

2022年3月8日

2021年度ALPS国際シンポジウム

—2030年の排出削減に向けた対策・政策、国際競争力への影響—

産業の国際競争力への影響と 国境炭素調整の評価

本間 隆嗣

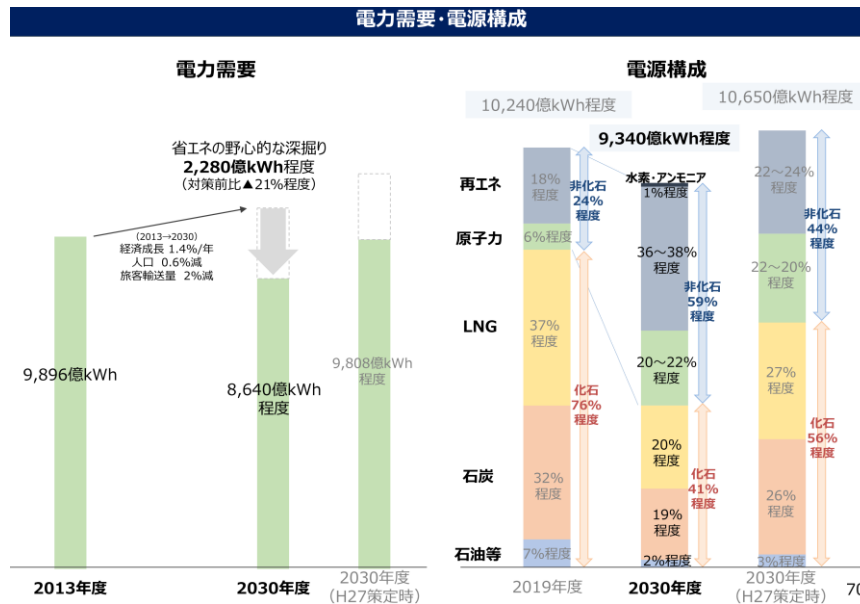
(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

システム研究グループ



分析の背景と目的

- ◆ 2021年4月の気候サミットにおいて、日本政府は、2050年カーボンニュートラルの長期目標と整合的で、野心的な目標として、2030年のGHG排出量▲46%(2013年度比)目標を宣言した(更に50%の高みを目指す)。
- ◆ また、GHG排出量▲46%に対応した、「第6次エネルギー基本計画」が閣議決定され(2021年10月)、2030年度の野心的な見通しとしての日本のエネルギーミックスも提示された。そして、地球温暖化対策計画も改定された。



- ◆ 本報告では産業競争力への影響に焦点を当て、2030年の▲46%削減目標・エネルギーミックスに関する分析を実施。また、NDCs削減目標の下での国境炭素調整措置の影響についても分析。

1. 日本46%削減目標における産業の国際競争力の評価
 - (1) ▲46%と▲26%の経済影響の比較
 - GDP、炭素価格
 - 産業別影響
 - 電気料金への影響
 - (2) 感度解析
 - 削減水準(再エネ/火力比率)を変化させた場合の影響
 - (3) 環境と経済の好循環の条件の検討
2. NDCs目標下での、国境炭素調整措置(BCA)の分析
 - (1) BCA(輸入限定)がCO₂リーケージや産業の国際競争力に与える影響
 - (2) 輸出リベートを追加考慮した場合の影響
 - (3) BCA実施時における、BCA対象外の産業への影響

1. 日本▲46%目標における、 産業の国際競争力の評価

(0)モデル分析の想定(1/2)

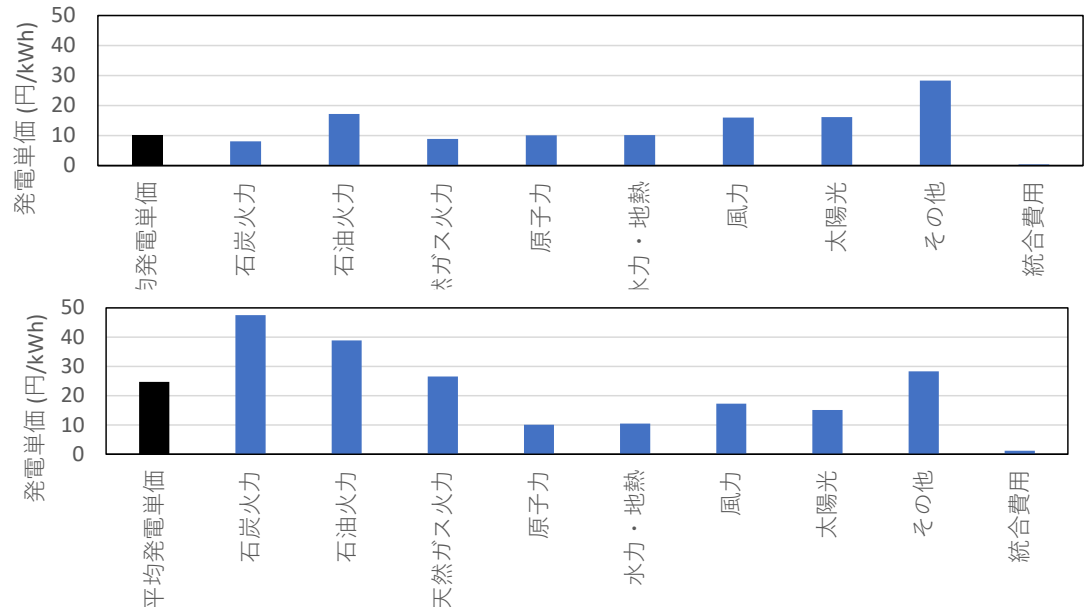
◆ ベースラインの想定:

- ✓ GDPは、「内閣府・中長期の経済財政に関する試算」(2021年7月)による経済成長実現ケースを想定した(10-30年平均成長率:1.4%/年)。
- ✓ ベースラインの電源構成は、19年電源構成比固定を想定。

◆ 発電コストの想定: 発電コストWG (2021)の新設データを反映。再エネ統合費用は、同資料の中で示された「電源立地や系統制約を考慮しない機械的な試算」を活用し、その推計費用を自然変動電源の導入量・割合に応じて想定。

ベースライン
(電源構成:19年比固定)

▲46%削減目標
再エネ38%・原子力20%・火力41%
(第6次エネルギー基本計画)



注: 割引率5[%/年]想定。2020/2030年新設の単価は、発電コスト検証WGの各電源の諸元一覧(2021)をもとに想定。表示の化石燃料発電単価は各ケースの炭素価格分を含む。

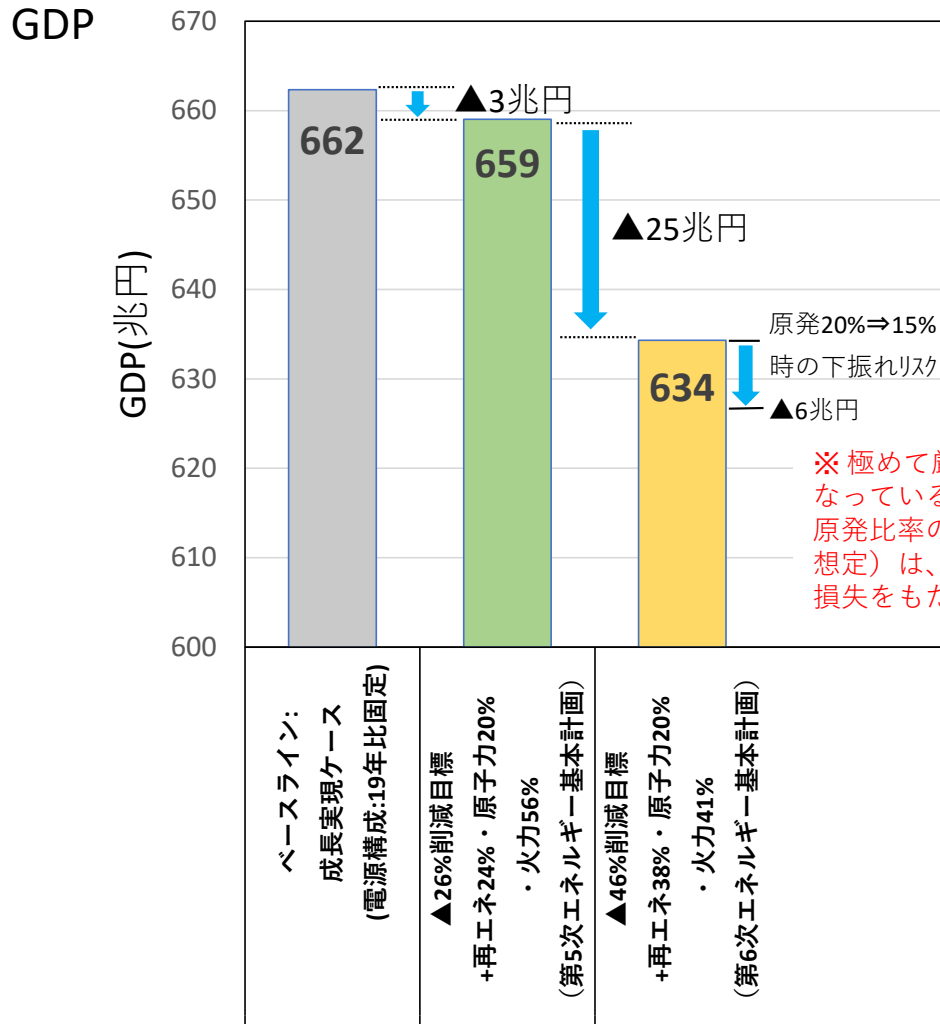
(0)モデル分析の想定(2/2)

- ◆ 排出量実績のキャリブレーション(現状政策の考慮):
 - ✓ 現状政策は考慮しておらず、2020年時点でのCO₂限界削減費用はゼロと想定
 - ✓ COVID-19の排出減は、GDP想定を介して反映

