



ESRI Research Note No.94

汚染調整済経済成長率等の延長試算について

菱山 大・木滝秀彰・吉本尚史・酒巻哲朗

July 2025



内閣府経済社会総合研究所
Economic and Social Research Institute
Cabinet Office
Tokyo, Japan

ESRI Research Note は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません（問い合わせ先：<https://form.cao.go.jp/esri/opinion-0002.html>）。

ESRI リサーチ・ノート・シリーズは、内閣府経済社会総合研究所内の議論の一端を公開するために取りまとめられた資料であり、学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

資料は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。

The views expressed in “ESRI Research Note” are those of the authors and not those of the Economic and Social Research Institute, the Cabinet Office, or the Government of Japan.

汚染調整経済成長率等の延長試算について

菱山 大・木滝秀彰・吉本尚史・酒巻哲朗¹

要 旨

本稿は、OECD が 2023 年に公表した研究に基づき、日本における「汚染調整経済成長率」やそのバックデータとしての「大気排出勘定」の新たな試算結果を報告するものである。汚染調整経済成長率は、温室効果ガス等の排出削減努力を経済成長率に反映させる指標であり、大気排出勘定は、産業別の大気排出物質の排出量をとらえたものである。試算結果の概要は以下のとおり。1995 年から 2022 年までの期間平均において、温室効果ガス等の削減により汚染調整経済成長率は実質 GDP 成長率を上回っている。また、汚染調整経済成長率への寄与を、労働、資本、(残差で求められる)環境調整全要素生産性 (EAMFP) に分解すると、EAMFP が成長の主たる寄与要因となっている。汚染調整経済成長率の時系列推移を温室効果ガス等の物質別にみると、非メタン揮発性有機化合物や一酸化二窒素が長期的に減少傾向にあることなどから汚染調整経済成長率は多くの期間で実質 GDP 成長率を上回っている。また、2014 年以降の汚染調整経済成長率が実質 GDP 成長率を上回る背景には二酸化炭素の削減が大きい。今回の分析で取り扱わなかった汚染調整経済成長率における自然資本の寄与の試算に向け、いくつかの自然資本についての試算方法の検討と試算結果を補論に示した。

¹ 菱山大：内閣府本府規制改革推進室次長（前・内閣府経済社会総合研究所総括政策研究官）、木滝秀彰：内閣府経済社会総合研究所主任研究官、吉本尚史：同研究官、酒巻哲朗：同特別研究員。本稿を執筆するにあたっては、早見均慶應義塾大学商学部教授、氏川恵次横浜国立大学国際社会科学研究院教授、佐藤真行神戸大学大学院人間発達環境学研究科教授、深見正仁東京商工会議所環境社会検定委員会顧問、牧野好洋静岡産業大学経営学部教授より貴重なご助言をいただいた。あらためて感謝を申し上げます。なお、本稿中の見解、分析等はいくまで筆者個人のものであり、経済社会総合研究所のものではない。また、データや分析における誤り等の責任はすべて筆者に帰するものである。

目次

1. はじめに	3
2. OECD の枠組みに基づく「汚染調整済経済成長率」の試算	4
2. 1. OECD の枠組み	4
2. 2. OECD の試算結果	6
2. 3. 我が国の「汚染調整済経済成長率」の試算	10
2. 4. 我が国の汚染調整済経済成長率の産業別寄与度	14
3. 大気排出勘定の試算	18
3. 1. 大気排出勘定の概要	18
3. 2. 大気排出勘定の試算方法について	20
3. 2. 1. 二酸化炭素 (CO ₂)	22
3. 2. 2. メタン (CH ₄)、一酸化二窒素 (N ₂ O)	23
3. 2. 3. ハイドロフルオロカーボン (HFCs)、パーフルオロカーボン (PFCs)、六 フッ化硫黄 (SF ₆)、及び三フッ化窒素 (NF ₃)	25
3. 2. 4. 非メタン揮発性有機化合物 (NMVOC)	27
3. 2. 5. 一酸化炭素 (CO)、窒素酸化物 (NO _x)、二酸化硫黄 (SO ₂)	28
3. 2. 6. ブリッジングアイテムの試算	28
3. 3. 大気排出勘定の試算結果	32
4. 今後の課題	35
補論 我が国の自然資本の試算について	36
A. 1. 自然資本とは何か	36
A. 2. 自然資本測定への取り組み	36
A. 3. 試算の概要と結果	37
A. 3. 1. 試算の基本的な考え方	37
A. 3. 2. 試算結果	38
A. 4. まとめと今後の課題	43
参考資料 1. 令和 5 年度研究会について	45
参考資料 2. 共通報告様式 (CRF) の項目と大気排出勘定の産業分類の対応	47
参考資料 3. 大気排出勘定の産業分類と国民経済計算の経済活動分類の対応	50
参考文献	52

1. はじめに

気候変動問題への対応が喫緊の課題となる中、脱炭素社会の実現に向けた取り組みの効果を「見える化」するため、経済活動の環境への影響をとらえる統計や指標を整備することは重要な課題である。

内閣府経済社会総合研究所では、脱炭素の観点から経済活動の環境への影響を GDP に反映させる指標の調査研究を実施しており、これまで、2022年8月と2024年2月に、「汚染調整経済成長率」やそのバックデータとしての「大気排出勘定」の試算結果を公表している。

「汚染調整経済成長率」とは、温室効果ガス等の排出削減努力を経済成長率に反映させる指標である。OECD は資本や労働の投入や温室効果ガス等の排出と経済成長率の関係を捉えるために、成長会計の枠組みを経済と環境の相互関係に拡張した、「環境調整済全要素生産性」の分析枠組みを提案しており、「汚染調整経済成長率」はこの分析枠組みに基づく概念である。

また、「大気排出勘定」は、産業別の大気排出物質の排出量をとらえたものとなっている。国際連合は、国民経済計算と統合的な枠組みで経済と環境の関係をとらえる「環境経済勘定体系（SEEA）」を国際基準として策定しており、世界各国でデータの整備が進められている。試算した「大気排出勘定」(Air Emissions Accounts)はこのSEEAに準拠したものとなっている。

松多他(2024)ではOECDによる「汚染調整経済成長率」の枠組みの解説やOECDが2023年に公表した試算結果(Cárdenas Rodríguez et al. 2023)の紹介、SEEAの概念に基づく大気排出勘定の解説、及び日本における「汚染調整経済成長率」や「大気排出勘定」試算結果について報告している。本研究では、基本的な枠組みは松多他(2024)に倣いつつ、日本における「汚染調整経済成長率」及び「大気排出勘定」の直近のデータを用いた試算結果を報告する。

また、Cárdenas Rodríguez et al. (2023)では、「環境調整済全要素生産性」の分析に当たって、自然資本の寄与を考慮しているが、本研究では捨象している。しかし、Cárdenas Rodríguez et al. (2023)の枠組みにより適合した分析を行うためには、自然資本のデータを整備する必要がある。そこで、我々の研究を、自然資本の寄与を含める方向へ拡張するための検討の一環として、いくつかの自然資本について、試算方法の検討と試算を行った。

本稿の構成内容は次のとおりである。第2節では、OECDの枠組みに基づく「汚染調整経済成長率」の推計手法や最新の分析結果を紹介し、日本における試算結果を報告する。第3節ではSEEAに基づく「大気排出勘定」の試算結果について報告を行う。第4節では今後の課題について整理する。我が国の自然資本の試算方法や試算結果については、補論に示した。

2. OECD の枠組みに基づく「汚染調整済経済成長率」の試算

2. 1. OECD の枠組み

OECD による汚染調整済経済成長率のアプローチは成長会計の概念を基礎としている²。生産技術を表した変形関数の概念を用いて、投入に自然資本を、産出に温室効果ガス及び大気汚染物質を含む形で拡張を行っている。変形関数 H は、次式で定義される。

$$H(Y, R, K, L, S, t) \geq 1 \quad (1)$$

この変形関数は、生産可能集合の考え方に基づいた効率性を表現する関数である。 H の性質について考えるにあたり、ここでは、労働 L 、生産資本 K 、及び自然資本 S を投入し、付加価値 Y と、温室効果ガス及び大気汚染物質 R を排出する経済主体を考える。第 t 期について投入 (L, K, S) に対し、排出量 R を定めると、技術制約に従い、これらに対する創出可能な付加価値額の最大値 $Y_M(R, K, L, S)$ が決まるとする。経済活動 (Y, R, K, L, S) について、 Y_M が達成されていなければ生産を拡大する余地が残っており、そのことを $H > 1$ と表現することとする。さらにもし、経済活動 (Y, R, K, L, S) について Y_M が達成されていれば、生産を拡大する余地がなく、その状況は $H = 1$ と表現することとする。 $H < 1$ は、経済活動は、 Y_M を実現するためには、生産の規模を縮小することを意味する。これは実際にはありえない経済活動であるため、(1)式の左辺は1以上として表現されている。

投入が増加する、あるいは生産に伴う排出量が増加すると、生産拡大の余地が生まれるので、変形関数 H は R, L, K 及び S について増加的であると仮定される($H_Y = \partial H / \partial V > 0, V \in \{R, L, K, S\}$)。また、付加価値額 Y が増加すると、より効率的になるため、変形関数 H は、 Y について減小的であると仮定される($H_Y = \partial H / \partial Y < 0$)。よって効率的な経済主体は、投入に対して付加価値 Y を増加させる活動を選択するか、排出量 R を抑制させる活動を選択するかのトレードオフに直面しているといえる。

(1)式に対数を取り、時間 t で微分し、いくつかの置き換えなどを行うと、次の式が導出される。

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial t} - \varepsilon_{YR} \frac{\partial \ln R}{\partial t} = \varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} + \varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} + \varepsilon_{YS} \frac{\partial \ln S}{\partial t} + \frac{\partial \ln EAMFP}{\partial t} \quad (2)$$

ここで、 ε は弾性値を表す。OECD の分析では、この(2)式の左辺を汚染調整済経済成長率と定義している。左辺は生産面を表現しており、第1項目は付加価値額の成長率である。第

² 詳細な議論は Cárdenas Rodríguez et al. (2018)を参照のこと。

2項目は、温室効果ガス等の排出量の変化率に、付加価値額に対する温室効果ガス等の排出量の弾性値を乗じたものとなっており、これを「汚染削減調整項」と定義している。変形関数 H の仮定より、 R が変化したときの Y の変化は正になる³。つまり R が増加すれば、 Y も増加するので、 $\varepsilon_{YR} > 0$ となる。よって R を抑制すると、 $-\varepsilon_{YR} \frac{\partial \ln R}{\partial t} > 0$ となり、汚染削減に関する活動について正の評価を行うことになる。

また、(2)式の右辺は投入面を表している。生産面を労働、生産資本、自然資本で寄与度分解すると、その残差が環境調整済全要素生産性 (Environmentally Adjusted Multi-Factor Productivity: EAMFP) として、環境を考慮した生産性を表現することになる。EAMFPの伸びには、技術改善 (望ましい生産 (Y) の増加、クリーンな技術を使うことなどによる望ましくない生産 (R) の削減、投入の効率的な利用)、効率的な組織、規模の経済、投入の組合せ改善などが寄与する (Cárdenas Rodríguez et al. (2023))。

汚染調整済経済成長率及び EAMFP を推計するには、(2)式の各弾性値を求める必要がある。弾性値の推計に用いるモデル式は、前述の(2)式を変形して導出する。ここで、複数の物質 j を大気中へ排出していると想定し、(2)式を整理すると、

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial t} = \frac{\partial \ln EAMFP}{\partial t} + \varepsilon_{YL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} + \varepsilon_{YK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} + \varepsilon_{YS} \frac{\partial \ln S}{\partial t} + \sum_j \varepsilon_{YRj} \frac{\partial \ln R_j}{\partial t} \quad (3)$$

となる。 $\varepsilon_{YV} = -\frac{\varepsilon_{HV}}{\varepsilon_{HY}}$ であることを用いて、

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial t} = \frac{\partial \ln EAMFP}{\partial t} - \frac{1}{\varepsilon_{HY}} \left(\varepsilon_{HL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} + \varepsilon_{HK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} + \varepsilon_{HS} \frac{\partial \ln S}{\partial t} \right) - \frac{1}{\varepsilon_{HY}} \sum_j \varepsilon_{HRj} \frac{\partial \ln R_j}{\partial t} \quad (4)$$

となる。

OECDの分析では、弾性値を推計するために、利潤最大化問題によるアプローチと計量経済学のアプローチを組み合わせている。まず始めに、以下の目的関数を最大化する経済主体を考える。

$$\max Y + P_R R - wL - u_K K - u_S S \text{ s.t. } H(Y, R, K, L, S, t) \geq k \quad (5)$$

この式は、一定期の技術制約 $H(Y, R, K, L, S, t) \geq k$ の下、付加価値額を最大化させる経済主体の行動を表している。ここで P_R は、温室効果ガス等の排出に伴い発生する排出量単位当たり

³ $\partial Y / \partial R = -\frac{\partial H / \partial R}{\partial H / \partial Y} > 0$ である。

の価格を表す（例：規制遵守コスト）。基本的に排出があれば、排出に対する支払いが発生するとみなすので、 $P_R < 0$ を想定している。また w, u_K, u_S は、それぞれ労働投入、生産資本投入、自然資本投入の価格である。ここで、変形関数 H について、アウトプット (Y, R) については、 θ 次同次性 $H(\lambda Y, \lambda R, K, L, S, t) = \lambda^\theta H(Y, R, K, L, S, t)$ を、インプットについては、一次同次性 $H(Y, R, \alpha K, \alpha L, \alpha S, t) = \alpha H(Y, R, K, L, S, t)$ を仮定している。インプットについて一次同次的であれば、(5)式の一階条件により、弾性値 $\varepsilon_{HL}, \varepsilon_{HK}, \varepsilon_{HS}$ はそれぞれ、総費用に対する投入費用ウェイトになる⁴。OECDの分析では投入費用ウェイトに関するデータは取得可能なものを利用するため、投入に関する変数は次のように一つの変数 X にまとめることができる。

$$\frac{\partial \ln X}{\partial t} = \varepsilon_{HL} \frac{\partial \ln L}{\partial t} + \varepsilon_{HK} \frac{\partial \ln K}{\partial t} + \varepsilon_{HS} \frac{\partial \ln S}{\partial t} \quad (6)$$

最後に(4)式に(6)式を代入すると、次式を得る。

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial t} = \frac{\partial \ln EAMFP}{\partial t} - \frac{1}{\varepsilon_{HY}} \frac{\partial \ln X}{\partial t} - \frac{1}{\varepsilon_{HY}} \sum_j \varepsilon_{HRj} \frac{\partial \ln R_j}{\partial t} \quad (7)$$

(7)式を計量経済的に推定するために特定化したモデル式が以下の(8)式であり、OECDの分析では、このモデル式の推定結果をもとに弾性値の推計をしている。

$$\dot{Y}_{it} = \alpha_i + \delta_t + \gamma_i \dot{X}_{it} + \sum_j \beta_{ji} \dot{R}_{jit} + u_{it} \quad (8)$$

ここで、 i は国を、 t は年次を、 j は排出される物質を表している。 \dot{Y}_{it} はGDPの変化率、 \dot{X}_{it} は投入の変化率、 \dot{R}_{jit} は各温室効果ガス及び大気汚染物質の排出量の変化率を表している。また、 α_i は生産性の伸び率を、 δ_t は年次ダミーを、 u_{it} は誤差項を表している。

2. 2. OECDの試算結果

OECDは2018年および2023年に成長会計の概念を拡張することで汚染調整済経済成長率を推計している。

図表1は、Cárdenas Rodríguez et al. (2018) (以下「OECD (2018)」という。) および Cárdenas Rodríguez et al. (2023) (以下「OECD (2023)」という。) の分析の範囲を整理したものである。OECD (2018) では、EAMFPの推計を、1991年から2013年⁵にかけて、

⁴ 詳細は Cárdenas Rodríguez et al. (2018) の [7] 式から [10] 式を参照のこと。

⁵ 統計の利用可能性の影響等で EAMFP の推計期間が異なる国もある。

46 か国を対象におこなっており、自然資本投入については、非再生可能自然資本のみを考慮している。具体的には、燃料関係の4種（無煙炭、褐炭 (Brown Coal)、原油、天然ガス）及び10種の鉱物資源（ボーキサイト、銅、金、鉄鉱石、鉛、ニッケル、リン酸塩、銀、スズ、亜鉛）を自然資本の対象としている。大気排出物については、温室効果ガス3種（二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、一酸化二窒素 (N₂O))、及び大気汚染物質の5種（硫黄酸化物 (SO_x)、窒素酸化物 (NO_x)、PM₁₀、一酸化炭素 (CO)、非メタン揮発性有機化合物 (NMVOC)) を分析の対象としている。

OECD (2023) では、分析期間を1996年から2018年までとし、対象国を52か国に拡大している。自然資本投入については、非再生可能な自然資本に加え再生可能な自然資本を考慮している。再生可能な自然資本は、土地資源の3種（耕作地、草地、森林地）、生物資源の2種（海洋捕獲漁業、非育成木材）、生態系サービスの3種（森林生態系サービス（流域保護）、森林生態系サービス（非木材森林生産物）、マングローブ生態系サービス（沿岸洪水防止））としている⁶。なお、非再生可能な自然資本について対象物質の変更はない。そして、大気排出物については、温室効果ガス2種（三フッ化窒素 (NF₃)、六フッ化硫黄 (SF₆))、大気汚染物質2種（アンモニア (NH₃)、ブラックカーボン (BC)) を新たに分析の対象としている。

図表1：OECDによる分析の整理

	分析期間	対象国	自然資本	大気排出物	汚染削減調整項の推計に用いる大気排出物
OECD (2018)	1991-2013	46 か国	非再生可能自然資本のみ	8 種	CO ₂ 、CH ₄ 、NMVOC
OECD (2023)	1996-2018	52 か国	非再生可能自然資本 + 再生可能自然資本	12 種	CO ₂ 、N ₂ O、NMVOC、SF ₆

