

下水汚泥濃縮乾燥技術の 実用化研究

1. 研究目的

下水汚泥処理過程の中で溶融炉等において発生する大量の熱エネルギーは、一次空気の予熱や乾燥に用いられているが、かなりの熱エネルギーが未利用となっている。このため、未利用熱エネルギーを有効利用し運転経費等を削減する方法が求められている。大阪府では、溶融炉から発生する熱エネルギーを蒸気として回収し、脱水ケーキの乾燥等に利用しているが、現状システムでは回収蒸気の約40%が、未利用となっている。このため、未利用熱エネルギーを有効に利用できる技術の開発が望まれている。

本技術は、発生汚泥を遠心濃縮脱水機で脱水した後、遠心薄膜乾燥機により乾燥して溶融炉に供給するプロセスにおいて、この乾燥工程の加熱に溶融炉より発生する蒸気を用いることにより、未利用熱エネルギーが有効に利用できる技術である。

本実用化研究は、新技術活用モデル事業として平成6年度～平成9年度の4ヶ年度にわたって、大阪府と財団法人下水道新技術推進機構が、共同研究を実施し、上記技術について、設計手法、運転管理手法、装置性能、エネルギー有効利用、コストについて評価を行い、実用化手法を確立することを目的とするものである。

2. 研究内容

2.1 実用化研究の対象技術

本技術は、図-1に示すフローのように遠心濃縮脱水機で濃縮・脱水した下水汚泥を遠心薄膜乾燥機にて乾燥するものである。

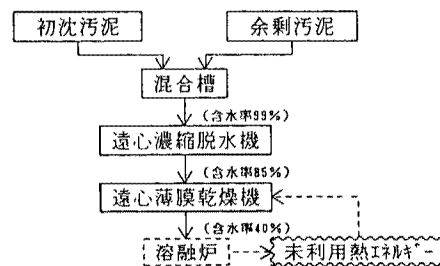


図-1 対象技術フロー

本技術においては、溶融炉で発生する大量の未利用熱エネルギー（蒸気）を乾燥工程において有効利用（発生量蒸気の90%以上）することにより、乾燥機に投入する脱水ケーキの含水率を通常より高く設定することができるため、従来、濃縮→脱水という2工程で行っていた汚泥処理が、遠心濃縮脱水機を導入することにより1工程に簡略化できる。このため未利用熱エネルギーの有効利用が十分に行われるとともに、濃縮・脱水工程が簡略化され、運転経費が削減される。

2.2 研究項目

本実用化研究の研究項目は以下のとおりである。

- (1) 汚泥処理プロセスの簡素化及び省スペース化
- (2) 溶融炉からの未利用熱エネルギーの有効利用
- (3) 汚泥処理プロセス運転経費の節減

2.3 平成6年度の研究内容

平成6年度は、本技術について設計手法、運転管理手法、装置性能、エネルギー利用、コストについての評価を行い、実用化手法を確立するための設計手法の検討評価及び実証実験計画の立案を行った。

3. 研究結果

3.1 設計手法の検討評価

遠心濃縮脱水設備及び遠心薄膜乾燥設備の設計手法の検討評価結果を示す。

検討評価に際しては、本技術に関し平成3年度に大阪府が実施した実験結果を踏まえて、設計手法の検討評価を実施した。

3.1.2 設計条件

設計条件は、以下に示すとおりである。

固形物濃度	1.19%
固形物量	13.0t-DS/日
運転時間	24時間/日
固形物回収率	92%
回収固形物量	12.0t-DS/日

3.1.3 遠心濃縮脱水設備設計手法の検討評価

遠心濃縮脱水機は、汚泥濃縮工程における汚泥の腐敗の進行、臭気の発生、返流水負荷等の問題解決を図る目的で開発され、濃縮・脱水の2つの機能を合わせもっている特徴がある。つまり、低濃度の供給汚泥を調質、分離、圧密及び圧搾機構の工夫により、含水率75～90%の脱水ケーキを得ることが出来るよう開発された遠心分離機である。

(1) 目標含水率

薄膜乾燥機で使用する蒸気量が、溶融炉の未利用蒸気で賄えることが必要であり、このエネルギーバランスが成立する脱水ケーキ含水率平均85%を目標とした。

(2) 薬注率

ランニングコストの低減を考慮し、平均0.4% / DSとした。

(3) SS回収率

水処理へのSS負荷の低減を図る目的で、90%以上（平均92%以上）とした。

(4) 供給汚泥濃度変動への対応方法

遠心濃縮脱水機を一定条件で運転した場合、供給汚泥濃度が高くなれば脱水ケーキ含水率は低くなり、供給汚泥濃度が低くなれば脱水ケーキ含水率は高くなる。この脱水ケーキ含水率は、回転胴とその内部で回転する内胴スクリュウとの回転差いわゆる差速を変化させることでコントロールで

