

「2022年度推進テーマ最終報告(要約)」

『Ambient Energy Platform の構築と社会実装』

～熱を含めた統合EMSの早期実現を目指して～

推進テーマリーダー 齋藤 潔
(早稲田大学 理工学術院 教授)

コリーダー 佐々木 正信
(東京電力エネルギーパートナー)

報告の全体像

エネルギーマネージメントシステム(EMS)による**エネルギーシステム全体の最適化**が国家的要請

EMSの技術開発の多くは、デジタル技術との親和性の高い**電力系が中心に進展**

一方で、**エネルギー最終利用の50%程度が熱**

例えば、熱利用技術の中核となる**ヒートポンプ技術**の導入が進むと、2030年度には約4千万トン、2050年度までには約**1.3億トンものCO₂排出量削減効果**が試算

電力のみならず熱利用を含めたEMSによるエネルギーの全体最適化が必須だが、極めてアナログ的な**熱利用技術についての対応が大きく出遅れ**

そこで、

- ソフトウェアとしてのEMSだけではなく、ハードウェアとしての機器やセンサーも含めて異業種、異システムの**連携を容易とするプラットフォームを確立**
- このプラットフォーム活用して社会的要請に応えうる6プロジェクトを立ち上げ、**技術として社会実装**
- そのデジタルツイン技術等を活用した**効果を予測・検証可能な体制の構築**

これにより、熱も含めたEMSの早期普及に貢献する。

目次

1. テーマの目標とプロジェクトの出口
2. 報告のポイント
3. 提言及び産学官の役割分担
4. 取り組みのロードマップ

1. テーマの目標とプロジェクトの出口

熱を含めたエネルギーのシステム統合と全体最適化の早期実現

キーワード：熱のデジタル化，熱のエネルギーマネージメント，プラットフォーム化，異分野連携

急変する社会的要請：カーボンニュートラル，DX，異常気象対策(超高外気温)

SDGs実現，感染症対策，食品ロス対策，労働環境急変対策…



- 熱系に特有な特性を考慮しながら熱のデジタル化を促進し，システム統合や全体最適化を実現するハードウェアとしての新たな機器やセンサー開発
- 異なるシステムや業態等の連携促進を可能とするIoT，データ通信，セキュリティー，制御技術等のソフトウェアまで含めた全体最適化の実現に必要なプラットフォーム構築



- プラットフォームを活用して，急変する社会的要請に対応可能な技術の**具体的社会実装**の実現
- シミュレーション技術による機器の運転予測や評価，デジタルツインによる熱利用技術の**効果予測・検証体制の構築**



以上，カーボンニュートラルやSDGs等にご貢献するエコシステムを構築することにより，社会問題の解決にご貢献

2. 報告のポイント ~エネルギー戦略

グリーン成長戦略では、**エネルギーマネージメント**によるエネルギーの全体最適化促進

2050カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略より抜粋(2020.12.25)

	現状と課題	今後の取組
エネルギーマネージメント (AI・IoT、EV等の活用)	<p>社会実装の加速化</p> <p>現状：・市場獲得に向けた海外との共同研究・実証を実施 ・EV充電のピークシフト実証による課題抽出</p> <p>課題：・エネルギーマネージメント取組への評価・認知度不足</p>	<p>社会実装に向けた規制・制度改革</p> <p>・ビッグデータやAI・IoTの活用による、EV・蓄電池、エアコン等の最適制御（規格・基準の整備）</p> <p>・再エネ、EV、蓄電池等を活用したアグリゲーターや配電事業者による新たなビジネス創出（電事法関係省令の整備及び実証支援）</p> <p>・エネルギーの最適利用促進に向けた制度見直し（省エネ法、インバランス料金制度の改善）</p>

電気系は、デジタル化技術と親和性も高いため、EMSを活用した多様なエネルギー利用体系化が確実に進展。一方で、熱分野が国内エネルギー消費の最大ウェイト

- ・国内での**製造業のエネルギー投入量の約8割が「蒸気・化石燃料」の熱利用**
- ・家庭部門66%、業務他部門53%が熱用途利用(冷暖房、給湯、厨房)

国際社会からは、脱燃焼要請。例えば、**ヒートポンプ**を2050年までには**10倍**にすべきとの要請

- ・国内での**ヒートポンプ**導入拡大効果試算, 2030年度:4千万トンCO₂, 2050年度:1億4千万トンCO₂削減

熱のマネージメントにより、**エネルギーの真の全体最適化**が可能となる。

熱の効果的な利用がなかなか進んでいかない。なぜ？

2. 報告のポイント ～何をするのか？何が解決されるのか？

- 機器側: 熱利用機器は、外部環境等に影響を受け、測定すべき物理量も多いため (温度, 流量, 圧力, 湿度, 濃度, …), 熱量や物質 (CO₂など)フロー, 機器の運転効率等の基盤情報が外部に提供されないことも多い. 回転機器等の保護のため外部からの制御も大きく制限. →基盤情報の「見える化」や機器の外部制御を可能とし, EMS実現を容易とする熱利用機器開発を進める
- EMS側: 上記のような機器状況であり, ベンチマークも不十分な中, EMSの効果が不明確→熱を含めたEMSが正しく評価される評価指標を明確化(脱炭素化やSDGs実現)
- 共通: 共有するデータ等が不明確なため, 異なるメーカーの機器などでEMSによる最適運用などは極めてやりにくい. →プラットフォームを構築し共通ルールを明確化する
- 共通: 導入効果の予測や検証ができない. →デジタルツインプラットフォームを構築し, 熱のEMSの効果の予測や検証を可能に!
- 共通: 再エネ大量導入に対応する技術の共通化等の検討が十分に進んでいない. →蓄熱等によってエネルギー需給調整技術, 再エネ大量導入に貢献するDR対応技術を明確化

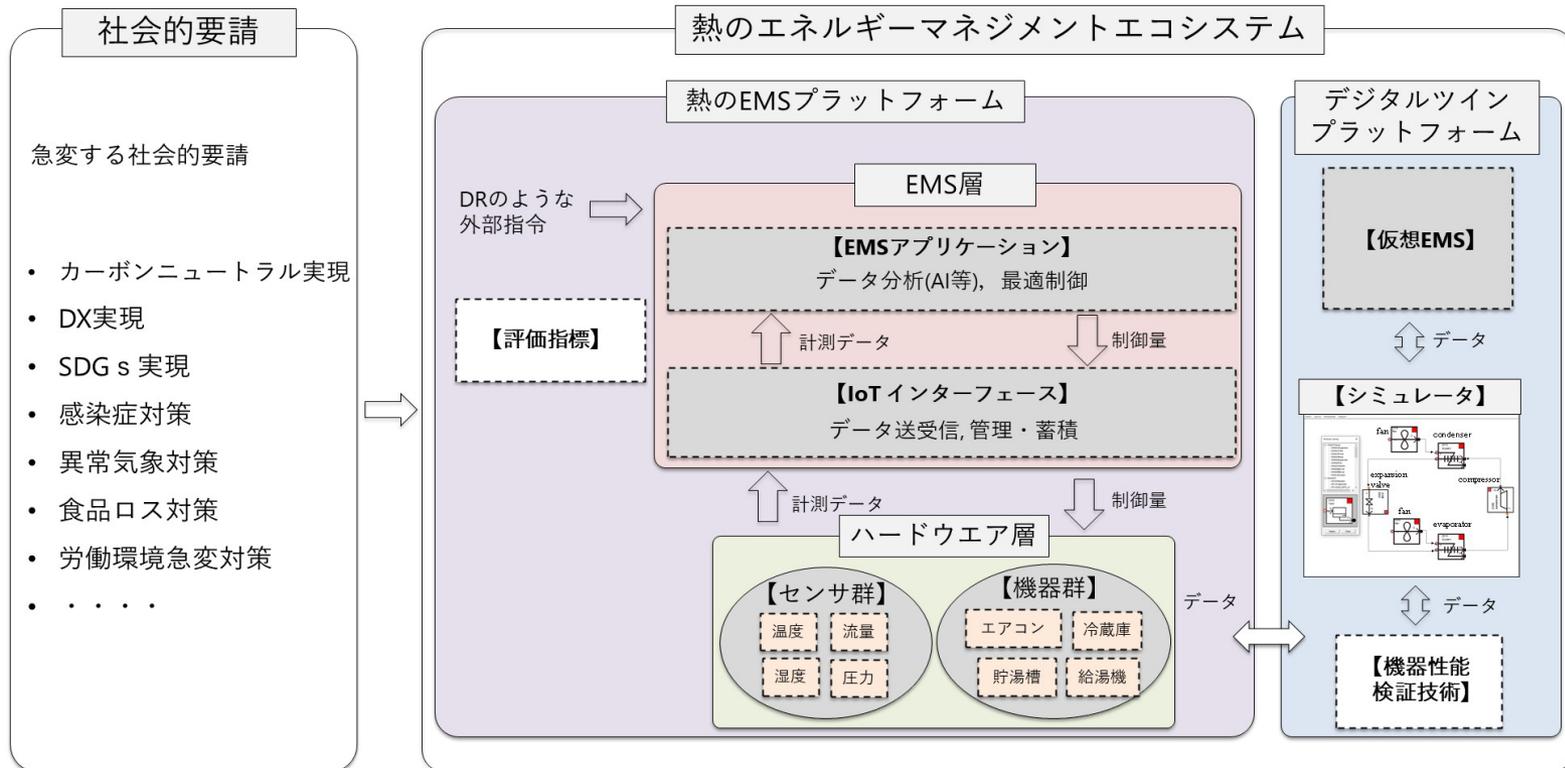


- 共通ルールを構築し, その標準化を進め, プラットフォーム早期実現を後押し!
- プラットフォームの実証実験や実証シミュレーションを実施し, その効果を確認

2. 報告のポイント ~構築するエコシステム

熱を含めたエネルギーのシステム統合と全体最適化の早期実現

キーワード: 熱のデジタル化, 熱のエネルギーマネジメント, プラットフォーム化, 異分野連携



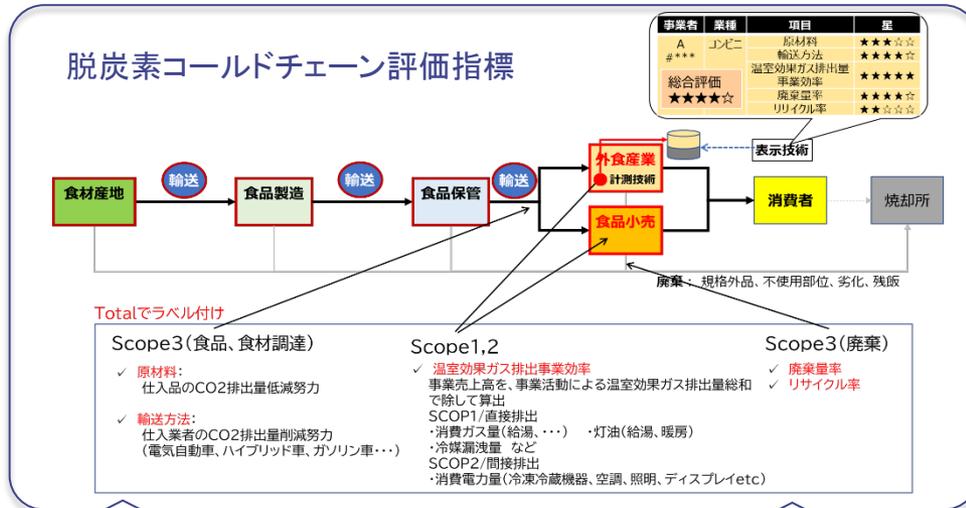
熱利用技術が重要となる領域で社会実装を進める
水素, コールドチェーン, 空調, キャンパス, 農業, ヒートポンプ

2. 報告のポイント ~複数のプロジェクト設置

- 熱が重要となるエネルギー供給, 食品物流, 住宅, 建築, 産業等の**多様な社会領域に課題を設定**
- 技術的にみれば, 低温(コールドチェーン), 中温(空調, キャンパス, 農業), 高温(ヒートポンプ)まで**幅広い温度帯のWG**

	プラットフォーム	目的	2050年CO ₂ 排出削減目標	参加企業
	持続的脱炭素 コールドチェーン	<ul style="list-style-type: none"> サプライチェーン全体の脱炭素化 食品との連携(食品ロス等)による付加価値創出 温度レベル等と食品品質価値基準の明確化 農業分野の脱炭素化 	2800万トン	パナソニック(主査), 関西電力, 富士電機, 慶應義塾大学, 東京海洋大学, ダイキン, 前川製作所, コールドストレージ・ジャパン, 三菱重工サーマルシステムズ, 三菱総研, オムロンフィールドエンジニアリング, 日立ハイテク
	カーボンニュートラル キャンパス	<ul style="list-style-type: none"> 環境・熱・エネルギー統合マネジメントシステムの概念設計 学校に特徴的な技術の明確化 	300万トン ※通常のビル等でも適用可能な技術が多いため, 更なる削減効果も見込める	日建設計総研(主査), ダイキン, 日立製作所, ダイナエアー, 三菱重工サーマルシステムズ, 三菱重工冷熱, 日本電気
	多角的活用 次世代ヒートポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 国際社会が要求するヒートポンプ10倍普及方策検討 ヒートポンプの新たな形態(集合住宅, 産業用) 普及促進策(補助金, シミュレーション技術) 今後の冷媒 	4500万トン	前川製作所(主査), 早稲田大学, ダイキン, 三菱電機, 関西電力, 三菱重工サーマルシステムズ, アズビル, 富士電機, パナソニック, 竹中工務店, ノーリツ
共通 プロジェクト	データ収集, 通信, デジタルツイン技術の共通化	<ul style="list-style-type: none"> データ通信方法を一般化し, 電気と熱のバランスの良い活用の実現 負荷予測, 人流等まで含めた全体最適化 熱の見える化 セキュリティ 		NTTファシリティーズ(主査), 竹中工務店, 東芝キャリア, 富士電機, ダイキン, アズビル, 日建設計総合研究所, 三菱電機, 清水建設

2. 報告のポイント ~例: 持続的脱炭素コールドチェーン



高品質の食品供給と脱炭素化の同時実現ができれば、極めて国際競争力の強いサプライチェーンが実現

フードサプライチェーン内の各事業者の温室効果ガス排出量を定量化し、見える化する指標を構築(SCOPEベース)

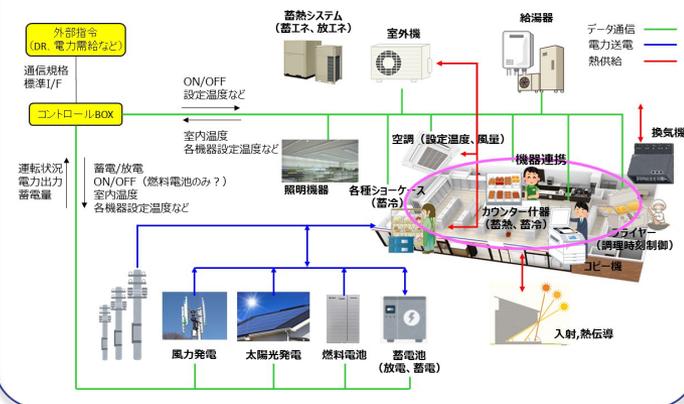
これにより、各事業者が主体的に温室効果ガス排出量が少ない商品・サービスを提供する社会風土を醸成

生産領域でのEMS



小売店舗でのEMS

- 方向性
- ◆店舗内の機器連携によるエネルギー使用量の最小化
 - ◆再エネ、蓄電、蓄エネなどを付加し、店舗機器も含め連携することで、EMS効果を最大化



小売店舗: ショーケースからの冷熱漏洩をはじめとして無駄だらけのエネルギー使用状況を数値的に明確化し、新たな小売店舗のエネルギー利用体系を提案

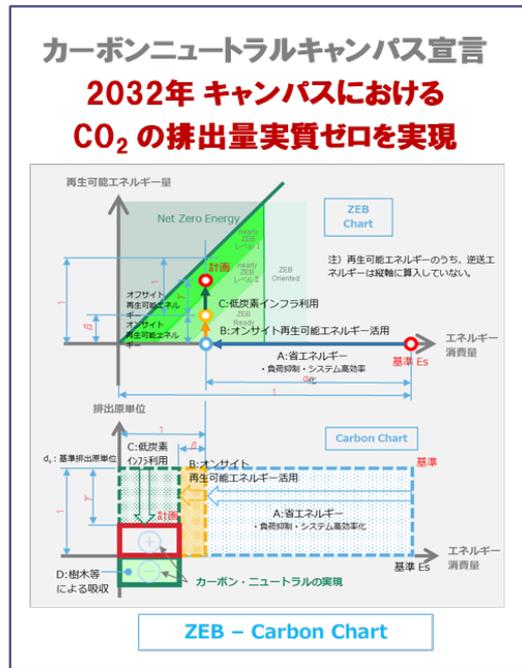
生産領域: 太陽光、メタン発酵、バイオマスを有効に活用できるエネルギー管理を実現

実装交渉中: 神戸コープ、インドネシア島嶼での魚のサプライチェーン

2. 報告のポイント ~カーボンニュートラルキャンパス

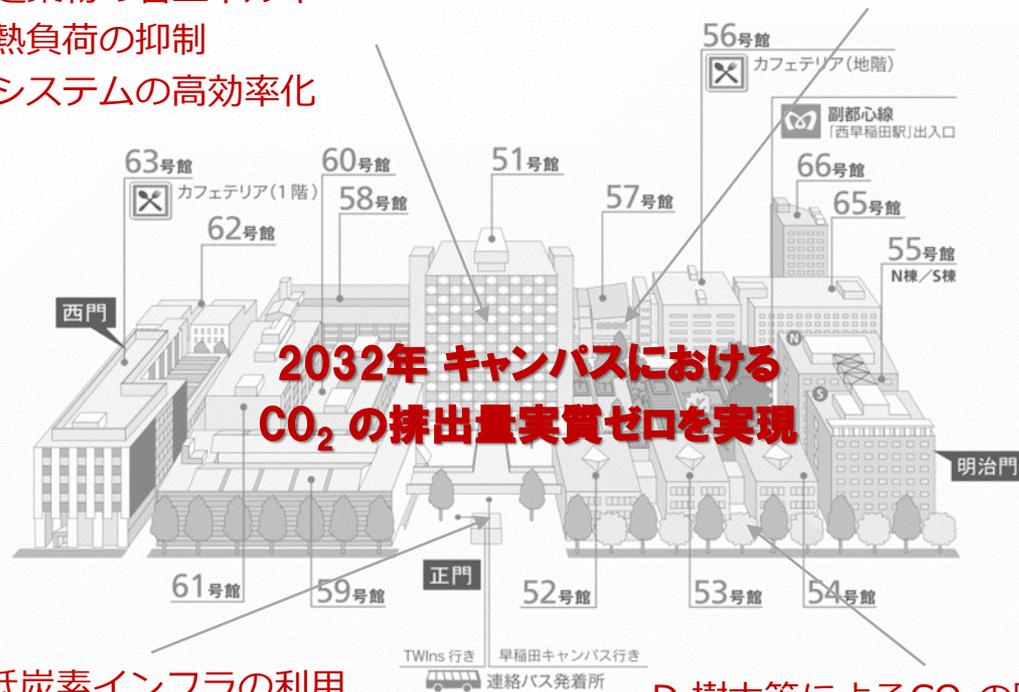
2032年にカーボンニュートラルを宣言している早稲田大学の理工キャンパスを例
 キャンパス特有の人流等を配慮しながら、具体的に潜顕熱分離空調やCO₂濃度等を制御する換気
 空調によってCO₂排出量実質ゼロを可能とする環境・エネルギー設計方法を実現

目標



A 建築物の省エネルギー
 熱負荷の抑制
 システムの高効率化

B オンサイトの再生可能エネルギー利用



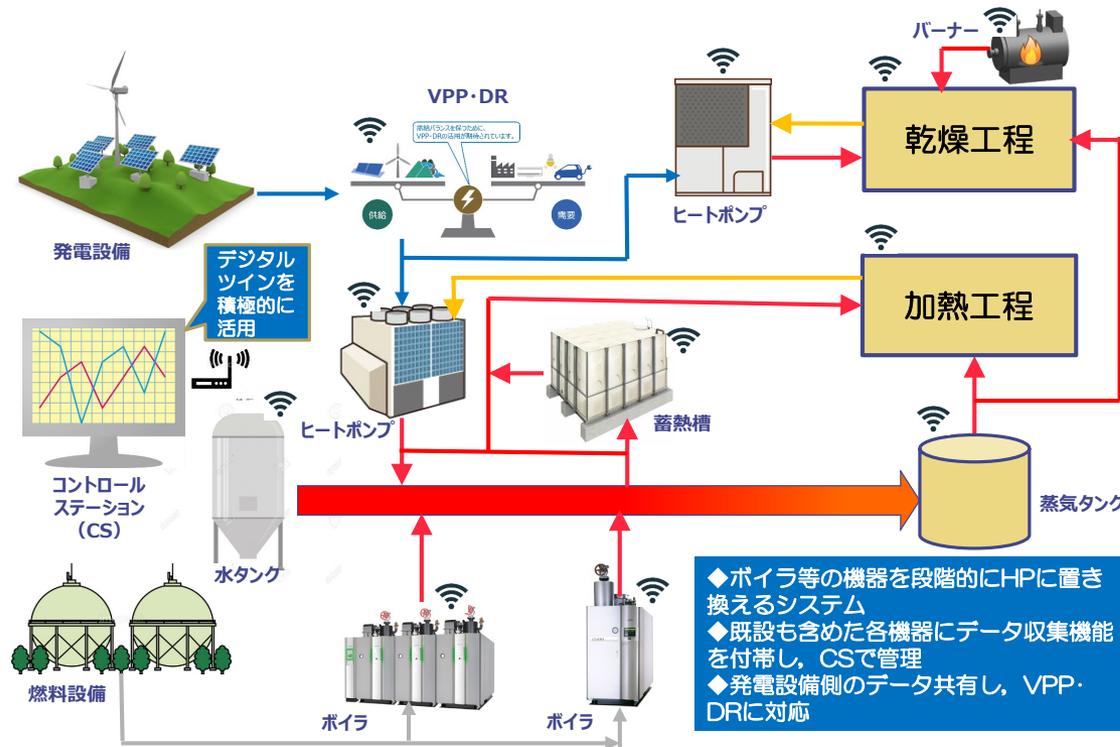
C 低炭素インフラの利用

D 樹木等によるCO₂の吸収・除去

2. 報告のポイント ~例: 多角的次世代ヒートポンプ

温室効果ガス削減効果が大いものの普及が進んでいない燃焼機器代替の加熱工程に利用するヒートポンプの課題と解決方法を検討。加熱用途産業用ヒートポンプ(食品, 飲料・乳業, 化学, 工業など), 業務用給湯ヒートポンプ(集合住宅, ホテル, 病院など)を対象。VPP・DRにも対応

- 大変な無駄をしている蒸気配管網を含めた産業用蒸気生成HPを中核としたEMS
- 集合住宅におけるHP導入を可能とするセントラル型のヒートポンプやDR対策等を考えたヒートポンプ給湯機群のEMS
- 業務用ヒートポンプのEMS



次世代ヒートポンププラットフォーム

新技術

	従来技術	新技術
供給温度	100°C以下が主流 120°C程度までは実績あり	従来技術に加えて、 150~200°Cに対応可 ボイラ代替使用可
冷媒	HFC, 自然冷媒	HFO, 自然冷媒
熱源	空気, 水 (~50°C)	空気, 水, 排熱 (~100°C)
運転制御	熱負荷に追従したヒートポンプ最適運転	電源の需給バランス制御 (VPP, DR) プロセス全体最適制御 (エネマネ)
遠隔監視	ヒートポンプのみ	システム全体
メンテナンス	運転時間等による定期メンテ	予防保全, 診断機能
運転状態の見える化	性能, 電力量など	性能, 電力量, 電気料金, CO2 排出削減量,
電源構成	火力中心	再エネ導入量により, 原単位が減少

目標達成のためのロードマップ

	2020年~	~2030年度	~2040年度	~2050年度
従来 HP				
補助金による導入促進	→	→		
シミュレーションによる効果確認	→	→		
次世代 HP				
~200°C機開発・市場導入	→	→		
プラットフォーム構築	→	→		
実証試験	→	→		
補助金による導入促進	→	→	→	
デジタルツイン活用	→	→	→	
新ビジネスモデル構築	→	→	→	→
温室効果ガス 排出量削減目標		2030年度 3,754 万 t-CO ₂		2050年度 13,699 万 t-CO ₂

2. 報告のポイント ～参加企業

研究開発を中心とした競争領域よりも、プラットフォーム化に必要な標準化やルール作りを主とした**協調領域を進めるため**、異なるメーカーの製品による機器連携や、機器メーカーとEMS開発者との連携も必要であり、多様な企業の参画を目指す。現在31社参画

★大学：早稲田大学，慶応義塾大学，東京海洋大学，電気通信大学

★独法：農研機構

★エネルギー：東京電力EP，東京ガス，関西電力

★ユーザー，EMS関連：日建設計総合研究所，清水建設，竹中工務店，NTTファシリティーズ，甲南ユーティリティ，アズビル株式会社，日本電気

★メーカー：ダイキン工業，東芝キャリア，パナソニック空質空調社，三菱重工サーマルシステムズ，三菱電機，富士通，富士電機，前川製作所，ダイナエアー，ノーリツ，日立ハイテク，三菱重工冷熱株式会社，オムロンフィールドエンジニアリング，コールドストレージ・ジャパン株式会社

★センサ：三菱ケミカル株式会社

★シンクタンク：三菱総合研究所

3. 提言及び産学官の役割分担

★産官学の連携

全体	• 熱のEMSプラットフォーム化へのルール作り	…経産省, 国交省, 農水省, 環境省, デジタル庁
	• 熱のデジタルツインプラットフォーム化へのルール作り	…経産省, 国交省, 農水省, 環境省, デジタル庁
	• 効果の予測や検証体制の構築(ラベリング等含む)	…経産省, 国交省, 農水省, 環境省, デジタル庁
個別	• 機器やEMS技術のスマート化のレベル化 (車の自動運転のように)	…経産省
	• 評価指標の標準化	…★機器:経産省, ★サプライチェーン:環境省, ★建物関連:国交省, ★農食:農水省
	• 熱・物質移動量や効率の「見える化」に向けたルール作り	…経産省, デジタル庁
	• プロトコルやシミュレータの標準化(適用先で異なるか?)	…経産省, 国交省, 農水省, 環境省, デジタル庁

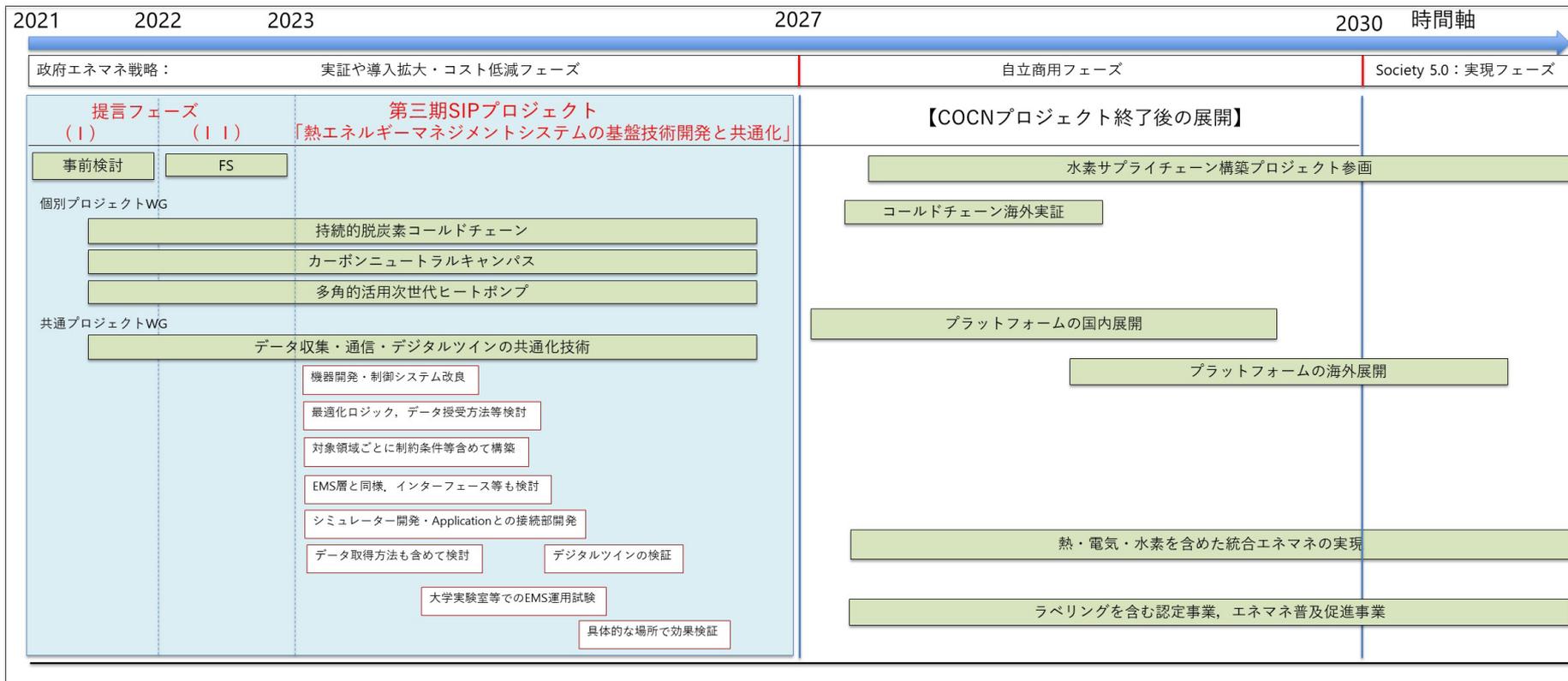
★産業界中心

EMSによる外部制御を容易とする機器開発やEMS開発

★アカデミック中心

デジタルツインの開発

4. 取り組みのロードマップ ~プロジェクト全体



2023(令和5)年5月22日

「2022年度推進テーマ最終報告(要約)」

『医療分野における色彩の標準化 と社会実装』

大日本印刷株式会社

フェロー 中村 典永

目次

1. テーマの目標とプロジェクトの出口

2. 報告のポイント

- 2-1. 背景
- 2-2. 医療領域による違い
- 2-3. 色票による色補正の運用フロー
- 2-4. 皮膚科領域での色再現性確認
- 2-5. 病理診断領域での検証状況
- 2-6. ガイドライン
- 2-7. 標準化の進捗

