

報告書

令和3年度クライメート・イノベーション・ファイナンス推進 事業委託費 (トランジション・ファイナンスのあり方に関する調査)

株式会社野村総合研究所

コンサルティング部事業本部

サステナビリティ事業コンサルティング部

2022年3月31日

連絡先

- ・担当者 : 新美雄太郎
- ・電話番号 : 070-3876-3151
- ・メールアドレス : y3-niimi@nri.co.jp



目次

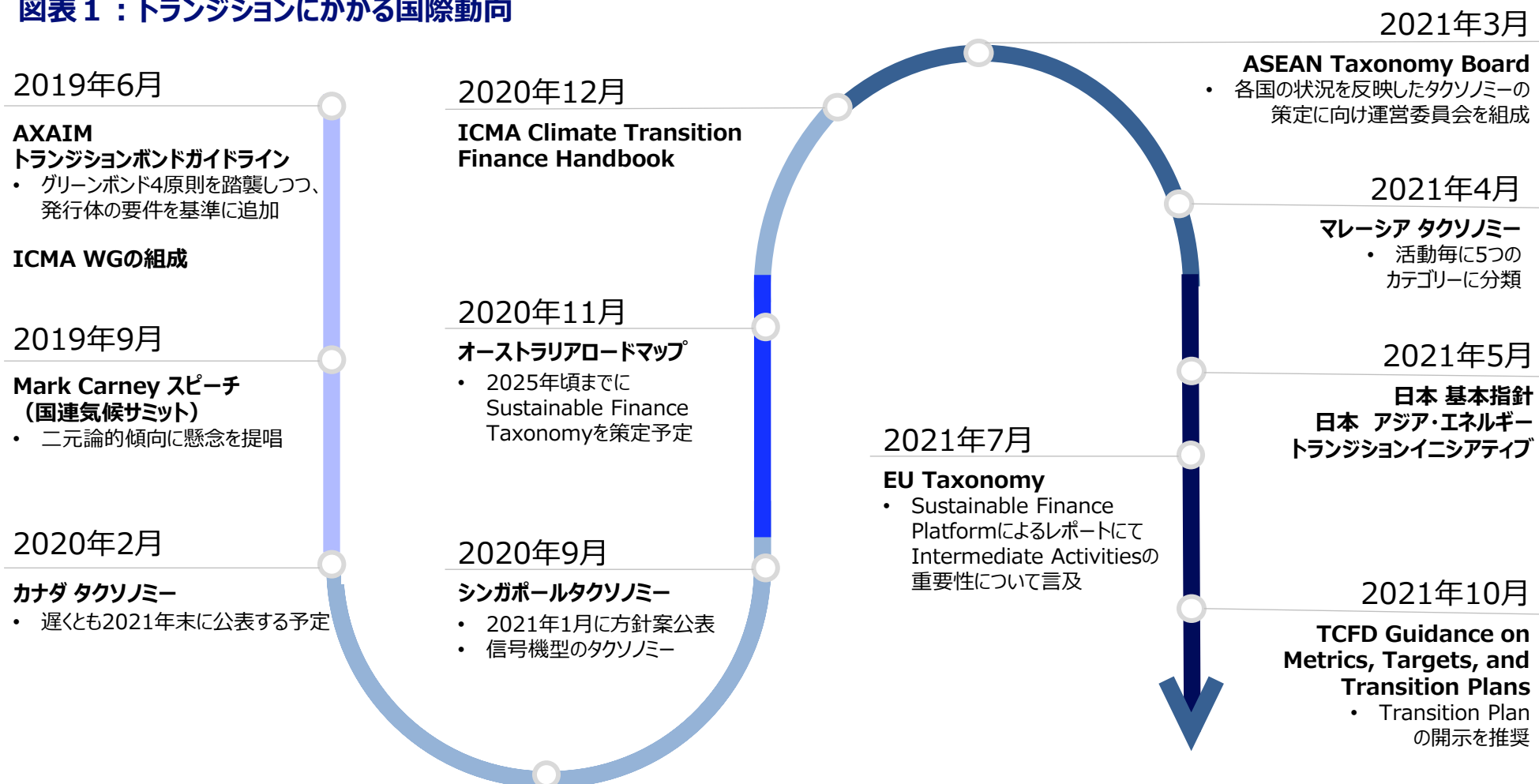
事業内容

(1) 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査	...2
① サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査	... 2
② トランジション・ファイナンス基本指針の策定	...14
③ 国内外での情報発信	...17
(2) 業種別ロードマップの策定	... 18
① 脱炭素化に向けた技術ロードマップ、②産業界・金融界への影響の調査	...18
✓ 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等	...23
✓ 必要な投資額	...52
✓ 鉄鋼分野	...53
✓ 化学分野	...58
✓ 電力分野	...67
✓ ガス分野	...71
✓ 石油分野	...80
✓ セメント分野	...87
✓ 紙・パルプ分野	...93
✓ 参考資料	...100
③ トランジション・ファイナンスのアジア展開を見据えた調査	... 111
(3) トランジション・ファイナンスモデル事業の実施	...115
① モデル事業の運営	... 115
② モデル事例の適合性評価および助言	...118
③ モデル事例集の作成	...119

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

パリ協定の目標達成に向け、多排出産業におけるトランジションの重要性が高まり、関連する動向が世界的に推進されている。

図表1：トランジションにかかる国際動向

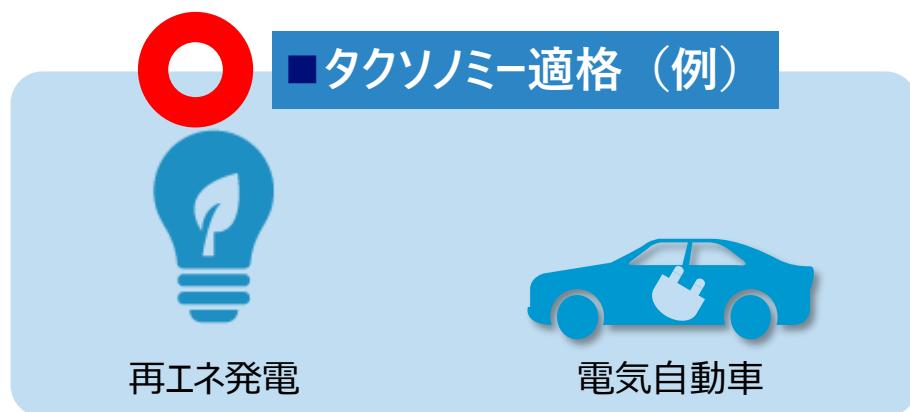


1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

EUタクソノミー

- EUタクソノミーでは、環境的にサステナブルな経済活動を分類・定義したものであり、言わば“経済活動のグリーンリスト”。EUタクソノミーに対しては、その二進法的な手法に対して反対意見が示されたが、2022年より施行予定。
- 2021年7月、全ての経済活動をグリーン、レッド、イエロー、それ以外に分類する拡張案が示された。この中でレッド、イエローからグリーンへの移行がトランジションと定義された。

図表2：現行タクソノミー



タクソノミー不適格（例）



石炭火力発電



ハイブリッド自動車／内燃自動車

図表3：現行タクソノミーに対する懸念

OEU域内における反対意見

- ・現在のタクソノミーはバイナリ（二進法）であり、タクソノミーでカバーされていない技術の助けにはならない

OEU域内における懸念（中央・東欧）

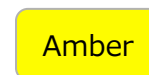
- ・タクソノミーから除外されることにより、ファイナンスへのアクセスが限定されてしまうのではないか

拡張案

- ・二元論的すぎることを防ぐため、移行活動を再定義する拡張案を検討
- ・すべての経済活動を対象とし、4つの区分を設定する案が示されている



環境目的に
十分に貢献



GreenとRedの
間



多大なる悪影響
を及ぼす



多大な影響を
及ぼさない

※原子力、天然ガスの取扱は依然として未解決

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

TCFD | Transition Plan

- TCFDは2021年10月に補助ガイダンスの改訂版、指標・目標・移行計画ガイダンスを公表。改訂ガイダンスでは、トランジション計画の開示が新たに求められており、4要素で求められる開示内容の推移をTransition Planの観点からも示すことが期待される。

図表4 : Transition Planの説明が求められる主体

- ✓ GHG排出削減についてコミットメントをしている主体
- ✓ GHG排出削減についてコミットメントをしている国・地域で活動する主体
- ✓ GHG排出削減について投資家の期待に応えることに同意した主体

図表5 : Transition Planの要素

ガバナンス		戦略	
- Approval 取締役会や委員会での承認 - Oversight 取締役会や委員会の管理 - Accountability 適切な責任、権利等の付与 実効に必要なリソースの確保 - Incentives 報酬制度等との連携	- Reporting 取締役会や委員会への定期的な報告 - Review 定期的なレビューの実施 - Transparency 外部ステークホルダーへの説明 - Assurance 独立したレビューや第三者認証	- Alignment with strategy － 時間軸を定義した取組内容 － 温度目標との整合 - Plan Assumption トランジション経路における不確実性や課題に関する仮説・想定	- Prioritized Opportunity 優先的な機会の最大化 - Action Plans 短期・中期の取組と排出削減との関連 - Financial Plans 予算や関連財務目標、費用 - Scenario analysis 複数シナリオを活用した実現可能性の実証
リスク管理		指標と目標	
Description of risks 移行に伴い直面するリスク	Plan challenges and uncertainties 移行計画の仮説や実行するにあたり、直面すると想定される不確実性や課題	- Metrics 計画や目標に対する進捗を測るための指標 - Targets 気候科学に基づく定量や定性的な目標	- Methodology 指標や目標は広く認知され透明性のある手法に基づく - Dates 期限の設定 - GHG emissions reductions GHG排出目標の実現に向けたTransition Plan

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

Asia Transition Finance Study Group

- 三菱UFJフィナンシャルグループがリードし、民間主導でAsia Transition Finance Study Groupによるアジアのエネルギー・トランジションに関するファイナンスの議論が実施されている。
- 本Study Groupでは、トランジション分野への資金供給に向けて、金融機関へのガイドラインと政府への提言をまとめることを目的に発足。2022年10月に成果物公表予定。

図表6：ATFSGの概要



目的

トランジションに関する取組に対する資金供給に向け、金融機関へのガイドライン作成と政策への提言をまとめる



主要テーマ

スタディ・グループでは以下のテーマを中心に金融機関へのガイドラインと政策提言をとりまとめる

- ・ トランジション活動の定義/原則
- ・ カーボンオフセット
- ・ 脱炭素経路、エネルギーミックス、技術ロードマップ
- ・ 利用可能性、運用性



参加団体

メンバー：18の銀行

MUFG	MIZUHO	SMBC
KASIKORNBANK	アユタヤ銀行	大华銀行
BDO	SMTB	Danamon
VietinBank	SECURITY BANK	mandiri
Maybank	citi	BARCLAYS
MACQUAIRE	standard chartered	HSBC

オブザーバー：5つの開発銀行、8つ政府機関

IFC	DBJ	JBIC
NEXI	DBS	

ASEAN Taxonomy Board	SFIA
フィリピン共和国エネルギー省	財務省（日本）
経済産業省（日本）	金融庁（日本）
全国銀行協会	オーストラリア政府

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

国際資本市場協会（ICMA） | Transition Finance Working Groupの動向

- 2020年12月にICMAがClimate Transition Finance Handbook（CTFH）を公表後もWGによる活動を継続。
- 本年度はCTFHの活用状況を評価するとともに、必要に応じて改定・追記を予定。

図表7：ICMA TFWGの動向



目的

1. サステナブル債権市場におけるトランジション・ファイナンスの位置づけ検討
2. 信頼性の高い発行体の気候変動戦略、および戦略と債権の関係性の明確化に関する検討



2021年実施目標

1. Climate Transition Finance Handbook（CTFH）の市場における活用状況を評価し、ケーススタディを行う
2. 既存の方法論やベンチマークを収集し、Resource Centreにハブを構築
3. 方法論・ベンチマークの策定者と連携し、ワークショップの開催
4. 必要に応じてCTFHに含めるQ&Aを作成
5. 必要に応じてGuidelines for External Reviews※にCTFH参照を追記
6. 必要に応じてCTFHを更新

※ICMAが2018年に評価機関向けに公表したガイドラインで、グリーン/ソーシャルボンド原則、サステナビリティ・ボンド原則、サステナビリティ・リンク・ボンド原則を補足する。最新版は2012年2月に公表。

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】CBI① | Transition finance for transforming companies

- CBIは2021年9月に企業単位での移行戦略に関する評価方法等を補足する目的でのDiscussion Paperを公表した。
- 脱炭素社会の実現に向けて多排出産業による発行が増えるSLBに対する注目が高まる一方、信頼性の確立やグリーンウォッシングの回避が課題になっているとし、信頼性の高いトランジション企業の要素を整理。

図表8：信頼性の高いトランジションの原則

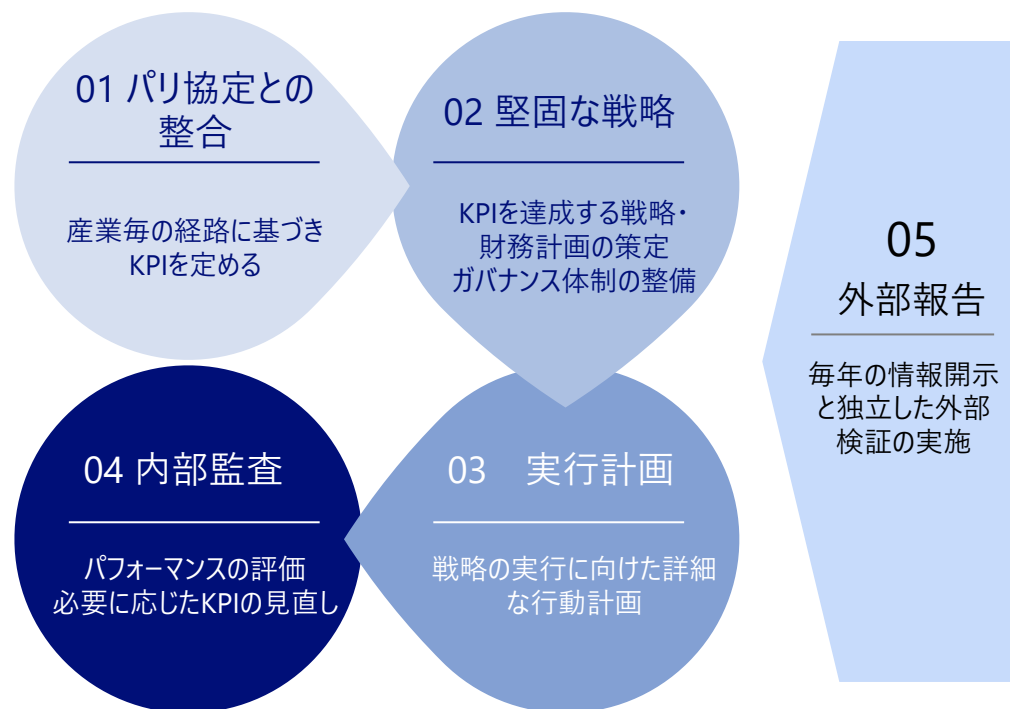
資金供給者にとって魅力的であること
～高い信頼性を有すること

- 1-1 科学的根拠に基づいていること
- 1-2 検証可能であること
期間・評価対象・手法を明記

資金調達者・供給者にとって
使いやすいものであること

- 2-1 明解・簡潔であること
特にマテリアルな分野に焦点を当てる
- 2-2 既存のガイダンスを踏まえること
資金調達者への負荷を低減する
- 2-3 一貫性があること
比較可能性を担保する

図表9：信頼性の高いトランジション企業の要素

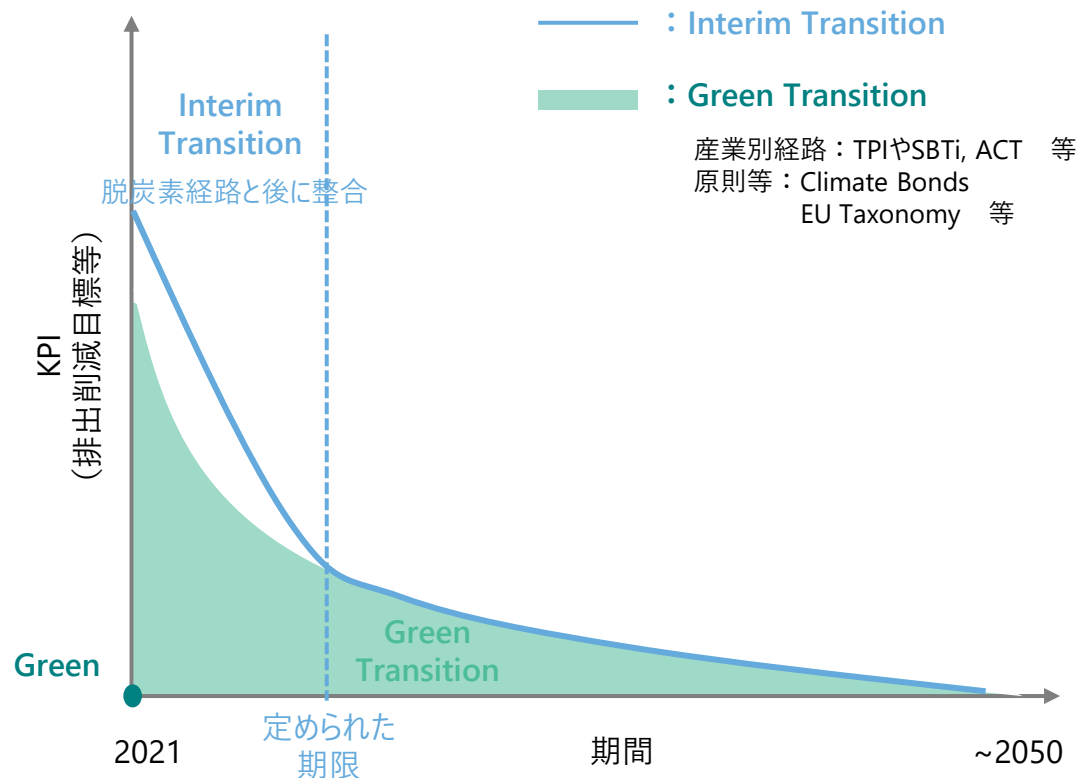


1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】CBI② | トランジションの種類

- 産業別脱炭素経路に現時点では整合していないが、整合に向けた取組を行っている企業努力は評価されるべきであり、Interim Transitionとして区分できる。
- Interim Transitionに該当する企業は短期では産業別経路に整合していなくとも、ある「定められた期限」以降には、経路と整合する必要がある、乖離が認められるのは一時的である。

図表10 : CBI トランジションの種類



図表11 : CBI トランジションの区分

Green

現時点で脱炭素を実現している企業

Green Transition

脱炭素を実現してはいないが、産業別の脱炭素経路と整合、あるいはそれ以上のKPIを設定している企業

Interim Transition

産業別の脱炭素経路に満たないが、投資計画や戦略を通じて脱炭素の道筋を明確にしており、最終的には脱炭素に到達する企業
※定められた期限（例：2025年）までに産業別の経路と整合することが求められる

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】トランジションファイナンスの事例

図表12：トランジションファイナンスの事例一覧

発行体/借り手	業種	所在国	案件・概要	時期
Castle Peak Power	電力	香港	・ 再エネの開発が難しい地域における天然ガス火力発電所への建設を資金使途（石炭火力発電から移行）とし、CLP（親会社）のフレームワークを活用して発行。	2017年7月、 2020年6月
SNAM S.P.A	ガス	イタリア	・ 二酸化炭素排出削減、再生可能エネルギー、省エネ、グリーン開発を資金使途として5億ユーロを調達。償還年数は6.5年。	2019年2月
ENEL	電力	イタリア	・ 気候変動緩和を目的に再生可能エネルギー関連等の目標達成を条件としたSDGsリンクボンド（25億ユーロ）を発行。	2019年9月
EBRD	開発銀行	欧州	・ 省エネやサステナブルなインフラ等、低炭素への移行（特に高炭素排出産業のネットゼロに向けた移行）に関する事業向け融資を資金使途として発行。	2019年10～12月
Etihad	航空	アラブ首長国連邦	・ 2050年ネットゼロ、2035年50%の排出削減へのコミットメントの実現に向けたトランジションスクーク（イスラム債）を発行。発行額：6億ドル。	2020年10月
BPCE	金融	フランス	・ トランジションボンド型の非優先シニア債を発行し、Natixisの多排出産業の低炭素化に向けたプロジェクトやコーポレートローンに充当。 ・ 発行額：1億ユーロ / 償還年限：10年、クーポン0.55%。	2020年12月
Bank of China (BOC)	金融	中国	・ 公共インフラ、セメント、鉄鋼等多排出産業をはじめとする業界において、BOCが定める規定に沿ったプロジェクトに充当（リファイナンス含む）。 発行額：5億ドル / 償還年限：3年、クーポン0.875%。	2021年1月
Cadent	ガス	英国	・ 2度目のトランジションボンドフレームワークに基づく債券を発行。調達した資金はガスネットワークの更新に活用。発行額：6.25億ユーロ/償還年限：9年	2021年3月
川崎汽船	船舶	日本	・ 次世代型環境対応LNG自動車専用船の購入を使途としてCTFHに基づき、トランジション・ローンにて調達。目標額：59億円 / 償還年限：14.5年	2021年3月
PKN ORLEN	石油	ポーランド	・ 再生可能エネルギーや低炭素交通、汚染防止・管理を資金使途としてGBP及びGLPと整合したフレームワークを構築、戦略についてはCTFHと整合。	2021年5月
Port of Newcastle	港湾施設	豪州	・ グリーンローン原則とCTFHに整合した形で0.5億豪ドルを調達。資金使途には再エネをはじめ汚染防止や水の持続可能な利用、クリーンな輸送など幅広く設定。	2021年5月
Eni	石油	イタリア	・ KPIを再生可能エネルギーの導入容量、上流でのカーボンフットプリント、ライフサイクルでのGHG排出量、炭素集約度（Scope 1～3）としたフレームワークを構築。	2021年6月
Repsol	石油・ガス	スペイン	・ CTFHなどを踏まえ、トランジションファイナンスフレームワークを策定。同フレームワークに基づき、CO2排出量に関する指標をKPIとしたSLBを発行（6.5億€（8年）、6億€（12年））。	2021年6月
日本郵船	船舶	日本	・ CTFHや基本指針を基にトランジション・ファイナンス・フレームワークを構築。今回は、LNG燃料船等を資金使途としたトランジションボンドにて合計250億円を調達。	2021年7月
商船三井	船舶	日本	・ LNG燃料フェリー2隻の建造資金としてトランジション・ローンによる借入を実施。商船三井は総合海運会社として世界で初めてカーボンニュートラルを宣言しており、LNG燃料フェリーは同社目標達成に向けた戦略の中に位置づけられている。	2021年9月
川崎汽船	船舶	日本	・ 2030年までのGHG総排出量削減目標に対する毎年度の目標を線形補完したもの、トンマイルあたりCO2排出量、CDP評価SPTとしたCTFH、SLLPに準拠したトランジション・リンク・ローンを実施。	2021年9月

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】トランジション・ファイナンス事例 | PKN ORLEN

- PKN ORLENは2021年5月にグリーンボンド発行に向けたフレームワークをGBPやGLPに沿って策定。開示内容については可能な範囲でICMAのトランジション・ハンドブックを参照。

対象事例：PKN ORLEN Green Finance Framework

図表13：企業概要（PKN ORLEN）

業種	石油・ガス（精製・石油化学工業）
所在地	ポーランド
目標 (2019年比)	2030年に高効率プラントにおけるScope1&2排出の20%減 2030年に原単位排出33%減 2050年にGHG排出のネットゼロ達成

要素1

図表15：全体戦略の概要（PKN ORLEN）

Strategy 2030年にて、中東欧地域における脱炭素への移行をリーディングカンパニーとして促進することを宣言。

再エネやCCSによるScope1&2排出の削減から、低炭素インフラへの整備（EVステーションなど）によるScope3排出の削減貢献にも取り組む方針。

今後10年の
投資予定総額

80億USD※

※30億ズウォティ（ポーランド
通貨）を換算した概算



図表14：ボンド概要（PKN ORLEN）

資金使途	- 再エネ（EU Taxonomy Technical screening criteriaによる） - クリーンな輸送（上記と同様） - 汚染の防止と制御
概要	発行額：5億€ 償還期限：7年
参照	- グリーンボンド原則（GBP） - グリーンローン原則（GLP） - クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック（CTFH） ※CTFHについては開示部分を可能な限り参照
市場の反応	発行額の6倍となる30億€の需要を獲得

図表16：フレームワークの評価（PKN ORLEN）

第三者評価機関（V.E）

市場

総評

- PKN ORLENのフレームワークはGBPとGLPの4要素と整合
- CTFHが掲げる開示の4要素の大半に従うが、Scope3の開示がないため、パリ協定との整合が不明瞭

- 目標を2050年ネットゼロとしている一方でScope1&2の目標設定にとどまっている
- 一般的に石油・ガス会社はScope3が高い割合を占めるため、Scope3の目標設定が重要
- ただし、石油化学工業に携わっており、Scope3の計測は困難なものになるのではないかと懸念

出所：PKN ORLEN Green Finance Framework

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】トランジション・ファイナンス事例 | Port of Newcastle

- Port of Newcastleはフレームワークに従いGreen Loanで調達し、その際ICMAのトランジション・ハンドブックを参照。ただし、石炭輸出港であることから批判も受けた。

対象事例：Port of Newcastle (PON) Green Loan

図表17：企業概要（PON）

業種	港湾
所在地	オーストラリア
目標 (2019年比)	2030年にエネルギーに起因する排出のネットゼロ達成 2035年に企業としてのネットゼロ達成

図表19：全体戦略の概要（PON）

要素1

気候変動と職場の健康・安全を自社とステークホルダーにとって最も重要な事象として位置づけ、ネットゼロ目標に向け、各種の取組を統合報告書にて公開。

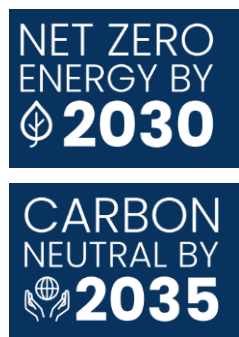
保有する車両をEVにし、
Scope1排出を年間48tCO₂e削減

Scope2排出を正確に測定し、
適切なベースラインの設定

再エネ事業者を積極的に活用

自社で管理できるScope3の範囲を把握

オフセットやカーボンクレジットの購入



図表18：ローン概要（PON）

資金使途	- 再エネ - 省エネ - 汚染防止 - 海洋生物多様性の保全 - クリーンな輸送 - 水の持続可能な利用 等
概要	調達額：0.5億AUD（3,889万USD） 償還期限：非公開
参照	- グリーンローン原則（GLP） - クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック（CTFH）

図表20：第三者評価機関（DNV GL※）

GLPとの整合

- PONがネガティブインパクトを緩和するために定期的に自社の取組を見直すことを確認。またPONは可能な限りサステナビリティレポート等により資金の配分を開示。その他の要素についても査定し、GLPとの整合を確認。

CTFHとの整合

- 企業戦略・目標はSBTモデルに基づき、十分に2°C以下目標およびパリ協定と整合し、科学的根拠に基づいている。また、目標は事業活動と深く関連しており、マテリアルである。その他要素についても整合を確認。

※評価時(2021年2月)はDNV GL

図表21：市場（PON）

- PONの顧客が年間1.5億Mtpaの石炭を港から海外に輸出していることから一部批判があがった

出所：Port of Newcastle Green Financing Framework, SPO他

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】トランジション・ファイナンス事例 | Eni

- 石油・ガスセクター初となるSustainability-Linked Financing FrameworkをイタリアのオイルメジャーEniが策定。6月7日にはボンドの発行も発表。
- トランジションとは名付けず、ICMAのトランジション・ハンドブックも参照していない。

対象事例：Eni Sustainability-Linked Bond

図表22：企業概要（Eni）

業種	石油・ガス
所在地	イタリア
目標	2030年までにScope1~2におけるネットゼロ 2050年までにScope1~3におけるネットゼロ

図表24：全体戦略の概要（Eni）

自社の「移行」を促進するため、業界内で最も野心的である2050年カーボンニュートラル目標を設定し、この達成に向け再エネ等へのビジネス拡大や、操業・製品における脱炭素化を事業の柱として掲げている。

要素1

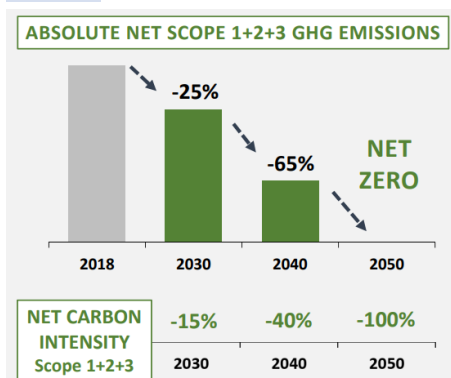
- 操業と製品における脱炭素化
- 再エネやサーキュラー経済へのビジネスの拡大・多様化

【具体策】

- ガスのシェア増加
2030年60%
2050年で90%
- CCSの活用
- バイオメタンの活用
- バイオ燃料製造

今後4年の
投資予定総額
57億€

要素3



図表23：ボンド概要（Eni）

KPI	2024年末にScope1&2排出-50%（2018年比） 2025年末に再エネ導入量 5 GW
概要	発行額：10億€ 償還期限：7年 （KPI未達成時 + 25bps）
市場の評価	発行額に対して3倍の需要を獲得

● フレームワークの評価

図表25：第三者評価機関（V.E）

マテリアリティ

- 電力のエネルギーの生産により炭素排出はEniの排出量の41%、内72%が石炭由来のものであり、低炭素なガスへの移行は不可欠

目標の科学的根拠

- TPIによると、業界平均と比較して野心的な目標を設定しており、パリ協定に基づく各国の削減目標とも整合
- ただし、目標は2°Cシナリオ（IEA）の達成には不十分

総評

- EniのフレームワークはSLBPとSLLPに準拠

図表26：市場（Eni）

- 投資家からは、Scope 1 ~ 3 に関して原単位排出だけでなく絶対排出量の目標設定がされている点が前向きに評価された。KPIを達成するための具体的な取組や、各取組がもたらす効果（再エネの導入等）が明示されるとより好ましい、といった声も聞かれた。

出所：Eni Sustainability-Linked Financing Framework

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ①サステナブルファイナンスにかかる国内外の動向調査

【参考】トランジション・ファイナンス事例 | Repsol

- Repsolは2017年に発行したグリーンボンドに対する批判を受け、新たにTransition Financing Framework※を策定。6月末にフレームワークに基づいてSLBを発行。

※グリーンボンド/ローン原則やサステナビリティ・リンク・ボンド原則、クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック等をもとに、GB/LやSLB/L発行時に用いることを目的としたもの

対象事例：Sustainability Linked Bond (SLB)

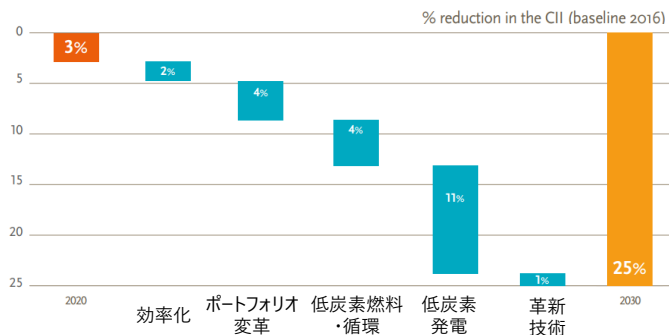
図表27：企業概要（Repsol）

業種	石油・ガス
所在地	スペイン
目標 (2016年比)	2030年までにCII※の25%削減 2040年までにCIIの40%削減 2050年ネットゼロ ※Carbon Intensity Indicator：Repsolが生産するエネルギー量を分母とした際の製品の使用時を含む排出原単位。ただし、分子の排出量から低炭素発電による削減分をクレジットとして扱い差し引くなど通常の原単位とは異なる独自の指標。

図表29：全体戦略の概要（Repsol）

要素1

Strategic Plan 2021-2025における4つの優先順位の1つに二酸化炭素排出の削減を掲げ、最もマテリアルな項目として「炭素排出とエネルギー転換」および「エネルギーと気候変動政策」を特定。自社の排出削減目標達成に向けた取組を以下5つに分類し、投票額等も開示している。



出所：Repsol's Transition Financing Framework他

図表28：ボンド概要（Repsol）

KPI	2029年償還のSLB：2025年までにCIIの12%削減 2033年償還のSLB：2030年までにCIIの25%削減
概要	調達額：6.5億€ 償還期限：8年 調達額：6億€ 償還期限：12年
参照	- サステナビリティ・リンク・ボンド/ローン原則（SLBP/SLLP） - クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック（CTFH）
市場の反応	2倍を超える需要となる約27.5億€（合計）を獲得

● フレームワークの評価

図表30：第三者評価機関（ISS ESG）（Repsol）

- 発行体の戦略はビジネスモデルにおける環境的にマテリアルであり、戦略と役員報酬を結びつけるなど、自社における重要性も強調されている
- 投資計画も開示されており、透明性が高い
- ただし、適切なベンチマークが市場にないため、戦略が科学的根拠に基づいたものかは不明
- SPTは発行体が過去設定したものより野心的であり、TPIが実施した分析によると同業他社と比較しても野心的

図表31：市場（Repsol）

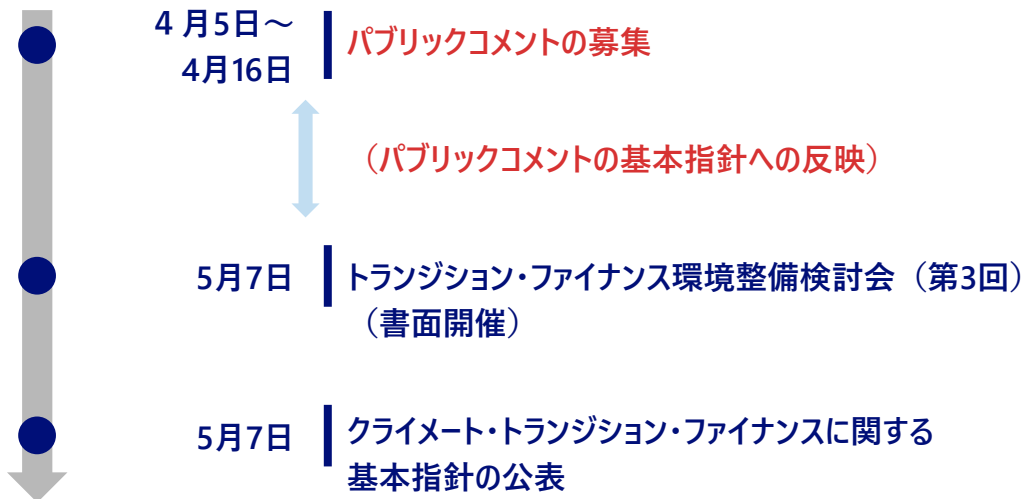
- 良いスタートであり、他社より優れたフレームワークといえる。ただし依然としてトランジションの速度とスケールに課題が残る。また目標からは化石燃料の探索に投資を続けるか、撤退するかが不明瞭であった。
- Sean Kidney CBI chief executive

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ②トランジション・ファイナンス基本指針の策定

クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針を作成・公表した。

- トランジション・ファイナンス基本指針の完成に向け、4月5日よりパブリックコメントを実施した。
- パブリックコメントでいただいたコメントについては、対応箇所ごとに整理のうえ、経産省HPに公表した。
- パブリックコメントにあたっては、海外機関（ICMA）からもご意見を頂戴した。

図表32：基本指針検討スケジュール



図表34：公開URL

公開物	公開URL
本編	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transit ion/basic_guidelines_on_climate_transition_finance_jpn.pdf
本編（英語）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transit ion/basic_guidelines_on_climate_transition_finance_eng.pdf
概要版	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transit ion/overview_basic_guidelines_on_climate_transition_finance_jpn.pdf
概要版（英語）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transit ion/overview_basic_guidelines_on_climate_transition_finance_eng.pdf

図表33：基本指針パブリックコメント

以下の通りパブリックコメントを実施した。

- 意見募集の実施方法
 - 募集期間：令和3年4月5日（月）～令和3年4月16日（金）
 - 告知方法：電子政府の総合窓口（e-Gov）ウェブサイトに掲載
 - 意見提出方法：e-Gov、電子メール、FAXおよび郵送
- 意見公募の対象
 - クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針
- 提出意見数
 - 22の個人、事業者等から、51の意見をいただいた。
- 提出されたご意見の概要及びそれに対する回答
 - 以下URLを参照

○御意見概要及び回答
<https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210507001/20210507001-5.pdf>

○海外機関からの御意見概要及び回答
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/transition_finance/pdf/003_06_00.pdf

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ②トランジション・ファイナンス基本指針の策定 トランジション・ファイナンス環境整備検討会を実施した。

■ 本業務では、トランジション・ファイナンス環境整備検討会（第3回・第4回）を実施した。

- 第3回：5月7日（書面開催）
- 第4回：11月4日（オンライン開催）

図表35：環境整備検討会 議事次第

資料1	
第3回 トランジション・ファイナンス環境整備検討会 (トランジション検討会) 議事次第	
1. 日時	2021年5月7日（水）
2. 場所	書面開催
3. 議事	(1) クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針について（決議）
4. 配布資料	資料1：議事次第 資料2：委員名簿 資料3：クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針 資料4：クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針（履歴付） 資料5：パブリックコメントのご意見概要および回答 資料6：海外機関（ICMA）からのご意見概要および回答

図表36：環境整備検討会 委員名簿

資料2	
トランジション・ファイナンス環境整備検討会 (トランジション検討会) 委員名簿	
※五十音順、敬称略	
座長	伊藤 邦雄 一橋大学 CFO 教育センター長
委員	秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE） システム研究グループリーダー
	上野 貴弘 一般財団法人電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員 ISO/TC322 エキスパート
	押田 俊輔 マニュアル・インベスト・マネジメント株式会社 クレジット調査部長
	梶原 敦子 株式会社日本格付研究所 サステナブル・ファイナンス評価部長
	加藤 晶弘 株式会社三菱UFJ銀行 ソリューションプロダクツ部 サステナブルビジネス室長
	金子 忠裕 株式会社三井住友銀行 ホールセール統括部 サステナブルビジネス推進室長
	金留 正人 DNV ビジネス・ サステナビリティ
	木保 公美 アクサ・インベ
	今 真一郎 日本生命保険株
	高村 ゆかり 東京大学 未来
	竹ヶ原 啓介 株式会社日本商 業 経営企画部
	長谷川 雅巳 一般社団法人E
オブザーバー	林 礼子 BofA 証券株式会社株式会社 取締役副社長 国際資本市場協会（ICMA） 理事会理事
	平林 友子 株式会社みずほ銀行 シンジェレーション部 次長
	和田 倫明 第一生命保険株式会社 運用企画部 運用企画室長
主催	一般社団法人生命保険協会 一般社団法人全国銀行協会 一般社団法人日本投資顧問業協会 株式会社日本取引所グループ 国連環境計画金融イニシアティブ（UNEP FI） 国連責任投資原則（PRI） 日本証券業協会
	金融庁、経済産業省、環境省

図表37：基本指針 表紙

資料3
クライメート・トランジション・ファイナンス に関する基本指針
2021年5月
金融庁・経済産業省・環境省

1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ②トランジション・ファイナンス基本指針の策定

基本指針およびパンフレットについて、デザインを入れて作成した。

■ 基本指針について、完成後、表紙等にデザインを入れた。

■ また、セミナーなどで御省担当者の説明時に使用できる概要資料及びパンフレットを作成した。

図表38：基本指針（表紙、目次、本文）



図表39：パンフレット（基本指針概要）



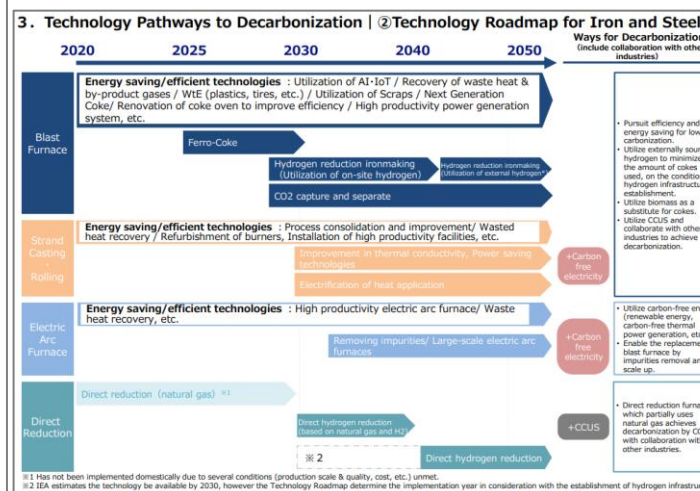
1. 低炭素技術へのファイナンスの在り方に関する調査 ③国内外での情報発信

基本指針、分野別ロードマップ等について、海外への発信のため、英訳版を作成した。

図表40：基本指針表紙（英語版）



図表41：分野別ロードマップ（英語版）



図表42：事例集（英語版）

Transition Finance Case Study 1: Nippon Yusen Kabushiki Kaisha			
Case Study Overview			
Corporate Profile		Bond Outline	
Company Name	Nippon Yusen Kabushiki Kaisha	Issue Date	July 29, 2021
Industry	Shipping	Summary	- Issue amount : 10 billion yen - Term : 5 years - Interest rate : 0.26% per year - Issue amount : 10 billion yen - Term : 7 years - Interest rate : 0.38% per year
Location	Japan	Repayment Term	July 29, 2026
Business	One of the world's leading shipping companies. Currently, the NYK Group is engaged in general cargo transportation, consisting of liner trade, air cargo transportation, and logistics, as well as bulk shipping, real estate, and other businesses.	Evaluation Agency	DNV BUSINESS ASSURANCE JAPAN K.K.
3rd Party Evaluation		Use of Proceeds	
Confirmed that the transition strategy is a strategy for achieving goals consistent with the Paris Agreement. It is also designed for the Climate Transition Finance Handbook and meets the 4 elements of the Basic Guidelines as it includes plans to implement it along the timeline, etc.		- LNG-fueled Ships - LNG-fueled ships expenditure - LNG Fuel Supply Ships - LNG fuel supply ships expenditure (LNG-fueled bunkering ships) - LPG-fueled Ships - LPG-fueled ships expenditure	
Market Reaction		High Efficiency and Optimization of Operations	
- More than 10 times investors' demand (209.9 billion yen/163 cases) for 20 billion yen in total - Institutional investors as well as other investors invested because they were transition bonds.		- Offshore Wind Power Generation - Self-avoiding platform - Crew transfer vessel for offshore wind power generation - Green Terminals - Establishment of new Green Terminals - Ammonia-fueled Ships - AFAC: Ammonia-fueled Ammonia Gas Center and related - Hydrogen-fueled Ships - Implementation of vessels equipped with high-power fuel cells	

Transition Finance Case Study 2: Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.			
Overview			
Corporate Profile		Loan Summary	
Company Name	Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. (MOL)	Schedule	September 2021
Industry	Shipping	Summary	- Borrowings: Not disclosed - Term: Construction period + 15 years - Rate: Not disclosed
Location	Japan	Evaluation Agency	Japan Credit Rating Agency, Ltd.
Business	One of the Japanese leading shipping companies. Its business is based on the following four pillars: Dry Bulk Transport, Energy Transport, Product Transport and Associated Business	Use of Proceeds	
3rd Party Evaluation		Appropriation Target	
- As the world's first integrated shipping company to declare carbon neutrality by 2050, the long-term decarbonization vision 2.1 is advanced and ambitious, being based on a TCFD scenario analysis. - Use of proceeds of this loan, LNG-fueled ferries, are a key part of this strategy. - Internal controls and other measures are taken to appropriately allocate the loan. - Based on the above, JCR evaluates the four elements of the Climate Transition Finance Handbook and the Basic Guidelines to be satisfied. - It is also aligned with the Green Loan Principles which define procurement procedures, management processes, and so on.		- Funding for construction of 1 LNG-fueled ferry scheduled for completion in 2022 - Funding for construction of 1 LNG-fueled ferry scheduled for completion in the 2023	
Market Reaction		Ship Names	
10 Regional ferries which most of them located around Western Japan have joined the syndicate. Western Japan is where the ferries will be built and operated.		Surfower Kuremaki, Surfower Musaki	
		See Route	
		Beppu - Otsuka	
		Ship Type	
		LNG-fueled ferry	
		Gross Tonnage	
		Approx. 17,300 tons	
		Shipyard	
		Mitsubishi Shipbuilding Co., Ltd.	
		Shipowner	
		Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.	
		Operator	
		Ferry Surfower Ltd.	

