

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

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(± 73)Gt CO_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。

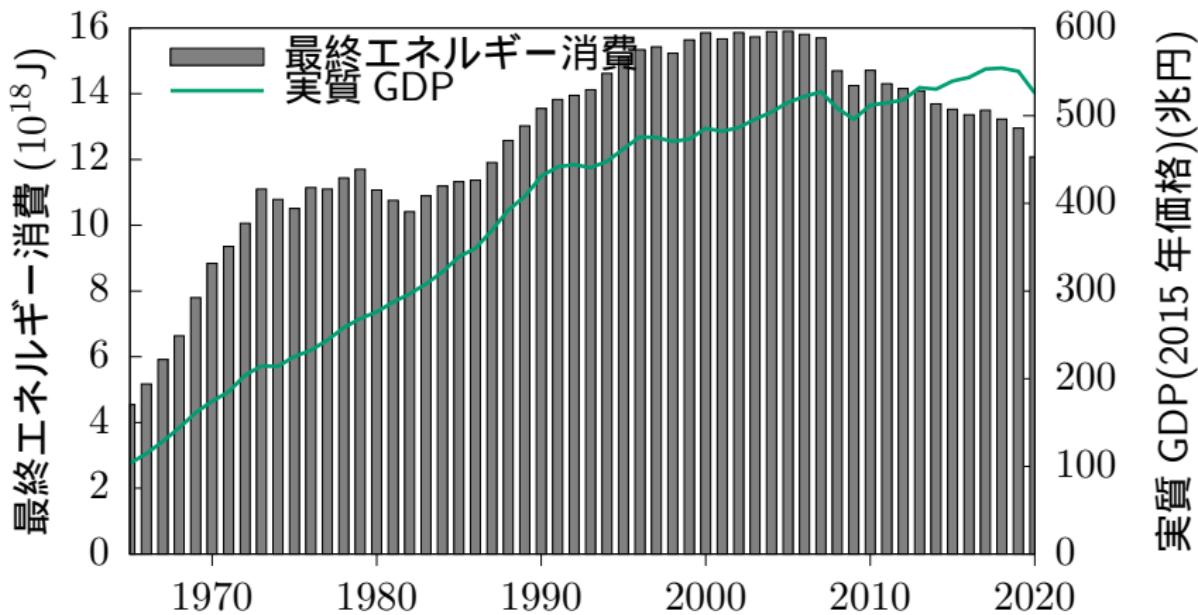


図 1: 日本の GDP とエネルギー消費 (エネルギー白書 2022 から)

