令和元年度

調査研究報告書

第３８号

公益財団法人神奈川県下水道公社

あ い さ つ

神奈川県下水道公社では、県から受託している相模川及び酒匂川流域下水道の維持管理業務を行う上で発生する様々な問題点や課題等をテーマとして、昭和 56 年の設立当初よりこれまで延べ 175 件の調査研究に取り組み、研究成果を、業務及び施設の改善等に反映することで、経済的・効率的な維持管理に努めています。

令和元年度は、公道上の水質調査における安全対策を充実し、マニュアルへの反映を図った「流域下水道幹線の水質調査における安全対策に関する検証」と悪質水の流入時に処理機能への影響判断を速やかに行う指標を確立することを目的とした「水質異常時における活性汚泥適合試験に関する調査」、そして汚泥焼却炉の焼結対策として有効と考えられるポリ硫酸第二鉄の適正な注入量を調査した「焼却炉の焼結対策に関する検討」の 3 件について調査研究を行い、結果をこの研究報告書第 38 号としてまとめました。

下水道事業を取り巻く環境が大きく変化し、施設老朽化対策、災害時における事業継続の確保、地球温暖化対策など、時代の変化に対応した事業運営が求められる中、本調査研究の成果が広く下水道事業に携わっておられる方々のお役に立てれば幸甚です。

関係各位のご感想、ご助言を頂きたく、よろしくお願いいたします。

令和 2 年 10 月

公益財団法人神奈川県下水道公社

理 事 長　　中　村　正　樹

目　　次

１　流域下水道幹線の水質調査における安全対策に関する検証　・・・・・・・・・・　１

水質課　代表者　飯塚　友裕

２　水質異常時における活性汚泥適合試験に関する調査　・・・・・・・・・・・・　８

水質異常時の維持管理対応マニュアル見直し検討グループ

３　焼却炉の焼結対策に関する検討　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１５

酒匂水再生センター　代表者　河野　ますみ

○　研究報告の経緯　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２８

流域下水道幹線の水質調査における
安全対策に関する検証

水質課　飯塚　友裕
業務課　竹川　和宏

１．はじめに

当公社では、処理場流入水質の把握や水質異常時の対応として流域下水道幹線の水質調査を行っている。

公道上において水質調査（採水を行うためのマンホールの開閉作業）を行う際は、道路交通法に基づく道路使用許可を取得しており、作業を行う場合は安全対策が必須であることから、採水作業時における安全対策を徹底するため、平成 27 年 4 月に「幹線マンホール採水時の安全マニュアル（以下「マニュアル」という。)」を策定し、安全対策に取組んできた。

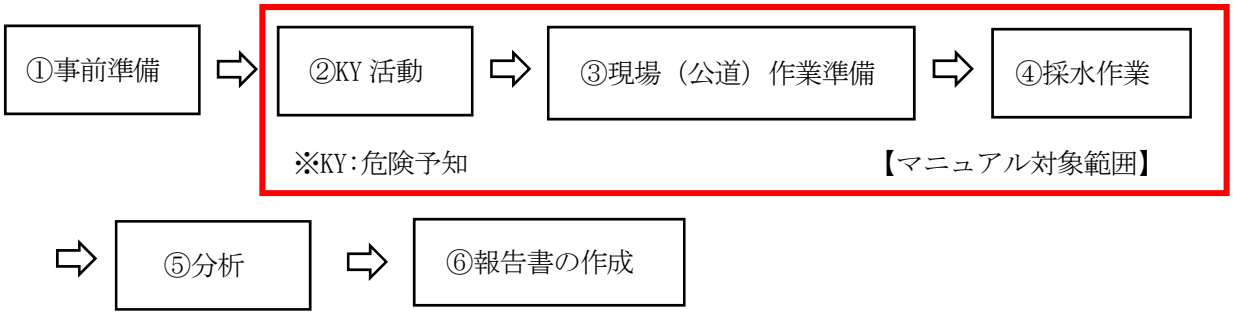
しかし、マニュアルに基づく安全対策を行っていても職員が「ヒヤリハット」を経験する事例が確認されていると共に、水質異常時の対応に伴う人孔内の昇降時には墜落等の危険性が懸念され、より安全対策の強化が必要となった。

以上のことから、マニュアルに基づく安全対策の課題等を抽出し、現状に合った安全対策の充実とマニュアルの改正を目的とした検討を行った。

２．マニュアルの概要

流域下水道幹線における水質調査の一般的な流れを以下に示す。

○水質調査の流れ



マニュアルの対象範囲は水質調査の流れの【②KY 活動】から【④採水作業】までとし、表－１に示す内容を定めている。

なお、マニュアルでは、昼間の公道上での作業に関する安全対策に特化して作成し、夜間作業に関する事項や水質異常時に実施する人孔内作業に関する安全対策の記述はなかった。

表－１　マニュアルに定めた主な内容

作業区分	主な記載事項
KY 活動	① 安全運転の徹底 ② 作業対象箇所における道路交通法（第 77 条：道路の使用の許可）に基づく道路使用許可要件の内容確認（公道上のマンホール作業は 1 号許可に該当） ③ 採水担当者の健康状態の確認 ④ 安全用具の準備（車両積み込み）状況の確認 （主な安全用具） ヘルメット・安全帯・安全標識・セフティーコーン・誘導棒　等 ⑤ 採水作業の役割分担の確認 （例：採水者・採水補助者・車両及び歩行者の誘導案内　等）
現場(公道)作業準備	① 作業エリアの確保（道路使用許可要件の遵守） ② 転落防止措置等の安全用具の装着
採水作業	① 転落防止措置等の安全対策（採水者以外の開口部付近の立入禁止を含む） ② 車両及び歩行者の誘導（道路使用許可要件の遵守）

【主な道路使用許可要件（申請事項を含む。）】

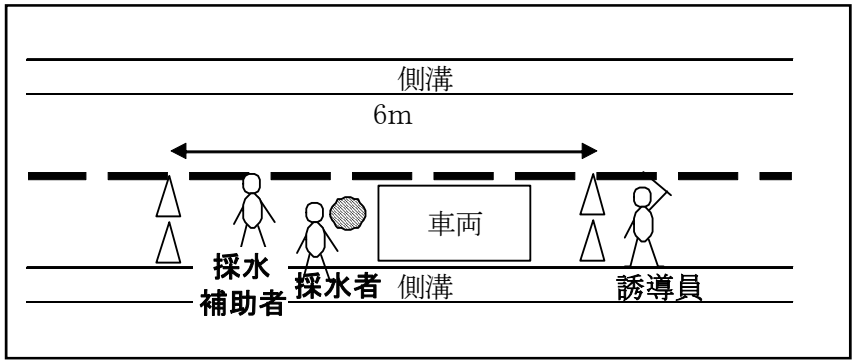
○　作業範囲：マンホール周辺で採水車を含めて 5～6m程度

○　作業時間は 9：00～17：00（作業時間外はそのつど該当警察署に連絡し許可を取る。）

○　作業人員 3 名で誘導員を配置する。

○　作業時間：5～10 分程度

○　作業エリアの区分は以下の作業状況のとおり



道路使用許可要件に基づく公道上での作業状況（片側通行での対応例）

３．検討事項

現状に合った安全対策の強化が必要となったことから、安全対策の課題（ヒヤリハットの事例等）を抽出し、抽出された課題に関する対策の検討を行った。

また、道路使用許可要件として、一部の国道や県道等の主要幹線において公道上で作業（マンホール作業）を行う際は、「交通誘導員による車両等の誘導整理」の指導強化が行われ、交通誘導員の配置基準（交通誘導警備業務 1 級又は 2 級取得者の配置）が追加認定された。

この追加認定により、一部のマニュアルの調査対象において、有資格の交通誘導員の配置が必要となったことから、配置しないで済む調査箇所への変更やその安全対策についても検討を行った。

４．検討結果

（１）ヒヤリハットの事例とその対策

近年経験したヒヤリハットの事例とその対策を表－２に示し、新たな対策を行う上で必要な安全用具（追加する安全用具）を表－３に示す。

表－２　近年経験したヒヤリハットの事例とその対策

作業区分	ヒヤリハットの事例とその対策	
現場(公道)作業準備	事例①	水質異常は夜間に発生する可能性があるが、夜間に公道作業を行う際の安全用具を整備していなかった。
	対策①	夜間作業を行う際は、作業エリアの確保として「光る安全標識」や「光るセフティーコーン（夜間作業用用具)」等を準備する。
採水作業	事例②	歩道で採水を行っていたところ、誘導員の制止を無視して歩行者が採水者に近づいて人孔内をのぞき込んできた。
	対策②	採水者以外の人孔内の転落防止措置を強化する。 （開口部の転落防止用具を新たに用意する。）
	事例③	採水者は転落防止措置として胴ベルト型安全帯を着用していたが、転落した際に体を圧迫する危険性を感じた。
	対策③	採水対象箇所はほとんどが深さ 10m 以上であることから、体の圧迫を軽減するため、安全帯はフルハーネス型安全帯に変更する。 但し、浅い箇所（深さ 2m 未満）については、従来の胴ベルト型安全帯を着用することとした。
	事例④	人孔内に昇降して採水を行う際に、備え付けの手すりが腐食していて危険性を感じた。
	対策④	人孔内に昇降する際は、墜落制止用機材（垂直親綱とスライドチャック）を新たに準備する。

表－３　新たな対策を行う上で必要な安全用具

主な対策	新たな対策を行う上で必要な安全用具
対策①	○ 光る安全標識（矢印標識）　・・・写真－１のとおり ○ 光るセフティーコーン　・・・写真－２のとおり ○ 大型回転灯　・・・写真－３のとおり ※ 対策実施前後の状況は 写真－４・写真－５のとおり
対策②	○ 人孔開口部の転落防止用具　・・・写真－６のとおり
対策③	○ フルハーネス型安全帯　・・・装着状況は写真－７のとおり
対策④	○ 垂直親綱　・・・写真－８のとおり ○ スライドチャック　・・・写真－９のとおり ※ 装着状況例は写真－１０のとおり

写真－１　光る安全標識（矢印標識）

写真－２　光るセフティーコーン

写真－３　大型回転灯

写真－４　対策前の夜間作業の状況

写真－５　対策後の夜間作業の状況

写真－６　人孔開口部の転落防止用具

写真－７　フルハーネス型安全帯の装着状況

写真－８　垂直親綱

写真－９　スライドチャック

写真－１０　墜落制止用機材の装着例

今回の新たな対策を行うことで、夜間作業時や水質異常時に実施する人孔内作業に関する安全対策を図ると共に、採水時における転落防止対策の強化を図ることができた。

（２）調査箇所の変更及び変更箇所の安全対策について

マニュアルの調査対象において、有資格の交通誘導員の配置が必要となった箇所は合計で３箇所あり、３箇所全て有資格の交通誘導員を配置しないで済む調査箇所に変更した。

なお、変更した１箇所は、公園内にマンホールがあり、この公園は昼間に子供等の利用者が多いことから、従来の作業人員を３名から４名に変更し、誘導員を１名追加することとした。

写真－１１　従来の調査箇所

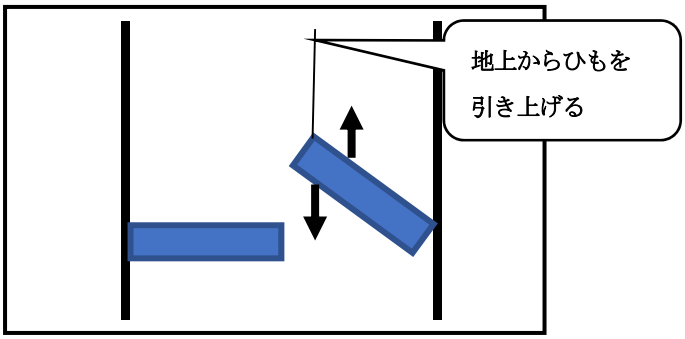
写真－１２　変更した調査箇所

また、変更した箇所の一部は、人孔内に中間スラブがあり、中間スラブにはグレーチングで蓋がされているため、地上から採水することが困難であり、採水をするためには人孔内作業が必要となった。

