

2023年8月 / ERI-R2301

ENEOS 総研 土肥 英幸



弊社のサービス

調査・コンサルティング

国内外のエネルギー、環境技術等の分野を中心に、質の高い調査サービスをご提供し、専門スタッフがお客様のニーズに応じたコンサルティングを行います。

技術支援

エネルギーに関する案件について、スムーズな業務遂行あるいは技術的な課題解決を支援します。

教育・研修

エネルギー関連技術の教育・研修や人材育成支援、海外研修生受入、品質管理教育・研修、ISO 認証取得・維持支援等を行います。

ENEOS 総研は、ENEOS グループ各社で培った豊富な知見・経験を有する社員が、お客様のご要望・ご期待にお応えいたします。

お問い合わせ

調査・コンサルティング、技術支援、教育・研修といった各種サービスや、当社に関するお問い合わせはこちらから

https://ssl.eneos.co.jp/eri_jp/inquiry/input

ENEOS 総研ウェブサイト

<https://www.eri.eneos.co.jp/>

トピック 01

2050年CO₂ネットゼロの時のカーボンプライスは700ドルを超える

トピック 02

その時のCO₂フリー電力やeFuelの価値は

トピック 03

カーボンニュートラルにどのくらいの費用がかかりそうか

トピック 01

2050年 CO₂ ネットゼロの時のカーボンプライスは 700 ドルを超える

昨年公開された IPCC の**第 6 次評価報告書 (AR6) WGIII**¹ に付随する膨大なデータセットは誰でも自由に使うことができ、利用者の視点で様々な分析が可能である。ERI-R2201² では例として、CO₂ 排出量と一次エネルギー需要との相関などを分析している。**本レポート**では、データセット中のカーボンプライスと CO₂ 排出量から**カーボンニュートラルに向かう過程において必要な費用を見積もる**。続くレポートで、カーボンプライスをめぐる幾つかのトピックから、見積もられた費用の考察を試みたい。

今回の分析に用いたシナリオは、**2050年カーボンニュートラルと同種のシナリオ**として、2045年から2055年の間に世界の CO₂ 排出がゼロとなるもの 120 本を抽出したものである。Fig. 1 は抽出されたシナリオ 120 本における世界の CO₂ 排出量をプロットしたもので³、右のボックスプロットは、実線が値の中央値、破線が平均、箱の上部が 75 パーセンタイル、下部が 25 パーセンタイルを示す。2030 年の排出量の全データは大きな広がりがあるものの、中央値 24.6 に対し、25~75 パーセンタイルの区間で見ると 21.5~29.2GtCO₂/年の範囲となっている。

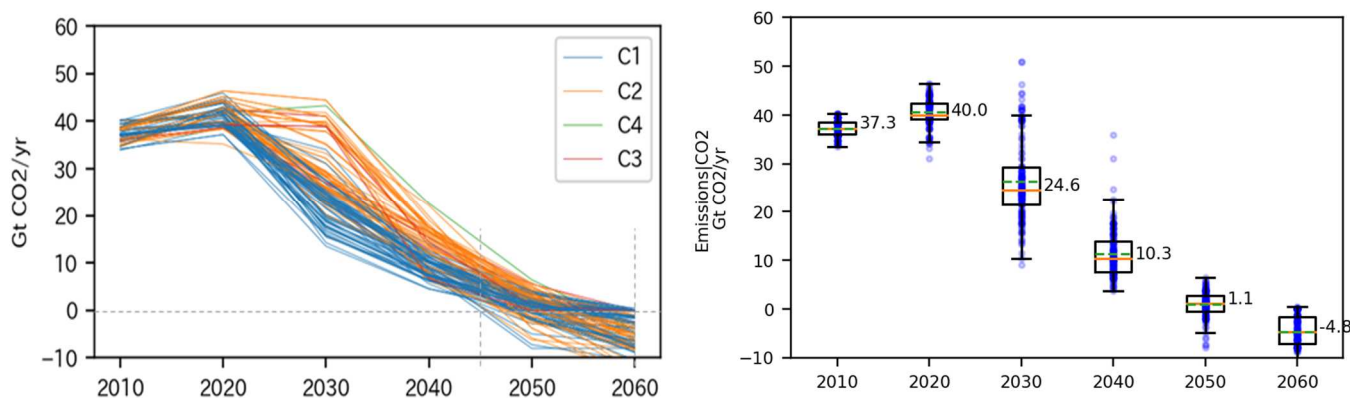


Fig. 1 2050CN に近いシナリオにおける世界の CO₂ 排出[GtCO₂/yr]

