

カーボンニュートラルに向かう 世界の最新動向 変わる世界と工学への期待

第38回数値流体力学シンポジウム

2024年12月12日

高村ゆかり (東京大学)

Yukari TAKAMURA (The University of Tokyo)

e-mail: yukari.takamura@ifi.u-tokyo.ac.jp

工業化前と比べた世界の気温上昇

世界気象機関(WMO)(2024年1月)

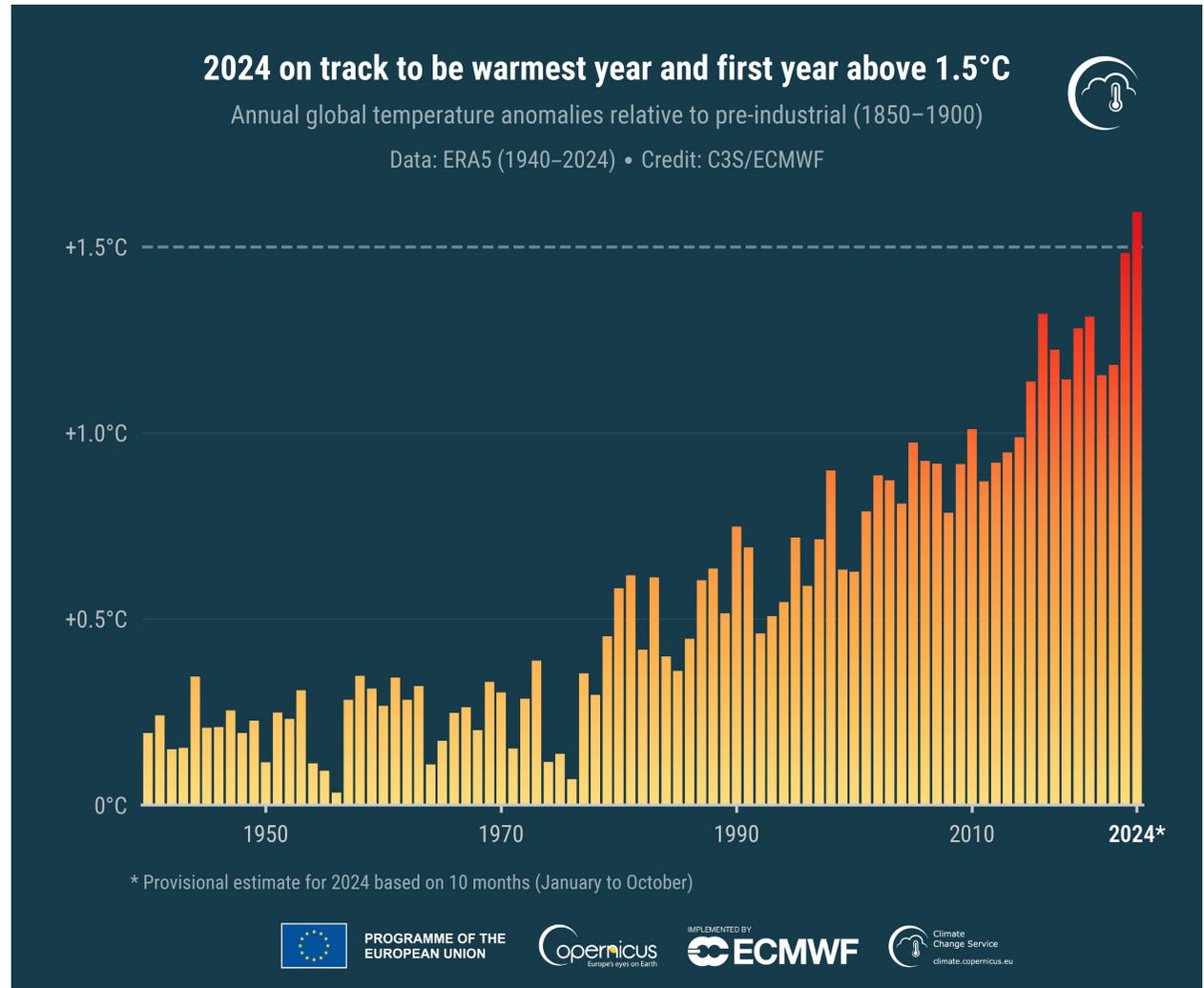
2023年の世界の平均気温は、観測史上最も高く、工業化前と比べて 1.45°C ($\pm 0.12^{\circ}\text{C}$)高かった

WMO(2024年11月7日)

「2024年は、あとほぼ2カ月残っているが、観測史上最も気温の高い年になる見込み(2024 is on track to be the hottest year ever recorded – almost two months before it ends)」

Copernicus Climate Change Service(2024年11月7日)

「観測史上最も気温の高い年、 1.5°C をこえる最初の年になるのはほぼ確実(2024 virtually certain to be the warmest year and first year above 1.5°C)」

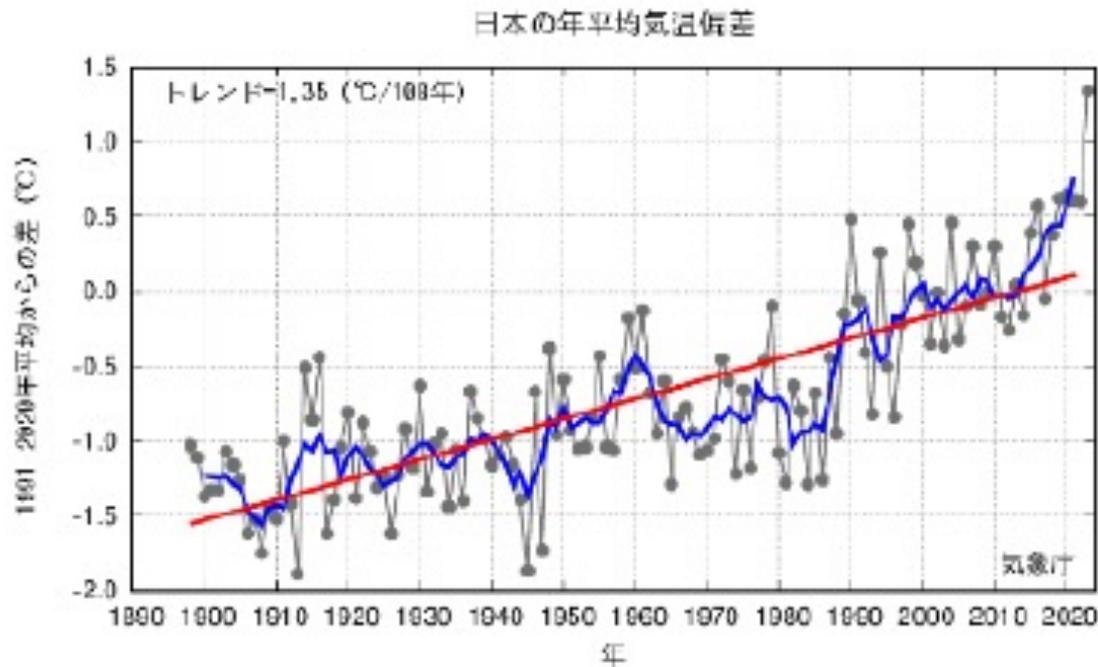


出典: Copernicus Climate Change Service /ECMWF, 2024

日本の年平均気温の変化

1991年～2020年の30年平均値との偏差

2023年は+1.34°C。統計を開始した1898年以降最も高い値

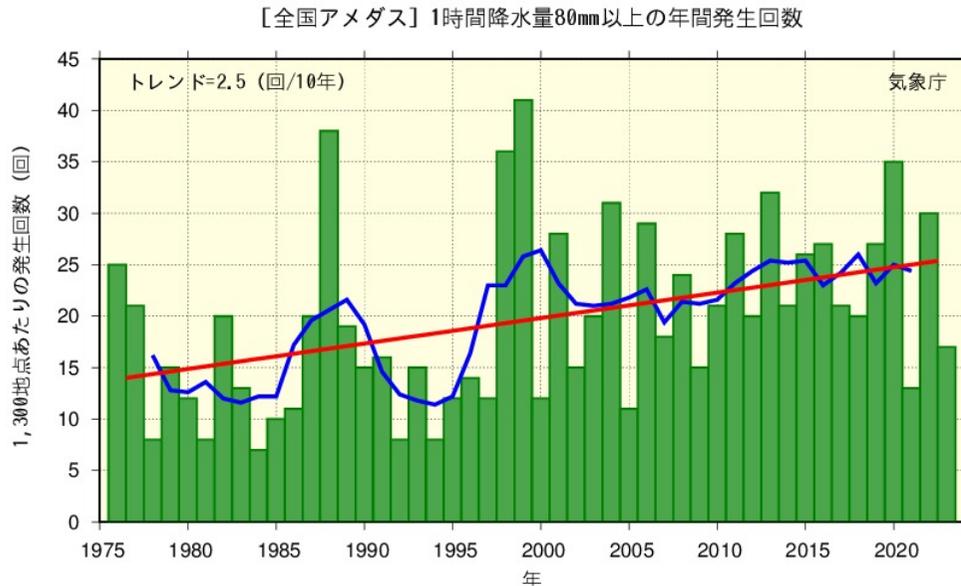


順位	年	気温偏差 (°C)
1	2023	+1.34
2	2020	+0.65
3	2019	+0.62
4	2021	+0.61
5	2022	+0.60

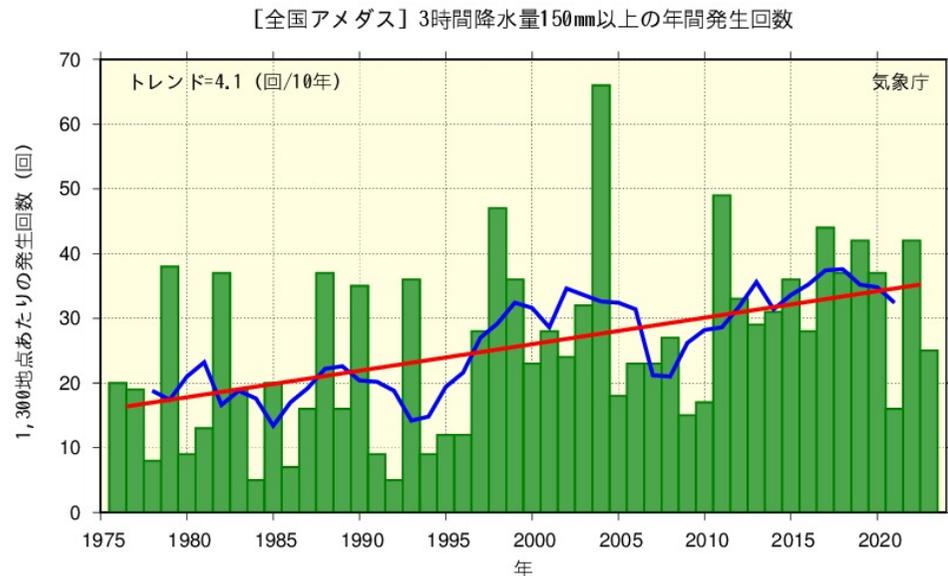
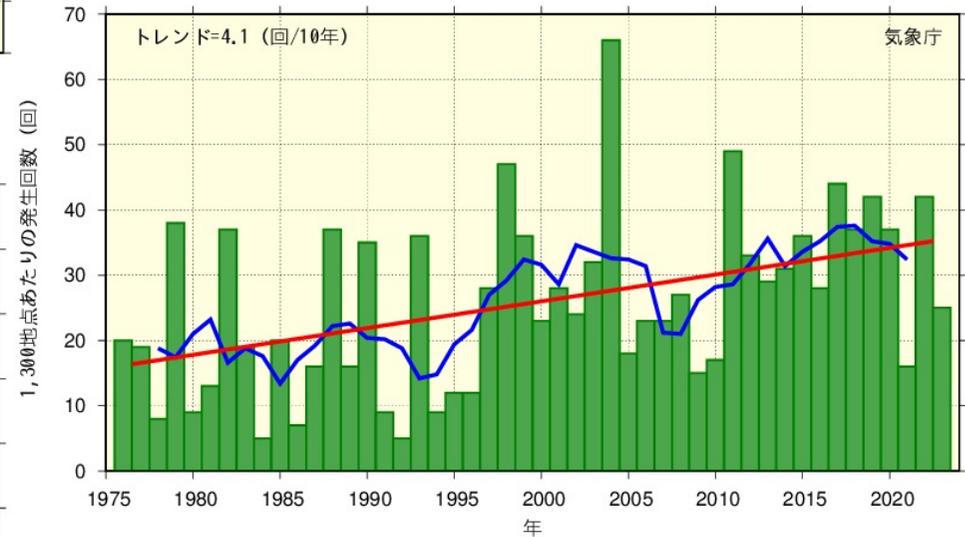
出典:気象庁 2023年

日本の大雨の長期変化

大雨の年間発生回数は有意に増加
より強度の強い雨ほど増加率が高い
1時間降水量80mm以上、3時間降水量150mm以上、日降水量300mm以上など強度の強い雨は、1980年頃と比して2倍程度に頻度が増加



[全国アメダス] 3時間降水量150mm以上の年間発生回数



出典:気象庁、2024年

「今そこにある危機」 直面するリスクとしての気候変動

- 異常気象による大きな被害
- 気候変動(温暖化)が異常気象の水準・頻度を押し上げる
(気候科学の進展、Event Attribution)
 - 2018年西日本豪雨
 - 温暖化の影響がなかった場合と比べてこの水準の大雨の発生確率は約3.3倍。1980年以降の気温上昇(約1°C弱)により降水量は6.7%増(Kawase et al., 2020; 2021)
 - 2019年台風19号
 - 1980年以降の気温上昇(約1°C弱)により降水量は10.9%増。工業化以降の気温上昇(約1.4°C)により降水量は13.6%増(Kawase et al., 2020; 2021)
 - 損害保険支払いの約100億米ドルのうち40億米ドルが気候変動起因の降雨による損害(Otto and Li, 2022)
- 経済損失額/損害保険支払額の拡大
- 将来のリスクであるとともに、今直面するリスクとしての認知

2018年の自然災害による経済損失

2018年の台風21号と西日本豪雨だけでおよそ230億米ドル

2018年の損害保険支払額は史上最高。東日本大震災時を超える

			死者数	経済損失 (米ドル)	保険支払額 (米ドル)
10月10-12日	ハリケーンマイケル	米国	32	170億	100億
9月13-18日	ハリケーンフローレンス	米国	53	150億	53億
11月	山火事キャンプ・ファイア	米国	88	150億	120億
9月4-5日	台風21号	日本	17	130億	85億
7月2-8日	7月西日本豪雨	日本	246	100億	27億
春・夏	干ばつ	中欧、北欧	N/A	90億	3億
9月10-18日	台風マクット	太平洋州、東アジア	161	60億	13億
7-9月	洪水	中国	89	58億	4億
11月	山火事ウールジー	米国	3	58億	45億
8月16-19日	熱帯暴風雨ランビア	中国	53	54億	3億
		その他		1230億	450億
出典:AON, 2019を基に高村作成		全体		2250億	900億

2019年の自然災害による経済損失

台風19号と台風15号が経済損失額で世界1位、3位。250億米ドルの損失

			死者数	経済損失 (米ドル)	保険支払額 (米ドル)
10月6-12日	台風19号	日本	99	150億	90億
6月-8月	モンスーン豪雨	中国	300	150億	7億
9月7-9日	台風15号	日本	3	100億	60億
5月-7月	ミシシッピ川洪水	米国	0	100億	40億
8月25日 -9月7日	ハリケーン・ドリアン	バハマ、カリブ 海諸国、米国、 カナダ	83	100億	35億
3月12-31日	ミズーリ川洪水	米国	10	100億	25億
6月-10月	モンスーン豪雨	インド	1750	100億	2億
8月6-13日	台風9号	中国、フィリ ピン、日本	101	95億	8億
3月-4月	洪水	イラン	77	83億	2億
5月2-5日	サイクロン・フォニ	インド、バン グラディシュ	81	81億	5億
		その他		1260億	440億
出典:AON, 2020を基に高村作成		全体		2320億	710億

2023年の自然災害による死亡者数

2018年の猛暑では、日本も5-9月で95137人、7月だけで54220人が熱中症の疑いで病院搬送
 2023年は、5-9月で91467人(7月36549人、8月34835人)が熱中症の疑いで病院搬送

			死者数	経済損失 (米ドル)
2月6日-2月20日	トルコ・シリア地震	トルコ・シリア	59272	924億
8月13日-8月27日	熱波	欧州全域	8339	N/A
7月10日-7月30日	熱波ケルベロス	南欧、南東欧	5949	N/A
9月4日-9月12日	ストーム・ダニエル	ギリシャ、ブルガリア、リビア、トルコ	4730	43億
9月8日	ハイ・アトラス山脈地震	モロッコ	2946	40億
4月1日-12月31日	インドの季節性洪水	インド	2653	3億
10月7日-10月15日	アフガニスタン西部地震	アフガニスタン	1480	1億
2月20日-3月15日	サイクロン・フレディ	南アフリカ	455	7億
9月3日-9月8日	熱波	西欧	1306	N/A
5月2日-5月5日	コンゴ民主共和国東部洪水	コンゴ民主共和国	470	1億
		その他	~6400	2781億
出典:AON, 2024を基に高村作成		全体	~95000	3800億

気温上昇で 異常気象の頻度や強度が変わる

1850-1900年からの気温上昇		1°C(現在)	1.5°C	2°C	4°C
10年に1度の 熱波などの極 端な高温	高温の水準	+1.2°C	+1.9°C	+2.6°C	+5.1°C
	発生の頻度	2.8倍	4.1倍	5.6倍	9.4倍
50年に1度の 極端な高温	高温の水準	+1.2°C	+2.0°C	+2.7°C	+5.3°C
	発生の頻度	4.8倍	8.6倍	13.9倍	39.2倍
10年に1度の 大雨	雨量	+6.7%	+10.5%	+14.0%	+30.2%
	発生の頻度	1.3倍	1.5倍	1.7倍	2.7倍
10年に1度の 農業や生態 系に被害を及 ぼす干ばつ	発生の頻度	1.7倍	2.0倍	2.4倍	4.1倍

気温上昇1.5°C、2°C、3°Cの差

	1.5°C	2°C	3°C	2°Cのインパクト	3°Cのインパクト
生物多様性喪失 高い絶滅のおそれのある陸上の種	14%	18%	29%	1.3倍	2.1倍
干ばつ 水不足、熱波や砂漠化にさらされる人口	9.5億人	11.5億人	12.9億人	+2億人	+3.4億人
食料安全保障 主要作物の適応と残存損害の費用	630億米ドル	800億米ドル	1280億米ドル	+170億米ドル	+650億米ドル
極端な熱波 最高気温が35°Cをこえる年あたりの日の増加	45-58日	52-68日	66-87日	1.2倍	1.5倍
海面上昇 2100年までの世界の平均海面上昇	0.28-0.55m	0.33-0.61m	0.44-0.76m	1.1倍	1.4倍
洪水 洪水にさらされる世界の人口の増加	24%	30%	—	1.3倍	—
珊瑚礁 珊瑚礁のさらなる減少	70-90%	99%	—	1.2倍	—

出典: IPCC 2022, WRII 2022を基に高村作成

航空への気候変動の影響

- 全体として、気象の変化が大きくなることで、運航計画、安全計画、航路の最適化など**オペレーションのあらゆる局面に影響**を与える。**重要な航空インフラにも直接の影響**を与え、**航空事業に影響**を及ぼす
- 全体としての**気温上昇**がもたらす影響
 - 湿度の上昇とあわせて、例えば、高地の空港や短距離滑走路の**空港での離陸条件の悪化**
 - 中東や高地の空港で見られるように、長距離便について気温が低くなる夜や早朝にスケジュールしているが、気温上昇がこうした**空港のオペレーション時間を制限**するおそれ
- **海面上昇の影響＋異常気象**
 - 強力な台風、サイクロン、ハリケーンのおそれのある地域では、**沿岸域にある空港の存続を脅威**にさらす
- 気流の変化。**飛行機の運航の安全**に関わる
 - 局所的な攪乱
 - ジェット気流の変化
- 空港の配置、設備やオペレーション、飛行機の運航などにおいてこうした**気候変動の影響リスクを統合**する必要性

出典: ICAO CAEP AVIATION AND CLIMATE CHANGE FACTSHEET (2020)

<https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Factsheet%20Business%20and%20Economics%20Final.pdf>

などを基に高村作成

カーボンニュートラルに向かう世界

パリ協定(2015年)が定める脱炭素化(decarbonization)を目指す明確な長期目標

- 「工業化前と比して世界の平均気温の上昇を2°Cを十分下回る水準に抑制し(=2°C目標)、1.5°Cに抑制するよう努力する(=1.5°C目標)」(2条1)
- 今世紀後半に温室効果ガスの人為的排出と人為的吸収を均衡させるよう急速に削減=排出を「実質ゼロ」(4条1)

日本の2050年カーボンニュートラル目標表明(2020年10月26日)

- 「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」
- 改正地球温暖化対策推進法の基本理念にも盛りこまれる

COP26: 世界は「1.5°C目標をめざす」

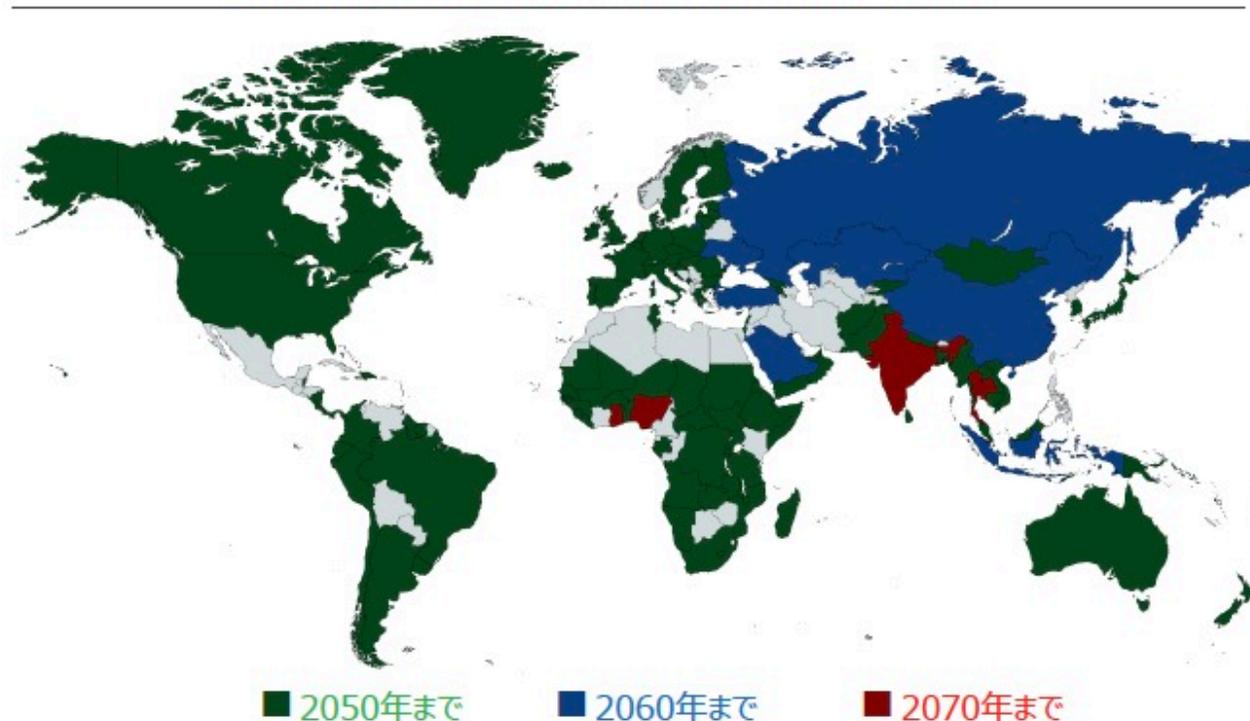
- 「1.5°Cまでに気温上昇を抑える努力を決意をもって追求する」(1/CP.26, para. 16; 3/CMA.3, para. 21)
- 2050年カーボンニュートラル実現に加えて、ここ10年(this critical decade) 2030年頃までの排出削減が決定的に重要という認識が共有
- COP27、COP28でも、G7、G20でも再確認

カーボンニュートラル目標を掲げる国

COP29(2024年)で、**メキシコ**が**2050年CN目標**を表明し、すべてのG20諸国がCN目標を持つ
インドネシアは、CN目標を10年前倒しし、2050年CNを目指すことを表明

- COP25終了時点(2019年12月)では、カーボンニュートラルを表明している国はGDPベースで3割に満たない水準であったが、2024年4月には、146ヶ国（G20の全ての国）が年限付きのカーボンニュートラル目標を掲げており、GDPベースで約9割に達している。

期限付きCNを表明する国・地域（2024年4月）



(出典) 各国政府HP、UNFCCC NDC Registry、Long term strategies、World Bank database等を基に作成

※グテーレス国連事務総長等の要求により、COP25時にチリが立ち上げた2050年CNに向けて取り組む国・企業の枠組みである気候野心同盟（Climate Ambition Alliance）に参加する国を含む場合、163ヶ国。

出典：資源エネルギー庁、2024年

特定分野のイニシアティブの例(1)

イニシアティブ	概要
石炭からクリーン電力への移行声明	<ul style="list-style-type: none"> ・主要経済国は2030年代までに、世界全体で40年代には石炭火力廃止 ・韓国(石炭火力設備容量世界5位)、インドネシア(同7位)、ベトナム(同9位)、ポーランド(同13位)を含む46カ国、地方政府、EDF、Engieなどの民間企業・団体も参加
南アフリカとの公正なエネルギー移行国際パートナーシップ(JETP)	<ul style="list-style-type: none"> ・南ア、フランス、ドイツ、英国、米国、EUによる ・南アの、特に、電力システムの脱炭素化、公正な移行を長期的に支援。第一段階として3-5年で850億米ドルを動員
石油・ガス生産廃止同盟	<ul style="list-style-type: none"> ・石油とガスの生産の段階的廃止を促進 ・デンマーク、コスタリカ主導。フランス、スウェーデンなど参加
クリーンエネルギーへの移行のための国際的な公的支援に関する声明	<ul style="list-style-type: none"> ・英国、米国、カナダ、ドイツ、フランス、イタリア、EU、欧州投資銀行など39の国や金融機関が参加 ・クリーンエネルギーへの移行支援を十分に優先 ・2022年末までに対策がとられていない化石燃料エネルギー部門への国際的な新規の公的直接支援を終了(例外は1.5°C目標と整合するごく限定的な場合のみ)
100%ゼロエミッション乗用車・バンへの移行加速宣言	<ul style="list-style-type: none"> ・先行市場では2035年までに、遅くとも2040年までに、販売される乗用車・バンの新車をゼロエミッションにする ・38カ国に加え、地方政府、都市、自動車メーカーなどが参加
2050年までのゼロエミッション海運に関する宣言	<ul style="list-style-type: none"> ・国際海事機関(IMO)での努力を含め、2050年までに国際海運からの排出のゼロエミッション実現をめざす ⇒2023年7月、IMO海洋環境保護委員会で2050年ネットゼロ目標合意 ・英国、米国、ノルウェー、パナマなど14カ国による
国際航空気候同盟(International Aviation Climate Coalition)	<ul style="list-style-type: none"> ・1.5°C目標をめざす。それと整合的な国際航空気候同盟(ICAO)の2050年ネットゼロ目標を支持。CORSIAの最大限の実効性を確保 ⇒2022年10月、ICAO総会で2050年ネットゼロ目標合意 ・日本、英国、米国をふくむ23カ国

特定分野のイニシアティブの例(2)