そこで、安全対策に基づく人孔内作業を極力なくす対応として、中間スラブのグレーチングにひもを通し、地上からひもを引き上げるとグレーチングが開閉するよう一部改良した。

写真－１３　人孔内の中間スラブの状況

写真－１４　グレーチングの設置状況



図－１　グレーチングの開閉（イメージ）

５．まとめ

今回検証した対策をマニュアルに反映することで、採水時における安全対策の強化を図ることができた。

なお、水質異常等が発生した際は、流域関連市町においても同様の「公道上での採水作業」を行う可能性があることから、今回改正した「幹線マンホール採水時の安全マニュアル（2019 年版）」については、技術支援として流域関連市町に情報提供を行うと共に、今後もヒヤリハット等の事例が発生した際は、適時マニュアルの見直しを行うこととする。

水質異常時における
活性汚泥適合試験に関する調査

水質異常時の維持管理対応マニュアル見直し検討グループ

１．はじめに

下水処理場にとって、放流水に水質異常を発生させる可能性がある悪質水の流入は深刻な問題であり、流入状況によっては、下水の浄化に使用する「活性汚泥」に影響を与え、最悪の場合には処理が不可能になる恐れがある。

公社が管理する４処理場では､過去に悪質水の流入により放流水質が悪化した事例があり、現在でも維持管理に影響はないものの年に数回流入が確認されている。

以上のことから、公社では悪質水流入時の対策として､「水質異常時の維持管理対応マニュアル」（以下「マニュアル」という。）で初動行動を定めている。この「マニュアル」では、悪質水の流入により活性汚泥に影響を与える恐れがある場合は、種汚泥として使用する活性汚泥の確保作業をすることで処理機能を保持することとしており､この実施は｢マニュアル」で定められる「活性汚泥適合試験」の結果から判断することとしている。

今回は「活性汚泥適合試験」を見直すことを目的に調査を実施し、新たに判断指標の確立を行った。

２．活性汚泥適合試験について

活性汚泥は好気性微生物群のコロニーであり、これが「生きた状態」であるならば酸素が消費される。「活性汚泥適合試験」とは、下水試験法に記載されている反応タンクで活性汚泥が時間当たりに消費する酸素量を測定する「酸素利用速度」（以下「r_r」、なお本報告では「活性汚泥適合試験」の結果に限定する。）の変法であり、流入水と返送汚泥（活性汚泥）の混合液の酸素消費量を測定し、正常時の消費量と比較することで異常の有無を判断する試験である。

「マニュアル」に定める「活性汚泥適合試験」の測定方法や判断方法は、4 処理場（各水再生センター）で若干異なるが、酒匂水再生センターでは、以下のとおりとしている。

○測定方法

１．流入水を散気装置で曝気する。
２．返送汚泥を１リットルのビーカーに 200ml 入れる。
３．２へ１の曝気した流入水を 400ml 入れ、よく攪拌する。
４．３を三角フラスコ（攪拌子をいれておく）等に満たし、空気が入らないように、DO メーターのセンサー部分を挿入する。
５．1 分、2 分、5 分、10 分、15 分後の DO の経時変化を測定する。

○判断方法

①DO 値が低下する場合 ⇒ 活性汚泥に影響がないと判断し、通常の処理を継続する。

《参考》 通常時「r_r」 60～90mg/l・h
5 分から 7 分で DO 1 以下となる。

②DO 値が変化しない場合 ⇒ 活性汚泥の確保作業を速やかに行う。

３．調査及び検討条件

今回の調査及び検討を行うにあたり、以下の条件を設定した。

○条件

<table>
<tr><th>条件</th><th>概要</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>○ 測定方法は短時間で誰でもできる方法とする。</td></tr>
<tr><td>（理由）
悪質水流入時の判断は、反応タンクに影響を与える前に行う必要があり、時間に限りがある。このため、測定操作は簡便、短時間で行い、速やかに結果がでるものであることが望ましい。また、異常水の流入状況が計器等により判断できない場合は、経時変化を見るために連続測定が必要であり、作業量の短縮を考えると試験室より現場での測定が有効である。さらに就業時間外に発生した場合を考えると「誰でも測定できる」体制が必要である。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>○ 処理場ごとの通常時の「r_r」を把握する。</td></tr>
<tr><td>（理由）
活性汚泥を構成する細菌の種類によって、悪質水に対する耐性が異なることが考えられることから、「DO 値が変化しない」時点で活性汚泥を確保することは、その悪質水に対して耐性がなく処理を行う上で重要な微生物群が死滅する可能性がある。
このような事態をなるべく回避するには、通常時と現行の判断方法（DO 値が変化しない）の間に指標値を設け、正常時の活性汚泥を確保するタイミングを早める必要がある。
このため、判断指標を定めるには、通常時の流入水における「r_r」の実態把握が不可欠となる。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td>○ 判断指標として「r_r/MLSS」を用いる。</td></tr>
<tr><td>（理由）
活性汚泥適合試験に使用する返送汚泥濃度は常に変動しており、「r_r」は MLSS 濃度（生物の量）と流入水の BOD 値（基質の量）により左右されることから、「r_r」の値で通常時の値と比較することは難しい。しかし、微生物の酸素消費量は一定以上の BOD-MLSS 負荷 (※) で安定するものと考えられることから、MLSS あたりの「r_r」（以下「r_r/MLSS」という。）を判断指標として用いることとする。

※ BOD-MLSS 負荷について
BOD-MLSS 負荷の算出は、「r_r」測定時に流入水の BOD が返送汚泥に混合された時の MLSS に対するものとし、次式のとおりとする。

BOD-MLSS 負荷＝A×a÷（a＋b）÷（B×b÷（a＋b ））

A：流入水の BOD （mg/L）
a：流入水の量 （ml）
B：返送汚泥の MLSS （mg/L）
b：返送汚泥の量 （ml）</td></tr>
</table>

上記の条件に基づき、以下の調査及び検討を行った。

項目	概要
調査	通常運転時の「r_r」を把握するため、流入水と返送汚泥による「r_r」を調査した。
検討	調査結果より、異常水流入時の測定方法と活性汚泥の確保のための判断指標を検討した。

4．通常運転時の「r_r」の調査

（1）調査方法

「r_r」は同じ BOD-MLSS 負荷であっても、処理場によって流入水質の構成（浮遊物質の量、比較的分解しやすい低分子の有機物の割合など）や、流入水を分解する活性汚泥の分解能力（細菌の種別割合、季節変動や測定時の水温など）が異なることで変動する。

また、従来の測定方法では測定時間が長く、詳細な経時変化を把握することが困難であった。

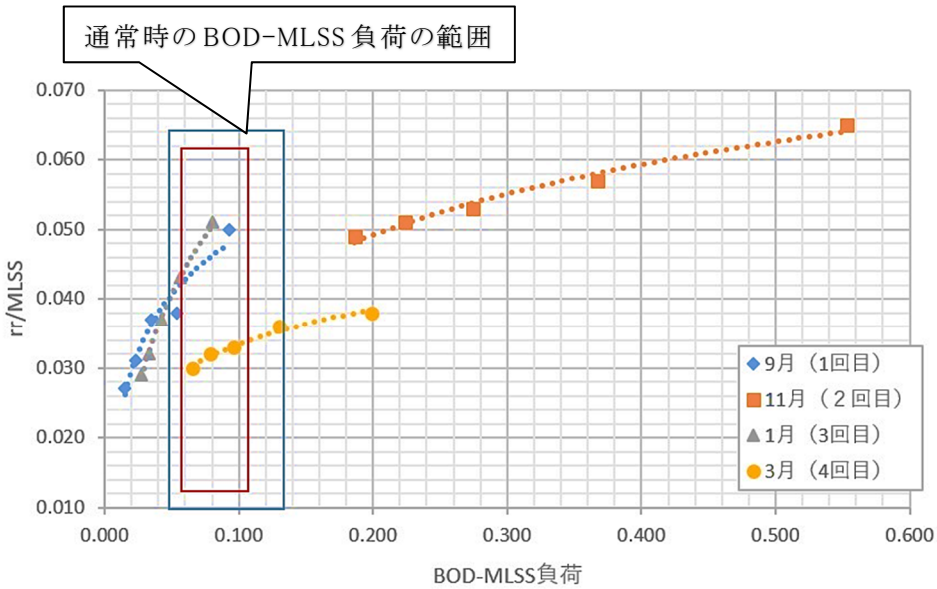
以上のことを勘案し、本調査は次のように行った。

①	四之宮、柳島、酒匂、扇町水再生センターの処理場ごとに測定を行った。
②	季節変動を考慮し、9 月、11 月、1 月、3 月の 4 回測定した。
③	BOD-MLSS 負荷の違いによる変化をみるため、流入水、返送汚泥の混合割合を変え、それぞれの「r_r」を測定した。 なお、四之宮水再生センターの 9 月と 1 月の流入水は、維持管理等の都合上、最初沈殿池越流水を使用した。
④	返送汚泥混合後、測定値の安定性を見るため、30 秒おきに DO 値を測定した。

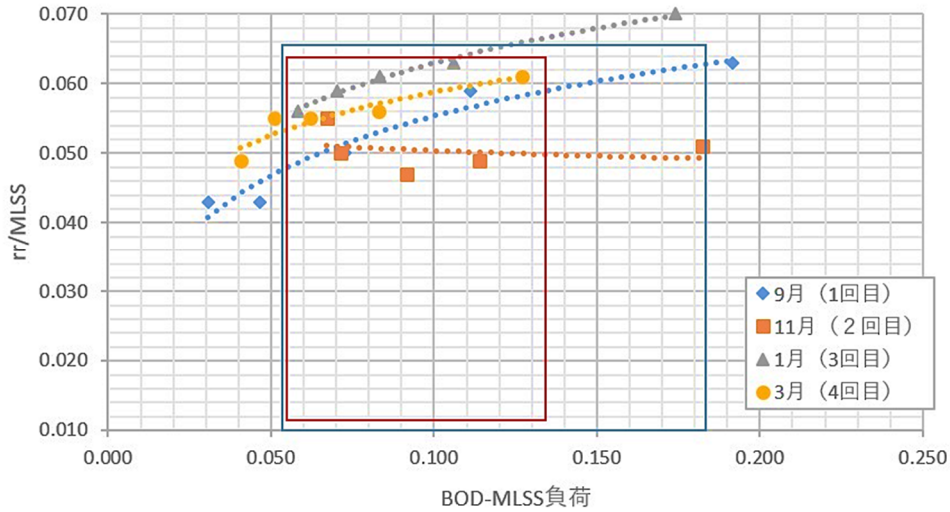
（2）調査結果

図－1 から図－4 に各処理場の「r_r/MLSS」と BOD-MLSS 負荷の関係を示す。

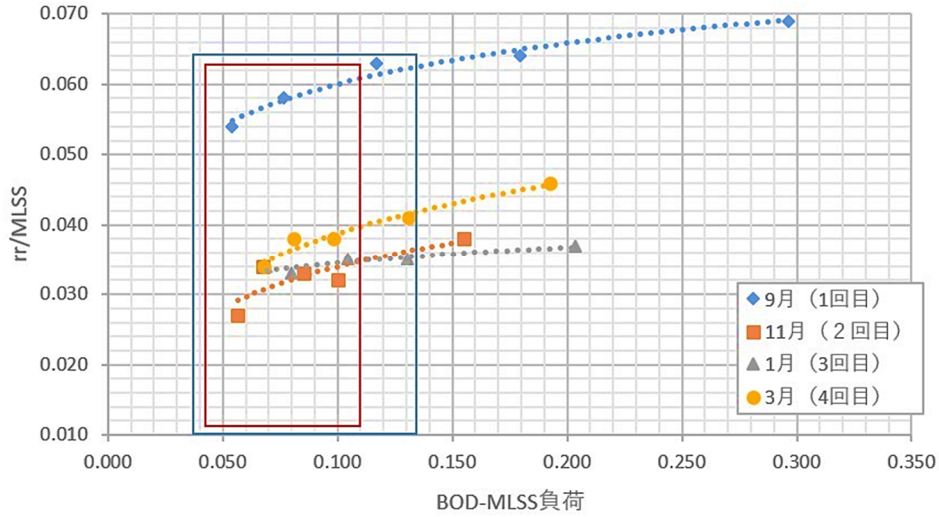
なお、図内の四角で囲った青枠は、平成 30 年度の月報（MLSS）及び通日試験結果（BOD）より算出した「通常時に活性汚泥適合試験を行った場合での BOD-MLSS 負荷の範囲」を示し、その内側の赤枠は通日試験データを上下カットして 80%の範囲としたものを示した。



