

【課題番号】: 1-2105

研究課題: 汚泥濃縮車を活用した浄化槽汚泥の収集・運搬・処理過程における環境負荷削減効果の網羅的解析および最適活用方法の提案

【体系的番号】: JPMEERF20211005

【重点課題】: 主【重点課題④】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの
発掘・活用

副【重点課題⑫】社会構造の変化に対応した持続可能な廃棄物の
適正処理の確保に関する研究・技術開発

【行政要請研究テーマ(行政ニーズ)】:

(1-2) 汚泥濃縮車を活用した浄化槽汚泥の収集・運搬・処理過程
におけるCO₂削減効果の評価

研究代表機関: 公益財団法人日本環境整備教育センター

研究代表者 : 濱中 俊輔

研究実施期間: 令和3年度～令和5年度

サブテーマ1: 公益財団法人日本環境整備教育センター

濱中 俊輔、仁木 圭三

サブテーマ2: 東北大学大学院工学研究科

李 玉友、西村 修

サブテーマ3: 埼玉県環境科学国際センター

見島 伊織

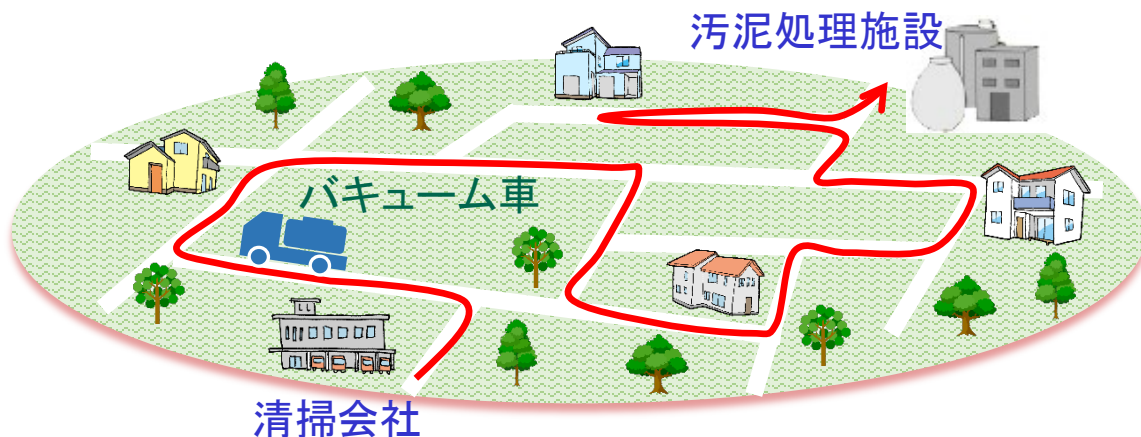
公益財団法人日本環境整備教育センター

武田 文彦

1. はじめに(研究背景等)

2

浄化槽汚泥の収集・運搬・処理



<課題>

- ・人口減少
⇒浄化槽設置密度の低下、
搬出汚泥の希薄化
- ・汚泥処理施設の老朽化
⇒施設の統合・広域化



汚泥運搬効率の低下

汚泥濃縮車導入による課題解決



全国のパキューム車保有台数の0.8%程度の普及状況

搬出量の大幅削減
処理施設への搬入頻度低下

- ・汚泥濃縮車の導入がコスト・環境負荷に及ぼす影響を明らかにする手法
- ・濃縮汚泥に適した汚泥処理・資源化技術



開発が不可欠

2. 研究開発目的 3. 研究目標及び研究計画

【全体目標】

汚泥収集・運搬・処理・資源化の一連の作業に係る環境負荷(コストやCO₂排出量等)を網羅的に評価する**網羅的評価システムを開発**し、当システムを用いたシナリオ分析により、地域の低炭素化社会、低環境負荷型社会、地域循環共生圏の構築に向けた**バキューム車・濃縮車の最適な活用方法を提案**する

【サブテーマ1】

目的 汚泥の収集・運搬・処理に及ぼす濃縮車導入の影響解析

研究 目標

- GISを活用した浄化槽汚泥の収集運搬モデルの構築
- 汚泥搬出量及び汚泥性状と使用条件の関係の解明
- 現有の汚泥処理システムのエネルギー消費・CO₂排出の解析

【サブテーマ2】

目的 濃縮汚泥に適した資源化システムの開発と評価

研究 目標

- 嫌気性膜分離バイオリアクター(AnMBR)による高効率メタン発酵手法の開発
- 一槽式HAP-anammox法による窒素除去とリン回収手法の開発
- 上記のユニットによって構成される最新汚泥再生処理システムの確立

【サブテーマ3】

目的 汚泥濃縮車導入による環境負荷削減能力の網羅的評価

研究 目標

- 濃縮車活用時の環境負荷を評価が算定可能な網羅的評価システムの開発
- 地域の低炭素化社会、低環境負荷型社会の構築に向けた濃縮車の最適な活用方法の提案

4. 研究開発内容

4

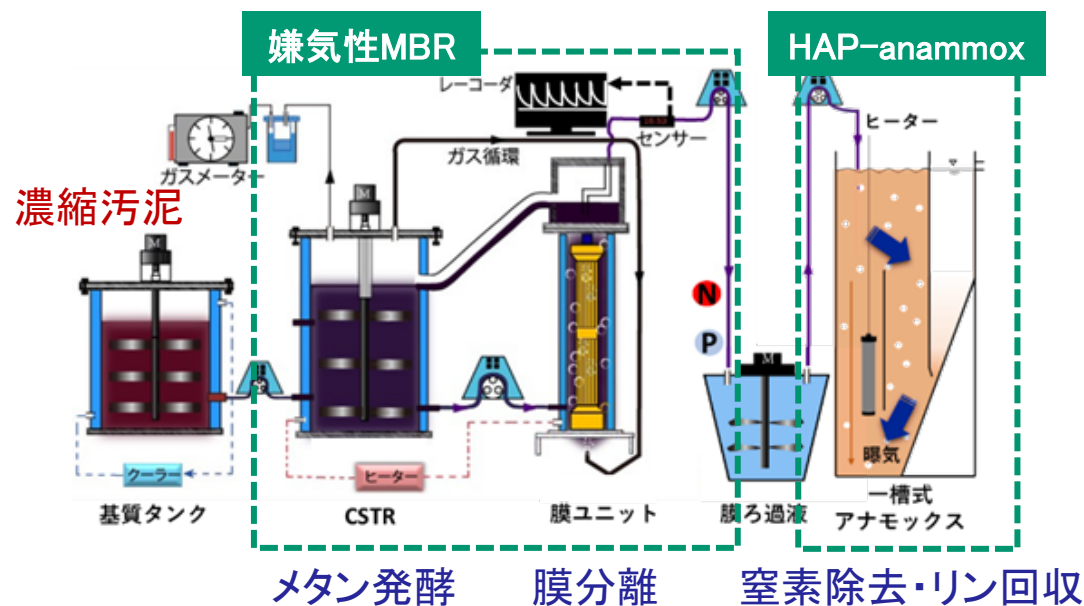
【サブテーマ1】汚泥の収集・運搬・処理に及ぼす濃縮車導入の影響解析

- ・浄化槽からの**汚泥搬出量原単位**及び**収集運搬作業原単位**の取得
- ・GISを活用した**収集運搬モデル**の構築
- ・汚泥処理施設の方式、規模、運転条件とエネルギー消費・CO₂排出の関係説明

サブテーマ3での網羅的評価システムの構築を踏まえ、

- ・網羅的評価システムの適用検証

【サブテーマ2】濃縮汚泥に適した資源化システムの開発と評価



濃縮汚泥を対象とし

- ・嫌気性MBRの適用検証
- ・HAP-anammox法の適用検証
- ・汚泥残渣の資源化処理検討

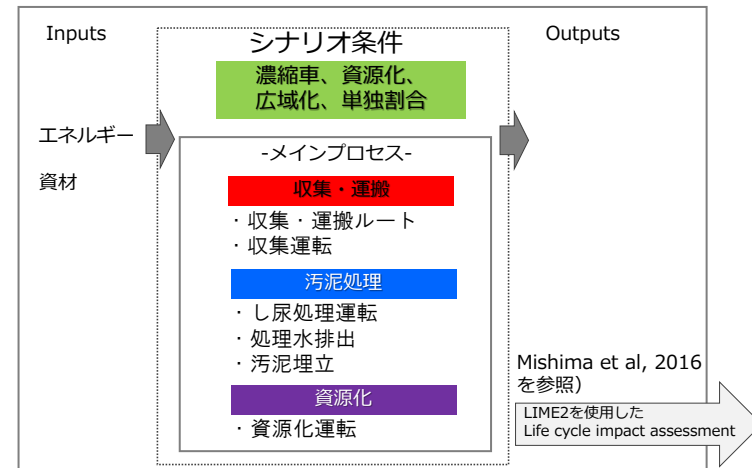
融合

エネルギー自立型処理・資源化
システムの確立

4. 研究開発内容

【サブテーマ3】汚泥濃縮車導入による環境負荷削減能力の網羅的評価

- ・網羅的評価システムの構築
- ・人口減少、広域化の有無、濃縮車活用の有無、資源化プロセスの有無等の条件を設定したシナリオ整理
- ・シナリオ解析により環境負荷を効果的に削減できる条件を導出