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ

ロードマップ策定検討会を実施し、7分野のロードマップを作成・公表した。

- 本業務では、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」を8回実施し、7分野の（技術）ロードマップを公表した。

図表43：検討会開催日程

#	日程	主な議題
1	令和3年8月6日（金）	ロードマップの策定方法等
2	令和3年8月24日（火）	鉄鋼分野ロードマップに関する議論
3	令和3年10月15日（金）	鉄鋼分野および化学分野ロードマップに関する議論
4	令和3年11月30日（火）	化学分野ロードマップに関する議論
5	令和3年12月20日（月）	エネルギー3分野（石油、ガス、電力）ロードマップに関する議論
6	令和4年1月27日（木）	エネルギー3分野（石油、ガス、電力）ロードマップに関する議論
7	令和4年2月7日（月）	セメントおよび紙・パルプ分野ロードマップに関する議論
8	令和4年3月11日（金）	セメントおよび紙・パルプ分野ロードマップに関する議論

図表44：ロードマップ公開日程

#	日程	公開されたロードマップ
1	令和3年10月27日（水）	鉄鋼分野技術ロードマップの公開
2	令和3年12月10日（金）	化学分野技術ロードマップの公開
3	令和3年2月4日（金）	ガス、電力、石油分野ロードマップの公開
4	令和3年3月24日（木）	セメント、紙・パルプ分野ロードマップの公開

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ

ロードマップ策定検討会では、座長・常任委員7名に加え、各分野で専門委員を招聘した。

- 「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」を8回実施し、では、全分野を通して参加する常任委員について、金融・環境・技術・評価などの分野の有識者にご就任いただいた。
- また、各分野の議論では、各分野の専門的な知見を持つ委員を、1分野あたり約3名ご就任いただいた。

図表45：検討会 座長、常任委員、オブザーバー一覧

座長	
秋元 圭吾	公益財団法人地球環境産業技術研究機（RITE） システム研究グループリーダー・主席研究員
常任委員	
押田 俊輔	マニユライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長
梶原 敦子	株式会社日本格付研究所 執行役員サステナブル・ファイナンス評価本部長
関根 泰	早稲田大学 理工学術院 教授
高村 ゆかり	東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
竹ヶ原 啓介	株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／ 副所長 兼 金融経済研究センター長
松橋 隆治	東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授
オブザーバー	
株式会社みずほ銀行	
株式会社三井住友銀行	
株式会社三菱UFJ銀行	
一般社団法人日本経済団体連合会	

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ

(参考) 専門委員一覧

図表46：専門委員一覧

分野	氏名・肩書	
鉄鋼	亀山 秀雄	東京農工大学 名誉教授
	手塚 宏之	一般社団法人 日本鉄鋼連盟 エネルギー技術委員会 委員長
	林 幸	東京工業大学物質理工学院 教授
化学	橘川 武郎	国際大学副学長・大学院国際経営学研究科 教授
	綱島 宏	日本化学工業協会 技術委員会 委員長
	松方 正彦	早稲田大学 理工学術院 教授
電力	清水 成信	電気事業連合会 副会長
	圓尾 雅則	電力・ガス取引監視等委員会 委員 SMBC日興証券 マネージング・ディレクター
	山内 弘隆	武蔵野大学 経営学部 特任教授、電力ガス基本政策小委員会 委員長
ガス	橘川 武郎	国際大学 副学長・大学院国際経営学研究科 教授
	柴田 善朗	日本エネルギー経済研究所 新エネルギーグループ マネージャー 研究主幹
	早川 光毅	一般社団法人日本ガス協会 専務理事
	吉田 栄	日本L Pガス協会 専務理事
石油	井上 昌泰	石油連盟 政策委員会 政策問題小委員会 委員長
	里川 重夫	成蹊大学 理工学部 物質生命理工学科 教授
	田畑 光紀	一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）合成燃料部 部長
セメント	赤松 史光	大阪大学大学院工学研究科 機械工学専攻 燃焼工学研究室 教授
	北村 晃成	一般社団法人セメント協会 生産・環境幹事会 幹事長 株式会社太平洋セメント 執行役員 生産部長
	坂井 悦郎	東京工業大学 名誉教授
紙・パルプ	磯貝 明	東京大学 特別教授
	内村 浩美	愛媛大学 特別名誉教授
	松原 孝知	日本製紙連合会 エネルギー委員長

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ

ロードマップの策定

■委託元である環境経済室に加え、各分野の担当課と連携し、7分野のロードマップを策定した。

図表47：ロードマップ公開日程・URL（日本語版）

#	分野	公開日	公開URL
1	鉄鋼	令和3年10月27日（水）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_technology_roadmap_iron_and_steel_jpn.pdf
2	化学	令和3年12月10日（金）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_technology_roadmap_chemistry_jpn.pdf
3	電力	令和4年2月4日（金）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_roadmap_electric_jpn.pdf
4	ガス		https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_roadmap_gas_jpn.pdf
5	石油		https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_roadmap_oil_jpn.pdf
6	セメント	令和4年3月24日（木）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_technology_roadmap_cement_jpn.pdf
7	紙・パルプ		https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_technology_roadmap_paper_jpn.pdf

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

分野別ロードマップの位置付け

- 「基本指針」は、トランジション・ボンドなどのラベリングして商品化するために考慮すべき、基本的な考え方をまとめたもの
- 分野別ロードマップは個別分野での企業のトランジション戦略の適格性を判断するための参考として、基本指針の参照（Annex）として位置づける

図表48：分野別ロードマップの策定方針

項目	概要
目的	- 事業会社 – トランジション・ファイナンスを検討する企業のトランジション戦略策定等の参照 - 金融機関等 – 事業会社の取組・戦略の適格性を判断するために参照
前提	NDC、長期戦略、グリーン成長戦略、エネルギー基本計画、グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画等各種政策との整合を取ることで我が国の産業政策や国際競争力の向上に資するものとする
内容	- パリ協定と整合し、2050カーボンニュートラルを実現時のイメージ（各分野の脱炭素化） - 技術ロードマップ（技術オプション、CO₂排出）※、投資額（コスト）等
留意点	- 企業が戦略構築時に業態転換を含め参照できるよう、業種単位ではなく分野単位とする 新たな技術の開発動向や環境性、経済性などについては不確実性が存在するため、現時点で入手可能な情報に基づき、我が国の地域性や産業特性を踏まえ、多様な選択肢を提示する - ネットゼロに向けた、吸収・オフセット、クレジット等の考慮についても必要に応じ、議論の対象とする
作成主体	各業所管官庁

※技術ロードマップの策定にあたり、科学的根拠に基づきパリ協定と整合する国際的に認知されたシナリオ/ロードマップ等も参照

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】分野別ロードマップの位置付け | トランジション・ファイナンスにおける事業変革

- 脱炭素社会への移行には、既存のビジネスの延長にとどまらない「事業変革」が求められており、燃料や原料の転換や、新分野の製品の提供などのビジネスモデルの転換も含まれる
- また、その実行にあたり策定する投資計画には設備投資だけでなく、業務費・運営費が含まれる

図表49：分野別ロードマップの位置づけ

基本指針 要素1：資金調達者のクライメート・トランジション戦略とガバナンス

a. トランジション・ファイナンスを活用した資金調達は、トランジション戦略の実現または実現への動機付けを目的とすべきである。

トランジション戦略に含まれる事業変革例（以下に限らない）

燃料・原料転換

炭素排出要因である、燃料排出やプロセス排出の削減に向け、燃料の低・脱炭素化やリサイクル素材の活用を指す

製造プロセスの変更/更新
・革新的技術の導入

プロセスの省エネ化や、既存設備へのCCS設備の導入等を含む

新分野の製品・
サービスの開発/提供

炭素を多く排出する既存製品の代替や、既存ビジネスと異なる分野の創出・転換を指す。

トランジション戦略の実行に向けた投資計画の対象例

設備投資
(Capex)

業務費や運営費
(Opex)

研究開発関連費用

M & A関連費用

設備の解体・撤去
関連費用

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】エネルギー業界における事業変革事例

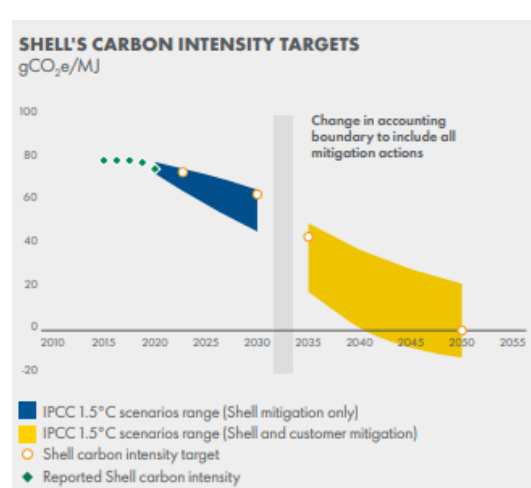
- Shellは2050年自社製品の原単位排出ゼロを目指しており、既存の石油・ガス事業からバイオ燃料や水素など総合エネルギー事業者への業態転換を図っている

対象事例：Shell

図表50：企業概要（Shell）

業種	石油
所在地	オランダ
生産量	10億 boe
目標 (原単位) (16年比)	2023年までに6~8%削減 2030年までに20%削減 2035年までに45%削減 2050年までに100%削減

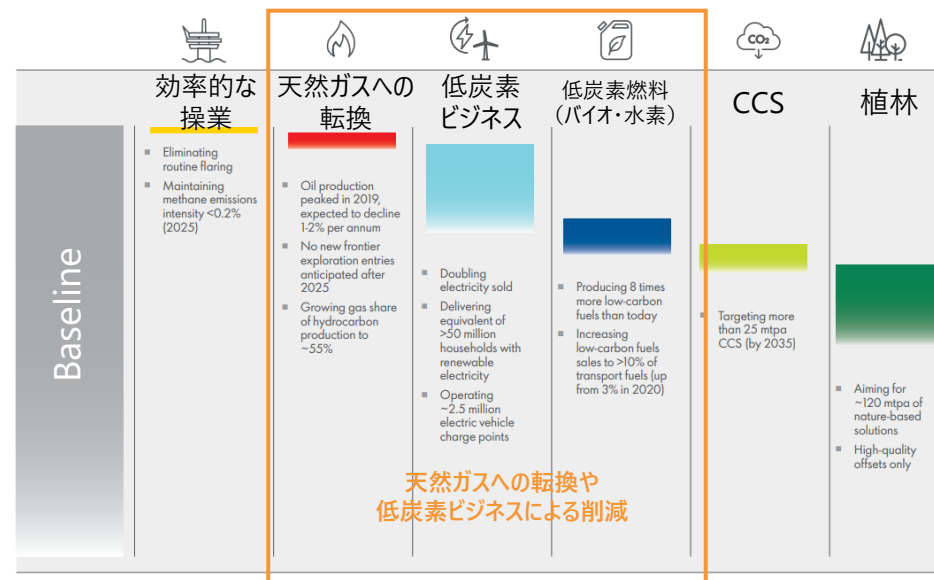
図表52：具体的な取組（Shell）



出所：ShellのHPより作成

図表51：戦略（Shell）

- ・ エネルギー効率化に取り組むとともに、Shellの排出の90%を占める Scope3の削減に向け、バイオ燃料や水素等低炭素商品の提供に向けた取組を推進
- ・ 一部避けられない排出についてはオフセット
- ・ 不確実性の高さから2050年までの計画は立てず、現時点では2030年までの戦略を策定



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】分野別ロードマップの位置付け | 多排出産業における事業変革事例

- 鉄鋼業者のArcelor Mittalは2050年カーボンニュートラルの達成に向け、水素の活用やCCS、スクラップ鉄の活用を含むロードマップを策定

対象事例：Arcelor Mittal

図表53：企業概要（Arcelor Mittal）

業種	鉄鋼
所在地	ルクセンブルク
生産量	世界生産量の5%を生産（年生産量8980万トン）
目標	・ 長期目標：2050年カーボンニュートラル ・ 中期目標：2030年GHGCO₂排出30%削減（18年比）

図表55：具体的な取組（Arcelor Mittal）

策定した2つのルートに沿って、以下3つの取組を中心に実証実験を行うなど脱炭素化を推進。例えばクリーンエネルギーには過去3年間で約7.3億ドルを投資している。



出所：Arcelor MittalのHPよりNRI作成

2025~2030

以下技術をEU中心に商用化

- ・ 炭素循環や廃熱を利用した生産
- ・ CCS付き高炉
- ・ CCS付き直接還元法

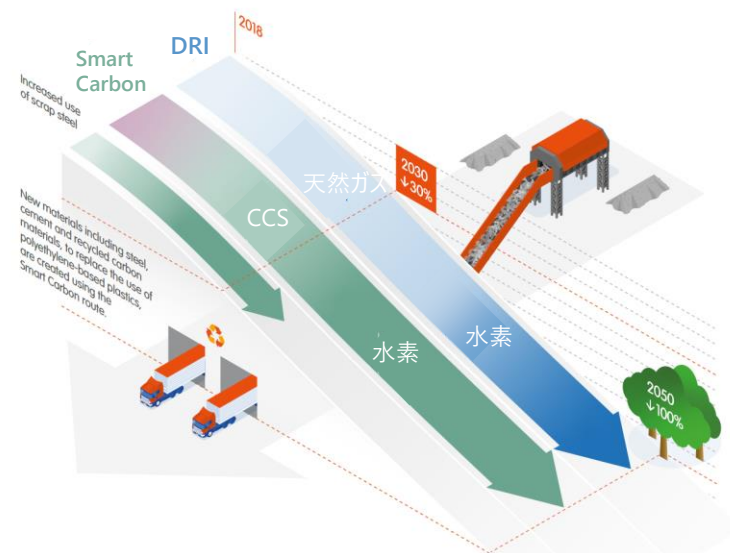
2030~

カーボンニュートラル達成に向け水素を中心とした技術を展開

- ・ 水素による直接還元法
 - ・ グリーン水素による直接還元法
- など

図表54：戦略（Arcelor Mittal）

- ・ 2050年カーボンニュートラルに向けSmart Carbonと直接還元法による削減の2つのルートを用意し、両ルートでの削減を進めていくことを示したロードマップを策定。平行してスクラップ鉄の活用を推進。
- ・ それぞれのルートでは、重点を変えながら炭素循環、クリーンエネルギー、CCSなどの取組を推進。
- ・ 今後はロードマップに沿った投資を行っていくことを公表。



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ（1）分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】海外の事例：Miba社とZollern社のJV立ち上げ

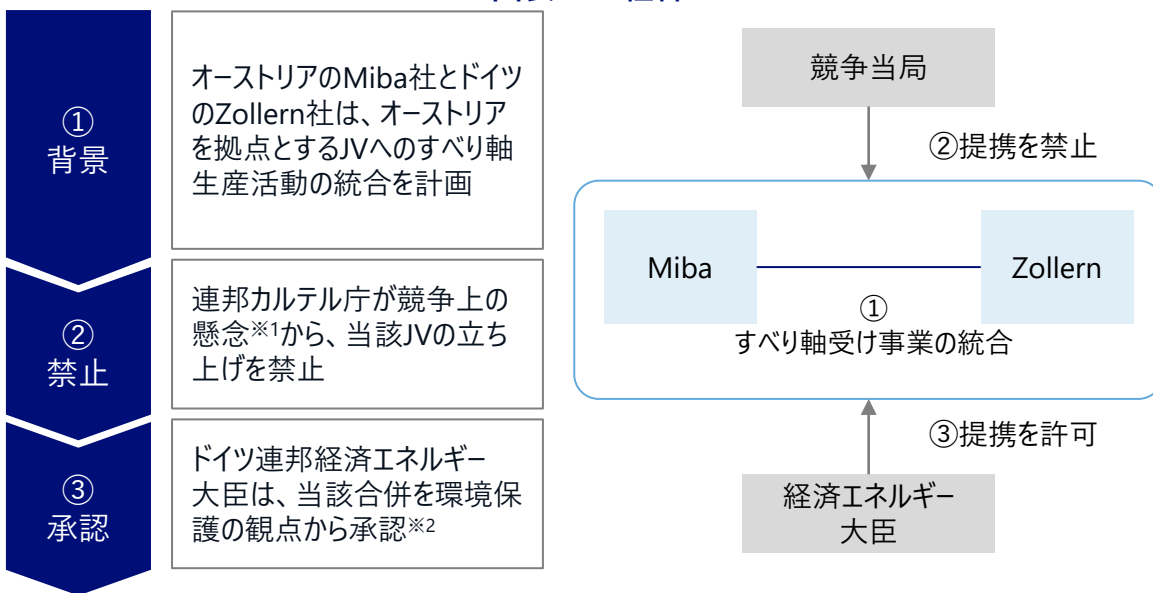
- ドイツの競争当局によって禁止の判断がなされたジョイント・ベンチャーの立ち上げについて、環境保護の観点を踏まえ、連邦経済エネルギー大臣が承認。

対象事例：MibaとZollern社のJV立ち上げ

図表56：企業概要（Miba, Zollern）

Miba AG		Zollern GmbH&Co. KG	
業種	自動車部品	業種	鋳造
所在地	オーストリア	所在地	ドイツ

図表57：経緯



図表58：大臣承認における判断のポイント

以下の点を踏まえ、合併事業によって環境保護・気候保護のために得られる効果（騒音低減、燃料消費量の削減等）が、合併事業による競争上の不利益を上回ると判断。

エネルギーシステム変革

- 「エネルギー転換と持続可能性のためのノウハウとイノベーションの可能性」が最も重要な公共の利益であり、エネルギーシステムの変革、ひいては気候保護にプラスの影響を与える。

共同研究による利益

- 風力タービン用すべり軸受の効率向上や騒音低減など、両社が決定的な技術的進歩を遂げるのは、共同研究を通じた場合に限られる。

波及効果

- 合併会社のすべり軸受は、他の大規模な再生可能エネルギー発電所や大型船舶用エンジンの燃料消費量を削減することができる。

※1 両社はすべり軸受市場の競合であり、主要な供給者である。すべり軸受市場は高い専門知識を要することから参入障壁が高い市場であり、両社の合併はこの状況を悪化させ発注者の不利益につながると判断された

※2 ただしJVを5年以上操業すること、ドイツ国内で5,000万€を投資することなど、R&D投資を条件とする承認

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

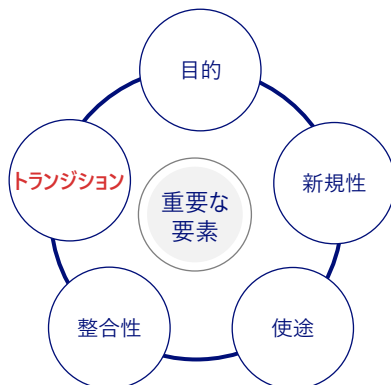
【参考】国際資本市場協会 (ICMA) のタクソノミーに関するレポート

- EU、中国、マレーシア、シンガポール等、これまでに公表されているタクソノミーを網羅的に整理したレポート。タクソノミーには5つの要素（トランジションを含む）が重要としている。
- 地域性の考慮、現時点においてはグリーンやサステナビリティの定義はさほど重要ではなく、脱炭素に向けた経路や道筋により着目することが重要と結論づけられている。

図表59：タクソノミー制定における重要な要素

タクソノミー制定における重要な要素

- 目的**：目的を明確にし、これに沿った手引きを作成
新規性：既存のタクソノミーなどで規定されていない分野の策定を優先
使途：背景の方法論と活用方法が分かりやすいものであること
整合性：SBTiなど既存の取組が適切に参照
トランジション：閾値だけでなく、経路や道筋の考慮



図表60：地域性の考慮

地域性の考慮

地域性の考慮の重要性はパリ協定でも認識されており、タクソノミー制定にあたってはこれを考慮することも重要。
ただし、科学的根拠を担保しつつ、地域性を考慮するための手法は発展途上。

地域性

パリ協定

各国の異なる事情に照らした、共通に有しているが差異のある責任

図表61：経路や軌道の重視

定義より経路や軌道の重視

“

It should be understood that identifying what is green and sustainable today is arguably less important than shedding light on pathways and trajectories to sustainability.

(何がグリーンやサステナブルかの特定よりも、持続可能性に向けた道筋や経路を明らかにすることが重要)

The real challenge is enabling the market to finance the transition rather than unintentionally restricting it to what is already considered exemplary.

(マーケットがトランジションに資金提供することが本当の課題)

”

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ（1）分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

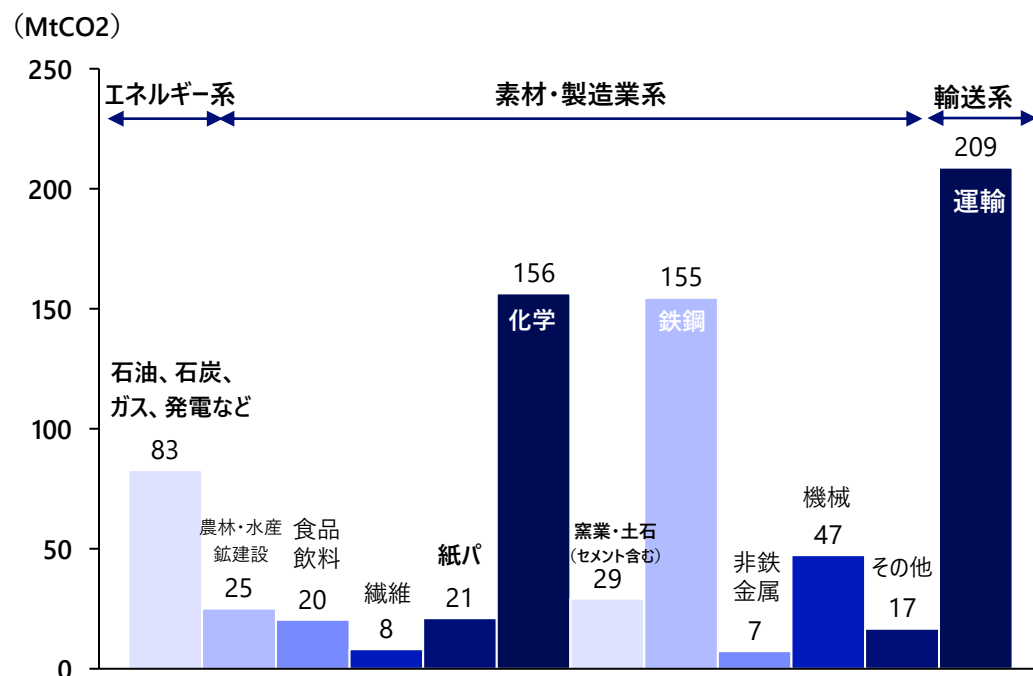
ロードマップの対象分野

■ ロードマップは、①CO2多排出産業であること、②CO2排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に、分野を選定。

■ 具体的には、今年度は、鉄鋼、化学、セメント、電力、ガス、石油などの7分野で策定予定。

※海運に関しては、国交省が2020年3月にロードマップを策定済。

図表62：国内部門別CO2排出量（2019年度確報値）

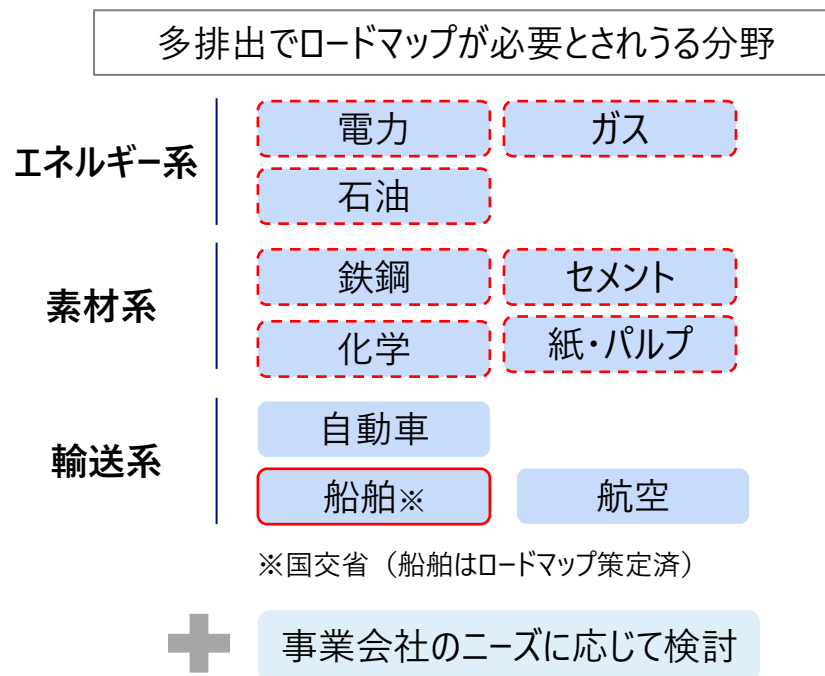


※（簡易表）炭素単位表における「総合計/帰属排出」を44/12倍した値

※エネルギーは、エネルギー転換の合計値の値を正負逆にして記載。また、第三次産業は含めていない。

出所：経済産業省 2019年度 総合エネルギー統計

図表63：ロードマップが必要とされうる分野



各分野のカバー範囲については、事業者の活用ニーズ等も踏まえ検討

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

分野別ロードマップの章立て (案)

- 分野別ロードマップにおいては対象産業の特徴などの概要を説明した上で、将来導入される技術オプションの解説をし、ロードマップ及びシナリオの説明をする

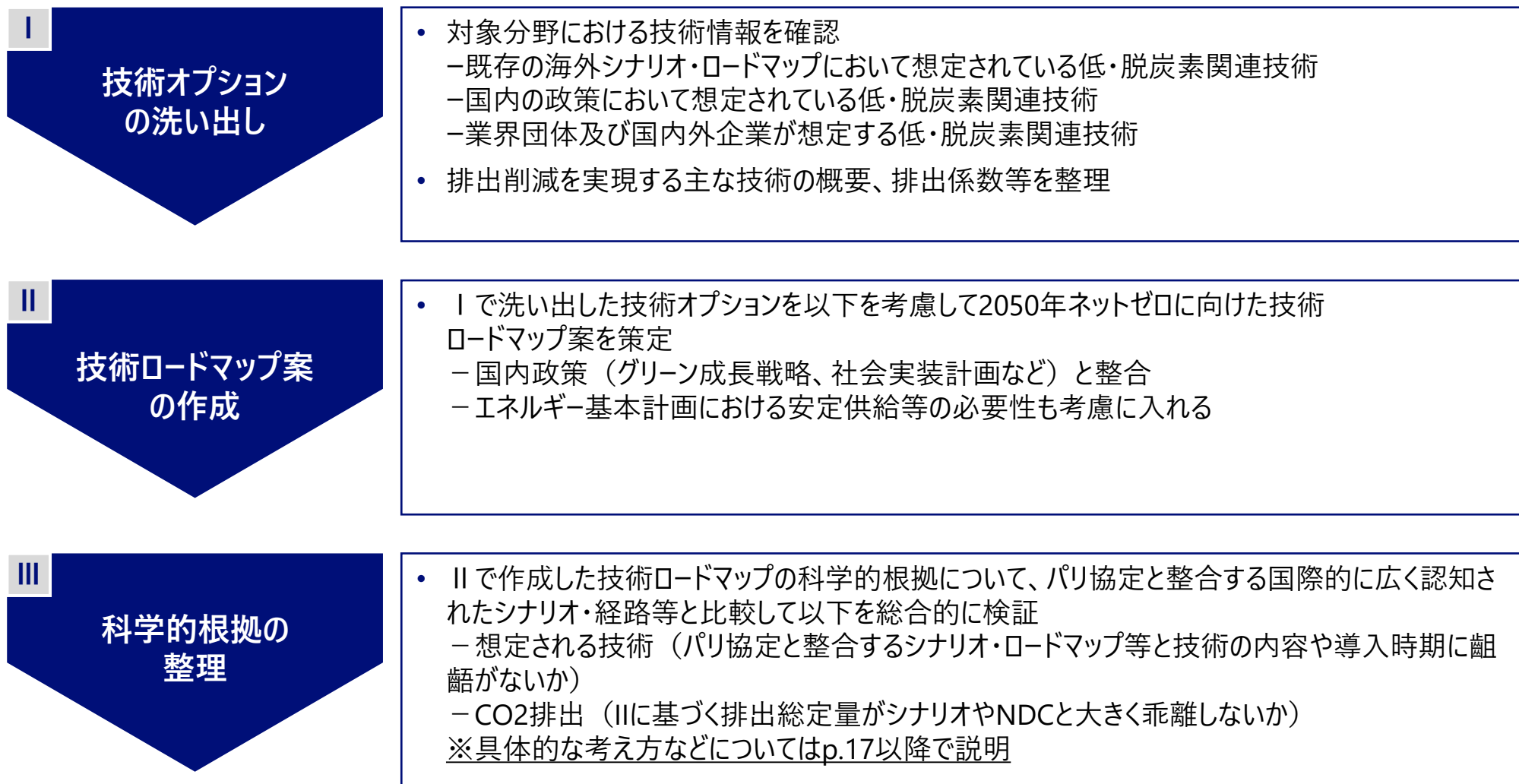
図表64：ロードマップの章立て (想定ページ数：20ページ程度)

章	節	概要
1. はじめに	①対象分野の概要	各分野における国内外の生産状況および将来の動向、日本の技術の強み等
2. 技術ロードマップ	①技術ロードマップ策定の目的・位置づけ (分野共通)	トランジション・ファイナンス検討に際して、企業の実組・戦略の適格性を判断するための参照とするもの
	②排出削減を実現する主な技術	カーボンニュートラル実現に向けた中長期的な技術オプションの内容
	③技術ロードマップ	カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	④科学的根拠の整理	想定される技術や各技術により想定される削減量等のパリ協定との整合
	参考. 必要となる資金	想定される資金需要 (分野によりデータ取得が可能な場合)
3. ロードマップの留意点		当該ロードマップの限界・課題、利用にあたっての留意点

ロードマップの策定方法例 | 全体イメージ

■ 分野別ロードマップの策定にあたっては以下の手順を一例として分野の特性を踏まえ策定する

図表65：ロードマップの策定方法例



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】ロードマップの策定方法例 | I 技術オプションの洗い出し

■ 排出削減を実現する主な技術を整理し、技術名、技術概要、排出削減効果、実装年、参照先等を明示

図表66：技術リストのイメージ

技術名	概要	排出係数/削減幅	実装年	参照先
○○○	✓ zzzzz	1.2~1.9t-CO2/t	既に導入	・カーボンニュートラル行動計画
△△△	✓ yyyyy	0.7~1.0t-CO2/t	2025~2030年	・グリーンイノベーションにおける研究開発・社会実装計画、IEA-ETP
×××	✓ xxxxx	イメージ	2030年~2035年	・グリーンイノベーションにおける研究開発・社会実装計画、Material Economics
□□□	✓ ttttt	30~50%削減 (対○○○比)	2030年~2035年	・グリーンイノベーションにおける研究開発・社会実装計画、IEA-ETP
◇◇◇	✓ rrrrr	60~80%削減 (対△△△比)	2035年~2040年	・IEA-ETP、Material Economics
☆☆☆	✓ pppp	0.0~0.3t-CO2/t	2035年~2040年	・IEA-ETP、グリーン成長戦略

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】ロードマップの策定方法例 | I 技術オプションの洗い出し

- 各種政府施策や業界団体を参照するとともに、国際的に広く参照されているシナリオ・ロードマップとして、パリ協定と整合するとされるシナリオ・ロードマップで想定される技術についても参考とすることで科学的根拠を担保する

図表67：技術オプションの洗い出し（参照先）

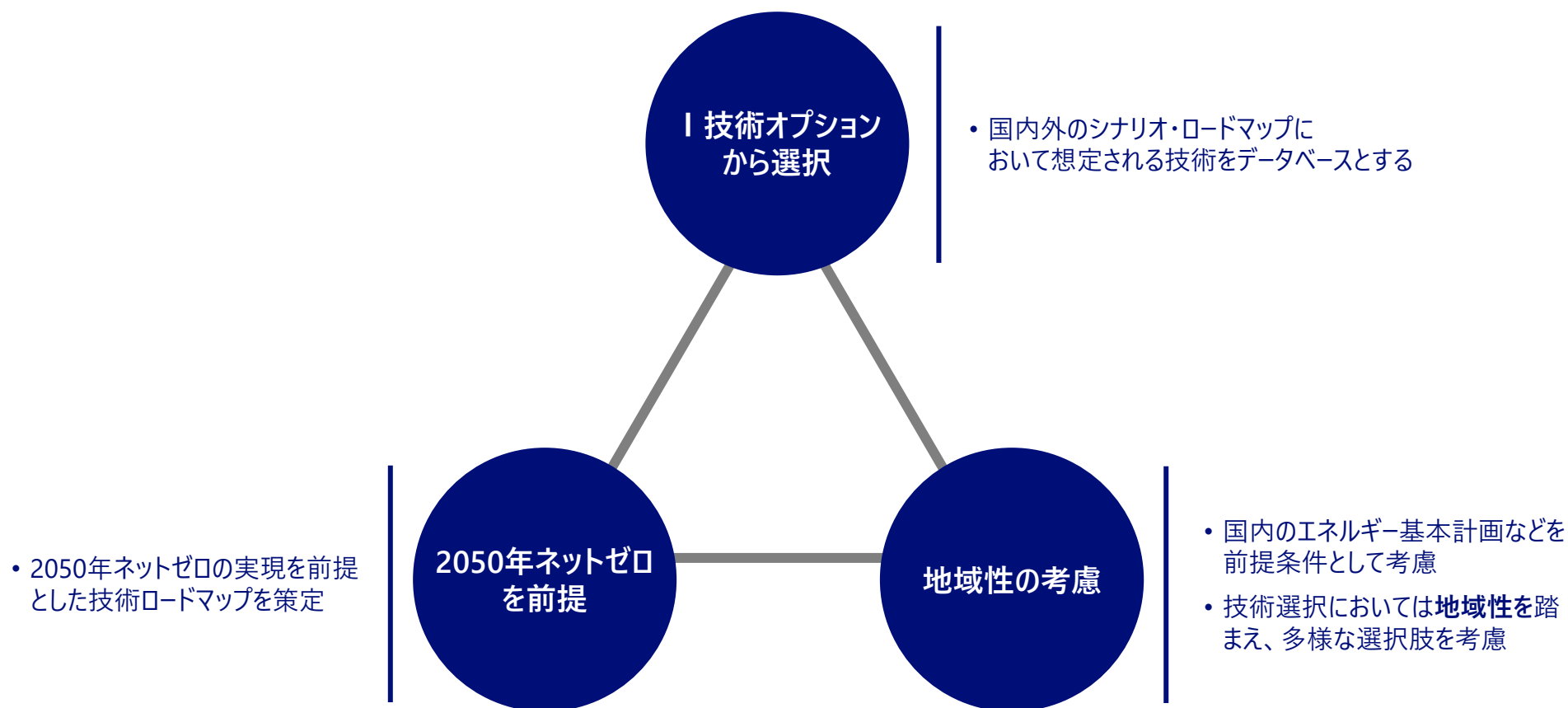
各種政府施策	・ グリーン成長戦略 ・ グリーンイノベーション基金における対象プロジェクトの研究開発・社会実装計画 ・ 革新的環境イノベーション戦略 ・ エネルギー基本計画、エネルギーミックス など
業界団体・企業	・ 各業界におけるカーボンニュートラル行動計画（低炭素社会実行計画）や長期ビジョン ・ 2050年カーボンニュートラルを目指す国内外の企業におけるロードマップ など
既存の海外のシナリオ・ロードマップ	・ RCP2.6/1.9 (IPCC) ・ Clean Energy Technology Guide (IEA) ・ Energy Technology Perspective 2020 (IEA) ・ Net Zero by 2050 (IEA) ・ Net Zero 2050 (NGFS) ・ Below 2°C (NGFS) ・ Divergent Net Zero (NGFS) ・ Delayed Transition (NGFS) ・ Industrial Transformation 2050 (Material Economics) ・ Making Mission Possible Delivering a Net-Zero Economy (ETC) など

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

ロードマップの策定方法例 | II 技術ロードマップ案の策定

- Iの技術オプションを2050年ネットゼロ実現に向けてマッピング
- トランジション・ファイナンスの参照とするため、導入時期だけでなく研究開発の時期も併せて記載