イニシアティブ	概要
世界メタン誓約	<ul style="list-style-type: none"> ・メタンを2030年までに現在より少なくとも30%削減 ・日本を含む100カ国超が参加
森林と土地利用に関するグラスゴー宣言 (Glasgow Declaration on Forests and Land Use)	<ul style="list-style-type: none"> ・2030年までに森林減少と土地の劣化をとめる ・世界の森林の90%以上を占める、日本を含む130を超える国が賛同
持続可能な農業に関するAim for Climate (Agriculture Innovation Mission for Climate)	<ul style="list-style-type: none"> ・米国とアラブ首長国連邦主導のイニシアティブ。日本を含む34カ国が参加。FAO、ビル・ミランダ・ゲーツ財団、PepsiCo, Bayerなどの民間の企業団体も参加 ・気候変動に対応した持続可能な農業と食料システムのイノベーションに対して、2021年-2025年の5年間で投資と支援を拡大 ・すでに40億米ドル超の誓約
多数国間開発銀行の共同声明	<ul style="list-style-type: none"> ・アジア開発銀行、アフリカ開発銀行、アジアインフラ投資銀行(AIIB)、カリブ開発銀行、欧州復興開発銀行、欧州投資銀行、米州開発銀行、米州投資公社、イスラム開発銀行、世界銀行グループが参加 ・開発銀行の政策、分析、評価、助言、投資、事業に「自然」を主流化
アジア開発銀行Energy Transition Mechanism	<ul style="list-style-type: none"> ・官民が連携して、石炭火力の早期退出を支援 ・まずは、インドネシア、ベトナム、フィリピンとFeasibility study
First Movers Coalition	<ul style="list-style-type: none"> ・米国国務省と世界経済フォーラムの官民パートナーシップ ・需要家たる参加企業は購買誓約を行い、2050年ネットゼロに必要な新技術への初期の需要を喚起することで、投資を動員し、そのコストを下げ、新たな市場をつくる ・航空、海運、鉄鋼、トラック輸送、アルミニウム、化学、コンクリート、Direct air captureなど

First Movers Coalition (1)

分野	誓約	参加企業
アルミニウム	<p>購入者は、2030年までに、年に調達する一次アルミニウムの少なくとも10%(重量ベース)を低炭素のアルミニウムにする +2030年までに少なくとも50%を再生アルミニウム (secondary aluminum)にする (optional) 想定技術: 不溶性アノード (inert anodes)、炭素回収・利用・貯留 (CCUS)、Mechanical vapor recompression、グリーン水素など</p>	<p>Apple, Ball Corporation, Bang & Olufsen, CBA, Coca Cola, Constellium, Danfoss, Elval, Ford Motor Company, General Motors, Gränges, Hydro, Logitech, Novelis, PepsiCo, Speira, Trafigura, Velux, Volvo Cars, Volvo Group</p>
航空	<p>2030年までに、航空事業者/航空を利用する事業者は、従来の航空燃料を少なくとも5%、ライフサイクルGHGを85%削減するSAF(持続可能な航空燃料)にするか、炭素を排出しない推進技術を使用する 想定技術: SAF、電動化、水素利用など</p>	<p>Airbus, American Express Global Business Travel, Apple, Autodesk, Aveva, Bain & Company, Bank of America, Boeing, Boom, Boston Consulting Group, Choose, Deloitte, Delta Airlines, Deutsche Post DHL Group, Eni S.p.A., EY, FedEx, Fortescue Metals Group, Lufthansa Group, Nokia, PwC, Qatar Airways, Rio Tinto, Salesforce, Schneider Electric, United Airlines, University of Michigan, Vattenfall</p>
二酸化炭素除去	<p>2030年末までに、直接排出量を最大限削減することに加えて、永続的で、測定可能なネットの炭素除去を達成する(少なくとも5万トンのネットの炭素除去か、2500万米ドル分を契約するかのいずれかを選択)</p>	<p>AES Corporation, Alphabet, Boston Consulting Group, Capgemini, Drax, EGA, Microsoft, Mitsui O.S.K. Lines, Salesforce, Swiss Re, Trafigura</p>
セメント/コンクリート (COP27で立ち上げ)	<p>2030年までに、ネットゼロセメント/コンクリートを一定量購入する。建設事業者、エンジニアリング工場は、セメント/コンクリートの年調達量の少なくとも10%、不動産、開発事業者、助言会社は、その事業での年調達量の少なくとも10%をネットゼロのセメント/コンクリートにする 想定技術: CCUS、クリンカー代替、alternative cement chemistries based on binders from alternative production pathways</p>	<p>Consolidated Contractors Group S.A.L., ETEX, General Motors, RMZ, Vattenfall, Ørsted, ZGF Architects</p>

※誓約の詳細は、世界経済フォーラムHP参照
<https://www.weforum.org/first-movers-coalition/sectors>

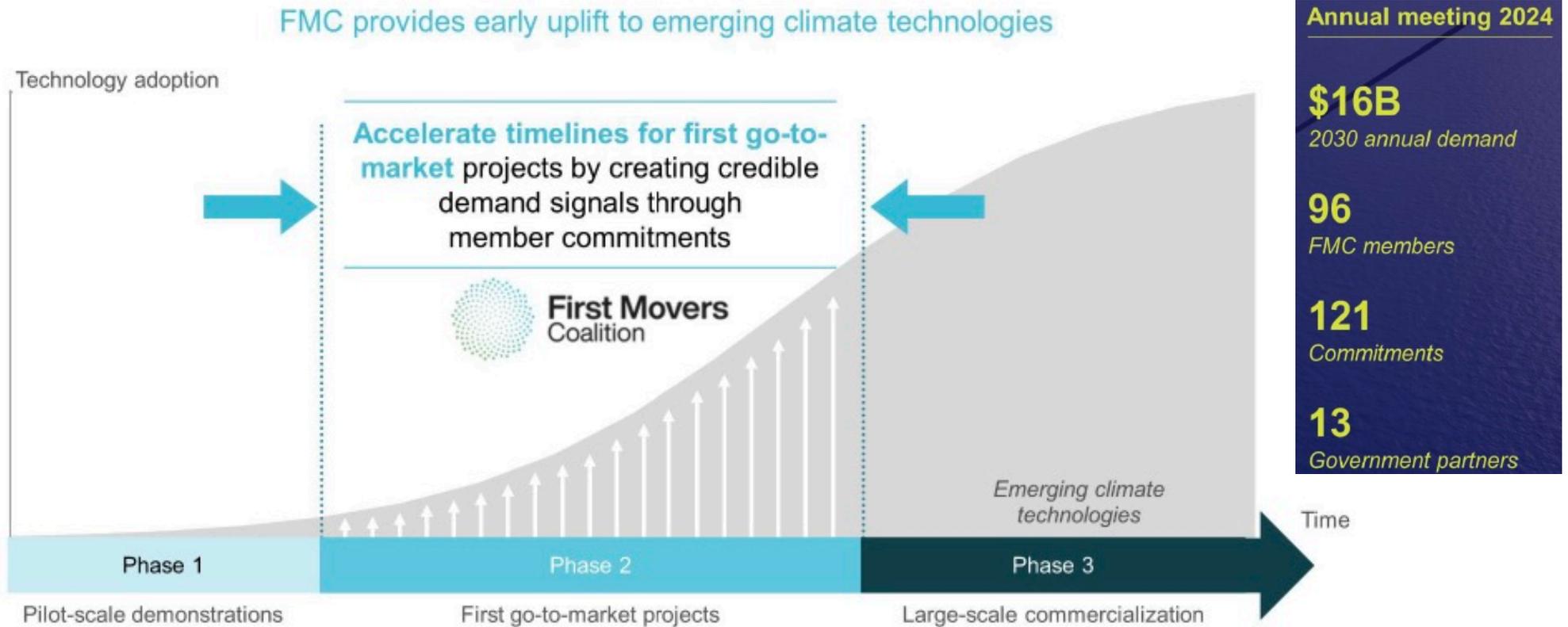
First Movers Coalition (2)

分野	誓約	参加企業
海運	<p>新規の/改修したゼロエミッション船におけるゼロエミッション燃料の使用を誓約する</p> <p>運航者は、2030年までに、遠洋海運の少なくとも5%をネットゼロ燃料で運航する。荷主は、2030年までに、2040年100%に向けて、国際的に輸送される貨物重量の少なくとも10%がネットゼロ燃料を使用する船舶で行う</p>	<p>A.P. Møller – Mærsk, Agility, Aker Biomarine, Amazon, BHP, DP World, Fortescue Metals Group, Hanwha Ocean, Höegh Autoliners, Lime, Logitech, Mitsui O.S.K. Lines, Rio Tinto, Trafigura, Wallenius Wilhelmsen, Western Digital, Yara International</p>
鉄鋼	<p>鉄鋼の購入事業者は、2030年までに年の鉄鋼調達量の少なくとも10%をネットゼロの鉄鋼にする</p> <p>想定技術: 水素による直接削減 (hydrogen direct reduction), CCUS、電気分解に基づく生産プロセスなど</p>	<p>Aker Solutions, Alfa Laval, Bharat Forge, Consolidated Contractors Group S.A.L., Ecolab, EGUI, Enel, Engie, Ford Motor Company, Fortescue Metals Group, GE Vernova, General Motors, Hy Stor Energy, Iberdrola, Invenergy, Johnson Controls, Mahindra, Mainstream Renewable Power, Marcegaglia, Norsk Stål, Ørsted, ReNew Power, Scania, Trane Technologies, Vattenfall, Vestas, Volvo Group, ZF Friedrichshafen AG</p>
トラック輸送	<p>トラック所有事業者・トラック運行事業者は、その重量 (heavy-duty)トラックの購入の少なくとも30%、中型 (medium-duty)トラックの購入の100%をゼロエミッショントラックにする</p> <p>小売業者・製造業者は、そのすべてのトラック輸送事業者が上記の2030年目標を誓約することを求める</p> <p>想定技術: 電動車、燃料電池車、電力・水素の利用など</p>	<p>Agility, Cemex, Dalmia Cement, Fortescue Metals Group, Heidelberg Cement, Holcim, National Grid, Norge Mining, PepsiCo, Rio Tinto, Scania, SSAB Swedish Steel, Toll Group, Vattenfall, Volvo Group, Wallenius Wilhelmsen</p>

※誓約の詳細は、世界経済フォーラムHP参照

<https://www.weforum.org/first-movers-coalition/sectors>

First Movers Coalition (3)



出典: World Economic Forum, 2024

その他5つのグループを加えた8つで

Glasgow Financial Alliance for Net Zero (GFANZ)形成

ネットゼロに向かう金融・投資家

Net-Zero Asset Owner Alliance (2019年9月立ち上げ)

- 国連主導のアライアンス。2050年までにGHG排出量ネット・ゼロのポートフォリオへの移行をめざす
- 89の機関投資家が参加、運用資産総額9.5兆米ドル(第一生命保険、明治安田生命保険、日本生命保険、住友生命保険、SOMPOホールディングスが参加)。69の機関投資家が目標を設定
- 2025年までに22~32%、2030年までに49~65%のポートフォリオのGHG削減目標を設定(2019年比)
- 新規の石炭火力関連プロジェクト(発電所、炭鉱、関連インフラ含む)は直ちに中止、既存の石炭火力発電所は1.5°Cの排出経路に沿って段階的に廃止

Net Zero Asset Managers Initiative (2020年12月立ち上げ)

- 2050年GHG排出量ネット・ゼロに向けた投資を支援
- 325超の資産運用会社が参加、資産総額57.5兆ドル(アセットマネジメントOne、大和アセットマネジメント、三菱UFJ国際投信、三菱UFJ信託銀行、日興アセットマネジメント、ニッセイアセットマネジメント、野村アセットマネジメント、SOMPOアセットマネジメント、三井住友トラスト・アセットマネジメント、三井住友DSアセットマネジメント、東京海上アセットマネジメントが参加)
- 1.5°C目標、2030年半減と統合的な2030年の中間目標を設定:86会社(2022年11月)

Net-Zero Banking Alliance (2021年4月立ち上げ)

- 44カ国145の銀行が参加、資産総額74兆米ドル、世界の銀行資産の41%を占める(三菱UFJフィナンシャル・グループ、三井住友フィナンシャルグループ、三井住友トラスト・ホールディングス、みずほフィナンシャルグループ、野村ホールディングス、農林中央金庫が参加)
- 2050年までにポートフォリオをネット・ゼロにし、科学的根拠に基づいた2030年目標を設定

最新の科学が伝えること

IPCC第6次評価報告書統合報告書(2023年3月20日)

- 決定的な10年 (critical decade/decisive decade)
 - 直面するリスクとしての気候変動
 - 気温上昇とともに今後影響とリスクは一層大きくなる。「適応の限界」
 - パリ協定の目標(1.5°C目標、2°C目標)達成には、直ちに、遅くとも2025年までに世界の温室効果ガス排出量を頭打ちにすることが必要
 - このままでは50%をこえる確度で、今から2040年の間に1.5°Cに達する見通し

		2019年比の削減率			
		2030	2035	2040	2050
1.5°C目標 (>50%)	GHG	43 [34 - 60]	60 [49 - 77]	69 [58 - 90]	84 [73 - 98]
	CO2	48 [36 - 69]	65 [50 - 96]	80 [61 - 109]	99 [79 - 119]
2°C目標 (>67%)	GHG	21 [1 - 42]	35 [22 - 55]	46 [34 - 63]	64 [53 - 77]
	CO2	22 [1 - 44]	37 [21 - 59]	51 [36 - 70]	73 [55 - 90]

出典: IPCC, 2023を基に高村作成

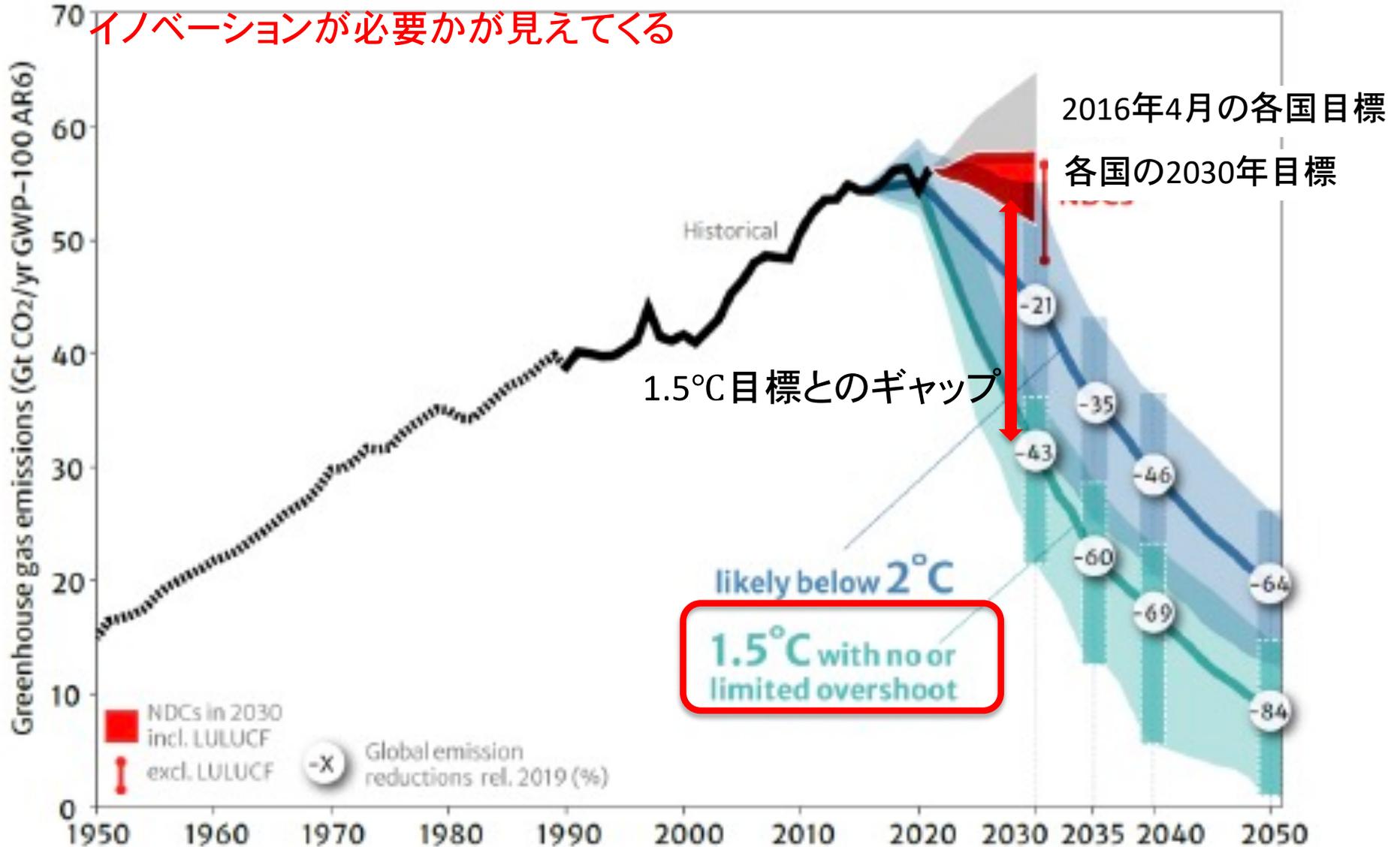
- 目標・政策を**実行・行動**にうつす

1.5°C目標と削減目標(NDC)のギャップ

“1.5°C目標を達成する可能性が小さくなっている”

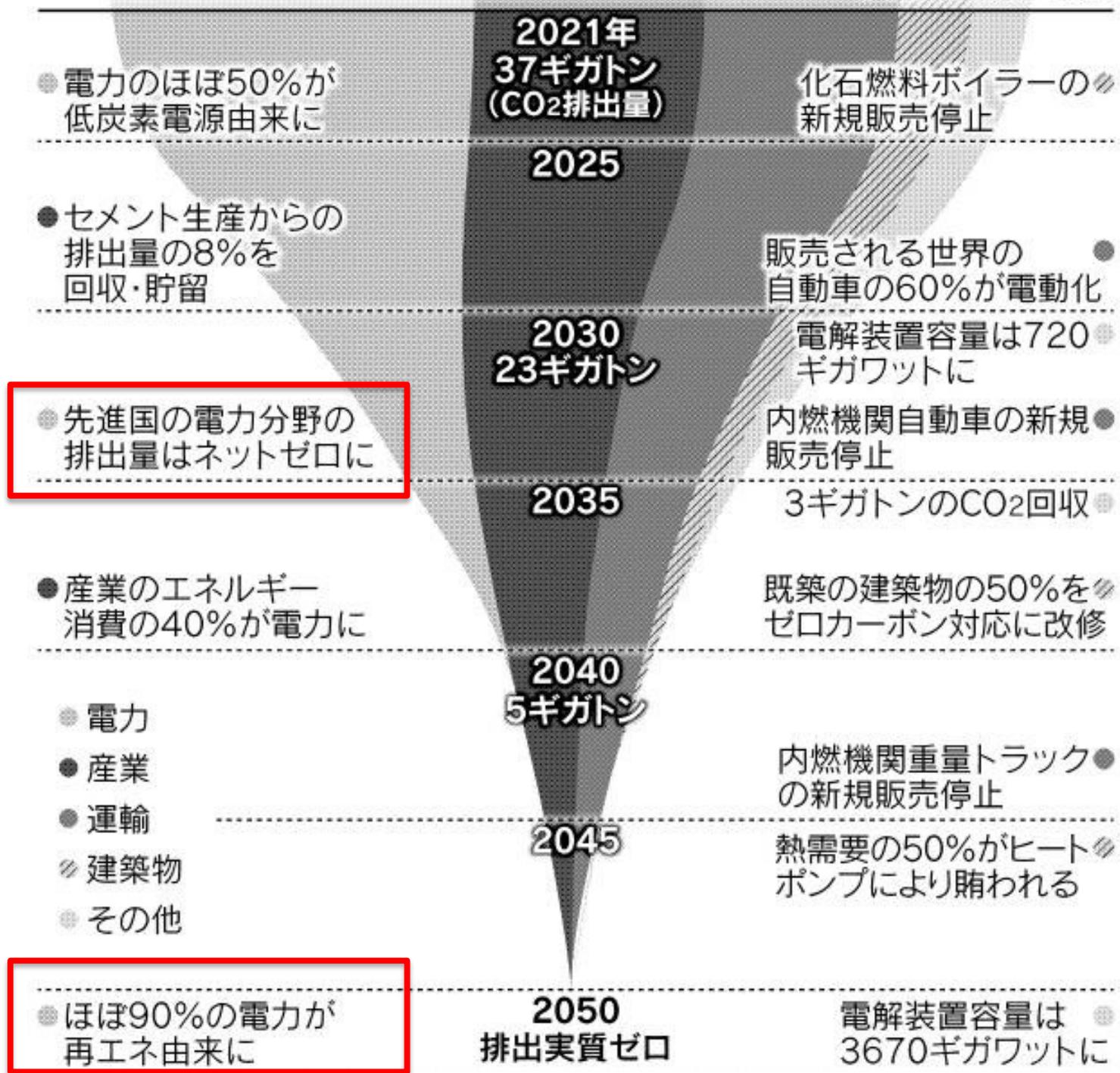
現在の社会の延長線上には私たちがありたい未来はない

長期目標(=ゴール。ありたい未来社会像)の明確化でどこに課題があるか、イノベーションが必要かが見えてくる



2050年エネルギー由来のCO2排出実質ゼロへの道筋

(出所)IEA2022年資料



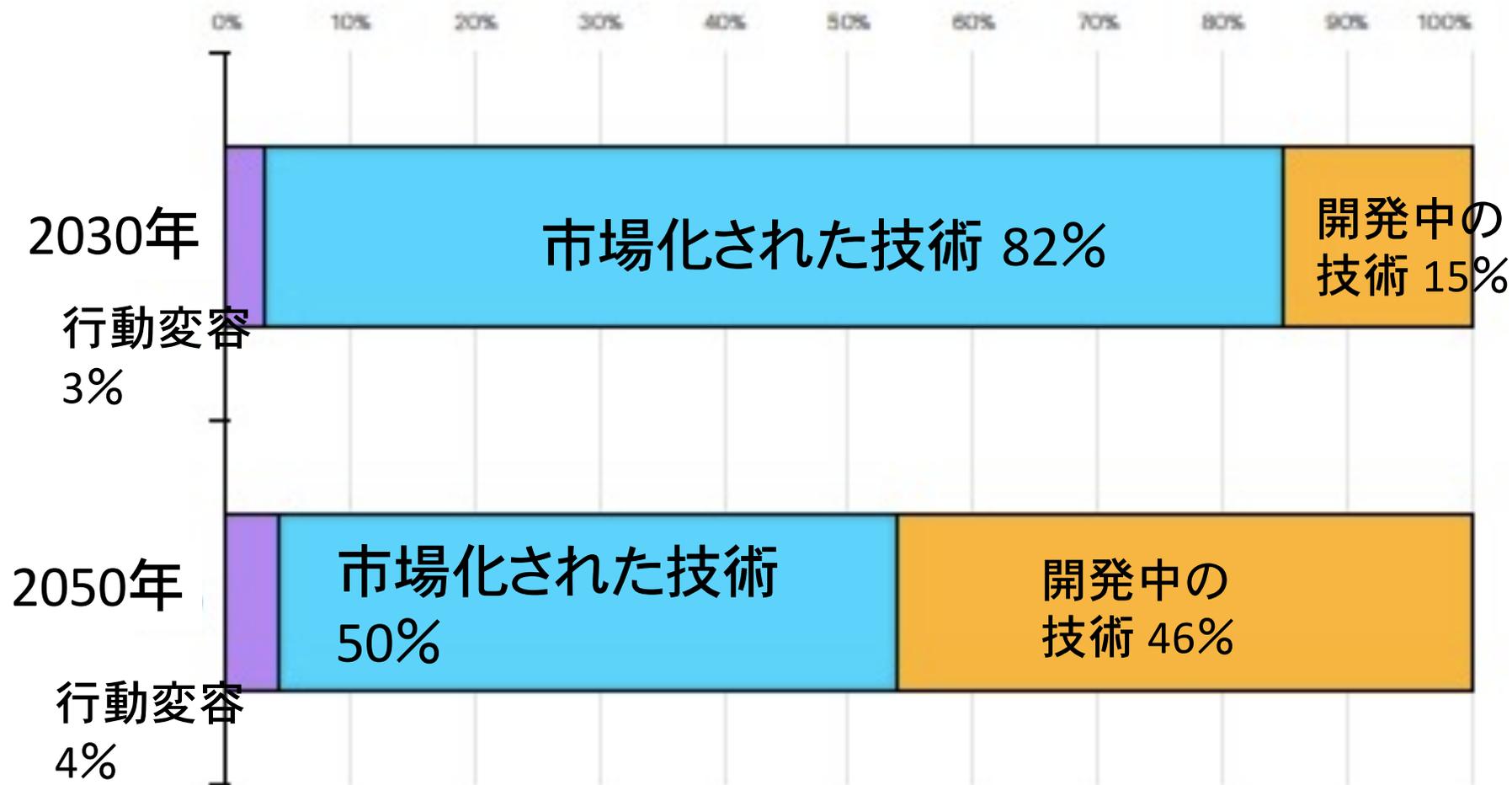
システム移行 (systems transition) は規模の点でかつてないものだが、速度の点では必ずしもそうではない。あらゆるセクターでの大幅な排出削減、広範な削減対策、それに対する相当の投資の拡大が必要 (IPCC, 2018)

ネットゼロ排出社会に向けた経路に共通する7つの構成要素

- EU長期戦略では、ネットゼロ排出社会に向けた経路に共通する7つの構成要素が提示されている。

共通する7つの構成要素	対策例
1. エネルギー効率改善の効果最大化	<ul style="list-style-type: none"> デジタル化、ホームオートメーション、ラベリング、効率基準の設定、リノベーション率の向上、暖房用燃料の再エネへの燃料転換、最高効率の製品・機器、スマートビルディング、家電機器管理システム、断熱材の改良
2. 再エネ大量普及と電化によるエネルギーの完全脱炭素化	<ul style="list-style-type: none"> 電化の推進、再エネ発電のシェア拡大、電力や電力起源燃料の暖房・輸送・産業での利用、CO2の原料利用、エネルギー貯蔵の大規模展開、デジタル化による管理、サイバー攻撃からの保護
3. クリーンで安全なコネクテッドモビリティ	<ul style="list-style-type: none"> 脱炭素・分散・デジタル化された電力、高効率で持続性の高いバッテリー、高効率の動力伝達系、コネクテッド、自動運転、バイオ燃料、電力起源燃料、海上輸送・内陸水路の活用 都市計画、サイクリング・徒歩、ドローン等の新技術、シェアリングサービス、テレビ会議
4. 競争力ある産業界のためのイノベーション	<ul style="list-style-type: none"> リユース・リサイクル、エネルギー集約材の代替材、既存設備の近代化・完全置換、デジタル化・自動化、電化・水素・バイオマス・合成ガス、CO2の回収・貯蔵・利用、水素・バイオマスの原料利用 再利用と追加サービスを核とした新たなビジネス
5. スマートネットワークインフラ・相互接続	<ul style="list-style-type: none"> 国境を越えた地域協力・部門統合 スマートな電力・情報網、水素インフラ整備、スマートな充電・給油所を備えた輸送システム
6. バイオ経済と森林吸収源	<ul style="list-style-type: none"> デジタル化とスマート技術による精密農業、嫌気性消化槽による肥料処理、農地の炭素貯留 劣化した森林・生態系の再生、水生生物資源の生産性改善
7. CCSによる残存する排出量の削減	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発の拡大、CO2輸送・貯留ネットワークの建設、世論の懸念への対応