GHG (温室効果ガス) は CO₂ の他、CH₄、N₂O、F ガス類など多岐にわたる。GHG 全体を表す変数⁴がある。CO₂ と GHG との間には強い相関が見られるが (Fig. 2)、これは、別々に設定または推定されたものが相関しているのではなく、多くのシナリオで、GHG 排出量が CO₂ の一次関数とし設定され⁵、CO₂ 排出量が設定または推定されれば、GHG 排出は自動的に決定されていると思われる。AR6 おける GHG 排出量 y と CO₂ 排出量 x との関係は、次の式で与えられる。

$$y[\text{tCO}_2\text{eq/yr}] = 1.13x[\text{tCO}_2/\text{yr}] + 7.80$$

この式により、IPCC のデータセットを用いた分析において、CO₂ 排出量と GHG 排出量との相互変換も可能である。

¹ IPCC Sixth Assessment Report, Working Group III: Mitigation of Climate Change, 2022

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

² IPCC 第 6 次評価報告書における一次エネルギー需要推定 ~ 公開データとその分析例 ~

https://www.eri.eneos.co.jp/report/research/pdf/20220714_01_write.pdf

³ 左図の C1~4 は IPCC によるシナリオグループ、詳細は脚注 1,2 を参照

⁴ AR6 で扱う変数は、変数名を"/"で区切り階層構造を表す。使用した変数名は"Emissions|Kyoto Gases"

⁵ 欠落した排出種を補うためのソフトウェア (Silicon) の使用に言及 <https://data.ece.iiasa.ac.at/ar6/#/about>

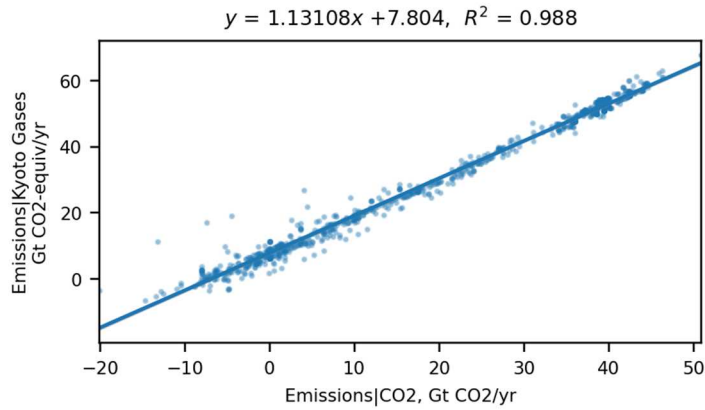


Fig. 2 世界の CO₂ 排出量と GHG 排出量との関係

2030~60年のカーボンプライスとその時の世界の CO₂ 排出量をプロットし、やや強引ではあるが、指数関数で回帰分析した結果を Fig.3 に示す。カーボンプライスは大きな分布を持つが、CO₂ 排出の減少に伴い**指数関数的に増化**していることが伺える。IPCC が提供するデータは、多くの研究者、研究機関等が公開した論文や資料からの抜粋であり、カーボンプライスについても、炭素税として外生的に与えられた値や、モデルシミュレーションによる費用最小化の結果として得られる限界削減コストなど様々なものが含まれるが、カーボンプライスという一つの変数⁶として取り扱われている。本レポートにおけるカーボンプライスも削減目標を達成するために設定される炭素税、削減が計画通りに進んでいる時に、次の 1 トンの CO₂ を削減するために追加的に必要な限界削減コストなどと捉えることができる。

回帰線から得られる CO₂ ネットゼロにおける炭素価格は US\$(2010)634/tCO₂ と読み取れる。ここで用いられている US\$2010 とは、2010 年時点の米ドルの価値で換算した金額であり、IPCC 評価報告書では過去のレポートとの比較を容易にするためか、カーボンプライスなどの価格に関する指標は 2010 年の米ドル価値を基本としている。本レポートでは、現在の通貨価値に近いものとして 2020 年の米ドル価値に換算⁷した値を用いる。

