

# 汚泥濃縮設備の維持管理に関する調査

## 1. 研究目的

汚泥濃縮設備は、水処理で発生した固形物濃度の低い汚泥を濃縮する設備で、この濃縮の効果が適正でないと後段プロセスの消化や脱水の処理効率の低下を招く。また、汚泥濃縮設備からの分離液の水質の悪化は、水処理施設に汚泥を循環させ、反応タンクの必要酸素を供給する送風機の消費電力増加や、処理水質悪化につながる場合がある。したがって、濃縮汚泥の固形物濃度を高く保ち、かつ分離液の水質を悪化させないことが理想的である。

本調査の目的は、汚泥濃縮設備についての汚泥性状を踏まえた適用性、維持管理性を把握するため、汚泥処理量、処理汚泥性状、固形分回収率、エネルギー使用量、ユーティリティ使用量等の情報を収集・整理することである。

## 2. 研究体制と研究期間

### 2.1 研究体制

国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水処理研究室からの委託を受け、当機構が調査を行なった。

### 2.2 研究期間

平成 26 年 9 月～平成 27 年 2 月（6 ヶ月）

## 3. 処理場における実態調査（重力濃縮）

重力濃縮槽は、濃縮槽内に汚泥を滞留させ、重力を利用して沈降濃縮を行う方式であり、気温や水温の影響を受けやすく、特に夏季には濃縮性が低下する。また、汚泥性状の変化や分流式下水道の普及により濃縮性が低下してきている。このような背景の中、水処理法、地域性、排除方式、汚泥種別、凝集剤添加有無により、重力濃縮槽の維持管理性が異なることが予想される。そこで下水道統計を用いて水処理法、汚泥種類、地域性、排除方式毎の汚泥性状を整理し比較した。表－1 に示す区分に処理場を分類して、下水道統計によるデータ整理を行うとともに、代表的な処理場の実態調査を行った。

表－1 調査対象処理場の区分

水処理法	地域性*	排除方式	汚泥種別
OD 法	寒冷地	—	余剰
	非寒冷地	—	余剰
標準法等	寒冷地	分流式	初沈
	非寒冷地		余剰
	寒冷地	合流式	初沈
	非寒冷地		余剰

※ 寒冷地は北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県、富山県、石川県、福井県とし、その他の都府県は非寒冷地に分類。

### 3.1 重力濃縮槽の汚泥性状の整理

下水道統計(H23年度版)を用いて、重力濃縮の汚泥性状を汚泥種類毎に整理した。

#### 3.1.1 汚泥種別ごとの性状

全国の汚泥種類毎の性状を表-2に示す。流入濃度は初沈汚泥が最も高い1.0%、余剰汚泥が0.7%となっている。引抜濃度も初沈汚泥が最も高く3.1%、余剰汚泥が1.6%となっている。有機分は初沈汚泥の方が高く86.9%、余剰汚泥が82.7%となっている。

表-2 汚泥種別ごとの性状

汚泥種類	流入濃度(%)	引抜濃度(%)	有機分(%)
初沈汚泥	1.0	3.1	86.9
混合汚泥	0.8	2.1	82.0
余剰汚泥	0.7	1.6	82.7

#### 3.1.2 地域性および汚泥種別ごとの性状

寒冷地と非寒冷地の汚泥種類ごとの性状を表-3に示す。流入濃度は初沈汚泥で寒冷地の方が高く0.1%の差であり、余剰汚泥では同じ濃度となっている。引抜濃度も寒冷地の方が高く初沈汚泥で0.2%、余剰汚泥で0.1%の差となっている。

表-3 地域性および汚泥種別ごとの性状

汚泥種類	投入濃度(%)		引抜濃度(%)		有機分(%)	
	寒冷地	非寒冷地	寒冷地	非寒冷地	寒冷地	非寒冷地
初沈汚泥	1.1	1.0	3.2	3.0	86.8	87.0
混合汚泥	0.9	0.8	2.4	1.9	84.0	81.1
余剰汚泥	0.7	0.7	1.7	1.6	84.6	81.1

#### 3.1.3 排除方式および汚泥種別ごとの性状

合流と分流の汚泥種類ごとの性状を表-4に示す。流入汚泥濃度は分流の方が高く、初沈汚泥で0.1%の差であり、余剰汚泥では0.2%の差となっている。引抜濃度は初沈汚泥で合流の方が高く0.1%の差であり、余剰汚泥では分流の方が高く0.1%の差となっている。

