

遠心薄膜乾燥機を適用した下水汚泥処理システム

Dry Sludge System for Sewage Treatment Plants

菱田 照雄
T. Hishida

佐伯 敏明
T. Saeki

濱澤 哲也
T. Hamazawa

森川 彰
A. Morikawa

コークスベッド式汚泥溶融プロセスの経済性の向上および運転操作性の改善を目的に、従来の汚泥濃縮-脱水-乾燥-溶融という工程を見直し、濃縮から溶融までの一連のプロセスの中で溶融設備から発生する熱エネルギーをより有効に利用する処理システムの開発が求められてきた。新しく開発した下水汚泥処理システムは、これらの諸問題をクリアしたシステムで、基本技術は遠心濃縮脱水機と遠心薄膜乾燥機からなり、大阪府において建設省から“新技術活用モデル事業”として認定され、1994年度から4年間の予定で(財)下水道新技術推進機構と共同で実用化研究を行っている。

We have developed a new sludge treatment system to improve the economic performance and operating capabilities of the coke-bed sludge melting process. The new system has been constructed with a screw decanter and a centrifugal sludge dryer, and has been designated as a new model plant by the Japanese Ministry of Construction.

A test plant installed in the Aigawa sludge treatment plant in Osaka Prefecture is currently operating in order to collect technical data.

1 まえがき

現在使用している溶融炉の汚泥処理プロセスの多くは、濃縮-脱水-乾燥-溶融となっている。このプロセスのうち、溶融の前処理工程である乾燥工程が問題となっている場合が多くみられるため、一般的な従来型の乾燥機に比べて、蒸発性能や運転性能に優れた汚泥乾燥機の開発が切望されてきた。

大阪府では、安威川流域下水道中央処理場の多段焼却炉の更新に際し、上述の性能面で優れた性能をもつ遠心薄膜乾燥機を使用した汚泥濃縮乾燥技術に着目して、コークスベッド式汚泥溶融プロセスへの適用を検討し、システムの設計を行った。

この技術は、コークスベッド式溶融炉の乾燥機としての運転性能に優れるとともに、汚泥乾燥機の操作系列を複数系列にすることにより危険分散を考慮することができ、またいくつかの薄膜乾燥機ユニットの組合せにより適用規模を容易に広げられるなど、汚泥濃縮乾燥技術の幅広い応用性が期待できると判断した。このため、大阪府は“下水汚泥濃縮乾燥技術”の実用化について、建設省の新技術活用モデル事業として申請し、1994年度のモデル事業に採択され、(財)下水道新技術推進機構と共同研究を実施するに至った。

2 遠心薄膜乾燥機の原理

下水汚泥処理システムのキーコンポーネントとなる遠心

薄膜乾燥機の原理を図1に示す。

汚泥投入口から供給された汚泥は、乾燥機内部の主軸に取り付けてある分配リングの遠心力によって伝熱面に飛散され、重力により下方の加熱ゾーンに導かれる。同時に、主軸に取り付けてあるブレードが伝熱面上の汚泥をかき取

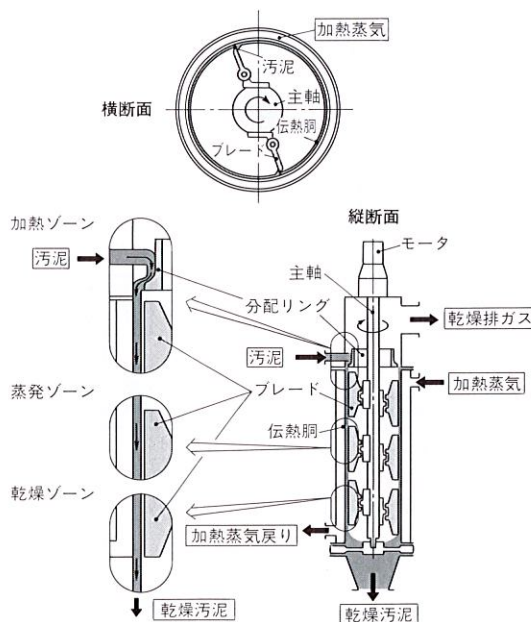


図1. 遠心薄膜乾燥機の原理 供給された汚泥は、回転する分配リングで伝熱面に飛散され、同時にブレードで薄膜状にされて乾燥処理される。

Principle of centrifugal sludge dryer

ることによって薄膜が形成される。薄膜状になった汚泥は、さらに下方に移動する間に伝熱胴内に供給される加熱蒸気(圧力 0.78 MPa、温度 175°C)の熱で水分が蒸発する。蒸発が進行するにつれて汚泥の固形分濃度はしだいに上昇し、さらに蒸発が進行すると含水率の低い乾燥汚泥となって下部から排出される。