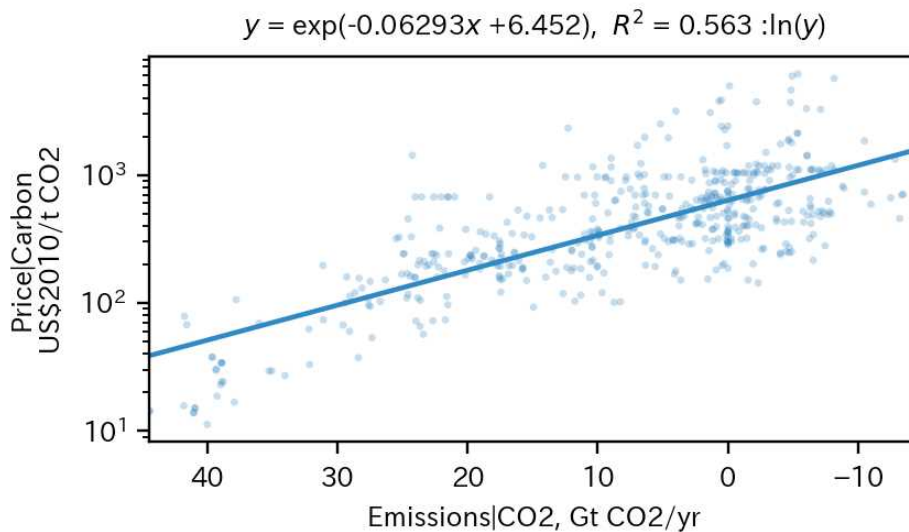


Fig. 3 世界の CO₂ 排出量とカーボンプライスとの関係

⁶ データセットの変数名では、Price | Carbon

⁷ 公開されているインフレ率から US\$2020=1.187xUS\$2010

<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/April/download-entire-database>

回帰式から計算されたカーボンプライスを 2020 年米ドル価値に換算、プロットしたものを Fig.4 に示す。2020 年の世界の CO₂ 排出量 40GtCO₂/yr に対し、50%削減で\$214/tCO₂, 75%削減で\$401/tCO₂, **ネットゼロの時のカーボンプライスは US\$(2020)753/tCO₂**となる。

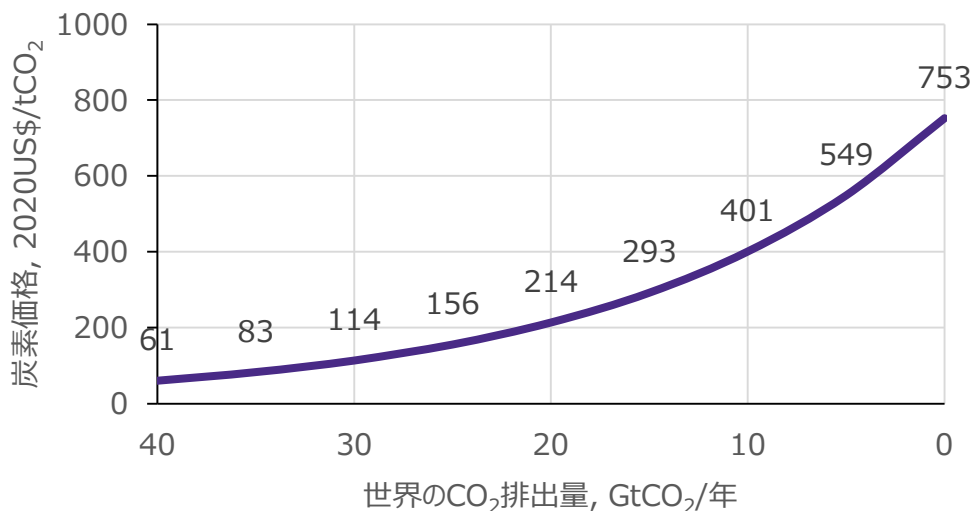


Fig. 4 世界の CO₂ 排出量とカーボンプライスとの関係

トピック 02

その時の CO₂ フリー電力や eFuel の価値は

このようなカーボンプライスのエネルギー価格への影響を試算した結果を下の表に示す。**ネットゼロに到達した時点**における\$753/tCO₂は、電力の場合、天然ガス火力による電力価格に比べ、kWh あたり **CO₂ フリーの電力は 45 円高い価値を持つ(高い価格でも売れる)**ことを意味する。もちろんこの価値を持つには、蓄電池などにより再エネも火力と同様に調整可能な利便性を有する必要がある、発電端における変動再エネはこの分の価値が低く扱われることは想像できる。また、ガソリンを eFuel で代替する場合は、その時のガソリン価格に対してリッター当たり **227 円高い価値を CO₂ フリーの eFuel は持つ**ようになる。\$753/tCO₂というカーボンプライスはそのような社会である。

カーボンフリーによる価値の向上(カーボンプライスを考慮した価格増分)

		50%削減	ネットゼロ
カーボンプライス	\$/tCO ₂	214	753
天然ガス火力 → 再エネ	円/kWh	13	45
ガソリン → eFuel	円/L	65	227

