

【研究ノート】

中国の 2060 年エネルギー消費総量予測

千葉大学大学院人文公共学府修士 1 年
劉 華偉

1. 研究背景

深刻化する地球温暖化（IPCC 第 6 次評価報告書によると、産業革命以前と比べ、世界の平均温度は 2011 年～2020 年に 1.09 度上昇した。2011～2020 年の 10 年間の世界平均温度は、1850 年以降のいずれの 10 年間の世界平均温度よりも高かった¹⁾）に対応するため、IPCC は 2018 年 10 月 8 日、「1.5℃の地球温暖化」（Global Warming of 1.5℃）と題する報告書を発表した。この報告書は 40 カ国以上から来た 91 人の筆者が編纂し、合わせて 6000 件の科学文献を参照し、引用した。報告書は、地球温暖化を 2℃以上の温度ではなく 1.5℃に制限することで、一連の気候変動の影響を回避できると指摘した。例えば、地球の平均気温の上昇を 2℃ではなく 1.5℃に制限できれば、2100 年の世界の海面上昇は 10cm 減少する。世界の温度が 2 度上昇すれば、北極海の夏に海氷がない頻度は 10 年ごとに発生する見込みだ。しかし、世界的な温度上昇を 1.5 度に抑えることができれば、北極海の夏に海氷がない頻度は世紀ごとに発生するように減少する。世界で 1.5℃の昇温に伴い、サンゴ礁は 70%～90%減少し、2℃の昇温によりサンゴ礁は 99%以上消滅する。同時に報告書では、地球の平均気温を 1.5℃に抑えるためには、土地、エネルギー、工業、建築、交通、都市の面で「迅速で深遠な」転換を行う必要があると指摘した。2030 年までに、世界の二酸化炭素排出量を 2010 年の水準より約 45%低下させ、2050 年ごろには

¹ IPCC (2021) 「Climate Change 2021: The Physical Science Basis」
(<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>、2022 年 11 月 3 日)

「排出を全体としてゼロ（カーボンニュートラル）²⁾」にする必要がある³⁾。

2021年11月までに、154カ国がカーボンニュートラルに関する目標を掲げており、これらの国の二酸化炭素排出量は世界全体の二酸化炭素排出量の88.2%を占めている⁴⁾。

中国の2021年GDP総量は114,369.7億元（17兆7300億ドル）で⁵⁾、中国はすでに世界第2位の経済主体となり最大の発展途上国⁶⁾となっている。同時に、中国は世界最大の二酸化炭素排出国であり、2019年の二酸化炭素排出量は9809.2百万トンだった⁷⁾。これは、世界第1位の経済主体である米国の2019年の二酸化炭素排出量（4766.4百万トン⁸⁾）を上回る（2021年の米国のGDP総量は23兆ドル⁹⁾）。ちなみに同年の日本の二酸化炭素排出量は1066.2百万トンだった¹⁰⁾。中国の二酸化炭素排出量が多いのは、中国のエネルギー消費構造に

²⁾ 「排出を全体としてゼロ（カーボンニュートラル）」というのは、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの「排出量」から、植林、森林管理などによる「吸収量」を差し引いて、合計を実質的にゼロにすることを意味している。

出典：環境省（2022）「カーボンニュートラルとは」

（https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/、2022年11月4日）

³⁾ IPCC（2018）「Global Warming of 1.5 °C」

（<https://www.ipcc.ch/sr15/>、2022年11月3日）

⁴⁾ 経済産業省（2022）「あらためて振り返る、「COP26」（後編）～交渉ポイントと日本が果たした役割」

（https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/cop26_02.html、2022年11月4日）

⁵⁾ 国家統計局（2021）『中国統計年鑑』

<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2021/indexch.htm>

⁶⁾ 発展途上国の定義については、OECDが発表した「ODA受給国リスト」を参考にして、このリストに載っている国はODAを受給する資格がある。これらの国は経済発展のために援助を受ける側であるため、「発展途上国」と呼ばれることができ、OECDの最新リストによると、中国は依然として発展途上国に属している。

出典：OECD（2022）「DAC List of ODA Recipients, Effective for reporting on 2022 and 2023 flow」

（<https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/development-finance-standards/DAC-List-of-ODA-Recipients-for-reporting-2022-23-flows.pdf>）

⁷⁾ 総務省統計局（2022）「世界の統計 2022」

（<https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html>、2022年11月4日）

⁸⁾ 総務省統計局（2022）「世界の統計 2022」

（<https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html>、2022年11月4日）

において石炭と石油が占める割合が高いことに起因している。2020 年の中国のエネルギー消費を例にすると、石炭は 56.8%、石油は 18.9%を占める¹¹。

2020 年 9 月、中国の習近平国家主席は第 75 回国連総会一般討論会で演説し、中国が 2060 年までにカーボンニュートラルという目標を達成することを宣言した¹²。世界第 2 位の経済大国であり、最大の二酸化炭素排出国である中国が、カーボンニュートラル目標を迅速かつ効果的に達成することは、地球温暖化を 1.5℃に抑えるという目標達成に寄与するものだ。

「2060 年にカーボンニュートラルを実現する」というビジョンは、中国のエネルギー構造の転換及びエネルギー消費量の変化に深刻な影響を与える。中国の将来のエネルギー消費量の変化を予測し、中国の 2060 年のエネルギー消費量を推計することにより、中国の将来の経済とエネルギー発展計画及びカーボンニュートラルの実現方法の検討に参考根拠を提供することができる。

本研究ノートでは、中国の 2060 年カーボンニュートラルという目標達成の方策を検討する準備として、中国の 2060 年のエネルギー消費量を推計することとしたい。推計するとき、2 種類の方法を用いて 2060 年の中国エネルギー総消費量を計算する。第 1 に、エネルギー消費弾力性と GDP を用いる方法であり、第 2 に、1 人当たりのエネルギー消費量と人口総数を用いる方法である。

2. 先行研究

エネルギー消費弾力性と GDP 年間成長率を用いた中国の将来のエネルギー消費量の予測について、中国工程院の謝平和院士（2019）は中国の 2000 年-

⁹ JETRO（2022）「米国 基本統計」

（https://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/basic_01.html、2022 年 11 月 4 日）

¹⁰ 総務省統計局（2022）「世界の統計 2022」

（<https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html>、2022 年 11 月 4 日）

¹¹ 中国国家統計局（2021）『統計年鑑』

¹² 中国共産党中央党学校（2021）「第 75 回国連総会一般討論での習近平主席の演説（全文）」

（https://www.ccps.gov.cn/xsxxk/zyls/202009/t20200922_143558.shtml、2021 年 11 月 14 日）