図表68：技術ロードマップ案の策定イメージ

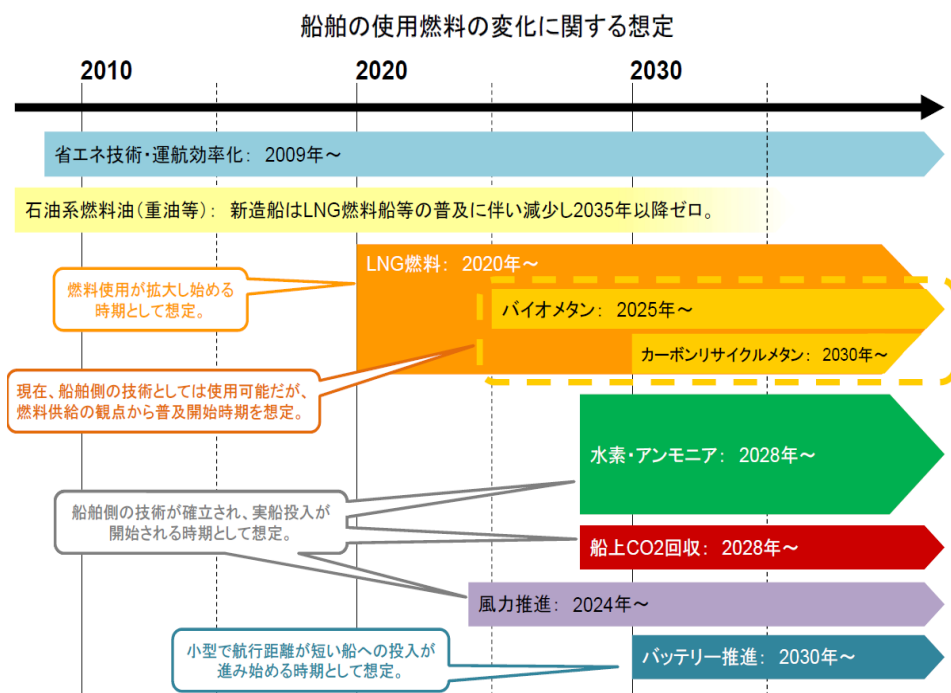


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】海運業のロードマップ | ロードマップイメージ

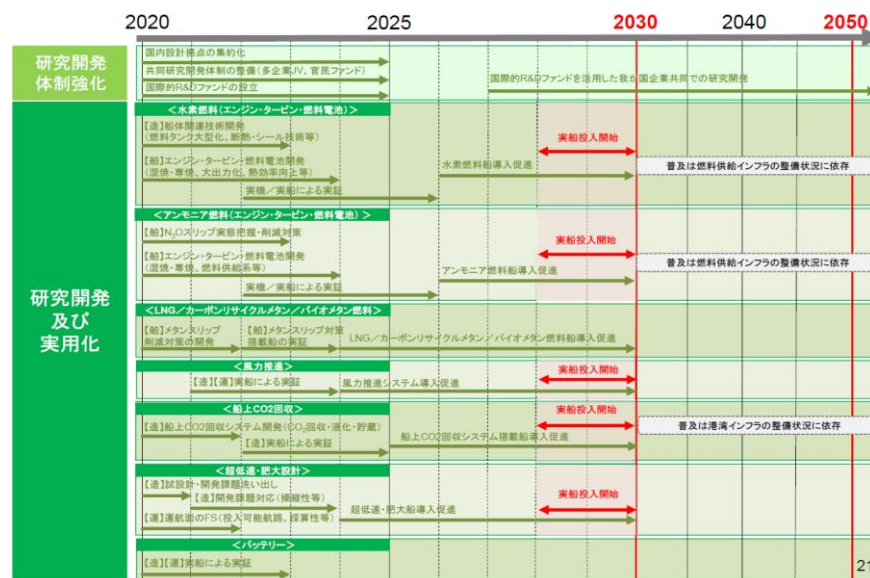
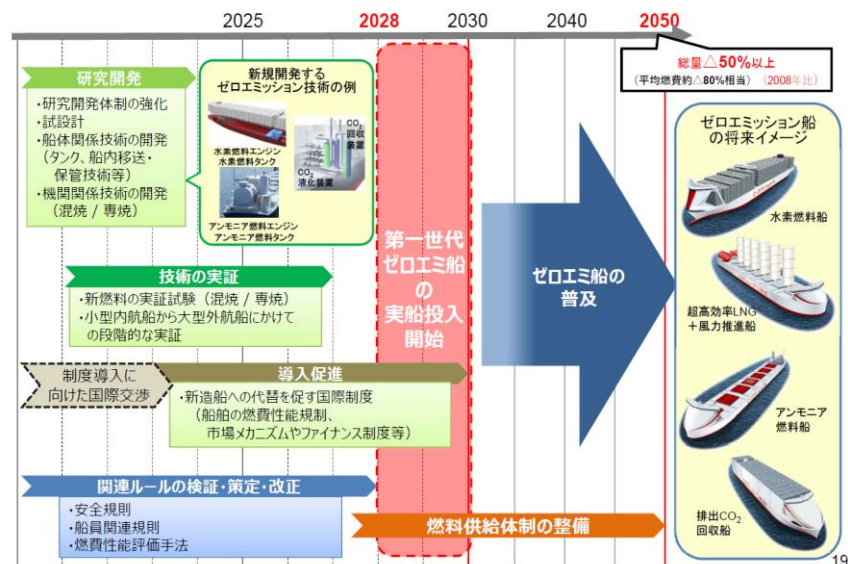
- 国土交通省では、海運・造船・船用の各海事産業界や研究機関・公的機関等と連携し、「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」を2020年3月に策定。
- 省エネ技術の活用、船舶使用燃料の変化、ゼロエミッション船の実現など、研究開発、実用化の時間軸をロードマップで示している。

図表69：国際海運のロードマップ



出所：国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ/国土交通省（2020年3月）

ゼロエミッション船の実現に向けたロードマップ

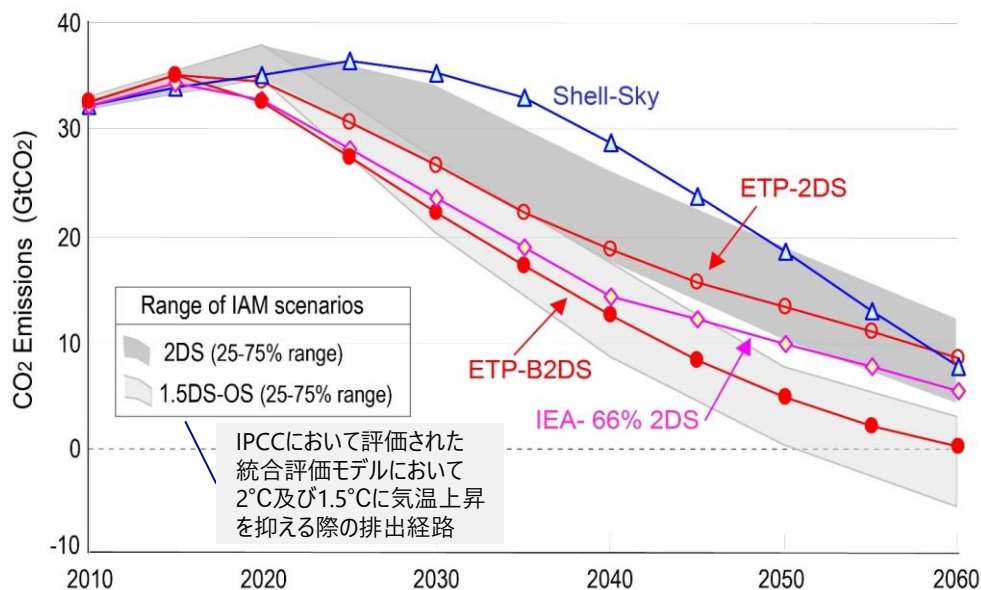


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

ロードマップの策定方法例 | III科学的根拠の整理

- トランジション・ファイナンス基本指針において、科学的根拠のある目標とは、パリ協定の目標（少なくとも2°Cより十分低く保ち、1.5°Cに抑える努力をする）に必要な削減目標としている。
- IPCC 1.5°C特別報告書では、地球温暖化を抑えるにはCO₂の累積排出量を抑える（＝一定の総カーボンバジェットの範囲内（約420Gt～580CO₂※¹）に留める）ことが必要であるとされ、そのための排出経路※²が複数示されている。
- 本ロードマップでは、このような国際的に認知されたシナリオ・ロードマップを参照しつつ、我が国のパリ協定に向けた政策との整合や本検討会での議論を踏まえ、パリ協定と整合的なものとする。

図表70：エネルギー及び産業プロセス関連のCO₂排出経路の比較



出所：IPCC 1.5°C特別報告書

図表71：本ロードマップにおけるパリ協定の整合

分野毎に取得可能な情報をもとに以下の観点から総合的に判断する

- ① パリ協定の目標と整合する国際的に広く認知されたシナリオやロードマップと整合
 - ② パリ協定に基づく我が国の各政策・計画と整合
 - ③ 本検討会における有識者による知見
- なお、CO₂排出に係る各種指標についても可能な範囲で検証する

※ 1：表面付近の気温に基づく世界全体の平均値

※ 2：2030年45%（2010年比）、2050年ネットゼロ
産業分野では2010年比2050年65～90%

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】国際的に認知されている主要なシナリオ・経路

- パリ協定と整合するとされ、国際的に認知されている各団体の主要なシナリオは、カーボンバジェットを考慮、あるいは他団体のシナリオを参照しながら構築されている

以下で紹介する参照先のシナリオ・科学的根拠等については参考ページを参照。

図表72：国際的に認知されている主要なシナリオ・経路

参照先	シナリオ・経路	概要	参照シナリオ
IEA	2DS	・ IEA-ETP※1 2017で示された50%の確率で気温上昇が2°Cに収まるシナリオ	(－)
	B2DS	・ IEA-ETP2017で示された50%の確率で1.75°Cを超えないシナリオ	
	SDS	・ パリ協定と一致し、66%の確率で1.8°C以下、50%の確率で1.65°Cに抑制するシナリオ	
	Net Zero by 2050	・ 世界全体として2050年にGHG排出量をネットゼロにすることを前提に策定されたシナリオ	
NGFS※4	Net Zero 2050	・ 野心的な気候変動政策が迅速に実行され、50%の確率で1.5°C未満に抑制するシナリオ	(－)
	Below 2°C	・ 段階的に気候変動政策が実施され、67%の確率で2度未満に抑制するシナリオ	
	Divergent Net Zero	・ Net Zero 2050と比較し、輸送・建築物に関する規制が厳格になると想定。50%の確率で1.5°Cに抑制するシナリオ	
	Delayed Transition	・ 排出量は2030年以降に減少すると想定。67%の確率で2度未満に抑制するシナリオ（移行・物理リスク高い）	
SBTi	WB2	・ 十分に2°Cより低く保つシナリオ（WB2） ・ すべての企業に2.5%での削減が求められる総量アプローチ	(－)
	1.5	・ すべての企業に4.2%での削減を求める1.5°Cシナリオで総量アプローチを採用	
	SDA※2 (B2DS相当)	・ IEA－ETPモデルのB2DSを基に策定された業種別の原単位での経路	
TPI※5	SDA (B2DS相当)	・ カーボンパフォーマンスはSDAに基づき、3段階で評価	・ IEA-B2DS ・ (ETP 2017) ・ IEAのシナリオ(ETP 2017) ・ ICCT※3

※1 Energy Technology Perspective (ETP)は技術オプションから分析したもの

※2 SDA：Sectoral Decarbonization Approach

※3 International Council on Clean Transportationによるシナリオを自動車製造業等で利用
出所：各公開資料より作成

※4 気候変動リスクに係る金融当局ネットワーク：気候変動リスクに対して金融監督上の対応を検討するネットワークで中央銀行や金融監督当局が参加し2017年に設立。金融庁と日銀が加盟。

※5 Transition Pathway Initiative：低炭素社会への移行が投資運用に与える影響を検討するために欧米のアセットオーナーや運用会社らにより2017年に設立。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

【参考】既存の国際的に広く参照されるシナリオ・経路の課題

- ICMA、基本指針において、科学的根拠のある参照先として掲げられるSBTi、TPI、IEAについては、ICMAのレポートにおいても、地域性や産業特性の考慮に関して課題があるとされており、ロードマップ策定時にはこれらを参考として、我が国の特性を踏まえた技術選択などが必要
- また、今後、金融業界で使用されうるNGFSシナリオでは国別・セクター別の値が推計されているが、使用時には独自に調整をすることが想定されている

図表73：国際的に広く参照されているシナリオ・経路の課題・留意点

参照機関	課題・留意点
IEA	・ IEAでは国・地域別またはエネルギー分野・産業分野別にエネルギー使用に由来する排出量の経路を提示しており、地域性や産業特性をそれぞれに考慮されているが、同時（国別×産業別）に考慮した経路は提示されていない
SBTi	・ 総量アプローチでは、すべての主体に対して同じ削減率を求めており、地域性や産業特性が考慮されていない ・ セクター別アプローチ（SDA）では、IEA－ETPにおける2DS、B2DSシナリオに基づき産業特性を考慮した経路を提示しているが、地域性は現状の排出量、生産量以外は考慮されていない
TPI	・ SBTiが用いる セクター別アプローチをIEA－ETP等を参照して活用しているが、地域性については考慮していない
NGFS	・ NGFSのシナリオでは、国別×産業別まで落とし込まれているが、産業（最終消費）の推計精度には課題があり、地域性を踏まえた産業別のデータについては、各国の特性等を詳細に反映させるための調整が必要

出所：ICMA Overview and Recommendations for Sustainable Finance Taxonomies及び各種参照機関の資料を元に作成

ロードマップの策定方法例 | III 科学的根拠の整理

- 本ロードマップでは、我が国の特性および対象分野の特性を考慮しつつ、既存の国際的なシナリオとも大きく乖離がない技術ロードマップを提示する
- 科学的根拠については、既存の国際的に広く参照されるシナリオ・経路の課題を踏まえ、想定する技術やCO2排出関連の指標を多面的に検証し、本検討会での議論を踏まえ、一定の整合性を確認する

図表74：科学的根拠/パリ協定との整合について

検討対象	導入が想定される技術	【参考】CO2排出
科学的根拠/ パリ協定との整合 (例)	・ パリ協定の目標と整合するシナリオやロードマップで想定される技術との整合 ・ パリ協定に基づく我が国の各政策・計画で想定される技術との整合	・ 取得可能な情報を基に、排出量、排出原単位や経路、削減幅などと既存のシナリオ・ロードマップ、我が国の目標との整合を可能な範囲で確認
想定する 参照先	国際的に広く認知されたシナリオ等 ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA) ✓ Industrial Transformation 2050 (Material Economics) 等 国内施策 ✓ グリーン成長戦略 ✓ グリーンイノベーション基金における対象プロジェクトの研究開発・社会実装計画 等	国際的に広く認知されたシナリオ ✓ Sustainable Development Scenario (IEA) ✓ IEA – ETP 2 DS/B2DS (IEA) ✓ セクター別アプローチ、総量アプローチ (SBTi) ✓ Net Zero 2050 (NGFS) ✓ Below 2°C (NGFS) ✓ Divergent Net Zero (NGFS) ✓ Delayed Transition (NGFS) 等

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

参考 | III 科学的根拠の整理 (導入が想定される技術)

- 分野別ロードマップでは、国内の各種施策・計画や国際的に認知されているシナリオ・ロードマップを参照してパリ協定の整合に必要な技術オプションを洗い出すことで、科学的根拠を担保する

図表75：技術オプションの整理イメージとポイント

Point 1		Point 2	Point 3	Point 1
技術名	概要	排出係数/削減幅	実装年	参照先
○○○	• zzzzz	1.2~1.9t-CO2/t	既に導入	• カーボンニュートラル行動計画
△△△	• yyyyy	0.7~1.0t-CO2/t	2025~2030年	• グリーンイノベーションにおける研究開発・社会実装計画、IEA-ETP
×××	• xxxxx	イメージ		• グリーンイノベーションにおける研究開発・社会実装計画、Material Economics
□□□	• ttttt	30~50%削減 (対○○○比)	2030年~2035年	• グリーンイノベーションにおける研究開発・社会実装計画、IEA-ETP
◇◇◇	• rrrrr	60~80%削減 (対△△△比)	2035年~2040年	• IEA-ETP、Material Economics
☆☆☆	• pppp	0.0~0.3t-CO2/t	2035年~2040年	• IEA-ETP、グリーン成長戦略

Point

以下の3つのPointを考慮して技術を洗い出すことで科学的根拠を担保する

Point 1

- パリ協定の目標と整合するシナリオやロードマップで考慮された技術を抽出
- 国内のパリ協定に向けた各政策・計画で考慮される技術を抽出

Point 2

- Point 1 で抽出した技術の排出係数/削減幅を記載
- 不確実性を考慮し、複数の参照先の値を幅を持たせて記載

Point 3

- 国内の各政策・計画で想定される実装年を記載

今後の進め方

- 各分野のロードマップについては本検討会で2～3回程度の検討を行うとともに、ロードマップはトランジション・ファイナンス環境整備検討会に報告、基本指針のAnnexとする。
- ロードマップは国際的な議論や技術の進展、我が国の政策状況等に応じ、継続的にアップデート、検証を行っていくことを前提とする。

図表76：第1回検討会以降の進め方

1 各分野のロードマップ案を作成

- ・ ロードマップ素案の作成

2 本検討会での検討（2～3回程度）

- ・ ロードマップ素案に関する議論、修正点の指摘
- ・ ロードマップ案の決議、各分野は専門委員を3名程度加わる

3 トランジション・ファイナンス環境整備検討会で報告

- ・ 基本指針のAnnexと位置付ける
- ・ 英訳版作成

4 アップデート

- ・ 継続的にロードマップをアップデート

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等 ご議論いただきたい点

- 以下の観点について、金融機関等の実務的な視点、専門的な科学的、技術的視点、また国際的な視点等を踏まえて、ご議論をいただきたい。

図表77：第1回検討会でご議論いただきたい点

1. 技術ロードマップの策定方法

- ・ 技術ロードマップの章立て・構成について、追加で織り込むべき内容。
- ・ 技術ロードマップの策定に向けた調査・検討において考慮すべき点や留意すべき点。
※具体的なロードマップ（案）のイメージは次回の検討会にてご提示予定。

2. 科学的根拠の整理

- ・ 技術ロードマップの科学的根拠/パリ協定との整合については、以下の3つの観点を分野毎に総合的に判断して担保していくことを想定している。
 - ①パリ協定の目標と整合する国際的に広く認知されたシナリオやロードマップと整合
 - ②パリ協定に基づく我が国の各政策・計画と整合
 - ③本検討会における有識者による知見
 - なお、取得可能な情報をもとに「CO2排出」について、CO2排出に係る各種指標についても可能な範囲で算出する。

3. 技術ロードマップの位置付け

- ・ 海外金融機関の日本企業への投融資も想定した場合に必要な観点は別途存在するか。
- ・ 策定後のロードマップについて、今後の国際発信や海外との連携等の必要性（英訳は実施予定）。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

IEAの科学的根拠

- IEA-ETPモデルでは現時点で開発されている技術等を基にボトムアップで各セクターやエリア別に必要とされる削減量を推計
- シナリオごとに、対象となる期間内のエネルギー部門におけるカーボンバジェットを考慮している

図表78：IEA ボトムアップの試算

複数要素を考慮したボトムアップの試算

政策オプション

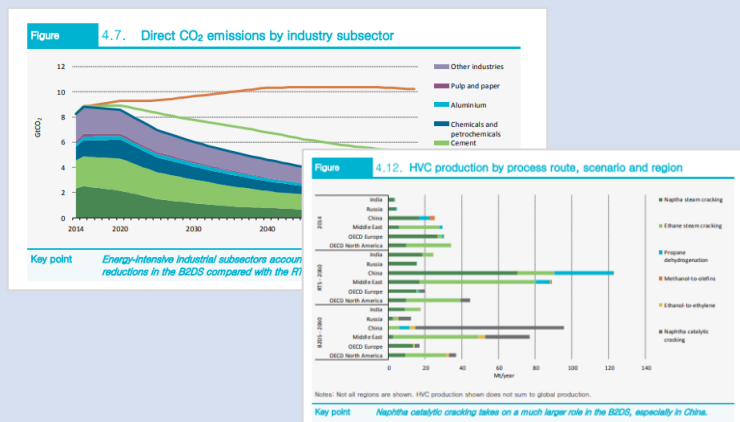
再エネポテンシャル

技術オプション

エネルギー需給

など

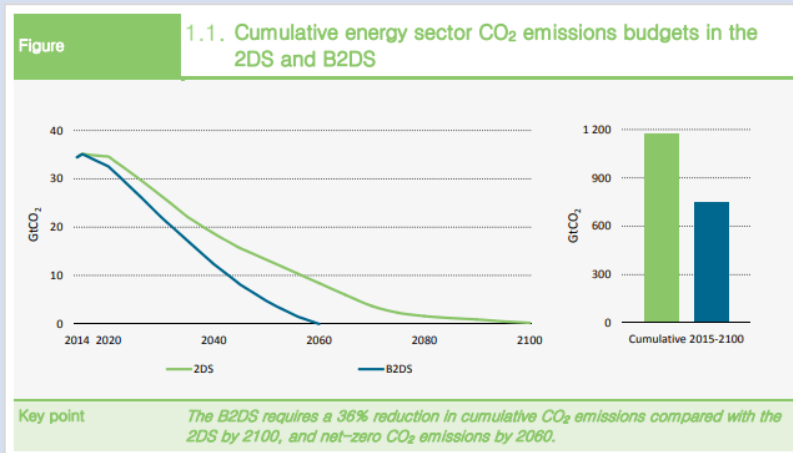
各セクターの技術毎^{※1}に削減量の試算



図表79：IEA カーボンバジェットの考慮

カーボンバジェット (GtCO₂^{※2}) の考慮

シナリオ	カーボンバジェット (2015-2100)	LULUCF ^{※3} (2015-2100)	エネルギー部門のカーボンバジェット (2015-2100)	エネルギー部門のカーボンバジェット (2015-60)
2DS	1140	-30	1170	1000
B2DS	720	-30	750	750



※1 ETP2017内にて素材効率性の向上などの手法毎に削減量を試算

※2 CO₂排出にはプロセス排出と燃料排出の両方を含むものとする

※3 LULUCFとは“Land Use, Land-Use Change and Forestry (土地利用、土地利用変化及び林業)”である

出所：IEA公開資料およびCarbon Tracker Initiative

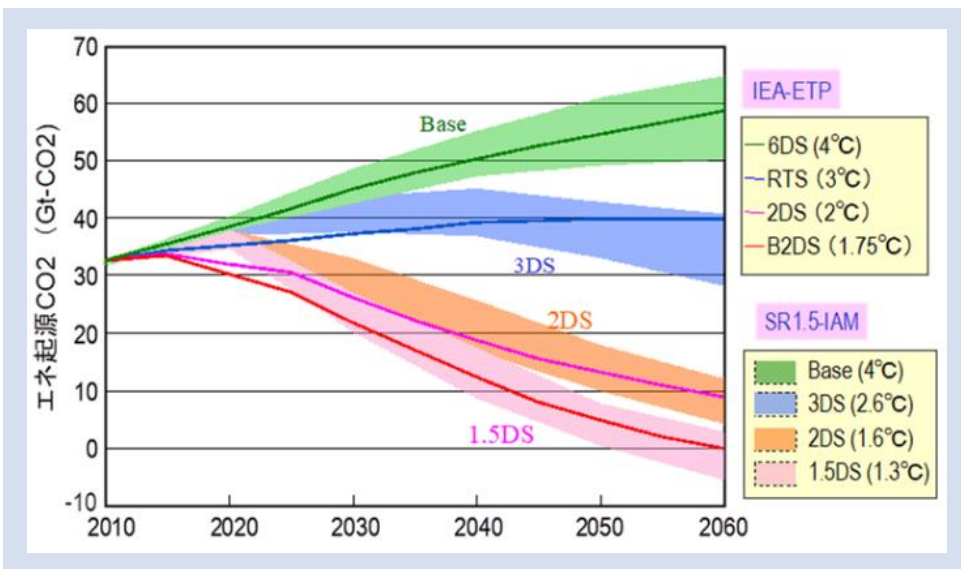
2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

IEAの科学的根拠

- IEAのパリ協定の目標と整合したシナリオはIPCCの統合評価モデル (IAM※) と比較しても差は少なく、その点を踏まえても科学的根拠があるとされる

※統合評価モデルとは、気候変動において人間活動や地球環境がどう関与しているかを定量的に示すことを目的に開発されたモデル

図表80 : IEA-ETPのシナリオとIPCC SR1.5の統合評価モデル比較



IEA-ETP (2DS) :

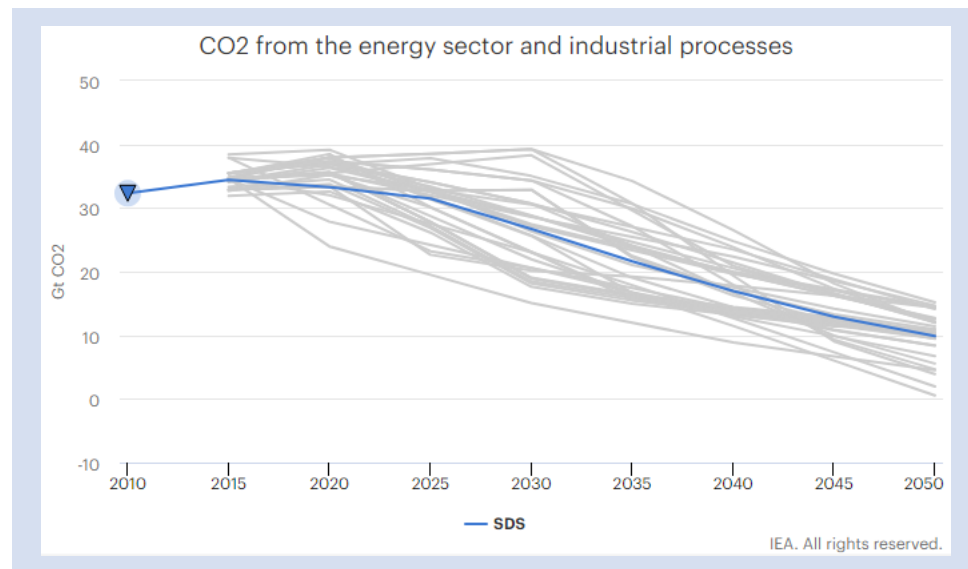
- 50%の確率で気温上昇が2°Cに収まるシナリオであり、SR1.5の統合評価モデル2DS (橙色) の範囲に収まる

IEA-ETP (B2DS) :

- 50%の確率で気温上昇が1.75°Cに収まるシナリオであり、SR1.5の統合評価モデル1.5DS (ピンク色) の範囲に収まる

出所：国際環境経済研究所 (左図) とIEA(右図) より作成

図表81 : IEA-SDSのシナリオとIPCC SR1.5の統合評価モデル比較



IEA-SDS :

- パリ協定と完全に一致し、66%の確率で1.8°C以下、50%の確率で1.65°Cに抑制するシナリオ
- SR1.5の統合評価モデルにおけるエネルギーセクター及び産業プロセスからのCO2排出経路と一致する

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

NGFSのシナリオ

- 中央銀行等が経済や金融システムに対する気候変動の影響を査定することを目的に、各国の気候変動関連の政策動向の進捗度合いなどを基に前提を設定し6つのシナリオを策定
- SSP2※1から引用したGDP等の変数をもとに3つの統合評価モデルを用いて18のトランジション経路を提示

図表82 : NGFS 各シナリオの前提

- ・ 表の色はマクロ経済・金融の観点からのリスクを表し、青が低リスク、緑が中リスク、赤が高リスク
- ・ 「政策の地域差」では、気候変動関連政策の厳格さや導入時期にどの程度地域毎の違いがあることを前提とするかを評価する指標
(例えばBelow2°Cシナリオは「小」となっているため、多くの地域で野心的な政策がほぼ同時期に実施されることを表す)

大区分	シナリオ	温度目標	政策変化・動向	技術利用(炭素除去)	政策の地域差
Orderly	Net Zero 2050	1.5°C	迅速かつ円滑	中程度	中
	Below 2°C	1.7°C	迅速かつ円滑	中程度	小
Disorderly	Divergent Net Zero	1.5°C	迅速ただし分岐	限定的	中
	Delayed Transition	1.8°C	遅延	限定的	大
Hot House World	NDCs	~2.5°C	NDCs	限定的	小
	Current Policies	3°C~	既存の政策	限定的	小

※1 SSP (共通社会経済経路) : 地球温暖化と直接関係しない社会経済の多様な発展の可能性を、緩和と適応の困難度で5種類に区分したもの。

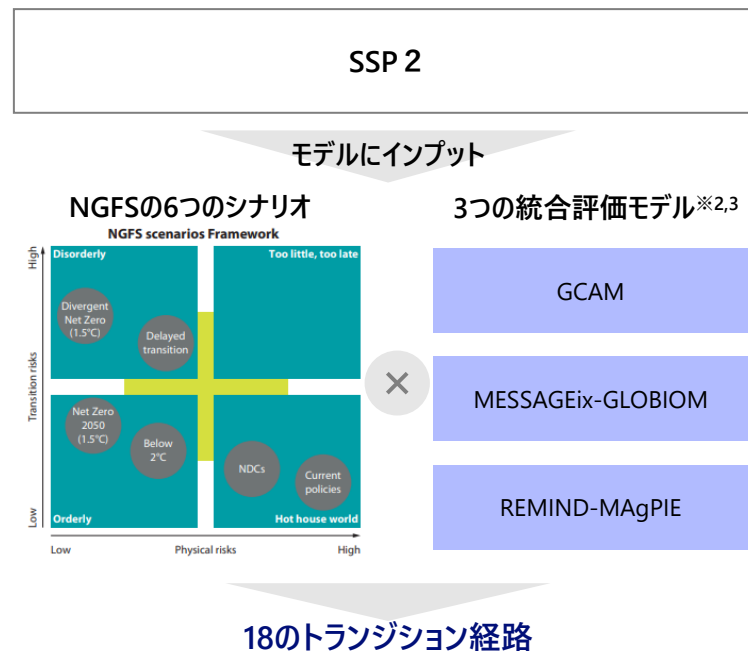
NGFS が採用するSSP2は、現在のトレンドが続くと想定する中道のシナリオ

※2 外生変数/内生変数の区分はモデルによって異なる

※3 各統合評価モデルでは、最終消費分野における産業分類を一定の粒度で設けている。

出所 : NGFS公開資料

図表83 : NGFS 経路の策定方法



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

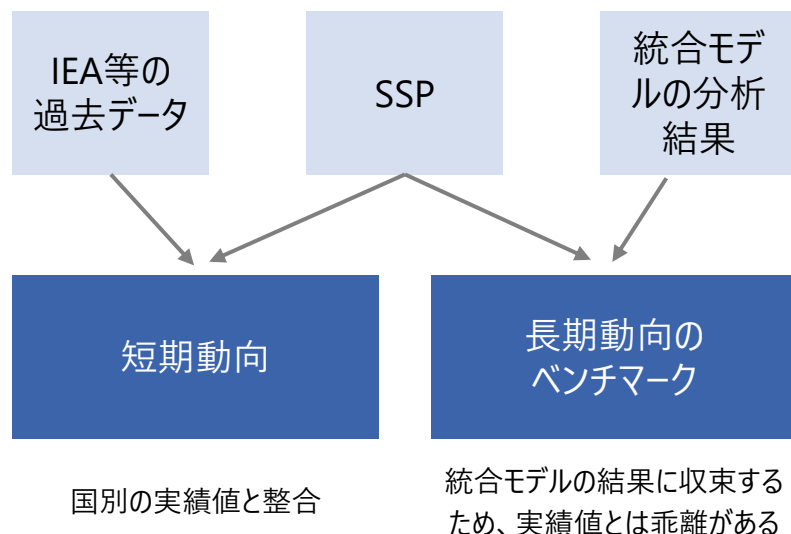
NGFSにおける国への細分化

- NGFSは地域で分類されている18のトランジション経路を最終的に国別の排出経路に細分化してデータを提供

図表84 : NGFS 国別データの推計方法 (STEP1)

STEP1

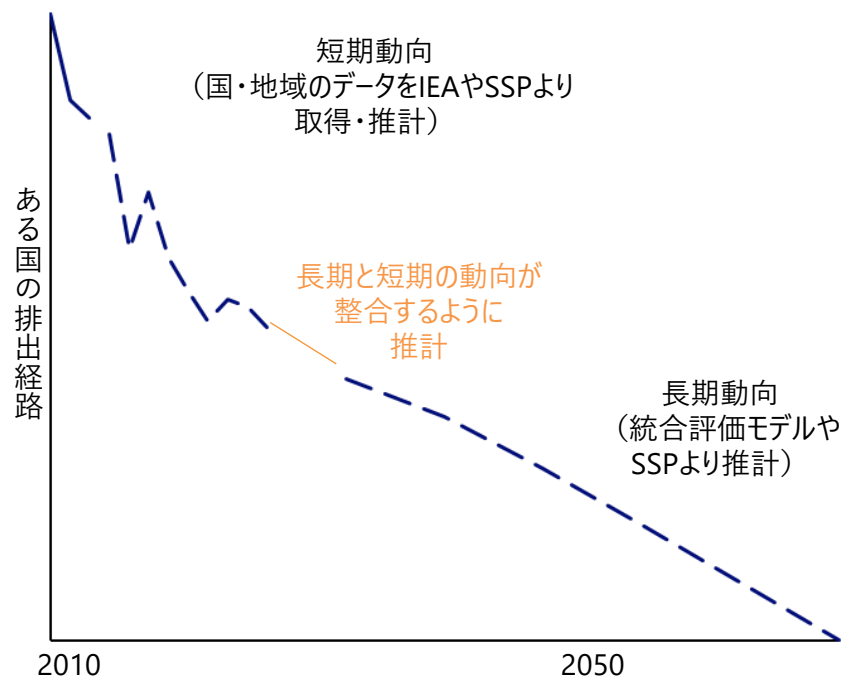
各種データを用いて、短期動向と長期動向をベンチマーク



図表85 : NGFS 国別データの推計方法 (STEP2)

STEP2

国別の結果の合計が、統合モデルによって得られた地域別の結果と一致するよう、短期動向と長期動向を線形で補完

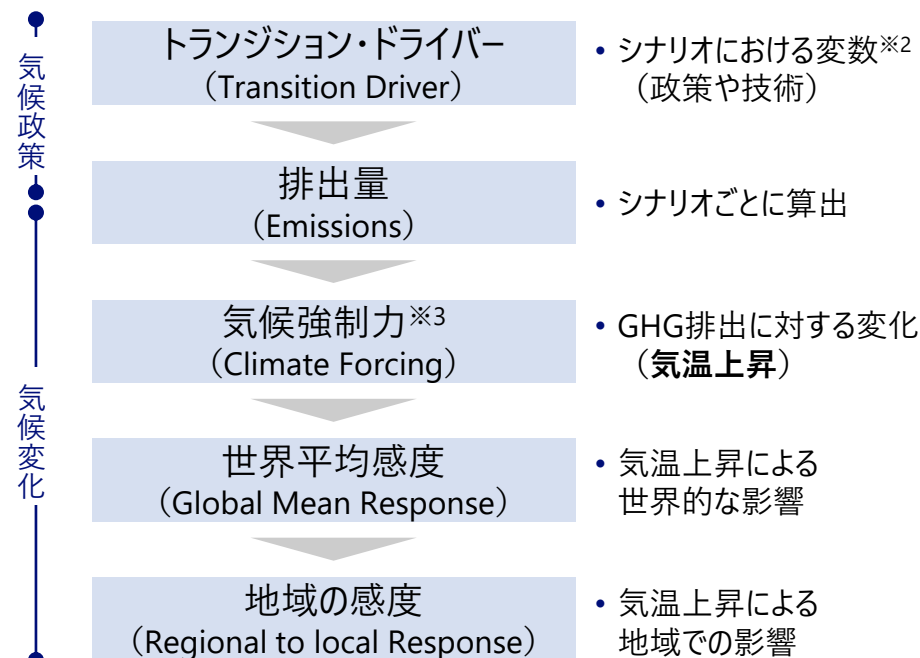


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

NGFSの科学的根拠

- NGFSでは各シナリオで算出された排出量における気温変化をIPCCでも用いられているMAGICC※¹を用いて推計・評価
- 評価においては、IPCC1.5℃特別報告書や第5次評価報告書と同様に確率論的な設定で評価し、1.5℃や2℃シナリオはRCP2.6の範囲内にあることを確認

図表86：NGFSにおける気候影響評価のフロー（一部）



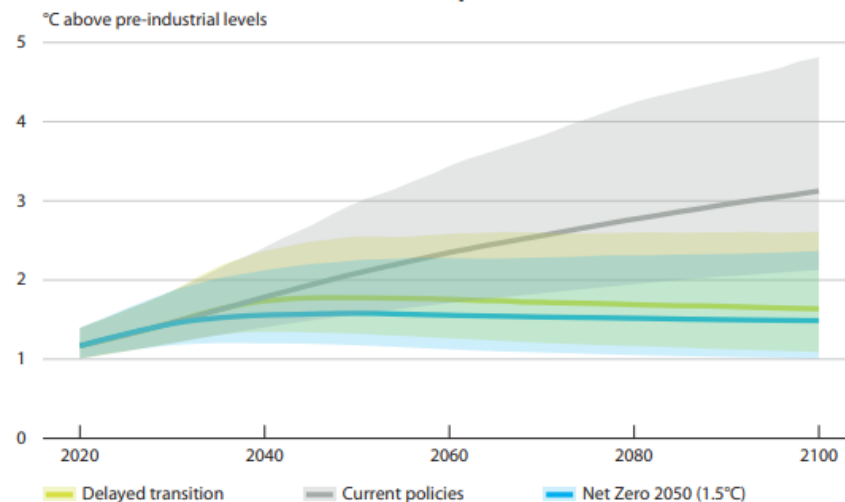
※¹ MAGICC（温室効果ガスに起因する気候変動評価のためのモデル）：温室効果ガス濃度と気候変化を評価するためのモデルでIPCC AR5 WGIIIの評価でも用いられた

※² 変数にはカーボンプライスも含まれており、各シナリオにおけるカーボンバジェット（温度目標ごと）を考慮して価格の推計が行われている。

※³ 気候強制力とは、ある気候変化を引き起こす要因（温室効果ガス排出等）によって生じる気候変化の大きさ（気温上昇等）を説明する概念

出所：NGFS公開資料

図表87：NGFSにおけるシナリオ別温度上昇の推移



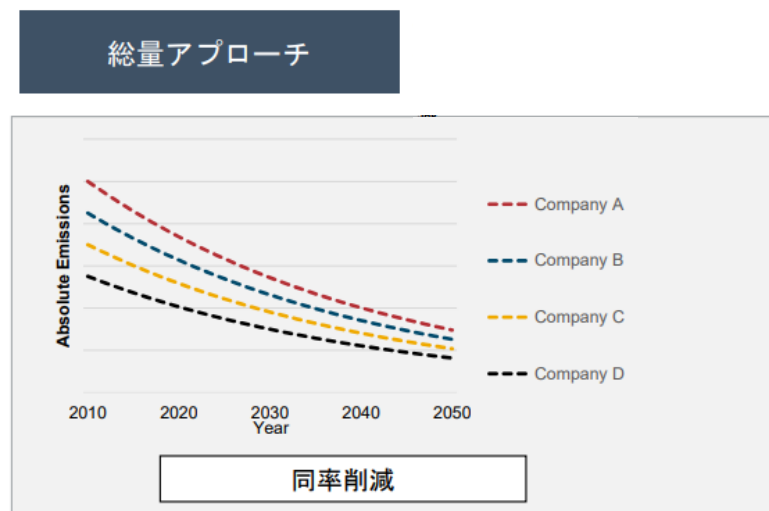
- ・ シナリオ別の排出量を踏まえ世界の平均気温上昇をIPCCで用いられる手法と同様の方法で算出
- ・ 予測には不確実性が伴うため、生じると想定される気温上昇の確率が5～95%の範囲を表示（実線は中央値）

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

SBTi (Scope 1 & 2 対象)

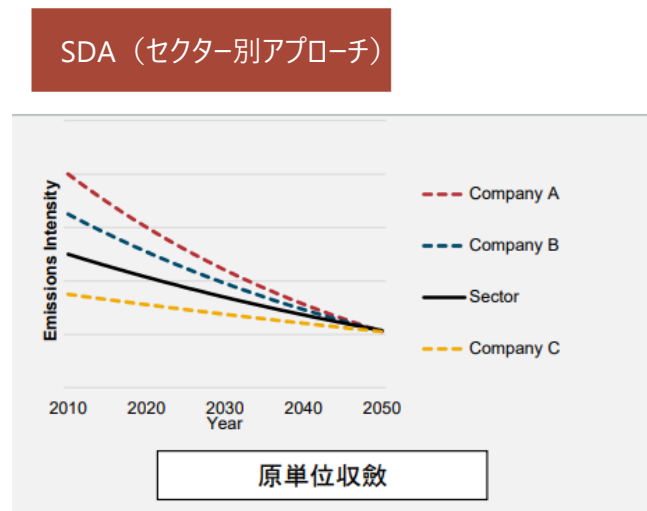
- SBTiではScope 1 & 2 の目標設定手法として総量アプローチとSectoral Decarbonization Approach (SDA: セクター別アプローチ) の2つを採用。
- 総量アプローチはIPCCのカーボンバジェットを基に全企業に等しい削減率を求めている。一方、SDAはIEAのセクター別カーボンバジェットに基づき、産業毎※に原単位での基準を設けている。

図表88 : SBTi 総量アプローチ 概要



- 各企業の現状に関係なく同じ率での総排出削減することが求められる
- 具体的には、2°C未満目標の場合年率2.5%、1.5°C目標の場合は年率4.2%となっており、この数値はIPCCのカーボンバジェットシナリオと整合
- なお基準年は目標設定時の最新年とすることが推奨されている