トピック 03

カーボンニュートラルにどのくらいの費用がかかりそうか

ここまでのカーボンプライス、カーボンプライスが与えるエネルギー単価は、CO₂ トンあたりの単価であり、必要な削減量分を積み上げることで、カーボンニュートラルの達成に必要な削減対策費用となる。

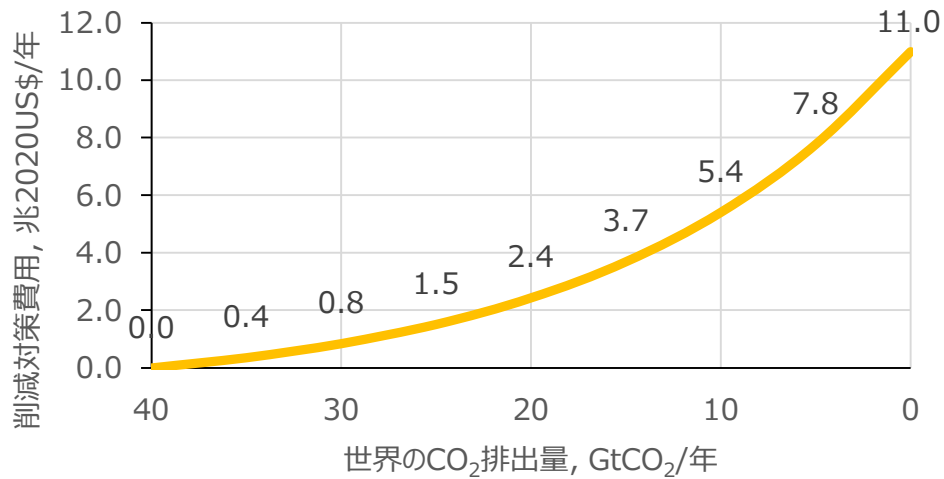


Fig. 5 世界のCO₂排出量と削減対策費用との関係

上の図は、限界削減コスト[\$/tCO₂]と年間削減量[tCO₂/年]の積で、1年間に必要な削減対策費用[\$/年]⁸を試算した結果である。

CO₂削減が進むにつれ削減対策費用も指数関数的に増大し、50%削減までにその費用は世界で毎年2.4兆ドルに、**カーボンニュートラル時点では毎年11兆ドルの費用**が追加的⁹に必要なものとなる。11兆ドルは、なかなかイメージできないが、2020年世界のGDP 84.7兆ドルの13%に相当する(毎年世界のGDPが2%成長すると仮定した場合7%に相当)。このような削減対策費用の試算はこれまでも実施されており、ほぼ同じ水準の値となっている。例えば経産省の「革新的環境イノベーション戦略, 令2.1.21」¹⁰では2050年70%削減で7兆ドル/年と、またNEDOの「技術開発総合指針2020」¹¹では80%削減に1000兆円/年と試算し、カーボンニュートラルの達成には非連続なイノベーションが不可欠と結論している。

次回以降、関連事項としてIPCCのデータから読めるイノベーションの効果や、最近の削減費用、関連投資、社会的炭素費用(SCC)に関するレポートなどを取り上げたい。

・本レポートは、本レポートを閲覧する皆様への情報提供を目的とするものであり、経営、税務もしくは投資に関する助言、投資もしくは金融商品の売買の勧誘や推奨、または特定の企業、事業、商品もしくはサービスの推奨を意図するものではありません。
 ・弊社は、本レポートについて、内容の正確性、完全性、信頼性、最新性、商品性または特定目的への適合性を含め、明示的にも黙示的にも、いかなる表明も保証しません。
 ・弊社は、自らの判断により、本レポートを閲覧する皆様に予告することなく、本レポートの内容の変更、追加、削除、掲載の中止等を行う場合があります。
 ・本レポートには、業界や市況の動向等、将来の見通しに関する事項が含まれている場合がありますが、こうした事項には一定のリスクや不確実性等が含まれており、社会情勢や経済情勢の変化等により、実際の結果と一致しない可能性があります。
 5 本レポートを閲覧者様が利用することにより発生した如何なる損害、紛争、請求、訴訟等について、弊社は一切の責任を負いません。

本レポートに関するご意見などは、下記からお願いします

ENEOS 総研 エネルギー技術調査部

https://ssl.eneos.co.jp/eri_jp/inquiry/input

⁸ 実際の計算は Fig.3 で得られた回帰式を定積分することで行なった(図中の曲線の下部の面積に相当)

⁹ 追加的とは CO₂削減を一切考慮しない場合との差を意味する

¹⁰ <https://www8.cao.go.jp/cstp/siryu/haihui048/siryu6-2.pdf>

¹¹ <https://www.nedo.go.jp/content/100903678.pdf>