

消化ガス等利用にかかる
官民連携事業導入情報整備調査業務

報 告 書

令和2年 3月

愛媛県 新居浜市
株式会社 NJS

目 次

1. 本調査の概要	1-1
1.1 調査の目的.....	1-1
1.2 業務実施フロー	1-2
2. 基本事項の整理.....	2-1
2.1 現状の整理.....	2-1
①新居浜市の概要.....	2-1
②下水道事業の概要.....	2-2
2.2 事業発案に至った経緯・課題.....	2-7
①新居浜市公共下水道事業が抱えている課題.....	2-7
②課題への対策としてこれまで実施している施策や調査等.....	2-9
③官民連携事業の必要性.....	2-9
2.3 検討体制の整備.....	2-10
①庁内の検討体制.....	2-10
②民間の関係者との協力体制.....	2-11
3. 基本情報の整理.....	3-1
3.1 稼働状況の整理.....	3-2
3.2 将来の稼働予測.....	3-21
3.3 資産情報の整理.....	3-23
4. 事業者ヒアリング.....	4-1
4.1 ヒアリングの目的.....	4-1
4.2 ヒアリング事業者の抽出.....	4-1
4.3 メーカーヒアリング結果.....	4-1
①メーカーヒアリング条件.....	4-1
②A社.....	4-2
③B社.....	4-3
④C社.....	4-5
4.4 火力発電事業者ヒアリング.....	4-7
①ヒアリング確認事項等.....	4-7
②ヒアリング結果.....	4-8
4.5 汚泥乾燥機製作メーカーヒアリング.....	4-10
①F社.....	4-10
②G社.....	4-12
4.6 燃料化先進事例のヒアリング.....	4-14
①ヒアリング確認事項等.....	4-14

②ヒアリング結果	4-15
5. 事業メリットの算定	5-1
5.1 PSCの算定	5-1
①費用算定条件	5-1
②その他条件	5-2
5.2 事業メリットの算定	5-3
5.3 その他事業メリットの評価	5-4
6. 今後の導入に向けて	6-1
6.1 本検討におけるまとめ	6-1
6.2 ロードマップ	6-2
6.3 消化ガス等官民連携事業を実施するための課題	6-3

1. 本調査の概要

1.1 調査の目的

新居浜市公共下水道事業は昭和 35 年から事業着手し、昭和 55 年 3 月に新居浜市下水処理場（以下、「本処理場」という。）を供用開始した。平成 30 年度末の人口普及率は 63.2% である。

本処理場の汚泥処理については、今後令和 3 年度からし尿・浄化槽汚泥の受入施設が供用開始予定である。また、脱水汚泥の最終処分は、セメント会社（県外）への搬出となっている。

本市下水道事業にかかる課題としては、①人口減少等による事業料収入の減少、②老朽化対策等による支出の増加、③民間企業とのガス有効利用の契約満了に伴う新たな資源有効利用及び収益増の検討の必要性等があった。

これらの課題の中で③民間企業とのガス有効利用の契約満了による消化ガスの有効利用を図る上で従来の消化ガス売却（従来型）だけではなく、施設（汚泥系）の再構築を合わせることで効率的で効果的な施設計画とし、様々な課題の解決の一助となることが期待された。

そこで、本業務では消化ガス及び再構築設備を対象に、民間事業者への官民連携事業（PFI 及び DB）の導入を検討するにあたり、今後のマーケットサウンディング等に向けた基本情報の整理及び民間事業者へのヒアリング等による事業メリットをとりまとめることを目的とする。

1.2 業務実施フロー

本業務は、本処理場の消化ガスの有効利用及び汚泥処理系統の再構築事業について、民間事業者へ提示することを目的とし、基本情報の整理（現状の稼働状況、ガスの発生量、成分等、将来の稼働予測、資産情報の整理）を行う。また、これに合わせて民間事業者に概略提案やそれらの事業費等を確認し、事業メリットを算定する。

以下に業務実施フローを示す。

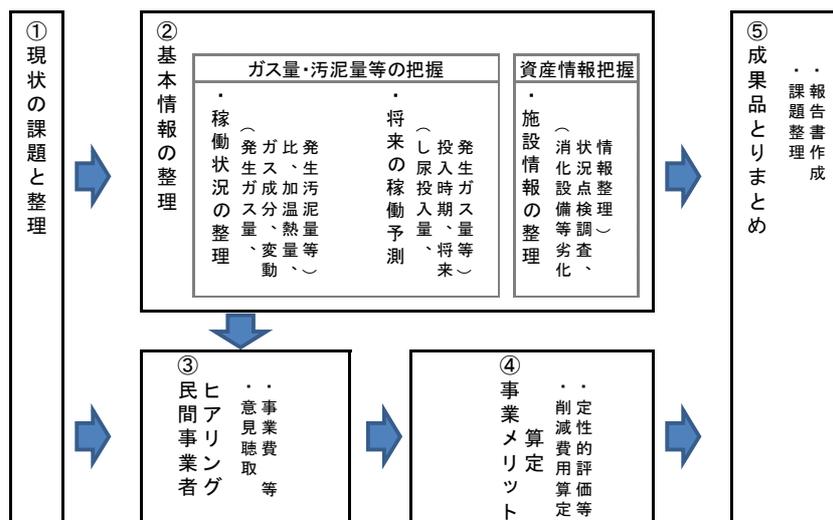


図 1.1 業務実施フロー

2. 基本事項の整理

2.1 現状の整理

①新居浜市の概要

新居浜市は、四国の瀬戸内海側のほぼ中央に位置する人口約 12 万 3 千人の愛媛県下第 2 の都市である。その市域は 234.46 km² (新居浜 161.46 km², 別子山 73.00 km²) である。愛媛県の東部、東経 133 度 17 分北緯 33 度 57 分に位置し、北は瀬戸内海の中央燧灘に面し、南は四国山地に接しており、総面積の 3 分の 2 が山地・丘陵地である。本市の東は四国中央市、西は西条市、南は高知県に接している。

元禄 4 年 (1691 年) に、世界でも類を見ない大鉱床をもつ別子銅山の開坑により、まちの近代化を推し進め、後の住友関連企業群を中心とした四国屈指の工業都市への生成発展の礎となった。

現在は、重化学工業を主体とした臨海工業都市として発展し重要港湾である新居浜港を有し、JR 予讃線、松山自動車道、国道 11 号線が市内を東西に貫通しており、四国の二大都市である松山市と高松市を結ぶ中間拠点都市としての役割を担っている。

一方、銅を素材とした造形物による街並作り、自然と調和した文化・レクリエーション施設の建設など、21 世紀に向けて産業と文化の一体となった創造都市づくりを行っている。



出典：新居浜市 HP

図 2.1 新居浜市の位置

②下水道事業の概要

(1) 事業概要

本市の公共下水道事業は、昭和 28 年に既成市街地の一部である港町から西原町に至る区域を主として、雨水排除を目的とした合流式による公共下水道を計画し、昭和 35 年から旧都市計画法による事業決定によって事業に着手した。

昭和 40 年代に入って、都市環境整備の根幹となる下水道整備が緊急的なものとなったため、昭和 48 年に終末処理場を含む公共下水道の基本計画を策定し、そのうち既成市街地 322ha を対象に第一期事業として着手し、昭和 55 年 3 月に新居浜市下水処理場（処理能力 22,300m³/日）の供用を開始した。

その後、面整備の進捗に合わせ区域の拡大を行い、現在事業計画区域面積は約 2,538ha となっている。平成 30 年度末の整備実績は、約 2,041ha の整備が完了しており整備率が 80.4%、汚水処理人口は 75,349 人、普及率 86.1%となっている。

表 2.1 下水道整備状況

項目	面積 (ha)				人口 (人)			
	全体計画	事業計画	整備済 (H30)	整備率	全体計画	事業計画	整備済 (H30)	普及率
	①	②	③	全体④=③/① 事業⑤=③/②	⑥	⑦	⑧	全体⑨=⑧/⑥ 事業⑩=⑧/⑦
整備状況	4,453.0	2,537.8	2,041.1	45.8% 80.4%	104,680	87,510	75,349	72.0% 86.1%

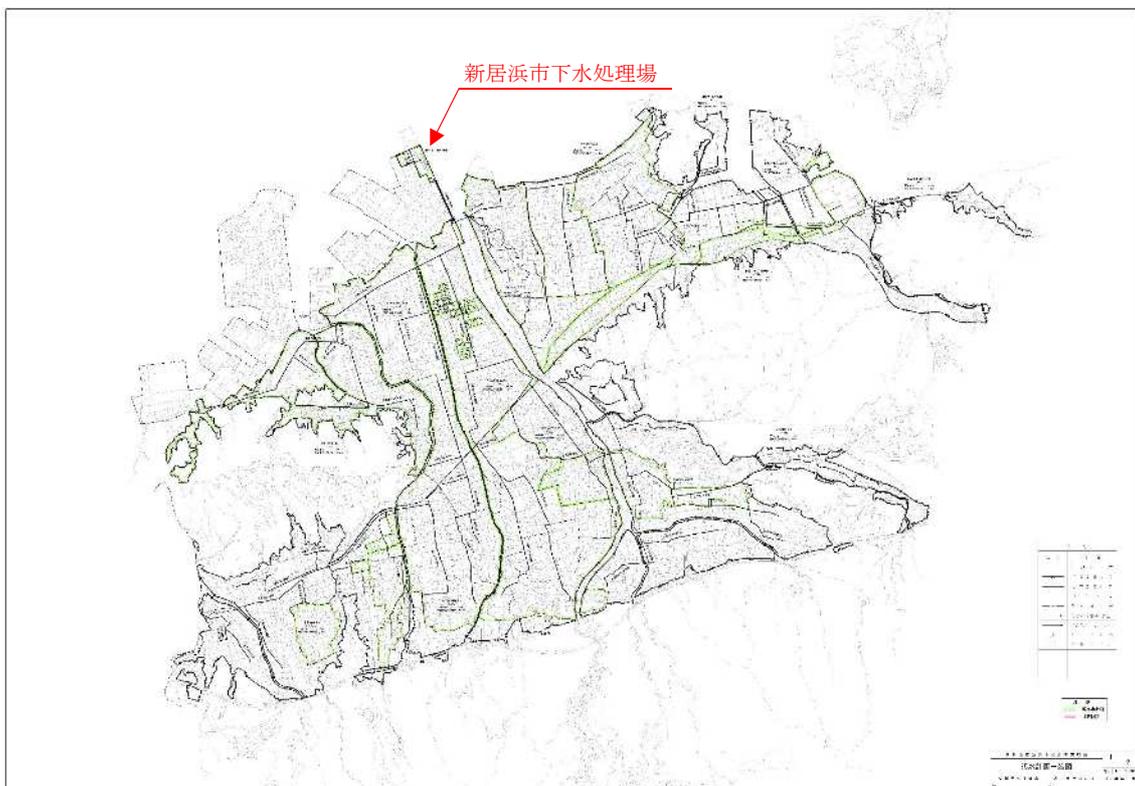


図 2.2 下水道計画一般平面図

(2) 施設概要

【処理場】

a)新居浜市下水処理場

- (イ) 供用開始年月日 昭和 55 年 3 月
- (ロ) 名 称 新居浜市下水処理場
- (ハ) 位 置 愛媛県新居浜市菊本二丁目地先
- (ニ) 排除方式 分流式
- (ホ) 処理方式 汚水：標準活性汚泥法、
凝集剤添加型ステップ流入二段循環硝化脱窒素法
汚泥：濃縮－消化－脱水－場外搬出
- (ヘ) 能 力 全体能力 51,400m³/日（日最大）
今回対象施設：汚泥処理工程（消化工程以降）
- (ト) 放流先名称 燧灘

b)処理施設の概要

表 2.2 下水処理場概要

施設名称	個数			構 造	運 転 条 件 (認可計画)	備 考
	全体	事業	既設			
沈砂池	3 池	2 池	2 池	巾 4.95m×長 5.2m×水深 3.4m 有効水面積：51.48m ² /池	水面積負荷：1,330m ³ /m ² ・日 滞留時間：216.7 秒	
最初沈殿池	7 池	3 池	6 池	巾 10.8m×長 39.0m×水深 3.1m 有効水面積：421m ² /池 有効容量：1,306m ³ /池	水面積負荷：37.4m ³ /m ² ・日 滞留時間：1.99 時間	既設 2 池 設備無
エアレーションタンク	標準法	-	2 池	巾 5.2m×長 158.0m×水深 4.6m 有効容量：3,697m ³ /池	HRT：8.0 時間	
	高度処理	8 池	3 池	4 池	巾 10.8m×長 79.0m×水深 4.6m 有効容量：3,847m ³ /池 各槽容積比： A：O：A：O=1：1.5：1.5：2.25	HRT：11.1 時間
最終沈殿池	8 池	5 池	6 池	巾 10.8m×長 45.0m×水深 3.0m 有効水面積：486m ² /池 有効容量：1,458m ³ /池	水面積負荷：19.4m ³ /m ² ・日 滞留時間：3.7 時間	既設 1 池 設備無

塩素滅菌	2 池	1 池	1 池	巾 1.4m×長 354.0m×水深 1.5m 有効容量：743.4 m ³ /池 将来 1 池増設： 巾 1.4m×長 102.6.0m×水深 1.5m 有効容量：215.5 m ³ /池	接触時間：22.7 分	
重力濃縮槽	2 槽	2 槽	2 槽	内径 11.5m×水深 4.0m 有効水面積：103.9m ² /槽 有効容量：415.6m ³ /槽	固形物負荷：42.0m ³ /m ² ・日 滞留時間：45.6 時間	既設 1 池 設備無
機械濃縮 (常圧浮上濃縮)	2 基	1 基	1 基	25kg-DS/m ² ・時×浮上面積 10m ² 将来 1 基増設： 25kg-DS/m ² ・時×浮上面積 4m ²	面積負荷：21.5kg-DS/m ² ・時	
汚泥消化槽 (単段消化) (中温 35 度)	4 槽	3 槽	2 槽	内径 16.0m×側深 8.5m 有効容量：1,709 m ³ /槽 将来 2 槽増設： 卵形 有効容量：2,000 m ³ /槽	消化日数：22 日	
ガスタンク	2 基	1 基	1 基	内径 18.7m×高 8.4m 有効容量：2,000m ³ /基	貯留時間：12 時間	
脱水設備 (スクレープレス) (ベルトプレス)	3 台 -	2 台 -	1 台 1 台	φ 1,000mm(350kg-DS/時) ケーキ含水率：82%	週 5 日運転 運転時間：10.5 時間/日	

c)処理フロー

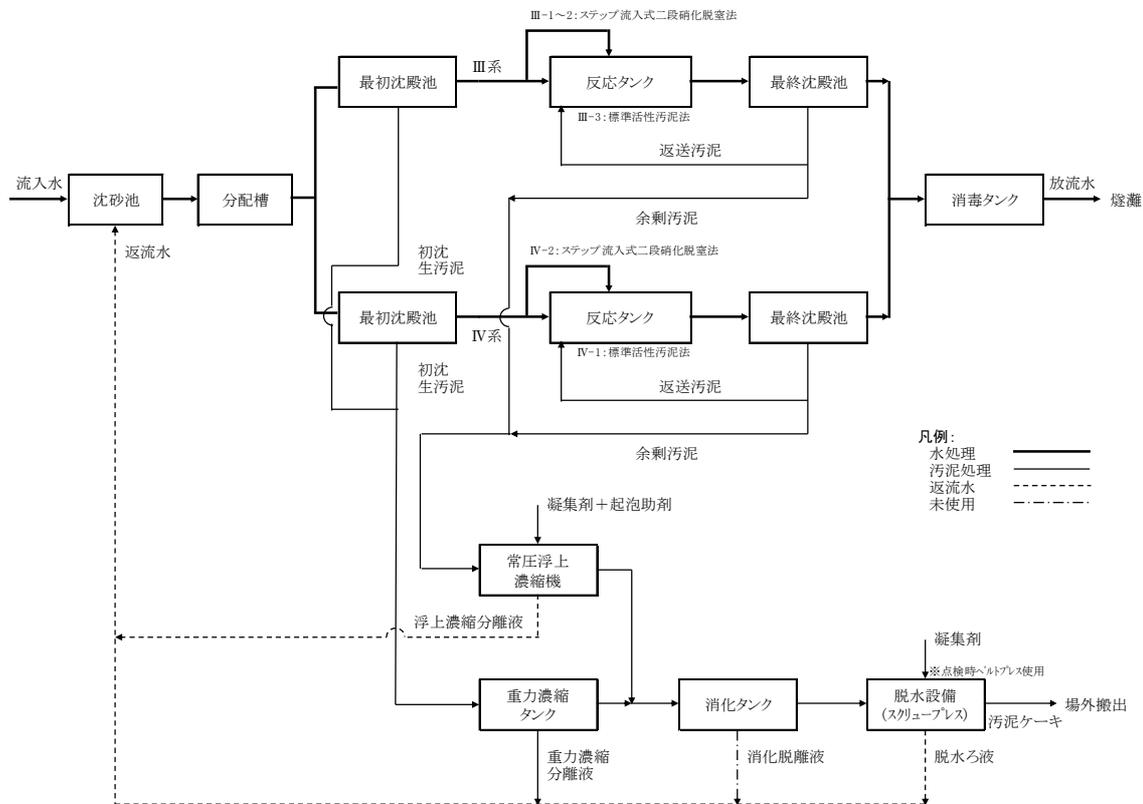
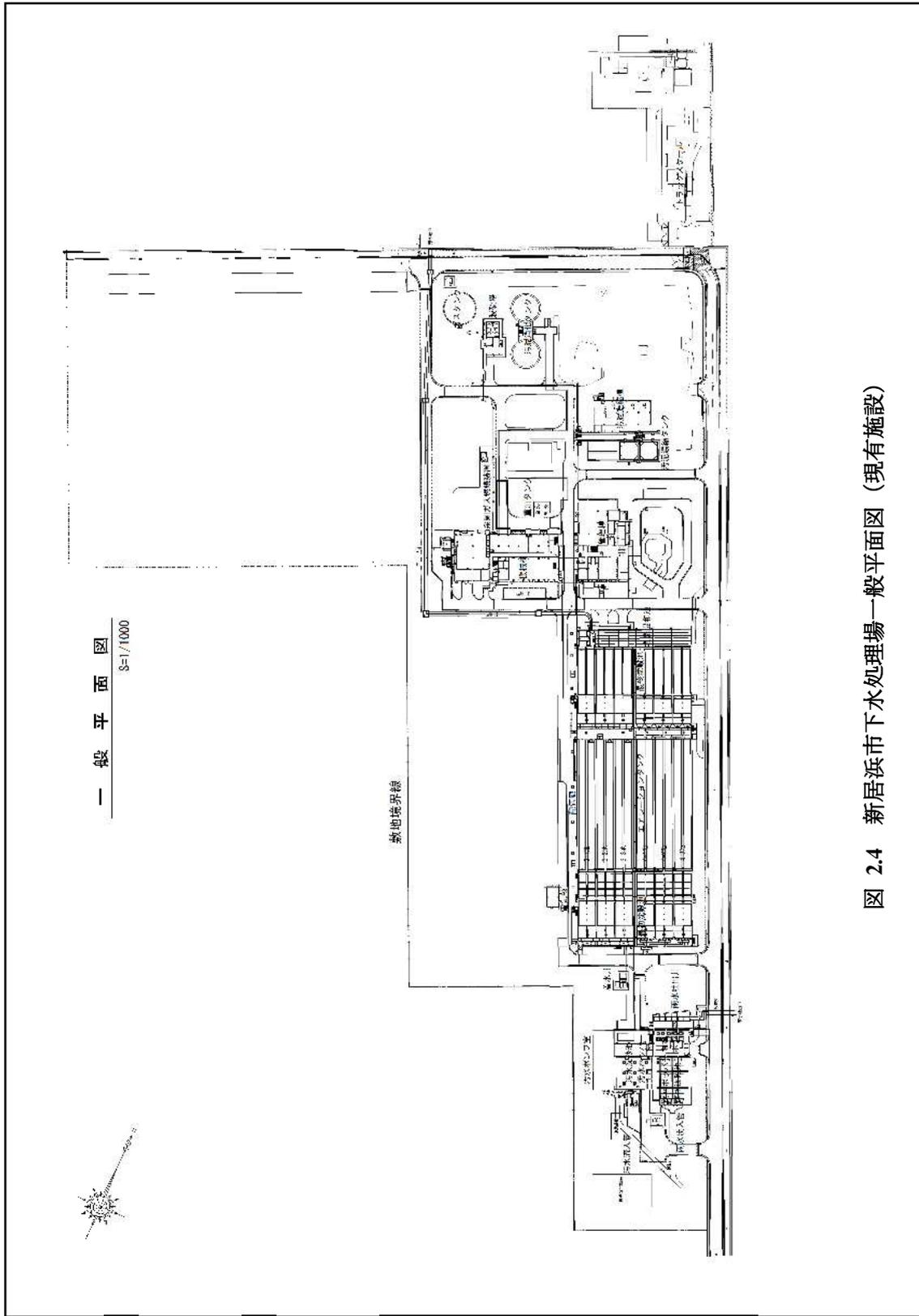


