

圧入式スクリーンプレス脱水機の実用化に関する調査研究

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の一途をたどっている。しかしながら最終処分地の残存容量が減少し、新規用地の確保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・処分の方法が重要な課題となっている。このような状況に鑑み、汚泥の減量化や有効利用を進めるとともに、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意識した、より効率的な汚泥処理システムが望まれている。

圧入式スクリーンプレス脱水機（以下スクリーンプレス脱水機という）は、汚泥を一定の圧力で投入することにより脱水性能の向上と安定化を図っている。また、外筒を回転させることでスクリーン洗浄に関する維持管理性を高めた。さらに密閉構造、動力消費量が小、脱水性能を容易に任意変化を行うことができる等の特徴を有している。これらの特性を有効に活用するため、本研究ではスクリーンプレス脱水機の概要、構造、脱水原理等を、既存スクリーンプレス脱水機との比較を交えて検討する。さらにその特徴、適性、性能を明確にした上で、スクリーンプレス脱水機を用いた脱水設備の計画・設計・施工・維持管理等に関わる技術的事項や手順を記載した技術マニュアルを作成することを目的とした。

2. 研究体制

本研究は、財団法人下水道新技術推進機構と以下の6社との共同研究体制により実施した。

株式会社 石垣
株式会社 荏原製作所
川崎重工業 株式会社
株式会社 神戸製鋼所
住友重機械工業 株式会社
前澤工業 株式会社

3. 研究内容

本研究期間は、平成11年6月から12年9月の期間で実施した。研究内容は以下のとおりとした。

- (1) スクリーンプレス脱水機の技術調査
・ 既存資料の整理
- (2) スクリーンプレス脱水機の性能評価
・ 国内における既存実験のデータ整理
・ 国内における実証実験
- (3) スクリーンプレス脱水機の実用性評価
・ 利用用途、適用範囲の検討
- (4) スクリーンプレス脱水機の計画手法の確立
- (5) スクリーンプレス脱水機的设计方法の確立
- (6) 技術マニュアルの作成

