未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西 2022年9月22日

排出削減コストとポテンシャル - IPCC推計との比較と示唆 -

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)システム研究グループ グループリーダー秋元 圭吾



目 次



- 1. はじめに
- IPCC第6次評価報告書における排出削減コスト・ ポテンシャル評価
- 3. IPCC AR4 & AR5を振り返る
- 4. RITEモデル分析等から排出削減コスト・ポテンシャルを考える
- 5. まとめ

1. はじめに



はじめに

- ◆ 昨年度の本シンポジウムでは、「2050年カーボンニュートラル実現のための技術とコスト」と題して、RITEの世界エネルギー・温暖化対策評価モデルDNE21+の分析結果等について報告をさせて頂いた。
- ◆ IPCCの第3作業部会(WG3)は2022年4月に第6次評価報告書(AR6)を 公表。最新の科学的知見について様々な内容が記載されている。
- ◆ その中で、コストとポテンシャルの推計について、技術積み上げ評価に よるコスト・ポテンシャル推計と、統合評価モデル(IAM)による推計 の2種類が示されている。(DNE21+モデルはIAMの一つであるが、詳 細に技術を積み上げ評価しており、両者ともに関係が深い)
- ◆ 本講演では、AR6におけるコストとポテンシャルの推計を紹介
- ◆ また、過去のIPCC第4次、第5次評価報告書についても振り返る。
- ◆ その上で、コスト・ポテンシャル推計において、特に「隠れたコスト」 や投資の主観的割引率に焦点をあてて、コストとポテンシャルの推計を より深く理解しながら、今後の温暖化対策を展望する。

【参考】IPCCとは



- 世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された政府間組織
- 2022年3月現在、195の国と地域が参加
- 気候変動に関する最新の科学的知見を評価
 - 自ら研究を行うのではなく、世界中の研究者の協力の下、<u>出版された文献(科</u>学誌に掲載された論文等)に基づいて定期的に報告書を作成
 - 各国政府の気候変動に関する政策に科学的な基礎を与える役割
 - 気候変動枠組条約(UNFCCC)をはじめとする国際交渉や国内政策のための 基礎情報として、世界中の政策決定者が引用
 - 1990年に公表した第1次評価報告書(FAR)は、1992年に採択された UNFCCCにおける重要な科学的根拠
- 科学的中立性(政策的に中立であり、特定の政策の提案を行わない)を重視: "neutral, policy-relevant but not policy-prescriptive"
- 2007年にノーベル平和賞を受賞
- 2021年ノーベル物理学賞受賞者の眞鍋淑郎博士は第1次及び第3次評価報告書の作成に、ハッセルマン博士は更に第2次評価報告書の作成にも参画

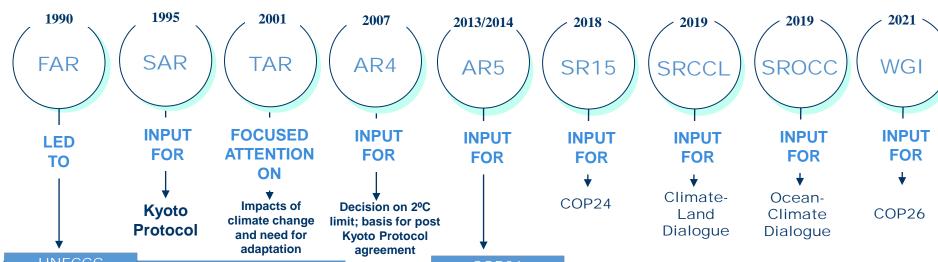
【参考】IPCC報告書の影響



IMPACT | REPORT IMPACT













2. IPCC第6次評価報告書における 排出削減コスト・ポテンシャル評価



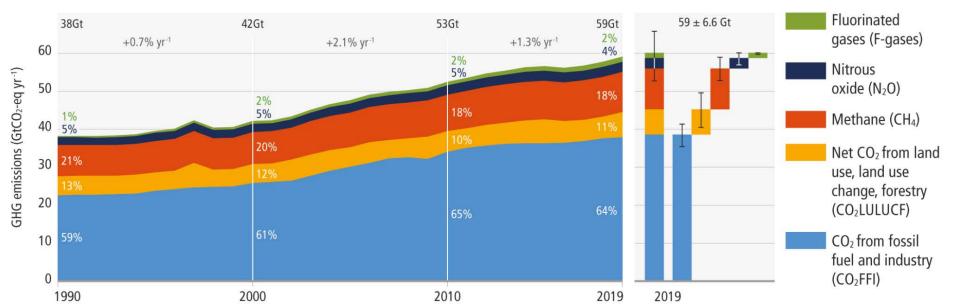
温室効果ガス排出量の推移



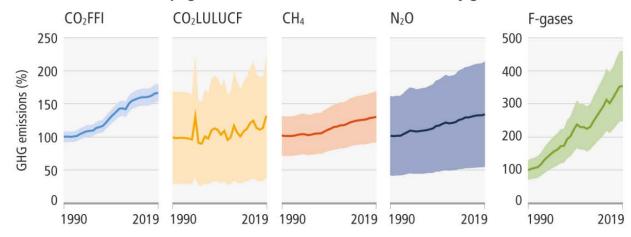
8

a. Global net anthropogenic GHG emissions 1990-2019 (6)

Fig. SPM.1



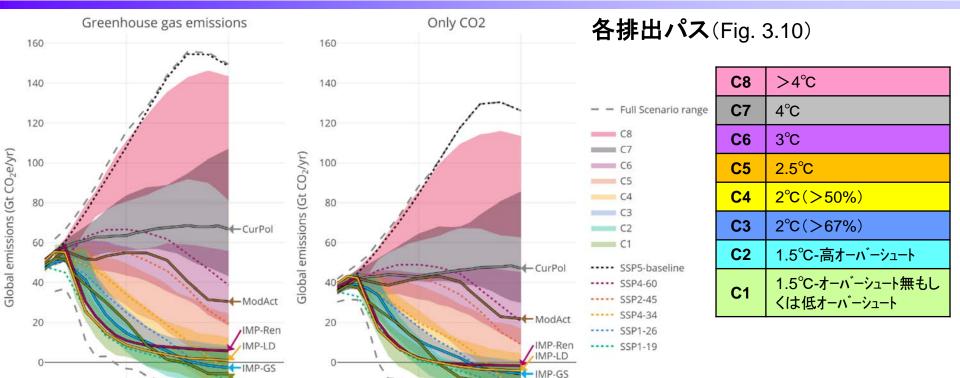
b. Global anthropogenic GHG emissions and uncertainties by gas - relative to 1990



	2019 emissions (GtCO ₂ -eq)	1990–2019 increase (GtCO ₂ -eq)	Emissions in 2019, relative to 1990 (%)
CO ₂ FFI	38±3	15	167
CO ₂ LULUCF	6.6±4.6	1.6	133
CH ₄	11±3.2	2.4	129
N ₂ O	2.7±1.6	0.65	133
F-gases	1.4±0.41	0.97	354
Total	59±6.6	21	154

The solid line indicates central estimate of emissions trends. The shaded area indicates the uncertainty range.

IPCC AR6における統合評価モデルIAMの排出パスの整理 門で



IMP-Neg

CurPol

2100

参照パス	CurPol	現状政策	C7
	ModAct	穏健な排出削減行動	C6
パリ協定 長期目標 関連(例示 的緩和パ スIMPs)	GS	現状政策からの漸進的な対策強化	С3
	Neg	負排出技術の活用促進	C2
	Ren	再生可能エネルギー	C1
	LD	低エネルギー需要	C1
	SP	持続可能な開発への移行	C1

2050

-20

IMP-Neg

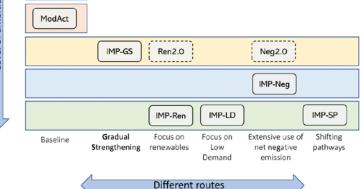
2100

-20

2050

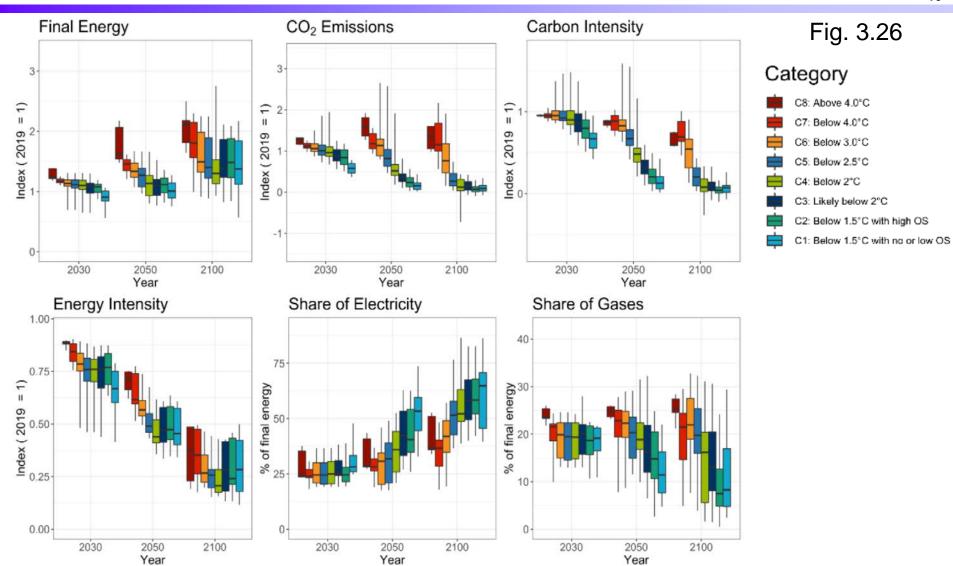
例示的パスIPs

(Fig. 3.5)