3. 来年度に向けて

- 3-1. 今後の検討項目
- 3-2. 出口案に向けて(府省連携のお願い)

4. 取り組みのロードマップ

医療分野における色彩の標準化と社会実装

目標

医療分野における画像を用いた診療、診断を対象に画像の色彩を標準化し社会実装を行うことにより、医療全体の進化をサポートする。



2022年度の取り組み

- ・色票のレベルアップ
- ・医療現場でのシステムの妥当性確認
- ・国際標準化着手 (ISO/IEC、ITU)
- ・システム導入するユースケース決定

2022年度の進捗

- ・照明/カメラ影響の補正効果検証
- ・医療現場での補正妥当性確認
- ・国際標準化 ITU現地会合参加
- ・ガイドラインの検討

出口

- ・医療現場の意見を取り入れ、「色票」による色彩標準化システムを構築する上での課題抽出と解決策の立案を行う。
- ・運用のためのガイドライン制定と、社会実装のためのコンソーシアムの設立検討。

2. 報告のポイント

2-1. 背景

新型コロナウイルスの感染拡大により、医療分野でのオンライン診療のニーズは飛躍的に拡大した。オンライン診療に導入されている画像は、機器特性の違いや、撮影される環境光の違いなどの諸条件により、同じ対象を撮影した画像であっても厳密には異なる色彩の画像となることが避けられない。

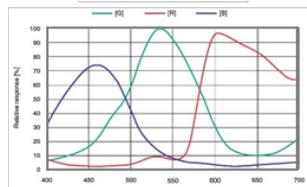
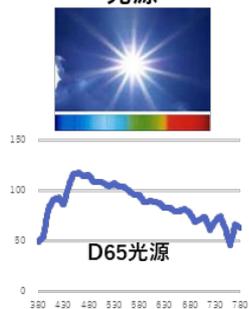
現在、医療領域では、色彩のルールが無いのが実態であり、特にオンライン診療を機能させるための“標準化された色”を設ける必要がある。

画像の色要素：光(装置+環境光) × 撮像機 × 物体の分光特性

撮像機器分光特性

光源

カメラ感度



×

×



≡

撮像機器依存により
色が異なる

画像の色
(RGB信号値)

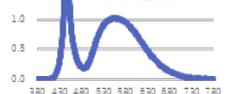


≠

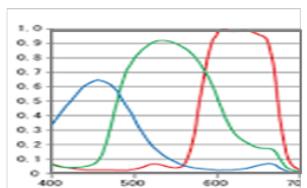


環境光による
観察者の順応

LED光源



×



×

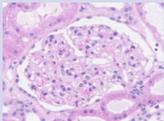


≡

2. 報告のポイント

2-2. 医療領域による違い

医療領域が異なっても基本的なシステム構成は変わりません。皮膚科は現在、遠隔診療が最も進んでいる領域ですが、患者が使用する多様なスマートフォン、患者のいる環境光など、色彩を統一するための課題が最も多い領域です。色票・アルゴリズム・必要となる補正精度など、十分な検討と確認が必要であり、最適な色票の検討を進めている。

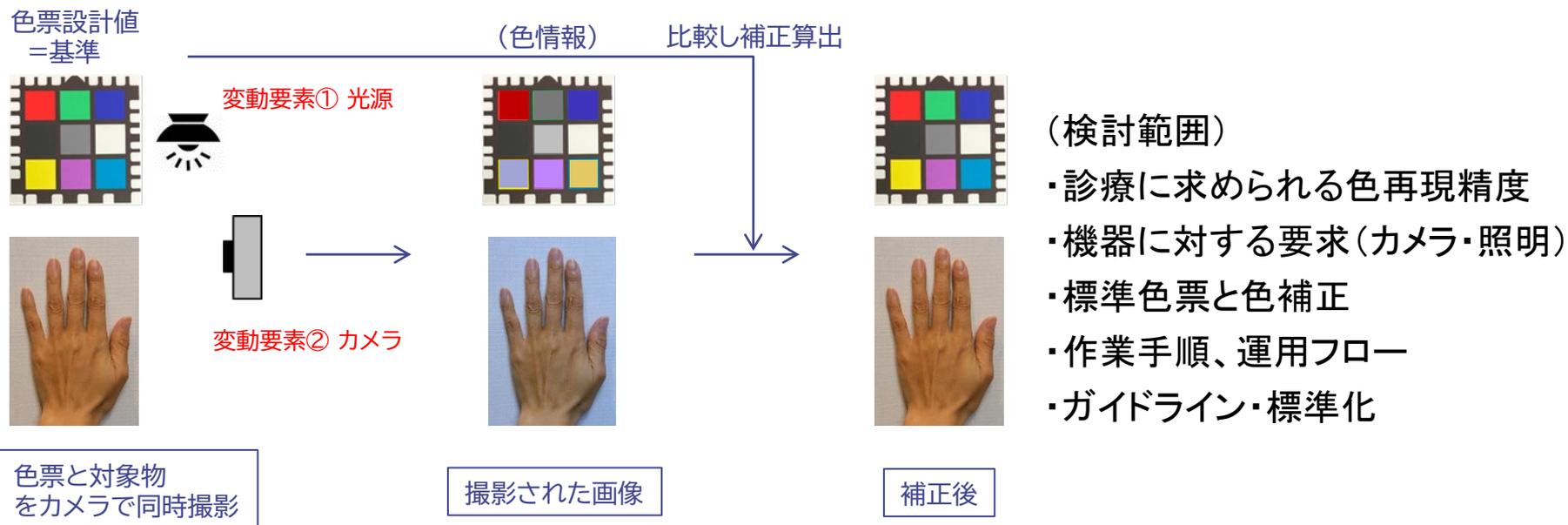
	 光	 カメラ	 撮影対象	 Monitor	変動要素	要求精度
病理診断	 医療機器として管理された、光源(LED・メタハラ)+カメラ		 検体(染色)		小	高
耳鼻科	 安価な民生品 Ear Scope(LED光源 + カメラ)		 外耳道		中	中
皮膚科	 自然光(変化) + 照明 (多種多様)	 スマホ  デジカメ	 人の肌(人種)		大	中

課題①：患者様の居る環境光をコントロール出来ない。

課題②：LED光源の光特性が千差万別である。

2. 報告のポイント

2-3. 色票による色補正の運用フロー



(社会に広く普及させるため)

- ・運用する際に医療従事者の負担を極力増やさず、効果が最大となるシステム提案(簡便性)
- ・装置制約を極力排し、既存機種を有効活用することにより、誰もが使える仕組み。
- ・高い色再現精度が要求される領域では、それに応じた色票・装置を使用する。

標準色票でどこまで色再現が可能か検証が必要

2. 報告のポイント

2-4. 皮膚科領域での色再現性確認

カメラはスマートフォン・一眼レフ・WEBカメラなど6種類、光源はLED・太陽光・蛍光灯・白熱灯など9種類の環境を準備し、撮影した画像を色票により補正を実施し、色再現性を確認した。

(使用カメラ)

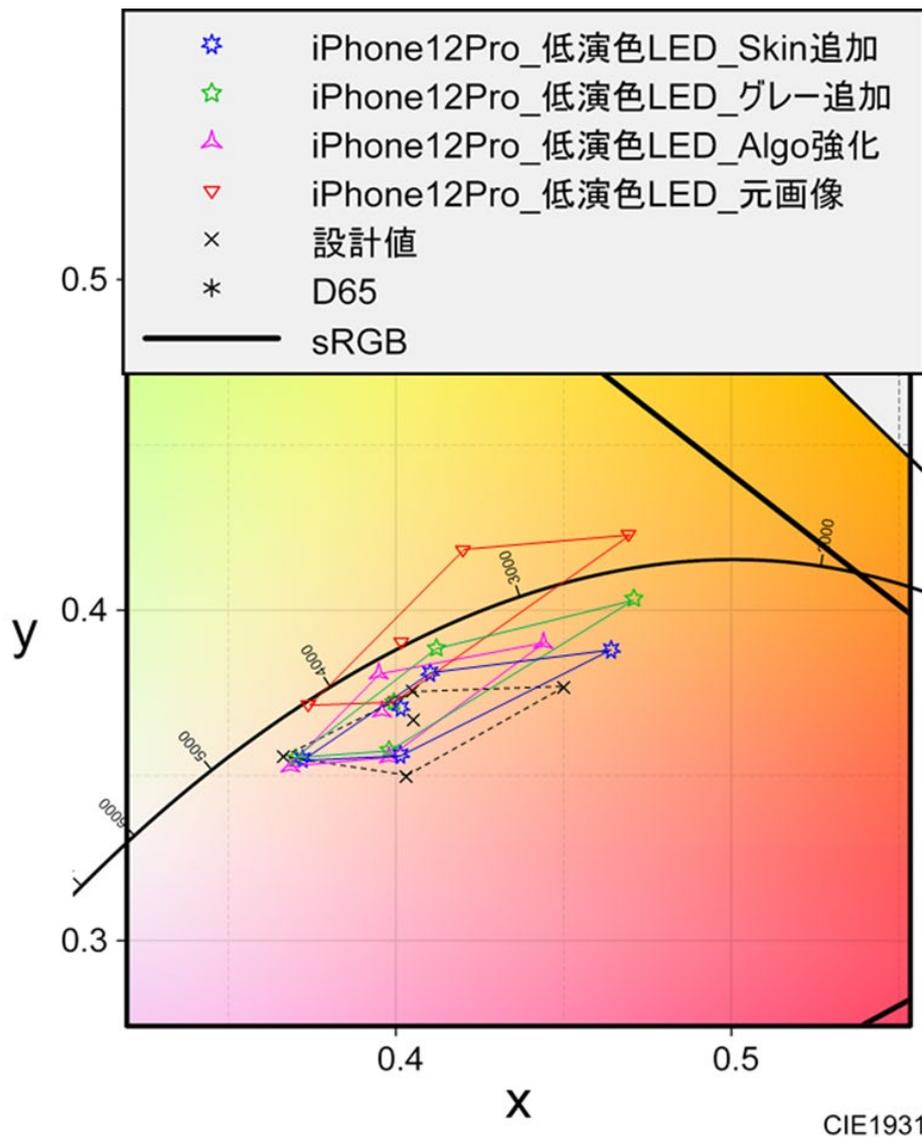
(使用光源)

	撮影機器	解像度	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			種類	LED	LED	LED	LED	蛍光灯	白熱灯	太陽光	太陽光	LED
			特徴	紫励起色評価用	青励起色評価用	オフィス・家庭用	デスクスタンド	デスクスタンド		日なた	日陰	低演色型
1	iPhone 12pro	12MP										
2	iPhone SE2	12MP										
3	Android	5MP										
4	Ricoh (コンデジ)	20MP	分光強度									
5	Olympus (ミラーレス) PEN E-P7	20MP	演色評価数 (Ra, Ri)									
6	WEBカメラ	3MP	色忠実度指数 (色相別)									



2. 報告のポイント

2-4. 皮膚科領域での色再現性確認(結果)



例) LED光源とi-Phone12Proの色再現性

- ・黒破線 : 対象の色設計値(肌色)
- ・赤線 : i-Phone12Pro画像の色
- ・緑線 : 色票にグレー階調追加
- ・ピンク : 補正アルゴリズムの強化
- ・青線 : 色票に肌色追加

$\Delta E: 10.9$

$\Delta E: 3.2$

結果として、

元画像 : 平均 $\Delta E 10.9$

補正後 : 平均 $\Delta E 3.2$

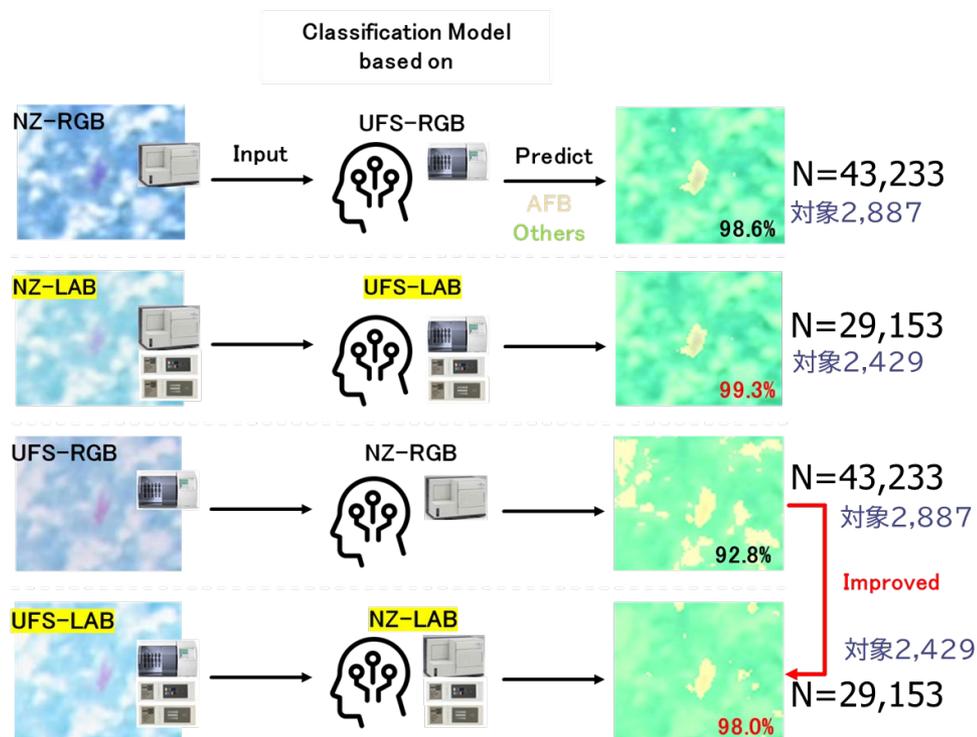
色票により効果的な補正が得られることが確認された。

色票・補正の改善と、疾患部における医師による確認を継続する。

2. 報告のポイント

2-5. 病理診断領域での検証状況

病理診断領域では慢性的な医師の不足と地域偏在、診断件数の増加によりAI診断支援への期待が高まっています。慶応義塾大学とのn増検証においても、色彩統一がAI診断精度向上に寄与することが確認された。現在、国内において大規模なAI用データセットが構築され始めており、今後、連携し議論を行うことが必要と考えている。



2. 報告のポイント

2-6. ガイドライン

社会実装に向け、作業手順、運用フローに関してガイドラインを纏めている。
まだ詳細は継続して検討が必要だが、具体的に、色の基準となる色票と対象物を同時撮影することにより、撮影された画像の色情報を、本来の色に補正する運用を提案する予定である。

- ①照明：特殊光源でなく一般光源であれば何でも可(但し、屋内環境に限定)
- ②カメラ：カメラ自体に制限は無し(但し、特殊効果設定での使用は避ける)
- ③撮影：標準色票と対象物を一緒に撮影する
- ④利用：補正の利用は必要に応じて有無を選択
- ⑤補正精度：医療従事者は精度確認が可能(提示方法は数値 or OK/NG)

2-7. 標準化の進捗

標準化は、オブザーバー参加の(社)メディカルイノベーションコンソーシアムを中心に活動を継続。国内標準化団体として(社)情報通信技術委員会(TTC)と連携しTTC内に標準化WGを設置しITUへの寄稿文書の作成を進めている。

今年度は作成した文書を基に、海外現地にてITU専門部会内で具体的な協議を開始し、標準化勧告に向けた活動を推進している。

3. 来年度に向けて

3-1. 今後の検討項目

3年計画でプロジェクトを推進しており、1回/定例会議と技術ミーティングを開催し協議を進めました。技術課題として以下項目が残されており最終年度も継続して検討を進める。

(残された技術的課題)

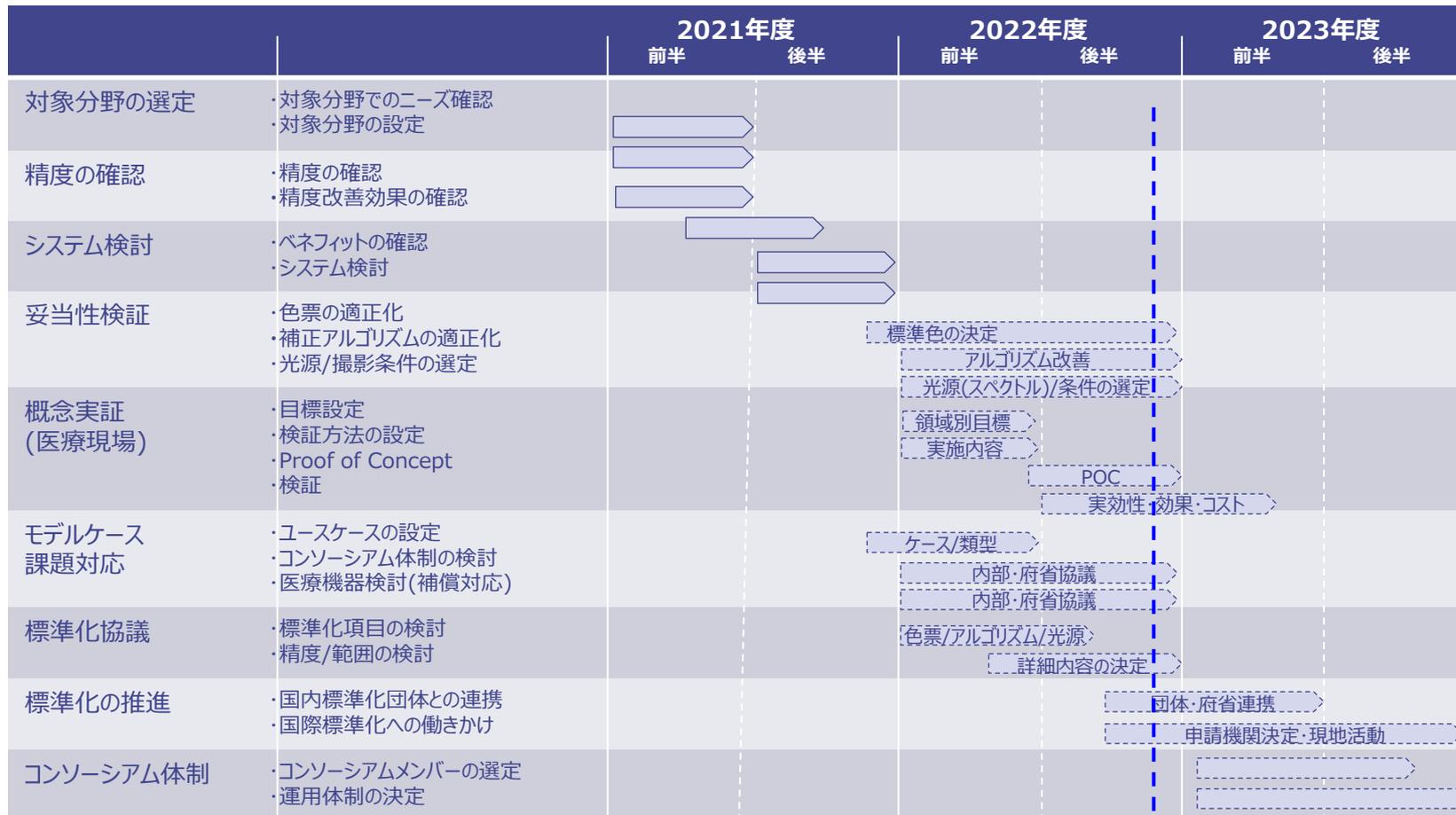
- ・ 医療従事者の見解
- ・ 色再現精度の数値目標設定と妥当性検証
- ・ 標準色票の決定
- ・ ガイドラインの詳細項決定

3-2. 出口案に向けて(府省連携のお願い)

具体的に社会実装するためにはCOCN以降の活動も視野に入れたうえで府省・アカデミア・民間企業・研究機関と連携可能な組織体の構築が必要です。府省傘下でのWG設置や、産学官でのコンソーシアム設置に向け、府省及びCOCN事務局と連携し早期に協議を開始して行きたくご支援ご指導のほどお願い申し上げます。

4. 取り組みのロードマップ

最終年度は技術的残課題の対策と標準化を進め、社会実装の為の組織化協議を中心に活動する。



2024～産官学での組織化

2024～2025標準化活動

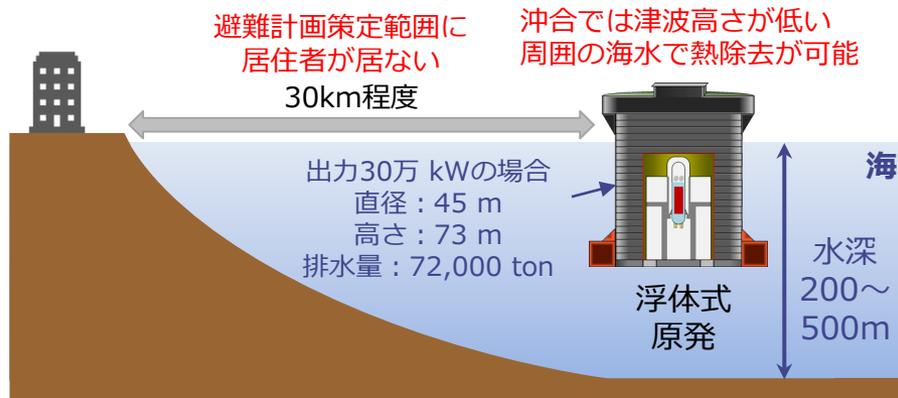
「2022年度推進テーマ最終報告案(要約)」

『浮体式原子力発電』

推進テーマリーダー 姉川 尚史
(東京電力ホールディングス株式会社)

推進テーマの目標

- カーボンニュートラル社会とエネルギーセキュリティーを両立させるため、**安全性が大幅に向上する浮体式原発を実現する**



検討結果の概要

長所と課題の抽出結果

長所

- 津波、地震リスクの大幅低減
- 電源なしで海水との熱交換で炉心が永続的に冷却できる
- 住民避難の負担を大幅緩和
- 工場で計画的な製造ができ、完成状態で輸出も可能
- 未知の自然リスク発生時に移動して回避が可能
- 大規模災害時発生地域に移動して電力供給が可能

課題

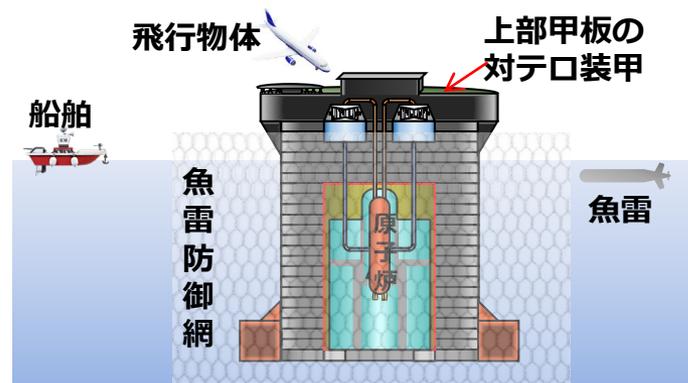
- 喫水が深い構造物であるため、建設方法に工夫が必要
- 計画外の補修が必要になった場合の保守場所の確保
- 海洋利用のための法令の整備

検討・活動項目

- 運用海域の条件抽出、安全設備構成、建造保守場所、核セキュリティ、揺動の影響
- 必要な法整備、運転体制
- 学会やマスコミへの情報発信、社会的受容性の議論
- JAEAの原子力船むつの開発情報収集

検討結果の例（核セキュリティ）

- テロに対しても、強固な船殻構造で防護が容易

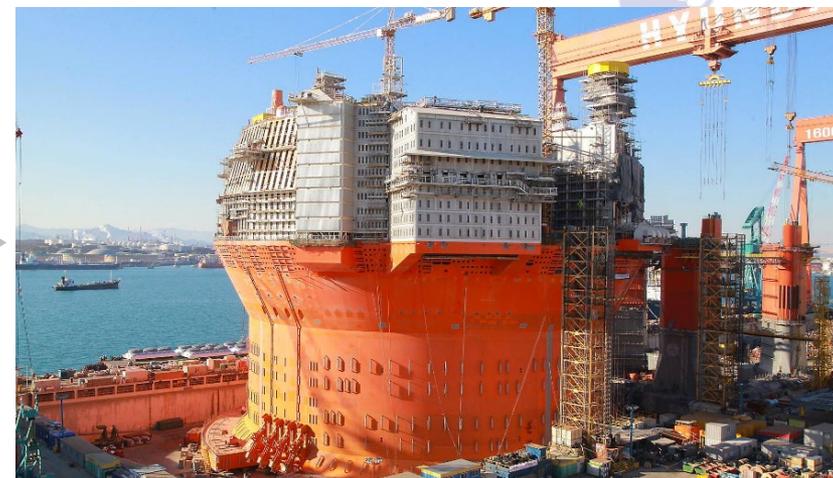


提言

今後3年程度の基本設計フェーズで、産学官に以下を提言

- 産業界
基本設計を推進する企業横断の新組織の立ち上げと、当該組織の活動を資金、人材、情報面で支援
- 大学
人材育成の観点から、学生のJOB型インターンシップを活用した新組織への参画を奨励
- 行政
海洋利用に関する法令の整備、型式認定審査ガイド整備、国際協力の強化、所管研究組織への新組織との連携奨励

