

グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発/  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発/

# 「微生物触媒による創電型廃水処理基盤 技術開発」 (事後評価)

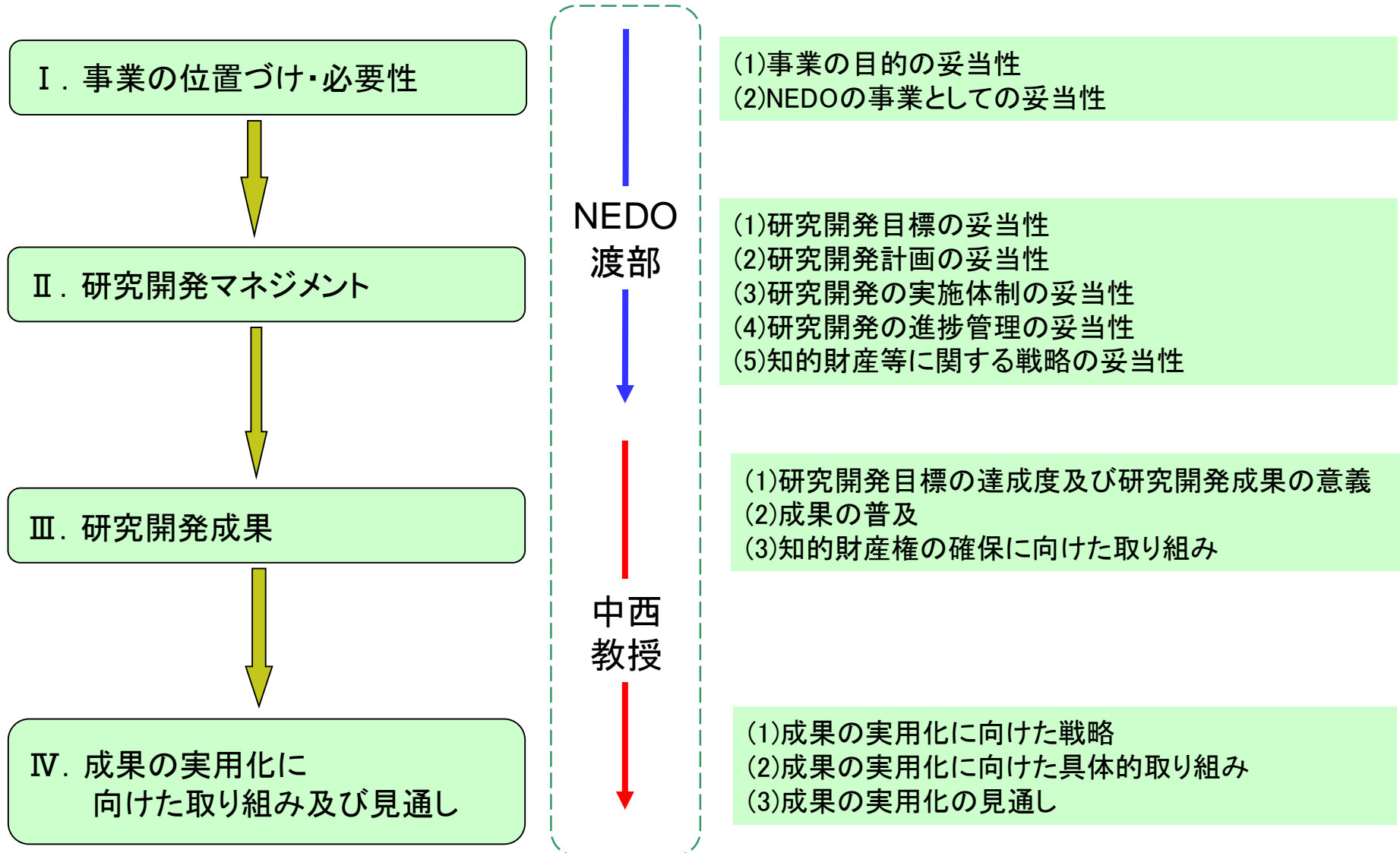
(2012年度～2015年度 4年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO 環境部

2016年11月10日

## 発表内容

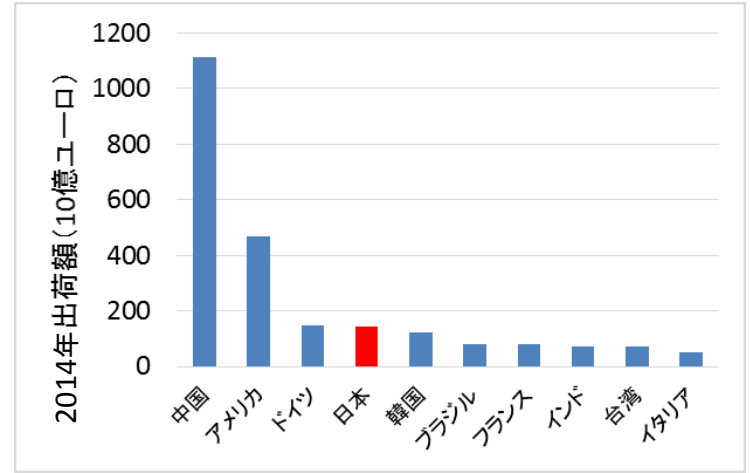


1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

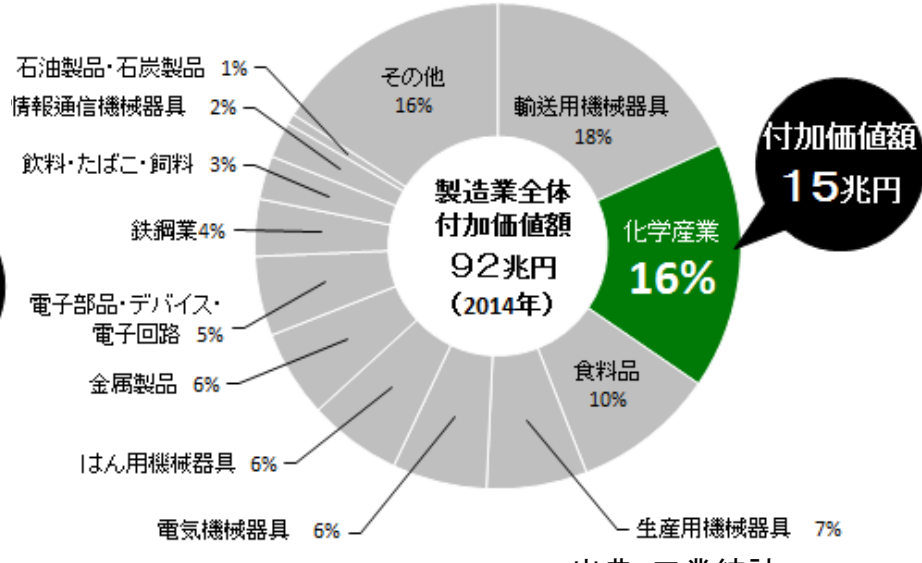
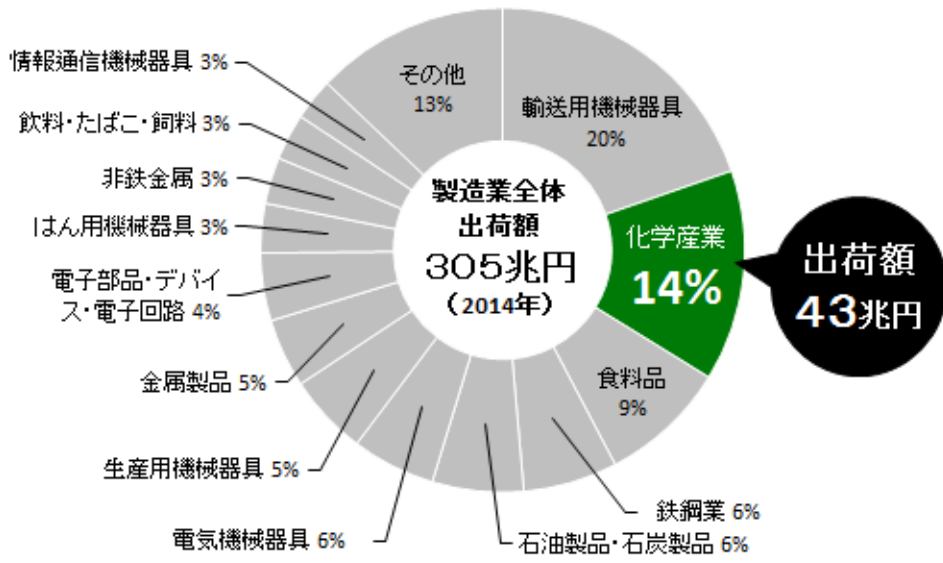
◆事業実施の背景 ~日本の化学産業の特徴~