研究開発体制

日本環境整備教育センター

評価の比較ベースとなる情報

東北大学工学研究科

サブ1: 汚泥の収集・運搬・処理に及ぼす濃縮車導入の影響解析

サブ2: 濃縮汚泥に適した資源化システムの開発と評価

現場調査・データ解析・モデル化

資源化から見た濃縮車の評価

開発(実験)・評価

収集・運搬・処理のモデル化に係る情報提供

評価結果の提示

開発したシステムのエネルギー消費等に関する情報提供

環境負荷削減から見た評価

サブ3: 汚泥濃縮車導入による環境負荷削減能力の網羅的評価

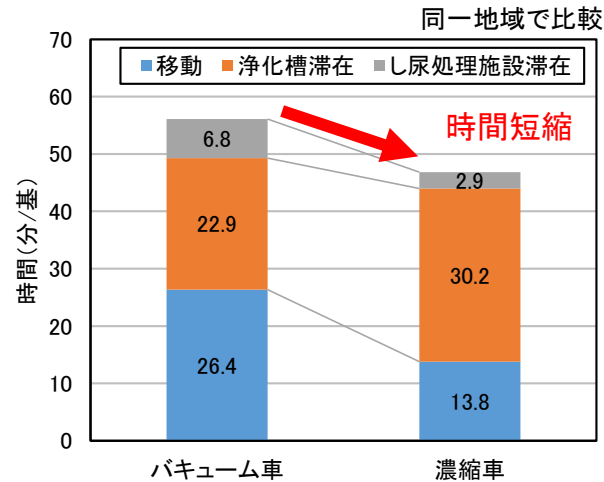
埼玉県環境科学国際センター
日本環境整備教育センター

評価システム構築・
構築シナリオ解析(人口減少、広域化、資源化プロセスの有無)

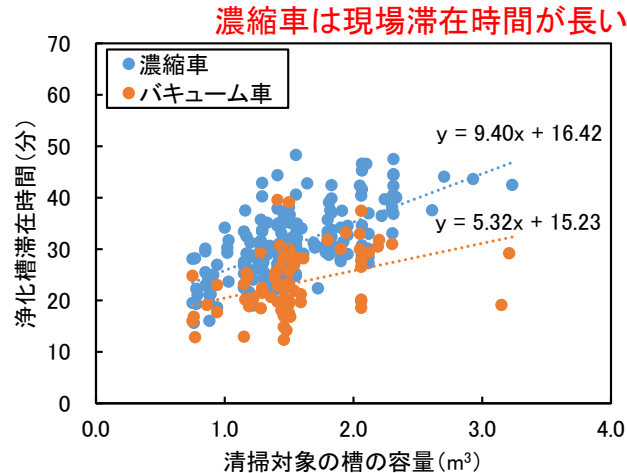
5. 結果及び考察【サブテーマ1】

(1) 浄化槽汚泥の収集運搬モデルの構築

浄化槽1基当たりの作業時間

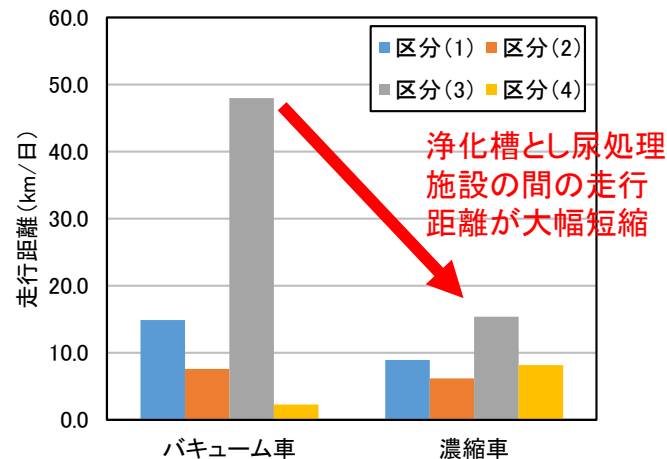


浄化槽滞在時間



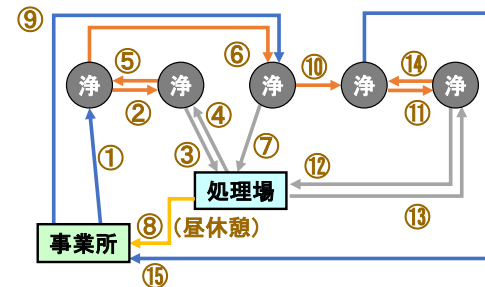
- バキューム車、濃縮車それぞれの収集・運搬における作業原単位を整理
- 各車両の走行パターンの特徴を把握
- 走行時、アイドリング作業時の燃料消費係数を算出