成長会計の枠組みで生産性を推計する場合、経済活動に伴う温室効果ガス及び大気汚染物質の排出に関するシャドウプライスの情報が必要となるが、利用可能なデータに制限があるため、OECDのアプローチでは統計的手法で推計を行っている。OECD(2018)及びOECD(2023)では、最小二乗法 (OLS)、固定効果 (FE)、変量効果 (RE)、ランダム係数モデル (RCM) の複数のモデルで推定を行い、モデルの優位性を統計的に判断した結果、ラ

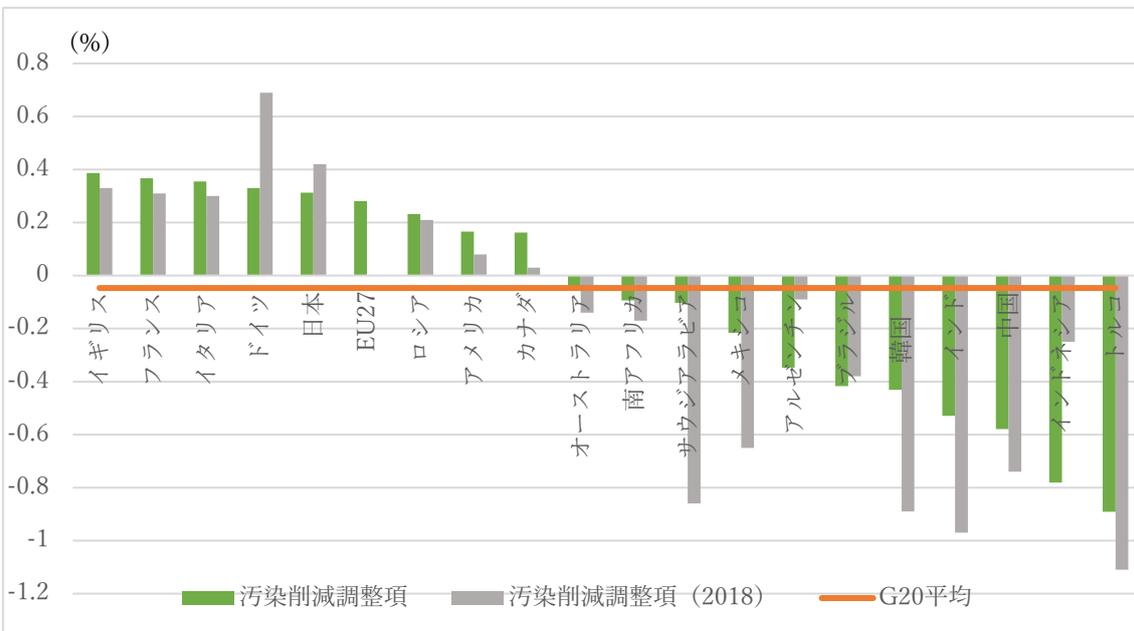
⁶ OECD (2023)では、Annex D.において、再生可能エネルギー源の3種（水力、風力、太陽光）を考慮した分析も実施している。

ンダム係数モデルの推定結果を採用している。

OECD (2018) における回帰分析の結果では大気排出物のうち、二酸化炭素、メタン、非メタン揮発性有機化合物、の 3 物質が統計的に有意となったため、これらの 3 物質の弾性値に基づいて推計を行っている。これに対して、OECD (2023)で統計的に有意となった物質は、二酸化炭素、非メタン揮発性有機化合物、一酸化二窒素、六フッ化硫黄となり、推計の対象となる物質が変更となっている。

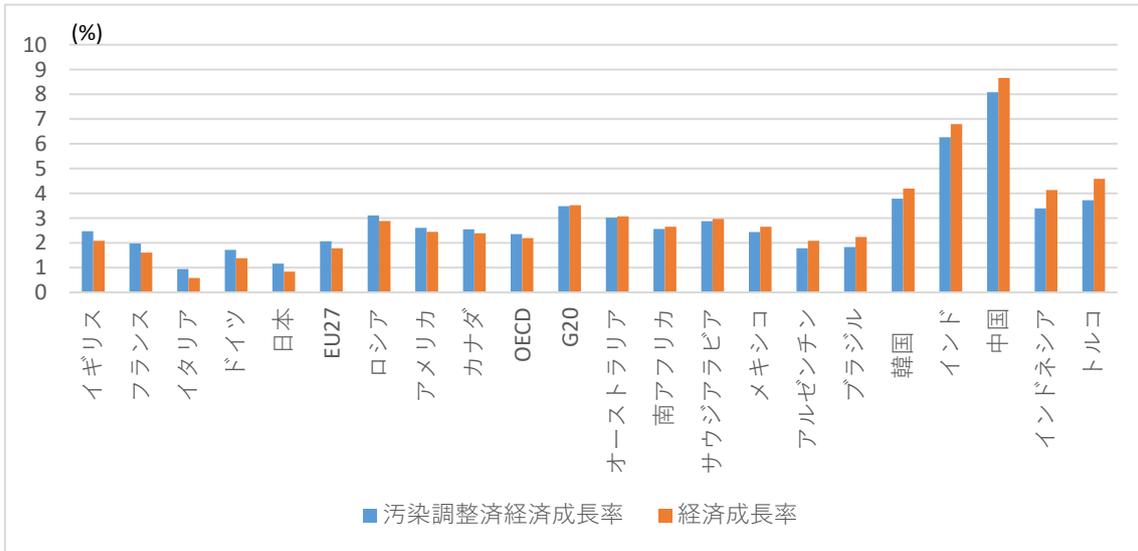
図表 2 は、OECD(2018)と OECD (2023)における、「汚染削減調整項」について、G20 メンバーの試算結果を比較したものである。汚染削減調整項の試算に用いる物質が変更になったものの、日本は G20 の中で、上位層に位置付けられている。また、図表 3 は OECD (2023)における、「汚染調整済経済成長率」について、G20 メンバーの試算結果を図示したものである。OECD (2018) の試算において、日本は、経済成長率は年平均で、0.93%であったが、汚染削減調整項が経済成長率換算で 0.42%プラスに評価されることから、汚染調整済経済成長率は 1.34%と推計されていた。これに対して OECD (2023) では、経済成長率は年平均で 0.84%であり、汚染削減調整項が経済成長率換算で 0.31%プラスの評価となったため、汚染調整済経済成長率は、1.16%と推計されている。また、図表 4 が示すとおり、OECD (2023)では、日本の汚染調整済経済成長率への寄与として、EAMFP が最も大きな割合を占めている。

図表 2 : OECD (2018) と OECD (2023) による G20 メンバーの「汚染削減調整項」の推計結果比較



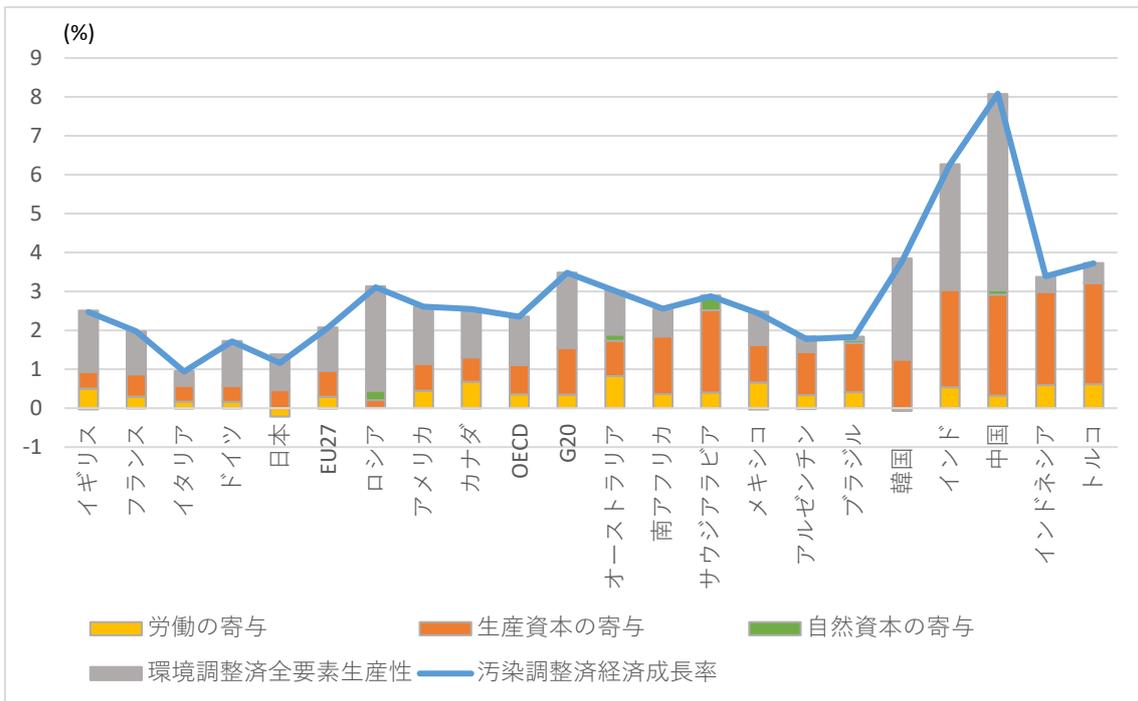
(出所) OECD(2018),p28,Table5.及び OECD(2023),p42-43,TableA.1 より筆者作成

図表3：OECD(2023)によるG20の「汚染調整経済成長率」の推計結果



(出所) OECD(2023),p42-43,TableA.1 より筆者作成

図表4：OECD(2023)におけるG20の「汚染調整経済成長率」の寄与度分解



(出所) OECD(2023),p42-43,TableA.1 より筆者作成

2. 3. 我が国の「汚染調整経済成長率」の試算

前回の試算と同じく、我が国の汚染調整経済成長率及びEAMFPの試算に当たっては、OECD(2023)において52か国を対象とするパネルデータを用いて推計された我が国の「温室効果ガス等の排出に対する実質GDP弾性値」を利用している。また、前回と同様に日本全体の試算だけでなく、産業別の試算も行った。我が国の弾性値の値はそれぞれ、図表5である。また、簡略化のため、鉱物資源などの自然資本の寄与は計算していない⁷。

図表5：我が国の「温室効果ガス等の排出に対する実質GDP弾性値」

二酸化炭素 (CO ₂)	一酸化二窒素 (N ₂ O)	非メタン揮発性 有機化合物 (NMVOC)	六フッ化硫黄 (SF ₆)
0.071	0.028	0.081	0.005

(出所) OECD(2023), p59, Table B.3.より筆者作成

試算の対象期間は1995年から2022年の28年間であり、OECD(2023)と比較して直近の年次までの試算を行っている。用いたデータは、実質GDPについては内閣府の公表値⁸を、労働投入及び資本投入については独立行政法人経済産業研究所のJIPデータベース2023を利用した。ただし、JIPデータベース2023は労働投入については、2021年までのデータしか取得できないため、2023年度国民経済計算フロー編V.付表(3)経済活動別の就業者数・雇用者数、労働時間数のデータを用いて簡易的に延長推計を行った。同様に、資本投入については、2020年までのデータしか取得できないため、2023年度国民経済計算ストック編III.付表4.固定資本ストックマトリックスの伸び率を用いて延長推計を行っている。

また、温室効果ガス等については、2024年4月に、環境省・国立環境研究所より公表された日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2024)(以下「インベントリ⁹」という。)を使用した。なお、実質GDPやJIPデータベースの単位は暦年であるのに対し、温室効果ガスインベントリで報告されている排出量は年度単位である。これらの単位を統一するた

⁷ OECDの分析でも自然資本は主に資源国で大きな寄与を示しており、日本では小さな寄与にとどまっている。

⁸ 分析を通して変化率は当期と前期の自然対数の差分で近似している。そのためGDPの実数は公表値を用いているが成長率については公表値と異なる。

⁹ 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」とともに、「日本の温室効果ガス排出量データ」、「日本国温室効果ガスインベントリ報告書(NIR)の各分野に掲載されている時系列データ」、「共通報告表(Common Reporting Table: CRT)」が公表されており、本稿では関連するデータも含めて「インベントリ」という。汚染調整経済成長率等の試算では、主に報告書及びCRTのデータを使用している。

めに、温室効果ガス等の排出量は簡便な方法により、暦年に換算をしている¹⁰。それに加え、2.4節の産業別分析と整合性を保つため、温室効果ガス及び大気汚染物質の排出の概念を属地主義から居住者主義に変換している¹¹。そのため、インベントリで報告されている排出量の変化と本研究で用いている排出量の変化は一致しない。

図表6は、過去の試算結果と今回の試算結果である。今回試算において、1995年から2022年の実質GDP成長率（年平均）は0.73%であり、汚染削減調整項が0.40%ポイント押し上げた結果、汚染調整済経済成長率は両者を加えた1.13%となっている。日本の汚染調整済経済成長率への寄与を、労働、資本、（残差で求められる）EAMFPに分解すると、労働が-0.00%、資本が0.27%、EAMFPが0.86%となっており、EAMFPが成長の主たる寄与要因となっている。また温室効果ガスや大気汚染物質の削減努力を評価した「汚染削減調整項」の内訳をみると、NMVOCの寄与が0.27%と最も大きく、次いでN₂Oの寄与が0.05%となっている。

次に、過去の試算結果と比較をすると、汚染調整済経済成長率の平均は2024年試算の1.06%と比較して、今回試算では1.13%と0.07%ポイント増加している。その内訳をみると、実質GDP成長率の平均が0.07%ポイント増加している。これは、今回新たに対象期間となった2022年の実質GDP成長率が1.84%と大幅に上昇した結果、その平均値が0.07%ポイント押し上げる形となっている。汚染削減調整項の寄与は2024年試算とほぼ同じであり、汚染調整済経済成長率の増加要因は実質GDP成長率が主導する形となっている。また、EAMFPも汚染調整済経済成長率の上昇を受けて、2024年試算の0.80%から今回試算の0.86%へと上昇している。

図表6：今回試算と過去の試算の結果比較

単位：%	2022年試算	2024年試算	今回試算
対象期間	1995-2018	1995-2021	1995-2022
汚染調整済経済成長率	1.32	1.06	1.13
実質GDP成長率	0.85	0.66	0.73
汚染削減調整項（計）	0.46	0.39	0.40
汚染削減調整項CO ₂	0.01	0.04	0.04
汚染削減調整項N ₂ O	-	0.05	0.05
汚染削減調整項CH ₄	0.31	-	-
汚染削減調整項NMVOC	0.14	0.27	0.27
汚染削減調整項SF ₆	-	0.04	0.04
労働投入	0.11	0.00	-0.00
資本投入	0.25	0.27	0.27
EAMFP	0.96	0.80	0.86

¹⁰ 当該年における暦年の値は、前年度の値の1/4の値と当該年度の値の3/4の値とを足し合わせたものとなっている。

¹¹ 属地主義および居住者主義については、第3節の図表13を参照。

次に、我が国の汚染調整経済成長率及びその寄与度を時系列の推移でみていく。図表 7 は汚染調整経済成長率の寄与度分解の推移を図示したもの、図表 8 は汚染削減調整項の内訳の推移を図示したものである。図表 7 が示すように汚染調整経済成長率は実質 GDP 成長率を多くの期間で上回っている。世界金融危機の影響を受けた 2008 年及び 2009 年では、経済活動の縮小により二酸化炭素等の排出量の減少を反映して汚染削減調整項の寄与が高まっている。しかし、2014 年以降は、経済成長と二酸化炭素の減少が同時に達成されており、デカップリングが実現されているといえる。2020 年においては新型コロナウイルス感染症の流行で経済成長率による経済活動の落ち込みと二酸化炭素排出量の減少が同時に観測されるが、2021 年以降の新型コロナウイルス感染症の影響からの回復により、経済成長率が上昇する期間においても二酸化炭素排出量は横ばいないし減少で推移していることから、デカップリングの基調は継続していると評価できる。汚染削減調整項の内訳をさらに見ていくと、図表 8 が示すとおり、NMVOC や N₂O が多くの期間でプラスの寄与となっており、さらに 2014 年以降はこれらの物質に加えて CO₂ がプラスの寄与となっている。以下では汚染削減調整項の構成要素となっている各物質の大まかな動向について整理する。産業内での排出の動向については、産業別の寄与度の分析で述べる。

CO₂については、環境省(2024)によると、省エネによるエネルギー消費量の減少や再エネ拡大に伴う CO₂ 排出量の減少により、2013 年度の温室効果ガス排出量と比較すると 2022 年度の温室効果ガスの排出量は 22.9%減少したと報告されている。インベントリによると、2022 年度の CO₂ の排出量(電気・熱配分後¹²⁾) 10 億 3,700 万トンのうち 93.0%がエネルギー起源によるものである。その内訳としては、産業部門(工場等)が 34.0%、運輸部門(自動車等)が 18.5%、業務その他部門(商業・サービス・事業所等)が 17.3%、家庭部門が 15.3%、エネルギー転換部門が 8.0%となっている。

N₂O については、インベントリによると、1990 年度には排出量が 2,975 万トン(CO₂ 換算)であり、1997 年度には 3,216 万トンと増加傾向にあったが、1998 年度以降、排出量は減少傾向に転じており、2022 年度には 1,766 万トンと 1990 年度比で 40.6%の減少となっている。1990 年度と比較して減少した背景について、インベントリでは、1999 年 3 月にアジピン酸製造工場において N₂O 分解設備が稼働したことにより工業プロセス及び製品の使用分野からの排出量が大幅に減少したと報告されている。

