

**カーボンニュートラル(CN)のための
新技術開発・研究開発(略称CN技術)調査委員会
提言書**

2023年3月

一般社団法人技術同友会

CN技術調査委員会

目次

1. はじめに	3
2. 提言	5
2.1 提言1 6軸評価でCN技術の優先度を決め推進するのがリーダのしごと	5
2.2 提言2 日本のCN技術はワンステップ・クイックフォワードが必要	7
2.3 提言3 CN実装の道筋は、4ステップ同時取り組みが必要	9
2.4 提言4 脱炭素産業社会システムづくり7つの鍵	11
2.5 提言5 全世代同時人財育成	13
2.6 提言6 日本イノベーションの弱点克服に、炭素税・国境炭素税を活用	15
3. 注力すべきCN新技術(クリーンテック)	17
3.1 大胆な例示案	17
3.2 大胆な例示案へのキャッチコピーと標語	18
3.3 まとめに代えて	19
4. おわりに	20
○ CN技術調査委員会メンバ	21
○ 一般社団法人技術同友会について	22
○ 【参考資料】CN技術調査委員会活動報告書	
○ 【付属資料】CN技術調査委員会の講演・討議要約	

1. はじめに

2050年の世界の平均気温の上昇を産業革命前に比べて+1.5°Cに抑えることが、国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26グラスゴー2021)で合意され、COP27シャルムエルシェイク2022(エジプト)で確認された。

日本政府は2030GHG46減「2030年温室効果ガス(GHG)対2013年比▲46%削減」、2050CNを国際公約した。企業・自治体などが個別にCN目標を設定し取り組みを開始した。

日本は、20年に及ぶ低成長から脱却し、世界的異常気象、COVID19パンデミック、ウクライナ戦争で加速するエネルギー危機を克服し、地球の未来を守る温暖化対策の移行期取り組みから、炭素中立型社会経済実現を図る変革期活動で、高い国際競争力をもつ日本の産業再生を目指している。

再生可能エネルギーに関連する日本のCN技術イノベーション力は2017年は世界12位(UNIDO国連工業開発機関他が2017年公表)、アジアでは韓国に次ぐ2位と報告された。

一方、国際エネルギー機関(IEA)の2023エネルギー技術展望(2023年1月12日)は「2030年のクリーンエネルギー技術市場は世界で6500億USD/年(約85兆円、1400万人雇用)と予測しつつ、EV二次電池・太陽光発電セル・風力発電機の60~80%を中国が支配」とし、各国に是正努力を促す報告書を発表した。

かかる状況を踏まえ、本調査委員会は「2022年時点での日本のクリーンテック技術開発の現況把握と課題への対処への提言」に焦点をあわせている。

化石燃料由来エネルギーに依存する現在の日本が、2030GHG46 減、2050CN達成を目指すには、もとより安全を最優先とする原子力の適切な利用、核燃料サイクルの着実な実施と高レベル放射性廃棄物中の超長寿命核種分離・核変換技術の研究開発等を国民合意下で進めるべきだが、本委員会のスコープを超えるので今後の調査委員会活動に期待したい。

技術同友会は、かかる情勢を踏まえ、「カーボンニュートラルのための新技術開発・研究開発(CN技術)調査委員会」を2021年9月に設置し、

- ・日本のCN技術開発/革新的研究の実態についてヒヤリングし現況報告をまとめ、
- ・本会員出身組織・企業のCN事業創出及び大学・研究機関の革新的研究力増進を図り、
- ・欧米中に比肩しうる日本の次世代グリーン産業の競争力増進/研究人材強化の一助とする狙いで、1年半の活動を行った。

本委員会活動で得た2022年時点での、日本の再生可能エネルギーに関連するCN技術(=グリーンテック)の現状課題に対し、技術と経営の視点で、2030GHG46減に対する企業の取り組みと、2050CNを目指す研究開発の取り組み、並びにグローバルな情勢と日本の技術政策的取り組みについて討議・考察を重ねた結果、

1. CN達成のための分野別技術イノベーションの現況を網羅的に精査・考察し、6つの提言に取り纏めた。各項に政官(**G**)/産(**I**)/学(**A**)を付し狙いを明確にする。
2. **G/I/A**の組織リーダは、CN技術の優先度を6つの評価軸で決め、推進することがしごとであり、各技術の評価は各軸ごとに分けて行うべきことを指摘する。
3. 主要各社等のCN技術の概要を、技術の特徴、市場性・持続性、課題と処方箋の観点で要約し、2022年時点の日本CN技術のスナップショットを纏める。

2. 提言

2.1 提言1 (G&I&A)

6軸評価で、CN技術の優先度を決め推進するのがリーダのしごと 技術軸・時間軸・事業軸・国際軸・日本軸・安全保障軸

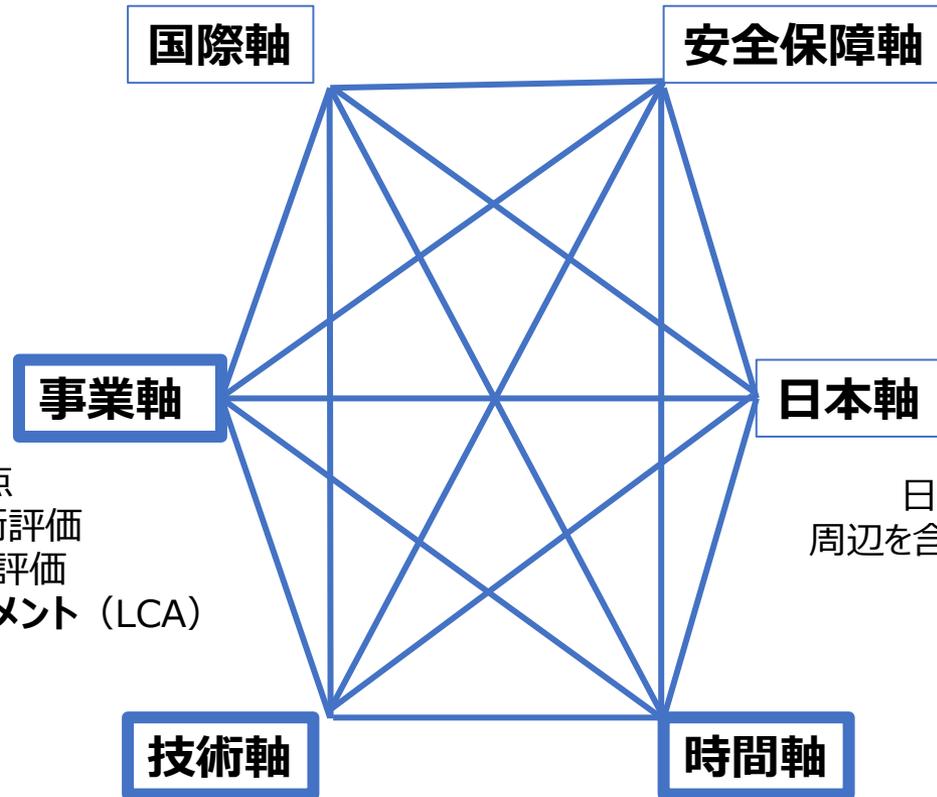
- 本調査委員会でお話を伺った15名の講演の中で、CN技術の研究開発から社会実装までを成功させるには、ほぼ共通する6つの評価軸があることを本調査委員会は分析、討議と考察から、結論付けた。
- グローバル競争下で複雑に絡む種々要因を、当該CN技術事業化を目指すリーダが、企業であれ、研究機関・大学であれ、この6軸のそれぞれを独立に自ら評価し、優先度を決めて当該プロジェクトを推進するのが成功の必要条件。
- 各軸の詳細コメントは、「CN技術イノベーションの現場経験の結晶」として、本委員会での講演・質疑とコア委員会での討議等で指摘された「キーセンテンス」から抜粋・整理したもの。

2.1 日本のCN技術の優先度を評価する6軸条件

脱炭素化への貢献
国際貢献への期待
後世代への責任
社会的影響
持続性
SDG s

企業戦略
用途開発
市場規模
パートナー作り
ビジネスモデル
ステークホルダー視点
経営者視点から技術評価
お金の換算し、リスク評価
ライフサイクルアセスメント (LCA)

独創性
技術の成熟度
技術の国際競争力
どう勝てるのか
標準化パートナー
技術的にまだ勝てるのか
負けるものは上手く外から取り入れる
技術の競争力が今、どの位置にいるのか



地政学的視点米欧対中露
安全保障的視点
循環型システム
資源の自立
自給率UP

市場競争力
日本的強みがある
日本が集中できるもの
コストアップを抑えるもの
日本の産業競争力を損なわない
周辺を含め一貫するシステム化が可能

大変だけどいいもの
開発から実証段階にあるもの
これをやったらいいものに集中
もうちょっとで大きな成果が出る
研究の時間軸で目標年次はいつか
どの時点で何を実現すれば勝てるか
実証段階から社会実装、産業化へもってゆく

2.2 提言2 (G&I&A)

日本のCN技術は、ワンステップ・クイックフォワードが必要。
～温暖化ガス総排出量削減に向けたイノベーションの開発段階別分析より～

- 本委員会の調査の結果、日本のCN技術は技術開発から実証実験段階が多く、特許や技術ノウハウの蓄積は進んでいるものの、実証実験から社会実装段階で可能となる国際標準化(デファクト・実装標準等)で出遅れ後発キャッチアップリスクが高いため極力早くステップアップさせるべき。
- グローバル競争下で出遅れたCN技術はグローバルパートナーとの連携で日本技術力を生かせる領域(材料や部材等)でWIN=WINの関係構築を急ぐ。
- 2050年超を目指す人工光合成や核融合炉など革新的次世代研究試作推進、2050年を目指すグリーン(G)水素・Gアンモニアや家庭向け省エネ・創エネ・エネ自給の技術開発の前倒し・テコ入れ、資源経済安全保障につながる資源循環・深海レアアース等の技術開発に官民の資源投入集中が必要。

提言 2. 日本のCN技術はワンステップ・クイックフォワードが必要

2.2 開発段階別イノベーション現況	研究・試作 ⇨ 技術開発 ⇨ 実証実験 ⇨ 社会実装			
燃料アンモニア 液化水素 固定(着床)式・浮体式洋上風力発電 ペロブスカイト太陽電池 次世代2次電池 人工光合成 次世代革新(核分裂)炉 核融合炉	☆ ☆ ☆	<グリーンNH3合成> <グリーンH2製造> ☆ ☆ ☆ ☆	☆ <ブルーNH3製造> ☆ <ブルーH2製造> ☆ <浮体式> ☆	☆ ☆ <固定(着床)式>
鉄鋼 Course50・水素還元 化学 CO ₂ 分離/CO ₂ ケミストリー 自動車全方位車種戦略 BEV/PHEV/FCEV/H2CE 省エネ・創エネ・エネ自給	☆ ☆ <福島第一廃炉>	☆ ☆ <高レベル放射線廃棄物処理・保管>	☆ ☆ ☆ <地域・自治体>	☆ ☆ <企業>
CNポート、CNコンビナート CCS/CCUS ブルーカーボン グリーンカーボン 深海レアアース	☆ ☆	☆ <CNコンビナート> ☆	☆ <CNポート> ☆ ☆ ☆	☆ ☆

2.3 提言3 (G&I&A)

CN実装の道筋は、次の4アクション同時取り組みが必要

アクション1：エネルギー利用効率の底上げ

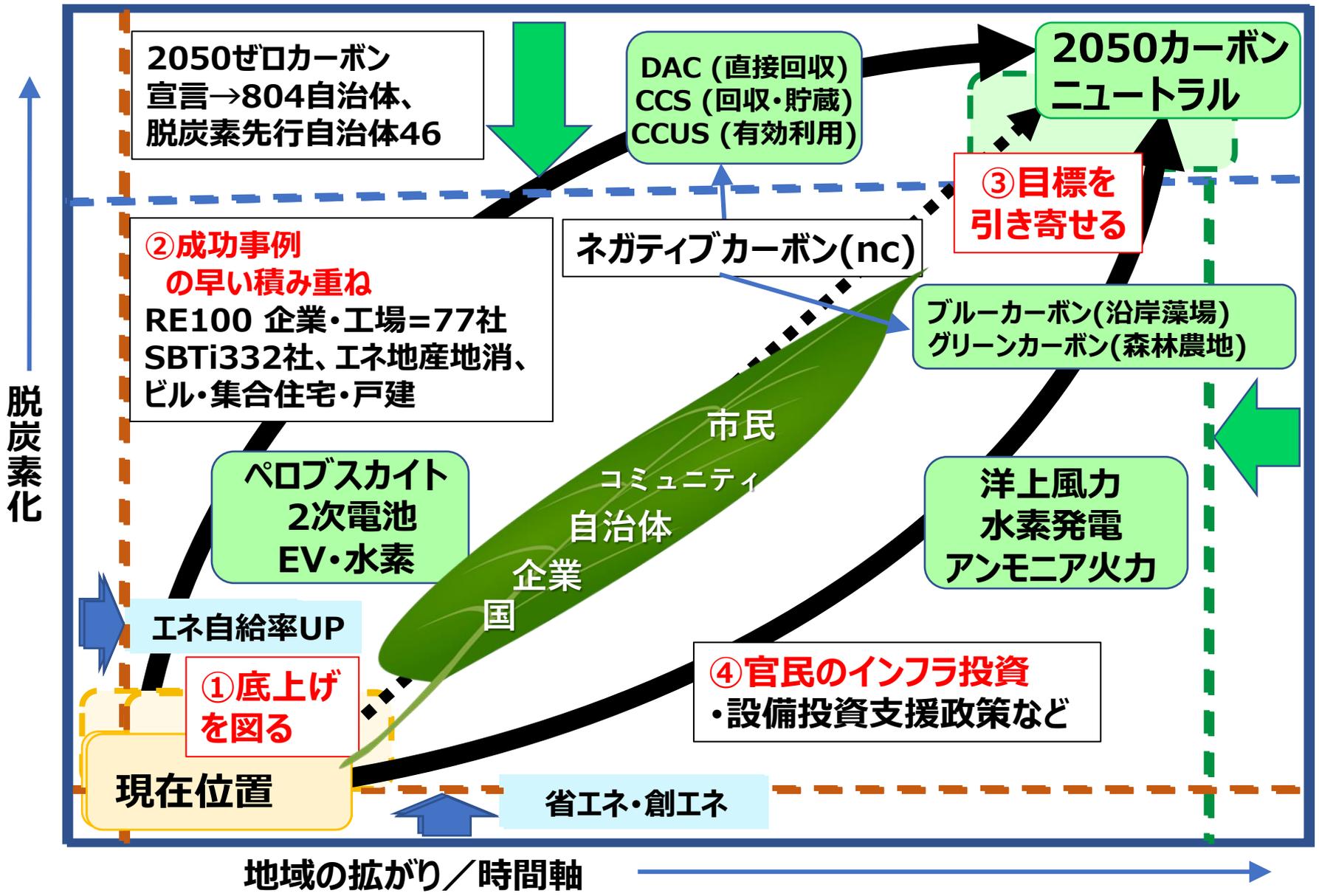
アクション2：成功事例の早い積み重ね、エネ地産地消、ビル・集合住宅・戸建

アクション3：CN目標を引き寄せるため、ネガティブカーボン(nc)施策

アクション4：脱炭素社会の産業社会システムのためインフラ投資、設備投資

- CN実装の道筋は2つある。
 - 一つは洋上風力・水素発電・アンモニア火力など大規模なエネルギーインフラ先行投資を行うマクロインフラルート。成果が出だすと加速度的に進捗する道筋。
 - もう一つは小規模・限定的な規模でCN成果を迅速に積み上げる道筋。早期にCN初期需要を獲得するスタートアップビジネスや企業・大学連携による脱炭素先行自治体などがミクロなエネ地産地消を重ねる。
- CN実現は総力戦、2030年までに可能性のある手立てをすべて起動する必要がある。
 - ・アクション1は省エネ・創エネとエネ自給率UPで現在位置の底上げを図る。
このための手ごろな価格の省エネ・創エネ・エネ自給率UP商品化を急ぐ。
 - ・アクション2は成功事例の早い積み重ね・横展開。RE100企業(77),SBTi(332),脱炭素先行自治体(46),ゼロカーボン宣言自治体(804)のエネ地産地消,ビル・集合住宅・戸建。
 - ・アクション3は2050CN目標を引き寄せるネガティブカーボン(nc)施策推進
ブルーカーボン・グリーンカーボン、DAC/CCS/CCUSの事業化。
 - ・アクション4は、官民の大規模インフラ投資実施、洋上風力・水素発電・アンモニア火力とグリーン水素/グリーンアンモニア製造流通など長期回収の財務支援。

提言 3. CN実装への道筋は4アクション同時取り組み



2.4 提言4 主として (G&I)

脱炭素産業社会システムづくり7つの鍵 ～DX活用で国・企業から地域・家庭へ

- 日本の強みを発展形へ
- 目標のブレークダウン
- 異分野融合・異業種連携
- サーキュラーエコノミー
- 省エネから創エネ・エネ自給へ
- 脱炭素産業インフラづくり
- 日本技術の国際展開

日本的脱炭素産業社会システムの扉を開くには次の7つの鍵を駆使し、国・企業から地域・家庭までDX活用によりエネ流通情報最適化を図り、国全体のエネ効率化を実現。

- 材料・ものづくりすり合わせ・経済複雑性世界一の日本の強みをCN産業に入れ込む。
- CN50とGHG46減のGAPを企業・自治体毎にブレークダウンし目標に見える化する。
- 異分野融合・異業種連携でCN産業を立上げる。手始めは脱炭素ncの融合連携として、ブルーカーボンと鉄鋼業、ブルーカーボンと自治体、グリーンカーボンと建築業等。
- CN産業に必須な希少資源・産業資材リサイクルとCO₂削減に寄与するサーキュラーエコノミー(循環経済)づくり。
- ペロブスカイト太陽電池+EV(インバータ+2次電池)活用で、省エネ・創エネ・エネ自給
- 官民連携で脱炭素インフラ作りと社会実装へのリスクマネー供給・長期回収支援
- 日本で育てたCN技術をグローバル貢献に活用

提言 4. 7つの鍵で脱炭素産業社会システムづくり

2.4. 脱炭素産業社会システムづくり7つの鍵、DX活用で企業・地域から世界へ

【①日本の強みを発展形へ】

高性能な材料・高品質なものづくり・すり合わせ技術
 周辺を含め一貫するシステム化⇒循環型システムづくり
 経済複雑性世界一(16年連続)の日本の産業構造

【③異分野融合・異業種連携】

ブルーカーボンと鉄鋼業
 ブルーカーボンと自治体
 グリーンカーボンと建築業

【⑤省エネルギーからエネルギー自給へ】

CN製品サプライを企業から、自治体、家庭へ
 ペロブスカイト太陽電池とEV自動車・地域・家庭へ

【⑦日本技術国際展開】

エネルギー効率世界一の日本鉄鋼
 技術の途上国移転を支援するODA
 の仕組み
 脱炭素化設備による設備コストUP補填
 CO₂クレジット国際取引仕組みづくり

【②目標のブレイクダウン】

CN50TOPダウン型と
 GHG46減積み上げ型のGAP
 (レベル分け) 主要企業～中小企業へ、
 国～都道府県～政令指定都市・基礎
 自治体

【④サーキュラーエコノミー】

鉄鋼リサイクル循環
 プラスチックリサイクル
 レアメタルスクラップリサイクル
 都市鉱山採掘システムづくり

【⑥脱炭素産業インフラづくり】

アンモニア・水素・人工光合成で
 CNポート ⇒ CNコンビナート
 日本全体グリッド化→海底送電線NW構築
 港湾・空港・自治体連携のCN産業集積
 CN技術社会実装へのリスクマネー供給
 CN実績ベース金融・保険・税制・交付金など

CN時代の人材育成は全年代層同時推進、次世代へのTOPの責務

企業経営者マインド変革、次世代リーダを鍛える、企業の若手技術者・研究者確保、大学等の次世代技術者・研究者の育て方を変える、若者へのCN教育の充実

注:日本の社長の平均年齢62.77歳(2021東京商工リサーチ2022.4.25)

- 本調査委員会の各分野講師からのヒヤリングと討議・考察から、成功するプロジェクトと上手いかないものとは、組織のあらゆる世代に渡る人材育成結果が関わっていることが明らかになった。本提言に人材育成に係るキーメッセージを各世代群ごとに列挙する。
- チャールズR.ダーウィンの「生き残るのは、変化に最もよく適応できる者である」という言葉で講演を締めくられた山口彰東大名誉教授の指摘どおり、産業革命以来の大変革期に直面している現在、組織のTOPの責任は重い。
- 「社長さん！カーボンニュートラルに向けて大きく舵を切る時ですよ!!」は、企業経営マインド変革と長期的視野でぶれない人材育成ポリシー確立を呼びかけ。
- 異分野融合・異業種連携や世界での武者修行は、外の風に直接さらし、コミュニケーション力を鍛え、異文化の中での他者評価の厳しさを体験する価値を表現している。
- 初等中等教育へのESD教育(2016～)はSDGs(UN2015)を取込み充実されているが、更に、最新のCN社会に向けた気候変動等教育も今後タイムリーに充実を願う。

提言 5. 全年代層同時人財育成

『社長さん！カーボンニュートラルに向け大きく舵を切る時ですよ!!』

【担い手の現状課題把握】

資源・金属や電力・原子力など重要社会インフラ技術の大学講座がなくなった
中長期でベーシックな基礎研究が疎かになることへの危機意識
大学は10兆円ファンドで大騒ぎし、悩んでいる

【企業経営者マインドの変革】⁽⁶⁰⁻⁵⁰⁾

企業経営マインド変革(長期・ぶれない)
脱炭素化の移行期・転換期の経営リスク
の取り方見直し
新しいリスクのあるところに貴重な人材を
投入する

【企業の若手技術者・研究者確保】⁽³⁰⁾

人材がいなくなる危機感
リーダ自ら全国の大学を行脚しPR
大学・高専との連携による人材育成
支える技術人材の獲得・育成・評価

【若者へのCN教育】⁽¹⁰⁾

ESD*持続可能な開発のための教育は既に
小中高へ導入済
+
CN社会への気候変動教育も！

【次世代リーダの鍛え方】⁽⁴⁰⁾

次世代経営層予備軍をCNプロジェクトで鍛える
CNプロジェクトでチャレンジマインド・やりぬく意思を
持たせる
産官学連携・異業種連携で異文化の中の評価に
直接さらし、技術者を鍛える

【大学等の次世代技術者・研究者の育て方】⁽²⁰⁾

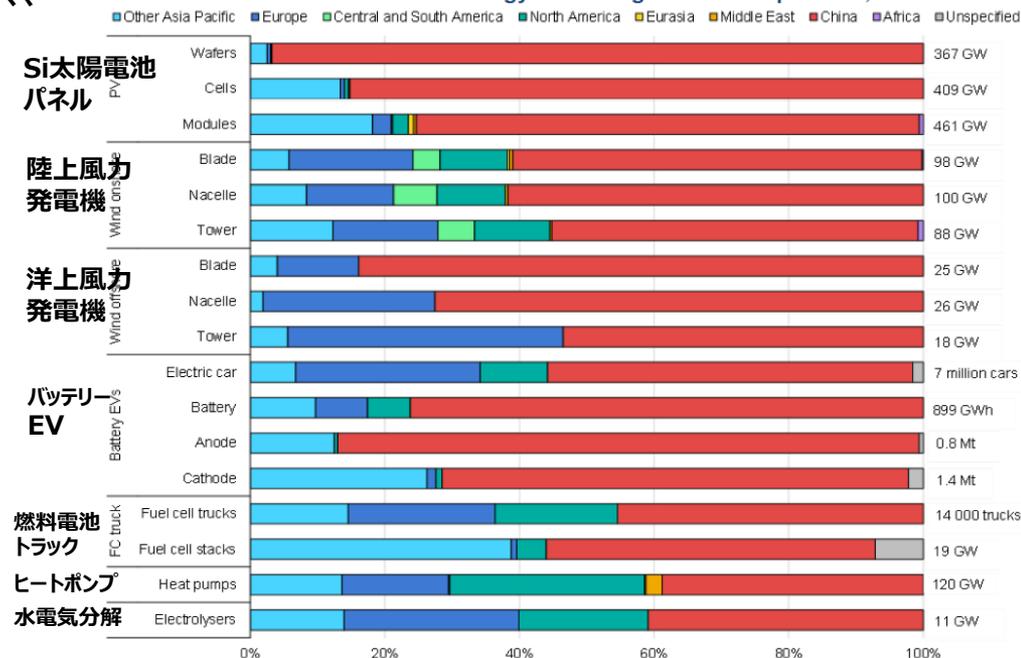
訪ねて来る異能人材は柔軟に受け入れ
人材を見極め、個性を伸ばす
社交性を涵養し、コミュニケーション力を磨く
優秀な若者は世界で武者修行へ

*ESD: Education for Sustainable
Development, UNESCO2013～

日本イノベーションの弱点克服に、炭素税・国境炭素税を活用。
 ～ CN技術早期社会実装のため、初期需要創設・商業化財源支援・サプライチェーン構築支援等の仕組み創設を。

- CN技術促進は開発側だけの責任でなく、需要側も初期需要創設で協力必要。
- CN技術開発のための世の中の仕組み、ルール、インフラやサプライチェーン構築支援が必要。
- CN技術のコスト負担方法、商業化の財源支援、開発・事業化する企業の価値評価UPの仕組改革が必要。
- CN技術の中国寡占リスク(IEA指摘)克服のため、日本のCN技術の社会実装・事業化を加速する。
- 早い時期の炭素税・国境炭素税導入は、脱炭素社会への移行原資確保とともに、企業経営の将来リスク明確化・株主理解促進にも、CN化インセンティブにも貢献できる。

Figure 2.7 Regional shares of manufacturing capacity for selected mass-manufactured clean energy technologies and components, 2021



Notes: FC = fuel cell. Heat pumps capacity refers to thermal output.

Sources: IEA analysis based on InfoLink (2022); BNEF (2022); BNEF (2021b); Benchmark Mineral Intelligence (2022); GRV (2022); UN (2022a); Wood Mackenzie (2022).

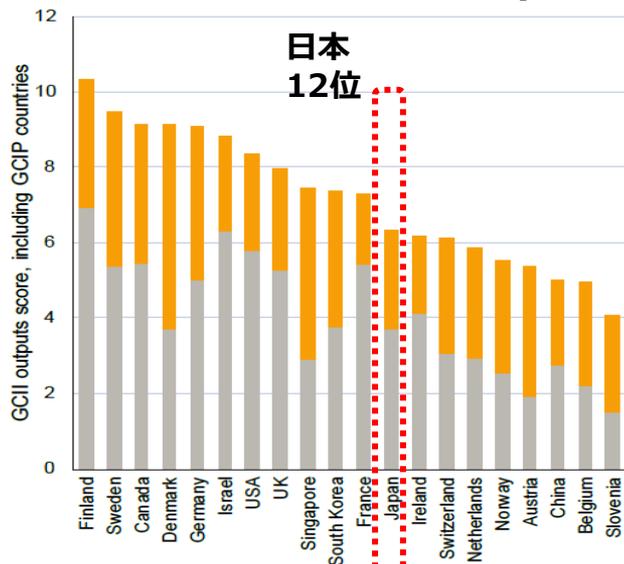
Around 90% of mass-manufacturing capacity for several key clean energy technologies is concentrated in China and the Asia Pacific region.

出典:国際エネルギー機関(IEA) Energy Technology Perspective 2023, 2023.1.12, P96, Fig2.7

提言 6. 日本イノベーションの弱点克服に、炭素税・国境炭素税を活用。

CN技術の初期需要創設・商業化財源支援・サプライチェーン構築支援等の仕組み創設で社会実装を早期実現し、CN技術国際競争力UPも実現へ。

クリーンテクノロジーの進捗度(2017)



- この5年間で、日本は幅広いCN技術(=クリーンテック)開発を社会実装まであと一歩まで進めている(提言2 図)が、IEA報告書(2023)指摘の中国寡占リスクへの取組が更に必要。
- これら弱点を2030年までに克服し、需要側での初期需要創設、サプライチェーン構築支援、商業化の財源支援、企業価値評価UP等の世の中の仕組改革の原資を確保するため、炭素税・国境炭素税の早期導入が必要。

■ クリーンテクノロジーが起きている

■ クリーンテクノロジーの商業化が進んでいる

出典：Global Cleantech Innovation Index 2017, Fig.3
から抜粋、国連工業開発機関(UNIDO)他

- 日本のCN技術開発力は非常に大きく、再エネ・燃料電池やEVの特許数は世界トップであるが、日本のクリーンテック(CN技術)商業化は進んでおらず、**日本発CN技術の国際的拡がり、再エネ量は伸び悩み。**
- 国際連合工業開発機関(UNIDO)やアジア開発銀行(ADB)の調査によれば、**日本のCN技術イノベーション力は一般的なイノベーション促進要因**(INSEAD Global Innovation Index2016 & Global Entrepreneurship Monitor2016)と**CN技術商業化**(World Bank, OECD, IEA, Bloomberg, Ernst & Young, Cleantech Group data/research)で**世界平均より遅れ、日本の弱点**となっていたと評価(2017報告)。

国際エネルギー機関(IEA)報告書 Energy Technology Perspective 2023
【要旨】

- ◎ クリーンエネ製造は世界市場USD6500億ドル(2030,2021の3倍)、雇用は14百万人(2021の6百万人の2.3倍)を生み出すが、リスクは主要技術の中国寡占。各国はこれへの対処を図るべき。
 - ・ シリコン太陽電池パネル 中国シェア70%以上。
 - ・ 風力発電機 中国シェア55%以上、欧州35%
 - ・ EV2次電池 中国セル2/3・負極80%・陽極80%以上
 - ・ 重量級大型燃料電池トラックの90%が中国で販売(2021)
 - ・ ヒートポンプ 中国40%、北米30%、欧州15%、日韓他10%
 - ・ 水電気分解装置 中国40%、欧州25%
- 要となる非鉄金属資源の中国集中もリスク：
 - ・ コバルト(コンゴ70%)
 - ・ リチウム(豪55%、チリ25%)、これらの精錬も中国が、
 - ・ レアメタル(90%)
 - ・ レアアース(中国60%)、
 - ・ リチウムとコバルト(60-70%)

3. 注力すべきCN新技術(クリーンテック)

3.1 大胆な例示案

- 1次エネルギーは「ペロブスカイト」と、「固定(着底)式に続き、日本の自然環境に適した浮体式洋上風力発電」の事業化を急ぐ。
- 2次エネルギーで「グリーン水素製造・流通」、「グリーンアンモニア合成・燃焼」、産業利用で「CO₂分離回収」、「CO₂ケミストリー」、「人工光合成」にも重点取組する。
- 技術開発段階のCN技術群「グリーン水素製造」、「グリーンアンモニア合成」、「次世代2次電池」を早期に商用化前提の実証実験へ持ち込む。
- 実証実験段階のCN技術群では「燃料アンモニア専焼発電」、「液化水素国際流通」、「浮体式洋上風力発電」を早期に社会実装段階へステップアップさせる
- 企業・工場、ビル・集合住宅、戸建て住宅の「窓・壁・屋根にペロブスカイト」と「二次電池」/「EV」で、前掲CN事業の「省エネ・創エネ・自給率UPの成功事例」を早く重ねて脱炭素社会の裾野を拡げる。
- 技術開発企業・需要側企業・自治体等で「地域スタートアップ事業体(仮称)」を設立し、炭素税・国境炭素税等を原資とする財務支援を受け、初期需要対応地域事業を立ち上げる。

3.2 大胆な例示案へのキャッチコピーと標語

- **技術立国日本を、CNの世界から再構築！**
- **未来は待ってくれない！日本のカーボンニュートラル技術を世界につなげ！！**
- **自然は資源、CO₂も資源に！日本の技術力で「そこここに」エネルギーを生み出す！！**

- **アンモニア、水素燃やして、脱炭素、グリーン製造、グリーン発電！**
- **省エネに、創エネ加え、エネ自給、ペロブスカイト、2次電池付き！**
- **再エネを、変動型から、定常へ、クルマと家に、次世代電池！**
- **木のおもちゃ、木の机、木のおうち、木のオフィス、国産材活でnc！**

3.3 まとめに代えて

故郷は、海にまわりを囲まれて、山に青葉が生い茂り、お日様キラキラ、
雨に雪、北風そよ風からっ風、みんなあわせて、再エネ・ゼロカーボン！

一つ、カーボンニュートラル、	目指せ！2050ゼロカーボン
二つ、ニイマルサンマル、シロク減、	途中の山場は2030GHG46 減
三つ、水素にアンモ、ペロブスカイト、	これぞCN、三種の神器
四つ、夜風力、二次電池、	海風が冷たく、家とクルマで暖かく
五つ、一番大事な、ヒト育て、	全世代挙げての人財育成
六つ、六軸評価、腹固め、	TOPの決断優先付け、6軸評価で背中押し
七つ、難物社会システム、DX、	カーボントレース、異種連携の鍵
八つ、やって良かった、炭素税、	カーボンリスクの早期見える化、財源化
九つ、究極、光合成に核融合、	太陽の恵、人工光合成で取り込もう
十で、とうとう達成、1.5°C、	地上の太陽、夢を追え
ついでにまとまる、 逡減(提言)節。	

「受験生ブルース、走れコータロウ、帰ってきたヨッパライ、府中捕り物控・・・」で育った昭和の高度成長世代らしく、数え歌でまとめてみました。

世界史に大きな影響を及ぼした「14世紀の危機」と「17世紀の危機」は、黒点の著しい減少など太陽活動の弱まりに起因する全地球的な気候変動の帰結といわれている。

21世紀気候変動の「今そこにある危機」には歴史から学ぶべきことが多い。

4. おわりに

- **2030年までの移行期（トランジション）にCN技術の早期社会実装を実現**
→ 経済複雑性TOPの日本産業社会特性を生かした異業種連携・官民連携等によりDX活用し脱炭素循環型産業構造への改革が必要。
- **2050年までの転換期（トランスフォーメーション）に向け早期技術確立を加速**
→ 脱炭素循環型社会に必要なCN技術の企業開発リスク軽減・産官学連携による研究開発支援が必要。
- **日本発のCN技術で世界をリードするチャンス**
→ 日本は「技術はあっても世界で勝てない」とよく言われるが、日本の強みである裾野の広さ（先端素材、高品質モノづくり産業）が維持される限り、日本の優れたCN技術（例：水素・アンモニア燃焼、CO₂固定・貯留、有効利用技術等）により世界をリードするチャンスはある。
- **日本の高品質の製品特性を武器に産業競争力の回復を図る**
→ 日本で開発された次世代太陽電池のペロブスカイトはその切り札となりうる。日本の強みとする、長寿命化、高効率化、高品質（劣化、高リサイクル性）の日本製品で巻き返しを図ることが必要。
- **日本のCN技術によるエネルギー転換により世界規模でCO₂削減に貢献**
→ 日本のCN技術をアジア・アフリカ等の開発途上国などに広げることで、日本の排出量（世界のわずか3%）以上のプレゼンス向上につながる。
- **今後の新たな調査研究活動への期待**
→ 原子力技術をはじめ、本調査委員会の検討が及ばなかった課題は多い。中でも太陽光等ピーク変動の大きい再生可能エネルギーの量的増加に対して、電力の質や電力網の系統安定性を実現する新しいシステム技術等がある。

カーボンニュートラルのための新技術開発・研究開発調査委員会メンバ

委員長	矢野厚	一般社団法人電気通信協会 理事 元 住友電気工業株式会社顧問、 元 NTT 東日本常務取締役	委員	蛭田史郎	蛭田経営研究所代表
コア委員	天野玲子	東日本旅客鉄道株式会社取締役	森口泰孝	東京理科大学特別顧問	
	新井洋一 代行者 荒井清	特定非営利活動法人リサイクルソリューション理事・研究総監 特定非営利活動法人リサイクルソリューション事務局長	涌井裕	元株式会社フジクラ専務取締役	
	川口幸男	一般社団法人日本メタル経済研究所理事長	上田新次郎	信州大学 特任教授	
	華房実保 代行者 志摩賢二	株式会社三菱ケミカルリサーチ代表取締役社長 株式会社三菱ケミカルリサーチ 調査開発イノベーション部門 上席研究員	岡野勝	MOT コンサルタント 代表	
	水本伸子	株式会社 I H I 顧問	越智 洋	元中部電力株式会社代表取締役副社長	
委員	中西友子	東京大学名誉教授・特任教授、内閣府原子力委員会委員	加藤光一	(一財) 日本船舶技術研究協会 専務理事	
	山縣宣彦	一般財団法人みなと総合研究財団理事長	川合豊彦	農林水産省大臣官房審議官 (技術・環境)	
	秋田雄志	一般社団法人日本鉄道技術協会会長	河村 泉	(一社) 日本監督士協会アドバイザー	
	石田寛人	公立大学法人公立小松大学理事長	蔵並昌武	宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 参事	
	伊東則昭	日本コムシス株式会社相談役	西郷正道	公益社団法人大日本農会 技術顧問	
	井上健	日本電設工業株式会社顧問	島田克也	いであ株式会社 常務取締役	
	宇治則孝	元日本電信電話株式会社代表取締役副社長	鈴木浩	メタエンジニアリング研究所 所長	
	内田義昭	KDDI エンジニアリング株式会社代表取締役会長	関和彦	日本電気株式会社 企業価値創造家	
	白田誠次郎	元日本工営株式会社代表取締役副社長執行役員	瀬畑智密	大和証券 (株) プライベートバンキング部 副部長	
	小原好一	前田建設工業株式会社顧問	瀧寛則	一般社団法人科学技術と経済の会 技術経営会議 担当部長	
	貝淵俊二	株式会社協和エクシオ名誉顧問	都筑浩一	株式会社ダイセル エグゼクティブアドバイザー	
	加藤光久	トヨタ自動車株式会社元取締役副社長	野口貴文	東京大学院工学系研究科・教授	
	神永晋	S K グローバルアドバイザーズ株式会社代表取締役	林明夫	一般社団法人科学技術と経済の会 常務理事	
	熊谷則道	公益財団鉄道総合技術研究所顧問	橋本秀昭	一般社団法人科学技術と経済の会 調査研究部 部長	
	坂田東一	一般財団法人日本宇宙フォーラム理事長	宮下永	公財) 未来工学研究所 研究参与	
	國井秀子	芝浦工業大学客員教授	森下哲	いであ株式会社 取締役副社長	
	佐藤真住	エア・ウォーター株式会社 特別顧問	守屋直文	農研機構 事業開発部	
	島田博文	日本コムシス株式会社 顧問	安井哲也	KDDI エンジニアリング株式会社 常勤顧問	
	白川貴久子	株式会社NTTドコモ執行役員 中国支社長	守屋直文	農研機構 事業開発部	
	白川哲久	元文部科学省文部科学審議官	安井哲也	KDDI エンジニアリング株式会社 常勤顧問	
	高島征二	エクシオグループ株式会社 名誉顧問	和佐田健二	プリンシパル・事業開発ディレクター	
	立川敬二	立川技術経営研究所代表	渡辺裕登	(公財) 東洋食品研究所 評議員	
	田畑彰久	いであ株式会社代表取締役社長	渡部真也	医療機器産業連合会 副会長	
	中西友子	星薬科大学学長	山崎順	一般社団法人技術同友会 事務局長	
	成宮憲一	一般社団法人科学技術と経済の会 専務理事	八木登志雄	一般社団法人技術同友会 事務局	
	橋口誠之	東日本旅客鉄道株式会社監査役	吉野誠	一般社団法人技術同友会 事務局	
	浜崎祐司	株式会社明電舎取締役会長	青木三枝子	一般社団法人技術同友会 事務局	
林喬	元株式会社関電工会長				
			オブザーバー		
			事務局		

