

# ムーンショット目標4 「2050年までに、地球環境再生に向けた 持続可能な資源循環を実現」 自己評価結果（報告）

2022年3月11日

研究推進法人

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

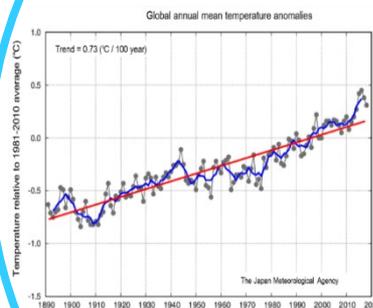
新領域・ムーンショット部 ムーンショット型研究開発事業推進室

1. プログラムの概要
2. プロジェクトの進捗・成果
3. プログラムの自己評価
4. プログラムの今後の方向性
5. 参考

# 1. プログラムの概要

# ムーンショット目標4 設定の背景

## Cool Earth

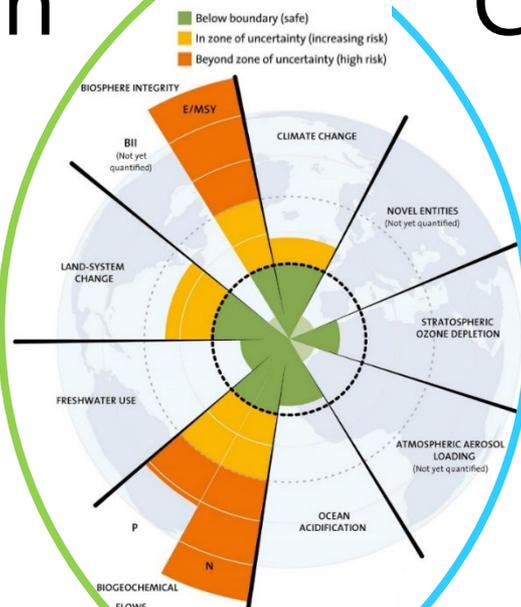


地球温暖化

## Clean Earth



海洋プラスチックごみ



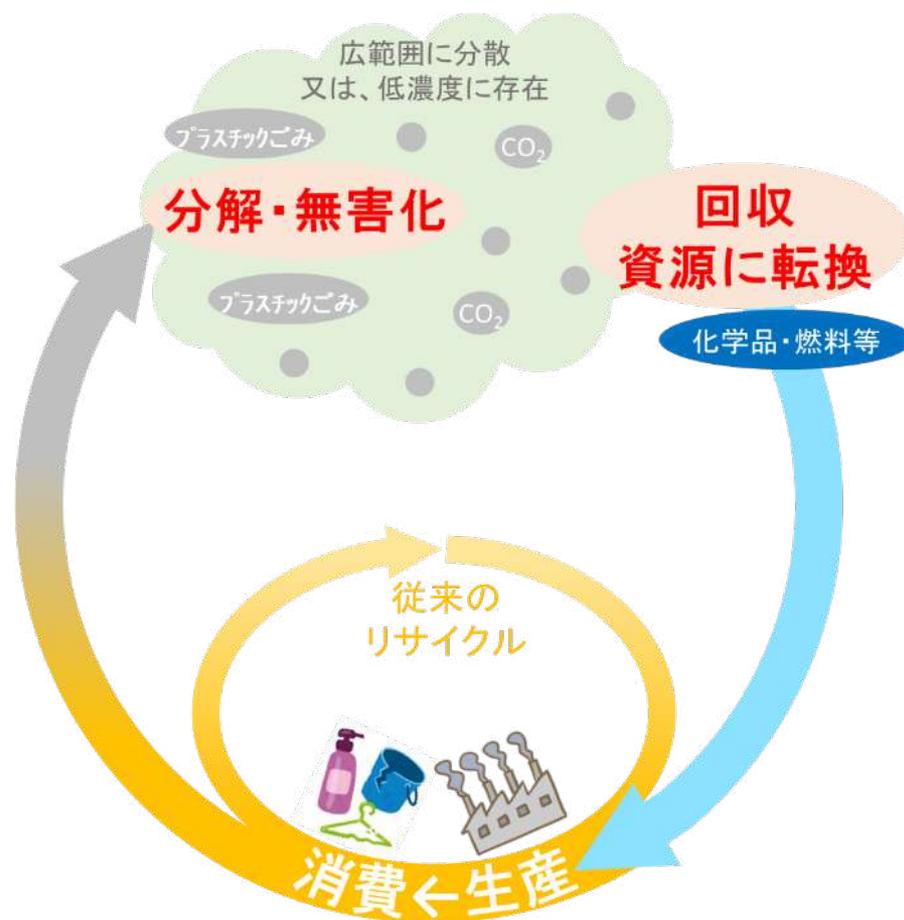
窒素化合物  
プラネタリー  
バウンダリー※

※人間社会が発展と繁栄を続けられるための“地球の限界値”。これを超えると人間が依存する自然資源に対して回復不可能な変化が引き起こされる。

# ムーンショット目標4

## 2050年までに、 地球環境再生に向けた 持続可能な資源循環を実現

地球環境再生のために、  
持続可能な資源循環の実現による、  
地球温暖化問題の解決(Cool Earth)  
と環境汚染問題の解決(Clean Earth)  
を目指す。