2025年の経済成長モデルを規模速度型段階(2000年-2011年)、中高速成長段階(2012年-2018年)、品質効率型成長段階(2019年-2025年)の3段階に分け、2019年-2025年のGDP年間平均成長率を6%と予測した。エネルギー消費状況を多依存高エネルギー重工業の粗放発展(2000年-2011年)、粗放発展から高品質発展への移行段階(2012年-2018年)、新常态高品質発展段階(2019年-2025年)の3段階に分け、そして2019年-2025年のエネルギー消費弾力性を0.40-0.45と予測し、最終的に中国2025年のエネルギー消費量を55-56億トンの標準石炭と予測した¹³。しかし、GDPの年間成長率とエネルギー消費弾力性値を予測する際には具体的な演算モデルは使用されておらず、大まかな推定にすぎず、データ処理が厳密ではなく、結果の正確性に影響を与える。

エネルギー消費弾力性値について、熊華文(2019)はエネルギー消費弾力性値とマクロエネルギー効率の関係、エネルギー消費弾力性値の段階的变化とその影響要素、エネルギー消費弾力性値の長期傾向及び短期的に注目すべき現象と提案などの4つの方面からエネルギー消費弾力性値を分析した¹⁴。しかし、エネルギー消費弾力性値の具体的な数値変化については予測分析を行っていない。

将来のエネルギー消費量の予測について、翁智雄(2019)は河北省を例に、1人当たりGDP、工業増加値、人口総数を利用したモデル構築を通じて、河北省の2035年のエネルギー消費量を予測した。そしてGDP規模を予測する際、高速成長、中速成長、低速成長の3つの状況を予測した¹⁵。しかし、人口総数の予測については分類議論は行われておらず、人口は持続的に増加すると考えられており、中国の少子高齢化が深刻な現状とは合わない。

1人当たりのエネルギー消費量の変化に対して、于汝加(2010)は先進国がエネルギー消費量のゼロ成長に達したときの1人当たりGDP、産業構造などの

¹³ 謝和平(2019)「2025年の中国のエネルギー消費及び石炭需要予測」『石炭学報』44(7):1949-1960

¹⁴ 熊華文(2019)「エネルギー消費弾力性値から見る経済の質の高い発展」『中国エネルギー』41(5):9-12

¹⁵ 翁智雄、馬忠玉、葛察忠(2019)「異なる経済発展経路におけるエネルギー需要と炭素排出予測——河北省の分析に基づく」『中国環境科学』39(8):3508-3517

経済社会指標及び 1 人当たりのエネルギー消費量などのエネルギー消費指標をまとめ、モデルを構築する、中国は 2030 年-2035 年にエネルギー消費量のゼロ成長を実現し、中国の 1 人当たりのエネルギー消費量は 2.98 トン（石油換算¹⁶⁾）に安定すると予測した¹⁷⁾。しかし、予測モデルの構築にあたっては、日本、イタリアなどの 1 人当たりエネルギー消費量が低い先進国の関連データだけを参考にして、中国の将来の 1 人当たりエネルギー消費量が低いと仮定して、中国の将来の 1 人当たりエネルギー消費量が高いことを考慮していない。

3. エネルギー消費弾力性と GDP を用いる方法

3.1 分析用の式

エネルギー消費弾力性と GDP を用いる方法の予測モデルは、 $A_n = A_0 (1 + k\%)^t$ 、 $k = a \times g$ 。そのうち、 A_n は予測年エネルギー消費量、 A_0 は基準年エネルギー消費量、 k はエネルギー消費の年平均成長率、 a はエネルギー消費弾力性値、 g は GDP 年間平均成長率である。 A_n の値を求めるためには、エネルギー消費弾力性値と GDP の年間成長率を確定しなければならない。

3.2 エネルギー消費弾力性

3.2.1 エネルギー消費弾力性の定義

経済理論において、2 つの変数が関数関係でつながっている場合、その 2 変数のパーセンテージ変化の比を用いて両変数の関係を記述することがある。この比を一般に弾力性と呼ぶ¹⁸⁾。エネルギー消費弾力性値はエネルギー消費量の増加率と GDP の年間成長率の 2 つの変数の比であり、GDP 成長時にエネルギー消費量がどの程度増加するかを示し、通常はひとつの国全体を対象とする¹⁹⁾。

¹⁶⁾ 換算すると、石油 1 トンに含まれるエネルギーは 41.868 ギガジュールと考えられる
出典：INSEE (2022) 「Ton of oil equivalent/toe」

(<https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c1355>, 2023 年 1 月 16 日)

¹⁷⁾ 于波加 (2010) 「中国のエネルギー消費「ゼロ成長」はいつ訪れるのか」『地球学報』31 (5) : 635-644

¹⁸⁾ 平凡社 (1998) 『世界大百科事典』

3.2.2 エネルギー消費弾力性値の理解

エネルギー消費弾力性値の定義から見ると、エネルギー消費弾力性値が大きいほど、同国の GDP 成長により消費されるエネルギーが多いことを示し、国の経済成長に必要なエネルギーはエネルギー量による投入であることが多い。値が小さいほど、同国の GDP 成長に必要なエネルギーが少ないことを示し、国の経済成長に必要なエネルギーはエネルギー節約と省エネ技術に依存することが多い。同時に、先進国のエネルギー消費弾力性値は一般的に 0.5 に近い小さいと指摘されている²⁰。

3.2.3 中国のエネルギー消費弾力性値

データを参照すると、表 1 のように、2012 年以降、中国のエネルギー消費弾力性値は基本的に 0.5 未満か 0.5 をやや上回っている。

2020 年にこの値が大きく上昇したのは、低エネルギー消費の第 3 次産業²¹ (2019 年のデータを例にとると、2019 年の第 3 次産業は中国の国内総生産の 54.3% を占めているが、第 3 次産業のエネルギー消費は 2019 年のエネルギー総消費量の 17.5% にすぎず、国内総生産の 38.6% を占める第 2 次産業ではエネルギー消費の 66.2% に達する) はコロナ禍の影響が大きく、生産構造上エネルギー消費強度に影響を与えているからだ。(第 3 次産業における宿泊業と飲食業の総生産を例にとると、2019 年の中国の宿泊業と飲食業の総生産は 179,03.1 億円で、2020 年は 159,70.7 億元にとどまった。第 3 次産業における卸売小売業の総生産は 956,50.9 億元から 95686.1 億元に増加したが、国内総生産に占め

¹⁹ ATOMICA (2009) 「エネルギー消費弾力性値」

(https://atomica.jaea.go.jp/dic/detail/dic_detail_2658.html, 2022 年 12 月 14 日)

²⁰ 王雅菲、趙博淵 (2014) 「天然ガス中長期需要予測の成長曲線モデル型」『天然ガス技術と経済』8 (4) : 57-59.