2030年、2050年の目標とのGapは 何によってうめられるのか

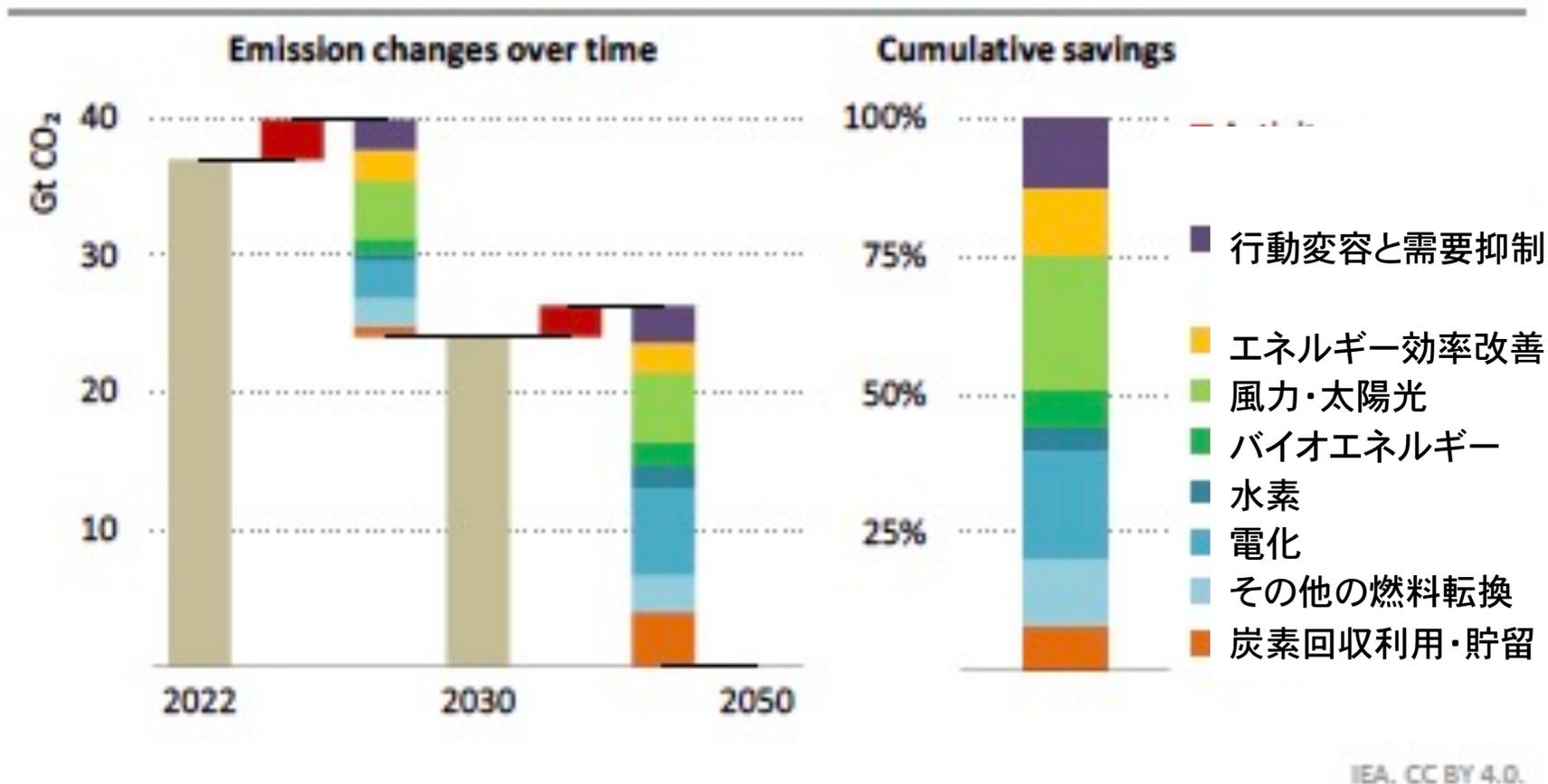


出典: IEA、2021年

IEA. All Rights Reserved

ネットゼロのために必要な技術

再エネの拡大、エネルギー効率改善、電化で2030年までに必要な削減の80%達成

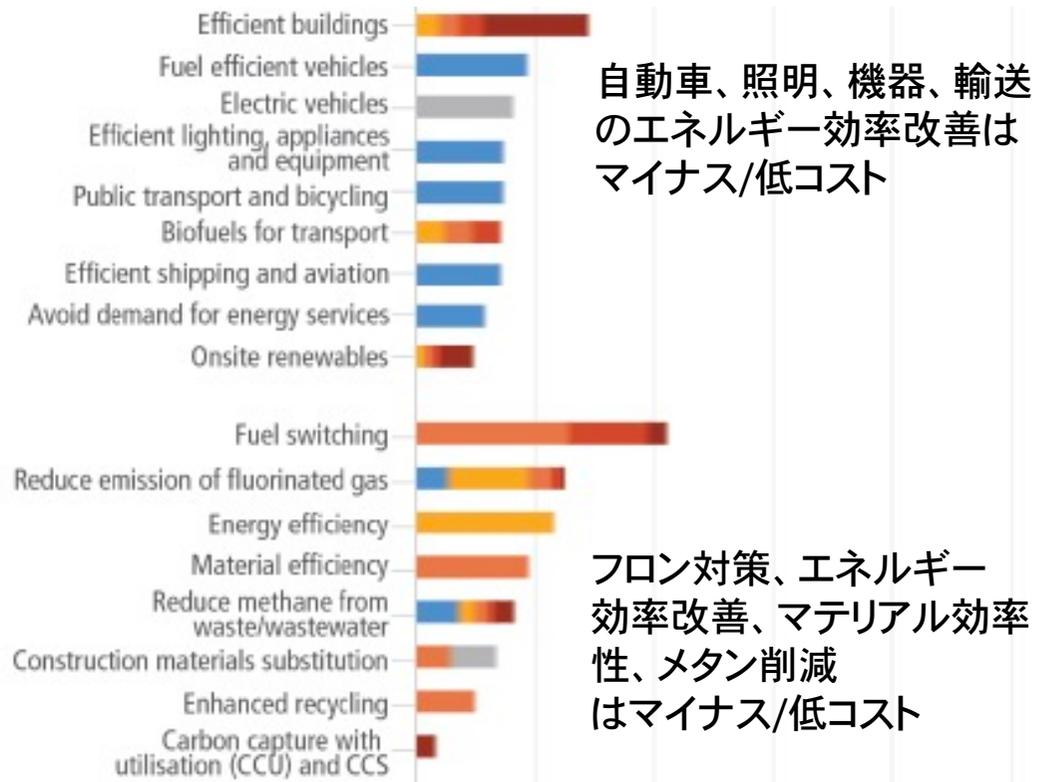
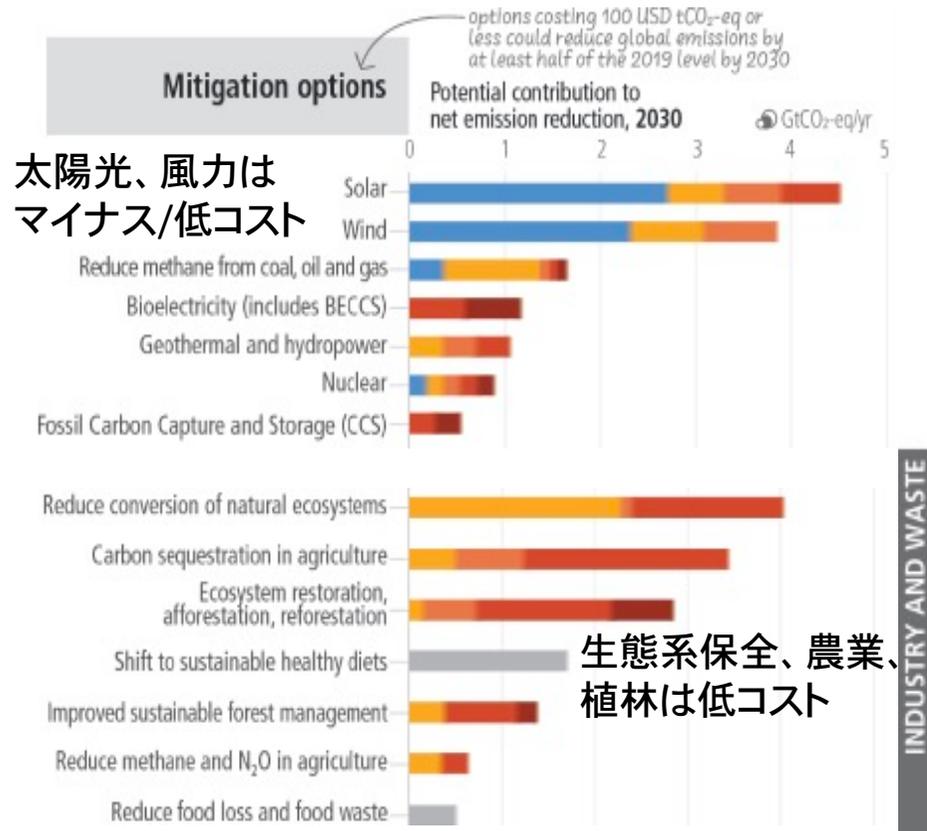


Expansion of solar PV, wind and other renewables, energy intensity improvements and direct electrification of end-uses combined contribute 80% of emission reductions by 2030

コスト効率的な削減対策はある

エネルギー供給

インフラ



土地、水、食料

産業、廃棄物

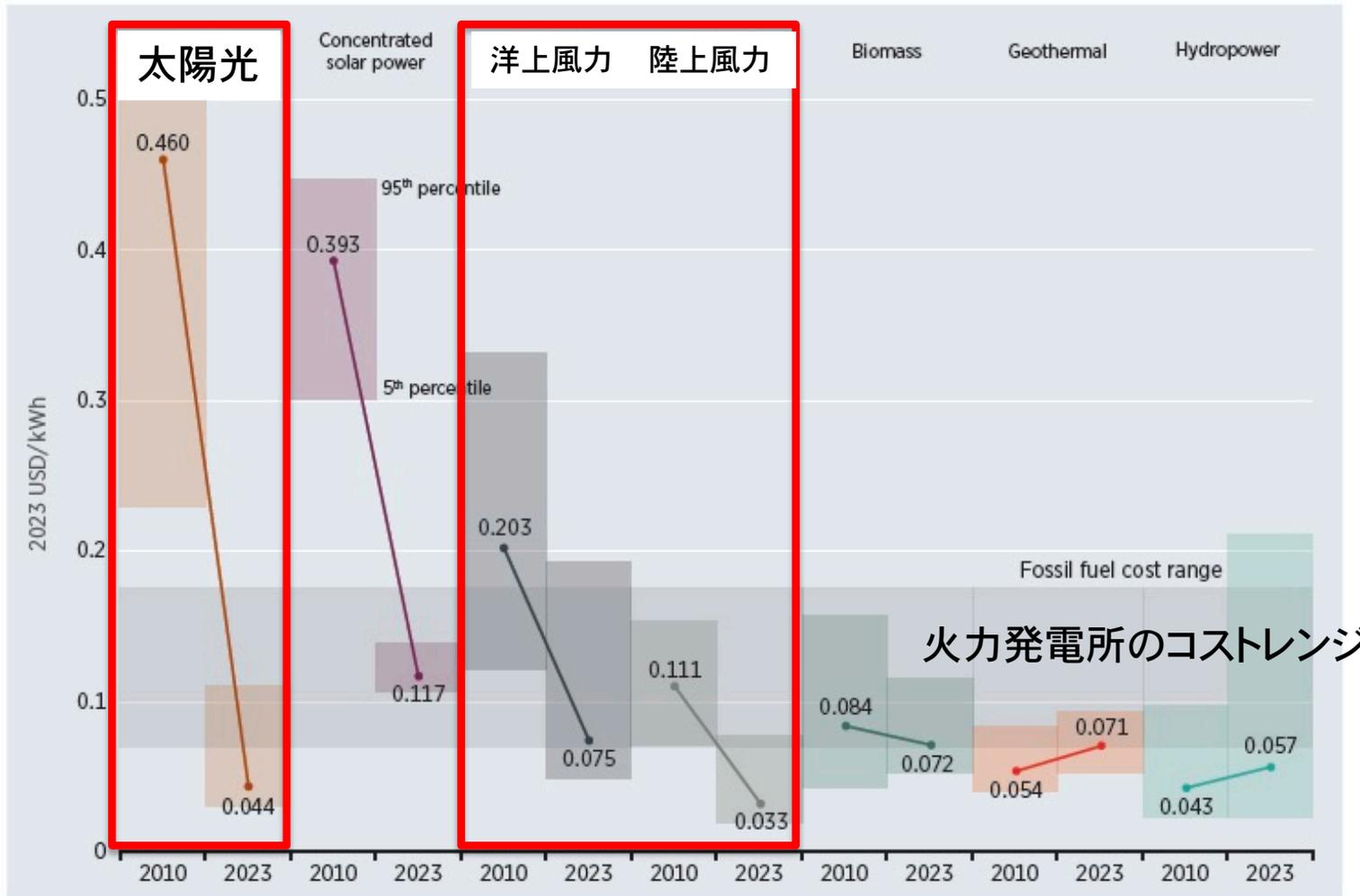
Net lifetime cost of options:

- Costs are lower than the reference
- 0-20 (USD per tCO₂-eq)
- 20-50 (USD per tCO₂-eq)
- 50-100 (USD per tCO₂-eq)
- 100-200 (USD per tCO₂-eq)
- Cost not allocated due to high variability or lack of data

再エネの発電コスト (2010 - 2023)

2010年から203年で、事業用太陽光は90%、陸上風力は70%、洋上風力は63%低減
日本の太陽光の発電コストも2013年から2020年の8年で62%低減

出典: IRENA, 2024



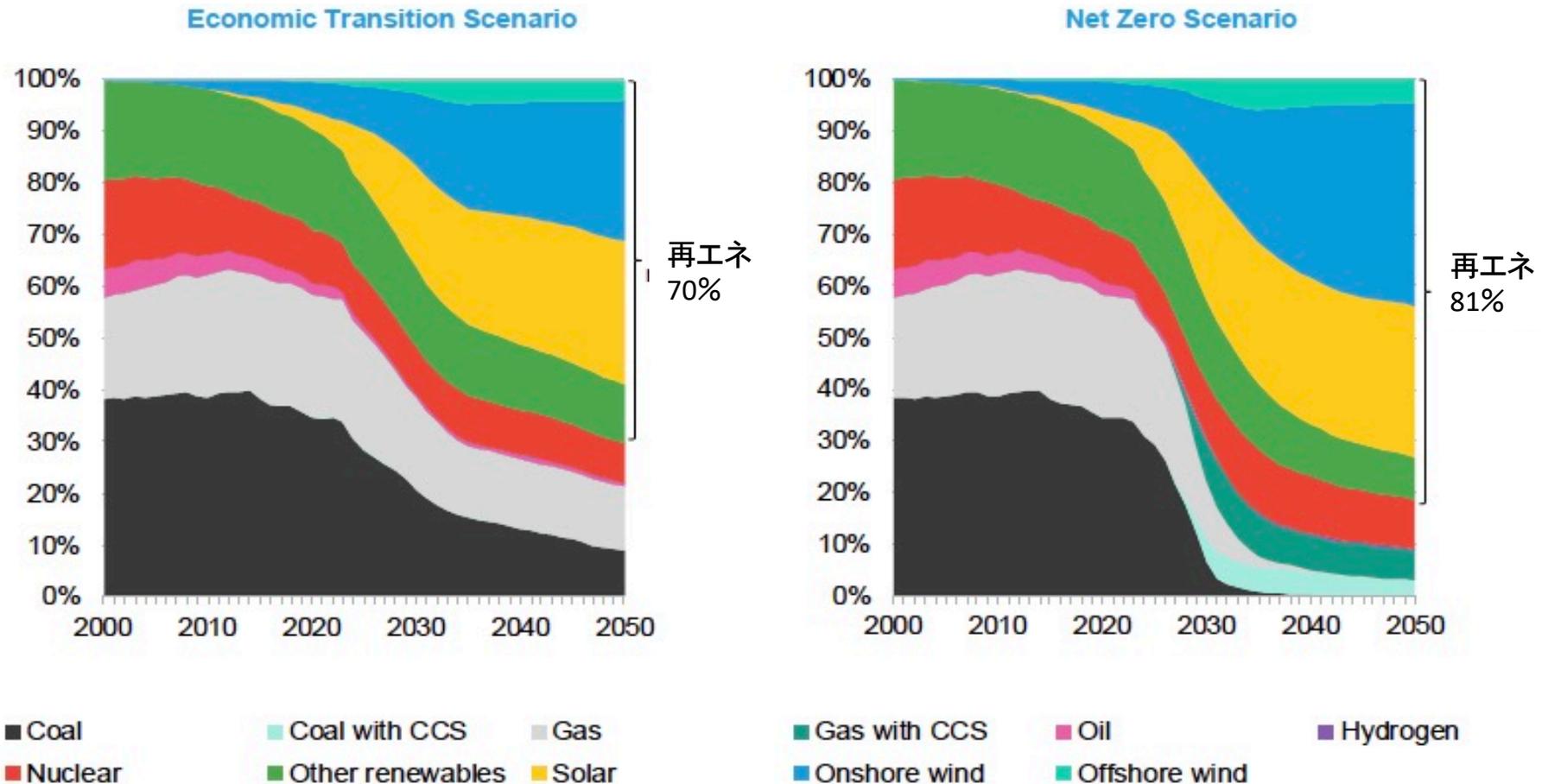
Note: These data are for the year of commissioning. The thick lines are the global weighted average LCOE value derived from the individual plants commissioned in each year. The LCOE is calculated with project-specific installed costs and capacity factors, while the other assumptions, including weighted average cost of capital (WACC), are detailed in Annex I. The grey band represents the fossil fuel-fired power generation cost in 2023, while the bands for each technology and year represent the 5th and 95th percentile bands for renewable projects.

太陽光・風力の発電コストの推移(日本)

日本の太陽光の発電コストは2010年から2019年の10年で63%低減、2013年から2020年の8年で62%低減(国際再生可能エネルギー機関、2020年、2021年)



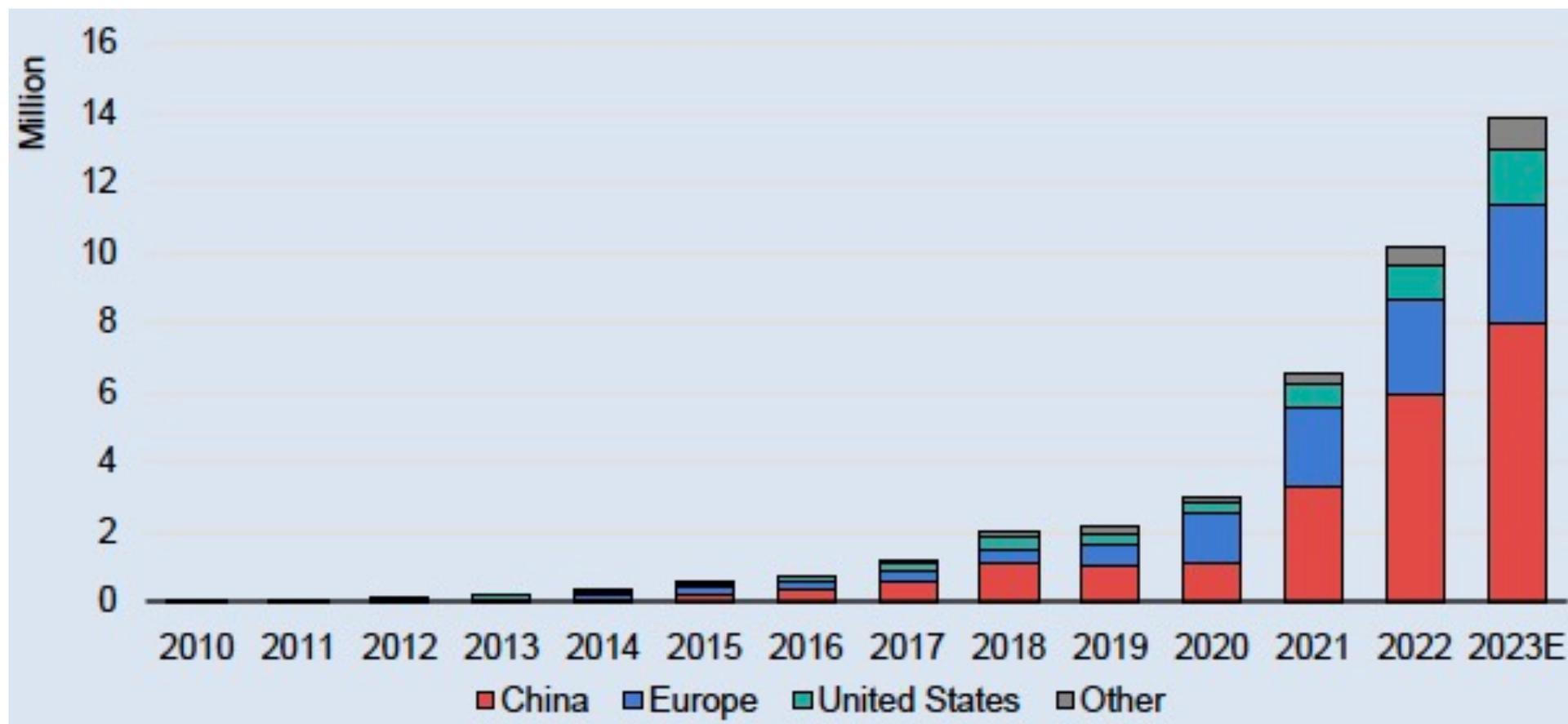
世界の電源ミックス (Bloomberg NEF, 2024)



Source: BloombergNEF. Note: Includes electricity generation for hydrogen production under the Net Zero Scenario. 'Other renewables' includes all other non-combustible renewable energy, including hydro, bioenergy, geothermal and solar thermal. CCS is carbon capture and storage.

電動車の新車販売量（2010-2023年）

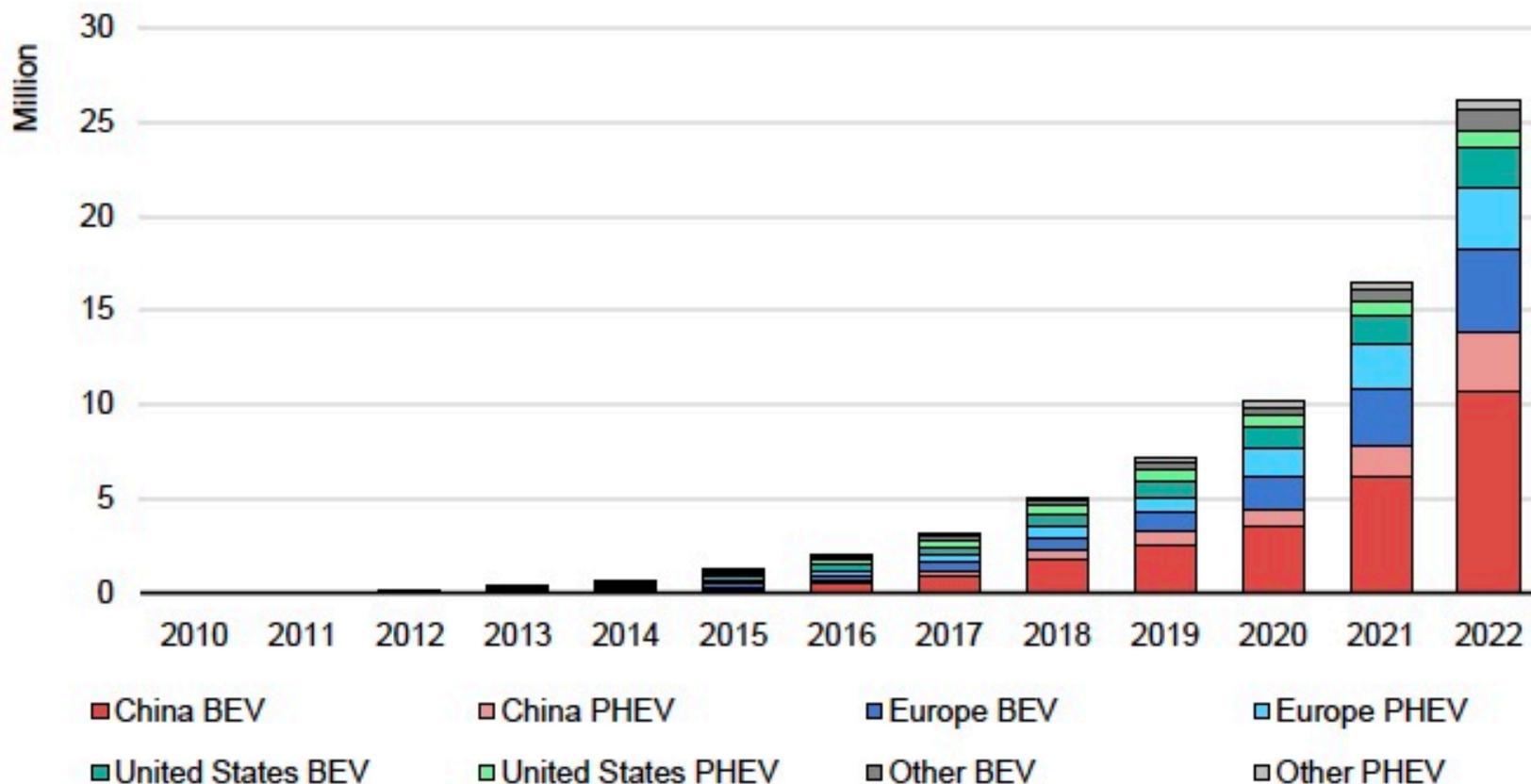
2023年、電動車の販売量は1400万台（推計）。2022年比35%増
市場シェアは、2022年14%から、2023年18%に



電動車のストックの推移(2010-2022年)

2022年、市中で2600万超の電動車(乗用車)が走行
2021年比60%超の増加。2018年の5倍に

出典: IEA, 2023



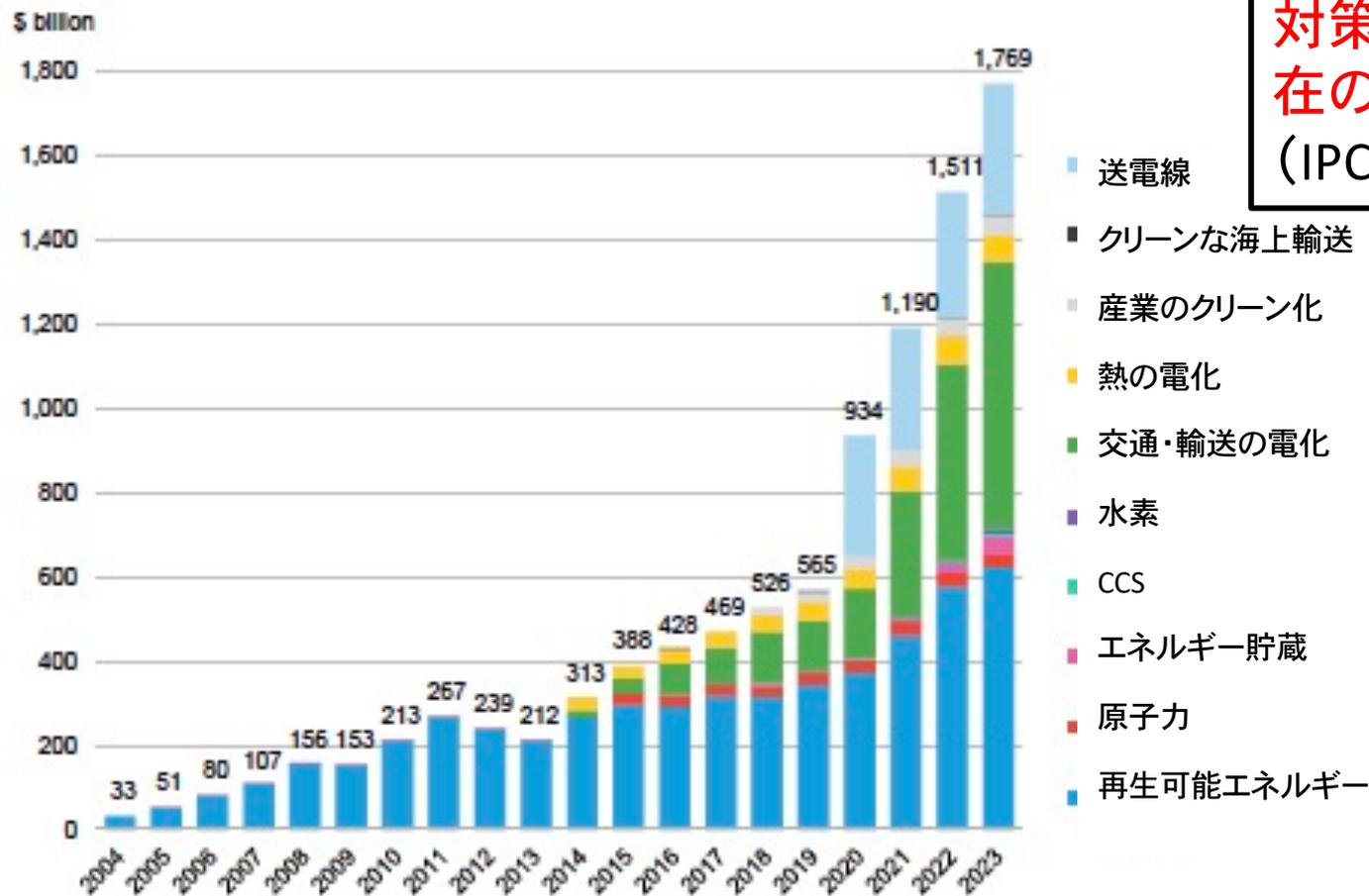
IEA. CC BY 4.0.

