

経済産業省 御中

令和3年度地球温暖化対策における
国際機関等連携事業
(ミッション・イノベーションを通じた国際連携
に関する取組等調査)
報告書

2022年3月

株式会社 テクノバ

TECHNOVA

目 次

1	まえがき	1
2	Mission Innovation の概要	2
2-1	Mission Innovation 1.0 (MI 1.0)	2
2-2	Mission Innovation 2.0 (MI 2.0)	4
3	MI の関連会合への対応	6
3-1	第 6 回 Mission Innovation 閣僚会合 (MI-6)	6
3-2	国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議 (COP26)	8
3-3	「ミッション」や「プラットフォーム」の会合、ワークショップや関連イベント	10
4	特定の技術分野に関する国際比較分析: 水素分野	13
4-1	水素分野に関する直近の動向と技術開発	13
4-2	水素分野における政策・研究開発動向の国際比較	23
5	特定の技術分野に関する国際比較分析: 発電分野	26
5-1	発電分野に関する直近の動向と技術開発	26
5-2	発電分野における政策・研究開発動向の国際比較	50
6	MI の下で実施される活動の情報収集	53
6-1	MI ニュースレターのまとめ	53
6-2	クリーン・エネルギー・イノベーション関連の見出し	76
6-3	Mission Innovation 関連資料	79
7	「ミッション・イノベーション」への活動の貢献	84
7-1	Clean Hydrogen Mission からのアンケート回答	84
7-2	二酸化炭素除去 (CDR) 技術の LCA の試算の計算方法及び取り組み事例	86

1 まえがき

CO₂ 削減の国際的な取り決めを行う気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)にて、パリ協定が採択された。同協定の中で言及された長期的ビジョンである「2℃目標」達成のためには、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めることが不可欠であり、環境保全及び産業発展の両観点を両立させながら、低炭素化を見据えた社会システムの在り方を検討することが求められている。

気候変動対策におけるイノベーションの重要性を踏まえ、同会議(COP21)の場で、有志国によるクリーン・エネルギー分野の研究開発についての官民投資拡大及び国際連携を促すイニシアティブ「ミッション・イノベーション（以下、「MI」とする）」が立ち上がった（現時点で22ヶ国＋EUが参加）。2021年5月までの第一期において参加国は、クリーン・エネルギー分野の政府研究開発支出を5年間で2倍にすることを目指すほか、関連した取組として、8つの個別分野を定め、それぞれのリード国を主導に参加国が協力して技術開発推進に取り組む「イノベーション・チャレンジ」や、クリエイティブで新しいアイデアについて実績のある個人を表彰する制度である「チャンピオン・プログラム」などに取り組んできた。

2021年6月から開始する第二期においては、「ミッション」（参加国のうち関心のある国による、複数の個別分野における革新的な技術開発実証）と「プラットフォーム」（すべての参加国を対象とする国際連携やイベント等の推進及びデータ分析等）の体制を柱に、より野心的な目標をかかげ、成果重視型の取り組みへとシフトすることで、さらなるクリーン・エネルギー分野のイノベーションの促進を加速させることを目指す。

これまで、我が国も、経済成長とCO₂削減の両立の鍵になるとして、MIへの支持を首脳間で合意し、研究開発費を倍増する計画に賛同し、2020年度に倍増目標を達成、MIの活動を通じて賛同国との連携を図ってきた。第二期においても、参加国の動向を注視しつつ、MIの活動に関与していく予定である。

本事業は、MIの下で実施される諸活動の動向を把握するとともに、主要参加国のMIへの参加状況やその背景となる各国の政策動向、及び各分野での各国の技術動向・研究開発動向の調査を行うことで、我が国がMIの場を有効に活用することを可能とするとともに、主要参加国との連携促進の可能性を模索することを目的とする。

2 Mission Innovation の概要

2-1 Mission Innovation 1.0(MI 1.0)

Mission Innovation (MI) は 2015 年 11~12 月にパリで開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) にて立ち上がった国際イニシアティブで、気候変動対策におけるイノベーションの重要性を踏まえ、有志国のクリーン・エネルギー分野の研究開発についての官民投資拡大及び国際連携を促すことを目的としている (図 2-1)。

MI は 2015 年に立ち上り、2021 年 5 月までを 1 期目とし、合計で 8 つのコラボレーションプロジェクトが立ち上がった (図 2-2、図 2-3、表 2-1)。



図 2-1 Mission Innovation の立ち上げ

出所: Mission Innovation「Mission Innovation celebrates 5 years」(2020 年 11 月 30 日)

<http://mission-innovation.net/2020/11/30/mission-innovation-celebrates-5-years/>

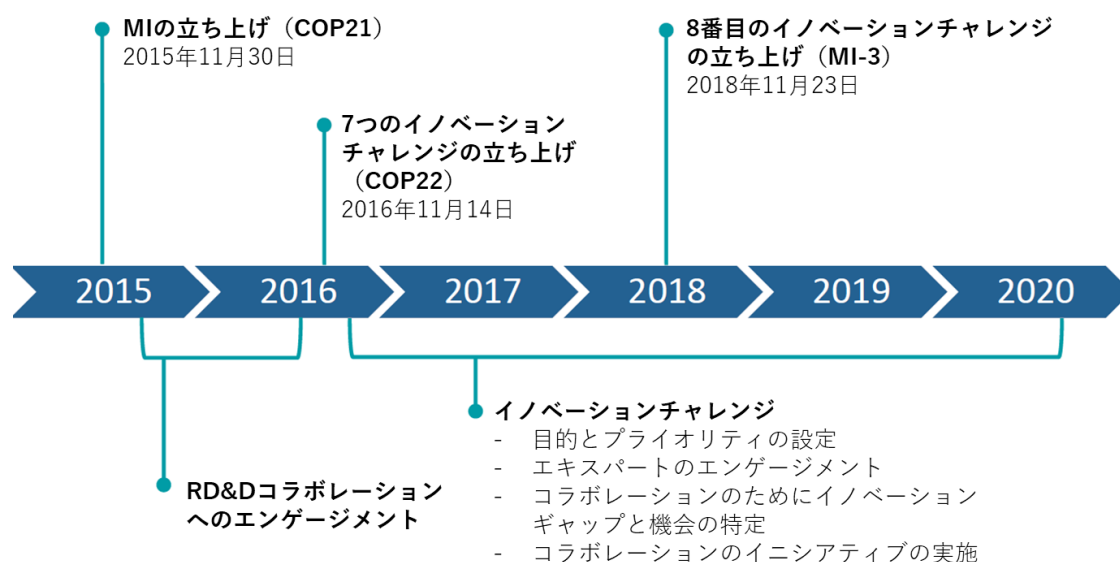


図 2-2 Mission Innovation の進捗

出所: Mission Innovation「MI INNOVATION CHALLENGES Impact Report」(2021 年 9 月)

<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2020/09/2.-IC-Impact-Report-Final.pdf>

表 2-1 MI 1.0 におけるイノベーションチャレンジ(IC)

IC	テーマ	内容
IC1	Smart Grids	安価で高信頼性の分散型再エネ電力システムの発電を取り込んだ将来電力網を可能にする
IC2	Off-grid Access to Electricity	非電化にある住宅・コミュニティに、安価で高信頼性の再エネ電力を供給するシステムを開発する
IC3	Carbon Capture	発電所や炭素集約型産業から排出される CO2 をほぼゼロとする
IC4	Sustainable Biofuels	輸送や産業向けに、大規模で安価な次世代バイオ燃料を生産する方法を開発する
IC5	Converting Sunlight	太陽光を、貯蔵可能な燃料に変換する安価な方法を開発する
IC6	Clean Energy Materials	高機能・低コストな新規クリーンエネルギー材料の探索・発見・利用を促進する
IC7	Affordable Heating & Cooling of Buildings	低炭素な冷暖房を普及させる
IC8	Renewable and Clean Hydrogen	ギガワット規模での水素を製造・輸送・貯蔵・利用するための課題と解決策を特定し、世界的な水素市場の発展を促進する

出所：Mission Innovation「MI INNOVATION CHALLENGES Impact Report」(2021 年 9 月)

<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2020/09/2.-IC-Impact-Report-Final.pdf>

	Australia	Austria	Brazil	Canada	Chile	China	Denmark	European Union	Finland	France	Germany	India	Indonesia	Italy	Japan	Mexico	Morocco	Netherlands	Norway	Republic of Korea	Saudi Arabia	Sweden	United Arab Emirates	United Kingdom	United States
IC1 Smart Grids																									
IC2 Off-grid Access to Electricity																									
IC3 Carbon Capture																									
IC4 Sustainable Biofuels																									
IC5 Converting Sunlight																									
IC6 Clean Energy Materials																									
IC7 Affordable Heating & Cooling of Buildings																									
IC8 Renewable and Clean Hydrogen																									

図 2-3 イノベーションチャレンジにおけるリードと参加メンバー(■リード、■参加メンバー)

出所：Mission Innovation「MI INNOVATION CHALLENGES Impact Report」(2021 年 9 月)

<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2020/09/2.-IC-Impact-Report-Final.pdf>

2-2 Mission Innovation 2.0(MI 2.0)

Mission Innovation の第二期目 (Mission Innovation 2.0 : MI 2.0) は、2021 年 6 月の第 6 回 Mission Innovation 閣僚会合 (MI-6)¹にて開始された (図 2-4)。

初期的な MI 2.0 のメンバーは、オーストラリア、オーストリア、ブラジル、カナダ、チリ、中国、デンマーク、欧州委員会、フィンランド、フランス、ドイツ、インド、イタリア、日本、モロッコ、オランダ、ノルウェー、韓国、サウジアラビア、スウェーデン、アラブ首長国連邦、英国、米国である。



図 2-4 Mission Innovation 2.0 の立ち上げ

出所: Mission Innovation「2021 JOINT LAUNCH STATEMENT」

<http://mission-innovation.net/about-mi/overview/2021-joint-launch-statement/>

MI2.0 はその立ち上げとともに Green Powered Future Mission、Zero-Emission Shipping Mission、Clean Hydrogen Mission を立ち上げた (Wave 1 ミッション)。その後、Carbon Dioxide Removal Mission、Urban Transitions Mission、Net Zero Industries Mission、Integrated Biorefineries Mission が立ち上げまたは公表された (Wave 2 ミッション)。各ミッションの目標とメンバーを表 2-2 に示す。

¹ P.10 参照。

表 2-2 Mission Innovation 2.0 のミッション

Wave 1 ミッション	目標 (2030 年)	メンバー
Green Powered Future Mission	2030 年までに多様な地域で電力システムが、最大 100%まで変動性再エネを効果的に統合しつつ、高コスト効率で安全でフレキシブルな電力システムを実証する	リード：中、伊、英 コア：オーストラリア、印、サウジ、IRENA、世銀、Alperia(伊)、Areti(伊)、Enel(伊)、Icebreaker One(英)、LONGi(中)、National Grid(英)、Goldwind(中) 支援国：澳、伯、加、EC、独、日、蘭、韓、IEA、ENA(英)、GSE(伊)、BSI(英)
Zero-Emission Shipping Mission	2030 年までに、ゼロエミッション燃料で航行する船舶が国際海運の 5%以上を占めるように、各国間連携を進める	リード：デンマーク、米、ノルウェー、Global Maritime Forum、Mærsk Mc-Kinney Møller Center コア：モロッコ、英、印、シンガポール 支援国：仏、ガーナ、韓国
Clean Hydrogen Mission	2030 年までに利用段階の水素コストを 2 ドル/kg に低減し、クリーン水素のコスト競争力を確保する	リード：オーストラリア、チリ、EU、英、米 コア： 澳、加、中、独、印、伊、日、韓、モロッコ、ノルウェー、サウジ 国際組織：CEM、IPHE、UNFCCC、世銀、世界経済フォーラム
Wave 2 ミッション	目標 (2030 年)	メンバー
Carbon Dioxide Removal Mission	2030 年までに世界で正味 1 億トン/年の CO ₂ を削減する	リード：米、サウジ、加 コア：ノルウェー 支援国：豪、EC、日、印
Urban Transitions Mission	2030 年までに世界の都市部で 50 以上の大規模・統合型実証を実施し、世界の都市がネットゼロ方策をデフォルトで採用できる道筋を提供する	リード：EC、Global Covenant of Mayors for Climate and Energy、Joint Programming Initiative Urban Europe コア：印、澳、チリ、スウェーデン、MI Innovation Community on Affordable Heating and Cooling of Buildings 支援組織：Student Energy、IEA、世界経済フォーラム、UNFCCC、EIT Climate KIC、UNEP / SE4All、IRENA、European Network of Living Labs
Net Zero Industries Mission	詳細未定	詳細未定
Integrated Biorefineries Mission	詳細未定	詳細未定

出所：Mission Innovation ホームページ

<http://mission-innovation.net/missions/>

3 MI の関連会合への対応

3-1 第 6 回 Mission Innovation 閣僚会合 (MI-6)

3-1-1 概要

Mission Innovation は、2016 年の設立以来、閣僚会合を毎年開催しているが、当初より Clean Energy Ministerial (CEM) の年次総会と共同開催を行っている。これまでの開催の状況を表 3-1 に示す。本年度は Mission Innovation 2.0 の立ち上げの場となった。

表 3-1 これまでの CEM/MI 閣僚会合 (2022 年予定を含む)

会合	開催年・月	ホスト	開催都市
CEM7/MI-1	2016 年 6 月	米国	サンフランシスコ
CEM8/MI-2	2017 年 6 月	中国	北京
CEM9/MI-3	2018 年 5 月	欧州委員会、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、フィンランド	コペンハーゲン マルメ
CEM10/MI-4	2019 年 5 月	カナダ	バンクーバー
CEM11/MI-5	2020 年 9 月	サウジアラビア	オンライン
CEM12/MI-6	2021 年 6 月	チリ	オンライン
CEM13/MI-7	2022 年 9 月	米国	ピッツバーグ (予定)

出所: 各種資料から作成

CEM12/MI-6 における MI の成果を表 3-2 に示す。

なお、2020 年 9 月の CEM11/MI-5 (ホスト: サウジアラビア) と 2021 年 6 月の CEM12/MI-6 (ホスト: チリ) はともに COVID-19 の状況を踏まえ、オンライン開催となっている。次回 CEM13/MI-7 は米国ホストにより 2022 年 9 月にピッツバーグでの開催が予定されている。

表 3-2 CEM12/MI-6 における MI の成果

- ・ 23 ヶ国の政府（クリーンエネルギー・イノベーションの公共投資の 90%以上を占める）は、今後 10 年間でクリーンエネルギーを安価かつアトラクティブにするために、さらなる行動を約束した。
- ・ Mission Innovation 2.0 は、2030 年までに安価なクリーンエネルギーソリューションを提供するため、クリーンエネルギーの R&D・実証への投資を促進するためのイノベーションの 10 年をリードする。
- ・ Mission Innovation 2.0 で発表された共同声明（22 ヶ国＋EC）
 - ・ 世界の多くの政府や企業が野心的な気候目標やネット・ゼロ・エミッション達成に向けてコミットする中、イノベーションの必要性はこれまで以上に重要で緊急である。パリ協定の達成には、経済のすべてのセクターが、この 10 年間でコスト競争力のあるクリーンエネルギーソリューションにアクセスする必要がある。
 - ・ 2030 年までの気候・エネルギー目標を達成するために、各国はいかにクリーンエネルギー技術やクリーンエネルギーセクターの開発を進めるかを記載した「国家イノベーションパスウェイ」を策定することにも合意した。
- ・ Mission Innovation 2.0 の新ミッション：
 - ・ Green Powered Future（中国、イタリア、英国がリード）：

2030 年までに、多様な地域や気候での電力システムにおいて、費用対効果が高く、安全でレジリエントな電力システムを維持したまま、最大 100%の変動性再エネ（風力、太陽光）を効果的に統合させる実証を行う。
 - ・ Clean Hydrogen（オーストラリア、チリ、英国、米国、欧州連合がリード）：

2030 年までにエンドユーザでの水素コストを 2 米ドル/kg に低減し、クリーン水素（グリーン水素、ブルー水素）がコスト競争力を得ることを目指す。水素技術の研究開発を増加させ、水素製造・貯蔵・最終用途全体における Hydrogen Valley を少なくとも 100 か所展開する。
 - ・ Zero Emission Shipping（デンマーク、米国、ノルウェー、Global Maritime Forum、Mærsk McKinney Møller Center for Zero Carbon Shipping）：

2030 年までに世界の遠洋航行において、ゼロエミッション燃料（グリーン水素、アンモニア、メタノール）で航行する船舶のシェアを少なくとも 5%とする。
- ・ Innovation Platform：

イノベーションの進捗確認、情報交換とコラボレーションの強化、投資家・イノベーター・エンドユーザーと協力を行うことで、新しいクリーンエネルギーソリューションに対する信頼を向上させる。本プラットフォームの一環として、インドはインキュベーターのネットワークの構築のための Mission Innovation CleanTechExchange を立ち上げる。

出所：Mission Innovation「Mission Innovation launches a decade of clean energy innovation to accelerate achieving the Paris Agreement Goals」(2021 年 6 月 2 日)

<http://mission-innovation.net/2021/06/02/decade-clean-energy-innovation-mi-6/>

3-2 国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)

3-2-1 概要

国連気候変動枠組条約締約国会議(COP)は、1992年の大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目標とする「国連気候変動枠組条約」に基づき1995年から毎年開催されているもので、本年度の第26回締約国会議(COP26)は2021年10月31日～11月13日に英国グラスゴーで開催された。COP26の全体概要を図3-1に示す。なお、昨年度はCOVID-19の影響ためキャンセルされており、本年度も大半のイベントがオンラインで開催された。

MIもCOP26に参加し、表3-3に示す成果を収めた。

概要
○日程：2021年10月31日(日)～11月13日(土) ※当初の予定より1日延期
○場所：英国・グラスゴー(議長：アロック・シャルマCOP議長)
○首脳セッション参加者：約130ヶ国以上の首脳：日本(岸田総理)、英国(ジョンソン首相)、米国(バイデン大統領)、仏(マクロン大統領)、独(メルケル首相)、伊(ドラギ首相)、カナダ(トルドー首相)、EU(フォンデアライエン委員長)、インド(モディ首相)、韓国(文大統領)等
※主な不参加国：中国(習近平主席) ※書面での挨拶、ロシア(プーチン大統領)、ブラジル(ボルソナロ大統領)、サウジアラビア(サルマン国王) 等
○参加者はCOP史上最大の約4万人。
○山口環境大臣は11日～13日にかけて出席。

COP26の主要スケジュール

10/31(日)	11/1(月)	11/2(火)	11/3(水)	11/4(木)	11/5(金)	11/6(土)
COP26開幕	世界リーダーズ・サミット 約130か国の首脳級スピーチ	気候資金	エネルギー	若年層と 公共の強化	自然	
11/7(日)	11/8(月)	11/9(火)	11/10(水)	11/11(木)	11/12(金)	11/13(土)
休日	適応・損失・ 損害	①シェンゲン ②科学とイノベーション	運輸	街・地域及び 建物環境	クロージング	COP26閉幕
		閣僚級ステートメント ※首脳級スピーチを行った国は除く			※当初の予定より1日延期	

図 3-1 国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)の全体概要

出所：経済産業省「エネルギー・環境関連の国際会議の直近の動向について」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_007_03_03.pdf

表 3-3 国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)における Mission Innovation の成果

- Glasgow Breakthroughs
 - 11 月 2 日に、パリ協定目標の達成のために、今後 10 年間で国際的に取り組む技術を特定した Glasgow Breakthroughs（電力、鉄鋼、道路交通、水素）が発表された。また MI のミッション（クリーン水素、グリーン電力、ネットゼロ産業）の取り組みは、Glasgow Breakthroughs の達成において重要と認識された。
- MI-CEM のラウンドテーブルと将来イベント
 - MI と CEM は 11 月 4 日に会合し、MI2.0 と CEM3.0 の連携を議論した。
 - 米国は次期 MI/CEM をホストすることを発表した（2022 年 9 月、ピッツバーグ）。また米国は MI2.0 の最初の閣僚会議をホストする。
- 新規ミッションの発表（Science and Innovation Day）
 - Urban Transitions Mission
 - Net-Zero Industries Mission
 - Carbon Dioxide Removal (CDR) Mission
 - Integrated Biorefineries Mission
- 既存ミッションの報告
 - Clean Hydrogen Mission :
ディスカッションペーパー「Hydrogen Research, Development & Innovation: Global Priorities in Support of Clean Hydrogen Industry Development」を発表した。
 - Green Powered Future Mission :
11 月 9 日にロードマップを発表した。発表イベントでは、複数の国やビジネスリーダー、専門家のメッセージやパネルディスカッションが行われた。
 - Zero-Emission Shipping Mission: :
11 月 8 日にデンマークパビリオンで論文「The Pathway to 2030」を発表した。その後のセッションで、アクションや課題、マイルストーンを議論した。
- Mission Innovation と Breakthrough Energy
 - MI と Breakthrough Energy は 11 月 3 日にパートナーシップを発表した。
- Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities
 - MI は Cool Coalition、UN Environment Programme、Rocky Mountain Institute、Global Covenant of Mayors for Climate & Energy、Clean Cooling Collaborative とともに、都市の脱炭素化のためのハンドブック「Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities」を発表した。80 のケーススタディが含まれている。

出所: Mission Innovation「COP26 Outcomes」(2021 年 11 月 24 日)

<http://mission-innovation.net/2021/11/24/cop26-intense-inspiring-event-spotlights-mis-rapidly-evolving-work/>

3-3 「ミッション」や「プラットフォーム」の会合、ワークショップや関連イベント

3-3-1 Clean Hydrogen Mission

Clean Hydrogen Mission は豪、チリ、EU、英、米がリードしており、現状で3つのピラーのもとで議論が進められている（図 3-2）。

- ・ Pillar 1 : Research Innovation（リード：英国（製造）、豪州（貯蔵・輸送）、米（利用））
- ・ Pillar 2 : Demonstration（リード：EC）
- ・ Pillar 3 : Enabling Environment（リード：米、チリ）

このうち、Pillar 2 は、欧州委員会が進めている「Hydrogen Valley」の登録拡大を拡大させるものである（図 3-3）。

2022 年 3 月時点では「ディスカッションペーパー」を発表している。

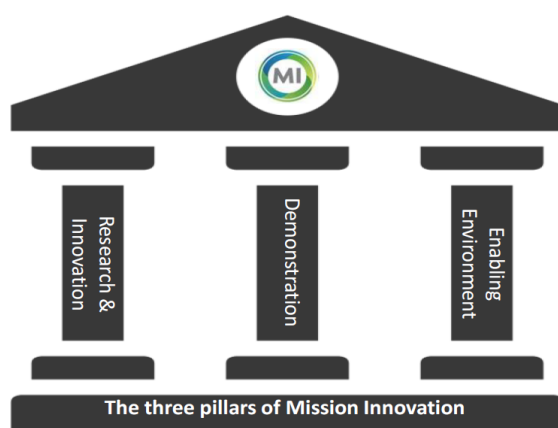


図 3-2 Clean Hydrogen Mission の 3 つのピラー

出所：Mission Innovation Clean Hydrogen Mission「Discussion Paper」

http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/11/Mission-Innovation-Discussion-Paper_final.pdf



図 3-3 Mission Innovation「Hydrogen Valley Platform」

出所 FCH JU「MISSION INNOVATION HYDROGEN VALLEYS PLATFORM」

<https://www.fch.europa.eu/page/mission-innovation-hydrogen-valleys-platform>

3-3-2 Green Powered Future Mission

Green Powered Future Mission は伊、英、中がリードしており、現状で 3 つのピラーのもとで議論が進められている（図 3-4 図 3-2）。

- Pillar 1 : Affordable and Reliable VRE Technologies（リード：中国）
- Pillar 2 : System Flexibility and Market Design（リード：伊）
- Pillar 3 : Data & Digitalisation for System Integration（リード：英）

2022 年 3 月時点では「グローバル・イノベーション・プライオリティ・ジョイントロードマップ（Joint Road Map of Global Innovation Priorities）」を公表している。

Pillar 1 Affordable and reliable VRE Technologies



- ✓ Novel and more efficient **PV technologies**
- ✓ **Offshore wind technologies** including floating turbines
- ✓ Improve PV and wind plants **productivity forecasting tools**
- ✓ **VRE based off-grid systems** for energy intensive applications

Pillar 2 System flexibility and market design



- ✓ **Short-term flexibility** for system stability through fast reserves
- ✓ **Mid-term flexibility** to cope with **VRE variability** from minutes to hours
- ✓ **Long-term flexibility** to deal with low energy availability lasting several days and involving a vast geographical area

Pillar 3 Data & Digitalisation for System Integration



- ✓ **Standards and Interoperability** demonstrated the benefits of adopting common standards
- ✓ **Secure and resilient digital energy systems**
- ✓ **Integrated platforms** for management and control of energy assets

System integration is:

a key aspect entailing all Mission Pillars

fundamental to achieve the overarching goal of up to 100% VRE

図 3-4 Green Powered Future Mission の 3 つのピラー

出所: The Green Powered Future Mission – Innovation for Cool Earth

https://www.icef.go.jp/pdf/2021/program/LucianoMartini_P.pdf

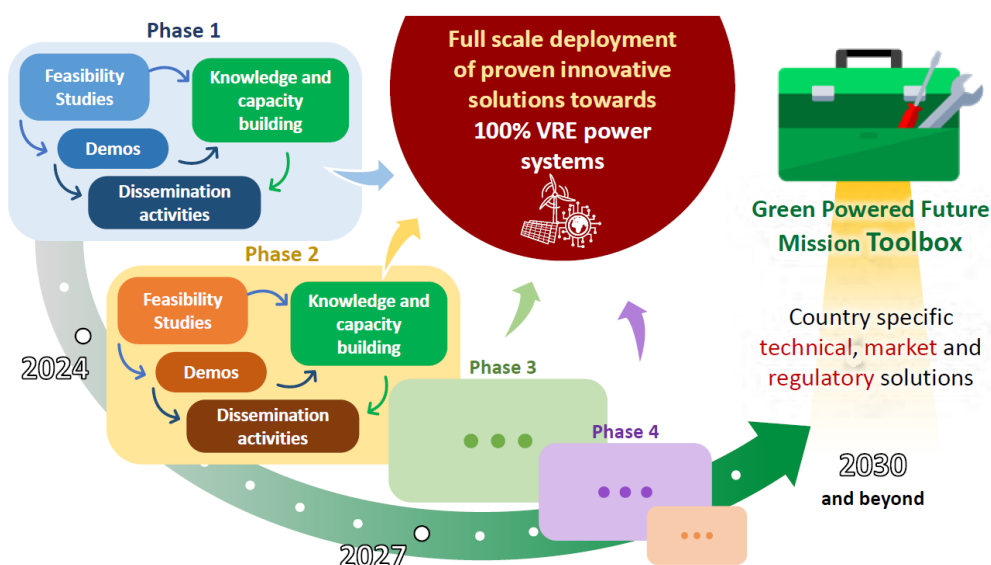


図 3-5 Green Powered Future Mission「Joint Road Map of Global Innovation Priorities」

<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/11/Power-Mission-Joint-Roadmap-of-Global-Innovation-Priorities.pdf>

3-3-3 CDR(Carbon Dioxide Removal) Mission

CDR Mission は比較的新しく立ち上がったものである (Wave 2 Mission)。2050 年に向かって必須とされている二酸化炭素除去技術について国際連携し、2030 年までに、年間 1 億トンの CO₂ を削減することを目指し、CDR 産業育成とパイロット実証を支援するものである。リードは米、サウジアラビア、カナダである。

MI2.0 においては、インフォメーションセッションが 8 月に行われ、COP26 の場で正式に立ち上がった。

4 特定の技術分野に関する国際比較分析：水素分野

4-1 水素分野に関する直近の動向と技術開発

4-1-1 水素エネルギーの拡大

(1) IEA による 2050 年の見通し

国際エネルギー機関（IEA）が 2021 年 5 月に発表した「Net Zero by 2050」では、2050 年には水素（合成燃料・アンモニア含む）の需要は現在（8700 万トン/年）の 6 倍の 5.3 億トン/年になり、そのうち 6 割はいわゆるグリーン水素に、残り 4 割はブルー水素となると予想されている（図 4-1）。需要先では、既存設備での需要（オンサイト製造）に加え、新規需要（調達）が大幅に伸び、船舶、産業、道路交通、発電で需要が拡大するとしている（図 4-2）。