表-4 排除方式および汚泥種別ごとの性状

汚泥種類	投入濃度(%)		引抜濃度(%)		有機分(%)	
	合流	分流	合流	分流	合流	分流
初沈汚泥	0.9	1.0	3.1	3.0	84.8	87.9
混合汚泥	0.8	0.8	2.3	1.9	81.1	82.7
余剰汚泥	0.5	0.7	1.5	1.6	81.6	82.7

### 3.2 実態調査(標準法等の活性汚泥法の処理場)

#### 3.2.1 実態調査対象処理場の選定

下水処理場へのアンケート調査により、重力汚泥濃縮設備に関する平成25年度の維持管理データおよび構成機器仕様情報を収集した。調査対象処理場は、水処理方式、投入汚泥の種類(初沈、混合、余剰)、排除方式(分流、合流)、地域性(寒冷地、非寒冷地)に留意して選定した。調査対象データは、水温、汚泥濃度、有機分、pH、固形物回収率、分離液水質、凝集剤添加率等とした。水温が濃縮性に与える影響を調査するため、年間平均データに加え、月変動データも収集した。表-5にカテゴリごとのデータ集計対象とした処理場箇所数を示す。

表-5 カテゴリごとのデータ集計箇所数

水処理法	地域性*	排除方式	汚泥種別	集計箇所数
標準法等	寒冷地	分流式	初沈	6
	非寒冷地		初沈	3
	寒冷地		余剰	3
	非寒冷地		余剰	3
	寒冷地	合流式	初沈	2
	非寒冷地		初沈	3
	寒冷地		余剰	4
	非寒冷地		余剰	3

\*寒冷地は北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県、富山県、石川県、福井県とし、その他の都府県は非寒冷地に分類。

#### 3.2.2 実態調査結果

標準法等の水処理方式を採用している処理場から収集した維持管理データに関する主要な調査結果と考察を以下に示す。また、近年は汚泥性状の変化に起因すると思われる濃縮性の低下が生じていることから、11)および12)では、建設省都市局下水道部と日本下水道事業団による『汚泥管理手法の改善に関する調査報告書(昭和57年度)(1983/3)』より引用したS56調査値との比較も行なった。

##### 1) 投入濃度に関する文献値との比較

下水道維持管理指針によると、投入濃度は汚泥の沈降速度に影響し、高いほど汚泥の沈降分離・濃縮性が悪化する傾向にある。そこで濃縮効果を上げるため、投入汚泥固形物濃度を1%以下にする低濃度投入が一般的に用いられている。今回の調査結果での平均値は1.0%、最大値は2.2%、最小値は0.2%であ

った。また、1.0%を超える濃度で投入している処理場は27ヶ所中11ヶ所であった。

2) 引抜濃度に関する文献値との比較

下水道維持管理指針によると、引抜濃度は過去は引抜濃度4%を目標にしていたが、近年有機分の上昇により3~4%が限度とされている。今回の調査結果での平均値は3.0%、最大値は4.4%、最小値は1.5%であった。

3) HRTに関する文献値との比較

下水道維持管理指針によると、HRTは水温や有機分の変化にも微妙に影響を受けるので、処理場ごとにその都度検討する必要がある。HRTが短いと濃縮汚泥の所定の固形物濃度が得られない。また長すぎると汚泥が腐敗し浮上する。最適なHRTは一般的に12時間程度とされているが、季節ごとにタンクの水面や越流水の状況を確認しながら調整する必要がある。今回の調査結果では、平均値は12.9時間、最高値は35.2時間、最低値は5.2時間であった。

4) 固形物負荷に関する文献値との比較

下水道維持管理指針によると、投入汚泥の固形物濃度で濃縮槽内に投入される汚泥量が大幅に変動するので、一般的に固形物負荷が指標として使われ、60~90kg/m<sup>2</sup>/日を管理値とし、90kg/m<sup>2</sup>/日を超えると固形物回収率が低下する傾向にあるので注意しなければならないとしている。今回の調査結果では、平均値は69.4kg/m<sup>2</sup>/日、最高値は218.6kg/m<sup>2</sup>/日、最低値は20.6kg/m<sup>2</sup>/日であった。

