

脱炭素社会に向けたイノベーションの創出

山地憲治

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)副理事長・研究所長

**革新的環境技術シンポジウム2019
～脱炭素社会に向けたチャレンジ～**

2019年12月18日 @伊藤謝恩ホール、東京

パリ協定の基本構成

世界全体の目標:

・産業革命以降の温度上昇を1.5°C~2°C以内に抑える。

・今世紀後半に正味の排出ゼロ(**脱炭素社会**)を目指す。



グローバルストックテイク:

・2023年から5年毎に世界全体の目標に向けた進捗状況をチェック。

・各国の目標改訂に反映



各国の行動:

・国情にあわせて自主的に温室効果ガス削減・抑制目標を設定(NDC)。

・進捗状況を定期的に報告し、レビューを受ける(**Pledge & Review**)

・5年毎に目標を見直す。

・2050年を念頭に**長期戦略**の策定。

COP21(2015年12月、採択)、2016年11月発効、COP24(詳細ルール合意)、2019年11月米国脱退通告、COP25(市場メカニズム?)

エネルギー・環境イノベーションに関する最近の動向

2015年12月 : COP21においてパリ協定採択

2016年 1月 : 第5期科学技術基本計画で超スマート社会(Society 5.0)提唱

2016年 4月 : エネルギー・環境イノベーション戦略策定

2017年春 : 長期地球温暖化対策プラットフォーム(経産省)、長期低炭素ビジョン(環境省)

2018年7月 : 2050年へCOCN提言 : 再エネ、原子力、水素、CCUS、Society5.0、産業省エネ

2018年7月 : 第5次エネルギー基本計画

2018年10月 : IPCC 1.5°C特別報告書

2019年2月 : CCUS ラウンドテーブル@ワシントンDC

2019年3月 : 水素・燃料電池戦略ロードマップ

2019年6月 : カーボンリサイクル技術ロードマップ(7日)

エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化検討会報告(10日)

(対象とした個別技術: 水素、CCUS(NETs含む)、再エネ・蓄エネ、パワエレ)

パリ協定長期成長戦略(11日閣議決定、26日UNFCCC事務局へ提出)

G20 エネルギー・環境関係閣僚会合@軽井沢(15-16日)

G20大阪サミット(28-29日)

2019年9月 : 水素閣僚会議(25日)グローバル・アクション・アジェンダ "Ten, Ten, Ten"

→ 今後10年で10千か所の水素ステーション、10百万台の燃料電池システム

カーボンリサイクル産学官国際会議(25日)

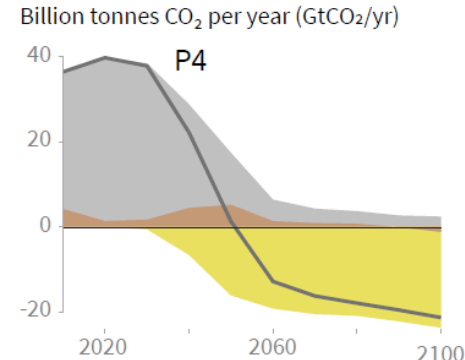
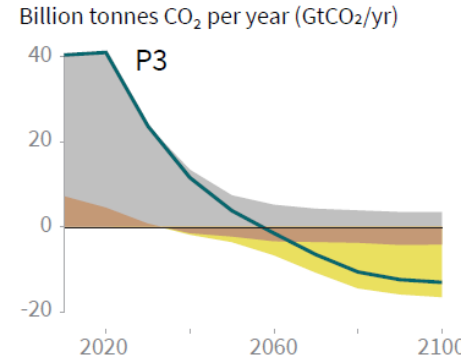
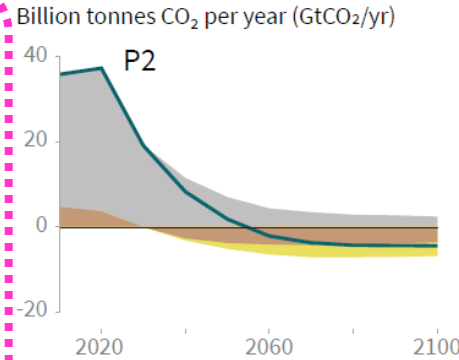
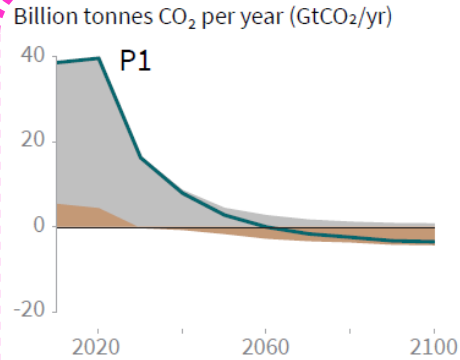
2019年10月 : TCFDサミット(8日)、ICEF(9, 10日)、RD20(11日); グリーンイノベーションウィーク

革新的環境イノベーション戦略検討会がとりまとめ方針案提示(29日)

大幅排出削減(1.5°Cシナリオ)の排出削減シナリオの類型化

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS

出典) IPCC 1.5°C特別報告書



P1: A scenario in which social, business, and technological innovations result in lower energy demand up to 2050 while living standards rise, especially in the global South. A down-sized energy system enables rapid decarbonisation of energy supply. Afforestation is the only CDR option considered; neither fossil fuels with CCS nor BECCS are used.