1日当たりの走行距離



各車両の走行パターン

<バキューム車>



<濃縮車>

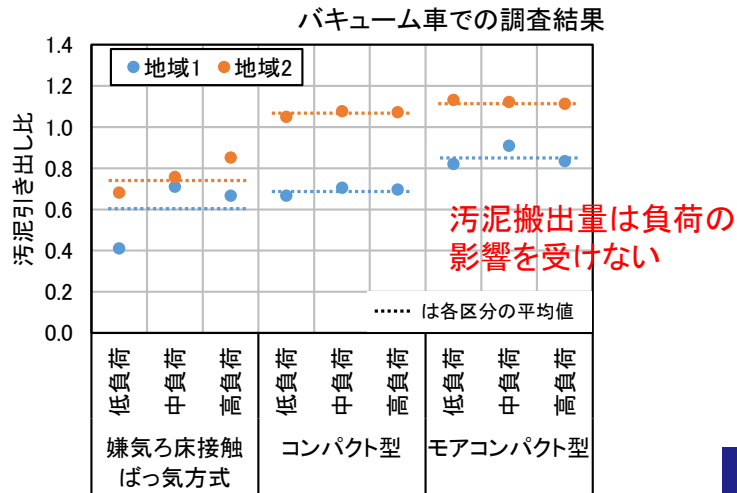


収集運搬効率や燃料消費量を算出できる収集・運搬モデルを構築した

5. 結果及び考察【サブテーマ1】

(2) 汚泥搬出量及び汚泥性状と使用条件の関係

浄化槽のタイプ、負荷ごとの汚泥引き出し比

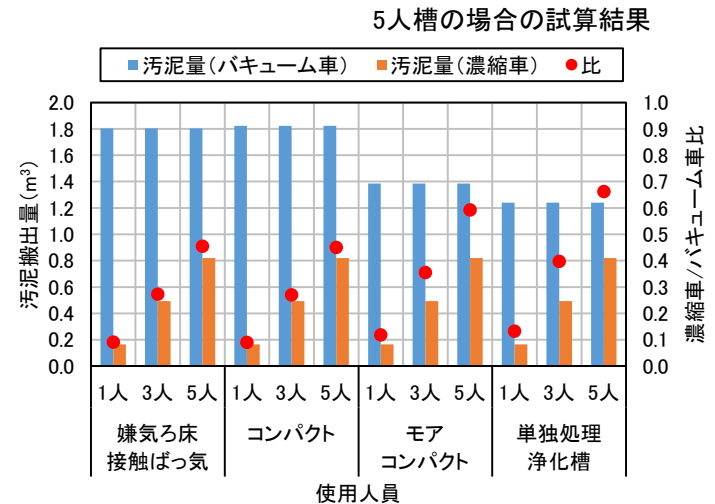


バキューム車
使用

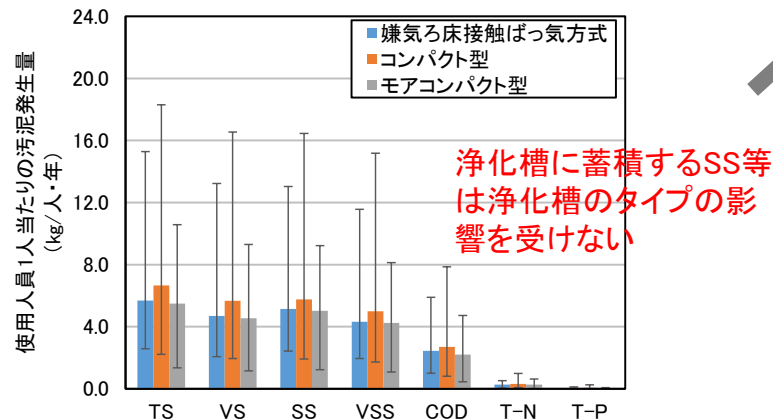
汚泥搬出量が
浄化槽のタイプ
および槽の容量
で決定される

濃縮車
使用

バキューム車、濃縮車による汚泥搬出量



使用人員1人当たりの年間汚泥発生量



汚泥搬出量が
使用人員で
決定される

- 人口減少に伴い少人数の世帯が増加すると、1基当たりの濃縮汚泥量の少ない浄化槽が増加するため、濃縮車導入のメリットがさらに増大することが示唆された

収集・運搬プロセスの解析に必要な汚泥搬出量の原単位(バキューム車、濃縮車)を整理できた

5. 結果及び考察【サフテーマ2】

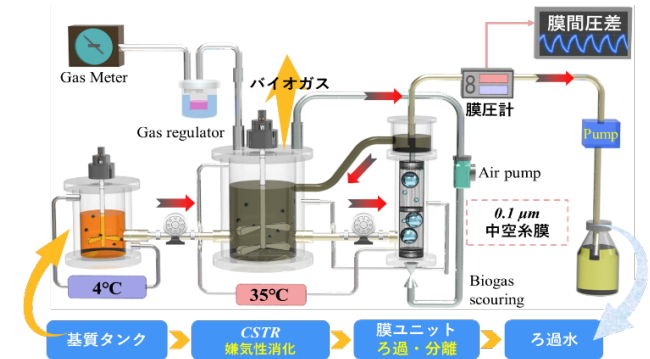
(1) 嫌気性膜分離バイオリアクター(AnMBR)による高効率メタン発酵

① 季節変動の影響

実験期間の濃縮汚泥の性状

項目	単位	Phase 1 (夏)	Phase 2 (秋)	Phase 3 (冬)	Phase 4 (春)
TS	g/L	41.6±1.0	36.3±2.6	30.7±2.0	39.4±3.4
VS	g/L	39.5±1.0	32.3±2.1	26.8±2.0	33.7±3.3
全量 COD	g/L	73.5±7.2	60.9±6.3	50.2±9.4	62.6±5.4
溶解性 COD	g/L	8.80±0.8	4.57±0.9	5.67±1.0	4.48±0.6
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	469±36	227±45	315±43	334±46
脂質	g/L	5.18±0.5	7.06±0.2	5.55±0.4	5.07±0.5
界面活性剤 (LAS)	mg/L	51.2	37.3	39.7	51.1
C: N	-	12.74	10.46	9.93	9.79

本研究で用いた嫌気性MBR装置



長期連続実験結果

	基質		メタン生成 (%)	汚泥		膜ろ過水COD (%)
	PCOD (%)	SCOD (%)		PCOD (%)	SCOD (%)	
夏	88.0	12.0	47.5	48.6	3.4	0.5
秋	92.5	7.50	46.6	50.3	2.4	0.7
冬	89.3	10.7	52.4	44.8	2.3	0.5
春	93.1	6.9	47.2	48.3	3.9	0.6

- **ガス生成倍率は13-19倍、従来のし尿消化の2倍以上**
- 反応槽汚泥TS濃度30 g/Lの条件で平均フラックス6.0 L/m²/hを維持
- 膜ろ過水質は、COD: 560±28 mg/L、NH₄⁺-N: 651±8 mg/L、カルシウム濃度: 90.0±1.9 mg/L、リン濃度: 38.7±0.7 mg/L

嫌気性MBRフラックスの維持、高い除去率が達成され、膜ろ過性能が確認できた
膜ろ過水は、COD/N<1、かつP濃度が比較的高いため、後続のHAP-anammox処理に有利

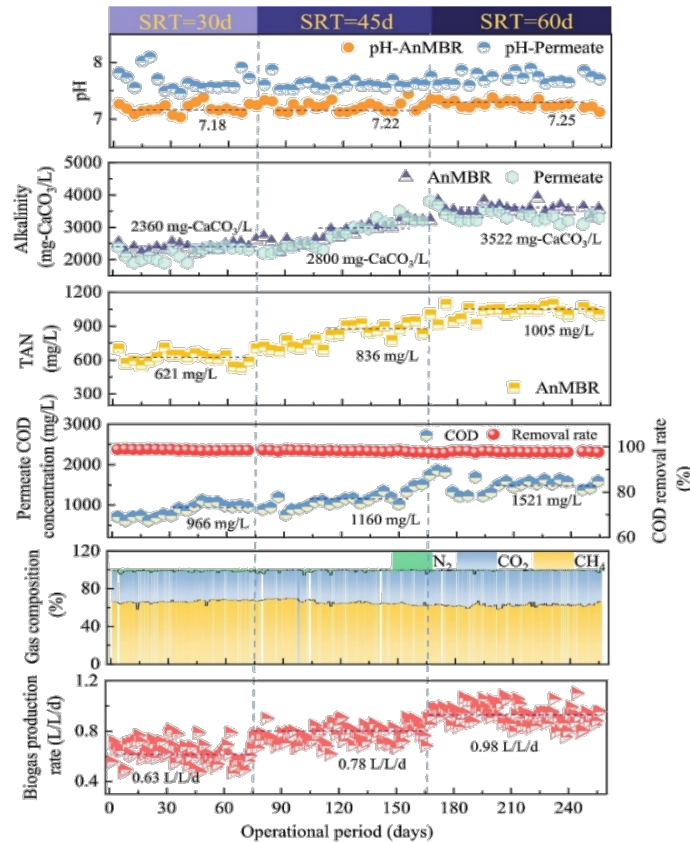
論文掲載:

Guo, G., Zhou, S., Chen, Y., Wang, W., Qin, Y., & Li, Y. Y. Evaluation of bioenergy production and material flow in treating japanese concentrated Johkasou sludge using high-solid anaerobic membrane bioreactor based on one-year operation[J]. Chemical Engineering Journal, 2023: 143918.

5. 結果及び考察【サフテーマ2】

(1)嫌気性膜分離バイオリアクター(AnMBR)による高効率メタン発酵 ②SRTの延長がメタン発酵処理に及ぼす促進効果

pH、アルカリ度、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度、膜ろ過水COD、COD除去率、バイオガス生成速度、メタン含有率の変化



SRTの延長が濃縮汚泥のメタン発酵処理に与える影響

項目		単位	SRT 30 d	SRT 45 d	SRT 60 d
pH (AnMBR)		-	7.18	7.22	7.25
NH ₄ ⁺ -N (AnMBR)		mg/L	621	836	1005
メタン化率		%	36.0	43.4	52.0
メタン生成速度		L/L/d	0.42	0.51	0.65
ガス生成収率		L/g-VS _{fed}	0.37	0.43	0.51
		L/g-COD _{fed}	0.19	0.23	0.27
バイオガス組成	CH ₄	%	66.6	65.8	66.4
	CO ₂	%	32.2	33.1	32.4

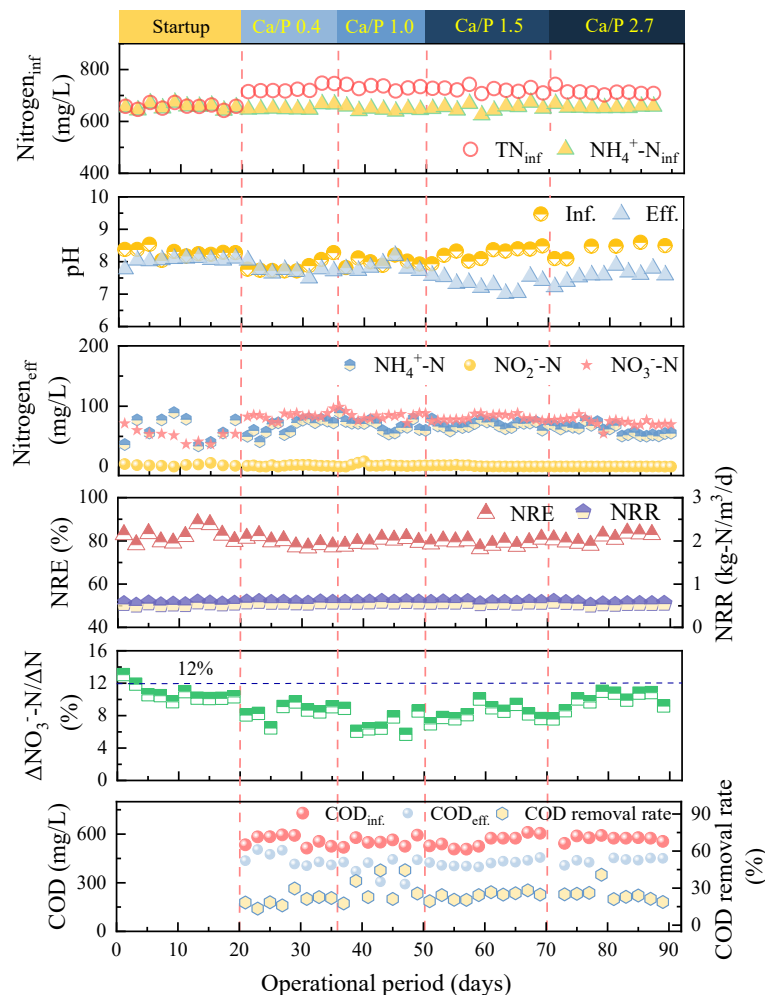
- 長いSRTでは、有機物の分解を促進し、メタン化率が向上した
- SRTが30日から60日に延長した場合、**バイオガス収率**は0.37から0.51L/g-VS_{fed}となり**37.8%増加**した

