

# エネルギー転換に向けた日本の課題 —脆弱化するエネルギー価格上昇に対する耐性

野村浩二  
慶應義塾大学 産業研究所  
Email: nomura@sanken.keio.ac.jp

クリーンエネルギー戦略検討会議  
2022年3月23日（水）



「研究者が公の討論にもたらし得る何か有益なものがある」とすれば、それは、他の人々が持っているよりも純粋なモラルでも、より上質なイデオロギーでもない。そうではなくて、物事の渦中にある人びと自身が、情動に突き動かされ、しばしば漠然としていたり完全に無意識であったりする選好に動かされる結果、気づかずにいる諸事実についての客観的な解釈である。」

－ Emmanuel Todd (2015) *QUI EST CHARLIE?*

(堀茂樹訳『シャルリとは誰か?』文春新書、2015年)。

# 報告内容

## (1) 脱炭素化によるグリーン成長の期待と懸念

- ・問題の所在—**技術**と**制度**
- ・懸念される**生産性**（全体効率）の悪化

## (2) エネルギーコスト負担をどう評価すべきか？

- ・**名目的なエネルギー価格**のみではなく、
- ・⇒産出価格との比率として**実質エネルギー価格**
- ・⇒エネ生産性（～省エネ努力）を考慮した**RUEC**
- ・⇒その国際格差

## (3) エネルギー価格上昇への耐性の評価

- ・日米それぞれの実質エネルギー価格、RUECの変化
- ・日米格差（名目価格、実質価格、RUEC）

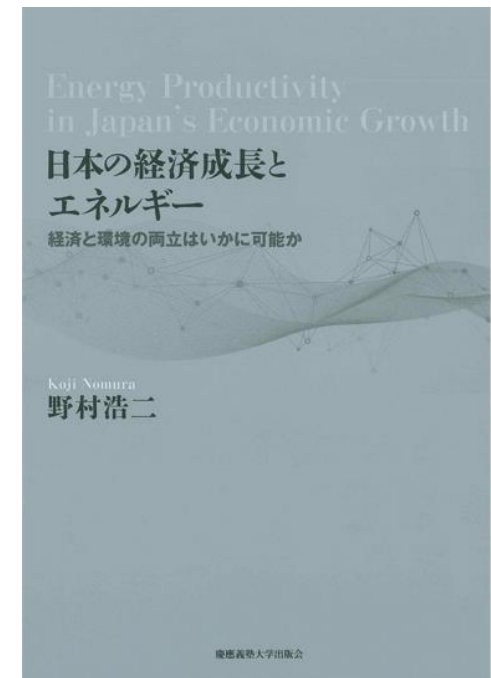
## (4) 結び

## (5) 参考資料

- ・省エネ投資による生産性低下
- ・日米競争力評価、生産性格差、
- ・産業別RUEC、リアルタイムRUEC、他

※1：時間的に短いので、詳細および補足は、参考資料および以下の書籍を覗いて下さればと思います。産研選書として出版助成もあり（ゆえに印税ゼロ）、公益のための議論喚起を目的としています。

※2：書籍では2016年（日米比較では2015年）までの測定値ですが、本報告では2019年（JSNA2015年基準改定に基づき）まで測定が更新されています。なお同じ基準で過去も遡及して推計していますので、1955年から改訂されています。



# 脱炭素化によるグリーン成長の懸念

## －（１）問題の所在

低炭素・脱炭素に向けた対策のため、安価に利用可能な**技術**が存在しているか？

- 一定規模までの削減の対策費用は逡減してきたが（軽微な負荷は成長促進の期待も）、削減目標▲30%ほどから▲100%（ネットゼロ）に向けて、**限界費用が逡増する構造は依然として変わらない**。
- 未来の脱炭素技術は**同等な生産手法の数十%から数倍のコスト増**の懸念。
- コスト低廉化に向けたイノベーションへの努力・支援は期待されるが、**科学技術政策による支援が実を結ぶかは、温暖化対策とは別の難問**（むしろ逆に研究を停滞させたとする批判も多い）。
- 現実経済に大きな影響を与えるエネルギー政策では、特定の未来技術に賭けることなく、どのような技術革新が実現しようとも対応できる柔軟性が必要。

世界で公正に負担する**制度**が構築され、移行までの長期にわたり持続するか？

- パリ協定のNDCs(国が決定する貢献)は**主要国の限界削減費用（MAC）として、依然として大きなバラツキが存在したまま**（RITEによる分析では、2030年のNDCsに対応するMACは中国\$37から日本\$452/t-CO<sub>2</sub>など10倍格差）。
- 世界の主要国間において、調和のとれた炭素価格が長期的に安定して構築される状態は、依然として実現してはいない。
- 気候変動に問題の最大の難問である**「フリーライダー問題」は強固であり、依然として未解決のまま**。
- 引き続きリーケージを起こさない制度形成へ向けた取組みが期待されるが、欧州・米国で現在の積極的姿勢が持続しないケースにも、日本は備えが必要。

⇒ 目標は野心度を高めたが、「問題」の根本は1990年代から変わってはいない。

# 脱炭素化によるグリーン成長の懸念

## －（２）生産性（全体効率）の悪化

### 生産性（全体効率）の悪化

- 世界的な脱炭素化の流れは省エネ機器などにおいて、海外の需要増による一部の日本企業への恩恵は期待されるが、それは企業として探求される経営上の課題。
- 日本のマクロ経済としての懸念は、（主要国に比して）追加的な削減コストが高く、**国内経済のさらなる低生産性化**を導く懸念（すでにこの30年で生産性格差は悪化⇒資料１）。
- 「低成長下のエネルギー転換」では、その実現に向けた困難は大きく増加する懸念。

**なぜ生産性が悪化するか？**⇒①同じ生産物を、より多くの資本（低炭素・脱炭技術の資本財）を使って生産する必要がある、**資本生産性の悪化**を回避できない（⇒資料２）。②エネルギー価格および陰伏的炭素価格の国際格差拡大により、国内投資の低水準が続き、サービス業でもエネルギー消費削減の制約から資本代替が進まず、**労働生産性は低迷**（⇒資料３）。

### 雇用の質の低下

- グリーンジョブの報酬を支える炭素価格が世界的に安定形成されておらず、**グッドジョブとならない懸念**（⇒資料４）。
- これまでの機械化は、在来型雇用を失おうとも、一国経済の生産性改善により新規雇用を創出してきたが、現状として**経済全体の生産性を低下させるエネ転換**ではそれが期待できない。

### 金融の役割は限定的

- 公害防止投資のように、**政府の規制や官製市場創出（再エネ）を前提**として、金融の役割が存在。現状は安価な対策技術が存在せず、世界的な炭素価格は不安定。
- E S G投資への期待も高まるが、中高度の脱炭素化では、資金調達コストの低下よりも、**脱炭素化のための資本コストの上昇**の方がはるかに大きい。

⇒移行期におけるエネルギー価格差、コスト差、生産性格差に注視する必要。

# エネルギーコストの負担をどう評価するか？

－経済システム全体としてのエネルギー価格高騰への脆弱性の評価

⇒そのために重要な指標は？

$P^E$

**第1段階：**原油・LNG価格などの国際市況や、二次エネルギーである電力価格を含めた、**最終消費されるエネルギー価格としての上昇**は、日本経済の負担を拡大。

$P^E / P^X$

**第2段階：**名目エネ価格（第1段階）が高騰しても、もし日本の生産物が高い競争力を持ち、その上昇分を**生産価格に転嫁できる**なら影響は限定的に。その逆なら、実質的にはより大きなエネ価格負担。

$\frac{P^E / P^X}{X/E}$

**第3段階：**実質エネ価格（第2段階）が高騰しても、もし**エネルギー生産性を高める**こと（省エネ）ができるならば、その影響を緩和させることができる。その逆に省エネ余地が限定的ならダメージは直撃。

これを書き  
換えると・・・

$$\frac{P^E / P^X}{X/E} = \frac{P^E E / X}{P^X} = \frac{NUEC}{P^X} = \text{RUEC}$$

⇒UEC(単位エネルギーコスト)の名目値(NUEC)を  
産出価格で除したRUEC

$\frac{RUEC_J}{RUEC_W}$

**第4段階：**世界主要国が脱炭素化に向けたエネ価格上昇を甘受しても、米シェール革命や再エネ電力コストの内外価格差など、日本のRUEC  
上昇が相対的に大きければ、**国際競争力としてより大きなダメージ**。

これを書き  
換えると・・・

$$\frac{RUEC_J}{RUEC_W} = \left( \frac{P_J^E / P_J^X}{X_J / E_J} \right) / \left( \frac{P_W^E / P_W^X}{X_W / E_W} \right) = \left( \frac{P_J^E / P_J^X}{P_W^E / P_W^X} \right) / \left( \frac{X_J / E_J}{X_W / E_W} \right)$$