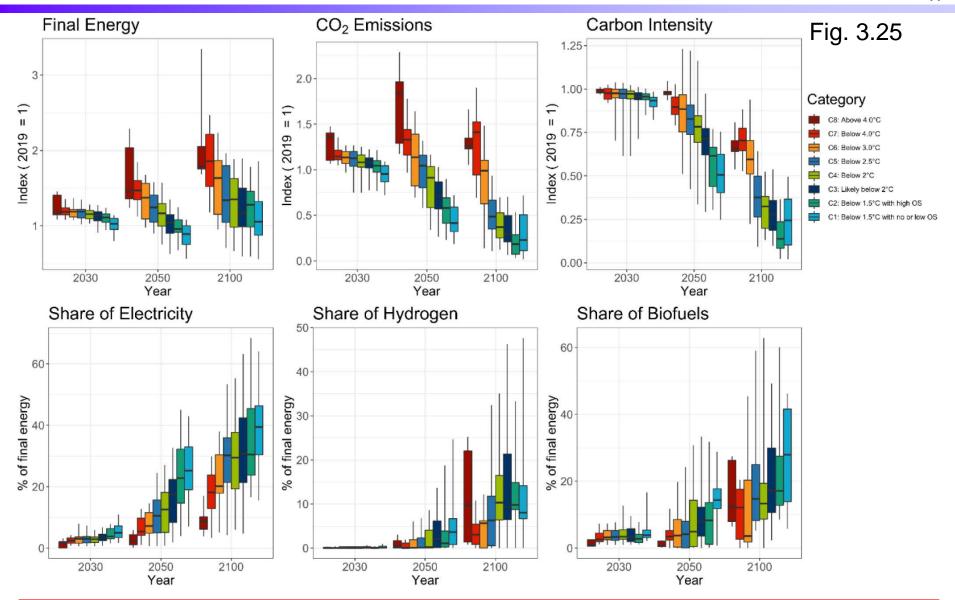
各シナリオの産業部門の指標





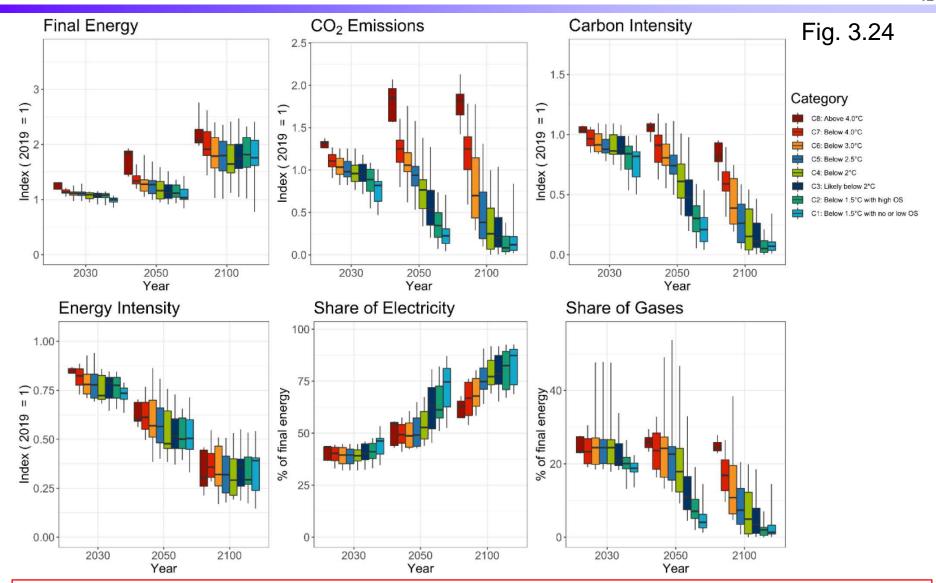
各シナリオの運輸部門の指標





各シナリオの民生部門の指標



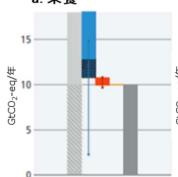


✓ 2030年のCO2排出量について、他の部門よりも、シナリオによる排出削減の変化は大きいが(発 電部門の低炭素化の影響が大きい)、それでも削減は限定的

部門別の需要対策の効果



a. 栄養



最終利用部門 食料 幸福のための栄養 サービス

■社会文化的要因

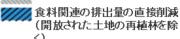
食生活の移行(バランスの取れ た、持続可能な健康な食生活 への移行)、食品廃棄及び過剰 消費の回避

■インフラの利用

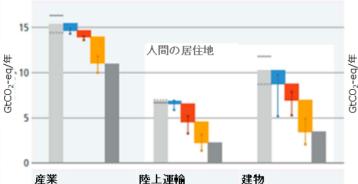
食生活の選択を導くための厳 選された基本設計1や情報;財 政奨励策;廃棄物管理;リサイ クルのインフラ

最終利用技術の採用

現在、推定値を示すことができ ない(実験室ベースの肉及び類 似オブションについて、定量的 文献なし。ポテンシャル全般は 社会文化的要因を用いて考慮)



b. 製品、モビリティ、住まい



■社会文化的要因

製品

な製品の集約的使用) (交通手段)

持続可能な消費に向ナ テレワークまたは在宅 省エネルギーをもたらす た需要の移行(例えば 勤務: 徒歩や自転車に 社会的慣習;ライフスタ より長寿命の修理可能 よる能動的なモビリティ イル及び行動変容

住まい

■インフラの利用

スのリサイクル、別目的 ティ(移動手段の共 の再利用、再生産及び 再利用のためのネット ワーク形成;低排出材料 及び製品のラベリング

金属、ブラスチック、ガラ 公共交通;共有モビリ 有);コンバクトシティ; 空間計画

モビリティ

コンパクトシティ: 居住面 種の合理化、建築設計、 都市計画(例、屋上緑化、 クールルーフ化、都市緑

最終利用技術の採用

立の材料へのアクセス

材料効率の高い製品・ サービスを利用するため な車両への移行 のグリーン調達; 高エネル ギー効率の材料やCO2中

電気自動車:より効率的 エネルギー効率の高い 建物外面及び機器;再工 ネへの移行

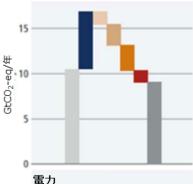
総排出量(2050年): 中央値 --- IEA-STEPS --- IP_ModAct

総排出量(2050年)

社会文化的要因

インフラの利用 最終利用技術の採用 需要側のオブションによって 回避または削減できない排 出量は供給側のオブション によって対応されると想定さ れる。

c. 電力: サービス需要にお ける変化の暗示的影響



■追加的な電化(+60%)

最終消費部門における電力による化 石燃料の代替を可能にする発電量の 増加による追加的な排出量(例、ヒート ボンブやEVによる)(Table SM5.3; 6.6)

需要側

対策

-73%

■産業

- ■陸上運輸
- ■建物
- 自荷管理2

(最終利用部門、建物、作業、陸上輸 送における) 需要側の緩和オブション によって削減された排出量で、電力需 要を低減させる潜在的可能性を有す るもの3

追加的な電化

産業

建物 負荷管理

陸上輸送

Fig. SPM6 (日本語仮訳)

(SPM C.10)

- 「需要側の対策と エンドユースサービ スの新しい提供方 法によって、エンド ユース部門におけ る世界全体の GHG 排出量を ベースラインシナリ オに比べて 2050 年までに 40-70% 削減しうる。」
- 「需要側の緩和対 応策は、全ての 人々の基本的幸福 の向上と整合的で ある。I

