

DBJ Discussion Paper Series, No. 2502

日欧のエネルギーコスト競争力の減退
—Real PLI に基づく主要 9 か国比較と EITE 生産の閾値効果

野村浩二・稲場翔

(慶應義塾大学産業研究所)

2026 年 3 月

当 Discussion Paper は、執筆者個人の暫定的な研究であって、関心ある研究者との議論等の為に、当設備投資研究所に於いて作成されたものである。もとより、内容、意見については、執筆者個人に属するものであり、日本政策投資銀行の見解を反映したものではない。また、未定稿という性格から、引用、複製等については、執筆者の承諾を得られたい。

日欧のエネルギーコスト競争力の減退 —Real PLIに基づく主要9か国比較とEITE生産の閾値効果

野村浩二・稲場翔†
(慶應義塾大学産業研究所)

2026年3月

概要

本稿は、エネルギーコスト競争力の国際比較において、為替レートに依存した名目価格差ではなく、付加価値価格で相対化した実質価格条件(Real PLI)に基づく評価の重要性を示す。日本、中国、韓国、インド、英国、ドイツ、フランス、イタリア、米国の9か国を対象に、ECM Databaseに基づく2025年第4四半期までの測定結果によれば、ポストパンデミック期以降、日韓および欧州諸国では、米国および中国・インドに対する実質エネルギー価格水準指数(Real PLI)が構造的に拡大していることが見出された。さらに、Real PLIとエネルギー多消費(EITE)生産との関係性として、一定の臨界水準を超過する局面においてEITE生産が非線形的に減退する有意な閾値効果が推計される。また、近年先進国で観察されるグロスのエネルギー生産性(GEP)の改善や実質単位エネルギーコスト(RUEC)の抑制は、技術的なエネルギー効率の向上のみならず、EITE生産の相対的縮小を強く反映している可能性が示された。そのことは、エネルギー価格ショックに対するマクロ的感応度を低下させるという意味においては経済的適応とも解釈される一方、国内基盤素材供給能力の低下や対外依存度の上昇を通じて、経済安全保障上の新たなリスクを内包している。以上の結果は、実質エネルギー価格条件の持続的悪化が、産業立地と投資判断に対する深刻な構造的制約として作用していることを示唆している。

JEL classification Codes: Q43, F41, O14, C43

Keywords: Real PLI, RUEC, GEP, PPP, EITE 産業、閾値効果、産業構造変化、エネルギー競争力

† 本稿は、慶應義塾大学産業研究所において2022年1月より構築・改訂を進めてきたエネルギーコスト・モニタリング(ECM)に基づき、エネルギーに関する国際競争力の2025年末までの動向を評価したものである。2025年度プロジェクトでは、インドにおけるエネルギー勘定の新規開発、イタリアのエネルギー勘定の再構築、ならびにその他対象国の月次更新および計数検証を実施したが、これらの作業は経団連環境対策推進財団の委託研究による支援を受けている。また、地球環境産業技術研究機構(RITE)「地球温暖化対策技術の分析・評価に関する国際連携事業」(ALPS IV)の経済分析ワーキンググループにおいて貴重な助言を得た。ここに記して謝意を表す。なお、本稿に含まれる誤りはすべて著者の責任に帰する。

Declining Energy Cost Competitiveness in Japan and Europe
— A Real PLI–Based Comparison of Nine Major Economies and
Threshold Effects on EITE Output

Koji Nomura and Sho Inaba

March 2026

Abstract

This paper examines international energy cost competitiveness using real price conditions rather than exchange-rate-based nominal comparisons. Focusing on nine major economies—Japan, China, Korea, India, the UK, Germany, France, Italy, and the U.S.—we construct a Real Price Level Index for energy (Real PLI) based on value-added prices using the ECM Database and extend the measurement through the fourth quarter of 2025. The results indicate that, in the post-pandemic period, real energy price differentials have persistently widened in Japan, Korea, and several European economies relative to the U.S. and to China and India. We further investigate the relationship between Real PLI and the output of energy-intensive and trade-exposed (EITE) industries. Panel threshold regressions reveal significant nonlinear effects: once Real PLI exceeds estimated critical levels, EITE production declines sharply. In contrast, no statistically significant threshold effect is detected for China and India. The paper also shows that recent improvements in Gross Energy Productivity (GEP) and the apparent stabilization of Real Unit Energy Costs (RUEC) in advanced economies partly reflect structural shifts—specifically, the relative contraction of EITE sectors—rather than purely technological efficiency gains. While such structural adjustment may reduce macroeconomic sensitivity to energy price shocks, it simultaneously implies declining domestic basic-material production capacity and greater external dependence. These findings suggest that persistently adverse real energy price conditions act as structural constraints on industrial location and investment decisions.

JEL classification Codes: C81, O14, Q43

Keywords: Real PLI, RUEC, GEP, EITE industries, Threshold effects, Structural change, Energy cost competitiveness

1 はじめに

近年、エネルギーをめぐる国際的な政策議論では、脱炭素政策の進展に伴うエネルギー価格や供給条件の国際的な差異が産業競争力や経済成長に与える影響に対する関心が高まっている。これまで、脱炭素政策やグリーンエネルギー転換が中期的にエネルギー価格の低下や競争力の回復に寄与するとの見解は、Nicholas Stern や Joseph E. Stiglitz らの経済学者によって提示され（Stern 2007; Stiglitz et al. 2017; Stern and Stiglitz 2023）、2010年代後半以降、各国の政策当局が脱炭素化を通じて経済成長を加速させようと位置づける際の理論的背景となってきた。

もっとも Stern による気候変動被害の経済評価には早くから批判的検討が示されてきたが（Pielke 2007）、エネルギー転換による経済的影響についても国ごとの制度設計や政策実施の態様に大きく依存することが近年の実証研究やレビュー論文に論じられる¹。とくに 2021 年以降、パンデミックからの世界的な経済回復に伴いエネルギー価格が高騰をはじめ、世界経済は急激なコスト上昇に直面した。この間に脱炭素政策を加速させてきた欧州や日本のエネルギーコストは、米国や中国などと比して相対的に大きく拡大し、また高止まりしている。その結果、エネルギー多消費（energy-intensive trade-exposed: EITE）産業における競争力の低下が顕在化し、輸入増や生産拠点の国外移転を通じた調整圧力が高まったとする指摘が増加している（Chiacchio et al. 2023; Jäger 2023; Vogel et al. 2023; Saussay and Sato 2024; Nomura and Inaba 2026）。

閉塞的な状況は、脱炭素化を背景として推進されてきた産業政策の実行段階でも表面化している。欧州では、電気自動車（EV）向けバッテリー生産の域内立地を目的として巨額の公的・民間資金を集めてきたノースボルト社が 2024 年 3 月に破産申請を行った。個別企業の経営判断には多様な要因が作用するものの、補助金に依存した EV 需要の伸び悩みや、より厚い政府支援を受けた中国企業との競争環境の下、政策的誘導による新産業の欧州域内定着が難しい課題であることを象徴する事例となっている。

そうした問題意識を背景に、2024 年 9 月のドラギ報告書（Draghi 2024）は高騰したエネルギーコストが欧州の産業競争力に与える影響を分析し、エネルギー転換と競争力確保の両立が欧州における重要な政策課題であることをあらためて強調した。2025 年 9 月、欧州委員会は同報告書の勧告を踏まえ、エネルギー転換の進展と産業競争力への影響を総合的に点検する高レベル会議を開催した²。これは、脱炭素化の目標自体を維持しつつも、その実施過程における経済的持続性や競争力への影響について、制度運用の観点から検討を深める動きである。

脱炭素化の主要な推進国であったドイツでも変化の兆しがみられる。2025 年 9 月、ドイツ商工会議所連合（DIHK）は、現行政策が継続された場合の累積的な経済コストが 2025 年から 2049 年の間に最大で約 5.4 兆ユーロに達しようとする試算を公表し、現在の政策フレームが真に持続可能なエネルギー転換を実現しうるのか、再検討の必要性を強調し

¹ そうした問題意識の下に、環境・サステナビリティ分野の国際学術誌 *Sustainability* では 2025–26 年において特集号（Energy Transition, Sustainable Growth and Economic Development）が企画されている。

² その会議では、高水準のエネルギーコストとその変動性が欧州産業の競争力にとって主要な制約となっていることを明示した上で、脱炭素（climate neutrality）の目標は維持しつつも、その実施に当たっては投資採算性や産業立地への影響を含めた制度運用上の点検が不可欠であるとの認識が示された（European Commission 2025）。

た(DIHK 2025)。2021年末に発足したショルツ内閣は、連邦経済・エネルギー省(BMWi)を連邦経済・気候保護省(BMWK)へと改組していたが、2025年5月に成立したメルツ内閣では、同省の名称を連邦経済・エネルギー省(BMWE)へと再び変更した。また2026年2月初め、メルツ首相はサウジアラビア、カタール、UAEを歴訪した。かつて脱炭素を優先し中東産天然ガスへの依存を忌避した姿勢から転じ、将来的な水素インフラへの転換を前提としつつも、供給源の多角化を見据えた実利的な関係再構築を急ぐ同国の現実主義への転換を象徴している。

2026年2月、世界最大の化学メーカーである独BASF社のマルクス・カミートCEOは、欧州の排出量取引制度(EU-ETS)が国際競争力に深刻な悪影響を及ぼしているとし、同制度を「時代遅れ(obsolete)」と強く批判した(Hancock 2026)。欧州では炭素コスト負担により産業投資が激減するといった問題が露呈する中、翻って日本では2026年4月からGX-ETSが本格導入される。国際的なエネルギー価格差が拡大し脱炭素政策としての強度に大きな相違のある現況において、GX(グリーン・トランスフォーメーション)関連施策の拡充が日本国内の産業活動や生産構造にどのような影響を及ぼしうるのか、その検証は示されていない。

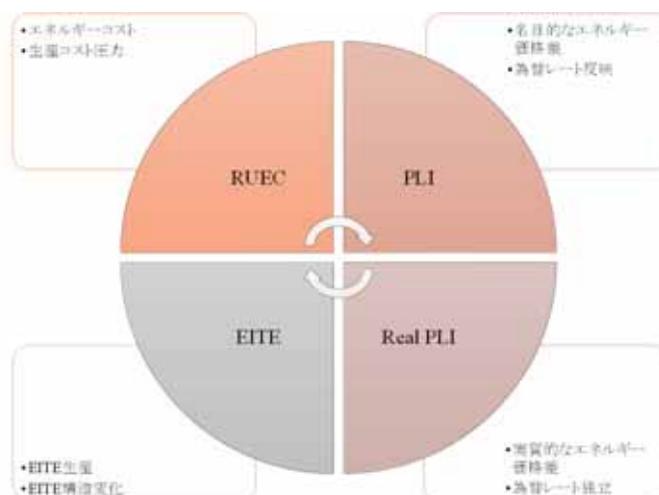
これまで日本企業は、自主行動計画の枠組みの下で長期にわたり低炭素化に取り組み、経団連によるフォローアップとともに甚大な努力が払われてきた³。とりわけEITE産業では、事実上、CO₂排出1トンあたり数千円規模の炭素制約が、その技術選択や設備投資判断に長期にわたり組み込まれてきたと試算される(戒能 2006)。不確実性を増した国際状況のもと、GX-ETSのような明示的な炭素価格の追加が、これまでの日本の取り組みとていかに整合し、またさらなる排出削減や技術転換を促しうるのかは自明ではない。政府はGXを「実質賃金向上へのカギ」と位置づけるが(内閣官房GX実行推進室 2025)、エネルギーコスト上昇が企業収益や投資行動を通じて実質賃金に正の影響をもたらす経路は、理論的・実証的に慎重な検討を要する課題である。むしろエネルギー消費の内外価格差の拡大や価格環境の不確実性が、生産立地や投資判断に甚大な影響を及ぼすことで、産業空洞化やカーボンリーケージ(炭素の漏れ)が進行する傾向が、国際的な実証研究によって指摘されている。

本稿は、エネルギーコスト・モニタリング(Energy Cost Monitoring: ECM)におけるデータベース(ECM Database)に基づき、主要国におけるエネルギーに関する競争力評価指標として、2025年末までの動向を論じる。これまでの政策議論で広く利用されてきた指標は、エネルギーの市場価格や消費量といった断片的な情報にとどまり、体系的な高頻度指標は十分に整備されてこなかった。ECMは、エネルギー消費構造を把握する枠組みとして、価格と数量を明示的に分離した金額ベースの統合的なデータ体系を月次速報として推計し、それを生産指標と接続することにより、国際的に比較可能な競争力評価指標を構築することを目的としている。

以下、第2節では本稿での対象9か国におけるエネルギー消費の現況を整理する。第3節

³ 経団連の取り組みは、1997年の「環境自主行動計画」に始まり、2013年からの「低炭素社会実行計画」、そして2021年の「カーボンニュートラル行動計画」へと改定されてきた。こうした枠組みは、国際的に調和のとれた炭素価格という制度的前提のないもとで、日本の削減と国際貢献を推進する設計であり、業界内でのベストプラクティスの共有や業種間での情報共有や調整を通じて努力の平準化を図るとともに、革新的技術開発や製品を通じた国際貢献を多角的に評価する実効的な仕組みとして機能してきた。

では、ECM におけるエネルギー関連の競争力評価として、図 1 に示す 4 つの代表的な指標とともに国際比較の視点からの含意を論じる。エネルギーのコスト負担や価格の内外格差に関する測定結果を第 4 節において、また現行のエネルギー政策の下で進行する EITE 産業を中心とした産業空洞化の現況を第 5 節において論じる。本稿の分析は、近年の主要先進国で観察されるエネルギー生産性の改善や実質コストシェアの抑制が、技術的効率向上のみならず、EITE 産業の相対的縮小を通じた構造変化と密接に関連していることを示す。こうした構造調整は、エネルギー価格ショックに対するマクロ的感応度を低下させる一方で、国内基盤素材供給能力の低下や対外依存の拡大を通じて、経済安全保障上の含意を持つ。第 6 節を結びとする。ECM Database の測定フレームワークは補論 A および B に示す。



注：各指標はエネルギー関連の競争力に関する異なる側面を捉える補完的な評価指標である（詳細は表 2 参照）。

図 1: ECM におけるエネルギー競争力評価指標

2 主要国エネルギー消費の現況

ECM におけるエネルギーに関する競争力評価指標の構築のためには、経済統計とエネルギー統計を統合的に接合した加工統計の整備が不可欠である。しかし、国民経済計算や産業連関表、あるいは総合エネルギー統計（エネルギーバランス表）による分析では現象の発生から統計が整備されるまでに 3-5 年程度のタイムラグが生じることが避けられず、またほとんどの国で両者の整合性は確保されていない⁴。政策環境や市場条件が急速に変化する局面では、エネルギーコスト変化の実態把握や政策影響の検証が大きく遅れるという制約があった。ECM Database は、エネルギーコスト負担の動向を高頻度で推計する枠組みであり、事象の発生から数か月程度のタイムラグで国際比較可能な指標を提供する。そこでのエネルギー消費額 (v) は、価格 (p) と数量 (q) に分解され、基礎資料としておもに v は経済統計、 q はエネルギー統計に基づき、それぞれ可能な限り整合性を保持した加工統計として構築される⁵。

⁴ 日本経済の産業別生産性勘定とエネルギー統計において可能な限り整合性を保持するように接合した既存研究として、野村 (2021) の分析対象年は 2016 年までであり、2015 年基準国民経済計算に対応した Nomura (2023) でも 2019 年にとどまる。

