

中国の石炭フェーズアウトに関する研究

－その1 石炭消費の現状と影響要因の分析－

周 瑋生・王 婕・凌 奕樹・千 曠娥・宮脇 昇

Study on Coal Phase out in China: Part 1 Current Status of Coal Consumption and Analysis of Influencing Factors

Weisheng ZHOU, Jie WANG, Yishu LING, Kungah CHEON, Noboru MIYAWAKI

Abstract

Coal phase-out is crucial for China to achieve the INDC goal of Paris Agreement and the goal of carbon neutrality in 2060. As a part of the research on coal elimination in China, this study analyzes the current situation of coal consumption in China and the factors affecting the increase or decrease of coal consumption through LMDI analysis method and data analysis, and then clarifies the reasons for the change of coal consumption in various industries. The energy consumption data of China's economic growth since 2000 shows that the energy consumption structure is getting lower and lower, the industrial structure of the tertiary industry exceeds that of the secondary industry, and the energy use efficiency is improved. It is found that economic growth contributes the most to the growth of coal consumption in China, while energy intensity contributes the most to the decline of coal consumption. We also find that the contribution of energy consumption structure to the increase or decrease of coal consumption is relatively small, and loose population growth has almost no effect on coal consumption. This means that in order to reduce coal consumption in the future, it is necessary to seek further changes in energy consumption structure, such as using renewable energy. For the change of energy intensity, it is considered that the adoption of large-scale and high-efficiency power generation equipment in power sector, the shutdown of small-scale and low-efficiency power generation equipment, the implementation of technical upgrading and transformation policies for power generation equipment, the improvement of production efficiency in iron and steel sector, and the transfer of the focus of economic development from the secondary industry to the tertiary industry are all factors.

1. はじめに

IPCC 第1作業部会第6次報告書(自然科学的根拠)は、産業革命前と比べた世界の気温上昇が2021～40年に1.5度に達するとの予測を公表し、2018年時点の想定より10年ほど早くなり、人間活動の温暖化への影響は「疑う余地がない」と断定し、自然災害を増やす温暖化を抑えるには二酸化炭素(CO₂)の排出を実質ゼロにする必

要があると指摘した(IPCC AR6, 2021)。中国は世界のエネルギー起源二酸化炭素(CO₂)排出の約3割を占める世界最大の排出国であり、世界的な気温上昇1.5度(産業革命前との比較)目標達成の可否は、中国の削減次第といっても過言ではない。エネルギーシステムの脱炭素化はその目標達成のカギとなる。

中国が「パリ協定」で公示されたNDC目標は、2030年までにGDP当たりCO₂排出量を2005年比60～65%

削減ではあったが、その後、65%以上削減と引き上げられた。また、中国は、2020年9月22日に開催された国連総会で、CO₂排出量を2030年までに減少に転じさせ、2060年までにCO₂排出量と除去量（吸収量）を差し引きゼロにするカーボンニュートラル（炭素実質ゼロ）を目指す目標（いわゆる「3060」目標）を掲げていた。この「3060」目標の達成のためには、エネルギー起源のCO₂の排出をいち早く削減し、脱炭素に向かう必要がある。なかでもCO₂を大量に排出する石炭消費は最優先で削減していくこと、いわゆる石炭のフェーズアウトは目標達成に不可欠である。ただし、中国のエネルギー消費構造から見ると、エネルギー消費の約6割は石炭で賄われている。CO₂排出の現状において、エネルギー起源CO₂排出が8割以上を占める。石炭は、中国のベースロードエネルギー源であり、石炭のフェーズアウトは決して容易なことではないので、その消費の現状と影響要因の解明が求められる。

中国の石炭は主に石炭火力発電、鉄鋼、建築、石炭化学などの産業に使われている。2015年に、これらの石炭多消費産業はそれぞれ中国の石炭消費割合の51.2%、15.7%、12.2%、7.8%を占め、いずれの産業も設備過剰問題が深刻である(JOGMEC, 2017)。既存研究において、石炭消費割合の半分以上占めている石炭火力発電産業

の生産能力は過剰と言える(F.M. Menezes, X. Zheng, 2018)(X. Ouyang, B. Lin, 2015)(Z. Ming et al., 2016)。さらに、2014年以降の中国の石炭消費量の減少が注目されている。この現象に対し、産業構成の変化や資源エネルギーの輸出入価格の変化が要因と考えられる(X. Tang et al., 2018)。今年3月に発表された中国政府活動報告の中では、2030年までの温暖化ガス排出量のピークアウトに向けた行動計画（ロードマップ）を策定することを明文化した。

本文は、中国における石炭のフェーズアウトに関する研究の一環として、LMDI分析法等データ分析から、中国の石炭消費の現状及び石炭消費の増減に影響を与える要因を分析したうえ、産業部門別で石炭消費量の変動原因を解明することを目的とする。

2. 中国におけるエネルギー消費の現状

中国の一次エネルギー消費量の内訳と石炭消費量の割合を図1に示す。中国の一次エネルギー消費量は右肩上がりで、2019年の一次エネルギー消費量は2000年より3.3倍に伸び、48.9億トン標準炭（石炭換算のこと。標準炭1トン＝石油換算0.7トン。以下同）に達した。

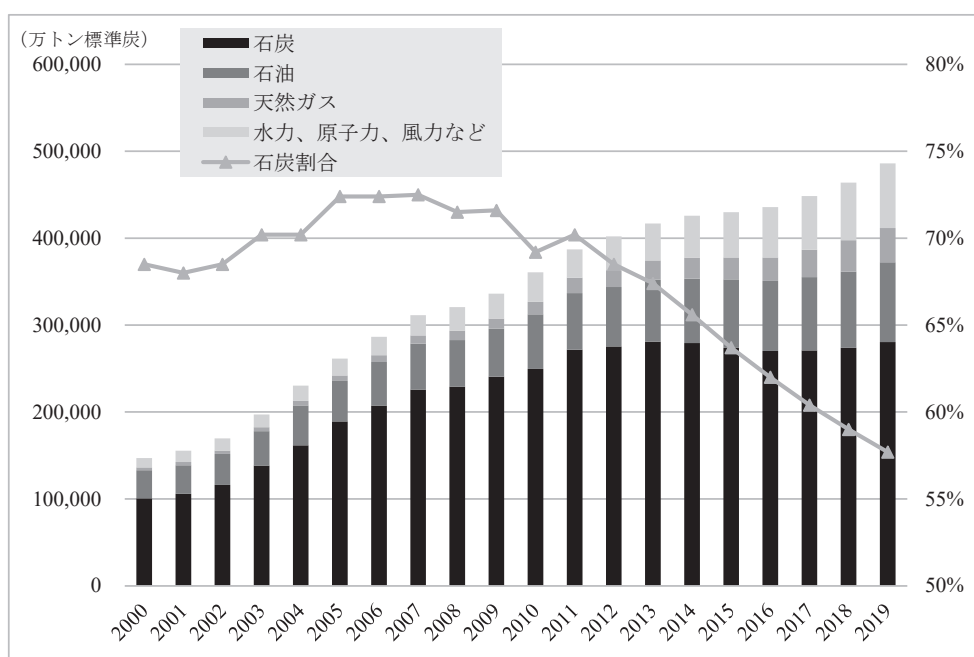


図1 中国の一次エネルギー消費量の内訳と石炭消費量割合の推移

出典：中国国家統計局データより筆者作成

その中、石炭消費比率は最も大きい。2002年以降のエネルギー消費激増は主に石炭によるものである。2013年の中国の石炭消費量は28.1億トン標準炭であり、一時的にピークを迎えた。2014-2016年は3年連続減少したが、2017年から再び上昇に転じ、2019年に2013年のピーク水準に戻った。石炭消費の割合推移から見てみると、2011年まではほぼ7割占めているが、それ以降の下落趨勢が明らかになり、2019年は一次エネルギー消費量の57.7%にまで減少している。それに対して、2000年から2019年までに天然ガスの消費シェアは2.2%から8%に上昇し、風力、水力など再生可能エネルギーの消費シェアは7.3%から15%に増加した。すなわち、中国はエネルギー消費が増加する一方、エネルギー消費構造の変化（改善）も進んでいる。

図2は、中国のGDPあたり一次エネルギー消費量と一人当たりGDPの推移を示す。2000年から、一人当たりGDPは右肩上がりだが、GDPあたり一次エネルギー消費量は急速に低下しており、2017年では0.54トン標準炭/万元（2000年の1/3程度）になった（1元は約17円、2021年8月25日レート、以下同）。

図3は中国の一次エネルギー消費増加率と経済成長率の推移を示す。中国は2000年以降一部の時期（2002-2004年）を除く一次エネルギー消費成長率が経済成長率を一貫して下回る。すなわち、中国において、エネルギー弾性値が低く、経済活動におけるエネルギー効率が高まっていることが分かる。これは、エネルギー消費の少ない第三次産業の比率が大きくなっているのが原因の一つだと考えられる（図4）。

図4は産業別GDP貢献率の推移を示した。一次産業

のGDP貢献率はほぼ変わっておらず、1割未満を占めている。二次産業のGDP貢献率は2011年までほぼ半分を占めていたが、2012年以降は下落し、2019年に約37%まで減少した。それに対して、三次産業は2012年から増加傾向が見られ、2015年に二次産業の貢献率を超え、2019年に59.4%に達した。