デジタル化によるエネルギー消費・CO2排出への影響



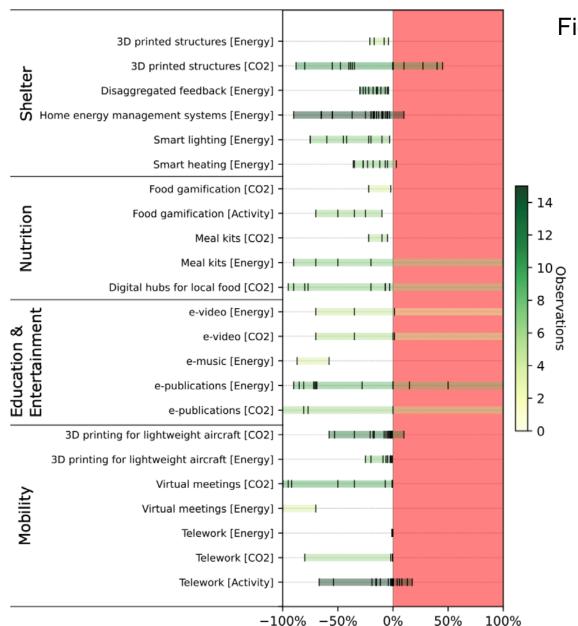
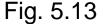
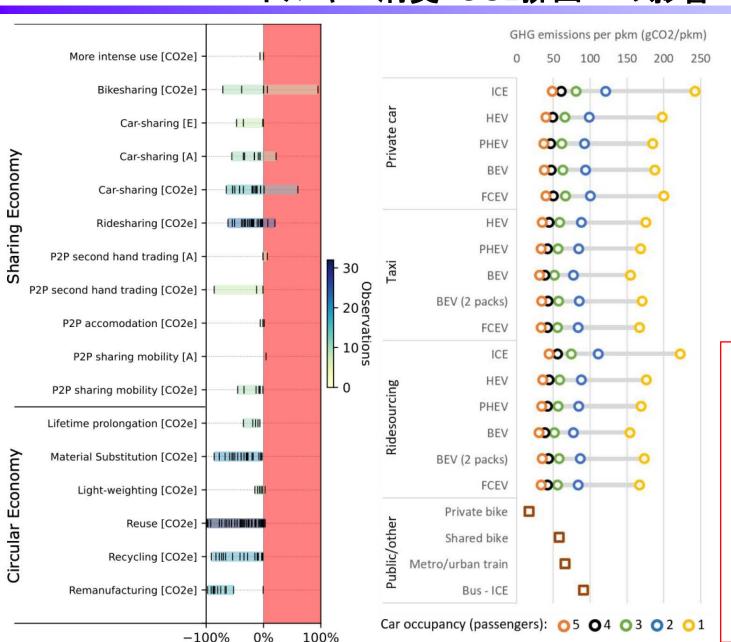


Fig. 5.12

- ✓ 各種デジタル化によって、 大きなエネルギー消費低減 やCO2排出量の低減が推 計される。
- ✓ 一方、推計の不確実性は極めて大きい。大きなリバウンド効果も推計されるものもある。

シェアリング・サーキュラーエコノミーによる エネルギー消費・CO2排出への影響





- ✓ カーシェアリング、 ライドシェアリング 等による排出削 減余地は大きい。
- 一方、推計の不 確実性は極めて 大きい。大きなリ バウンド効果も推 計されるものもあ る。

世界の2030年の技術別のCO2削減費用とポテンシャル推計

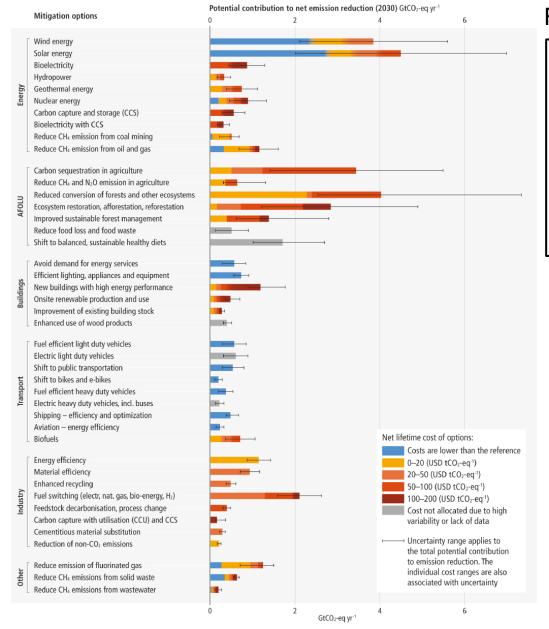


Fig. SPM.7

SPM C12.1

(部門別、技術別の積み上げ評価から)

- ✓ 100 \$/tCO2eq以下のコストの緩和オプションで、世界全体GHG排出量を2030年までに少なくとも2019年レベルの半分に削減しうるだろう(確信度中位)。
- ✓ その削減ポテンシャルの半分以上は、20 \$/tCO2eq以下
- ✓後述のように、IAMのコスト推計とは大きな差異があり、IAMと比べ楽観的
- ✓ 負の費用の意味は?IAMでは、原則、負 の費用はベースライン推計に含まれる。
- ✓隠れたコストの扱い。割引率の問題

等々

Costs shown are net lifetime costs of avoided greenhouse gas emissions. Costs are calculated relative to a reference technology. The assessments per sector were carried out using a common methodology, including definition of potentials, target year, reference scenarios, and cost definitions. The mitigation potential (shown in the horizontal axis) is the quantity of net greenhouse gas emission reductions that can be achieved by a given mitigation option relative to a specified emission baseline. Net greenhouse gas emission reductions are the sum of reduced emissions and/or enhanced sinks. The baseline used consists of current policy (~ 2019) reference scenarios from the AR6 scenarios database (25/75 percentile values). The assessment relies on approximately 175 underlying sources, that together give a fair representation of emission reduction potentials across all regions. The mitigation potentials are assessed independently for each option and are not necessarily additive. {12.2.1, 12.2.2}

The length of the solid bars represents the mitigation potential of an option. The error bars display the full ranges of the estimates for the total mitigation potentials. Sources of uncertainty for the cost estimates include assumptions on the rate of technological advancement, regional differences, and economies of scale, among others. Those uncertainties are not displayed in the figure.

Potentials are broken down into cost categories, indicated by different colours (see legend). Only discounted lifetime monetary costs are considered. Where a gradual colour transition is shown, the breakdown of the potential into cost categories is not well known or depends heavily on factors such as geographical location, resource availability, and regional circumstances, and the colours indicate the range of estimates. Costs were taken directly from the underlying studies (mostly in the period 2015-2020) or recent datasets. No correction for inflation was applied, given the wide cost ranges used. The cost of the reference technologies were also taken from the underlying studies and recent datasets. Cost reductions through technological learning are taken into account (FOOTNOTE 70).

When interpreting this figure, the following should be taken into account:

- The mitigation potential is uncertain, as it will depend on the reference technology (and emissions) being displaced, the rate of new technology adoption, and several other factors.
- Cost and mitigation potential estimates were extrapolated from available sectoral studies. Actual costs and potentials would vary by place, context and time.
- Beyond 2030, the relative importance of the assessed mitigation options is expected to change, in particular while pursuing long-term mitigation goals, recognising also that the emphasis for particular options will vary across regions (for specific mitigation options see sections C4.1, C5.2, C7.3, C8.3 and C9.1).
- Different options have different feasibilities beyond the cost aspects, which are not reflected in the figure (cf. section E.1).
- The potentials in the cost range 100 to 200 USD tCO₂-eq⁻¹ may be underestimated for some options.
- Costs for accommodating the integration of variable renewable energy sources in electricity systems are expected to be modest until 2030, and are not included because of complexities in attributing such costs to individual technology options.
- Cost range categories are ordered from low to high. This order does not imply any sequence of implementation.
- Externalities are not taken into account.

{12.2, Table 12.3, 6.4, Table 7.3, Supplementary Material Table 9.2, Supplementary Material Table 9.3, 10.6, 11.4, Fig 11.13, Supplementary Material 12.A.2.3}

FOOTNOTE 70: For nuclear energy, modelled costs for long-term storage of radio-active waste are included.

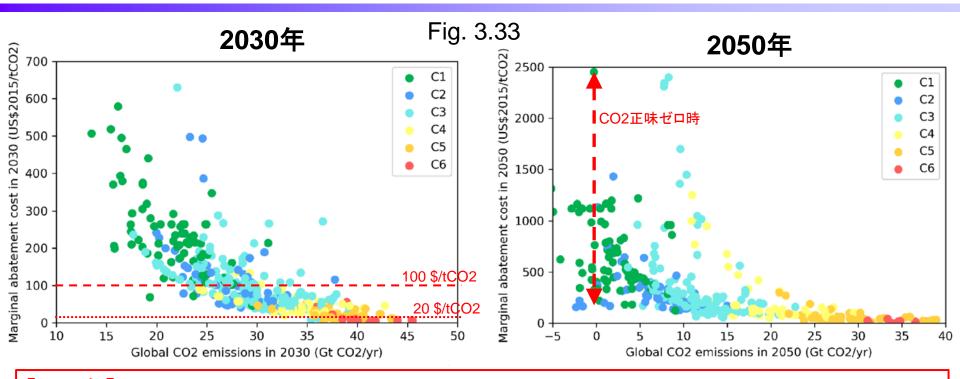
相当多くの注釈が入れられている。

(注釈の例)

- 技術進展の想定、地域的な差異、設備 規模などによって、コスト・ポテンシャル の不確実性は大きい。
- 代替元の技術(参照技術)の想定次第で は、コスト・ポテンシャルは変化する。
- ✓ VREの系統統合費用は2030年までは 大きくはないと想定し、統合費用は加え ていない。
- 外部費用については加えていない。
- 原子力には、放射性廃棄物処分費用は 入っている。(ただし"modeled costs")

各シナリオのCO2限界削減費用





【2030年】

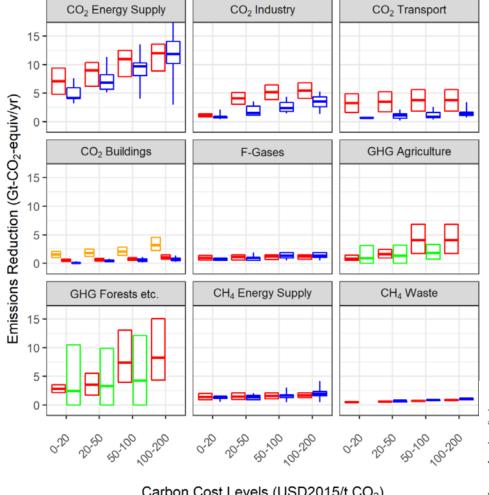
- ✓ 部門、技術積み上げのコスト評価のFig. SPM7では、2030年の100 \$/tCO2eq以下のポテンシャルは、2019年排出量の少なくとも半分と評価(2019年排出量を59 GtCO2eq/yrとすると、29.5 GtCO2eq/yr)。20 \$/tCO2eqで少なくともその半分のポテンシャルとしており44.3 GtCO2eq/yr。
- ✓ 上記のグラフは、CO2なので、GHGとの2019年時点での差分 14 GtCO2eq/yr程度を単純に追加すると、100 \$/tCO2で、36~47 GtCO2eq/yr程度。20 \$/tCO2程度では、49~59 GtCO2eq/yr程度であり、統合評価モデルIAMの分析と、部門、技術積み上げのコスト評価のFig. SPM7では、かなり大きな評価のギャップが見られる。(Fig. SPM7はかなり楽観的にコスト・ポテンシャルを推計)

【2050年】

✓ CNのような厳しい排出削減では、限界削減費用推計の幅も大きい。DACCS等の想定にも依る?