4. 研究成果の概要

4.1 スクリュープレス脱水機の概要

4.1.1 構造

スクリープレス脱水機は、主に以下の装置で構成されている。スクリープレス脱水機の構造図を図-1に示す。

(1) 外筒スクリーン

本スクリーンは脱水機のろ材に相当し、外周にφ1.5~0.5mmの孔を有する。

(2) スクリュー

スクリューは、スパイラル状の羽根をスクリー軸に設けたものである。スクリュー軸は排出口に向かって太くなる円錐状となっている。

(3) プレッサー装置

本装置は、脱水ケーキ排出口に設けたテーパコーン状の押圧板であり、エアシリンダーにより汚泥の出口で背圧をかけ、含水率の調整を行う。

(4) 洗浄装置

洗浄装置は洗浄管と洗浄ノズルで構成され、外筒スクリーンの洗浄を行う。

(5) スクリュー駆動装置

本装置は、脱水機のスクリュー軸を駆動する。脱水時は正転、洗浄時は逆転運転を行う。

(6) カバー

本カバーは、脱水時のろ液飛散防止、及び洗浄時の洗浄水飛散防止の目的でスクリーンの全面を

覆う。小型機には透明の窓を有するサッシ式を設け、大型機には電動開閉機構を有するドーム式を設ける。

(7) 凝集装置

凝集装置は、銅板製円筒槽内に汚泥と高分子凝集剤を投入し、凝集フロックを生成するために攪拌機を有する装置である。

また圧入圧力一定制御運転を行うために、装置内部圧力を検知するための圧力検出器を有している。

※1 圧入圧力を検知することにより、脱水性の安定を目的とした運転制御を行う。「圧入圧力が高くなると、凝集汚泥のろ過性が悪化したと判断し、供給汚泥量を低下させる」

4.1.2 脱水原理

脱水概念図を図-2に示す。またスクリープレス脱水機の脱水原理を以下に示す。

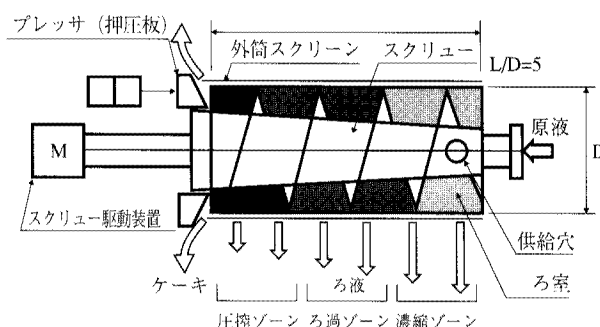


図-2 脱水原理図

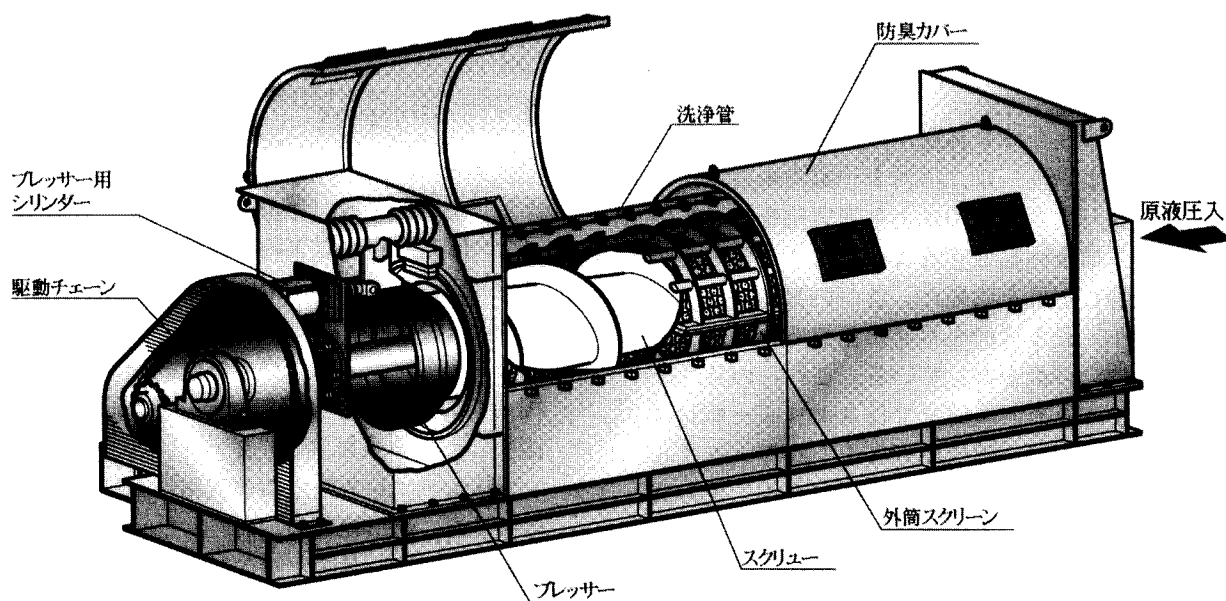


図-1 スクリュープレス脱水機構造図

- (1) 凝集装置において高分子凝集剤により調質された汚泥は、圧入圧力が一定になるように制御 (5~50kPa) されながら、スクリーュー軸の軸芯より濃縮ゾーンへ圧入される。
- (2) 濃縮ゾーンへ圧入された凝集汚泥は、濃縮後スクリーュー羽根によりろ過・圧搾ゾーンへと搬送される。このときろ室は排出口に向かって容積が小さくなっているため、容積変化とスクリーュー羽根による搬送力を受け、内部圧力を漸次上昇させながら圧搾脱水される。
- (3) 脱水機の排出口にはプレッサー装置による背圧 (50~200kPa) がかかっているため、スクリーュー羽根による搬送力、さらにはスクリーュー羽根の回転によるせん断力によりさらに圧搾脱水される。
- (4) 脱水ケーキは、プレッサー装置の押圧を押しつけて機外へ排出される。

4.1.3 既存スクリーュープレス脱水機との相違点

スクリーュープレス脱水機の仕様は、表-1のとおりである。

表-1 脱水機の仕様

項目	スクリーュープレス脱水機採用方式
L (機長) / D (スクリーュー径) 比	L/D=5
スクリーュー構造	パンチングプレート
汚泥供給方式	ポンプ圧入方式 (軸芯供給型)
洗浄方式	スクリーュー回転方式 (固定ノズル型)
プレッサー方式	プレッサー加圧方式 (空気シリンダー型)