遠心薄膜乾燥機は、従来の汚泥処理技術にはない次の特長をもっている。

- (1) 脱水汚泥供給量を変化させることにより、乾燥汚泥の含水率を制御できる。
- (2) 脱水汚泥の含水率が変動しても、乾燥汚泥の含水率の変動が少なく、安定した乾燥処理が行える。また、長時間運転時の安定性も高い。
- (3) 立上がり特性が優れている。

しかし一方で、単機当たりの処理能力が少ないという短所もある。

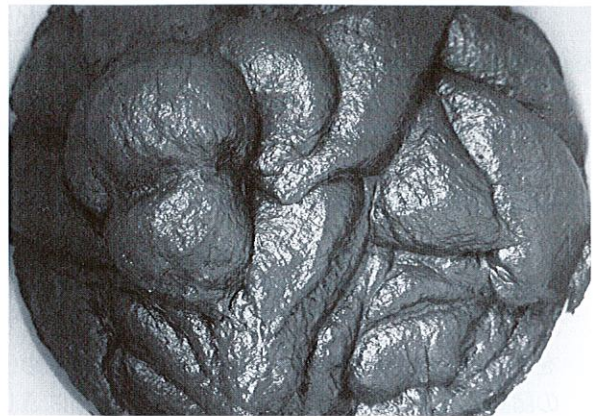


図3. 脱水汚泥(含水率約85%) 遠心濃縮脱水機で処理された汚泥である。この汚泥が遠心薄膜乾燥機に供給される。
Sludge cake

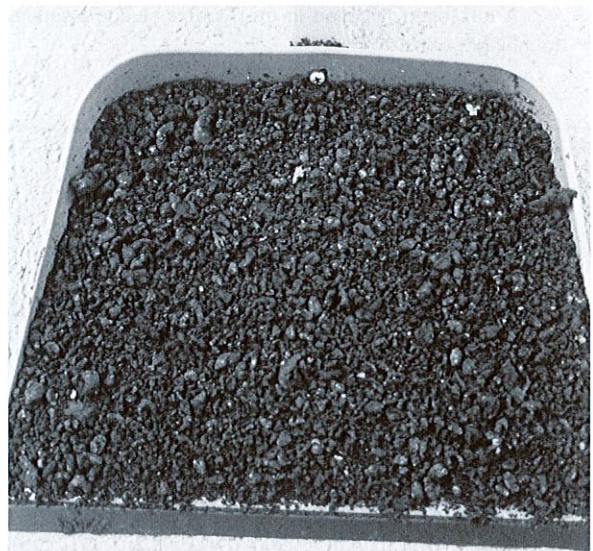


図4. 乾燥汚泥(含水率約40%) 遠心薄膜乾燥機で処理された汚泥である。5~10mmの粒形状で、取扱い性がよい。
Dry sludge

3 下水汚泥処理システム

3.1 大型遠心薄膜乾燥機

モデル事業に認定された下水汚泥処理システムと従来システムの比較を図2に示す。

従来のシステムは濃縮・脱水処理を行った後に乾燥、溶解を行っていたが、新システムは遠心濃縮脱水機を用いて少量の凝集剤を添加することにより、固形物濃度約1%の混合生汚泥を含水率約85%(図3)にまで濃縮脱水し、遠心薄膜乾燥機を用いることにより、従来と同様に含水率約40%(図4)にまで乾燥処理することができる。