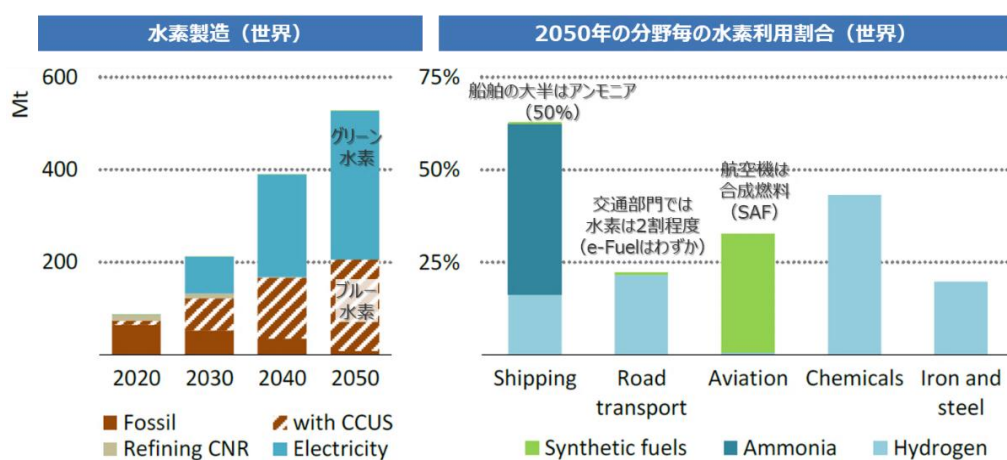


図 4-1 IEA「Net Zero by 2050」における水素（合成燃料・アンモニア含む）の供給

出所: IEA「Net Zero by 2050」(2021 年 5 月)

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

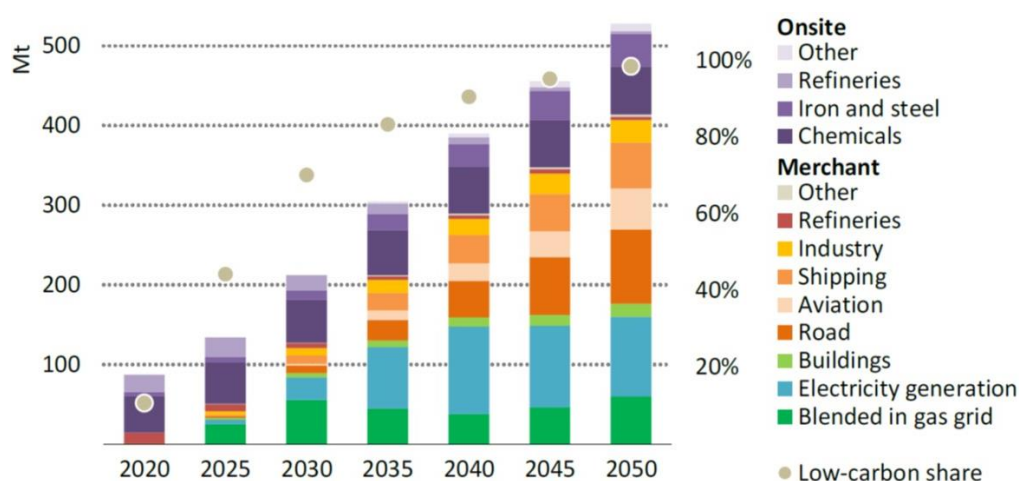


図 4-2 IEA「Net Zero by 2050」における水素（合成燃料・アンモニア含む）の需要

出所: IEA「Net Zero by 2050」(2021 年 5 月)

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

図 4-3 に、IEA が予測する 2050 年の水素の国際需給を示す。中国、米国は国内の需給がバランスしているが、欧州は国によっては輸入が発生し、日本、韓国は国内需要が国内供給を上回るので、輸入が必須になる。輸出能力があるのは、中東、オーストラリア、さらにアフリカとしている。

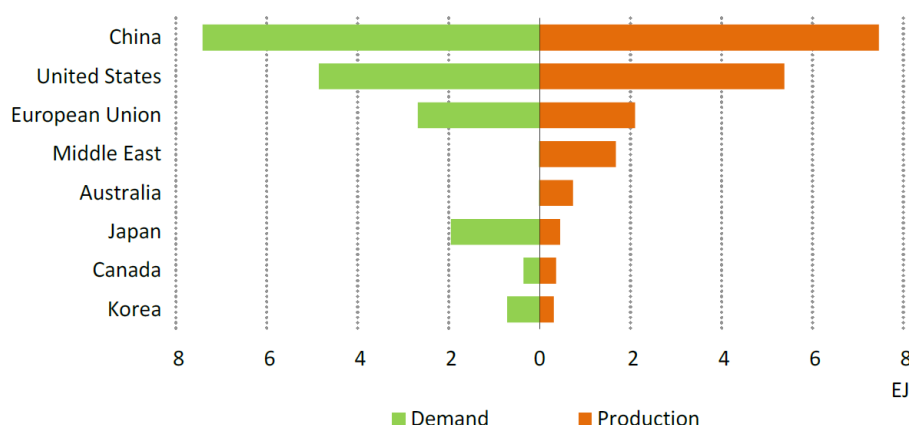


図 4-3 低炭素水素の需給バランス(2050 年、Announced Pledges Scenario)

出所: IEA「World Energy Outlook 2021」(2021 年 10 月)

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

(2) IRENA による水素の地政学的分析

IRENA が 2022 年 1 月に発表した「Geopolitics of the Energy Transformation The Hydrogen Factor」では、水素は世界のエネルギーのサプライチェーンを大きく変える可能性があるとしている(表 4-1、図 4-4)。その一方で、水素ビジネスは石油・ガスビジネスより競争的で儲からないとも述べているが、これは世界各地の再エネが豊かな国・地域で安価な水素製造のポテンシャルが大きいからである(図 4-5)。

表 4-1 IRENA のエネルギー転換の地政学的分析の要点

- ・ 水素(アンモニア、合成燃料を含む)は 2050 年には貿易額の 10%を占めるようになる。
- ・ 水素は既存エネルギーバリューチェーンを大きく変える可能性がある。
- ・ 水素はエネルギー地政学に影響を与える。水素外交は通常の経済外交の一部となる。
- ・ 水素は石油のような「貿易上の武器」にはならないが水素貿易のルールが重要。
- ・ 気候変動への水素の貢献の明確化のために、国際的な原産地証明が必要。
- ・ グリーン水素供給量(ポテンシャル)は水素需要をはるかに超える。
- ・ 水素ビジネスは、石油・ガスビジネスより競争的で、石油・ガスビジネスほど儲からない。

出所: IRENA「Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor」

<https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>

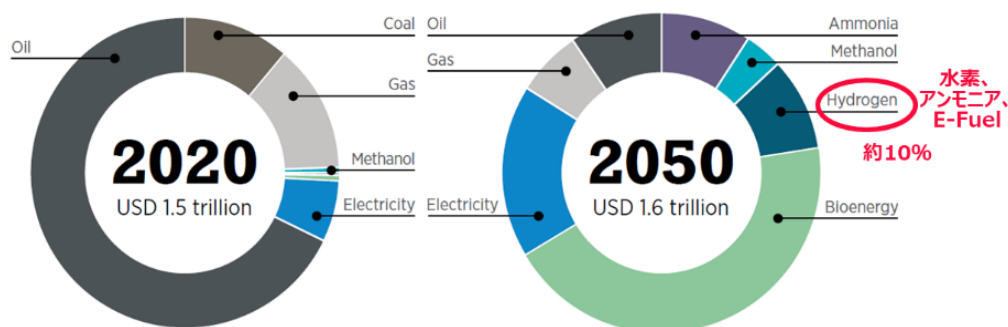


図 4-4 2020 年の貿易額内訳と 2050 年の貿易額内訳(見込み)

出所: IRENA「Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor」

<https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>

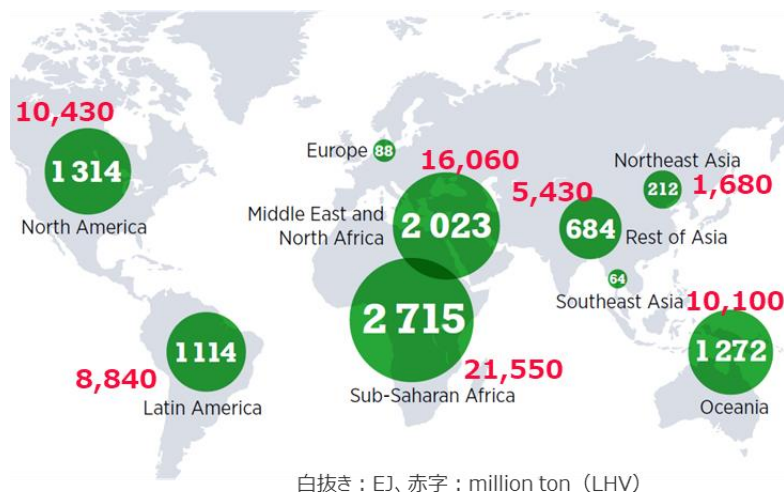


図 4-5 1.5ドル/kg 以下の水素供給ポテンシャル(2050 年)

出所: IRENA「Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor」

<https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>

4-1-2 水素に関する直近の注目すべき動き

(1) 米国

1) バイデン大統領の GHG 排出量削減とクリーンエネルギー技術に関する目標

2021 年 1 月に就任したバイデン大統領は気候変動への積極的対応の方針を打ち出し、4 月には気候サミット「Leaders Summit on Climate」を主導した²。これにあわせて、表 4-2 の目標（良い賃金雇用とクリーンエネルギー技術でのリーダーシップ確保のための 2030 年 GHG 排出量削減目標）を発表している。

² US Department of State 「Leaders Summit on Climate」(2021 年 4 月 22～23 日)
<https://www.state.gov/leaders-summit-on-climate/>

表 4-2 米国の GHG 排出量削減とクリーンエネルギー技術に関する目標

2030 年まで：GHG 排出量を 50～52%削減（2005 年比） 2035 年まで：クリーン電力 100%にシフト³ 2050 年まで：GHG 排出量ネットゼロを達成

出所：The Whitehouse「FACT SHEET: President Biden Sets 2030 Greenhouse Gas Pollution Reduction Target Aimed at Creating Good-Paying Union Jobs and Securing U.S. Leadership on Clean Energy Technologies」

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/22/fact-sheet-president-biden-sets-2030-greenhouse-gas-pollution-reduction-target-aimed-at-creating-good-paying-union-jobs-and-securing-u-s-leadership-on-clean-energy-technologies/>

2) Hydrogen Shot

現在のグランホルム DOE 長官（民主党、元ミシガン州知事）は地球温暖化対策にも積極的であり、2030 年までの CO2 削減目標（50～52%削減）を達成するために「エネルギーアースショットイニシアティブ」を立ち上げた。現在までに 3 つのアースショットが発表されている。特に水素に関しては「Hydrogen Shot」として「2030 年に 1 ドル/kg」という非常に意欲的な目標を掲げている。

表 4-3 DOE エネルギーアースショットイニシアティブ

アースショット	発表	概要
Hydrogen Shot	2021 年 6 月 7 日 ⁴	クリーン水素の製造コストを 10 年以内に 80%削減し、1 ドル/kg とする（1:1:1）
Long Duration Storage Shot	2021 年 7 月 14 日 ⁵	長期エネルギー貯蔵（10 時間以上）のコストを 10 年以内に 90%削減する
Carbon Negative Shot	2021 年 11 月 5 日 ⁶	CDR（二酸化炭素除去）のコストを 10 年以内に 100 ドル/トン-CO2 以下とする

³ 一般に、再エネ発電、原子力発電、火力発電+CCS と解釈されている。

⁴ DOE「Secretary Granholm Launches Hydrogen Energy Earthshot to Accelerate Breakthroughs Toward a Net-Zero Economy」

<https://www.energy.gov/articles/secretary-granholm-launches-hydrogen-energy-earthshot-accelerate-breakthroughs-toward-net>

⁵ DOE「Secretary Granholm Announces New Goal to Cut Costs of Long Duration Energy Storage by 90 Percent」（2021 年 7 月 14 日）

<https://www.energy.gov/articles/secretary-granholm-announces-new-goal-cut-costs-long-duration-energy-storage-90-percent>

⁶ DOE「Secretary Granholm Launches Carbon Negative Earthshots to Remove Gigatons of Carbon Pollution from the Air by 2050」（2021 年 11 月 5 日）

<https://www.energy.gov/articles/secretary-granholm-launches-carbon-negative-earthshots-remove-gigatons-carbon-pollution>

3) 超党派のインフラ投資計画法

バイデン大統領は、2021 年 11 月に超党派で立法されたインフラ投資計画法案 (Bipartisan Infrastructure Law) に署名した⁷。この法は、新規に総額約 5500 億ドルをインフラ関連に投資するものである。このインフラ投資計画法では、連邦政府の 2005 年エネルギー法 (Energy Policy Act of 2005) を修正し、表 4-4 に示す項目を追加している。水素関連には総額 95 億ドルを投資するとしており、また DOE に対して 2022 年 5 月までに「国家水素戦略・ロードマップ (National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)」を策定することを求めている。

表 4-4 インフラ投資計画法による 2005 年エネルギー法の水素関連改正点

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・ 地域クリーン水素ハブ (Regional Clean Hydrogen Hubs) の構築<ul style="list-style-type: none">- 80 億ドル (2022~2026 年) を投資- クリーン水素の製造・輸送・貯蔵、利用を促進- 最低でも 4 地域を選定 (地域多様性とクリーン水素の製造時の多様性を重視)・ 「国家水素戦略・ロードマップ (National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)」の策定<ul style="list-style-type: none">- 2022 年 5 月までに策定し、以後 3 年毎に改定- クリーン水素製造の CO₂ 排出量標準を盛り込むこと・ クリーン水素製造・リサイクル (Clean Hydrogen Manufacturing and Recycling)<ul style="list-style-type: none">- 50 億ドル (2022~2026 年) を投資- クリーン水素製造装置の米国での製造支援 (リサイクル含む)・ クリーン水素水電解プログラム (Clean Hydrogen Electrolysis Program)<ul style="list-style-type: none">- 10 億ドル (2022~2026 年) を投資- 風力、太陽光、原子力等のクリーン電源からクリーン水素製造を加速・ クリーン水素製造標準 (Clean Hydrogen Production Qualifications)<ul style="list-style-type: none">- 水素製造時の GHG 排出量を 2 kg-CO₂/kg-H₂ と想定 (2022 年 5 月までに決定)- その後、5 年後に見直し |
|---|

出所: US CONGRESS.GOV「H.R.3684 – Infrastructure Investment and Jobs Act」

<https://www.congress.gov/117/plaws/publ58/PLAW-117publ58.pdf>

さらにバイデン大統領は 2022 年 2 月に、インフラ投資計画に基づき、産業界 (製造業) からの CO₂ 削減と再活性化のための新しいイニシアティブを発表した (表 4-5)。改めて、水素関連に総額 95 億ドルを投資することがうたわれている。

⁷ The White House 「Executive Order on Implementation of the Infrastructure Investment and Jobs Act」 (2021 年 11 月 15 日)
<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2021/11/15/executive-order-on-implementation-of-the-infrastructure-investment-and-jobs-act/>

表 4-5 米国製造業の CO2 削減・再活性化イニシアティブ

政策分野	内容
水素関連	- Regional Clean Hydrogen Hubs (80 億ドル) - クリーン水素の製造・輸送・貯蔵、利用を促進 - クリーン水素電解プログラム (10 億ドル) - 風力、太陽光、原子力等のクリーン電源からクリーン水素製造 - クリーン水素の製造・リサイクル RD&D (5 億ドル) - クリーン水素製造装置の米国での製造支援 (リサイクル含む)
公共調達	- Buy Clean Task Force - 米国政府はカリフォルニア州、コロラド州、ミネソタ州、ニューヨーク州、ワシントン州と連携し、低炭素素材の公共調達を加速 - COP26 で立ち上げた「First Movers Coalition」(34 社が参加) のクリーン調達コミットメントの対象を鉄鋼、船舶、物流、航空機に加え、アルミニウム、セメント、二酸化炭素除去まで拡大
アルミ・鉄鋼	- 欧州連合 (および他の賛同国) と連携し、既存の CO2 排出量の多い鉄鋼・アルミの市場制限の実施 - 世界におけるグリーンスチール・グリーンアルミへの投資を加速
CCUS	- 大統領府直属の米国環境諮問委員会 (Council on Environmental Quality) が「CCUS guidance」を 2022 年 2 月に発表 - 米国環境保護庁 (EPA) が「strengthen the Greenhouse Gas Reporting Program to improve transparency on CCUS activities」を発表 - 連邦承認改善委員会 (Federal Permitting Improvement Steering Council) が「collaborative CCUS project reviews」を実施中 - 米国内務省が、CCS のための新規規制を策定中

出所: 米 Whitehouse「Fact Sheet: Biden-Harris Administration Advances Cleaner Industrial Sector to Reduce Emissions and Reinvigorate American Manufacturing」(2022 年 2 月 15 日)

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/02/15/fact-sheet-biden-harris-administration-advances-cleaner-industrial-sector-to-reduce-emissions-and-reinvigorate-american-manufacturing/>

(2) 欧州連合

1) グリーン・ディールと欧州水素戦略

2019 年 12 月に欧州委員長に就任したフォン・デア・ライエン氏は、2050 年の気候中立の達成を実現し、グリーンエコノミーで欧州をリーダーにするための政策「欧州グリーン・ディール」を打ち出した。このグリーン・ディールは幅広い政策であり、特に産業振興とエネルギーに関連する政策では水素が言及されている (表 4-6)。

表 4-6 欧州グリーン・ディール(★は水素に言及)

発表	内容
2020 年 1 月	欧州グリーン・ディール投資計画 (European Green Deal Investment Plan)
2020 年 3 月	欧州気候変動法 (European climate law) ★
2020 年 3 月	欧州産業戦略 (European Industrial Strategy) ★
2020 年 3 月	欧州循環経済計画 (Circular Economy Action Plan)
2020 年 5 月	欧州農場から食卓まで戦略 (Farm to fork strategy)
2020 年 5 月	欧州生物多様性戦略 (EU Biodiversity Strategy for 2030)
2020 年 7 月	欧州水素戦略 (EU strategies for energy system integration and hydrogen) ★
2020 年 9 月	欧州 2030 年気候目標計画 (2030 Climate Target Plan) ★
2020 年 10 月	建物改修戦略 (Renovation wave)、メタン戦略 (Methane Strategy)、持続可能な化学産業戦略 (Chemicals strategy for sustainability)
2020 年 11 月	欧州洋上風力戦略 (EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future) ★
2021 年 12 月	European Battery Alliance 設立
2021 年 1 月	持続可能な生活文化イニシアティブ (New European Bauhaus)
2021 年 3 月	欧州有機農場アクションプラン (Organic Action Plan)
2021 年 5 月	欧州大気・水・土壌ゼロ汚染アクションプラン (Zero pollution Action Plan)
2021 年 5 月	欧州持続可能な海洋産業アプローチ (Sustainable blue economy) ★
2021 年 7 月	Fit-for-55 政策パッケージ (Delivering the European Green Deal) - EU 排出量取引制度 (EU ETS) の改正案★ - 加盟国の排出削減の分担に関する規則 (ESR) の改正案 - 炭素国境調整メカニズム (CBAM) に関する規則案 - 土地利用・土地利用変化および林業 (LULUCF) に関する規則の改正案 - 気候変動対策社会基金の設立 - 再生可能エネルギー指令の改正案★ - エネルギー効率化指令の改正案 - エネルギー課税指令の改正案★ - 代替燃料インフラ指令の改正案★ - 乗用車および小型商用車 (バン) の CO2 排出標準に関する規則の改正 - 持続可能な航空燃料 (ReFuelEU Aviation) イニシアティブ★ - グリーンな欧州海運領域 (FuelEU Maritime) イニシアティブ★
2021 年 9 月	持続可能な生活文化イニシアティブのアクションプラン (New European Bauhaus: new actions and funding)
2021 年 11 月	森林破壊阻止・革新的な廃棄物管理・土壌健全化の提案 (Proposals to stop deforestation, innovate sustainable waste management and make soils healthy)

出所: European Commission「A European Green Deal -- Striving to be the first climate-neutral continent」

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en#timeline

欧州委員会はグリーン・ディールの一環として、2020年7月に「欧州気候中立のための水素戦略（A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe）」を発表した（通称「欧州水素戦略」と呼ばれる）⁸。

欧州水素戦略は3つのフェーズからなり、第1フェーズ（2020～2024年）では最低でも6GWの水電解を設置し、100万トン/年の再エネ由来水素を製造するとし、第2フェーズ（2025～2030年）では最低でも40GWの水電解を設置し、1000万トン/年の再エネ由来水素を製造するとしている（表4-7）。

なおこの戦略においては、導入する水素の由来（水素の色分け）は行っていないものの、「クリーン水素は再エネ由来水素」と定義されている⁹。

表 4-7 「欧州気候中立のための水素戦略」の内容

	第1フェーズ (2020～2024年)	第2フェーズ (2025～2030年)	第3フェーズ (2030～2050年)
水素製造	- 水電解：>6GW - 水素：100万トン/年 - 水電解装置製造能力強化（最大100MW）	- 水電解：>40GW - 水素需要1000万トン/年（輸入含む） - 既存水素製造設備へのCCS設置	再エネ電力の1/4を水素製造に利用
インフラ	水素パイプラインの計画開始	- 既存ガス網の水素転換 - 全欧的水素サプライチェーンの構築 - 水素ステーションネットワーク構築	—
水素利用	—	再エネ由来水素のコスト低減と新用途（製鉄、トラック、鉄道、船舶、電力システム）への適用	CO₂中立な合成燃料の利用（航空、船舶、ビル等）
その他	- 市場活性化の支援 - 欧州クリーン水素アライアンス設立	- Hydrogen Valley展開 - 域外国との水素国際取引	—

出所：European Commission「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」（2020年7月）

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

⁸ European Commission 「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」（2020年7月）
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

⁹ 「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」において、「Clean hydrogen' refers to renewable hydrogen.」と定義されている。

2) 欧州委員会の水素・脱炭素ガス市場パッケージ

欧州委員会は 2021 年初頭より、欧州域内の天然ガス網の改変と水素網の構築の検討を進めてきた。これは、将来の欧州のガス網に脱炭素ガス（水素やバイオメタン）が中心になり、さらにフローも双方向的になると予想されるからである。

欧州委員会は 2021 年 12 月 15 日に、以下の指令案と規制案を発表した¹⁰。

- ・ 再エネ由来ガス/天然ガス・水素の域内市場共通ルールに関する規制案¹¹
- ・ 再エネ由来ガス/天然ガス・水素の域内市場共通ルールに関する指令案¹²

この指令案のポイントを表 4-8 に、規制案のポイントを表 4-9 に示す。指令案、規制案とも今後数年かけて法制化に向けて議論されるが、現状では産業界とも好意的にこれをとらえており、ほぼこの内容で法制化される見通しである。

表 4-8 再エネ由来ガス/天然ガス・水素の域内市場共通ルールに関する規制(案)のポイント

- ・ 天然ガス網への水素注入は純水素に比べて効率が低く、水素価値が低下し、インフラ運用面にも影響するが、その決定は各国に任される。ただし国境を越える相互接続のために、混合レベルや紛争解決プロセスに合意する必要がある。
- ・ 水素網運営者
 - ・ 水素網運営者はすべての水素供給者・ユーザーにオープンアクセスを保証し、その条件と料金（balancing 料金）を公開する。再エネ由来・低炭素水素については 75% の割引を適用する。
 - ・ 容量契約を行う場合は、最長 20 年（あるいは 15 年）とする。
- ・ 欧州水素網運営者ネットワーク（ENNOH: European Network of Network Operators for Hydrogen）
 - ・ 水素網の管理のために ENNOH を設立する。
 - ・ 2024 年 9 月までに、ENNOH に参画を予定する水素網事業者は共同で、事業計画とルールの案を EC と ACER に提出する。調整を経て、ENNOH が設立される。
 - ・ ENNOH は 2026 年までに、水素供給見込みを含む「10 年ネットワーク開発計画」（ただし non-binding）を策定する（隔年でアップデート）。
 - ・ ENNOH は水素網アクセスや相互接続のためのネットワークコードを策定する。
 - ・ ENNOH は水素品質モニタリングレポートを策定する（隔年）。

出所: 欧州委員会「Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the internal markets for renewable and natural gases and for hydrogen」(2021 年 12 月 15 日)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0073>

¹⁰ European Commission 「Commission proposes new EU framework to decarbonise gas markets, promote hydrogen and reduce methane emissions」(2021 年 12 月 15 日)

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_6682

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009R0715>

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0073>

表 4-9 再エネ由来ガス・天然ガス・水素の域内市場共通ルールに関する指令(案)のポイント

- ・ 全体
 - 家庭のエネルギー消費量における天然ガスの割合は電力よりも多いため、将来も天然ガスはエネルギー供給において重要である。
 - 「低炭素ガス」は水素、合成燃料、リサイクルカーボンガスを含み、GHG 排出量削減量が 70%以上のものをいう。
 - 低炭素水素、合成メタンの GHG 削減量に関してしきい値を設定する（2031 年以降さらに厳しくする必要がある）。
 - EC は 2024 年 12 月 31 日までに、低炭素ガスの GHG 削減量評価方法を決定する。
- ・ 天然ガス・メタンガス網
 - ユーザーが再エネ由来ガスを製造した場合、自家消費に加え、貯蔵手段を通じて天然ガス市場に供給することを可能にする必要がある。
 - 化石燃料由来ガスは、2049 年を超えた長期契約を締結することはできない。
 - 加盟国は、天然ガス網へのオープンアクセスを保証する。
- ・ 水素網：
 - 水素製造施設と水素インフラの展開のスピードにおいて、許認可プロセスの簡素化と合理化、許認可当局の迅速な意思決定が重要である。
 - 水素パイプラインは資本コストが高いため独占になる可能性があるが、オープンアクセスを確保することが重要である。
 - 大規模な水素の地下貯蔵施設は欧州域内で偏って存在しているため、そのような施設へのオープンアクセスを確保することが重要である。
 - 湾岸のターミナル施設は水素・アンモニアの輸入基地になるが、水素輸送手段と競合するため、ターミナル施設へのオープンアクセスを確保することが重要である。
 - 域外との水素パイプライン接続は、水素の輸出入のために重要であるが、そのためには相互運用規則や低炭素水素認証規則を政府間の協定に盛り込むべきである。
 - 水素網運営者は、水素需要に応えるために十分な水素輸送容量を持つべきである。
 - 水素網の地域性や抱えるユーザー人口の関係で、水素網運営者自身が、規定された水素品質基準に従い、水素品質管理を自主運営する必要もある。
 - 水素網運営者と規制当局は 2030 年 12 月 31 日以降に、オープンアクセスを確保しつつ水素網の越境相互接続するためのインセンティブに 2033 年 12 月 31 日までに合意する。
 - 加盟国は、天然ガス網の建設・運営の法律が水素網にも適用されることを確約する。
 - 加盟国は、水素網のオープンアクセスを保証する（2030 年 12 月 31 日までは猶予あり）。
 - 既存の水素網は、2030 年 12 月 31 日までは当面独自運用が認められる。
 - 水素網事業者は、容量、需給、天然ガス網の水素転換状況等を規制当局に提出する。

出所：欧州委員会「Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the internal markets for renewable and natural gases and for hydrogen」(2021 年 12 月 15 日)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009R0715>