日本の化学産業の出荷額は  
世界第3~4位

国内製造業では化学産業は  
出荷額、付加価値額は共に第2位



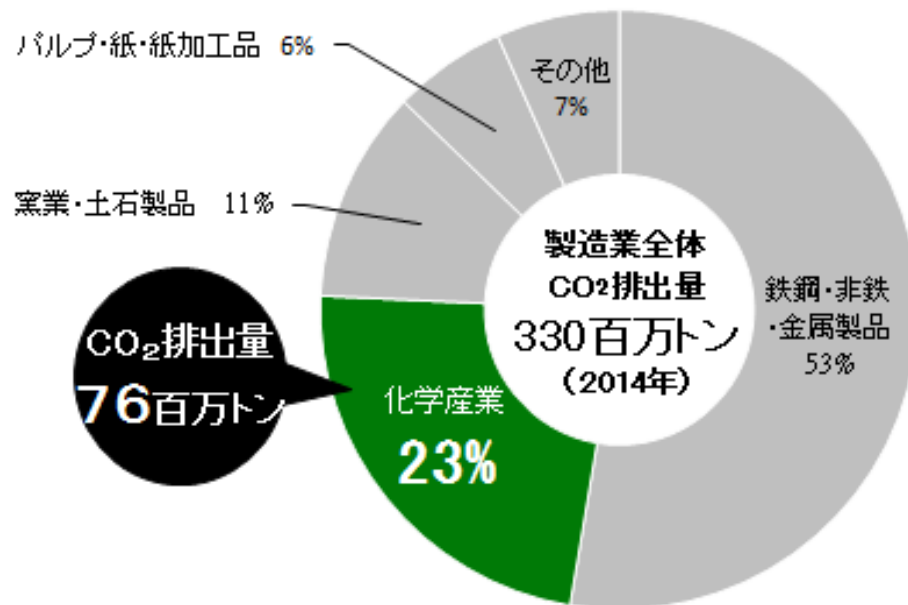
出典: Cefic Chemdata International



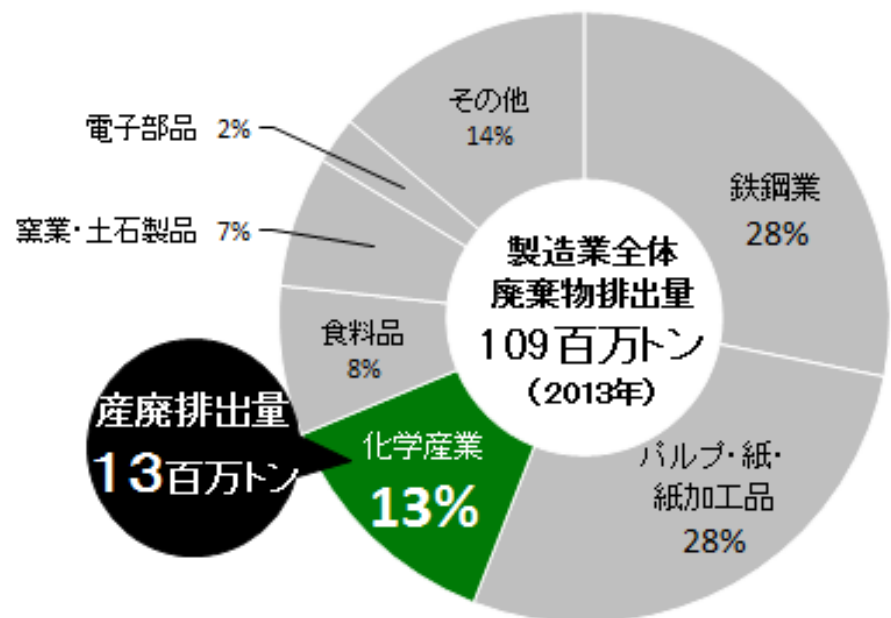
出典: 工業統計

## ◆事業実施の背景 ～化学産業の課題～

化学産業は、エネルギー多消費であり、かつ廃棄物大量排出型産業である。



出典: 国立環境研究所



出典: 環境省

## ◆事業の目的 ～GSCの推進～

従来：  
高効率、低コスト優先

⇒従来の化学産業：  
資源・エネルギーの多消費、多量な産業廃棄物排出

エネルギー・環境負荷低減  
「持続可能な社会の  
構築を目指す」

米国 : グリーンケミストリー  
欧州 : サステイナブルケミストリー  
日本 : **グリーン・サステイナブル・ケミストリー(GSC)**  
(2000年GSCN設立:普及活動)  
・人と環境の健康、安全  
・省資源、省エネルギー

**NEDO** 【グリーン・サステイナブルケミカル プロセス基盤技術開発】

**資源、エネルギー、環境の制約問題を克服し、高機能な化学品の持続的製造を可能とする基盤技術の確立**を目指しています。

また、本プロジェクトは、総合科学技術会議において示された「グリーン・イノベーション」事業の一つである「グリーン・ケミストリー」として位置付けられており、革新的技術開発の推進に向けた取り組みが開始されています。

