

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.B1-1-12

グリーンイノベーション基金事業／廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現／高効率なバイオメタン等転換技術の開発／

バイオメタネーション技術の開発

発表：2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 高橋 惇太（企画開発本部 基盤技術研究センター）

団体名 水Kingエンジニアリング（株）、（学）大阪工業大学、（独）松江高専

問合せ先 水Kingエンジニアリング（株）高橋 惇太：takahashi.junta@swing-w.com

吉澤 正太郎：yoshizawa.shotaro@swing-w.com

開発背景と概要

背景 | バイオガスに関わる外部環境

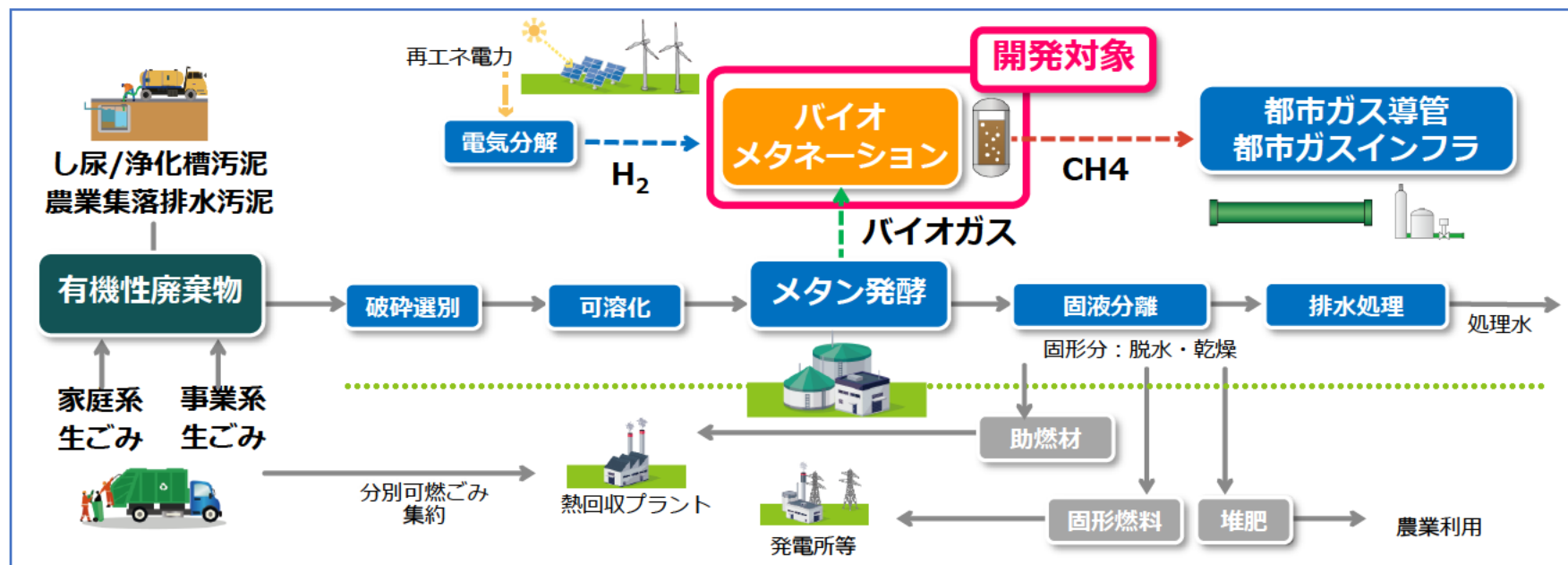
カーボンニュートラルガスの拡大 公共インフラを中心に廃棄物由来のバイオガス利用が促進

CNを踏まえたマクロトレンド認識

- ・脱炭素とエネルギー安保の観点で資源循環型社会への転換
- ・バイオガスの高度利用が進み、CNガス市場が拡大

新たな市場機会の創出

- 1) FIT期間終了後のバイオガス有効利用
- 2) 廃棄物行政の変化、焼却→資源化へ
- 3) 都市ガス業界でのCN化の目標



「バイオメタネーション技術開発」をもとに、廃棄物分野において温室効果ガスの削減に貢献
当社としても資源循環から派生する新しいビジネスに展開し、特に「バイオガス利活用」に注力

背景 | メタネーション技術について

メタネーションとは

- 二酸化炭素 (CO₂) に水素 (H₂) を加え、メタンに転換する反応

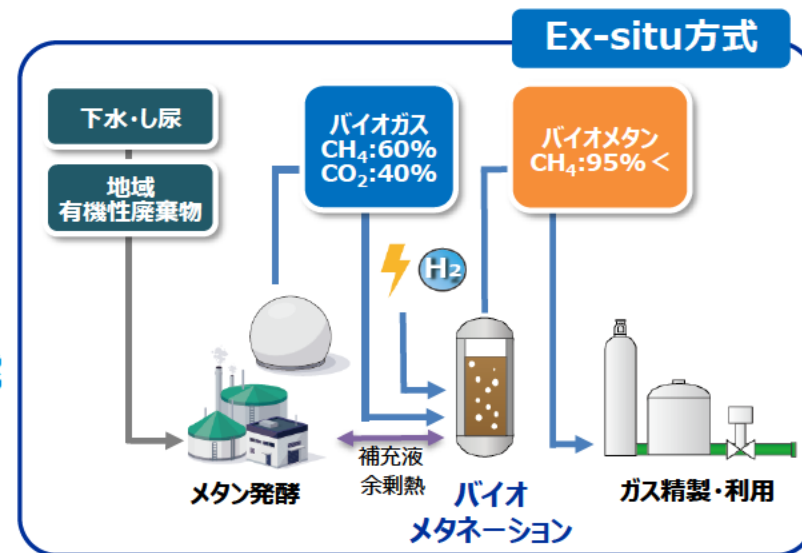
$$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- CO₂をエネルギーとして有効利用する**脱炭素技術**として近年注目されている

