

遠心脱水乾燥機の実用化 に関する共同研究

1. 研究の背景と目的

全国的に下水道整備が進み、下水道普及率が高まるにつれて、下水汚泥の発生量は年々増加してきている。しかしながら、最終処分地の残存容量が減少していることや最終処分地の新規設置が極めて困難な状況にあることから、下水道事業における汚泥処理・処分の重要性が一段と認識されている。このような状況の中、汚泥の有効利用を進めることを含め、汚泥処理施設の建設コスト、維持管理コストの縮減や処理の安定性を認識した効率的な汚泥処理システムが望まれている。

今回の研究対象である遠心脱水乾燥機は、ドイツで開発された技術であり、いわゆる遠心脱水機と气流乾燥機を一体型にした装置である。これにより、設備のコンパクト化が図れるとともに、得られる乾燥ケーキが取り扱い易いという特徴を持つことから、適切かつ適正に採用することにより、汚泥処理コストの縮減、汚泥処理の効率化が望める技術であると考えられる。本研究では、汚泥処理を体系的にとらえる中で、課題を抽出し、特に乾燥プロセス導入による効果に着目して本遠心脱水乾燥機の利用目的と適用範囲を明確にする。また、汚泥処理システムを計画する際の基本的な考え方と留意すべき事項を技術資料として取りまとめ、遠心脱水乾燥機の設計に関する標準化を図る。さらに仕様書等の積算資料を整備することにより、下水道管理者が設計を行

う際の一助となることを目的とする。

2. 研究体制

本研究は、財団法人下水道新技術推進機構と下記5企業との共同研究により実施しているものである。

株式会社クボタ	三機工業株式会社
日本碍子株式会社	日本鋼管株式会社
三菱重工業株式会社	

3. 研究内容

平成10年度及び平成11年度の2年にわたる全体の研究フローを以下に示す。

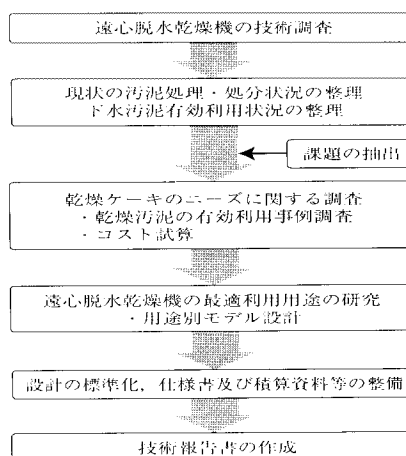


図-1 全体フロー

平成10年度には遠心脱水乾燥機の技術資料をとりまとめ、現状の汚泥処理・処分・有効利用状況について整理し、乾燥ケーキのニーズについて調査した。

4. 本年度成果の概要

4.1 遠心脱水乾燥機の概要

4.1.1 原理及び構造

図-2 にシステム概要図を、図-3 に設備フローシートを示す。本機は脱水部と乾燥部から成り立っており、脱水部は既に下水で実績のある高効率遠心脱水機が使用されている。乾燥部は脱水汚泥の分散

機構及び遠心脱水機の外周をとりまく熱風混合部で構成される。

遠心脱水機の回転排出口から排出された脱水ケーキは、分散機構により遠心脱水機の周速に従い80~100m/sec.の速度で噴出され、1mm程度に細粒化される。この細粒状の脱水ケーキと直接熱風とを混合させ、瞬時に乾燥し、サイクロン等により乾燥汚泥を回収する。乾燥原理は熱風による気流乾燥方式であり、乾燥用熱風の温度は、必要とする乾燥ケーキの含水率によって決める。乾燥用熱風は通常200~400℃の範囲で設定され、排ガス温度は100~200℃程度、乾燥ケーキは表面温度30~60℃で排出される。

