

## システム研究グループ

### グループメンバー(2024年4月)

グループリーダー・主席研究員	秋元 圭吾	主任研究員	大西 尚子
副主席研究員	山田 航也	主任研究員	橋本 照子
主任研究員	和田 謙一	研究員	榎田 仁次
主任研究員	長島 美由紀	研究員	安藤 輝尚
主任研究員	本間 隆嗣	研究員	Jubair Sieed
主任研究員	佐野 史典	研究員	Dahyun Kang
主任研究員	林 礼美	研究助手	山本 清美
主任研究員	伏見 温子	研究助手	斎藤 美三子
主任研究員	望月 則孝 (企画調査グループ兼務)	研究助手	工藤 幸子
主任研究員	桑鶴 整	研究助手	南村 良子
主任研究員	中野 優子		

## システム研究グループの研究活動報告

システム研究グループは、システム的な思考、システム的な分析を通して、地球温暖化やエネルギー対応に関する有用なる情報提供を国内外に行ってきた。

パリ協定長期目標 2℃や 1.5℃未満の達成が求められている。しかし、現状や 2030 年に向けた国別貢献 (NDCs) で各国から提出されている排出削減目標とは大きな排出ギャップがあるとされている。2030 年や 2040 年といったトランジション期も含め、2℃、1.5℃未満実現のための、各部門の排出経路・対策シナリオを定量的かつ整合的に提示することは重要な意義があると考えられる。このような中、2023 年度、世界エネルギー・温暖化対策評価モデル DNE21+ を用いて、2℃、1.5℃未満を実現する、世界および日本の部門別ロードマップを策定した。RITE HP で公表している<sup>1)</sup>ので、詳細は当該資料を参照されたいが、本報告ではその概要を紹介する。

### 1. CN に向けた長期シナリオ策定の背景とシナリオ想定

#### 1.1. トランジションを含む CN に向けた長期シナリオ策定の背景

パリ協定長期目標の 2℃や 1.5℃目標や 21 世紀後半早期のカーボンニュートラル(CN)実現に向けて各部門の対策を強化していく必要があるが、IPCC AR6<sup>2)</sup>においても、二酸化炭素除去(CDR)によって負の排出へ

の依拠が大きいシナリオや、低エネルギー需要社会の実現によって負の排出への依拠が小さいシナリオなど、様々な可能性が提示されている。更には、CN 実現に至るトランジションは、より一層の幅がある。例えば、産業部門毎の排出削減経路は、部門によって、既存インフラの寿命や、排出削減対策の難易度等が異なっている。一律の削減は、対策費用の増大を招き、却って排出削減を困難にしかねない。

しかし、各国、各産業・各企業の排出削減対策が、他の主体と比べて緩やかな率で進める場合、「グリーン・ウォッシュ」とみなされ、批判されるリスクも存在している。他方、金融機関そして評価機関であっても、必ずしもエネルギーシステム全体の整合性を有した排出削減への経路を十分理解できるわけでもないため、投資の適切性に関する判断ができる定量的な材料が必要な状況にある。そのため、気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク(NGFS)などでも、定量的な分析が可能な統合評価モデルを用いた排出削減シナリオの策定が行われている<sup>3)</sup>。一方、これらは、部門毎の排出削減経路に対しては十分な情報を与えていない。また、国際エネルギー機関(IEA)も提示しているものの、とりわけ 1.5℃シナリオについて、国別の十分な情報提示がなされているわけではない。国際資本市場協会(ICMA)のレポート<sup>4)</sup>においても、地域性や産業特性の考慮に関して課題がある

とされている。日本政府は、トランジション・ファイナンスでの活用も念頭に、カーボンニュートラル実現に向けた具体的な移行の方向性を示すため、2021~22年度にトランジションロードマップを策定した。これについても有用な情報を提供するものであるが、一方、これらは、部門毎に策定されたものであり、全体としての2°C、1.5°C排出削減経路との整合性、部門間での整合性について、説明性を更に向上させる必要性もある。

そこで、2100年までの期間について動的にコスト最小化の記述で最適化を行っている世界エネルギー・温暖化対策評価モデルDNE21+を用いて、世界全体で2°Cや1.5°C目標と整合性を有し、また、国間、部門間で差異を踏まえつつ、経済合理性の点で整合性を有する、排出削減対策シナリオを、部門別のトランジションロードマップを含めて策定した。

### 1.2. シナリオの想定

DNE21+モデルでの定量的な分析のシナリオ想定にあたっては、基本的にNGFSシナリオ<sup>3)</sup>を参考にした。NGFSは、Orderlyシナリオ(規律がとれたシナリオ)とDisorderlyシナリオ(不規律なシナリオ)が用意されている。これに準拠する形で、OrderlyシナリオとDisorderlyシナリオを用意した。これに加えて、IEAのNet Zero by 2050(NZE)<sup>5)</sup>に近いシナリオも用意した。DNE21+モデル分析用に想定したシナリオの概略を表1に示す。気温上昇については、2°C目標と整合するシナリオを2種類、1.5°C目標と整合するシナリオを3種類想定した(世界のCO<sub>2</sub>排出シナリオは図1のように想定)。

表1 シナリオ想定(概略)