図表89 : SBTi SDA 概要



- 求められる排出削減量は企業の原単位排出に依存
- IEAのセクター別カーボンバジェットに基づいて設定
- 最終的にはすべての企業の原単位排出が収束する想定

※現在SDAで基準が設定されているのは発電、衣類、金融機関、ICTのみであり、その他産業についても順次策定される予定

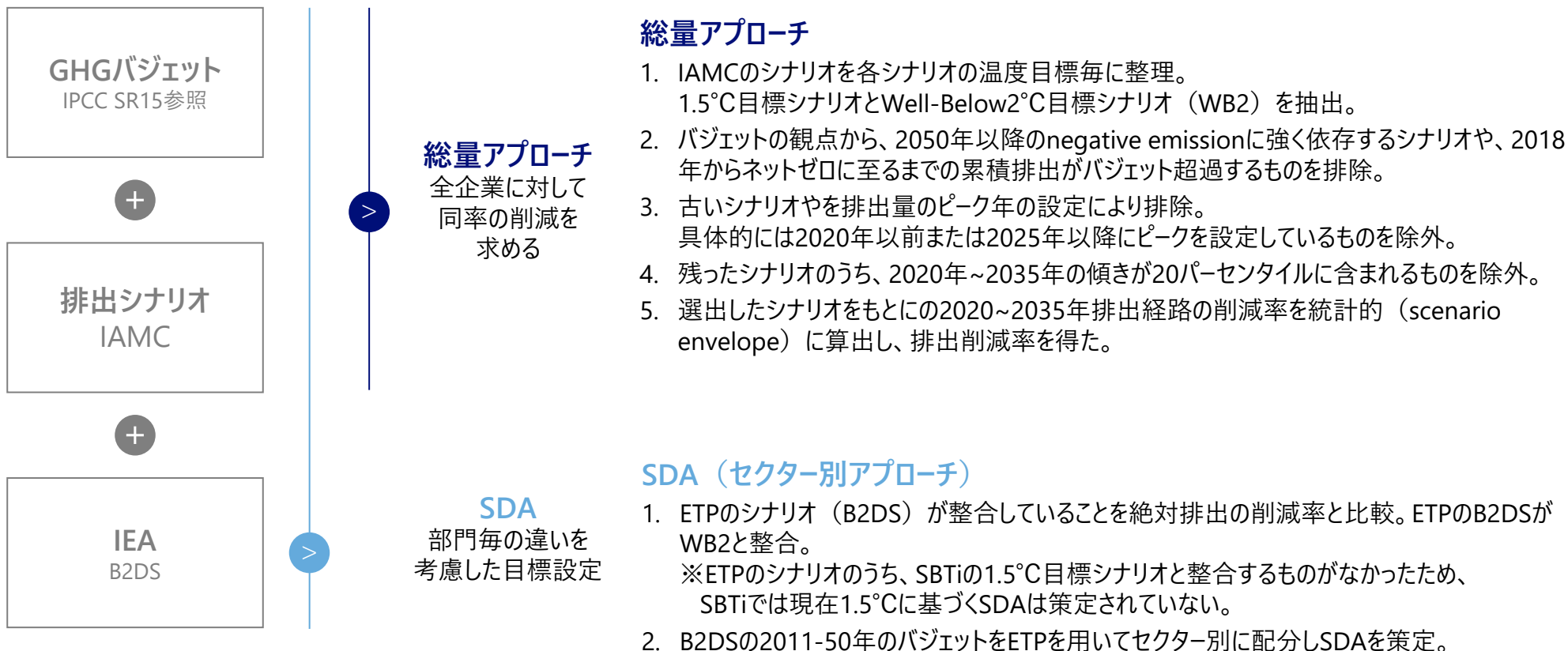
2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

SBTiとTPIの科学的根拠 (Scope 1 & 2 対象)

- SBTiでは科学的根拠のある目標基準の策定にあたり、カーボンバジェットとIAMC※¹のシナリオに依拠。SDAではIEAのシナリオを参照。なお、SDAはTPIがカーボンパフォーマンスを評価する基準にもなっている。

※¹ IAMC (Integrated Assessment Modeling Consortium) : IPCCからの要請を受け作られた科学的研究者の集まりであり、統合評価モデルや分析の評価等を実施

図表90 : SBTiにおける基準の科学的根拠



※上記に基づいて設定されたScope1~2の目標については、2025年より5年毎の見直しが義務化される。tera

出所：SBTi, TPIの公開資料

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

SBTi (Scope 3 対象)

- 全企業にGHGプロトコルが定める最低限のバウンダリに従ったScope3の概算が求められる
- 特に、SBTiが定める要件を満たした企業については、2つの選択肢のいずれかに沿ったScope3目標の設定が求められる

図表91 : SBTiにおけるScope3の扱い

Scope3の目標設定が求められる対象企業 (以下のいずれかもしくは両方を満たす)

- Scope1~3排出量のうち、Scope3が40%以上を占める企業
- 天然ガスおよび/またはその他化石燃料製品の流通・販売に関わる企業

選択肢 1 : 排出削減目標の設定

要件

範 囲 : 1 つまたは複数の目標を設定し、
合計でScope3の2/3以上をカバーすること
時間軸 : 最低5年、最大15年先の目標を設定すること
水 準 : 以下3つのいずれかと整合すること

手法

総 量 : 気温上昇を2°Cに抑えるものと整合した総量削減
目標 (年率1.23%削減)
GEVA : 付加価値単位あたりの削減が年率7%となる目標
原単位 : SDAに定められた基準と整合、または総量で増加
せず、原単位が年率2%以上削減となる目標

選択肢 2 : サプライヤー/顧客エンゲージメント目標の設定

要件

目標策定 : カテゴリの何%をカバーするか、またはその情報がない場合は年間調達金額の何%をカバーするか
報告すること
時間軸 : 最長5年以内に目標を達成すること
水 準 : 企業のサプライヤー/顧客がScope1&2の排出
についてSBT並みの目標を設定していること

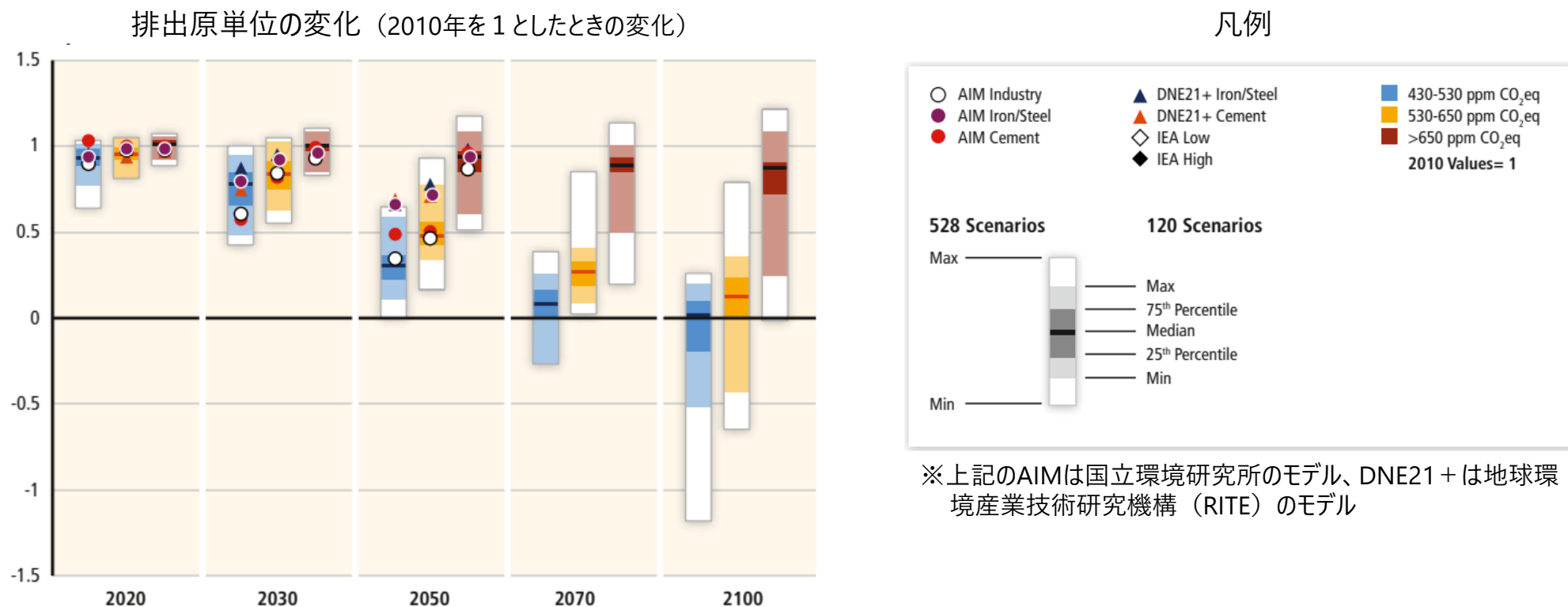
※SBTiにおいてはScope3の目標設定が科学的根拠に基づくことは求められておらず、あくまで野心的で定量的な目標設定をすることが要求される

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

IPCCにおける産業分野の経路

■ IPCC 第5次評価報告書では、産業分野の経路を評価している。そのうち、鉄鋼、セメントについて、国立環境研究所や地球環境産業技術研究機構の試算結果が示されており、パリ協定と整合したシナリオ（青帯）においても、2050年で2010年比約50%の原単位削減となっている。

図表92：IPCC 第5次評価報告書における産業分野のシナリオ別排出原単位の変化（世界）



出所：IPCC 第5次評価報告書 WG3より作成

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (1) 分野別ロードマップの位置づけ・策定方法等

国内における2050年カーボンニュートラルに向けたシナリオ分析

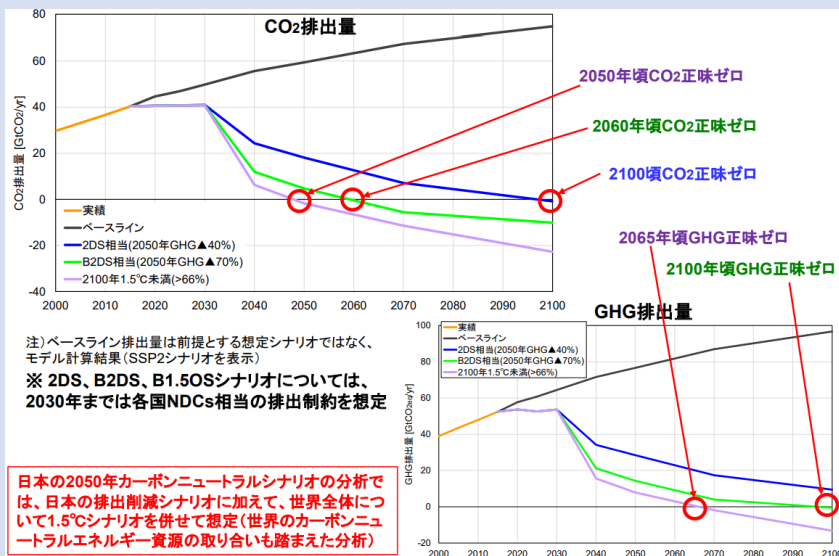
- 国内を対象としたエネルギー消費構造やCO2排出量に関するシナリオ分析も行われている。特に地球環境産業技術研究機構（RITE）及び国立環境研究所が構築したモデルについては500以上の技術の積み上げによりシナリオ分析が行われている。

図表93：RITEにおけるシナリオ

RITE

- ・ 各種エネルギー・CO2削減技術のシステム的なコスト評価が可能な線形計画モデル
- ・ 500程度の技術を具体的に設備寿命を考慮し、エネルギー供給、CCUSや鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸（国際海運、国際航空）、民生の一部についてボトムアップ的にモデル化

例：世界のCO2及びGHG排出



図表94：国立環境研究所におけるシナリオ

国立環境研究所

- ・ 経済成長率や人口の想定を所与として、応用一般均衡モデル。
- ・ エネルギー需要部門は、外生的に付与されたサービス料を満たすように逐年での費用最小化条件でエネルギー機器の選択を決定。
- ・ 2050年までの日本全体の部門別エネルギー種別に技術を積み上げエネルギー消費量を推計

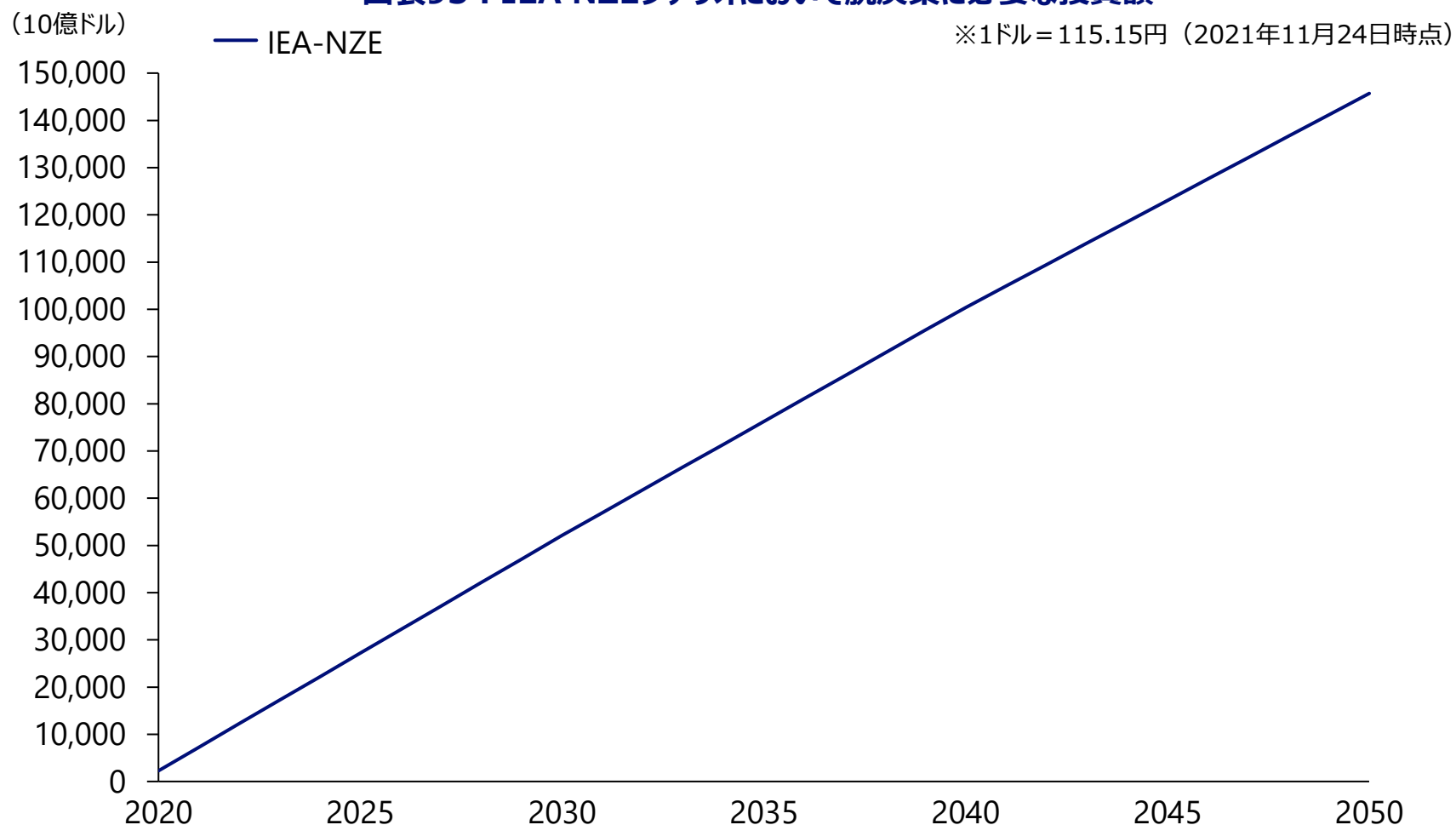
例：国内の2050年CO2及びGHG排出



2050年脱炭素の実現に必要な投資額

- IEAによれば2050年ネットゼロ排出の実現に向けて、2050年までに2020年から世界全体（累計）で140兆ドル（1.67京円）の投資が必要と試算。

図表95：IEA NZEシナリオにおいて脱炭素に必要な投資額



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表96：鉄鋼分野技術リスト ①

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	【上工程】 - 次世代コークスの活用 - 排熱・副生ガス回収 - 高効率発電設備導入 - コークス炉におけるプラスチックリサイクル等 - スクラップ活用 - AI・ICTなどの導入による生産高効率化 - 熱伝導効率の改善 - 効率性向上のためのコークス炉改修 【下工程】 - プロセスの集約・改善 - 排熱回収 - バーナー改善、高効率設備導入 以上のような取組によるCO2排出削減	—	既に導入	・ 低炭素社会実行計画 等
熱伝導効率の改善 省電力化	溶解、圧延工程における熱伝導効率の改善などを通じた省エネ化を進めることで、製造時のコストを低減	—	2020年代後半	・ グリーン成長戦略
加熱の電化	加熱の電化により圧延時の再加熱プロセスのCO2削減	—	2020年代後半	・ グリーン成長戦略
電炉における省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	- 高効率アーク炉の導入 - 排熱回収 以上のような取組によるCO2排出削減	—	既に導入	・ 低炭素社会実行計画、 ・ ASEAN版技術カスタマイズドリ スト（電炉）
電炉における不純物除去・ 大型化技術	高級鋼生産に必要な不純物除去及び銑鉄の大量生産に向けた大型化	0.0～※5	2030年代	・ GI基金-社会実装計画※4

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

※5：排出係数0.0は、下工程の脱炭素化も達成された場合。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表97：鉄鋼分野技術リスト ②

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
フェローークス	・従来の製鉄プロセスでは活用できない低品位の鉄鉱石及び石炭を有効利用して製造するコークス（フェローークス）を活用	1.74～2.18 (10%削減)	2020年代	・NEDO実施計画 ・革新的環境イノベーション戦略
CO2分離回収 (COURSE50の一部)	・製鉄所内の未利用排熱を活用したCO2分離回収技術の活用	1.58～2.0 (20%削減)	2020年代後半	・GI基金-社会実装計画※4 ・IEA ETP2020
所内水素の活用 (COURSE50の一部)	・所内水素を活用した鉄鉱石の還元技術（高炉水素還元技術）	1.74～2.18 (10%削減)	2020年代後半	・GI基金-社会実装計画 ・IEA ETP2020
還元鉄の活用 (Super COURSE50の一部)	・コークスを削減するために還元鉄活用		2020年代	・GI基金-社会実装計画
バイオマスの活用 (Super COURSE50の一部)	・コークス代替としてのバイオマス活用			・GI基金-社会実装計画 ・IEA ETP2020
回収したCO2の利用 (カーボンリサイクル技術)	・還元剤（合成メタン）への利活技術、CO2循環型製鉄システム、CO2還元技術等※5	0.0～1.51 ※5 (50%以上削減)	2040年代※5	・GI基金-社会実装計画 ・IEA ETP2020 ・NEDO資料
外部水素の活用※6 (Super COURSE50の一部)	・外部水素も活用した高炉における水素還元技術			・GI基金-社会実装計画 ・IEA ETP2020
部分水素直接還元	・直接還元炉を用いた水素還元技術（還元材の一部を水素とした技術）	0.0～1.1 ※7, 8	2030年	・GI基金-社会実装計画 ・IEA ETP2020 ・Material Economics
100%水素直接還元※5	・直接還元炉を用いた水素還元技術（還元材の100%を水素とした技術）	0.0～ ※7, 8	2040年代	・GI基金-社会実装計画 ・IEA ETP2020 ・Material Economics

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

※5：カーボンリサイクル技術の一部は2020年代後半から実装。また、GI基金-社会実装計画で排出係数50%以上削減として考慮されているものは、還元剤（合成メタン）への利活技術。

※6：国内の水素供給インフラの構築を考慮した社会実装年（IEAは部分水素、100%水素直接還元ともに2030年に導入想定）。

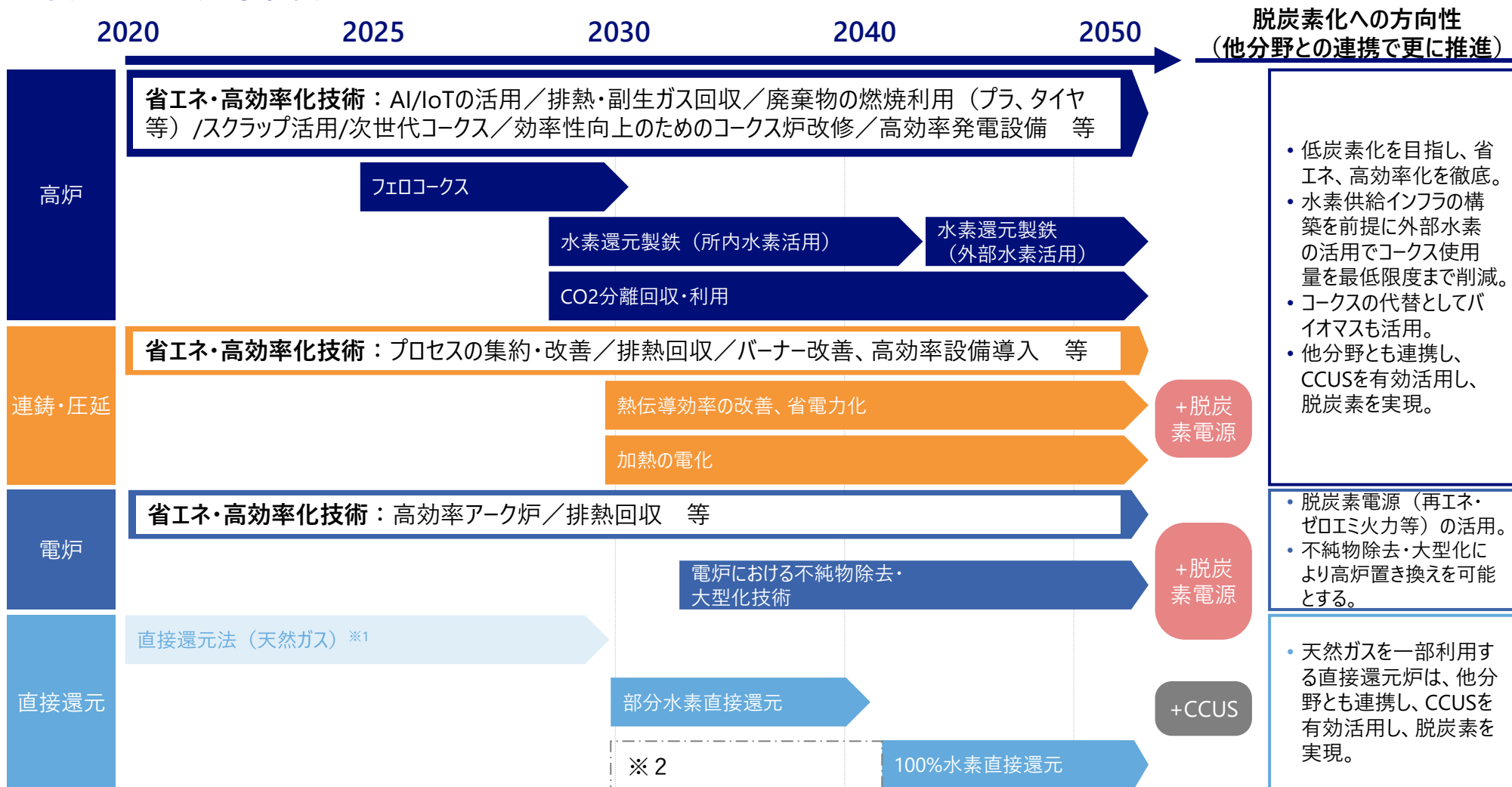
※7：100%水素直接還元と通常の直接還元の間として排出係数を記載しており、排出係数は水素の割合に依存。

※8：排出係数0.0は、下工程の脱炭素化も達成された場合。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ

図表98：鉄鋼分野 線表



※1 国内では諸条件（品質や生産規模、コスト等）が満たされておらず導入されていない

※2 IEAでは2030年に導入想定に記載があるが、本技術ロードマップでは水素供給インフラの構築を考慮した社会実装年を記載

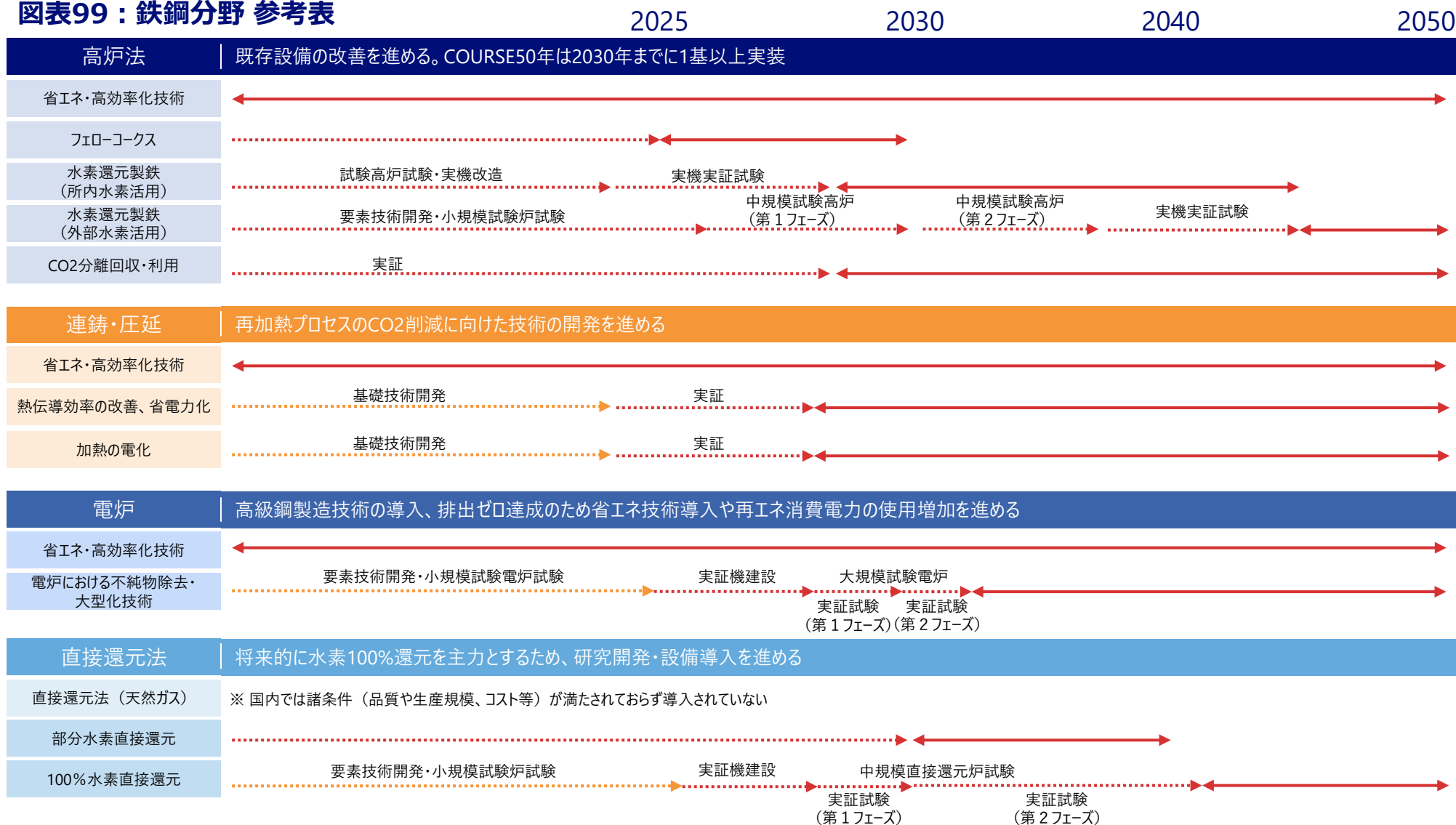
※3 P 8 に示すような脱炭素に貢献する製品（エコプロダクツ）は、鉄鋼分野の低・脱炭素化を扱う本技術ロードマップの対象とはしていないが、トランジション・ファイナンスの対象にはなりうる。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 →
実証 →
実用化・導入 ←

図表99：鉄鋼分野 参考表



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策やパリ協定と整合している。
- 我が国鉄鋼業の競争力を維持・強化しつつ、着実な低炭素化と革新技術の実現・導入により、2050年カーボンニュートラルを実現していく。

図表100 : 鉄鋼分野 参照先・作成根拠

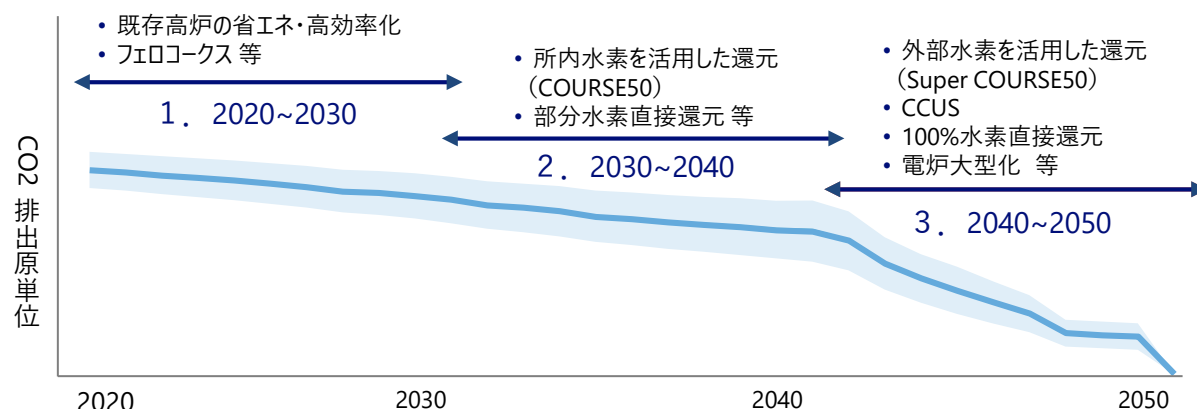
各種政府施策

- 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
(カーボンリサイクル・マテリアル産業)
- 「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- 革新的環境イノベーション戦略
- エネルギー基本計画
- 地球温暖化対策計画
- カーボンリサイクル技術ロードマップ

パリ協定と整合する、海外のシナリオ・ロードマップ等

- Clean Energy Technology Guide (IEA)
- Energy Technology Perspective 2020 (IEA)
- Industrial Transformation 2050 (Material Economics)
- Science Based Target initiative

図表101 : CO2排出の削減イメージ (鉄鋼分野)



1

2020~2030

既に我が国鉄鋼業は世界最高水準のエネルギー効率を達成しているが、引き続き、高炉法の省エネ等による着実な低炭素化を図っていく。また、需要が見込まれるエコプロダクツ等、競争力の源泉である高級鋼を生産。その収益をもとに、将来的な脱炭素技術の研究開発・実証に取り組む。

2

2030~2040

更なる省エネ・高効率化に加え、COURSE50等の新技術を導入。また、研究開発・実証を継続し、脱炭素に向けた革新技術の確立を目指す。

3

2040~2050

水素供給インフラやCCUS等が整備されることを前提に、水素還元製鉄等の革新技術の導入により、2050年に向けたCO2の大幅な削減により、カーボンニュートラルを実現。

※我が国鉄鋼業全体としての削減イメージであり、実際には鉄鋼各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

①-1 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「ナフサ分解炉」

図表102 : 化学分野 技術リスト①

ナフサ分解炉

技術名	概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
BPT (エチレン製造設備)	運転方法の改善、排出エネルギーの回収、プロセスの合理化、設備・機器効率の改善	39万t削減※2	既に導入	低炭素社会実行計画
天然ガスへの燃料転換	立ち上げ時の石炭などの燃料を天然ガスに転換	- ※5	既に導入	低炭素社会実行計画
アンモニア、水素等への燃料転換	- 石油・重油などからアンモニア、水素等への燃料転換 - アンモニア、水素バーナー等を利用	0.35	2030年代	GI基金-社会実装計画
オフガスメタンの原料化	ナフサ分解炉から排出されるメタン等のオフガスをプラスチック等向けに原料化	0～0.35	2040年代	GI基金-社会実装計画

※1 排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3 実装年の参照先には下線を付加。

※4 導入割合・もともと利用していた燃料の構成により削減幅が異なる

※5 転換前の燃料構成により削減幅は異なる

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

①-2 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「原料転換」

図表103 : 化学分野 技術リスト②

技術名		概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
バイオマス による 原料転換	基礎 化学品	バイオマス利用により、メタノールやエタノールなどの化学品原料、もしくはエチレン・プロピレン・BTXなどの基礎化学品を生産	0~2.0※7 CO2吸収：3.14	既に導入	グリーン成長戦略、IEA ETP2020、Material Economics、DECHEMA
	ポリマー 及び原料	- バイオマスを利用したバイオポリマー及びそのモノマー原料の生産 - バイオ原料となる植物育成	-	2030年代	カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
バイオマスによる原料転換 + CO2回収		バイオマスを化学品とする際にCCSを実施（BECCS等を含む）	-	2020年代	IEA ETP2020
水素・CO2からメタノール生産		水素とCO2を原料とし、化学品原料であるメタノールを生産	0.6~ CO2利用：1.373t	2030年代	- カーボンリサイクル技術ロードマップ - IEA ETP2020 - DECHEMA
MTO・ETO		メタノールやエタノールからオレフィン（エチレン・プロピレンなど）を生産	0.0 (再エネ前提)	2030年代	GI基金-社会実装計画、Material Economics
CO2からオレフィン等の 炭化水素生産		CO2の電気分解・合成を利用した炭化水素の生産	-	2030年代	- ムーンショット型研究開発事業 - IEA ETP2020 - DECHEMA
CO2を原料とした 機能性化学品の生成		ポリカーボネート、ポリウレタン原料、DMCなどをCO2から生産	0.95、0.45tCO2/t 削減(DRC、MDI) 0.35kgCO2原料化	2030年代	GI基金-社会実装計画
CO2からメタン生産		水素を利用したメタネーション	-	2020年代	- 第1回メタネーション推進官民協議会（2021.6.28） - IEA ETP2020
人工光合成		人工光合成により、メタノールなどの化学原料に利用する水素を生成する	0.0 (再エネ前提)	2040年代	GI基金-社会実装計画

※1 排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3 実装年の参照先には下線を付加。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

①-3 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「最終製品・リサイクル」

図表104：化学分野 技術リスト③

最終製品

リサイクル

技術名		概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
高効率生産技術		機能性化学品の生産に際し、従来のバッチ法ではなくフロー法による連続生産などを行う	2030:491万t/年 2050:1,170万t/年	2020年代	革新的環境イノベーション戦略、NEDO資料
軽量強化部材 (セルロースナノファイバー等)		多様なCNFの複合技術により、自動車用等の軽量強化材料を製造。石油由来素材の削減に資する技術など。	373万tCO ₂ /年削減※4	2020年代	NEDO資料 ※4
N ₂ O等抑制技術		排ガス・半導体ガス処理、排水/汚泥/廃棄物/バイオマス、処理、農業分野等におけるN₂O等抑制技術 (CO₂以外のGHG抑制技術)	-	2035年代	NEDO資料※5
マテリアルリサイクル		廃プラスチックからプラスチック製品を生産等	0～1.0	一部既に導入	- 革新的環境イノベーション戦略 - IEA ETP2020 - Material Economics など
ケミカル リサイクル	廃プラ	ガス化、油化、熱分解等により、廃プラスチックからオレフィンを生産	0.8	2030年代	- GI基金-社会実装計画 - Material Economics
	廃ゴム	ガス化、油化、熱分解等により、廃ゴムからオレフィンを生産	1.2	2040年代	- GI基金-社会実装計画 - Material Economics

※1 排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3 実装年の参照先には下線を付加。

※4 NEDO 炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発 説明資料の令和12年度時点の成果目標より抜粋

※5 NEDO 温室効果ガスN₂Oの抑制分野の技術戦略策定に向けて Vol. 105 2021年6月

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

①-4 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「無機化学・自家用」

図表105：化学分野 技術リスト④

技術名	概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
BPT	・省エネ・高効率化技術：高効率の深冷分離装置等の導入、ポンプ・圧縮機等のインバーター化、配送基地の見直し等	—	既に導入	・ JIMGA省エネルギー事例集
BPT	・省エネ・高効率化技術：高度制御/設備の更新・高効率化/ゼロキャップ電解槽の導入/複極式電解槽の導入/濃縮設備の熱回収 等	78万t削減	既に導入	・ 低炭素社会実行計画
BPT	・ボイラーの小型化、運転管理、省エネ蒸留技術、省エネ型スチームトラップの適用範囲拡大、コジェネレーション、ヒートポンプ等	78万t削減	既に導入	・ 低炭素社会実行計画
天然ガスへの燃料転換	・ 自家用電力・蒸気について、石炭・重油などから天然ガスに転換	0.32~0.415 ※4 (kgCO2/kwh)	既に導入	・ 低炭素社会実行計画 ・ グリーン成長戦略 ・ BATの参考表 など※5
バイオマスへの燃料転換	・ バイオマスの混焼・専焼など	—	既に導入	・ IEA ETP2020
水素・アンモニア等への燃料転換	・ 水素発電、アンモニア混焼、ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術など	最大100%削減	2020年代以降	・ GI基金-社会実装計画 ・ グリーン成長戦略 ・ IEA ETP2020
電化	・ 電熱により水蒸気を製造 ・ 再エネ（太陽電池、水力等）導入	最大100%削減 (再エネの場合)	—※6	・ DECHEMA
排ガス等からのCO2分離回収	・ 天然ガス火力、化学プロセス、焼却処理等からのCO2回収 ・ 化学吸収、化学吸着、物理吸収、膜分離等 ・ CCSの導入	最大100%削減	2030年代	・ グリーン成長戦略 ・ GI基金-社会実装計画 ・ IEA ETP 2020

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：天然ガス火力発電（従来型LNG火力・GTCC）の発電量あたりCO2排出量を記載

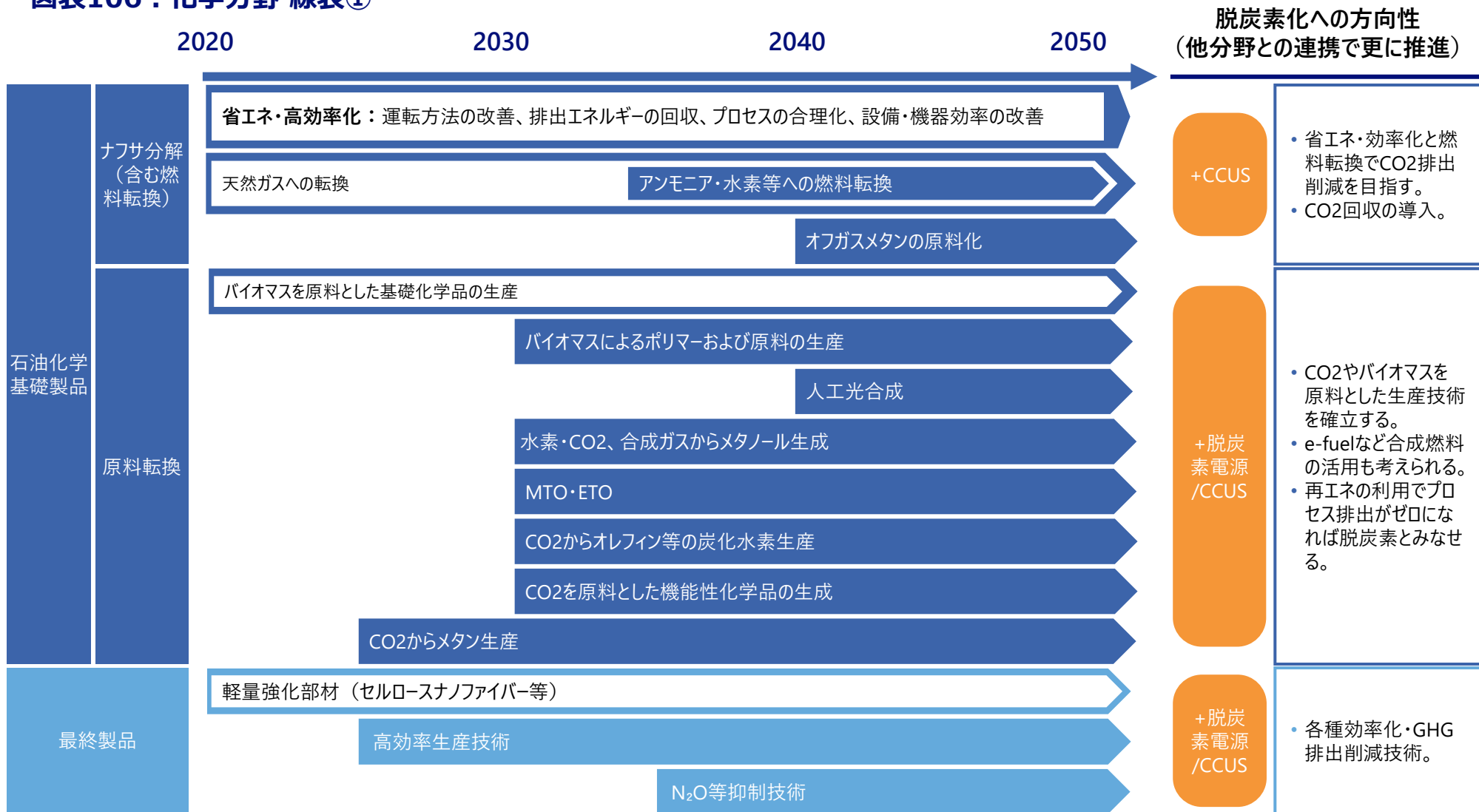
※5：環境省 電気事業分野における地球温暖化対策の進捗状況の評価結果について

※6：DECHEMA（2017）では、TRL7として記載。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