メタネーション技術の分類

- 反応機構により、微生物により上記反応を促進する**バイオメタネーション**と触媒により反応を促進する**触媒メタネーション**に大別される
- 既存のバイオマスメタン発酵設備に導入する場合、既存のメタン発酵槽内でメタネーションを促進させる **In-situ方式**と、別途反応槽を設けてメタネーション反応を行う**Ex-situ方式**に大別される

- 当社は全国にメタン発酵設備の納入・運転実績を持ち、**メタン発酵に関する技術的・市場的知見を有している**
- メタン発酵設備は**高負荷かつ負荷変動変動が大きい**
- **バイオガスは硫化水素等の不純物を含む**
- **バイオメタネーションは触媒に比べ低圧、低温で反応可能**

等より、**Ex-situ型のバイオメタネーション**の開発

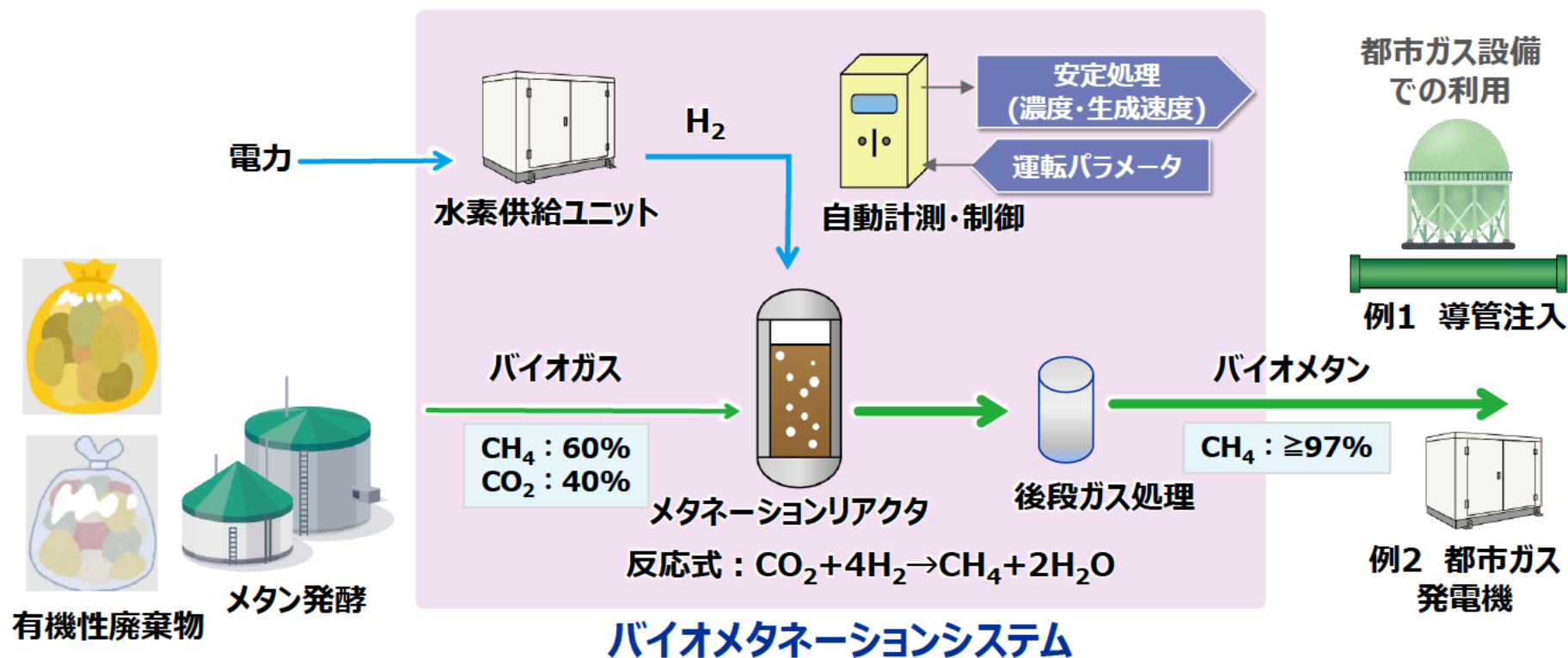


開発目標

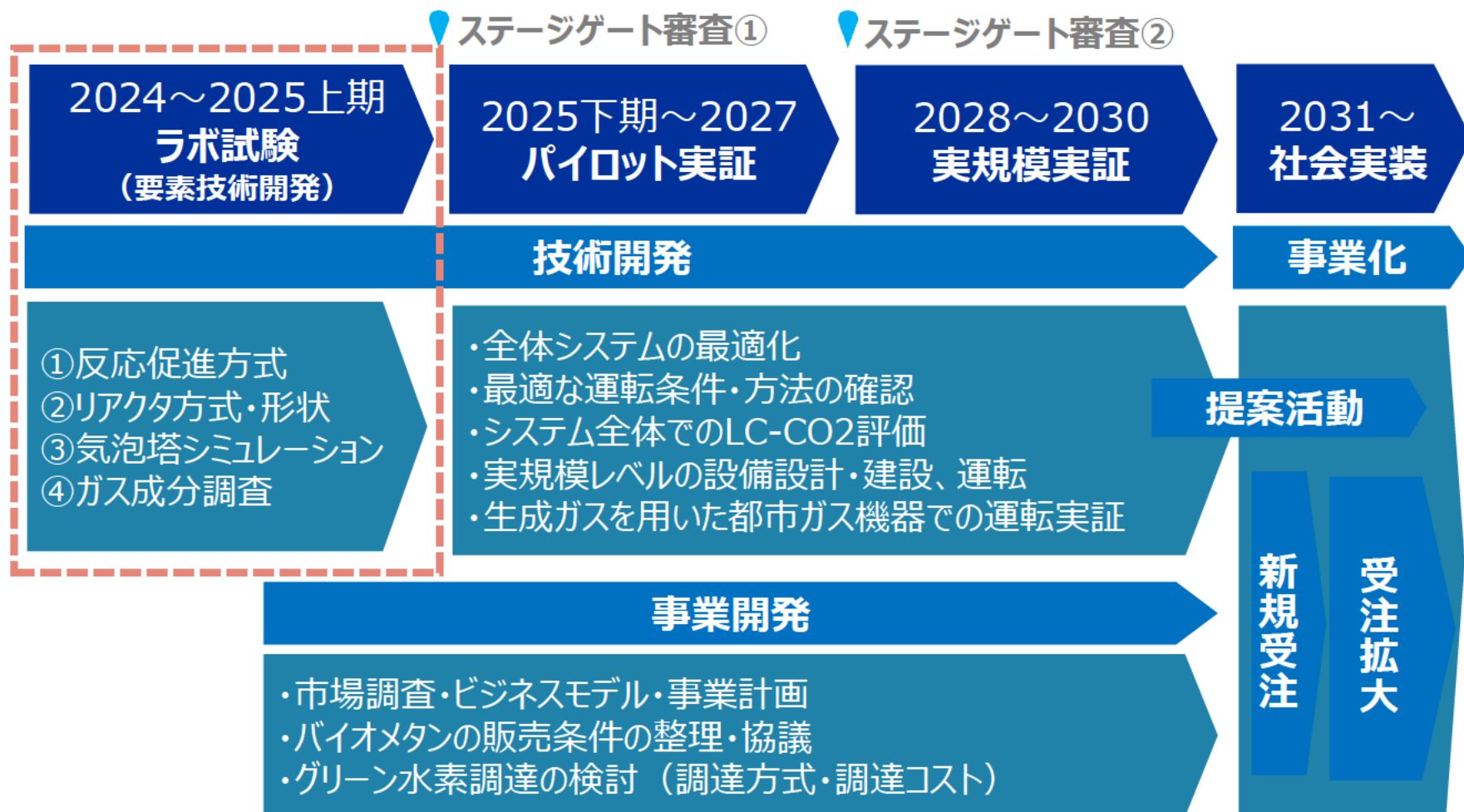
■ KPI

- ・2030年度末までに下記2点を満たすバイオメタネーション技術確立
- ・メタン発酵施設由来のバイオガスの直接メタネーションによる実証試験（パイロット+実規模）
 - 1) バイオメタンのメタン濃度97%以上を達成
 - 2) 低温(数十度)かつ低圧(～0.8MPa)条件下でメタン生成速度50NL/Lr・d※以上を達成

※Lrはバイオメタネーションリアクタの液相容積を示す



開発ロードマップ



2025年8月のステージゲート審査①を通過、現在パイロット実証に着手。
