

微生物群のデザイン化による 高効率型環境バイオ処理技術開発

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO バイオテクノロジー・医療技術開発部

1 / 32

発表内容

公開

- I 事業の位置付け・必要性
 - II 研究開発マネジメント
 - III 成果
 - IV 実用化の見通し
- NEDO
長谷川主査
- 藤田プロジェクト
リーダー(PL)

2 / 32

社会的背景

○日本の課題

環境負荷の低減と省エネルギー化の促進による循環型産業社会の構築

○必要な技術開発

モノ作りとその後処理

(バイオマスニッポン総合戦略:廃棄物系バイオマスの利用促進)

○処理方法の技術的課題

エネルギー多消費、廃棄物多排出

微生物群デザイン化への経緯

微生物による環境浄化の開始

→環境因子の操作で微生物群集の優先化を制御

よりきめの細かな微生物群集の制御法

→SRT制御(汚泥滞留時間)や、アンモニア酸化などに効果

より安定した制御法が実用段階へ

→グラニュール、固定化、膜分離の導入

デザイン化技術の開発

→微生物の構成・空間配置等の制御



デザイン化技術の定義

『微生物群の構成や配置等を
人為的に制御する技術』

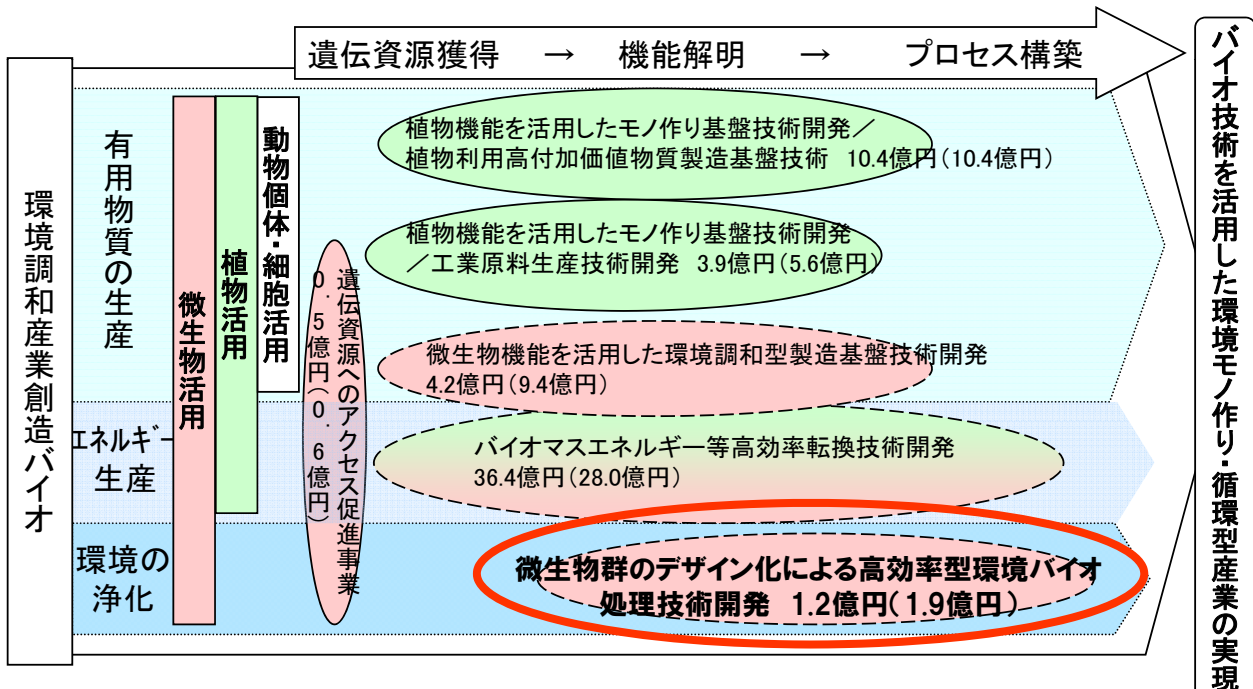
- 微生物構成の制御
- 微生物群の空間的配置の制御
- 微生物コミュニティの制御

