

「バイオガス中のCO₂分離・回収と微細藻類培養への利用技術ガイドライン(案)」概要

国土交通省国土技術政策総合研究所

本編(1/2)

第1章 総則

- 目的
- ガイドラインの適用範囲
- ガイドラインの構成
- 用語の定義

○下水道事業における資源回収、創エネルギー効果の増大等に寄与するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）の革新的技術の1つである「バイオガス中のCO₂分離・回収と微細藻類培養への利用技術」（以下、本技術とする）について、実証研究の成果を踏まえて、技術の概要、導入検討、計画・設計および維持管理などに関する技術的事項について明らかにし、導入を促進に資することを目的とする。

○下水道施設の新・増設あるいは既設施設・設備の更新に際して、本システムの導入を促進することを目的として、本技術の導入検討、計画・設計、維持管理の参考となるようにとりまとめたものである。

第2章 技術の概要と評価

- 技術の概要と特徴
- 技術の適用条件
- 実証研究に基づく評価の概要

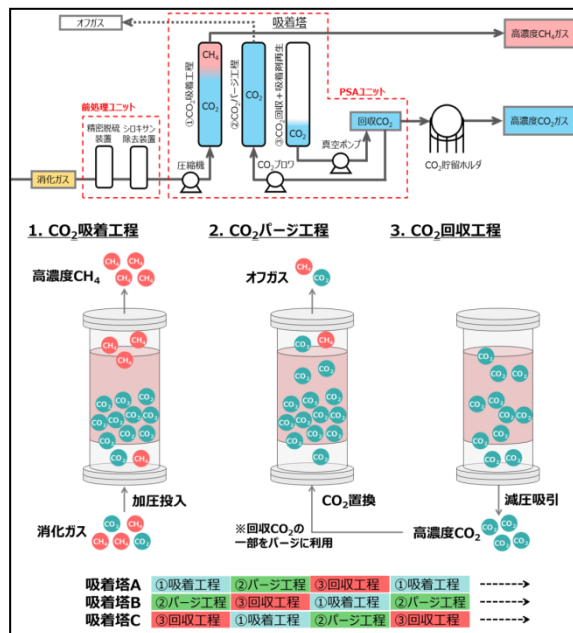
□システム全体の概要と特徴

本技術は下水処理の過程で発生するバイオガスから高濃度のCO₂を分離回収し、栄養塩を含む脱水汚泥分離液と共に微細藻類培養へ活用するシステムである。付帯技術として汚泥可溶化装置を用いることにより消化ガス発生量を増加し、藻類培養量を増大させる。

□CO₂分離・回収技術の概要と特徴

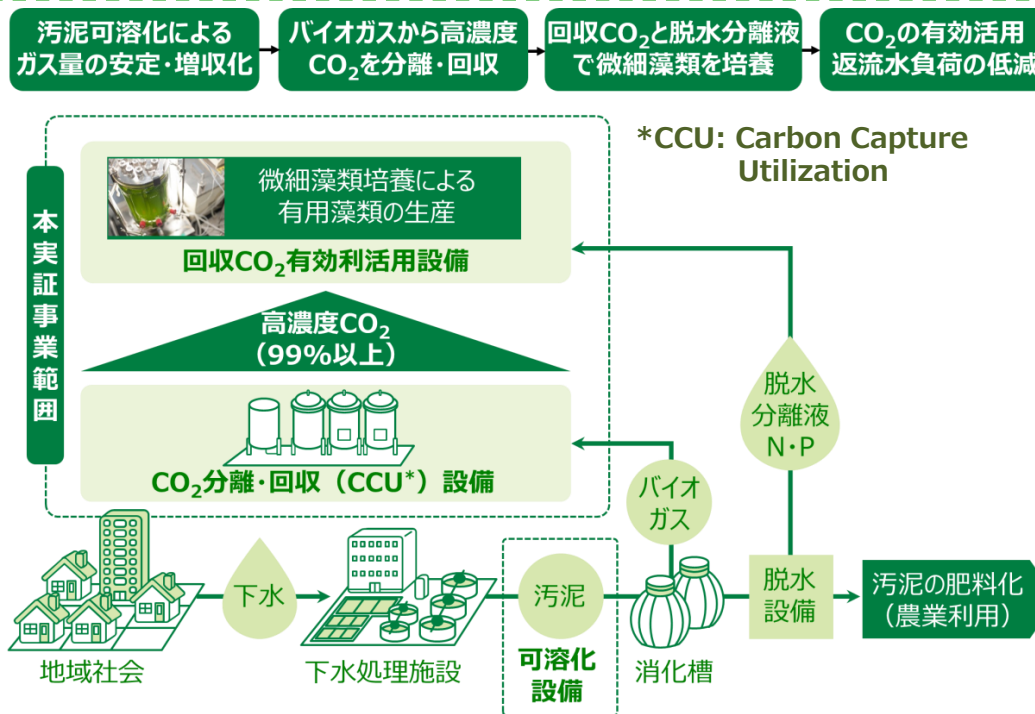
PSA*法（加圧と減圧を交互に繰り返すことでCH₄とCO₂を連続的に分離・回収する方法）により下水バイオガスからCH₄とCO₂を効率的に分離・回収する。