図 2.3 水処理及び汚泥処理フロー

なお、今後し尿浄化槽の投入が予定されているが、投入に当たっては初沈汚泥と混合槽にて混合されたのち機械濃縮工程を経て処理を行う予定である。



2.2 事業発案に至った経緯・課題

①新居浜市公共下水道事業が抱えている課題

新居浜市公共下水道事業が抱えている課題について、以下に整理する。

(1) 人口減少等による事業料収入の減少

全国の自治体と同様、新居浜市でも行政人口が漸減傾向を続けており、その速度は近年急速に伸びつつある。その一方、世帯数は増加傾向にあり、核家族化が進行している状況である。

現在、水洗化人口は200～500名/年増加傾向となっているが、行政人口の減少に合わせ既整備区域人口が減少し、水洗化人口そのものが減ることが想定される。このことにより、事業料収入が減少し、厳しい財政状況となることが予想される。

表 2.3 行政人口・世帯数の推移

年度	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
行政人口（人）	125,765	125,256	124,880	124,990	124,183	123,330	122,347	121,637	120,915	119,893
世帯数（戸）	55,887	56,112	56,469	57,074	57,113	57,159	57,144	57,361	57,565	57,621
一戸当たり人員（人/戸）	2.25	2.23	2.21	2.19	2.17	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08

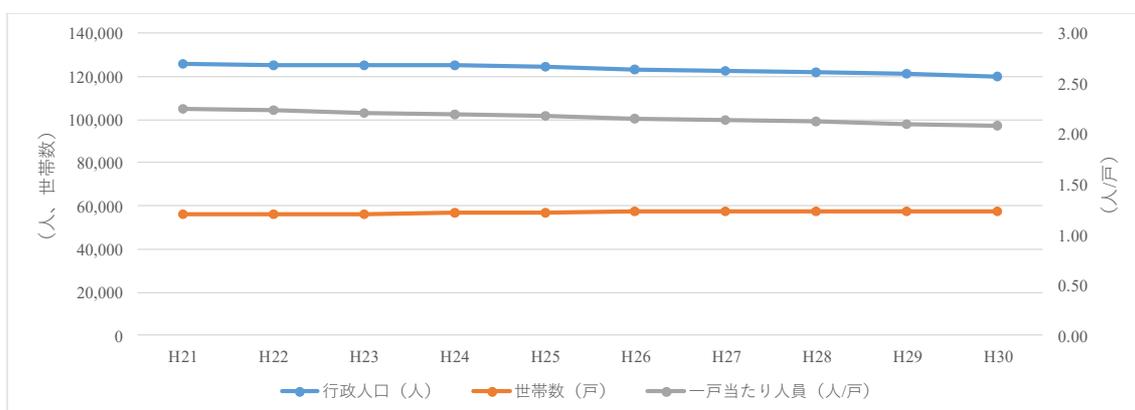


図 2.5 行政人口・世帯数の推移

(2) 老朽化対策等による支出の増加

本市では、令和元年より本処理場のストックマネジメント計画を策定中である。

目標耐用年数で単純更新した場合の年度別事業費を下図に示す。この結果、今後 50 年間に必要な事業費は本処理場のみで 58 億円程度必要となる。これに合わせて面整備管路の整備や改築更新、ポンプ場の改築更新等の費用が重なり支出は増加する傾向にある。

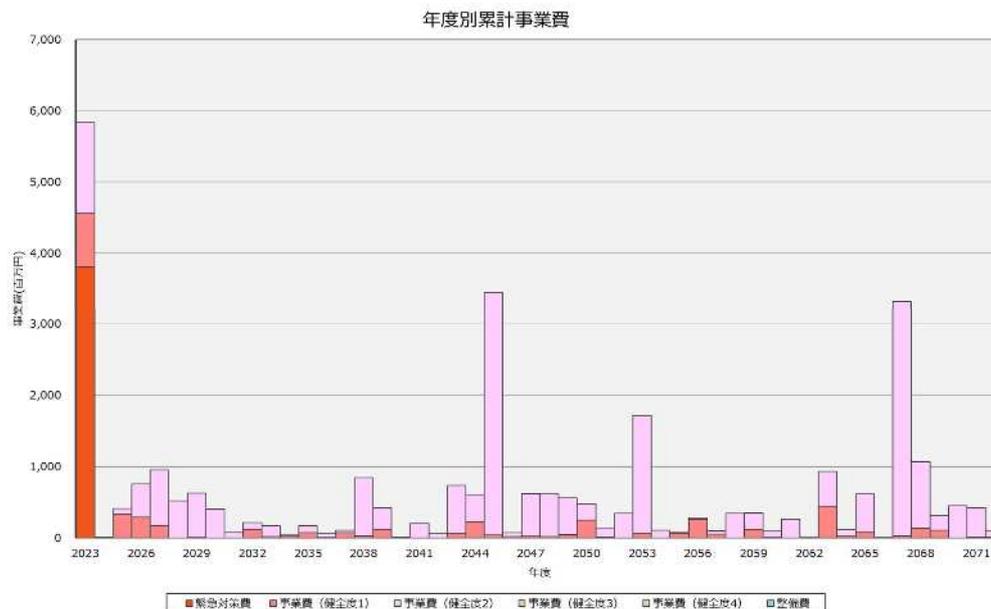


図 2.6 改築事業【目標耐用年数】(新居浜市下水処理場)

(3) 民間企業とのガス有効利用の契約満了に伴う新たな資源有効利用

新居浜市では、平成 19 年度に独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO 技術開発機構) の補助金を用い、下水処理場において発生する消化ガスを火力発電所 (住友共同電力株式会社新居浜市東火力発電所) の燃料として使用することにより、エネルギーの有効利用及び二酸化炭素の排出量の削減を図ることを目的に事業を着手した。

また、現契約満了後の事業方針について新たな資源有効活用を図り、より収益増につながる検討 (消化ガスの有効利用、ガス売却等) が急務である。

(4) 災害に伴う鉄道網寸断による汚泥処分先の確保

平成 30 年 7 月の西日本豪雨により西日本を中心に大規模な被災が発生した。特に交通インフラについては、橋の流失や線路への土砂流入、冠水などの被害により四国から本州 (山口県) への鉄道網が寸断され、さらに被害規模が大きく再開の見通しが立たない状況であった。本処理場の脱水汚泥の約 6 割以上を鉄道により山口県宇部市まで搬送していたことにより、早急な処分先の確保が必要となった。

②課題への対策としてこれまで実施している施策や調査等

本市では、平成20年度より本処理場の消化ガスの一部を民間企業に売却し、地域への有効活用を図っている。この民間企業との契約が令和4年までとなっており、契約満了後について新たな消化ガスの活用手法を模索するにあたり、民間事業者の技術を利用したガスの活用検討を進めており、数社と対話を実施して高い関心が得られている状況である。

表 2.4 これまで実施している施策及び関連調査等

年 月	内 容
平成19年10月	余剰消化ガス有効利用による省エネルギー事業着手
平成20年4月	送ガス事業開始（住友共同電力(株)、住共エンジニアリング(株)、新居浜市の3者連携事業）新居浜東火力発電所
平成26年5月	バイオマス利活用構想検討 （生ごみを下水処理場へ投入検討、消化ガス量増）
平成28年8月	衛生センター廃止に伴う統廃合検討（し尿・浄化槽投入検討） （消化ガス量増）
平成29年～	民間提案（消化ガス利用、ごみ焼却場への脱水汚泥投入など）
平成30年～	愛媛県汚水処理事業広域化・共同化検討会参加
平成30年9月	ストックマネジメント基本計画（簡易版）策定
令和元年7月～	ストックマネジメント計画調査開始（処理場、ポンプ場、管路） （施設・設備の点検、調査及び改築事業量検討）
令和元年8月	本事業による情報整備
令和2年～	愛媛県及び東予地域自治体による汚泥処理共同化検討会議参加

③官民連携事業の必要性

本事業は、消化ガスの有効利用及び再構築事業を対象とした官民連携事業を検討するにあたり、汚泥量・性状の現状や施設情報を整理し、民間企業のノウハウを効率的で効果的な施設計画が可能であるか、電気事業者への乾燥汚泥に関する引き取りのヒアリングを実施し、課題等を整理し、今後のマーケットサウンディングに向けた基礎資料整理を行うために必要である。

なお、再構築と消化ガスの有効利用を一体化したという観点から先進的であり、今後、増加する再構築事業等に活用できるものである。

2.3 検討体制の整備

① 庁内の検討体制

本市の下水道事業における官民連携導入については、特に重要な施策と位置づけ、上下水道局下水道建設課が主体となり、参与（市長特命）、企画部（総合政策課、財政課）、経済部（産業振興課）、上下水道局（企業総務課、企業経営課、下水処理場）で検討メンバーを構成した。

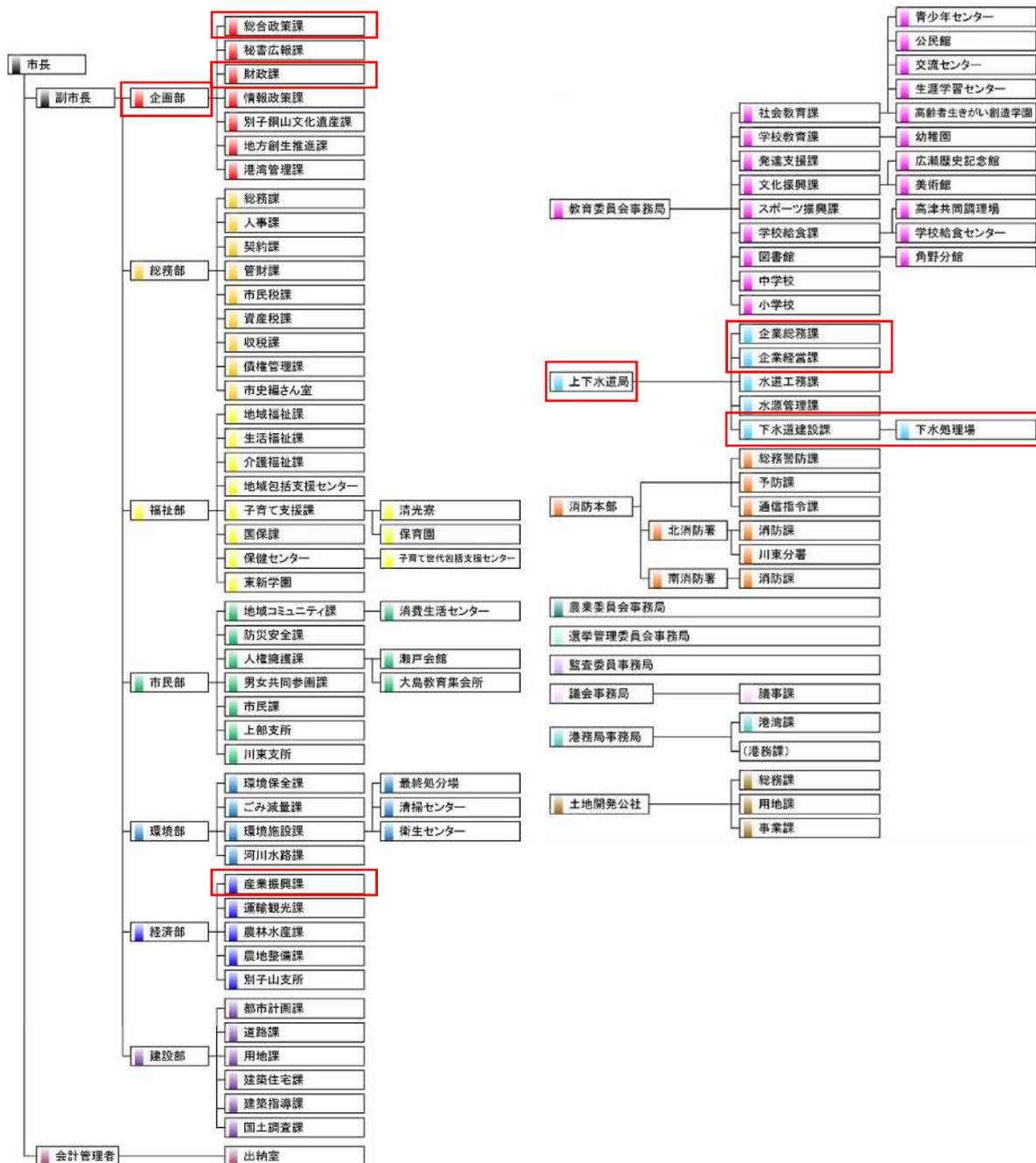


図 2.7 新居浜市の組織図

②民間の関係者との協力体制

民間の関係者との協力体制としては、既に消化ガスの供給事業先である住友共同電力株式会社、住共エンジニアリング株式会社をはじめとして連携を図っている。本市は、中国四国屈指の臨海工業都市であり、本処理場の周辺には、住友化学株式会社愛媛工場に隣接し、燧灘沿岸には、住友化学株式会社をはじめ各種工場が立地するとともに、住友共同電力株式会社、四国電力株式会社の火力発電所が立地する。

このため、日常的に民間の関係者との協力体制は十分に形成できている。

3. 基本情報の整理

民間事業者へのマーケットサウンディングのための基礎情報について整理する。基礎情報の整理項目及び内容について以下に示す。

表 3.1 基本情報の整理項目及び内容

項目	内 容
1) 稼働状況の整理	
(1) 現況	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流入水量（日最大流入水量） ・ 流入水質（BOD、COD、SS、T-N、T-P） ・ 放流水質（BOD、COD、SS、T-N、T-P） ・ 濃縮工程 重力濃縮（汚泥量、汚泥濃度、固形物回収率） 機械濃縮（汚泥量、汚泥濃度、固形物回収率） ・ 消化工程 （投入量、ガス発生量、ガス利用量、投入量、消化温度、消化率、汚泥濃度、固形物量、引抜量） ・ 脱水工程 （供給汚泥量、供給汚泥濃度、供給固形物量、ケーキ量、ケーキ固形物量、ケーキ含水率、固形物回収率） ・ 最終処分 処分形態別（最終処分量） ・ 乾燥汚泥 （発熱量、灰分、重金属等の各種成分分析）
(2) 将来の稼働予測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流入水量 ・ し尿、浄化槽汚泥投入量 ・ 発生ガス量、発生汚泥量
2) 施設情報の把握	
(1) 施設情報の整理	<p>汚泥処理施設における各施設に対して、現地にて施設の有無、利用状況、劣化状況等について調査確認を実施の上、調査結果を整理。</p>

(2) 流入水質

流入水質はいずれも計画値を下回る傾向を示している。一方、返流水の影響を受けた初沈流入水は、特に T-N、T-P について流入水より高い状況が見られる。

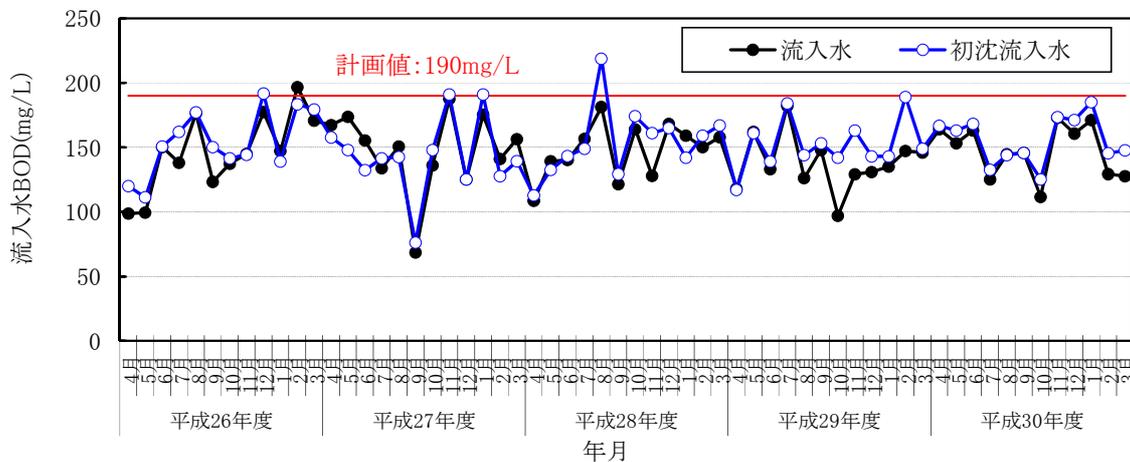


図 3.2 BOD の推移 (流入)

