

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）

2024年3月29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

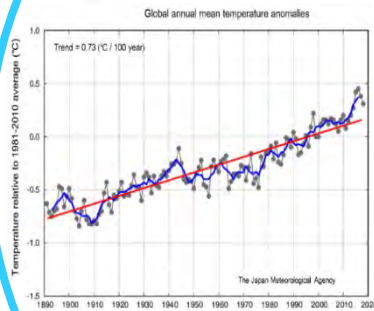
新領域・ムーンショット部 ムーンショット型研究開発事業推進室

1. プログラムの概要
2. プログラムの自己評価
3. プログラムの今後の方向性
4. 参考

1. プログラムの概要

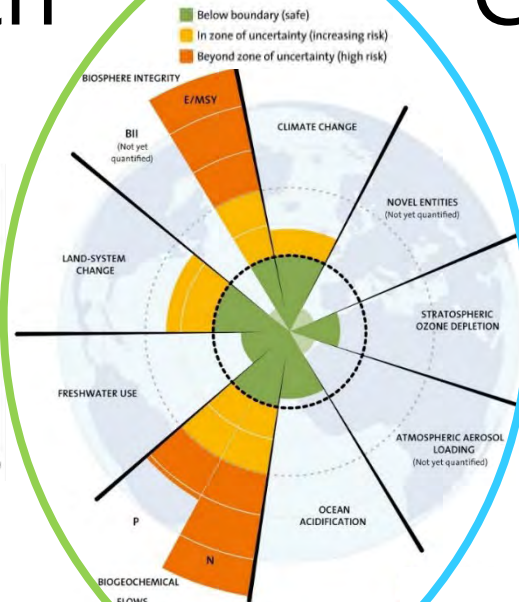
ムーンショット目標4 設定の背景

Cool Earth



地球温暖化

Clean Earth



海洋プラスチック
ごみ

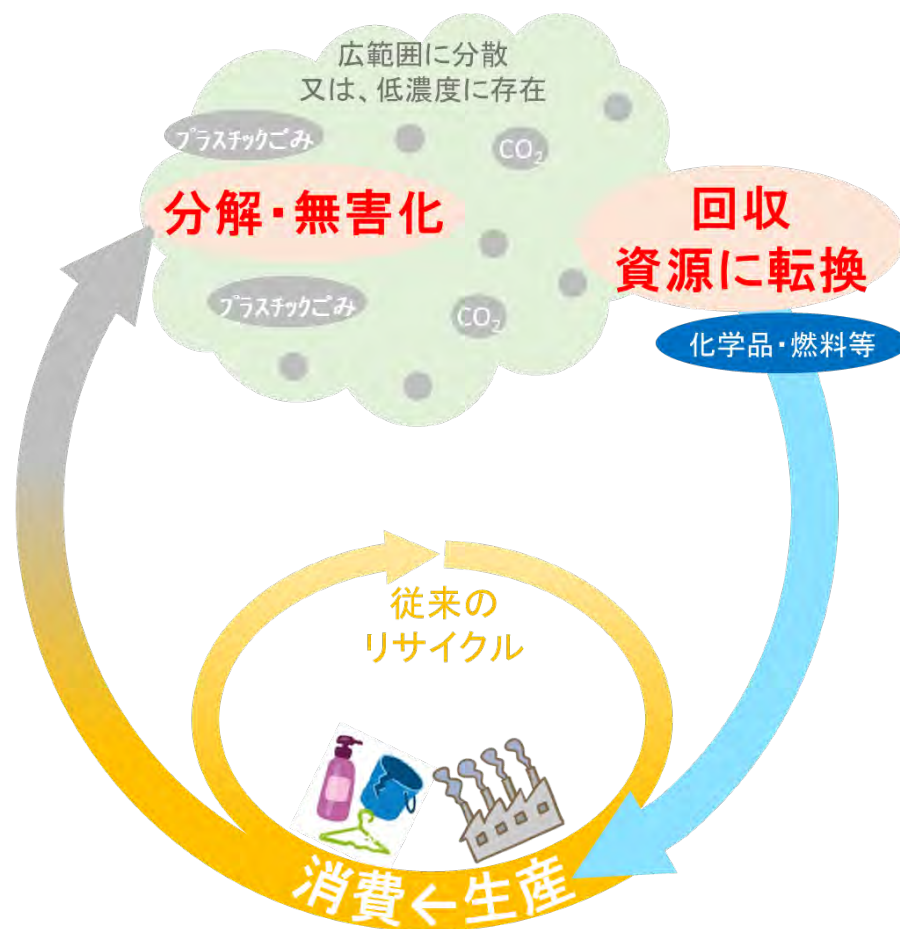
窒素化合物
プラネタリー
バウンダリー※

※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

研究開発構想 ～目標達成に向けた計画～

Cool Earth & Clean Earth

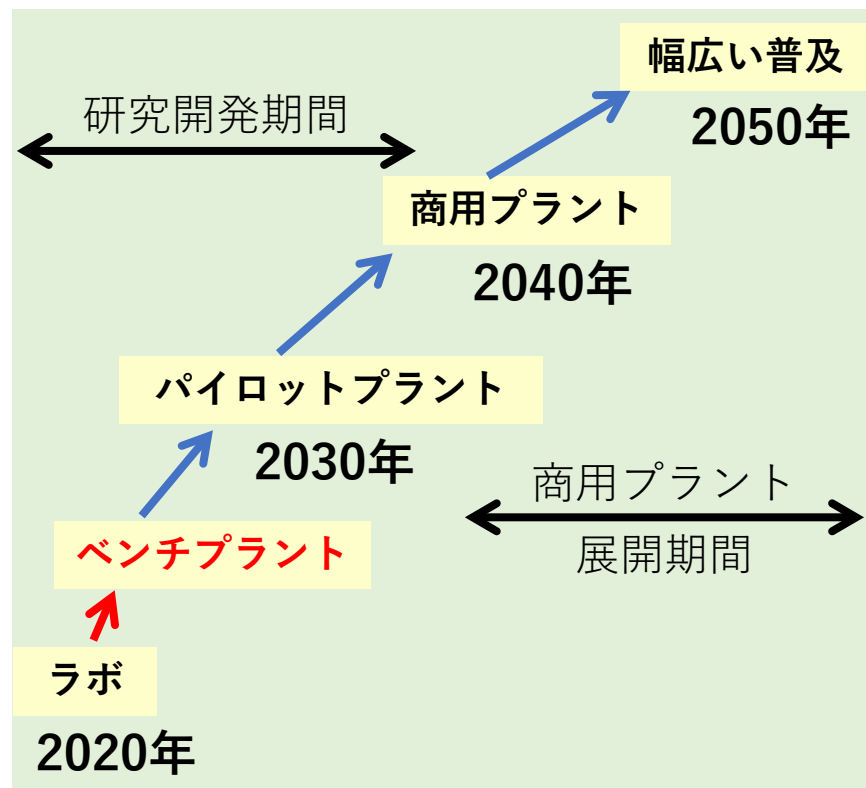
2050年までに、資源循環技術の商業規模のプラントや製品を世界的に普及させる。

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。



【ラボ】

ビーカースケールで要素技術を単位毎に検証。

【ベンチプラント】

模擬環境下において、要素技術を組み合わせた一連のシステムとして試験。例えば、複数の装置を繋げて所要の目的物が実際に生成できることを確認。海プラの場合は初期のサンプルを製造して試験。

【パイロットプラント】

実環境下において、商用プラントの設計に必要な情報を取得できるスケールで試験。例えば、商用設備に向けた原単位、マスバランス、エネルギーバランス、設備耐久性などの情報を得る。海プラの場合は、商用時の想定試作品をユーザーに提供して評価。

【商用プラント】

商用プラントの稼働、製品のマーケットイン。

持続可能な資源循環の実現に向けて 取り組む研究開発

海洋でのプラスチック分解を
コントロール
利用と無害化を両立



プラスチック
ごみ

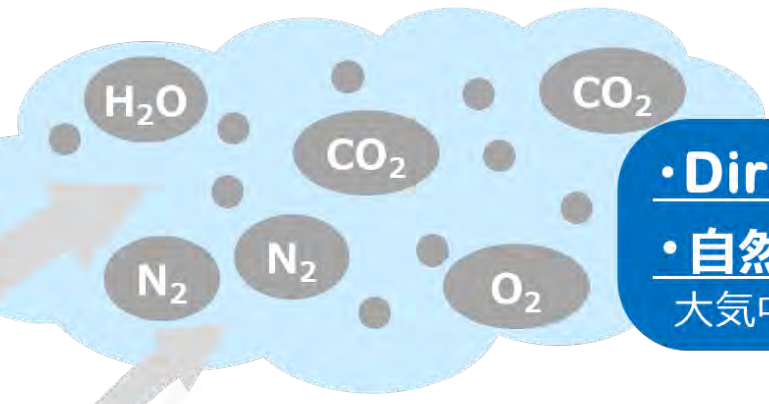
極低濃度な
窒素化合物を無害化

NO_x NO_x
 N_2O
 CO_2



消費 ← 生産

・Direct Air Capture
・自然プロセスの人為的加速
大気中に拡散した CO_2 を直接回収



CO_2 CO_2

CO_2 を資源
に転換

窒素化合物を
回収・資源に転換

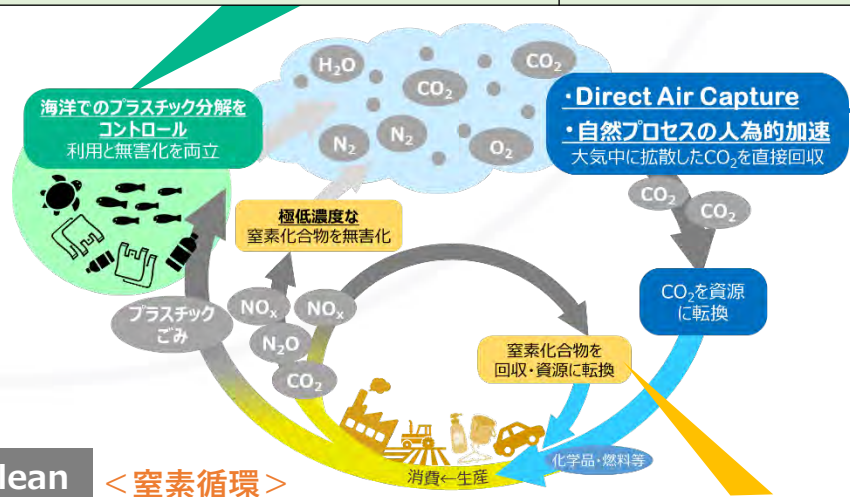
化学品・燃料等

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
16	非可食性バイオマス为原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオリマーの研究開発	(国大)東京大学 伊藤 耕三
17	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
18	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	(国研)産業技術総合研究所 中山 敦好 ^{※3、4}



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
14	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
15	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

Cool Earth

<炭素(CO₂)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	電気エネルギーを利用し大気CO ₂ 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 ^{※1}
2	大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発	(国大)金沢大学 児玉 昭雄
3	電気化学プロセスを主体とする革新的CO ₂ 大量資源化システムの開発	(国大)東京大学 杉山 正和
4	C ⁴ S研究開発プロジェクト	(国大)東京大学 野口 貴文
5	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
6	大気中CO ₂ 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 ^{※4}
7	“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO ₂ 循環システムの研究開発	(国大)九州大学 藤川 茂紀
8	機能改良による高速CO ₂ 固定大型藻類の創出とその利活用	(国大)京都大学 植田 充 ^{※2}
9	遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生の統合で生み出す次世代CO ₂ 資源化植物の開発	(国研)産業技術総合研究所 光田 展隆 ^{※2}
10	炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現	(国研)農業・食品産業技術総合研究機構 矢野 昌裕 ^{※2}
11	岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発	(学)早稲田大学 中垣 隆雄 ^{※2}
12	LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システムの研究開発	(国研)産業技術総合研究所 森本 慎一郎 ^{※2}
13	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

※1 2022年度で終了 ※2 2022年度採択 ※3 2023年度にPM交代
※4 2023年度末でスピンアウト

温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する 技術の開発 ～工学プロセス～



児玉 昭雄

金沢大学
教授

ベンチ

固体吸収



杉山 正和

東京大学
教授

ラボ→ベンチ

物理吸着＋
電気化学的富化

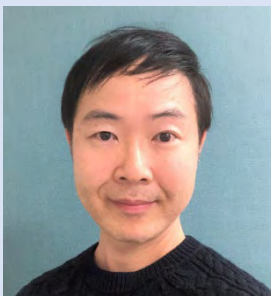


野口 貴文

東京大学
教授

ラボ→ベンチ

コンクリート廃材の
炭酸塩化と再生



則永 行庸

名古屋大学
教授

ラボ→ベンチ

化学吸収



藤川 茂紀

九州大学
教授

ラボ→ベンチ

分離ナノ膜



福島 康裕

東北大学
教授

2023年度末で
スピンアウト

ラボ

化学吸収＋
化学品への直接変換

大規模集中型

中・小規模分散型

温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する 技術の開発 ～自然プロセス～



加藤 創一郎

産業技術総合研究所
上級主任研究員

2022年度で終了 **ラボ**

人工合成微生物



植田 充美 2022年度
追加採択

京都大学
特任教授

ラボ→ベンチ

海洋バイオマス



光田 展隆 2022年度
追加採択

産業技術総合研究所
副研究部門長

ラボ→ベンチ



矢野 昌裕 2022年度
追加採択

農業・食品産業技術総
合研究機構
シニアエグゼクティブ
リサーチチャー

ラボ→ベンチ

陸上バイオマス



中垣 隆雄 2022年度
追加採択

早稲田大学
教授

ラボ→ベンチ



森本 慎一郎 2022年度
追加採択

産業技術総合研究所
チーム長

ラボ→ベンチ

岩石の風化促進

窒素化合物を回収、資源転換、無害化する 技術の開発

NEDOで実施する窒素フローに係る調査結果を踏まえて
計画を見直す



南澤 究

東北大学
教授

ラボ→ベンチ

土壤微生物を用いて
農地由来のN₂O排出を削減



川本 徹

産業技術総合研究所
首席研究員

ラボ→ベンチ

触媒

排ガス中・排水中の窒素化合物を
回収、資源転換、無害化



脇原 徹

東京大学
教授

ラボ→ベンチ

ゼオライト

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

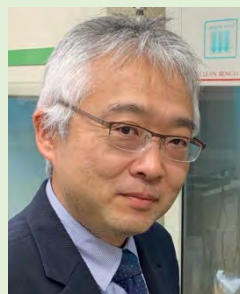


伊藤 耕三

東京大学
教授

ラボ→ベンチ

マルチロック型機構



粕谷 健一

群馬大学
教授

ラボ→ベンチ

分解開始時期と
生分解速度の制御技術



中山 敦好

産業技術総合研究所
主任研究員

2023年度末で
スピニアウト **ラボ**

光スイッチ

2. プログラムの自己評価

評価の視点

※運用・評価指針の評価の視点を「目標」「運営」「外部連携」に分類

プログラムに関する評価の視点

目標

- ① MS 目標達成等に向けたポートフォリオの妥当性
- ② MS 目標達成等に向けたプログラムの研究開発の進捗状況
- ③ MS 目標達成等に向けたプログラムの研究開発の今後の見通し

運営

- ④ PD のマネジメントの状況
(ポートフォリオ管理、PM への指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む)
- ⑤ 大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組

外部連携

- ⑥ 産業界との連携・橋渡しの状況 (民間資金の獲得状況 (マッチング)、スピナウトを含む)
- ⑦ 国際連携による効果的かつ効率的な推進
- ⑧ 研究資金の効果的・効率的な活用 (官民の役割分担及びステージゲートを含む)
- ⑨ 国民との科学・技術対話に関する取組
- ⑩ 研究推進法人の PD/PM 等の活動に対する支援

【総括】

2022年度にステージゲート及び新規採択を実施し、ポートフォリオの見直しと強化を図ったこともあり、2023年度は全てのプロジェクトにおいて概ね順調に進捗している。