²¹ 第 1 次産業とは、農、林、牧、漁業 (農、林、牧、漁サービス業を含まない) を指す。第 2 次産業とは採鉱業 (採掘補助活動を含まない)、製造業 (金属製品、機械、設備修理業を含まない)、電力、熱力、ガス及び水生産と供給業、建築業を指す。第 3 次産業とはサービス業であり、第 1 次産業、第 2 次産業を除く他の業界を指す。(国家统计局 (2022) 「3 次産業区分規定」) (http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/201301/t20130114_8675.html, 2023 年 1 月 9 日)

表 1 エネルギー消費弾力性値

	エネルギー消費弾力性値		エネルギー消費弾力性値
2000	0.53	2011	0.76
2001	0.7	2012	0.49
2002	0.99	2013	0.47
2003	1.62	2014	0.36
2004	1.66	2015	0.19
2005	1.18	2016	0.25
2006	0.76	2017	0.46
2007	0.61	2018	0.52
2008	0.3	2019	0.55
2009	0.51	2020	0.96
2010	0.69		

出典：筆者作成 データ原出典：国家統計局（2021）『統計年鑑』

る割合は 9.7% から 9.4% に減少した²²⁾。しかし、中国はすでに 2022 年 12 月から新型コロナウイルスの感染状況に対する管理を徐々に開放しており²³⁾、中国の持続可能な発展の継続的な推進に伴い、科学技術の進歩、管理の改善と産業構造の変化により、エネルギー消費量の増加は絶えず低下している。

本研究ノートでは、エネルギー消費弾力性値に関する予測モデルを構築する際に、2020 年のデータも排除する。

3.2.4 中国のエネルギー消費弾力性値の予測

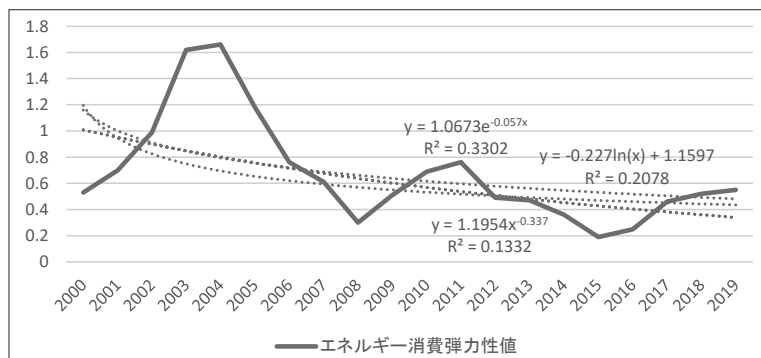
中国の 2000 年～2019 年のエネルギー消費弾力性値関連データを用いたモデルを構築する（図 1 参照）。

この場合、対数近似の R^2 は 0.2078、累乗近似の R^2 は 0.24、指数近似の R^2 は 0.3656 であり、指数近似の R^2 が最も大きい（ R^2 範囲は 0 - 1 の間であり、

²²⁾ 国家統計局（2021）『統計年鑑』

²³⁾ 2022 年 12 月 7 日中国国務院新型コロナウイルス肺炎予防対策総合組は『新型コロナウイルス肺炎の疫病対策のさらなる最適化・実行に関する通知』を印刷、配布した。1. 科学的に正確にリスク領域を区分する 2. 核酸検査をさらに最適化行政領域に基づいて全員核酸検査を展開せず、核酸検査範囲をさらに縮小し、頻度を減少させる 3. 隔離方式を最適化調整するなどの 10 の要求を提出した。

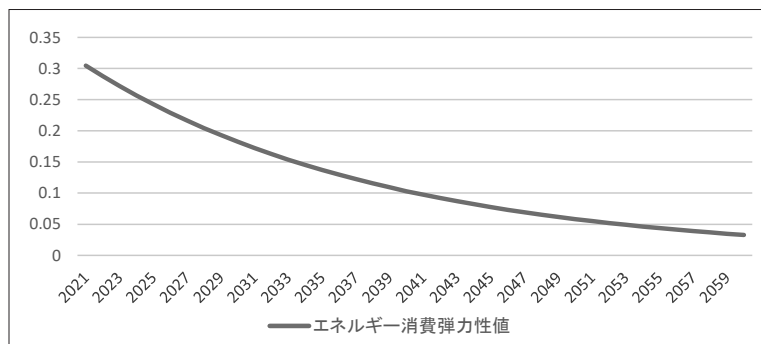
図1 エネルギー消費弾力性値予測モデル



出典：筆者作成

データ原出典：国家統計局（2021）『国家データ』

図2 2021-2060年のエネルギー消費弾力性値



出典：筆者作成

一般的には R^2 が大きいほど近似の程度が高い）ため、指数近似を選択する。

モデルは $y = 1.0673e^{-0.057x}$ で、2000年を基準年（ $x = 1$ ）とし、2021年から2060年までのエネルギー消費弾力性値を予測する、結果を図2に示す。

3.3 GDP年間成長率

3.3.1 GDP年間成長率の定義

Gross Domestic Product は GDP と略称し、一般的に国内総生産と訳され、国内で一定期間生産される物品とサービスの付加価値の合計額を指す²⁴。一般的に GDP は年単位である。GDP 年平均成長率 = (当年の GDP - 前年の GDP) ÷ 前年の GDP × 100%。

3.3.2 中国の GDP 年間成長率

図3のように、21世紀以来、中国はずっと高いGDPの年間成長率を維持しており、2010年から、中国経済は工業主導からサービス業主導に転換し、サービス業は国民経済の第1位の産業に躍進し、2015年、サービス業の増加値は初めて50%を突破し、50.2%に達した。2016年、国民経済におけるサービス業の比重は51.6%に上昇した²⁵。経済の転換に伴い、GDPの年間成長率は年々低下しているが、依然として6%以上を維持している。新型コロナウイルスの影響で2020年のGDP成長率は低いが、中国の管理措置の緩和に伴い、GDP成長率は徐々に回復すると思う。

多くの研究者は中国のGDP年間成長率を予測し、そのうち張兵（2022）は供給側データを用いて2020年の中国GDP年間成長率を5.8%、2030年は2.9%と予測した²⁶。李標（2018）は回帰分析を用いて2020-2030年GDPの年平均成長率を5.5%と予測した²⁷。

2010年から、中国は経済転換と産業構造調整を始め、経済モデルは工業主からサービス業に主導的に転換し、GDP成長の伸び率は減速した。そこで本文は2010年-2020年のデータ構築モデルを選択し、中国の将来GDP成長率を予測

²⁴ 内閣府（2020）『用語の解説（国民経済計算）』

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/reference4/yougo_top.html#ka25

²⁵ 中華人民共和国中央人民政府（2015）「中国経済の転換加速」

(http://www.gov.cn/xinwen/2017-08/16/content_5218100.htm, 2022年12月18日)