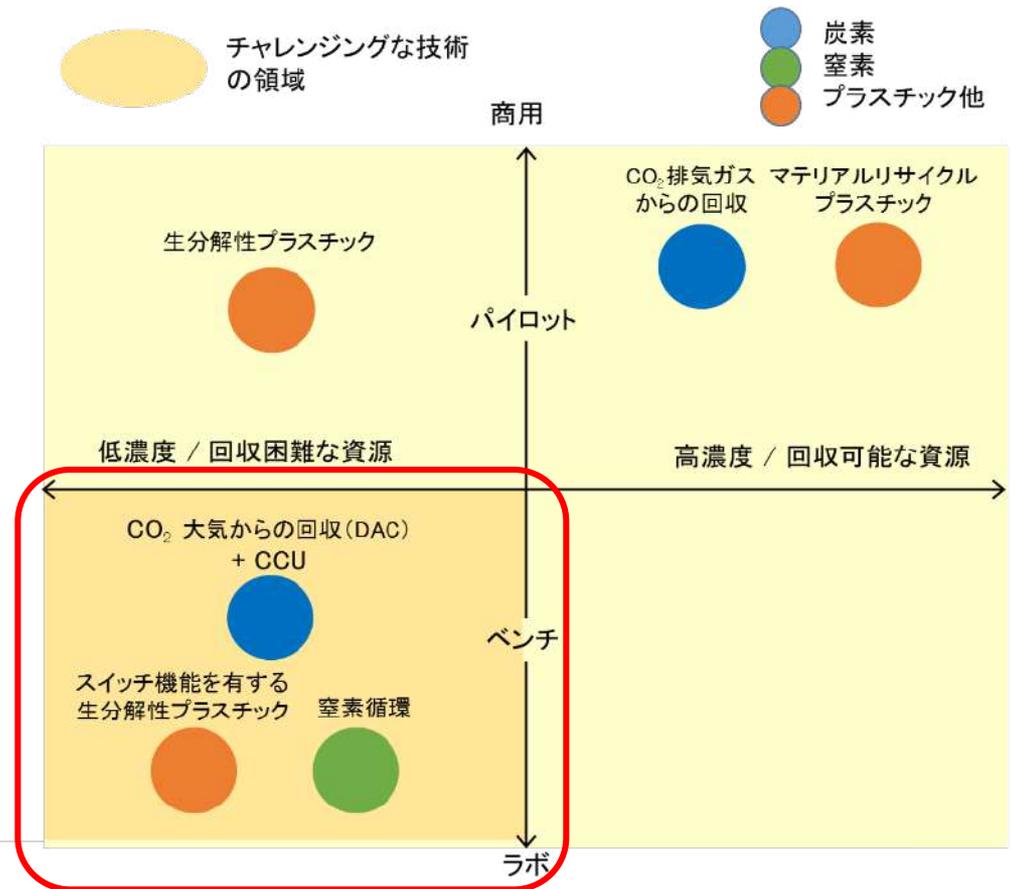
新たに実現する資源循環の例

## 対象物質

持続可能な資源循環実現のため、地球温暖化問題や環境汚染問題の要因物質のうち、従来技術では回収が難しいもの

- 広く環境に拡散された物質
- 低濃度な状態で環境へ放出される物質

※ 現在、環境中に排出されていない物質や従来技術での回収が容易な状態にあるものは対象外。

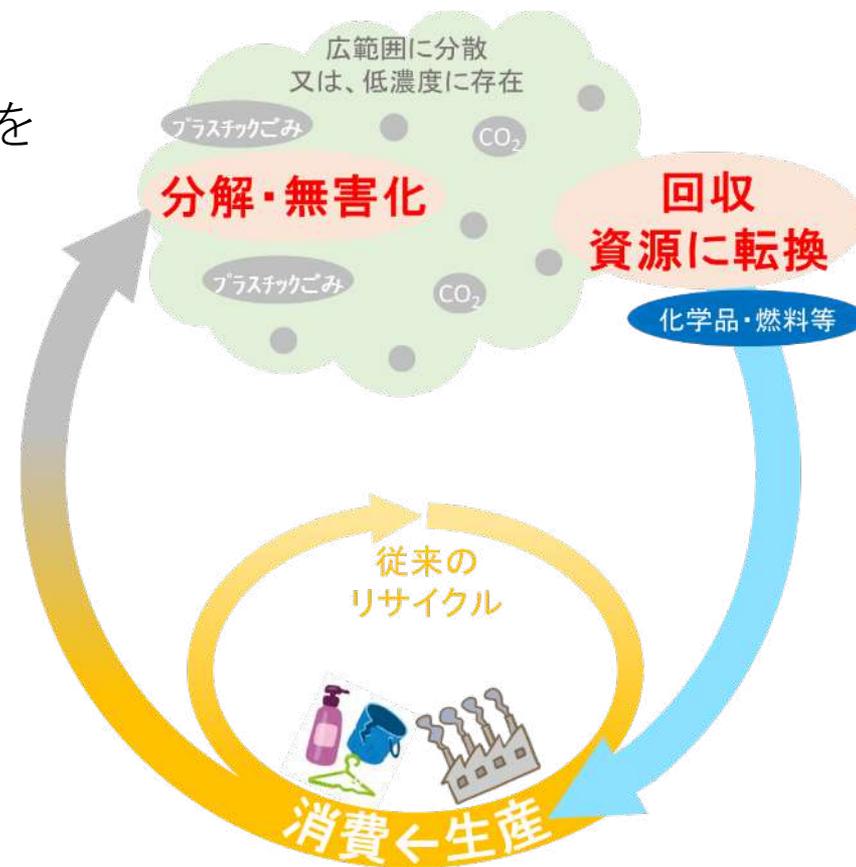


## 対象技術

対象物質に対して持続可能な資源循環を実現する方法

- 対象物質を回収し有益な資源に変換する技術
- 対象物質を分解又は無害化する技術