部門積み上げと統合評価モデルIAMの コスト・ポテンシャルの評価の差異





Carbon Cost Levels (USD2015/t CO₂)

Fig. 12.1

type

sectoral (incl. indirect)

sectoral

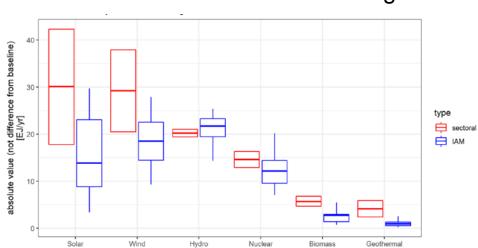
IAM

IAM(*)

部門別の積み上げ評価の方が、 IAM評価よりも排出削減費用を 安価に推計している。

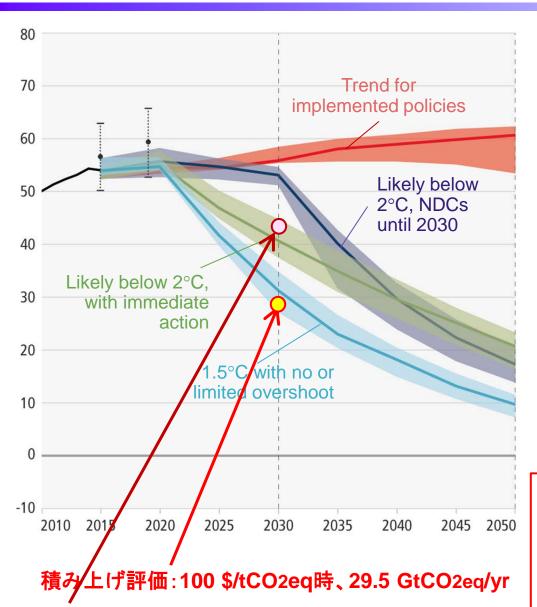
- AR6ではその理由の記載が十分 ではないように見受けられる。実 際には、隠れたコスト、別の言い 方をすれば、投資の割引率 (implicit discount rate)の扱 いの問題が大きいと考えられる。
- また、部門別・技術別の積み上 げ評価では、系統統合費用を扱 わないことが多いことも影響して いると考えられる。

Fig. 12.2



NDCsとパリ協定長期目標との関係性





積み上げ評価: 20 \$/tCO2eq時、44.3 GtCO2eq/yr

「COP26より前に発表された国が決定する 貢献(NDCs)の実施に関連する 2030年の世界全体のGHG排出量では、 21世紀中に温暖化が1.5℃を超える可能 性が高い見込み。したがって、温暖化を 2℃より低く抑える可能性を高くするために は、2030年以降の急速な緩和努力の加速 に頼ることになるだろう。」(B.6)

NDCs(2021年10月11日時点までの各国プレッ ジ。これ以降、COP26までの間のプレッジは含ま れない)

「排出削減の条件無:53 (50-57) GtCO2eq/yr、 条件有:50 (47-55) GtCO2eq/yr」(SPM, Table SPM X)

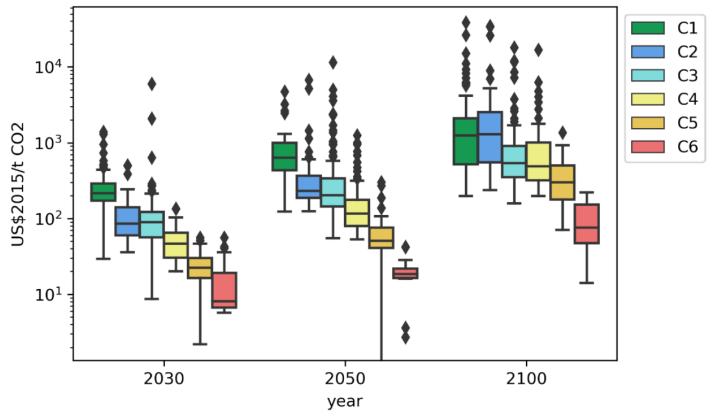
- ✓ 積み上げ評価の100 \$/tCO2eqは、IAM の1.5°Cオーバーシュート無もしくは低 オーバーシュート(C1)と期待排出量とし ては整合的な水準
- ✓ 積み上げ評価の20 \$/tCO2eqは、IAMの2°C, >67%(C3)と整合的な水準

各シナリオの限界削減費用と2030年NDCとの比較



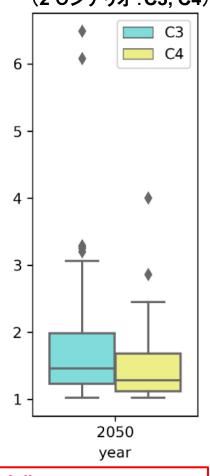


各シナリオのCO2限界削減費用(炭素価格)



2030年NDC比

(2°Cシナリオ:C3, C4)



- C2(1.5℃、高オーバーシュート)、C3(2℃、>67%)では、2030年の限界削減費用は100 \$/tCO2 前後、C1(1.5℃、オーバーシュート無もしくは低オーバーシュート)では250 \$/tCO2前後
- 2℃シナリオであっても、2030年国別貢献NDCで推計される限界削減費用の1.2~2倍程度(25) ~75%タイル)の限界削減費用の対策が求められる。

各シナリオのGDPロスおよび世界の差異



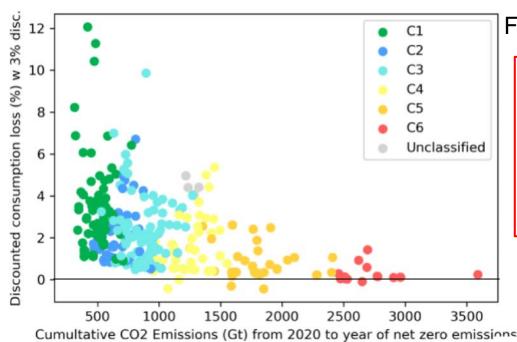
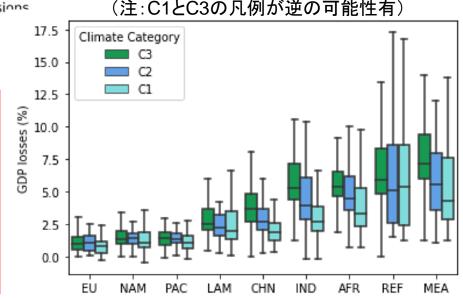


Fig. 3.34

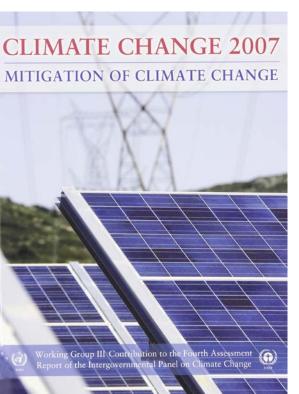
- ✓ 2.5°C程度の目標であれば、GDPにプラスとなる推計も少しは見られるが(多数ではない)、2°C(>67%)や1.5°C目標では、GDPには負の影響との推計のみ。
- ✓ 「環境と経済の好循環」は、少なくとも世界全体としては、また、影響被害緩和の便益を考慮しなければ、実現しがたい世界である。

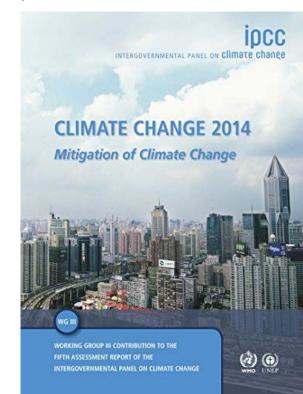
Fig. 3.35 (注:C1とC3の凡例が逆の可能性有)

- ✓ IAMのシナリオ分析では、費用最小化(=限界削減費用世界均等化)を仮定することが多いが、このとき、低所得国のGDPロスは大きくなりやすい。
- ✓ 逆にGDPロスを均等化しようとすれば、先進国は、 より大きな限界削減費用の負担が必要になり、それは、産業や炭素のリーケージを生じやすい。⇒ 理想的なモデル分析の世界とは別に、現実世界の 費用負担、対策の難しさが存在している。



