

流域下水道への消化ガス施設導入の経緯と 発生した問題への対応について

高知県 土木部 公園下水道課 宮地賢一
高知県 土木部 公園下水道課 二宮健輔

高知県が管理する浦戸湾東部流域下水道の高須浄化センターでは、場内で発生する汚泥ならびに高知市からの高濃度汚水を受入れ全量を有効利用してきたが、二酸化炭素排出量の削減・資源の有効活用などの観点から、新たな汚泥処理方法として消化施設によるメタンガス生成を令和3年度から開始した。その供用開始に到る経緯と開始年度に発生した問題への対応について報告する。

キーワード 下水汚泥、汚泥消化施設、高分子凝集剤

1. はじめに

高知県浦戸湾東部流域下水道は中心都市である高知市を中心に南国市、香美市を含んだ全流域面積390km²を対象に事業を実施している。その流域端に位置する高須浄化センターは平成2年4月に供用を開始し、3市から排水される汚水を処理し、浦戸湾の水質保全に努めている。汚泥処理については、場内で発生する汚泥に加え、高知市下知水再生センター及び潮江水再生センターからの高濃度汚水を受入れ、処理をおこない全量をコンポストならびにセメント配合資材として有効利用を行っている。

2. 消化施設の導入経緯

従来高須浄化センターでの汚泥処理は、濃縮・脱水で減量化したのちに場内焼却と、場外搬出し民間事業者に委託して堆肥化・セメント原料化による処理を行ってきた。しかし焼却炉が平成31年度に耐用年数を迎えることから、次世代の汚泥処理システムの検討を平成25年頃から開始してきた。次世代の汚泥処理システムの検討にあたっては、再生可能エネルギーの更なる活用、資源循環・循環型社会の構築などの環境面、下水汚泥処分費の低減などの観点から複数案の評価を行い、汚泥消化による汚泥の



図-1 浦戸湾東部流域下水道高須浄化センター全景

減量化、消化により発生するガス売却による利益が見込めること、経済性の向上に加え焼却処分と比較し、二酸化炭素排出量の削減・資源の有効活用など、環境面のメリットが大きいことから汚泥消化処理の導入を目指すこととなった。

汚泥消化施設の導入にあたっては、高知県下水汚泥有効利用検討委員会による外部委員や流域下水道運営に係る協議会により、次期汚泥処理システムのあり方について議論を重ね、最終的に平成26年度に流域関連市との協議会により合意形成をし、方針が決定された。

施設の建設は平成26～28年度にかけて調査・設計を行い、平成29年度に施設建設工事に着手した。建設した主な施設は、汚泥消化槽（3,000m³×2基）、低圧ガスタンク（3,500Nm³×1基）、硫化水素を除去する脱硫装置を2系統建設した。総事業費は約34億円で、令和2年度末に完成した。

発電設備については、発電事業者により建設され、試運転も含めて令和2年度末に完成している。発電事業は他の自治体の事例などから自家利用、公設公営方式、民設民営方式の3方式を基本に比較検討しており、結果として民間のノウハウを最大限活用すること、管理者である高知県の管理リスクを低減すること、発生するガスを利益に結びつけることなどを総合的に検討し、民設民営方式とした。評価においては特に、本県に下水由来のガス発電事業のノウハウがなく、民設民営により、事業運営上のリスクが低減されることが大きな判断材料となった。



図-2 消化施設

売電事業は公募の審査により決定した民間事業者がFIT制度（固定価格買取制度）を活用し20年間の売電を行う計画となっており、本県は民間事業者に20年間のガス供給を行う契約を締結している。合わせて、発電による余剰熱は消化槽の加温に活用することとし、さらなるエネルギーの有効活用を図っている。

