

湖南中部浄化センターにおける
次期汚泥処理方式検討 最終取りまとめ
(下水道審議会 資源・エネルギー・新技術部会)
追補版

平成 31 年 3 月

令和 3 年 3 月 (追補版)

滋賀県琵琶湖環境部下水道課

旧版

表.5 提案技術への評価結果（100点満点中）および総事業費の整理

提案内容	評価点		総事業費（億円）
	平均	範囲（最低～最高）	平均
下水汚泥固形燃料化	56.1	28.6～77.0	207
消化＋下水汚泥固形燃料化	67.0	58.1～80.0	159
消化＋コンポスト化	62.0	58.1～66.1	219
焼却	59.8	59.8	161

追補版

表.5 提案技術への評価結果（100点満点中）および総事業費の整理

提案内容	評価点		総事業費（億円）
	平均	範囲（最低～最高）	平均
下水汚泥固形燃料化	56.3	28.6～76.8	257
消化＋下水汚泥固形燃料化	67.7	61.4～79.3	210
消化＋コンポスト化	63.2	61.4～66.6	262
焼却	59.2	59.2	229

目 次

第 1 章 汚泥処理方式選定の趣旨

1. 目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2. 琵琶湖流域下水道の沿革と汚泥処理処分の経緯・・・・・・・・ 1
3. 汚泥処理処分の現状と課題・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

第 2 章 汚泥処理方式の概要

1. 一般的な汚泥処理方式と有効利用用途の整理・・・・・・・・ 6
2. 汚泥処理方式の概要・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

第 3 章 湖南中部浄化センターの汚泥処理方式検討方針

1. 琵琶湖流域下水道における汚泥処理方式の基本的考え方・・・・ 9
2. 湖南中部浄化センターの特性・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
3. 湖南中部浄化センターの汚泥処理方式検討方針・・・・・・・・ 10

第 4 章 湖南中部浄化センターの次期汚泥処理方式の選定

1. 次期汚泥処理方式・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
2. 事業手法・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

【参考資料】

- 琵琶湖流域下水道における汚泥処理方式検討方針中間取りまとめ
・・・・・・・・ 17

第1章 汚泥処理方式選定の趣旨

1. 目的

滋賀県における琵琶湖流域下水道の各浄化センターから発生した汚泥の処理処分については、当初は自治体に求められる信頼性や安定性、当時の社会条件等から熔融方式を導入することとした。しかし施設の老朽化が進み施設の更新が必要となる際に、社会状況の変化と共に汚泥処理方式についても再度検討が進められてきた。

湖南中部浄化センターでは現在、水処理施設から発生した汚泥を2号焼却炉及び3号焼却炉にて処理し、発生した焼却灰を場外搬出している。このうち、3号炉については平成17年の供用開始から10年以上が経過し、老朽化対策を実施しているものの、今後の施設更新について検討が必要な時期を迎えている。このような中、近年、下水道資源の有効利用が国の重要施策に位置付けられており、平成27年度の下水道法改正では下水汚泥の燃料・肥料としての再生利用が努力義務化されるなど、汚泥の有効利用の社会的ニーズが高まっている。

そこで、今後の滋賀県琵琶湖流域下水道全体における、汚泥処理・有効利用のあり方について検討した上で、3号炉更新施設の導入に係る基本方針（施設規模、処理方式、契約方式等）の策定を目的とした。

2. 琵琶湖流域下水道の沿革と汚泥処理処分の経緯

湖南中部浄化センターでは、供用開始当初の場外搬出期を経て昭和60年度より焼却炉による処分を行った。しかし、当初から県内で焼却灰の処分地を確保できないことや、焼却灰から重金属溶出の懸念があったこと等から、琵琶湖流域下水道における汚泥処理処分の方式として熔融炉の導入について技術的検討（昭和59～60年度、日本下水道事業団へ委託）を行い、昭和62年度には「次期建設炉方式に関する技術調査（琵琶湖流域下水道計画汚泥処理研究会）」を行った。この結果、上記の課題が解決されることと、当時としては建設資材等としてスラグのリサイクルが可能であったこと等から、琵琶湖流域下水道における汚泥処理処分方法として「熔融方式」が採用された。

【昭和62年度 次期建設炉方式に関する技術調査（琵琶湖流域下水道計画汚泥処理研究会）】

→琵琶湖流域下水道における汚泥処理処分の方式として、熔融炉方式を採用。

- ・脱水汚泥や焼却灰は、県内での処分地の確保が困難。
- ・重金属等の有害物質の溶出が無い。
- ・生成物の取り扱いが容易で長期保存が可能。
- ・建設資材等としてリサイクルが可能。

下水道普及率の向上と下水汚泥量の増加に伴い、滋賀県では熔融スラグの利用以外に安定的な有効利用方法の拡大方策として、セメント原料化、炭化汚泥等の利用方法に目を向けていった。特に炭化汚泥は脱水助剤として利用することで汚泥の減量効果が期待できる上に、その性状から土壌改良材、脱臭剤等への適用が有望であると考えられたことから、平成9年度より調査、研究

を継続して行い、平成 12 年度に炭化炉を導入した。合わせて炭化汚泥を脱水助剤として利用するために改修を行い、炭化汚泥と高分子凝集剤添加によるフィルタープレス脱水システムの運転を開始した。

平成 20、21 年度には学識経験者から成る「琵琶湖流域下水道汚泥処理方式検討委員会」を計 5 回開催し、湖南中部処理区及び湖西処理区を対象に次期汚泥処理方式の基本方針が検討された。平成 20 年度は湖南中部浄化センター2 号溶融炉の次期汚泥処理方式について検討が行われ、結果として焼却方式が選定された。これは、当時として最も信頼性が高いことと、溶融方式と比較して環境性に優れ、かつコスト縮減が図られるためであった。

【平成 20 年度 琵琶湖流域下水道汚泥処理方式検討委員会】

→湖南中部処理区の次期汚泥処理方式として、焼却方式を採用。

- ・現時点（当時）で最も信頼性が高い。
- ・溶融方式と比較して環境性に優れ、コスト縮減が図られる。

また、平成 21 年度は湖西浄化センター1 号溶融炉の次期汚泥処理方式について検討が行われ、下水汚泥固形燃料化方式が選定された。これは、溶融方式と比較して環境性に優れ、コスト縮減を図ることができることと、温室効果ガス低減という環境性において焼却方式よりも優れていること、前年度に湖南中部浄化センターの次期汚泥処理方式を評価した時点と比較して全国の自治体で採用事例が増加し、生成物の利用先が利用可能圏内で新たに生まれていることより、滋賀県でも実施できる条件が整いつつあることが評価された。

