



エネルギー・資源学会「2050年に向けた日本のエネルギー需給」研究委員会・
東京大学 生産技術研究所 エネルギーシステムインテグレーション (ESI) 社会
連携研究部門主催シンポジウム「2050年のエネルギーと社会：俯瞰的視点」
2021年9月27日 (月) 13:00-17:50



日本の経済成長とエネルギー生産性 ー長期のエネルギー転換に向けた視点

野村浩二
慶應義塾大学産業研究所
2021年9月27日 (月) 14:20-14:45

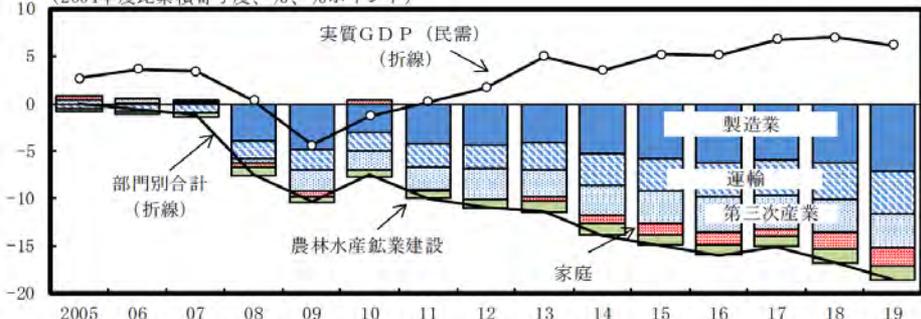


CALAMVS GLADIO FORTIOR

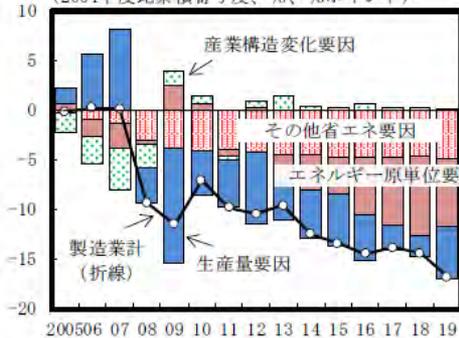
「企業は経済成長と同時に省エネによるエネルギー消費抑制を実現」

－9月24日公表の『令和3年度 年次経済財政報告』（経済財政白書）

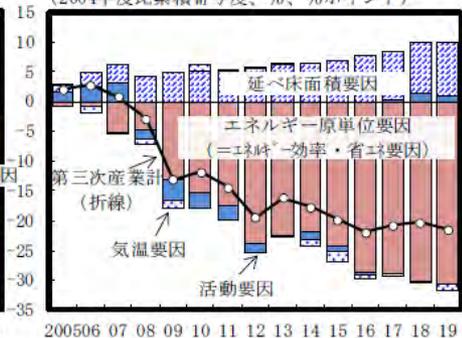
(1) 産業別にみたエネルギー消費量の変化
(2004年度比累積寄与度、%、%ポイント)



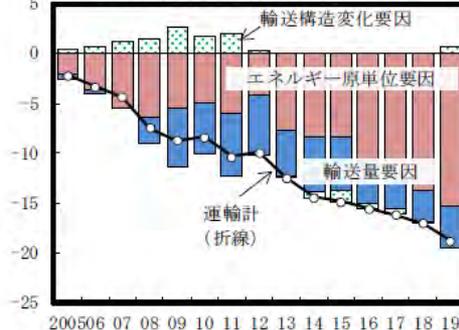
① 製造業部門
(2004年度比累積寄与度、%、%ポイント)



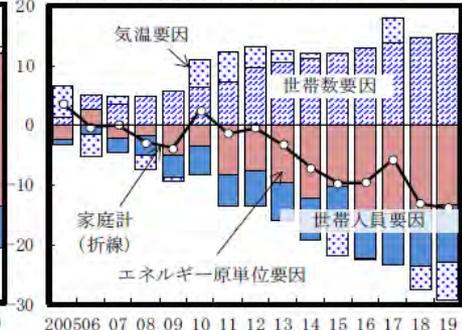
② 第三次産業部門
(2004年度比累積寄与度、%、%ポイント)



③ 運輸部門
(2004年度比累積寄与度、%、%ポイント)



④ 家庭部門
(2004年度比累積寄与度、%、%ポイント)

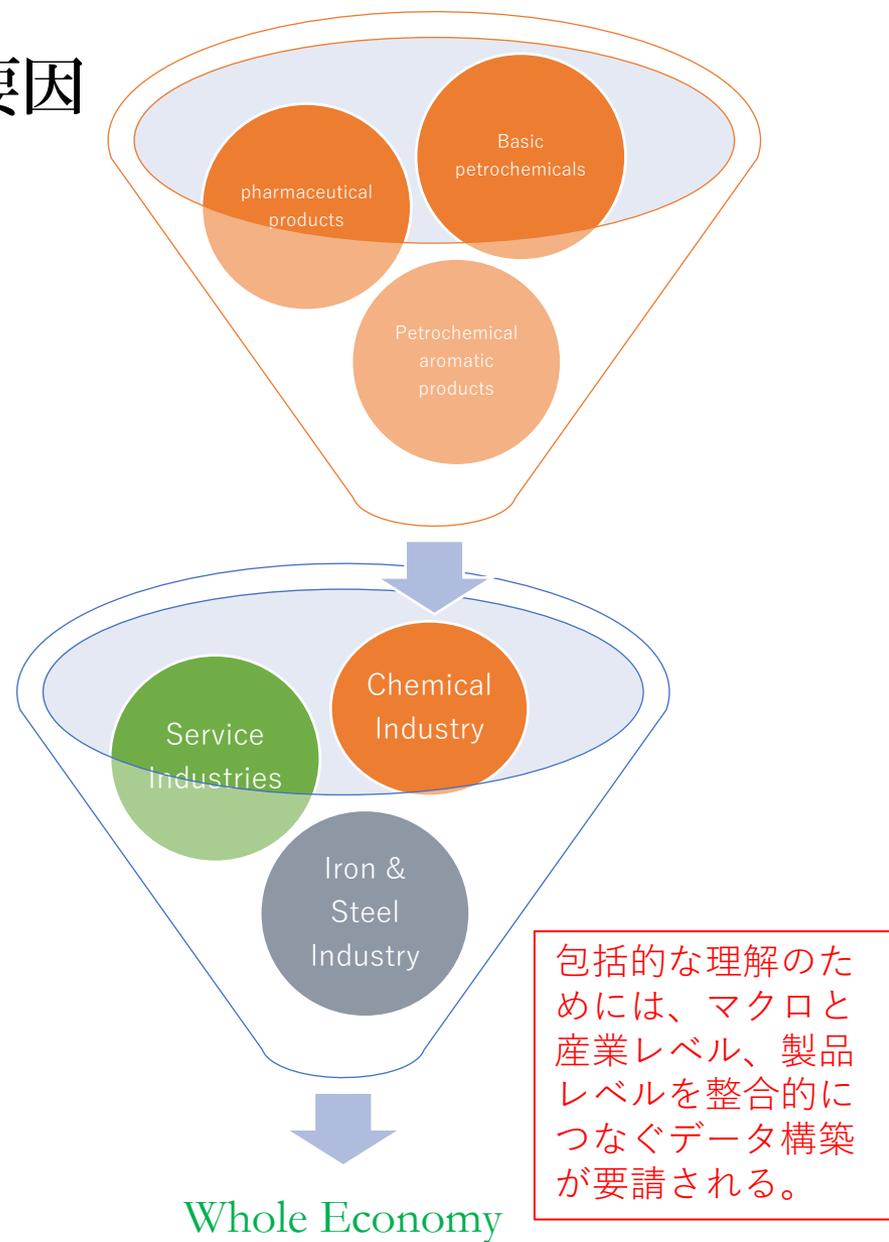


「産業別のエネルギー消費量（2004年度を基準とした累積寄与）をみると、2010年度までは、実質GDP（民需）の動きとおおむね連動していたが、東日本大震災（2011年度）以降は、実質GDPが増加基調に復する下でも、**エネルギー消費量は減少傾向**を辿ってきた。・・・特に「**製造業**」「**運輸**」「**第三次産業**」といった企業部門の寄与が大きい。」

「製造業」「第三次産業」「運輸」に加えて、「家庭」のエネルギー消費増減について、資源エネルギー庁による要因分解の結果をみると、いずれの部門においてもエネルギーの生産効率を示す「**エネルギー原単位**」が減少に寄与しており、**エネルギー効率向上・省エネへの取組が実を結んでいる**ことが示唆される。特に、第三次産業部門では延べ床面積が、家庭部門では世帯数が、すう勢的に増加する中であっても、**エネルギー効率向上・省エネによりエネルギー消費量を着実に減少**させている」