3. 消化施設導入により発生した問題

消化施設のスタートアップを開始以降、消化汚泥の搬出において、受入れ側のセメント工場から「消化によって汚泥性状が変わった可能性があり、それにより汚泥搬送設備の機能低下が発生している」旨の報告があった。消化施設本格稼働以降も同様な状態であったため、セメント工場側の対応として、受入れ時の散水時間を30分から70分に延長し含水比を上ることにより流動性の確保ができないかトライアルしたが、管閉塞に改善が見られない状況が続いていたことから、根本的な解決策が見いだせない状況が続き年間受入れ量が当初想定の半分まで減少することが想定された。しかし一方で、このセメント工場では他県の消化汚泥も受け入れているが、「他県の消化汚泥ではこのような状態は見られない」との報告もあった。このことから、県としてまずは、他県の消化汚泥の性状と高須浄化センターの消化汚泥の性状の違いを把握すべく日本下水道事業団協力の下、基本性状の把握及び性状の比較を実施した。



図-3 消化ガス発電施設

他県の消化汚泥では管閉塞が見られないことから、セメント工場で受け入れている他県 A 市及び B 市の消化汚泥と高須浄化センターの消化汚泥と併せ、日本下水道事業団が有効利用のため調査中であった他県 C 市・D 市の合計 5 つの消化汚泥の基本性状分析をおこなった。分析結果を以下に示す。

分析項目	単位	分析方法	高須浄化センター	A 市	B 市	C 市	D 市
蒸発残留物	%	下水試験法	16.9	14.4	19.6	14.9	15.9
含水率	%	下水試験法	83.1	85.6	80.4	85.1	84.1
強熱減量	%	下水試験法	78.5	79.9	79	77.8	83.5
CODcr	mg/kg	下水試験法	150,000	130,000	170,000	120,000	160,000
T-N	mg/kg	下水試験法	11,700	11,500	14,200	10,100	13,500
NH ₄ -N	mg/kg	下水試験法	1,700	2,500	2,900	2,100	4,200
T-P	mg/kg	下水試験法	3,260	4,070	6,460	4,190	3,730
脂質	%	食品分析法	1.1	0.7	1.2	0.9	0.8

表-1 各消化汚泥の基本性状分析結果

分析結果から高須浄化センターの消化汚泥と他県の消化汚泥との間に特筆すべき、流動性を大きく損ねるような性状の差異は認められなかった。基本的な性状に差異が無いとの結果から、脱水汚泥の流動性は脱水機の種類や無機凝集剤添加の有無等によつても変化する可能性が考えられるとの結論に到つた。

4. 汚泥凝集における高分子凝集剤の影響

前章の推察から高分子凝集剤によって流動性に変化が及ぼされていると推測し、基本性状分析で使用した A 市・B 市と高須浄化センターで使用している高分子凝集剤とその他汎用的な高分子凝集剤について、その性能の違いをラボスケールを用いた実験により確認を行つた。

試験方法は、以下のような方法で実施した。

- (1) 高須浄化センターの消化汚泥をビーカーに 200ml 加える
- (2) 0.2%の濃度に調整した高須浄化センター 使用品、A 市使用品、B 市使用品の高分子凝集剤を各所定の添加率で投入する
- (3) 作成した溶液を 500rpm で 1 分間攪拌する

実験条件	1. 高須浄化センターの消化汚泥をビーカーに200ml加える 2. 0.2%の濃度に調整した高須浄化センター使用品、A市使用品、B市使用品の 高分子凝集剤を各所定の添加率で投入する 3. 作成した溶液を500rpmで1分間攪拌する				
	添加率		フロック 径 (mm)	脱水ケーキ 含水率 (%)	備考
	(ppm)	(%TS)		(cmg)	
高須浄化 センター 使用品	250	1.04	4.0	83.1	11.5 凝集フロック：べたつき感なし
	300	1.25	10.0	83.4	11.6 "
	350	1.46	12.0	84.8	11.8 凝集フロック：べたつき感あり
	400	1.67	8.0	85.0	12.0 凝集フロック：べたつき感なし
A市使用品	250	1.04	2.0	85.7	11.2 凝集フロック：べたつき感あり
	300	1.25	2.5	84.4	10.6 "
	350	1.46	4.0	83.1	10.8 凝集フロック：べたつき感なし
	400	1.67	7.0	83.2	11.0 凝集フロック：べたつき感あり
B市使用品	250	1.04	2.0	84.8	11.8 凝集フロック：べたつき感なし
	300	1.25	8.0	84.9	11.7 "
	350	1.46	8.0	84.5	11.6 凝集フロック：べたつき感なし
	400	1.67	6.0	84.2	11.9 凝集フロック：べたつき感あり
その他品番	300	1.25	3.0	83.9	11.2 凝集フロック：べたつき感なし
	350	1.46	3.0	83.5	10.5 "
	400	1.67	5.0	84.0	11.0 凝集フロック：べたつき感あり
	450	1.88	6.0	84.5	11.0 "