シナリオ名	気温上昇	政策のスปีド <sup>1)</sup>	CDR	再エネEV	政策の地域差	他シナリオとの類似性		
						IPCC AR6	NGFS(2022)	IEA
Disorderly Below 2°C	1.7~1.8°C (ピーク:1.8°C, 2100年1.7°C)	遅 (2030年NDC)	中	中位進展	大(主要先進国2050年CN)	Likely below 2 C, NDC [C3b]	Disorderly: Delayed Transition	APS (WEO 2022)
Orderly Below 2°C	1.7°C程度	早(2030年NDC:全世界MAC均等化)	小	高位進展	小(MAC均等化)	Likely below 2 C with immediate action [C3a]	Orderly: Below 2C	SDS (WEO 2021)
Disorderly 1.5°C	1.4°C (ピーク:1.7°C, 2100年1.4°C)	遅 (2030年NDC)	大	中位進展	大(主要先進国2050年CN)	1.5 C with high overshoot (IMP-Neg) [C2]	(Disorderly Net Zero)*	
Orderly 1.5°C	1.4°C (ピーク:1.6°C, 2100年1.4°C)	早(2030年NDC:全世界MAC均等化)	中	高位進展	中(主要先進国2050年CN)	1.5 C with no or limited overshoot [C1]	Orderly: Net Zero2050	
1.5C-CO2_CN	1.5°C程度 (CO2/ガスからの概略値)	早(2030年NDC:全世界MAC均等化)	小(部門別Near-zero of CO2)	高位進展	中(主要先進国2050年CN)	1.5 C with no or limited overshoot [C1]		NZE

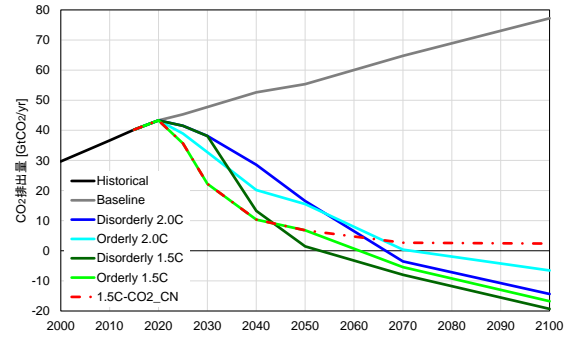


図1 分析シナリオの世界全体CO<sub>2</sub>排出経路

## 2. 世界

### 2.1. RITEの分析シナリオ

本節では世界のシナリオを示す。

図2に、世界全体の部門別GHG排出量を示す。発電部門からのCO<sub>2</sub>排出は、他部門に比べて早い時期からの削減が経済合理的となっている。

図3には、世界全体の発電電力量を示す。石炭火力発電は2030年でも大きく抑制されている一方、ガス火力発電はCCSも導入しつつ、ベースラインより増加しているシナリオもあり、ガスへの転換が進んでいる。CO<sub>2</sub>

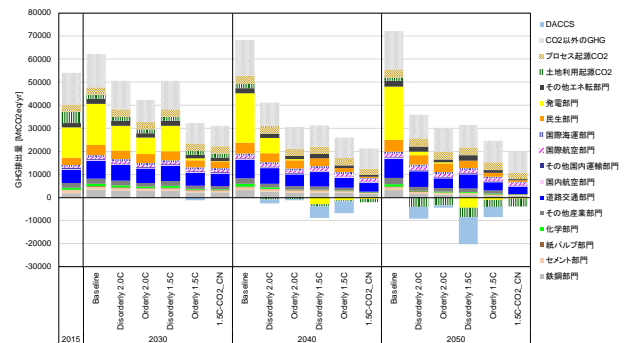


図2 部門別GHG排出量(世界全体)

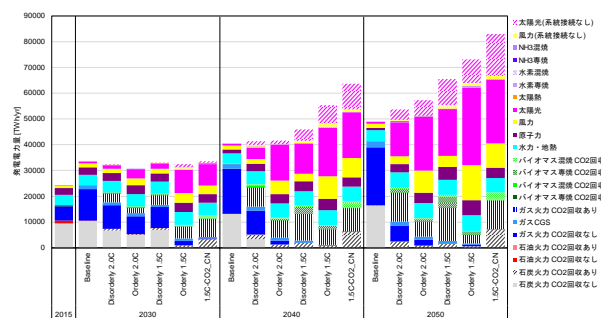


図3 発電電力量(世界全体)

貯留の拡大率を相対的に低く想定している Orderly シナリオにおいては、Disorderly シナリオに比べてガス火力+CCS の利用は少なく、代わりに更なるコスト低減を見込んでいる太陽光発電や風力発電が増加する。

図4に世界全体の産業部門最終エネルギー消費量を示す。発電部門と同様に、石炭利用は減少し、その一方でガスと電力の利用が増大する。鉄鋼部門での高炉による粗鋼生産のための石炭利用は必要となるため、発電部門に比べると石炭利用の減少は少ない。後に示す日本の結果と比べると、国内再エネ・国際連系線利用再エネや国内 CO<sub>2</sub> 貯留量が大きい国が多いことから、水素・アンモニアや合成メタン(e-メタン)の利用は相対的に少なくなっている。但し、CDR の利用を制約している 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN においては、それらの利用は相当量となっている。

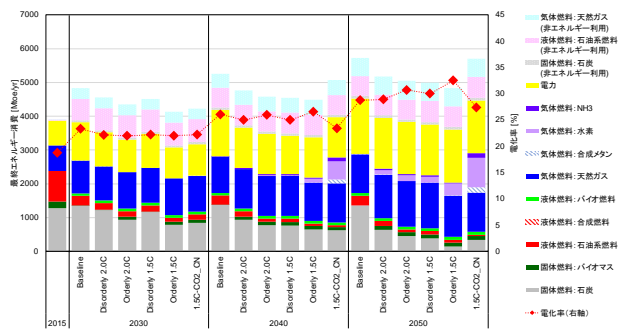


図4 産業部門最終エネルギー消費量(世界全体)

## 2.2. 他シナリオとの比較評価

以下に、既往の国際的なシナリオ分析との比較を示す。以下に記すように、モデルの違い、前提条件の違いから、若干の差異はあるが、RITE の分析シナリオはそれらとも、高い整合性、説明性を有している。