CO₂ 排出と GDP

- 日本 CO₂ 排出は 2013 年度が頂点。

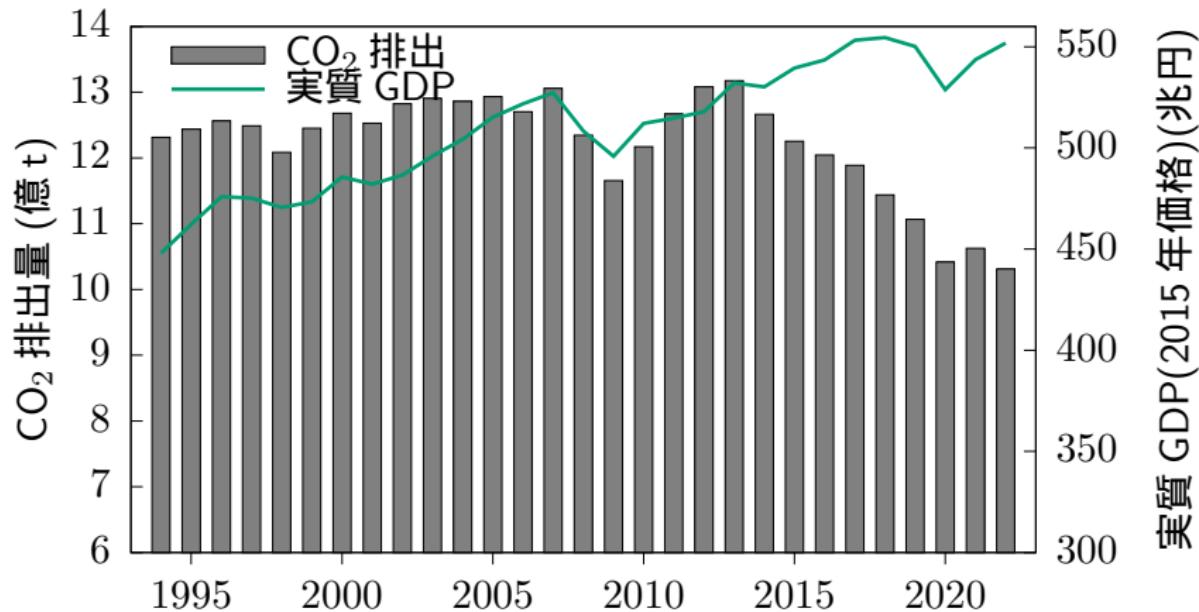


図 2: 日本の CO₂ 排出量と実質 GDP(温室効果ガスインベントリ、国民経済計算

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

炭素生産性

$$= \underbrace{\frac{\text{需要}}{\text{消費労働}}}_{\text{真の労働生産性}} \times \underbrace{\frac{\text{労働}}{\text{消費 CO}_2}}_{\text{炭素の人口維持力}} \times \underbrace{\frac{\text{消費労働}}{\text{労働}}}_{\text{労働搾取度}} \times \underbrace{\frac{\text{消費 CO}_2}{\text{CO}_2}}_{\text{炭素排出搾取度}} \times \underbrace{\frac{\text{GDP}}{\text{需要}}}_{\text{貿易黒字度}}$$

$\underbrace{\text{真の炭素生産性} \quad \quad \quad \text{搾取成分}}_{\text{ゼロサム成分}}$

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。
- 國際的な搾取
 - ▶ 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、自分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产出の連関、及び、产出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ヶ国の中しか提供しない。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 (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

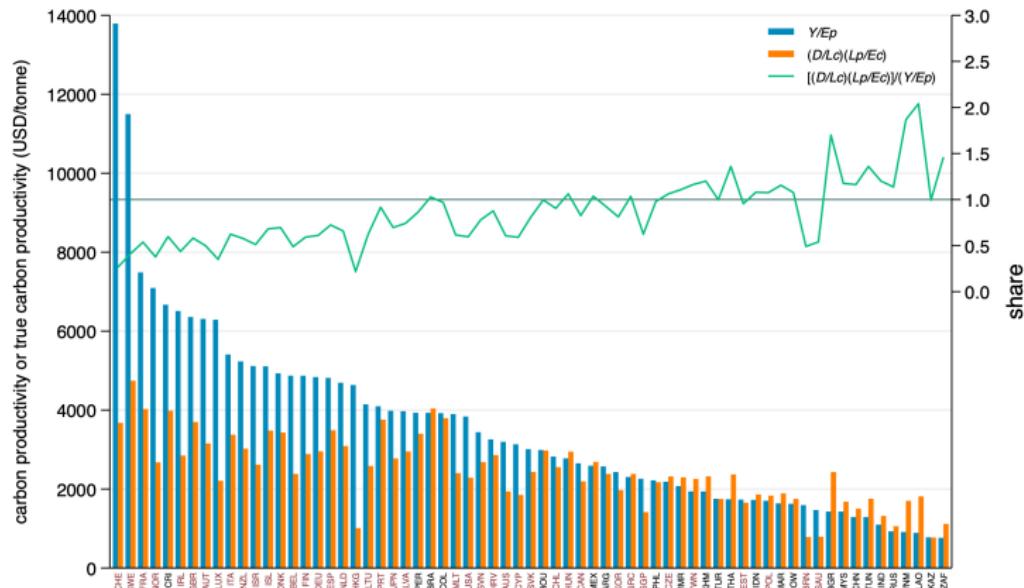


図 3: (見かけの) 炭素生産性と真の炭素生産性 (2018)。折れ線は後者の前者に対する比

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国の中9国がEU。真と見かけの比は平均46.8%。上位20国(地域)の中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