また、遠心薄膜乾燥機の熱源には、コークスベッド式溶

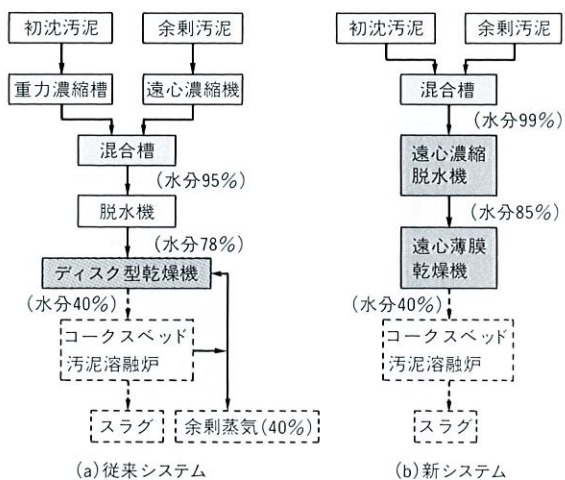


図2. 下水汚泥処理システムの新システムと従来システムの比較 新システムは遠心薄膜乾燥機を採用し、溶融炉で発生する蒸気の全量を乾燥に利用することで、脱水機が不要となる。

Comparison of conventional and newly developed systems

融炉からの発生蒸気の大半を有効に利用し、汚泥濃縮脱水・乾燥工程での運転経費を削減することによって処理場全体における運転経費の削減と運転操作性の向上を図っている。

システムの特長を次に示す。

- (1) 設備の省スペース化 濃縮と脱水の二つの工程を一つにしたため施設が簡素化され、省スペース化を可能にした。
- (2) 運転の低コスト化 濃縮脱水工程において、凝集剤の使用量が1/2以下となり、運転経費が低減された。
- (3) 運転制御性の向上 遠心薄膜乾燥機の乾燥時間が短い場合含水率の制御が安定し、運転管理が容易にな

った。

(4) 溶融炉発生蒸気の有効利用 溶融炉からの発生蒸気を乾燥工程に用いる蒸気に利用した。

今回、実プラントへの導入を念頭に置き、各種条件の変動などシステムの運転操作性について実証試験を行った。

3.2 実証試験

実証試験は、大阪府中央処理場内に実証試験設備を設置し、各装置の性能を確認するとともに、設計手法確立のための技術データの取得、汚泥性状など各種条件の変化に対応するための運転管理方法の確認、エネルギー利用・経済

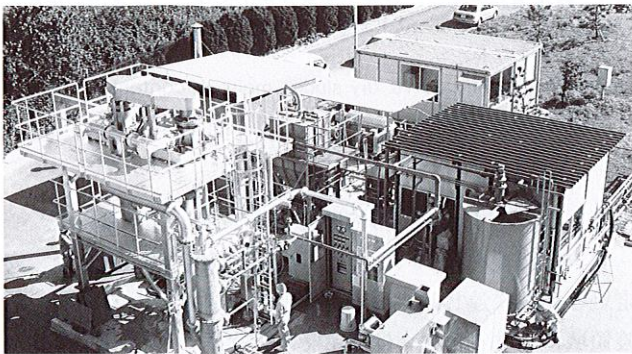


図5. 大阪府中央処理場実証試験設備 下水汚泥の乾燥処理性能を確認するために、大阪中央処理場に設置した試験設備である。

Test plant

性評価のためのデータ取得などを目的としている。試験設備の全景を図5に、仕様を表1に、試験設備のフローシートを図6に示す。

表1. 試験設備の仕様 Specifications

遠心濃縮脱水機	処理能力	5 m ³ /h
	本体回転数	34.2~48.3 s ⁻¹
	遠心力	1,000~2,000 G
	回転筒寸法	φ 426 × 1,227 mm
	主電動機	30 kW
	作動電動機	11 kW
遠心薄膜乾燥機	伝熱面積	3.36 m ²
	定格処理能力	0.35 m ³ /h
	本体胴内径	442 mm
	全高	3,960 mm
	ブレード数	8列 × 13段
	主軸回転数	7.5 s ⁻¹

3.2.1 遠心濃縮脱水性能 薬注率と汚泥含水率、SS (Suspended Solid) 回収率の関係を図7に示す。薬注率が上がると汚泥含水率は低下する傾向にある。

図7は夏期の混合生汚泥(供給汚泥濃度0.65~2.22%)と秋冬期の混合生汚泥(供給汚泥濃度2.25~2.58%)の実験結果であるが、夏期は薬注率0.25%、秋冬期は0.30%