嫌気性MBRによる濃縮浄化槽汚泥の嫌気性消化における最適SRTが明らかになった

論文掲載:

Guo, G., Zhou, S., Chen, Y., Qin, Y., Huang, X., & Li, Y. Y. Enhanced methanogenic degradation and membrane fouling associated with protein-EPS by extending sludge retention time in a high-solid anaerobic membrane bioreactor treating concentrated organic sludge[J]. Water Research, 2023: 120879.

窒素濃度、pH、窒素・リン除去率、COD、COD除去率の変化



運転期間(日)	1-90
曝気量(L/min)	0.5
HRT(h)	24
窒素負荷率(g-N/L/d)	0.73±0.02
リン負荷率(g-P/L/d)	0.091±0.01

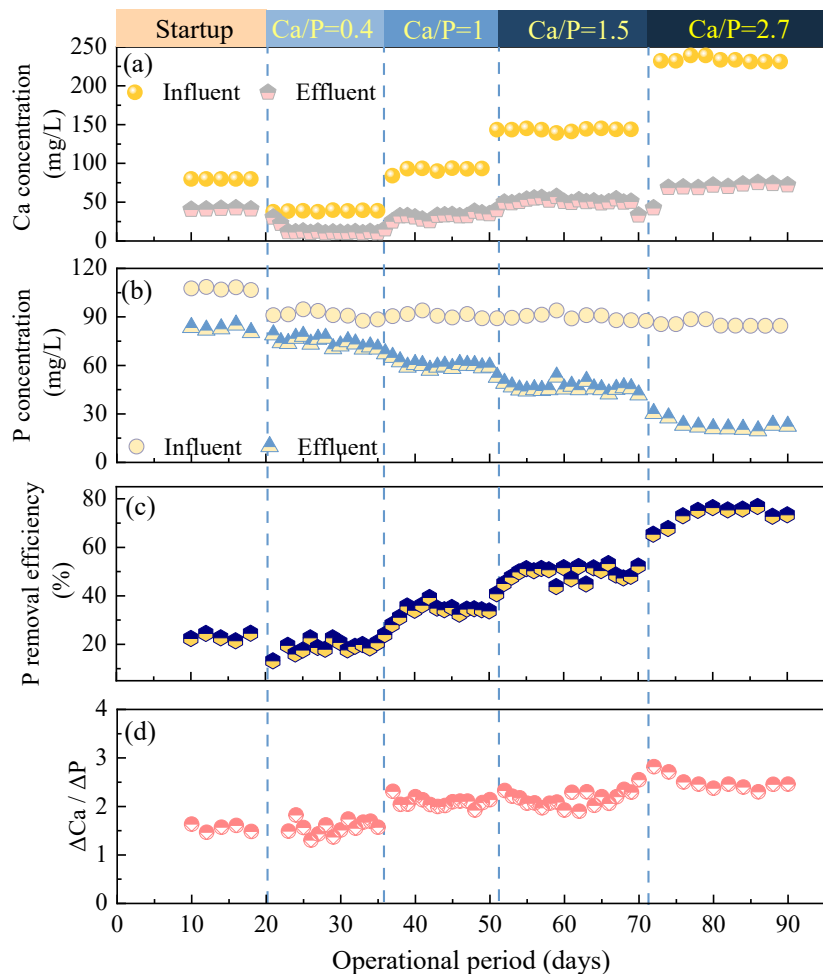
窒素除去速度 (kg-N/m ³ /d)	0.55±0.02
窒素除去率 (%)	81.6±2.2
ΔNO ₃ ⁻ -N/ ΔN	7.79±1.4%
流入水COD (mg/L)	560±28
流出水COD (mg/L)	459±26
COD除去率%	25.7±9%

嫌気性MBR膜ろ過水を一槽式HAP-PNA
プロセスで後処理すると、81%の窒素除
去率と0.6 kg-N/m³/dの窒素除去速度が
安定的に実現できた

5. 結果及び考察【サフテーマ2】

(2) HAP促進グラニュール方式一槽型PNAプロセスによる窒素除去とリン回収

カルシウム・リンの流入流出濃度、リン除去率、濃度比率の変化



一槽式HAP-PNA法によるリンの除去効果

項目	Unit	Ca/P 0.4	Ca/P 1.0	Ca/P 1.5	Ca/P 2.7
リン負荷率	(g-P/L/d)	0.091 ± 0.01			
流入リン	mg/L	90.9 ± 1.9			
流入Ca	mg/L	38.8	91.2	143	243
流出リン	mg/L	73.9	60.1	46.4	22.9
リン除去率	%	19.6	34.2	47.4	73.2
$\Delta Ca / \Delta P$	%	1.43	2.20	2.18	2.55

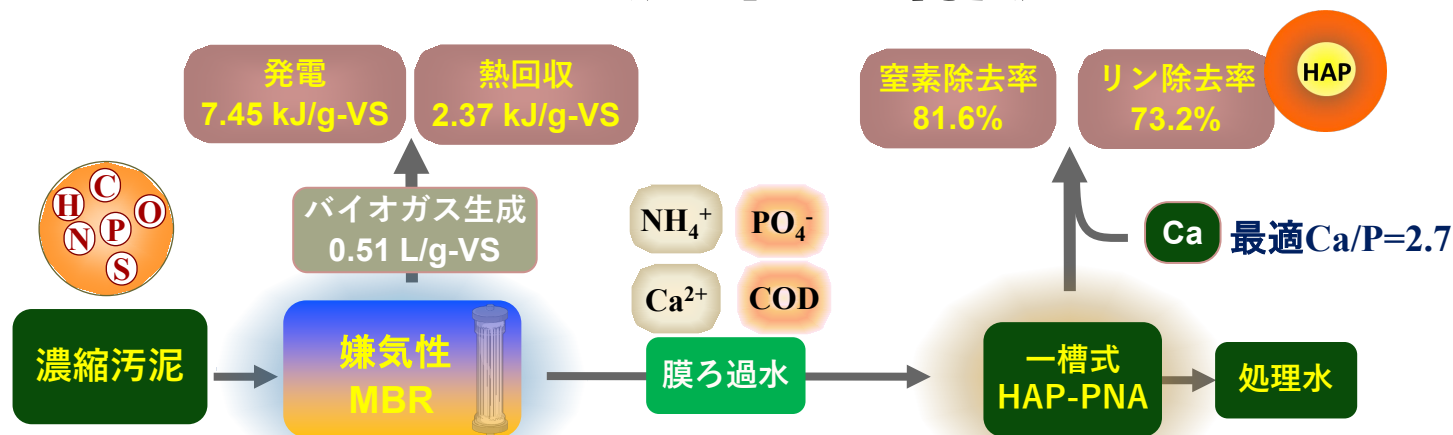
・カルシウムの添加により、HAPの形成を促進し、カルシウムとリン濃度比率2.7の時、最大のリン除去率73.2%が得られた

添加Ca濃度を240 mg/L以上にすることで、HAP促進グラニュール方式一槽型PNAプロセスによる嫌気性MBRろ過水の窒素及びリン同時除去が可能であることが明らかになった

5. 結果及び考察【サフテーマ2】

12

■AnMBR+(HAP+PNA)法の設計条件と特徴



(1) 汚泥性状	(2) 運転条件	(3) ろ過水質	(4) 運転条件	(5) 処理水質
TS=30-42 g/L	HRT=20 日	TN = 700-1000 mg/L	窒素負荷率	NH_4^+ = 60.6 mg/L
VS = 26-40 g/L	SRT=60日	TP = 80-108 mg/L	0.73 kg-N/m ³ /d	TP = 22.9 mg/L
COD = 60-75 g/L	メタン転換率 52%	Ca^{2+} = 30-60 mg/L	リン負荷率	Ca^{2+} = 71.4 mg/L
TN =200-470 mg/L	エネルギー自給率181%	COD = 700-820 mg/L	0.091 kg-P/m ³ /d	COD = 459 mg/L