図5に IPCC の世界全体の部門別 CO<sub>2</sub> 排出量との比較を示す。DNE21+シナリオの部門別 CO<sub>2</sub> 排出量は、運輸、民生では、IPCC シナリオのレンジを若干超える部分もあるが、概ね IPCC と整合的かつ上下限をカバーしていると言える。これら部門の残余排出量が若干 IPCC シナリオのレンジを超えているのは、CDR とりわけ CO<sub>2</sub> 直接回収貯留(DACCS)のモデルでの考慮の有無によるところが大きいと考えられる(図6)。

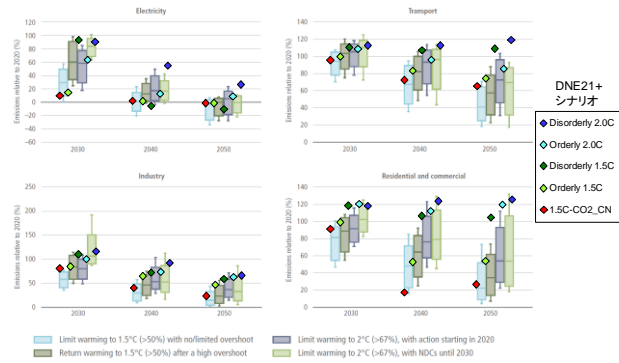


図5 IPCC シナリオの世界の部門別 CO<sub>2</sub> 排出量との比較

注:IPCC シナリオの棒の幅は 25~75%タイル、ひげの幅は 5~95%タイル

(出典:IPCC 報告書<sup>2)</sup>掲載のグラフに加工)

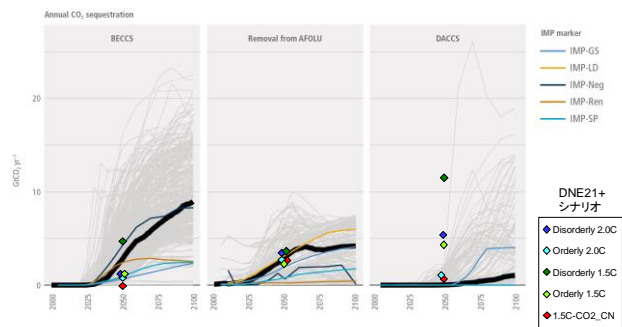


図6 シナリオの世界の CDR 利用量との比較

注:IPCC のシナリオは、C1~C3 カテゴリーのシナリオが表示されている。

(出典:IPCC 報告書<sup>2)</sup>掲載のグラフに加工)

図7に NGFS の各シナリオの炭素価格(CO<sub>2</sub> 限界削減費用)との比較を示す。1.5°Cシナリオでは、DNE21+では DACCS を考慮していることから、限界値が抑制される傾向があり、若干低めの CO<sub>2</sub> 限界削減費用となる傾向があるものの、概ね NGFS シナリオと整合的な炭素価格水準を示している。IPCC の各シナリオの CO<sub>2</sub> 限界削減費用との比較は、図 8 に示している。IPCC 報告の多くのモデルは、CO<sub>2</sub> 限界削減費用均等化の条件下で計算している。DNE21+シナリオは、IPCC 報告値と整合的な水準と言える。ただし、多くの IPCC シナリオでは DACCS の想定がなされていない一方、DNE21+シナリオでは DACCS を想定しているため、2050 年の CO<sub>2</sub> 限界削減費用は IPCC シナリオの C1 と比較すると若干安価な推計になっている。

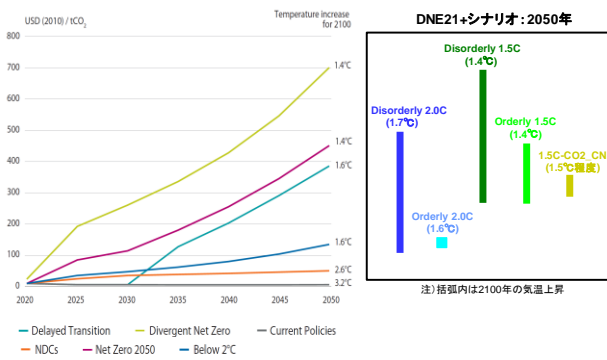


図7 NGFS の各シナリオと本シナリオの炭素価格の比較

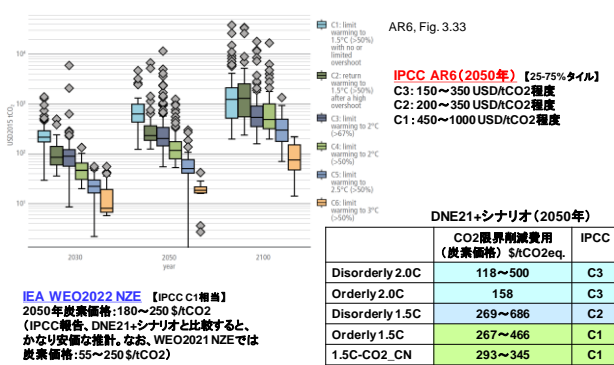


図8 IPCC の各シナリオと本シナリオの CO<sub>2</sub> 限界削減費用の比較

### 3. 日本

本節では、日本の定量的な分析シナリオを示す。

#### 3.1. 排出量

図9に、日本の部門別 GHG 排出量を示す。2050 年に GHG 排出を実質ゼロとする3シナリオ(Disorderly 2.0C と Disorderly/Orderly 1.5C)においては、DACCS や土地利用起源 CO<sub>2</sub>(植林による CO<sub>2</sub> 固定)の活用の他、発電部門からの CO<sub>2</sub> 排出を実質負とする(バイオマス+CCS(BECCS)、e-メタン+CCS によって達成)といった対策がとられている。2050 年に GHG 排出を実質ゼロと想定しておらず、世界全体で費用最小化(世界の CO<sub>2</sub> 限界削減費用均等化)を想定した Orderly 2.0C においては、2013 年比▲70%程度とするのが費用効率的となっている。この際には、発電部門や鉄鋼部門からの CO<sub>2</sub> 排出も残っている。