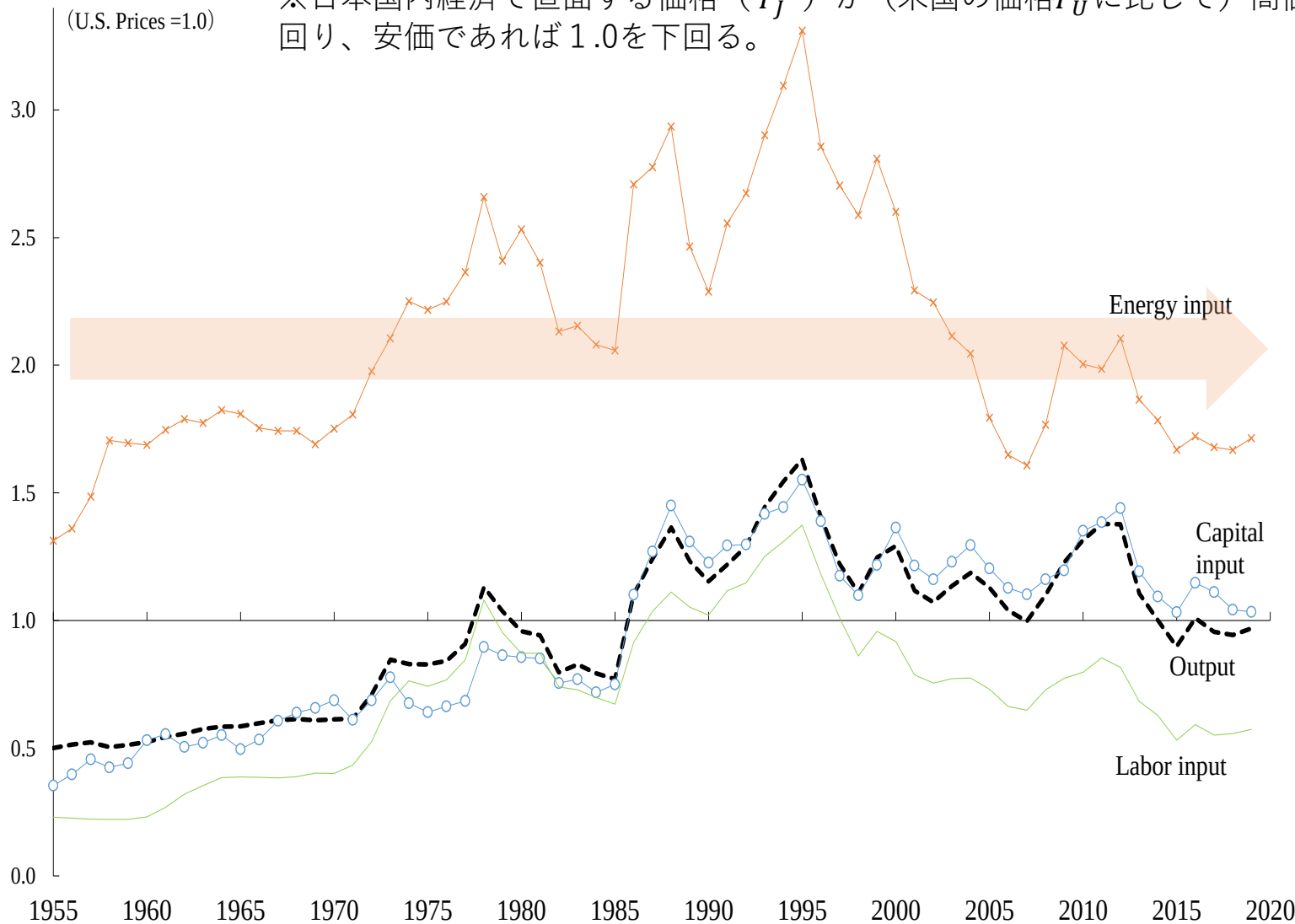
⇒RUEC格差は、実質エネルギー価格差と、エネルギー生産性格差の比として、分解して考えられる。

米国を基準に第1段階の長期格差(1955-2019年)をみると・

# 名目的なエネルギー価格では、日本経済は常に高い価格差に直面一相対的に賃金は安価な状態を余儀なくされる

$$\left(\frac{P_J^E}{P_W^E}\right)$$

※日本国内経済で直面する価格（ $P_J^E$ ）が（米国の価格 $P_W^E$ に比して）高価であれば1.0を上回り、安価であれば1.0を下回る。



名目的なエネルギー価格は常に米国の1.5–3.0倍ほどの水準に直面するなど、長期にわたり不利な競争条件にあった。

これまでもそうであったならば、近年の日本経済としてとくに問題ないかと言えば、そうではない・・・⇒



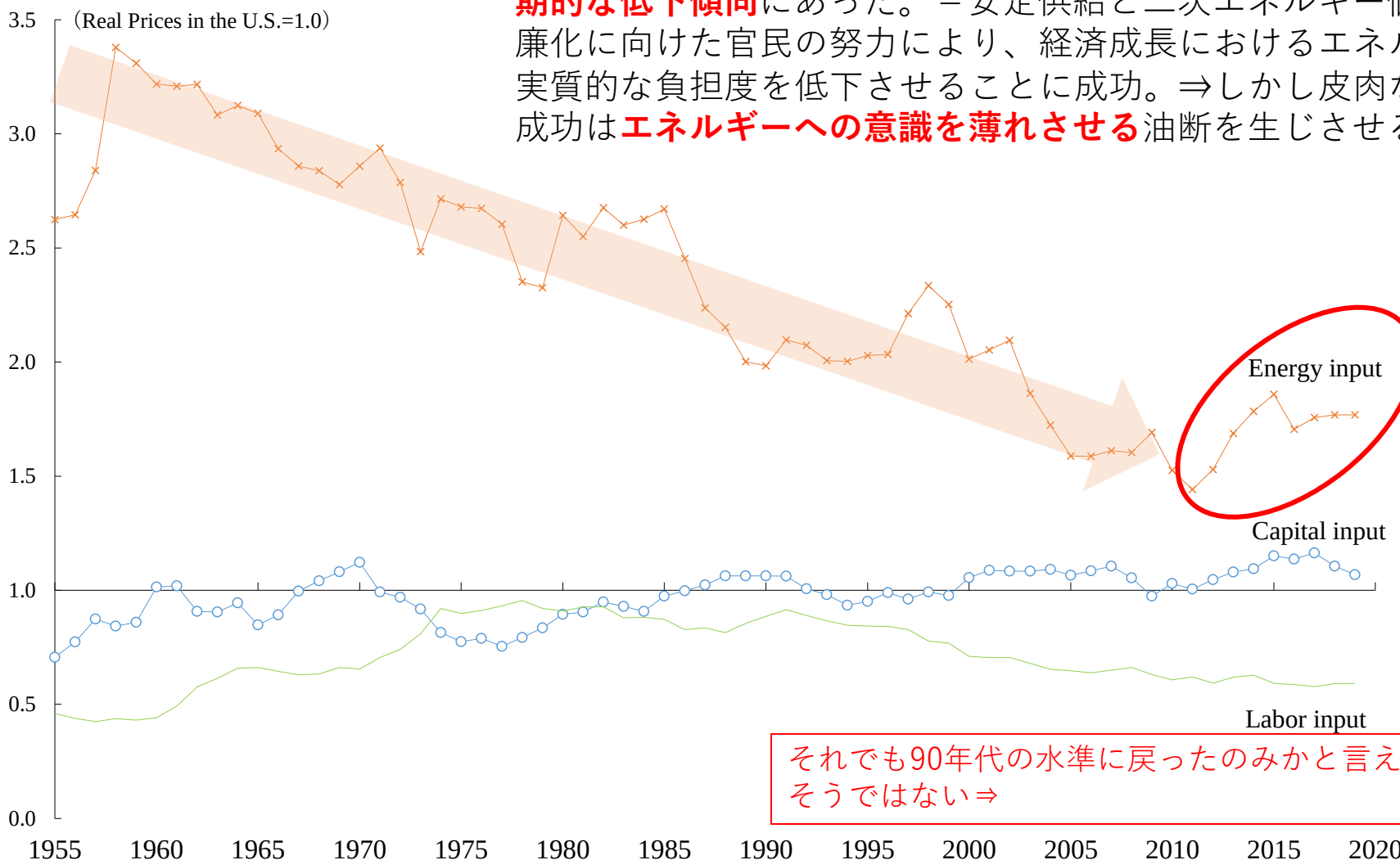
米国を基準に第  
2段階の長期格  
差（1955-2019  
年）をみると・