※ 地球環境の再生には有効であっても、直接的に資源循環を構築しない方法 (対象物質の排出削減・抑制、貯留等) は対象外。



新たに実現する資源循環の例

# 研究開発構想 ～目標達成に向けた計画～

## Cool Earth & Clean Earth

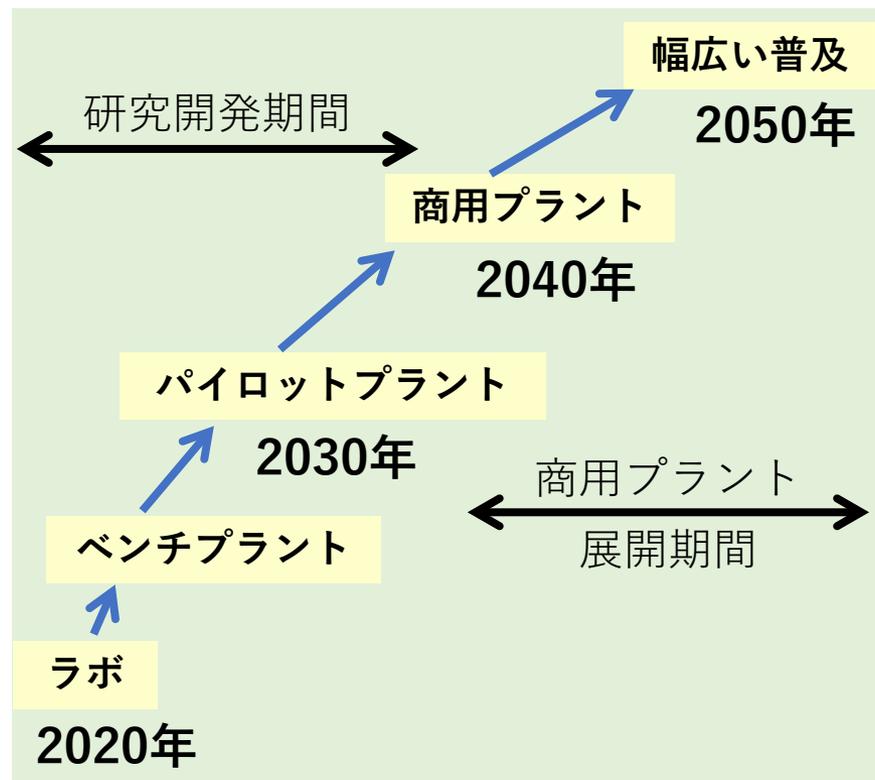
2050年までに、資源循環技術の商業規模のプラントや製品を世界的に普及させる。

## Cool Earth

2030年までに、温室効果ガスに対する循環技術を開発し、ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点からも有効であることをパイロット規模で確認する。