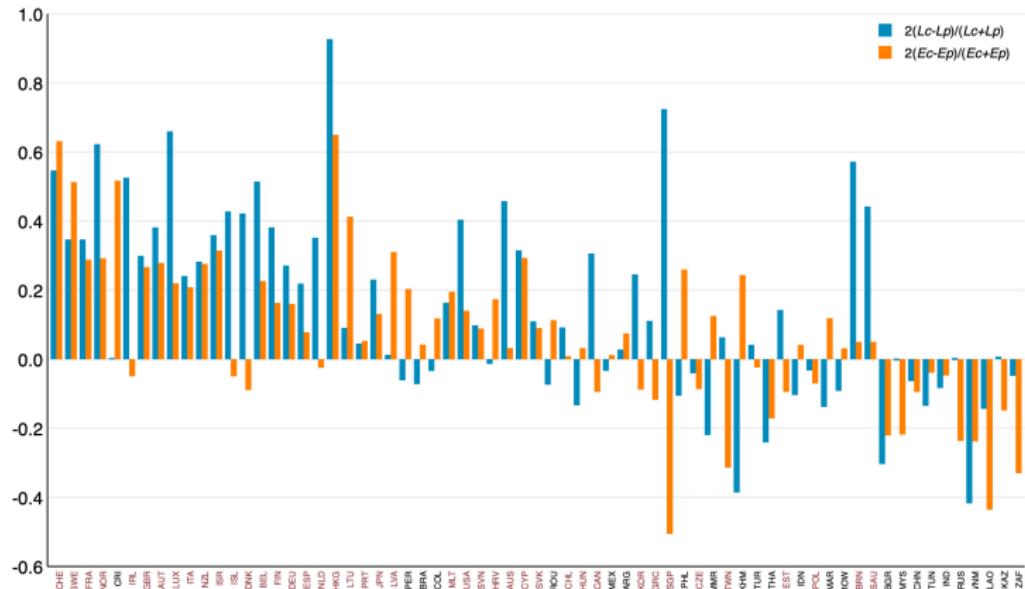


図 4: 労働搾取と CO_2 排出搾取

主要国・グループ 1995-2018

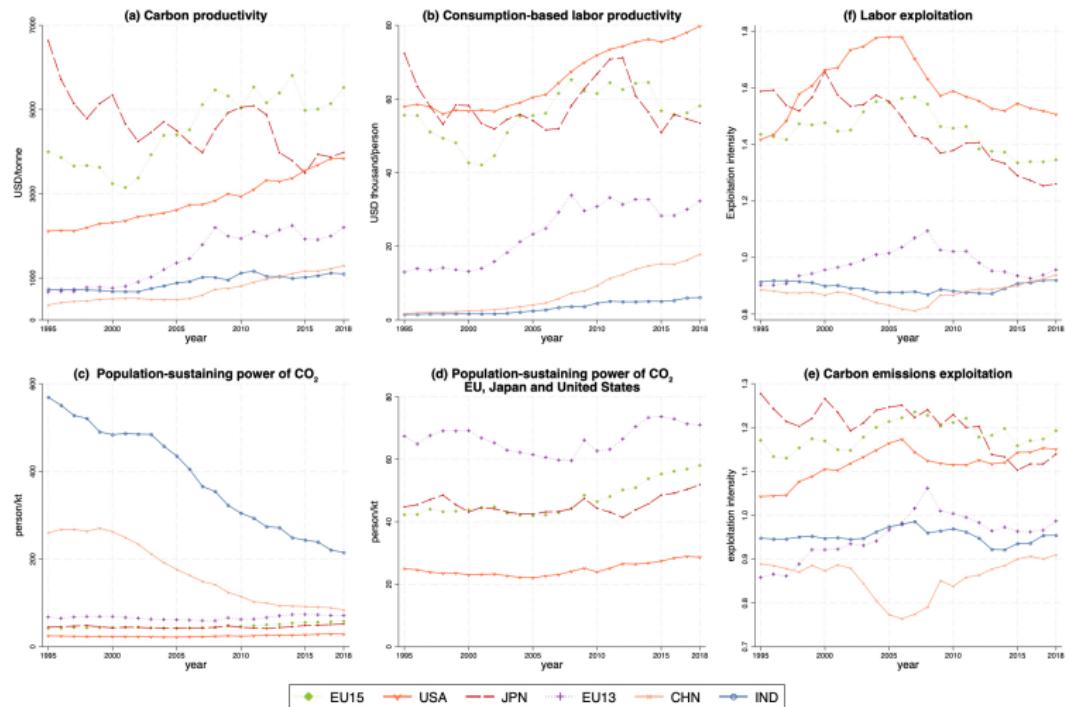


図 5: 主要国・グループの 1995 年～2018 の推移 (EU15 は、オーストリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、英国)

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。
- ▶ 先進国と途上国との差が大きい。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。しかしこれでも米国は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。

結論

- 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。