⇒ 「取組が実を結んでいる」？その要因とは？そして、何を失っている？

(1) エネルギー生産性の改善要因

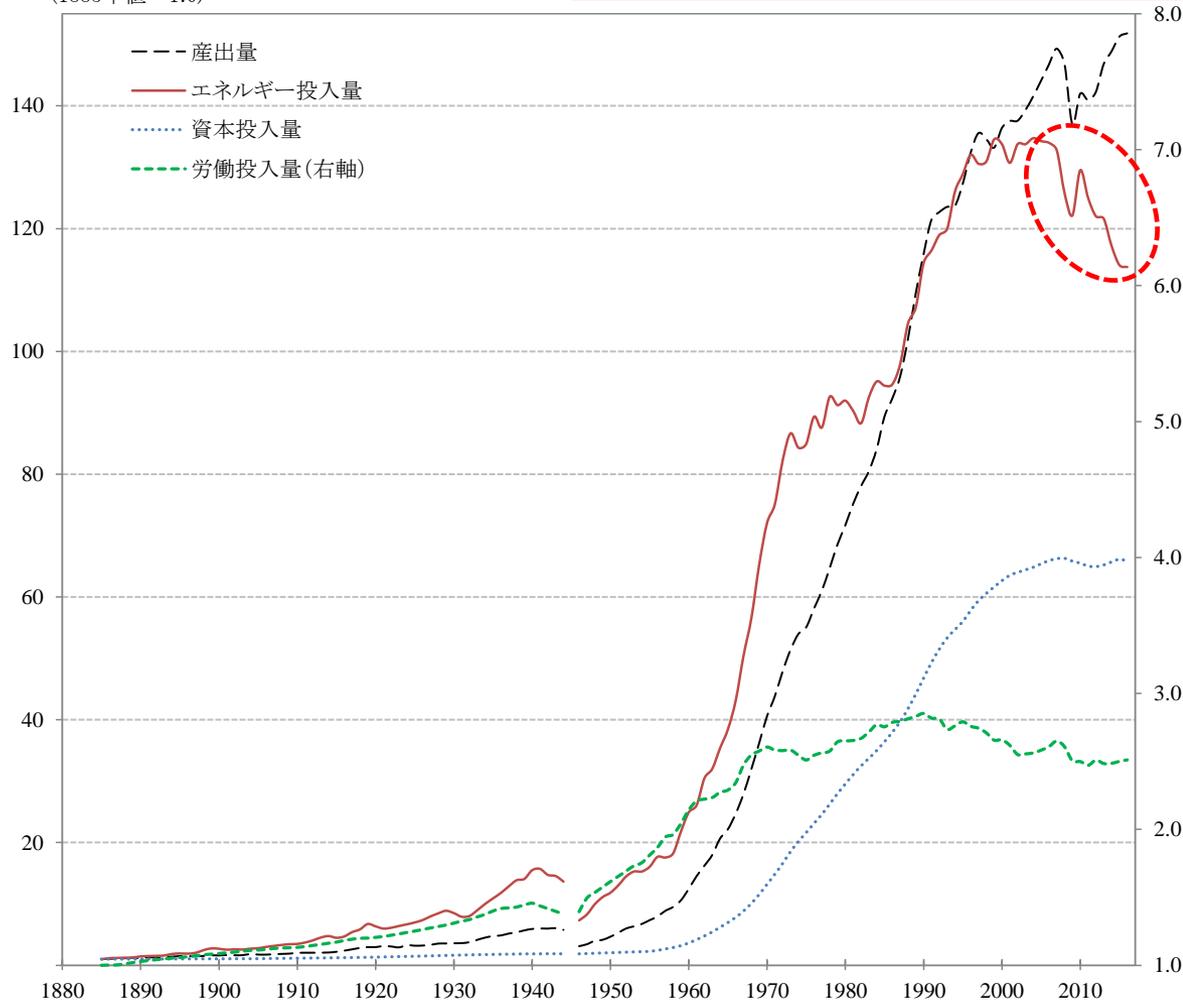


包括的な理解のためには、マクロと産業レベル、製品レベルを統合的につなぐデータ構築が要請される。

産出量、エネルギー、資本、労働の投入量 1885-2016年

この10年、エネルギー消費における大きな構造変化。
(現在データ更新中ですが) 2019年まででも同様な傾向。

(1885年値=1.0)



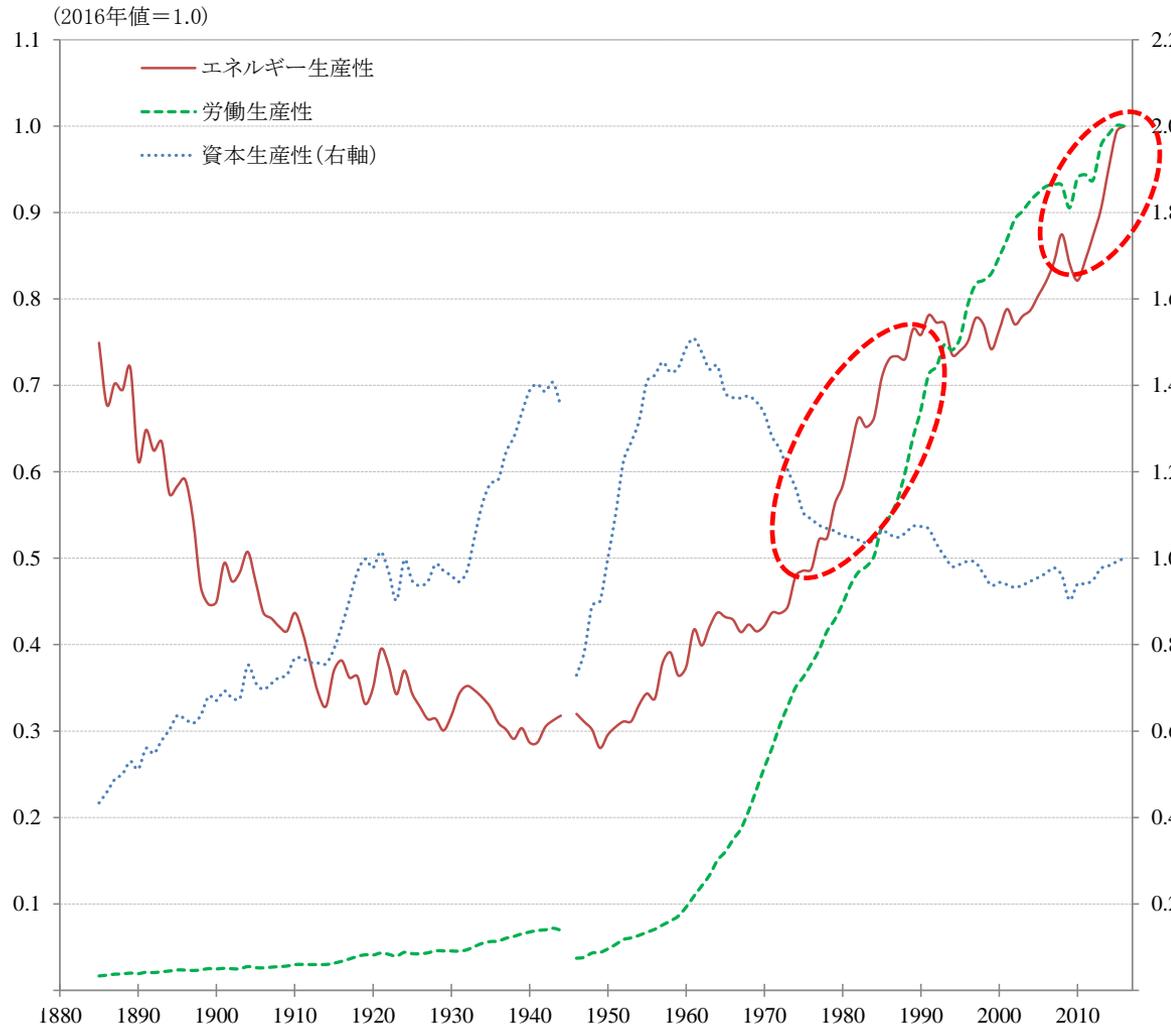
- 20世紀の日本の経済成長には、生産拡張と同じほどの一次エネルギー消費を必要としてきた。
- 労働投入量（時間）は1991年より減少。資本投入量もリーマンショック後停滞。
- リーマンショック（世界金融危機）および東日本大震災の後、エネルギー消費は大きく低下。10年近くも継続的な減少は戦後初めて。
⇒これはどう説明されるか？

単位：すべての変数の1885年値を1.0とした指数。定義：産出量：実質GDP、エネルギー投入量：最終エネルギー消費（一次エネルギー換算）、資本投入量：実質純資本ストック、労働投入量（右軸）：総労働時間（hours worked）合計。出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應義塾大学出版会）。利用データ：『EDMCエネルギー・経済統計要覧』（日本エネルギー経済研究所EDMC），『国民経済計算体系』（内閣府経済社会総合研究所），『長期経済統計』（大川他），『KEOデータベース』（慶應義塾大学産業研究所）など。

エネルギー生産性、労働生産性、資本生産性

1885-2016年

同様な変化は、エネルギー生産性 (Output/Energy) でも観察される



- a. 日本経済の労働生産性は一貫して改善。
- b. エネルギー生産性は第二次世界大戦をはさみ、ほぼU字型。
- c. 対照的に資本生産性は（戦後の復興期を除くと）逆U字型。1990年以降は横ばい。
- d. 第1次オイルショック後（1973–90年）には年率3.1%ものエネルギー生産性改善。= **黄金期**
- e. 震災後に再び加速。2011–16年では年率3.4%改善。 **黄金期の再来？**
- f. ⇒それはリーマンショック（世界金融危機）による景気のボトムを基準とした過大評価。2008–16年では改善は半分（1.7%）に低下。⇒ **持続可能？**

本報告では、エネルギー生産性の改善を **EPI** (energy productivity improvement) と呼びます。

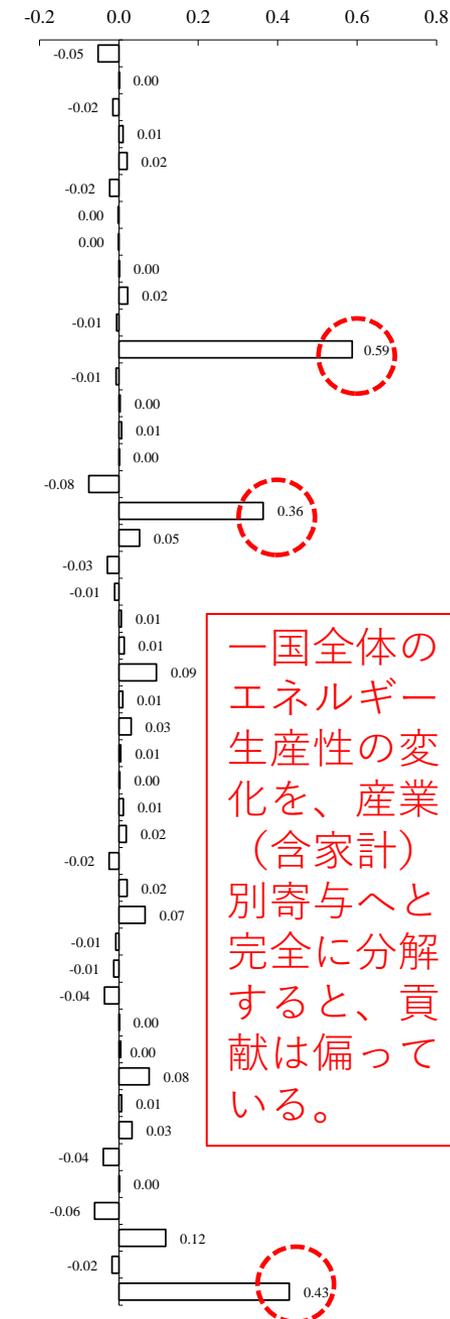
単位：各生産性指標の2016年値を1.0とした指数。定義：産出量は実質GDP、各投入量はエネルギー投入量：最終エネルギー消費（一次エネルギー換算）、資本投入量：実質純資本ストック、労働投入量（右軸）：総労働時間（hours worked）合計。出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應義塾大学出版会）。利用データ：『EDMCエネルギー・経済統計要覧』（日本エネルギー経済研究所EDMC）、『国民経済計算体系』（内閣府経済社会総合研究所）、『長期経済統計』（大川他）、『KEOデータベース』（慶應義塾大学産業研究所）など。