一般社団法人技術同友会について

技術同友会は、科学技術に関わる産・官・学出身の会員からなる任意団体で1972年に設立され、その後、2012年10月に一般社団法人化した。

本会では、広く科学技術及び科学技術に関連する諸問題に対し、深い関心を持つ人々が、真に人間福祉に貢献する科学技術の進展に関する対策を求め、かつその実現を目指して次のような活動を行っている。

- (1) 科学技術政策及び科学技術を基本とする社会経済政策等に関する調査研究・提言
- (2) 時代の要請に応える科学技術のあり方についての調査研究
- (3) 科学技術に関連する諸問題についての討議
- (4) 科学技術に関する国際協力
- (5) この法人の目的を達成するために必要な事業

現在の代表幹事は以下のとおりである。

石田寛人（公益財団法人原子力安全技術センター会長）

宇治則孝（元日本電信電話株式会社代表取締役副社長）

蛭田史郎（蛭田経営研究所代表）

会員総数136名（2022年12月1日現在）

カーボンニュートラルのための新技術開発・研究開発調査委員会 委員長 矢野厚

本提言・報告書は、ご講演いただいた方々のご了解をいただき、次の条件のもと、著作権フリー引用自由で、技術同友会HPで公開しますので、以下の取り扱いを願います。

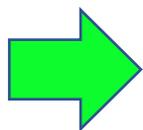
条件：引用される方は、「©技術同友会CN技術調査委員会」と明記のうえ、

eメール：jtech@jates.or.jpあて、引用通知を送付願います。

【付属資料】 CN技術調査委員会の講演・討議要約

(第I部) 2030GHG46減に対する企業等の取り組み

1. 燃料アンモニアによる石炭火力発電所のCO ₂ 削減技術	3
2. 液化水素国際供給とつくる・はこぶ・貯める・使う技術	7
3. 港湾からの脱炭素化～カーボンニュートラルポート(CNP)形成への取組	11
4. 鉄鋼業における脱炭素・水素・資源循環技術開発	15
5. 総合化学におけるCN、CO ₂ 分離回収、CO ₂ ケミストリー	19
6. CNを目指す次世代自動車開発への取り組み	23
7. 次世代2次電池技術開発への取り組み	27
8. 次世代太陽電池「ペロブスカイト」への取り組み	31
9. ブルーカーボン（沿岸藻場などでの温暖化ガス吸収）	35
10. グリーンカーボン（森林農地などでの温暖化ガス吸収）	39

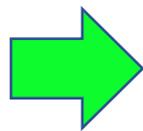


技術立国日本再生の切り札「CNニューディール」を果たすべく、脱炭素循環型社会への移行期(トランジション)に早期社会実装を実現できる官民挙げての強大なCN産業投融資政策が必要

本提言・報告書は、ご講演いただいた方々のご了解をいただき、次の条件のもと、著作権フリー引用自由で、技術同友会HPで公開しますので、以下の取り扱いを願います。

条件：引用される方は、「©技術同友会CN技術調査委員会」と明記のうえ、
eメール：jtech@jates.or.jpあて、引用通知を送付願います。

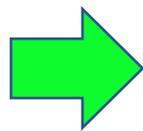
11. 人工光合成の技術開発の現状と展望 ～経済合理性のあるCN技術を目指して	43
12. CO ₂ と水から有機物を合成する人工光合成	47
13. CNに対応する次世代原子力技術の役割	51
14. ブルーリソース(海洋底レアアースと海洋玄武岩CCS)の取組	55



脱炭素循環型社会への転換期（トランスフォーメーション）に企業リスクを軽減する、産学連携による革新的研究開発プロジェクト支援で、早期の技術確立・実証実験を促進

(第III部) グローバルな情勢と日本の政策的取組み

15. CNを目指す「日本的取組み」の特徴、強みと弱みと処方箋	59
16. 日本政府のCNを巡る科学技術・イノベーション政策	63
17. CNに向かう世界～その課題と技術への期待	71



日本イノベーションの弱みを克服し、競争力のある日本CN技術(Clean Tech)を立ち上げるため、炭素税などを原資とする日本の社会実装を早期実現し、グローバルパートナーと世界標準化し、脱炭素社会を目指す

CN 技術調査委員会で講演いただいた講師の方々に本資料記載の内容の査閲をいただきました。
また代表的スライド3枚の複写使用の許可をいただいておりますが、本資料の編集責任は、一般社団法人技術同友会「カーボンニュートラルのための技術開発・研究開発調査委員会」にあります。

1. 燃料アンモニアによる石炭火力発電所の脱炭素化/IHI(株)

概要 既設火力発電所での脱炭素化石燃料ゼロ化を目指す

- 既設脱硝設備を活用出来るアンモニアの2割混焼で始め、燃料アンモニアの製造・供給・備蓄など時間を要すインフラ整備に伴い5割混焼まで移行できる。
- 化石燃料起源のブルーアンモニアから始め、再生可能エネルギーによるグリーンアンモニア供給へのサプライチェーンシナリオ。
- 調整用電源としてアンモニア専焼ガスタービン火力の脱炭素化を目指す

技術の現状

- 石炭火力からのCO₂排出量は国内全CO₂排出量の約23%を占める(2015実績値)
- アンモニア20%混焼で、CO₂は単体で2割減超々臨界圧ボイラ795g-CO₂/kWh⇒636g-CO₂/kWh
100万KW石炭火力稼働率8割でCO₂削減は▲0.08%
(2013年度日本の全GHG排出量の)
- 2MW級ガスタービンで70%混焼技術開発
液体アンモニアと天然ガスの混焼(2021.3)
100%専焼も限定的に成功

市場性・持続性

- 当初の石炭火力設備改良は燃焼バーナのみ
- 毒性・臭気はあるものの、燃料アンモニアはLNGと同等の-33℃液化輸送
- 2MW級アンモニア直噴ガスタービンは船舶・事業所用など多目的用途も視野

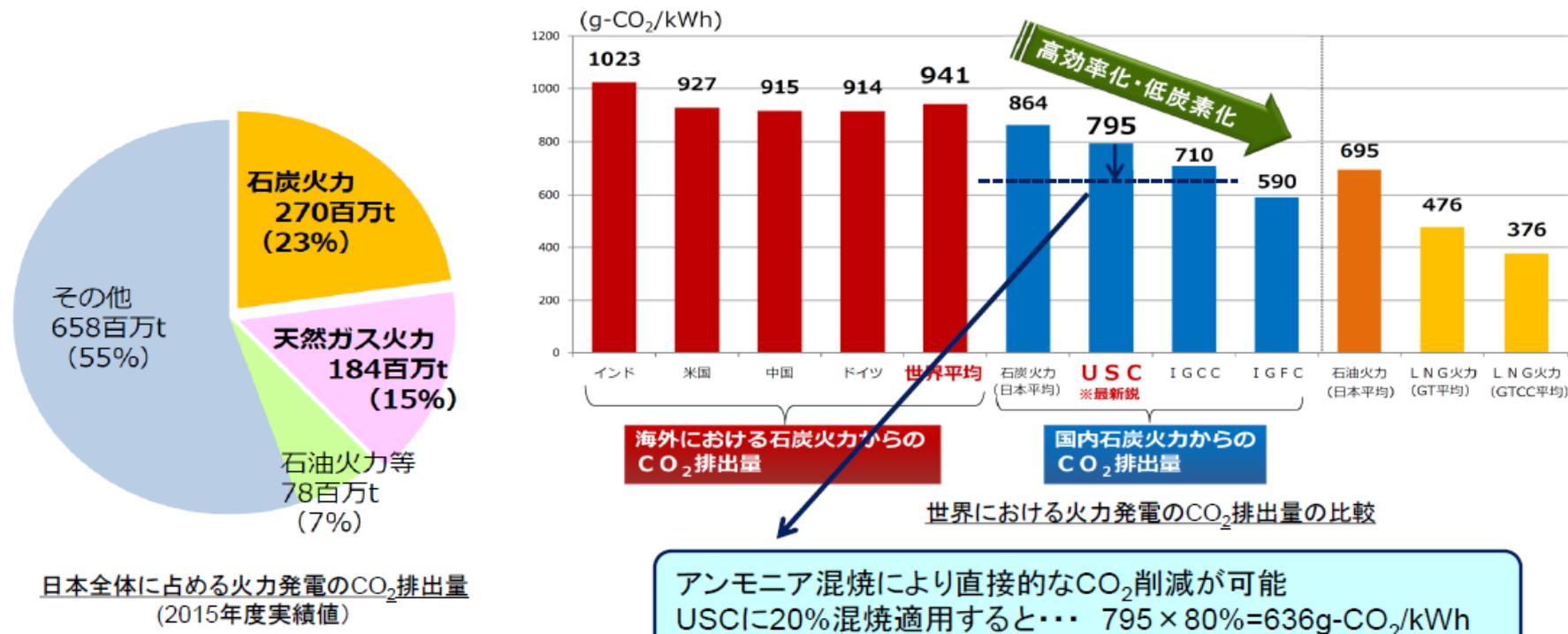
課題と処方箋

- **グリーンアンモニア製造技術**
ハーバ・ボッシュ法に代わる低コストの革新的アンモニア量産法(例えば、東大西林仁昭教授、モリブデン触媒法、NEDOグリーンイノベーション基金)の開発
- **大量アンモニア供給網・備蓄設備構築**
脱炭素インフラ設備の構築資金・事業リスクの軽減政策

アンモニア混焼によるCO₂削減効果（石炭火力）

- 石炭火力からのCO₂排出量は、国内全CO₂排出量の約23%を占める。
- 石炭火力にアンモニア混焼を適用すると、直接的※にCO₂削減が可能。
- USC（超々臨界圧ボイラ）に20%アンモニア混焼を適用すると、
USC:795g-CO₂/kWh ⇒ アンモニア20%混焼USC:636g-CO₂/kWh

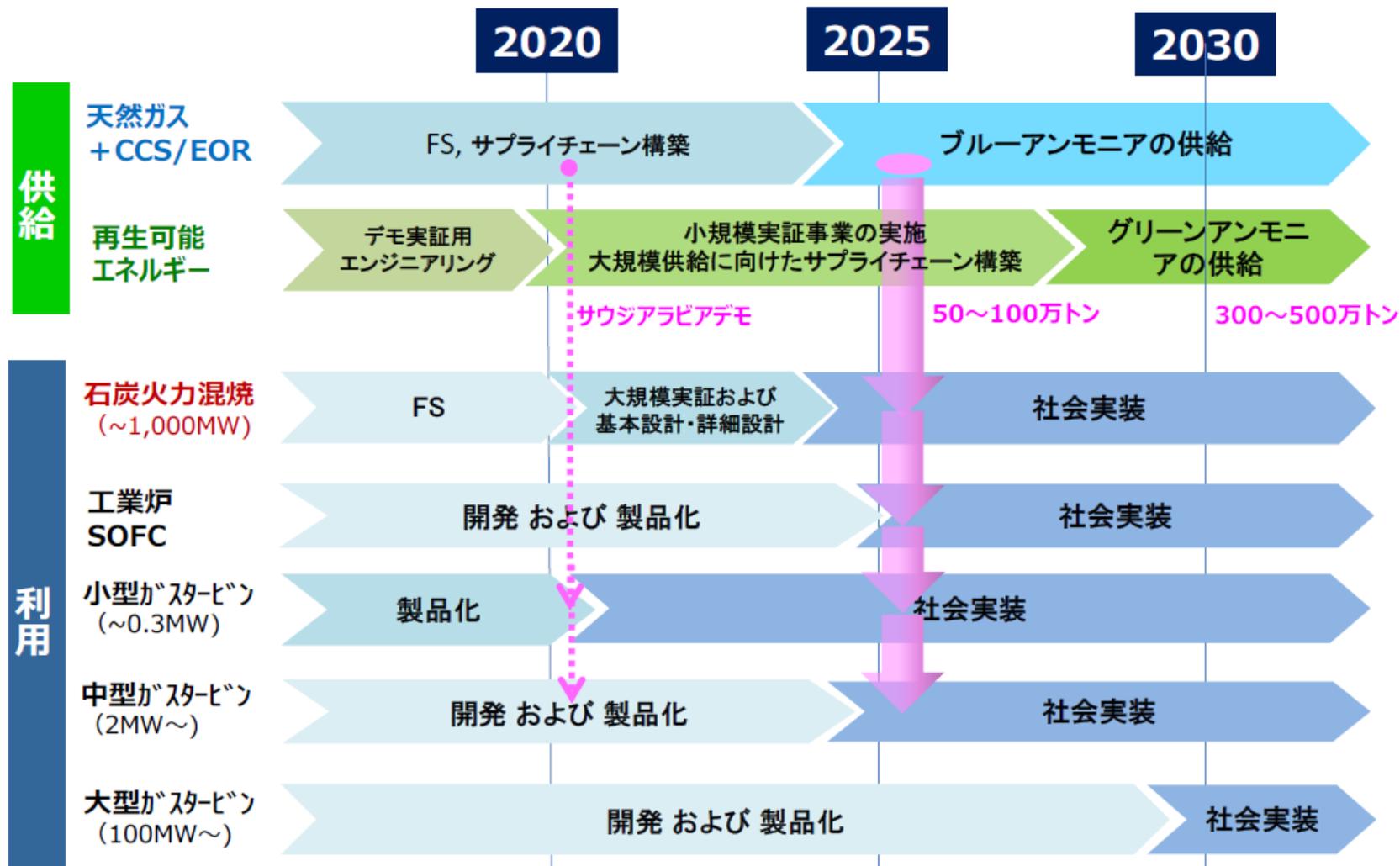
※直接的=アンモニア投入量に比例してCO₂排出量が低下。なお、アンモニアはカーボンフリーである必要があるが（製造時にCO₂を排出しない）、製造時に全くCO₂を回収しないアンモニアであっても、20%混焼することで総CO₂排出量は3%低下する。（産総研LCA研究グループによる試算結果）



図の出典: 資源エネルギー庁ホームページ

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoo/sekainosekitankaryoku.html>

アンモニア導入ロードマップ



石炭火力：プロジェクト全体像

全体目標

石炭火力発電における微粉炭/アンモニア混合燃焼技術の開発と社会実装に向けた課題の抽出

検討条件

模擬プラント

発電量 1000MW_e

混焼率 20%cal.

項目2 数値解析を用いた性能評価

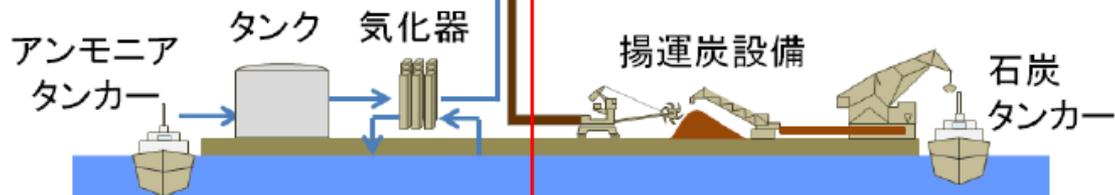
項目3 ボイラに関するFeasible Study

項目1

大容量燃焼試験による
燃焼方法の検討

項目4

アンモニア貯蔵設備に関する
Feasible Study



概要 脱炭素に不可欠な国際液化水素サプライチェーンの構築

- **つくる**：多水分で現地発電用のみで安価な褐炭から水素を製造、派生O₂を地下貯留(CCS)、極低温(-253°C)液化しブルー水素化。
- **ためる・はこぶ**：極低温液化した水素を高性能断熱(二重殻真空断熱)により長期貯蔵、液化水素運搬船で9,000kmの大量海上輸送。
- **使う**：液化水素は高純度(99.999%以上)で、蒸発させるだけで高純度を要求されるFCV他、あらゆる用途に利用可能。

技術の特徴 日豪実証パイロットプロジェクト(HESC)

- 2030年頃の安定的・大量水素供給体制確立を目指し、日豪パイロット実証で技術確立
- 豪州ラトローブバレー露天掘り褐炭から褐炭水素製造プラントで生成した水素を、ヘイスティングの水素液化積出基地を経て、液化水素運搬船「すいそふろんていあ」で液化水素荷役地「Hy touch神戸」に輸送し、神戸市街で水素タービン・燃料電池の発電と熱利用(温冷)の技術・安全・運用性実証。

市場性・持続性

- 2050年世界水素市場2.5兆\$、3000万人雇用エネルギー18%、CO₂削減の20%(60億t)担い、水素発電量1,500TWh/年(2017HydrogenCouncil&McKinsey)
- 日本政府水素基本計画2017、水素閣僚会議水素導入目標2030年42万t、2050年2,000万t
- Hydrogen Council:世界150社トヨタ、ホンダ、川崎重工、岩谷産業他、多数主要企業
- 水素は漏れても無毒性、無臭、温室効果零

課題と処方箋

- **液化水素のコストダウン** 2020年代半ば迄に商用化プラント規模で経済性評価・実証、2030年実ビジネス、2050年20円/Nm³目指す。
- **グリーン水素製造** 安価な再生可能エネルギーによる水電気分解法による水素製造等
- **水素流通インフラの構築** 大型(128倍)液化水素運搬船・液化水素陸揚げ設備(タンク20倍)を持つCN(エア)ポート・水素利用CNコンビナート・水素ステーション・大型水素発電所等

CO₂フリー水素チェーンのコンセプト

CO₂の排出を抑制しながらエネルギーを安定供給



水素インフラ技術



グリーンイノベーション基金事業で採択

大規模水素サプライチェーンの構築プロジェクト

液化水素サプライチェーンの大規模実証、革新的液化技術開発

別紙2-1

商用化実証

事業の目的・概要

- ① 2030年30円/Nm³ (船上引き渡しコスト)の水素供給コストを達成するための海上輸送技術の世界に先駆けて確立するべく、既存事業*等で開発された大型化技術を実装し、液化水素商用サプライチェーン構築のための商用化実証事業 (水素供給量：数万トン/年・チェーン) を行う。 *未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業 等
- ② 加えて、将来の更なるコスト低減(2050年20円/Nm³以下)を目指し、液化効率を更に高める革新的技術開発にも取り組む。

実施体制

- ① 日本水素エネルギー株式会社*、ENEOS株式会社、岩谷産業株式会社 *現在は川崎重工の完全出資会社
- ② 川崎重工株式会社 ※太字：幹事企業

事業規模等

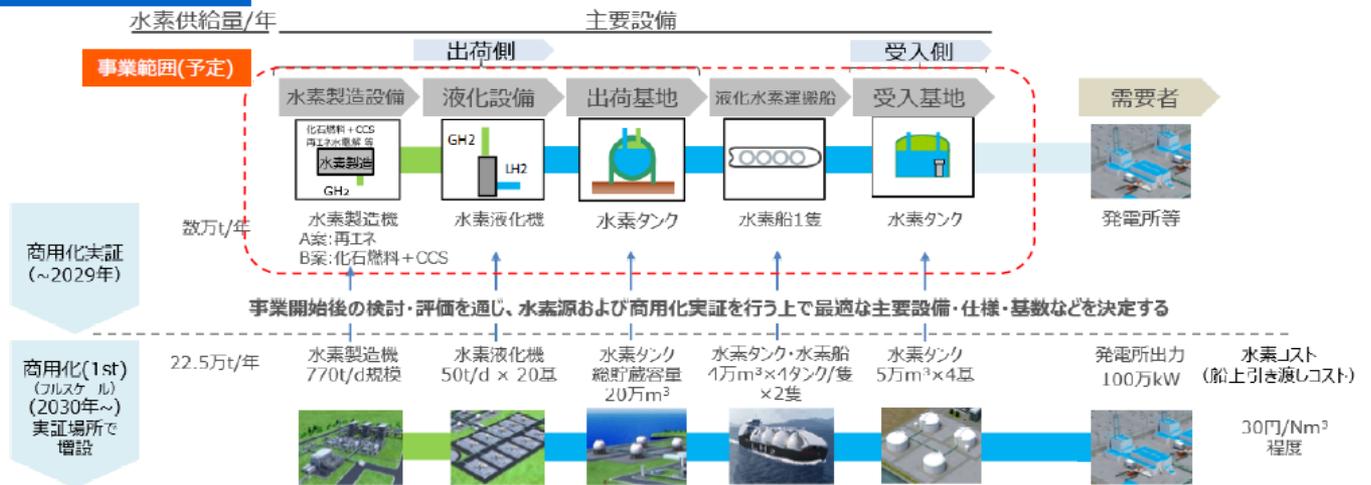
- 事業規模 (①+②) : 約3,000億円
- 支援規模 (①+②) * : 約2,200億円
- *インセンティブ額 (【(総事業費) × (インセンティブ率) × (目標の達成度)】、「グリーンイノベーション基金事業の基本方針」参照) を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等
 - ① : 2/3 → 1/2、② : 委託 (インセンティブ率は10%)

事業期間

①2021年度～29年度(9年間)、②2021年度～30年度(10年間)

事業イメージ

商用化実証のスケールイメージ



NEDO HP抜粋

出典：日本水素エネルギー (株) 等

概要

- 港湾・臨海部はCO₂総排出量10.4億t(2020)の約6割の産業等(発電所,鉄鋼,化学工業等)が集積する臨海部産業拠点で,エネルギー消費拠点。
- 水素・燃料アンモニア等の受入れ環境整備と港湾施設等の脱炭素化でカーボンニュートラルポート(CNP)形成を進めている。
- 官民連携により,洋上風力発電の基地港湾整備,港湾への風力/太陽光発電導入等による港湾機能の脱炭素化,水素・燃料アンモニア利用のまとまった初期需要創出,受入れ/貯蔵/流通環境整備,国際協力等に取り組む。

水素・燃料アンモニア等流通網構築

- 水素・燃料アンモニアの政府目標(H₂:300万t/30¥30/Nm³,2,000万t/50¥20/Nm³,NH₃:300万t/30¥10後半/Nm³,3,000万t/50一) 実現。
- 水素製造・液化・積荷・液化水素運搬船・輸入・貯蔵・配送拠点の技術開発・実証・整備
- 16万m³型液化水素運搬船,87,000 m³型VLGC燃料アンモニア運搬船等の受入れ港湾整備
- 船用燃料の水素・アンモニア等への転換によるゼロエミッション船実現ロードマップ
- 欧主要港水素ビジョンや国際海事機関のGHG削減戦略などとの協調・連携

CNP(カーボンニュートラルポート)

- 海外の炭鉱・ガス田・再エネ等で製造する安価な液化水素・燃料アンモニアを輸入貯蔵し,火力発電所での混焼/専焼等のため供給。また化学工場や製鉄所に水素をパイプラインで供給。
- 全国50港(苫小牧,小名浜,茨城・鹿島,横浜・川崎,清水,名古屋,大阪湾・堺泉北・阪南,神戸,酒田,新潟,伏木富山,徳山下松,苅田,北九州等)で官民連携による協議会等を開催中。
- 各港湾で水素等の受入れ環境整備,港湾施設や臨海部立地産業等の脱炭素化等を検討

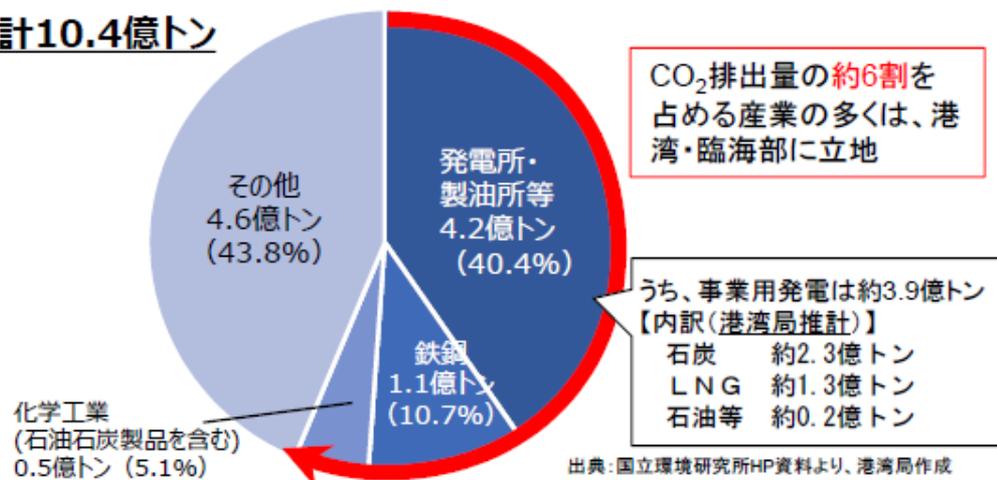
洋上風力発電に係る基地港湾整備

- 再エネ海域利用法に基づく促進区域(9)を指定,有望区域(5),一定の準備段階に進んでいる区域(11)を整理。
- 港湾における洋上風力発電は、能代港(2022年)で運転開始,石狩湾新港(2022年度着工),秋田港(2022年度運転開始予定),北九州港(2022年度着工予定),鹿島港(2024年度着工予定),むつ小川原港(着工未定)で導入計画。
- 基地港湾として,能代港・秋田港・鹿島港・北九州港の4港を2020年9月に指定。洋上風力発電設備の設置・維持管理に利用される埠頭を発電事業者に長期間貸付可能化。

(注) 本スライドの数字は特に記載がない場合は2022年12月末時点。

CO₂排出量 (2020年度確報値)

計10.4億トン



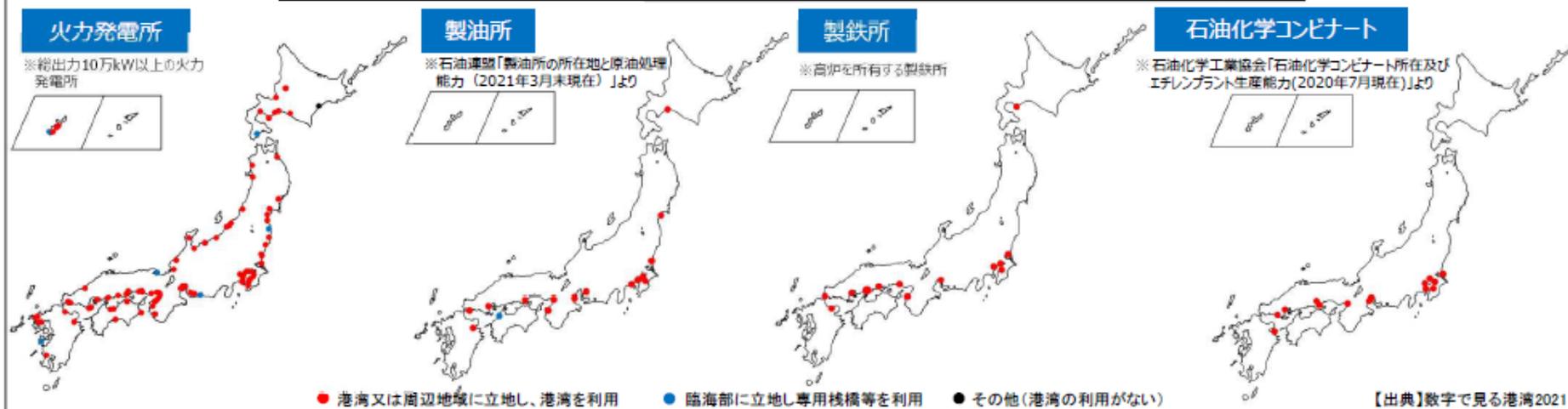
出典: 国立環境研究所HP資料より、港湾局作成

資源・エネルギーの輸入割合例

鉄鉱石	100%
石炭	99.6%
原油	99.7%
LNG	97.8%
LPG	74.2%

(出典) (公財)日本海事広報協会「日本の海運SHIPPINGNOW2021-2022」より作成

発電所、製油所、製鉄所、化学工業の多くは港湾・臨海部に立地、また、これらが使用する資源・エネルギーのほぼ全てが港湾を經由



		現状	2030年	2050年
水素 (H ₂)	供給量	※1 約200万トン/年	※1 最大 300 万トン/年	※1 2,000 万トン程度/年
	価格	100円/Nm ³ ※1 (水素ステーション販売価格) 約170円/Nm ³ ※2 (現状技術ベースのCIF価格試算値)	※1 30円/Nm ³	※1 20円/Nm ³ 以下
燃料 アンモニア (NH ₃) (上記の内数)	国内 需要	※3 燃料NH ₃ : ゼロ 〔原料NH ₃ : 約108万トン/年 2019年〕	※1 300万トン/年 (水素換算約50万トン/ 年)	※1 3,000万トン/年 (水素換算約500万トン/年)
	価格	※4 20円台前半/Nm ³ (熱量等価水素換算)	※1 10円台後半/Nm ³ (熱量等価水素換算)	—

【参考】2050年における潜在国内水素需要(一定の仮説に基づく導入量)※4

大規模水素発電: 約500~1,000万トン/年、トラック等商用車: 約600万トン/年、鉄鋼業: 約700万トン/年

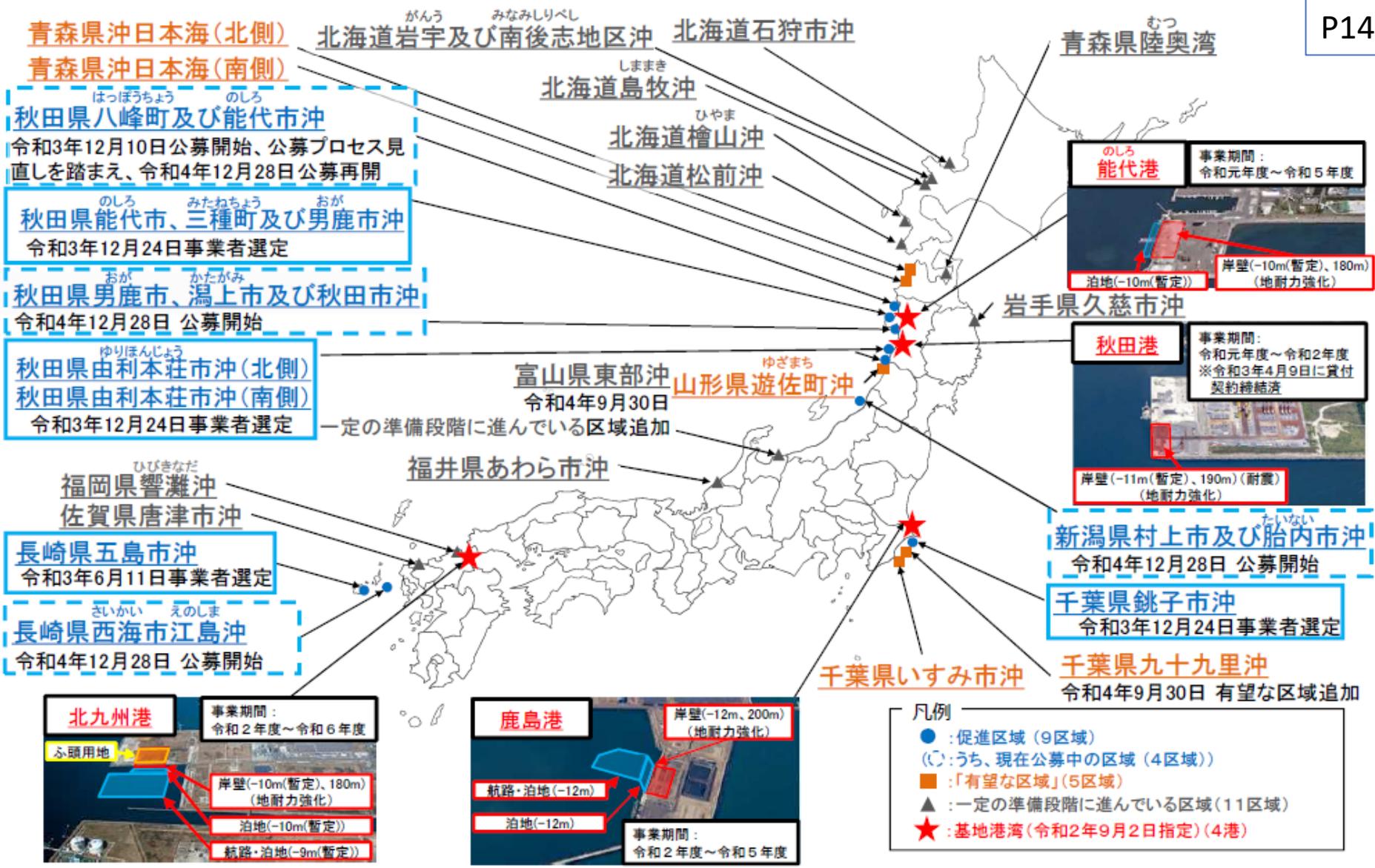
※1 エネルギー基本計画(2021.10.22閣議決定)

※2 第25回水素・燃料電池戦略協議会資料(2021.3.22)

※3 燃料アンモニア導入官民協議会 中間取りまとめ(2021.2.8)

※4 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021.6.18)

洋上風力発電に係る基地港湾及び促進区域等の位置図(令和4年12月28日現在)



概要

- ▶ 日本GDP(2015)の1.5%の鉄鋼業は輸出品目(75.6兆円,2015)の4.9%を占めるが、日本の総CO₂排出量(11.1億t,2019)の14%を排出。
- ▶ CO₂は製鉄製造時の製鉄工程(コークスによる鉄鉱石還元)での発生が最も多い。
- ▶ 環境調和型製鉄プロセス技術開発COURSE50(NEDO支援)で排出30%削減(2030年)に取組。
- ▶ 高いエネルギー効率を持つ製品開発(エコプロダクト)や国際技術移転、銑鉄・直接還元鉄(DRI)やスプラップの世界鉄鋼循環実施。

市場性・持続性

- ▶ 経済成長と鉄鋼蓄積には正の相関があり、10t/人前後で飽和。現在中国・インドは4t/人ゆえ先進国並みの10t/人は2100年頃と予測。
- ▶ スクラップと鉄鉱石粗鋼生産各10億t/年が継続も、IEA前提+既存省エネ+COURSE50で2060年2°Cシナリオは視野内も、1.5°Cは難。
- ▶ 大量水素供給のSuperCOURSE50,水素還元製鉄,CCU+CCSのゼロカーボンスチールの継続技術開発並びにカーボンフリー電力+グリーン水素の基盤構築が2050に向け必要。

技術の特徴

- ▶ 日本鉄鋼業のエネルギー効率は世界平均を15%凌駕。コークス乾式消火(CDQ),溶鉱炉炉頂発電(TRT),副生ガス専焼(GTCC)や廃プラスチックサーマルリサイクル等による。
- ▶ COURSE50高炉は鉄鉱石のCO還元(発熱反応)で発生するCO₂抑制のため,

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2 + \text{熱} \quad (\text{発熱反応})$$
 水素還元(吸熱反応)を20%(従来比倍)に

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 + \text{熱} \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \quad (\text{吸熱反応})$$
 増やし全体の熱バランス維持が技術の要。

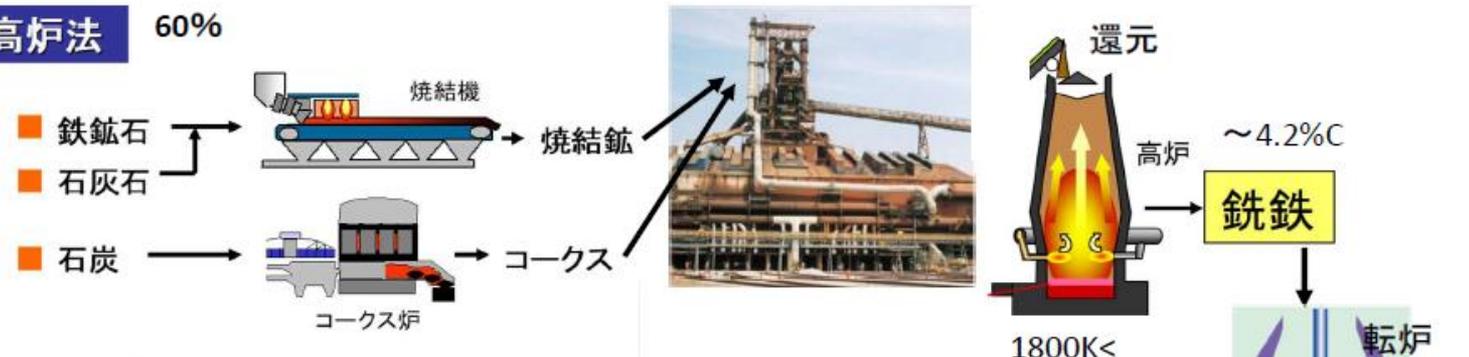
課題と処方箋

- ▶ 鉄鋼のライフサイクル(LCA)全体でCO₂削減。
- ▶ 鉄鉱石還元とスクラップ再生(電炉)の低CO₂化をSuperCOURSE50(H₂の'50超)・水素還元製鉄技術開発とスケールアップの課題克服。
- ▶ グリーン水素の供給量増・コスト引下げが鍵
- ▶ 低価格グリーン水素供給、高炉工程のCO₂分離回収貯留(CCUS)の技術確立と法制度整備。
- ▶ 鉄鋼の品位別生産手法分け,スクラップのトランプエレメント(除去不能元素)別再生。
- ▶ 鉄鋼スラグの沿岸環境再生効果でのCO₂吸収強化,新技術導入でCO₂クレジット等。