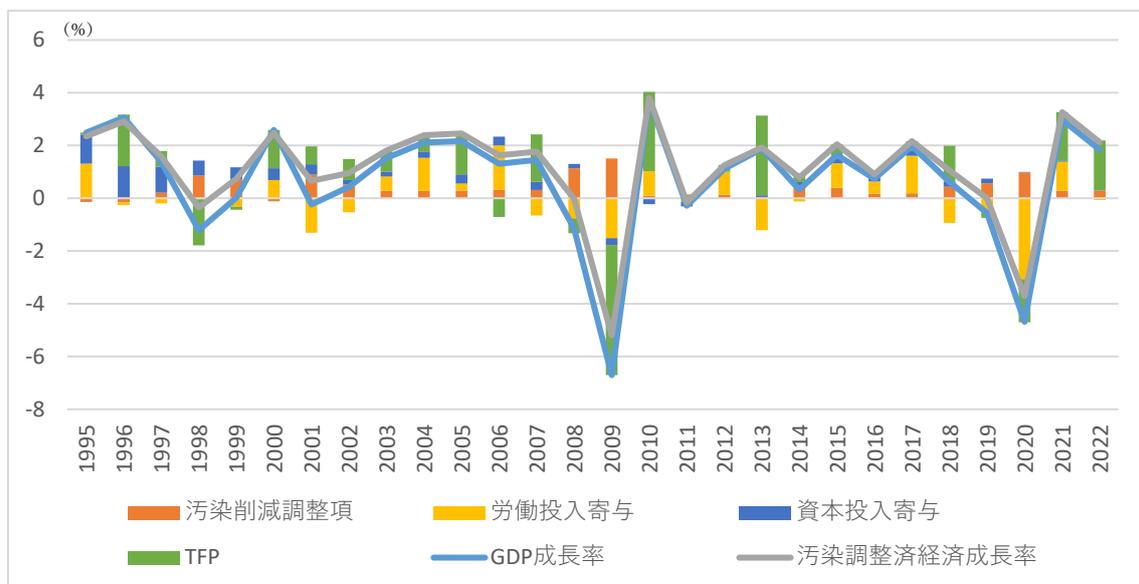
NMVOC は、インベントリによると、その排出量は 1990 年度から長期的に減少してきており、2022 年度には 80 万トンと 60%程度減少している。長期的な減少の背景には 2004 年の大気汚染防止法改正により、2006 年から実施されている揮発性有機化合物(VOC)の排出規制がある。改正以前には、自動車業界や印刷業界での排出抑制の取り組みなどが進められており(環境省 2006)、1993 年から 2003 年にはいくつかの地方自治体で条例による VOC

¹² インベントリによると、電気・熱配分後の CO₂ 排出量とは、「発電及び熱発生に伴うエネルギー起源 CO₂ 排出量を、電力及び熱の消費量に応じて、消費者側の各部門に配分した値」である。

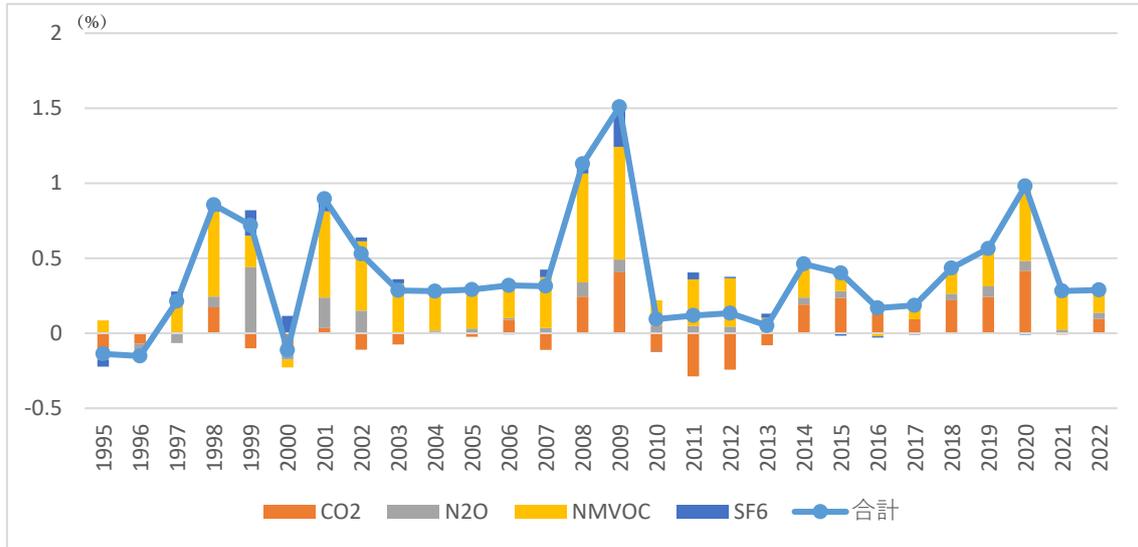
の排出規制などがなされていた(経済産業省・社団法人産業環境管理協会 2010)。経済産業省・社団法人産業環境管理協会(2010)によると、2006年から実施された排出規制は、2000年度の大気排出量を基準として、2010年度までに、排出量を3割削減することを目標として、法規制と自主的取り組みとを組み合わせさせた制度となっている。環境省(2015)によると2010年度におけるVOC排出量は目標の3割程度削減を上回る4割以上の削減を達成したことを受け、以降は国としては新たな削減目標は定めず、排出規制と自主的取組が継続して行われている。

SF₆については、インベントリによると、排出量は1990年度から1996年度にかけて、1,380万トン(CO₂換算)から1,830万トンと増加傾向にあった。その後は減少傾向にあり、2009年以降はほとんど変化していない状況であり、長期的に見るとピークから大きく減少している。インベントリは、1990年度と2022年度の排出量の比較において、減少の背景として、電気絶縁ガス使用機器からの排出量が減少したことによるものであるとしており、電気設備からの排出は1990年度と比較して2022年度には93.1%減少している。SF₆は京都議定書で削減目標として掲げられており、日本電機工業会や電気事業連合会が自主行動計画を策定し、使用機器の製造時・使用時・廃棄時の排出量を一定の割合まで削減することを目標とした。環境省によると1990年代における電気設備からの排出量のうち約8割程度が、製造時によるものである。経済産業省(2015)によると、メーカ各社において、機器自体の小型化によるガス使用量の削減やガス回収設備の高機能化により製造時における排出量が大幅に削減されたとしている。

図表7：我が国の汚染調整済経済成長率の寄与度分解



図表 8：汚染削減調整項の内訳の推移



2. 4. 我が国の汚染調整経済成長率の産業別寄与度

我が国の汚染調整経済成長率及び EAMFP については、日本全体の指標を産業別の寄与度として分解し、産業ごとの特徴を整理した。

本稿では、産業別汚染調整経済成長率の産業別寄与度について 1995 年から 2021 年の間を対象に試算を行った。付加価値額については、マクロの試算と同じく内閣府の 2023 年度国民経済計算年次推計値を用いた。また労働投入及び資本投入については、経済産業研究所の JIP データベース 2023 を用いた。ただし資本については、2020 年までのデータしか取得できないため、内閣府の 2023 年度国民経済計算ストック編Ⅲ.付表 4. 固定資本ストックマトリックスの伸び率を用いて簡易的な延長を行った。また、温室効果ガス及び大気汚染物質の産業別排出量については、環境経済勘定体系 (SEEA) に基づく大気排出勘定を使用した (詳細は第 3 節を参照)。

汚染調整経済成長率の産業別寄与度は、以下の計算方法により試算している。

産業 i の汚染削減調整項 (寄与度)

$$= \sum_j \text{物質 } j \text{ の GDP 弾性値 (OECD 推計)} \times \text{物質 } j \text{ に関する産業 } i \text{ の「排出量ウェイト} \\ \times \text{排出量変化率}」 \times (-1) \quad (9)$$

産業 i の汚染調整経済成長率 (寄与度)

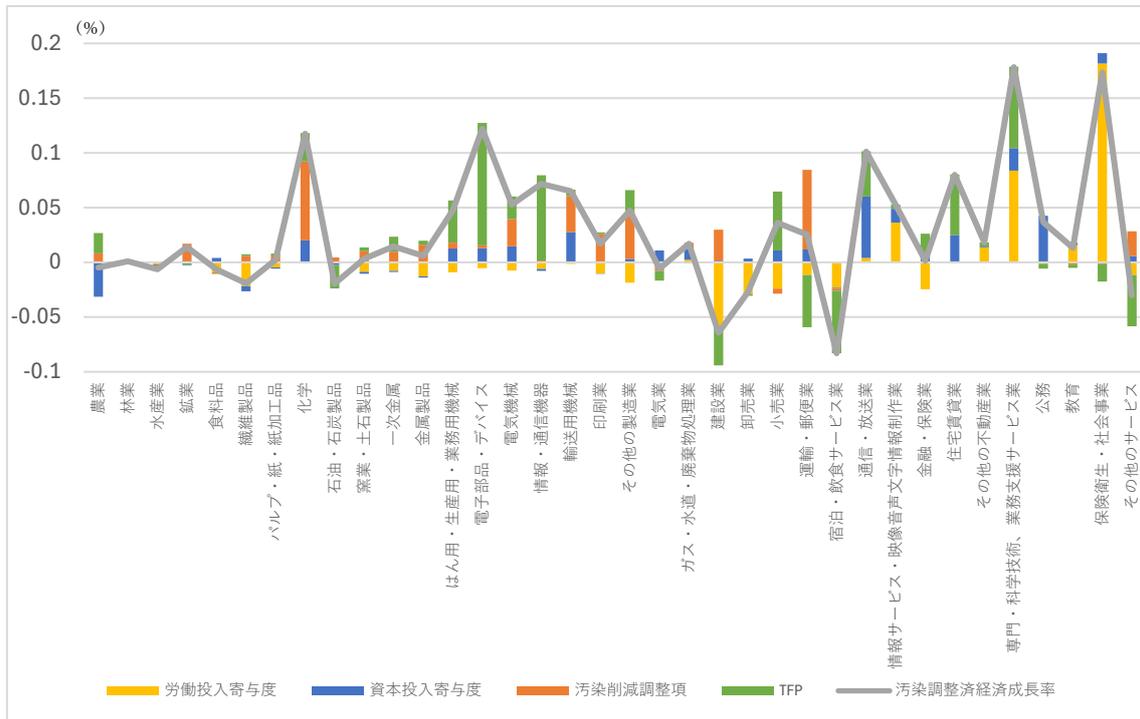
$$= \text{産業 } i \text{ の名目 GDP ウェイト (前期と今期の平均)} \times \text{産業 } i \text{ の実質 GDP 成長率} \\ + \text{産業 } i \text{ の汚染削減調整項 (寄与度)} \quad (10)$$

産業 i の EAMFP (寄与度)

$$= \text{産業 } i \text{ の汚染調整経済成長率 (寄与度)} \quad - \text{産業 } i \text{ の労働の寄与} \\ - \text{産業 } i \text{ の資本の寄与} \\ = \text{産業 } i \text{ の全要素生産性} + \text{産業 } i \text{ の汚染削減調整項 (寄与度)} \quad (11)$$

汚染調整済経済成長率の産業別寄与度の要因分解を行っているのが図表 9 である。多くの産業で汚染削減調整項がプラスの寄与となっている。これは、温室効果ガス等のうち NMVOC 削減によるプラス寄与が多くの産業で見られることを反映している。全要素生産性(Total Factor Productivity: TFP)、資本の寄与は多くの産業でプラスであり、TFP の寄与の方が資本の寄与よりも多くの産業で大きい（つまり経済全体の動きと産業別の動きが一定程度似ている。）。一方、労働の寄与は多くの産業でマイナスの寄与であるが、少数の産業（保健衛生・社会事業等）の大きなプラスの寄与がそれを相殺している。

図表 9：汚染調整済経済成長率の産業別寄与度の要因分解(全期間の平均)



1995年から2021年の平均の汚染削減調整項の内訳は図表 10 及び図表 11 の通りである。一酸化二窒素 (N₂O) は主に、農用地の土壌や家畜排せつ物の管理等、一部の化学製品原料の製造過程、および輸送業に関連する乗用車等の利用によって発生する。それぞれの産業において N₂O の削減効果がみられるが、もっとも寄与しているものは「化学」であり、上述のとおり、アジピン酸製造過程における N₂O 分解装置の設置による削減効果が大きい。次に大きいのは「運輸・郵便業」の寄与度であり、これは、ガソリン乗用車について 1997 年より低排出ガス対策車販売が販売されたことや、2000 年からの新規制により N₂O の排出を削減する装置が装着されたことによる。

非メタン揮発性有機化合物 (NMVOC) は、エネルギー燃料から排出されるとともに、「工業プロセス及び製品の使用」によって排出される。後者は、具体的には、塗料、洗浄剤、接着剤、インキ等の溶剤として含有しており、これらの使用で発生する。NMVOC は排出規

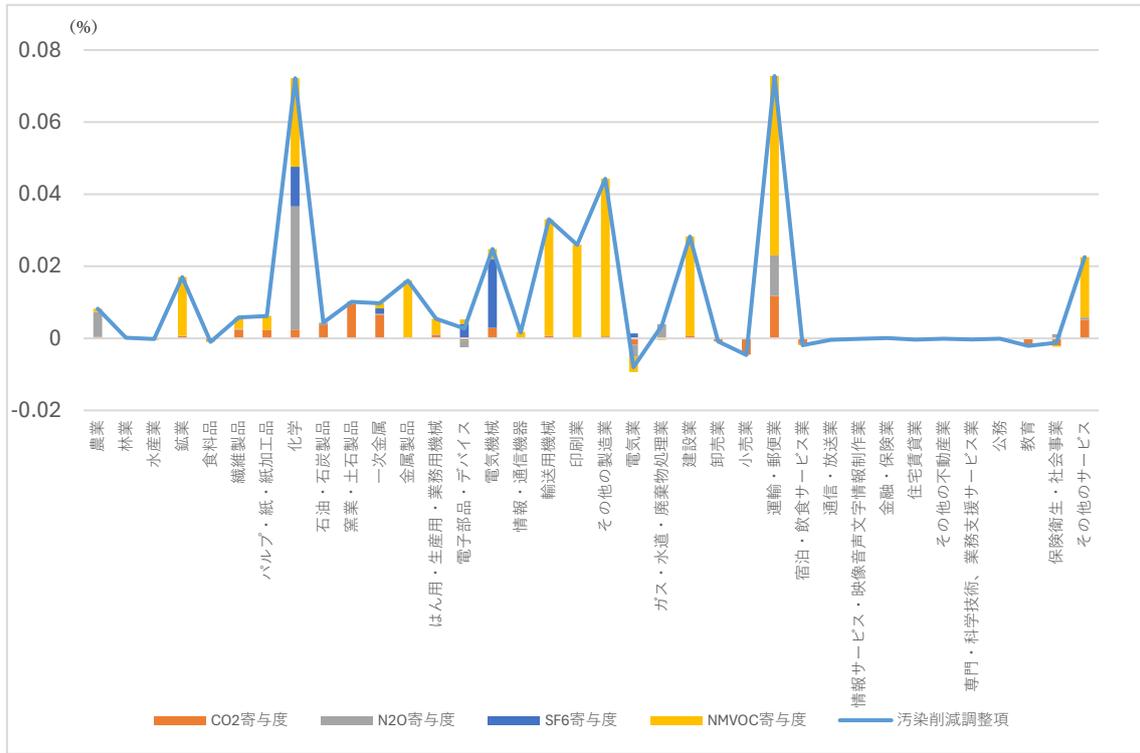
制と各産業の自主的な排出量削減の取り組みにより、毎年着実に減少している。産業別にみると排出量が多く（つまり排出ウェイトが大きく）かつ排出削減量も多い、「運輸・郵便業」、「その他製造業」、「建設業」、「輸送用機械」および「印刷業」の寄与度が高くなっている。

六フッ化硫黄（SF₆）は、電気設備の製造や、マグネシウム溶解のための使用、半導体等の製造工程等で使用される。前述のとおり、SF₆が使用される電気設備において、業界団体の取り組みにより、排出量が減少したことにより「電気機械」の寄与度が高くなっている。

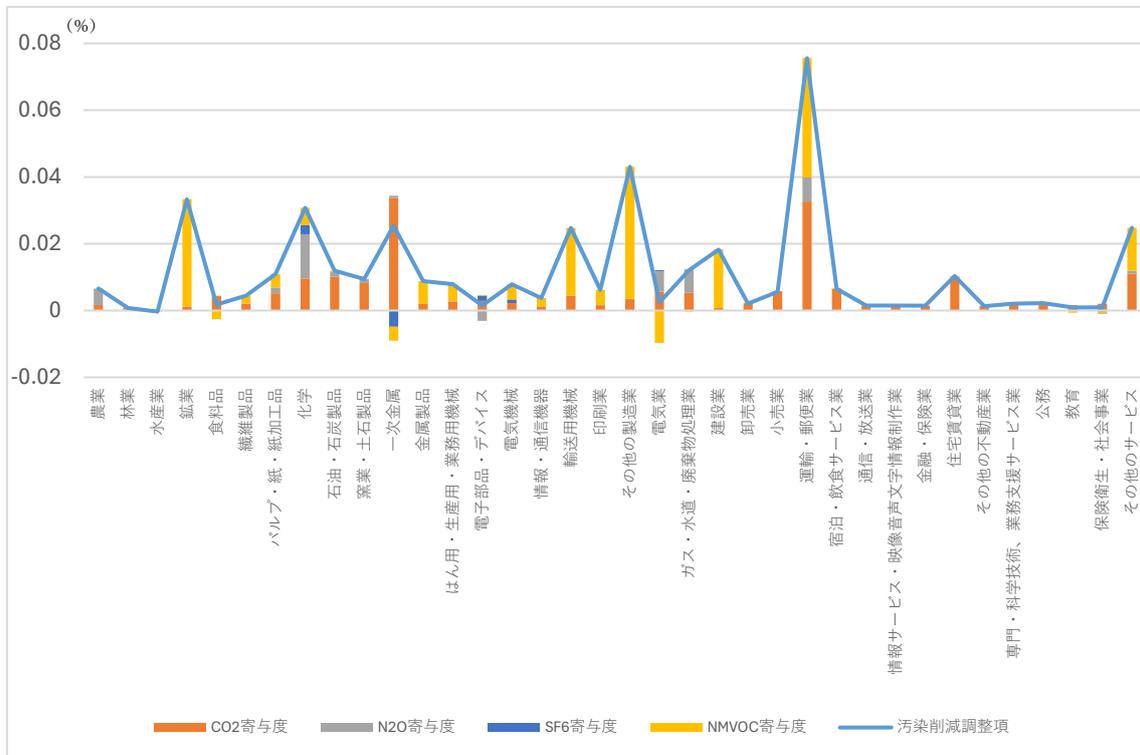
CO₂は、全期間で見ると、「窯業・土石製品」、「一次金属」および「運輸・郵便業」の寄与が大きい。図表 11 をみると、2014 年以降の期間はより広範な産業で明確な寄与がみとれる。製造業全体が省エネへの取り組みを進め CO₂ 排出量を削減していく中、特に「一次金属」において、排出量が大きく（排出ウェイトが高く）、かつ削減量が大きいため、CO₂ 削減による汚染削減調整項の寄与度が高くなっている。運輸・郵便業については、自動車からの CO₂ 排出が 2000 年代に入り燃費の改善等により減少傾向にあり、また新型コロナウイルス感染症の影響により走行量が激減したことを受け、汚染削減調整項の寄与度が高くなっている。