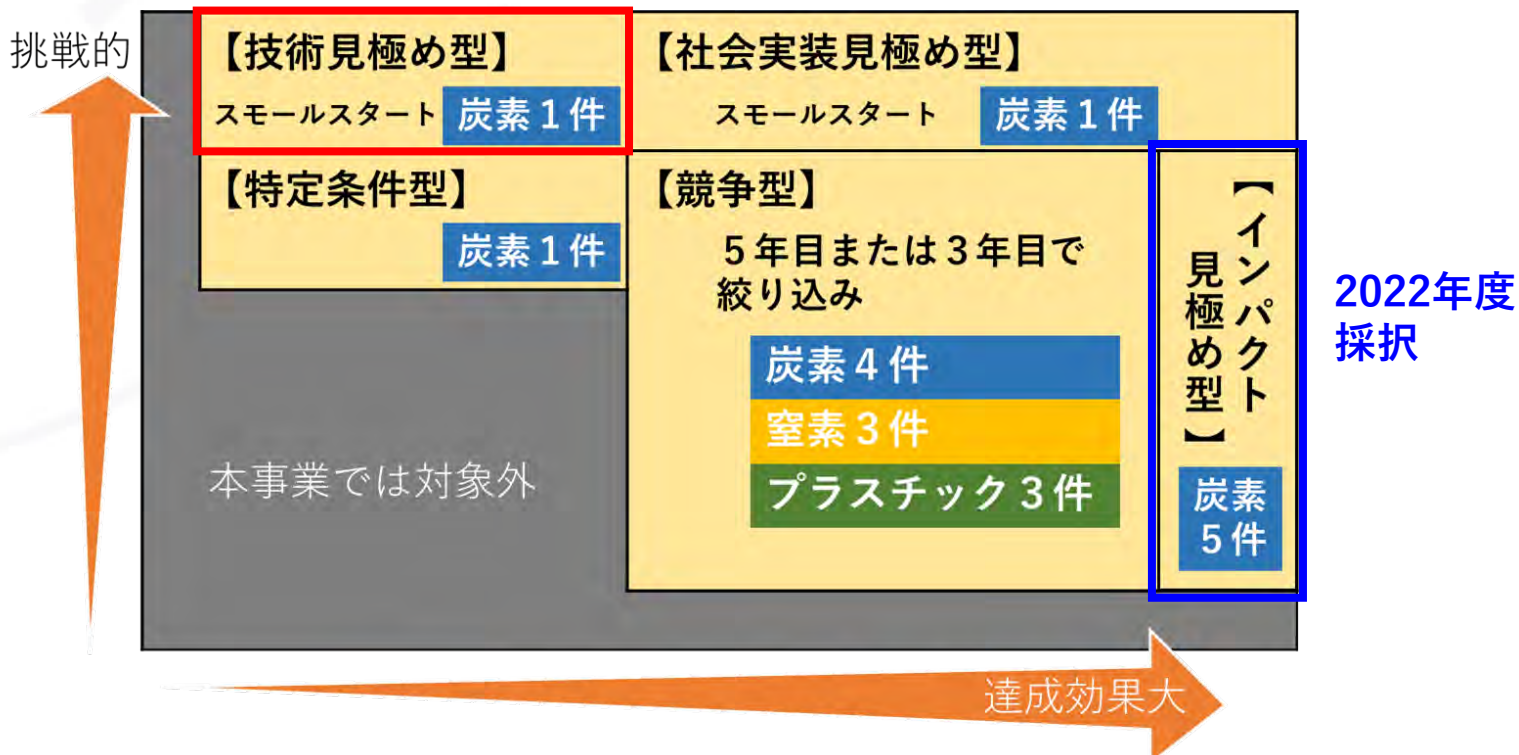
【肯定的な事項】

- ① 分科会を組織し、サブPDを配置することで、PDのマネジメントをサポートしている。また、この分科会や研究現場進捗確認を通じて、適切にプロジェクトの進捗管理を行っている。
- ② ポートフォリオの見直しに伴い、分科会を再編、プロジェクト間の連携を加速させている。
- ③ ARPA-Eとのワークショップを実施するなど、国際連携の具体化を進めている。

①MS目標達成等に向けたポートフォリオの妥当性

MS目標4の達成に向け、2022年度にポートフォリオの見直しを実施。現時点においては妥当である。

2022年度で終了



※ **ポートフォリオ**：プロジェクトの構成(組み合わせ)や資源配分等の方針をまとめたマネジメント計画
 ※ インパクト見極め型の5件は全て2022年度採択

①MS目標達成等に向けたポートフォリオの妥当性

【競争型】

類似の領域や技術であり、競わせながら研究開発を推進するもの。
5年目または3年目に絞り込み。ここに重点配分。

【特定条件型】

特定の条件下においては有意であり技術的にもユニークなもの。

【見極め型】（スモールスタート）

技術等の見極めが必要と評価したもの。「見極め」に絞った計画に見直し、小規模に開始。

2022年度で終了

①技術見極め型：技術的難易度が極めて高いことに加え、新市場の創出も求められる（市場の評価基準も作る必要がある）もの

②社会実装見極め型：技術的難易度が極めて高いことに加え、市場適応性の観点で見極める必要があるもの

2022年度採択

③インパクト見極め型：技術的効果と普及ポテンシャルを見極める必要があるもの

	分類	PM名	ポートフォリオの型	ステージゲート結果
炭素	GHG(生物)	加藤PM	技術見極め型	【終了】 2022年度で終了
	GHG(化学)	児玉PM	競争型	【継続】 DACの開発に重点化（一部中止）
	GHG(化学)	杉山PM	競争型	【継続】 CO ₂ の濃縮と資源化に重点化（一部中止）
	GHG(炭酸塩化)	野口PM	社会実装見極め型	【継続】 引き続き社会適応性を見極め
	GHG(化学)	則永PM	特定条件型	【継続】 加速して早期実用化を目指す
	GHG(化学)	福島PM	競争型	【中止】 2023年度末でスピナウト
	GHG(化学)	藤川PM	競争型	【継続】
窒素	GHG(生物)	南澤PM	競争型	【継続】 根粒菌を中心としたN ₂ O削減に重点化（一部中止）
	窒素化合物	川本PM	競争型	【継続】 一部テーマについては、NEDOで実施する窒素フローに係る調査結果を踏まえて計画を見直す
	窒素化合物	脇原PM	競争型	
海洋プラスチック		伊藤PM	競争型	【継続】
		粕谷PM	競争型	【継続】 企業を追加して産学連携を加速
		中山PM	競争型	【中止】 2023年度末でスピナウト

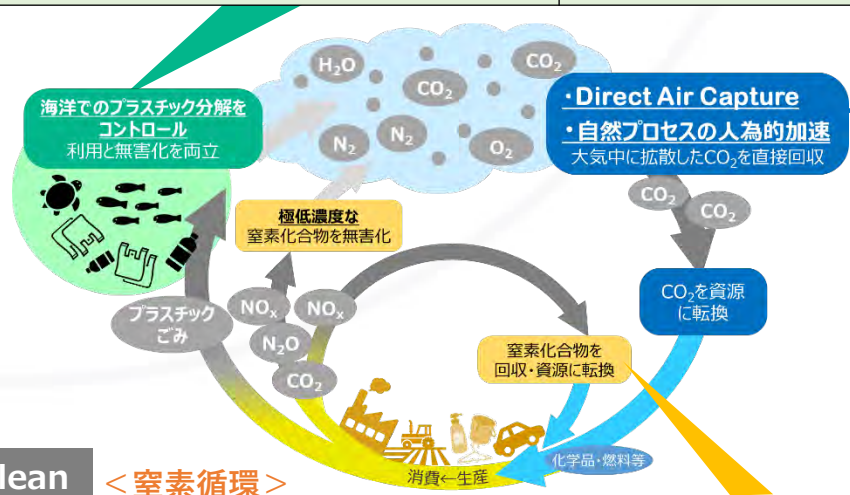
自然プロセスの人為的加速を強化

分類		PM名	ポートフォリオの型	プロジェクト概要
炭素	GHG(生物)	植田PM	インパクト見極め型	大型藻類によるCO ₂ 固定
	GHG(生物)	光田PM	インパクト見極め型	草本や本木によるCO ₂ 固定
	GHG(生物)	矢野PM	インパクト見極め型	草本によるCO ₂ 固定
	GHG(炭酸塩化)	中垣PM	インパクト見極め型	岩石の風化促進によるCO ₂ 固定
	GHG(炭酸塩化)	森本PM	インパクト見極め型	岩石の風化促進によるCO ₂ 固定

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
16	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リマーの研究開発	(国大)東京大学 伊藤 耕三
17	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
18	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 スピニアウト	(国研)産業技術総合研究所 中山 敦好 ^{※3、4}



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
14	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
15	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

Cool Earth

< 炭素(CO₂)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	電気エネルギーを利用し大気CO ₂ を固定するバイ オプロセスの研究開発 2022年度で終了	(国研)産業技術総合研究所 加藤 創一郎 ^{※1}
2	大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術 の開発	(国大)金沢大学 児玉 昭雄
3	電気化学プロセスを主体とする革新的CO ₂ 大量資 源化システムの開発	(国大)東京大学 杉山 正和
4	C ⁴ S研究開発プロジェクト	(国大)東京大学 野口 貴文
5	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
6	大気中CO ₂ を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発 スピニアウト	(国大)東北大学 福島 康裕 ^{※4}
7	“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO ₂ 循環シ ステムの研究開発	(国大)九州大学 藤川 茂紀
8	機能改良による高速CO ₂ 固定大型藻類の創出とそ の利活用	(国大)京都大学 植田 充 ^{※2}
9	遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生 の統合で生み出す次世代CO ₂ 資源化植物の開発	(国研)産業技術総合研究所 光田 展隆 ^{※2}
10	炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現	(国研)農業・食品産業技術 総合研究機構 矢野 昌裕 ^{※2}
11	岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW” の開発	(学)早稲田大学 中垣 隆雄 ^{※2}
12	LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システ ムの研究開発	(国研)産業技術総合研究所 森本 慎一郎 ^{※2}
13	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

※1 2022年度で終了 ※2 2022年度採択 ※3 2023年度にPM交代
※4 2023年度末でスピニアウト

②MS目標達成等に向けたプログラムの研究開発の進捗状況

概ね順調に進捗している。2022年度のステージゲートを通過及び新規採択した15件のプロジェクトにおいてMS目標達成に向けた研究開発が進められており、2024年度KPI達成を目指している。その他、スピンアウトしたプロジェクトにおいても企業との連携により研究開発を継続させている。



2023年12月1日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

「TRE ホールディングス×東北大学 WX (Waste Transformation) 共創研究所」を開所
- 廃棄物処理の革新的プロセスの開発と CCU 技術の社会実装 -

【発表のポイント】

- 国立大学法人東北大学と、TRE ホールディングス株式会社は、「TRE ホールディングス×東北大学 WX (Waste Transformation) 共創研究所」を本日開設しました。
- 廃棄物の焼却処理と CO₂ 回収処理を統合する革新プロセスの開発に取り組み、CCU (Carbon Capture Utilization) 技術の社会実装を目指します。

【概要】

国立大学法人東北大学（宮城県仙台市、総長 大野英男、以下「東北大学」）と、TRE ホールディングス株式会社（東京都千代田区、代表取締役社長 阿部光男、以下「TRE」）は、廃棄物の焼却処理と CO₂ 回収処理を統合する革新プロセスの開発に取り組み、CCU (Carbon Capture Utilization) 技術の社会実装を目指す研究拠点として、2023年12月1日に「TRE ホールディングス×東北大学 WX (Waste Transformation) 共創研究所」を東北大学青葉山キャンパス内に設置しました。



廃棄物の焼却処理と **CO₂ 回収処理** を統合する革新プロセスの開発に取り組み、**CCU (Carbon Capture Utilization) 技術の社会実装** を目指します。

福島PJのスピンアウトの成果として
企業との連携拠点を設置

出所：https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press20231201_01tre_kyoso.pdf

③MS目標達成等に向けたプログラムの研究開発の今後の見通し

MS目標達成に向けて、それぞれのプロジェクトから具体的な研究開発成果が出始めているとともに、ラボレベルからベンチレベルでの試験に向けた研究開発が進められている。

また、MS目標4以外で実施しているプロジェクトも含め、それぞれのプロジェクトの特徴や研究開発成果を活かしたプロジェクト間連携も始まりつつある。引き続き、プロジェクト間連携を推進することによりMS目標達成に向けた相乗的な効果が期待できる。

【目標関連】

プロジェクト間連携の状況（GHGの削減）



CO₂

岩石の風化促進で連携

ARPA-E



Dr. Doug Wicks

- ・ ミッションイノベーション
- ・ 国際連携



森本PM



中垣PM

風化促進のアカウントティングで連携

N₂O

ゼオライト合成



脇原PM



農地由来のN₂Oを削減



南澤PM

③MS目標達成等に向けたプログラムの研究開発の今後の見通し

DACで連携



児玉PM



杉山PM

- ・ 国際連携

市民科学の仕組みとシステムで連携



藤川PM

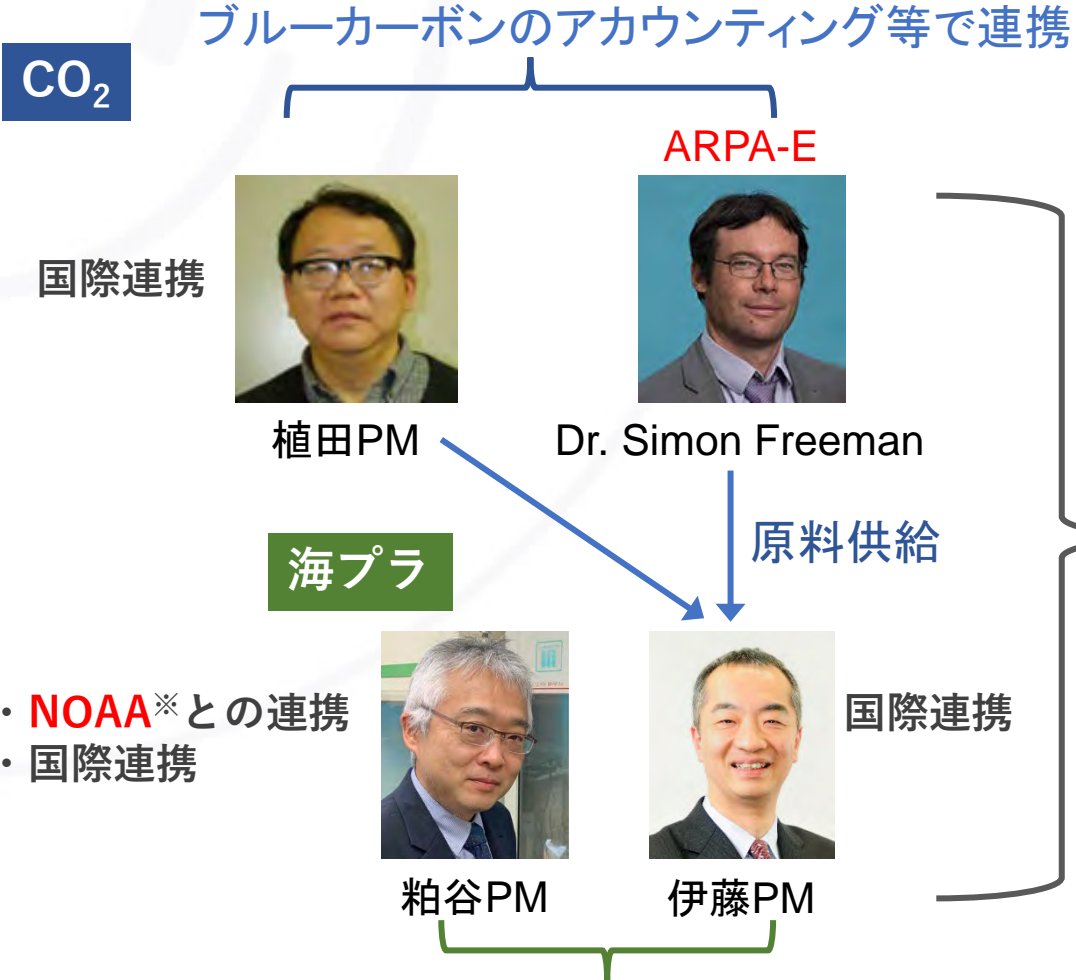
- ・ 国際連携
- ・ スタートアップ

【目標関連】

プロジェクト間連携の状況（CO₂回収と利用）



③MS目標達成等に向けたプログラムの研究開発の今後の見通し



海藻由来のバイオプラ合成で連携

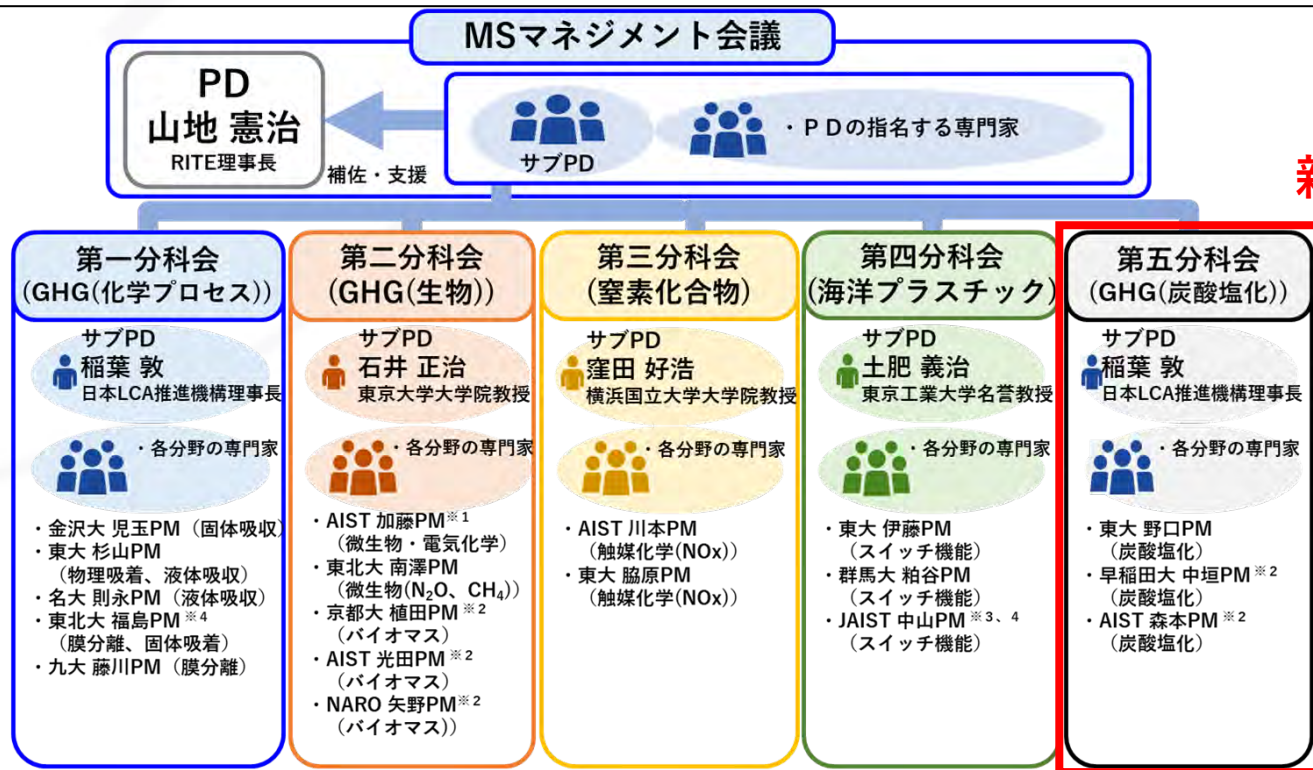
- NOAA※との連携
- 国際連携

東南アジア地域での試験実施、広報活動の展開で連携

④ PD のマネジメントの状況

(ポートフォリオ管理、PM への指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む)

