

DBJ Research Center on Global Warming
Discussion Paper Series No. 60 (2/2017)

英独におけるエネルギー生産性の改善は持続可能か

野村 浩二

本論は、執筆者個人の暫定的な研究（内容、意見については執筆者個人に属するもの）であって、関心ある研究者との議論等のために作成されたものである。

英独におけるエネルギー生産性の 改善は持続可能か

野村浩二†

慶應義塾大学 産業研究所

2017年2月

概要

英独両国は、それぞれ1970年代後半および1980年代後半より、CO2排出とデカップリングした経済成長を実現してきた。とくに英国では、2000年以降にはエネルギー生産性の改善が年率3.1%へと加速し、それは1990年代の年率1.6%から倍増している。英国の経済成長率も年率1.7%と主要先進国の中で高いものの、生産活動におけるエネルギー生産性の大幅な改善は、近年のデカップリングの半分ほどを説明する要因となっている。独国ではエネルギー生産性の改善は英国での経験の半分ほどに留まるが、再生可能エネルギーが発電シェアの1/3ほどにまで拡大した現在、“Efficiency First”のモットーのもと、野心的な省エネ目標を次のエネルギー政策のコアとして設定している。日本も2030年に向けた「長期エネルギー需給見通し」では、年率2.3%ほどのエネルギー生産性の改善を目標としており、それはオイルショック後における日本経済の経験に匹敵する省エネを求めるものである。その実現可能性を考える上では、英独両国の経験から示唆を得られるであろう。

一国集計レベルで観測されるマクロのエネルギー生産性は、エネルギー価格変化や経済成長のパターンなどの経済的諸条件を背景として、生産構造の変化を反映した複合的な指標である。独国では、ミクロレベルでは省エネ事例が喧伝されるものの、2000-14年における年率1.5%のエネルギー生産性の改善は過去の経験値を上回るものではなく、また産業を細分化した本稿での測定によれば、その改善の2/3以上が産業構造要因に起因するものと評価される。この期間、賃金上昇抑制によって独国経済における内需の拡大は限定的であり、経済成長の半分は外需に依存している。英国に比して製造業が順調に成長した独国経済においても、個々の製造業におけるエネルギー生産性に大きな改善は見出せない。

英国の2000-14年における年率3.1%という高いエネルギー生産性の改善は、本稿での産業構造要因の統御によっては年率1.5%へと半減し、残されたエネルギー生産性改善の過半はサービス業での改善に起因する。一方、サービス業におけるエネルギー生産性は分子である景気変動の影響を強く反映して変動することから、必ずしもエネルギー需要をもたらさない生産拡大による同指標への影響を取り除くような試算によれば、マクロで観測される年率3.1%改善の2/3以上はやはり生産構造に関する要因に起因するものと評価される。英国でのBrexit後の移民流入の抑制による経済成長の減速、サービス業の成長率の低下、製造業への回帰による生産構造の変化は、英国における今後のエネルギー生産性の改善を大きく減速させるものと考えられる。

† 野村浩二（慶應義塾大学産業研究所准教授・日本政策投資銀行設備投資研究所客員主任研究員）。本稿は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）での経済分析ワーキンググループにおけるグリーン経済成長評価の一検討として実施されたものであり、秋元圭吾氏（RITEシステム研究グループリーダー）、小田潤一郎氏（主任研究員）、本間隆嗣氏（主任研究員）との議論によっている。データ収集においては明石直之氏（慶應義塾大学商学研究科修士課程）の協力を得ている。

1 はじめに

国際エネルギー機関（International Energy Agency: IEA）は、世界経済が 2015 年も 3% 強の成長を継続しながらも、エネルギー起源 CO₂ の排出量（321 億 t-CO₂）は 2013 年から横ばいとなり、CO₂ 排出からのデカップリング（decoupling）が確認されたと報じた（IEA, 2016）¹。その要因として、IEA は再生可能エネルギー利用の拡大、米国のシェール革命による石炭から天然ガスへのシフト、そして中国での政府主導の取り組みによる石炭消費の抑制の大きく三点を指摘している。とくに中国では 2015 年にも 6% 台の経済成長率を維持しているものの、CO₂ 排出推計値は前年より減少した。その持続性は今後も注視を要するが、経済成長による一人あたり所得の拡大によって、環境コストの内部化が中国経済においても始まりつつある²。

一国経済のレベルでは、英国では 1970 年代後半より、独国では 1980 年代後半より、CO₂ 排出とデカップリングした経済成長を実現している。とくに英国では 2000 年代に入り、エネルギー生産性の改善が加速した。図 1 は日米英独の一国集計レベルにおける、1970 年以降の平均エネルギー生産性（Average Energy Productivity: AEP）の水準比較を示したものである³。長期にわたる実質水準比較では測定誤差の幅を考慮すべきであるが、1990 年代、日本のエネルギー生産性の改善が低迷する中、英独ともに 1990 年代後半には日本の水準を超過している。とくに 2000 年以降、英国でのエネルギー生産性の改善は顕著であり、年平均 3.1%（2000–15 年）の成長率を記録している。そのスピードは 1990 年代（年平均 1.6%）から倍増した⁴。

近年の英国における AEP 成長率の加速は、従来とは異なる傾向である。英国では AEP そのものは 1970 年代から改善しているが、それはエネルギー消費量の水準自体を減少させるには力不足であることが指摘されてきた（House of Lords, 2005）。その要因としては、エネルギー生産性の改善によってエネルギー需要が減少し、そのことが市場価格の低下や新たな生産拡張を通じてマクロ経済としてのエネルギー消費量を押上げるフィード

¹ 同日には、The Economist（“The World’s Carbon-dioxide Emissions Have Stabilised”）や MIT Technology Review（“Global Carbon Dioxide Emissions Have Now Been Flat for Two Years Running”）など驚きをもって論じている。

² 中国では国内最大となる広東省の陽江原発 1 号機が 2014 年 4 月には商業運転を開始するなど、沿海部において原発の建設が積極的に進められている。中国政府は 2016 年 11 月、エネルギー分野における「第 13 次 5 年計画」において、2016–20 年に新たに 3000 万 kW の原発の運転を開始し、2020 年の設備容量を 5800 万 kW にまで拡大することを計画している。また再エネに関しては、2020 年時点で、再エネによる発電設備容量を 6.8 億 kW、年間発電電力量を総発電電力量の 27% に当たる 1.9 兆 kWh にまで拡大するとしている。他方、PM2.5 発生の主要因となる石炭利用に関しては、生活、農業、小型ボイラー等に使われる石炭・石油を電力で代替し、2020 年までの 5 年間で 1.3 億 t 標準炭相当の石油と石炭の消費を削減するとしている。（電気事業連合会 情報ライブラリーなどより）

³ ここでのエネルギー生産性は、一次エネルギー供給あたりの集計生産量（PPP 換算（ICP2011）による実質 GDP）としている。資料は IEA World Energy Statistics and Balances および OECD.Stat より作成。ただし最新の OECD.Stat でも、日本の GDP は 1993SNA に基づく 2005 年基準国民経済計算であり、GDP のカバレッジが小さいため水準比較には適さない。ここでは 2016 年 12 月に公表された 2008SNA に基づく「2011 年基準国民経済計算」（内閣府経済社会総合研究所：ESRI）より GDP 水準を補正している（1994 年以降の推計値のみ公表であるため、それ以前については 2008SNA ベースに基づく KEO Database の推計値に基づいた遡及推計値）。英独のエネルギー生産性が日本の水準を超過する 1999 年は、OECD.stat での公開データに基づく単純な比較よりも 2-3 年後ろ倒しとなっている。

⁴ 英独におけるエネルギー生産性の改善は、国際的にも高く評価されている。2016 年 7 月、米国エネルギー効率経済協議会（American Council for an Energy-Efficient Economy: ACEEE）はエネルギー効率に関する国別ランキングを発表し、2015 年の総合評価（国家努力、建築物、産業、輸送の 4 分野）として独国を 1 位に、日本を 2 位、英国を 5 位、そして米国を 8 位と位置付けている（Kallakuri et al, 2016）。とくに図 1 や図 2 のような実績が評価され、産業部門におけるエネルギー強度では英国が最高得点を獲得している（個別の取り組みを含んだ産業部門の総合評価でも独日英がトップ 3 位を占めている）。

バック効果である。図 2 は日米英独のエネルギー消費量の指数を比較している。カッシュム・ブルックス仮説 (Khazzoom-Brookes postulate)、あるいはより大きな文脈ではジェボンズのパラドックス (Javons paradox) と呼ばれるこうした仮説は、図 2 にみるように 2000 年代半ばまでは十分な説得力を持っている。しかし AEP 改善が加速した英国では、同期間にエネルギー消費量も年率 1.6% (2000-15 年) で減少し (1990 年代ではむしろ年率 0.8% の増加)、同期間における CO2 排出量減少の 3/4 ほどを説明する主要因となっている (第 3 節の表 1)。

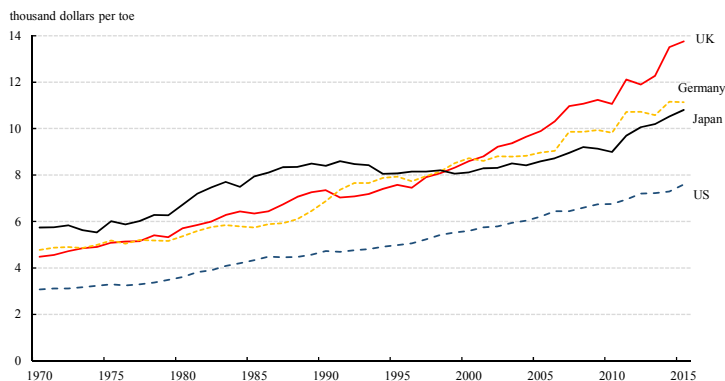


図 1: 日米英独におけるエネルギー生産性水準, 2000-15 年

単位: 一次エネルギー供給 (石油換算トン) あたり実質 GDP (output approach, PPP ドル)。出典: IEA World Energy Statistics and Balances および各国の国民経済計算 (OECD.stat、日本は ESRI) より。詳細は脚注 3。