品質調整済みEPI の産業起因 (2008-2016年)

エネルギー消費量変化(-1%)への産業別寄与度



エネルギー生産性変化(1.6%)への産業別寄与度



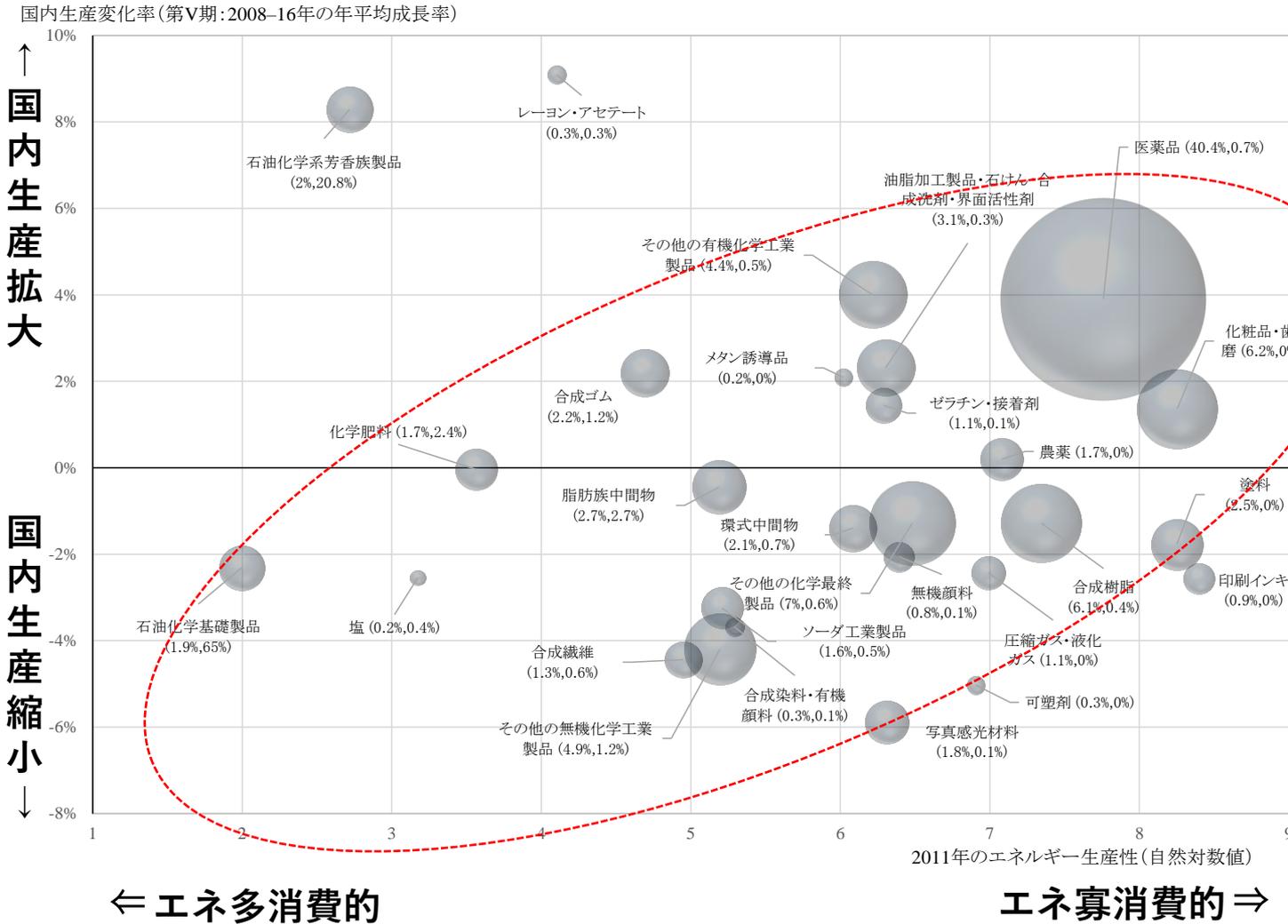
一国全体のエネルギー生産性の変化を、産業(含家計)別寄与へと完全に分解すると、貢献は偏っている。

- a. 左図：エネルギー消費減少は、他サービス業や鉄鋼業、また家計サービス（家計の自家輸送を含む）で顕著。
- b. 右図：産業構造要因を統御した一国集計レベルでのEPIは年率1.6%の高い成長を実現。オイルショック後における（見かけ上の）黄金期に匹敵。⇒問題はEPIの部門別貢献度（エネ庁の分析では分解されない）。
- c. EPIは、むしろ12.化学業や18.鉄鋼業などのエネルギー多消費的な産業により、両部門で合わせて一国全体のEPIの6割ほどを説明。（残りはほぼ家計）
- d. 運輸など、航空輸送がプラスの貢献（旅客増の影響）はあるが、道路輸送など大きな改善は無し（=トンキロや人キロなどの評価とは、経済社会への影響は乖離しうる・・・）。

出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應義塾大学出版会）

化学業の製品構成変化 (2008-2016年)

製品構成変化へと細分化すれば、エネ多消費製品は縮小、そうでないもの（医薬品を含む）は拡大。

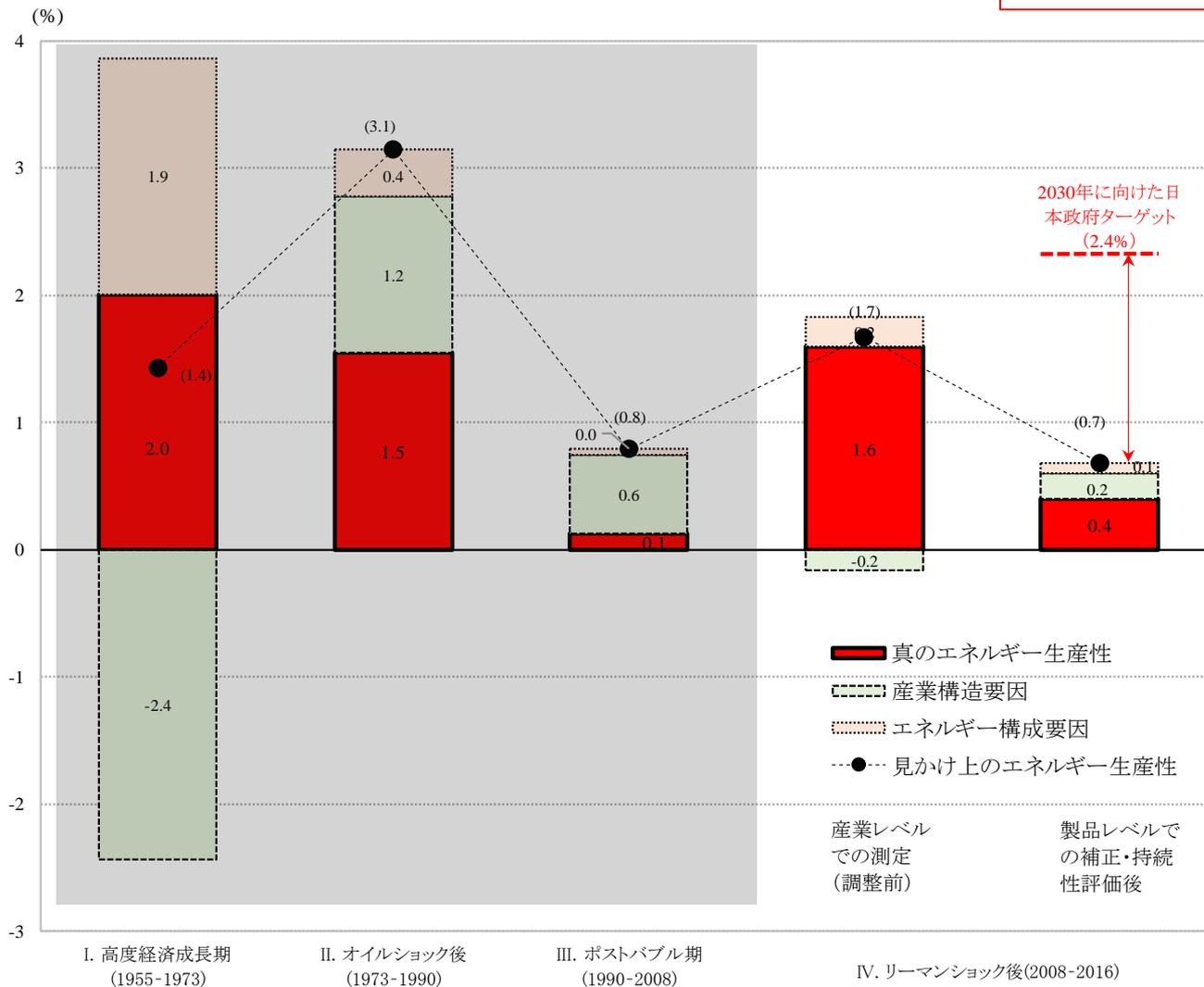


- 製品構成へと踏み込めば、エネルギー生産性水準と成長率には正の相関。
- 付加価値額（バブル）の大きな医薬品（40.4%）では、エネ消費シェアはわずか0.7%。
- 石油化学基礎製品や石油化学系芳香族製品がきわめて大きなエネ消費シェアを持つが（それぞれ65.0%と20.8%）、付加価値シェアではわずか2%程。
- 化学業におけるEPI年率5.0%のうちの3.3%ポイントは化学製品の構成変化によって説明される。[∞]

定義：図中におけるバブルの大きさは各製品製造における2011年における付加価値を反映しており、名称の括弧内は同年の（付加価値シェア、エネルギー消費シェア）を示している。出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應義塾大学出版会）。利用データ：総務省「2011年産業連関表」および「物量表（付帯表）」、内閣府経済社会総合研究所「国民経済計算」、経済産業省「工業統計」、日本銀行「国内企業物価指数」など。