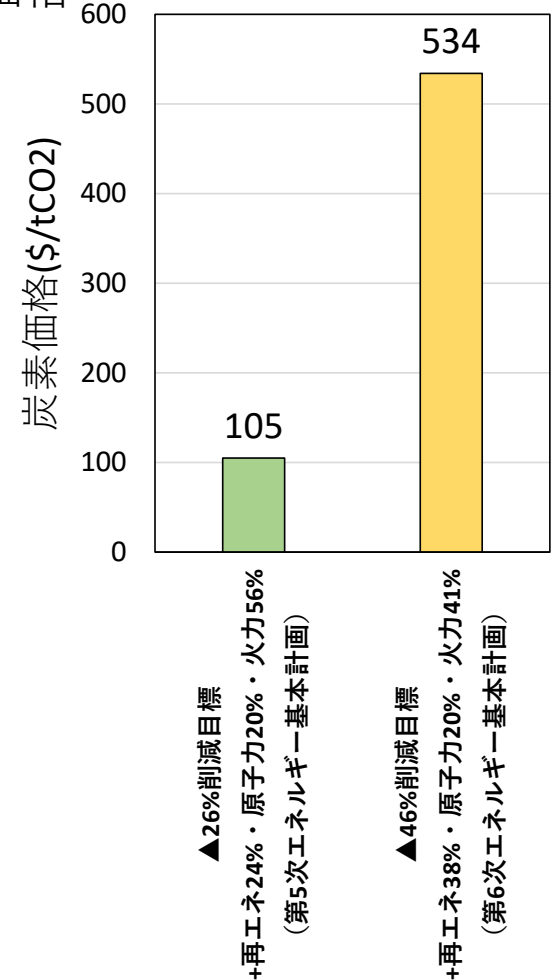
- ◆ 他国の2030年のNDCsの想定:
 - ✓ 米国 : ▲50%(05年比)
 - ✓ EU: ▲55%(90年比)
 - ✓ その他の国: 炭素価格ゼロ

(他国のNDCsを含めた分析は、次の第2部の国境炭素調整措置の評価にて)

(1-1)GDP、炭素価格

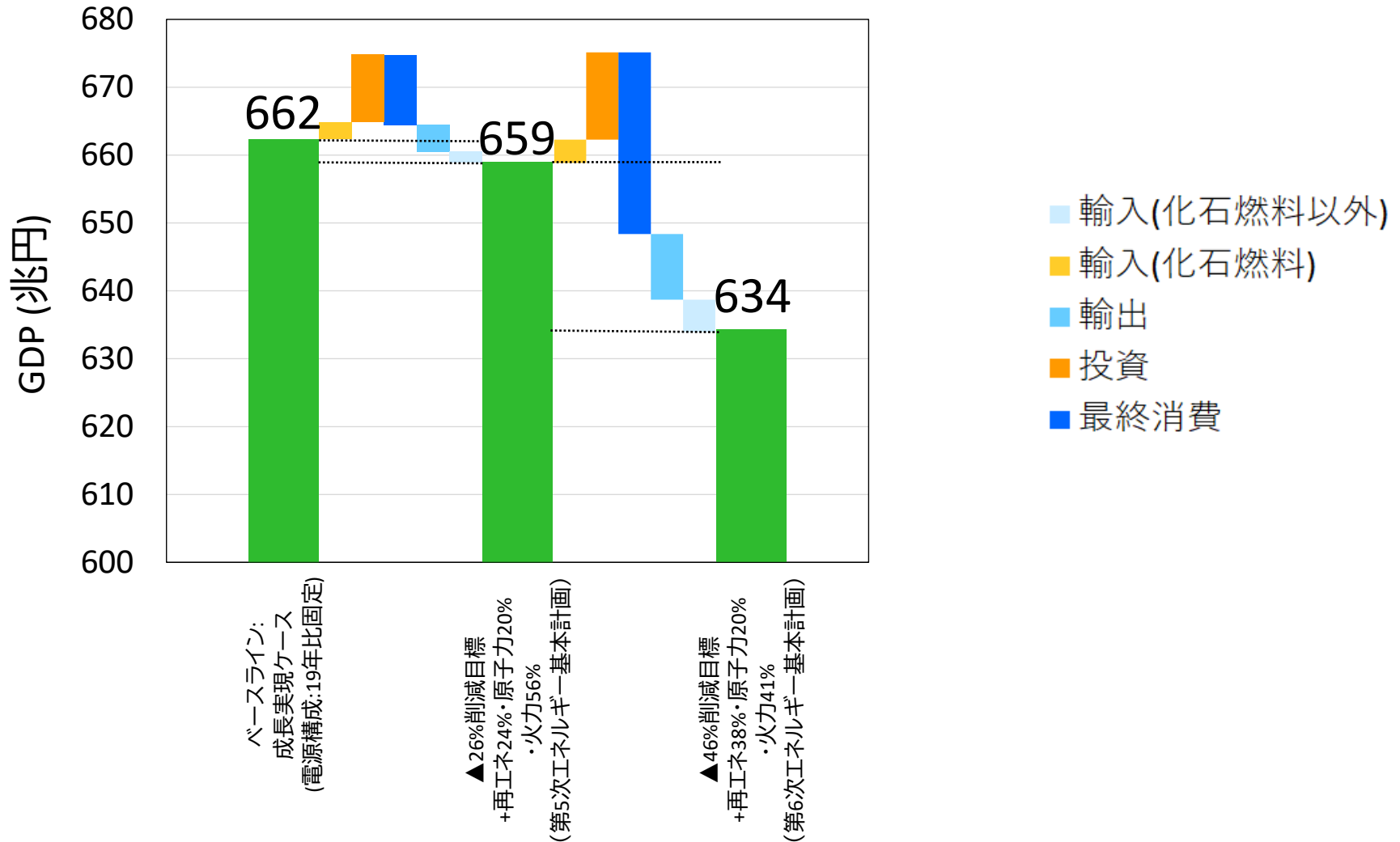


炭素価格



▲26%決定時と比べGDP成長率は小さいこと、今回の分析では2020年排出量でキャリブレーションしている（2020年の限界削減費用（炭素価格）はゼロ）ことから、▲26%目標の炭素価格は以前よりも低く推計され、GDP影響も比較的小さいが、▲46%では大きな経済影響と推計される。

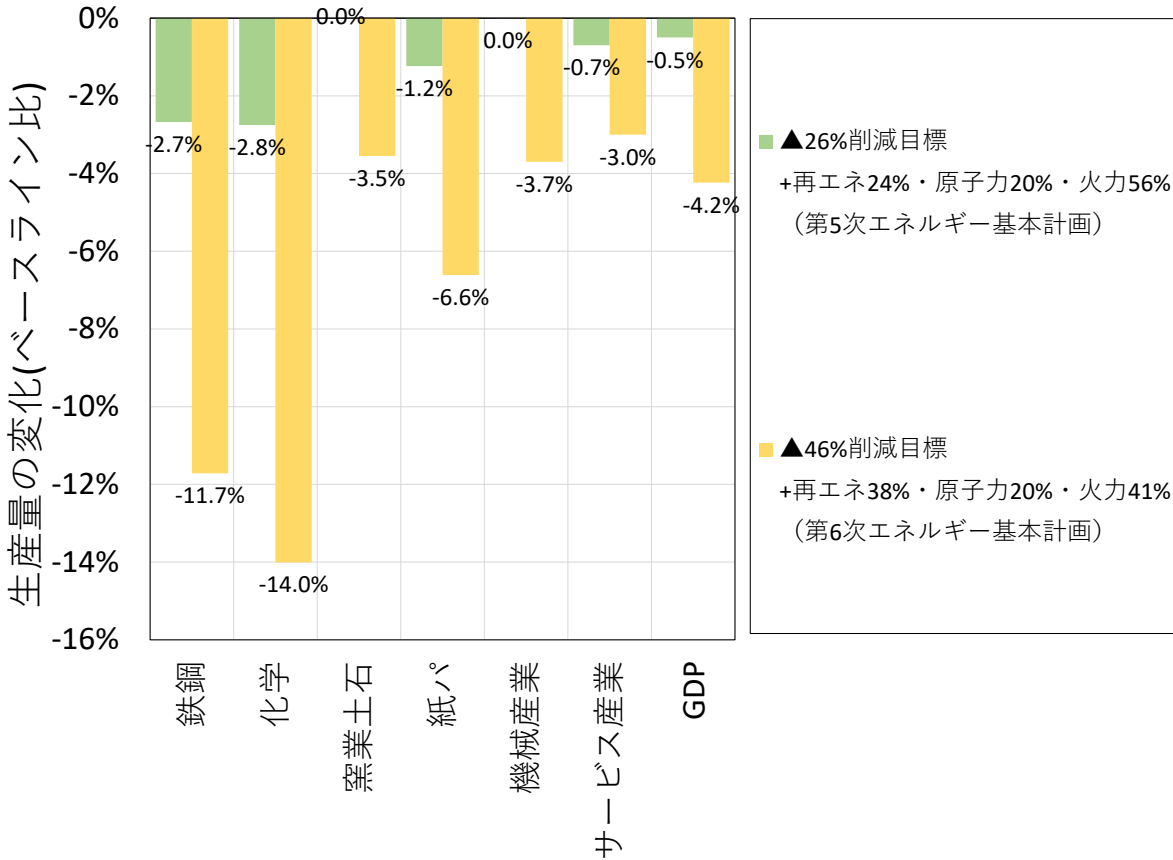
(1-2) GDP変化の要因分解



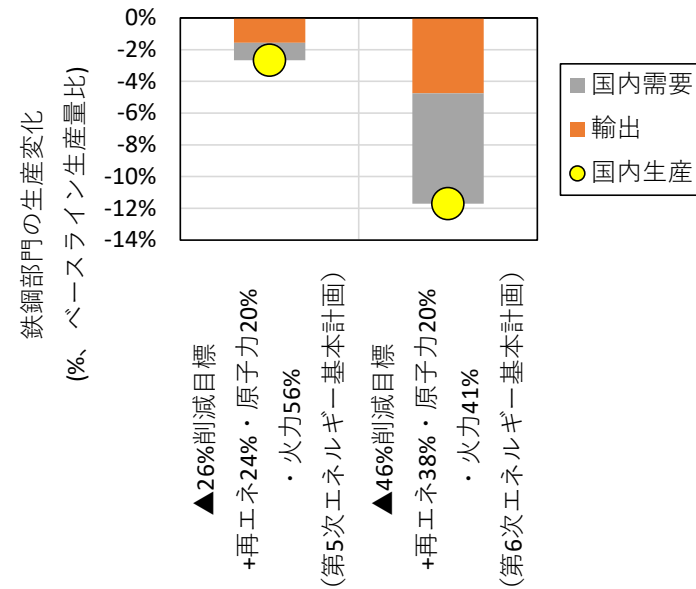
▲46%においては低炭素・省エネの投資は増大するものの、エネルギー価格上昇によって、製造業等の競争条件の悪化による輸出の低下、また、財・サービス価格の上昇に伴う消費の低下によってGDPが低下