本報告では、ラボ試験（要素技術開発）の内容・結果を報告。

【フェーズ1】 ラボ試験（要素技術開発）の概要・成果

フェーズ1の開発課題と目的

【開発目標（全体）】

2030年度末までに下記2点を満たすバイオメタネーション技術を確立
メタン発酵施設由来のバイオガスの直接メタネーションによる実証試験（パイロット＋実規模）

- 1) バイオメタンのメタン濃度97%以上を達成
- 2) 低温(数十度)かつ低圧(～0.8MPa)条件下でメタン生成速度（MER）50 NL/Lr・d以上を達成



目標のMER付近では水素の溶解が律速とされているが、ラボスケールのリアクターではこのレベルで水素を溶解させつつ微生物反応を評価するのが難しい(装置構造上の課題)



メタネーション反応の各要素技術を個別にラボスケールで開発・評価し、それらの結果を統合するシミュレーションを作成することで、スケールアップ時の評価を行うこととした



【フェーズ1開発目的】

スケールアップ時に以下目標に到達できることをシミュレーションによって確認する。

- 1) バイオメタンのメタン濃度97%以上を達成
- 2) 低温(数十度)かつ低圧(～0.8MPa)条件下でメタン生成速度（MER）50NL/Lr・d以上を達成

フェーズ1の全体像

代表企業

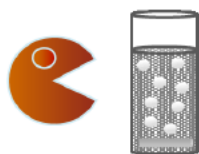
水ingエンジニアリング(株)

● 気泡塔シミュレーションの検討

- シミュレーションプログラムの作成
- 文献値・試験データによる検証
- 右記試験の微生物反応パラメータ、モデル（流動状態、ガス溶解速度）を基にシミュレーションを実施