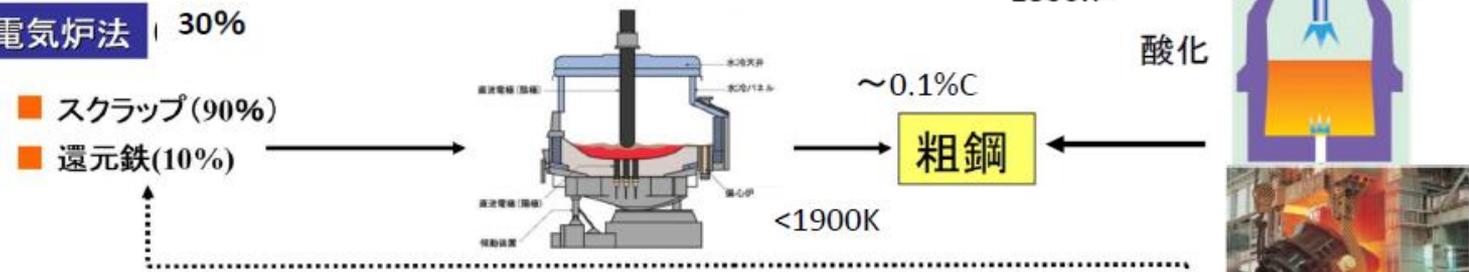
世界の三大鉄鋼製錬プロセスとCO2(製造時の排出のみ)

2.0 t-CO2/t-粗鋼 0.5 t-CO2/t-粗鋼 1.0~1.5 t-CO2/t-粗鋼

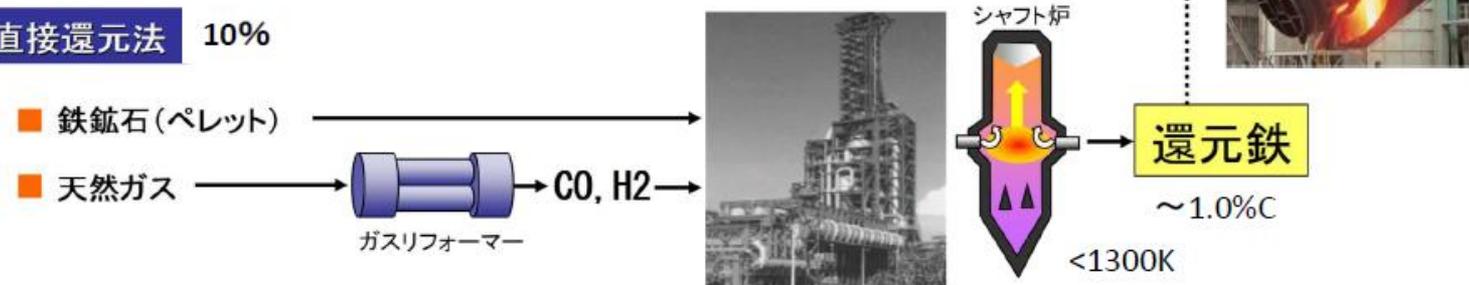
高炉法 60%



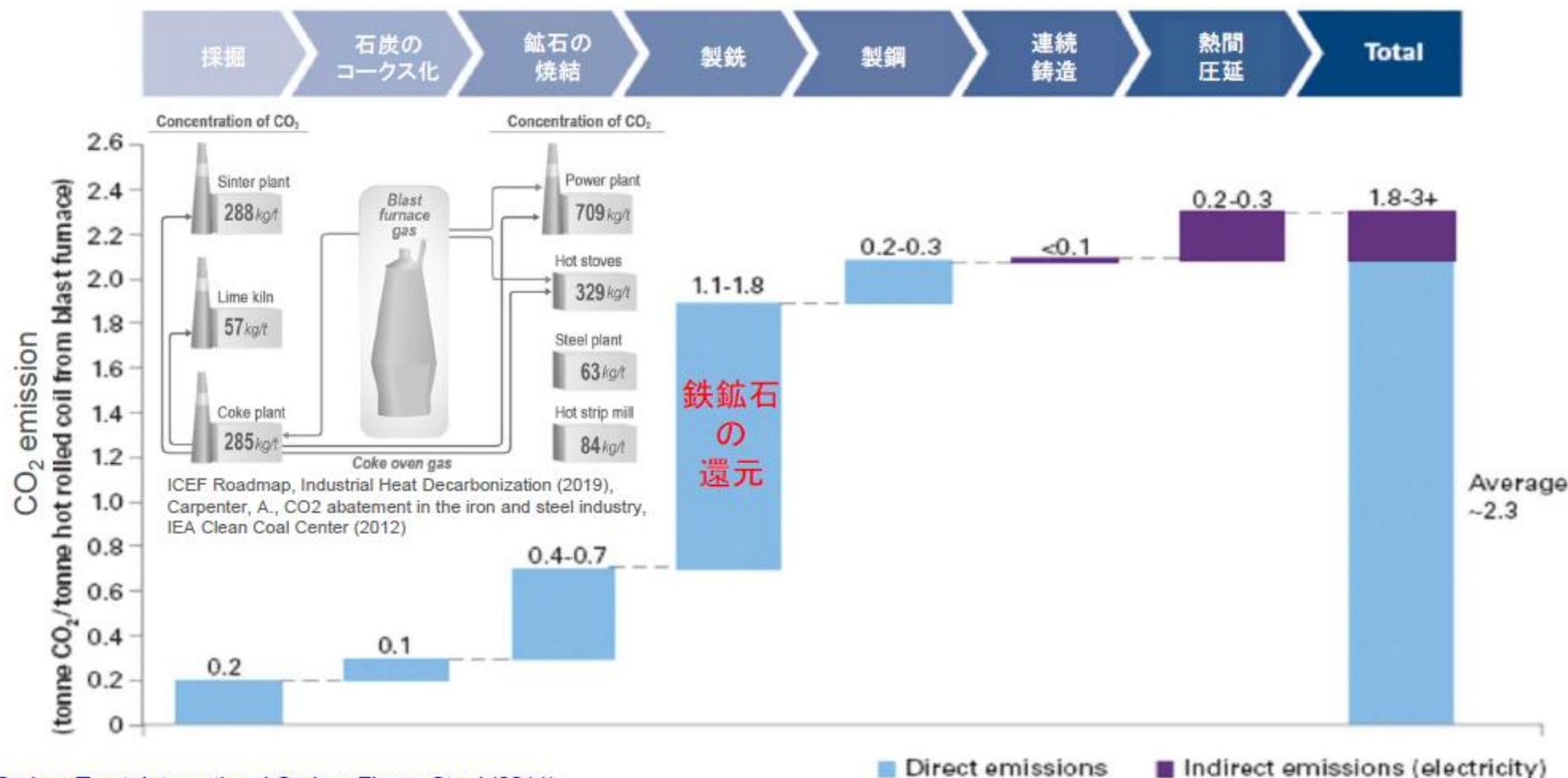
電気炉法 30%



直接還元法 10%



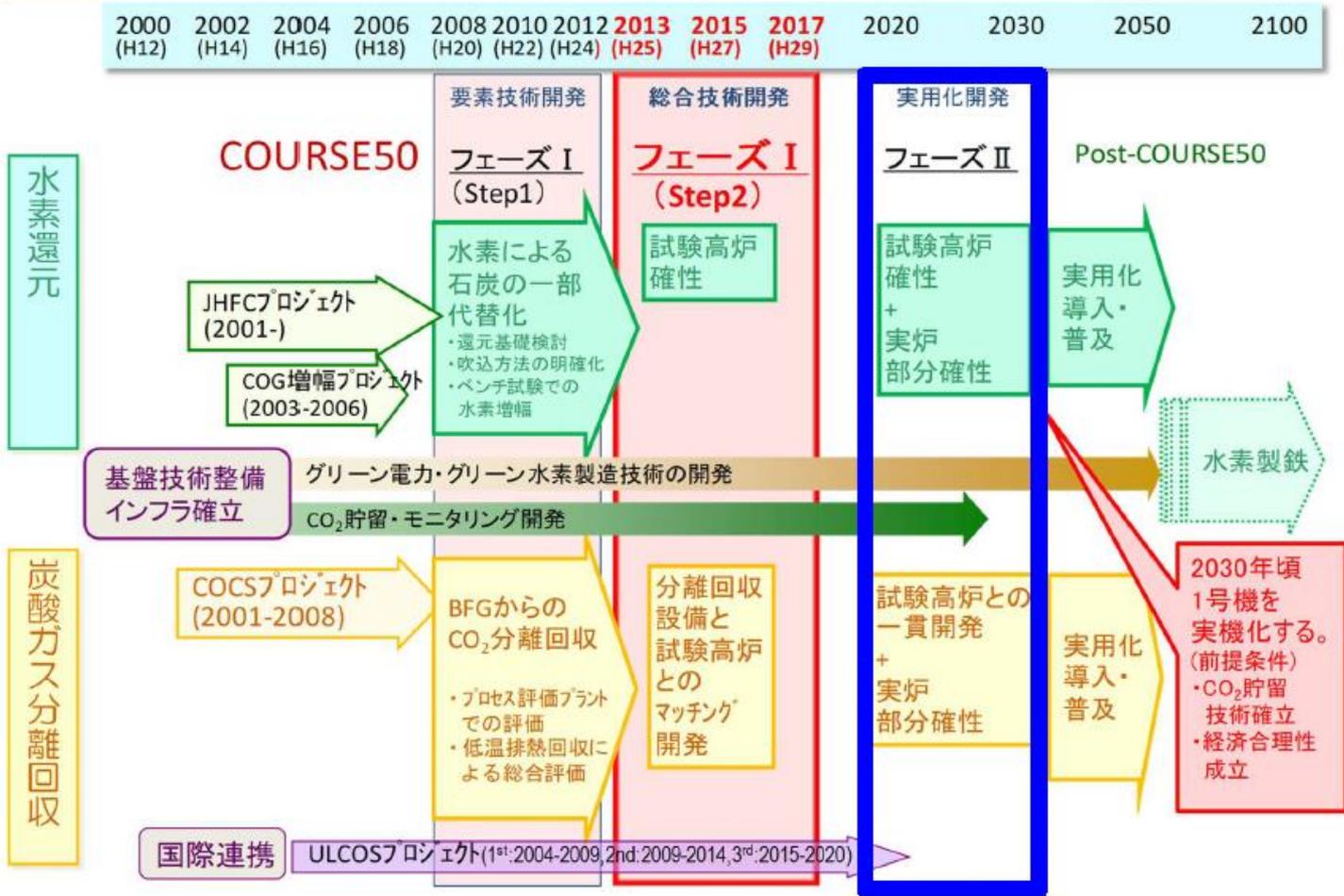
鉄鋼製造時のCO₂排出



Carbon Trust: International Carbon Flows, Steel (2011)

鉄鋼製造において、製鉄(コークスによる鉄鉱石の還元)工程が温暖化ガスを最も排出する。

◆実機化までのスケジュール



概要

- ▶ 売上2兆円超の総合化学の雄として持続可能な社会貢献と企業価値向上の好循環追及。
- ▶ GHG年間排出量約400万t/yを2030年に△30%以上(2013比)、2050年にゼロに挑戦。
- ▶ 原料～製造～使用～廃棄の製品ライフサイクル全体での脱炭素・水素化、環境負荷減。
- ▶ コアである触媒技術とプロセス技術(反応蒸留、熔融重合)の深化による炭素・水素循環技術を開発・実証し、脱炭素社会の実現へ。

市場性・持続性

- ▶ イオン交換膜:世界60カ国展開シェア #1, 電解槽:欧中等150工場で苛性ソーダ3,000万t/y
- ▶ 福島県浪江町に福島水素エネルギー研究フィールドを2020年に設置、20MW太陽光発電で10MW大型アルカリ水電解システムで300～2000Nm³/hの純度99.97%水素を生産。
- ▶ 独RWE社NRW州Niederaussemにコンテナ型50kW, 10Nm³/h水素製造+火力発電CO₂からジメチルエーテル合成PJをEUファンドで。
- ▶ NEDO/グリーンイノベーション基金で、グリーン水素低価格化とグリーンケミカル合成実証。

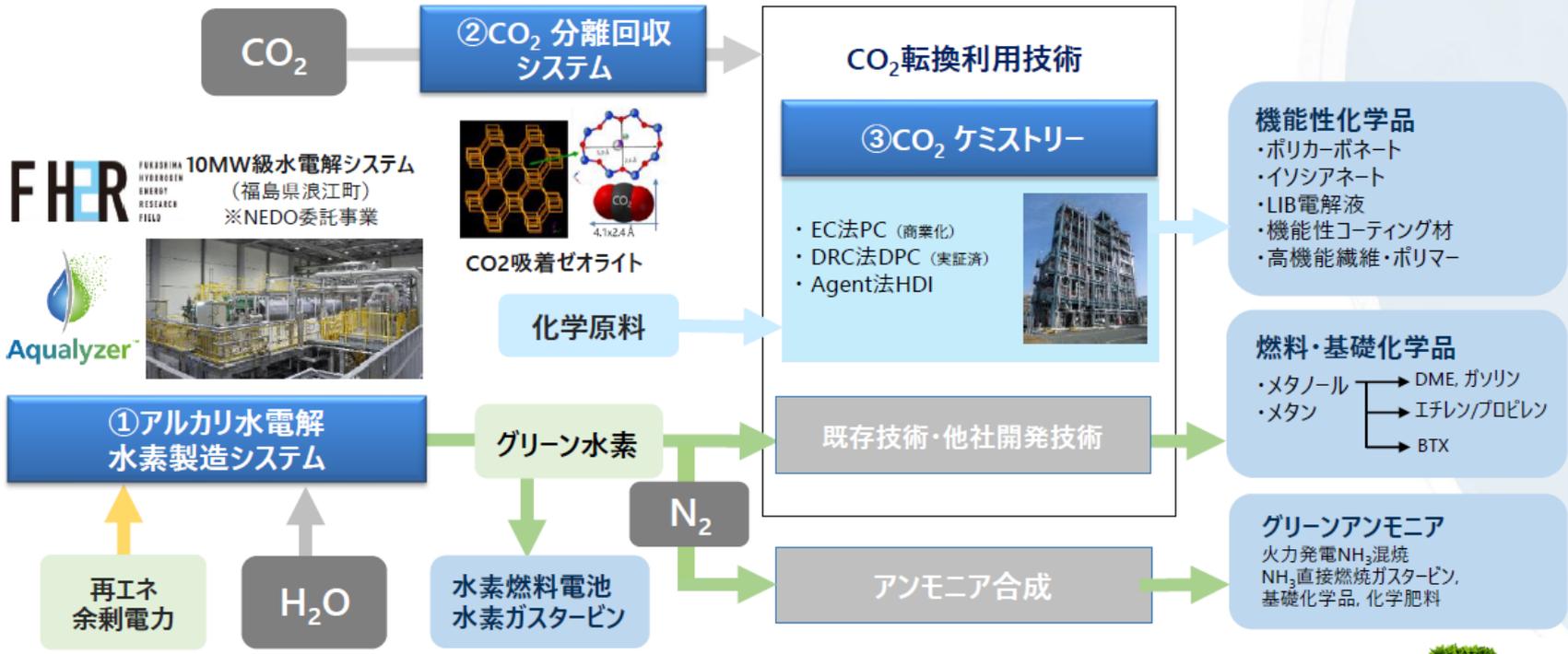
技術の特徴

- ▶ 再エネ電力による食塩電解で陽極に塩素、陰極に水素、電解液に苛性ソーダを生成する**グリーン水素製造法**で、イオン交換膜、電解槽、電極の全てを唯一1社供給。
- ▶ CO₂/N₂分離ガスやCO₂/CH₄混合ガスからCO₂を従来品より100倍の性能で分離するK-GIS型ゼオライト使用**CO₂分離回収システム**を小中規模の固定床VSAは2025年に、10万t/y以上の流動床TSAは2030年に事業化予定。
- ▶ **CO₂ケミストリー**はCO₂を原料としポリカーボネート、尿素、ウレタン原料を合成。

課題と処方箋

- ▶ リサイクルし易い素材製造から最終製品長寿命化、リユース・回収・分別・資源化しもう1回戻すサーキュラーエコノミー(マテリアル/ケミカル)とトレーサビリティのため業界・行政協働のデジタルインフラ(DX)構築。
- ▶ 使用・廃棄・回収・分別・ペレット化・成型・最終製品化をブロックチェーンと組み合わせ認証し消費者行動変容のブルーリーフへ。
- ▶ CNを目指す業界横断DXの異業種展開、適正なカーボンプライシング・炭素税制度作り、CO₂利用等戦略的標準化体制と人材育成

炭素・水素循環技術の開発



他の研究開発アイテム：

- ・ 再エネ由来電力を用いたCO₂電解還元による基礎化学品への変換
- ・ バイオ法および化学触媒法によるバイオマス化学品
- ・ ゼオライト触媒によるバイオエタノールを原料に用いた基礎化学品への転換

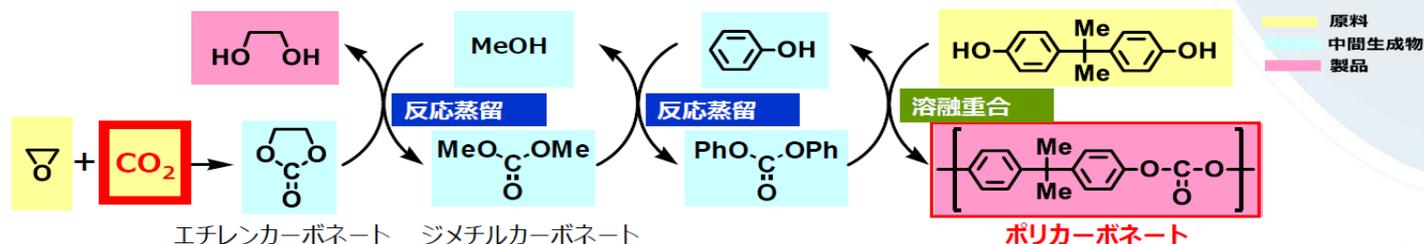
Green Chemistry



社会実装を可能にしたポイント

- ✓ 旭化成が保有する**触媒技術**および**プロセス技術**（反応蒸留法、新概念の熔融重合法）により、高選択性と省エネルギープロセスを開発した。
- ✓ **有毒な化合物（ホスゲン）を用いる従来法**から、**CO₂を原料に代替し**、省資源・省エネルギーで、要処理排水もない、高純度・高品質なポリカーボネート製造方法を実現した。

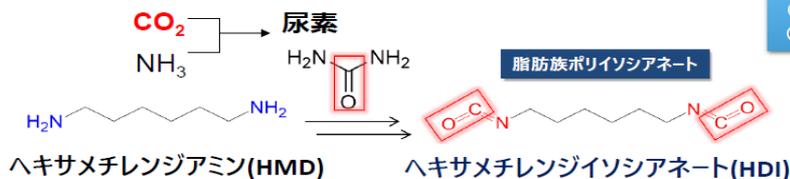
反応スキーム



CO₂原料イソシアネートの製造プロセス技術（開発中）

- ✓ CO₂から誘導される**尿素の原料化**に成功した、**世界初のサステナブルなポリウレタン原料**（イソシアネート）製造方法を開発。
- ✓ 本製造技術を**多官能イソシアネート**にも展開。透明性、低粘度、高外観、**低温硬化性**（80℃）などの特徴を有し、**自動車塗装工程の消費エネルギー由来のCO₂削減**も期待される。

ヘキサメチレンジイソシアネート (HDI)



LCAベースCO₂削減量

CO₂利用量: 0.73t-CO₂/t-HDI
CO₂収支 (CO₂排出量-CO₂利用量)

既存ホスゲン法

に対して
20%削減



ポリウレタン用途
・フォーム、クッション
・断熱フォーム
・エラストマー
・塗料、接着剤
・繊維

イソシアネート生産量
952万トン@2018年
脂肪族 HDI: 24万トン
IPDI: 5万トン
芳香族 MDI: 705万トン
TDI: 218万トン

多官能イソシアネートの展開

多官能イソシアネート
R- (NCO)_n
開発品

- ・透明性
- ・超低粘度
- ・非揮発性
- ・低温硬化性
- ・高外観

自動車塗装でのCO₂削減例

塗装工程数削減と焼付低温化により省エネ・CO₂削減が期待される

水素についての取り組み

GHG削減 社会のGHG排出量削減への貢献

低コストなグリーン水素

グリーン水素を活用した
グリーンケミカル

グリーンイノベーション
基金事業
2021~30年度
基金事業規模 約750億円

「再エネ等の電力を活用した水電解による水素製造、
グリーンケミカル実証」

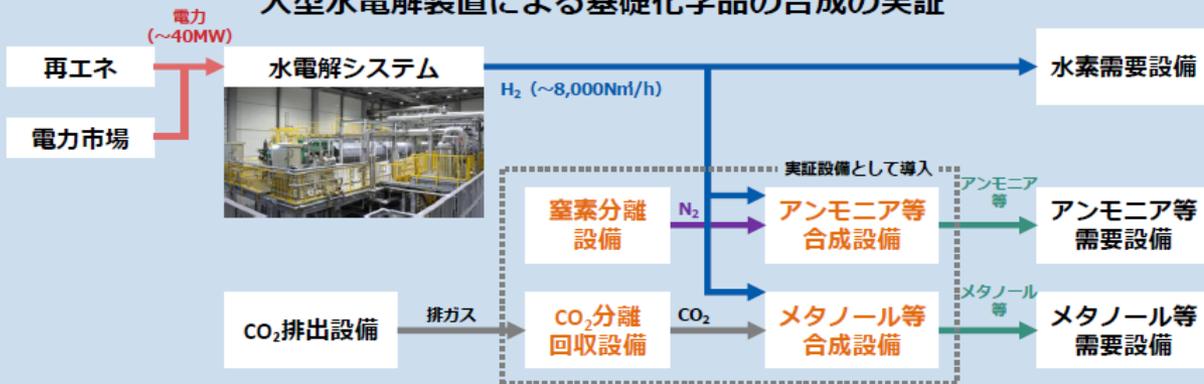
日揮ホールディングス株式会社との共同プロジェクト

Phase1

Phase2 (2027年度~)

- 電解装置の大型化・モジュール化の技術開発
- 統合制御システムの開発 (全体プロセスの最適運転)

大型水電解装置による基礎化学品の合成の実証



概要

- 日本の部門別CO₂排出量11.1億t(2019)のうち運輸部門は18.6%を占め、更なる取組必須。
- 世界の再エネ率(平均電力比)は2030年でも地域差大(欧60%:中44%:北米40%:Africa36%)。
- BEV/PHEV/FCEV/H₂CEなどパワートレーン別CO₂排出量は地域の電気・水素製造法で変化
- LCA(Life Cycle Assessment材料-部品-車両の製造-走行-リサイクル-廃棄)でCO₂ゼロを目指す。
- グローバルに「サステイナブル&プラクティカル」なクルマを地域にあわせ提供。

技術の特徴

- 電動化のコア技術(モータ/バッテリー/パワーコントロールユニット)とe-TNGAで車両全体効率設計し、電費改善・開発期間短縮でコスト低減。
- 水素、e-fuel バイオ燃料などCN燃料使用内燃機関(エンジン)や燃料電池・水素タンクと電動化コンポーネントの多彩組合せ実現。
- 燃料電池セル出力密度5.4 kW/L,水素搭載量5.6kg,航続850km,コスト1/3(当初MIRAI比)
- ルーフソーラーP発電,走行1800km相当(bZ)
- 次世代固体2次電池は量産化課題解決が鍵

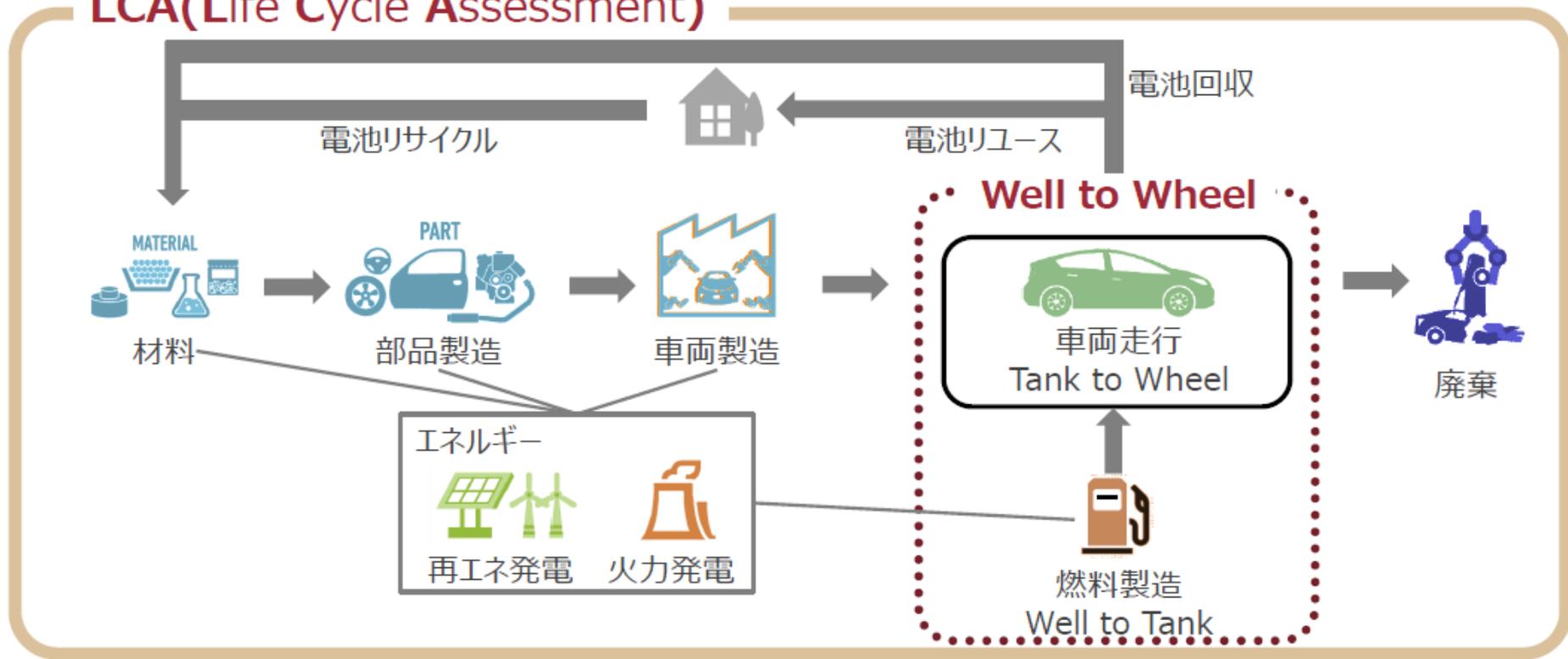
市場性・持続性

- エネルギー事情にあわせたクルマが普及
- エコカー普及を決めるのは市場とお客様、HEV/PHEV/BEV/FCEV計電動車1900万台('21.10)
- BEV(Battery EV)は2030年までに世界30車種、グローバル販売年間350万台を目指す。
- 電池劣化後のリセールバリュー懸念対策で、BEVのリース販売、使用後残存価値査定し、固定2次電池へのリユースなど多用途開拓。
- 初期MIRAIは7年で1.1万台販売、新型MIRAIは1年で6千台販売。

課題と処方箋

- 日本電力の現状再エネ率では、PHEVで10年使用が最適選択。
- 近距離多利用はBEVもあるが、充電ステーションの拡大と電力の再エネ率UPが鍵。欧州(2030再エネ率60%)は小型BEVコストが勝負
- 浪江の福島水素研究フィールドで900t/年の水素生産能力(FCEV1万台)有るが、グリーン水素の生産能力UP・コスト引下と現在170ヶ所の水素ステーションを900ヶ所まで早期に増やすこと、長距離走行の商用車への導入。

LCA(Life Cycle Assessment)



ライフサイクル全体で発生するCO₂を実質ゼロにすること

カーボンニュートラル実現に向けて

電動化のコア技術



モーター



バッテリー



パワーコントロールユニット



FCスタック



充電器



+



高圧水素タンク

+



エンジン

FCEV

BEV

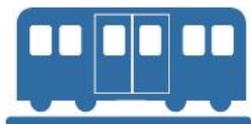
PHEV

HEV

エンジン車

カーボンニュートラル燃料

水素、e-fuel、バイオ燃料など



水素

- ・地産地消のエネルギー
- ・再生可能エネルギーの変動吸収



7. 次世代2次電池技術開発への取組み/NEDO

概要

- NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構)はリスクが高い革新的な技術の開発・実証を行い成果の社会実装を促進。
- EVなど次世代自動車産業の国際競争の中で基幹部品である次世代蓄電池開発競争激化。
- 主要国政府は蓄電池に対する大規模な政策支援に乗り出し、持続可能な蓄電池サプライチェーンの域内構築を推進。
- EV戦略部品のLIB日系シェアが低下傾向の為次世代固体蓄電池開発を産官学連携支援。

技術の特徴

- 現行LIBの諸課題解決(高価・エネルギー密度不足・寿命・発煙発火・長充電時間・資源制約)
- 電解質を難燃性無機固体電解質にし安全性向上、耐熱性向上(冷却不要分解温度200°C以上)により、電池パックの高エネルギー密度化、輸率(ゆりつ)の向上により急速充電可能
- 2020に2cm角単層セルでエネ密550Wh/L、2022で目標上回る860Wh/L初期性能実証
- 次世代全固体電池として硫化物系アルジロダイト結晶系標準電池モデル仕様作成中。

市場性・持続性

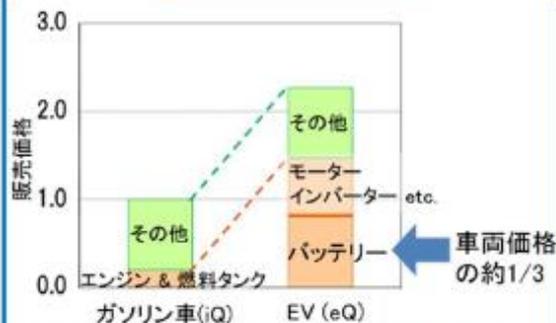
- LIB世界市場は14兆円(2025)から33兆円(2035)へEV・PHEV等の次世代自動車用が成長牽引。
- 日系シェアは2018年総生産92GWhの26%から2020年144GWhの19%と低下、中韓が大半へ。
- 経産省「蓄電池産業戦略」策定公表(2022. 8)
- 国内自動車製造安定的基盤確保のため2030年迄に蓄電池・材料製造基盤150GWh/年確立、2030年に日系で600GWh/年のグローバルな製造能力確保。
- 研究開発目標は、2030年全固体電池の本格実用化、更に技術リーダ地位維持・確保

課題と処方箋

- 次世代全固体に向け、国・企業・大学連携で欧米中韓とのグローバル開発競争に勝つ為、「標準電池モデルでの新材料特性評価基盤」を構築し、材料⇔電池の評価遅延を回避。
- グリーンイノベーション基金事業の次世代高性能蓄電池・材料の研究開発と同一サイクル関連技術開発に10社以上の企業が連携中。
- 中長期的に、亜鉛負極電池やハロゲン化物電池など革新型の研究開発のため、アウトプット目標を定め最適バッテリーミクス実現へ。

現状の課題と対応策

高価



- 【全固体】冷却レスでのコストダウン
- 【革新】安価な材料を使用しコストダウン

エネルギー密度不足



- 【全固体】冷却不要→電池パックのエネ密アップ
- 【革新】全固体よりもさらにエネ密アップ

経年劣化 (容量・出力低下)



- 【全固体】高温時でも高寿命

発煙・発火

液系LIBではあらゆる環境で発火・発煙レスは困難



EVの例



EVバスの例

- 【全固体】固体電解質は難燃性
- 【革新】全固体よりも燃えにくい材料を使用

充電時間長

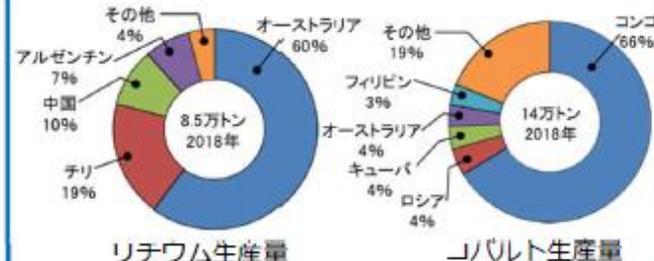
急速充電器でも80%充電まで30~60分程度かかる



- 【全固体】6C (10分) 充電可能

電池材料の資源制約

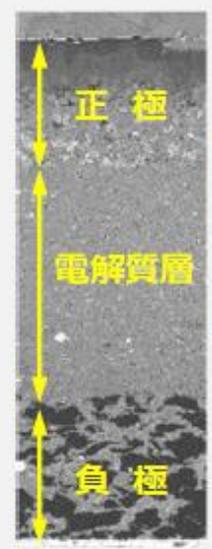
液系LIBで使用するリチウム、コバルトは採掘可能な地域に偏りがあり、EV大量普及時には高騰の可能性。



- 【革新】資源制約を受けない材料を使用

全固体電池のコンセプト

事業開始時点 (第1期の成果)

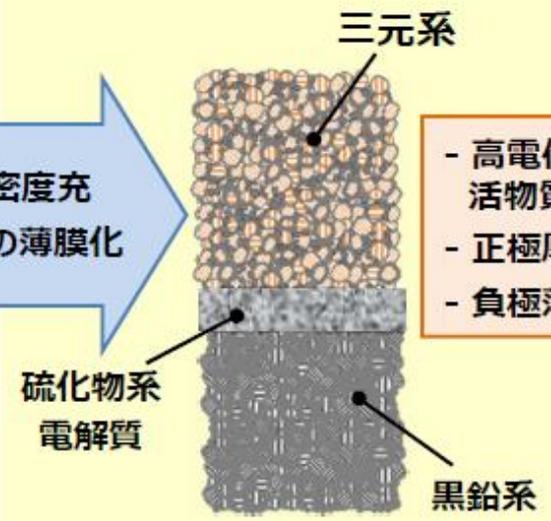


160Wh/L



- 中型単層セル
- バッチプロセス

第1世代型

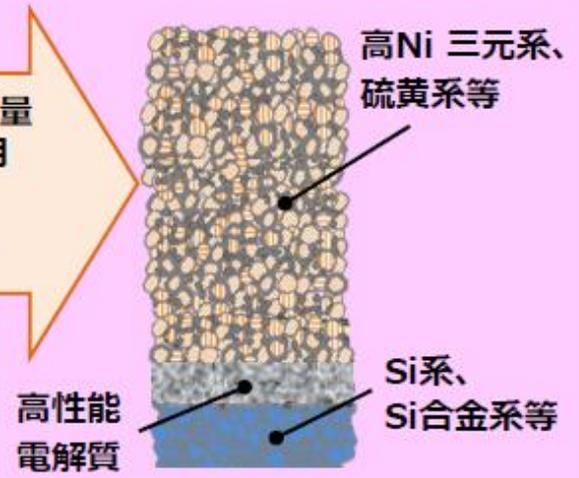


実証目標：450Wh/L、6C充電



- 中型積層セル
- 連続プロセス

次世代型



実証目標：800 Wh/L



- 小型単層セル
- バッチプロセス

- 活物質高密度充
- 電解質層の薄膜化

- 高電位・高容量
活物質の適用
- 正極厚膜化
- 負極薄膜化



バッテリーの中長期的な技術シフト

モビリティの電動化ニーズから、最適なバッテリーを見極め開発
⇒“バッテリーミックス”の実現



概要

- 日本で発明された薄膜軽量・安価・高性能な次世代太陽電池が「ペロブスカイト」。
- 研究開発から産業化を目指す量産技術開発段階に入るので中韓欧に出し抜かれぬ様に。
- 用途開発から事業化移行段階で日本企業の「太陽光パネル事業失敗トラウマ」が障害。
- 物理化学メカニズムから効率性能などサイエンスはトップランナーなので、早めの商業化・社会実装による次世代太陽光発電ビジネス構築へ、企業化精神が求められる。

技術の特徴

- ハロゲン化Pbを含むペロブスカイト結晶構造の有機無機半導体
- ペロブスカイト光電変換の最初論文2009.4、以降最多引用論文で全固体型セル構造分析
- $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ の電子構造・光発電機構解明し有機薄膜塗布で2022年で効率25.7%達成。
- 宇宙利用を目指す宇宙放射線被曝に強い全無機組成 CsPbI_2Br 、環境に優しい無鉛組成(Pb→Ag)、火力発電より安価な発電単価6~7円/kWhを目指すコストダウン開発中

市場性・持続性

- 製造に高温高圧などを必要とせず、樹脂フィルムへ塗布薄膜形成の化学プロセスで安価
- フィルムヘインクジェットプリント可
- 曇天雨天等弱い光強度(1~1/1000Sun)で利用可のため年間発電量を10%程上積み出来る
- 透明薄膜軽量のため、窓・壁・屋根・衣服・車両等多用途への用途展開が期待され、回収・リサイクルも結晶Si太陽電池より容易。
- 軽量・フレキシブル・低コスト、薄膜で高エネルギー粒子線が透過し易く宇宙用途期待。