(2)産業別生産量

産業別生産量変化



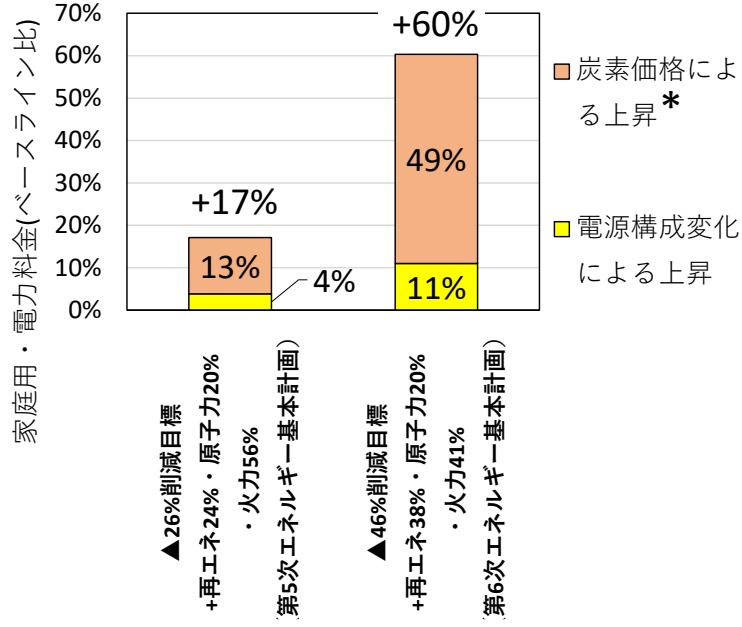
鉄鋼部門の生産変化の要因分解



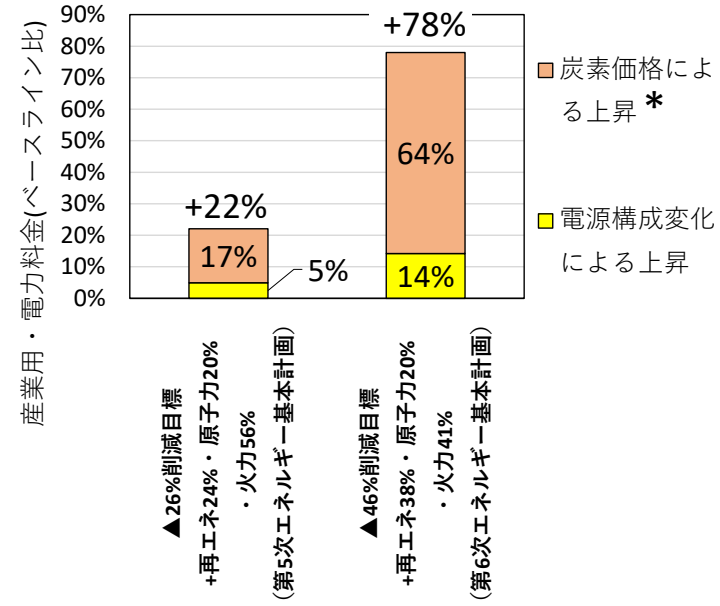
GDPでは▲46%時に4.2%減 (▲28兆円) だが、エネルギー多消費で国際競争に晒されやすい製造業である鉄鋼、化学などでは、平均よりもかなり大きい12~14%程度の生産量減少が見込まれる。

(3) 平均電力料金、光熱費への影響

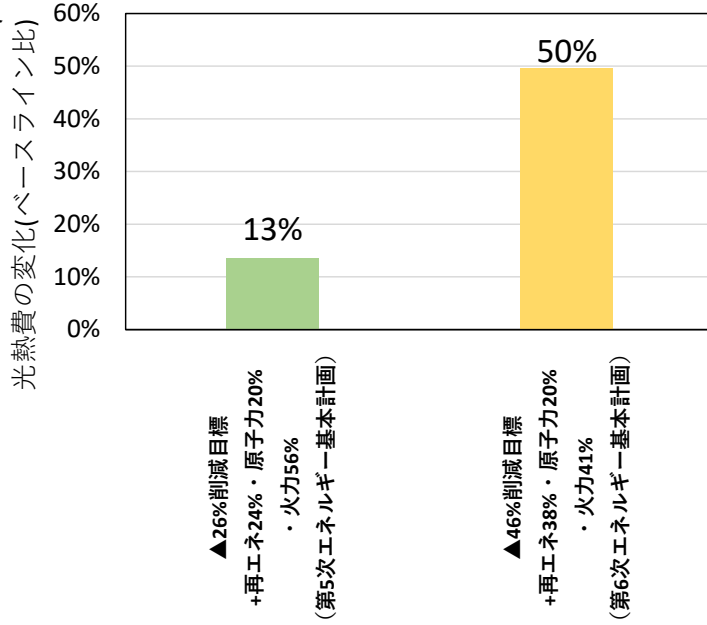
電力料金 (家庭)



電力料金 (産業)