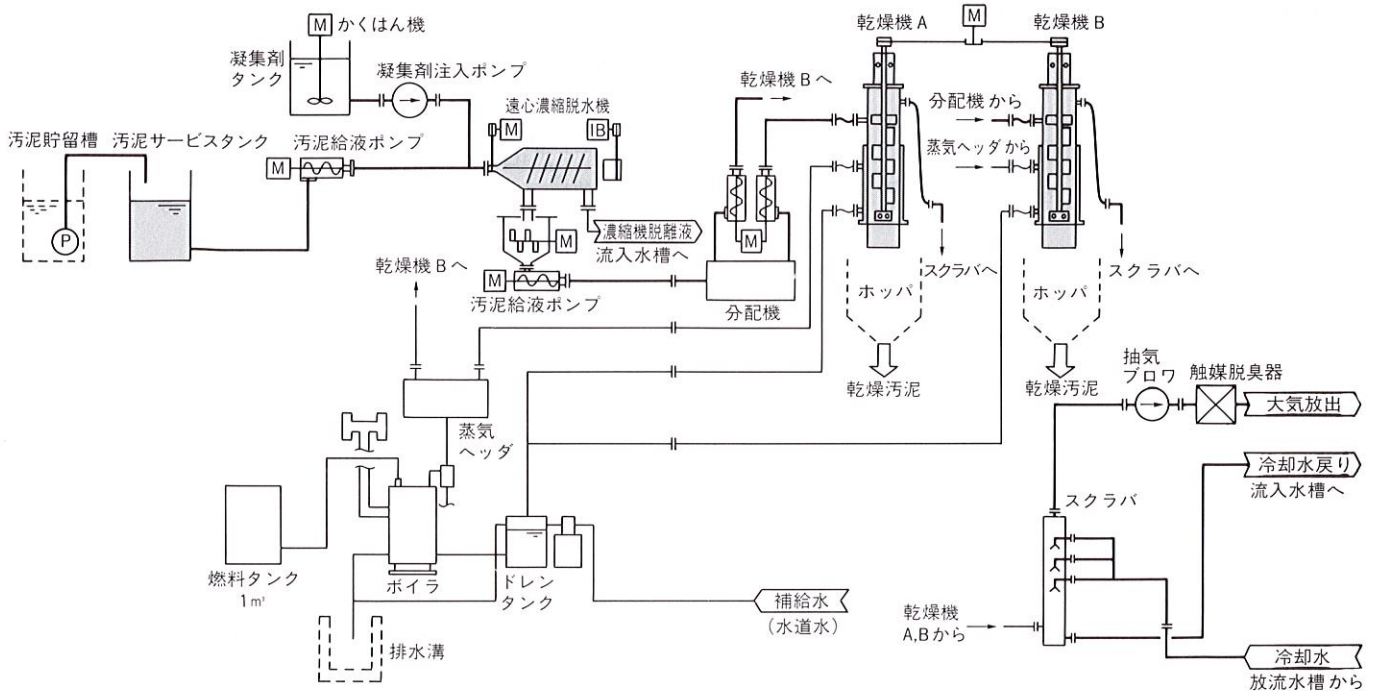


図6. 試験設備のフローシート 1台のモーターで2台の乾燥機を駆動する方式とし、1台の遠心濃縮脱水機で処理した脱水汚泥を分配機等で等分配する。

Flow sheet of test plant

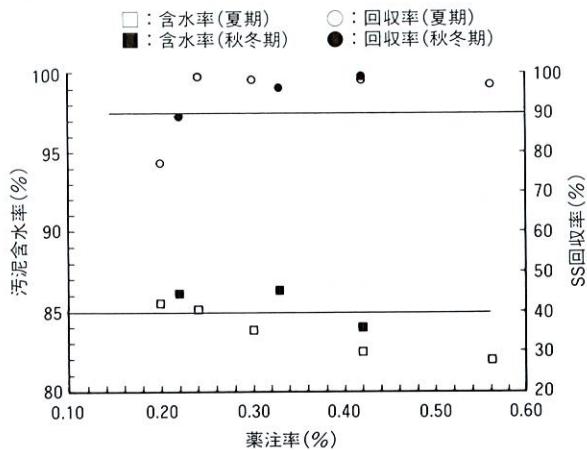


図7. 薬注率と脱水汚泥含水率, SS回収率の関係 薬注率が上がると脱水汚泥含水率は低下し, 薬注率が下がるとSS回収率は低下する傾向にある。

Polymer dosage rate vs. sludge cake moisture content and suspended solids collection rate