総じて、温室効果ガスおよび大気汚染物質について、物質によっては特定の産業にその排出が限られているケースも多く、削減の寄与がこうした産業に偏る傾向がある。

図表 10：汚染削減調整項の内訳（全期間の平均）



図表 11：汚染削減調整項の内訳（2014-2021 年平均）



3. 大気排出勘定の試算

「汚染調整経済成長率」の試算に用いた温室効果ガス及び大気汚染物質の排出量に関するデータは、2012年に国連が国際基準として採択した環境経済勘定体系セントラルフレームワーク（SEEA-CF）¹³の勘定表の一つである大気排出勘定（Air Emissions Accounts）に基づくデータを利用している。本稿では、松多他（2024）の手法に基づき、1991年から2021年を対象に、日本国温室効果ガスインベントリで公表されている二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）、ハイドロフルオロカーボン類（HFCs）、パーフルオロカーボン類（PFCs）、六フッ化硫黄（SF₆）、三フッ化窒素（NF₃）、一酸化炭素（CO）、窒素酸化物（NO_x）、非メタン揮発性有機化合物（NMVOC）及び二酸化硫黄（SO₂）について大気排出勘定を試算した¹⁴。以下では、その試算方法について述べる。

3. 1. 大気排出勘定の概要

国連は、2012年にSEEAを国際基準として採択した¹⁵。SEEAは国民経済計算と統合的な産業分類や制度部門で、環境と経済の相互関係を包括的にとらえる勘定体系である。SEEAは、

- ・ 環境から経済への天然資源等の物質の投入、経済における物質の使用・供給、経済から環境への物質の排出を捉える「物的フロー勘定」
- ・ 鉱物資源、土地、森林、水産資源などの環境資産を物的、貨幣的に記録する「資産勘定」
- ・ 環境保全のための経済活動を記録する「環境活動勘定」（環境保護支出勘定、環境財・サービス部門統計）

など、多数の勘定表から構成される。

物的フロー勘定では、特定の物質に着目して詳細に記録する勘定表も提案されているが、脱炭素との関係では、事業所と家計から大気に放出されたガス状・粒子状の物質を記録する「大気排出勘定」が重要である。

温室効果ガス及び大気汚染物質の排出・吸収状況に関するデータは、国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）に基づき、温室効果ガスインベントリ報告書として締約国から国連に提出されている。大気排出勘定は、インベントリ報告書のデータを基に作成しており、排出量を産業別及び家計の目的別に記録する。一方でインベントリ報告書のデータは必ずしも産業別に整備されていない項目もあるので、国民経済計算等と統合的な産業分類に組み替える必要がある（図表12）。また、インベントリ報告書は一国の領域内で発生した物質を記録する「属地主義」に基づき作成されているため、SEEAと統合的な「居住者主義」に組み替える必要がある。具体的には、非居住者が国内で発生させた分は除き、国内の居住者が海外

¹³ 3. でSEEAに言及する場合はSEEA-CFを指す。

¹⁴ 3. の大気排出勘定は2023年版のインベントリに基づき1991年～2021年の値を試算している。

¹⁵ SEEAに関する以下の説明は、主に内閣府（2016）に基づく。

で発生させた分を含める必要がある（図表 13）。具体的には運輸業において調整を行い、調整項をブリッジングアイテムとして記録する。

図表 12：インベントリから大気排出勘定への組み換えイメージ

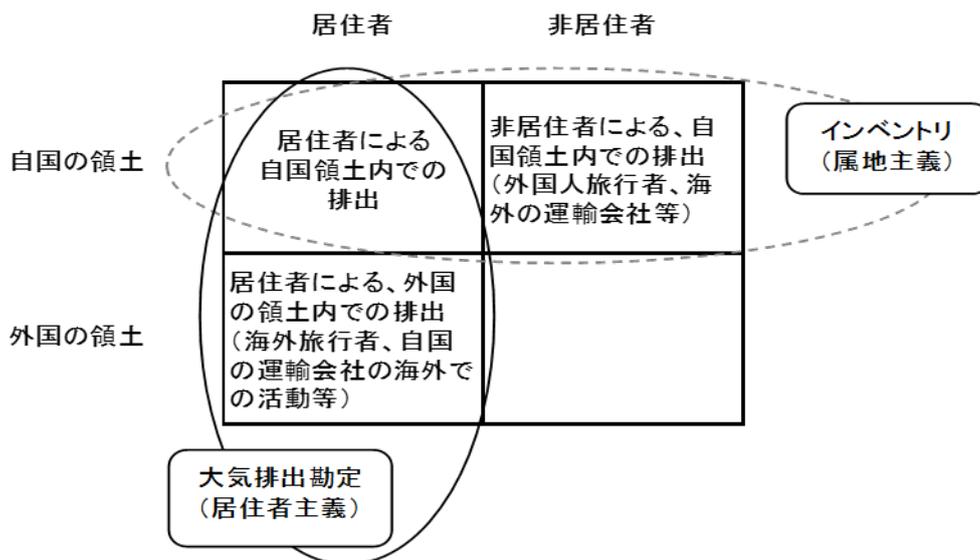
温室効果ガスインベントリ項目のイメージ

1. エネルギー	燃料の燃焼（産業別内訳）、燃料からの漏出等
2. 工業プロセス及び製品の使用	産業別内訳、オゾン層破壊物質代替品等
3. 農業	腸内発酵、肥料管理、稲作等
4. 土地利用、土地利用変化及び林業	森林、農地、草地、湿地、開発地等
5. 廃棄物	固形廃棄物の処分、排水処理と排出等
6. その他	スモッキング等
純排出量(1~6)	
メモ項目	国際バンカー等

大気排出勘定の産業分類（大分類）

1. 農林水産業	12. 宿泊・飲食サービス業
2. 鉱業・採石業	13. 娯楽・生活関連サービス業
3. 建設業	14. 教育・学習支援業
4. 製造業	15. 医療・福祉
5. 電気・ガス・熱供給・水道業	16. サービス業
6. 情報通信業	17. 公務
7. 運輸・郵便業	18. 分類不能
8. 卸売・小売業	19. 家計
9. 金融・保険業	合計(居住者主義)
10. 不動産・物品賃貸業	ブリッジングアイテム (控除、加算)
11. 学術研究・専門技術サービス業	合計(属地主義)

図表 13：大気排出勘定における居住者主義と属地主義



(備考) Eurostat (2015) Figure 3 を基に筆者作成。

3. 2. 大気排出勘定の試算方法について

大気排出勘定の作成においてはインベントリ¹⁶のデータを用い、大気排出勘定の産業分類に直接対応できる場合はそのまま計上し¹⁷、直接対応できない場合は必要に応じて他の情報も用いて分割することで対応させる。エネルギー起源の排出をより詳細な項目に分割する際には、経済産業省「総合エネルギー統計」や環境省「大気汚染物質排出量総合調査」等のデータを利用する。インベントリの「運輸」のうち自動車からの排出には家計からの排出が含まれるため、家計分の排出量を総合エネルギー統計やインベントリにある車種別の自動車走行量等のデータを用いて分割している。

工業プロセス及び製品の使用に伴う排出については、基本的には対応する産業に直接計上する。製品の使用に関連する排出について、インベントリのある項目を多数の産業に対応させる必要がある場合、関連する統計資料を利用して、その製品を使用すると思われる産業へ按分する場合もある¹⁸。

ブリッジングアイテムについて、2013年以降の航空からのCO₂の排出についてはOECDのデータを利用することができる。その他の排出は、温室効果ガスインベントリの「国際バンカー油」からの排出量を貿易統計の「国籍別航空機入港表」、「国籍別船舶入港表」の入港数等により分割している。また、インベントリの数値は年度値が基本¹⁹であるが、大気排出勘定は暦年のデータで整備することになっているので、簡便な方法で暦年値に変換している²⁰。今回試算した大気排出勘定の産業分類は図表14のとおりである。

¹⁶ 大気排出勘定の作成にはインベントリの2023年版を使用している。主に「共通報告様式(Common Reporting Format: CRF)」のデータを用いるが、必要に応じてその他のデータや報告書に記載されている情報も利用している。

¹⁷ インベントリから大気排出勘定の産業分類より詳細なデータが得られる場合、合計して対応させる場合もある。

¹⁸ 非メタン揮発性有機化合物(NMVOC)については環境省「VOCインベントリ」を利用している。

¹⁹ フロン類(HFCs、PFCs、SF₆、NF₃)は暦年値。

²⁰ 変換の方法は脚注10参照。

図表 14：大気排出勘定の産業分類

1 農林水産業	8 卸売・小売業
1-1 農業	8-1 卸売業
1-2 林業	8-2 小売業
1-3 水産業	9 金融・保険業
2 鉱業、採石業	9-1 金融業（保険業以外）
3 建設業	9-2 保険業
4 製造業	10 不動産・物品賃貸業
4-1 食料品、飲料、たばこ、飼料	10-1 不動産業
4-2 繊維	10-2 物品賃貸業
4-3 木材・木製品製造業	11 学術研究・専門技術サービス業
4-4 家具・装備品製造業	11-1 学術・開発研究機関
4-5 パルプ・紙・紙加工品	11-2 専門サービス業（法律、デザイン、経営等）
4-6 印刷・同関連業	11-3 広告業
4-7 化学工業	11-4 技術サービス業（設計、検査等）
4-8 石油・石炭製品	12 宿泊・飲食サービス業
4-9 窯業・土石製品	13 娯楽・生活関連サービス業
4-10 鉄鋼	13-1 娯楽業
4-11 非鉄金属	13-2 生活関連サービス業
4-12 金属製品	14 教育・学習支援業
4-13 はん用機械、生産用機械、業務用機械	15 医療・福祉
4-14 電子部品・デバイス	15-1 医療
4-15 電気機械	15-2 保険衛生
4-16 情報通信機器	15-3 社会保険・社会福祉・介護
4-17 輸送用機械	16 サービス業（他に分類されないもの）・ 複合サービス事業
4-18 その他の製造業	16-1 廃棄物処理業
5 電気・ガス・熱供給・水道業	16-2 機械等修理業
5-1 電気業	16-3 職業紹介・労働者派遣業
5-2 ガス、熱供給	16-4 その他のサービス業
5-3 水道業	17 公務（他に分類されるものを除く）
6 情報通信業	18 分類不能
6-1 通信業	19 家計
6-2 放送業	19-1 運輸
6-3 情報サービス業	19-2 暖房/冷房
6-4 インターネット附随サービス業	19-3 その他
6-5 映像・音声・文字情報制作業	
7 運輸・郵便業	合計（居住者主義、SEEA）
7-1 運輸業（鉄道・道路）	ブリッジングアイテム （控除、船舶）（B+D+E+F）
7-2 運輸業（船舶） 居住者主義（SEEA）（A+B+D+E+F）	ブリッジングアイテム （控除、航空）（B+D+E+F）
7-3 運輸業（航空） 居住者主義（SEEA）（A+B+D+E+F）	ブリッジングアイテム （加算、船舶）（C）
7-4 倉庫業	ブリッジングアイテム （加算、航空）（C）
7-5 郵便業	合計（属地主義、UNFCCC）

(ブリッジングアイテムの内訳)

船舶			航空		
国内線	居住者	(A)	国内線	居住者	(A)
海外の国内線	居住者	(B)	海外の国内線	居住者	(B)
国内線	非居住者	(C)	国内線	非居住者	(C)
国際線、日本発	居住者	(D)	国際線、日本発	居住者	(D)
国際線、日本着	居住者	(E)	国際線、日本着	居住者	(E)
国際線、海外で運航	居住者	(F)	国際線、海外で運航	居住者	(F)
国際線、日本発	非居住者	(G)	国際線、日本発	非居住者	(G)
SEEA 概念の排出量 (A+B+D+E+F)			SEEA 概念の排出量 (A+B+D+E+F)		
UNFCCC 概念の排出量 (国内線) (A+C)			UNFCCC 概念の排出量 (国内線) (A+C)		
UNFCCC 概念の排出量 (国際線) (D+G)			UNFCCC 概念の排出量 (国際線) (D+G)		

3. 2. 1. 二酸化炭素 (CO₂)

CO₂については、電気・熱配分前と配分後の2通りの勘定表を作成した。SEEAの原則では、温室効果ガスや大気汚染物質が大気に排出された時点で排出量を捕捉することとなり、大気排出勘定においても電気・熱配分前の部門で記録することが望ましい。しかし、電気事業者からの各産業への電力供給は中間投入という側面がある。産業別に汚染調整済経済成長率を試算する場合、GDPと温室効果ガスおよび大気汚染物質との関係を見える化する指標であることを考えると、排出量は電気・熱配分後で試算することが望ましいと考えられる。そのため、電気・熱配分前後で産業別の状況が大きく異なり、かつ電気・熱配分前後について両方のデータが利用できる二酸化炭素 (CO₂) は、電気・熱配分前後の2通りの試算を行った。

電気・熱配分前の二酸化炭素排出量については「インベントリ」の「日本の温室効果ガス排出量データ」のうち「CO₂の部門別排出量 (電気・熱配分前)」および経済産業省「総合エネルギー統計 (詳細表)」のデータを用いて試算した。

エネルギー起源の排出量に関し、発電所・製油所等については、それぞれ該当する産業部門へ計上している。エネルギー起源のその他の項目については、総合エネルギー統計の炭素単位表の電気・熱配分前の数値を使い排出量を計算し、産業別に配分した。

非エネルギー起源の排出については、「日本の温室効果ガス排出量データ」の各部門のデータを該当する産業部門に計上している。ただし、①「工業プロセス及び製品の使用」のうち「金属製造」、②「工業プロセス及び製品の使用」のうち「燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用」、③「廃棄物」のうち「廃棄物のエネルギー利用」、④「その他 (間接 CO₂ 等)」のうち「燃料からの漏出」については、インベントリの「各分野に掲載されている時系列データ」の詳細なデータを用いて産業別に直接計上している²¹。

²¹ 「金属製品」については、鉄鋼製造とアルミニウム製造を、それぞれ鉄鋼業と非鉄金属業に計上している

電気・熱配分後の二酸化炭素排出量については、インベントリの「日本の温室効果ガス排出量データ」の「CO₂の部門別排出量（電気・熱配分後）、総合エネルギー統計（詳細表）の炭素単位表の電気・熱配分後の数値を使い、電気熱配分前と同様の方法で試算している。

3. 2. 2. メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）

CH₄ 及び N₂O の大気排出勘定は、インベントリの「共通報告様式(Common Reporting Format、CRF)」、環境省「大気汚染物質排出量総合調査」及び経済産業省「総合エネルギー統計」等を利用して試算している。試算については①CRF 分類の業務(1.A.4.a)以外と②業務(1.A.4.a)に分けて行い、最後にこの2つを合算している。

業務(1.A.4.a)以外については、直接参照できる場合は対応する産業へ計上する。エネルギー分野で直接参照できない場合は「総合エネルギー統計」のエネルギー消費量等の比率で按分している。CH₄ 及び N₂O について CRF 分類の按分で使用する燃料種は図表 15 のとおりである。なお、運輸のうちの乗用車の家計寄与分はインベントリから取得した車種別の走行量に排出係数を乗じて推計している。

図表 15：CH₄、N₂O の CRF 分類の按分で使用する燃料種

列記号	エネルギー種	列記号	エネルギー種	列記号	エネルギー種
\$0111	コークス原料炭	\$0320	発電用原油	\$0440	発電用 C 重油
\$0112	吹込原料炭	\$0321	瀝青質混合物	\$0451	潤滑油
\$0122	汎用輸入一般炭	\$0331	精製用 NGL コンデンセート	\$0452	他重質石油製品
\$0123	発電用一般炭	\$0332	発電用 NGL コンデンセート	\$0455	オイルコークス
\$0124	国産一般炭	\$0333	石化用 NGL コンデンセート	\$0456	電炉ガス
\$0130	無煙炭	\$0420	純ナフサ	\$0457	製油所ガス
\$0211	コークス	\$0421	改質生成油	\$0458	LPG
\$0212	コールタール	\$0431	ガソリン	\$0510	輸入天然ガス
\$0213	鍊豆炭	\$0432	ジェット燃料油	\$0521	ガス田随伴ガス
\$0221	コークス炉ガス	\$0433	灯油	\$0522	炭鉱ガス

る。「燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用」について、「潤滑油の使用」及び「尿素触媒」については運輸業（鉄道・道路）に、「パラフィンろうの使用」及び「NMVOC の焼却」については化学工業に計上している。「廃棄物のエネルギー利用」についてはそれぞれ利用している産業に計上している。「燃料からの漏出他」について、石炭採掘などの資源採掘に関するものは鉱業、採石業に、地熱発電に関するものは電気業に、残りは運輸業（鉄道、道路）に計上している。