Notes: BEV = battery electric vehicle; PHEV = plug-in hybrid electric vehicle. Electric car stock in this figure refers to passenger light-duty vehicles. In "Europe", European Union countries, Norway, and the United Kingdom account for over 95% of the EV stock in 2022; the total also includes Iceland, Israel, Switzerland and Türkiye. Main markets in "Other" include Australia, Brazil, Canada, Chile, Mexico, India, Indonesia, Japan, Malaysia, New Zealand, South Africa, Korea and Thailand.

エネルギー移行投資の推移

エネルギー転換投資は、2023年、1.77兆米ドルに。前年比17%増
2015年の約4.5倍。2004年の53倍超
再エネ投資は、史上最高6230億米ドル(前年比8%増)に

2030年までに気候変動
対策への年間投資を現
在の3~6倍にする必要
(IPCC, 2023)

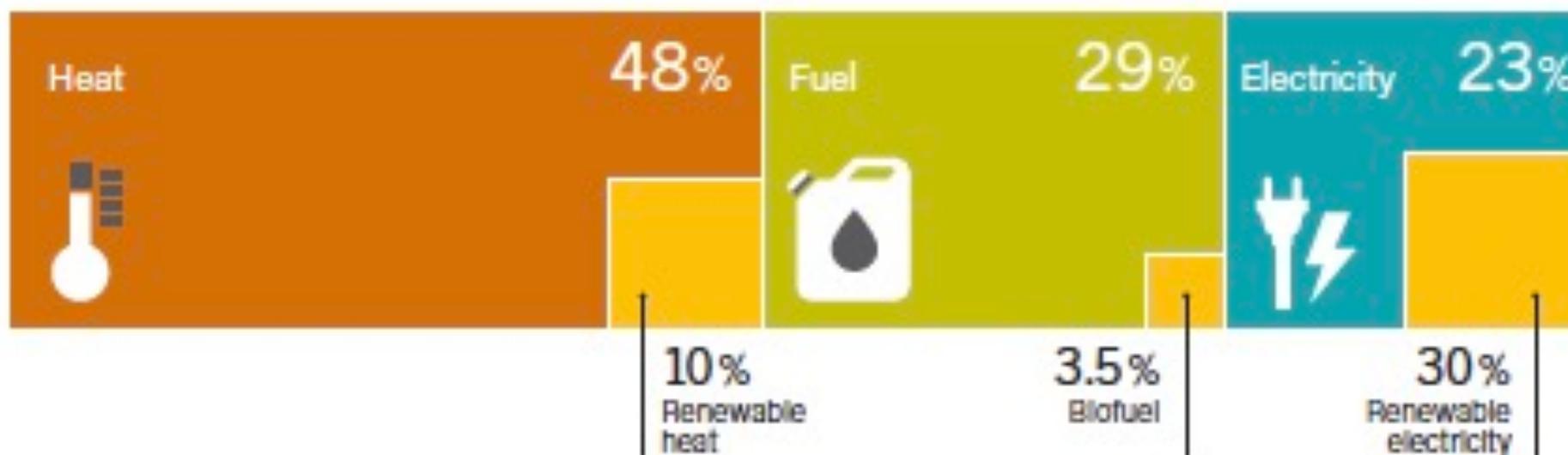


Source: BloombergNEF. Note: Start years differ by sector but all sectors are present from 2020 onwards; see [Methodology](#) for more detail. Most notably, nuclear figures start in 2015 and power grids in 2020. CCS refers to carbon capture and storage.

最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー(2021)

Renewable Energy in TFEC by Sector

電力は世界のエネルギー消費の約4分の1。世界の電力の30%は再エネに
再エネへの転換は熱と燃料に課題



Source: Based on IEA. See endnote 6 for this section.

Source: REN21, 2024

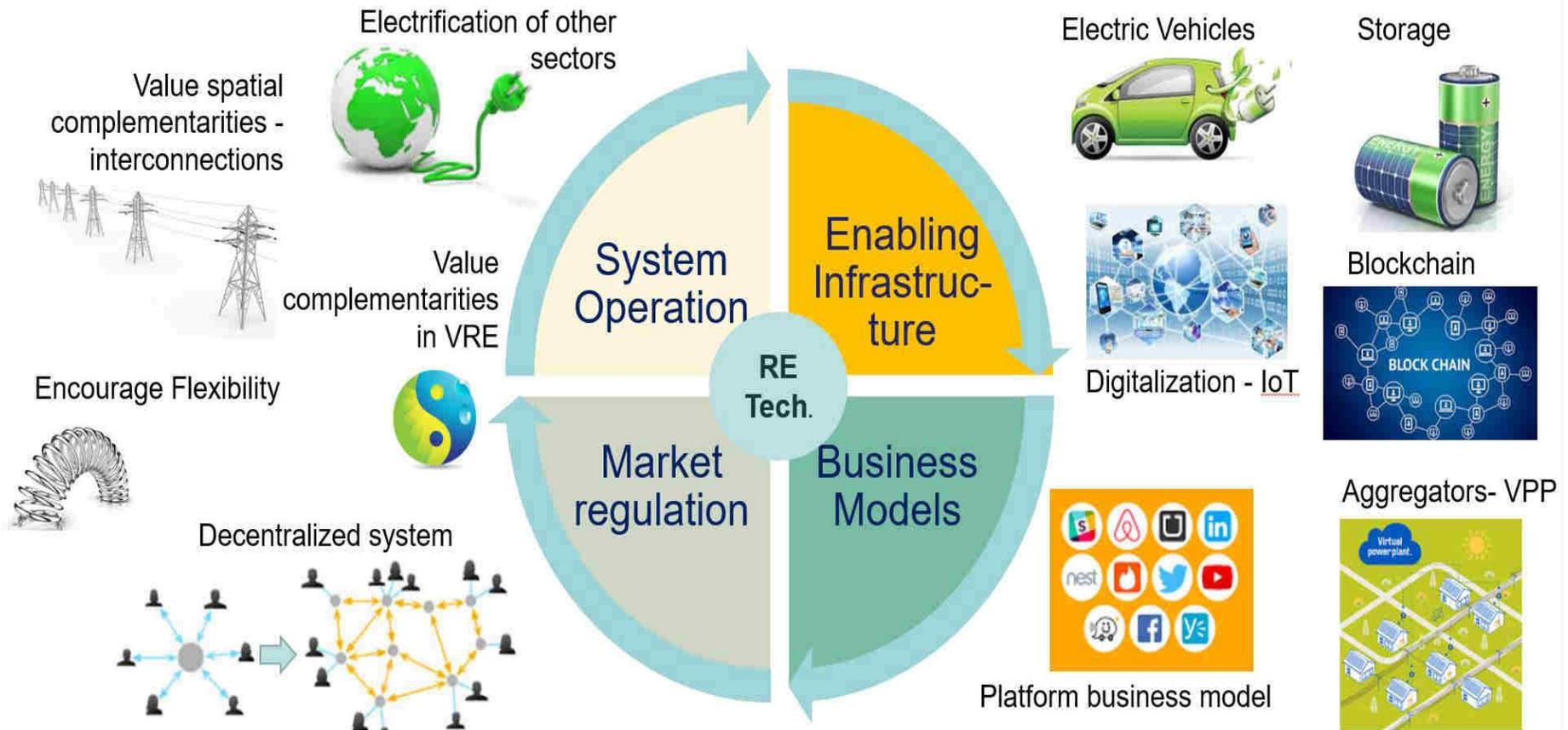
電力分野変革のイノベーション

3つのD : Decarbonization, Decentralization and Digitalization

デジタル化、自動化など、**セクターを超えたダイナミックな技術革新(イノベーション)の進行**

"Grid integrated efficient buildings" "Grid interactive efficient buildings"

技術の補完性 Innovation Landscape for Power Sector Transformation

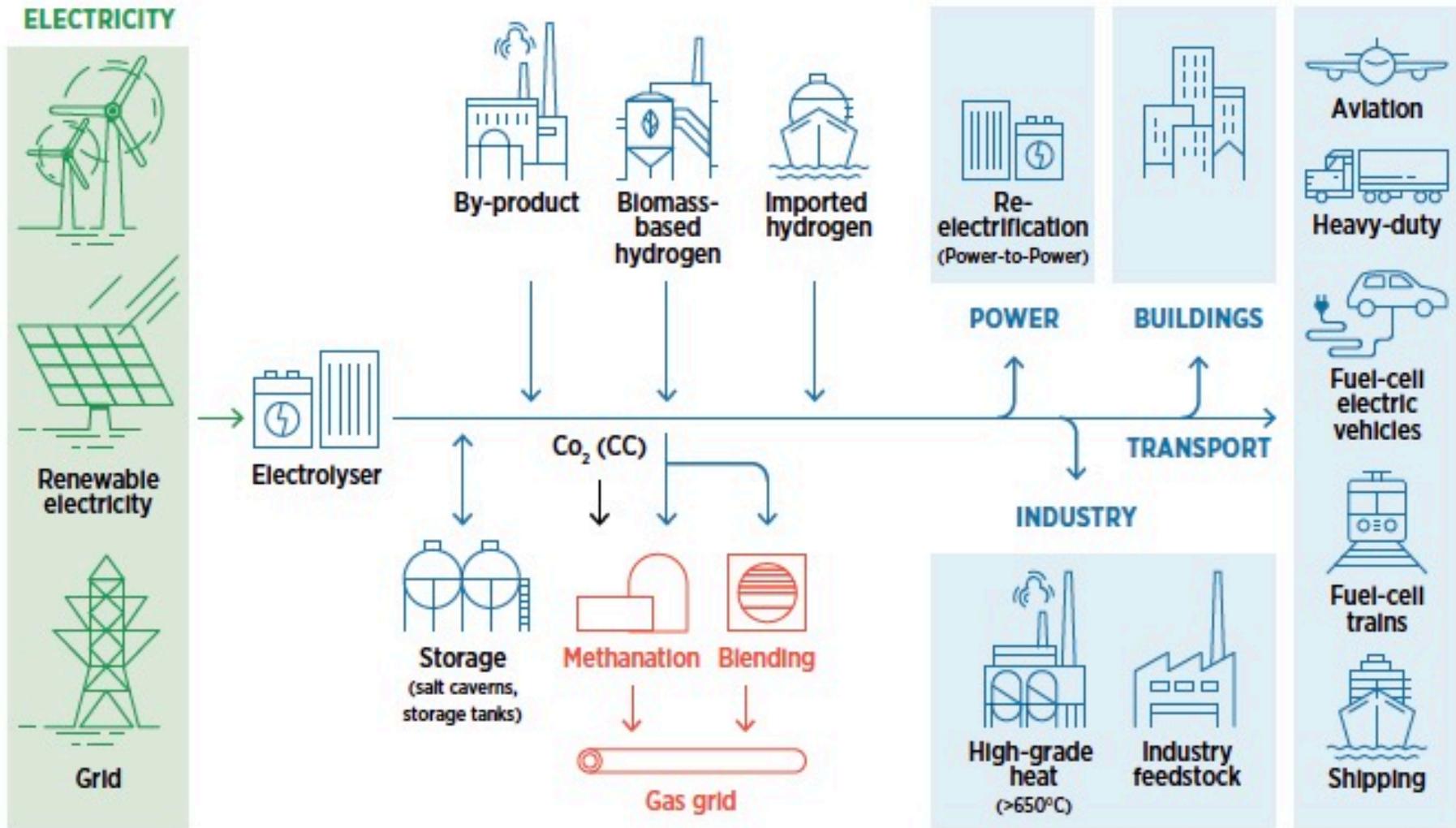


出典: IRENA, 2017

セクターカップリング

Power to X

エネルギーシステム統合 (Energy System Integration) / セクター統合

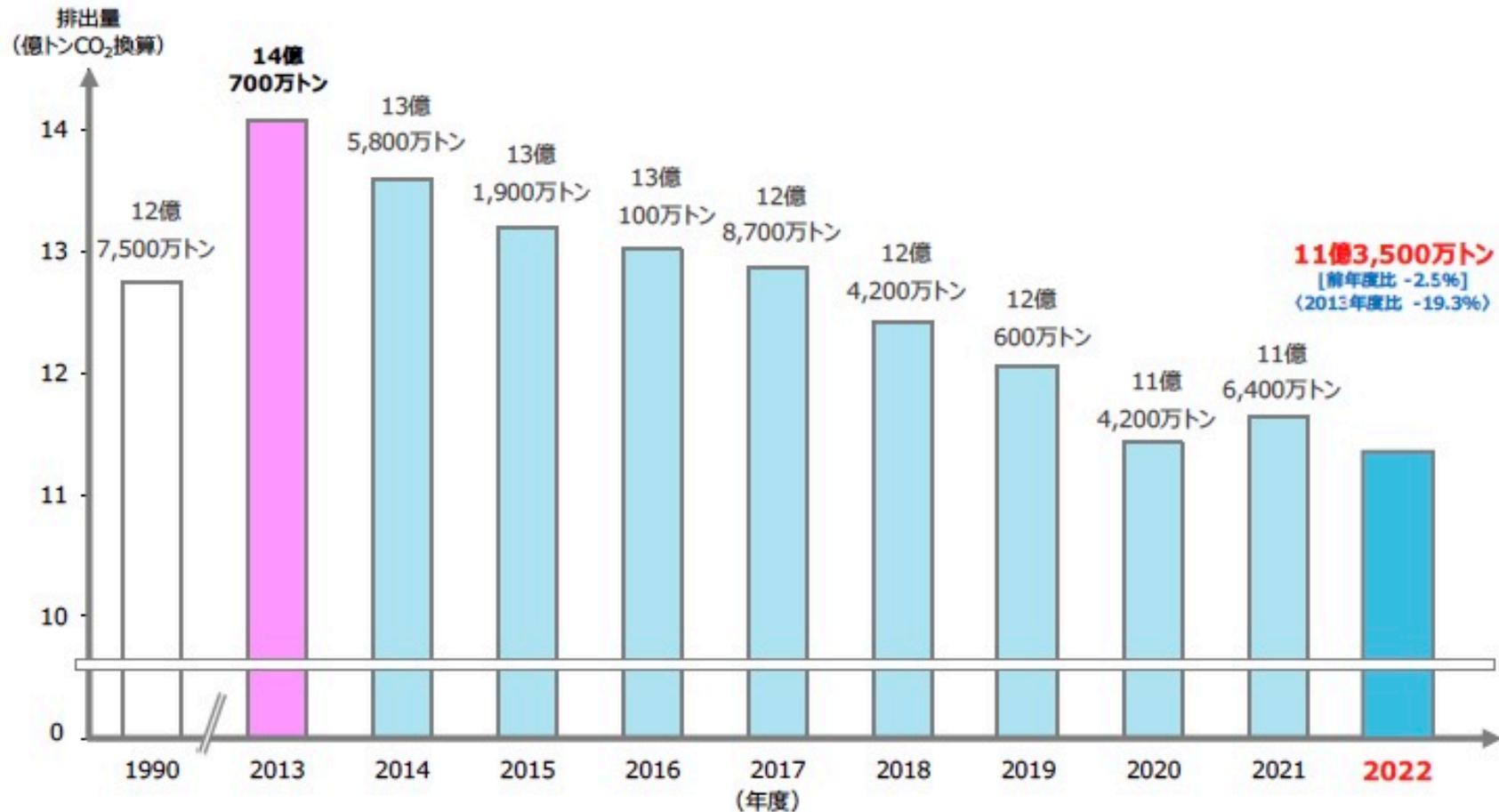


出典: IRENA, 2018

日本の温室効果ガス排出量 (2022年度・速報値)

2013年度比22.9%減。2021年度比2.5%減。1990年度以降最少

エネルギー由来の二酸化炭素が、日本の温室効果ガス排出量の約85%を占める
エネルギー効率改善と再生可能エネルギー拡大が一貫した削減の要因



出典：環境省、2024年

2030年・2035年にめざす目標

(エネルギー基本計画・地球温暖化対策計画)

- 2030年に電源構成の36-38%を再生可能エネルギーに
- 2030年までに1,000万kW、2040年までに浮体式も含む3,000万kW～4,500万kWの洋上風力の案件を形成
- 2030年に、新築される住宅・建築物についてはZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能が確保されるとともに、新築戸建住宅の6割において太陽光発電設備が導入
- 2030年に少なくとも100の脱炭素先行地域
- 2035年までに、乗用車新車販売で電動車*100%を実現

*電気自動車、燃料電池自動車、プラグインハイブリッド自動車、ハイブリッド自動車

(参考) 再エネ海域利用法における案件形成状況

第62回再エネ大量導入・次世代電力NW小委員会
(2024年5月29日) 資料 1より抜粋

区域名	万kW ^{※1}	供給価格 ^{※2} (円/kWh)	運用年月	選定事業者構成	
促進区域	①長崎県五島市沖(浮体)	1.7	36	2026.1	芦田建設、ERE、大阪瓦斯、関西電力、INPEX、中部電力
	②秋田県能代市・三種町・男鹿市沖	49.4	13.26	2028.12	三菱商事海上風力、三菱商事、C-Tech
	③秋田県由利本荘市沖	84.5	11.99	2030.12	三菱商事海上風力、三菱商事、C-Tech、ワンティ・ジャパン
	④千葉県銚子市沖	40.3	16.49	2028.9	三菱商事海上風力、三菱商事、C-Tech
	⑤秋田県八幡町能代市沖	37.5	3	2029.6	ERE、イベルド・ラリニュー・アプス・ジャパン、東北電力
	⑥秋田県男鹿市・湯上市・秋田市沖	31.5	3	2028.6	JERA、電源開発、伊藤忠商事、東北電力
	⑦新潟県村上市・胎内市沖	68.4	3	2029.6	三井物産、RWE Offshore Wind Japan 村上市域内、大阪瓦斯
	⑧長崎県西海市江島沖	42	22.18	2029.8	住友商事、東京電力パワー
	⑨青森県沖日本海(南側)	60			
	⑩山形県遊佐町沖	45			
有望区域	⑪北海道石狩市沖	91~114			
	⑫北海道岩手・南後志地区沖	56~71			
	⑬北海道島牧沖	44~56			
	⑭北海道檜山沖	91~114			
	⑮北海道松前沖	25~32			
	⑯青森県沖日本海(北側)	30			
	⑰秋田県能代市・三種町・男鹿市沖				
	⑱秋田県由利本荘市沖(北側・南側)				
	⑲山形県遊佐町沖				
	⑳新潟県村上市・胎内市沖				
準備区域	㉑北海道岩手・南後志地区沖(浮体)				
	㉒北海道島牧沖(浮体)				
	㉓青森県陸奥湾				
	㉔岩手県久慈市沖				
	㉕山形県遊田市沖				
	㉖千葉県銚子市沖				
	㉗千葉県九十九里沖				
	㉘千葉県いすみ市沖				
	㉙佐賀県唐津市沖				
	㉚長崎県西海市江島沖				

<導入目標> (IP226電源の電源構成における比率)

現状：風力全体4.5GW [0.9%]
(沖上0.01GW)

2030年：風力全体23.6GW [5%]
(沖上5.7GW [1.8%])

<沖上風力案件形成目標>

2030年 10GW / 2040年 30-45GW

<沖上風力国内調達比率目標(産業界目標)>

2040年 60%

【凡例】

- 促進区域 (第1ラウンドは赤字)
- 有望区域
- 準備区域

※2 ①~④についてはFIT制度適用のため調達価格。
⑤~⑩はFIT制度適用のため基準価格。



※1 容量の記載について、事業者選定後の案件は選定事業者の計画に基づく発電容量出力量、それ以外は、系統確保容量又は調査事業で算出した当該区域において想定する出力規模。

脱炭素化をめざす法の制定・改正が続く

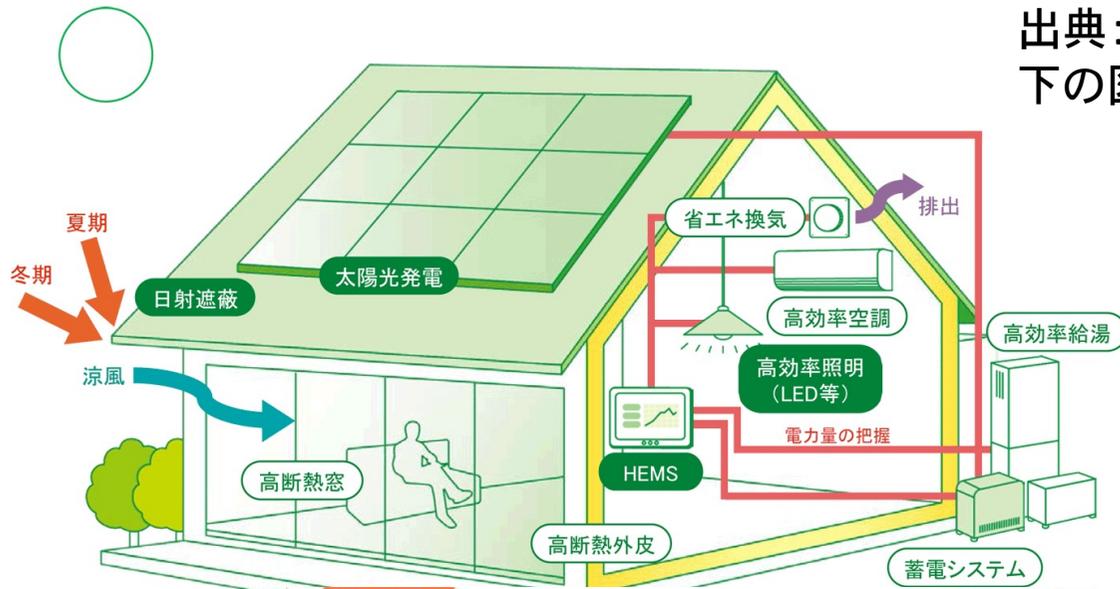
2021年 第204回国会	<ul style="list-style-type: none">・地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律(温対法改正)・プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律(プラスチック資源循環促進法)・公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律の一部を改正する法律(改正後の法律名は、脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律)
2022年 第208回国会	<ul style="list-style-type: none">・地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律(温対法改正)・環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律・安定的なエネルギー需給構造の確立を図るためのエネルギーの使用の合理化等に関する法律等の一部を改正する法律(省エネ法改正(改正後の法律名は、エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律)、エネルギー供給高度化法改正、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構法改正、電気事業法改正など)・航空法等の一部を改正する法律(航空法改正、空港法改正など)・脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律(建築物省エネ法改正、建築基準法改正など)
2023年 第211回国会	<ul style="list-style-type: none">・脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律(GX推進法)・脱炭素社会の実現に向けた電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律(GX脱炭素電源法)
2024年 第213回国会	<ul style="list-style-type: none">・脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律(水素社会推進法)・二酸化炭素の貯留事業に関する法律(CCS事業法)・地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律(温対法改正)・海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律の一部を改正する法律案(再エネ海域利用法改正案)

東京都の2030年目標(2021年)

- 世界経済フォーラムでの小池東京都知事の表明(2021年1月27日)
 - 2050年排出実質ゼロ(ゼロエミッション東京)(2019年)
 - 都内の温室効果ガスの排出量を2030年までに00年比で50%削減(2030年カーボンハーフ)(現在30%削減)
 - 都内の使用電力に占める再生可能エネルギーの割合を30年までに50%に高める
 - 新車販売における非ガソリン車の割合を100%
 - 環境審議会から条例改正の答申。2022年12月、条例可決。2025年4月から施行
 - 中小規模の住宅など新築建築物を供給する事業者(請負型規格建物の請負事業者又は建築主)に、一定量の太陽光発電設備の設置について、日照などの立地条件や住宅の形状等を考慮しながら、事業者単位で設置基準の達成を求める仕組み
- 太陽光発電設置解体新書
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/solar_portal/faq.html

ZEH(ネットゼロエネルギーハウス)と健康

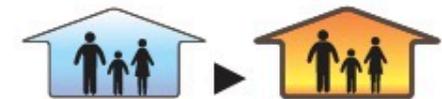
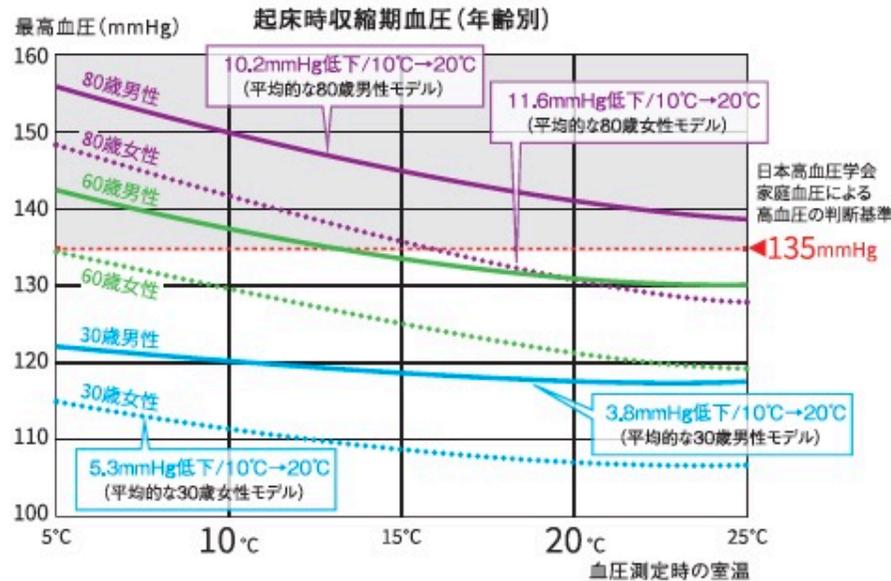
出典:左上の図は資源エネルギー庁
下の図は日本サステナブル建築協会 2023年



室温と血圧
の関係

リフォームで断熱性を改善、朝の最高血圧が平均3.1mmHg低下!