②-1 技術ロードマップ (ナフサ分解、原料転換、最終製品)

図表106 : 化学分野 線表①

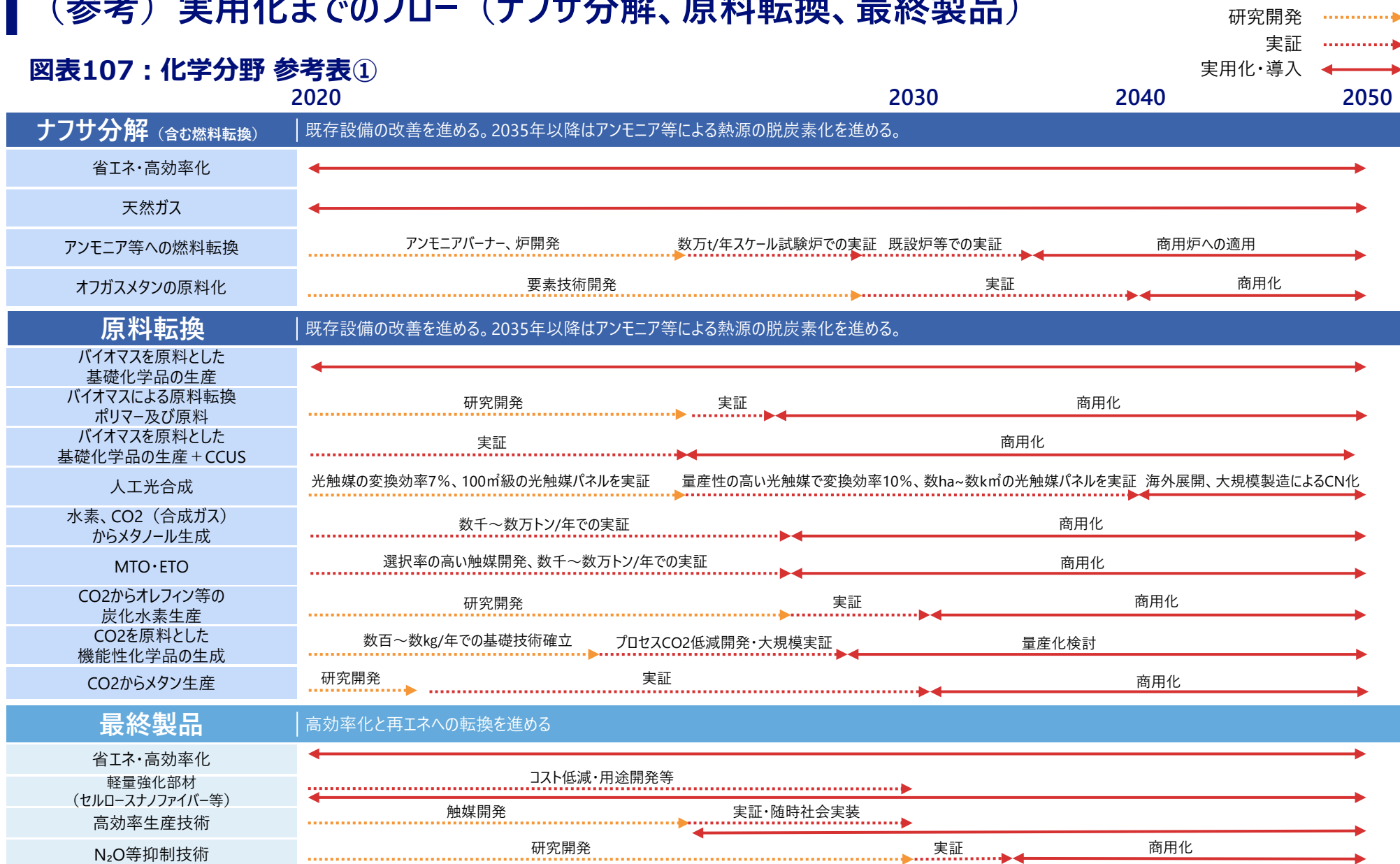


※P7 に示すような他産業の脱炭素に貢献する製品 (エコプロダクト) は、化学分野の低・脱炭素化を扱う本技術ロードマップの対象とはしていないが、トランジション・ファイナンスの対象にはなりうる。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

(参考) 実用化までのフロー (ナフサ分解、原料転換、最終製品)

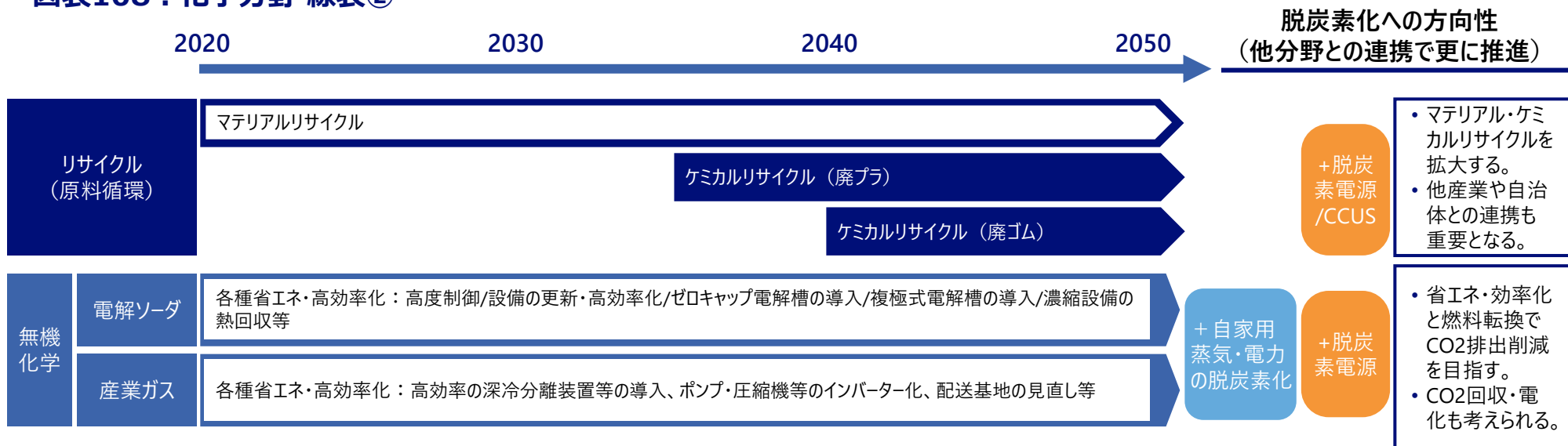
図表107 : 化学分野 参考表①



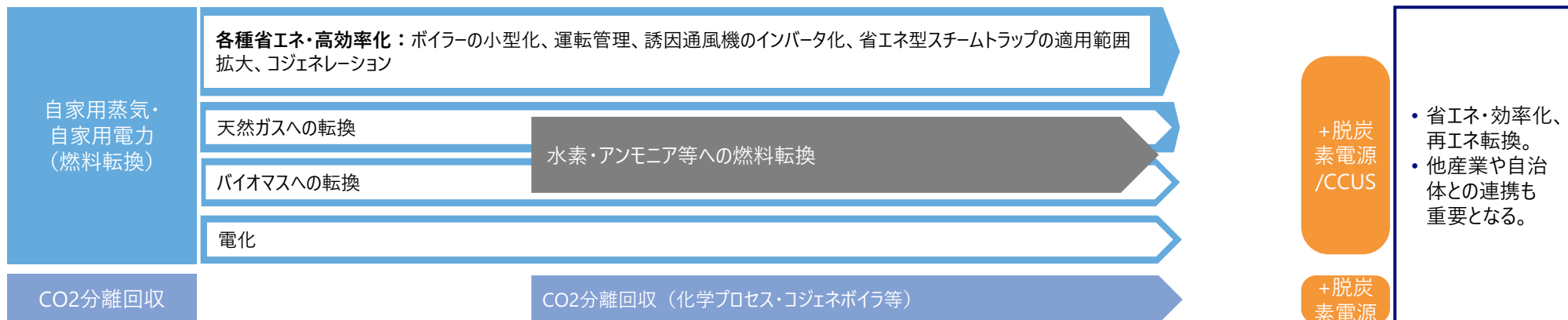
2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

②-2 技術ロードマップ (リサイクル、無機化学、自家用)

図表108 : 化学分野 線表②



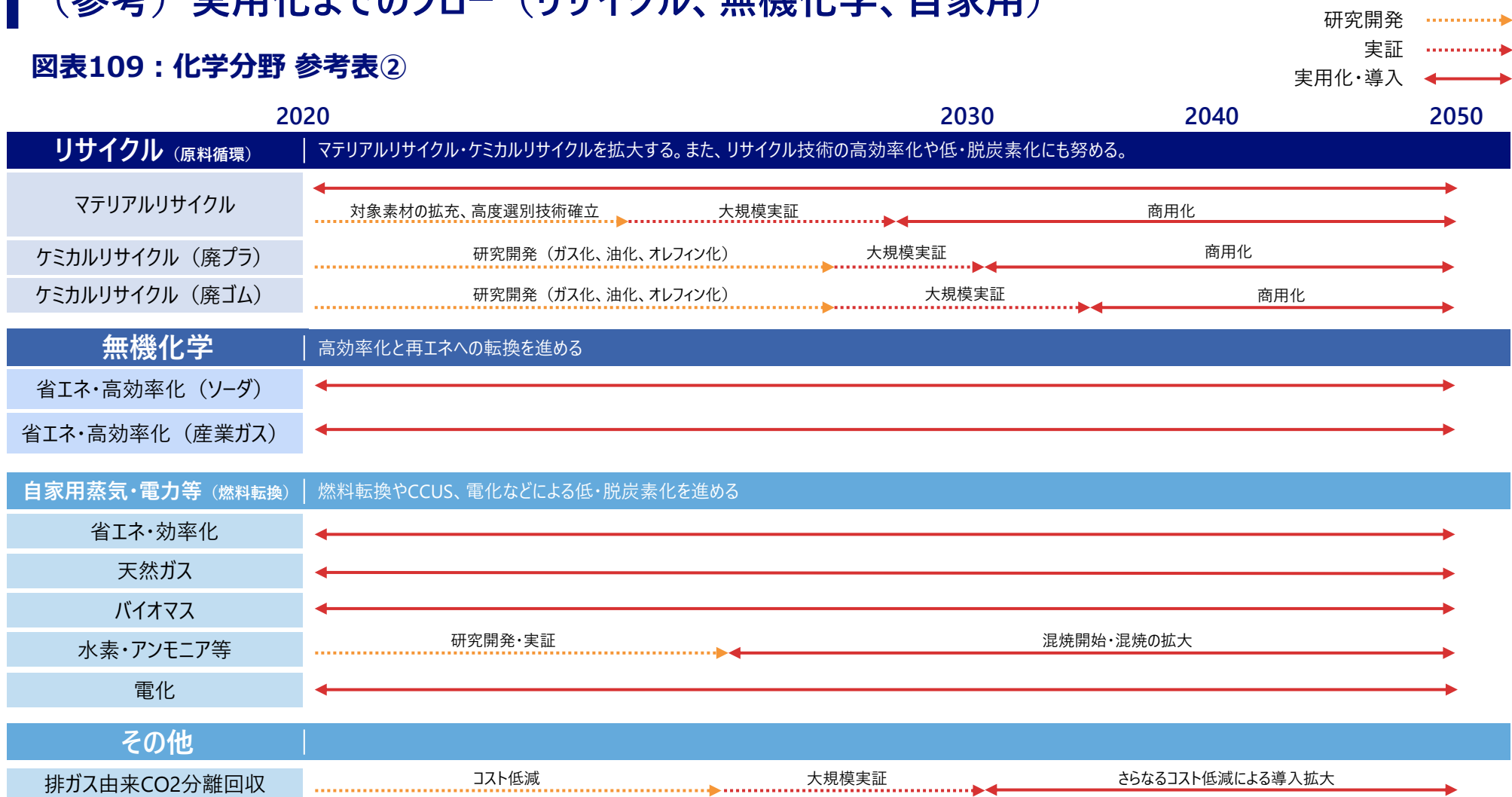
【複数分野に関わる技術】



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

(参考) 実用化までのフロー (リサイクル、無機化学、自家用)

図表109 : 化学分野 参考表②



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (化学)

③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 各種省エネ・効率化や燃料転換、リサイクル拡大などによる着実な低炭素化に加え、人工光合成などの革新的技術の導入により、2050年のカーボンニュートラルを実現する。

図表110：主な参照先・作成根拠（化学）

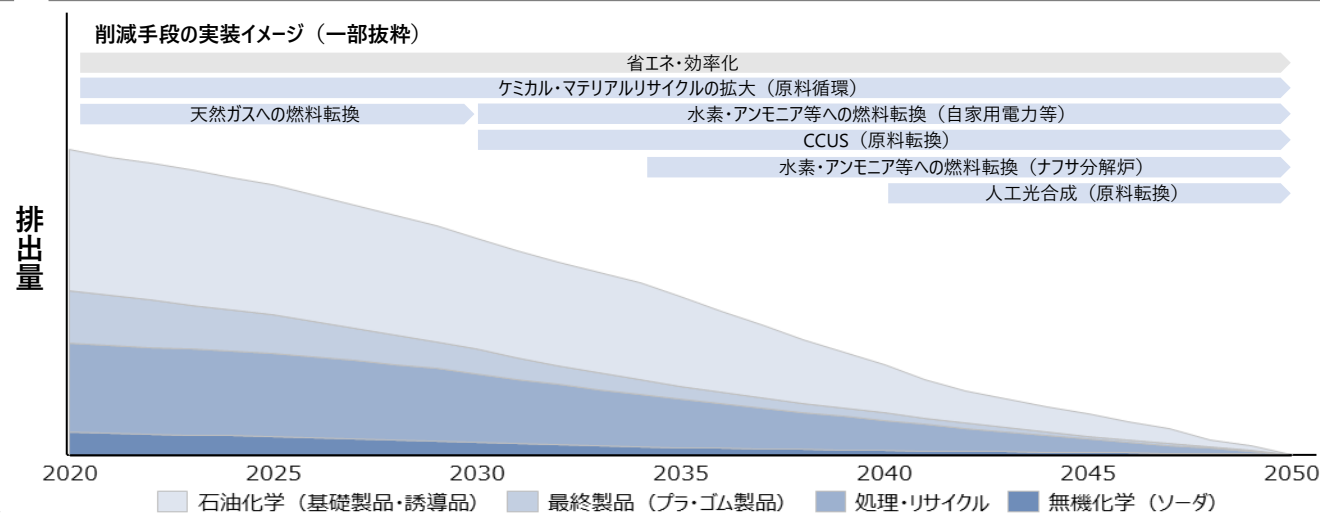
各種政府施策

- ・ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（カーボンリサイクル・マテリアル産業）
- ・ 「カーボンリサイクル関連」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ・ 革新的環境イノベーション戦略
- ・ エネルギー基本計画
- ・ 温暖化対策計画
- ・ カーボンリサイクル技術ロードマップ

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ・ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ・ Energy Technology Perspective 2020 (IEA)
- ・ Industrial Transformation 2050 (Material Economics)
- ・ Science Based Target initiative

図表111：CO2排出の削減イメージ（化学分野）※1、2



主要な削減方法		対象	概要
(1) 燃料転換		全部門	ナフサ分解炉や自家用発電等について、短期的には天然ガス、中長期的には水素・アンモニア等に燃料を転換する。
(2) 原料循環（リサイクル）		処理・リサイクル、石化	廃プラ・廃ゴムの焼却・サマールリサイクルを減らし、ケミカル・マテリアルリサイクルを拡大する。
(3) 原料転換		石化、最終製品	バイオマスやCO2由来の原料を利用した化学品・製品に転換する。人工光合成技術も活用する。

※1 我が国における化学産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には化学各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

※2 省エネ技術の進展や水素・アンモニアなどの新燃料の安定・安価な供給、他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ、サーキュラーエコノミーなど新たな社会システムの構築などが整備されていることが前提。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表112：電力分野 技術リスト①

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
アンモニア専焼	✓ ボイラー・ガスタービンでのアンモニア専焼	最大100%削減	2030年代	- グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画 - GI基金-社会実装計画※4
水素専焼	✓ 水素タービンによる専焼	最大100%削減	2030年代	- グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画 - GI基金-社会実装計画※4
CC(U)S	✓ CO2分離回収技術の技術開発・実証・導入・商用化の推進	最大100%削減	2030年代	- エネルギー基本計画 - GI基金-社会実装計画※4
再エネ・原子力	✓ 再エネおよび原子力の導入	最大100%削減	既に導入	- グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画
火力電源の休廃止	✓ 既存火力電源の休廃止	—	既に導入	エネルギー基本計画

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表113：電力分野 技術リスト②

トランジション電源

電源のゼロエミ化状況に依存する取組

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
アンモニア混焼	✓ 石炭火力へのアンモニア混焼	— (混焼率に依存)	2020年代後半 (石炭火力への20%混焼)	- エネルギー基本計画 - グリーン成長戦略 - GI基金-社会実装計画※4
水素混焼	✓ ガス火力への水素混焼	— (混焼率に依存)	2020年代後半 (ガス火力への10%混焼)	- エネルギー基本計画 - グリーン成長戦略 - GI基金-社会実装計画※4
バイオマス混焼	✓ 石炭火力へのバイオマス混焼	— (混焼率に依存)	既に導入	エネルギー基本計画
送配電網の強化・高度化	✓ 再エネの導入拡大に向けた送配電網の増強等	—	既に導入	エネルギー基本計画
DR・電化の推進等	✓ 需要サイドにおける脱炭素化に向けた取組、電化等	—	既に導入	- グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画
蓄電池・揚水 分散型エネルギーリソース	✓ 系統安定化に資する蓄電池・分散型エネルギーリソースの導入等	—	既に導入	- グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (電力)

カーボンニュートラルへの道筋 | ②トランジションロードマップ°

研究開発
実証
実用化・導入

図表114：電力分野 線表

2025

2030

2040

2050



※2050年断面
でCCSが導入さ
れていないものは
専燃化する前提

※火力電源の高効率化や石炭から天然ガスへの転換等については、将来的にアンモニア・水素の混焼・専焼やCC(U)Sの導入を見据えつつ、2050年までに脱炭素電源化するという前提の下、トランジションファイナンスの対象となり得る。

※「電化」には、間接的な電化 (再エネ等由来の電力を活用した水電解により製造した水素の活用) を含む。

※混焼率はいずれも熱量ベース。

カーボンニュートラルへの道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 実用化済みの脱炭素電源である再エネ・原子力の着実な利用に加え、火力発電の休廃止、アンモニア・水素混焼・専焼技術、CCUSの導入拡大等により2050年のカーボンニュートラルを実現する。

図表115：電力分野 参照先・作成根拠

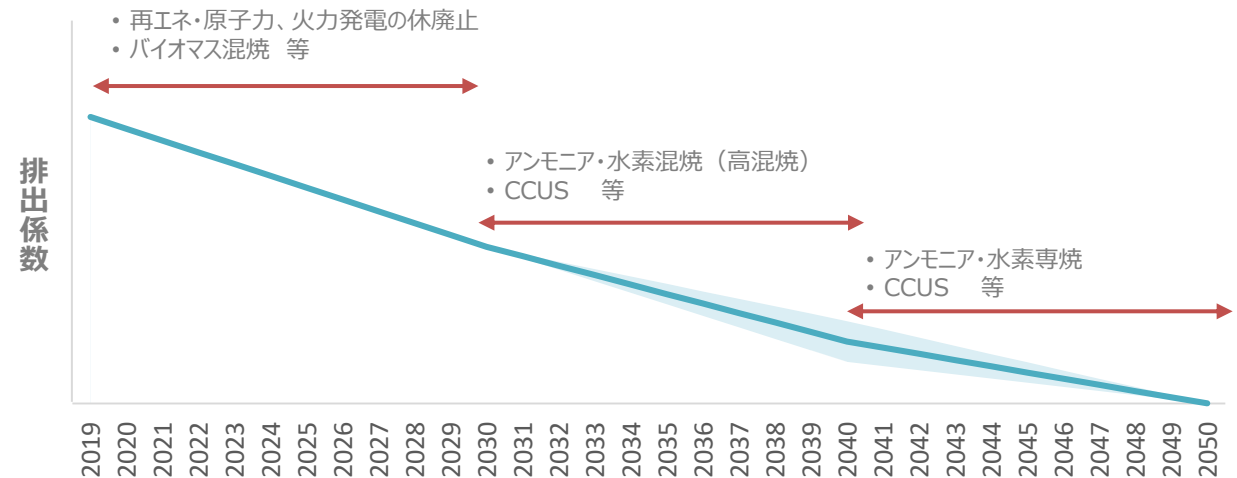
各種政府施策

- ✓ エネルギー基本計画、基本政策分科会資料
- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- ✓ 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「CO2の分離・回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ World Energy Outlook 2021 (IEA)
- ✓ Science Based Target initiative

図表116：CO2排出の削減イメージ (電力分野)



1 2020～2030

実用化済みの脱炭素電源である再エネ・原子力の利用拡大に加え、火力発電へのバイオマス混焼や火力電源の休廃止により低炭素化を進めていく。並行して、アンモニア・水素混焼技術やCCUSの技術開発・実証に取り組む。

2 2030～2040

アンモニア・水素混焼の導入拡大、混焼比率拡大による高混焼化等に取り組む。

3 2040～2050

アンモニア・水素専焼の実用化、導入拡大等により大幅な排出削減を行い、カーボンニュートラルを実現。

※我が国における電力産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には電力各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (ガス)

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表117：ガス分野 技術リスト①

	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
都市ガス	都市ガス製造工程での省エネ	✓ 冷熱利用設備等による省エネ	—	既に導入	・ 低炭素社会実行計画
	天然ガス供給網の整備	✓ 天然ガスの利用拡大に向け供給インフラを強化	—	既に導入	・ グリーン成長戦略
	燃料転換	✓ 需要サイドの燃料転換に必要な設備等の設置等	—	既に導入	・ グリーン成長戦略
	天然ガスの高度利用	✓ エネルギー計測や高効率ボイラー等により省エネ	—	既に導入	・ エネルギー基本計画 ・ グリーン成長戦略
	分散型エネルギーシステム	✓ スマートエネルギーネットワーク（エネルギーの面的利用）・コージェネレーション・燃料電池などの普及拡大により省エネ	—	既に導入	・ エネルギー基本計画 ・ グリーン成長戦略
合成メタン	都市ガス原料を天然ガスから合成メタンへ転換	✓ 都市ガス原料を合成メタンに転換し都市ガス使用時のCO2排出をゼロに	最大100%削減	2030年代	・ グリーン成長戦略
	メタネーション（サバティエ反応）	✓ 水素とCO2からメタンを合成	最大100%削減	2030年代	・ グリーン成長戦略 ・ IEA-ETP2020
	メタネーション（革新的技術）	✓ サバティエ反応によるメタネーションと比べ、より高効率にメタンを合成する革新的技術（共電解等）	最大100%削減	2040年代	・ グリーン成長戦略 ・ GI基金-社会実装計画※5 ・ IEA-ETP2020
	国内外サプライチェーン構築	✓ 液化基地、LNG船、受入基地、パイプライン等の既存インフラにおける合成メタンの併用等	—	2030年代	・ グリーン成長戦略 ・ IEA-ETP2020

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：転換前の燃料構成により削減幅は異なる

※5：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表118：ガス分野 技術リスト②

LPガス LPガス LPガス	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
	省エネルギーの推進・燃料転換	✓ 高効率ガス給湯機器や家庭用燃料電池の普及、LPガス輸入基地等の省エネ、LPガスボイラーやLPガス燃料船舶の普及	—	既に導入	低炭素社会実行計画
	配送合理化	✓ スマートメーター・集中監視装置の普及	—	既に導入	資源・燃料分科会資料
	合成LPガス	✓ COとH ₂ からのメタノール・DME 経由の間接合成法によりLPガスを製造	最大100%削減	2030年代	グリーン成長戦略

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

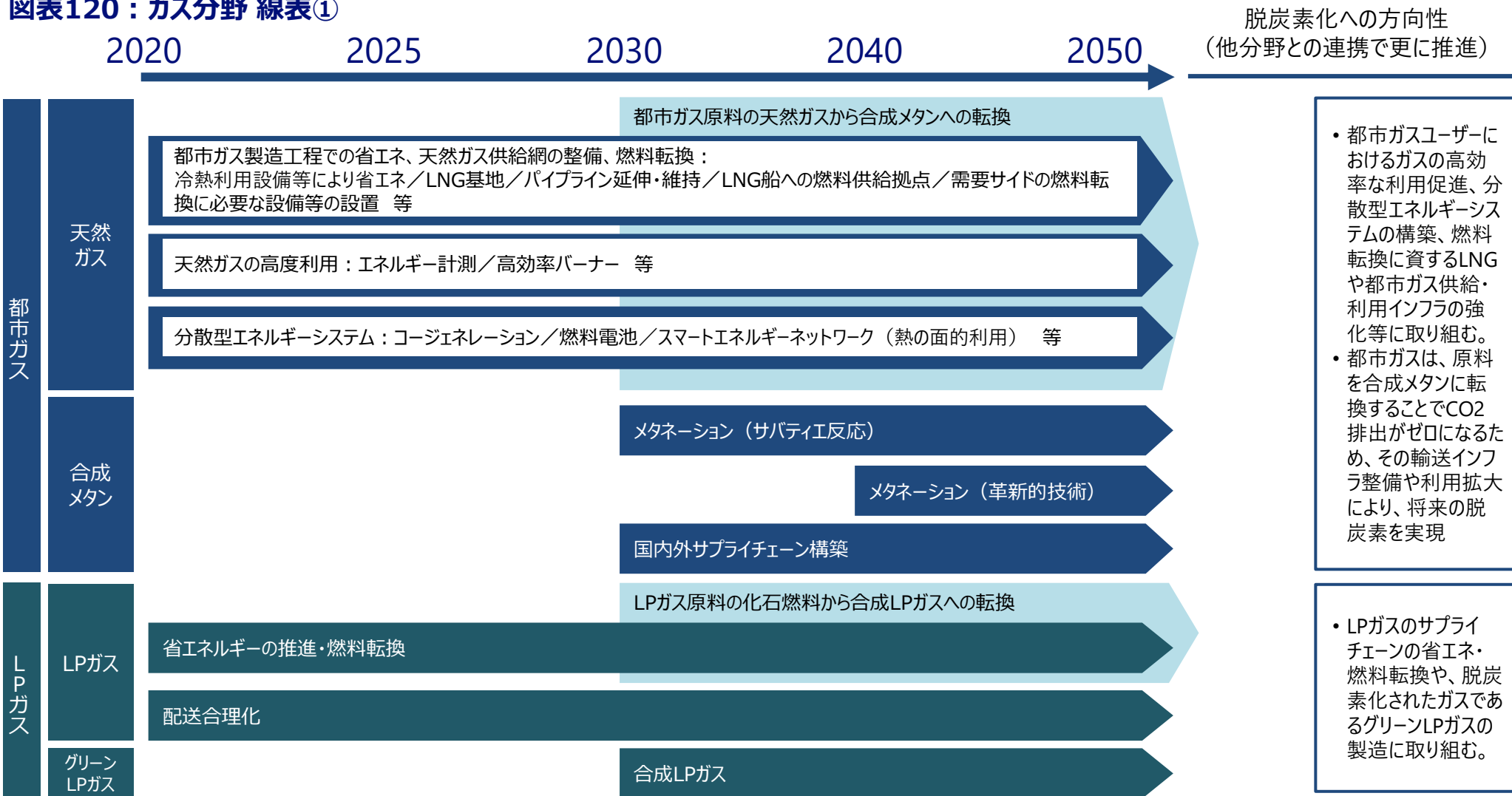
図表119：ガス分野 技術リスト③

	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
水素	水電解 (海外・国内での製造)	✓ 水を電気分解し水素を製造	最大100%削減	2020年代後半	- グリーン成長戦略 - GI基金-社会実装計画※4 - IEA-ETP2020
	海外からの輸送（液化水素 運搬船・液体炭化水素をキャ リアとした輸送）	✓ 液化水素運搬船や、メチルシクロヘキサン (MCH) 等をキャリアにする形で運搬	—	2020年代後半	- グリーン成長戦略 - GI基金-社会実装計画 - IEA-ETP2020
	ローカル水素ネットワーク	✓ 国内の水素供給網整備	—	2030年代	グリーン成長戦略
	水素燃焼機器等	✓ 工業炉・コージェネレーション・燃料電池への水 素利用等	最大100%削減	2030年前	- グリーン成長戦略 - IEA-ETP2020
	水素ステーション	✓ 都市ガスからの水素製造装置の低コスト化に よる社会実装	—	既に導入	グリーン成長戦略
バイオ ガス	バイオガス	✓ バイオマス発酵由来ガスの活用	最大100%削減	既に導入	- グリーン成長戦略 - IEA-ETP2020
	アンモニア	✓ アンモニアのオンサイト活用	最大100%削減	2020年代後半	- グリーン成長戦略 - IEA-ETP2020
アンモ ニア	排ガスからのCO2分離回収等	✓ 都市ガス利用機器から排出されるCO2を回 収・利用	最大100%削減	2020年代前半	グリーン成長戦略
		✓ 鉄鋼工場・発電所・化学工場等から排出され るCO2を回収・利用・貯蔵	最大100%削減	2030年代	- GI基金-社会実装計画 - グリーン成長戦略 - IEA-ETP2020
CCUS	DAC	✓ 大気中からCO2を直接回収	最大100%削減	2040年代	- グリーン成長戦略 - IEA-ETP2020

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (ガス)

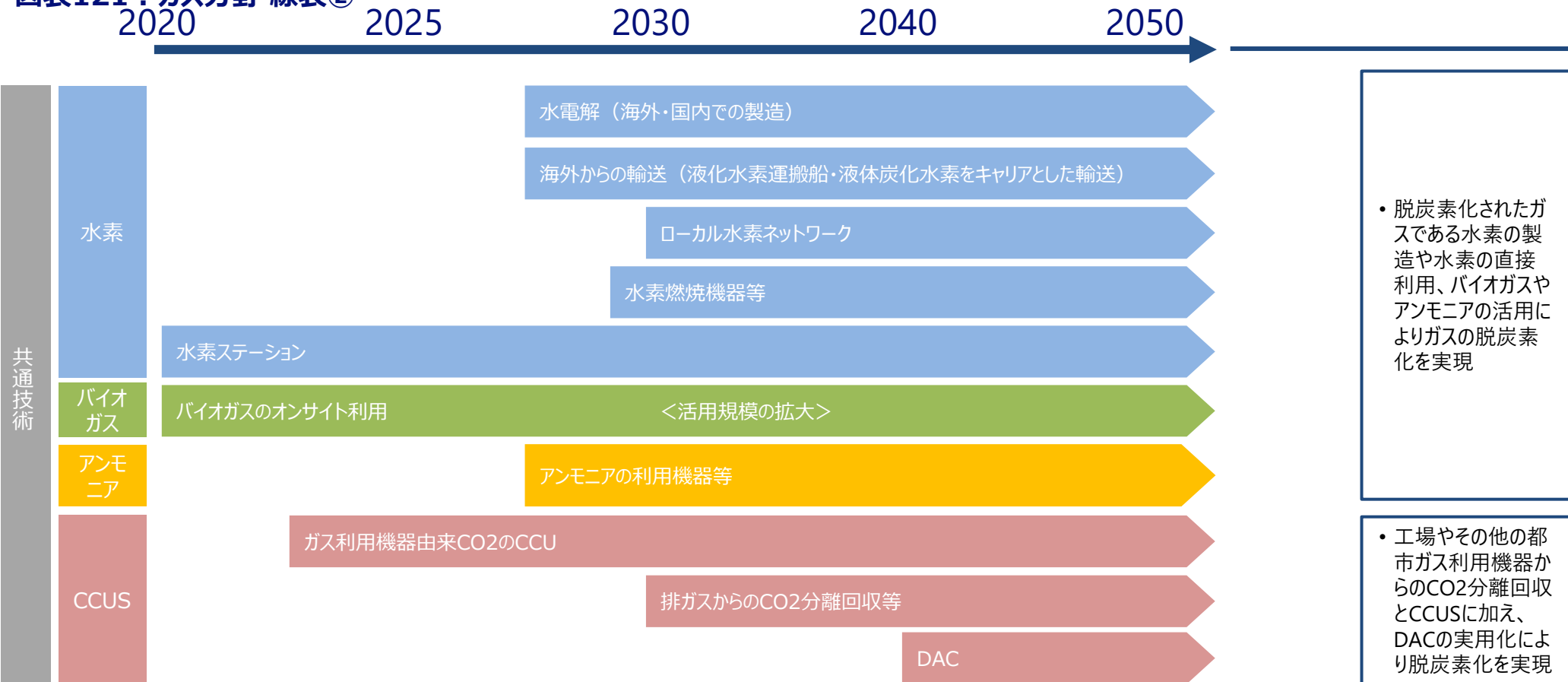
カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ

図表120：ガス分野 線表①



カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ

図表121: ガス分野 線表②

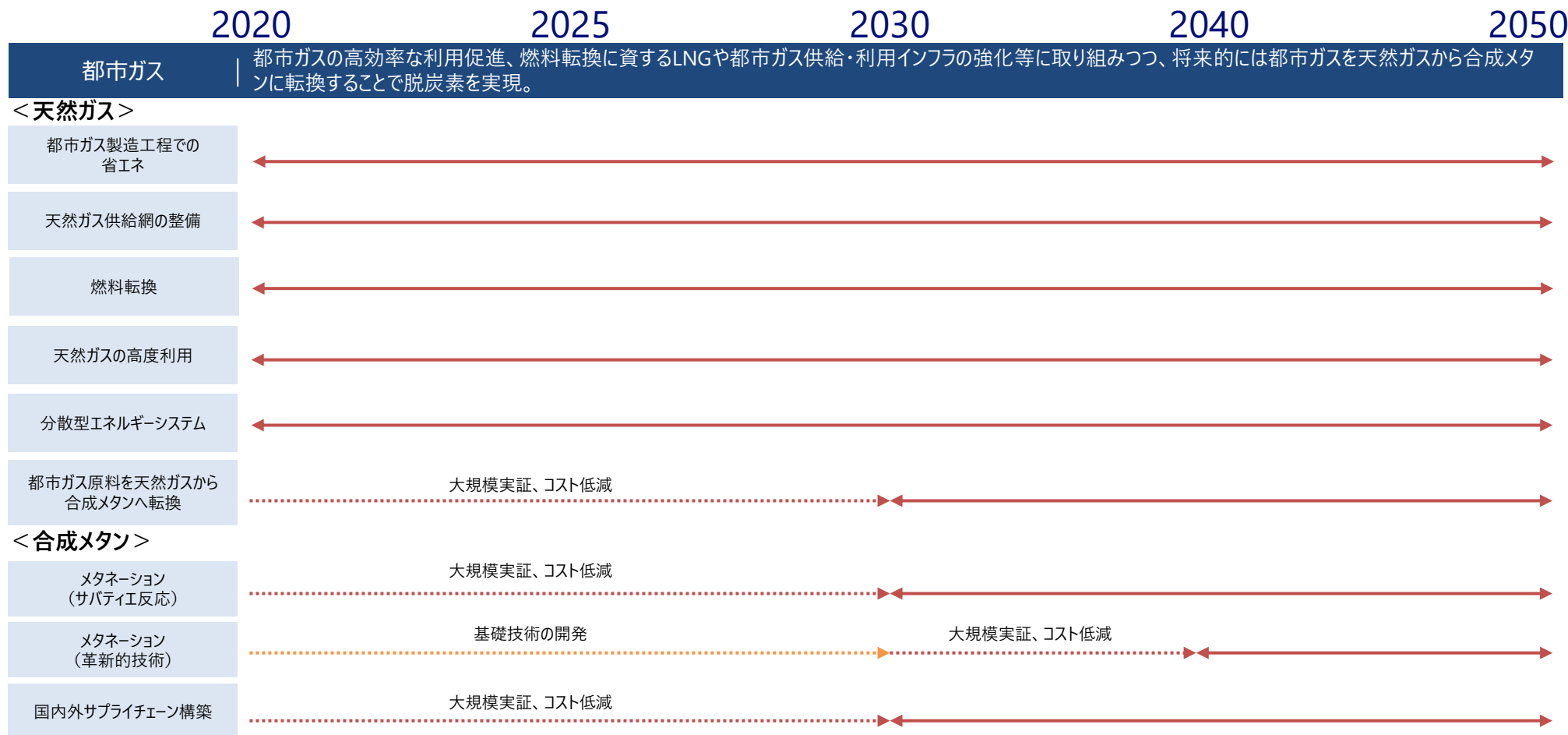


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (ガス)

カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 
 実証 
 実用化・導入 

図表122：ガス分野 参考表①

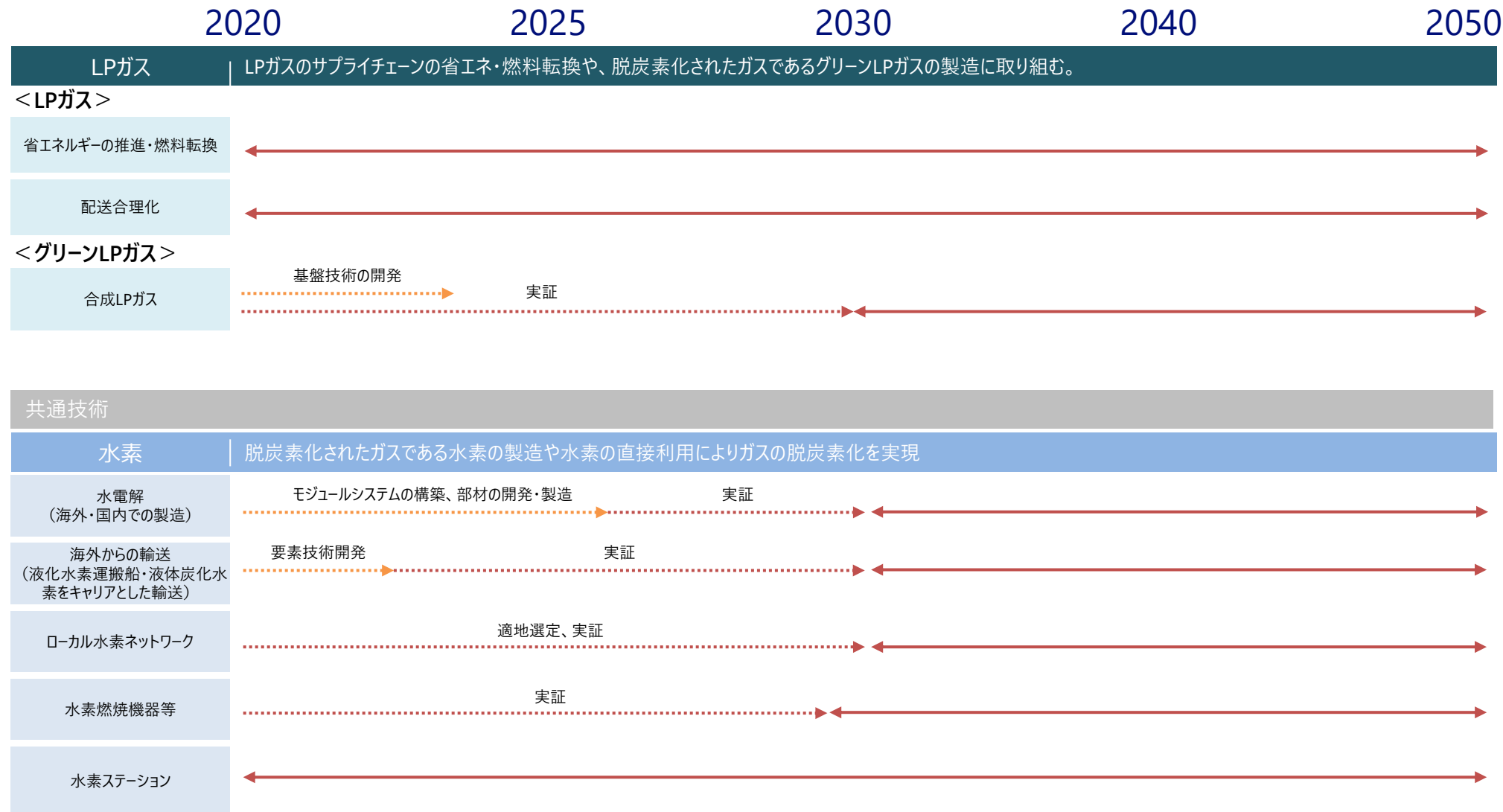


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (ガス)

カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 
 実証 
 実用化・導入 

図表123：ガス分野 参考表②

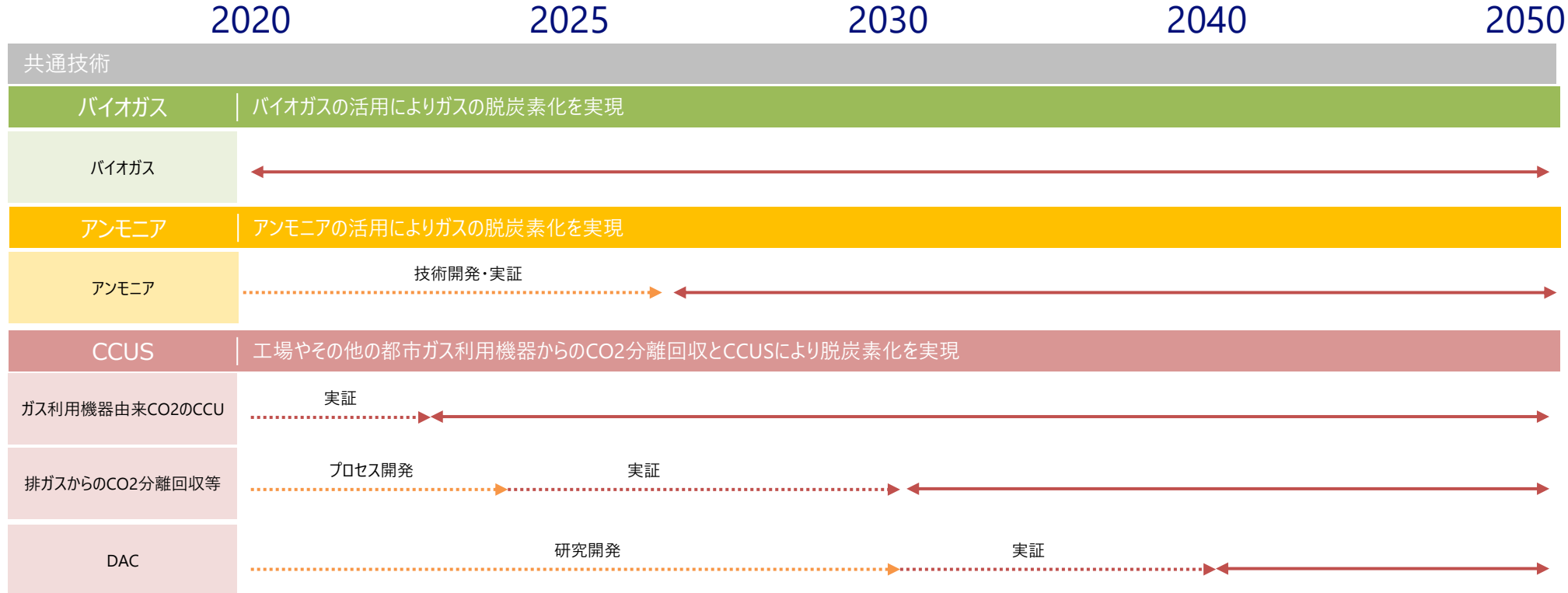


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (ガス)

カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 →
実証 →
実用化・導入 ←

図表124：ガス分野 参考表③



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (ガス)

カーボンニュートラルへの道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 省エネやガスの高度利用、供給網整備等に加え、合成メタン/合成LPガスや水素等への転換、CCUS、DAC等の革新的技術の導入により、2050年のカーボンニュートラルを実現する。

図表125 : ガス分野 参照先・作成根拠

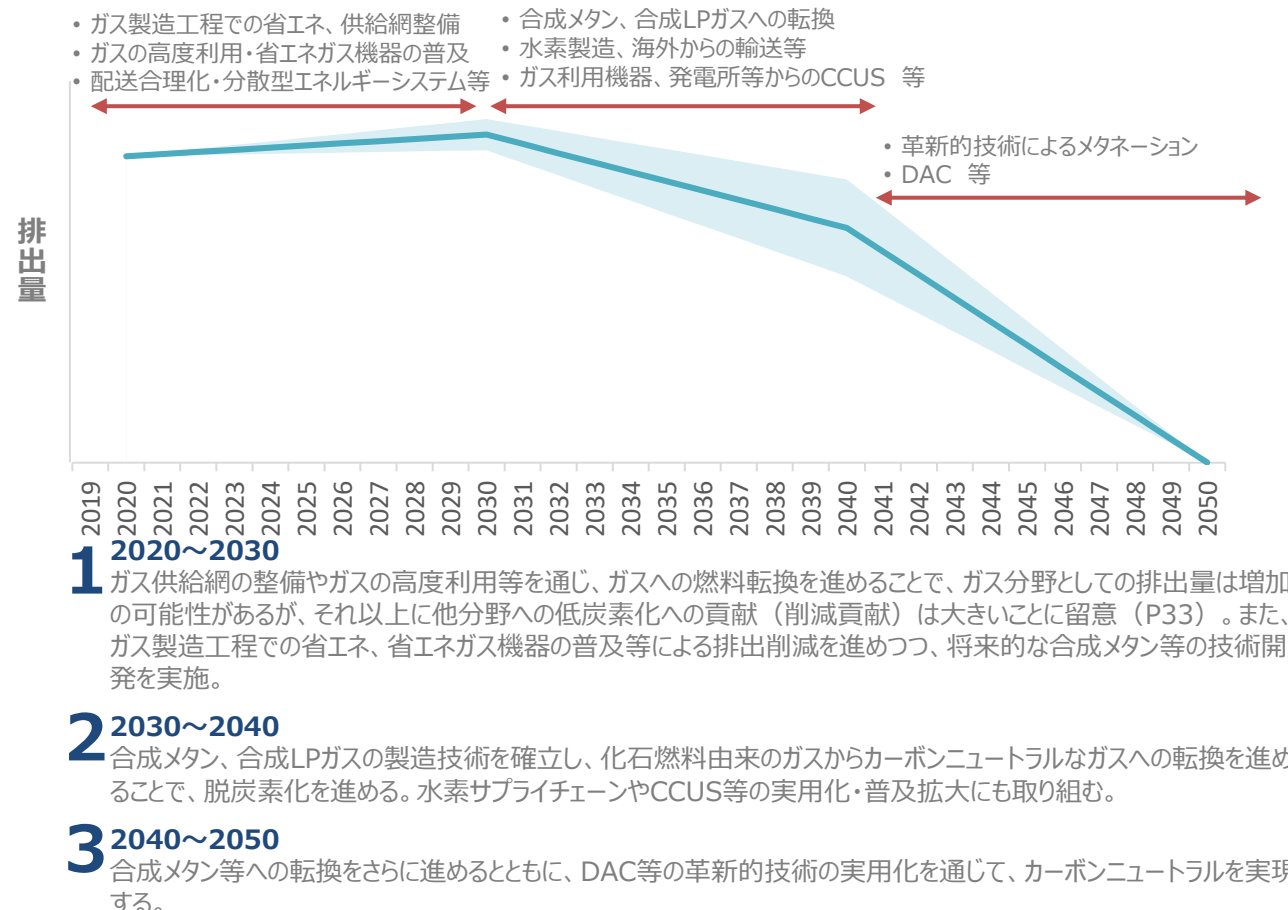
各種政府施策

- ✓ エネルギー基本計画、基本政策分科会資料
- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- ✓ 「CO2の分離・回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ World Energy Outlook 2021 (IEA)
- ✓ Science Based Target initiative

図表126 : CO2排出の削減イメージ (ガス分野)



※我が国におけるガス事業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際にはガス各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表127：石油分野 技術リスト①

原油処理	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
	省エネ対策強化	✓ 熱の有効利用、高度制御・高効率機器の導入、動力系の効率改善、プロセスの大規模な改良・高度化等	—	既に導入	- エネルギー基本計画 - 低炭素社会実行計画
	燃料転換の推進	✓ 石油系燃料から天然ガス等への転換等	—	既に導入	エネルギー基本計画
	脱炭素燃料への転換	✓ 化石燃料からCO2フリー水素等の脱炭素燃料への転換	最大100%削減	2030年代	- エネルギー基本計画 - GI基金-社会実装計画※4
	再エネ・ゼロエミ電源の活用、開発促進	✓ 石油精製プロセスにおける電力のグリーン化	最大100%削減	既に導入	- エネルギー基本計画 - グリーン成長戦略
	精製プロセスの変革	✓ CO2フリー水素の活用による精製プロセスの脱炭素化	最大100%削減	2030年代	- エネルギー基本計画 - グリーン成長戦略
	CCS・CCU	✓ 精製プロセス等からのCO2回収 ✓ 回収したCO2から燃料・素材（炭酸塩）等を生産 ✓ CCS導入	最大100%削減	2030年代	- エネルギー基本計画 - グリーン成長戦略 - GI基金-社会実装計画

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表128：石油分野 技術リスト②

低・脱炭素燃料・製品
利用効率化
既存燃料の改善・
水素・アンモニア

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
廃プラのケミカルリサイクル	✓ 廃プラを油化し石油精製装置を用いてケミカルリサイクルを行い、燃料や化学原料を製造	—	2030年代	グリーン成長戦略
内燃機関の燃費向上に資する新燃料	✓ 将来の革新的なエンジン燃焼方法と燃料との組合せ最適化による排出削減等	—	2020年代後半	石油連盟「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」
CO2フリー水素・アンモニアサプライチェーンの構築	✓ 製造・輸送技術の高効率化 ✓ 製油所設備を活用した脱水素・貯蔵 ✓ 国内供給・自社利用（発電用・自動車燃料用・原料用等）	最大100%削減	2030年代	- GI基金-社会実装計画※4 - グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画
水素ステーション等の整備	✓ 燃料電池自動車等向けに水素を供給	—	既に導入	- エネルギー基本計画 - グリーン成長戦略

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

カーボンニュートラルへの道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表129 : 石油分野 技術リスト③

低・脱炭素燃料・製品

バイオ燃料等
合成燃料等

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
バイオ燃料等 (バイオエタノール、バイオディーゼル、SAF、化学原料等)	✓ 植物や廃棄物等から液体燃料や化学原料を製造	最大100%削減	一部導入済み (SAFの製造技術等は 2030年頃の実装)	- GI基金-社会実装計画※4 - グリーン成長戦略 - 低炭素社会実行計画 - エネルギー基本計画 - IEA-ETP2020
合成燃料等 (自動車燃料、SAF、化学原料等)	✓ 水素とCO2から液体燃料や化学原料を製造	最大100%削減	2030年代	- GI基金-社会実装計画 - グリーン成長戦略 - エネルギー基本計画 - IEA-ETP2020

※1 : 既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2 : 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

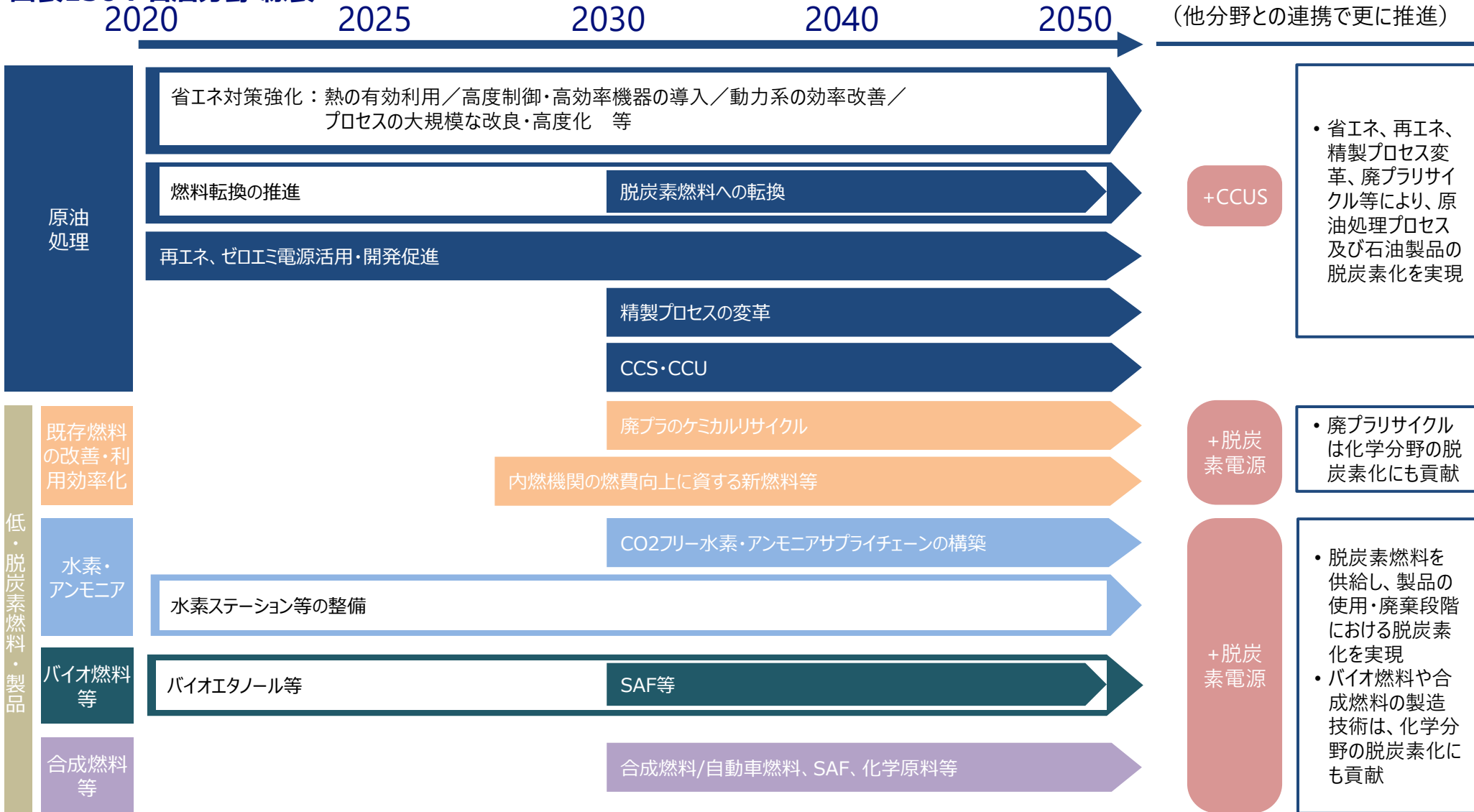
※3 : 実装年の参照先には下線を付加。

※4 : グリーノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (石油)

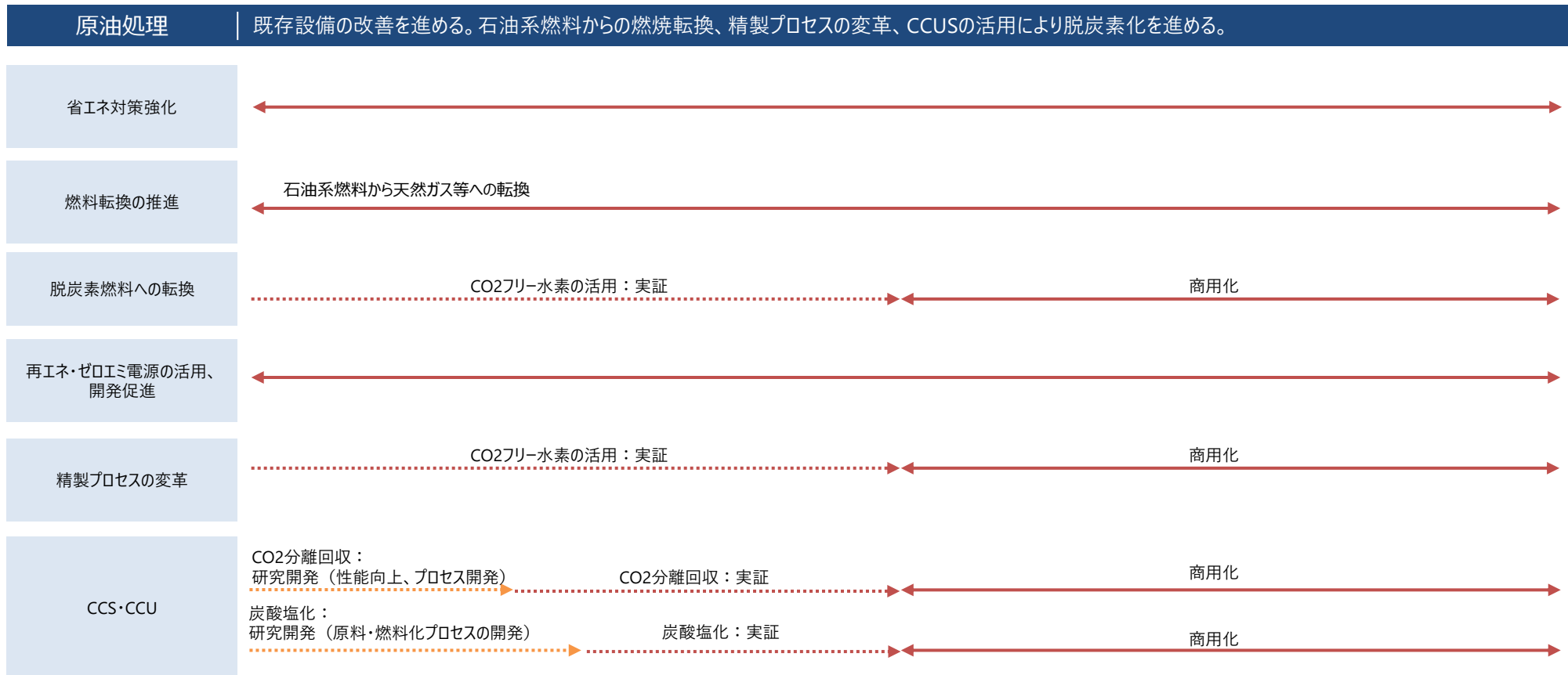
カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ°

図表130：石油分野 線表



図表131：石油分野 参考表①

2020 2025 2030 2040 2050

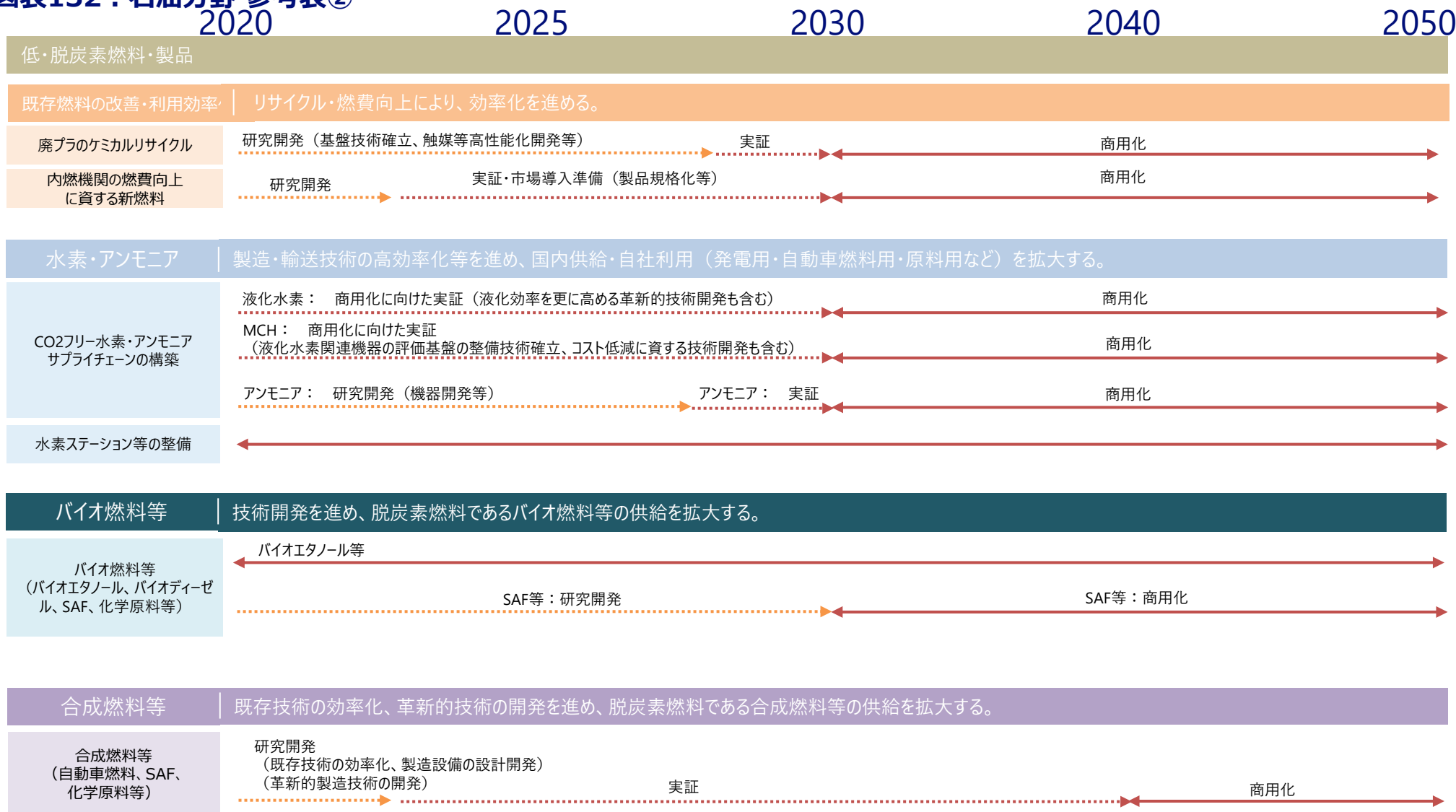


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ（2）分野別ロードマップ（石油）

カーボンニュートラルへの道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発→
 実証→
 実用化・導入 <-----→

図表132：石油分野 参考表②



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (石油)

カーボンニュートラルへの道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合している。
- 原油処理に関しては、各種省エネや燃料転換推進等による着実な低炭素化に加え、精製プロセスの変革やCCS・CCUなどの革新的技術の導入による脱炭素化を図る。さらに、合成燃料をはじめとする脱炭素燃料の供給体制へのシフトなどにより、2050年カーボンニュートラルを実現していく。

図表133：石油分野 参照先・作成根拠

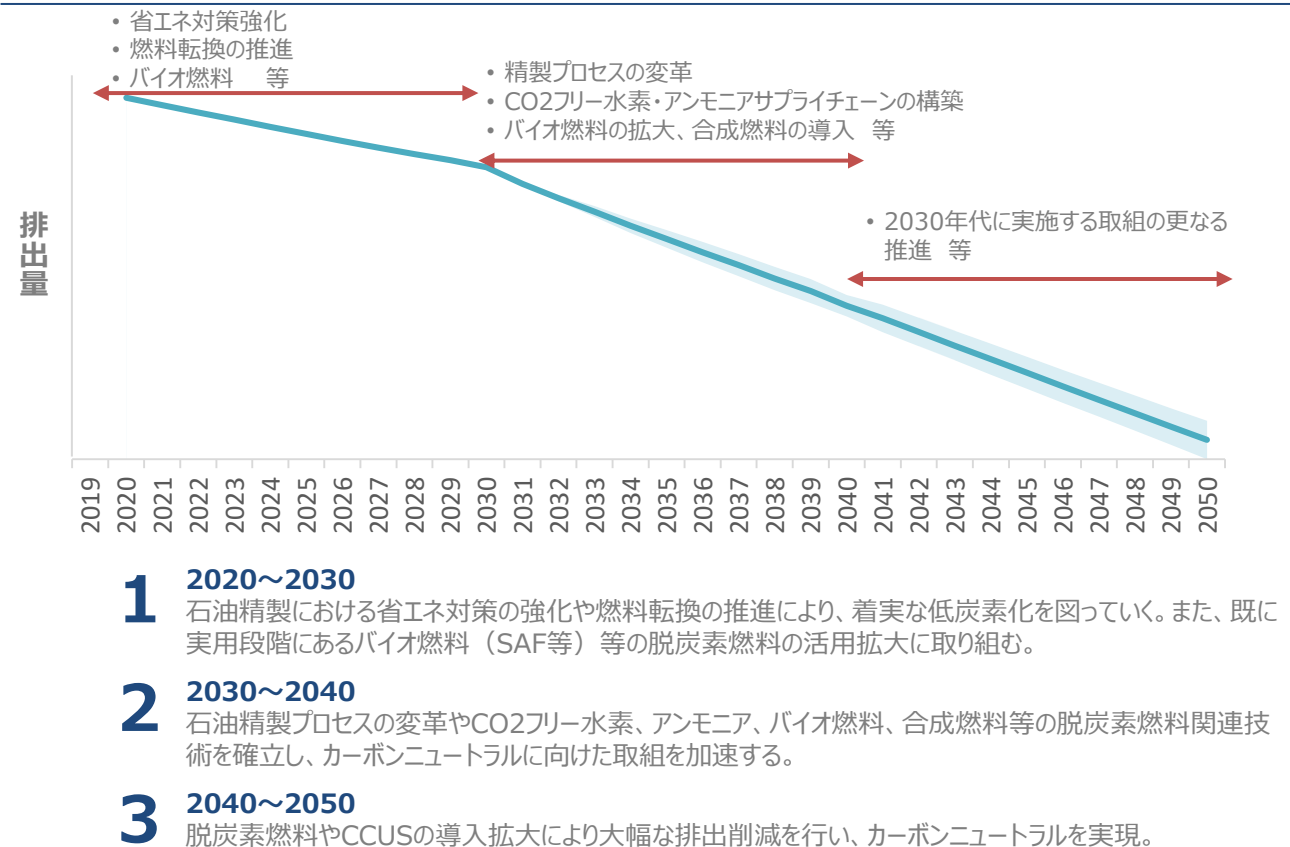
各種政府施策

- ✓ エネルギー基本計画、基本政策分科会資料
- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- ✓ 「CO2の分離・回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ World Energy Outlook 2021 (IEA)
- ✓ Science Based Target initiative

図表134：CO2排出の削減イメージ（石油分野）※1、2



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (セメント)

①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表135：セメント分野技術リスト ①

	技術名	概要	排出係数/ 削減幅等※1	実装年※2	主な参照先
製造プロセス	省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	✓ 廃熱発電 ✓ クリンカクーラーの高効率化 ✓ 堅型石炭ミルの導入 ✓ 高炉スラグミルの堅型化 ✓ NSPキルン ✓ IoTや自動運転の導入	エネルギー原単位 約5.7%削減 ※3 (2019年比、 2030年時点)	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画 等 ✓ Material Economics
	燃焼温度の低下	✓ 鉱化剤の利用により焼成温度を下げることでエネルギー原単位約2.6%の削減に寄与		2020年代	✓ 低炭素社会実行計画
	クリンカ比率の低減	以下等により、セメントにおけるクリンカの比率を低減し、排出量を削減。 ✓ アルミン酸三カルシウムの量を増やすことで、混合材の使用量の増加 ✓ 高炉セメントB種に添加する高炉スラグの分量増加	— ※4	一部は既に導入	✓ 低炭素社会実行計画 ✓ Material Economics ✓ IEA ETP2020
原料	廃棄物による原料代替	✓ 原材料の一部に廃棄物を利用することで、プロセス由来CO2の削減に寄与	— ※4	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画
	コンクリート微粉のリサイクル	✓ コンクリート製造時の微粉等をクリンカの原料として活用	— ※5	2030年代	✓ セメント産業の長期ビジョン ✓ Material Economics
	低炭素型新材料の開発	✓ 既存の結合材にかわる新たな組成の材料（製造時のCO2排出量の低い材料や、石灰石に近い新たな結合剤など）を開発することで非エネルギー排出の削減に寄与	— ※6	2040年代	✓ セメント産業の長期ビジョン ✓ Material Economics

※1：排出係数は既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：カーボンニュートラル行動計画における2030年見直し予定目標値と2019年実績値を参照した削減率。

※4：クリンカ比率や廃棄物による代替比率により排出係数は異なる。

※5：参考として、Material Economicsでは、当技術により非エネルギー排出を最大20%削減可能と記載。ただし同レポートはEUを対象としており、前提であるエクリンカ比率や基準等が異なるなど、日本で同様の削減幅を想定することは現状困難。

※6：参考として、Material Economicsでは、現状利用可能な代替結合材の利用により、ポルトランドセメントと比較して、最大10%の非エネルギー排出を削減できると記載。ただし、削減幅は純粋なポルトランドセメントの比較であり、高炉スラグなど混合材料を含むセメントでは削減幅が異なるなど、単純比較は困難。また、代替原料の利用可能性が限られることに加え、硬化時間や強度などの技術面でも、採用に向け課題があるとの記載もある。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (セメント)

①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表136 : セメント分野技術リスト ②

	技術名	概要	排出係数/ 削減幅等※1	実装年※2	主な参照先
燃料 転換	廃棄物のエネルギー利用	✓ 廃プラや各産業からの汚泥、木くず等を熱エネルギー代替として活用	エネルギー由来排出 ～100%削減 ※3	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画
	バイオマス等の利用	✓ 燃焼時にバイオマス等を活用することで、化石燃料の使用量を低減し、エネルギー由来CO2削減に寄与		既に導入	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ IEA ETP2020
	水素・アンモニア等の利用	✓ 燃焼時にCO2を排出しない水素やアンモニア等を利用することでエネルギー由来CO2の削減に寄与		2030年代	✓ 内閣府SIP
	排ガス等からのCO2分離回収	✓ 工場外に排出される排ガス等から、化学吸収法等の既存技術を活用してCO2を分離・回収する		2020年代	✓ IEA ETP2020 ✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ
CCUS	CO2回収製造プロセス	✓ 既存のセメント製造プロセスを活用し、プレヒーター内部からプロセス由来CO2を回収	—※4 ※5	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画
	炭酸塩の生成	✓ カルシウム源にCO2を回収させ固定化することで炭酸塩として貯蔵・利用しCO2削減に寄与	—※5	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ
	カーボンリサイクルセメントの生成	✓ CO2を固定した炭酸塩からセメントを製造する技術によりCO2排出削減に寄与	—※5	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画
	合成メタンの生成・利用	✓ 排ガス中のCO2を回収し合成メタンを生成・利用することでセメント製造におけるCO2削減に寄与	—※4	2030年代	✓ グリーン成長戦略

※1 : 排出係数は既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。燃料転換についてはエネルギー由来排出、CCUSについてはエネルギー由来排出・非エネルギー由来排出の両方について記載。

※2 : 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3 : 水素・アンモニア専焼の場合はエネルギー排出ゼロ、混焼率等により削減幅は異なる。廃棄物・バイオマスの利用における混焼の場合も混焼率に依存する。

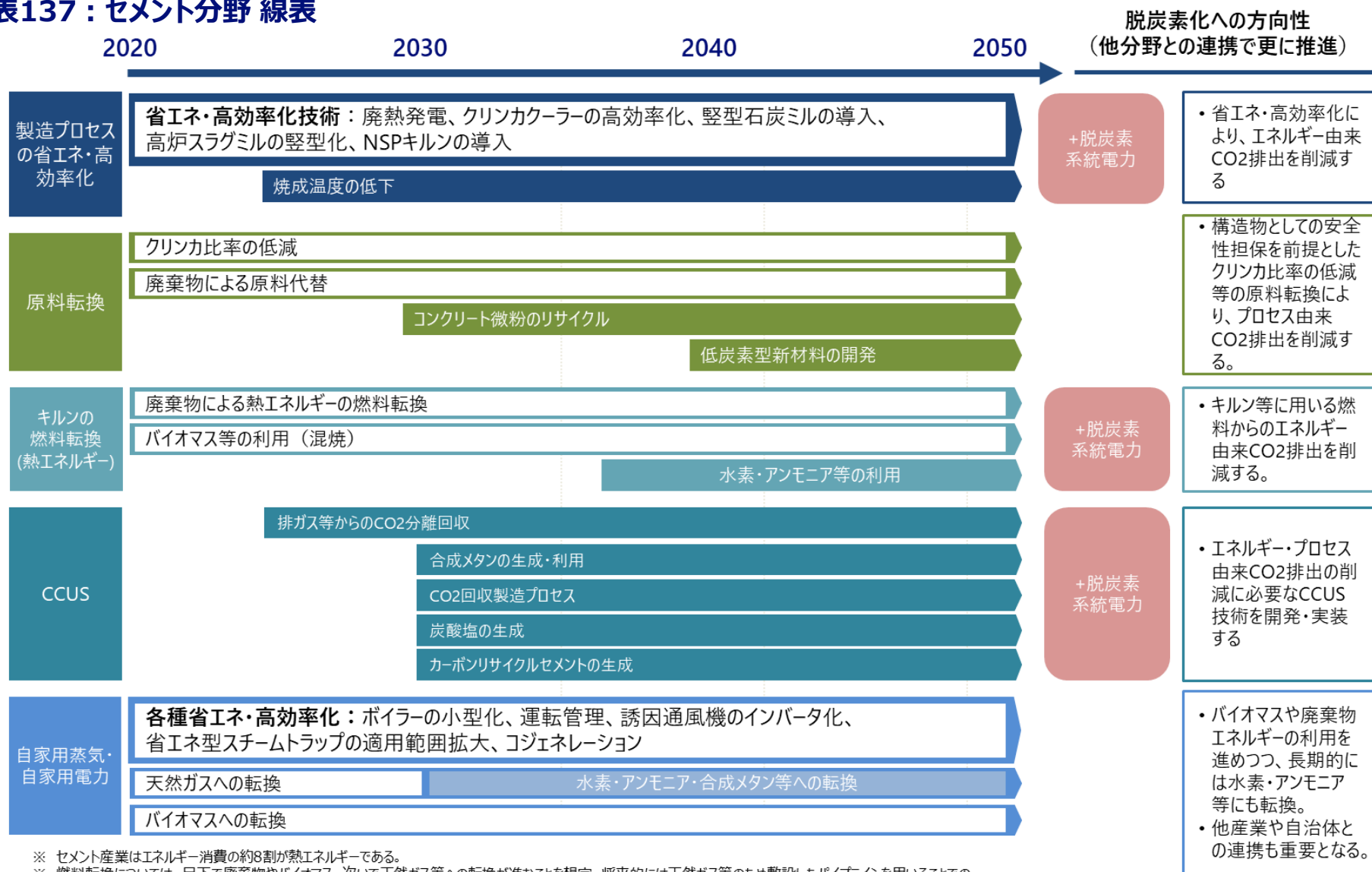
※4 : CO2回収による削減効果は、回収性能により異なる。

※5 : GI基金・社会実装計画においては、プレヒーター内で発生するCO2の80%以上を回収し、炭酸塩1トンあたりに固定するCO2固定量を400kg以上とすることを目標としている。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ

図表137：セメント分野 線表



※ セメント産業はエネルギー消費の約8割が熱エネルギーである。

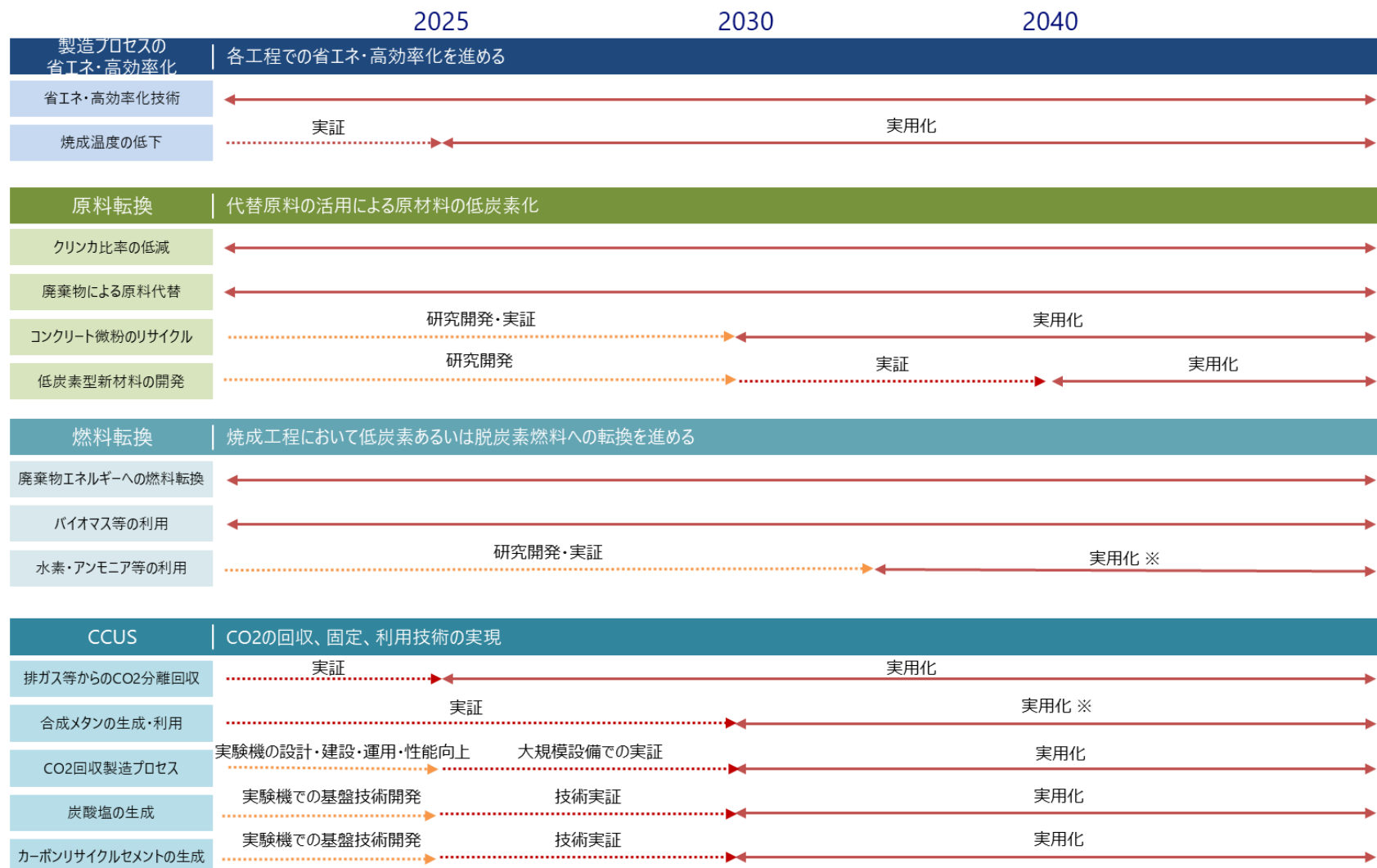
※ 燃料転換については、足下で廃棄物やバイオマス、次いで天然ガス等への転換が進むことを想定。将来的には天然ガス等のため敷設したパイプラインを用いることでの水素・アンモニア等への転換も考えられる。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 →
実証 →
実用化・導入 ←

図表138 : セメント分野 参考表①



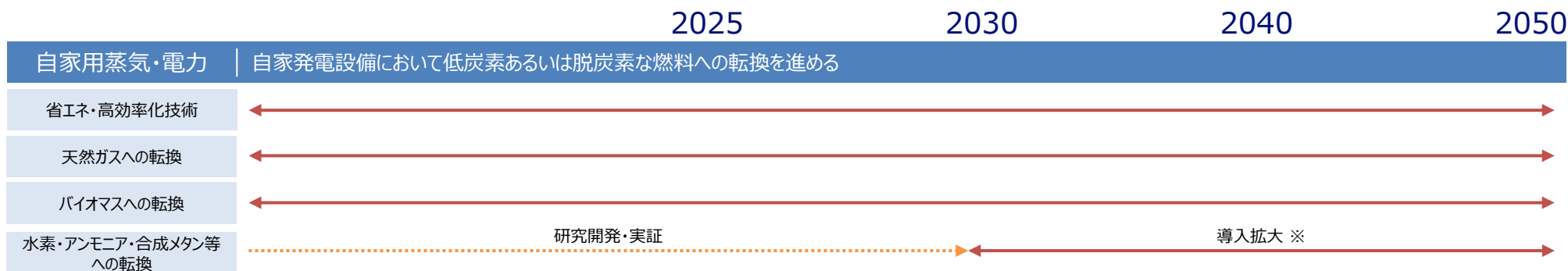
※ 実用化にあたっては、安価な水素の安定供給、インフラの確立など社会システムの整備といった条件の確立が必要。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 →
実証 →
実用化・導入 ←

図表139 : セメント分野 参考表②



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照して策定しており、パリ協定と整合する。
- 具体的には、各種省エネ・効率化や燃料転換などによる着実な低炭素化に加え、CCUSなどの革新的技術を積極的に導入することで、2050年のカーボンニュートラルを実現していくものである。