1. テーマの目標とプロジェクトの出口



洋上に設置することで陸上原発の多くの課題が解消され、
更に日本の優れた造船技術の融合により、
我が国の産業競争力強化、
他国へのゼロエミ電源の提供が可能になる

テーマの目標

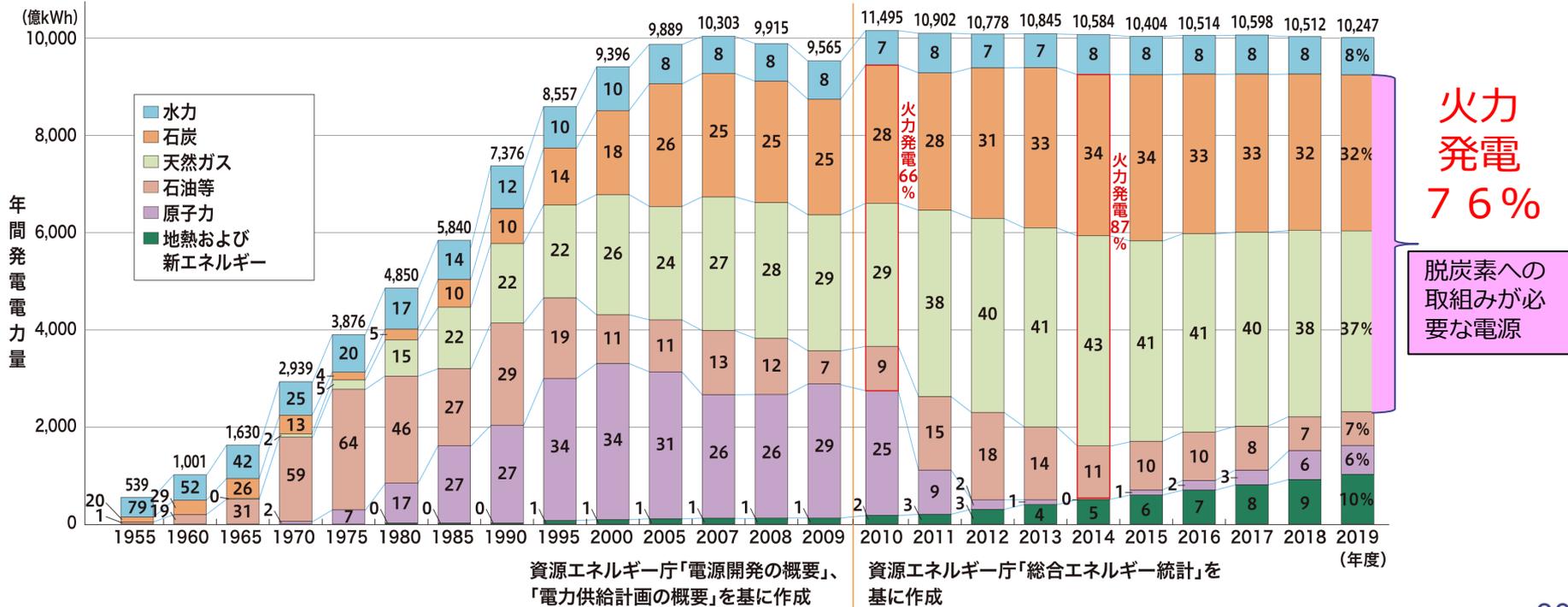
カーボンニュートラル社会実現のため、**安全性を大幅に向上させた
浮体式原子力発電の実現**する

PJの出口

目標の実現に向けて、**基本設計を進める新組織を立ち上げる**

2. ゼロエミ電源の必要量

- 日本の電源の約8割は化石燃料に依存しており、これら火力電源を全てゼロエミ化することが必要
- 運輸、産業、家庭も電化によるCO2排出低減が期待され、ゼロエミ電源の必要量は更に増大する
- 高度成長期の電源建設を上回るペースでゼロエミ電源を建設する必要があり、太陽光、風力、原子力を総動員することが必要
- 50%を原発で賄うとすると、今後約50基の新規建設が必要



3. 浮体式原子力発電所とは

- 円筒形状の浮体構造物と原子力発電設備を組合せ（MIT考案）
- 既存技術の組合せにより、安全性を高めつつ早期に実現できる
- 発電を目的とし、原子力船とは異なり自走能力は持たない
 - ある海域に係留し発電する
- 海外の船舶型と異なり円筒形状の浮体は揺れにくい

円筒形状の浮体構造物

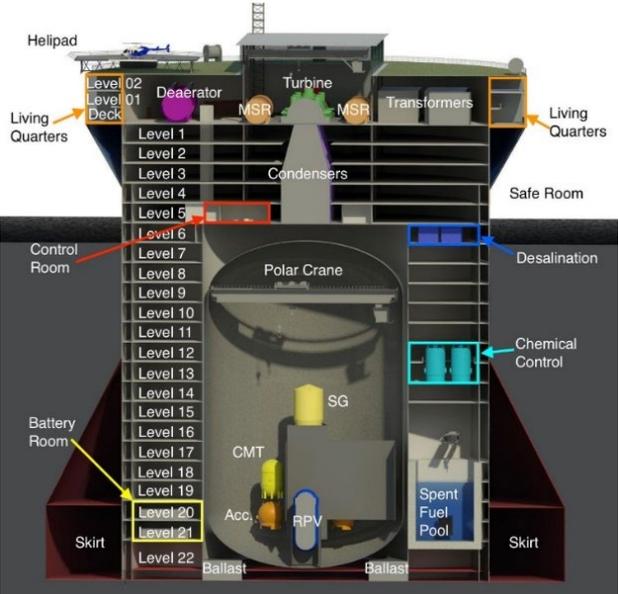


Ref. Sevan SSP社ホームページ

原子力発電設備

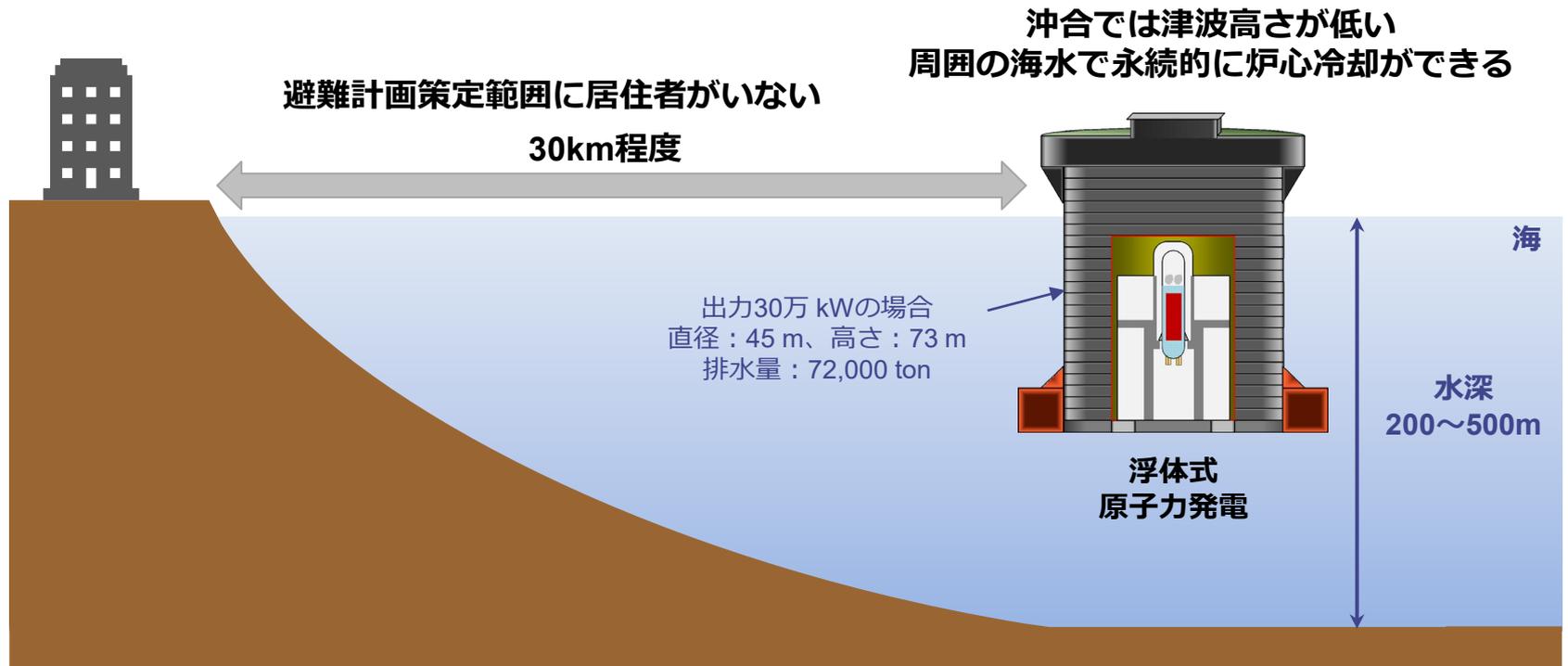


浮体式原子力発電



4. 福一原発事故の反省を踏まえた安全性向上 COCN

- 津波高さは想定が難しく、建屋が浸水し全電源喪失に至った
→ 浮体にすることで津波をやり過ごす
- 全電源喪失時に冷却を継続できる時間が短すぎた（3日でも不十分）
→ 海水との熱交換で動力なしで冷却を継続する
- 多くの高齢者や病気の方が避難時に亡くなられた
→ 事故時の住民の方の緊急避難を不要にする



5. 検討結果の概要（長所と課題の抽出結果） COCN

長所

- **津波・地震リスク抑制**
水深が深い洋上に位置するため、津波や地震の影響も小さくすることができる
- **立地場所の拡大**
海域の使用により、設置地域を選択が広がる
- **安定、長期の炉心熱除去が可能**
周囲にある海水で動力なしに永続的に原子炉からの崩壊熱冷却に利用可能
- **住民避難の負担軽減**
陸地から離れた沖合に位置するため、事故時の住民避難負担を軽減できる
- **計画的製造**
工業地帯で製造することで建造効率が上がり、建設期間の短縮が図れる
- **移動によるリスク回避**
運転開始後に新たに発見される環境リスク（活断層、火山等）に対しても、移動というリスク回避手段が取れる
- **海外への輸出**
津波や地震リスクが高い東南アジア地域などにも安全な電力手段の提供でき、現地工事がなく、国内製造後曳航し設置できる

課題

- **建造方法**
喫水が深い構造物であるため、建設方法に工夫が必要
- **保守場所**
計画外の補修が必要になった場合の保守場所の確保
- **法令の整備**
海洋利用のための法令の整備が必要

6. 検討・活動項目

● 2022年度の検討・活動項目

技術的側面からの検討

運用海域の選定

浮体式原子力発電の安全設備

揺動関係

長期運用を考慮した浮体構造物の設計・保守

建造場所・技術、保守場所

核セキュリティ

制度・運用面からの検討

必要な法整備の検討

発電所の運用体制

社会的側面からの検討

本PJの情報発信

社会的受容性

その他

国際連携の枠組み作りに向けた活動

原子力船むつの経験共有・現地調査

● 2021年度の検討・活動項目(参考)

スケジュール・建造費関係

概略建造スケジュールの検討

概算建造費の評価

浮体式原子力発電の安全設備関係

浮体式原子力発電の安全設備

レイアウト(BWR)の検討

テロ対策

浮体式原子力発電の洋上保守方法等の検討

洋上での保守内容・方法

長期運用を考慮した浮体構造物の設計・保守

浮体構造物の位置保持技術

揺動の原子炉への影響(BWR)

効率的な燃料交換、プールの水面揺動対策

国際連携や国際的な規制に関する検討

国際連携の枠組み作りに向けた活動

ロンドン条約・議定書への対応(放射性廃棄物の扱い)

福島第一原発事故の教訓からの安全性向上策

事故時の原子炉減圧機能の多様化

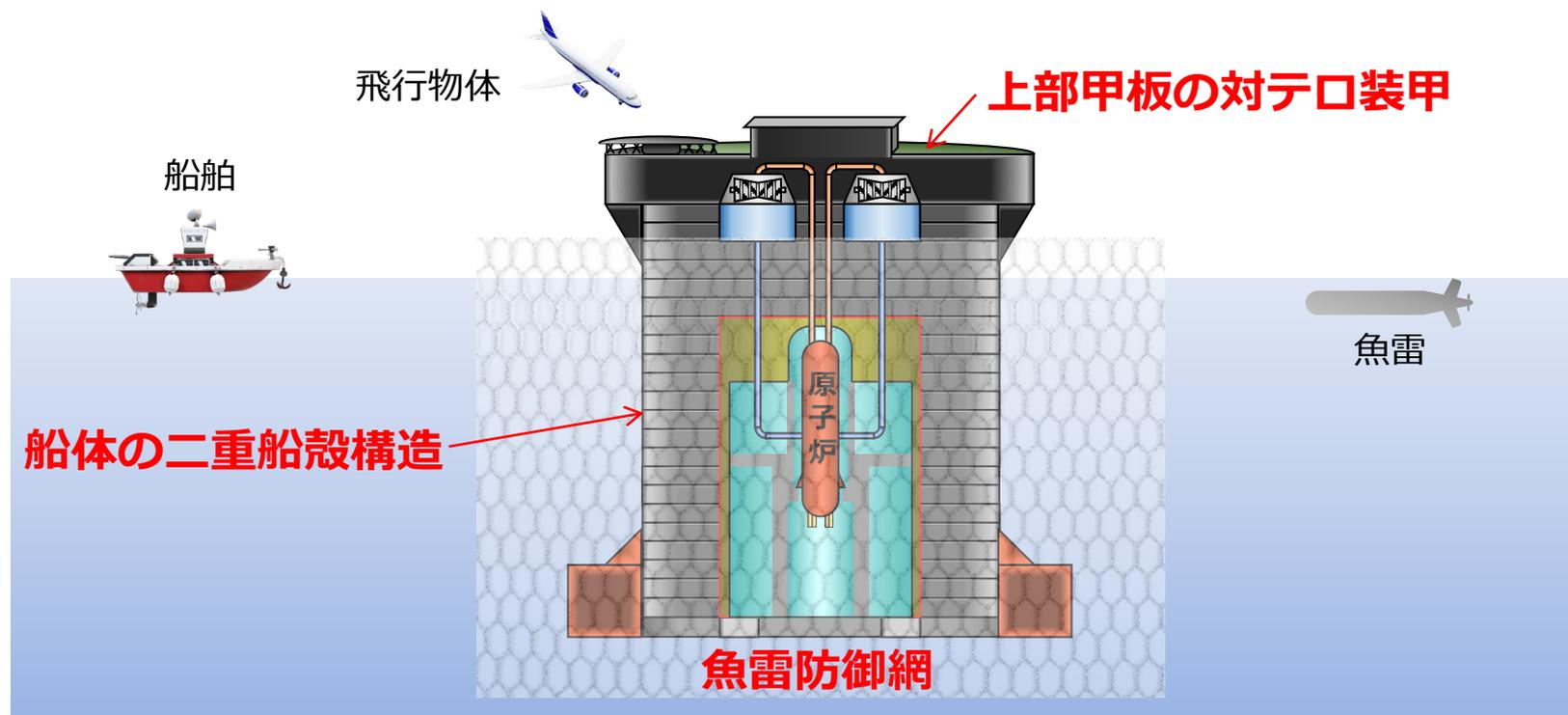
事故時の原子炉水位計測の多様化

浮体式原発の知見収集

浮体式原子力発電関連の知見収集

7. 検討結果例（核セキュリティ）

- 発電所が浮かんでいるため、多少の位置の変動がある
→ 飛行物体等による攻撃がしにくい
- 見通しが良く、不審な船舶などの接近の検知が容易
- テロに対して強固な構造や対策が容易にとれる

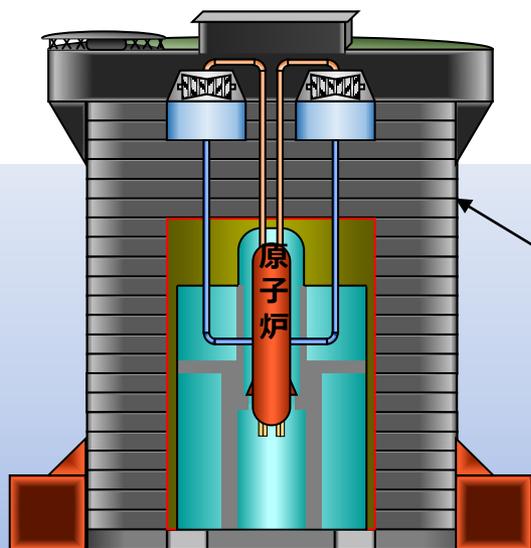


浮体式原子力発電所におけるテロ対策

8. 検討結果例（必要な法整備）

- 実現のために解決が必要な法律上の課題を整理した
- 49の法令を検討し、現時点で5点の課題が挙げられた

浮体式原子力発電



浮体構造物

① **一般海域の占用期間**は、3～5年程度と短い

→ 洋上風力同様、長期間の占用を可能にすることで、安定した事業運営が可能にすることが必要

周辺海域を侵入禁止エリアとする場合、国際条約で規定されている**無害通航権**との**整理**も必要

② **浮体構造物を規制する法律の決定**が必要

→ 原子力関係と海事関係のどちらの法律で規制するか整理が必要

③ 船長の要否と役職の規定

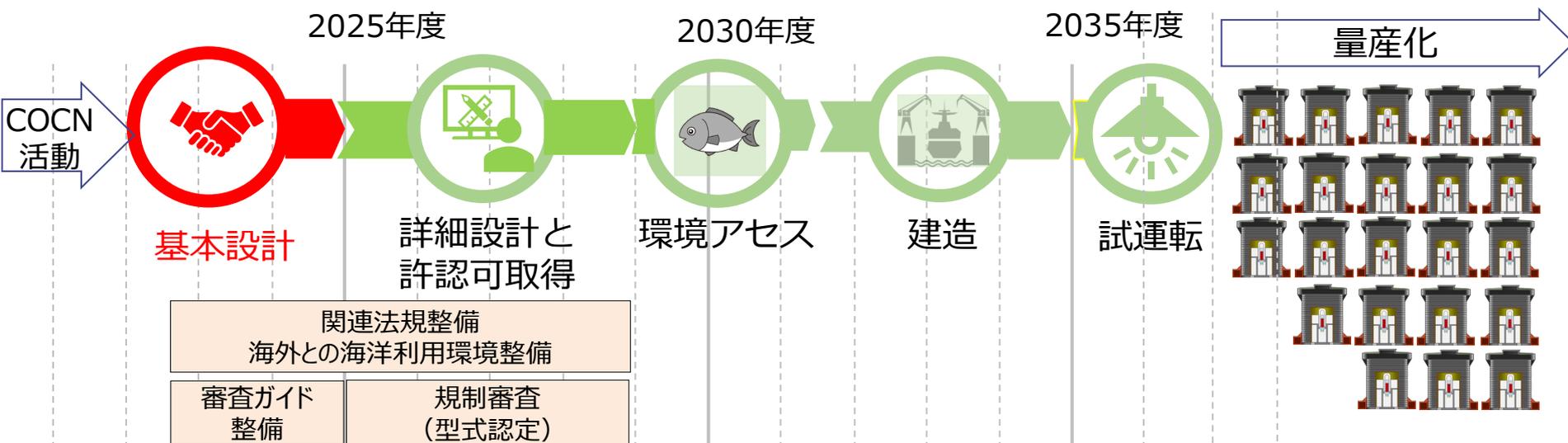
④ 廃炉を規定する法令の決定

⑤ 航路標識法での識別灯規定

法整備に関する主な課題

9. 取り組みのロードマップ

- **今年度から新組織（スタートアップ）を立ち上げ基本設計を実施**
 - 再稼働等に注力している電力・メーカーの活動を補完し、先行して技術を確立
 - 建設経験のあるOBと大学院学生の協働作業で建設経験の技術伝承
 - 大学院学生のJOB型インターンシップ制度の適用
 - 浮体構造と原子炉設備レイアウトは国内の船舶設計会社と協力して実施



10. 提言

産業界

- 浮体式原子力発電の基本設計（要求事項、原子炉系仕様、浮体構造、性能評価）を推進する**企業横断の新組織を立ち上げる**。
 - 要員は、電力・メーカーの**OBの活用**と大学院学生の**JOB型インターンシップ**を人的リソースの中核とし、電力、メーカーから少数の出向者を加えた構成。
 - 浮体式原子力発電の基本設計活動への投資を募り、人件費や設計費の原資とする。
 - 浮体構造設計については、新組織が造船設計会社に委託し検討を進める。
 - 基本設計の期間は3年を目処とし、**得られた成果は詳細設計を担う組織に引き継ぐ**。
 - 電力は、電力中央研究所に対し新組織との協力・連携を推奨する。
 - 原子炉メーカーは、搭載する炉型の**設計情報を新組織が検討に使用することを認める**。
-

大学

- 学生の**新組織への参画を推奨し、学生を介して新組織と協力・連携する**。

10. 提言（続き）

経済産業省

- エネルギー総合工学研究所に対し新組織との協力・連携を推奨。
- OECD-NEA、IAEAなど国際機関との協力体制の強化を図る。
- 関連する法令の整備（長期の海域の占用、無害通行権の整理、炉規制法と船舶安全法等）

文部科学省

- 新組織が行う技術伝承活動のJOB型インターンシップ制度活用の奨励を行う。
- むつの知見を有するJAEAに対し新組織との協力・連携を推奨。

国土交通省

- IMOと国際的な海洋での原子力利用の枠組み作りを図る。
- 浮体式原子力発電の浮体構造や海洋利用に関連する法令の整備。
- 環境影響評価方法を整備する。

原子力規制庁

- 浮体式原子力発電の安全性審査ガイドを作成する。
- 立地点の影響を受けない浮体式原発の型式認定の制度の適用を検討する。

「2022年度推進テーマ最終報告(要約)」

『カーボンニュートラル実現に向けた水力発電システム』

推進テーマ共同リーダー

震明 克真 (日立三菱水力株式会社・主管技師)

森 淳二 (東芝エネルギーシステムズ株式会社・シニアフェロー)

プロジェクト体制

ステアリングメンバー

リーダー：日立三菱水力 震明
 リーダー：東芝エネルギーシステムズ 森
 事務局：東芝エネルギーシステムズ 宮崎、鈴鹿、久米、大塚

COCN担当実行委員：齊藤、島田、水落
COCN担当企画小委員：金枝上、中山
COCN事務局長：山口
COCN副事務局長：土肥、五日市、武田

アドバイザー：新エネルギー・産業技術総合開発機構
 (NEDO) 仁木

メンバー（※：COCN非会員）

関西電力※	九州電力※	四国電力※
電源開発※	東京電力リニューアブルパワー	北陸電力※
北海道電力※	旭化成	日立三菱水力
東芝エネルギーシステムズ	富士電機	明電舎
I H I	I H I インフラシステム	鹿島建設
農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）		三菱電機

2050年度:カーボンニュートラルの実現

2030年度:2013年比で温室効果ガス46%削減, 更に50%の高みに向けた挑戦

変動再エネ大量導入に寄与

再エネの発電電力量UPに寄与

蓄電と回転機の機能を併せ持つ揚水

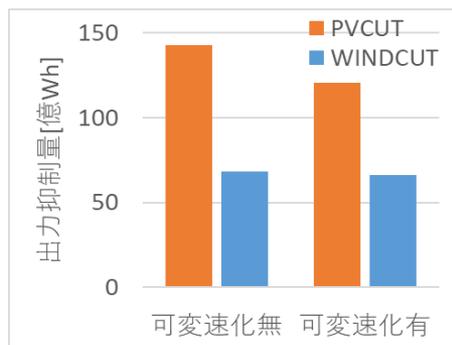
再エネ&安定供給に優れた一般水力

【主要課題】

- 稼働時間が短く、採算性が悪い。
-容量市場での収入は固定費の20~30%程度
- 建設後60年以上となる古い設備が多い。
-2030年:250万kW=全揚水の約9%,
-2050年:1750万kW=全設備の約65%

【施策】

- 固定速の可変速化と価値を高める性能・機能の開発
-効率向上, 上げ/下げ調整力etc
- 揚水の効果、社会便益を正當かつ公平に評価する手法の確立



シミュレーションの一例

可変速化によりPV・風力の出力制御量を約25億kWh・年削減

【主要課題】

- FIT以降の更新設備容量が少ない。
-認定量120万kW=全一般水力の約5%
- 無効放流量が多いダムがある。
-平均10m³/s以上のダムが12箇所
-その合計は約300m³/s

【施策】

- FIT/FIP領域外(30MW超)の設備更新促進
- 当該ダムとともに、下流発電所を含めた無効放流の有効活用
-ダム改善, 気象AI活用等による運用改善

施策を推進するための制度や実証の機会および資金面でのご支援をご検討頂きたい。

目次

1. テーマの目標とプロジェクトの出口
2. 報告のポイント
3. 提言及び産学官の役割分担
4. 今後の活動

1. テーマの目標とプロジェクトの出口

【第6次エネルギー基本計画】

S+3Eの視点のもと、第一に「2050年カーボンニュートラルおよび温室効果ガス排出削減目標の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すこと」、第二に「気候変動対策を進めながら、日本のエネルギー需給構造が抱える課題の克服に向け、安全性の確保を大前提に安定供給の確保やエネルギーコストの低減に向けた取組を示すこと」が掲げられた。

【2030年政策目標達成の主な課題】

- ✓ 火力発電が担っていた供給力、調整力および慣性力(に代表されるアンシラリーサービス機能)を段階的に代替していく必要がある
- ✓ 変動性再エネの増加に伴い、供給側も変動するため需給調整の難易度が高まる
- ✓ ピークシフト等の電力貯蔵機能の拡充が必要となる

【テーマの目標】

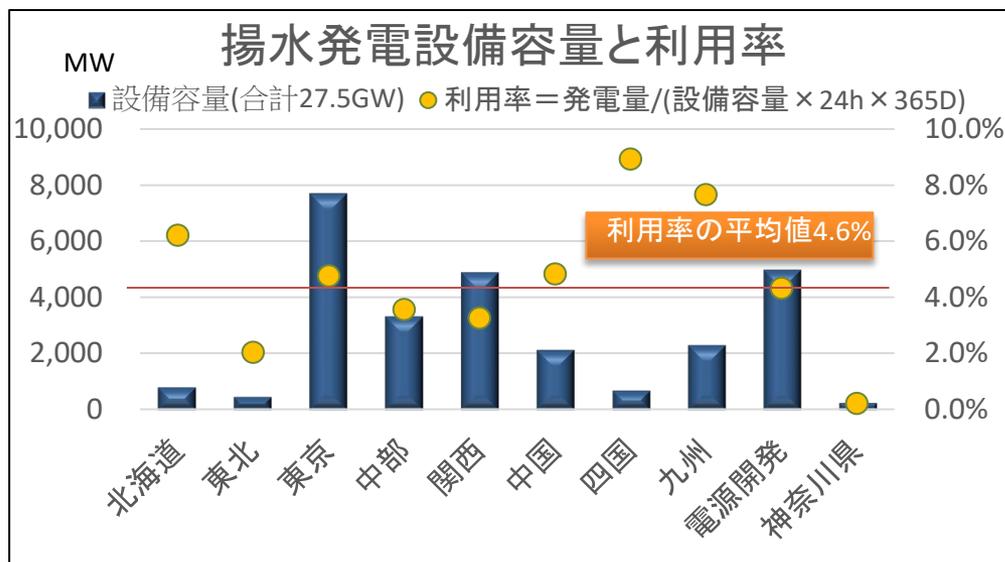
2050年カーボンニュートラル実現に向けた2030年の政策目標達成のために、一般水力および揚水それぞれに出来得る対策検討とその実現のための実証または便益等の総合評価の具体策の立案、およびOCCTO等での議論も参考に規制・制度に対する提言の検討

【プロジェクトの出口】

実証プロジェクトや総合評価手法を確立する「国プロ」の立ち上げ

2. 報告のポイント

【課題】 ① 揚水発電



日本の揚水発電所の設備利用率は、変動性再エネの比率の高い地域では比較的高いが、全国平均は4.6% (2020年度) と、世界の主要国の4~15%に比べて低い。可変速揚水機は、揚水運転時でも調整力として活用できることから、同一地域で見た場合、定速機と比較して稼働率が高い。

- ・ 国内設備(2020年末): 純揚水2190万kW、混合揚水557万kW
- ・ 国内で再エネ比率が50%に達した時に必要な電力貯蔵設備容量の計算された一例では8.7億kWhと試算されており、現状の想定では電力貯蔵設備が大幅に不足する
- ・ 現状の揚水は、設備利用率が低く、採算性の確保が難しい
- ・ 2030年までに建設後約60年経過する揚水が約250万kW分存在し、廃止等リスクが有る
- ・ 揚水の採算性の改善と調整力等の機能強化、揚水活用による便益評価が課題