事業の目的

微生物群のデザイン化技術を開発することにより、
省エネルギー効果が大きく、廃棄物を大幅に削減する
高効率型廃水・廃棄物等処理の基盤技術を確立する



環境・安心イノベーションプログラムでの位置付け

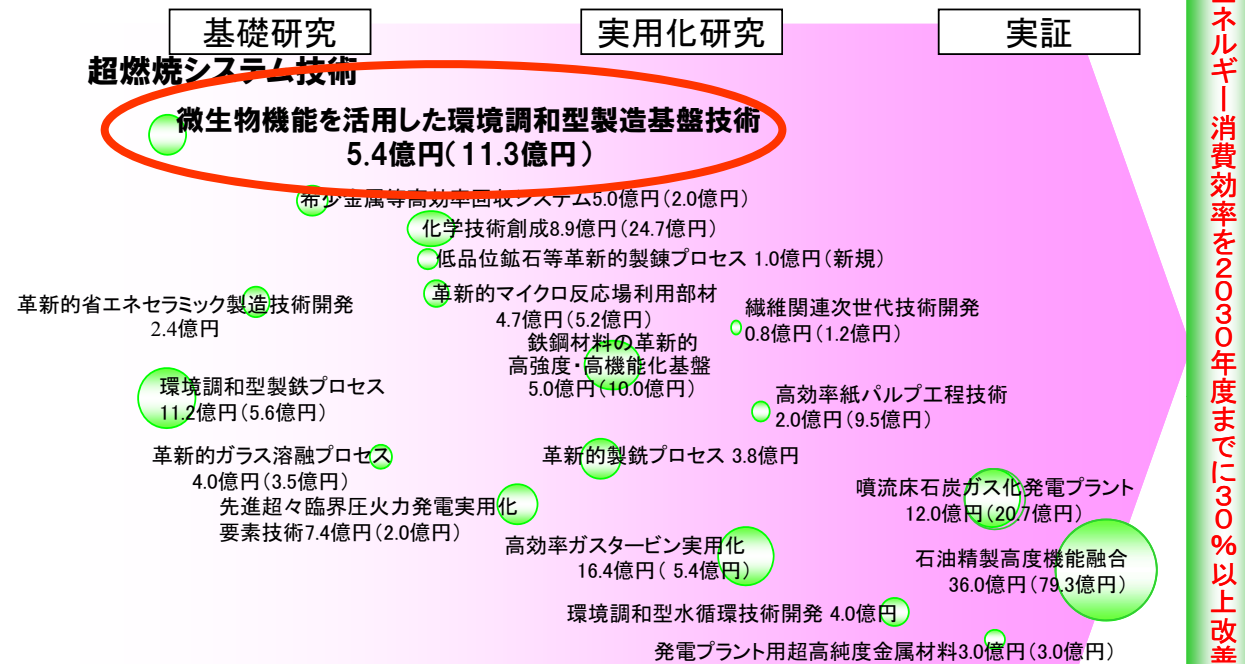


※経済産業省イノベーションプログラム(IPG)21年度より抜粋

7/32

エネルギー・イノベーションプログラムでの位置付け

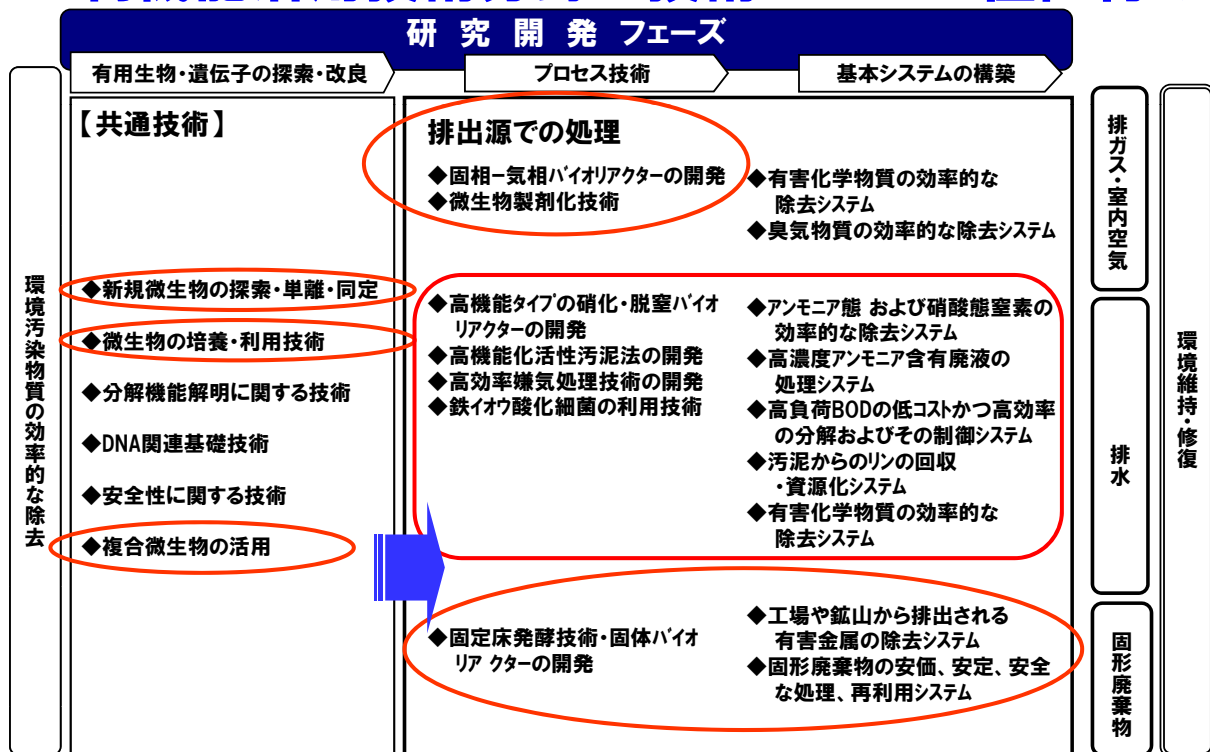
①総合エネルギー効率の向上



※経済産業省イノベーションプログラム(IPG)21年度より抜粋

8/32

生物機能活用技術分野の技術マップでの位置付け



排ガス・室内空気

排水

固形廃棄物

環境維持・修復

NEDOが関与する意義

○産学官の連携体制が必要

微生物による廃水・廃棄物処理技術は頭打ち(エネルギー多消費)

→微生物群自体はブラックボックス(基盤技術が未確立)

→基盤技術を大学で開発し企業へフィードバック

○日本オリジナルの技術として、産業の高度化へ大きく貢献

デザイン化技術が確立できれば、現行の静脈産業の問題点を解決

→日本オリジナルのプラットフォーム型技術を創出

→基本特許の取得が世界に先駆けて可能

→静脈産業の抜本改革による産業の高度化



NEDOの事業委託が適切

実施の効果（費用対効果）

○市場

現在の廃水処理市場： 約5,000億円

デザイン化技術が創出されると、市場のさらなる発展へ

○省エネルギー

・活性汚泥法 → 石油換算20.5万kl/年の省エネ効果

・メタン発酵 → 石油換算17.8万kl/年の省エネ効果

I 事業の位置付け・必要性

II 研究開発マネジメント

III 成果

IV 実用化の見通し

NEDO
長谷川主査

藤田PL

最終目標

①好気性微生物処理

- ・有用微生物を人為的に安定的導入・維持する技術の開発
- ・従来の標準活性汚泥法の曝気処理プロセスの約3倍の高効率化、
これによるエネルギー使用量の約2/3の削減を実現
- ・検証可能なテストプラント規模にて評価

②嫌気性微生物処理

- ・有用微生物を人為的に空間配置させ安定的に維持・優占化するための技術の開発
- ・従来のメタン発酵槽容積に比べて、約50%のコンパクト化によりシステム効率の向上を実現