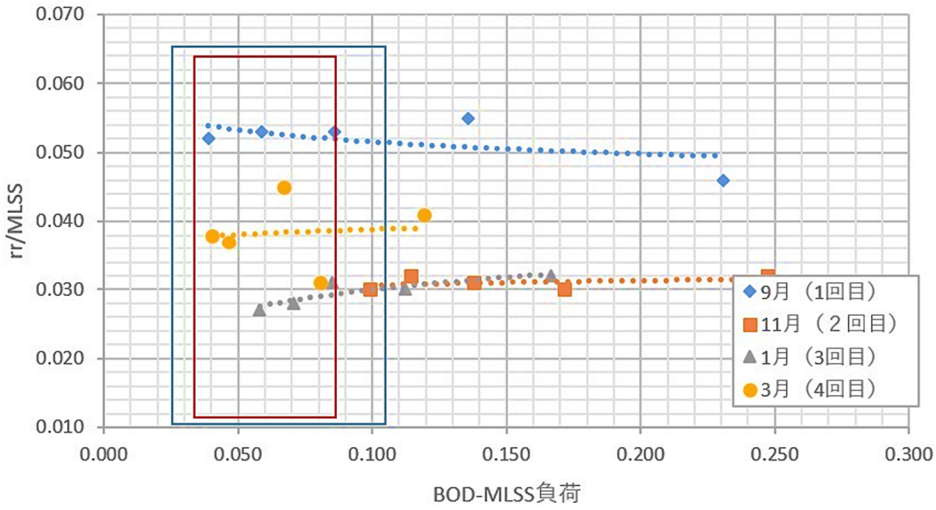
図－1　四之宮水再生センターの「r_r/MLSS」と BOD-MLSS 負荷



図－2　柳島水再生センターの「r_r/MLSS」と BOD-MLSS 負荷



図－3　酒匂水再生センターの「r_r/MLSS」と BOD-MLSS 負荷



図－4　扇町水再生センターの「r_r/MLSS」と BOD-MLSS 負荷

調査より以下のことが分かった。

① 「r_r/MLSS」は、BOD-MLSS 負荷を上げていった場合、負荷が低い状態では急激に上昇するが、ある一定以上に達すると緩やかな上昇を示した。

なお、試験開始直後(最初の短時間)は、活性汚泥の酸素消費量（処理能力）に限界があると考えられたため、BOD-MLSS 負荷が一定以上になると「r_r/MLSS」は一定値に収束することを予想したが、そのようにはならなかった。

この緩やかな上昇の程度は、処理場ごとに傾向が異なり、扇町水再生センターの「r_r/MLSS」は概ね一定であった。

② 月報及び通日試験結果より算出した通常時に活性汚泥適合試験を行った場合での BOD-MLSS 負荷の範囲は、四之宮水再生センターの 9 月と 1 月以外は「r_r/MLSS」が緩やかに上昇する範囲にあることが推測され、少なくとも通日試験データの上下カットした 80%の範囲ではその範囲であると考えられた。

このことから BOD が低くなる深夜の流入水以外は「r_r/MLSS」の変動幅は少ないと考えられる。

なお、四之宮水再生センターの 9 月と 1 月の値が他の値と異なる傾向が見られた原因は、この時の検体が流入水よりも溶解性 BOD の割合が高い「最初沈殿池越流水」を使用したことによるものと考えられた。

③ 季節変動により「r_r/MLSS」が異なるかどうかは今回の調査からは判断できなかった。

この原因は、測定時の水温の影響が大きく関わっていると推測されることから、今後は、測定時に水温を考慮した調査を行う必要がある。

また、柳島水再生センターでは、酒匂、扇町水再生センターより「r_r/MLSS」が高くなる傾向が見られた。

④ 検体の混合後、酸素濃度を 30 秒ごとに計測したところ、計測開始から 30 秒後の DO 値は全データの 8 割程度が安定し、1 分後には全てのデータが安定した。また、30 秒ごとの計測は、DO 計の感度によるブレの影響で測定値にバラツキが見られたため、繰り返し測定し確認することが必要と思われる。

5．測定方法と判断指標の検討

（1）測定方法の検討

悪質水流入時に想定される状況と今回の調査結果を踏まえ、活性汚泥適合試験の測定方法を検討した結果を表－1 に示す。

表－1　測定方法の検討結果

項目		検討結果
1	判断指標	○「r_r/MLSS」を判断指標として用いることは可能である。 ○水温などの影響に関しては今後の課題とする。
		（理由等） 測定時の水温の影響などの課題はあるが、通常の流入水による BOD-MLSS 負荷であれば DO 値が概ね安定するため「r_r/MLSS」を判断指標として用いることができると考える。
2	返送汚泥濃度	○返送汚泥濃度は変動することから把握が必要である。 なお、返送汚泥濃度の把握には「ポータブル MLSS 計」の使用が有効である。
		（理由等） 「r_r/MLSS」を判断指標とした場合、返送汚泥濃度の把握が必要である。また、返送汚泥濃度は常に変動するため計器での計測は不可欠であり、ポータブル MLSS 計の使用が有効である。

項目		検討結果
3	混合率	○維持管理での返送率を参考に設定する。 ○操作ミスを防ぐため、混合量を分かりやすくする。 （理由等） 活性汚泥への影響を判断する場合、維持管理で行っている返送率に近いものであることが望ましい。また、測定時の操作ミスを防ぐため、計量に使用する容器は予め印をつけるなど分かりやすくする必要がある。
4	DO 計	○現場で測定ができ、管理しやすい「蛍光式ポータブル DO 計」の使用が有効である。 （理由等） 測定が試験室ではなく、現場でできることはそれだけ結果が早く分かり、連続測定が必要な時は効率的である。 蛍光式のポータブル DO 計は現場測定が可能であるうえ、校正・メンテナンスが不要であり、乾燥状態で保存できることから隔膜式より有効である。なお、蛍光式 DO 計は隔膜式より DO が低い状態では安定に時間がかかるが、今回の調査で使用したところ、測定に問題は見られなかった。
5	測定時間	○測定開始 1 分後から 30 秒ごとに 3～4 回測定する。 ○測定値が安定していることを確認する。 （理由等） 測定時間の短縮は重要であるが、測定値が不正確になる恐れがある。調査時に酸素濃度を 30 秒ごとに計測した結果、測定は計測開始 1 分後から 30 秒ごとに 3～4 回計測し、値が安定していることを確認することが望ましいと考える。
6	MLSS 濃度	○異常発生時の MLSS 濃度を用いる。 ○夜間時の BOD 低下時は「r_r/MLSS」の変動が激しいため、今後の課題とする。 （理由等） 活性汚泥への影響は、MLSS 濃度に左右される可能性があることから、混合後の MLSS 濃度は異常発生時の濃度となるよう調整することが望ましい。 しかし、MLSS 濃度が高い場合や深夜での BOD が低い流入水で測定する場合は、BOD-MLSS 負荷の低下により「r_r/MLSS」の変動が激しくなるため、今後の課題となる。

以上の検討結果を勘案し、「マニュアル」に定める「活性汚泥適合試験」の測定方法を見直すこととする。なお、いくつかの課題については、今後も継続して調査を行い、必要に応じて再度検討を行うこととする。

（２）判断指標の検討

化学物質が下水処理場等に排出された場合、どの程度の濃度で影響を与えるかを調べる試験として「活性汚泥呼吸阻害試験」がある。これは、経済協力開発機構（OECD）の「テストガイドライン 209」に規定された「生態系への影響に関する試験」で、被験物質を一定時間活性汚泥と混合した状態での DO の減少量を測定し、減少量が 50%に低下する被験物質の濃度を算出する方法である。

この試験方法から、通常時より 50%酸素消費量が低下することは微生物的に望ましいことではないと考え、活性汚泥確保の判断指標は、以下のとおりとした。

○活性汚泥確保の判断指標

<table>
<tr><th>項目</th><th>概要</th></tr>
<tr><td>一律の判断指標</td><td>処理場ごとの BOD-MLSS 負荷の範囲内にある最低値の 50%を判断指標とし、判断指標を下回った場合には、活性汚泥の確保作業を開始する。

○処理場毎の一律判断指標
<table>
<tr><th>処理場名</th><th>r_r/MLSS</th></tr>
<tr><td>四之宮水再生センター</td><td>0.015 以下</td></tr>
<tr><td>柳島水再生センター</td><td>0.025 以下</td></tr>
<tr><td>酒匂水再生センター</td><td>0.014 以下</td></tr>
<tr><td>扇町水再生センター</td><td>0.014 以下</td></tr>
</table>
（理由等）
通常時の 50%を判断指標とした場合、その比較すべき通常時の値は、「r_r/MLSS」の値が水温などの条件により変動することから、悪質水流入時と同じ条件であることが望ましい。しかし、流入時に悪質水を発見した場合は、比較すべき通常時の測定が不可能であるため、活性汚泥の確保を行う最低限の指標が必要である。
よって、判断指標は処理場ごとに、通常時に活性汚泥適合試験を行った場合での BOD-MLSS 負荷の範囲内にある最低値の 50%とした。</td></tr>
<tr><td>事前把握時の判断指標</td><td>事業場から悪質水流出の通報があり、処理場到着までに時間がある場合は、悪質水流入時と同じ条件で通常時の「r_r/MLSS」の測定を行うことが可能となる。
この場合の判断は、悪質水の処理場到着時の「r_r/MLSS」と比較し、50%まで低下した場合には、活性汚泥の確保作業を行うこととする。</td></tr>
</table>

6．おわりに

今回の調査から、水質異常時の判断指標とする「活性汚泥当たりの酸素利用速度(r_r/MLSS)」は、通常の処理状況ならば、概ね緩やかに上昇する範囲内にあり、変動幅は少ないことが判った。また、水質異常時には速やかに処理機能への影響判断を行う必要があることから、迅速に誰でもできるように「活性汚泥適合試験」の測定方法を見直すこととした。
これにより、活性汚泥の確保に関する判断指標を「r_r/MLSS」値が通常時の 50%以下と定め、また測定方法を見直すことで迅速な対応ができるようになった。

なお、「測定時の水温の影響」や「夜間等の BOD 低下時の「r_r/MLSS」の変動」等の課題も確認されたことから、今後も課題について継続して調査を行い、必要に応じて再検討を行うこととする。

○水質異常時の維持管理対応マニュアル見直し検討グループ

代表者　酒匂水再生センター　　中里卓也
　　四之宮水再生センター　松本要、石井文男
　　柳島水再生センター　　荒原浩貴、尾上幸太朗
　　酒匂水再生センター　　河野ますみ
　　扇町水再生センター　　五十嵐雄大

焼却炉の焼結対策に関する検討

酒匂水再生センター　代表者　河野　ますみ
業務課　　下野　俊二

１．はじめに

酒匂水再生センター（以下「酒匂」という。）の３号焼却炉（流動床、60t/日）では、平成30年５月に炉内の流動砂が白緑色となりクリンカが生成される焼結が確認された。焼結は、汚泥に含まれるりんが原因で発生することが報告[1)2)]されているが、そのメカニズム等はまだ解明されていない。焼結が進行すると炉内の流動不良による焼却炉の停止を引き起こす可能性があり、酒匂には焼却炉が１基しかないため、焼却炉の停止は回避しなければならない。