EPIのベースライン推計

⇒ 期間に特殊な要因・一過性の要因を除くと、近年でも、**真のEPIはそれほど大きくはない。**



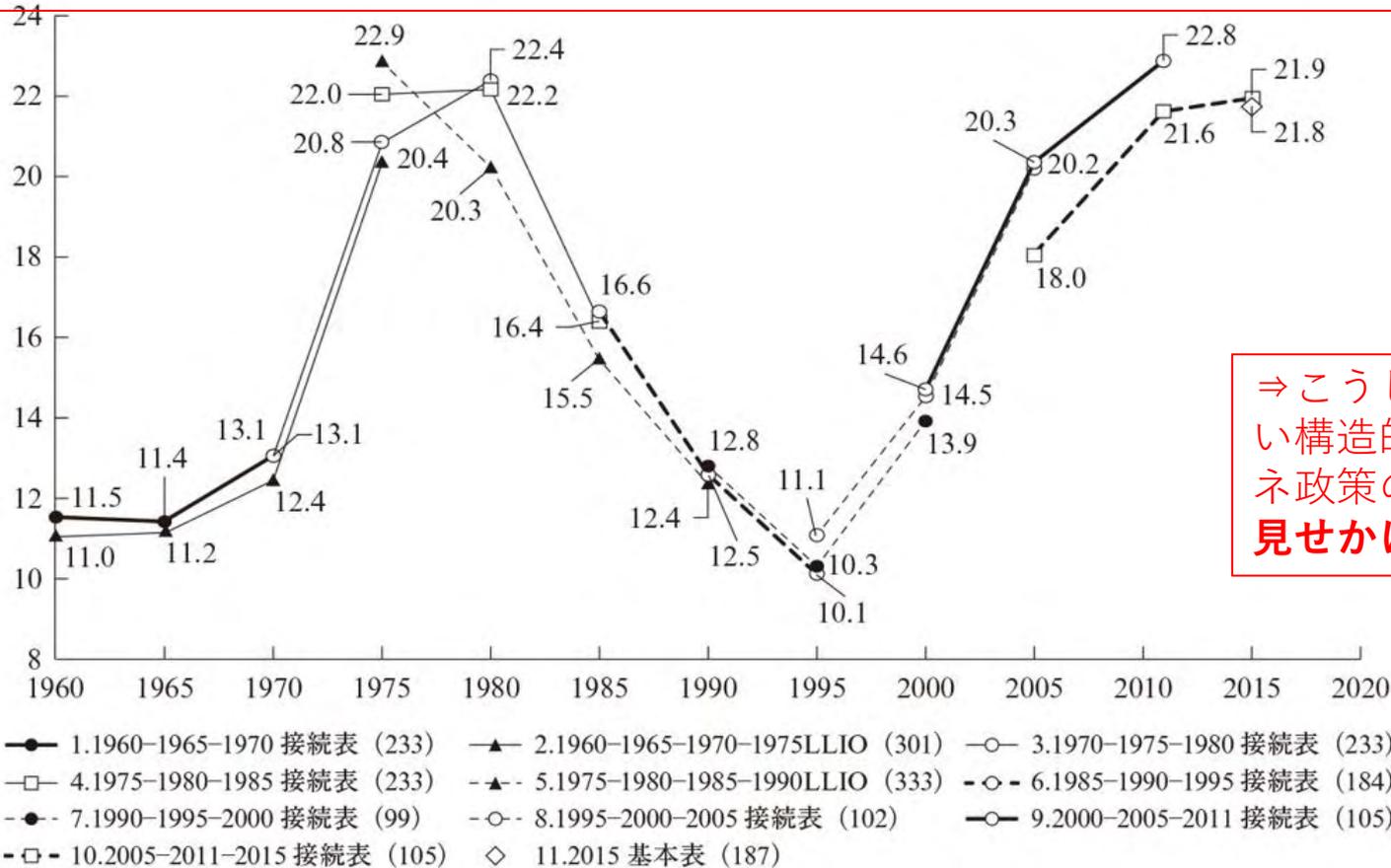
2008-16年に観察されたEPIは、

- 化学製品構成変化の統御によっては0.39ポイント縮小。
 - 鉄鋼業の合理化によるものを一時的であるとすれば、0.36ポイント縮小。
 - 震災後の家計部門の省エネが持続できず、1990-2008年ほどとすれば、0.24ポイント低下。
 - 上記3部門を合わせて、EPIは1.6%から0.6%まで低下。
 - 加えて景気変動要因を考慮すれば、**EPIベースライン推計値は0.4%ほど。**
 - エネルギー構成要因、産業構造要因を想定して、**見かけ上のEPIは0.7%。**
- 2030年に向けたかつての **▲26%目標**（年率2.4%ほど）の半分にも満たない。

菅政権の▲46%目標では、さらに省エネ深掘り。⇒何をもたらすか？

電力実効輸入依存度 (Effective Import Dependency: EID) 1960-2015年

電力サービスは（エネルギー多消費的な）財の輸入により、間接的に輸入できる。
 ⇒日本経済の（財輸入を経由した）電力の間接輸入シェアは、1990年代半ばから大きく増加。
 2015年の電力EIDの21.8%とは、**間接的な電力輸入量は国内生産量の27.9%に相応。**



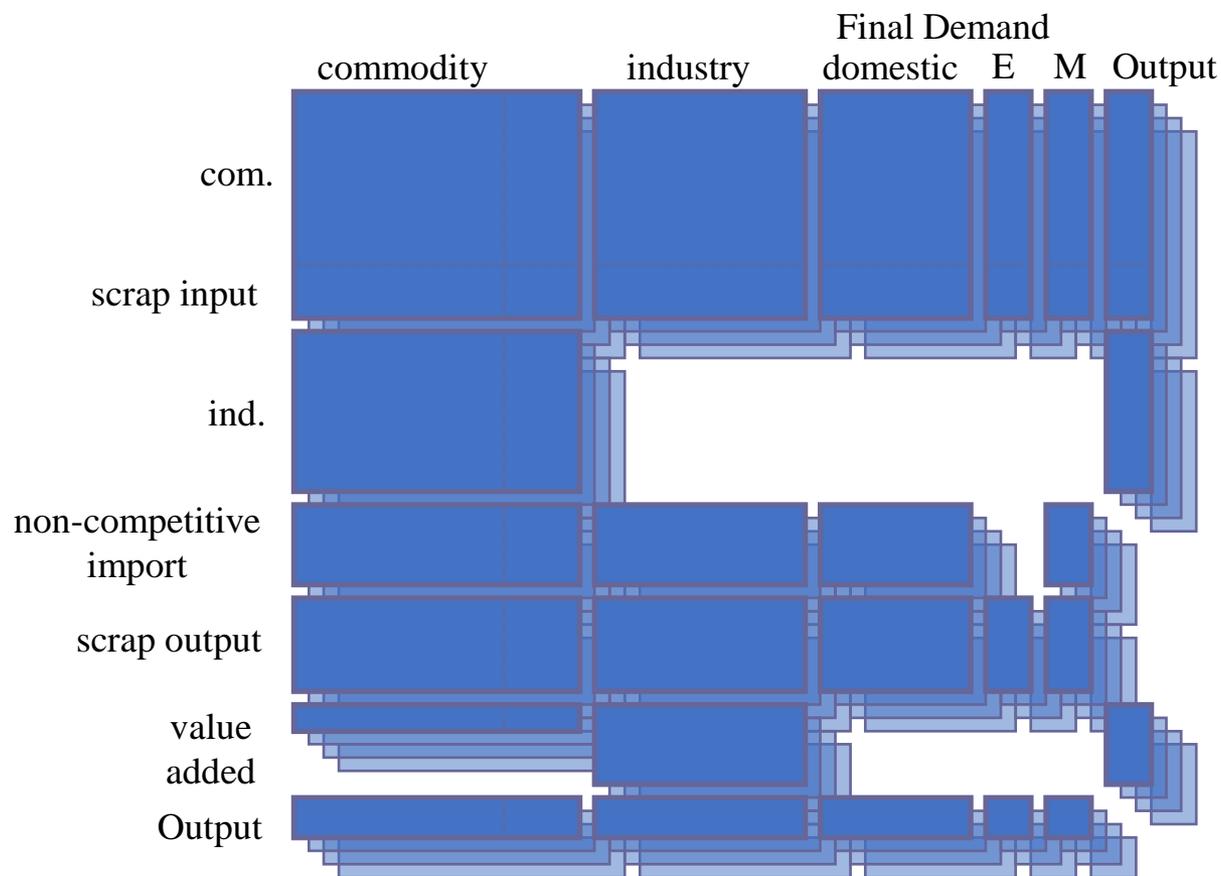
⇒こうした直接観察のできない構造的な変化は、現行省エネ政策の自信を深めさせる、**見せかけのEPI**を演出。