中間目標

- ①・②について、技術面での見通しが確実に得られていること

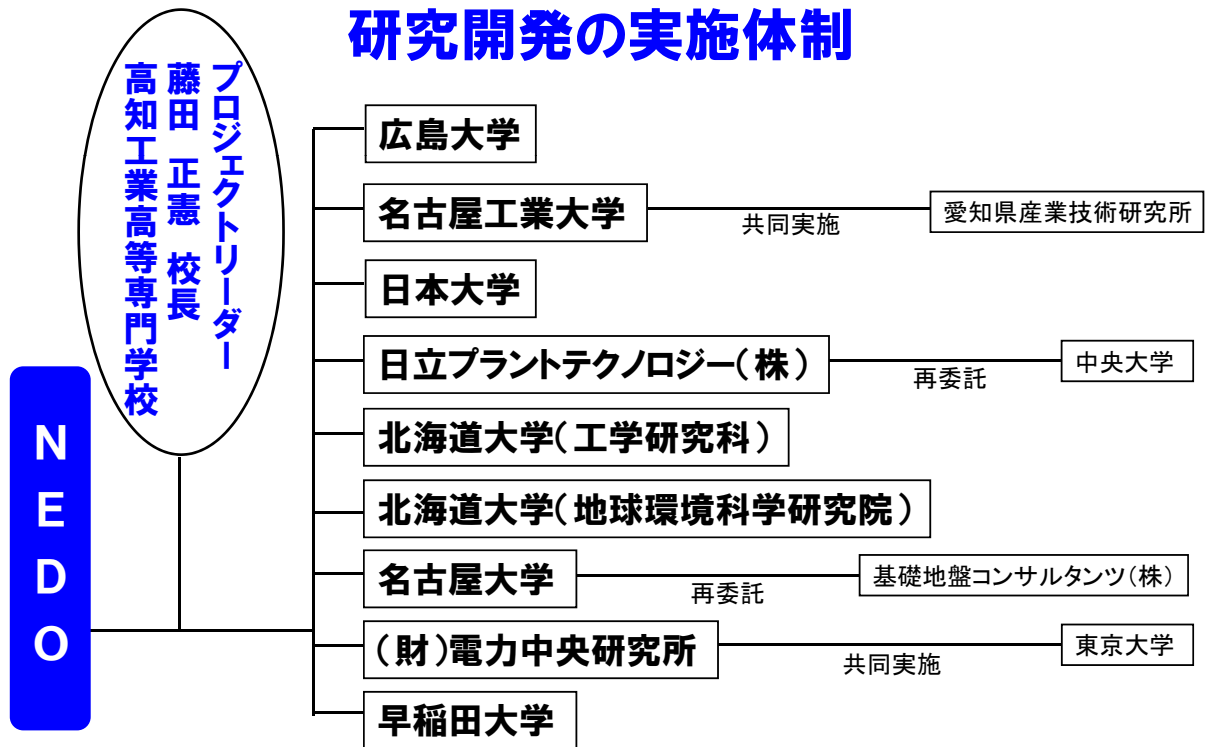
研究開発計画(内容・スケジュール・予算)

(単位:百万円)

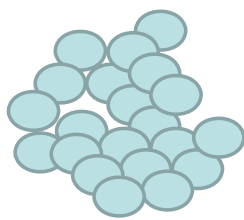
	2007	2008	2009	2010	2011	
好気性微生物処理 好気嫌気微生物処理 嫌気性微生物処理	I 有用微生物(群)の選抜と特性評価	→	→	→		
	II デザイン化技術の開発	→	→	→		
	III 微生物群の処理機能の評価	→	→	→	→	
	IV バイオエンジニアリング技術の開発			→	→	→
	V デザイン化微生物群の総合評価				→	→
開発予算	188	192	114			

※2009は契約額

研究開発の実施体制



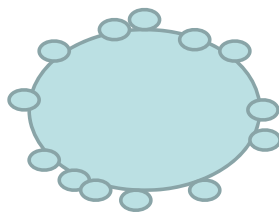
デザイン化技術



グラニューール

北海道大学(工)