スクリーュープレス脱水機の仕様は、既設スクリーュープレスと比較すると以下の特徴がある。

- (1) スクリーュー長さ[L]とスクリーュー径[D]の比[L/D]
既設スクリーュープレスは、L/D比=8~12であるが、スクリーュープレス脱水機はL/D比=5であるため、同口径で比較すると機長が短くなる。
- (2) スクリーュー (ろ材) 構造
スクリーュープレス脱水機のスクリーュー (ろ材) は、金属製パンチングプレートを採用している。
- (3) 汚泥供給方式

既存のスクリーュープレス脱水機の汚泥供給方式には、ホップ供給方式、ポンプ圧入方式 (外筒供給型) 等があった。しかしこれらの方式は、投入圧力が変動する等の問題があり、安定した脱水に影響を及ぼしていた。スクリーュープレス脱水機は、汚泥供給方式にポンプ圧入方式 (軸芯供給型) を採用した。投入位置を軸芯にすることで、汚泥を機内へ均等に供給することが可能となった。また

汚泥投入口での圧力変動が起こらないため、安定した脱水が可能となった。

- (4) 洗浄方式

既存の脱水機の洗浄方式は、ノズル・スクリーューを固定方式や洗浄パイプを摺動する方式であったが、効率的な洗浄が難しい等の問題があった。スクリーュープレス脱水機の洗浄方式は、スクリーュー回転型 (ノズル固定) を採用しており、効率的な洗浄が可能となった。

- (5) プレッサー方式

プレッサー方式は、プレッサー位置固定方式、油圧シリンダによる制御方式、スプリング方式等があったが、制御が煩雑であるといった問題があった。スクリーュープレス脱水機では、空気シリンダーを採用しプレッサー位置の制御を行っている。装置構成も簡易であり、容易な位置制御が可能となった。

4.1.4 設備の構成

スクリーュープレス脱水機の設備は、高分子凝集剤を用いた脱水設備 (遠心脱水機、ベルトプレス脱水機等) とほぼ同様な設備構成となる。図-3に本脱水設備のフローを示す。

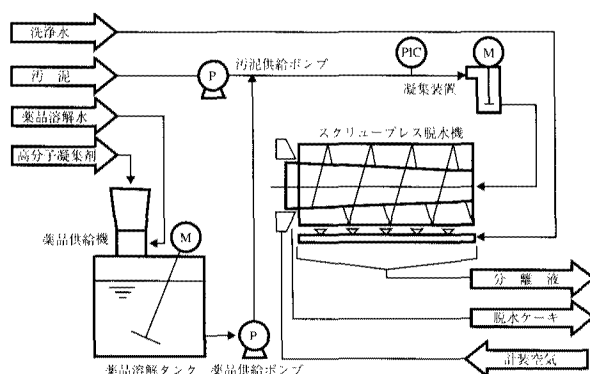


図-3 スクリーュープレス脱水機設備フロー

スクリーュープレス脱水機の設備は、汚泥供給設備、薬品注入設備、スクリーュープレス脱水機、脱水ケーキ搬送・貯留設備、圧縮空気供給設備、洗浄水設備から構成される。本設備の前処理設備として濃縮、消化設備があり、また後処理には汚泥の処理、利用を目的とした焼却、溶融、コンポスト設備等が設置される。

4.2 スクリーュープレス脱水機の性能評価

技術マニュアルを策定するにあたり、各種汚泥に対するスクリーュープレス脱水機の性能を整理・把握するため、全国の下水処理場で行った実験結果を基に、データのとりまとめを行った。ここではスクリーュープレス脱水機の混合生汚泥に対する性能につい

て解説する。

4.1 汚泥濃度の変化に対する脱水性能の変化

4.1.1 混合生汚泥の脱水性能

標準脱水性能値は、スクリーン径φ300mmの実験機によるデータを基に性能評価を行った。図-4、5に汚泥濃度を変化させた場合の脱水性能を示す。

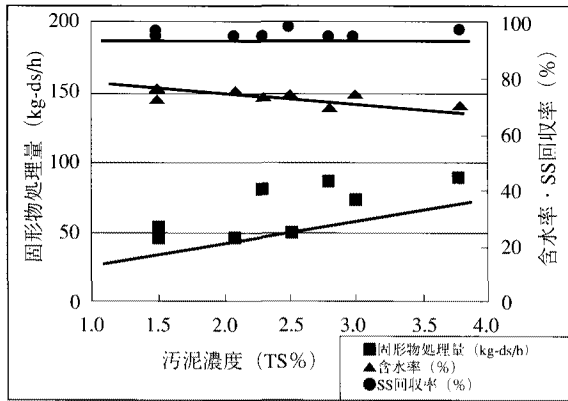


図-4 汚泥濃度に対する性能 (固形物処理量)