MSマネジメント会議及びその分科会を活用し、適切なマネジメントを行っている。なお、ポートフォリオの見直しに伴い、分科会を再編している。



新設

MSマネジメント会議と分科会

④PD のマネジメントの状況

(ポートフォリオ管理、PM への指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む)

PD・サブPDのもとで、MSマネジメント会議や各分科会を実施し、各プロジェクトの体制の見直しや研究の進捗について議論を行っている。

山地PDは全ての会議に参加し、PMへの指揮・監督に加え、ポートフォリオの観点も含めた議論を行っている。

また、当該分科会をPMの研究現場において実施するなど、プロジェクトの進捗状況の把握に努めている。

④ PD のマネジメントの状況

(ポートフォリオ管理、PM への指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む)

MSマネジメント会議及び分科会の開催実績



山地PD



稲葉
サブPD



石井
サブPD



窪田
サブPD



土肥
サブPD

	第一分科会	第二分科会	第三分科会	第四分科会	第五分科会
第1回	2021年1月26日	2021年1月21日	2021年1月19日	2021年3月25日	
第2回	2021年6月10日	2021年6月28日	2021年7月12日	2021年7月28日	
第3回	2021年12月10日	2021年11月30日	2021年11月4日	2021年11月24日	
第1回MSマネジメント会議 2022年2月3日					
第4回	2022年3月24日	2022年3月25日	2022年3月15日	2022年3月17日	
第5回	2022年6月10日	2022年6月2日	2022年6月28日	2022年6月29日	
第6回	2022年9月2日	2022年9月5日	2022年9月15日	2022年9月12日	
第2回MSマネジメント会議 2022年9月29日					
第7回	2023年3月20日	2023年3月7日	2023年3月3日	2023年3月22日	2023年3月17日
第8回	2023年7月14日	2023年6月19日	2023年6月20日	2023年6月20日	2023年6月30日
第9回	2023年11月30日	2023年11月21日	2023年12月6日	2023年11月20日	2023年11月29日
第3回MSマネジメント会議 2024年1月15日					
第10回	2024年2月20日	2024年2月28日	2024年3月1日	2024年3月11日	2024年2月15日

④ PD のマネジメントの状況

(ポートフォリオ管理、PM への指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む)

PD・サブPDによる PMの研究現場進捗確認

山地PDの意向も踏まえ、コロナ禍で控えていた研究現場訪問を2022年度から本格的に実施。

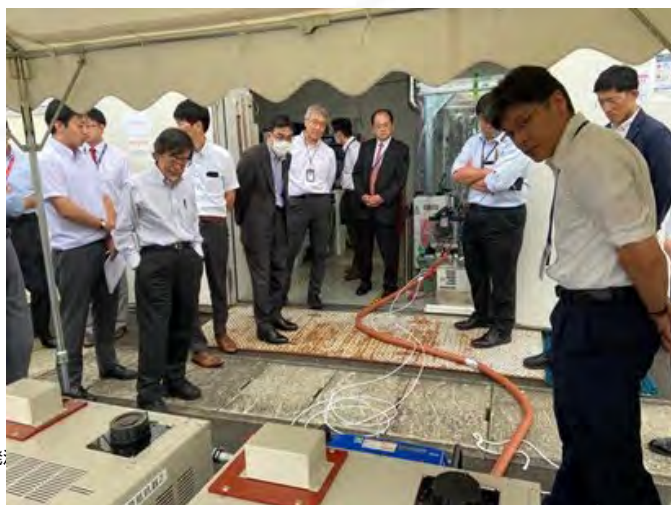
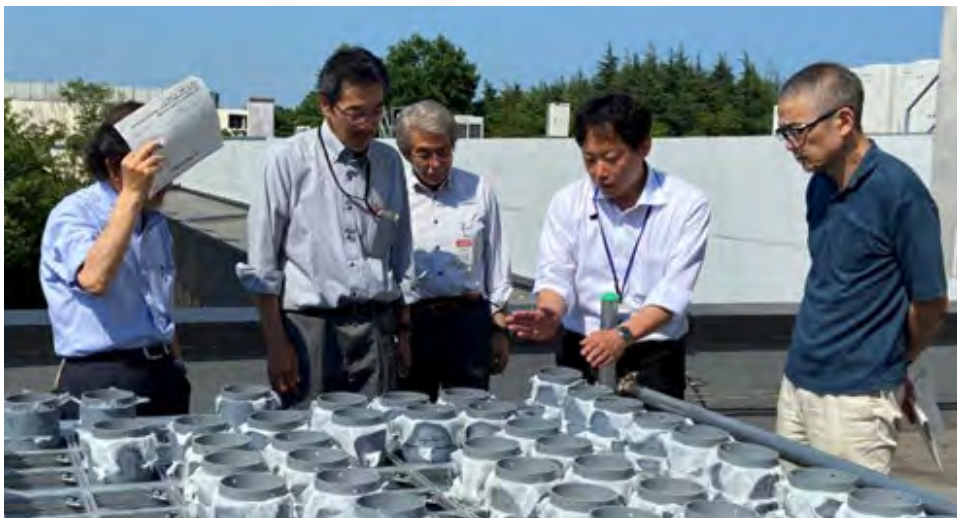
PD・サブPDともに、全ての研究現場を訪問し、PMとの議論を行うとともにプロジェクトの進捗状況の把握に努めている。

訪問場所		山地PD	サブPD
杉山PM	横浜	2023年7月3日	
森本PM	つくば	2023年7月26日	
粕谷PM	横須賀	2023年8月17日	
則永PM	名古屋	2023年8月31日	
脇原PM	横浜	2023年9月1日	
伊藤PM	愛媛	-	2023年9月4,5日
光田PM	つくば	2023年9月6日	
矢野PM	つくば	2023年9月6日	
児玉PM	金沢	2023年9月15日	
植田PM	鳥羽	2023年9月19日	
川本PM	郡山	2023年9月26日	
野口PM	佐倉	2023年9月28日	
中垣PM	函館	2023年10月23日	
藤川PM	札幌	2023年10月24日	
南澤PM	仙台	2023年12月11日	

PD・サブPDによる PMの研究現場進捗確認

④PD のマネジメントの状況

(ポートフォリオ管理、PM への指揮・監督、機動性・柔軟性等を含む)

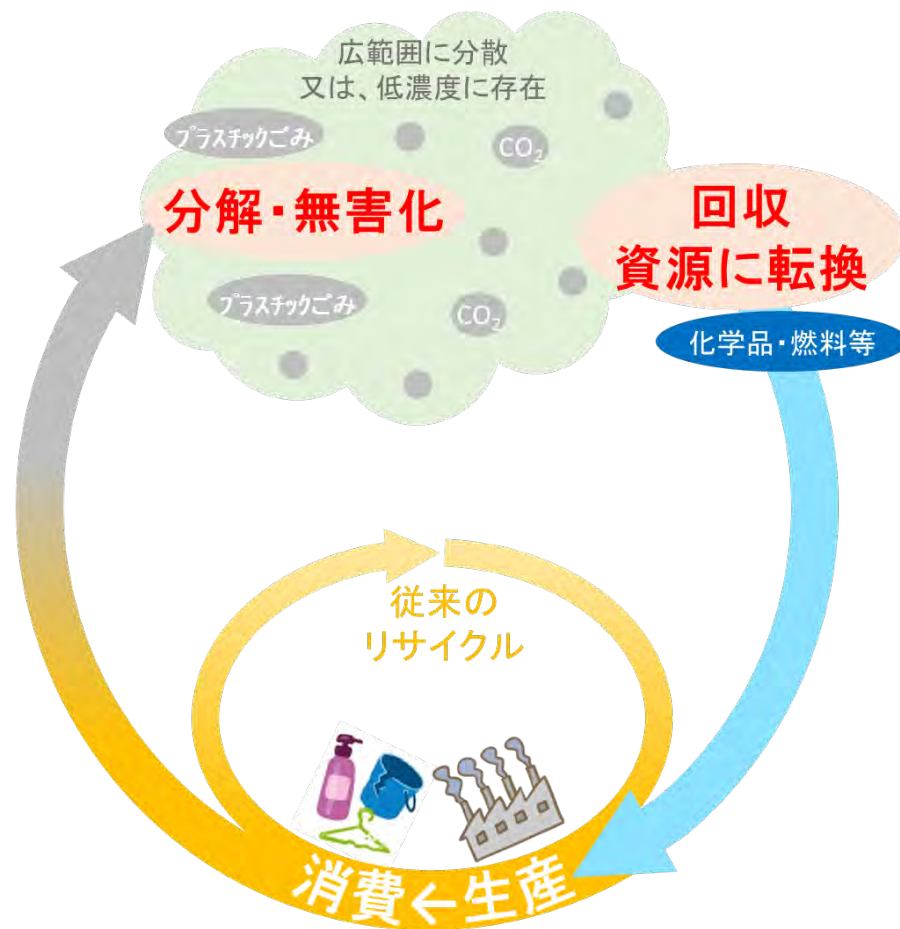


⑤大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組

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

⑤大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組

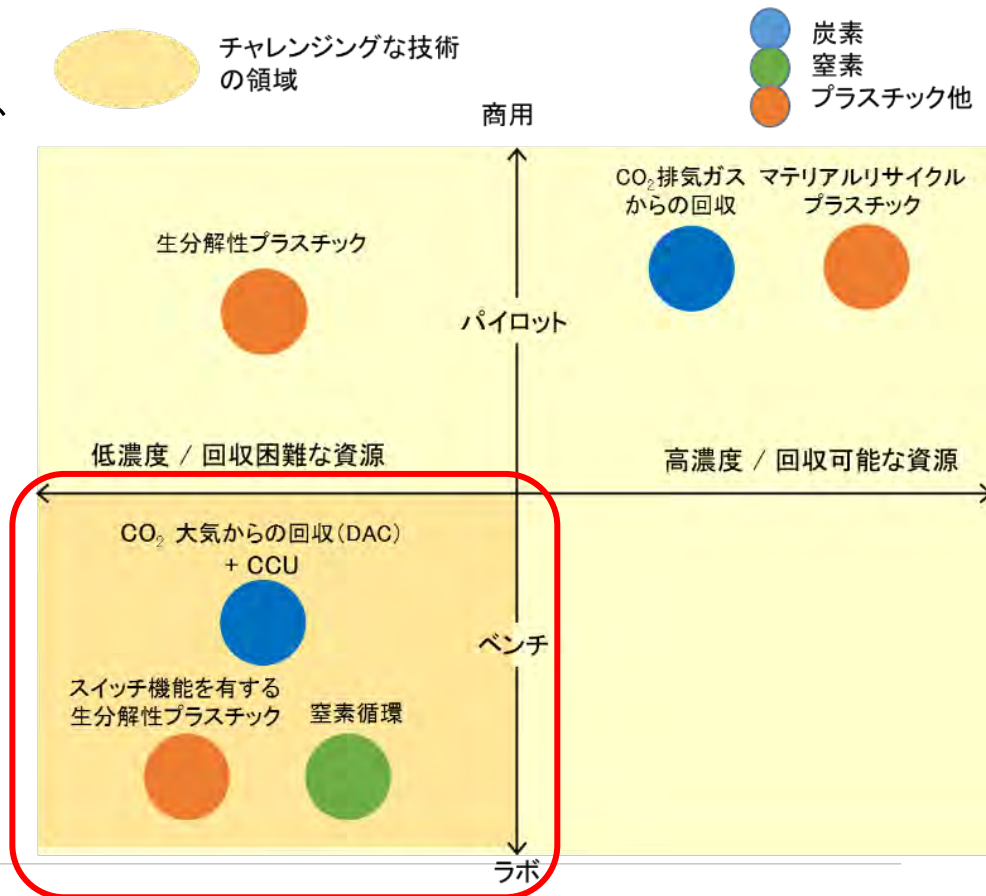
研究開発構想 ～研究開発の方向性(1)～

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対策が容易な状態にあるものは対象外。



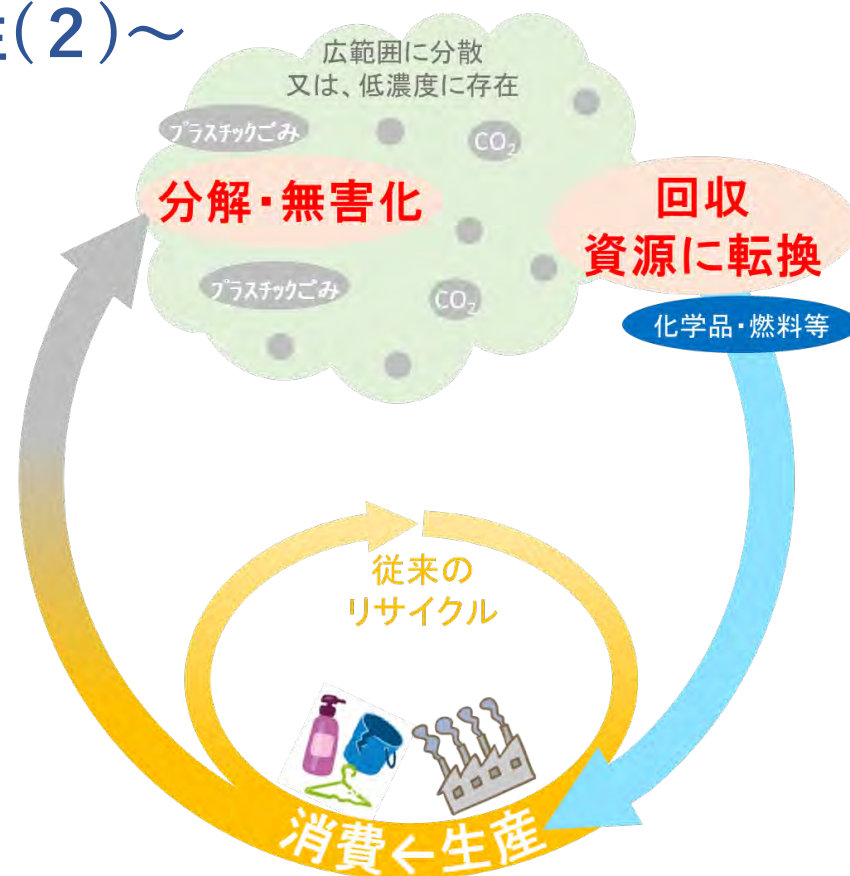
⑤大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組

研究開発構想 ～研究開発の方向性(2)～

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



新たに実現する資源循環の例

⑥産業界との連携・橋渡しの状況

(民間資金の獲得状況(マッチング)、スピンアウトを含む)

現在、多くのプロジェクトで企業が参画しており、産業界との連携がなされている。また、適時適切に産業界との連携を行うべく、柔軟に体制を変更している。例えば、杉山PJ、南澤PJ、粕谷PJの研究実施体制に新たな民間企業が加わった。

NEDOとして、産業競争力懇談会(COCON)主催のDACに関する勉強会に出席しプロジェクトを紹介するなど、プロジェクトの状況に応じて、適切に産業界との連携支援を進めている。