\$0222	高炉ガス	\$0434	軽油	\$0523	原油溶解ガス
\$0225	転炉ガス	\$0436	A 重油	\$0610	一般ガス
\$0311	精製純原油	\$0438	B 重油	\$0620	簡易ガス
\$0312	精製粗残油	\$0439	一般用 C 重油		

(備考)「列記号」は総合エネルギー統計の列(燃料種)の記号。

業務(1.A.4.a)については、環境省「大気汚染物質排出量総合調査(平成12年度、平成15年度、平成18年度、平成21年度、平成24年度、平成27年度、平成30年度)」の個票データと「総合エネルギー統計」を利用して、インベントリに示された推計方法に基づき、燃料種×炉種×産業別の燃料消費量と排出係数を用いて産業別の排出量を推計し、その推計値に基づいてCRFの排出量を按分している²²。大まかな手続きは以下のとおりである。

ステップ1:大気汚染物質排出量総合調査の個票を用いて、大気汚染物質排出量総合調査ベースの産業別 k ×炉種別 j ×燃料種別 i に燃料消費量 A_{kji}^{MAP} を集計する。

ステップ2:産業別 k 及び燃料種別 i に各炉種 j が占める燃料消費量の割合 w_{ijk} を推計する。

$$w_{ijk} = \frac{A_{kji}^{MAP}}{\sum_j A_{kji}^{MAP}}$$

ステップ3:ステップ2で推計した割合に総合エネルギー統計における産業別 k 及び燃料別 i の燃料消費量 A_{ki}^{EB} を乗じることで、総合エネルギー統計ベースでの産業別 k ×炉種別 j ×燃料種別 i に燃料消費量 A_{kji} を集計する。

$$A_{kji} = w_{ijk} \times A_{ki}^{EB}$$

ステップ4:総合エネルギー統計ベースでの産業別 k ×炉種別 j ×燃料種別 i の燃料消費量 A_{kji} に温室効果ガスインベントリから得られる排出係数 EF_{ij} を乗じ、産業別 k ×炉種別 j ×燃料種別 i の排出量 E_{kji} を推計する。

$$E_{kji} = EF_{ij} \times A_{kji}$$

²² 平成15年度より前の期間については平成15年度の数値を、平成30年度より後の期間については平成30年度の数値を利用している。調査実施年の中間年については前後の実施年の平均値を利用している。例えば平成13年度および平成14年度については平成12年度と15年度の平均値を利用している。

ステップ5：ステップ4で推計した排出量 E_{kji} に関し、炉種別 j 及び燃料種別 i に足し上げて、産業別排出量 E_k を推計する。

$$E_k = \sum_j \sum_i E_{kji}$$

ステップ6：ステップ5で推計した産業別排出量の推計値の比率を用いてCRF分類の業務(1.A.4.a)の排出量を産業別に按分する。

3. 2. 3. ハイドロフルオロカーボン (HFCs)、パーフルオロカーボン (PFCs)、六フッ化硫黄 (SF₆)、及び三フッ化窒素 (NF₃)

HFCs、PFCs、SF₆、及びNF₃は、エネルギー起源の排出はなく、CRFの「工業プロセス及び製品の使用」からの排出のみとなっており、CRF分類と大気排出勘定の産業分類を以下のとおりに対応させて計上している。「日本国温室効果ガスインベントリ報告書(NIR)の各分野に掲載されている時系列データ」も用い、製造時は製造業へ、使用・廃棄時は該当する産業に配分している。

図表 16 : PFCs、SF₆、NF₃、HFCs における CRF 分類と大気排出勘定の産業分類の対応

CRF 分類		大気排出勘定の産業分類	
		製造時	使用・廃棄時
2.B.9.フッ化物製造			
副生ガスの排出	HCFC-22 の製造に伴い、HFC-23 が副生ガスとして排出。	化学工業	－
製造時の漏出	HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃ 製造時にガスが漏洩。	化学工業	－
2.C.3.アルミニウム製造	氷晶石などのフッ化物を溶かした電解浴を使用するため、アルミニウムの精錬時に PFCs が排出。		非鉄金属
2.C.4.マグネシウム製造	マグネシウム溶湯用酸化防止カバーガスとして使用されるため、マグネシウムの鑄造に伴って HFCs、SF ₆ が排出。	－	非鉄金属
2.E.電子産業			
2.E.1.半導体製造	半導体の製造時に HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃ が排出。	－	電子部品・デバイス
2.E.2.液晶製造	液晶の製造時に HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃ が排出。	－	電子部品・デバイス
2.F. オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用			
2.F.1.冷蔵庫及び空調機器	冷蔵庫及び空調機器（家庭用冷蔵庫、業務用冷凍空調機器、自動販売機、輸送機器用冷蔵庫、家庭用エアコン、輸送機器用空調機器）の生産時、使用時、廃棄時等に HFCs が漏洩。	電気機械器具製造業	詳細は図表 17 を参照
2.F.2.発泡剤	発泡剤として使用される HFCs が排出。	－	建設業（※）
2.F.3.消火剤	消火剤として使用される HFCs が排出。活動量に消防庁提供の HFCs ストック量を使用。	－	公務（※）
2.F.4.エアゾール	医療用：定量噴射剤の製造・使用時に HFCs が排出。 一般用：エアゾールの製造・使用時に HFCs が排出。	化学工業（※）	医療（医療用のみ）
2.F.5.溶剤	業務用ドライクリーニングの溶剤の揮発等によって HFCs が排出。 一般電子部品洗浄時、半導体・液晶製造時の溶剤として使用される HFCs 及び PFCs が排出（HFCs 排出量は PFCs の内数）。		生活関連サービス 電子部品・デバイス
2.G.その他の製品の製造と使用			
2.G.1.電気設備	電気設備の製造時・使用時において SF ₆ が排出。	電気機械器具製造業	電気業
2.G.2.その他製品の 使用からの SF ₆ 、 PFCs	防衛利用、加速器の使用から SF ₆ 、鉄道施設から PFCs が排出。	化学工業（※）	
2.G.4.その他	電子回路基板の防水加工から PFCs、HFCs が排出。		電子部品・デバイス

(備考) 環境省、国立環境研究所(2023)「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」を参考に作成。(※)の産業は、産業別排出量に関する詳細な情報が得られない、或いは簡単化のため便宜的に配分しているもの。

「2.F.1.冷蔵庫及び空調機器」は図表17のように配分している。特に、業務用冷凍空調機器は全ての産業で使用されていると考えられるが、産業別の使用台数などの詳細な情報が得られないため、総合エネルギー統計の電力消費量を用いて按分している。

図表17：HFCsに関するCRF分類2.F.1 冷蔵庫及び空調機器の配分方法

排出源	産業分類	
	製造時	使用・廃棄時
家庭用冷蔵庫	電気機械器具製造業	家計(その他)
業務用冷凍空調機器		総合エネルギー統計の電力消費量で全産業に按分。
自動販売機		小売業
輸送機器用冷蔵庫(鉄道)		運輸業(鉄道、道路)
輸送機器用冷蔵庫(船舶)		運輸業(船舶)
家庭用エアコン		家計(冷房/暖房)
カーエアコン		総合エネルギー統計の運輸(自動車関係の合計)と乗用車(家計寄与分)のガソリン及び軽油消費量の比率で運輸業(鉄道、道路)と家計(運輸)に按分。
鉄道用空調機器		運輸業(鉄道、道路)
船舶用空調機器		運輸業(船舶)

3. 2. 4. 非メタン揮発性有機化合物(NMVOC)

NMVOCの試算は、CRF分類における「エネルギー起源」による排出と「工業プロセス及び製品の使用」による排出についてそれぞれ産業別に試算し、その後2つの数値を合算している。まず「エネルギー起源」による排出については、CRFを直接参照するか、または総合エネルギー統計のエネルギー消費量の割合を用いて按分している²³。次いで、「工業プロセス及び製品の使用」による排出であるが、NMVOCはCRF分類の「2.工業プロセス及び製品の使用 A.燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用 3.その他」の排出が全体の7割を超えている。「その他」に当たる排出は、金属や機器の洗浄、接着剤の利用及び溶剤の利用等に伴う排出量を記録したものであるが、インベントリからは内訳のデータは得られない。このため、揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会「VOCインベントリ」

²³ 燃料種はCH₄及びN₂Oと同じ。

の発生源品目・業種別のデータを用いて産業別に按分している。

3. 2. 5. 一酸化炭素 (CO)、窒素酸化物 (NO_x)、二酸化硫黄 (SO₂)

CO、NO_x 及び SO₂ の試算については、CH₄ 及び N₂O と同じく①CRF 分類の業務 (1.A.4.a)以外と②業務(1.A.4.a)に分けて作業を行い、最後にこの2つを合算している。業務 (1.A.4.a)以外は直接参照できる場合は対応する産業へ計上し、エネルギー分野で直接参照できない場合は「総合エネルギー統計」のエネルギー消費量の比率で按分している。CO について使用するエネルギー種は CH₄ 及び N₂O と同一である。NO_x 及び SO₂ の試算で使用するエネルギー種は図表 18 のとおりである。

図表 18 : NO_x 及び SO₂ の CRF 按分で使用するエネルギー種

列記号	エネルギー種
\$0433	灯油
\$0436	A 重油
\$0458	LPG
\$0610	一般ガス
\$0620	簡易ガス

CRF の業務(1.A.4.a)については、CO は「総合エネルギー統計」のエネルギー消費量で按分している。NO_x 及び SO₂ は「大気汚染物質排出量総合調査」の業種別排出量（公表値、業務に該当するもの）を総合エネルギー統計で分割した値を用いて按分している。

3. 2. 6. ブリッジングアイテムの試算

温室効果ガスインベントリは国内領土における排出を対象とする「属地主義」をとる一方、SEEA の大気排出勘定は居住者による海外における排出も対象とする「居住者主義」の考え方に基づく。属地主義の数値を基に居住者主義の数値を計算するためには、「非居住者の国内における活動」から発生する分を差し引き、「居住者の海外における活動」から発生する分を加算する必要がある。こうした調整に用いる項目をブリッジングアイテムと呼ぶ。

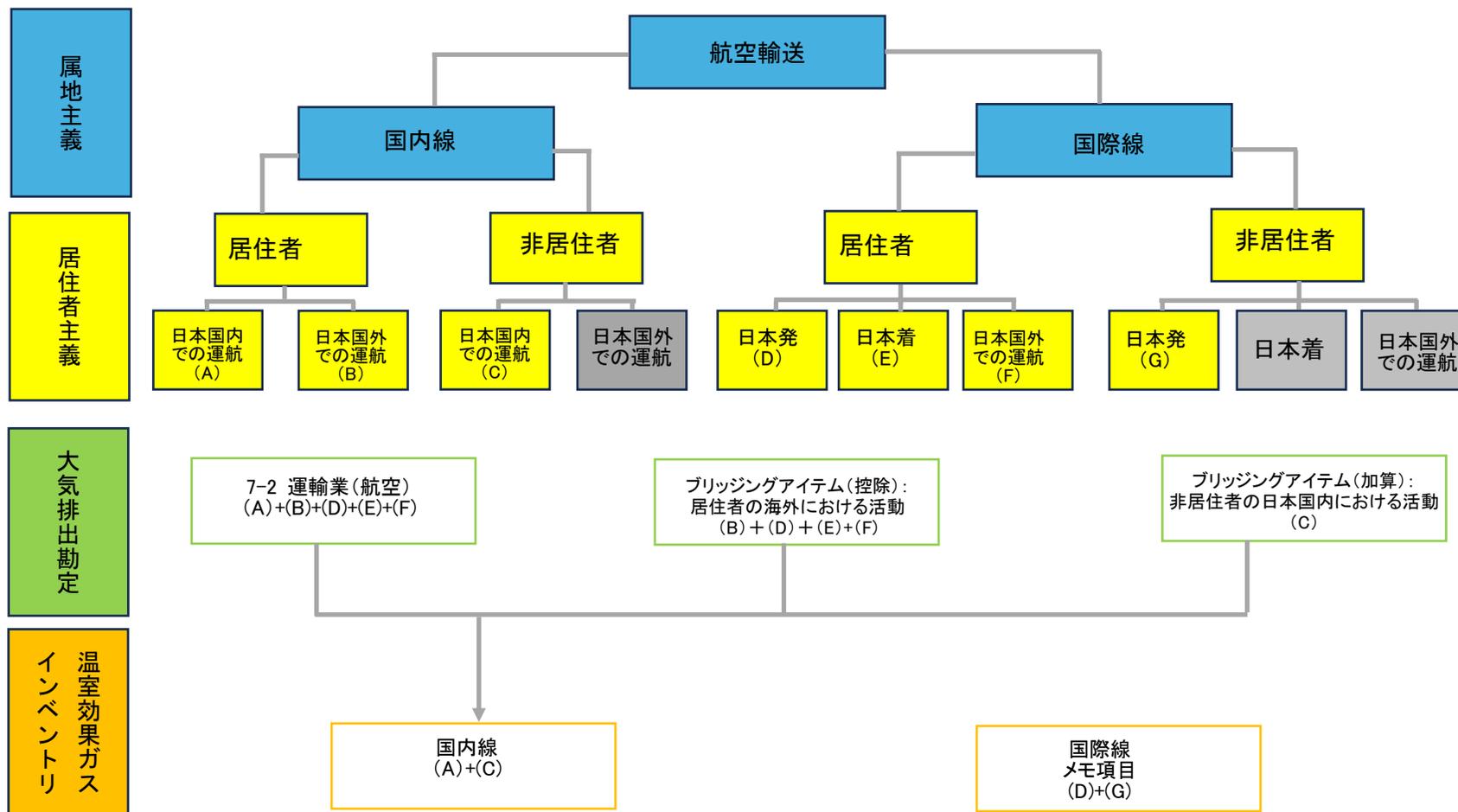
大気排出勘定は居住者主義の数値が主であるため、それを属地主義に変換するための項目として、「居住者の海外における活動」からの排出量を控除項目として、「非居住者の国内における活動」からの排出量を加算項目として表記している。

Eurostat (2015)、“Manual for air emissions accounts”では、居住調整が必要と思われる問題として、国際船舶輸送、国際航空輸送、国際道路輸送、漁船、観光及びパイプラインでのエネルギー輸送を取り上げている。本稿では、この中で、データの利用可能性と我が国における重要度の観点から、運輸業の中の船舶と航空の排出量を試算している。

OECD (2022) を参考に、航空のブリッジングアイテムについて、属地主義と居住者主義

との関係や、大気排出勘定で記録する範囲と温室効果ガスインベントリで記録する範囲について、図表 19 の通りに整理している。

図表 19：航空における属地主義から居住者主義への変換の考え方



(備考) Clarke et.al.(2022) 「Figure3.1」を参考に筆者作成。

本稿のブリッジングアイテムについても、船舶、航空ごとに、国内線・国際線別及び居住者・非居住者別に図表 20 のとおりに整理している。

図表 20：ブリッジングアイテムの整理

項目ラベル	項目名	国内・国際線の別	居住者・非居住者の別
(A)	日本の国内線、日本の居住航空/船舶会社が運航	国内	居住者
(B)	日本に居住している航空/船舶会社が運航する外国の国内線	国内	居住者
(C)	日本に居住していない航空/船舶会社が運航する日本の国内線	国内	非居住者
(D)	日本から出発し、日本に居住している航空/船舶会社が運航する国際線	国際	居住者
(E)	日本に到着し、日本に居住している航空/船舶会社が運航する国際線	国際	居住者
(F)	日本に居住している航空/船舶会社が海外で運航する国際線	国際	居住者
(G)	日本に居住していない航空/船舶会社が運航する、日本を出発する国際線	国際	非居住者

ブリッジングアイテムの試算に利用したデータは、①CRF、②財務省貿易統計「国籍別船舶入港表」、③財務省貿易統計「国籍別航空機入港表」、④ OECD.stat “Air Transport CO₂ Emissions”である。

試算方法については、まず、CO₂に関する 2013 年以降の航空のブリッジングアイテムは OECD.stat で公表されているので、項目 (A) 以外は OECD の公表値を引用している。項目 (A) は、温室効果ガスインベントリの CRF の航空に業務の産業別分割値を加えた値を計上している。

CO₂の船舶、航空の 2012 年以前及びその他の物質については、項目 (A) は CRF の船舶、航空に業務の産業別分割値を加えた値、項目 (D)、(E) 及び (G) については、CRF の「メモ項目 国際バンカー 船舶・航空」のデータを「国籍別船舶入港表」、「国籍別航空機入港表」による船舶、航空機の入港数等により分割している。項目 (B)、(C)、及び (F) についてはデータの制約から試算していない。

ブリッジングアイテムの試算については利用可能なデータが限られており、より適切な推計方法を検討することは今後の課題である。

3. 3. 大気排出勘定の試算結果

本稿の汚染調整済経済成長率の試算に用いた物質について、大気排出勘定の試算結果を図表 21 に示す²⁴。

CO₂排出量（電気・熱配分後）は、一次金属（鉄鋼、非鉄金属）、窯業・土石製品、化学、運輸・郵便業などからの排出が多い。また、近年は家計からの排出が2割程度を占めている。排出量は世界金融危機による景気後退で減少した後、増加に転じたが2013年をピークに減少傾向にある。近年の減少は、再生可能エネルギーの導入拡大や省エネの進展等を背景としている。

一酸化二窒素（N₂O）は、農林水産業（施肥、家畜排せつ物管理等）、電気・ガス・水道・廃棄物処理などからの排出が多い。1990年代は化学工業からの排出が多かったが、1999年にアジピン酸の製造過程におけるN₂O分解装置が稼働したことなどにより、それ以降は減少傾向で推移している。