²⁶ 張兵（2022）「供給側改革が中国の潜在経済成長率に与える影響に関する研究」『西安交通大学学報』42（1）:68-75

²⁷ 李標（2018）「改革プロセスにおける中国の潜在GDP成長率：推定と予測」『現代経済学』40（6）:1-18

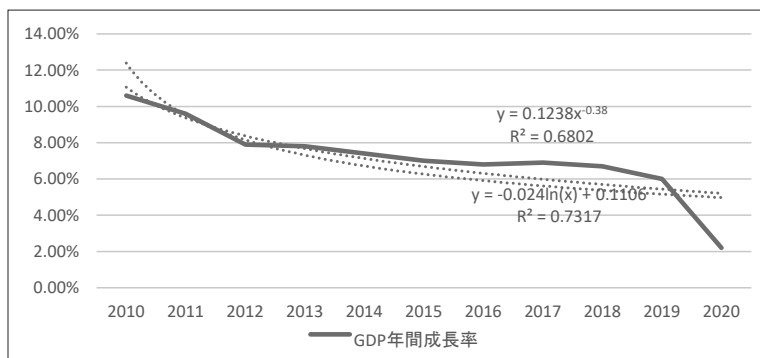
図3 2000-2020年のGDP年間成長率



出典：筆者作成

データ原出典：国家統計局（2022）「国家データ」

図4 GDP年間成長率予測モデル



出典：筆者作成

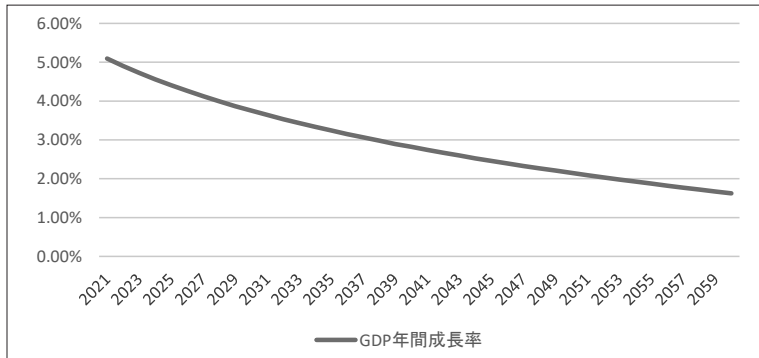
データ原出典：国家統計局（2021）『国家データ』

する（図4参照）。

この場合の対数近似の R^2 は 0.7317 で累乗近似の R^2 よりも大きい（ R^2 範囲は 0 - 1 の間であり、一般的には R^2 が大きいほど近似の程度が高い）ため、対数近似を選択する。

モデルは $y = -0.024 \ln(x) + 0.1106$ で、2010年を基準年 ($x = 1$) とし、2021年

図 5 2021-2060 年の GDP 年間成長率



出典：筆者作成

から 2060 年までの GDP 年間成長率を予測し、結果は以下の図 5 の通りである。

3.4 演算結果

図 6 のように、この方法に基づいて予測された中国の 2060 年のエネルギー消費総量は、594293 万トン標準石炭²⁸。

4. 1 人当たりのエネルギー消費量と人口総数を用いる方法

4.1 人口総数

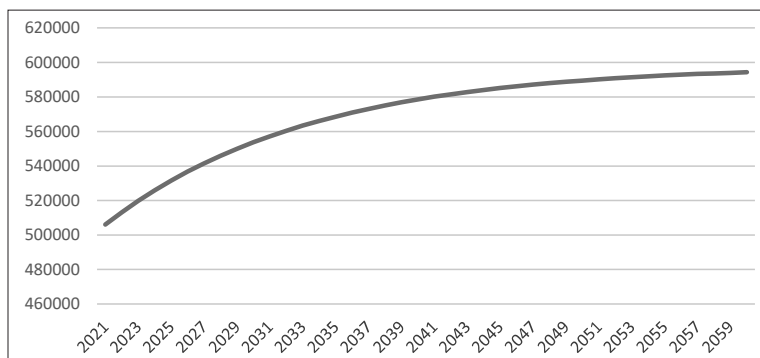
4.1.1 中国人口の現状

2020 年、中国の人口総数は 141,212 万人で、そのうち男性 723,57 万人、女性 688,55 万人で、都市部と農村部を見ると、都市部の人口は 90220 万人、農村部の人口は 509,92 万人だった。年齢別では、1-14 歳人口が 17.9%、15-64 歳人口が 68.6%、65 歳以上人口が 13.6%を占めている²⁹。

²⁸ 標準石炭とは、熱価が 7,000 キロカロリー/キログラムの石炭を指す。標準エネルギーの表示方法だ。石炭、石油、天然ガス、電力、その他のエネルギーの発熱量が異なるため、国民経済の各部門のエネルギー消費量とその利用効果を計算、考察するために、標準石炭という標準換算単位を採用することが多い。

出典：何盛明（1990）『財經大辞典』中国財政経済出版社

図6 2021-2060年のエネルギー消費総量



出典：筆者作成

4.1.2 中国の人口問題

ある国や地域の60歳以上の高齢者人口が人口総数の10%を占めているとき³⁰、あるいは65歳以上の高齢者人口が人口総数の7%を占めているとき³¹、つまりこの国や地域の人口が高齢化社会にあることを意味して、中国は2000年から本格的に高齢化社会に入った（2000年の65歳以上の人口比率は7%だった³²）。2020年のデータによると、中国の65歳以上人口は13.6%で、中国の高齢化問題はすでに深刻だ。同時に、中国の高齢化には以下のいくつかの特徴として以下の4点が存在する。

① 都市と農村の格差が大きい

中国の都市部の60歳以上人口の割合は15.55%であるのに対し、農村部は23.4%に達し、都市部と農村部の高齢化レベルの差が大きい³³。

② 富まずして老いばれず

ほとんどの国が高齢化してすでに先進国になっており、中国のGDPは世界

²⁹ 国家統計局（2021）『統計年鑑』

³⁰ 国連（1982）『Vienna International Plan of Action on Ageing』

³¹ 国連（1956）『Population Aging and Its Socio economic Consequences』

³² 国家統計局（2000）『統計年鑑』

³³ 国家統計局（2021）『統計年鑑』

第2位（114兆4000億元）だが、1人当たりGDPは高くない。2021年の1人当たりGDPはわずか809,76元（約116,000ドル）だったが³⁴、これは、世界第1位の経済主体である米国の2021年の1人当たりGDPは692,27ドル。ちなみに日本の1人当たりGDPは390,31ドルだった³⁵。中国は依然として発展途上国だ。