【揚水の可変速化効果】電源構成・運用シミュレーションの一例

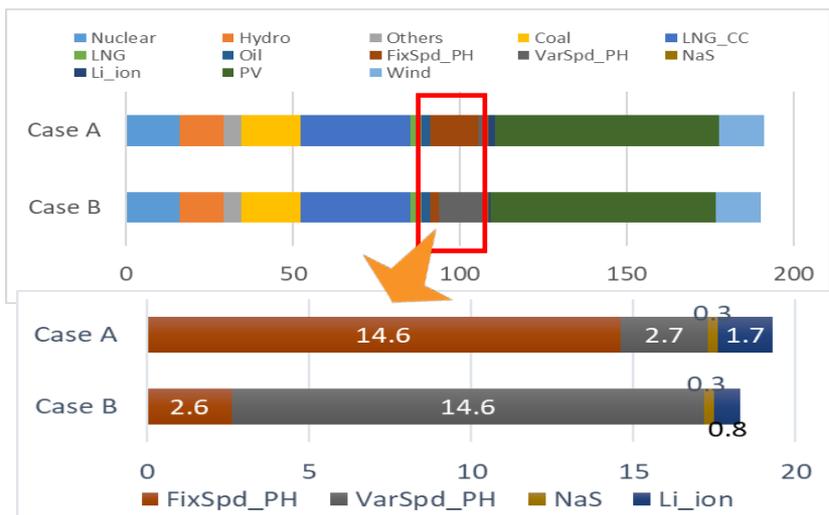
・解析条件

第6次エネルギー基本計画に示された2030年断面での変動性再エネの設備容量、設備・運用コストを最小とする。

CaseAに対し、CaseBは定速機を可変速に更新可能とする。

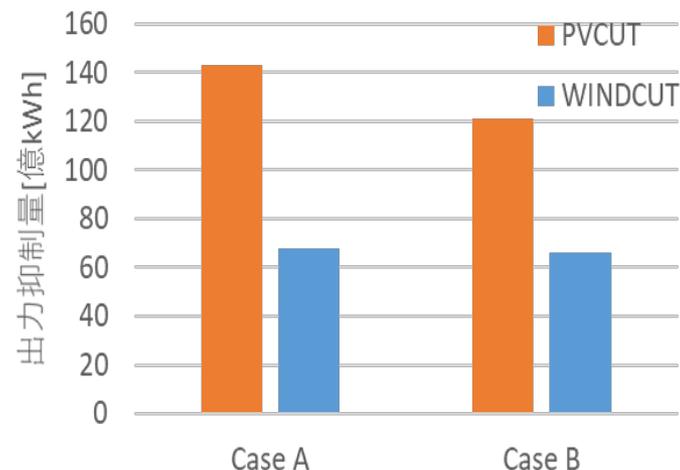
・解析結果

揚水設備の約85%を可変速化した方がコストは約1% (5百億円/年) 低減された
PV・風力の出力制御量は約25億kWh/年削減された



CaseA→CaseBにより可変速機が揚水全体の約85%となり、コストは約1%低減

2030年コスト最小設備容量



CaseA→CaseBにより出力制御量は年間約25億kWh削減

PV・風力の出力制御量

【課題】 ② 一般水力

第6次エネルギー基本計画において、一般水力の電源構成比率は11%に増えており、至近10年平均の発電電力量819億kWhに対し、2030年の目標980億kWhまで、約160億kWh増やす必要がある。

	出力	発電電力量(増分)
第6次エネルギー基本計画		約160億kWh 増
① 中小水力の設備容量増加	70万kW	約35億kWh増
② 更なる新規開発による容量増加と既存発電の有効活用		約80億kWh増
③ 野心的水準の施策強化		約50億kWh増
内閣府「第17回 再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース」		約5.6億kWh増

- 第5次包蔵水力調査等のポテンシャル調査では、未開発地点2660箇所、約460億kWhのポテンシャルがあるとされているが、新しく設置できる発電所は大きいものは少なく、また奥地となるため建設コストが高く、2030年までの開発は限定的になると考えられる。
- 設備容量や発電電力量の増加に寄与する可能性の検討と整理が課題

【ベンチマーク】 XFLEX Hydro プロジェクト (EU)

揚水発電所・一般水力発電所が変動性再エネに投資するどの国でも必要、重要となる電力システムの柔軟性サービスをどのように提供できるかを実証

- ✓ 2023年までの4年間、EUファンド 1,800万ユーロのプロジェクト
- ✓ 公益事業、機器メーカー、大学、研究センター、コンサルタント、19組織のコンソーシアム
- ✓ ポルトガル、フランス、スイスの7か所の水力発電プラントで実証
- ✓ 可変速システム化、蓄電池協調、循環水路、スマート監視化、仮想慣性力の新技術を実証
- ✓ 政府、規制当局、産業界の市場と政策の課題を概説する影響評価を準備して終了予定

Stage one of the Ancillary Services Matrix アンシラリーサービス

水力・揚水発電プラント

DEMONSTRATIONS	ANCILLARY SERVICES									TECHNOLOGICAL SOLUTIONS
	SYNCHRONOUS INERTIA	SYNTHETIC INERTIA	FAST FREQUENCY RESPONSE (FFR)	FREQUENCY CONTAINMENT RESERVE (FCR)	AUTOMATIC FREQUENCY RESTORATION RESERVE (AFRR)	MANUAL FREQUENCY RESTORATION RESERVE (MFR)	REPLACEMENT RESERVE (RR)	VOLTAGE/VAR CONTROL	BLACK START	
Site/Time scale	6s	+300 ms	0.5-2s	<30s	20s - 5min	> 5 min	> 5 min	> 1s	N/A	
Z MUTT	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	●	FS VS/DFD VS & SPPS
FRANCS 2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	●	FS VS/DFD VS & SPPS & HSC
GRAND MAISON	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	●	FS FS, SPPS & HSC
ALQUEVA	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	●	FS & SPPS FS & HSC FS, SPPS & HSC
ALTO LINDOSO & CAMICADA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	FS FS & SPPS
VOGELSRUN	●	●	●	●	●	●	●	●	●	FS Kaplan FS, SPPS & HSC VS/DFD Propeller VS, SPPS & HSC
Original terminology	Inertia		Primary frequency control (FCR)	Secondary FCR	Tertiary FCR		Voltage control	System re-start		
Emerging frameworks	BILATERAL CONTRACTS (GB)	-	GB-UK-NORD FCR comp.	FCAS/NGC	MARK TERRE		BILATERAL CONTRACTS	BILATERAL CONTRACTS		

アンシラリーサービス：
電力品質を維持するために行う運用サービス

【解決策の検討】① 揚水

・技術面

揚水の特徴を定量的に整理し、系統用蓄電池との棲み分けを確認。

内容	揚水定速機		揚水可変速		蓄電池
	発電	揚水	発電	揚水	
発電電力量（2019年）	137GWh（27.5GW×5Hで算出）				1.2GWh（2030年まで家庭、業務・産業用24GWh 目標）
出力容量	100MW~数1000MW				~100MW
貯蔵継続時間（蓄電容量）	5～14時間、平均7.9時間				~6時間
総合効率（充放電効率）	70%~85%				80%~90%
運転可能出力範囲	最低出力以上の任意出力	出力固定	一定範囲で出力変化可能		充放電とも任意の出力設定
起動時間	数分（1~10分）				数秒から1分
出力応答時間	数秒				数秒
発電・充電切換	発電と揚水の間に切替のための10~15分程度停止が必要				停止なし連続
電圧調整（調相）	有	有	有	有	可
慣性力	メカニカル	メカニカル	シンセティック	シンセティック	シンセティック
電圧維持力（短絡容量）	有	有	有	有	無
ブラックスタート対応	有	—	無	—	無
稼働年数	40~60年				10年~20年（目標）
サイクル寿命	13000~20000回				2000~3500回
建設期間	10年程度以上				1年以内程度
開発進め方	大規模開発				規模に応じて部分開発可能
系統連系点	基幹系				基幹系、ローカル系
建設コスト	20万円/kW、2.3万円/kWh		データ無し		4.6万円/kWh（リチウム）、3.9万円/kWh（NaS）

揚水は数1000MWクラスと大容量で、貯蔵継続時間は最長14時間程度と長時間である。一方、固定速揚水の揚水運転時は出力一定であり調整力を持たず、可変速化が望まれ、可変速揚水はメカニカルな慣性力を持たず、シンセティックな慣性力を付加することが望まれる。

蓄電池との比較により、揚水の長所と短所について、長所の更なる伸長と短所の改善を開発ポイントとして捉え、その効果と対価が得られる市場を整理。

開発要素	効果	主な対応市場
可変速機の最低入力低減	調整幅拡大（下げ）	市場化要
最低出力低減	調整幅拡大	需給調整
可変速機の疑似慣性	系統安定度向上	市場化要
総合効率向上	発電量UP	卸電力
変落差幅拡大	運転時間延長	卸電力
無効電力の独立調整	電圧維持能力	市場化要
可変速機のBS機能付加	ブラックスタート	BS機能

- ① 機能向上に資する上表の開発要素の技術開発を行い、市場価値を高めることによって採算性を改善する
- ② 総合評価手法を確立し、設備・運用コストの削減、変動性再エネの出力制御の削減、CO2排出量の削減などの社会便益が高まることを示す

【解決策の検討】②一般水力

・設備容量および発電電力量の増加策の検討

① ポテンシャルの有効活用

1) 設備の一式更新

出力が大きな発電所の更新を促進し、最高効率の向上による設備容量の増加、部分負荷を含めた効率向上による発電電力量の増加を図る

2) 未利用水の活用＋AIの活用

無効放流のあるダムと連系しているダム・発電所を調査し、発電電力量の増加が可能か調査する

② 農業用水の活用促進

農業地域に賦存する小水力の発電ポテンシャルは約7000万kWh(0.7億kWh)が見込まれる。農業におけるエネルギー需給バランスの中で、安定電源となる水力、ため池等を電力調整設備として活用する揚水の利活用を促進する

③ ハイブリッド発電の推進(水力＋水素、水力＋水上PV)

ハイブリッド化により、変電設備や送電線設備の共通化に加え、一般水力に下げ調整力を持たせることができれば、安定電源に加え、調整力の機能も担うことができ、運用の幅が広がる。環境面でのインセンティブや調整力確保、電源開発を見据えた新たな制度設計が必要

【制度・規制面】揚水・一般水力共通

- (1)揚水としては、長期脱炭素電源オークションが検討され、揚水発電の運用高度化及び導入支援補助金、水力発電の導入加速化補助金等が用意されているが、技術開発やその実証検証への資金援助も必要ではないか。
一般水力としても、水力発電の導入加速化補助金は用意されているが、大型の設備の更新がより促進される施策が必要ではないか
- (2)長期脱炭素電源オークションは、ライフサイクルの長い揚水・水力への配慮をお願いしたい。またリプレイスは更新の範囲を規定する議論がされているが、案件により更新しなければならない設備は異なるので、柔軟に選択できるようにした方が効果的ではないか。
- (3)下げ調整力や慣性力、無効電力供給などのアンシラリー機能の早期市場化が必要ではないか。

3. 提言及び産学官の役割分担

揚水

- ・可変速機への更新と可変速化によって失う慣性力やブラックスタート機能や系統柔軟性を高める技術開発
- ・時間軸とコストを考慮した揚水の効果、便益を定量的に評価する手法の確立
- ・電力貯蔵、下げ調整力、無効電力、慣性力等の揚水価値の電力市場の早期商品化

一般水力

- ・発電電力量のポテンシャル調査と効率向上が可能な老朽化設備の一式更新にインセンティブが働く制度
- ・気象予測AIの活用等による、貯水量の増加と無効放流の有効利用の技術開発と制度
- ・農業生産での水力を含む再エネ電源化していくための仕組み作りと技術開発
- ・ハイブリッド発電による蓄エネや調整力、グリーン水素製造を推進する仕組み

(政府)

各施策を推進するための早期制度化および実証の機会ならびに資金面でのご支援をご検討頂きたい。

(産業界)

関係省庁からのご助言を反映しながら、可変速を含む揚水の系統柔軟性向上策や揚水の効果、便益を定量的に評価する手法の確立など、技術開発を進める。

5. 今後の活動

本プロジェクトは2年間の計画で検討を進めてきたが、目標であった「国プロ」の立ち上げには至らなかった。

今後は、有志により関連省庁との意見交換やご指導を頂き、カーボンニュートラル社会の実現に向けて、「国プロ」立上げも1つの選択肢として、揚水や一般水力の新設、既存設備の維持、新しい運用法や新しい機能、新設に関する開発と実装、実証を進めるよう活動を継続していく。

「2022年度推進テーマ最終報告案(要約)」

『緑のエコシステム』

推進テーマリーダー 京都府立大学 教授 宮藤 久士

推進サブテーマリーダー 住友化学(株) RC部 主席部員 黒田 俊也

「緑のエコシステム」メンバー

2023年2月1日時点

COCN

#	区分	企業・大学・法人名	氏名
1	リーダー	京都府立大学	宮藤 久士
2	サブリーダー	住友化学株式会社	黒田 俊也
3	メンバー	かたばみ興業株式会社	馬場 崇
4	メンバー	かたばみ興業株式会社	山口 充博
5	メンバー	鹿島建設株式会社	亘理 篤
6	メンバー	鹿島建設株式会社	越川 義功
7	メンバー	国立研究開発法人産業技術総合研究所	光田 展隆
8	メンバー	国立研究開発法人産業技術総合研究所	鈴木 馨
9	メンバー	国立研究開発法人産業技術総合研究所	油谷 幸代
10	メンバー	国立研究開発法人産業技術総合研究所	張 銘
11	メンバー	株式会社志賀郷社榮	今西 恵一
12	メンバー	株式会社志賀郷社榮	中島 育郎
13	メンバー	ソニーグループ株式会社	庄司 直美
14	メンバー	ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	板倉 英三郎
15	メンバー	第一三共株式会社	上原 勉
16	メンバー	株式会社地球快適化インスティテュート	安部 陽子
17	メンバー	津田産業株式会社	津田 綾子
18	メンバー	日本電気株式会社	江藤 めぐみ
19	メンバー	日本電気株式会社	田中 修吉
20	メンバー	日本電気株式会社	橋本 宜明
21	メンバー	日本電気株式会社	深田 彰
22	メンバー	日本電気株式会社	川崎 貴夫
23	メンバー	日本電気株式会社	中山 憲幸

#	区分	企業・大学・法人名	氏名
24	メンバー	日本電気株式会社	原 航
25	メンバー	株式会社パスコ	高岸 且
26	メンバー	株式会社パスコ	河野 誠忠
27	メンバー	株式会社パスコ	菅原 史緒
28	メンバー	株式会社日立製作所	小塚 潔
29	メンバー	株式会社日立製作所	長我部 信行
30	メンバー	富士通株式会社	佐藤 裕一
31	メンバー	富士通株式会社	小林 悠治
32	メンバー	富士通株式会社	濱田 祐介
33	メンバー	富士通株式会社	岩崎 靖
34	メンバー	富士通株式会社	木田 祐太郎
35	メンバー	富士通株式会社	有賀 崇文
36	メンバー	国立大学法人 三重大学	淵上 佑樹
37	メンバー	株式会社三井住友銀行	浅見 英男
38	メンバー	株式会社三井住友銀行	杉山 ひろみ
39	メンバー	株式会社三井物産戦略研究所	本郷 尚
40	メンバー	株式会社三菱総合研究所	古屋 孝明
41	メンバー	三菱電機株式会社	森 一之
42	メンバー	三菱電機株式会社	佐藤 剛彦
43	メンバー	三菱電機株式会社	梁瀬 徹行
44	メンバー	株式会社三菱UFJ銀行	志村 幸美
45	メンバー	株式会社三菱UFJ銀行	王 楠

#	区分	企業・大学・法人名	氏名
46	オブザーバー	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)	水無 渉
47	COCN 担当実行委員	鹿島建設株式会社	森山 善範
48	COCN 担当実行委員	住友化学株式会社	上田 博
49	COCN 担当実行委員	ソニーグループ株式会社	島田 啓一郎
50	COCN 担当実行委員	第一三共株式会社	熊倉 誠一郎
51	COCN 担当企画小委員	日本電気株式会社	武田 安司
52	COCN 担当企画小委員	トヨタ自動車株式会社	佐藤 桂樹
53	COCN 事務局長	一般社団法人 産業競争力懇談会	山口 雅彦
54	COCN 副事務局長	一般社団法人 産業競争力懇談会	五日市 敦
55	COCN 副事務局長	一般社団法人 産業競争力懇談会	土肥 英幸
56	COCN 企画小委員	株式会社地球快適化インスティテュート	岩田 一
57	COCN 企画小委員	株式会社日立製作所	菊地 達朗
58	COCN 企画小委員	三菱電機株式会社	金枝上 敦史
59	COCNプロジェクト外事務局	第一三共株式会社	三浦 慎一

【背景】

- ・カーボンニュートラルの実現に向け、森林の利活用は重要。
- ・地球温暖化対策計画(令和3年10月22日閣議決定)において、2030年度の森林吸収量目標を約3,800万CO₂トン(2013年度総排出量比2.7%)とされた。
- ・森林におけるCO₂の吸収促進と都市部における炭素固定の長期化という観点から対策を検討。
- ・森林での伐採が進めば新たな植林も可能となり、さらなるCO₂の固定につながる。



【提言(案)】

- ・今後の出口として「森林カーボン資源循環経済圏構想」のようなモデル事業として、「プラットフォーム」や「特区」のような形で地域を選定し、サプライチェーンの川上から川下までを一気通貫で、デジタル技術を駆使しながら、本プロジェクトが目指す緑のエコシステムを構築するための各種課題について社会実験が行えるような検討をすることも有効と思われる。

【検討内容】

森林でのCO₂吸収を増やす技術
早生樹・高機能樹の育種、植林

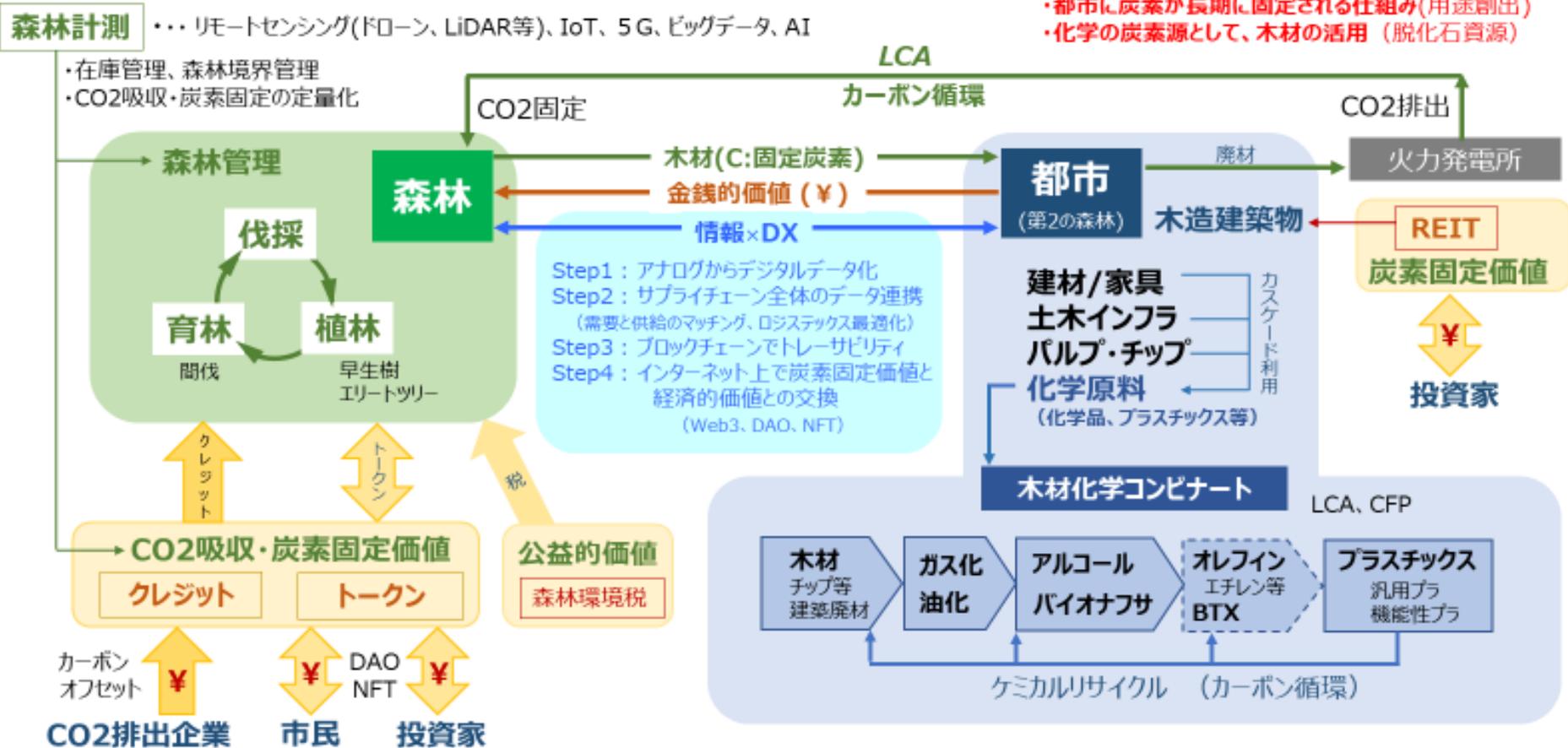
都市でのCO₂固定を長期化する技術
バイオマスプラスチック、
木材・プラスチック複合材

CO₂吸収・固定を定量化・見える化する技術
精密リモートセンシング(ドローン、レーザなど)
ICチップ、画像処理、マッピング

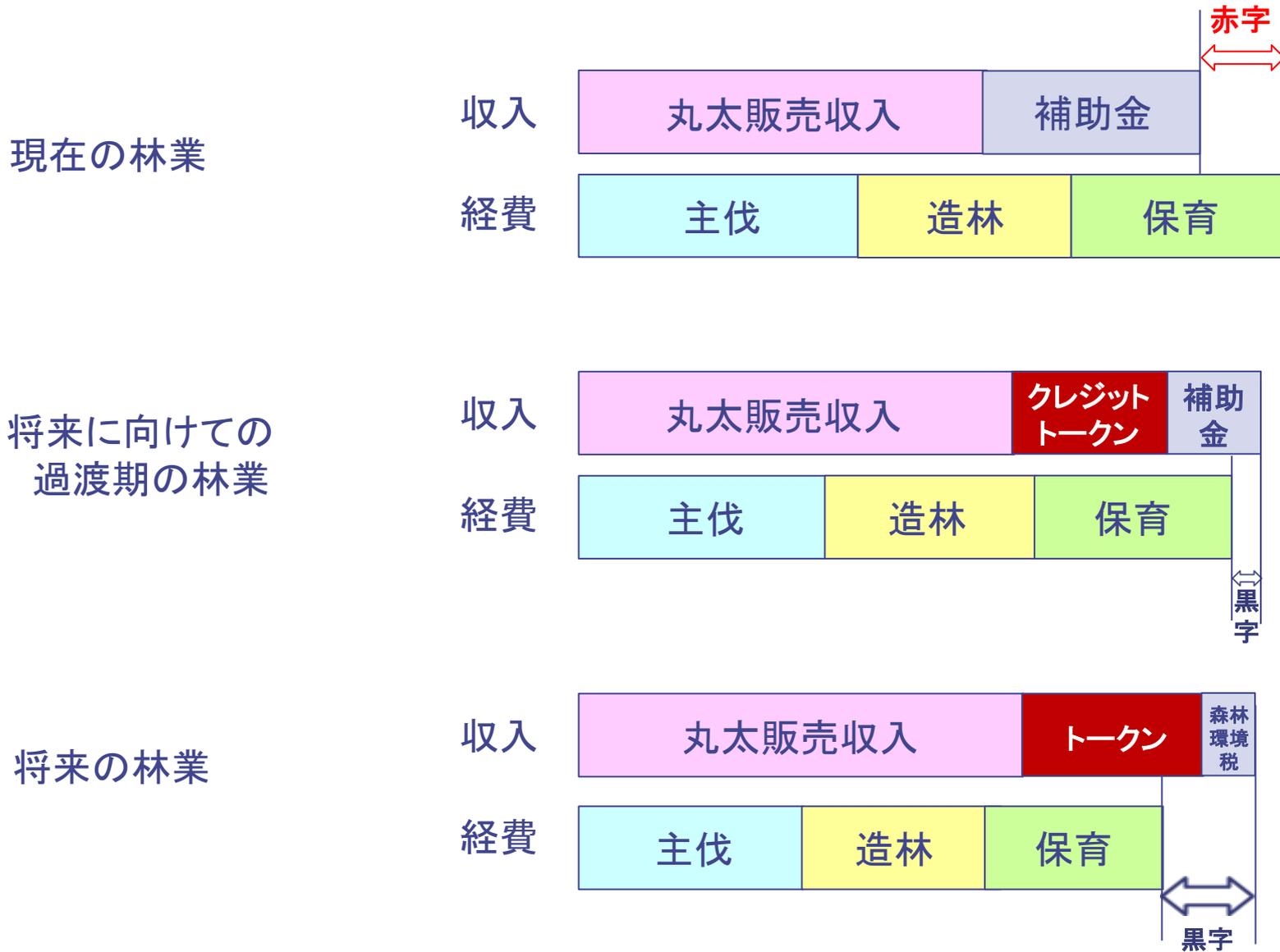
CO₂経済を支える仕組み
各種クレジット、ブロックチェーン
ライフサイクルアセスメント(LCA)

森林カーボン資源循環経済圏構想

- ・森林に資金が還流する仕組み
- ・炭素固定価値が、経済性を持つ仕組み



今後の山側の収益性のイメージ



目次

1. テーマの目標とプロジェクトの出口
2. 報告のポイント
3. 提言及び産学官の役割分担
4. 取り組みのロードマップ

【CO2経済確立に向けた課題】

- ① 林業の活性化
- ② 木材を利用した用途の拡大
- ③ 炭素固定量の定量化と信用の担保
- ④ 資金が林業に還流する仕組み作り

【CO2経済確立に向けた施策】

- 3-1. CO2吸収の早い森林システムの育成
- 3-2. 長期利用可能な木質バイオマス・プラスチックの開発
- 3-3. 高精度森林蓄積計測技術の開発
- 3-4. ライフサイクルアセスメント(LCA)技術の開発
- 3-5. CO2流通市場用ブロックチェーン技術の開発
- 3-6. CO2クレジット制度の進化

＜社会的な要請が高まる＞

- ・カーボンニュートラル、RE100 → 森林管理が求められる。
- ・企業は(Scope3 SC上・下流)排出量の見える化の要請が高まる⇒産業競争力(ものづくり)に直結
- ・自治体RE100宣言、ゼロカーボンシティ宣言

＜企業目線＞

- ・資材購入(Scope3): バイオプラ素材のCO2原単位への反映
- ・再エネ電力購入(Scope2): 非化石証明
- ・再エネ由来燃料の購入(Scope1): LCA的(+人権保護)・・・な信頼性の高いタグ
- ・更に不足分をNETs(植林)で補完 (クレジット購入、カーボンオフセット; 信頼性の高いクレジット)

＜行政・自治体＞

- ・RE100宣言、ゼロカーボンシティ宣言
- ・自然資本を地方創成に活用(Web3 DAO NFT) → クレジット、トークン供給量と効率向上

＜社会＞

- ・建築、インフラなどの炭素ストックを増やす ← インセンティブの確立が必要
(木材由来で代替(代替効果の高い材は? 信頼性の高いLCA)
→炭素吸収効率の高い(付加価値の高い樹)樹種の開発、育成技術の開発?
バイオプラなど代替材の研究開発 ← 研究開発投資の拡大?
実証特区の設定による社会実装の促進

＜その他の課題＞

- ・小規模な森林の管理、林地境界の管理
- ・山側への価値の移転: 新価値創造(=炭素固定価値・・・etc)、短期化(ハイサイクル化)
- ・市場の行動変容策 (輸入材よりも国産材を選択)→国産材ストックの見える化、LCA
- ・人材育成: 6次産業化?

