

# エネルギー・環境イノベーションへの期待と展望

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

未来を拓く無機膜 環境・エネルギー技術シンポジウム

主催：(公財)地球環境産業技術研究機構

2019年11月7日 @伊藤謝恩ホール、東京

# 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CO2削減提言 : 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)

# 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

- CO<sub>2</sub>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<sup>※</sup>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<sup>ひき</sup>

#### (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) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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

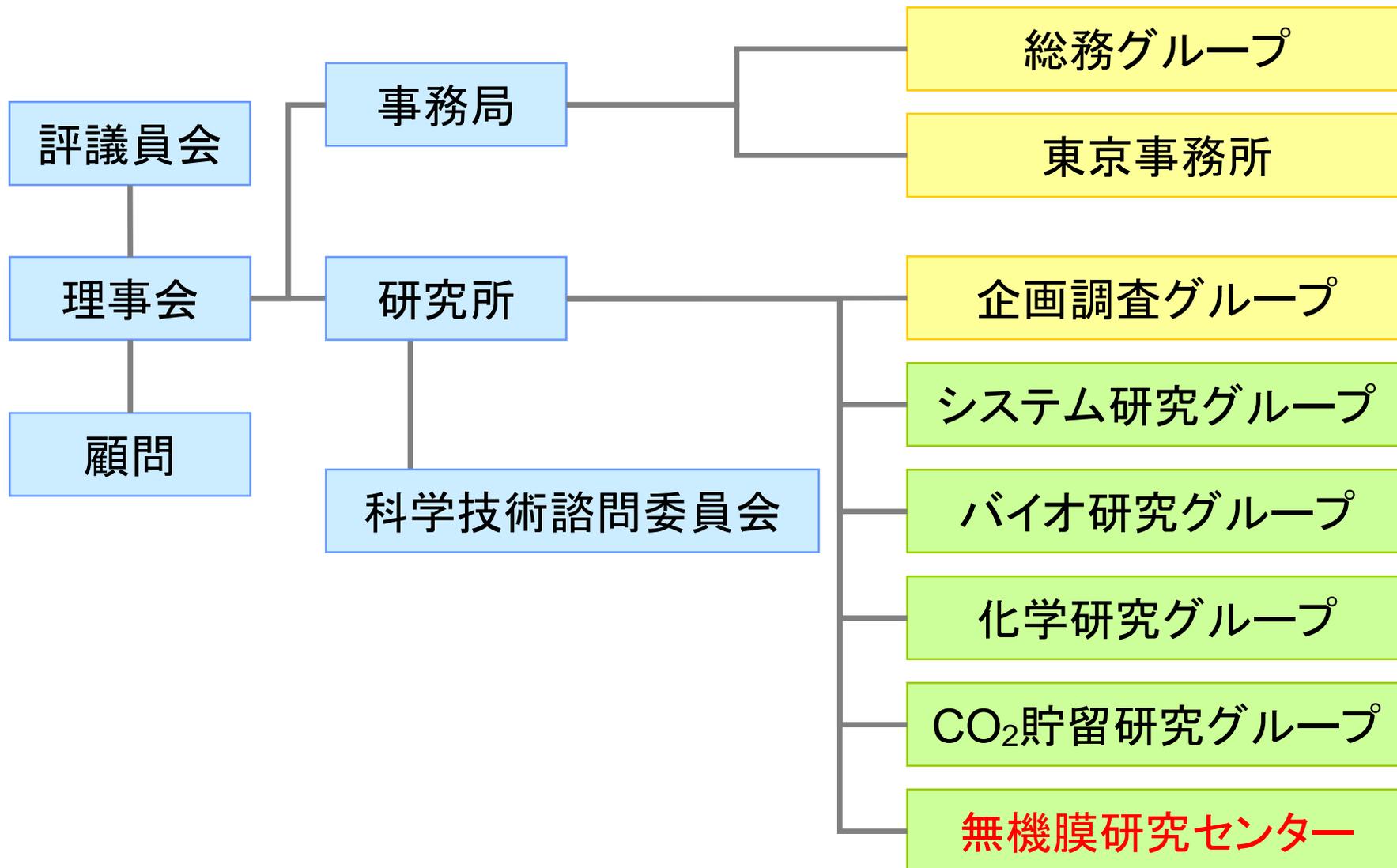
・相手国におけるNDC策定・緩和策にかかる計画策定支援等、サプライチェーン全体の透明性向上

# 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CO<sub>2</sub>原単位推移に関する要因分析、消費ベースCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離・回収コスト」の低減が重要である。

CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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・CO<sub>2</sub>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。)

## ◆CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>回収を目的とした**分離膜モジュール研究開発**

## ◆CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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
- \* CO<sub>2</sub>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

- \* CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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

- \* CO<sub>2</sub>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

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CO<sub>2</sub>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