## 本プロジェクトの開発内容 ～GSCの主要開発項目～

## ①有害物質削減

「水、アルコール等で機能する触媒の高機能化、回収・再生及び製造」  
→有機溶媒を削減

「新規な触媒固定化技術による生産プロセス技術」  
→触媒ロスを削減

「高選択酸化技術による生産プロセス技術」  
→反応副生成物を削減

## ②廃棄物削減

## ③資源生産性向上

「触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス」  
→プロセスを低温化、収率向上

「規則性ナノ多孔体精密分離膜部材」  
→蒸留を膜分離技術で代替

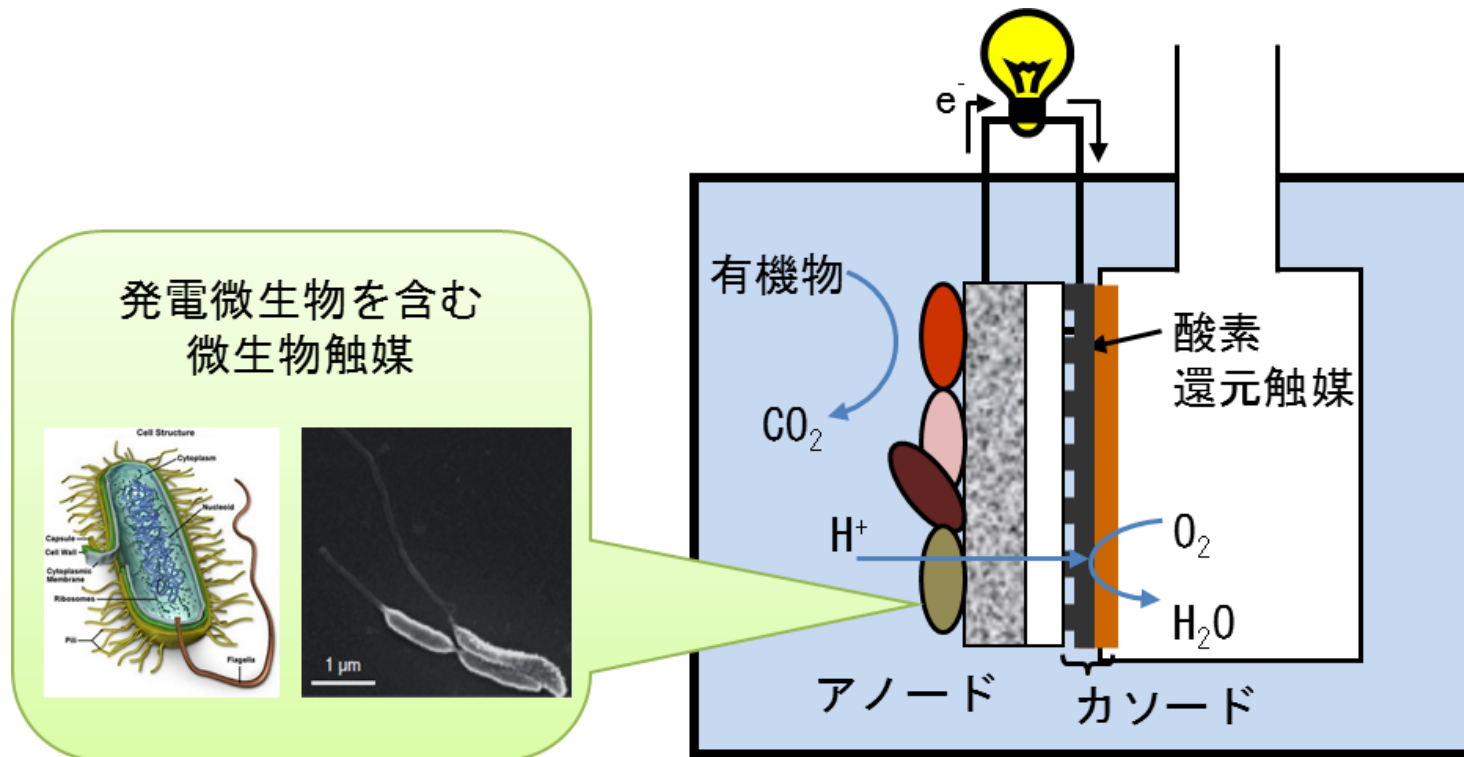
「副生ガス高効率分離・精製プロセス」  
→副生成物(CO<sub>2</sub>)を製品化

「微生物触媒による創電型廃水処理技術」  
→廃水処理のエネルギー、汚泥を低減

「気体原料の化学品原料化プロセス」  
「植物由来原料からの化合物・部材製造プロセス」  
→石油以外の原料で生産

## ④原料多様化

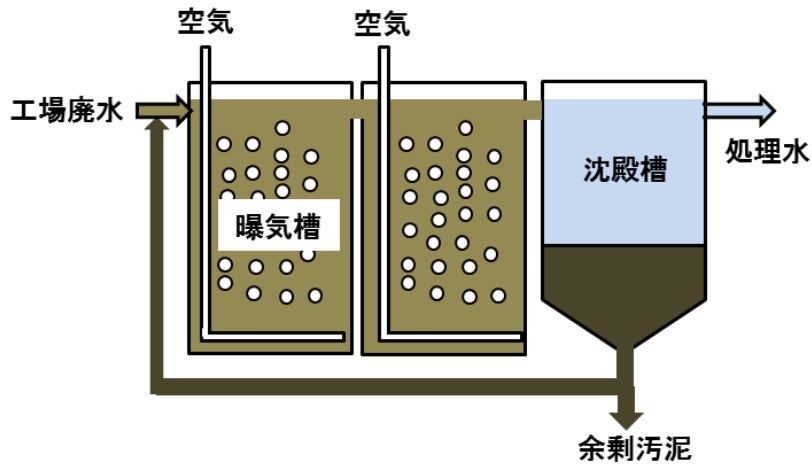
## 本プロジェクトの開発内容 ～MFC(微生物燃料電池)の概要～



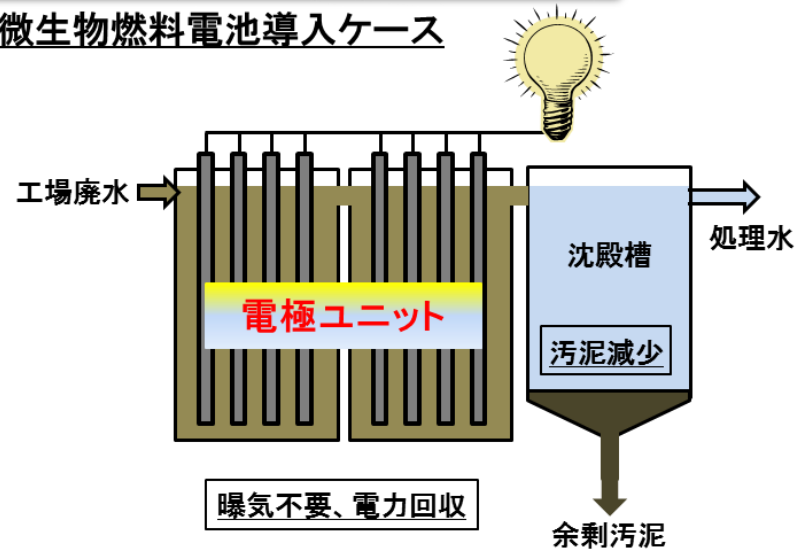
発電微生物を利用。有機物の代謝過程から電子を系外に直接取り出し、電気エネルギーを得る。

本プロジェクトの開発内容 ～創電型廃水処理技術～

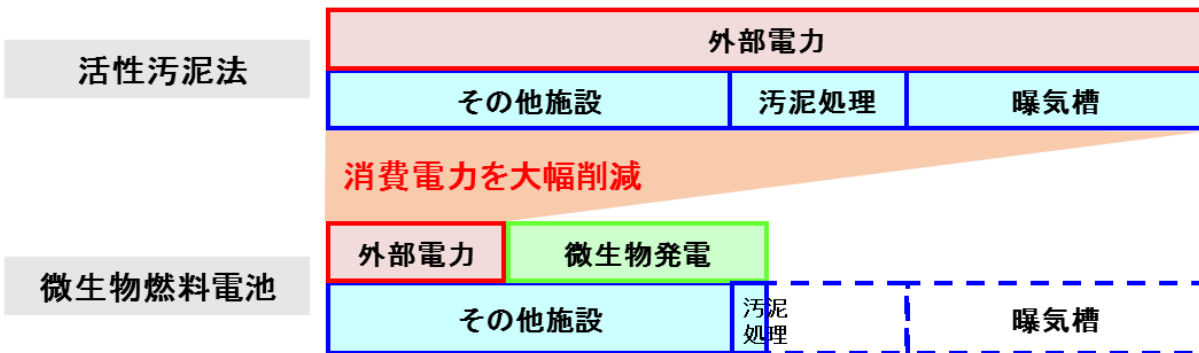
現状:活性汚泥法



微生物燃料電池導入ケース



【エネルギー消費バランスイメージ】



廃水処理のエネルギーを低減 ⇒ 化学産業のGSC化に寄与



## 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

## ◆政策的位置付け

## ■ 経済産業省：イノベーションプログラム(2008年4月)

## イノベーションプログラム(IPG)の21年度予算額 (総額:1,966億円※1)

## IT IPG

- |              |      |
|--------------|------|
| ①ITコア技術の革新   | 94億円 |
| ②省エネ革新       | 42億円 |
| ③情報爆発への対応    | 44億円 |
| ④情報システムの安全性等 | 63億円 |