で含水率, 回収率ともに良好な状態を保っている。さらに, 投入汚泥を混合濃縮汚泥(濃度約3.5%)とした場合における性能実験も行った結果, いずれにおいても薬注率0.4%で含水率約85%, 回収率90%以上と, 良好な状態を保っている。

3.2.2 遠心薄膜乾燥性能 脱水汚泥含水率と乾燥汚泥含水率の関係を図8に示す。脱水汚泥含水率が81~88%の範囲で変化しても, 乾燥汚泥含水率は40±5%の範囲内で安定しており, 脱水汚泥含水率の影響を受けにくい安定した乾燥処理性能を備えている。

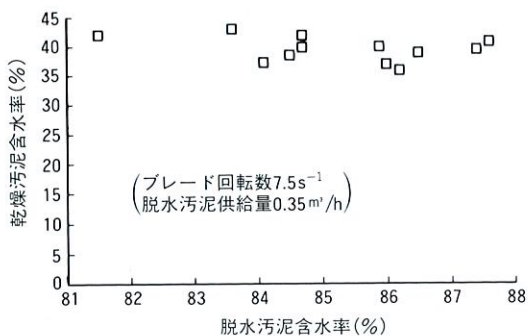


図8. 脱水汚泥含水率と乾燥汚泥含水率の関係 脱水汚泥含水率が81~88%の範囲で変化しても, 乾燥汚泥含水率は40±5%で安定している。

Sludge cake moisture content vs. dry sludge moisture content

脱水汚泥供給量と乾燥汚泥含水率の関係を図9に示す。脱水汚泥供給量の増減によって, 供給量0.35m³/h以上で乾燥汚泥含水率がほぼ直線的に変化し, 供給量0.35m³/h

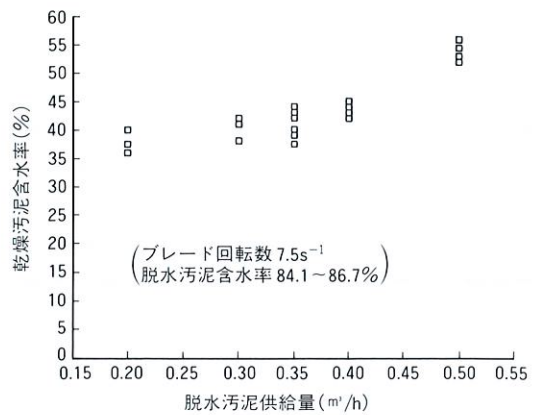


図9. 脱水汚泥供給量と乾燥汚泥含水率の関係 脱水汚泥供給量の増減によって, 0.35m³/h以上では比例変化し, 0.35m³/h以下ではほぼ一定となる。

Sludge cake feed rate vs. dry sludge moisture content

以下になると40±5%の範囲でほぼ一定となっている。

立上り特性を図10に示す。脱水汚泥供給後約30分で安定処理領域に達し, 良好な立上り特性を示している。過渡領域における含水率は安定時の含水率+10%程度になっている。また, 含水率の絶対値についても, ブレード回転数7.8s⁻¹では50%以下になっている。これは, 脱水汚泥を乾燥する際に発生するキャリアエアが乾燥に寄与しているためと考えられる。

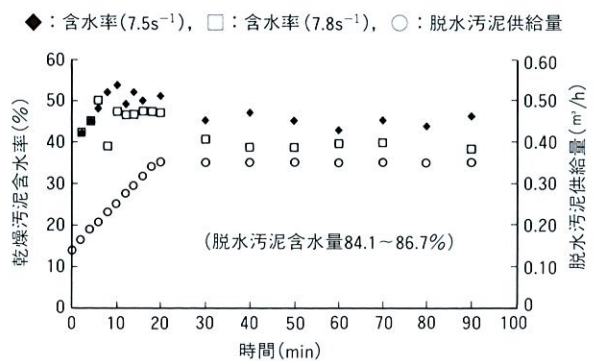


図10. 立上り特性 脱水汚泥供給後約30分で安定処理領域に達し, 遠心薄膜乾燥機は良好な立上り特性をもっている。

Characteristics of start-up operation

乾燥汚泥含水率とモータ消費電力の関係を図11に示す。このシステムの目標値である含水率40±5%での消費電力は設計値(16~18kW)をほぼ満たしている。また, 含水率が高くなると消費電力は低くなっている。