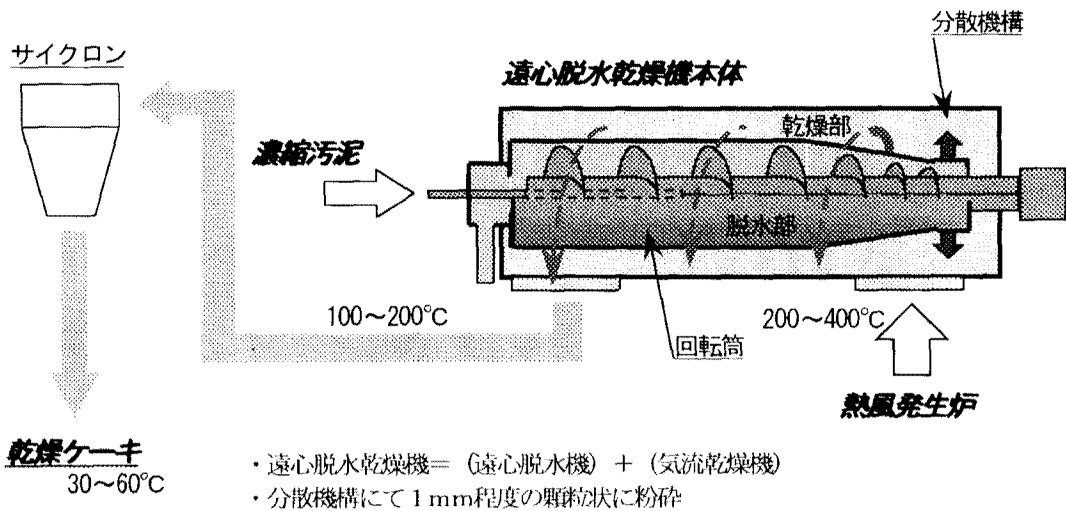


図-2 遠心脱水乾燥機システム概要図

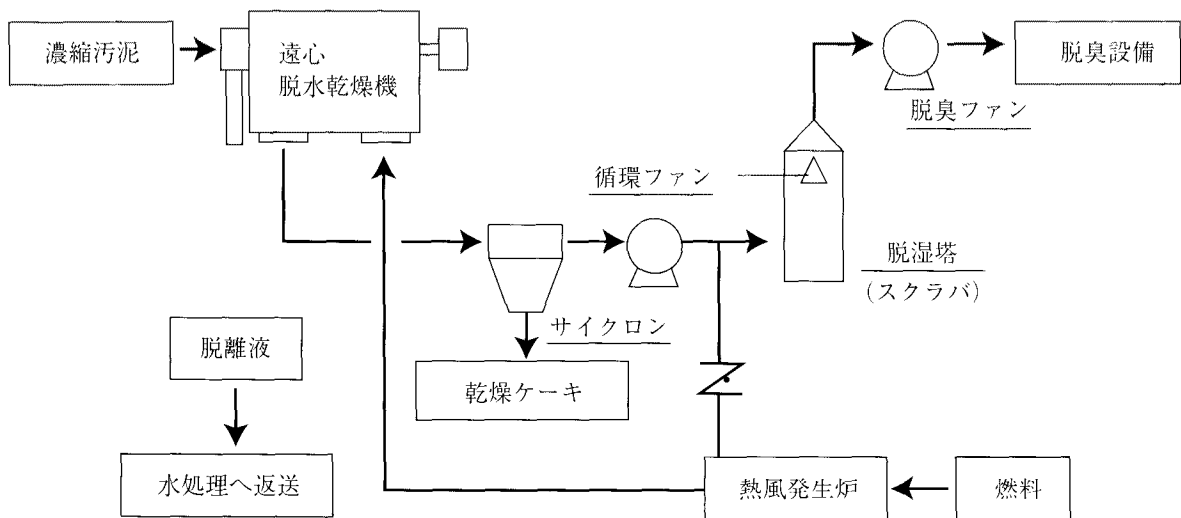


図-3 遠心脱水乾燥設備フローシート図

4.1.2 特長

■設備がコンパクトである

- ・脱水プロセスと乾燥プロセスを一体化させたことにより、両プロセスを別々に設置した場合と比べ、必要設置面積の大幅な縮小が可能。
- ・脱水設備と乾燥設備を接続するコンベアが一切不要となり、濃縮設備から脱水乾燥設備まで配管で接続することが可能であるため、施設のフレキシブルな配置が可能。