21年度予算 244億円

## ナノテク・部材 IPG

- |                   |      |
|-------------------|------|
| ①ナノテク加速化領域        | 36億円 |
| ②情報通信領域           | 28億円 |
| ③ライフサイエンス・健康・医療領域 | 16億円 |
| ④エネルギー・資源・環境領域    | 78億円 |
| ⑤材料・部材領域          | 27億円 |
| ⑥共通領域             | 4億円  |

21年度予算案 188億円

## ロボット・新機械 IPG

- |             |      |
|-------------|------|
| ①ロボット関連技術開発 | 38億円 |
| ②MEMS関連技術開発 | 12億円 |

21年度予算 50億円

## 健康安心 IPG

- |                     |       |
|---------------------|-------|
| ①創業・診断技術開発          | 102億円 |
| ②診断・治療機器・再生医療等の技術開発 | 28億円  |

21年度予算 130億円

## エネルギー IPG

- |                          |       |
|--------------------------|-------|
| ①総合エネルギー効率の向上            | 707億円 |
| ②運輸部門の燃料多様化              | 278億円 |
| ③新エネルギー等の開発・導入促進         | 369億円 |
| ④原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保 | 268億円 |
| ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用 | 479億円 |

21年度予算 1,281億円※2

## 環境安心 IPG

- |             |      |
|-------------|------|
| ①地球温暖化防止新技術 | 60億円 |
| ②3R         | 33億円 |
| ③環境調和産業バイオ  | 57億円 |
| ④化学物質総合評価   | 11億円 |
| ⑤共通領域       | 4億円  |

21年度予算案 165億円

## 航空機・宇宙産業 IPG

- |                    |       |
|--------------------|-------|
| ①航空機産業の基盤技術力の維持・向上 | 233億円 |
| ②宇宙産業の国際競争力強化      | 87億円  |

21年度予算案 320億円

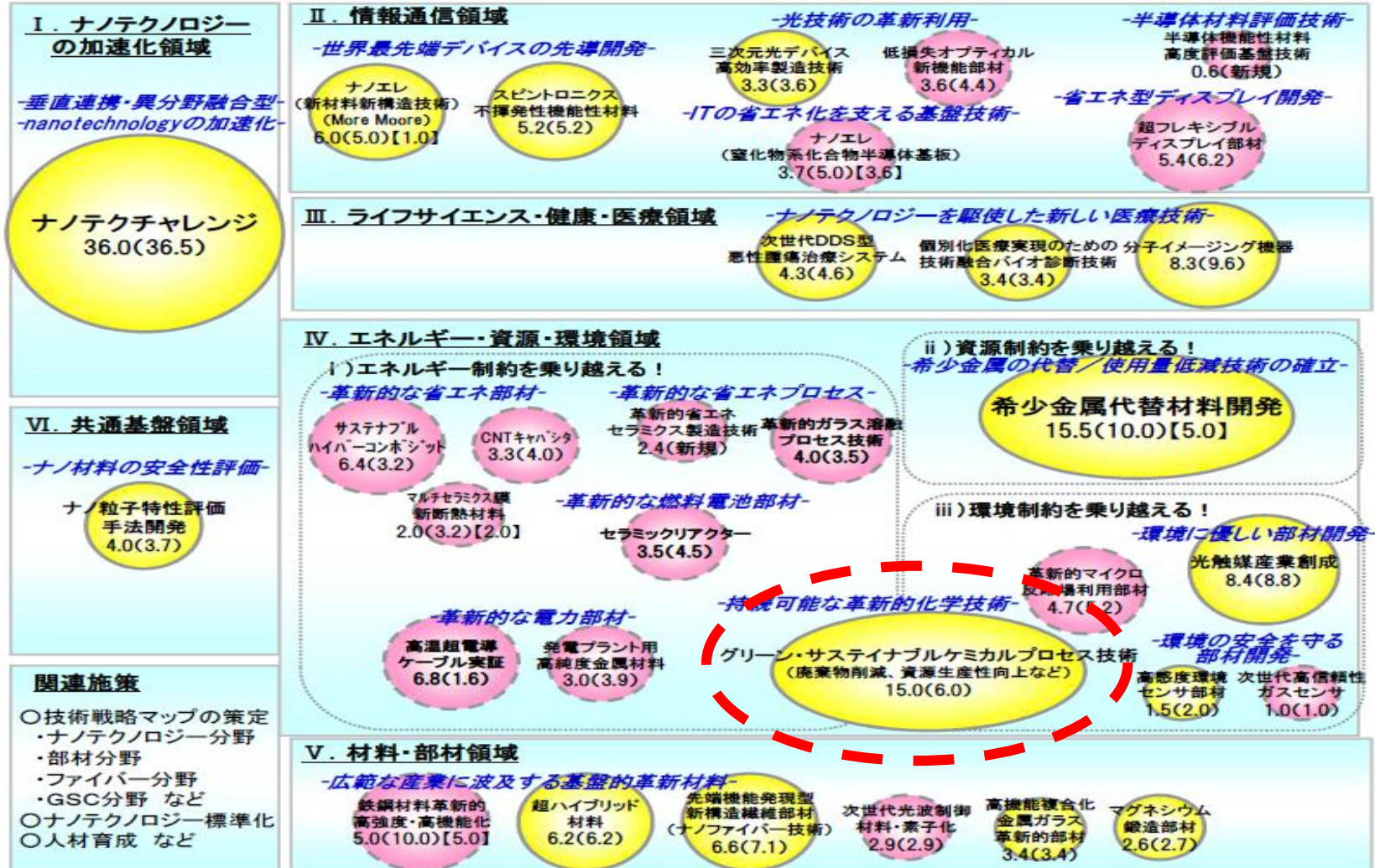
※1 各イノベーションプログラムにおけるプロジェクトの重複を排除した額 ※2各サブプログラムで重複があるため小計と一致しない

# 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

## 2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188  
※各プロジェクト毎の予算額は21年】

○あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を研  
○我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。



## ◆国内外の研究開発の動向と比較

### ■国内:MFCに関する特許出願

- ・2011年までに栗田工業19件、荏原製作所11件、その後なし

### ■海外:

- ・米/中/豪での大型化プロジェクト ⇒ 実用化に至らず
- ・韓国Kウォーター主導の国家プロジェクト ⇒ 実用化に至らず
- ・2016年9月開催AP-ISMET国際会議でもMFC実用化に関する情報なし