3. IPCC AR4 & AR5を振り返る

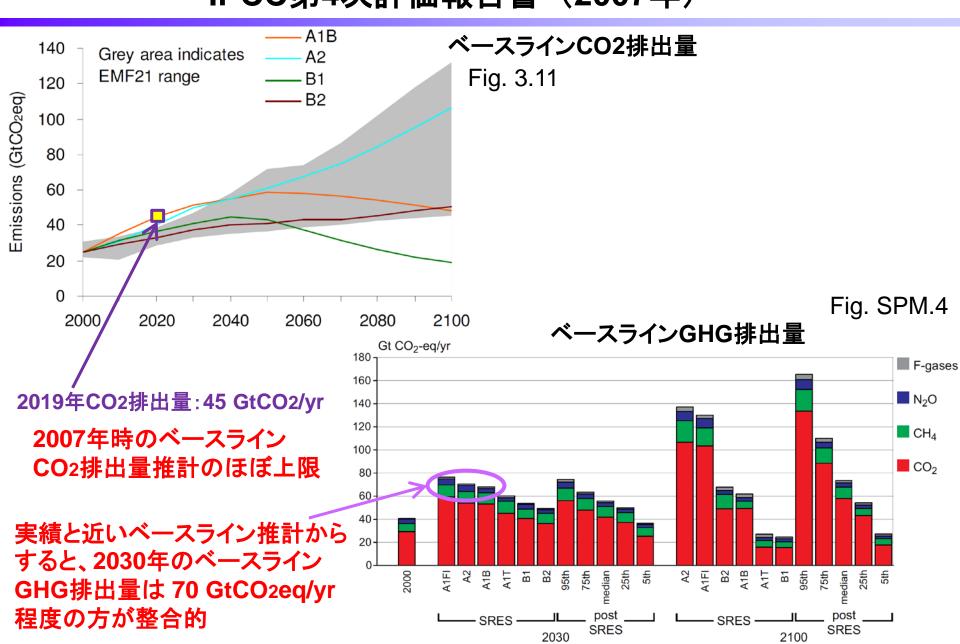




世界の2030年のCO2削減費用とポテンシャル推計: IPCC第4次評価報告書(2007年)



24



世界の2030年のCO2削減費用とポテンシャル推計: IPCC第4次評価報告書(2007年)



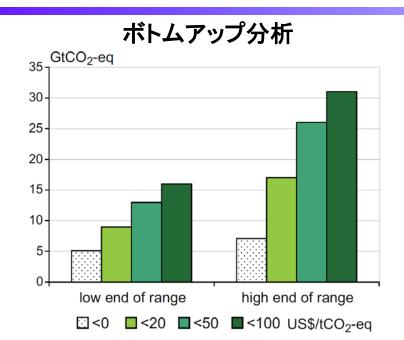


Figure SPM.5A: Global economic mitigation potential in 2030 estimated from bottom-up studies (data from Table SPM.1)

トップダウン分析 (IAM分析) Fig. SPM.5 GtCO₂-eq low end of range high end of range | high end of range | high end of range | low end of range | high end of range | low end of range | low

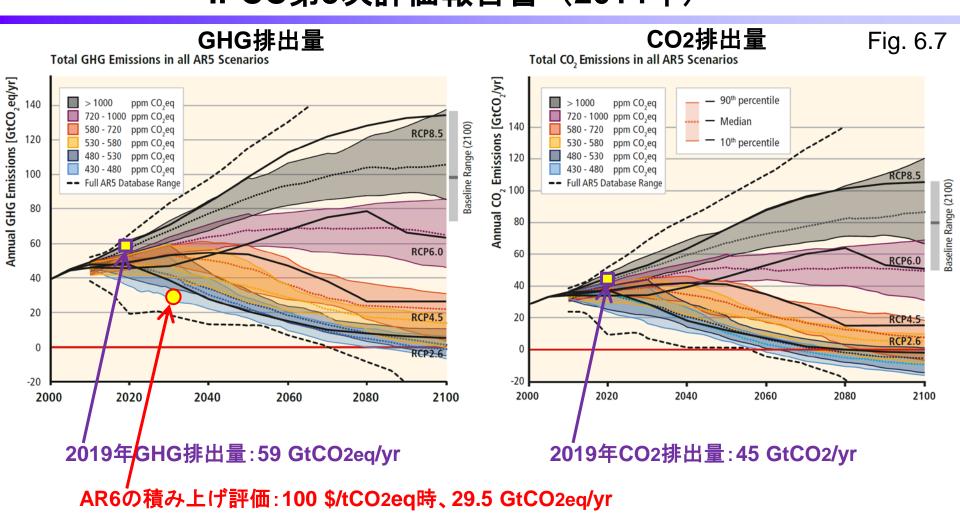
Figure SPM.5B: Global economic mitigation potential in 2030 estimated from top-down studies (data from Table SPM.2)

	<0 US\$/tCO2eq	<20 US\$/tCO2eq	<50 US\$/tCO2eq	<100 US\$/tCO2eq
Bottom-up studies	5–7	9–17	13–26	16–31
Top-down studies	_	9–18	14–23	17–26

2030年のベースラインGHG排出量を 70 GtCO2eq/yrとした場合、Bottom-up studiesの場合でも、100 \$/tCO2eqで39~54 GtCO2eq/yr程度、20 \$/tCO2eqで53~61 GtCO2eq/yr程度

世界の2030年のCO2削減費用とポテンシャル推計: IPCC第5次評価報告書(2014年)

2

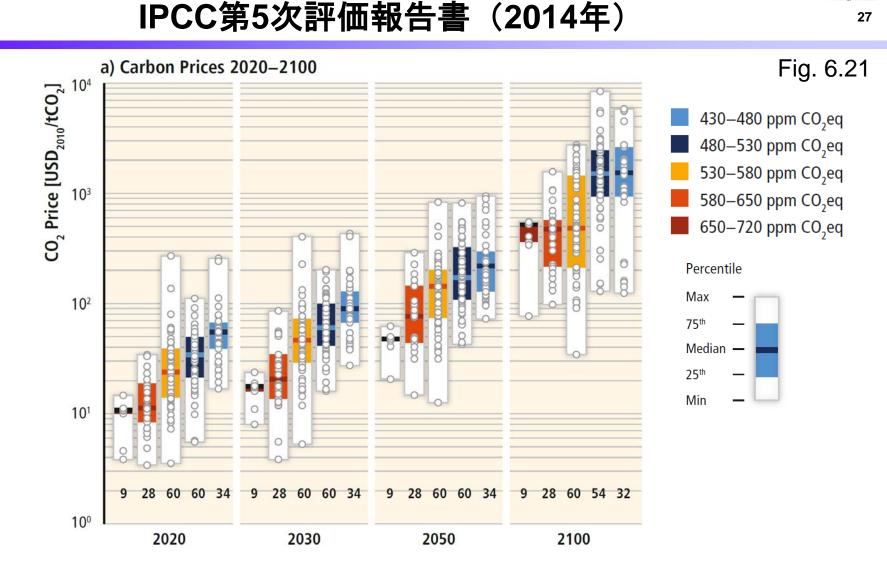


- ✓ 2019年実績排出量は、2014年時の排出量推計のほぼ上限近辺
- ✓ AR6の技術積み上げ評価では、100\$/tCO2で2030年29.5 GtCO2eq/yrを実現できる排出削減ポテンシャルがあるとしているが、AR5のシナリオ評価では全シナリオのほぼ下限(450-480 ppmCO2eqのレンジの下限)

世界の2030年のCO2削減費用とポテンシャル推計:

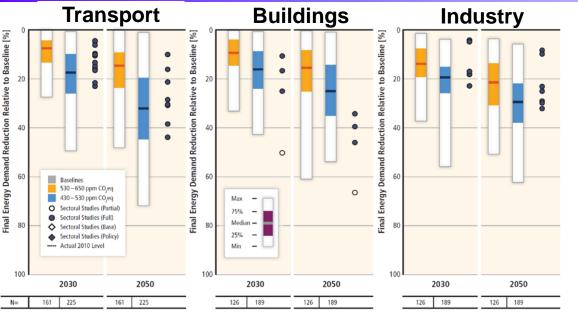


27

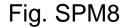


- 2030年では、20 \$/tCO2は580~720 ppm CO2eq相当(2100年+2.3~2.9℃程度)
- 100 \$/tCO2で430~480 ppm CO2eq相当(2100年+1.5~1.7℃相当=2℃(>67%)相当)

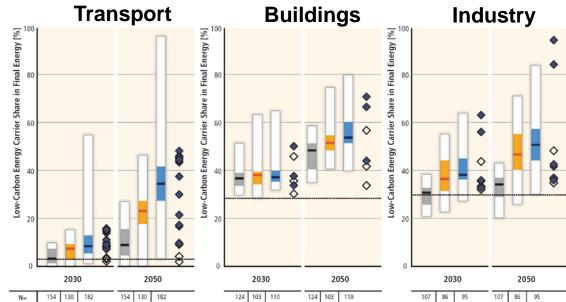
世界の2030年のCO2削減費用とポテンシャル推計: IPCC第5次評価報告書(2014年)