# 実質的なエネルギー価格差では、 近年、上昇へとトレンドが変化 一実質賃金の格差は1990年代からは拡大

$$\left( \frac{P_J^E / P_J^X}{P_W^E / P_W^X} \right)$$

**実質エネルギー価格差**でみれば、1955年より2010年ほどまで、**長期的な低下傾向**にあった。＝安定供給と二次エネルギー価格の低廉化に向けた官民の努力により、経済成長におけるエネルギーの実質的な負担度を低下させることに成功。⇒しかし皮肉なことに、成功は**エネルギーへの意識を薄れさせる**油断を生じさせる。

東日本  
大震災  
後、**大  
きなト  
レンド  
変化**。  
実質エ  
ネル  
ギー価  
格差は  
**再び上  
昇**へ。





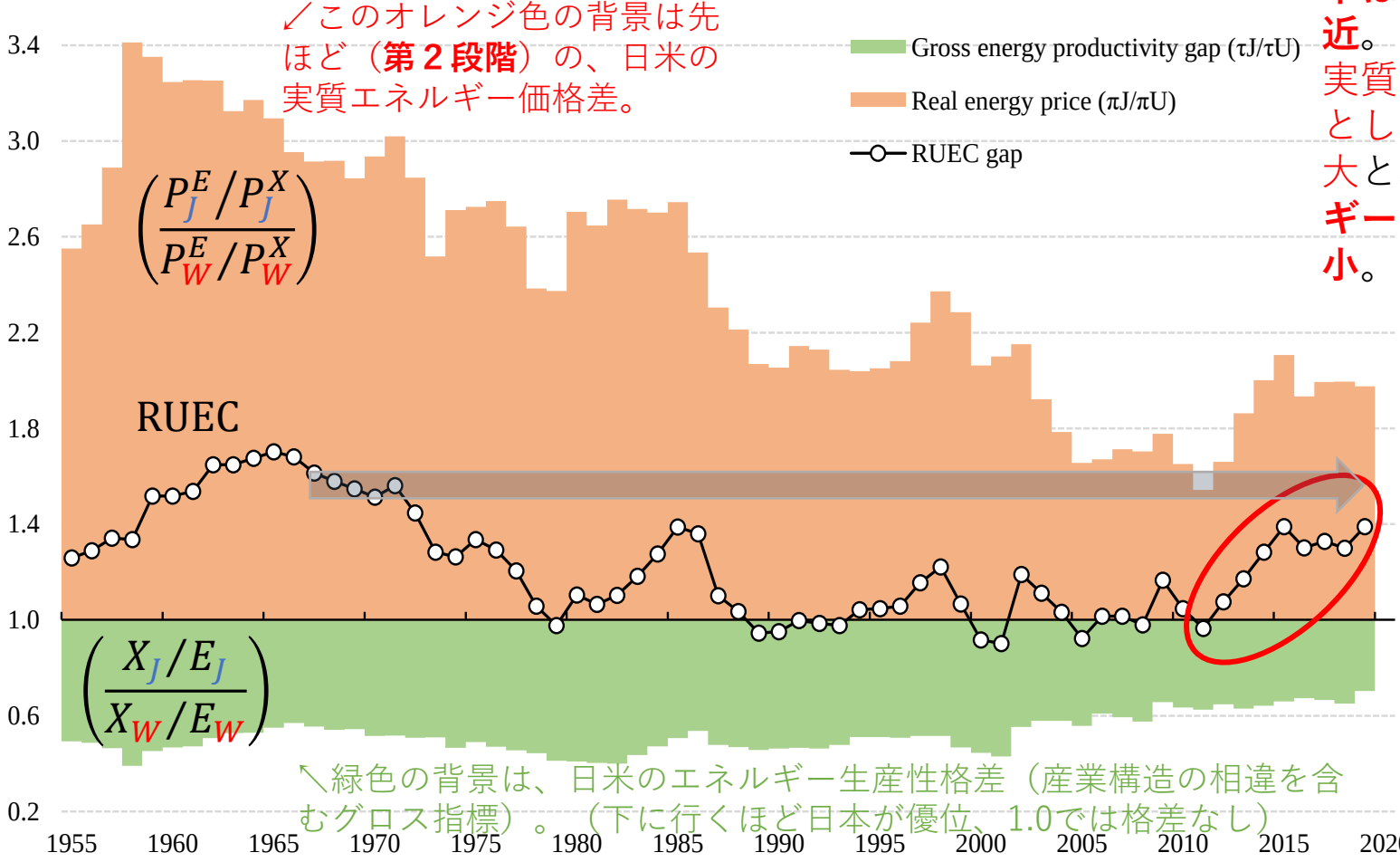
米国を基準に第4段階の長期格差(1955-2019年)をみると・

# RUEC格差では、戦後経済の最悪期に接近

$$\frac{RUEC_J}{RUEC_W} = \left( \frac{P_J^E / P_J^X}{P_W^E / P_W^X} \right) / \left( \frac{X_J / E_J}{X_W / E_W} \right)$$

日米のRUECは1990年代半ばより上昇傾向（第3段階の評価⇒資料6）

(RUEC in the U.S.=1.0)



日米格差として評価すれば、**RUEC格差水準は戦後最大値に接近**。その源泉は、①実質エネルギー価格としての価格差の拡大と、②**日米エネルギー生産性格差の縮小**。

1995年に60%ほどあったエネルギー生産性における**日本の優位性はその半分以下に縮小**。(近年、米国のエネルギー生産性成長率は日本の**倍速**)⇒日本では省エネのための**限界費用逡増**。

# 結び

## (1) エネ価格高騰への日本経済の耐性は脆弱化

日米比較では、戦後経済のピークに接近するまでRUEC格差が拡大。

### ➤第一の原因は、実質エネルギー価格差の拡大

- 米国ではシェール革命の恩恵。
- 国内的な要因は、FITによる再エネ電力価格負担増、原発再稼働の遅れ、デフレによる生産価格の低下傾向（広範な産業でRUEC上昇：資料8）。

### ➤第二の原因は、日本が優位性を持つエネルギー生産性格差の縮小

- 米国でも実質エネルギー価格は上昇し、安価になった省エネ技術は経済合理性を持って実装。日本の国内的には、エネルギー生産性を実現する安価な技術導入はエネ多消費産業においてすでに限界に近い。一部産業では、対策強化により資本生産性が低下（⇒資料2）。
- 見かけ上マクロ的に観察される（グロスの）エネルギー効率の改善とは、エネルギー多消費財の海外移転（国内産業の空洞化）による効果が大い。震災後の電力需要低迷の30%ほどは、（中間財・最終財の輸入を経由した）間接的な電力輸入拡大によって説明される（⇒資料10）。
- 震災後の省エネ努力は存在したが、近年のサービス業では労働生産性を犠牲としたエネルギー効率改善があり、日本経済の全体効率を毀損させ、賃金格差拡大を生じさせている（⇒資料3）。

# 結び

## （２）現行政策は、経済と環境の「好循環」を実現するか

エネルギー政策が、マクロ経済の低生産性化リスクを見ずに、脱炭素化にチャレンジする企業支援へと傾斜すれば、経済成長毀損の懸念は大きい。

### ➤ RUEC格差は今後もさらに拡大する懸念

- 拡大しているRUEC格差に目を伏せ、将来における価格低下に期待したままに、二次エネ価格を高める現行政策を継続すれば、**日本の実質エネルギー価格差およびRUEC格差のさらなる拡大は不可避**に。RUECは2021年より急上昇（⇒資料7）。

### ➤ 省エネ政策の幻想とその弊害

- （見かけ上の）エネルギー生産性の改善を見て、省エネ法などのさらなる規制強化へ向えば、エネルギー多消費的な製造業の空洞化をさらに誘発するのみ。
- その結果、そうした産業が相対的に縮小する産業構造変化（⇒資料9）やエネ多消費中間財の輸入への切り替え（⇒資料10）により、グロスのエネルギー生産性がさらに改善したように見える幻想。国内の**賃金水準は低迷を深めるのみ**。
- 日本の経済安全保障および産業政策として、素材関連製造業の価値は大きい（全要素生産性水準が優位にあり、高水準の賃金を実現）（⇒資料1・5）。