## Clean Earth

2030年までに、環境汚染物質を有益な資源に変換もしくは無害化する技術を開発し、パイロット規模または試作品レベルで有効であることを確認する。



# ムーンショット目標4のPD

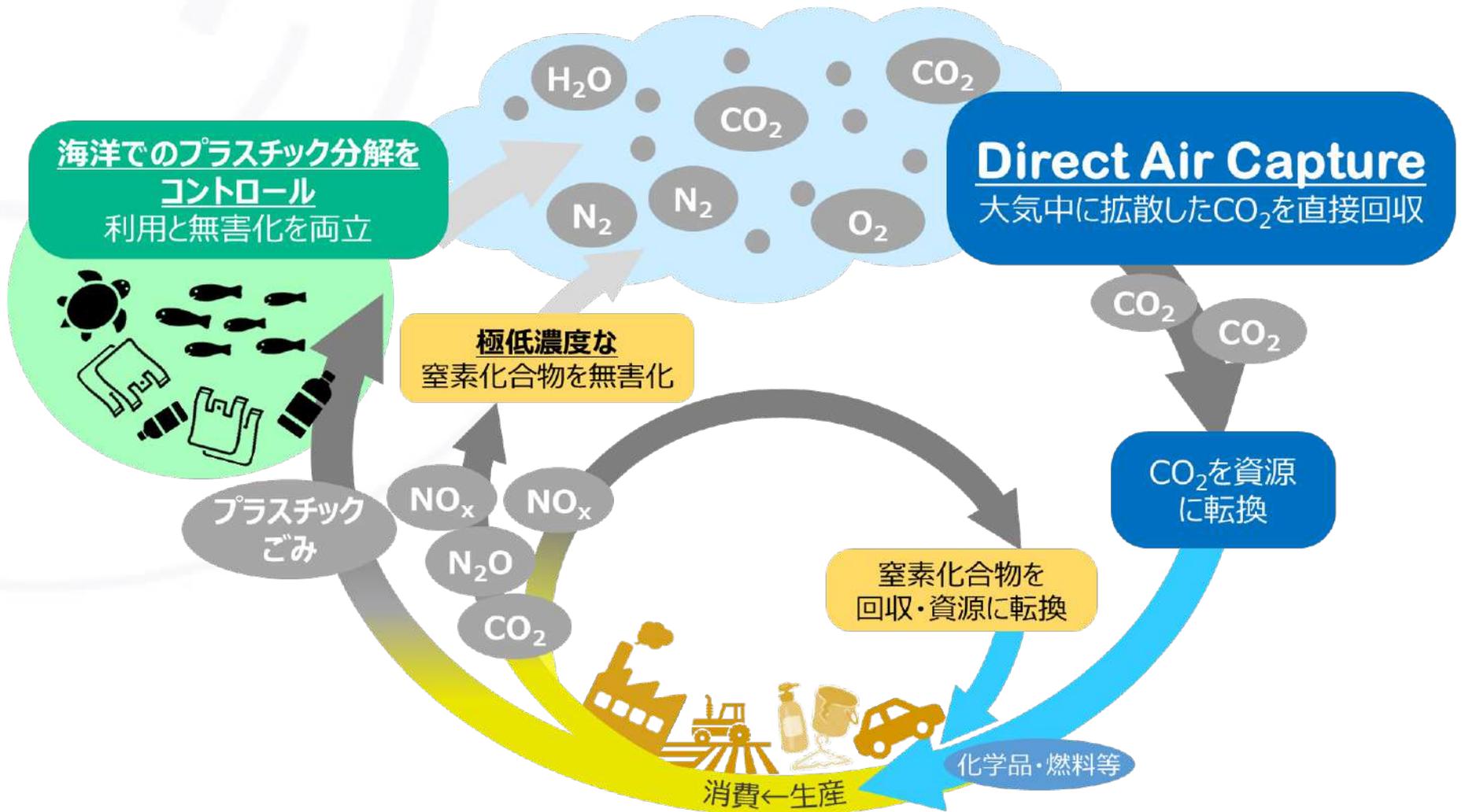
- ムーンショット目標4  
「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」
- プログラムディレクター（PD）  
公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE） 理事長・研究所長  
山地 憲治 氏

エネルギーシステム工学の第一人者。地球環境問題やエネルギー問題に関するモデル分析が専門。ICEF運営委員会 委員、IPCC第3次及び第4次報告書(WG3)代表執筆者など国際的に活躍。

エネルギー・資源学会会長、日本エネルギー学会会長、日本学術会議会員等を歴任。現在は、総合資源エネルギー調査会・新エネルギー小委員会委員長等、政府の各種審議会委員を務める。



# 【参考】 持続可能な資源循環の実現に向けて 取り組む研究開発



# ムーンショット目標4のプロジェクト一覧

## Clean Earth

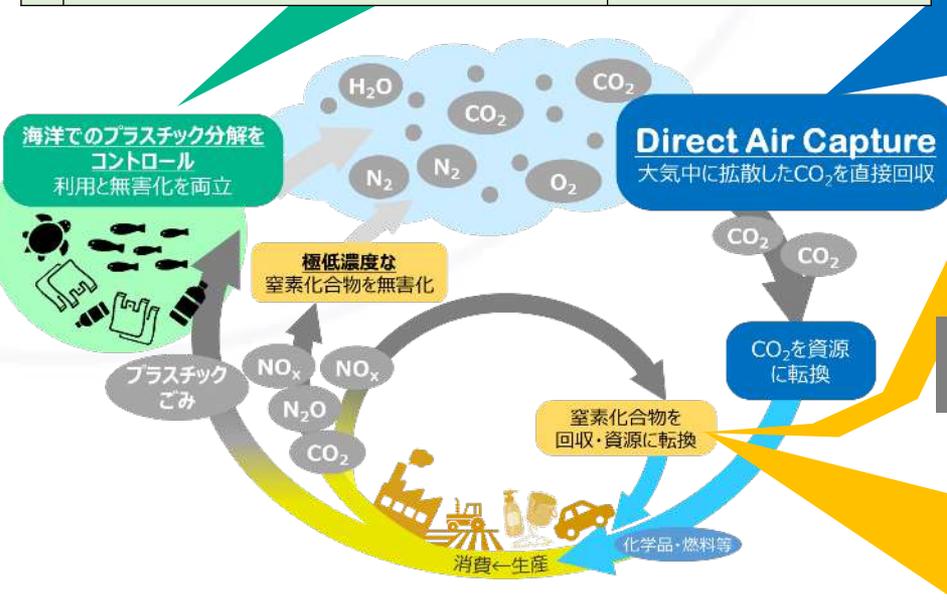
<海洋プラスチック>  
生分解のタイミングやスピードをコントロールする  
海洋生分解性プラスチックの開発

	研究開発プロジェクト	PM
11	非可食性バイオマスを原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発	(国大)東京大学 伊藤 耕三
12	生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発	(国大)群馬大学 粕谷 健一
13	光スイッチ型海洋分解性の可食プラスチックの開発研究	(国大)北陸先端科学技術大学院大学 金子 達雄

