

# 台湾における「脱原発」の課題と エネルギー安定供給策に関する研究

周 瑋生・陳 洞帆・千 暎娥

## A Study on Issues of “Nuclear Power Phase-Out” and Energy Stabilization and Supply Measures in Taiwan

Weisheng ZHOU, Chiung-Fan CHEN, Kyungah CHEON

### Abstract

Taiwan is aiming to achieve the “Nuclear Power Phase-Out” by 2025. However, a series of power shortages observed shows maintaining a stable energy supply will be an important issue for Taiwan. Understanding how Japan implemented energy measures for “Zero Nuclear Power” after the Great East Japan Earthquake would help Taiwan tackle “Nuclear Power Phase-Out.” The study quantitatively and qualitatively compares and analyzes Taiwan's measures of stable energy supply for “Nuclear Power Phase-Out” with Japan's energy measures for “Zero Nuclear Power” from the perspectives of energy security, economic efficiency, and environmental efficiency (3E).

According to the comparative analysis from the 3E, the following results are found. First, the restarting of previously shut-down thermal power plants would help Taiwan be able to meet the power demand in 2025. Second, by the limited adjustment in electricity prices, the change of electricity prices would be more stable than that in Japan at that time. Third, the increase in electricity consumption should be controlled efficiently. Forth, to improve energy efficiency, the low level of efficiency of thermal power should be dealt with in Taiwan. Based on the comparative analysis with Japan, to achieve Taiwan's “Nuclear Power Phase-Out”, the following measures are recommended to be implemented: First, continuous maintenance of shut-down thermal power plants is necessary. Second, in terms of electricity consumption, (1) strengthening electrical load leveling for large-scale users, (2) promoting the introduction of energy management systems in households and the business and service sectors, and (3) making electricity-saving awareness a part of people's lifestyles. Third, continuously improving the power generation efficiency of old thermal power plants is needed to reduce environmental impact and lower energy consumption.

### 1. はじめに

台湾は世界中の半導体など電子製品の需要急増に恵まれ、経済成長とともに、電力需要は年々の予測値を上回っている。その中、台湾は2025年の「脱原発」に向け、順次、稼働中の全原発を運転期限満了と同時に停止する

予定である。そのため、なくなる約10%の原発の発電量を補う必要がある。しかし、発電量を補う再生可能エネルギー再エネの普及がうまく実現できていないうえに、停電が相次いで発生している。台湾にとって2025年の「原発ゼロ」時に、エネルギーの安定供給が維持できるのかは重要な課題となる。本研究では、エネルギーの安定供給・経済発展・環境保全(3E)の調和から、

電力供給と消費の両面において、日本が「原発ゼロ」の状況に置かれていた時期に、どのようなエネルギー政策を講じたのかを分析する。そして、台湾の「脱原発」に向けた電力需給の状況を日本の「原発ゼロ」の経験と比較分析し、台湾が2025年までに「脱原発」の実現可能性とそれを目指すエネルギー政策提案を試みる。

## 2. 台湾における電力需給の現状

### 2.1. 台湾の電力供給構造とエネルギー政策

図1から、台湾の電力供給構造の変化は経済成長と総じて一致している。1960年から台湾の電力供給構造は主に5つの期間に分けられる。第1期間は1960年から1977年にかけて、電力需要が経済成長に応じて増えていき、加えて石炭発電から石油発電に転換した。第2期間は1977年から1985年にかけて、石油危機による石油価格が高騰の中、1973年の「台湾地区エネルギー政策」により、石炭の供給を増加するとともに、エネルギー自給率の向上を図るため原子力発電所を建設し、1977年から稼働した。

第3期間は1985年から2005年にかけて、製造業の急速な成長による電力需要の増加で、石炭発電と原子力発電（原発）の供給を拡大するとともに、石油価格の低下

から石油発電の利用も増加した。一方、国際的に環境保全に対する声が段々強くなるのに応じて、天然ガス発電の供給が90年代から増加し始めた。

第4期間は2005年から2010年までの間である。2005年に「京都議定書」が発効され、国際社会の協調として温暖化対策に取り組み、また温室効果ガス排出量削減の目標を取り決めたことに応じて、2008年台湾は「永續能源政策綱領」（持続可能エネルギー政策方針）を策定した。これはエネルギーの安定供給、経済性、環境性の同時達成を図っており、それによって、石炭発電と石油発電を削減するとともに、天然ガス発電と再生可能エネルギーを増加させた。