⁵ ECM は 2022 年 1 月より開発が進められ、対象国の拡張とともに測定方法も段階的に改訂されてきた。2024 年までの ECM では、エネルギー種別・消費主体別の整合性を重視し、エネルギー統計に基づく数量 (q) と経済統計に基づく金額 (v) を優先した上で、価格 ($p=v/q$) を事後的に定義する方法を原則としていた。しかし、 q および v に

本節では、はじめに現行 ECM Database での分析対象 9 か国における、最終エネルギー消費（final energy consumption: FEC）の現況を整理する⁶。脱炭素化では電力消費に注目されることが多いが、FEC における電力化率（electrification rate of FEC）は依然としてほとんどの国で限定的である。エネルギー消費全体のコスト負担や価格の内外価格差を包括的に捉えるには（第 3 節）、FEC 全体を俯瞰する視点が欠かせない。以下、2.1 節ではマクロ的なエネルギー消費動向を概観し、2.2 節以降ではその構造を検討する。

2.1 EITE 産業の跛行性

対象国における FEC 消費量として、パンデミック前水準(2015–19 年平均値)および 2025 年速報値と比較したものが表 1 である。本稿で対象となる 9 か国の総計では、世界全体の最終エネルギー消費における 6 割近く(パンデミック前 56%、2025 年 57%)、とくに EITE 産業に限れば世界シェアの 7 割強(それぞれ 72%と 75%)をカバーする。

表 1:最終エネルギー消費の動向

	a. 2015–19年平均		b. 2025年		FEC変化率(b/a-1)			
	Total FEC	EITE FEC	Total FEC	EITE FEC	計	EITE	非EITE	家計
Asia								
China	88,932 (22%)	40,314 (41%)	112,099 (25%)	50,073 (46%)	26%	24%	32%	18%
India	25,303 (6%)	6,585 (7%)	33,592 (8%)	8,991 (8%)	33%	37%	37%	24%
Japan	12,967 (3%)	4,686 (5%)	11,131 (3%)	3,562 (3%)	-14%	-24%	-11%	-4%
Korea	7,910 (2%)	3,644 (4%)	7,343 (2%)	3,113 (3%)	-7%	-15%	-2%	2%
Europe								
France	6,534 (2%)	1,194 (1%)	5,573 (1%)	965 (1%)	-15%	-19%	-13%	-14%
Germany	9,587 (2%)	2,544 (3%)	8,646 (2%)	2,026 (2%)	-10%	-20%	-6%	-6%
Italy	4,906 (1%)	814 (1%)	4,688 (1%)	705 (1%)	-4%	-13%	-2%	-3%
UK	5,337 (1%)	663 (1%)	4,410 (1%)	357 (0%)	-17%	-46%	-11%	-15%
U.S.	64,579 (16%)	11,047 (11%)	67,096 (15%)	12,324 (11%)	4%	12%	5%	0%
Total	226,055 (56%)	71,491 (72%)	254,578 (57%)	82,116 (75%)	13%	15%	16%	5%

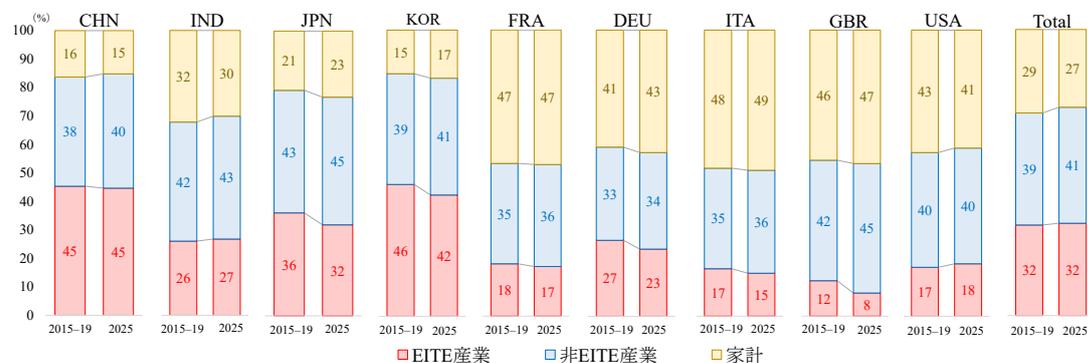
単位:PJ。出典:ECM Database。注:観測期間は 2015–25 年。EITE 産業は脚注 21 参照(ただしここでは印刷業および医薬品製造業を含む)。非 EITE 産業は、全体から EITE 産業および家計部門を除いた主体(補論 A.3 表 8 における 212, 222, 24, 25 計)として定義。括弧内は世界消費量に占める各国シェアであり、世界消費量の 2015–19 年平均値は IEA World Energy Balances による推計値(402,287PJ)、2025 年値は BP Energy Outlook 2025 Edition による予測値(444,868PJ)に基づく。

EITE 産業による最終エネルギー消費量は、パンデミック前と比較すると、2025 年までに対象国総計では 15%の拡大となった。一方、国間では顕著な非対称が観察される。同期間に、英国では▲46%、日本▲24%、ドイツ▲20%、フランス▲19%、韓国▲15%、イタリア▲13%の減少がみられるのに対し、中国では 24%、インドでは 37%の増加である。FEC に占める EITE 産業のシェアは図 2 に示されている。とくに日本、韓国、英国、ドイツでは、同期間に EITE 産業のシェアとして 4 ポイント以上の低下を示している。米国では、非 EITE 産業や家計部門を上回って EITE 産業のエネルギー消費が拡大し(2025 年にはパンデミック前比 12%へ)、FEC に占めるシ

測定誤差や概念差が残存する場合、事後的に算出される p に基づく内外価格差には無視できない誤差が生じうる。野村・稲場(2025)はこうした p の誤差要因を各国別に再検討し、より細分化されたレベルで q および v の測定方法を改訂することで、内外価格差指標の精度向上を図っている。

⁶ IEA のエネルギーバランス表では、高炉部門における炭素投入量と炭素排出量が等しくなるようなエネルギー転換効率(40%ほど)を仮定し、観測される同部門のエネルギー投入量を、エネルギー転換過程での消費と最終エネルギー消費とに分割している。他方、日本の「総合エネルギー統計」(資源エネルギー庁)では、副産ガスとして利用されるエネルギー量をエネルギー転換部門におけるエネルギー消費量として整理し、残余を最終エネルギー消費として計上している。ECM では、後者の概念に統一することで、対象国間の比較可能性を確保している。

エアも 1 ポイントの拡大となった。対象国間の対照的な動きは、経済発展段階の違いのみでは説明しがたい。米国におけるシェール革命や各国のエネルギー・環境政策の強度の影響などの反映として、エネルギーの内外価格差や EITE 生産における空洞化の変化を捉えていく必要がある。

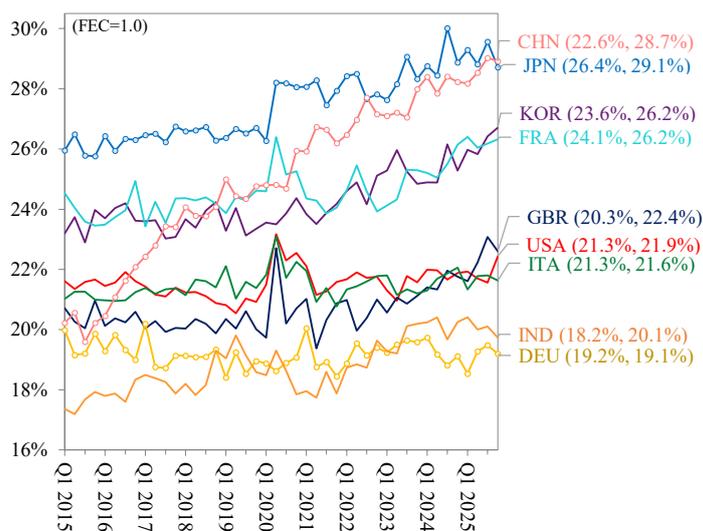


単位:最終エネルギー消費量=1.0。出典:ECM Database。注:観測期間は2015-25年。

図 2:最終エネルギー消費の主体別シェア

2.2 電力化の低迷

対象国において、最終エネルギー消費 (FEC) に占める電力化率を示したものが図 3 である。一般に、電力化率の向上は、省エネや低炭素化を進める上で重要な指標のひとつに位置づけられている。また、ドイツでは総発電量ベースでみた再エネ比率が 2024 年には 6 割にまで達するなど、再エネ電力シェアの拡大が広く報じられる。しかし、エネルギーの最終消費段階における電力化の進展は一様ではない。本図は、電力部門のみではなく、FEC として捉えることの重要性、そして脱炭素化の難しさを端的に示すものである。



単位:最終エネルギー消費量=1.0。出典:ECM Database。注:観測期間は2015年第1四半期-2025年第4四半期。季節調整済み。国名の括弧内は2015-19年平均値と2025年平均値。

図 3:電力化率

現在、マクロ経済としての電力化率が対象国中で最高位にあるのは、一おそらく直観に反するように一同率が 3 割ほどに達する日本と中国である。日本では、産業・業務部門における電力依存が構造的に高く、暖房は寒冷地を除き電化(エアコン)が主流であり、ガスの直接燃焼比率は欧州諸国よりも低い。中国では、工業化の中心が電力多消費型産業にあり、石炭消費も多いがその多くは電力を通じて最終消費されており、都市部家計の電化も急速に進行している。こうした日中両国における高い電力化率は、電力価格の上昇を伴う形でエネルギー転換を進めることの影響が相対的に大きいことを示している。とりわけ、依然として相対的に平均所得水準が低い中国では、家計の負担増を許容する余地は小さい。

対照的に、ドイツは高炉・化学・セメントなどにおけるガスや石炭の直接燃焼依存が大きく、家計部門でも暖房のガス依存が依然として高い⁷。輸送部門では EV 化が進展するが、ストックベースでの寄与は数%に限定される。同国の電力化率は 2010 年代後半以降 20%を下回り続け、対象国内で最下位にある。とくに近年、同国では電力価格の高騰と供給不確実性を背景に電力利用そのものが抑制され、相対的にガスへの依存が高まっている。

パンデミック前(2015–19 年平均値)に比して、直近(2025 年)までの電力化率の変化が図 3 の国名の右側に示されている。両期間における電力化率の変化として、最も大きな上昇(6 ポイント)を示しているのは中国であり、集中的な政策実装やインフラ整備を通じた調整の結果として捉えられる。これに対し、分散的な意思決定の比重が相対的に大きい米国やイタリアでは、電力化率の上昇幅は同期間に 1 ポイント未満にとどまっている。日本、韓国、英国、フランスはその中間(2–3 ポイントの拡大)に位置する。この間に市場調整を通じて電力化率が唯一低下したドイツを含め⁸、国別の跛行性は大きい。そのことは、電力化の進展とは政策目標として一義的に達成されるものではなく、価格水準、供給安定性、既存資本構造といった制約条件に強く依存し、穏やかな調整過程を辿ることを示唆している⁹。

2.3 化石燃料依存の持続

最終エネルギー消費(FEC)に占める化石燃料比率を比較したものが図 4(左図 a)である¹⁰。同指標は、火力発電を通じて最終的に電力として消費されるエネルギーを含まないため、脱炭

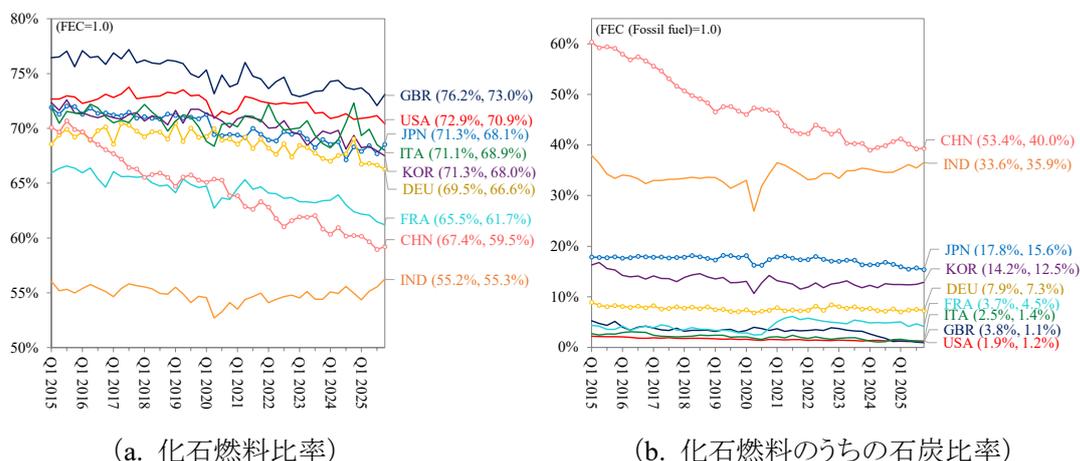
⁷ ドイツでは、高い工賃や寒冷地仕様に加え、老朽化した既存住宅の改修費用(レトロフィット)などに制約され、ヒートポンプの導入コストが相対的に高い。2026 年 1 月 3 日早朝、ベルリン南西部で電力インフラへの放火により高圧送電ケーブルが損傷し、45,500 世帯と 2,200 の事業所が凍てつく寒波の中で数日間にわたり電力供給を失った(Agence France-Presse 2026)。この事例は、電力喪失時に代替手段がほぼ存在しない電力単一依存型暖房(ヒートポンプなど)に内在するリスクを顕在化させている。

⁸ 近年に電力化率の低下が顕著なドイツは、パンデミック前に比して、電力化率が低下した唯一の例外である(図 3)。Agora Energiewende 等が委託した気候中立シナリオ研究(KN2045)では、エネルギー転換(Energiewende)の進展により、2030 年までに最終エネルギー消費に占める電力化率を 30%超に高めることが想定されていたが(Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut 2021)、同国で進行した EITE 産業の空洞化(第 5 節)にもかかわらず、電力価格の高騰と供給不確実性が同時に作用したことで、近年ではインドを下回る 20%以下の水準にまで電力化は低迷している。

⁹ 中国などにおける集中的な政策実装や支援措置は、短期的には投資・生産の加速を通じて効率改善を伴う一方、補助金・規制・参入障壁などを通じた資源配分の歪みを内在させ、中長期的に生産性やリスク特性を悪化させる点には留意が必要である(IMF 2025, Chapter 3)。

¹⁰ 化石燃料比率は、電力化率(2.2 節)との裏面の関係にはあるが、その他の差分としては「熱供給」とともに「その他エネルギー」と定義されるバイオ燃料(暖房用薪などの固形バイオ燃料、バイオガス、バイオディーゼルなど)および廃棄物燃料(廃棄プラスチック、タイヤなど)がある。ただし、バイオ燃料および廃棄物燃料による発電量は FEC では電力として、高炉ガスなどの副生ガスは化石燃料に計上されている。また廃棄物燃料には、廃棄プラスチックのように化石燃料由来の成分も含まれている。バイオ燃料の熱利用は、インドでは約 25%と大きく、ドイツ、フランス、イタリア、米国でも 6–9%程度のシェアを占める。日本においてもバイオ燃料は FEC の 1–2%を占めるが、そのほぼ半分は紙パルプ製造業におけるパルプ黒液である。

素化の進展を捉える指標としては制約がある。とくに中国のように、石炭消費の多くが電力部門を経由する国では相対的に低く現れる¹¹。それでも、総じてマクロ的には対象国の多くが FEC の約 7 割を化石燃料に依存しており、電力化の進行は穏やかであるなど(2.2 節)、発電を介さない直接燃焼としての化石燃料依存を把握する意義は大きい。



単位:最終エネルギー消費量=1.0(左図 a)、化石燃料の最終エネルギー消費量=1.0(右図 b)。出典:ECM Database。注:観測期間は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期。季節調整済み。国名の括弧内は 2015-19 年平均値と 2025 年平均値。