⇒多くの研究機関・企業でMFCの研究・開発が進められてきたが、  
実用化事例・情報なし

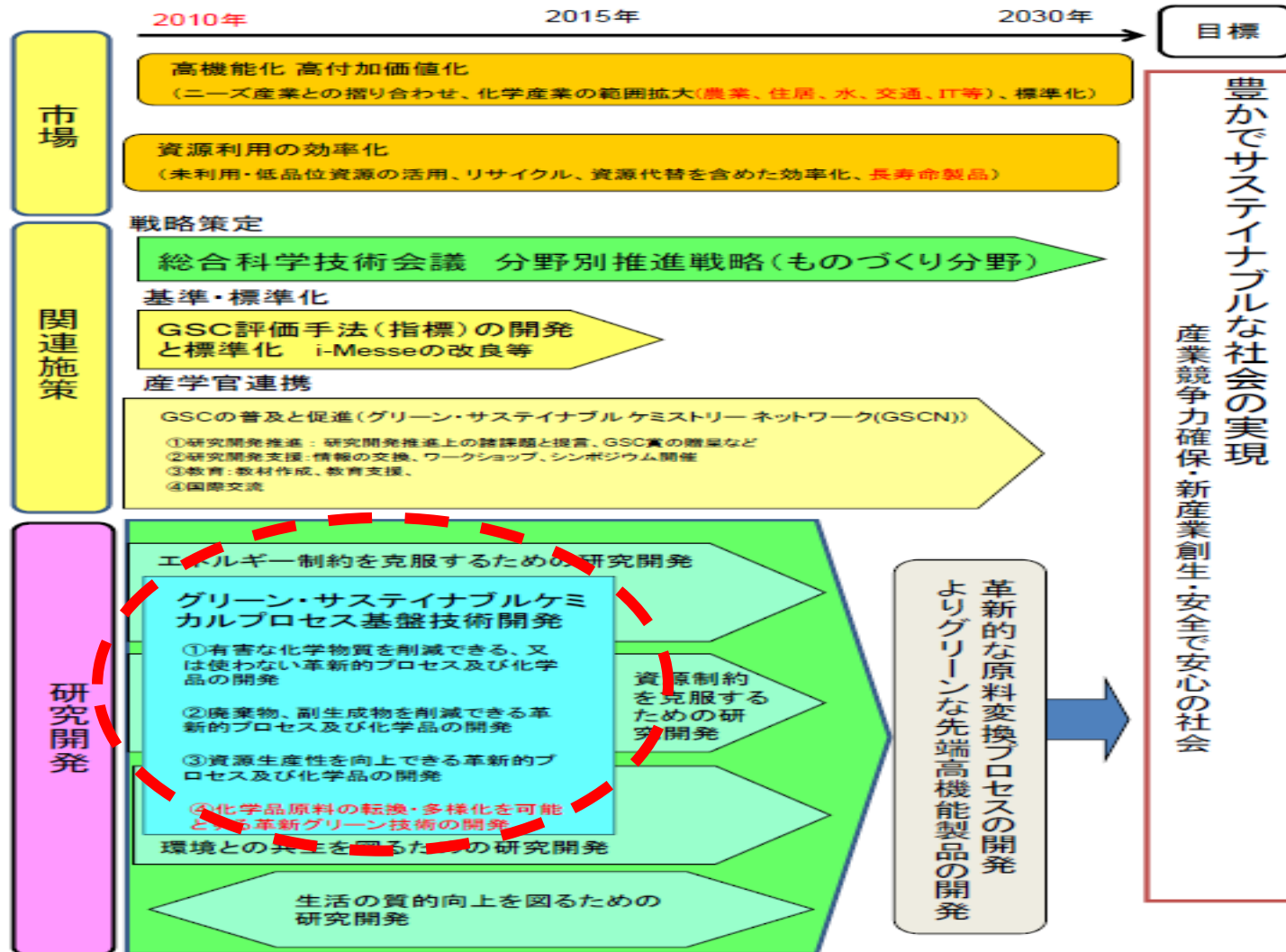
### ■本プロジェクト:

- ・MFC高性能化だけでなく、廃水処理での実用化につなげる**大型化・コスト低減**を主要目標に含める。

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆技術戦略上の位置付け

■「グリーン・サステイナブル・ケミストリー」技術戦略マップ2010

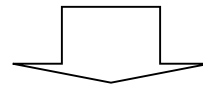


赤字は 2010 年変更箇所

## ◆NEDOが関与する意義

### 微生物燃料電池による廃水処理技術の開発

- 国家的課題(省エネ、CO<sub>2</sub>削減) ⇒ 社会的必要性大
- 廃水処理技術の重要性: 全産業に波及
- 研究開発の難易度: 高  
開発要素が多種多様 ⇒ 産官学の知見を結集
- 開発技術の新規性 ⇒ 開発リスク: 大



NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

## ◆実施の効果（費用対効果）

費用	本PJ事業費	8.6億円	2012～2015年の4年間の 総額
----	--------	-------	-----------------------

効果	省エネルギー効果	2.9億 kWh/年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現状：活性汚泥法（電力使用量 2 kWh/m<sup>3</sup>）</li> <li>・創電型廃水処理の普及状況 50万m<sup>3</sup>/日（2040年）</li> <li>・省エネ効果 80%</li> <li>・汚泥削減効果 67%</li> <li>・電気代 10円/kWh</li> <li>・汚泥処分費 15,000円/t</li> </ul> <p style="text-align: right;">として算出</p>
	CO <sub>2</sub> 削減効果	▲17万トン/年※1	
	汚泥削減効果	▲18万トン/年※2	
	費用効果	▲56億円/年 電気代▲29億円/年 汚泥処分費▲27億円/年	

※1: 排出係数 0.579 kg-CO<sub>2</sub>/kWh

※2: 廃水COD 500ppm, 対COD汚泥転換率 30%, 含水率90% とする

## ◆事業の目標

## 全体目標(2015年度 最終目標)

- ・ **1m<sup>3</sup>サイズ**の装置により、**廃水処理率**が現行の活性汚泥処理と**同等**以上、  
かつエネルギー消費20%以下(**エネルギー消費削減率80%以上**)の達成の確認
- ・ 実用化技術として、**コスト低減**、早期の市場導入に対して大きな寄与が期待できる**技術レベルの確立**

## ◆ 研究開発目標と根拠

全体目標(2015年度 最終目標)	根拠
<ul style="list-style-type: none"><li>・1m<sup>3</sup>サイズの装置により、<b>廃水処理率</b>が現行の活性汚泥処理と<b>同等以上</b>、 かつ<b>エネルギー消費削減率80%以上の達成の確認</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・エネルギー低減に関するモデルケース試算結果(曝気低減、汚泥量低減、創電の総計)より設定</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・実用化技術として、<b>コスト低減</b>、<b>早期の市場導入</b>に対して大きな寄与が期待できる<b>技術レベルの確立</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・実用化に対し<b>現実的な材料(仕様、コスト)</b>の開発、および<b>関連技術(設計、製造、運転等)</b>蓄積の必要性</li></ul>