また、藤川PJでは、民間企業からの出資を受け、スタートアップを設立、福島PJでは、民間資金を得て、これまでのプロジェクトの成果のスピンアウトを加速している。

⑦国際連携による効果的かつ効率的な推進

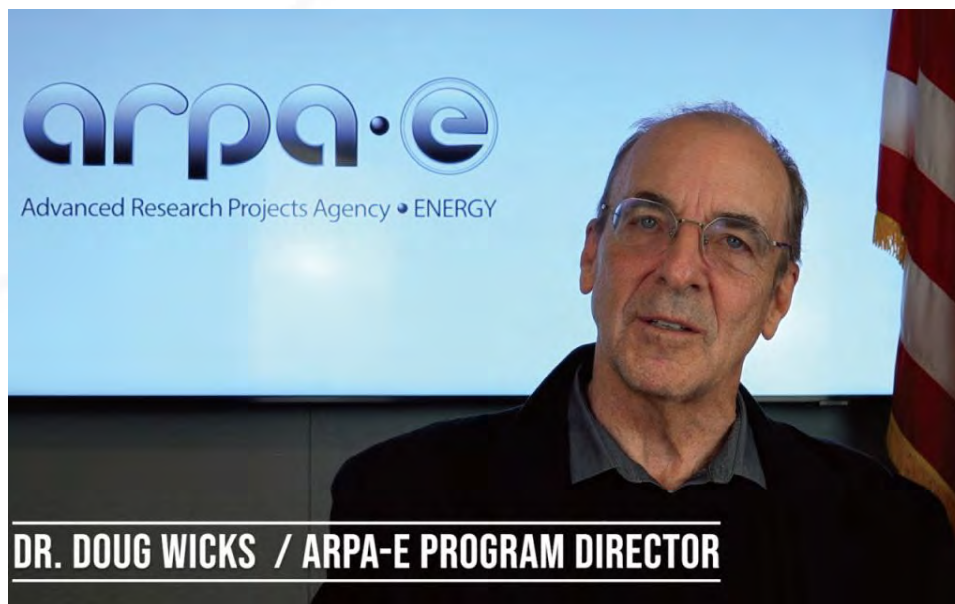
将来的な研究開発の社会実装を見据え、国際連携に取り組んでいる。
例えば、ARPA-Eとのワークショップを開催し、研究開発における連携を模索している。



ARPA-Eとのワークショップの様子（左：2023年7月12日、右：2023年10月3日）

⑦国際連携による効果的かつ効率的な推進

森本PJと中垣PJでは、共同で風化促進ワークショップを開催し、そのワークショップにおいて、ARPA-Eのプログラムディレクターからプロジェクト連携に関するディスカッションを行った。



風化促進ワークショップの様子（2023年10月30日）

⑤大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な取組

⑧研究資金の効果的・効率的な活用 (官民の役割分担及びステージゲートを含む)

採択時には、より大胆な発想に基づく挑戦的かつ革新的な研究開発を意識した研究資金の配分を行っている。

採択後は、各プロジェクトにおいて、将来社会実装を担う可能性のある外部の民間企業と技術交流を行い、彼らの知見をプロジェクトに反映するなど、効果的・効率的に研究を進めている。

また、中間評価においてステージゲートを実施し、外部評価（制度評価）、戦略推進会議を経てプロジェクトの絞り込みとポートフォリオの見直しを行った。

藤川PJでは、ムーンショットでの研究開発成果をもとに民間企業からの出資を受けてスタートアップを設立するなど、官民の役割分担により効果的・効率的な研究開発を実施している。

藤川PJ発のスタートアップ

スタートアップピッチに藤川PJ発のカーボン・エクストラクト社(CX社)が参加。プレゼン後の名刺交換では複数社がCX社にコンタクト。

日時：2023年12月4日(月) 15:45～16:10 リアル来場者数：11,140名
場所：虎ノ門ヒルズ ライブ配信視聴数：10,731名 ※12/4～7会期中



NEDOによるムーンショットの説明



CX社による藤川PJのプレゼン



名刺交換の様子

⑨国民との科学・技術対話に関する取組

全てのPM及び研究機関の研究開発成果を広く国民にPRするため、2023年1月にMS 目標4で初めての会場参加可の「成果報告会」を開催。延べ342名の会場参加があり、交流のきっかけとなった。その他、内閣府主催のムーンショット型研究開発制度合同シンポジウムの共催、雑誌の取材、プロジェクト紹介動画の制作などを通じて、国民との科学・技術対話に努めた。

また、南澤PJでは市民参加型での土壌微生物の探索や国民との科学・技術対話に加え、NHKのシチズンラボなどメディアを通じたPRにも努めているとともに、この仕組みを他のPJでも活用する検討を進めている。



成果報告会2022の様子（2023年1月17,18日）

⑨国民との科学・技術対話に関する取組



合同シンポジウムの様子（2023年8月25日）



市民参加型プロジェクト 出所：<https://dsoil.jp/cool-earth/>



NHKシチズンラボ 出所：https://www.nhk.or.jp/citizenlab/all/soil_02.html 39

⑩研究推進法人のPD/PM等の活動に対する支援

研究推進法人のNEDOは、PD/PM等の活動を適切に支援している。

MSマネジメント会議分科会を組織し、4名のサブPDを配置することで、PDのマネジメントをサポートしている。

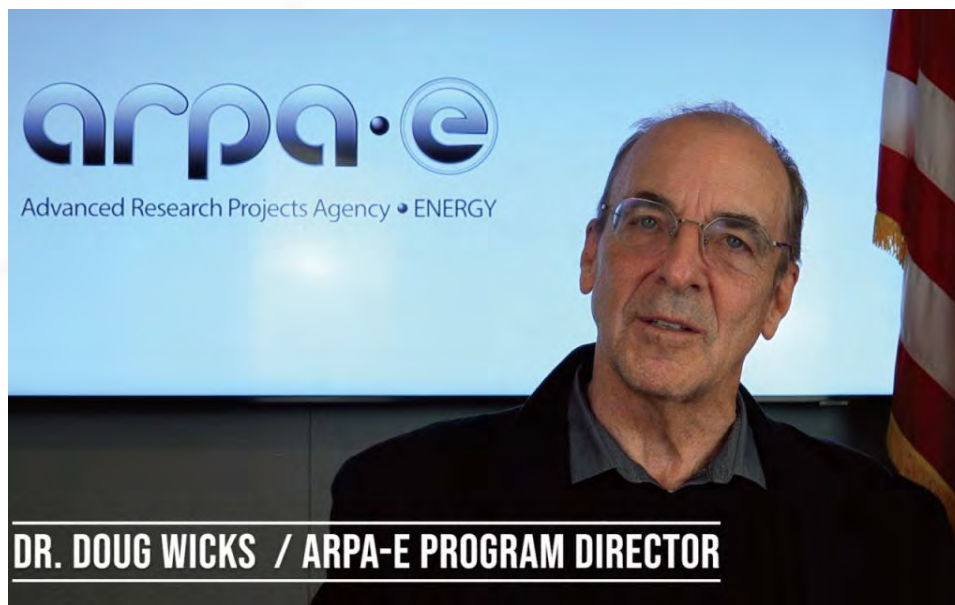
また、PDのポートフォリオマネジメントの支援の一環として、「窒素フローに係る各種調査」、「大気中からのCO₂回収及び固定・利用に関する社会実装モデル等に関する調査」を実施。

加えて、いくつかのプロジェクトに対してNEDOが仲立ちし、ARPA-Eのプログラムとの連携やムーンショット目標4のプロジェクト間連携を促進している。

【外部連携関連】 <再掲> ARPA-Eのプログラムとの連携

⑦国際連携による効果的かつ効率的な推進

森本PJと中垣PJでは、共同で風化促進ワークショップを開催し、そのワークショップにおいて、ARPA-Eのプログラムディレクターからプロジェクト連携に関するディスカッションを行った。



風化促進ワークショップの様子（2023年10月30日）

3. プログラムの今後の方向性

今後の方向性

- ✓ 2024年度は、2025年度以降から本格化するベンチャーパイロットに向けたプロジェクトの絞り込みを行う。
- ✓ プロジェクトの絞り込みとともに、ポートフォリオの強化を行う。
- ✓ 定期的なMSマネジメント会議分科会の開催や国内外の研究開発動向等の調査を通じて、PDによるポートフォリオ管理、PMへの指揮・監督を支援する。
- ✓ 効果的・効率的にMS目標を達成するため、国際連携を促進する。

4. 参考

参考資料 1

目標4と世界動向

研究開発構想と直近の世界動向 ～Cool Earth（温室効果ガス）～



2019年6月 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」及び「統合イノベーション戦略」を閣議決定。

2020年1月 上記の戦略に基づき「革新的環境イノベーション戦略」を策定。

2020年10月 「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを日本政府が宣言。

2022年4月 上記のカーボンニュートラル宣言を受け、**研究開発構想を改訂。自然プロセスの人為的加速を追加。**

・
・

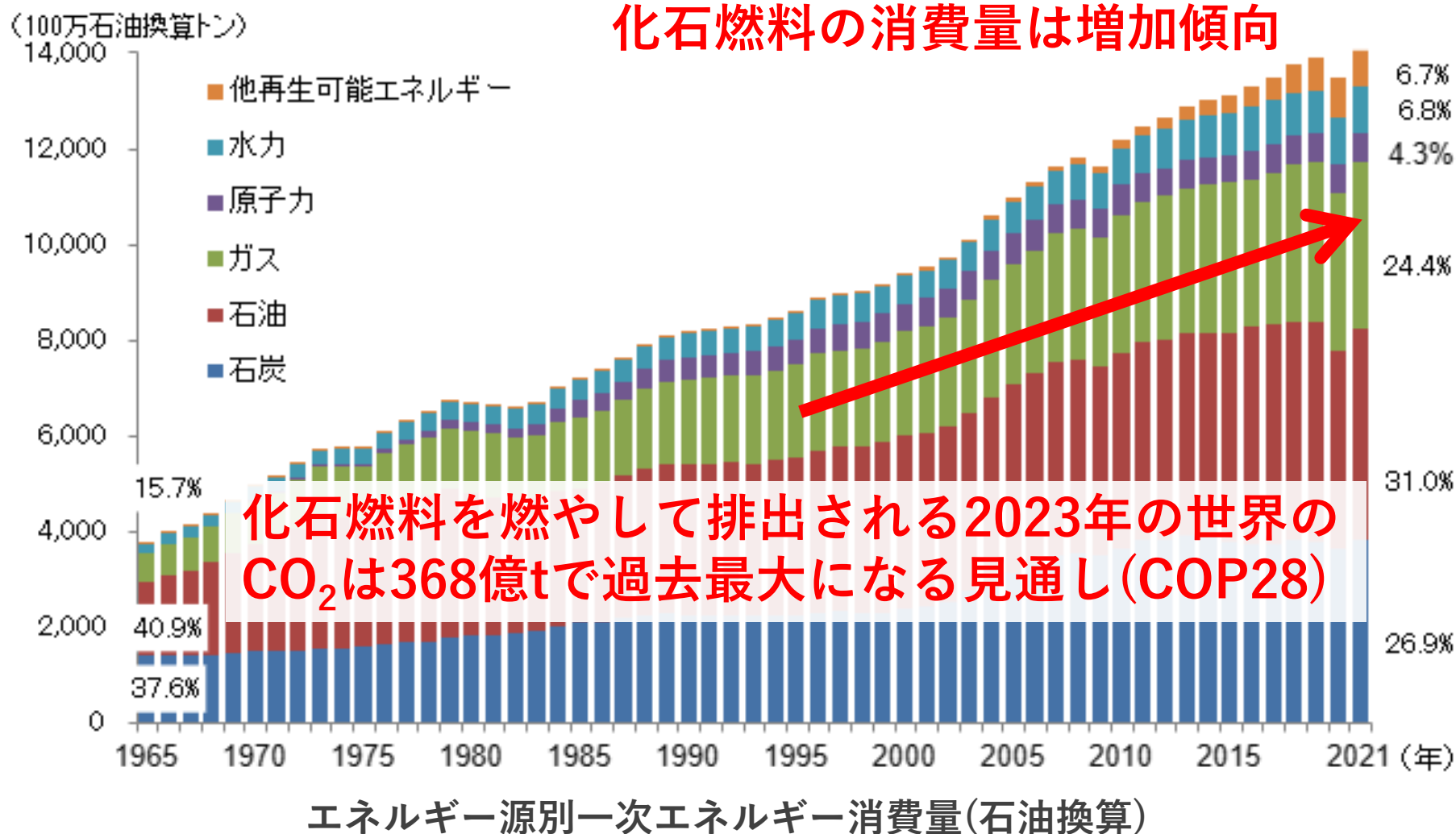
2023年5月 G7広島サミットで、**二酸化炭素回収・有効利用・貯蔵(CCUS)／カーボン・リサイクル技術が、他の方法では回避できない産業由来の排出を削減するための脱炭素化解決策の幅広いポートフォリオの重要な要素となり得る**こと、また、強固な社会及び環境面のセーフガードを備えた**二酸化炭素除去(CDR)プロセスの導入が、完全な脱炭素化が困難なセクターにおける残余排出量を相殺する上で不可欠な役割を担っていることを認識することを首脳コミュニケ。**

COP28において、パリ協定で掲げられた目標達成に向けて世界全体の進捗状況を評価する「グローバル・ストックテイク(GST)」を実施

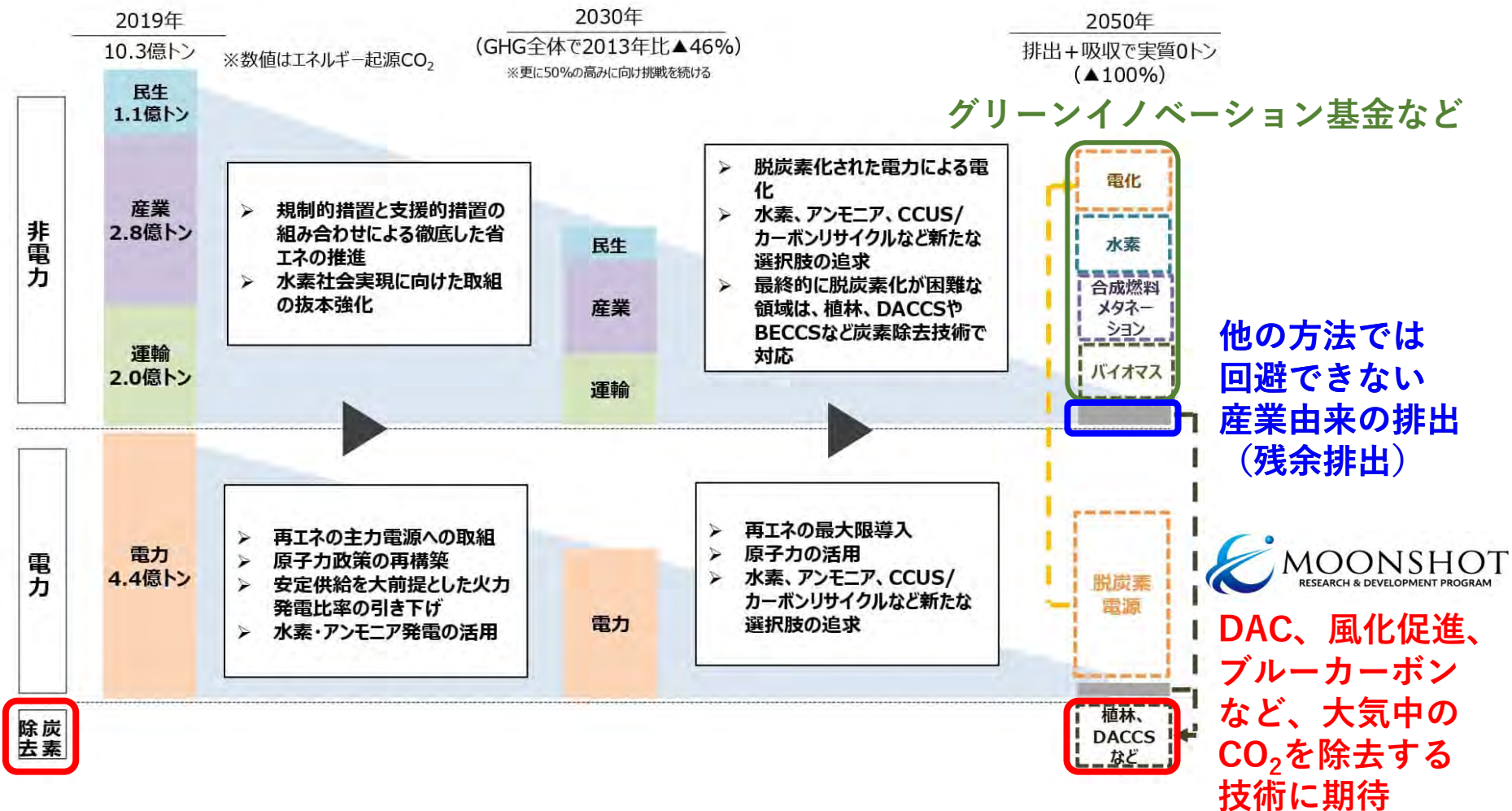
- ▶ パリ協定の目標達成にあたり、「世界の気温上昇を1.5度に抑える」という **目標まで隔たりがある** (オントラックではない)
- ▶ 1.5度目標に向けて行動と支援が必要である

1.5度目標を達成するために、**2025年までにGHG排出をピークアウト**させ、2030年までに43%、2035年までに60%を排出削減する必要性が認識されました。また、パリ協定と各国の異なる状況、道筋、アプローチを認識したうえで、世界全体の取り組みを推し進めることを呼びかける