【平成 21 年度 琵琶湖流域下水道汚泥処理方式検討委員会】

→湖西処理区の次期汚泥処理方式として、下水汚泥固形燃料化方式を採用。

- ・溶融方式と比較して環境性に優れ、コスト縮減が図られる。
- ・経済性は焼却方式と同程度であるが、温室効果ガス低減という環境性において下水汚泥固形燃料化方式が優れる。
- ・下水汚泥固形燃料化方式は生成物の安定した利用先の確保が重要な要素であるが、前年度の検討時点と比較して国内での採用事例が増加し、生成物の利用可能圏内が新たに生まれ、滋賀県でも実施できる条件が整いつつある。

平成 21 年度には、あわせて琵琶湖流域下水道の汚泥処理に関する中長期的展望についても議論が行われ、汚泥の資源的価値や活用形態が見直された。そこでは“滋賀県ならでは”という地域資源循環のあり方や、温室効果ガス削減対策の強化、エネルギーをめぐる情勢の変化等を考慮して汚泥処理に係る施策の展開の必要性が提言され、選択肢の一つとして緑農地利用についても言及されている。ただし、緑農地利用については利用先の確保が課題であり、下水道部局単独で取り組むのではなく、関係機関等との連携を強化しつつ検討していく必要性が提言された。

表.1 琵琶湖流域下水道における汚泥処理設備等設置の経緯

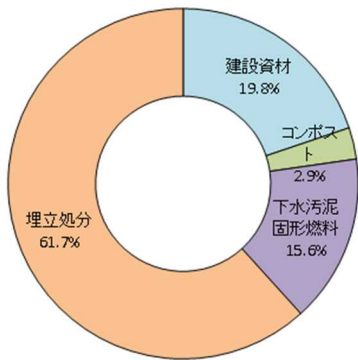
年 月	浄化センター	経 緯
昭和 57 年 4 月	湖南中部	湖南中部浄化センター供用開始
昭和 60 年 4 月	〃	焼却炉（立て型多段炉、15t/日）稼働 乾燥段でシアン発生、水処理（硝化）に影響
昭和 61 年 4 月	〃	洗煙排水処理施設設置
平成 2 年 4 月	〃	第 1 号焼却溶融炉稼働（40t/日）
平成 8 年 4 月	〃	第 2 号焼却溶融炉稼働（120t/日）
平成 13 年 4 月	〃	炭化炉稼働（20t/日）
〃	湖 西	第 1 号焼却溶融炉稼働（50t/日）
平成 18 年 4 月	湖南中部	第 3 号焼却溶融炉稼働（120t/日）
平成 20 年 4 月	東 北 部	第 1 号焼却溶融炉稼働（110t/日）
平成 21 年 3 月	湖南中部	第 2 号焼却溶融炉の溶融設備停止
平成 25 年 2 月	湖 西	焼却溶融炉の溶融設備停止
平成 26 年 8 月	湖南中部	第 3 号焼却溶融炉の溶融設備停止
平成 26 年 11 月	〃	新 2 号焼却炉稼働（120t/日）
平成 26 年 12 月	〃	第 2 号焼却炉停止
平成 27 年 3 月	〃	炭化炉停止
平成 28 年 1 月	湖 西	炭化炉（下水汚泥固形燃料化施設）稼働
平成 28 年 3 月	〃	焼却炉停止

3. 汚泥処理処分の現状と課題

滋賀県下水道中期ビジョン中間見直し（平成 29 年 3 月）では、大きく以下の 5 項目について現状の課題と施策の方向性、将来のビジョンが示されているが、③環境に関し、下水汚泥や下水道資源の有効利用の促進が求められている。

- ① 暮らし：快適な生活と豊かな地域づくりのために
- ② 安全・安心：安全で誰もが安心して暮らせる地域づくりのために
- ③ 環境：豊かで魅力ある県土づくりのために
- ④ 経営管理：持続的な下水道のあゆみのために
- ⑤ 共通：下水道の見える化・水環境ビジネスの展開のために

図.1 によると、平成 29 年度の有効利用率は 38.3%で、その内訳は建設資材：19.8%、コンポスト：2.9%、下水汚泥固形燃料：15.6%となっており、残り 61.7%が埋立処分されている。

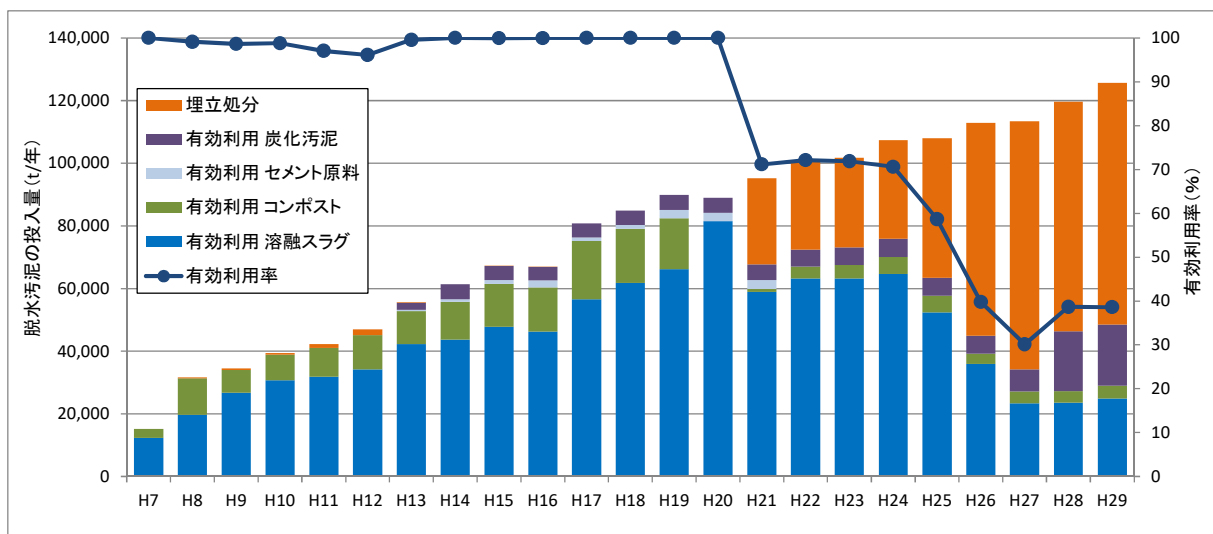


処理区	処理形態	脱水ケーキ量 (t/年)	処分形態
湖南中部	焼却	77,155	焼却灰を産廃として埋立
	脱水ケーキ	415	産廃として埋立
湖西	炭化	19,547	下水汚泥固形燃料として利用
東北部	溶融	24,917	溶融スラグを建設資材として利用
高島	脱水ケーキ	3,667	コンポスト肥料として利用
流域計	処理合計	125,701	
	有効利用計	48,131	
	有効利用率%	38.3	