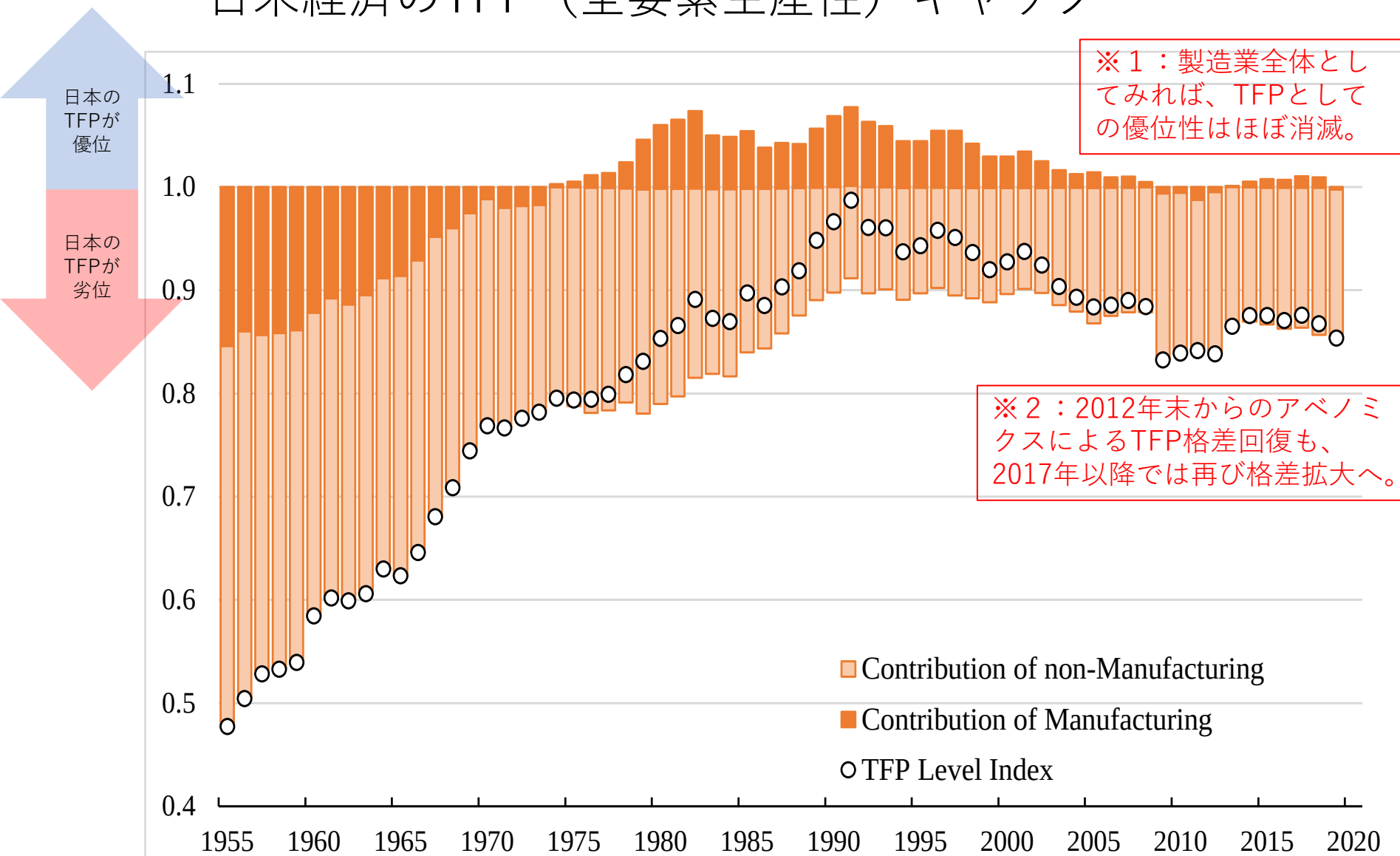
### ➤ イノベーション支援への期待とリスク

- 脱炭素化に向けたイノベーションへの政府支援は、支援規模にして不十分（一桁少ない）、投資効率として悪く、**エネルギー政策としての効率性は大いに疑問**（30年前から変わらない）。グループ・シンクに陥らずに、政府はRUEC格差を注視しつつ、マクロ資源配分としての効率性に配慮していくことが不可欠。

## (参考資料)



# 日本の生産性水準はこの30年間に大きく低下 －日米経済のTFP（全要素生産性）ギャップ



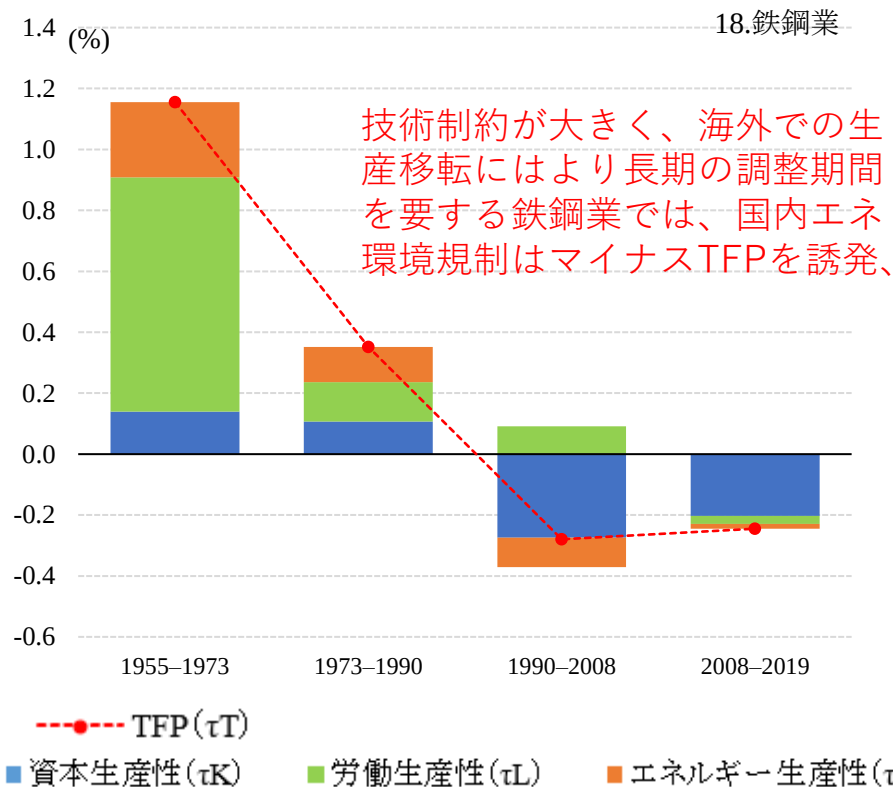
Note: Aggregate TFP is Domar-weighted sum of industry TFP gaps, grouped into Manufacturing (Mnf) and Non-Manufacturing (Non-Mnf)

Source: Jorgenson, Nomura, and Samuels (2018)の更新値。

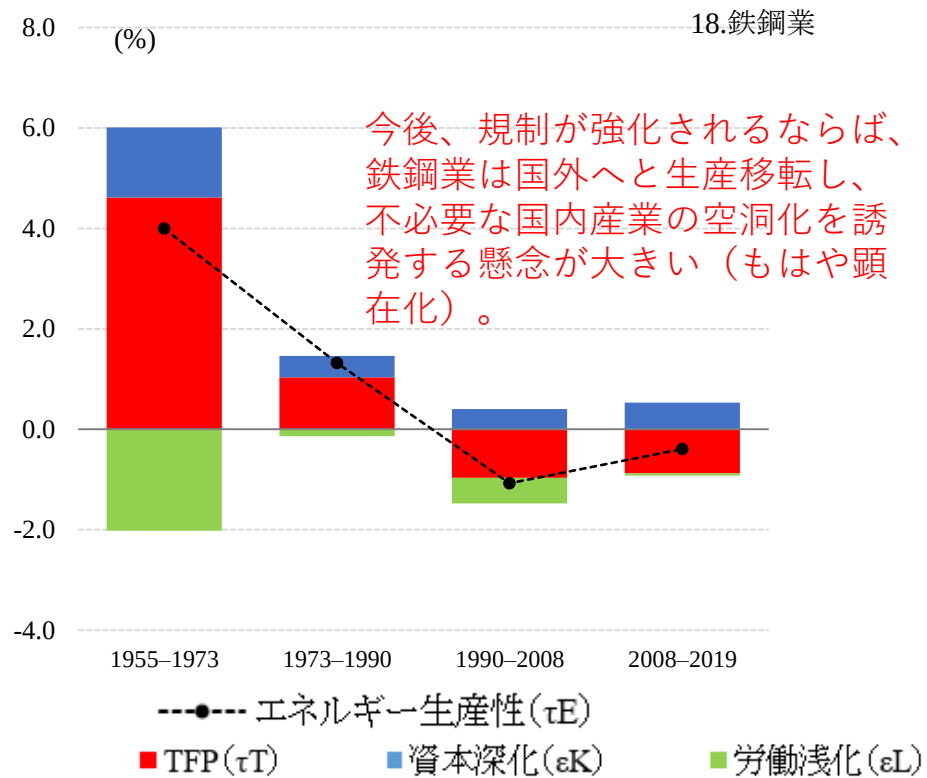
鉄鋼業では、エネルギー生産性改善（EPI）のためには  
資本生産性は悪化し、全体効率（TFP）がすでに低下