以上のデータによると、中国の一人当たりGDPと人口の上昇、GDPあたりエネルギー消費量の下落が続く一方、石炭消費シェアは2007まで上昇し、2008年以降下げてきたことがわかった。石炭消費量に影響する要因は再生可能エネルギーの利用によるエネルギー構造の変化と産業構造の変化とエネルギー効率改善などが考えられる。

以下ではLMDI (Logarithmic Mean Divisia Index) 分析法を用いて、2000年から2019年までの中国全国の石炭消費量変動の要因分析を行った上で、産業別と地域

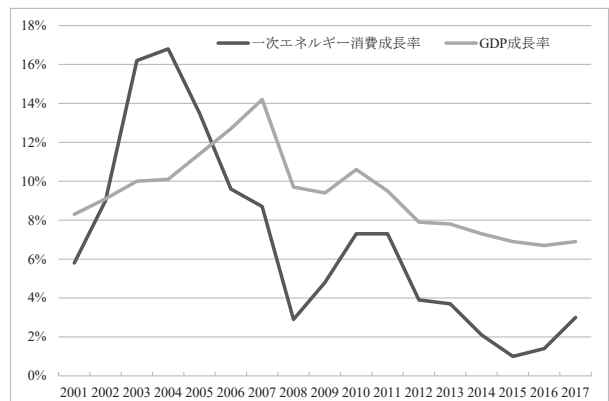


図3 中国の一次エネルギー消費成長率とGDP成長率の推移

出典：中国国家统计局データより筆者作成

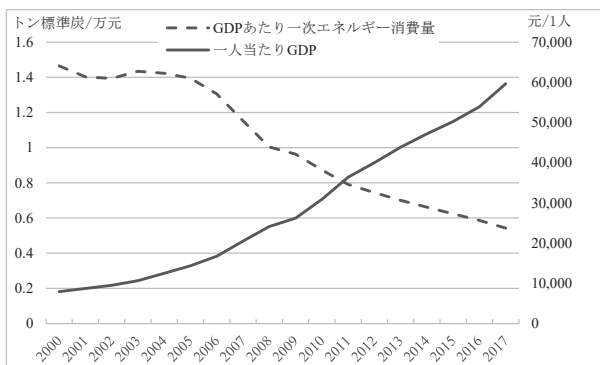


図2 中国の名目GDPあたり一次エネルギー消費量(左軸)と一人当たり名目GDP(右軸)の推移

出典：中国国家统计局データより筆者作成

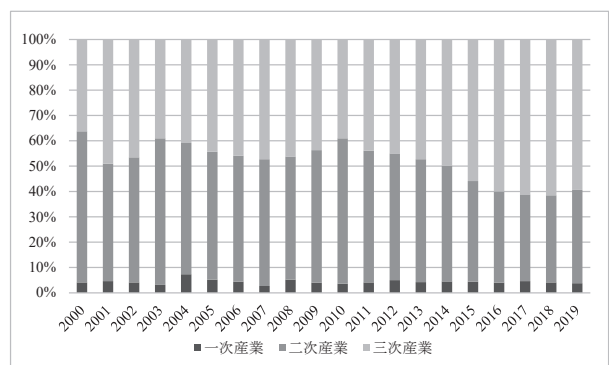


図4 産業別GDP貢献率の推移

出典：中国国家统计局データより筆者作成

別で中国石炭消費が減少に転じる原因を究明し、石炭消費における現状と課題を明確にする。

3. LMDI 分析法による中国の石炭消費量変動状況と要因の分析

本節では、2000 年から 2019 年まで中国の石炭消費量の変動および各要因の石炭消費に与える影響を計量的に解明する。CO₂ を排出する要因を一つずつ分解した式として、Kaya (1990) が提唱した「茅恒等式」が広く用いられている。式は以下のように示す。

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GDP} \times \frac{GDP}{P} \times P$$

ここで CO₂ は人為起源（エネルギー起源）の CO₂ 排出量、E はエネルギー消費量、GDP は国内総生産、P は人口を示す。本研究は石炭消費の変動状況について分析するため、CO₂ 排出量を石炭消費量に変え、D と表記し、以下のように示す。

$$D = \frac{D}{E} \times \frac{E}{GDP} \times \frac{GDP}{P} \times P = D_i \times E_i \times Y_i \times P_i$$

つまり、石炭消費量を変動させる要因は、エネルギー消費当たりの石炭消費量 D_i (D/E)、GDP 当たりのエネルギー強度 E_i (E/GDP)、一人当たり GDP Y_i (GDP/P) と人口 P_i (P) という四つに分解できる。第一項である要因 D_i はエネルギー構造の変化により変わってくる。例えば再生可能エネルギーの消費割合が増加したら、石炭など採掘資源の消費割合が減少する。第二項 E_i について、エネルギー強度を低下させる手段とし、技術発展によるエネルギー効率の向上、もしくは省エネなど政策の実施によるエネルギー消費量減少が考えられる。また産業構成の変化、つまり経済発展を二次産業から三次産業への転換も一つの要因である。第三項 Y_i は、重要なマクロ経済指標であり、人々の生活水準を表す。第四項 P_i は、世界一人口を持っている中国にとってはエネルギー消費に密接に関わる指標である。

D_i 、 E_i 、 Y_i 、 P_i の四つの要因が石炭消費量への影響を計算するために、近年エネルギー消費分析によく使われている IDA (Index Decomposition Analysis) モデルを選択した。IDA モデルは、各年間の特定の影響因子のエネルギー消費への影響を具体的に分析することがで

きる。また、数多くの指数分解法において、LMDI 法はより合理的な因子分解結果が得られるだけでなく、分解不可能な残差項はないという優位性を持っている (Ang, 2004)。したがって、LMDI 法により、kaya 恒等式に基づき、石炭消費量対前年比の年間変動を以下のように示す。

$$\Delta D = D(t) - D(t-1) = D_{ef} + E_{ef} + Y_{ef} + P_{ef}$$

前年度と比べて石炭消費量の変動 ΔD はエネルギー消費当たり石炭消費の変動 D_{ef} 、エネルギー強度の変動 E_{ef} 、一人当たり GDP の変動 Y_{ef} と人口変動 P_{ef} からなっている。また、 D_{ef} 、 E_{ef} 、 Y_{ef} 、 P_{ef} を以下のように表記する。

$$D_{ef} = \sum \frac{D(t) - D(t-1)}{\ln D(t) - \ln D(t-1)} \ln \frac{D_i(t)}{D_i(t-1)}$$

$$E_{ef} = \sum \frac{D(t) - D(t-1)}{\ln D(t) - \ln D(t-1)} \ln \frac{E_i(t)}{E_i(t-1)}$$

$$Y_{ef} = \sum \frac{D(t) - D(t-1)}{\ln D(t) - \ln D(t-1)} \ln \frac{Y_i(t)}{Y_i(t-1)}$$

$$P_{ef} = \sum \frac{D(t) - D(t-1)}{\ln D(t) - \ln D(t-1)} \ln \frac{P_i(t)}{P_i(t-1)}$$

以上の四つの要因の ΔD への寄与率をそれぞれ $\frac{D_{ef}}{\Delta D}$ 、 $\frac{E_{ef}}{\Delta D}$ 、 $\frac{Y_{ef}}{\Delta D}$ 、 $\frac{P_{ef}}{\Delta D}$ と表記する。

なお、計算に当たって、石炭消費、エネルギー消費、GDP および人口に関するデータはすべて中国国家统计局局年度データから得ている。

図 5 は 2000-2019 年の各要因の石炭消費変動の寄与率を示したもので、図 6 は 2000 - 2019 年の中国の対前年比石炭消費変動を示したものである。

図 5 と図 6 で示したように、2000 年から 2007 年まで各要因の石炭消費量変動への寄与率はゼロに近づき、横ばいとなっている。また、2008 年から 2013 年の間では、各要因の寄与率が比較的大きい変動があった。2008 年に世界規模の金融危機が起きたため、一人当たり GDP の寄与率が一時的に激しく上昇し、さらに 2013 年まで石炭消費量増加へ明らかなプラス効果を与えた。それに