## ◆ 研究開発項目

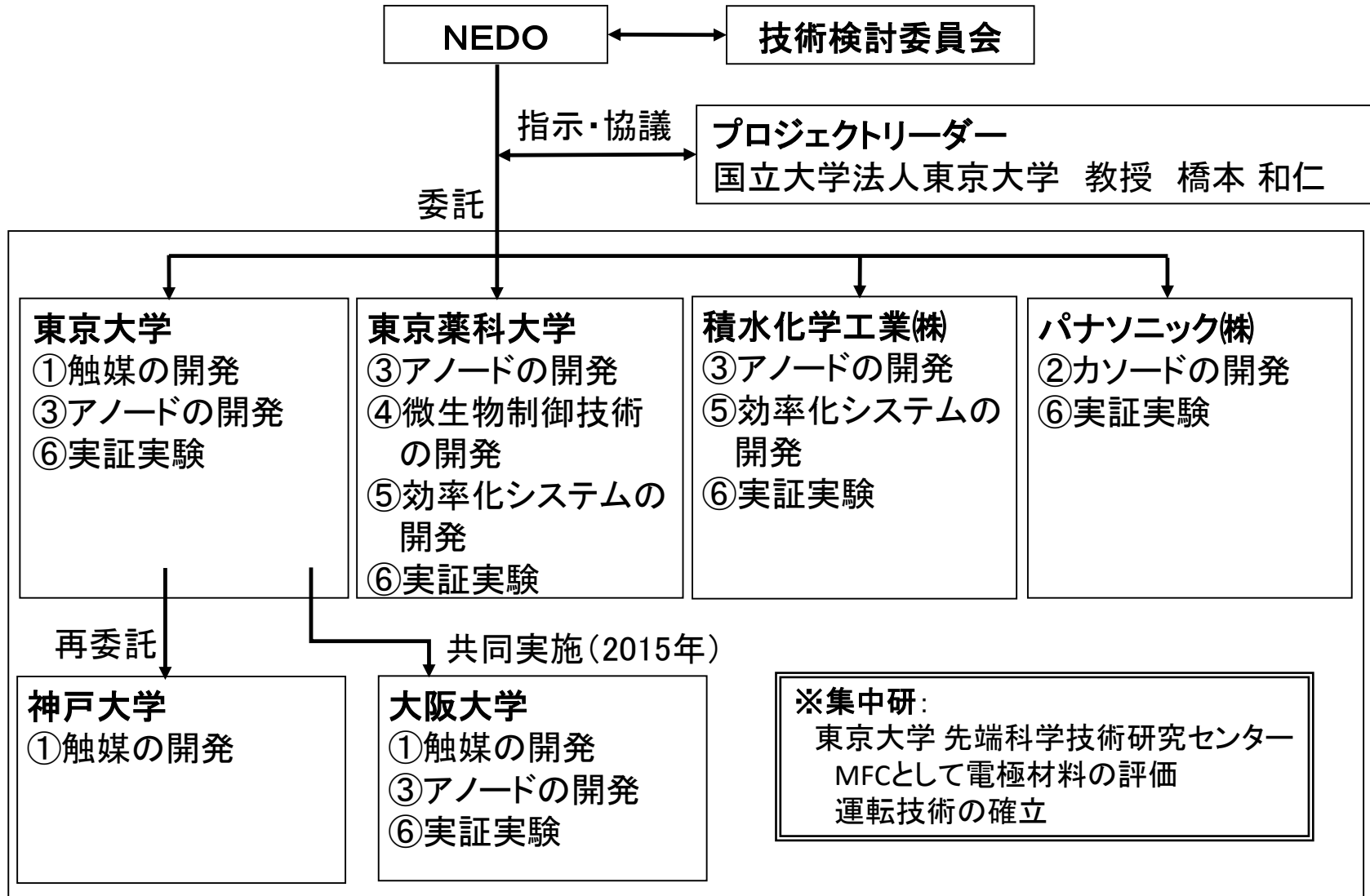
研究開発項目	研究開発内容
①触媒の開発	・微生物燃料電池のカソード(陽極)に適した安価な酸素還元触媒の開発、及び微生物アノード(陰極)の電気化学的解析を行う。
②カソードの開発	・安価な電極基板材料を開発することにより、ベンチスケールの微生物燃料電池のカソード用空気拡散電極を開発する。
③アノードの開発	・微生物親和性が高く安価な電極基板材料を開発することにより、ベンチスケールの微生物燃料電池のアノードを開発する。
④微生物制御技術の開発	・電流生成微生物の代謝経路の網羅的解析を行って、廃水に適合した発電微生物集団を迅速に形成させる技術、及び微生物集団を安定に機能させるための技術を開発する。
⑤効率化システムの開発	・廃水処理前後工程を考慮した効率化システムの開発を行う
⑥実証試験	<p>・①～⑤で開発した小型実証装置(1立方メートル程度)を用い、安定した廃水処理、省エネルギー化を実証し、安定した廃水処理、省エネルギーのための最適な運転技術を確立する。</p> <p>→最終目標値の達成。</p>

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュールと費用

研究開発項目	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度
①触媒の開発-1 (アノード)微生物触媒の開発	微生物(触媒)の代謝解析			
①触媒の開発-2 (カソード)酸素還元触媒の開発	触媒開発	触媒の性能改良		
②カソード(正電極)の開発	電極製法開発	触媒塗布電極の開発 電極大面積化	触媒塗布電極のコストダウン検討	
③アノード(負電極)の開発	電極材料開発		電極のコストダウン検討	
④微生物制御技術の開発	微生物群集の制御手法解析			
	MFCの運転方法開発			
⑤効率化システムの開発	MFC装置形状の検討		MFC後の最終処理方法の検討	
⑥実証試験		設計	製作	実証試験
事業費(百万円)	200	260	200	200
	事業費合計(百万円)			860

## ◆ 研究開発の実施体制



## ◆ 研究開発の進捗管理

- ・東京大学に集中研を設置し、実施者間の情報共有、PLとの討議を促進  
実施者、PL間の検討会議を月1回開催
- ・NEDO同席の進捗報告会を年2回実施
- ・NEDO主催による『技術検討委員会』を年2回開催  
外部有識者の意見をPJ運営管理に反映

区分	氏名	所属	役職
委員長	末永 智一	国立大学法人 東北大学	教授
委員	安宅 龍明	産業技術総合研究所	招聘研究員
委員	早出 広司	早稲田大学	教授
委員	室井 高城	アイシーラボ	代表
委員	中原 啓介	株式会社 日本リサイクルマネジメント	代表取締役社長
委員	縣 邦雄	アクアス株式会社	取締役

## ◆ 動向・情勢の把握と対応

情勢	対応
初年度は工場廃水の組成に関する知見が少なく、既存研究と比較しやすい模擬下水で評価を実施した。	適用先が化学工場であることを反映させた特定組成の模擬廃水に特化して2年目以降の評価を実施する方針に変更した。
プロジェクト期間内で実証試験データを効率的に蓄積するため、同時に複数の条件で試験を行う必要性が生じた。	同一装置内で複数の実験が出来るよう、3槽に分割可能な槽構造への改良を実施した。
電極大型化の過程で発電性能低下が生じ、原因の早期解明が必要となった。	予算の前倒し変更を行い、微生物膜の蛍光顕微鏡解析の実施を2015年度から2014年度に一部前倒しし、低コストカソードおよびアノード微生物触媒の開発を加速した。
研究開発の推進に不可欠なメンバーである中西准教授(当時)が2015年4月に東京大学から大阪大学に異動。	東京大学の共同実施先として大阪大学を追加した(2015年4月)。また、集中研の一部機能を東京大学から大阪大学に移転し(2015年9月)、パナソニックおよび積水化学工業との連携を加速した。

## ◆ 開発促進財源投入実績

件名	時期	金額 (百万円)	目的	成果
電極の低コスト化技術の加速実施	2013年 9月	60	<p>電極の低コスト化技術の加速のため、下記の装置を購入および製作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○高倍率光学顕微鏡</li> <li>○電気化学測定装置</li> <li>○共焦点蛍光顕微鏡</li> <li>○中型リアクター</li> </ul>	<p>○SEMに代わり、高倍率光学顕微鏡により、アノード付着微生物を前処理なしで直接観察可能になり、アノード材料選定を加速。</p> <p>○電気化学測定装置を用い、高電流生成可能なアノード微生物膜形成方法の評価を早期実施。</p> <p>○共焦点蛍光顕微鏡によりアノード微生物膜の構造を解析し、電極形状の評価に貢献。</p> <p>○中型リアクター(実証サイズ電極1枚で運転)を製作し、試作電極の性能・耐久性検討を実証試験と並行して実施し、電極開発を加速。</p>

## ◆ 知的財産管理

- ・知的財産権は全て、その発明寄与に応じて各実施者に帰属（バイ・ドール条項を適用） → 手続きの簡素化、出願インセンティブ増大
- ・PJ内に発明委員会を設置。全参画大学・企業の間で「知的財産権取扱に関する取り決め」を策定。実施者間の合意に基づき、研究開発結果に基づいた戦略的な特許出願、知財権の帰属・譲渡等の実務を実施。  
→ 効果的な特許網を構築可能な枠組みを設定

## ◆ 知的財産権等に関する戦略

- ・MFCシステムの各構成部材について各実施者が特許を取得⇒ 特許網の構築
- ・取り決めに基づき、実施者間で特許実施を相互融通

グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発/  
資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発/  
**「微生物触媒による創電型廃水処理基盤技術開発」**  
(事後評価)

(2012年度～2015年度 4年間)

**「Ⅲ.研究開発成果」**

**「Ⅳ.成果実用化の取り組み及び見通し」**

大阪大学 中西周次

2016年 11月 10日 (木)



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

研究開発の目標と達成状況

全体目標	達成度	達成内容
<p>・1m<sup>3</sup>サイズの装置により、廃水処理率が現行の活性汚泥処理と同等以上、かつエネルギー消費削減率80%以上の達成の確認</p>	○	<p>1m<sup>3</sup>サイズ装置実績（安定運転50日）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○廃水処理率 (BOD除去率) : 94% (92~96%) 《目標90%以上》</li> <li>○エネルギー消費削減率 最高84% (81%~84%)</li> </ul>
<p>・実用化技術として、コスト低減、早期の市場導入に対して大きな寄与が期待できる技術レベルの確立</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>○大サイズ化 1m<sup>3</sup>サイズ装置の電極開発、実証運転による動作検証</li> <li>○電極コストダウン 開始時に比べ、電極材料コスト1/20以下を達成(実証設備に適用) 更なるコストダウン技術手段を開発済み(最終的に1/50達成見込み)</li> </ul>