単位：％。

出典：表 5.3 の接続表および基本表に基づく推計値。

出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應義塾大学出版会）の図5.1。

(2) 経済成長と生産性格差



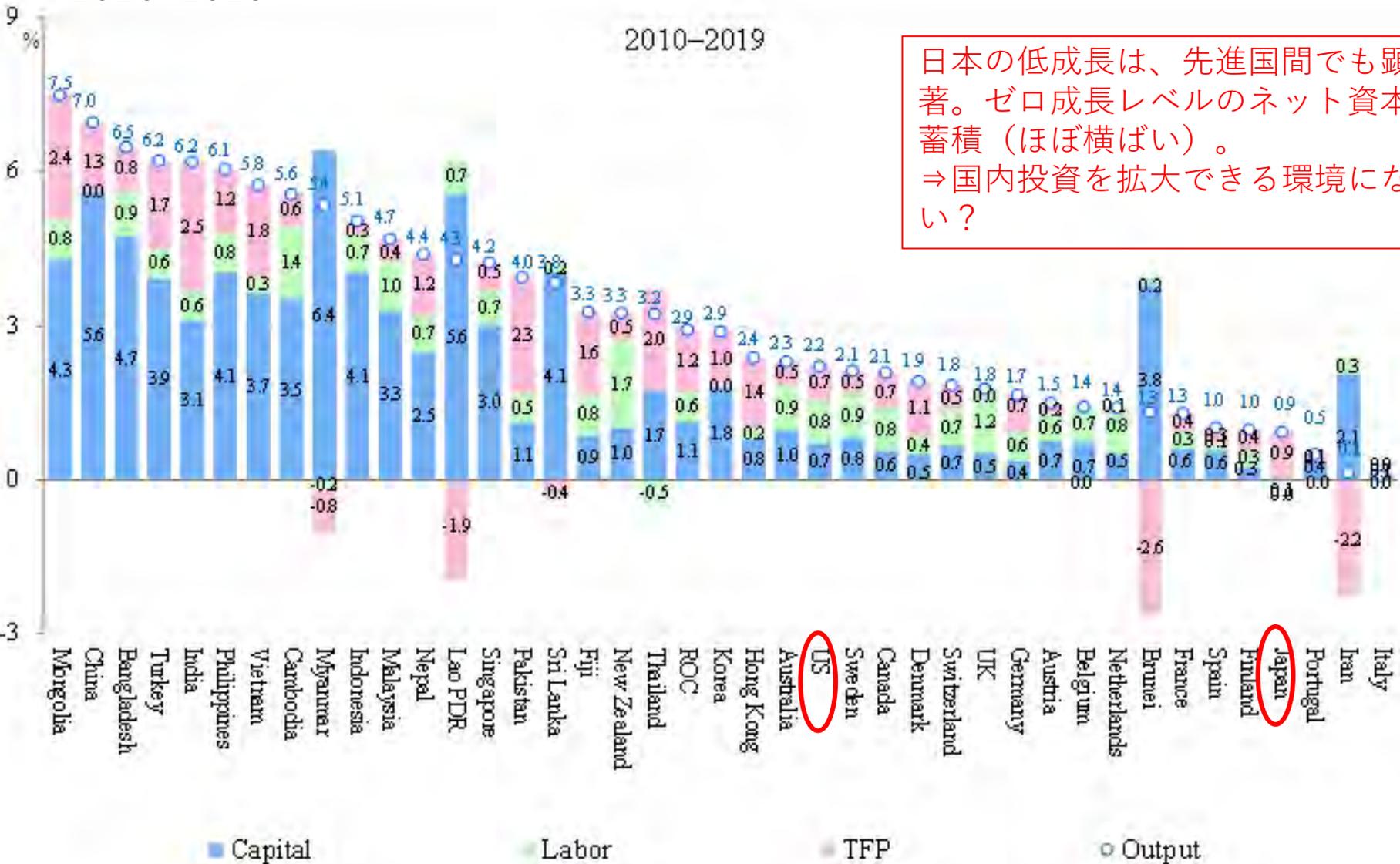
エネルギー転換において、その需要面からのメリットを享受する産業・企業もあるものの、供給面におけるコスト負担の影響を考えるためには、日本経済の競争力評価が必要。

日本・アジア・OECD国の経済成長とその要因

- 2010-2019

2010-2019

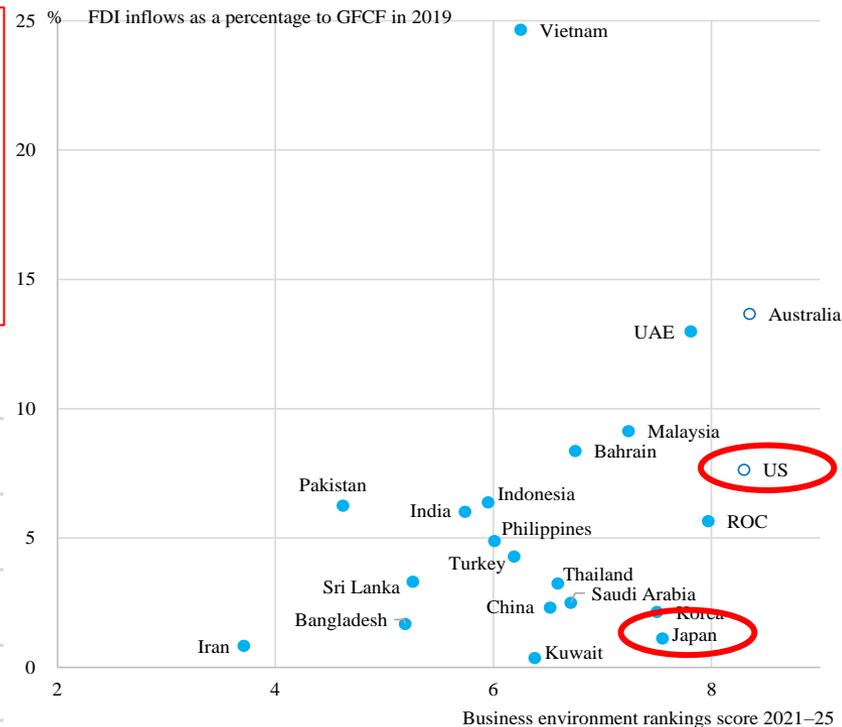
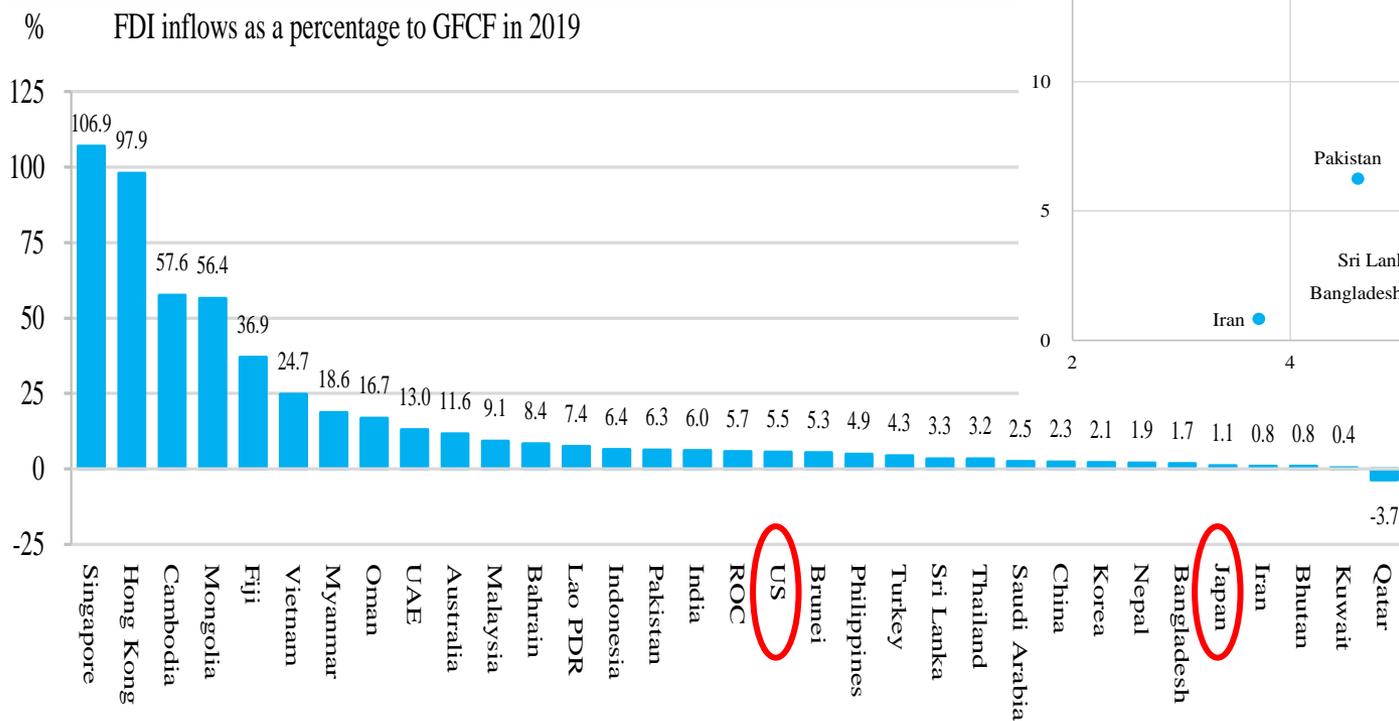
日本の低成長は、先進国間でも顕著。ゼロ成長レベルのネット資本蓄積（ほぼ横ばい）。
 →国内投資を拡大できる環境にない？



Sources: APO (forthcoming) *APO Productivity Databook 2021* (Keio University Press) for APO member countries and China and the US; OECD Stat for OECD countries (except Japan and Korea). Note: Note: The impacts of labor quality changes are included in TFP; land stock is not included in capital inputs. The ending years for Spain and Portugal are 2018.

日本国内への海外直接投資は依然として低水準 - FDI inflows in GFCF in 2019

日本はビジネス環境自体はそれなりに整っているが（右図）・・・、日本企業の「6重苦」の解消が課題とされながら（第6回国家戦略会議：2012年7月）も、2019年における対日直接投資比率はわずか1.1%（下図）。それは米国の5分の1、中韓の半分。