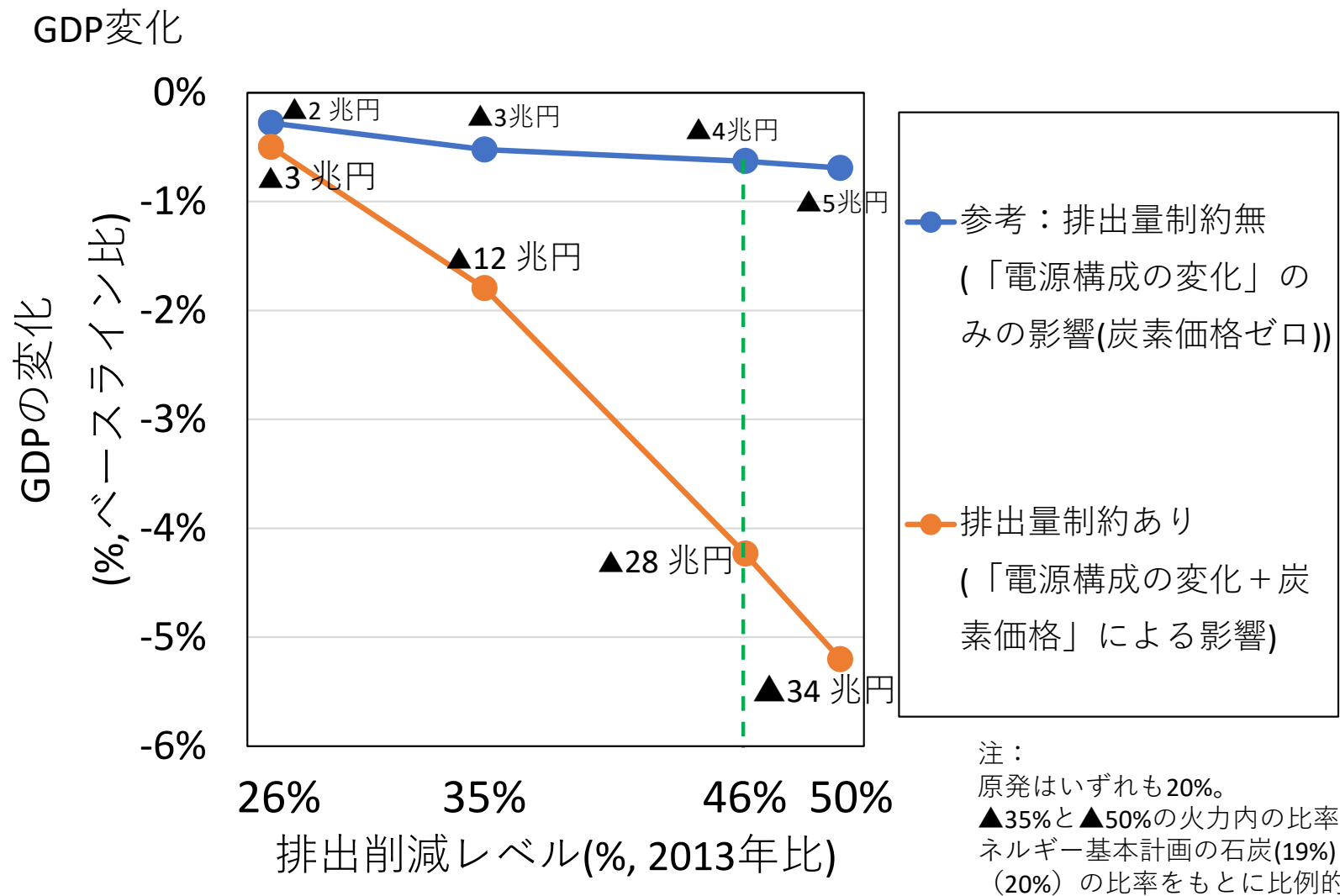
光熱費



*「炭素価格による上昇」は、電源構成を変化させた上で、排出削減目標のための炭素価格を火力発電のペナルティとして追加した際の価格影響を示す。

電力料金、光熱費ともに、▲26%に比べ、▲46%では大幅に上昇

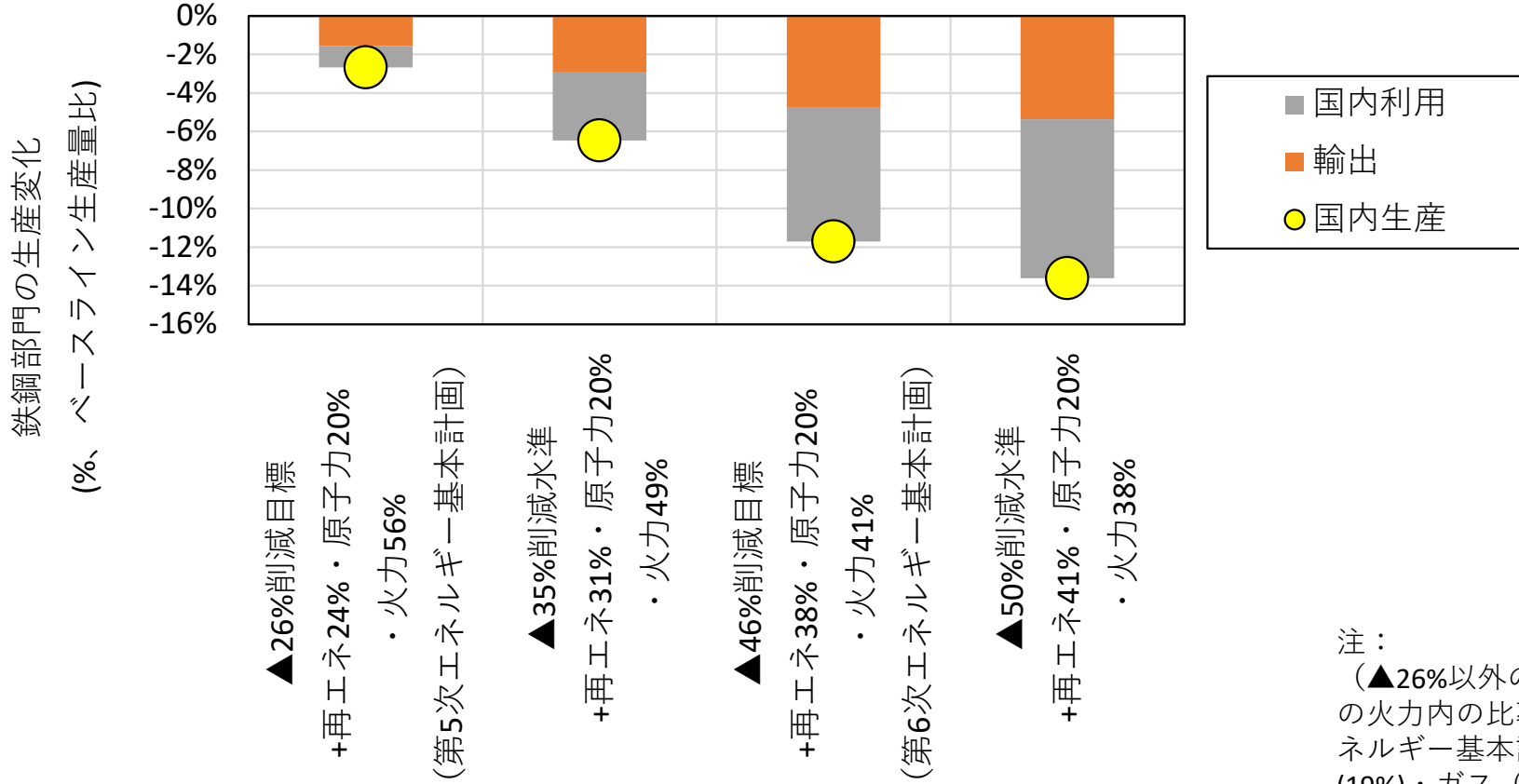
(4-1)削減水準(再エネ/火力比率)を変化させた場合のGDP影響



削減水準が厳しくなるにつれ、GDPロスが大幅に上昇する。エネルギー供給側の対策の余地が小さくなり、生産活動の低下を含む需要側の対策の対応の必要性が高まるためである。

(4-2)削減水準(再エネ/火力比率)を変化させた場合の鉄鋼部門への影響

鉄鋼部門の生産変化の要因分解

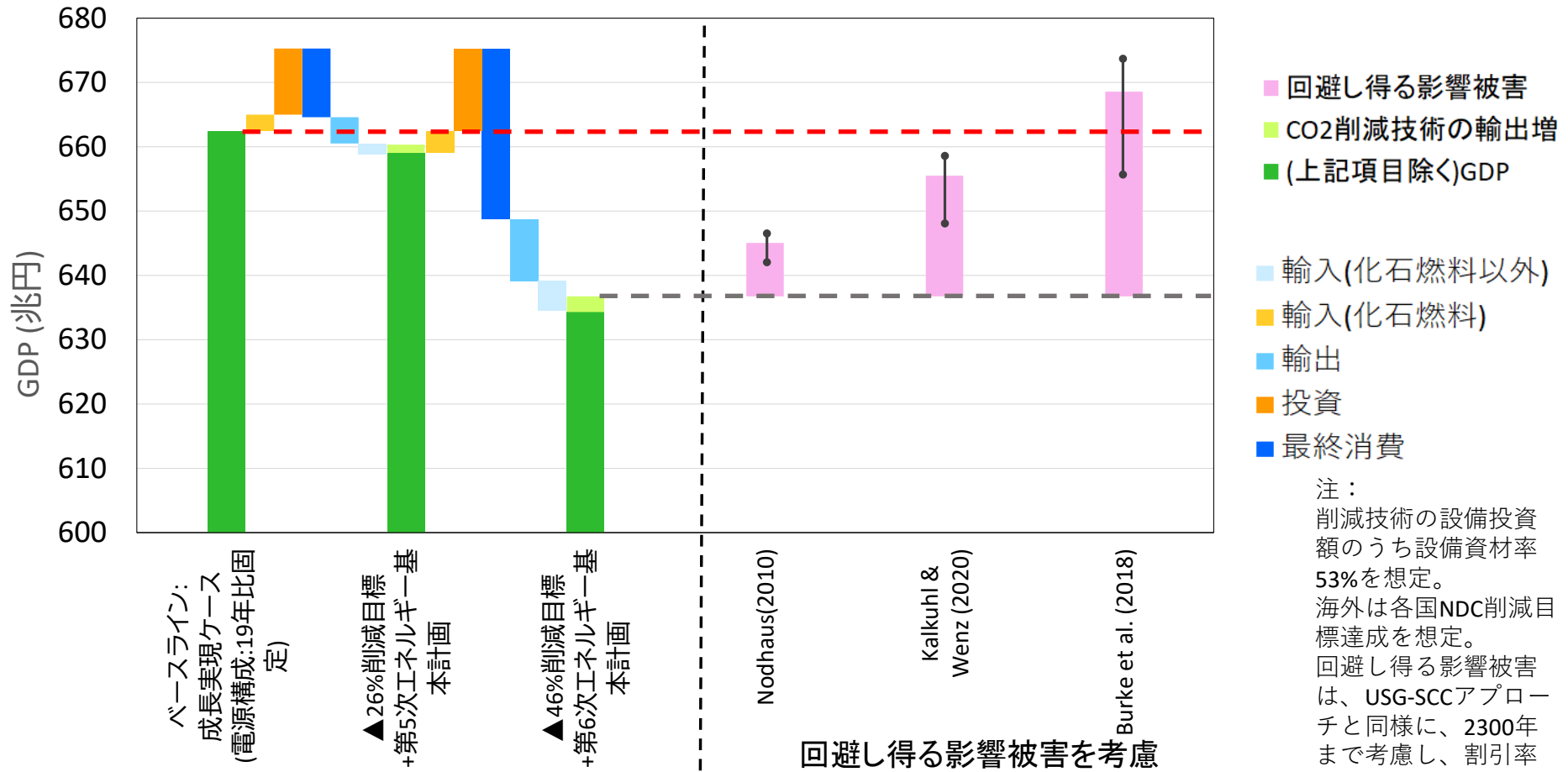


注：
 (▲26%以外の) 各ケースの火力内の比率は、第6次エネルギー基本計画の石炭(19%)・ガス(20%)の比率をもとに比例的に想定

削減水準が厳しくなるにつれ、鉄鋼部門の国内生産ロスが大幅に上昇する。鉄鋼部門の国内生産ロスは、▲26%ケースでは国際競争力低下による輸出減の影響が大きいですが、削減水準が厳しくなるにつれ、国内需要低減による要因が大きくなる。

(5) 環境と経済の好循環の条件 (1/2)

「海外での排出削減対策の設備投資額増*に伴う日本製品の輸出増分」と「回避し得る影響被害」を考慮し、「環境と経済の好循環」の条件を検討。（*DNE21+分析結果より）