室温が上昇すると
血圧が下がります



断熱改修による血圧への影響

全体平均	3.1mmHg低下
高齢者	5.0mmHg低下
喫煙者	4.6mmHg低下
高血圧患者	7.7mmHg低下

循環器疾患のハイリスク者ほど
断熱による血圧低下効果大きい。

レジリエンス強化:むつざわスマートウェルネスタウン

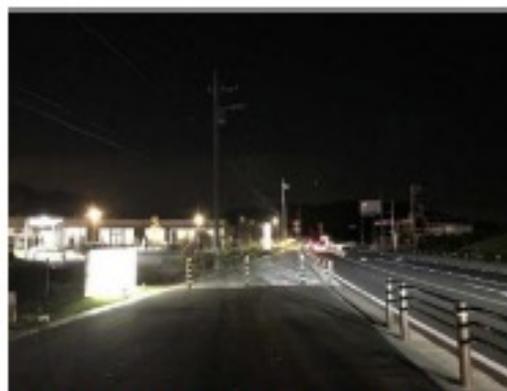
- **再エネと調整力**（コジェネ）を組み合わせたエネルギーの面的利用システムを構築することで、**災害時の早期復旧**に大きく貢献。
- 千葉県睦沢町では、防災拠点である道の駅を近隣住民に開放し、トイレや温水シャワーを提供、800人以上の住民が利用。

むつざわスマートウェルネスタウン 経過概要

9月9日（月）	5時	町内全域停電
9日（月）	9時	コジェネを立ち上げ住宅と道の駅に供給開始
10日（火）	10時	コジェネの排熱を活用し温水シャワーを提供
11日（水）	9時	系統復電



<むつざわスマートウェルネスタウン (SWT)>
 事業者：(株)CHIBAむつざわエナジー
 システム概要：天然ガスコジェネと再エネ（太陽光と太陽熱）を組み合わせ、自営線（地中化）で道の駅（防災拠点）と住宅へ供給。コジェネの排熱は道の駅併設の温浴施設で活用。
 供給開始：2019年9月1日
 ※経産省、及び環境省の予算事業を活用



↑周辺が停電する中、照明がついているむつざわSWT
 【引用：(株)CHIBAむつざわエナジーHP】

9日に関東を直撃した台風15号の影響で、一時的に全域が停電した千葉県睦沢町。11日に系統電力が復旧するまでの間、**地域新電力が防災拠点などに電気と温水を供給し、住民の生活を支えた。**町が出資する地域新電力、CHIBAむつざわエナジー（社長＝市原武・睦沢町長）は今月から、道の駅と賃貸住宅を一体開発する「むつざわスマートウェルネスタウン」へのエネルギー供給を開始した。

千葉県睦沢町の地域新電力

台風時の停電解消に一役

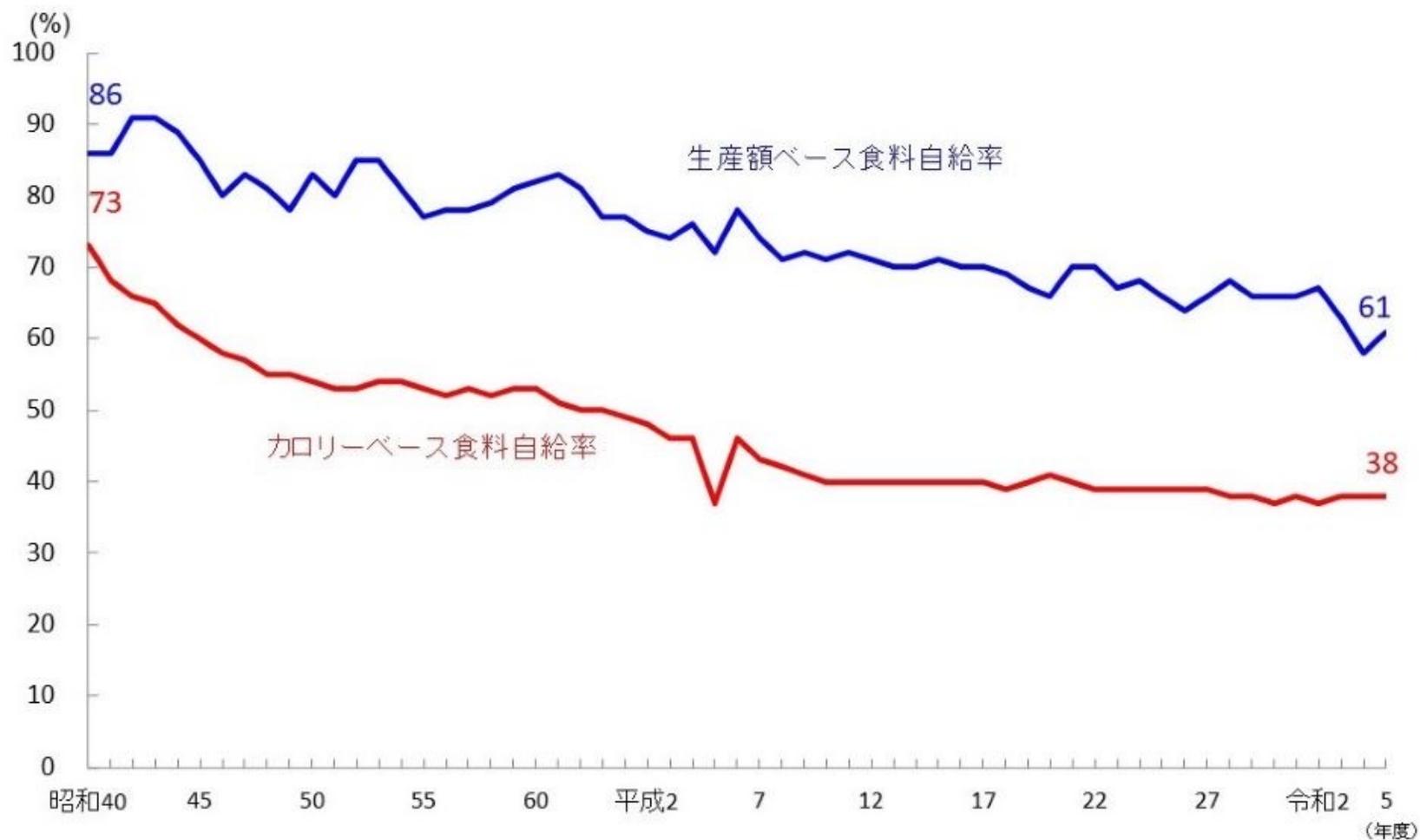
い試みた。ガスエンジンを使って発電した電力を回して発電した電力は、地中化された自営線を使って供給される。さらにガスエンジンの排熱は、天然ガス採取後のかんの水の加温に利用され、温泉施設に供給される。新しい道の駅は国の重点施設に指定されており、広域災害時には防災拠点としての機能を担う。供給開始から間もない9日、早くもその役割が試されることになった。台風の影響で送配電線が損傷し、午前5時頃から町内全域が停電した。同タウンも一時停電したが、自営線に被害がないことを確認。午前9時頃にガスエンジンを立ち上げ、道の駅と住宅への供給を始めた。

翌10日午前10時から、ガスエンジンの排熱などで水道水を加温し、周辺住民に温水シャワーを無料で提供した。トイレや温水シャワーを備えた道の駅には、800人以上の住民が訪れたという。11日午前9時頃に系統電力が復旧するまで、送電を継続した。

温水シャワー無料提供も

↑ 2019年9月17日付 電気新聞

食糧自給率の推移



出典：農林水産省、2024年

農業従事者数の推移

農業就業人口に基幹的農業従事者の占める割合は約8割
ここ20年で農業就業人口は約57%減

単位：万人、歳

	平成27年	28年	29年	30年	31年	令和2年	3年	4年
基幹的農業従事者	175.7	158.6	150.7	145.1	140.4	136.3	130.2	122.6
うち女性	75.1	65.6	61.9	58.6	56.2	54.1	51.2	48.0
うち65歳以上	114.0	103.1	100.1	98.7	97.9	94.9	90.5	86.0
平均年齢	67.1	66.8	66.6	66.6	66.8	67.8	67.9	...

資料：農林業センサス、農業構造動態調査（農林水産省統計部）

- 注：1 「基幹的農業従事者」とは、ふだん仕事として主に自営農業に従事している者をいう。
2 平成27年、令和2年は全数調査で実施した農林業センサスの結果であるのに対し、平成28年～31年、令和3年は標本調査で実施した農業構造動態調査の結果であり、表章されている値は推定値であることから、直接比較して利用する場合には留意する必要がある。

出典：農林水産省ウェブサイト

<https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>

匝瑳市・ソーラーシェアリング

*市民エネルギーちばによるソーラーシェアリング

*農業×再エネ：環境調和型メガソーラーによる農業支援、地域活性化

匝瑳システム 『シェア&オーガニックをテーマに連携』



出典：東光弘(市民エネルギー千葉)、2019年

気候変動政策の変容

- 産業の脱炭素化、次世代化。それによる産業競争力強化。「産業政策」としての気候変動対策
 - Ex. GX基本方針(2023年2月閣議決定)
 - Ex. 米国・インフレ抑制法(2022年)
 - インフラ(エネルギー、住宅・建築物、交通など)の脱炭素化に重点
 - エネルギー供給、生産拠点・サプライチェーンの内製化(産業創出)、エネルギー・経済安全保障の強化、雇用創出、地域の移行の側面も色濃く
- 気候変動に対する考慮を企業経営に統合
 - 企業の情報開示の強化(法定化)、金融機関の情報開示とリスク評価
 - Scope 3の排出量(サプライチェーン、バリューチェーンからの排出量)
- 気候変動をこえて: サーキュラーエコノミー、自然資本などへも

GX基本方針

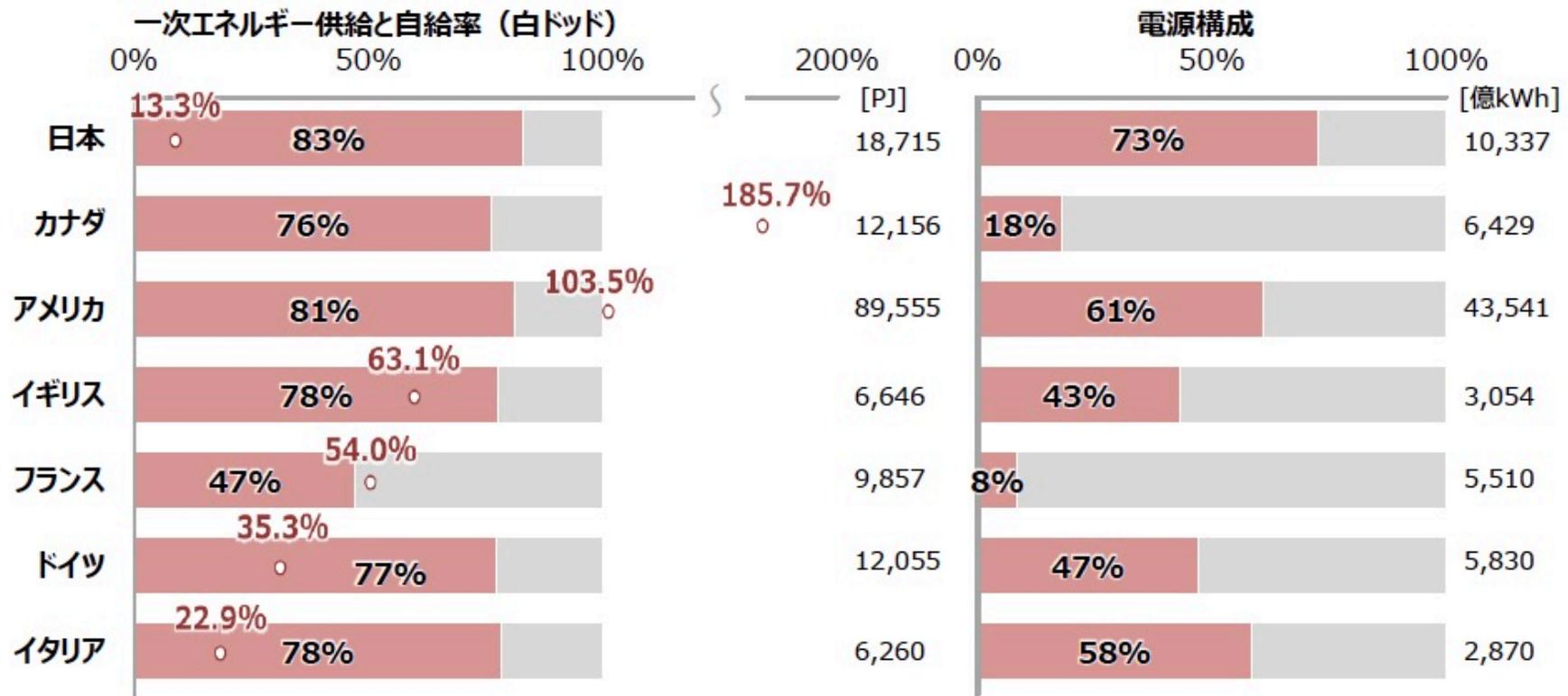
(2023年2月閣議決定)

- 「GX実現に向けた基本方針—今後10年を見据えたロードマップ」
 - 「...産業革命以来の化石エネルギー中心の産業構造・社会構造をクリーンエネルギー中心へ転換する、『グリーントランスフォーメーション』(以下「GX」...)は、戦後における産業・エネルギー政策の大転換を意味する。」
 - 「GXを加速させることは、エネルギーの安定供給につながるとともに、我が国経済を再び成長軌道へと戻す起爆剤としての可能性も秘めている。民間部門に蓄積された英知を活用し、世界各国のカーボンニュートラルの実現に貢献するとともに、脱炭素分野で新たな需要・市場を創出し、日本の産業競争力を再び強化することを通じて、経済成長を実現していく必要がある。」
 - 「GXの実現を通して、2030年度の温室効果ガス46%削減や2050年カーボンニュートラルの国際公約の達成を目指すとともに、安定的で安価なエネルギー供給につながるエネルギー需給構造の転換の実現、さらには、我が国の産業構造・社会構造を変革し、将来世代を含む全ての国民が希望を持って暮らせる社会を実現」
 - <https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002.html>

化石燃料依存のエネルギー供給

- 一次エネルギー供給の83%を輸入化石燃料に依存。G7では依存度は最大。エネルギー自給率は最低水準(13.3%)
- 電源構成の7割超を輸入化石燃料に依存。G7では最も高い水準

一次エネルギー供給・電源構成に占める化石エネルギー比率 (2021年*)

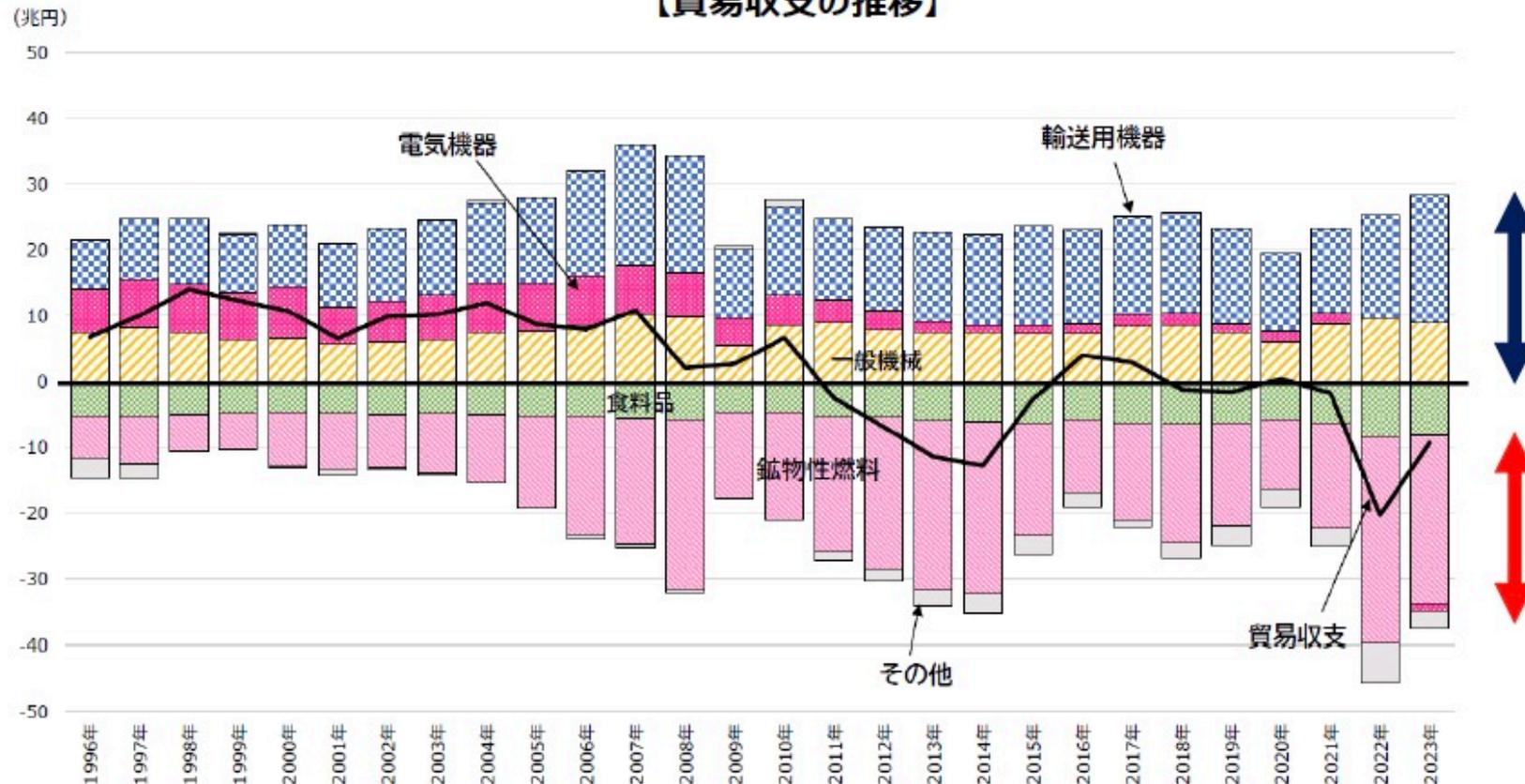


(出所) IEA「World Energy Balances」、総合エネルギー統計をもとに作成。日本は2021年度、その他は2021年の数字。

貿易収支への影響

- 自国産エネルギーが乏しく輸入に頼る我が国は、高付加価値品で稼ぐ外貨を化石燃料輸入で費消。2023年には、自動車、半導体製造装置などで稼いだ分（輸送用機器約20兆円＋一般機械約9兆円）の大半を、鉱物性燃料（原油、ガスなど）の輸入（約26兆円）に充てる計算。
- 更に、世界的な脱炭素の潮流により、化石燃料の上流投資は減少傾向。海外に鉱物性燃料の大半を頼る経済構造は、需給タイト化による突然の価格上昇リスクや、特定国に供給を依存するリスクを内包。

【貿易収支の推移】



(出所) 国際収支から見た日本経済の課題と処方箋 第1回会合資料(財務省)に太印付記

出典：資源エネルギー庁、2024年

GX経済移行債による投資促進策

	官民投資額	GX経済移行債による主な投資促進策	措置済み (R4補正～R5補正) 【約3兆円】	R6FY以降の 支援見込額	備考 ※設備投資（製造設備導入）支援の補助率は、原則 中小企業は1/2、大企業は1/3	
製造業	鉄鋼 化学 紙パルプ セメント	3兆円～ 3兆円～ 1兆円～ 1兆円～	・製造プロセス転換に向けた設備投資支援（革新電炉、分解炉熱源のアンモニア化、ケミカルサイクル、R ² イオン化、CCUS、R ² イオンファイバー等への転換）		5年:4,800億円	・4分野（鉄、化学、紙、セメント）の設備投資への支援総額は10年間で1.3兆円規模 ・別途、GI基金での水素還元等のR&D支援、グリーンチーム/グリーンケミカルの生産量等に応じた税額控除を措置
	運輸	自動車	34兆円～	・電動車（乗用車）の導入支援 ・電動車（商用車）の導入支援	2,191億円 545億円	
蓄電池		7兆円～	・生産設備導入支援 ・定置用蓄電池導入支援	5,974億円	2,300億円 3年:400億円	・2,300億円は経済安保基金への措置 ・別途、GI基金での全固体電池等へのR&D支援を措置
航空機		4兆円～	・次世代航空機のコア技術開発			・年度内に策定する「次世代航空機戦略」を踏まえ検討 ・別途、GI基金でのSAF、次世代航空機のR&D支援、SAFの生産量等に応じた税額控除を措置
SAF		1兆円～	・SAF製造・サプライチェーン整備支援		5年:3,400億円	
船舶		3兆円～	・ゼロエミッション船等の生産設備導入支援		5年:600億円	・別途、GI基金でのアンモニア船等へのR&D支援を措置
暮らし 等	くらし	14兆円～	・家庭の断熱窓への改修 ・高効率給湯器の導入 ・商業・教育施設等の建築物の改修支援	2,350億円 580億円 339億円		・自動車等も含め、3年間で2兆円規模の支援を措置（GX経済移行債以外も含む）
	資源循環	2兆円～	・循環型ビジネスモデル構築支援		3年:300億円	・別途、GI基金での熱分解技術等へのR&D支援を措置
	半導体	12兆円～	・パワー半導体等の生産設備導入支援 ・AI半導体、光電融合等の技術開発支援	4,329億円 1,031億円		・別途、GI基金でのパワー半導体等へのR&D支援を措置
エネルギー	水素等	7兆円～	・既存原燃料との価格差に着目した支援 ・水素等の供給拠点の整備		5年:4,600億円	・価格差に着目した支援策の総額は供給開始から15年間で3兆円規模 ・別途、GI基金でのサプライチェーンのR&D支援を措置 ・拠点整備は別途実施するFSを踏まえて検討
	次世代 再エネ	31兆円～	・H ² PP ² サイト太陽電池、浮体式洋上風力、水電解装置のサプライチェーン構築支援と、H ² PP ² サイトの導入支援		5年:4,200億円	・設備投資等への支援総額は10年間で1兆円規模 ・別途、GI基金でのH ² PP ² サイト等のR&D支援を措置
	原子力	1兆円～	・次世代革新炉の開発・建設	891億円	3年:1,600億円	
	CCS	4兆円～	・CCSサプライチェーン構築のための支援（適地の開発等）			・先進的なCCS事業の事業性調査等の結果を踏まえ検討
分野横断的措置		・中小企業を含め省エネ補助金による投資促進等 ・ディープテック・スタートアップ育成支援 ・GI基金等によるR&D ・GX実装に向けたGX機構による金融支援 ・地域脱炭素交付金（自営線マテリアリティ等）	3,400億円		400億円 1,200億円 60億円	・3年間で7000億円規模の支援 ・5年間で2000億円規模の支援（GX機構の力付け支援を含む） ・令和2年度第3次補正で2兆円（一般会計）措置 ・債務保証によるファイナンス支援等を想定
	税制措置	・グリーンシールド、グリーンケミカル、SAF、EV等の生産量等に応じた税額控除を新たに創設				
	R6FY以降の支援額：約2.4兆円（赤の合計）【措置済み額と赤字を含めると約13兆円を想定】					

出典：GX実行会議、2023年

成長志向型カーボンプライシング構想

■ **今後10年間に150兆円超の官民GX投資を実現**するため、国が総合的な戦略を定め、GX投資を前倒しで取り組むインセンティブを付与する仕組みを創設。

(1) 「GX経済移行債」を活用した先行投資支援（今後10年間に20兆円規模）

※発行したGX経済移行債については、下記のカーボンプライシングにより、**2050年までに償還**。

(2) カーボンプライシングによるGX投資先行インセンティブ

- 炭素排出に「値付け」することでGX関連製品・事業の収益性を向上させ、投資を促進
- GXに取り組む期間を設けた後、当初低い負担で導入し、徐々に引き上げる方針を予め示す
- エネルギーに係る負担の総額を中長期的に減少させていく中で導入することが基本

① 多排出産業等の「排出量取引制度」の本格稼働【2026年度～】

+ 発電事業者に「有償オークション」（特定事業者負担金）を段階導入【2033年度～】

② 「炭素に対する賦課金」（化石燃料賦課金）の導入【2028年度～】

※既存の類似制度における整理等を踏まえ、適用除外を含め必要な措置を当分の間講ずることを検討

③ 「GX推進機構」の創設

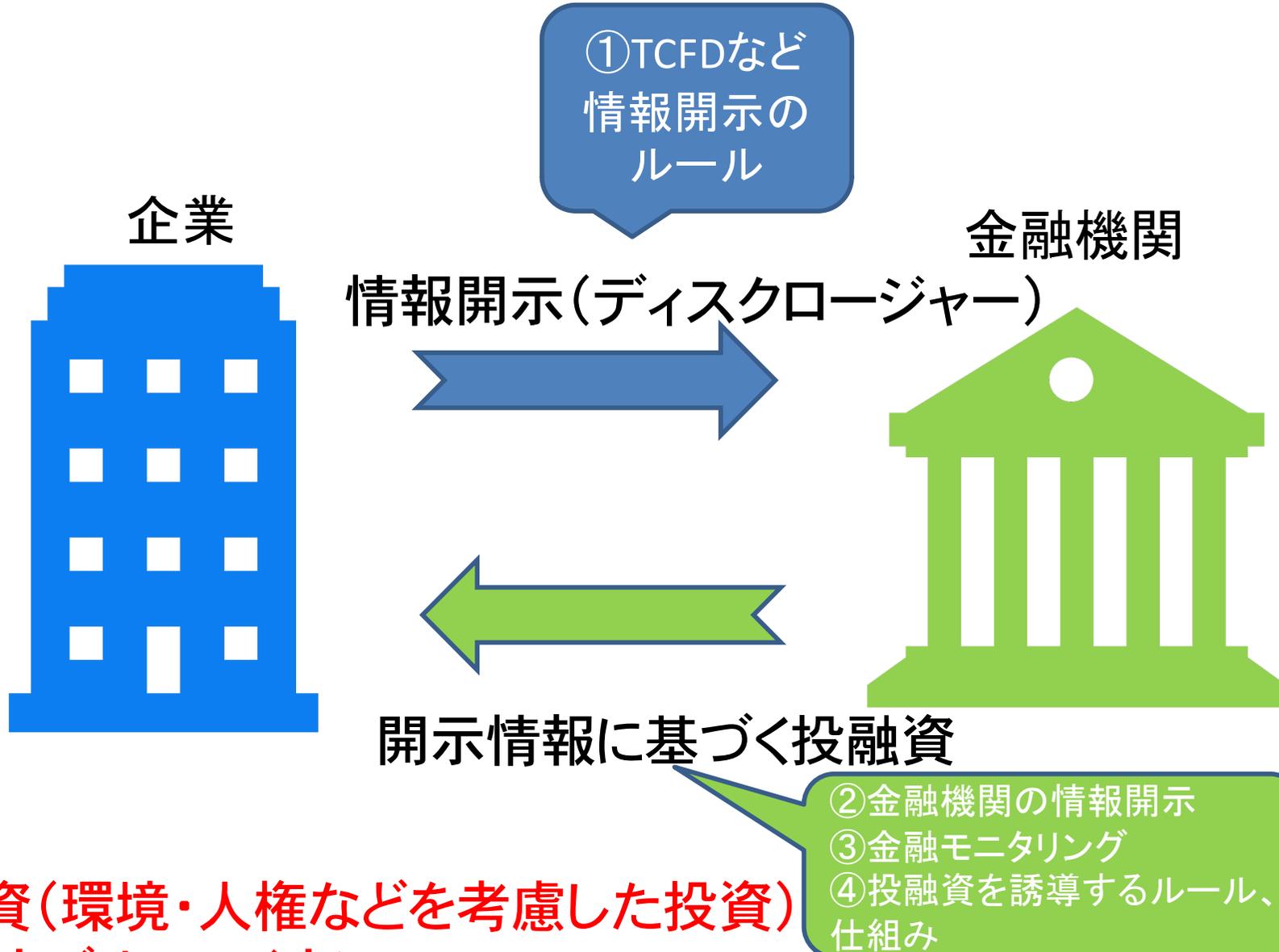
※排出量取引の運営、負担金・賦課金の徴収、金融支援等を実施。

(3) 新たな金融手法の活用

(4) 国際戦略・公正な移行・中小企業等のGX

→これらの取組は、官民でのGX投資の進捗状況、国際動向や経済への影響なども踏まえて、「GX実行会議」等において進捗評価を定期的を実施し、それを踏まえて必要な見直しを効果的に行う。