*PSA: Pressure Swing Adsorption



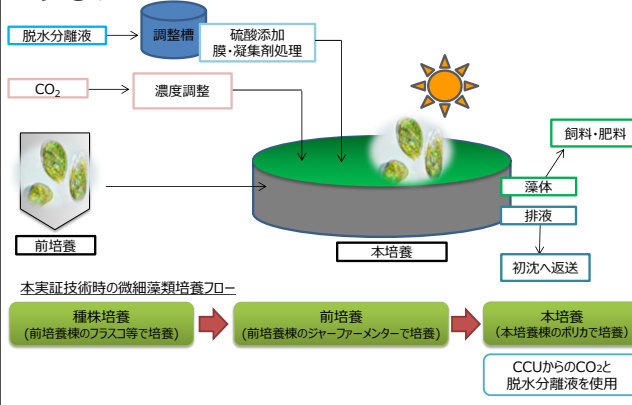
□技術の適用条件

- ① 嫌気性消化が導入されている下水処理場であることを基本とする。
- ② 本培養施設の設置用地に余裕があること



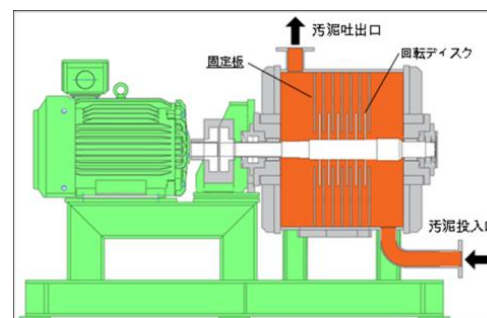
□微細藻類培養技術の概要と特徴

CO₂分離回収技術にて回収したCO₂と脱水分離液（窒素、りん）を用いて微細藻類（ユーグレナ）を効率的に培養する。



□付帯技術(汚泥可溶化技術)の概要と特徴

処理場で発生する一定量の汚泥から安定してより多くのCO₂を分離・回収するため、汚泥を微細化し、バイオガスの発生量を安定・増加させる。



□技術の評価項目

本技術の実証研究における評価項目は以下のとおり。

- ① コスト（建設費、維持管理費、収益、経費回収年）
- ② エネルギー消費量・創出量・使用量削減効果
- ③ 温室効果ガス排出量・削減量・有効利用量
- ④ 窒素・りん削減量

□導入シナリオ例（評価規模は日最大処理水量50,000 m³/日）

- ① 一括導入シナリオ
・3技術(CCU・汚泥可溶化・微細藻類培養)を一括導入
- ② CCU部分導入シナリオ
・CCUを先行的に導入し、CO₂ガスを売却

□技術の評価結果(①一括導入シナリオ)

評価項目		単位	微細藻類培養	CO ₂ 分離回収	汚泥可溶化	CH ₄ 売却施設	合計
コスト	建設費	百万円	9,109	615	318	224	10,266
	維持管理費	百万円/年	828	22	18	17	885
	有価物売却益等※	百万円/年	0		67		67
エネルギー	消費量	GJ/年	372,648	5,982	3,528	1,527	383,684
	創出量	GJ/年	-	-	2,838	-	2,838
	使用量削減	GJ/年	-	-	1,159	-	1,159
温室効果ガス	排出量	t-CO ₂ /年	23,091	370	218	95	23,774
	削減量	t-CO ₂ /年	34	-	224	-	258
	有効利用量	t-CO ₂ /年	130	-	-	-	130
栄養塩削減量	窒素	t-N/年	6.2	-	-	-	6.2
	りん	t-P/年	5.1	-	-	-	5.1
有価物発生量等	微細藻類	t/年	75.2	-	-	-	75.2
	CH ₄ ガス (90%)	Nm ³ /日	-	-	-	2,640	2,640
	CO ₂ ガス (99%)	Nm ³ /日	-	1,243	-	-	1,243
	PAC使用量削減	Kg/日	230	-	-	-	230
	汚泥処分費削減	Kg/日	1,152	-	-	-	1,152
汚泥温度上昇	℃	-	-	-	9	9	