4-2 水素分野における政策・研究開発動向の国際比較

表 4-10 に日本を含む主要国・地域（米国、欧州連合、ドイツ、韓国、中国）の水素分野における政策・研究開発動向の比較を示す。

全体的には以下のように分析できる。

- ・ 水素の導入については、日本、米国、欧州連合、ドイツ、韓国、中国とも 2030 年目標を有するが、2050 年の長期目標を有するのは日本、欧州連合、韓国である。これらの長期目標は、基本的には水素全体のサプライチェーンを構築しようとするものであり、国家のエネルギーシステムの変革を想定しているといえる。ただし米国は現在「クリーン水素戦略・ロードマップ」を策定中であり（2022 年 5 月発表予定）、新たな長期目標が設定される可能性もある。
- ・ 韓国は、日本を上回る水素需要を想定している（2030 年では日本は 300 万トン、韓国は 390 万トン。2050 年では日本は 2000 万トン、韓国は 2700 万トン）。
- ・ 導入する水素は、欧州連合やドイツではいわゆる再エネ由来水素（グリーン水素）であるが、日本、米国、韓国は再エネ水素には拘らない（低炭素・クリーン水素）。一方、中国は現状でも石炭由来の水素が多く、まずは天然ガスへの転換を図っているところである。なお中国では CCS の適用（いわゆるブルー水素）の製造は想定していない。
- ・ 研究開発の対象は、FCV に特化した中国を除き、基本的に水素サプライチェーン全体となっている。ただし、水素輸入を考えている日本と韓国、さらに欧州連合では、水素キャリアの研究開発に注力している。また欧州連合とドイツは水電解にも注力している。米国は全方位的である。
- ・ 地域実証は日本でも進められている、直近では欧州連合がいわゆる「Hydrogen Valley」を積極的に展開している。これは Mission Innovation の Clean Hydrogen Mission と連携しており、ミッションの枠組みも活用して地域実証を拡大しようとしている。その一方で、米国も水素地域実証（Regional Clean Hydrogen Hub）を今後募集開始するところであり、世界的にも地域水素ハブが構築されるところである。
- ・ 中国の地域実証は、国家主導から地域クラスター主導に変化している。まずは北京市、広州市、上海市を中心とした都市クラスターが、FCV や水素ステーションを核とした地域水素社会の構築を進める（2022 年から 4 年間）。これは補助金審査に成果主義の要素が盛り込まれており、地域間でも競争することで、国として成果を確実にすることが狙いである。
- ・ 日本は世界最初の国家的な水素戦略を策定したり、FCV や定置用 FC の商用化に成功するなど、水素分野で世界をリードしてきたが、世界全体として動きが加速していることに留意が必要である。特にグリーン・ディールを進める欧州連合と、バイデン大統領政権の米国が積極的な動きを見せている。

表 4-10 水素分野における政策・研究開発動向の国際比較

項目	日本	米国	欧州連合	ドイツ	韓国	中国
CO2 削減目標	・ 2030 年：46%減 (2013 年比) ・ 2050 年：カーボンニュートラル	・ 2030 年：50～52% (2005 年比) ・ 2050 年：80%以上 (2005 年比)	・ 2030 年：55%以上 (1990 年比) ・ 2050 年：カーボンニュートラル	・ 2030 年：55% (1990 年比) ・ 2040 年：70% (1990 年比) ・ 2050 年：80～95% (1990 年比)	・ 2030 年：40% (2017 年比) ・ 2050 年：カーボンニュートラル	・ 2030 年：排出量ピーク、GDP 当たり排出量 60～65% (2005 年比) ・ 2060 年：カーボンニュートラル
水素導入の基本政策	・ 水素基本戦略 ・ グリーン成長戦略 ・ エネルギー基本計画	・ クリーン水素戦略・ロードマップ (策定中)	・ 欧州水素戦略	・ ドイツ水素戦略	・ 水素 R&D ロードマップ ・ 水素先導国家ビジョン	・ 第13次五か年計画 ・ 水素燃料電池自動車模範都市群
水素に関する目標 (2030 年)	・ FCV 80 万台 ・ FC バス 1,200 台 ・ HRS 1000 か所 ・ 水素サプライチェーン構築 ・ コスト 30 円/Nm³ ・ 需要 300 万トン (既存需要 200 万トン含む) うちクリーン水素約 42 万トン以上	・ (加州) FCV 100 万台 ・ HRS 1,000 か所 ・ (民間目標) FCV 530 万台 ・ HRS 5,600 か所 ・ 需要 1700 万トン	・ 水電解：域内 40GW ・ 域外 40GW ・ 需要 1,700 万トン (うち再エネ水素 1000 万トン)	・ 水素需要約 230～280 万トン ・ 水電解 10GW ・ 水素輸入も考慮 ・ HRS 1,000 か所	・ FC 車両 85 万台、HRS 660 基 ・ 需要 390 万トン (うちクリーン水素 50%) ・ 国内グリーン水素 25 万トン ・ 国内ブルー水素 75 万トン	・ 都市クラスター政策で水素・FC 展開を推進 ・ FC 車両 100 万台 ・ HRS 1000 か所
水素に関する目標 (2050 年)	・ コスト 20 円/Nm³ 以下 ・ 需要最大 2000 万トン程度 (大規模水素発電 500～1,000 万トン/年、商用車約 600 万トン/年、製鉄約 700 万トン/年)	(なし)	・ エネルギー需要の 24%は水素になる可能性あり ・ 再エネ電力の 1/4 を水素転換 ・ 水素需要は航空機燃料等に拡大	(なし)	・ 需要 2700 万トン (うちクリーン水素 100%) ・ 国内グリーン水素 300 万トン ・ 国内ブルー水素 200 万トン	(なし)

項目	日本	米国	欧州連合	ドイツ	韓国	中国
導入する水素の種類	・ 低炭素水素	・ クリーン水素（再エネ、化石燃料由来+CCS、原子力等）	・ 将来はグリーン水素	・ 将来はグリーン水素	・ クリーン水素（再エネ、化石燃料由来+CCS）	・ 低炭素水素（天然ガス改質も含まれる）
研究開発の主体	・ 経済産業省 ・ NEDO 他	・ DOE 他	・ DG Energy ・ 官民パートナーシップ（Clean Hydrogen Partnership）	・ 連邦運輸デジタルインフラ省 ・ 連邦経済・気候保護省 ・ NOW 他	・ 産業通商資源部 他	・ 科学技術部 ・ 都市クラスター（北京市クラスター、広州市クラスター、上海市クラスター）
水素研究開発の対象	・ 水素サプライチェーン全体 ・ 輸入のための水素キャリア技術	・ 水素サプライチェーン全体（全方的）	・ 水素サプライチェーン全体（特に水電解に注力） ・ 輸入のための水素キャリア技術	・ 水素サプライチェーン全体（水電解、モビリティが中心）	・ 水素サプライチェーン全体（特にFCに注力） ・ 輸入のための水素キャリア技術	・ FCV、FC 商用車に特化 ・ 各地の余剰・副生水素を用いた定置用FC実証
地域実証	・ NEDO 地域水素利活用技術開発、環境省実証、他	・ Regional Clean Hydrogen Hub（今後募集）	・ Hydorgen Valley（全世界で100か所目指す） ・ PtG 実証	・ PtG 実証	・ 水素都市構築	・ 都市クラスター（北京市クラスター、広州市クラスター、上海市クラスター）の他に、10程度の都市が実証を計画中

（HRS=水素ステーション、PtG=Power-to-Gas）

出所：各種資料より作成

5 特定の技術分野に関する国際比較分析：発電分野

5-1 発電分野に関する直近の動向と技術開発

5-1-1 再生エネルギーの拡大

(1) 世界の状況

近年、再生可能エネルギーの発電コスト（均等化発電原価）¹³は大幅に低下しており、特に太陽光発電はこの10年で85%（0.381ドル/kWhから0.057ドル/kWh）、陸上風力発電は56%（0.089ドル/kWhから0.039ドル/kWh）、洋上風力発電は42%（0.162ドル/kWhから0.084ドル/kWh）低減した。

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）によると、このコストの低下により、近年では0.0135ドル/kWh（2020年、アブダビの太陽光発電）¹⁴や0.0132ドル/kWh（2021年、ポルトガルの太陽光発電）¹⁵での落札が記録されている。

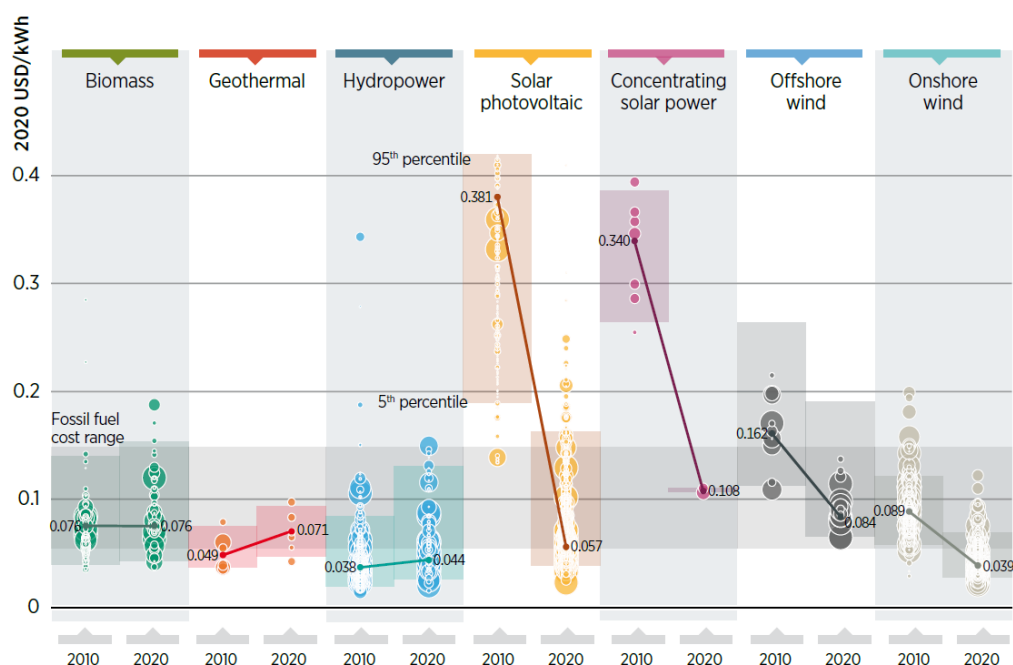


図 5-1 再生可能エネルギーの発電コスト（均等化発電原価）の推移：2010 年と 2020 年

出所：IRENA「World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway」

<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>

¹³ Levelized Cost of Electricity (LCOE)

¹⁴ Clean Technica 「1.35 cents/KWh: Record Abu Dhabi solar bid is a sober reminder to upbeat fossil fuel pundits」 (2020 年 6 月 8 日)
<https://cleantechnica.com/2020/06/08/1-35-cents-kwh-record-abu-dhabi-solar-bid-is-a-sober-reminder-to-upbeat-fossil-fuel-pundits/>

¹⁵ PV Magazine 「Portugal's second PV auction draws world record low bid of \$0.0132/kWh」 (2021 年 8 月 24 日)
www.pv-magazine.com/2020/08/24/portugals-second-pv-auctiondraws-world-record-low-bid-of-0-0132-kwh/

このような状況のなか、IRENA は 2050 年の 1.5°C 目標達成シナリオにおいて、一次エネルギーにおける再生可能エネルギーのシェアを約 3/4 とする目標を発表した（図 5-2）。最終エネルギー消費では、電力が半分を占め、その再エネ割合は 90% になり、変動性再エネ（風力発電、太陽光発電）に限定すればその割合は 63% となると予想される（図 5-3）。

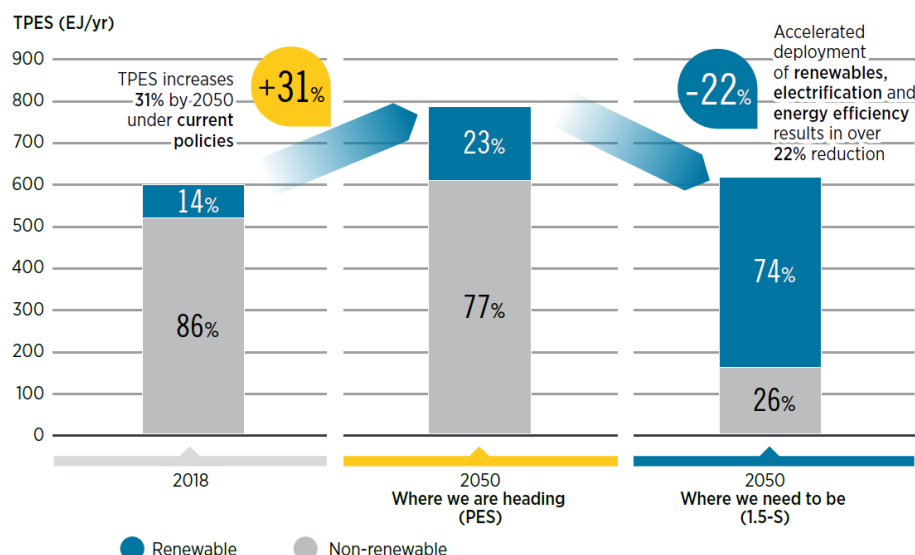


図 5-2 IRENA の予測：一次エネルギーにおける再生可能エネルギーのシェア（2018 年と 2050 年）

注：PES = Planned Energy Scenario、1.5-S = 1.5° C Scenario

出所：IRENA「World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway」

<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>

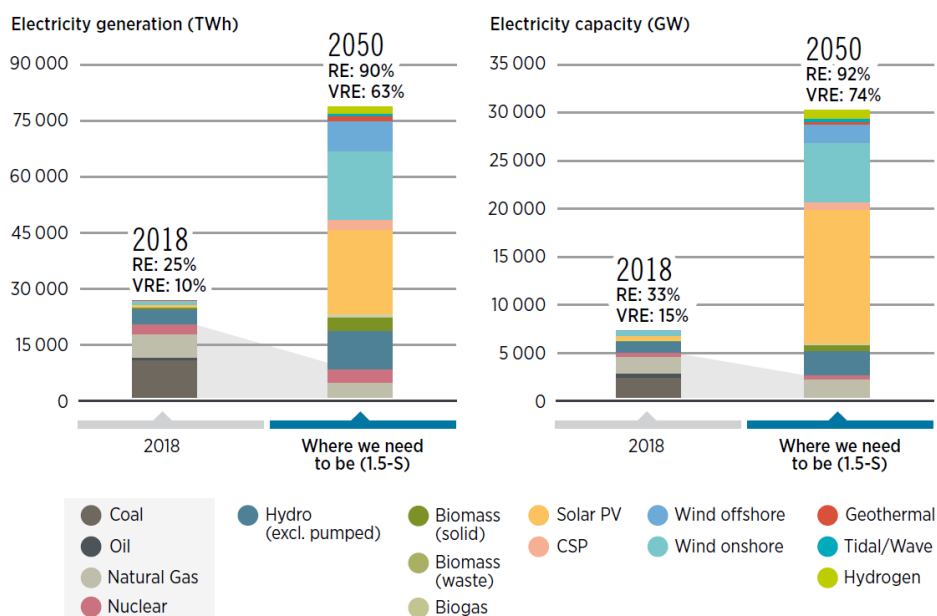


図 5-3 IRENA の予測：1.5°Cシナリオ実現のための電源構成：2018 年と 2050 年

出所：IRENA「World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway」

<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>

国際エネルギー機関（IEA）も、2050 年にネットゼロを達成するためのシナリオ¹⁶を発表している。これによると 2050 年のエネルギー供給は約 7 割が再エネとなるとしている（図 5-4）。

また最終エネルギー消費では、2050 年には電力と非電力（燃料、他）がほぼ半分ずつになり、電源構成では再エネが約 9 割、変動性再エネに限定すると約 7 割となる（図 5-5）。なお 2030 年の電源構成は再エネが 6 割、変動性再エネは 4 割である。

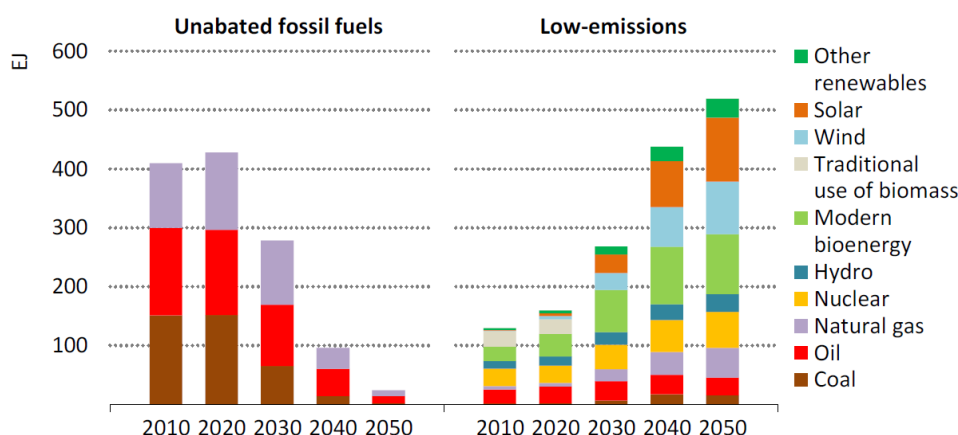


図 5-4 IEA の予測:2050 年までのエネルギー供給シナリオ(ネットゼロシナリオ)

出所:IEA「Net Zero by 2050」(2021 年 5 月)

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

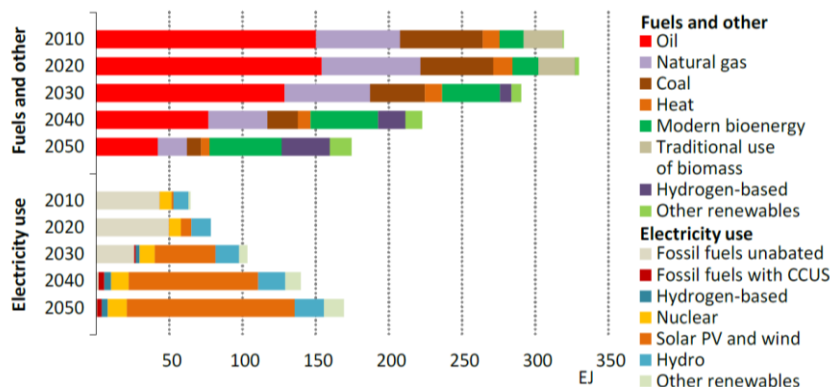


図 5-5 IEA の予測:2050 年までのエネルギー需要シナリオ(ネットゼロシナリオ)

出所:IEA「Net Zero by 2050」(2021 年 5 月)

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

以上のように IRENA でも IEA でも、2050 年には最終エネルギー消費の半分が電力となり、その電源構成では、変動性再エネが 6～7 割を占めると考えられている。また IEA によると、2030 年段階でも変動性再エネは 4 割を占めているとしている。

¹⁶ IEA 「Net Zero by 2050」(2021 年 5 月)

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

(2) 欧州の状況

欧州では GHG 削減目標達成のために、化石燃料を使用する火力発電所の停廃止が進んでおり、代わりに再エネ電源が拡大している（図 5-6）。

欧州電力系統運用者ネットワーク（European Network of Transmission System Operators for Electricity：ENTSO-E）によると、欧州全体（EU27）では、火力発電所の割合が 2004 年の 52% から 2020 年には 37% に減少している。その一方で再エネ電源の割合が 2004 年の 16% から 2020 年には 37% に増加している。さらに EU は、2030 年には風力発電の割合が 34%、太陽光発電の割合を 14% と予測しており、合計で発電の半分が変動性再エネになると考えられる¹⁷。

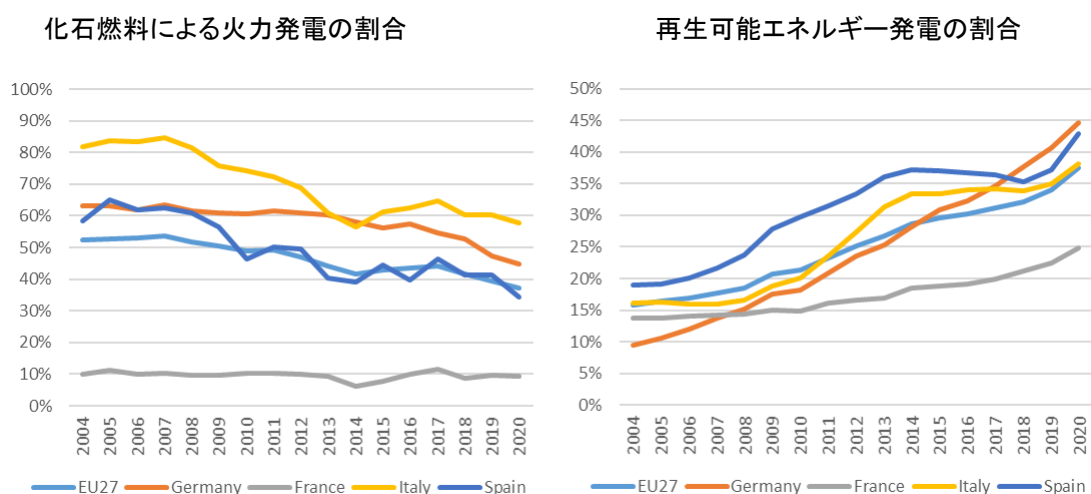


図 5-6 欧州における火力発電と再生可能エネルギー発電の割合（2004～2020 年）

出所：Ember「European Electricity Review 2022」

<https://ember-climate.org/project/european-electricity-review-2022/>

世界全体でも欧州でも、電力システムに変動性再エネを大規模に受け入れるための仕組みや技術が必要となる。それこそまさに Mission Innovation の Green Powered Future Mission が目指すものである¹⁸。

¹⁷ ENTSO-E 「Vision on Market Design and System Operation towards 2030」（2019 年）
https://vision2030.entsoe.eu/wp-content/uploads/2019/11/entsoe_fp_vision_2030_web.pdf

¹⁸ 本ミッションの目標は「2030 年までに多様な地域で電力システムが、最大 100%まで変動性再エネを効果的に統合しつつ、高コスト効率で安全でフレキシブルな電力システムを実証する」である。

5-1-2 EV/PHEV の拡大

(1) 世界の状況

2030 年～2050 年には系統に再エネ（特に変動性再エネ）が拡大するとともに、電力利用でも大きな変化が見込まれる。その一つが、バッテリー式電気自動車（BEV）とプラグインハイブリッド電気自動車（PHEV）の普及拡大にともなう充電需要の拡大である。IRENA の予測では、2050 年には電力需要の 1/4 が充電需要となるとしている（図 5-7）。IRENA はこの前提として、乗用車型 EV（BEV と PHEV の合計）が 2018 年の 1000 万台から、2030 年には 3.8 億台、2050 年には 17.8 億台に拡大するとしている（同時に電気トラックは 2050 年に 2800 万台）。これにより、道路交通の 80%（乗用車では 88%、重量車では 70%）が EV になる。

IEA の持続可能な開発シナリオ（SDS）では、2030 年には IEA 加盟国と IEA アソシエーションメンバーの合計 EV 普及台数は 4700 万台となり、うち欧州が 1330 万台、中国が 1200 万台、米国が 810 万台になるとしている（図 5-8）。

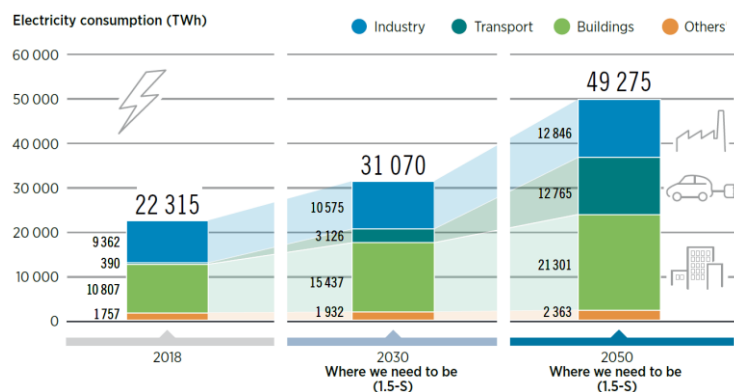


図 5-7 電力の最終需要の内訳

出所: IEA「Net Zero by 2050」(2021 年 5 月)

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

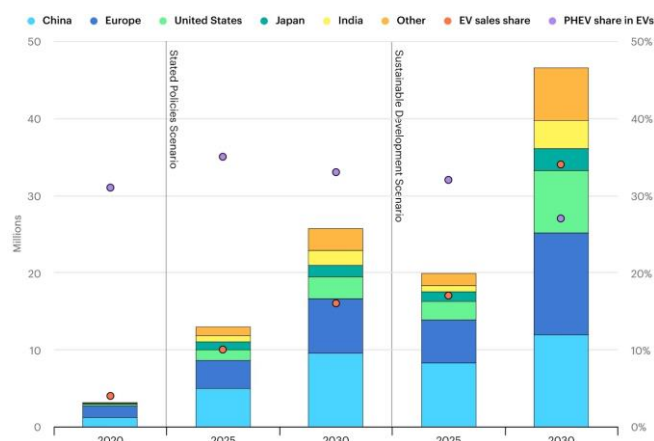


図 5-8 地域別 EV 普及: 2020 年～2030 年 (IEA メンバーと IEA アソシエーションメンバー)

Europe = EU27、Norway、Iceland、Switzerland、UK

Other = Australia、Brazil、Canada、Chile、India、Japan、Korea、Malaysia、Mexico、New Zealand、South Africa、Thailand

出所: IEA「Global EV sales by scenario, 2020-2030」

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-sales-by-scenario-2020-2030>

(2) 欧州の状況

欧州の BEV 新車販売台数は、2020 年に 140 万台、2021 年には 230 万台となり、70%増となっている（図 5-9）。これは、欧州委員会による 2035 年の新車のゼロエミッション化の方針や、欧州主要国で EV の購入補助金を増額・拡充したことが原因である。

IEA の持続可能な開発シナリオ（SDS）によると、2030 年には EV 販売台数は 1330 万台になり、自動車販売台数全体の 50%近くとなると予想している（図 5-10）。

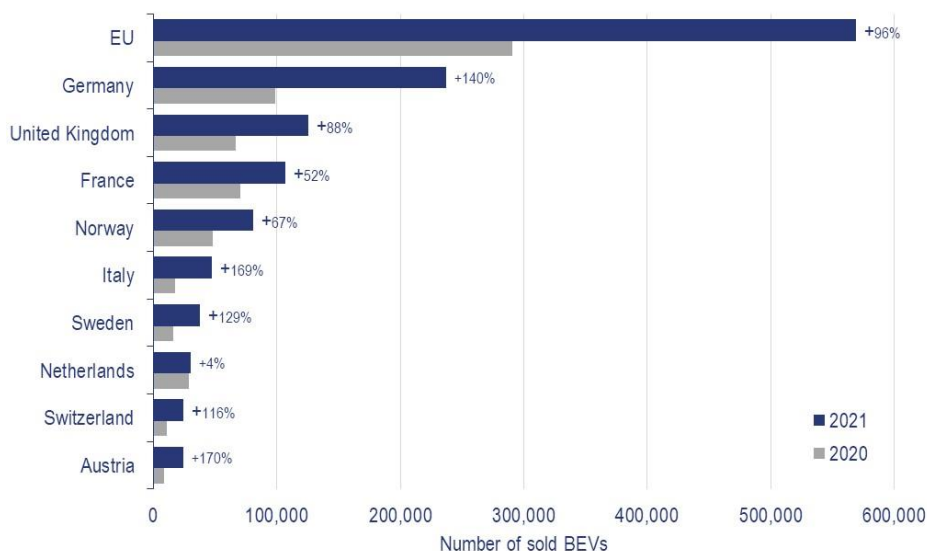


図 5-9 欧州における BEV の新車登録台数(2020 年、2021 年)

出所: 欧州自動車工業会

https://www.acea.auto/files/20211022_PRPC-fuel_Q3-2021_FINAL.xlsx

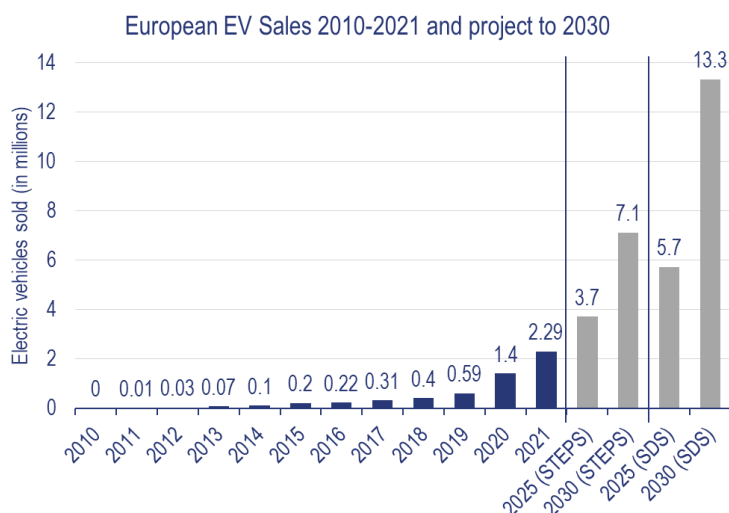


図 5-10 欧州の BEV 普及台数(2010 年～2030 年)

出所: IEA「Global EV sales by scenario, 2020-2030」

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ev-sales-by-scenario-2020-2030>