CO<sub>2</sub>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。

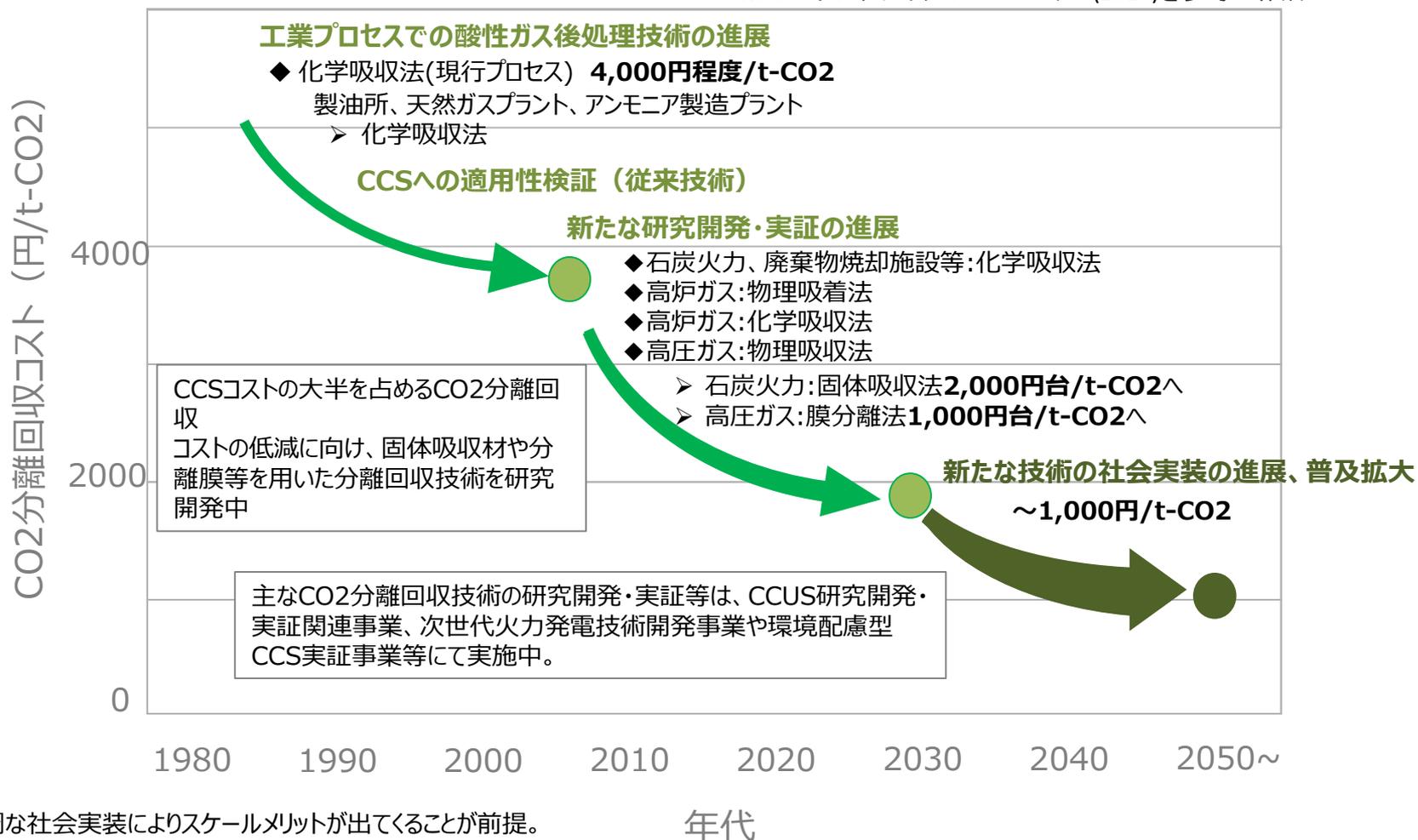
## ● 実現に必要な政策のイノベーションを提示する

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CO<sub>2</sub>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す。

※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ことが前提。

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
- CO<sub>2</sub>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
  - ・CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。

# ● 革新的な技術開発 (要素技術だけでなく、システム化・構造化して提示)

## 1. エネルギー転換

- 再生可能エネルギー（革新的太陽光、次世代地熱、洋上風力）
- メタネーション
- 火力+CCU（微細藻類培養、CCS）
- 革新的原子力技術、核融合
- 水素サプライチェーン（製造、輸送・貯蔵、ステーション、水素発電）
- 電力ネットワーク（ネットワーク、次世代パワーエレクトロニクス、次世代定置用蓄電池）