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達

##### 【背景】

MFCは廃水処理を行いつつ、廃水中の有機物からエネルギーを回収する画期的な技術として、多くの研究機関・企業で研究・開発が進められてきた。

しかし、

- ・未だに実用化された事例はない
- ・近々、実用化されるという情報もない

##### ■国内：MFCに関する出願

- ・2011年までに栗田工業19件、荏原製作所11件あるが、その後同社からなし

##### ■海外：

- ・米/中/豪での大型化プロジェクトは実用化に至らず
- ・韓国Kウォーターが主導した国家プロジェクトも実用化には至らず
- ・2016年9月開催AP-ISMET国際会議でもMFC実用化に関する情報なし

##### 【問題点】

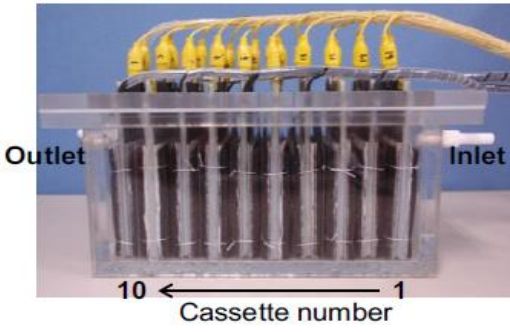

既存の廃水処理・エネルギー回収技術に対する、

**コスト・パフォーマンスでの優位性**が見出されてこなかった

##### 【本PJでの取り組み】

**スケールアップと低コスト化の両立**に重点的に取り組んだ

# 重点取り組み：大型化と低コスト化の両立

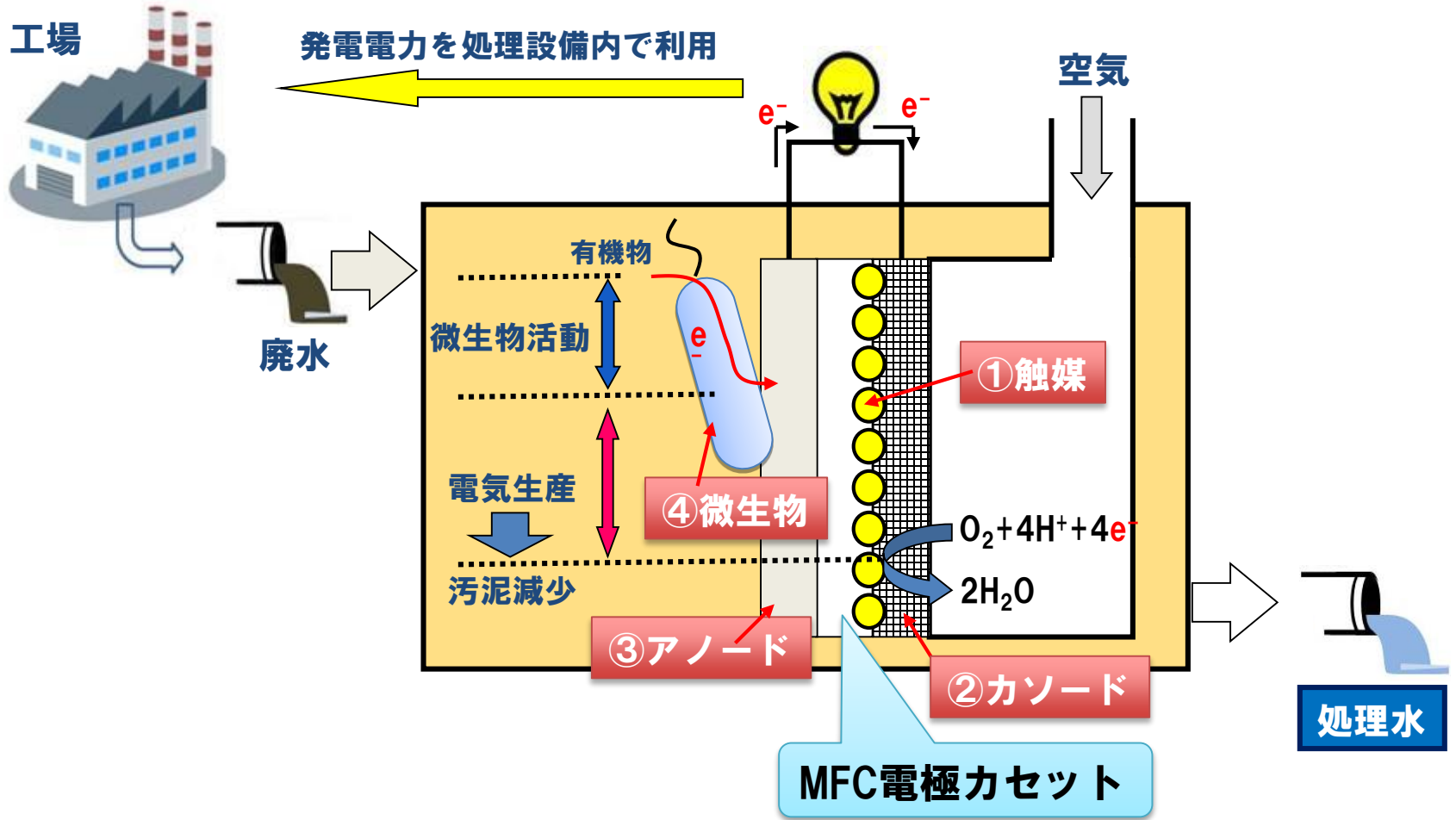
	プロジェクト開始時	プロジェクトで達成
		
<b>スケール</b>	1 L	x 1000 (= 1 m <sup>3</sup> )
<b>材料コスト</b>	--	x 1/20 or less
<b>性能</b>	--	現状維持 or more

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

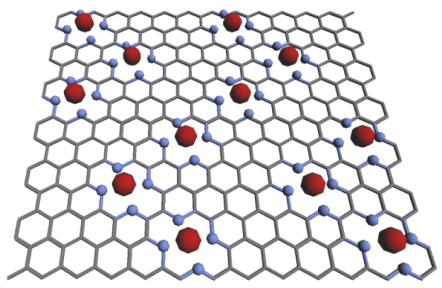
◆各個別項目の成果と意義

MFC法の廃水処理メカニズムと重要部材

廃水処理用の電極カセットを構成する各部材毎に  
大型化対応 & コストダウンを検討  
⇒ ⇒ 実証設備による動作検証



■ 低コスト (Pt代替) 触媒の開発 (東京大・大阪大)