出典：平成 29 年度 維持管理年報よりデータを抽出して加工

図.1 平成 29 年度時点の下水汚泥の再利用状況

平成 13 年から 20 年度まで、有効利用率はほぼ 100%であったが、平成 21 年度は 70%に低下している (図.2 参照)。これは、湖南中部浄化センター 2 号溶融炉において、エネルギー消費量が大きい溶融方式から焼却方式への変更に伴い、有効利用していた溶融スラグから焼却灰の埋立処分になったためである。また、平成 25 年度から湖西浄化センターで、平成 26 年度途中から湖南中部浄化センター 3 号溶融炉でも同様の変更を行ったため、平成 27 年度には有効利用率が 30.1%まで低下した。しかし平成 27 年度途中から、湖西浄化センターにおいて下水汚泥固形燃料化を開始したことにより、平成 29 年度の有効利用率は 38.3%まで上昇した。



出典：維持管理年報よりデータを抽出して加工

図.2 下水汚泥の有効利用又は処分形態量の推移 (平成 7~29 年度)

なお、各都道府県及び政令指定都市における下水汚泥リサイクル率は表.2 のとおりである。下水汚泥リサイクル率は、焼却及び灰の埋立処分を行っている自治体においては低くなる傾向がある。滋賀県では平成 28 年度から湖西浄化センターにおいて、大津市公共下水道で発生する汚泥と合わせて脱水汚泥を原料として燃料化物を製造し、下水汚泥の資源化と温室効果ガスの削減を図っているが、平成 29 年度末時点で県全体の下水汚泥リサイクル率は 38%で 43 位となっており、今後、より一層の向上が望まれる。

表.2 全国の下水汚泥リサイクル率（平成 29 年度）
下水汚泥発生重量ベースで、最終的にリサイクルされたものの割合（平成29年度末）

都道府県	リサイクル率	順位	都道府県	リサイクル率	順位	政令指定都市	リサイクル率
北海道	93 %	23	滋賀県	38 %	43	札幌市	100 %
青森県	79 %	28	京都府	36 %	44	仙台市	33 %
岩手県	95 %	21	大阪府	52 %	37	さいたま市	100 %
宮城県	69 %	32	兵庫県	36 %	45	千葉市	47 %
秋田県	39 %	42	奈良県	78 %	30	東京都区部	41 %
山形県	89 %	26	和歌山県	32 %	46	横浜市	100 %
福島県	55 %	36	鳥取県	100 %	1	川崎市	9 %
茨城県	50 %	39	島根県	99 %	15	相模原市	— %
栃木県	73 %	31	岡山県	44 %	41	新潟市	100 %
群馬県	99 %	13	広島県	100 %	1	静岡市	93 %
埼玉県	100 %	1	山口県	100 %	1	浜松市	100 %
千葉県	47 %	40	徳島県	51 %	38	名古屋市	100 %*
東京都	56 %	35	香川県	91 %	25	京都市	17 %
神奈川県	81 %	27	愛媛県	61 %	34	大阪市	100 %
山梨県	100 %*	10	高知県	100 %	1	堺市	100 %
長野県	99 %	14	福岡県	99 %	16	神戸市	41 %
新潟県	98 %	17	佐賀県	100 %	1	岡山市	100 %
富山県	94 %	22	長崎県	100 %*	11	広島市	100 %
石川県	22 %	47	熊本県	100 %	1	北九州市	95 %
福井県	78 %	29	大分県	100 %	1	福岡市	100 %
岐阜県	92 %	24	宮崎県	69 %	33	熊本市	100 %
静岡県	97 %	20	鹿児島県	97 %	18	全国	73 %
愛知県	97 %	19	沖縄県	100 %	1	政令指定都市	70 %
三重県	100 %*	12					

(注) ・リサイクル率は汚泥発生時乾燥重量ベースの値。
 ・都道府県の下水汚泥リサイクル率には政令指定都市分を含む。
 ・リサイクル率は小数点以下1桁を四捨五入。（*は四捨五入の結果100%と記載しているもの。）
 ・汚泥発生時乾燥重量は、濃縮汚泥(生汚泥、消化汚泥含む)を他処理場に輸送している場合は受泥側(送泥先)の処理場で発生したものとして計上し、脱水汚泥を他処理場に輸送している場合は送泥元の処理場で発生したものと計上

《各指標の関係》	【下水道バイオマスリサイクル率】	【下水汚泥エネルギー化率】
下水汚泥が最終的に リサイクルされた量[t-DS] 下水汚泥の重量[t-DS]	下水汚泥中の有機物のうち、 エネルギー化量+緑農地利用量[t-VS] 下水汚泥の有機物量[t-VS]	下水汚泥中の有機物のうち、 エネルギー化量[t-VS] 下水汚泥の有機物量[t-VS]
※汚泥処理の途中段階である消化 ガス利用は含まれない。	※下水汚泥エネルギー化率は下水道バイオマスリサイクル率のうち、エネルギー化に限ったもの。 ※エネルギー化とは、消化ガス有効利用、固形燃料化、焼却廃熱利用等	

出典：国土省ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/common/001270567.pdf>)、平成 31 年 1 月 31 日アクセス