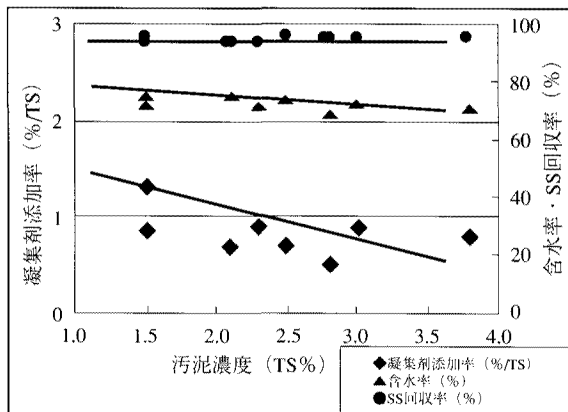


図-5 汚泥濃度に対する性能 (凝集剤添加率)

図-4から、汚泥濃度の増加にともない固形物処理量は増加する。SS回収率は、汚泥濃度の影響を受けず、95%以上の結果となった。

図-5から、汚泥濃度の増加にともない凝集剤添加率は低下し、ケーキ含水率は低くなる傾向を示した。

スクリーンプレス脱水機の混合生汚泥における性能は、既存脱水機 (遠心・ベルトプレス) と同等か、それ以上の性能があることが確認できた。

4.1.2 嫌気性消化汚泥の脱水性能

嫌気性消化汚泥の脱水傾向は、混合生汚泥と同様であった。脱水性能は、既存脱水機と同等程度であった。

4.1.3 オキシレーションディッチ (OD) 余剰汚泥

本汚泥の脱水傾向は、混合生汚泥等と同様であった。既存脱水機と比較すると、脱水性能は同等程度であった。

4.2 脱水機の操作因子に対する脱水性能の変化

脱水性能の調整は、以下に示す操作因子にて行う。

- (1) スクリュー回転数
- (2) 薬品添加率
- (3) 汚泥圧入圧力
- (4) プレッサ圧力

図-6~9に、各操作因子を変化させた場合の一般的な傾向を示す。

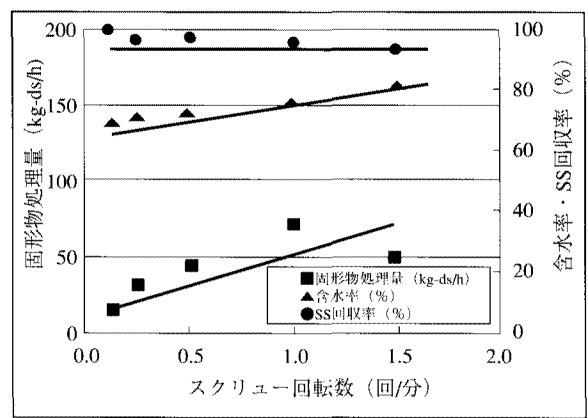


図-6 スクリュー回転数に対する性能

スクリーン回転数の増減に対して、固形物処理量、ケーキ含水率の性能は直に変動した。スクリーン回転数を上昇すると、固形物処理量は増加し、含水率は高くなる傾向を示した。

