

炭素生産性の中身を探る—真の生産性と搾取要素—

岡 敏弘¹

2024 年 6 月 21 日 世界銀行日本人職員 OB・OG 会勉強会

¹ 京都大学大学院経済学研究科、公共政策大学院

温室効果ガス排出とエネルギー

- 1850 年から 2019 年までの人為起源の累積 CO_2 排出 $2400(\pm 73)\text{GtCO}_2$ の約 7 割が、化石燃料燃焼・工業工程からの排出²。
- 2022 年度の日本の温室効果ガス排出 11 億 3500 万 t-CO_2 等量の 84% が、化石燃料燃焼による CO_2 ³。

²IPCC(2023), *Climate Change: Synthesis Report*, 2.1.1.

³温室効果ガス排出インベントリ。

エネルギー消費と GDP

- 産業革命以降の経済発展は化石燃料消費とともにあった。

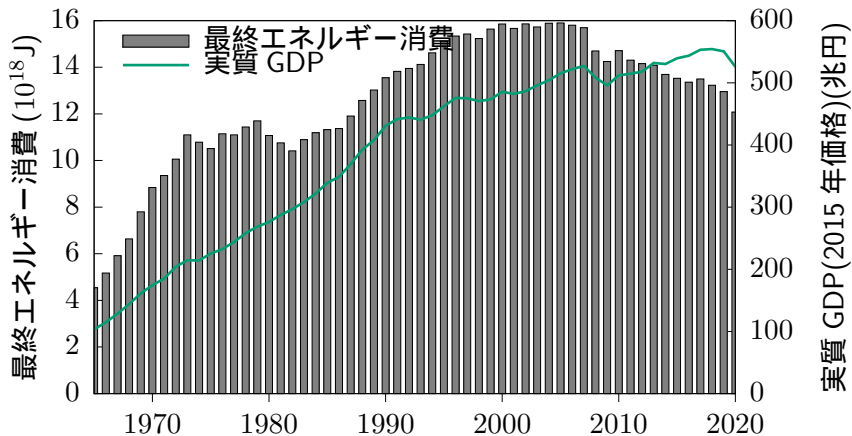


図 1: 日本の GDP とエネルギー消費 (エネルギー白書 2022 から)

CO₂ 排出と GDP

- 日本の CO₂ 排出は 2013 年度が頂点。

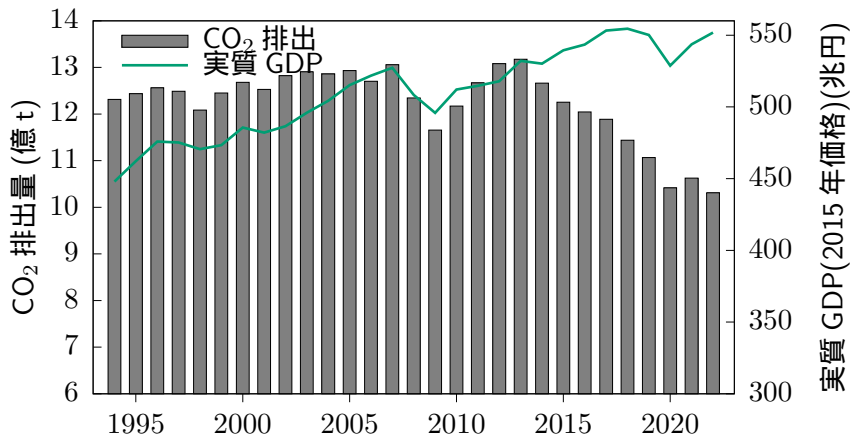


図 2: 日本の CO₂ 排出量と実質 GDP(温室効果ガスインベントリ、国民経済計算

炭素生産性 (私の推計でも)