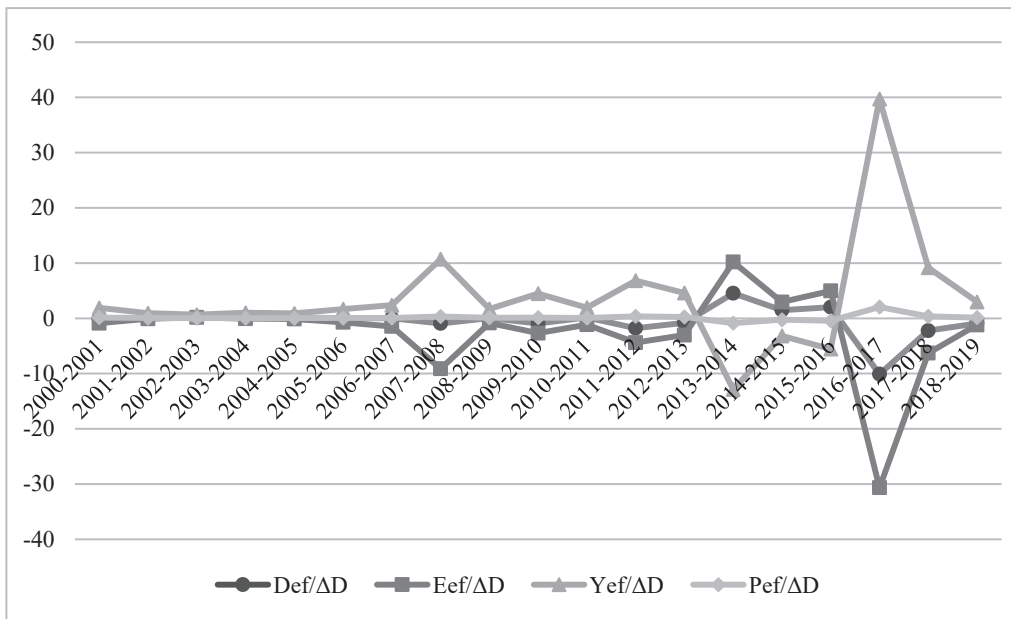


図5 2000-2019年の各要因の石炭消費変動への寄与率

出典：中国国家统计局年度データより筆者試算

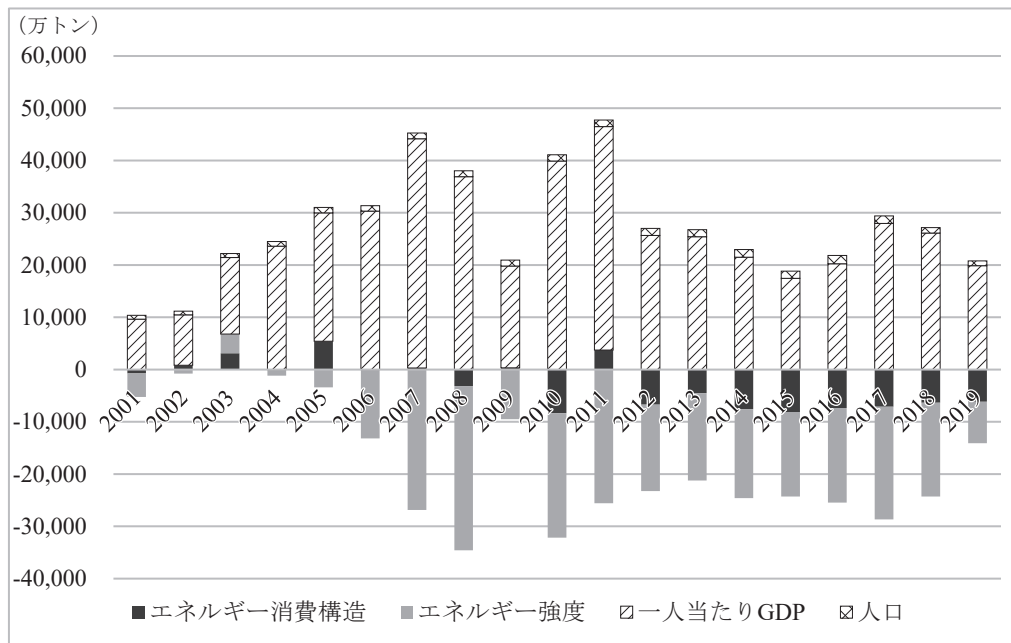


図6 2000-2019年の中国対前年比石炭消費変動

出典：中国国家统计局年度データより筆者試算

対して、エネルギー強度の寄与率は石炭消費量増加へマイナス効果を与えたことも明白である。

また、2014年から石炭消費量が減少し、エネルギー効率の向上とエネルギー消費構造の変化が石炭消費にマイナスに寄与した。しかし、2017年から中国の石炭

消費量が再び上昇し、2019年でピーク水準に戻った。経済発展がエネルギー消費当たり石炭消費とエネルギー強度という二つの要因を超え、石炭消費増加に寄与した。人口は激しい変動がないため、石炭消費量増減への寄与率はほぼ変化なかった。つまり、①石炭消費量増

加に最も寄与している要因は経済成長である。②エネルギー消費構造は依然として石炭を中心としているため、エネルギー消費当たり石炭消費が石炭消費量増減への寄与率は比較的に大きな変動がなかった。③エネルギー強度は2014年以降の石炭消費量減少に明らかなプラス効果を与え、石炭消費量が3年連続減少した最も重要な要因である。

以上に述べたことは次のようにまとめられる。まず、現在中国の石炭消費増加量へ最も寄与している要因はマクロ経済指標としての「一人当たりGDP」、すなわち経済成長である。そして、エネルギー消費当たり石炭消費量とエネルギー強度が石炭消費量の減少に寄与しており、人口増加が緩やかなためその変化による石炭消費量の増加効果はほぼ見られない。

4. 中国の石炭フェーズアウトに向けての対策行動と要因分析

4.1. 石炭消費構造の変化

図7は2011-2016年の中国の石炭消費の構造変化を、図8は中国の工業における石炭消費産業チェーンを示したものである。図7と8が示したように、2013年中国の石炭消費量は42.4億トンに達し、2014年は41.2億ト

ンに転じ、1.2億トン減少した。その中、工業は常に石炭消費量の95%前後を占めている。図9の産業別石炭消費量内訳を見ると、2014年農林水産業、建築業は88万トン、57万トン増加したが、工業と運輸・郵便業、商業・飲食業、その他のサービス業、生活消費はそれぞれ12,720万トン、57万トン、199万トン、37万トン減少した。つまり、工業以外の産業の石炭消費量変化が極めて小さく、石炭消費量の減少は主に工業と関わっている。したがって、工業における石炭消費を部門別に減少した量を究明する。

図8は中国の工業における石炭を消費している主要産業のチェーンを示す。工業における石炭消費は主に製造業と電力、ガスおよび水の生産・供給業という二つに分けることができる。各産業の川下では、製造業は主にコークス、石炭化工製品、セメント、鉄鋼など部門に使用され、電力・ガスおよび水の生産・供給業は主に石炭火力発電部門に使われている。すなわち、石炭火力発電および鉄鋼、セメント、石炭化工が四つの主要石炭消費部門である。産業チェーンに基づいて、各産業における石炭消費量の変化を把握できる。

図9は前述の石炭消費主要部門の石炭消費割合を示す。工業における石炭消費は約半分が石炭火力発電に使用され、鉄鋼とセメント、石炭化工がそれぞれ20%、8%、7%を占めている。これら四つの部門は常に工業用石炭