図表140 : セメント分野 参照先・作成根拠

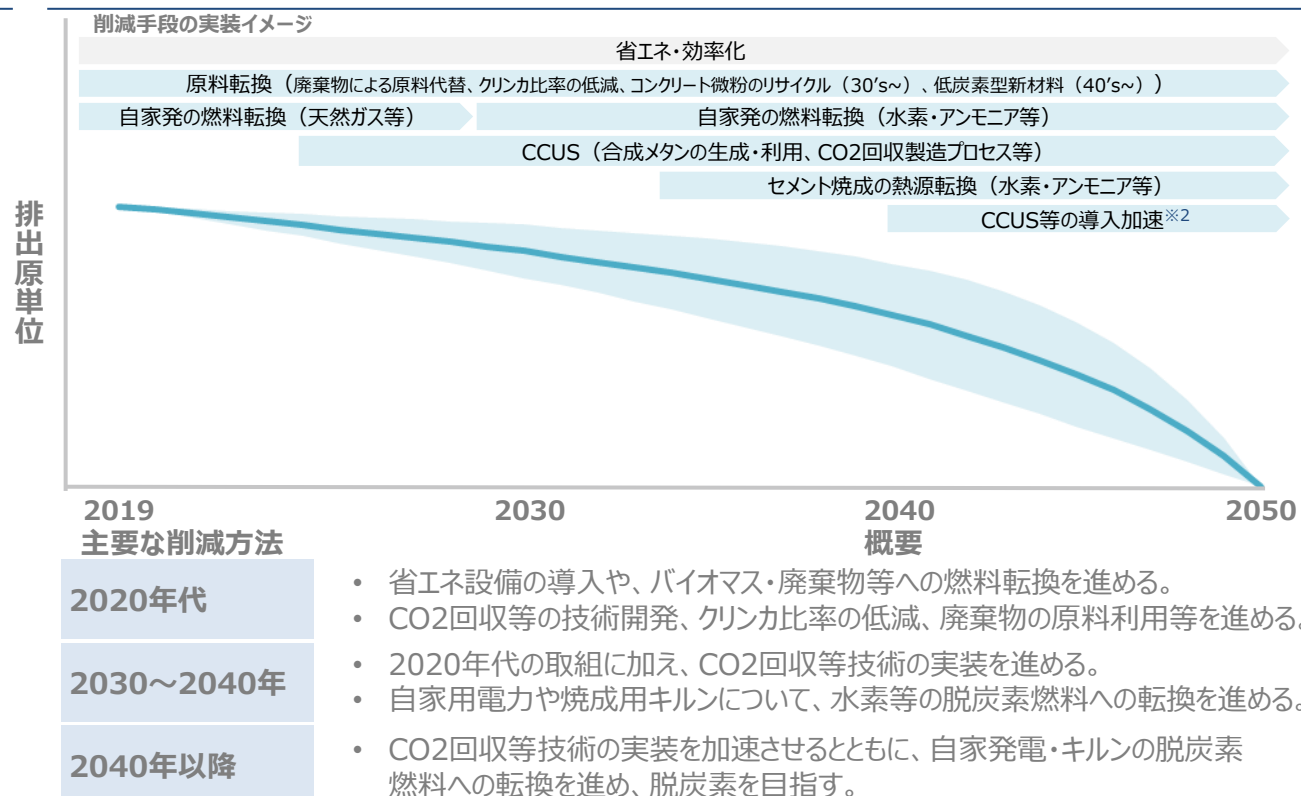
各種政府施策

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 (カーボンリサイクル・マテリアル産業)
- ✓ 「カーボンリサイクル関連」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 革新的環境イノベーション戦略
- ✓ エネルギー基本計画
- ✓ 温暖化対策計画
- ✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ Energy Technology Perspective 2020 (IEA)
- ✓ Industrial Transformation 2050 (Material Economics)
- ✓ Science Based Target initiative

図表141 : CO2排出の削減イメージ (セメント分野)



※ 1 我が国におけるセメント産業全体としての削減イメージであり、実際にはセメント各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (セメント)

①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表142：紙・パルプ分野技術リスト ①

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	✓ 製造工程の見直し (統合・短縮等) ✓ エネルギー管理の徹底 (エネルギー管理システムの導入、管理方法の見直し等) ✓ 老朽化設備省エネ・高効率化更新、LED照明採用	—	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画 等
高効率パルプ製造等	✓ 蒸解で生産される化学パルプを水ではなく蒸気で洗浄等	省エネ - 30~40%	2020年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
キルンの脱炭素化	✓ パルプ製造における石灰燃焼工程を電化 ✓ キルン不使用の新たな薬品回収技術	0.0~	2030年代	✓ 製紙業界 地球温暖化対策長期ビジョン
ドライシートフォーミング	✓ 水の代わりに空気を使用することで、乾燥工程のエネルギーを削減。廃水削減も可能。	省エネ - 50%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
高効率プレス技術	✓ 熱を用いたプレスで乾燥時の熱需要削減や機械圧と空気圧を組合せ等の省エネ技術。	省エネ - 8~40%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
高濃度抄紙	✓ 抄紙機入口の原料濃度について、従来の0.5~1%から3%程度に高め、成形速度の向上やプレス工程での省エネに資する技術。	省エネ - 8%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
抄紙機ドライヤーの電化	✓ 抄紙工程において化石燃料を活用した乾燥設備を電化 (CN電源が前提)	0.0~	2030年代	✓ 製紙業界 地球温暖化対策長期ビジョン
高効率乾燥技術	✓ 熱及び圧力を使用した機械的脱水や高圧条件における乾燥による効率化技術。製品の質・生産性向上に資するものも存在。※3	—	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
ガス乾燥	✓ 蒸気の代わりにガス燃焼で生じたガスを用い、エネルギー効率を向上。生産性向上に資する場合も存在。	省エネ - ~20%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh ✓ Lingbo Kong et al 等
リグニンの分離	✓ 木材等からリグニンを分離し、バイオ燃料として使用 (化学品にも活用可能)	—	2020年代	✓ IEA ETP2020 ✓ M.R. Mobarakeh
黒液のガス化	✓ パルプ化プロセスの副産物である黒液をガス化し、効率的にエネルギーを回収	排出削減10%	—	✓ IEA ETP2020 ✓ M.R. Mobarakeh
スマート林業	✓ 自動化機械や森林クラウドと整合したICT生産管理システム等の開発、センシング技術を活用した造林作業の低コスト化・省力化	—	既に一部で導入※4	✓ 革新的環境イノベーション戦略等 ✓ グリーン成長戦略 ✓ スマート農林水産業の展開について

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：Impulse Dryingは脱水工程前の機械的な脱水を改善することで、乾燥率、生産性、質の向上につながる。Condebelt Dryingは2つの鉄のベルトを用いた乾燥方法で、乾燥効率向上の他、質にも影響。板紙生産に105

※4：一部技術は既に導入段階にあるが、開発中の技術も存在。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (セメント)

①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

図表143：紙・パルプ分野技術リスト ②

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
省エネ・高効率化	✓ 高効率発電設備やCHPの導入 ✓ エネルギー管理システム等の導入	—	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画 ✓ グリーン成長戦略
天然ガスへの燃料転換	✓ 燃料を天然ガスに転換（混焼・専焼）	0.32~0.415 ※3 (kgCO2/kwh)	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画 ✓ グリーン成長戦略 など
バイオマスへの燃料転換	✓ 燃料をバイオマスに転換（混焼・専焼）	0.0~ (kgCO2/kwh)	既に導入	✓ 低炭素化実行計画 ✓ IEA ETP2020
廃棄物のエネルギー利用	✓ プラスチックやタイヤ、RPF、RDF等の廃棄物エネルギーを活用	—※4 (kgCO2/TJ)	既に導入	✓ 低炭素化実行計画 ✓ グリーン成長戦略
太陽光発電への転換	✓ 自家用電力を太陽光発電に切り替える	0.0 (kgCO2/kwh)	既に導入	✓ グリーン成長戦略 ✓ IEA ETP2020
水素・アンモニア等への燃料転換	✓ 水素発電、アンモニア混焼、石炭ボイラーやガスタービンにおけるアンモニア専焼	0.0~	2020年代以降	✓ GI基金 - 社会実装計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ IEA ETP2020
直接電気加熱	✓ 電気ボイラーから熱を生成	0.0~ (kgCO2)	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
ヒートポンプにおける排熱回収	✓ プロセスからの排熱を回収し、中温（160℃程度）に変換	0.0~ (kgCO2)	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
排ガス等からのCO2分離回収	✓ 天然ガスやバイオマス燃焼等からのCO2回収 ✓ CCS/CCUS等の導入（BECCS等を含む）	—	2020年代	✓ グリーン成長戦略 ✓ GI基金 - 社会実装計画 ✓ IEA ETP2020
大気中からのCO2吸収（早生樹・エリートツリー）	✓ 適応性が高く、成長も早い、CO2吸収も多い（1.5倍以上）優れた樹種の開発及びその造林 ✓ 大気中からCO2を直接吸収	—	既に一部で導入※5	✓ 革新的環境イノベーション戦略等 ✓ グリーン成長戦略

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：天然ガス火力発電（従来型LNG火力・GTCC）の発電量あたりCO2排出量を記載

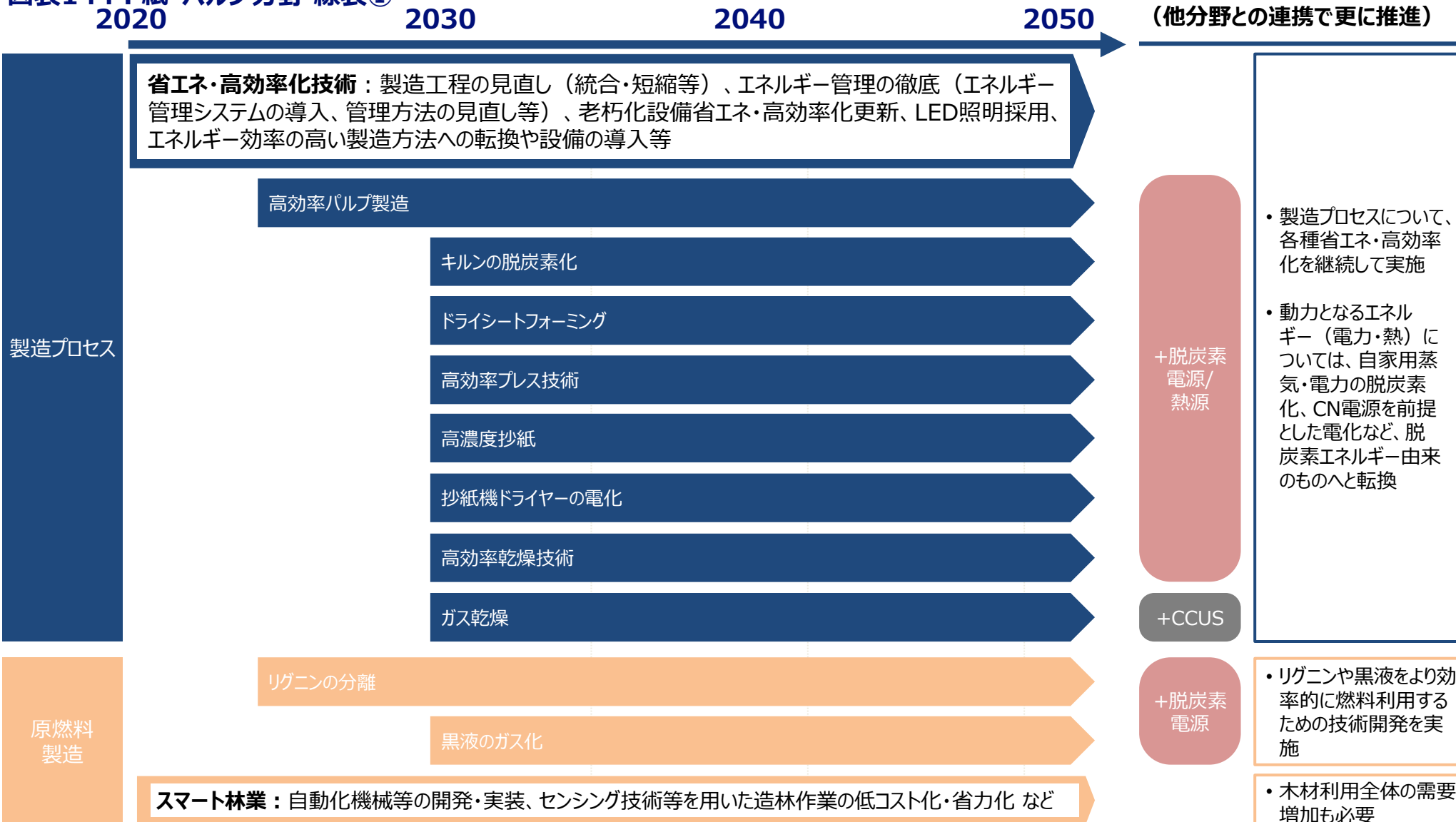
※4：利用する廃棄物の種類等により排出係数は異なる

※5：一部地域では既に導入されているが、日本は国土が南北に長く各地域にあった樹種の選定・開発が必要であり、実証段階という面もある。

2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ

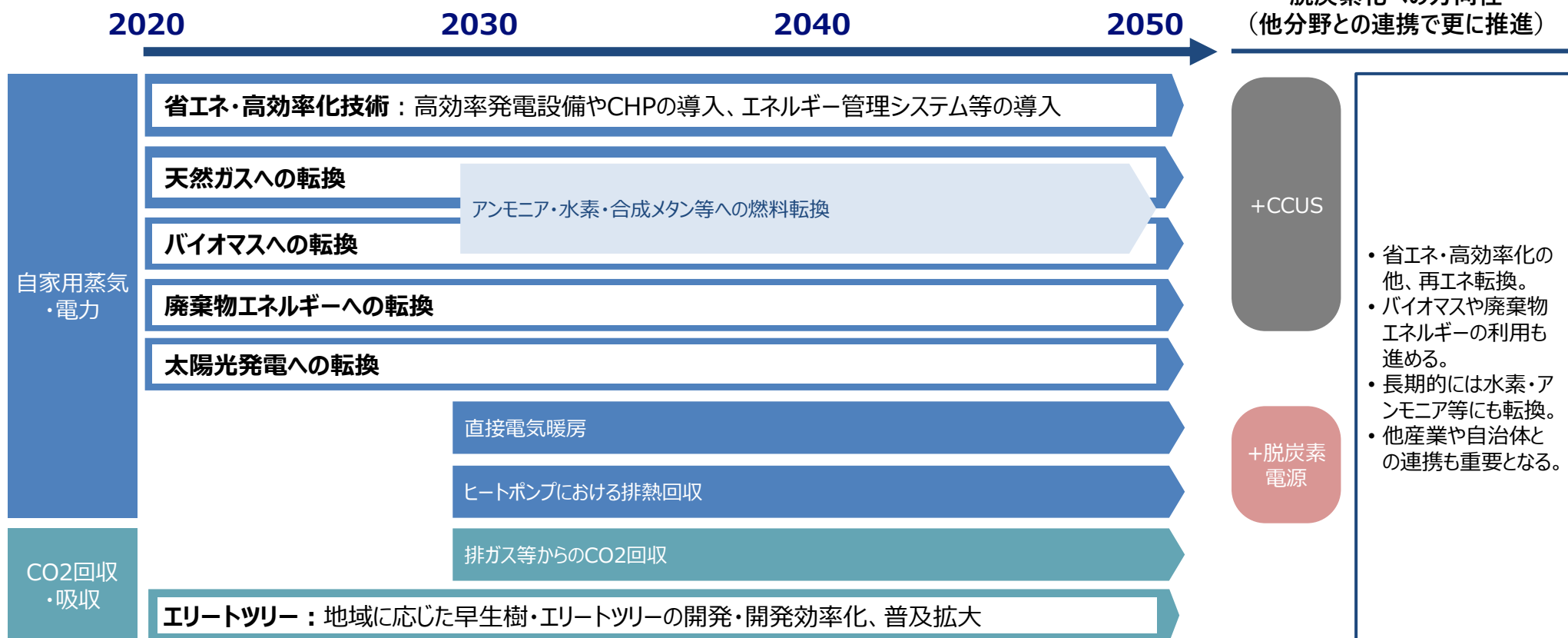
図表144：紙・パルプ分野 線表①



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ

図表145：紙・パルプ分野 線表②

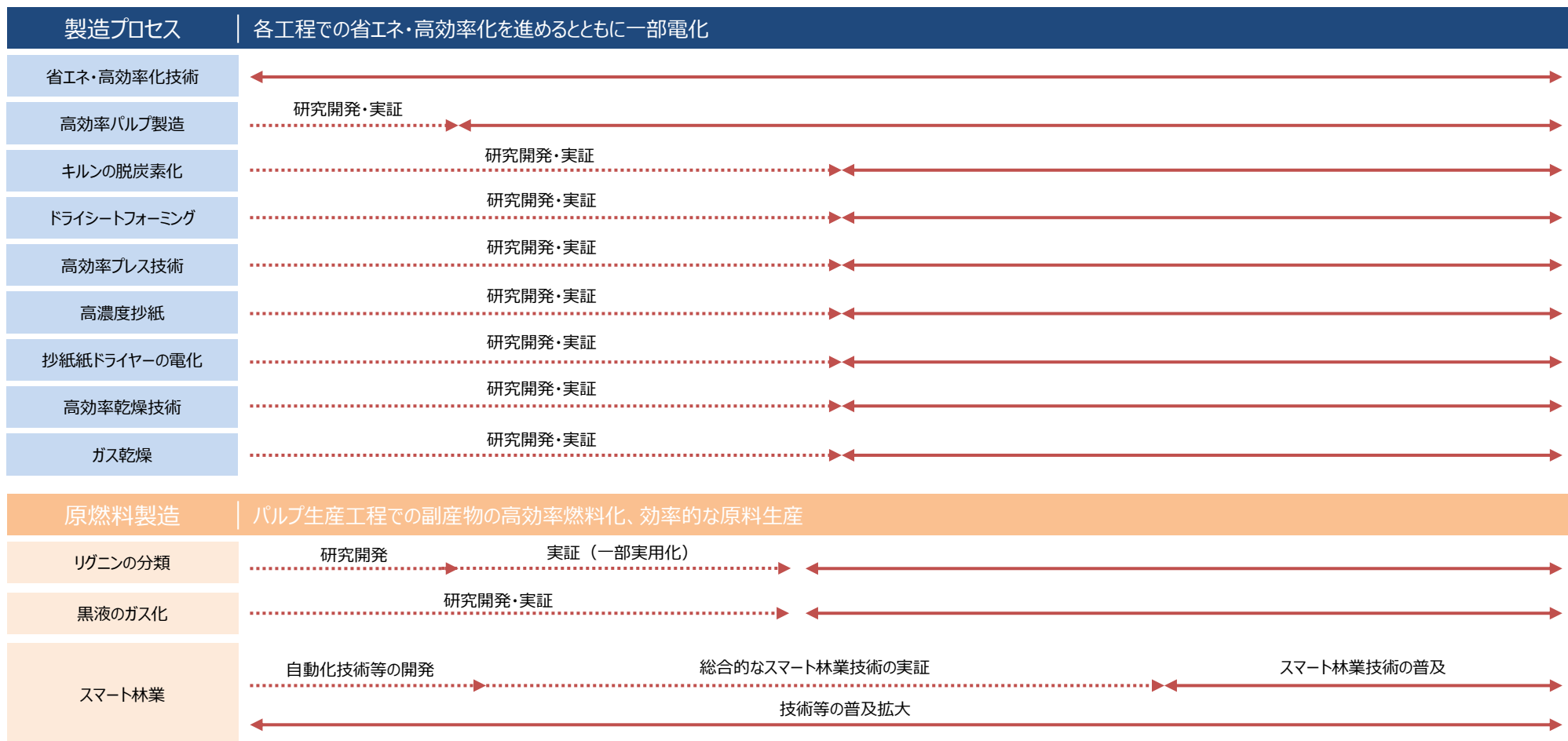


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 →
実証 →
実用化・導入 ←

図表146 : セメント分野 参考表①

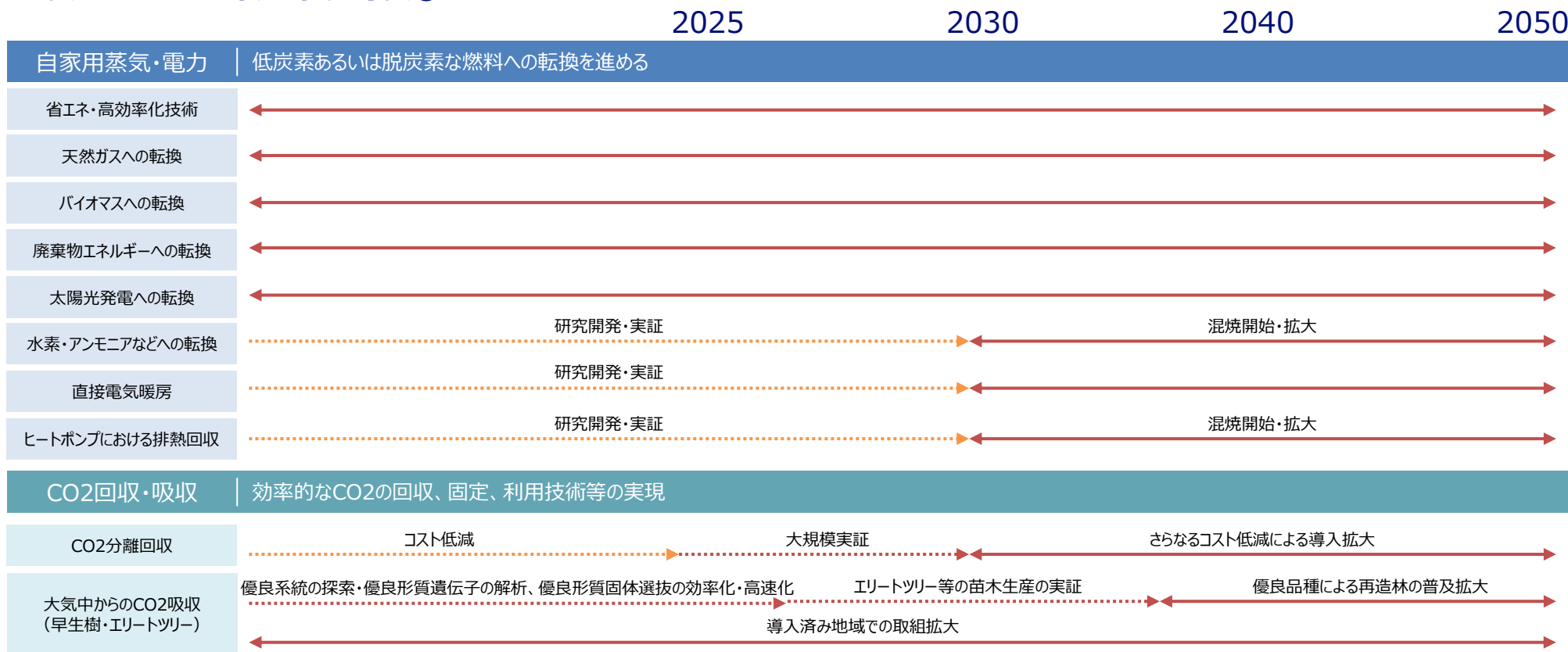


2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 →
実証 →
実用化・導入 ←

図表147：セメント分野 参考表②



2. 業種別ロードマップの策定 ①脱炭素化に向けた技術ロードマップ (2) 分野別ロードマップ (鉄鋼)

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 各種省エネ・高効率化や燃料転換による着実な低炭素化に加え、水素・アンモニア等の脱炭素燃料の利用やCCUSの導入により、2050年カーボンニュートラルを実現する。

図表148：紙・パルプ分野 参照先・作成根拠

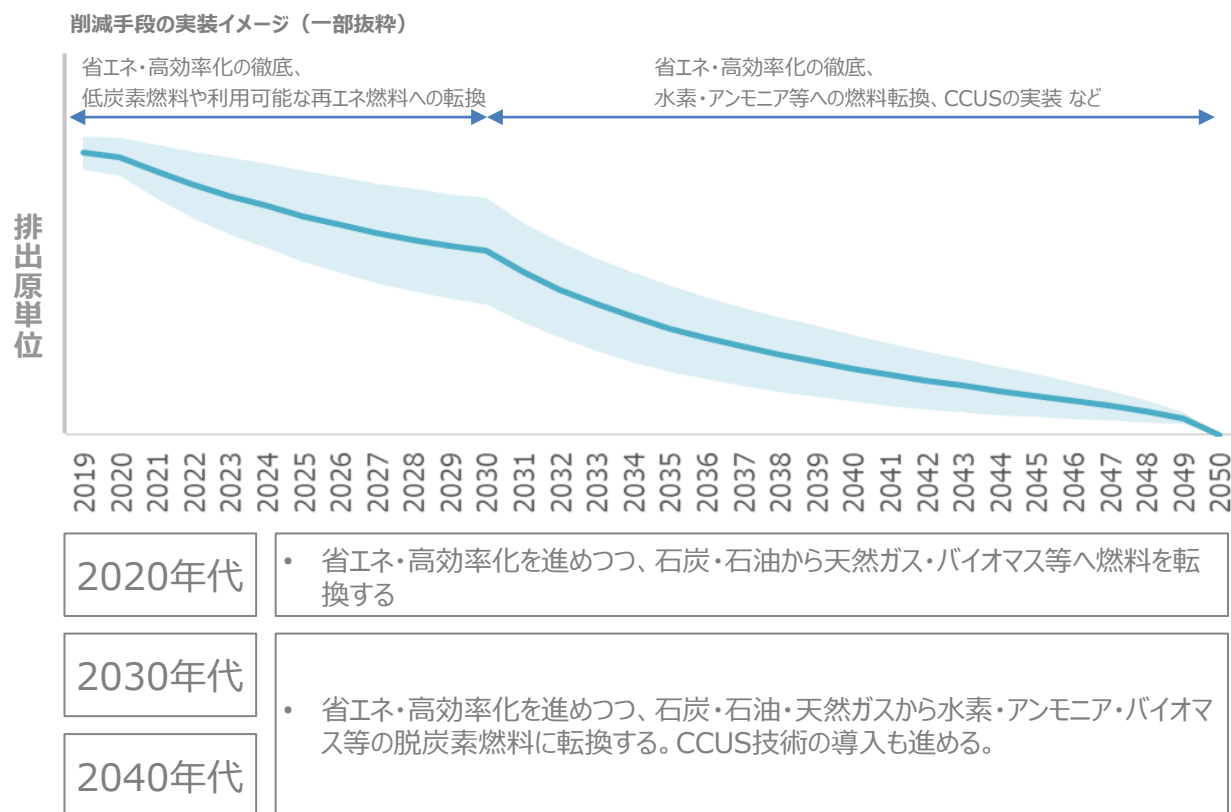
各種政府施策

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 (カーボンリサイクル・マテリアル産業)
- ✓ 「カーボンリサイクル関連」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 革新的環境イノベーション戦略
- ✓ エネルギー基本計画
- ✓ 温暖化対策計画
- ✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ Energy Technology Perspective 2020 (IEA)
- ✓ Industrial Transformation 2050 (Material Economics)
- ✓ Science Based Target initiative

図表149：CO2排出の削減イメージ (紙・パルプ分野)



※ 1 我が国における紙・パルプ産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には製紙各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

※ 2 省エネ技術の進展や水素・アンモニアなどの新燃料の安定・安価な供給、他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ、サーキュラーエコノミーなど新たな社会システムの構築などが整備されていることが前提。なお、植林等によるCO2吸収分は上記イメージには含まれていないが、森林経営を行う製紙企業が実際に2050年ネットゼロを目指すうえで、p21,24にあるように、吸収分を含め検討することも考えられる。

製造プロセスは特に鉄鉱石を還元する方法で分類され、水素化・電化が重要

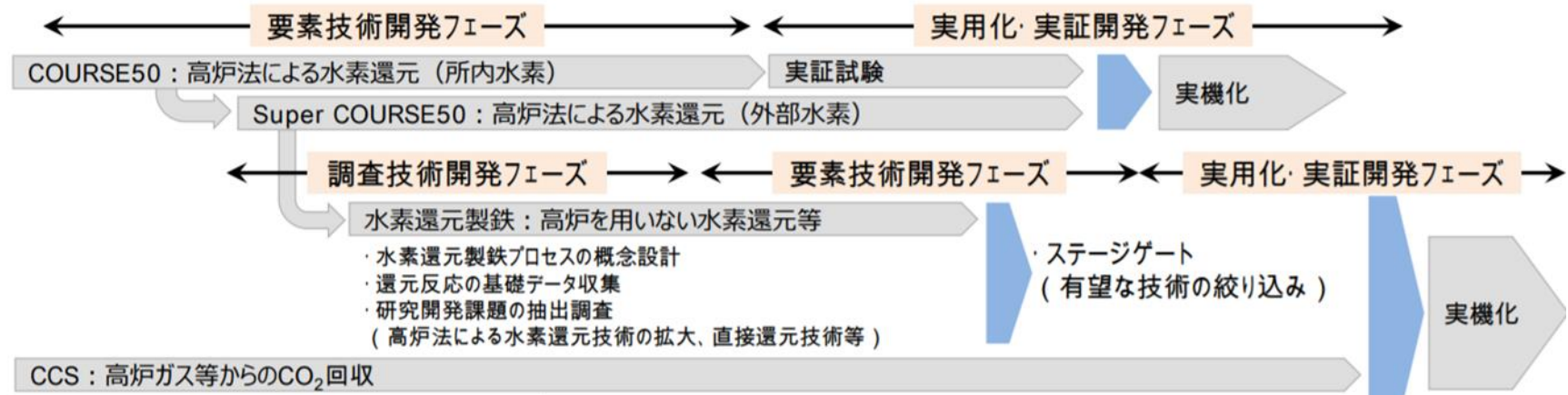
- IEAの技術ロードマップに記載された技術のうち、成立年が明記されているものを抽出した。
- 日本のCOURSE50等に記載された主要な技術に該当する部分は、灰色で囲んでいる。

図表150 : IEAにおける技術の整理（鉄鋼）

(凡例) TRL	成立年	BF（高炉）	DRI（直接還元）	その他
		現在主流の技術。石炭・コークス等を利用するためGHG排出量が多い。	高炉を用いず直接還元する。現在は天然ガスを利用したものがあり、将来的に水素還元へ。	Smelting Reductionや電力による還元など、現在は実用化されていない技術
11	2020	BF : Charcoal	DRI: Natural gas-based with CO2 capture	
10		BF : Converting off-gases to fuels		
9	2025	BF : Converting off-gases to chemicals		Ancillary Processes : H2 for high-temperature heat
8		BF : Torrefied biomass		
7	2028	BF : Electrolytic H2 blending		Smelting reduction: with CCUS
6	2030	BF : off-gas hydrogen enrichment and/or CO2 removal for use or storage	DRI: Based on natural gas with high levels of electrolytic hydrogen blending	
5		高炉法による水素還元・CCUS (COURSE50、Super COURSE50)	DRI: Based solely on electrolytic hydrogen	
4	2030以降 (TRL4以下)		高炉を用いない水素還元 (水素還元製鉄)	Smelting reduction: H2 plasma reduction
3				
2				Electrolysis : Low-temperature
1				Electrolysis : High-temperature

ゼロカーボン・スチールの実現に向け、日本はCOURSE50による高炉法の改善とともに、超革新技術として高炉を用いない水素還元やCCS・CCU等に取り組むとしている

図表151：革新的環境イノベーション戦略における記載（鉄鋼）



⑯ ゼロカーボン・スチール

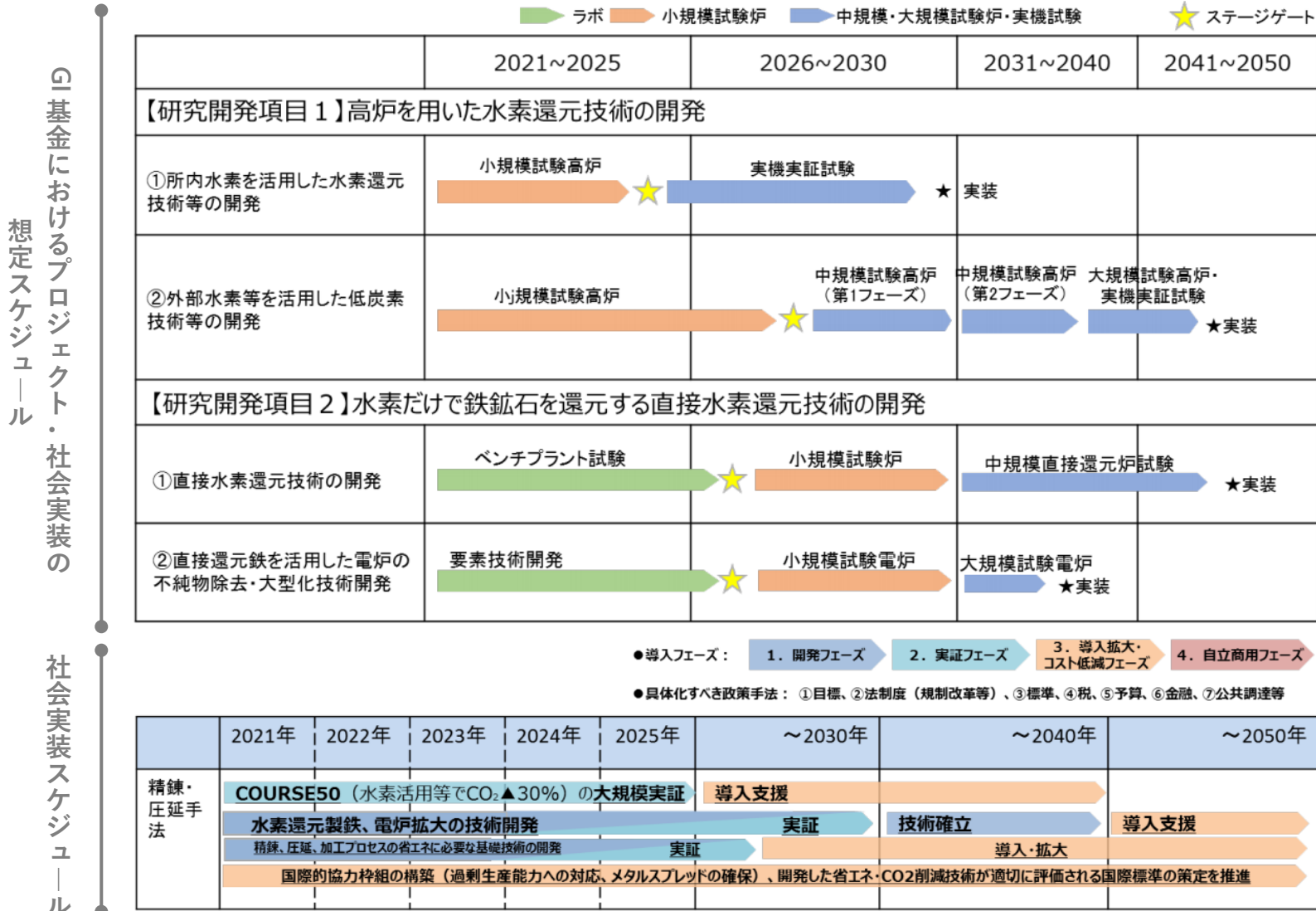
- ✓ 2050年以降のできるだけ早い時期までに、現在の高炉法による鉄鋼製造と同等のコストで「ゼロカーボン・スチール」を実現する水素還元製鉄技術等の超革新技術の開発を行う。実用化には、2050年の水素コスト（プラント引渡しコスト）20円/Nm3 という目標をさらに下回る水準でCO2フリー水素が安定的かつ大量に供給されることが必要。世界のCO2削減量は約38億トン。

⑰ 金属等の高効率リサイクル

- ✓ 金属等の循環利用を進めることで原料からの一次製錬が不要となりCO2大幅削減が期待される。自動・自律型リサイクルプラント及び有用金属の少量多品種製錬技術導入により、中間処理コストを1/2に低減、レアメタル製錬コストを1/2～1/3に低減することができ、金属資源リサイクルの飛躍的発展が見込まれる。また、多種類の金属を組み合わせたハイレントロピー合金は、従来のリサイクル工程に不可欠の製・精錬、電気分解等の高純度化工程を省略し、廃製品中に含まれる金属成分の調整だけで、従来製品よりも軽量・高強度などの高機能製品にリサイクルできる可能性を有しており、究極的には完全リサイクルを実現することが期待されることから、ハイレントロピー合金の開発及び実用化を目指す。世界全体におけるCO2削減量は約1.2億トン。

鉄鋼関連の革新的な環境技術の多くは2025年以降の導入を想定している

図表152 : GI基金資料（鉄鋼）



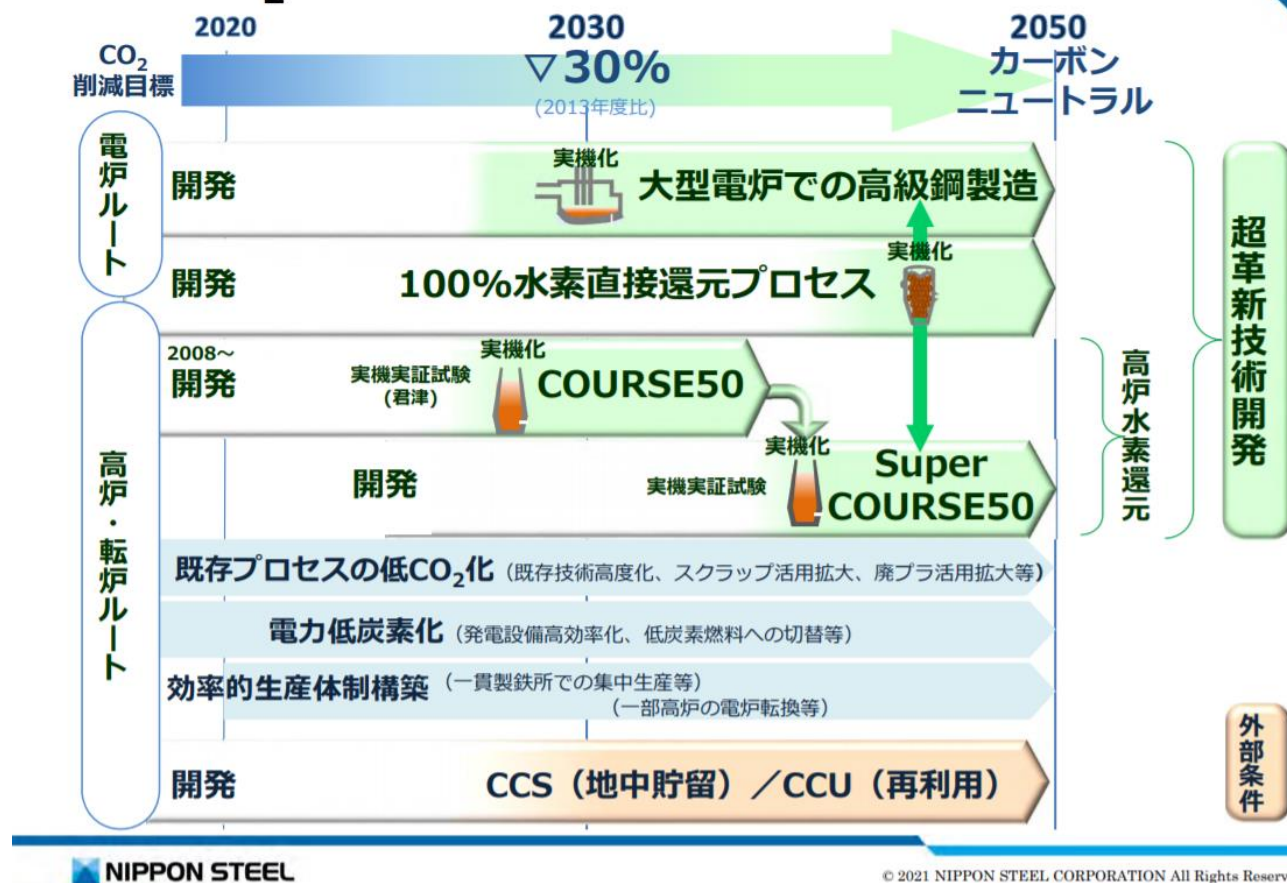
日本製鉄のロードマップ

図表153：基本情報（日本製鉄）

企業名	日本製鉄
産業	鉄鋼
本籍	日本
目標	【長期目標】 2050年までにネットゼロ 【短中期目標】 2030年までに30%削減 (2013年比)