5-1-3 EV 充電の課題

(1) EV 充電の課題

IEA によると、EV 普及拡大によって 2030 年には 320～550 TWh 程度の電力量の需要が発生すると予想される（図 5-11）。欧州送電系統運用者ネットワーク（ENTSO-E）は、EV による追加電力消費量は 6 % となるとしている¹⁹。

この充電電力量拡大により、充電インフラの課題が発生する（表 5-1）。なお、EV 充電器は主に低・中電圧の配電網（DSO）に接続されているが、送電網（TSO）も DSO から間接的に影響を受ける（電力融通の必要性が高まる）。

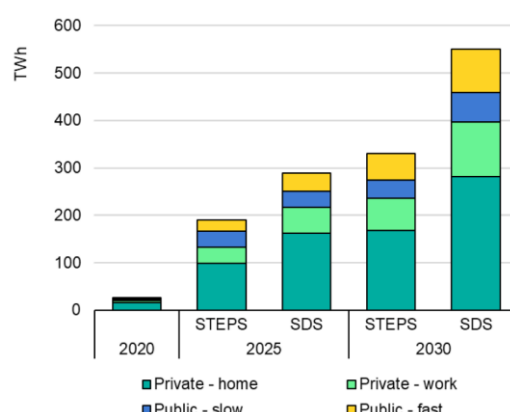


図 5-11 乗用車用 EV の充電による電力消費量の見込み

出所：IEA「Global EV Outlook 2021」（2021 年 4 月）

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>

表 5-1 充電インフラ別の課題（ENTSO-E 管区の場合）

充電インフラ	接続	課題
低速充電 (家庭、公共)	低圧送電網	・ 同時間帯充電による過剰電力需要（夕方～夜間） ・ 二次変電所や低圧線に過負荷が発生 ・ 電圧変動の発生
急速・超急速充電 (50kW～350kW)	中圧送電網	・ 中圧変電所の増設が必要 ・ 高圧線、MV/LV 変圧器の交換が必要
高出力充電 (10～数百台の電気バス)	高圧送電網	・ 電力需要は主に都市部で、5MW～10MW 規模 ・ 一次変電所の新設や中圧送電線の増強が必要
高速道路での超高速充電 (150kW～350kW)	高圧送電網	・ 1 つのハブで電力需要 10MW 以上発生 ・ 一次変電所や高圧送電網に近い場所に設置が必要

出所：ENTSO-E「Position Paper Electric Vehicle Integration into Power Grids」（2021 年 3 月 31 日）等より作成

https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/210331_Electric_Vehicles_integration.pdf

¹⁹ ENTSO-E 「Position Paper Electric Vehicle Integration into Power Grids」（2021 年 3 月 31 日）
https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/210331_Electric_Vehicles_integration.pdf

表 5-2 に大規模な EV 充電による系統への影響をまとめる。特に EV 充電では、EV 普及台数と EV 充電の同時発生率（同時性係数）は重要なファクターである。

表 5-2 大規模な EV 充電による系統への影響

系統に影響を与える要因	系統が影響を受ける要因（課題）
・ 管区内の EV 普及台数 ・ EV 充電の同時発生率（同時性係数） ・ 1 台当たりの充電電力 ・ 系統のトポロジーと容量リザーブ ・ 系統の送電状況（再エネ発電装置や蓄電装置の容量・接続場所 等）	・ 熱負荷（ケーブルや変圧器） ・ 電圧品質 ・ 位相の非対称性 ・ 周波数変動

一例であるが、ドイツ自動車連盟（ADAC）による委託研究²⁰では、ドイツで 2050 年まで 4000 万台の BEV あるいは FCEV（燃料電池電気自動車）が導入された場合の系統の問題を検討した（充電容量は 3kW 以下としている）（表 5-3）。これによると、BEV の増加に伴い系統の課題も顕在化する。特に小規模都市や地方に問題が集中するが、充電の制御（スケジュール充電）や送電網強化などによって、この影響を最小限に抑えることができ、結果的にさらに多くの BEV や FCEV を導入することができるとしている。

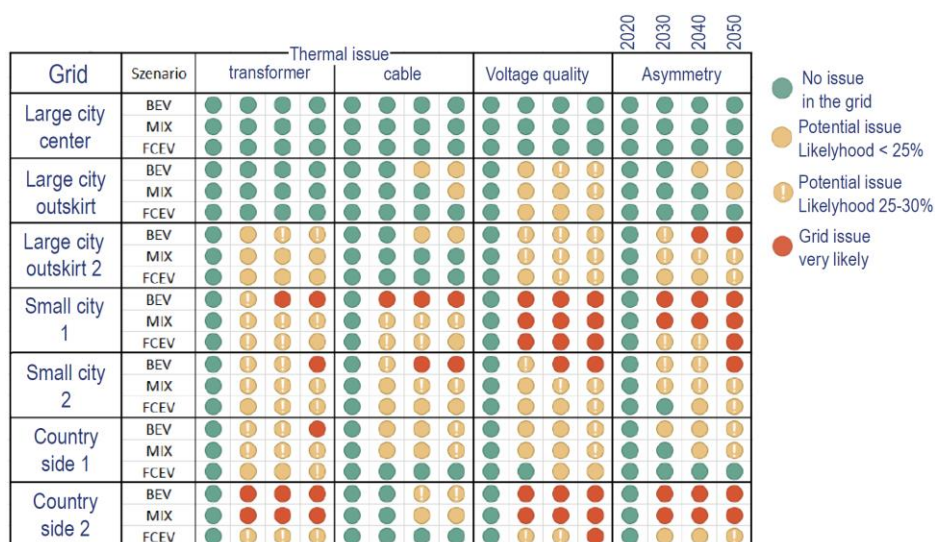


表 5-3 ドイツにおける BEV・FCEV 普及における系統への影響

注: 各シナリオにおける BEV と FCEV 比率: BEV(80:20)、MIX(50:50)、FCEV(20:80)

出所: ドイツ自動車連盟 (ADAC) 「ADAC Stiftung: Infrastrukturbedarf E-Mobilität」(2019 年)

https://stiftung.adac.de/app/uploads/2019/06/IBeMo_Abschlussbericht_final_190625_LBST_Zerhusen.pdf

²⁰ ドイツ自動車連盟 (ADAC) 「ADAC Stiftung: Infrastrukturbedarf E-Mobilität」(2019 年)

https://stiftung.adac.de/app/uploads/2019/06/IBeMo_Abschlussbericht_final_190625_LBST_Zerhusen.pdf

(2) 熱負荷の課題

あるシミュレーションによると、EV 普及台数が 100～200 以上になると同時性係数は大きく低下する（図 5-12）。また同時発生率に関連して、特に夕方～夜間のピーク負荷時には熱負荷が発生する（図 5-13）。

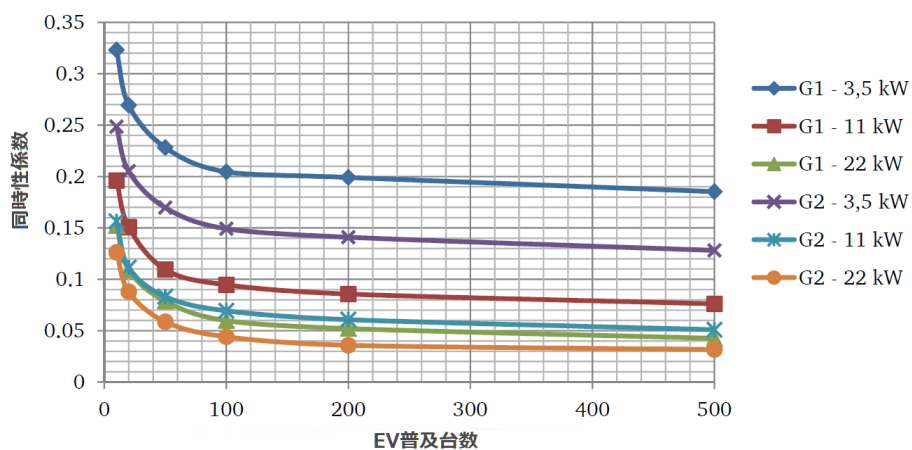


図 5-12 EV 普及台数と同時性係数

出所: L. Liu 「Technische Universität Darmstadt」(2017 年 6 月 20 日)
http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/7171/1/Liu_Diss_2018e.pdf

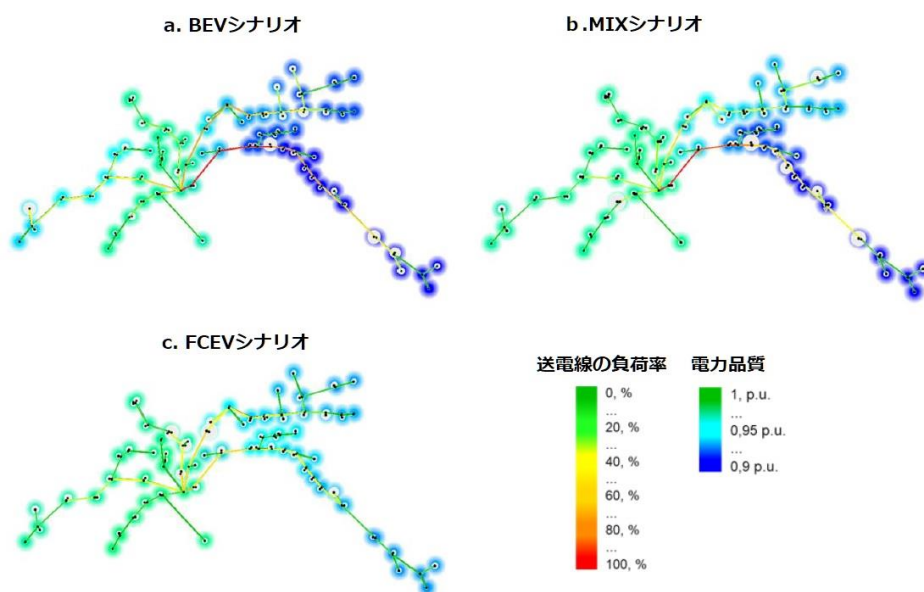


図 5-13 熱負荷の発生(ドイツにおけるシミュレーション結果の例)

注: 各シナリオにおける BEV と FCV 比率: BEV(80:20)、MIX(50:50)、FCEV(20:80)

出所: ドイツ自動車連盟 (ADAC) 「ADAC Stiftung: Infrastrukturbedarf E-Mobilität」(2019 年)

https://stiftung.adac.de/app/uploads/2019/06/IBeMo_Abschlussbericht_final_190625_LBST_Zerhusen.pdf

系統の熱負荷回避に関しては、表 5-4 に示す対策が考えられる。

表 5-4 系統の熱負荷回避に関する対策

対策	方法
需要サイドマネジメント (DSM)・スケジュール充電	- 特定の時間帯の充電の制限（例：英国では 8～11 時、16～22 時の間の自家用充電を自動停止²¹⁾） - 系統状況に応じて充電を一時的に制限・延期²²⁾（例：ドイツでは充電器への補助条件として、充電制御を実施²³⁾） - 家庭（充電装置に加え、他の電力需要）の電力消費の制限 - スマートチャージャーによる系統統合の高度化（収入の多様化）²⁴⁾
系統増強・計画運用	- 電力網の強化 - 地域内での補助的な電力供給手段（蓄電池や定置用燃料電池等）²⁵⁾ - 潜在的な充電需要のシナリオ策定（感度分析、What-if 分析） - 拡張措置の適切な評価
V2H・V2G	- 電力料金が安価な時に（需給が緩い時間）に充電を行うとともに、その電力を EV で蓄電し、家庭の電力需要に利用 - V2G により、早朝・日中の電力需要を補完 - V2G の実施では送電線への影響を考慮

出所：各種資料より作成

²¹⁾ The Times 「E-car chargers will turn off to prevent blackouts」(2021 年 9 月 12 日)

<https://www.thetimes.co.uk/article/e-car-chargers-will-turn-off-to-prevent-blackouts-jnm2m86pz>

²²⁾ ドイツ電気技術者協会 (VDE) の系統技術/系統運用フォーラム (FNN) によると、充電時間制御により、ある系統に接続できる 3kW 充電器の数は 10 台から 145 台に増加できるとしている。VDE FNN 「Netzintegration Elektromobilität - Leitfaden für eine flächendeckende Verbreitung von E-Fahrzeugen」(2019 年 8 月)

<https://www.vde.com/resource/blob/1896384/8dc2a98adff3baa259dbe98ec2800bd4/e-mobilitaet-fnn-hinweis-download-data.pdf>

²³⁾ ドイツ復興金融公庫の「Merkblatt Ladestationen für Elektroautos - Wohngebäude (リーフレット 電気自動車の充電装置 - 住宅向け)」によると、「充電装置は、安全なデジタル双方向通信インターフェースを備え、エネルギーシステムの他の装置と通信するために、標準的な通信プロトコルを介して制御される必要がある。充電装置の電力は、制御を介して制限できる必要がある。あるいは適切な仕様に従い、時間シフトできる必要がある」とある。

[https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004534_M_440_Ladestationen_Elektroautos.PDF](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004534_M_440_Ladestationen_Elektroautos.PDF)

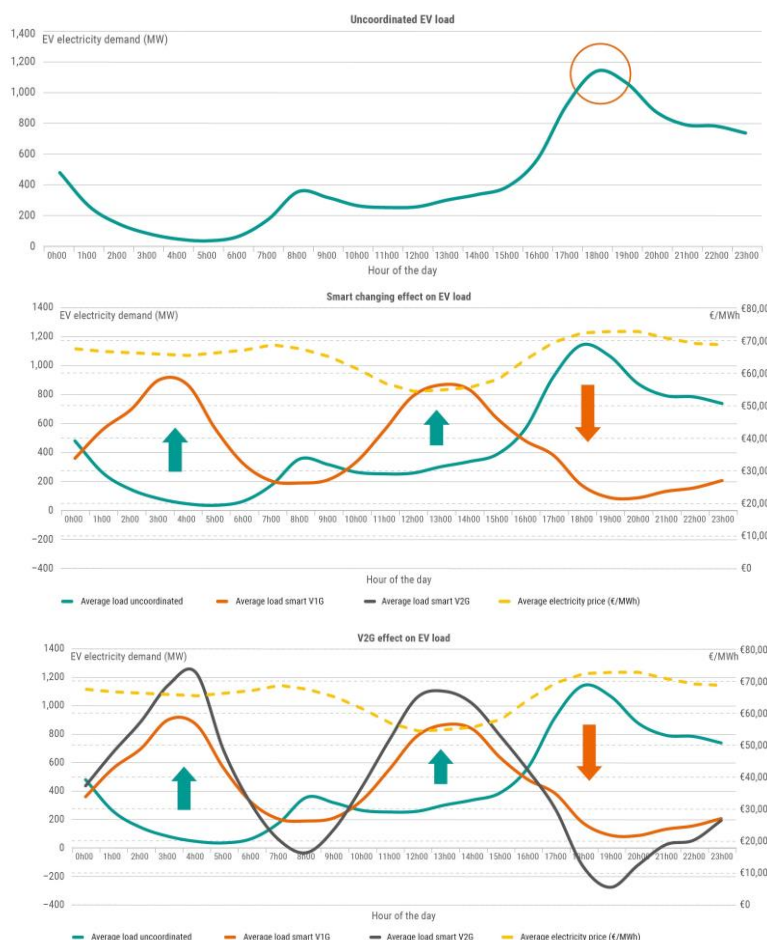
²⁴⁾ European Union 「Best practices and assessment of regulatory measures for cost-efficient integration of electric vehicles into the electricity grid」(2022 年 2 月 3 日)

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d877544f-8a23-11ec-8c40-01aa75ed71a1/language-en>

²⁵⁾ 独 VW と独 E.On は、蓄電池を活用した速充電装置「E.ON Drive Booster」を開発している。

<https://www.eon.com/en/business-customers/eon-drive-booster.html>

スケジュール充電と V2G による電力需要緩和のイメージを図 5-14 に示す。



EV 充電のピークは夕方に発生(太陽光発電量が急速に減少する時間でもあるので、追加的に火力発電の起動が必要)

スケジュール充電により、充電時間を夕方から、日中(太陽光発電量が多い時間帯)や夜間(電力く需要がない時間帯)にシフト(オレンジ)

V2G により、さらに残余需要(総需要から変動性再生エネの発電量を引いたもの)の低減に寄与(黒)

図 5-14 スケジュール充電と V2G による電力需要緩和のイメージ

出所: ENTSO-E「Position Paper Electric Vehicle Integration into Power Grids」(2021 年 3 月 31 日)等より作成

https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/210331_Electric_Vehicles_integration.pdf

(3) 電圧品質の課題

系統運用者は、電圧を一定範囲内に収めることを保証しなければならない。欧州(ENTSO-E)管区では、ドイツ工業規格 DIN EN 50160²⁶に基づき、配電網(中圧配電、低圧配電)の公称値の±10%の電圧帯に収めることになる。なお、消費電力量が電圧変化に与える影響は、送電線のトポロジーにも依存する。

電力品質維持に関しては、熱負荷回避で示した対策(DSM・スケジュール充電、系統増強・計画運用、V2H・V2G)も有益であるが、さらに表 5-4 に示す対策も考えられる。

²⁶ DIN EN 50160: 2020-11「Merkmale der Spannung in öffentlichen (公共電力供給網電圧特性) 2020 年 11 月発行

<https://www.beuth.de/de/norm/din-en-50160/327353625>

表 5-5 電力品質の維持に関する対策

対策	方法
アクティブな電圧調整	・ 負荷電圧調整変圧器は、電圧が限界値を下回らないように調整することが可能 ・ 上流（110kV/20kV 変圧器等）では確立された技術であるが、これを、低圧配電（20kV/0.4kV）にも適用
無効電力による調整	・ 誘導負荷由来の無効電力（遅れ無効電力）は電圧低下に、容量負荷由来の無効電力（進み無効電力）は電圧上昇に寄与

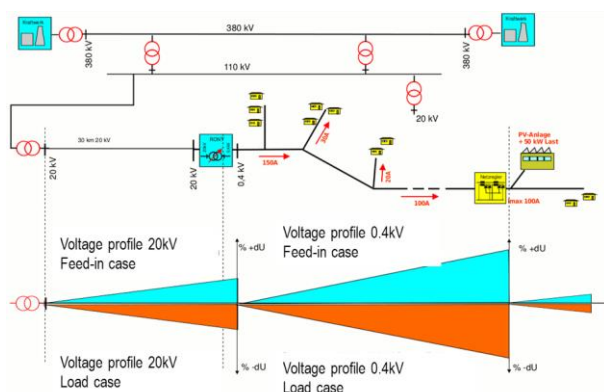


図 5-15 負荷電圧調整変圧器の例

出所：WALCHER「Wirkungsweise von Längsregler / Netzregler / RONT」

<https://www.walcher.com/de/produkte/energieuebertragung/netzregler-laengsregler.html>

(4) 位相の非対称性の課題

EVの充電装置には三相充電と単相充電があるが、単相の場合は他のとの非対称性をもたらす可能性がある。非対称性が強くなると、影響を受ける相で熱や電圧の問題が発生し、三相交流を用いている電力需要設備（三相交流モーター等）に問題が生じる恐れがある。

現在、欧州（ドイツ）で使用されているEV充電器を図5-16に示す。EV充電器は、PVや変換器など他の電気機器と同様に、最大非対称性は4.6kVAに制限されている²⁷。

ドイツ電気技術者協会（VDE）の系統技術/系統運用フォーラム（FNN）ではこの非対称性の課題を検討し、現状や近い将来では特に問題は発生しないことを確認している²⁸。なお、リニアレギュレータ²⁹や、各相の無効電力制御により、電圧のバランスをとることができる。

²⁷ ドイツ電気技術者協会：VDE-AR-N 4100 Anwendungsregel:2019-04 “Technical rules for the connection and operation of customer installations to the low voltage network (TAR low voltage)” 2019-04

<https://www.vde-verlag.de/standards/0100514/vde-ar-n-4100-anwendungsregel-2019-04.html>

²⁸ VDE FNN「Erster Meilenstein bei Unsymmetrie-Studie: Durchblick im zukünftigen Netzbetrieb（非対称性調査の初期的結果：将来の系統への洞察）」（2020年7月6日）

<https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/2020-07-06-metastudie>

²⁹ 入力電圧や負荷が変動しても、出力電圧を一定に保つことができる電源IC。

Hersteller	Keba	Wallbe	EV	Vestel	ABL	Innogy	Schneider	Annie's	Franz	Men-	Wallbox	Alfen
Ausführung	KeContact P30	Eco 2.0	Onestop WallPod	EVC02-AC3	eMH1	eBox	Electric EVlink	Carparts Simple EVSE	Röcker Simply E. Bausatz	nekes Amtron Xtra 22 C2	Chargers Commander	Icu Eve Mini²
Power class	up to 4.6 kW (1 phase)				11 kW (3 phases)				22 kW (3 phases)			
Costs:	762 €	499 €	386 €	623 €	865 €	707 €	965 €	399 €	303 €	1903 €	1285 €	1378 €
Extras:	ja: FI A	ja: FI A	ja: FI B	ja: FI B	–	ja: FI B	ja: FI B	ja: FI B	ja: FI B	–	ja: FI B	ja: FI A
Max power	4,6 kW	3,7 kW	7,4 kW	3,7 kW	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW	22 kW	22 kW	22 kW

図 5-16 欧州(ドイツ)で使用されている充電器

(5) 周波数安定化の課題

欧州大陸同期送電網 (Union for the Coordination of the Transmission of Electricity : UCTE) の公称周波数は 50Hz であり、通常はその変動は $\pm 20\text{mHz}$ 以内となっている。図 5-17 に UCTE の周波数変動状況を示す。

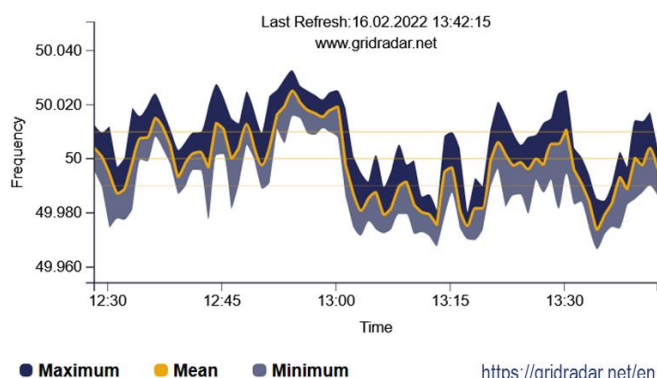


図 5-17 欧州大陸同期送電網(UCTE)の周波数変動状況

出所: Gridradar「Echtzeit-Verlauf der Netzfrequenz」

<https://gridradar.net/de/netzfrequenz>

周波数維持には電力需給が常に均衡している必要があり、以下によって実現される。

- ・ 電力需給の予測
- ・ 需要側と供給側の管理
- ・ 調整電源の使用
- ・ 慣性の維持

一般家庭や商業部門の負荷予測は、主に過去データに基づいて予測されているが、EV 活用などの消費行動の変化や充電制御 (スケジュール充電) などはこの負荷予測を困難にし、周波数安定性にも影響を与える可能性がある。周波数安定化に関する対策を表 5-6 に示す。また周波数安定化の手段の一つである需給調整市場の概要を表 5-7 に示す。

表 5-6 周波数安定化に関する対策

対策	方法
調整電源の活用	- 蓄電池、小規模発電装置、VPP などの新技術の採用 - 調整力調達のための需給調整市場メカニズム（最低入札規模の縮小、入札対象となる時間幅の縮小、TSO の協力 等）
EV 充電の制御	充電器の VPP やエネルギー管理システムとの統合³⁰や V2G の提供³¹

表 5-7 需給調整市場の概要³²

	FCR	aFRR	mFRR
応動時間	30 秒以内	5 分以内	15 分以内
発動	自動的に発動 (周波数偏差に比例)	自動的に発動	手動で発動
入札回数と タイミング	1 日 4 時間×6 ブロック、 前日入札	1 日 4 時間×6 ブロック、 前日入札	1 日 4 時間×6 ブロック、 前日入札
最小入札サ イズ	1MW (上げと下げの両方に 対応必要)	1 MW (上げ、下げの片方でも よい)	1 MW (上げ、下げの片方でも よい)

出所：各種資料より作成

(6) 慣性力の課題

1) 慣性力の課題

系統に接続された火力発電所などの回転系の発電装置の質量慣性力を持ち、自動的に周波数安定化と系統システム安定性が実現される。この慣性力は回転系発電装置に内在するものであり、起動や制御の介入は必要なく、安定化効果は瞬時である。しかし再エネが拡大すると系統に接続されている回転質量が減少し、その結果システムの安全性が損なわれることが

³⁰ ドイツ復興金融公庫の「Merkblatt Ladestationen für Elektroautos - Wohngebäude（リーフレット 電気自動車の充電装置 - 住宅向け）によると、「充電装置は、スマートメーターゲートウェイへの安全な接続、エネルギー管理システムとの統合、新機能などの将来技術開発を実施できるように、ソフトウェア更新能力を保証しなければならない」とある。

[https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004534_M_440_Ladestationen_Elektroautos.PDF](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004534_M_440_Ladestationen_Elektroautos.PDF)

³¹ ドイツ第 5 位の電力会社 Lichtblick は、原子力発電所並の容量を有する V2G VPP を開発中である。Wirtschafts Woche 「E-Autos statt Atomkraftwerk: Lichtblick will virtuelles Mega-Kraftwerk bauen von Martin Seiwert」（2022 年 2 月）

<https://www.wiwo.de/unternehmen/energie/podcast-high-voltage-e-autos-statt-atomkraftwerk-lihtblick-will-virtuelles-mega-kraftwerk-bauen/28052120.html>

³² FCR= Frequency Containment Reserve、aFRR= automatic Frequency Restoration Reserve、mFRR= manual Frequency Restoration Reserve

懸念されている。

ENTSO-E は、慣性力低下の問題と様々な対策を検討している（図 5-18）。一例として、現状（2020 年）と、慣性力低下した 2030 年の時点での 3GW 規模の発電停止による周波数変動の分析結果を図 5-19 に示す。2020 年には初期周波数低下率が 0.1Hz/s となり、その後上昇して定常状態に至る。2030 年には初期周波数低下率は若干増大して定常状態に至る。ここでの知見は、周波数変化率（Rate of Change of Frequency : RoCoF）が 0.5Hz/s 以下であれば、送電網の安定は維持されるが、 1Hz/s を超える場合には送電網が崩壊するとしている。

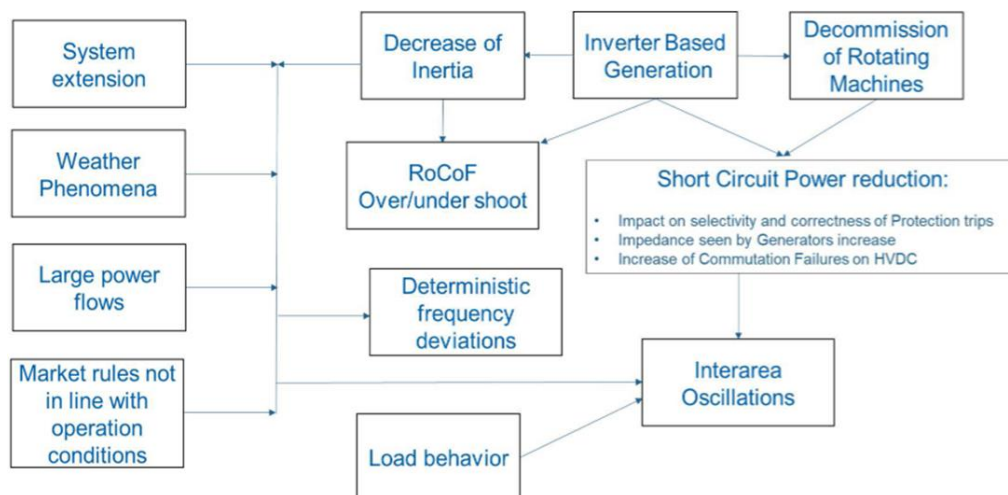


図 5-18 慣性力に関する相関

出所:ENTSO-E「Inertia and Rate of Change of Frequency (RoCoF)

https://eepublicdownloads.azureedge.net/clean-documents/SOC%20documents/Inertia%20and%20RoCoF_v17_clean.pdf