1. テーマの目標とプロジェクトの出口①

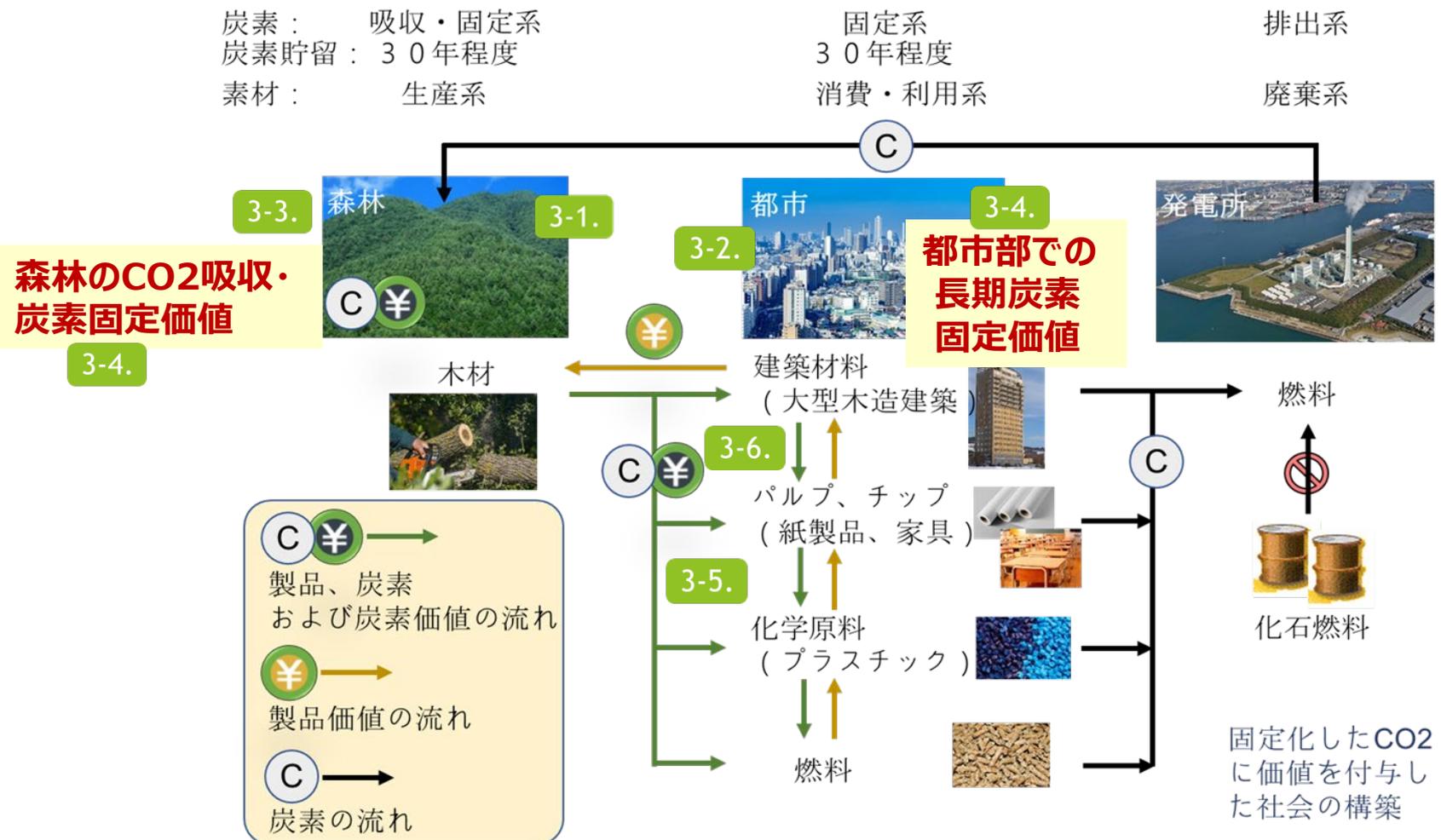
目標：「緑のエコシステム」プロジェクトが目指す社会の構築

森林の持つ炭素固定価値に基づくCO2経済の確立 ⇒ 価値創造

炭素： 吸収・固定系
炭素貯留： 30年程度
素材： 生産系

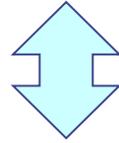
固定系
30年程度
消費・利用系

排出系
廃棄系



1. テーマの目標とプロジェクトの出口②

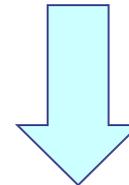
[目標] 森林の炭素固定化に基づくCO2経済の確立



森林のCO2吸収・炭素固定価値
3-4. (環境価値)

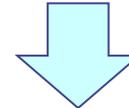
⇔ 経済価値化

3-5.

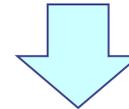


林業にお金がまわる仕組み

3-6.

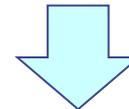


林業の活性化

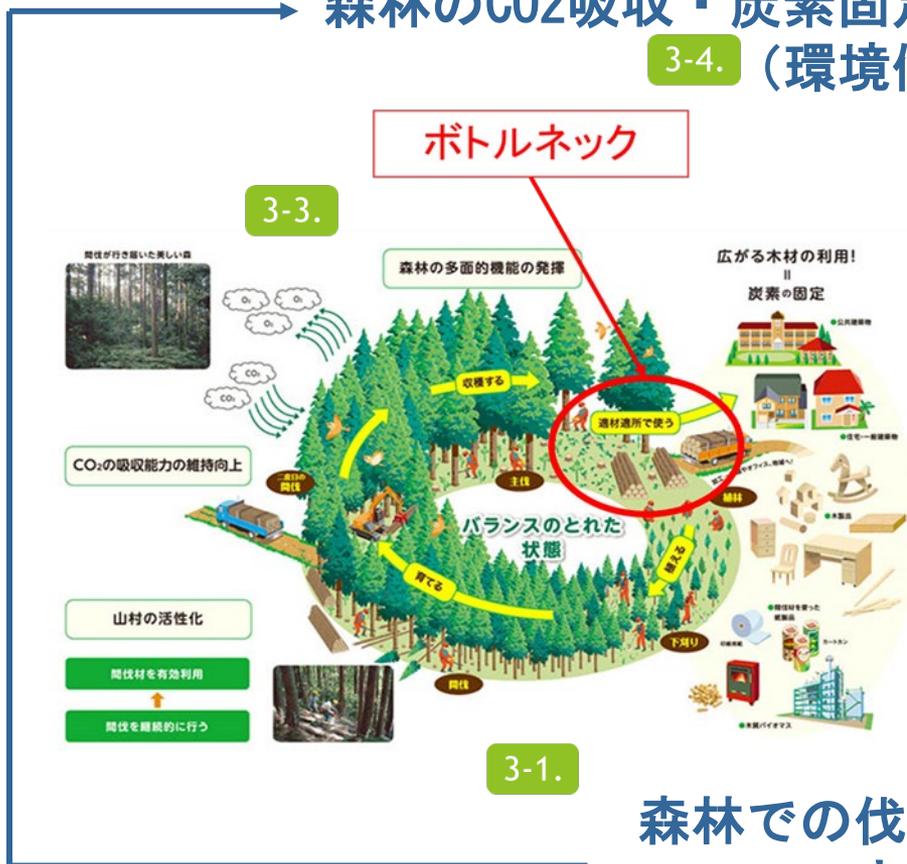


森林から都市への木材の流れを促進

3-2.



森林での伐採が進めば新たな植林も可能となり、さらなるCO2の固定につながる。



3-3.

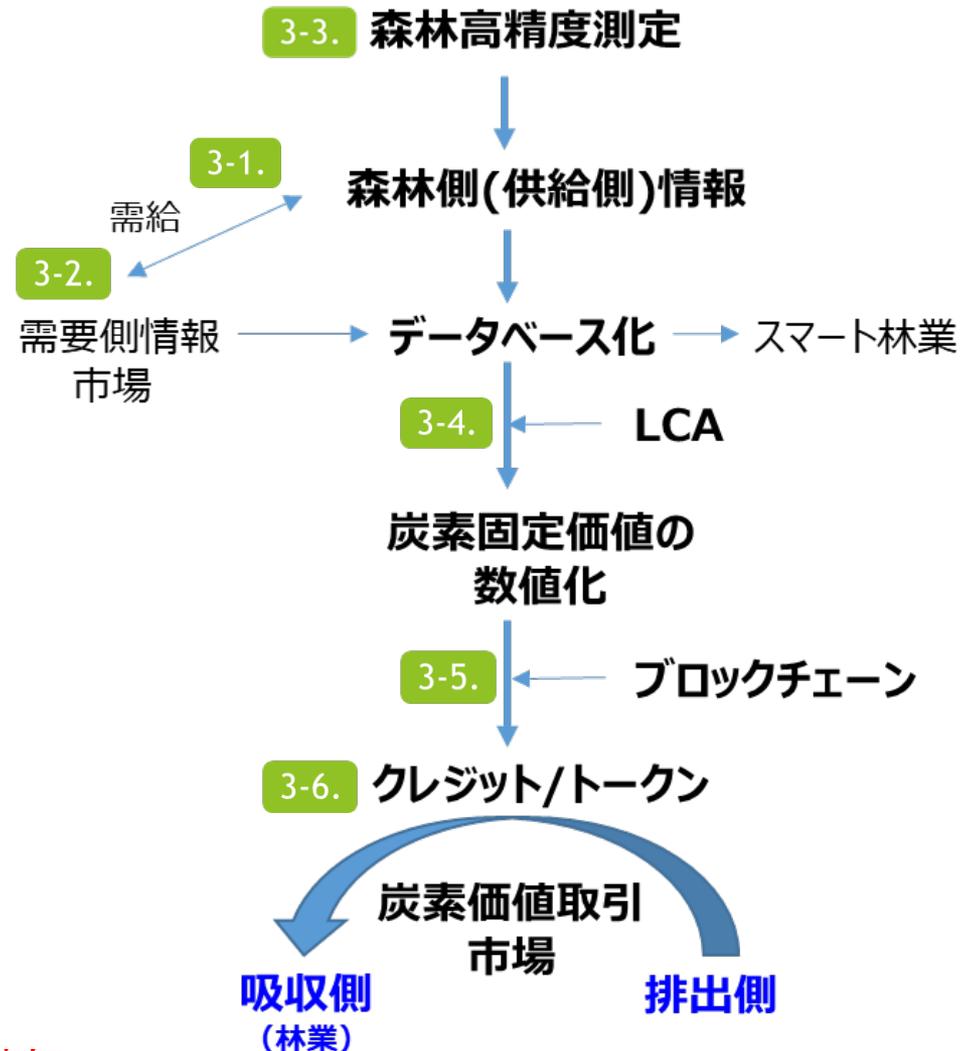
3-1.

1. テーマの目標とプロジェクトの出口③

[目標]

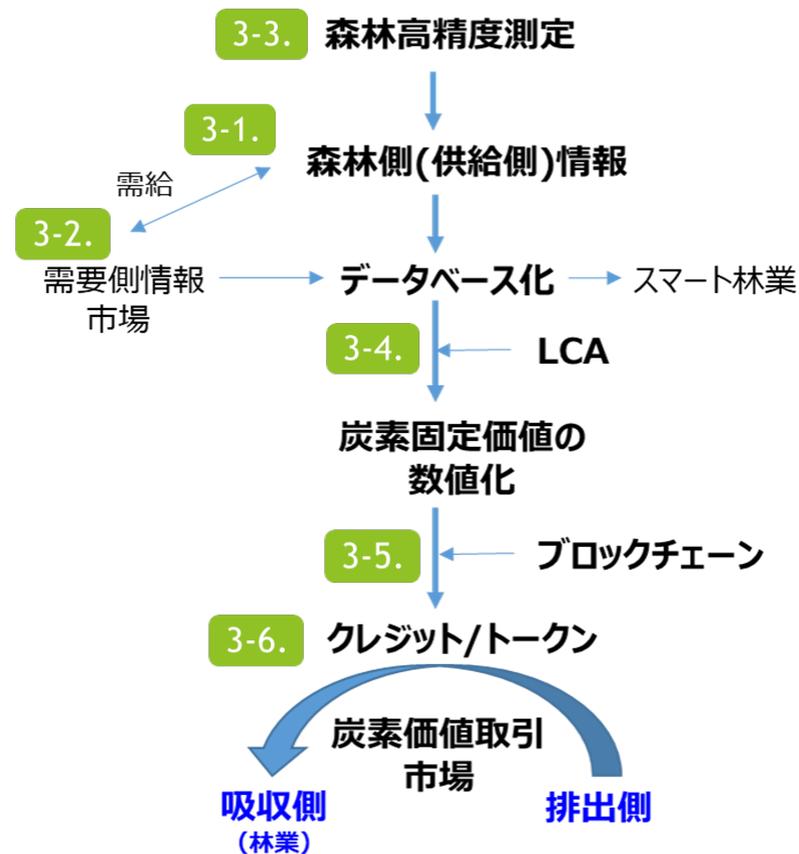
- ・情報通信技術(ICT)により、供給側から需要側へのサプライチェーンにおける情報の分断の解消
- ・ICTにより、川上の森林炭素固定価値を、川下の経済的価値に結び付ける
- ・ブロックチェーンにより、森林による炭素固定量データと経済的価値とを結びつけ、トレーサビリティと信用を担保する
- ・炭素固定の経済的価値を取引する市場の形成により、林業に資金を還流し、林業の活性化を目指す。
- ・森林による炭素固定化に基づくCO2経済の構築を目指す。

出口:「森林カーボン資源循環経済圏構想」



2. 報告のポイント①： 課題

[目標] 森林の炭素固定化に基づくCO2経済の構築を目指す



- ← 測定精度とコストの両立(リモートセンシング技術)
- ← 森林サイクルの短期化(林業の生産性改善)
スマート林業(デジタル化、機械化、省力化)
需要の創出と、植林樹種の選択(エリートツリー)
植樹種の育種・品種改良
- ← デジタル化、ビッグデータ処理、AI、5G
需要(市場)側と川上(林業)との需給マッチング
- ← 炭素蓄積のLCA手法の確立
森林本来持つ自然価値の価値化
- ← 炭素価値交換における森林測定データの必要精度
- ← トレーサビリティの確保、信用の確保
Web3.0、DAO、NFTなどの活用、低コスト化
- ← クレジット(Jクレジット)数量拡大、適正価格化
ボランタリークレジット拡大、トークン制度設計
- ← CO2経済、トークン経済の推進
炭素価値取引「市場」の形成

2. 報告のポイント② :最終報告に向けた検討課題

3-1. **森林サイクルの短期化**
早生樹、エリートツリーの育種、植栽

3-3. **森林リモートセンシング技術**
ICT、デジタル活用

3-4. **森林における炭素固定量評価**
→ 炭素蓄積系LCA

その他 **規制緩和要望の抽出**
土地所有者不明対応、
小規模所有者対応、
境界対応など

3-2. **都市部での木材需要の創出/抽出**
・バイオプラスチック
・木材・プラスチック複合材

3-4. **都市部における炭素固定量評価**
→ 炭素蓄積系LCA



供給側



森林

木材 / 炭素固定価値

3-5. **ブロックチェーン技術**

3-6. **クレジット/トークン**

需要側



都市

2. 報告のポイント③： 解決に向けたエコシステム

- 「制度・規制」
- 3-1. 林業における規制緩和
 - 3-6. クレジット量増大に向けての規制緩和
 - 3-5. ブロックチェーン利用における規制緩和

- 「人材育成」
- 3-1. 林業従事人材の育成
 - 3-1. 樹木(育種など)研究開発人材の育成
 - 3-5. デジタル人材の育成
 - ・ブロックチェーン/NFT/DAO
 - 3-4. LCA方法論検討の人材育成
 - 3-6. クレジット制度検討の人材の育成

3. 提言及び産学官の役割分担①

[提言の内容]

サプライチェーンにおける技術分野や携わるプレーヤも多種多様で、かつ、森林サイクルの時間軸を踏まえると中長期での取り組みが必要であることなどが明らかになってきた。

したがって、後述する個別の施策提言やプロジェクト化などの取り組みに加え、例えば、今後の出口として「森林カーボン資源循環経済圏構想」のようなモデル事業に産学官が参加し、情報共有や多様なプレーヤの連携、課題解決を促進する「プラットフォーム」のような場を形成して進めることが有効ではないかと考える。

また、「特区」のような形で地域を選定し、サプライチェーンの川上から川下までを一気通貫で、デジタル技術を駆使しながら、継続的な価値創造によるマネタイズを推進し、本プロジェクトが目指す緑のエコシステムを構築するための各種課題について社会実験が行えるような検討をすることも有効と思われる。

我々はこうした仕組みがグローバルに展開・発展するものと予測し、将来的に必要な技術的インフラを備えた社会基盤システムを整えることが、日本の産業力の強化と地球温暖化防止に寄与するものと考えている。

3. 提言及び産学官の役割分担②

[役割分担]

(産業界) 3-1. 林業のスマート化(機械化、デジタル化)の推進

- ・技術やビジネスモデルへの投資
- ・応用技術開発
- ・早生樹などの施業の確立
- ・施業の集約化、生産性の向上

(政府) 3-1. 林業におけるデジタル化の推進、規制緩和(林野庁、デジタル庁)

3-1. 林地台帳の整備、サプライチェーンでのデジタル一貫性確保(林野庁)

3-1. 路網(林道)の整備(林野庁、国土交通省)

3-6. クレジット量の拡大に向けた取組み(経産省、環境省、農水省)

3-5. ブロックチェーン推進、規制緩和(デジタル庁、林野庁、経産省)

その他 ルールの明確化(各省庁)

(大学・研究機関)

3-1. 育種、品種改良(エリートツリー、早生樹)

- ・基礎検討

4. 取り組みのロードマップ

		2030	2040	2050
3-1.	1. CO2吸収の早い森林システム ・林業の収益性向上 ・森林サイクルの短期化	デジタル化 エリートツリー、早生樹	スマート化 評価	
3-2.	2. バイオマスプラスチック ・木材需要の創出 ・長期炭素固定価値評価	中高層建築	バイオプラスチック(汎用プラ)	
		LCA評価方法検討		
3-3.	3. 高精度森林蓄積計測 ・炭素固定量測定 ・コスト低減	測定方法検討	精度とコストのトレードオフの解消	
		コスト低減検討		
3-4.	4. ライフサイクルアセスメント(LCA) ・CO2吸収/蓄積量評価 ・環境評価	評価方法検討	サプライチェーン全体	
		環境評価方法検討		
3-5.	5. ブロックチェーン ・トレーサビリティ ・Web3、DAO、NFT対応	トレーサビリティ方法	DAO、NFT	
		Web3、DAO		
3-6.	6. CO2クレジット制度 ・林業にお金がまわる仕組み	クレジット発行量の拡大	価格の適正化	

「2022年度推進テーマ最終報告（要約）」

『超電導で拓くカーボンニュートラル社会』

推進テーマリーダー 来栖 努

（東芝エネルギーシステムズ株式会社
原子力先端システム設計部・フェロー）

【テーマの目標】

- ・液体水素の冷熱を有効活用した超電導応用が、経済合理性をもってカーボンニュートラルに貢献する
- ・超電導応用製品において、欧米・中国に対する国内産業の優位を構築し、日本国としての持続的発展に資する

【プロジェクトの出口】

2年間(2022/5～2024/3)のプロジェクト活動を計画し、以下の出口を設定

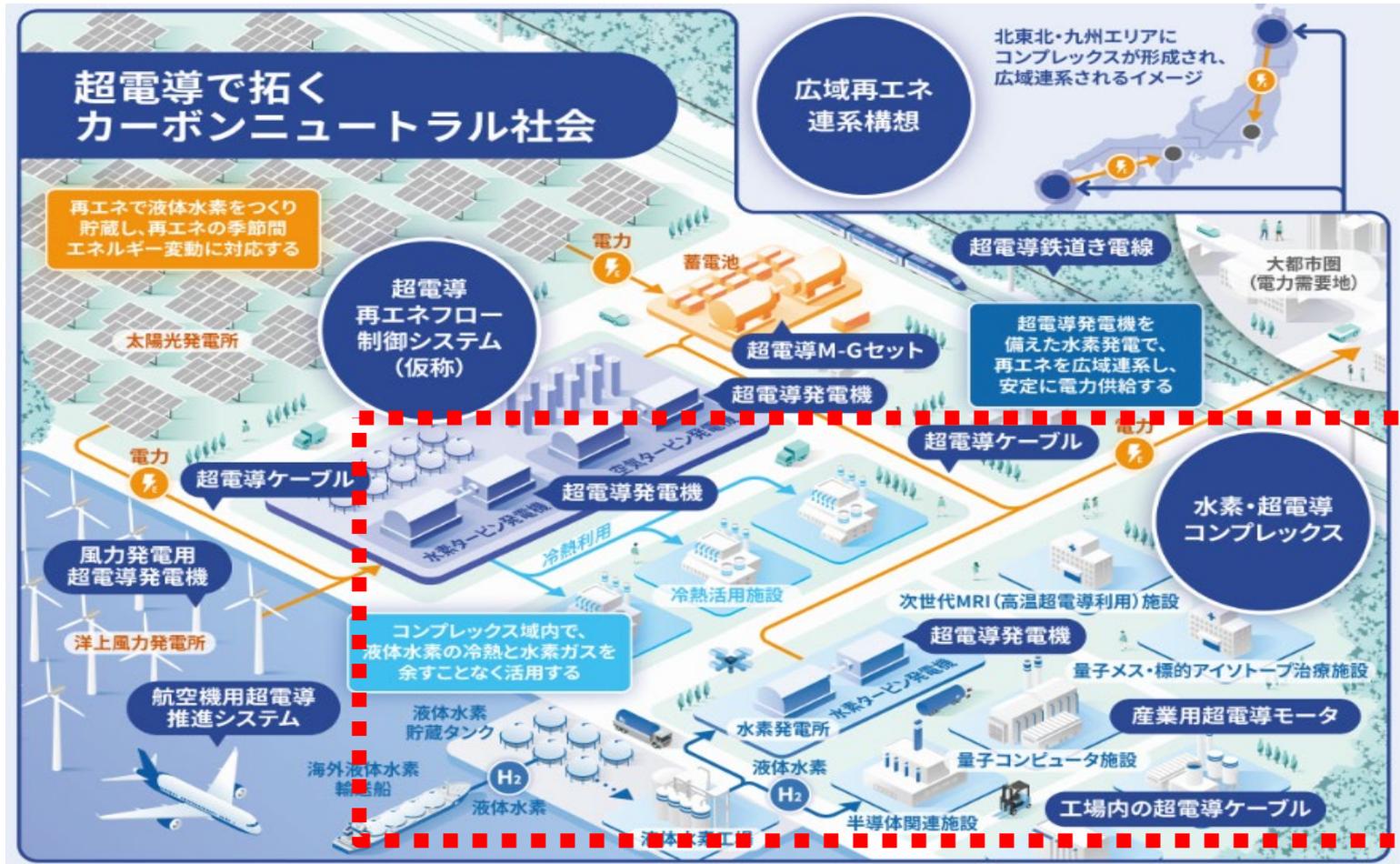
- ・成長の仕組みと、その枠組みの提案
- ・提案する超電導機器の経済合理性獲得のための要求定量化
- ・国プロによる技術・人材育成の提案

我が国のLNGのインフラは、冷熱を十分利用できず（cf 利用率は20-30%程度）に構築されたが、将来の水素社会では、無駄なく液体水素の冷熱を利活用することが望ましい。

液体水素のふんだんな冷熱の多様な利活用（カスケード利用）を想定し、その一部を利用することで新たに生まれる超電導の姿を描き、カーボンニュートラルおよび産業競争力強化に資するシナリオを検討した。

2. 報告のポイント –成長シナリオの提案–

①水素・超電導コンプレックス



液体水素の集約貯蔵拠点を中心に、広く水素を利活用する水素・超電導コンプレックスを形成し、液体水素の冷熱で冷却した超電導装置のベネフィット(磁場、大電流、放射光、ビーム、中性子など)により、新たな価値やプロダクトを創生している将来像を提案する

2. 報告のポイント —経済合理性・CO2削減効果・共通技術— COCN

<超電導機器の経済合理性調査>

水素・超電導コンプレックス構想で採用が見込まれる各種超電導応用機器の経済合理性を調べる前段として、超電導を適用するメリットを各機器毎に整理した。継続検討する。

<超電導化によるCO₂排出量の削減ポテンシャル(2050年の世界規模)>

各機器を超電導化した場合のCO₂削減ポテンシャルを調査。主な結果は以下。

発電機 : 0.2億ton/年

産業用モータ: 0.2億ton/年

cf 今年度の報告書には不含だが、「超電導再エネフロー制御システム(仮称)」によるCO₂削減ポテンシャルとして、2050年の国内で、約1億ton/年の最大ポテンシャルを有すると評価している

<共通技術調査結果>

高温超電導の集合導体技術、高温超電導コイル技術については海外が先行し、日本の弱みになっていることを整理した。成長シナリオ実現のために、研究開発として注力すべき共通技術として、高温超電導の集合導体技術およびコイル技術、冷却技術を抽出した。

3. 提言及び産学官の役割分担

水素社会における冷熱と超電導の利活用は、今後、各国で検討が始まるものと考えられ、他国に先駆けた検討と社会実装を進めることが産業競争力の観点から重要と考える。次年度に更に深堀し、提言内容に反映することを前提に、現時点のプレ提言を以下にまとめる。

・水素社会における冷熱の利活用の仕組み、および超電導を利活用した社会インフラを日本が先導して構築するとともに、これらのインフラパッケージを海外輸出することで国内の雇用を創出し、同時に、新たな輸出産業力強化を押し進めること

・将来の社会インフラ構築には、新たな人材の育成が急務な状況にあり、個別企業のモチベーションだけでは難しいため、産業界と大学・国研が連携して中長期視野に立った人材育成の機会の創出とモチベーションの向上を押し進めること

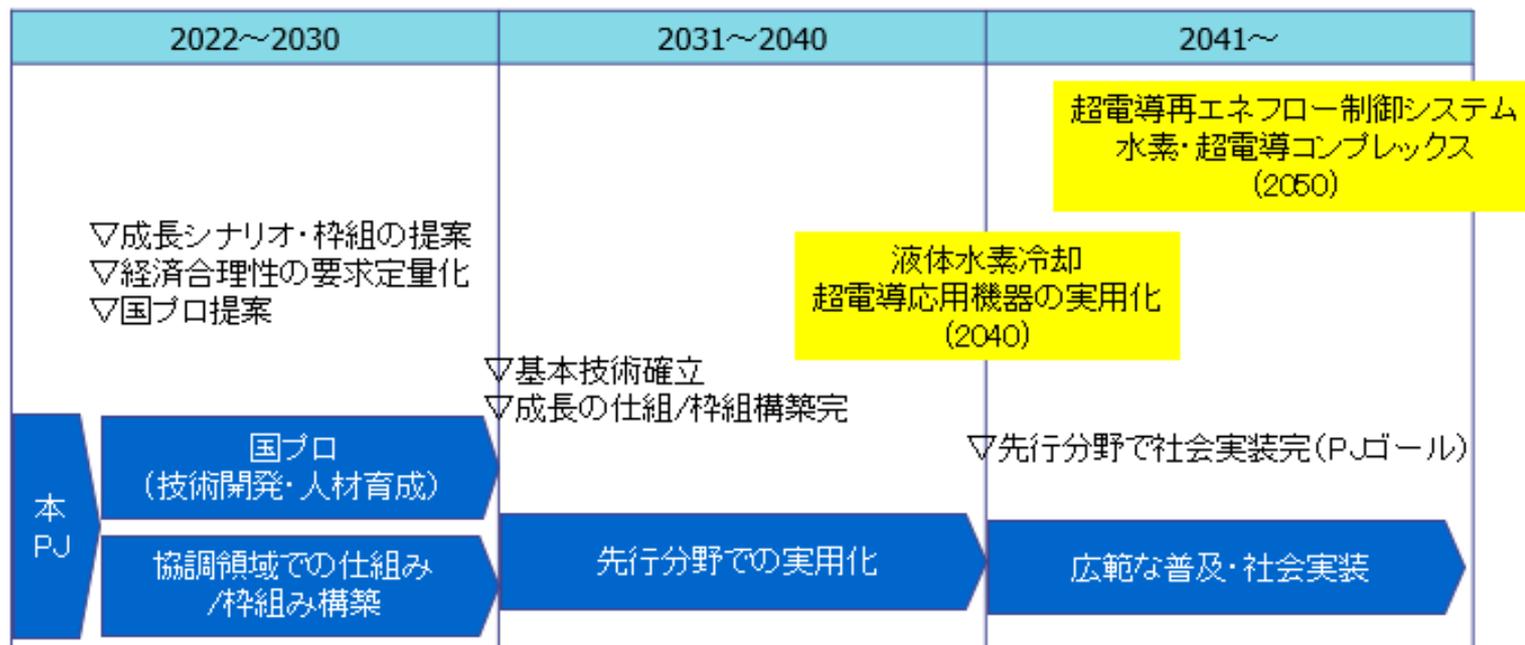
・成長の青写真を本プロジェクトで描いた後、産官学連携による国家プロジェクトで運用まで見据えた技術開発を行い、特区等での実規模実証を進めることで必要な技術と人材を育成、実用化と社会実装を進めること

上記を確実に推進するため、官民が以下の役割で連携して進めることが望ましいと考える。

官：国家プロジェクトによる開発枠組の構築と推進、特区等における実規模実証および国内インフラ整備/パッケージ輸出の推進

民：冷熱を利用した持続可能な産業を創出するための魅力的なエコシステムの構築

4. 取り組みのロードマップ



<成長のステップ>



<次年度に向けたアクション>

- ①成長シナリオ策定： 提案効果の定量化、成長シナリオの成立性評価
- ②機器の経済合理性調査： 経済合理性樹立の方策検討
- ③共通技術調査： 注力すべき共通技術の検討の深堀り、開発計画提案