- 本手法は、高効率のメタン発酵、窒素除去、およびリンの回収を同時に実現可能
- 高エネルギー回収を実現するために、HRT20日、SRTをHRTの3倍に設定し、汚泥分解を促進して最大のメタン生成量を達成
- (HAP-PNA)法の処理により、最終流出水のアンモニア性窒素は60 mg/L、リンは22.9 mg/L、COD濃度は500 mg/L以下を実現

5. 結果及び考察【サステーマ2】

(3)濃縮汚泥に適した資源化システムのエネルギー消費量評価

①エネルギー消費量計算システムの構築

汚泥処理施設のエネルギー消費量計算システムを
下式を利用して構築

$$\text{機械設備の電気消費量} = \frac{\text{定格出力} \times \text{稼働時間}}{\text{効率 (IE2)}} \times \text{負荷率}$$

エネルギー消費量計算システムの検証結果

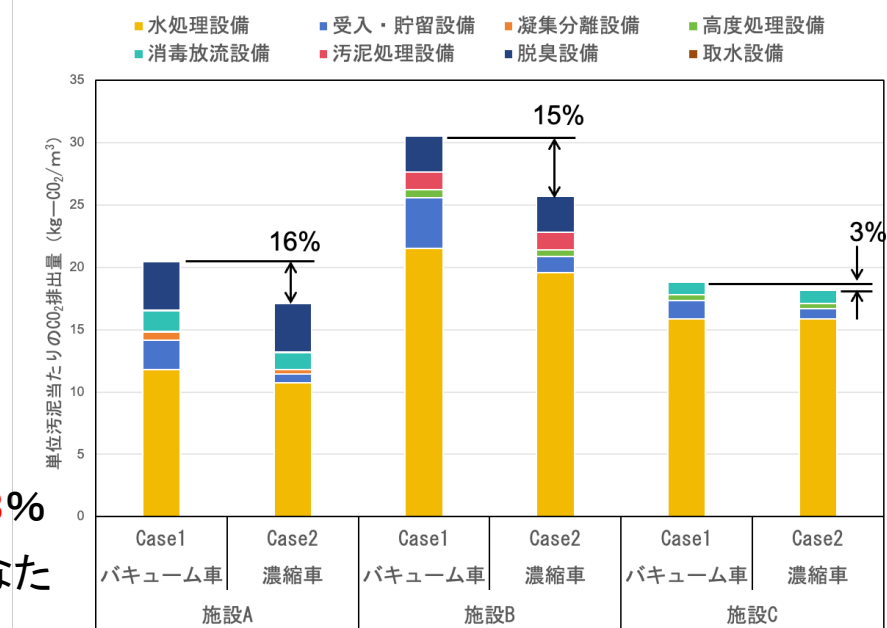
設備番号 No.	設備名	施設A 計算値 (kWh)	施設B 計算値 (kWh)	施設C 計算値 (kWh)
		膜分離高負荷脱窒素処理方式	標準脱窒素処理方式	
1	受入・貯留設備	149000	55200	24300
2	凝集分離設備	39500	0	0
3	水処理設備	922000	31600	290000
4	高度処理設備	6910	17400	4180
5	消毒放流設備	4650	2	357
6	汚泥処理設備	121000	32400	8060
7	脱臭設備	279000	76100	0
8	取水設備	7230	2110	28300
①各施設の計算値合計 (kWh)		1530000	450000	355000
②各施設の運転実績 (kWh)		1510000	492000	314000
再現率①/②		101%	102%	113%

- エネルギー消費量計算システムの再現率は**101-113%**
- 既存施設で濃縮汚泥を処理する場合、**希釈**が必要なため**CO₂排出量の削減効果はわずか**

既存汚泥処理施設の汚泥処理条件

収集・運搬	搬入汚泥性状 SS (mg/L)	施設A&B 膜分離高負荷脱窒素処理方式	施設C 標準脱窒素処理方式
Case1 バキューム車	6,600mg/L	無希釈 (SS : 6,600mg/L)	2.2倍希釈 (SS : 3,000mg/L)
Case2 濃縮車	30,000mg/L	2.14倍希釈 (SS : 14,000mg/L)	10倍希釈 (SS : 3,000mg/L)