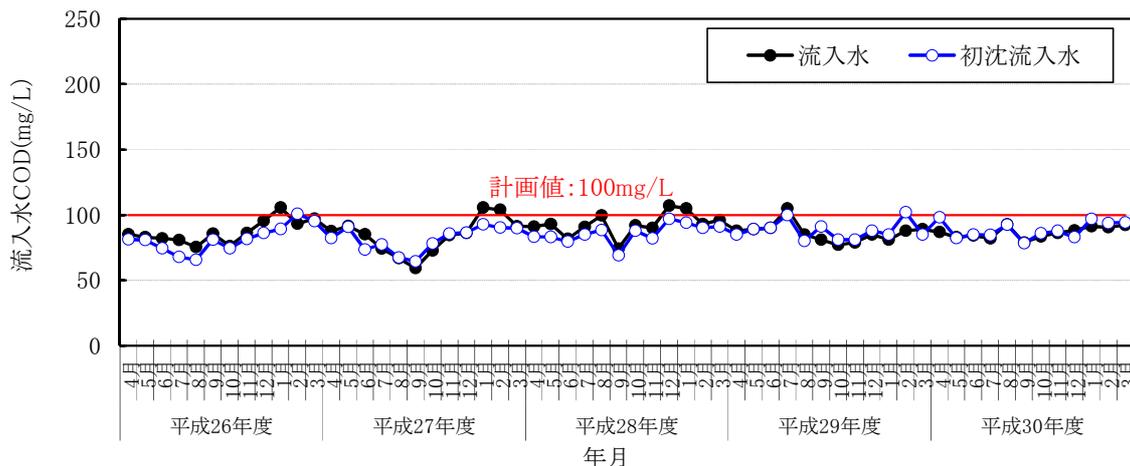


図 3.3 COD の推移 (流入)

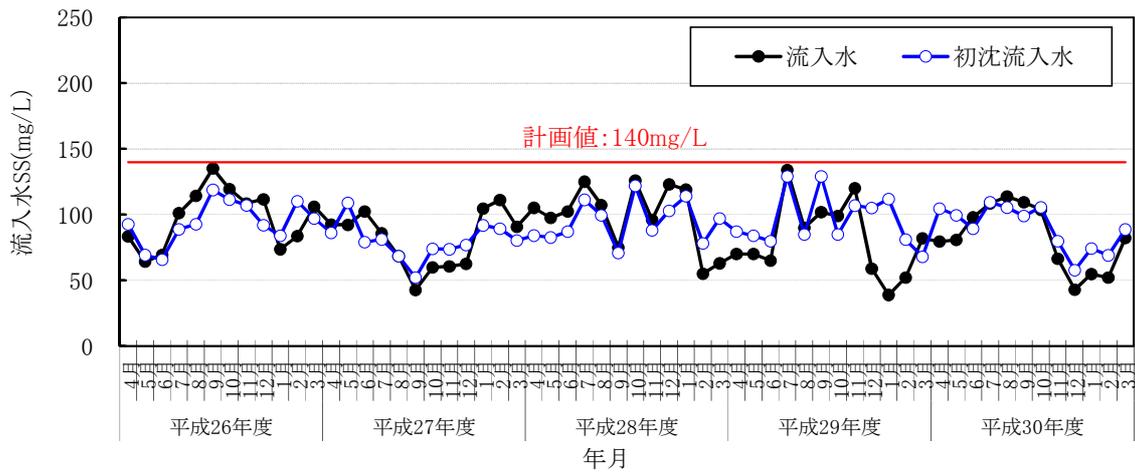


図 3.4 SS の推移 (流入)

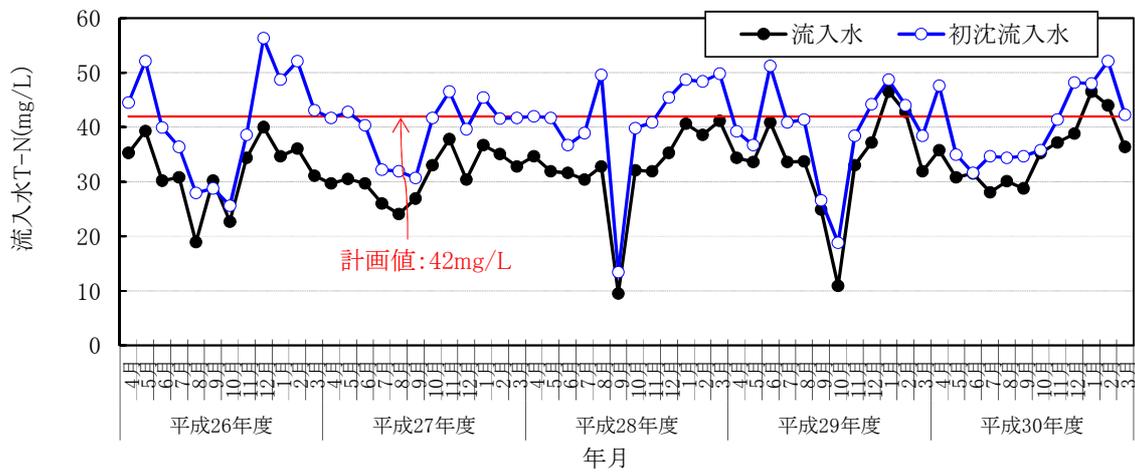


図 3.5 T-N の推移 (流入)

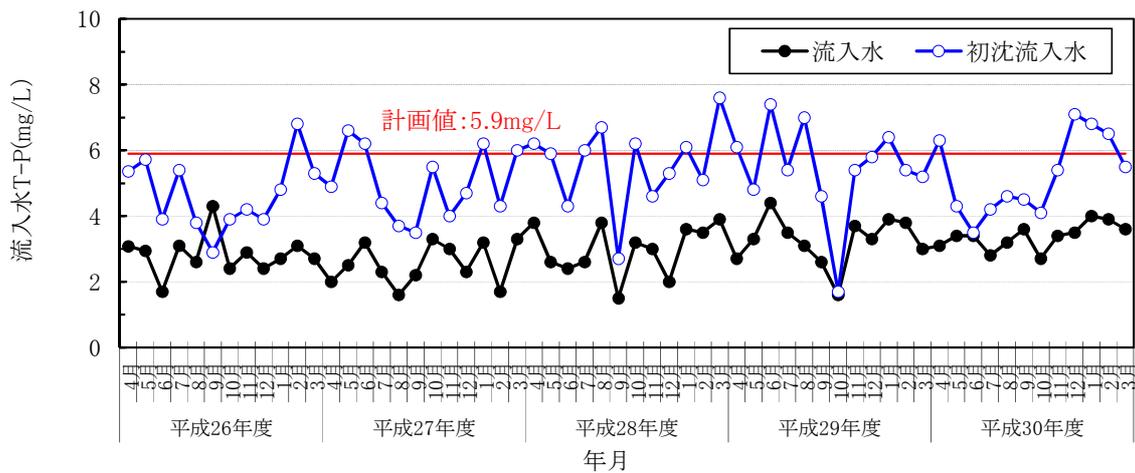


図 3.6 T-P の推移 (流入)

(3) 放流水質

各種水質項目について計画値を下回り、安定した処理が行われている。

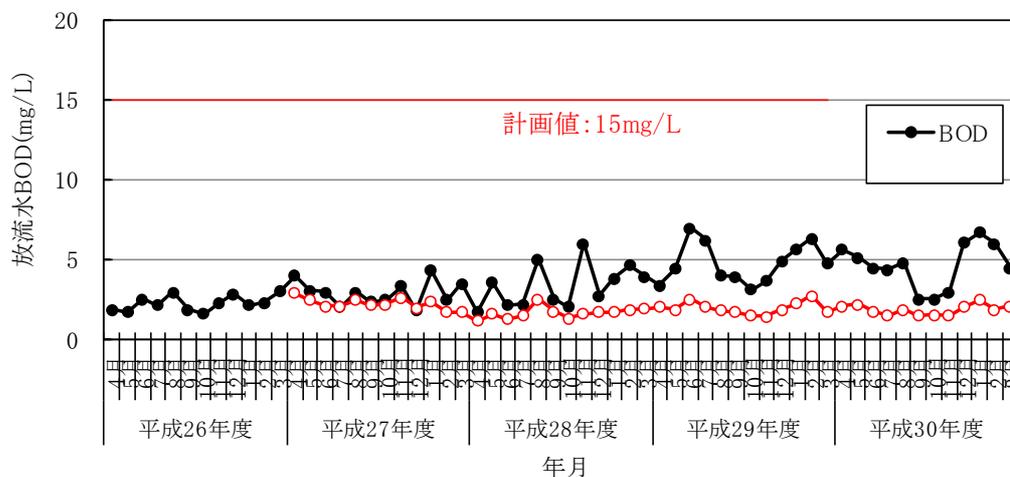


図 3.7 BOD の推移 (放流)

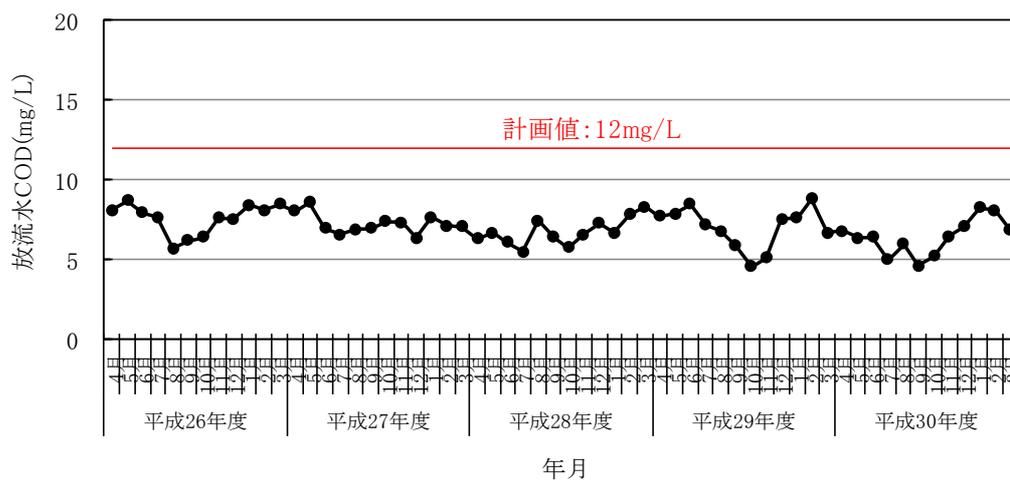


図 3.8 COD の推移 (放流)

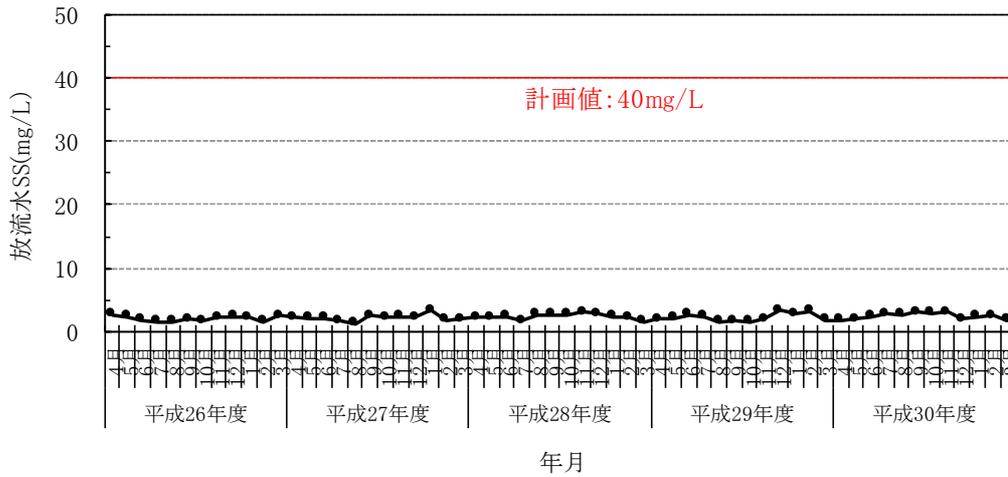


図 3.9 SS の推移 (放流)

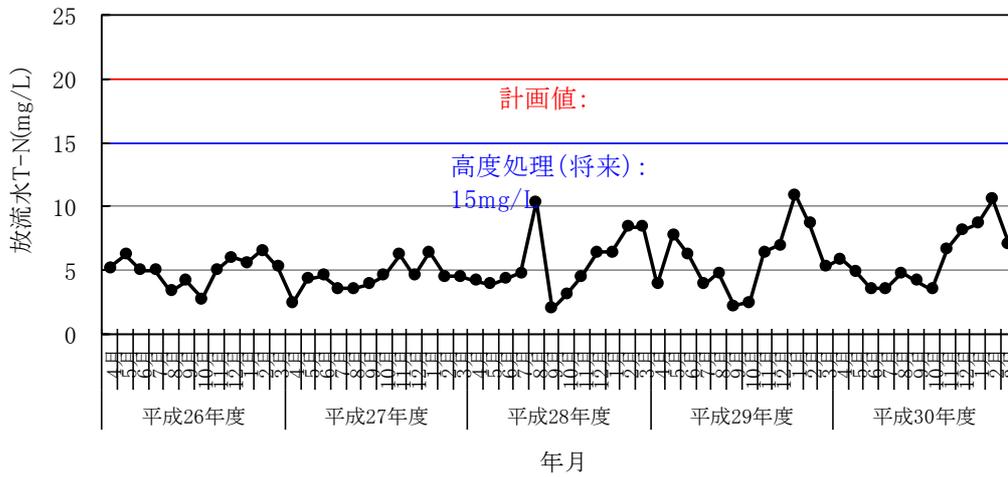


図 3.10 T-N の推移 (放流)

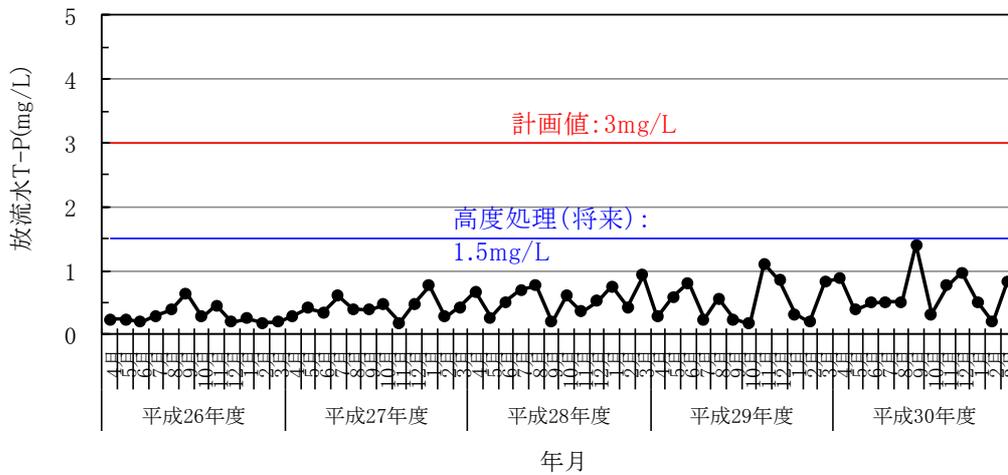


図 3.11 T-P の推移 (放流)

(4) 濃縮汚泥量（重力濃縮槽）

本処理場の重力濃縮槽は、平成 27 年 11 月から最初沈殿池から発生する余剰汚泥に対して処理を再稼働した。最初沈殿池からの供給汚泥量は平均 136m³/日（120m³/日～148m³/日）、濃縮汚泥量は平均 49m³/日（40m³/日～73m³/日）である。多少の変動はあるものの横ばいである。また、濃縮汚泥濃度は平均 3.0%（2.4%～4.0%）であり、一般値の範囲内であった。固形物回収率は、平均 97%（94%～98%）であり、維持管理基準の 90%より高い水準である。

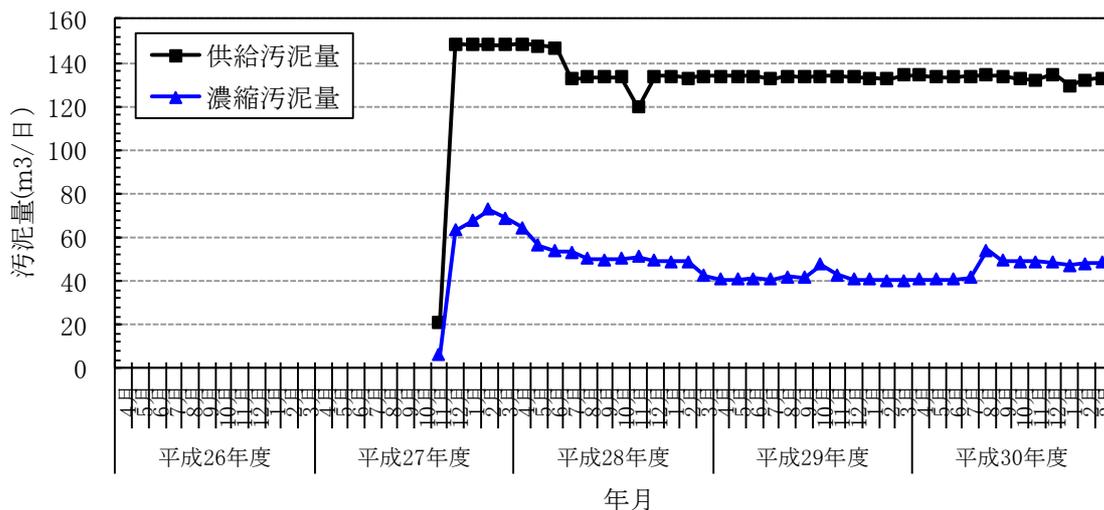


図 3.12 重力濃縮槽の運転状況（供給・濃縮汚泥量）

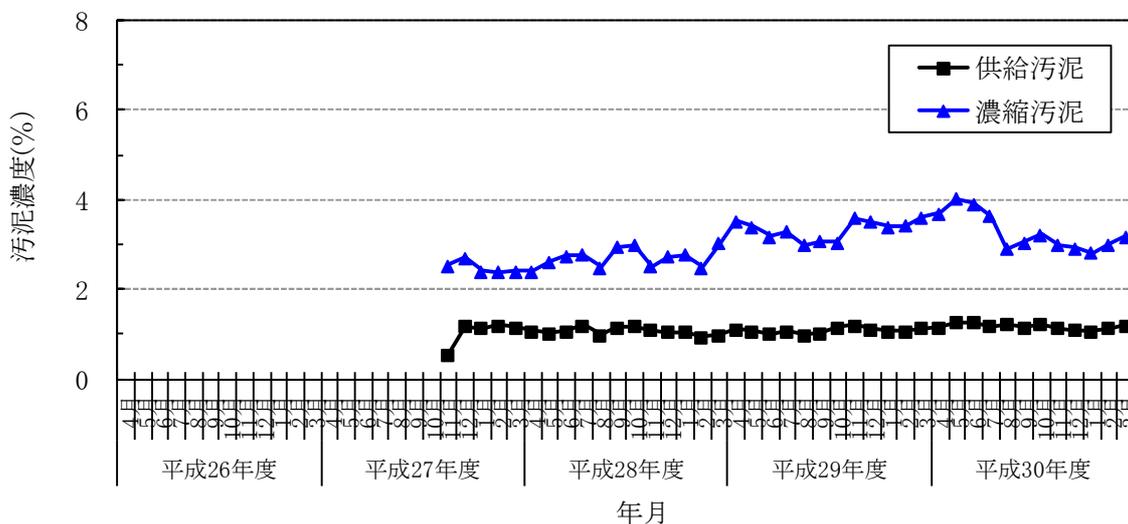


図 3.13 重力濃縮槽の運転状況（汚泥濃度）

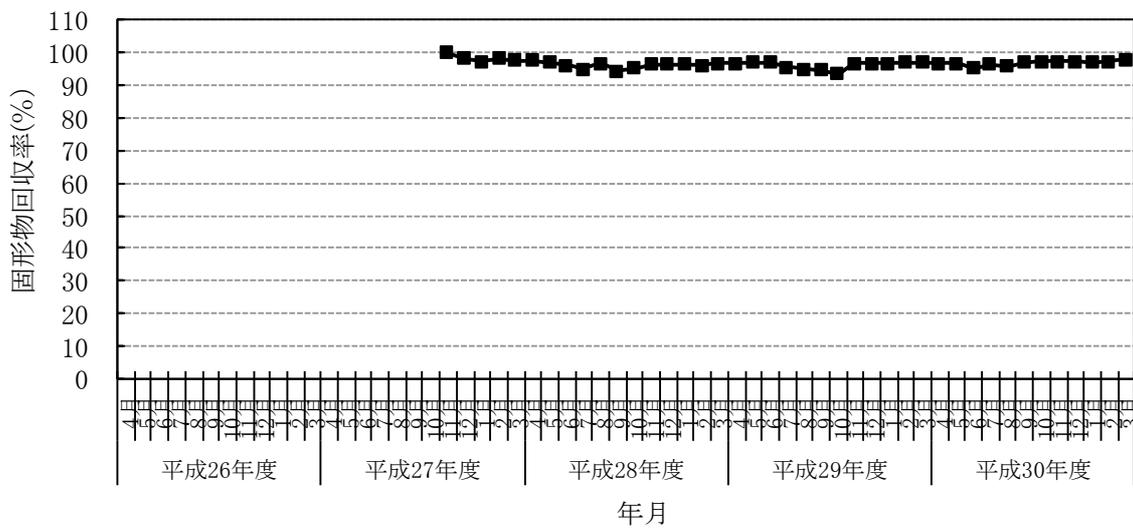


図 3.14 重力濃縮槽の運転状況（固形物回収率）

(5) 濃縮汚泥量（機械濃縮）

本処理場の機械濃縮は常圧浮上方式が採用されている。最初沈殿池からの汚泥引抜に伴い、供給汚泥量は平均 704m³/日（H26.4～H27.10）から 558m³/日（H27.11～H30.3）に低下した。濃縮汚泥量も同様に 85m³/日から 67m³/日に低下している。運転切替以降の推移は、供給、濃縮汚泥ともに概ね横ばい状況である。