P2: A scenario with a broad focus on sustainability including energy intensity, human development, economic convergence and international cooperation, as well as shifts towards sustainable and healthy consumption patterns, low-carbon technology innovation, and well-managed land systems with limited societal acceptability for BECCS.

P3: A middle-of-the-road scenario in which societal as well as technological development follows historical patterns. Emissions reductions are mainly achieved by changing the way in which energy and products are produced, and to a lesser degree by reductions in demand.

P4: A resource and energy-intensive scenario in which economic growth and globalization lead to widespread adoption of greenhouse-gas intensive lifestyles, including high demand for transportation fuels and livestock products. Emissions reductions are mainly achieved through technological means, making strong use of CDR through the deployment of BECCS.

SSP1よりも更に小さいエネルギー需要(LED)シナリオ

SSP1

SSP2 (中位シナリオ)

SSP5

小 ← 最終エネルギー需要 → 大

炭素価格小(排出削減の国際協調が緩やかでも民間主導で対策が進展)

エンドユースの技術革新により経済自律的にエネルギー需要が大きく低下

- ✓ 全体のリスクマネジメントが重要であり、各技術に役割有。
- ✓ LEDシナリオは、エンドユースの技術革新とそれによるエネルギー需要低下の可能性とその気候変動対策全体への効果についてフォーカス

炭素価格大(炭素リーケージを防ぐためにも排出削減の強力な国際協調が不可欠)

気候リスク対応のためCDR(CCS, BECCS, DACS等)技術も大規模に利用

パリ協定長期成長戦略におけるイノベーションの記述

第3章：「環境と成長の好循環」を実現するための横断的施策

第1節：イノベーションの推進

・温室効果ガスの大幅削減につながる横断的な脱炭素技術の実用化・普及のためのイノベーションの推進・社会実装可能なコストの実現

(1) 革新的環境イノベーション戦略

・コスト等の明確な目標の設定、官民リソースの最大限の投入、国内外における技術シーズの発掘や創出、ニーズからの課題設定、ビジネスにつながる支援の強化等

・挑戦的な研究開発、G20の研究機関間の連携を強化し国際共同研究開発の展開(RD20)等

・実用化に向けた目標の設定・課題の見える化

- CO₂フリー水素製造コストの10分の1以下など既存エネルギーと同等のコストの実現

- CCU/カーボンリサイクル製品の既存製品と同等のコストの実現、原子力（原子炉・核融合） ほか

(2) 経済社会システム/ライフスタイルのイノベーション

第2節：グリーン・ファイナンスの推進

・イノベーション等を適切に「見える化」し、金融機関等がそれを後押しする資金循環の仕組みを構築

(1) TCFD[※]等による開示や対話を通じた資金循環の構築 ※気候関連財務情報開示タスクフォース

・産業：TCFDガイダンス・シナリオ分析ガイド拡充/金融機関等：グリーン投資ガイダンス策定

・産業界と金融界の対話の場（TCFDコンソーシアム）

・国際的な知見共有、発信の促進（TCFDサミット（2019年秋））

(2) ESG金融の拡大に向けた取組の促進

・ESG金融への取組促進（グリーンボンド発行支援、ESG地域金融普及等）、ESG対話プラットフォームの整備、ESG金融リテラシー向上、ESG金融ハイレベル・パネル等

第3節：ビジネス主導の国際展開、国際協力

・日本の強みである優れた環境技術・製品等の国際展開/相手国と協働した双方に裨益するコ・イノベーション^{ひき}

(1) 政策・制度構築や国際ルールづくりと連動した脱炭素技術の国際展開

・相手国における制度構築や国際ルールづくりによるビジネス環境整備を通じた、脱炭素技術の普及と温室効果ガスの排出削減（ASEANでの官民イニシアティブの立上げの提案、市場メカニズムを活用した適切な国際枠組みの構築等）

(2) CO₂排出削減に貢献するインフラ輸出の強化

・パリ協定の長期目標と整合的にCO₂排出削減に貢献するエネルギーインフラや都市・交通インフラ（洋上風力・地熱発電などの再エネ、水素、CCS・CCU/カーボンリサイクル、スマートシティ等）の国際展開