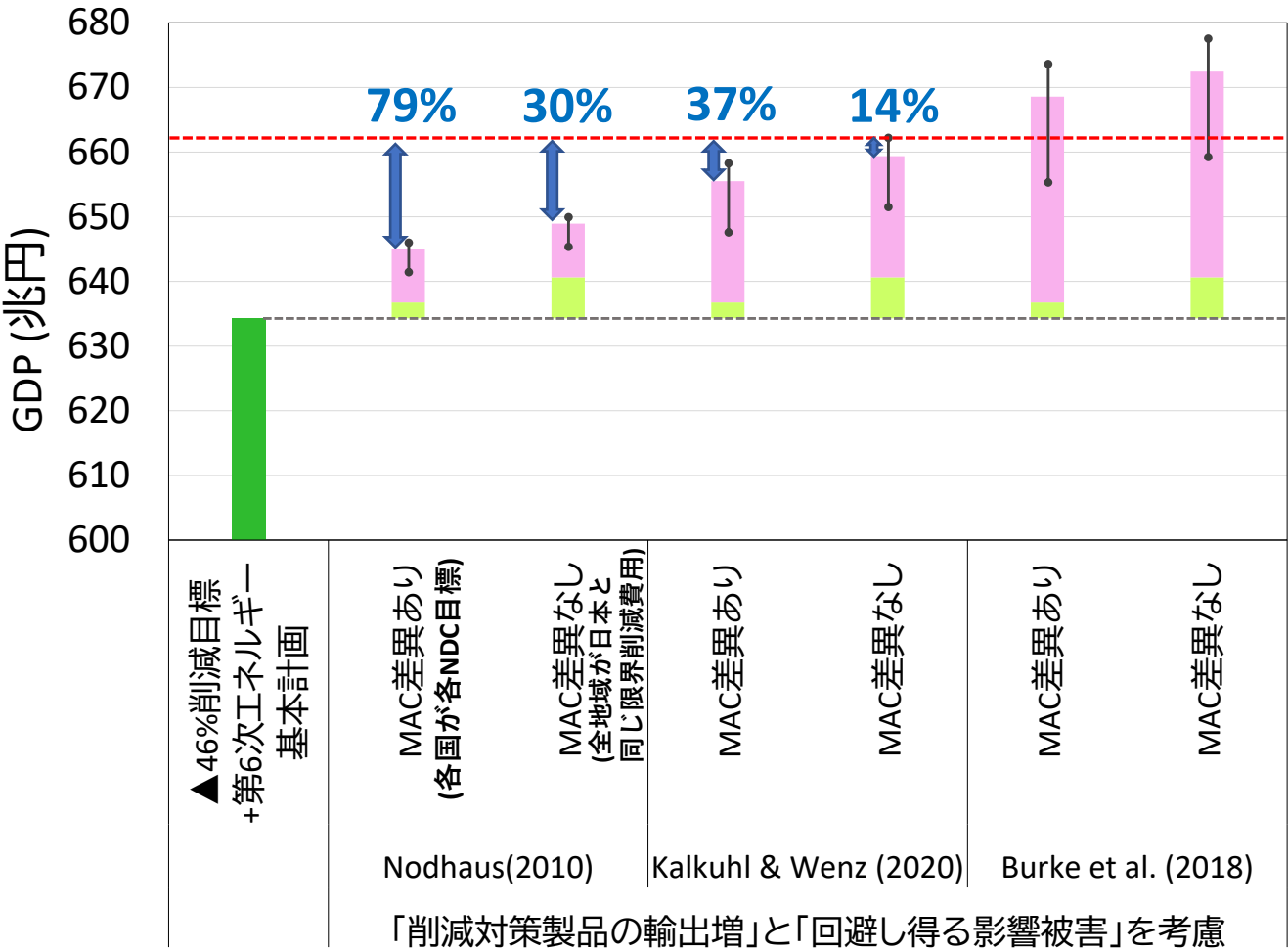


「海外での設備投資額増に伴う日本製品の輸出増分」と「回避し得る影響被害」を考慮したとしても、NDC目標下での日本の国際競争力は低下するために、被害の高位推計（かつ割引率が低中位）の場合を除き、成長実現ケースの経済成長を上回することは難しい。

注：
削減技術の設備投資額のうち設備資材率53%を想定。
海外は各国NDC削減目標達成を想定。
回避し得る影響被害は、USG-SCCアプローチと同様に、2300年まで考慮し、割引率2.5～5.0[%/年]を想定し推計（棒グラフ表示は3.0%）。

(5) 環境と経済の好循環の条件 (2/2)

成長実現ケースGDPを上回るために必要となる、CO2削減対策製品の日本のシェア(青字)



参考：
ベースライン日本シェア：11%

成長実現ケースGDP

- 回避し得る影響被害
- CO2削減技術の輸出増
- (上記項目除く)GDP

注：
削減技術の設備投資額のうち設備資材率53%を想定。
回避し得る影響被害は、USG-SCCアプローチと同様に、2300年まで考慮し、割引率2.5～5.0[%/年]を想定し推計（棒グラフ表示は3.0%）。

成長実現ケースGDPを上回るためには、「海外での設備投資額増に伴う日本製品」のシェアを、大幅に上昇させる必要がある。また、日本と世界各国の限界削減費用に差がない場合には、達成に必要な輸出シェアの上昇を低下させることが可能であり、排出削減努力の国際的な協調化は重要であることを示唆。

- ◆ 日本政府は、国内外での気候変動緩和の強化の要請を受け、2030年の排出削減目標を▲46%に引き上げたが、GDPで▲4%程度の影響が推計された。▲46%においては、低炭素・省エネによる投資増加は見込まれるものの、貿易の競争条件の悪化(相対価格の悪化)による純輸出の低下、また消費の低下によってGDPが低下。
- ◆ GDP影響に比べ、エネルギー多消費(CO₂原単位も大きい)で国際競争に晒されやすい製造業である鉄鋼、化学産業などでは、かなり大きい12~14%程度の生産量減少が見込まれる。
- ◆ 電力料金、光熱費ともに、▲26%に比べ、▲46%では、大幅に上昇する可能性。
- ◆ 削減水準(再エネ/火力比率)に関する感度分析: 削減水準が厳しくなるにつれ、GDPロスが大幅に上昇し、国際競争力も低下する。主な要因は、厳しい削減水準による炭素価格の上昇(すなわち、需要側の対策)によるもの。
- ◆ 原発比率に関する感度分析: 原発比率を20%から15%まで低下させると、GDPロスは増加。(▲46%ケースでは約6兆円の増加)
- ◆ 成長実現ケースのGDPを上回るには、「海外での設備投資額増に伴う日本製品」のシェアを、大幅に上昇させる必要がある。限界費用に差が小さい場合には、達成に必要なシェアを小さくすることが可能であり、排出削減努力の世界協調化は重要である。
- ◆ なお、一般均衡モデルのため、均衡後の解が示される。現実社会の移行過程においては、特定の産業においてより厳しい悪影響となる可能性がある点に留意が必要。
- ◆ また、国際的な炭素価格の差異が極めて大きく推計されており、特定の産業においては価格弾性が非連続的に働く可能性もあり、分析結果の解釈には留意が必要。

2. 世界エネルギー・経済モデルDEARSによる、世界各国NDCsの下での経済影響と国境炭素調整措置*の効果の評価

*BCA(Border Carbon Adjustment; 国境炭素調整)はEUの制度ではCBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism)と呼ばれている

- ◆ 2021年4月の気候サミットされ、その前後において、主要な先進国をはじめ、いくつかの国においてNDCsの引き上げを宣言した。
- ◆ EUでは、カーボン・リーケージ対策や国際競争力の平準化のために、炭素国境調整メカニズム (CBAM : Carbon Border Adjustment Mechanism) *の導入検討が2019年「European Green Deal」以来進められている。欧州委員会は2021年7月14日、2030年GHG削減の政策パッケージ「Fit for 55」の一環として、CBAMの設置に関する規則案を発表した。同案では、2023年から予備段階として輸入業者からの炭素価格×排出量の報告を開始（2023～2025年は移行期間）、2026年から実際の支払いの義務化を開始するとしている。（規則案の対象となるのは、特にリーケージのリスクが高いセメント、鉄鋼、アルミニウム、肥料、電力）
- ◆ このような状況下で、RITEが開発してきた世界エネルギー経済モデルを用いて、エネルギー多消費産業に適用される国境炭素調整（以下、BCAと記載）に焦点を当て、2030年NDC目標下において、BCAが導入された際の影響分析を実施。（本テーマに関して、米RFFと伊CMCC/EIEEと共同研究を実施。）

*BCA(Border Carbon Adjustment; 国境炭素調整)は、EUの制度ではCBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism)と呼ばれている。

- シミュレーションケース概要
- 分析結果
 - 30年NDC削減目標がCO₂リーケージや産業の国際競争力に与える影響 [BCA無]
 - BCA(輸入限定)がCO₂リーケージや産業の国際競争力に与える影響
 - ✓ 輸出リベートを追加考慮した場合の影響
 - ✓ BCA実施時における、BCA対象外の産業への影響
- まとめ

(1) シミュレーションケース(1/2)

ケース名	Club*				Non-Club	
	対象国	排出削減目標	BCA (輸入に限定)**,**	輸出 リベート	対象国	排出削減目標
Club1	Club1 (欧州)	NDC削減目標 (Club1内で共同削減)	BCA無	無	米国、日本、その他	NDC削減目標
Club1-CTAX0			non-clubに対して、 BCA(EITE)	無		削減目標無(炭素 価格ゼロ)
Club1-CTAX0 +BCA EITE						
Club1-CTAX0 +BCA I&S						
Club2	Club2 (欧州、米国、日本)	NDC削減目標 (Club2内で共同削減)	BCA無	無	その他	
Club2-CTAX0			non-clubに対して、 BCA(EITE)	無		削減目標無(炭素 価格ゼロ)
Club2-CTAX0 +BCA EITE						
Club2-CTAX0 +BCA I&S						
Club2-CTAX0 +BCA EITE +Export Rebate						

【注記事項】

- *クラブメンバー内ではETSを想定。(クラブ内では同一炭素価格。)
- **BCAによる炭素関税は、エネルギー多消費産業(EITE)または鉄鋼産業(I&S)のみを対象。
- ***炭素関税は、clubとnon-clubの炭素価格差に基づいて決定される。

(1) シミュレーションケース(2/2)