表-2 凝集剤の違いによる高須汚泥への性状変化

試験の結果、高須浄化センター使用品ではフロックの最大径が 12mm ϕ であるのに対し、A 市使用品では 7mm ϕ 、B 市使用品では 8mm ϕ 、その他品番では 6mm ϕ とフロックの大きさに差異が出ていることが判明した。一方、凝集剤添加率が高まるにつれ、脱水ケーキでは粘性に大きな差は見られなかったものの、凝集フロックではべたつきが発生した。このフロック状態は使用した凝集剤全てで発生している。

しかし、A 市消化汚泥・B 市消化汚泥に高須浄化センター使用品を添加し試験したところ、高添加率でも凝集フロックにべたつきが見られなかった。このことにより、汚泥の基本性状については差がないものの、べたつきの発生は汚泥そのものの成分が影響していることが推察された。

試験結果から推察されることとして、高須浄化センターの汚泥は高知市からの高濃度汚水を受け入れているが、高知市の一帯は合流式管渠が敷設されている箇所があるため、高濃度汚水内の成分として無機分が多くなる傾向にある。その無機分が凝集剤と反応し粘性が上がり、固まりやすい状態になる可能性が示唆される。さらに、薬品によって凝集フロックの大きさが異なるのは高分子凝集剤の分子量によるものであり、分子量が高いほど凝集能力が一般的には高いとされている。高須浄化センター使用品は分子量 500~550 万に対し、A 市・B 市使用品は 300~400 万のため、分子量によるフロックの結合力に違いが出て粘性に影響が出ているとも考えられる。

今回の試験を通じ、消化汚泥の粘性に関する直接的な原因は不明であるものの、影響を及ぼしていると推測される部分が明らかとなつたため、セメント工場への搬出にあたつて対応すべき内容をセメント工場側と協議し、対応の方針を決定した。

5. 対応の方針及び現状について

前述の試験結果を経て、安定的な汚泥搬出のため高須浄化センターでの対応及びセメント工場側での対応を協議し、決定した。高須浄化センターでは、処理不良が発生していない A 市・B 市の脱水ケーキ状態に近づけるため、現行品である高分子凝集剤から変更し、脱水に支障を及ぼさないフロック径や粘性、費用対効果を加味し数種類の高分子凝集剤の中からラボスケールでの試験を行い、新たな高分子凝集剤を選定した。セメント工場側では、かねてから流動性確保のため受入ホッパーからセメント焼成炉に到るまでの 3 箇所で散水を実施してきたが、新たにオーガーフィーダー部分での散水の追加した。さらに、より安定的な処理を検討し、他処理場で発生した汚泥と高須浄化センターの汚泥を挟み込んで投入することとした。

上記の対応を実施したこと、汚泥搬出量は改善されており、現時点では問題なく処理がおこなわれている。

高分子凝集剤が汚泥性状のどの部分に影響し粘性を増加させているかについては、知見や情報が乏しいこともあり手探りの状態から原因究明を開始した。得られた結果についても推測の域を脱しないため、不確実性が多い。しかし、推測を基に検討を重ね状況が改善したのもまた事実である。今後はより円滑な消化汚泥処理ができるよう、今後も研究を進めていきたい。

汚泥性状は下水由来のため、その性状を変えることはできないが、それらと真摯に向き合い、今後も環境負荷の低減や脱炭素化の一助として、安定的な消化ガス事業の運営をおこなっていきたいと考えている。

謝辞：消化汚泥の基本性状分析は、地方共同法人日本下水道事業団の協力の下、実施された。記して、謝意を表す。