第5期間は2011年の東日本大震災から現在に至るまでであり、その間の政策方向が、原子力の存続と廃止に強く関わっている。1977年から1985年まで原子力発電の割合が増加しつつあり、1985年に一度全台湾の総発電量の50%を占めた。しかし、1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故が発生して以降、原子力発電の安全性が疑われ始め、2002年に初めて「環境基本法」の中で「脱原発」を言及した（台湾法務部、2002）。その後、2011年の福島第一原子力発電所事故の発生により、脱原発の声がよりいっそう強まった。それにより、2012年に「能源發展綱領」（エネルギー発展方針改正案）が

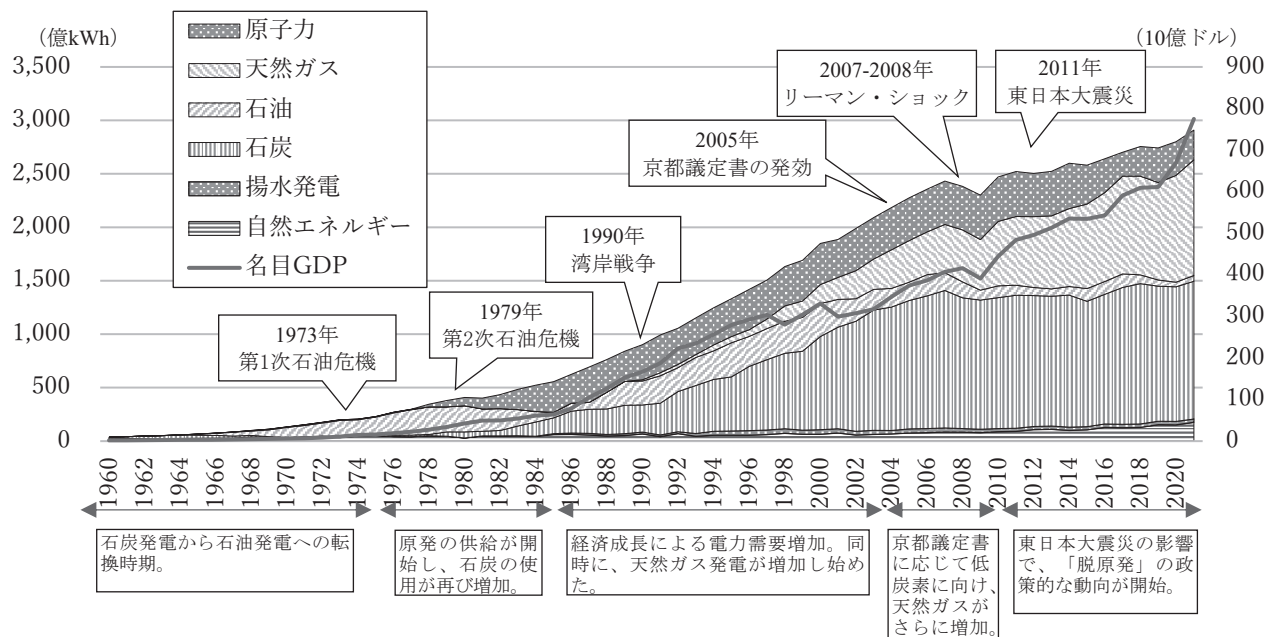


図1 台湾におけるエネルギー政策から電力供給への影響（1960-2021年）

出典：台湾電力会社（2021）、林唐裕（2009）「環境與經濟 3E 之永續能源政策研析」の資料より作成

定められ、原発の依存低減の実現に向けて進められた。さらに、2017年に「能源發展綱領」を改正し、同年12月には「能源轉型白皮書」（エネルギー構造転換白書）を策定し、2025年までに天然ガス発電を50%、石炭発電を30%、再生可能エネルギーを20%とする「非核家園」という脱原発目標が明確に定められた。

## 2.2. 台湾における電力消費の変化

次に電力の消費面から分析する。全体的な電力消費の増加をけん引しているのは工業部門であり、2002年の940億kWhから2021年の1,614億kWhへと増加し、これは全電力消費量の56.9%である（図2）。GDPの成