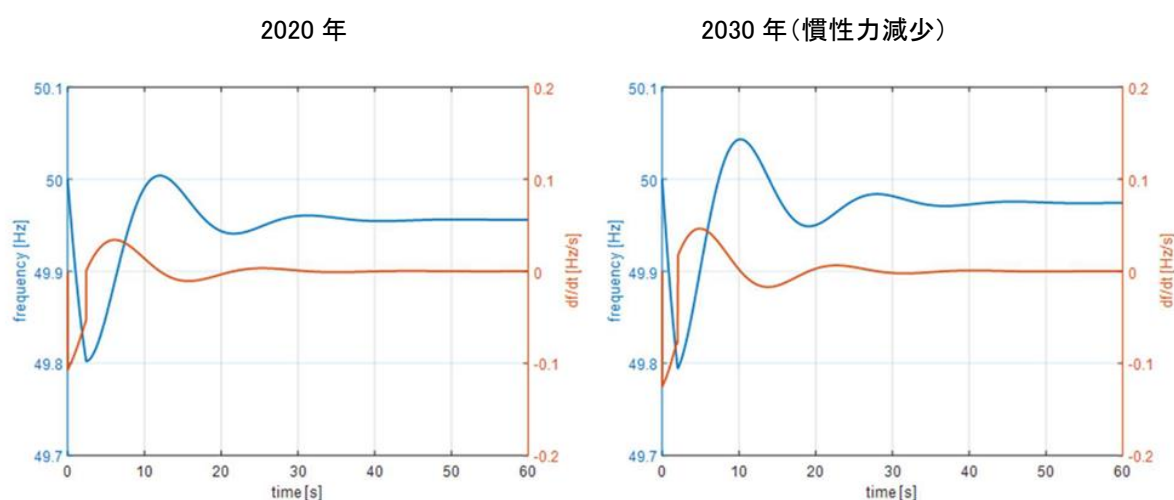


図 5-19 慣性力と周波数変動の安定化への影響

出所:ENTSO-E「Inertia and Rate of Change of Frequency (RoCoF)

https://eepublicdownloads.azureedge.net/clean-documents/SOC%20documents/Inertia%20and%20RoCoF_v17_clean.pdf

慣性力低下に関する対策を表 5-8 に示す。

表 5-8 慣性力低下に関する対策

対策	方法
グリッドコードによる対応	・ グリッドコード - Requirements for Generators（発電機に関するネットワークコード要件）³³ - Demand Connection Code（需要接続に関するネットワークコード）³⁴ - High Voltage Direct Current Connections（高電圧直流接続に関するネットワークコード）³⁵ 等 ・ 一部の要件は EU レベルでは非強制だが、国レベルで義務化することは可能 ・ 国の意思決定の指針のため、一連の「Implementation Guidance Documents (IGD)」が発行済み³⁶
システム運用ガイドラインによる対応	・ 欧州委員会規則（EU）2017/1485（システム運用ガイドライン）³⁷では、同期エリア（Symcrous Area:SA）³⁸の TSO は、「最低慣性力」の設定の必要性を検討し、定期的に見直すことを規定
技術的対策	・ 仮想同期機 ・ シンクロナス・コンデンサー ・ 直流送電網での電力融通 ・ 高速周波数応答（FFR） ・ 慣性力の追加（風力発電機による貢献、フライホイール 等）

³³ ENTSO-E 「Requirements for Generators」
https://preview.entsoe.eu/network_codes/rfg/

³⁴ ENTSO-E 「Demand Connection Code」
https://www.entsoe.eu/network_codes/dcc/

³⁵ ENTSO-E 「High Voltage Direct Current Connections」
https://www.entsoe.eu/network_codes/hvdc/

³⁶ ENTSO-E 「CNC - Implementation Guidance Documents」
https://www.entsoe.eu/network_codes/cnc/cnc-igds/

³⁷ European Union 「Commission Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation」
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R1485>

³⁸ Continental Europe SA、Great Britain SA、Nordic SA

2) グリッドコードによる対応

ここでのグリッドコード「発電機に関するネットワークコード要件」(RfG)は、欧州規則 (COMMISSION REGULATION (EU) 2016/631) に基づき、その実施は国レベルで行われるため、さらに各国がガイドラインを設定している。欧州各国の本要件の採用状況を図 5-20 に、ドイツでの本グリッドコードのガイドライン化状況を表 5-9、表 5-9 に示す。

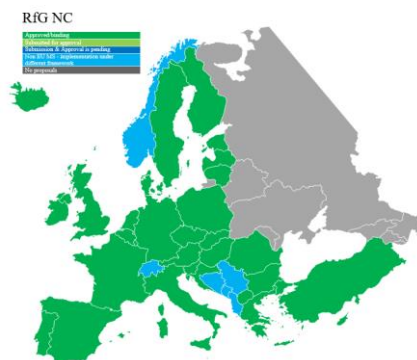


図 5-20 グリッドコード「発電機に関するネットワークコード要件」の各国におけるガイドライン化状況
出所：各種資料より作成

表 5-9 ドイツにおけるグリッドコード「発電機に関するネットワークコード要件」のガイドライン化

National Implementation	Document number	English title	Year
TAR Niederspannung	VDE-AR-N 4100	Technical rules for the connection and operation of customer installations to the low voltage network (TAR low voltage)	2019
Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz	VDE-AR-N 4105	Generators connected to the low-voltage distribution network	2018
TAR Mittelspannung	VDE-AR-N 4110	Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the medium voltage network (TAR medium voltage)	2018
TAR Hochspannung	VDE-AR-N 4120	Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the high voltage network (TAR high voltage)	2018
TAR Höchstspannung	VDE-AR-N 4130	Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the extra high voltage network (TAR extra high voltage)	2018

表 5-10 ドイツ VDE-AR (TAR Niederspannung) のガイドラインの記載例

- ・ 系統周波数が 50Hz から 200mHz 以上逸脱した場合：発電システムは系統周波数の安定化に貢献しなければならない
- ・ 50.2Hz～51.5Hz の間：発電システムは有効電力供給を調整しなければならない
- ・ 51.5Hz 超の場合：発電システムを系統から切り離されなければならない
- ・ 49.8Hz 以下の場合：発電システムは有効出力を増加させなければならない

出所：VDE「VDE-AR-N 4100 Anwendungsregel:2019-04 Technical rules for the connection and operation of customer installations to the low voltage network (TAR low voltage)」

<https://www.vde-verlag.de/standards/0100514/vde-ar-n-4100-anwendungsregel-2019-04.html>

3) システム運用ガイドラインによる対応

システム運用ガイドラインが要求する「最低慣性力」の設定の必要性に関しては、2019 年に欧州 TSO によって検討が行われ³⁹、現状ではその定義の必要はないとしている。

なお同期エリアの一つである Nordic SA では、個々の発電機のリアルタイム監視システムを用いて、発電機の運動エネルギー（慣性力）を推定している（図 5-21、図 5-22）。

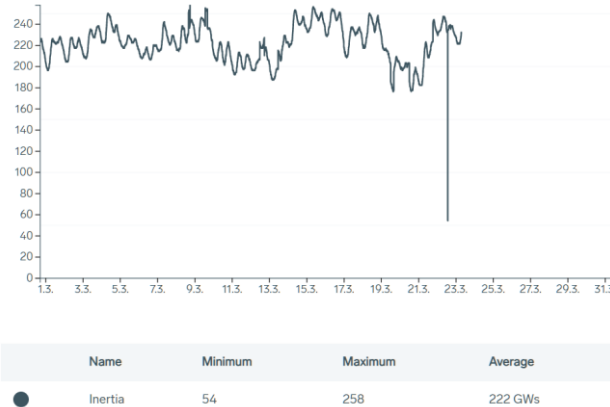


図 5-21 Nordic SA における慣性力の推定(2022 年 2 月 1 日～28 日)

出所: FINGRID「Inertia of the Nordic power system」

<https://www.fingrid.fi/en/electricity-market/electricity-market-information/InertiaofNordicpowersystem/>

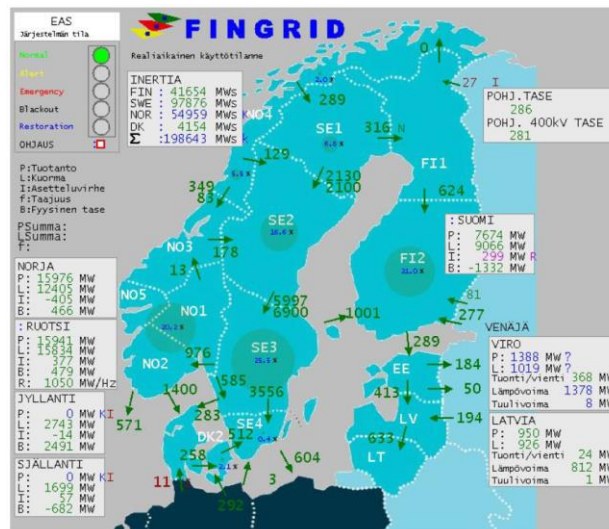


図 5-22 Nordic SA における慣性力の推定(北欧全域での可視化)

出所: ENTSO-E「Future system inertia」

https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/SOC/Nordic/Nordic_report_Future_System_Inertia.pdf

³⁹ ENTSO-E 「System Operation Guideline: 3rd stakeholder workshop on dynamic stability assessment and studies on minimum required inertia」 (2019 年 5 月 15 日)
<https://www.entsoe.eu/events/2019/05/15/system-operation-guideline-3rd-stakeholder-workshop-on-dynamic-stability-assessment-and-studies-on-minimum-required-inertia/>

4) 仮想同期機による対応

仮想同期機は、回生発電ユニット、エネルギー貯蔵装置（蓄電池）、制御システム、インバータの組み合わせで構成され、同期機の電氣的挙動をシミュレーションすることで、瞬時の予備力を提供するものである。発電機の運動エネルギーの代わりに蓄電池を利用する。制御部は系統周波数と系統電圧を監視して同期発電機の電氣的挙動を把握し、これに基づいてインバータが必要な電力を提供する。

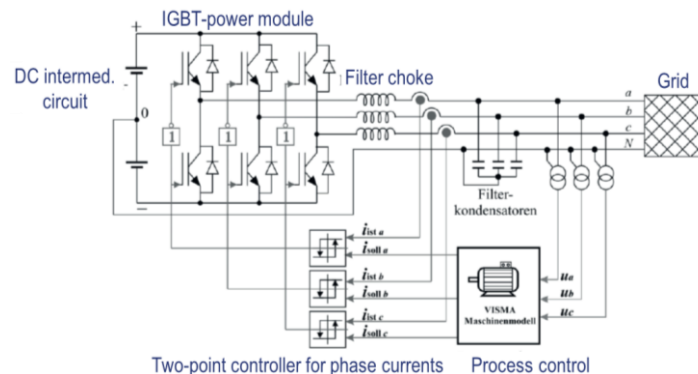


図 5-23 仮想同期機のイメージ

出所: Beck, H.-P.; Hesse, R.:「Virtual Synchronous Machine」 IEEE 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU 2007), S. 1-6

<https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2011325>

5) シンクロナス・コンデンサーによる対応

発電タービンから切り離されたアイドル状態の同期発電機は、シンクロナス・コンデンサーとして使用することができる⁴⁰。これは、発電はしないが、運動エネルギーだけ提供するものである。火力発電所であれば、最小負荷で運転することで慣性を提供できる。場合によっては廃止された発電所設備も利用できる。

北欧では、水力発電所の揚水用水車をシンクロナス・コンデンサーとして使用している。通常、電力のスポット価格が低い時間（再エネが余剰で、系統の慣性力が低い時間）に、慣性力を抵抗できるメリットがある⁴¹。他の例では、ドイツの電力 TSO である TenneT⁴²や Amprion⁴³が、元発電所の発電機をシンクロナス・コンデンサーに改造している。

⁴⁰ ENTSO-E 「System dynamic and operational challenges」 (2020 年 11 月)

https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/IoSN2020/200810_IoSN2020_Systemdynamicandoperationalchallenges.pdf

⁴¹ ENTSO-E 「1st DSA Stakeholder Workshop」 (2018 年 5 月 23 日)

https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/events/2018/180523_DSA_SH_Workshop-Joint_presentation_with_conclusions.pdf

⁴² TenneT 「TenneT gestaltet die Energiewende in Bayern: 360 Tonnen schwerer Generator erreicht Umspannwerk Bergheimfeld West」 (2015 年 8 月 12 日)

<https://www.tennet.eu/de/news/news/tennet-gestaltet-die-energiewende-in-bayern-360-tonnen-schwerer-generator-erreicht-umspannwerk-berg/>

⁴³ Amprion 「GENERATOR WIRD ZUM MOTOR」 (2012 年 2 月 24 日)

https://www.amprion.net/Presse/Presse-Detailseite_2667.html

6) 直流送電網での電力融通による対応

電力同期エリア内の発電量と消費量のアンバランスは、高圧直流送電 (HVDC) によって、相互に電力を融通できる。緊急時（系統擾乱時）には、緊急電力制御（EPC）により他地域に電力融通（供給・受入）を行うことができる。HVDC 接続にはパワーエレクトロニクスとコンバータが使用され、非常に迅速かつ柔軟に反応することが可能である。

システムの慣性力の低下は、HVDC を用いた電力制御によってこれを打ち消すことができる。電力制御を実施するトリガー（周波数、電力、電力変化勾配 MW/s 等）には多様なものが設定されている。

表 5-11 電力制御を実施するトリガーの例

EPC	Frequency trigger [Hz]	Capacity [MW]	Ramp rate [MW/s]	Time delay [s]
1	49.6	100	100	0.5
2	49.5	100	100	0.5
3	49.4	100	100	0.5

出所:ENTSO-E「1st DSA Stakeholder Workshop」(2018 年 5 月 23 日)

https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/events/2018/180523_DSA_SH_Workshop-Joint_presentation_with_conclusions.pdf

7) 高速周波数応答 (FFR)

高速周波数応答 (FFR) は、慣性力が低い時間帯に対応する系統サービスであり、北欧、アイルランド、英国で利用されている⁴⁴。

北欧系統では FFR が 2020 年 5 月に導入されている⁴⁵ (図 5-24)。TSO は FFR サービスを国内市場で調達する（参加する企業は事前に適格性を確認する必要がある）。FFR サービス提供者は、以下のいずれかを選択することができる。

- ・ 49.7Hz で 1.3 秒以内に起動
- ・ 49.6Hz で 1.0 秒以内に起動
- ・ 49.5Hz で 0.7 秒以内に起動

またアイルランドでは 2018 年から RoCoF 改善のために FFR サービスを導入しており⁴⁶、英国では「Dynamic Containment」という FFR と同様のサービスが導入されている⁴⁷。

⁴⁴ ENTSO-E、Nordic Analysis Group (NAG) 「Requirement for minimum inertia in the Nordic power system」(2021 年 6 月 15 日)
<https://www.eepressi.com/media/userfiles/151043/1634122821/requirement-for-minimum-inertia-in-the-nordic-power-system.pdf>

⁴⁵ FINGRID 「Fast Frequency Reserve」
https://www.fingrid.fi/en/electricity-market/reserves_and_balancing/fast-frequency-reserve/

⁴⁶ ASSET 「Penetration of renewables and reduction of synchronous inertia in the European power system: analysis and solutions」
https://asset-ec.eu/wp-content/uploads/2018/12/EC_EUES_4NT_0631748_000_01_NTE.pdf

⁴⁷ National Grid ESO 「Dynamic Containment」(2020 年 1 月)
<https://www.nationalgrideso.com/document/165496/download>



図 5-24 北欧系統における FRR 調達の状況(棒グラフは 2 月 20 日 4 時の状況)

出所: FINGRID「Fast Frequency Reserve」

<https://www.fingrid.fi/en/electricity-market/electricity-market-information/reserve-market-information/fast-frequency-reserve/>

8) 慣性力の追加による対応

慣性力は、次のような新技術で追加することができる。

- ・ フライホイール：

即応性があり、周波数調整、システム慣性力提供、電圧・無効電力制御によるグリッド安定化などのグリッドサービスを提供することができる。

- ・ 風力発電機：

風力発電の発電機は回転質量を有するので、慣性力として利用することができる。しかし種類によっては、機械ストレスが増加する可能性があり、注意が必要である⁴⁸。



図 5-25 慣性力を提供するフライホイールの例

出所: Siemens Energy「Siemens Energy's grid stabilizer technology to help Irish grid exceed renewables penetration limit」

<https://press.siemens-energy.com/global/en/pressrelease/siemens-energys-grid-stabilizer-technology-help-irish-grid-exceed-renewables>

⁴⁸ Fraunhofer IEE 「Forschungs-Projekte GridLoads」 (2017 年 9 月 1 日～2020 年 2 月 29 日)
<https://www.iese.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/gridloads.html>

5-1-4 デジタル化の影響

(1) 電力バリューチェーンにおけるデジタル化の影響

一般にデジタル化は、電力バリューチェーン全体に利益をもたらし、システム統合をさらに深化させると考えられる（表 5-12）。

表 5-12 電力バリューチェーンにおけるデジタル化の影響

発電と蓄電	送電・配電	計測
- サイバーセキュリティ - VPP - 発電所のデジタル制御 - 予知保全	- 系統デジタル化 - 系統制御の最適化 - 予知保全	- スマートメタリング - 需要データのデータマイニング
電力卸	売電・市場	サービス等
- 正確な予測 - リアルタイム情報・計画 - データ分析	- スマートホーム - カスタマーケア - ソーシャルメディア - クラウドファンディング - エネルギー管理・効率化	- エネルギー関連サービス - エネルギー管理・効率化 - デジタル製品（例：運輸部門） - プロセスのデジタル化

出所：BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.「Die Digitale EnErgiewirtschaft」

https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20160501_Digitale-Energiewirtschaft.pdf

(2) グリッドプランニングと最適化

ICT（情報通信技術）を活用して系統の計画策定・制御・監視を最適化することで、管理・維持コストを削減でき、既存設備の利用率を最適化させ、インフラへの追加投資も最適化（最小化）することができるようになる。

特に Power-to-X（余剰電力での水素製造）のように、分野横断的なインフラを連携・最適化させて運用することが可能になる。また TSO がリアルタイムに系統情報を得ることができれば、電圧変動や熱負荷の状況をより正確に評価でき、効率的な対策を講じることができるようになる。

ドイツ TSO の Tennet は、気象・気温条件を加味したリアルタイムでの動的な送電容量推定を行っている。

(3) グリッド管理・制御

系統の柔軟な管理のためには、系統の状態を把握することが不可欠である。送電線の監視とそれに基づく制御や自動化は、これまでも行われてきた（図 5-26）。なお、このような監視は低電圧配電網でも適用できるが、系統全体の状態の推定には、ネットワークノードの約

10%で測定値を記録すれば十分であるとの研究もある⁴⁹。またデジタル化により、データマイニングやAIの助けを借りるなどして予知保全に利用できる。

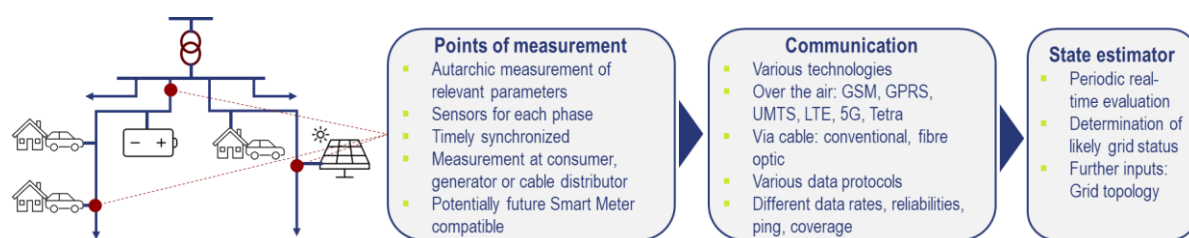


図 5-26 デジタル化によるグリッド管理・制御のイメージ

出所：独 LBST

(4) BEV との通信

EV 充電には少なくとも系統情報が必要になる。詳細な制御を目的に、ISO15118 (Road vehicles — Vehicle to grid communication interface)⁵⁰が定められている。これは車両と充電装置との双方向通信を定めており、より細かい時間情報解像度での管理が可能になる。

ISO 15118 や EEBUS⁵¹を用いることで、PV 電力による充電化や、過負荷に対する保護も可能になる（ドイツでは、12kVA 以上の充電装置には、TSO からの制御のためのインターフェースを持つことが要求されている）⁵²。

(5) スマートメーター

スマートメーターによって、消費者や企業は、電力消費量や PV システムなどからの電力供給をより適切に管理し、例えば新しい料金プランの恩恵を受けることもできる。またスマートメーターは、電力網の有効活用も可能にし、送電網投資を最適化することもできる。

欧州ではスマートメーターの普及が始まりつつある。欧州におけるスマートメーター普及状況を示す。先行しているのはエストニア（2017 年に 98%以上）、フィンランド（2013 年にほぼ 100%）、イタリア（2011 年に 95%）、スペイン（2018 年に 100%）、スウェーデン（2009 年にほぼ 100%）となっている。

⁴⁹ ドイツ連邦経済・気候保護省「Netze und Netzausbau Gutachten Digitalisierung der Energiewende Topthema 2」（2019 年 8 月 28 日）
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/digitalisierung-der-energiewende-topthema-2.html>

⁵⁰ ISO 15118-1:2019 Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 1: General information and use-case definition
<https://www.iso.org/standard/69113.html>

⁵¹ <https://www.eebus.org/>

⁵² 将来的には、IEC 61850-8-X 規格が使用される予定。
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=IEC+61850-8-1+Ed.+2.1%3A2020
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=IEC%2061850-8-2%20Ed.%201.0:2018

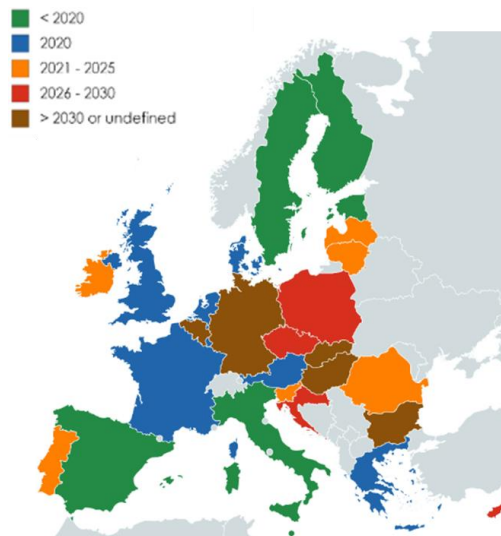


図 5-27 欧州でのスマートメーターの普及状況

出所: European Commission:「Benchmarking smart metering deployment in the EU-28」(2019 年)

https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b397ef73-698f-11ea-b735-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=37085&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search

(6) 系統デジタル化の課題

系統のデジタル化には、利点の他に課題も含んでいる。

1) サイバーセキュリティ

電力システムは重要な社会的インフラであるため、デジタル攻撃から保護する必要がある。欧州ネットワーク・情報セキュリティ機関（ENISA）⁵³は、ハッカー攻撃によって生じる停電の金銭的損害を 2430 億ユーロから 6400 億ユーロと見積もっている⁵⁴。

2) プライバシー保護・データ保護

2016 年、ドイツで「エネルギー転換のデジタル化に関する法律」が施行され、スマートメーターに関連するデータセキュリティと保護が定められた。例えば電力消費者自身は詳細な電力消費情報を閲覧できるが、メタリングの管理者は請求に必要なデータのみを受信することになる。その他のデータは、消費者の明示的な同意がある場合にのみ送信が可能である。

3) アンバンドリング

送電網の運営と発電、電力売買が 1 社に統合されてはならない。すべてのデータ保護原則を保証しつつ、系統自体はオープンであることが必要である。

⁵³ The European Union Agency for Cybersecurity
<https://www.enisa.europa.eu/>

⁵⁴ BearingPoint 「Risk of cyber security attacks on smart grid」
<https://www.bearingpoint.com/fr-fr/notre-succes/blogs/energie/risk-of-cyber-security-attacks-on-smart-grid/>

5-2 発電分野における政策・研究開発動向の国際比較

表 5-13 に日本を含む主要国・地域（米国、欧州連合、ドイツ、韓国、中国）の発電分野における政策・研究開発動向の比較を示す。全体的には以下のように分析できる。

- ・ 電動車両は世界的に普及拡大する方向である。特に欧州を中心に 2030 年頃に新車は完全に電動化させる政策を打ち出しており、充電や V2G などの系統との連携や系統に与える影響を十分に検討する必要がある。
- ・ 2030～2035 年に向かつては各国とも再エネが主電源化していくことになる。ドイツは再エネ 80%を掲げるが、直近のエネルギー・政治情勢の影響の見極めも必要である。その一方で、米国は 2035 年にクリーン水素 100%に移行するとしているが、これは再エネに加え、火力発電+CCS、原子力発電などを組み合わせるとしており、方向性としては日本の参考になると考えられる。
- ・ 再エネ導入は、基本的に FIT や FIP で導入されているが、米国の各州や韓国のように RPS で導入を進めている国もある。
- ・ 系統の構成は各国ごとに異なっており、その系統安定化技術や対策も国際的に共通的（標準的）といえるものはないといえる。実際に Mission Innovation の Green Powered Future Mission でも、変動性再エネ実証では地域の多様性を重視するとしている。
- ・ インフラ整備では、各国とも系統強化の方向である。長く電力インフラへの投資を行ってこなかった米国も、2021 年 11 月に成立したインフラ投資法にて投資が行われる見込みである。韓国（韓国電力公社）も再エネ拡大には増強が必要と認識しており、系統増強の検討を始めている。
- ・ 再エネ拡大で系統が不安定になる要因の一つである慣性力低下の問題は、各国ともに十分認識しており、活発な研究開発が行われている。欧州では複数のプロジェクトが進められている。基本はスマートインバーターの開発になる。
- ・ スマートグリッド・VPP の実証も進められているが、欧州ではすでに需給調整市場のアイテムとしてサービスが提供されている段階で、他の国よりもリードしている。ただしこれは、技術進展のためというよりは、需給調整市場の整備が進んでいることが最大の理由と考えられる。

表 5-13 発電分野における政策・研究開発動向の国際比較

項目	日本	米国	欧州連合	ドイツ	韓国	中国
CO2 削減目標	・ 2030 年：46%減 (2013 年比) ・ 2050 年：カーボンニュートラル	・ 2030 年：50～52% (2005 年比) ・ 2050 年：80%以上 (2005 年比)	・ 2030 年：55%以上 (1990 年比) ・ 2050 年：カーボンニュートラル	・ 2030 年：55% (1990 年比) ・ 2040 年：70% (1990 年比) ・ 2050 年：80～95% (1990 年比)	・ 2030 年：40% (2017 年比) ・ 2050 年：カーボンニュートラル	・ 2030 年：排出量ピーク、GDP 当たり排出量 60～65% (2005 年比) ・ 2060 年：カーボンニュートラル
電動車両目標	・ 2030 年：HV 30～40% EV/PHV 20～30% FCV ～3%	・ 2030 年：新車の 50%が電動車両 (BEV、PHEV、FCV)	・ 2035 年：新車の 100%が EV/FCV	・ 2030 年：EV 累計1500万台	・ 2030 年：エコカー累計 785 万台	・ 2035 年：HEV 50% EV/PHV/FCV 50%
電力に関する目標 (2030 年)	・ 再エネ 36～38% ・ 水素・アンモニア 1% ・ 原子力 20～22% ・ LNG 20% ・ 石炭 19% ・ 石油等 2%	・ 2035 年：クリーン電力 100%	・ 再エネ比率 65%	・ 再エネ比率 80%	・ 石炭 36.1% ・ 原子力 23.9% ・ 天然ガス 18.8% ・ 再エネ 20.2%	・ 風力・太陽光の合計 1200GW
再エネ導入の基本政策	・ FIT 制度から FIP 制度へ (2022 年 4 月)	・ 約 30 州が RPS 制度を設定 ・ 税制優遇措置 (投資税額控除等)	・ 改正再エネ指令 (RED II、2018) にて各国導入目標を示す	・ FIP 制度 (2014 年以降義務化)	・ RPS 制度 (50 万 kW 以上の発電事業者は 2022 年までに 10%以上)	・ 再生可能エネルギー法 ・ 14 次五ヵ年計画 ・ FIT 制度
系統の構成	・ 同期系統：北海道エリア、東日本エリア、西日本エリア	・ 東部系統、西部系統、テキサス系統	・ 同期系統：大陸欧州 SA を中心に、北欧 SA、バルト SA、英国 SA、北アフリカ SA、トルコ SA あり	・ 大陸欧州 SA	・ 全国 (韓国電力公社)	・ 華北系統、華東系統、華中系統、南方系統、東北系統、西北系統、チベット系統に分かれる