企業の気候変動を含むサステナビリティ課題への対応が
企業評価に結びつく
大前提として開示(ディスクロージャー)の進展

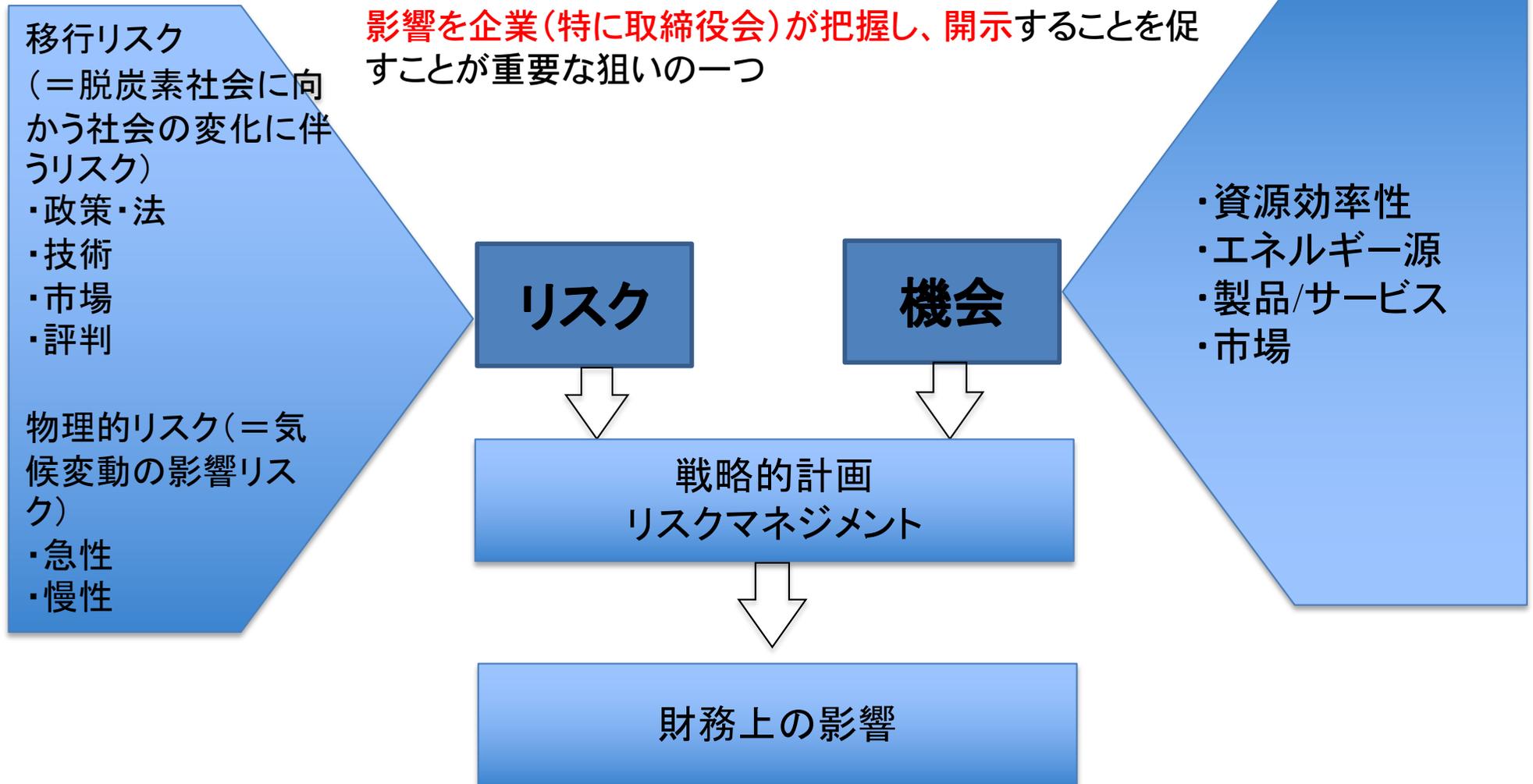


ESG投資(環境・人権などを考慮した投資)
サステナブルファイナンス

気候変動関連財務リスク情報開示

(Task Force on Climate-related Financial Disclosures; TCFD)

各社が、気候変動がもたらす「リスク」と「機会」の財務的影響を企業(特に取締役会)が把握し、開示することを促すことが重要な狙いの一つ



出典：TCFD, 2017を基に高村改変

TCFDによる開示推奨項目

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

移行リスクと物理的リスク

種類	定義	種類	主な側面・切り口の例
<u>移行</u> <u>リスク</u>	低炭素経済への「移行」に関するリスク	政策・法規制リスク	GHG排出に関する規制の強化、情報開示義務の拡大等
		技術リスク	既存製品の低炭素技術への入れ替え、新規技術への投資失敗等
		市場リスク	消費者行動の変化、市場シグナルの不透明化、原材料コストの上昇等
		評判リスク	消費者選好の変化、業種への非難、ステークホルダーからの懸念の増加等
<u>物理的</u> <u>リスク</u>	気候変動による「物理的」変化に関するリスク	急性リスク	サイクロン・洪水のような異常気象の深刻化・増加等
		慢性リスク	降雨や気象パターンの変化、平均気温の上昇、海面上昇等

対策による機会

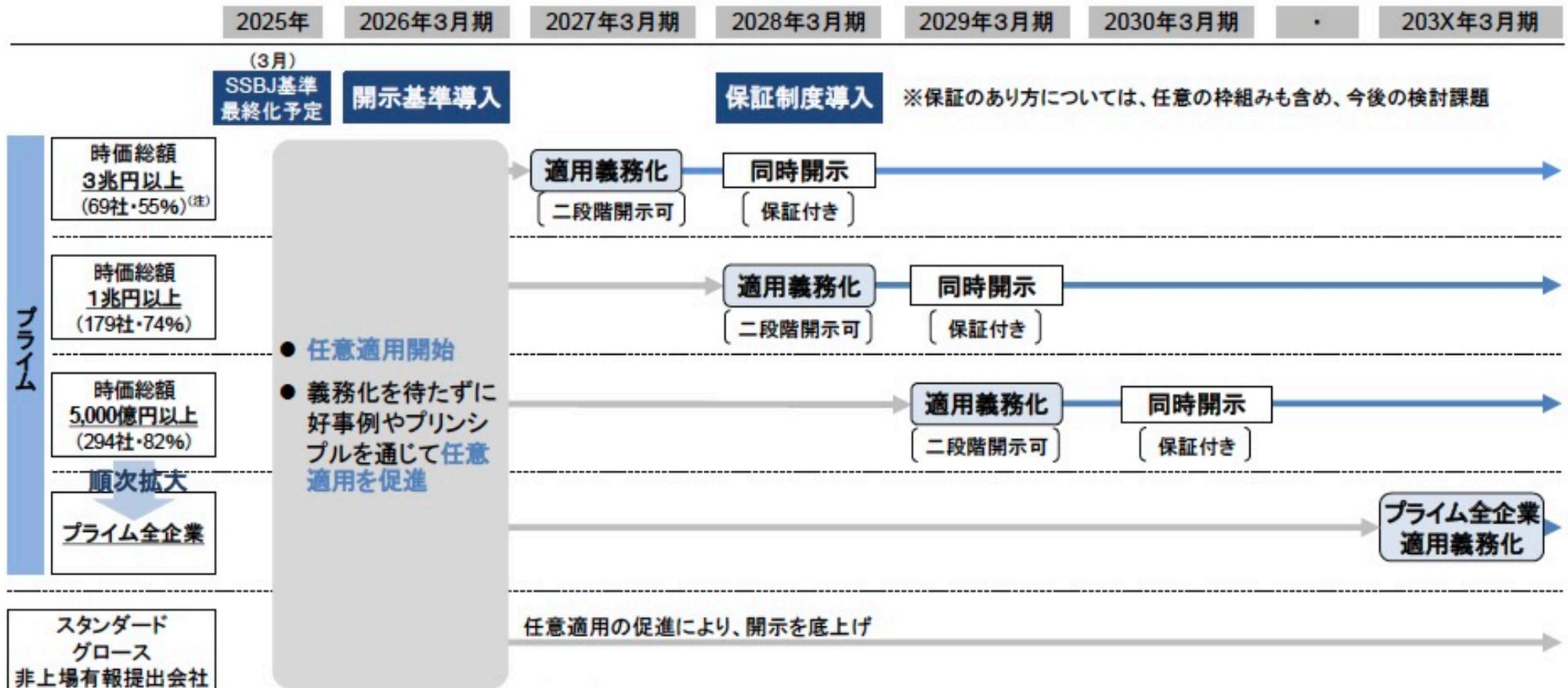
	側面	主な切り口の例	財務影響の例
機会	資源の効率性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交通・輸送手段の効率化 ■ 製造・流通プロセスの効率化 ■ リサイクルの活用 ■ 効率性のよい建築物 ■ 水使用量・消費量の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 営業費用の削減（例：効率化、費用削減） ■ 製造能力の拡大、収益増加 ■ 固定資産価値の向上（例：省エネビル等） ■ 従業員管理・計画の向上（健康、安全、満足度の向上）、費用削減
	エネルギー源	<ul style="list-style-type: none"> ■ 低炭素エネルギー源の利用 ■ 政策的インセンティブの利用 ■ 新規技術の利用 ■ カーボン市場への参画 ■ エネルギー安全保障・分散化へのシフト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 営業費用の削減（例：低コスト利用） ■ 将来の化石燃料費上昇への備え ■ 炭素価格低炭素技術からのROI上昇 ■ 低炭素生産を好む投資家増加による資本増加 ■ 評判の獲得、製品・サービスの需要増加
	製品／サービス	<ul style="list-style-type: none"> ■ 低炭素商品・サービスの開発・拡大 ■ 気候への適応対策・保険リスク対応の開発 ■ 研究開発・イノベーションによる新規商品・サービスの開発 ■ ビジネス活動の多様化、消費者選好の変化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 低炭素製品・サービス需要による収益増加 ■ 適応ニーズによる収益増加（保険リスク移転商品・サービス） ■ 消費者選好の変化に対する競争力の強化
	市場	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新規市場へのアクセス ■ 公的セクターによるインセンティブの活用 ■ 保険補償を新たに必要とする資産・地域へのアクセス 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新規市場へのアクセスによる収益増加（例：政府・開発銀行とのパートナーシップ） ■ 金融資産の多様化（例：グリーンボンド、グリーンインフラ）
	強靭性（レジリエンス）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 再エネプログラム、省エネ対策の推進 ■ 資源の代替・多様化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ レジリエンス計画による市場価値の向上 ■ サプライチェーンの信頼性の向上 ■ レジリエンス関連の新規製品・サービスによる収益増加

世界でサステナビリティ開示広がる



サステナビリティ開示基準の適用時期 のイメージ

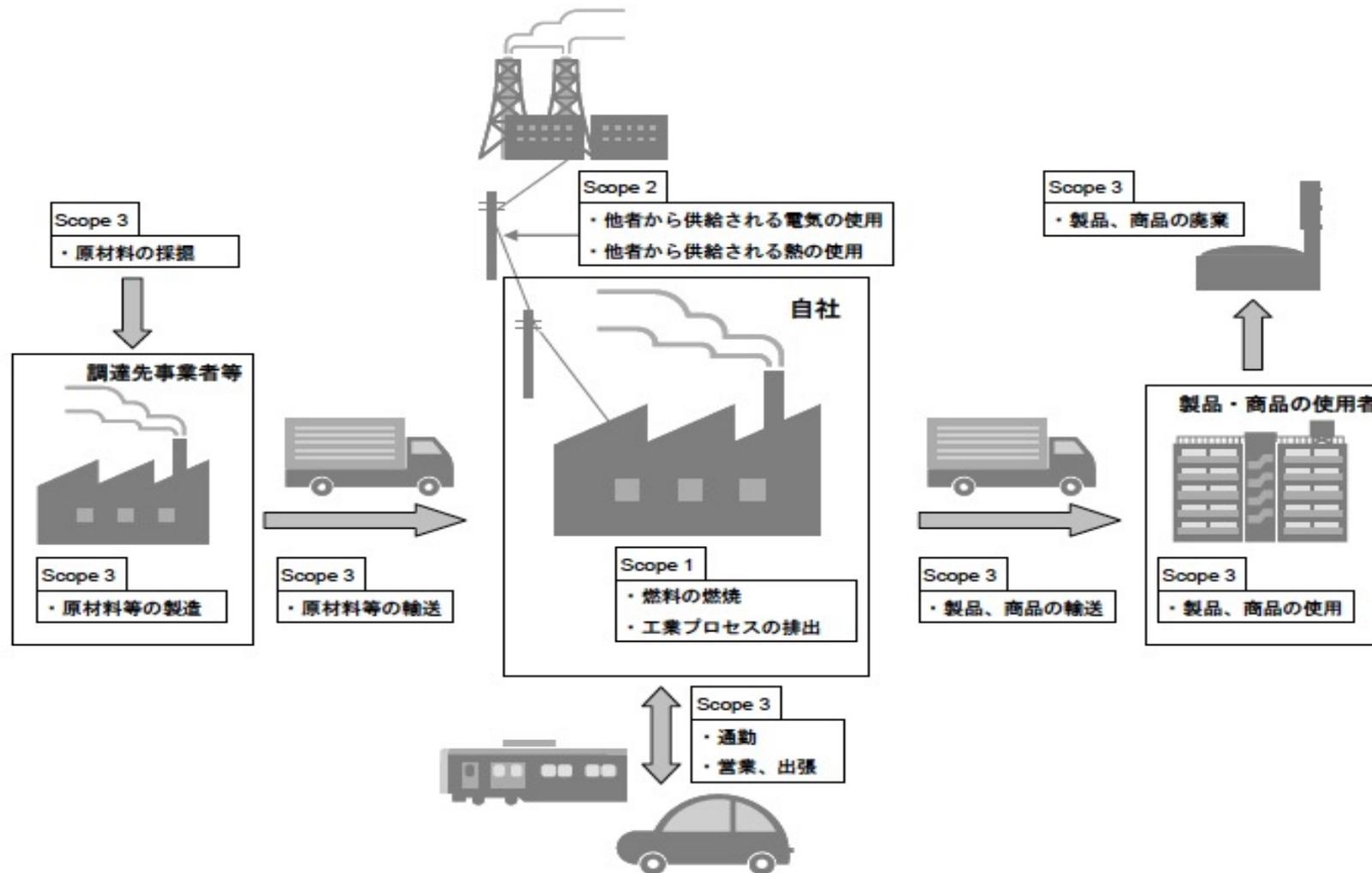
時価総額3兆円以上のプライム上場企業から段階的に導入する案を
基本線に検討中



※ このほか、本邦で有報提出義務を負う企業が海外制度に基づくサステナビリティ情報の開示を行った場合には、臨時報告書等によって報告

(注) 時価総額に応じた適用社数とカバレッジ(Bloomberg及びJPX公表統計の2024年3月29日時点の情報から作成)

サプライチェーン・バリューチェーンからの排出量 = Scope 3 排出量



Scope 3 排出量の実質ゼロ

- **日立製作所**:「環境」に関する事業戦略(2021年2月)
 - 「CO2排出量削減が日立の追い風になる」
 - 「エネルギー、インダストリー、モビリティ、ライフの4セクターが持つグリーンテクノロジーと、ITセクターを中心とするデジタル技術の掛け合わせが成長エンジンとなるだろう」
 - 2030年度までに自社の事業所(ファクトリー・オフィス)においてカーボンニュートラル達成
 - 2050年度までにバリューチェーン全体でカーボンニュートラル(2021年9月13日)
 - 社会イノベーション事業を通じ、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献
- **NEC**(2021年)
 - 2050年までにScope1,2,3からのCO2排出量実質ゼロ+再エネ電力100%
 - 「デジタルテクノロジーを生かした豊富な脱炭素ソリューションの提供を通じてお客様の脱炭素を支援」
- **ソニーグループ**(2022年5月18日)
 - 2030年までに自社においてカーボンニュートラル達成+電力を100%再エネ化
 - 2040年までにスコープ3も含めてカーボンニュートラル達成
- **トヨタ自動車**(2023年)
 - トヨタの工場(財務連結)では、2035年までにカーボンニュートラルを目指す
 - 2050年までにクルマのライフサイクルでカーボンニュートラルを目指す
- **ENEOS**(2023年)
 - 2040年までに自社においてカーボンニュートラル達成
 - 2050年までにスコープ3も含めてカーボンニュートラル達成
- **三菱UFJフィナンシャル・グループ、三井住友フィナンシャルグループ(SMBCグループ)、みずほフィナンシャルグループ**
 - 2030年までに自社グループの温室効果ガス(GHG)排出量実質ゼロ
 - 2050年までに投融資ポートフォリオのGHG排出量実質ゼロ

MicrosoftのClimate Moonshot (2020年1月)

- Carbon negative by 2030 (2030年までに炭素排出マイナス)
- Remove our historical carbon emission by 2050 (2050年までに、1975年の創業以来排出したすべての炭素を環境中から取り除く)
- \$1 billion climate innovation fund (10億米ドルの気候イノベーション基金)
- Scope 3 の排出量(サプライチェーン、バリューチェーンからの排出量)削減に焦点
 - 2030年までにScope 3の排出量を半分に削減
 - 2021年7月から、サプライヤーにscope 1、2(自社事業からの排出量)だけでなくscope 3の排出量を提示を求め、それを基に取引先を決定



<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

Appleの2030年目標 (2020年7月)

- 2030年までに、そのすべての事業、製品のサプライチェーン、製品のライフサイクルからの排出量を正味ゼロにする目標と計画を発表
- すでに自社使用の電気はすべて再エネ100%を達成。2022年4月時点で、日本企業を含む213のサプライヤーがApple製品製造を100%再エネで行うことを約束
- 2020年目標: サプライヤーで、新規で10GWのクリーンエネルギーを増やす。すでに16GWの新規導入/導入誓約
- 日本企業による2030年再エネ100%の誓約: デクセリアルズ、恵和、日本電産、日東電工、セイコーアドバンス、ソニーセミコンタクトソリューションズ、太陽ホールディングス、ツジデン、村田製作所(9社、2021年3月) + アルプスアルパイン、尼崎製罐、ボーンズ、フジクラ、ヒロセ電機、I-PEX、ジャパンディスプレイ、ミネベアミツミ、日本メクトロン、東陽理化学研究所、UACJ(11社、2021年10月) + シチズン時計、日本航空電子工業、ENEOSホールディングス、キオクシア、日本電波工業、シャープ、住友電気工業、太陽誘電、TDK(9社、2022年4月) + ダイキン工業、NISSHA、ローム、スミタコーポレーション、住友化学、帝国インキ製造(6社、2023年10月)
- 「特にApple製品の製造に関連するスコープ1とスコープ2の排出削減に向けた進捗状況の報告を求め、毎年の進捗状況を追跡および監査します。Appleは、脱炭素化に対して緊急性を持って取り組み、一定の進展を遂げているサプライヤーと協力します。」(2022年10月)



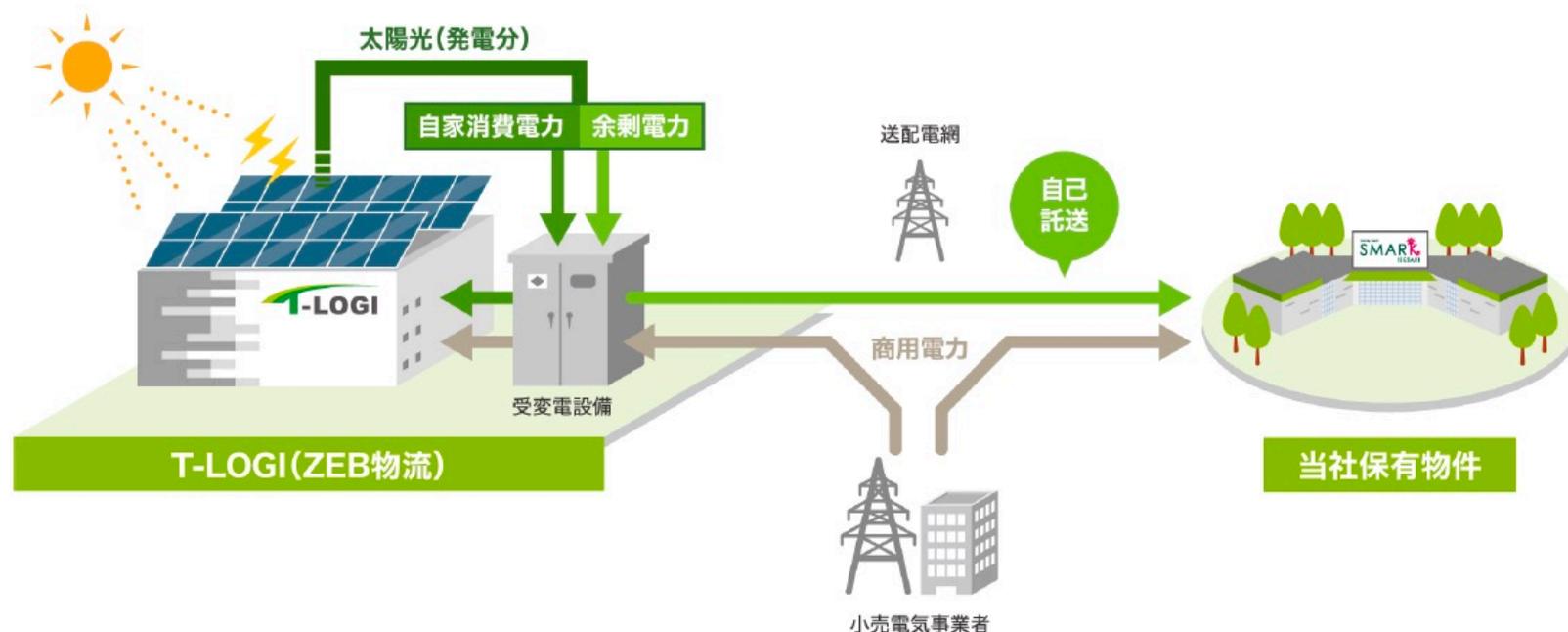
<https://www.apple.com/newsroom/2020/07/apple-commits-to-be-100-percent-carbon-neutral-for-its-supply-chain-and-products-by-2030/>

Climate Action 100 +

- Climate Action 100+ (2017年12月立ち上げ)
 - 2024年8月現在、**600をこえる投資家**が参加
 - 日本からも、朝日生命保険、アセットマネジメントOne、大同生命保険、大和アセットマネジメント、富国生命投資顧問、かんぽ生命保険、明治安田生命保険、三菱UFJアセットマネジメント、日興アセットマネジメント、日本生命、ニッセイアセットマネジメント、野村アセットマネジメント、農林中金全共連アセットマネジメント、りそなアセットマネジメント、Sompoアセットマネジメント、上智学院、住友生命、三井住友DSアセットマネジメント、三井住友トラスト・アセットマネジメント、T&Dアセットマネジメント、太陽生命保険、第一フロンティア生命、第一生命、農林中央金庫、全共連(JA共済)が参加
 - **年金積立金管理運用独立行政法人(GPIF)**も2018年10月に参加
 - **投資先として重要な世界の168の大排出企業**(世界の産業からの排出量の80%超を占める)**へのエンゲージメント**を誓約
 - **気候変動リスクに関する説明責任とリスク対応を監督する取締役会のガバナンス**
 - **バリューチェーン全体に対する排出削減**
 - **TCFD勧告にそった企業の情報開示**
 - 日本企業は11社対象
 - **ダイキン工業、ENEOSホールディングス、日立製作所、Honda(本田技研工業)、三菱重工業、日本製鉄、日産自動車、パナソニック、スズキ、東レ、トヨタ自動車**

東京建物:「T-LOGI」

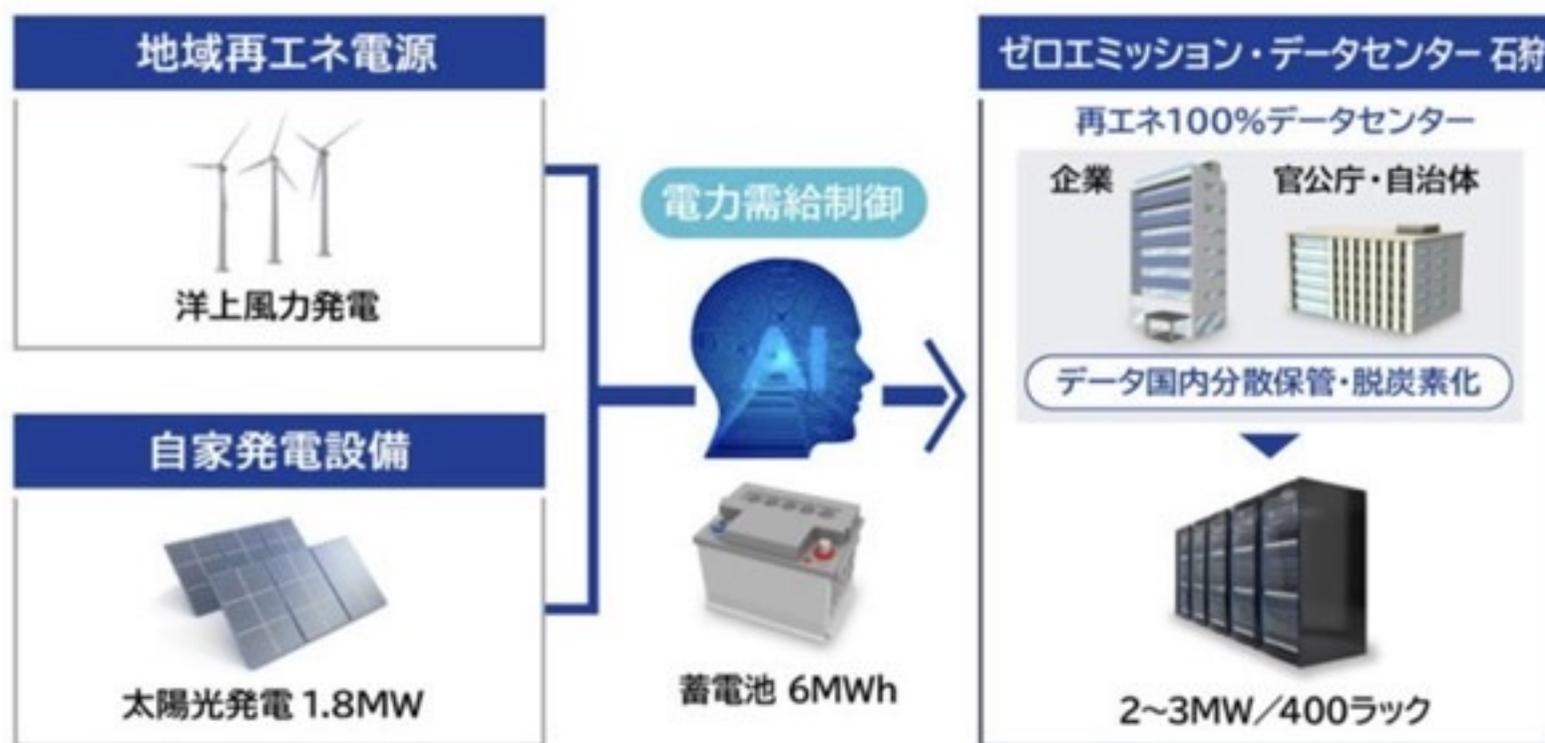
- 物流施設「T-LOGI(ティーロジ)久喜」「T-LOGI横浜青葉」「T-LOGI習志野」で、**太陽光パネルで発電した再エネを他地域の商業施設に送電する「自己託送」を開始(2022年2月)**