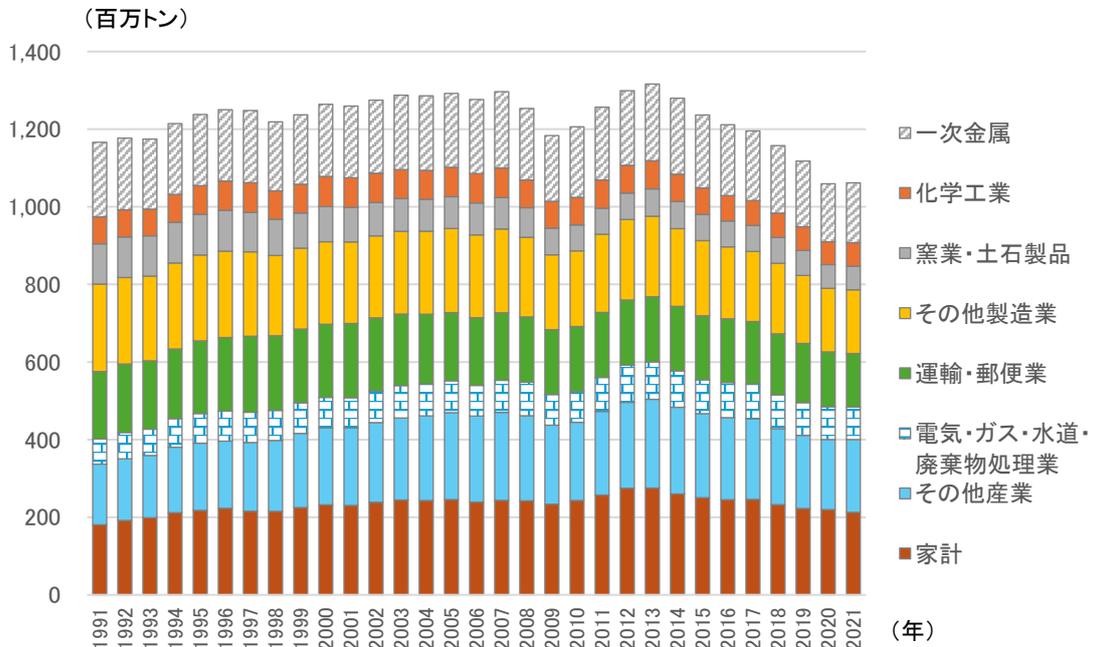
六フッ化硫黄（SF₆）は、電気設備の製造・使用（絶縁ガス）、非鉄金属（マグネシウム）、半導体等の製造工程などで発生する。排出量は電気設備からの発生の減少を中心として長期的には減少し、最近は横ばいで推移している。

非メタン揮発性有機化合物（NMVOC）は、鉱業、印刷業、化学、機械製造業、建設業、運輸・郵便業などからの排出が多い。排出量は大気汚染防止法による排出規制や企業の自主的な取組により、長期的に減少してきている。

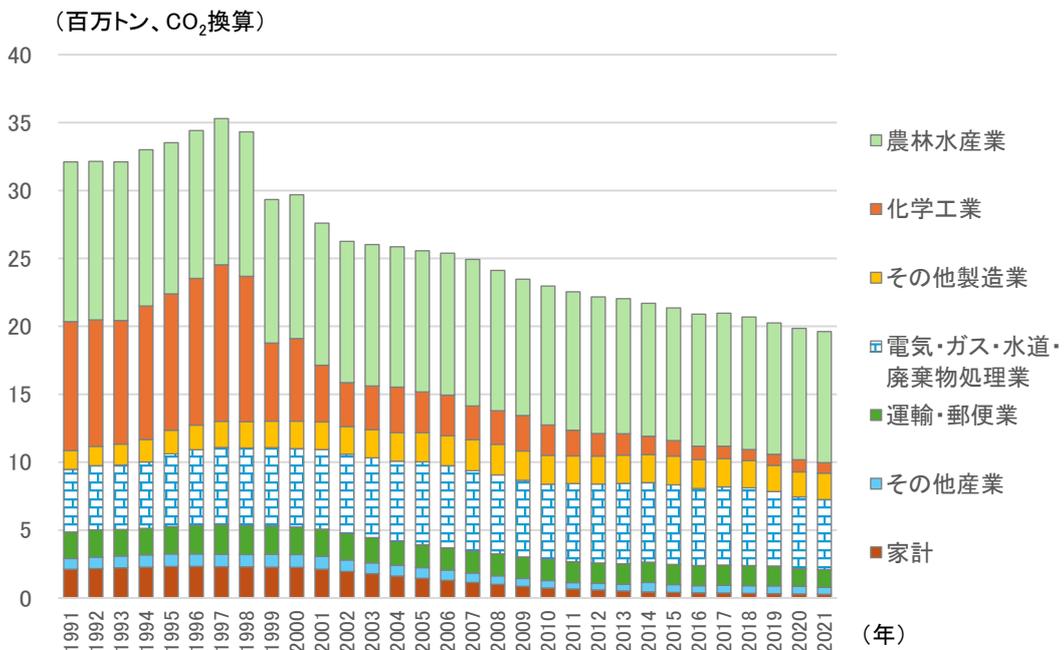
²⁴ 試算結果の詳細は、本稿の参考資料として公表するエクセルファイルを参照のこと。

図表 21：大気排出勘定に基づいた産業別排出量

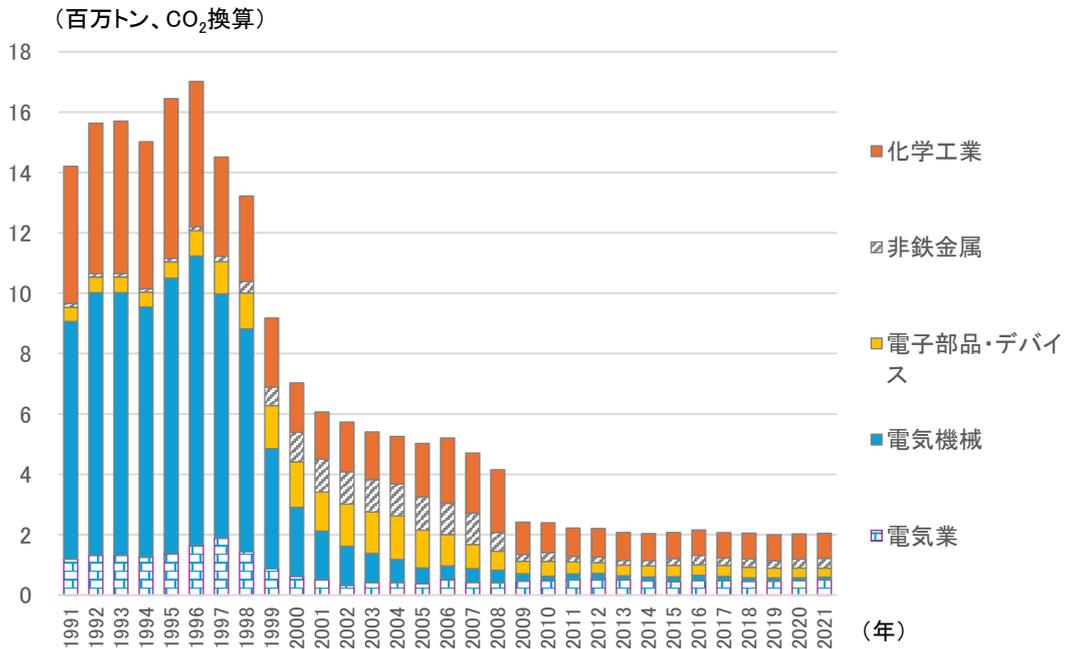
①CO₂（電気・熱配分後）



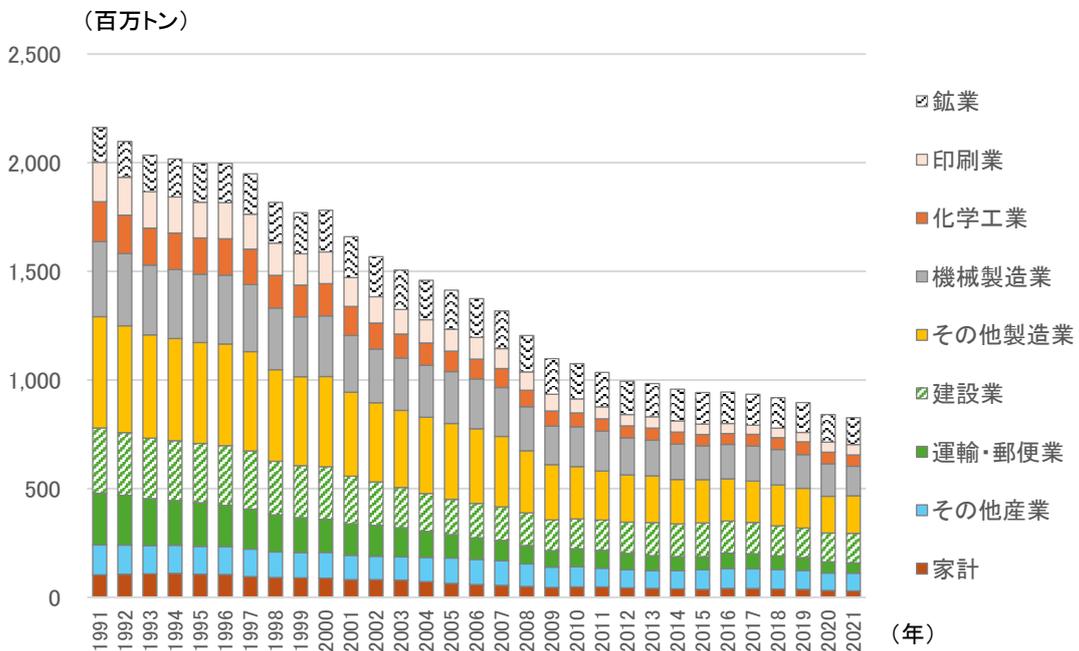
②N₂O



③SF₆



④NMVOC



(備考)

1. 環境省・国立環境研究所「温室効果ガスインベントリ(2022)」等により筆者作成。
2. 産業分類は排出量の少ない産業は適宜まとめて表示している。
3. 数値は暦年換算している。

4. 今後の課題

汚染調整経済成長率の試算について、今回も自然資本の寄与度の試算は省略した。鉱物資源に乏しく、農林水産業のシェアも小さい日本経済の状況を考えると、自然資本が経済成長率に与える影響は小さいかもしれないが、環境と経済の状況を包括的に捉える分析枠組みの考え方を踏まえれば、自然資本も含む試算を行うことが望ましく、具体的な方法を検討する必要がある（内閣府においても自然資本の試算方法の検討を進めており、現時点の試算の考え方や試算例については補論を参照）。

大気排出勘定の試算における課題については、①ブリッジングアイテムの精緻化、②国際標準産業分類（ISIC）への対応などが挙げられる。ブリッジングアイテムの精緻化については、船舶、航空ともに日本国籍の船舶や航空機の活動、それに伴い温室効果ガスや大気汚染物質がどの程度排出されているかに関する詳細なデータが必要である。データの利用可能性も含めて試算方法の検討を引き続き行っていく必要がある。国際比較可能性の観点からは大気排出勘定をISICで整備することが望ましいが、一方で総合エネルギー統計などの基礎統計は日本産標準産業分類（JSIC）に基づいており、対応できない項目もある。利用できる情報は限られるが、計算方法を工夫してISICとどのように対応させるかについては検討の余地がある。

環境要因を考慮した経済統計・指標について、今後もできるだけ有用なデータが提供できるよう、調査研究を進めていきたい。

補論 我が国の自然資本の試算について

A. 1. 自然資本とは何か

我々の経済活動は、普段意識するかしないかを問わず、自然から恩恵を受けている場合が少なくない。例えば、林業や水産業では、森林における木材や河川・海洋における水産物の採取、鉱業では、原油・天然ガスのような化石燃料や鉄・銅といった金属鉱物の採掘という形で、直接的に自然から便益を得ている。これらと性格はやや異なるが、近年では、太陽光発電や水力発電、風力発電のような、化石燃料に依存しない再生可能エネルギーがエネルギー源として注目されるようになってきている。

我々が自然から受ける便益には、より間接的なものもある。例えば、森林は、木材を提供するだけでなく、土砂崩れや土壌の喪失の防止等を通じて、自然災害の防止や被害の軽減に貢献している。また、微生物から大型の動植物まで、さまざまな生物の生息地を提供し、生態系を保全する役割も担っている。

このように、自然は、多様な便益を我々にもたらしているが、それらは自然という富がもたらしていると考えられることも可能だろう。自然資本とは、このような考え方にに基づき、自然をそれがもたらす便益の観点から資産としてとらえたもので、自然資源や生態系資産等の総称である²⁵。

A. 2. 自然資本測定への取り組み

Well-being の将来にわたる水準、すなわち持続可能性は、自然資本、実物資本、人的資本、社会関係資本という我々の生活に影響する資本ストックを将来世代に受け渡せるかどうか依存する、という Stiglitz et al. (2010) の指摘は、我々の well-being の持続可能性を考えるに当たって、生産資本だけでなく、それ以外の資本にも着目することについての重要性を改めて提起したものと見える。こうした指摘もあり、その重要な要素の一つである自然資本のフローやストックを、物理的にまたは貨幣的に測定し評価しようとする試みは、近年にいたるまで着実に広がっている。

まず、経済と環境との関係を、フローとストックの両面から統合的に記録するための中核となる枠組みとして、本論第3節でも述べた通り、SEEA セントラルフレームワーク (SEEA-CF、System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Central Framework) が 2012 年に国際的な基準として国連統計委員会において採択された。SEEA-CF の枠組みにおける測定対象には、自然資源のほか、土地や生態系等も含まれているが、そのうち生態系についての記録の枠組みとして、SEEA 生態系勘定 (SEEA-EA、System of Environmental-Economic

²⁵ 後述する SEEA セントラルフレームワークでは、自然資源には、生物資源、鉱物・エネルギー資源、土壌資源、水資源が含まれる (United Nations 2014)。また、SEEA 生態系勘定では、生態系資産とは、特定の生態系タイプの連続する空間であり、固有の生物・非生物的要素及びそれらの相互作用によって特徴づけられるものをいう (United Nations 2024)。

Accounting –Ecosystem Accounting) が 2021 年に同様に採択されている。

自然資本、またはそれに加えて人的資本や生産資本も含めた包括的な資本について、ストックまたはそのサービスを測定し国際的に比較する取り組みも、継続的に行われている。代表的な例としては、世界銀行の The Changing Wealth of Nations (CWON)、国連環境計画の Inclusive Wealth Report (IWR)、EU の Integrated Natural Capital Accounting (INCA) などがある。これらは、対象とする自然資本の範囲や重点を置いているポイント等は異なるが、それぞれ特色のある測定や分析を行っている。CWON や IWR は、世界各国をカバーし、自然資本だけでなく生産資本や人的資本も対象にしている。INCA は、EU 諸国における生態系資産を対象にした取り組みである。

A. 3. 試算の概要と結果

A. 3. 1. 試算の基本的な考え方

この補論では、再生可能自然資源として森林資源（木材）と水産資源、非再生可能自然資源として原油と天然ガスについて、我が国におけるそれらの価値の試算結果を示す。試算に当たっては、前節で述べた国際的な自然資本の測定の取り組みのうち、世界銀行の CWON2021 の推計対象や推計方法をベースに検討している²⁶。その理由は、本論でも述べたとおり、OECD が進めている汚染調整済経済成長率並びに環境調整済全要素生産性（EAMFP、Environmentally Adjusted Multifactor Productivity）の分析の進展にある。すなわち、OECD の分析では、EAMFP の推計に自然資本の寄与が考慮されてきており、その直近の結果である Cárdenas Rodríguez et al.(2023)では、CWON2021 に基づく自然資本のデータが用いられている。今回の試算は、本論で行っている EAMFP の分析を、このような自然資本の寄与を含める方向へ拡張するための自然資本の測定の検討の一環である。この点で、CWON2021 が推計対象としている自然資源は以下に述べる通りいくつかあるが、ここでは、再生可能・非再生可能自然資源のそれぞれから、我が国にとって重要と考えられる自然資源の例として、上述の4つを試算対象とした。

CWON2021 での資産価値の測定において、自然資本としては、森林資源（木材）、森林生態系サービス、マングローブ、水産資源、保護地区、農地（耕作地、牧草地）、化石燃料・鉱物資源についてそれぞれ価値を推計している。推計期間は 1995 年から 2018 年までであり、推計の基本的な枠組みとしては、NPV 法を用いている。すなわち、自然資本のレント²⁷をまず各年で推計し、それがその時点からみて将来まで一定と仮定して、それぞれの時点における将来のレントの割引現在価値（NPV、Net Present Value）として自然資本の価値を求めている。その際の割引率は 4%とし、レントにその国の GDP デフレーターと市場為

²⁶ CWON2021 の推計対象や推計方法の詳細については、World Bank(2021a, 2021b)を参照。

²⁷ 内閣府経済社会総合研究所(2016)によれば、SEEA-CF においてレント（経済的レント）は「すべての費用及び通常の見返りを考慮した後に計算される資産の採掘業者・採取者(extractor)または使用者(user)が資産を利用して得る余剰価値（注：利用者の経済的能力に対する報酬）」と定義されている。

替レートを適用することで、2018年価格実質値（constant 2018USD）での推計を行っている。こうしたNPV法の適用、割引率の設定、実質化の方法という大きな推計の枠組みについては、この補論における試算でも踏襲した。

他方、CWON2021は国際比較を可能にするため、各国について基本的に同一の推計方法を用いている。しかしそれが、必ずしも日本の実情と合致しているとは限らない。このような場合には、日本の実情が反映されるよう、より適切な方法を検討するなどして試算を行っている。したがって、試算結果は必ずしもCWON2021の結果と一致するものではない。また、自然資本の価値の推計では、データソースの面でも、必要とされる全てのデータが揃っているとは限らず、また推計方法の面でも、NPV法の適用には資源の寿命に関する想定が必要になるなど、しばしば推計に一定の仮定が伴う。このため、必要に応じて、いくつかの仮定を変えた場合の試算も行った。