項目	日本	米国	欧州連合	ドイツ	韓国	中国
インフラ整備	・ マスタープラン策定中 ・ 北海道・東京（新設、800 万 kW） ・ 中部・関西（増強、278 万 → 556 万 kW） ・ 中国・九州（増強、278 万 → 556 万 kW） ・ 東京エリア内（増強）	・ インフラ投資法（2021 年 11 月）で送電線増強に 650 億ドル投資	・ 10 億ユーロをクロスボーダー系統増強に投資 ・ ENTSO-E が系統整備計画を発表	・ 南北直流送電線増強を計画	・ 韓国電力公社にて検討中	・ 内陸と沿岸を結ぶ 4.8 万 km の特別高圧送電線網を整備中
研究開発の主体	・ 経済産業省、等	・ DOE 等	・ DG Energy	・ 連邦経済・気候保護省、DENA	・ 産業通商資源部、韓国電力公社	・ 科学技術部
慣性力に関する実証	・ NEDO 次世代電力ネットワーク安定化技術開発	・ NREL、SNL 等がスマートインバーター研究	・ MIGRATE、PROMOTioN、FRESLING 等のプロジェクトを実施	・ IAEW RWTH Aachen、Fraunhofer IMM、Karlsruher Instituts für Technologie 等にて研究	・ 韓国電力公社にて研究開始（西済州・韓林地域で実証）	—
スマートグリッド・VPP 実証	・ VPP 構築実証事業 ・ スマートコミュニティ実証	・ カリフォルニア州等で VPP サービス提供	・ 需給調整市場で VPP サービス提供	・ 需給調整市場 ・ 小規模事業者が VPP サービスを提供	・ 済州島でのスマートアイランド計画	・ スマートグリッドの技術開発を実施 ・ 上海で VPP 実証

（FIT=Feed-in Tariff、FIP=Feed-in Premium、RPS=Renewable Portfolio Sytandard）

出所：各種資料より作成

6 MI の下で実施される活動の情報収集

6-1 MI ニュースレターのまとめ

6-1-1 MI はパリ合意達成を加速させるため、今後 10 年のクリーンエネルギーのイノベーションを推進

(2021 年 6 月 2 日)

(1) 概要

- 23 ヶ国の政府（クリーン・エネルギー・イノベーションの公共投資の 90%以上を占める）は、今後 10 年間でクリーンエネルギーを安価かつアトラクティブにするために、さらなる行動を約束した。
- Mission Innovation 2.0 は、2030 年までに安価なクリーンエネルギーソリューションを提供するため、クリーンエネルギーの R&D・実証への投資を促進するためのイノベーションの 10 年をリードする。
- 初期的には電力システム、船舶、水素の 3 つのミッションと、各国の投資を最大化するためのグローバルプラットフォーム（インサイト、国際協力、インキュベーション）の構築を行う。

(2) Mission Innovation 2.0 で発表された共同声明（22 ヶ国＋EC）

- 世界の多くの政府や企業が野心的な気候目標やネット・ゼロ・エミッション達成に向けてコミットする中、イノベーションの必要性はこれまで以上に重要で緊急である。パリ協定の達成には、経済のすべてのセクターが、この 10 年間でコスト競争力のあるクリーンエネルギーソリューションにアクセスする必要がある。
- 2030 年までの気候・エネルギー目標を達成するために、各国はいかにクリーンエネルギー技術やクリーンエネルギーセクターの開発を進めるかを記載した「国家イノベーションパスウェイ」を策定することにも合意した。



(3) Mission Innovation 2.0 の新ミッション

- ・ 各ミッションは各国の政府がリードし、政府と民間部門が連携して実施する。
- **Green Powered Future (中国、イタリア、英国がリード)**
2030 年までに、多様な地域や気候での電力システムにおいて、費用対効果が高く、安全でレジリエントな電力システムを維持したまま、最大 100%の変動性再エネ（風力、太陽光）を効果的に統合させる実証を行う。
- **Clean Hydrogen (オーストラリア、チリ、英国、米国、欧州連合がリード)**
2030 年までにエンドユーザでの水素コストを 2 米ドル/kg に低減し、クリーン水素（グリーン水素、ブルー水素）がコスト競争力を得ることを目指す。水素技術の研究開発を増加させ、水素製造・貯蔵・最終用途全体における Hydrogen Valley を少なくとも 100 か所展開する。
- **Zero Emission Shipping (デンマーク、米国、ノルウェー、Global Maritime Forum、Maersk McKinney Moller Center for Zero Carbon Shipping)**
2030 年までに世界の遠洋航行において、ゼロエミッション燃料（グリーン水素、アンモニア、メタノール）で航行する船舶のシェアを少なくとも 5%とする。
- **Innovation Platform**
イノベーションの進捗確認、情報交換とコラボレーションの強化、投資家・イノベーター・エンドユーザーと協力を行うことで、新しいクリーンエネルギーソリューションに対する信頼を向上させる。
(本プラットフォームの一環として、インドはインキュベーターのネットワークの構築のための Mission Innovation CleanTechExchange を立ち上げる)

6-1-2 Green Powered Future Mission の本格稼働

(2021 年 6 月 28 日)

(1) 概要

- ・ MI 事務局は、Green Powered Future Mission の Mission Director である Luciano Martini (Director of the T&D Technologies Department, RSE) にチャットでインタビューを行った。

(2) Green Powered Future Mission の特徴は何か？なぜ国際協力が必要なのか？

- ・ 目標は 2030 年までに、費用対効果が高く、安全でレジリエントな電力システムを維持したまま、最大 100%の変動性再エネを効果的に統合することである。
- ・ 単独の国がこの目標を達成することはできないため、官民パートナーシップに基づき、先進国と発展途上国の両方でミッションを効果的に実施する。

(3) Green Powered Future Mission が目標を達成した場合、2030 年の世界はどうなるか？

- ・ 最終電力消費における再エネシェアが拡大され、世界の脱炭素化目標の達成に大きく貢献する。
- ・ さらに開発途上国や遠隔地にクリーンで手頃なエネルギーへのアクセスに貢献し、SDGs 達成を促進する。

(4) ミッション設定時の最大の課題は何か？

- ・ 幅広い連携を実現すること難しい作業ではなかった。より多くのパートナーがミッションに参加すると思う。
- ・ 実証はローカルで行われるため、さまざまな国益と視点を共通ミッションに統合することが課題であった。

(5) 今後のミッションの計画は何か？

- ・ 最初の主な取り組みは、COP26 にむけて共同ロードマップを開発すること。今後 10 年間の R&I ニーズ（プライオリティ）を 100 特定することを目指している。

6-1-3 MI Innovation Platform: 新しいソリューションへの信頼性向上のために
(2021 年 7 月 9 日)

(1) 概要

- ・ MI Innovation Platform は 6 月 2 日の Innovating to NewZero サミットで発表された。

(2) MI 第 1 フェーズの成功に基づき、MI Innovation Platform は以下を実施

- ・ INSIGHTS : イノベーションの進捗状況を確認し、イノベーションポリシーの理解を加速するために、重要でロバストなインサイトを提供
- ・ COLLABORATE : 情報交換や R&D ニーズの特定、資金提供者の招集を行うためにメンバー間の協力を生み出すメカニズムの提供
- ・ ACCELERATE : イノベーター、投資家、エンドユーザーと協力して、市場に向けたソリューションを加速

(3) Innovating to NewZero サミットにて 4 つの「COLLABORATE」イニシアティブを開始

- ・ 持続可能な航空燃料 (SAF) の革新 (インドと米国がリード)
- ・ エネルギー材料 (M4E) (カナダとドイツがリード)
- ・ 低コストな建物用暖房・冷房のイノベーションコミュニティ (オーストラリア、EC、インド、スウェーデン、アラブ首長国連邦、英国、米国が参加)
- ・ クリーンエネルギーの国際共同研究・開発・実証を促進するための MICall シリーズ (オーストラリアとスウェーデンがリード)

最初の「ACCELERATE」イニシアティブ

- ・ インキュベーターの支援と国際協力ネットワーク「Mission Innovation CleanTechExchange」(インドとクリーンエネルギー国際インキュベーターセンターがリード)

6-1-4 トピック「クリーンエネルギー材料の開発加速のための国際連携」

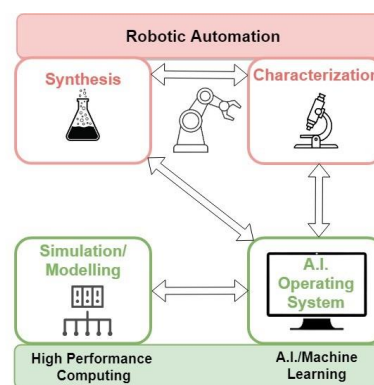
(2021 年 7 月 13 日)

(1) Materials for Energy (M4E) の目的

- ・ クリーンエネルギーのコストの 50～80%は材料に由来する。
- ・ Materials for Energy (M4E) は、MI Innovation Platform の新しい共同イニシアティブで、新規材料開発を通じて MI 全体をクロスカッティング的に支援する。共同議長はドイツとカナダ。

(2) M4E の展開：材料開発加速プラットフォーム (MAP)

- ・ M4E と連携している既存のイニシアティブ：
 - 【カナダ】 Centre for Accelerated Materials Discovery and Innovation (CAMDI) : カナダが国際連携拠点として 7000 万ドルをかけて建設中。
 - 【ドイツ・カナダ】 German-Canadian Materials Acceleration Centre (GC-MAC)
 - 【欧州】 Autonomous Discovery of Advanced Materials (ADAM)
 - 【欧州】 Storage Research Infrastructure EcoSystem (StoRIES)
 - 【欧州】 Battery Interface Genome-Materials Acceleration Platform (BIG-MAP)
- ・ M4E は「材料開発加速プラットフォーム (MAP : Materials Acceleration Platform)」を通じて実施する。
 - AI、スマート・ロボティクス、高性能コンピューティング (材料設計) を活用し、新材料 (水素、CCUS、バイオ燃料、エネルギー貯蔵、再エネ展開) を創出する (右図)。
 - 現在、カナダ (Project Ada、Matter lab)、ドイツ (Amanda1)、英国 (MIF)、米国 (ARES、Lego Chemistry) が MAP を実施している。またカナダでは 3D プリント、触媒・電気化学に関する新規 MAP を検討しており、インドやイタリアでも MAP が実施される予定である。
- ・ 欧州エネルギー研究アライアンス (EERA : European Energy Research Alliance) は、「イノベーションのためのエネルギー材料」 (EM4I : Energy Materials for Innovation) と称するワークショップを実施中。



6-1-5 トピック「クリーン・エネルギー・イノベーションの 10 年」
(2021 年 7 月 19 日)

(1) 概要

- ・ IEA による活動紹介。

(2) クリーン・エネルギー・イノベーションの重要性

- ・ IEA の「Net Zero by 2050」⁵⁵の分析では、ネット・ゼロ・エミッションを達成するためには、クリーン・エネルギー・イノベーションが極めて重要であり、2050 年の削減量のほぼ半分が、現在はまだ実証段階にある技術によるとしている。
- ・ この 10 年が重要であるが、十分な進展が見られていない。2030 年までに約 900 億ドルの公的資金が必要だが、現在で予算化されているのは約 250 億ドルにすぎない。IEA の「World Energy Investment 2021」⁵⁶レポートは、新型コロナの影響で、新技術の市場投入が遅れていると指摘している。



(3) IEA の活動

- ・ IEA は現在の 30 の加盟国を超えて、幅広く新エネルギー研究開発を支援してきた。
- ・ IEA は Mission Innovation と連携していく。一例として、ワークショップ「Working together to enhance global energy RD&D data collection」を開催した（表 6-1）。

表 6-1 IEA-MI「Working together to enhance global energy RD&D data collection」のアジェンダ

- ・ Setting the scene from the IEA.
- ・ Switzerland: Data collection of the Swiss energy research statistics.
- ・ Canada: Energy RD&D data collection process knowledge sharing.
- ・ Lithuania: On the path to establishing a RD&D data collection system in Lithuania. First steps.
- ・ Brazil: Working together to enhance public RD&D data collection, the Brazilian case.
- ・ France: Update of France energy public RD&D statistics taking into account ITER fundings.
- ・ Germany: Mapping Germany's energy RD&D expenditures to the IEA.

出所: IEA「Working together to enhance global energy RD&D data collection」

<https://www.iea.org/events/working-together-to-enhance-global-energy-rd-and-d-data-collection>

⁵⁵ <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

⁵⁶ <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2021>

6-1-6 トピック「IRENA によるエネルギーイノベーションの効果の検証」
(2021 年 7 月 20 日)

(1) 概要

- IRENA による「Tracking the Impacts of Innovation: Offshore wind as a case study」の紹介。

(2) モーチベーション

- IRENA は、再エネ技術の進捗状況を評価するための方法論を、英国と欧州連合 (Horizon 2020) の資金提供を受けて開発した。この方法論は、まずは洋上風力発電を例として開発したが、他の再エネ技術にも適用可能である。



(3) 洋上風力発電における評価指標

- 評価指標は約 30 の指標から構成され、以下の 3 つのカテゴリーに分類される (図 6-1)。
- イノベーションエコシステム (innovation ecosystem) :
官民のイノベーション支援メカニズム、研究基盤、知的財産、研究開発協力 等
- 技術進展 (technology progress) :
コスト低減、性能向上、学習効果 等
- 市場形成 (market formation) :
製品・サービスの差別化、国際基準・基準、輸出増

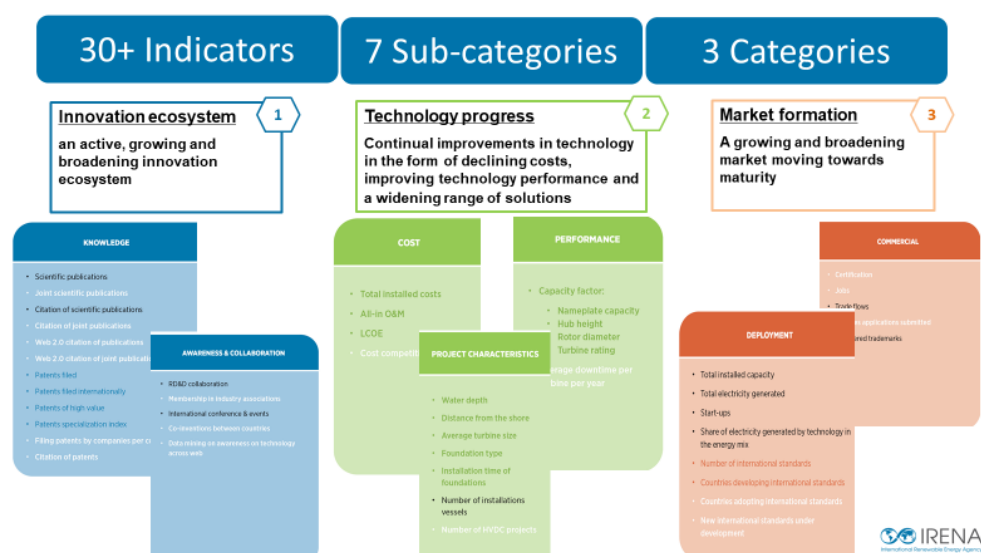


図 6-1 洋上風力発電における評価指標 3 つのカテゴリー

出所: IRENA「Tracking the Impacts of Innovation: Offshore wind as a case study」

<https://irena.org/publications/2021/Jun/Impact-of-Innovation-Offshore-wind-case-study>

- ・ 結果はレポート「Tracking the Impacts of Innovation: Offshore wind as a case study」として発表しているほか、インフォグラフィックスでも紹介している（図 6-2）。
- ・ 現在 IRENA は、本方法論を様々な再エネ技術に応用し、コスト削減と技術展開の関係を分析している。その成果は 2021 年秋に発表予定。



図 6-2 「Tracking the Impacts of Innovation: Offshore wind as a case study」の
インフォグラフィックスでの紹介

出所: IRENA「Tracking the Impacts of Innovation: Offshore wind as a case study」ダッシュボード
<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Impact-of-Innovation-Offshore-wind-case-study>

6-1-7 トピック「MI 新規公募:都市のネットゼロ達成支援」

(2021 年 8 月 10 日)

(1) 概要

- ・ Mission Innovation Platform における新規公募「MICall」の紹介。
 - 2019 年のテーマ (MICall19) : Energy Storage Solutions⁵⁷
 - 2020 年のテーマ (MICall20) : Digital Transformation for Green Energy Transition⁵⁸

(2) 2021 年のテーマ : Showcasing the Role of Cities (MICall21)

- ・ 目的 :
「Positive Energy Districts (PEDs)」を実現するための技術やプロセスデザインのイノベーション⁵⁹
- ・ MICall21 の分野 :
 - PED 実現のための国際専門家組織の構築
 - 既存の都市構造を気候ニュートラルにするための変革 (戦略、利害関係・エコシステムの調整、規制枠組み)
 - 官民パートナーシップ、ビジネスモデル、利害関係者動員、パブリック・インボルブメントにおける革新
- ・ 「MI Public Funders Dialogue」にて詳細を議論中 (2021 年 6 月に第 1 回会合開催)。

(3) 公募の条件

- ・ 公募開始 : 2021 年 10 月 6 日
- ・ 公募条件 :
 - 少なくとも 3 ヶ国が参加
 - 平均プロジェクト額予算 : 約 100 万ユーロ
 - 2022 年 6 月中旬までに決定・開始予定

⁵⁷ 公募総額は 2200 万ユーロで、58 の公募が集まり、欧州とインドを中心に 14 プロジェクトを採択。
https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/SG_Plus_Calls/SG_Joint_Call_2019

⁵⁸ https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/EnerDigit_Calls_funding/Joint_Call_2020

⁵⁹ PED=エネルギー効率が高く、エネルギーフレキシブルなネットゼロ都市 (再生可能エネルギーの余剰を、年間を通じて貯蔵・活用してネットゼロを達成)

6-1-8 トピック「建物向け冷暖房に関するグローバルイノベーションコミュニティの構築」

(2021 年 9 月 15 日)

(1) 概要

- ・ 本イノベーションは、MI のイノベーションプラットフォームの「COLLABORATE」モジュールの一部であり、「Global Cooling Prize」、「Comfort and Climate Box」、「Predictive Maintenance and Optimisation Project」の成果に基づいている。

(2) 目的

- ・ Convening the community (研究コミュニティの構築) :
イノベーションアジェンダに基づき、研究・イノベーションに関するグローバルコミュニティ（全体組織とワーキンググループ）を設置する。
- ・ Collaborating (コラボレーション) :
研究協力を促進し、冷暖房分野におけるイノベーションとインパクトをもたらすための民間投資を促進する。
- ・ Providing a repository (リポジトリの構築) :
ライブラリー、データベース、最新のイノベーショントピックに関する情報を含むリポジトリを構築する。
- ・ コミュニティの外のコミュニケーション (Communicating beyond our community) :
低炭素な冷暖房の課題と機会をより多くの人に発信する。

(3) 今後の展開

- ・ 10～11 月に「低炭素な冷暖房に関するイノベーションコミュニティの構築」に関するオンラインワークショップを開催する。
- ・ このコミュニティは、2026 年まで実施される。現状の参加は以下のとおり：
MI メンバー：オーストラリア、カナダ、欧州委員会、フィンランド、インド、韓国、モロッコ、オランダ、スウェーデン、サウジアラビア、英国等
その他：NPO

6-1-9 トピック「グローバル産業である船舶の脱炭素化に向けた課題と機会」
(2021 年 10 月 6 日)

(1) 概要

- ・ Simone Staal Kibæk (Director of the Zero-Emission Shipping Mission) へのインタビュー。

(2) Simone Staal Kibæk

- ・ Zero-Emission Shipping Mission のディレクター
- ・ デンマーク海事局の特別顧問
- ・ デンマーク海事局の気候チームのリーダー

(3) ゼロ・エミッション・ SHIPPING・MISSION に関して

- ・ 海運は国際貿易の基幹産業であり、世界の輸送量の約 80%を占め、世界の GHG 排出量の 2~3%を占めている。
- ・ 海運業界は競争が激しく、膨大なエネルギーを必要とし、各船舶が独自技術を持っているため、GHG 排出量をゼロにすることは困難である。
- ・ Zero-Emission Shipping Mission は、海事とエネルギーのバリューチェーン全体で、ゼロエミッションの海運の商業運用が実現可能であることを実証する。

(4) ミッションの課題

- ・ 国際海運の脱炭素化のために、船舶建設、燃料インフラ構築、ゼロエミッション燃料の拡大が必要。
- ・ 国、燃料供給者、港湾・ターミナル運用者、船主などの関係者のコミットと協力が必要。

(5) ミッションの計画

- ・ 国際海運の脱炭素化のためのイノベーションを特定し、2030 年までのミッションロードマップを作成中。COP26 にて調査結果を発表し、協力を促していく。

6-1-10 トピック「Breakthrough Energy Catalyst が環境技術プロジェクトに関する最初の ROI を発表」
(2021 年 10 月 15 日)

(1) 概要

- Bill Gates 氏の Breakthrough Energy が実施している Catalyst プログラムは 9 月 20 日に、4 技術分野（グリーン水素、SAF、DAC、長期エネルギー貯蔵）に関する市場予想・技術状況の情報提供依頼（RFI）⁶⁰を要望した。情報提供の締め切りは 10 月 20 日。この RFI で集約された情報は、提案依頼書（RFP）に活用する。
- RFP⁶¹は 2021 年末に発表された。RFP では 4 年間で 30 億ドルを提供し、これにより総額 100 億ドルの資金調達が刺激される見込み。
- RFI 要望とともに、Breakthrough Energy の Catalyst プログラムは、最初のアンカーパートナー 7 社を発表した⁶²。

⁶⁰ Breakthrough Energy Catalyst 「Request For Information」
<https://www.breakthroughenergy.org/-/media/files/bev/catalyst-rfi/bec-rfi.pdf>

⁶¹ Breakthrough Energy Catalyst 「Request For Proposals」
<https://www.breakthroughenergy.org/catalyst-rfp>

⁶² 7 社は次の通り：American Airlines (AAL)、ArcelorMittal (MT)、Bank of America (BAC)、The BlackRock Foundation、Boston Consulting Group、General Motors (GM)、Microsoft (MSFT)
<https://www.breakthroughenergy.org/articles/catalyst-anchor-partners-announced>

6-1-11 トピック「パリからグラスゴーへ：Breakthrough Energy とパートナーシップ締結」
(2021 年 11 月 3 日)

(1) 概要

- Mission Innovation と Breakthrough Energy は 11 月 3 日、官民コラボレーションの推進と低炭素技術に関する取り組みに関して基本合意書（letter of intent）⁶³を締結した。合意書には、低・中所得国での実証プロジェクトへの共同実施、グリーン水素、SAF、DAC、長期エネルギー貯蔵などの共通優先事項への協力も含まれる。
- 今回の合意書の発表は、6 年前に COP21（パリ）で始められた両組織のコラボレーションがベースにある。
- Breakthrough Energy Catalyst はすでに、欧州委員会、米国エネルギー省、英国とのコラボレーション、さらに 7 企業とのパートナーシップを発表している。



⁶³ “Letter of intent on a Breakthrough Energy and Mission Innovation collaboration” (2021 年 11 月 3 日)
<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/11/MI-Breakthrough-Energy-signed-agreement-031121.pdf>

6-1-12 トピック「23ヶ国が、世界の GHG 排出量の 50%に係るクリーンエネルギー技術におけるイノベーション加速のための新ミッションの開始を発表」
(2021 年 11 月 9 日)

(1) 概要

- ・ 本日 COP26 にて、最もチャレンジングなセクターの脱炭素化のために、新しい 4 つのミッションが立ち上がった。
- ・ MI は産官のプラットフォームで、複数の分野でクリーン技術の開発と実証を行なっている。MI メンバーは今後 10 年間で 2500 億ドルをクリーンエネルギー分野に投資する。
- ・ MI メンバーは 2015 年以来、クリーンエネルギー・イノベーションへの投資を毎年 58 億ドル増加させており、合計で 1,500 のイノベーションを支援している。その潜在的な GHG 削減量は 2030 年時点で 210 億トン/年である。

(2) 新規ミッション：Urban Transitions Mission⁶⁴

- ・ 都市は世界のエネルギー消費の 3/4 を占め、GHG 排出量の 70%を占めている。本ミッションは 2030 年までに少なくとも 50 の大規模実証を都市部で行い、都市がネットゼロに移行できる方策を提供する。10,000 以上の都市の排出量削減に寄与する。
- ・ リード：欧州委員会、世界気候エネルギー首長誓約 (Global Covenant of Mayors for Climate & Energy)、Joint Programming Initiative (JPI) Urban Europe

(3) 新規ミッション：Net-Zero Industries Mission⁶⁵

- ・ 重工業（鉄鋼部門、セメント部門、化学部門）は高温を要し、大量のエネルギーを消費する。この 3 部門は世界の GHG 排出量の 1/4 を占める。この部門は投資規模も膨大で、回収期間も長く、施設寿命も 20 年を超える。次の設備投資時期に適切な GHG 排出削減技術を導入することで、合計 600 億トンの GHG を削減し、2050 年にゼロエミッションを達成できるようになる。
- ・ リード：オーストラリア、オーストラリア（詳細は 2022 年に発表）

(4) 新規ミッション：Carbon Dioxide Removal (CDR) Mission⁶⁶

- ・ 2030 年までに年間 1 億トンの CO₂ を削減する。他の排出削減技術の補完として、大気中の CO₂ の直接低減をめざし、CDR 産業育成とパイロット実証を支援する。
- ・ リード：米、サウジアラビア、カナダ

⁶⁴ <http://mission-innovation.net/missions/urban-transitions-mission/>

⁶⁵ <http://mission-innovation.net/missions/net-zero-industries-mission/>

⁶⁶ <http://mission-innovation.net/missions/carbon-dioxide-removal/>

(5) MI に対する識者の声

- John Kerry, U.S. Special Presidential Envoy for Climate :
「MI は、今世紀半ばまでにネットゼロに移行するために、削減が困難な分野や横断的な技術開発を通じて、イノベーションを加速させている」
- Frans Timmermans, Vice-President of the European Commission :
「MI は、ワンボイスによって各国政府を動かし、官民がダイナミックに連携し、クリーンエネルギーのソリューションを開発・拡大するように支援している」
- Bill Gates, Founder of Breakthrough Energy :
「Breakthrough Energy と MI の長期的なパートナーシップは、フォーカスエリアを拡大し、新イノベーションと気候変動対策の R&D・実証のための資金を拡充することで、ビジョンを実現する」
- Espen Mehlum, Head of Energy, Materials and Infrastructure Program, Benchmarking and Regional Action, World Economic Forum :
「主要国や多くのステークホルダーが参加する MI は、クリーンエネルギー・イノベーションを加速し、グローバル化するための中心的な力となる」
- Juan Carlos Jobet, Minister of Energy and Mines, Chile :
「MI メンバーが推進するコラボレーションとイノベーションを通じて、我々はパリ協定目標を達成し、次世代のために環境に優しい未来を提供する力となる」

6-1-13 トピック「COP26 の成果」(COP26 Outcomes)

(2021 年 11 月 24 日)

(1) Glasgow Breakthroughs

- ・ 11 月 2 日に、パリ協定目標の達成のために、今後 10 年間で国際的に取り組む技術を特定した Glasgow Breakthroughs⁶⁷（電力、鉄鋼、道路交通、水素）が発表された。また MI のミッション（クリーン水素、グリーン電力、ネットゼロ産業）の取り組みは、Glasgow Breakthroughs の達成において重要と認識された。

(2) MI-CEM のラウンドテーブルと将来イベント

- ・ MI と CEM は 11 月 4 日に会合し、MI2.0 と CEM3.0 の連携を議論した。
- ・ 米国は次期 MI/CEM をホストすることを発表した（2022 年 9 月、ピッツバーグ）⁶⁸。また米国は MI2.0 の最初の閣僚会議をホストする。

(3) 新規ミッションの発表

- ・ Science and Innovation Day にて、MI は 4 つの新規ミッション⁶⁹を発表した。

(4) 既存ミッションの報告

- ・ Clean Hydrogen Mission :
ディスカッションペーパー「Hydrogen Research, Development & Innovation: Global Priorities in Support of Clean Hydrogen Industry Development」⁷⁰を発表した。
- ・ Green Powered Future Mission :
11 月 9 日にロードマップを発表した。発表イベントでは、複数の国やビジネスリーダー、専門家のメッセージやパネルディスカッションが行われた。
- ・ Zero-Emission Shipping Mission: :
11 月 8 日にデンマークパビリオンで論文「The Pathway to 2030」を発表した。その後のセッションで、アクションや課題、マイルストーンを議論した。