きる。また、遠心濃縮脱水機の運転において回転胴内の固形物をスクリュウコンベアで搬送するとき、バックドライブ側に搬送トルクが生じる。この搬送トルクと排出脱水ケーキ含水率に高い相関があるので、搬送トルクを一定に保つように自動的に差速を変化させることで脱水ケーキ含水率を一定に制御できる。

一方、排出脱水ケーキ量を一定に保つには、供給される汚泥乾物量が一定になるように制御する必要がある。

トルク一定制御と供給汚泥固形物量の一定制御により排出脱水ケーキ含水率と量を一定に保つ。

また、遠心濃縮脱水機の処理性能は液量負荷と固形物負荷の両方で決定されるので、供給汚泥濃度の変化に合わせて液量負荷を制御する必要がある。

(5) 汚泥搬送方法

脱水ケーキ搬送方法としては、ベルトコンベア、スクリュウコンベア、ポンプ移送の3方式があるが、臭気対策、維持管理及び腐食による各種トラブル等を考慮しポンプ移送方式とした。

(6) 汚泥中のきょう雑物対策

通常、汚泥中に含まれるきょう雑物は汚泥スクリーンで除去するが、回収したスクリーン滓の処分が必要となる。本システムでは破碎機によりきょう雑物を破碎し、全て濃縮・脱水・乾燥して溶融処理する。

3.1.4 遠心薄膜乾燥設備設計手法の検討評価

遠心薄膜乾燥機は、縦型の二重円筒の形状であり、中心にブレードのついた主軸がある。

乾燥の原理は、濃縮脱水後汚泥入口（入口部クリアランス10mm）に供給された汚泥が、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り伝熱面に飛散され、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掻き取ることによって伝熱面上に汚泥の薄膜が形成される。ブレードと胴内面のクリアランスは0.5～1mmである。薄膜状になった汚泥は、下方に移動する間にジャケット内に供給される加熱蒸気の熱で水分が蒸発していき、さらに蒸発が進行すると汚泥は、含水率の低い乾燥汚泥となり装置下方から排出される。

遠心薄膜乾燥機の概略構造図を図-2に示す。

(1) 目標含水率

遠心薄膜乾燥機に供給する脱水ケーキの含水率は、脱水ケーキの移送性、エネルギーバランス、遠心濃縮脱水機の処理性能を検討して85%とした。

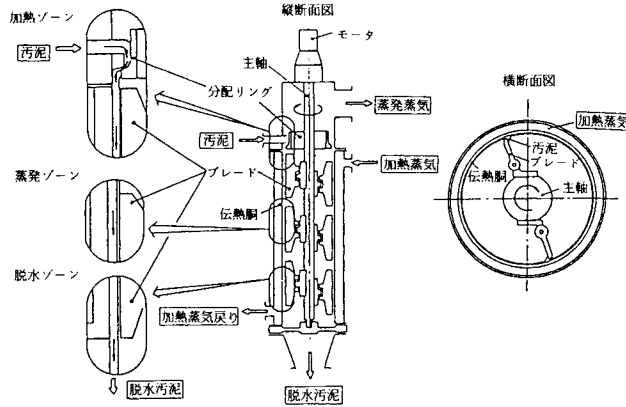


図-2 遠心薄膜乾燥機概略構造図

遠心薄膜乾燥機から得られる乾燥ケーキ含水率は、遠心薄膜乾燥機能力、溶融炉及び成形機からの制約を考慮し40%とした。

(2) 処理量の設定

平成3年度の実験結果(図-3)より、遠心薄膜乾燥機では脱水ケーキの給泥量を変化させると乾燥ケーキ含水率も変化することが明らかとなった。そこで、乾燥ケーキ含水率40%を満足する350kg/h以下を脱水ケーキ給泥量とした。