(3) 地球規模の脱炭素社会に向けた基盤づくり

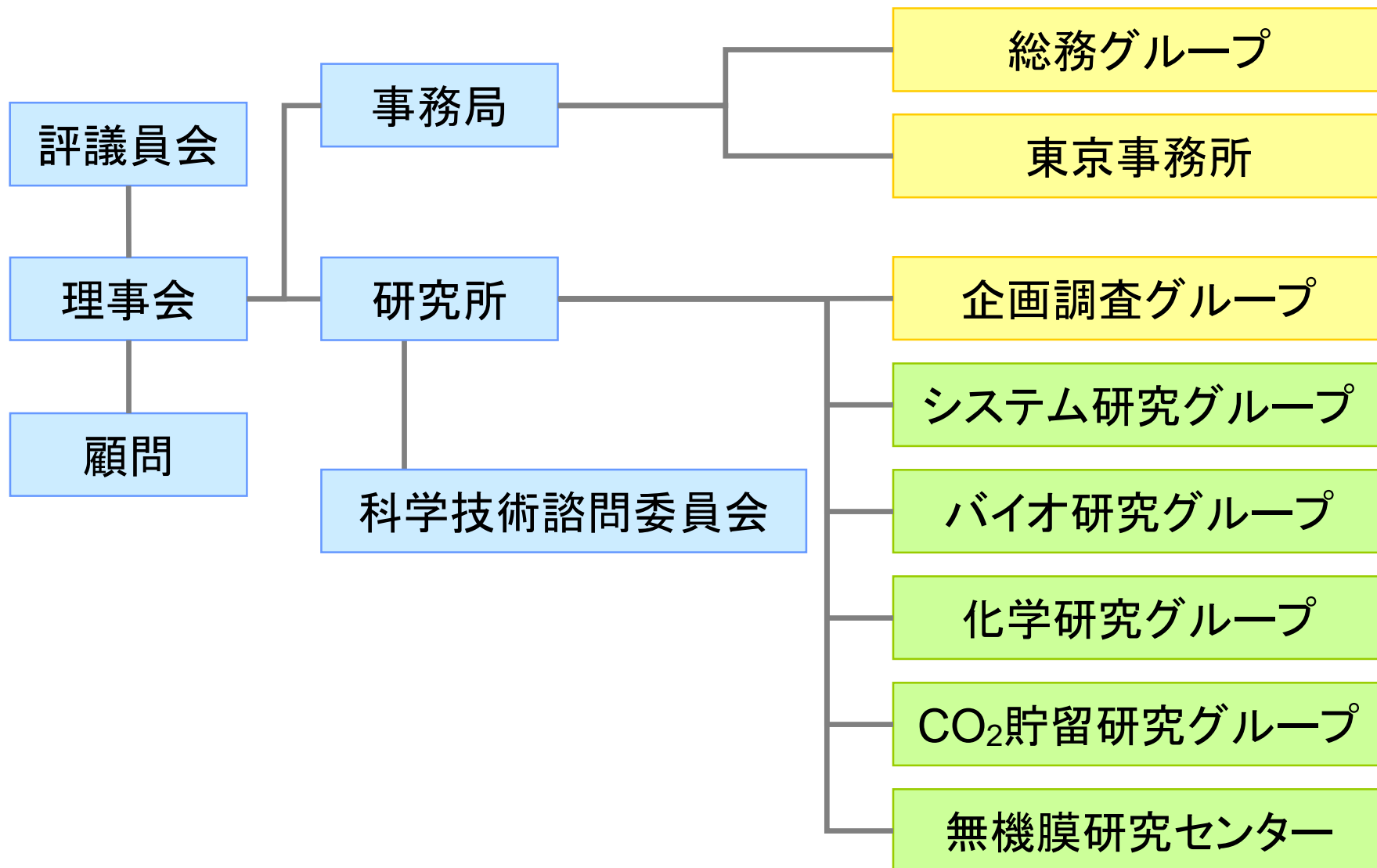
・相手国におけるNDC策定・緩和策にかかる計画策定支援等、サプライチェーン全体の透明性向上

G20軽井沢イノベーションアクションプランの項目

- ・**省エネルギー**：知識とベストプラクティスの共有、省エネベンチマーク
- ・**再生可能エネルギー**：電力システム管理、**輸送・熱での直接利用(バイオマス)**
- ・**水素・合成燃料**：PtX、国際協力、水素キャリア
- ・**CCUS/カーボンリサイクル/Emission to Value**：国際協力・会議
- ・**デジタル化**：スマート化(電力、都市、交通)、**エネルギー需要減**
- ・**エネルギー資源のバリューチェーン**：LCA、Well-to-Wheel分析
- ・**電力システム**：VREのシステム統合、国際協力、電力市場の発展
- ・**原子力**：革新技術(SMR)、革新的利用(熱利用)、HLW処分の国際協力
- ・**LNG及びその他化石燃料**：供給セキュリティ、高効率低排出(HELE)技術
- ・**持続可能な近代的エネルギーへのアクセス**：SDGs、国際・官民協力