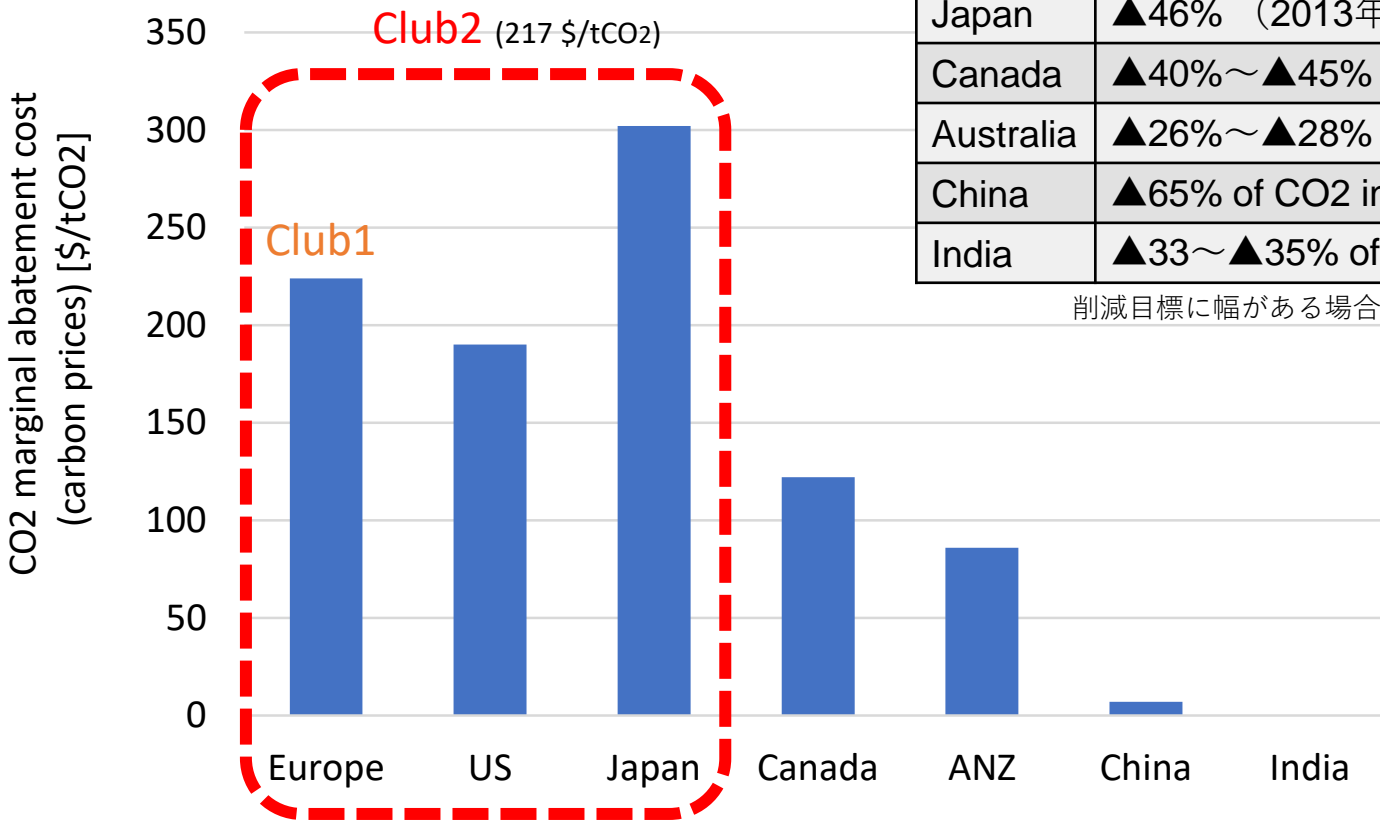
【その他の注記事項】

- ベースラインのGDPとCO₂は、他の研究機関との比較評価のため、**IEA-WEO 2018 のcurrent policy scenario**に基づく(COVID-19影響は含まれていない)。**日本のベースライン想定[2010-2030年]: GDP +1.0%/年、CO₂ ▲0.4% /年 (本資料の第1部の分析とは想定が異なることに注意)**
- 欧州は、EUとnon-EU欧州諸国(英国、ノルウェイ、スイス、アイスランド)を表す。
- エネルギー多消費産業EITE(Emissions-Intensive Trade-Exposed)={鉄鋼,化学,非鉄金属,窯業土石,紙パルプ}。
- 本分析のBCAの排出量範囲は、scope1+scope2。
- 輸出リベートは、100%減免を想定。
- 炭素価格・炭素関税による税収は、政府収入として政府消費に用いられると想定。

(2-1) 2030年NDCsを達成するための炭素価格[BCA無]

	2030年 NDCs削減目標
EU	▲55% (1990年比)
UK	▲68% (1990年比)
US	▲50% ~ ▲52% (2005年比)
Japan	▲46% (2013年比) (challenging to ▲50%)
Canada	▲40% ~ ▲45% (2005年比)
Australia	▲26% ~ ▲28% (2005年比)
China	▲65% of CO2 intensity (2005年比)
India	▲33 ~ ▲35% of CO2 intensity (2005年比)

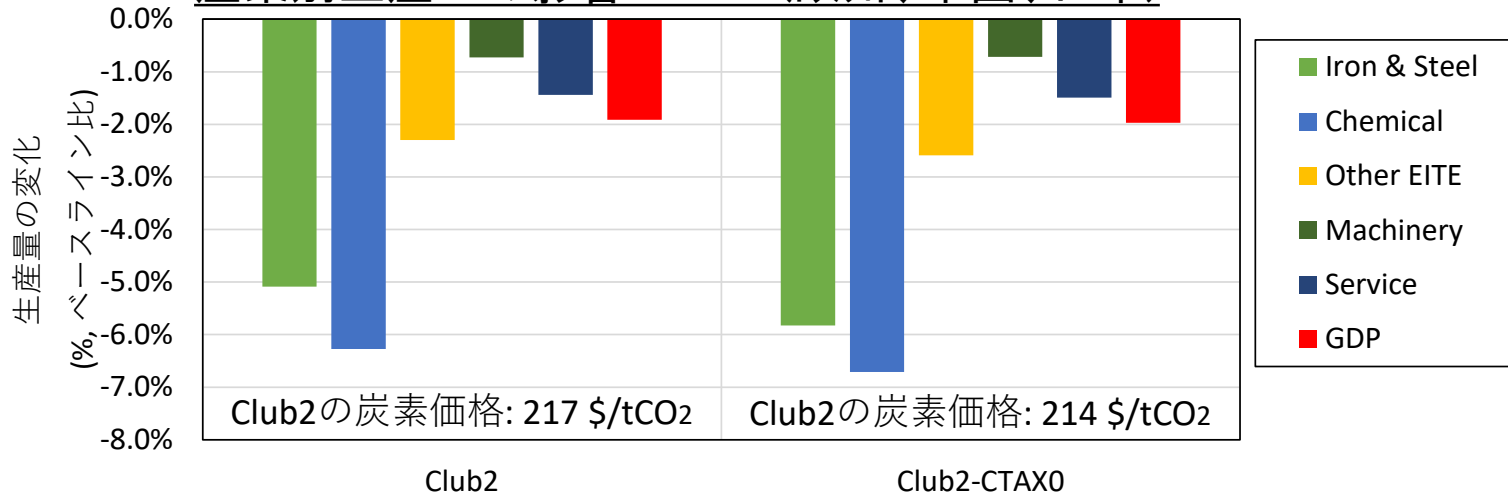
削減目標に幅がある場合は低値を採用。



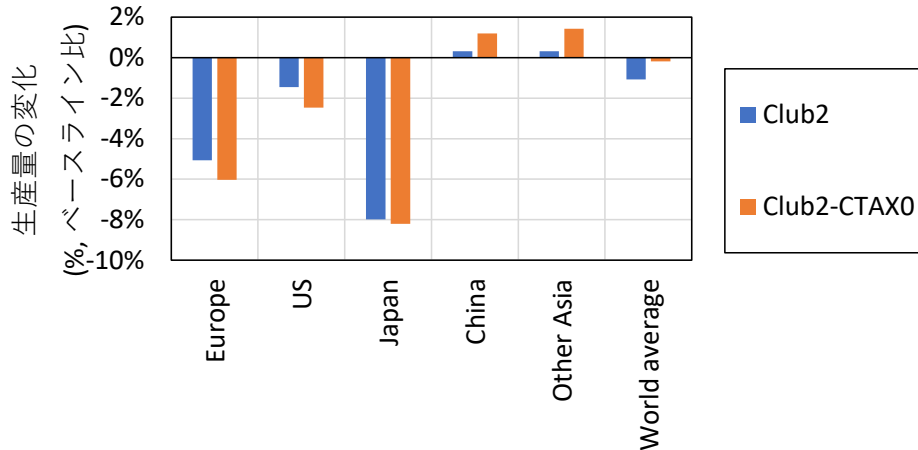
NDC達成するための推計炭素価格は、国によって大きく異なる。

(2-2) 産業別の生産・国際競争力への影響[BCA無]

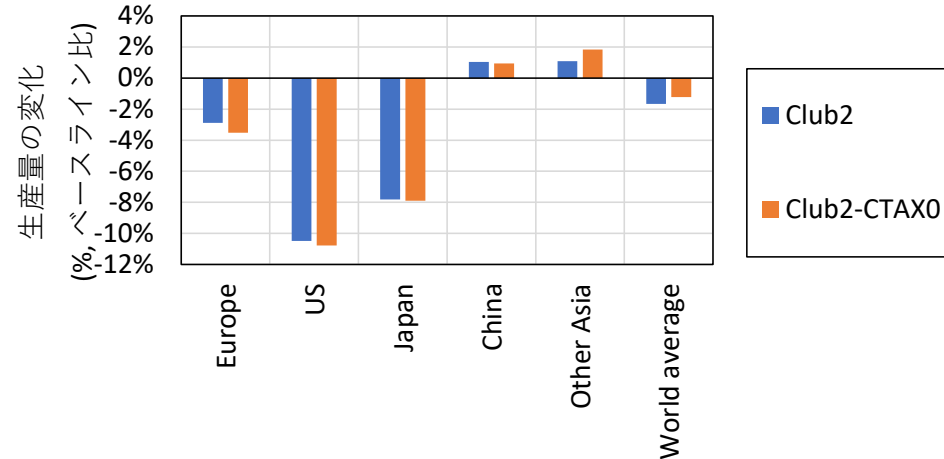
産業別生産への影響: Club2 (欧州、米国、日本)



鉄鋼



化学

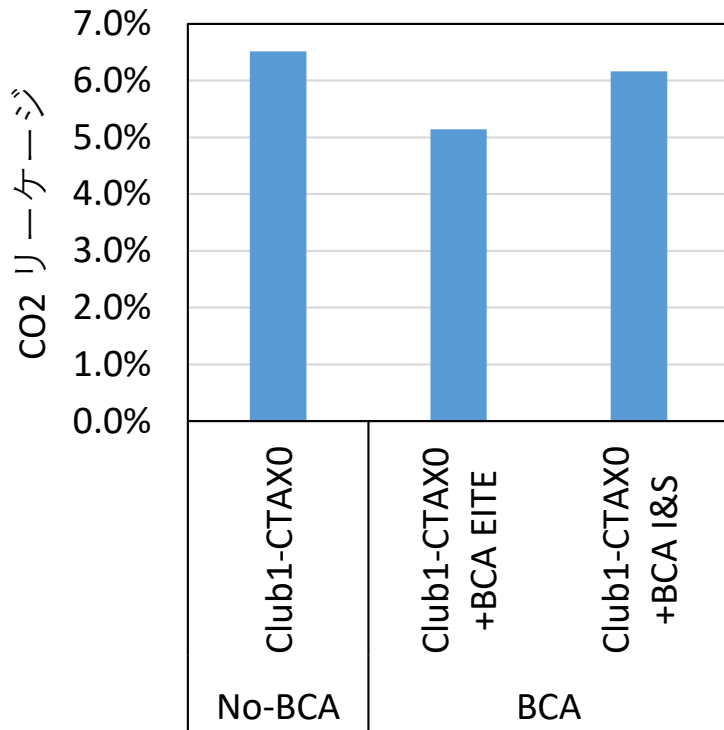


- 炭素価格が高い国々の経済への悪影響が推定される。特に、鉄鋼や化学などのエネルギー多消費産業では大きな悪影響を及ぼす。
- 炭素価格が低い中国などの一部の地域では、エネルギー多消費産業の生産が増加する。