図 10 は、日本の CO<sub>2</sub> の回収と貯留・利用のバランスである。2030 年や 2040 年においては、石炭火力や

ガス火力、高炉から CO<sub>2</sub> 回収が行われている。バイオマス発電や DAC については、シナリオによっては 2040 年時点でも導入が見られるが、2050 年における回収が多くなっている。1.5-CO<sub>2</sub>-CN では、発電部門での BECCS、e-メタン+CCS は不可としている他、DACCS も不可としている(DAC で回収した CO<sub>2</sub> を利用する CCU は可としている)ため、2050 年においても石炭火力(バイオマス混焼分からの回収も含む)、ガス火力、セメント部門での CO<sub>2</sub> 回収が見られる。

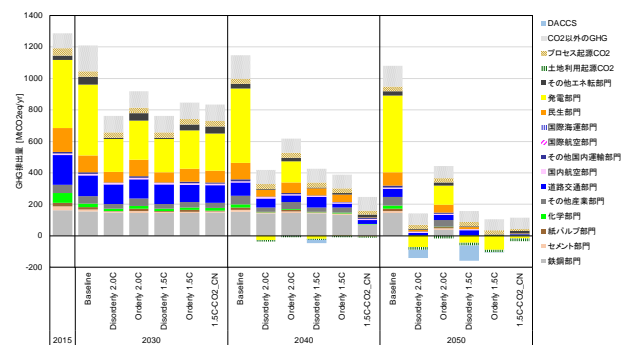


図9 部門別 GHG 排出量(日本)

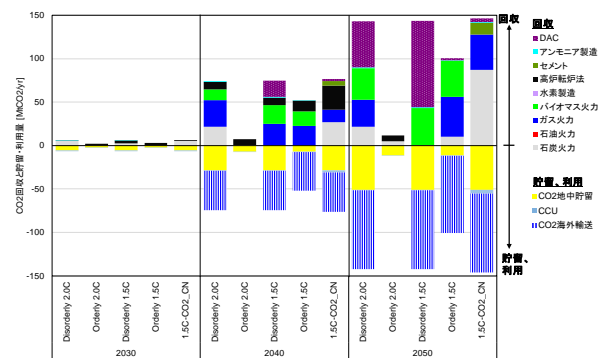


図10 CO<sub>2</sub> バランス(日本)

#### 3.2. 一次エネルギー供給量、発電、その他エネルギー転換

図 11 に、日本の一次エネルギー供給量を示す。日本は再生可能エネルギーや CO<sub>2</sub> 貯留のポテンシャルがエネルギー需要に比べて大きくないため、水素・アンモニアの他、e-メタンや e-fuels、バイオ燃料といったカーボンニュートラル燃料を輸入して利用することが費用効率的と評価されている。2050 年に 2013 年比▲70%程度の排出削減を行う Orderly 2.0C においては、そ



これらの量は相対的に少なく、世界全体での2°C目標達成のためには他国で排出削減を深堀することが全体として費用効率的で、CCS 無しの石炭やガスの供給が残っている。

図 12 は発電電力量である。電化を促進するため、とりわけ厳しい排出削減シナリオの下では総発電電力量が増加する。太陽光発電等の再エネの普及拡大や CCS の利用の他、輸入した水素・アンモニアによる発電を行うことにより、CO<sub>2</sub> 排出削減を進めている。なお、2050 年におけるガス火力発電+CCS は、Orderly 2.0C と 1.5C-CO<sub>2</sub>-CN 以外のシナリオでは e-メタンが利用されている。Disorderly シナリオでは変動性再生可能エネルギー(VRE)が相対的に高いと想定していることから、海外から輸入した水素やアンモニア(CO<sub>2</sub> 貯留の拡大率を高く想定しているため、海外でブルー水素やブルーアンモニアを生産しやすい)を用いた発電が多い傾向にある。一方、Orderly シナリオでは、日本でも更に安価になると見込んだ VRE の利用が相対的に拡大し、CO<sub>2</sub> 貯留の拡大率を低く見込んでいることから海外での生産が困難になる水素やアンモニアを用いた発電はほとんど見られない。なお、1.5C-CO<sub>2</sub>-CN では、BECCS および e-メタン+CCS は利用できないと制約していることから、CCS 付き石炭火力が導入される結果である。

図 13 には各シナリオの CO<sub>2</sub> 排出係数を整理しているが、2050 年に GHG 排出を実質ゼロとする Disorderly 2.0C/1.5C、Orderly 1.5C では、上述したように電源構成は異なるものの、CO<sub>2</sub> 排出係数の推移に大きな差異は無く、2040 年頃に実質ゼロとすることが全体として費用効率的であると評価される。

図 14 は発電部門の CO<sub>2</sub> 排出量について、日本政府ロードマップ<sup>6)</sup>との比較を示している。2020~2030 年の累積では、5 種類の DNE21+シナリオに比べて日本政府ロードマップは若干下回っており、2°C、1.5°C 排出削減経路と整合的である。また、2031~2050 年の累積についても、日本政府ロードマップは 5 種類の DNE21+シナリオの範囲内に位置しており、整合的である。