汚泥系



委託先

大阪工業大学

● バイオメタネーション反応の促進方法の検討

- 圧力条件（0.8MPa未満）、温度条件（50～70℃）の最適化
- 微生物解析を利用した馴致・維持方法の確立
- 微生物反応パラメータの算出



汚泥系



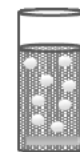
松江工業高等専門学校

● リアクタの方式・形状の検討

- 圧力条件下でのガス溶解速度の測定方法の確立
- 高い水素溶解速度を持つリアクタ方式・形状の検討・最適化
- 流動状態（ガスホールドアップ）のモデル化
- ガス溶解速度（総括物質移動容量係数kLa）のモデル化



清水系



パラメータA・B・C

パラメータ D・E・F

パラメータ G・H・I

気泡塔シミュレータの作成

気泡塔シミュレーションの実施

$$\frac{dC_{m,i}}{dt} = \underbrace{m_{m,i}}_{(1)} + \underbrace{r_{m,i}}_{(2)} + \underbrace{Q_L / (V_L / N_L)}_{(3)} \cdot \{ (C_{m,i-1} - C_{m,i}) + (C_{m,i+1} - C_{m,i}) \}$$

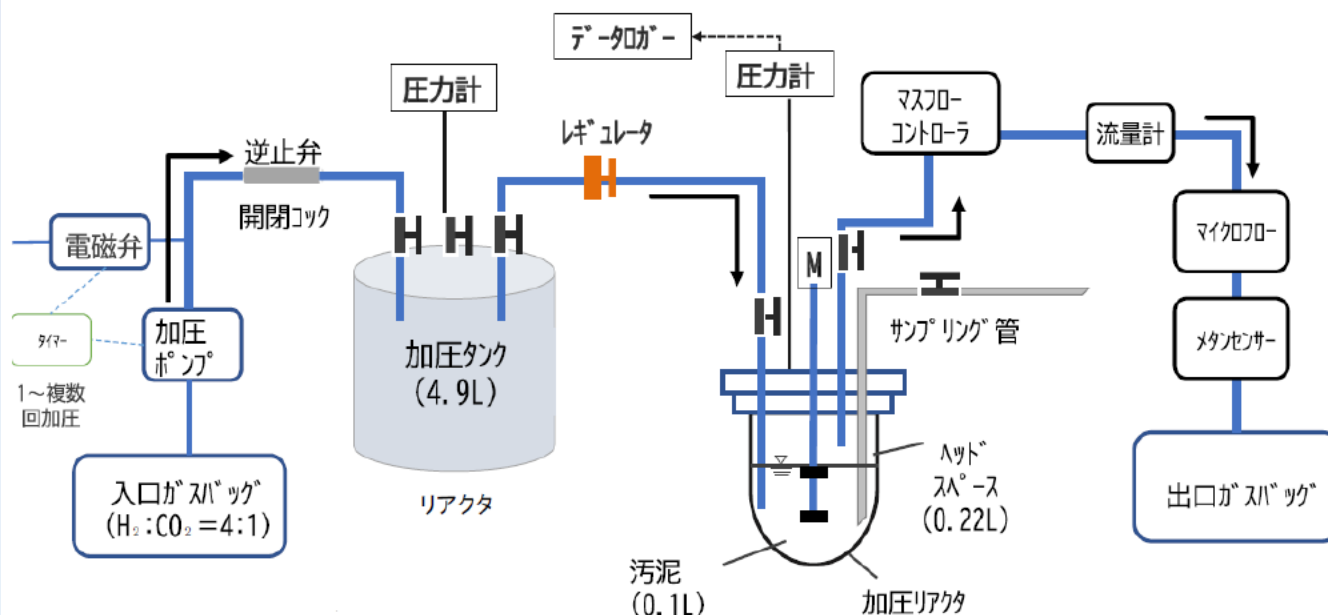
KPI達成見通しの推計・確認

- 1) メタン濃度：97%以上
- 2) メタン生成速度：50NL/Lr・d

バイオメタネーション反応の促進方法の検討 | 試験目的と方法