赤字はRITEの
研究に関連

RITEの組織・体制



システム研究グループの研究戦略

- ◆ 【システムの手法の活用】 システム的な思考、分析手法を通して温暖化問題の意思決定をサポート
 - ◆ 【温暖化対策技術、政策の総合評価】 各種温暖化対策技術の位置づけ、役割の総合的な評価および政策の評価
 - ◆ 【政策提言機能】 産学官の密接な連携に基づいた温暖化対応に関する政策提言
 - ◆ 【社会への発信機能】 複雑な地球温暖化問題に関して、国内外への的確なる情報発信
-
- ◆ 日本の骨太の温暖化対応戦略立案：地球温暖化対策技術の分析・評価に関する国際連携事業（ALPS(FY2007-11)/ALPSII(FY2012-16)/ALPSIII(FY2017-)）
 長期・グローバルな視点からの温暖化研究。ALPSIIIでは特に、気候変動リスクマネジメント戦略の立案、持続可能な発展と温暖化対策、真のグリーン成長に焦点。**情報技術の進展によるシェアリングエコミー誘発の効果の評価等**についても注力。その他、パリ協定の実施に係る研究。基礎的なデータ収集、モデル開発、分析を含む総合的な研究 等
 - ◆ 時機を得た政策課題への対応（最近の例）
 エネルギーミックスの分析、2030年目標（約束草案）の分析、2050年8割削減の分析、
 国際技術移転交渉の支援 等
 - ◆ 社会への情報発信
 鉄鋼部門のエネルギー原単位推計（国際比較）、日本鉄鋼部門のCO₂原単位推移に関する要因分析、消費ベースCO₂排出量推計等について、WEB公表、講演、メディアへの説明等を頻繁に実施。また多くの審議会等での情報発信、意見表明。

バイオ×デジタル技術による破壊的イノベーション創製への挑戦

- ◆ スマートセル創製技術の確立と持続的な生産技術への応用展開
- ◆ バイオリファイナリー製品の事業化推進

■ RITEバイオプロセスの新展開

- * バイオ水素生産技術開発(2015-19年; METI国際共同PJ)(NREL, CNRSと国際連携).
- * バイオブタノール生産技術開発(2015-19年; METI国際共同PJ)(NREL, PNNLと国際連携).
- * 高汎用性バイオプロセスの開発(2017-19年; METI国際共同PJ)(NREL, PNNLと国際連携).
- * スマートセル創製技術開発(芳香族化合物生産)(2016-20年; NEDOスマートセルPJ).
- * SIP:革新的バイオ素材・高機能品等の機能設計及び生産技術開発(2018-22年; 農研機構PJ).

■ Green Earth Institute(株)による事業化推進

- * アミノ酸; 工業用、食品用アミノ酸(アラニン、バリン等)について、
海外の複数の国で生産プロジェクトが進行中.
- * **バイオ燃料:イソブタノールを原料とした「JALバイオジェット燃料フライト」プロジェクトに参画.**

■ グリーンケミカルズ(株)によるグリーン化学品の事業化推進

- * グリーンフェノール開発で培った技術を基盤に、各種グリーン化学品の製造技術に展開、
早期実用化を推進.

■ 民間企業との共同研究推進

- * 高機能ポリマー・化粧品・香料原料など製造技術について共同研究開発を実施中.
- * バイオ燃料の製造技術について共同研究開発を実施中.

地球温暖化対策としてCO₂の大規模削減が期待できるCCSを早期に導入、実用化するためには、そのコストの約6割を占めると試算されている「排出源からのCO₂分離・回収コスト」の低減が重要である。

CO₂吸収材のアミン化合物を構造最適化しながら、固体表面上に担持、高分子膜内に導入すると、液体以外に固体、膜として形態を変えて使用できるので、各種発生源の条件に合わせて形態を選択し、最適なCO₂分離回収法として世の中に提供する。(低圧条件では化学吸収液や固体吸収材、低圧条件・CO₂低濃度では固体吸収材、高圧条件では分離膜、を発生源に適した技術として提供する。)

◆CO₂分離・回収技術の開発 … NEDO事業

- * 高炉ガスを対象とした**化学吸収液**の高性能化(COURSE50 PHASE II -STEP1)
- * 石炭火力排ガスを対象とした**固体吸収材**研究開発
- * IGCC燃焼前CO₂回収を目的とした**分離膜モジュール研究開発**

◆CO₂分離・回収要素技術を活用した用途展開 … 民間事業

- * 化学吸収液: エンジン発電システム排出CO₂分離回収技術への適用研究
- * 固体吸収材: 有人宇宙活動用二酸化炭素吸着材の研究、**DAC技術への適用研究**
- * セメント工場からの排ガス中のCO₂分離回収技術の研究

◆グリーンプロセス技術の開発 … 新規テーマ創出活動の推進

- * 膜分離法を適用した省エネプロセスの開発他

我が国の貯留層に適した**実用化規模(100万トン/年)でのCO₂地中貯留技術を開発**するとともに、社会受容性の獲得や日本のCCS技術の海外展開を視野に、地中貯留のCOEを目指す。