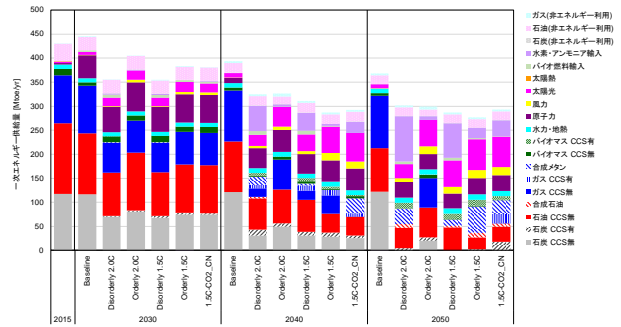


図 11 一次エネルギー供給量(日本)

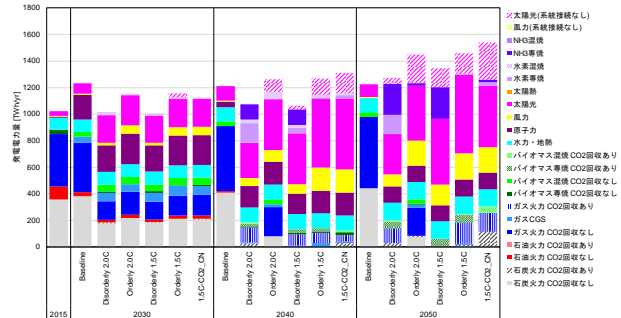


図 12 発電電力量(日本)

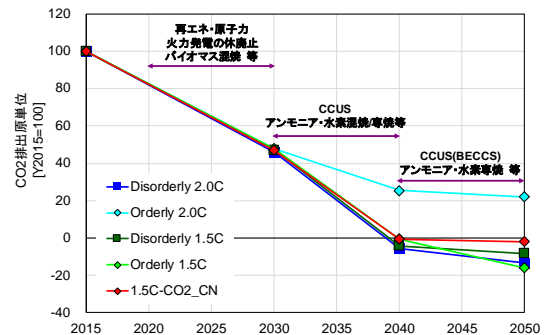


図 13 発電部門 CO<sub>2</sub> 排出係数(日本)

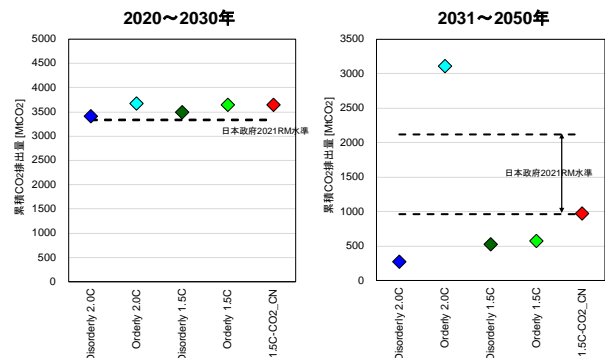


図 14 発電部門 CO<sub>2</sub> 排出量(日本)の日本政府ロードマップとの比較

水素系エネルギーについては、水素供給については、VRE の更なるコスト低減を見込んでいる Orderly 2.0C/1.5C や 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN では国内での水電気分解による製造も見られるが、その他のシナリオでは専ら海外からの輸入となっている。利用用途については、2030 年や 2040 年においては発電での利用が多いが、2050 年になると鉄鋼部門の水素直接還元製鉄での利用が多くなる。アンモニアについては、Disorderly 2.0C/1.5C では、VRE のコスト低減が相対的に緩やかであることもあり、海外で製造したブルーアンモニアが発電部門で利用される。その他、石油化学部門等、産業部門でのカーボンニュートラル燃料として利用されている。e-メタンは、民生部門やその他産業部門で利用される他、発電部門でも利用されている(CCS を導入することで、BECCS と同様に実質負排出)。なお、e-メタンの製造は再エネコストが安価な海外が主で輸入して利用しているが、1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN の下では革新的メタネーション技術による国内生産も見られる。なお、e-fuels も輸入での利用が見られる。

### 3.3. ガス・石油供給

図 15 にガス供給量を示す。Orderly 2.0C では、2050 年までは天然ガスはほぼ現状～微減程度の供給量である。その他のシナリオでは、2040 年、2050 年にかけて水素、もしくは e-メタンによる供給が多い。なお、水素が e-メタンかは、コスト低減のタイミングの想定等、前提条件によってセンシティブである。図 16 はガス部門の CO<sub>2</sub> 排出量であるが、発電部門の CO<sub>2</sub> 排出係数の低減と比べると、2030 年や 2040 年時点での低減は進んでいない。天然ガスは CO<sub>2</sub> 原単位が小さいため、2030～40 年頃まではその活用は、2°C、1.5°C シナリオと整合的である。

図 17 に石油(液体燃料)の供給量を示す。供給量は、輸送サービス需要の減少や、自動車の燃費向上や EV 化等により、いずれのシナリオでも大きく低減している。特に、再エネと EV の技術進展を高位と見込んでいる Orderly 1.5C や 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN ではその傾向が強い。2050 年には e-fuels の利用も見られ、特に CO<sub>2</sub>

貯留の拡大率を低く想定している Orderly 1.5C では、排出のオフセットが小さくなること、再エネコストの更なる低減で e-fuels 価格も低下すること、により石油系燃料から e-fuels への代替がより進んでいる。

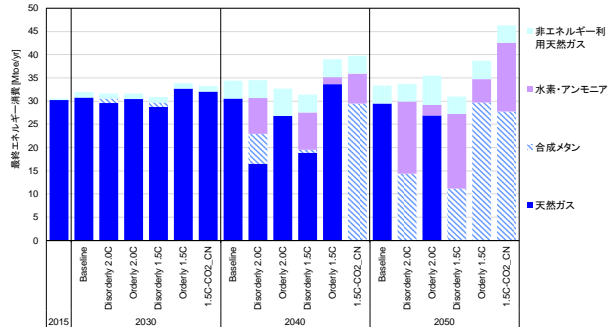


図 15 ガス供給量(日本)