既存施設への濃縮汚泥投入によるCO₂削減効果



信頼性の高いエネルギー消費量計算システムを構築することができた

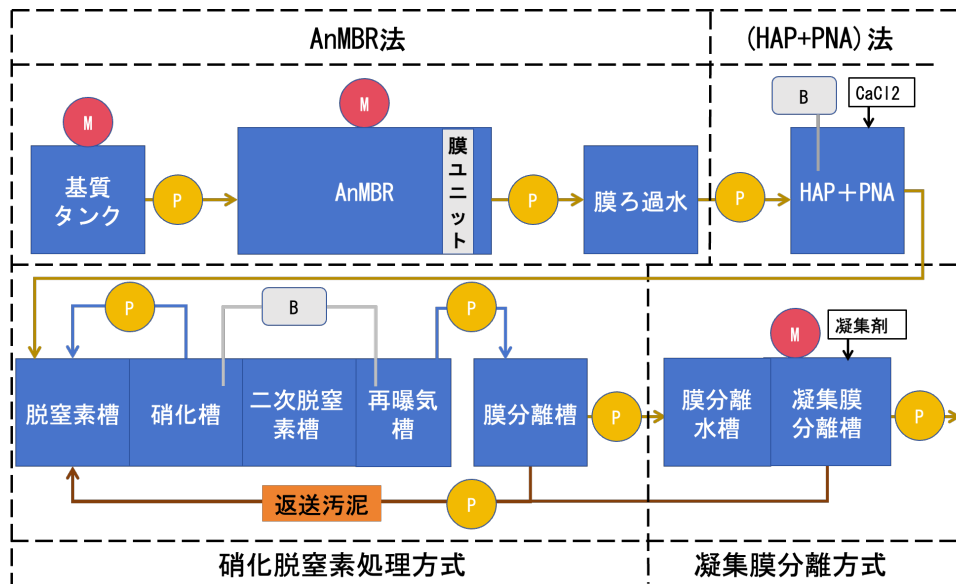
5. 結果及び考察【サフテーマ2】

14

(3) 濃縮汚泥に適した資源化システムのエネルギー消費量評価

② 既存汚泥処理施設との比較

AnMBR+(HAP+PNA)法および窒素・リン処理のフロー

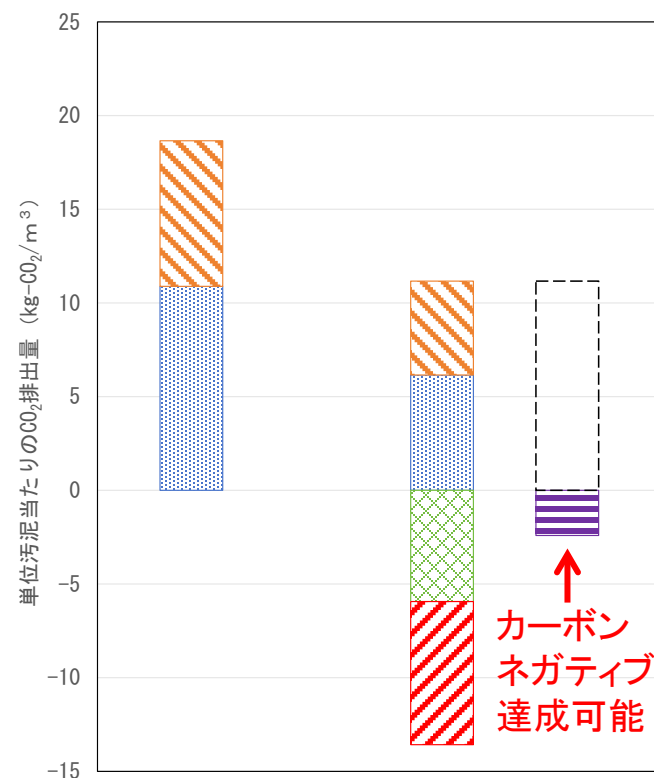


- ✓ 放流基準まで処理するための処理フローを設計し、流量および必要空気量によりポンプとブロウを選択
- ✓ 攪拌機の出力はタンクの容積により決定

- AnMBR+(HAP+PNA)法は、濃縮汚泥を処理する施設のCO₂排出量をマイナス(カーボンネガティブ)にすることが可能

濃縮汚泥に適した最新汚泥再生処理システムが確立できた

AnMBR+(HAP+PNA)法を汚泥処理施設に適用した場合のCO₂排出量削減効果

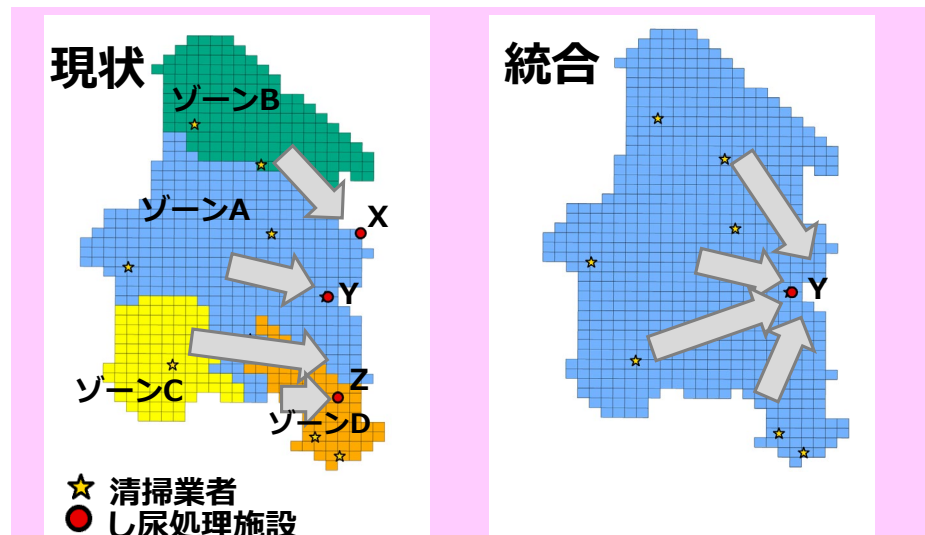


処理方式	膜分離高負荷脱窒素方式	AnMBR+ (HAP+PNA) 法
設計基準SS濃度	14,000 mg/L	30,000 mg/L
資源化方式	(助燃剤化)	メタン発電 (35%) + 排熱回収 (40%) ※

5. 結果及び考察【サブテーマ3】

(1) 収集・運搬・処理・資源化に係る解析

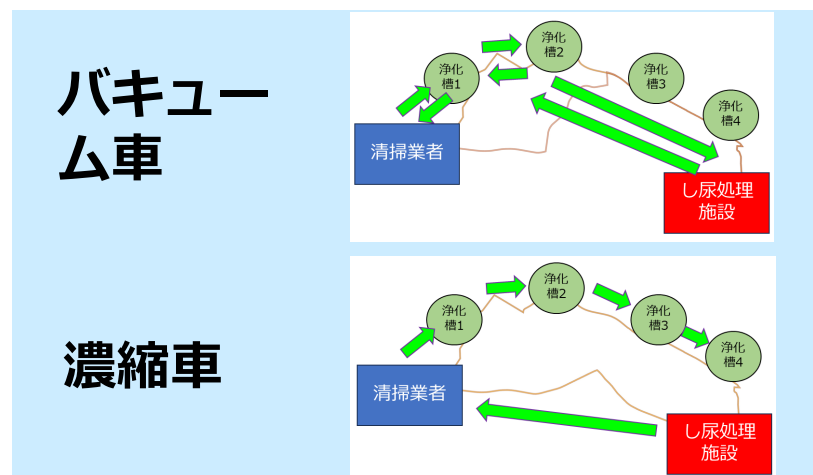
解析対象地域の詳細



汚泥収集条件

	バキューム車	濃縮車
汚泥積載量	3.9m ³ /台	1.8m ³ /台
汚泥搬出量 (合併)	1.9m ³ /基	0.42m ³ /基
汚泥搬出量 (単独)	1.4m ³ /基	0.42m ³ /基

汚泥収集・運搬のイメージ



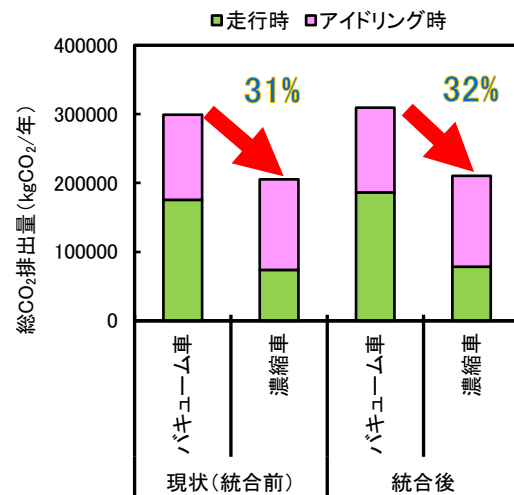
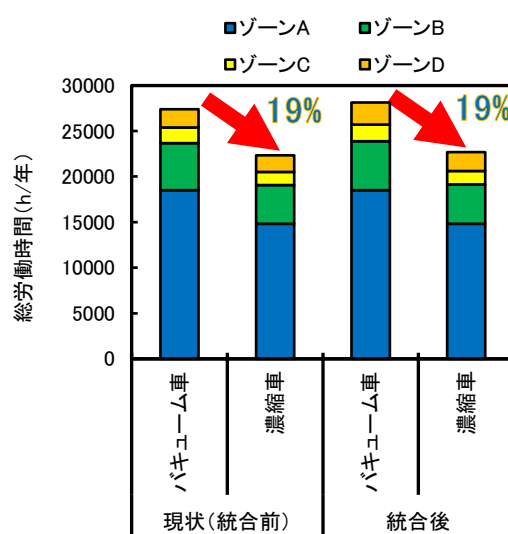
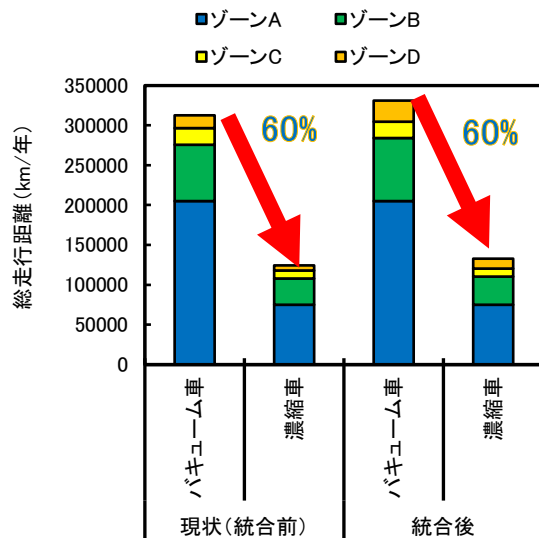
- ・埼玉県内の中規模の人口を有する市を対象として浄化槽汚泥の収集・運搬ルートをGISで解析
- ・浄化槽設置基数は3万基程度であり、その内合併処理浄化槽は約60%、単独処理浄化槽は約40%
- ・走行距離、労働時間、CO₂排出量の観点から濃縮車導入の効果を定量的に評価
- ・アドレスマッチングや清掃業者の担当エリアを検討し、解析条件も精緻化

5. 結果及び考察【サステーマ3】

(1) 収集・運搬・処理・資源化に係る解析

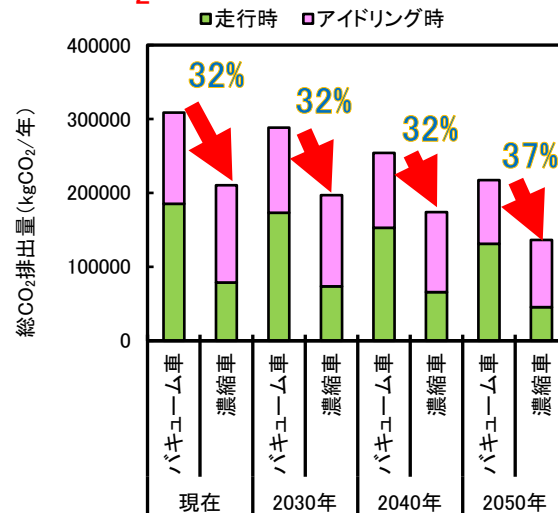
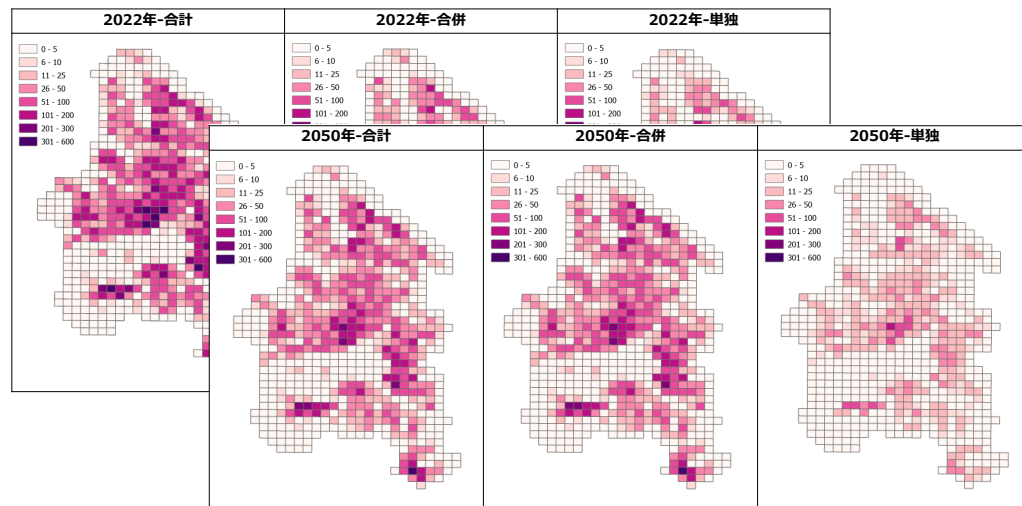
処理施設の統合の影響