第2章 汚泥処理方式の概要

1. 一般的な汚泥処理方式と有効利用用途の整理

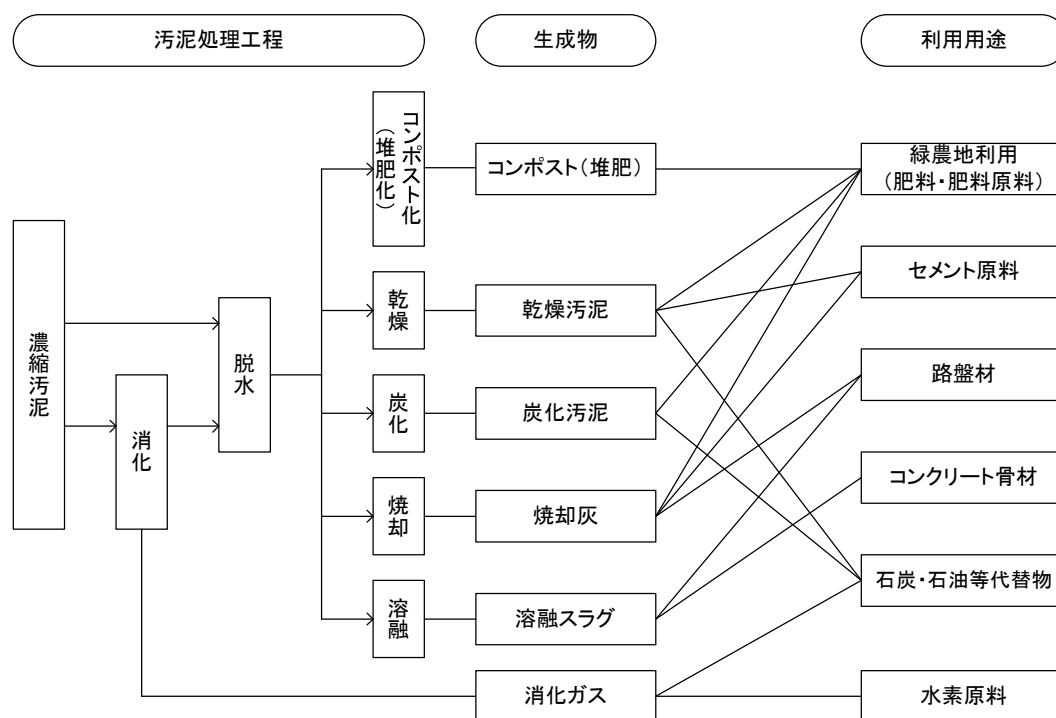


図.3 汚泥処理方式と有効利用用途の整理

2. 汚泥処理処分方式の概要

①コンポスト化（堆肥化）

- ・下水汚泥を緑農地還元することを目的に、発酵等により、コンポスト化させる技術。
- ・下水汚泥リサイクル率、下水道バイオマスリサイクル率の向上に寄与する。
- ・導入実績も多数あるが、近年は減少しつつある。
- ・国や県の施策として、農業分野への活用が推進されている
- ・生成物の安定した受け入れ先を確保することが重要である。
- ・生成物量と地域特性を鑑みて適用性を検討することが重要である。

②乾燥

- ・後段の埋立、焼却、下水汚泥固形燃料化等に向け、処理効率化やハンドリング向上のため、脱水汚泥中の水分を蒸発させる技術。
- ・脱水汚泥を約 1/3～1/4 に減容化が可能。
- ・有効利用用途として、乾燥させた汚泥を緑農地還元や、燃料化物として利用することが可能で、下水汚泥リサイクル率、下水道バイオマスリサイクル率、下水汚泥エネルギー化率（緑農地還元の場合を除く）の向上に寄与する。
- ・生成物の安定した受け入れ先を確保する必要がある。

- ・各処理場への適用性については、後段でどのような処理（埋立、焼却、下水汚泥固形燃料化等）が行われるか、生成物の需要があるか等により判断される。

③炭化

- ・汚泥に含まれる有機物のエネルギーを利用して炭化させる技術。
- ・有効利用用途として、土壌改良材や燃料化物等として売却でき、廃棄物処分費を必要としないが、昨今は下水汚泥固形燃料として利用される場合が多い。下水汚泥リサイクル率、下水道バイオマスリサイクル率、下水汚泥エネルギー化率（下水汚泥固形燃料として利用する場合）の向上に寄与する。
- ・生成物の安定した受け入れ先を確保する必要がある。
- ・焼却と同程度の建設費、維持管理費が想定され、汚泥量が少ない場合は事業採算性が確保できないことがある。
- ・各処理場への適用性については、生成物の需要があるか等により判断される。

④焼却

- ・下水汚泥の減量化と安定化を図るため、汚泥中の有機物を燃焼させる技術。
- ・脱水汚泥を約 1/20 程度に減容化が可能。
- ・国の施策として、交付金の対象とするためには廃熱回収率 40%以上かつ従来型と比較して消費電力量が 20%以上削減されている必要がある。
- ・小規模施設に対しては、建設費や維持管理費が割高になることが想定される。
- ・有効利用用途として、一部地域において肥料原料化（りん回収）が始まっているが、依然として、ほぼセメント原料化に利用用途が限られている。下水汚泥リサイクル率（リサイクル利用する場合）、下水道バイオマスリサイクル率（焼却廃熱利用及びりん回収の場合）、下水汚泥エネルギー化率（焼却廃熱利用の場合）の向上に寄与する。
- ・有価物としての流通は難しく、処分費が高額となりやすい。セメント原料としてリサイクルする場合も、処分費が割高になることは避けられない。

⑤溶融

- ・焼却灰をさらに減量化と安定化（重金属の溶出抑制等の無害化）を図るため、焼却よりも高い温度で汚泥を溶融し、スラグ化する技術。
- ・脱水汚泥を約 1/25 に減容化が可能。
- ・有効利用用途として、路盤材やコンクリート骨材の代替品として、リサイクル可能であり、下水汚泥リサイクル率の向上に寄与する。
- ・建設費、維持管理費、エネルギー使用量とも多大であり、維持管理の手間も要すること等から、近年は減少しつつある。
- ・国や県の施策として、有害物の封じ込め等特段の理由が無い場合、交付金の対象外となる。

⑥埋立

- ・脱水汚泥、乾燥汚泥、焼却灰等として最終処分場に埋め立てる技術。
- ・有効利用とは言えず、下水汚泥リサイクル率の向上に寄与しない。
- ・埋立処分地が限られ、大量の処分は困難である。
- ・埋立処分物が少量であれば、他の処理方式と比較して安価になることがある。
- ・中規模以上の場合には焼却等による減量化が必要。

⑦嫌気性消化（以下、「消化」とする）

- ・下水汚泥を消化タンクに投入し、嫌気状態で有機分を酸発酵及びメタン発酵させることにより安定させる技術。
- ・発生した消化ガスを燃料利用や発電等により有効活用し、下水道バイオマスリサイクル率、下水汚泥エネルギー化率の向上に寄与する。
- ・新たに消化施設を設置する場合は事業採算性を確保しにくい場合があるが、近年は鋼板製消化タンクや担体充填型高速メタン発酵システム等の開発により、費用の削減が進められている。
- ・消化により汚泥の発熱量が低下するため、下水汚泥固形燃料化（乾燥、炭化）を行う場合は注意する必要がある。
- ・窒素（以下、「N」とする）、りん（以下、「P」とする）、難分解性 COD（以下、「HD-COD」とする）による返流負荷が増加し、水処理工程に影響するため特に高度処理においては注意を要する。

第3章 湖南中部浄化センターの汚泥処理方式検討方針

1. 琵琶湖流域下水道における汚泥処理方式の基本的考え方

琵琶湖流域下水道における汚泥処理方式の基本的な考え方は、平成 29 年度に実施した下水道審議会 資源・エネルギー・新技術部会において議論され、中間取りまとめとして整理された（参考資料・p.17 を参照）。