- AR5では、部門別の排出削減コスト・ ポテンシャルの推計は提示されてい ない。
- 負の削減コストのポテンシャル等について推計にあたっての問題点が指摘され、誤解を生むので、提示しないこととなった。
- 部門別推計の文献例のみ、IAMシナリオとの比較として提示有

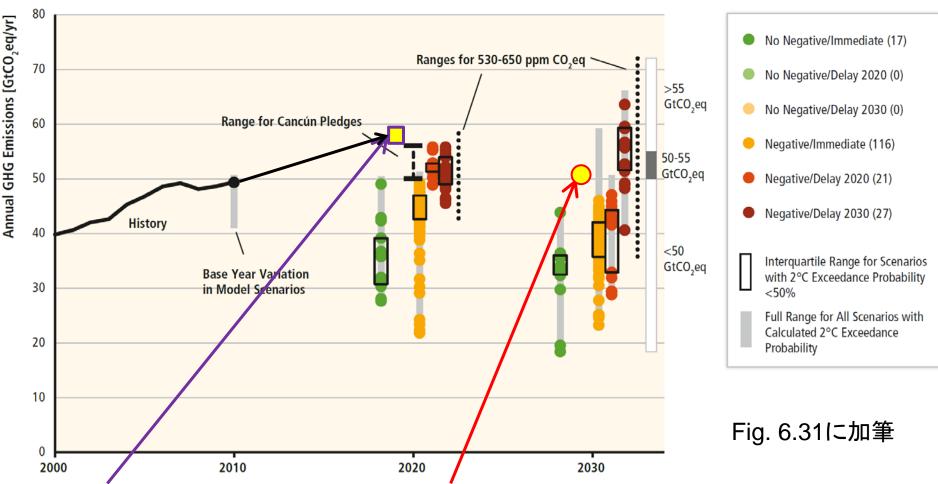


- ✓ 特に建築部門(民生部門)では積み 上げ評価の方が大きな排出削減ポ テンシャルを示している。
- ✓ 脱炭素エネルギーの利用は、部門別 積み上げ評価の文献に大きな差異 が見られるが、特に産業部門で大き なシェアを示す文献も見られる。



世界の2030年のCO2削減費用とポテンシャル推計: IPCC第5次評価報告書(2014年)

2℃目標相当で求められる2030年までの排出量 430-530 ppm CO₂eq in 2100



2030年のNDCのGHG排出量:50 GtCO2eq/yr前後 2019年GHG排出量:59 GtCO2eq/yr AR5時の評価で、実績値は2℃経路の排出上限付近、NDCも2℃(負排出有、Delay)と整合的な

水準に留まっている。

AR4 & AR5からのレッスン

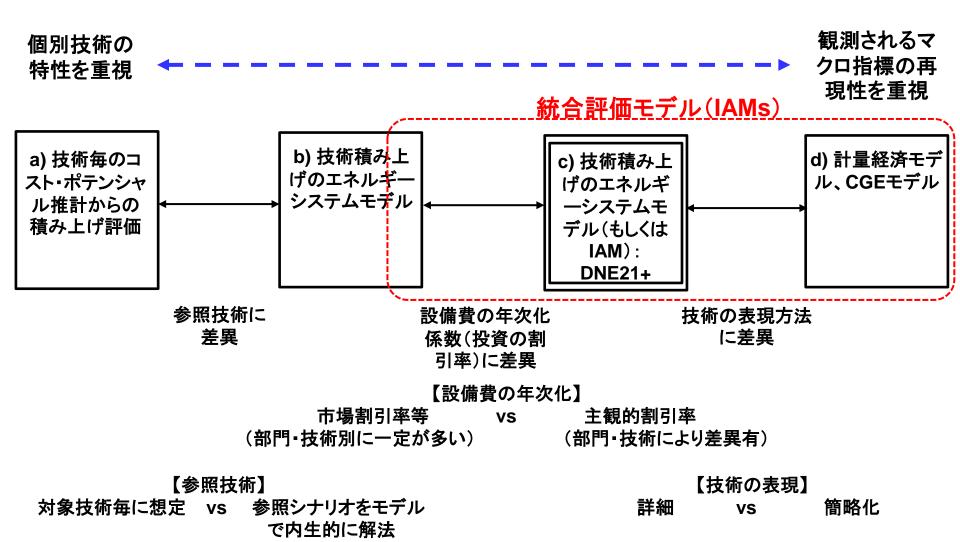
- ◆ 統合評価モデルIAM(トップダウン評価)のAR4(2007年)、 AR5(2014年)の排出削減コスト・ポテンシャル推計は、AR6 (2022年)でも一貫性あり
- ◆ ただし、2019年時点の実績排出量は、IAMのベースライン推計の 上限値に近い水準。世界は相応の排出削減努力を行ってきている はずだが、世界の排出量は推計の上限近辺を移行中。「不都合な 真実」に目を向けるべき。
- ◆ IAMでさえ楽観的な推計となっている恐れがある中、AR6の技術 積み上げ評価の排出削減コスト・ポテンシャル推計は、IAMを大 きく上回って、楽観的な推計となっていることに留意が必要

4. RITEモデル分析等から排出削減コスト・ポテンシャルを考える



コスト・ポテンシャル推計のギャップ





資本のユーザーコストと主観的割引率



【資本のユーザーコスト】

Jorgensonの新古典派投資理論において企業の最適化行動を考慮して定式化された 資本のユーザーコストは、資本財からのサービスを得るために投資家が支払わなけ ればならない費用として定義

$$P_{kj}^K = (r_{kj} + \delta_{kj} - \pi_k) \cdot P_k^A$$

資本取得価格(P_k^A)、t時点における実質利子率(r)、減価償却率(δ)、資本財価格の変化に伴うコスト(π)、資産の種類(k)、国あるいは経済主体(j) 資本取得価格(P_k^A)に対する係数($r_{kj}^{}+\delta_{kj}^{}-\pi_k^{}$)は通常,年次化要素(annualization factor)と呼ばれる

【主観的割引率(Implicit discount rate)】

主観的割引率(γ) =年次化要素($r+\delta-\pi$) +投資・購買検討他、機会費用要素(λ) +限定合理性要素(ρ)

なお、一般的に「主観的割引率」という用語が使われることが多いが、これは非合理的な行動観測の結果の割引率というニュアンスが強いように思われる。一方、高い割引率観測があっても、構成される要素から合理的と考えられる部分は大きく、用語が誤解を与えかねない危惧もある。

主観的割引率の影響因子例



【技術固有によるもの】

- 技術が必ずしも成熟していない場合(CCS等)や社会的受容面で課題がある技術のリスク場合(原 子力等)は,投資しづらくなり,割引率は高くなる.[r, δに影響]
- 将来コスト低減が期待できれば、投資を待つことが合理的となり、割引率は高くなる. [πに影響]
- 供給するサービスの将来変化:将来も同じような製品・サービスの提供が続くことが期待されれば、 割引率は低くなり、逆の場合は高くなる。(電力等エネルギー供給く鉄、セメント等の素材供給(主に エネルギー多消費産業) <給湯,空調など(素材供給との大小関係は必ずしも明確ではない)< 照 明,冷蔵庫などくテレビ,自動車など)[δに影響]

【投資者. 消費者の選好等】

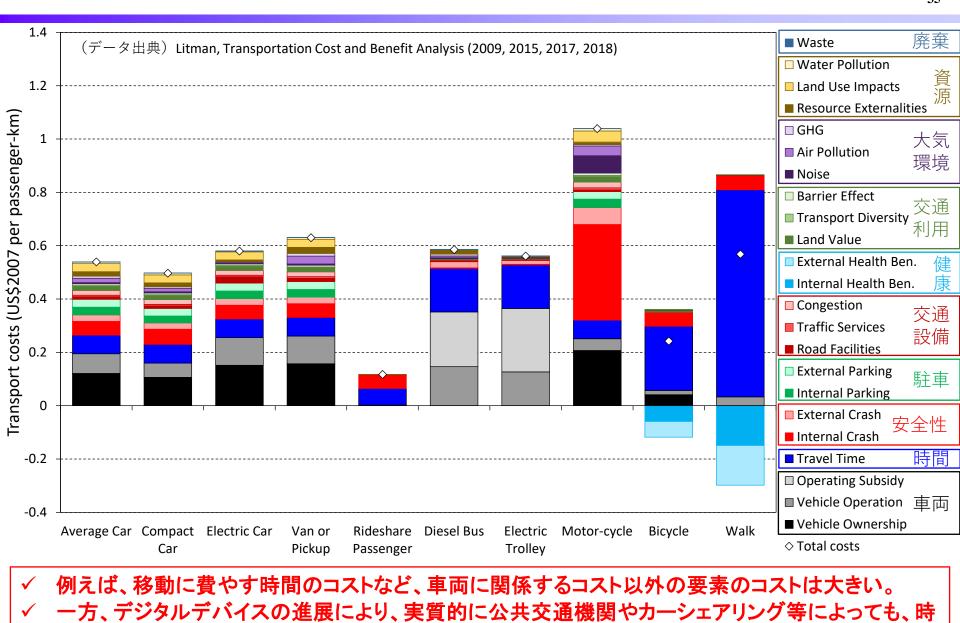
- 資金制約(大規模な投資はリスクが高い),投資リターン(高いリターンの投資が優先されやすい)[r に影響1
- 隠れた費用(投資検討にあたっての機会費用等)[λに影響]
- 消費者の選好:環境配慮型製品の購入(アーリーアダプター等), (住宅等において)コベネフィットの 強い認識など [pに影響]
- 住宅などで耐用年数よりも居住者の寿命の方が短いと考える場合, 割引率は高くなる. [δに影響]
- オーナー・テナント問題など(民生部門)[ρに影響]
- 限定合理性(人々の情報処理・判断能力の限界など)[ρに影響]