注: グラフの水素・アンモニア供給量には発電部門、鉄鋼部門、石油化学部門での利用は含めていない。

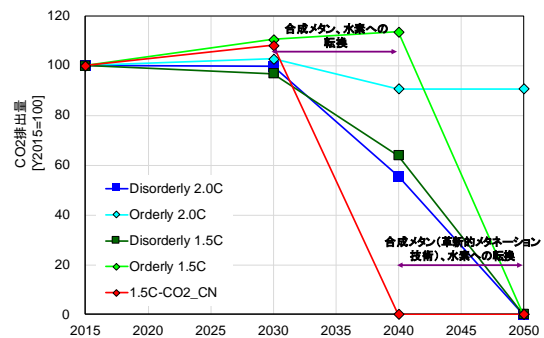


図 16 ガス部門 CO<sub>2</sub> 排出(日本)

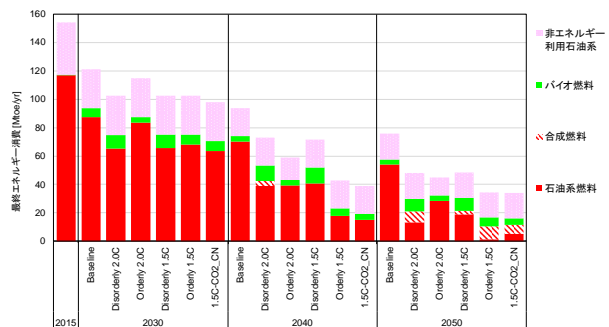


図 17 石油(液体燃料)供給量(日本)

注: グラフには発電部門での利用は含めていない。

### 3.4. 産業部門

図 18 は産業部門の最終エネルギー消費量を示している。2040 年においても 2030 年に近い水準の石炭利

用が残っているが、これは鉄鋼部門の高炉・転炉法での利用である。2050 年においては、Orderly 2.0C 以外では石炭の利用は無く、水素やアンモニア、e-メタンの利用が多く見られる。

図 19、図 20 は、鉄鋼部門の最終エネルギー消費量、技術別粗鋼生産量をそれぞれ示している。先に述べたように、2040 年は石炭の利用が相当残っている。Super COURSE50 のような外部水素も活用した高炉・転炉法製鉄が経済合理的となるシナリオもある。2050 年においては、総排出量が 2013 年比▲70%と評価された Orderly 2.0C 以外では石炭の利用は無く、高炉転炉法は水素利用 DRI+電炉によって完全に代替されている。なお、e-メタンは、スクラップ電炉法で利用されている。

図 21 に鉄鋼部門の CO<sub>2</sub> 排出原単位を示す。いずれのシナリオも、2030 年以降高炉に CCS を導入し、シナリオによっては外部水素利用を進め、2040 年以降は水素利用 DRI 電炉へと転換することで 2050 年にほぼ排出をゼロとしている。但し、日本国内での CO<sub>2</sub> 排出削減をそれほど進めない Orderly 2.0C では、2050 年でも CCS を行わない高炉転炉法を継続する等、一部排出が残るシナリオとなっている。図 22 は鉄鋼部門の CO<sub>2</sub> 排出量について、DNE21+シナリオと政府ロードマップとの比較を示している。政府ロードマップは、2020~2030 年の上限値は若干排出量が多いが、その他は 5 種類の DNE21+シナリオの範囲内の水準となっており、全体としての 2℃、1.5℃排出削減経路と整合が取れている。

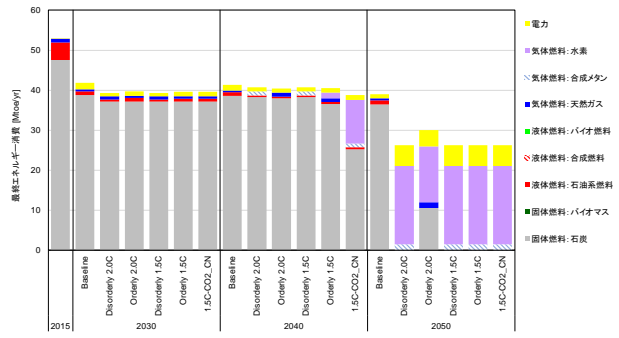


図 19 鉄鋼部門最終エネルギー消費量(日本)

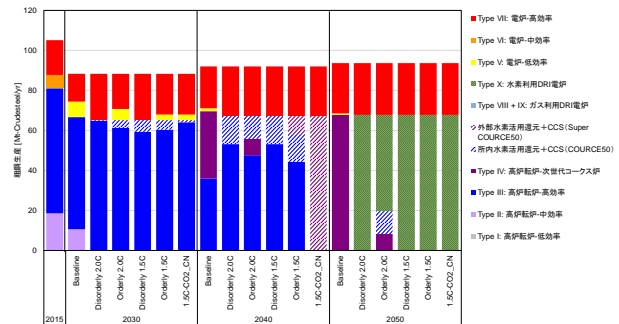


図 20 鉄鋼部門技術別粗鋼生産量(日本)

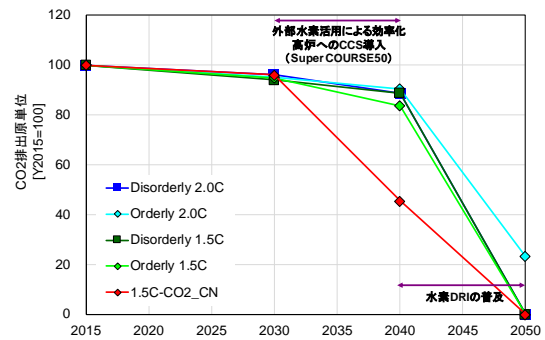


図 21 鉄鋼部門 CO<sub>2</sub> 排出原単位(日本)