図 4:化石燃料比率と石炭比率

対象国において—これも脱炭素政策の強度からみると直観に反するよう—化石燃料比率が最高位にあるのは英国であり、最低位はインドである。こうした位置づけは、最終消費段階におけるエネルギー利用構造の違いを反映している。英国では、都市化の進展と大気汚染対策を背景として、固形バイオマスを含む非化石燃料の熱利用が制度的に抑制されており、最終消費におけるエネルギー選択が化石燃料と電力に二分化されている。他方、インドでは、家計部門を中心に、薪や牛糞などの非商業バイオマス利用が依然として広く残存している。

図 4b は、最終消費される化石燃料のうちの石炭シェアを比較している。対象国の中で最も高い石炭比率となるのは中国だが、その水準は 2010 年代後半以降、趨勢的にはそのシェアは 20 ポイントの低下となっている。もっとも、これは最終消費段階における脱炭素化の進展を意味するよりも、産業構造の変化を強く反映する。同国の石炭製品の最終消費は、その約半分を鉄鋼業、さらに 15%ほどを窯業・土石製品製造業が占めており、近年の石炭比率の低下は、主として投資需要の低迷に起因する生産動向の反映である。だが 2023 年後半からは、国内需要の停滞を背景に鉄鋼生産が輸出市場へと向かう中で、中国の石炭比率は低下傾向から横ばいに転じている。

これに対し欧州諸国では、石炭比率は相対的に低水準に抑えられ、化石燃料消費の中心は石油と天然ガスである。電化困難な熱・産業需要の脱炭素化では水素や合成燃料の活用が不可欠とされるが、近年の欧州では高インフレによるコスト増と規制の不確実性を背景に、エネルギー大手企業による水素供給プロジェクトの中止・延期が相次いでいる¹²。また、とくに発電に

¹¹ 中国は 2024 年に 94.5GW の石炭火力発電所建設を開始し、2015 年以來の最高水準となった。また 2025 年には新規に稼働した石炭火力発電量が 78GW に達し、過去 10 年間で最大の増加量を記録している (Qin et al. 2026)。

¹² 水素供給プロジェクトの中止・遅延は欧州にとどまらず世界的な傾向となっており、IEA (2025b) は、2030 年までの低排水素のプロジェクト・パイプラインに基づく生産ポテンシャルは前年比▲25% (4,900 万トンから 3,700

において天然ガスへと偏重した構造は、ガスの価格変動や供給制約に対する脆弱性を内包している。2021年以降のエネルギー価格の高騰局面では、産業競争力への影響がとくに欧州において顕著となった。ガスへの傾斜は、低炭素化の進行に一定の貢献がある一方、経済的には価格変動リスクやエネルギー安全保障上のリスクを拡大させる¹³。

3 エネルギー競争力の測定フレーム

第4節および第5節で国際比較されるエネルギーに関する競争力の評価指標として、ECMにおける4つの代表的な指標の概略と含意を整理したものが表2である。これらの指標は、エネルギー消費におけるコスト格差や内外価格差、ならびにEITE産業の生産動向など、エネルギーをめぐる競争力を異なる側面から捉えるものであり、相互に補完的に用いられる。その定義や測定の詳細は補論AおよびBに示している。

表2:ECMにおけるエネルギー競争力評価指標の定義・内容

評価指標	頻度	定義・内容
RUEC (Real Unit Energy Cost)	四半期	RUECは、付加価値額に対するエネルギーコストの比率であり、単位アウトプットあたりの実質的なエネルギーコスト負担を示している。エネルギー価格や消費量の変化が生産活動へのコスト圧力として作用する度合いを示すため、エネルギー価格ショックに対するマクロ経済の感応度として、エネルギー安全保障上の脆弱性を評価する指標として有益である。一方で、純粋な競争力評価としては注意を要する。エネルギー生産性の改善はRUECを削減しうるが、近年に顕著となったEITE産業における空洞化の進行も同様の影響をもたらさう。よって適切な競争力評価のためには、産業構造変化から独立した実質的な価格差(Real PLI)の把握が求められる。
PLI (Nominal Price Level Index for Energy)	月次	エネルギーの購買力平価(PPP for energy)は、比較する二国において同一のエネルギーサービスを消費するために必要な通貨価値が等価となる為替レート水準を示すものであり、参照国の通貨一単位(たとえば1ドル)で購入できるエネルギー量を、比較国において購入するために必要な金額(たとえば250円)として表現したものである。エネルギーのPPPを市場為替レートで除した指標がPLI(nominal PLI)であり、各国が直面するエネルギーの名目的な内外価格差を示す。PLIは市場為替レートの変動に応じてその変動幅は大きい。とくに現在のような過度の円安時には、エネルギー価格差は過小評価されるため、その影響を排した実質的な価格差(Real PLI)による評価が求められる。
Real PLI (Real Price Level Index for Energy)	四半期	Real PLIは、エネルギーのPPPを生産(GDP)のPPP(PPP for GDP)によって除することで調整された、実質的なエネルギー価格差を示す指標である。各国のエネルギー環境政策や市場構造の違いが、消費者の直面するエネルギー価格にどの程度反映されているかを把握する上で、為替レートの変動から独立に捉えられる ¹⁴ 。
EITE (Energy-Intensive Trade-Exposed Output Index)	月次	EITEは、エネルギー多消費かつ国際競争にさらされている産業の生産指数である。エネルギー政策の強度は、エネルギー価格の上昇を通じた価格要因の効果と、規制や自主的取組などを通じた非価格要因の効果の双方を伴う。EITEは、これらの効果が総合的に反映された産業活動の変化を捉える指標であり、産業空洞化の進行を把握する指標として有益である。

本稿における国際比較のフレームワークとして、これら指標の相互関係を整理しておきたい。

万トンへ)と初めて下方修正された。その主因はコスト格差の拡大、需要の不確実性、規制環境の不透明さと分析されている。

¹³ そうした経験は2000年代にも見出される。イタリアでは、1990年代以降に石油火力からの転換として天然ガス発電への傾斜を強め、2007年には天然ガス火力のシェアが55%、火力発電全体への依存度が85%に達する歪んだ電源構成となった。それは(当時の予想に反した)天然ガスの価格高騰による影響を増幅させ、同国の産業用電力価格を2014年時点で米国の4.7倍という突出した水準に押し上げている。それにより、化学やゴム製品などの電力多消費産業における付加価値率の低下や、経済成長の停滞を招く大きな要因となった(野村2015)。

¹⁴ 消費者価格として把握されていることから、エネルギー補助金によってはReal PLIは軽減される。現在のECMでは補助金は日本でのみ明示的に識別されるが、本稿の国際比較では消費者価格ベースで捉えられている。

RUEC(実質単位エネルギーコスト)は、付加価値額に対する名目エネルギーコストの比率であり、生産におけるコスト負担の重さを映し出す。この RUEC の格差指数(比較国/参照国)は、

$$(1) \quad \text{RUEC 格差} = \text{Real PLI} \times \frac{1}{\text{GEP 格差}}$$

として、参照国に対する比較国の構造的な価格差を示す Real PLI(実質的なエネルギー価格水準指数)と、グロスのエネルギー生産性(gross energy productivity: GEP)の逆数の積として分解できる(補論 B.2 (21)式)。ここでマクロ的に定義される GEP は、狭義の技術効率改善に加え、エネルギー多消費部門の縮小や高付加価値部門の拡大といった構造要因が含まれる。

(1)式が示すことは、ある国のエネルギーコスト負担の相対的な格差(RUEC 格差)が、純粋な「価格条件」(Real PLI)によるものかエネルギー効率や産業構造の相違などの「構造条件」(GEP 格差)によるものかを峻別して評価できることである。エネルギー環境政策には、税や賦課金などの価格転嫁を通じて作用するものに加え、規制などの手段によって直接的に生産活動や立地の変容を促すものも存在する。前者は Real PLI に反映される一方、後者の非価格要因は産業構造の変化を通じて GEP に影響を及ぼす可能性がある。それを把握する補助指標として、図 1 ではとくに EITE 産業の生産指数に着目している。EITE 生産の相対的な減少は、エネルギー多消費部門の縮小を通じてマクロの GEP を上昇させることで、RUEC 格差の見かけ上の低減をみちびく方向に作用する。

これまでエネルギーコスト競争力評価における分析上の関心は、主として RUEC の拡大に対する警戒に置かれてきた¹⁵。だが近年では、RUEC の変化が価格要因によるものか、あるいは産業構造の変化を通じた見かけ上の改善によるものかを峻別する必要性が高まっている。(1)式の Real PLI は、

$$(2) \quad \text{Real PLI} = \frac{\text{エネルギーPLI}}{\text{生産 PLI}}$$

として定義されるから、RUEC 格差の変化は以下の 4 つの要因から捉えられる。表 3 は、拡大した RUEC が抑制された場合の要因を整理したものである。RUEC 格差の縮小が Real PLI の低下によるものであれば、それがエネルギー価格の抑制(1a)によるケース、あるいは生産価格の上昇(1b)によるケースでも、コスト競争力の観点からは望ましい調整と評価される。一方で、GEP の上昇を通じて RUEC が抑制された場合、その含意は一樣ではない。技術的なエネルギー効率の改善(2a)によるものであれば前向きな変化とも評価できるが¹⁶、EITE 生産の空洞化(2b)に起因する場合には、マクロのエネルギーコスト競争力向上が、実体的な産業競争力の縮小を反映している可能性がある。

表 3: 拡大した RUEC 格差における縮小要因

要因	変化	内容
1. Real PLI	↘	1a. 相対的にエネルギー価格を低廉化(=エネルギーPLI ↘)
		1b. 相対的に生産価格を上昇(=生産 PLI ↗)
2. GEP 格差	↗	2a. 技術的なエネルギー効率を改善
		2b. 相対的にエネルギー多消費生産空洞化が進行(=EITE ↘)

¹⁵ European Commission (2014, 2019) や Nomura (2023, Chapter 3) を参照。

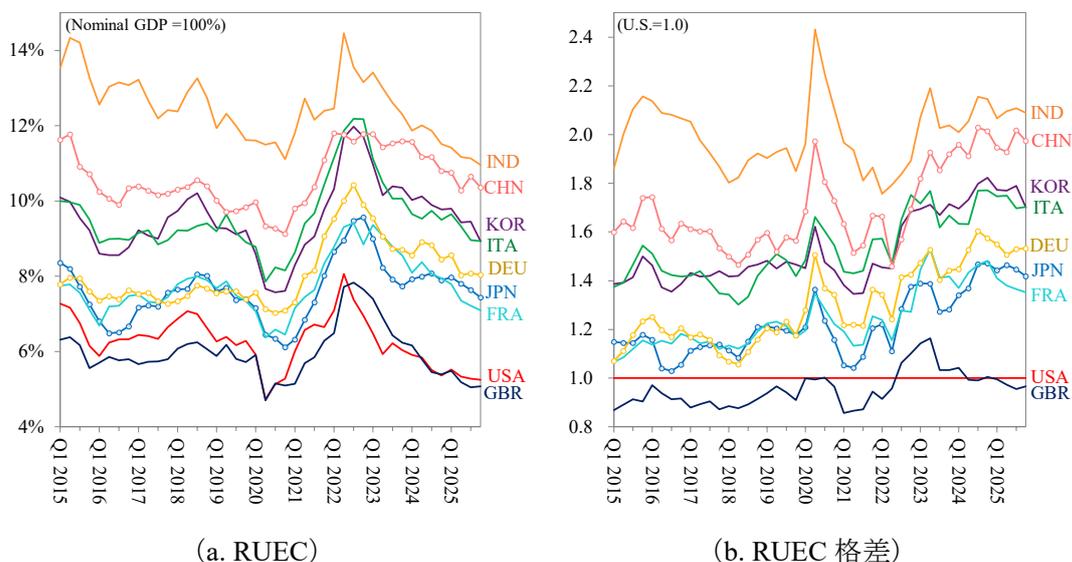
¹⁶ 狭義のエネルギー生産性の改善は、近年では資本生産性や労働生産性の悪化を伴うものも多く、経済分析としては総合的な評価が求められる (Nomura 2023, Chapter 4)。

4 エネルギーコスト格差の分解と識別

前節で整理した分解枠組みに沿って、各国が直面するエネルギーコスト格差とその構成要因を検討する。4.1 節ではエネルギーコストの国際格差を示す実質単位エネルギーコスト (RUEC) とグロスのエネルギー生産性 (GEP) の格差、4.2 節および 4.3 節ではエネルギー価格の価格水準指数の名目値 (PLI) および実質値 (Real PLI) の現況について報告する。測定期間は 2015 年第 1 四半期から 2025 年第 4 四半期である¹⁷。

4.1 RUEC の構造的限界

図 5 は、各国の RUEC 水準(左図 a)とともに、米国を参照国 (U.S.=1.0) とした RUEC 格差指数(右図 b)を示している。対象国の中で最も RUEC が高いのはインドおよび中国である。両国における最終エネルギー消費のためのコストは、パンデミック前より GDP の 10%を超える水準にある。両国では名目的なエネルギー価格水準(PLI)は相対的に低く抑制されている(4.2 節)。しかし、単位エネルギー投入が生み出す付加価値(名目 GDP)も相対的に小さいため、RUEC は高位となる。このような構造下では、エネルギー価格の上昇が付加価値に与える影響が相対的に大きく、エネルギー価格上昇を伴うエネルギー転換には、より大きな調整コストを伴う可能性が高いことが示唆される。



単位:各国の名目 GDP=1.0 (左図 a)、米国=1.0(右図 b)。出典:ECM Database。注:観測期間は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期。季節調整済み。エネルギー価格には税金および補助金を含む。

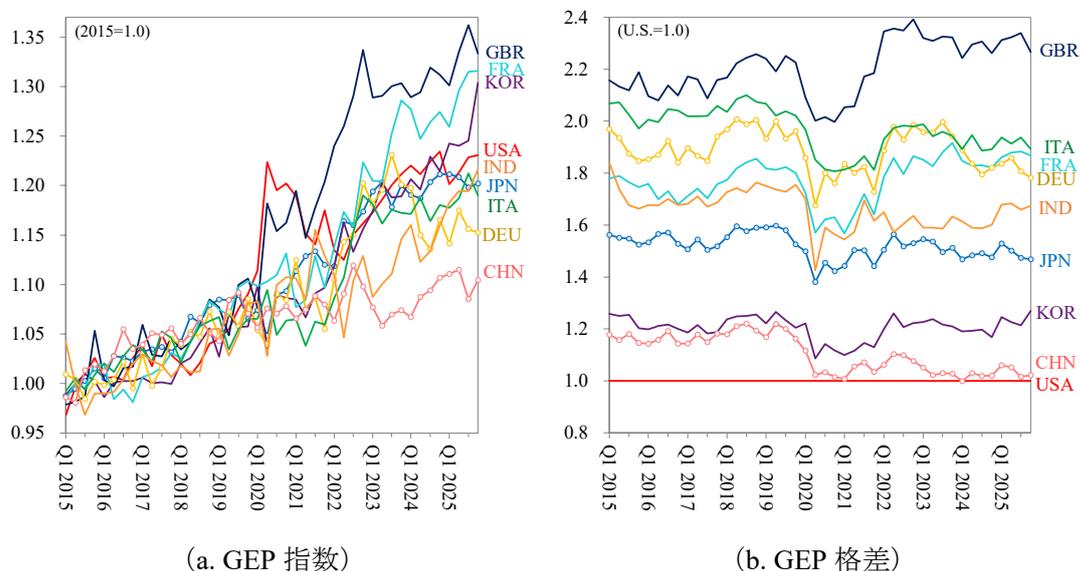
図 5: RUEC 水準と RUEC 格差

注目すべきは、米国に対する RUEC 格差の動態である(図 5b)。2022 年初から米国比格差は大きく拡大を始め、多くの国は現在も高止まりしている。2025 年第 4 四半期において、主要な製造業国家において対米 RUEC 格差はパンデミック前平均を 2 割以上上回る深刻な水準で

