

日本下水道事業団 福井 経一
 福田 寛允
 ○荒井 俊博

1. はじめに

下水汚泥処理の目的は、社会的、自然的環境が受け入れ可能な形態に汚泥を減量化、安定化することである。濃縮プロセスは減量化のための一方法であるが、一般に汚泥処理システムの最初に位置し、その処理性能は後続する処理プロセスと水処理システムとに大きな影響を与えるため、重要なプロセスである。

濃縮プロセスの具体的方法としては、重力濃縮法がおもに採用されてきた。重力濃縮法は、動力費が少なく、薬剤の添加の必要もないため運転経費が少ない。しかし、近年、汚泥性状の変化などにより、汚泥の濃縮性が悪化し、十分な濃縮効果を上げ得ない事例が増加し、遠心濃縮などの機械濃縮法を採用する処理場が増加している。

全国の下水処理場に平成元年度の下水汚泥の濃縮について、アンケート調査を依頼し、410団体、640処理場からの回答を得た¹⁾。そこで、このアンケート集計結果をもとに下水汚泥性状、汚泥濃縮の実態について整理するとともに、機械濃縮法導入の一例として、遠心濃縮機の導入にともなう経済評価を行った。ここではその内容について報告する。

2. 下水汚泥の性状

640処理場のうち、水処理方式別では、全体の8割強にあたる526処理場で標準活性汚泥法が採用されている。排除方式別では、6割強にあたる406処理場で分流式が採用されており、合流式は79処理場であった。なお、残り155箇所は、分流と合流両方の排除区域を持つ処理場であった。

これら処理場からの汚泥種別ごとの発生活泥の濃度とVSを表-1に示す。下水道施設の設計等においては、従来から初沈汚泥の濃度は4.0~2.0%、終沈汚泥は1.0~0.5%程度と言われてきているが²⁾、初沈汚泥の濃度はこの範囲以下であり、また、終沈汚泥についてはこの範囲に含まれているものの下限に近い0.67%となっている。既存の資料によれば^{3) 4)}、昭和44年度の濃度は、初沈汚泥で2.7%、終沈汚泥で2.3%であり、ここ20年間で汚泥濃度が低下している(図-1)。水処理方式が標準活性汚泥法の場合とOD法(オキシデーションデッチ法)の場合の比較では、終沈汚泥の濃度については極端な差異はなかった。一方、VSは、440処理場の平均で74.1%であった。また、初沈汚泥、混合汚泥では終沈汚泥と比べ若干低かった。また、OD法の終沈汚泥のVSは、調査処理場数が少なかったものの標準活性汚泥法の余剰汚泥よりも僅かに高かった。

表-1 発生活泥の性状

		汚泥種別	濃度(%)	VS(%)
		処理場数	445	440
全 体		初沈汚泥	1.47	73.4
		終沈汚泥	0.67	75.0
		混合汚泥	1.58	73.0
			1.17	74.1
処 理 方 式	標準	初沈汚泥	1.49	73.5
	活性	終沈汚泥	0.66	75.1
	汚泥法	混合汚泥	1.60	73.0
	OD法	終沈汚泥	0.66	77.2

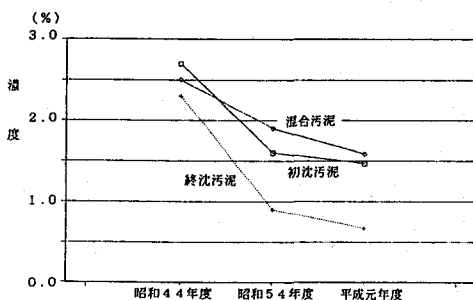


図-1 汚泥濃度の推移(昭和44年度~平成元年度)

3. 濃縮処理の実態

回答があった640処理場のうち、570処理場で汚泥の濃縮が行われていたが、このうち、97%に当たる555処

理場で重力濃縮が行われていた。これは、処理場全体でも85%に該当し、下水処理場では、必ずと言っていいほど重力濃縮法による処理が行われていることがうかがえる。また、461処理場では、重力濃縮法のみによる汚泥濃縮が行われていた（図－2参照）。一方、アンケート調査では、「濃縮に関連して、困っていること、運転管理や設備上で特に工夫して」いることとの設問に対し、コメントの得られている179処理場のうち、145件が重力濃縮の濃縮性の悪化・不安定さをあげている。また、重力濃縮におけるスカムの浮上、臭気、腐食についても延べ23件のコメントが寄せられ、重力濃縮法の問題点が指摘されていた。