京セラ:再エネ100%の ゼロエミッションデータセンター(ZED石狩)

*2019年4月より、北海道と石狩市と協力して、**日本初の再エネ100%の
ゼロエミッションデータセンター**をつくる

*2024年10月1日、ゼロエミッション・データセンター石狩(ZED石狩)稼働



不動産業界の動き

- 三菱地所
 - 2021年度から丸ビルや新丸ビルなど丸の内エリア(大手町・丸の内・有楽町)の18棟及び横浜ランドマークタワーの計19棟(延床面積計約250万m²)において、全電力を再生可能エネルギー由来に
 - 2022年度は東京都内、横浜市内に所有するほぼすべてのオフィスビル、商業施設約50棟のほか、広島市内や仙台市内の所有ビル、施設等での電力の切り替えにより、再エネ電力比率は約50%に
- 東急不動産
 - 2023年1月、オフィス、商業施設、ホテル及びリゾート施設など保有する全施設で100%再生可能エネルギーを実現
 - 「当社ビルのテナントの皆様は再生可能エネルギーの電力を使用できるようになるため、『環境に配慮した企業』という評価を獲得しやすくなります。」
 - 2021年9月1日、主に再生可能エネルギーの電源開発などを手がける新会社「リエネ」設立
- 三井不動産
 - 2022年度までに、東京ミッドタウンおよび日本橋エリアのミクストユース型基幹ビルなど、首都圏25棟の当社使用電力を先行してグリーン化を実施済み。2022年3月中部圏、関西圏における使用電力グリーン化で連携開始
 - 2030年度までの国内保有全施設グリーン電力化に向けて、展開を加速
 - 入居テナント各社のグリーン化計画に対応した「グリーン電力提供サービス」を2021年4月より開始
- 住友不動産
 - 入居テナントのうち1,000社超を対象に『住友不動産のグリーン電力プラン』の提案開始
 - 「ZEH-M Oriented」の標準化
 - ゼネコンに対し、マンション建設現場で使用する電力を「100%グリーン電力化」を要請
- 野村不動産
 - 2030年までにすべての新築物件においてZEHならびにZEB oriented水準を確保
 - 東京電力エナジーパートナーと協働で、首都圏の戸建分譲住宅(プラウドシーズンの屋根年間300戸)に、メガソーラー発電と同規模の太陽光発電(総発電出力1,000kW)を導入する「バーチャルメガソーラー」を2022年5月に始動

ISSBのサステナビリティ開示の 国際統合基準

- 2024年-2025年の2年間にISSBが取り組む新たなプロジェクト
 - 生物多様性、生態系、生態系サービス (BEES)
 - 人的資本 (多様性、公平性及び包摂性にまず焦点をあてる)
- 気候変動開示基準 (S2基準) の中の産業別基準案 (Appendix B)
 - SASB (Sustainability Accounting Standards Board (サステナビリティ会計基準審議会)) スタンドに由来
 - S2基準では、企業が気候変動リスクの識別等を行う際に検討・参照することが求められる
 - 資源循環、循環経済や自然資本を念頭においた開示項目も
 - Ex. 食品・飲料: 水管理
 - Ex. 肉製品・乳製品: 排水の水質管理、廃棄物管理、牧草地の保全
 - Ex. 食品加工: 環境、社会基準に関する第三者認証を受けた食材の割合

SASBスタンダード

SASB (Sustainability Accounting Standards Board (サステナビリティ会計基準審議会))
2011年に米国サンフランシスコを拠点に設立

IIRCと統合したValue Reporting Foundation (VRF)がISSBに統合

企業の情報開示の質向上に寄与し、中長期視点の投資家の意思決定に貢献することを
目的に、**将来的な財務インパクトが高いと想定されるESG要素に関する開示基準を設定**

領域 Dimension	環境 Environment	社会資本 Social Capital	人的資本 Human Capital	ビジネスモデルとイノベーション Business Model & Innovation	リーダーシップとガバナンス Leadership & Governance
一般問題カテゴリ General Issue Category	GHG排出 (GHG Emissions) 大気質 (Air Quality) エネルギー管理 (Energy Management) 水及び下水管理 (Water & Wastewater Management) 廃棄物及び危険物管理 (Waste & Hazardous Materials Management) 生態系への影響 (Ecological Impacts)	人権と地域社会のつながり (Human Rights & Community Relations) 顧客のプライバシー (Customer Privacy) データセキュリティ (Data Security) アクセスとアフォーダビリティ (Access & Affordability) 製品の品質と安全性 (Product Quality & Safety) 顧客の福祉 (Customer Welfare) 販売慣行と製品のラベリング (Selling Practices & Product Labeling)	労働慣行 (Labor Practices) 従業員の健康と安全 (Employee Health & Safety) 従業員エンゲージメント、多様性とインクルージョン (Employee Engagement, Diversity & Inclusion)	製品設計とライフサイクル管理 (Product Design & Lifecycle Management) ビジネスモデル回復力 (Business Model Resilience) サプライチェーン管理 (Supply Chain Management) 材料の調達と効率 (Materials Sourcing & Efficiency) 気候変動の物理的影響 (Physical Impacts of Climate Change)	経営倫理 (Business Ethics) 競争行動 (Competitive Behavior) 法規制環境の管理 (Management of the Legal & Regulatory Environment) クリティカルインシデントリスク管理 (Critical Incident Risk Management) システミックリスク管理 (Systemic Risk Management)

Task force on Nature-related Financial Disclosure (TNFD)

- 自然関連財務情報開示タスクフォース (Task force on Nature-related Financial Disclosure (TNFD))
 - 2019年1月:世界経済フォーラム年次総会で着想
 - 2021年6月:TNFDの立ち上げ
 - ロンドン証券取引所グループ (LSEG) のDavid Craig氏とCBD事務局のElizabeth Maruma Mrema氏が共同議長
 - 2023年9月:TNFD勧告公表
- 自然関連リスクについて、企業が報告・対応するための枠組みを構築
 - TCFDと同じ、①ガバナンス、②戦略、③リスク管理、④指標と目標というアプローチを適用
 - 「影響 (Impacts)」と「依存度 (Dependencies)」
 - 自然が企業などの財務に与える影響を開示する (outside in) とともに、企業などが自然の状態に対して与える影響を開示する (inside out)
 - LEAPアプローチ
- 昆明・モンリオール生物多様性枠組 (2022年、生物多様性条約COP15)
 - 「自然と共生する世界」という2050年ビジョン:「生物多様性が、その価値を評価され、保全され、回復され、適正に利用され、生態系サービスを維持し、健全な地球を維持し、すべての人にとって不可欠な便益を提供している」
 - 2050年ビジョンの実現に向けて、2030年までに「自然を回復軌道に乗せるため、生物多様性の損失を止め反転させる」、いわゆる「ネイチャー・ポジティブ (nature positive)」の達成をめざす
 - 23の目標の一つとして、企業、特に大企業や多国籍企業、金融機関が、生物多様性に対するリスク、依存度、影響を定期的に監視、評価し、透明性をもって開示するよう、各国が政策をとる (目標15)。

TNFDによる開示推奨項目

開示項目	ガバナンス	リスク管理	戦略	指標と目標
項目の詳細	自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会に関わる組織のガバナンスを開示	自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会について組織がいかに同定、評価、優先付け、監視しているかを開示	自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会が組織のビジネスモデル、戦略、財務計画に与える影響について、その情報が重要な場合には開示	自然関連の重要な依存度、インパクト、リスク、機会を評価・管理する際に使用する指標と目標を開示
推奨される開示内容	a) 自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会についての取締役会による監視体制を説明	a) (i) その直接の事業において、(ii) 上流・下流のバリューチェーンにおいて、自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会を同定、評価、優先付けるプロセスを説明	a) 組織が短期・中期・長期の自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会を説明	a) 組織が、自らの戦略とリスク管理プロセスに即し、重要な自然関連のリスクと機会を評価・管理するために用いる指標を開示
	b) 自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会を評価・管理する上での経営者の役割を説明	b) 組織が自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会を管理するプロセスを説明	b) 自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会が組織のビジネスモデル・バリューチェーン、戦略・財務計画、並びに移行計画または分析に及ぼす影響を説明	b) 自然への依存度及びインパクトを評価・管理するために組織が用いる指標を開示
	c) 自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会の組織の評価と対応において、先住人民、地域コミュニティ、影響をうけるその他のステークホルダーに関して、組織の人権政策とエンゲージメント活動、取締役会と経営者による監視を説明	c) 組織が自然関連リスクを同定・評価・優先付け・管理するプロセスが組織の総合的リスク管理プロセスにいかにか統合されるかを説明	c) 様々なシナリオを考慮し、自然関連のリスクと機会に対する組織の戦略のレジリエンスを説明	c) 組織が自然関連の依存度、インパクト、リスク、機会を管理するために用いる目標及び目標に対する実績を説明
			d) 組織の直接の事業の資産/活動の場所、並びに、可能な場合には優先度の高い場所の基準を満たす上流及び下流のバリューチェーンにおける資産/活動の場所を開示	

TNFD early adopters (日本)

(2024年1月16日時点)

- 遅くとも2024年からTNFDに基づく開示を始める企業(57社)
 - 味の素、ANAホールディングス、アサヒグループホールディングス、アスクル、アセットマネジメントOne、ベネッセホールディングス、コカ・コーラ ボトラーズ ジャパンホールディングス、第一生命ホールディングス、大和証券グループ本社、日本航空、かんぽ生命保険、カナデビア、KDDI、麒麟ホールディングス、コニカミノルタ、九州フィナンシャルグループ、ローソン、LIXIL、LINEヤフー、明治ホールディングス、明治安田生命保険、三菱UFJフィナンシャル・グループ、商船三井、みずほフィナンシャルグループ、森永乳業、MS&ADホールディングス、NEC、日本生命保険、日本郵船、野村アセットマネジメント、野村総合研究所、NTTデータグループ、王子ホールディングス、りそなアセットマネジメント、リゾートトラスト、サッポロホールディングス、積水化学、積水ハウス、清水建設、しずおかフィナンシャルグループ、Sompoホールディングス、ソニーグループ、住友化学、住友商事、住友林業、住友生命、三井住友フィナンシャルグループ、住友ゴム工業、大成建設、竹中工務店、農林中央金庫、東京海上ホールディングス、東急不動産、東レ、ツムラ、ヤマハ
 - https://tnfd.global/engage/tnfd-adopters-list/?_sfm_hq-country=Japan

TNFD early adopters (日本)

(2024年1月16日時点)

- 2025年からTNFDに基づく開示を始める企業(25社)
 - ブリヂストン、大和アセットマネジメント、富士古河E&C、富士通、IKO日本トムソン、KenKan Consultants、コーセー、九州電力、丸紅、日本ガイシ、ニッセイアセットマネジメント、日清食品ホールディングス、ニッスイ、日本特殊陶業、大林組、ソフトバンク、三井住友トラスト・アセットマネジメント、サントリー食品インターナショナル、サントリーホールディングス、武田薬品、山陰合同銀行、滋賀銀行、TOPPANホールディングス、ヤマハ発動機、三井住友DSアセットマネジメント
 - https://tnfd.global/engage/tnfd-adopters-list/?_sfm_hq-country=Japan

TNFD adopters (日本)

(2024年11月15日時点)

- 遅くとも2024年からTNFDに基づく開示を始める企業(37社)
 - 東海理化、イオンモール、中部電力、第一三共、大王製紙、大和ハウス工業、日本政策投資銀行、JR東日本、ファミリーマート、富士フイルムホールディングス、日立ハイテク、北越コーポレーション、J.フロントリテイリング、日本空港ビルデング、花王、川崎汽船、クボタ、熊谷組、ロッテ、三井不動産、三菱UFJアセットマネジメント、村田製作所、日産化学、野村不動産ホールディングス、小野薬品、ポーラ・オルビスホールディングス、レゾナック・ホールディングス、リコー、セイコーエプソン、セブン&アイ・ホールディングス、島津製作所、資生堂、T&Dホールディングス、関西電力、豊田通商、JR西日本、横河電機
- 2025年からTNFDに基づく開示を始める企業(16社)
 - アズビル、大日本印刷、第四北越フィナンシャルグループ、大東建託、大和ハウスリート投資法人、EIZO、日置電機、伊藤忠商事、雪印メグミルク、明治安田アセットマネジメント、三菱電機、日本酸素ホールディングス、西武ホールディングス、すかいらーくホールディングス、千葉興業銀行、東京電力ホールディングス
- https://tnfd.global/engage/tnfd-adopters-list/?_sfm_hq-country=Japan

プラスチックの不適正管理の インパクト



観光

経済への
脅威



漁業



農業



自然災害
の悪化



焼却による
有害なガス

健康への
脅威



水資源の
汚染



食物連鎖の
汚染



生物多様性喪失



海洋汚染

環境への
脅威

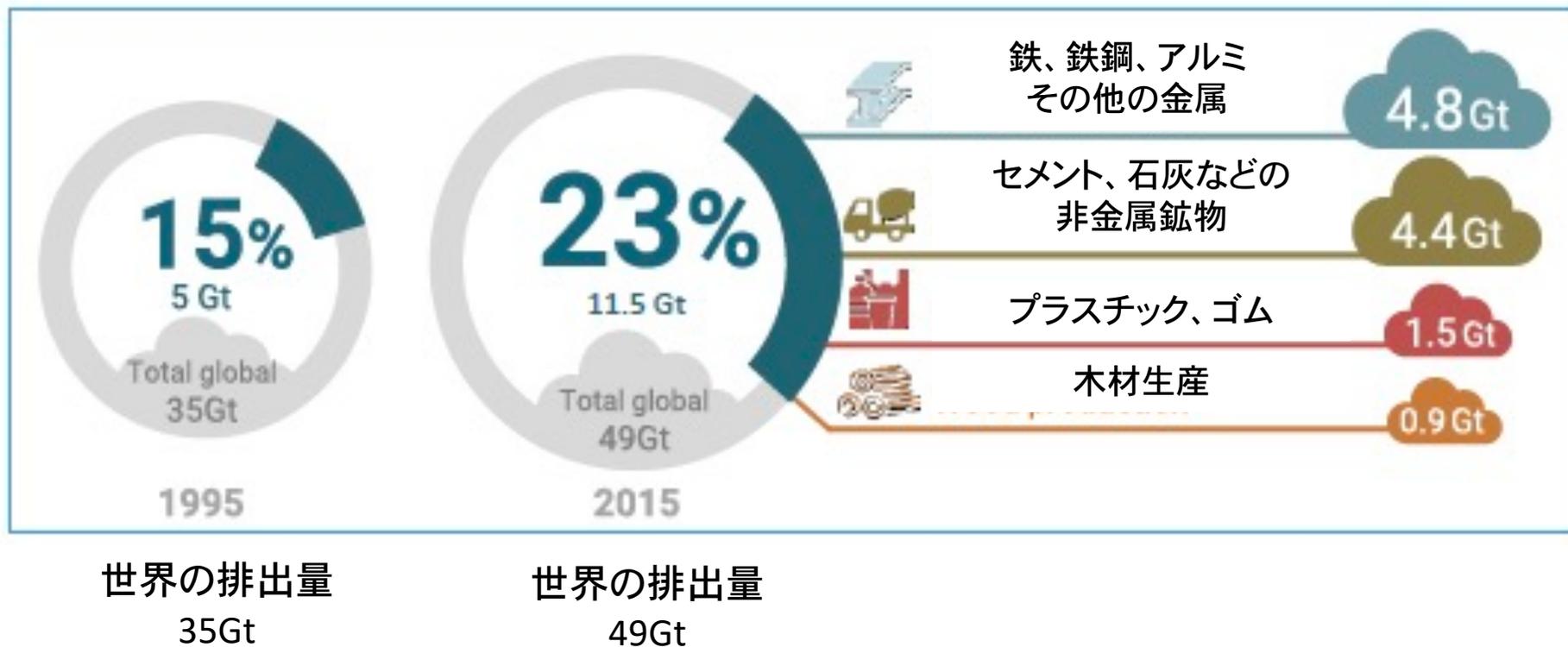


土壌汚染

気候変動

世界の排出量に占める マテリアル生産由来の排出量の割合

マテリアル生産由来の排出量は、1995年から2015年で2倍以上に
世界の排出量に占める割合は、15%から23%へ
人口増と経済成長に後おしされて、1971年来、鉄鋼需要は約3倍、
セメントは約7倍、アルミニウムは6倍近く、プラスチックは10倍以上



マテリアル効率性戦略

- 住宅のマテリアル効率性戦略

- 設計によるマテリアル利用低減
- マテリアルの代替
 - 木材による代替、クリンカー代替など
- 製造歩留まりの改善
- 集約的利用
- 廃棄物のリサイクル、再利用
- マテリアル、部品の再利用
- 製品寿命の伸長

設計段階

製造段階

廃棄物段階

使用段階

- 自動車のマテリアル効率性戦略

- 上記に加えて、自動車のシェアリング、乗り合いなど

マテリアル由来のCO2削減の可能性

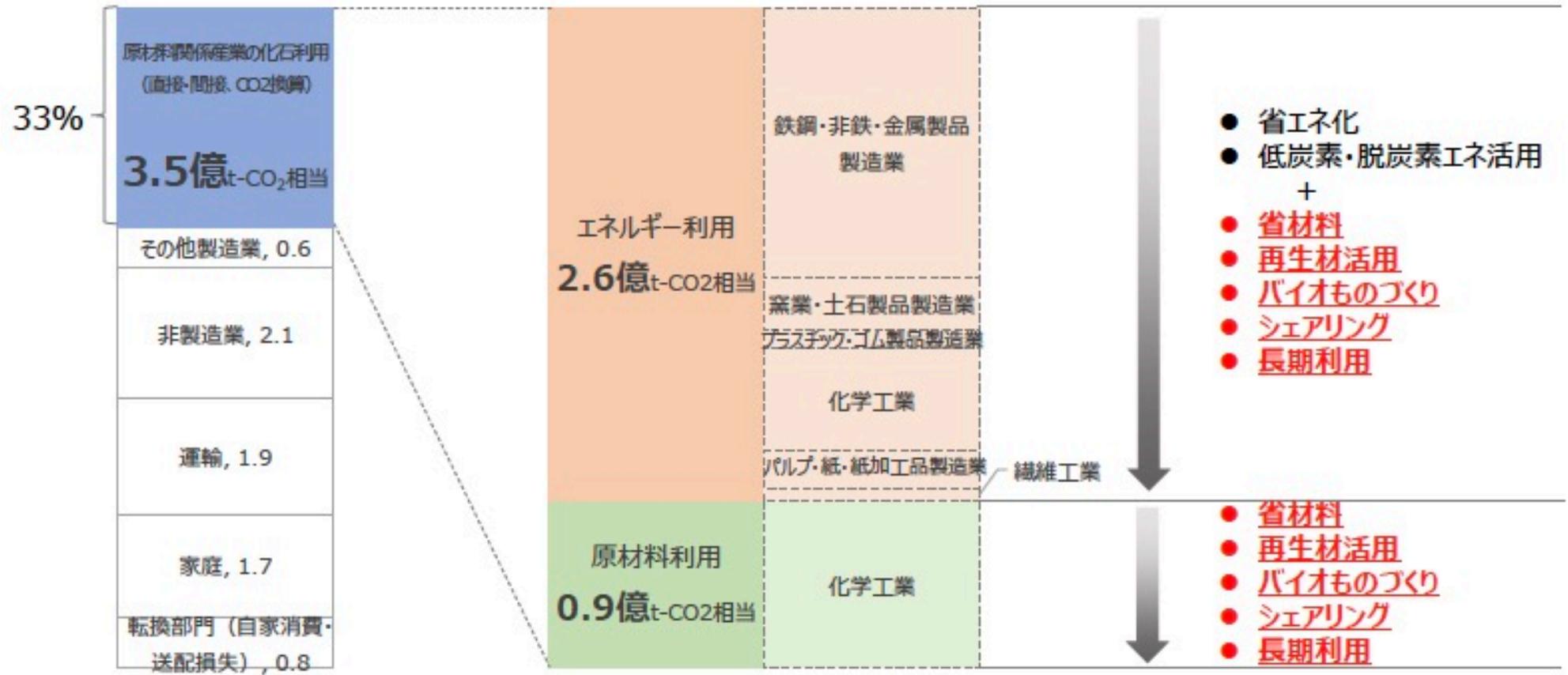
マテリアル効率性を高めることで、

2050年の住宅由来の温室効果ガスのライフサイクル排出量は

G7諸国で35%削減、中国とインドで60%削減

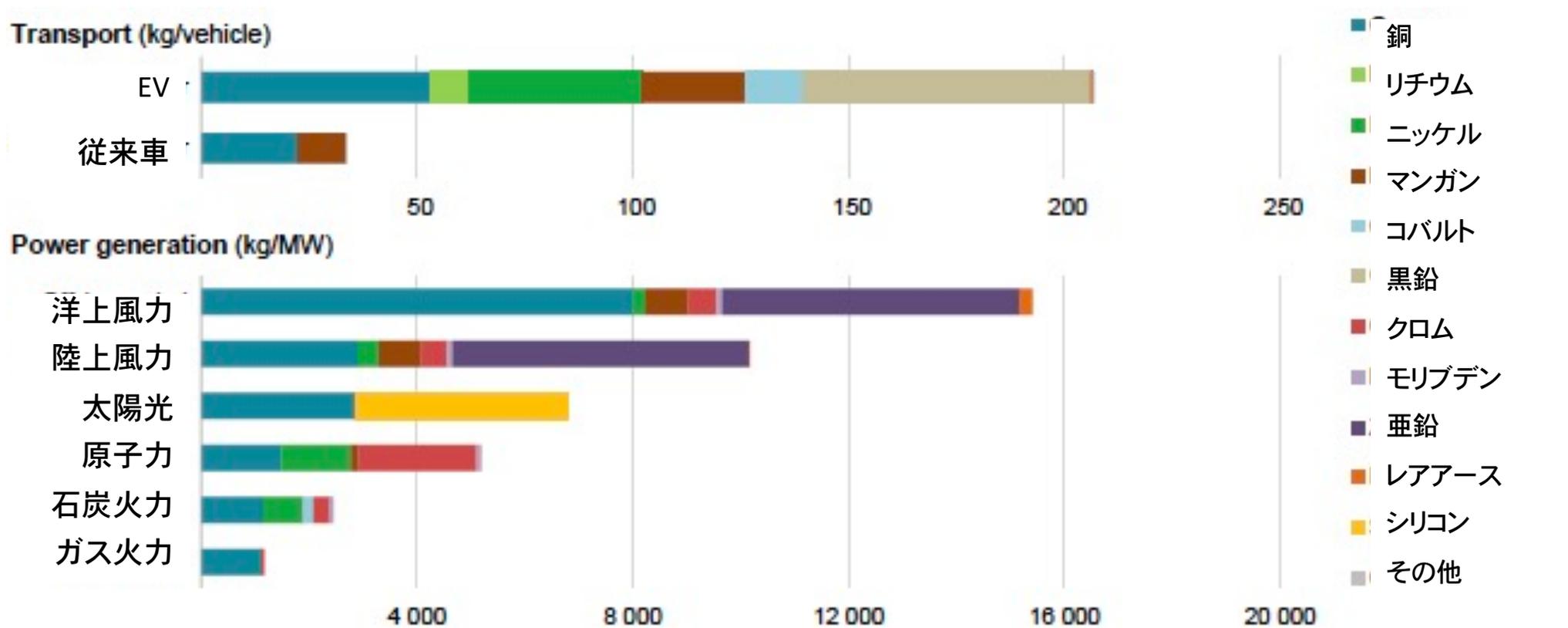
2050年の自動車由来の温室効果ガスのライフサイクル排出量は

G7諸国で40%削減、中国とインドで35%削減 (Hertwich et al. 2020)



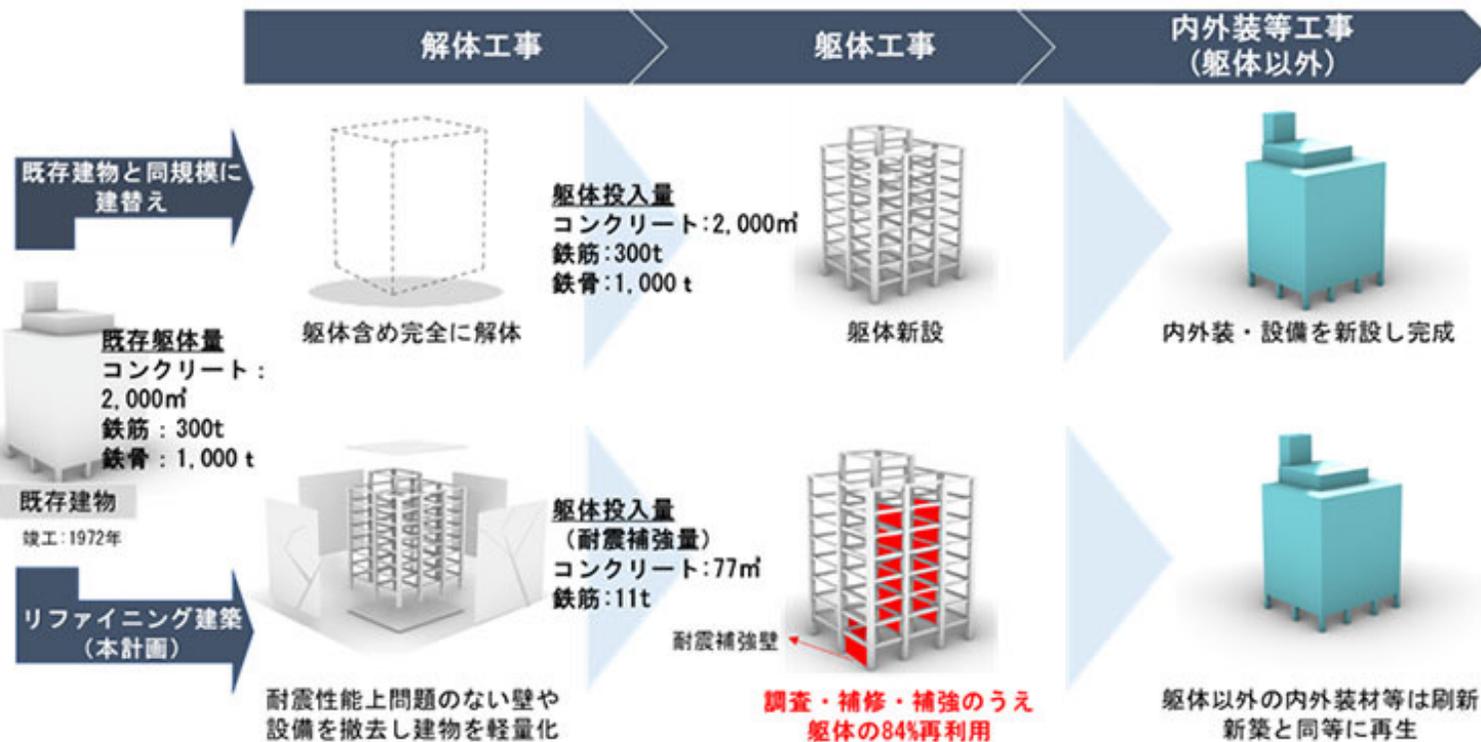
(単位: 億t-CO₂) 【出典】CO₂換算量は、総合エネルギー統計 (2020年度実績) の炭素単位表より算出

エネルギー転換に必要な鉱物



IEA. All rights reserved.