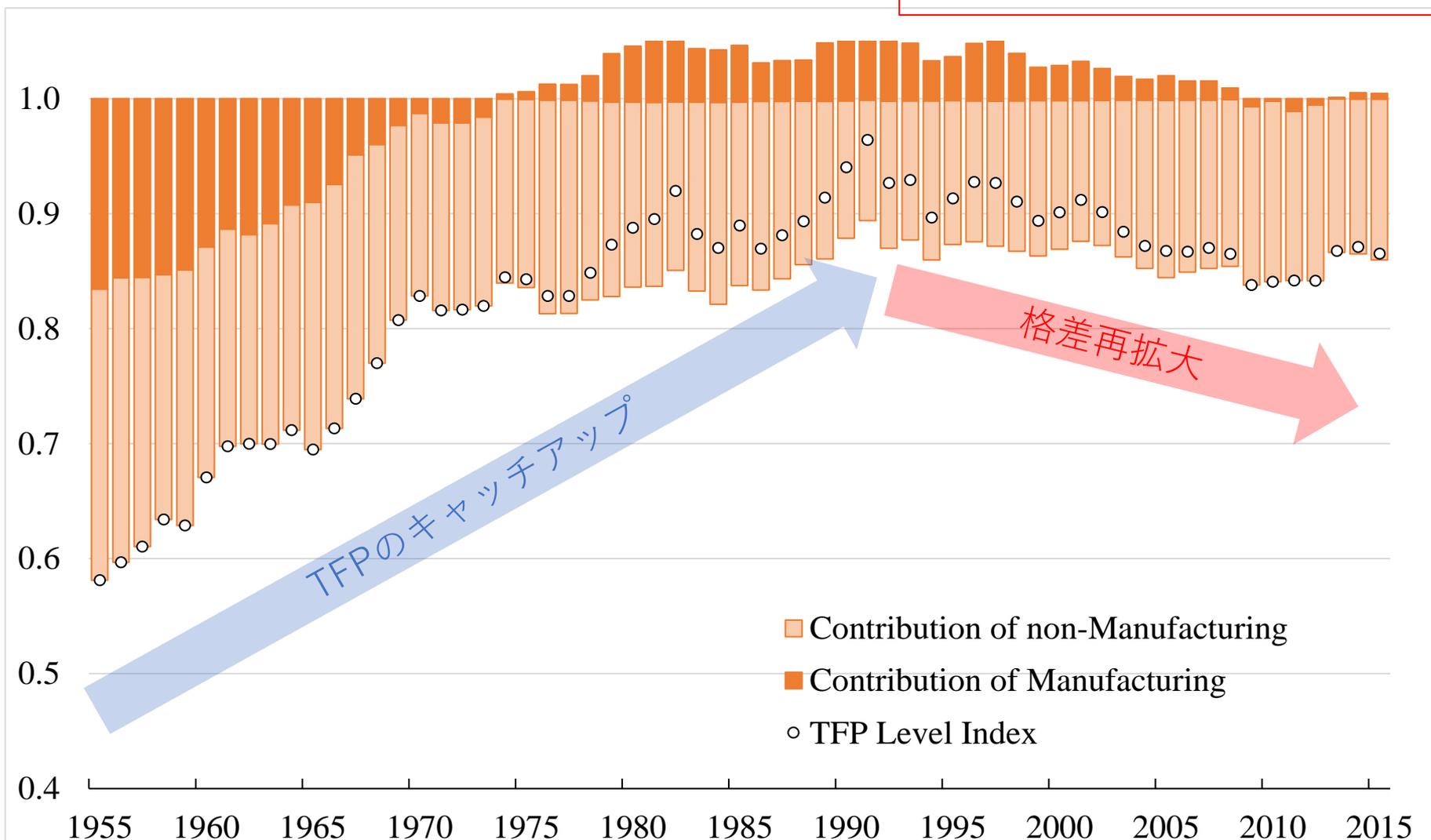


⇒他方で、日本の対外直接投資残高は2000年末の32兆円から、2020年末には206兆円にまで大幅拡大。

Source: APO (forthcoming) *APO Productivity Databook 2021*, Keio University Press. Original data: United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), *World Investment Report 2020*, The Economist, The Economist Intelligence Unit 2019, 2020, and 2021, and APO Productivity Database 2021. Note: The evaluation period is 2020-2024 for Australia, Hong Kong, India, Malaysia, Pakistan, Qatar, Singapore, Sri Lanka, Thailand, and Vietnam and 2019-2023 for Iran.

日米のTFPギャップ

1990年代半ばより、全要素生産性の格差として、日本の製造業における優位性も失われている。



日本のTFP優位産業（2015年）

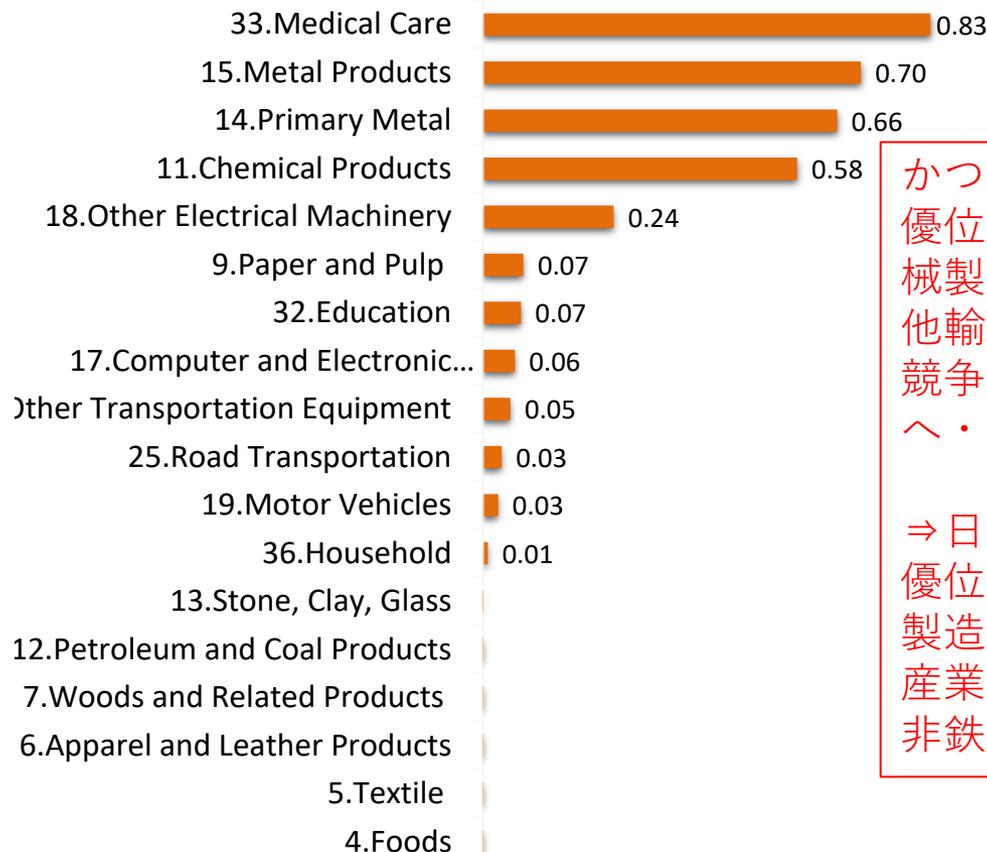
TFP Level Index

1 2



Industry Contributions

0 1



かつて日本が顕著に優位であった電気機械製造や自動車製造、他輸送機械製造など、競争力を失う方向へ・・・。

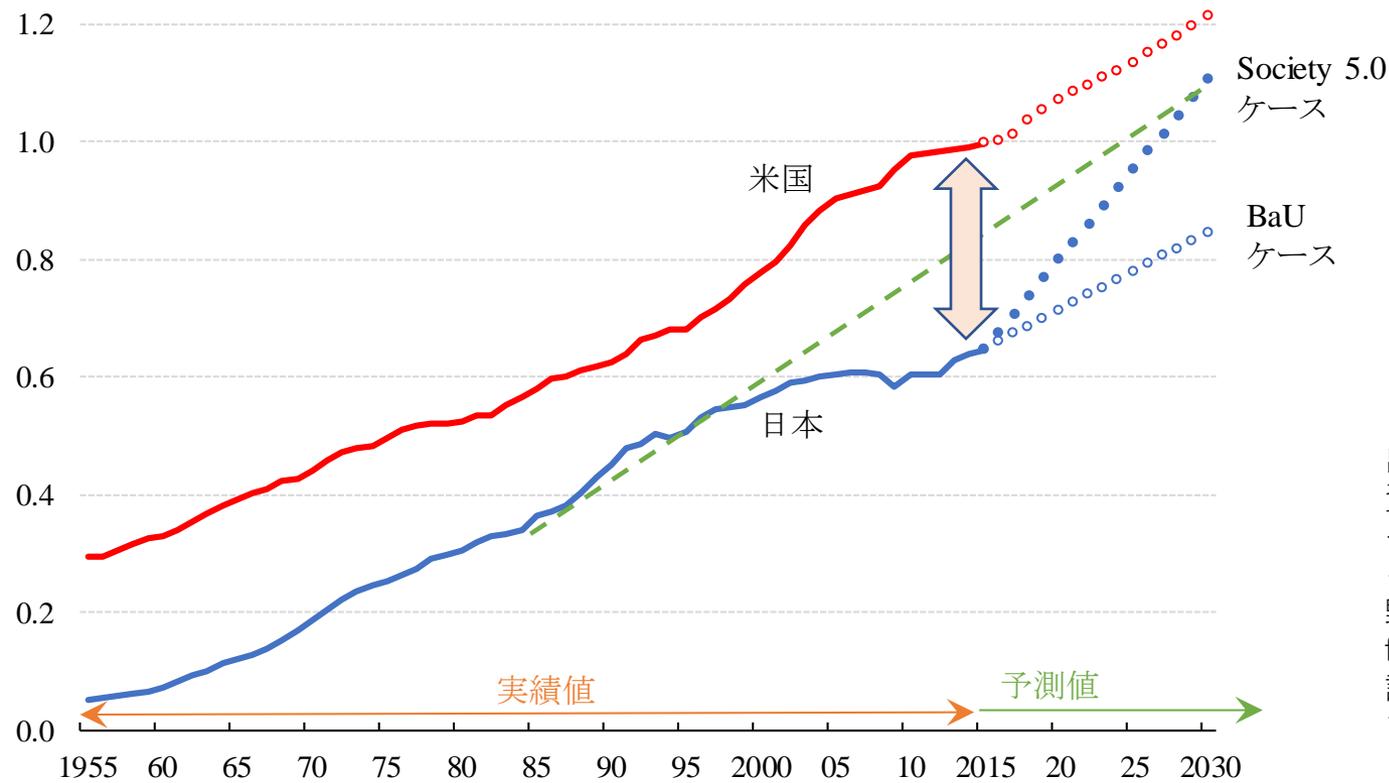
⇒日本がまだ生産性優位にあるものは、製造業では素材系の産業（金属、鉄鋼。非鉄、化学）のみ。

日米の労働生産性ギャップ

：1955-2015年の実績とSociety 5.0による2030年経済

2020年、経団連はSociety 5.0（「創造する未来」）の姿を提示。マクロ的には2030年の実質GDPとして793兆円（名目900兆円）へと拡大する野心的な像。

⇒だいぶ野心的に感じられるが、それは戦後日本経済が1990年代初めまで続けてきた、労働生産性における**日米格差を埋めるキャッチアップ軌道へと回帰する姿**（失われた30年を取り戻す、緑色の点線）=2030年における労働生産性の日米格差は、BaU（参照ケース）では3割ほど劣後すると評価されるが、「創造する未来」では9%にまで縮小。