5) 固形物回収率に関する文献値との比較

下水道維持管理指針によると、理想的な固形物回収率としては90%以上が望ましいとしている。今回の調査結果では、投入と引抜の汚泥量および濃度から計算した回収率の平均値は72.2%、最高値は98.7%（100%となった1ヶ所を除く）、最低値は25.4%であった。

6) 分離液性状の管理状況

分離液性状を管理することは、濃縮工程の状況を把握するためだけでなく、水処理への負荷量を把握するためにも重要なことである。しかし、27ヶ所の

うち、分離液SSを管理している処理場は17ヶ所（63%）、分離液BODを管理している処理場は3ヶ所（11%）、分離液CODを管理している処理場は5ヶ所（19%）、分離液T-NおよびT-Pを管理している処理場は2ヶ所（7%）であった。

7) 投入汚泥量あたりの消費電力量

濃縮槽掻寄機と濃縮汚泥引抜ポンプの電動機容量と運転時間より計算した消費電力量について、今回の調査結果では、平均値は0.05kWh/m<sup>3</sup>、最高値は0.19kWh/m<sup>3</sup>、最低値は<0.01kWh/m<sup>3</sup>であった。

8) 補修費

今回の調査結果では、平均値は149万円/年、最高値は491万円/年、最低値は0万円/年であった。

9) 濃縮汚泥の固形物濃度と有機分

表-6に混合汚泥を重力濃縮する処理場を対象とした濃縮汚泥の濃度と有機分の関係を示す。表-7に示すS56調査値と比較すると、濃度はH25の方が低く、有機分はH25の方が高くなっている。また、表-8に示す初沈汚泥を重力濃縮する処理場を対象とした値と比較すると、濃度は初沈汚泥の方が高く、有機分は非寒冷地・合流を除いて初沈汚泥の方が高くなっている。

表-6 濃縮汚泥固形物濃度と有機分 (H25 混合汚泥)

H25 混合汚泥	濃度 (%)			有機分 (%)		
	合流	分流	平均	合流	分流	平均
寒冷地	3.0	2.7	2.8	78.4	88.1	82.6
非寒冷地	2.5	1.9	2.3	86.7	82.7	84.7
平均	2.7	2.4	2.6	82.0	85.4	83.6

表-7 濃縮汚泥固形物濃度と有機分 (S56 混合汚泥)

S56 混合汚泥	濃度 (%)			有機分 (%)		
	合流	分流	平均	合流	分流	平均
寒冷地	4.7	3.5	4.1	55.1	69.3	62.2
非寒冷地	3.0	2.1	2.6	66.5	76.3	70.4
平均	3.6	2.7	3.2	62.7	73.3	67.3

表-8 濃縮汚泥固形物濃度と有機分 (H25 初沈汚泥)

H25 初沈汚泥	濃度 (%)			有機分 (%)		
	合流	分流	平均	合流	分流	平均
寒冷地	3.3	3.0	3.1	81.7	89.8	86.3
非寒冷地	2.9	2.6	2.8	83.1	87.0	85.1
平均	3.1	2.8	3.0	82.4	88.6	85.7

10) 固形分回収率

表一 9 に H25 の混合汚泥を重力濃縮する処理場と初沈汚泥を重力濃縮する処理場の固形分回収率を示す。なお表内の値は、アンケートで収集した投入汚泥と引抜汚泥に関する濃度と量のデータから計算により求めた値である。寒冷地と非寒冷地を比較すると、寒冷地の方が高くなっている。これは非寒冷地の方が水温が高いため汚泥の腐敗が進みやすく、回収率の低下につながっていると考えられる。また、合流と分流を比較すると、分流の方が高い回収率となっている。これは、雨天時と晴天時を分けた詳細なデータ収集分析が必要だが、雨天で流入水量が増大した時に重力濃縮槽の負荷が増大して滞留時間が短くなり固形分が越流しやすい状況になっていると推察できる。

表一 10 に示す S56 調査値と表一 9 の H25 混合汚泥データを比較すると、H25 調査値の方が低くなっている。

表一 9 固形分回収率 (H25, 混合汚泥/初沈汚泥)