課題と処方箋

- 産業界リーダーに未だ残る太陽光パネル事業失敗トラウマからの脱却、チャレンジ精神。
- 家庭・事業所向コンパクトエネ自給セットの商品化(ペロブス+パワコン+バッテリー)
- 長期耐久性を求めない用途(車検毎の取替、ビル窓設置、衣装電飾、街頭電飾など)から社会実装システム化(地域+多業種連携)
- 「省エネ・創エネ・自給率アップ」の地域キャンペーンの「3種の神器」(太陽光パネル+バッテリー+パワコン)のTOPペロブス。

太陽電池の種類、効率、コスト、分光感度

1. **結晶Si** セル効率**26.1%**(市販モジュール<20%)

インゴット原価\$80/kg→\$30/kgまで低下(量産効果)
 太陽電池の原価<\$50/m²(工場出荷時)
 2030年の太陽光発電コストは12~15円/kWhと推計

2. **薄膜Si** セル効率**20%**(市販モジュール~12%)

太陽電池コスト、結晶Siの数倍→市場から撤退

3. **CIGS** セル効率**23.4%**(市販モジュール~16%)

4. **CdTe** セル効率**22.1%**(市販モジュール~16%)

結晶Siより安価、高い耐久性

5. **有機系** (有機材料を発電に用いる) 結晶Siより安価を目指す

(1) 色素増感型(DSSC):電解液使用、**セル効率14%**(アデカ)

(2) 有機薄膜型(OPV):全固体型、**セル効率18%**(海外の大学)

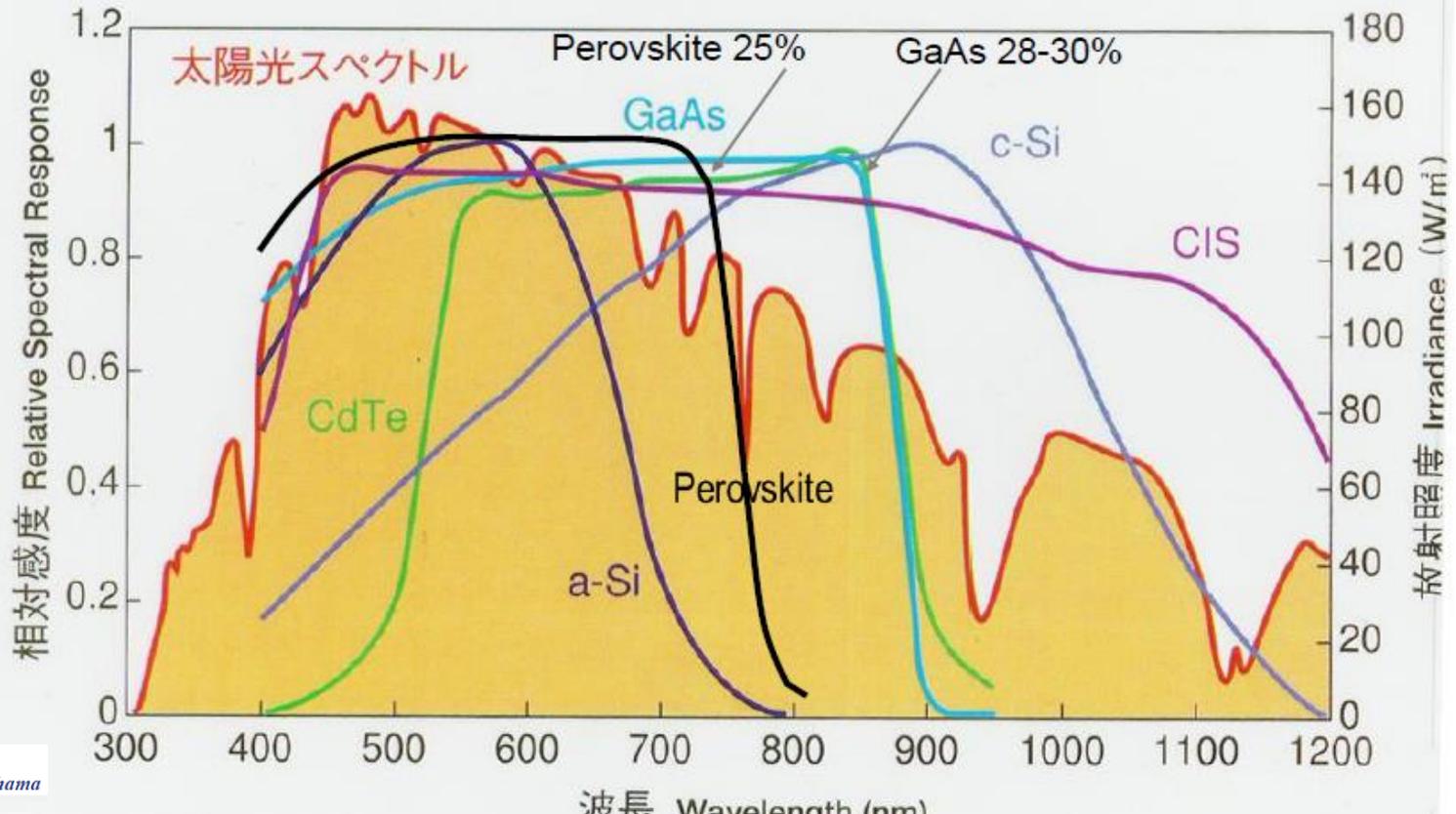
(3) ペロブスカイト型:全固体型、**セル効率25.7%**(韓国)

モジュール、20.5%

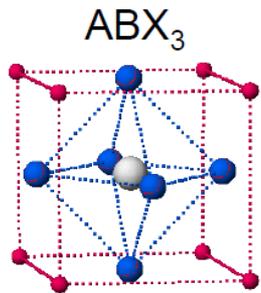
【1.~4. 不透明、5. 透明】

太陽電池の分光感度

Spectral Response Characteristics of Solar Cells



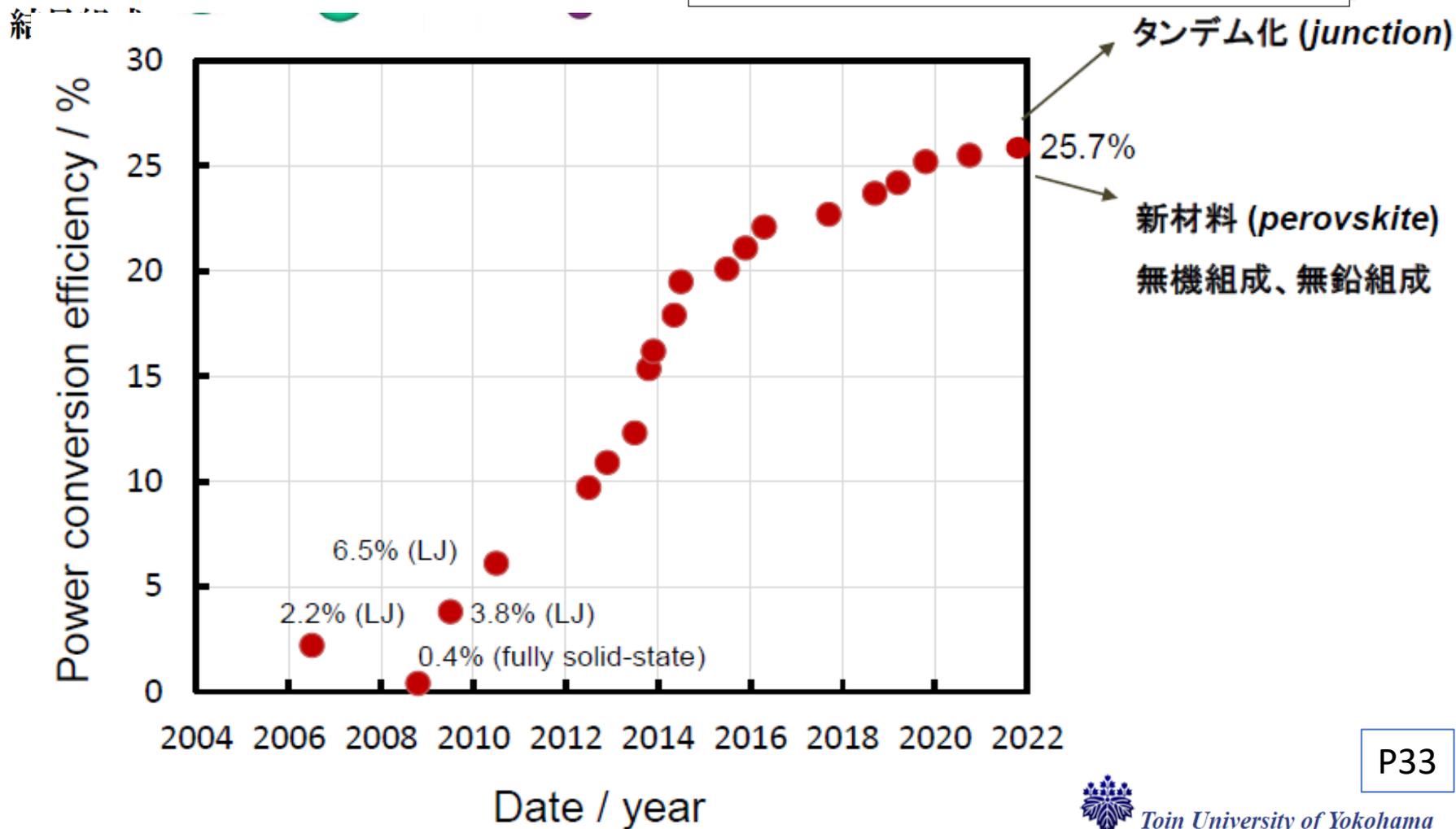
ハロゲン化ペロブスカイトの変換効率 強いイオン結晶性を持つ半導体



- A サイト ; CH₃NH₃⁺, Cs⁺
HC(NH₂)₂⁺
- B サイト ; Pb²⁺ or Sn²⁺
- X サイト ; I⁻, Br⁻, Cl⁻

特徴

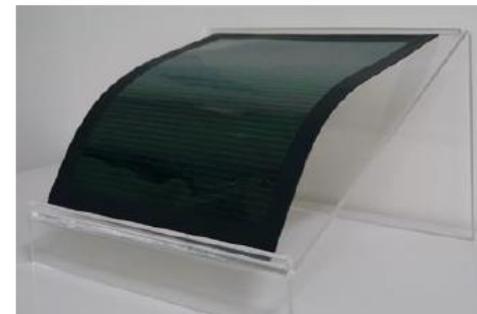
- 強い光吸収特性 (バンドギャップ吸収)
- 組成 (A, B, X) を変えて、吸収波長を変化できる
- 室温 ~ 100°C で合成できる
- 欠陥の発生に寛容な光物性



東芝、フレキシブルモジュール

面積703cm²のモジュール、
このサイズでは世界最高効率15.1%

目標：製造コスト15円/KWhの実現、
石炭火力発電 12円/KWh



車載用としてのペロブスカイト太陽電池の優位点

トヨタbZ4XJの天井には…

ルーフソーラーパネル
(オプション装備)

太陽光だけで…
年間で走行距離**1800km**相当の
電力を発電



ユーザ(自動車メーカー)側に有利

- ✓ 軽量でフレキシブル(曲面可能)
- ✓ 高効率
- ✓ 安価
- ✓ 激しい光量変化に対して安定に発電
- ✓ 透明なフィルととして窓も利用できる

太陽電池販売側に有利

- ✓ 10年の耐久性は必要ない(3～5年で交換)
- ✓ 完全な回収が可能(バッテリーと同様)

概要

- 国連環境計画(UNEP2009)がBlue Carbon定義
ブルーカーボン:海洋生物に取込まれた炭素
海底に堆積した炭素は数千年間保存される
- 浅い海域(海洋の1%以下)で約80%を貯留。
- 日本の炭素吸収64百万t/2019→42百万t/2030
に減少推計も浅海生態系は4⇒5.2百万tへ増
- 亜熱帯沖縄から亜寒帯北海道まで6,852島数
の日本は亜熱帯マングローブより海藻藻場主。
- 東京湾、大阪湾等都市隣接の沿岸海域ほど
大気中CO₂の吸収源

技術の特徴

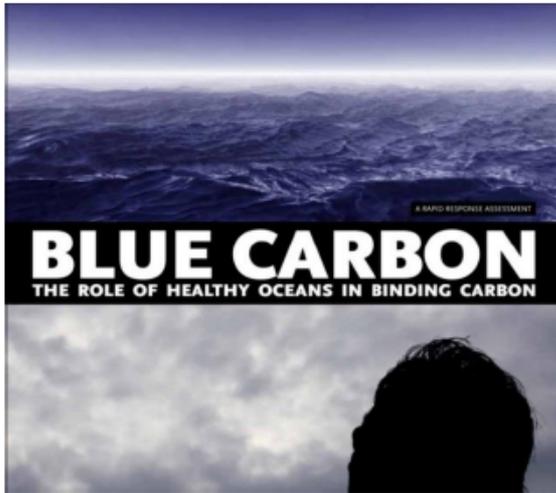
- 国内標準値132万tのうち、海藻藻場54%、
海草藻場23%、マングローブ14%、湿地・干
潟9%を分析報告(土木学会論文誌2019)。
- 国際定説のマングローブ・塩生湿地論に海
藻藻場の重要性指摘(2019,Blue Carbon in
Shallow Coastal Ecosystems,Kuwae&Hori)
- 吸収されるCO₂Flux= $kS(p\text{CO}_2\text{w}-p\text{CO}_2\text{a})$
k:交換速度(風速等),S:CO₂溶解度(水温塩分)
pCO₂分圧、pCO₂wを下げるには光合成・
海洋アルカリ化・堆積物からアルカリ供給

市場性・持続性

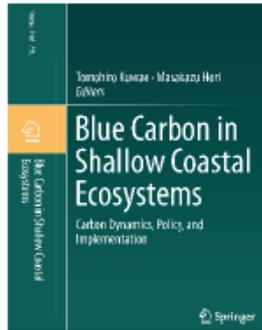
- 炭素吸収量をJブルークレジットJBC(認可法
人JBEで試行)で資金化し、持続体制構築へ
- 東京湾UMIプロジェクトの一環、横浜港の
藻場作り活動横浜市漁協・自治体・市民団体
- 兵庫運河の藻場・干潟と生き物生息場づくり
- 周南市の大島からつながるBCプロジェクト
- J-POWER若松護岸石炭灰ブロック藻場造成
- 2021年度CO₂64.5t、総額470万円、7.2万円/t
を上場企業含29社がJBC購入、10自治体参加
- ICEF2018(InnovationforCool Earth Forum)
「湿地・沿岸域再生」がCO₂除去最高評価

課題と処方箋

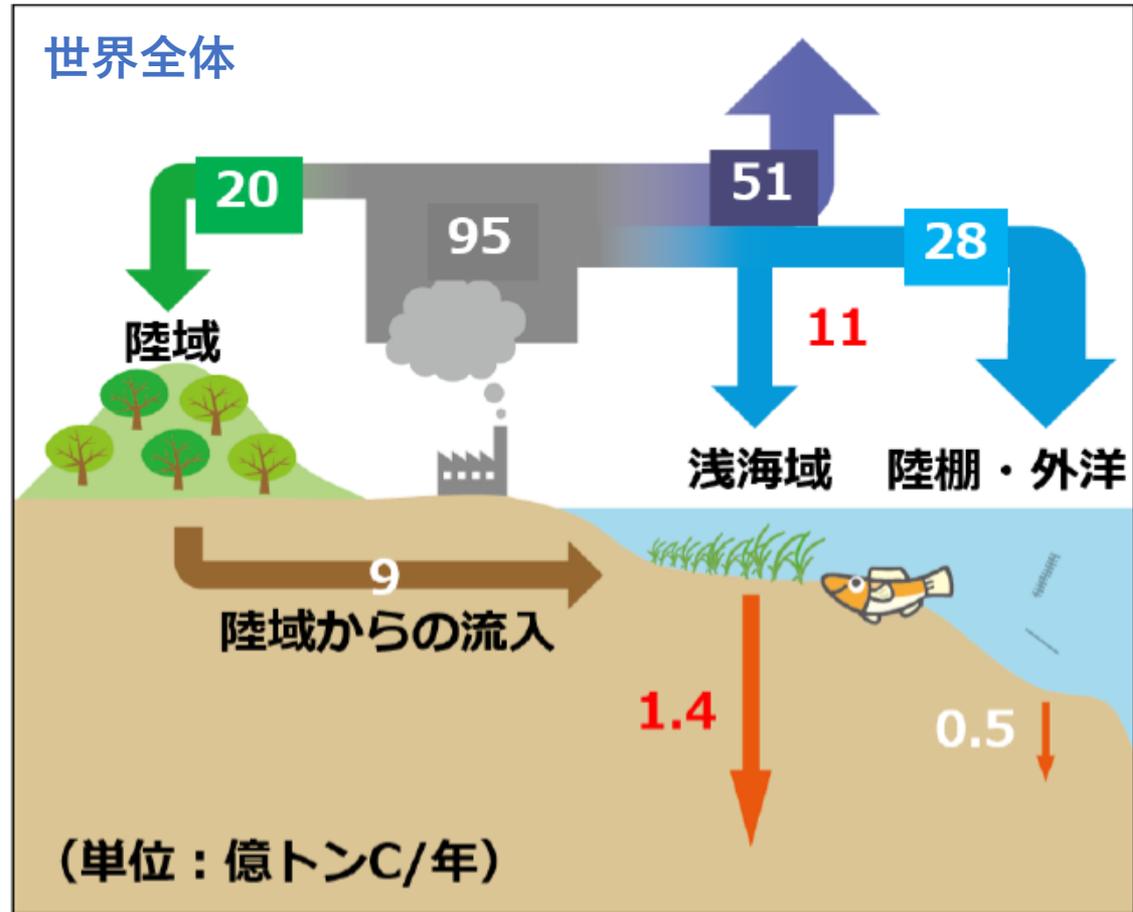
- ボランティアベースの自然再生活動に依存
する現行のブルーカーボン活動からより持
続性のあるネガティブカーボン技術の社会
実装へ「ヒト・モノ・カネ・シクミ」構築へ。
- より多くCO₂を生態系に吸収させる技術開発
- 浚渫土砂や鉄鋼スラグ・石炭灰などリサイク
ル材の活用、新たな吸収源の発掘。
- JBC(試行)の対象を天然/人工構造物/養殖の
各分野で複数年に渡り実施し効果検証を重
ね永続的な仕組みに定着させる。



堀・桑江 編著
(2017)



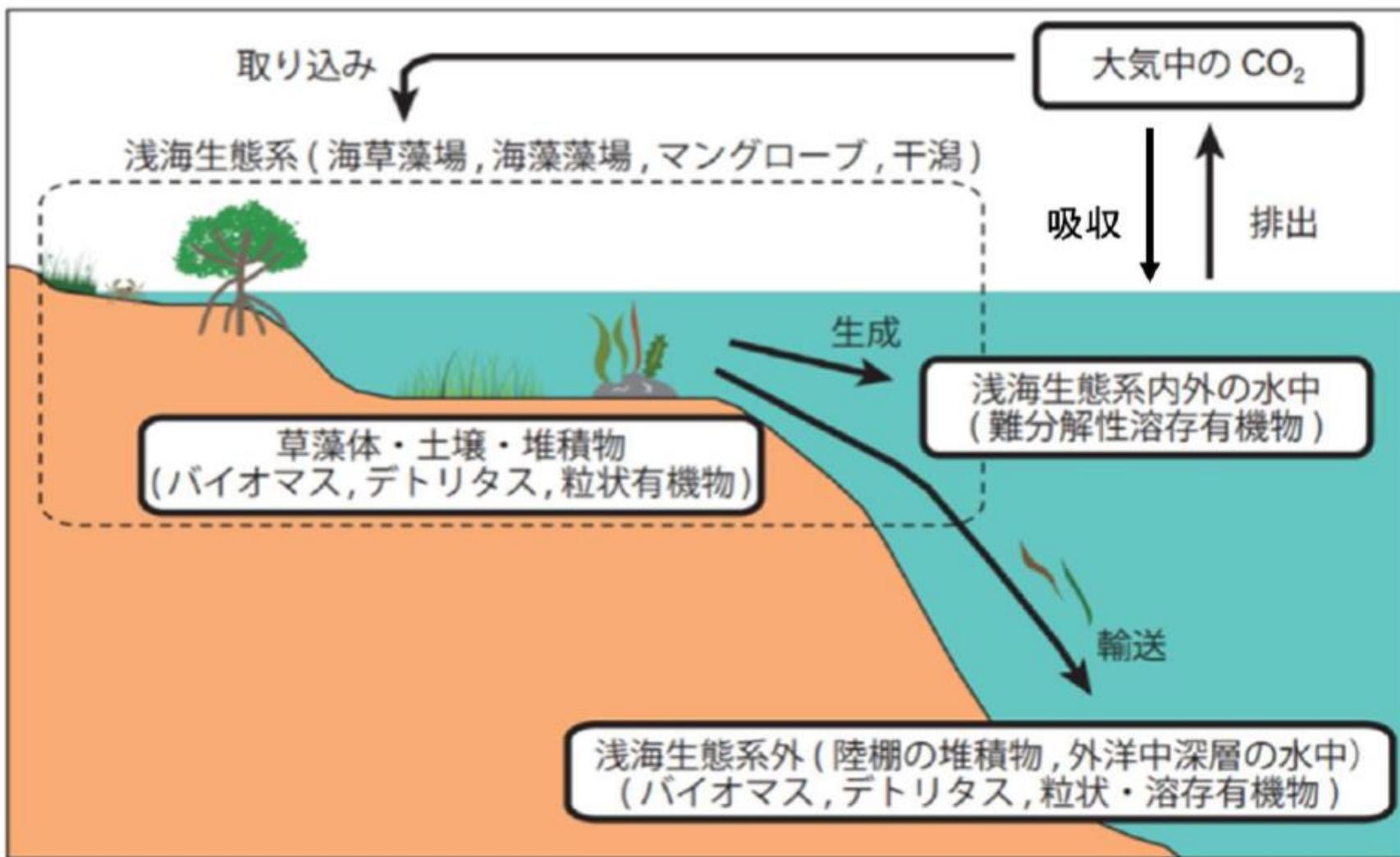
Kuwae & Hori
eds (2019)



- ◆ ブルーカーボン：海洋生物によって取り込まれた炭素（cf. グリーンカーボン）
- ◆ 海底に堆積した炭素は，なかなか分解されず，数千年間保存される
- ◆ 浅い海域（海洋全体の<1%）の海底で貯留されるブルーカーボンは，海洋全体の約80%

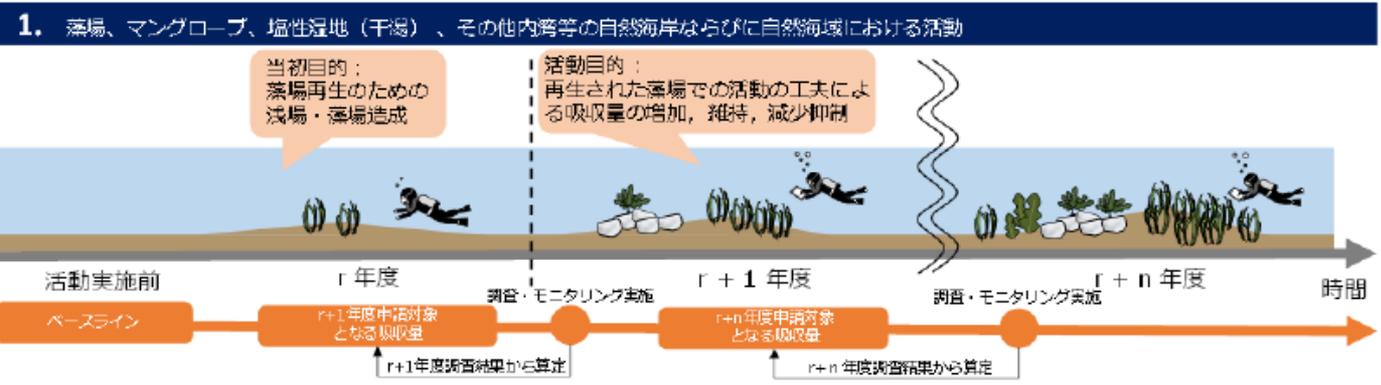
炭素の貯留場所は独特

P37

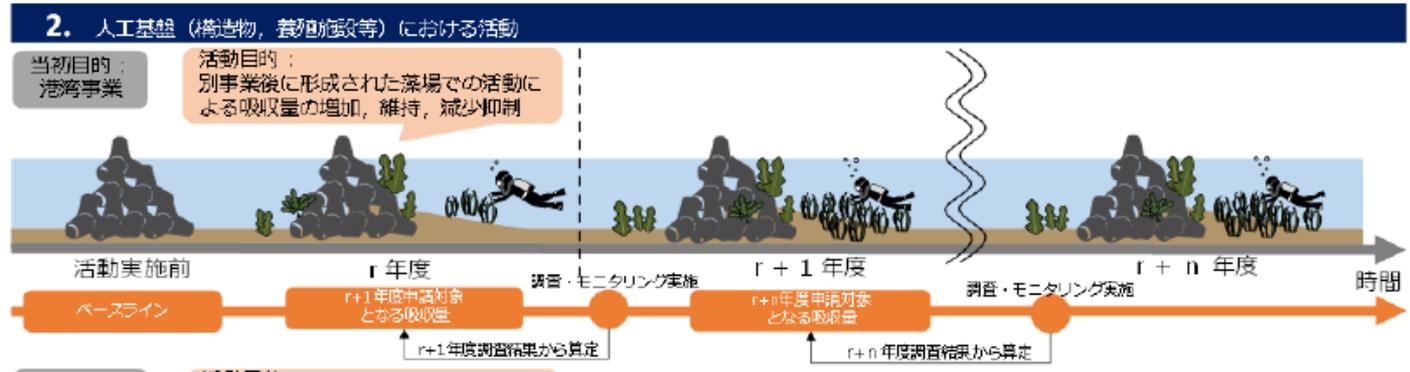


対象となるプロジェクト (p. 7)

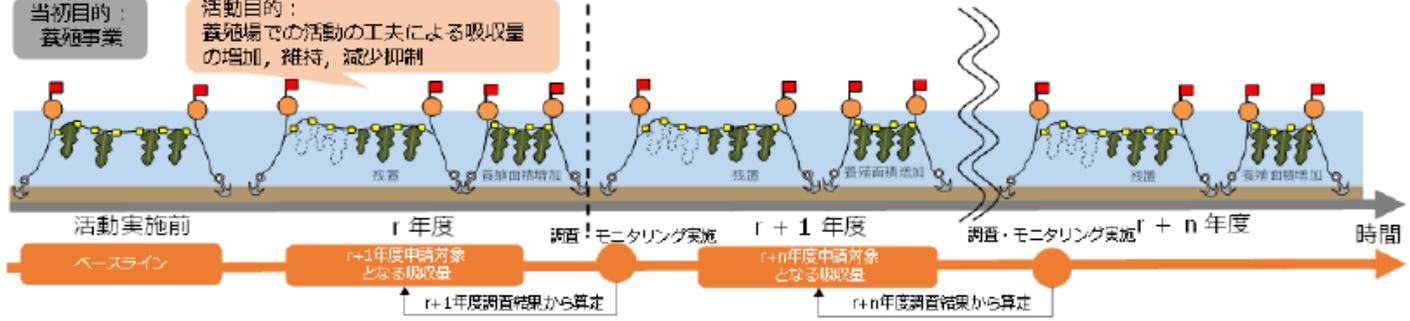
天然



人工構造物



養殖



概要

「みどりの食料システム戦略」を網羅する講演から掲題部分抜粋

- 世界GHG総排出量520億t/07-16平均の23%の120億t/年が農業・林業・土地利用から排出。
- 日本の農林水産51百万t/20(4.4%)CO₂排出。
- 日本の炭素吸収44.5百万t/20、うち森林40.5百万t/20、農地・牧草地2.7百万t/20。
- 日本の森林面積25百万ha,国土の66%が森林はOECD諸国中フィンランドに次ぐ第2位
- 高齢化で減少傾向の2030年森林吸収目標を38百万tへ「刈って・使って・植える」政策で、少しでも目減り幅圧縮に取り組中。

技術の特徴

- 日本の森林CO₂吸収実績42.9百万t/2019は人工林の高齢化が進み年々減少で推移し、27.8百万t/2030見込のところ、森林吸収源対策で10.2百万t/年積増、38百万t/2030へ。
- 間伐実施、「刈って・使って・植える」で循環利用を進め、若い森林造成で吸収活性化。
- 森林・国産材フル活用する革新的イノベーション(当方性大断面部材の建築物)の開発
- 地球規模の生物多様性・持続性の維持のため農林水産分野の技術イノベーション推進。

市場性・持続性

- 温暖化による気候変動・大規模自然災害増加で食料安全保障の重要性を国民が認識へ。
- 持続可能な農山漁村として所得・雇用を確保する地元連携イノベーションが全国拡大中。
- 脱炭素化努力・工夫を「見える化」するためJクレジットを活用する行動変容策が始動。
- 円安・エネルギー危機から、輸入海外材価格大幅上昇し、国産材活用の環境が整う方向。
- 「国産材活」の社会システムづくりと企業・社会を巻き込むムーブメントが欲しい。

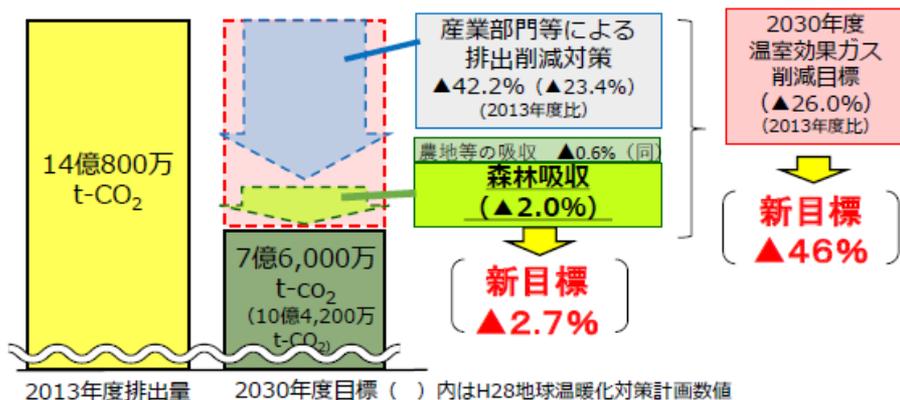
課題と処方箋

- 食料・農林水産業のCO₂等削減・吸収技術の開発を政策支援しているが、農山村の高齢化、担い手不足、長年の安価な輸入木材に頼った建築慣行などによる国産材活の遅れ等を大胆に転換する官民挙げての革新政策要。
- 高齢化する前に生育林から計画的に伐り出し、材木化し利用する高効率低コスト林業システム開発、国産材活Jクレジット支援。
- 全国的な植樹祭を始めとする国土緑化推進活動の支柱に「緑の若返り/CO₂吸収増」を

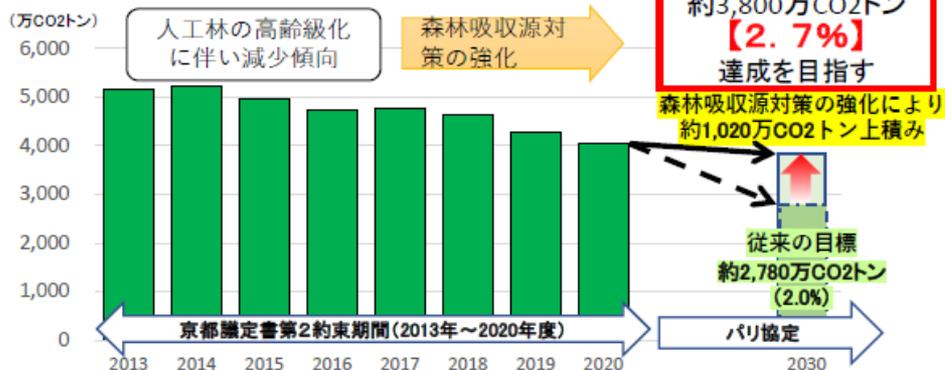
2050年カーボンニュートラルに貢献する森林・林業

- 地球温暖化防止にはCO₂吸収源を確保することが重要であり、我が国においては、これまで人工林を中心に削減目標達成に大きく貢献。
- 一方で人工林の高齢化が進む中、森林吸収量は減少傾向で推移しており、今後、吸収量の確保・強化に向けて、利用期を迎えた人工林について「伐って、使って、植える」ことにより、炭素を貯蔵する木材の利用拡大を図りつつ、成長（吸収）の旺盛な若い森林を確実に造成していく必要。
- これらの取組により、2030年度の森林吸収量目標約3,800万CO₂トン（2013年度総排出量比約2.7%）の達成を目指す。

■ 新たな温室効果ガス排出削減と森林吸収量の目標(2030年度)



■ 我が国の森林吸収量の推移



カーボンニュートラルに向けた森林・木材のフル活用によるCO2吸収と固定の最大化

—革新的なイノベーションの創出により森林・木材をフル活用し、脱炭素社会に貢献！！—

森林のCO2吸収向上

林業の成長産業化・地方創生

脱プラスチックへの貢献

新たな産業の創出



林業機械の自動化等



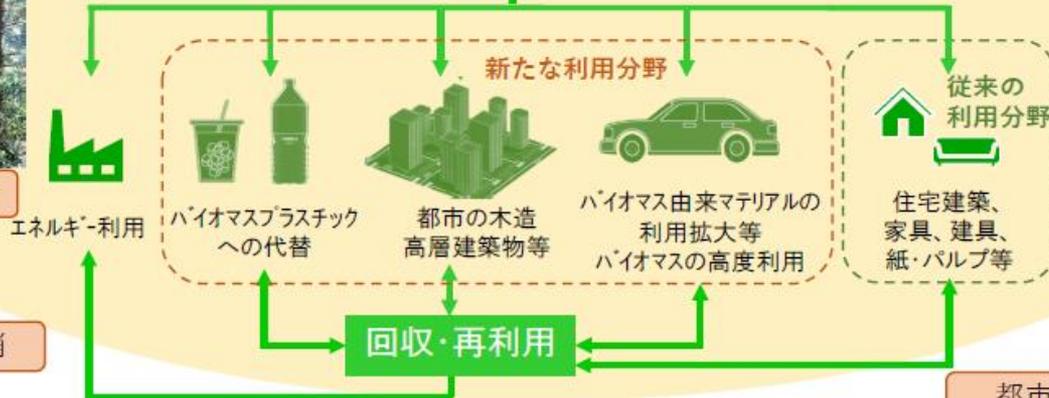
木材由来の新素材
開発・普及



化石燃料由来製品の代替

森林・木材・木質バイオマス

森林資源をフル活用するとともに、多段階で
繰り返し使用するカスケードシステムを構築



エリートツリー・早生樹の活用

エネルギーの地産地消

カスケード利用の開発・拡大

建築物の省エネ化

都市の木造化

再生可能エネルギー利用の拡大

豊かな生活・しごと・学び空間づくり

木材による炭素の長期・大量貯蔵

森林によるCO2吸収の最大化

木材による炭素貯蔵の最大化

食料・農林水産業のCO2等削減・吸収技術の開発

【国庫負担額：上限159.2億円】

※2030年度まで

- **農林水産業**は食料の安定供給のみならず、農地や森林、海洋の管理・保全により、それ自身が巨大なCO₂吸収源となる重要な産業。
- **農業における吸収・固定に関する技術開発を加速化させ、森林の循環利用と若返りを促し、さらに水産業にとって重要な藻場における吸収源対策（ブルーカーボン）に果敢に挑戦**することで、カーボンニュートラルの実現と農林水産業の発展を両立。

農地

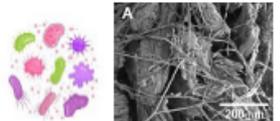
【研究開発項目1】94.6億円
高機能バイオ炭等の供給・利用技術の確立

- もみ殻等を炭化（炭素を固定化）させた**バイオ炭や炭素固定効果の高い有機物は、CO₂を農地に貯留する効果が期待され、脱炭素に向けた有効な手法の一つ**。
- 肥料成分の供給や農作物の生育促進等を助ける微生物機能を付与し、**農作物の収量が概ね2割程度向上する高機能バイオ炭等を開発**するとともに、それを用いて栽培した農産物の環境価値の評価手法を確立し、農業者の導入インセンティブを高める。



バイオ炭

+



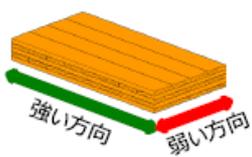
肥料成分の供給や生育促進等を助ける有用微生物等

森林

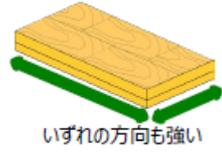
【研究開発項目2】51.6億円
高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発

- 国産材を原料とし、従来と異なる性能（**長さとお幅の両方向からの荷重に強い**）を有する**等方性大断面部材**を、歩留まりが高く効率的に製造する技術を開発。
- それにより、高層建築物等における国産材需要を拡大し、**人工林の「伐って、使って、植える」という循環利用の確立を通じて森林におけるCO₂吸収量の増加**を目指す。

従来の木材の特性



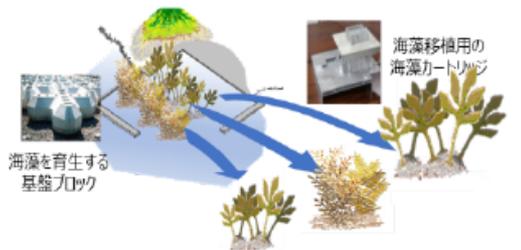
等方性大断面部材



海洋

【研究開発項目3】13.0億円
ブルーカーボンを推進するための海藻バンク整備技術の開発

- ブルーカーボン生態系の一つである藻場の回復は、CO₂吸収源の確保と水産資源の維持・増大、防災にもつながる重要な課題。
- **海藻類の生育を促進する材料を混入した基盤ブロックと、海藻移植用カートリッジの軽量化（従来の1/4程度）**などの技術を確立。これらを組み合わせることで藻場を効率的に回復・造成する海藻供給システムを開発。