図表154：ロードマップ（日本製鉄）
ネットゼロに向けたロードマップ

当社のCO₂排出削減施策ロードマップ

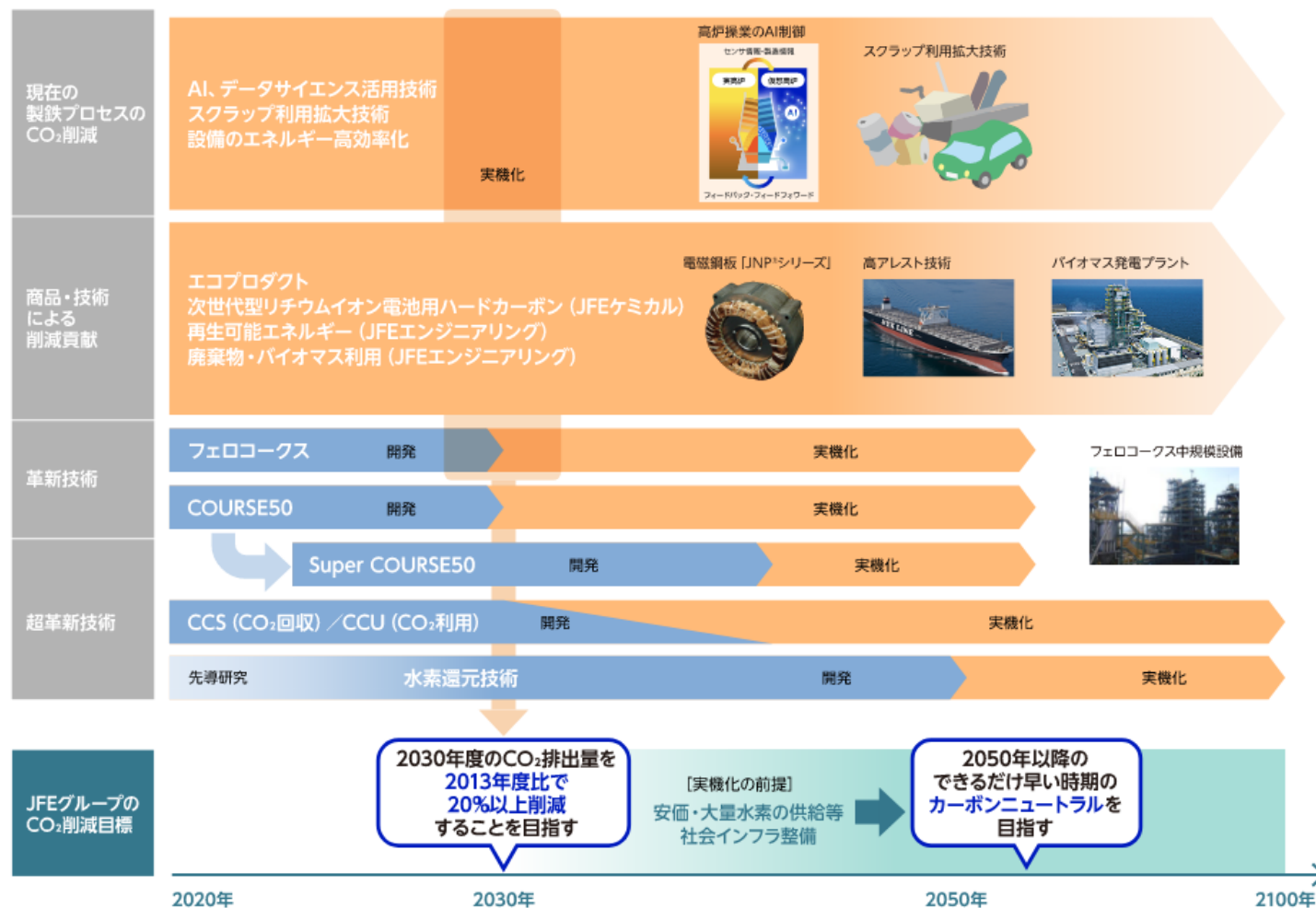


JFEのロードマップ

図表155：基本情報（JFE）

企業名	JFE
産業	鉄鋼
本籍	日本
目標	【長期目標】 2050年までにネットゼロ 【短中期目標】 2030年までに20%以上削減 （2013年比）

図表156：ロードマップ（JFE）

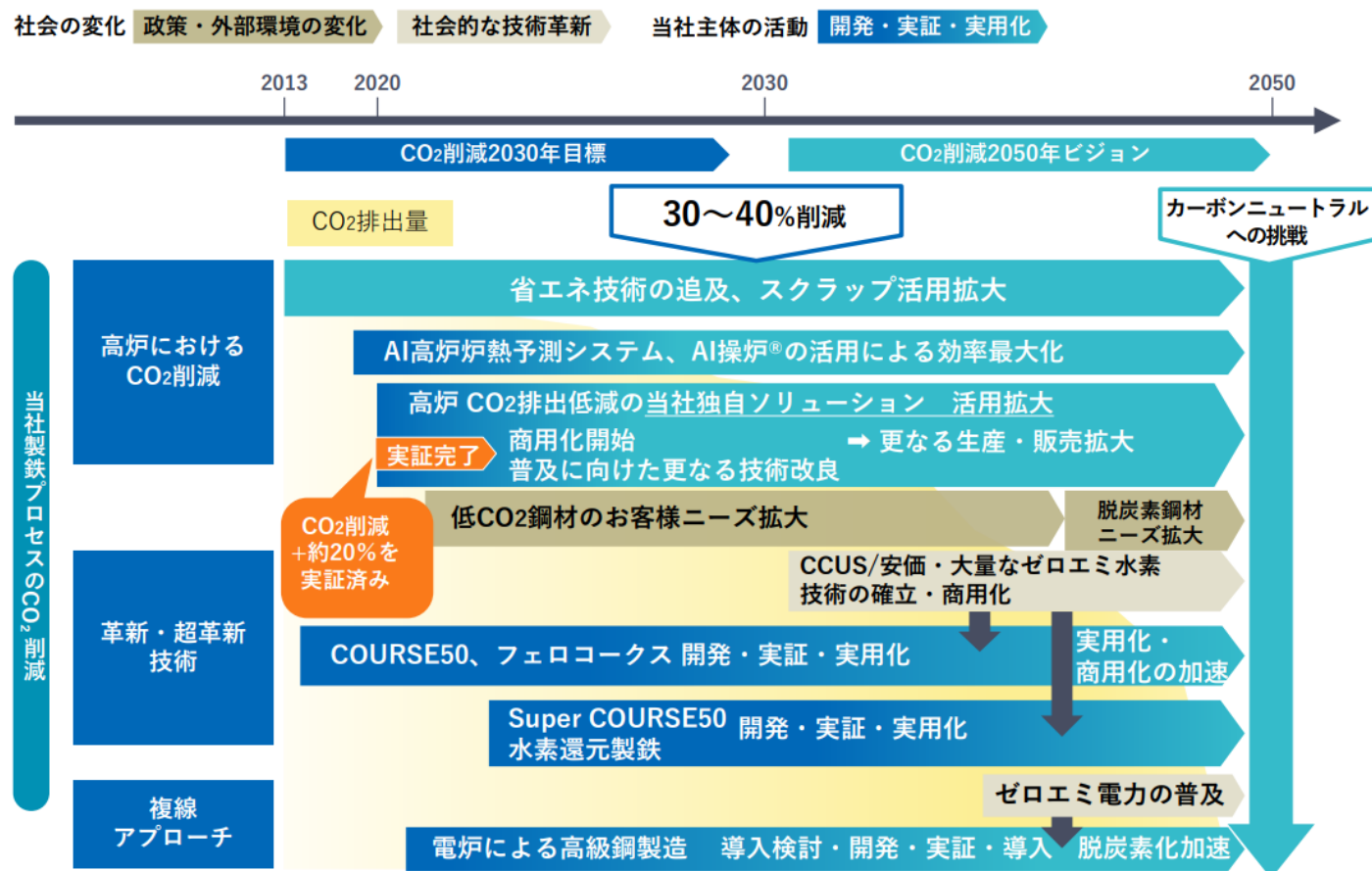


神戸製鋼のロードマップ

図表157：基本情報（神戸製鋼）

企業名	神戸製鋼
産業	鉄鋼
本籍	日本
目標	【長期目標】 2050年までにネットゼロ 【短中期目標】 2030年までに30~40%削減 （2013年比）

図表158：ロードマップ（神戸製鋼）



海外の主な企業の目標

図表159：海外の主な企業の目標（鉄鋼）

	企業方針		手段
	短期目標	中長期目標	
ArcelorMittal	EU域内ビジネスによるCO2排出を3割削減（2007年比2030年まで）	EU域内ビジネスのカーボンニュートラル達成（2050年まで）	- 直接還元鉄（DRI） - 水素の活用 - Carbon Adjusted Borderの提唱
Thyssenkrupp	- スコープ1&2でGHG30%減（2018年比2030年まで） - スコープ3を含むGHG18%減	—	- CCU - 水素の活用 - 再生可能エネルギーの導入
SSAB	国内のスコープ1 & 2におけるCO2排出量を25%減（2032年まで）	化石燃料の使用を完全0に（2045年まで）	- 水素の活用 ⇒2016年から研究 ⇒2026年商用化
Voestalpine	CO2排出量を30%減（2030~35年の間に）	CO2排出量を80%減（2050年まで）	- 水素の実証実験 - ライフサイクルアセスメント - エネルギー業界への再生可能エネルギーの価格低下要請

出所）各社公開情報より作成

参考 | 既存のシナリオや企業の戦略・ロードマップ等で想定される技術（海外企業）

アルセロール・ミッタルは欧州地域で2050年までにネットゼロを掲げ、カーボンリサイクル及びDRIルートを設定

図表160：基本情報（Arcelor Mitttal）



ArcelorMittal

本社
ルクセンブルク

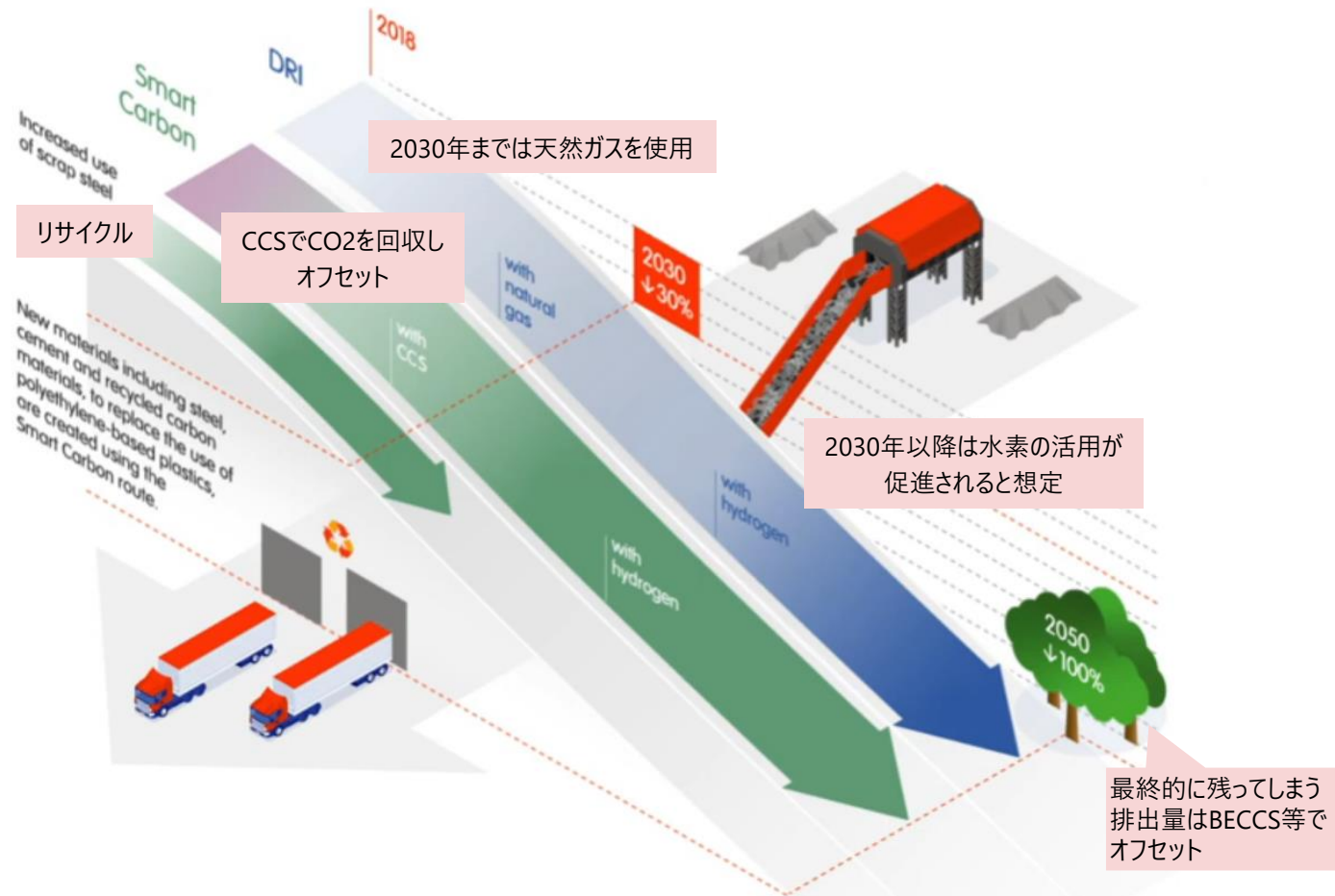
CEO
Aditya Mittal

生産拠点
18か国

年生産量
8,980万トン

目標
EU域内ビジネスにおいて2030年
までにCO2を30%削減、2050年
までにカーボンニュートラル達成

図表161：ロードマップ（Arcelor Mitttal）



既存のシナリオまとめ（1/2）

図表162：既存シナリオの整理①（鉄鋼）

ロードマップ・シナリオ		対象期間・地域	2050年 排出量	2050年 鉄鋼生産量	2050年 スクラップ率	想定技術	CCS/U
革新的環境 イノベーション戦略		2050年・日本	—	—	—	✓ COURSE50、フェロコークス技術の2030年ごろの実用化 ✓ 高炉法を用いない水素還元製鉄等の実用化（2050年以降できるだけ早い時期に）	✓ COURSE560に引き続き、CCS・CCUの実用化を目指す
低炭素社会 実行計画		2030年・日本	—	—	—	✓ コークス炉改善などBFの効率化 ✓ COURSE50（2030年頃に実用化）	COURSE50で科学吸収法・物理吸収法を開発中
（参考） ゼロカーボン スチール への挑戦	BAU	2100年・世界	44.8億t	26.8億t （粗鋼）	53%	✓ 現状の排出原単位を維持	—
	BAT	2100年・世界	35.4億t			✓ 既存の省エネルギー技術の国際展開（2030年以降、2050年までに達成。IEA ETP2014より、原単位21%の削減を想定）	—
	革新的技術 最大導入	2100年・世界	32.9億t			✓ COURSE50の水素還元・フェロコークス等が、2030年以降2050年までに最大導入され、天然資源ルートにおける原単位が10%改善	✓ CCS及びCCSに利用するための未利用排熱技術を含む
	超革新技術導入	2100年・世界	低位：26.3億t 中位：16.5億t 高位：6.6億t			✓ 水素還元製鉄、CCS/CCU等の導入に加え、系統電源のゼロエミッション化で2100年にゼロカーボンスチール実現	✓ 左記のとおり

既存のシナリオまとめ (2/2)

図表163 : 既存シナリオの整理② (鉄鋼)

ロードマップ・シナリオ		対象期間・地域	2050年排出量	2050年鉄鋼生産量	2050年スクラップ率	想定技術	CCS/U
IEA Technology Roadmap	STEPS	2070年・世界	約26億t	約25億t	45%	✓ 2070年までにBAT技術が100%導入される	
	SDS	2070年・世界	約12億t	約20億t	45%	✓ 2050年までにBAT技術が100%導入される	CCSを中心に、2050年までに鉄鋼生の15%に導入され、400Mt吸収
	Further Innovation Case	2070年・世界	エネルギーシステム全体として 0	—	—	✓ H-DRI、溶融還元製鉄、電化還元といった新技術が2030年頃までに商用化・実用化される	
Material (EU)	NEW PROCESS	2050年・EU		1.81億t (BAU1.91億t)	60%	✓ 製造プロセスの電化が進展 ✓ 2050年時点で、H-DRIで63Mt (約3割) 生産。	11Mt処理 (5%程度)
	CIRCULAR	2050年・EU	0 (BAU2.08億t)	1.39億t (BAU1.91億t)	70%	✓ 素材効率性の向上により、生産量減少・スクラップ率向上 ✓ 2050年時点で、H-DRIまたはCCU/CCSを導入した設備で28Mt生産	16Mt処理 (6%程度)
	CARBON CAPTURE	2050年・EU		1.81億t (BAU1.91億t)	50%	✓ 電化よりもCCSに重きを置いており、50%の生産がCCS/Uを装備 ✓ 50%の生産が、CCS付きのH-DRI。(水素は天然ガス由来)	71Mt処理 (30%程度)

出所) Material Economics (2019). Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU

Heavy Industry., IEA(2020) Iron and Steel Technology Roadmap Towards more sustainable steelmaking

IEA NZEシナリオ 概要

- IEAは5月18日、エネルギーシステム全体で2050年にネットゼロを達成するNZEシナリオについてレポートを公開。
- 鉄鋼セクターでは2050年でもわずかに排出が残るが、その殆どは新興市場や発展途上経済のものとしている。

図表164 : 既存シナリオの整理③（鉄鋼）

ロードマップ・シナリオ	対象期間・地域	2050年 排出量	2050年 鉄鋼生産量	2050年 スクラップ率	想定技術	CCS/U
IEA Net Zero by 2050	2050年・世界	220Mt (うち先進国43Mt)	約1.987億t	—	✓ 2030年までは、素材効率性の向上やスクラップ利用の拡大が主要な排出削減の源となる ✓ 2030年以降は、H-DRIや電化還元といった新技術の拡大が削減の主要因に。また、SRやDRIへのCCUSも並行して存在。 ✓ 比較的新しい設備が多い地域では、高炉の改修も存在 ✓ 2050年時点では、スクラップEAF・H-DRIなど電力と非化石燃料でエネルギー需要の7割を占める。	2030年で8%、2050年で67%の設備にCCUSがつくと想定

2. 業種別ロードマップの策定 ③トランジション・ファイナンスのアジア展開を見据えた調査

アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ（AETI）

- 我が国は、アジア各国の事業に即した、現実的で持続可能な脱炭素化・エネルギー転換のための取組を支援することをコミットメント。
- トランジション実現に向けた具体的な支援策として「アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ」を2021年5月に表明。支援策の一部には、エネルギー・トランジションのロードマップ策定支援や日本の指針も参照したアジア版トランジション・ファイナンスの考え方の提示・普及が含まれている。

図表165：アジアへのコミットメント

＜アジアへのコミットメント＞
日ASEAN首脳会議（2020年11月）

- 日本は、アジア各国の事情に即した、現実的で持続可能な脱炭素化・エネルギー転換のための取組を支援します。
- イノベーションを通じて「経済と環境の好循環」を加速し、パリ協定が目指す脱炭素社会の実現のため、アセアン諸国と協力していききたいと思います。

図表166：AETIの概要

アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ（AETI）

1. エネルギー・トランジションのロードマップ策定支援
2. アジア版トランジション・ファイナンスの考え方の提示・普及
3. 再エネ・省エネ、LNG、CCUS等のプロジェクトへの100億ドル・ファイナンス支援
4. グリーンイノベーション基金の成果を活用した技術開発・実証支援
 - （分野例）洋上風力発電、燃料アンモニア、水素等
5. 脱炭素技術に関する人材育成・知見共有・ルール策定
 - アジア諸国の1,000人を対象とした脱炭素技術に関する人材育成
 - エネルギー・トランジションに関するワークショップやセミナーの開催
 - 「アジアCCUSネットワーク」による知見共有や事業環境整備

2. 業種別ロードマップの策定 ③トランジション・ファイナンスのアジア展開を見据えた調査 China's Catalogue

China's Catalogueは主に政策面で活用することを目的に、グリーンプロジェクトに該当するプロジェクトを制限列挙。ただし、グリーンと定める明確な基準についての記載はない。

図表167：範囲と目標（China's Catalogue）

範囲 (環境目標)	1. 気候変動の緩和 2. 気候変動への適応
対象者と 活用方法	政府機関（各省庁など） → 金融に限定せず、様々な政策（税・認証等）の基準として

図表168：内容（China's Catalogue）

レベル1※
(大分類)



レベル2
(中分類)



レベル3
(小分類)

⋮

レベル4
(対象プロジェクト)

- グリーンなプロジェクトの大分類をLevel 1で規定。その後Level 2, 3にてより細かく分類を規定。
- 2021年に改定されたCatalogueにてLevel 4が追加され、グリーンボンドの資金対象がプロジェクト単位で制限列挙(Exhaustive list)された。
- 各プロジェクトがグリーンとされる明確な要件は不明。

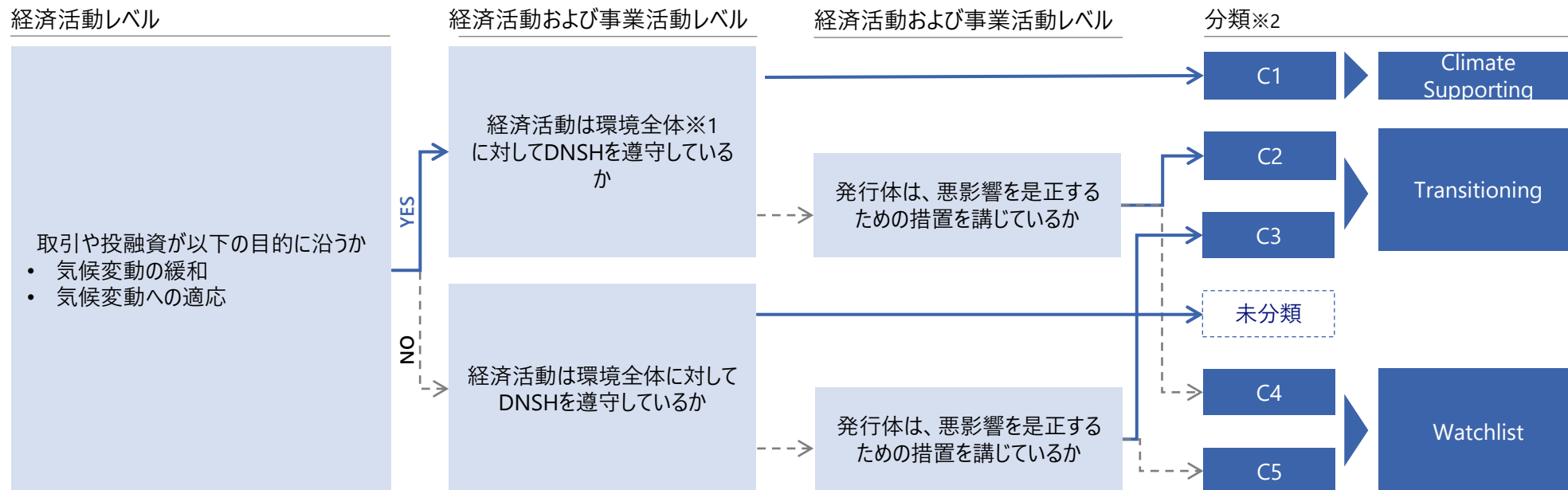
2. 業種別ロードマップの策定 ③トランジション・ファイナンスのアジア展開を見据えた調査 マレーシア タクソノミー

マレーシアのタクソノミーでは、金融機関が自社の資産を気候変動緩和への貢献度に基づいて分類することを目的に策定。分類にあたり経済活動と、金融機関の全体的な事業活動の両方を考慮する点が特徴。

図表169：範囲と目標（マレーシア タクソノミー）

範囲 (環境目標)	1. 気候変動の緩和 2. 気候変動への適応
対象者と 活用方法	金融機関（銀行、保険会社、投資銀行等） → 投融資の分類、気候変動リスクの査定、中央銀行への報告

図表170：内容（マレーシア タクソノミー）



※1 汚染、生物多様性、資源効率性等を含む

※2 分離にあたり、GHG排出量などの定量的な指標は用いない

出所) ICMA Overview and Recommendations for Sustainable Finance Taxonomiesより作成

2. 業種別ロードマップの策定 ③トランジション・ファイナンスのアジア展開を見据えた調査 その他のタクソノミー

EU Taxonomyや中国のCatalogueに基づき、各国でTaxonomyの策定が進められている

図表171：バングラデシュ事例

バングラデシュ	Sustainable Finance Policy for Banks and Financial Institutions
---------	---

概要

- バングラデシュにおけるグリーンやサステナブルファイナンスの中身を定義したもの

記載事項

- EU Taxonomyに沿って、6つの環境目標と4つの適格性基準を明記
- 加えて除外リストとグリーンプロジェクトに該当する分野をリストで記載

図表173：シンガポール事例

シンガポール	(策定途中)
--------	--------

概要

- 金融機関向けのタクソノミーを策定する予定
- 自国だけでなく、ASEAN全体の状況を考慮しつつ、グリーンまたはトランジションに適合するプロジェクトの分類を目的とする

記載事項

- EU Taxonomyを参照しつつ、「環境汚染の防止と抑制」については1つの目標とはしない方針
- また、閾値については各国の特性により国毎に決定する

図表172：モンゴル事例

モンゴル	Mongolian Green Taxonomy
------	--------------------------

概要

- サステナブルファイナンス（GBやGL）を規定するもの

記載事項

- 以下4つを自国の重要課題として定義
 - 気候変動への緩和と適応
 - 資源の保護
 - 汚染の防止
 - 生活環境の改善
- 中国のCatalogueと同じ手法を採用し、8つの大項目を定めてから、各小項目に分類

図表174：南アフリカ事例

(参考) 南アフリカ	(策定途中)
---------------	--------

概要

- 例示を列挙（not exhaustive）することで、完全にグリーンなもの、およびトランジションを分類するもの

記載事項

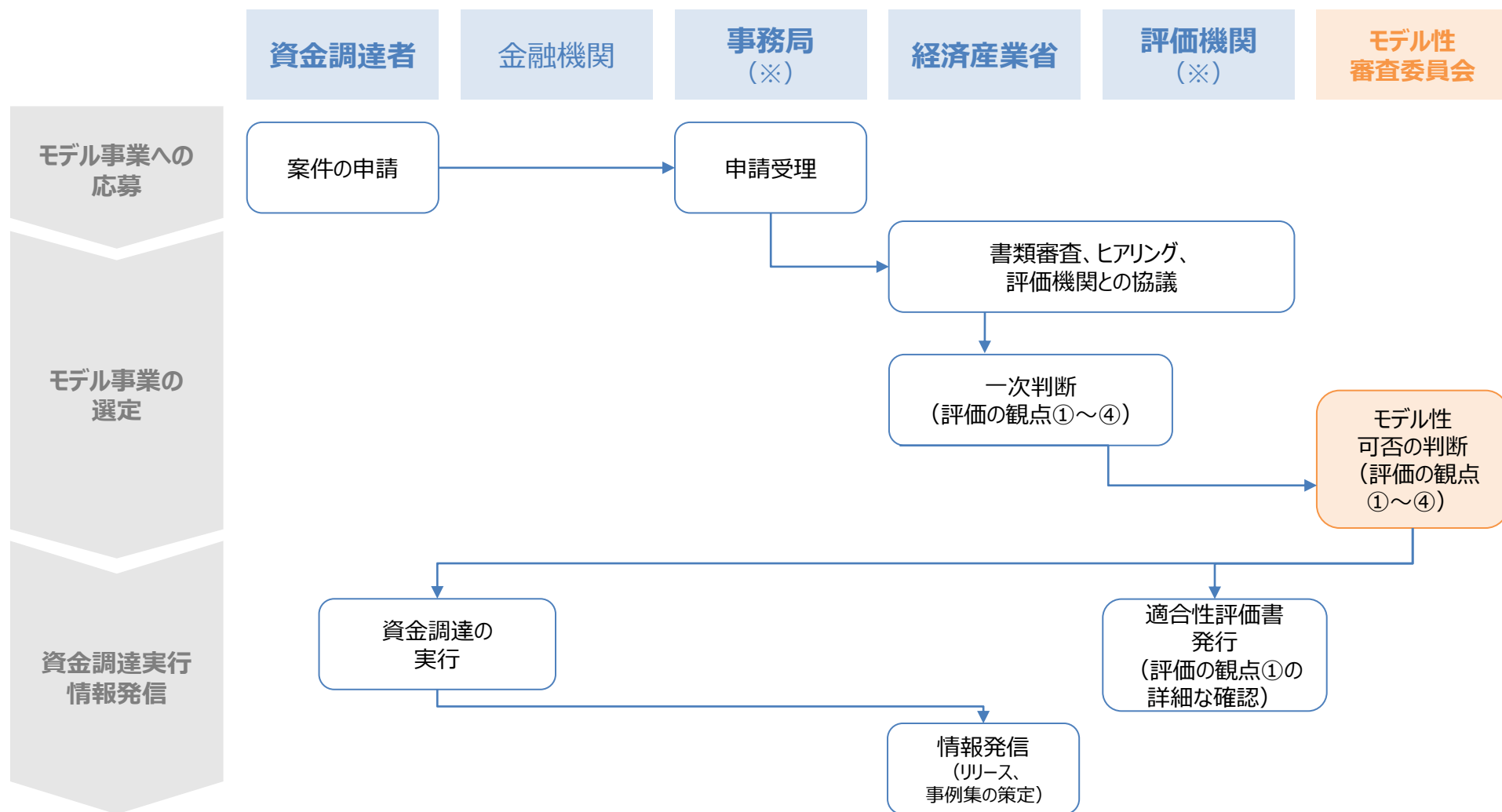
- EU Taxonomyに基づき、EU Taxonomyに記載された経済活動について、DNSH原則と実質的な貢献を適応する
- また、技術的スクリーニング基準については南アフリカの実情を考慮しながら策定する方針

3. トランジション・ファイナンスモデル事業の実施 ①モデル事業の運営

モデル事業の流れ・進め方

■ 以下のフローによりモデル事業を実施し、事務局として募集、受付、選定補助、ヒアリング等を行った。

図表175：モデル事業の主な流れ



3. トランジション・ファイナンスモデル事業の実施 ①モデル事業の運営

クライメート・トランジション・ファイナンスモデル事業にかかるモデル性審査委員会 委員一覧および開催実績

■ クライメート・トランジション・ファイナンスモデル事業にかかるモデル性審査委員会を以下の通り実施し、12案件が採択された。

図表176：モデル性審査委員会 委員一覧および開催実績

座長				
伊藤 邦雄		一橋大学CFO教育センター長		
常任委員				
秋元 圭吾		公益財団法人地球環境産業技術研究機（RITE） システム研究グループリーダー・主席研究員		
関根 泰		早稲田大学 理工学術院 教授		
高村 ゆかり		東京大学 未来ビジョン研究センター 教授		
松橋 隆治		東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授		
#	日程	案件	種別	審査結果
1	令和3年7月1日（木）	日本郵船株式会社（NYK）	トランジション・ボンド	採択
2	令和3年8月6日（金）	株式会社商船三井（MOL）	トランジション・ローン	採択
3	令和3年9月3日（金）	川崎汽船株式会社（“K”LINE）	トランジション・リンク・ローン	採択
4	令和4年1月18日（火）	JFEホールディングス株式会社	トランジション・ボンド	採択
5	令和4年1月18日（月）	日本航空株式会社	トランジション・ボンド	採択
6	令和4年2月3日（木）	住友化学株式会社	トランジション・ローン	採択
7	令和4年2月10日（木）	東京ガス株式会社	トランジション・ボンド	採択
8	令和4年2月10日（金）	株式会社JERA	トランジション・ボンド	採択
9	令和4年3月4日（金）	IHI	トランジション・ボンド	採択
10	令和4年3月4日（金）	大ガス	トランジション・ボンド	採択
11	令和4年3月17日（木）	出光	トランジション・ボンド	採択
12	令和4年3月17日（木）	MHI	トランジション・ボンド	採択

3. トランジション・ファイナンスモデル事業の実施 ①モデル事業の運営

公募要領および応募書類の作成

図表177：モデル事業 公募要領 目次

目次

1. 本事業の目的.....	3
2. 本事業の概要.....	4
(1) 本事業の概要と対象範囲	4
(2) 本事業の対象事例	4
(3) 応募可能者	5
(4) 応募期間.....	5
3. 本事業の流れ及び留意事項.....	6
(1) 本事業の流れ	6
(2) モデル事業への応募 ①事務局への応募に関する問い合わせ～④応募書類の提出	6
(3) モデル事例の選定 ④書類審査・ヒアリング～⑥選定結果の公表	9
(4) 適合性の評価及び情報発信 ⑦適合性に関する意見書の作成～⑨事後レポート	10
4. その他.....	13
(1) 留意事項.....	13
(2) 問い合わせ先	13
(3) その他	13

図表178：モデル事業 応募書類 項目

使途を特定しない場合

1	金融商品/手法の種類（ボンド、ローン等）
2	調達額、年限
3	調達予定時期
4	Sustainability Performance Target (SPTs)の内容
5	中長期のCO2削減目標（2030年、2050年等）
6	トランジション戦略（マイルストーンを含む）
7	戦略の実現に向けたガバナンス体制
8	サステナビリティにおけるマテリアリティ
9	トランジション戦略全体に関する投資計画
10	想定されるSPTsと貸出条件等の連動
11	想定されるプロジェクトのインパクト、ネガティブ効果とその反動（プロジェクトを有する場合）
12	SLL/ SLBにより調達をする理由（意義）
13	想定されるプロジェクトの評価・選定のプロセス（プロジェクトを有する場合）
14	想定される調達資金の管理方法
15	SPTs達成状況に係るモニタリング状況
16	その他基本指針との整合について（任意）
17	モデル事例としてのポイント

3. トランジション・ファイナンスモデル事業の実施 ②モデル事例の適合性評価及び助言

評価機関によるSPOの作成

- 対象事業への助言及び適合性評価では、ヒアリングなどを行い、フレームワークなどを作り上げるとともに、ハンドブックや基本指針など（ロードマップとの整合を含む）との適合性を評価する。当該業務については、連携する評価機関を中心に実施。

図表179：モデル事業 SPO

#	案件	評価会社	SPO（日本語版URL）
1	日本郵船株式会社（NYK）	DNV	https://www.dnv.jp/Images/00_JP_NYK_Green-Transition_Bond_SPO_20210701_tcm29-203740.pdf
2	株式会社商船三井（MOL）	JCR	https://www.jcr.co.jp/download/f82e0cfcc4b094b111f24cc224ec824474fec94c7b47b14e24/21d0586_2.pdf
3	川崎汽船株式会社（“K”LINE）	JCR	https://www.jcr.co.jp/download/33845b6868e1e6986f6bfb0cbb6169cca3162126c5b371bbc6/21d0585.pdf
4	JFEホールディングス株式会社	JCR	https://www.jcr.co.jp/download/db7e7d0c550289f0dce27d1db2df7fde7128eecee7da11e98e/21d1195.pdf
5	日本航空株式会社	SUSTAINALYTICS	https://mstar-sustops-cdn-mainwebsite-s3.s3.amazonaws.com/docs/default-source/spos/japan-airlines-co.-ltd.-transition-bond-framework-second-party-opinion-(2022)-japanese3d1d96cc-b48c-419a-bc95-7a7bcd270e7c.pdf?sfvrsn=c124cf42_1
6	住友化学株式会社	JCR	https://www.jcr.co.jp/download/1a4da4b3fda1c65f37df9c5e1644dd65e1be9465dd749ff75a/21d1282.pdf
7	東京ガス株式会社	DNV	https://webmagazine.dnv.co.jp/assets/images/sus_list/data/sus_finance_list/pdfreport_j/48.%20%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E3%82%AC%E3%82%B9%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BE.pdf
8	株式会社JERA	DNV	https://www.jera.co.jp/static/files/corporate/esgfinance/transition/jera_transition_report_202202.pdf
9	株式会社IHI	IHI	https://www.jcr.co.jp/download/1788657df754627992b30db95279e69db649b4d6dd74647229/21d1472_3.pdf
10	大阪ガス株式会社	DNV	https://webmagazine.dnv.co.jp/assets/images/sus_list/data/sus_finance_list/pdfreport_j/53.%E5%A4%A7%E9%98%AA%E3%82%AC%E3%82%B9%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BE.pdf
11	三菱重工株式会社	DNV	https://webmagazine.dnv.co.jp/assets/images/sus_list/data/sus_finance_list/pdfreport_j/54.%E4%B8%89%E8%8F%B1%E9%87%8D%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BE.pdf
12	出光興産株式会社	DNV	https://webmagazine.dnv.co.jp/assets/images/sus_list/data/sus_finance_list/pdfreport_j/56.%E5%87%BA%E5%85%89%E8%88%88%E7%94%A3%E6%A0%AA%E5%BC%8F%E4%BC%9A%E7%A4%BE.pdf

3. トランジション・ファイナンスモデル事業の実施 ③モデル事例集の作成

採択された12の案件について、事例集（結果概要）を作成した。

図表180：事例集（案件概要）公開URL

#	案件（発行体名）	日本語版URL	英語版URL
1	日本郵船株式会社（NYK）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_nyline_jpn.pdf	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_nyline_eng.pdf
2	株式会社商船三井（MOL）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_mol_jpn.pdf	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_mol_eng.pdf
3	川崎汽船株式会社（"K"LINE）	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_kline_jpn.pdf	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_kline_eng.pdf
4	JFEホールディングス株式会社	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_jfehd_jpn.pdf	後日公開予定
5	日本航空株式会社	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_jal_jpn.pdf	後日公開予定
6	住友化学株式会社	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_sumitomochem_jpn.pdf	後日公開予定
7	東京ガス株式会社	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_tokyogas_jpn.pdf	後日公開予定
8	株式会社JERA	https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/transition/transition_finance_case_study_jera_jpn.pdf	後日公開予定
9	株式会社IHI	後日公開予定	後日公開予定
10	大阪ガス	後日公開予定	後日公開予定
11	三菱重工株式会社	後日公開予定	後日公開予定
12	出光興産株式会社	後日公開予定	後日公開予定

(様式 2)

二次利用未承諾リスト

令和3年度クライメート・イノベーション・ファイナンス推進事業委託費
(トランジション・ファイナンスのあり方に関する調査)

経済産業省

野村総合研究所

頁	図表番号	タイトル
2	1	トランジションにかかる国際動向
3	2	現行EUタクソノミー
3	3	現行EUタクソノミーに対する懸念
4	4	Trasition Planの説明が求められる主体
4	5	Transition Planの要素
5	6	ATFSGの概要
6	7	ICMA TFWGの概要
7	8	信頼性の高いトランジションの原則
7	9	信頼性の高いトランジション企業の要素
8	10	CBI トランジションの種類
8	11	CBI トランジションの区分
9	12	トランジションファイナンスの事例一覧
10	13	企業概要 (PKN ORLEN)
10	14	ボンド概要 (PKN ORLEN)
10	15	全体戦略の概要 (PKN ORLEN)
10	16	フレームワークの評価 (PKN ORLEN)
11	17	企業概要 (PON)
11	18	ローン概要 (PON)
11	19	全体戦略の概要 (PON)
11	20	第三者評価機関 (DNV GL)
11	21	市場 (PON)
12	22	企業概要 (Eni)
12	23	ボンド概要 (Eni)
12	24	全体戦略の概要 (Eni)
12	25	第三者評価機関 (V.E)
12	26	市場 (Eni)
13	27	企業概要 (Repsol)
13	28	ボンド概要 (Reposol)
13	29	全体戦略の概要 (Reposol)
13	30	第三者評価機関 (ISS ESG) (Repsol)
13	31	市場 (Repsol)
24	50	企業概要 (Shell)
24	51	戦略 (Shell)
24	52	具体的な取組 (Shell)
25	53	企業概要 (Arcelor Mittal)
25	54	戦略 (Arcelor Mittal)
25	55	具体的な取組 (Arcelor Mittal)
26	56	企業概要 (Miba, Zollern)
26	57	経緯

頁	図表番号	タイトル
26	58	大臣承認における判断のポイント
27	59	タクソノミー制定における重要な要素
27	60	地域性の考慮
27	61	経路や軌道の重視
28	62	国内部門別CO2排出量（2019年確報値）
28	63	ロードマップが必要とされうる分野
29	64	ロードマップの章立て（想定ページ数：20ページ程度）
30	65	ロードマップの策定方法例
31	66	技術リストのイメージ
32	67	技術オプションの洗い出し（参照先）
33	68	技術ロードマップ案の策定イメージ
34	69	国際海運のロードマップ
35	70	エネルギー及び産業プロセス関連のCO2排出経路の比較
35	71	本ロードマップにおけるパリ協定の整合
36	72	国際的に認知されている主要なシナリオ・経路
37	73	国際的に広く参照されているシナリオ・経路の課題・留意点
42	78	IEA ボトムアップの試算
42	79	IEA カーボンバジェットの考慮
43	80	IEA-ETPのシナリオとIPCC SR1.5の統合評価モデル比較
43	81	IEA-SDSのシナリオとIPCC SR1.5の統合評価モデル比較
44	82	NGFS 各シナリオの前提
44	83	NGFS 経路の策定方法
45	84	NGFS 国別データの推定方法（STEP1）
45	85	NGFS 国別データの推計方法（STEP2）
46	86	NGFSにおける気候影響評価のフロー（一部）
46	87	NGFSにおけるシナリオ別温度上昇の推移
47	88	SBTi 総量アプローチ 概要
47	89	SBTi SDA 概要
48	90	SBTiにおける基準の科学的根拠
49	91	SBTiにおけるScope3の扱い
50	92	IPCC 第5次評価報告書における産業分野のシナリオ別排出原単位の変化（世界）
51	93	RITEにおけるシナリオ
51	94	国立環境研究所におけるシナリオ
52	95	IEA NZEシナリオにおいて脱炭素に必要な投資額
100	150	IEAにおける技術の整理（鉄鋼）
101	151	革新的環境イノベーション戦略における記載（鉄鋼）
102	152	GI基金資料（鉄鋼）
103	153	基本情報（日本製鉄）
103	154	ロードマップ（日本製鉄）

(様式 2)

[illegible]