■乾燥ケーキの含水率が任意に調節可能である

- ・熱風温度、熱風量の制御により、容易に乾燥ケーキの含水率を10~50%まで調整することが可能。

■乾燥ケーキの取扱いが容易である

- ・乾燥ケーキは含水率に関わらず粉体/顆粒状となり、取扱いが容易。

4.1.3 性能

図-4に熱風温度毎の固形物負荷と乾燥ケーキ含水率の関係を示す。

なお、本数値は某処理場における実機ベースでのオンサイト実験時に測定したデータである。

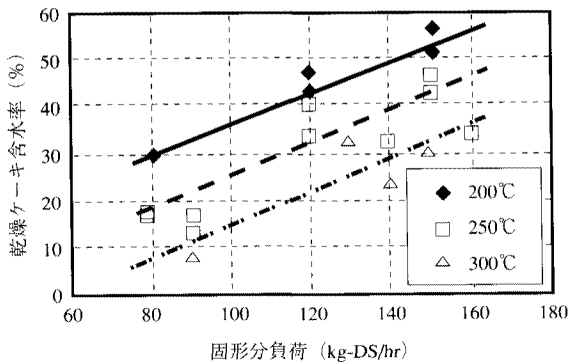


図-4 固形物負荷と乾燥ケーキ含水率

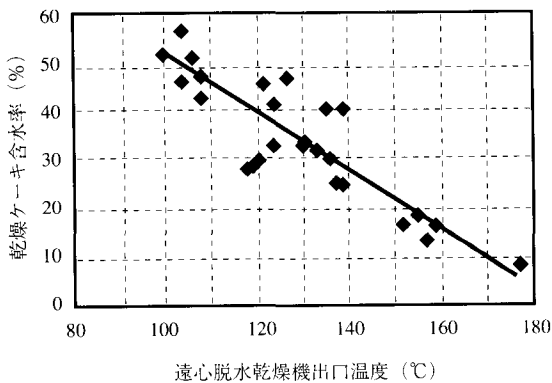


図-5 熱風温度と乾燥ケーキ含水率

固形物負荷が増加すると乾燥ケーキ含水率は上昇し、熱風温度を上昇させると乾燥ケーキ含水率は低下する。また、一定負荷の下では熱風温度によって乾燥ケーキの含水率を10~50%まで任意にコントロールできる。

4.1.4 排ガス及び排水性状

前述の実験における、本脱水乾燥機の排ガス性状を表-1に、臭気成分を表-2に、本設備からの各排水性状を表-3に示す。

表-1 排ガス測定結果

項目	測定位置	乾燥機出口	サイクロン出口	脱湿塔出口	煙突出口
排ガス温度 (°C)		242	136	58	610
排ガス圧力 (mmAq)		-600	-13.5	-60.4	-0.35
水分量 (V/V%)		30.0	28.6	10.2	15.5
CO ₂ (V/V%)		4.4	4.5	4.2	7.2
O ₂ (V/V%)		15.8	15.7	16.0	11.8
CO (V/V%)		0.0	0.0	0.0	0.0
N ₂ (V/V%)		79.8	79.8	79.8	81.0
湿り流量 (g/Nm ³)		11,600	2,100	1,950	2,030
湿り流量 (g/Nm ³)		8,140	1,500	1,750	1,720
ダスト濃度 (g/Nm ³)		7.6	-	0.024	0.006
SO _x (p.p.m.)		-	-	<3.8	5.8
NO _x (p.p.m.)		-	-	20	32
HCl (p.p.m.)		-	-	<6.0	<6.0

表-2 臭気成分測定結果

項目	測定位置	サイクロン出口	脱湿塔出口	煙突	設備風下
臭気濃度		74,000	42,000	980	<10
アンモニア		31	<0.6	<0.6	-
トリメチルアミン		0.029	<0.001	<0.001	-
硫化水素		3.4	3.6	<0.003	-
メチルメルカプタン		0.19	0.11	<0.003	-
硫化メチル		0.29	0.27	0.023	-
二硫化メチル		0.018	0.029	<0.003	-
アセトアルデヒド		2.4	1.7	0.14	-
スチレン		<0.2	<0.2	<0.2	-

a. ダスト濃度について

乾燥ケーキはサイクロンにて99%以上回収され、スクラバ出口及び煙突出口でのダスト濃度は低いものとなっている。

b. SO_x, NO_x及びHClについて

各種排ガス規制をクリアしている。

c. 臭気について

循環ラインを採用した結果、ダクト中の臭気は高くなっているが、脱臭炉において臭気成分が分解されるため、煙突出口での臭気濃度は低く、臭気成分もほとんど検出されていない。