また、運転切替以降の濃縮汚泥濃度は平均 4.5%（4.0%～4.7%）であり、標準値の範囲内であった。固形物回収率は平均 96%であり、維持管理基準の 95%より高い水準である。

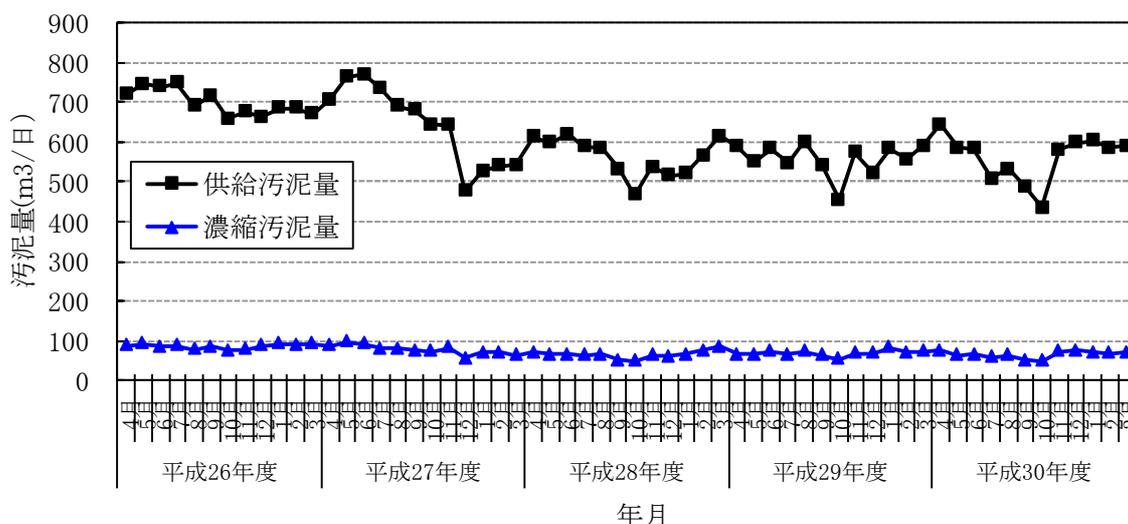


図 3.15 機械濃縮の運転状況（供給・濃縮汚泥量）

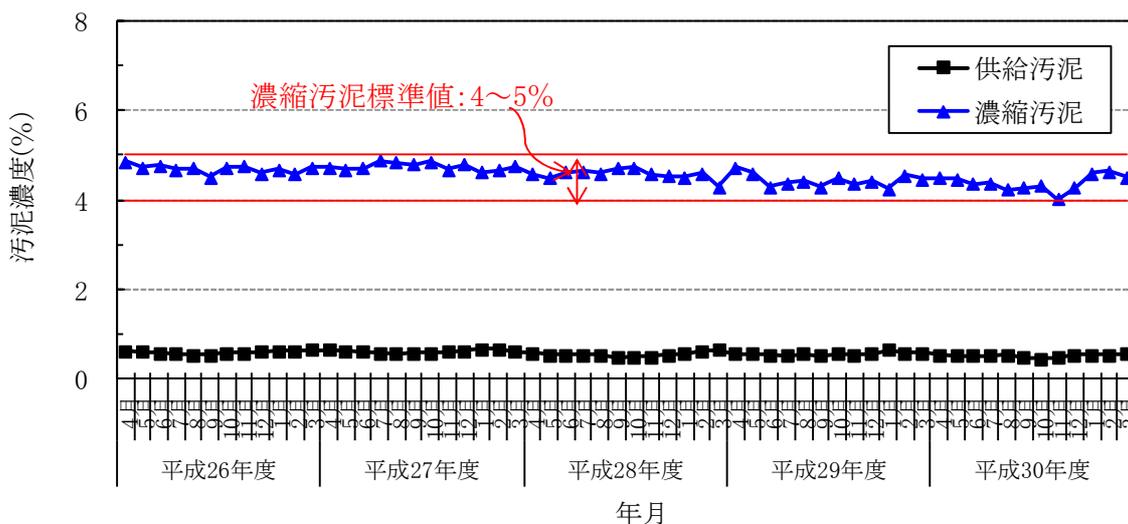


図 3.16 機械濃縮の運転状況（汚泥濃度）

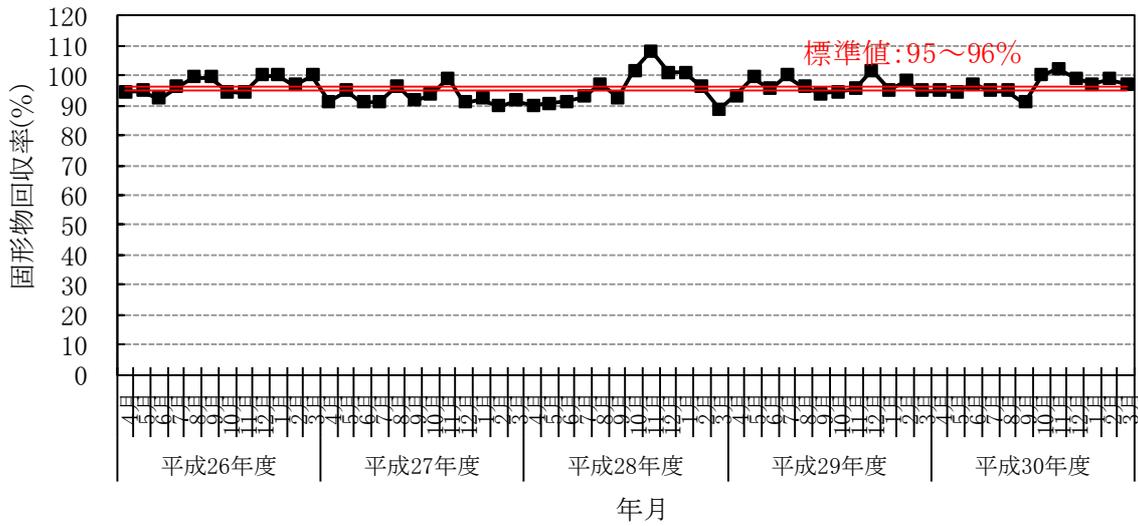


図 3.17 機械濃縮の運転状況 (固形物回収率)

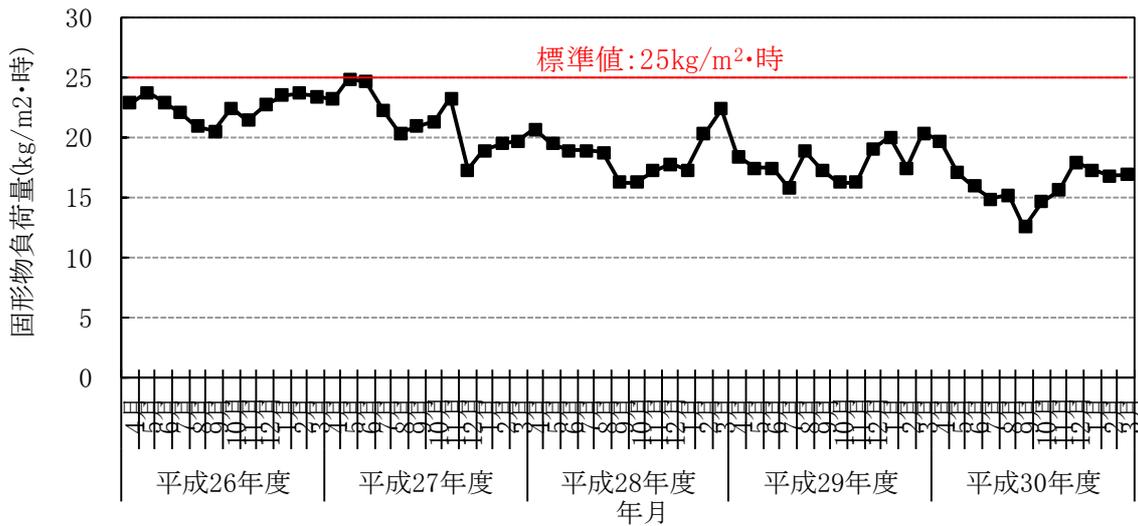


図 3.18 機械濃縮の運転状況 (固形物負荷)

(6) 汚泥消化槽

汚泥消化工程では、嫌気性加温式単段消化運転が行なわれている。最初沈殿池からの汚泥引抜再開を境に、汚泥投入量は平均で $85\text{m}^3/\text{日}$ から $114\text{m}^3/\text{日}$ に増加した。同様に発生ガス量も平均で約 $1,300\text{Nm}^3/\text{日}$ から約 $1,700\text{Nm}^3/\text{日}$ と増加を示している。

一方で、発生した消化ガスは一定量がタンク加温のために用いられ、余剰分を住友共同電力へ送り有効活用されている。加温に用いるガス量は季節によりその利用量は異なり夏季に少なく冬季に多いが、毎年同じ傾向を示しており約 $300\sim 700\text{Nm}^3/\text{日}$ の利用状況である。

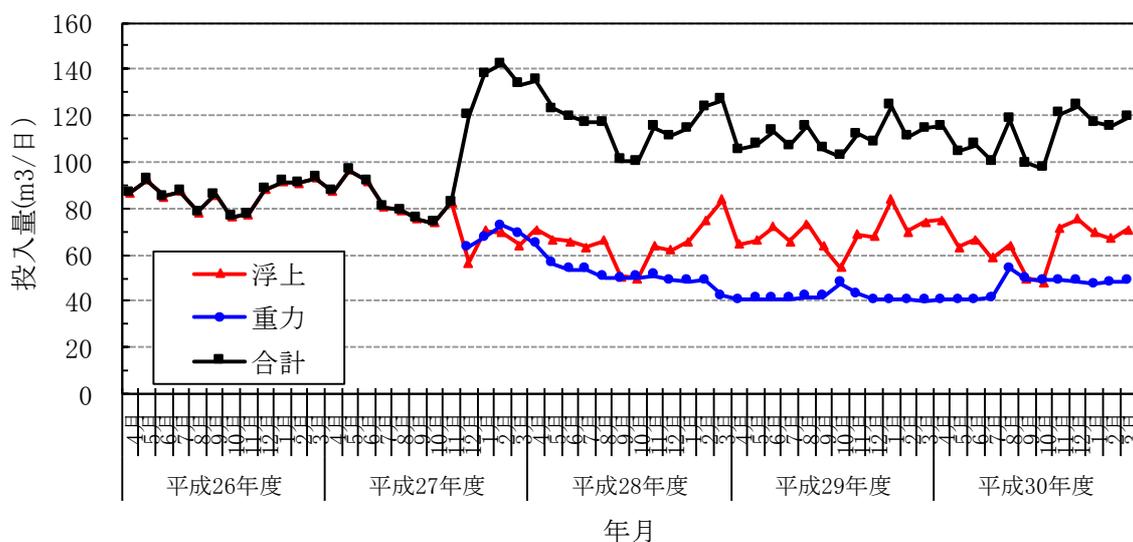


図 3.19 投入量の推移 (消化タンク)

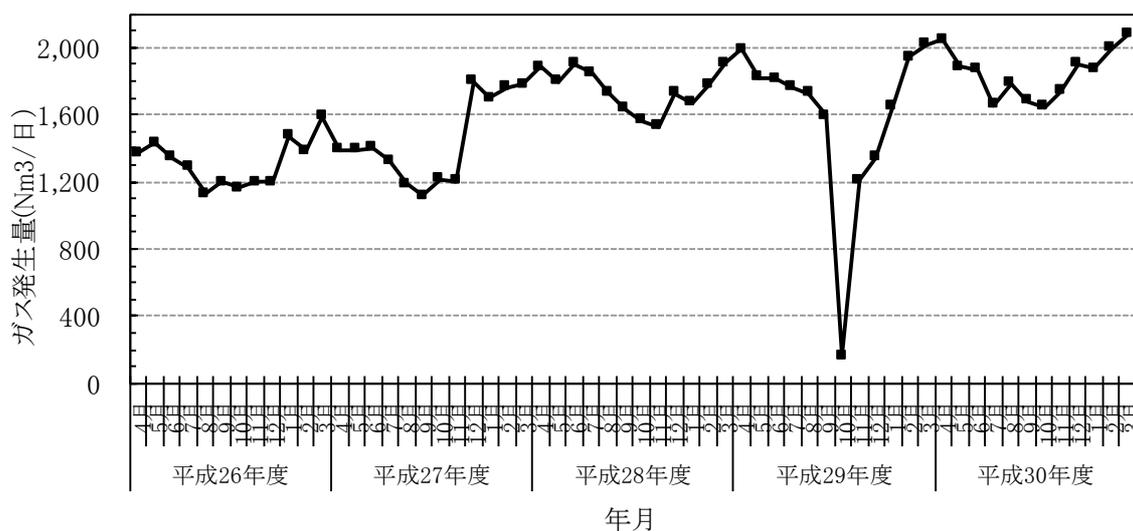


図 3.20 ガス発生量の推移 (消化タンク)

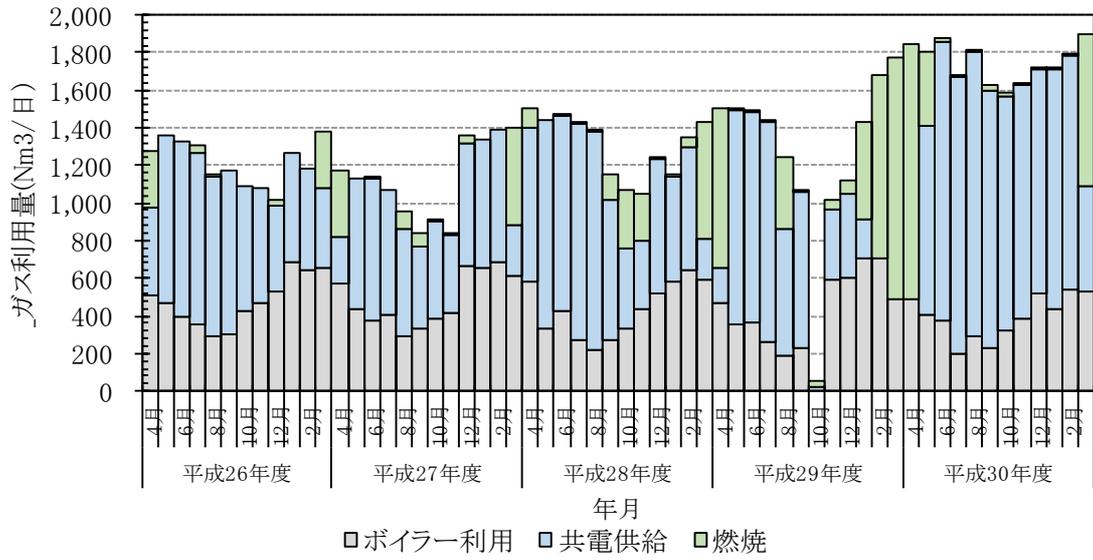


図 3.21 ガス利用量の推移 (消化タンク)