③ 高齢化のスピードが速い

65歳以上の高齢者人口の割合が7%から13%に増加するのにかかる時間を見ると、フランスは115年、米国、英国は40年余りかかったが、中国は20年しかかからなかった。

④ 高齢化の地域差が大きい

2020年、中国遼寧省の65歳以上人口の割合は17.4%だったが、チベットは6.98%にとどまった³⁶。そうして、概して東部が高く、西部が低い。

中国では少子化も進行しており、0～14歳の少年儿童の割合は、1953年の第1回国勢調査では36.3%だったが、2020年の第7回国勢調査では17.95%に留まる。

4.1.3 中国の人口総数予測

中国の人口予測について、任沢平（2021）は、高限出生率：2022年から合計特殊出生率が徐々に増加し、2025年までに1.6に増加し、2025年以降は1.6に固定され、中限出生率：2022年から2025年まで、合計特殊出生率は徐々に1.2に増加し、2025年から1.2に固定された、低限出生率：2022年から合計特殊出生率は徐々に減少し、2025年には1.0に低下し、2025年以降の合計出生率が1.0に固定される。3つの状況を検討し、中国の人口変化を計算した³⁷。

³⁴ 国家統計局（2022）「国家データ」

（<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0201&sj=2021,2022年12月19日>）

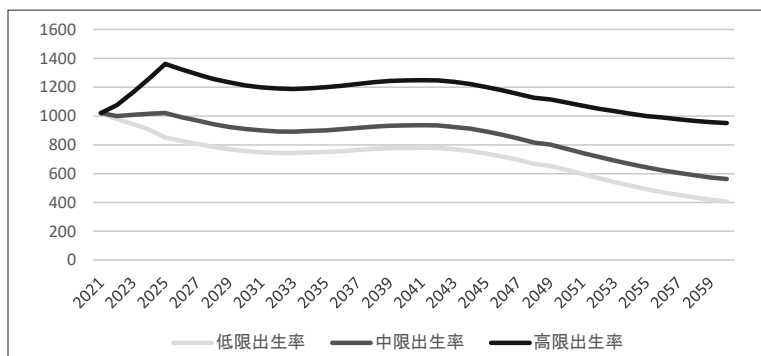
³⁵ IMF（2022）「World Economic Outlook Database」

（<https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending,2022年12月18日>）

³⁶ 国家統計局（2021）『統計年鑑』

³⁷ 任沢平（2021）『中国人口予測レポート2021版』

図7 2021-2060年の出生人口予測(万人)



出典：筆者作成

データ原出典：任沢平（2021）『中国人口予測レポート 2021 版』

3つの場合の中国の2021-2060年の出生人口予測は図7である。

死亡率について、同報告書は1人当たりの予想寿命を年々緩やかに増加させ、2050年までに男性81.5歳、女性86.5歳、2100年までに男性89.5歳、女性94歳。2021年～2060年の死亡人口は以下の図8の通りである（出生率が死亡者数に与える影響はあまりないので、中限出生率だけを選択して説明する）。

そのため、高限出生率の下で、2060年の総人口は12億6487万人だった。中限出生率では2060年の総人口は11億4459万人、低限出生率では2060年の総人口は10億8819万人だった。

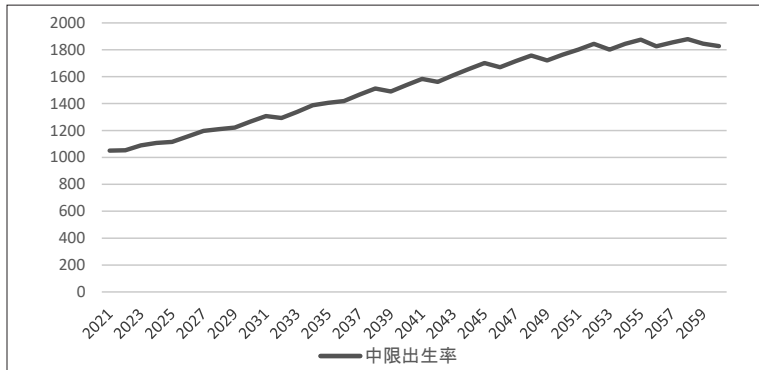
しかし、その中で低限出生率は中国の合計特殊出生率に対して低すぎると予測する（同じアジア諸国で少子高齢化が深刻な日本の2019年の合計特殊出生率は1.36で、厚生労働省によると2040年の合計特殊出生率は1.43に上昇すると予測されている³⁸。そして2021年、中国人民代表大会は『人口と計画出産法』をさらに改正し、1組の夫婦が3人の子女を出産することを許可した³⁹）。

そこで、本文は任沢平の中国人口予測を参考にした上で、高限出生率、2060

³⁸ 厚生労働省（2020）『厚生労働白書』

³⁹ 中国人民代表大会（2021）『人口と計画出産法』

図8 2021-2060年の死亡人口予測（万人）



出典：筆者作成

データ原出典：任沢平（2021）『中国人口予測レポート 2021 版』

年総人口は12億6478万人、低限出生率は、2060年の総人口が11億4459万人で、2つの状況で検討される。

4.2 1人当たりのエネルギー消費量

4.2.1 中国の1人当たりエネルギー消費量の状況

4.2.2 中国の1人当たりエネルギー消費量予測

表2のように、2012年から2020年まで、中国の1人当たりエネルギー消費量は基本的に年平均2.2%の成長率を維持する。しかし、近年の中国産業構造調整が進むにつれて、1人当たりのエネルギー消費量の増加傾向は鈍化している。

他の東アジア諸国を見ると、2021年の日本の1人当たりエネルギー消費量はOECD諸国平均（OECD諸国の2021年の1人当たりエネルギー消費量は5730 kg 標準石炭）を下回り、日本の1人当たりエネルギー消費量はすでにマイナス成長（2011年から2021年の成長率は-10.2%）を示している⁴⁰。

⁴⁰ bp（2022）「Statistical Review of World Energy」

（<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>、2022年12月24日）

表2 1人当たりエネルギー消費量

	一人当たりエネルギー消費量（標準石炭換算）
2012	2977.0kg
2013	3071.0kg
2014	3140.0kg
2015	3166.0kg
2016	3202.0kg
2017	3288.0kg
2018	3388.0kg
2019	3488.0kg
2020	3531.0kg

出典：筆者作成

データ原出典：国家統計局（2021）『統計年鑑』

2021年の韓国の1人当たりエネルギー消費量はOECD諸国の平均を上回る8361 kgの標準石炭であり、韓国の1人当たりエネルギー消費量は依然として増加傾向を示している（2011年から2021年の成長率は6.20%）⁴¹。