¹⁷ ECM Database は月次エネルギー消費勘定を構築し、Nominal PLI は月次レベルで測定されるが、RUEC や Real PLI は、生産関連指標として各国四半期 GDP 統計 (国民経済計算) に依存するため、四半期ベースで報告する。

定着している(ドイツ 32%、日本 25%、中国 24%、韓国 19%)。もともと、この RUEC 格差の拡大をエネルギー価格条件の悪化とは断定できない。RUEC 格差は、価格要因(Real PLI)と構造要因(GEP 格差)の相対水準により分解される(第 3 節(1)式)。エネルギー多消費部門が縮小する場合、マクロの GEP は上昇し、その結果として RUEC 格差は押し下げられる。このとき、観察される RUEC 格差は価格条件の悪化を十分に反映しない。

そうした構造変化を伴う典型例は英国である。図 6 は、2015 年平均を 1.0 とした GEP 指数(左図 a)および米国比 GEP 格差指数(右図 b)を示している。この期間、すべての対象国で GEP は上昇するが、とりわけ英国では年率 3.1%の上昇が観察され、2025 年第 4 四半期には米国比 2.3 倍もの高水準に達している。だがこの高いエネルギー生産性は産業競争力上の優位性を示すものではない。Real PLI という価格条件が悪化(4.3 節)する中で生じた GEP 上昇は、技術的なエネルギー効率の改善のみではなく、製造業の衰退に伴う産業構造の変化を強く反映している(第 5 節)。



単位:各国における 2015 年平均値=1.0 (左図 a)、米国=1.0(右図 b)。出典:ECM Database。注:観測期間は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期。季節調整済み。

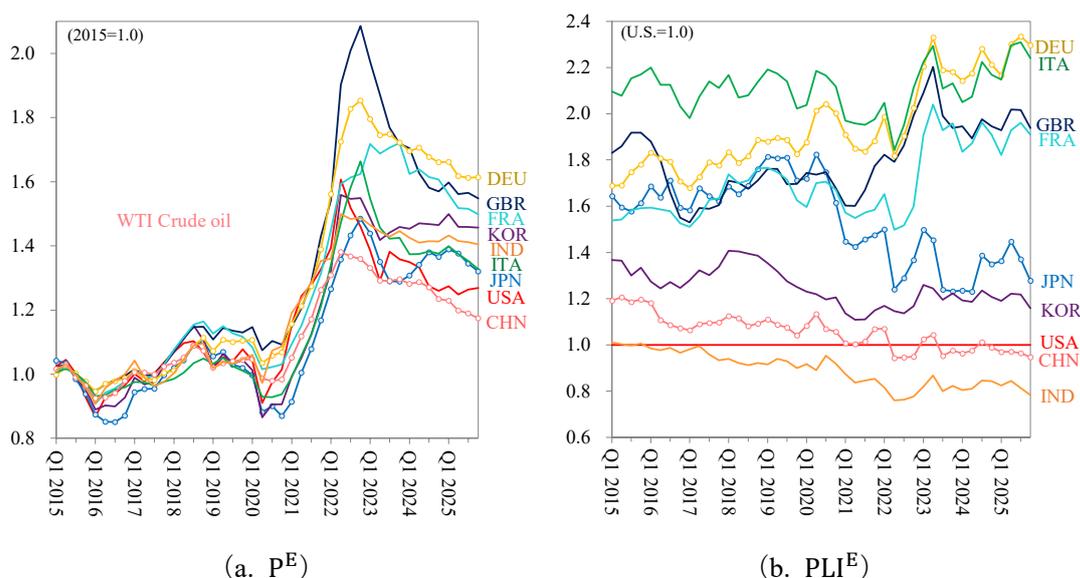
図 6:グロスのエネルギー生産性

英国と逆のケースは中国にみられる。エネルギー多消費産業の拡大という構造要因により、同国の GEP は低下し、RUEC は高まっている。高い RUEC は、エネルギー価格ショックが付加価値に与える感応度が大きいことを意味し、マクロ的な脆弱性というエネルギー安全保障上の課題を照らす。しかし、エネルギー競争力を評価する指標としては適切ではない。むしろ RUEC 格差から構造要因(GEP 格差)を切り離し、価格要因(Real PLI)を識別しなければ、エネルギー価格に関する実質的な競争条件は把握できない。

4.2 名目 PLI の限界

図 7 は、各国通貨建てによる品質調整済みエネルギー価格指数(左図 a)と、米国を基準とした名目 PLI(右図 b)を示している。主要国では、2021 年初頭から 2022 年後半にかけてエネル

ギー価格が急上昇しており、その動きは概ね国際原油市場(WTI)の動向と一致する(図 7a)。しかし、2024 年半ば以降に原油価格が低下に転じた局面においても、米国と中国以外ではエネルギー価格の高止まりが観察される。図 7b の欧州諸国にみるように、EU-ETS(欧州排出量取引制度)をはじめとする税制、あるいは再エネ導入や送電網投資に伴うコスト転嫁など、各国における脱炭素政策による制度的要因の相違が反映されている可能性が大きい¹⁸。



単位: 2015 年平均値=1.0 (左図 a)、米国=1.0 (右図 b)。出典: ECM Database。WTI 原油価格は、EIA の原油スポット価格 (Cushing, OK WTI Spot Price FOB) 四半期平均値。注: 観測期間は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期。季節調整済み。エネルギー価格は税金および補助金を含む。

図 7: 名目エネルギー価格差

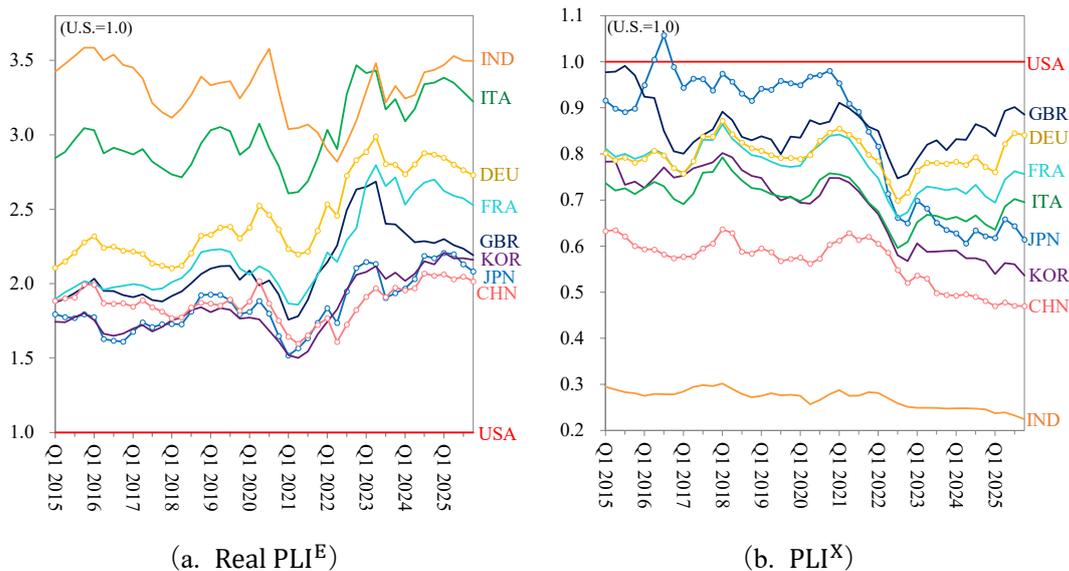
一般的な国際比較では、市場為替レートを用いた名目価格差に基づく評価(本稿の名目 PLI に相当)が広く用いられるが、この指標は為替変動に極めて敏感であり、エネルギー価格の実態を適切に反映しないという制約がある。名目 PLI の動態を確認すると(図 7b)、分析期間中の通貨の増価・減価が、アジア諸国ではエネルギーの内外価格差の評価を大きく歪めていることがわかる。とりわけ、2015-19 年平均比で 2025 年第 4 四半期までに大幅な通貨減価を経験した日本円(▲37%)、インドルピー(▲33%)、韓国ウォン(▲27%)では、名目 PLI が国内のエネルギー価格上昇とは大きく乖離した動きを示している。

典型的な事例は、2021 年以降に円安が進行した日本である。日本の名目 PLI は、パンデミック前平均を 24% 下回る水準まで低下したと評価される。しかし、これは日本の実質的なエネルギー価格条件が改善したことを意味しない。為替レートの減価は、エネルギーの輸入価格(円建て)を押し上げる一方で、日本の生産物(付加価値)のドル建て価格を同時に切り下げているからである。為替要因による「見かけ上の格差縮小」は、他のアジア諸国にも共通する現象であり、直面するエネルギー価格の国際競争条件の評価における重大なノイズとなる。為替変動の影響から独立に、実質的な競争力を把握するには Real PLI が不可欠となる。

¹⁸ Wolf (2026) は、英国においてガス価格依存型の市場設計と政策的価格転嫁の仕組みが最終電力価格を押し上げ、製造業の立地条件や国際競争力に与える影響について警鐘を鳴らしている。

4.3 Real PLI による実質価格差

図8は、米国を基準とした Real PLI(左図 a)と、その分母となる生産価格の PLI(右図 b)を示している。Real PLIは、エネルギーPLIを生産PLIで除して定義される。これは為替変動を除去し、エネルギー価格を生産物価格(付加価値価格)に対して相対化することで、実効的な国際価格格差を示す指標である。なお、任意の参照国と比較国の二国間関係として、パンデミック前平均(2015–19年)と2025年第4四半期における Real PLIを表4に整理し、エネルギー種類の寄与分解は補論B.1(表10)に示している。図8からは、三つの主要な特徴が確認される。



単位: 米国=1.0。出典: ECM Database、各国の四半期国民経済計算(QNA)、2021 ICP (World Bank 2024) および IMF *International Financial Statistics*。2025年第4四半期では、韓国、イタリアの名目GDPは *OECD Economic Outlook*、インドの名目および実質GDPは Reserve Bank of India (RBI) *Monetary Policy Report* に基づく予測値を含む。注: 観測期間は2015年第1四半期–2025年第4四半期。季節調整済み。エネルギー価格は税金および補助金を含む。

図8: 実質エネルギー価格差

第一に、同じ四半期頻度で比較した名目 PLI(図7b)に比して、Real PLIは短期的な変動が小さく、国際的な推移もより狭い範囲に収まっている。これは、Real PLIが名目 PLIに含まれていた為替変動などのノイズを補正することで、国際的な競争条件の格差をより安定的に捉えられることを示している。

第二に、対象国はいずれもパンデミック前から米国に対して顕著な実質エネルギー価格の不利を抱えていた点である。2015–19年平均において、日本・韓国や欧州諸国の Real PLIは米国の1.75–2.90倍に達していた。特筆すべきは、名目 PLIでは米国を下回る水準を示していたインドおよび中国においても、Real PLIでは米国を大幅に上回る格差(インド3.38、中国1.87)を示すことである。これは、両国の単位産出あたりの付加価値価格(生産 PLI)が相対的に低いことを反映しており(図8b)、実質的なエネルギーコスト負担が大きいことを示すものである¹⁹。

¹⁹ 生産 PPP は世界銀行などによる国際比較プログラム (ICP 2021) に基づくが (World Bank 2024)、とくに新興国では国内の地域間価格差が大きく、過去の改訂において数十%規模の修正が繰り返されてきた経緯がある。インドの生産 PPP では、ICP 2005 (に基づく 2011 年投影値) から 2011 年ベンチマークへの改訂時に▲24%、2011年から2017年の改訂時に+16%、2017年から2021年の改訂時に▲6%の修正が行われた。中国でも同様に、同期間に▲16%、+19%、

第三に、日本、韓国、フランス、ドイツ、イタリア、英国において、パンデミック後のエネルギー価格ショックが一時的な格差拡大に留まらず、構造的に固定化している点である。表 4 によれば、2015–19 年平均と比較した 2025 年第 4 四半期の Real PLI は、これら 6 か国すべてにおいてパンデミック前を大きく上回っている。2025 年第 4 四半期時点において、日本の Real PLI は米国比で 2.08 倍、ドイツは 2.73 倍に達しており、家計・企業向け補助金といった大規模な政策介入が行われたにもかかわらず、米国に対する劣位はむしろ 10–21%ほど拡大し、また固定化されている。これら 6 か国における不利は米国との比較にとどまらず、インドおよび中国との比較でも格差は拡大している。インドおよび中国の Real PLI は米国比では概ね安定して推移している（パンデミック前比でそれぞれ 3%および 8%の上昇に留まる）が、この 6 か国はインドに対して 7–18%、中国に対して 3–14%の二国間格差を拡大させている（表 4）²⁰。こうした米国および中印に対する実質的な価格条件の悪化は、EITE 産業の国内維持に深刻な影響を及ぼしうる。その影響について次節で検討する。

表 4: Real PLI マトリックス

a.Q4 2025 b.2015–19 c.ln(a/b)	Comparison country								
	CHN	IND	JPN	KOR	FRA	DEU	ITA	GBR	USA
China (CHN)	1.00	1.73	1.03	1.07	1.25	1.35	1.60	1.09	0.50
	1.00 (0%)	1.81 (-4%)	0.95 (9%)	0.94 (13%)	1.09 (14%)	1.19 (13%)	1.55 (3%)	1.06 (3%)	0.54 (-8%)
India (IND)	0.58	1.00	0.60	0.62	0.72	0.78	0.92	0.63	0.29
	0.55 (4%)	1.00 (0%)	0.52 (13%)	0.52 (17%)	0.61 (18%)	0.66 (17%)	0.86 (7%)	0.59 (7%)	0.30 (-4%)
Japan (JPN)	0.97	1.68	1.00	1.04	1.21	1.31	1.55	1.05	0.48
	1.06 (-9%)	1.92 (-13%)	1.00 (0%)	0.99 (5%)	1.15 (5%)	1.26 (4%)	1.64 (-6%)	1.12 (-6%)	0.57 (-17%)
Korea (KOR)	0.93	1.62	0.96	1.00	1.17	1.26	1.49	1.01	0.46
	1.07 (-13%)	1.93 (-18%)	1.01 (-5%)	1.00 (0%)	1.16 (0%)	1.27 (-1%)	1.66 (-10%)	1.13 (-11%)	0.57 (-21%)
France (FRA)	0.80	1.38	0.82	0.86	1.00	1.08	1.28	0.87	0.40
	0.92 (-14%)	1.66 (-18%)	0.87 (-5%)	0.86 (-1%)	1.00 (0%)	1.09 (-1%)	1.42 (-11%)	0.97 (-11%)	0.49 (-22%)
Germany (DEU)	0.74	1.28	0.76	0.79	0.92	1.00	1.18	0.80	0.37
	0.84 (-13%)	1.52 (-17%)	0.79 (-4%)	0.79 (1%)	0.92 (1%)	1.00 (0%)	1.30 (-10%)	0.88 (-10%)	0.45 (-20%)
Italy (ITA)	0.63	1.08	0.65	0.67	0.78	0.85	1.00	0.68	0.31
	0.64 (-3%)	1.16 (-7%)	0.61 (6%)	0.60 (10%)	0.70 (11%)	0.77 (10%)	1.00 (0%)	0.68 (0%)	0.35 (-11%)
UK (GBR)	0.92	1.60	0.95	0.99	1.15	1.25	1.47	1.00	0.46
	0.95 (-3%)	1.71 (-7%)	0.90 (6%)	0.89 (10%)	1.03 (11%)	1.13 (10%)	1.47 (0%)	1.00 (0%)	0.51 (-11%)
U.S. (USA)	2.02	3.50	2.08	2.16	2.53	2.73	3.22	2.19	1.00
	1.87 (8%)	3.38 (3%)	1.77 (16%)	1.75 (21%)	2.04 (21%)	2.23 (20%)	2.90 (11%)	1.97 (10%)	1.00 (0%)