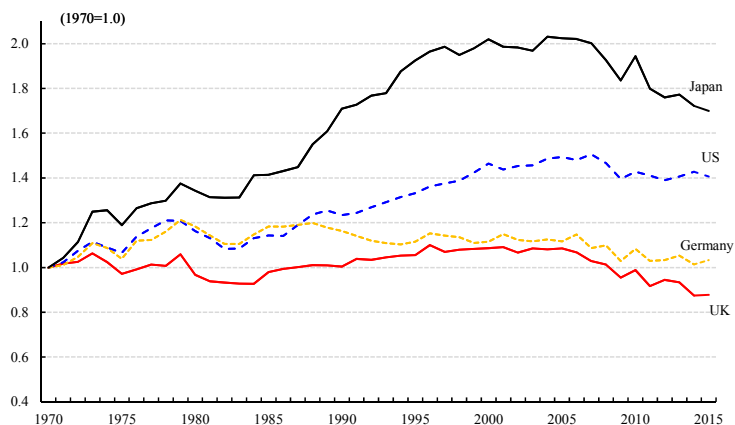


図 2: 日米英独におけるエネルギー消費指数, 2000-15 年

単位: 一次エネルギー供給 (石油換算トン) あたり実質 GDP (output approach, PPP ドル)。出典: IEA World Energy Statistics and Balances より。

2015 年 7 月、日本政府は「長期エネルギー需給見通し」(経済産業省)において、2030 年度までにエネルギー生産性を 35%改善させるとする目標を定めた。それは一国全体として、年率 2.3% (2016-30 年) のエネルギー生産性の改善を意味するものであり、第 1 次オイルショック後の 1973-90 年における実績 (年率 2.5%) に匹敵する野心的な目標となっている。図 1 にみるように、1990 年代から 2000 年代半ばまで、気候変動問題に対する国内対策としてミクロレベルではさまざまな省エネルギーが推進されてきた日本においても、集計レベルでのエネルギー生産性はほぼ横ばいであり、2030 年に向けた年率

2.3%もの改善はほとんど実現困難な目標とみえる。しかしその後、リーマンショック（世界金融危機）および東日本大震災によっては、日本のエネルギー生産性はマクロでも年率 2.3%（2007–15 年）で改善してきている。この期間、エネルギー消費量自体も過去になく急速な減少した（図 2）。

英国の 2000 年からの年率 3.1%もの経験は、近年における日本のエネルギー生産性改善の持続を支持するものだろうか。一国集計レベルにおいて測定される平均エネルギー生産性は、生産構造の変化を反映した複合的な指標である。それは個別の生産過程（production process）におけるエネルギー消費原単位の減少という省エネ技術の改善のみではなく、一国の産業構造の変化、部品などの輸入品への代替、産業内において生産される製品の構成など、一国全体の生産体系における多様な変化を包含している。またその改善は、エネルギー価格の変化、経済成長のパターンや所得拡大など、経済的諸条件を背景としている。カッシューム・ブルックス仮説を棄却するほどの英国におけるエネルギー生産性改善の加速は今後も持続しうるのか、本稿では 2000 年以降のエネルギー生産性の改善における、産業構造変化やサービス化の進行などを考慮することでこうした問題へと接近することを目的としている。はじめに第 2 節では、エネルギー生産性の改善を実現した背景として、この期間における両国の経済成長の特性を需要サイドと供給サイドの両面から考察する。第 3 節では、CO2 排出からのデカップリングの要因として、生産者によるエネルギー生産性改善の寄与度について分解をおこなう。第 4 節では、産業細分化による産業構造要因と、サービス業における生産要因を統御することで、一国集計レベルで測定される見かけ上のエネルギー生産性から、真のエネルギー生産性の算定へと接近する。第 5 節は結びとする。

2 英独の経済成長モデル

2000 年以降、EU 域内において英国経済はとくに良好なパフォーマンスを実現してきた。図 3 は欧州主要国と日米両国の実質 GDP 指数を比較したものである。2000 年からの 15 年間によって、米国および英国は集計生産量を 30%ほど拡大させ、独国および仏国（ともに 18%拡大）および日本（11%拡大）を大きく上回るものとなっている。

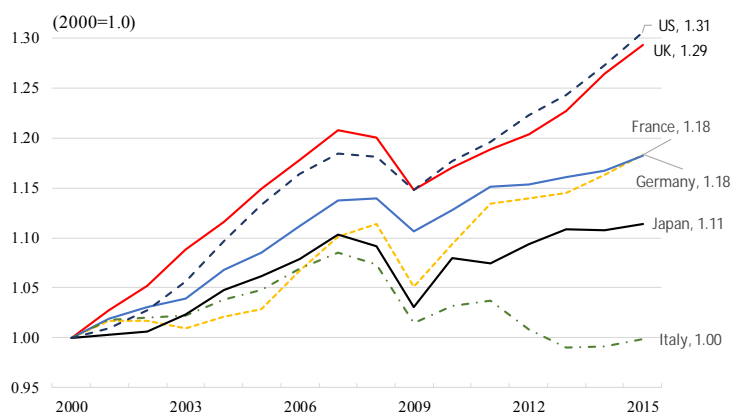


図 3: 欧州と日米の実質 GDP 指数, 2000–15 年

出典: 各国の国民経済計算 (OECD.stat) より作成。国名の横の数字は 2000 年を 1 とした指数。

この期間の経済成長の牽引力は、英独で大きく異なる。図4は各国の国民経済計算統計に基づき、2000–14年における実質GDP成長を需要サイドから分解したものである。英国は米国・仏国・日本と同様に内需、とくに国内消費の拡大が経済の主要な牽引力であり、この期間の経済成長のおよそ9割を説明する要因となっている⁵。主要先進国とは対照的に、独国では経済成長の牽引のおよそ半分は外需である。輸出量は年平均4.7%（輸入量は年率3.7%）で成長し、純輸出額は2000年の60億ドルから2015年には3000億ドル近くにまで拡大した⁶。

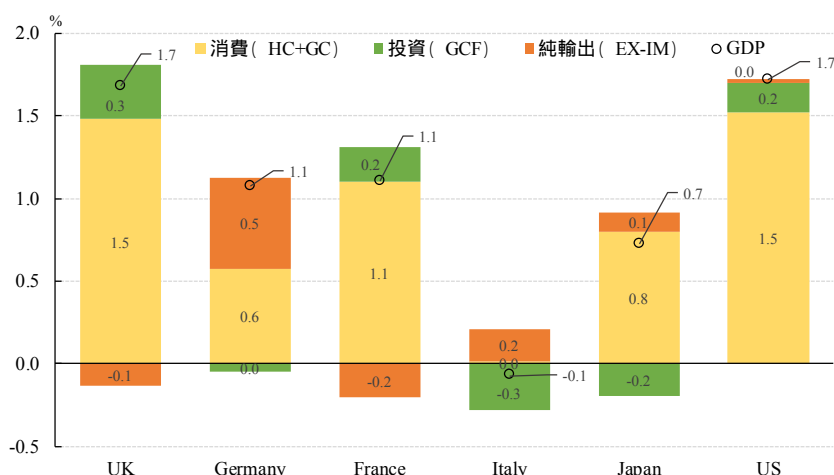


図4: 欧州と日米における需要サイドの経済成長要因, 2000–14年

出典: OECD.stat (各国の国民経済計算統計) より作成。

独国における輸出拡大の要因として、Bofinger (2016)は反ケインジアン的なマクロ経済政策の存在を指摘している。世界金融危機後、主要先進国が世界恐慌再現の回避のため積極的な財政出動をしてきた中で、独国は財政支出の拡大を避けながら、外需拡大の恩恵を享受してきてきた。図5にみるように、2009年から2010年における独国の財政赤字はわずかなものに留まり、2012年にはすでに財政収支を均衡させている。Bofinger (2016)は、独国経済の“成功”は、この期間において（独国の主流エコノミストたちが強く批判してきた）総需要管理政策を主要先進国（および中国）が採用したことの恩恵であるとする⁷。主要国は世界恐慌の再現を回避するため協調し、独国は先進国で第3位の経済規模を有するにもかかわらず、中小規模の国家と同水準にまで輸出依存度を押し上げている⁸。2000年以降における日本との成長格差も、そのほとんどは世界金融危機後に

⁵ この期間の内需は、世界金融危機およびその後の欧州危機における需要不足を穴埋めする政府支出の拡大を含んでおり、政府消費支出による内需拡大への寄与率は英国・仏国・日本ではそれぞれ27%、32%、35%と大きい。それに対して、米国の内需拡大ほとんどが民間部門によるものであり、政府支出の寄与率はわずかに9%に留まっている。

⁶ こうした傾向は現在も継続しており、ドイツ連邦統計局（Federal Statistical Office Germany: FSO (Destatis)）によれば2015年11月における財輸出で1085億ドルユーロ、財輸入で858億ドルユーロとなり、輸出入ともに月次の最高値を記録している（2017年1月9日, FSOのホームページ: <https://www.destatis.de/EN/>）。

⁷ Bofinger (2016)は、均衡財政、価格安定そして構造改革を重視し総需要を無視する、先進国におけるケインズ的な主流とは乖離する独国のマクロ経済政策における特殊性を、色濃く残る経済学者ヴァルター・オイケン（Walter Eucken, 1891–1950）による影響であるとしている。

⁸ 独国の輸出は2015年にはGDP比46.8%であり、ノルウェー、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、ポーランド、韓国などと同等な水準にある。

生じたものである（図3）。

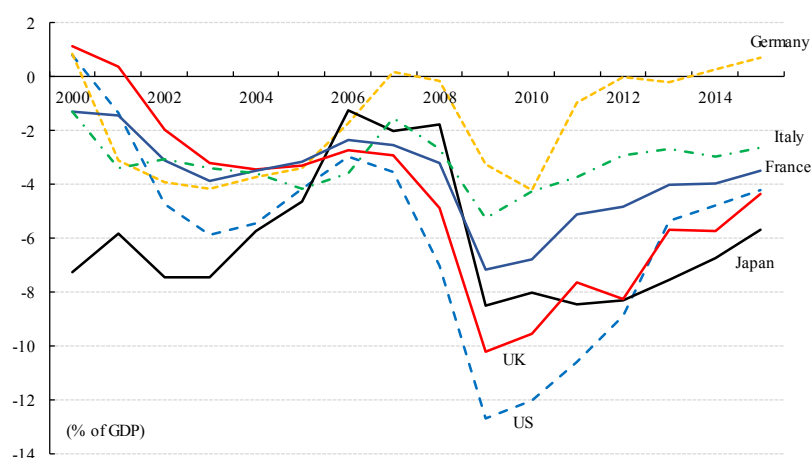


図5: 欧州と日米の財政収支の対GDP比, 2000-15年

出典: OECD National Accounts at a Glance, 日本はESRI および財務省資料より作成。

この間、独国経済は輸出拡大を実現しながらも、設備投資は横ばい（わずかにマイナス成長）である（図4）。積極的な国内投資もないままに、主要国において拡大された需要を取り込むような価格競争力を得た要因は独国における通貨ユーロの過小評価である。IMF (2016)は、独国の為替レートは2014年には5-15%、2015年には10-20%過小評価されているとしている。そのことは、独国の2000-07年における賃金上昇抑制策（“wage moderation”）の反映でもある。2000年1月、独国では失業問題への対応として、生産性改善は実質賃金の上昇に費やされるのではなく、雇用の増大に向かうべきであると労働組合と経営者団体の間で同意され、実際に2000年代における生産一単位あたりの労働コストでは（日本を例外として）主要国でもっとも抑制されてきた（Bofinger, 2015）。賃金抑制策は内需の抑制となり⁹、また価格競争力の源泉として外需を取り込み、ユーロ経済圏における不均衡の源泉となっている。それは独国の“成功”であろうとも、拡大した不均衡は現在では欧州経済と世界経済における大きな脅威とであると認識されている¹⁰。