## 2. 運輸

- 電動化、軽量化（自動車、航空機、次世代車載・航空機用蓄電池開発）
- 水素利用
- バイオ燃料・代替燃料

## 3. 産業

- 金属（ゼロカーボン・スチール、金属リサイクル）
- 化学（人工光合成、フロー合成、プラ循環）
- セメント、その他産業（CCUS、バイオ燃料）

## 4. 業務・家庭・その他

- 定置用燃料電池
- 熱利用
- 社会システム・ライフスタイル（シェアリング）
- 資源循環のスマート化
- スマートシティ
- グリーン冷媒

## 5. 非エネルギー部門

- 農林水産業
- 吸収源（農地、林業関係、ブルーカーボン）
- バイオ利用（ゲノム編集、スーパー植物、微生物開発）
- 高機能バイオ素材

# 社会システム・ライフスタイル

## ●スマートシティ関連事業の実装

### 【目標】

・各地域で実施されているスマートシティの取組を通じて、エネルギー利用の効率化や移動の最適化を目指す。

### 【技術開発】

- ・エネルギーデータ、交通データ等をベースに都市をマネジメントすることで、エネルギー利用や交通行動の最適化、効率化を図る。
- ・太陽発電や蓄電池などの分散電源エネルギー等の分散電源と電力会社の電力を併用しつつ、電力を街区間で相互に融通しあうことでまち全体の電力ピークカットを図る。
- ・区域内施設のエネルギー関連データと気象データや人流データを活用し、予測による電力融通の効率化を図る。
- ・リアルタイムの人流データ等をもとに、スマート・プランニング手法を活用することで、自動車交通から公共交通や徒歩への転換を図る。
- ・MaaSの普及による自らの運転だけに頼らず、公共交通で快適に移動できる環境の整備（実施体制）
- ・内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省が事務局を務めるスマートシティ官民連携プラットフォームを通じて、環境・エネルギー分野や交通分野におけるスマートシティの取組に対して支援していく。

## ●多様な技術の組合せ

### 【目標】

・各種要素技術の導入のため、多様な技術の組合せを通じた実フィールドにおける技術開発を実施する。

### 【技術開発】

- ・地域ニーズに基づく効果的な技術導入に係る技術開発を実施する。（実施体制）
- ・現場を持つ自治体、革新的技術を持つ大学、メーカー、その他企業と一体となって技術開発を実施する。

## ●シェアリングエコノミー／テレワーク、働き方改革

### 【目標】

- ・「持続的な共生」の概念を基本とした、個人、家庭及び地域レベルでの意識改革とアクションを進め2050年までにカーボンニュートラル、レジリエント、かつ快適な地域と暮らしの実現を目指す
- ・たとえば、モノに対して、所有から共有へのライフスタイルの変革が起こる中、例えばカーシェアリング／ライドシェアでは、自動車の稼働率向上や最適ルートの算出等により、CO2の大幅削減が推定される。
- ・また、IoTの進展に伴うテレワークの増加による通勤・出張等の義務的移動の低減、働き方改革によるペーパーレス化の進展及び省エネルギー化の進展が推定される。個人や企業、地域等による環境配慮型の行動変容が評価され、再エネが持つ環境価値の自由で経済性ある取引が活発になる。

### 【技術開発】

- ・IT利用によるシェアリング、ネットワーク環境の利便性の更なる向上等を目指す。
- ・ナッジ等の行動科学の知見やブロックチェーン技術の環境分野への応用により、環境配慮行動や環境価値取引等のアクティビティ自体の効率化を図る。（実施体制）
- ・要素技術開発段階から、将来のCO2削減効果やレジリエンス等、持続的な共生に資する価値を評価する社会的仕組みを構築することにより、技術開発の加速化や幅広い分野への応用を進める。セクターカップリングにより分野横断的に協調・連携して取り組む。