単位: 参照国=1.0。出典: ECM Database。注: 各セルの上段は 2025 年第 4 四半期、下段はパンデミック前 (2015–2019 年平均値)、括弧内はパンデミック前後の成長率 (参照国と比較国の二国間関係の整合を示すため対数成長率による評価)。参照国に比して比較国で相対的に格差が縮小したものは背景色を青、拡大したものは赤としている。

▲8%の改訂がなされている (APO 2025, Box 3)。このように、新興国における生産 PPP の水準には依然として測定上の不確実性が残存している点には留意が必要である。

²⁰ 中国のエネルギー価格が実際の資源希少性コストを下回る水準に抑制されてきた構造は、生産関数アプローチに基づく省レベルの実証分析においても確認されている (Gao et al. 2025)。同研究は 2022 年までの測定に限られるが、中国のエネルギー価格歪み指数 (Theil index for energy-price distortion) は 2015 年以降では地域間格差は低下傾向にあったものの、東沿海部を中心に行政的介入や市場独占を通じた価格抑制が持続的に強化されたことで、総合的には価格の歪みが拡大して (政策的に価格が抑制されて) きたことを指摘しており、本稿が国際比較で捉える Real PLI の相対的低位安定と整合的である。

5 EITE 生産の減退と閾値効果

Real PLI で確認される 6 か国の実質エネルギー価格条件の悪化が、EITE 産業の生産水準にどのように作用しているかを検証する。5.1 節では、EITE 生産の動向を分析し、価格要因 (Real PLI) と非価格要因 (規制や官民の協調行動など) が生産活動の縮小として顕在化している状況を確認する。ここでの EITE 産業は、紙パルプ製造業 (印刷業を除く)、化学業 (医薬品製造業を除く)、窯業土石、鉄鋼業、非鉄製造業の 5 産業から定義されている²¹。5.2 節では、とくに価格要因に焦点を当て、実質エネルギー価格が各国の産業維持における臨界レンジを超えた場合に生じる非線形かつ不連続な生産減退の閾値を推定する。

5.1 生産の国際的非対称

図 9 は、本稿の対象 9 か国における 2015 年平均値を 1.0 とした EITE 生産指数の推移を示している²²。対照として、ECM において EITE 生産を除く Non-EITE 製造業における月次生産指数を併記しており、四半期レベルでの両生産指数の動向は表 5 に総括されている。なお、EITE 生産内の部門別寄与は図 10 に示されている。対象国間では明確な分化が観察される。

第一に、日本、韓国、フランス、ドイツ、イタリア、英国の 6 か国における EITE 生産の深刻な減退であり、2025 年第 4 四半期ではパンデミック前 (2015–19 年平均) から 15–24% の下落である。そのタイミングとしては、韓国、フランス、ドイツ、イタリアでは、2022 年以降のエネルギー価格高騰後から EITE 生産が急落する傾向が顕著である。英国での EITE 生産は、化学業が牽引して 2020 年末に近年の生産ピークを迎える特徴を示すが、エネルギー価格高騰より 1 年ほど先行して減退を始めている²³。日本では脱炭素政策加速の予兆が顕在化した 2019 年頃から、鉄鋼業が牽引する直線的な減退が進行した。脱炭素政策がもたらす非価格要因の影響に相違はあるものの、これら 6 か国に共通するのは、Real PLI が歴史的な高水準で定着する中で、国内 EITE 生産拠点を維持するコスト競争力が大きく低下したことである。とくにドイツ、イタリア、日本では、EITE 生産の減退から約 2 年のタイムラグを伴いながら Non-EITE 生産も減衰を始めており、それはさらなる EITE 生産の停滞を招くという連鎖を導いている。

第二に、日韓および欧州諸国における生産減退とは対照的に、中国およびインドでは EITE 生産が拡大を続けている (両国とも測定期間のピークは 2025 年第 4 四半期である)。インドでは経済発展段階の相違を強く反映した動きと考えられるが、中国ではパンデミック前には EITE 生産の伸びは Non-EITE を下回っていたが、エネルギー価格高騰後には両部門の成長率はほぼ

²¹ 国際標準産業分類 (ISIC) との対応は、紙パルプ製造業は Division 17、化学業は Division 20、窯業土石は Division 23、鉄鋼業は Group 241 および Class 2431、非鉄製造業は Group 242 および Class 2432 である。

²² EITE 生産指数は、各国の SNA 統計との整合性を可能な限り保持しながらも、付加価値ウェイトではなく粗生産額をウェイトとした生産指数として構築されている。生産集計のウェイト選択は集計指数の水準と変化に影響しうる。理論的には、付加価値ウェイトによる集計はエネルギー価格の帰着をより適切に捉える一方、エネルギー消費額ウェイトによる集計は GEP との概念的整合性が高まるという特性がある。エネルギー価格の急騰局面では中間投入比率が変動するため、ウェイト間の乖離はとくに顕著となりうる。本稿の閾値推定がウェイト選択に対してロバストであるかを含め、その測定論とデータに関する詳細は現在取りまとめ中であり、別稿において報告する。

²³ 英国では 2018–19 年に一時的に EITE 生産が拡大した (図 9)。これは主として化学・素材部門などの中間財生産が押し上げられた動きと整合的である (図 10)。ONS (2021) は、2019 年 3 月および 10 月の EU 離脱期限を控え (正式離脱は 2020 年 1 月 31 日)、EU からの輸入がピークを迎えた局面を確認しており、供給網の不確実性に対応した企業による在庫積み増し行動を指摘している。製造業景況調査においても、Brexit 不確実性を背景とする在庫積み増しと生産の前倒しが報告されている (Williamson 2019)。こうした前倒しの調達・在庫行動は、生産活動を一時的に押し上げたと考えられる。

同水準で推移している。先進諸国がエネルギー制約に直面する中で、中国が相対的な拡大基調を維持していることは、同国において実質エネルギー価格条件が相対的に安定しているという価格環境と整合的である。同時に、この動向は、この四半世紀にわたり緩やかに進行してきたカーボンリーケージ(炭素の漏れ)が、近年の対中国 Real PLI 格差の拡大を背景として加速していることを示唆している²⁴。

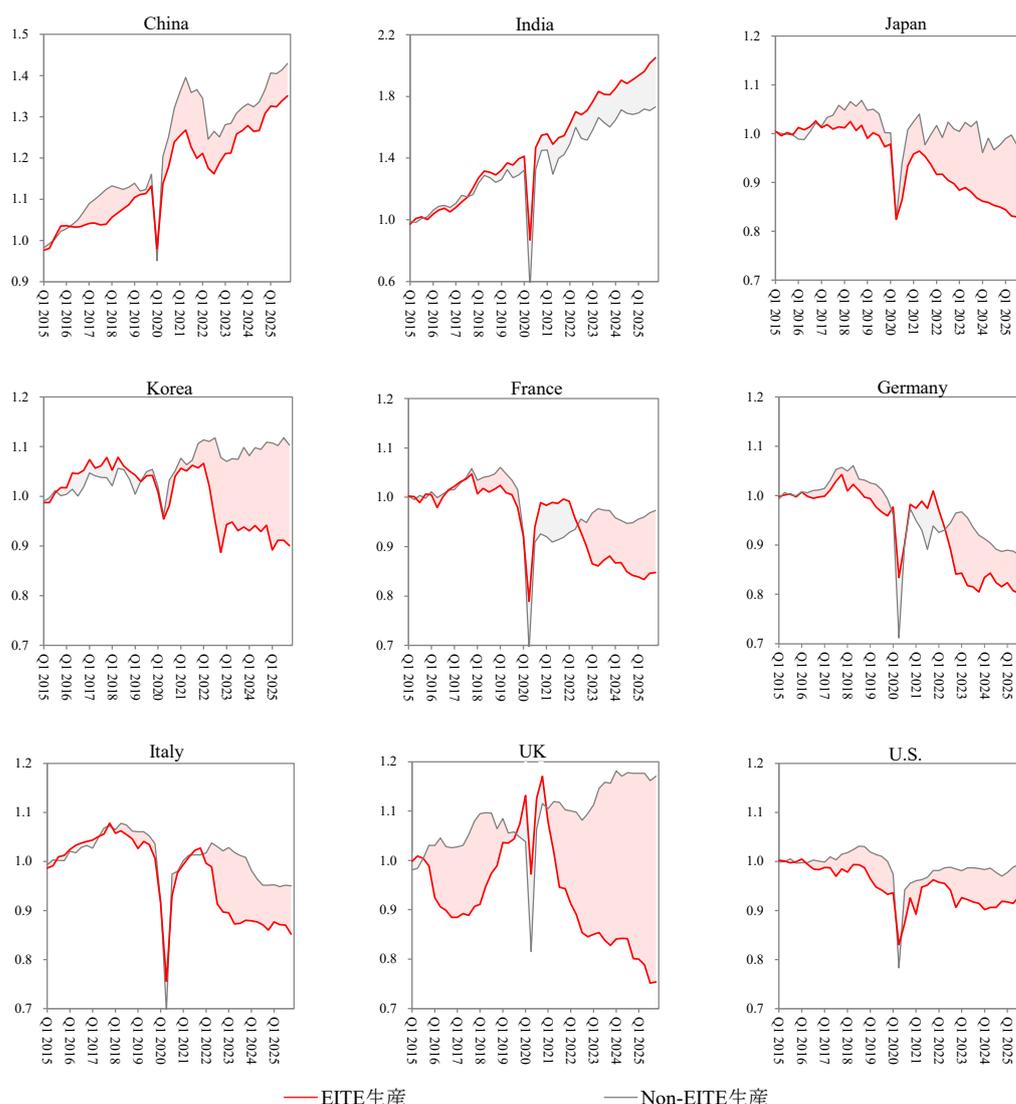


図9: EITE 生産と Non-EITE 生産

第三に、米国の特異な挙動である。米国ではバイデン政権下において EITE 生産は緩やかな減少傾向にあったが、2024 年末以降には回復に転じている。米国の Real PLI は一貫して低位にあり、とくにパンデミック後には主要国に対する米国の実質エネルギー価格条件の相対的

²⁴ カーボンリーケージの定量的評価には、生産移転先における排出原単位の把握や企業内貿易を通じた実質的移転の捕捉など、測定上の困難が伴う。その厳密な因果同定は容易ではない。本稿の ECM は、エネルギーに関する複数の競争力指標を高頻度で観察することにより、リーケージの進行可能性を早期に把握することを目的としている。

優位はむしろ拡大してきた(4.3 節)。加えて、規制の予見可能性の改善や環境規制の見直しといった制度的シグナルは、将来のエネルギーコスト負担や国内立地に関する不確実性を低減し、EITE 産業への投資期待を下支えしている可能性がある。とくに化学業では緩やかな改善が観察されており(図 10)、先進国間で EITE 生産が総じて減退する中であって、米国のみが底堅さを示している²⁵。

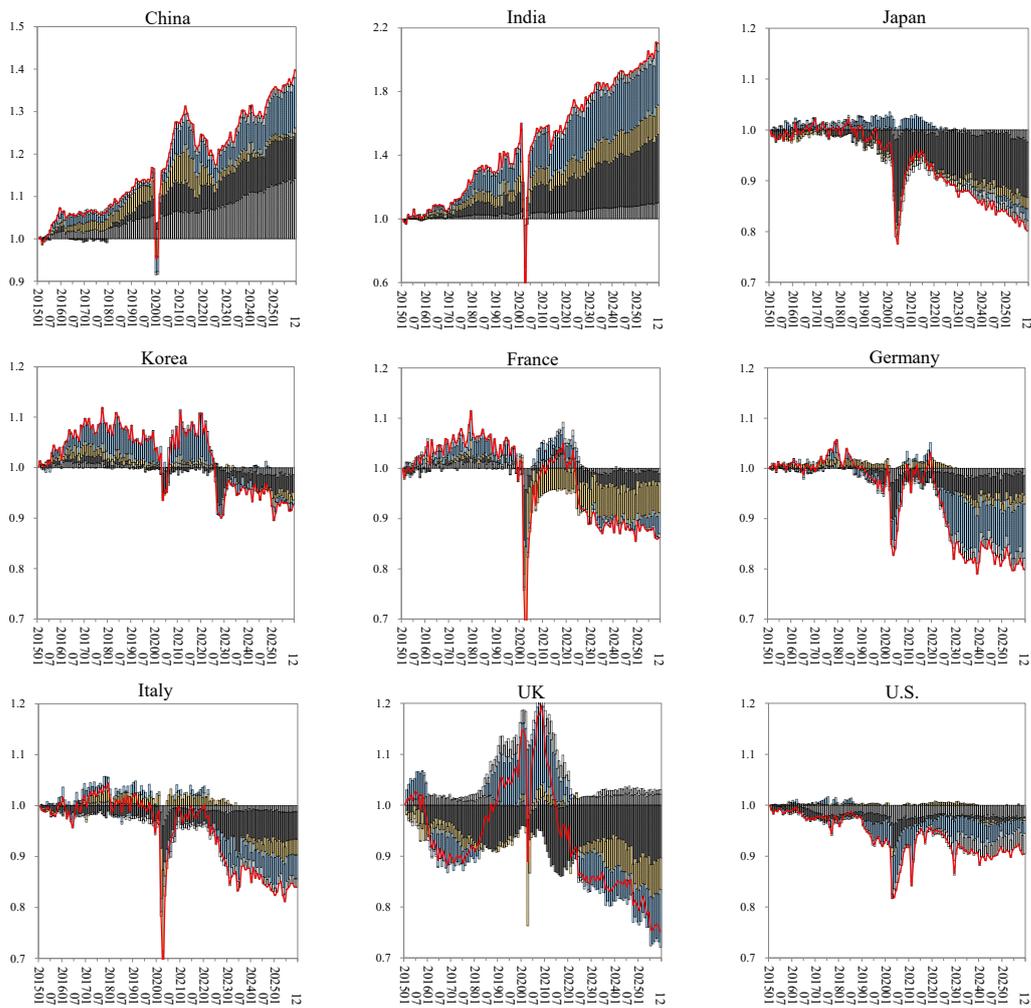
表 5: EITE 生産の動向

	EITE生産				Non-EITE生産			
	ピーク時	2025年第4四半期			ピーク時	2025年第4四半期		
	時点	a.2015-19 年平均比	a.2015-19 年平均比	b.ピーク 時比	時点	a.2015-19 年平均比	a.2015-19 年平均比	b.ピーク 時比
Asia								
China	2025Q4	28%	28%	-	2025Q4	32%	32%	-
India	2025Q4	75%	75%	-	2025Q4	50%	50%	-
Japan	2016Q4	2%	-19%	-20%	2018Q4	4%	-5%	-8%
Korea	2018Q2	4%	-14%	-16%	2025Q3	9%	8%	-1%
Europe								
France	2017Q4	4%	-16%	-19%	2019Q1	4%	-5%	-8%
Germany	2017Q4	4%	-20%	-23%	2018Q2	4%	-13%	-16%
Italy	2017Q4	4%	-18%	-21%	2018Q2	4%	-9%	-12%
UK	2020Q4	22%	-21%	-36%	2024Q1	13%	12%	-1%
U.S.	2016Q1	2%	-7%	-9%	2018Q3	2%	-2%	-4%