A. 3. 2. 試算結果

A. 3. 2. 1. 森林資源（木材）

森林資源（木材）の価値の試算では、基本的にCWON2021の推計方法を踏襲した。国連食糧農業機関(FAO)のFAOSTATのデータをもとに、木材の生産数量合計²⁸と、産業用木材（針葉樹、非針葉樹）の輸出単価をそれぞれの生産量で加重平均した輸出価格を求め、それらの積にApplied Geosolutions (2015)から得られるEast Asia and Pacific地域のレンタル調整係数²⁹を乗じて、各年のレントを求める。その5年移動平均にNPV法を適用することによって、森林資源（木材）の価値を試算した。

森林資源（木材）は再生可能自然資源であり、その採取は、ネットの自然成長量が採取量に等しいか上回れば持続可能、逆に下回れば持続可能でなく資源は有限の期間で枯渇することになる。CWON2021と同様の手法で、入手可能な2000年、2005年及び2010年のデータで計算すると、ネットの自然成長量が採取量を上回る状態であることから、木材の採取は持続可能と判断される。それ以外の期間についてはデータがないが、今回の試算では、全ての時点で森林資源（木材）の寿命は無限と仮定して、CWON2021の考え方にしたがってNPV法の計算期間を100年としている。

他方、CWON2021では、上述の加重平均輸出価格がその時点の世界分布からみて外れ値となる場合には、それを世界中央値に置き換えて推計している。世界各国の自然資本の測定を統一した枠組みで行うというCWONの趣旨から考えると、このような方針にも一定の合理性がありうるため、その妥当性を一概に論じることはできないが、個別国の推計方法としてみた場合、輸出価格が当該国の実情を反映したものであるならば、それをそのまま用いることは十分に考えられる選択肢である。また、森林資源（木材）は、上述の通り寿命は無限

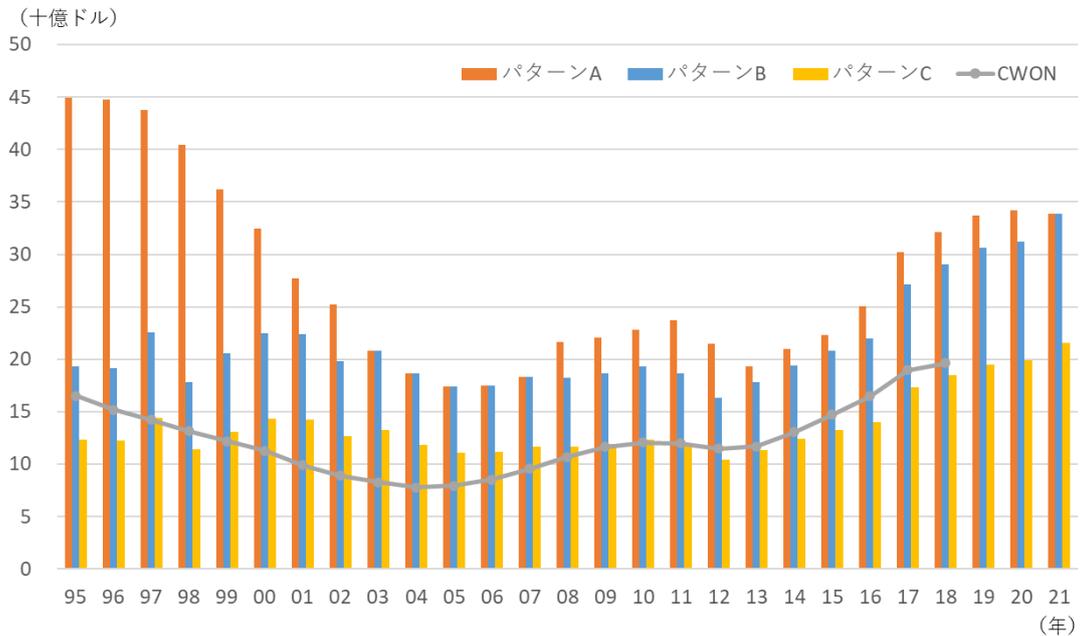
²⁸ 産業用木材（industrial roundwood）の針葉樹・非針葉樹と木質燃料(wood fuel)の合計として求めた。

²⁹ レンタル調整係数とは、輸出単価に対する単位レントの比である（World Bank 2021b）。

と仮定しているが、2011年に公表されたCWON2011では、その場合のNPV法の計算期間上限を25年としていたため、比較のためNPV法の計算期間を変更することも考えられる。以上を考慮して、今回は、パターンA（輸出単価の世界中央値への置き換えなし、NPV法の計算期間100年）、パターンB（輸出単価の世界中央値への置き換えあり、同100年）、パターンC（輸出単価の世界中央値への置き換えあり、同25年）の3つの異なる仮定のもとで試算を行った³⁰。

試算結果は図表22のとおりである。特に1995年から2000年までは、パターンAとパターンB・Cの間の動きに差があるが、それ以降の期間については、いずれのパターンも概ね似た動きで推移している。また、NPV法の計算期間の違いを反映して、パターンAやBよりもパターンCの方が、試算されたストックの水準が低くなっている。これらのうち、CWON2021の公表値に水準が比較的近いのはパターンCであり、パターンAやパターンBは、CWON2021の公表値よりも大きい。一方、CWON2021の公表値に動きが比較的近いのはパターンAである。

図表22：森林資源（木材）の資産価値（1995-2021年）



(注) 表示は2018年価格実質値。

³⁰ パターンB及びCでは、輸出単価の世界中央値への置き換えの判定は、針葉樹・非針葉樹別に行い、置き換え後の輸出単価を用いた加重平均輸出価格をレントの計算に用いた。

A. 3. 2. 2. 水産資源

CWON2021の水産資源の価値の推計では、魚種別の漁獲高と船上渡し価格をブリティッシュ・コロンビア大学と西オーストラリア大学の研究プロジェクトである Sea Around Us から、漁獲コストをブリティッシュ・コロンビア大学海洋漁業研究所(Institute for the Oceans and Fisheries at the University of British Columbia)の漁業経済研究ユニット(Fisheries Economic Research Unit)のデータからそれぞれ得て、それらを加工することによりデータベースを構築している³¹。このデータベースをもとに、魚種別の漁獲高に船上渡し価格を乗じて合計した水揚げ額と漁獲コストの差として得られるフィナンシャルレントに、NPV法を適用して水産資源の価値を推計している。

しかし、Lam and Sumaila(2021)によれば、このデータベースの漁獲コストの推計に用いられているサンプルは欧州・中央アジア地域が大きな割合を占めており、またサンプル数の時系列的な変動も大きい。そのため、CWON2021の推計方法は、日本の水産資源の実情と合わない部分が少なくないと考えられる。そこで、今回の試算では、これらのデータに代えて、日本の公的統計等から水産資源の資産価値を試算することを試みた。

具体的には、経営体や漁船規模等の区分³²ごとに、漁業経営体数を農林水産省の『漁業センサス』と『漁業構造動態統計』から³³、経営体当たり漁労利益・漁労所得を同じく『漁業経営統計』または『水産白書』からそれぞれ得て³⁴、それらの積の合計としてレントを計算してNPV法を適用した。その際、レントが負になる場合があるが、CWON2021では、一般に負のレントはゼロに置き換えて推計しているため、パターンA(負のレントを処理したもの)とパターンB(負のレントを処理しないもの)の2種類の仮定で試算した。

また、CWON2021では推計されたレントにそのままNPV法を適用しているが、本試算では、レントの動きが大きいことを考慮して、レントの5年移動平均にNPV法を適用することにした。NPV法の適用期間については、CWON2021と同様に100年としている。

試算結果は図表23の通りである。パターンAとBの動きは概ね似ているが、水準で見ると、近年ではそれらの間の差が拡大傾向にある。上述のとおり、レントの計算方法や利用データを変更したこともあり、試算値はCWON2021の公表値とは水準や動きが異なる。

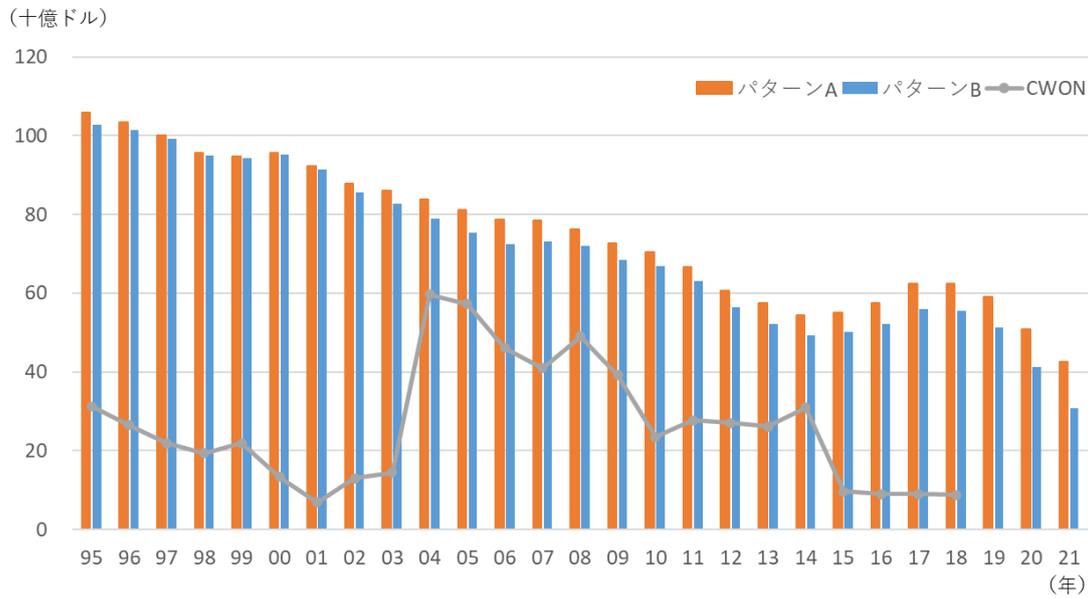
³¹ 詳細については、Lam and Sumaila(2021)を参照。

³² 経営体については個人・団体と海面養殖業・海面養殖業以外の沿岸漁業の別で区分し、さらに海面養殖業以外の沿岸漁業については動力漁船総トン数10トン以上・未満で区分した。10トン未満の区分には、漁船非使用、無動力漁船、船外機付漁船及び定置網を含めた。

³³ 2018年以前は『漁業センサス』を用い、調査年以外の中間年は線形補間した。2019年以降は『漁業構造動態統計』を用いた。

³⁴ 団体・動力漁船総トン数10トン以上の区分では『漁業経営統計』の会社経営体の漁船漁業の平均漁労利益を用い、個人・10トン未満及び個人・海面養殖業の区分では『水産白書』の沿岸漁船漁家及び海面養殖業漁家の平均漁労所得をそれぞれ用いた。これらの基礎統計から計数を得られない区分のうち、個人・10トン以上は個人・10トン未満で、団体・10トン未満及び団体・海面養殖業は対応する個人の区分の計数でそれぞれ代用した。

図表 23 : 水産資源の資源価値 (1995-2021 年)



(注) 表示は 2018 年価格実質値。

なお、水産資源の価値についての解釈には注意が必要である。一般に、水産資源は河川や海洋の中を移動可能という点で、動くことのない他の自然資源、例えば森林資源（木材）とは本質的に異なる。今回の水産資源の価値の試算結果は、各時点で現実に生じた漁業活動から計算される、その時点で我が国が利用可能と考えられる水産資源の価値として理解すべき性格のものと考えられる。

A. 3. 2. 3. 化石燃料・鉱物資源（原油、天然ガス）

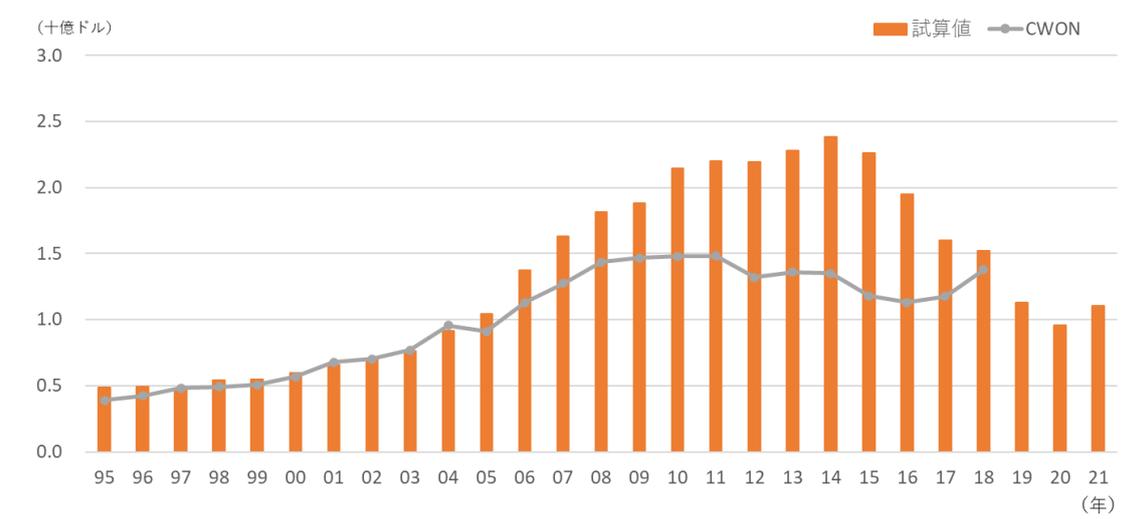
CWON2021 では、原油や天然ガスのレントの推計に必要なデータとして、生産量については Rystad Energy の Rystad Energy UCUBE や国際エネルギー機関(IEA)の IEA World Energy Statistics 等を用い、価格や生産コストについては、Rystad Energy UCUBE のデータを用いている。しかし、我が国の場合、経済産業省『生産動態統計』の生産量が利用可能であり、また、その販売数量と販売金額から、単位価格を得ることができる。そのため、今回の試算では、基本的には CWON2021 の推計方法をベースとしつつも、我が国の公的統計のデータソースも取り入れて試算することとした。具体的には、『生産動態統計』から得られる生産量に単位価格³⁵を乗じた金額に対し、World Bank (2021b)に基づく East Asia and

³⁵ 『生産動態統計』から単位価格が得られない 1998 年以前については、1999 年の単位価格を用いた。

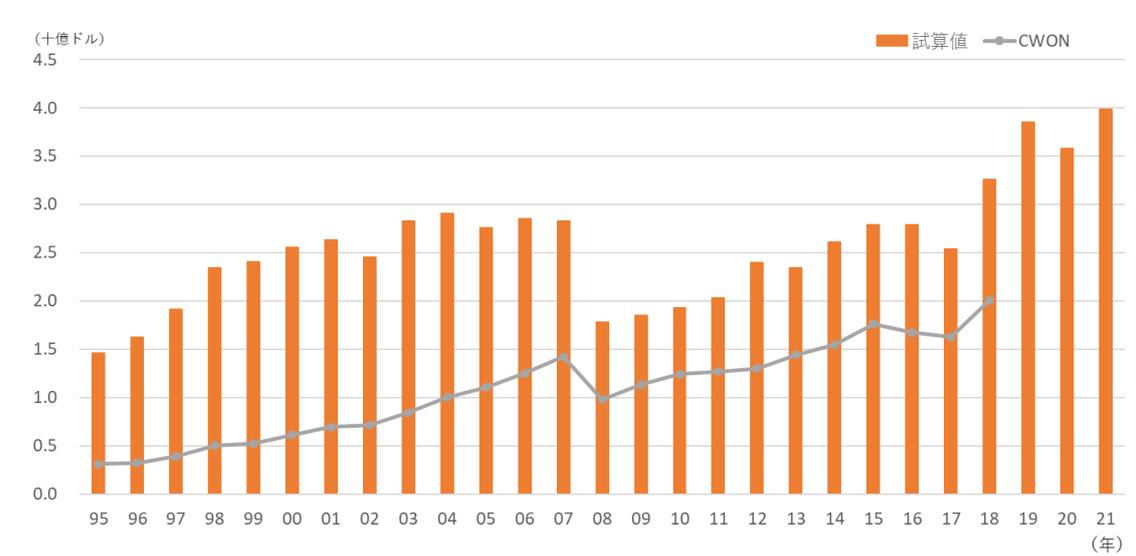
Pacific 地域のレンタル率³⁶³⁷を乗じることで各年のレントを計算し、5年移動平均をとった上で NPV 法を適用する方法とした。

図表 24：原油・天然ガスの資産価値（1995-2021 年）

(a) 原油



(b) 天然ガス



(注) 表示は 2018 年価格実質値。

³⁶ レンタル率とは、単位価格に対する（単位価格－単位費用）の割合である (World Bank 2021a)。

³⁷ World Bank(2021b)で得られない 2019 年以降の原油、天然ガスのレンタル率は、それぞれ世界銀行の World Development Indicators の Oil rents(% of GDP)、Natural gas rents(% of GDP)を補助系列として延長推計した値を用いた。

また、原油や天然ガスのような非再生可能自然資源の場合も、再生可能自然資源の場合と同様に資源の可採年数を考慮する必要がある。非再生可能自然資源の可採年数は、生産量と確認埋蔵量の比となるが、確認埋蔵量については、CWON2021でも用いられている米国エネルギー情報局(US Energy Information Administration)の International Energy Statistics を用いて各年での可採年数を求め、NPV法の計算期間とした。

試算結果は図表 24 に示した。原油については、試算値と CWON2021 の公表値は 1995 年から 2000 年代前半までは水準の差が小さいが、それ以降は試算値が CWON2021 の公表値を上回って推移している。天然ガスについては、動きは概ね似ているが、試算値の方が CWON2021 の公表値よりも大きい。

A. 4. まとめと今後の課題

この補論では、我が国における自然資本の価値の試算について、再生可能自然資源として森林資源(木材)と水産資源、非再生可能自然資源として原油と天然ガスを例に、試算方法と試算結果について述べた。今回の試算から、今後の自然資本の価値の測定を考える上で重要なポイントとして以下の3つの点を指摘したい。