ここでは脱臭炉温度を600℃に設定して運転を

行った時の結果を示しているが、脱臭炉温度を上昇させれば、更に低い値が得られるものと考えられる。

なお、設備風下においても非常に低い臭気濃度を示している。

表-3 排水性状測定結果

項目	測定位置 スクラバ排水	総合排水 (脱離液含む)
PH	7.0	6.2
BOD (mg/l)	50	310
COD (mg/l)	21	100
SS (mg/l)	48	17
TS (mg/l)	900	1,600
T-N (mg/l)	266	88
T-P (mg/l)	0.5	1.1

また、汚泥処分費については、地域差はあるものの、平成8年度ベースで概ね15,000円/t-wet程度である。図-7に地区別の汚泥処分費調査結果を示す。

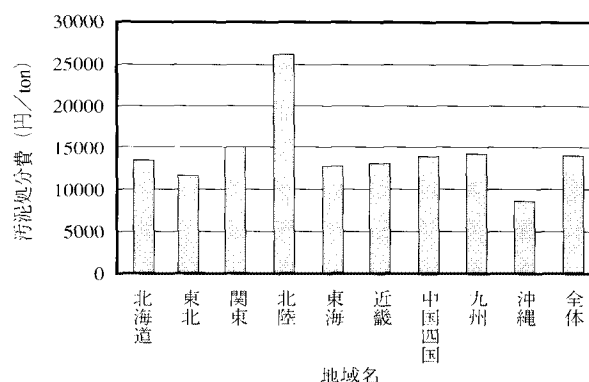


図-7 地区別汚泥処分費

d. 排水性状について

ダスト分はサイクロンで補集されるため、スクラバ排水のSS分は極めて少なく、総合排水（脱離液含む）としても水処理系へ返送しても問題の無い水質である。

4.2 下水汚泥の処理、処分及び有効利用状況

平成8年度下水道統計によると、DSベースでの汚泥全発生量は約1,710,000t-DS/年であり、内33%に当たる567,000t-DS/年が有効利用されているものの、61%に当たる約1,037,000t-DS/年は埋立処分されている。一方埋立処分場の残余年数は5年以内の処分先で全体の43%、10年以内の処分先で全体の84%となっており、極めて深刻な状況にある。図-6に平成8年の段階での下水汚泥最終処分先の残余年数を示す。

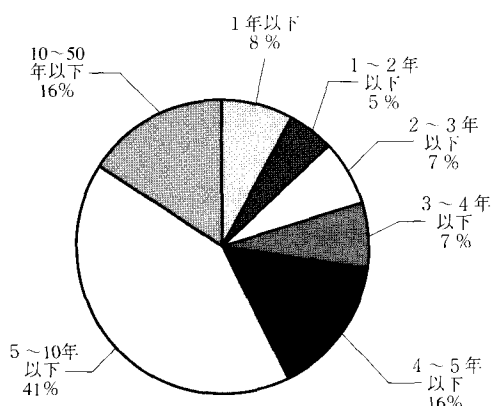


図-6 下水汚泥最終処分先の残余年数

下水汚泥の有効利用状況としては、従来は緑農地利用が中心であったが、近年では脱水ケーキや焼却灰のセメント原料としての利用や、熔融スラグの利用等の建設資材利用が急速に進んでいる。図-8に緑農地利用と建設資材利用の比率の経年推移を示す。

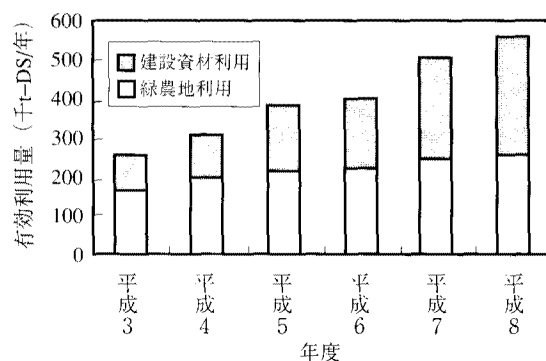


図-8 汚泥有効利用量の経年推移

従来、建設資材としての利用量は緑農地利用より少なかったが、平成7年度に建設資材としての利用量が、緑農地利用量を上回り、今後もこの傾向が一層進んでいくものと考えられる。

現状の緑農地有効利用のほとんどがコンポスト化によるものであり、脱水ケーキや乾燥ケーキの状態での緑農地利用量は少ない状況にある。また、DSベースでの建設資材への利用については、熔融スラグ及び焼却灰での利用量が98%程度をしめている。表-4に平成8年度の下水汚泥の有効利用状況を示す。