供給サイドからの経済成長要因においても、英独両国では大きな相違が見いだされる。図6はOECD (2016)およびAPO (2016)に基づく成長会計分析により、2000-14年における欧州主要国および日米両国における経済成長とその生産要素投入としての要因を示したものである。国際比較のため、ここでの労働投入量は総労働時間（hours worked）によって定義されており、TFP*は経済全体の効率性を評価する全要素生産性（TFP）に加え、労働における質的变化（質の異なる労働の構成変化）の影響を含んだものであることに留意されたい。英国における年率1.7%の経済成長は、同期間におけるEU28か国全体（年率1.2%）および域内最大の経済大国である独国（年率1.1%）を大きく上回る。TFP*の

⁹ 独国における相対的に小さな内需拡大においても、内需成長に占める政府支出の役割は日本よりも高く（2000-14年の寄与率では37%）、民間部門における消費拡大は限定的である。この期間における家計消費の拡大は、米国の年率2.0%、英国1.6%、仏国1.4%、日本0.9%を下回り、独国では0.6%に過ぎない。

¹⁰ CFM (Center for Macroeconomics) と CEPR (Centre for Economic Policy Research) による CFM-CEPR Survey (2016年10月) では、独国の経済収支黒字について経済専門家に調査をおこなっている。それがユーロ経済の脅威であるか、独国政府は財政支出を拡大すべきかとの問いに対して、それぞれ69%と67%が同意あるいは強く同意と回答している。

成長率では英独両国ともに年平均 0.6%であり、米国と同等の良好な生産性の改善を示している。

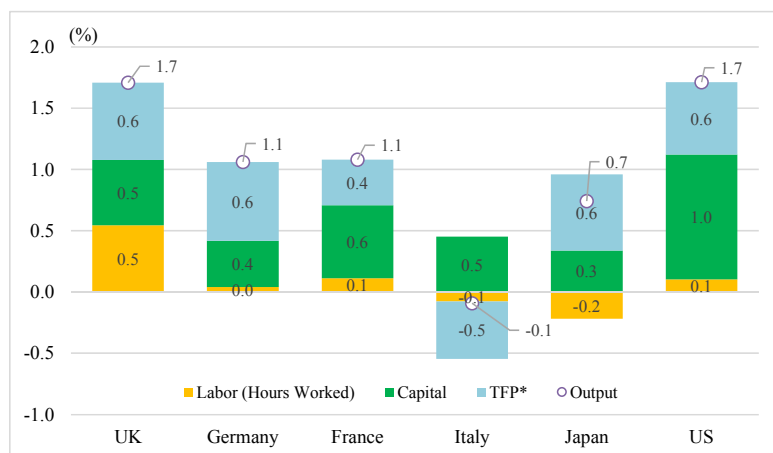


図 6: 欧州と日米における供給サイドの経済成長要因, 2000–14 年

出典: EU 諸国は OECD (2016)、日米両国は APO (2016)による。

英独の成長要因には、大きく二つの相違がある。第一に、英国では労働投入の拡大による寄与度が大きい（経済成長全体のおよそ 1/3 を説明する要因である）が、独国における労働投入の貢献は米国や仏国と同様にごくわずかに過ぎないことである。英国統計局（Office for National Statistics: ONS）によれば、英国への移民流入は 2000 年代に入り拡大し、純流入（流入マイナス流出）は年間 20 万人以上となっている。英国は EU 域内（EU15）あるいは EU 域外より高スキルの労働力を惹きつけることに成功してきたが、2004 年 5 月の東欧諸国（EU A8）を含む EU 拡大は低賃金労働に従事する移民を急増させる転機となった¹¹。英国下院の調査（McGuinness and Hawkins, 2016）では、2016 年第 1 四半期における低スキル労働への従事者は、出生国別にみると UK で 10%、（UK 以外の）EU15 で 11%、EU 域外で 12%と類似しているが、EU A8 では 30%と突出している¹²。他方、独国での移民受け入れは、国内労働者の減少を補う役割を大きく超えてこなかったといえる。独国の人口は 1970 年代初めより自然減の状態が継続しており、移民の純流入はそれを補完してきた。ドイツ連邦統計局（Federal Statistical Office Germany: FSO）によれば、2010 年以降は移民の流入が急拡大しているものの、それ以前は平均して年間 5 万人ほどに留まり、英国に比して抑制に成功している。

英独経済成長の供給サイドにおける相違の第 2 は、英国では TFP*において労働の質的变化の影響が大きく、経済の総合的な効率性改善としては独国を大きく下回ることである。TFP*成長率のうち、労働の質的变化の改善分（labor quality）と、それを除いた総合

¹¹ EU 加盟 15 か国（EU15）に対して、2004 年にはキプロス、チェコ、エストニア、ハンガリー、ラトビア、リトアニア、マルタ、ポーランド、スロバキア、スロベニアの 10 か国が加盟し、そのうち加盟前に英国労働市場への自由なアクセスが認められていたキプロスとマルタを除く 8 か国は EU A8 と定義される。2007 年にはブルガリアとルーマニア、2013 年にはクロアチアが加盟し、全体で 28 か国（EU28）となっている。

¹² 高スキル労働への従事者比率では、UK 出生者の 27%、（UK 以外の）EU15 の 39%、EU 域外の 33%に対して、EU A8 ではわずかに 8%である（McGuinness and Hawkins, 2016）。

的な効率指標としての TFP 成長率とに分離したものが図 7 である¹³。図 6 では英独両国は同水準（2000–14 年では 0.6%ほど）の TFP*の改善を実現しているが、英国では高スキルの移民労働者の流入を反映してそのうちの 70%は労働品質の改善によるものであり、TFP 自体の成長率は年率 0.2%に留まる。それは日本と同水準である。他方、独国では労働品質改善の寄与率は TFP*の 11%にとどまり、そのほとんどは年率 0.5%と高い TFP の改善による。英国経済は内需主導で高い成長率を実現したものの、消費および労働投入の両面において移民流入に大きく依存したものであり¹⁴、成長の持続性には課題が残るものである。Portes and Forte (2017)による最新の見通しでは、Brexit による移民減少による GDP への影響として、2016–20 年において年率 0.3%（標準シナリオ）ほどの英国経済成長率の減速が見込まれている。

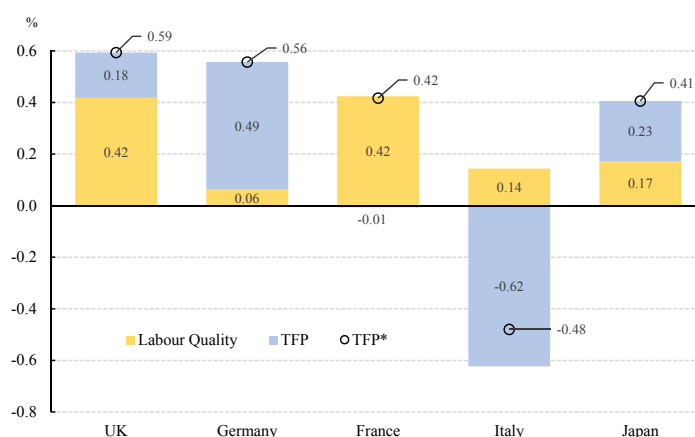


図 7: 欧州と日米における TFP と労働の質的变化, 2000–14 年

出典: 英国は ONS-MFP、独仏伊国は EU KLEMS 2016（イタリアは 2013 年まで）、日本は KEO Database 2016 より作成。

3 デカップリングとエネルギー生産性

CO2 排出量からデカップリングした英独の経済成長要因として、ここでは産業部門におけるエネルギー生産性の寄与を抽出する。なお本稿では生産活動（付加価値発生）全体におけるエネルギー生産性を分析するため、「産業」とはエネルギー統計における定義としての「産業」「民生業務」および各産業における「運輸」（自家輸送）を含み、生産者全体を含んでいることに留意されたい¹⁵。いま一国集計レベルでのエネルギー消費量 (E_A) を、家計部門 (E_H) と産業部門 (E) による消費の合計 ($E_A \equiv E_H + E$) とし、それぞれの活動指標としての実質

¹³ 労働時間 1 時間あたりの生産量として定義される労働生産性は、労働者のスキルによって差異があり、高スキル労働者の構成比の拡大は全体の平均労働生産性を高める効果を持つ。労働品質とは質の異なる労働の構成変化の反映であり、その測定値は測定単位の精粗に依存している。ここでの資料は、英国では ONS による Multi-factor Productivity (ONS, 2016)、独およびその他の欧州諸国は EU KLEMS 2016 (<http://www.euklems.net/>) における市場経済 (market economy) を範囲とした推計値に基づいている。比較とした日本の推計値は KEO Database 2016 (慶應義塾大学産業研究所) における産業別推計からの集計値である。図 6 は一国集計レベルでの測定であり、推計方法やカバレッジも異なるため、おおまかな対応であることに留意されたい。

¹⁴ 一人あたり実質 GDP では、移民依存度の相違を反映して 2000 年の水準より 2015 年において英国では 1.19、独国では 1.20 とパフォーマンスは逆転している。

¹⁵ よって家計部門は、エネルギー統計における「民生家庭」と家計による「運輸」の集計値である。

家計消費 (C) と実質 GDP (Y) に対するそれぞれのエネルギー強度 (energy intensity) を以下のように定義する。

$$(1) \quad \varepsilon_H \equiv E_H/C \quad \text{および} \quad (\varepsilon)^{-1} \equiv E/Y$$