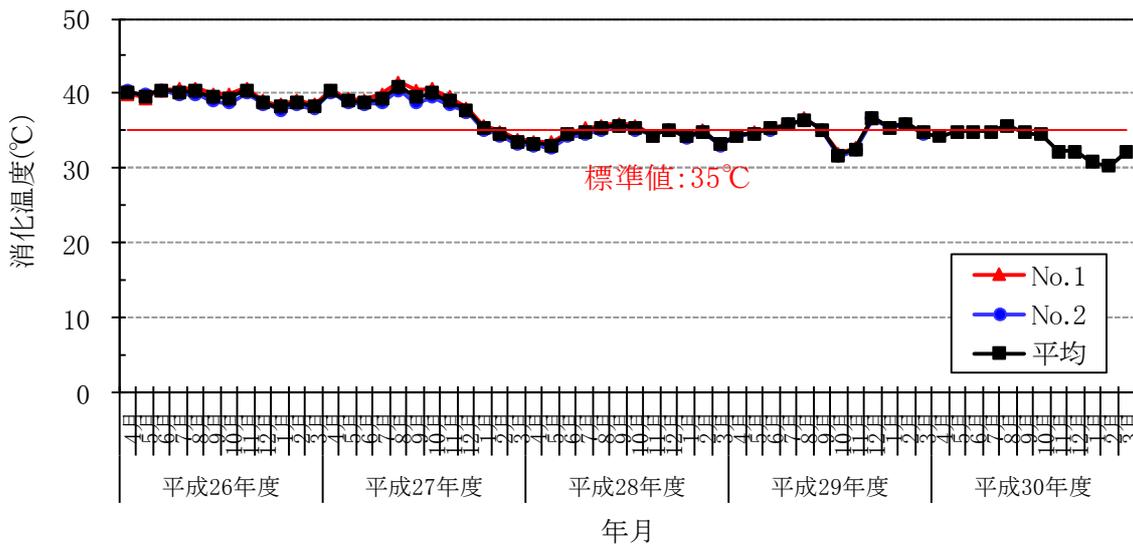


図 3.22 消化温度の推移

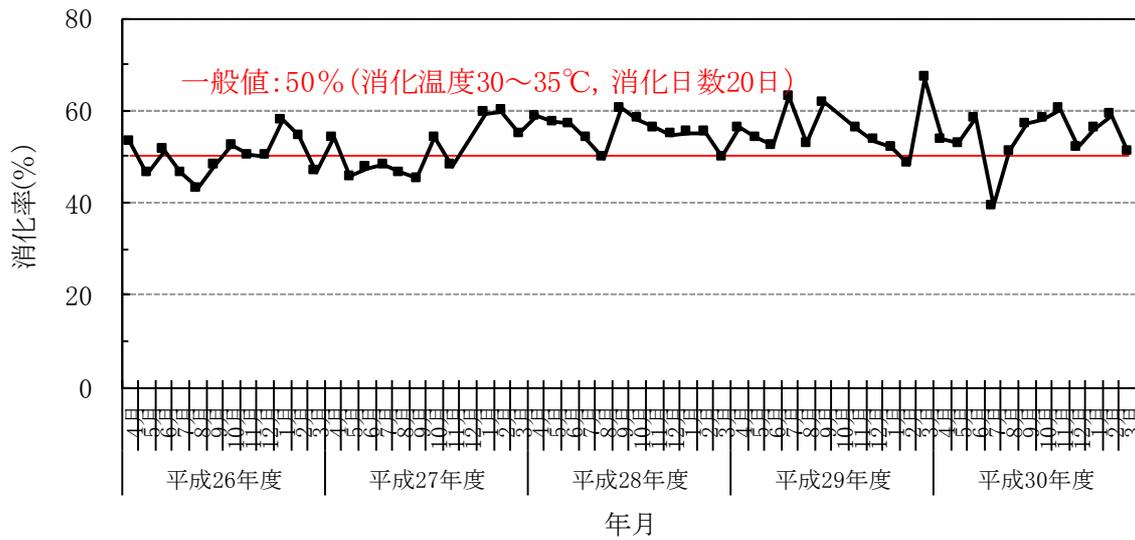


図 3.23 消化率の推移

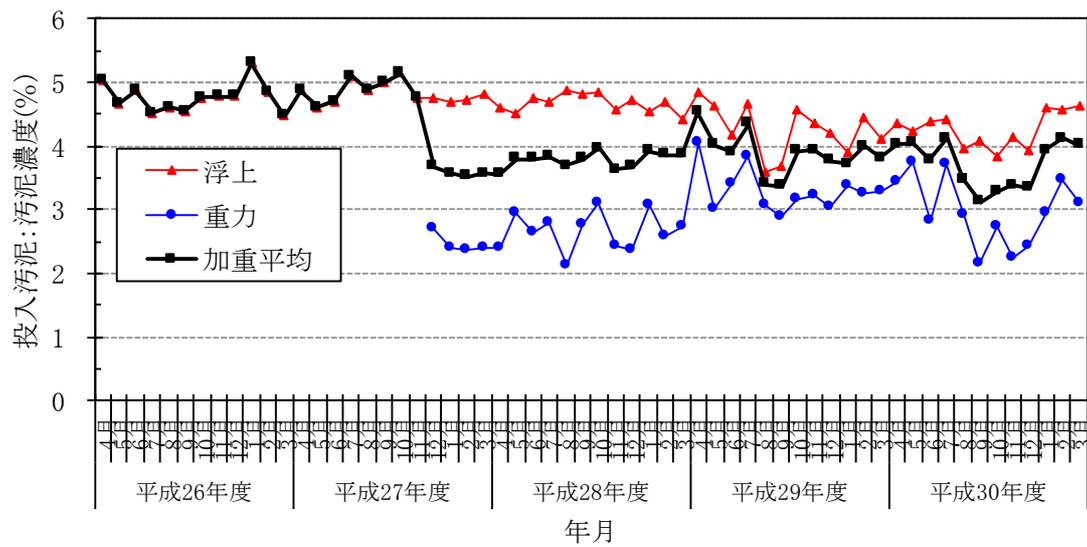


図 3.24 投入汚泥濃度の推移

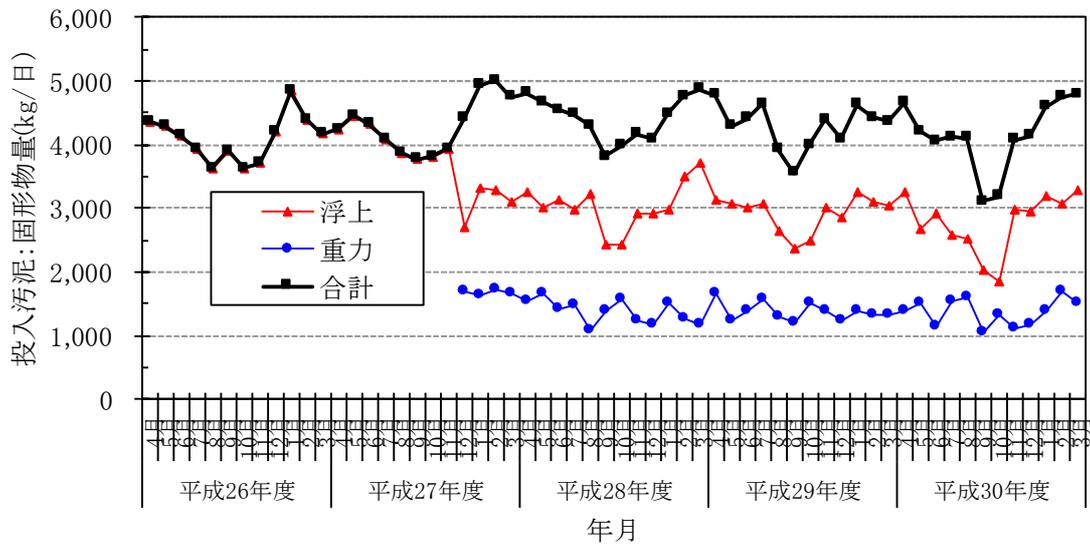


図 3.25 投入汚泥固形物量の推移

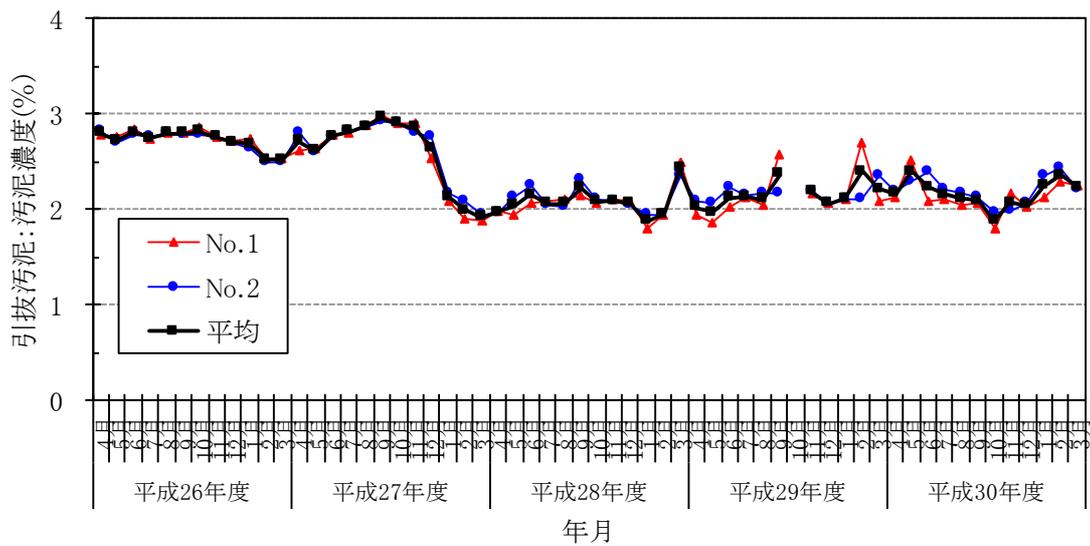


図 3.26 引抜汚泥濃度の推移

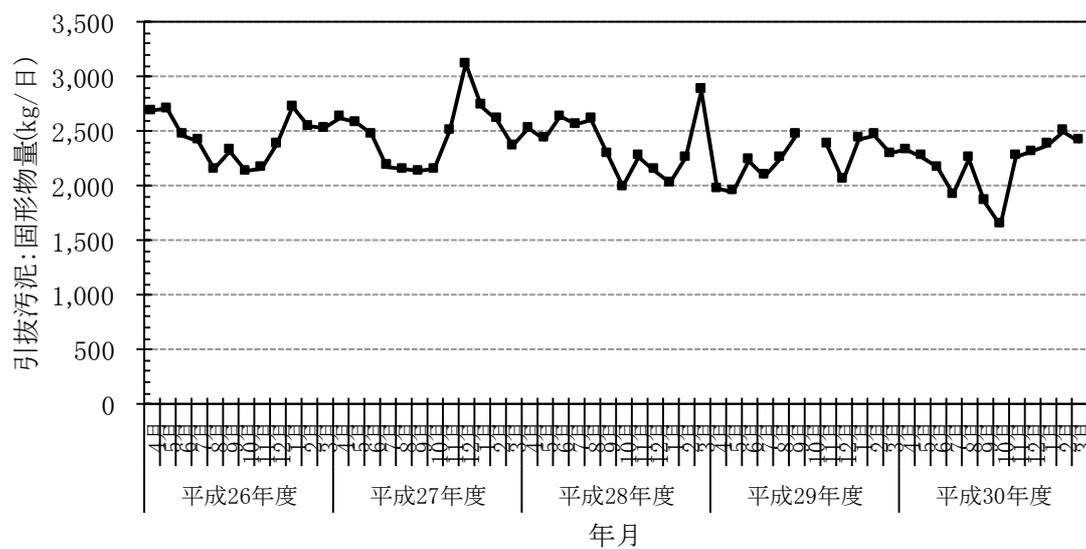


図 3.27 引抜汚泥固形物量の推移

(7) 汚泥脱水機

本処理場の脱水機は、スクリープレス型脱水機とベルトプレス型脱水機の 2 機種がそれぞれ 1 台設置されている。

脱水汚泥の供給汚泥量は、最初沈殿池からの汚泥引抜再開を境に、平均で 91m³/日から 120m³/日に増加した。一方で、脱水後のケーキ量については汚泥引抜再開前後で大きな変動はなく、概ね横ばい傾向を示している。