世界のエネルギー消費量の推移

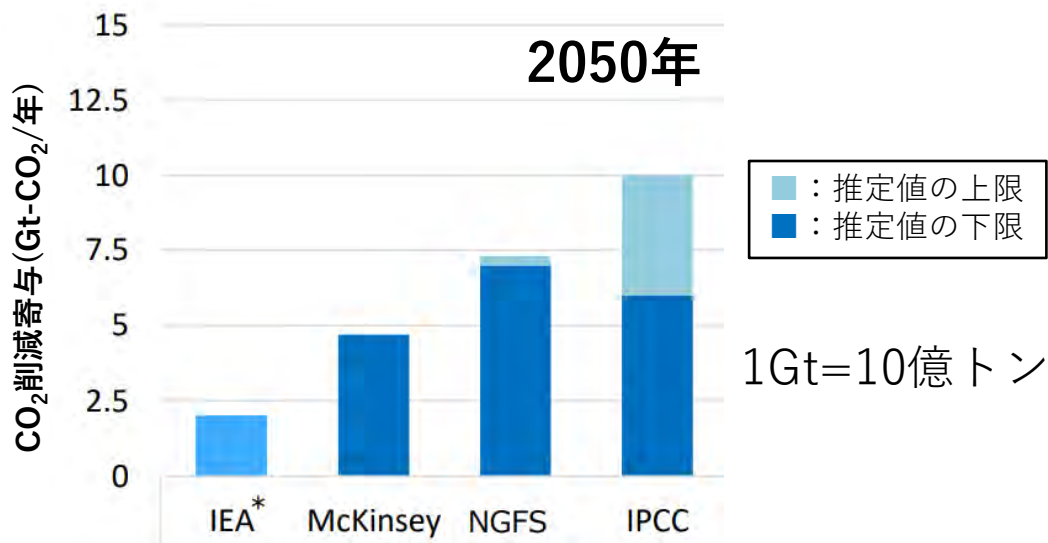
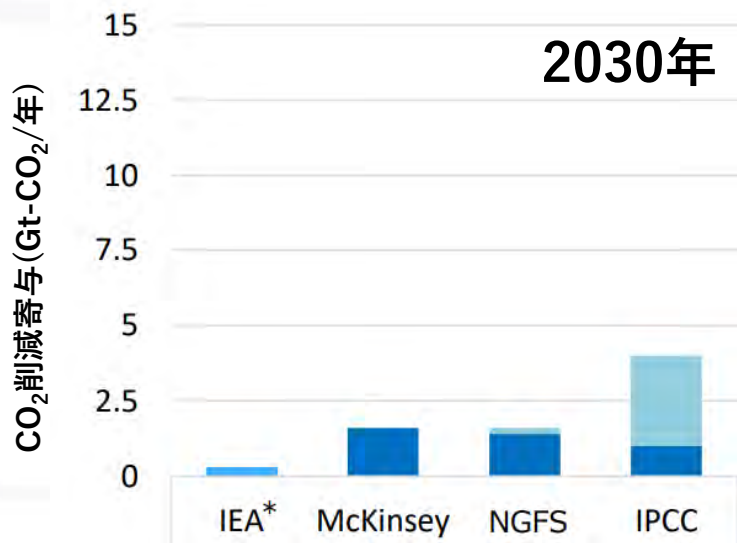


ムーンショット目標4に期待されている領域



各機関が想定するNETsのCO₂削減寄与（世界）

各機関の想定によると、1.5°C排出経路において、NETsの削減寄与の下限は世界で2030年に1~1.6GtCO₂、2050年に5~7GtCO₂を想定。削減量全体の約10%に相当し、再エネ、省エネ、CCUSに次ぐインパクト。



※IEAはDACCSとBECCSのみが対象
 ※NETs: Negative Emissions Technologies

以下の資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成

IEA : Net Zero by 2050 https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

McKinsey : <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/climate-math-what-a-1-point-5-degree-pathway-would-take>

NGFS (Network for Greening the Financial System) : <https://www.ngfs.net/en/publications/ngfs-climate-scenarios>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : <https://www.ipcc.ch/sr15/>

CCSによる貯留必要量と現時点の最大量

1.5度目標を達成するために
2050年までに貯留する必要がある
CO₂の総量

100Gt CO₂以上

現在、世界で動いている
CCSプロジェクトによる
理論上の最大貯留量

12Gt CO₂

※IPCC は、世界の理論上の総貯留可能性量は控えめに見積もっても1,000GtCO₂を超えるとしている。

研究開発構想と直近の世界動向 ～Clean Earth（海プラごみ）～



2019年3月 国連環境総会で「海洋プラスチックごみ及びマイクロプラスチック」に関する決議が採択

2019年5月 「海洋生分解性プラスチック開発・導入普及ロードマップ」を策定
「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」を閣議決定

2019年6月 G20大阪サミットで、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにすることを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を共有し、「G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組」を首脳宣言。

・
・

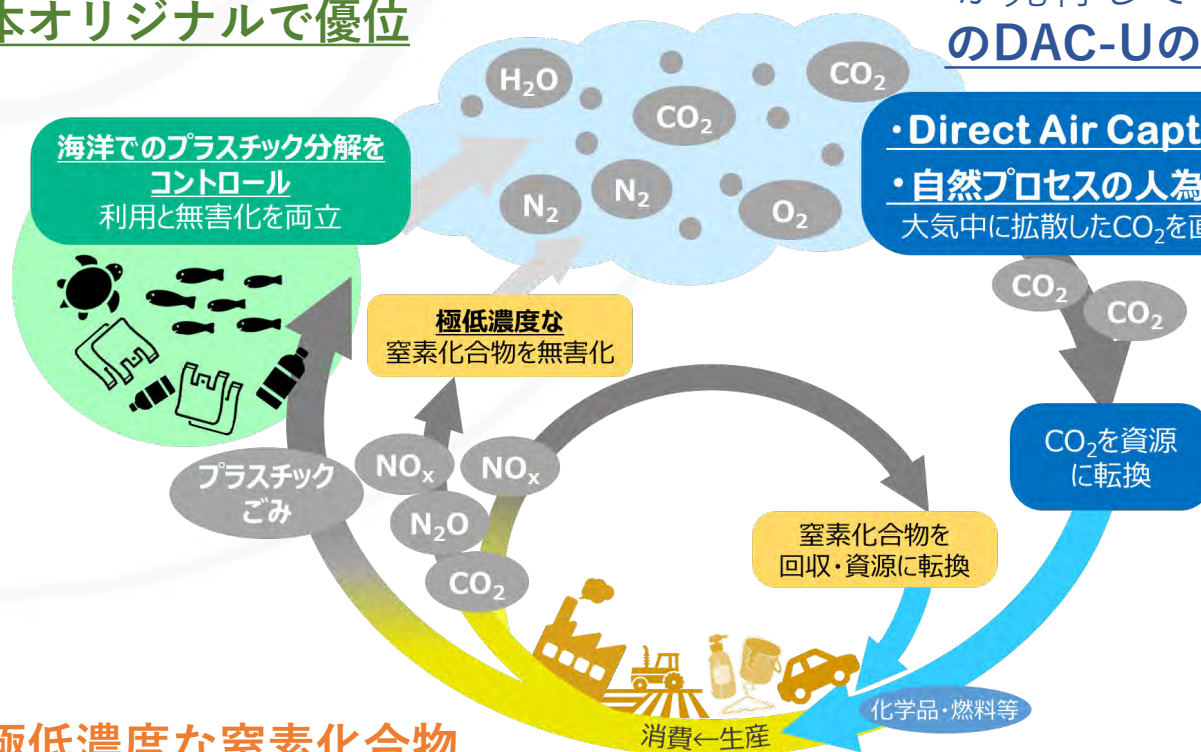
2022年11月 プラスチック条約のための第1回政府間交渉委員会(INC-1)を開催

2023年5月 G7広島サミットで、2040年までに追加的なプラスチック汚染をゼロにする野心を持ってプラスチック汚染を終わらせることを首脳コミニケ。

直近の世界動向と目標4の立ち位置

海洋でも生分解するプラスチックの研究は世界で実施されているが、生分解のタイミングやスピードをコントロールする研究は日本オリジナルで優位

大規模集中型のDACCSについては欧米が先行しているが、中・小規模分散型のDAC-Uの研究については日本が先行
最近、米国も追随



自然プロセスを活用したCO₂の回収は科学的な検証が必要。アカウンティングにおいてARPA-E（米国）と連携

極低濃度な窒素化合物を回収・資源転換・無害化する研究はチャレンジングな取り組み
今後、窒素フローに係る調査結果を踏まえて計画を見直す

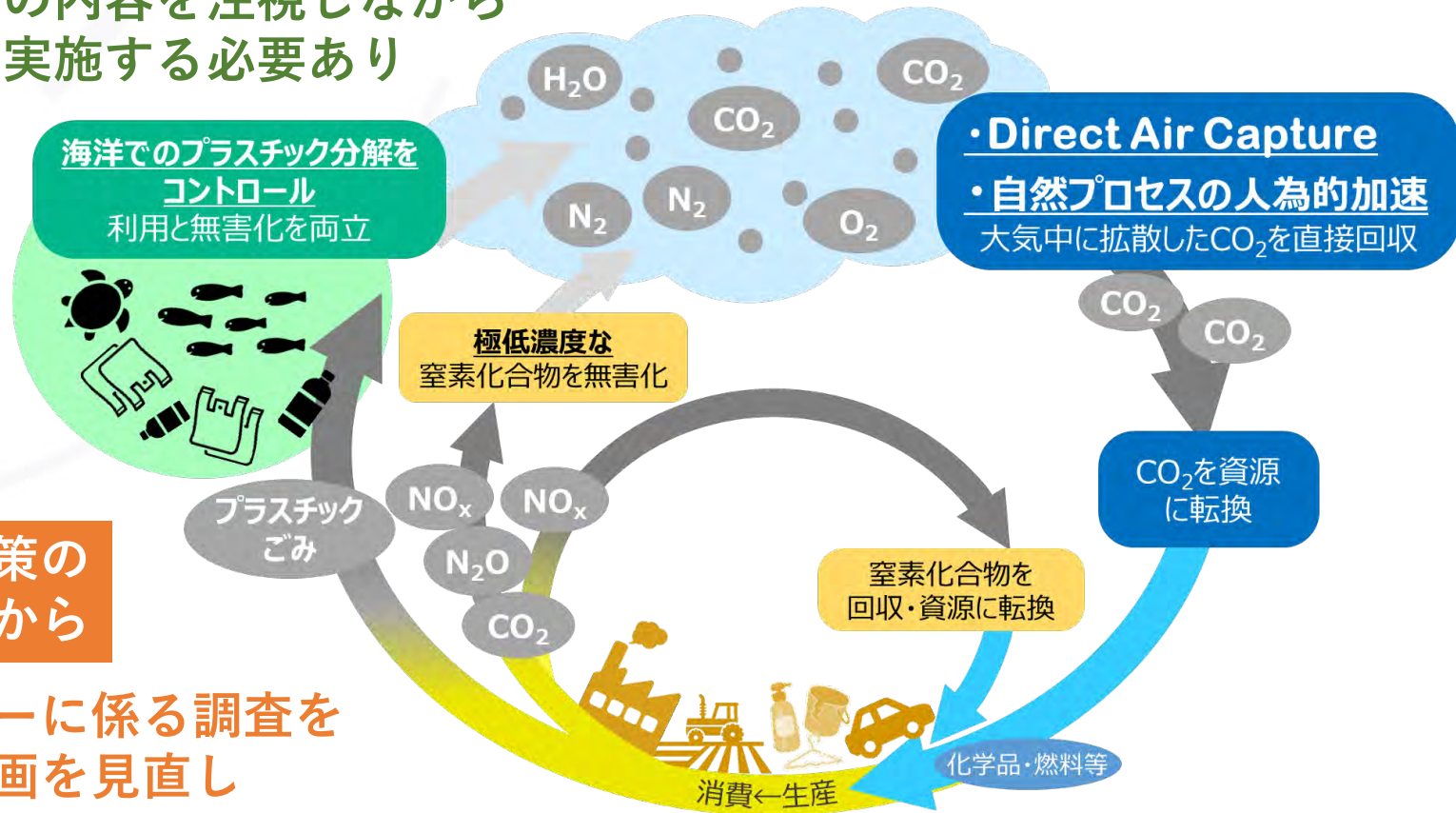
国際的な課題の認知状況

国際的な対策の重要性が
認知されつつある状況

②条約や規制の内容を注視しながら
研究開発を実施する必要あり

国際的な対策の重要性が
認知されている状況

①大気中のCO₂削減は最重要課題



国際的な対策の
認知はこれから

③窒素フローに係る調査を
踏まえ計画を見直し

参考資料 2

プロジェクトの進捗・成果

大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発

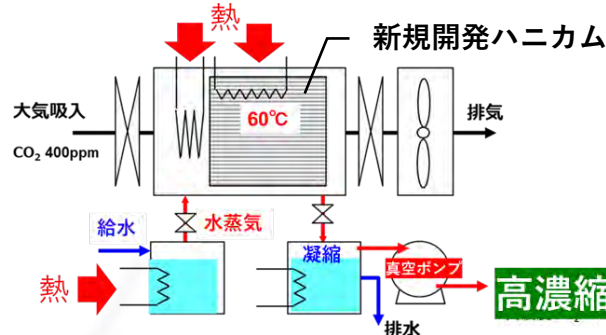


プロジェクトマネージャー

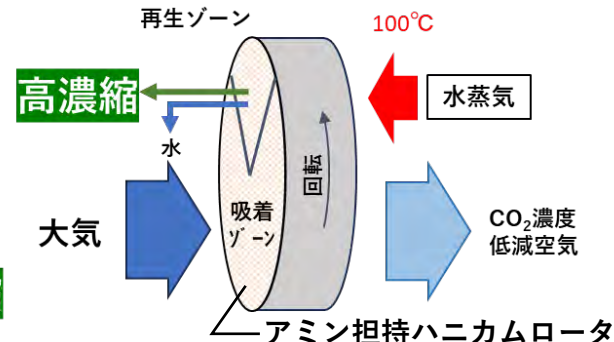


児玉 昭雄
金沢大学
教授

間接加熱 + 低温蒸気再生DAC



蒸気再生ハニカムロータリーDAC



60°C再生でもCO₂の分離が可能な革新的ポリアミンの開発

大阪・関西万博にて500kg/day規模の低温蒸気再生DAC実証試験を計画

市販アミン・変色



開発アミン・変色なし

【2023 - 2024年度：Direct Air Capture DAC技術に注力】

- ✓ 60°Cの低温でCO₂の分離が可能な革新的ポリアミンを開発し、大規模実証に向けて量産化に目途
- ✓ 酸化劣化耐性に優れたアミン構造について知見を得た
- ✓ 低温蒸気再生DAC試験装置を安定運転（CO₂回収濃度95%以上）、アミン担体となる基材の改良開発によりCO₂吸収速度が上昇し1日あたりのCO₂回収量が増加
- ✓ 蒸気再生ハニカムロータリーDACの試運転を行い、CO₂を濃度95%以上で連続回収できることを実証

【2024年度KPI】

- ・ 2025年度実施予定の低温蒸気再生DACベンチスケール試験の準備（試験装置の設計と製作、アミンの大量合成法とアミン担体の確立）
- ・ 空気再生ハニカムロータ式のベンチスケール試験装置の設計、製作と試験の開始

電気化学プロセスを主体とする 革新的CO₂大量資源化システムの開発

プロジェクトマネージャー



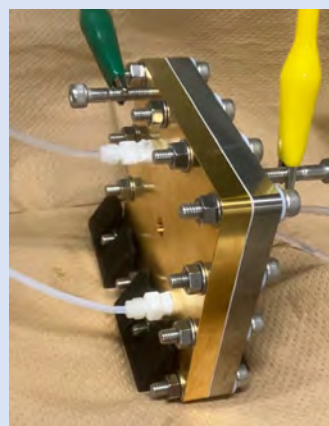
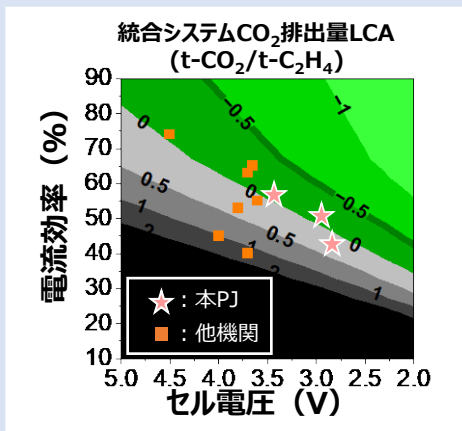
杉山 正和
東京大学
教授



システム最適化による都市型人工光合成の実現

分散配置に適した電気化学プロセス (CO₂分離・エチレンへの還元) を 世界トップレベルで開発

- ✓ **CO₂電解還元**：低電圧化 (2.9V)、エチレン還元の高電流効率 (50%) 達成。エチレン製造の統合システムでCO₂排出ゼロの見通しを得た (2024年度KPI前倒し達成)
- ✓ **CO₂分離**：低電圧 (1V) で100% CO₂の分離を500時間以上安定運転
- ✓ **最適システム設計**：リサイクルプロセスにより電解還元工程の操業条件を最適化