ここで産業部門における ε は、エネルギー強度の逆数として定義されるエネルギー投入量1単位あたりの生産量であり、エネルギー生産性 (energy productivity) あるいはエネルギー効率 (energy efficiency) と呼ばれる。総エネルギー消費量 (E_A) あたりのCO2排出量 (CO_2) を炭素強度 (carbon intensity: $\sigma \equiv CO_2/E_A$) として、一国全体のCO2排出量を $CO_2 = \sigma(E_H + E)$ とすれば、その成長率は、

$$(2) \quad \frac{\dot{CO}_2}{CO_2} = \frac{\dot{\sigma}}{\sigma} + w_H \left(\frac{\dot{\varepsilon}_H}{\varepsilon_H} + \frac{\dot{C}}{C} \right) + w \left(-\frac{\dot{\varepsilon}}{\varepsilon} + \frac{\dot{Y}}{Y} \right)$$

のように分解される。ここで \dot{Y} は dY/dt であり、 \dot{Y}/Y は集計生産量 (実質 GDP) Yの成長率、 w_H および w はそれぞれ家計および産業のエネルギー消費量のシェア (E_H/E_A および E/E_A) である ($w_H + w = 1.0$)。

表 1: 英独のCO2排出量変化の要因分類, 2000-14年

	UK		Germany	
	寄与度	成長率	寄与度	成長率
CO2排出量	-1.75 (100.0)	-1.75	-0.83 (100.0)	-0.83
a) 炭素強度	-0.47 (27.0)	-0.47	-0.32 (38.4)	-0.32
b) 家計のエネルギー消費	-0.38 (21.6)	-1.01	-0.27 (32.5)	-0.83
b-1) 消費のエネルギー強度	-0.98	-2.65	-0.48	-1.42
b-2) 消費量	0.61	1.64	0.20	0.60
c) 生産者のエネルギー消費	-0.90 (51.4)	-1.43	-0.24 (29.1)	-0.36
c-1) エネルギー生産性 (AEP)	-1.95	3.11	-0.95	1.44
c-2) 生産量 (GDP)	1.05	1.68	0.71	1.08

単位: 年平均成長率 (%). () 内はCO2排出量の成長率 (この期間では両国ともマイナス) に対する寄与率。出典: 英国はONSによる国民経済計算および環境勘定 (ONS, 2016b)、独国はFSOによる国民経済計算および環境・経済統合計算 (FSO, 2016) (調整は脚注17)、エネルギー起源CO2排出量はIEA CO2 Emissions from Fuel Combustionより。

(2)式に基づき、2000-14年における英独の一国全体のCO2排出変化の要因分解したものが表1および図8である¹⁶。この期間、英独両国のCO2排出量はそれぞれマイナス1.75%とマイナス0.83%と減少しながらも、プラスの経済成長 (年平均成長率ではそれぞれ1.68%と1.08%) というデカップリングを実現している。その減少要因は、大きくa.炭素強度としての低炭素化 ((2)式における第1項)、b.家計部門のエネルギー消費の減少 (第2項と第3項)、およびc.産業部門のエネルギー消費の減少 (第4項と第5項) の3つに分離される¹⁷。エネ

¹⁶ 後の産業起因の分析のためのデータ制約のため、ここでは終了年次を2014年としている。また(2)式の測定では、離散近似として自然対数による成長率に基づいている。連続する2期間 (t期とt+1期) において、t期ウェイトによるLaspeyres-type指数と、t+1期ウェイトによるPaasche-type指数を作成し、その両者の幾何平均としてのFisher-type指数の連鎖指数によって算定している。

¹⁷ ここでは第4節における産業別分解と整合させるため、一次エネルギー消費あたりの実質GDPによってエネルギー生産性を定義している。資料は英国ではONS (2016b)、独国はFSO (2016)である。なお、FSO (2016)ではCPA08-50 Water Transport services業では2004年から2005年にかけてエネルギー消費量が6倍 (47,960 TJから289,396 TJへ) に跳ね上がっており、FSOへの問い合わせによれば海外での船舶の海外での燃料補給量の計算の改訂によるものである。ここでは時系列比較のため簡易的に2005年以降の同産業部門における実質生産指数と比例的に (2004年以前の系列と対応する) エネルギー消費量を推計し、差分をエネルギー消費量から取り除くことによって調整を図っている。調整による影響は大きく、無調整時では産業部門におけるエネルギー消費量の成長率はマイナス0.15% (2000-14年) であるのに対して、この調整によってはマイナス0.36%にまで拡大している。同期間、エネルギー生

ルギー消費あたりの低炭素化は独国における CO2 排出量減少の最大の要因であり、寄与度では 38.4%を占めている。英国でも 27.0%の寄与度を示すが、両国における炭素強度の改善はこの期間における再生可能エネルギーの急速な拡大が主要因である¹⁸。

家計部門におけるエネルギー消費の減少も、CO2 排出量の減少に英独でそれぞれ 21.6%および 32.5%の大きな貢献を示している。寄与度では独国の方が大きい。家計消費のエネルギー強度では独国の年率 1.42%の改善に対して、英国では年率 2.65%で改善するなど、より高い省エネのパフォーマンスを示している。しかしこの期間は両国経済において電力価格における特別な高騰期と重なっていることに留意すべきであろう。両国における家計用電力価格は、2000 年から 2014 年において英独両国ともに 2.2–2.3 倍に高騰し、年平均の価格上昇率では英国 5.7%と独国 5.9%を記録している¹⁹。

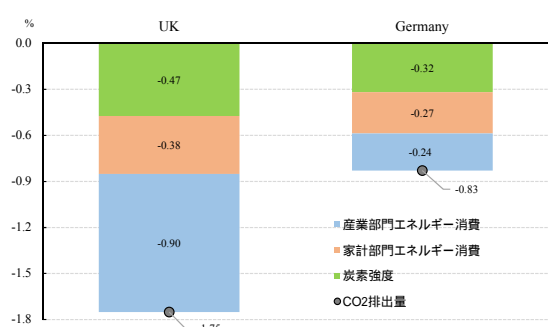


図 8.1 家計部門と産業部門

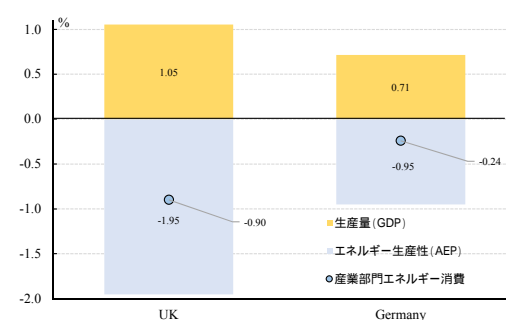


図 8.2 産業部門の AEP 寄与

図 8: 英独におけるデカップリングの分解, 2000–14 年

英独両国のデカップリング要因における最大の相違は、英国では産業部門でのエネルギー消費量の減少がこの期間の 51.4%（寄与度では年率 0.90%）と、独国に比してはるかに大きな貢献を示していることである。生産拡大は、CO2 排出削減に対する寄与度では英国では年率 1.05%、独国では年率 0.72%の増加要因であるものの、エネルギー生産性の改善はそれを相殺し（AEP 成長率では、英独でそれぞれ年平均 3.11%と 1.23%であり、エネルギー消費をそれぞれ 1.95%および 0.82%削減させている）、とくに英国では AEP の改善は年率 1%ポイントほど上回る。しかしマクロレベルで測定されるこうした改善は生産構造変化を含んだものであり、次節では産業レベルの測定としての生産構造要因の統御によって、真のエネルギー生産性へと接近することを試みる。

産性の成長率で見れば、1.23%から 1.44%へと上昇している。

¹⁸ 総発電量に占める再エネのシェアは 2000 年から 2015 年まで 5 年おきに、独国では 6.2%、10.2%、16.7%、32.6%へと拡大し、英国でも 2.7%、4.3%、6.8%、24.7%へ、とくに 2010 年以降で急速に拡大している（IEA, Renewables Information）。

¹⁹ IEA Energy Prices and Taxes Statistics より。電力価格の一般物価に対する比較として各国 CPI（食費・エネルギー費を除くコアコア CPI）で基準化すれば、この期間の電力価格の実質的な価格上昇は、英独両国でそれぞれ年率 3.9%と 4.6%（2000–14 年）であり、電力価格が相対的に安定あるいは低下していた 1978–90 年における▲0.5%および 0.6%、1990–2000 年における▲1.7%と▲2.9%と比しても、2000 年代は特別な高騰期にある。価格弾性では英独それぞれで 0.46 および 0.24 となっている。

4 エネルギー生産性と生産構造要因

4.1 エネルギーコストと産業構造変化

2000–14年において、産業用実質電力価格（平均値）は英独それぞれ年率5.0%および6.6%上昇し、エネルギー多消費的な産業は相対的な縮小を余儀なくされてきている。それはマクロレベルでは“見かけ上の”エネルギー生産性の改善として測定される。図9および図10はWIOD Data, 2016 Releaseに基づく²⁰、英国および独国のそれぞれにおける2000年から2014年にかけての産業別エネルギーコストのシェアの変化を示している。この間では英独両国において、45度線を下回るようにエネルギーコストの拡大がみられる。それは各産業において、エネルギー価格の上昇によるエネルギー需要の弾性値が1を下回り、名目コスト上昇を余儀なくされたことを意味している。とくに英国ではエネルギー多消費産業において45度線を大きく乖離し、多くの産業で名目コストシェアは60%ほど上昇している（図9）。他方、独国では電力多消費産業に対する再エネ賦課金の減免措置など産業保護的な政策をとっており、一部産業では再エネの拡大によって低下した卸電力価格を享受している。独国の各産業におけるエネルギーコストの上昇は10–20%程度と限定的である（図10）。

エネルギー価格の上昇は、直接に中間投入コストの増大により名目付加価値の縮小をもたらす。もしコスト増を生産物価格へと転嫁されることができれば、価格競争力の低下によって国内生産は縮小へと向かい、固定的な経常費用が存在すれば生産縮小は付加価値率を低下させるであろう。図11および図12は2014年の産業別エネルギーコストのシェアと2000–14年における産業別成長率との関係をプロットしたものである²¹。ここでは経済成長における産業構造変化を評価するため、各産業のGDP（付加価値）成長率の一国全体の名目GDP成長率からの差分によって定義される産業別GDP成長格差率を横軸としている。図11および図12にみるように、この期間におけるエネルギーコストの拡大の相違を反映して、産業別生産への影響は英国でより顕著である。窯業土石製品、一次金属、パルプ紙製品製造業、漁業や林業など電力コストの大きな産業などで相対的に低成長となっている産業が見出される。エネルギー多消費産業が相対的に低成長となる産業構造変化は、一国集計レベルでの見かけ上のエネルギー生産性を過大に評価するバイアスを持つ。