早稲田大学



付着

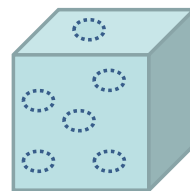
広島大学

名古屋工業大学

日本大学

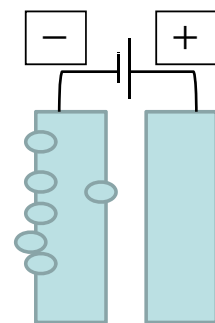
北海道大学(地)

名古屋大学



包括固定化

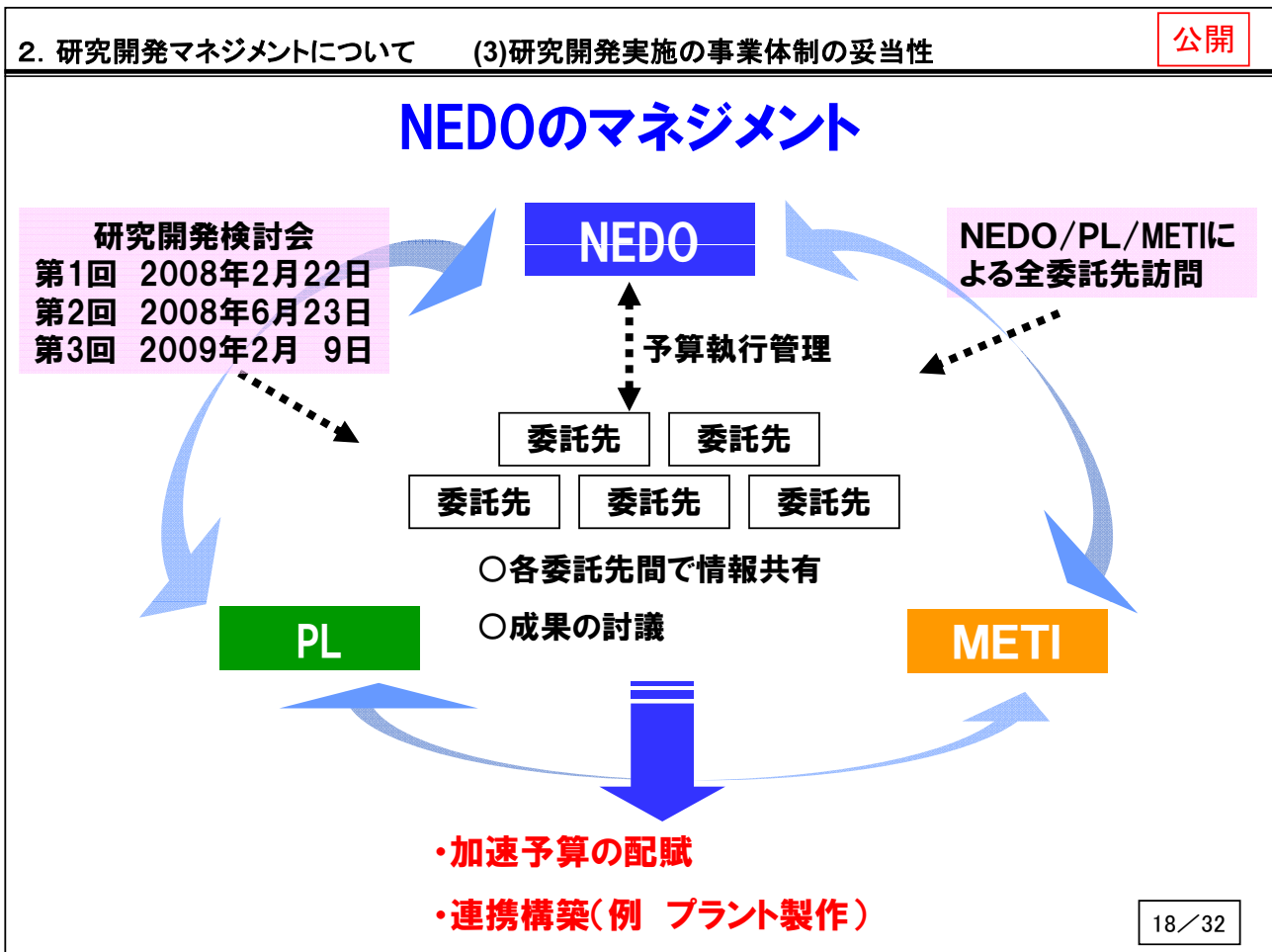
日立プラント



電気制御

電力中央研究所

2. 研究開発マネジメントについて		(3)研究開発実施の事業体制の妥当性			公開
	I 微生物(群)の選抜と特性評価	II デザイン化技術の開発	III 微生物群の処理機能の評価	IV バイオエンジニアリング技術の開発	V デザイン化微生物群の総合評価
① 好気性処理	包括固定(BOD、窒素)、 廃水【日立プラント】				
	油脂分解微生物製剤、 廃水(油脂)【名工大】				
	<i>Cycloclasticus</i> 、 流出油(PAHs)【日大】				
② 好気嫌気処理	DHSリアクター、 廃水(メタン、N₂O、リン)【広大】				
	ANAMMOX、 廃水【北大(工)】				
	バイオフィーム(基盤)、 窒素・油・フェノール【北大(地)】				
	グラニューール、 廃水(窒素、リン)【早大】				
③ 嫌気性処理	メタン発酵、 廃棄物(生ごみ)【電中研】				
	脱塩素菌・芳香族酸化分解菌、 土壌(芳香族塩素化合物)【名大】				



NEDOのマネジメント例

—連携構築—

1. 一機通関型プラント

日立プラント、電中研、北大(工)、北大(地)

2. 細胞外多糖の微生物製剤保護材への活用

名工大、日大

3. 油分解微生物の包括固定化

日立プラント、名工大

19/32

追加的資金配分

①好気性処理(日立プラント 32,000千円)

内生呼吸低減菌開発の加速化

→活性汚泥の微生物群集の解析、内生呼吸低減菌のスクリーニング法の検討を行い、内生呼吸低減菌を単離