- 圧力条件（0.8MPa未満）、温度条件（50～70℃）の最適化
- 微生物解析を利用した馴致・維持方法の確立
- 微生物反応パラメータの算出

試験装置概略フロー

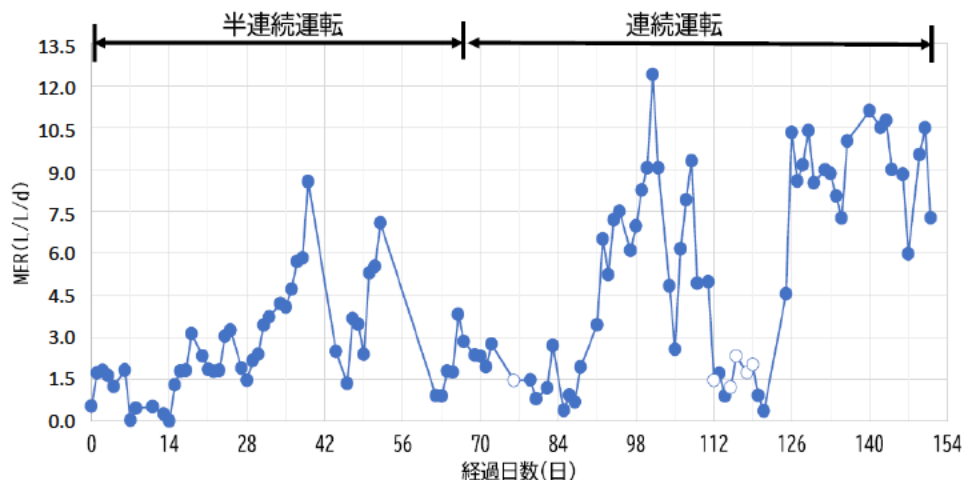


試験装置写真



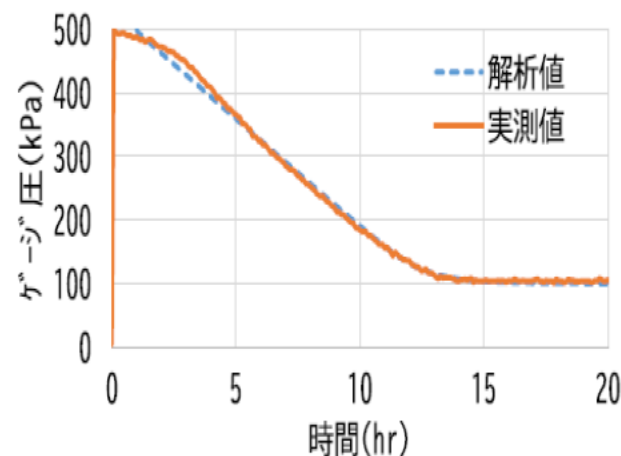
バイオメタネーション反応の促進方法の検討 | 結果の一例

検討結果の一例①



- ✓ 低温 (55°C)・低圧 (～0.6MPa) 条件でバイオメタネーション反応の進行を確認
- ✓ メタン生成速度 (MER) はラボ試験装置で最大で約12 NL/Lr・d

試験結果の一例②



- ✓ 回分運転時の圧力変化から微生物反応速度定数(比水素消費速度)を算出する方法を確立

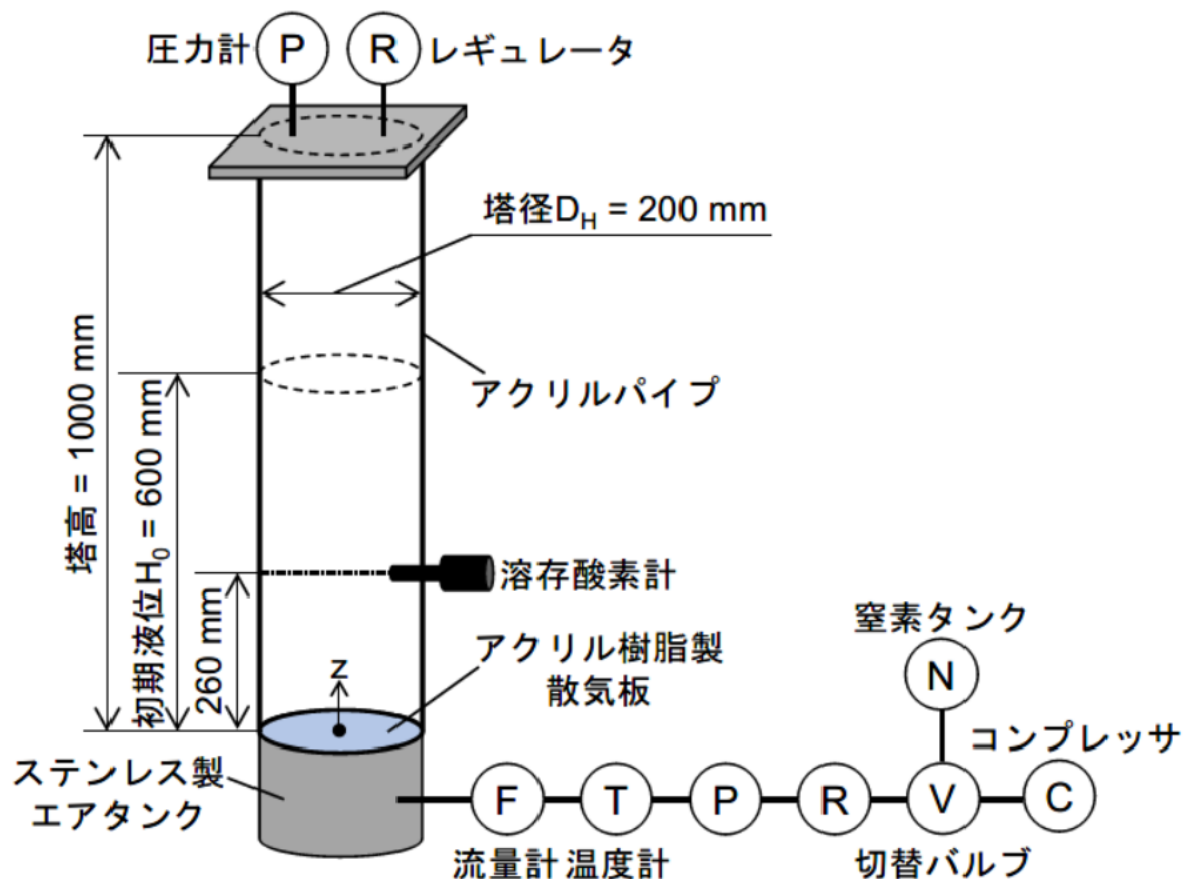
槽内水素濃度の変化式

$$\frac{dC}{dt} = \underbrace{K_L a (C_S - C)}_{\text{水素溶解}} - \underbrace{\frac{kCX}{K_S + C}}_{\text{微生物による水素消費}}$$

dC/dt : 水素濃度変化量 (mg/L/d), $K_L a$: 総括水素移動容量係数 (1/d)
 C_S : 飽和水素濃度 (mg/L), C : 槽内水素濃度 (mg/L)
 k : 比水素消費速度 (1/d), X : 汚泥濃度 (mg/L), K_S : 飽和定数 (mg/L)