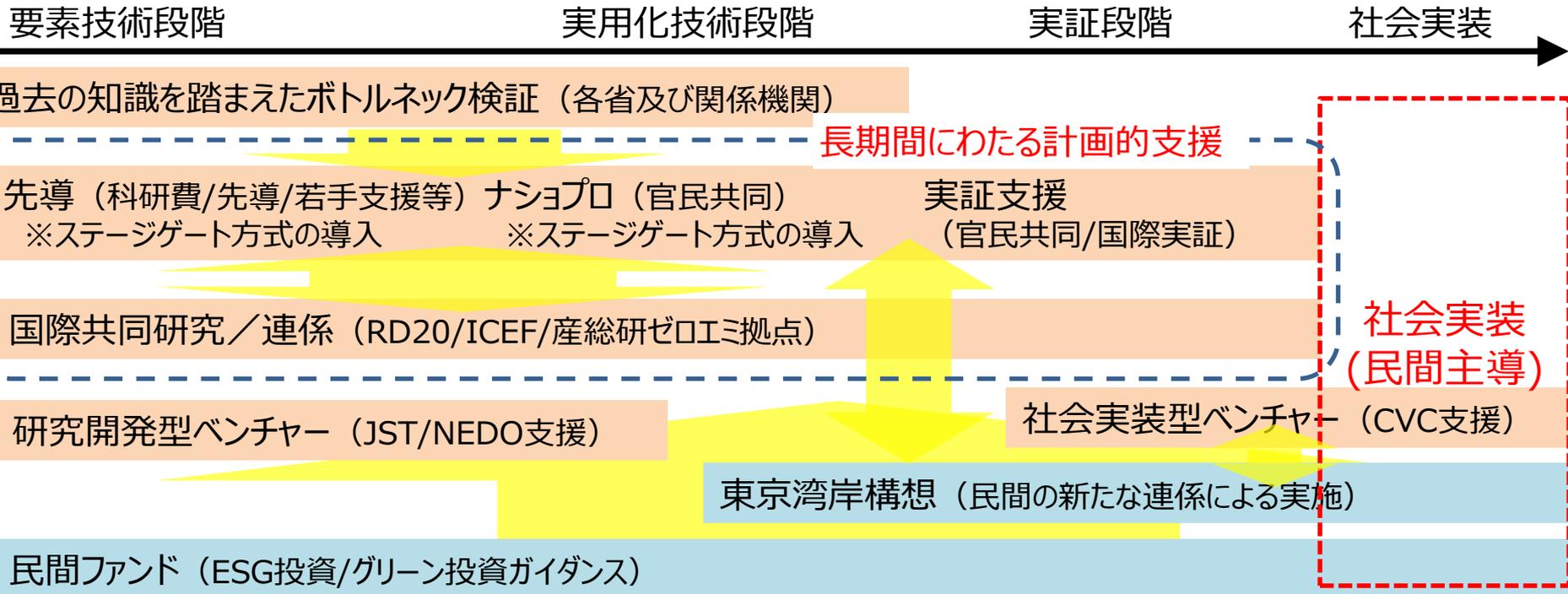


地域のニーズに即して、多様な技術を組み合わせることで社会実装。技術は技術で終わらせない。



# 政策のイノベーション

- エネルギー・環境技術の開発は、社会実装までに長期間を要し、コスト低減に向けた開発リスクが大きい（※）ことから、リスクに応じた政府の関与と長期的計画に基づく実施が不可欠。さらに、国際的な叡智を結集するための環境を整備するとともに、ベンチャー等新たな研究開発の担い手を拡大に取り組む。
- また、世界的に研究開発・イノベーションへの民間投資を拡大することも必要。TCFD/グリーン投資ガイドンスによる開発投資の実効性向上を図るとともに、我が国においては、エネルギー・環境分野の官民の研究開発投資を10年間で30兆円とすることを目指す。



※エネルギー・環境の技術開発は、自然からのエネルギー転換、物質循環という科学的にはエネルギー損失を伴う現象を如何に損失を最小限に効率良く、CO2排出源の利用をせず転換、循環させていくかが課題であり、技術開発そのものの困難さが大きい。また、社会実装までに間に、現象の発見・証明・再現、実用先を定めた開発、実用化のために必要な周辺技術の開発・インテグレーション、社会実証に加え、付加価値に対する対価の支払いという経済原理と異なり、CO2削減技術等が大幅な追加コストとならないよう実装時のコストを極限まで下げる技術であることも必要条件であることから、**技術開発及び社会実装までに長期間**を要する。

# ● 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>

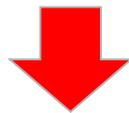
- これまで政府は、多様なゼロエミッション関係の研究開発プロジェクトを実施。まずはこれらのプロジェクトを精査し、技術の実用化に向けた**ボトルネック課題の解消可能性を改めて検証**した上で、今後の方針を検討する。
- プロジェクトの実施に当たっては、研究フェーズに応じ、CO2排出量、コスト等に関する**LCA手法**を導入する。
- このため、関係府省庁が連携し、民間の有識者も交え、ボトルネックを検証し、今後のプロジェクトのあり方を検討する**体制を整備**する。

## <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)

# エネルギー・環境イノベーションが実現する世界

- **二つの分断による脱炭素化:**  $GDP = \times \text{エネルギー}$ 、 $\text{エネルギー} = \times \text{CO}_2$
- **エネルギー産業の構造変化:**  
個別2次エネルギー(電気、ガス、石油製品)の供給 → 総合エネルギーサービスの提供
- **需給統合:**  
集中的なエネルギー供給 → 需要側資源(分散型)も活用した集中×分散型システムへ
- **エネルギーと情報通信とのシステム統合:**  
様々な市場(kWh、kW、 $\Delta$ kW、環境価値)の創出 → スマート化による取引費用の削減  
(IoT、AI、ブロックチェーン等の活用)
- **ソサエティ5.0の展開:**  
エネルギーシステムのスマート化 → エネルギー・物質・情報を統合した社会インフラへ

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