出典:ECM Database。注:観測期間は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期。ピーク時は、観測期間内の最大水準となる四半期を示している(ECM の生産指数は月次レベルで構築しているが、短期変動を回避して四半期レベルとしている)。

以上の観察は、4.1 節で示した GEP 上昇の含意を裏付けるものである。日韓および欧州諸国における GEP の改善は、エネルギー効率の向上であるよりも、エネルギー集約的な基盤素材産業の縮小を通じた産業構造の変化を強く反映している。EITE 生産の減退は GEP を押し上げることで、RUEC 格差を見かけ上抑制する方向に作用する。こうした構造変化は、エネルギー集約的産業の相対的縮小を通じて、エネルギー価格ショックに対するマクロ的な感応度を低下させるという意味で経済的な適応と捉えられる。しかしその背後では、国内の基盤素材産業の縮退が進行しており、供給網の脆弱化や対外依存の上昇を通じて、経済安全保障上の新たなリスクを内包している。

²⁵ 有害物質規制法 (Toxic Substances Control Act: TSCA) は 1976 年制定、2016 年に包括改正され、米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency: EPA) に新規・既存化学物質のリスク評価を義務付けた制度である。改正後は新規化学物質審査の遅延が問題視され、規制運用の不確実性が投資判断や立地選択に影響し、国内生産の海外移転(リーケージ)を助長しようとの指摘がなされてきた。2025 年以降、EPA は審査プロセスの迅速化・合理化方針を示し、議会でも制度見直しの議論が進んでいる。これは、規制運用の予見可能性を高め、産業競争力との両立を図る制度的調整の動きと位置付けられる。

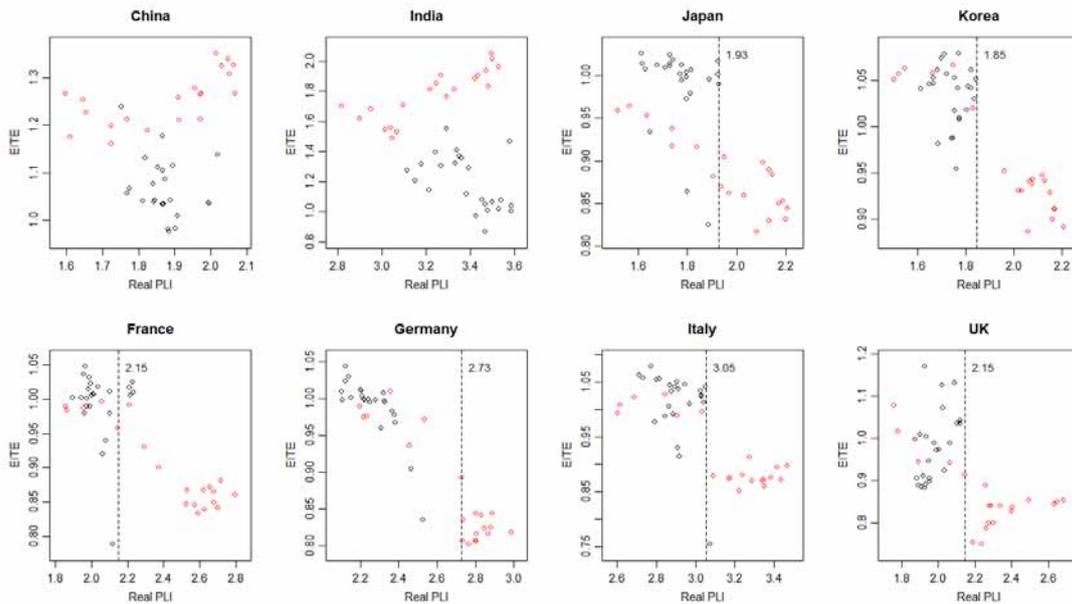


□紙パルプ製造業 □化学業 □窯業土石 □鉄鋼業 □非鉄製造業 — EITE生産
 単位: 2015年1月=1.0。 出典: ECM Database。 注: 観測期間は2015年1月-2025年12月。 赤線はEITE生産指数であり、その内訳となる産業とISICとの対応は脚注21参照。

図 10: EITE 生産における部門別寄与

5.2 日欧における閾値効果

本節では、最新の ECM Database を用い、Nomura and Inaba (2026) の推定枠組みに基づき、Real PLI の上昇が EITE 生産に対して線形的ではなく、一定水準を境に非連続的な影響を及ぼす可能性を検証する。エネルギー価格の漸進的な上昇がある臨界水準を超えた段階で生産拠点の縮小や撤退といった不連続的調整を誘発するならば、価格変化と生産の関係は閾値構造を持つと考えられる。図 11 は、Real PLI と EITE 生産指数との関係を国別に示したものであり、2021 年以降のエネルギー価格高騰期の観測値を赤色で区分している。日本、韓国、フランス、ドイツ、イタリア、英国の 6 か国 (集合 C^*) においては、それぞれで Real PLI が一定の価格レンジを超過した領域で、EITE 生産水準に非連続的な下方シフトが観察される。これは価格条件の悪化が連続的な縮小ではなく、閾値効果 (threshold effects) として現れている可能性を強く示唆する。



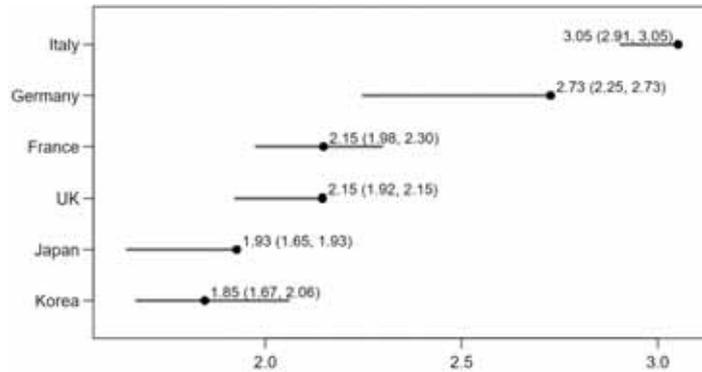
単位:2015年平均値=1.0 (EITE 生産指数)、米国=1.0(Real PLI^E)。出典:ECM Database。注:観測期間は2015年第1四半期-2025年第4四半期。2021年第1四半期以降の観測値は、パンデミック後のエネルギー価格高騰期を示すため赤色、それ以前の観測値は黒色により示している。破線の縦線は、推定された国別閾値(t_c)。

図 11:Real PLI と EITE 生産における閾値

推定された国別閾値(t_c)は図 12 に示されている。Real PLI の水準として、日本は 1.93、韓国は 1.85 と、アジアの先進工業国において比較的低い臨界水準が確認された。両国は歴史的にエネルギー輸入依存度が高く相対的に高価格環境下で産業構造を維持してきたが、実質価格が米国比で約 1.9 倍を超える水準では、生産拠点の維持が困難となるレジーム転換が発生している可能性を示している。

対照的に、イタリア (3.05)、ドイツ (2.73)、フランス (2.15)、英国 (2.15) では相対的に高い閾値が示されている。ただし、これは高い価格耐性を意味するものではない。とくに英国やイタリアでは、測定期間以前からエネルギー集約的産業の縮小が段階的に進行しており、既に相当程度の構造調整が進んでいたと考えられる。低価格条件下でのみ存続可能な生産拠点は既に退出しており、本測定期間内で観測される閾値は残存部分の調整点を反映していると解釈される²⁶。

²⁶ 本稿の推定は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期の観測期間に基づく単一閾値モデルであり、価格上昇に伴う複数段階のレジーム転換を同時に識別するものではない。実際には、生産停止・設備閉鎖・海外移転などの不連続的調整が段階的に発生している可能性があるが、観測期間の拡張や ECM の遡及推計と併せた動学的検証は今後の課題である。また、本稿の Real PLI はマクロの生産 PLI を用いて構築しており、EITE 産業固有の生産価格構造を完全に反映した指標ではない点に留意が必要である。



注:点およびラベルは profile-OLS による推定値を示し、横棒は 95%信頼区間を表す。国は t_c の大きさ順に並べている。

図 12: 閾値のブートストラップ信頼区間

表 6 のパネル閾値回帰の結果によれば、推定された閾値を超過した場合に生じる EITE 生産の水準変化は、6 か国すべてにおいて統計的に有意な負の値を示している。英国において▲21.3%、日本▲20.5%、イタリア▲19.2%、ドイツ▲18.9%、韓国▲18.7%、フランス▲10.4%といった水準の生産減退が確認されており、閾値超過が産業活動に大きな水準効果をもたらしていることが示唆される。これに対し、中国およびインド(図 11 上段)では明確な閾値効果は検出されない。実質エネルギー価格が上昇する局面においても EITE 生産は拡大しており(図 9)、このことは発展段階に固有の拡大要因に加え、価格抑制的なエネルギー政策を反映していると解される。

以上の分析結果は、現在の日本 (Real PLI 米国比 2.08 倍) やドイツ (同 2.73 倍) が、本稿で推定された一定の臨界水準を上回る局面にあることを示唆している。補助金などによる一時的な価格抑制措置は講じられてきたが、排出量市場における無料割当の縮小など制度的要因を踏まえると、実質的な競争条件が閾値を持続的に上回る場合、EITE 産業に対する構造的な縮小圧力が継続する蓋然性は高い。

表 6: パネル閾値回帰の推定結果

説明変数		係数		閾値(t_c)
Real PLI	β	-0.389	(0.158) *	—
Threshold shift: Japan	γ_{JPN}	-0.230	(0.076) **	1.93
Threshold shift: Korea	γ_{KOR}	-0.207	(0.075) **	1.85
Threshold shift: France	γ_{FRA}	-0.110	(0.049) *	2.15
Threshold shift: Germany	γ_{DEU}	-0.210	(0.069) **	2.73
Threshold shift: Italy	γ_{ITA}	-0.213	(0.067) **	3.05
Threshold shift: UK	γ_{GBR}	-0.240	(0.070) ***	2.15

Adj. within $R^2 = 0.556$; Observations (N) = 352; Countries (C) = 8; Periods (T) = 44

注: 被説明変数は EITE 生産指数の自然対数 ($\ln EITE_{ct}$) である。推定には二方向固定効果 (国固定効果および時点固定効果) を含めている。括弧内には、国単位でクラスタ化したロバスト標準誤差 (8 クラスター) を報告している。国別閾値 (t_c) は、単国ごとの閾値 OLS 推定から固定的に与えており、その不確実性はブートストラップ信頼区間によって評価している(図 12 参照)。ブートストラップは、反復回数 B=499、ブロック長=4 とし、各国の Real PLI の 5-95 パーセンタイル範囲におけるグリッドサーチにより算出している。係数 γ_c は、 $Real\ PLI_{ct} \geq t_c$ の場合に生じる水準変化を表しており、傾きの変化は含まない。米国は、Real PLI が米国を基準として測定されているため、参照国としてパネルから除外している。サンプル期間は 2015 年第 1 四半期-2025 年第 4 四半期。有意性: ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1。

6 結び

本稿は、エネルギー競争力の国際比較として、為替レートに依存した名目価格差ではなく、付加価値価格で相対化した実質価格条件 (Real PLI) に基づく評価と、EITE 生産の直接観察を組み合わせることの有効性を示した。2025 年末までの推計結果は、パンデミック後のエネルギー価格ショックが一時的な変動にとどまらず、主要国間における実質的なエネルギー価格差を持続的に拡大させていることを示している。為替変動は名目輸入価格や名目 PLI を大きく変動させうるが、Real PLI で把握されるエネルギー価格における実質的な競争条件の格差は、日韓および欧州諸国において、米国および中国・インドに対して構造的に拡大していることが観察される。

実質的な価格条件が持続的に不利な水準にある場合、エネルギー集約型産業の立地条件は漸進的に悪化するが、その累積的なコスト負担が一定水準を超える局面では、生産縮小や拠点再編といった不連続的調整が誘発されうる。本稿の閾値推定は、Real PLI が一定水準を上回る局面において EITE 生産が非線形的に減退することを実証的に示しており、日韓および欧州諸国では、一定の臨界水準を上回る局面に到達していることが確認された。制度変更に関する期待の不確実性は、価格水準そのものに加えて投資判断に影響を与え、調整を前倒しさせる要因として作用している可能性がある。

また、グロスのエネルギー生産性 (GEP) や実質単位エネルギーコスト (RUEC) は、測定粒度に依存して産業構成の変化を内包しうる。近年の日韓および欧州諸国で観察される GEP の改善や RUEC 格差の抑制は、技術的なエネルギー効率の向上 (within effect) のみならず、エネルギー集約型産業の相対的縮小を通じた構成効果 (between effect) を反映している。こうした構造調整は、エネルギー価格ショックに対するマクロ的な感応度を低下させるという意味では経済的適応と解されうるが、同時に国内基盤素材供給能力の低下や海外サプライチェーンへの依存度の上昇を伴い、産業基盤の脆弱化を内包する。エネルギー安全保障のマクロ指標上の改善は、産業基盤の縮退を通じて経済安全保障の劣化を伴うものであり、Real PLI 格差の持続的拡大局面では、両者の間に構造的な緊張関係が顕在化する。

電力価格を中心とする持続的なコスト上昇は、基盤素材産業のみならず、AI (人工知能) の社会実装やデジタル投資の展開に波及的な制約を及ぼす (Bogmans et al. 2025; IEA 2025a; Mills 2025; 野村 2026)。競争条件の安定化と投資の予見可能性の確保を重視した、エネルギー政策の再設計が求められる。とりわけ 2026 年 4 月から本格導入される GX-ETS は、炭素価格を通じて Real PLI を押し上げる価格経路として作用しうるとともに、将来的な排出割当の縮小を見込んだ投資・立地判断への制度的インセンティブとしても機能しうる。排出枠の取引可能性は、国内生産縮小を通じた余剰枠の創出を財務的に合理化する側面を持つ。本稿が示した実質エネルギー価格条件の構造的悪化と閾値効果を踏まえれば、これら複合的な制度効果の慎重な検証が不可欠である。

参考文献

- Agence France-Presse (2026) “Berlin Power Outage Hits 45,000 Homes after Suspected Arson Attack,” *The Guardian*, January 3.
- APO (2025) *APO Productivity Databook 2025*, Asian Productivity Organization, Keio University