表-4 下水汚泥有効利用状況 (平成8年度)

用途	数量 (t-DS)	処理場数
肥料	286,540	280
土壌改良材	127,652	85
土質改良材	12,397	6
埋め戻し材	31,855	11
コンクリート二次製品	572	6
セメント原料	51,174	50
骨材	7,883	5
レンガ	14,949	15
陶磁器原料	1,250	3
タイル	161	3
ブロック	1,672	7
その他	30,522	26
計	566,627	495

上記表より、建設資材への有効利用手段としては、セメント原料が最も多く、ついで埋め戻し材への利用が2番目に多いことがわかる。セメント原料への有効利用量は近年増加しており、他の利用先への利用形態が熔融スラグ及び焼却灰であるのに対し、セメント原料へは脱水ケーキ及び乾燥ケーキも適応されている。

4.3 乾燥ケーキのニーズについて

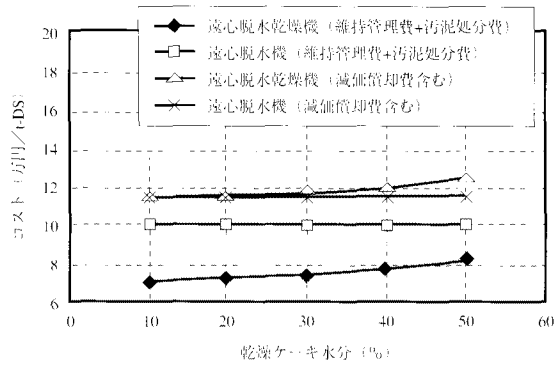
汚泥処理状況の概要については前述の通りであり、今後も省エネ・省スペース化等の効率化、有効利用の促進への更なる取り組みが必要であるといえる。本研究では、これらの取り組みにおける課題の解決策において、乾燥プロセスが果たす役割について調査・研究を進め、遠心脱水乾燥機の実用化について評価し、技術資料としてとりまとめる。以下に乾燥ケーキのニーズについての概略検討結果を記す。

なお、本検討の中から有効であると認められる適用先について、次年度において詳細な調査・研究を行う。

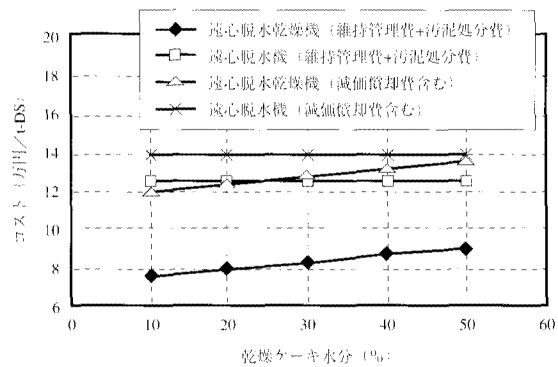
4.3.1 埋立処分を前提とした場合

現在埋立処分されている脱水ケーキの含水率は概ね70~85%と高く、これを乾燥操作により10~20%にすることにより、大幅な減容化を図ることが可能となり、処分地の残余年数延命、運搬・処分費の低減が可能となる。しかし、乾燥には熱源として燃料を必要とするため、コストバランスについて検討する必要がある。ここでは、汚泥を脱水ケーキとして処分する場合と比較し、減容効果による処分費低減

がどの程度効果的に着目して試算検討を行った。図-9に乾燥ケーキ水分とトータルコストの試算結果を示す。なお、コストとしては維持管理費及び汚泥処分費の和で評価し、新設時、更新時の検討を行うことを目的とし、減価償却費を含んだものも試算した。



a. 汚泥処分費：15,000円/t-wetの場合



b. 汚泥処分費：20,000円/t-wetの場合

図-9 脱水乾燥機導入におけるコスト試算結果

図-9より、維持管理費と汚泥処分費のみでの比較においては、遠心脱水乾燥機の方がコスト低減可能といえる。しかし、本設備は新しい技術であり、設備導入費用も考慮する必要がある。上図a.汚泥処分費15,000円/t-wetの場合、乾燥ケーキの含水率を10%まで低減する条件でコスト的にバランスするし、b.汚泥処分費20,000円/t-wetの場合、本脱水乾燥機の制御範囲である含水率50%以下でコストメリットが認められる。また、b.汚泥処分費20,000円/t-wetの条件で含水率30%以下にした場合、遠心脱水機の処理コストに減価償却費を含まない条件、つまり既存遠心脱水機からの更新においてもコストメリットを認めることができる。