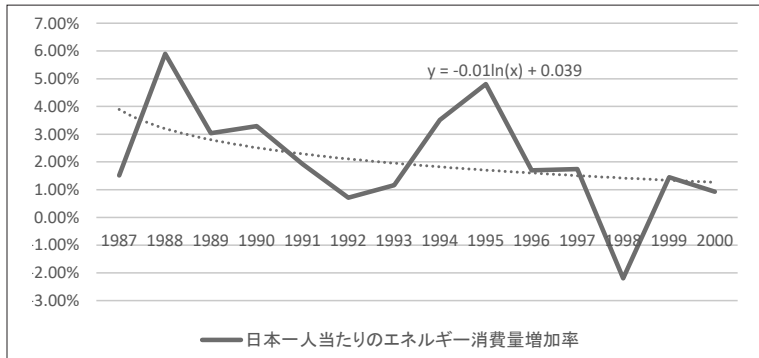
日本、中国、韓国はそれぞれ1人当たりエネルギー消費量の変化の3つの異なるモデルを代表している：日本は経済成長と同時に絶えず産業構造を調整し、低エネルギー消費産業と省エネ技術を大いに発展させ、1人当たりエネルギー消費量の低成長を実現し、最終的に経済成長を実現すると同時に、1人当たりエネルギー消費量は年々減少している。中国は経済の高度成長と同時に、産業構造の整備に努め、1人当たりエネルギー消費量の中で低レベルの成長を維持し、1人当たりエネルギー消費の成長率の低下に努めている。韓国の経済成長は、高いレベルの1人当たりエネルギー消費量と高い1人当たりエネルギー消費量の成長速度に成り立っている。1人当たりのエネルギー消費量の増加率はやや低下したが、低下速度は緩やかだった。

そこで、本文は低成長モデル（日本の1人当たりエネルギー消費量の変化が

⁴¹ bp（2022）「Statistical Review of World Energy」

（<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>、2022年12月24日）

図 9 1 人当たりのエネルギー消費量増加率の低成長モデル



出典：筆者作成

データ原出典：bp（2022）「Statistical Review of World Energy」

安定する 1987-2000 年のデータ構築モデルを選択)、中成長モデル (中国の 2012-2020 年のデータ構築モデルを選択)、高成長モデル (韓国の 1 人当たりエネルギー消費量の変化が安定する 2000 年-2011 年のデータ構築モデルを選択) に分け、3 つの状況は中国の 2060 年の 1 人当たりエネルギー消費量を討論する。

① 低成長モデル

対数近似、指数近似、累乗近似では対数近似しか構築できないため対数近似を選択する。

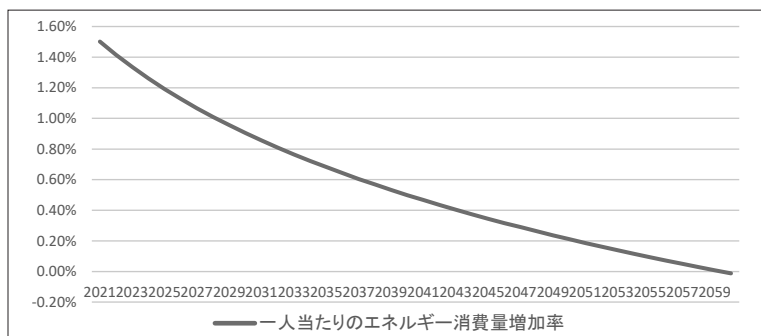
モデルは $y = -0.01 \ln(x) + 0.039$ で、2011 年を基準年 ($x = 1$) とし、2021 年から 2060 年までの 1 人当たりのエネルギー消費量増加率を予測し、結果は図 10 の通りである。

このモデルの下で、中国の 2060 年の 1 人当たりエネルギー消費量は 4423 kg の標準石炭であると予測する。

② 中成長モデル

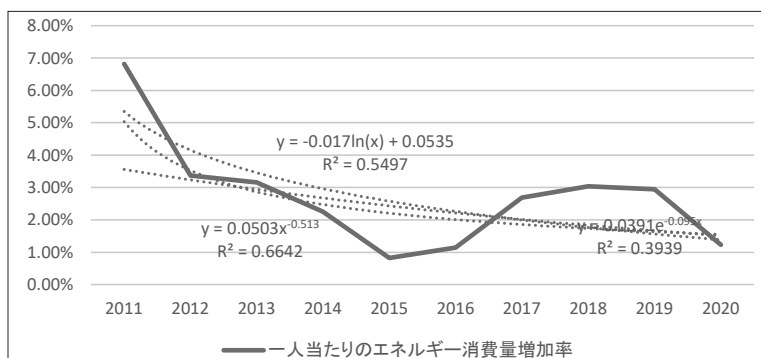
対数近似、指数近似、累乗近似のうち、対数近似の R^2 数値が最も大きい³⁾、具体的な演算の際、対数近似を選択すると、2034 年から中国の 1 人当たりエネ

図10 低成長モデルにおける2021-2060年の1人当たりエネルギー消費量の増加率



出典：筆者作成

図11 1人当たりのエネルギー消費量増加率の中成長モデル



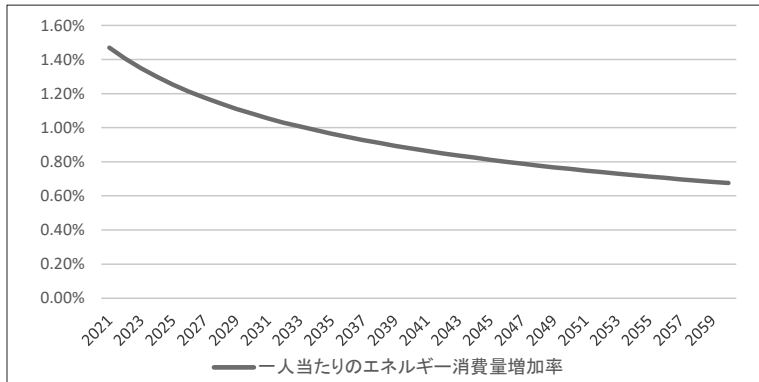
出典：筆者作成

データ原出典：国家統計局（2021）『国家データ』

ルギー消費はマイナス成長に入り、このような急速な1人当たりエネルギー消費へのマイナス成長は中国の現在低いレベルの1人当たりエネルギー消費量及び経済のモデルチェンジと一致せず、同時に中成長の予想にも合致しない。したがって、累乗近似を選択する。