- 日本 6600 ドル/t-CO₂(1995 年) 4000 ドル/t-CO₂(2018 年)
(2015 年価格実質米ドル表示)
- ドイツ 4000 ドル/t-CO₂(1995 年) 4800 ドル/t-CO₂(2018 年)
- スウェーデン 5900 ドル/t-CO₂(1995 年) 11500 ドル/t-CO₂(2018 年)
- EU15 4000 ドル/t-CO₂(1995 年) 5500 ドル/t-CO₂(2018 年)
- 米国 2100 ドル/t-CO₂(1995 年) 3800 ドル/t-CO₂(2018 年)

炭素生産性をめぐる議論

- 日本経済は「量から質への転換」という社会変革を実現できていない。
- 世界各国で、カーボンプライシングによって温室効果ガスを削減しつつ、経済成長とのデカップリングを達成している事例が報告されている。例えばスウェーデンは炭素税導入後、経済成長を続けながら、一次エネルギー供給に占める水力を除く再エネの比率が拡大した。
- 社会変革への方向付けのために炭素価格づけを。

(環境省、カーボンプライシングのあり方に関する検討会取りまとめ (2018)15,36 頁)

炭素生産性を上げる

- 産業構造転換と低炭素社会

- ▶ 製造業からサービス業へ
- ▶ 重厚長大から軽薄短小へ
- ▶ 製造から開発へ

しかし、製造はどこかで行われている。

- 低付加価値から高付加価値へ

- ▶ より少ない労働で作った製品と引き換えに、より多くの労働で作った製品を獲得する。

—他国に CO₂ 排出を押し付け、他国労働の製品を消費することで、炭素生産性を上げる。

—しかし、それは、人類が豊かさを維持しながら CO₂ 排出を減らすという課題の解決に貢献しない。

炭素生産性の分解⁴

$$\begin{aligned}\text{炭素生産性} &= \frac{\text{GDP}}{\text{CO}_2} \\ &= \frac{\text{GDP}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{CO}_2} \\ &= \frac{\text{需要}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{GDP}}{\text{需要}} \\ &= \frac{\text{需要}}{\text{消費労働}} \times \frac{\text{消費労働}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{GDP}}{\text{需要}} \\ &= \frac{\text{需要}}{\text{消費労働}} \times \frac{\text{消費労働}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{消費CO}_2} \times \frac{\text{消費CO}_2}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{GDP}}{\text{需要}}\end{aligned}$$

炭素生産性の分解⁴

$$\begin{aligned}\text{炭素生産性} &= \frac{\text{GDP}}{\text{CO}_2} \\ &= \frac{\text{GDP}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{CO}_2} \\ &= \frac{\text{需要}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{GDP}}{\text{需要}} \\ &= \frac{\text{需要}}{\text{消費労働}} \times \frac{\text{消費労働}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{GDP}}{\text{需要}} \\ &= \frac{\text{需要}}{\text{消費労働}} \times \frac{\text{消費労働}}{\text{労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{消費CO}_2} \times \frac{\text{消費CO}_2}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{GDP}}{\text{需要}}\end{aligned}$$

⁴劉琥疊 (京都大学大学院経済学研究科) との共同研究
(<https://ssrn.com/abstract=4429079>)。

真の炭素生産性と搾取成分

$$\begin{aligned} & \text{炭素生産性} \\ = & \underbrace{\frac{\text{需要}}{\text{消費労働}} \times \frac{\text{労働}}{\text{消費 CO}_2}}_{\text{真の炭素生産性}} \times \underbrace{\frac{\text{消費労働}}{\text{労働}} \times \frac{\text{消費 CO}_2}{\text{CO}_2}}_{\text{搾取成分}} \times \underbrace{\frac{\text{GDP}}{\text{需要}}}_{\text{貿易黒字度}} \\ & \qquad \qquad \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{ゼロサム成分}} \end{aligned}$$