① 大規模CO₂圧入・貯留の安全管理技術の確立

- * 圧入安全管理システムの開発
- * 大規模貯留層を対象とした地質モデルの確立
- * 大規模貯留層に適したCO₂挙動シミュレーション、長期挙動予測手法の確立
- * 光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発
- * CO₂漏出検出・環境影響評価総合システムの構築
- * 日米CCS協力や海外機関とのCCUS技術開発の連携

② 大規模貯留層の有効圧入・利用技術の確立

- * CO₂圧入井や圧力緩和井の最適配置技術の確立
- * マイクロバブルCO₂圧入技術の適用による貯留率の向上

③ CCS普及条件の整備、基準の整備

- * CO₂貯留安全性管理プロトコルの整備
- * CCS技術事例集の作成、国際標準化との連携
- * CCSの広報活動を通じた社会受容性向上方策の検討

無機膜研究センターの戦略

オープンイノベーションによって、**無機膜を用いた革新的環境・エネルギー技術**の研究開発を推進するとともに、その**実用化・産業化**を図る。

研究部門

独自の技術シーズ*を活用し、**出口(ニーズ)**を見据えた、企業との国費事業等共同研究を推進

* CVDシリカ膜
ゼオライト膜
細孔内充填型パラジウム膜

連携



産業連携部門

メーカー、ユーザー企業17社**から構成される「**産業化戦略協議会**」を設立し、**ニーズ・シーズマッチング**、**共通課題の検討**、**国費事業化提案等**の取り組みを推進

**京セラ、日立造船、住友電工、旭化成、岩谷産業、大阪ガス、川崎重工業、神戸製鋼所、JAPEX、JFEスチール、住友化学、大陽日酸、東京ガス、千代田化工建設、日揮、日本ゼオン、三菱商事

<実施テーマ>

- ◎ **水素**利用等先導研究開発事業／**エネルギーキャリア**システム調査・研究／**水素分離膜を用いた脱水素**（未来開拓研究）（NEDO事業）
- ◎ 水素利用等先導研究開発事業／炭化水素燃料等からの二酸化炭素を排出しない水素製造技術の研究開発動向調査／**膜反応器を用いたメタン直接分解によるCO2リ-水素製造技術**（新規:NEDO事業）
- ◎ 次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電基盤技術開発／**CO2有効利用技術開発**（NEDO事業）
- ◎ **水蒸気選択透過膜を備えた膜反応器を用いる二酸化炭素のメタン化反応の可能性調査**（新規:民間事業）
- ◎ 水素社会構築に向けた革新研究助成／**MCH水素キャリアにおける高耐久・高効率膜反応器の実用検討**（新規:民間事業）

革新的環境イノベーション戦略の位置づけ

今世紀後半のできるだけ早期のカーボンニュートラルの実現に向け、重点的に取り組むべきイノベーションを特定し、具体的なコスト目標・実現に必要な政策イノベーションを提示。

● パリ協定を踏まえ世界全体のカーボンニュートラルの早期実現を目指す

既存技術だけで脱炭素社会を実現するには、70%削減ケースにおいても2050年に人類は1年間に約800兆円をCO₂削減に投じる必要があるとの試算。途上国の負担も550兆円と極めて大きい。この負担を軽減することが、カーボンニュートラル実現の鍵であり、非連続のイノベーションに世界全体で取り組む。