概要

- ▶ NEDOの人工光合成プロジェクト(ARPCen-PJ, 三菱ケミカル・トヨタ自動車など10社、東大京大など7大学,2012～2021)とGI基金人工光合成実用化PJ(2022～2030)に取組中。
- ▶ 狙いは太陽光で活性化される光半導体触媒による水分解でグリーン水素製造の実用化と、
- ▶ グリーン水素・二酸化炭素からカーボンネガティブなオレフィン製造プロセス確立を目指す
- ▶ グリーン水素'20年100円/Nm³→'30年30円/Nm³→将来20円/Nm³実の目標を狙う。

技術の特徴

- ▶ 光触媒への入射太陽光(光子)は正孔(h⁺)と電子(e⁻)に別れ半導体表面で酸素・水素を生成。
- ▶ 固体微粒子(1ミクロン程度)光触媒を塗布した光触媒シートに発生する水素2/酸素1の混合ガスから分離膜で高純度水素を抽出。
- ▶ 可視光長波長(600～850nm)の吸収率の高い光触媒(酸窒化物・酸硫化物・酸化物)開発中。
- ▶ グリーン水素とCO₂からメタノール・オレフィンをゼオライト分離膜で効率的に製造。
$$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + 51\text{KJ}(\text{発熱})$$
$$\text{CH}_3\text{OH} = (\text{CH}_2) + \text{H}_2\text{O} + 63\text{KJ}(\text{発熱})$$

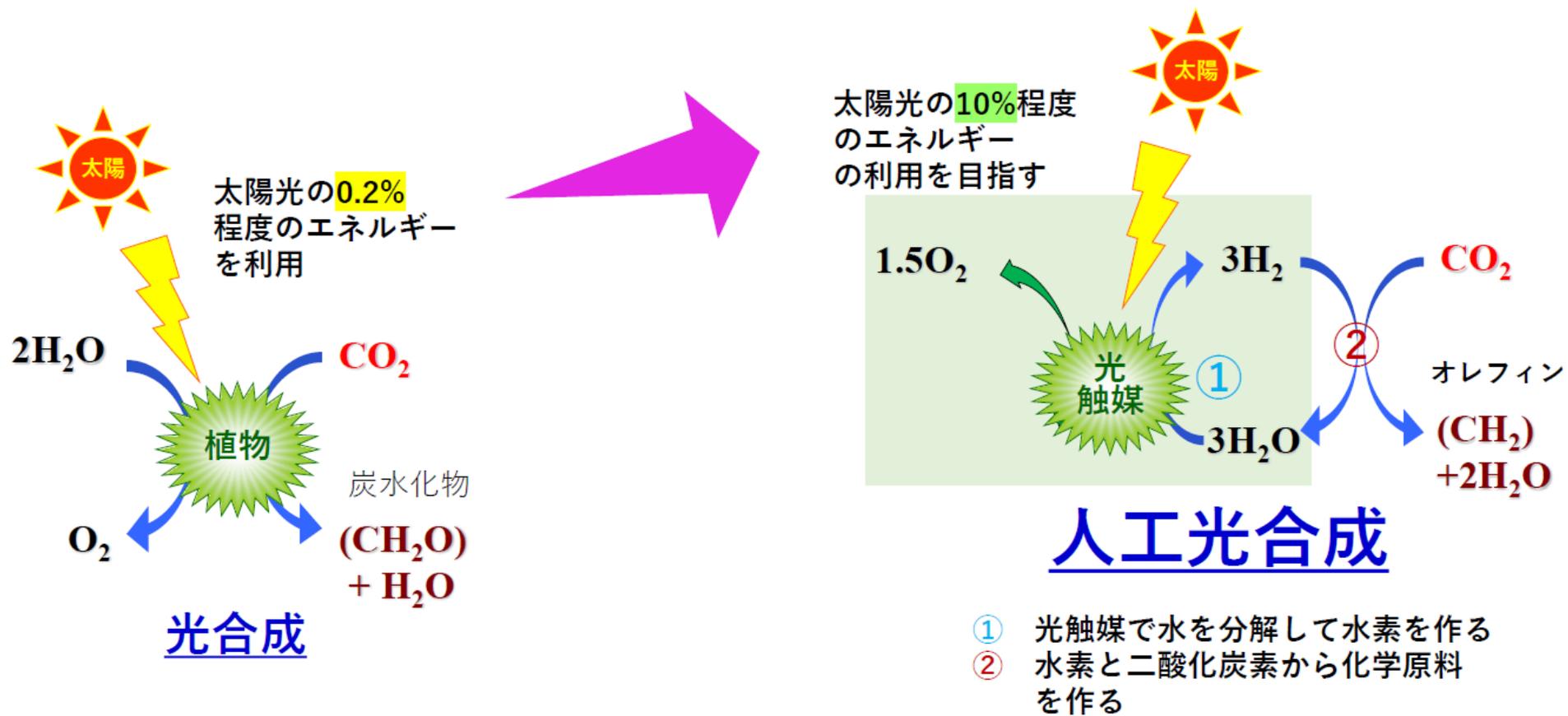
市場性・持続性

- ▶ 日本化石資源輸入(2019)3.5億t→CO₂/12億t排(原油1.5億t～,天然ガス～0.8億t,石炭1.1億t～)
- ▶ 世界のCN50の規模感は、CO₂/340億t。金額換算は¥2/kgCO₂回収とすればで68兆円
- ▶ グリーン水素製造と組合せるCO₂資源化が大きな事業形成の可能性あり(炭素循環)
- ▶ 国内港湾地域カーボンニュートラルポート(CNP)からCNコンビナートへ横展開、
- ▶ 中低緯度サンベルト地帯から亜アフリカ等途上国へのCN技術市場展開の可能性あり

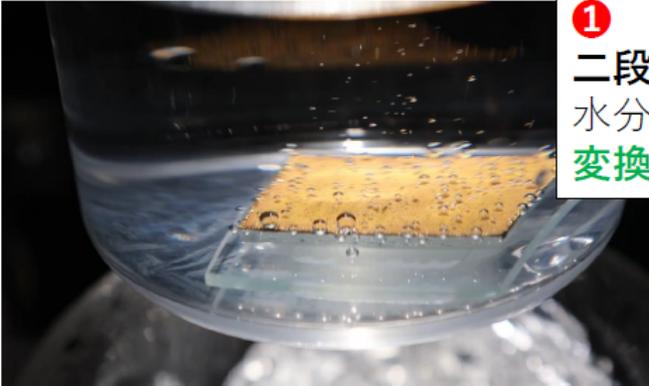
課題と処方箋

- ▶ 高性能光触媒開発・大規模触媒シート工業化でのグリーン水素製造と早い実証試験展開
- ▶ グリーン水素とCO₂によるオレフィンなど化学原料合成の工業化プロセス開発と実証
- ▶ 開発技術の先行実証利用をコミットする仕組みづくり・開発商用化リスクシェア仕組み
- ▶ 異業種間連携・同一業種の初期市場開発協力を容易にする制度作り、市場開発志向の独禁法柔軟規制緩和、規制緩和特区制度。

光触媒を用いた水分解による水素製造



太陽光で有効な高活性触媒の開発状況



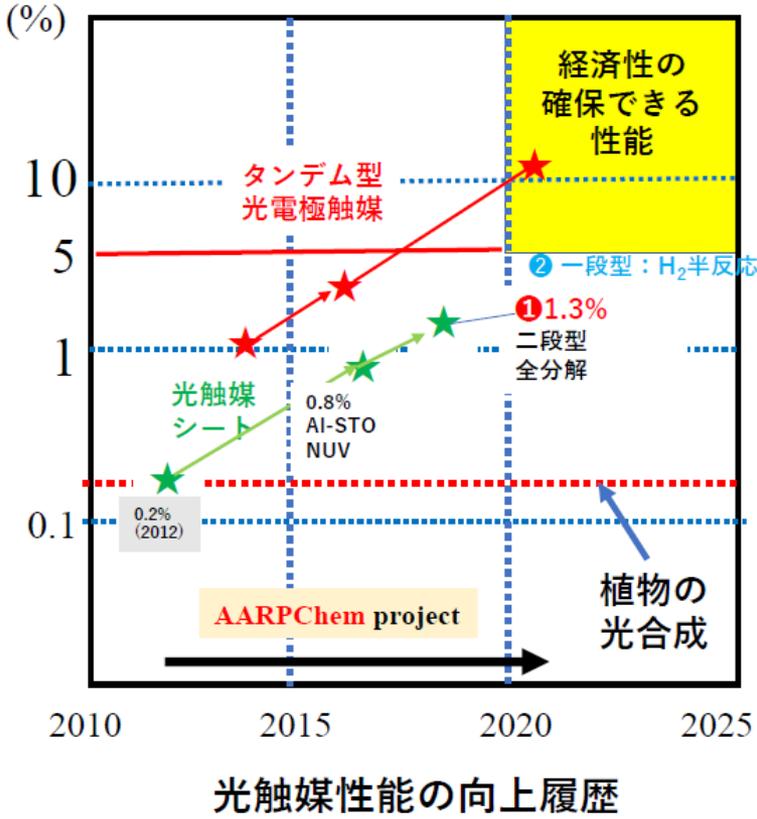
① LTCA-BiVO₄
二段型触媒
水分解変換効率 = 1.3%
変換効率 > 8 の可能性

改良・最適化で対応

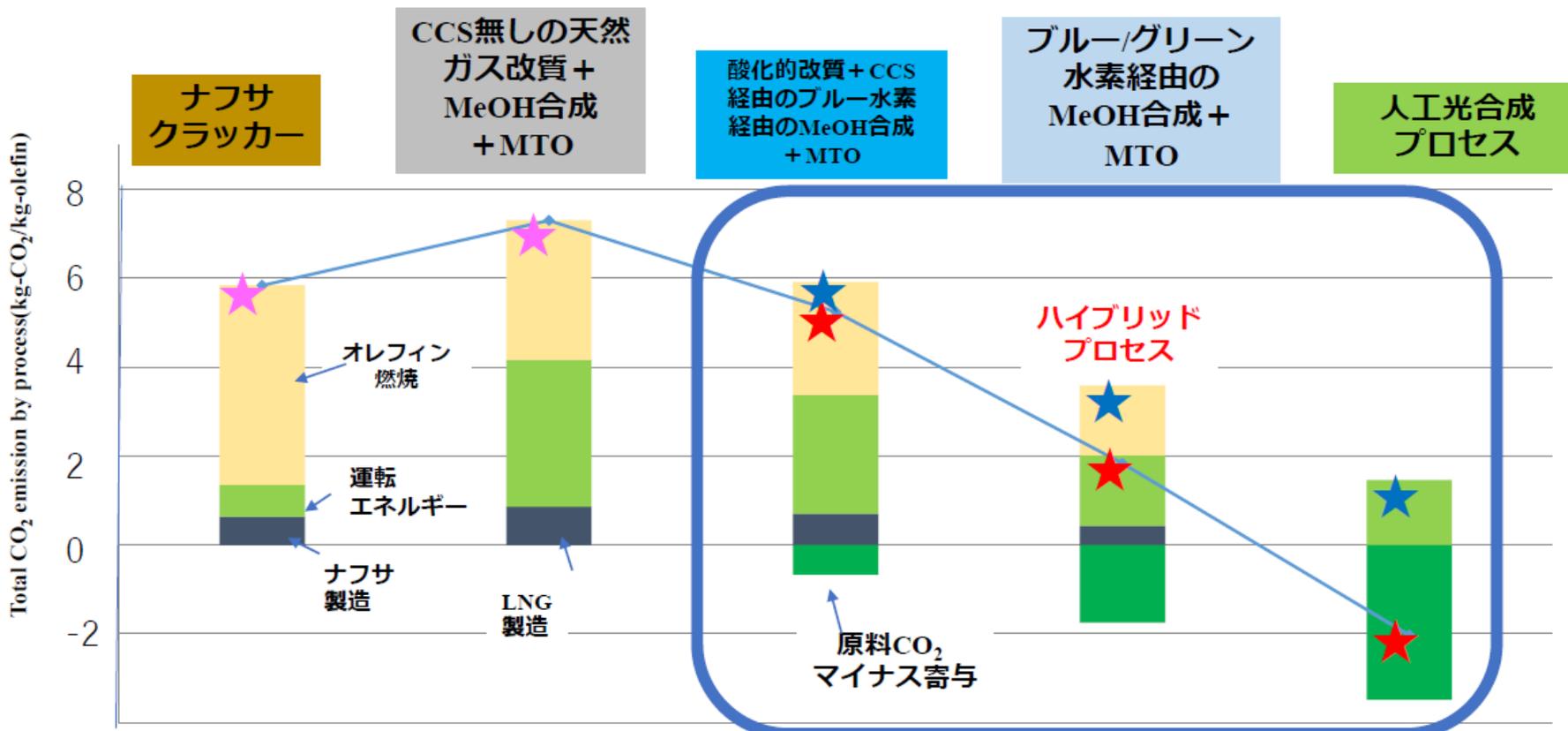


② 酸硫化物触媒
一段型触媒候補
水素半反応量子収率 ≒ 30%

酸素の出ない理由を見極める



オレフィン製造プロセス毎のLCA比較



化石資源を用いCCSをやらない場合の一貫CO₂ 排出量: ★
化石資源を用い究極のCCSを実施した場合の一貫CO₂ 排出量: ★
グリーン-CO₂ (バイオマス究極系, DAC): ★

概要

- 人工光合成は太陽光エネルギーを使ってCO₂と水から有機物の合成を目指す。
- 豊田中研は、研究開始以来10年余を経て、漸く基礎科学から2050年超を目指す「夢の技術」として分子触媒(M)と酸化物(O)無機物の組合せ系で推進(MORLIE™)。
- 物理化学的機構解明で「人工の葉」実現。
- 実験室レベルで、植物光合成を上回る太陽光変換効率を実証し、次は出力合成物を産業利用にうれしい有機物(メタン・エタノール)などの合成・分離・回収技術開発。

市場性・持続性

- 地球に降る太陽エネルギー 1.2×10^5 TW/年は人類全使用量の1万倍、光合成で活用したい
- 植物光合成の太陽光変換効率はサトウキビで2.59%、コメで1.04%、針葉樹で1.79%で、常温常圧で水素合成経路しない有機物合成。
- 低コスト・低ライフサイクルCO₂排出で有機物(メタン・エタノール)生成なら市場性開く
- 研究は着実に進捗するも、市場投入には時間が必要で、米国でも基礎科学レベル。
- NEDO未踏チャレンジ2050で、汎用元素を使い20%超太陽光変換効率目指し若手挑戦中

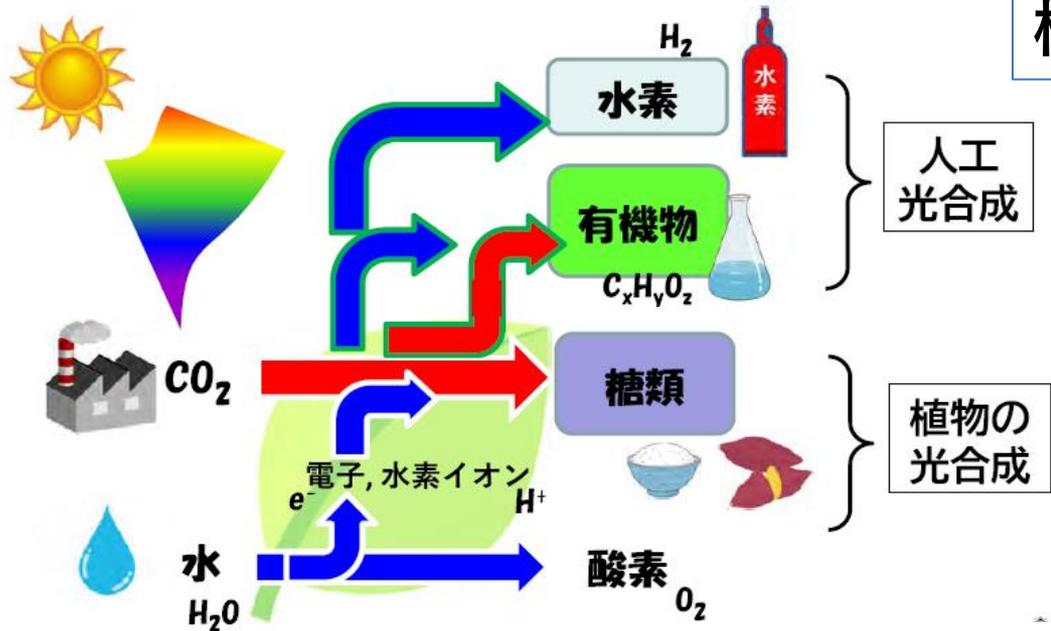
技術の特徴

- 植物光合成はCO₂と水から太陽光で糖類と酸素を、人工光合成は有機物と水素を生成。
- 豊田中研の人工光合成は、光半導体とRu錯体+Ir触媒複合化で可視光CO₂変換反応実現
- 光電極接続による2段階光励起により、太陽光と水のみでCO₂からギ酸(HCOOH)生成「人工の葉」 $2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2\text{HCOO}^- + \text{O}_2$
- 2009研究開始から3年で初期人工の葉が太陽光変換効率0.04%実現、2015年4.6%、電極大面積化で10.5%を2021年末に実現。

課題と処方箋

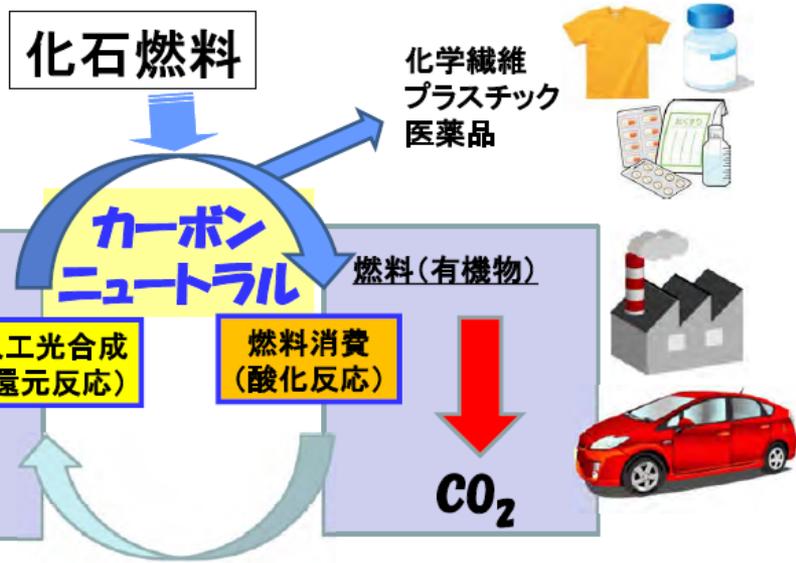
- 国・TOP企業の息長い研究支援で原理検証実現し、2050年超目指し、商用技術化を目指すフェーズに到達。引き続き息長い研究開発支援策の継続が資源のない日本では必須。
- 計算機化学モデル、光励起電子移動の計測、反応機構解析など物理化学解明が進捗、生成品回収や低コスト化・効率化等技術開発へ。
- 米国エネルギー省ファンドによる全米13大・研究機関連携大規模研究(LISA, CHASE)推進との競争・連携などの取り組みを期待。

植物の光合成と人工光合成



森川、応用物理学会
GX: グリーン転写フォーメーションに挑む応用物理
<https://www.jsap.or.jp/columns/gx/e3-2>

1.2 x 10⁵ TW
(地球表面)

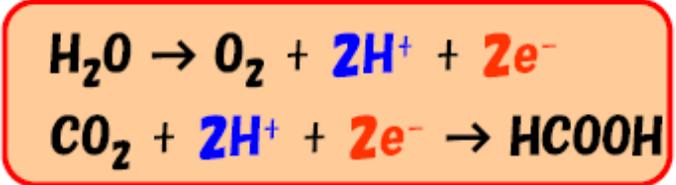
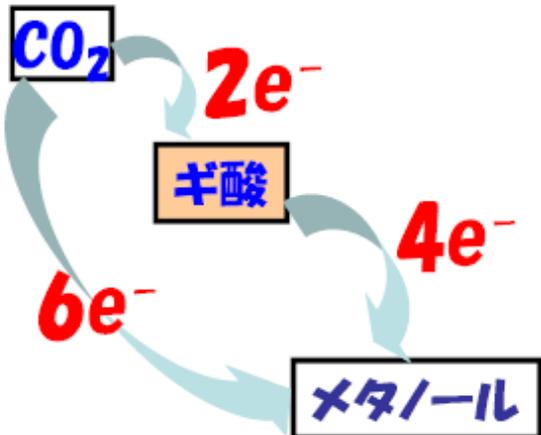


人工光合成：
CO₂再資源化技術の役割

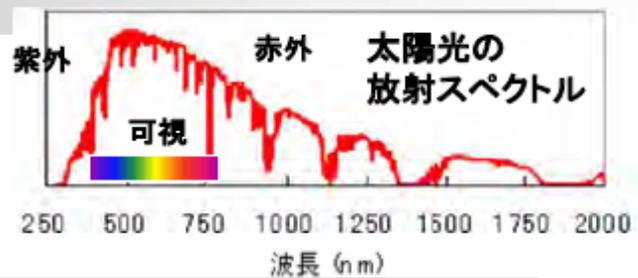
- ・化石燃料の代替エネルギー源の創成
- ・カーボンニュートラル

「水、CO₂→有機物」 人工光合成の基本的な考え方

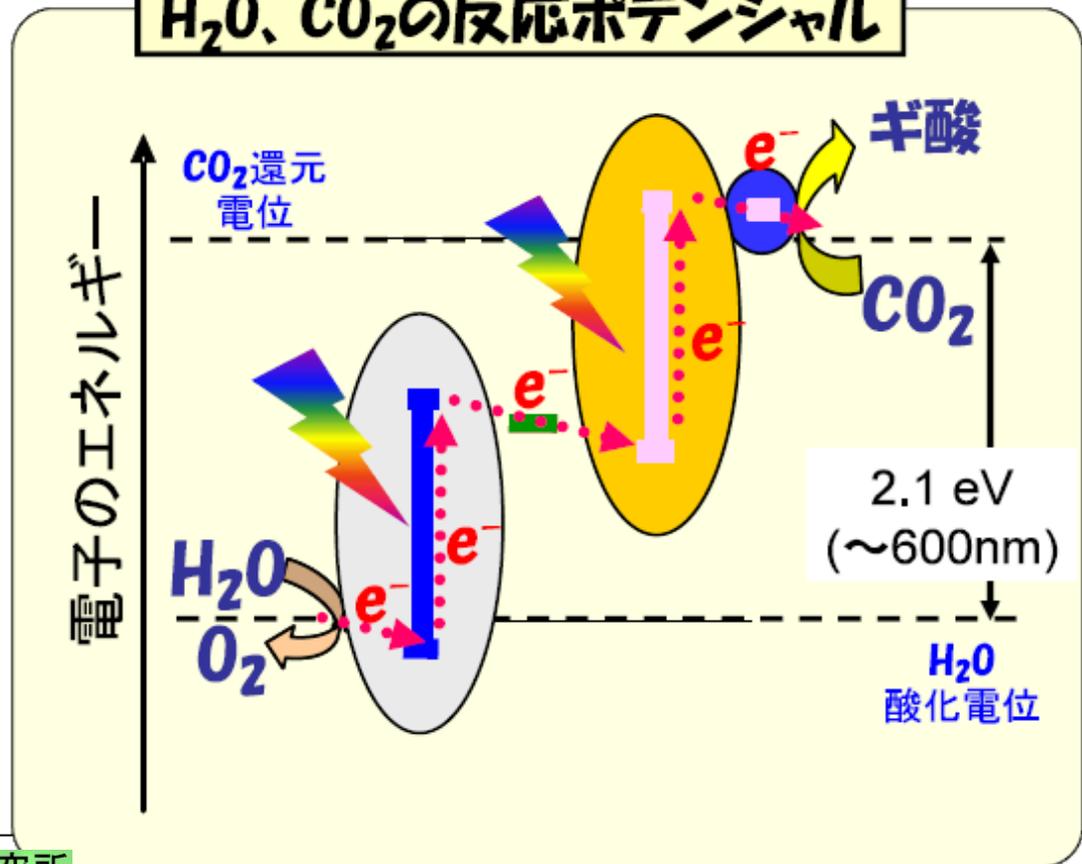
[CO₂の多電子還元反応]



水を
電子源かつプロトン源
として活用する

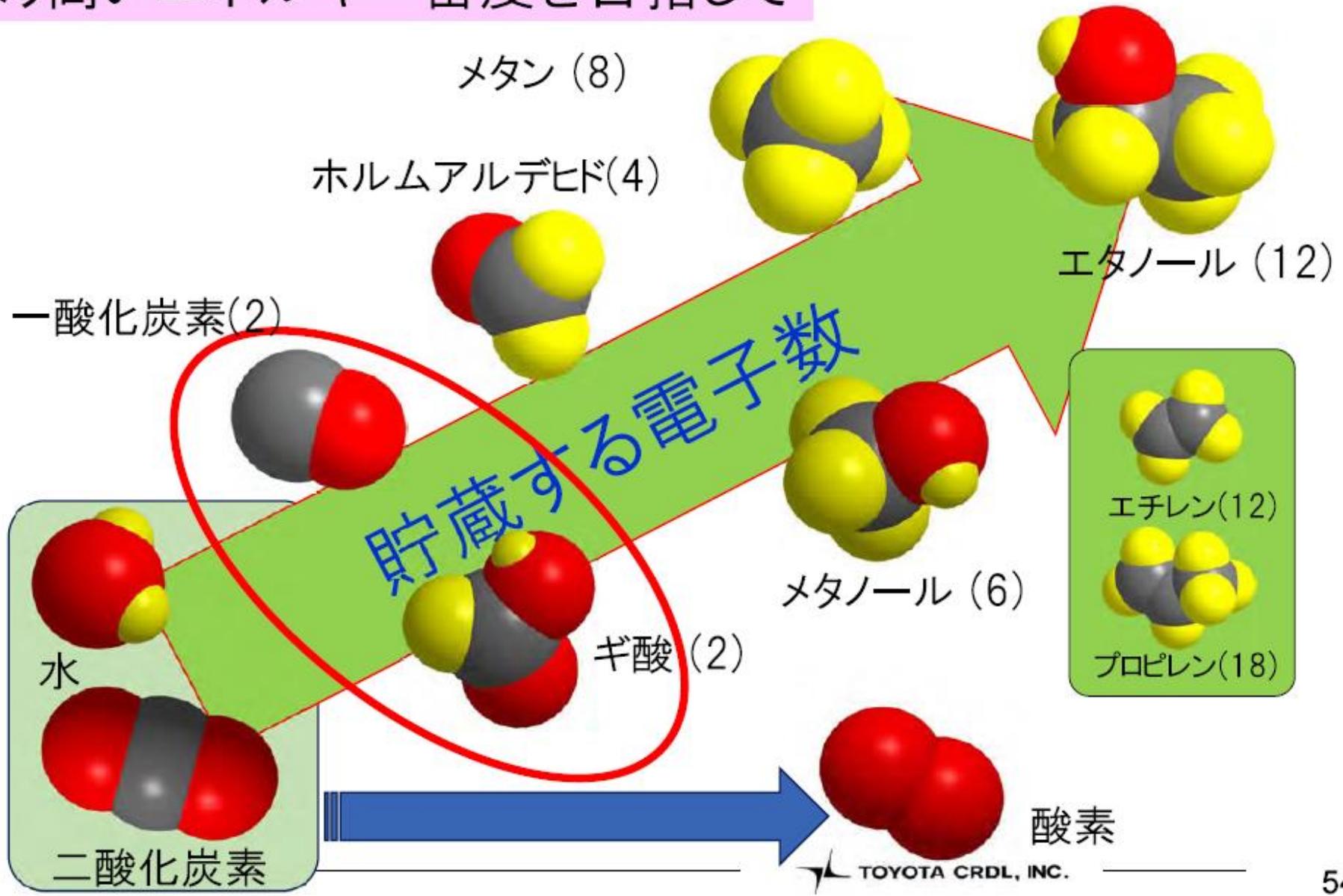


H₂O、CO₂の反応ポテンシャル



より高いエネルギー密度を目指して

※ ()内は貯蔵する電子数



概要

- 第6次エネルギー基本計画(2021.10閣議決定)はエネルギー計画の要諦は**S + 3E**と定義。
(Safety, Energy security, Economic efficiency, Environment)
- 露ウクライナ侵攻→「**石油・ガス市場攪乱**」「**安保直結型エネルギー危機**」「**断層的変動**」の1年間で2022年末には、**3S + E**の時代へ。
(Safety, Security, Sustainability, Economic efficiency)
- 2030迄再稼働(10+7+10+9=36)で危機乗切り。
- 60年運転シナリオでも老朽引退原発の2050年代置換に向け次世代革新(核分裂)炉開発

技術の特徴

- 第6次エネ計画で原子力は20~22%(2030)
- 再稼働済10,設置許可済7,申請済10,未申請9
- 40年運転シナリオで新設無なら2055年ゼロ、60年運転で2045年から△1基/年(2075/0)
- 米:石炭火力置換SMR,高速炉と高温ガス炉。
英:自国原潜技術からSMR,2030高温ガス炉
仏:EPR2(欧州加圧水型原子炉改良)とSMR
- 世界の過酷原子力災害8件中7件は稼働初期(2カ月~3年程度)に発生。福島第1のみ35~40年経過した安定運用中地震津波起因。

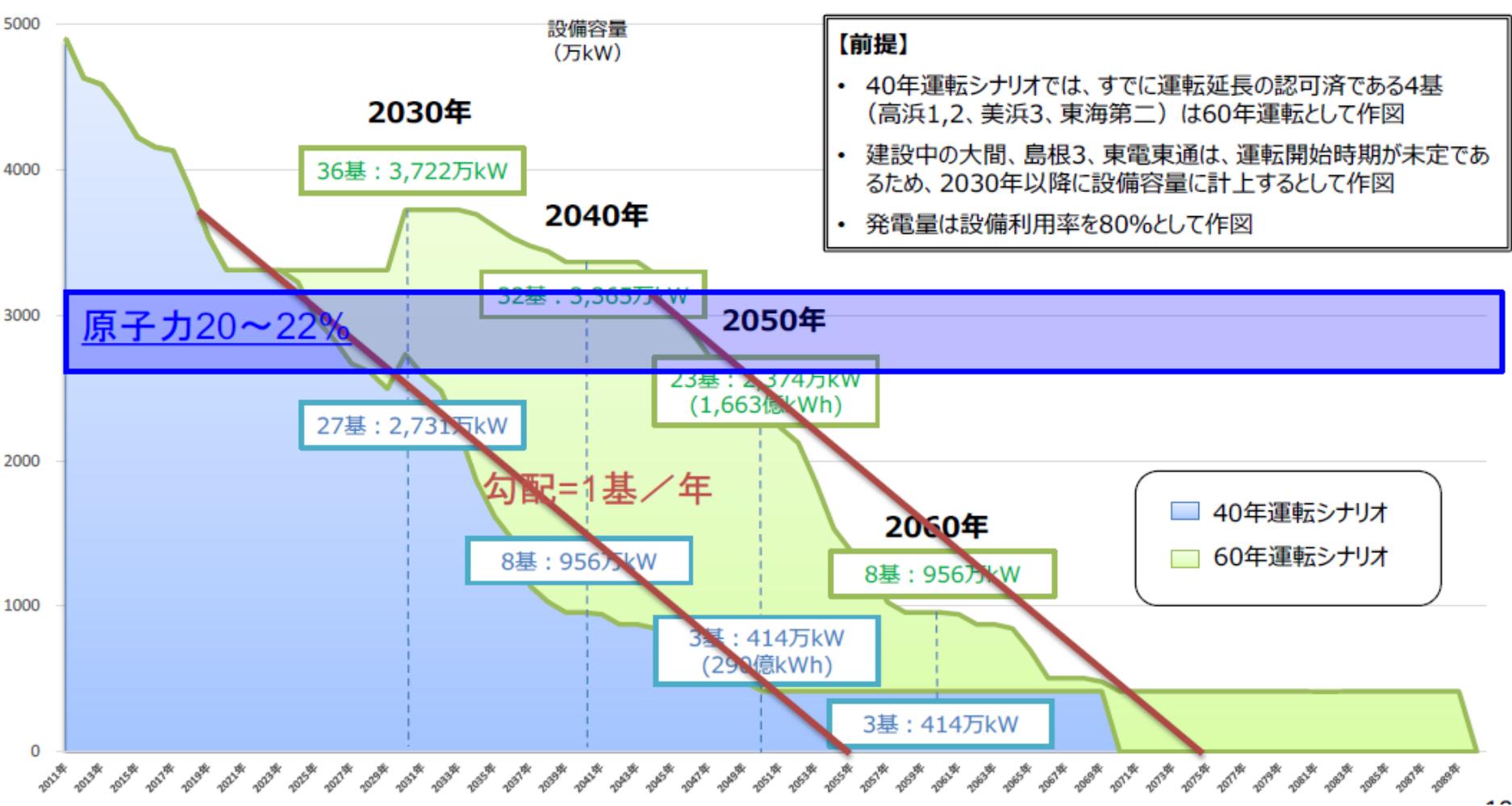
市場性・持続性

- 世界は既設炉運転期間延長/新規建設へ(2022)
- 老朽化石炭火力置換,地域暖房,淡水化へSMR利用。高温ガス炉は産業用高温熱源・水素源
- 世界の原発年齢は30~40歳,今後20で更新へ
- ウラン資源と供給量は中印他需要増も十分。
- 使用済み高レベル放射性廃棄物の地層処分の課題が世界各国に存在し、各国取組み中。
- 核燃料サイクルの着実な開発推進とともに持続性のあるエネルギーシステムとして長寿命核種の分離変換技術開発を進める。

課題と処方箋

- 世論を2分する原子力開発(核分裂炉)推進について、原子力技術現況の周知普及を行う。
- 2030GHG46減・CN2050のエネルギーミックスに占める原子力の重要性を分かり易く解説。
- 核燃料サイクルの着実な技術開発と実施。
- 先進諸国に比し4面のプレートが重畳し、火山帯と熱水帯の交錯する特異環境の日本は、将来のウラン資源リスク回避,高レベル放射性廃棄物中の超寿命核種(核分裂生成物/マイナーアクチノイド)分離・核変換技術開発を。

原子力発電比率のシナリオ



【前提】

- 40年運転シナリオでは、すでに運転延長の認可済である4基（高浜1,2、美浜3、東海第二）は60年運転として作図
- 建設中の大間、島根3、東電東通は、運転開始時期が未定であるため、2030年以降に設備容量に計上するとして作図
- 発電量は設備利用率を80%として作図

次世代革新炉（核分裂炉）開発

■ 革新軽水炉

- 軽水炉サプライチェーンを繋ぎ、規制の予見性が高く実現時期が見通せ、**革新的安全性向上を図る革新軽水炉の開発を最優先に**

■ 小型軽水炉

- **国際協力貢献とサプライチェーンの事業機会獲得**の支援を行いつつ、投資リスク低減や分散電源等の将来ニーズを念頭に置いたオプション確保

■ 高速炉

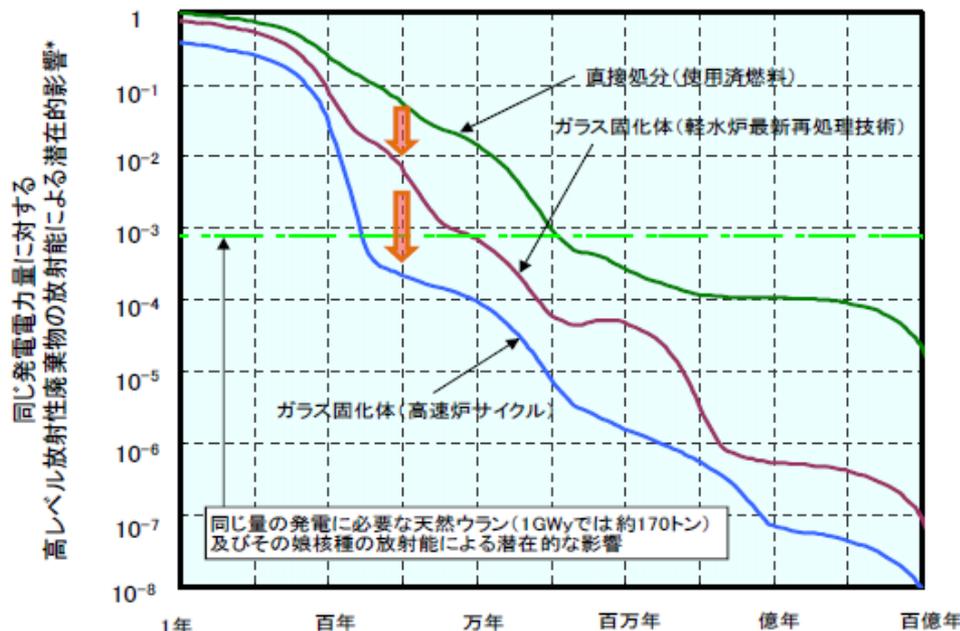
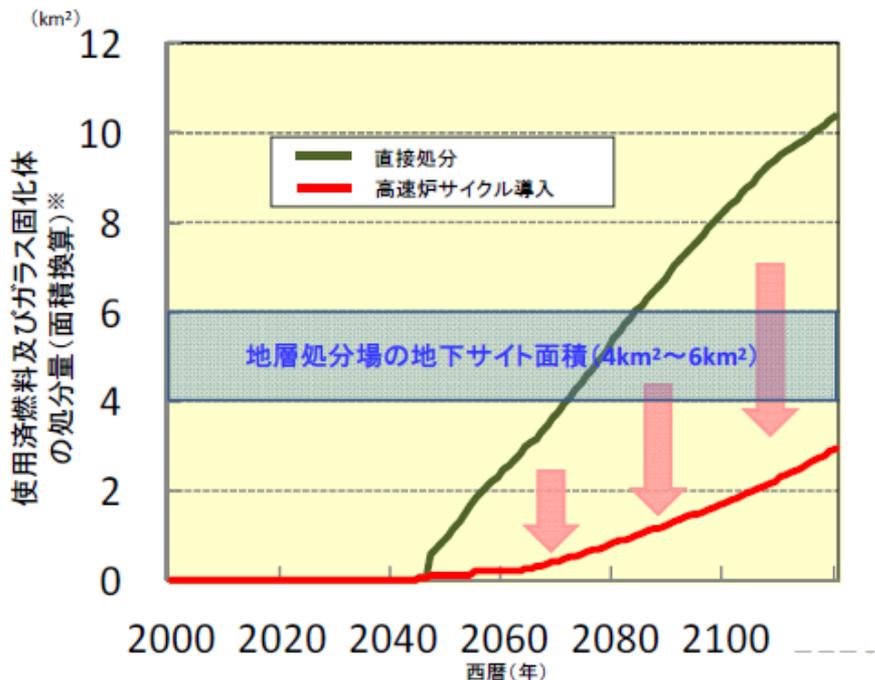
- **既存の軽水炉を含めた原子力技術が資源循環性を獲得**。高速炉開発会議・戦略ワーキンググループにおける議論も踏まえ、開発炉型を具体化。「常陽」「もんじゅ」の経験を強みとして最大限活用し、国際連携も推進。