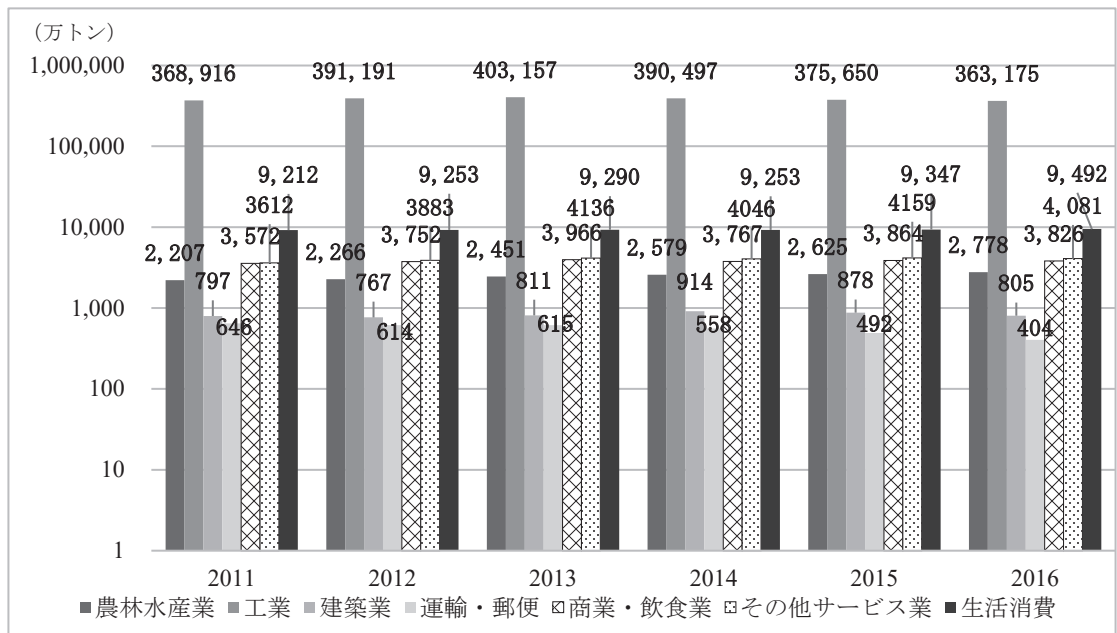


図7 2011～2016年の中国石炭消費の構造変化

出典：中国国家统计局データより筆者作成

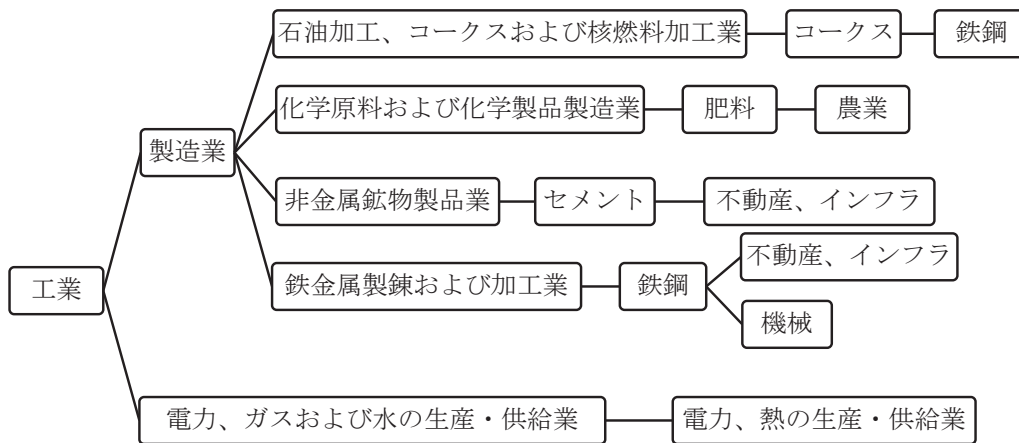


図8 中国の工業における石炭消費産業チェーン

出典：中国国家统计局「産業別石炭消費量」の分類に基づき筆者作成

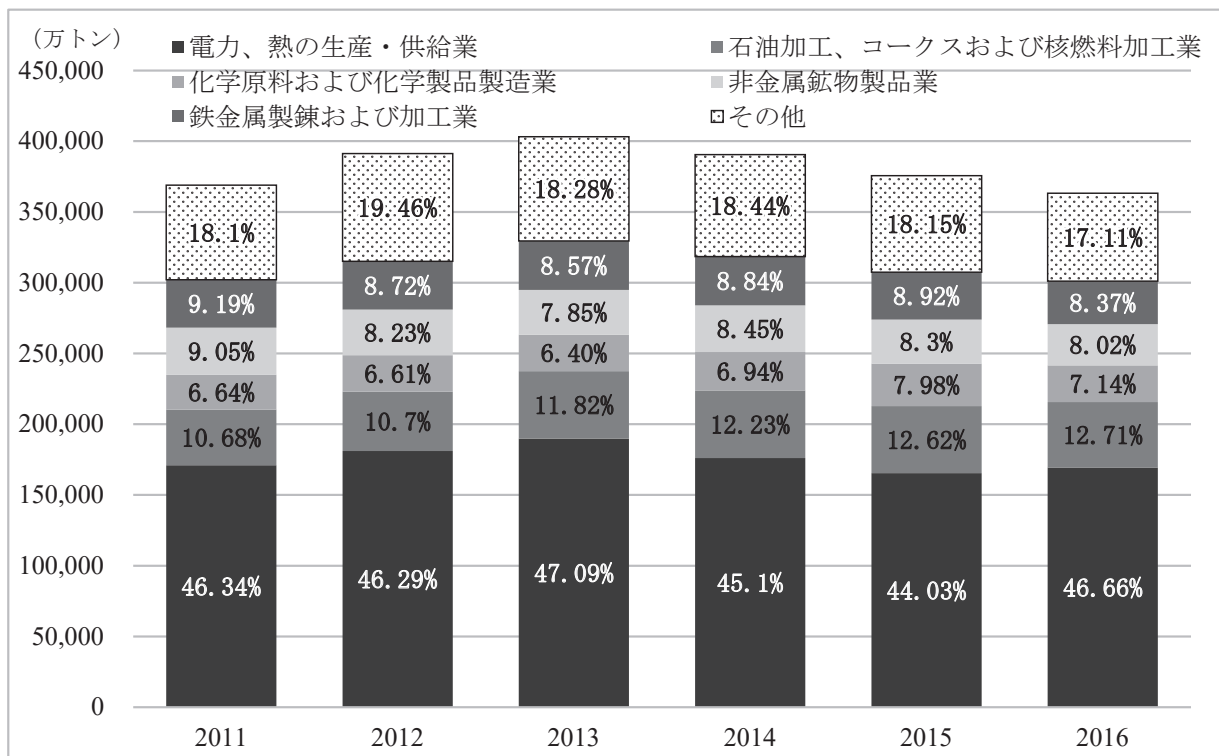


図9 2011-2016年の工業用石炭消費量および各主要部門石炭消費割合の推移

出典：中国国家统计局データより筆者作成

表1 2016-2017年の主要石炭消費部門の市販石炭消費量（億トン）

	2016	2017	対前年比
石炭火力	18.85	19.87	1.02
鉄鋼	6.26	6.35	0.09
建材	5.24	5.07	-0.17
石炭化工	2.63	2.76	0.46

出典：「中国煤炭市场发展报告 2018」に基づき筆者作成

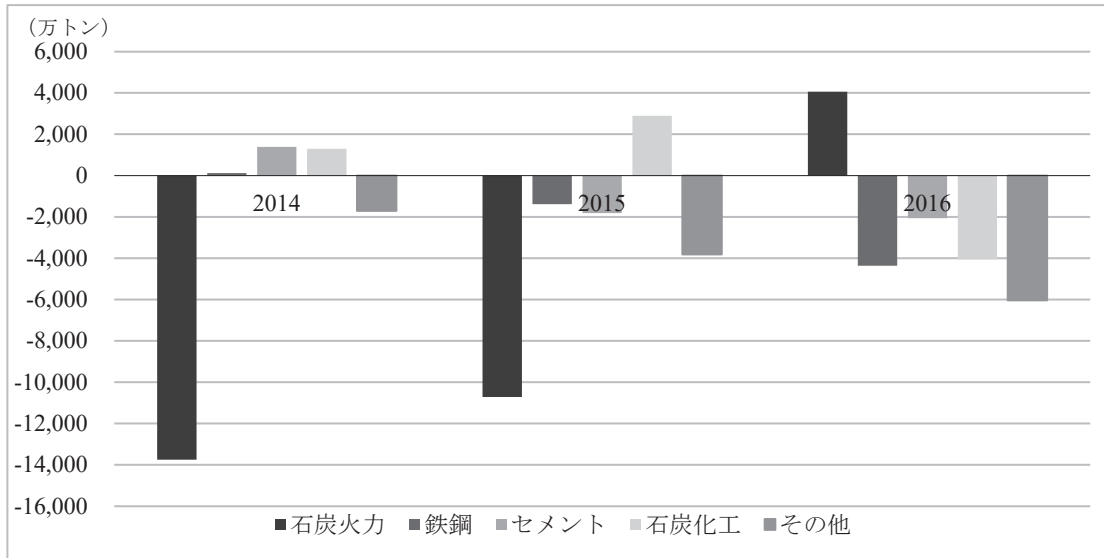


図 10 各主要部門による石炭消費量の変化

出典：中国国家統計局データより筆者作成

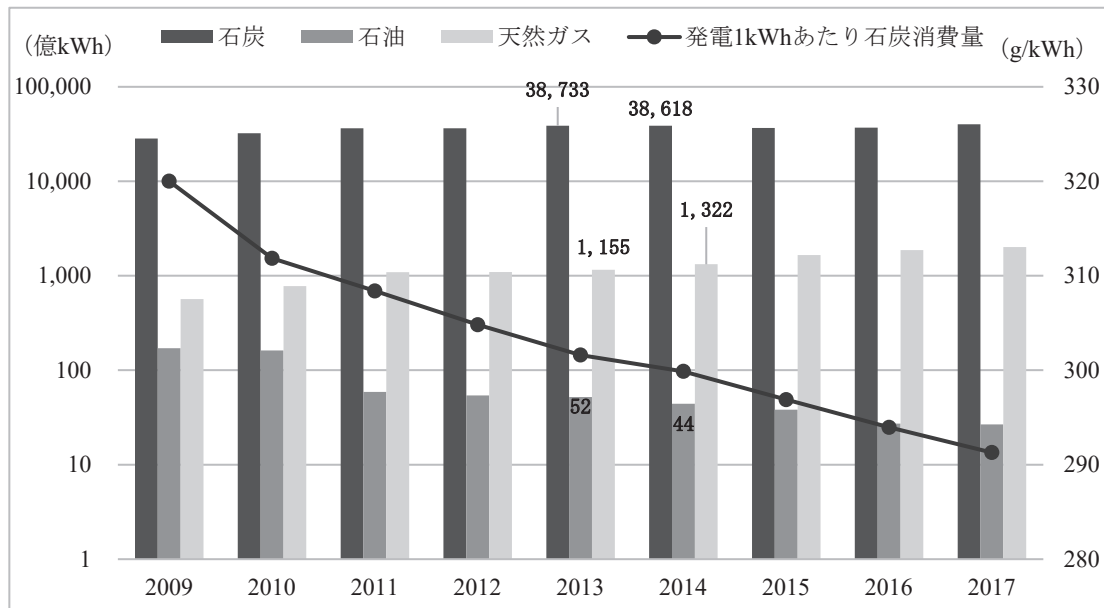


図 11 2009-2017 年火力発電量（左軸）と発電 1kWh 当たり石炭消費量（右軸）の推移

出典：中国電力企業連合会データに基づき筆者作成
 (注：6000kW 以上火力発電設備)