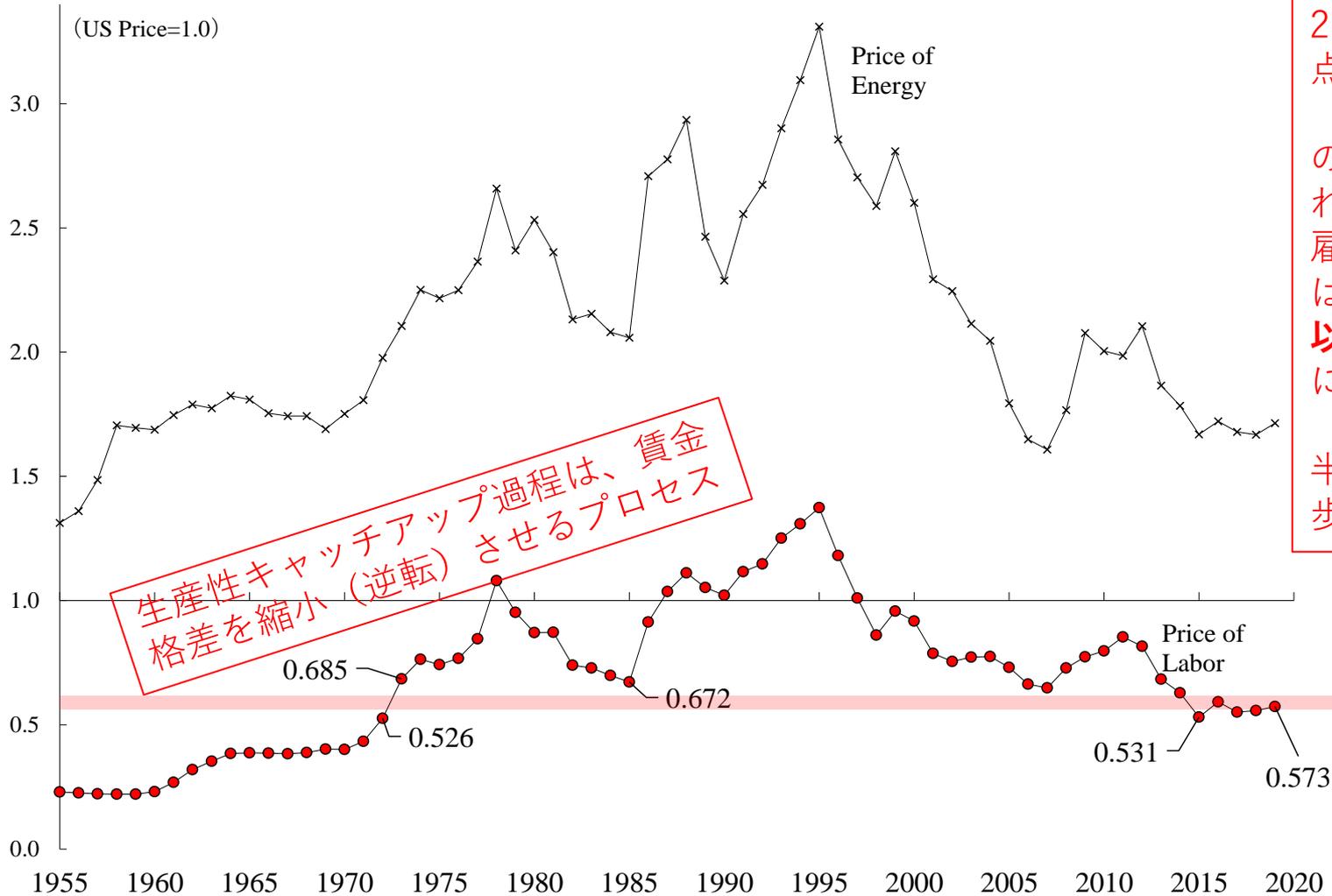


出典：経団連（2020）「ESG投資の進化、Society 5.0の実現、そしてSDGsの達成へ－課題解決イノベーションへの投資促進－」。
野村浩二（2020）「Society 5.0 for SDGs－創造する未来の経済評価－」21世紀政策研究所 研究プロジェクト報告書。 16

日米の賃金率格差

(概念的には) **同じ質の労働サービス**を日米両国で投入したときの賃金格差 (社会保険の企業負担分等を含む)

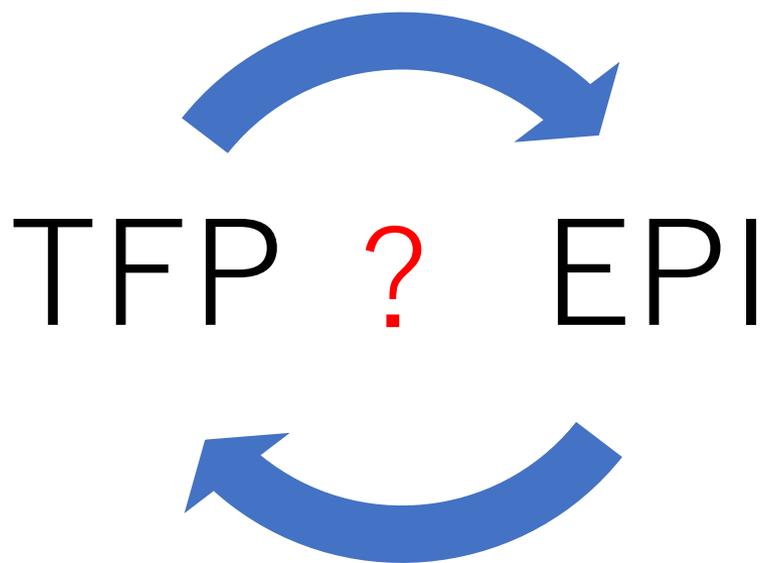
ー労働 (雇用者) の**質的相違を統御した**もとでの賃金格差



2019年、その時点の為替レート (109円/ドル) のもとで評価すれば、同じ質の雇用者の賃金率は日本では**40%以上安価**な水準に甘んじている (=1970年代前半レベルへの退歩)。

Source; Jorgenson, Dale W., Koji Nomura, and Jon D. Samuels (2018) "Progress on Measuring the Industry Origins of the Japan-U.S. Productivity Gap," Fifth World KLEMS Conference, Harvard University.に基づく2019年までの更新推計値。

(3) 結び—経済と環境の好循環は可能か？



何を失っているのか？
EPIという一面のみでは
なく、労働生産性や資本
生産性、そして全体効率
となるTFP（全要素生産
性）など、多面的な理解
が必要。

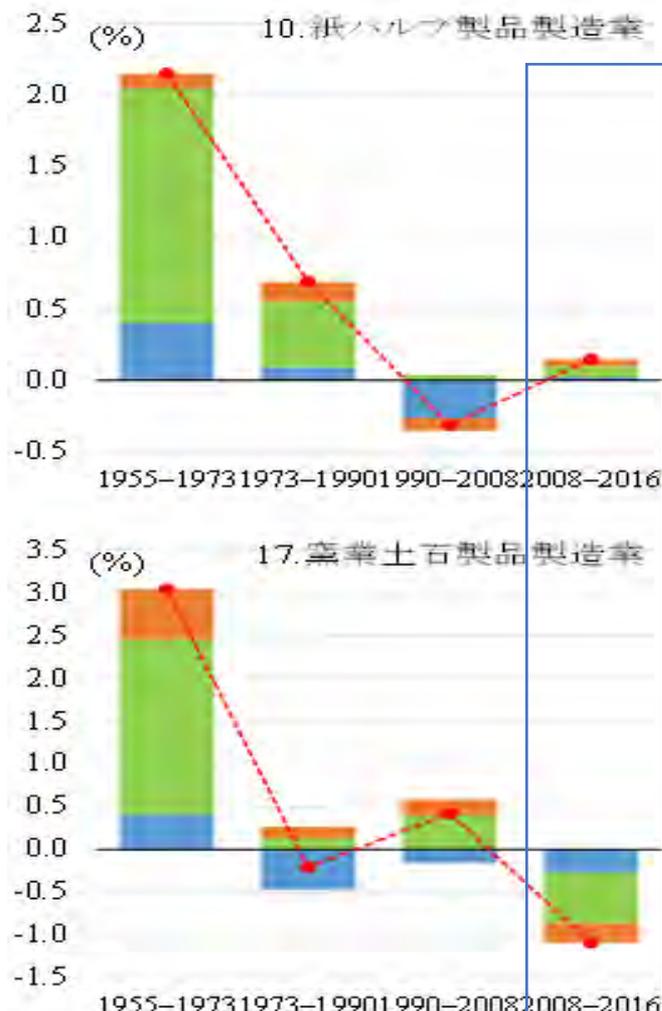
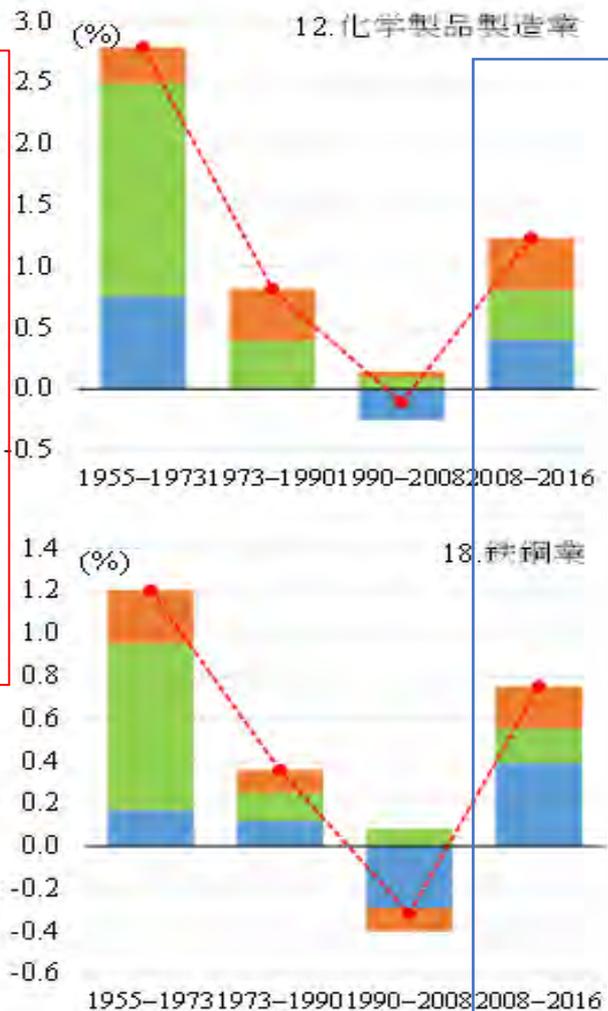
EPIはTFP改善を伴うか？