(3-1) NDC目標下の、BCA (輸入限定)によるリーケージ軽減効果

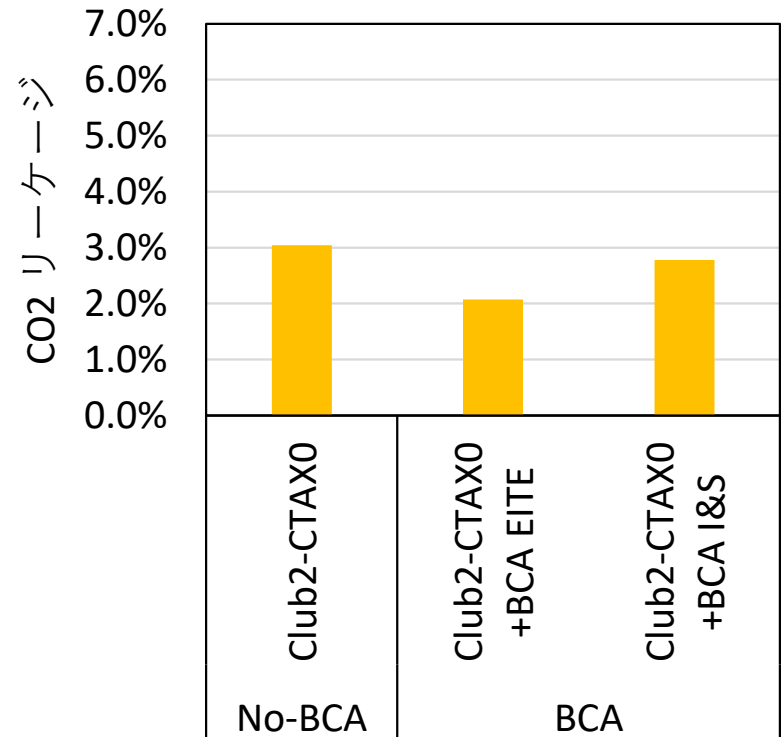
Club1-CTAX0ケース

(Club1 (欧州) 以外の国は炭素価格ゼロ)



Club2-CTAX0ケース

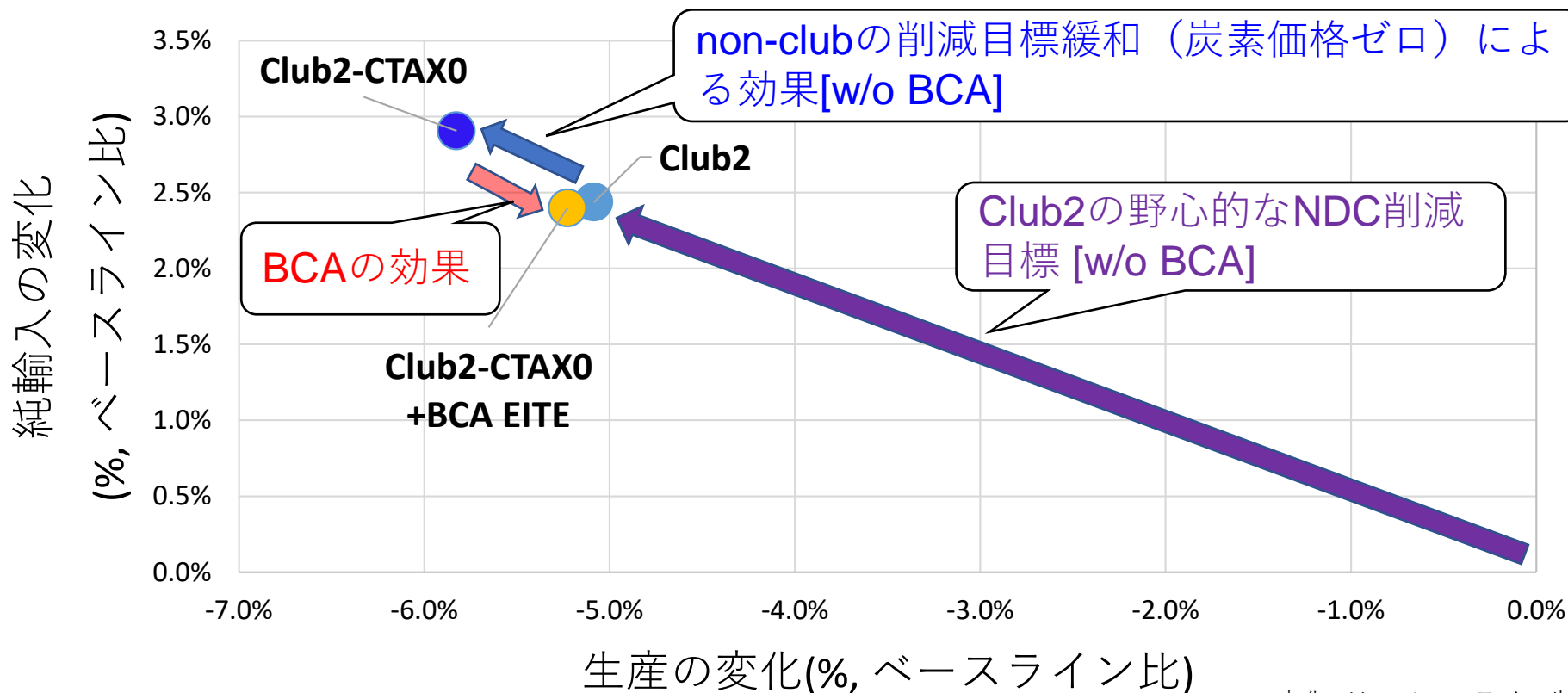
(Club2 (欧州・米・日) 以外の国は炭素価格ゼロ)



注：CO2リーケージ率は、clubの排出量減少(ベースライン比)に対する、non-clubの排出量増加の比率として定義。

- クラブ以外の炭素価格ゼロのもとでは、エネルギー多消費産業へのBCA実施によって、CO2リーケージ率が約1%ポイント軽減する。
- BCAの炭素関税の対象が鉄鋼部門に限定されると、CO2リーケージの軽減効果は縮小される。

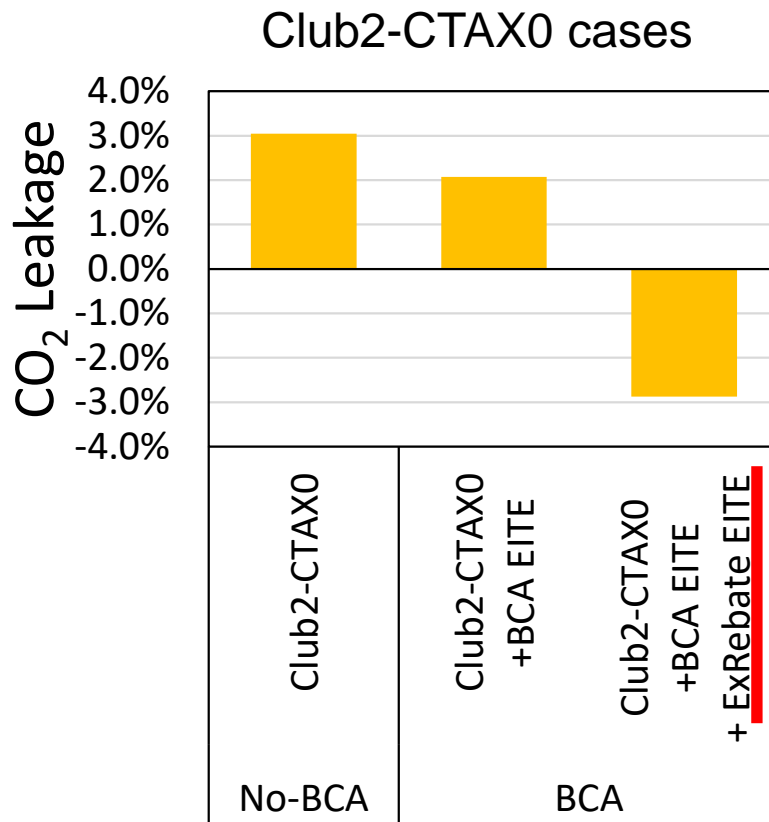
(3-2) NDC目標下の、BCA (輸入限定)が国際競争力へ与える影響 (Club2 (欧州、米国、日本)の鉄鋼産業、2030年)



Note: 変化%は、ベースライン生産量を用いて規格化している。

- Club2の野心的なNDC削減目標のもとでは、Club2全体の鉄鋼産業の国際競争力は、大きく悪化する。(生産量の減少、純輸入の増加)
- BCAの導入により、CO2リーケージの一部を軽減し得る。しかし、基本的には、すべての国がNDC目標を達成することが重要であり、また、イノベーションの推進により低い炭素価格を実現しながら (CO2リーケージのリスクを高めないようにしながら) 野心的な目標を追求することが重要と考えられる。