- ・ EPIを持続的に実現してきたが、90年代より資本生産性は改善から悪化へ（**省エネ技術の飽和**）。
- ・ 近年（2008-19年）でも、すべてのPFPが悪化し、マイナスTFP成長。



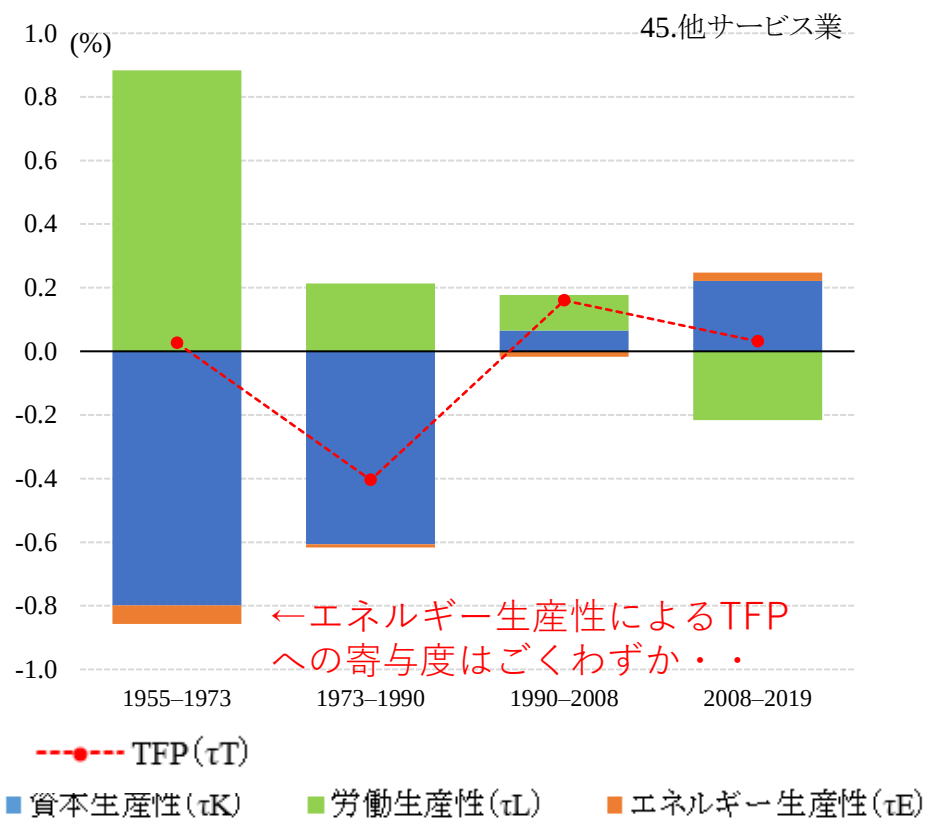
- ・ EPIの実現は、90年代以降、TFPによる影響から**資本深化による省エネ投資**に依存せざるをえない構造へ。
- ・ 近年では、資本深化の努力は続くが、TFP悪化によりエネルギー生産性も低下・横這い。



# サービス業では労働生産性を悪化させながらエネルギー生産性の改善

TFP EPI

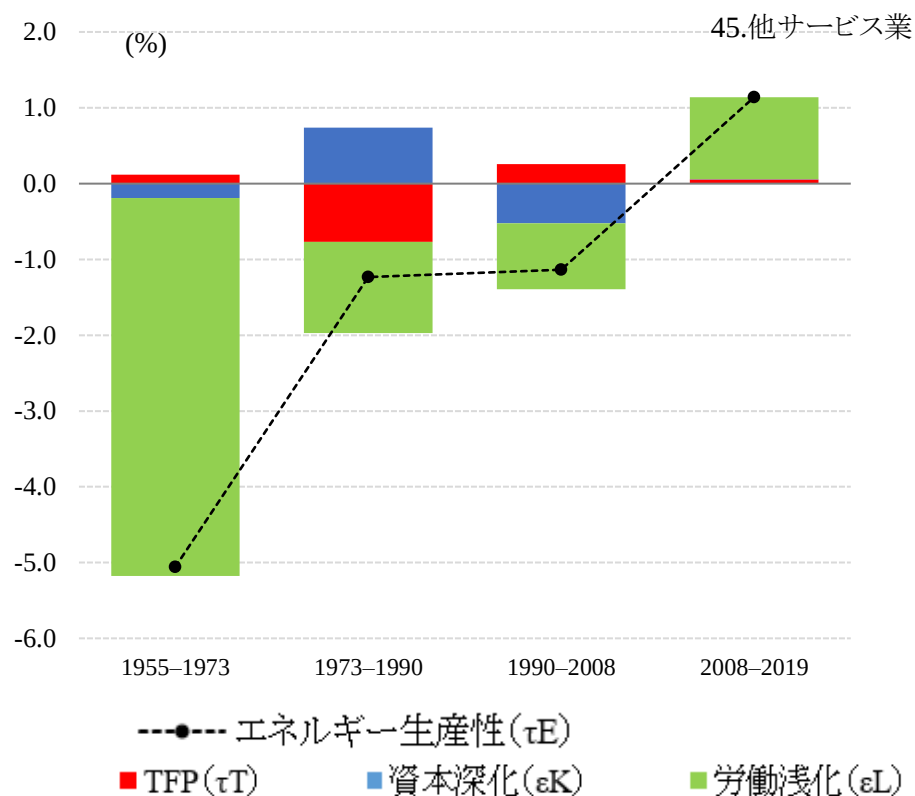
- ・2008年まで、資本生産性・エネ生産性を悪化させながら、労働生産性のみ改善。
- ・2008-19年、エネルギー生産性改善を実現（右）するが、**労働生産性は大きく悪化**。



貿易財に体化させて、電力やエネルギーを輸入できない国内産業では・・・

TFP EPI

- ・2008年までエネ生産性の悪化の主要因は、労働がより大きいエネルギーを利用してきたこと（それが労働生産性を改善）。
- ・近年はその逆行。**労働生産性改善を犠牲**としている（=**実質賃金の低迷**）。





# 産業別の低スキル雇用者シェア －2019年

※詳細な雇用属性レベルにおいて、**低スキル労働**を「**時間当たり平均賃金率（社会保険料などを含む） $\leq$  2千円**」と定義して算定。棒グラフは男女合計。