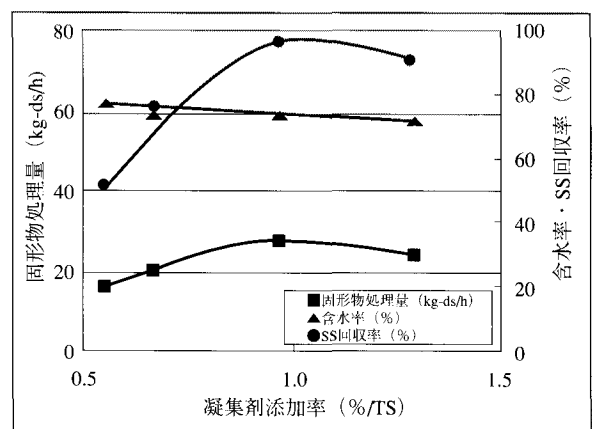


図-7 凝集剤添加率に対する性能

凝集剤添加率の増減で影響を受けたのは、SS回収率である。添加率が低いと凝集が不完全のため、SS

回収率は悪化する。ある添加率以上となると再び凝集が不完全となり、SS回収率は多少低下する傾向を示し、固形物処理量も低下傾向となる。凝集剤添加率には最適な値があることを示唆している。

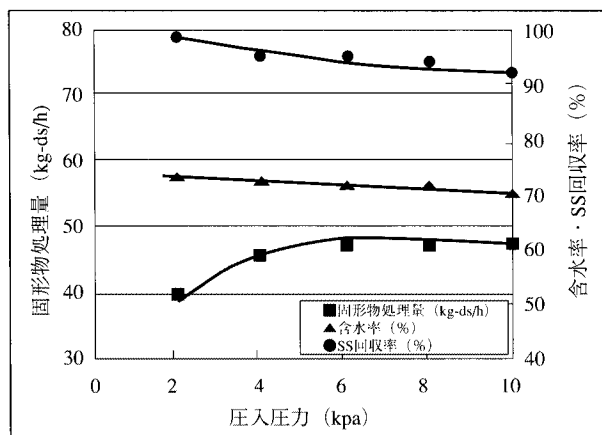


図-8 圧入圧力に対する性能

圧入圧力の増加により、固形物処理量は増加する。また若干ではあるが、ケーキ含水率は低下する。しかし圧入圧力を増加すると、汚泥を脱水機内に押し込むことになり、SS回収率は低下してしまう。圧入圧力の設定は、SS回収率の状況を見ながら決定する必要がある。

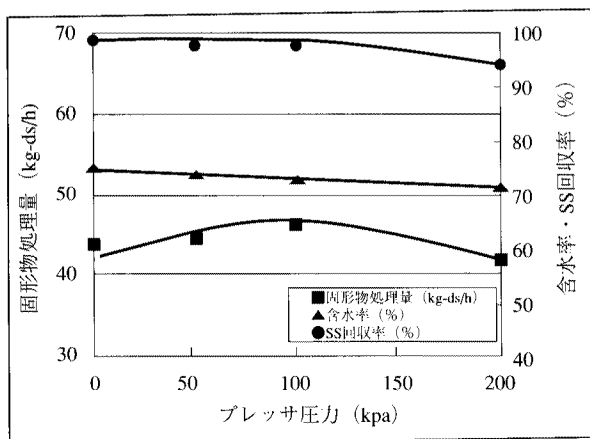


図-9 プレッサー圧力に対する影響

プレス圧力の増加にともない、ケーキ含水率は低下する。プレス圧力を上昇していくと、ある点以上では固形物処理量が低下し、SS回収率も低下する傾向となった。

4.3 脱水性能のまとめ

スクリーンプレス脱水機には、脱水機の性能を決定する4種類の操作因子がある。それぞれには最適な運転条件が存在するため、効率的な脱水を行うためには、汚泥に合った運転条件を決定する必要がある。

汚泥は季節によって変動するので、運転状況を常に監視し、最適な条件を設定していく必要がある。以下に、スクリーンプレス脱水機の運転条件についてまとめる。

(1) スクリュー回転数

低すぎると処理の効率が悪く、高すぎると含水率が高くなる。

(2) 凝集剤添加率

最適な凝集剤添加率から離れると、安定した脱水に必要である良好なフロックが形成されないため、SS回収率に影響がでる。

(3) 圧入圧力

圧入圧力が低いと固形物処理量は低下し、高いとSS回収率は低下する。

(4) プレッサ圧力

プレス圧力を増加すると含水率は低下するが、固形物処理量、SS回収率が低下する。

4.4 利用用途

スクリーンプレス脱水機の対象とする汚泥は、標準活性汚泥法もしくは類似処理方式の下水水処理方式から発生する混合生汚泥及びその嫌気性消化汚泥と、オキシデーショディッチ法から発生する余剰汚泥とする。長時間エアレーション法や回分式活性汚泥法等の低負荷型活性汚泥法から発生する余剰汚泥については、オキシデーショディッチ法余剰汚泥の性能を参考とする。