搾取とは

- マルクス『資本論』

- ▶ 価値 = 労働。労働者が自身の労働の価値未満しか受け取らないから利潤がある。

- 現代の搾取

- ▶ 労働者が受け取る賃金で買える商品に含まれている労働が、自身の投下した労働よりも少ないなら、労働者は搾取されている。

- 国際的な搾取

- ▶ ある国の居住者が購入して消費する商品に含まれている世界労働が、その居住者自身が行った労働よりも大きければ、その居住者は労働を搾取している。
- ▶ 逆に、消費する商品に含まれている世界労働が、自身が投下した労働よりも小さければ、その居住者は搾取されている。

消費する商品に含まれている労働の計算

- 例えば、米 50kg(3 万円) を生産するのに、5 時間分の直接労働が投入されている。
- しかし、米 50kg の生産には、

| | |
|--------|--------|
| 資材 | 1000 円 |
| 化学肥料 | 4000 円 |
| 農薬 | 3000 円 |
| 石油 | 400 円 |
| 電力 | 400 円 |
| 輸送サービス | 3000 円 |
| 機械補修等 | 2000 円 |

なども投入されている。

- これらにも、それぞれ、10 分、40 分、30 分、... 計 2.5 時間の労働が投入されているだろう。
- そして、化学肥料 4000 円を生産するのにも、労働の他に、エネルギーや原料や機械等が投入されていて、それらを生産するのにさらに労働が投入されているだろう。

産業連関分析

- これらの、産業と産業との間の投入と産出の連関、及び、産出1単位あたりの労働投入量の情報がわかれば、例えば、米 50kg(3 万円分) に直接間接に投下されている労働の量を計算できる。
- 国際産業連関表を使えば、今日本で消費する米 50kg(3 万円) に直接間接に投下されている世界労働を計算できる。
- 日本で消費するすべての商品に体化されている世界労働を計算できる。それを日本の労働者が行った労働の量と比べることができる。

CO₂ 排出の搾取

- CO₂ 排出も同様。
- 産出 1 単位の CO₂ 排出量がわかれば、ある国で消費される商品に体化された、世界の CO₂ 排出量を計算できる。
- これに消費過程から直接出る CO₂ を加えると、消費 CO₂ が得られる。
- ある国の居住者がその国内の消費・生産活動で排出している CO₂ の量は、これとは異なる。
- 消費 CO₂ が国内活動から出る CO₂ よりも大きければ、その国は CO₂ 排出を搾取している。(他国に CO₂ 排出を押し付けている。)
- 逆に、国内活動から出る CO₂ が消費 CO₂ よりも大きければ、その国は CO₂ 排出を搾取されている。(他国のために CO₂ を排出してやっている。)

データ

- OECD の Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables (2021 edition) から産業連関表を入手。
- CO₂ 排出量も同じデータベースから得られる。
- OECD の Trade in employment (TiM) から雇用量のデータが得られる。しかし、TiM データベースは 51 ヶ国のものしか提供しない。これは、OECD の ICIO データベースと合わない。そこで、TiM と ILO のデータを結合して、66 ヶ国と ROW の雇用データを作成した。ILO データベースはすべての国の雇用データを提供するが、14 産業部門のものである。産業分類体系が同じ ISIC rev.4 なので、付加価値シェアで雇用を 45 部門に按分した。
- GDP と米国のデフレーター (2015 年基準) は World Bank の World development indicator database から得た。