※有価物の売却益等は各プロセス単独による効果ではないため、ここでは共通とした。なお、ここでは有価物売却益等に微細藻類売却益を含まないため、経費回収年は計算していない。

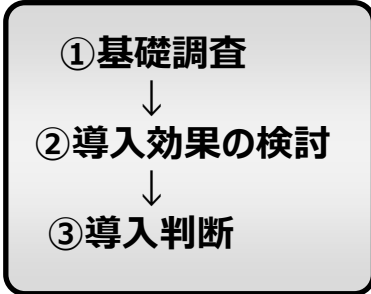
□技術の評価結果(②CCU部分導入シナリオ)

評価項目		単位	CO ₂ 分離回収	CH ₄ 売却施設	合計
コスト	建設費	百万円	582	212	794
	維持管理費	百万円/年	20	16	36
	収益 (有価物売却益等)	百万円/年	49	50	99
	経費回収年	年	-	-	12.6
エネルギー	消費量	GJ/年	4,789	1,385	6,174
温室効果ガス	排出量	t-CO ₂ /年	296	86	382
有価物発生量等	CH ₄ ガス (90%)	Nm ³ /日	-	2,400	2,400
	CO ₂ ガス (99%)	Nm ³ /日	1,130	-	1,130

第3章 導入検討

- 導入検討方法
- 導入効果の検討例

□ 導入検討手順



① 基礎調査

基礎調査では主に以下について調査する。

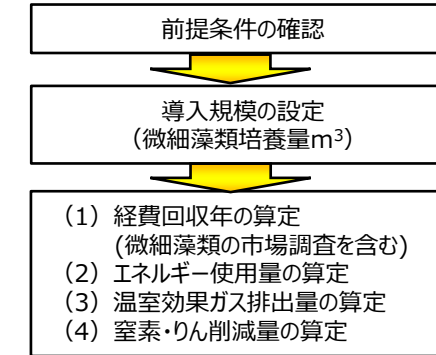
- (1) 改築更新等の関連計画
- (2) 既存設備の運転状況
- (3) ユーティリティの使用状況
- (4) 処理場周辺の気象状況
- (5) 処理場周辺の土地利用状況、用地買収の可能性
- (6) 適用シナリオの検討

□ 試算条件

項目	内容
導入シナリオ	一括導入
日最大処理水量	30,000m ³ /日、50,000m ³ /日、70,000 m ³ /日
可溶化による消化ガス増加率	10% (全汚泥量の30%可溶化)

② 導入効果の検討

□ 導入効果の検討手順



□ 導入効果の検討結果

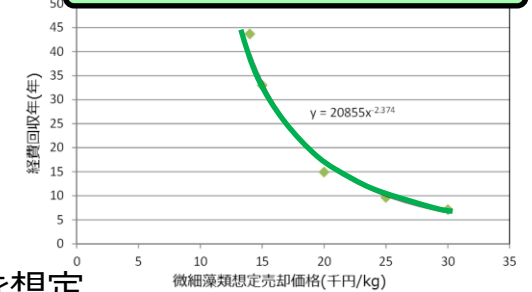
導入効果は経費回収年により評価。

微細藻類売却単価と経費回収年の相関式を策定し、目標とする経費回収年を達成可能な藻類売却単価を想定。

③ 導入判断

本システムの導入可否は、導入効果の検討で算出した定量的な導入効果から総合的に判断する。また、検討条件によって導入効果が小さい、または得られない場合には、その原因を分析し再度ケースを設定しなおして検討を行うことが望ましい。

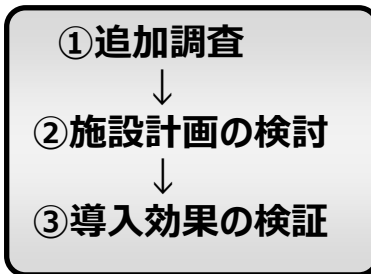
微細藻類想定価格と経費回収年の関係



第4章 計画・設計

- 導入計画
- 設備設計

□ 導入計画手順



① 追加調査

施設・設備の設計検討に先立ち、追加調査を行うことにより、施設・設備の計画や現状について把握する。

□ 追加調査内容の例

項目	主な活用方法
既存設備の運転状況	脱水ろ液発生量・性状、消化ガス発生量・性状
処理場周辺の気象状況	日射量、気温
	設計ガス量、脱水ろ液量、栄養塩補給の必要性等の設定
	微細藻類収穫量、温調設備諸元、エネルギー使用量の設定