近年のEPIとTFPについて、エネルギー多消費産業にフォーカスすると・・・

化学と鉄鋼では、EPIを実現させながらも**TFPも改善**。

窯業土石では**EPIもTFPも停滞**。紙パはわずか。

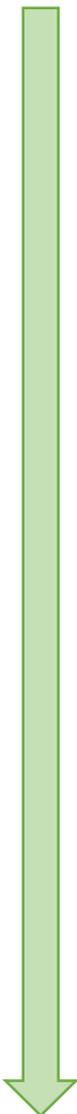
化学業では海外生産へシフトしながら、“環境と経済との両立”とも言えるか？
⇒問題は、マクロ・地域経済への影響



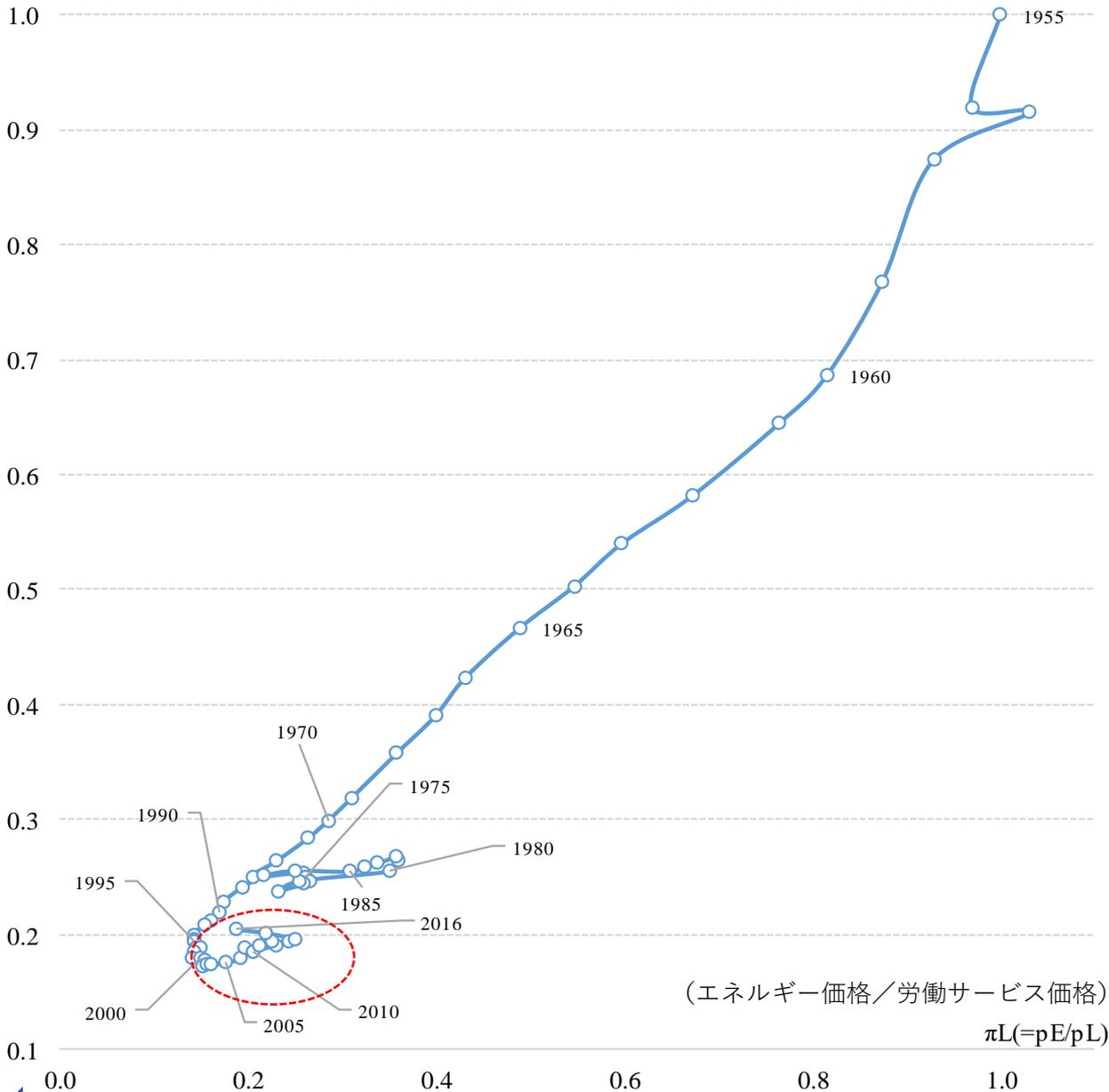
---●--- TFP (τT) ■ 資本生産性 (τK) ■ 労働生産性 (τL) ■ エネルギー生産性 (τE)

労働浅化と2000年代における逆行

- ほぼ一貫して、エネルギーに対する**労働浅化** (labor shallowing to energy) が進行。
- それは、一単位の労働がより多くのエネルギー投入を必要とするような技術変化。
- おもに労働浅化は、労働投入から資本投入への代替、そして資本を稼働させるためのエネルギー投入の拡大という、二つの技術変化の結果。
- 2000年代に入り、**労働浅化の逆行** = デフレ経済のもと、労働から資本へと代替していく技術変化が停滞 → **労働生産性改善を犠牲としたEPI**



L/E (労働投入量/エネルギー投入量)



(エネルギー価格/労働サービス価格)
 $\pi L (= pE/pL)$

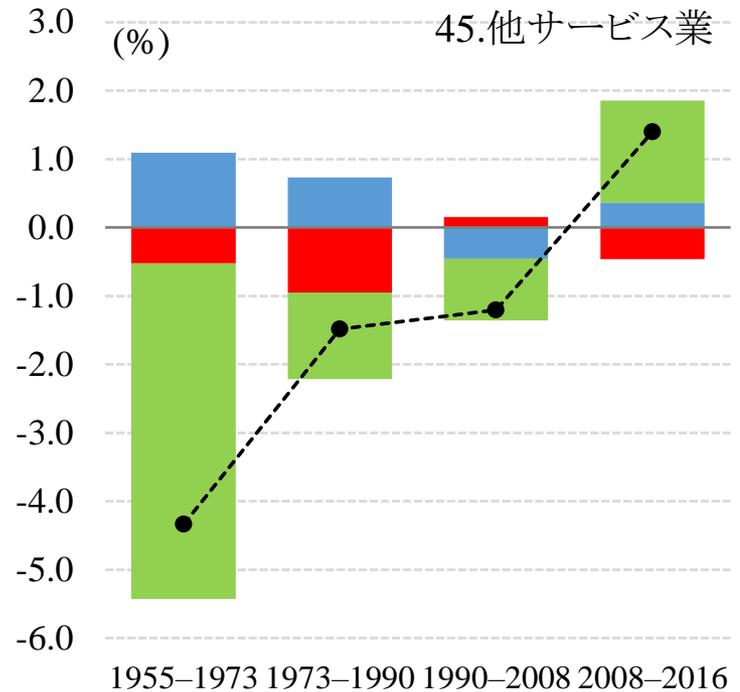
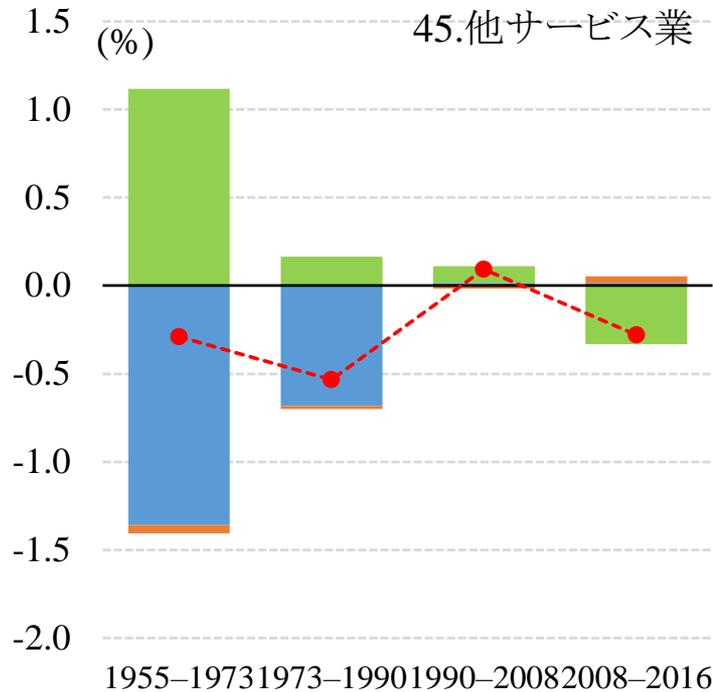


何がEPIを実現しているか？

電力やエネルギーを、貿易財に体化させて輸入できない国内産業では・・・

EPI⇒TFP：大きな経済シェアを持つ、45.他サービス業（対個人・対企業サービス）では、**わずかなEPIを実現させながら、TFPは悪化**。その主要因は**労働生産性の悪化**。

TFP⇒EPI：同産業のわずかなEPIは、**労働者が利用するエネルギーを少なくしたこと**（労働浅化の逆行）の寄与が大きい。**EPIは労働生産性改善を犠牲**としている（＝実質賃金の低迷）。



---●--- TFP (τT)
 ■ 資本生産性 (τK) ■ 労働生産性 (τL) ■ エネルギー生産性 (τE)

---●--- エネルギー生産性 (τE)
 ■ TFP (τT) ■ 資本深化 (εK) ■ 労働浅化 (εL)

結び

▶近年のEPI加速の主要因は技術的要因によらない

- 安価にEPIを実現する手段は制約的であり、エネルギー生産性という一面のみの政策的推進は**経済活動に歪み**をもたらす。
- 貿易財では、すでにエネ多消費的な財の輸入拡大、製品に体化されたエネルギーの輸入を拡大することで、**リーケージ**が生じている。
- 国内のサービス産業では、**労働生産性（＝実質賃金）を犠牲**としたEPIも見られる。

▶それはすでに日本経済の長期停滞の一因

- 省エネ法の強化や低炭素社会実行計画などを通じ、国内排出削減や省エネへの要請（**数量的な政策ターゲット**）が、直接的な炭素価格の負担を強いらずとも、**間接的な経済負担**はすでに拡大。
- 現在のエネルギー環境政策が国内投資の抑制にどれほど影響しているか、真の影響を実証的に検出することは難しい。
- 国際的な生産体制を構築する化学業では、電力やエネルギーの**間接輸入の拡大**により、むしろ企業・**産業競争力を高めている**ことに繋がっていると評価できる面もある（⇒他方、マクロや地域経済としての痛みの緩和が必要。）