⇒統合前後いずれも濃縮車導入により総走行距離は60%減



人口減少の影響

⇒人口が減少するほど濃縮車導入によるCO₂削減効果が大

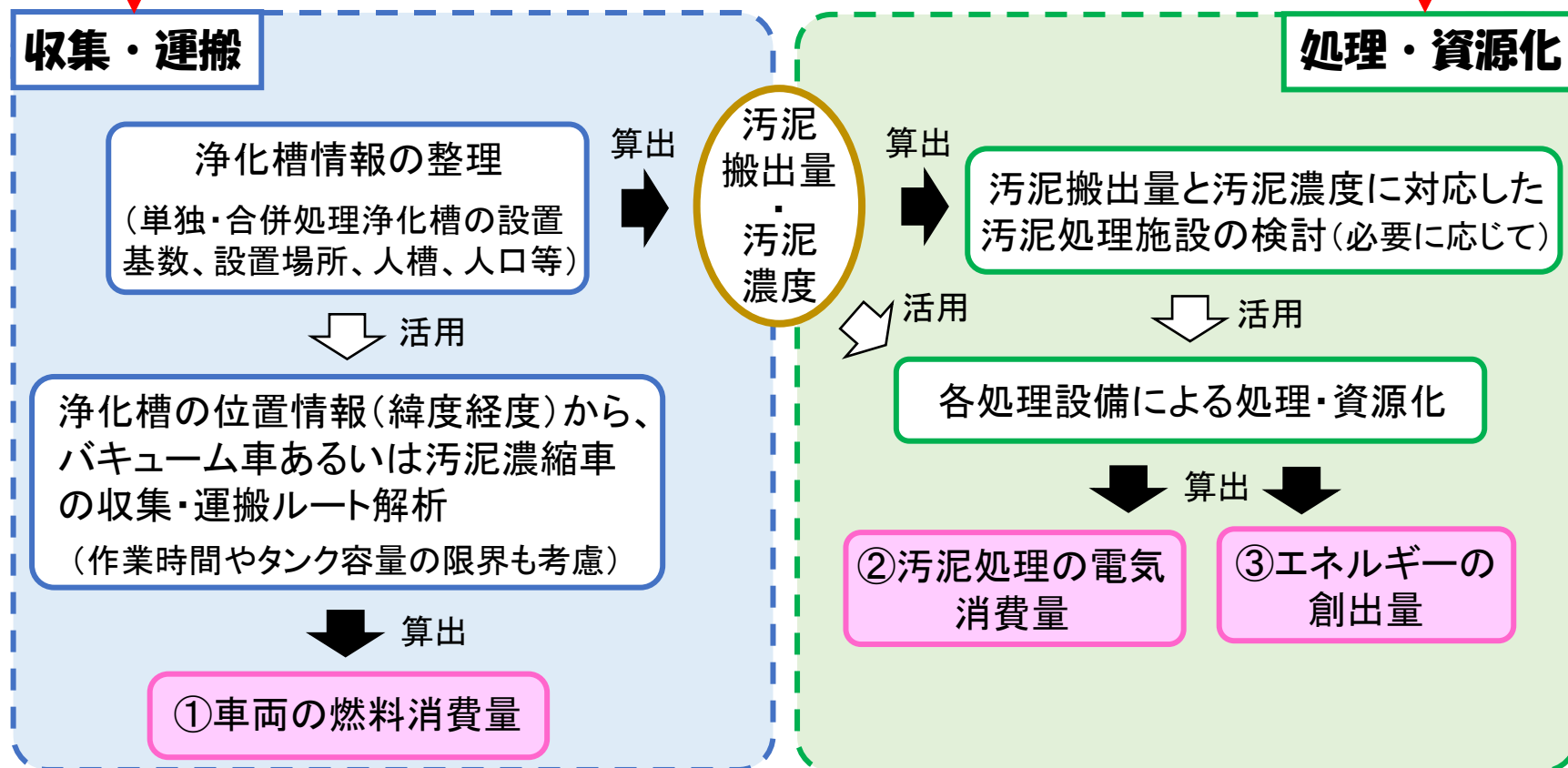


5. 結果及び考察【サフテーマ3】

(2) 網羅的評価システムの開発

- ・作業原単位の収集、汚泥搬出量の予測等(サブ1)
- ・GISを活用したルート解析手法の確立(サブ3)

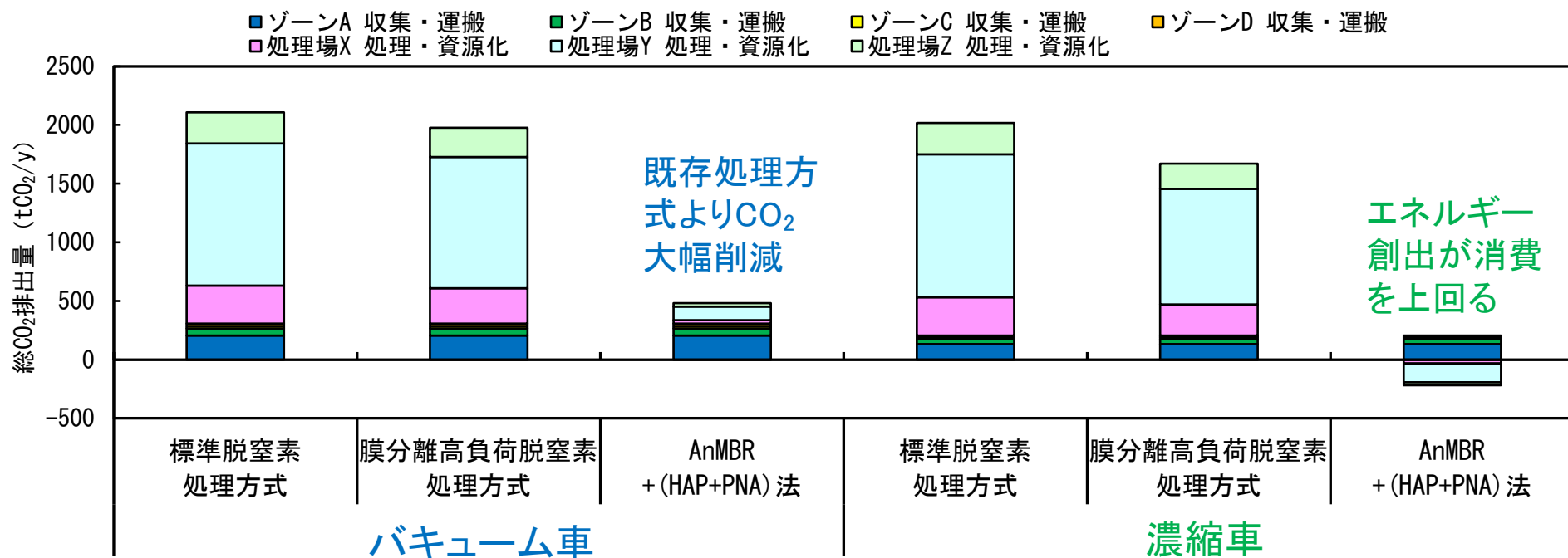
- ・AnMBR+(HAP+PNA)法の開発(サブ2)
- ・汚泥処理施設のエネルギー消費量計算システム構築(サブ2)



① + ② + ③ より、収集・運搬・処理・資源化における環境負荷を網羅的に評価

5. 結果及び考察【サブテーマ3】

(3) 収集・運搬・処理・資源化の総合評価



既存の汚泥処理方式に比べ、AnMBR(HAP+PNA)法の場合は

バキューム車：総CO₂排出量を大幅に削減

濃縮車：創エネルギー＞消費エネルギーにより、**カーボンネガティブ**を達成

⇒ **濃縮車とAnMBR(HAP+PNA)法の組み合わせが最適活用条件**であり、脱炭素化や地域循環共生圏の構築に資する**CO₂排出量**や**貨幣価値**で提示可能となり、住民等への政策判断の説明にも活用可