①埋立

- ・汚泥が有効活用されず、また埋立処分先が確保されないことから避けるべきである。

②コンポスト化（堆肥化）

- ・製造した堆肥の安定的な流通が重要であることから、導入する場合は安定して見込まれる需要量に応じて施設能力を検討することが望ましい。

③焼却

- ・実績が豊富で安定性も高く、生成される焼却灰の処分先も安定して確保されている。
- ・近年開発されている新型機では廃熱利用等によるエネルギー回収が促進されている。
- ・消化工程との併用や、焼却灰の有効活用等についても検討しつつ、選択肢の一つとして考えられる。

④熔融

- ・生成物の安定化や建設資材等の有効活用は見込め、汚泥熔融スラグからの重金属の溶出抑制に優れている。
- ・エネルギー使用量や温室効果ガスの発生量が多いという課題があり、また現状では重金属の溶出抑制も不要であることから、選択する積極的な理由は乏しい。

⑤下水汚泥固形燃料化（「乾燥」と「炭化」を含む。以下同様。）

- ・DBO や PFI 方式により民間企業のノウハウを活用することで生成物の利用先の確保を十分に見込めることから、汚泥のエネルギー利用の面で優れた方式であり、選択肢の一つとして考えられる。

⑥消化

- ・汚泥の減量化やエネルギー利用の観点から優れた方式であるが、N、P、HD-COD を高濃度に含む返流水が N、P、COD 除去を行う高度処理に影響を与える可能性があることから、琵琶湖流域下水道では採用されてこなかった。この影響を十分に考慮したうえで、焼却あるいは下水汚泥固形燃料化等の最終処理との組み合わせを検討することが望ましい。
- ・他バイオマスの受け入れ処理を行うケースでは、基本的には消化方式の採用が想定される。

2. 湖南中部浄化センターの特性

- ・琵琶湖流域下水道の中で流入水量が最も多く、汚泥発生量も最も多い。
- ・現状は敷地面積に余裕がある。
- ・汚泥処理は2系統ある（3号焼却炉、新2号焼却炉）。

3. 湖南中部浄化センターの汚泥処理方式検討方針

湖南中部浄化センターの汚泥処理方式については、平成29年度に実施した下水道審議会 資源・エネルギー・新技術部会において検討方針が議論され、中間取りまとめとして整理された（参考資料・p.17を参照）。

- ・湖南中部浄化センターの発生汚泥量は200t/日を超え、琵琶湖流域下水道4処理区の中で最も多い。緊急時の代替処理方法の確保も困難であるため、汚泥処理および処分もしくは有効利用の安定性の確保が最優先されるべきである。また、規模が大きいことからスケールメリットも働きやすいため、汚泥のエネルギー回収および資源循環についても積極的に検討することが望まれる。
- ・現有施設は焼却方式であるが、次期汚泥処理方式の選定にあたっては発生汚泥を安定して処理でき、かつ生成物を安定して処分もしくは有効利用できる焼却方式、あるいは下水汚泥固形燃料化方式のいずれか、もしくはこれらの方式とコンポスト化等の緑農地利用との併用が考えられる。また、消化方式については、汚泥の減量化やエネルギー回収の面から、また返流水による水処理への影響の面から検討したうえで焼却方式、下水汚泥固形燃料化方式、コンポスト化方式との組み合わせを検討することが望ましい。

第4章 湖南中部浄化センターの次期汚泥処理方式の選定

1. 次期汚泥処理方式

(1) 検討フロー

下水汚泥処理技術は技術革新が著しい分野であるため、民間各社から最適な処理方式等の提案を公募し、その結果を基に「滋賀県下水道中期ビジョン」に示した施策の方向性にも合った汚泥処理方式を下水道審議会専門部会において選定することとした。

公募に際しては、「下水道で地域と琵琶湖を健康に ～世界に誇れる下水道を目指して～」をコンセプトとして掲げ、より良い・より健康な滋賀県を作るため、多様なプレイヤーと連携しつつ、下水道のポテンシャル・未利用の資源を最大限活用することにより、地域や琵琶湖への貢献にチャレンジし続ける下水道事業の実現を目指すものとした。これを踏まえ、安定した汚泥処理処分や汚泥処理コストの縮減等を目的として以下の評価基準を公募要綱に提示し、汚泥処理方式の提案を求めた。

表.3 汚泥処理方式の提案にかかるコンセプトに沿った評価内容と重要度

大項目	小項目	重要度	内容	
(1) 安定した 汚泥処理処分	事業の安定性	20%	①生成物の有効利用先確保の 安定性、確実性	事業期間中の引き取りの確実性 引取量の余裕性 不測の事態への対応性
	変動に対する 安定性	10%		②投入汚泥量、性状の変動に 対する安定性
(2) 環境への配慮	リサイクル	10%	①未利用資源の活用	下水汚泥リサイクル率 下水道バイオマスリサイクル率 下水汚泥エネルギー化率 資源の地域循環や地域バイオマスの利活用に資する提案
	下水処理への 影響	10%		②下水処理への 影響
	温室効果ガス 排出量	5%	③温室効果ガス排出量	温室効果ガス排出量
	省エネルギー	5%	④省エネルギー性	エネルギー使用量
	周辺環境への 影響	5%	⑤周辺環境への影響	施設供用時の場内への臭気対策が確実であるか。 施設供用時および製品運搬時における走行車両が周辺環境に与える影響の対策が十分考慮されているか。
(3) 社会貢献	総事業費	15%	①総事業費	施設のライフサイクルコストの削減に寄与するか。
	地域への貢献	10%	②地域への貢献	県内からの資材調達 県内企業との連携 周辺地域の活性化につながるアイデア
	課題解決	10%	③課題解決	障害者雇用 地域住民との協働 チャレンジングな仕組みの提案