DO反応制御装置

②好気嫌気処理(北大(工) 6,200千円)

ANAMMOX細菌のゲノム解析による有用遺伝子の

特定・検証の加速化

→ANAMMOX 細菌グラニュール形成機構の部分解明



ANAMMOXグラニュール

20/32

I 事業の位置付け・必要性

II 研究開発マネジメント

III 成果

IV 実用化の見通し

NEDO
長谷川主査

藤田PL

3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度

① 好気性処理

	従来	中間目標	成果	達成度
包括固定化	・曝気された酸素の約1/3を内生呼吸が消費	・内生呼吸低減菌の分離 ・高度な内生呼吸計測 ・菌の安定保持	・内生呼吸量 -40% ・亜硝酸型での低減 -25%	◎
油脂分解 微生物製剤	・残存油脂濃度 3000-10000 mg/L ・市販微生物製剤のグリストラップへの適用不可	【複合微生物製剤の開発】 ・残存油脂濃度 200 mg/L以下 ・油脂分解菌の単離 3種以上 ・微生物維持活性 3ヶ月間	・高効率油脂分解菌の発見	◎
<i>Cycloclasticus</i> による原油分解	・ <i>Cycloclasticus</i> 培養制御技術 なし 増殖 遅い ・従来法分解率 8.8%	・細胞外多糖の投与による芳香族分解促進の要因解明	・ <i>Cycloclasticus</i> の優占化期間の短縮 最短3.5日(世界最速) ・原油芳香族画分の分解率促進 41.2%(世界最高)	◎
バイオフィーム工学	・好気アンモニア除去 ・ナフタレン除去効率 ・フェノール除去効率	・アンモニア除去効率の向上 ・ナフタレン除去効率の向上 ・フェノール除去効率の向上	・ <i>Nitrosomonas</i> 細菌のアンモニア酸化活性 約2倍上昇 ・安定性 9週間 ・持続的分解活性 5倍以上 ・水草の生育促進 約2倍	◎