ブレード回転数と乾燥汚泥含水率の関係を図12に示す。

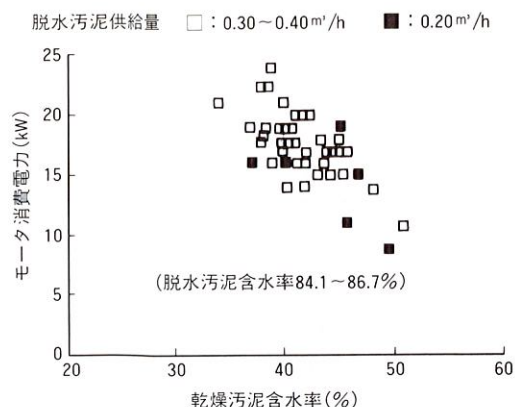


図 11. 乾燥汚泥含水率とモータ消費電力の関係 乾燥汚泥含水率 $40 \pm 5\%$ でのモータ消費電力は、設計値 (16~18 kW) をほぼ満たしている。

Dry sludge moisture content vs. motor power

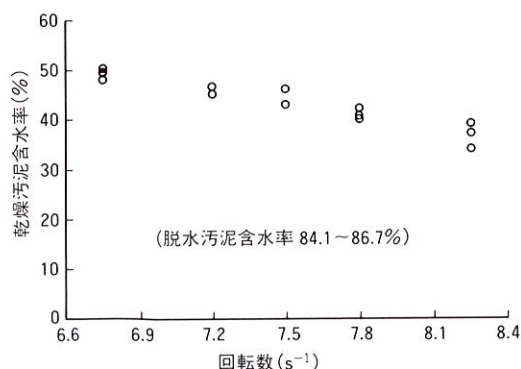


図 12. ブレード回転数と乾燥汚泥含水率の関係 ブレード回転数を増やすと乾燥汚泥含水率が低下し、減らすと乾燥汚泥含水率が増加する。

Blade rotation speed vs. dry sludge moisture content

回転数の増加により乾燥汚泥含水率が低下している。これは、回転数の増減によって薄膜形成力となる遠心力が増減し、薄膜状で加熱蒸気と熱交換を行う領域が回転数が増えると大きくなり、減ると小さくなるためと考えられる。図 11 および図 12 で得られた関係から、モータ消費電力を監視しながらブレード回転数を制御することにより、乾燥汚泥含水率を制御できると考えられる。

4 あとがき

遠心薄膜乾燥機を使用した下水汚泥処理システムの実用化は全国で初めてであるが、このシステムは前述のように多くの利点があるため、大阪府では、安威川流域下水道中央処理場の溶融炉設備にもっとも適したシステムであると判断し、その実用化へ取り組むことになったものである。この新しいシステムが的確な評価を受け、また、このシステムに適した機器の耐久性、保守性、長期安定性およびシステム全体の経済性を検討し、さらに充実したシステムへと発展させるため努力していく所存である。

謝 辞

今回の実証試験に際し、ご指導いただいた下水汚泥濃縮乾燥技術部会部会長の京都大学工学部衛生工学科武田教授、同部会幹事の建設省都市局下水道部大沼係長、建設省土木研究所汚泥研究室渡部室長、日本下水道事業団大阪支社事業部高橋課長、大阪ガスエンジニアリング(株)技術本部市川部長、巴工業(株)大阪支店富田支店長、下水道新技術推進機構研究第 1 部若山主任研究員の各位に対し、厚くお礼申し上げるしだいである。



菱田 照雄 Teruo Hishida

大阪府土木部下水道課設備係係長。
下水道システムの計画策定、事業推進に従事。
Osaka Prefecture



佐伯 敏明 Toshiaki Saeki

大阪府北部流域下水道事務所施設課施設係係長。
下水道システムの計画策定、事業推進に従事。
Osaka Prefecture



濱澤 哲也 Tetsuya Hamazawa

大阪府北部流域下水道事務所施設課施設係技師。
下水道システムの計画策定、事業推進に従事。
Osaka Prefecture



森川 彰 Akira Morikawa

官公システム事業部環境システムエンジニアリング部主査。
汚泥処理システムに関する技術業務に従事。
Government & Public Corporation Systems Div.