6. 目標の達成状況と環境政策等への貢献

本研究課題全体：目標を上回る成果をあげた

各サブテーマで得られた成果を統合し、バキューム車や濃縮車による収集・運搬・処理・資源化の一連の環境負荷を評価可能な網羅的評価システムを開発することができた。また、本研究で開発したAnMBR+(HAP+PNA)法で汚泥を処理することで、バキューム車の場合は総CO₂排出量を大幅に減少、濃縮車の場合は収集・運搬・処理に係る消費エネルギー以上の創エネルギーが可能であると試算された。濃縮車導入とAnMBR+(HAP+PNA)法による汚泥処理が濃縮車の最適な活用方法であり、地域循環共生圏の構築に寄与できると分かった。

サブテーマ1：目標を上回る成果をあげた

研究目標として設定したすべての事項について成果を上げ、濃縮車の作業時間、コスト等に関する定量的評価・比較を可能とした。さらに、し尿・浄化槽汚泥処理計画の精度の向上にも活用できる知見が得られた。

サブテーマ2：目標を大きく上回る成果をあげた

研究目標として設定したすべての事項について成果を上げ、濃縮汚泥に適した最新汚泥再生処理システムを確立した。本研究で開発したシステムを濃縮汚泥に適用することによってカーボンネガティブな浄化槽汚泥処理施設が実現可能であるという極めて新規な知見が得られた。

サブテーマ3：目標を上回る成果をあげた

研究目標として設定したすべての事項について成果を上げ、収集・運搬・処理・資源化の一連の環境負荷等を評価可能な網羅的評価システムを開発することができた。さらに、人口減少に伴う浄化槽設置基数や汚泥搬出量の予測手法を開発した。

6. 目標の達成状況と環境政策等への貢献

行政等に貢献することが見込まれる成果

①浄化槽汚泥の収集・運搬における濃縮車の導入

- 労働人口不足の解消の一手段、作業効率化による清掃実施率の改善

②濃縮車とAnMBR+(HAP+PNA)法の導入

- 高効率のメタン発酵、窒素除去およびリンの回収を同時に実現
- 濃縮汚泥の処理においてカーボンネガティブな浄化槽汚泥処理施設を達成
- 脱炭素社会及び循環型社会の実現に貢献

③政策判断の一手段としての網羅的評価システムの活用

- 環境負荷をCO₂排出量や貨幣価値で提示可能
- 住民や一般廃棄物収集運搬業の許可業者に対して、濃縮車導入や広域化を貨幣価値で説明可能、政策判断において関係者の理解を得る目的で活用

④浄化槽汚泥発生量の将来予測

- 市町村が策定するし尿・浄化槽汚泥処理計画の精度の向上

⑤生活排水処理区域ごとの浄化槽設置基数の将来推計

- 単独処理浄化槽から合併処理浄化槽への転換の重点地域の選定

査読付き論文: 11件

<主な査読付き論文>

- 1) Qian, Y., Chen, F., Shen, J., Guo, Y., Wang, S., Qiang, H., Qin, Y., Li, Y. Y. (2022). Control Strategy and Performance of Simultaneous Removal of Nitrogen and Organic Matter in Treating Swine Manure Digestate Using One Reactor with Airlift and Micro-granule. *Bioresource Technology*, 355, 127199.
- 2) Guo, G., Li, Y., Zhou, S., Chen, Y., Urasaki, K., Qin, Y., Kubota, K., Li, Y. Y. (2022). Long Term Operation Performance and Membrane Fouling Mechanisms of Anaerobic Membrane Bioreactor Treating Waste Activated Sludge at High Solid Concentration and High Flux. *Science of the Total Environment*, 846, 157435.
- 3) Chen, Y., Guo, Y., Feng, G., Urasaki, K., Guo, G., Qin, Y., Kubota, K., Li, Y. Y. (2023). Key Factors for Improvement of Nitrogen Removal in a HAP-enhanced One-stage Partial Nitritation/Anammox Process. *Chemical Engineering Journal*, 452, 139589.
- 4) Guo, G., Zhou, S., Chen, Y., Wang, W., Qin, Y., Li, Y. Y. (2023). Evaluation of Bioenergy Production and Material Flow in Treating Japanese Concentrated Johkasou Sludge Using High-solid Anaerobic Membrane Bioreactor Based on One-year Operation. *Chemical Engineering Journal*, 469, 143918.
- 5) Chen, Y., Feng, G., Guo, G., Urasaki, K., Kubota, K. Li, Y.Y. (2023). Improved Properties and Enhancement Strategies of Hydroxyapatite-Based Functional Granular Sludge for a High-Rate Partial Nitritation/Anammox System. *Environmental science & technology*, 57(19), 7624–7633.
- 6) 陳玉潔, 郭広澤, 李玉友. 一槽式PNA法におけるHAPグラニュール汚泥の特性及び窒素・リン除去効果の強化. *土木学会論文集*, 2023. Vol.79, No.25, 23–25015.
- 7) 陳玉潔, 郭広澤, 李玉友. アナモックス法を用いた脱炭素型窒素除去に関する研究進展. *色材協会誌*. 2023. Vol.96, No.12, 405–409.
- 8) Mishima, I., Yoshikawa, N., Asakawa, S., Noguchi, Y., Amano, K. (2023). Life-cycle Analysis of Environmental Loads from Household Septic Systems in Japan Focusing on Effluent Water Discharge. *Science & Technology*, 88(11), 2719.

ほか3件

7. 研究成果の発表状況

口頭発表: 11件

<主な口頭発表>

- 1) Chen, Y., Feng, G, Guo, G., Li, Y. Y. (2022). Enhanced Nitrogen and Phosphorus Removal Performance by Hydroxyapatite (HAP) Formation in a One-stage Partial Nitritation/anammox Process with HAP-based Granules. Water Environment Technology Conference, Tohoku University, Japan.
- 2) KE Rongxin, 李玉友, 西村修, 濱中俊輔 (2022). 汚泥濃縮車導入による汚泥再生処理センターの脱炭素効果についての基礎的検討. 日本水処理生物学会第58回大会(熊本大会). 熊本大学.
- 3) 郭広澤、周士統、李玉友(2022). 嫌気性MBRによる濃縮浄化槽汚泥のメタン発酵に関する研究, 第33回廃棄物資源循環学会研究発表会. 宮崎大学.
- 4) 山下雅大、武田文彦、濱中俊輔、仁木圭三、見島伊織、李玉友、西村修 (2023). 浄化槽汚泥の収集運搬プロセスのモデル解析. 第37回全国浄化槽技術研究集会. パシフィコ横浜.
- 5) 見島伊織、武田文彦、濱中俊輔、仁木圭三、カエイシン、李玉友、西村修. 浄化槽汚泥の収集・運搬ステージにおける濃縮車活用の有用性評価. 第58回日本水環境学会年会. 九州大学.

ほか6件

研究成果による受賞: 1件

<主な口頭発表>

- 1) Guo, G., Zhou, S., Chen, Y., Li, Y. Y. (2023). Enhanced methane production and nutrient removal by the Integration of high-solid AnMBR and one-stage partial nitritation/anammox process treating concentrated Johkasou sludge, the Water and Environment Technology Conference, Online, 優秀発表賞受賞

「国民との科学・技術対話」の実施:17件

＜主な対話＞

- 1) 令和3年度埼玉県環境科学国際センター講演会(2022年2月3日、埼玉会館小ホール、参加者約200名)で研究内容紹介
- 2) 令和3年度川の再生交流会(主催:埼玉県、オンライン、2022年2月5日、参加者約170名)にて研究内容紹介
- 3) 埼玉県庁オープンデー(主催:埼玉県、埼玉県庁、2022年11月14日、参加者約1,000名)にて研究内容紹介
- 4) 令和4年度川の再生交流会(主催:埼玉県、埼玉会館、2023年2月11日、参加者172名)にて研究内容紹介
- 5) 埼玉県環境科学国際センター研究所公開(2023年5月6日、参加者133名)にて研究内容紹介
- 6) 埼玉県庁オープンデー(主催:埼玉県、埼玉県庁、2023年11月14日、参加者1,199名)にて研究内容紹介
- 7) 埼玉県環境科学国際センター研究所公開(2023年11月14日、参加者約304名)にて研究内容紹介
- 8) 令和5年度埼玉県環境科学国際センター講演会(2024年2月7日、参加者約200名)で研究内容紹介

ほか9件

マスメディア等への公表・報道等:1件

- 1) 下水道情報第1964号(2022年3月22日、8-12頁、「インタビュー東北大学李玉友教授に訊く:カーボンニュートラル実現に向けた水処理技術の開発、今後めざしていくべき下水処理場の姿とは。」)