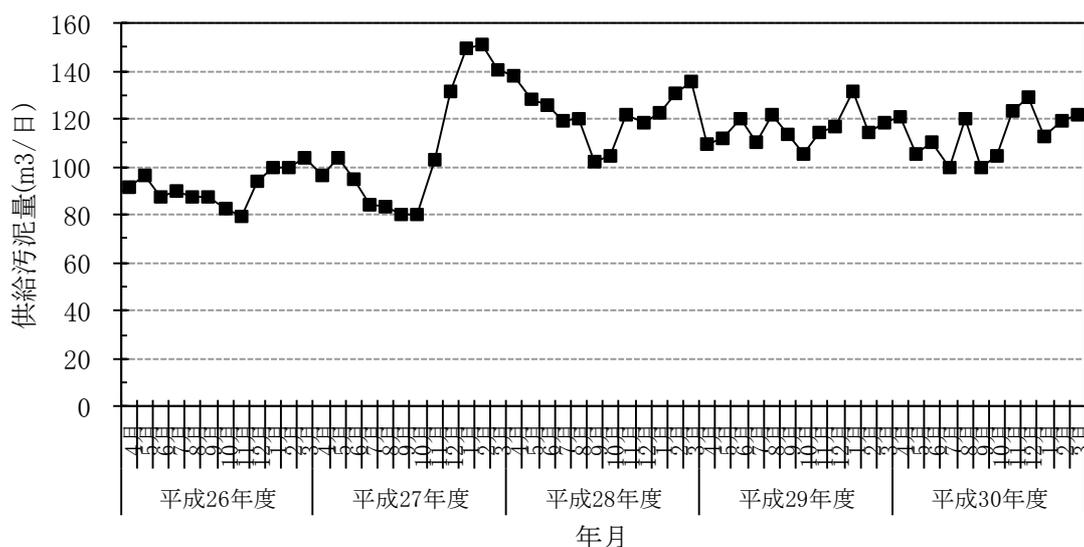


図 3.28 供給汚泥量の推移

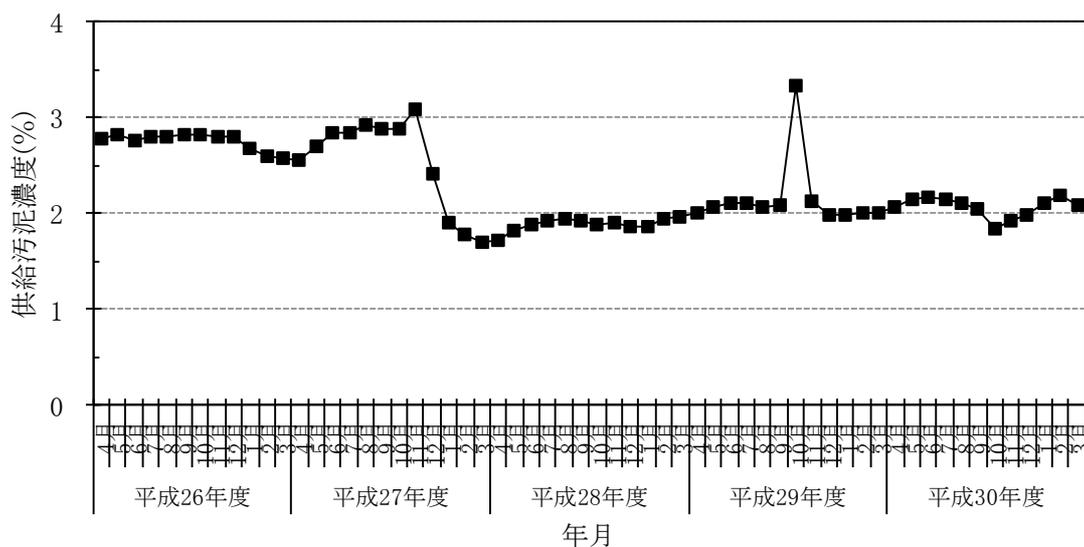


図 3.29 供給汚泥濃度の推移

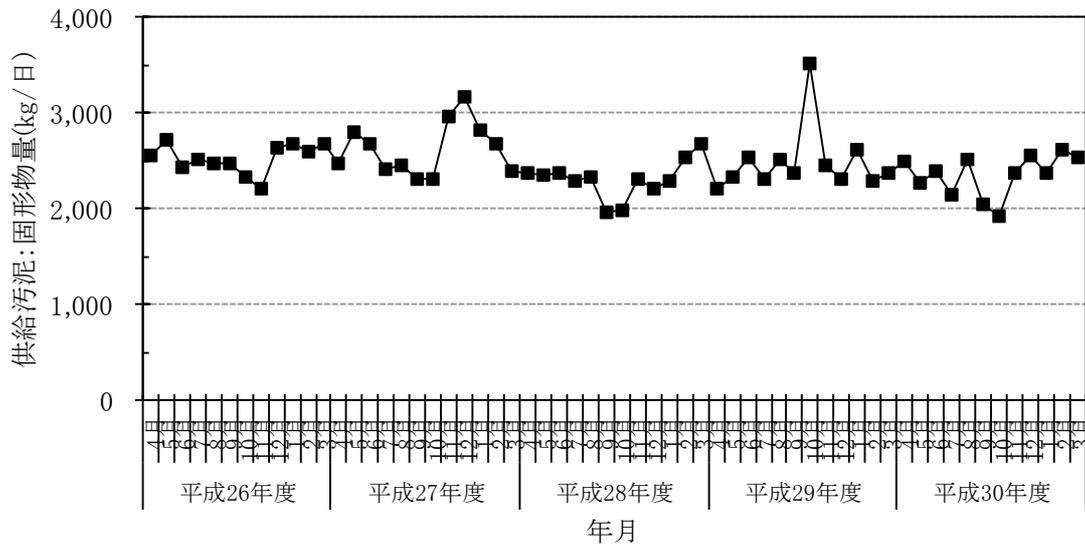


図 3.30 供給汚泥固形物量の推移

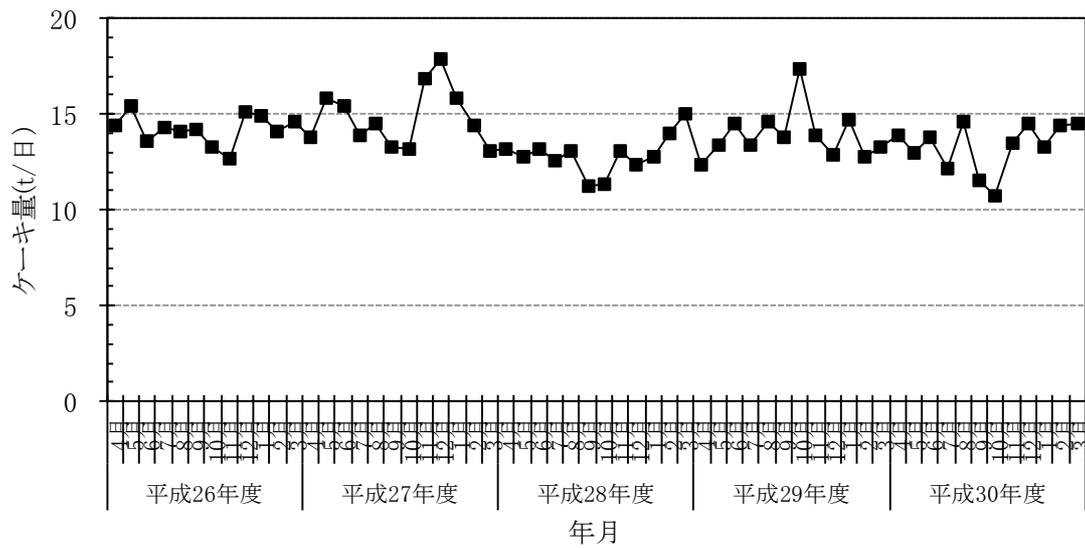


図 3.31 脱水ケーキ量の推移

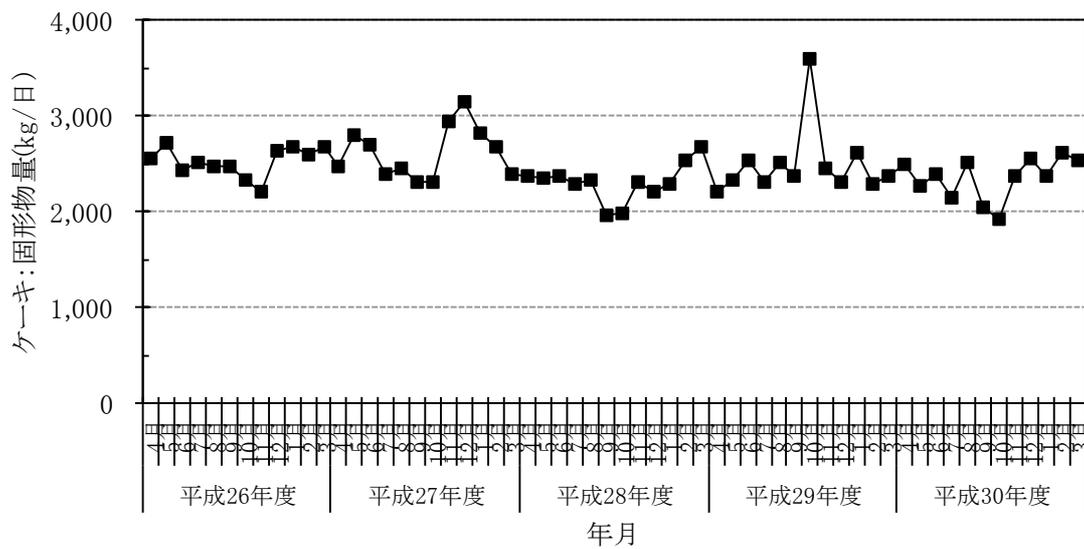


図 3.32 脱水ケーキ固形物量の推移

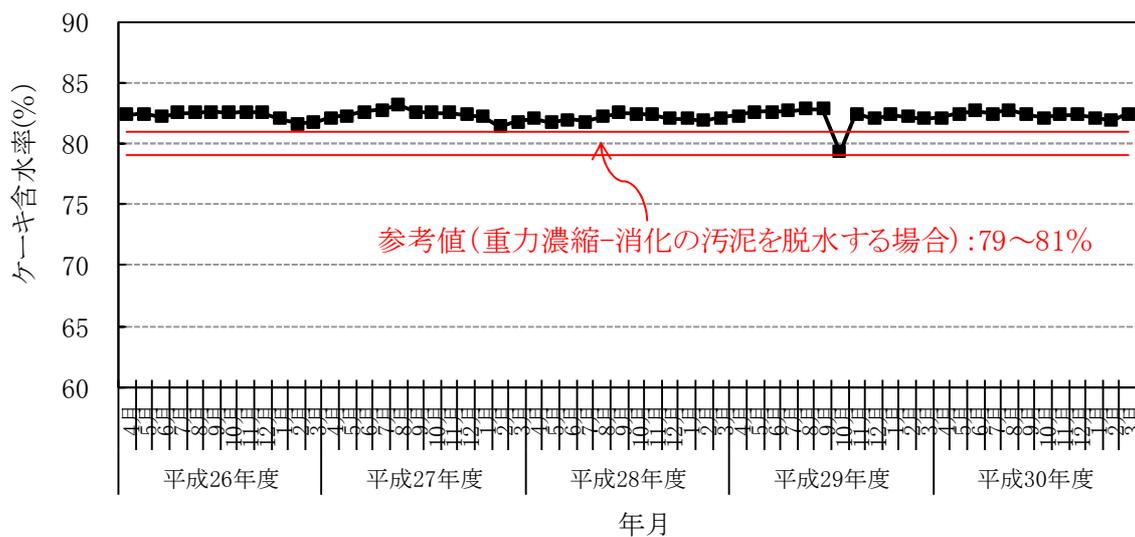


図 3.33 脱水ケーキ含水率の推移

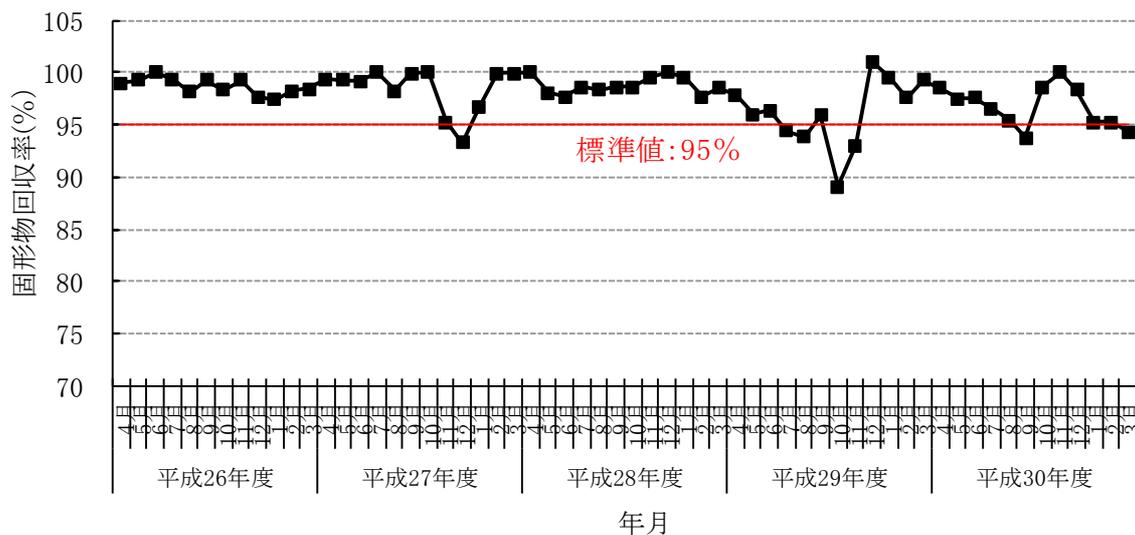


図 3.34 固形物回収率の推移

(8) 汚泥最終処分状況

年間処分量は、平成 27 年が他年に比べやや高いが、近年はおおむね横ばい傾向である。平成 30 年の西日本豪雨による汚泥輸送網の寸断により、処分形態が変わり、民間の埋め立て処分量が増えている。

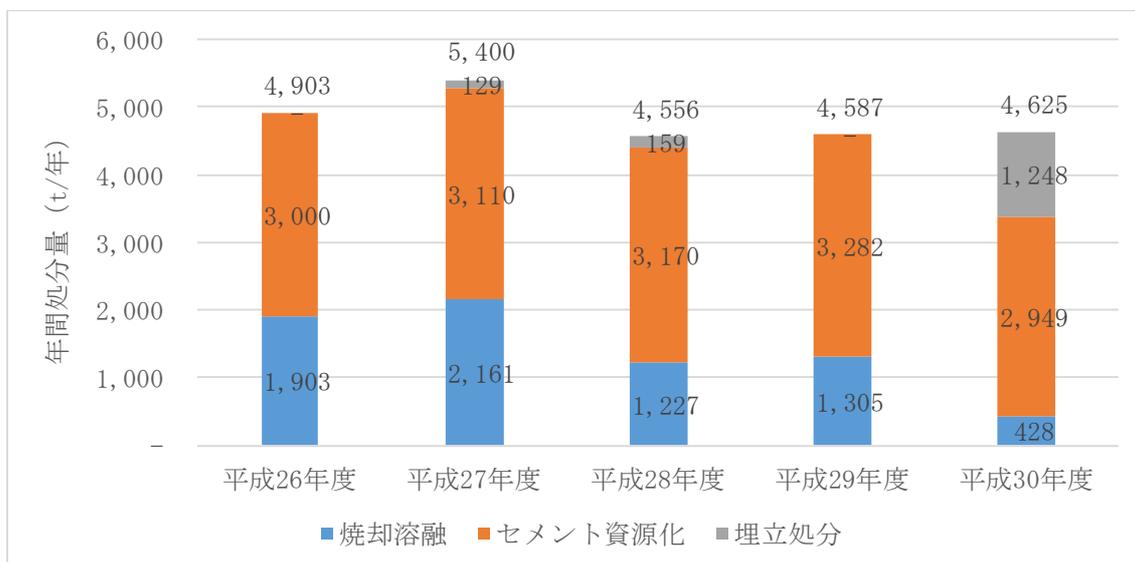


図 3.35 汚泥処分量の推移

(9) 乾燥汚泥

本処理場の脱水汚泥について、汚泥乾燥設備の実証実験で得られた試料（含水率 20%）を分析した結果を以下に示す。

表 3.2 成分分析結果

試験の対象	試験の結果	定量下限値	単位	試験の方法
(含有量試験)				
低位発熱量	18,310	50	kJ/kg	JIS M8814
高位発熱量	19,670	50	kJ/kg	JIS M8814
窒素	7.33	0.01	%(dry)	JIS M8819
全硫黄	1.11	0.01	%(dry)	燃焼-イオンクロマトグラフ法及び重量法
含水率	16.1	0.1	%(wet)	JIS M8820
灰分	16.0	0.1	%(dry)	JIS M8812
塩素	0.15	0.01	%(dry)	燃焼-イオンクロマトグラフ法
ナトリウム	0.03	0.01	%(dry)	ICP発光分光分析法
カリウム	0.12	0.01	%(dry)	ICP発光分光分析法
全燐	2.86	0.01	%(dry)	吸光光度法
アルミニウム	4100	100	mg/kg(dry)	ICP発光分光分析法
亜鉛	450	5	mg/kg(dry)	ICP発光分光分析法
全クロム	25	5	mg/kg(dry)	ICP発光分光分析法
銅	430	5	mg/kg(dry)	ICP発光分光分析法
鉛	15	2	mg/kg(dry)	ICP発光分光分析法
カドミウム	1.0	0.1	mg/kg(dry)	ICP発光分光分析法
総水銀	0.2	0.1	mg/kg(dry)	還元気化原子吸光法
砒素	3.4	0.5	mg/kg(dry)	水素化物発生原子吸光法
セレン	0.9	0.2	mg/kg(dry)	水素化物発生原子吸光法

この分析結果より、以下のことが分かった。

■発熱量について

発熱量は、低位発熱量として約 18.3MJ/kg であった。これは、石炭（発熱量 25~30MJ/kg）と比較して 6~7 割程度であり、固形燃料として期待されるレベルである。

■灰分について

灰分は、16%（DRY）であった。これは、石炭が 15%前後といわれることから焼却後に発生する灰の増分は少ないといえる。

■全硫黄について

全硫黄は、1.11%（DRY）であった。これは、石炭が 0.5%程度のため、約 2 倍相当の量である。全硫黄は燃焼させることで硫黄酸化物（SoX）となり、焼却炉に対して低温腐食の原因となることから好ましい状況ではない。ただし、投入量割合を考えると 1 割以下となる場合が多いと考えられるため、影響は少ないものとする。

■その他

焼却炉や最終処分を考慮した際に影響があると思われる重金属が含まれる。

3.2 将来の稼働予測

(1) 流入水量

流入水量は、今後の下水道整備に伴いやや増加するが、整備完了に伴い、その後は人口減少の影響を受け減少に転じる。

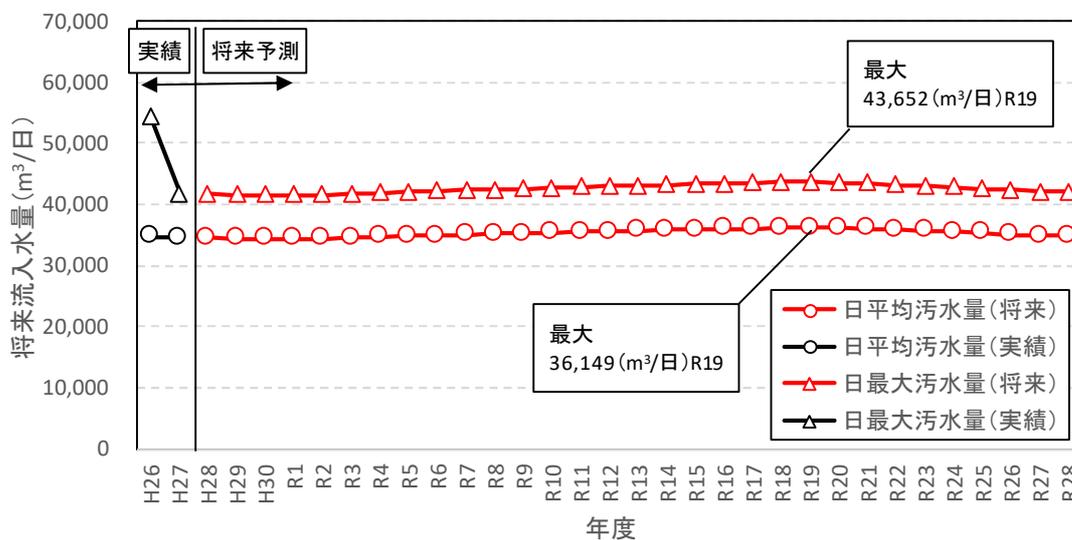


図 3.36 流入水量予測

(2) し尿投入量

し尿・浄化槽汚泥は、今後汲み取りや単独浄化槽が減少することから、将来に渡り減少傾向が想定される。

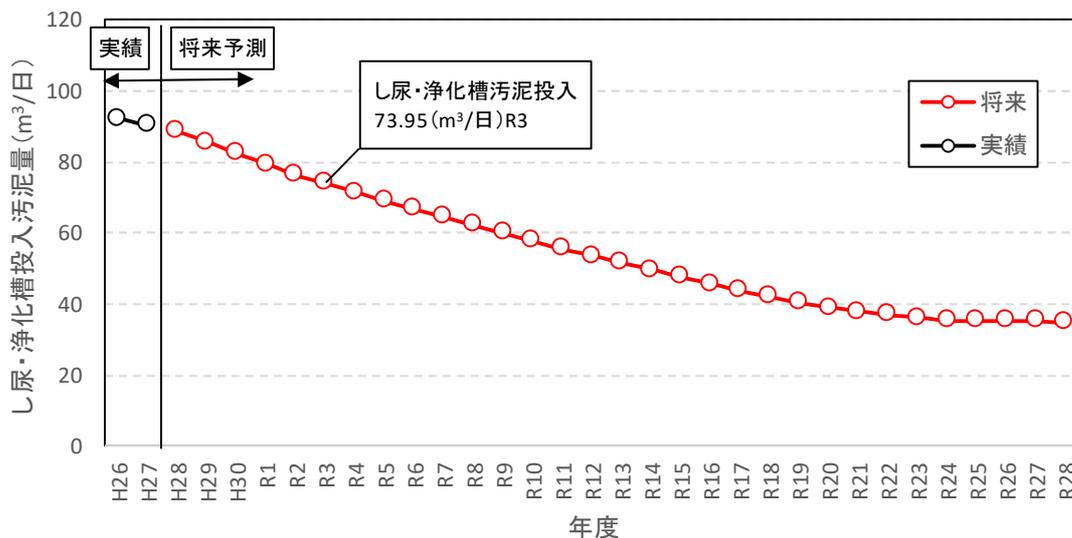


図 3.37 し尿投入量予測

(3) 将来発生ガス量

将来の発生ガス量は、流入水量予測と同様の傾向で、一定期間増加傾向を示すがその後減少に転じる。

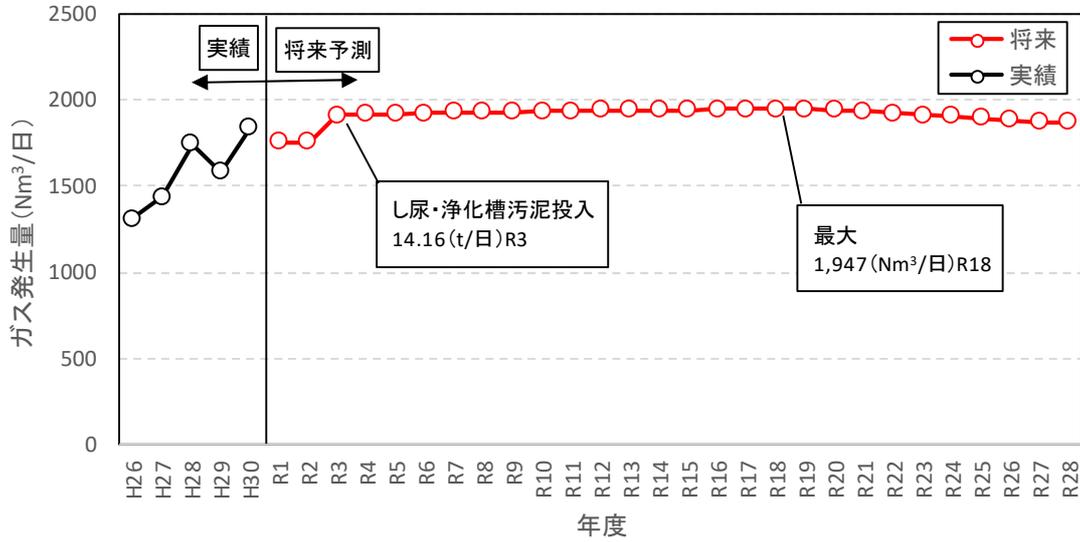


図 3.38 将来発生ガス量予測

(4) 将来脱水汚泥量

将来の発生汚泥量は、流入水量予測や発生ガス量予測と同様の傾向で、一定期間増加傾向を示すがその後減少に転じる。

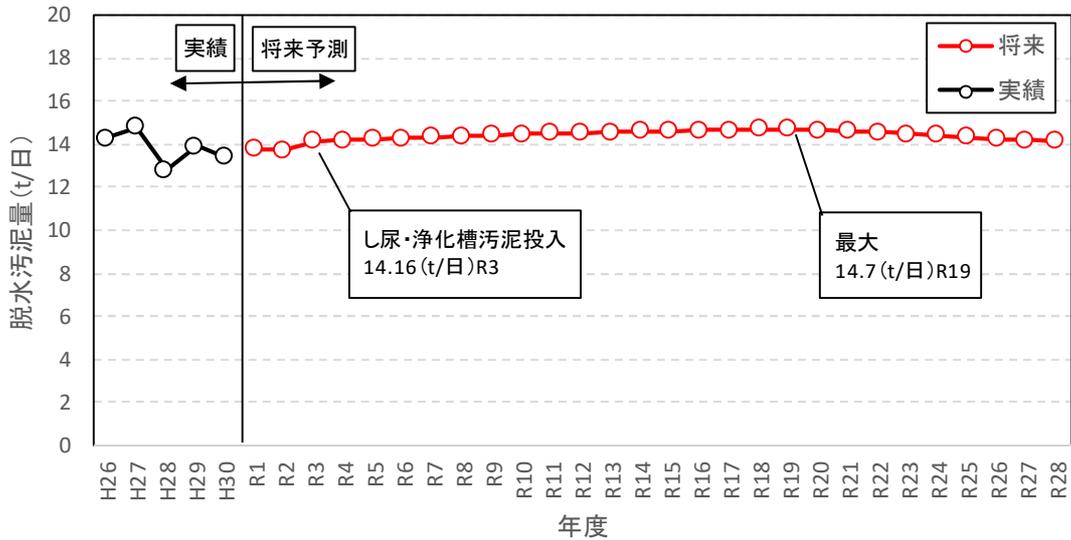


図 3.39 将来脱水汚泥量予測

3.3 資産情報の整理

汚泥処理施設における各施設に対して、現地にて施設の有無、利用状況、劣化状況等について調査確認を行い、施設情報の整理を行った。主な整理項目は以下のとおり。

表 3.3 施設情報の整理内容

項目	整理内容
施設リスト	対象施設名称一覧
調査票	対象資産名称、設置場所、分類、形式、設置年、部位部品別の劣化状況、劣化の範囲
写真帳	施設名称、撮影状況

4. 事業者ヒアリング

4.1 ヒアリングの目的

ヒアリングにおいては、スキーム提案と概算事業費（建設、維持管理費）を事業者から提出してもらうことで、消化ガス有効利用及び汚泥処理施設の改築更新を一体的に実施することによるメリットを確認することを目的にヒアリングを実施した。