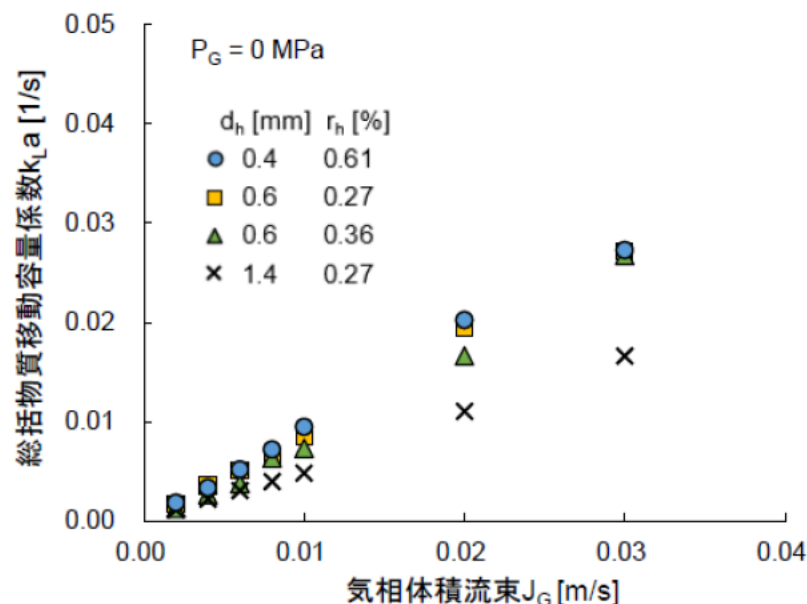
リアクタの方式・形状の検討 | 試験目的と方法

- 圧力条件下でのガス溶解速度の測定方法の確立
- 高い水素溶解速度を持つリアクタ方式・形状の検討・最適化
- 流動状態（ガスホールドアップ）のモデル化
- ガス溶解速度（総括物質移動容量係数 kLa ）のモデル化