の 8 割以上を消費している。図 10 と表 1 は各主要部門による石炭消費量の変化を示している。2014 年に鉄鋼とセメント、石炭化工部門が対前年比 121 万トン、1,382 万トン、1,296 万トン増加したが、石炭火力発電部門は 13,750 万トンを減少した。つまり、石炭消費量が減少し始めた要因は石炭火力発電部門である。

4.2. エネルギー効率の改善

図 11 は 2009-2017 年の火力発電量と発電 1kWh 当たり石炭消費量の推移を示したものである。2013 年の中国の火力発電量は 42,134 億 kWh であり、2014 年は 42,925 億 kWh に上昇した。エネルギー別別の発電量内訳から見ると、石炭による火力発電量が 115 億 kWh を減少した。それに対して、天然ガスによる発電量は 166

億 kWh 増加した。また、2013 年から 2014 年の発電 1kWh あたり石炭消費量も 301.6g/kWh から 299.9g/kWh に減少した。すなわち、2014 年の石炭火力発電部門における石炭消費量が減少した要因は石炭火力発電量の減少と発電 1kWh あたり石炭消費量の減少（石炭発電効率の向上）である。

発電 1kWh 当たり石炭消費量の減少要因は以下のようによまとめられる。まず、2005 年「上大圧小」という「大規模・高効率」な発電機を使用し、「小規模・高排出」な発電機を停止する政策の実施により、石炭発電設備の構成が改良され、発電効率を向上することができた。中国電力企業連合会の公告によると、2005-2014 年に閉鎖・生産停止の小規模設備容量が累計 0.95 億 kW に達し、大規模超臨界圧発電設備容量が累計約 3 億 kW を運転に投入された。中国国家能源局の公告によると、2014 年末まで 600MW 以上の現役発電装置は 561 台である。その内、1,000MW の発電装置は 71 台であり、総容量は約 375.77GW に達した。300MW 以上の現役発電装置の割合も 77.7% に達し、2013 年より 1.4% 増加した。

そして、大気汚染問題の解決策とし、石炭火力発電は政策規制により省エネが進められている。2013 年 1 月から、スモッグによる大気汚染がかなり厳しい環境問題となっている。当年の 1 月 12 日、北京市内の多くの観測地点で PM2.5 の観測値が $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した。これは中国の環境基準値の約 10 倍、日本の環境基準値の約 20 倍にも達した。こうした背景で、2013 年 9 月 10 日、国務院は「大気汚染防止行動計画」（以下「行動計画」）を発表・通知し、「行動計画」では 2017 年までの中国の PM2.5 と PM10 など排出濃度低減目標を設定した。石炭燃焼が重要な排出源であることから、汚染物質を削減するため、石炭のクリーンな利用を推進することと石炭火力発電業界の高効率・クリーンな発展を実現すべきであり、中国は 2014 年より石炭火力発電超低排出・省エネ改造プロジェクトに本腰を入れている。2014 年に打ち出した「石炭発電省エネ・排出削減のレベルアップと改造の行動計画（2014-2020）」では、新規石炭火力発電設備は供給 1kWh あたり石炭消費量を 300g/kWh 以下にすること、2020 年まで運転中石炭火力発電設備を 310g/kWh 以下、600MW およびその以上の発電装置を 300g/kWh 以下に改造することを規定している。以上二つの要因とあわせて、2014 年には 1kWh 当たり石炭消費量が対前年比 2g/kWh 減少した。

4.3. 石炭生産能力と老朽化設備のフェーズアウト

表 2 に 2013-2014 年の中国各地域の石炭消費量変化を示す。地域別において、2014 年には中国の北京、天津、河北、遼寧、吉林、上海、江蘇、浙江、河南、湖北、湖南、広東、広西、四川、貴州、雲南、青海など地域の石炭消費量が減少した。これらの地域石炭消費量の減少が発生した要因は以下のようにまとめられる。

まず、2014 年において、石炭産業の生産能力フェーズアウトが展開され、3000 万トンほど技術の遅れた石炭生産工場が閉鎖され、石炭の生産企業数を 5,500 以内に抑えた。石炭生産能力の削減により、石炭消費量減少に影響を与えたことが考えられる。また、大気汚染物質の排出削減政策実施により、2014 年には全国 5.5 万台の石炭ボイラーが淘汰され、小規模の火力発電設備 200 万 kW が運転停止された。

そして、京津冀（北京・天津・河北）、長江デルタ（上海・江蘇・浙江）、珠江デルタ（広東）など地域の石炭消費量の減少は、「重点地域石炭消費減量代替管理方法」の実施に大きく関わっている。2013 年に大気汚染問題の解決策として、「大気汚染防止行動計画」が公布された。その具体策として、京津冀、長江デルタ、珠江デルタなど重点地域の PM2.5 強度を下げるため、石炭消費量低減が求められ、重点地域における石炭を消費する産業の過剰生産能力の淘汰が要求された。北京では、6,595 石炭換算トンの熱供給・石炭ボイラーの改造が完成し、都市部の石炭ボイラーがほぼ閉鎖された。天津も 118 ヶ所の石炭ボイラー改造・閉鎖が達成された。また、工業を中心としている河北省の鉄鋼生産能力が 3,000 万トン削減され、セメントの生産能力も 3,918 万トン、板硝子生産能力は 2,533.5 万換算箱を減少した。再生可能エネルギー発電設備容量も 220 万 kWh を増加した。さらに、北京・天津・河北において、石炭火力発電所の運転停止・閉鎖と「石炭から天然ガスへ」転換することにより、3.96 万台の石炭ボイラーが改造された。2015 年以前、石炭火力発電所の新規建設を規制し、既存設備のレベルアップと改造が求められた。その結果、北京・天津・河北の石炭消費量が初めて減少に転じた。

長江デルタにおいて、上海では 1,675 台の石炭ボイラー改造・生産停止が達成された。江蘇では 65.46 万 kW の石炭火力設備を閉鎖し、熱供給設備 4,273 台が合計 8,340 換算トン改造された。浙江では石炭ボイラーが 3,353 台淘汰された。珠江デルタにおいて、広東の鋼材生産能力

表2 2013-2014年中国各地域の石炭消費量変化(単位:万トン標準炭)

地区(省、市)	2013	2014	地区(省、市)	2013	2014
Beijing 北京	1,442	1,240	Henan 河南	17,899	17,322
Tianjin 天津	3,771	3,591	Hubei 湖北	8,691	8,491
Hebei 河北	22,617	21,169	Hunan 湖南	8,017	7,786
Shanxi 山西	26,169	26,849	Guangdong 広東	12,219	12,153
Neimenggu 内モンゴル	24,940	26,048	Guangxi 広西	5,246	4,855
Liaoning 遼寧	12,952	12,859	Hainan 海南	721	727
Jilin 吉林	7,439	7,414	Chongqing 重慶	4,139	4,354
Heilongjiang 黒龍江	9,476	9,711	Sichuan 四川	8,342	7,890
Shanghai 上海	4,058	3,497	Guizhou 貴州	9,751	9,370
Jiangsu 江蘇	19,962	19,224	Yunnan 雲南	6,988	6,196
Zhejiang 浙江	10,115	9,875	Shaanxi 陝西	12,320	13,126
Anhui 安徽	11,190	11,277	Gansu 甘肅	4,672	4,797
Fujian 福建	5,771	5,856	Qinghai 青海	1,481	1,298
Jiangxi 江西	5,182	5,341	Ningxia 寧夏	6,095	6,327
Shandong 山東	26,917	28,259	Xinjiang 新疆	10,147	11,492

出典:「中国エネルギー統計年鑑2015」より筆者作成

250万トン、セメント生産能力443万トンを削減することができた。また、小容量の石炭ボイラー淘汰が進められている。

重点地域だけでなく、他の石炭消費量が少ない地域でも石炭消費の削減に力を入れている。東北地域(遼寧・吉林)において、3,265台小規模石炭ボイラーが淘汰された。華中地域(河南・湖北・湖南)において、河南では石炭ボイラーを2,217台、合計8,176.5換算トンを淘汰し、電力・鉄鋼・化学など高汚染・高排出産業の新規項目が対前年比1.2%減少した。湖北では石炭ボイラーを1,420台、合計3,052.95換算トンを淘汰した。湖南では板硝子の生産能力が対前年比33.1%を減少し、水力発電量の大幅増長により火力発電量も対前年比10.1%を減少した。

華西地域(四川・貴州・雲南、広西、青海)において、四川では、鉄鋼生産企業を8ヶ所(生産能力200万トン/年)、セメント生産企業を32ヶ所(生産能力304万トン/年)、小規模火力発電所15ヶ所(設備容量13.15万kW)閉鎖した。石炭ボイラーも1,177台を淘汰した。また、小規模火力発電所を淘汰するため、2014年において2,215万円の財政支出が公表された。貴州では、板

硝子生産能力を30万換算箱、発電設備110万kWhを淘汰した。石炭ボイラーを507台、合計1,730.6換算トンを運転停止した。雲南では、粗鋼の生産量は対前年比-10.4%であり、火力発電量も対前年比-16.9%だった。また、四川・貴州・雲南など西南部地域で新規水力発電設備の運転開始により火力発電量の低減が見られ、火力発電設備の利用時間が少なくなり、3,200h未満となった。広西において、866台の石炭ボイラーが淘汰された。青海では、石炭ボイラー503台、合計1,467.74換算トンを淘汰することができた。