【2024年度KPI】

統合システム CO₂排出量：+1.0 以下 (t-CO₂/t-C₂H₄)

C⁴S研究開発プロジェクト

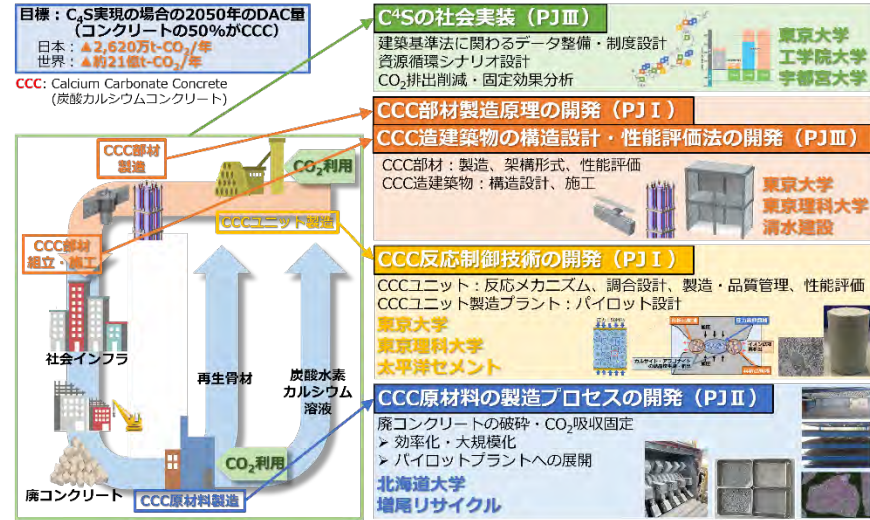


プロジェクトマネージャー

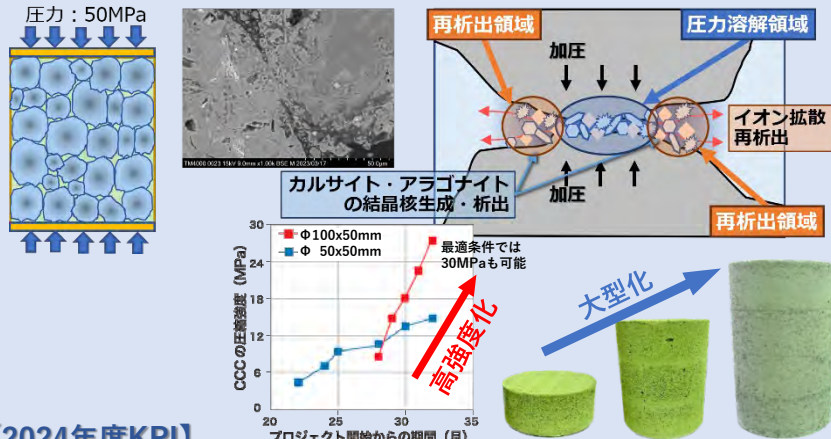


野口 貴文
東京大学
教授

C⁴S: Calcium Carbonate Circulation System for Construction (建設分野の炭酸カルシウム循環システム)
CCC: Calcium Carbonate Concrete (炭酸カルシウムコンクリート)



廃コンクリートに大気中CO₂を固定した建設材料の開発 廃コンクリートを再生したCCCで実用的な強度を世界で初めて達成



- ✓ 廃コンクリートの粒度調整・含水制御により、自然環境の**50倍速以上でのCO₂吸収・固定化**を実現
- ✓ **コールドシンタリング法**による炭酸カルシウムの溶解・析出による骨材の結合、骨材粒子の最密充填化、炭酸水素カルシウム溶液中での後養生により、**強度30MPa (KPI)**のCCCを既に実現
- ✓ 将来のCCC製造を可能とする**サプライチェーン**の最適化、**カーボンマイナス**の達成可能性を確認

【2024年度KPI】

- 試験体で強度30MPa
- 柱部材で強度12MPa
- ベンチプラントで柱・壁・梁・床部材の製造
- 模擬構造物の建設

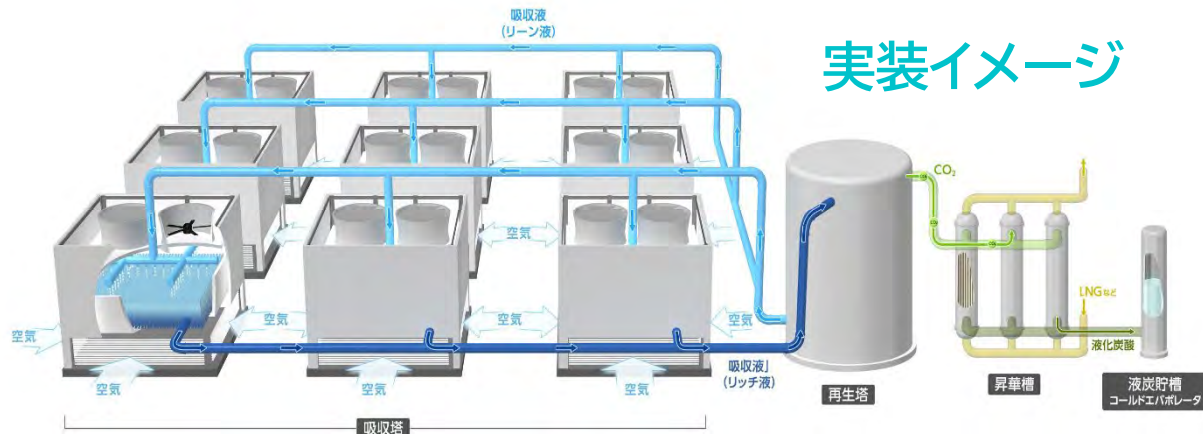
冷熱を利用した 大気中二酸化炭素直接回収の研究開発



プロジェクトマネージャー

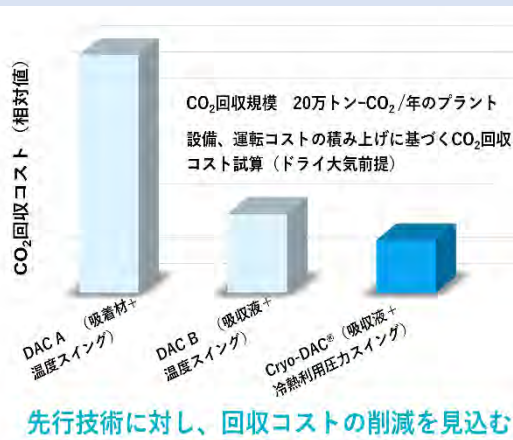
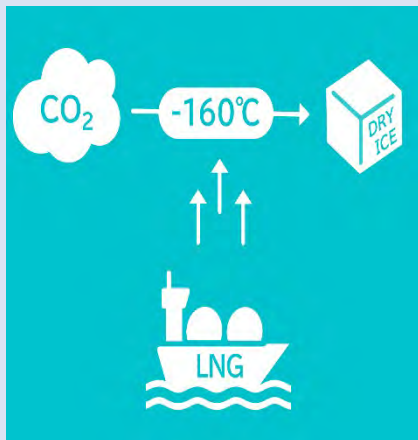


則永 行庸
名古屋大学
教授



実装イメージ

LNG未利用冷熱の活用による新技術で世界トップレベルの低コストなCO₂回収の実現
1t-CO₂/年のベンチスケール機の連続運転、万博にて試作機の実大気連続試験を計画



先行技術に対し、回収コストの削減を見込む

- ✓ 所要熱エネルギー・コストをプロセス解析に基づき試算。先行DACに対する優位性を確認
- ✓ 民間（ガス・エンジ・化学）と連携
- ✓ ベンチスケール機的设计、製作が計画通り進行中

【2024年度KPI】

ベンチスケール機（～1t-CO₂/年）の開発を完了し、連続運転を実施。

大気中CO₂を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発

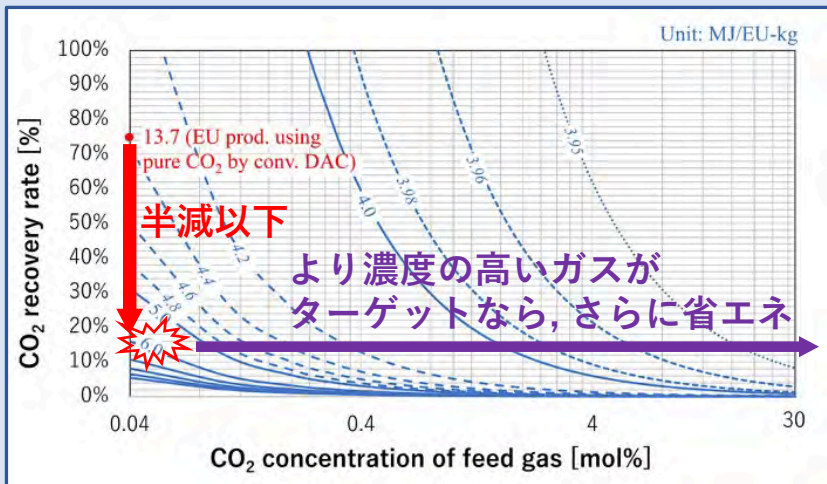
プロジェクトマネージャー DAC/CCUSの省エネ化で豊かな炭素循環の実現を目指す：



福島 康裕
東北大学
教授

- CO₂を吸収した化学品からつづけて化学品を製造
→ プロセスの工夫でCO₂脱離のエネルギー不要化を実現！
- 排ガス向けCCUプロセスへのスピナウト
東北大学×TREホールディングス WX共創研究所で開発継続
- 空気中の水分を反応系からシャットアウト (Type I)
→ 湿潤な気候の地域でもDACを可能にして配置自由度を向上
アミンによるCCUSプロセスへの追加モジュールとしてスピナウトを目指す

化学吸収したCO₂をそのまま製品に変換する国際的にも僅少で優位なプロセスの実現 排ガス向けCCUプロセスへの実現に向け企業と連携開始 (スピナウト実現)



- ✓ quad-CではCO₂回収率15%の装置設計でも、**半減以下*のエネルギー消費**を達成可能と試算
*海外DAC (回収率75%, 既存) での化学品(エチレン尿素)製造基準, 左図
- ✓ プロセスの更なる省エネ化の鍵になるのは空気中の**水の侵入排除**と**化学吸収したCO₂の高濃度化**と判明
- ✓ quad-Cを実現する**高機能材料のラインアップを整備**し**機能発現やハンドリングの知見獲得**

【2022年度KPI】

既存のDACパイロットプラントによるCO₂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CO₂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。

“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO₂循環システムの研究開発

プロジェクトマネージャー

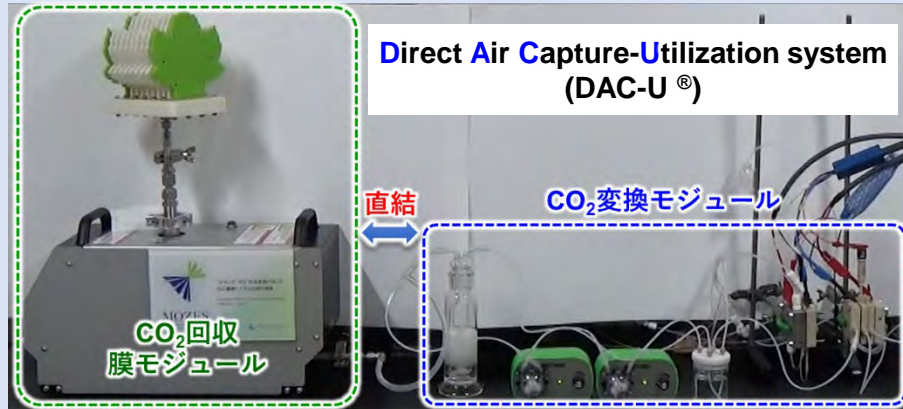


藤川 茂紀
九州大学
教授



世界トップレベルのCO₂分離ナノ膜の創出

一貫したDAC-Uシステムとして分離ナノ膜によるCO₂回収と基礎化成品への連続変換を実証



- ✓ 世界最高性能のCO₂分離ナノ膜作製
- ✓ CO₂分離膜モジュール試作完了
- ✓ CO₂回収・変換モジュールを直結し、大気からの直接的CO₂回収から基礎化成品への連続変換を実現
- ✓ 社会実装を促進するベンチャーを起業

【2024年度KPI】

- N₂・O₂に対して高いCO₂選択比を有する分離膜の開発
- Air-CO₂ (O₂/N₂混合CO₂ガス) からCO, CH₄, C₂H₄を連続製造

機能改良による高速CO₂固定大型藻類の創出とその利活用技術の開発



プロジェクトマネージャー



植田 充美
京都大学
特任教授



陸上植物の10倍以上のCO₂固定能を持った大型藻類の創出 優良大型藻類株の選抜完了

	藻粉製造系 (1G)	木質系 (2G)	藻類 (3G)
原料	農産物 (トウモロコシなど)	森林 (スギなど)	微生物類 (スピリリナなど)
生産性 (t/ha/年)	11	9	10~20
CO ₂ 固定速度 (kg-CO ₂ /m ² /年)	1.6	0.84	1.5~2.9
CO ₂ 固定量比	2.3	1	7.6
バイオマスイエネギー生産工程	シンプル	複雑 (リグニン除去)	シンプル
問題点	食糧と競合	陸地を利用	陸地を利用, コンタミのリスク, コスト高
生産条件	日光, CO ₂ , 淡水, 陸地, 肥料, 農薬	日光, CO ₂ , 淡水, 陸地, 肥料, 農薬	日光, CO ₂ , 淡水/汽水, 陸地
			藻場の拡大

✓ 優良大型藻類株の選抜

優良大型藻類株の選抜完了。杉などと比較して10倍以上のCO₂固定能があることを確認

✓ ゲノム編集技術の導入に向けて

約2カ月の培養で約100~250倍の形質転換用配偶体の増産を達成

✓ 大型藻類を原料としたエタノール発酵

数値目標であるエタノール収率5%の達成に目途

【引用】
 ・ <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/documents/page1-4-per-year.pdf>
 ・ 産官センサー 2021.12. 「微細藻類の産業利用」 / *天草での実測値 / *Atouani S. El., et al., *Phycol. Res.*, 64, 185 (2016).

【2024年度KPI】

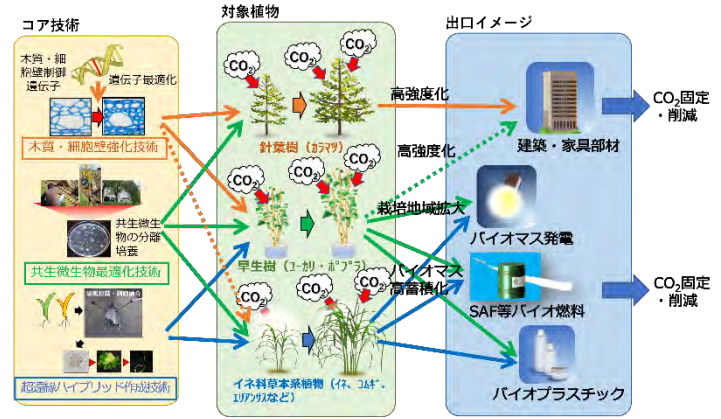
遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生の統合で生み出す次世代CO₂資源化植物の開発



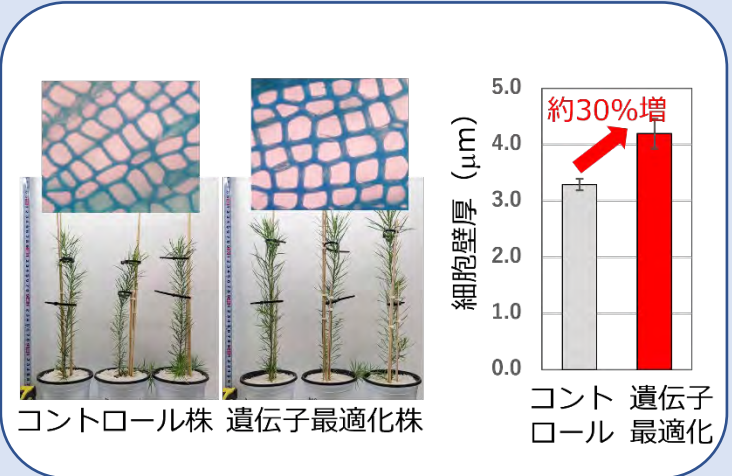
プロジェクトマネージャー



光田 展隆
産業技術総合研究所
副研究部門長



新たな育種技術と栽培技術の組み合わせにより画期的なCO₂資源化植物の開発 要素技術の一つについて、針葉樹での30%木質増強を実現



- ✓ 遺伝子最適化技術の適用で針葉樹において約30%の木質増強（細胞壁厚の増加）を達成
- ✓ 遠縁ハイブリッド技術によりエリアンサス × ススキ交雑植物の耐寒性がエリアンサスより向上していることを確認
- ✓ 特定の植物共生微生物がイネ科植物や樹木の成長性を10～80%向上させることを発見

【2024年度KPI】

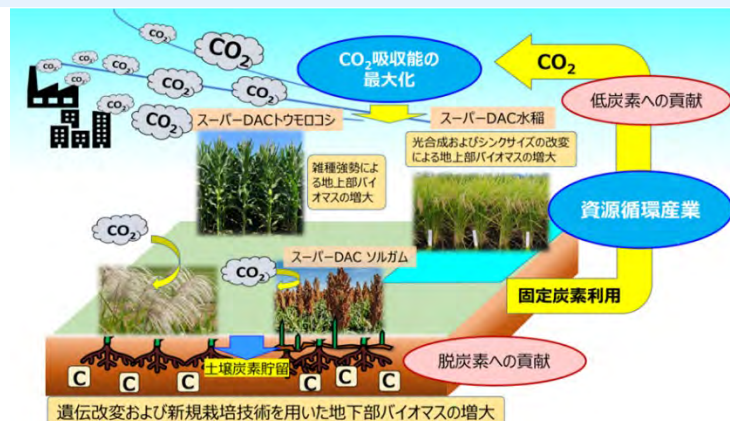
複数技術を組み合わせて30%以上のCO₂固定能向上

炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現

プロジェクトマネージャー



矢野 昌裕
 農業・食品産業技術
 総合研究機構
 シニアエグゼクティブ
 リサーチャー



多様な遺伝子を集積し、作物のCO₂固定能をアップ 飼料用最多収米でシンク容量を15%以上増大する系統を作出



CO₂を大量のバイオマスに換える
 スーパーDACトウモロコシ候補 (左)

- ✓ トウモロコシとテオシントのF1雑種から、
スーパーDACトウモロコシ有力候補の作出に成功!
- ✓ 国内最多収水稻でシンク (DAC炭素の貯蔵場所)
容量を15%以上増大!
- ✓ 農作物のDAC能力およびエタノール変換時の
 環境負荷の試算によってインパクトを評価!