リファイニング建築 (三井不動産)



	建築資材の製造に伴う CO ₂ 排出量		合計
	躯体	内外装・設備等 (躯体以外)	
建替え	1,761t	614t	2,375t
リファイニング建築	40t	614t	654t

躯体の再利用により
-1,721t
全体で 72%削減

出典: 三井不動産HP

<https://www.mitsuifudosan.co.jp/corporate/news/2021/0922/>

参考：EU戦略的長期ビジョンにおける1.5LIFEシナリオ

- EU戦略的長期ビジョン（A Clean Planet for all, 2018）では、8つの対策シナリオについて定量分析を実施。
- そのうちの一つは1.5LIFEシナリオは2050年GHGのネットゼロ排出の実現を前提したシナリオ。もう一つのネットゼロを前提するシナリオである1.5TECHが技術に対する依存度が大きいシナリオであるのに対して、1.5LIFEはそれよりも技術依存が低い一方で、**サーキュラー経済への移行**や**ライフスタイルの変化**が織り込まれている。
- **2050年におけるエネルギー生産性**は1.5TECHよりも**高く**、また、**2050年における電力価格は8つのシナリオの中で最も低い値**になっている。

【EU戦略的長期ビジョン 1.5LIFEシナリオの前提】

部門	前提
全体	○ 2050年におけるGHGのネットゼロ排出
産業	CIRC※1 ○ リサイクルの増加・改善、マテリアル材やマテリアル代替材の質の劣化の低減、バージン素材の需要低減、エネルギー需要の少ない素材や低炭素の二次素材への利用シフト ○ ベースライン比の生産量の低下 ：鉄鋼▲6%、非鉄▲3%、化学▲9%、紙パルプ▲12%、非金属▲8%
運輸	○ 航空輸送の需要低減，排出量の少ない輸送モードへのシフト CIRC※1 ○ シェアリングエコノミーと接続・協調・自動化されたモビリティの統合、デジタル化・自動化・MaaSの活用 ○ 自動車台数の低減、高稼働率、早期更新、自動車台数低減による産業部門生産量の低減 ○ ロジスティックの改善、近距離資源の活用による長距離輸送の低減
民生	○ 冷房・暖房需要の低減
エネルギー	CIRC※1 ○ 廃熱回収が増加。廃棄物が熱、電力、燃料に転換。 ○ 有機廃棄物の回収やバイオマスカスケードの管理・収集の改善 ○ ローカルでのバイオリファイナリーによるバイオガスの生産のために、もしくは原料としての利用のために持続的なバイオマスが活用される。
消費選好	○ 動物性の少ない食品の選択
土地利用	○ 森林管理，土壌炭素固定の増加，植林

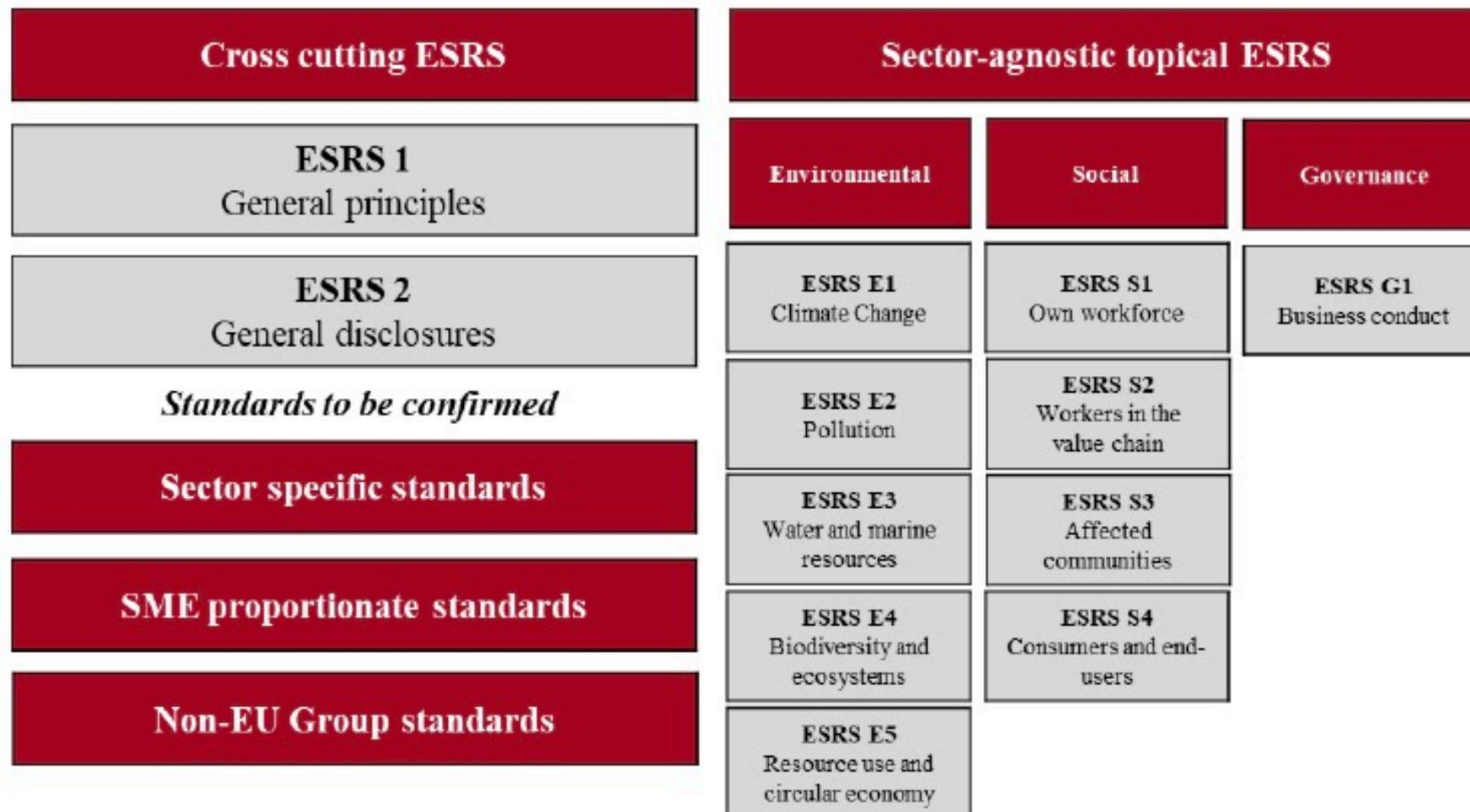
※1：1.5LIFEシナリオが内包しているサーキュラーエコノミーシナリオ（CIRC）における記載

（出所）European Commission（2018）In-depth Analysis in Support of the Commission Communication COM（2018）より作成

欧州サステイナブルファイナンス法

- **企業のサステナビリティ報告に関する指令 (Corporate Sustainability Reporting Directive; CSRD) (2023年1月5日効力発生)**
 - 投資家などが必要とする信頼性のある比較可能なサステナビリティに関する情報を企業が報告することを確保
 - **すべての大企業と一部の例外を除く上場企業が対象**。約5万社(現在は1万1000社が対象)が詳細なESRSにしたがった報告を求められる
 - **一定の条件を満たすEU域外の大企業の子会社も適用対象**(EU域内での売上高が2年連続で1.5億ユーロを超える企業であって、4000万ユーロを超える売上を有する子会社を持っているか、大企業たる子会社を有している場合)
 - **すでに報告義務の対象となっている企業: 2024年1月1日適用開始、2025年から報告**
 - **EU域外の大企業: 2028年1月1日適用開始、2029年から報告**
 - 2024年4月、セクター別基準とともに、**域外企業向け基準の採択期限を当初予定の2024年6月から2026年6月までに2年間延期することが承認**
- **欧州サステナビリティ報告基準 (ESRS) に関する欧州委員会規則 (2023年7月31日、2024年1月1日適用開始)**
- **コーポレート・サステナビリティ・デューデリジェンス指令 (Corporate Sustainability Due Diligence Directive/CS3D) (2024年5月24日欧州理事会で承認、成立)**

欧州サステナビリティ報告基準 (ESRS)

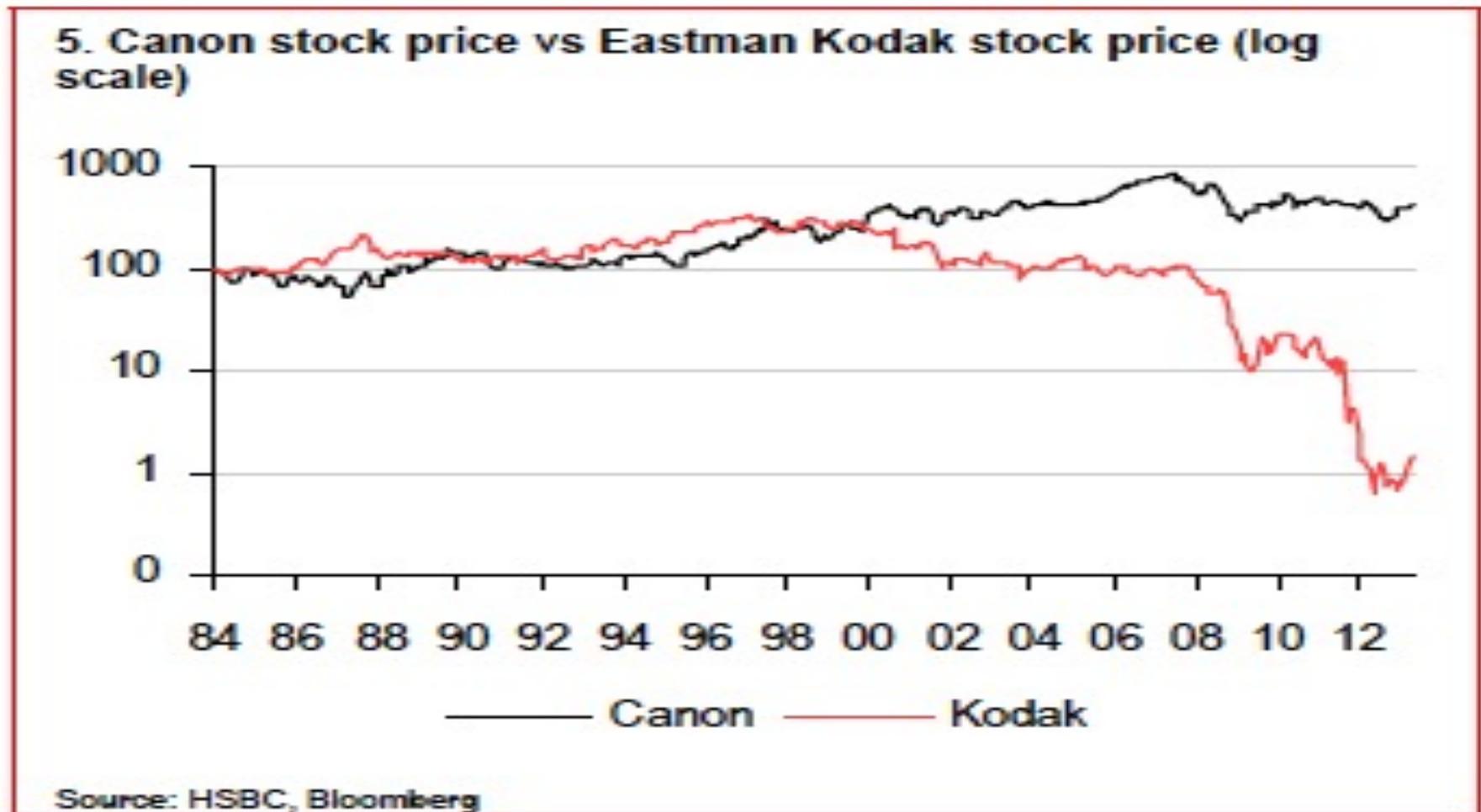


工学への期待(1)

- 「変化」を見据えた、意志をもった「変革(transformation)」と「移行(transition)」を支える技術
 - カーボンニュートラルには社会の変革が必要。変化の中の社会変革
 - スムーズな移行の重要性
 - 「イノベーターのディレンマ」(by Clayton M. Christensen)
 - “Climate change is the Tragedy of the Horizon.”「時間軸の悲劇」(by Mark Carney, September 2015)
 - ①ビジネスサイクル、②政策決定のサイクル、③専門家・実務家、の時間的視野の制約
 - 変化を見据え、中長期の視角を持った事業戦略、技術開発課題の設定
- 今求められる2つの異なる時間軸の対応・技術課題
 - ①今ある技術を最大限利用した足下からの2030年に向けた最大限の排出削減
 - ②2050年カーボンニュートラルと統合的な長期的な移行(トランジション)の戦略と実践。新たな技術の開発も含む
 - 「変化」と「変革」の速度と規模感を見誤らない
 - 2050年カーボンニュートラル、1.5°C目標に向けて、気候変動対策が動く
 - ここ10年が決定的に重要: "Decisive/Critical decade"
 - 2030年のマイルストーン(中間目標)
 - 特に、2050年にも残るインフラ・設備(例えば、発電所や住宅・建築物、交通インフラなど)については「今」の決定が将来を決める。座礁資産(Stranded Assets)のリスク。ロックインのリスク

キヤノン vs コダック

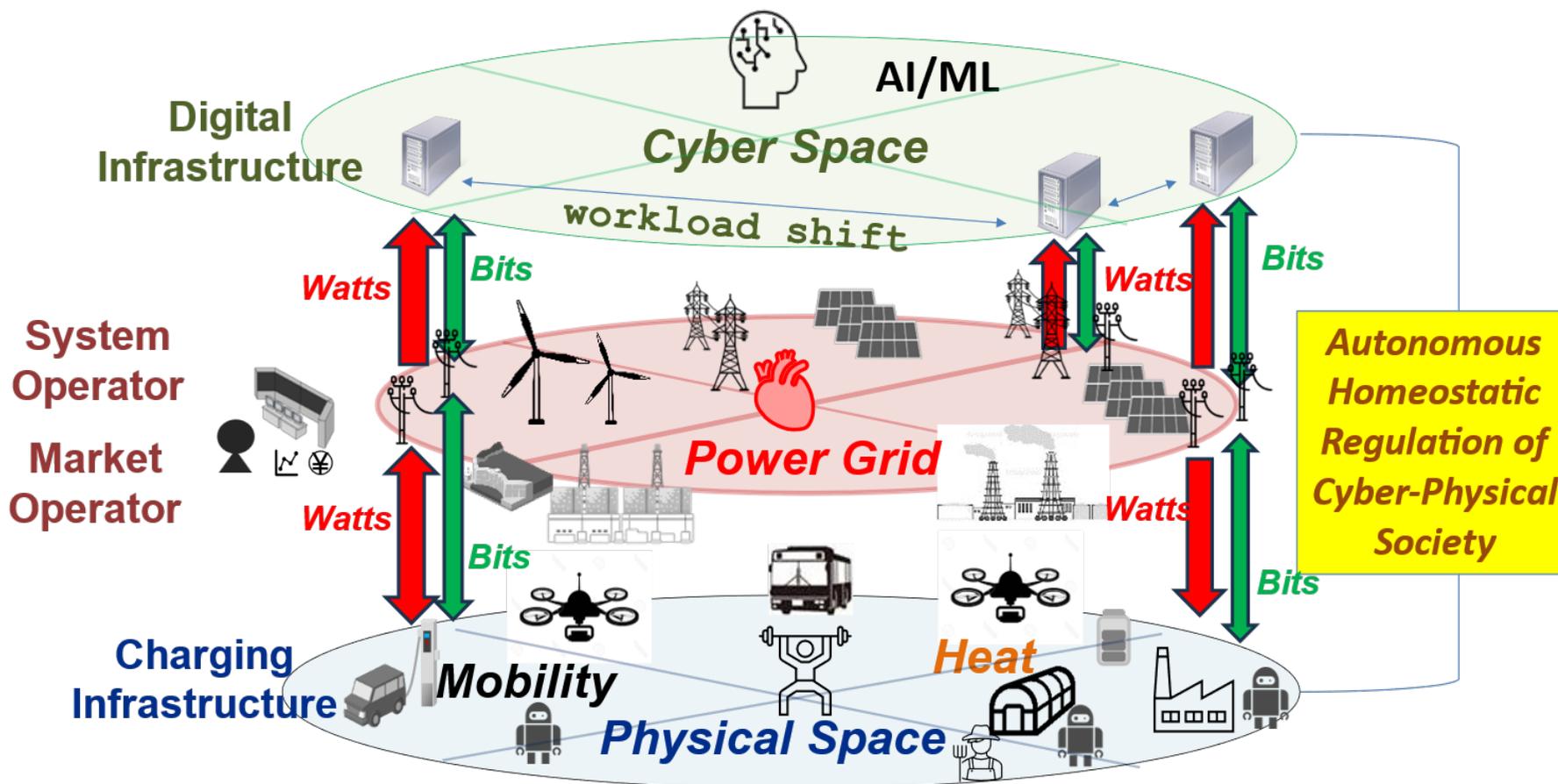
「イノベーターのディレンマ(The Innovator's Dilemma)」(by Clayton M. Christensen)



工学への期待(2)

- バリューチェーン全体、製品、サービスのライフサイクル全体を通じた持続可能性(サステナビリティ)への高まる要請
- 課題の相互関連、統合的な把握と取り組み
 - 問題の相互関連性。包括的、統合的な問題の把握の必要性、重要性。トレードオフをなくし、相乗効果を高める
 - サーキュラーエコノミーへの移行はカーボンニュートラルを効果的、効率的に実現する
 - 産業由来の排出量の削減には、削減技術や生産プロセスの革新的変化とともに、需要管理、エネルギーと材料の効率化、循環型の物質フローを含む全ての緩和対策を促進するためのバリューチェーン全体での協調行動を伴う(IPCC, AR6 WG3, 2022)
- 分野横断的/学際的な科学的知見とイノベーション
 - 分散型で相互に関連したエネルギーシステムへの転換の動き
 - 日本の技術力を活かし、技術の市場化、普及をいかに促進するか。トランジションをいかに加速するか
 - 人文・社会科学との連携

サイバー・フィジカル社会における恒常性制御のための MESH(Machine-learning Energy System Holistic)



Source: Okamoto, 2024

再生可能エネルギーの特許数 (2010年-2019年)

日本の再生可能エネルギー、燃料電池関連特許数は世界一

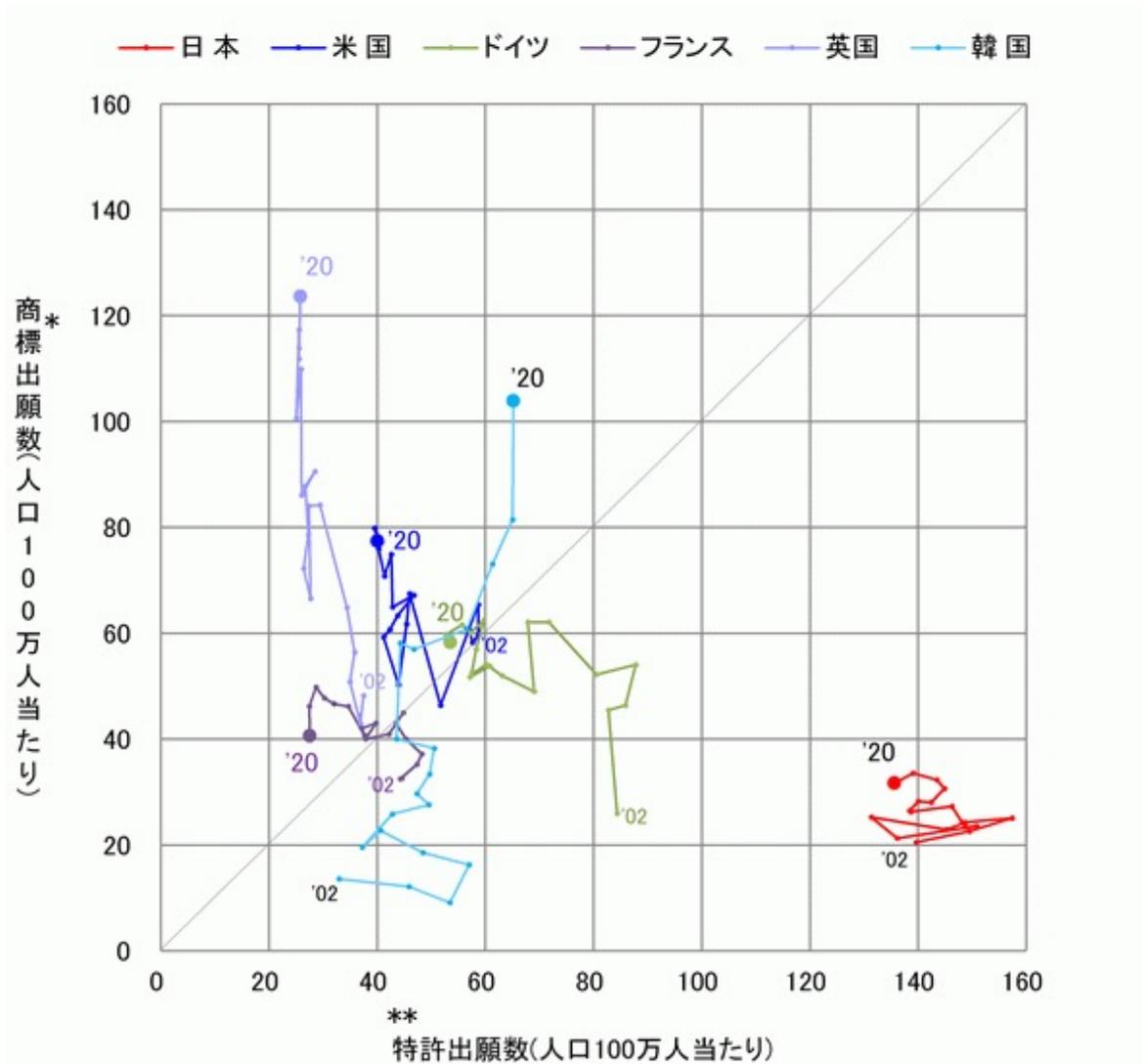
	国	再生可能エネルギー全体	太陽光	燃料電池	風力	地熱
1	日本	9,394	5,360	3,292	702	40
2	米国	6,300	3,876	1,391	927	106
3	ドイツ	3,684	1,534	813	1,309	28
4	韓国	2,695	1,803	506	360	26
5	中国	2,659	1,892	189	555	23
6	デンマーク	1,495	52	81	1,358	4
7	フランス	1,226	660	348	184	34
8	英国	709	208	271	218	12
9	スペイン	678	341	29	300	8
10	イタリア	509	316	57	123	13

EVの特許競争力ランキング (日経・パテントリザルト共同調査)

EV技術で日本企業は優位。米国出願特許分析。特許の重要度をスコア化

順位	企業名	特許競争力 (ポイント)	順位	企業名	特許競争力 (ポイント)
1	トヨタ自動車(日)	8363	12	ボッシュ(独)	1285
2	フォード・モーター(米)	6564	13	ゼネラル・エレクトリック (米)	1253
3	ホンダ(日)	3849	14	パナソニック(日)	1250
4	ゼネラル・モーターズ(米)	3283	15	マサチューセッツ工科大学 (米)	1192
5	デンソー(日)	2581	16	CPSテクノロジーホールディ ングス(米)	1184
6	日産自動車(日)	1950	17	日立製作所(日)	1095
7	ワイトリシティ(米)	1749	18	三菱電機(日)	1041
8	テスラ(米)	1741	19	エマージングオートモティブ (米)	951
9	日立アステモ(日)	1709	20	起亜自動車(韓)	911
10	現代自動車(韓)	1694	21	村田製作所(日)	839
11	LG化学(韓)	1421	22	矢崎総業(日)	788

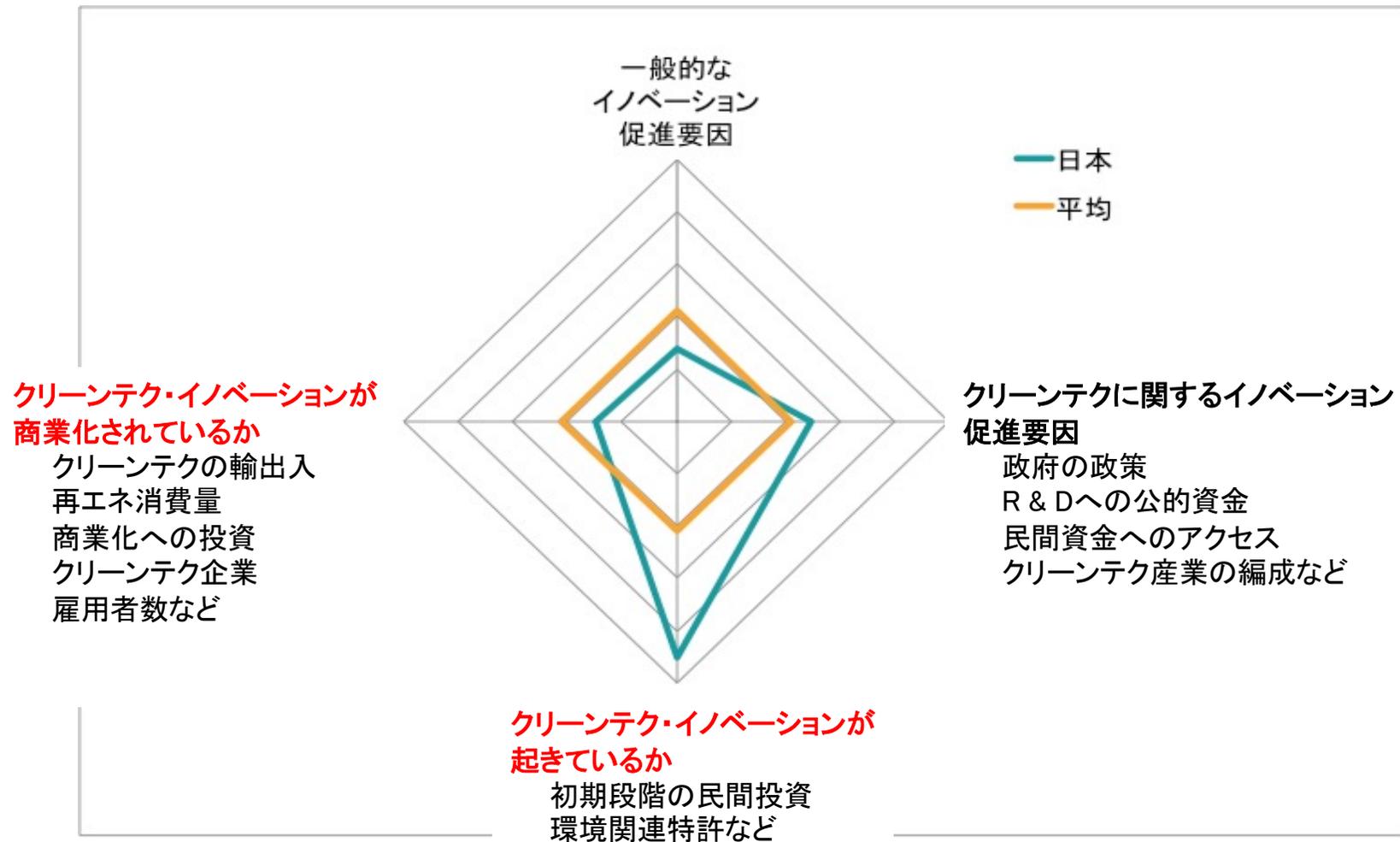
国境を越えた商標出願と特許出願 (2002年-2020年)



- 日本の場合、商標出願数よりも特許出願数が顕著に多い
- 日本は**技術に強み**を持っているが、**新製品**や**新たなサービスの国際的展開**などに課題

日本のクリーンテック・イノベーション力

世界12位、アジアでは韓国に次ぐ2位
環境関連特許は実数でもGDP比でも世界一
イノベーションは起きているが、その商業化に課題



Thank you for your attention!

Yukari TAKAMURA

E-mail: yukari.takamura@ifi.u-tokyo.ac.jp