遠心濃縮については、全国60箇所で稼働している。遠心濃縮機の種類には、大きく分けて立型、横型（デカンタ型）、横型（直胴型）に分けられる。最も多いのは、横型（デカンタ型）で52箇所採用されている。遠心濃縮機は、そのほとんどが終沈汚泥の濃縮のみに使われており、遠心濃縮単独で混合汚泥の濃縮を行っている処理場は3箇所であった。また、回収率の向上を目的とした凝集剤添加が行われているのは2処理場のみであり、うち1箇所は汚泥性状が悪化した場合にのみ添加されていた。遠心濃縮機の規模では、150m³/h以上のものもあるものの、15～30m³/hのものが多用されている。

一方、浮上濃縮は、全国45箇所の処理場で使用されていた。このうち、加圧浮上は43処理場で、残り2処理場は常圧浮上である。浮上濃縮単独で濃縮を行っているのは8箇所であり、残りは重力濃縮との併用であった。

4. 濃縮汚泥の性状

濃縮方式別の濃縮汚泥の濃度を表－2に示す。従来から用いられている下水道施設の設計等における指針では、重力濃縮法による濃縮汚泥濃度は2.0～4.0%で平均的には3.0%といわれている⁵⁾。調査結果では、濃縮汚泥濃度は該当する値の範囲には入っているものの、2.45%と平均的な値3.0%より低めであった。水処理方式別の比較では、標準活性汚泥法の濃縮終沈汚泥濃度2.44%に対し、オキシデーションディッチ法では、2.28%と沈降性が悪いといわれているオキシデーションディッチ法の濃縮終沈汚泥濃度は、若干低めであった。

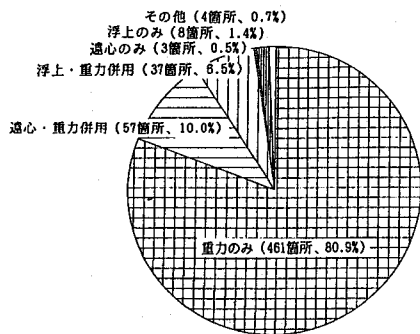
表－3には、排除方式別による重力濃縮法による濃縮汚泥濃度を示す。分流式の濃縮汚泥濃度は、合流式の場合よりも濃度が低かった。

一方、遠心濃縮、浮上濃縮では4%前後の濃縮汚泥濃度での運転が行われている。また、固形物回収率も、重力濃縮法による73%と比較し、遠心濃縮で88%、浮上濃縮で83%と相対的に好成績が得られている。

5. 機械濃縮法の導入にともなう経済効果測定の一試算

5.1 比較の対象と前提条件

機械濃縮法の経済性の検討では、濃縮工程のみの比較ではなく、濃縮濃度、回収率の改善にともなう後続プロセスの経済性も含めて、検討する必要がある。本試算においては、濃縮汚泥濃度の向上にともない、濃縮汚泥量が減少し、脱水機の容量が減少できると共に、脱水ケーキの含水量が減少することにより汚泥の処分量を減少させることもできる⁶⁾。このため、経済性の検討範囲を濃縮、脱水、処分の各プロセスについて行った。また、従来法では混合汚泥の重力濃縮、機械濃縮法では初沈汚泥は重力濃縮、終沈汚泥は遠心濃縮



図－2 汚泥濃縮法の採用実態（570処理場）

表－2 汚泥の濃縮実態

濃縮方式	水処理	濃度(%)	回収率%
重力	全 体	2.45	72.8
	標準活性	2.44	—
	O D 法	2.28	—
遠心	標準活性	4.36	88.3
浮上	標準活性	3.77	82.7