「2022年度推進テーマ最終報告案(要約)」

半導体製造ガス流量計測法と国際標準開発

推進テーマリーダー 磯部 泰弘

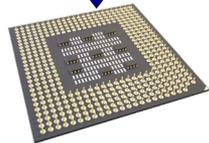
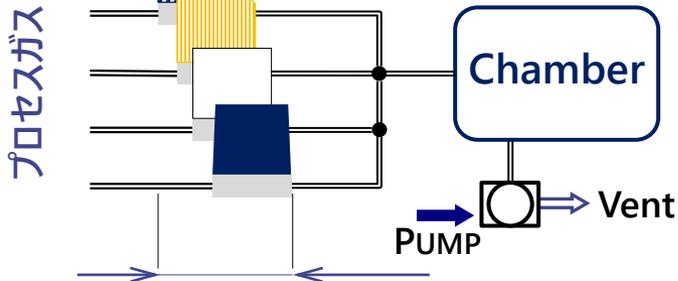
(株式会社 堀場エステック 標準技術推進室 副室長)

報告の全体像

目的：半導体製造プロセスにおけるさらなる競争力強化
 半導体の技術トレンドに合わせて、重要部品である
 マスフローコントローラー（MFC）の高精度化

問題

半導体プロセスガス流量
 MFCメーカーでまちまち



半導体製造プロセスの現状

半導体製造装置ごと、MFCごとに最適化

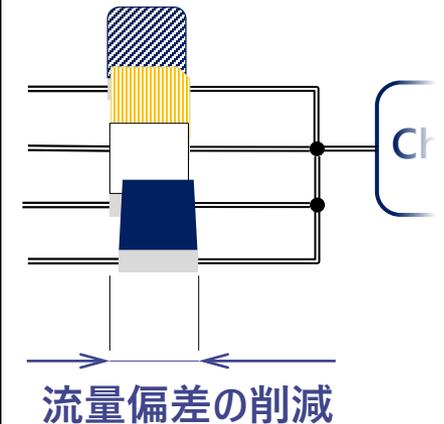
目標



共同研究拠点整備

- プロセスガス流量計測方法開発
- プロセスガス流量標準供給
- 人材育成
- 国際標準化

日本が主導する形で提案
 ⇒ 競争力強化



目次

1. テーマの目標とプロジェクトの出口
2. 報告のポイント
3. 提言及び産学官の役割分担
4. 取り組みのロードマップ

1. テーマの目標とプロジェクトの出口

【目標】

半導体製造の技術トレンドに合わせて、多種多様な半導体製造プロセスガス流量制御に汎用できる以下の項目を目標とする。

- ◆ガス流量計測方法の開発
- ◆ガス流量標準供給
- ◆国際標準化
- ◆人材育成

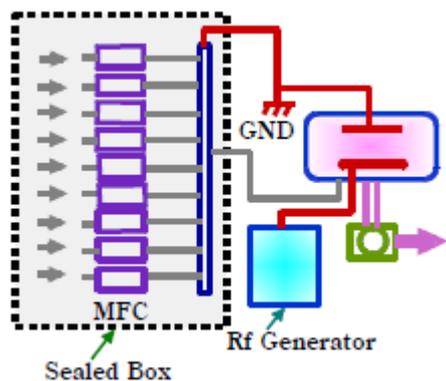
【出口】

半導体製造プロセスにおける国際競争力強化、サプライチェーンの強靱化を目的とする政策提言を行う。

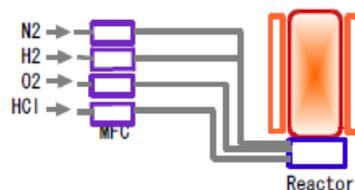
2. 報告のポイント

半導体製造プロセスの微細化・高度化に伴い、
流量の精確さが影響するプロセスが増えると予想される。

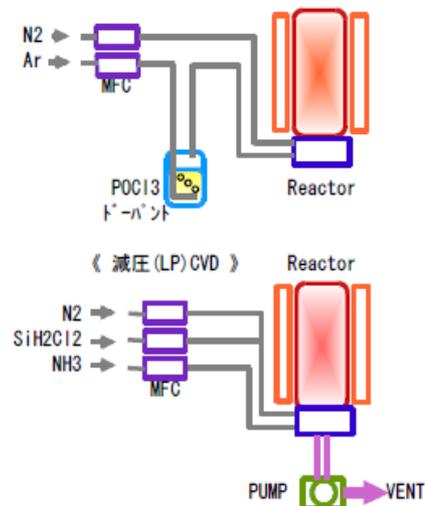
(RFプラズマエッチャー)



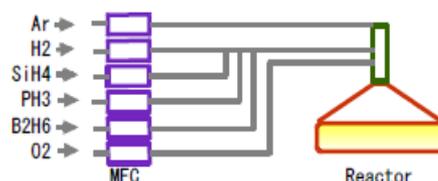
《 熱酸化 》



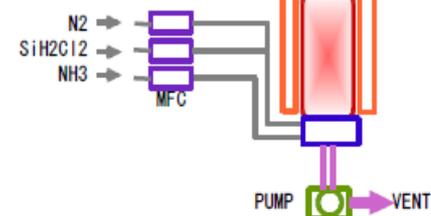
《 不純物熱拡散 》



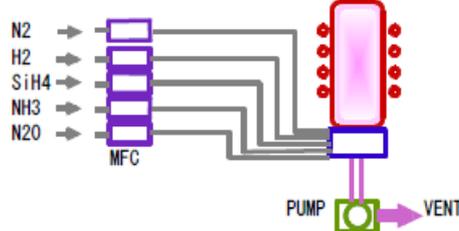
《 常圧 (AP) CVD 》



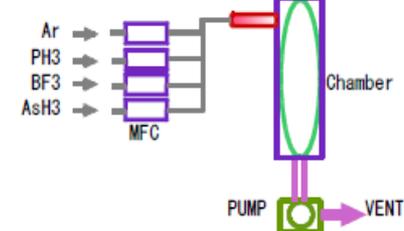
《 減圧 (LP) CVD 》



《 プラズマ (PE) CVD 》



《 イオン注入 (インプラネーション) 》



半導体製造プロセスにおけるガスフローの例(フローテクノサービス提供)

問題点：プロセスガス流量にMFCメーカー間の偏差

MFC製造

製造時窒素等の不活性ガス流量からプロセスガス流量の変換補正係数・関数の導出方法の標準化が未整備

プロセスガス：取扱いが困難 危険性が高い、物理的・化学的性質不明
MFCメーカー プロセスガス流量計測設備：一部分存在・適用。しかし**偏差解消できていない**

半導体製造プロセス

流量変動影響が大きいプロセス→ **再現試験と流量確認を実施**

ガス材料

新規材料開発時:半導体製造装置ごと, **MFCごとに最適化**

世界の動向

米国NISTでもプロセスガスの物性研究開始

NIST : National Institute of Standards and Technology

“Flow Metering and Properties for Semiconductor Process Gases”

2. 報告のポイント

フィージビリティスタディ

産総研NMIJ流量計測クラブ 半導体製造ガス流量ワーキンググループにて産総研とMFCメーカーとで持ち回り試験
メーカー間の流量偏差

N₂ガスにおける流量偏差: 約±0.2 %

六フッ化硫黄SF₆ガス: 約±2.0 %

基準の統一化 ±1.0 % へ縮小

流量標準を統一することで、MFCのメーカー間流量偏差を減少できることを確認済

3. 提言及び産学官の役割分担

半導体製造プロセスガス流量計測のための共同研究体制

- ⚠ 各社でプロセスガス計測設備を整備: 設備間の偏差が悪影響
- ✓ 共同研究可能な設備が最適

2023年度予定：

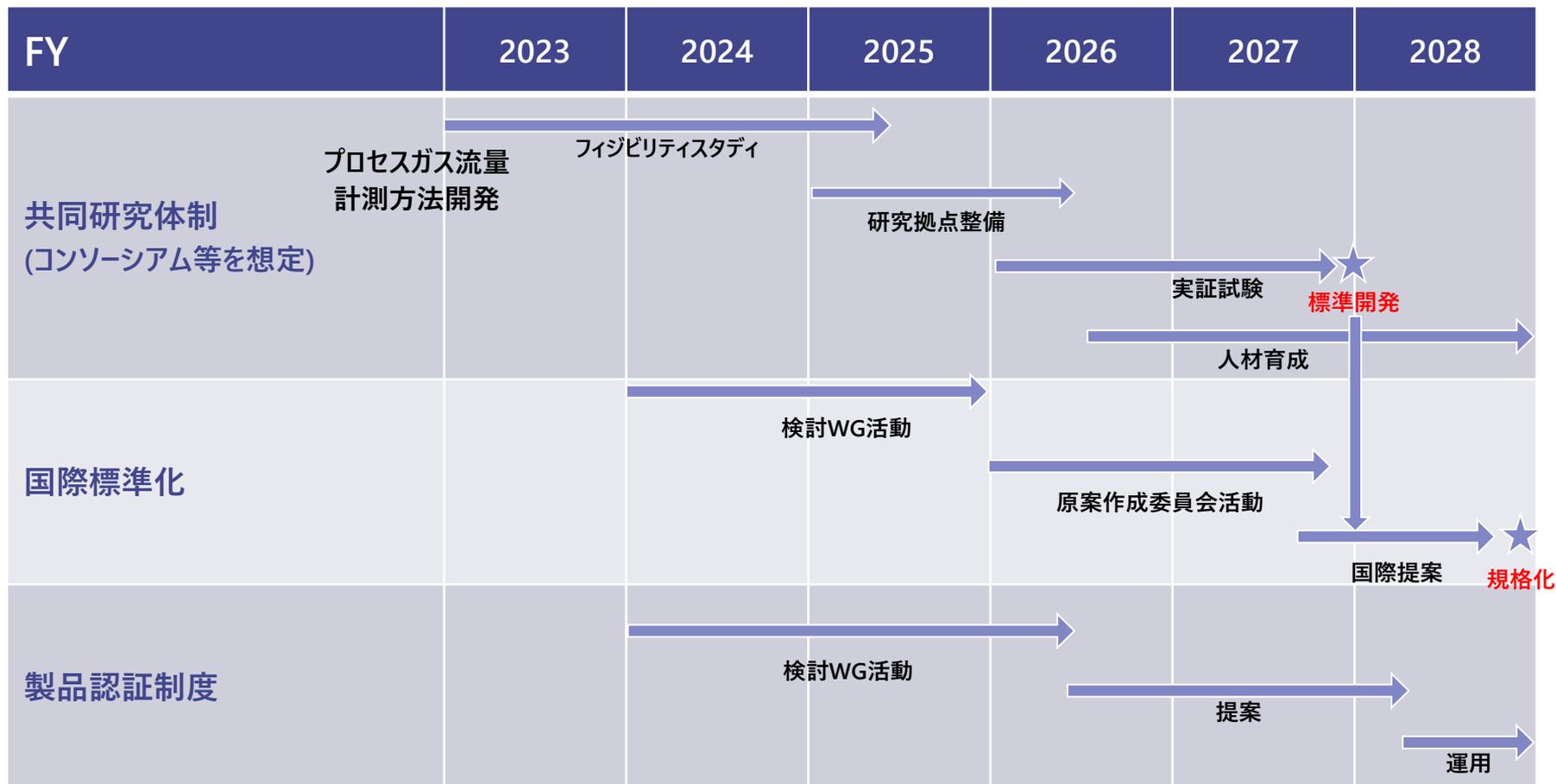
- 産学官の既存設備でプロセスガスにおけるフィージビリティスタディ
- コンソーシアム等の編成も検討し、必要設備の規模設計

国際規格化、製品認証制度、人材育成

共同研究の結果をふまえつつ検討を進める

4. 取り組みのロードマップ

現段階における目標実現までのロードマップ案



「2022年度推進テーマ最終報告案(要約)」

『DAC(Direct Air Capture)研究会』

推進テーマリーダー 氏名 藤木 保伸
(東芝エネルギーシステムズ株式会社
原子力システム設計部 担当部長)

報告の全体像

【背景】

- DAC(大気中CO₂の回収)は、2050年カーボンニュートラル社会の実現に必要な不可欠なネガティブエミッション技術
- ただし、多くの技術的ブレークスルーが必要、特にコスト面での高いハードルのクリアには、国家的な取組みが必須

【目標】

DAC導入・事業化の将来の社会モデルを構想しつつ、公的な規制・支援制度、及び規格・標準化を検討し、国へ提言

【提言及び産学官の役割分担(連携)】

政策提言の具体策追加(2022年度)

- ①DACの普及、先行投資意欲を刺激する事業環境整備の提言
国内における炭素クレジット取引市場の早期立ち上げ・整備(トップを走る航空業界ニーズ対応)
- ②DACの技術的成熟度を促進させるための提言
DACCSを含むNETs支援に関する「カーボン・クレジット・レポート」提言のGX/GteX事業への展開
- ③DAC国内産業基盤を構築し、発展させるための提言
NEDO事業、産総研国内拠点作り支援、米国/EU等のジネス支援に類する国内の仕組み作り
- ④国内産業界が地球規模の温暖化抑制に貢献するための提言
国内CCUS事業の成否はDAC事業への影響大、『CCS長期ロードマップ』の実現に期待⁹²

【DACの原理、特徴】

原理:大気中のCO₂を物理的または化学的に分離・濃縮する技術
貯留との組合せによりネットでのネガティブ・エミッション技術

用途:回収CO₂は、地中貯留、または化学製品の原材料等に利用

メリット:空気のある場所ならどこでもCO₂回収可能

デメリット:経済性(高コスト)、膨大なエネルギーが必要

例:スイスClimeworks社の世界初の商用プラントでは、600\$/t-CO₂(排ガス中CO₂回収の10倍以上)



出典: Direct Air Capture of Carbon Dioxide, IGEF Roadmap 2018 Figure 2-1 仮訳

目次

1. テーマの目標と研究会の出口
2. 報告のポイント
3. 提言及び産学官の役割分担
4. 取り組みのロードマップ

1. テーマの目標と研究会の出口

【テーマの目標】

DAC導入・事業化に向けた将来の社会モデルを構想、それに向けて必要な公的な制度、規格・標準化を検討し、国への働きかけを実施

【研究会の出口】

DAC導入・事業化を実現する産学官の役割を明確化、あるべき姿を提言

- 2021年度は、産学官の役割分担を考慮した4つの政策提言*
及び、産学官ロードマップを策定

* ①DACの普及を誘導し、産業界の先行投資意欲を刺激する事業環境整備のための提言

②DACの技術的成熟度を促進させるための提言

③DAC国内産業基盤を構築し、発展させるための提言

④国内産業界が地球規模での温暖化抑制に貢献するための提言

- 2022年度は、メンバ業種の幅を拡げ、川崎重工業(株)、(株)明電舎、及び全日本空輸(株)が新たに加わり、13社9機関の活動体制
- DACに関するさらなる政策提言や産学官ロードマップの具体化、及び来年度以降の『プロジェクト』の要否について検討

2. 報告のポイント

【検討の視点と範囲】

- 2021年度は、ムーンショットでの基礎研究の段階から事業化に至るまでの技術的フェジビリティを産業界視点で見ておき、海外の最新動向なども参考にしつつ、産業界からの積極的な関与が期待されている次の2点を中心に検討

(1) エンジニアリング上の課題の整理

- ① 様々なプロセス方式の優位性と技術的特性の把握
- ② 具体的なターゲットを想定したプロジェクト化

(2) 事業化視点での課題の整理(システムインテグレーション)

- ① 事業化を国内で支援する公的な制度、標準化の検討と働きかけ
 - ② 将来的に事業になり得る社会モデルの提案
 - ③ 海外との連携に関する検討
- 2022年度は、目標達成に向けて、産業界として引き続き調査や協議が必要と考えられるテーマ※を深耕し、2021年度に策定した政策提言を具体化
- ① 産学官連携のあり方や具体的な進め方の検討
 - ② 海外との連携や協力体制構築に関する検討
 - ③ 回収したCO₂の各種条件に適した貯留・利用に関する検討

2. 報告のポイント

【DACが普及する直前の社会想定】

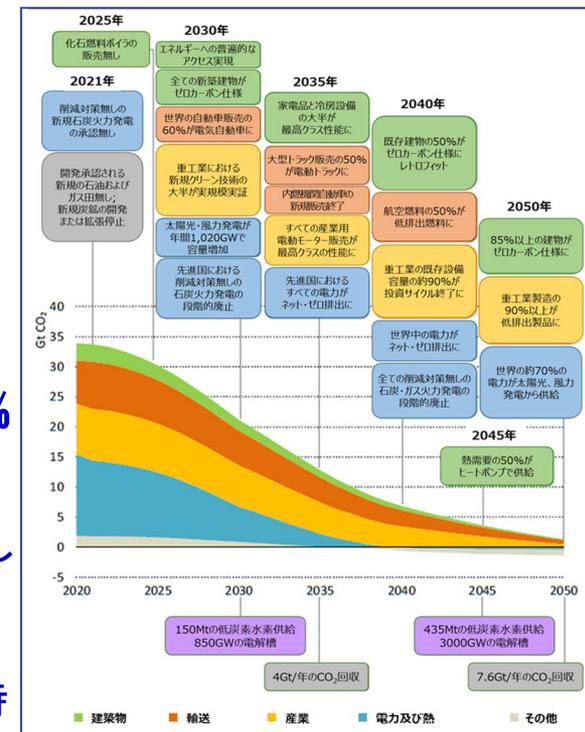
- 2030年代に向けて、カーボンリサイクル社会が次第に実現すると予想
- カーボンリサイクル社会実現に向けた課題は次第に解決されると予想
 - ・ CO₂の負の外部性(迷惑財)を適正に内部化する環境が整備された社会を想定
- 2050年には国内で最大2億トン/年規模のCO₂除去(貯留)が必要

【IEA 2050年ネット・ゼロ・シナリオにおける世界】

- ・ 世界の約70%電力が太陽光、風力発電供給
- ・ 重工業製造の90%以上が低排出製品に、
- ・ 85%以上の建物がゼロカーボン仕様に
- ・ 世界CO₂回収量: 76億トン/年規模のうち、10億t/年弱がDACによる回収
- ・ **DACによる回収CO₂: 貯留は約64%, 利用は約36%**

【大気から回収したCO₂利用時のCO₂削減効果】

- ・ 少なくともリソース由来の炭素によるCO₂濃度上昇の寄与無し
- ・ CO₂利用システム全体としては正味ゼロのCO₂排出
- ・ 合成燃料の原料として利用する場合、化石燃料節減に寄与するのはCO₂ではなく水素だが、化石燃料由来のCO₂利用時に惹起されるCO₂回収側のモチベーション問題は緩和



添付資料(16頁)参照

2050年ネット・ゼロ実現には、利用(U)だけではなく、貯留(S)の普及が必須

2. 報告のポイント

①産学官連携のあり方や具体的な進め方の検討

- 国内：技術開発フェーズ、及び事業化を目指すフェーズ
 - NEDO殿 ムーンショット事業 2020年度～
 - 産総研殿 「CO₂分離回収・資源化コンソーシアム」 2021年9月～
-カーボンニュートラルの早期実現に貢献、DAC技術も対象のひとつ
法人会員105法人、特別会員67名が参加、活動中(2022年12月14日現在)
 - 環境省 CO₂の資源化を通じた炭素循環社会モデル促進事業
- 海外：公的支援及び産学官連携状況
 - 米国：インフレ抑制法成立に伴う45Q税制控除におけるCCUS/DACへのインセンティブ改正
 - 税控除額 DAC+U(利用): \$35/tCO₂⇒\$130/tCO₂
 - DAC+S(貯留): \$50/tCO₂⇒\$180/tCO₂
 - 適用されるDACプラント容量の下限 10万tCO₂/年⇒1000 tCO₂/年
 - 米国：研究開発支援 Carbon Negative Shot 2021年11月～
 - 欧州：主に、EU Horizon 2020 を中心にした大規模な開発連携枠組み
 - 欧州：Negative Emissions Platform

米国45Q税制優遇改正やEU大規模PJ支援は、事業化加速効果大

2. 報告のポイント

②海外との連携や協力体制構築に関する検討

➤ 日本が手掛ける国際協力の枠組みの活用 by 三菱総研殿提供

- **アジアCCUSネットワーク**

DACで回収したCO₂の利用・貯留環境の整備への活用可能性

- **CEFIA: Cleaner Energy Future Initiative for ASEAN**

DACビジネスを対象とした制度構築・市場普及の参考

- **JCM: 二国間クレジット制度**

DACパートナー国導入・普及、日本の脱炭素貢献評価への活用可能性

- **アジア・ゼロエミッション共同体(AZEC)**

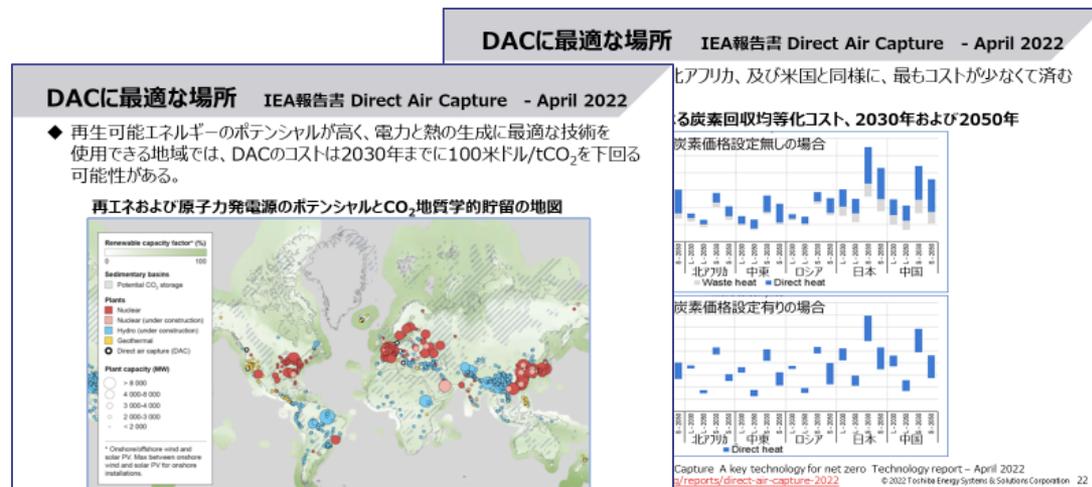
2022年12月「GX実現に向けた基本方針(案)」の国際展開戦略の章に明記

➤ **DACに最適な場所**

- 再エネのポテンシャルが高く、電力と熱の生産に最適な技術を使用できる地域では、DACコストは2030年までに100米ドル/tCO₂を下回る可能性有り

出典: IEA DAC報告書(2022年)

添付資料(17,18頁)参照



国際協力の枠組みを活用したDAC事業の海外連携・協力の可能性を確認

2. 報告のポイント

③回収したCO₂の各種条件に適した貯留・利用に関する検討

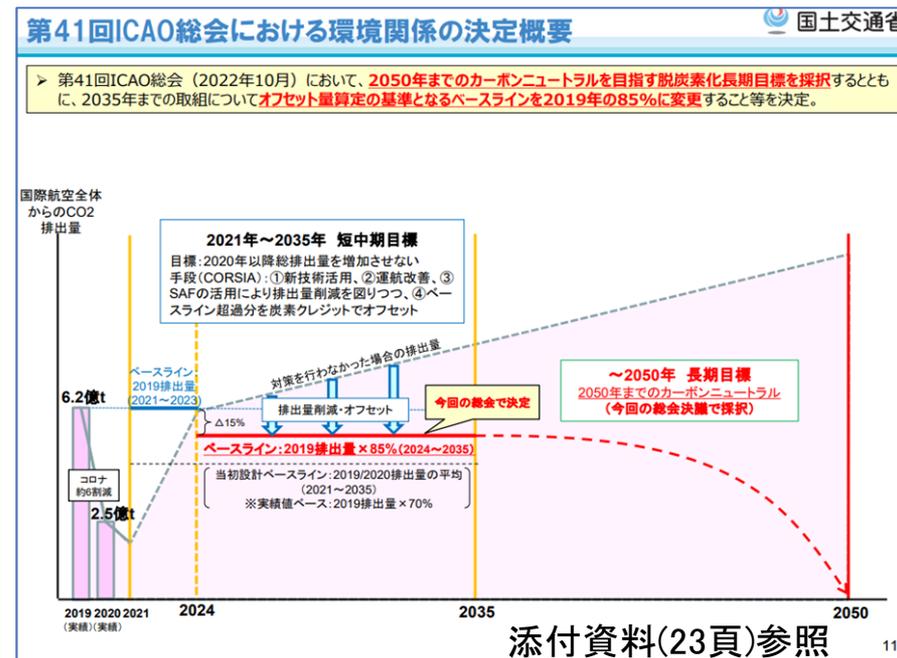
- 回収規模や場所、回収CO₂性状、技術成熟度からの整理(添付資料19～21頁参照)
- CO₂の利用:CO₂削減効果について整理 (5頁参照)
- DACによるCO₂回収コスト目標を3つの観点から整理 (添付資料22頁参照)
 - ①技術的なイノベーション目標コスト、②社会的に負担を許容できるCO₂価格、
 - ③NETsの普及目的の時限的なCO₂価格

➤ 航空業界の取り組み

- 4つの脱炭素手法
 - ①新技術の導入、②運航方式の改善、
 - ③代替航空燃料の活用(SAF)
 - ④排出権取引

• 2022年第41回ICAO総会

- 2050年までのカーボンニュートラルを目指す長期目標を採択
- 2024年から2035年までのオフセット量の算定基準となるベースラインを2019年の85%に変更することを決定



2024年以降、航空業界向けにDAC起源も含む
 大量の炭素クレジットが必要⇒国内取引市場も早急に立ち上げ要

3. 提言及び産学官の役割分担

①DACの普及、先行投資意欲を刺激する事業環境整備の提言

➤ 公的な規制・支援制度の整備

・大気中からのCO₂回収を促進するインセンティブ制度の整備

- DAC設備新設時の補助金供与、税金控除、優遇融資等
- 回収CO₂にプレミアム価格設定(化石燃料由来CO₂価格+ α)
- 回収CO₂隔離期間に応じた補助金供与、税金控除、優遇融資等の差別化

➤ DACによる回収CO₂の国際的な取引制度の整備

- ・他国でDAC設備を提供・運営する事業者(国)への適切な排出権の移転
- ・大気中CO₂除去貢献量(クレジット)の移転を適正に管理する第三者機関
- ・CO₂除去自体に、多様な価格付けがなされるボランタリーな民間の相対取引を含む市場支援

喫緊の課題:

国内における炭素クレジット取引市場の早期整備

- ・国際航空業界では、2024年には炭素クレジットの購入が現実の選択肢
- ・国内航空業界の購入費用の海外流出回避には、国内にも規模感ある市場が必要
- ・国内市場への供給事業者(CCS、NETs(DACCS、BECCS等の活用)も必要

国内における炭素クレジット取引市場の早期立ち上げ・整備を希望

3. 提言及び産学官の役割分担

②DACの技術的成熟度を促進させるための提言

➤ 研究人財、研究・試験設備、研究開発資金の充実

- ・政府による研究開発等に向けた支援プログラムの新設、既存プログラムの強化
- ・日本国内における実ガス試験・実証試験のための拠点整備
- ・研究開発資金支援のための安定した財源の確保(炭素税、エネルギー課税等の活用)
- ・開発モチベーションを向上させる研究開発プロセスの適切な評価システムの整備

「カーボン・クレジット・レポート」が提言するDACCSなどNETs支援の革新的GX技術創出事業(GteX)への展開

➤ 先行投資促進や投資リスク軽減に寄与する長期・継続的な政策実行

- ・DACを含むネガティブ・エミッション技術開発活動への長期間にわたる税制優遇・補助金支援
- ・DAC研究開発への貢献度合に応じてCO₂排出量を相殺する仕組み導入
- ・大規模な実証・実装試験等に対する全面的な公的資金の投入

「カーボン・クレジット・レポート」が提言する至近のCCS事業から将来のDACCSなどNETs事業支援のGX事業への展開

➤ 産学連携プラットフォームの構築

- ・実証試験段階への円滑な移行や、実用化の課題(コスト削減、大容量化等)を産学連携で早期解決するプラットフォームの構築(「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」への将来的な展開、

産業界への産総研「CO₂分離回収・資源化コンソーシアム」への参加推奨 等)

DACCSを含むNETs支援に関する

「カーボン・クレジット・レポート」※提言のGX/GteX事業への展開を希望

※「カーボン・クレジット・レポート」におけるDACCSに関連する主な提言内容 添付資料(24頁)参照 101

3. 提言及び産学官の役割分担

③DAC国内産業基盤を構築し、発展させるための提言

➤ 継続的なDAC要素技術やシステム開発への支援

- ・小規模～大規模実証に至る長期間、規模に応じた継続的な支援保証
- ・大規模な実証・実装試験等に対する全面的な公的資金の投入(再掲)

NEDOムーンショット事業(目標4)のさらなる充実

➤ 国際的なDAC開発拠点の国内創設～定着の支援

- ・日本国内における実ガス試験・実証試験のための拠点整備(再掲)
- ・CO₂の回収、利用、輸送、貯留の各プロセスを実証、その後の改良拠点設備
例えば、国際的にもアピールできるショーケース的な国内プロジェクト支援、