【2024年度KPI】

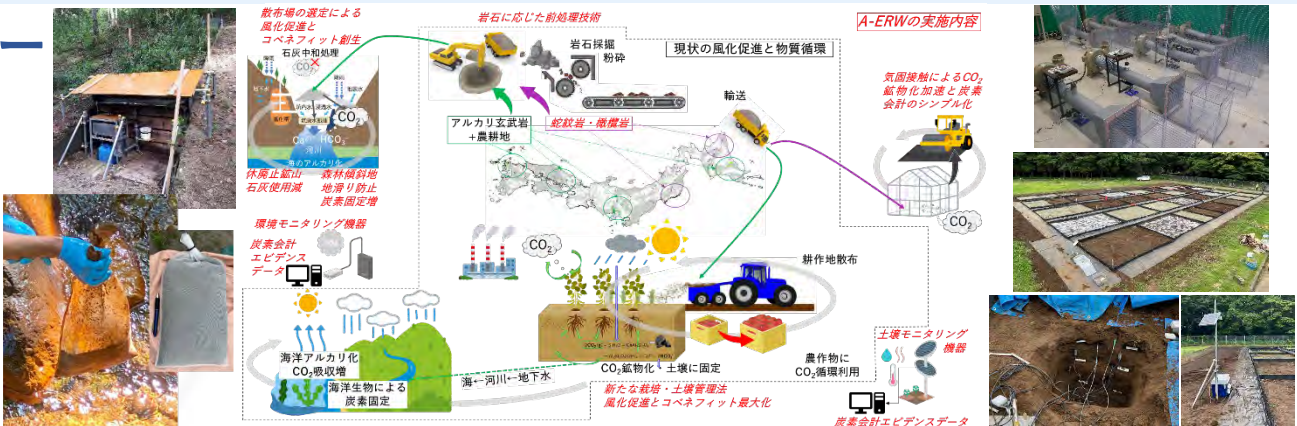
- 北陸193号比でシンク容量を15%増大する系統およびソース能を10%増大する系統の作出
- バイオマス量が24トン/ha (現行比2倍) 以上を示すトウモロコシxテオシントのF1雑種系統の作出
- 事業化が可能なサプライチェーンのシナリオを策定

岩石と場の特性を活用した風化促進技術 “A-ERW”の開発

プロジェクトマネージャー

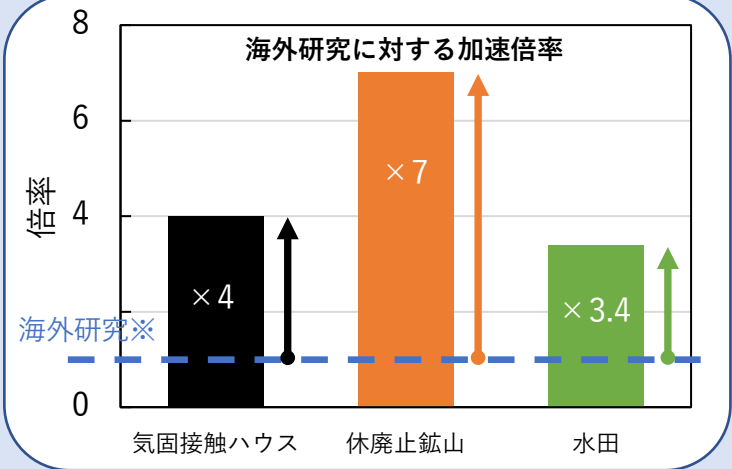


中垣 隆雄
早稲田大学
教授



数千~万年の自然風化を1年程度に短縮

3つの適用法で実環境場試験を開始 正味のCO₂除去量の暫定値を算出



- ✓ 炭素会計とMRVが容易であり、面積集約型の**気固接触ハウス**が完成。将来的に、採石場から排出される廃材を用いて採石場の近くでCO₂の固定が可能に。
- ✓ **休廃止鉱山**への適用により中和石灰代替などコベネフィットの創出を確認。
- ✓ **日本の水田**（作付面積140万ha）の10%に適用した場合、**385万トンのCO₂固定ポテンシャル**を確認。加えて、稲へのSi供給のコベネフィットも創出。

【2024年度KPI】

実環境場試験に基づく採石～散布後残留までを通した正味CDR(t-CO₂/ha/yなど)と総ポテンシャルが明確な炭素会計情報基盤の整備完了

※Beerling, et al., Nature (2020), <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2448-9>を基に算定

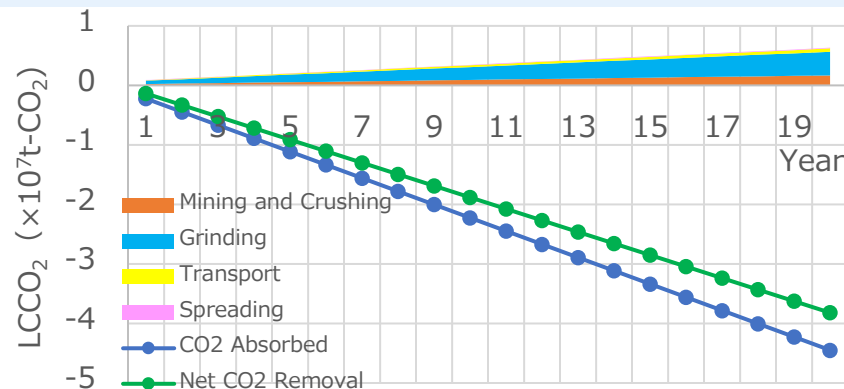
LCA/TEAの評価基盤構築による 風化促進システムの研究開発



プロジェクトマネージャー



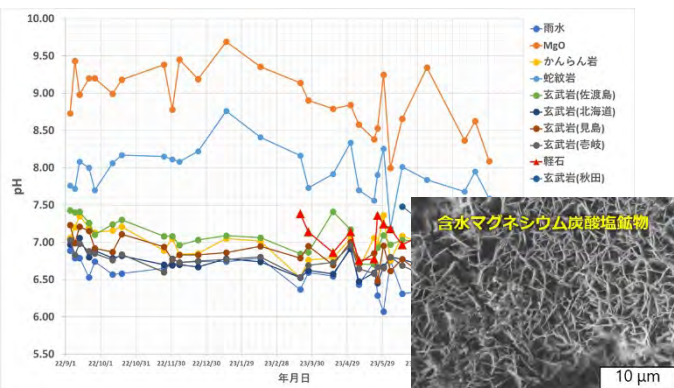
森本 慎一郎
産業技術総合研究所
チーム長



風化促進によるLCCO₂の経年変化

世界初の風化促進評価ツールを開発し、事業化による効果を説明 精緻なCO₂アカウント、低コスト化、植物育成効果説明を実現

長期屋外曝露条件下での炭酸塩化速度の評価



【2024年度KPI】

- ✓ 精緻なCO₂アカウントに向けた過去に例のない風化促進データの集積と新たな測定手法の開発
- ✓ 超音波粉碎により風化促進エネルギーの大幅ダウン
- ✓ 工業的炭酸塩製造を可能にする人為的風化促進条件の解明
- ✓ 苦鉄質岩の植物育成促進や保水性向上の効果をマクロ・ミクロレベルで解明。熱帯作物を使用し、海外展開が可能
- ✓ 世界発の風化促進評価ツールを開発。コストの最適な実用化条件を解明

風化促進におけるCO₂固定化の効果を新たな測定手法で確認し、低コスト化に向けた粉碎技術等の技術開発効果を実験的に示す。更に風化促進の評価ツールのプロトタイプを作成し、岩石の粉碎粒径などに関するコスト最適条件を導出する。

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



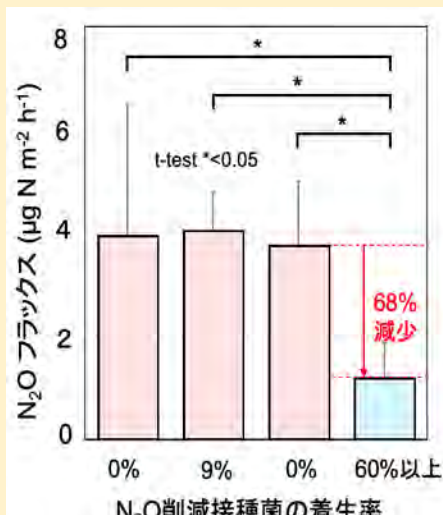
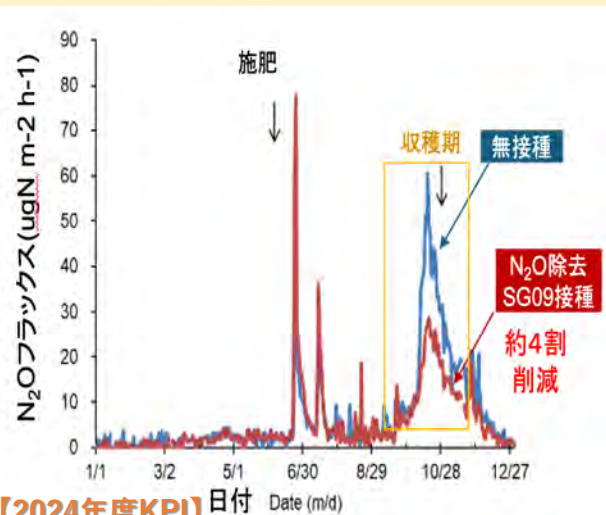
プロジェクトマネージャー



南澤 究
東北大学
特任教授



農地から排出されるN₂Oを微生物により大幅に削減 実験圃場でダイズ収穫期のN₂O発生を約40%削減



- ✓ 新規根粒菌と着生率上昇技術で大幅な圃場N₂O削減に成功
- ✓ 根粒菌と生育促進菌によるダイズ生育促進技術の提示
- ✓ 人工団粒と微生物による肥料由来N₂O削減戦略の日本発の提示
- ✓ 市民の協力でN₂O除去土壌微生物の特定と一部分離に成功

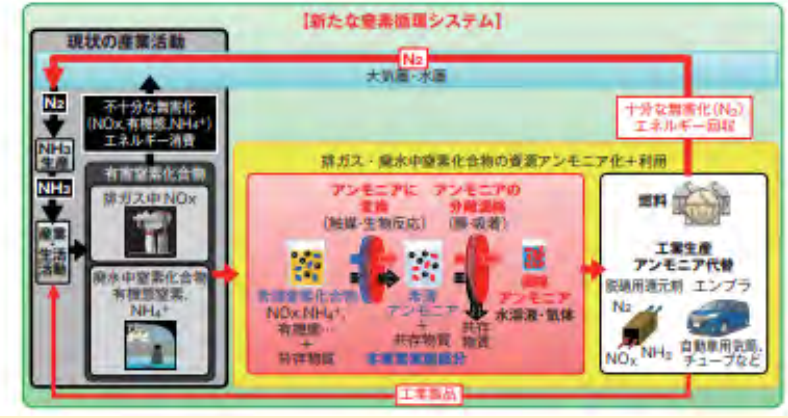
高N₂O還元活性の根粒菌によりマメ科作物残渣由来のN₂Oを圃場で30%削減、人工団粒と微生物によりラボで30%削減する技術を開発する。

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

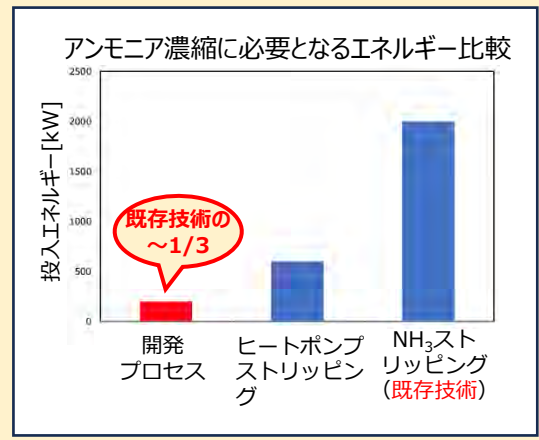
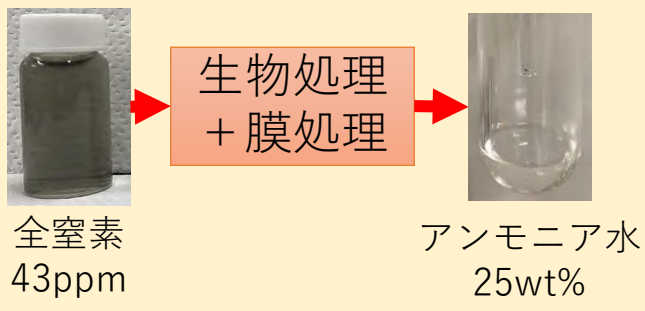
プロジェクトマネージャー



川本 徹
産業技術総合研究所
首席研究員



環境を破壊する「窒素ごみ」を宝の山に トップレベルの技術群で資源化実現・必要エネルギーも大幅に低減



- ✓ 下水中の窒素を変換、濃縮し25wt%アンモニア水生産に成功システム設計により、既存技術の1/3のエネルギーでの運転可能と試算
- ✓ 排ガス中NOをアンモニアに90%以上変換するNTA触媒
- ✓ 廃水・排ガス処理ともにベンチスケール試験の準備進む

【2024年度KPI】

NTAシステムのパイロットスケール試験機の基本設計と使用する吸着材量産法を決定すると共に、廃水中窒素化合物をアンモニア等として回収する技術の0.5m³/d規模での実証を行う。

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



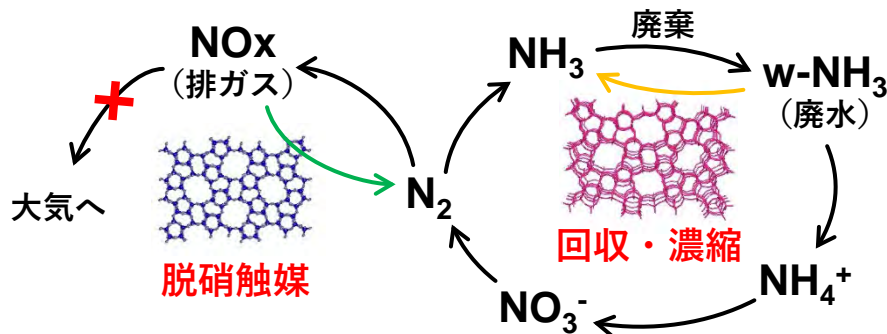
プロジェクトマネージャー



脇原 徹
東京大学
教授

窒素循環社会構築のためには

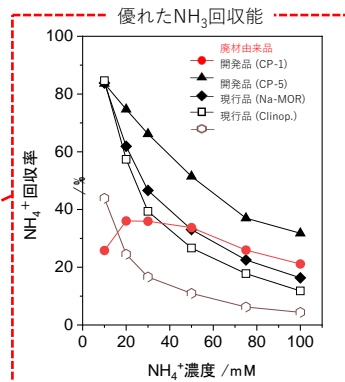
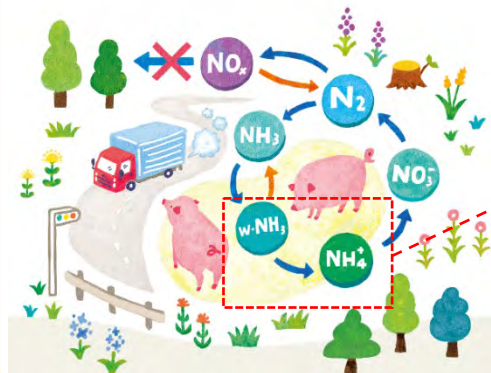
脱硝・アンモニア回収 技術の開発が喫緊の課題