(3-3)BCA(輸入限定)と輸出リベートがリーケージに与える影響

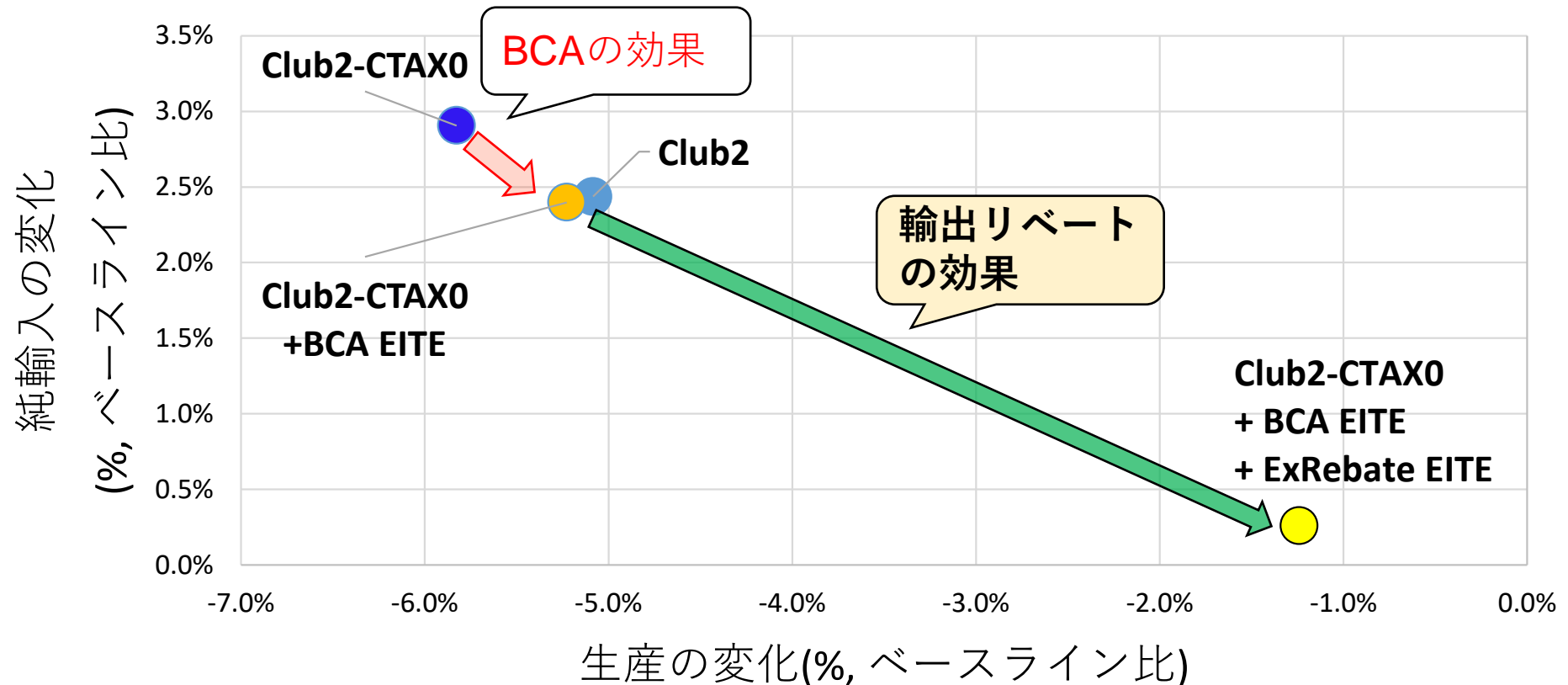


$$Leakage = - \frac{\Delta CO_{2Row}}{\Delta CO_{2Club}}$$

BCAに輸出リベートを追加した場合、リーケージは大きく減少。
(ただし、輸出リベートはWTOルールと不整合の可能性がある点に留意).

(3-4)BCA(輸入限定)と輸出リベートが国際競争力に与える影響 (鉄鋼産業、Club2(欧州、米国、日本)、2030年)

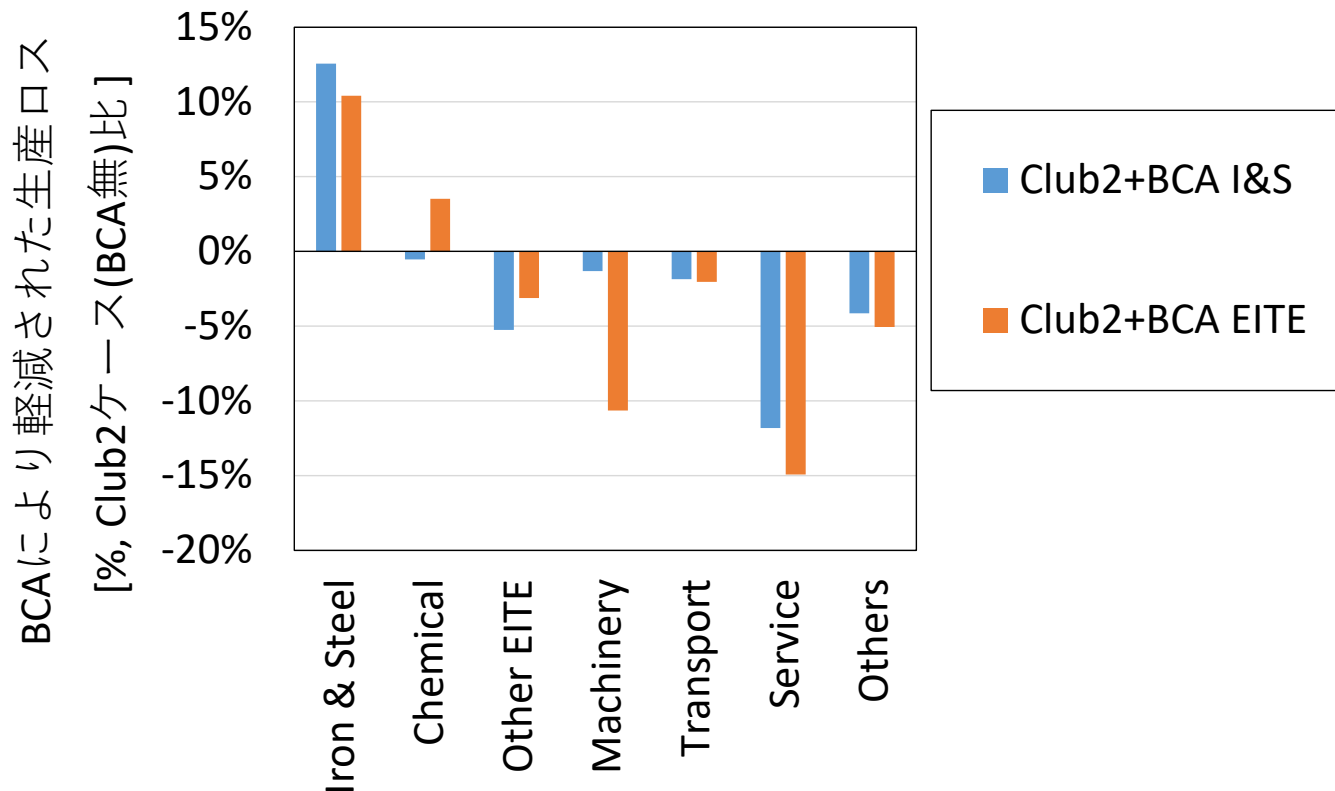
Note: 変化%は、ベースライン生産量を用いて規格化している。



- 輸出リベートを追加することで、生産と輸出の損失を軽減することもできる。
- 鉄鋼セクターにおける輸出リベートの影響は、輸入に限定されたBCAよりもはるかに高い可能性がある(日本と欧州は輸出超過)。

(3-5) BCA実施時における、BCA対象外の産業への影響 (club2(欧州、米国、日本)、2030年)

Club2ケース(BCA無)を基準とした場合の、産業別生産への影響



- BCAを実施した際には、BCAの対象範囲ではない産業の一部に悪影響を及ぼす可能性がある。
 - ✓ BCAの対象であるエネルギー多消費産業(あるいは鉄鋼)の輸入価格は上昇し、輸入が減少し、代わりに国内生産が増加する。
 - ✓ 一方、club 2のNDC排出目標を達成するためには、BCA実施によるエネルギー多消費産業の生産量の増加の影響を相殺するために、BCA対象範囲外産業の生産量を、Club 2ケースよりも減少させる必要が生じる。

- ◆ NDC達成のための炭素価格は国によって大きく異なっている（排出削減に必要な努力は異なる）。
- ◆ NDCの下のClub2（日米EU）では、エネルギー多消費産業（EITE）を中心に、炭素リーケージが見込まれる。
- ◆ BCAを使用すると、EITE産業からのリークを3分の1程度（約1%ポイント）軽減することが可能。
- ◆ 輸出リベートも追加可能ならば、大きくリーケージは削減され、国際競争力の低下も軽減されうる（ただし、輸出リベートはWTOルールを満たさない可能性が高い）。
- ◆ BCAの効果は国によって異なる。EITE製品を輸入する国は、大規模な輸入国ではない国よりもBCAの影響が大きくなる。
- ◆ BCAによって貿易紛争が引き起こされる可能性があり、却って効果的な地球規模の気候変動の緩和を弱める可能性がある。
- ◆ リーケージを防ぐ観点からは、BCAよりも、世界的に協調された炭素価格（暗示的価格を含む）の方が重要であり、引き続き、NDCsの排出削減努力の協調化を図っていくことは重要。

付録

分析に用いたモデル：世界エネルギー経済モデルDEARS* (Dynamic Energy-economic Analysis model with multi-Regions and multi-Sectors)

- ◆ トップダウン型経済モジュールとボトムアップ型エネルギーシステムモジュールの統合モデル
- ◆ 動的非線形最適化モデル(世界全体の消費効用最大化)
- ◆ モデル対象期間：21世紀中頃まで(最適化時点間隔 10年)
- ◆ 世界地域分割：18地域分割
- ◆ 非エネルギー産業分類：16分類(貿易は輸入財・国内財の代替性を考慮[アーミントン構造])
- ◆ エネルギー分類：IEA統計に基づき、一次エネルギー8種、二次エネルギー4種。(IEA統計の鉄鋼部門のエネルギー消費のバウンダリーの修正。)
- ◆ GTAP (Global Trade Analysis Project) モデル・データベースに基づく、貿易マトリックスを含む国際産業関連構造を明示した経済モジュール
- ◆ 簡略化ながら、ボトムアップ化したエネルギーシステムモジュール
 - ✓ ボトムアップ的にエネルギー供給技術(発電技術等)、CO2回収・貯留技術をモデル化
 - ✓ 一次エネルギー供給：8種類をモデル化(石炭、原油、天然ガス、水力・地熱、風力、太陽光、バイオマス、原子力)
 - ✓ トップダウン的にエネルギー需要サイドをモデル化(家計：エネルギー価格・所得弾性、産業・運輸：エネルギー価格弾性、これらはすべて経済モジュールとリンク)
 - ✓ 最終エネルギー消費：4種類をモデル化(固体燃料、液体燃料、気体燃料、電力)

政府のエネルギー・環境会議選択枝の経済分析等にも活用された。

- T. Homma & K. Akimoto(2013), "Analysis of Japan's energy and environment strategy after the Fukushima nuclear plant accident", *Energy Policy* 62, 1216–1225
- 本間他(2020)、現状の気候・エネルギー政策を考慮した、パリ協定国別貢献における国際競争力に関する分析、*エネルギー・資源*、41-5