焼結防止の有効な対策としては、汚泥にポリ硫酸第二鉄（以下「ポリ鉄」という。）を注入する方法等が提案[1)2)]されており、酒匂では、硫化水素対策として汚泥にポリ鉄を注入していることから、焼結対策としての有効なポリ鉄の注入量を調査し、管理方法を確立したいと考えている。

今回は、平成30年度から令和元年度にかけて行った調査と共に焼却炉の状況について整理したので報告する。

２．焼結の状況

酒匂では、毎年11月頃に焼却炉の定期修繕を実施しており、流動砂の確認はその際となる。焼結が確認された平成30年５月の直近の定期修繕は、平成29年11月であり、その時の流動砂を写真-1、平成30年５月に焼結が確認されたときの流動砂を写真－２、クリンカ及び炉内の状況を写真－３，４に示す。

写真－１　平成29年11月定期修繕時の流動砂

写真－２　平成30年５月の流動砂

写真－３　平成30年５月のクリンカ

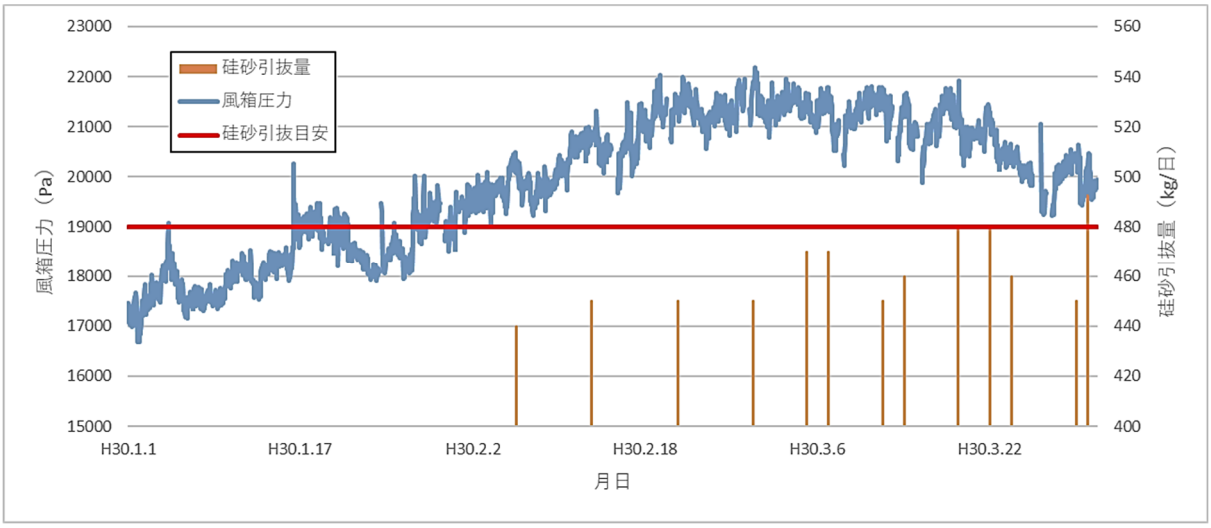
写真－４　平成30年５月の炉内の状況

平成 29 年 11 月の焼却炉定期修繕時には、流動砂に異常はなく赤茶色であったが、平成 30 年 5 月に焼却炉を停止した際に炉内を確認したところ、流動砂は白緑色に変色しクリンカが生成されていることが確認された。また、砂層部及びオイルガン周辺が焼結により固化していることや、炉内壁にも白色の層が確認された。

なお、平成 30 年 5 月に焼結が確認された際においては、流動不良による焼却炉の停止や、下水道研究発表会等で報告されている煙道閉塞も発生しなかったが、風箱圧力の上昇が確認された。

平成 30 年 1 月 1 日から 3 月 31 日までの風箱圧力及び硅砂引抜量の状況を図-1 に示す。平成 30 年 1 月中旬頃から風箱圧力が上昇し、硅砂引抜回数も 3 月初旬頃から増加していた。

通常、珪砂引抜きを実施すると風箱圧力は低下するが、2 月初旬以降、珪砂引抜きを行っても風箱圧力は珪砂引抜目安である 19,000Pa まで低下しない状況であった。このことから、流動砂の増加が推測され、流動砂に焼結が発生したと考えられる。



図－１　風箱圧力及び硅砂引抜量の状況（平成 30 年 1 月 1 日から 3 月 31 日）

３．ポリ鉄について

酒匂では、硫化水素対策としてポリ鉄を重力濃縮槽へ注入している。ポリ鉄注入量は、注入ポンプの周波数を設定し、一定量の注入となっている。ポリ鉄注入率は、重力濃縮槽に投入する汚泥に対する注入率で管理しているが、焼却炉の焼結への影響を調査するためには、脱水汚泥量及び脱水汚泥 DS 当たりのポリ鉄注入率を算出し管理する必要がある。

そこで、ポリ鉄注入ポンプの周波数、ポリ鉄注入量及び脱水汚泥 DS 当たりの注入率の平均値を算出した結果を表－１に示す。

表－１　ポリ鉄注入ポンプの周波数、ポリ鉄注入量及び脱水汚泥 DS 当たりの注入率

ポリ鉄注入ポンプ周波数（Hz）	ポリ鉄注入量（Kg/日）	脱水汚泥 DS 当たりの平均注入率（%）
3.5	144	1.16
7.0	298	2.04
8.75	354	2.48
9.6	406	3.00
10.5	451	3.25
15.0	643	4.93
20.0	817	6.51

ポリ鉄注入量は、ポリ鉄注入ポンプの周波数で制御されるため、両者には高い相関がみられる。しかし、日々のポリ鉄注入率は、脱水汚泥量の日間変動があるため同じ周波数でもポリ鉄注入率にばらつきが生じるが、月間平均にすると相関がみられることが確認された。

４．調査方法

焼結防止対策については、焼却灰または脱水汚泥中のりんに対する塩基物質の割合が指標となることや脱水汚泥を灰化した後 850℃で燃焼したものを硬度測定することで、「焼結のしやすさ」を判断する方法が報告[1) 2)]されている。また、流動砂の経年使用に伴う特性変化により焼結が生じやすくなることも考えられる。これらのことから、次の調査を実施した。

（１）脱水汚泥の分析

ア　塩基類・りんの成分分析

燃やす前の脱水汚泥の状況から判断できる方法が現状の焼結対策として有効であると考えられたことから、ポリ鉄注入量を変化させた脱水汚泥について、蛍光Ｘ線分析による成分分析を行い、焼結対策として効果的なポリ鉄注入率を調査した。

イ　りん濃度の分析

焼結には、脱水汚泥のりん濃度が関連しているので、脱水汚泥のりん濃度の変動を調査した。なお、調査は平成 30 年 6 月から令和 2 年 2 月までの期間に週 1 回の分析とし、りん濃度は、焼却灰あたりの P_2O_5 濃度（%）とした。また、余剰汚泥比率の高い汚泥（反応タンクドレイン時）についても同様の調査を行った。

（２）焼結テスト

（１）アのポリ鉄注入量を変化させた脱水汚泥について、以下に示す焼結テストを実施した。また、余剰汚泥比率の高い汚泥（反応タンクドレイン時）及び令和元年 8 月から（１）イの試料についても同様に焼結テストを行った。

焼結テストの概要

①脱水汚泥を、乾燥後マッフル炉にて 600℃で灰化し、すりつぶす。

②すりつぶした試料 1.5g を、るつぼに入れ、マッフル炉にて 850℃で 15 分間強熱後放冷し、デジタルフォースゲージによる硬度測定を行う。

（３）流動砂の分析

平成 30 年 11 月の定期修繕時には、5 月に焼結が確認されたことから、流動砂を全量新砂に入れ替えた。

そこで、定期修繕後、焼却炉が安定した平成 30 年 12 月 10 日から 2 週間ごとに流動砂を採取し、令和元年度の焼却炉定期修繕（令和元年 11 月）までの間、以下の分析を行い、流動砂の変化を調査した。

ア　流動砂の成分分析

流動砂について、蛍光Ｘ線分析による成分分析を行い、ケイ素、りん及び鉄の経時変化を調査した。

イ　粒度分布

流動砂の粒径を測定し、粒度分布の経時変化を調査した。

５．調査結果

（１）脱水汚泥の分析

ア　塩基類・りんの成分分析

月島テクノメンテサービス株式会社の報告[1)]では、脱水汚泥の分析結果から次式により求められる焼結評価値が 1.05 以上であれば、安定的な焼却炉の運転ができるとしている。

$$\text{焼結評価値} = \frac{\text{脱水汚泥に含有する塩基類の総価数(mol×価数)}}{\text{含有されるP(リン酸として)の価数}} \quad \cdots ①$$

また、東京都の報告[2)]では、焼却灰の分析結果から次式により求められる閉塞抑制指標値が 1.0 未満になると、閉塞等の危険性があるとしている。

$$\text{閉塞抑制指標値} = \left\{ \frac{Fe_2O_3}{M(Fe_2O_3)}\cdot 2 + \frac{Al_2O_3}{M(Al_2O_3)}\cdot 2 + \frac{CaO}{M(CaO)}\cdot\frac{2}{3} + \frac{MgO}{M(MgO)}\cdot\frac{2}{3} \right\} \Big/ \left\{ \frac{P_2O_5}{M(P_2O_5)}\cdot 2 \right\} \quad \cdots ②$$

ここで、 Fe_2O_3[%]：焼却灰の酸化鉄(Ⅲ)分析値　　Al_2O_3[%]：焼却灰の酸化アルミニウム分析値
CaO[%]：焼却灰の酸化カルシウム分析値　　MgO[%]：焼却灰の酸化マグネシウム分析値
P_2O_5[%]：焼却灰の五酸化二りん分析値　　M(i)[g/mol]：化合物iの分子量

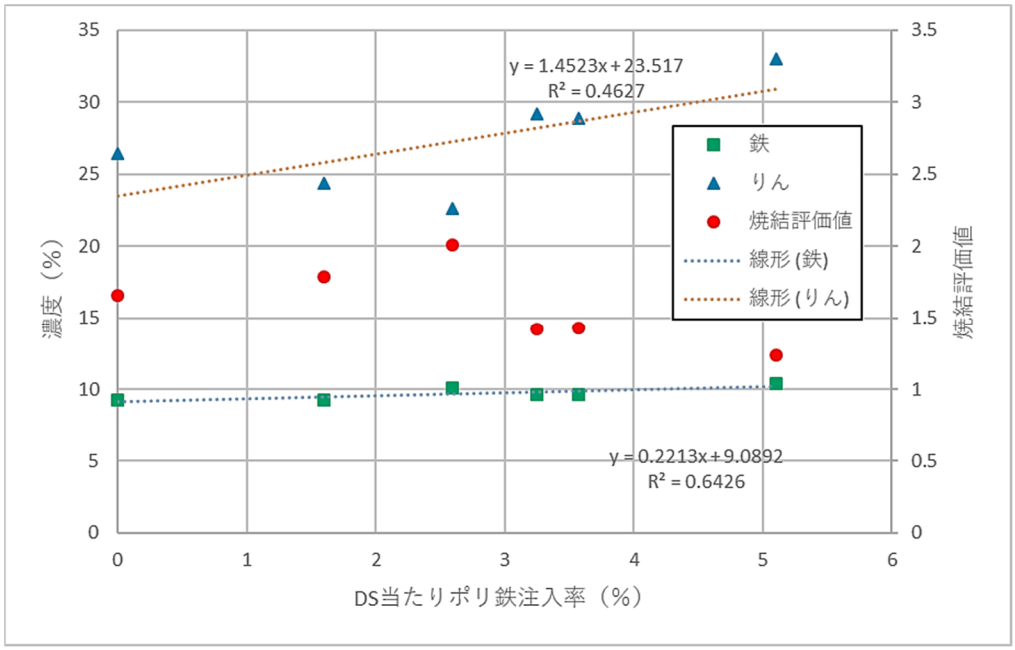
蛍光Ｘ線分析による成分分析に用いた、ポリ鉄注入量を変化させた脱水汚泥の基本データを表－２に、蛍光Ｘ線分析による成分分析結果及び算出した焼結評価値を表－３に示す。参考に汚泥の分析結果ではあるが閉塞抑制指標値を示す。また、図－２にポリ鉄注入率と焼結評価値及びりん・鉄濃度の関係を示す。

