製品利用を考慮したエネルギー収支

と低温炭化、造粒乾燥、改質乾燥でエネルギー収支がマイナスとなった。

3.3 温室効果ガス排出量

消化、脱水、資源化等の工程から発生する温室効果ガス排出量および製品利用による削減効果を図-6に示す。

(1) 処理工程での排出量

処理工程での燃料消費、電力消費に伴い排出される温室効果ガスと処理プロセスから発生するN₂Oによる温室効果ガス排出量を算定した。

焼却のN₂O排出係数は、排出量の少ない高温焼却対応として算定しているが、他の方式に比べN₂Oの占める割合が大きく、他の方式よりも温室効果ガス排出量が多くなっている。

(2) 製品の燃料代替利用による削減効果

製品の石炭代替利用による温室効果ガス削減効果については、脱水ケーキ当たりの製品量の多い造粒乾燥の削減効果が最も大きい。

(3) 温室効果ガス排出量

製品利用を考慮した温室効果ガス排出量を図-7に示す。

消化-脱水-資源化工程の温室効果ガス排出量に製品の利用による削減効果を考慮すると、生成される製品熱量の多い造粒乾燥、改質乾燥では、温室効果ガス排出量がマイナスとなっており、造粒乾燥、改質乾燥では、消化の有無による差は大きくない。また、乾燥よりも製品熱量の少ない低温炭化では直接脱水で温室効果ガス排出量はプラスとなるが、消化脱水の場合、余剰消化ガスによる燃料削減を考慮すると温室効果ガス排出量はマイナスとなった。

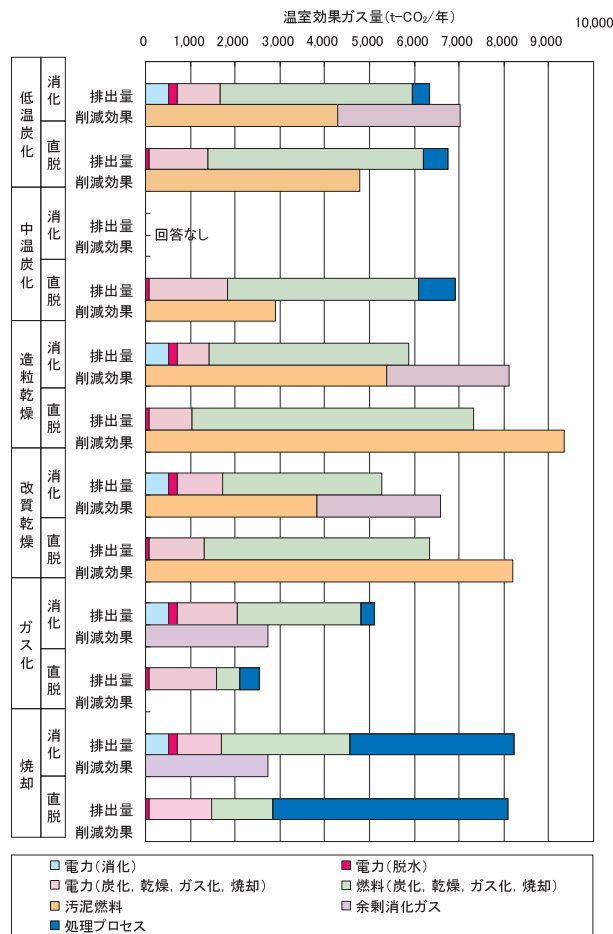


図-6 CO₂排出量と製品利用による削減効果

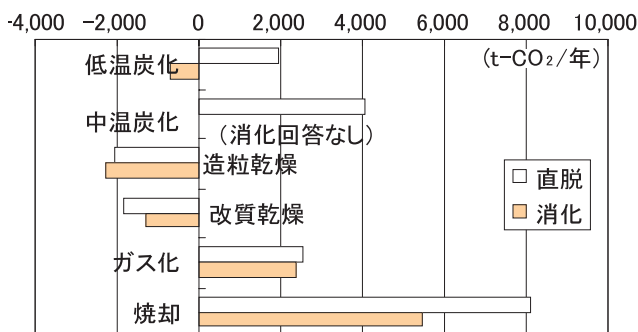


図-7 製品利用を考慮した温室効果ガス排出量

4 まとめ

本研究では、エネルギー等に限定した解析を行った。乾燥・炭化に関しては、燃料化後の運搬方法およびその際の環境対策も考慮した評価をしなければ、焼却やガス化と同等の評価とはいえないが、処理工程としては、乾燥・炭化のエネルギー消費量、CO₂排出量が少なかった。