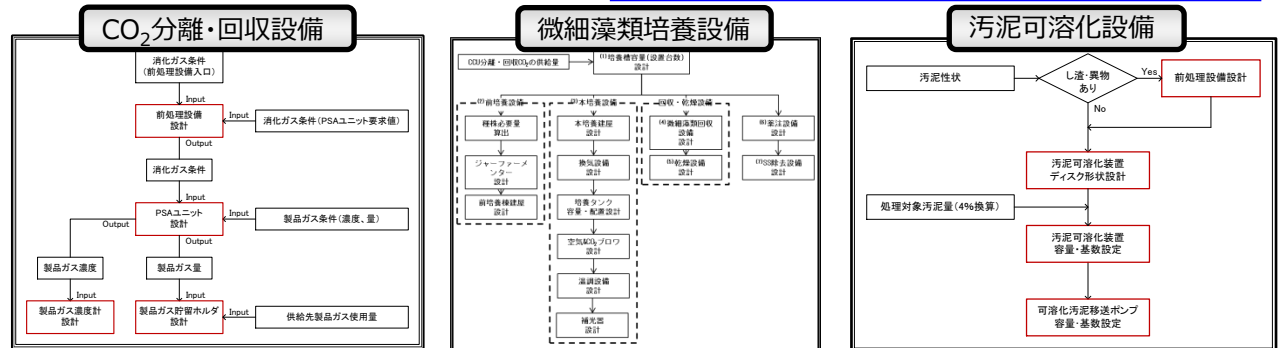
② 施設計画の検討

導入計画として、以下の項目について検討。

- (1) 微細藻類培養量の検討
- (2) 汚泥可溶化設備の要否の検討
- (3) 各プロセスの設計検討
- (4) 配置計画の検討

③ 導入効果の検証

施設計画の検討に基づき、導入効果の再検討を行い、試算した導入効果の有無を検証。→モデル設計の導入効果試算に対する検討結果からコスト（建設費、維持管理費、収益、経費回収年）、エネルギー消費量等を評価。



第5章 維持管理

- 設備全体
- CO₂分離・回収施設
- 微細藻類培養施設
- 汚泥可溶化施設

□ 維持管理項目

設備	項目	実施内容
全体	監視制御	各設備の運転停止信号、故障信号は必要に応じて中央監視設備への出力と、中央からの運転操作が可能な設備とする。
汚泥可溶化施設	保守点検 (日常点検・定期点検)	設備を正常に保つため、日常的に保守点検を行う。また、定期点検および消耗品の交換を含むメンテナンスを行う。
	緊急時の対応と対策	重大な事故等が発生した場合は速やかに設備を緊急停止して原因を究明し、原因を取り除くまで運転を行わない。
CO ₂ 分離・回収施設	保守点検 (定期点検およびメンテナンス)	日常点検に加え、設備の健全性を保つために定期点検および消耗品の交換を含むメンテナンスを実施する。
	緊急時の対応と対策	重大な事故等が発生した場合は速やかに設備を緊急停止して原因を究明し、原因を取り除くまで運転を行わない。
微細藻類培養施設	保守点検 (定期点検)	微細藻類培養施設の健全性を保つため、定期点検および消耗品の交換を含むメンテナンスを実施する。