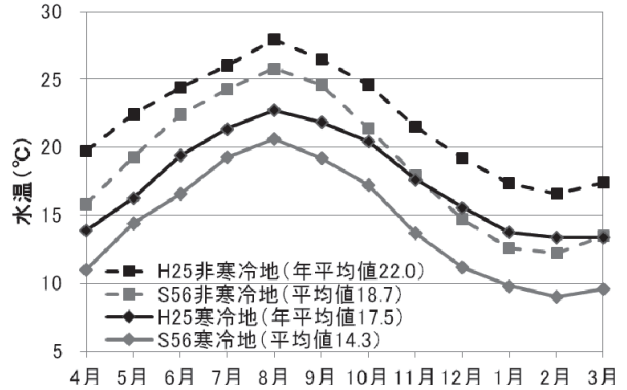
H25 混合/初沈	回収率(%)混合			回収率(%)初沈		
	合流	分流	平均	合流	分流	平均
寒冷地	69.9	88.4	76.1	80.4	85.4	83.7
非寒冷地	51.6	66.5	57.6	44.9	83.9	68.3
平均	62.1	77.4	67.7	62.7	84.7	76.7

表一 10 固形分回収率 (S56, 混合汚泥)

S56 混合汚泥	回収率(%)		
	合流	分流	平均
寒冷地	92	99	94
非寒冷地	74	89	81
平均	78	90	83

11) 水温の年間変動

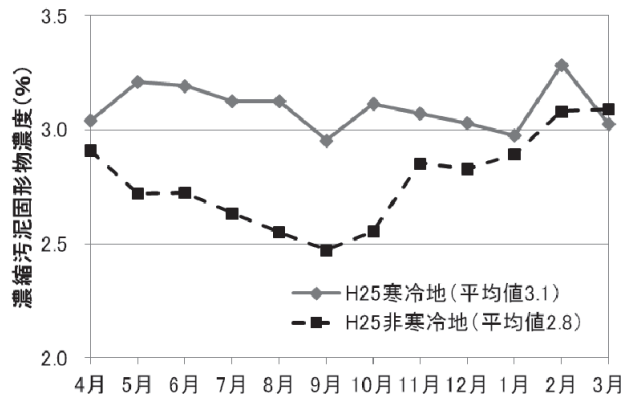
図一 1 に H25 と S56 の水温平均値の年間変動を示す。寒冷地と非寒冷地の年平均値を比較すると非寒冷地の方が高く、その差は S56 で 4.4℃, H25 で 4.5℃でほとんど変化していない。また、S56 と H25 の年平均値を比較すると H25 の方が高く、その差は寒冷地で 3.2℃, 非寒冷地で 3.3℃である。



図一 1 地域性ごとの水温の年間変動

12) 濃縮汚泥濃度の年間変動

図一 2 に初沈汚泥を重力濃縮する処理場と混合汚泥を重力濃縮する処理場の両方を対象とした寒冷地、非寒冷地別の濃縮汚泥固形物濃度の年間変動を示す。寒冷地、非寒冷地とも、高水温期に濃度が低下し、低水温期に濃度が上昇する傾向となっている。この傾向は寒冷地よりも非寒冷地の方が顕著に表れている。非寒冷地の場合、濃度が特に低下するのは5月から10月であり、この期間の水温は 22.4℃から 28.0℃の間にある。寒冷地の場合、最も水温が高い8月でも 22.7℃であることから、水温 22℃から 23℃付近が、濃縮性が悪化し始める水温であると推察できる。



図一 2 地域性ごとの濃縮濃度の年間変動

図一 3 に H25 と S56 の非寒冷地における汚泥種別の濃縮汚泥の固形物濃度の年間変動を示す。初沈汚泥と混合汚泥の平均値を比較すると初沈汚泥の方が高くなっている。また S56 と H25 の平均値を比較すると H25 の方が低くなっている。

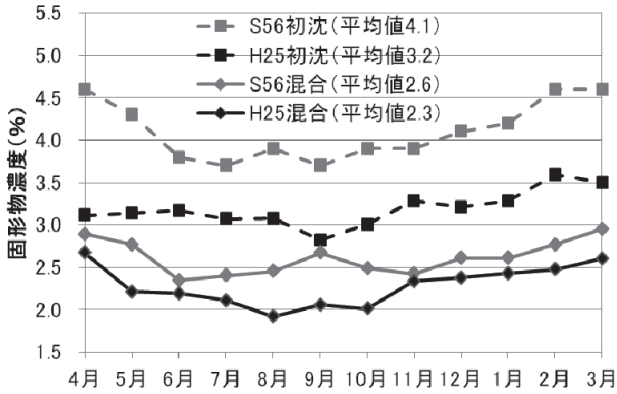


図-3 汚泥種別/濃縮濃度の年間変動 (非寒冷地)