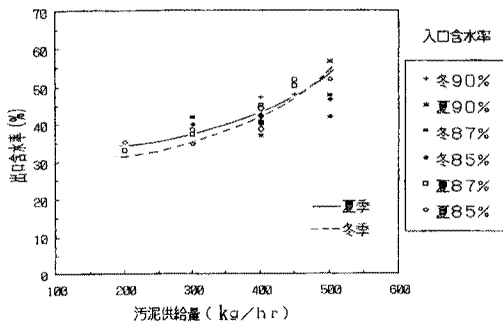


図-3 遠心薄膜乾燥機の処理性能

(3) ユーティリティ条件の設定

遠心薄膜乾燥設備運転に必要なユーティリティとして、蒸気、冷却水、電力を使用する。このうち蒸気、冷却水について条件設定を行った。

蒸気は、システム全体の熱エネルギー有効利用を図るため、原則として溶融炉で発生する未利用蒸気を使用する。蒸気圧力を大きくするほど汚泥との温度差が大きくなり熱移動量が増加するが、容器の強度を保つために伝熱面の板厚が厚くなり伝熱効率が低下する。蒸気圧力と乾燥機給泥量の関係は図-4のとおりであり、蒸気圧力の設定は、乾燥機の性能面から蒸気圧力増加にともなう給泥量が鈍化し始める8 kg/cm²とした。

冷却水は、処理場のマイクロストレーナー処理水を使用し、設計水温を20℃とした。

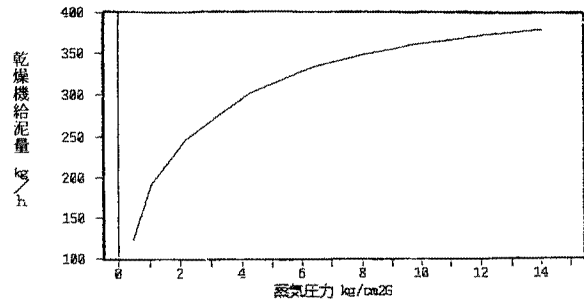


図-4 蒸気圧力と乾燥機給泥量

(4) 乾燥排ガス処理

遠心薄膜乾燥機で蒸発した水分は、若干のキャリアエアと共に吸引され、乾燥排ガスクラバまたは凝縮器にて水分を除去する。排出される乾燥排ガスには、若干の臭気成分を含んでいる(表-1)。このため、周囲環境への影響を考慮し、乾燥排ガスは溶融炉の燃焼空気に混入させ溶融炉内で燃焼処理する。

表-1 乾燥排ガスの臭気分析結果(平成3年度実験結果)

測定項目	単位	測定1	測定2
アンモニア	ppm	0.47	10.0
メチルメルカプタン	ppm	3.5	0.81
硫化水素	ppm	44.0	9.9
硫化メチル	ppm	1.3	0.57
二硫化メチル	ppm	0.32	0.32
トリメチルアミン	ppm	0.0011	0.12
アセトアルデヒド	ppm	0.066	0.088
スチレン	ppm	0.09	ND

(5) スクラバ排水の処理

遠心薄膜乾燥機は必要なキャリアエア量が従来乾燥機と比較して著しく少なく、乾燥微粉末のキャリアオーバーが低く抑えられるため、乾燥排ガスクラバから発生する排水水質も比較的良好であるが、直接放流できる水質に達していない。よってスクラバ排水は、濃縮脱水機の分離液等と混合し最初沈殿池流入部へ戻して処理する。

(6) 汚泥性状変動対策

汚泥性状によって運転条件を変化させる必要はないが、汚泥種類（例えば余剰汚泥と消化汚泥）の違いによって乾燥汚泥粒径、含水率に若干の影響がみられる。

(7) きょう雑物対策

きょう雑物は、遠心濃縮脱水機の前段に設置した破碎機で10mm以下に破碎され汚泥入口部を通ずれば、以降は問題ない。

(8) 臭気対策

汚泥搬送系は、汚泥をポンプ移送するので密閉式となり臭気の外部への発生はない。

乾燥排ガスについては発生量は少なく、熔融炉で燃焼処理が可能であるが、排ガス自体の臭気強度は検証する。

3.2 実証実験計画

3.2.1 確認検討事項

3.1 の設計手法に基づき大阪府安威川流域下水道中央処理場の実証実験設備を設置し、遠心濃縮脱水設備及び遠心薄膜乾燥設備の実験データを確認検討し、システム全体の性能は、経済性等の検討評価を行う。実証実験設備フローは、図-5に示すとおりである。

3.2.2 遠心濃縮脱水設備

処理能力5 m³/hの実験機を設置し以下の項目に関して実験を行う。

(1) ダム選定実験

汚泥供給量、薬注率、遠心力を固定し、差速を変化させて目標含水率となるように最適ダムを選定する。

(2) 汚泥供給量の影響調査

(1)で算定したダムを取り付け、遠心力、薬注率を固定し、差速については目標含水率になるポイントに調節し、5 m³/h (60kg-DS/h) を主体として汚泥供給量変化による影響調査を行う。