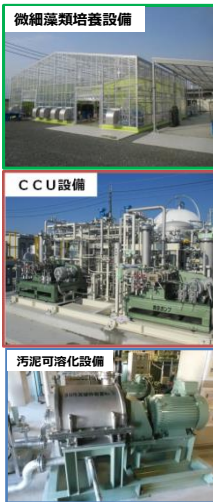
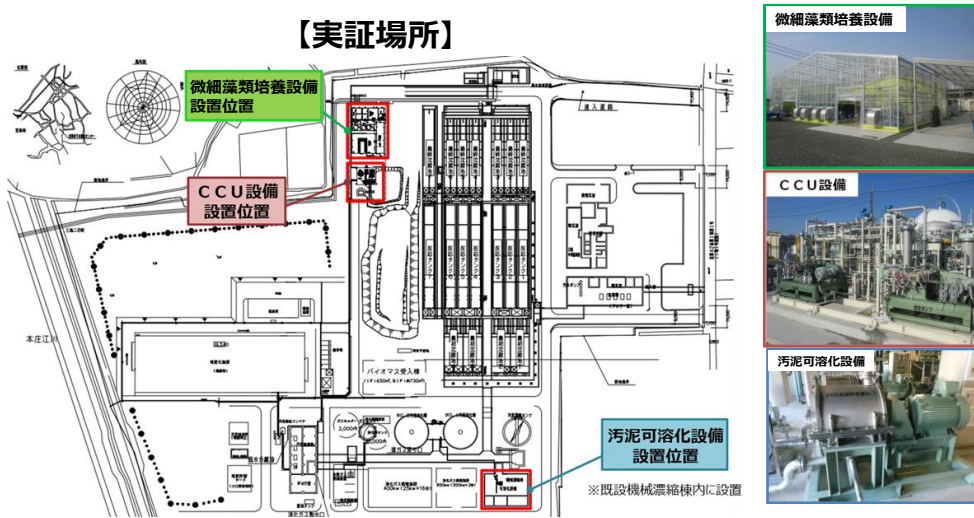
【施設（佐賀市浄化センター）概要】

項目	内容
全体計画区域面積	3,907 m ² /日
全体計画処理人口	186,000 人
処理能力（最大）	81,500 m ³ /日
処理方式	標準活性汚泥法・担体投入活性汚泥法
消化ガス発生量 (実証設備への供給量)	6,139 m ³ /日 (800 m ³ /日)

【実証規模】

適応技術	CO ₂ 分離・回収技術	微細藻類培養技術	汚泥可溶化技術
原理	PSA法	光独立栄養培養	汚泥の物理的破碎
スペック	供給バイオガス量：800Nm ³ /d CO ₂ 回収量：440kg/d	1 m ³ /2week× 9 槽 (9m ³)	供給汚泥 4m ³ /h×2台 (交互運転)

【実証場所】



【各技術の評価項目、評価指標及び結果】

技術名	評価項目	評価指標	結果
CO ₂ 分離・回収技術	CH ₄ の分離効果	製品CH ₄ ガス濃度及び回収率	CH ₄ 濃度91.8% 回収率92.7%
	CO ₂ の分離効果	製品CO ₂ ガス濃度及び回収率	CO ₂ 濃度99.5% 回収率76.5%
	分離・回収性能の安定性	連続運転時の上記項目	試験期間の安定稼働を確認
微細藻類培養技術	脱水分離液の有効性	微細藻類の生産速度、生産量 T-N、T-Pの削減率 培地コスト削減	生産量：0.542g/L/7日 T-N:13.1%程度 T-P:96.9%程度 95%削減
	CCU分離・回収CO ₂ の有効性	微細藻類の生産速度、生産量 CO ₂ の活用効率	市販CO ₂ に対して同等の生産量であることを確認
	プロダクトの品質評価	乾燥微細藻体中の重金属、 生菌数	脱水分離液を希釈して用いることで、 乾燥微細藻体中の重金属含有量を さらに低減
汚泥可溶化技術	ガス発生量の増収効果	消化ガス増加率	過去5年の平均値と比較して 10%増加
	汚泥減量効果	VS 分解率	過去5年の平均値と同等
	消化汚泥性状	脱水性、脱水分離液性状	脱水汚泥含水率は 可溶化処理していない時と 同等
設備全体	コスト面での導入容易性	経費回収年	【一括導入シナリオ】 微細藻類売却単価と経費回収年の 相関式を策定 【CCU部分導入シナリオ】 12.6年