⁶⁷ 26th UN Climate Change Conference of the Parties (COP26) 「Breakthrough Agenda – Launching an annual Global Checkpoint Process in 2022」 (2021 年 11 月 9 日)
<https://ukcop26.org/breakthrough-agenda-launching-an-annual-global-checkpoint-process-in-2022/>

⁶⁸ US DOE 「DOE Will Host 2022 Joint International Clean Energy and Mission Innovation Ministerials in Pittsburgh, Pennsylvania」 (2021 年 11 月 4 日)
<https://www.energy.gov/articles/doe-will-host-2022-joint-international-clean-energy-and-mission-innovation-ministerials>

⁶⁹ Urban Transitions Mission、Net-Zero Industries Mission、Carbon Dioxide Removal (CDR) Mission、Integrated Biorefineries Mission

⁷⁰ Mission Innovation, Clean Hydrogen Mission
http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/11/Mission-Innovation-Discussion-Paper_final.pdf

(5) Mission Innovation と Breakthrough Energy

- ・ MI と Breakthrough Energy は 11 月 3 日にパートナーシップを発表した⁷¹。

(6) Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities

- ・ MI は Cool Coalition⁷²、UN Environment Programme⁷³、Rocky Mountain Institute⁷⁴、Global Covenant of Mayors for Climate & Energy⁷⁵、Clean Cooling Collaborative⁷⁶とともに、都市の脱炭素化のためのハンドブック「Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities」⁷⁷を発表した。80 のケーススタディが含まれている。

⁷¹ “Letter of intent on a Breakthrough Energy and Mission Innovation collaboration” (2021 年 11 月 3 日)

<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/11/MI-Breakthrough-Energy-signed-agreement-031121.pdf>

⁷² <https://coolcoalition.org/>

⁷³ <https://www.unep.org/>

⁷⁴ <https://rmi.org/>

⁷⁵ <https://www.globalcovenantofmayors.org/>

⁷⁶ <https://www.cleancoolingcollaborative.org/>

⁷⁷ UNEP 「Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities」
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/37313/BTH.pdf>

6-1-14 トピック「COP26:MI 以外の気候変動・クリーンエネルギー関連イノベーション成果」
(2021 年 12 月 14 日)

(1) CO2 直接削減 (CDR) と CCUS

- ・ 米国エネルギー省は、大気中の CO₂ を、100 ドル/トン・CO₂ のコストで 10 億トンレベルで回収・貯蔵するイニシアティブ「Carbon Negative Earthshot」⁷⁸を発表した。
- ・ ノルウェーの研究機関 SINTEF は、CDR などの気候ポジティブ技術を支援するための「グローバル気候基金 (Global Climate Fund)」⁷⁹を立ち上げた。
- ・ オーストラリアは、Clean Energy Finance Corporation が CCUS 技術に投資することを禁止していた法律を改定し、10 億豪ドルの基金（うち政府拠出分 5 億豪ドル）を立ち上げた⁸⁰。
- ・ 英国・EU で CCUS を推進している Carbon Capture and Storage Association は、複数の CCUS ケーススタディ⁸¹を発表した。これには英国東海岸の、世界最初のネットゼロ産業クラスター「Zero Carbon Humber」⁸²を含む。

(2) 水素とアンモニア

- ・ 5 つの水素産業組織⁸³が、水素政策の明確化を各国政府に求めた。
- ・ 国際再生エネルギー機関 (IRENA) と世界経済フォーラム (WEF) は、「グリーン水素実現政策ロードマップ (Enabling Measures Roadmaps for Green Hydrogen)」⁸⁴を発表した。
- ・ 国際エネルギー機関 (IEA) は、より持続可能な窒素系肥料生産への道筋を示した「アンモニア技術ロードマップ (Ammonia Technology Roadmap)」⁸⁵を発表した。

⁷⁸ US DOE 「Carbon Negative Shot」
<https://www.energy.gov/fecm/carbon-negative-shot>

⁷⁹ SINTEF 「Global Climate Fund」
<https://sintefclimatefund.org/>

⁸⁰ Reuters 「Australia to set up \$740 mln fund to develop low-emissions technology」 (2021 年 11 月 10 日)
<https://www.reuters.com/business/sustainable-business/australia-set-up-740-mln-fund-develop-low-emissions-technology-2021-11-09/>

⁸¹ Carbon Capture and Storage Association (CCSA), Resources
<https://www.ccsassociation.org/resources/>

⁸² <https://www.ccsassociation.org/resources/download?id=1539>

⁸³ 5 組織は次の通り : Australian Hydrogen Council (豪州)、H2KOREA (韓国)、Renewable Hydrogen Alliance (欧州)、Colorado Hydrogen Network (米コロラド州)、Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association (カナダ)

⁸⁴ IRENA 「IRENA Members Pave Way for New Green Hydrogen Toolbox」 (21 October 2021)
本ロードマップでは、日本と欧州委員会の水素政策・ロードマップを分析・比較している。
<https://www.irena.org/newsroom/articles/2021/Oct/IRENA-Members-Pave-Way-for-New-Green-Hydrogen-Toolbox>

⁸⁵ IEA 「Ammonia Technology Roadmap」 (2021 年 10 月)
<https://www.iea.org/reports/ammonia-technology-roadmap>

- ・ 米国は「H2 Twin Cities」プログラム⁸⁶を開始した。このプログラムは CEM の水素イニシアティブ⁸⁷の一環で、複数の都市が水素導入のベストプラクティスと教訓を共有する。
- ・ 持続可能な開発のための世界経済人会議（World Business Council for Sustainable Development : WBCSD）⁸⁸と持続可能な市場イニシアティブ（Sustainable Markets Initiative : SMI）⁸⁹は、エネルギー会社を含む 28 の大手企業が参加する「H2Zero イニシアティブ」⁹⁰を発表した。このイニシアティブは、年間 160 万トンの低炭素水素需要の創出が目的である。
- ・ ベルギーのアントワープ港・ゼーブルッヘ港とチリエネルギー省は、1.10 ユーロ/kg でグリーン水素を欧州に供給する二国間協定を発表した⁹¹。
- ・ オーストラリアと韓国は「低・ゼロ排出技術パートナーシップ」を締結した⁹²。ここには水素供給での協力が含まれている。
- ・ 多数の水素プロジェクトが発表・展示された（例 日本は水素・アンモニア発電に 1 億ドル投資⁹³、英国では最初の水素列車「HydroFLEX」⁹⁴を発表）。

(3) 船舶

- ・ 多くの海運企業・造船メーカーが参加する「Getting to Zero Coalition」⁹⁵では、政策的に実現性が高い 10 の主要海運ルートを特定した。また 2050 年以前でのネットゼロ目標を掲げている。

⁸⁶ US DOE 「H2 Twin Cities」

<https://www.energy.gov/eere/h2twincities/h2-twin-cities>

⁸⁷ CEM Hydrogen Initiative

<https://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/hydrogen-initiative>

⁸⁸ World Business Council for Sustainable Development : WBCSD

<https://www.wbcsd.org/>

⁸⁹ Sustainable Markets Initiative : SMI

（英チャールズ皇太子が創設したイニシアティブ）

<https://www.sustainable-markets.org/>

⁹⁰ H2Zero initiative

<https://www.h2bulletin.com/h2zero-initiative-sees-commitments-from-28-companies/>

⁹¹ Port of Antwerp 「Port of Antwerp, Port of Zeebrugge and Chile join forces to foster hydrogen production」(2021 年 11 月 4 日)

<https://newsroom.portofantwerp.com/port-of-antwerp-port-of-zeebrugge-and-chile-join-forces-to-foster-hydrogen-production>

⁹² Prime Minister of Australia 「Australia-Republic of Korea Low and Zero Emissions Technology Partnership」(2021 年 11 月 1 日)

<https://www.pm.gov.au/media/australia-republic-korea-low-and-zero-emissions-technology-partnership>

⁹³ 首相官邸「COP26 世界リーダーズ・サミット 岸田総理スピーチ」(2021 年 11 月 2 日)

https://www.kantei.go.jp/jp/100_kishida/statement/2021/1102cop26.html

⁹⁴ <https://www.porterbrook.co.uk/hydroflex-cop>

⁹⁵ Global Maritime Forum 「Getting to Zero Coalition」

<https://www.globalmaritimeforum.org/getting-to-zero-coalition>

(4) 道路交通

- ・ COP26 での「乗用車・バンのゼロエミッションへの移行加速宣言 (Declaration on Accelerating the Transition to Zero-Emission Cars and Vans)」⁹⁶には 38 ケ国、多くの自治体、主要自動車メーカー⁹⁷、商用事業者が署名した。この宣言では、主要都市では 2035 年までに、全世界では 2040 年までに、新車の 100%をゼロエミッション車とすることを目的としている。
- ・ 欧州を中心とする 15 ケ国⁹⁸が、2030 年までに中・大型車の新車 30%を、2040 年までに 100%をゼロエミッション車とすることを宣言した「Global MOU for Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicles (ZE-MHDVs)」⁹⁹に署名した。
- ・ World Bank は新興国と発展途上国の道路輸送の脱炭素化支援のために、今後数十年間で 2 億ドルを投資する信託基金「Global Facility to Decarbonise Transport」¹⁰⁰を立ち上げた。

(5) 航空

- ・ 航空分野での GHG 排出量削減のための「International Aviation Climate Ambition Coalition」¹⁰¹に 20 ケ国¹⁰²が署名した。低炭素航空機や SAF 展開、カーボンオフセット開発などを実施する。

⁹⁶ UNFCCC 「COP26 Declaration on Accelerating the Transition to Zero-Emission Cars and Vans」
(2021 年 11 月 10 日)

<https://ukcop26.org/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans/>

⁹⁷ 署名した国は次の通り：オーストリア、アゼルバイジャン、ベルギー、カンボジア、カナダ、カーボベルデ、チリ、クロアチア、キプロス、デンマーク、エルサルバドル、フィンランド、アイスランド、アイルランド、イスラエル、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルク、マルタ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポーランド、スロベニア、スウェーデン、バチカン、イギリス、ウルグアイ、アルメニア、ドミニカ共和国、ガーナ、インド、ケニア、メキシコ、モロッコ、パラグアイ、ルワンダ、トルコ、ウクライナ

署名した自動車メーカーは次の通り：Avera Electric Vehicles、BYD Auto、Etrio Automobiles Private Limited、Ford Motor Company、Gayam Motor Works、General Motors、Jaguar Land Rover、Mercedes-Benz、MOBI、Quantum Motors、Volvo Cars

⁹⁸ 署名国・地域は次の通り：オーストリア、カナダ、チリ、デンマーク、フィンランド、ルクセンブルク、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、スコットランド、スイス、トルコ、英国、ウルグアイ、ウェールズ

⁹⁹ Memorandum of Understanding on Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicles
<https://globaldrivetozero.org/site/wp-content/uploads/2021/11/Global-MOU-ZE-MHDVs-5-Oct-21.pdf>

¹⁰⁰ The World Bank 「Global Facility to Decarbonize Transport (GFDT)」
<https://www.worldbank.org/en/topic/transport/brief/global-facility-to-decarbonize-transport>

¹⁰¹ International Aviation Climate Ambition Coalition
<https://www.gov.uk/government/publications/cop-26-declaration-international-aviation-climate-ambition-coalition/cop-26-declaration-international-aviation-climate-ambition-coalition#declaration>

¹⁰² 署名国は次の通り：ブルキナファソ、カナダ、コスタリカ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ドイツ、アイルランド、イタリア、日本、ケニア、韓国、モルディブ、マルタ、モロッコ、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、スロベニア、スペイン、スウェーデン、トルコ、イギリス、アメリカ合衆国

- ・ 2030 年までに SAF 消費量を 10%に引き上げることを確約する「Sustainable Aviation Buyers Alliance」¹⁰³に、80 の航空機関連企業が署名した。
- ・ 世界経済フォーラム（WEF）の「Target True Zero initiative」¹⁰⁴に参画する 20 の航空会社（年間総乗客数 1 億 7700 万人、運用航空機数 800 機）は、電気、水素、ハイブリッド航空機などの新技術の活用に取り組む。

(6) 原発と核融合

- ・ 核融合技術が初めて UN COP26 Dialogue¹⁰⁵に取り上げられた（英国原子力公社が ITER プロジェクトを含むパネルを主催）。
- ・ 米国とルーマニアは、小型モジュール炉（Small Modular Reactor : SMR）の建設・実証に関する契約を締結した¹⁰⁶。
- ・ オーストリア、ドイツ、デンマーク、ルクセンブルグ、ポルトガルは共同声明を発表し¹⁰⁷、EU タクソノミー¹⁰⁸のリストに原発を含めることに反対した。

(7) 重工業

- ・ CEM の「Deep Decarbonisation Initiative (IDDI)」¹⁰⁹を通じて、英国、インド、ドイツ、カナダ、アラブ首長国連邦は、低炭素な鉄鋼、セメント、コンクリートの支援として、2050 年までに主要公共建設でネットゼロを達成することを約束した。2030 年の暫定目標は 2022 年半ばまでに合意される。
- ・ 世界経済フォーラム（WEF）、Accenture、米国電力研究所（Electric Power Research

¹⁰³ Sustainable Aviation Buyers Alliance

<https://www.flysaba.org/>

¹⁰⁴ Target True Zero initiative

<https://www.weforum.org/agenda/2021/07/targeting-true-net-zero-aviation/>

¹⁰⁵ United Nation Climate Action 「COP26 Dialogues」

<https://www.un.org/en/climatechange/cop26-dialogues>

¹⁰⁶ 在ルーマニア米国大使館「Announcement of Romania's Intent to Build First-of-a-Kind U.S. Small Modular Reactor to Address the Climate Crisis」（2021 年 11 月 2 日）

<https://ro.usembassy.gov/announcement-of-romanias-intent-to-build-first-of-a-kind-u-s-small-modular-reactor-to-address-the-climate-crisis/>

¹⁰⁷ ドイツ連邦環境省「Joint Declaration for a nuclear-free EU Taxonomy」（2021 年 11 月 11 日）

<https://www.bmuv.de/meldung/joint-declaration-for-a-nuclear-free-eu-taxonomy-de>

¹⁰⁸ 欧州委員会は 2022 年 1 月 1 日に、EU タクソノミーに天然ガス（火力発電）と原発を加える方針（EU タクソノミー委任法令の修正案）を発表した。欧州議会と欧州理事会の議論を通じて最終確定されるが、現状のままで正式採択される見通し。

参考：JETRO ビジネス短信「欧州委、EU タクソノミーに原子力や天然ガスを含める方針を発表」（2022 年 1 月 4 日）

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/01/ac9c1a69b9dd0330.html>

¹⁰⁹ CEM, Deep Decarbonisation Initiative (IDDI)

<https://www.cleanenergyministerial.org/initiative-clean-energy-ministerial/industrial-deep-decarbonisation-initiative>

Institute : EPRI) は、2024 年までに 100 以上の産業クラスターを巻き込むことを目的とした「Transitioning Industrial Clusters Towards Net Zero initiative」¹¹⁰を開始した。このイニシアティブにはすでにオーストラリア、英国、スペインの 4 つのクラスターが参画しているが、この 4 クラスターの合計 GHG 削減量は、デンマークの排出量に相当する約 3000 万トンである。

- ・ COP26 では複数の脱炭素化イノベーションが紹介されたが、そのうちの 하나가世界初のカーボンネガティブ製品である鹿島建設の CO2-SUICOM¹¹¹である。このコンクリートブロックは、杉が 1 年間に吸収する量と同等の CO2 を固化吸収する。

(8) 都市

- ・ 40 社を超える企業が、建設事業における脱炭素化を目指す「NetZero Carbon Buildings Commitment」¹¹²に署名した。

(9) 電力

- ・ 「Green Grids Initiative」¹¹³は、グローバルにグリーン電力網を相互接続する「One Sun One World One Grid initiative」¹¹⁴を開始した。
- ・ BP、Siemens Energy、Breakthrough Energy Ventures 等の 25 社を創設メンバーとし、「Long Duration Energy Storage Council」¹¹⁵が発足した。2040 年までに世界全体で 85～140 TWh の長期エネルギー貯蔵を展開し、電力部門の排出量を 10～15%削減することを目指している。

(10) 多様性と横断的次動

- ・ COP は「UN Climate Change Global Innovation Hub」¹¹⁶を立ち上げた。このハブには、デジタルプラットフォーム、気候変動影響判断ツール、資金提供スペースが含まれている。
- ・ 米国は、エネルギーシステム変革を目指す国家間パートナーシップ「Net Zero World Initiative」¹¹⁷を立ち上げた。メンバーは、米国政府と DOE 省傘下の国立研究所と提携

¹¹⁰ WEF, Transitioning Industrial Clusters Towards Net Zero initiative

<https://jp.weforum.org/projects/industrial-clusters>

¹¹¹ Japan Pavilion 「CO2 排出量ゼロ以下の環境配慮型コンクリート “CO2-SUICOM”」

http://copjapan.env.go.jp/cop/cop26/assets/pdf/co2_suicom.pdf

¹¹² World Green Building Council 「The Net Zero Carbon Buildings Commitment」

<https://worldgbc.org/thecommitment>

¹¹³ <https://climatecompatiblegrowth.com/green-grids-initiative/>

¹¹⁴ インド、英国、International Solar Alliance (ISA) のイニシアティブ。

<https://isolaralliance.org/work/osowog/>

¹¹⁵ Long Duration Energy Storage Council

<https://www.ldescouncil.com/>

¹¹⁶ UN Climate Change Global Innovation Hub

<https://unfccc.int/topics/un-climate-change-global-innovation-hub>

¹¹⁷ NREL 「Net Zero World Initiative」

<https://www.nrel.gov/international/net-zero-world.html>

し、ネットゼロを達成するための技術ロードマップと投資戦略を策定する。現在のパートナーはアルゼンチン、チリ、エジプト、インドネシア、ナイジェリア、ウクライナである。

- ・ 米国は、脱炭素化が困難な 7 分野（鉄鋼、セメント、アルミ、化学、船舶、航空、物流）でグリーン技術導入のために「First Movers Coalition」¹¹⁸を立ち上げた。参画する大手企業¹¹⁹の調達を通じて革新的なクリーンエネルギー技術の商業化と市場創出を推進する。
- ・ 米国は「Global Clean Technology Incubator Network」¹²⁰を立ち上げた。これは、エネルギー省傘下の NREL が世界の他の国立研究所、技術機関、投資家、企業、政府、NPO と提携してクリーンエネルギーインキュベーターのグローバルネットワークを構築する。
- ・ 欧州委員会、欧州投資銀行、Breakthrough Energy Catalyst のパートナーシップが正式に立ち上がった¹²¹。2022～2026 年に最大 8.2 億ユーロを投資し、2030 年目標の実現に寄与する。投資対象は、クリーン水素、SAF、DAC、長期エネルギー貯蔵の 4 部門である。
- ・ アラブ首長国連邦と IRENA は、発展途上国での再エネ展開(1.5GW)加速のため「Energy Transition Accelerator Financing (ETAF) Platform」¹²²を発表した。プラットフォームは最低 10 億ドルの資金を確保する目標を掲げており、UAE は 4 億ドルを投資する。

¹¹⁸ US Department of State「Launching the First Movers Coalition at the 2021 UN Climate Change Conference」(2021 年 11 月 4 日)

<https://www.state.gov/launching-the-first-movers-coalition-at-the-2021-un-climate-change-conference/>

¹¹⁹ 参画する企業は次の通り：A.P. Møller-Mærsk、Aker ASA、Agility、Airbus、Amazon、Apple、Bain & Company、Bank of America、Boston Consulting Group、Boeing、Cemex、Dalmia Cement (Bharat) Limited、Delta Air Lines、Deutsche Post DHL Group、ENGIE、Fortescue Metals Group、Holcim、Invenenergy、Johnson Controls、Mahindra Group、Nokia、Ørsted、ReNew Power、Salesforce、Scania、SSAB、Trafigura、Trane Technologies、United Airlines、Vattenfall、Volvo Group、Yara International、Western Digital、ZF Friedrichshafen AG

¹²⁰ US DOE「U.S. Secretary of Energy Reinforces America's Commitment to Climate Action at COP26」(2021 年 11 月 6 日)

<https://www.energy.gov/articles/us-secretary-energy-reinforces-americas-commitment-climate-action-cop26>

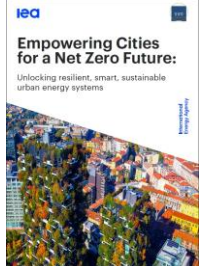
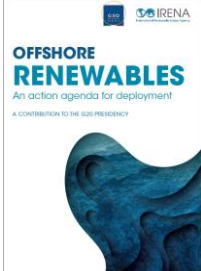
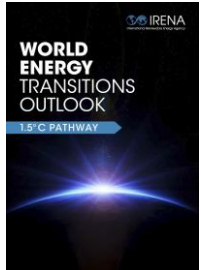
¹²¹ European Commission「Commission, Breakthrough Energy Catalyst and European Investment Bank advance partnership in climate technologies」(2021 年 11 月 2 日)

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_5586

¹²² IRENA「UAE and IRENA Launch USD 1 billion Global Finance Platform to Accelerate Renewable Energy Tweet」(2021 年 11 月 3 日)

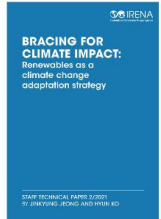
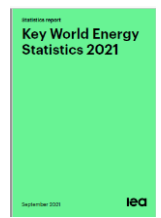
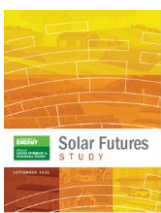
<https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2021/Nov/UAE-and-IRENA-Launch-USD1-billion-Global-Finance-Platform-to-Accelerate-Renewable-Energy>

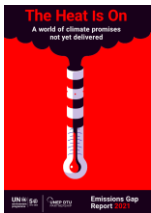
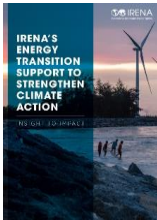
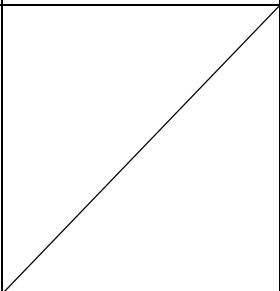
6-2 クリーン・エネルギー・イノベーション関連の見出し

IEA はコロナからの経済復興をモニターする新たな「Sustainable Recovery Tracker」を発表した。公的な復興支出のうち、クリーンエネルギー対策に割り当てられているのはわずか2%であり、現状ではCO2排出量は2023年以降に記録的なレベルにまで上昇すると想定される。 https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery-tracker	
IEA が G20 (ホスト:イタリア) のために作成した「Empowering Cities for a Net Zero Future」では、デジタル化の流れを受け、都市が将来のネット・ゼロ・エミッションの鍵になるとしている。 https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future	
IEA の「Electricity Market Report - July 2021」によると、2021年の電力需要は5%増加し、その半分近くは石炭等の化石燃料で賄われているため、2022年の電力部門のCO2排出量は記録に高くなるとしている。 https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-july-2021	
IRENA は G20 気候・エネルギー大臣会合 (7月22~23日、ナポリ) にて「Offshore Renewables: An Action Agenda for Deployment」を発表した。風力発電、波力発電、潮力発電、温度差発電、浮体式太陽光発電などの技術の商業化支援策を示している。 https://www.irena.org/publications/2021/Jul/Offshore-Renewables-An-Action-Agenda-for-Deployment	
IRENA の「World Energy Transitions Outlook」は、エネルギー変革により、パリ協定目標を達成し、気候変動を抑制するための道筋を示すものである。 https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook	
韓国現代自動車のベンチャーキャピタル Hyundai CRADLE Berlin¹²³ と韓国 POSCO グループのベンチャーキャピタル POSCO Capital¹²⁴ は、優れた水素関連技術・プロジェクトを特定するために「H2 challenge」を実施中 (応募期間: 2021年8月中旬まで)。	

¹²³ <https://www.cradleinc.com/>

¹²⁴ <http://www.poscocapital.com/>

MI は、第 6 回 MI 閣僚会議成果報告書を発行した。 https://mission-innovation.us17.list-manage.com/track/click?u=ba0fd02c94bf9d0a48328df2b&id=7c654d2c7c&e=fe7366d527	
Breakthrough Energy (Bill Gates が設立したクリーンエネルギーへの投資会社) は、2050 年までにネット・ゼロ達成するための技術開発を加速する Energy Catalyst Program の初期パートナーを発表： American Airlines、ArcelorMittal、Bank of America、The BlackRock Foundation、Boston Consulting Group、General Motors、Microsoft https://www.breakthroughenergy.org/catalyst-announcement	
WEF (World Economic Forum) の「Urban Transformation: Integrated Energy Solution」では、ネット・ゼロを大規模に達成するための都市の役割について検討している。 https://www.weforum.org/reports/urban-transformation-integrated-energy-solutions	
IRENA (国際再エネ機関) は「Bracing for Climate Impact: Renewables as a Climate Change Adaptation Strategy」にて、気候変動への適応と緩和・適応の相乗効果における再エネの役割を説明している。 https://www.irena.org/publications/2021/Aug/Bracing-for-climate-impact-2021	
IEA は、「Key World Energy Statistics 2021 (2021 年世界エネルギー主要統計)」を発表した。 https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021	
IPCC の「第 6 次評価報告書」は、気候システムと気候変動に関する最新の科学的知見を説明している。 https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/	
米国エネルギー省 (DOE) が発表した「Solar Future Study」では、米国の電力網の脱炭素化において太陽光が果たす役割を詳述している。2035 年までに国内電力の 40%を太陽エネルギーが賄う可能性がある。 https://www.energy.gov/articles/doe-releases-solar-futures-study-providing-blueprint-zero-carbon-grid	

インドは、製油所や肥料工場にグリーン水素の使用を段階的に増やすことを義務化した。 https://www.reuters.com/world/india/india-require-refiners-fertiliser-plants-use-some-green-hydrogen-2021-08-09/	
Climeworks（スイス）は世界最大の直接大気回収プラント「Orca」をアイスランドに開設した。Orca が販売するカーボンオフセットは（1,000€/トン）と世界一高価だが、コスト低減が記載されており、Bill Gates や Swiss Re（再保険会社）、アウディ等が顧客となっている。 https://climeworks.com/news/climeworks-launches-orca	
英国は「水素戦略」を発表した。2030 年までに低炭素水素製造能力を 5GW にする。また MI の目標とそろえて、2030 年までにエンドユーズの水素コストを 2 ドル/kg とすることも目標としている。 https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy	
UNEP は、2030 年の温室効果ガス排出量予測と、あるべき姿とのギャップを分析する「Emission Gap Report 2021: The Heat Is ON」を発行した。 https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021	
IRENA は、各国の NDC 達成の支援のための IRENA の活動を紹介する「Energy Transition Support to Strengthen Climate Action」を発表した。 https://www.irena.org/publications/2021/Nov/IRENA-Energy-Transition-Support-to-Strengthen-Climate-Action	
インドは COP26 にて、2030 年までのクリーンエネルギー普及目標（450GW、シェア 50%）の達成が可能であり、容量目標を 500GW に引き上げると述べた。 https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/india-to-achieve-50-clean-energy-share-500-gw-re-capacity-targets-before-2030-deadline-singh/articleshow/87604552.cms	
オーストラリア政府は「The Future Fuels and Vehicles Strategy」を発表した。この戦略では、政府は民間と協力し、ハイブリッド、水素、電気、バイオ燃料の普及を促進する。 https://www.industry.gov.au/sites/default/files/November%202021/document/future-fuels-and-vehicles-strategy.pdf	

6-3 Mission Innovation 関連資料

6-3-1 報告書「Hydrogen Valleys – Insights into the emerging hydrogen economies around the world」の概要

- ・ Hydrogen Valley は、水素経済構築のボトムアップとして地域的な「水素経済」を形成しつつある（図 6-3、図 6-4）。
- ・ 世界で 30 以上の Hydrogen Valley が登録されている（図 6-5）。
- ・ Hydrogen Valley プロジェクトの成功に必要な 5 つの必要要素は以下の通り。
 - 地域リソースと地域ニーズに対応する、説得性のある水素バリューチェーンコンセプトの構築
 - 競争力のあるクリーン水素製造と、オフテイカーを結びつける実行可能なビジネスケースの開発
 - 公的資金を得つつ、残った資金ギャップを埋める手段
 - 全関係者の継続的なコミットメントを確保するためのパートナー・ステークホルダーの協力体制
 - 政策立案者からの政治的支援と一般市民からの支持