第一に、各国の事情を反映した推計方法の重要性である。CWONは、世界各国の自然資本の価値を統一的に推計し、国際比較を可能にしている貴重な取り組みであるが、他方で各国の事情を個別に考慮しにくいという側面もある。今回の試算では、我が国の実情をより反映したものにするという観点から、特に水産資源については、CWON2021とは異なる方法やデータを用いて試算した。自然資本の状況は、国によって差が大きいことから、その国にとっての自然資本の重要性に応じて、できるだけ実情を反映した推計方法を用いることが望ましい。

第二に、推計上の仮定の重要性である。例えば、自然資本の価値をNPV法で推計しようとする、将来のレントの流列についての仮定が必要になる。その要素の一つが資源の寿命だが、森林資源(木材)の試算で示したとおり、NPV法の計算期間を100年と仮定するか、25年と仮定するかで、試算される自然資本の価値には相当程度の幅が生じる。しかし、資源の寿命に関するデータは、必ずしも十分に得られるとは限らず、今回の試算でも、森林資源(木材)の資源採取の持続可能性を検討できるデータが得られたのは2010年までにとどまっている。このように、仮定を裏付けるデータが常に得られるとは限らないものの、自然資本の価値の推計に際しては、どのような仮定を置くかを十分精査する必要がある。

第三に、自然資本の推計に必要なデータが必ずしも十分得られるとは限らず、それを補う検討が必要である。今回の試算でも、例えば森林資源(木材)の資産価値の試算で用いたレンタル調整係数や、原油、天然ガスの資産価値の試算で用いたレンタル率については、日本のデータを利用できないため、それに代えて East Asia and Pacific 地域のレンタル調整係数やレンタル率を用いている。この例にみられるように、推計上必要な国別データが直接得られない場合には、それに代わるデータ、例えば地域データを用いるなどの工夫が必要である。

今回の試算は、我が国の自然資本の価値を測定するという意味では一つの結果を示したといえるが、我々の自然資本の測定の検討はまだその途上であり、以上に指摘した観点も含め、検討・改善すべき余地が残されている。このような検討は、将来の課題としたい。

参考資料 1. 令和 5 年度研究会について

本論の汚染調整済経済成長率と環境調整済全要素生産性の推計に関する検討、並びに補論の自然資本の価値の測定に関する検討及び試算は、内閣府が株式会社日本アプライドリサーチ研究所に委託し、有識者から構成される「自然資本の推計に関する調査研究」研究会を設置して、委員の助言を得て実施した。また、汚染調整済経済成長率と環境調整済全要素生産性の推計のバックデータとなる大気排出勘定の推計に関する検討及び試算は、内閣府が株式会社エス・アール・シーに委託し、有識者から構成される「令和 5 年度環境要因を考慮した経済統計・指標についての調査研究」勉強会を設置して、有識者の助言を得て実施した。

(1) 「自然資本の推計に関する調査研究」研究会

① 研究会の構成（肩書きは当時）

- 座 長 早見 均 慶應義塾大学商学部 教授
 委 員 氏川 恵次 横浜国立大学国際社会科学研究院 教授
 委 員 佐藤 真行 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 教授
 委 員 深見 正仁 東京商工会議所環境社会検定委員会 顧問
 委 員 牧野 好洋 静岡産業大学経営学部 教授

② 開催日程と議題

研究会	開催日	議題
第 1 回	令和 5 年 9 月 22 日	(1) 調査研究の概要 (2) 農地及び自然保護地区の推計手法 (3) 森林資源の推計手法 (4) 水産資源の推計手法 (5) マングローブの推計手法 (6) 化石燃料・鉱物資源の推計手法
第 2 回	令和 5 年 12 月 22 日	(1) 作業及び検討の概況 (2) 森林資源の推計 (3) 農地及び自然保護地区の推計 (4) 水産資源の推計 (5) 化石燃料・鉱物資源の推計 (6) マングローブの推計 (7) その他
第 3 回	令和 6 年 3 月 1 日	(1) 作業・検討の概況／とりまとめ方針 (2) 推計手順と結果の提示

		(3) 自然資本の寄与度及び EAMFP 等の試算 (4) その他
--	--	--------------------------------------

(2) 「令和 5 年度環境要因を考慮した経済統計・指標についての調査研究」勉強会

① 勉強会の構成

参加有識者について、(1) 「自然資本の推計に関する調査研究」研究会と同じ。

② 開催日程と議題

勉強会	開催日	議題
第 1 回	令和 5 年 12 月 21 日 及び 12 月 25 日	(1) 「汚染調整済経済成長率」に関するリサーチノート (ESRI) について (2) 今年度の作業方針について

参考資料 2. 共通報告様式 (CRF) の項目と大気排出勘定の産業分類の対応

共通報告様式 (CRF) の項目	大気排出勘定の産業分類
合計 (純排出量)	
1. エネルギー	
A. 燃料の燃焼	
1. エネルギー産業	
a. 事業用発電及び熱供給	5-1 電気業、5-2 ガス、熱供給
b. 石油精製	4-8 石油・石炭製品
c. 固体燃料製造及びその他のエネルギー産業	4-8 石油・石炭製品、5-2 ガス、熱供給
2. 製造業及び建設業	
a. 鉄鋼	4-10 鉄鋼
b. 非鉄金属	4-11 非鉄金属
c. 化学	4-7 化学工業
d. 紙、パルプ及び印刷	4-5 パルプ・紙・紙加工品、4-6 印刷・同関連業
e. 食品製造、飲料及びたばこ	4-1 食料品、飲料、たばこ、飼料
f. 非金属鉱物	4-9 窯業・土石製品
g. その他	2 鉱業、採石業、3 建設業、4-2 繊維、4-3 木材・木製品製造業、4-4 家具・装備品製造業、4-12 金属製品、4-13 はん用機械、生産用機械、業務用機械、4-14 電子部品・デバイス、4-15 電気機械、4-16 情報通信機器、4-17 輸送用機械、4-18 その他の製造業
3. 運輸	
a. 航空機 (国内)	7-2 運輸業 (航空)
b. 道路輸送	7-1 運輸業 (鉄道・道路)、19-1 (家計) 運輸
c. 鉄道	7-1 運輸業 (鉄道・道路)
d. 船舶 (国内)	7-3 運輸業 (船舶)
e. その他	7-4 倉庫業、7-5 郵便業
4. その他部門	
a. 業務	5-1 電気業～18 分類不能
b. 家計	19-2 (家計) 暖房/冷房、19-3 (家計) その他
c. 農林水産業	1-1 農業、1-2 林業、1-3 水産業
5. その他	
a. 固定発生源	-
b. 移動発生源	-
B. 燃料からの漏出	
1. 固体燃料	
a. 石炭採掘	2 鉱業、採石業
b. 固体燃料転換	2 鉱業、採石業
c. その他	-
2. 石油及び天然ガス	
a. 石油	2 鉱業、採石業
b. 天然ガス	2 鉱業、採石業
c. ベンチングとフレアリング	2 鉱業、採石業
d. その他	5-1 電気業 (地熱発電における蒸気の生産に伴う漏出)
C. CO ₂ 輸送及び貯蔵	-

共通報告様式 (CRF) の項目	大気排出勘定の産業分類
2. 工業プロセス及び製品の使用	
A. 鉱物産業	4-9 窯業・土石製品
B. 化学産業	4-7 化学工業
C. 金属製造	
1. 鉄鋼生産	4-10 鉄鋼
2. フェロアロイの生産	4-10 鉄鋼
3. アルミニウム生産	4-11 非鉄金属 (CO ₂ 、PFCs)
4. マグネシウム生産	4-11 非鉄金属 (HFCs、SF ₆)
5. 鉛の生産	-
6. 亜鉛の生産	-
7. その他	4-10 鉄鋼 (NO _x 、SO ₂)
D. 燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用	
1. 潤滑油の使用	7-1 運輸業 (鉄道・道路) (CO ₂)
2. パラフィンろうの使用	4-7 化学工業 (CO ₂)
3. その他	4-7 化学工業 (NO _x 、SO ₂)、1-1 農業、1-3 水産業、3 建設業、製造業 (4-1 食料品、飲料、たばこ、飼料～4-18 その他の製造業)、5-1 電気業、7-4 倉庫業、11-1 学術・開発研究機関、13-2 生活関連サービス業、14 教育・学習支援業、16-1 廃棄物処理業、16-4 その他のサービス業、18 分類不能、19-3 (家計) その他 (NMVOC)
E. 電子産業	
1. 集積回路または半導体	4-14 電子部品・デバイス (HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃)
2. TFT フラットパネルディスプレイ	4-14 電子部品・デバイス (HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃)
3. 太陽光発電	-
4. 熱伝導液体	-
5. その他	-
F. ODS (オゾン層破壊物質) 代替品の使用	
1. 冷蔵庫及び空調機器	4-15 電気機械 (製造時) (HFCs)、 全産業 (使用・廃棄時) (HFCs)
2. 発泡剤	3 建設業 (HFCs)
3. 消火剤	17 公務 (HFCs)
4. エアゾール	4-7 化学工業、15-1 医療
5. 溶剤	4-14 電子部品・デバイス (PFCs)、 13-2 生活関連サービス業 (HFCs)
6. その他	-
G. その他製品の製造及び使用	
1. 電気設備	4-15 電気機械 (製造時) (SF ₆)、 5-1 電気業 (使用・廃棄時) (SF ₆)
2. 他の製品の使用からの SF ₆ 及び PFCs	4-7 化学工業
3. 製品の使用からの N ₂ O	15-1 医療、4-7 化学工業
4. その他	4-14 電子部品・デバイス (PFCs、HFCs)
H. その他	4-1 食料品、飲料、たばこ、飼料 (NMVOC)

共通報告様式 (CRF) の項目	大気排出勘定の産業分類
3. 農業	1-1 農業
4. 土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)	-
5. 廃棄物	
A. 固形廃棄物の処分	16-1 廃棄物処理業
B. 固形廃棄物の生物処理	16-1 廃棄物処理業
C. 廃棄物の焼却と野焼き	16-1 廃棄物処理業
D. 排水処理と放出	5-3 水道業
E. その他	
石油由来の界面活性剤の分解	5-3 水道業 (CO ₂)
6. その他	
スモッキング	19-3 (家計) その他 (CO、NMVOC)
メモ項目	
国際バンカー油	
航空	7-3 運輸業 (航空) (ブリッジングアイテム)
船舶	7-2 運輸業 (船舶) (ブリッジングアイテム)

参考資料 3. 大気排出勘定の産業分類と国民経済計算の経済活動分類の対応

大気排出勘定の産業分類	国民経済計算の経済活動分類
1 農林水産業	
1-1 農業	農業
1-2 林業	林業
1-3 水産業	水産業
2 鉱業、採石業	鉱業
3 建設業	建設業
4 製造業	
4-1 食料品、飲料、たばこ、飼料	食料品
4-2 繊維	繊維製品
4-3 木材・木製品製造業	その他の製造業
4-4 家具・装備品製造業	その他の製造業
4-5 パルプ・紙・紙加工品	パルプ・紙・紙加工品
4-6 印刷・同関連業	印刷業
4-7 化学工業	化学
4-8 石油・石炭製品	石油・石炭製品
4-9 窯業・土石製品	窯業・土石製品
4-10 鉄鋼	一次金属
4-11 非鉄金属	一次金属
4-12 金属製品	金属製品
4-13 はん用機械、生産用機械、業務用機械	はん用・生産用・業務用機械
4-14 電子部品・デバイス	電子部品・デバイス
4-15 電気機械	電気機械
4-16 情報通信機器	情報・通信機器
4-17 輸送用機械	輸送用機械
4-18 その他の製造業	その他の製造業
5 電気・ガス・熱供給・水道業	
5-1 電気業	電気業
5-2 ガス、熱供給	ガス・水道・廃棄物処理業
5-3 水道業	ガス・水道・廃棄物処理業
6 情報通信業	
6-1 通信業	通信・放送業
6-2 放送業	通信・放送業
6-3 情報サービス業	情報サービス・映像音声文字情報制作業
6-4 インターネット附随サービス業	情報サービス・映像音声文字情報制作業
6-5 映像・音声・文字情報制作業	情報サービス・映像音声文字情報制作業
7 運輸・郵便業	
7-1 運輸業（鉄道・道路）	運輸・郵便業
7-2 運輸業（船舶）	運輸・郵便業
7-3 運輸業（航空）	運輸・郵便業
7-4 倉庫業	運輸・郵便業
7-5 郵便業	運輸・郵便業
8 卸売・小売業	
8-1 卸売業	卸売業
8-2 小売業	小売業

大気排出勘定の産業分類	国民経済計算の経済活動分類
9 金融・保険業	
9-1 金融業（保険業以外）	金融・保険業
9-2 保険業	金融・保険業
10 不動産・物品賃貸業	
10-1 不動産業	不動産業
10-2 物品賃貸業	専門・科学技術、業務支援サービス業
11 学術研究・専門技術サービス業	
11-1 学術・開発研究機関	専門・科学技術、業務支援サービス業
11-2 専門サービス業（法律、デザイン、経営等）	専門・科学技術、業務支援サービス業
11-3 広告業	専門・科学技術、業務支援サービス業
11-4 技術サービス業（設計、検査等）	専門・科学技術、業務支援サービス業
12 宿泊・飲食サービス業	宿泊・飲食サービス業
13 娯楽・生活関連サービス業	
13-1 娯楽業	その他のサービス
13-2 生活関連サービス業	その他のサービス
14 教育・学習支援業	教育
15 医療・福祉	
15-1 医療	保健衛生・社会事業
15-2 保険衛生	保健衛生・社会事業
15-3 社会保険・社会福祉・介護	保健衛生・社会事業
16 サービス業（他に分類されるものを除く）	
16-1 廃棄物処理業	ガス・水道・廃棄物処理業
16-2 機械等修理業	その他のサービス
16-3 職業紹介・労働者派遣業	専門・科学技術、業務支援サービス業
16-4 その他のサービス業	その他のサービス
17 公務（他に分類されるものを除く）	公務
18 分類不能	その他のサービス
19 家計	
19-1 運輸	運輸・郵便業
19-2 暖房/冷房	住宅賃貸業
19-3 その他	運輸・郵便業、住宅賃貸業以外に均等に配分

参考文献

- 環境省 『温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告, 2. IPPU 分野 | 温室効果ガス排出・吸収量算定方法の詳細情報, 2.G その他製品の製造及び使用, 2.G.1 電気設備』.
- 環境省 (2006) 『揮発性有機化合物について 光化学スモッグのない暮らし (パンフレット)』.
- 環境省 (2015) 『平成 27 年版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書』.
- 環境省 (2024) 『令和 6 年版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書』.
- 環境省・国立環境研究所 (2023) 『温室効果ガスインベントリ』.
- 環境省・国立環境研究所 (2024) 『温室効果ガスインベントリ』.
- 揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会 (2022) 『揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリについて』.
- 経済産業研究所 (2023) 『JIP データベース 2023』.
- 経済産業省 (2022) 『総合エネルギー統計』.
- 経済産業省・社団法人産業環境管理協会 (2010) 『VOC 排出抑制の手引き 参考資料』.
- 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ (2015) 『第 8 回開催資料 資料 1-3 分野ごとの行動計画に基づく取組の進捗状況 (個票)』.
- 酒巻哲朗・吉本尚史 (2023) 「環境要因を考慮した統計・指標について~「汚染調整済経済成長率」と「大気排出勘定」の試算~」, 『経済分析』, 第 206 号, pp.161-179.
- 内閣府経済社会総合研究所 (2016) 『環境経済勘定セントラルフレームワークに関する検討作業 SEEA-CF 概説書』.
- 内閣府経済社会総合研究所 (2022) 『環境要因を考慮した統計・指標について』, 研究会報告書等 No.87.
- 松多秀一・吉本尚史・高橋樹生・酒巻哲朗 (2024) 『汚染調整済経済成長率等の新たな試算について』, ESRI Research Note No.80, 内閣府経済社会総合研究所.
- Applied Geosolutions (2015), “Improving the forests database to support sustainable forest management: Domestic timber prices and rental rates,” *PROFOR.INFO Working Paper*.
- Cárdenas Rodríguez, M., Hašičič, I. and Souchier, M. (2018), “Environmentally adjusted multifactor productivity: Methodology and empirical results for OECD and G20 countries,” *OECD Green Growth Papers*, No. 2018/02, OECD Publishing, Paris.
- Cárdenas Rodríguez, M., Mante, F., Hašičič, I. and Rojas Lleras, A. (2023), “Environmentally adjusted multifactor productivity: Accounting for renewable natural resources and ecosystem services,” *OECD Green Growth Papers*, 2023-01, OECD Publishing, Paris.
- Clarke, D., et al. (2022), “CO2 emissions from air transport: A near-real-time global database for policy analysis,” *OECD Statistics Working Papers*, No. 2022/04, OECD Publishing,

Paris.

Eurostat (2015), *Manual for air emissions accounts*.

Lam, V. W. Y. and Sumaila, R. (2021), “A practical approach or estimating marine fisheries asset value,” *The Changing Wealth of Nations 2021 Technical Report*, World Bank, Washington, D.C.

Siikamäki, J., Piaggio, M., da Silva, N., Álvarez, I. and Chu, Z. (2021), “Global assessment of non-wood forest ecosystem services: A revision of a spatially explicit meta-analysis and benefit transfer,” *The Changing Wealth of Nations 2021 Technical Report*, World Bank, Washington, D.C.

Stiglitz, J. E., Sen, A. and Fitoussi, J.-P. (2010), *Mismeasuring our lives: Why GDP doesn't add up*, The New Press, New York.

United Nations (2014), *System of environmental-economic accounting 2012 – Central framework*, United Nations, New York.

United Nations (2024), *System of environmental-economic accounting – Ecosystem accounting*, United Nations, New York.

World Bank (2021a), *The changing wealth of nations 2021: Managing assets for the future*, World Bank, Washington, D.C.

World Bank (2021b), *The changing wealth of nations 2021: Methods and data*, World Bank, Washington, D.C.