4.2 ヒアリング事業者の抽出

今回、ヒアリングを実施した民間事業者は、大きく2つに区分した。一つは、消化ガス有効利用や汚泥処理設備等の受託実績のあるプラントメーカ（3社）、他方は汚泥有効利用先として火力発電事業者（2社）である。また、別途、汚泥乾燥機製作メーカ（2社）に対して、参考意見聴取のためにヒアリングを行った。

4.3 メーカヒアリング結果

①メーカヒアリング条件

プラントメーカの3社には、以下に示す想定スキーム図、過年度実績及び予測値を提示し、対面式でヒアリング実施した。なお、A社、B社、C社とする。

【ヒアリング条件】

再構築対象施設：汚泥消化タンク、汚泥脱水機及びその他周辺設備

対象水量・系列：消化タンク（全体量）、汚泥脱水機およびその他周辺設備（半分量）

その他：特に制約条件なし

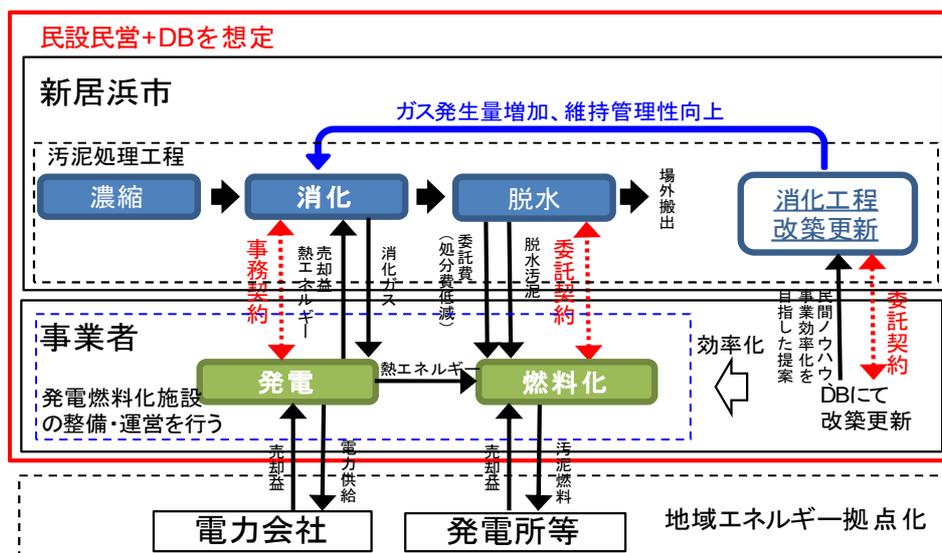


図 4.1 想定スキーム（仮）

②A 社

A 社からは、PFI+DB の提案があった。PFI は、消化ガス発電事業であり、DB は汚泥系再構築及び汚泥乾燥機新設であった。なお、以下に提案フローを示す。

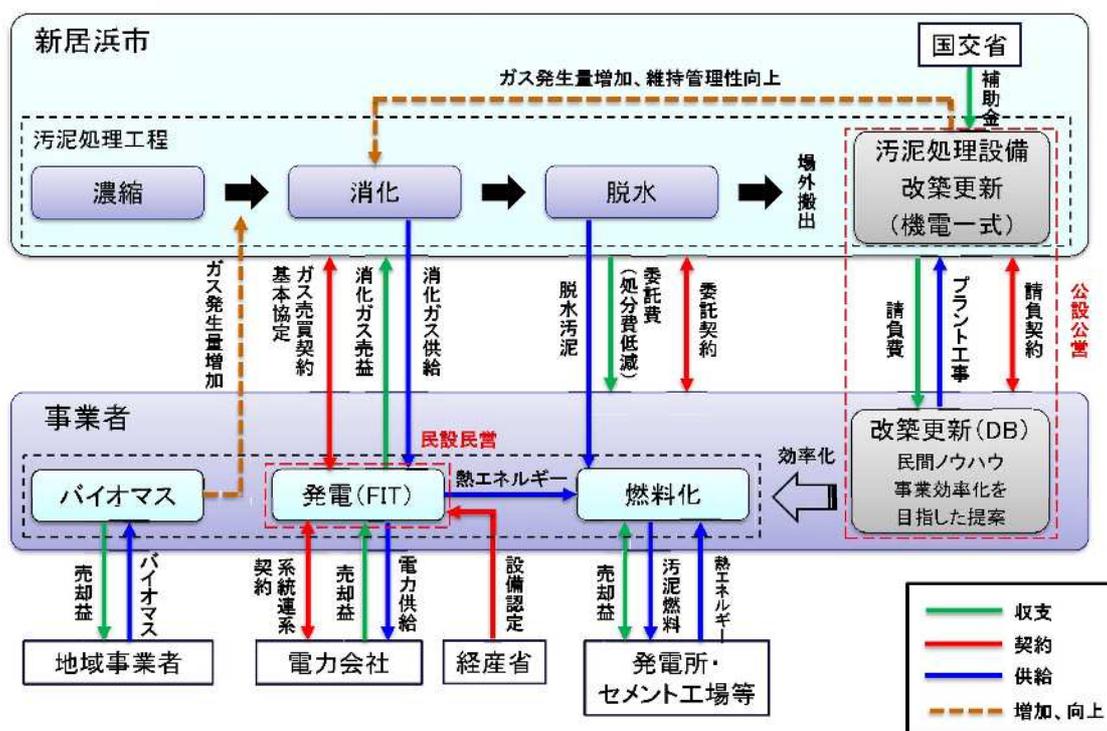


図 4.2 提案スキーム図

【特徴・特色】

- 地域事業者からのバイオマス受入れによる消化ガス発生量増
- 燃料化設備に近隣工場等から熱エネルギーを供給（維持管理費減）
- 改築更新を DB とした事業効率化

③B社

B社からは、DB（DB+M）又はDBO+DBの2つの提案があった。本事業者は、燃料化設備（汚泥乾燥設備）へ消化ガスを全量用いることにより、維持管理コスト削減を図る提案であった。なお、以下に提案フローを示す。

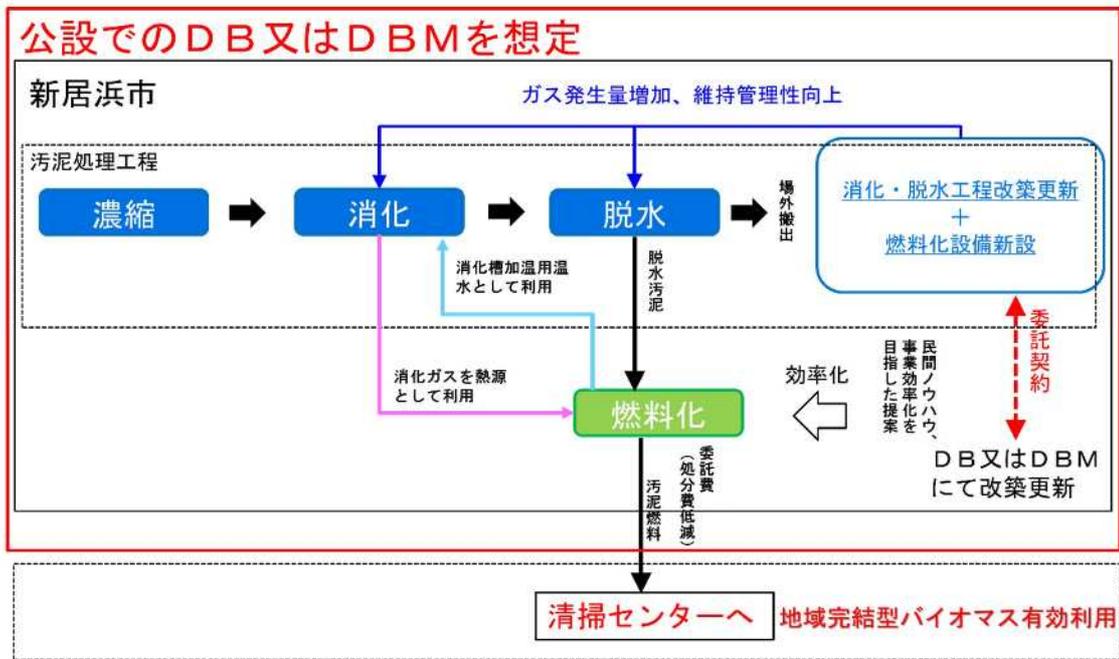


図 4.3 提案スキーム図 (1案)

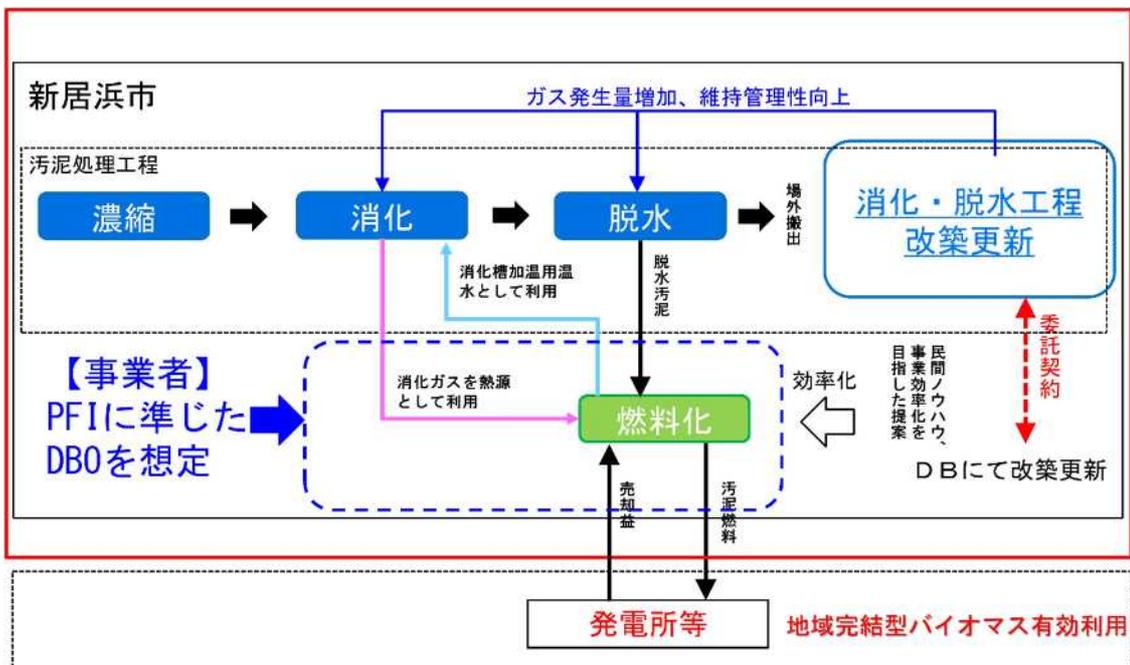


図 4.4 提案スキーム図 (2案)

【特徴・特色】

- 消化ガス（余剰）の燃料化設備の補助燃料としての使用
- 地域完結型バイオマス有効利用（発電所等など）
- 乾燥汚泥（燃料）搬出時の臭気を低減する設備（パッキング）

④C社

C社からは、事業性のある提案としてPFI+DB+O又はPFI+Oの2つの提案があった。このうちPFI+DB+OについてPFIは、消化ガス発電事業であり、DBは汚泥系再構築及び汚泥乾燥機新設、Oは処理場全体の包括委託であった。

なお、以下に提案フローを示す。

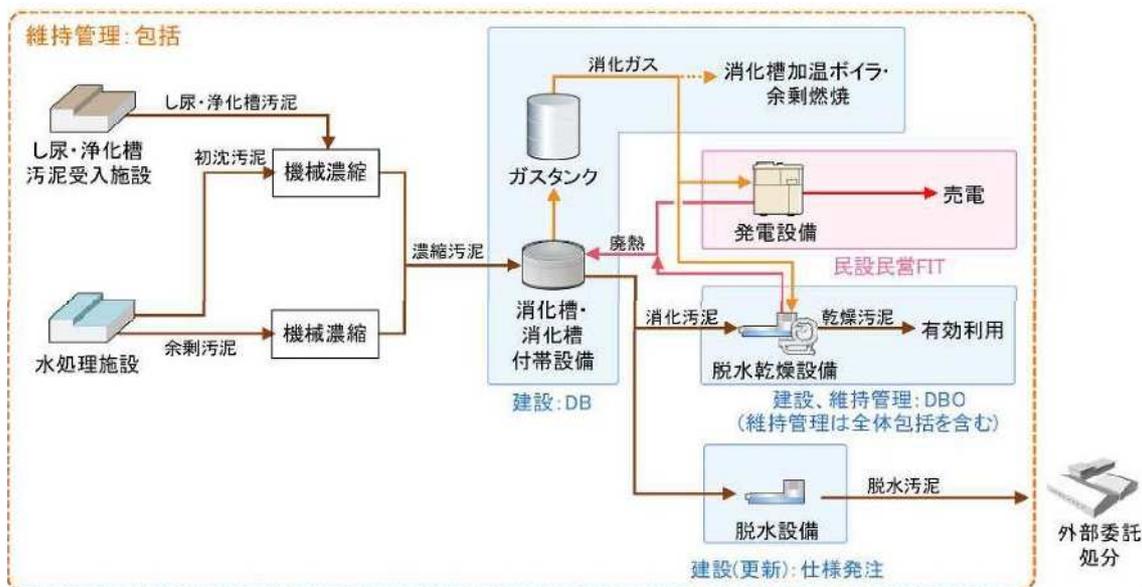


図 4.5 提案スキーム図 (1案)

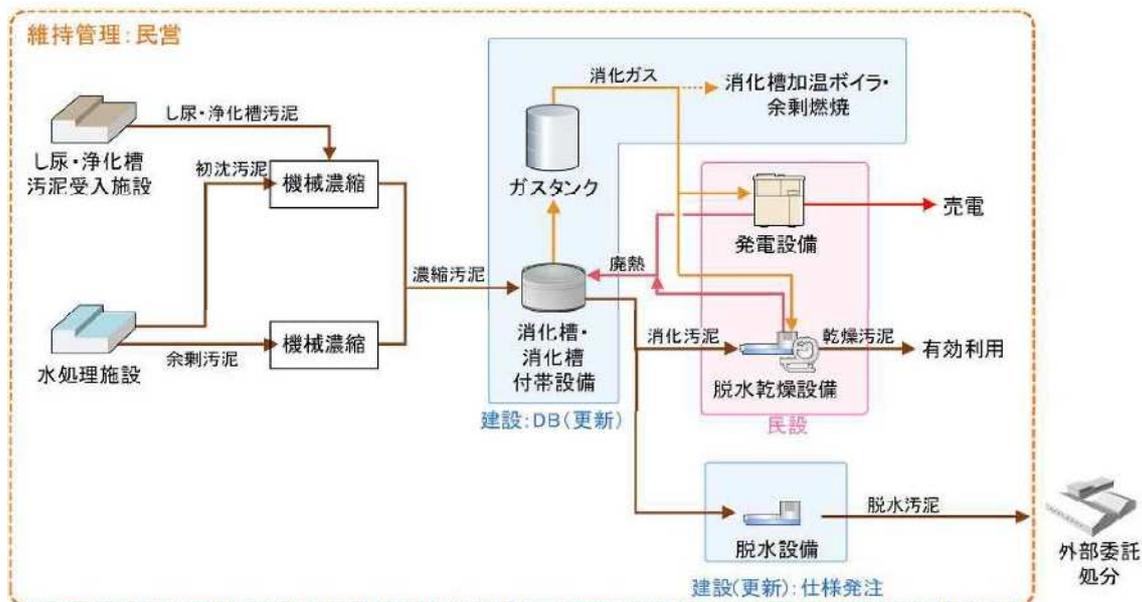


図 4.6 提案スキーム図 (2案)

【特徴・特色】

- 脱水と乾燥機が一体となったシステム（低コスト化）
- 消化ガスを脱水乾燥設備、余剰消化ガスを発電設備の燃料として使用（化石燃料ゼロ）
- 脱水乾燥及び消化ガス発電を民設・民営、処理場全体を民営で管理
- 発電機や乾燥機から温排水を用いた消化槽加温による発電量増

4.4 火力発電事業者ヒアリング

本処理場から発生する下水汚泥に関して、東予地域内で発電燃料として利用の可否について、2事業者からヒアリングを実施した。なお、ヒアリング対象は東予地域に火力発電所を有するD社、E社とした。

①ヒアリング確認事項等

火力発電事業者への提示内容及び確認事項を以下に列記する。

(1) 基本条件

(a)搬送量

乾燥汚泥：5～6t/日（含水率20%）

これらの内、汚泥燃料としては2～3t/日を予定。

(b)汚泥成分（乾燥汚泥）

a.発熱量 低位：11,900KJ/kg、高位：19,000 KJ/kg

b.灰分 17%

c.可燃分中硫黄 11,000mg/kg（DRY ベース）→1.1%、塩素 990mg/kg

d.重金属（水銀、カドミウム、鉛）無検出

(2) 確認事項

(a)汚泥燃料の受入について

a.受入可否

b.受入時の可能量、変動量許容範囲

c.汚泥燃料の形状、荷姿、含水率、発熱量、組成（CHNSO比、重金属等）

d.受入場所、地点（フロー）

e.設備の定期修理期間（停止期間）

(b)その他

②ヒアリング結果

(1) D社について

(a)汚泥燃料の受入について

- a.汚泥燃料を発電燃料として活用している他事例もあり、諸課題等の条件が整えば活用すること自体は問題ないとする。
- b.受入可能量等に関しては、本市から発生する量はわずかであり、他事例における使用実績範囲内と想定されるため、特に問題ないとする。
- c.汚泥の性状等は、
 - ア)組成として塩素、硫黄、ナトリウム、カリウム等は設備や環境に影響があるため確認が必要。
 - イ)形状としては、粒状又はペレット状のような個体であること。
 - ウ)臭気や粉塵に配慮する必要がある。特に粉塵は、火災の原因となるため注意が必要。
- d.受入場所は、発電所構内を考える。
- e.設備点検は、3年に1度（連続停止期間60～90日）。その他、年1回2週間程度の点検がある。
- f.その他
 - ア)投入方式としては、臭気の影響を考慮して、ボイラに近い箇所へジェットバック車による投入が望ましい。
 - イ)焼却後の灰に関しては、セメント原材料に用いている。汚泥燃料の投入量が少ないため成分的な影響は小さいと考えるが、最終的には灰受入側の確認が必要である。
 - ウ)汚泥燃料を受入れる場合、受入のための設備の改造が必要となる。このため、採算性が悪ければ、受入はできない。現在の本市のみの汚泥量では厳しい状況である。

(b)その他

汚泥燃料化を伴う事業が実現された場合、現時点では参画意思等は未定である。

(2) E社について

(a)汚泥燃料の受入について

汚泥の受入については、現時点では以下のような課題もあり難しいが、検討に関しては協力する。

【汚泥受入の課題】

- ・ 炉に対する影響
- ・ 臭気、石炭からの水分や雨・夜露による乾燥汚泥戻り（臭気等）
- ・ 汚泥燃料をすりつぶした場合の性状（粘性がある場合は、コンベヤ投入は不可）
- ・ 焼却灰の有効利用先の確認
- ・ 施設投入場所、汚泥燃料の保管場所
- ・ 事業採算性