²⁰ 資料は2016年に公開されたWIOD（World Input-Output Database）における各国のUse表（産業別生産物使用（投入）表）を利用している（<http://www.wiod.org/>）。WIODについてはTimmer et al (2015)を参照。

²¹ ここでエネルギーコストは、利用可能な商品分類に対応して電力、ガス、石炭製品および石油製品の合計として定義している（ゆえに同部門に含まれる原材料コストを含んでいる）。

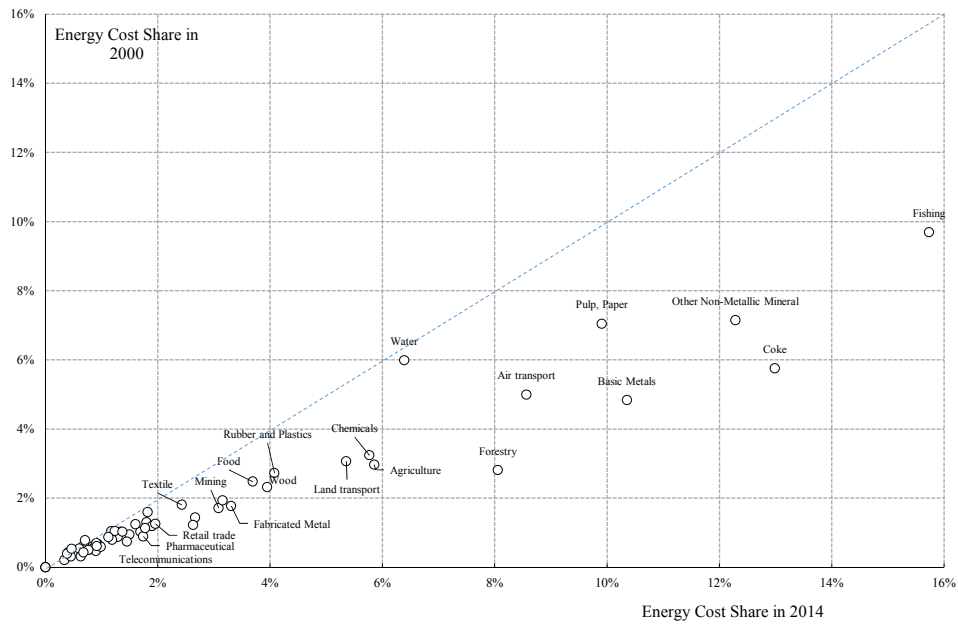


図 9：英国における産業別エネルギーコストシェアの変化, 2000年と2014年

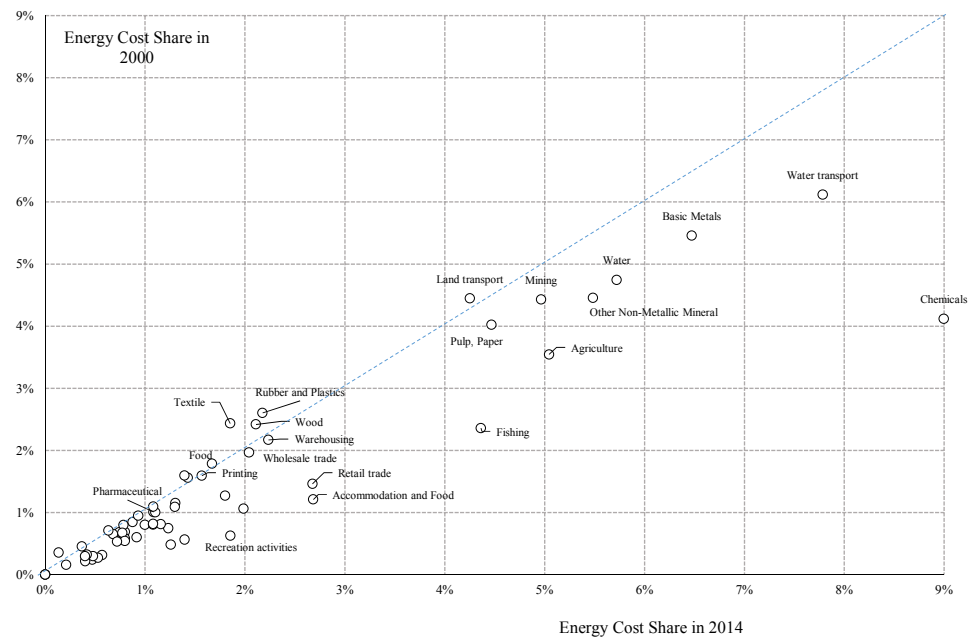


図 10：独国における産業別エネルギーコストシェアの変化, 2000年と2014年

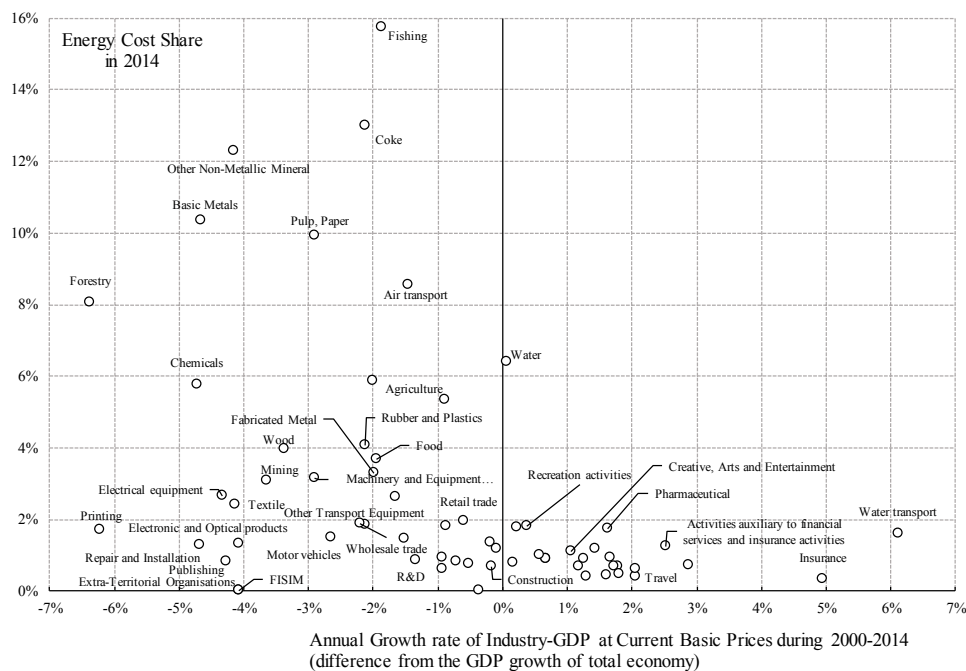


図 11：英国における産業別エネルギーコストシェアと成長格差率, 2000-14 年

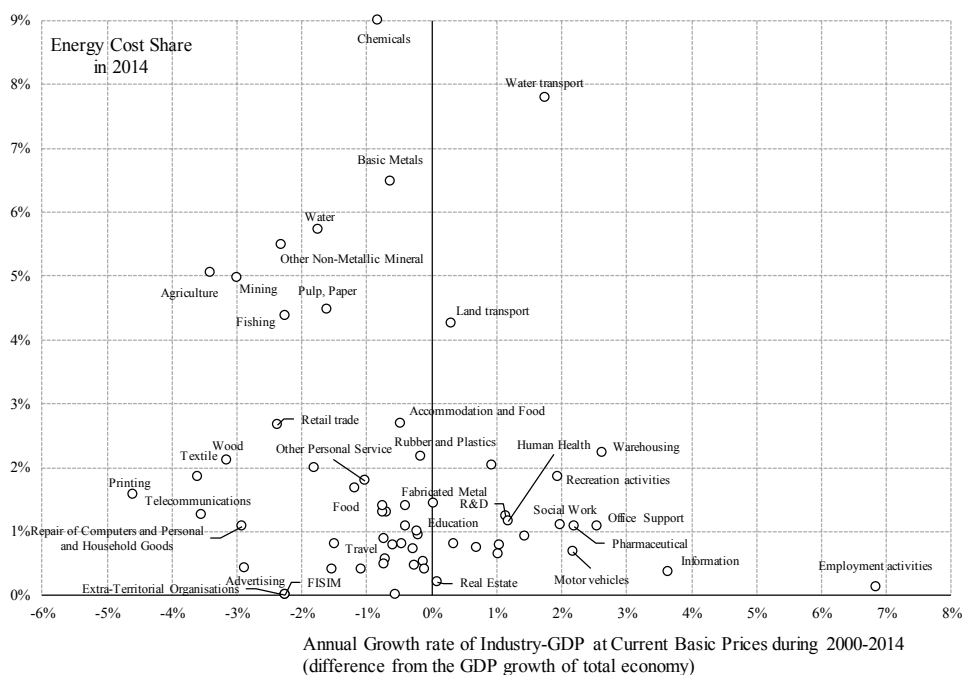


図 12：独国における産業別エネルギーコストシェアと成長格差率, 2000-14 年

4.2 産業細分化による産業構造要因の統御

マクロレベルで測定されるエネルギー生産性は産業構造変化による影響を含んでいる。ひとつの例示として、いま 2 つの産業があり、それぞれの生産量を Y_1 および Y_2 (ただし $Y_1 = Y_2$)、

エネルギー消費量を E_1 および E_2 （ただし $E_2 = 4E_1$ ）としよう。基準時点から比較時点に対して、両産業におけるエネルギー生産性（ Y_1/E_1 および Y_2/E_2 ）は不変のままであったとしても、第1産業のみの生産量が2倍に拡大すれば、集計産業におけるエネルギー生産性は（ $2Y_1/5E_1 = 0.4(Y_1/E_1)$ ）から（ $3Y_1/6E_1 = 0.5(Y_1/E_1)$ ）へと25%改善したものとして測定される。それはエネルギー多消費産業（ここでは第2産業）の相対的な低成長によっては、集計レベルで測定される見かけ上のエネルギー生産性は過大に評価されることを示している。測定における産業の細分化は、こうした過大推計を縮小させることが期待される。

生産者全体のエネルギー消費量（表1におけるc）は各産業における消費量（ E_j ）の和集計によるから、両者の成長率では、

$$(3) \quad \frac{\dot{E}}{E} = \sum_j w_j \left(\frac{\dot{E}_j}{E_j} \right)$$

として表される。ここで w_j はその時点における、生産者全体のエネルギー消費量に対する産業シェア（ E_j/E ）である（ $\sum_j w_j = 1.0$ ）。産業ごとの生産量およびエネルギー生産性をそれぞれ Y_j および ε_j （ $\equiv Y_j/E_j$ ）とすれば、産業別エネルギー消費量の変化率は、

$$(4) \quad \frac{\dot{E}_j}{E_j} = \frac{\dot{Y}_j}{Y_j} - \frac{\dot{\varepsilon}_j}{\varepsilon_j}$$