東大開発：Fe/Nドープグラフェン触媒



Fe/Nドープ不定形炭素触媒



技術移転

ベンチスケール生産@Panasonic



### ■ 低コスト・大型カソードの開発 (パナソニック)

- 東大開発の低コスト触媒を使用した高活性インク、塗工方法の開発
- 撥水シートの活用、安価な導電・耐食性基材によるエアカソードの低コスト化

### ■ 低コスト・大型アノードの開発 (積水化学)

- ステンレスメッシュのステンレス線にカーบอนを主成分とする導電性コーティングを付加した電極  
⇒従来のカーボンフェルトに比較し大幅低コスト化

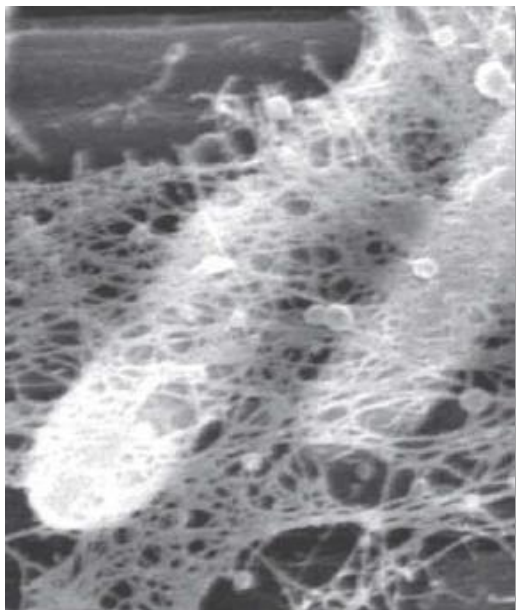


大型化、実証装置に搭載

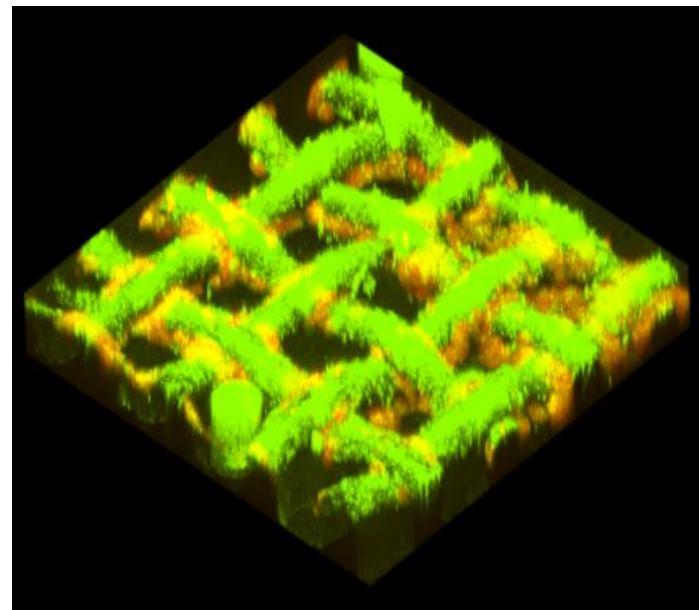
## ■ 微生物制御の開発（東京薬科大）

- 発電に關与する微生物の同定
- 電極バイオフィルム中の発電菌の分布の解明
- 発電菌制御法（活性化法）の開発

発電菌 *Geobacter*



メッシュ電極上の全微生物（緑）  
と *Geobacter*（黄）の分布



### 3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆各個別項目の成果と意義

#### 実証装置





### 3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

#### ◆各個別項目の成果と意義 達成状況

項目	目標値		成果
①処理性能	現行の活性汚泥法と同等	BOD除去率 90%以上	○90%以上の除去を達成
②省エネ性能	廃水処理にかかるエネルギー消費を80%削減		○84%削減

消費エネルギー内訳

		目標設定時条件での試算		修正条件での試算 <sup>※6</sup>	
		活性汚泥法	実証装置	活性汚泥法	実証装置
曝気動力	kWh/m <sup>3</sup>	1.51		2.57	
汚泥処理動力	kWh/m <sup>3</sup>	0.15	0.12	0.17	0.12
その他動力	kWh/m <sup>3</sup>	0.38	0.38	0.59	0.59
必要動力小計	kWh/m <sup>3</sup>	2.04	0.50	3.33	0.71
発電量	W		8.00		8.00
発電による動力	kWh/m <sup>3</sup>		0.18		0.18
消費電力量	kWh/m <sup>3</sup>	2.04	0.32	3.33	0.53
電力消費削減率	%		84		84

<sup>※6</sup> 曝気、汚泥処理、その他動力量を最新の情報により見直し、精度を高め試算を行った。

## 研究開発成果（対外発表、知的財産）

## ◆成果の普及

※2016年9月15日現在

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	計
論文	1		3	3	7
総説	1	9	3	5	18
研究発表・講演	7	15	15	9	46
受賞実績		1		1	2
新聞・雑誌等への掲載	2	14	7	5	28
展示会への出展			1	2	3

## ◆知的財産権の確保に向けた取り組み

## 知財戦略

- ・MFCシステムの各構成部材について各実施者が特許を取得⇒ 知財壁の構築
- ・各実施者間で、特許の相互融通に関する取り決め

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	計
特許出願(うち外国出願)	0	7	23 (6)	13 (4)	43件
[積水化学、パナソニック、共願]		[3, 3, 1]	[12, 11, 0]	[2, 11, 0]	[17, 25, 1]

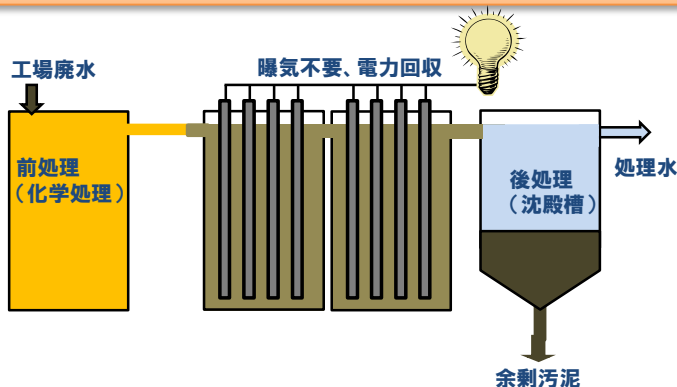
## 4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し

### ◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることを言う。

# (1) 成果の実用化に向けた戦略

スケールアップ、生産性確保、認知活動を通して、実用化を狙う



## 《MFC法のメリット》

- 1) 廃水から電力
- 2) 曝気不要+汚泥発生量低減  
⇒ランニングコストの大幅低減

創電法は曝気に動力を要しない特長を生かし、下記への事業展開が期待される。

- 1) 発展途上国等の電力が逼迫している地域への普及
- 2) 先進国における既存の廃水処理システムからの省エネ技術への置き換え



実用化への主要課題	戦略	取り組み
実用サイズへのスケールアップ	デバイスの耐水圧性能の向上 (製品サイズ水深)	電極部材・構成の改良
生産性	普及可能な生産速度、生産コストの達成	工業的生産法の導入検討
認知、動機づけ	市場へのアピール (想定顧客や普及キーパーソン等)	実用サイズでの実廃水試験にてMFC法のメリットを立証、実績を確保

#### 4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し

### (2) 成果の実用化に向けた具体的取り組み

NEDO「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」を活用し、早期の実用化を目指す

	実施主体	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
製品サイズ スケールアップ	積水化学 パナソニック 東京薬科大学 大阪大学 神戸大学	← NEDO省エネPJ →		<b>【目標】製品サイズのデバイスを用いた実廃水処理</b> ・処理性能活性汚泥法同等 ・消費電力低減		
製品の基本仕様確立			★ 実用サイズ基本仕様			
生産プロセスの確立	パナソニック 積水化学			普及可能な生産速度 生産コストの達成		
実廃水試験	積水化学			実用に近い処理水量で メリット立証、実績確保		
実用化	パナソニック 積水化学				↓ 市場アピール	★

### (3) 成果の実用化の見通し

市場ニーズに対応し、競合技術に対する優位性あり

#### 【市場ニーズとMFC法のメリットとの関係】

適用先	課題・ニーズ	MFC法のメリット
途上国・電力が逼迫している地域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃水処理が普及していない</li> <li>・電力不安定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曝気なし⇒高度な運転技術不要</li> <li>・消費電力低い</li> </ul>
先進国・既存の廃水処理普及地域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力コスト大</li> <li>・汚泥処理コスト大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・消費電力低い</li> <li>・汚泥発生量低減</li> </ul>

#### 【競合技術に対する優位性】

	活性汚泥	メタン発酵	MFC法
ランニングコスト	×	○	○
総コスト	×	△~○	○
運転管理の容易さ	×	×	○