【設備全体の評価項目と結果】

評価項目	評価結果 (最適条件*1)
汚泥可溶化	あり
培養期間	7日
補光強度*2	強
補光時間	24時間
温度調整	あり
メタンガス 利用方法	売ガス

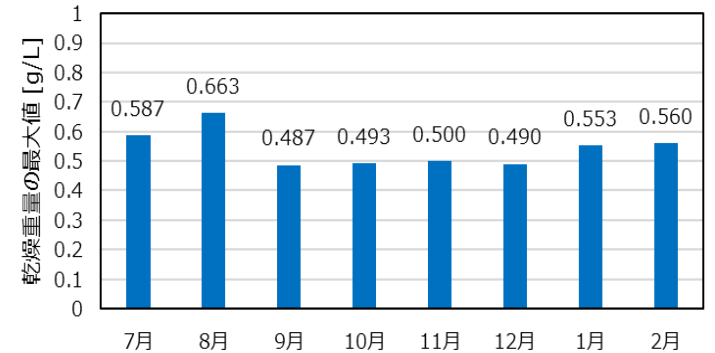
*1経費回収年が最短となる条件を最適条件とした。

*2補光強度を下記とした。
強：補光器8基相当
弱：補光器4基相当
無：補光なし

【CCU設備における実証試験成果(平成28年度)】

評価項目		目標値	試験結果	
CH ₄ の 分離効果	製品CH ₄ ガス濃度	90%以上	91.8%	(90.5% ~ 92.8%)
	CH ₄ 回収率	90%程度	92.7%	(89.8% ~ 98.2%)
CO ₂ の 分離効果	製品CO ₂ ガス濃度	99%以上	99.5%	(99.3% ~ 99.7%)
	CO ₂ 回収率	70%程度	76.5%	(70.6% ~ 81.3%)
分離・回収性能の安定性		長期（連続）運転 での安定性※ があること 季節変動に対する 安定性※ があること	試験期間の安定稼働を確認 季節変動に対する 通年での安定性を確認	

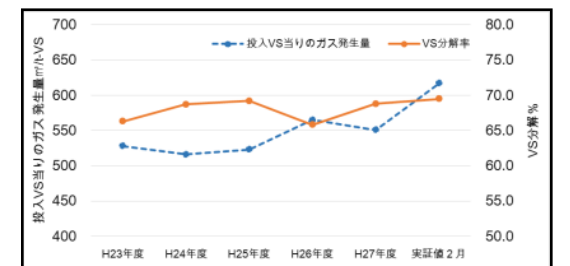
【微細藻類培養試験の安定性評価】



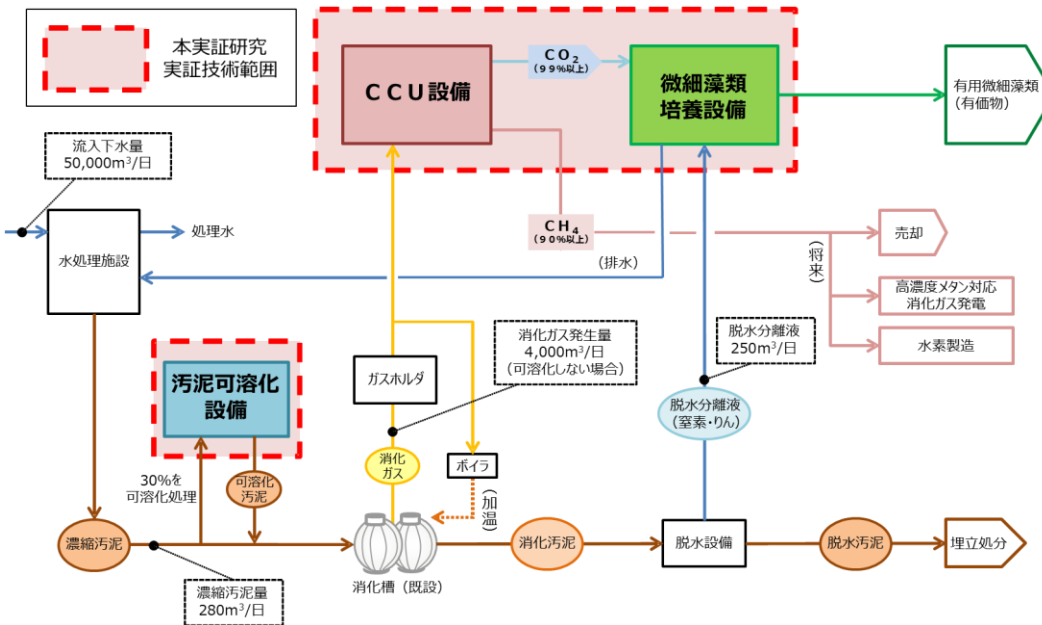
【窒素・りん削減率（7日間培養）】

		1月	2月	平均
NH ₄ -N	培養槽当たりの削減率 (%)	6	15	10.3
T-N	培養槽当たりの削減率 (%)	11	15	13.1
PO ₄ -P	培養槽当たりの削減率 (%)	100	99	99.6
T-P	培養槽当たりの削減率 (%)	98	96	96.9

【汚泥可溶化による消化ガス増収効果（冬期）】



【実証フロー】



【製品ガス濃度および消化ガス中CH₄濃度（日平均）】