## Cool Earth

<炭素(CO<sub>2</sub>)循環>  
温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発

	研究開発プロジェクト	PM
1	大気中からの高効率CO <sub>2</sub> 分離回収・炭素循環技術の開発	(国大)金沢大学 児玉 昭雄
2	電気化学プロセスを主体とする革新的CO <sub>2</sub> 大量資源化システムの開発	(国大)東京大学 杉山 正和
3	C <sup>4</sup> S研究開発プロジェクト	(国大)東京大学 野口 貴文
4	冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発	(国大)東海国立大学機構名古屋大学 則永 行庸
5	大気中CO <sub>2</sub> を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発	(国大)東北大学 福島 康裕
6	“ビヨンド・ゼロ” 社会実現に向けたCO <sub>2</sub> 循環システムの研究開発	(国大)九州大学 藤川 茂紀
7	電気エネルギーを利用し大気CO <sub>2</sub> を固定するバイオプロセスの研究開発	(国研)産業技術総合研究所 加藤 創一郎
8	資源循環の最適化による農地由来の温室効果ガスの排出削減	(国大)東北大学 南澤 究



## Clean Earth

<窒素循環>  
窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発

	研究開発プロジェクト	PM
9	産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出—プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて	(国研)産業技術総合研究所 川本 徹
10	窒素資源循環社会を実現するための希薄反応性窒素の回収・除去技術開発	(国大)東京大学 脇原 徹

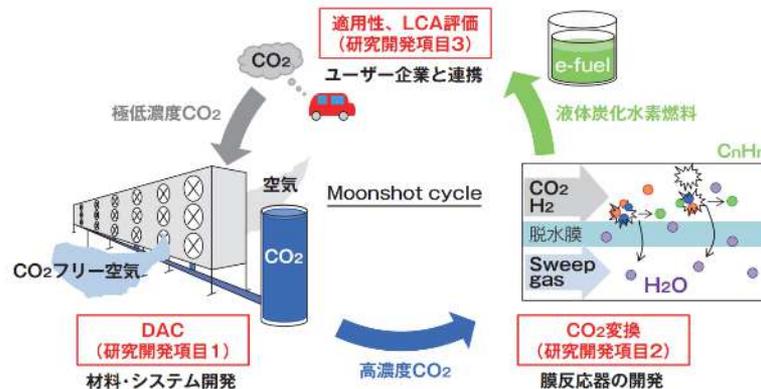
## 2. プロジェクトの進捗・成果

# 大気中からの高効率CO<sub>2</sub>分離回収・炭素循環技術の開発

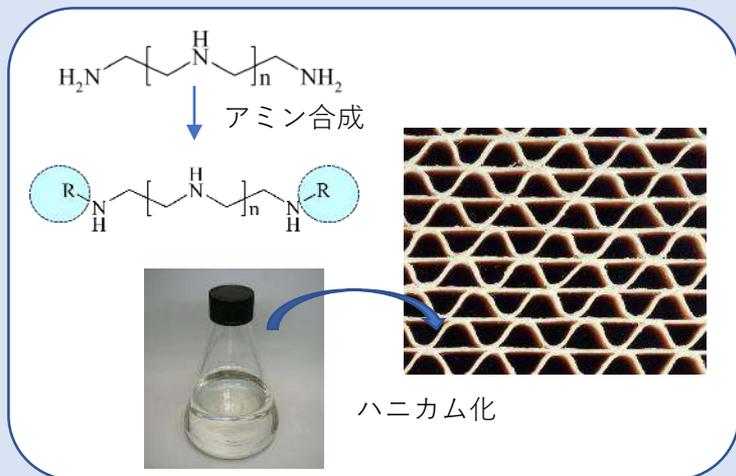
## プロジェクトマネージャー



**児玉 昭雄**  
 金沢大学  
 新学術創成研究機構  
 教授



## 60°CでもCO<sub>2</sub>の分離可能なDAC用アミンの選定に目途



- ✓ 60°Cの低温でもCO<sub>2</sub>の分離が可能な革新的なポリアミンを開発し、従来技術よりも少ないエネルギーで再生可能なCO<sub>2</sub>濃縮回収プロセス(ハニカム型)に一定の目途が得られた
- ✓ CO<sub>2</sub>から合成燃料を製造する膜反応器開発の見通しが得られた
- ✓ これにより、2022年度KPI達成の見通しを得た

### 【2022年度KPI】

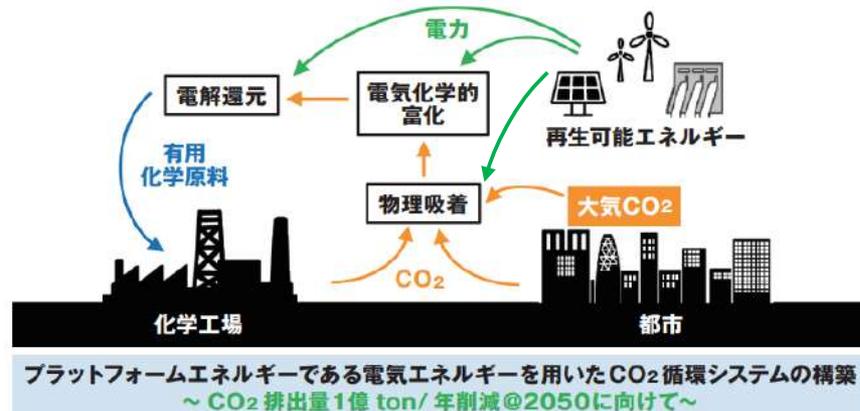
DACプロセスに適用可能な固体吸収材候補を見出すとともに再生温度 80°C以下の温度スイング操作によるCO<sub>2</sub>粗濃縮プロセスを小型試験機で確立。CO<sub>2</sub>変換反応の模擬雰囲気下への適用が期待できる脱水膜および水素透過膜を選定し、ラボレベルで膜反応器の有効性を実証。