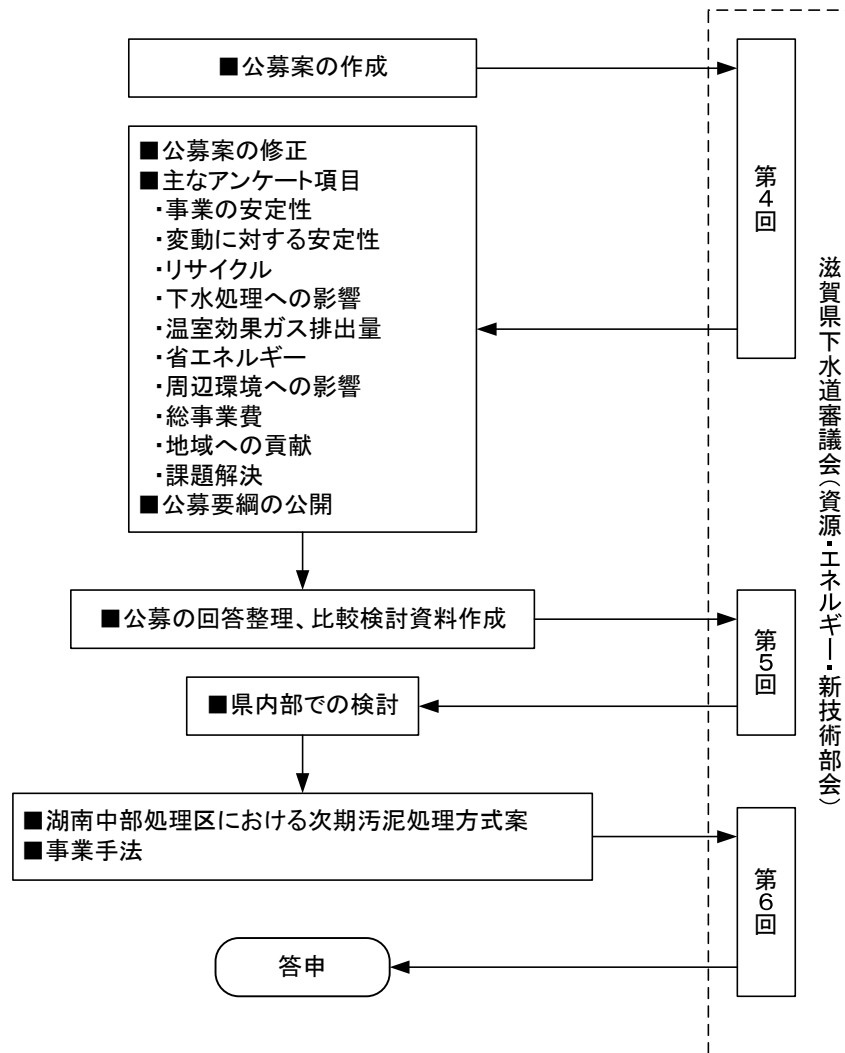


図.4 湖南中部浄化センターの次期汚泥処理方式に関する検討フロー

(2) 提案の応募

公募の結果、以下に示す 14 件の提案があった。

表.4 湖南中部浄化センターの次期汚泥処理方式に関する公募結果

提案内容	応募件数*	備考
下水汚泥固形燃料化	5	
消化+下水汚泥固形燃料化	3	消化+下水汚泥固形燃料化+一部コンポスト化をそれぞれ重複して含む。
消化+コンポスト化	3	
焼却	1	
部分提案	2	消化のみ、脱水のみの提案が各 1 件ずつあった。
合計	14 (13)	消化+下水汚泥固形燃料化+一部コンポスト化を重複して含むため、実際には 13 件となる。

*応募の後、ヒアリングを辞退したため評価ができなかった提案 1 件を除く。

各提案について、提案者に面談によるヒアリングを行って不明点を確認した。表.3 に示した重要度と内容に基づいて提案毎に評価を行った結果、最も高評価となったのは【消化+下水汚泥固形燃料化】の提案であった。また、提案内容による平均でも【消化+下水汚泥固形燃料化】が高評価であった。

建設費と 20 年間の維持管理費を含めた処理方式毎の平均的な総事業費についても【消化+下水汚泥固形燃料化】の提案が最も安価となった。

表.5 提案技術への評価結果（100 点満点中）および総事業費の整理

提案内容	評価点		総事業費（億円）
	平均	範囲（最低～最高）	平均
下水汚泥固形燃料化	56.3	28.6～76.8	257
消化+下水汚泥固形燃料化	67.7	61.4～79.3	210
消化+コンポスト化	63.2	61.4～66.6	262
焼却	59.2	59.2	229

（3）汚泥処理方式の選定

提案及びヒアリングの結果を整理し、表.3 に示した内容に沿って各プロセスの評価を行い、汚泥処理方式として【（濃縮）+消化+（脱水）+下水汚泥固形燃料化】を基本方針として選定した。各プロセスを選定した理由は以下に示すとおりである。なお、コンポスト化プロセスについては地域バイオマス循環の視点でその採用が望まれるが現時点では課題も多いため、その採用については今後も継続して検討していく。

注）（ ）は既設を意味する。なお、必要に応じて設備仕様を見直す場合を含む。

①下水汚泥固形燃料化プロセス

下水汚泥の持つエネルギー有効利用の面で県の施策に沿ったものになっていること、生成物の安定した受け入れが可能と考えられること等に加え、複数の提案があり公共調達における競争性を担保できる可能性が高いことも示されたことから、汚泥の処理方式として「下水汚泥固形燃料化」を選定する。

下水汚泥固形燃料化の選択肢として、乾燥方式や炭化方式等、メーカーにより多様な方式があるため、要求水準書で規定せず、様々な提案を求める。

②消化プロセス

今回の公募では消化を含む提案が多く、課題として想定していた返流負荷の増加を抑制可能な案もあった。エネルギー有効利用だけでなく、将来の地域バイオマス循環への活用を見据え、「消化」の導入を選定する。

消化を含まない下水汚泥固形燃料化方式を提案しているケースにおいても、消化汚泥でも下水汚泥固形燃料化が可能であることをヒアリングにより確認している。ただし、燃料の単位重量あ

たり熱量が低下するため、熱量を条件とする受け入れ先に対しては課題がある。

消化ガスの利用方法については、以下の点について十分考慮したものとする。

- ・施設（滋賀県）からの CO₂ 発生量やエネルギー利用量
- ・滋賀県としてかかるトータルのコスト
- ・電気の需用者が負担することになる電気価格への影響（固定価格買取制度利用の場合）
- ・買取価格変動のリスク（固定価格買取制度利用の場合）

高度処理を実施している琵琶湖流域下水道では、これまで汚泥処理の返流水負荷が増加する恐れのある消化は導入してこなかった経緯がある。返流水負荷による水処理への影響を抑制するため、今回対象となる汚泥全量の消化とせず、当面は消化効率の高い最初沈殿池引抜汚泥のみを対象とし、返流水負荷への考慮等施設運用の面から、段階的な整備及び方式について引き続き検討する。

なお、消化プロセスは、今回の更新対象ではない濃縮および脱水プロセスと相互に関連し合うため、既存設備の改造、改築、維持管理方法、維持管理の範囲についても引き続き検討する。