である。(4)式を(3)式へと代入して、次式が求められる。

$$(5) \quad \frac{\dot{E}}{E} = \sum_j w_j \left(\frac{\dot{Y}_j}{Y_j} \right) - \sum_j w_j \left(\frac{\dot{\varepsilon}_j}{\varepsilon_j} \right)$$

(5)式は生産活動におけるエネルギー消費全体の成長率（左辺）を、右辺第一項における生産量の拡大による影響（産業別寄与度の合計）と、第二項におけるエネルギー生産性の改善による影響（産業別寄与度の合計）へと分解している²²。図11および図12のように、この期間の経済成長においてエネルギー多消費産業が相対的に低成長であったことを考慮すれば、生産拡大による寄与度（右辺第一項）、およびエネルギー生産性の改善による寄与度はともに縮小する。左辺のエネルギー消費量全体の変化率は不変であるが、産業細分化によっては右辺の要因分解が改善される。

ここでは英国ONSによる国民経済計算および環境勘定（ONS, 2016b）、独国FSOによる国民経済計算および環境・経済統合計算（FSO, 2016）に基づき、生産とエネルギー消費の対応からもっとも細かい産業分類（ここでは「基本分類」と呼ぶ）として、英国では105分類、独国では45分類を設定している。また両国におけるエネルギー分析としての比較のため、表2のように共通7産業（第1産業はエネルギー多消費製造業）および共通24産業とした、2つの共通産業分類を定義する。

²² 実際の測定では(5)式の成長率は自然対数によって離散近似し、脚注16と同様に chained-Fisher type の指数により算定している。

表 2：英独の共通産業部門

共通7産業分類	共通24産業分類	ISIC 2007
1. Energy-Intensive Mnf	1-1. Paper and Paper Products Mnf	17
	1-2. Chemical Products Mnf	20
	1.3. Stone, Clay, and Glass Mnf	23
	1.4. Iron and Steel Mnf	24
	1-5. Other Metals Mnf	25
2. Coke and Petroleum Products Mnf	2. Coke and Petroleum Products Mnf	19
3. Other Manufacturing	3. Other Manufacturing	C (excluding 6 industries above)
4. Mining	4. Mining	B
5. Electricity and Gas	5. Electricity and Gas	D
6. Transportation	6. Transportation	H
7. Other Services	7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	A
	7-2. Water Supply; Sewerage, and Waste Management	E
	7-3. Construction	F
	7-4. Wholesale and Retail	G
	7-5. Accommodation and Food Service Activities	I
	7-6. Information and Communication	J
	7-7. Financial and Insurance Activities	K
	7-8. Real Estate Activities	L
	7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	M
	7-10. Administrative and Support Service Activities	N
	7-11. Public Administration and Defence	O
	7-12. Education	P
	7-13. Human Health and Social Work Activities	Q
	7-14. Other Service Activities	R-U

定義：基本分類として、英国は 105 産業分類、独国は 45 産業分類を設定。ISIC は国際標準産業分類。

英独共通産業分類に基づき、2000 年から 2014 年における名目 GDP およびエネルギー消費の産業構成比を比較したものが、表 3 および表 4 である。エネルギー多消費製造業（共通 7 分類のうちの第 1 産業）では、GDP は両国ともに低下（英国では 2.3%から 1.4%、独国では 6.1%から 5.5%）しているが、エネルギー消費量シェアでは独国では 37.5%から 38.9%へとむしろ相対的に拡大している（英国では 17.2%から 14.0%への低下である）。製造業（第 1-3 産業）全体では、英国では GDP シェアで 14.7%から 10.2%へ大幅に減少しているものの、独国では 23.0%と不変である²³。製造業におけるエネルギー消費では、同期間において英国では生産シェアの縮小を反映して 39.1%から 33.3%へ減少しているが、独国では 55.8%から 57.8%へと増加基調にある。独国におけるこうした傾向は、この期間における外需依存型の経済成長パターンと、エネルギー多消費産業に対する保護的な価格政策などの反映であると考えられる。

²³ ESRI による日本の国民経済計算（2016 年 12 月公表）では、製造業の GDP シェアは 2000 年の 22.5%から、2010 年には 20.9%、2014 年には 19.9%へと低下している（2015 年には 20.5%へ拡大）。日独両国の比較では、2000 年時点で独国よりもわずかに下回るが（なお日本標準産業分類の国際基準からの乖離によって、日本の製造業の GDP シェアはやや過大推計であると考えられる）、図 4 のような成長要因の相違を反映して近年には乖離幅も拡大している。

表 3: 英独の名目 GDP の産業構成, 2000 年と 2014 年

	UK			Germany		
	2000	2010	2014	2000	2010	2014
1. Energy-Intensive Mnf	2.3	1.4	1.4	6.1	5.5	5.5
1-1. Paper and Paper Products Mnf	0.4	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4
1-2. Chemical Products Mnf	1.0	0.6	0.6	1.8	1.8	1.6
1.3. Stone, Clay, and Glass Mnf	0.5	0.3	0.3	0.9	0.6	0.6
1.4. Iron and Steel Mnf	0.2	0.1	0.1	0.9	0.8	0.8
1-5. Other Metals Mnf	0.2	0.1	0.1	2.0	1.9	2.0
2. Coke and Petroleum Products Mnf	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1
3. Other Manufacturing	12.1	8.3	8.7	16.6	16.5	17.3
4. Mining	2.5	2.1	1.5	0.3	0.2	0.2
5. Electricity and Gas	1.3	1.1	1.5	1.6	2.4	1.8
6. Transportation	4.7	4.2	4.6	4.2	4.6	4.5
7. Other Services	76.9	82.5	82.3	71.0	70.5	70.6
7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	0.9	0.7	0.7	1.1	0.7	0.8
7-2. Water Supply; Sewerage, and Waste Management	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1
7-3. Construction	5.9	5.7	6.0	5.1	4.3	4.5
7-4. Wholesale and Retail	11.4	11.3	10.9	10.2	9.9	9.7
7-5. Accommodation and Food Service Activities	2.7	2.5	2.9	1.6	1.4	1.5
7-6. Information and Communication	6.3	6.1	6.2	4.6	4.5	4.8
7-7. Financial and Insurance Activities	5.1	8.2	7.5	4.4	4.6	4.2
7-8. Real Estate Activities	13.7	11.6	12.6	11.0	11.5	10.9
7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	6.9	7.8	8.3	6.7	6.0	6.0
7-10. Administrative and Support Service Activities	3.2	3.4	3.8	4.0	4.6	5.1
7-11. Public Administration and Defence	4.9	5.6	5.0	6.5	6.3	6.1
7-12. Education	5.4	6.7	6.1	4.3	4.5	4.5
7-13. Human Health and Social Work Activities	6.1	7.8	7.3	6.2	7.1	7.5
7-14. Other Service Activities	3.4	4.0	3.9	4.3	4.2	4.0
Total Industries	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
of which, manufacturing (1-3)	14.7	10.0	10.2	23.0	22.2	23.0

単位：シェア (%)。出典：英国 ONS および独国 FSO の国民経済計算統計より作成。

表 4: 英独のエネルギー消費量の産業構成, 2000 年と 2014 年

	UK			Germany		
	2000	2010	2014	2000	2010	2014
1. Energy-Intensive Mnf	17.2	14.2	14.0	37.5	38.0	38.9
1-1. Paper and Paper Products Mnf	2.1	1.7	1.5	3.3	4.1	3.9
1-2. Chemical Products Mnf	6.3	4.9	4.3	17.2	18.5	19.1
1.3. Stone, Clay, and Glass Mnf	2.4	2.6	2.4	4.3	3.8	3.9
1.4. Iron and Steel Mnf	4.9	3.7	5.0	11.0	9.6	9.7
1-5. Other Metals Mnf	1.5	1.3	0.8	1.7	2.1	2.3
2. Coke and Petroleum Products Mnf	8.6	8.5	8.2	3.8	3.8	4.0
3. Other Manufacturing	13.2	11.1	11.1	14.6	14.8	14.9
4. Mining	5.5	5.1	4.4	1.1	0.9	0.7
5. Electricity and Gas	5.8	7.2	7.6	0.4	0.8	0.8
6. Transportation	19.1	21.4	23.5	10.8	11.2	11.4
7. Other Services	30.5	32.3	31.3	31.8	30.5	29.3
7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	2.0	2.2	2.3	2.2	2.3	2.6
7-2. Water Supply; Sewerage, and Waste Management	0.7	0.6	0.6	2.4	2.3	2.2
7-3. Construction	3.4	4.3	4.8	3.3	2.6	2.7
7-4. Wholesale and Retail	7.3	8.6	8.6	7.4	6.3	6.0
7-5. Accommodation and Food Service Activities	1.9	2.2	2.1	2.0	2.0	1.8
7-6. Information and Communication	1.4	1.7	1.6	1.7	1.7	1.5
7-7. Financial and Insurance Activities	1.9	1.8	1.7	0.8	0.7	0.6
7-8. Real Estate Activities	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8
7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	1.2	1.4	1.4	1.9	2.5	2.5
7-10. Administrative and Support Service Activities	0.6	0.6	0.7	0.3	0.4	0.4
7-11. Public Administration and Defence	3.2	2.5	2.0	2.5	2.4	2.2
7-12. Education	1.9	1.5	1.3	1.6	1.7	1.3
7-13. Human Health and Social Work Activities	2.2	2.2	1.6	2.3	2.8	2.7
7-14. Other Service Activities	1.6	1.8	1.6	2.6	2.2	1.9
Total Industries	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
of which, manufacturing (1-3)	39.1	33.9	33.3	55.8	56.6	57.8

出典：英国は ONS による環境勘定 (ONS, 2016b)、独国は FSO による環境・経済統合計算 (FSO, 2016) より作成 (調整は脚注 17)。

生産活動全体として測定されるエネルギー生産性 (第 3 節表 1 における c-1) に対し、共通 7 産業分類、共通 24 産業分類、そして各国の基本分類 (英国 105、独国 45) のそれぞれを測定単位としてそれぞれの産業別エネルギー生産性を測定し、(5)式の第 2 項に基づき集計されるエネルギー生産性の成長率を比較したものが図 13 である²⁴。英国では、2000–14 年におい