表－２　ポリ鉄の注入量を変化させた脱水汚泥の基本データ

採取日	DS 当たりポリ鉄注入率 (%)	含水率 (%)	強熱減量 (%)	P_2O_5 濃度 (%)
平成 30 年 10 月 9 日	0	74.7	84.4	21.1
10 月 15 日	1.60	72.2	85.5	23.1
10 月 22 日	2.59	73.6	84.9	19.4
10 月 29 日	3.25	73.1	88.8	25.2
11 月 5 日	3.57	76.1	90.4	30.4
11 月 12 日	5.10	75.1	89.1	32.4

表－３　蛍光Ｘ線分析による成分分析結果及び算出した焼結評価値と閉塞抑制指標値

塩基類等 (%)	DS 当たりポリ鉄注入率 (%)					
	0.00	1.60	2.59	3.25	3.57	5.10
Na_2O	1.9	1.9	1.8	1.9	2.1	1.6
MgO	6.5	6.4	6.6	6.2	5.2	6.7
Al_2O_3	13.5	14.5	15.6	13.5	14.4	11.4
K_2O	2.3	1.8	1.6	2.0	2.0	2.6
CaO	9.7	8.4	7.4	7.3	7.2	8.7
Fe_2O_3	9.2	9.2	10.1	9.6	9.6	10.4
CuO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
ZnO	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.3
BaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P_2O_5	26.4	24.4	22.6	29.2	28.9	33.0
焼結評価値	1.73	1.87	2.08	1.49	1.51	1.31
閉塞抑制指標値	1.66	1.79	2.01	1.42	1.43	1.24



図－２　ポリ鉄注入率と焼結評価値及びりん・鉄濃度の関係

今回の調査では、表―３に示すとおり、すべての分析試料で焼結評価値は 1.05 以上となっており、月島テクノメンテサービス株式会社の報告による焼結の危険性はない結果となった。このことから、今回発生した焼結は、一時的に脱水汚泥中のりんと塩基類のバランスが悪くなったことによるものと考えられる。

今回の調査結果からは、有効なポリ鉄注入率はわからなかったことから、今後も継続して調査を行う必要があると思われる。

また、図－２からポリ鉄注入率 2.6%までは焼結評価値は上昇するが、3%以上では注入率を上げると焼結評価値は下降する結果となった。

これは、ポリ鉄注入率を上げたことで、汚泥の濃縮・脱水工程で分離液側に移行するりんが、脱水汚泥側に移行し脱水汚泥のりん濃度が上昇したことによるものと考えられる。ポリ鉄を注入することで鉄濃度を上昇させる焼結防止効果より、りん濃度の上昇による影響が大きくなってしまったことが考えられる。

しかし、ポリ鉄の注入による焼結防止は、りん濃度の上昇よりも過剰となる鉄を供給することで､焼結評価値を上昇させることにある｡ポリ鉄注入量を増加させた場合には、脱水汚泥に含まれるカルシウムやマグネシウムが減少し焼結評価値が低下することが報告[3]されているが、今回の調査では、カルシウムやマグネシウムの減少はみられなかったことから、ポリ鉄注入率をさらに上げても問題ないと思われる。

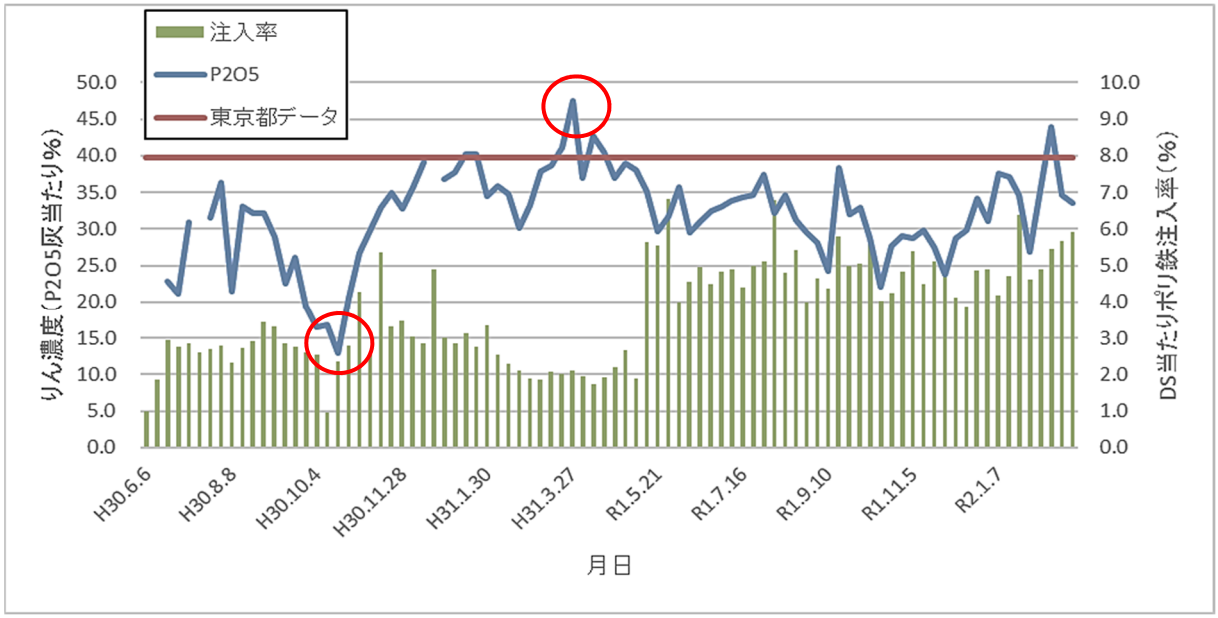
また、今回の調査結果では、ポリ鉄注入率の上昇に応じて、りん濃度と鉄濃度は上昇しているが、バラツキが大きく、調査試料の強熱減量にもバラツキがあり、汚泥自体に含まれている、りん濃度と鉄濃度の変動も大きいと思われる。

イ　りん濃度の分析

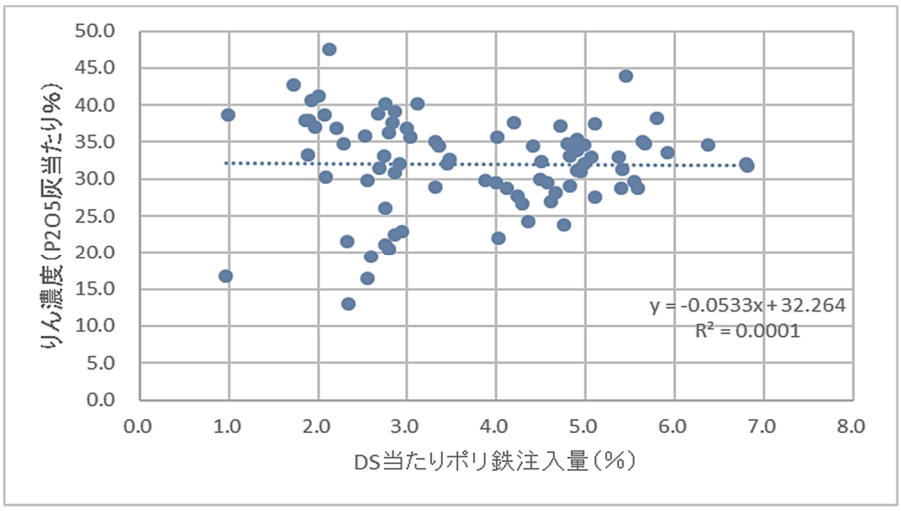
（ア）通常の汚泥

脱水汚泥のりん濃度とポリ鉄注入率について、平成 30 年 6 月から令和 2 年 2 月までの変動状況を図－３に示し、東京都の報告[2]による､「煙道閉塞が発生した際の脱水汚泥のりん濃度 39.7%」と比較した。

また、DS 当たりポリ鉄注入率（%）と脱水汚泥のりん濃度の関係を図－４に示す。



図－３　脱水汚泥のりん濃度とポリ鉄注入率の変動状況



図－４　ポリ鉄注入率と脱水汚泥りん濃度

図－３に示すとおり、脱水汚泥のりん濃度は、最小値 13%から最大値 47.5%と非常に変動が大きく、ポリ鉄の注入量との相関はみられなかった。

また、夏季はりん濃度が低く、2 月から 4 月にかけて上昇する傾向がみられた。平成 30 年 10 月にりん濃度は著しく低下したが、平成 31 年 1 月、3 月、4 月、令和 2 年 2 月には、東京都の報告による「煙道閉塞が発生した際の脱水汚泥のりん濃度 39.7%」を超えていた。

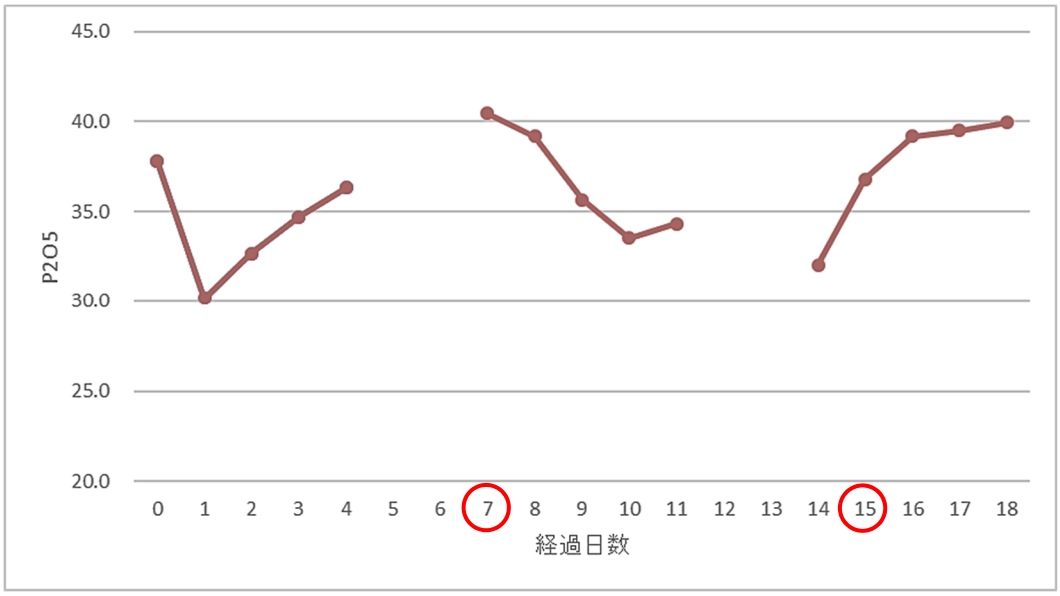
なお、令和元年 5 月には流動砂が白緑色に変色しているのを確認しており、この原因は、3 月、4 月のりん濃度の上昇によるものと考えられる。

（イ）余剰汚泥比率の高い汚泥　（反応タンクドレイン時）

脱水汚泥のりんは、最初沈殿池引抜汚泥を重力濃縮した重力濃縮汚泥と、余剰汚泥を機械濃縮により濃縮した機械濃縮汚泥から由来する。また、りん濃度は、機械濃縮汚泥の方が重力濃縮汚泥と比較し 3 倍程度高い傾向が確認されている。