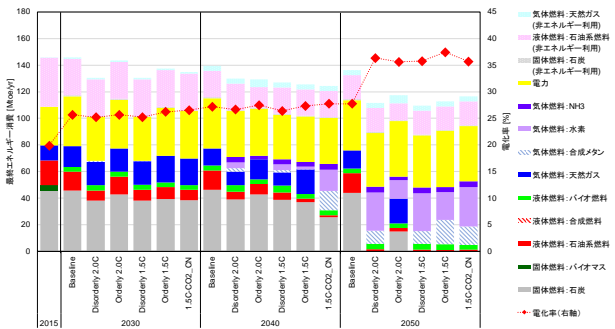


図 18 産業部門最終エネルギー消費量(日本)

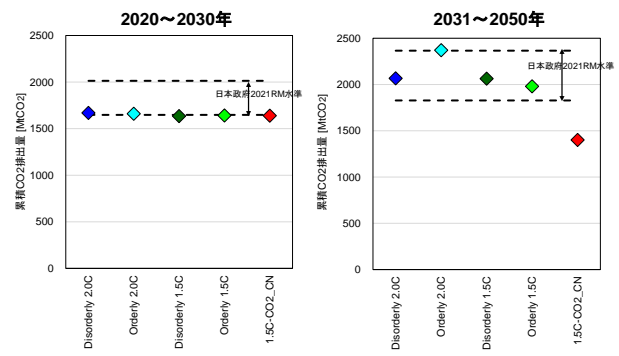


図 22 鉄鋼部門 CO<sub>2</sub> 排出量(日本)の政府ロードマップとの比較

図 23、図 24 は、セメント部門の最終エネルギー消費量、技術別クリンカ生産量をそれぞれ示している。Orderly 2.0C を除けば、2030 年においては石炭からガスへの転換が経済合理的な対策と評価されている。2040 年に向けては更にガスへの転換を進め、2050 年においては e-メタンの利用が主となっている。なお、CDR の利用を制約している 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN においては CCS の導入が進むため、他シナリオに比べエネルギー消費が多くなっている。図 25 にはセメント部門の CO<sub>2</sub> 排出原単位を示す。1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN 以外のシナリオでは、CCS の導入は見られず、プロセス起源 CO<sub>2</sub> を

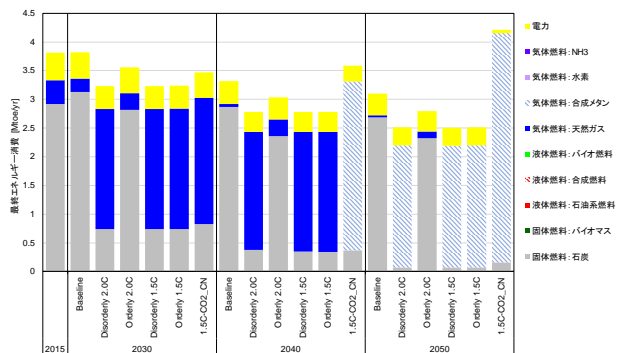


図 23 セメント部門最終エネルギー消費量(日本)

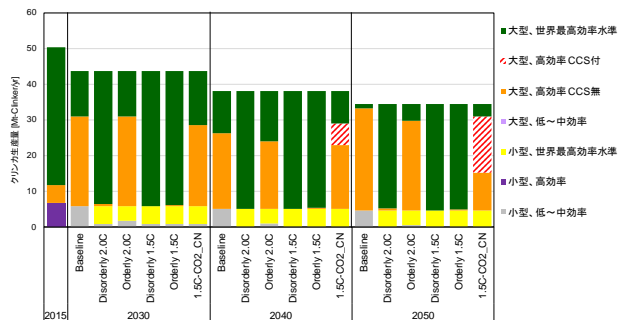


図 24 セメント部門技術別クリンカ生産量(日本)

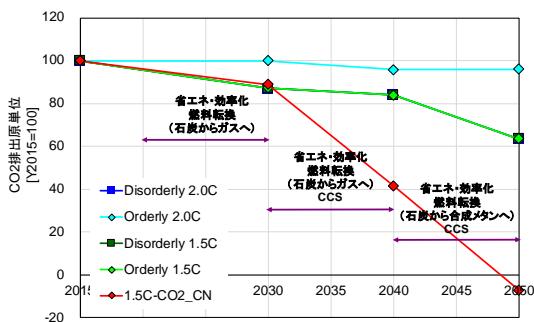


図 25 セメント部門 CO<sub>2</sub>(エネルギー起源+プロセス CO<sub>2</sub>)排出原単位(日本)

含む排出は 2050 年になっても残る。1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN においては、e-メタン+CCS(正味負の排出)を導入することで、実質ゼロ排出となっている。

その他、紙パルプ、化学部門のシナリオ分析、ロードマップ策定も行った。

### 3.5. 運輸部門

図 26 は日本の運輸部門の最終エネルギー消費量をそれぞれ示している。再エネ及び EV の大幅なコスト低減を見込んでいる Orderly シナリオ、1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN シナリオにおいては、2040 年頃から特に電力が増大していると同時に、e-fuels の利用も見られる。Orderly 1.5C や 1.5C-CO<sub>2</sub>\_CN においては、乗用車は BEV もしくは FCEV となっており、道路交通部門における e-fuels 利用はトラックが主となっている。