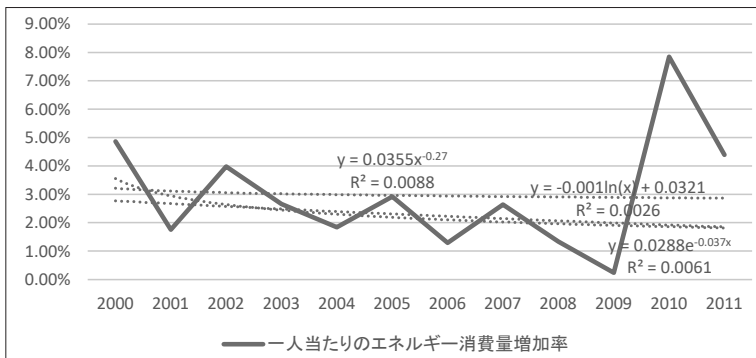
モデルは $y = 0.0503 x^{-0.513}$ で、2011年を基準年（ $x = 1$ ）とし、2021年から2060年までの1人当たりのエネルギー消費量増加率を予測し、結果は図12の

図 12 中成長モデルにおける 2021-2060 年の 1 人当たりエネルギー消費量の増加率



出典：筆者作成

図 13 1 人当たりのエネルギー消費量増加率の高成長モデル



出典：筆者作成 データ原出典：bp (2022) 「Statistical Review of World Energy」

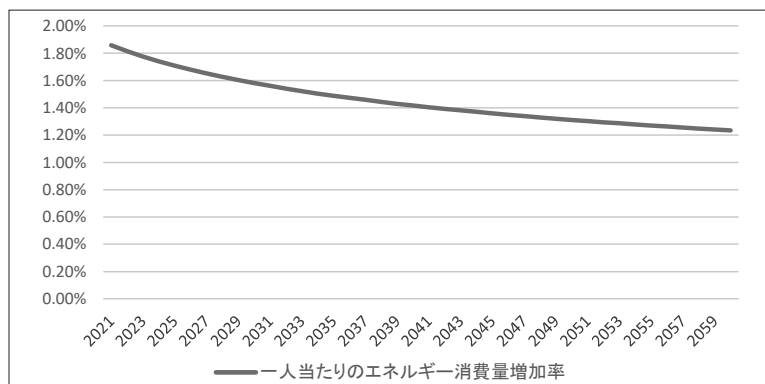
通りである。

このモデルの下で、中国の 2060 年の 1 人当たりのエネルギー消費量は 5117 kg の標準石炭であると予測する。

③ 高成長モデル

対数近似、指数近似、累乗近似では累乗近似の R^2 が最も大きいため、累乗近似を選択する。

図 14 高成長モデルにおける 2021-2060 年の 1 人当たりエネルギー消費量の増加率



出典：筆者作成

モデルは $y = 0.0355 x^{-0.27}$ で、2011 年を基準年（ $x = 1$ ）とし、2021 年から 2060 年までの 1 人当たりのエネルギー消費量増加率を予測し、結果は図 14 の通りである。

このモデルの下で、中国の 2060 年の 1 人当たりのエネルギー消費量は 6287 kg の標準石炭であると予測する。

4.3 演算結果

以上のように、この方法に基づいて予測された中国の 2060 年のエネルギー消費総量は以下の通りである。

① 人口高レベル成長（高限出生率）予測時

1 人当たりのエネルギー消費量の低成長予測シナリオでは、2060 年の中国のエネルギー消費総量は 559,412 万トン標準石炭だった。

1 人当たりのエネルギー消費量の中成長予測シナリオでは、2060 年の中国のエネルギー消費総量は 647,188 万トン標準石炭だった。

1 人当たりのエネルギー消費量の高い成長予測シナリオでは、2060 年の中国のエネルギー消費総量は 795,167 万トン標準石炭だった。

② 人口低レベル成長（低限出生率）予測時

1 人当たりのエネルギー消費量の低成長予測シナリオでは、2060 年の中国のエネルギー消費総量は 506,252 万トンの標準石炭だった。

1 人当たりのエネルギー消費の中成長予測シナリオでは、2060 年の中国のエネルギー消費総量は 585,687 万トン標準石炭だった。

1 人当たりのエネルギー消費高成長予測のシナリオでは、2060 年の中国のエネルギー消費総量は 719,604 万トン標準石炭だった。

5. 推計結果のまとめ

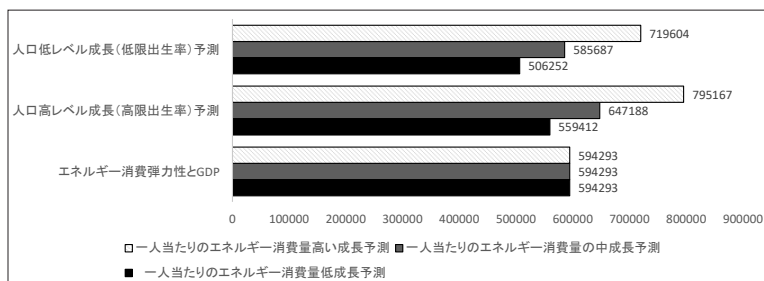
エネルギー消費の弾力性と GDP 成長率の演算方法の不足は、エネルギー消費の弾力性に变化の不安定な状態が現れやすく、モデル構築の精度に影響を与えるため、結果は 2 次検証を経なければならない。

本研究の GDP の成長モデルでは、GDP 成長率は年々低下しているが、依然として GDP の着実な成長を維持しており、この成長モデルは十分な労働力と良好な産業構造などの要素の支持を備えなければならない。この GDP 成長モデルを維持するためには、できるだけ合計特殊出生率を高めなければならない。同時にこの GDP 成長モデルによると、中国の 2060 年の 1 人当たり GDP は現在の先進国の平均水準を上回ることになる（2020 年の OECD 諸国の 1 人当たり GDP の平均値は 449,86 ドルだった⁴²、本研究の GDP の成長モデルによると、中国の 2060 年の 1 人当たり GDP は 740,00 ドルを超える）。現在、中国の 1 人当たりエネルギー消費量は先進国の平均水準を下回っており、1 人当たり GDP の不断の向上に伴い、1 人当たりエネルギー消費量も先進国の平均水準に接近または上回るべきである。

以上より、エネルギー消費の弾力性と GDP 成長率の演算方法は人口及び 1 人当たりエネルギー消費量予測法における高出生率と中、高 1 人当たりエネルギー消費量の予測モデルに合致し、結果から見ると、2 種類の演算方法の結果

⁴² JPC-NET (2021) 「国民 1 人当たり GDP (OECD 加盟国)」
(https://www.jpc-net.jp/research/assets/pdf/chart_2021.pdf、2023 年 1 月 9 日)

図 15 結果のまとめ



出典：筆者作成

はそれぞれ 594,293 万トンと 647,188-795,167 万標準石炭であり、演算結果は近い。2つの予測方法の信頼性が検証される。

そのため、2つの演算方法を結合する上で、筆者は中国の 2060 年のエネルギー消費総量を 624,000 万トンから 796,000 万トンの標準石炭と予測する。