③コンポスト化プロセス

コンポスト化による地域バイオマス循環は、県のコンセプトである「より良い・より健康な滋賀県」「多様なプレイヤーとの連携」「未利用資源を最大限活用」「地域や琵琶湖への貢献にチャレンジ」に沿った手法であり、その採用が望まれる。

しかしその一方で、以下の課題が示された。

- ・施設設置面積が大きく、公募要綱で示した設置スペースへの配置はできない。
- ・太陽光発電施設スペースに配置できた場合でも、下水汚泥固形燃料化等と比較してコストが高くなると想定される。
- ・下水汚泥固形燃料化と比較して運搬車両が多くなるため、これらの動線管理や処理場内のセキュリティ面、周辺環境への懸念が大きくなる。
- ・大規模なコンポスト化施設の実績が少ない。

また、課題解決のため、一部汚泥のコンポスト化も想定したが、コスト面での課題も大きいことが想定された。

下水汚泥のコンポスト化プロセスについては下水道部局だけでなく、関連する他部局や外部機関、農業関係者等も含めた「多様なプレイヤーと連携」しながら継続して取り組む必要がある課題である。当面は文献調査や机上検討、他都市の事例調査等から開始し、プラント実験も含む小規模な汚泥量による試験的なコンポスト化、成分分析や施肥テスト等による安全性の確認と肥料登録、さらには広報活動を行い、下水汚泥堆肥の信頼性とブランド力を高めた上で、大規模施設の運用につなげることが望ましいと考えられる。

④焼却プロセス

焼却プロセスは、下水汚泥固形燃料化プロセスやコンポスト化プロセスと比較して生成物の減容化が可能な特徴を有している。

しかし、焼却方式の提案は 1 社のみであった。ヒアリングより、提案がなかった理由として以

下の課題が示された。

- ・現状は補助金がつきにくいと想定している。
- ・焼却灰の有効利用先の確保が困難である。
- ・焼却灰の有効利用先は確保するが、引き取り費用の支払いが必要で、下水汚泥固形燃料化方式と比較してメリットがないと考えている。

今回の汚泥処分では焼却灰の埋立を想定しておらず、有効利用を前提とすると競争性の担保が困難になる可能性が高い。下水道バイオマスリサイクル率、下水汚泥エネルギー化率の面から下水汚泥固形燃料化方式に劣り、今回の滋賀県のコンセプトに沿わない方式であることも勘案し、焼却プロセスの導入は行わないこととした。

(4) チャレンジングな仕組みの提案

地域バイオマスの循環に関連し、チャレンジングな仕組みとして消化槽への下水汚泥以外のバイオマス投入が提案された。

ここで、滋賀県では近年、琵琶湖における水草の繁茂に苦慮しており、1930～50年代の望ましいとされる水草繁茂の状態に近づけるための水草刈り取り・除去対策と、刈り取った水草の有効利用を進めている。また、有効利用方式として水草のコンポスト化等の研究を行っており、チャレンジングな仕組みの提案と組み合わせることにより、水草を消化槽へ投入し、消化汚泥を脱水、コンポスト化等の緑農地利用する方法が考えられる。ただし、現状で実規模レベルの実験はなく、当面は文献調査や机上検討、現在実施されている水草刈り取り時の状況調査等から情報収集を行い、以下に示すような技術面での課題について検討を行うことが適切と考えられる。

【技術面からの主な課題】

- ・取り込むことが想定される水草の種類（例：中間水路を対象とする場合、ヒシ、オオバナミズキンバイ、スズメノヒエ等）、量、消化効率
- ・前処理の必要性や方法（可溶化等）、消化効率との関係
- ・きょう雑物除去の必要性、除去方法

その上で、ベンチスケール実験により消化効率を調査し、事業化可能性の有無を検討する。可能性がある判断した場合にはパイロットプラント程度の規模で実験を行い、実施設計に必要な技術面での情報収集を行う。

なお、パイロットプラント実験を実施する場合であっても、運搬経路や臭気など周辺環境に配慮し、関係機関と調整する必要がある。また、実験規模等については机上での検討を踏まえて今後検討を継続する。さらに、実施化に際しては、刈り取り段階から投入段階まで、以下に示すような行政的な検討課題や整理しておくべき事項が想定される。

【行政面からの主な課題】

- ・下水処理場への水草等持ち込みの可否（法的な課題の整理、地元説明等）
- ・水草の刈り取り、保管、運搬、きょう雑物除去の方法（実施主体、実施手法等）

これらは下水道部局だけでなく、琵琶湖環境部全体で取り組むべき事項である。

2. 事業手法

事業手法は今後の基本設計において決定するものであるが、汚泥処理方式と密接なつながりがあるため、公募により提案を求めた。結果、以下に示す 12 ケースの提案があった。

表.6 湖南中部浄化センターの次期汚泥処理事業手法に関する公募結果

提案内容	応募件数	備考
DB	2	1 ケースは DBO も可、1 ケースは消化のみの部分提案
DBO	9	DB+DBO+FIT（固定価格買取制度）の提案 1 件を含む※
PFI	1	

※消化+燃料化のケースにおいて、消化を DB、燃料化を DBO とし、消化ガスを FIT を用いて売却益を得る提案が 1 件あった。ここではこれを DBO の中に含めた。

各提案について、提案者に面談によるヒアリングを行って不明点を確認した。ヒアリング結果は以下のとおり。

①DB、DBO を希望するケース

- ・PFI と比較して起債の方が金利面で有利である。
- ・PFI では事業開始まで概ね 3 年程度の準備期間が必要であるが、DBO では 2 年程度と短い。
- ・PFI はモニタリングの適正さが担保されるメリットはあるが、費用、時間の面でのデメリットが大きく、あえて PFI とする必要がない。
- ・PFI は金利だけでなく、事務負荷が大きい負担になる。積極的にやりたくはない。物事がスムーズに進まない。速やかな出費行為が出来ない。
- ・更新した 3 号炉の運用が PFI になった場合、一定量の汚泥供給が求められる可能性が高く、その変動を既設炉側で受け入れる必要が生じる。既設炉の運転が難しくなり、発停を繰り返すケースも考えられるため、コスト面でのデメリットが大きい。

②PFI を希望するケース

- ・滋賀県としては、費用支出が毎年平準化されるメリットがある。
- ・DBO とした場合新たに SPC を作る必要があるが、PFI はグループ会社内で行うことができるため、やりやすい。県側としては低い金利で起債できるため、トータル費用面でのメリットは少ない。

これらの結果を踏まえると、PFI とするメリットや必要性が少なく、コスト面や維持管理の実務面でのデメリットが大きいことが想定される。財政面でのメリット、事業実施までにかかる期間のメリット、官民の責任と役割分担を明確化し、効率的で効果的な事業運営となること、生成物を外部に販売する部分の責任も含め、滋賀県としては DBO 方式を選択することが望ましいと考えられる。