# 電気化学プロセスを主体とする 革新的CO<sub>2</sub>大量資源化システムの開発

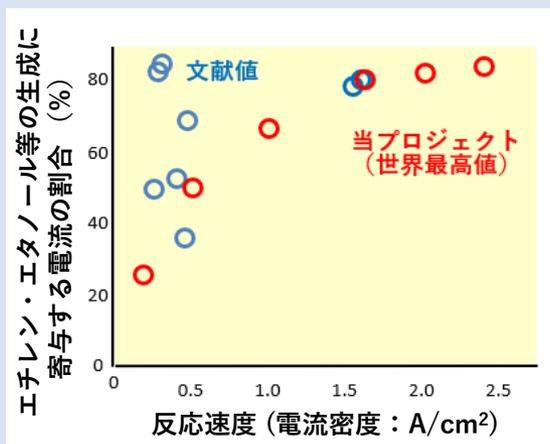
## プロジェクトマネージャー



**杉山 正和 氏**  
 東京大学  
 先端科学技術  
 研究センター  
 教授



CO<sub>2</sub>電解還元により、世界最高速度・最高効率で  
 エチレン・エタノール等の生成に成功



- ✓ 低消費電力で、安定的なエチレン製造に必要なファラデー効率の2022年度目標を達成
- ✓ 商業化の概念設計を実施した
- ✓ 今後、2022年度KPIの達成に向けて具体的な方策を明らかにし、要素技術を統合していく予定

### 【2022年度KPI】

デバイスの開発/検証を行い、1トンのエチレンを製造するに当たり、CO<sub>2</sub>排出量を +1.0 ~ +1.5 トンまで抑えられることを実証する。

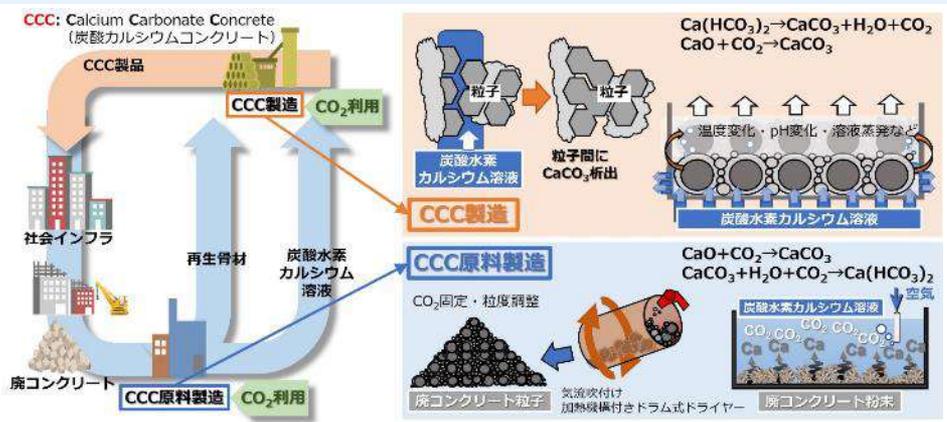
# C<sup>4</sup>S研究開発プロジェクト



## プロジェクトマネージャー

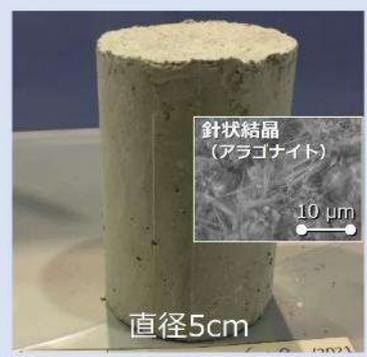
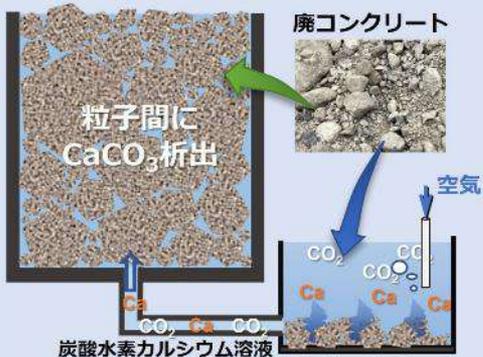


**野口 貴文**  
東京大学大学院  
工学系研究科  
教授



※ C<sup>4</sup>S : Calcium Carbonate Circulation System for Construction (建設分野の炭酸カルシウム循環システム)

セメントが過去に排出したCO<sub>2</sub>全量の回収・循環利用を可能とする革新的なコンクリートの試作に成功



- ✓ コンクリート試験体レベルで、従来コンクリート並の圧縮強度が得られた
- ✓ 建築材料としてのCCCの大型化や最適化は、さらに検討を進める予定
- ✓ 今後、2022年度KPI達成に向けて具体的な方策を明らかにしていく