産総研「ゼロエミッション国際共同研究センター」を中心とした国内拠点作りの促進

これら国内開発拠点を国内航空業界向け炭素クレジットの供給元としての活用も一案

➤ DAC企業の国内育成に向けた税制優遇、補助金等のビジネス支援

- ・長期的な視野に基づき国内産業基盤の裾野を広げる支援策

米国の45Q税制優遇、EUの大規模CCS/DACCSプロジェクト支援などに類する国内ビジネス支援の仕組みの検討

NEDOムーンショット事業の充実、産総研国内拠点作りへの支援、及び米国/EU等の大規模ビジネス支援に類する国内の仕組み作りを希望

3. 提言及び産学官の役割分担

④国内産業界が地球規模の温暖化抑制に貢献するための提言

➤国内産業界が海外でCO₂回収した場合の貢献度認証の

国際的な統ルール整備

- ・海外と回収CO₂価値を分配しても、なお国内産業界がCO₂回収貢献のモチベーションを維持できる国際的な貢献度分配に関する統ルール

➤海外企業との事業連携、海外でのCO₂回収事業優遇策

- ・国内ではCO₂貯留の適地や安価で大量のゼロカーボン電源調達に制約があることを念頭においた、海外企業との事業連携や海外プロジェクト参画への優遇措置（税制優遇,補助金付与,CO₂価格差補填 等）

上記2項目は、既に経済産業省『CCS長期ロードマップ検討会』傘下の

『CCS事業コスト・実施スキーム検討ワーキンググループ』および

『CCS事業・国内法検討ワーキンググループ』において、それぞれ課題を検討中。

- 国内及び海外でのCCUS事業に関する事業スキーム、
- CCUS推進に向けた法制度の整備、-政府支援の在り方、
- CO₂再利用者との取引など

国内CCUS事業の環境整備や海外展開の成否は、国内DAC事業の普及促進にも影響大、『CCS長期ロードマップ検討会』の成果に期待

4. 取り組みのロードマップ

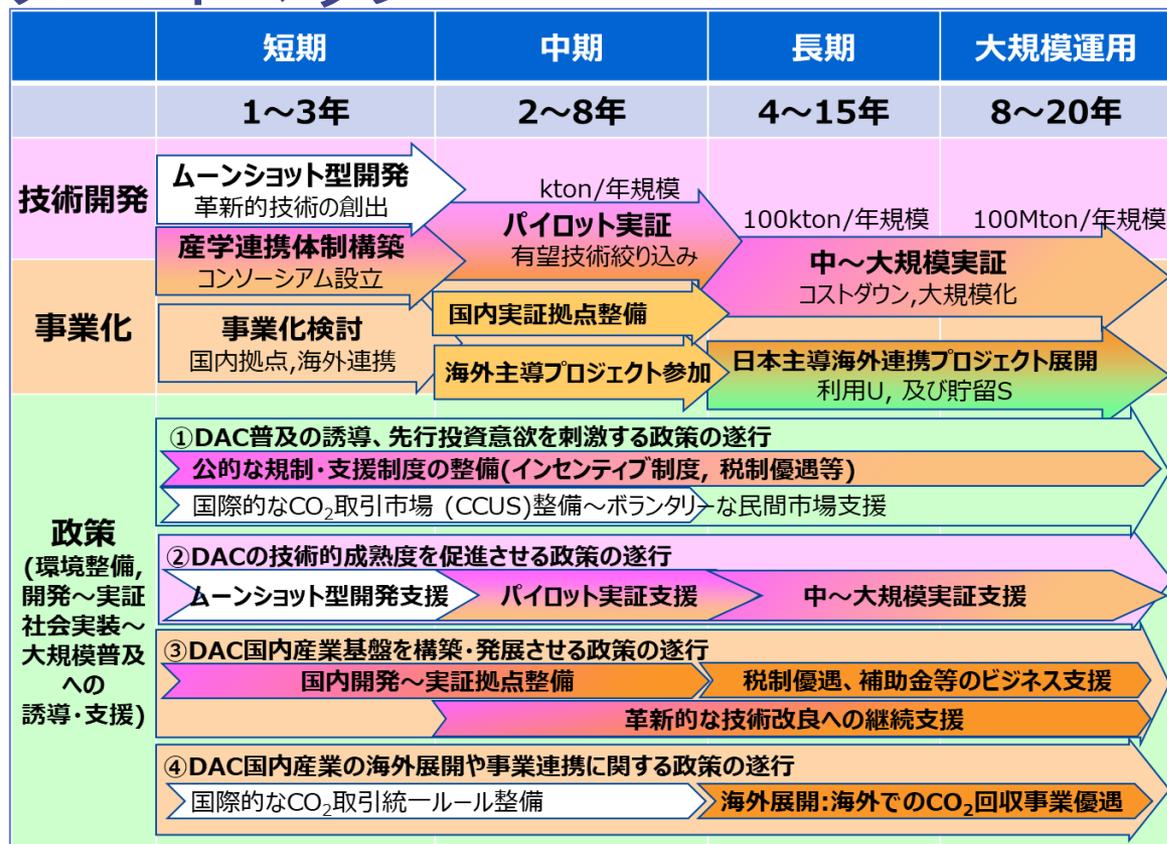


図4-1 DAC事業化を目指した産学官のロードマップ

(今後の計画)

当初計画していた産業界としての具体的な成果を目指す『プロジェクト』に移行する必要性は見出せなかったため、本研究会の活動は今年度で終了する。しかしながら、以下の理由から、来年度は改めて有志メンバーの参加を募り、いわゆる『勉強会』形式による活動を計画する。

- ・ DACをテーマにしたなんらかの活動の場を希望する意見が大半を占めたこと
- ・ 地球温暖化対策としてのNETs、特にDAC技術への期待は、一層高まることが予想されること
- ・ DACの技術成熟度が増すにつれ、産業界が取り組むべき課題が顕在化する可能性があること

以下、添付資料

【検討の視点と範囲】

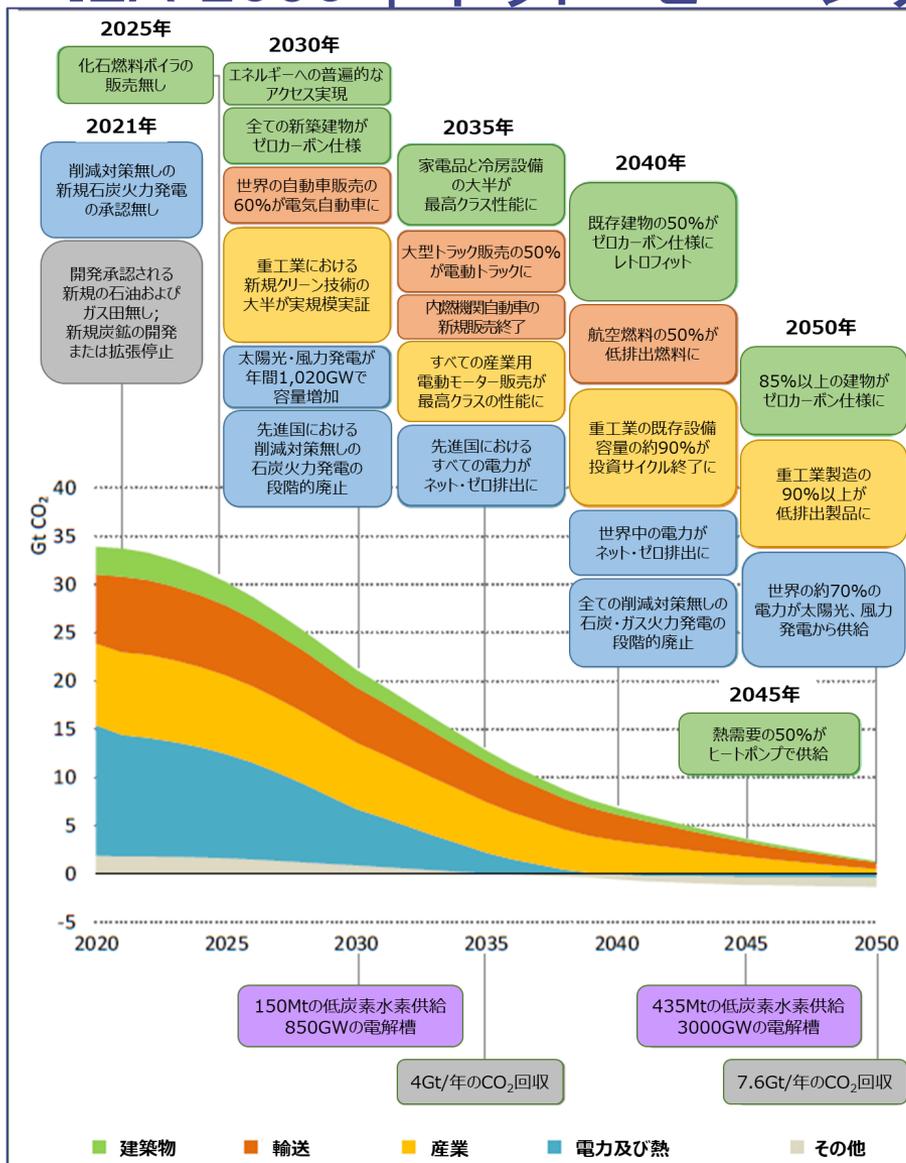
2021年度検討項目と2022年度注力項目との対比

	2021年度 項目	2022年度 計画
(1)エンジニアリング上の課題整理	①プロセス方式の明確化 i .要素技術の比較・調査 ii .エンジニアリング上の課題整理 ②ターゲットを想定したPJ化 i .海外PJ事例の調査 ii .意見聴取・アンケート iii .DACプロジェクトモデル案の例示、課題整理	○最新の開発/ビジネス動向の継続入手活動 海外の先端技術/ビジネス/国際ルール策定等、最新動向調査 国内産業界の分野別希望意見の聞き取り調査 など ①産学官連携のあり方や具体的な進め方の検討 ムーンショット型開発テーマへの協力、実証段階へと進める国プロ枠組み提案、国内研究開発拠点の整備、DAC開発コンソーシアムの提案 など
(2)事業化視点での課題整理	①公的支援制度等の検討 i .欧米支援制度等の調査 ii .認証制度等の調査 iii .国内支援のあり方の議論 ②社会モデルの提案 i .事業になり得る社会モデルの検討 ii .カーボンフリー電源及び熱源確保の課題検討 ③海外との連携の検討 i .海外との連携の検討	②回収したCO ₂ の各種条件に適した貯留・利用に関する検討 規模や場所 (大規模集中/小規模分散, 国内/海外)、回収CO ₂ の性状 (気体、固体、液体、濃度等)、技術的成熟度/低コスト化の進展度合い など ③海外との連携や協力体制構築に関する検討 海外先行技術の導入検討、海外実証プロジェクトとの連携 DAC適地の選定、二国間協力枠組みの活用 など
活動成果	政策提言、及び産学官連携ロードマップ	2021年度成果物のブラッシュアップ、及び2023年度以降の「研究会」から「プロジェクト」への具体化(コンソーシアム化、国内拠点構築など)

産業界として引き続き調査や協議が必要と考えられる3項目を深耕

2050年のネットゼロ社会の想定

IEA 2050年ネット・ゼロ・シナリオにおけるマイルストーン



2030年:

- 先進国における削減対策無しの新規石炭火力発電の段階的廃止
- 太陽光・風力発電が1,020GW/年で増加
- 重工業における新規クリーン技術の大半が実規模実証段階
- 世界の自動車販売の60%が電気自動車に
- 全ての新築建物がゼロカーボン仕様
- エネルギーへの普遍的なアクセス実現

2035年:

- 先進国におけるすべての電力がネット・ゼロ排出に
- 内燃機関自動車の新規販売終了
- 世界のCO₂回収量: 40億t/年規模**

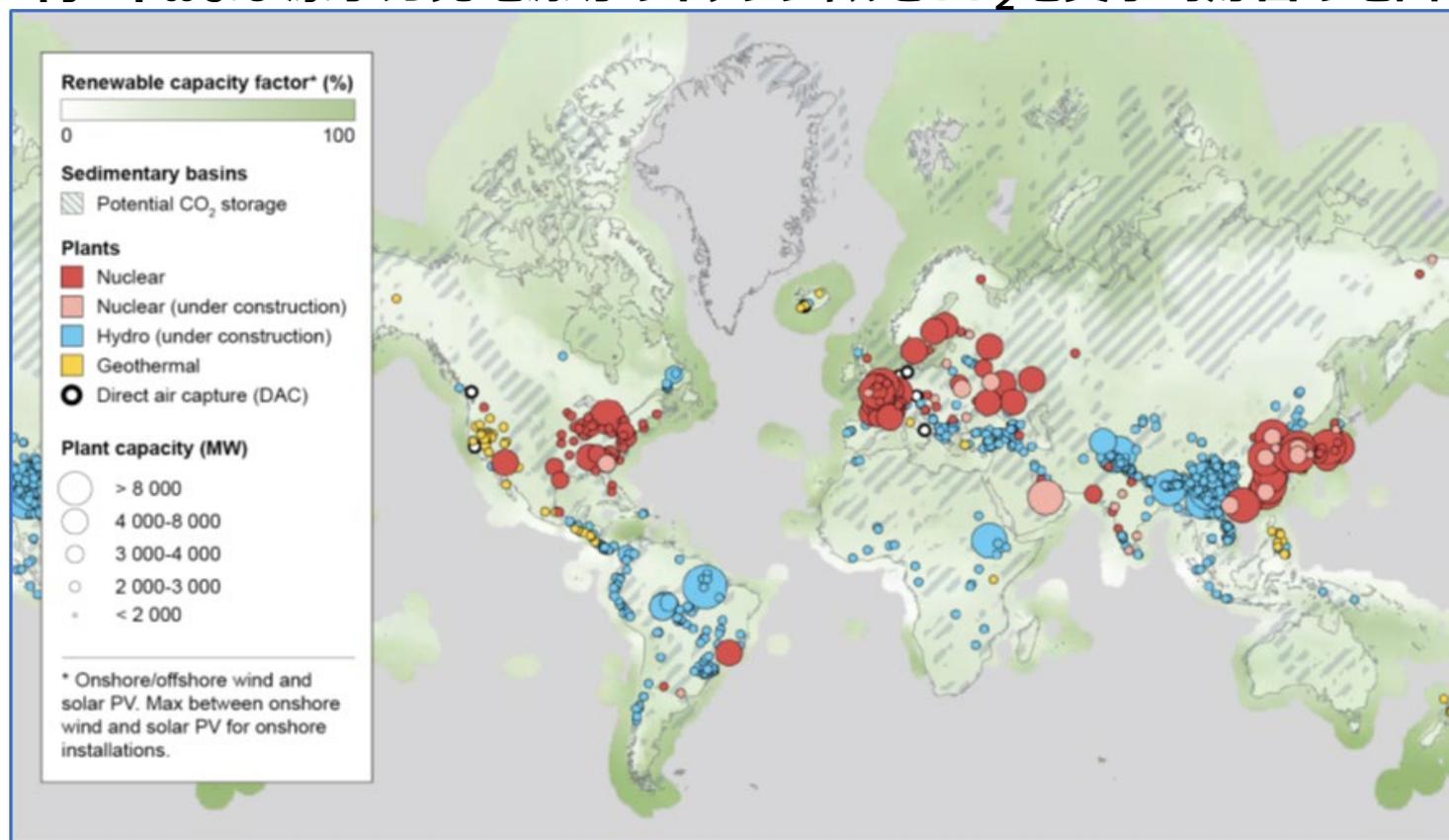
2050年:

- 世界の約70%電力が太陽光、風力発電供給
- 重工業製造の90%以上が低排出製品に
- 85%以上の建物がゼロカーボン仕様に
- 世界のCO₂回収量: 76億トン/年規模**
そのうち、10億t/年弱がDACによる回収

DACに最適な場所 IEA報告書 Direct Air Capture – April 2022

- ◆ 再生可能エネルギーのポテンシャルが高く、電力と熱の生成に最適な技術を使用できる地域では、DACのコストは2030年までに100米ドル/tCO₂を下回る可能性がある。

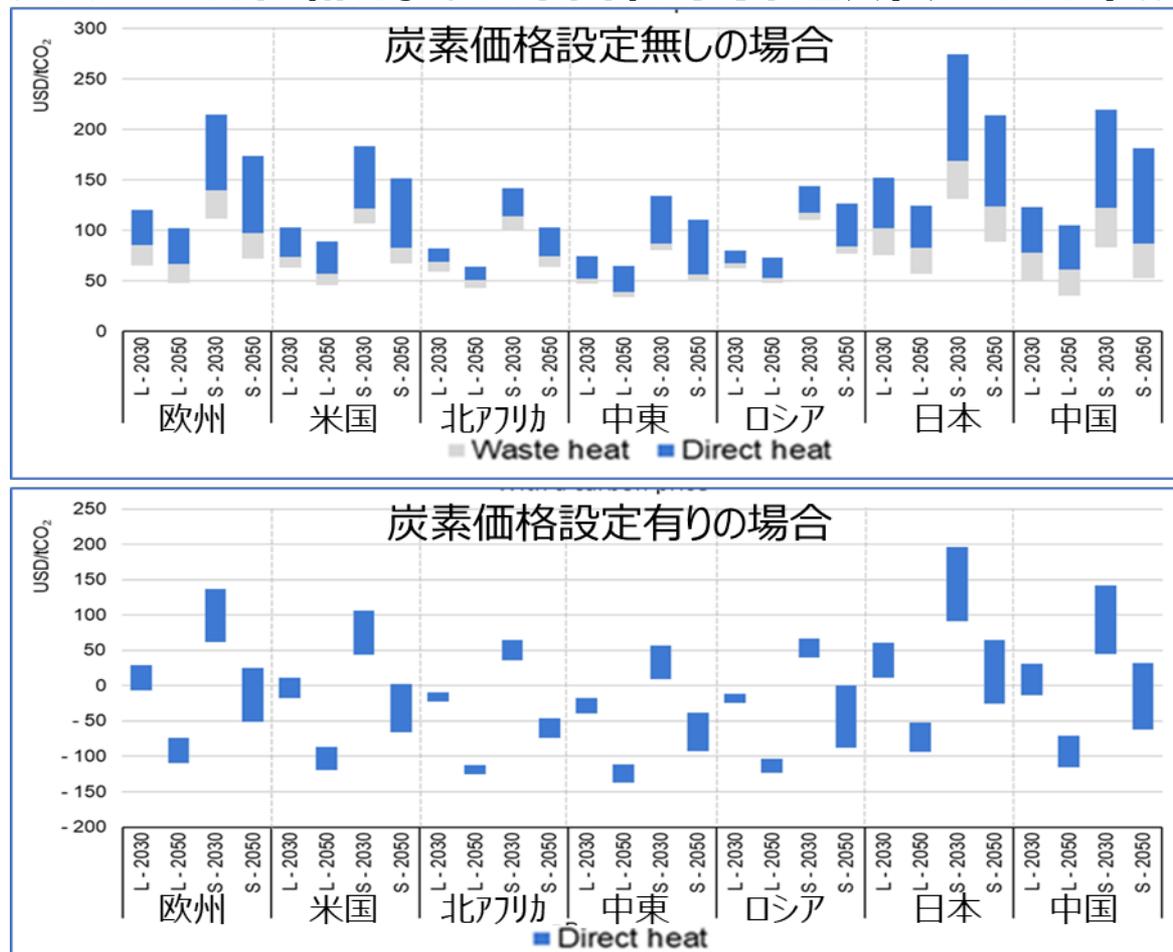
再エネおよび原子力発電源等のポテンシャルとCO₂地質学的貯留の地図



DACに最適な場所 IEA報告書 Direct Air Capture – April 2022

- ◆ 中東と中国は、欧州、北アフリカ、及び米国と同様に、最もコストが少なくて済む可能性がある。

地域別のDACS技術による炭素回収均等化コスト、2030年および2050年



回収されたCO₂の各種条件に適した貯留・利用の検討 規模や場所の観点からの整理

		大規模集中	小規模分散
コスト	開発	大規模実証試験等による開発コスト大	大規模実証試験等を省略できるため、開発期間およびコストが少なく済む可能性有り
	設備	スケールアップ、大量生産効果によるコスト削減に期待、初期投資額:大	大量生産効果によるコスト削減に期待、初期投資額:小
	運転	集中管理で高効率化可能	大規模より効率は劣る ただし、CO ₂ 濃度が高めのエリア(都市圏、建物内、地下街等)に設置して効率的に分離・回収することにより運転コスト削減の可能性有り
	輸送	利用先から遠隔設置の場合、インフラ整備/輸送費に課題	利用先と近接設置可能 省コスト化可能(地産地消)
必要資源	脱炭素電源・熱源	安価で大容量が必要 設備利用率向上には、安定電源・熱源要、遠隔の場合、輸送ロス発生	小容量で十分 利用先の電源・熱源の炭素強度次第 (地産地消前提)
	土地	低密度・変動型の電源・熱源の場合、大面積が必要 ^{注1}	利用先次第だが、課題小 (地産地消前提)
	水	L-DACは必要、S-DACは副産物 ^{注2}	同上
投資・支援	初期投資	ハードル高	ハードル小
	公的支援	必須、民間単独は困難	必要、民間単独も可

注1: 必要面積: L-DACでは、約0.4km²/MtCO₂/年、 S-DACでは、1.2~1.7km²/MtCO₂/年
に対し、地熱発電 1.5km²/MtCO₂/年(L-DAC)~太陽光発電 23km²/MtCO₂/年(S-DAC)

注2: 必要水量: L-DACでは最大50tH₂O/tCO₂ 必要、 S-DACでは 0.8~2tH₂O/tCO₂ 抽出

注記の出典: IEA報告書 Direct Air Capture A key technology for net zero Technology report – April 2022

<https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

回収されたCO₂の各種条件に適した貯留・利用の検討

回収CO₂の性状の観点からの整理

	貯留する場合	利用する場合
CO ₂ として回収	輸送・圧入コスト削減のためには、高濃度が望ましい	<p>直接利用：飲料の炭酸化、 温室促成栽培利用等 回収濃度は用途次第</p> <p>間接利用：合成燃料、 各種有機材料の原料 回収濃度は高濃度</p> <p>間接利用の場合、CO₂以外の原材料(H₂など)の製造コスト(LCA上、脱炭素が前提)の削減も大きな課題として考慮要 ←CO₂回収コストのみに着目しても不十分</p>
CO ₂ 以外の炭素化合物として回収 CCUSアプリケーションの事例発表が増加中	液体や固体の安定した炭素化合物として回収する提案有り (例：炭酸塩として回収)	用途に応じて原材料になる炭素化合物に直接変換して回収する提案有り (例：COとして回収)

回収されたCO₂の各種条件に適した貯留・利用の検討 技術的成熟度の観点からの整理

IPCC AR6 WGIII報告書におけるDAC技術の技術成熟度(TRL)評価

	TRL	メリット	課題
DACCS (既に展開されつつある先行メーカー3社の技術を想定)	6	他のCDR手法と比べて、コスト以外の制約が少ない 土地要件: 小、水要件: 小	他のCDR手法と比べて、高コスト、高エネルギー消費

IEA DAC報告書における最新DAC技術の技術成熟度(TRL)評価

	TRL	メリット	課題
エレクトロスウィング吸着法(ESA)	4	電気化学セルの原理 セルの多層化によりコンパクト化可能 温度・圧力変化不要のため、必要エネルギー小	性能、コスト、材料、運用および保守に関するさらなる知見の蓄積要 大気(低濃度)からのCO ₂ 除去の性能向上
膜ベースDAC(m-DAC)	-	従来のCCUSアプリケーション(中・高濃度CO ₂)では、セメント業界向けTRL4, 天然ガス処理TRL6と実用化に近い	未だ、揺籃期のレベル 圧縮するためのコスト大 大気圧下でのCO ₂ 選択性向上

出典: IPCC第6次評価報告書第3作業部会報告書 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

IEA報告書 Direct Air Capture A key technology for net zero Technology report – April 2022 仮訳

<https://www.iea.org/reports/direct-air-capture-2022>

回収されたCO₂の各種条件に適した貯留・利用の検討

DACによるCO₂回収コスト目標の整理

将来のDAC回収コスト(評価、予測、開発目標などの各種数値)は、現在の\$300～\$600/t-CO₂から2050年には\$100未満/t-CO₂へ低下傾向にある一方、CO₂価格(炭素税、限界削減費用、社会的費用などの各種数値)は、現在の\$数十～\$100/t-CO₂から2050年には～\$300超/t-CO₂へと増加傾向がみられ、現在から2050年までの期間に両者がクロスする時点があるのは確からしい。

ただし、前者には、科学的な論拠に基づく予測か、研究者の希望か、区別し難い面があり、後者には、「CO₂回収のバック・ストップ・オプション」としてDAC回収コスト予測値、あるいは社会的費用に関しては政治的な意思(温暖化抑制推進or温暖化対策負担軽減)等を反映した数値とも見受けられる。

このため、次の3つの観点からCO₂の回収コストまたは価格を整理した。

①技術的なイノベーション目標コスト

安価な脱炭素電源供給可能、大気回収に適した自然環境下など好条件に恵まれた場合という前提条件つきで、2050年までに\$100/t-CO₂未満を技術的なイノベーション達成目標として設定

好条件に恵まれなければ、上記目標の2～3倍程度が限界の国・地域も十分想定される。

②社会的に負担を許容できるCO₂価格

現在の\$100/t-CO₂弱から、2050年には約\$250/t-CO₂超へと増加していくものと想定

CO₂限界削減費用は、排出量の減少(削減量の増加)に伴い指数関数的に増加する傾向にあるが、\$数百/t-CO₂を超えると、継続的に社会が許容できる負担レベルとは考えにくい。

③NETsの普及目的の時限的なCO₂価格

・公的な政策支援としてはCO₂の社会的費用 + アルファ

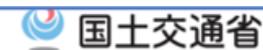
納税者に対する説明責任が伴うため、上記②のような社会的に許容される価格にプラスアルファの支援額を上乗せする程度が上限ではないだろうか。

・民間支援(ボランティア)には、支援額に上限無し

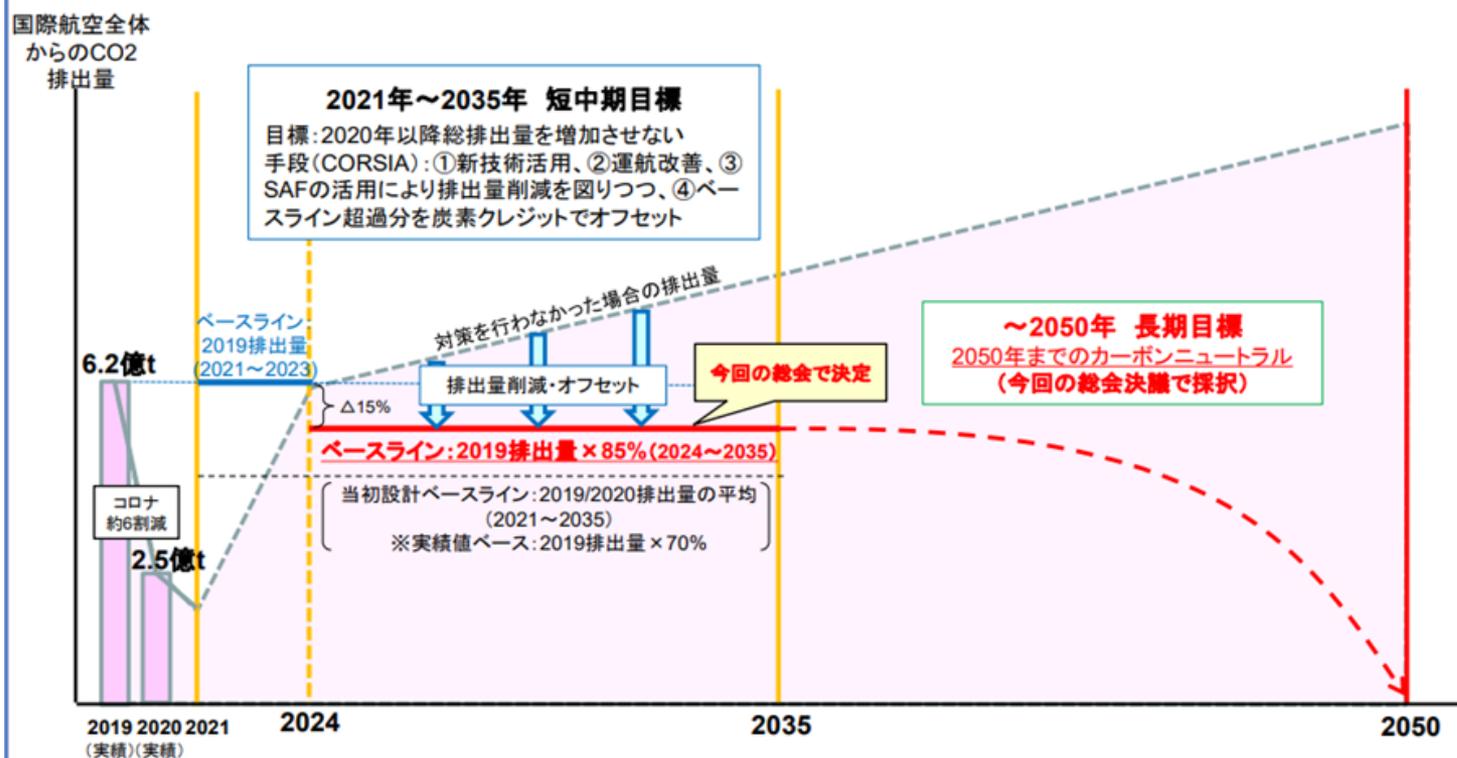
Stripe社の“Stripe Climate”プログラムのように、スタートアップ企業から、\$数百/t-CO₂超の高額でCO₂を買い取るにより、DACの技術開発を支援している事例が既にある。