● 実現に向けあらゆる非連続イノベーションの開発を示し可能な限りの目標を設定する

CO₂削減ポテンシャルと削減コストを踏まえ重点化に取り組むべき技術を特定し、具体的なコスト目標を設定する。

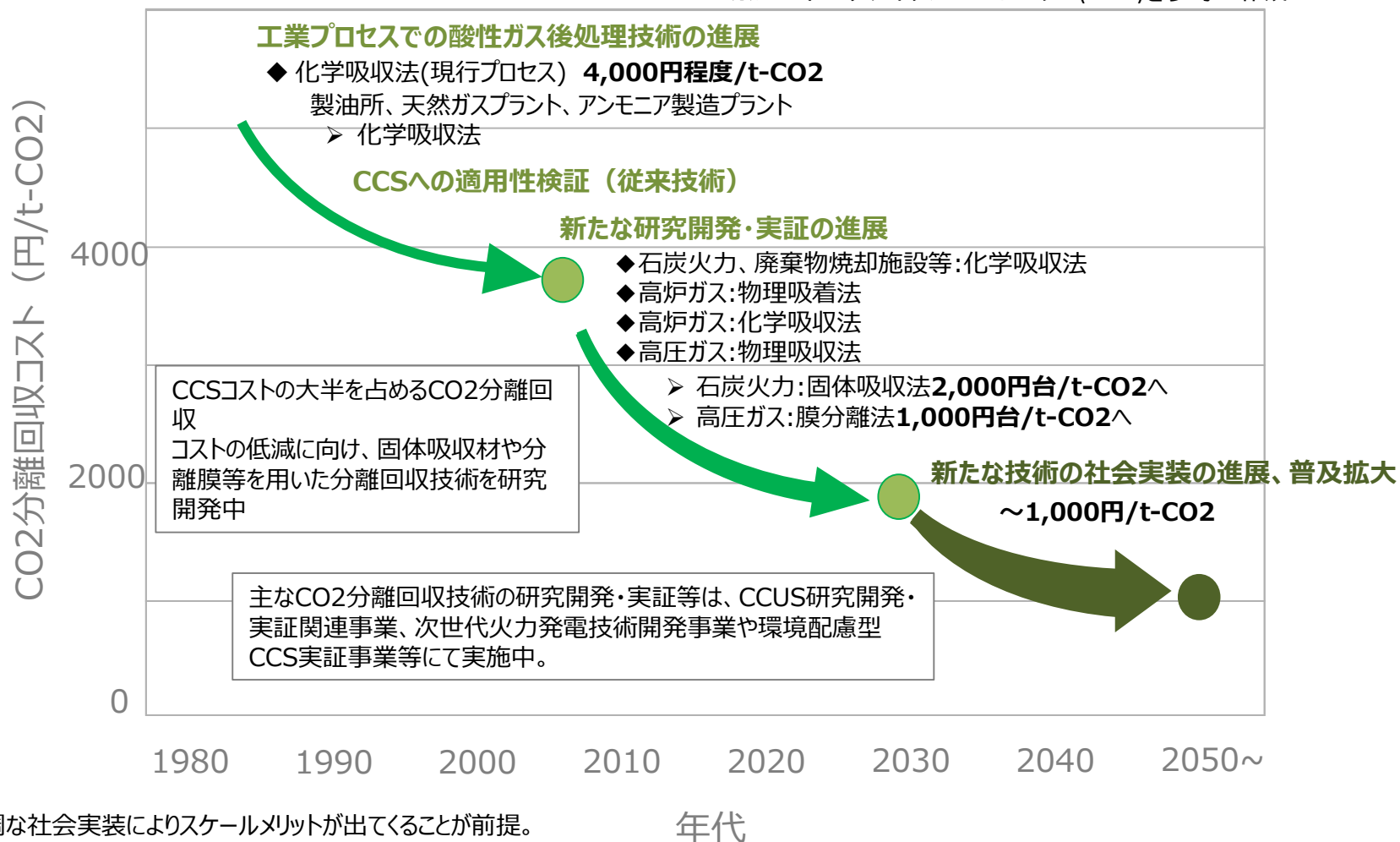
● 実現に必要な政策のイノベーションを提示する

社会実装に向けた技術開発のあり方（シーズ発掘と長期的取組）、体制（国際連携、共同研究拠点、ルール化）、民間資金の活用、官民の支援のあり方を示す。イノベーションの新たな取り組みを示すことで、全世界のCO₂削減の寄与に向けたメッセージとする。

イノベーションでコストは下がるのか？（CO2分離回収の例）

- これまでの経験と、現在見つかっている革新的な技術を勘案し、2050年までにCO2分離回収のコストを1,000円/t-CO2以下とすることを旨とする。

※カーボンリサイクルロードマップ(2019)を参考に作成



注1) 順調な社会実装によりスケールメリットが出てくるのが前提。

注2) 競合技術のコスト変動には留意する必要がある。

革新的環境イノベーション戦略が目指す将来像

【脱炭素社会の実現に寄与するエネルギー供給】

- 新たな素材や構造による太陽光発電の飛躍的な効率向上と低コスト化等により、再生エネルギーの脱炭素化した主力電源化、化石燃料+CCUS等を進め、低炭素かつ安価なエネルギー供給を実現。

【産業部門におけるゼロカーボン技術の最大限活用】

- 化石資源依存からの脱却
 - ・ゼロエミ電源を利用した水素のみで鉄鉱石を還元する超革新的なゼロカーボン・スチール技術の確立
 - ・プラスチック等の循環利用拡大
 - ・農林水産部門での農漁業機器の電動化
 - ・高性能蓄電池と高度な情報技術の組み合わせによる電力ネットワーク
- CO₂を原料利用する等のカーボンリサイクル技術等の技術確立。
 - ・人工光合成技術を利用した化学品製造技術の確立
 - ・機能性化学品製造への利用
 - ・CO₂の炭酸塩化によるセメントプロセス技術の確立
 - ・バイオマス燃料の利用

【社会システム・ライフスタイルの変革】

- 情報通信技術の飛躍的な進歩を通じたシェアリングエコノミー等によるライフスタイルの変革。

【ネガティブ・エミッションの実現】

- 海洋・農地・森林へのCO₂固定、DAC+CCUS等を通じたネガティブ・エミッション技術の最大活用。

● 革新技術の構成 (要素技術だけでなく、システム化・構造化して提示、山地)

エネルギー転換分野：

再エネ主力電源化
柔軟で強靱な電力NW
水素サプライチェーン
革新的原子力技術・核融合
低コストCO₂分離回収
⇒CCUS

運輸分野：

多様なグリーンモビリティ

民生分野：

省エネ・未利用エネの徹底活用
スマートコミュニティ
社会システム・ライフスタイル革新
(シェアリング/テレワーク等)

産業分野：

化石資源依存からの脱却
電化
CO₂の原燃料化

農業その他分野：

農畜産業のメタン・N₂O削減
吸収源 (農地、林業関係、ブルーカーボン)
スマート農林水産業

DAC

共通基盤技術：

デジタル技術 (ビッグデータ解析、AI、ブロックチェーン、...)
パワエレ、材料、エネルギー貯蔵
観測システム、情報基盤
バイオテクノロジー、etc.