■ 高温ガス炉

- 産業の脱炭素のためにカーボンフリーの**電力・熱・水素をコジェネレーション**することを念頭、国際連携の可能性も追及しながら開発を推進。試験炉「HTTR」を活用して熱利用・水素実証も推進。

高速炉サイクルによる廃棄物対策の効果

- 高速炉サイクルの導入により、高レベル放射性廃棄物の発生量を大幅に低減し、処分場数を抑制可能。
(狭い国土の日本では、廃棄物の量を極小化することが特に重要。)
- 高速炉サイクルにより、高レベル放射性廃棄物による潜在的有害度(毒性)も大きく低減可能。
- ➔ 環境負荷低減の観点からも高速炉サイクル開発が必要。



※) 処分場に搬入され、処分された時点の量を示す。
 ※) 建設中のものを含む現在の原子力発電設備容量を維持し、高速炉は2050年に導入すると想定。また、使用済燃料とガラス固化体は50年間で中間貯蔵後、処分すると想定。

*) 高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度を示している。使用済燃料の1年目の潜在的影響を1とした相対値。

高速炉サイクルによる高レベル放射性廃棄物処分場面積の低減

高速炉サイクルによる潜在的有害度の低減

概要

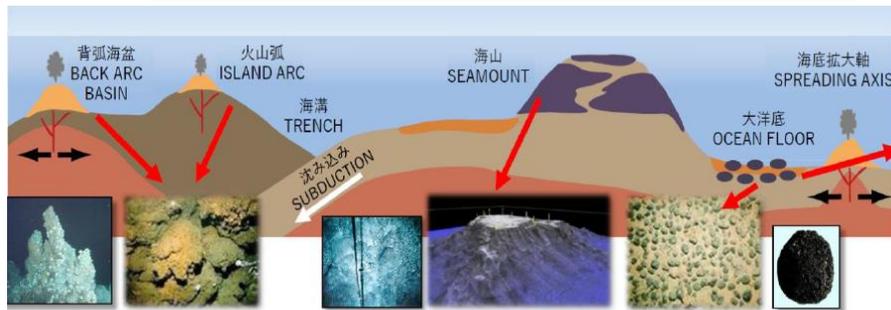
- EVモータや風力発電機の高性能磁石に必須の中重希土類レアアース鉱山は中国に偏在
- 南鳥島EEZ海域の2,000~4,000m深海底直下に平均品位3,180ppm、濃集層厚8mの分布
- 同海域拓洋第5海山の玄武岩層へのCO₂の海上輸送/深海圧入/貯留固定化の技術開発
⇒大水深資源掘削・生産実証、CCS技術開発
- 日本沿岸CCS貯留適地調査で10地点160億tの貯留可能量推定(2022.1), 苫小牧で実証試験

技術の特徴

- 沖縄トラフの海底熱水鉱床(銅,亜鉛金銀)
700m~2,000m
- 南鳥島EEZコバルトリッチクラスト(Co/Ni)
800m~2,400m
- 南鳥島EEZレアアース泥(重希土類)
5,000m~6,000m
- 太平洋(公海)マンガン団塊(Cu/Ni/Co/Mn)
4,000m~6,000m
⇒大深度AUV(自律型無人潜水機)隊列航行等
深海資源/環境調査・生産・解泥/揚泥/精製

市場性・持続性と課題・処方箋

- CN産業に必須なレアアース等鉱物資源偏在リスクへの安全保障的自給策として深海底資源探鉱・採掘技術獲得は重要だが、経済性・採掘汚泥の環境対策など課題対処要。
- 油田層のない日本沿岸の小規模CCSに比し、南鳥島EEZ海域拓洋第5海山の玄武岩層へのCO₂の海上輸送/深海圧入/貯留固定化技術が出来れば大規模CO₂貯留・固定化可能性。
- CCS長期ロードマップ(METI)では、2050年に1.2~2.4億t/年の貯留井容量が必要と予測。



	海底熱水鉱床	コバルトリッチクラスト	マンガン団塊	レアアース泥
特徴	海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してできたもの	海山斜面から山頂部の岩盤を皮殻状に覆う、厚さ数cm~10数cmの鉄・マンガン酸化物	直径2~15cmの楕円体の鉄・マンガン酸化物で、海底面上に分布	海底下に粘土状の堆積物として広く分布
賦存海域	沖縄、伊豆・小笠原(EEZ)	南鳥島等(EEZ, 公海)	太平洋(公海)	南鳥島海域 (EEZ)
含有金属	銅、鉛、亜鉛等(金、銀も含む)	コバルト、ニッケル、銅、白金、マンガン等	銅、ニッケル、コバルト、マンガン等	レアアース(重希土を含む)
開発対象の水深	700m~2,000m	800m~2,400m	4,000m~6,000m	5,000m~6,000m

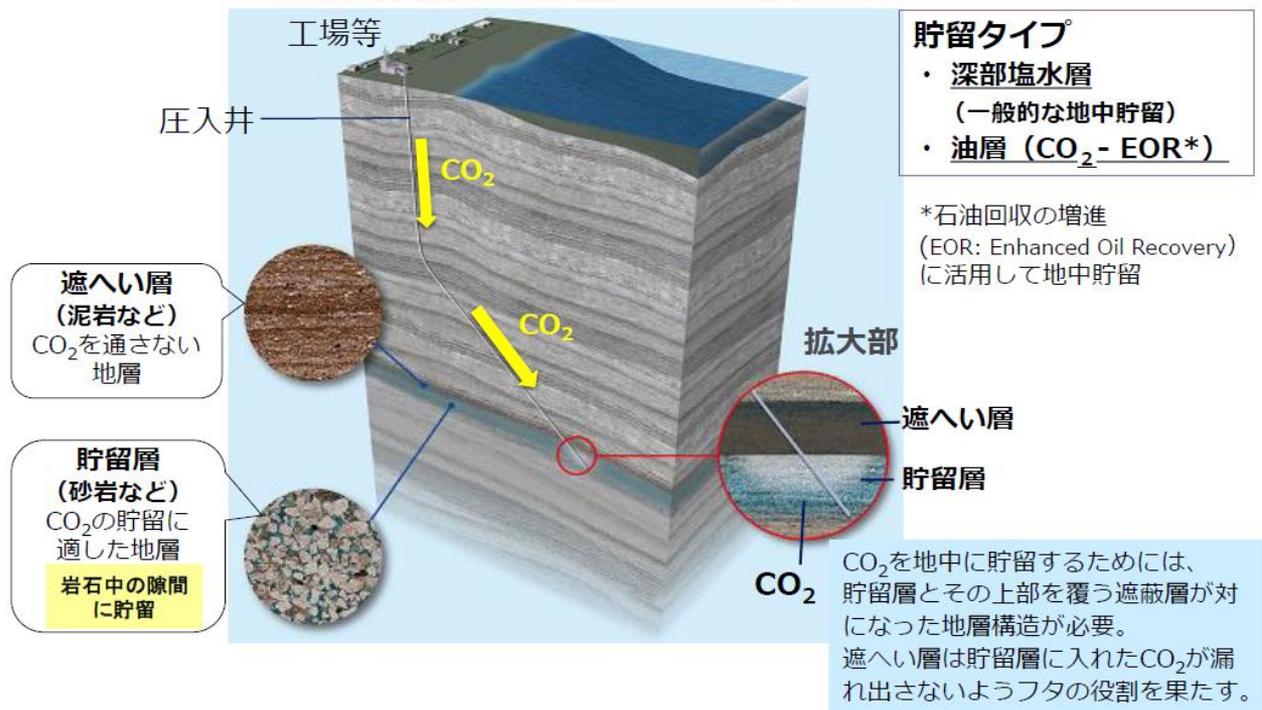
苫小牧CCS大規模実証試験と CCS(二酸化炭素回収貯留)のしくみ



■ 苫小牧におけるCCS大規模実証試験の位置付け
 圧入量から世界の大規模プロジェクトには分類されないが、世界的に注目するべきプロジェクトとして期待されている

Carbon dioxide Capture and Storage

二酸化炭素を 回収して 貯留する



58. 提案中の次期SIPで実現すべき将来像(2023.04~2028.03)

安全保障上重要な海洋の保全や利活用を進める海洋安全保障プラットフォームを構築

島嶼利活用



「南鳥島」基地
人員交代・物資補給
選鉱・リサイクル

南鳥島

環境モニタリング

江戸っ子
環境監視の長期継続

海洋玄武岩CCS

「ちきゅう」

CO₂

レアアース

拓洋第5海山

自律型無人探査機(AUV)
AIを活用した群制御による自在な調査

深海ターミナル
充電・データ伝送
多用途の拠点整備

鉱物資源調査

レアアース生産
システム実証

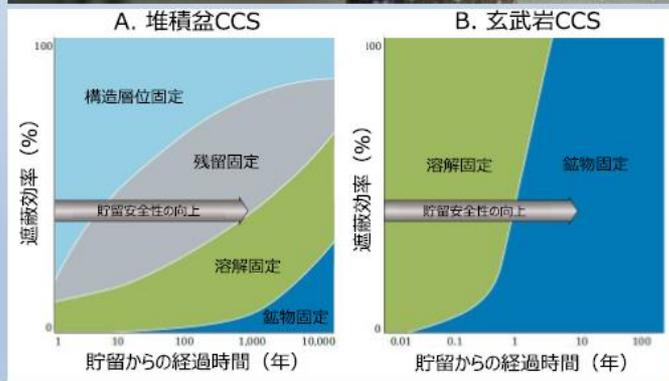
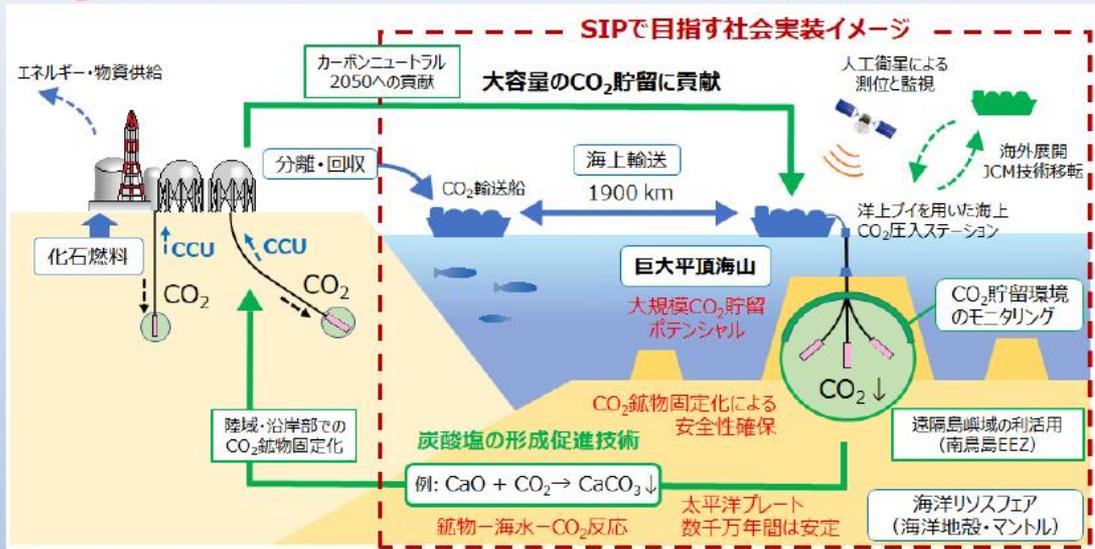


海上保安庁HPより

海上保安庁海洋情報部作成

57.南鳥島周辺海域の玄武岩海山を利用した大規模CO₂貯留・固定化技術の基礎調査研究

Society 5.0 with Carbon Neutralを実現するため、我が国のEEZ海域における広大な玄武岩海山を利用した新しいCO₂貯留・固定化のための基礎調査及び社会実装に向けた技術開発を実施する。



外洋EEZの平頂海山（海洋玄武岩）を活用したCO₂貯留・固定化の社会実装のイメージ

- ① 南鳥島周辺海域の拓洋第5海山の地質調査や水の圧入試験等に基づき、海洋玄武岩の賦存状態を確認し、貯留ポテンシャルの評価を行う。
- ② 当該サイトに適したモデリング及び環境モニタリング技術に加え、玄武岩層へのCO₂圧入技術、CO₂鉱物化促進技術等の調査研究を行う。
- ③ 大規模なCO₂海上輸送、深海圧入オペレーション等の全体工程での経済性のある最適なシステムの概念設計を行う。

アイスランドの玄武岩層CO₂貯留試験において、95%以上のCO₂が2年以内に鉱物に固定化されることが確認

Snabjornsdottir et al., Nature Reviews Earth & Environment, 2020.

概要

- 日本エネルギー経済研究所(IEEJ)は国際エネルギー情報収集分析、日本のエネルギー市場・産業動向分析、エネルギー需給予測などを通じ、課題の解明・対応策の提言を行う。
- エネルギー問題を巡る新たな国際情勢の中、相次ぐカーボンニュートラル目標発表・影響
- 日本のエネルギー政策課題について解説
- 国際エネルギー機関(IEA)と日本エネルギー経済研究所(IEEJ)のエネルギー見通しを対比両見通しとも、2021年版では2050年を対象とした長期見通し

IEAのWEO2021

- [World Energy Outlook 2021 – Analysis - IEA](#)
- **IEAは4シナリオを提示(STEPS, APS, SDS, NZE)**
 STEPS: Stated Policies Scenario 2021.6 各国公約整合2100+2.6°C
 APS: Announced Pledges Scenario ネットゼロ宣言国全達成+2.1°C
 SDS: Sustainable Development Scenario
 NZE: Net Zero Emission by 2050 ネットゼロ達成 2100年+1.5°C
- IEAの2シナリオ(NZE, SDS)は規範的/あるべき姿
- NZEシナリオは2050年世界全体ネットゼロになる着地点を描き、変化の必要性を描く
- トップダウン型のバックキャスト分析

IEEJのアウトルック2021

- IEEJは3シナリオ提示(レファレンス/技術進歩/炭素循環)
- 現状までの趨勢を加味し、先進技術導入に多様な前提条件を設定、積み上げで分析。
- ボトムアップ型のフォアキャスト(見通し)
 【レファレンスシナリオ】 現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、趨勢的な変化が継続するシナリオ。
 【技術進展シナリオ】 エネルギー安定供給確保や気候変動対策の強化のため、エネルギー・環境技術が最大限導入。
 【炭素循環経済・4Rシナリオ】 炭素循環経済の概念の“4R(Reduce, Reuse, Recycle, Remove)”の考え方にに基づき、技術進歩シナリオ想定に加えて、さらに化石燃料利用の脱炭素化技術の最大限導入を検討したシナリオ

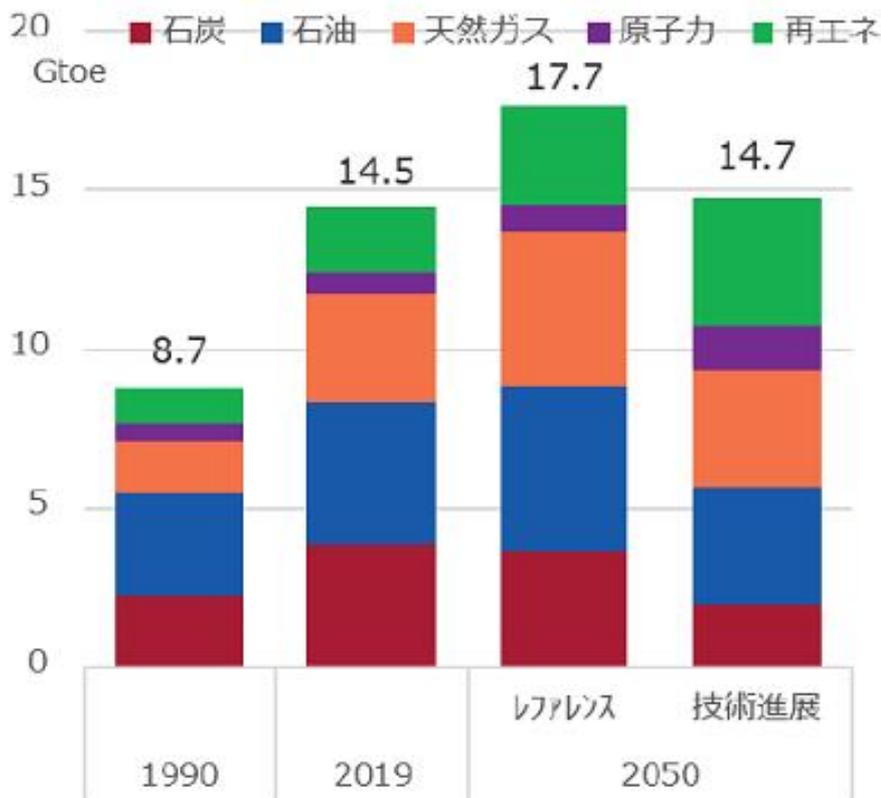
日本のエネルギー政策のテーマ

- 2030 & 2050目標とエネルギーミックス実現
- 原子力の再稼働と将来の位置づけ
- 再生可能エネルギー促進・省エネの深掘り
- 化石燃料の安定供給確保
- 水素などイノベーションの推進と普及拡大
- 電力・ガスシステム改革
- ウクライナ戦争など厳しい地政学環境の下
新情勢に対応する国際エネルギー戦略強化
- エネルギー転換は新たなビジネスの挑戦とチャンス

非発電部門の脱炭素化は難しい

P60

❖ 一次エネルギー需要



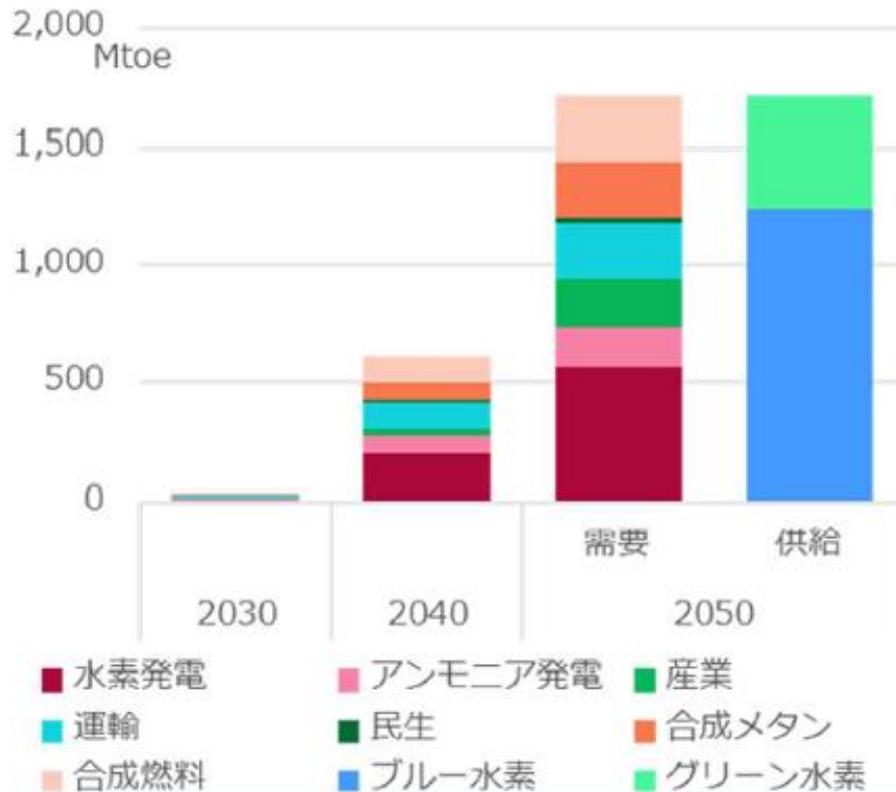
❖ エネルギー起源CO₂排出量



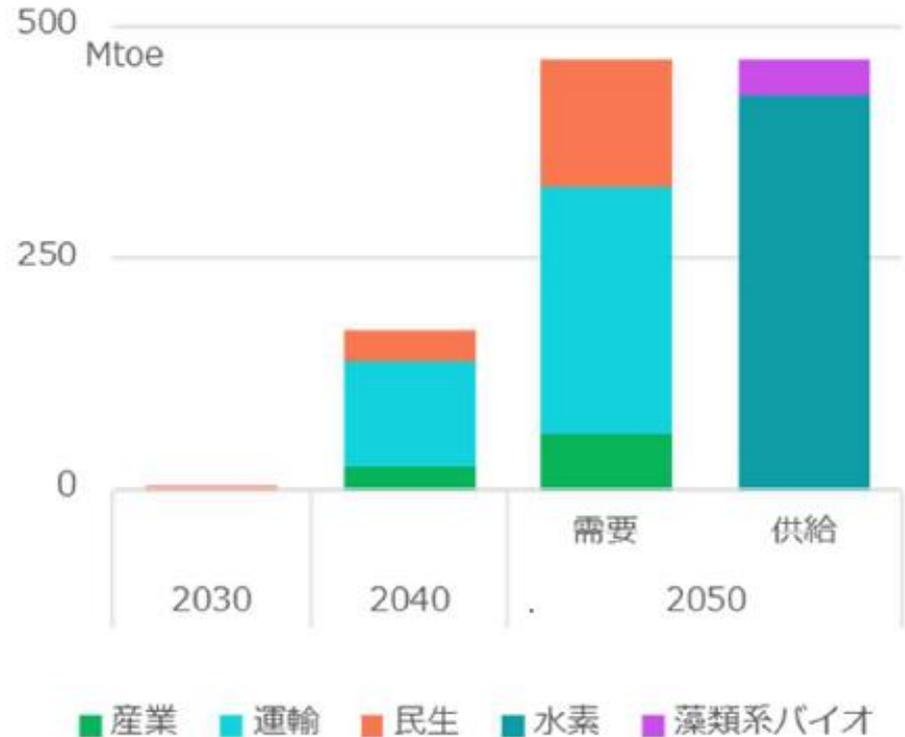
技術進展シナリオの2050年の一次エネルギー需要は現在とほぼ同じ。化石燃料需要は落ち込むが、それでも全体の6割を占める。

一方、CO₂排出量は現在の3分の2の水準に。発電部門での削減効果が大きく、非発電部門の排出削減はあまり進まない。

❖ 水素/アンモニア需給の想定



❖ 合成メタン/燃料需給の想定

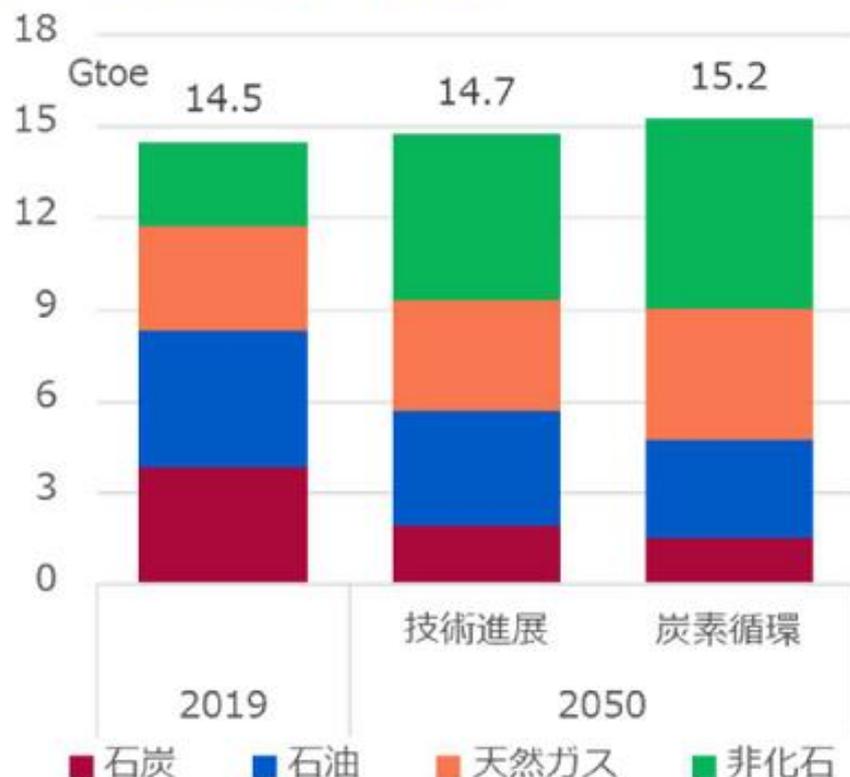


産業・発電などで、燃焼時にCO₂を排出しない水素/アンモニアを活用する。水素製造は、CCSを利用するブルー水素が再エネを利用するグリーン水素に限定。

クリーン水素を利用した合成メタン/燃料も、非発電部門での既存インフラを活かして、電力化が難しい用途などで利用する。

化石燃料を減らさずに、CO₂排出を減らす

❖ 一次エネルギー需要



❖ エネルギー起源CO₂排出量



炭素循環経済/4Rシナリオの化石燃料消費量は技術進展シナリオとほとんど変わらない。水素製造用の天然ガス需要が増加する。

一方、CO₂排出量は大きく低下する。排出削減量は非発電部門に重心がシフト。

概要

- 科学技術・イノベーション基本計画(6期2020)と統合イノベーション戦略2022,CNをめぐる政策の背景、6次エネルギー基本計画を解説
- 2030年エネ需給見通し,2050CNの課題・対応のポイントからグリーン成長戦略(2021.6)解説
- クリーンエネルギー戦略中間整理(2022.5)の要点を紹介

2030年エネ需給見通しのポイントと2050CNへ(6次エネルギー基本計画)

- 温室効果ガス排出の8割を占めるエネルギー分野の取り組みが重要
- 産業界・消費者・政府等国民各層の総力取組
- 水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルなどのイノベーションを追求
- 脱炭素化された電力により産業の電化促進。
- 産業部門では水素還元製鉄や人工光合成も。
- 脱炭素イノベーションのためのGI基金活用
- 安全確保の大原則のもと原子力を活用

グリーン成長戦略 (2021.6)

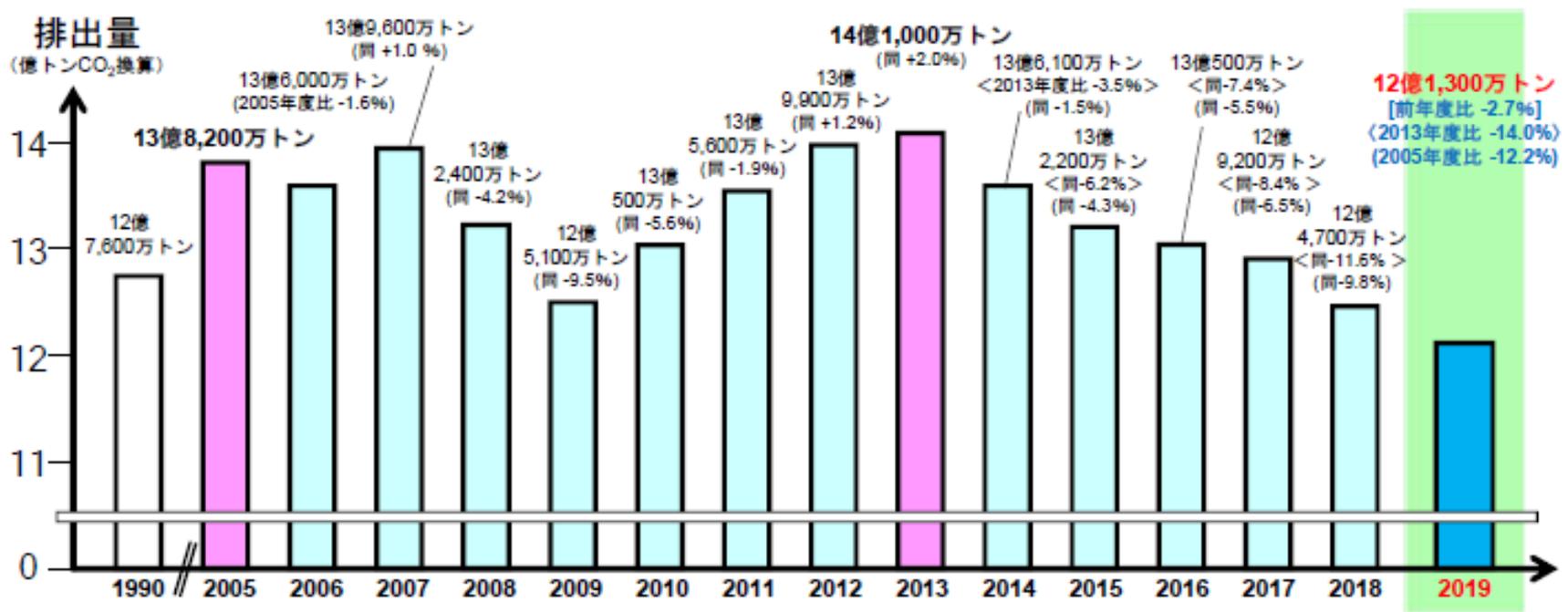
- 2050CNのために不可欠な分野毎に年限目標,研究開発と実証,規制改革・標準化の制度整備,国際連携の実行計画を策定
- 重要分野は2050年までの時間軸工程表提示
14分野:洋上風力・太陽光・地熱、水素・燃料アンモニア次世代熱エネルギー、原子力、自動車・蓄電池、半導体・情報通信、船舶、物流人流土木インフラ、食料農林水産、航空、カーボンリサイクル・マテリアル、住宅建築、資源環境、ライフスタイル
- 世界のCN、過去ストックベースのCO₂ゼロを可能とする革新的技術を2050までに確立

クリーンエネルギー戦略中間整理 (2022.5)

- 成長が期待される産業毎の具体的道すじ需要サイドのエネルギー転換、クリーンエネルギー中心の経済社会、産業構造転換、地域・くらしの脱炭素化に向けた政策対応
- ロシアによるウクライナ侵略や電力需給ひっ迫を踏まえ、エネルギー安全保障確保とそれを前提とした脱炭素化へ対応

我が国の温室効果ガス排出量（2019年度速報値）

- 2019年度（速報値）の総排出量は**12億1,300万トン**
- （前年度比 **-2.7%**、2013年度比 **-14.0%**、2005年度比 **-12.2%**）
- 温室効果ガスの総排出量は、**2014年度以降6年連続で減少**しており、排出量を算定している**1990年度以降、前年度に続き最少を更新**。



注1 2019年度速報値の算定に用いた各種統計等の年報値について、速報値の算定時点で2019年度の値が未公表のものは2018年度の値を代用している。また、一部の算定方法については、より正確に排出量を算定できるよう同確報値に向けた見直しを行っている。このため、今回とりまとめた2019年度速報値と、2021年4月に公表予定の2019年度確報値との間で差異が生じる可能性がある。なお、確報値では、森林等による吸収量についても算定、公表する予定である。

注2 各年度の排出量及び過年度からの増減割合（「2013年度比」）等には、京都議定書に基づく吸収源活動による吸収量は加味していない。

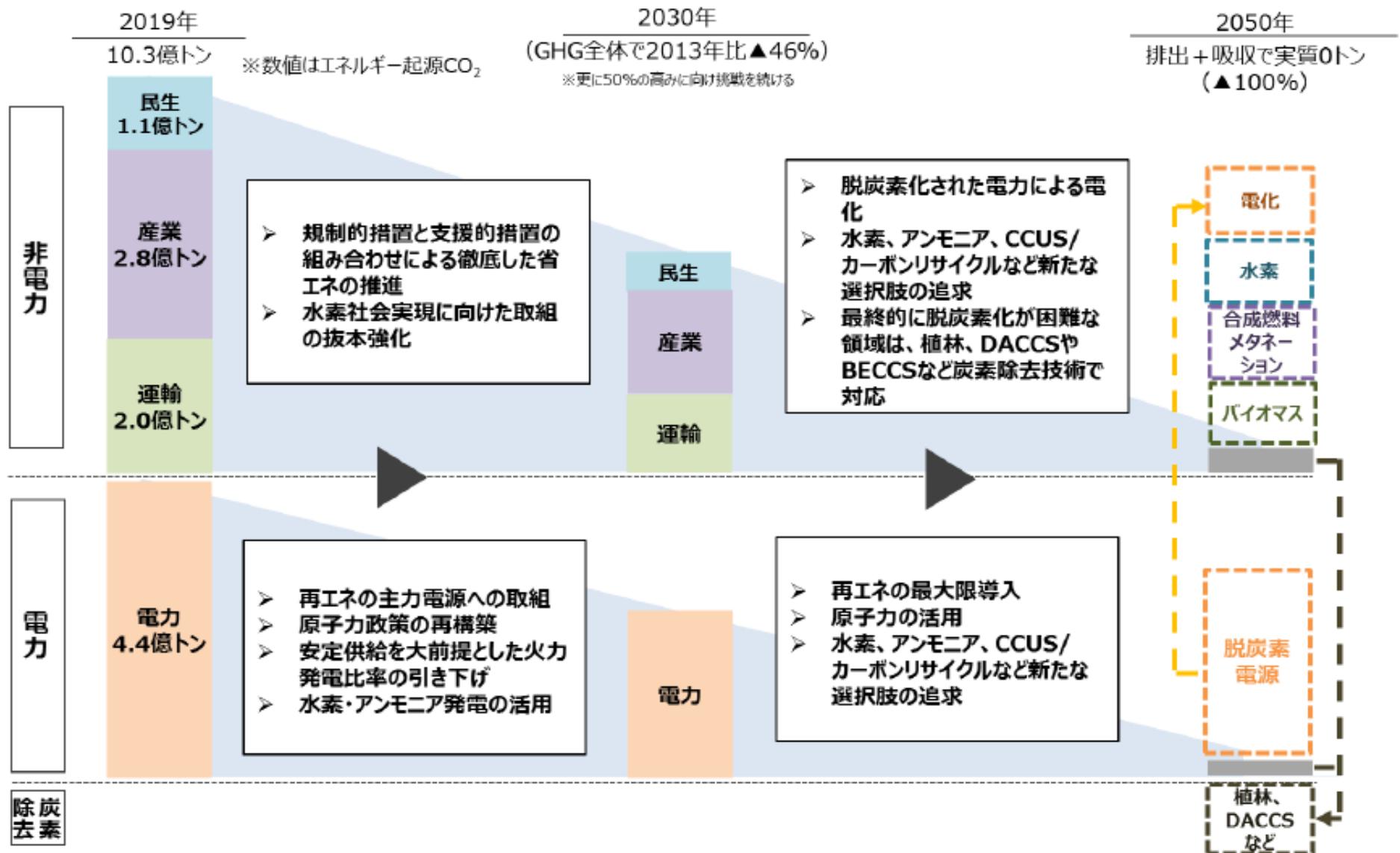
2030年度におけるエネルギー需給の見通しのポイント①

第6次エネルギー基本計画概要より

- 今回の見通しは、2030年度の新たな削減目標を踏まえ、徹底した省エネルギーや非化石エネルギーの拡大を進める上での需給両面における様々な課題の克服を野心的に想定した場合に、どのようなエネルギー需給の見通しとなるかを示すもの。
- 今回の野心的な見通しに向けた施策の実施に当たっては、安定供給に支障が出ることのないよう、施策の強度、実施のタイミングなどは十分考慮する必要。（例えば、非化石電源が十分に導入される前の段階で、直ちに化石電源の抑制策を講じることになれば、電力の安定供給に支障が生じかねない。）

		(2019年度 ⇒ 旧ミックス)	2030年度ミックス (<u>野心的な見通し</u>)
省エネ		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	6,200万kl
最終エネルギー消費 (省エネ前)		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl
電源構成 発電電力量: 10,650億kWh ⇒ 約9,340 億kWh程度	再エネ	(18% ⇒ 22~24%)	36~38%*
	水素・アンモニア	(0% ⇒ 0%)	1%
	原子力	(6% ⇒ 20~22%)	20~22%
	LNG	(37% ⇒ 27%)	20%
	石炭	(32% ⇒ 26%)	19%
	石油等	(7% ⇒ 3%)	2%
			太陽光 6.7% ⇒ 7.0% 風力 0.7% ⇒ 1.7% 地熱 0.3% ⇒ 1.0~1.1% 水力 7.8% ⇒ 8.8~9.2% バイオマス 2.6% ⇒ 3.7~4.6%
(+ 非エネルギー起源ガス・吸収源)			
温室効果ガス削減割合		(14% ⇒ 26%)	46% 更に50%の高みを目指す

2050年カーボンニュートラルの実現



- 温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、「成長の機会」と捉える時代に突入している。
- 実際に、研究開発方針や経営方針の転換など、「ゲームチェンジ」が始まっている。この流れを加速すべく、グリーン成長戦略を推進する。
- 「イノベーション」を実現し、革新的技術を「社会実装」する。これを通じ、2050年カーボンニュートラルだけでなく、CO₂排出削減にとどまらない「国民生活のメリット」も実現する。