4.3.2 消化ガスを燃料として活用した場合

熱風発生炉用燃料の低減による効果を期待し、消化施設を有する処理場において余剰消化ガスを熱風

炉燃料の一部に使用した場合の試算を行った。試算結果を図-10に示す。

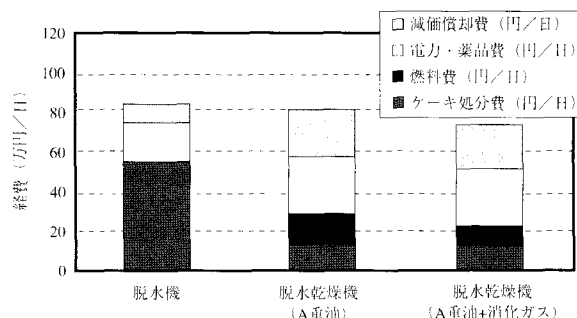


図-10 余剰消化ガス使用による試算結果

以上より、余剰消化ガス利用により約13%のコスト削減が可能となるとの結果を得た。一般的に消化汚泥は難脱水性であるため、処分を前提としたケースへの適用としては現実的であるといえる。

4.3.3 焼却及び溶融の前処理として

焼却の前処理としては、増設時に本遠心脱水乾燥機を導入し、脱水ケーキ全体として自燃域まで低含水率化することにより、導入効果が期待できる。また、溶融の前処理としては、通常フローとして乾燥工程を必要とするため、設備のフレキシブルな配置検討、設備のコンパクト化という本遠心脱水乾燥機の特長をいかした導入が効果的である。

4.3.4 乾燥汚泥の有効利用について

直接利用として、緑農地利用が考えられるが、肥料としての認可取得に関する情報等も含め、詳細検討を要する。

また、セメント原料としての有効利用については、以下の導入効果が期待できる。

- (1) 乾燥による生石灰添加量の低減
- (2) 低含水率でのセメント製造プロセスへの供給による省エネ化
- (3) 顆粒状の乾燥品という形態であるため、セメント工場への運搬、工場内で空気輸送が容易
現在脱水ケーキのセメント原料化については、乾

燥プロセスを付加することによる生石灰添加量の低減検討が行われており、本機の導入効果が期待できる。また、セメント製造工程における焼成工程において、下水汚泥の乾燥品を原料として供給することにより、燃料の低減が期待できる。

以上の様に、セメント原料への適応は導入効果の期待が大きく、現実的であるため、次年度において更に詳細検討を行う。

4.3.5 都市ゴミとの混焼について

現在、都市ゴミと下水汚泥の混焼においては、下水汚泥が持ち込む水分が熱的にマイナス要因とされている。本遠心脱水乾燥機により、自燃域を超え、ほぼ固形燃料としての下水汚泥投入が可能となる。また、本効果による都市ゴミ炉からの余剰廃熱を本遠心脱水乾燥機の熱源として利用することにより、更に高い導入効果が期待できる。

5. 今後の研究内容

今年度の研究において、遠心脱水乾燥機についての技術的情報を収集し、汚泥処理の現状及び基本的な導入効果について取りまとめた。今後は、更に詳細な導入効果について検討し、今後期待される次世代型汚泥処理システムの一つの可能性として、本遠心脱水乾燥機の導入を提案していく。

本年度の調査により、脱水乾燥機導入が効果的であると考えられる利用用途先は以下の通りである。

- ① セメント原料化を目的とした汚泥処理プロセス
- ② 都市ゴミ混焼における下水汚泥処理プロセス
- ③ 緑農地還元の前処理及び直接利用
- ④ 埋立処分時の汚泥減容化
- ⑤ 焼却炉の前処理 (自燃)
- ⑥ 溶融炉の前処理

今後は、これらの具体的なシステムにおける導入効果について評価し、効果的な適用条件等について明確にする。また、標準設計資料及び積算資料等をあわせて、技術資料としてまとめる。

●この研究に関する問い合わせは

研究第二部長
研究第二部主任研究員
研究第二部研究員
研究第二部研究員

篠田 康弘
長谷川隆之
藤浦 哲士
久保 善央