(b)その他

- ・ 汚泥乾燥等に蒸気を用いる場合、提供することについては、設備投資等の条件をクリアすれば問題なし。ただし、条件（必要量（最大、平均）、上記の減圧要否）の提示が必要である。
- ・ 他の電力発電等で利用されている状況について、腐食などの影響について確認して欲しい。

4.5 汚泥乾燥機製作メーカーヒアリング

汚泥燃料化に向けて汚泥乾燥機製作メーカーの2社にヒアリングを実施した。ヒアリング対象は、過年度に本処理場において汚泥乾燥機の実証実験を実施したF社及び、すでに他都市において汚泥燃料化施設の導入実績のあるG社とした。

①F社

汚泥乾燥機：低温除湿型乾燥機

(1) 機器仕様

汚泥乾燥設備は、製品として処理量0.5～20Wet-t/日/台となっており、比較的小さな処理場から適応可能である。乾燥汚泥の含水率は20%。

表 4.1 機器仕様

脱水ケーキ処理量 (Wet-t/d)	含水率 (%)	外形寸法(m)			設置動力 (kW)	備考
		W	L	H		
0.5	80 → 20	3.5	5.4	3.5	10	
1.0	80 → 20	3.8	6.0	3.5	14	
2.0	80 → 20	4.0	7.6	4.0	18	
3.0	80 → 20	4.2	8.8	4.0	26	
5.0	80 → 20	4.4	11.3	4.5	41	
7.5	80 → 20	4.6	13.9	4.5	63	
10.0	80 → 20	4.8	15.9	4.5	76	
15.0	80 → 20	5.0	21.0	4.5	123	
20.0	80 → 20	5.4	22.3	4.5	155	

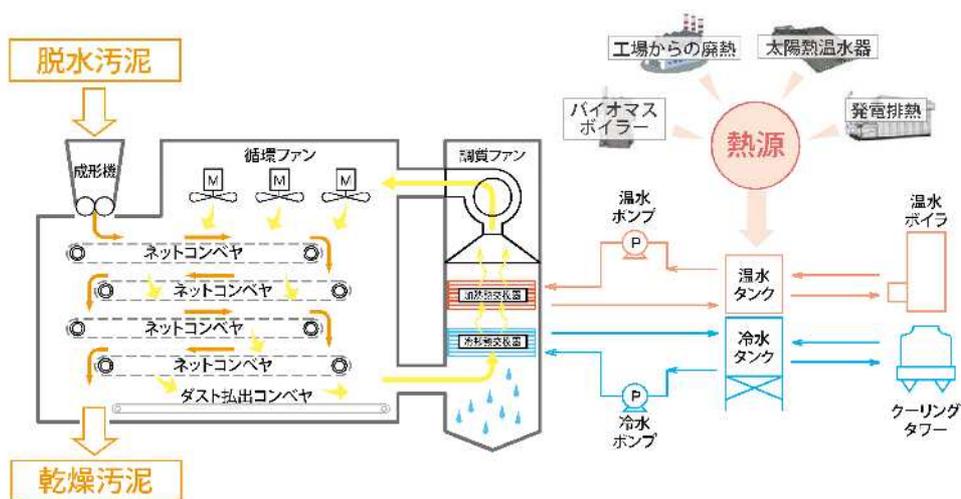


図 4.7 運転フロー

(2) 特徴・特色

- 除湿の原理を活用した乾燥機である。
- 乾燥に必要な熱風は 50℃程度の低温域の熱源で乾燥するため、60℃～80℃の排熱を有効活用が可能。
- 乾燥温度が低いため、乾燥工程で発生する臭気を汚泥処理工程で使用される生物脱臭装置を組み合わせる行うことが可能。
- 乾燥温度が低いため、装置の早期劣化の心配がない。
- 低温で乾燥するため、安全性に優れている。
- 熱源としては、太陽熱、消化ガス発電の発電廃熱、近隣工場からの蒸気などが利用可能。
- 乾燥汚泥性状：ペレット状（以下の写真参照）



写真 4.1 乾燥生成物

②G社

汚泥乾燥機：下水汚泥固形燃料化システム

(1) 機器仕様

汚泥乾燥設備は、製品として処理量 30～120t/日/台（15t/日刻み）となっており、比較的大きな処理場が適応範囲である。乾燥汚泥の含水率は 10%である。なお、本処理場のみの脱水汚泥量では、規模的に不適である。

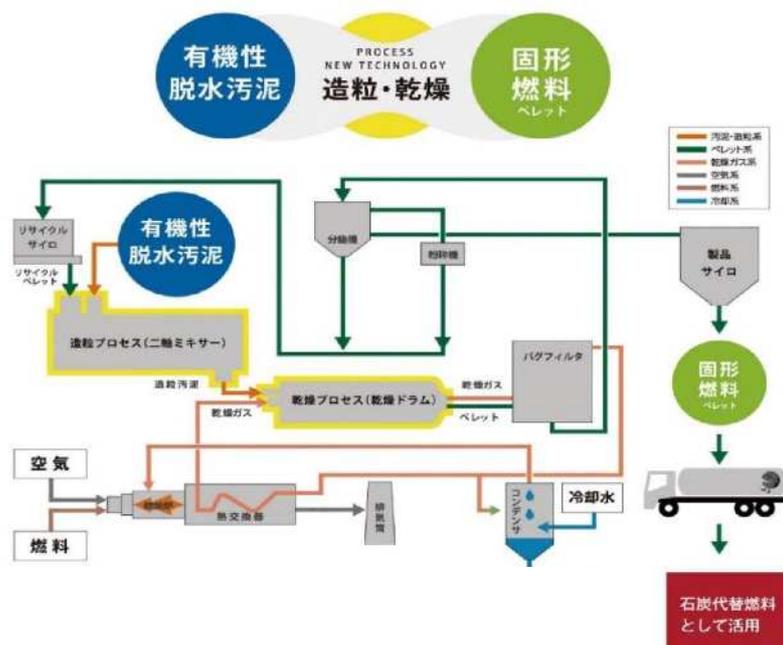


図 4.8 処理フロー

(2) 特徴・特色

- 二軸ミキサーと乾燥ドラムによる造粒乾燥機である。幅広い含水率の汚泥に対し、安定した造粒が可能である。
- 造粒乾燥方式は、脱水汚泥のエネルギーポテンシャルを 100%エネルギー化できる。
(脱水汚泥の水分を飛ばして、発熱量は変わらない。炭化や焼却では減少してしまう)
- 設備規模 30t/日の場合、熱源として、本処理場の消化ガス量 (1,620Nm³/日) では不足する。(他の処理場から脱水汚泥のみを投入するだけでは重油等の熱源が必要)
- また、30t/日規模で 300m³/日程度の返流水 (BOD : 200mg/L、SS : 600mg/L、COD : 200mg/L) が発生するため、水処理能力の確認が必要。
- 現状として民間火力発電所、セメント会社等で導入実績あり。
- 乾燥汚泥性状：粒状 (径 1~5mm 程度) (次頁の写真参照)



写真 4.2 乾燥生成物

4.6 燃料化先進事例のヒアリング

下水汚泥燃料化施設の先進事例として2団体（自治体H、自治体I）にヒアリングを実施した。ヒアリングの確認事項等については以下のとおりである。

①ヒアリング確認事項等

- (a)燃料化物の形態・性状
- (b)搬入頻度、搬入方法
- (c)提供・受入条件（量、成分）
- (d)臭気等の問題
- (e)保管方法等

②ヒアリング結果

(1) 自治体 H

自治体 H では、下水処理場から発生する脱水汚泥を場内の燃料化施設で乾燥・炭化処理し、生成物を火力発電燃料として利用している。主な処理フローは以下のとおり。



図 4.9 処理フロー

(a)汚泥燃料の形態・性状について

脱水汚泥を炭化処理、含水率 7%程度、発熱量：14,700～15,800kJ/kg 程度、灰分 35%前後、塩素 0.13%(脱水汚泥) 主な性状を提示しているのみで、規制は無い。

(b)搬入頻度・搬入方法

1 回/2～3 日、ジェットパック車にて行う。

(c)提供・受入条件

特に受入条件はないが、脱水汚泥の段階で発熱量が著しく変動した場合は協議にて対応する。

(d)臭気等の問題

特になし。

(e)保管方法

基本的に搬入後すぐ炉へ供給するため保管の必要性は無いが、炉の定期点検時には仮置き場に一時的に保管することがある。なお、長期保管を余儀なくされた場合は、発熱や保管場所の環境（直射日光が当たる場所は避ける等）に注意が必要である。また炭化物は自然発火の恐れがあるため酸素を抜く（窒素充填）処置等が必要である。

(2) 自治体 I

自治体 I では、下水処理場から発生する脱水汚泥を場内の燃料化施設で造粒・乾燥処理し、生成物を火力発電燃料として利用している。主な処理フローは以下のとおり



図 4.10 処理フロー

(a)汚泥燃料の形態・性状について

脱水汚泥を造粒乾燥処理し、含水率 10%以下、発熱量：12,000～16,000kJ/kg、灰分 13%程度、塩素 0.1%程度である。

産業廃棄物に係る有害物質等の試験結果報告義務、汚泥受け入れ時間の設定、その他製造及び品質に支障を及ぼさない性状としている。

(b)搬入頻度・搬入方法

基本毎日、天蓋ダンプ車にて搬入を行っている。

(c)提供・受入条件

受入条件は特に無いが、脱水汚泥の段階で産業廃棄物に係る有害物質等の試験結果報告義務がある。

(d)臭気等の問題

特になし、ただし、天蓋ダンプからダンピング時に、臭気低減のため粉活性炭を添加する。

(e)保管方法

基本的に炉の休止に併せ、燃料化も定期修繕期間に充てるため保管期間は生じないが、一時的に保管することもある。その際水にぬれないように管理が必要である。

5. 事業メリットの算定

事業メリットの算定は、事業者提案の事業内容・事業費に対して、従来方式で市が自ら事業実施した場合の事業費と比較して効果を確認する。

また、事業費以外の面からの事業実施に伴う効果、有効性を評価する。

5.1 PSC の算定

PSC とは、公共が自ら実施する場合の事業期間全体を通じた適正な事業費予測に基づく公的財産負担の見込額の現在価値であり、今回は民間事業者の提案を踏まえ、脱水工程の改築更新、消化ガスの有効利用、汚泥の乾燥処理による燃料化について算定を行った。

①費用算定条件

PSC 費用の算定項目は以下のとおり。なお、C 社の提案は処理場全体の維持管理を含むものであったことから、消化ガスの有効利用と脱水機更新、汚泥の燃料化に処理場全体の維持管理を加えたの PSC を算定した。

表 5.1 PSC 費用算定条件

項目		条件・考え方
脱水工程の改築更新	建設費	施設調査結果に基づき対象施設を抽出し、更新費を算出
	維持管理費	保守点検に係る費用を算定
消化ガスの有効利用	建設費	土建、機電で項目別に事業費を算定
	維持管理費	保守点検に係る費用を算定
汚泥の乾燥処理による燃料化	建設費	土建、機電で項目別に事業費を算定
	維持管理費	修繕費、人件費の増加分、各種ユーティリティを積み上げにて算定
その他	汚泥処分費	発生汚泥量に対し処分単価を乗じて算定
	処理場全体の維持管理費	現状の維持管理費に基づき算定 (C 社分)

また、維持管理費算定に係る各種条件は以下のとおりである。

表 5.2 維持管理費算定諸元

項目	基礎数値	備考
検討諸元	ガス量	2,000 Nm ³ /日
	脱水汚泥量	7.4t/日 (14.7t/日)
費用算定諸元	汚泥処分費	19,000 円/t
	汚泥運搬費	9,000 円/t
	電力単価	14 円/kwh
	重油単価	89,000 円/t

②その他条件

表 5.3 その他条件

項目	条件・考え方	
対象事業	脱水工程の改築更新	脱水工程（1台分）の更新を想定
	消化ガスの有効利用	FITを利用した発電事業を想定
	汚泥の乾燥処理による燃料化	乾燥施設の建設事業を想定
事業期間	20年 なお、施設整備については事業開始前5年を想定	
現在価値化 社会的割引率	4%を想定	
企業債 利率 据置期間 償還期間	0.3% 5年 25年	新居浜市実績による " "
補助率	55%	
FIT事業 電力売却単価	39円/kwh	
汚泥処分費	19千円/t	現状の処分費を想定

5.2 事業メリットの算定

事業メリットの算定は、概算事業費の提出があった3社のうち、PFI事業を提案した2社（A社、C社）を対象とした。以下の条件を用いて算定した事業メリットの整理結果を示す。

いずれの事業者提案でも事業メリットが発現し、官民連携事業での有効性が確認できる結果となった。

なお、B社のDB（DB+M）又はDBO+DBにおいても事業メリットは確認されたが、PFI事業を含めさらに業務範囲を拡大したほうがより事業メリットが確認される結果となった。

さらに「4.3 メーカーヒアリング結果」で示したとおり、当初想定スキームより様々な事業範囲を想定した民間の提案があり、より民間活力を活用した効果的な事業スキームの再検討の余地が残されたところである。

また電気事業者との汚泥の引き取りに関しては、引き続き協議・調整を図ることで、より効果的な提案、さらには地産地消型のエネルギーシステムの構築に有効に働くものであると考えられる。

表 5.4 事業メリットの算定結果（A社）

非公表

表 5.5 事業メリットの算定結果（C社）

非公表

5.3 その他事業メリットの評価

本市では、平成 26 年 3 月の「にいはま環境プラン」において、「産業と連携した省エネルギー対策の推進と未利用エネルギーの活用の促進」が提言されている。

この中で、企業の経済活動を維持しながら、以下に効率的・効果的に二酸化炭素排出量を削減していくかが重要である旨、方向性が示されている。

バイオガスを利用して発電を行うことで、発電量に二酸化炭素排出係数を乗じ、CO₂の削減量として計上することができる。今回の事業においては消化ガス発電を実施することで、以下の通り CO₂の削減に寄与する事ができる。

表 5.6 CO₂削減量

非公表

6. 今後の導入に向けて

6.1 本検討におけるまとめ

本検討で得られた成果について以下に整理する。

- 基本情報整理（ガス量、汚泥量等の把握）

今回想定する事業スキームは、消化ガスの有効利用及び汚泥処理系の再構築事業である。このため、過年度の本処理場の稼働状況や流入水量、消化ガス量、汚泥処理量等を取りまとめた。また、PFI 事業による独立採算制が可能であるかを民間事業者を提供するため、今後の人口減少やし尿・浄化槽汚泥の受入等を含めた将来予測値（消化ガス量、汚泥処理量等）に関して整理した。

- マーケットサウンディングにおける詳細な事業者提示資料の作成

官民連携手法の導入に関する方針決定にあたっては、今後マーケットサンディングにより事業者の意見聴取や意見交換を行うことが必要である。そのためには、現在の資産状況をより詳細に示すことが重要であり、本検討では事業者提示資料としてのインフォメーションパッケージ（設備資産の健全度）を作成した。

- 民間事業者ヒアリングによる整理

これまで、市に対して複数企業からの提案があり、消化ガスと改築更新事業を含めたスキームを想定するものであった。一方、今回調査により改めて具体的な基本情報や将来予測も含めて民間事業者へのヒアリングを行うことにより、事業スキーム範囲を拡大することによる効率的で効果的な施設計画が可能であることがわかった。また、電気事業者へ汚泥燃料化を図るための問題点や課題を整理することで、次の検討事項について整理が可能となった。

6.2 ロードマップ

今後の本事業の事業化に向けたスケジュールは以下のとおりである。

なお次項にて示す課題等を踏まえ、各種検討を併せて進めることで、事業の実現性や効率性の向上を図っていく方針とする。

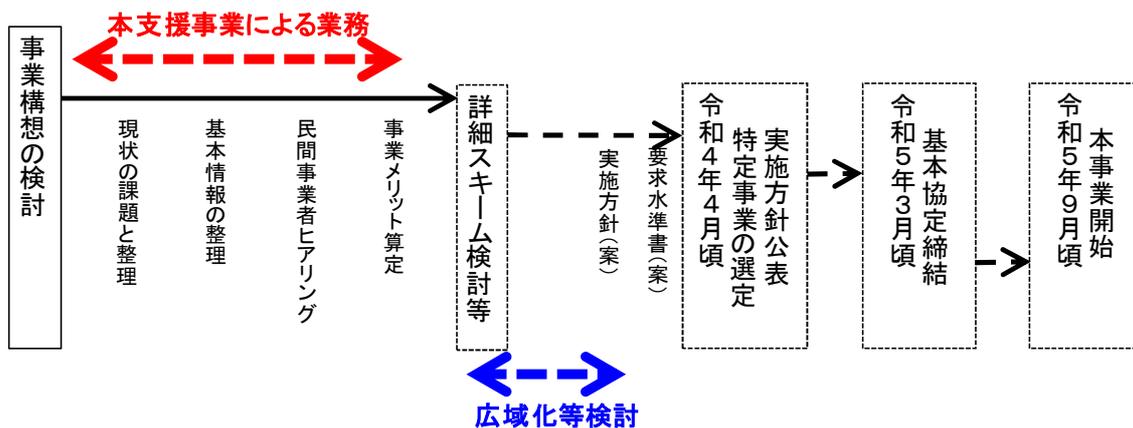


図 6.1 今後のロードマップ

6.3 消化ガス等官民連携事業を実施するための課題

事前の民間側からの市への提案事項では、発電所へ助燃材として提供し、有価物として処理を行うことで、維持管理コスト削減と地域エネルギーの循環が期待されていた。

今回、調査の中で発電所となる電力供給会社（2社）へヒアリング調査を行った結果、以下の課題がわかった。

(1) 汚泥量としての課題

本市から発生する乾燥汚泥量は、約 3.3t/日であり発電に用いる炉の改造及び維持管理コストから考えた場合、事業の採算性としてかなり不経済なものとなり、CO₂削減、企業 PR 及び地域としての一体的な事業としても厳しいものであることが分かった。

このため、発電所へ搬送する汚泥量について、増加させるためにも汚泥処理（乾燥）の広域化を検討し、少なくとも東予地域（四国中央市、新居浜市、西条市、今治市等）を一体的な処理も含めて、量を確保することが必要である。

(2) ハンドリング性の課題

乾燥汚泥については、汚泥乾燥機の機種により発生する乾燥汚泥の性状が異なることが分かった。発電所の炉へ投入する位置、投入方式、乾燥汚泥受入施設（サイロ）など検討が必要である。木質チップなどは、石炭をコンベアで搬送している途中、ミルで破碎処理し、炉へ投入している。乾燥汚泥におけるハンドリングとして求められるものは、①臭気、②石炭の水分を吸収することで再発酵しないこと、③粘性によるコンベアへの付着、④含有成分による炉への腐食等であることが分かった。

これについては、今後、汚泥乾燥させた試験体をもって発電事業者と継続的に協議を行うと共に、汚泥乾燥炉の選定、先進事例の課題等の整理を行うことが必要である。

○課題解決のポイント

- ・ 広域汚泥処理の連携協議（東予地域、その他地域）
- ・ 発電業者との継続的な協議
- ・ 汚泥性状の要求水準の設定