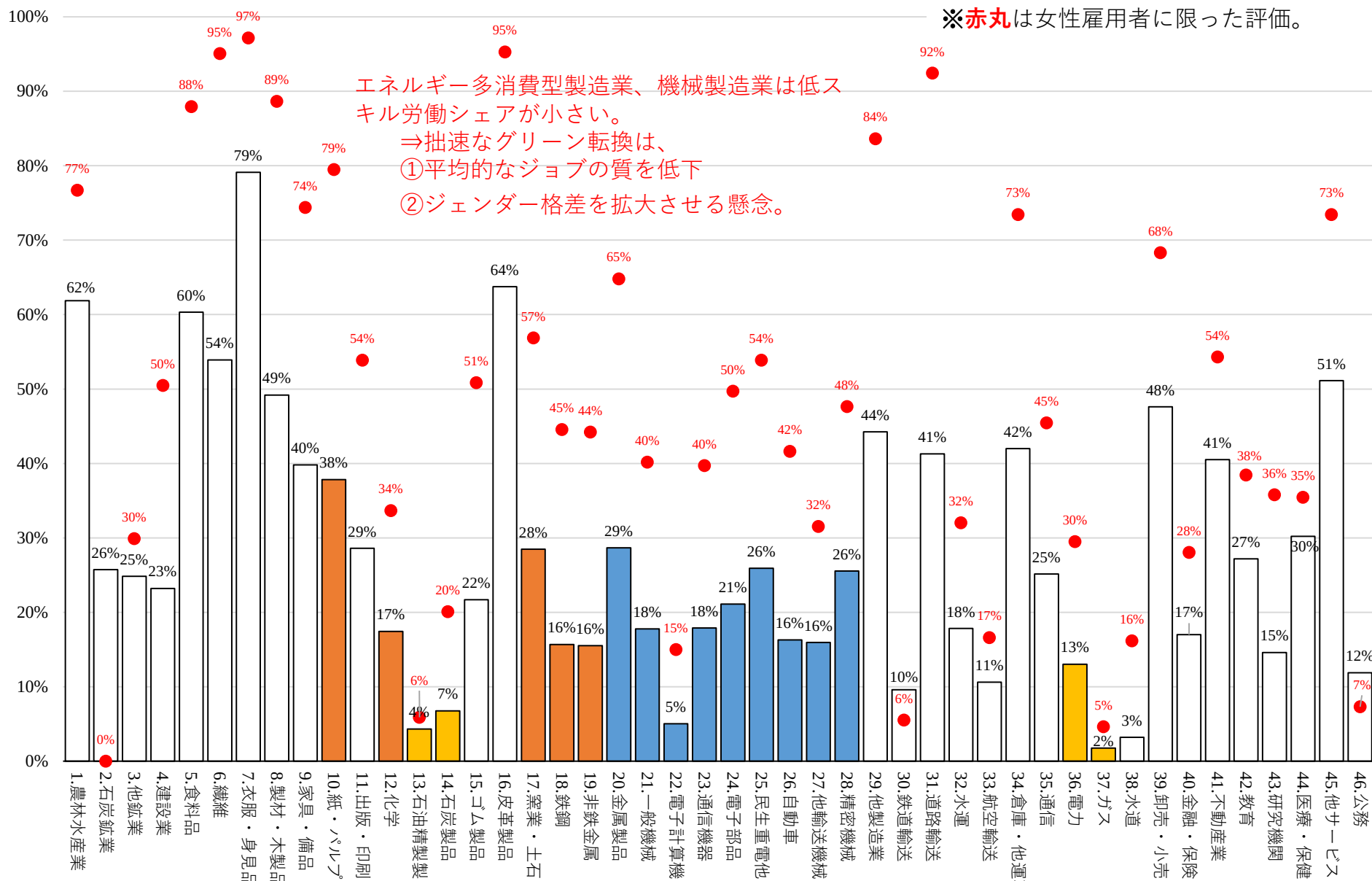
※**赤丸**は女性雇用者に限った評価。

エネルギー多消費型製造業、機械製造業は低スキル労働シェアが小さい。

⇒拙速なグリーン転換は、

①平均的なジョブの質を低下

②ジェンダー格差を拡大させる懸念。



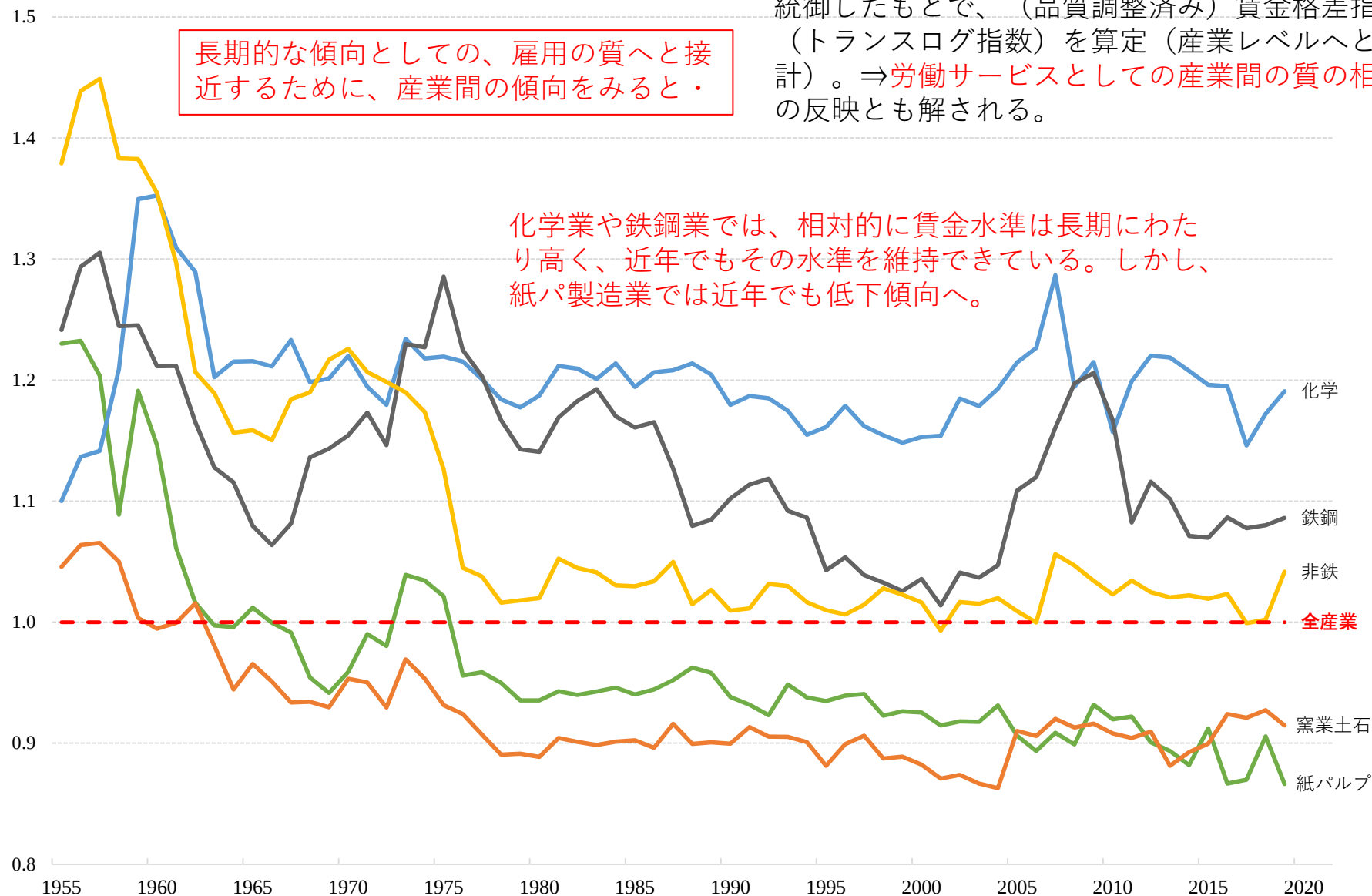
単位：％（産業ごとの雇用者総数=100）。出典：「KEOデータベース2021」の労働データ（慶應義塾大学産業研究所野村浩二）。

# エネ多消費製造業の賃金格差指数 －1955－2019年

性、年齢、学歴、就業形態などを労働の質として統御したもとで、（品質調整済み）賃金格差指数（トランスログ指数）を算定（産業レベルへと集計）。⇒労働サービスとしての産業間の質の相違の反映とも解される。