このことから、反応タンンクドレイン時には、りん濃度が高い活性汚泥が重力濃縮

槽へ流入し余剰汚泥比率の高い脱水汚泥となる。平成 30 年 11 月 26 日に運転系列数を 3 系列から 2.5 系列に削減し、反応タンクをドレインしたため、余剰汚泥比率の高い脱水汚泥が作成された。ドレイン後 3 週間の脱水汚泥のりん濃度を調査した結果を図－５に示す。

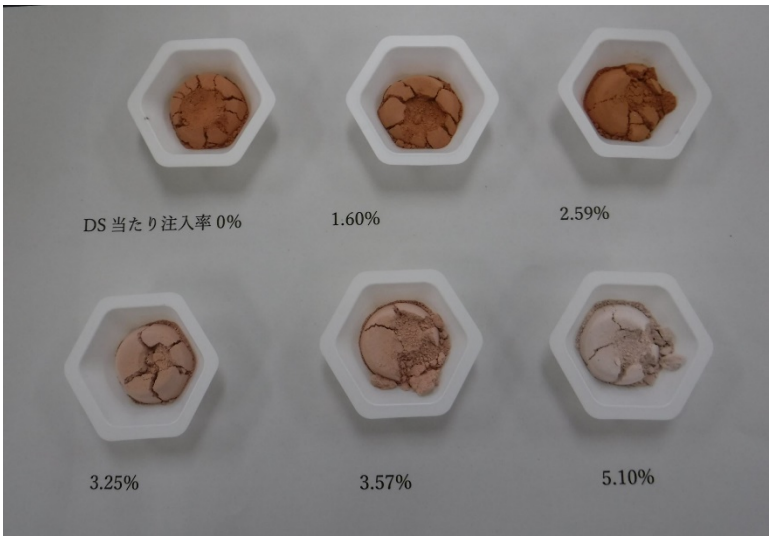


図－５　反応タンクドレイン後の脱水汚泥のりん濃度の経時変化

図－５より、反応タンクドレイン後にりん濃度は上昇し、7 日目あたりにピークとなることが分かった。なお、今回の調査で 15 日後から再びりん濃度が上昇したが、これは降雨の影響と考えられる。

（２）焼結テスト

（１）アのポリ鉄注入率を変化させた脱水汚泥の焼結テストの結果（850℃で 15 分間強熱し放冷したもの）を、写真－５に示す。



写真－５　焼結テストの結果

今回の調査では、いずれも焼結しなかったため、硬度測定はできなかった。

また、余剰汚泥比率の高い汚泥（反応タンクドレイン時）、及び令和元年 8 月から令和 2 年 2 月までの脱水汚泥（りん濃度 40%以上の高濃度含む）についても同様の調査を行ったが、焼結しない結果となり硬度測定はできなかった。

（３）流動砂の分析

ア　流動砂の成分分析

流動砂の成分分析に用いた分析試料の状態を表－４に、蛍光Ｘ線分析によるケイ素、りん及び鉄含有率の経時変化を図－６に示す。各元素は酸化物として、「ケイ素を SiO_2」、「りんを P_2O_5」、「鉄を Fe_2O_3」とした。

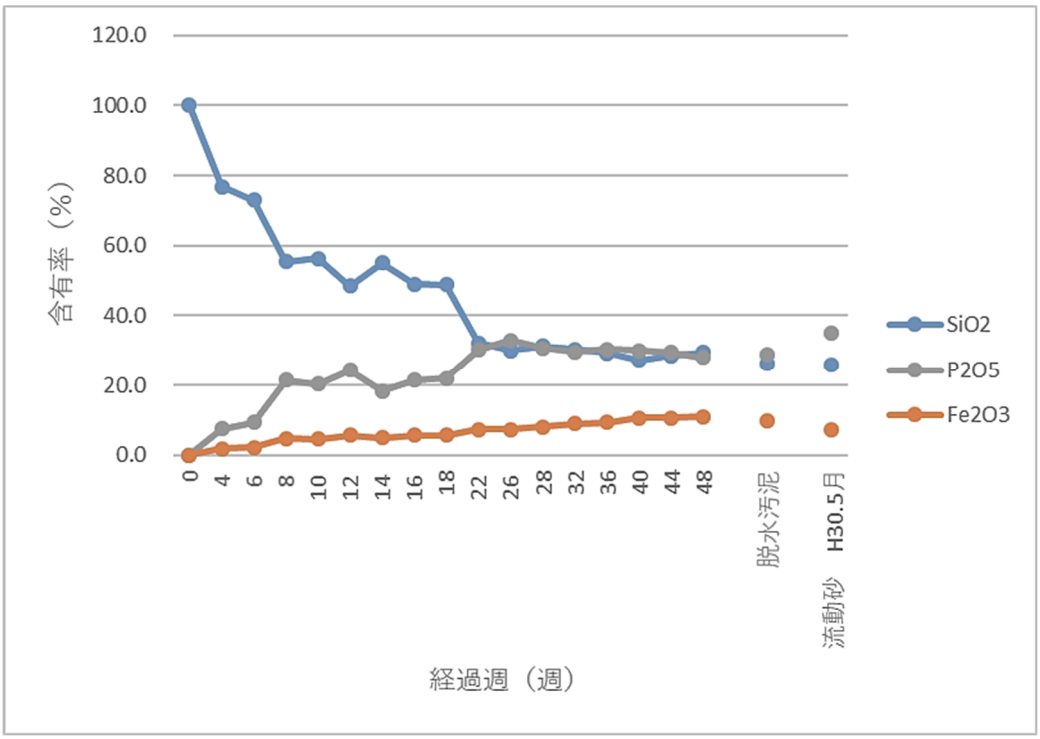
流動砂は、焼却炉への投入時は、透明性がある白色をしていた。

焼却炉立上時のポリ鉄注入設定値は 9.6Hz（DS 当たり注入率 3%程度）としたが、流動砂が赤茶色になることはなく、時間経過とともに、白色から焼結した時と同様に白緑色へ変化していった。

なお、令和元年 5 月 13 日から、流動砂の焼結が確認されたため、ポリ鉄の注入設定値を 20Hz（DS 当たり注入率 5～6%程度）へ増加させたところ、流動砂は赤茶色となった。

表－４　流動砂分析試料の状態

経過週（週）	採取日	流動砂の状態
4	平成 30 年 12 月 10 日	白色
6	12 月 25 日	白色
8	平成 31 年 1 月 9 日	白色
10	1 月 21 日	白色（微青）
12	2 月 7 日	白茶色
14	2 月 20 日	白茶色
16	3 月 6 日	灰白色
18	3 月 20 日	微白緑色
22	4 月 17 日	白緑色
26	令和元年 5 月 13 日	白緑色
28	5 月 29 日	赤茶色
32	6 月 26 日	赤茶色
36	7 月 23 日	赤茶色
40	8 月 21 日	赤茶色
44	9 月 18 日	暗赤茶色
48	10 月 16 日	暗赤茶色



図－６　蛍光Ｘ線分析によるケイ素、りん及び鉄含有率の経時変化

図－６に示すとおり、流動砂の主成分であるケイ素は約 2 ヶ月で 50%程度まで低下し、6 か月後には 32.2%となった。りんは約 2 カ月で 20%まで上昇し、6 か月後には 30.2%となり、りんとケイ素の含有率はほぼ同じとなった。それ以降は変化がなく、脱水汚泥の組成と同様であった。

平成 30 年 5 月の焼結発生時の流動砂の成分では、ケイ素よりもりんの含有率のほうが高くなっていたが、今回の調査では、流動砂を 1 年使用してもりんの含有率は、焼結が発生したときのようにケイ素より高くなることはなかった。

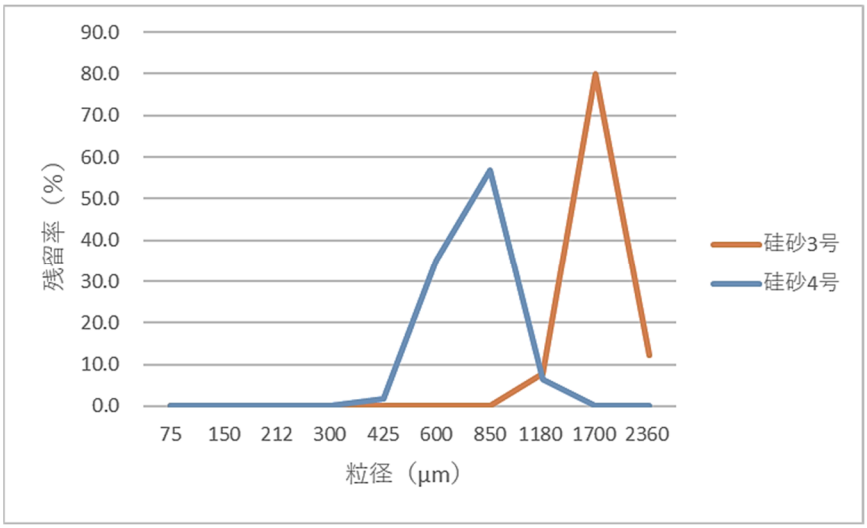
鉄については、徐々に増加がみられた。なお、28 週からは、流動砂が白緑色に変色したため、ポリ鉄注入設定値を 7Hz（DS 当たり注入率 2%程度）から 20Hz（DS 当たり注入率 5～6%程度）に、32 週からは、15Hz（DS 当たり注入率 4%程度）と変動させたが、鉄の増加率はポリ鉄注入率を増加させても、変化はみられなかった。

これらのことから、流動砂の入れ替えについて、定期修繕時に全量または半量新砂とする、または定期的に入れ替えを図るなどの周期等を検討する必要があると考えられる。

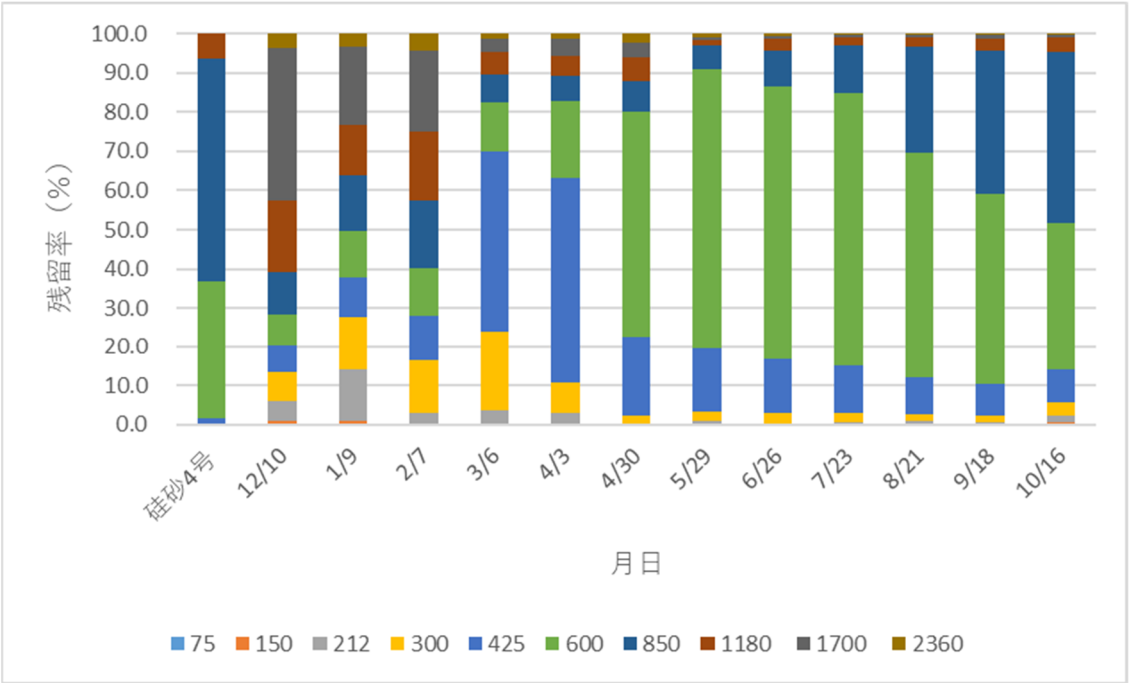
イ　粒度分布

流動砂として使用した 3 号硅砂及び 4 号硅砂の粒度分布を図－７に示し、粒度を分析した流動砂のうち 4 週ごとの粒度の経時変化を図－８に示す。

なお、3 号硅砂の粒径は、1,700μm が 80%を占めており、4 号硅砂の粒径は 850μm が 60%を占めていた。



図－７　３号硅砂及び４号硅砂の粒度分布



図－８　粒度の経時変化

定期修繕後４号硅砂を入れて立ち上げたが、焼却灰の発生量が低下するなど焼却炉が安定しないため３号硅砂に切り替えた影響から、12 月 10 日から２月７日までの流動砂の粒度は、３号硅砂の主要粒度である 1,700μｍの流動砂がみられた。