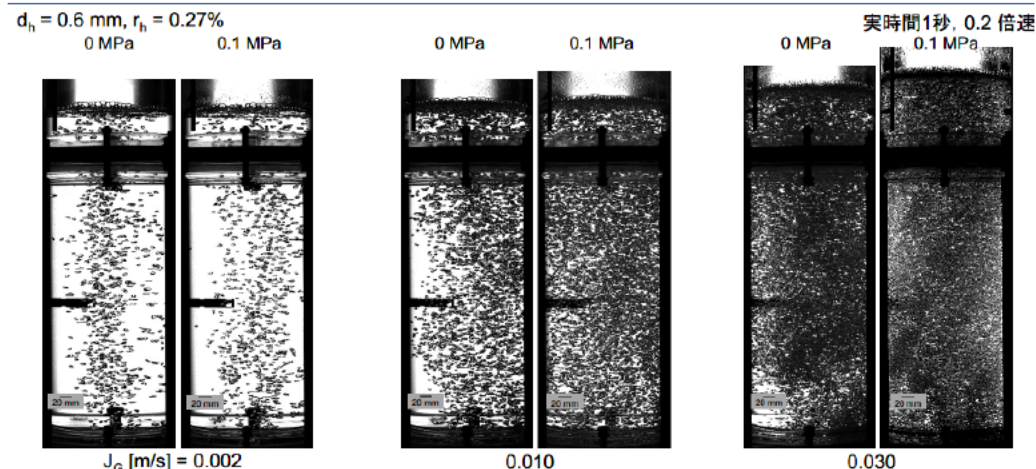


リアクタの方式・形状の検討 | 試験目的と方法

試験結果の一例



各条件での気泡の様子



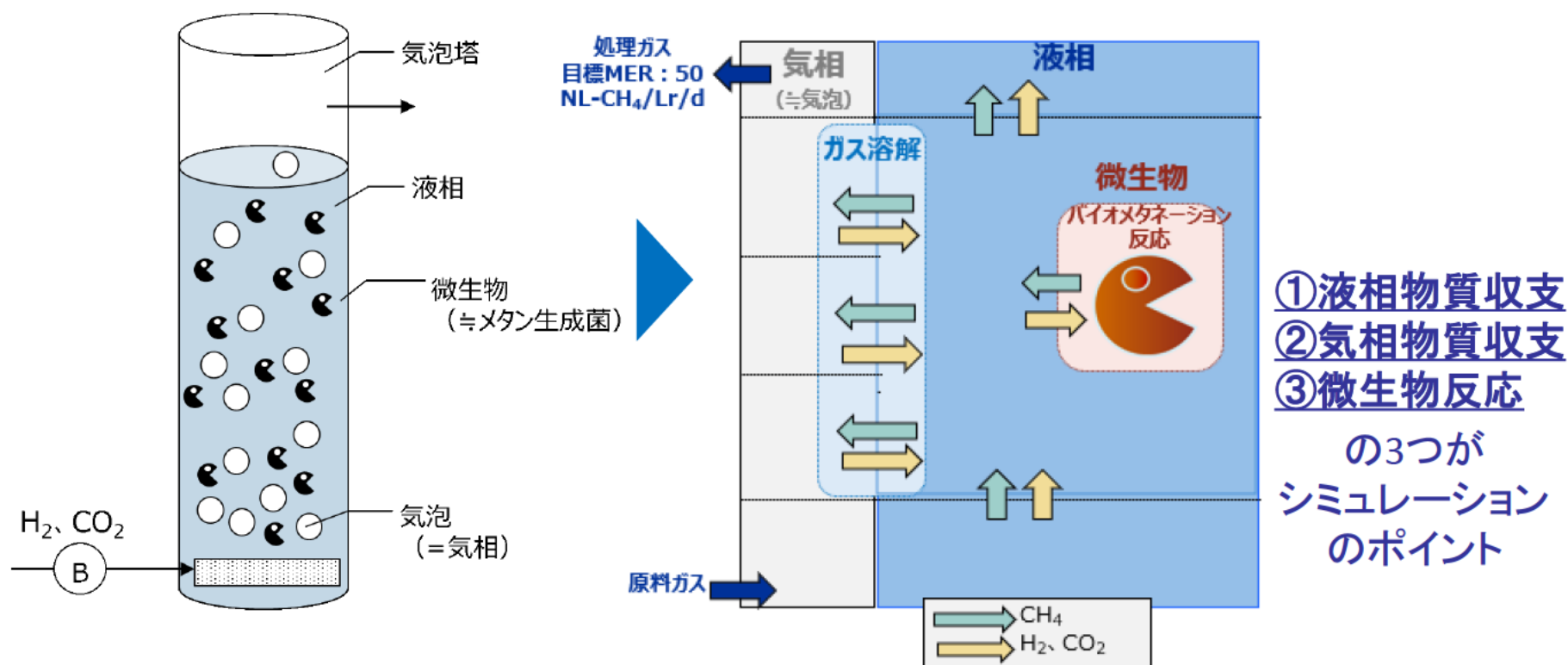
各運転条件(気相体積流速 J_G 、槽内圧力、散気板孔径、等)と重要指標($k_L a$ 、ガスホールドアップ)の関係を整理、数式化(シミュレーションのパラメータ)

気泡塔シミュレーションの検討 | シミュレーションの目的と概要

- シミュレーションプログラムの作成
- 文献値・試験データによる検証
- 試験で得た反応パラメータ、モデル（微生物反応速度、流動状態、ガス溶解速度）を基にシミュレーションを実施