【取引市場.投資環境等.周辺制度によるもの】

- エネルギー・気候変動政策等の不確実性の大きさ[δに影響]
- 炭素価格市場のボラティリティが高ければCCS投資はなされにくい [δに影響]
- 電力自由化で価格指標のボラティリティが大きければ設備費の大きな電源投資はしにくい. [δ に影
- 四半期決算などの下では短期の投資回収が志向されやすい. [rに影響]

移送手段による移動距離当たりの平均コスト





間を短縮できるなどが可能になれば、時間コストの低減につながり得る。

Research Institute of Innova Technology for the Earth

RITE DNE21+における投資における 主観的割引率の想定

		中位シナリオ(SSP2)
発電		<mark>8% ∼</mark> 20%
その他エネルギー転換		15% ~ 25%
エネルギー集約産業		15% ~ 25%
運輸	自動車	30% ∼ 45%
	(環境購買層)	10%
	トラック、バス等	20% ~ 35%
民生(業務•家庭)	コジェネ	15% ~ 25%
	給湯、冷暖房等	20% ~ 35%
	冷蔵庫、照明等	25% ∼ 40%

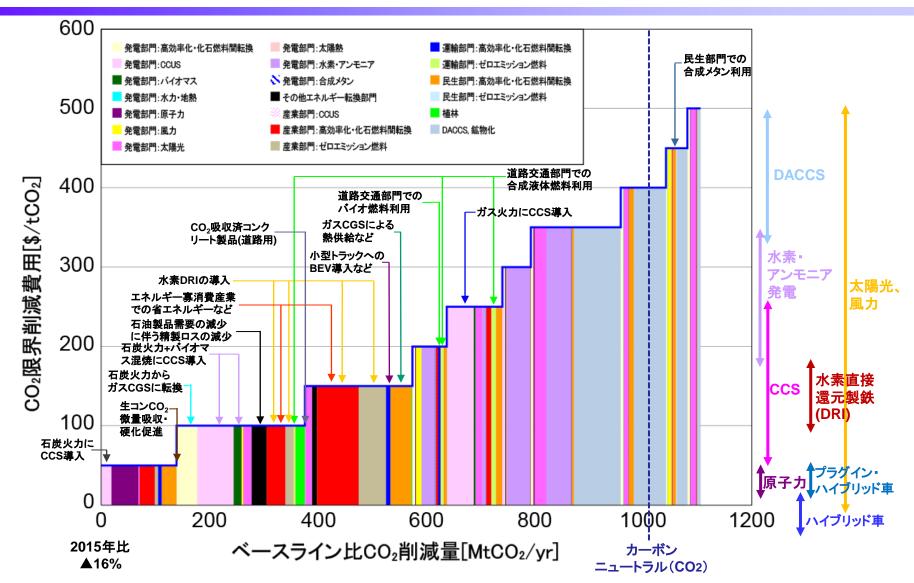
注1)一人当たりGDPに応じ、地域別・時点別に記載の範囲内で想定。日本は時点に依らず、下限値(赤字)

注2)投資リスクが高い国(一人当たりGDPが低い国)は投資の割引率が高い傾向があり、また、エネルギーや基礎素材は、普遍的な製品の傾向が強いため、設備の減耗率が小さく、投資の割引率は低い傾向がある。一方、製品の変化が激しい、運輸や民生部門では、機器の減耗率が高いなどの理由により、製品購入にあたっての主観的割引率は高い傾向が見られる。 注3)例えば、発電では、米国PJMでは容量市場のNet CONE算定においてはWACCとして8.2%/vrが用いられている。また、

英国National Gridでは7.8%/vrが用いられており、発電部門の日、米、欧 等に該当する8%/vrの水準はこれらと整合的な水準

DNE21+による2050年の部門別・技術別の排出削減ポテンシャル・コスト推計: 日本





注1)本分析は、「参考値のケース」で用いた、技術想定の下での推計結果

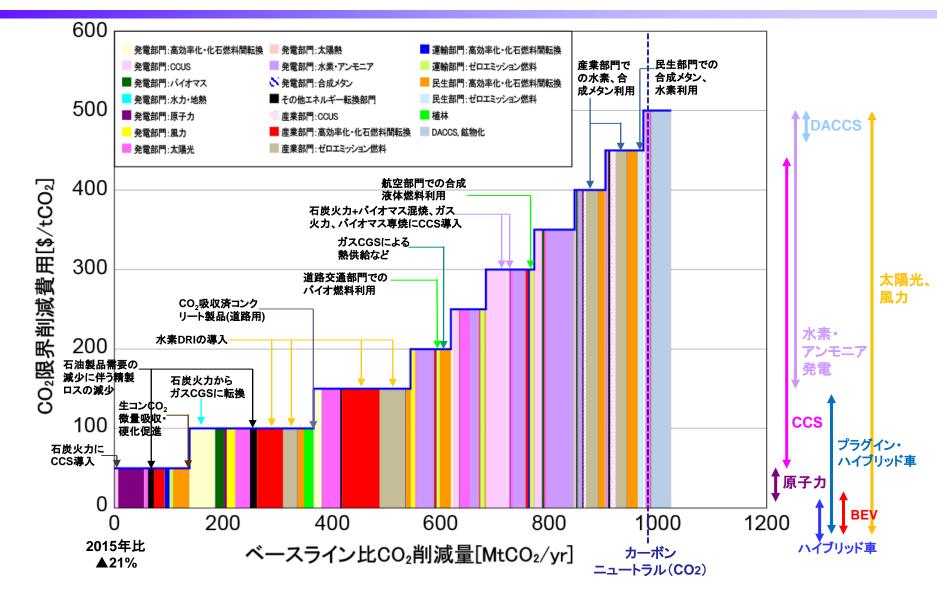
注2) 部門別・技術別の排出削減効果は、交差項の部門や対策、技術に割り当てる際の定義によって、部門・技術毎の削減効果の大きさは変化する。推計の削減ポテンシャルは目安として理解されたい。

DNE21+による再エネ・バッテリーコスト低減加速+CDR制約下におけるRIT®

2050年の部門別・技術別の排出削減ポテンシャル・コスト推計:日本

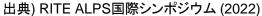


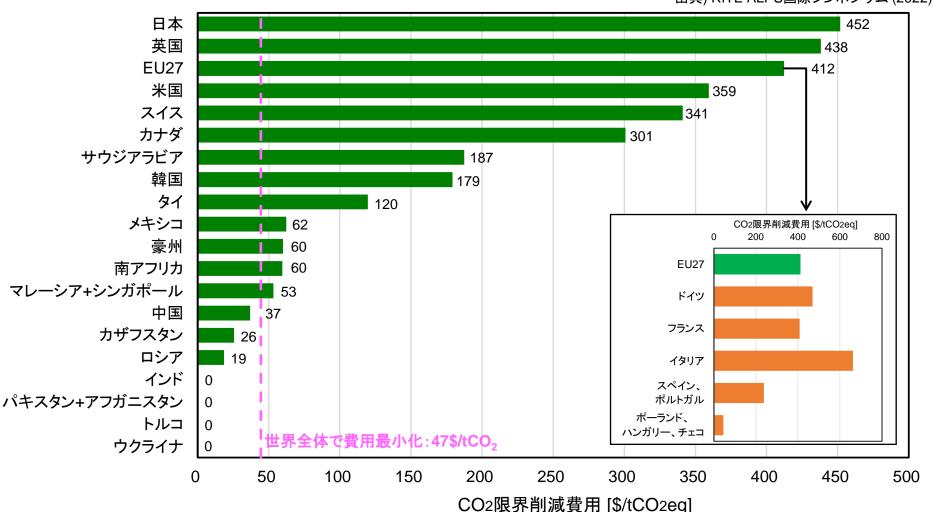




NDCsのCO2限界削減費用(2030年)の国際比較





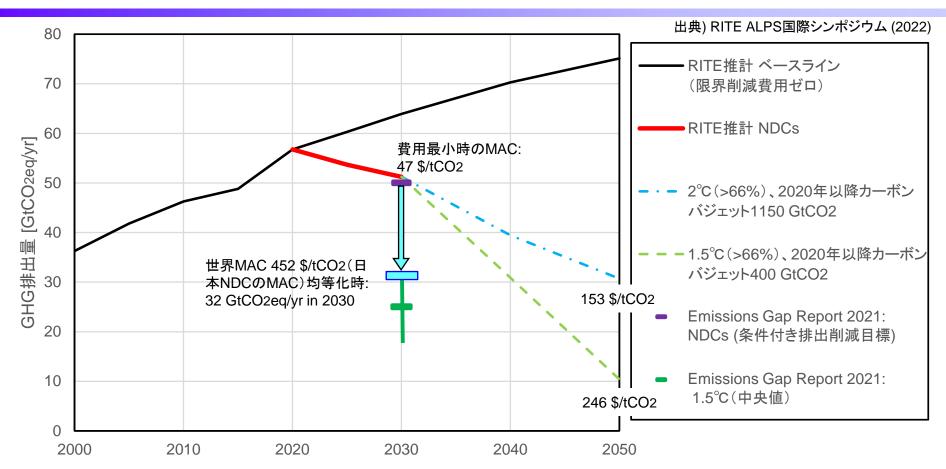


注)ブラジル、インドネシアについては、土地利用変化による排出削減の寄与度が大きいと見られる一方、その不確実性が極めて大きいため、限界削減費用の推計をしていない。イランは、BAUの定義の不明確性が大きいため、費用推計していない。