2050年に向けて成長が期待される、14の重点分野を選定。

・ 高い目標を掲げ、技術のフェーズに応じて、実行計画を着実に実施し、国際競争力を強化。 ・ 2050年の経済効果は約290兆円、雇用効果は約1,800万人と試算。



政策を総動員し、イノベーションに向けた、企業の前向きな挑戦を全力で後押し。

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 1 予算
・ グリーンイノベーション基金（2兆円の基金）
・ 経営者のコミットを求める仕掛け
・ 特に重要なプロジェクトに対する重点的投資 | 2 税制
・ カーボンニュートラル投資促進税制（最大10%の税額控除・50%の特別償却） | 3 金融
・ 多排出産業向け分野別ロードマップ
・ TCFD等に基づく開示の質と量の充実
・ グリーン国際金融センターの実現 | 4 規制改革・標準化
・ 新技術に対応する規制改革
・ 市場形成を見据えた標準化
・ 成長に資するカーボンプライシング |
| 5 国際連携
・ 日米・日EU間の技術協力
・ アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ
・ 東京ピوند・ゼロ・ウィーク | 6 大学における取組の推進等
・ 大学等における人材育成
・ カーボンニュートラルに関する分析手法や統計 | 7 2025年日本国際博覧会
・ 革新的イノベーション技術の実証の場（未来社会の実験場） | 8 若手ワーキンググループ
・ 2050年時点での現役世代からの提言 |

- 2050年カーボンニュートラル、2030年度温室効果ガス排出量46%削減という二つの野心的な目標に向け、グリーン成長戦略、エネルギー基本計画、地球温暖化対策計画、パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略を策定し、今後の進むべき方向性を示してきた。
- グリーンエネルギー戦略においては、**成長が期待される産業ごとの具体的な道筋、需要サイドのエネルギー転換、グリーンエネルギー中心の経済・社会、産業構造の転換、地域・くらしの脱炭素化**に向けた政策対応などについて整理。
- また、今回のロシアによる**ウクライナ侵略や電力需給ひっ迫も踏まえ、今後進めるエネルギー安全保障の確保と、それを前提とした脱炭素化に向けた対応も整理する。**

第1章 エネルギー安全保障の確保

ウクライナ危機・電力の需給ひっ迫を踏まえた対応

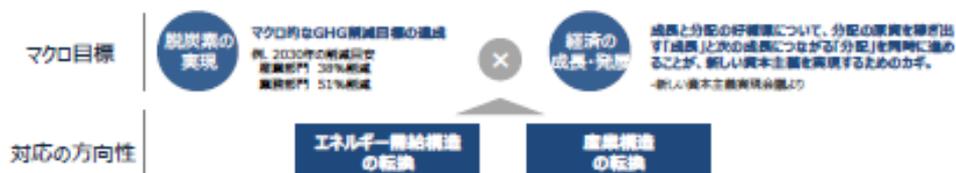
- ロシアによるウクライナ侵略を受け、G7各国は**ロシアへの制裁強化**に向け共同歩調。ロシアからの石炭・石油輸入のフェーズアウトや禁止を含む、**ロシア産エネルギーへの依存状態から脱却することをコミット**
- 3月22日、東京電力・東北電力管内において、**初めて需給ひっ迫警報を発令**。事案の検証と供給力確保、電力ネットワーク整備等の課題への対応が急務
- 短期的な脱ロシアのトランジション、中長期的な脱炭素のトランジションに向け、「**再エネ、原子力などエネルギー安保及び脱炭素効果の高い電源の最大限の活用**」など、**エネルギー安定供給確保に万全を期し、その上で脱炭素の取組を加速**

エネルギー政策の今後の方向性

資源燃料	・化石燃料のロシア依存度低減・燃料供給体制の強化 ・レアメタルの安定供給体制強化・メタンハイドレートの商用化に向けた技術開発や、国内海洋における資源確保
電力の安定供給	・リスクを踏まえた供給力の確保・電源確保のための市場整備等 ・需給ひっ迫時の実効性ある需要対策
省エネ・燃料転換	・省エネ投資促進・ヒートポンプなど熱利用の高効率・脱炭素化 ・住宅・建築物の省エネ規制の強化・電動車・インフラの導入促進
原子力	・再稼働の推進等・バックエンド対策・研究開発、産業基盤の強化
再エネ	・再エネの最大限導入に向けた取組・地域間連系線の増強 ・デジタル化による系統運用の高度化・蓄電池・DRの推進
水素・アンモニア	・大規模サプライチェーンの構築 ・既存燃料とのコスト差・インフラ整備を踏まえた支援
港湾	・カーボンニュートラルコンビナート・ポートの構築推進
CCUS	・2030年までのCCS事業化に向けた事業環境整備（国内法整備、政府支援策等） ・カーボンサイクルの技術開発や実用化の推進

第2章 炭素中立型社会に向けた経済・社会、産業構造変革

- 脱炭素の実現と同時に、日本経済の成長・発展を実現していく必要。現在の**エネルギー需給構造を転換**することに加え、**産業構造も大幅に転換**していくことが重要



第1節 エネルギーを起点とした産業のGX

- 2050年カーボンニュートラルに向けては、国内外のビジネス環境（国内のインフラ制約、設備投資、国内外の規制等）、国内外各産業の**市場規模を踏まえて、脱炭素手段の需給バランスや競争関係・補完関係の変化を見極めることが重要**
- グリーンエネルギー分野における国際的な競争を勝ち抜けるよう、**水素・アンモニアなどの成長が期待される分野において、投資の予見可能性を確保し、大規模な投資を引き出す**

水素・アンモニア

- ・ 早急な**サプライチェーン構築、導入拡大、商用化**に向け、既存燃料との製造・輸送・貯蔵に要するコスト差を踏まえた**支援措置と貯蔵用タンク・パイプライン等の共有インフラ整備**を合わせて進めるための詳細検討を行う
- ・ 水素・アンモニアの新合成技術や、水素の発電分野における実証、運輸部門におけるインフラ整備、アンモニア高濃焼・専焼バーナー等の技術開発・実証等を進める

洋上風力

- ・ 洋上風力産業ビジョンの策定による**投資の呼び込みや、プロジェクトの案件形成を加速化**により、**国内需要を創出・育成**する
- ・ アジア市場を中心とした**海外市場を獲得**するため、**国際連携や国際標準化**を推進

蓄電池

- ・ 液系LiB電池の生産能力を強化し、2030年に我が国企業全体でグローバル市場において600GWhの製造能力確保することを目標に、**海外市場でのプレゼンスを再度拡大**。2030年頃までに、**全固体電池を本格実用化**し、我が国が技術リーダーの地位を維持・確保
- ・ 国内市場では、2030年までに、**蓄電池・材料の国内製造基盤150GWhの確立**を目標に、**蓄電池の製造能力拡大や、定額用蓄電システムの普及**に向けた基盤整備を進める

原子力

- 供給途絶の危機にある技術・サービスの継承やデジタル技術の活用等による**サプライチェーン・技術・人材維持**の取組を支援
- 高温ガス炉や高速炉等の**革新炉の世界標準の獲得**、国際プロジェクトにサプライヤが効果的に参入できるような**戦略的チーム編成**、**海外規格の認証取得**や**海外拠点の案件マッチング**を通じたサプライヤのビジネス機会創出を支援

カーボンサイクル

- 天然ガス火力や工場等の低濃度（10%以下）のCO2分離回収技術の早期確立**に向け、低エネルギーでの分離回収を可能とする**革新的な素材開発やシステム技術等の実証**を推進
- CO2を用いたコンクリート製造や、セメント製造プロセスの脱炭素化について、技術開発による**コスト低減**、**ライセンス事業**を通じた国内外への販路拡大、**国内・国際標準化**や**ガイドライン**を通じた付加価値の明確化等に取り組む
- SAE**、**合成メタン**、**合成燃料**、**グリーンLPG**の普及拡大に向け、**製造技術の開発**、**サプライチェーンの構築**、**必要な環境整備**を進める
- カーボンサイクルプラスチック**の普及拡大のための**資源循環を確立**するための社会基盤を構築。
- バイオものづくり**では、バリューチェーンの段階それぞれのプラットフォーム技術を確保したプレーヤーを育成し、**付加価値の源泉**を掘る

鉄鋼

- 水素還元製鉄等の**革新的な技術開発**・**社会実装**を加速するとともに、OPEXの抑制も図りながら、省エネや電化を含む**製鉄プロセスにおけるエネルギー転換**に繋がる**設備投資**を促進

自動車

- 2035年までに新車販売で電動車100%を目標に、**多様な選択肢を追求**、**蓄電池の大規模製造拠点の国内立地推進**、**電動車の購入・インフラ整備支援**、**中小サプライヤー等の前向きな業態転換支援**など、エネルギー構造転換に向けた取組を推進
- トランジション・ファイナンス**の推進、**水素・CR燃料**の普及拡大、**熱プロセスの脱炭素化**、**ストックでのCO2削減**等を進める

運輸

- 国際海運2050年カーボンニュートラル**実現に向け、**水素・アンモニアを燃料とするゼロエミッション船の技術開発支援**を行いつつ、普及に向けた**国内生産基盤を強化**するとともに、**IMOでの議論を主導**
- 2030年SAF10%使用の他、**水素航空機コア技術等の脱炭素化に係る新技術の開発・導入**を促進
- 鉄道資産の活用**や**沿線地域が連携する形での再エネ導入**、**燃料電池鉄道車両の開発・導入**を推進

住宅・建築物、インフラ

- 2030年以降の**新築住宅・建築物のZEB/ZEH水準**の省エネ性能確保に向けた**規制の強化**を行う
- カーボンニュートラルポート**の形成に向け、**新技術導入のための実証事業**等を進める
- 革新的建設機械**による建設時の省エネ、**公共事業での省CO2に資する建設材料**の活用を促進

食料・農林水産業

- 「**みどりの食料システム戦略**」に基づき、**調達から生産、加工・流通、消費**までの変革を推進し、**持続可能な生産と消費**を通じた新たな市場を国内外に創出し、**日本発の新たな国際協調**につなげる

CCS

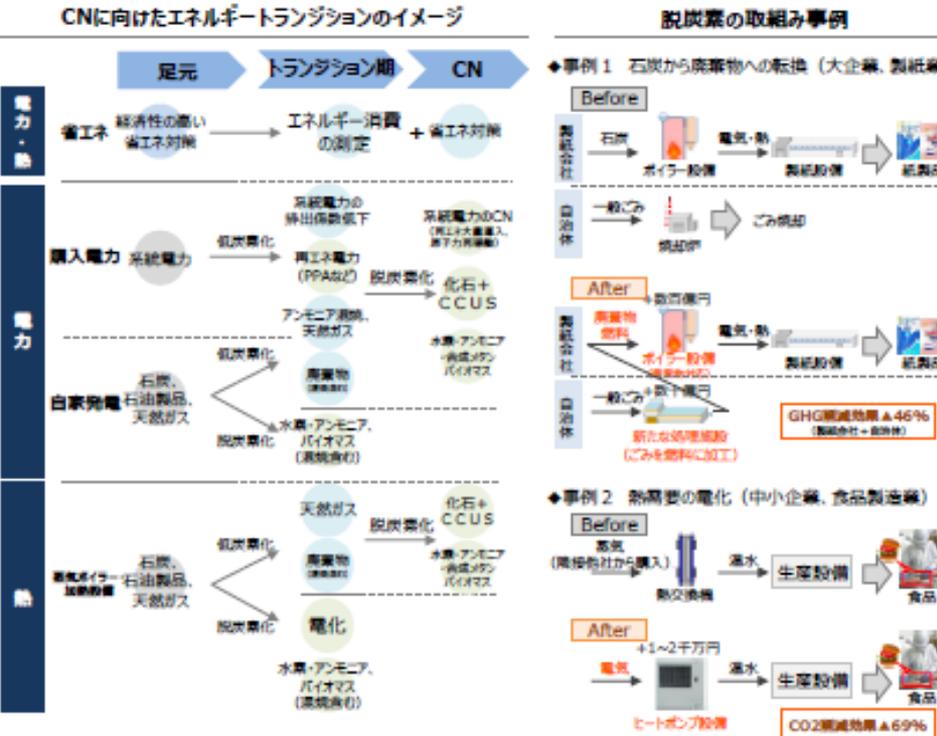
- 2030年までの**CCS事業開始**に向け、**法整備**を含めた**事業環境整備**を進める

ネガティブエミッション

- 低コスト化や省エネルギー化に向けた研究開発とともに、**産業化につなげるための初期需要創出**や**ポテンシャルカーボンクレジット市場**における導入拡大を促す

第2節 産業のエネルギー需給構造転換

- 徹底した省エネを追求し、CO2フリーなエネルギー消費へ転換していく方向性は業種横断で共通の考え方**。その上で、**利用可能な技術、サプライチェーン上の位置づけ**などに応じて、**カーボンニュートラルへの道筋は異なり、自社の置かれた環境を踏まえて、適切なトランジションを描き、設備投資を進める必要**
- 中小企業については、温室効果ガス排出量の「見える化」の促進、カーボンニュートラルに向けた設備投資の促進のため、地域の金融機関や中小企業団体等の支援人材育成等を図りつつ「プッシュ型」で支援施策を紹介して促進**



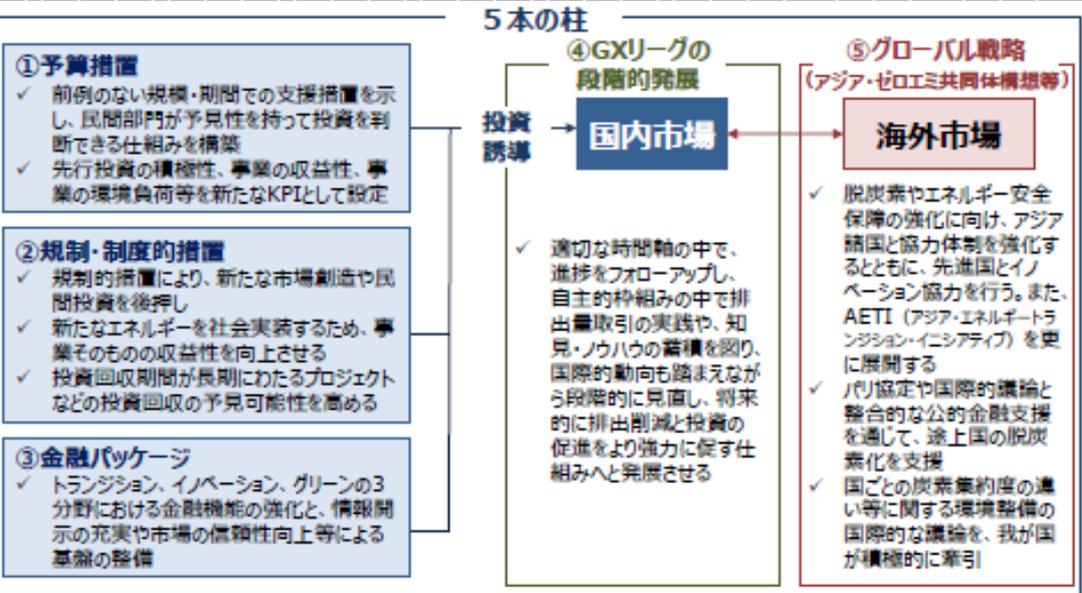
第3節 地域・くらしの脱炭素に向けた取組

- 地域の脱炭素トランジションは、**経済社会全体やエネルギーインフラのトランジションの時間軸を俯瞰して推進**すべき。地方自治体をはじめとした**関係者の主体的な取組を促進**する
- 再エネを含め、各地域の**特色ある地域資源を最大限活用**し、**地域経済を循環**させ、**防災や暮らしの質の向上**など**地域課題解決**に貢献するよう、**Win-Win**を進める
- 消費者の意識・行動の変化も重要**、**脱炭素に資する製品・サービスの需要を拡大**させ、さらなる**経済社会変革**につなげていく
- 資源循環関連産業の発展**、**生物多様性への負荷低減**、**気候変動適応の取組**を**脱炭素と同時に進め**、**炭素中立型の経済社会への転換**に貢献

第4節 GXを実現するための社会システム・インフラの整備に向けた取組

- 炭素中立型社会に向けた今回の転換は、産業革命以来の化石燃料中心の経済・社会、産業構造をグリーンエネルギー中心に移行させるものであり**大規模な投資が必要**。投資の予見可能性を高めるためのロードマップを含めた「**成長志向型カーボンプライシングの最大限活用**」と「**規制・支援一一体型の投資促進策の活用**」の基本コンセプトのもと、政策の骨格は次の5本の柱を軸に構成し、**年末に向けて更なる具体化を図る**。

GXの実現



脱炭素に必要な投資額

- 主要な分野における脱炭素に関連する投資額を、それぞれ一定の仮定のもとで積み上げた場合、2050年CNに向けた必要な投資額は、**2030年単年で約17兆円、今後10年で約150兆円**

脱炭素関連投資	年間 約17兆円	10年間で約150兆円
電源脱炭素化 / 燃料転換	約5兆円	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 再エネ 約2.0兆円 ✓ 水素・アンモニア 約0.3兆円 ✓ 蓄電池の製造 約0.6兆円
製造工程の脱炭素化等	約2兆円	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製造工程の省エネ・脱炭素化 約1.4兆円 ✓ 産業用ヒートポンプ、コージェネ設備等の導入 約0.5兆円
エンドユース	約4兆円	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 省エネ性能の高い住宅・建築物の導入 約1.8兆円 ✓ 次世代自動車等の導入 約1.8兆円
インフラ整備	約4兆円	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 系統増強費用 約0.5兆円 ✓ 電動車用インフラ整備 約0.2兆円 ✓ デジタル社会への対応 約3.5兆円
研究開発等	約2兆円	<ul style="list-style-type: none"> ✓ カーボンサイクル 約0.5兆円 ✓ カーボンニュートラルに資する製造工程の開発 約0.1兆円 ✓ 原子力 約0.1兆円 ✓ 先進的なCCS事業の実施 約0.6兆円

(参考) GXリーグの段階的發展

GXリーグ構想

GXリーグ (440社が賛同)

- ✓ GXリーグでの取組
 - 2050年カーボンニュートラルのサステイナブルな未来像を議論・創造
 - カーボンニュートラル時代の市場創造やルールメイキングを議論 (例: CO2ゼロ商品の認証制度等)
 - カーボンニュートラルに向けて掲げた目標に向けて自主的な排出量取引を行う

カーボン・クレジット市場

- ✓ 企業由来
 - GXリーグ参加企業による削減価値クレジット
- ✓ プロジェクト由来
 - J-クレジット
 - JCM
 - 質の高い海外ボランタリークレジット (国際標準クレジット) 等

GXリーグの段階的發展に向けた論点 (例)

- ・ 排出量取引の実施方法
- ・ 多排出事業者を含め、更なる賛同者の拡大のための仕掛け
- ・ より野心的な削減目標の設定や、排出削減に向けた投資拡大を引き出す仕掛け
- ・ GX市場創造 (初期需要等) 等の仕掛け (企業の実践状況も加味)
- ・ 取引の厚みの増加や、吸収・除去クレジット創出拡大、国際的なカーボンプライシングを巡る議論や海外におけるカーボンクレジット動向への適切な対応

実現に向けた社会システム・インフラの整備

共通基盤

デジタル化に向けた環境整備

- ✓ 以下を両輪で、デジタル化に向けた環境整備を推進
 - デジタルを実装した社会構造の構築
 - ・ 共助の思想に基づきデジタル生活基盤の再構築
 - ・ デジタル時代に即した規制・制度変更
 - デジタル化を加速するための研究開発

イノベーションの創出・社会実装

- ✓ 未だ技術開発が進んでいない新領域での研究開発を進める
- ✓ スタートアップの活用による社会実装の担い手の多様化、初期需要創出枠組みの主導、国際ルール形成支援に取り組む
- ✓ 優れたシーズ創出のためのアカデミアのエコシステムを形成

社会人・研究者育成、初等中等教育

- ✓ 初等中等教育から高等教育までのエネルギー・環境分野に関する教育の場の提供やリカレント教育の充実といった取組をシームレスに進めていく
- ✓ 若手研究者と企業との共同研究の支援や、企業における処遇の適正化に取り組む

地域・くらしの脱炭素、資源循環等の取組

- ✓ 先行的取組の深化・加速化、地域主導の脱炭素移行、地域脱炭素を推進する人的資本投資等に取り組む
- ✓ 消費者の嗜好を通じ、脱炭素に資する高付加価値な製品・サービスの需要を高め、脱炭素化と経済成長の好循環を実現

概要

- **今そこにある危機**, この10年が決定的に重要自然災害の経済損失米\$2320億(2019), 気温上昇+1.5°Cで降雨量+10.5%, 頻度1.5倍に。
- 1.5°C目標と各国コミット削減目標とのGap埋め:2030年は市場化された技術の普及82%、2050年は市場化技術50%、開発中技術46%。
- IAEA(国際エネルギー機関)CN道標:化石燃料ボイラー新規販売停止'25,新車販売60%EV'30、エンジン車販売停止'35,既存建物50%ゼロC'40
- 世界の動き・日本の動き・日本の弱みの克服

日本の国・企業・自治体の動き

- 建築物木材利用促進法改正('21),省エネ法等改正('22):電気需要最適化・大型蓄電池発電)
- 日本企業でRE100(事業用電力100%再エネ)は77社('22.12.18),JERA,JR東本,JAL,ANA,INPEX,出光興産ほか2050CNと2030目標を表明。
- 東京・京都・横浜等804自治体が2050CO₂排出ゼロを表明('22.11),自治体・企業・大学等共同提案で脱炭素先行自治体46('22.4/11)を選定
- 東京はゼロエミッション2050に加え、2030カーボンハーフ,使用電力の再エネ比50%、新築建築への一定量太陽光発電設置条例。

グローバルイニシアティブ(企業中心に)

- **TCFD**(気候変動関連財務情報開示):気候変動のリスクと機会の財務会計影響を各社開示。
- **SBTi**(科学ベース気候目標を設定した組織・企業間共同イニシアティブ)で4237(日本332)社参加。
- **SCOPE3**(サプライ/バリューチェーンからの排出量を2050迄に実質ゼロを取引・融資先に目標化)
- 特定分野イニシアティブ(主要国が企業を巻き込み途上国の公正な特定ゼロカーボン支援)
- **JETP:Just Energy Transition Partnership**
- **First Movers Coalition**(CN達成に必要な初期需要創出のため企業・政府協働COP26で開始)

日本の課題と処方箋

- 電力分野変革の技術革新など供給側から、需要側対策(住宅・建築・モビリティ脱炭素)へ
- 脱炭素社会への構造変化=トランジション実現は経営責任、政府は社会改革支援策を。
- 脱炭素価値の見える化・株主説得の為にもカーボンプライシングと炭素税を早期導入
- クリーンテック特許世界一だがイノベーション商業化に遅れる日本の弱み克服策を!!
- エネルギーシステム転換で、資源から技術への地政学的変化自覚が日本国民に必要

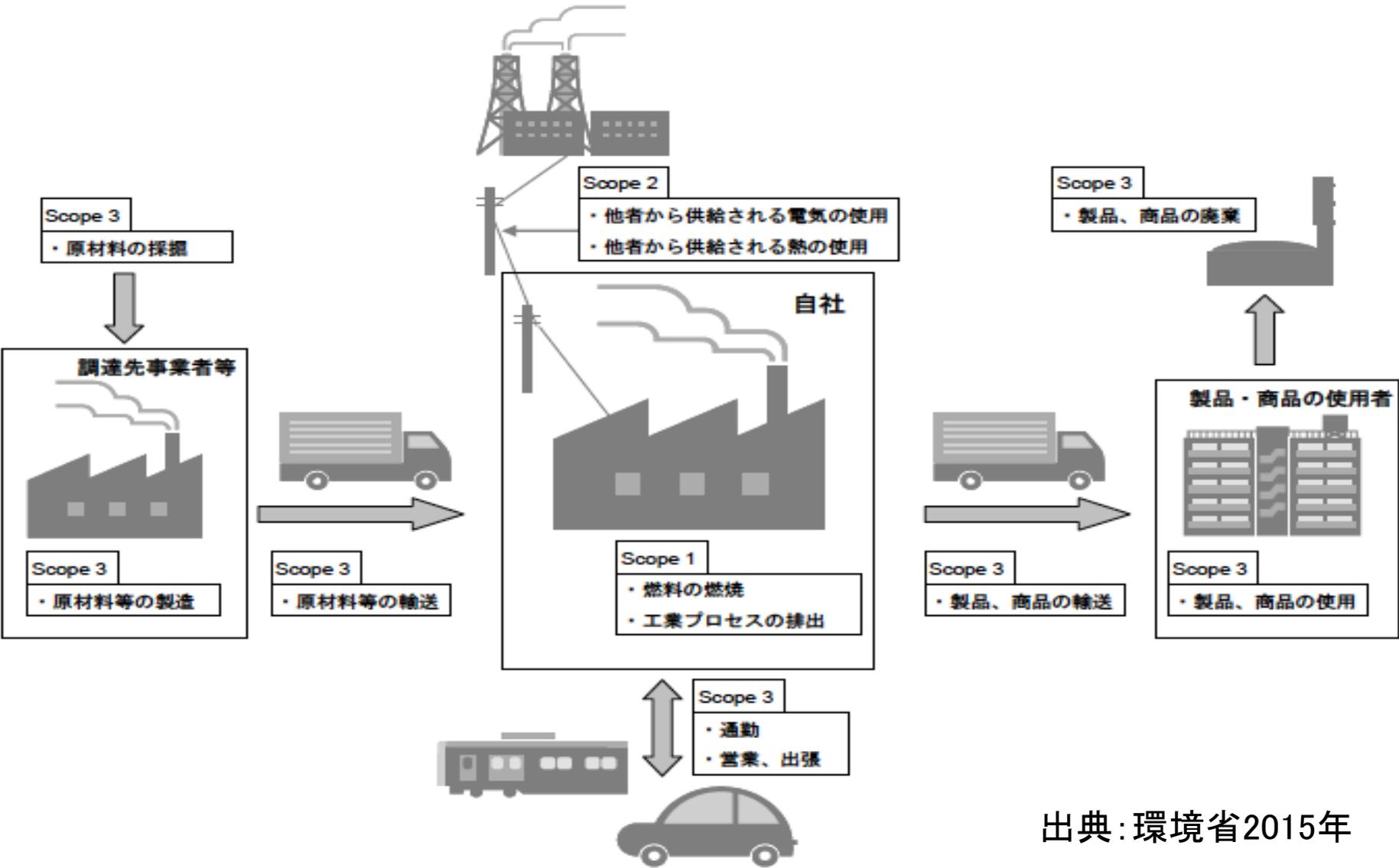
特定分野のイニシアティブの例(1)

イニシアティブ	概要
石炭からクリーン電力への移行声明	<ul style="list-style-type: none"> ・主要経済国は2030年代までに、世界全体で40年代には石炭火力廃止 ・韓国(石炭火力設備容量世界5位)、インドネシア(同7位)、ベトナム(同9位)、ポーランド(同13位)を含む46カ国、地方政府、EDF、Engieなどの民間企業・団体も参加
南アフリカとの公正なエネルギー移行国際パートナーシップ(JETP)	<ul style="list-style-type: none"> ・南ア、フランス、ドイツ、英国、米国、EUによる ・南アの、特に、電力システムの脱炭素化、公正な移行を長期的に支援。第一段階として3-5年で850億米ドルを動員
石油・ガス生産廃止同盟	<ul style="list-style-type: none"> ・石油とガスの生産の段階的廃止を促進 ・デンマーク、コスタリカ主導。フランス、スウェーデンなど参加
クリーンエネルギーへの移行のための国際的な公的支援に関する声明	<ul style="list-style-type: none"> ・英国、米国、カナダ、ドイツ、フランス、イタリア、EU、欧州投資銀行など39の国や金融機関が参加 ・クリーンエネルギーへの移行支援を十分に優先 ・2022年末までに対策がとられていない化石燃料エネルギー部門への国際的な新規の公的直接支援を終了(例外は1.5°C目標と整合するごく限定的な場合のみ)
100%ゼロエミッション乗用車・バンへの移行加速宣言	<ul style="list-style-type: none"> ・先行市場では2035年までに、遅くとも2040年までに、販売される乗用車・バンの新車をゼロエミッションにする ・38カ国に加え、地方政府、都市、自動車メーカーなどが参加
2050年までのゼロエミッション海運に関する宣言	<ul style="list-style-type: none"> ・国際海事機関(IMO)での努力を含め、2050年までに国際海運からの排出のゼロエミッション実現をめざす ・英国、米国、ノルウェー、パナマなど14カ国による
国際航空気候同盟(International Aviation Climate Coalition)	<ul style="list-style-type: none"> ・1.5°C目標をめざす。それと整合的なICAOの2050年ネットゼロ目標を支持 ・CORSIAの最大限の実効性を確保 ・日本、英国、米国をふくむ23カ国

TCFDによる開示推奨項目

開示項目	ガバナンス	リスク管理	戦略	指標と目標
項目の詳細	気候関連のリスクと機会に関わる 組織のガバナンス を開示	気候関連の リスク について 組織がどのように選定・管理・評価しているか について開示	気候関連のリスクと機会が 組織のビジネス・戦略・財務計画 に与える 実際 の及び 潜在的な影響 について、重要な場合には開示	気候関連のリスクと機会を評価・管理する際に 使用する指標と目標 を、重要な場合には開示
推奨される開示内容	a) 気候関連のリスクと機会についての 取締役会による監視体制 を説明	a) 組織が気候関連の リスクを選定・評価するプロセス を説明	a) 組織が選定した、 短期・中期・長期の気候変動のリスクと機会 を説明	a) 組織が、自らの戦略とリスク管理プロセスに即し、 気候関連のリスクと機会を評価する際に用いる指標 を開示
	b) 気候関連のリスクと機会を評価・管理する上での 経営者の役割 を説明	b) 組織が気候関連の リスクを管理するプロセス を説明	b) 気候関連のリスクと機会が 組織のビジネス・戦略・財務計画 に及ぼす 影響 を説明	b) Scope1、Scope2及び該当するScope3の温室効果ガス排出 について開示
		c) 組織が気候関連 リスクを選定・評価・管理するプロセスが組織の総合的リスク管理にいか に統合されるかについて説明	c) 2°C未満シナリオを含む 様々な気候関連シナリオ に基づく検討をふまえ、 組織の戦略のレジリエンス について説明	c) 組織が気候関連 リスクと機会を管理するために用いる目標及び目標に対する実績 について説明

サプライチェーン・バリューチェーンからの排出量 = Scope 3排出量



出典:環境省2015年

**カーボンニュートラル(CN)のための
新技術開発・研究開発(略称CN技術)調査委員会
活動報告書**

2023年3月

一般社団法人技術同友会

CN技術調査委員会

目次

1. 本委員会の調査活動概況	3
1.1 調査テーマと部門別・分野別CN 技術の選び出し.....	3
1.2 温暖化ガス総排出量(部門別排出量)削減と日本のCN技術テーマ.....	7
1.3 エネルギー分野別のCN技術テーマ.....	8
1.4 CN技術イノベーションの相互連関性とその背景.....	9
2. 2022年時点の日本のCN技術(クリーンテック)の現況	10
2.1 CN技術調査委員会の講演・討議要約について.....	10
2.2 CNを目指す次世代自動車への取組み.....	13
2.3 次世代太陽電池(ペロブスカイト)への取組み.....	15
2.4 原子力技術:エネ自己決定力とGXのけん引役.....	16
2.5 CNに対する日本的取り組みの特徴・強みと弱み・処方箋.....	17
2.6 日本のCN 技術開発・イノベーション政策.....	18
2.7 CNに向かう世界の課題と技術への期待.....	19
3. 謝 辞	21

1. 本委員会の調査活動概況

1.1 調査テーマと部門別・分野別CN 技術の選び出し

○調査期間 (2021.12～2022.12)

前半：技術同友会会員企業や関連企業から2030GHG46減達成に貢献し得る
独自技術の最新開発状況をリアル／オンラインハイブリッドで幅広く講演を伺った。

後半：2050年カーボンニュートラルに係る革新的研究開発について、大学・研究機関など
幅広いメンバから講演を伺い、メンバー討議を行った。

○毎月のテーマと講師は図表 1「本委員会活動一覧」のとおり。

テーマの選定は図表 2 の部門別CO₂排出量の多い部門に係るCN技術から順に選定。

○また、時宜を捉え、CNに係る内外情勢について、非技術分野(カーボンプライシング/
炭素税・排出量取引、産業構造抜本転換等)も含め、幅広い専門家からご講演いただき、
調査活動の方向づけ、提言テーマとりまとめに資することができた。

1.2 温暖化ガス総排出量(部門別排出量)削減と日本のCN技術テーマ

○取り上げたCN 技術テーマとCO₂排出量の産業部門/事業分野との対応を図表 3 に整理。

1.3 エネルギー分野別のCN技術テーマ

○エネルギー分野別に見た時の各CN技術テーマを図表4に分類整理。

1.4 CN技術イノベーションの相互連関性とその背景

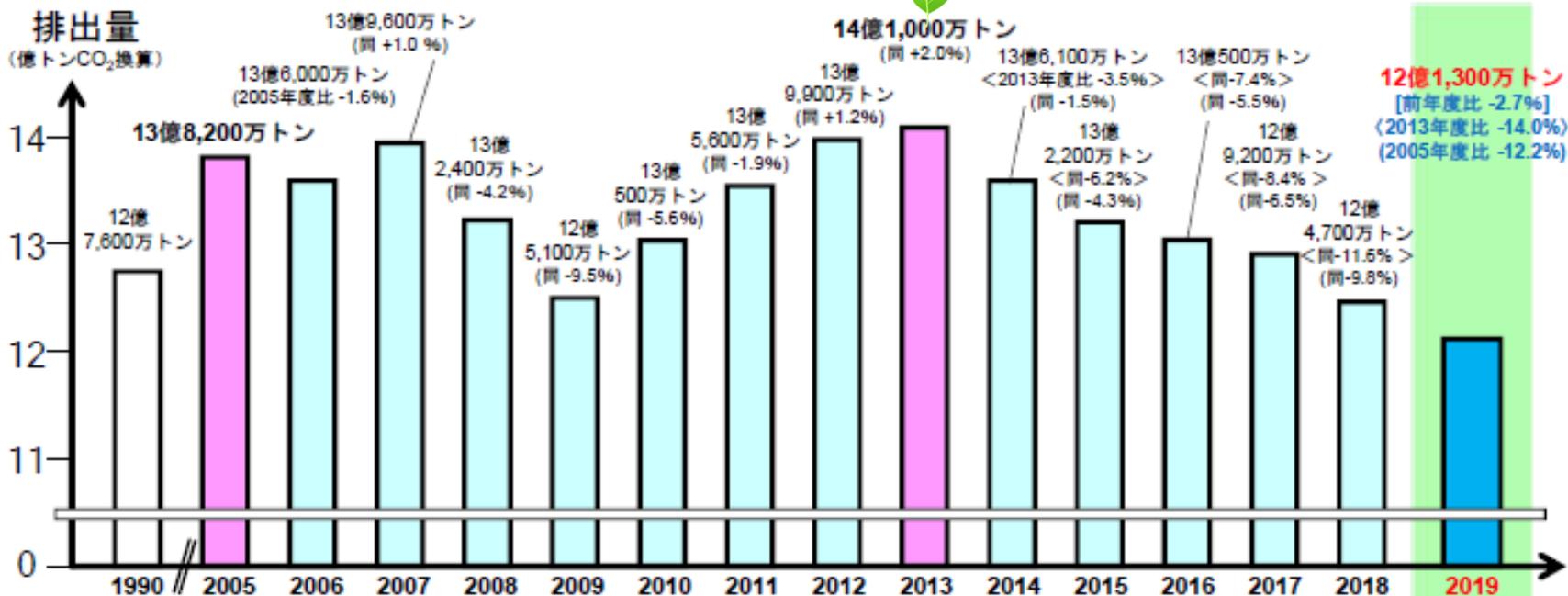
○主要CN技術の相互関係とエネルギー転換の関係と課題を背景動向等を含め図表 5 で解説。

【図表 1 技術同友会カーボンニュートラルのための新技術開発・研究開発調査委員会の活動一覧】

年月	ステージ	イベント	講師	テーマ/内容	
2021.9～11	準備	委員会設置 コア1、2	2030GHG46減 by 産業新技術	2050 CN by 革新的研究開発	CN内外動向・技術政策・全体像
12	46減	CN 1	IHI 須田俊之戦略技術統括本部プログラムディレクター	燃料アンモニア混焼/専焼火力発電	
2022.1	内外動向	CN 2 コア3	日本エネルギー経済研究所 小山堅専務理事	CNの課題・エネルギー情勢と日本型ボトムアップ戦略	
2	46減 産業技術	CN 3	旭化成 竹中克上席執行役員研究・開発本部長	総合化学のCN、CO ₂ 分離回収、CO ₂ ケミストリー	
3		CN 4 コア4	川崎重工 西村元彦執行役員水素戦略副本部長	液化水素供給国際戦略/つくる/はこぶ/貯める/使う	
3		月例卓話	国交省港湾局西尾保之産業港湾課長	港湾からの脱炭素化 CNポートの形成に向けて	
4		CN 5 コア5	トヨタ 秋山晃クルマ開発センター副センタ長	トヨタ2050CN全方位戦略BEV, PHEV, FCEV, H2エンジン	
5		CN 6 コア6	日鉄総研 齋藤公児シニアフェロー	鉄鋼産業のCNへの取組COURSE50・水素還元・CCUS	
6	2050 CN	総会卓話	三菱ケミカル 瀬戸山亨 Executive Fellow	人工光合成技術開発の現状と展望 経済合理性を	
7		CN 7 コア7	日本CCS調査 石井正一顧問, 内閣府SIP-PD(革新的深海資源調査)	海洋SIP/レアアースと海洋玄武岩CCS	
7		CN 8 コア8	豊田中央研究所森川健志シニアフェロー Beyond-X 研究部門	CO ₂ と水から有機物を合成する人工光合成	
8	技術政策	CN 9	内閣府 覺道崇文審議官 (科学技術・イノベーション推進事務局)	CNを巡る日本の科学技術・イノベーション政策	
9	革新的研究開発	CN10 コア9	NEDO 臼田浩幸蓄電技術開発室長	次世代2次電池の研究開発状況(車載用固体電池を中心に)	
10		CN11 コア10	港湾空港技研 桑江朝比呂沿岸環境研究領域長 農水省 岩間浩大臣官房審議官(技術・環境)	ブルーカーボン(沿岸藻場)・グリーンカーボン(森林)	
11		CN12 コア11	宮坂力桐蔭横浜大特任教授 東大先端科学技術研究CFフェロー	ペロブスカイト太陽電池の開発動向と可能性	
12		CN13	山口彰 原子力安全研究協会理事 東大名誉教授・原子力学会長(第43代)	原子力技術 エネルギーの自己決定力とGXの牽引力	
12	全体像	CN14 コア12	高村ゆかり東大未来ビジョン研究センタ教授	CNに向かう世界 その課題と技術への期待	
2023.1	まとめ	CN15 コア13	提言・調査報告書案討議		
2～3		幹事会・月例会	委員会提言案審議・委員会提言プレゼン		