一方、2015-2016年鉄鋼産業の石炭消費量減少が見られる。図12は中国の粗鋼生産推移を示したものである。2012年から中国の粗鋼生産設備稼働率が70%前後に低下し、生産能力の過剰が深刻な問題となった。そのため、2016年2月に国務院が「鉄鋼産業生産能力の過剰解消・困難脱出・発展の実現に関する意見(6号公文書)」による過剰能力の解消方針と鉄鋼産業第13次5ヵ年計画(2016-2020年)中の過剰能力削減方針を公示した。5年以内に粗鋼生産能力11.3億トンのうち1-1.5億トンを削減し、また粗鋼設備稼働率を2020年まで80%に引き上げるなど目標を定めた。ゾンビ企業を淘汰し、鉄道建設

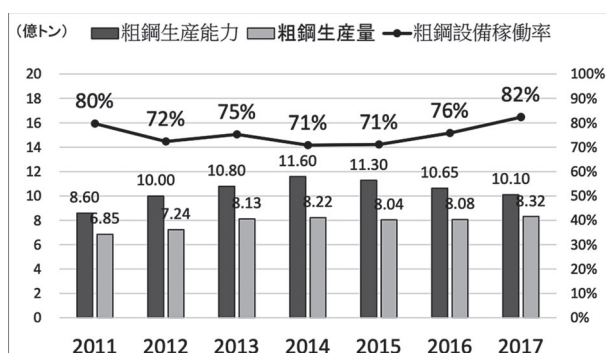


図 12 中国の粗鋼生産推移

出典：JOGMEC「中国の石炭及び鉄鋼産業の過剰生産能力解消政策が原料炭需給に及ぼす影響等調査」より

に 8,000 億元、道路建設に 1 兆 6,500 億元のインフラ投資などの具体策で取り組んでいる。成果として、環境保護、エネルギー、品質、安全、技術等の法律法規と産業政策の厳格執行により、2015-2017 年で 1.2 億トンの生産能力を削減した。また、2017 年の鋼材の需要量は 7.25 億トンに達し、7.7% 上昇した。さらに、2017 年 6 月までにすべての「地条鋼」と呼ばれる安価で成分や品質が粗悪の鋼材を淘汰し、生産工場・設備を閉鎖した。これらの「地条鋼」は違法な存在であるため、生産統計や削減計画には含まれていないが、低価格のため鉄鋼市場を攪乱した。「地条鋼」を取り締まったことから、正規鉄鋼産業の生産性が上がることに導いた。すなわち、老朽化生産設備と過剰生産能力の除却、インフラ投資による鉄鋼需要増加と「地条鋼」の淘汰による鉄鋼価格の是正が 2016 年から中国粗鋼設備の稼働率上昇の要因となり、粗鋼の生産量が増えることにより石炭の消費量も増加した。

要するに、中国の石炭は主に工業に使われ、電力と鉄鋼、セメント、石炭化工という四つの主要消費部門が工業石炭消費量の 8 割以上を占める。2013-2014 年に中国の石炭消費量の減少に対し、鉄鋼とセメント、石炭化工製品など部門による石炭消費量が増加し続けたが、電力部門による石炭消費量が 13,750 万トンを減少し、2014 年に石炭消費量が減少した要因である。さらに 2015 年と 2016 年において、鉄鋼産業の設備稼働率低減と過剰生産能力解消の施策によって石炭消費量が減少した。

4.4. エネルギー消費構造の改善

表 3 に 2013-2014 年の発電量内訳を示す。エネルギー構造の変換において、石炭火力発電量が減少した要因を

表 3 2013-2014 年の発電量内訳 (億 kWh)

	2013	2014	割合変化 (%)
発電量	53,721	56,045	-
水力	8,921	10,601	2.31%
火力	42,216	42,274	-3.16%
石炭	39,805	39,510	-3.6%
天然ガス	1,164	1,333	0.21%
石油	52	44	-0.02%
原子力	1,115	1,332	0.30%
風力	1,383	1,598	0.28%
太陽光	84	235	0.26%
その他	3	5	0.004%

出典：中国電力企業連合会データに基づき筆者作成

分析する。2013-2014 年の発電量全体は増加趨勢だった。表 3 にも示したように、石炭火力発電量が減少し、石炭火力の発電割合も 3.6% 減少した。それに対して、他のエネルギー源発電量（石油火力発電を除く）の割合が増加し、特に水力発電量は 2.3% 上昇した。水力発電量が大幅に増加した原因は、2014 年に大規模な水力発電所が全面的に運転開始をしたことである。2014 年、溪絡渡水力発電所（ユニット容量 77 万 kW、18 台）および向家ダム水力発電所（ユニット容量 80 万 kW、8 台と 45 万 kW、3 台）、糯扎渡水力発電所（ユニット容量 65 万 kW、9 台）が全面運転を開始した。これらの水力発電所は当時中国水力発電所規模の第 2-4 位を占め、2014 年には水力発電設備容量の増加量は 2,000kW を超えた。さらに、2014 年は中国南部における降水が豊富であった為、水力発電設備利用時間は 3,590h に達し、2013 年より 310h ほど増えた。設備容量も発電設備利用時間も増加するとともに、水力発電量が増え、石炭火力発電量が減少した一つの要因と考えられる。また、2014 年の水力発電の増加量 1,680 億 kWh に電力エネルギー等価係数 4.04t/万 kWh をかけると、2014 年は石炭消費量を 6,787.2 万トン標準炭削減効果が得られる。

4.5. 2017 年石炭消費増加の原因

中国の石炭消費量は 2014 年から三年連続下落したが、2017 年に上昇に転じ、591.58 万トン標準炭増加した。表 4 に 2016-2017 年の発電量の内訳を示した。2017 年

表 4 2016-2017 年の発電量の内訳 (億 kWh)

	2016	2017	対前年比
発電量	60,228	64,171	3,943
水力	11,748	11,931	182
火力	43,273	45,558	2,284
石炭	39,457	41,498	2,041
天然ガス	1,883	2,028	145
石油	28	27	-0.59
原子力	2,132	2,481	350
風力	2,409	3,034	626
太陽光	665	1,166	501
他の再生可能エネルギー	1	1	0.01

出典：中国電力企業連合会データに基づき筆者作成

の発電量は約 4,000 億 kWh を増加した。その中、石炭火力は増加量の半分を超え、2,040 億 kWh である。それに対して、水力は 2014 年の増加趨勢と異なり、発電増加量が 200 億 kWh 未満で、僅か 4.6% を占めているにすぎない。水力発電の不振は、以下の要因が考えられる。まず、新規水力発電設備容量が少ないことである。中国電力企業連合会のデータによると、2017 年、中国の水力発電設備容量は 1,287 万 kW を増加し、2016 年の 1,173 万 kW とほぼ同じ水準であったが、2014 年の 2,180 万 kW と比べ、かなり減少したとは言える。そして、水力発電は降水減少など自然原因に大きな影響を受けるため、2017 年の水力発電設備の利用時間も 3,619h から 3,597h に減少した。すなわち、水力発電設備容量増加量の減少と利用時間の減少により、水力発電量の増加が少なくなった。また、2014 年と 2017 年の発電量内訳変化から、水力発電増加量と石炭火力発電増加量が負の相関関係を持ち、水力発電の変化が石炭消費に影響を与えていると考えられる。

また、石油価格の低減による影響も考えなければならない。なぜなら、中国の石油消費は 9 割以上輸入に頼っている。2014-2016 年の間、国際原油価格は 100 ドル/バレル近くから 40 ドル/バレル前後までかなり下落した。この変動によって、石油化学工業製品のコストも下落し、競争関係を持つ石炭化学工業製品の経済利益が少なくなった。こうした現状を踏まえ、石炭化工部門の石炭消費量が減少に転じた。

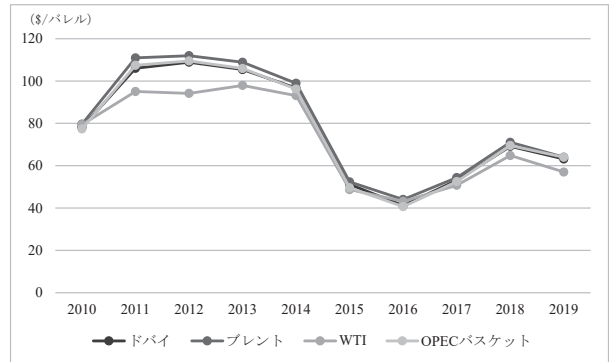


図 13 国際原油価格の推移

出典：https://pps-net.org/statistics/crude-oil より作成

石炭消費量が増加と減少に転じた時点の各産業部門の現状把握から、以下の結論が得られる。中国の石炭消費増減は、石炭火力部門に最も関わっている。石炭消費量が三年連続下落した要因として、政策規制による石炭火力発電能力の削減が大きいと考えられる。鉄鋼部門の設備稼働率低減、また産業構成の重心が二次産業から三次産業への転換なども要因となる。エネルギー消費構造において、電力部門では、石炭消費量の減少と共に水力発電設備容量と利用時間の増加、石炭化工部門では、生産が国際原油価格下落の影響を受け減少したなどの状況が見られた。2017 年より石炭消費量が再び増加に転じたが、石炭消費のシェアが減少し続けている。それに対して、太陽光・風力など再生可能エネルギーの割合増加が見られる。すなわち、エネルギー需要が依然高まる中国において、再生可能エネルギー利用拡大による石炭消費の削減が必要である。