回収されたCO₂の各種条件に適した貯留・利用の検討 航空業界の取組み 2022年第41回ICAO総会の概要

第41回ICAO総会における環境関係の決定概要



- ▶ 第41回ICAO総会（2022年10月）において、**2050年までのカーボンニュートラルを目指す脱炭素化長期目標を採択**するとともに、2035年までの取組について**オフセット量算定の基準となるベースラインを2019年の85%に変更**すること等を決定。



11

「カーボン・クレジット・レポート」における DACCSに関連する主な提言内容

- **D A C C Sを含む炭素除去カーボン・クレジット活用の検討が重要**
- **N E T s (ネガティブ・エミッション技術)由来のクレジット創出促進が必要**
- **国内事業者によるN E T sの開発に適切なインセンティブを与えるべく、研究開発の支援に加えてボランタリークレジットも含めたカーボン・クレジット市場におけるN E T s 関連のクレジットの導入拡大を促すための方策を検討すべき**

具体的には、① N E T s クレジットの位置づけ（他クレジットとの関係）の整理、②品質の信頼性と価格の透明性の両方を担保した取引ルール整備、③ 回収・貯留（・利用）における排出削減寄与度の帰属についてルール整備を行うべきである。また、将来的には、N E T s クレジットの創出段階における必要な政策支援も視野に入れた検討を進めていくべきである。
- **炭素 吸収系・炭素除去系クレジットの創出には高いコストがかかり、将来の創出拡大には、足下における投資の拡大が必要**

これらをより推進するために、例えば、G Xリーグ 等の枠組みにおける民間事業者による自主的な取組として、炭素吸収系・炭素除去系クレジットの将来における創出に向けた投資活動や、将来における調達を現時点でコミットするような取組を推奨し、評価できるような枠組みを構築すべきである。
- **D A C C S等の炭素除去系クレジットの普及に向けた移行段階においては、これら技術の前提となるC C S由来のクレジットの活用を進めて行くことも重要**

出典:「カーボン・クレジット・レポート」2022年6月28日

カーボンニュートラルの実現に向けたカーボン・クレジットの適切な活用のための環境整備に関する検討会

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_credit/index.html

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_credit/pdf/20220627_1.pdf 115

『フード・サステナビリティ実現に向けたwell-being代替タンパク質の開発と社会実装』

(代替タンパク食の社会実装プロジェクト)

推進テーマ リーダー 早稲田大学 朝日 透

COリーダー 岡崎直美 (島津製作所)

丸山浩平 (早稲田大学)

代替タンパクが求められる背景

食の安全保障、「タンパク質危機(protein crisis)」問題

- 現在の人口増加ペースが続くと、全世界の人口は2050年に90億人を突破
- 新興国の食生活向上（肉食化）により、2050年には2005年時の2倍のタンパク質供給が必要といわれている
- 早ければ2030年頃にはタンパク質の供給が追いつかなくなる

さらに、食肉のGHG削減などの課題も

代替タンパクの国内外の開発状況

植物肉



<https://www.daiz.inc/meet-product/>

培養肉



<https://newswitch.jp/p/24335>

昆虫・藻類



<https://www.muji.com/jp/ja/feature/food/460936>

欧米で大きな盛り上がり

日本でも多くのスタートアップ企業等が生まれつつある

ビジョン

新たに生まれてくる**代替タンパク食**に対して、「**安全・安心・信頼**」に基づいた「**社会受容性**」を高め、継承されてきたわが国の食の伝統や文化を踏まえた**新しい食文化を創造**する。

ミッション

- ▶ デジタルトランスフォーメーションで進展する**最先端技術**や**新しい価値観によるシステム**（ビッグデータ解析、ブロックチェーン技術・web3、メタバースなど）を導入することにより、一人ひとりの多様な幸せを目指した**ウェルビーイング**として、**肉体の健康のみならず、こころの健康、社会の健康、地球の健康の実現**を目指した研究開発の推進基盤を構築する。
- ▶ 食のバリューチェーンにおける**消費者に近い領域**に、**消費者の視点**を踏まえつつ焦点を当て、代替タンパク食を供給できる産業を創出するため、代替タンパク食の品質基準などを定めた**国際ルール**の最新の情報や世界市場の動向を国内外の研究機関や**国際機関**と連携して把握し、**日本企業の海外進出を後押し**するとともに、わが国の**食の安全保障の構築**に貢献する。
- ▶ **日本食の伝統と文化**から学ぶ技巧や知恵と次代の柔軟な発想や大胆な行動力を活用し、代替タンパク食を、**かしこく、おいしく、スマートに食べる**多様な方法を考案し、社会実装するため、産学官が協働して、代替タンパク食育のアウトリーチ活動、代替タンパク食コンテスト、消費者参加型キャンペーンを通じた**社会への浸透**を促進する。

プロジェクトの重要視点

開発と政策/消費者を結ぶ「見える化技術」

自動車開発

〈カーメーカー〉

〈車種〉



ガソリン、ディーゼル
普通車、軽自動車、大型車
乗用車、貨物車
二輪車
など

はかる/検知 (見える化)



排出ガス分析計
世界シェアの8割

ジャッジ基準/規制/補助金など

低排出ガス車ステッカー
欧州自動車排ガス規制
エコカー減税
ESG投資ファンド



EURO6



代替タンパク質開発

〈スタートアップ〉

〈種類〉



植物肉
培養肉
昆虫・藻類
エア・プロテイン
...

調理された食として

はかる/検知 (見える化)

安全性やおいしさ、効能など
様々な観点からの
品質・バリューを明らかにする



分析システムの基盤開発

ジャッジ基準/規制/補助金など

ブランド認証
Ecology判定
国際標準 (デジュール、デファクト)
代替タンパク食補助金
ESG投資ファンド

※体制は構築中。☆は中間報告以降の参加団体（昨年10月から新たに11社、2大学等が参加）

【食品大手】

- ☆キリンホールディングス(株)：太田恵理子
- ☆(株)明治：河端恵子
- ☆カルビー(株)：中野真衣、近藤和仁

【食品ベンチャー】

- ☆ダイバースファーム(株)：大野次郎
- ☆(株)エコロギー：葦苳晟矢

【民生用エレクトロニクス】

- ソニーグループ(株)：野元知子
- ☆パナソニック(株)：藤田篤志
- ☆(株)東芝：齊藤 宣貴

【ITベンダー】

富士通Japan(株)：砂子幸二

【精密機器】

- キヤノン(株)：山崎克久、古川靖之
- ☆凸版印刷(株)：北野史朗、兒玉賢洋、加藤あすか

【計測・分析】

- (株)島津製作所：岡崎直美、杉本典史、荒川清美、櫻井久雄、宇都宮真一、村上岳、齋藤洋臣、山本林太郎、高石貴子
- ☆(株)堀場製作所：中村龍人、西川智子

【シンクタンク他】

- ☆(株)三菱総合研究所：木附誠一
- ☆バイオインダストリー協会：安田隆

【大学・研究所】

早稲田大学：朝日透、丸山浩平、竹山春子、下川哲、樋原伸彦、宮地元彦、河合隆史、須永努、野中朋美、中西卓也、谷口卓也、中川鉄馬、片岡孝介、渡邊大輝、今井寛、細川正人、神谷卓郎、安藤豊

東京女子医科大学：清水達也

東京大学：竹内昌治

大阪大学：松崎典弥

お茶の水女子大学：由良敬

東京農工大学：鈴木丈詞、天竺桂弘子

☆九州大学：都甲潔

農業・食品産業技術総合研究機構：日下部裕子、早川文代

☆医薬基盤・健康・栄養研究所：國澤純

【COCN担当実行委員】

飯田 香緒里（東京医科歯科大学）
熊倉 誠一郎（第一三共(株)）
山口 登造（住友化学(株)）
高柳 健二郎（三菱ケミカル(株)）

【COCN担当企画小委員】

佐藤桂樹（トヨタ自動車(株)）

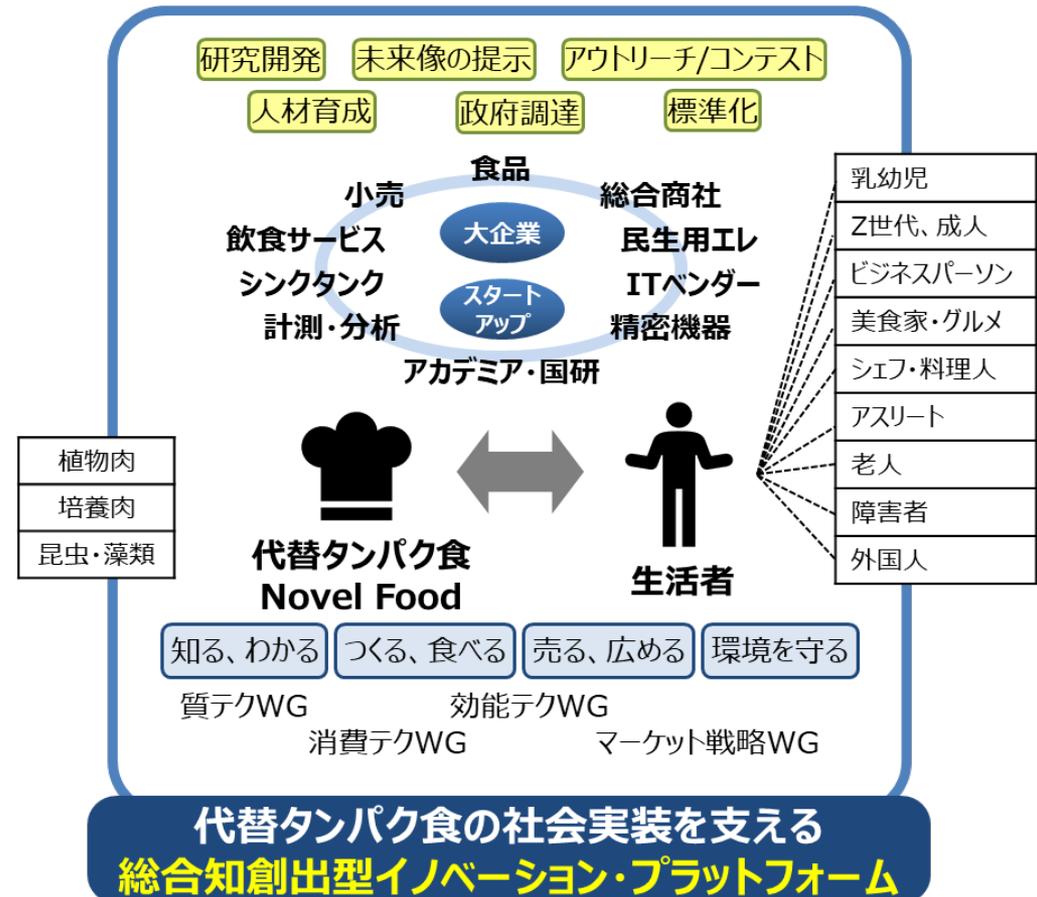
*フードテック官民協議会およびバイオインダストリー協会「Food Bio121 Plus 研究会」と連携し、情報共有・合同イベント・協働事業など展開

テーマの目標とプロジェクトの出口

➤ 2022年度は**研究会の体制確立**に注力、**今後の方向性**についても議論開始

➤ 提言する出口（方向性）：
消費者視点を踏まえた、新たな
国産代替タンパク食の商業化・
国際競争力強化を、**文理や異
業種が連携した総合知創出**に
よって支援する、**産学官研究開
発の「総合知創出型イノベー
ション・プラットフォーム」**を構築

➤ 2023年度は、プラットフォームに
必要となる**機能**や**具体的な研
究開発課題**などを各WGの懇
談・熟義によって抽出する



プロジェクト推進体制

※体制は構築中
COCN会員、会員外の企業等との交渉を継続進行中

4つのWG体制によって調査、議論を推進

早稲田大学
プロジェクトリーダー:朝日透 (理工・教授)

COリーダー
岡崎直美 (島津製作所)
丸山浩平 (早稲田大学)

事務局
(早稲田大学、島津製作所)

(1) 質テクWG
WG主査: 島津製作所 荒川清美
産と学の連携

(2) 消費テクWG
WG主査: 早稲田大学 河合隆史
産と学・国研の連携

(3) 効能テクWG
WG主査: 早稲田大学 宮地元彦
産と学・国研の連携

(4) マーケット戦略WG
WG主査: 早稲田大学 朝日透
産と政府、学の連携

安全性(化学物質、微生物、アレルギー、分析評価手法)など

美味しさ、調理、食べ方、官能評価データベース、Food Informatics、消費、社会受容、メタバースなど

体内吸収、ウェルネス、健康、食べ方、社会受容など

消費者のニーズ、和食文化、ブランド・エコ認証、ESG投資戦略、安心など

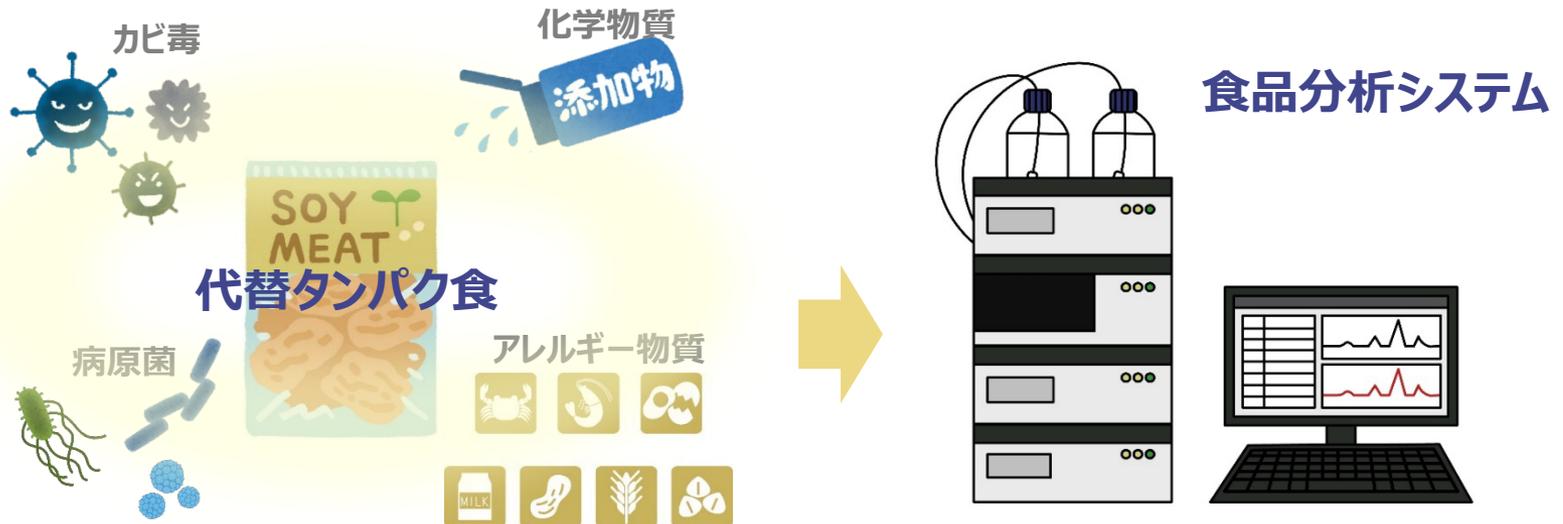
(1) 主として、社会に安全・安心をもたらす規律を検討する活動
(2)(3)(4) 主として、新しい食文化への創造チャレンジを検討する活動

(1) 質テクWG

主査:荒川清美 (島津製作所分析計測事業部SolutionsCOEセンター長)

【取り組む課題の例】

- 代替たんぱく食の安全性の確認方法
- 代替タンパク食に対応した微生物、化学物質、アレルギー物質等の人体影響物質
- 人体影響物質の制御、産地偽装の鑑別



【キーワード】

消費者の安全・安心、品質評価手法、国際標準化
カビ毒、病原菌、化学物質、アレルギー物質、分析技術

これらをもとに調査、議論を実施

2022.11.24 第1回質テクWG・消費テクWG合同MTGを開催
島津製作所 村上、早稲田大学 河合教授より、活動への話題提供を実施。

主査:河合隆史 (早稲田大学理工学術院・教授)

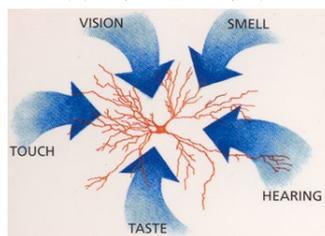
【取り組む課題の例】

- ・ **フードインフォマティクスとタンパク食データベース**
- ・ 代替タンパク食のマルチモーダル感覚マーケティング
- ・ リアルより美味しい代替フード
- ・ ユーザ体験としての美味しさの評価と表現手法の確立
- ・ メタバース上での介護者や代替タンパク食の食感高度化

フードインフォマティクス

美味しさ 感覚	対応情報
味覚	味付け(調味料)
聴覚	咀嚼音(音色、大きさ)
視覚	色、大きさ、形、要素
嗅覚	香り、匂い
触覚	食感(硬さ・歯ごたえ・粘性等・舌触り)、温度

マルチモーダル



<https://www.psy.ox.ac.uk/research/crossmodal-research-laboratory>



Copyright 2022 T. Kawai Lab., Waseda University All rights reserved except where indicated.

【キーワード】

フードインフォマティクス、食品DX、ブロックチェーン、官能評価、アンケート、香り、食感、五感、運動感覚、心地よさ、経験価値、感覚マーケティング、代替フード、化学成分分析、物理特性分析、テーラーメイド、メタバース、ユーザ体験、感覚・知覚特性、仮想現実、拡張現実、嚥下食、介護者、生活の質、食感高度化

これらをもとに調査、議論を実施

2022.11.24 第1回質テクWG・消費テクWG合同MTGを開催
島津製作所 村上、早稲田大学 河合教授より、活動への話題提供を実施。

(3) 効能テクWG

主査: 宮地元彦 (早稲田大学スポーツ科学学術院・教授)

【活動目標：検討の方向性】

★食べれば健康になる未来の代替タンパク食 (心身、地球の健康) Art

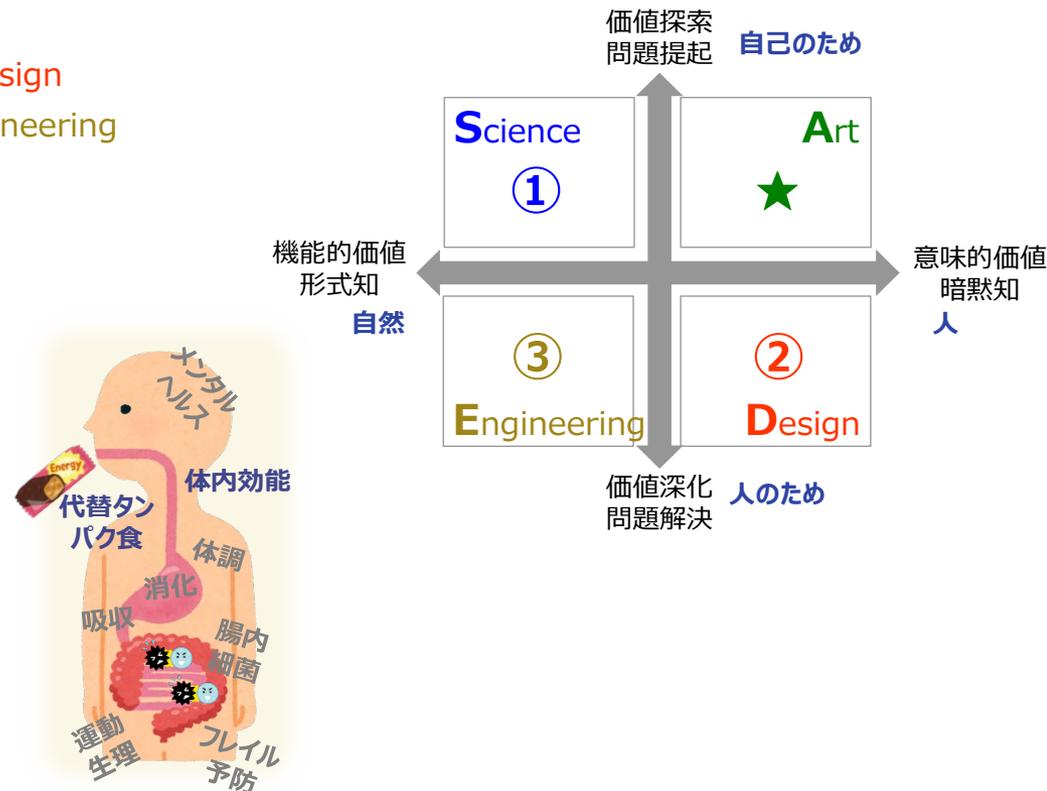
- ①代替タンパク食の身体への影響 Science
- ②ヒトのタンパク質適正摂取量基準の推定 Design
- ③代替タンパク食の摂取手段、評価手法 Engineering

【取り組む課題の例：アンケート調査】

- 健康に資する代替タンパク食 (培養肉)
- 代替タンパク食の完全栄養食化
- 高齢者フレイル予防と代替タンパク食
- **人のたんぱく質必要量を減少させる方法**
- 生体成分の変化測定

【キーワード】

健康、医食同源
 機能性成分、完全栄養食、時短食品
 高齢者、フレイル、腸内細菌、摂取タイミング
 消化、吸収、腸内細菌、発酵
 メンタルヘルス、スポーツ科学
 分析技術



これらをもとに調査、議論を実施

主査: 朝日透 (早稲田大学理工学術院・教授)

【取り組む課題の例】

・ 代替タンパク食の生活者価値を起点とした日本勝ち筋のシナリオ構築

<日本食の伝統と文化>

日本食の4つの特徴
ユネスコ無形文化遺産 (2013年12月登録)

多様で新鮮な食材とその
持ち味の尊重

健康的な食生活を
支える**栄養バランス**

自然の美しさや**季節**
の移ろいの表現

正月などの**年間行事**
との密接なかかわり



融合

日本式の
代替タンパク食

ブランド認証

Ecology判定
(カーボンフットプリント)



ひょうご
安心ブランド
HYOGO CONFIDENT BRAND



北海道認証
Hokkaido Food Product

安全・安心
そしてこだわりの
道産食品の証

【キーワード】

環境保全、持続可能な新しい食、新成長戦略
日本食の伝統と文化
ブランド認証、Ecology判定
代替タンパク食補助金、ESG投資ファンド
利き代替タンパク食コンテスト

これらをもとに調査、議論を実施

2022.12.23 第1回講演会 大場産総研審議役「未来をデザインし社会実装ができる人材育成」

2023.1.23 第2回講演会 沢TFI代表理事「TOKYO FOOD INSTITUTEが目指す食の未来」

取り組みのロードマップ

		FY2022							FY2023												
		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
主要な日程	研究会	●プレ・キックオフ	●第2回研究会	●第4回研究会						●第1回会合			●第3回会合			●第5回会合	●第7回会合				
	COCN	●研究会キックオフ	●中間報告書提出	●第3回研究会			●最終報告書提出	●第5回研究会				●第2回会合		●第4回会合	●中間報告書提出	●第6回会合	●第8回会合			●最終報告書提出	
	外部					●COCNフォーラム			●全体会議												●全体会議
		●実行委員会	●実行委員会	●理事会			●実行委員会	●理事会				●実行委員会		●実行委員会	●実行委員会	●理事会			●実行委員会	●理事会	
フェーズ		推進テーマ昇格に向けた準備 (事務局による研究会推進)							推進テーマの全体調整 (事務局によるプロジェクト推進)												
		研究会WG体制の確立 (リクルート、説明、体制整備)			WGでの調査・議論 (目標、出口の設定)							推進テーマWGの活動実施									
	概要	<ul style="list-style-type: none"> 研究会事務局の立上げ、実施計画の策定 プレ・キックオフ実施 研究会メンバーの募集、説明 キックオフ実施 中間報告の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 研究会メンバーへのアンケート調査 中間報告書の評価、改訂 理事会等への報告 研究会メンバー(追加)のリクルート、説明 COCNフォーラムでの取り組み紹介 研究会WG体制の確立 WGごとの調査、議論の開始 	<ul style="list-style-type: none"> WGごとの成果のとりまとめ、最終報告書の作成 最終報告書の評価、改訂 理事会への報告 推進テーマ昇格の承認 	<ul style="list-style-type: none"> 推進テーマとしてのWG活動の開始 	<ul style="list-style-type: none"> WG活動の推進 WGごとの成果のとりまとめ、中間報告書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> WG活動の推進 中間報告書の評価、改訂 理事会等への報告 	<ul style="list-style-type: none"> WGごとの成果のとりまとめ、最終報告書の作成 最終報告書の評価、改訂 理事会への報告 													

2023年4月8日 第1回会合 プログラム

COCN

「フード・サステナビリティ実現に向けたwell-being代替タンパク質の開発と社会実装」プロジェクト

10:00-10:10 開会あいさつ リーダー 早稲田大学 朝日教授

10:10-10:50 参加者の自己紹介

10:50-11:35 基調講演「世界の食料安全保障の現状と課題」

国際連合食糧農業機関（FAO）駐日連絡事務所 三次特別顧問、日比所長

11:35-12:00 「総合知創出型イノベーション・プラットフォーム」構想について

グループワーク流れ説明 Coリーダー 早稲田大学 丸山教授

12:00-13:00 Lunch *希望者向けラボツアー実施

13:00-16:25 グループワーク グループA「生活者目線探究グループ」

グループB「総合知が推す社会実装探究グループ」

13:00-14:30 講演・話題提供 *グループ別の講演タイトルは次ページ

14:30-15:30 ワーク1：「代替タンパク食の社会実装における課題について」

15:30-16:15 ワーク2：「代替タンパク食の社会実装における課題への対応について」

16:25-17:25 グループ報告・全体意見交換

17:25-17:35 総括 リーダー 早稲田大学 朝日教授

17:35-17:40 クロージング Coリーダー 島津製作所 岡崎執行役員

18:00-20:00 交流会 川崎キングスカイフロント東急REIホテル RIVER CAFE

会場：

島津製作所 殿町事業所
Shimadzu Tokyo Innovation Plaza



【参加者】 58名

内訳（企業9名、大学・国研17名、
学生26名、事務局6名）

ゲスト（基調講演）2名



2023年4月8日 第1回会合

テーマと主な意見

COCN

「フード・サステナビリティ実現に向けたwell-being代替タンパク質の開発と社会実装」プロジェクト

【グループ A : 生活者目線探究グループ】

テーマ：生活者目線で徹底的に新しい食について考える

【グループ B : 総合知が推す社会実装探究グループ】

テーマ：食について文理を含む幅広い観点から見て、社会実装の方法を考える

【講演、ワークショップでの意見等】

- **食の安全保障**という観点が極めて重要であることを、改めて理解した。
- ただ「単に不足するから」では不十分。実効性をもつためには、先進国・途上国といった地球全体(**プラネタリー**)の視点、生活者の目線、実現するための先端技術まで含めて、組み込んでいくことが必要。**総合知のプラットフォーム**を構築する。
- **エビデンスが社会を動かす。科学技術による計測、分析が大切。**
- 未来社会を創っていく**若い人がチャレンジ**する。シニアや色々な立場の人が一緒に頑張るし、それを応援する。
- 「代替タンパク質」というネーミングは変えよう。例えば、「**プラネタリーフード**」、「**ニュータイプ・プロテイン**」など。