見かけの炭素生産性と真の炭素生産性

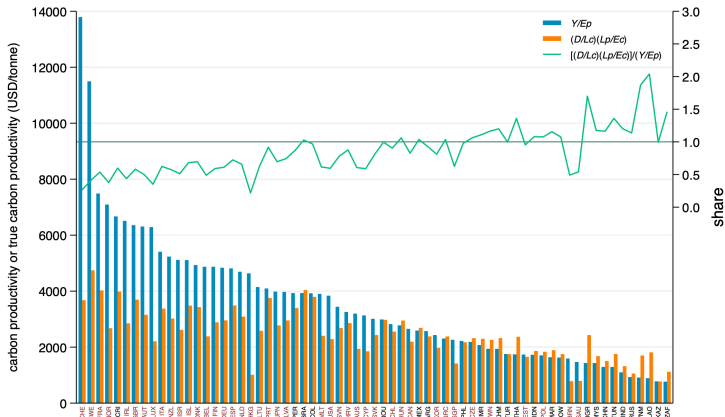


図 3: (見かけの) 炭素生産性と真の炭素生産性 (2018)。折れ線は後者の前者に対する比

見かけと真の炭素生産性、搾取

- 炭素生産性の1位、2位は、スイス、スウェーデン。真と見かけの比はそれぞれ26.6%、41.2%。
- 上位10国のうち9国がEU。真と見かけの比は平均46.8%。上位20国(地域)のうち19がOECD。同52.2%
- 米国は見かけの生産性で29位、真の生産性で41位。

搾取

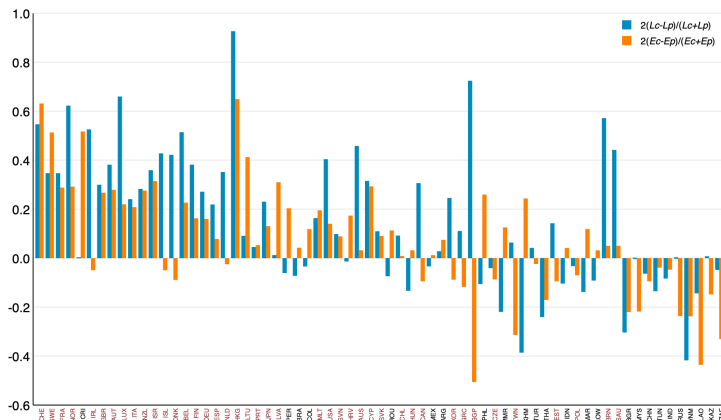


図 4: 労働搾取と CO₂ 排出搾取

主要国・グループ 1995-2018

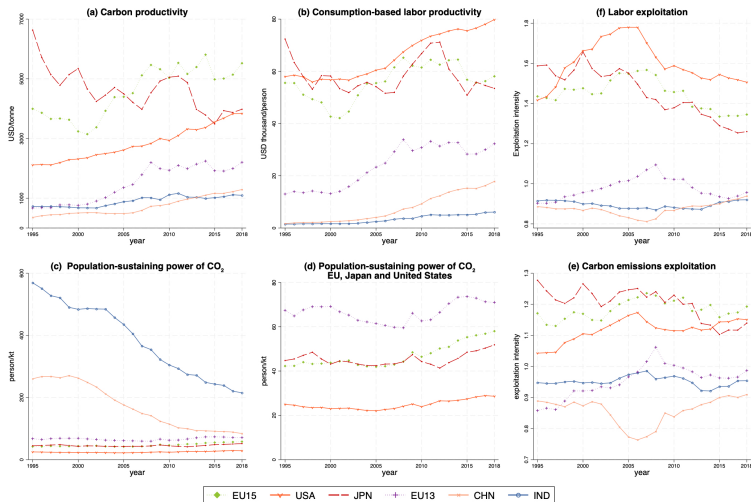


図 5: 主要国・グループの 1995 年～2018 の推移 (EU15 は、オーストリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシア、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、英国)

主要国・グループの動き

● 見かけの炭素生産性

- ▶ 1995 年では日本が最も高い。2018 年では EU15 が。日本は低下傾向。
- ▶ 先進国と途上国の差が大きい。縮小してきたが 2018 年でまだ最大 5 倍。

● 消費ベース労働生産性

- ▶ 4 万ドルを境に先進国と途上国二分。EU15・日本停滞、米上昇。
- ▶ インド停滞、中国上昇。

● 炭素の人口維持力

- ▶ 先進国低位安定。インド・中国急落、しかし、2018 でもインドは米国の 7 倍以上。日本は、2011～2013 年に EU15 に引き離され、その後回復。米国は一貫して最下位。