### 【2022年度KPI】

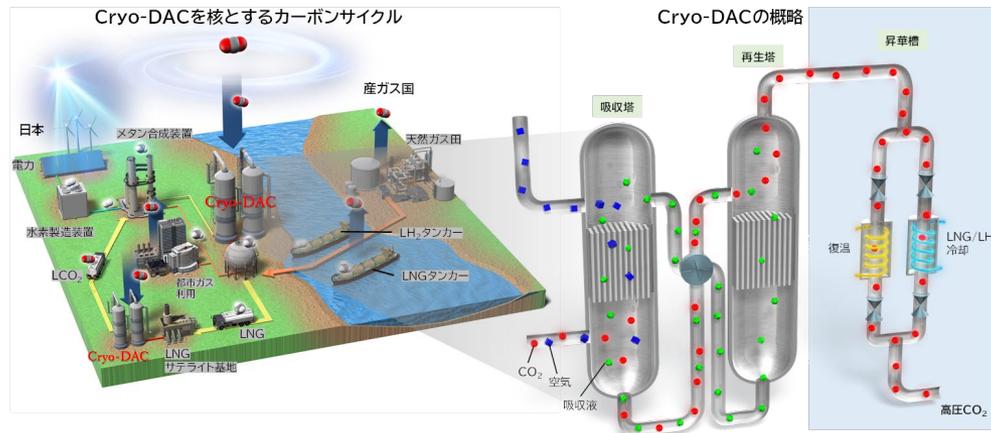
圧縮強度 12N/mm<sup>2</sup>以上を有するCCCをコンクリート試験体レベル(直径10mm、高さ20mmの円柱)で実現する。

# 冷熱を利用した 大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

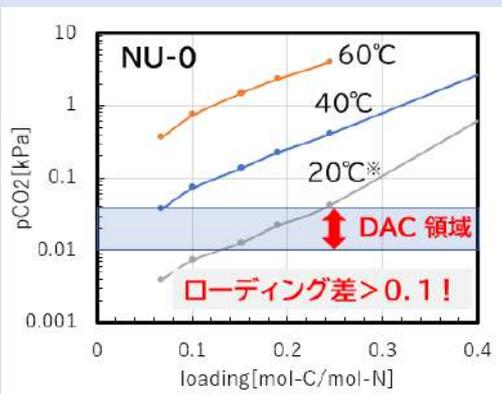
## プロジェクトマネージャー



**則永 行庸**  
名古屋大学大学院  
工学研究科  
教授



## 超低濃度（～400 ppm）のCO<sub>2</sub>を効率よく吸収する液体を開発



- ✓ 吸収液開発において、今年度の目標性能をラボレベルで達成
- ✓ 健全性診断センサを含む低温特性評価システムを開発
- ✓ これにより、2022年度KPI達成の見通しを得た

### 【2022年度KPI】

プロセスを駆動する性能を持つ新規吸収液の開発。温度範囲 -196°Cから常温、圧力範囲10Paから4MPaで使用できる装置材料及び健全性診断センサを開発。

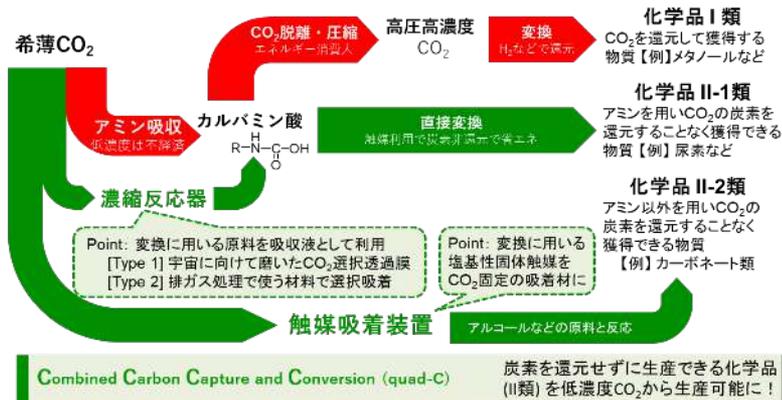
## 大気中CO<sub>2</sub>を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発



### プロジェクトマネージャー

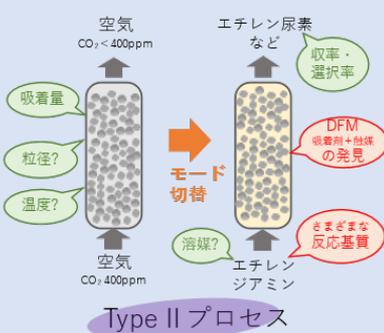
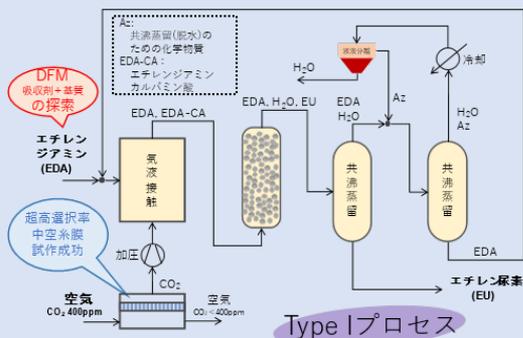


**福島 康裕**  
東北大学大学院  
工学研究科  
教授



### 省エネプロセス構築に向けて

- ①新たなDFMを発見
- ②DFM性能を引き出す条件を探索
- ③DFM利用のための装置を開発



- ✓ 既存の海外DACパイロットプラントと比較、プロセスとしての課題を分析
- ✓ 得られた実験結果も用いて大気中CO<sub>2</sub>を利用した、エチレン尿素製造に関するプロセスシミュレーションを実施し、LCAを試行
- ✓ これらを通じて、2022年度KPI達成を目指している