● 技術のボトルネックの検証とシーズ発掘（政府の先導的取組）等

<技術のボトルネックの検証>

- これまで政府は、多様なゼロエミッション関係の研究開発プロジェクトを実施。まずはこれらのプロジェクトを精査し、技術の実用化に向けた**ボトルネック課題の解消可能性を改めて検証**した上で、今後の方針を検討する。
- プロジェクトの実施に当たっては、研究フェーズに応じ、CO2排出量、コスト等に関する**LCA手法**を導入する。
- このため、関係府省庁が連携し、民間の有識者も交え、ボトルネックを検証し、今後のプロジェクトのあり方を検討する**体制を整備**する。

<シーズ発掘等>

- 既存研究についてもボトルネックの検証結果等を踏まえ、必要な研究開発プロジェクトに取り組む。
- その際、基礎的研究から実用化・実証までがスムーズに進むよう、**各省庁の関係を強化**する。
- ゼロエミッションに向けた斬新な技術・研究開発テーマの発掘・創出や、**革新的な研究を行う若手研究者の発掘・支援等**を行う。
- **社会的アプローチ**を踏まえた研究開発にも取り組む。
- 研究開発成果の普及に際し、基準や規格の整備が必要な場合は、プロジェクト初期段階から専門家を交えて**国際標準の整備等**に取り組む。
- NEDO、JST、NAROの連携強化を行う。