また、３月６日には、４号硅砂の主要粒度より粒度の小さい粒径 425μｍの流動砂の割合が増加し、その後、徐々に 600μｍの流動砂の割合が増加した。

さらに、８月 21 日以降には、粒径 850μｍの流動砂の割合が増加し、粒度がばらつくようになった。

このことから、硅砂は、焼却していると摩耗により粒度が一度小さくなり、焼結などの影響で、粒径が大きくなることが分かった。また、焼結が確認されたことにより、５月 13 日からポリ鉄注入率を増加させたため、流動砂の状態は赤茶色に変化したが、粒径は増加し続けた。

６．平成 30 年 11 月の定期修繕後の焼却炉の状況

平成 30 年 11 月の定期修繕後、従来は再使用していた流動砂を、焼結原因解明のため、全量 4 号硅砂の新砂に入れ替えて立ち上げたが、焼却灰の発生量が増加し、風箱圧力が低下するなど安定した運転ができないことから、粒度の小さな硅砂が飛散していると推定し、3 号硅砂の追加投入と炉内硅砂の抜き取りを繰り返すことで流動砂の入れ替えを図った。しかし、このことで流動状態が不安定となり、安定した温度管理ができない状況となった。

そのため、改めて大きい粒度の分布が多い 4 号硅砂を追加投入し、炉内硅砂の抜き取りによる流動砂の入れ替えを行い安定した運転に戻すことができた。

この時の運転状況の概要を表－５に示す。

表－５　運転状況の概要

年・月日	焼却炉の状況	ポリ鉄注入量設定値	流動砂等の状況
平成 30 年 11 月 14 日	定期修繕終了 立ち上げ汚泥投入開始。	9.6Hz	全量新砂（4 号硅砂）
11 月 29 日	灰の発生量が増加し、風箱圧力が低下		3 号硅砂に切替
12 月 10 日			1 回／2 週間　流動砂採取開始し性状を確認 流動砂は赤茶色とならず白色
12 月 23 日	流動砂流動状態不安定 炉内温度不安定		4 号硅砂に切替 流動砂は赤茶色とならず白色
平成 31 年 2 月 9 日		7.0Hz	流動砂は透明性がある白色 焼却灰は赤茶色とならず灰色
3 月 20 日			流動砂は白色だが、青みがかってくる。
4 月 17 日			流動砂は白緑色が強くなる。
令和元年 5 月 7 日	風箱圧力は上昇せず		流動砂は白緑色が強くなり、りん化合物の焼結がみられた。 流動砂の増加はみられない。
5 月 13 日		20.0Hz	
5 月 29 日		15.0Hz	流動砂は赤茶色
5 月 30 日	オイルガン閉塞 （6 基中 1 基使用不可）		
10 月 23 日	オイルガン閉塞 （6 基中 2 基使用不可）		

年・月日	焼却炉の状況	ポリ鉄注入量設定値	流動砂等の状況
11 月	定期修繕 焼却炉内部を確認したところ、以下の所見がみられた。 ①　オイルガン 3 基にクリンカによる閉塞を確認。クリンカは、りんによる焼結とは色が異なり茶色。 （写真－６） ②　煙道に白色粉末状の付着物を確認。（写真－７）		
令和 2 年 1 月 7 日			流動砂、灰、焼却排ガス洗浄水は赤茶色から灰色となる。
2 月 4 日		20.0Hz	
2 月末			流動砂、灰、焼却排ガス洗浄水は灰色のままで赤茶色とならない。
3 月	オイルガンに不具合が発生したため、炉を停止し内部確認を行ったところ、6 基すべてに令和元年 11 月と同様なクリンカが確認される。		

写真－６　焼却炉内クリンカ

写真－７　煙道白色粉体

７．まとめ

今回の調査では、ポリ鉄の注入率の調査を平成 30 年 10 月 9 日から 11 月 12 日に実施したが、この期間の脱水汚泥はりん濃度が低く、ポリ鉄を注入しない状態でも、焼結評価値・閉塞抑制指標値とも「焼結の可能性なし」という結果となった。また、焼結テストでも焼結が認められず、有効なポリ鉄の注入量が把握できなかった。

しかし、焼却炉では、流動砂が平成 31 年 3 月頃から白緑色となり、5 月には、硅砂にりん化合物による焼結が確認されており、焼結の危険性がないと言える状況ではなかった。これは、脱水汚泥のりん濃度の上昇が、平成 31 年 3 月から 4 月に確認されており、その影響と思われる。

このことから、焼却炉の焼結防止対策を検討するためには、脱水汚泥のりん濃度の変動や焼結テスト等について、今後も継続して調査を行う必要があると考える。

また、今回焼結し白緑色となった流動砂は、ポリ鉄注入率を上昇させれば赤茶色となったが、ポリ鉄注入率の上昇がどのように影響しているかわからないため、流動砂の内部構造についても分析したいと考えている。さらに令和元年 11 月の定期修繕時に確認された煙道の白色粉末の付着については、今までこのような例がないことから、どのような物質なのか分析し、煙道閉塞の可能性を確認したいと考えている。

参考文献　１）流動焼却設備における灰の焼結事例と焼結防止対策に関する報告（第 51～54 回下水道研究発表会　月島テクノメンテサービス株式会社）
２）下水汚泥焼却炉の閉塞危険性評価方法及び閉塞防止方法（東京都下水道局技術調査年報　-2016- Vol.40　2-2-1）
３）煙道閉塞対策としてのポリ鉄添加の効果と課題について（第 56 回下水道研究発表会　東京都下水道サービス（株））

今回の調査研究は、以下の職員で行いました。
（代表者）酒匂水再生センター　　河野ますみ
業務課　　下野俊二
水質課　　川地知代子
酒匂水再生センター　　和田安雄、星野郁夫

○ 研究報告の経緯

昭和５６、５７年度（第１号）

１	高度処理実験	水質管理課
２	加圧活性汚泥法による下水処理	水質管理課
３	残留塩素除去実験（次亜塩素酸ナトリウムの適正添加量の把握と残留塩素の飛散について）	水質管理課
４	予備エアレーション効果と風量について　―　考察　―	下水処理第一課
５	柳島管理センターにおける活性汚泥生成量調査	下水処理第二課
６	柳島管理センターにおける余剰汚泥量調査解析	下水処理第二課
７	柳島管理センターにおける返送汚泥調査解析	下水処理第二課
８	柳島管理センターにおけるエアレーション風量調査解析	下水処理第二課
９	エアレーションタンク内における活性汚泥のＳＶＩ及びＲｒの変動調査	下水処理第二課
１０	エアレーションタンク内におけるＳＶＩの調査解析	下水処理第二課
１１	エアレーションタンク内における活性汚泥の生物相に関する調査	下水処理第二課
１２	エアレーションタンク内におけるＢＯＤ及びＣＯＤ（Ｍｎ）の除去特性の調査	下水処理第二課
１３	沈砂の再利用実験	業務課
１４	模型スクープ式発酵槽によるベルトプレス脱水ケーキのコンポスト化の検討	業務課
１５	ベルトプレス脱水ケーキの雨よけ堆積発酵実験	業務課
１６	簡易発酵槽による脱水ケーキ発酵処理の操作条件の検討	業務課
１７	硫酸バンド添加による汚泥の脱水への影響	水質管理課
１８	汚泥の調質実験（その１）	下水処理第一課
１９	汚泥の調質実験（その２）混合汚泥に含まれる粗繊維のろ過速度への影響と季節変動について	下水処理第一課
２０	流入下水及び処理水に含まれる汚濁成分の検出に関する研究	水質管理課
２１	シアン化イオンの分析に及ぼす共存亜硝酸イオンの影響について	水質管理課
２２	ＣＯＤの測定方法に関する研究	下水処理第二課
２３	晴天時汚水量の解析調査	業務課
２４	臭気除去実験	水質管理課
２５	柳島管理センターにおける年間の風向調査について	水質管理課
２６	埋立処理汚泥の経年変化追跡装置からの浸出水の生物学的処理	水質管理課

昭和５８年度（第２号）

１	加圧活性汚泥処理方法	水質管理課
２	エアレーションタンクへの硫酸バンドの添加効果	下水処理第三課
３	模型スクープ式発酵槽による石灰、塩化第二鉄凝集脱水ケーキの発酵実験	業務課
４	汚泥の調質実験（その３）（硫酸第一鉄、過酸化水素を用いた調質汚泥の加圧脱水機への適用）	下水処理第一課
５	汚泥焼却灰混入モルタル強度試験	下水処理第三課
６	下水汚泥の埋立処分地における浸出水質の変動調査	水質管理課
７	埋立処理汚泥の経年変化追跡装置からの浸出水の生物学的処理（Ⅱ）	水質管理課
８	四之宮管理センターにおける年間の風向調査結果について	水質管理課

昭和５９年度（第３号）

１	エアレーションタンク及び最終沈殿池における燐の挙動調査	水質管理課
２	流入下水中の着色成分分析	下水処理第三課
３	簡易発酵槽による脱水ケーキ発酵の操作条件の検討	業務課
４	酒匂管理センターのベルトプレス脱水機用凝集剤選定実験	水質管理課
５	ＵＶ計による硫酸バンドの添加量自動制御のための基礎調査	水質管理課
６	鉢物用培養土における汚泥肥料（発酵汚泥）の混合率に関する幼植物試験	業務課
７	埋立処理汚泥の経年変化追跡装置からの浸出水の生物学的処理（Ⅲ）	水質管理課

８　発酵汚泥から発生するガスの土壌脱臭装置による脱臭実験及び強制通風による二次発酵実験
水　質　管　理　課
９　コンピュータを利用した維持管理の基礎的研究　下水処理第一課
１０　固化灰長期浸出試験　下水処理第二課
１１　汚泥の活性炭化実験　下水処理第三課

昭和６０年度（第４号）

１　エアレーションタンク内における最初沈殿池流出ＵＶ濃度の拡散、平均化に関する調査
下水処理第三課
２　生物膜式及び浮遊式併用汚泥法によるアンモニア性窒素の硝化実験　水質管理課
３　余剰汚泥の常圧浮上濃縮実験　水質管理課
４　柳島管理センター混合汚泥の脱水実験（高分子凝集剤選定等）　水質管理課
５　四之宮管理センター混合汚泥の脱水実験（高分子凝集剤選定等）　水質管理課
６　汚泥焼却炉排ガスベンチュリーに含まれる水銀の除去　水質管理課
７　下水汚泥の活性炭化実験調査　下水処理第三課

昭和６１年度（第５号）

１　各種洗剤の下水への影響調査　水質管理課
２　最終沈殿池における水耕栽培実験　水質管理課・下水処理第二課
３　下水処理における塩素消毒効果調査　下水処理第一課
４　発酵処理汚泥を築山盛土材として用いたときの浸出水の量及び水質変化　水質管理課