### 【2022年度KPI】

既存のDACパイロットプラントによるCO<sub>2</sub>固定を用いる場合と比較して、60%程度のエネルギー消費での大気中CO<sub>2</sub>利用を実現する可能性を実験データに基づくシミュレーションで示す。

※ DFM: Dual Function Material (アミン類やCeO<sub>2</sub>など複数機能を有する物質)

# “ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO<sub>2</sub>循環システムの研究開発

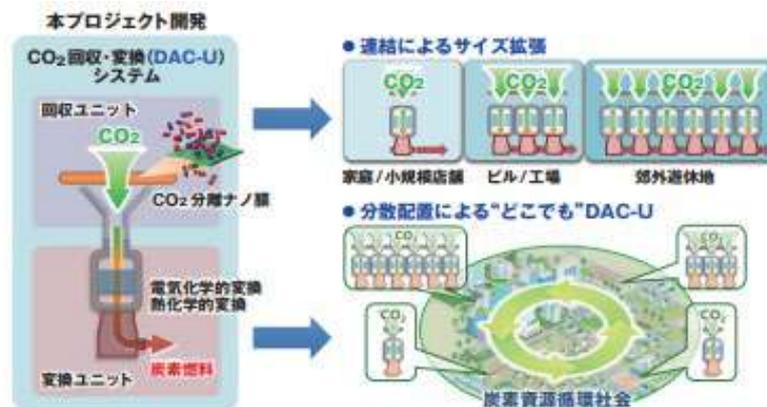
## プロジェクトマネージャー



藤川 茂紀

九州大学

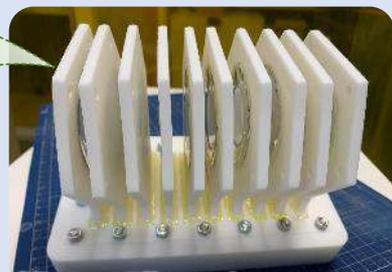
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所  
教授



DAC用CO<sub>2</sub>分離ナノ膜の開発に成功し、分離ナノ膜モジュールでの性能を検証



CO<sub>2</sub>を選択分離する高透過性自立ナノ膜(第一世代)



分離ナノ膜モジュールでの性能検証

- ✓ 膜材料が超薄膜化された無欠陥CO<sub>2</sub>分離ナノ膜の開発に成功し、膜材料設計による分離性能の高性能化を推進/分離膜モジュール試作と性能確認完了
- ✓ 分離ナノ膜と変換装置を直結させ、DAC回収CO<sub>2</sub>混合ガスを用いた基礎化成品への変換研究に着手
- ✓ これらを通じて、2022年度KPI達成を目指している

### 【2022年度KPI】

高いCO<sub>2</sub>選択性を示す分離膜基本材料を選定する。またCO<sub>2</sub>混合ガスからの一酸化炭素(CO)、メタン(CH<sub>4</sub>)、エチレン(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)などの基礎化成品への変換を実証する。

# 電気エネルギーを利用し大気CO<sub>2</sub>を固定する バイオプロセスの研究開発

## プロジェクトマネージャー

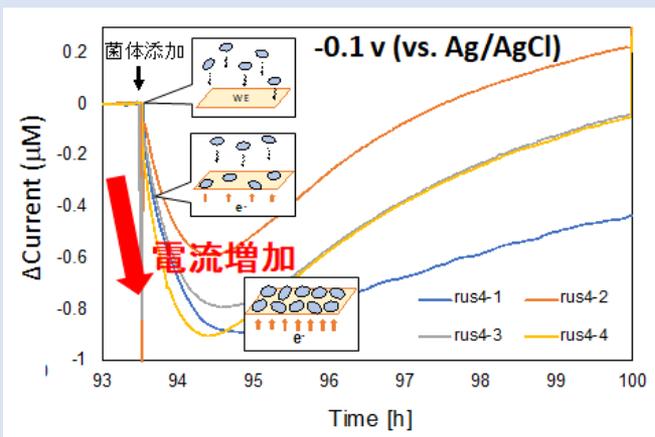


**加藤 創一郎**  
産業技術総合研究所  
生命工学領域  
生物プロセス研究部門  
主任研究員

### 植物の50倍の効率でCO<sub>2</sub>を有用物質に変換可能なバイオプロセスの実現



## DNA導入により *Ralstonia* に電気利用能付与に成功



- ✓ *Ralstonia*への長鎖DNA導入技術、CO<sub>2</sub>固定条件で利用可能なプロモーターの特定、及び発現評価方法を構築中
- ✓ *Ralstonia*で電気を利用してCO<sub>2</sub>を固定する株を作り、2022年度KPI達成を目指している

### [2022年度KPI]

*Ralstonia*に、①電流消費活性、②CO<sub>2</sub>取込み・濃縮能、③CO<sub>2</sub>固定活性、に必要な遺伝子群をゲノム操作基盤技術により導入し、3つの機能を同時発現させる。これに加え、気相反応リアクターとバイオーガス拡散電極を併用することにより、*Ralstonia*によるCO<sub>2</sub>固定速度の向上を図る。