シミュレータ作成

「槽列モデル」で気泡塔物質収支を表現
＝気泡塔シミュレータ



気泡塔シミュレーションの検討 | 検証の流れ

シミュレータ作成

ルンゲクッタ法にて物質収支の定常状態での近似解を求める
シミュレータの作成（Pythonでコードを書きエクセルに出力）

シミュレータ検証①

【気液の物質移動の検証】
気泡塔試験（松江高専）の酸素の溶解速度の挙動を再現可能かを検証

シミュレータ検証②

【メタネーション反応の検証】
メタネーション試験（大工大）のメタン生成速度の挙動を再現可能かを検証

シミュレータ検証③

【気泡塔におけるメタネーション反応の検証】
公開文献の気泡塔におけるメタネーション反応の挙動を再現可能かを検証

シミュレーション

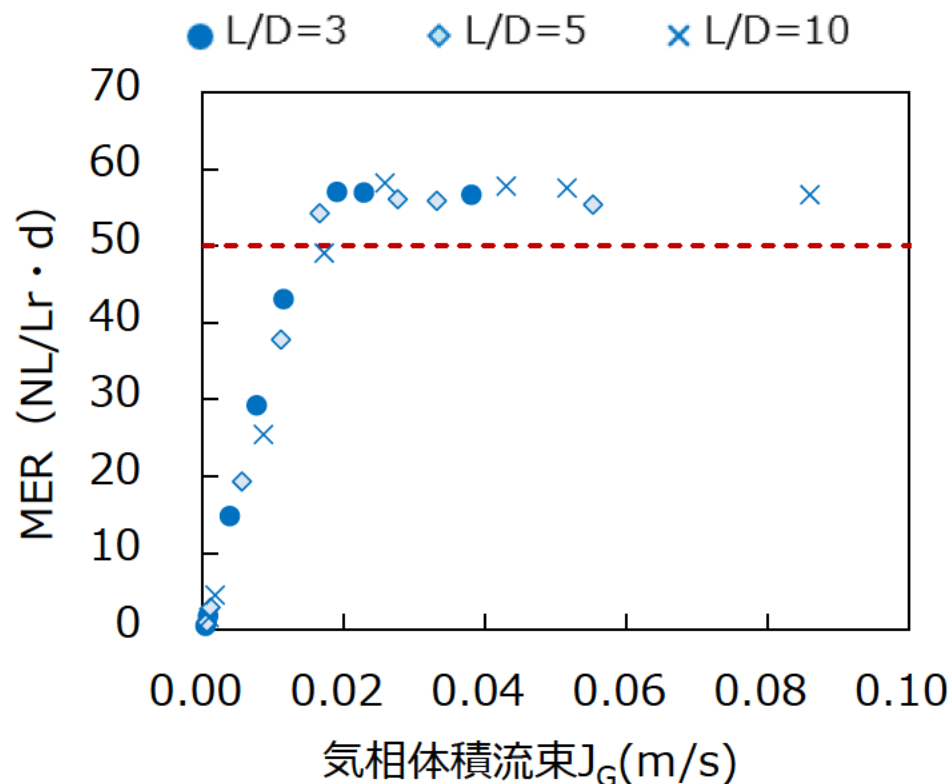
【MER 50 NL/Lr・dを達成可能な装置・運転条件検討】

全体システム検討

【メタン濃度97%を達成するために必要な全体システムの検討】
パイロット設備の主要設備、フロー、性能予測

気泡塔シミュレーションの検討 | 解析結果の一例

シミュレーション結果の一例



- パイロット試験装置の気泡塔を前提に様々な条件でシミュレーションを実施し
- KPIであるメタン生成速度(MER) 50 NL/Lr·dを満足する条件を検討

シミュレーション結果をもとに

- パイロット試験装置のフロー、機器仕様を決定
- パイロット試験で実証すべき「課題・仮説」を設定

NEDO委員会にてフェーズ1
ステージゲートを条件付き通過

【フェーズ1】 ラボ試験（要素技術開発）の結果まとめと 今後の予定

ラボ試験結果のまとめと今後の予定

結果 まとめ

フェーズ1／要素技術開発において、「バイオメタネーション反応の促進方法の検討」および「リアクタの方式・形状の検討」を行い、各種パラメーターを獲得し、それらを用いたシミュレーションを実施し、

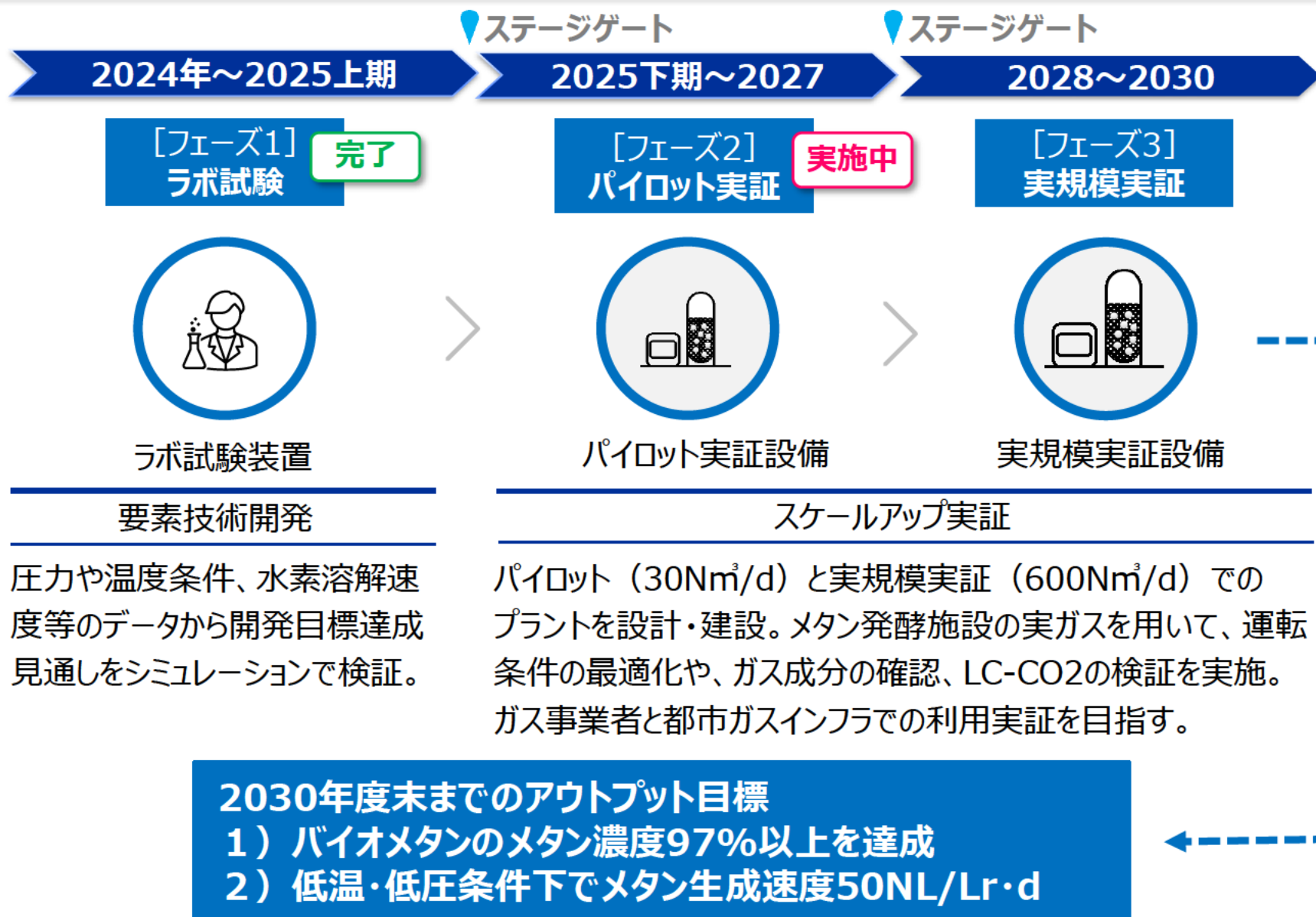
- ①バイオメタンのメタン濃度97%以上
 - ②低温（数十度）かつ低圧（～0.8MPa）条件下でのメタン生成速度（MER）50 NL/Lr・d以上
- を達成できることを確認した



今後の 予定

- フェーズ1のシミュレーション結果を基に、フェーズ2では実際のバイオガスを用いたパイロットスケール試験を実施し、全体システムの性能・安定性確認。運転方法の確立を目指す
- 併せて、事業化に向けた課題の検証として、下記に取り組む
 - ・エネルギー効率・コスト・LC-CO₂の試算
 - ・水素調達シナリオ、ビジネスモデルの検討

ロードマップ°



水 ing

水の先をつくれ。