6. おわりに

本研究はエネルギー消費弾力性値と GDP、1 人当たりエネルギー消費量と人口総量の 2つの方法を通じて、中国の 2060 年エネルギー消費量に対して予測を行い、中国の 2060 年エネルギー消費量は 647,000-799,400 万トン標準石炭であると予測する。

筆者は今後の課題として、この予測に基づき、中国の 2060 年の各産業部門のエネルギー消費占有率を予測し、そして異なる産業部門における水素エネルギーの応用原理、応用見通しを結合して、異なる産業部門のエネルギー消費における水素エネルギーの占有率を予測し、さらに中国の 2060 年の水素消費量を予測していく。

(参考文献)

1. IPCC (2021) 「Climate Change 2021: The Physical Science Basis」
(<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>、2022 年 11 月 3 日)

2. 環境省 (2022) 「カーボンニュートラルとは」
(https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/、2022 年 11 月 4 日)
3. IPCC (2018) 「Global Warming of 1.5 °C」
(<https://www.ipcc.ch/sr15/>、2022 年 11 月 3 日)
4. 経済産業省 (2022) 「あらためて振り返る、「COP26」(後編) ～交渉ポイントと日本が果たした役割」
(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/cop26_02.html、2022 年 11 月 4 日)
5. 国家統計局 (2021) 『中国統計年鑑』
(<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2021/indexch.htm>)
6. OECD (2022) 「DAC List of ODA Recipients, Effective for reporting on2022 and 2023 flow」
(<https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/development-finance-standards/DAC-List-of-OD>)
7. 総務省統計局 (2022) 「世界の統計 2022」
(<https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html>、2022 年 11 月 4 日)
8. JETRO (2022) 「米国 基本統計」
(https://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/basic_01.html、2022 年 11 月 4 日)
9. 中国共産党中央党学校 (2021) 「第 75 回国連総会一般弁論での習近平主席の演説 (全文)」
(https://www.ccps.gov.cn/xxsxk/zyls/202009/t20200922_143558.shtml、2021 年 11 月 14 日)
10. 環境省 (2022) 「「水素」ってどんなエネルギー？水素をエネルギーとして活用する意義とは？、2022 年 11 月 5 日)
11. NASA (1997) 「What is the known percentage of hydrogen in the Universe and where is it?」
(https://imagine.gsfc.nasa.gov/ask_astro/cosmology.html、2022 年 11 月 5 日)
12. 経済産業省 (2017) 「知っておきたいエネルギーの基礎用語～CO2 を集めて埋めて役立てる「CCUS」」
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ccus.html>、2022 年 12 月 25 日)
13. 経済産業省 (2021) 「次世代エネルギー「水素」、そもそもどうやってつくる？」

- (https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyosuiso_tukurikata.html, 2022年11月23日)
14. 国際クリーンエネルギーシステム技術研究開発 (2022)「水素」
(<https://www.ena.or.jp/WE-NET/phs/butsu.html>, 2022年11月23日)
15. 石塚朋弘・加藤敦史 (2021)「水素概論」
(https://www.tte-net.com/lab/report/pdf/2020_18.pdf, 2022年11月23日)
16. 東京大学 エネルギー工学連携研究センター (2008)「エクセルギーとコプロダクションの原理」
(https://www.energy.iis.u-tokyo.ac.jp/html_seminar/20080229/20080229tsutsumi.pdf, 2022年11月23日)
17. Power Academy (2022)「電力損失」
(<https://www.power-academy.jp/sp/learn/glossary/id/1240>, 2022年12月24日)
18. 姜士宏 (2021)「国内外の水素エネルギーの発展動態と発展傾向の研究と判断」
(<https://chuneng.bjx.com.cn/news/20210520/1153580.shtml>, 2021年12月4日)
19. 資源エネルギー庁 (2022)「水素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/009_04_00.pdf, 2022年11月27日)
20. 謝和平 (2019)「2025年の中国のエネルギー消費及び石炭需要予測」『石炭学報』44 (7): 1949-1960
21. 熊華文 (2019)「エネルギー消費弾力性値から見る経済の質の高い発展」『中国エネルギー』41 (5): 9-12
22. 翁智雄、馬忠玉、葛察忠 (2019)「異なる経済発展経路におけるエネルギー需要と炭素排出予測——河北省の分析に基づく」『中国環境科学』39 (8): 3508-3517
23. INSEE (2022)「Ton of oil equivalent / toe」
(<https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c1355>, 2023年1月16日)
24. 于汶加 (2010)「中国のエネルギー消費「ゼロ成長」はいつ訪れるのか」『地球学報』31 (5): 635-644
25. 平凡社 (1998)『世界大百科事典』
26. ATOMICA (2009)「エネルギー消費弾力性値」
(https://atomica.jaea.go.jp/dic/detail/dic_detail_2658.html, 2022年12月14日)
27. 王雅菲、趙博淵 (2014)「天然ガス中長期需要予測の成長曲線モデル型」『天然ガス技術と経済』8 (4): 57-59.

28. 国家統計局（2022）「三次産業区分規定」
(http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/201301/t20130114_8675.html, 2023 年 1 月 9 日)
29. 内閣府（2020）『用語の解説（国民経済計算）』
(https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/reference4/yougo_top.html#ka25, 2022 年 12 月 18 日)
30. 中華人民共和国中央人民政府（2015）「中国経済の転換加速」
(http://www.gov.cn/xinwen/2017-08/16/content_5218100.htm, 2022 年 12 月 18 日)
31. 張兵（2022）「供給側改革が中国の潜在経済成長率に与える影響に関する研究」
『西安交通大学学报』42（1）：68-75
32. 李標（2018）「改革プロセスにおける中国の潜在 GDP 成長率：推定と予測」『現代経済学』40（6）：1-18
33. 何盛明（1990）『財経大辞典』中国財政経済出版社
34. 国連（1982）『Vienna International Plan of Action on Ageing』
35. 国連（1956）『Population Aging and Its Socio economic Consequences』
36. 国家統計局（2000）『統計年鑑』
37. 国家統計局（2022）「国家データ」
(<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0201&sj=2021>, 2022 年 12 月 19 日)
38. IMF（2022）「World Economic Outlook Database」
<https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending>, 2022 年 12 月 18 日)
38. 任沢平（2021）『中国人口予測レポート 2021 版』
39. 厚生労働省（2020）『厚生労働白書』
40. 中国人民代表大会（2021）『人口と計画出産法』
41. bp（2022）「Statistical Review of World Energy」
(<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, 2022 年 12 月 24 日)
42. JPC-NET（2021）「国民 1 人当たり GDP（OECD 加盟国）」
(https://www.jpc-net.jp/research/assets/pdf/chart_2021.pdf, 2023 年 1 月 9 日)

（2023 年 1 月 31 日受理）

（りゅう かい）