5. 中国の「パリ協定」NDC 目標と「2030 年ピークアウト」目標実現できた場合の CO₂ 排出量試算

以上に述べたことは次のようにまとめられる。まず、現在中国の石炭消費増加量へ最も寄与している要因はマクロ経済指標としての「一人当たり GDP」、すなわち経済成長である。そして、エネルギー消費当たり石炭消費量とエネルギー強度が石炭消費量の減少に寄与しており、人口増加が緩やかなためその変化による石炭消費量の増加効果はほぼ見られない。すなわち、石炭のフェーズアウトは経済成長に密接に関連する。以下は、

2030年に2005年比65%削減とピークアウトを目標として、2030年時点のCO₂排出量を試算する。

まずは、パリ協定目標が実現できた場合の排出原単位を見てみよう。図14に示すように、名目GDPで計算する場合、2005年比65%削減の2030年目標は0.83kg-CO₂/米ドル(日本の1980年レベル相当)で、これはすでに2018年に達成できている。一方実質GDPで計算する場合は、同目標は0.53kg/米ドル(日本の1984

年レベルの2倍相当)となり、2005年から毎年平均4.1%で削減する必要がある。

次は、2030年の排出量を見てみよう。中国の高度な経済成長ぶりは、これまで世界の予測すべてを裏切った。今後の経済成長も国際情勢と国内環境により一層の不確実性を伴う。ここでは、図15に示すように、「363シナリオ」で試算してみる。この場合、2030年名目GDPは24兆6839億米ドル規模となる。これは、2020

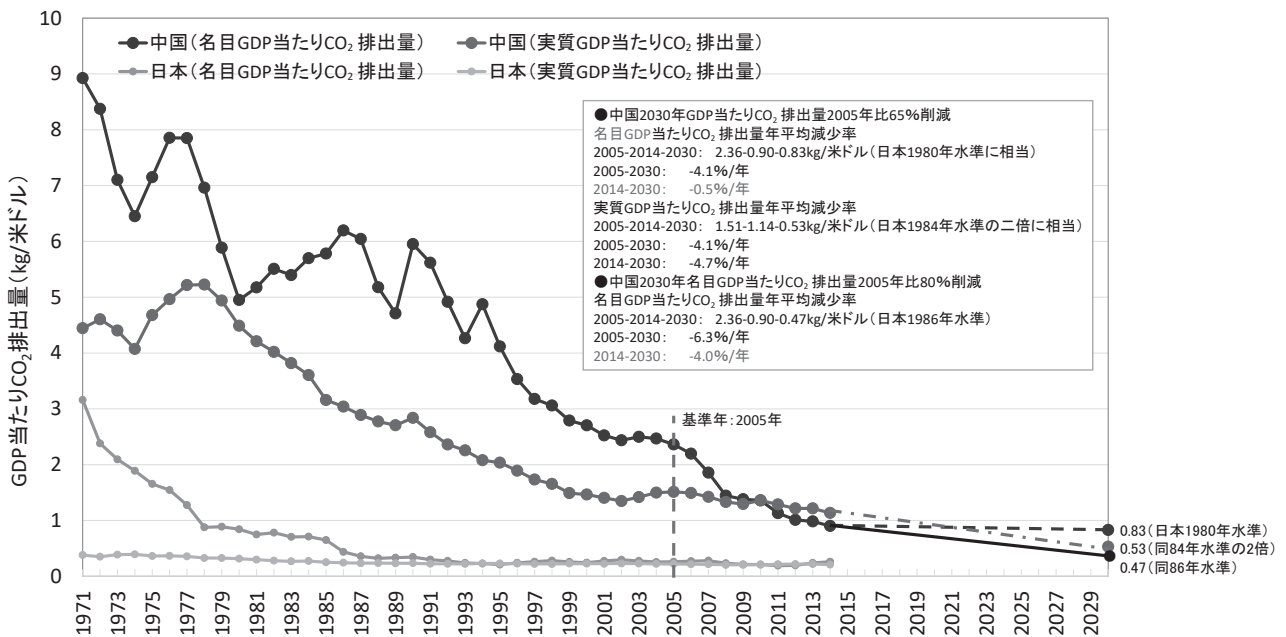


図14 中国のCO₂排出原単位と「パリ協定」NDC目標

出典: 著者作成 (2019年までは実績値、中国統計年鑑より)

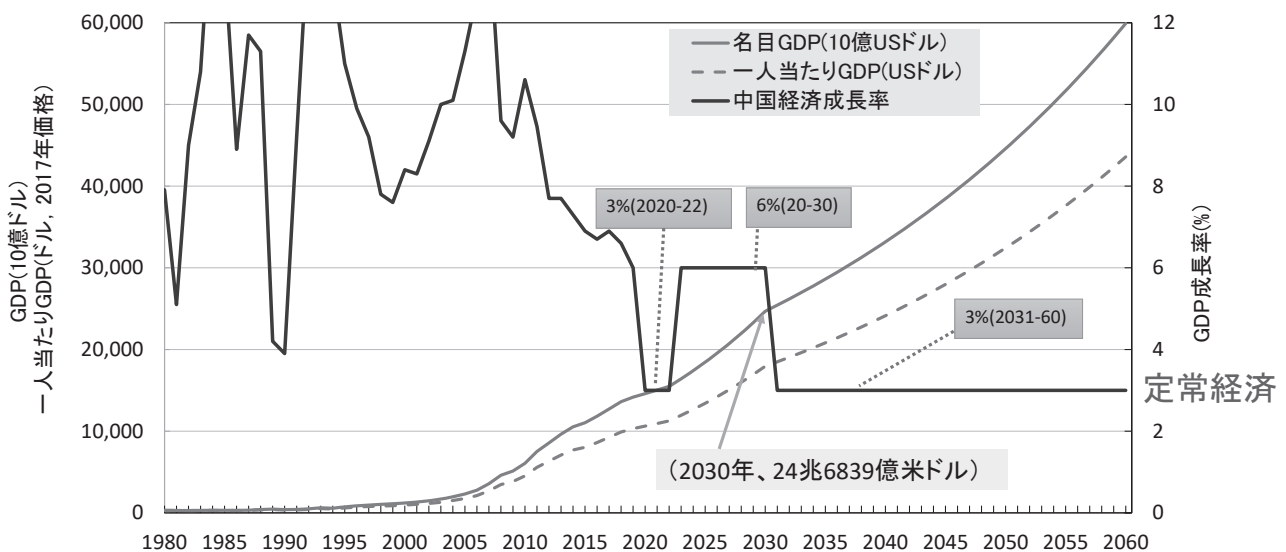
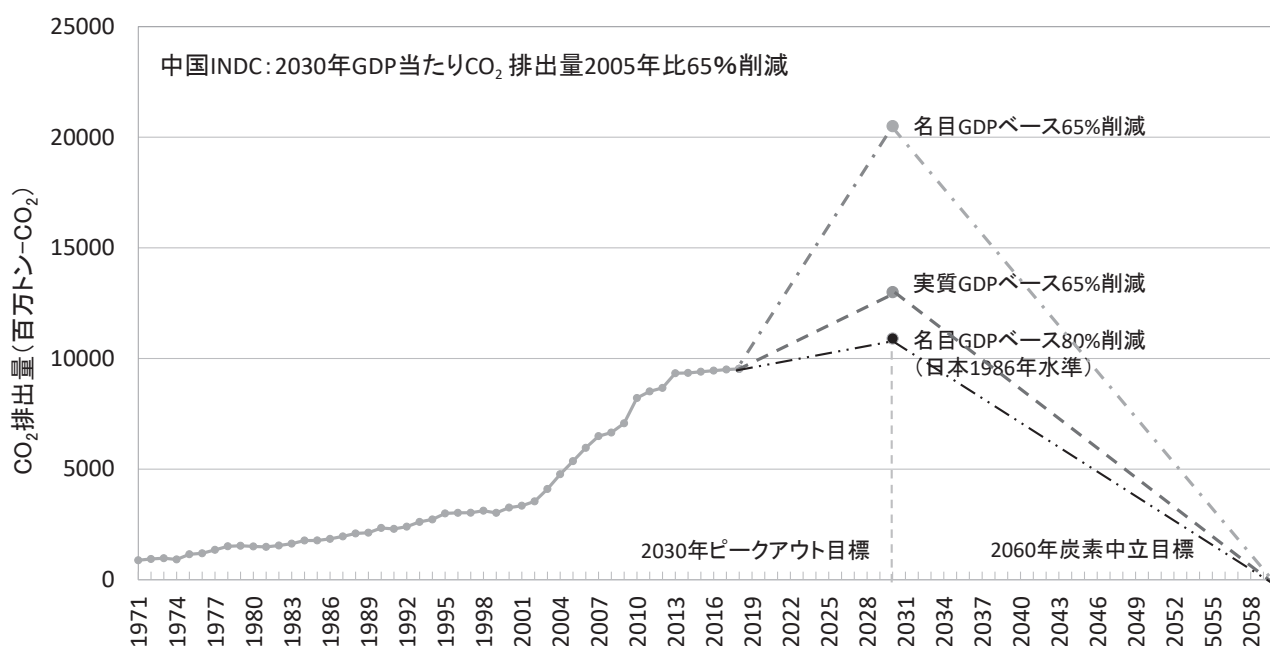