遠心濃縮及び浮上濃縮はともに終沈汚泥の濃縮

表－3 排除方式別濃縮汚泥の性状（重力濃縮法）

濃縮方式	排除方式	濃度(%)
重力	全 体	2.45
	合 流	2.66
	分 流	2.22

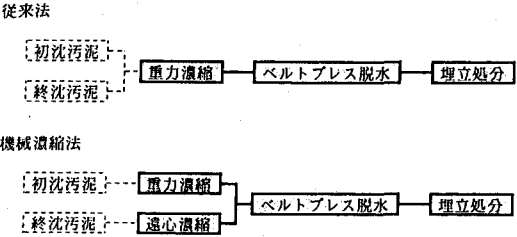
とし、脱水はベルトプレス脱水機とした（図－３）。各設計諸元には、広く用いられている指針や仕様書を参考に、表－４に示す値を用いた。また、比較は年間の建設費の償却費、運転経費、脱水ケーキの処分費の合計で行った。

5.2 結果

図－４に処理場の規模を横軸、下水1m³当たりの比較対象範囲の処理単価を縦軸とした場合の遠心濃縮法、重力濃縮法それぞれの費用の試算結果を示す。遠心濃縮法を用いた場合、汚泥処理に要する下水1m³当たりの単価は、処理場の規模が大きくなるに従い減少し、250,000m³/日の処理場においては、10,000m³/日の処理場に比較しほぼ6割となった。内訳では、10,000m³/日の処理場において1/2以上を占めている資本費が250,000m³/日の処理場では約1/3となっており、資本費のスケールメリットが大きく現れている。維持管理費については、建設費に比例する補修費で、処理場大規模化にともなうスケールメリットが発揮されているが、その他の項目については顕著な差異はみられない。一方、重力濃縮法の資本費におけるスケールメリットはほとんどない。このため、資本費で著しいスケールメリットが発揮される遠心濃縮法は、10,000m³/日の処理場では、重力濃縮法より高価になるものの50,000m³/日ではほぼ同等となり、250,000m³/日の処理場では重力濃縮法より安価なものとなった。

6. まとめ

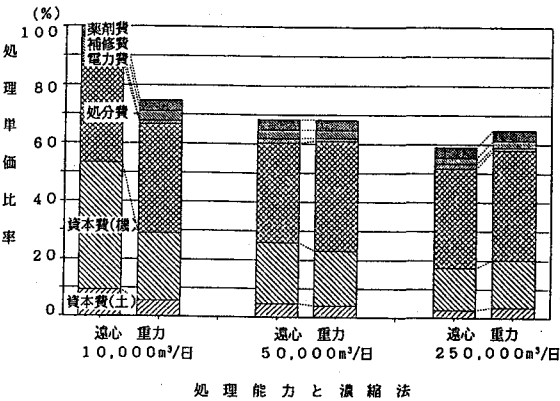
下水汚泥の濃縮に関するアンケート調査をもとに、全国の発生汚泥と濃縮汚泥の性状を整理した。また、既存の重力濃縮と、遠心濃縮法の経済性を比較し、処理費用の構成比、大規模化の利点を明らかにした。



図－３ 検討範囲

表－４ 設定条件

	従 来 法	機 械 濃 縮 法
初沈汚泥濃度	2 %	同 左
終沈汚泥濃度	0.8 %	同 左
濃縮汚泥濃度	混合汚泥重力濃縮 2 %	初沈汚泥重力濃縮 3.5 % 終沈汚泥遠心濃縮 4.5 %
濃縮回収率	85 %	重力濃縮回収率 85 % 遠心濃縮回収率 90 %
脱水汚泥含水率	80 %	78 %
電力費	20 円/kwh	
年間補修費	機械設備建設費の2 %	
汚泥処分費	20,000 円/t	



図－４ 下水1m³当たりの処理単価
（10,000m³/日の処理場での機械濃縮を100とした時の比率）

1) 日本下水道事業団「効率的な汚泥濃縮法の評価に関する第2次報告書（別添資料）」1992.4
2) 日本下水道協会「下水道施設設計指針と解説」1984版p39
3) 日本下水道協会「公共下水道統計 第26号」1969
4) 日本下水道協会「昭和54年度 下水道統計 行政編」
5) 日本下水道協会「下水道施設設計指針と解説」1984版p434
6) 日本下水道事業団「効率的な汚泥濃縮法の評価に関する第1次報告書（別添資料）」1991.4