● 炭素排出搾取度

- ▶ EU15 横ばい、日本低下、米国上昇。中国 2006 年まで被搾取拡大、その後回復。しかし搾取構造は変わらない。

● 労働搾取度

- ▶ 炭素排出よりもはっきりしている。日本の低下が目立つ。中国と米国は鏡像のよう。

炭素生産性の分解

(ドル/t-CO₂)

| | 見かけの炭素生産性 | | | 真の炭素生産性 | | | 搾取成分 | | |
|------|-----------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
| | 1995 | 2005 | 2018 | 1995 | 2005 | 2018 | 1995 | 2005 | 2018 |
| EU15 | 3995 | 4397 | 5524 | 2354 | 2333 | 3378 | 1.68 | 1.87 | 1.60 |
| EU13 | 670 | 1354 | 2203 | 877 | 1432 | 2290 | 0.78 | 0.98 | 0.94 |
| 米国 | 2113 | 2616 | 3839 | 1448 | 1336 | 2289 | 1.48 | 2.07 | 1.73 |
| 日本 | 6633 | 4499 | 3981 | 3253 | 2305 | 2778 | 2.02 | 1.93 | 1.43 |
| 中国 | 356 | 483 | 1291 | 449 | 715 | 1498 | 0.79 | 0.65 | 0.86 |
| インド | 728 | 883 | 1097 | 853 | 1073 | 1317 | 0.87 | 0.85 | 0.88 |
| その他 | 1364 | 1535 | 1933 | 1574 | 1677 | 2088 | 0.87 | 0.87 | 0.91 |

炭素生産性変化の分解 (1995-2018)

1995-2018

(ドル/t-CO₂)

| | 炭素生産性 | | 労働 生産性 | 炭素の 人口維持 | 労働 搾取 | 炭素 搾取 | 貿易 収支 | 真の 成分 | 搾取 成分 |
|------|-------|------|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 見かけ | 真の | | | | | | | |
| EU15 | 1529 | 1024 | 210 | 1494 | -307 | 86 | 46 | 1704 | -221 |
| EU13 | 1533 | 1413 | 1168 | 68 | 74 | 179 | 44 | 1236 | 253 |
| 米国 | 1725 | 841 | 924 | 400 | 176 | 280 | -54 | 1323 | 456 |
| 日本 | -2652 | -474 | -1571 | 752 | -1200 | -581 | -52 | -819 | -1780 |
| 中国 | 934 | 1049 | 1695 | -820 | 42 | 15 | 2 | 875 | 57 |
| インド | 369 | 464 | 1267 | -876 | 6 | 6 | -34 | 391 | 12 |
| その他 | 569 | 514 | 583 | -122 | -5 | 79 | 34 | 461 | 74 |

- 日本の炭素生産性低下の 2/3 が搾取要因。真の炭素生産性低下は主に労働生産性の低下による。炭素の人口維持力は上昇した。
- 日本は搾取度を一貫して弱めた稀有な国。国内製造業を維持したことが関係しているだろう。

炭素生産性変化の分解 (1995-2005)

1995-2005

(ドル/t-CO₂)

| | 炭素生産性 | | 労働 生産性 | 炭素の 人口維持 | 労働 搾取 | 炭素 搾取 | 貿易 収支 | 真の 成分 | 搾取 成分 |
|------|-------|------|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 見かけ | 真の | | | | | | | |
| EU15 | 402 | -20 | -5 | -32 | 317 | 149 | -27 | -37 | 466 |
| EU13 | 684 | 555 | 566 | -89 | 114 | 115 | -21 | 476 | 229 |
| 米国 | 503 | -112 | 98 | -289 | 538 | 255 | -99 | -191 | 793 |
| 日本 | -2135 | -948 | -1596 | -297 | -126 | -129 | 13 | -1893 | -255 |
| 中国 | 127 | 266 | 357 | -163 | -27 | -58 | 17 | 194 | -84 |
| インド | 155 | 220 | 399 | -215 | -33 | 22 | -18 | 184 | -11 |
| その他 | 171 | 103 | 133 | -40 | -11 | 9 | 81 | 92 | -2 |