- Press: Tokyo, Japan, September.
- Bogmans, Christian, Gomez-Gonzalez, Patricia, Ganpurev, Ganchimeg, Melina, Giovanni, Pescatori, Andrea, and Thube, Sneha D. (2025) *Power Hungry: How AI Will Drive Energy Demand, IMF Working Paper*, International Monetary Fund: Washington, DC, USA, 2025, September.
- Chevalier, Michel (2003) *Chain Fisher Volume Index Methodology, Income and Expenditure Accounts Technical Series*, Statistics Canada: Ottawa, Canada, 42, 1707–1739, November.
- Chiacchio, Francesco, De Santis, Robert A., Gunnella, Vanessa, and Lebastard, Laura (2023) “How Have Higher Energy Prices Affected Industrial Production and Imports?” *ECB Economic Bulletin*, European Central Bank: Frankfurt, Germany, Issue 1/2023, March.
- DIHK (2025) “Neue Wege für die Energiewende (“Plan B”): Wissenschaftliche Studie im Auftrag der Deutschen Industrie-und Handelskammer [New Paths for the Energy Transition (“Plan B”): Scientific Study Commissioned by the Association of German Chambers of Industry and Commerce],” Deutsche Industrie-und Handelskammer: Berlin, Germany, September.
- Draghi, Mario (2024) *The Future of European Competitiveness: A Competitiveness Strategy for Europe*, Publications Office of the European Union: Luxembourg, September.
- European Commission (2014) *Energy Economic Developments in Europe*, Publications Office of the European Union: Luxembourg, April.
- European Commission (2019) “Energy Prices and Costs in Europe,” Commission Staff Working Document, European Commission: Brussels, Belgium, September.
- European Commission (2025) “Opening Keynote Speech by the President: ‘One Year After the Draghi Report’ Conference,” European Commission: Brussels, Belgium, September 16.
- Gao, Zhiyuan, Jia, Ziyang, and Yu, Hao (2025) “Regional Disparities, Spatial Effects, and the Dynamic Evolution of Distorted Energy Prices in China,” *Energies*, 18, 3465.
- Hancock, Alice (2026) “EU Must Reform ‘Obsolete’ Emissions Trading System, Warns BASF Boss,” *Financial Times*, February 10.
- Hansen, Bruce E. (1999) “Threshold Effects in Non-dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference,” *Journal of Econometrics*, 93, 345–368.
- IEA (2025a) *Energy and AI*, International Energy Agency: Paris, France, April.
- IEA (2025b) *Global Hydrogen Review 2025*, International Energy Agency: Paris, France, September.
- IMF (2025) *World Economic Outlook: Global Economy in Flux, Prospects Remain Dim*, International Monetary Fund: Washington, DC, USA, October.
- Jäger, Philipp (2023) “Rustbelt Relics or Future Keystone? EU Policy for Energy-intensive Industries,” Hertie School, Jacques Delors Centre: Berlin, Germany, December.
- Mills, Mark P. (2025) “The Rise of AI: A Reality Check on Energy and Economic Impacts,” National Center for Energy Analytics/The Hamm Institute for American Energy, November.
- Nomura, Koji (2023) *Energy Productivity and Economic Growth—Experiences of the Japanese Industries, 1955–2019*, Springer: Singapore, January.
- Nomura, Koji, and Inaba, Sho (2026) “Measuring Real Energy Price Gaps: The Real PLI

- Framework for Competitiveness Monitoring,” *Sustainability*, 18, 84.
- ONS (2021) “Did UK Firms Stockpile Items Ahead of the Brexit Deadline?” Office for National Statistics: Newport, UK, February.
- Pielke, Roger (2007) “Mistreatment of the Economic Impacts of Extreme Events in the Stern Review Report on the Economics of Climate Change,” *Global Environmental Change*, 17, 302–310.
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021) “Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann,” Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, and Agora Verkehrswende: Berlin, Germany, June.
- Qin, Qi, Shearer, Christine, and Schaepe, Belinda (2026) “Built to Peak: Coal Power Expansion Runs Out of Room in China,” Centre for Research on Energy and Clean Air/Global Energy Monitor, February.
- Saussay, Aurélien, and Sato, Misato (2024) “The Impact of Energy Prices on Industrial Investment Location: Evidence from Global Firm Level Data,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 127, 102992.
- Stern, Nicholas (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press: Cambridge, UK, January.
- Stern, Nicholas, and Stiglitz, Joseph E. (2023) “Climate Change and Growth,” *Industrial and Corporate Change*, 32, 277–303.
- Stiglitz, Joseph E., Stern, Nicholas, Maosheng, Duan, Edenhofer, Ottmar, Giraud, Gaël, Heal, Geoffrey M., La Rovere, Emilio Lèbre, Morris, Adele, Moyer, Elisabeth, Pangestu, Mari, Shukla, Priyadarshi R., Sokona, Youba, and Winkler, Harald (2017) “Report of the High-Level Commission on Carbon Prices,” World Bank: Washington, DC, USA, April.
- Vogel, Lukas, Neumann, Malte, and Linz, Stefan (2023) “Calculation and Development of the New Production Index for Energy-Intensive Industrial Branches,” *WISTA – Scientific Journal*, 275, 39–48.
- Williamson, Chris (2019) “Manufacturing on Course to Act as Drag on UK Economy in First Quarter,” *S&P Global Market Intelligence*, February 1.
- Wolf, Martin (2026) “The Great British Electricity Puzzle,” *The Financial Times*, March 2.
- World Bank (2024) *Purchasing Power Parities and the Size of World Economies: Results from the International Comparison Program 2021*, World Bank: Washington, DC, USA, May.
- 戒能一成 (2006) 「日本の鉄鋼業の省エネルギー対策の費用対効果分析」*RIETI Discussion Paper*, 06-J-059, 独立行政法人経済産業研究所, 12 月.
- 内閣官房 GX 実行推進室 (2025) 「GX をめぐる情勢と今後の取組について」, 12 月 22 日.
- 野村浩二 (2015) 「イタリアの電力価格高騰と産業構造変化」*RCGW Discussion Paper*, 54, 日本政策投資銀行設備投資研究所地球温暖化研究センター, 12 月.
- 野村浩二 (2021) 『日本の経済成長とエネルギー：経済と環境の両立はいかに可能か』, 慶應義塾大学出版会, 6 月.
- 野村浩二 (2026) 「技術革新の社会実装は日本経済をどう変えるか—高解像度経済モデル BIP による構造変化の可視化」『SBI 金融経済研究所所報』, SBI 金融経済研究所, 2 月.

野村浩二・稲場翔(2025)「ポストパンデミックのエネルギー価格高騰と実質格差拡大—主要7か国の比較分析」*KEO Discussion Paper*, 185, 慶應義塾大学産業研究所, 3月.

補論 A: エネルギー勘定

A.1 変数定義

ECM Database における基礎レベル (elementary level) は、エネルギー種 (i) と経済主体 (エネルギー消費主体) として産業 (j) のクロス分類により定義される。基礎レベルにおける最終エネルギー消費 (FEC) と生産の諸変数を以下のように定義する。各国におけるエネルギー消費は月次ごとに、(日本以外の) 生産は四半期ごとに定義されるが²⁷、簡素化のためここでは時点 (t) と国 (c) を省略している。

E_{ij}	基礎レベルのエネルギー消費量 (FEC)
P_{ij}^E	基礎レベルのエネルギー価格
V_{ij}^E	基礎レベルのエネルギー消費額 ($= P_{ij}^E E_{ij}$)
V^E	集計レベルのエネルギー消費額 ($= \sum_{ij} V_{ij}^E$)
E	集計レベルの (品質調整済み) エネルギー消費量
P^E	集計レベルの (品質調整済み) エネルギー消費価格 ($= V^E / E$)
\bar{E}	集計レベルの和集計エネルギー消費量 (熱量換算) ($= \sum_{ij} E_{ij}$)
\bar{P}^E	集計レベルの平均エネルギー消費単価 ($= V^E / \bar{E}$)
X	集計レベルの生産量 (実質 GDP)
V^X	集計レベルの生産額 (名目 GDP)
P^X	集計レベルの生産価格 ($= V^X / X$)

集計レベルにおけるエネルギー消費量 (E) は、品質調整済みエネルギー消費量 (quality-adjusted energy input) として、次のように定式化されている。

$$(3) \quad \Delta \ln E = \sum_{i,j} \bar{v}_{ij} \Delta \ln E_{ij},$$

ここで Δ は連続する二期間の差分として、 $\Delta \ln E_{ij}$ はそれぞれのエネルギー消費量の成長率を示している。その成長率を最終エネルギー消費総額に対する ij 別コストシェアの二期間平均値 (\bar{v}_{ij}) をウェイトとして集計している ($\sum_{ij} \bar{v}_{ij} = 1$)。熱量あたりの単価は、その品質の相違が反映され、エネルギー種 (i) とエネルギー消費主体 (j) ごとに異なる。エネルギー消費量 (E) は、それを構成する異なるエネルギー種の間での品質の相違を、それぞれの相対的な価格差を考慮することで集計した指標である²⁸。一国集計レベルでのエネルギー価格 (P^E) は、 V^E と (3) 式による E により、品質調整済みエネルギー価格 (quality-adjusted energy input price) として、以下のようにインプリシットに定義される。

$$(4) \quad P^E = V^E / E.$$

²⁷ 生産の速報値の把握ために、日本の ECM では月次 GDP 指標 (JM GDP) の開発を合わせて実施しており、日本以外では各国の公式 GDP 四半期推計値に依存している。そのため ECM 対象国におけるエネルギー関連指標は月次レベルでの推計としているが、Real PLI では四半期指標としている。

²⁸ 経済測定としてのエネルギー品質 (energy quality) に関するフレームワークの詳細は野村 (2021, 2.2.1 節) を参照。エネルギー種間の相対的な価格差には、ほぼ安定的に石炭製品 < ガス < 石油製品 < 電力とした関係性がある。

エネルギー消費量(E)との比較のため、最終エネルギー消費(熱量換算)の和集計量として、

$$(5) \quad \bar{E} = \sum_{ij} E_{ij},$$

を定義し、品質を考慮しないエネルギー消費量による平均単価を、

$$(6) \quad \bar{P}^E = V^E / \bar{E},$$

として定義する。B.2 節では、対象国間のエネルギー消費構造を反映した PPP とともに、 \bar{P}^E に基づく内外価格差も定義される。

名目単位エネルギーコスト(nominal unit energy cost: NUEC)は、集計レベルの生産量(実質 GDP)一単位あたりのエネルギー消費額として次のように定義される。

$$(7) \quad NUEC = V^E / X.$$

NUEC を、集計レベルの生産価格(P^X)によってデフレートした指標が実質単位エネルギーコスト(RUEC)である。

$$(8) \quad RUEC = NUEC / P^X = V^E / V^X = (P^E / P^X) / (X / E).$$

RUEC は、名目エネルギーコストの名目 GDP 比(シェア)に相当する。また、それは実質エネルギー価格(P^E / P^X)を、集計レベルの生産量とエネルギー消費量から定義されるグロスのエネルギー生産性(GEP)

$$(9) \quad GEP = X / E$$

によって除した指標としても解される。それは、一国経済における実質的なエネルギーコストの変動を、エネルギー価格と生産価格の相対的な関係性(価格要因)と、産業構造の変化などを通じたエネルギー生産性の改善(構造要因)に識別して捉えることを可能にする。

A.2 エネルギー種分類

表 7 は ECM におけるエネルギー種分類を示している。大分類として 1 桁分類の 6 財(1.石炭製品、2.ガス、3.石油製品、4.電力、5.熱供給、6.その他)、小分類として 3 桁分類の 29 財を定義している。エネルギー内外価格差は、ECM エネルギー種小分類に基づき測定され、寄与度計算などでは必要に応じて大分類(1 桁分類)を利用する。

表 7: エネルギー種分類

1桁分類(6)	3桁分類(29)	1桁分類(6)	3桁分類(29)
1. 石炭製品	101. 石炭	4. 電力	401. 事業用電力
	102. 石炭コークス		402. 自家発電
	103. 石炭ガス		5. 熱供給
	104. 泥炭・泥炭製品		
	105. オイルサンド・オイルシェール		
2. ガス	3. 石油製品	6. その他	601. 廃棄物
301. 原油、NGL、石油精製原料			602. バイオ燃料
		302. 液化石油ガス	603. 原子力
		303. ガソリン	604. 水力
		304. ジェット燃料油	605. 地熱
		305. 灯油	606. 太陽光
		306. 軽油	607. 太陽熱
		307. 重油	608. 潮流・波浪・海洋
		308. ナフサ	609. 風力
		309. 潤滑油	610. その他エネルギー
	310. その他石油製品		

注: ECM の基礎レベルでは各エネルギー種は国産財と輸入財別に定義されているが、PPP では測定誤差を考慮して、両者を合わせた複合財として測定している。

なお 6.その他は、最終エネルギーとして直接に消費される廃棄物や再エネ(おもに地熱と太陽熱であり、太陽光や風力による発電は 4.電力に含まれる)からなるが、統計資料に基づくエネルギー価格データの入手は限定される。一部で利用可能なデータがあっても、各国での複雑な補助金制度に支えられ、意味のある内外価格差の国際比較は難しい。そのため ECM では 6.その他については簡易な仮定に基づいている²⁹。

A.3 消費主体分類

ECM のエネルギー消費主体分類は、1.エネルギー転換部門と、2.非エネルギー転換部門に大別される。1.エネルギー転換部門は 5 つの 2 桁分類(11.電力業、12.熱供給業、13.石油製品、石炭製品製造業、14.鉱業、15.バイオ燃料製造業)からなり、2.非エネルギー転換部門は 5 つの産業(21.産業、22.運輸、23.家庭、24.業務、25.農林水産業)から構成される。

本稿における FEC の内外価格差の推計として、2.非エネルギー転換部門のみに限定した消費主体分類を表 8 に示している。2 桁分類(5 部門)に対し、21.産業部門のうちに 211.EITE 産業と 212.Non-EITE 産業を分離し、また(経済統計との対応のため)22.運輸部門のうちに 221.運輸(家計)と 222.運輸(除家計)を分離した 3 桁分類(7 部門)、さらに 211.EITE 産業を 5 つに分離した 4 桁分類(11 部門)を定義している。また大きく家計と産業の 2 部門への集計部門を定義する。ここで家計部門は 221.運輸(家計)と 23.家庭の合計とし、産業部門はそれ以外である。

表 8:消費主体分類

2桁分類 (5)	3桁分類 (7)	4桁分類 (11)
21 産業	211 EITE産業	2111 鉄鋼業
		2112 化学業
		2113 非鉄金属製造業
		2114 窯業土石製品製造業
		2115 紙パルプ製造業
	212 Non-EITE産業	
22 運輸	221 運輸(家計)	
	222 運輸(除家計)	
23 家庭		
24 業務		
25 農林水産業		

注:括弧内は部門数。家計と産業の 2 部門では、家計部門は 221 と 23 の合計として、産業部門はそれ以外として定義。3 桁分類である 211.EITE 産業と 212.Non-EITE 産業は製造業であるが、後者には建設業と鉱業を含む。また 24.業務はサービス業と公務を含み、(IEA の統計では国際標準産業分類 (ISIC) に準拠することから)製造業企業の本社におけるエネルギー消費を含む。日本標準産業分類 (JSIC) はそうした整合性が保たれず、本社のエネルギー消費も製造業に含まれると考えられる。

消費主体分類の定義により、ECM では産業連関表 (SUT/IOT) や SNA 統計に基づく名目消費金額としての年次ベンチマーキングがおこなわれる。現象から 2-3 年ほどのタイムラグを持っておこなわれる金額の年次ベンチマーキングは、ECM におけるエネルギー消費額を経済統計と整合させるために重要なプロセスだが、ときに大きな乖離を示すこともある³⁰。乖離幅が軽微な

²⁹ 廃棄物では国ごとに最も単価が小さいエネルギー種(おもに石炭)の単価を適用し、再エネでは(エネルギー転換部門では金額評価をせず)最終エネルギー消費では(熱供給の単価が利用できない国が多いため)ガス単価を適用している。

³⁰ ECM では二段階のベンチマーキングをおこなう。第一段階は IEA の年次統計の公表に伴うエネルギー消費量のベンチマーキングであり、現象から 2 年近くのラグを持って実施される。たとえば 2023 年のエネルギー消費量の ECM 月次推計値は、2025 年 8 月の IEA *World Energy Balances* の公表によって 2023 暦年値としての整合性がおもに比例デ

ときには、経済統計の金額推計値を優先して単価を事後的に定義する。しかし、大きな乖離の生じるときには、内外価格差の推計値に大きく影響しうる。そうしたケースでは、エネルギー統計と経済統計の精度をそれぞれ検討した上での計数補正、およびベンチマーキングにおける消費主体分類の粒度(3桁分類から2桁分類への調整)などにより調整している。