【参考資料】

琵琶湖流域下水道における汚泥処理方式検討方針 中間取りまとめ (下水道審議会 資源・エネルギー・新技術部会)

平成 30 年 3 月 14 日

本部会は、琵琶湖流域下水道における中長期的な下水汚泥処理方式の方向性と、湖南中部処理区における次期汚泥処理方式・事業手法の審議を行うこととしている。

本中間取りまとめでは、中長期的な下水汚泥処理方式の方向性として、各処理区の特性を踏まえた今後の検討のあり方を取りまとめた。

また、湖南中部処理区における次期汚泥処理方式・事業手法については、今回とりまとめた検討のあり方に沿って、来年度にかけて審議を行うこととする。

1. はじめに

滋賀県は、世界共通の目標である S D G s (Sustainable Development Goals・持続可能な開発目標) に掲げられている理念や視点を政策に取り入れることで「健やかで持続可能な滋賀の実現」を目指す方針を表明している。

また、平成 27 年の下水道法改正により、下水道管理者には発生汚泥等を燃料又は肥料として再生利用する努力義務が課せられたところである。

このようななか、琵琶湖流域下水道 4 処理区の各浄化センターは、全体で 300 t を超える脱水汚泥を日々生成しており、資源やエネルギー循環の拠点となり得るポテンシャルを有している。

このため下水道には、滋賀県の目指す方針や下水道法改正の趣旨を踏まえ、持続可能な循環型社会の構築に向けて、省エネルギー、温室効果ガス排出量低減など環境に与える影響に配慮しながら、汚泥の有する資源やエネルギーの有効活用をさらに促進することが期待される。

一方で下水道は、衛生的で快適な暮らしや経済活動、琵琶湖に代表される公共用水域の水質保全を担う重要な社会インフラシステムであり、24 時間 365 日一時も汚水の受入れや処理といった機能・サービスを停止することができないため、その汚泥処理にも安定性が強く求められる。

なお、下水道事業は原則として受益者負担で運営されていることに鑑み、汚泥処理に経済性が常に求められることは言うまでもないが、下水道使用者に下水道事業を理解してもらうこと、ひいては下水道事業と地域との連携を促進することが求められる。

このような社会的要請や下水道の有するポテンシャルを踏まえ、琵琶湖流域下水道における中長期的な汚泥処理方式の方向性として、汚泥処理方式の基本的な考え方および各処理区の特性を踏まえた今後の検討のあり方を以下に示す。

2. 琵琶湖流域下水道における汚泥処理方式の基本的考え方

- ・ 汚泥の埋め立ては、汚泥が有効活用されず、また埋め立て処分先が確保されないことから避けるべきである。

- ・ 汚泥のコンポスト化は、製造した堆肥の安定的な流通が重要であることから、導入する場合は安定して見込まれる需要量に応じて施設能力を検討することが望ましい。
- ・ 焼却方式は、実績が豊富で安定性も高く、生成される焼却灰の処分先も安定して確保されている。また、近年開発されている新型機では排熱利用等によるエネルギー回収が促進されている。消化工程との併用や、焼却灰の有効活用などについても検討しつつ、選択肢の一つとして考えられる。
- ・ 溶融方式は、生成物の安定化や建設資材などの有効活用は見込め、汚泥溶融スラグからの重金属の溶出抑制に優れている。しかし、エネルギー使用量や温室効果ガスの発生量が多いという課題があり、また現状では重金属の溶出抑制も不要であることから、選択する積極的な理由は乏しい。
- ・ 燃料化方式は、DBOやPFI方式により民間企業のノウハウを活用することで生成物の利用先の確保を十分に見込めることから、汚泥のエネルギー利用の面で優れた方式であり、選択肢の一つとして考えられる。
- ・ 消化方式については、汚泥の減量化やエネルギー利用の観点から優れた方式であるが、窒素、リンを高濃度に含む返流水が窒素、リン除去を行う高度処理に影響を与える可能性があることから、琵琶湖流域下水道では採用されてこなかった。この影響を十分に考慮したうえで、焼却あるいは燃料化などの最終処理との組み合わせを検討することが望ましい。なお、他バイオマスの受け入れ処理を行うケースでは、基本的には消化方式の採用が想定される。

3. 各処理区における汚泥処理方式の今後の検討のあり方

2. で示した基本的考え方および各処理区の特性を踏まえ、汚泥処理方式の今後の検討のあり方を以下に示す。

①湖南中部処理区

湖南中部処理区の発生汚泥量は200 t / 日を超え、琵琶湖流域下水道4処理区の中で最も多い。緊急時の代替処理方法の確保も困難であるため、汚泥処理および処分もしくは有効利用の安定性の確保が最優先されるべきである。また、規模が大きいことからスケールメリットも働きやすいため、汚泥のエネルギー回収および資源循環についても積極的に検討することが望まれる。

現有施設は焼却方式であるが、次期汚泥処理方式の選定にあたっては発生汚泥を安定して処理でき、かつ生成物を安定して処分もしくは有効利用できる焼却方式、あるいは燃料化方式のいずれか、もしくはこれらの方式とコンポスト化方式との併用が考えられる。また、消化方式については、汚泥の減量化やエネルギー回収の面から、また返流水による水処理への影響の面から検討したうえで焼却方式、燃料化方式、コンポスト方式との組み合わせを検討することが望ましい。

②湖西処理区

湖西処理区は、大津市単独公共下水道との流域下水汚泥処理事業による燃料化事業がDBO方式で平成 47 年度末までの維持管理を含めて契約されているため、これを継続することが望ましい。

③東北部処理区

東北部処理区は、湖南中部処理区に次いで発生汚泥量は 63 t / 日と多く、湖南中部処理区と同様の視点で検討する必要があると考えられる。

現有施設は焼却+溶融方式であるが、平成 30 年度より着手する長寿命化対策工事で焼却のみとする方式への変更が計画されており、次回の施設更新（平成 41 年度頃）までは、これを継続することが望ましい。

④高島処理区

高島処理区は、琵琶湖流域下水道 4 処理区の中で最も処理規模が小さく、経済性の面から、汚泥を場外搬出し民間企業によりコンポスト利用されてきた。また、平成 30 年 4 月から 5 年間については、湖西処理区において集約処理が行われる予定である。

今後は、湖西での集約処理終了後におけるこの地域での緑農地利用や他バイオマスとの集約処理など、地域と連携した事業展開も含めた汚泥の処理方式や有効利用方式について検討を進めることが望ましい。