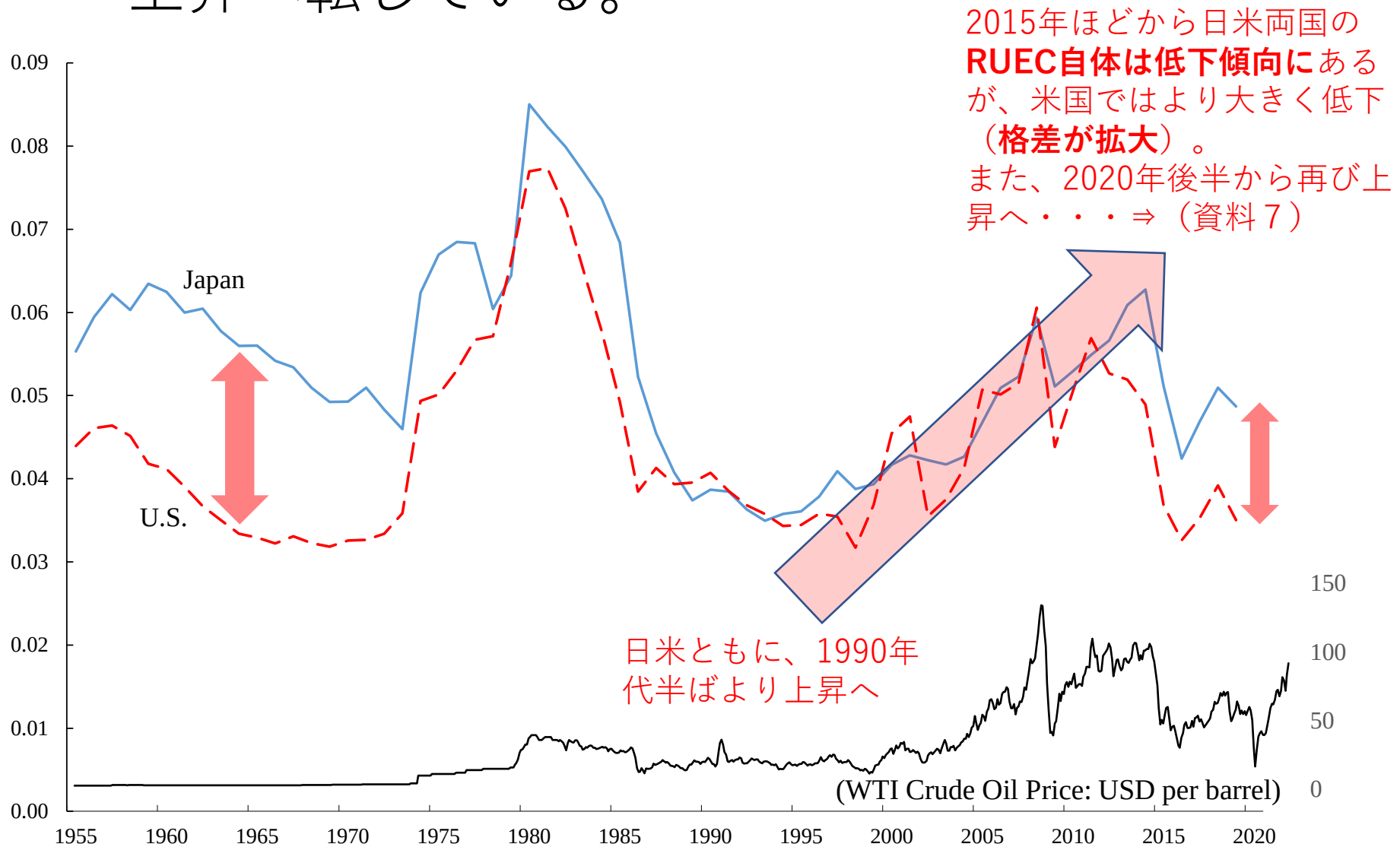
長期的な傾向としての、雇用の質へと接近するために、産業間の傾向をみると・

化学業や鉄鋼業では、相対的に賃金水準は長期にわたり高く、近年でもその水準を維持できている。しかし、紙パ製造業では近年でも低下傾向へ。



単位：産業間の賃金率格差指数（各年における全産業の平均賃金水準=1.0）。出典：「KEOデータベース2021」の労働データ（慶應義塾大学産業研究所野村浩二）。

日米両国ともに、RUECは1990年代半ばより、  
上昇へ転じている。



単位：各国の名目付加価値 = 1.0。出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應出版）の更新値。  
資料：日本はKEOデータベース（慶大産研野村浩二研究室）、米国はJorgenson研究室。

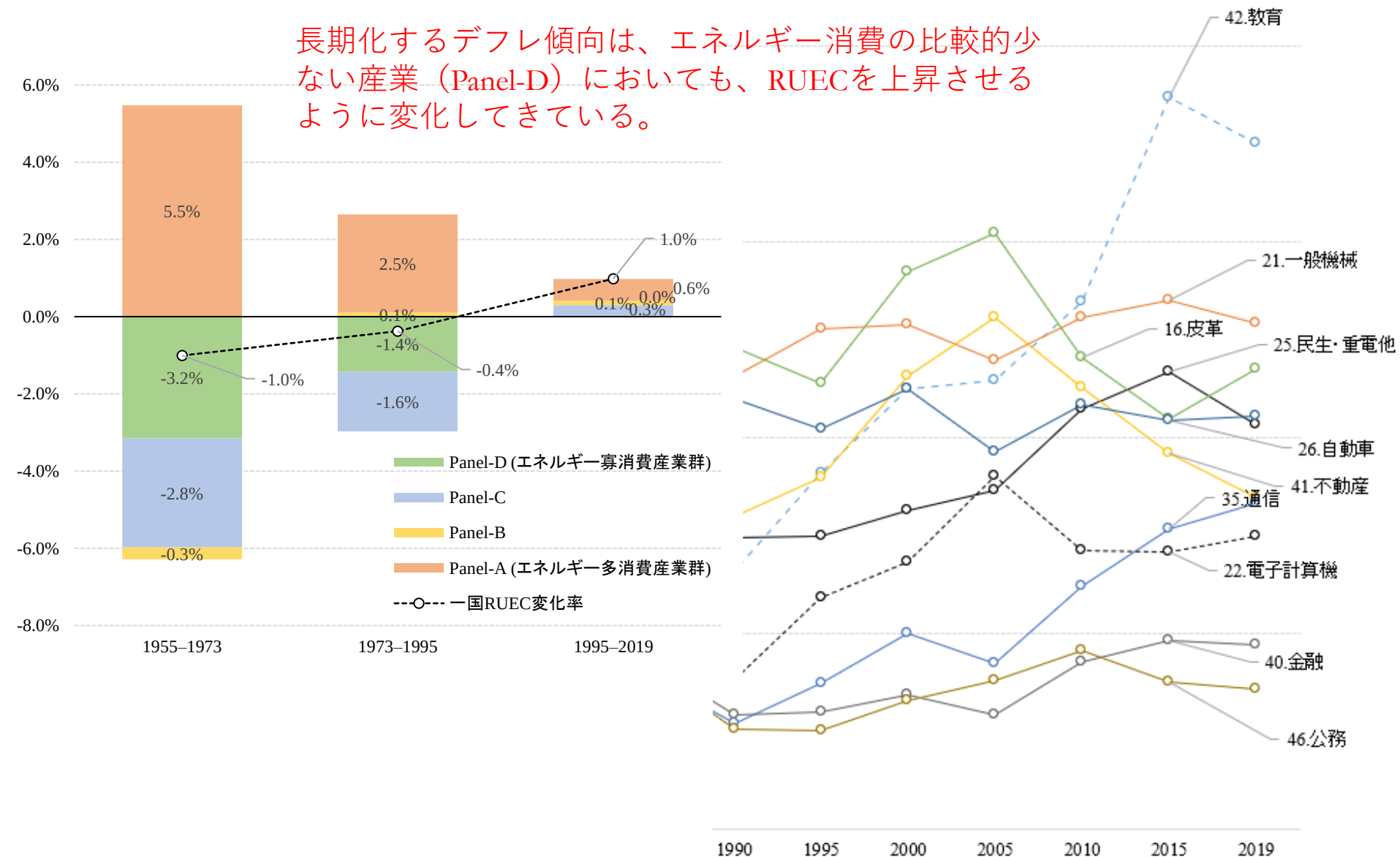
# 2021年よりRUECは再び急上昇 －Energy Cost Monitoring 3月推計値（2022年2月まで）



単位：2015年平均値 = 100。出典：「エネルギー・コスト・モニタリング（ECM：Energy Cost Monitoring）」の2022年3月推計値（現在開発中のβ版）（慶應義塾大学産業研究所：野村浩二・稲場翔・吉田満咲）。