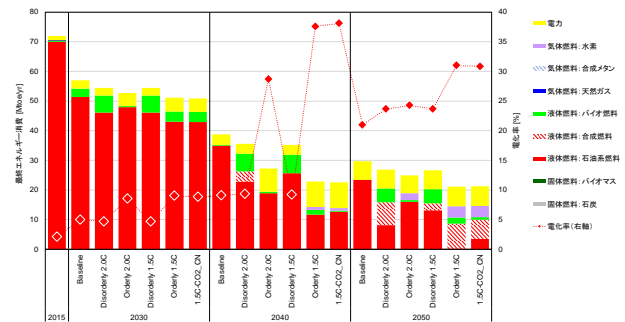


図 26 運輸部門最終エネルギー消費量(日本)

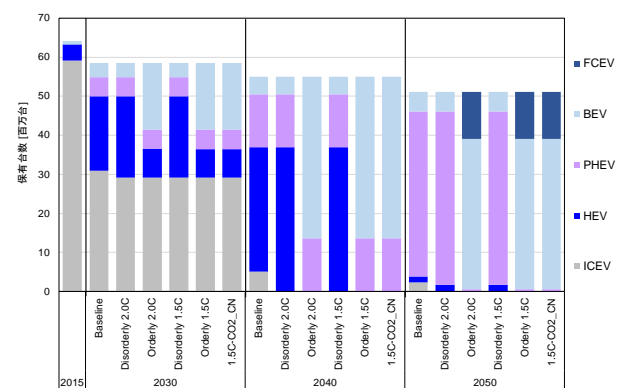


図 27 技術別乗用車保有台数(日本)

図 27 に、日本における技術別の乗用車保有台数を示す。EV の技術進展を中位としている Disorderly シナリオでは、乗用車については、2030 年頃の排出削減対策は HEV が中心で、以降は PHEV についても拡大し、2050 年には PHEV が主となる結果である。他方、EV



の技術進展を高位としているシナリオにおいては、BEVの普及がより早期から進み、2040年時点でBEVが主となり、2050年にはFCEVの普及も見込まれている。

### 3.6. 民生部門

図28に民生部門の最終エネルギー消費量を示す。排出削減が厳しい程、電化率を向上させることが経済合理的と評価される。Orderly 2.0Cにおいては、従来と同様に都市ガスが、その他のシナリオでは、気体燃料はe-メタン、もしくは水素利用となっている。

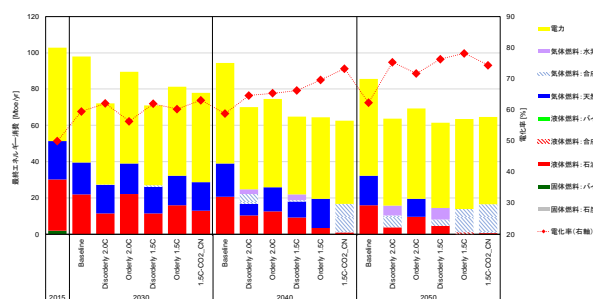


図 28 民生部門最終エネルギー消費量(日本)

## 4. まとめと課題

2°C、1.5°C目標に整合的で、NGFS や IEA シナリオと整合性を有する 5 種類のシナリオを想定し、定量的かつ整合的な分析が可能な DNE21+モデルを活用して、トランジションを含めた分析を行った。排出経路は、部門によって差異が大きくなっており、技術等の想定シナリオによっても幅が大きい。特に CDR の見通しによって大きな差異が生じ得る。なお、部門毎の排出経路を比較すると、排出削減オプションが豊富な発電部門におけるCO<sub>2</sub> 排出原単位の改善は、比較的早期からの進展が求められる結果となっている。これは、IPCC や IEA シナリオ等とも整合的な結果である。他方、CO<sub>2</sub> 排出原単位の小さな天然ガスは、2°Cや 1.5°Cシナリオにおいても、日本では 2030 年に向けては増大する方が経済効率的な対策と評価された。また、鉄鋼部門は、CO<sub>2</sub> 削減対策が困難で 2040 年頃までは最大 1 割程度の排出減に留まるシナリオが示された。これら分析は、2021~22 年度に日本政府において作成された部門別ロードマップとも総じて整合的であり、政府ロードマップは 2°Cの

みならず 1.5°Cの排出削減経路と整合的な水準になっていると言える。

今回の分析では、5 種類のシナリオに絞って提示した。それでも大きな幅があるが、実際には 5 種類のシナリオで考慮しきれない不確実性があり、シナリオの解釈には留意が必要である。また、DNE21+モデルは相対的には詳細なモデルではあるが、それでもモデルは、現実の事象を高度に簡素化して表現している。現実には多様な主体があるし、退出、新設ともに地元との調整に時間を要するなど、より複雑な移行過程が必要であるが、モデルはこれらについてはほとんど考慮できていない。モデル分析の透明性を確保するために、不透明な制約は意図的に考慮しないようにもしている。よって、これらの点もよく理解しつつ、出来る限り幅広い対策オプションの中から費用効率的な対策を採っていくことが、より早期のCN 実現の近道になると考えられ、本シナリオ分析、ロードマップはその戦略策定に有用と考えられる。

引き続き、技術動向等を注視し、適宜更新作業を実施する他、日本以外の個別国・地域のロードマップについても策定し、幅広い国での利用の促進に資することは、今後の課題である。

### 参考文献

- 1) RITE: カーボンニュートラルに向けたトランジションロードマップの策定(2023年度版) <https://www.rite.or.jp/system/latestanalysis/2024/01/FY2023sectorroadmap.html>
- 2) IPCC: Climate Change 2022–Mitigation of Climate Change. Cambridge (2022)
- 3) NGFS: NGFS Scenarios for central banks and supervisors (2022)
- 4) ICMA: Overview and Recommendations for Sustainable Finance Taxonomies (2021)
- 5) IEA: Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach (2023)
- 6) 経済産業省:分野別ロードマップの策定にあたって、経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会(2021, 2022)