②好気嫌気処理

	従来	中間目標	成果	達成度
DHSリアクター	<ul style="list-style-type: none"> 従来型嫌気性処理 CO₂排出 従来型硝化・ANAMMOX N₂O排出 活性汚泥法+従来法 リン回収コスト 	<ul style="list-style-type: none"> 人工排水中の溶存メタンの分解除去 人工ガス中のN₂Oの分解 DHSリアクターを用いたリン濃縮技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 人工排水中の溶存メタン HRT1時間で90%以上除去 DHSリアクターによるN₂Oの分解確認 DHSリアクターによる人工排水中のリン濃縮32倍に濃縮 	◎
窒素除去 ANAMMOX反応	<p>【循環型硝化脱窒素法】</p> <ul style="list-style-type: none"> 窒素除去速度 1-2 kg-TN/m³/日 酸素曝気 必要 硝化液の循環ポンプ 必要 脱窒反応用の外部炭素源 必要 	<ul style="list-style-type: none"> 部分硝化-ANAMMOXシステムの構築 ANAMMOX速度 25kg-TN/m³/日 アンモニア酸化細菌の評価、安定維持 	<p>【部分硝化-ANAMMOXシステム】</p> <ul style="list-style-type: none"> 窒素除去速度 34 kg-TN/m³/日 (世界最高) 硝化液の循環ポンプ 不要 脱窒反応用の外部炭素源 不要 発生汚泥 大幅に削減可能 ANAMMOX細菌のゲノム解析 完了 	◎
ANAMMOX反応	嫌気アンモニア除去	・グラニューール形成機構の部分解明	ANAMMOX 細菌グラニューール形成機構の部分解明	○
システム論的 シミュレーション解析	<ul style="list-style-type: none"> 要素還元的アプローチ 経験的な試行錯誤を繰り返すアプローチ 	・シミュレーションモデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> 微生物反応パラメータ 取得 リアクター運転による水質データ 取得 グラニューール内部の微生物生態構造データ 取得 スケールの異なる2種類のモデルの新規構築、2つのモデルの結合手法の確立 	○

③嫌気性処理

	従来	中間目標	成果	達成度
微生物群集の電気制御技術	<ul style="list-style-type: none"> 現行のメタン発酵処理施設の日平均容積効率 8.5 kg COD/m³/日 	<ul style="list-style-type: none"> 日平均容積効率 17.0 kg COD/m³/日 (コンパクト化率 50%) 	<ul style="list-style-type: none"> 日平均容積効率 18.8 kg COD/m³/日を達成 (コンパクト化率 45%) 実験室規模でのメタン発酵槽 (250 ml) 	◎
微生物による土壌地下水中の脱塩素・芳香族分解	<ul style="list-style-type: none"> 微生物による、芳香族塩素化合物で汚染された土壌地下水に対する浄化技術 →実用化されていない 	<ul style="list-style-type: none"> 嫌気性の条件下で脱塩素と芳香環分解を可能とすること 事例として比較的水溶性の芳香族塩素化合物の流れ場での分解 	<ul style="list-style-type: none"> 嫌気性菌の組合せによる嫌気性完全分解技術の開発に成功 (世界初) ペンタクロロフェノール (50 μM)を対象に透過性反応浄化壁設計に必要な30日以内の完全分解を達成 流れ場での1段反応系を実現しコンパクト化に成功 	◎

(3) 知的財産権、成果の普及

	特許出願	新聞・雑誌等 掲載	プレス発表	受賞実績	口頭発表	論文発表		その他	合計
						国内	海外		
電中研	2				4		2		8
北大(工学)					7	1	6	1	15
名古屋大学					32	3	6	1	42
北大(地球)	1	5			35	2	8		51
名工大	2	5	1		2		1	2	13
広島大学	1			1	13	2			17
日本大学	1				4	1	1	1	8
早稲田大学					3				3
日立プラント					2		1		3
合計	7	10	1	1	102	9	25	5	160