優れた材料開発技術で社会実装可能な触媒・吸着材の創出

アンモニア回収研究において企業、学術機関、下水処理施設、酪農場等との連携で社会実装に向けて前進

目標とする窒素循環システムと代表的な成果



- ✓ 低コストかつ優れたNH₃回収材料を見出し新規社会システムを提案(左図参照)
- ✓ 耐久性と低N₂O排出を両立した脱硝触媒システムを開発
- ✓ ゼオライトの画期的組成チューニング法の開発
- ✓ 脱硝触媒のスケールアップ合成の達成
- ✓ 希薄N₂Oの濃縮システムの開発

【2024年度KPI】

- ✓ 900°C, 10%水蒸気に5時間曝しても結晶性を維持するゼオライト開発
- ✓ NH₃フリーでNO_x浄化率 50%以上
- ✓ 選定ゼオライト合成の低コスト化

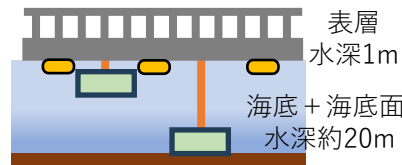
非可食性バイオマス为原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発



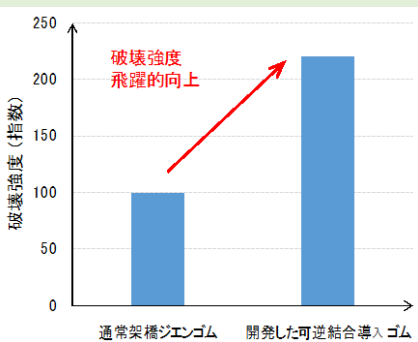
プロジェクトマネージャー



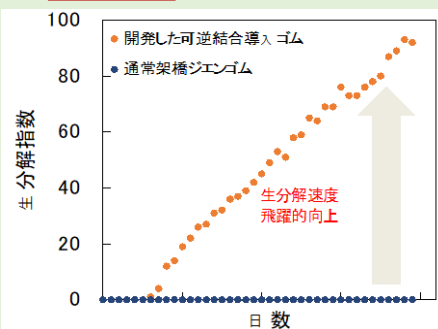
伊藤 耕三
東京大学
教授



ポリマーの強靭性と海洋生分解性を併せて向上させる技術の開発 破壊強度で2倍以上、生分解速度10倍以上の性能向上



**破壊強度2倍以上、
生分解速度10倍以上
を達成**



- ✓ 愛媛県で海洋生分解性ポリマーの大規模フィールド試験を実施（千以上の試料数）
- ✓ アカデミアが、国内外に他例の無い独自技術によるスイッチ機能で強靭性と海洋生分解性の向上を同時に達成
- ✓ 企業がアカデミアの成果を導入した結果、現状のゴムに対して、破壊強度で2倍以上、生分解速度10倍以上の性能向上を実現
- ✓ 2024年度KPIも達成しつつある

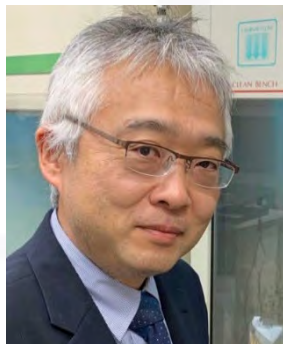
【2024年度KPI】

各企業はそれぞれの対象材料についてマトリクス・マネジメントを通じて緊密にアカデミアと連携し、マルチロック型分解性と強靭化の両立を示す様々な数値目標（例えば、現状の5倍を超える分解性や強靭性）を達成する。

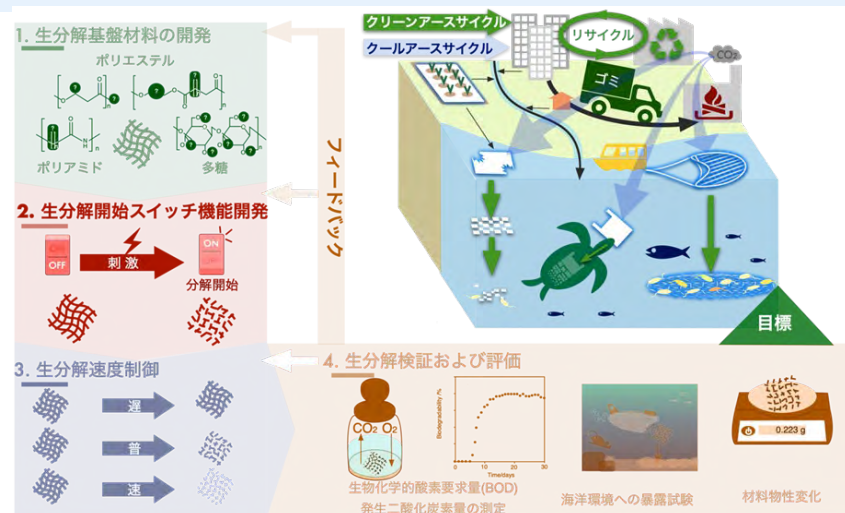
生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発



プロジェクトマネージャー

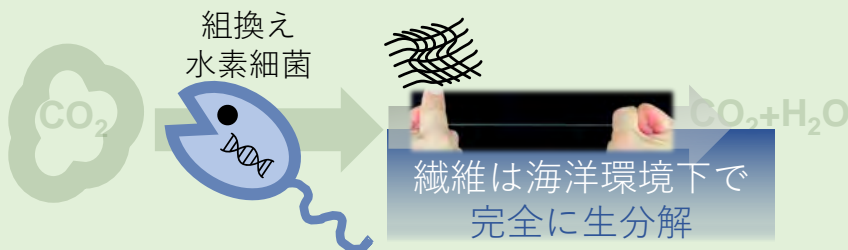


粕谷 健一
群馬大学
教授



分解開始スイッチ機能を導入した海洋生分解性高強度繊維の開発

塩濃度、pH、酸化還元、摩耗スイッチを開発し、海洋環境中での分解を確認



CO₂から1L培養で80 gの樹脂創製
スイッチ機能搭載+引張強度650 MPa(釣り糸15号相当)

- ✓ 多様なスイッチ機能の実証や基盤樹脂を開発
- ✓ 生分解性速度制御技術を開発
- ✓ 海洋生分解性プラスチックの製品を社会実装する体制を構築
- ✓ これらを通じて2024年度のKPI達成を目指している

【2024年度KPI】

5種以上のスイッチング機能開発、これを組み込んだ3種以上の樹脂開発・企業サテライトチームの構築、社会実装推進

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

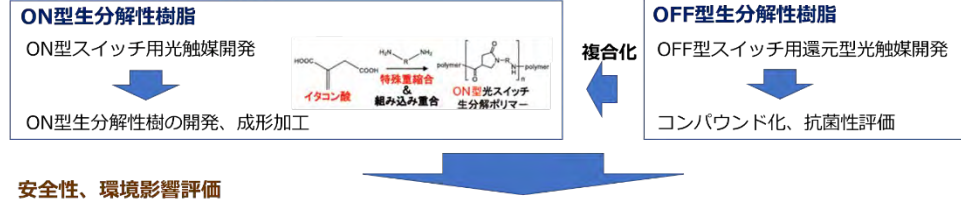
プロジェクトマネージャー



中山 敦好
産業技術総合研究所
主任研究員

(2023年度にPM交代)

スイッチ型生分解樹脂の開発



安全性、環境影響評価

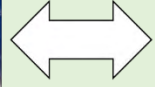
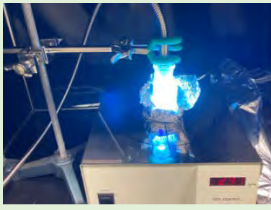
生分解性評価	安全性評価
実環境浸漬生分解性評価 ラボ海水生分解性評価 ナイロン生分解菌、酵素による評価 コンポスト化プロセスの検討	酵素・魚類による評価 各種海洋生物による評価 疑似腸内環境での評価 Intestine遺伝子発現変化の検討

光で生分解を制御するON型とOFF型スイッチ

ON型生分解ナイロンの物性及びスイッチ挙動を明確にした

アミノ酸型モノマー	⇒	軟質ポリアミド	フィルム、コーティング剤
ジカルボン酸型モノマー	⇒	硬質ポリアミド	ロープ、成形品
ジオール型モノマー	⇒	ポリウレタン	エラストマー

新規モノマーによる新規バイオ材料



ラボ条件
と実環境
条件との
関連付け

【2023年度KPI】

- ✓ イタコン酸由来各種モノマーの開発により、さまざまなバイオナイロン、ウレタン材料を合成し、強度、熱特性をはじめとする物性を明確にした
- ✓ 環境中でのスイッチ動作予測のため、光源によるスイッチ挙動と実海域浸漬によるスイッチ挙動とを関連付けた
- ✓ 社会実装に向けた連携研究が始動

社会実装が期待される樹脂種の合成とその各種物性データの整備。
ラボレベル及び屋外環境でのスイッチの動作挙動の定量化。

参考資料 3

プロジェクト一覧

プロジェクト一覧(1)

技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
(1) 温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発				150.3億円
微生物・電気化学	(国研)産業技術総合研究所 加藤 創一郎 	<2020年度採択> 電気エネルギーを利用し大気CO ₂ を固定するバイオプロセスの研究開発 【技術見極め型】 2022年度で終了	(国研)産業技術総合研究所 (国大)東京工業大学 (国大)東海国立大学機構名古屋大学	2020～22年度 5.0億円 <26人> ※2022年 3月8日時点
固体吸収	(国大)金沢大学 児玉 昭雄 	<2020年度採択> 大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発 【競争型】	(国大)金沢大学 (公財)地球環境産業技術研究機構 ※再委託先に企業参加	2020～22年度 9.4億円 2023～24年度 17.6億円 <46人>
物理吸着、液体吸収	(国大)東京大学 杉山 正和 	<2020年度採択> 電気化学プロセスを主体とする革新的CO ₂ 大量資源化システムの開発 【競争型】	(国大)東京大学 (国大)大阪大学 (国研)理化学研究所 <u>UBE(株)</u> <u>清水建設(株)</u> <u>千代田化工建設(株)</u> <u>古河電気工業(株)</u>	2020～22年度 12.6億円 2023～24年度 7.0億円 <78人>

※<>内は委託先・再委託先の登録研究員数（2023年4月11日時点）。人事異動等により変動する。

プロジェクト一覧(2)

技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
炭酸塩化	(国大)東京大学 野口 貴文 	<2020年度採択> C ⁴ S*研究開発プロジェクト *C ⁴ 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) 【社会実装見極め型】	(国大)東京大学 (国大)北海道大学 ※再委託先に企業参加	2020~22年度 5.0億円 2023~24年度 5.0億円 <21人>
液体吸収	(国大)東海国立大学 機構名古屋大学 則永 行庸 	<2020年度採択> 冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発 【特定条件型】	(国大)東海国立大学機構名古屋大学 <u>東邦瓦斯(株)</u> (学)東京理科大学	2020~22年度 3.1億円 2023~24年度 5.6億円 <35人>
膜分離、 固体吸着	(国大)東北大学 福島 康裕 	<2020年度採択> 大気中CO ₂ を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発 【競争型】 2023年度末でスピニアウト	(国大)東北大学 (公大)大阪 <u>(株)ルネッサンス・エネルギー・リサーチ</u>	2020~22年度 8.5億円 2023年度 0.5億円 <57人>

※<>内は委託先・再委託先の登録研究員数（2023年4月11日時点）。人事異動等により変動する。

プロジェクト一覧(3)

技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
膜分離	(国大)九州大学 藤川 茂紀 	<2020年度採択> “ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO ₂ 循環システムの研究開発 【競争型】	(国大)九州大学 (国大)熊本大学 (国大)北海道大学 ※再委託先に企業参加	2020～22年度 11.4億円 2023～24年度 8.2億円 <42人>
バイオマス	(国大)京都大学 植田 充 	<2022年度採択> 機能改良による高速CO ₂ 固定大型藻類の創出とその活用 【インパクト見極め型】	(国大)京都大学 (国大)三重大学 (国大)京都工芸繊維大学 関西化学機械製作(株) Green Earth Institute(株)	2022～23年度 3.1億円 2024年度 1.4億円 <37人>
バイオマス	(国研)産業技術総合研究所 光田 展隆 	<2022年度採択> 遺伝子最適化・超遠縁ハイブリッド・微生物共生の統合で生み出す次世代CO ₂ 資源化植物の開発 【インパクト見極め型】	(国研)産業技術総合研究所 (国大)東京都立大学 住友林業(株)	2022～23年度 2.9億円 2024年度 2.0億円 <25人>


※<>内は委託先・再委託先の登録研究員数（2023年4月11日時点）。人事異動等により変動する。

プロジェクト一覧(4)



技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
バイオマス	(国研)農業・食品産業技術総合研究機構 矢野 昌裕 	<2022年度採択> 炭素超循環社会構築のためのDAC農業の実現 【インパクト見極め型】	(国研)人農業・食品産業技術総合研究機構 (国大)東海国立大学機構名古屋大学 (国大)東京農工大学 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">※再委託先に企業参加</div>	2022～23年度 2.8億円 2024年度 1.4億円 <43人>
炭酸塩化	(学)早稲田大学 中垣 隆雄 	<2022年度採択> 岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発 【インパクト見極め型】	(学)早稲田大学 (国大)北海道大学 (公大)京都府立大学 <u>三菱重工(株)</u>	2022～23年度 3.2億円 2024年度 1.8億円 <56人>
炭酸塩化	(国研)産業技術総合研究所 森本 慎一郎 	<2022年度採択> LCA/TEAの評価基盤構築による風化促進システムの研究開発 【インパクト見極め型】	(国研)産業技術総合研究所 (国研)理化学研究所	2022～23年度 3.6億円 2024年度 1.6億円 <56人>

※<>内は委託先・再委託先の登録研究員数（2023年4月11日時点）。人事異動等により変動する。

プロジェクト一覧(5)

技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
微生物 (N ₂ O)	(国大)東北大学 南澤 究 	<2020年度採択> 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 【競争型】	(国大)東北大学 (国研)農業・食品産業技術総合研 究機構 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">※再委託先に企業参加</div>	2020～22年度 21.6億円 2023～24年度 6.0億円 <131人>

プロジェクト一覧(6)

技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
(2) 窒素化合物を回収、資源転換、無害化する技術の開発				44.9億円
触媒化学 (NOx)	(国研)産業技術総合研究所 川本 徹 	<2020年度採択> 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 【競争型】	(国研)産業技術総合研究所 (国大)東京大学 (学)早稲田大学 (国大)東京農工大学 (国大)神戸大学 (国大)大阪大学 (国大)山口大学 <u>協和発酵バイオ(株)</u> <u>(株)アストム</u> <u>東洋紡(株)</u> <u>(株)フソウ</u>	2020~22年度 23.0億円 2023~24年度 10.0億円 <123人>
	(国大)東京大学 協原 徹 	<2020年度採択> 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 【競争型】	(国大)東京大学 (国研)産業技術総合研究所 (一財)ファインセラミックスセンター <u>三菱ケミカル(株)</u>	2020~22年度 7.9億円 2023~24年度 4.0億円 <32人>

プロジェクト一覧(7)

技術分類	PM名	プロジェクト名	実施機関（委託先）	配賦額
(3) 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				44.0億円
	<p>※<>内は委託先・再委託先の登録研究員数（2023年4月11日時点）。人事異動等により変動する。</p> <p>(国大)東京大学 伊藤 耕三</p> 	<p><2020年度採択> 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</p> <p>【競争型】</p>	<p>(国大)東京大学 三菱ケミカル(株) (株)ブリヂストン (株)クレハ (国大)九州大学 (国大)東海国立大学機構名古屋大学 (国大)山形大学 (公財)地球環境産業技術研究機構 (国研)産業技術総合研究所 (国大)愛媛大学 (国大)東京工業大学</p>	<p>2020～22年度 14.5億円</p> <p>2023～24年度 7.5億円</p> <p><121人></p>
スイッチ機能	<p>(国大)群馬大学 粕谷 健一</p> 	<p><2020年度採択> 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</p> <p>【競争型】</p>	<p>(国大)群馬大学 (国大)東京大学 (国大)東京工業大学 (国研)理化学研究所 (国研)海洋研究開発機構</p> <p>※再委託先に企業参加</p>	<p>2020～22年度 8.0億円</p> <p>2023～24年度 7.5億円</p> <p><65人></p>
	<p>(国研)産業技術総合研究所 中山 敦好</p>  <p>2023年度にPM交代</p>	<p><2020年度採択> 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</p> <p>【競争型】</p> <p>2023年度末でスピナウト</p>	<p>(国大)北陸先端科学技術大学院大学 (国大)神戸大学 (国大)鹿児島大学 (学)東京理科大学 (国大)東京農工大学 (国研)産業技術総合研究所 (地独)大阪産業技術研究所</p>	<p>2020～22年度 6.0億円</p> <p>2023年度 0.5億円</p> <p><47人></p>