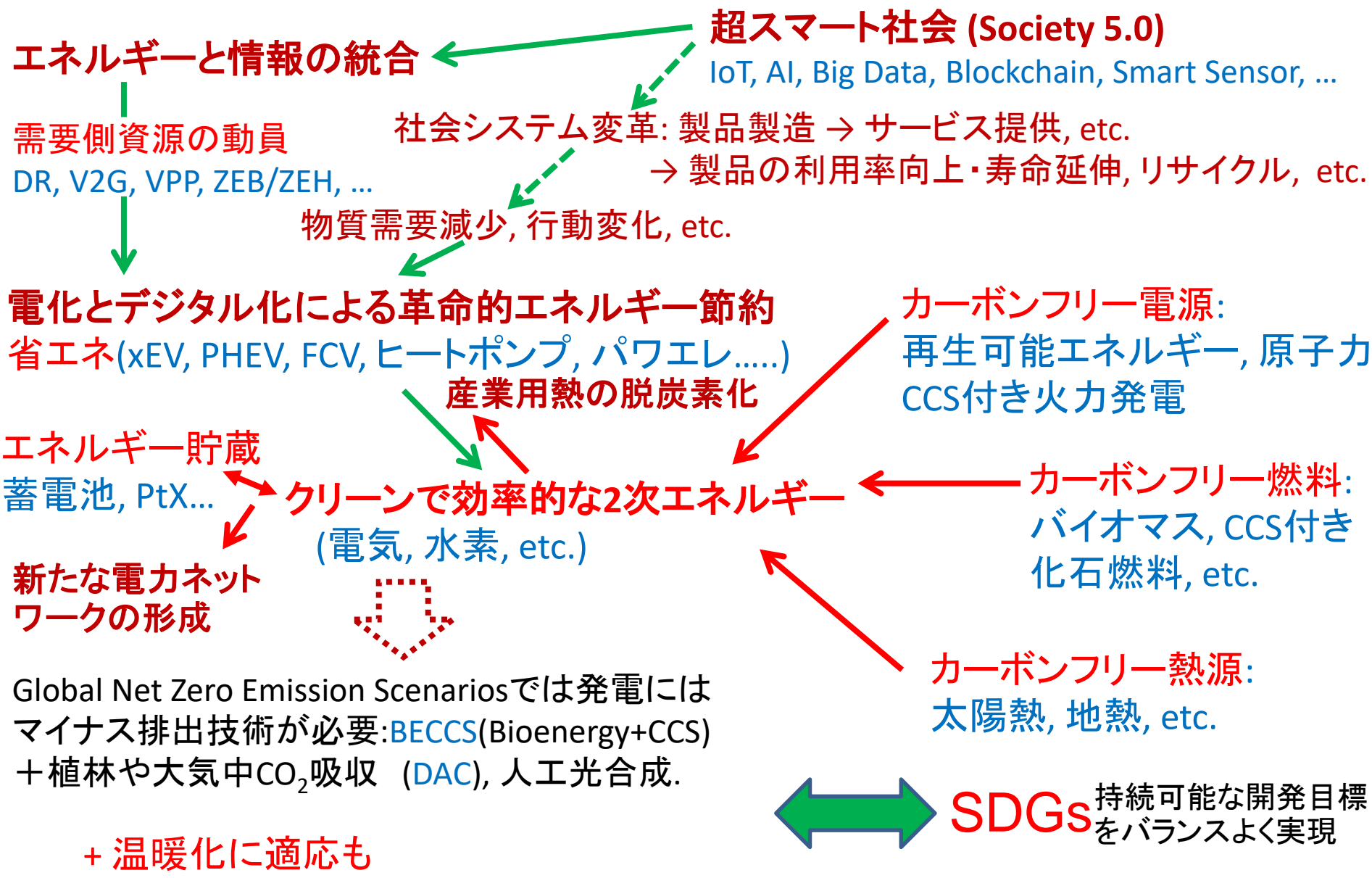
● 長期的・国際的視点からのプロジェクトの推進

- 目標達成に向け、要素技術から実証まで一気通貫に、かつ長期的な計画を策定し、シームレスな研究開発投資を実施。
- 初期段階では複数の技術オプションを平行に開発。その後、ステージゲート方式によって有望技術を選抜するなど、開発スピードの加速化と効率化を図る。
- 国際的な知の結集によるイノベーションの加速を可能とする研究拠点の整備と国際共同研究を充実強化。
- 民間連携による効率的な実証環境の場を整備。



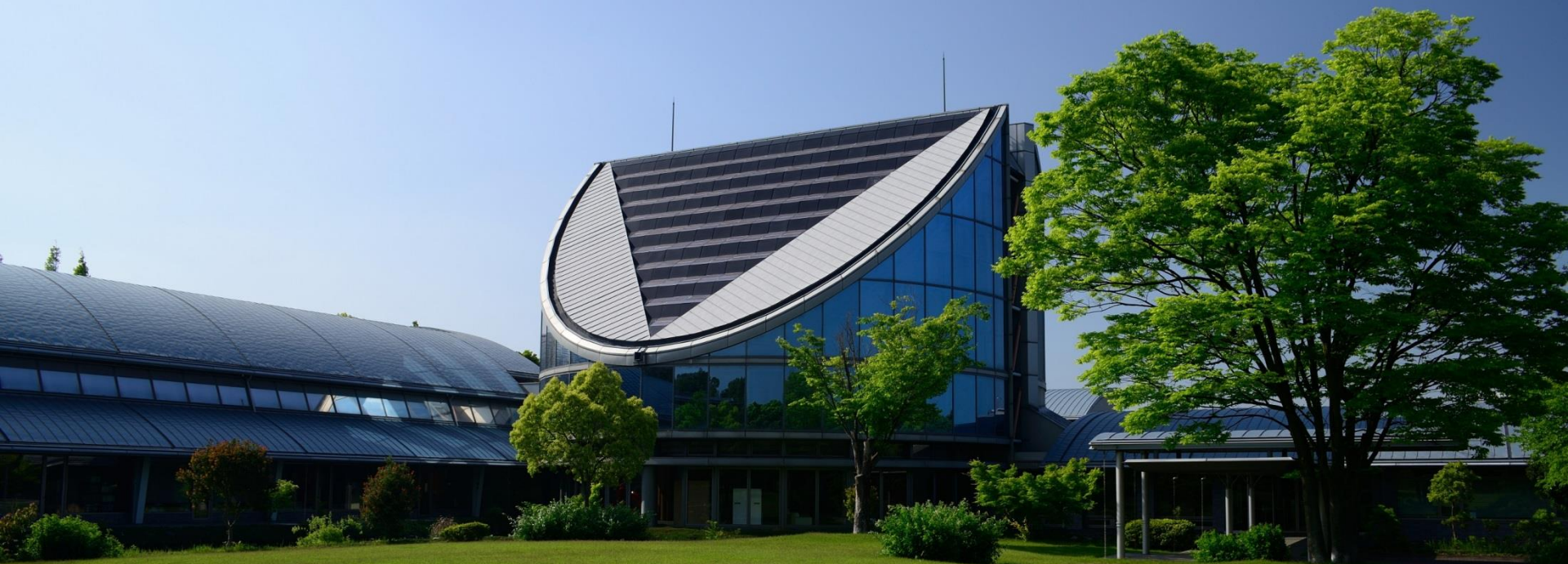
- ゼロエミッション・グローバル研究拠点の整備(産総研、RD20後の展開))
- 基礎基盤研究拠点の整備 (大学、研究機関のプラットフォーム拠点 ⇔ 産業界)
- 民間連携による大規模実証の検討 (東京湾岸構想など)
- 地域循環共生圏の推進 (地域ニーズに基づく革新的環境イノベーションの社会実装)

CO₂正味ゼロ排出に向かうエネルギーシステム



Keep Options as Many as Possible!

ご清聴ありがとうございました



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

Research Institute of Innovative Technology for the Earth