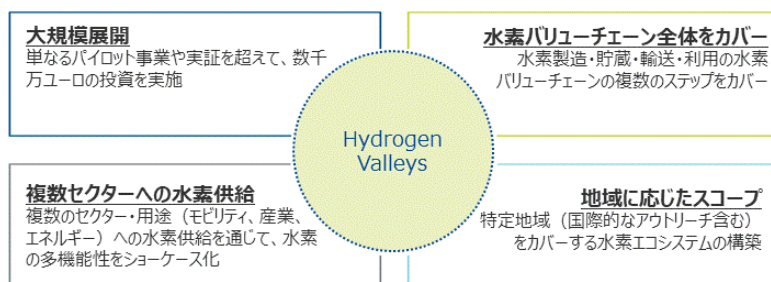


図 6-3 Hydrogen Valley の要素

出所: Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking「Hydrogen Valleys – Insights into the emerging hydrogen economies around the world」

https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/20210527_Hydrogen_Valleys_final_ONLINE.pdf

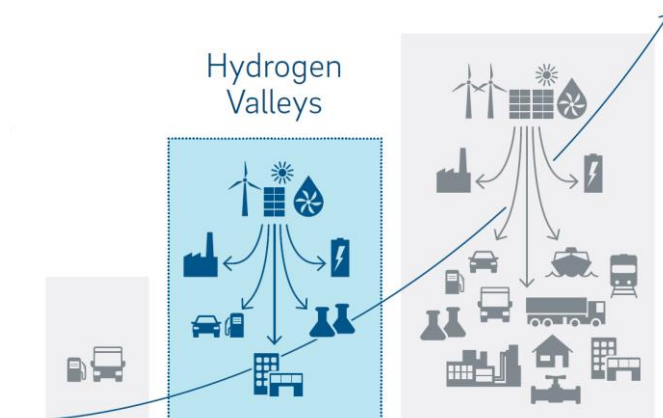


図 6-4 水素経済へのステッピングストーンとしての Hydrogen Valley

出所: Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking「Hydrogen Valleys – Insights into the emerging hydrogen economies around the world」

https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/20210527_Hydrogen_Valleys_final_ONLINE.pdf

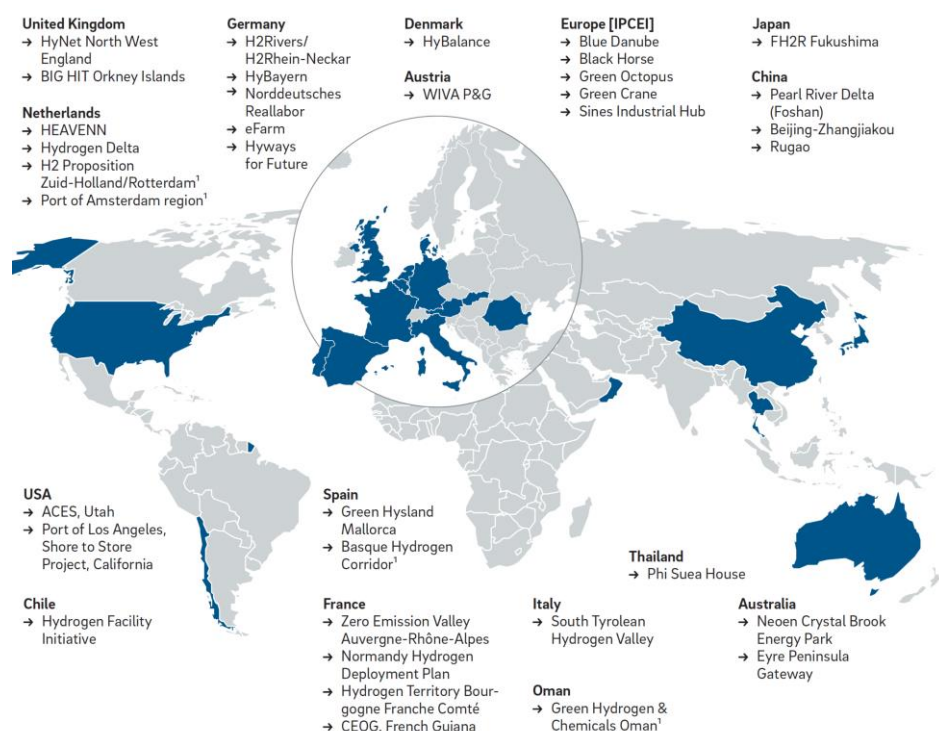


図 6-5 Mission Innovation Hydrogen Valley Platform の登録(2021 年 5 月 31 日現在)

出所: Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking「Hydrogen Valleys – Insights into the emerging hydrogen economies around the world」

https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/20210527_Hydrogen_Valleys_final_ONLINE.pdf

- ・ Hydrogen Valley プロジェクトの 5 つの障壁は以下の通り。
 - 公的資金の確保（資金提供団体での認知度向上と対話、公的資金の要求に合わせたプロジェクトコンセプトの柔軟な変更）
 - クリーン水素の引き取り手の確保
 - 民間資金の確保
 - プロジェクトの方向性（水素アプリケーション）に関する柔軟性と効率的な運用・メンテナンス
 - 規制（Hydrogen Valley の約 4 割が規制の問題に直面）
 - (i) 国の水素戦略の中で、国が水素経済についての明確なビジョンを持つこと
 - (ii) Hydrogen Valley の開発を支援する規制環境の構築
 - (iii) 許認可手続きのギャップを埋めること
 - (iv) Hydrogen Valley の設立のために地域のマッチメーカーとなること

6-3-2 IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」(2021 年 7 月発行)の概要

- ・ IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」は、IEA が G20（ホスト：イタリア）のために 2021 年 7 月に作成したもので、デジタル化の流れを受け、都市は低廉で持続可能なエネルギーを広く利用できる「ネットゼロ・エミッションの未来」への鍵であるとしている（図 6-6、図 6-7）。
- ・ 世界人口の 50%以上が都市に居住し、2050 年には 70%近くになる
- ・ 都市は CO₂ 排出量の約 70%を排出している
- ・ 都市は世界の GDP の 80%を占めている
- ・ 都市の脱炭素化は世界的な優先事項である

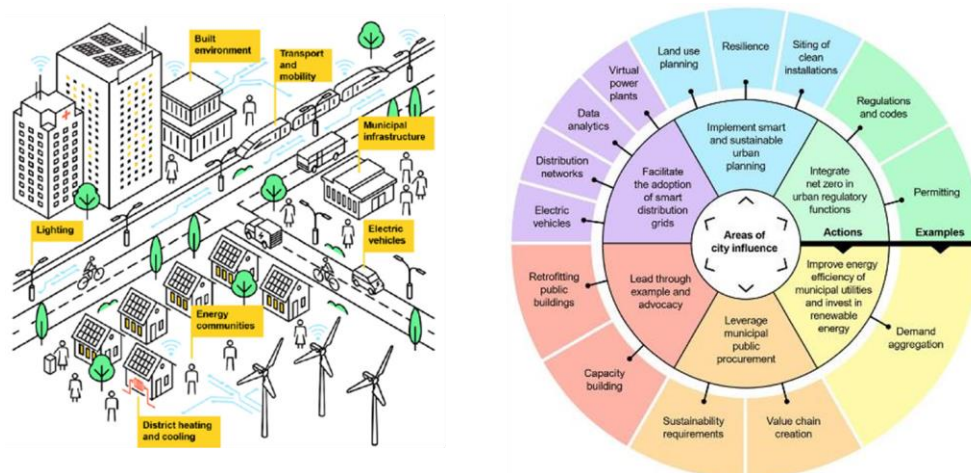


図 6-6 【左】Smarter Sustainable Cities のイメージ、【右】都市とローカルエネルギーシステムの関係

出所: IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」

<https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>

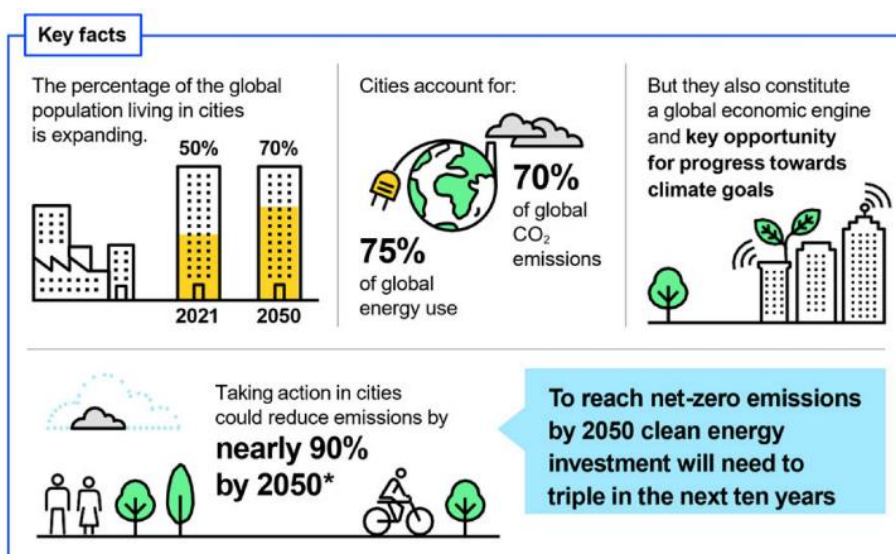


図 6-7 ファクト: 都市とゼロ・エミッション

出所: IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」

<https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>

- ・ デジタル化は持続可能なエネルギー転換を促進する（図 6-8）。
 - 分散型自然エネルギー増強、化石燃料削減、輸送・暖房の電化には課題はあるが、新たな機会でもある
 - 国や地方自治体は、都市のネット・ゼロ・エネルギーへの移行の支援が可能
- ・ デジタル化とスマートコントロールにより、2050 年までに建物の排出量を 3.5 億トンの CO2 削減可能（図 6-9）。
 - 建物のエネルギー効率とエネルギー需要の最適化が、気候目標を達成のカギ
 - 建物のデジタル化はエネルギー効率を向上し、ライフスタイルの変容をもたらす

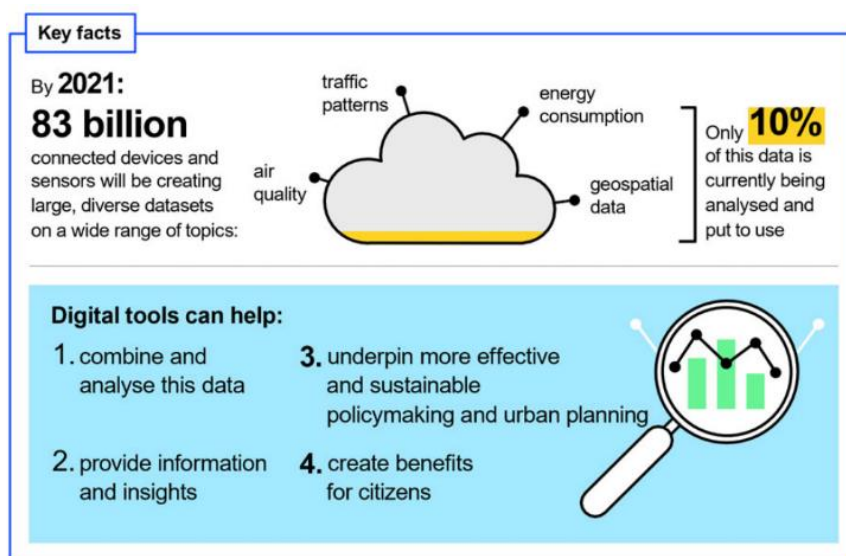


図 6-8 ファクト:都市とデジタル化

出所:IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」

<https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>

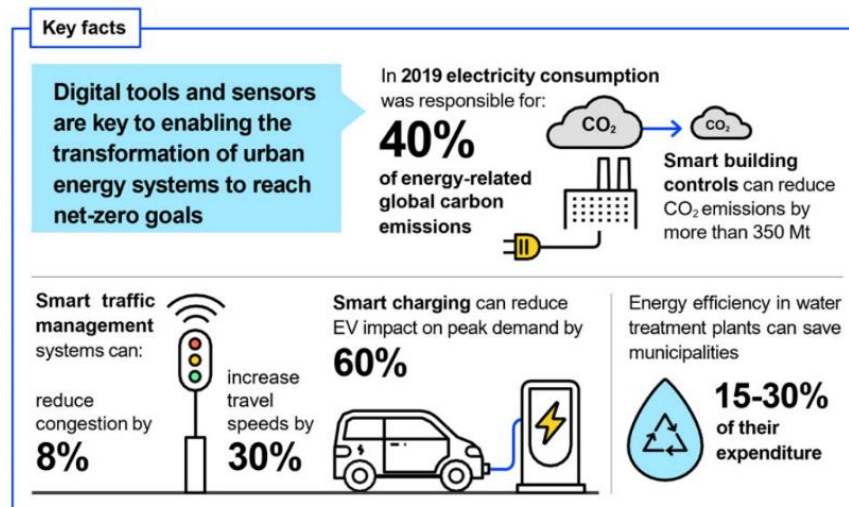


図 6-9 ファクト:都市とデジタル化(デジタル化による CO2 削減)

出所:IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」

<https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>

- ・ 都市交通は CO2 を 40 億トン排出しており、運輸部門の総排出量の 40%以上を占める。
- ・ デジタル化はモビリティのあり方を大きく変容
- ・ スマート充電や V2G は、変動性の自然エネルギーの交通機関への統合に寄与（図 6-10）
- ・ 充電時間を調整することで、EV の充電に必要な発電容量を約 60%抑制可能
- ・ 以下の 6 つの政策アプローチにより、都市のエネルギー転換を加速することができる。
 1. 人々を中心に据えた包括的な政策とプログラムの策定
 2. デジタル化とエネルギーに関するキャパシティビルディングの実施
 3. タイムリー・ロバスト・透明性のあるデータアクセスを確保
 4. 金融イノベーションの促進
 5. 国際基準・ベンチマークの開発と導入
 6. 情報シェアと学習の機会を設定

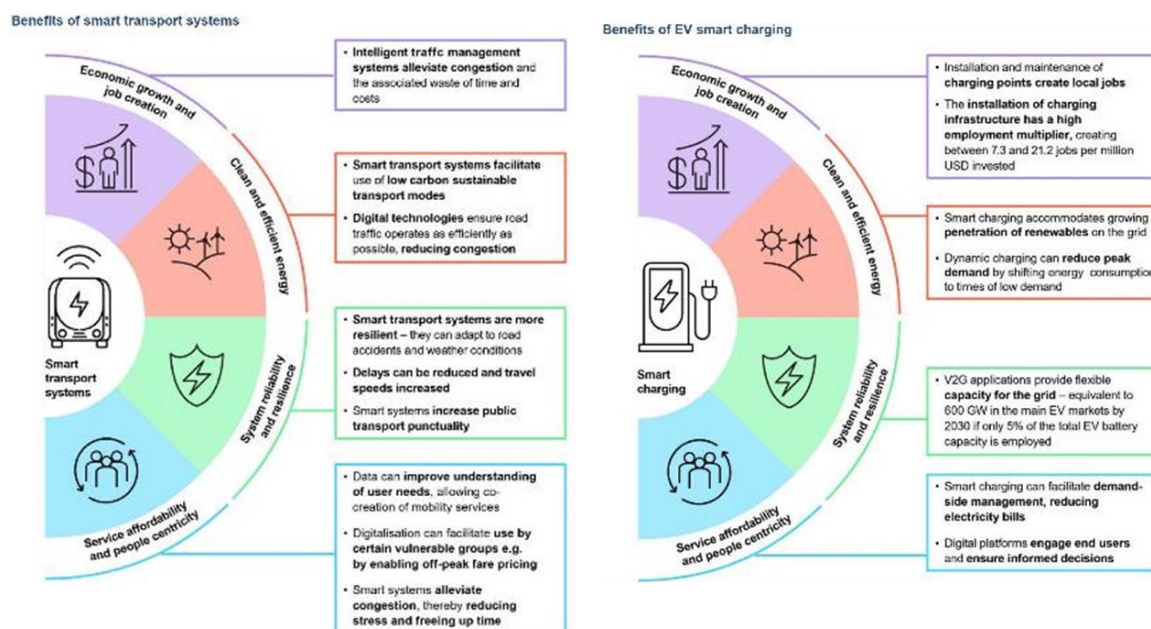


図 6-10 【左】スマート交通システムの効果、【右】EV スマート充電の効果

出所: IEA「Empowering Cities for a Net Zero Future」

<https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>

7 「ミッション・イノベーション」への活動の貢献

7-1 Clean Hydrogen Mission からのアンケート回答

2021 年 9 月に、Clean Hydrogen Mission より各メンバーに送付された水素分野の政策・プロジェクト動向に関するアンケートの回答支援を行った（表 7-1）。

表 7-1 Clean Hydrogen Mission の水素分野の政策・プロジェクト動向に関するアンケート

General ;

- 1) Does your country have already an existing 'hydrogen strategy'? Please indicate the website....
If not, when do you think your country will adopt such a strategy?
- 2) What are the key ambitions/milestones on Clean Hydrogen outlined in your country's Hydrogen Strategy/Policy? What is the proposed target for clean hydrogen deployment for 2030? For 2050? (e.g., GW and/or tonnes)
- 3) Please provide a short summary/overview of the current state of play (an indication of the current landscape of clean hydrogen sector) in your country. (Any additional data on cost, installed capacity/pipeline, pilot/demonstration projects would be helpful.)

Clean Hydrogen Research and Innovation

- 4) Are there dedicated targets/actions specific to Research and Innovation (R&I) in your country's hydrogen strategy? If yes, please can you summarize the main targets/actions?
- 5) In which R&I areas (e.g. electrolysis, distribution, storage, end use,.....) your country would benefit by collaboration through the Clean Hydrogen Mission?
- 6) How much funding has been allocated for clean hydrogen R&I?
- 7) How do you currently stimulate international cooperation in hydrogen R&I and what are the additional opportunities of value to you under the Clean Hydrogen Mission?

Hydrogen Valleys/Demonstrations

- 8) Have you set out a plan for delivering clean Hydrogen Valleys as part of the commitment made in the Joint Mission Statement? Please provide relevant details (including description and name of the planned projects with timelines).
- 9) The building of three hydrogen valleys per country is part of the commitment in the Joint Mission Statement. How do you think you can realize this commitment in your country and by when?
- 10) Please describe how can international cooperation through the Clean Hydrogen

Mission help you deliver the three hydrogen valleys by 2030.

Enabling environment

- 11) Please list any agreements, memoranda of understanding or letters of intent your country has signed with other countries, institutions or organizations that include cooperation, in whole or in part, on clean hydrogen.
- 12) For each agreement, please outline the principle areas of cooperation on clean hydrogen (i.e. supply chain creation, R&I, technology sharing, investment or financing support, standards development, regulatory studies etc.)
- 13) Which international hydrogen partnerships, coalitions, working groups or organizations is your country a part or member of? Please indicate your level of involvement in that organization – if your country leads on a specific group or is involved in a specific collaboration? (If not currently a member, please list any that your country is interested in joining in the future).
- 14) What are your country's key hydrogen policy and financing priorities in terms of enabling broader clean hydrogen adoption (e.g. certification of origin, codes, standards, safety regulations, project financing, business model creation etc.)?

Stakeholders

- 15) Which organisations, coalitions and/or international partnerships are actively supporting the implementation of your strategy? And, similarly, what institutions, such as development banks, have funding available for hydrogen projects?
- 16) Does your country have hydrogen R&I clusters that bring together researchers and industry, if so what/where are they?
- 17) Who are the leading research organisations in your country involved in clean hydrogen, particularly those that could be involved in the Mission's Working Groups?

COP 26

- 18) Are you organizing an event on clean hydrogen at COP26? If so, kindly share any details for us for relevant outreach. Kindly reach out to us if you need help in increasing mileage and publicity for your event at COP.

7-2 二酸化炭素除去(CDR)技術の LCA の試算の計算方法及び取り組み事例

経済産業省は Mission Innovation の CDR (Carbon Dioxide Removal) Mission 事務局と連携して、CDR Mission Workshop: Life Cycle Assessment of CDR Technologies を 2022 年 3 月 17 日に開催した (図 7-1)。ワークショップのサマリーを作成した。



Mission Innovation

CDR Mission Workshop: Life Cycle Assessment of CDR Technologies

How Life Cycle Assessment (LCA) approach helps Carbon Dioxide Removal (CDR) deployment
- Technology and Business perspectives -

Webinar - March 17, 2022 (Thu) / 13:00-15:00 UTC (22:00-24:00 JST)

This Webinar is to enhance understanding the LCA of CDR approaches through knowledge sharing to support Mission Innovation CDR mission

Program

13:00-13:05 Opening remarks
Mr. Masaomi KOYAMA
Director, International Affairs Office, Industrial Science and Technology Policy and Environmental Bureau,
Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan)

13:05-13:10 Introductory remarks - Overview of Mission Innovation: Carbon Dioxide Removal
Mr. Mark ACKIEWICZ
Director, Office of Carbon Management Technologies, U.S. Department of Energy (USA)
Mission Innovation (MI) members are launching a Mission on technological CDR approaches, including direct air capture (DAC), biomass with carbon removal and storage (BiCRS), and enhanced mineralization, as a complement to broader emissions reduction efforts. The focus of the Mission is to enhance the systems that lead to negative emissions through an emphasis on secure carbon dioxide storage and conversion into long-lived products. By coordinating our efforts and sharing lessons learned, the Mission will help governments, industry, and the public gain a better understanding of the value of CDR to achieve emission reductions ambitions.

13:10-13:30 Presentation 1: Current review and activities of LCA for carbon mineralization
Dr. Shinichirou MORIMOTO
Environmental and Social Impact Assessment Team Leader, Global Zero Emission Research Center,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (Japan)
In the 2015 Paris Agreement, the participating countries pledged to limit the average global temperature rise by 2°C above pre-industrial levels by reducing GHG emissions. To achieve this goal, implementation of carbon removal (CR) technology is necessary, and life cycle assessment (LCA) to account its effect is highly required. In our presentation, we will introduce recent LCA studies and general LCA recommendations. We will also introduce the LCA activities and case study for carbon mineralization working at AIST.

13:30-13:50 Presentation 2: What are the characteristics of durable CDR activities and credits?
Dr. Roger D. AINES
Energy Program Chief Scientist, Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) (USA)
The value of carbon removal credits is increasingly dependent on the durability of the carbon removal that backs them. What are the characteristics of durable credits in terms of both lifecycle and accounting? Results from a recent study conducted for Microsoft Corporation will be presented.

13:50-14:10 Presentation 3: Role of LCA in integrated assessment of energy system: A focus on CDR technologies
Amit KUMAR, PhD, P.Eng.
Professor, Department of Mechanical Engineering, University of Alberta (Canada)
The presentation will discuss the contribution of LCA as a part of assessment of CDR technologies. To explain this concept, a case study of biohydrogen production pathways with CCS will be presented. In addition, a preliminary scan of the BECCS pathways in the Canadian context will be presented.

14:10-14:30 Presentation 4: Direct Air Capture by Kawasaki CO2 Capture Technology
Dr. Ryohei NUMAGUCHI
Researcher, Section3, Thermal System Research Department, Technical Institute, Corporate Technology Division
Kawasaki Heavy Industries, Ltd. (Japan)
Kawasaki Heavy Industries has started development of Kawasaki CO2 Capture, a CDR technology using amine-containing solid sorbent for closed space such as space station, airplane, and submarine in the 1980s. We have developed a post-combustion capture system for CO2 intensive plant by applying this technology since 2000s, and also conducted demonstration of direct air capture (DAC) since 2019. We introduce our DAC technology and show demonstration results of bench-scale (5 kg-CO2/day) operation. CDR performance of our technology evaluated with life cycle assessment is also reported.

14:30-14:50 Presentation 5: Climeworks' Direct Air Capture technology and revisiting its LCA
Mr. Louis UZOR Climate Policy Manager, Climeworks (Switzerland)
Mr. Lukas MUGGLI Sales Manager, Climeworks (Switzerland)
Swiss direct air capture company Climeworks provides an overview of Climeworks' life cycle assessment based on independently conducted and peer-reviewed studies. Participants will learn about the company Climeworks, direct air capture technology and the different use cases for captured CO2. Furthermore, it will provide an overview to corresponding possibilities for climate benefits, outlining differences between CO2 capture and use and CO2 capture for permanent storage.

14:50-15:00 Closing Remarks

図 7-1 Mission Innovation CDR Mission Workshop: Life Cycle Assessment of CDR Technologies

テクノバ 5108-S-01

令和 3 年度地球温暖化対策における国際機関等連携事業
(ミッション・イノベーションを通じた国際連携に関する取組等調査)

報告書

2022 年 3 月

発行 株式会社テクノバ
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 1 号
帝国ホテルタワー13 階
TEL. 03-3508-2280

二次利用未承諾リスト

報告書の題名

令和3年度地球温暖化対策における国際機関等連携事業
(ミッション・イノベーションを通じた国際連携に関する
取組等調査)

委託事業名

令和3年度地球温暖化対策における国際機関等連携事業

受注事業者名

株式会社テクノバ

頁	図表番号	タイトル
2	図2-1	Mission Innovationの立ち上げ
2	図2-2	Mission Innovationの進捗
3	図2-3	イノベーションチャレンジにおけるリードと参加メンバ
4	図2-4	Mission Innovation 2.0の立ち上げ
8	図3-1	国連気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）の全体概要
10	図3-2	Clean Hydrogen Missionの3つのピラー
10	図3-3	Mission Innovation「Hydrogen Valley Platform」
11	図3-4	Green Powered Future Missionの3つのピラー
11	図3-5	Green Powered Future Mission「Joint Road Map of Global Innovation Priorities」
13	図4-1	IEA「Net Zero by 2050」における水素（合成燃料・アンモニア含む）の供給
13	図4-2	IEA「Net Zero by 2050」における水素（合成燃料・アンモニア含む）の需要
14	図4-3	低炭素水素の需給バランス（2050年、Announced Pledges Scenario）
15	図4-4	2020年の貿易額内訳と2050年の貿易額内訳（見込み）
15	図4-5	1.5ドル/kg以下の水素供給ポテンシャル（2050年）
26	図5-1	再生可能エネルギーの発電コスト（均等化発電原価）の推移：2010年と2020年
27	図5-2	IRENAの予測：一次エネルギーにおける再生可能エネルギーのシェア（2018年と2050年）
27	図5-3	IRENAの予測：1.5℃シナリオ実現のための電源構成：2018年と2050年
28	図5-4	IEAの予測：2050年までのエネルギー供給シナリオ（ネットゼロシナリオ）
28	図5-5	IEAの予測：2050年までのエネルギー需要シナリオ（ネットゼロシナリオ）
29	図5-6	欧州における火力発電と再生可能エネルギー発電の割合（2004～2020年）
30	図5-7	電力の最終需要の内訳
30	図5-8	地域別EV普及：2020年～2030年（IEAメンバーとIEAアソシエーションメンバー）
31	図5-9	欧州におけるBEVの新車登録台数（2020年、2021年）
31	図5-10	欧州のBEV普及台数（2010年～2030年）

(様式 2)

32	図5-11	乗用車用EVの充電による電力消費量の見込み
34	図5-12	EV普及台数と同時性係数
34	図5-13	熱負荷の発生（ドイツにおけるシミュレーション結果の例）
36	図5-14	スケジュール充電とV2Gによる電力需要緩和のイメージ
37	図5-15	負荷電圧調整変圧器の例
38	図5-16	欧州（ドイツ）で使用されている充電器
38	図5-17	欧州大陸同期送電網（UCTE）の周波数変動状況
40	図5-18	慣性力に関する相関
40	図5-19	慣性力と周波数変動の安定化への影響
42	図5-20	グリッドコード「発電機に関するネットワークコード要件」の各国におけるガイドライン化状況
43	図5-21	Nordic SAにおける慣性力の推定（2022年2月1日～28日）
43	図5-22	Nordic SAにおける慣性力の推定（北欧全域での可視化）
44	図5-23	仮想同期機のイメージ
46	図5-24	北欧系統におけるFRR調達の状況（棒グラフは2月20日4時の状況）
46	図5-25	慣性力を提供するフライホイールの例
48	図5-26	デジタル化によるグリッド管理・制御のイメージ