²⁴ 図 13 のような産業統御の影響を評価するため、ここでは英独それぞれに、本稿で定義される基本分類での産業データより、生産活動全体、共通 7 産業分類、共通 24 産業分類へと chained-Laspeyres 指数によって実質 GDP を集計

て生産全体として観測される年率 3.05%から、共通 7 産業分類での測定では 1.59%、共通 24 産業分類測定では 1.41%、そして基本分類でも 1.48%となり、産業統御によって必ずしも単調に逓減するわけではないものの、この期間の見かけ上のエネルギー生産性のおよそ半分は産業構造要因によるものであると評価される。他方、独国では、見かけ上のエネルギー生産性（年平均 1.53%）から、産業統御によってそれぞれ 1.10%、0.91%そして 0.39%へと低下している。生産活動全体における年率 1.53%のエネルギー生産性の改善は、独国における過去の経験値を上回るものではないが、その見かけ上の改善の 2/3 以上は産業構造要因によって

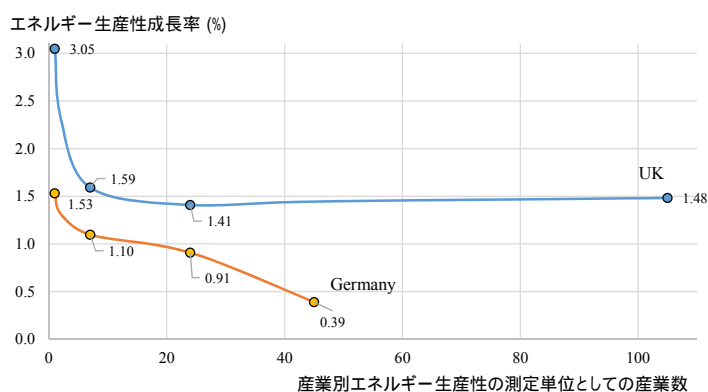


図 13：産業細分化によるエネルギー生産性測定値の変化

英独各国における基本分類に基づく推計値を基本として、(産業統御後の)生産活動全体のエネルギー生産性改善の産業起因について分解をおこなったものが表 5 である。産業統御によって英国のエネルギー生産性成長率は、見かけ上の改善より年率 1.48% (2000-14 年) にまで半減したものの、そのうちの 0.94%ポイントは、サービス業 (共通 7 産業分類の第 7 産業) による影響である。独国においても、エネルギー多消費製造業におけるエネルギー生産性の改善も見出されるが、より大きな貢献はサービス業による。

し、仮想的にそれぞれの産業集計レベルにおける生産量とエネルギー生産性とを定義することで試算をおこなっている。両国の公式国民経済計算も同様な指数算式によって集計がおこなわれているものの、公式統計ではより細かい産業分類からの集計であることから、生産活動全体で定義されるエネルギー生産性成長率はわずかに表 1 (第 3 節) の c-1 とは乖離していることに留意されたい。

表5：英独における生産者のエネルギー消費変化の要因分解, 2000-14年

	UK		Germany	
	寄与度	成長率	寄与度	成長率
c) 生産者のエネルギー消費	-1.43	-1.43	-0.36	-0.36
c-1) エネルギー生産性 (AEP)	-1.48	1.48	-0.39	0.39
1. Energy-Intensive Mnf	-0.30	1.94	-0.23	0.60
1-1. Paper and Paper Products Mnf	-0.06	3.23	-0.03	0.77
1-2. Chemical Products Mnf	-0.19	3.54	-0.07	0.40
1.3. Stone, Clay, and Glass Mnf	-0.03	1.40	-0.04	0.89
1.4. Iron and Steel Mnf	0.02	-0.39	-0.11	1.02
1-5. Other Metals Mnf	-0.04	3.66	0.01	-0.57
2. Coke and Petroleum Products Mnf	0.09	-1.11	0.30	-7.77
3. Other Manufacturing	-0.28	2.32	-0.19	1.32
4. Mining	0.21	-4.20	0.01	-0.94
5. Electricity and Gas	0.00	0.05	0.02	-3.93
6. Transportation	-0.25	1.19	0.13	-1.20
7. Other Services	-0.94	3.05	-0.43	1.41
7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	-0.04	1.64	0.07	-2.76
7-2. Water, Sewerage and Waste Management	-0.02	3.63	-0.04	1.75
7-3. Construction	0.00	-0.08	-0.02	0.61
7-4. Wholesale and Retail	-0.17	2.14	-0.21	3.07
7-5. Accommodation and Food Service Activities	-0.05	2.50	0.00	0.17
7-6. Information and Communication	-0.06	3.94	-0.10	6.15
7-7. Financial and Insurance Activities	-0.07	4.00	0.00	-0.01
7-8. Real Estate Activities	-0.06	6.35	-0.01	1.66
7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	-0.06	4.42	0.04	-1.59
7-10. Administrative and Support Service Activities	-0.02	3.28	0.00	-0.80
7-11. Public Administration and Defence	-0.13	5.20	-0.04	1.72
7-12. Education	-0.07	4.43	-0.02	1.04
7-13. Human Health and Social Work Activities	-0.14	7.68	-0.04	1.64
7-14. Other Service Activities	-0.04	2.38	-0.06	2.63
c-2) 生産量	0.05	0.05	0.03	0.03
1. Energy-Intensive Mnf	-0.14	-0.91	0.19	0.51
1-1. Paper and Paper Products Mnf	-0.01	-0.61	0.06	1.62
1-2. Chemical Products Mnf	-0.03	-0.53	0.14	0.76
1.3. Stone, Clay, and Glass Mnf	0.00	-0.10	-0.01	-0.18
1.4. Iron and Steel Mnf	-0.07	-1.52	-0.02	-0.19
1-5. Other Metals Mnf	-0.03	-2.24	0.02	1.19
2. Coke and Petroleum Products Mnf	-0.25	-2.93	-0.30	-7.69
3. Other Manufacturing	-0.04	-0.29	0.16	1.11
4. Mining	-0.36	-7.22	-0.04	-4.00
5. Electricity and Gas	0.02	0.35	0.00	0.10
6. Transportation	0.26	1.22	-0.14	-1.22
7. Other Services	0.54	1.76	0.15	0.48
7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	0.02	1.01	-0.05	-1.98
7-2. Water, Sewerage and Waste Management	0.01	1.27	0.02	0.87
7-3. Construction	0.03	0.83	-0.04	-1.33
7-4. Wholesale and Retail	0.14	1.76	0.09	1.29
7-5. Accommodation and Food Service Activities	0.03	1.68	-0.01	-0.75
7-6. Information and Communication	0.05	3.29	0.08	4.77
7-7. Financial and Insurance Activities	0.03	1.77	-0.02	-2.07
7-8. Real Estate Activities	0.04	4.53	0.01	1.43
7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	0.05	4.04	0.00	0.04
7-10. Administrative and Support Service Activities	0.02	3.62	0.01	2.05
7-11. Public Administration and Defence	0.01	0.30	0.01	0.44
7-12. Education	0.01	0.52	-0.01	-0.38
7-13. Human Health and Social Work Activities	0.07	3.70	0.06	2.41
7-14. Other Service Activities	0.02	1.04	0.00	-0.16

定義：年平均成長率 (%)。基本分類 (英国は 105 産業分類、独国は 45 産業分類) に基づく推計値からの集計値。

サービス業 (共通 7 産業分類の第 7 産業) の内訳 (共通 24 産業での 14 産業、ただし農林水産業を含む) における、2000-14 年のエネルギー生産性とエネルギー消費量の成長率とを比較したものが図 14 である。英国では軒並み高いエネルギー生産性の改善を示しているが、もっとも大きな寄与度となる卸売・小売業などにおいてエネルギー消費の減少はわずかに留まりながらも、むしろ生産量の拡大そのものによってエネルギー生産性が改善している。次節では英国におけるサービス業において、さらに生産拡大要因の統御を試みる。

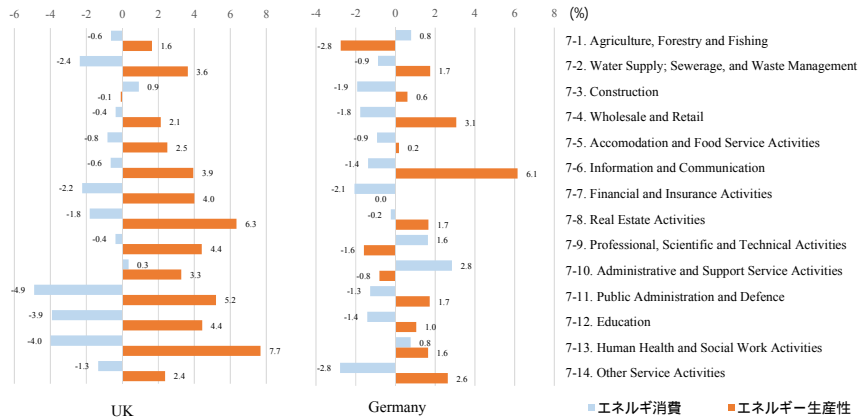


図 14：英国サービス業のエネルギー生産性とエネルギー消費, 2000-14 年

4.3 サービス業における生産要因の統御

前節の測定値にみるように、サービス業におけるエネルギー生産性改善は生産拡大による影響を強く反映している。卸売業などでは、生産額（マージン額）の拡大は必ずしもエネルギー消費量の増加を伴うことなく、エネルギー生産性のみを上昇させる効果を持ちうる。それは省エネの反映であるよりも、景気拡大に依存するものであり、逆に景気後退期には直接的にエネルギー生産性の悪化となる。ここでは英国の基本分類とした産業 105 分類において、サービス業における生産要因を分離することを試みる。いま産業別エネルギー消費需要関数を次のように定式化する。

$$(6) \quad E_{j,t} = (e_{j,t})^{-1} Y_{j,t}^{\theta_j}$$

ここで θ_j はエネルギー需要の生産弾性に関するパラメタ ($0 \leq \theta_j \leq 1$ 、時点間固定) であり、 $e_{j,t}$ は可変である。このときエネルギー生産性 $\varepsilon_j (\equiv Y_j/E_j)$ の成長率は、

$$(7) \quad \frac{\dot{\varepsilon}_j}{\varepsilon_j} = (1 - \theta_j) \frac{\dot{Y}_j}{Y_j} + \frac{\dot{e}_j}{e_j}$$