油脂分解微生物製剤 <名古屋工業大学>

【新聞記事記載例】

- ① 日刊工業新聞 2009年7月8日 15面
- ② 日経産業新聞 2009年7月7日 11面

① 好気性処理

	最終目標	今後の課題
包括固定化	ANAMMOXとのハイブリッド化	<ul style="list-style-type: none"> 担体引抜アルカリ処理性能の評価 実廃水のコンタミ防止効果等の評価
油脂分解 微生物製剤	<ul style="list-style-type: none"> 残存油脂濃度値 100mg/L以下 活性を半年間維持する製剤化技術の開発 油脂分解菌が優占化する技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 複合微生物製剤の改良 微生物製剤の保存期間の長期化 バイオフィーム制御技術の高度化
<i>Cycloclasticus</i> による原油分解	<ul style="list-style-type: none"> S-2 EPSと同等以上の活性を有する代替手段の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 新規培養支持体の開発 新規培養条件の開発 新規人工共生系の開発
バイオフィーム工学	<ul style="list-style-type: none"> 従来比、3倍のアンモニア除去効率を達成 従来比、コスト1/3の炭化水素系廃棄物処理技術を完成(最終目標) 	<ul style="list-style-type: none"> バイオフィーム化と新規ヘルパー細菌との共存作用の組み合わせ バイオフィーム工学技術の適用範囲の拡大

27/32

② 好気嫌気処理

	最終目標	今後の課題
DHSリアクター	実排水でメタン酸化、N ₂ O分解、およびリン回収の実証	<ul style="list-style-type: none"> 実排水を用いたメタン酸化の実証 N₂O分解DHSを開発 リン回収率の向上
窒素除去 ANAMMOX反応	高効率部分硝化-ANAMMOXシステム	<ul style="list-style-type: none"> スタートアップの効率化・安定化 部分硝化反応の効率化、全体の窒素除去速度の高速化 システム全体の高効率・安定化に向けた、ANAMMOX細菌の活性化、亜硝酸・酸素耐性の強化等の検討
ANAMMOX反応	ANAMMOX 細菌グラニュール形成機構の詳細理解	<ul style="list-style-type: none"> ANAMMOX細菌グラニュール形成の促進
システム論的 シミュレーション解析	システム論的アプローチに基づく微生物コミュニティデザイン手法の確立	<ul style="list-style-type: none"> 評価用実験データの蓄積 シミュレーションモデルの改良(実験データとの整合性評価・モデル再構築)

28/32

③ 嫌気性処理

	最終目標	今後の課題
微生物群集の電気制御技術	発酵槽のサイズを数L規模にスケールアップ	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオエンジニアリング技術 ・スケールアップによる技術立証
微生物による土壌地下水中の脱塩素・芳香族分解	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘンタクロロフェノール(50 μM)の流れ場での1段反応系における30日以内での完全分解活性の長期維持 ・より難分解の疎水性芳香族化合物の封じ込め完全分解系の構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・簡易安全性スクリーニング試験法をもとに、更なる有用微生物の獲得 ・嫌気封じ込め条件での完全分解系のデザイン化 ・シミュレーションによる実スケール予測

- | | |
|---|---------------------------------------|
| <p>I 事業の位置付け・必要性</p> <p>II 研究開発マネジメント</p> <p>III 成果</p> <p>IV 実用化の見通し</p> | <p>} NEDO
長谷川主査</p> <p>} 藤田PL</p> |
|---|---------------------------------------|

実用化イメージ

- **包括固定化(日立プラント)**
有機性廃水(畜産処理場、食品工場)に適用
- **油脂分解微生物製剤(名工大)**
油脂含有廃水(外食産業・食品工場)の浄化
- **Cycloclasticusによる原油分解(日大)**
海洋石油汚染の浄化、高塩濃度環境の排水処理、微生物製剤
- **DHSリアクター(広大)**
下水および各種廃水処理
- **窒素除去ANAMMOX反応(北大)**
半導体製造工程廃水・メタン発酵脱離液からの窒素除去
- **微生物群集の電気制御技術(電中研)**
高効率メタン発酵槽による未利用食品廃棄物の処理
- **微生物による脱塩素・芳香族分解(名大)**
汚染土壌の封じ込め浄化、底質・地下水の原位置浄化

環境浄化分野に留まらない波及効果