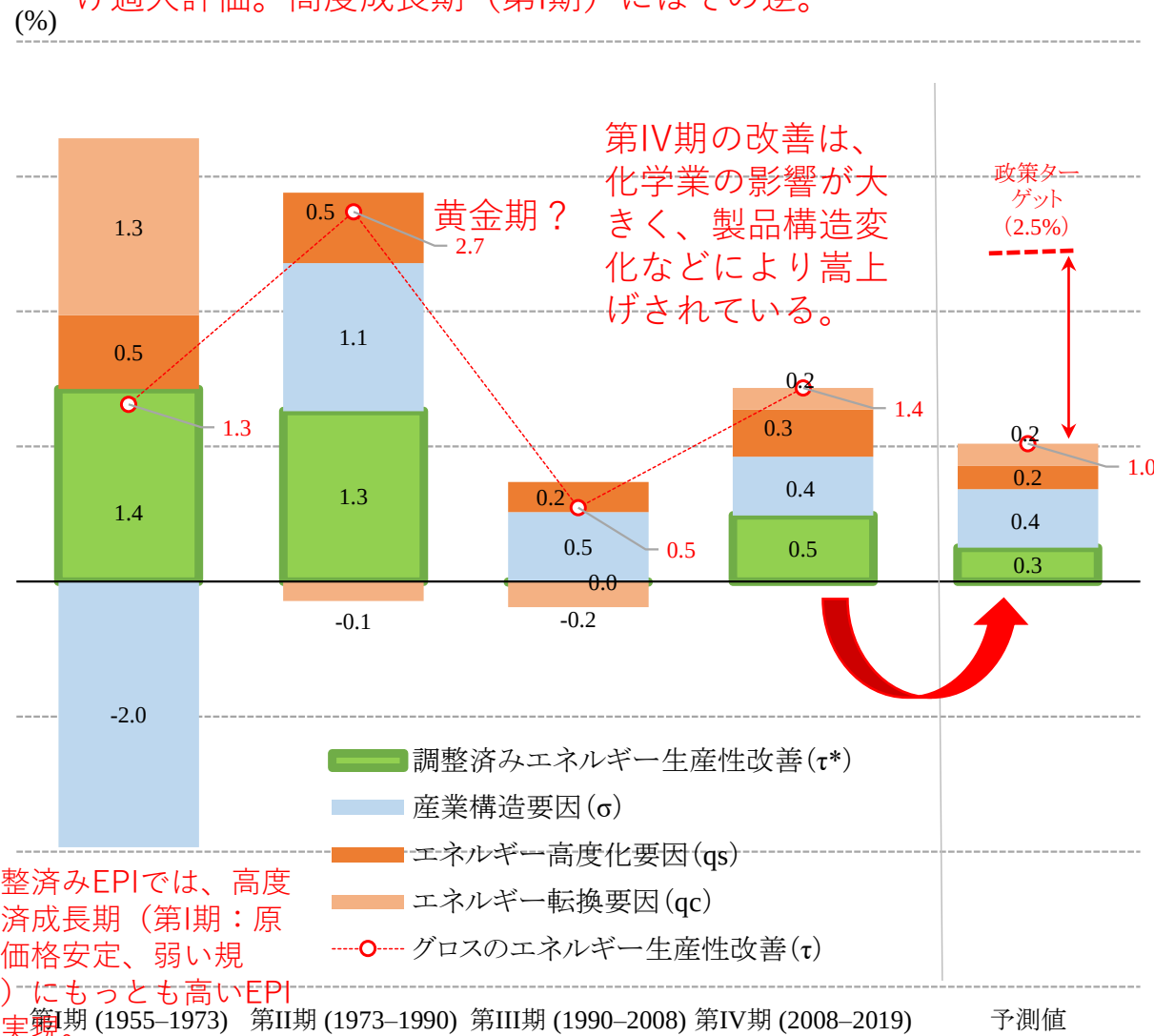
# エネ多消費型産業のみではなく、 広範な産業でRUEECが上昇。

長期化するデフレ傾向は、エネルギー消費の比較的小さい産業（Panel-D）においても、RUEECを上昇させるように変化してきている。



# エネルギー生産性は改善してきたが限定的に ーグロスEPIの分解

オイルショック後（第II期）に、EPIは産業構造変化分だけ過大評価。高度成長期（第I期）にはその逆。



第IV期（2008-19年）の調整済EPIから、製品構成変化や一次的な影響を除く試算では・・・

- EPIベースライン推計値は0.3%ほど。
- 今後も進行すると予想されるエネルギー構成変化、産業構造変化の標準的なスピードのもとでは、**グロスEPIベースライン推計値は年率1.0%ほど。**
- 2030年に向けた（2013年比）**▲46%目標（年率2.5%ほど）の半分にも満たない。**

⇒近年でも、製品構成変化を統御し、一過性の要因を除くと、**真のEPIはそれほど大きくはない。**  
＝「省エネへの取組が実を結んでいる」（経済財政白書）とは言えない。

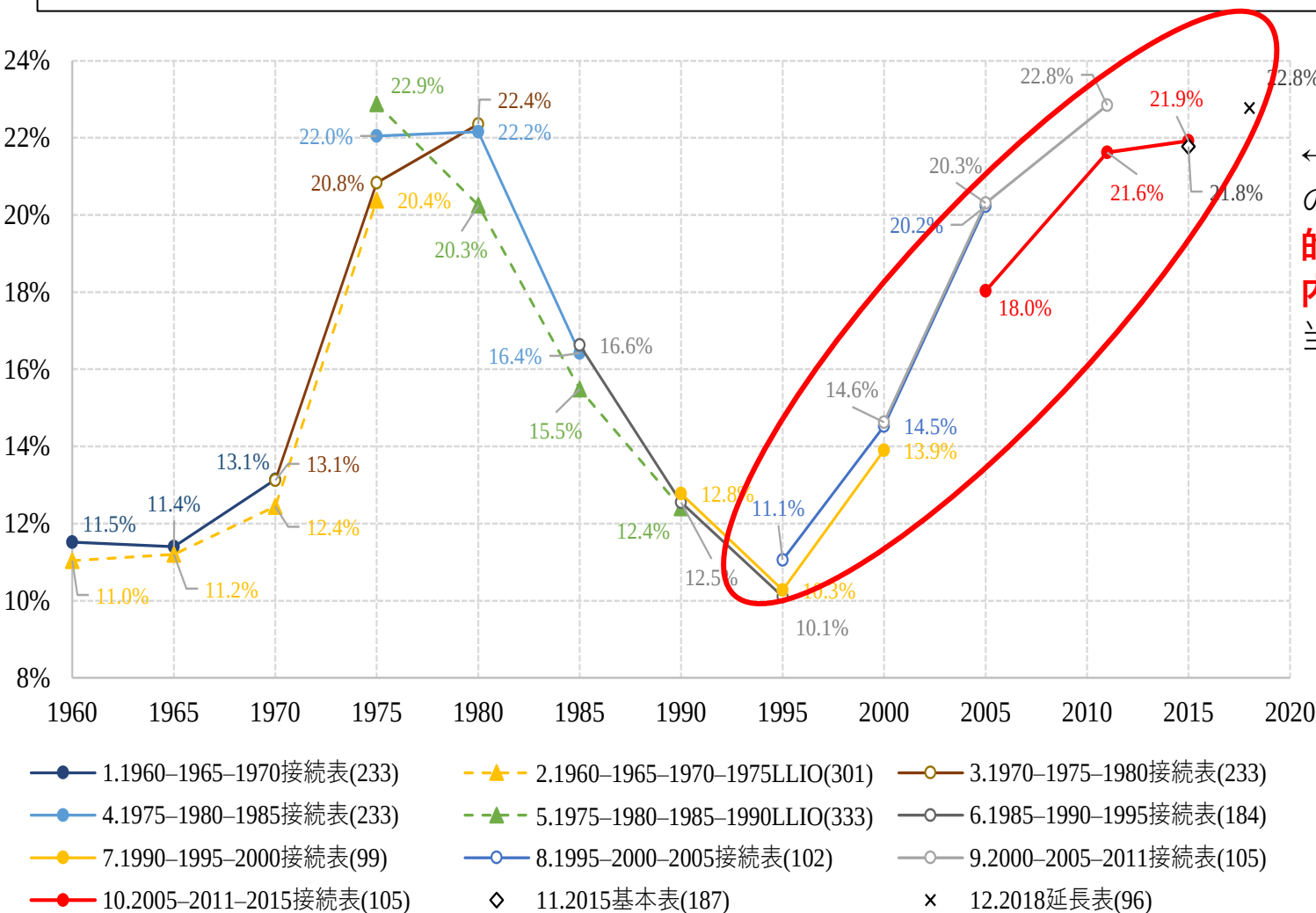
出典：野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー』（慶應義塾大学出版会）の更新値。

# 電力は間接的な輸入が拡大 －実効輸入依存度（EID）

製品レベルでの変化に着目すると、  
拡大するRUEC格差は、エネルギー  
多消費製品の海外生産を拡大

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年代後半から大きく増加。



←2015年の電力EIDの21.8%とは、**間接的な電力輸入量が国内生産量の27.9%**相当にも上ると評価。

⇒こうした直接観察の難しい構造変化は、（グロス）エネルギー生産性における**見かけ上の改善**を演出。  
⇒政府に省エネ政策を過信させる幻想を生じさせてきた。