我が国の温室効果ガス排出量（2019年度速報値）

- 2019年度（速報値）の総排出量は**12億1,300万トン**
- （前年度比 **-2.7%**、2013年度比 **-14.0%**、2005年度比 **-12.2%**）
- 温室効果ガスの総排出量は、**2014年度以降6年連続で減少**しており、排出量を算定している**1990年度以降、前年度に続き最少を更新**。



注1 2019年度速報値の算定に用いた各種統計等の年報値について、速報値の算定時点で2019年度の値が未公表のものは2018年度の値を代用している。また、一部の算定方法については、より正確に排出量を算定できるよう同確報値に向けた見直しを行っている。このため、今回とりまとめた2019年度速報値と、2021年4月に公表予定の2019年度確報値との間で差異が生じる可能性がある。なお、確報値では、森林等による吸収量についても算定、公表する予定である。

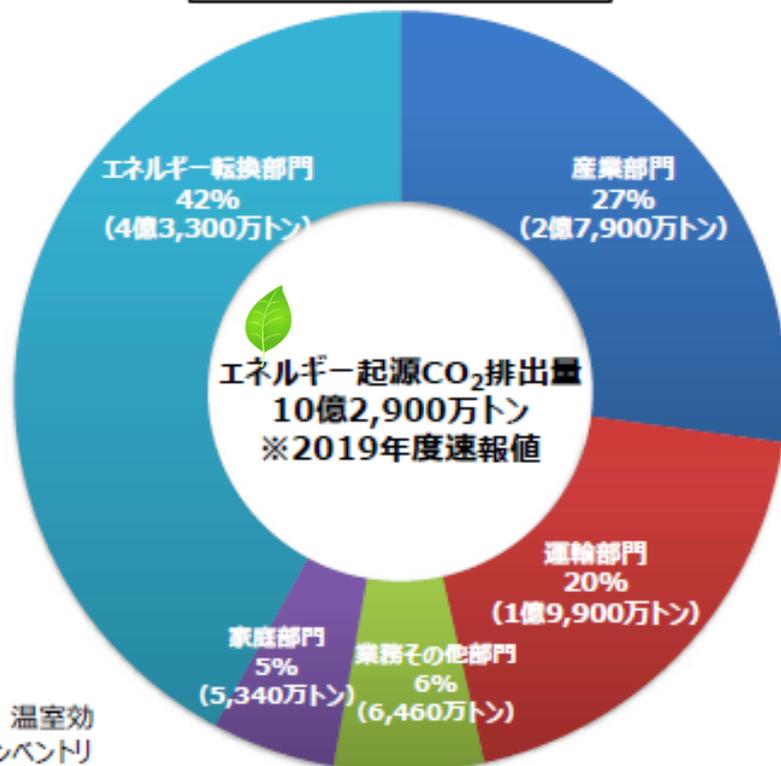
注2 各年度の排出量及び過年度からの増減割合（「2013年度比」）等には、京都議定書に基づく吸収源活動による吸収量は加味していない。

エネルギー起源CO₂排出量の部門別内訳

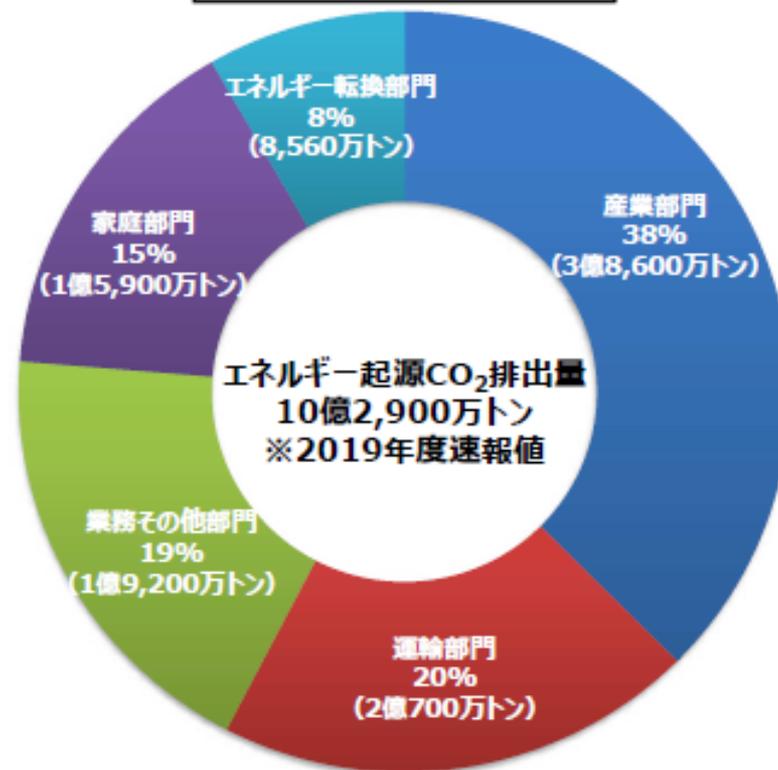
図表2

- 我が国のエネルギー起源CO₂排出量を部門別に見ると、電気・熱配分前排出量*¹では、エネルギー転換部門からの排出が最も多く、全体の約4割を占めている。
- 一方で、電気・熱配分後排出量*²では、産業部門からの排出が全体の4割弱と最も多く、次いで運輸部門、業務その他部門、家庭部門となっている。

電気・熱配分前排出量*¹



電気・熱配分後排出量*²



(出所) 温室効果ガスインベントリを基に作成

*1 発電及び熱発生に伴うエネルギー起源のCO₂排出量を、電気及び熱の生産者側の排出として、生産者側の部門に計上した排出量

*2 発電及び熱発生に伴うエネルギー起源のCO₂排出量を、各最終消費部門の電力及び熱の消費量に応じて、消費者側の各部門に配分した排出量

1.2 温暖化ガス総排出量(部門別排出量)削減と日本のCN技術テーマ

【2019エネ起源CO₂排出量約10.3億トン】

- ・エネルギー転換部門**
【42%】

 - ⇒ 燃料アンモニア混焼／専焼火力発電(IHI)
 - ⇒ 液化水素国際供給網 つくる/はこぶ/貯める/使う(川重)
 - ⇒ カーボンニュートラルポート(国交省)
 - ⇒ 次世代2次電池 (定置式・大容量、再エネ平準化用)
 - ⇒ 安全を大前提とする次世代原子力技術(原子力安全研究協会)
 - ⇒ 次世代太陽電池ペロブスカイト(桐蔭横浜大)
 - ⇒ 固定(着底)式・浮体式洋上風力発電
- ・産業部門** **鉄鋼分野**
【27%】 **化学分野**

 - ⇒ 鉄鋼産業のCOURSE50・水素還元製鉄・CCUS(新日鐵)
 - ⇒ 総合化学のCO₂分離回収・CO₂ケミストリー(旭化成)
 - ⇒ 人工光合成(水から水素+CO₂→有機物)(三菱ケミカル)
- ・運輸部門** **自動車分野**
【20%】

 - ⇒ BEV/PHEV/FCEV/H₂内燃機関の全方位戦略(トヨタ)
 - ⇒ 次世代2次電池 (車載用) (NEDO)
 - ⇒ 人工光合成(CO₂と水から有機物)(豊田中研)
- ・家庭部門**
【5%】

 - ⇒ 省エネ・創エネ・エネ自給 家庭用ペロブスカイト(桐蔭横浜大)
- ・温暖化ガス吸収**

 - ⇒ グリーンカーボン OECD諸国第2位森林面積活用(農水省)
 - ⇒ ブルーカーボン 沿海活用(港湾空港技研)
- ・希少資源確保**

 - ⇒ 世界6位領海/EEZ:深海レアアース・海洋玄武岩CCS(SIP)

1.3 エネルギー分野別のCN技術テーマ

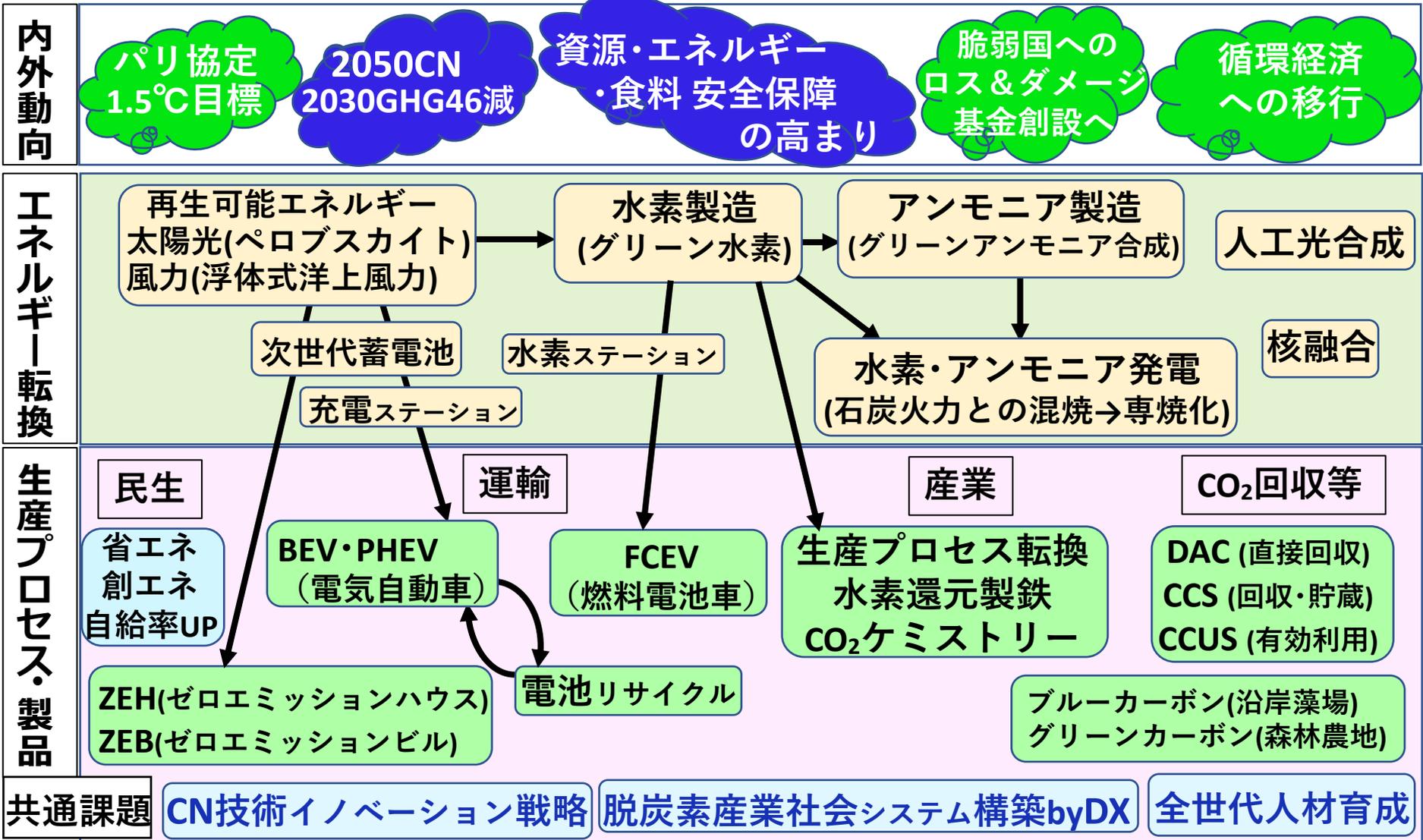
図表 4

発電電力量 (1兆kW h /2030)		CN技術・生産プロセス・製品など		
化石燃料 (41%)	石炭(19%)	(定常電力)	鉄鋼 Course50・水素還元 化学 CO ₂ 分離・CO ₂ ケミストリー CNポート/CNコンビナート 全方位車種/BEV/PHEV/FCEV/H2CE 次世代2次電池	
	石油 (2%)	燃料アンモニア <当面:ブルーアンモニア>		
	LNG (20%)	液化水素 <当面:ブルー水素>		
再生可能エネルギー (38%)	水力 (11%)	(変動電力)	* ペロブスカイト太陽電池 人工光合成 **洋上風力発電 [固定(着底)式・浮体式] <他: マリンバイオマス>	
	太陽光(16%) *			深海レアアース
	風力 (5%) **			<本来:グリーンアンモニア>
	地熱他(6%)			<本来:グリーン水素>
原子力 (22%)	核分裂炉 (22%)	次世代革新炉	<課題> <福島第一原発廃炉デブリ処理・損害賠償> <高レベル放射性廃棄物処理・保管> <Pu/Np等半減期が10万年を超える超ウラン核種の核変換技術>	
	核融合炉			

省エネ・創エネ・
エネ自給
CCS/CCUS
ブルーカーボン
グリーンカーボン

数字出典：6次エネ計30年見通し https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20211022_03.pdf (p73)

CN達成には、省エネ徹底・再エネ最大限導入でエネ自給へ、原発の再稼働、水素・アンモニアやCCUS(CO₂回収・貯留・有効利用)技術と脱炭素社会インフラ構築が不可欠



2. 2022年時点の日本のCN技術(クリーンテック)の現況

2.1 CN技術調査委員会の講演・討議要約について

○主要各社等のCN技術の概要を、技術の特徴、市場性・持続性、課題と処方箋の観点で要約し、2022年時点の日本のCN技術（クリーンテック）のスナップショットを付属資料として取りまとめた。本活動報告書では技術分野と内外情勢について各3テーマを例示し、現況の理解に供する。

【技術テーマの例示】

2.2 CNを目指す次世代自動車への取組み(トヨタ自動車 秋山晃クルマ開発センタ副センタ長)

2.3 次世代太陽電池(ペロブスカイト)への取組み(桐蔭横浜大 宮坂力特任教授)

2.4 原子力技術:エネ自己決定力とGXのけん引役(原子力安全研究協会 山口彰理事)

【内外情勢テーマの例示】

2.5 CNに対する日本的取組みの特徴・強みと弱み・処方箋 (IEEJ 小山堅専務理事)

2.6 日本のCN 技術開発イノベーション政策(内閣府 覚道崇文審議官)

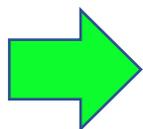
2.7 CNに向かう世界の課題と技術への期待(東大未来ビジョン研究センタ 高村ゆかり教授)

注) IEEJ : (一財)日本エネルギー経済研究所

2.1 CN技術調査委員会の講演・討議要約抜粋

(第I部) 2030GHG46減に対する企業等の取り組み

1. 燃料アンモニアによる石炭火力発電所のCO ₂ 削減技術	3
2. 液化水素国際供給とつくる・はこぶ・貯める・使う技術	7
3. 港湾からの脱炭素化～カーボンニュートラルポート(CNP)形成への取組	11
4. 鉄鋼業における脱炭素・水素・資源循環技術開発	15
5. 総合化学におけるCN、CO ₂ 分離回収、CO ₂ ケミストリー	19
6. CNを目指す次世代自動車開発への取り組み	23
7. 次世代2次電池技術開発への取り組み	27
8. 次世代太陽電池「ペロブスカイト」への取り組み	31
9. ブルーカーボン（沿岸藻場などでの温暖化ガス吸収）	35
10. グリーンカーボン（森林農地などでの温暖化ガス吸収）	39

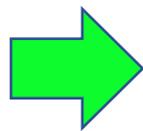


技術立国日本再生の切り札「CNニューディール」を果たすべく、脱炭素循環型社会への移行期(トランジション)に早期社会実装を実現できる官民挙げての強大なCN産業投融資政策が必要

本提言・報告書は、ご講演いただいた方々のご了解をいただき、次の条件のもと、著作権フリー引用自由で、技術同友会HPで公開しますので、以下の取り扱いを願います。

条件：引用される方は、「©技術同友会CN技術調査委員会」と明記のうえ、
eメール：jtech@jates.or.jpあて、引用通知を送付願います。

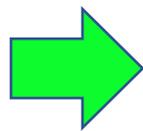
11. 人工光合成の技術開発の現状と展望 ～経済合理性のあるCN技術を目指して	43
12. CO ₂ と水から有機物を合成する人工光合成	47
13. CNに対応する次世代原子力技術の役割	51
14. ブルーリソース(海洋底レアアースと海洋玄武岩CCS)の取組	55



脱炭素循環型社会への転換期（トランスフォーメーション）に企業リスクを軽減する、産学連携による革新的研究開発プロジェクト支援で、早期の技術確立・実証実験を促進

(第III部) グローバルな情勢と日本の政策的取組み

15. CNを目指す「日本的取り組み」の特徴、強みと弱みと処方箋	59
16. 日本政府のCNを巡る科学技術・イノベーション政策	63
17. CNに向かう世界～その課題と技術への期待	71



日本イノベーションの弱みを克服し、競争力のある日本CN技術(Clean Tech)を立ち上げるため、炭素税などを原資とする日本の社会実装を早期実現し、グローバルパートナーと世界標準化し、脱炭素社会を目指す

CN 技術調査委員会で講演いただいた講師の方々に本資料記載の内容の査閲をいただきました。
また代表的スライド3枚の複写使用の許可をいただいておりますが、本資料の編集責任は、一般社団法人技術同友会「カーボンニュートラルのための技術開発・研究開発調査委員会」にあります。

2.2 CNを目指す次世代自動車開発への取組み/トヨタ自動車(株)

概要

- 日本の部門別CO₂排出量11.1億t(2019)のうち運輸部門は18.6%を占め、更なる取組必須。
- 世界の再エネ率(平均電力比)は2030年でも地域差大(欧60%:中44%:北米40%:Africa36%)。
- BEV/PHEV/FCEV/H₂CEなどパワートレーン別CO₂排出量は地域の電気・水素製造法で変化
- LCA(Life Cycle Assessment材料-部品-車両の製造-走行-リサイクル-廃棄)でCO₂ゼロを目指す。
- グローバルに「サステイナブル&プラクティカル」なクルマを地域にあわせ提供。

技術の特徴

- 電動化のコア技術(モータ/バッテリー/パワーコントロールユニット)とe-TNGAで車両全体効率設計し、電費改善・開発期間短縮でコスト低減。
- 水素、e-fuel バイオ燃料などCN燃料使用内燃機関(エンジン)や燃料電池・水素タンクと電動化コンポーネントの多彩組合せ実現。
- 燃料電池セル出力密度5.4 kW/L,水素搭載量5.6kg,航続850km,コスト1/3(当初MIRAI比)
- ルーフソーラーP発電,走行1800km相当(bZ)
- 次世代固体2次電池は量産化課題解決が鍵

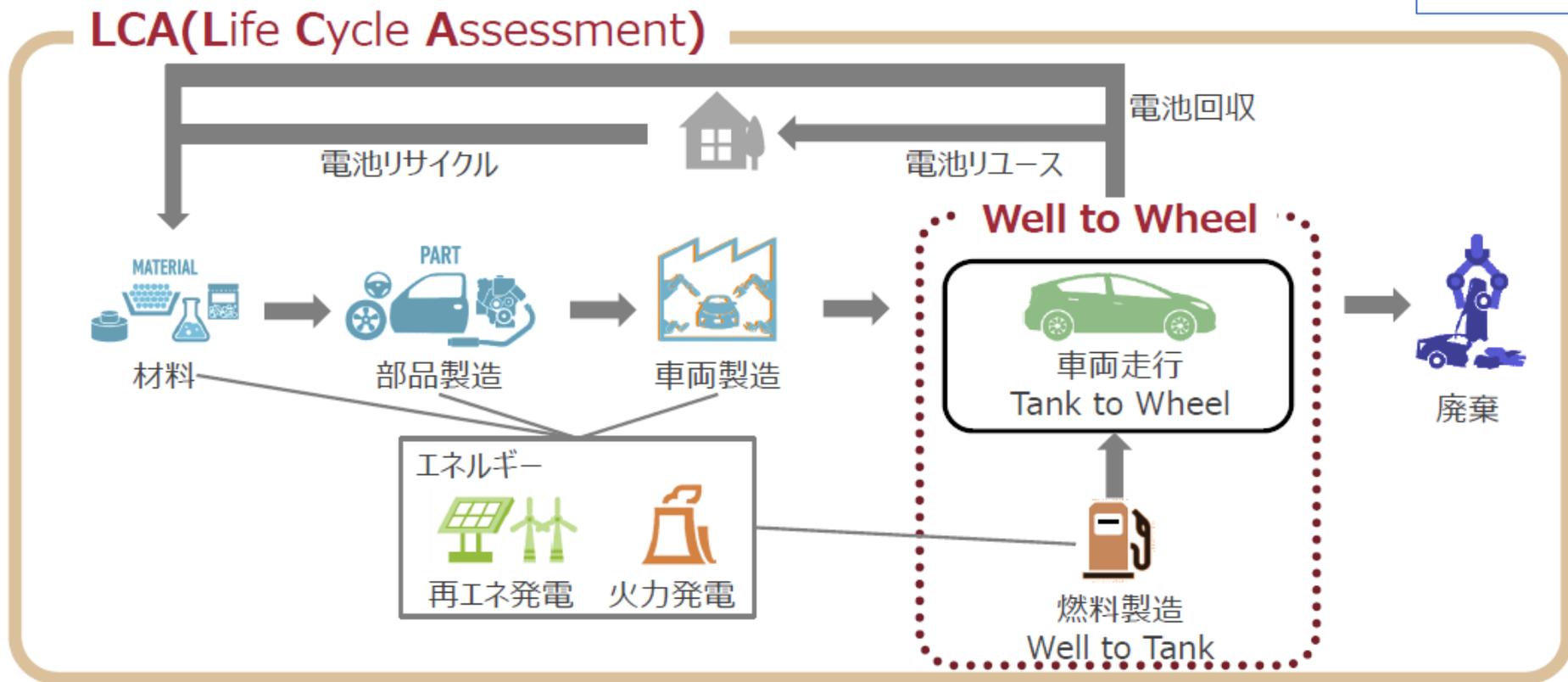
市場性・持続性

- エネルギー事情にあわせたクルマが普及
- エコカー普及を決めるのは市場とお客様、HEV/PHEV/BEV/FCEV計電動車1900万台('21.10)
- BEV(Battery EV)は2030年までに世界30車種、グローバル販売年間350万台を目指す。
- 電池劣化後のリセールバリュー懸念対策で、BEVのリース販売、使用後残存価値査定し、固定2次電池へのリユースなど多用途開拓。
- 初期MIRAIは7年で1.1万台販売、新型MIRAIは1年で6千台販売。

課題と処方箋

- 日本電力の現状再エネ率では、PHEVで10年使用が最適選択。
- 近距離多利用はBEVもあるが、充電ステーションの拡大と電力の再エネ率UPが鍵。欧州(2030再エネ率60%)は小型BEVコストが勝負
- 浪江の福島水素研究フィールドで900t/年の水素生産能力(FCEV1万台)有るが、グリーン水素の生産能力UP・コスト引下と現在170ヶ所の水素ステーションを900ヶ所まで早期に増やすこと、長距離走行の商用車への導入。

付P24/6



ライフサイクル全体で発生するCO₂を実質ゼロにすること

概要

- 日本で発明された薄膜軽量・安価・高性能な次世代太陽電池が「ペロブスカイト」。
- 研究開発から産業化を目指す量産技術開発段階に入るので中韓欧に出し抜かれぬ様に。
- 用途開発から事業化移行段階で日本企業の「太陽光パネル事業失敗トラウマ」が障害。
- 物理化学メカニズムから効率性能などサイエンスはトップランナーなので、早めの商業化・社会実装による次世代太陽光発電ビジネス構築へ、企業化精神が求められる。

技術の特徴

- ハロゲン化Pbを含むペロブスカイト結晶構造の有機無機半導体
- ペロブスカイト光電変換の最初論文2009.4、以降最多引用論文で全固体型セル構造分析
- CH₃NH₃PbI₃の電子構造・光発電機構解明し有機薄膜塗布で2022年で効率25.7%達成。
- 宇宙利用を目指す宇宙放射線被曝に強い全無機組成CsPbI₂Br、環境に優しい無鉛組成(Pb→Ag)、火力発電より安価な発電単価6~7円/kWhを目指すコストダウン開発中

市場性・持続性

- 製造に高温高圧などを必要とせず、樹脂フィルムへ塗布薄膜形成の化学プロセスで安価
- フィルムへインクジェットプリント可
- 曇天雨天等弱い光強度(1~1/1000Sun)で利用可のため年間発電量を10%程上積み出来る
- 透明薄膜軽量のため、窓・壁・屋根・衣服・車両等多用途への用途展開が期待され、
- 回収・リサイクルも結晶Si太陽電池より容易。
- 軽量・フレキシブル・低コスト、薄膜で高エネルギー粒子線が透過し易く宇宙用途期待。

課題と処方箋

- 産業界リーダーに未だ残る太陽光パネル事業失敗トラウマからの脱却、チャレンジ精神。
- 家庭・事業所向コンパクトエネ自給セットの商品化(ペロブス+パワコン+バッテリー)
- 長期耐久性を求めない用途(車検毎の取替、ビル窓設置、衣装電飾、街頭電飾など)から社会実装システム化(地域+多業種連携)
- 「省エネ・創エネ・自給率アップ」の地域キャンペーンの「3種の神器」(太陽光パネル+バッテリー+パワコン)のTOPペロブス。

概要 GX:グリーントランスフォーメーション

- 第6次エネルギー基本計画(2021.10閣議決定)はエネルギー計画の要諦は**S + 3E**と定義。
(Safety, Energy security, Economic efficiency, Environment)
- 露ウクライナ侵攻→「**石油・ガス市場攪乱**」「**安保直結型エネルギー危機**」「**断層的変動**」の1年間で2022年末には、**3S + E**の時代へ。
(Safety, Security, Sustainability, Economic efficiency)
- 2030迄再稼働(10+7+10+9=36)で危機乗切り。
- 60年運転シナリオでも老朽引退原発の2050年代置換に向け次世代革新(核分裂)炉開発

技術の特徴

- 第6次エネ計画で原子力は20~22%(2030)
- 再稼働済10,設置許可済7,申請済10,未申請9
- 40年運転シナリオで新設無なら2055年ゼロ、60年運転で2045年から△1基/年(2075/0)
- 米:石炭火力置換SMR,高速炉と高温ガス炉。英:自国原潜技術からSMR,2030高温ガス炉 仏:EPR2(欧州加圧水型原子炉改良)とSMR
- 世界の過酷原子力災害8件中7件は稼働初期(2カ月~3年程度)に発生。福島第1のみ35~40年経過した安定運用中地震津波起因。

市場性・持続性

- 世界は既設炉運転期間延長/新規建設へ(2022)
- 老朽化石炭火力置換,地域暖房,淡水化へSMR利用。高温ガス炉は産業用高温熱源・水素源
- 世界の原発年齢は30~40歳,今後20で更新へ
- ウラン資源と供給量は中印他需要増も十分。
- 使用済み高レベル放射性廃棄物の地層処分の課題が世界各国に存在し、各国取組み中。
- 核燃料サイクルの着実な開発推進とともに持続性のあるエネルギーシステムとして長寿命核種の分離変換技術開発を進める

課題と処方箋

- 世論を2分する原子力開発(核分裂炉)推進について、原子力技術現況の周知普及を行う。
- 2030GHG46減・CN2050のエネルギーミックスに占める原子力の重要性を分かり易く解説。
- 核燃料サイクルの着実な技術開発と実施。
- 先進諸国に比し4面のプレートが重畳し、火山帯と熱水帯の交錯する特異環境の日本は、将来のウラン資源リスク回避,高レベル放射性廃棄物中の超寿命核種(核分裂生成物/マイナーアクチノイド)分離・核変換技術開発を。

概要

- 日本エネルギー経済研究所(IEEJ)は国際エネルギー情報収集分析、日本のエネルギー市場・産業動向分析、エネルギー需給予測などを通じ、課題の解明・対応策の提言を行う。
- エネルギー問題を巡る新たな国際情勢の中、相次ぐカーボンニュートラル目標発表・影響
- 日本のエネルギー政策課題について解説
- 国際エネルギー機関(IEA)と日本エネルギー経済研究所(IEEJ)のエネルギー見通しを対比両見通しとも、2021年版では2050年を対象とした長期見通し

IEAのWEO2021

- **IEAは4シナリオを提示(STEPS, APS, SDS, NZE)**
 STEPS: Stated Policies Scenario 2021.6 各国公約整合2100+2.6°C
 APS: Announced Pledges Scenario ネットゼロ宣言国全達成+2.1°C
 SDS: Sustainable Development Scenario
 NZE: Net Zero Emission by 2050 ネットゼロ達成 2100年+1.5°C
- IEAの2シナリオ(NZE, SDS)は規範的/あるべき姿
- NZEシナリオは2050年世界全体ネットゼロになる着地点を描き、変化の必要性を描く
- トップダウン型のバックキャスト分析

IEEJのアウトルック2021

- IEEJは3シナリオ提示(レファレンス/技術進歩/炭素循環)
- 現状までの趨勢を加味し、先進技術導入に多様な前提条件を設定、積み上げで分析。
- ボトムアップ型のフォアキャスト(見通し)
 【レファレンスシナリオ】 現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、趨勢的な変化が継続するシナリオ。
 【技術進展シナリオ】 エネルギー安定供給確保や気候変動対策の強化のため、エネルギー・環境技術が最大限導入。
 【炭素循環経済・4Rシナリオ】 炭素循環経済の概念の“4R(Reduce, Reuse, Recycle, Remove)”の考え方に基つき、技術進歩シナリオ想定に加えて、さらに化石燃料利用の脱炭素化技術の最大限導入を検討したシナリオ

日本のエネルギー政策のテーマ

- 2030 & 2050目標とエネルギーミックス実現
- 原子力の再稼働と将来の位置づけ
- 再生可能エネルギー促進・省エネの深掘り
- 化石燃料の安定供給確保
- 水素などイノベーションの推進と普及拡大
- 電力・ガスシステム改革
- ウクライナ戦争など厳しい地政学環境の下新情勢に対応する国際エネルギー戦略強化
- エネルギー転換は新たなビジネスの挑戦とチャンス

2.6 日本政府のCNへの技術開発・イノベーション政策：内閣府覚道崇文審議官

概要

- 科学技術・イノベーション基本計画(6期2020)と統合イノベーション戦略2022,CNをめぐる政策の背景、6次エネルギー基本計画を解説
- 2030年エネ需給見通し,2050CNの課題・対応のポイントからグリーン成長戦略(2021.6)解説
- クリーンエネルギー戦略中間整理(2022.5)の要点を紹介

2030年エネ需給見通しのポイントと2050CNへ(6次エネルギー基本計画)

- 温室効果ガス排出の8割を占めるエネルギー分野の取り組みが重要
- 産業界・消費者・政府等国民各層の総力取組
- 水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルなどのイノベーションを追求
- 脱炭素化された電力により産業の電化促進。
- 産業部門では水素還元製鉄や人工光合成も。
- 脱炭素イノベーションのためのGI基金活用
- 安全確保の大原則のもと原子力を活用

グリーン成長戦略 (2021.6)

- 2050CNのために不可欠な分野毎に年限目標,研究開発と実証,規制改革・標準化の制度整備,国際連携の実行計画を策定
- 重要分野は2050年までの時間軸工程表提示
14分野:洋上風力・太陽光・地熱、水素・燃料アンモニア次世代熱エネルギー、原子力、自動車・蓄電池、半導体・情報通信、船舶、物流人流土木インフラ、食料農林水産、航空、カーボンリサイクル・マテリアル、住宅建築、資源環境、ライフスタイル
- 世界のCN、過去ストックベースのCO₂ゼロを可能とする革新的技術を2050までに確立

クリーンエネルギー戦略中間整理 (2022.5)

- 成長が期待される産業毎の具体的道すじ
需要サイドのエネルギー転換、クリーンエネルギー中心の経済社会、産業構造転換、地域・くらしの脱炭素化に向けた政策対応
- ロシアによるウクライナ侵略や電力需給ひっ迫を踏まえ、エネルギー安全保障確保とそれを前提とした脱炭素化へ対応

2.7 CNに向かう世界～その課題と技術への期待／高村ゆかり教授

概要

- **今そこにある危機**, この10年が決定的に重要自然災害の経済損失米\$ 2,320億(2019), 気温上昇+1.5°Cで降雨量+10.5%, 頻度1.5倍に。
- 1.5°C目標と各国コミット削減目標とのGap埋め:2030年は市場化された技術の普及82%、2050年は市場化技術50%、開発中技術46%。
- IAEA(国際エネルギー機関)CN道標:化石燃料ボイラー新規販売停止'25,新車販売60%EV'30,エンジン車販売停止'35,既存建物50%ゼロC'40
- 世界の動き・日本の動き・日本の弱みの克服

日本の国・企業・自治体の動き

- 建築物木材利用促進法改正('21),省エネ法等改正('22):電気需要最適化・大型蓄電池発電)
- 日本企業でRE100(事業用電力100%再エネ)は77社('22.12.18),JERA,JR東本,JAL,ANA,INPEX,出光興産ほか2050CNと2030目標を表明。
- 東京・京都・横浜等804自治体が2050CO₂排出ゼロを表明('22.11),自治体・企業・大学等共同提案で脱炭素先行自治体46('22.4/11)を選定
- 東京はゼロエミッション2050に加え、2030カーボンハーフ,使用電力の再エネ比50%、新築建築への一定量太陽光発電設置条例,

グローバルイニシアティブ (企業中心に)

- **TCFD**(気候変動関連財務情報開示):気候変動のリスクと機会の財務会計影響を各社開示。
- **SBTi**(科学ベース気候目標を設定した組織・企業間共同イニシアティブ)で4237(日本332)社参加。
- **SCOPE3**(サプライ/バリューチェーンからの排出量を2050迄に実質ゼロを取引・融資先に目標化)
- 特定分野イニシアティブ(主要国が企業を巻き込み途上国の公正な特定ゼロカーボン支援)
- **JETP:Just Energy Transition Partnership**
- **First Movers Coalition**(CN達成に必要な初期需要創出のため企業・政府協働COP26で開始)

日本の課題と処方箋

- 電力分野変革の技術革新など供給側から、需要側対策(住宅・建築・モビリティ脱炭素)へ
- 脱炭素社会への構造変化=トランジション実現は経営責任、政府は社会改革支援策を。
- 脱炭素価値の見える化・株主説得の為にもカーボンプライシングと炭素税を早期導入
- クリーンテック特許世界一だがイノベーション商業化に遅れる日本の弱み克服策を!!
- エネルギーシステム転換で、資源から技術への地政学的変化自覚が日本国民に必要

◎UNIDO Global Cleantech Innovation Index 2017 UNIDO: 国連 機関

1. Finland, 2. Denmark, 3. Sweden, 4. Canada, 5. USA, 6. Israel, 7. Germany,
8. UK, 9. Switzerland, 10. Norway, 11. France, 12. South Korea, 13. Singapore,
14. Ireland, 15. Japan, 16. Netherland, 17. Austria, 18. China, 19. Belgium,
20. Australia

【参考】 世界知的所有権機関(WIPO)のGlobal Innovation Index 2022に見る日本の位置

◎WIPO Global Innovation Index 2022 WIPO: 世界知的所有権機関

1. Switzerland, 2. USA, 3. Sweden, 4. UK, 5. Netherland, 6. South Korea,
7. Singapore, 8. Germany, 9. Finland, 10. Denmark, 11. China , 12. France,
13. Japan, 14. Hong Kong, 15. Canada, 16. Israel, 17. Austria, 18. Estonia,
19. Luxembourg, 20. Iceland

◎日本の項目別順位で低いもの

- Institution 21, Human Capital & Research 21, Infrastructure 12,**
Market Sophistication 9, Business sophistication 8,
Knowledge & technology outputs 11, Creative outputs 19

3. 謝 辞

- ※ 本調査は2022年時点の日本の最先端CN技術のスナップショットであり、多数の企業・研究機関・大学・政府のご厚意で実施できたことに篤く御礼申し上げます。
- ※ また、コロナ禍の中多くの会員・オブザーバーの方々が本調査委員会の講演・質疑に参加いただいたことに御礼申し上げます。
- ※ 更に、コア委員の方々から実に多くのご示唆・ご支援をいただきましたことに、深く御礼申し上げます。

天野玲子	JR東日本取締役	川口幸男	元日本メタル研究所理事長
新井洋一 代行者 荒井清	リサイクルソリューション理事 同 事務局長	華房実保 代行者 志摩賢二	三菱ケミカルリサーチ社長 同 上席研究員
水本伸子	IHI 顧問	中西友子	東大名誉教授・特任教授
山縣宣彦	みなと総合研究財団理事長	9名	

- ※ 最後に、技術同友会事務局には講師調整から会議準備、提言・報告書のとりまとめまで、大変お世話になり、心から御礼申し上げます。

山崎順	事務局長	八木登志雄	事務局
吉野誠	事務局	青木三枝子	事務局