✓ 日米欧のCO2限界削減費用は極めて高いと推計される一方、途上国の限界削減費用は小さい。特にインド、パキスタン、トルコ等は、限界削減費用ゼロと推計される。

世界全体でのNDCsの期待排出削減量推計

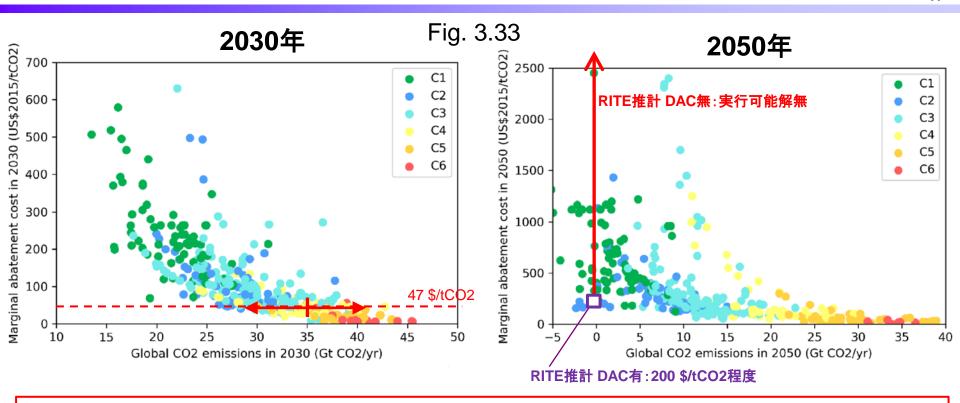




- ✓ 今回のNDCs分析では、2030年NDCsのCO2限界削減費用推計への影響を小さくするため、2030年 以降については、相対的に緩やかな2℃(>66%)のカーボンバジェットを世界全体に想定して計算
- ✓ 2030年NDCsは50 GtCO2eq/yr程度と推計され、UNEP等の推計と整合的
- ✓ なお、UNEPでは2℃、1.5℃排出経路との排出ギャップが強調されるが、DACCS等のCDRを想定した カーボンバジェットでの最適化計算によると、気温の一定程度のオーバーシュートを許容するなら、必ず しも、2030年NDCsは2℃、1.5℃が不可能な水準とはいうわけでもない。

各シナリオのCO2限界削減費用(グラフ再掲)





【2030年】

- ✓ DNE21+のNDCsの費用最小時は、47 \$/tCO2
- ✓ 47 \$/tCO2の中央値は35 GtCO2/yr前後。上記のグラフは、CO2なので、GHGとの2019年時点での差分 14 GtCO2eq/yr程度を単純に追加すると、49 GtCO2eq/yr程度。RITE NDCs推計の50 GtCO2eq/yrとほぼ整合的な水準。

【2050年】

✓ DNE21+の2050年CNの限界削減費用推計は、DAC想定有で200 \$/tCO2程度。DAC想定無では実行可能解無(限界削減費用は無限大)。DAC想定有の200 \$/tCO2程度は、IPCC報告のほぼ下限値。IPCC報告は幅が大きく、DAC等のCDRの想定に依拠するところが大きいと見られる。



まとめ



- 排出削減コストとポテンシャルは、各主体の技術開発や対策の方針を策定する上でも重 要な情報。また、何を開発すればコストを低減できるのかを考える上でも重要。コストの 構造を含めて深く理解することは大切
- IPCC AR6では、部門別・技術別積み上げによる排出削減コスト・ポテンシャルを提示し ており、そこでは、2030年に100 \$/tCO2eqで、世界GHG排出量が29.5 GtCO2eq/yr (1.5°C、オーバーシュート無もしくは低オーバーシュート相当)、20 \$/tCO2eqでも44.3 GtCO2eq/yr(2℃、>67%排出経路相当)が期待できる水準を推計している。
- ◆ しかし、統合評価モデルIAMによる推計とは大きな差異があり、部門別・技術別積み上 げ評価はかなり楽観的な結果
- 排出削減費用と削減ポテンシャル推計には、留意が必要。現実世界では、間接的 な費用を含め、様々な「隠れた費用」が存在。それも理解した上で、対応策を考 えることが重要。現状では、排出削減費用は安価ではない。
- 実際には、直近の実績値は、過去のIPCCで整理されたIAMによるベースライン排 出量の上限付近を推移しており、IAMの推計でさえ、楽観的と考えられるような 状況
- 「不都合な真実」を直視し、何が可能なのか、何を実現できればコストを下げ、 排出を下げられるのか、改めて考える必要がある。また、このような中、緩和策 以外に適応策も含めた総合的な対応の方向性についても、再度、よく考えること も必要

付 録

温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

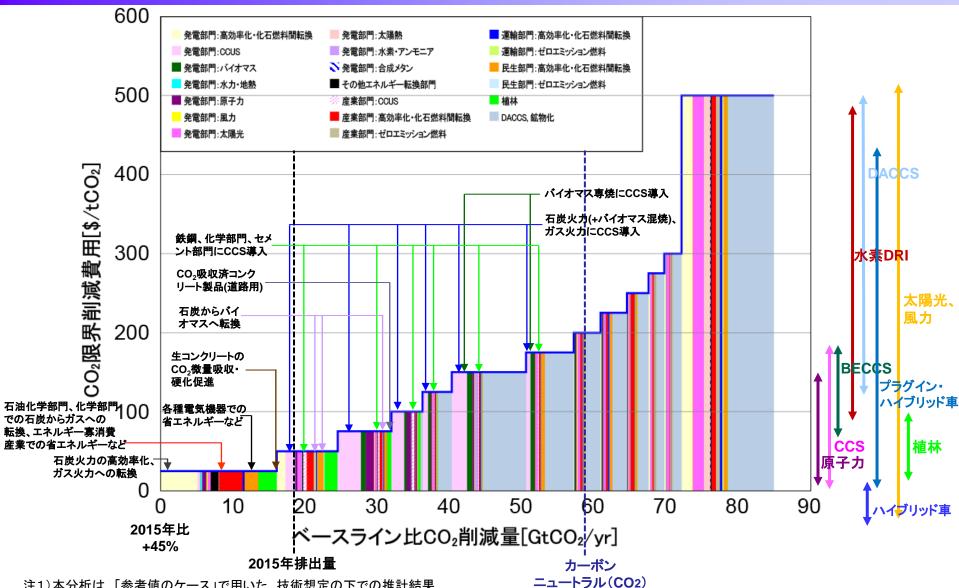
(<u>Dynamic New Earth 21+</u>)

- ◆ 各種エネルギー・CO2削減技術のシステム的なコスト評価が可能なモデル
- ♦ 線形計画モデル(エネルギーシステム総コスト最小化。決定変数:約1千万個、制約条件:約1千万本)
- ◆ モデル評価対象期間: 2000~2100年(代表時点:2005, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 2100年)
- ◆ 世界地域分割: 54 地域分割(米国、中国等は1国内を更に分割。計77地域分割)
- ◆ 地域間輸送: 石炭、原油・各種石油製品、天然ガス・合成メタン、電力、エタノール、水素、CO2(ただしCO2は国外への移動は不可を標準ケースとしている)
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO2回収・利用・貯留技術(CCUS)を、ボトムアップ的に (個別技術を積み上げて)モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化。その他産業や民生においてCGSの明示的考慮
- ◆ 国際海運、国際航空についても、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 500程度の技術を具体的にモデル化、設備寿命も考慮
- ◆ それ以外はトップダウン的モデル化(長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定)
- 地域別、部門別に技術の詳細な評価が可能。また、それらが整合的に評価可能
- 非CO2 GHGについては、別途、米EPAの技術・コストポテンシャル推計を基にしてRITEで開発したモデルを利用
- 中期目標検討委員会およびタスクフォースにおける分析・評価
- 国内排出量取引制度の検討における分析・評価
- 環境エネルギー技術革新計画における分析・評価

はじめ、気候変動政策の主要な政府検討において活用されてきた。またIPCCシナリオ分析にも貢献

DNE21+による2050年の部門別・技術別の排出削減 ポテンシャル・コスト推計:世界全体





注1)本分析は、「参考値のケース」で用いた、技術想定の下での推計結果

注2)部門別・技術別の排出削減効果は、交差項の部門や対策、技術に割り当てる際の定義によって、部門・技術毎の削減効果の大きさは変化する。推計の削減 ポテンシャルは目安として理解されたい。

DNE21+による再エネ・バッテリーコスト低減加速+CDR制約下における 1050年の部門別・技術別の排出削減ポテンシャル・コスト推計:世界全体 47