図15 中国の経済成長363シナリオ

出典: EDMC「2017年度版EDMC/エネルギー・経済統計要覧(1971-20014)」より著者作成

図 16 中国の CO₂ 排出量実績と「3060」目標

出典：EDMC「2021年度版EDMC/エネルギー・経済統計要覧(1971-20018)」より著者作成

年時点アメリカの約1.2倍、日本の約4.9倍、中国自身の1.7倍となる(2020年GDPはIMF(2020)より)。この経済規模で上述のNDC目標で掛け算すると、2030年のCO₂排出量は、高くて222億トン(名目GDPベース)、低くて148億トン(実質GDPベース)の見通しとなる。しかし、2018年中国のCO₂排出量(エネルギー起源)は95.3億トン(EDMC, 2021)で、2030年にNDC目標が実現できても、またはピークアウトに転じて、依然として高い排出水準であることが伺える。

ピーク値はなるべく早く迎え、小さく抑える。そのためには、人口規模を減らすか、経済成長を抑制するか、それとも排出原単位目標を引き上げるかなどの対策を講じる必要がある。

まず、人口面では、少子高齢化の人口構造問題を解決するために、最近の中国は一人子政策から3人まで出産できるという人産奨励政策へ、14億人口の数をさらに増やす政策へと転換しようとしているところである。

次は経済面では、2019年一人当たり国民総所得(GNI)は1万米ドルを超えたが、一人当たり可処分収入が2300米ドルにすぎない人口は約6億人いる(国家統計局、2020)。そのために、経済成長抑止対策は、なかなか見込めない選択肢だと考えられる。図15に示す2020年から2060年までの経済成長シナリオ「363」は、経済のさらなる発展と今後の定常経済という二つの将来性を含

めて提示したものである。2020年～2022年の3%成長率は新型コロナウイルス(COVID-19)感染の影響を考慮したものである。

残りの対策は排出原単位目標を引き上げる選択肢である。

ここでは、中国の2030年排出原単位NDC目標を2005年比80%削減(名目GDP排出原単位は日本の1986年水準0.44kg/米ドルに相当。1986年日本の一人当たり名目GDPは17500米ドルであるに対し、図15に示すように2030年中国の一人当たり名目GDPは17900米ドルになる見通し)まで引き上げる場合、2030年CO₂排出量は約110億トン程度となる見通しである。

この110億トンのCO₂を2030年から2060年までの30年間にかけて実質ゼロにする目標は公示されている。その実現するためのロードマップが求められる。次の論文は再生可能なエネルギーの視点から、中国の石炭フェーズアウトの実現について分析する。

6. 終わりに

本研究は、中国における石炭フェーズアウトに関する一環として、LMDI分析法等データ分析から、中国の石炭消費の現状及び石炭消費の増減に影響を与える要因を分析したうえ、産業部門別で石炭消費量の変動原因を

解明した。主な結果は以下のようにまとめられる。

2000年以降の中国のエネルギー消費内訳とGDPあたりエネルギー消費量、一人当たりGDP、産業別GDP貢献率などデータから、脱炭素化が進むエネルギー消費構造と三次産業が二次産業を上回る産業構造、エネルギー利用効率の向上などの現状が見てとれる。石炭消費に影響を与える要因の影響効果を明らかにするため、エネルギー消費構造とエネルギー強度、一人当たりGDP、人口四つの要因に分け、LMDI分析を行った。中国の石炭消費量増加に最も寄与している要因は経済成長であることと、石炭消費量減少に最も寄与している要因はエネルギー強度であること、エネルギー消費構造による石炭消費増減への寄与率は比較的小さいこと、人口増加は緩いため石炭消費への影響はほぼ見られないことを明らかにした。すなわち、今後石炭消費量を減少するには、技術進歩や産業構成変化によるエネルギー強度の改善だけでなく、再生可能エネルギーの利用などによるエネルギー消費構造の変化をさらに求める必要があると考えられる。

LMDI分析に従い、2014-2016年に石炭消費量が三年連続減少したことに対し、産業部門別で要因分析を行った。内訳からみると、石炭消費は主に工業に使われ、電力と鉄鋼、セメント、石炭化学工業などの生産である。その中、電力部門の変動は最も大きい。エネルギー強度の変化において、電力部門の「上大圧小」という大規模・高効率などの発電機を使用し、小規模で環境汚染物質高く排出する発電機を停止する政策と発電設備の技術レベルアップ改造などの実施、鉄鋼部門の設備稼働率低減、経済重心が二次産業から三次産業への転換などが要因と考えられた。エネルギー消費構造において、電力部門では、石炭火力以外の最大の発電源である水力発電設備容量と利用時間の増加、石炭化工部門では、生産が国際原油価格下落の影響を受け減少したことなどの要因が考えられた。

最後に、2030年の名目GDP当たりCO₂排出量削減目標を2005年比80%削減まで引き上げた場合のCO₂排出量は110億トンになる見通しである。この110億トンのCO₂を2060年までの30年間にかけて実質ゼロにするように実現するためのロードマップが求められる。経済成長によるエネルギー需要の増加が続く中国では、2019年の石炭消費量がほぼ2013年のピーク水準に戻り、尚且つ石炭火力設備の新規建設による利用拡大が見ら

れる。「3060目標」という炭素排出のピークアウトと炭素中立を実現するためには、今後、よりやすい発電源となる太陽光発電など再生可能エネルギーの利用を保障し、電力網整備と蓄電技術開発に力を入れるべきだと考えられる。

参考文献

1. IPCC AR6 (2021), Climate Change 2021: The Physical Science Basis, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>, (最終アクセス日: 2021/8/25)
2. INDC, <http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx>, (アクセス日: 2018/07/23)
3. EDMC (2019), 「エネルギー・経済統計要覧 (2019)」
4. IRENA Data&Statistics, <https://www.irena.org/Statistics>
5. <https://www.env.go.jp/earth/report/h26-01/chpt01.pdf>
6. JOGMEC (2017), 『中国の第13次5ヵ年計画の石炭事業への影響等調査』
7. F.M. Menezes, X. Zheng (2018), Regulatory incentives for a low-carbon electricity sector in China, *Journal of Cleaner Production* 195 (2018) 919-931
8. X. Ouyang, B. Lin (2015), An analysis of the driving forces of energy-related carbon dioxide emissions in China's industrial sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (2015) 838-849
9. Z. Ming et al. (2017), Overall review of the overcapacity situation of China's thermal power industry: Status quo, policy analysis and suggestions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76 (2017) 768-774
10. X. Tang et al. (2018), China's coal consumption declining—Impermanent or permanent?, *Resources, Conservation and Recycling* 129 (2018) 307-313
11. Ang, B.W. (2004), Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy* 32 (inpress).
12. 中国国家统计局, GDP, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, (最終アクセス日: 2020/12/27)
13. 中国国家统计局, 石炭消費量, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, (最終アクセス日: 2020/12/27)
14. 中国国家统计局, エネルギー消費量, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, (最終アクセス日: 2020/12/27)
15. 中国国家统计局, 人口, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, (最終アクセス日: 2020/12/27)
16. 中国国家统计局, 産業別 GDP 貢献率, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, (最終アクセス日: 2020/12/27)
17. 中国国家统计局, 産業別石炭消費量, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, (最終アクセス日: 2020/12/27)
18. 曲劍午ほか編集, 「中国煤炭市場発展報告 2018」、中国经济出版社
19. 中国電力企業連合会, 「2009—2019年電力統計基本データ一覽表」, <https://cec.org.cn/menu/index.html?217> (最終アクセス日: 2020/12/25)
20. 中国国家能源局 (2015), 「中国石炭発電の効能的な発展」
21. 国家能源局、環境保護部、国家發展改革委員会 (2014), 「石炭発電省エネ・排出減少のレベルアップと改造の行動計画 (2014-2020)」
22. 新電力ネット, 原油価格の推移, <https://pps-net.org/statistics/crude-oil>, (最終アクセス日: 2021/1/12)
23. 中国国家發展改革委員会 (2007), 「能源发展十一五规划」
24. 中国国家發展改革委員会 (2013), 「能源发展十二五规划」
25. 中国国家發展改革委員会 (2016), 「能源发展十三五规划」
26. 中国国家發展改革委員会 (2017), 「能源生产和消费革命战略 (2016-2030)」
27. 中国国家電網公司 (2019), 「三型兩網, 世界一流」
28. 自然エネルギー財団 (2020), 「中国におけるエネルギー構造転換と自然エネルギーの拡大」, https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/ChinaReport_JP.pdf
29. IEA, 「World Energy Outlook 2015」
30. Carbon Pricing Corridors Initiative, 「The Market View 2018」
31. IPCC (2007), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <http://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/2006gl/chinese/>