- 欧米はこの時期、搾取度を高めた。真の炭素生産性は低下している。
- 中国はこの時期、被搾取度を深めた。貿易に組み込まれ、世界の工場になったことが関係しているだろう。

炭素生産性変化の分解 (2005-2018)

2005-2018

(ドル/t-CO₂)

| | 炭素生産性 | | 労働 生産性 | 炭素の 人口維持 | 労働 搾取 | 炭素 搾取 | 貿易 収支 | 真の 成分 | 搾取 成分 |
|------|-------|------|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 見かけ | 真の | | | | | | | |
| EU15 | 1127 | 1045 | 226 | 1602 | -695 | -86 | 80 | 1827 | -781 |
| EU13 | 849 | 858 | 566 | 252 | -104 | 37 | 97 | 819 | -67 |
| 米国 | 1222 | 953 | 886 | 831 | -533 | -36 | 74 | 1718 | -569 |
| 日本 | -517 | 473 | -51 | 842 | -881 | -374 | -53 | 791 | -1255 |
| 中国 | 808 | 784 | 1215 | -607 | 100 | 131 | -32 | 608 | 231 |
| インド | 214 | 244 | 897 | -695 | 47 | -20 | -15 | 202 | 27 |
| その他 | 398 | 410 | 459 | -81 | 8 | 73 | -60 | 378 | 80 |

- 欧米はこの時期、搾取度を弱めた。しかしまだ米国は 1995 年水準まで戻っていない。真の炭素生産性は高まった。
- 中国はこの時期、非搾取度を弱めた。しかし 2018 年でまだ搾取されている。

考察

● 炭素生産性の格差

| | | 1995 | 2018 |
|----------|---------|--------|-------|
| EU15/中国 | 見かけの生産性 | 11.2 倍 | 4.3 倍 |
| | 真の生産性 | 5.2 倍 | 2.2 倍 |
| | 比 | 1.9 | 2.1 |
| EU15/インド | 見かけの生産性 | 5.5 倍 | 5.0 倍 |
| | 真の生産性 | 2.8 倍 | 2.6 倍 |
| | 比 | 2.0 | 2.0 |

- 労働搾取 > CO₂ 排出搾取。労働が貿易パターンの動因。CO₂ は追随。炭素漏出は環境規制のせいではない。
- 途上国の炭素の人口維持力は低下したが、低下速度は鈍る。中国の消費ベース労働生産性は急速に上昇。先進国の炭素の人口維持力は緩やかな上昇にとどまる。
- 近年の先進国の炭素の人口維持力の上昇は年率 2%。これが続くと、2030 年の炭素の人口維持力は 2018 年の 1.3 倍、2050 年でも 2 倍にとどまる。
- 先進国の両搾取度の積は 1.4 ~ 1.7、途上国は 0.9 を下回る。縮まる傾向はない。

- 1 国の炭素生産性を真の炭素生産性とゼロサム性質を持つ成分とに分解した。
- 消費ベースの労働生産性と炭素の人口維持力とが真の炭素生産性であり、労働と炭素排出の搾取と貿易収支がゼロサム成分である。
- 66 ヶ国・地域とその他世界の 2018 年の状況、および、主要な国と地域の 1995 年から 2018 年までの変化を分析した。
 - ▶ 見かけの炭素生産性の格差が真の炭素生産性では縮小する。
 - ▶ この 23 年間の始まりと終わりとでは搾取は変化していない (日本を除いて)。
 - ▶ 消費ベース労働生産性と炭素の人口維持力の上昇が、概ねどの地域でも炭素生産性の上昇の主要な要因であるが、搾取度の変化が大きく影響している時期もある。