昭和６２年度（第６号）

１　放流水消毒のための次亜塩素酸ナトリウムの効率的添加法　水質管理課
２　汚泥処分と臭気対策（第１報）　―　汚泥運搬車の臭気対策　―　業務課・水質管理課・下水処理第一課
３　汚泥処分と臭気対策（第２報）　―　脱水ケーキの消臭剤選定試験　―　水質管理課・業務課
４　汚泥処分と臭気対策（第３報）　―　アンケート調査による汚泥運搬車用消臭剤の選定　―
業務課・水質管理課
５　汚泥処分と臭気対策（第４報）　―　バックホウ搭載型消臭剤散布装置の効果　―　業務課・水質管理課
６　汚泥処理施設から発生する臭気調査　下水処理第三課・水質管理課
７　都市下水中のｎ－ヘキサン抽出物質分析方法の検討　水質管理課
８　目久尻川における流域の下水道整備による水質改善効果　水質管理課
９　四之宮管理センターにおける活性汚泥生物相　下水処理第一課

昭和６３年度（第７号）

１　ゲルクロマトグラフィーのよる下水及び処理水の評価　水質管理課
２　硫酸バンド注入方法の検討　下水処理第三課
３　柳島管理センターにおける硝化と運転条件の関係　下水処理第二課
４　汚泥処分と臭気対策（第５報）　―　固定処理法の見直し（臭気対策）　―　業務課・水質管理課
５　汚泥処分と臭気対策（第６報）　―　固定処理法の見直し（臭気対策）　―　業務課
６　改良剤添加による発酵汚泥の改善　業務課

平成元年（第８号）

１　ゲルクロマトグラフィーによる事業場排水の評価　水質管理課
２　し尿・下水混合処理実験　下水処理第三課
３　活性汚泥における硝化とその制御　水質管理課・下水処理第一課
４　硝化運転時における最終沈殿池の汚泥浮上対策　下水処理第二課
５　汚泥貯留地浸出水の処理　水質管理課
６　ｎ－ヘキサン抽出物質についての追跡調査　水質管理課
７　微生物脱臭の検討　水質管理課・下水処理第一課
８　高分子凝集剤の選定方法に関する検討　水質管理課・下水処理第三課
９　汚泥肥料「やまゆり２号」アンケート調査　業務課

平成２年度（第９号）

１　活性汚泥法による溶解性有機物質の除去特性　水質管理課
２　下水の高度処理に関する研究　―　限外ろ過　―　水質管理課

３　冬期間のアンモニア性窒素の硝酸化と活性汚泥の沈降性の悪化（ＳＶＩの上昇）対策
下水処理第二課

平成３年度（第１０号）
１　木炭を担体とした微生物脱臭塔による硫黄系臭気の除去について　水質管理課
２　活性汚泥変法による窒素除去の検討　水質管理課
３　脱水汚泥の嫌気性消化に関する実験　水質管理課

平成４年度（第１１号）
１　脱水汚泥の嫌気性消化に関する実験（第２報）　水質管理課
２　微生物による硫黄系臭気の除去について（第２報）　水質管理課
３　硫黄系臭気の除去に関する充填塔式微生物脱臭装置の充填材の検討　水質管理課

平成５年度（第１２号）
１　微生物による悪臭成分の除去　水質管理課
２　脱水汚泥の嫌気性消化に関する研究（第３報）　水質管理課

平成６年度（第１３号）
１　ＣＯＤの除去に関する調査　水質管理課

平成７年度（第１４号）
１　汚泥腐敗に伴う悪臭物質調査と脱水性に関する研究（その１）
　　―　汚泥腐敗に伴う悪臭物質調査と脱水性調査　―　水質管理課
２　ディスポーザー使用による下水処理施設への影響に関する調査　水質管理課

平成８年度（第１５号）
１　濃縮汚泥から発生する臭気ガスの制御に関する研究　水質管理課
２　ヨウ素添着炭による脱臭効果に関する研究　水質管理課

平成９年度（第１６号）
１　濃縮汚泥の凝集・ろ過等に関する研究　―　ヨウ素添着活性炭による脱臭効果について（第２報）　―
水質管理課
２　濃縮汚泥の凝集・ろ過等に関する研究　―　汚泥凝集度測定器の利用について　―　水質管理課
３　濃縮汚泥の凝集・ろ過等に関する研究　―　古紙を利用した下水汚泥の脱水性の改良について　―
水質管理課
４　濃縮汚泥の凝集・ろ過等に関する研究　―　濃縮汚泥への防臭剤の添加と脱水性について　―
水質管理課

平成１０年度（第１７号）
１　ヨウ素添着活性炭による脱臭効果について（第３報）　水質管理課
２　古紙を利用した下水汚泥の脱水性の改良（重力ろ過について）　水質管理課
３　担体充填式生物脱臭法の調査について　水質管理課

平成１１年度（第１８号）
１　古紙及び廃プラスチックを利用した下水汚泥の脱水性の改良（重力ろ過について）　水質管理課
２　ヨウ素添着活性炭による脱臭効果について（第４報）　水質管理課

平成１２年度（第１９号）
１　結合型固定化微生物による下水処理調査　水質管理課
２　柳島管理センター水処理第７系列の運転実態の報告　柳島管理センター
３　汚泥濃縮槽から発生する臭気の調査と脱臭について　酒匂管理センター

平成１３年度（第２０号）
１　結合固定化微生物による下水処理調査（第２報）　水質管理課
２　回転加圧脱水機（ロータリプレスフィルタ）の脱水性能調査報告　柳島管理センター
３　その他
　（１）　臭気対策のための施設調査について　業務部臭気対策プロジェクトチーム
　（２）　放流水中の残留塩素の測定及び管理について　業務部水質担当者

平成１４年度（第２１号）
１　下水処理場の臭気に関する調査研究
　（１）各管理センターにおける脱臭設備の効果測定結果について　臭気対策プロジェクトチーム

（2）最初沈殿池のスカム対策について　柳島管理センター
（3）下水処理水の臭気指数に関する調査　水質管理課
2　下水処理施設の運転管理に関する調査研究
（1）汚泥濃縮・脱水方式の違いによる分離液の性状比較について　四之宮管理センター
（2）最初沈殿池汚泥掻寄機の間欠運転について　酒匂管理センター
（3）処理場施設の腐食について　土木・建築部会

平成１５年度（第２２号）
1　下水処理場の臭気に関する調査研究
（1）処理施設内の臭気調査とその対策の検討　臭気対策プロジェクトチーム
（2）下水処理水の臭気に関する調査　水質管理課
2　下水処理施設の運転管理に関する調査研究
（1）超微細気泡散気装置の設置による省エネルギー効果等の調査　柳島管理センター
（2）処理場施設の腐食について　土木・建築部会
（3）広域汚泥処理に伴う汚泥性状の把握と有効な濃縮方法の検討　酒匂管理センター
（4）汚泥濃縮・遠心脱水による返送水への影響について　四之宮管理センター・水質チーム

平成１６年度（第２３号）
1　酒匂川流域下水道に流入する指定化学物質（ＰＲＴＲデータ）の解析結果　水質管理課
2　深槽反応タンクにおける効率的な散気装置設置条件の検討　柳島管理センター

平成１７年度（第２４号）
1　汚泥焼却設備の低負荷運転について　機械設備研究チーム
2　相模川流域下水道に流入する指定化学物質（ＰＲＴＲデータ）の解析結果　水質管理課
3　ポリ硫酸第二鉄添加による臭気除去効果について　四之宮管理センター・扇町管理センター
4　水処理系列毎における揚水分配量の検討結果について　柳島管理センター
5　酒匂管理センターにおける汚泥処理について　酒匂管理センター

平成１８年度（第２５号）
1　柳島管理センターにおける省エネ対策の取組について　柳島管理センター
2　焼却炉から発生するシアンの対策　扇町管理センター
3　汚泥処理における生物脱臭設備の効率的な運用の検討　扇町管理センター

平成１９年度（第２６号）
1　柳島管理センターにおける脱水機の効率的な運用について　柳島管理センター
2　柳島管理センターにおける省エネ対策の取組について　柳島管理センター
3　効率的な塩素注入率の検討　扇町管理センター
4　下水処理場における新型水質計測器の有効性とその活用について　酒匂管理センター

平成２０年度（第２７号）
1　水処理計装機器の管理方法についての検討　相模川流域計装機器検討グループ
2　活性炭交換時期の適正化について　水質チーム
3　連絡２号幹線の運用について　扇町管理センター
4　門沢橋ポンプ場の脱臭設備における脱臭剤の選定について　四之宮管理センター

平成２１年度（第２８号）
1　ポリ硫酸第二鉄による臭気対策効果について　柳島管理センター
2　余剰汚泥へのポリ硫酸第二鉄添加による遠心濃縮機の省エネと消臭効果について　柳島管理センター
3　水処理施設の処理状況と今後の維持管理対応　四之宮管理センター
4　遠心脱水機の低遠心力運転について　四之宮管理センター

平成２２年度（第２９号）
1　戸田ポンプ場の送水時における人孔内の硫化水素濃度の挙動　四之宮管理センター
2　下水道公社における省エネルギー対策の取組み　―　汚水ポンプ揚程の低減化における検証　―
四之宮管理センター

平成２３年度（第３０号）
1　反応タンクにおける散気設備の更新周期等の検討　―　四之宮管理センターの事例　―
四之宮管理センター

２　柳島管理センターにおける汚泥処理施設の検証　柳島管理センター
３　放射性物質を含む焼却灰に関する基礎調査　四之宮管理センター・柳島管理センター
４　下水処理場における電力削減と維持管理について　業務課・四之宮管理センター

平成２４年度（第３１号）

１　四之宮管理センターにおける汚泥処理施設の検証について　四之宮管理センター
２　下水道公社による省エネルギー対策の取組みについて　四之宮管理センター
　　―　最初沈殿池における汚泥掻寄機の運転方法の見直しに関する調査　―
３　スクリュープレス脱水機の効率的な運用に関する検討　四之宮管理センター

平成２５年度（第３２号）

１　汚泥処理返流水から発生する硫化水素による施設への影響について　四之宮管理センター
２　四之宮せせらぎの森における生態系と管理に関する実態調査　四之宮管理センター
３　相模川汚泥貯留地浸出液の経年変化と下水道排出への管理手法について　水質課

平成２６年度（第３３号）

１　1,4-ジオキサンの事業場排出実態調査について　水質課
２　活性炭吸着塔への腐植質脱臭剤導入による脱臭剤交換費用の削減について　四之宮管理センター
３　寿町終末処理場の流域下水道編入に係る維持管理対応について　酒匂管理センター

平成２７年度（第３４号）

１　活性炭交換時期の適正化について　水質課
２　汚泥処理施設へのポリ硫酸第二鉄注入による硫化水素発生抑制効果について　四之宮管理センター
３　水処理施設における汚泥引抜ポンプの振動対策について　柳島管理センター

平成２８年度（第３５号）

１　神奈川県流域下水道終末処理場の電力削減に関する共同研究　共同研究会
２　浸出液排水設備の管理手法の見直しに関する検討　水質課
３　過給式流動炉の運用について　四之宮管理センター
４　寿町終末処理場の流域下水道編入に係る維持管理対応について（第２報）　酒匂管理センター

平成２９年度（第３６号）

１　事業場の1,4－ジオキサン水質検査実施対象範囲の検討について　水質課
２　アンモニアセンサーを用いた送風量制御の最適化と電力削減について　四之宮管理センター

平成３０年度（第３７号）

１　流域関連市町と連携した悪質水排出先の特定に関する検討　水質課
２　汚泥処理返流水を考慮したポリ硫酸第二鉄添加量の最適化について　四之宮水再生センター

令和元年度（第３８号）

１　流域下水道幹線の水質調査における安全対策に関する検証　水質課・業務課
２　水質異常時における活性汚泥適合試験に関する調査　水質異常時の維持管理対応マニュアル見直し検討グループ
３　焼却炉の焼結対策に関する検討　酒匂水再生センター・業務課・水質課

研究報告書（第３８号）

発　　行　　公益財団法人神奈川県下水道公社

神奈川県平塚市四之宮四丁目１９番１号
ＴＥＬ　０４６３（５５）７２１１
ＦＡＸ　０４６３（５５）７２１６

発行年月　　令和２年１０月