補論 B: 内外価格差

B.1 二国間格差

基礎レベルで定義される P_{ij}^E を各国通貨建て(local currency unit: LCU)で評価した熱量あたりの単価として測定し、 c_1 国を参照国とし c_2 国を比較国とした二国間のエネルギー消費の PPP を次のように定義する。

$$(10) \quad PPP_{ij,c_1c_2}^E = \frac{P_{ij,c_2}^E}{P_{ij,c_1}^E}.$$

基礎レベルでのエネルギーPPP に対し、一国集計レベルにおけるエネルギーPPP の測定では二国間のエネルギー消費構造の相違が考慮される。 c_1 国の消費量を基準として、ラスパイレ指数による PPP を以下のように定義する。

$$(11) \quad PPP_{c_1c_2}^{E(L)} = \sum_{ij} \frac{P_{ij,c_2}^E E_{ij,c_1}}{P_{ij,c_1}^E E_{ij,c_1}} = \sum_{ij} w_{ij,c_1}^E PPP_{ij,c_1c_2}^E.$$

w_{ij,c_1}^E は c_1 国におけるエネルギー消費金額シェア($V_{ij,c_1}^E / \sum_{ij} V_{ij,c_1}^E$)であり、それをウェイトとする加重算術平均によってラスパイレ指数によるエネルギーPPP が定義される。

同様に、 c_2 国の消費量を基準としたパーシェ指数によるエネルギー消費の PPP として、

$$(12) \quad PPP_{c_1c_2}^{E(P)} = \sum_{ij} \frac{P_{ij,c_2}^E E_{ij,c_2}}{P_{ij,c_1}^E E_{ij,c_2}} = \frac{1}{\sum_{ij} w_{ij,c_2}^E (1/PPP_{ij,c_1c_2}^E)},$$

を定義する。ここで w_{ij,c_2}^E は c_2 国におけるエネルギー消費金額シェア($V_{ij,c_2}^E / \sum_{ij} V_{ij,c_2}^E$)であり、それをウェイトとする加重調和平均によってパーシェ指数によるエネルギーPPP が定義される。

ラスパイレ指数とパーシェ指数により、フィッシャー指数によるエネルギーPPP は次のように定義される。

$$(13) \quad PPP_{c_1c_2}^{E(F)} = \sqrt{PPP_{c_1c_2}^{E(L)} PPP_{c_1c_2}^{E(P)}}.$$

エネルギー種別の品質を考慮して定義される PPP に対し、エネルギー消費量(熱量換算)あたりの平均単価((6式)による PPP を、

$$(14) \quad \overline{PPP}_{c_1c_2}^E = \bar{P}_{c_2}^E / \bar{P}_{c_1}^E,$$

として定義する。数値例として、1.石炭製品と 4.電力の実測値(2025 年第 4 四半期)に基づいて、エネルギー種を統御することの意義を示したものが表 9 である。日米両国の熱量あたりの

ントン法により保持される。第二段階はエネルギー消費金額のベンチマーキングである。エネルギー消費主体間で大きな価格差や補助金などが存在すれば、(エネルギー統計が示す)エネルギー平均単価データはその代表性に問題があるかもしれない。経済統計との金額ベンチマーキングの意義は大きい、エネルギー転換消費との識別、副産ガスの取り扱い、経済統計で産業内に含まれる自家発電用の消費金額の識別、本社部門の産業格付けの相違、あるいは経済統計における測定誤差など、課題は多い。そうした検討の上でベンチマーキングの粒度を定めて経済統計におけるエネルギー消費額の年次推計値との整合性をとるよう(おもに比例デントン法により)単価の月次推計値を補正している。

平均単価と消費量(熱量)がデータとして観察されれば、両者の積による消費額の総計を消費量計で除することで、平均単価 PPP が算定される。ここで電力は石炭製品に対し、日本では 5.2 倍、米国では(安価な石炭価格に引きずられて) 10.6 倍高価である。2 つの財にこうした相対価格差が存在するが、消費量(ここでは FEC に限る)としては、米国では日本に比して相対的には石炭消費量ははるかに小さい。そうした 2 財 2 国間のエネルギー消費下において算定される PPP^Eは 131.2 円/ドルである。2 財の集計レベルで定義される PPP は両者の PPP の間に入ることが望ましいが、こうした数値例(実測値)では電力の PPP (161.6 円/ドル)と石炭 PPP (331.5 円/ドル)の両者を下回り、平均単価 PPP はほとんど意味をなさない測定バイアスを与えている。表 9 の計数に基づくフィッシャー指数による PPP は 164.8 円/ドルであり、2 財の PPP の間に適切に位置する。

表 9: 平均単価 PPP の誤謬

	平均単価 (MJあたり円 or ドル)		消費量(熱量) (PJ)	消費額(10億円 or 10億ドル)						
	a.電力	b.石炭		(a,b) 平均単価	a.電力	b.石炭	計			
日本	6.575	1.274	5.16	5.150	799	294	1,093	5,253	374	5,627
米国	0.041	0.004	10.59	0.039	3,711	150	3,861	151.0	0.58	151.5
日米PPP	161.6	331.5		131.2						

注: 計数は 2025 年第 4 四半期による ECM 実測値。平均単価 PPP は(18)式。なお本計数に基づくフィッシャー指数による PPP((13)式)は 164.8 円/ドルである。

フィッシャー指数による PPP ((13)式)に対する基礎レベルの PPP ((10)式)の寄与度は次のように表される(Chevalier 2003, Eq. (11))。

$$(15) \quad PPP_{c_1c_2}^{E(F)} = \sum_{ij} \frac{(E_{ij,c_1} + E_{ij,c_2} / QLI_{c_1c_2}^{E(F)}) P_{ij,c_1}^E}{\sum_{ij} (E_{ij,c_1} + E_{ij,c_2} / QLI_{c_1c_2}^{E(F)}) P_{ij,c_1}^E} PPP_{ij,c_1c_2}^E$$

ここでの $QLI_{c_1c_2}^{E(F)}$ はフィッシャー指数によって定義される二国間の数量水準指数(Quantity Level Index: QLI)であり、

$$(16) \quad QLI_{c_1c_2}^{E(F)} = \frac{V_{c_2}^E / V_{c_1}^E}{PPP_{c_1c_2}^{E(F)}}$$

として定義される。(15)式において、 $QLI_{c_1c_2}^{E(F)}$ は二国間のエネルギー消費量のスケールを調整(c_1 国のスケールに基準化)する役割を担っている。

4.3 節に推計された米国を参照国とする Real PLI(2025 年第 4 四半期)において、(15)式に基づきエネルギー種別の寄与率を示したものが表 10 である。米国に比して 2.1–3.5 倍に達する実質価格差の構成をみると、いずれの国においても石油製品が最大の寄与を占めている。これは原油価格の国際連動性を前提としつつも、精製・流通段階における税制や制度設計の差異が価格水準の乖離を拡大させている可能性を示唆する。他方、電力の寄与はインドを除く各国で 3 割以上を占めており、Real PLI 格差の主要な構造的要因である。電力価格は電源構成、市場設計、規制体系に強く依存し、制度的要因の影響を受けやすい。とくに家計電力消費による寄与率は中国およびインドでは 6%と相対的に小さく、産業電力消費の寄与度は日韓および欧州諸国とおおむね同水準にある。家計部門において価格抑制的な制度設計が維持されるもとは、電力価格負担は相対的に産業部門に傾斜せざるをえない。そのなかで産業電力寄与が先進国と同水準にとどまっていることは、産業部門における価格転嫁余地が既に限定的であることを示している。現行の産業構造のもとでは、電力価格の追加的上昇に対する調整余地に

は構造的な制約が存在する。

表 10: Real PLI におけるエネルギー種別寄与率

	Real PLI (U.S.=1.0)	寄与率(%)										
		石炭 製品	ガス	石油製品			電力		熱供給	その他		
				LPG	ガソリン	軽油	産業	家計				
Asia												
China	2.02	3	11	48	2	20	12	33	27	6	2	2
India	3.50	3	5	67	3	29	18	23	18	6	0	1
Japan	2.08	2	12	46	3	23	9	38	23	15	0	2
Korea	2.16	2	11	49	3	19	18	33	25	9	1	3
Europe												
France	2.53	1	13	51	3	17	19	31	16	15	1	4
Germany	2.73	1	12	43	1	18	16	39	23	16	1	4
Italy	3.22	0	17	44	2	18	17	36	24	12	0	2
UK	2.19	0	12	52	1	20	15	35	18	17	0	1

単位: 米国=1.0 (Real PLI)、%(各寄与率)。出典: ECM Database。注: 観測期間は 2025 年第 4 四半期。本表における産業電力は、産業部門の 401. 事業用電力および 402. 自家発電の合計、家計電力は家計部門の 401. 事業用電力と対応する。現行 ECM における家計部門の自家発電自家消費は、各国のエネルギー統計および経済統計の測定精度や概念に依存しており、国際比較上の課題は残されている。

B.2 多国間格差

フィッシャー指数による bilateral PPP ((13)式)は、二国間の関係性としての転逆テスト(country reversal test)を満たすが、多国間の関係性としての推移性テスト(transitivity test)を満たさない³¹。本稿では EKS (Éltető-Köves-Szulc) 法に基づき、エネルギー消費の EKS-PPP を次のように定義する。

$$(17) \quad PPP_{c_1 c_2}^E = \prod_{c_3} \left(PPP_{c_1 c_3}^{E(F)} PPP_{c_3 c_2}^{E(F)} \right)^{1/N},$$

ここで N は本稿の測定対象となる 9 か国である。以下では、(17)式によって測定される EKS-PPP を単に PPP と呼び、測定期間内における月次ごとに横断面的に推計する³²。

比較国間のエネルギー消費構造の相違を反映した PPP^E に対し、エネルギー消費量(熱量換算)あたりの平均単価((6)式)による PPP を、

$$(18) \quad \overline{PPP}_{c_1 c_2}^E = \bar{P}_{c_2}^E / \bar{P}_{c_1}^E,$$

として定義する (PPP^E と \overline{PPP}^E の乖離に関する数値例は表 9 参照)。

エネルギーの価格水準指数 (Price Level Index: PLI) は、エネルギーの PPP ($PPP_{c_1 c_2}^E$) と市場における二国間の平均為替レート ($e_{c_1 c_2}$) に基づいて、以下のように定義される。

$$(19) \quad PLI_{c_1 c_2}^E = PPP_{c_1 c_2}^E / e_{c_1 c_2}.$$

たとえば、kWhあたりの電力が日本で 30 円、米国で 0.1 ドル(10 セント)であるとき、電力の PPP は 300 (=30/0.1) 円/ドルである。このことは、もし日米間の為替レートが 300 円/ドルであれば、

³¹ 転逆テストとは、 c_1 国と c_2 国の PPP は、両国を入れ替えた c_2 国と c_1 国の PPP の逆数となることである。また推移性テストとは、 c_1 国と c_2 国の PPP は、 c_2 国と c_3 国の PPP を c_1 国と c_3 国の PPP で除したものと等しいことを示している。

³² 現行 ECM では、各期に推計される Current PPP に基づき、(15)式により PPP/PLI の基礎レベルでの要因分解を行っている。2025 年 1 月公表版までの ECM では、エネルギー消費 PPP を基準年 2017 年のみで測定し、その Constant PPP と、各国の一国集計レベルで品質調整済みのエネルギー価格 (P^E) の月次推計値に基づく延長推計 (extrapolated PPP) に依存する方法を採用していた。両手法による乖離は、野村・稲場 (2025) による基礎レベル価格指数の再構築によりほぼ解消されている。

両国における電力サービスの購入において日本円と米ドルによる購買力がパリティ（平価）になることを意味している。いま市場における為替レートが 150 円／ドルであるとしたとき、電力の PLI は 2.0 (=300/150)となる。この為替レートで示される購買力のもとでは、日本の電力価格は米国に比して 2 倍高いと評価される³³。もし為替が円高となり 100 円／ドルとなれば、3 倍高いものと解される。時系列データにおいて価格指数 (price index) は参照時から比較時までの価格変化を示すように、横断面データにおいて PLI は参照国から比較国の内外格差を示している。

エネルギーの実質的な内外価格差を評価するためには、エネルギーというインプットの PLI とともに、エネルギーを利用して生産される生産 PLI との関係性を捉えることが望ましい。エネルギー価格と生産価格の関係性を捉える指標として Real PLI を、

$$(20) \quad \text{Real PLI}_{c_1c_2}^E = \text{PLI}_{c_1c_2}^E / \text{PLI}_{c_1c_2}^X = \text{PPP}_{c_1c_2}^E / \text{PPP}_{c_1c_2}^X,$$

として定義する。ここで $\text{PPP}_{c_1c_2}^X$ は (c_1 国を参照国とする) 二国間の生産 PPP (PPP for GDP) である。本稿での生産 PPP は、最新となる 2021 年の国際比較プログラム (ICP) (World Bank 2024) の推計値に基づいている³⁴。その時系列的な四半期計数は、各国の四半期国民経済計算における GDP デフレーターを用いて延長推計しており、(19)式と同様に生産 PLI が定義される。

Real PLI の大きな特性は、為替レートの変動による影響を受けないことである。(20)式の右辺第二項に示されるように、それはエネルギーとアウトプットの PPP の比であり、いずれも為替レートからは独立に測定される。円安が過度に進行した現状の日本では、(19)式におけるエネルギー PLI は実質的な負担を過小に評価する。円安は、化石燃料の日本の輸入価格 (円建て) を高めるが、国内における電力価格はそれほどには上昇せず、PLI という指標では (為替レートの円安により分母が大きくなるので) 内外価格差はむしろ縮小する³⁵。だが実質的な負担として評価すべきは生産価格差との相対的な関係である。円安の進行によっては、生産 PLI も低下していることが一般的である。現在の日本におけるエネルギー内外価格差における実質的な負担は、両者の比である Real PLI によって評価することが望ましい。

さらに、Real PLI は RUEC 格差と関連付けられる。RUEC は(8)式において実質エネルギー価格 (P^E/P^X) とグロスのエネルギー生産性 (GEP) の比として定義されており、その二国間比は Real PLI と GEP 格差の逆数に分解される。GEP 格差は、産業内のエネルギー生産性ととも、産業構造の違いを反映している。

$$(21) \quad \text{RUEC gap}_{c_1c_2} = \text{RUEC}_{c_2} / \text{RUEC}_{c_1} = \text{Real PLI}_{c_1c_2}^E / \text{GEP gap}_{c_1c_2},$$

RUEC 格差は、純粋な価格条件と構造条件とが混在するため、エネルギーコスト競争力を適切に評価できるとは限らない (4.1 節)。

³³ 1 米ドルと 150 日本円が等価であるとき、米国において 1 ドルで購入できる電力量は 10 kWh だが、日本において 150 円で購入できる電力量は 5 kWh と半分となる。

³⁴ 最新となる ICP2021 における生産 PPP (World Bank 2024) では、ICP2017 からの改訂率 (2021 年までの延長推計値から評価) によれば、日本では 2.0% (96.8 円／ドルから 98.7 円／ドルへ改訂)、中国では▲4.6%、韓国 0.4%、英国では▲5.0%、ドイツ▲5.0%、フランス▲8.0%である。ゆえに Real PLI では、ICP 改訂により日韓以外では上方 (米国との実質的な格差が拡大する方向) へ改訂されている。

³⁵ 戦後日本経済成長の経験に基づくと、日本の集計的なエネルギー価格は米国の 1.5 倍から 3.3 倍ほどの価格差というハンデに長期にわたり直面してきたが、日米格差が最も拡大したのは過度の円高を許容するに至った 1995 年である (野村 2021, 図 3.1)。円高は一次エネルギーの輸入価格 (円建て) を低下させるが、電力や石油製品など二次エネルギーの国内価格は一次エネルギーほどには低下せず、エネルギーの日米価格差をむしろ拡大させる。現在の過度の円安下では逆の状況が生じている。