のように分解される。右辺第一項はエネルギー生産性の変化率のうち（エネルギー消費の拡大を伴わない）生産規模の拡大による要因であり、第二項がその影響を排した真のエネルギー生産性である。 $\theta_j = 1$ のとき、生産の拡大は(6)式において比例的にエネルギー需要の拡大をもたらすから、(7)式右辺第一項において生産規模拡大要因はゼロであり、エネルギー生産性は第二項に一致する ($\dot{\varepsilon}_j/\varepsilon_j = \dot{e}_j/e_j$)。一方、 $\theta_j = 0$ のとき生産の拡大はエネルギー需要の増加をもたらさないから、(7)式左辺において測定されるエネルギー生産性の変化は、真のエネルギー生産性の改善（第二項）に生産規模拡大の成長率（第一項）を加えたものとなる。前節までの分解は、陰伏的に $\theta_j = 1$ のもとでの評価であると解される。(7)式のようなエネルギー生産性の分解によれば、前節における(5)式は、

$$(8) \quad \frac{\dot{E}}{E} = \sum_j w_j \theta_j \left(\frac{\dot{Y}_j}{Y_j} \right) - \sum_j w_j \left(\frac{\dot{e}_j}{e_j} \right)$$

のように再定義される。ここで右辺第一項が生産構造要因であり、第二項が（生産要因の統御後の）真のエネルギー生産性の改善要因となる。

英国のサービス業（共通 7 産業分類における第 7 産業）において(8)式による分解をおこなう。第 7 産業は、共通 24 産業分類では 14 の産業（農業を含む）からなり、それは基本分類に基づけば 51 の産業から形成される。図 15 はもっとも細かい基本分類において推計された生産弾性 θ_j である²⁵。サービス業では θ_j が 0.2 を下回る産業が 3/4 を占めており、生産拡大期には省エネによらずとも、それ自体がエネルギー生産性 ε_j を高める効果を持つことになる。



図 15：英国サービス業におけるエネルギー需要の生産弾性値

図 15 の生産弾性値の想定のもとで、各サービス業における(7)式に再定義されたエネルギー生産性の試算をおこない、(8)式に基づき共通産業分類へと集計したものが表 6 である。前節表 5 におけるサービス業のエネルギー生産性の寄与度（年率 0.94%ポイント）は、生産要因の統御によっては 0.48%ポイントへとほぼ半減している。それによって生産活動全体のエネルギー生産性の寄与度は、サービス業の生産要因統御前の 1.48%ポイントから 1.02%ポ

²⁵ ここでは切片項なしの対数線形関数の想定のもとで、1997-2014 年の各年次成長率データに基づき二段階最小二乗法によって生産弾性を推計している。操作変数は各産業における付加価値価格指数とした。サンプル数の制約もあり弾性値が不安定な産業もあるが、推計値が負値あるいは 1 を上回る際にはそれぞれ 0 および 1 と設定している。

イントへ低下している。一国集計レベルで測定される見かけ上のエネルギー生産性（3.05%ポイント）からみれば、およそその2/3は英国における産業構造要因とサービス業における生産要因によって説明されるものとなる。狭義に捉えられる技術的な省エネは、この期間における英国のエネルギー消費量の減少の1/3以下の要因であるに過ぎない。

表6：英国のサービス業における生産要因の統御, 2000-14年

	生産要因の統御後		統御前	
	寄与度	成長率	寄与度	成長率
c-1) エネルギー生産性(AEP)	-1.02	1.02	-1.48	1.48
7. Other Services	-0.48	1.54	-0.94	3.05
7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	-0.01	0.64	-0.04	1.64
7-2. Water, Sewerage and Waste Management	-0.02	2.38	-0.02	3.63
7-3. Construction	0.01	-0.19	0.00	-0.08
7-4. Wholesale and Retail	-0.05	0.69	-0.17	2.14
7-5. Accommodation and Food Service Activities	-0.02	0.87	-0.05	2.50
7-6. Information and Communication	-0.02	0.99	-0.06	3.94
7-7. Financial and Insurance Activities	-0.05	2.48	-0.07	4.00
7-8. Real Estate Activities	-0.02	1.82	-0.06	6.35
7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	-0.02	1.16	-0.06	4.42
7-10. Administrative and Support Service Activities	0.00	0.30	-0.02	3.28
7-11. Public Administration and Defence	-0.13	4.90	-0.13	5.20
7-12. Education	-0.06	3.91	-0.07	4.43
7-13. Human Health and Social Work Activities	-0.07	3.99	-0.14	7.68
7-14. Other Service Activities	-0.02	1.34	-0.04	2.38
c-2) 生産量	-0.42	-0.42	0.05	0.05
7. Other Services	0.08	0.26	0.54	1.76
7-1. Agriculture, Forestry and Fishing	0.00	0.00	0.02	1.01
7-2. Water, Sewerage and Waste Management	0.00	0.02	0.01	1.27
7-3. Construction	0.03	0.73	0.03	0.83
7-4. Wholesale and Retail	0.03	0.32	0.14	1.76
7-5. Accommodation and Food Service Activities	0.00	0.04	0.03	1.68
7-6. Information and Communication	0.01	0.34	0.05	3.29
7-7. Financial and Insurance Activities	0.00	0.24	0.03	1.77
7-8. Real Estate Activities	0.00	0.00	0.04	4.53
7-9. Professional, Scientific and Technical Activities	0.01	0.78	0.05	4.04
7-10. Administrative and Support Service Activities	0.00	0.64	0.02	3.62
7-11. Public Administration and Defence	0.00	0.00	0.01	0.30
7-12. Education	0.00	0.00	0.01	0.52
7-13. Human Health and Social Work Activities	0.00	0.00	0.07	3.70
7-14. Other Service Activities	0.00	0.00	0.02	1.04

定義：年平均成長率（%）。基本分類（英国は105産業分類、独国は45産業分類）に基づく推計値からの集計値。サービス業（共通7産業のうちの第7産業）以外については、表5から変更はない。

5 結び

域内における再エネの大幅な推進後、EUでは今後のエネルギー政策のコアとして“Efficiency First”（エネルギー生産性の改善を第一に）を掲げ、2030年におけるエネルギー消費量を（BaUシナリオに比して）27-30%削減することをターゲットとしている。独国も“Energie Vende”（エネルギー転換）のもと、2050年にはエネルギー消費量（2008年値）の50%削減を目標とする。それは産業競争力を損ねるものではなく、むしろ競争力を強化し経済成長に寄与するものであるという期待が高まりをみせている（ECF, 2016）。しかし本稿での分析によれば、独国における見かけ上のエネルギー生産性の改善（2000-14年における年率1.53%）の2/3以上は産業構造要因に起因するものである。独国においてもマイクロレベルでは省エネ事例が喧伝されるものの、集計レベルではわずかな改善に留まり、同国における将来目標は依然として期待の域を出るものではない。この期間、賃金上昇抑制によって独国経済における内需拡大は限定的であり、経済成長の半分は外需に依存している。英国に比して製造業が順調に成長した独国経済においても、個々の製造業におけるエネルギー生産性に大

きな改善は見出せない。また外需拡大に大きく依存した同国の経済成長パターンは長期的には持続困難となろう。その修正を余儀なくされるとすれば、サービス化の進行が生産構造要因としてマクロのエネルギー生産性を改善させるものとなるかもしれない。

2000–14年、英国では年率3%を超えるエネルギー生産性改善へと加速してきた。本稿での分析によれば、英国における産業構造要因の統御は見かけ上のエネルギー生産性改善を半減させ、またサービス業における生産要因の統御を合わせると、その2/3以上は生産構造の変化に起因すると捉えられる。Brexit後の移民流入の抑制による経済成長の減速や、製造業への回帰による生産構造の変化は、英国における今後のエネルギー生産性改善を大きく減速させるものと考えられる。

リーマンショックおよび東日本大震災後の日本における急速なエネルギー生産性の改善や、電力・エネルギー需要の減少に関する分析のためには、産業構造変化に関する直近のデータの蓄積、とくに2015年産業連関表基本表としてベンチマークとなる生産構造把握の改定を待たなければならないだろう。しかし英独経済の経験したエネルギー生産性の改善における要因分析は、直近の日本の改善が省エネによる成果であるよりも、国内生産における生産構造変化が主要因であることを示唆するものである。サービス業のエネルギー生産性改善は、規制的手段などによるエネルギー消費の抑制よりも、サービス業の生産拡大自体によることが大きい。省エネ政策の策定においては、製造業の空洞化やサービス業における高コスト化を強いることで見かけ上のエネルギー生産性の改善が実現するものとならないよう、慎重な検討が求められる。

参考文献

- APO (2016) *APO Productivity Databook 2016*, Tokyo: Asian Productivity Organization, September.
- Bofinger, Peter (2015) “German Wage Moderation and the EZ Crisis,” VoxEU, November 30.
- Bofinger, Peter (2016) “German Macroeconomic: The Long Shadow of Walter Eucken,” VoxEU, June 7.
- Carter, Richard, John Fawcett, Jennifer Hindson, and Paula Owen (2012) *Evaluation of the Market Transformation Programme*, Databuild Ltd., April 19.
- CFM-CEPR Surveys (2016) “German Current Account Surpluses,” October 12.
- European Climate Foundation (2016) “Efficiency First: A New Paradigm for the European Energy System- Driving Competitiveness, Energy Security and Decarbonisation through Increased Energy Productivity,” June.
- FSO (2016) *Economy and Use of Environmental Resources- Tables on Environmental-Economic Accounting*, Federal Statistical Office Germany, May.
- House of Lords (2005) *Energy Efficiency*, Science and Technology Committee, UK Parliament.
- IEA (2016) “Decoupling of Global Emissions and Economic Growth Confirmed,” International Energy Agency, March 16, 2016.
- IMF (2016) “Article IV consultation for Germany,” June.
- Kallakuri, Chetana, Shruti Vaidyanathan, Meegan Kelly and Rachel Cluett (2016) “The 2016 International Energy Efficiency Scorecard,” American Council for an Energy-Efficient Economy

(ACEEE), Report E1602.

OECD (2016) *OECD Compendium of Productivity Indicators 2016*, Paris: OECD, May.

ONS (2016a) “Multi-factor Productivity Estimates: Experimental Estimates to 2014,” Office of National Statistics, May.

ONS (2016b) “UK Environmental Accounts,” Office of National Statistics, July 5.

Portes, Jonathan and Giuseppe Forte (2017) “The Economic Impact of Brexit-induced Reductions in Migration to the UK,” VoxEU, January 5.

Timmer, Marcel P., Erik Dietzenbacher, Bart Los, Robert Stehrer and Gaaitzen J. de Vries (2015) “An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production,” *Review of International Economics*, Vol.23, pp.575–605.

McGuinness, Feargal and Oliver Hawkins (2016) “Impacts of Immigration on Population and the Economy,” Briefing Paper No. 7659, the House of Commons, UK Parliament, July 25.