(3) 遠心力による影響調査

汚泥供給量、薬注率を固定し、適正差速にて遠心力による影響調査を行う。

(4) 差速による影響

汚泥供給量、薬注率、遠心力を固定し、差速による影響調査を行う。

(5) 薬注率による影響調査

汚泥供給量、遠心力、差速を固定し、薬注率による影響調査を行う。

(6) 連続運転性能の確認

最適条件下で連続運転した場合の性能確認実験を行う。

3.2.3 遠心薄膜乾燥設備

伝熱面積3 m²の乾燥機2台を設置し以下の項目に関して実験を行う。

(1) 性能データの確認

脱水ケーキ含水率、汚泥供給量、ブレード回転数を変化させて、乾燥ケーキ含水率への影響を確認する。

(2) 物質収支、熱収支の確認

脱水ケーキ含水率を変化させ、乾燥ケーキ含水率40%を確保するために必要な蒸気量を確認する。

(3) 凝縮水性状の確認

スクラバで発生する凝縮水の水質を測定し性状を確認する。

(4) 排ガス性状の確認

脱臭装置入口側と脱臭装置出口側の排ガス性状を測定し臭気強度を検証する。悪臭防止法の規制値、ディスク型乾燥機との比較を行う。

(5) 運転性能の確認

暖機運転後、脱水ケーキ供給開始から安定運転に達するまでの立ち上げ時間及び過渡応答時（脱水ケーキ含水率が急変した場合）の乾燥ケーキの性状を確認する。

(6) 分配機性能確認

分配機により2台の乾燥機へ供給される汚泥量が等分化され、運転状況が均一化されていることを乾燥ケーキの性状により確認する。

(7) 過渡応答性能の確認

脱水ケーキ含水率を急変させ、乾燥ケーキ含水率にどのような影響が現れるか確認する。

(8) 連続運転性能の確認

連続運転による乾燥ケーキ性状、ユーティリティ関係のデータを採取し評価する。

(9) 摩耗試験

砂等を用いた模擬汚泥で乾燥機伝熱面の摩耗試験を別途工場で実施する。

3.2.4 実験工程

平成7年度当初に実験設備を設置し、実証実験は夏期、秋期、冬期に実施する。

4. まとめと今後の予定

4.1 研究のまとめ

本年度の研究の結果、以下の点が明らかになった。

4.1.1 遠心濃縮脱水設備設計手法の検討評価

(1) 目標含水率

脱水ケーキ含水率は、エネルギーバランスの成り立つ平均85%を目標とする。

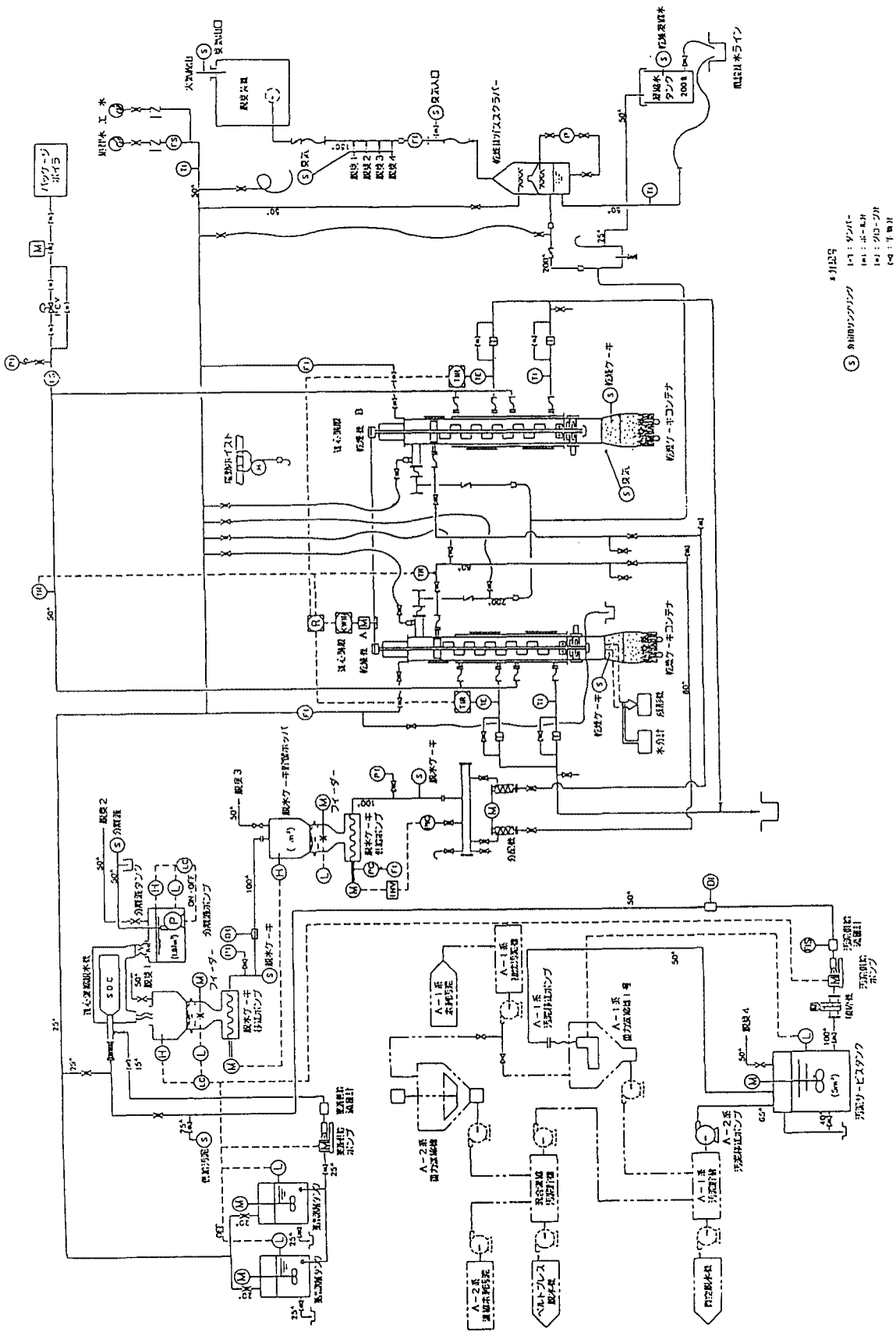


図-5 実証実験設備フロー

(2) 薬注率
ランニングコスト低減を考慮し、平均0.4% / DSとする。

(3) SS回収率