図-4に初沈汚泥を重力濃縮する処理場と混合汚泥を重力濃縮する処理場の両方を対象とした寒冷地・非寒冷地別、排除方式別に濃縮汚泥の固形物濃度の年間変動を示す。寒冷地、非寒冷地いずれの場合も、分流よりも合流の方が季節変動幅が大きくなっている。これは、雨天時と晴天時を分けた詳細なデータ収集分析が必要だが、雨天で流入水量が増大した時に重力濃縮槽の負荷が増大して滞留時間が短くなり固形物が越流しやすい状況になっていると推察できる。

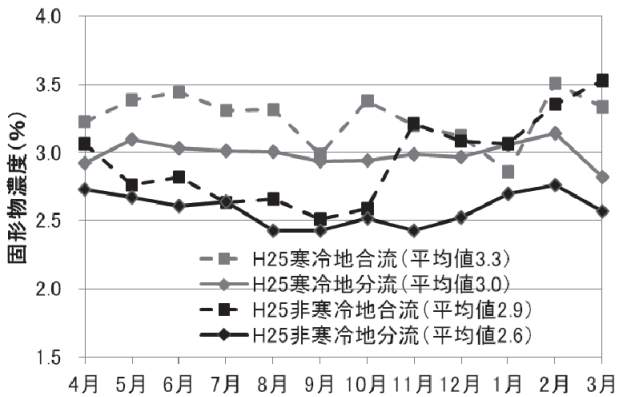


図-4 地域別・排除方式別/濃縮濃度の年間変動

### 13) 水温と濃縮汚泥濃度の関係

図-5に非寒冷地、図-6に寒冷地における汚泥種別の水温と濃縮汚泥固形物濃度の関係を示す。非寒冷地の場合、初沈汚泥、混合汚泥どちらの場合も、水温と引抜濃度の負の相関が現れている。非寒冷地の引抜濃度は汚泥種別にかかわらず水温の影響を受けやすく、年間を通じて安定した濃縮濃度を保つことが難しい状況であると考えられる。

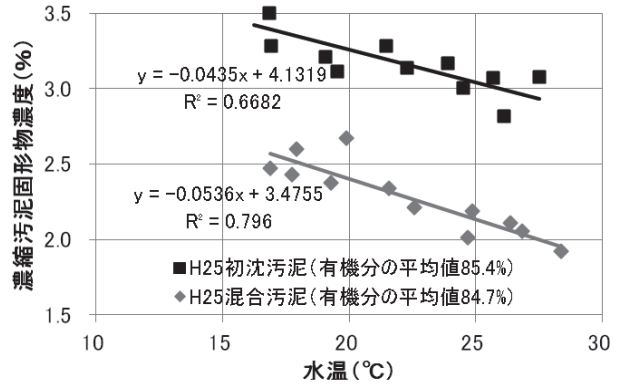


図-5 汚泥種別ごとの濃縮濃度と水温の関係 (非寒冷地)

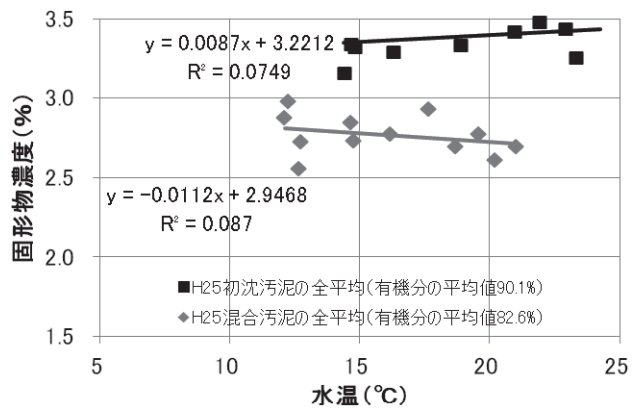


図-6 汚泥種別ごとの濃縮濃度と水温の関係 (寒冷地)

## 4. 処理場における実態調査 (機械濃縮)

濃縮機の機種による導入状況及び運転管理の実態を明らかにするため、下水道統計を用いて機械濃縮機の導入状況の整理を行うとともに、代表的な処理場の実態調査を行った。なお、調査対象とする機種は、遠心濃縮機、常圧浮上濃縮機、ベルト濃縮機、スクルー濃縮機とした。対象データは、投入汚泥濃度、濃縮汚泥濃度、有機分、固形物回収率、返流水濃度、水温、pH、凝集剤添加率、洗浄水量、電力消費量等とした。なお、洗浄水量についての回答はほとんど得られなかった。