4.5 特徴及び期待効果

スクリーンプレス脱水機に期待される効果は、以下のとおりである。

(1) 動力が小さく省エネルギーである。

スクリーンプレス脱水機の駆動装置は、最大機種であるスクリーン径 ϕ 1,200mm(混合生汚泥処理50~70m³/h)の場合で5.5kW(本体のみ)である。そのため省エネルギーである。

(2) 構造が簡単で軽量である。

スクリーンプレス脱水機は本体重量が軽量なため、建築構造物の荷重負荷が小さくて済む。このため脱水機設備の更新時に建築物への負荷を小さくすることができる。

(3) 低速回転のため、騒音・振動が少ない。

スクリーンプレス脱水機のスクリーン回転数操作域は0.02~2.0回転/分であるため、振動・騒音が少ない。そのため防音カバーの必要がなく、また回転体の摩耗も少ない。

(4) ろ材の目詰まりが生じにくく、また洗浄による

回復が早い。

スクリープレス脱水機のろ材は金属薄板で表面が滑らかなため、ろ材の目詰まりが生じにくく、また水洗浄によるろ材の回復が容易である。

(5) 密閉構造のため臭気対策が容易である。

スクリープレス脱水機は外筒スクリーンの全周を防臭カバーで覆蓋した密閉構造であり、また脱水機本体の容積が小さいため脱臭風量が小さく、脱臭設備の容量を軽減することができる。

(6) 洗浄水量が少ない。

スクリープレス脱水機は連続洗浄の必要がなく、昼間のみの運転時には、脱水機の停止時に行えばよい。また連続脱水運転の場合は6～8時間/回程度の頻度で行うことにより、安定した脱水性能が保たれる。

(7) 脱水ケーキ含水率と処理量の調整が容易である。

ケーキ含水率の調整が容易なため、汚泥の処理処分方法や有効利用用途等に対応し易い。

5. 技術マニュアルの構成

本技術マニュアルは、[本編]、[資料編]の2編から構成する。

[本編]では、スクリープレス脱水機の概要と、脱水機を採用する条件・利用用途を明確にした。また設備の設計を行う際に必要となる容量計算の考え方、運転操作方法、電気設備との取り合いも示した。また設備の施工管理、試運転、維持管理についても記載した。

[資料編]では、過去の脱水実験と、連続脱水運転の事例について解説している。また設計資料として他機種との比較表、標準レイアウト図等を記載した。

本技術マニュアルの構成は以下のとおりとした。

[本編]

- 第1章 総則
 - 第1節 目的
 - 第2節 適用範囲
 - 第3節 用語の定義
- 第2章 設備の概要

第1節 汚泥処理処分の概要

第2節 脱水機の原理

第3節 脱水機の特徴と効果

第4節 脱水設備フロー

第3章 設備の計画

第1節 計画の手順

第2節 脱水機の採用条件

第3節 脱水機の利用用途と留意点

第4章 設備の設計

第1節 設計の手順

第2節 脱水設備のシステム構成

第3節 スクリープレス脱水機の性能

第4節 脱水設備の容量計算

第5節 スクリープレス脱水機の運転操作

第5章 設備の施工・試運転

第1節 施工計画

第6章 設備の維持管理

第1節 設備の保守・点検

第7章 特記仕様書

第1節 仕様書の位置づけ

第2節 特記仕様書・標準仕様書

[資料編]

6. まとめ

スクリープレス脱水機は、構造が簡単、動力が小さい等種々の特徴があり、有益な脱水機であることが確認できた。しかし以下の考慮が必要である。スクリープレス脱水機は、スクリーンをろ材として脱水を行っているため、継続運転によってスクリーン表面に汚泥が付着し、汚泥処理量が低下して行く。そのため、脱水機運転中に定期的な洗浄を行う必要がある。

以上のことから、スクリープレス脱水機の特徴と性能について十分に理解していただき運転を行うことで、効率的な汚泥処理が可能となるものと考えらる。

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	中里 卓治
研究第二部主任研究員	野地 賢
研究第二部研究員	曾我 誠意
研究第二部研究員	星 隆伸