水処理への負荷低減を図るためにSS回収率は90%以上とする。

(4) 供給汚泥濃度変動への対応
供給汚泥濃度変動に対して、遠心濃縮脱水機から排出されるケーキ含水率及びケーキ量を一定に保つ必要がある。そのために、脱水機運転においてトルク一定制御と供給汚泥固形物量一定制御を行うことにより、脱水ケーキ含水率と量を一定に保てる。

(5) 汚泥搬送方法
臭気対策、維持管理及び腐食によるトラブルを考慮し、ポンプ移送による汚泥搬送とする。

(6) 汚泥中のきょう雑物対策
破砕機を前段に設置し、きょう雑物を破砕し、全て濃縮・脱水・乾燥して溶融処理する。

4.1.2 遠心薄膜乾燥設備設計手法の検討評価

(1) 目標含水率
乾燥機入口含水率は、移送性、エネルギーバランス、脱水機の処理性能から85%とする。

乾燥機出口含水率は、乾燥機能力、溶融炉及び成形機側からの制約より40%とする。

(2) 処理量の設定
脱水ケーキの給泥量は、実験結果及び乾燥ケーキ含水率から350kg/h以上とする。

(3) 蒸気圧力及び冷却水
蒸気は、溶融炉で発生する未利用蒸気を使用する。その蒸気圧力は、乾燥機の性能面から蒸気圧

力増加に伴い給泥量が鈍化し始める8 kg/cm²とする。

冷却水は、処理場のマイクロストレーナー処理水を使用する。

(4) 乾燥排ガス及びスクラバ排水の処理
乾燥排ガスは、若干の臭気成分を含むので溶融炉の燃焼空気に混入させ燃焼処理する。

スクラバ排水は、濃縮脱水機の見離液と混合し最初沈殿池流入部へ戻して処理する。

(5) 汚泥性状変動対策
汚泥性状が変動しても運転条件を変化させる必要はない。ただし、汚泥の種類により乾燥汚泥粒径、含水率に若干の影響がある。

(6) きょう雑物対策
きょう雑物は、濃縮脱水設備前段に設置する破砕機で10mm以下に破砕され乾燥機汚泥入口部を通過すれば影響しない。

(7) 臭気対策
乾燥排ガスは発生量が少なく、溶融炉で燃焼処理が可能であるが、排ガス自体の臭気強度は検証する。

4.2 今後の予定

本年度は、設計手法の検討評価及び実証実験計画検討を行った。

平成7年度は、本年度の研究結果を踏まえて、実証実験設備を大阪府安威川流域下水道中央処理場内に設置し予備実験を行う。平成8年度以降は、予備実験の成果を踏まえて実設備による性能評価実験を実施する予定である。

●この研究に関する問い合わせは

研究第一部長

技術部技術課長

研究第一部研究員

研究第一部研究員

佐藤 和明

村上 孝雄

大森 栄二

高木 克也