### 4.1 機械濃縮機の導入状況の整理

下水道統計(H23年度版)を用いて機械濃縮機を有している処理場数を整理した。機械濃縮機を導入している処理場は全国で497ヶ所あり、その内異なる2機種の機械濃縮機を有している処理場は54ヶ所、異なる3機種の機械濃縮機を持っている処理場は1ヶ所あった。機械濃縮機機種毎の導入箇所数の

内訳を図-7に示すが、遠心濃縮機が約 40%を占めており、最も多い機種となっている。

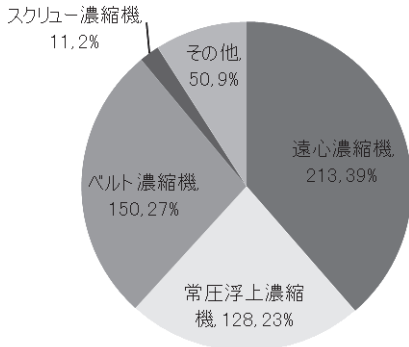


図-7 機械濃縮機種ごとの導入箇所数の内訳

## 4.2 実態調査（標準法等の活性汚泥法の処理場）

### 4.2.1 実態調査対象処理場の選定

下水処理場へのアンケート調査により、機械汚泥濃縮設備に関する平成 25 年度の維持管理データおよび構成機器仕様情報を収集した。調査対象処理場は、水処理方式、凝集剤添加の有無、投入汚泥の種類（混合、余剰）に留意して選定した。調査対象データは、水温、汚泥濃度、有機分、pH、固形物回収率、分離液水質、凝集剤添加率等とした。表-11 にカテゴリーごとのデータ集計対象とした処理場箇所数を示す。

表-11 カテゴリーごとのデータ集計箇所数

水処理法	機種	凝集剤	汚泥種別
標準法等	遠心	添加	余剰
		無薬注	
		添加	混合
		無薬注	
	常圧浮上	—	余剰
	ベルト	—	余剰
スクルー	—	余剰	

### 4.2.2 実態調査結果

収集した維持管理データおよび構成機器仕様に基づき、濃縮機本体の消費電力量が比較的小さい機種（常圧浮上、ベルト、スクルー）の設備についての消費電力量を分析した結果、濃縮設備全体の消費電力量のうち濃縮機本体の消費電力量が占める割合は 6～29%で、濃縮機本体以外の補機で消費する割合の方が大きいことが明らかになった。一例として、図-8 にベルト濃縮を採用している某処理場の消費電力量内訳を示す。濃縮機本体の省エネ化が進んでいる一方、今後は補機を含む濃縮システム全体での省エネ対策を講じる必要があると考えられる。

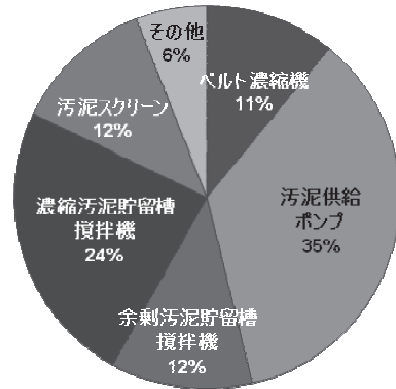


図-8 機械濃縮設備の消費電力量内訳(某処理場)

## 5. まとめ

- 1) 重力濃縮については、水温や汚泥性状の月変動が大きく、汚泥の重力沈降濃縮性も変動するため、水温等の指標を監視しながら運転管理することが重要である。
- 2) 機械濃縮については、濃縮機本体の省エネ化が進んでいる分、補機で消費するエネルギーの割合が多い。したがって、補機を含む濃縮システム全体での省エネ対策を講じる必要がある。

#### ●この研究を行ったのは

資源循環研究部長 石田 貴  
 資源循環研究部総括主任研究員 角田 太  
 資源循環研究部研究員 伊藤 禎泰  
 資源循環研究部研究員 大野 貴之

#### ●この研究に関するお問い合わせは

資源循環研究部長 石田 貴  
 資源循環研究部総括主任研究員 角田 太  
 資源循環研究部研究員 伊藤 禎泰  
 【03-5228-6541】