長と傾向がほぼ一致していることから、台湾における電力消費の成長は工業部門の成長によることが分かった。

工業部門の電力消費の内訳をみると、2005年以後、コンピューター・電子製品製造業の電力消費量が急増しており、化学材料製造業を越えて、最大の多電力消費産業となった。現在では、台湾の電力消費の変化について、主にコンピューター・電子製品製造業が大きく関わっている。新型コロナウイルス感染拡大の中においても、国際的な電子製品の需要増加により、コンピューター・電子製品製造業への影響は少なく、電力消費もさらに高くなった。

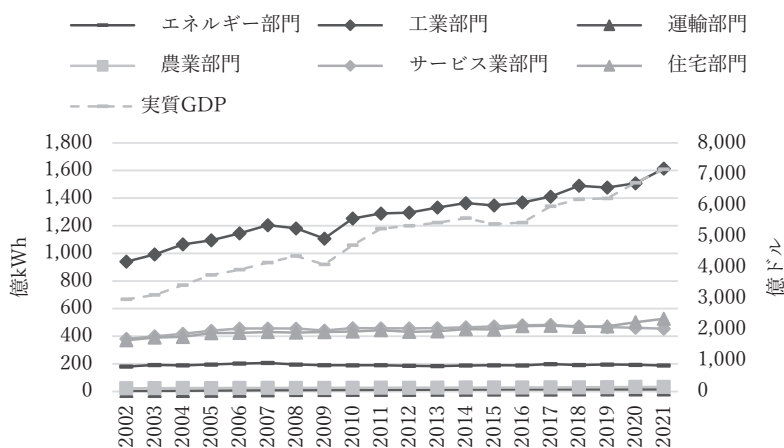


図2 台湾における部門別電力消費量の推移

出典：台湾經濟部能源局のデータより作成

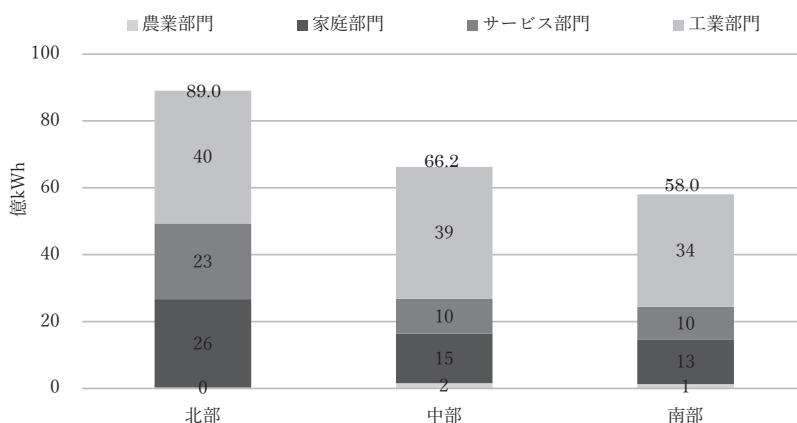


図3 地区別・部門別の電力消費割合（2021年9月）

出典：台湾電力会社（2021）「各縣市售電資訊」より作成

### 2.3. 地域別の電力需給構造

台湾の地域別電力供給は主に北部地区、中部地区、南部地区の3つに分けられる(図3)。北部地区における2021年9月の月間電力消費量(当年度最大電力の月)は89.0億kWhであり、3つの地区の中でもっとも電力消費量が高い。中部地区の2021年9月の月間電力消費量は66.2億kWhであり部門別電力消費量をみると、工業部門が60%を占め、もっとも電力消費の高い部門である。南部地区の2021年9月の月間電力消費量は58.0億kWhであり、工業部門が58%を占め、やはりもっとも電力消費の高い部門は工業部門である。

発電施設について、2021年時点で火力発電設備容量がもっとも多い中部地区は9,271,000kWで、北部地区と南部地区はそれぞれ8,384,200kWと8,093,750kWである。再生可能エネルギーの設備容量からみると、中部地区の西側は台湾海峡を福建省と挟んでいるため、季節風が強く、風力発電施設が数多く設置されており、風力の設備容量がもっとも多い。太陽光発電については日照時間が長い中部地区と南部地区に多い。また、水力発電につい

ては、山岳地形が多い中部地区にダムが多く建てられ、水力発電の供給力が高い。原子力発電所については、北部地区に1基985,000kWがあり、南部地区に2基1,902,000kWがある(図4)。

以上をふまえ、原発が1基所在する北部地区は電力消費が高いと同時に、再生可能エネルギーが少ないため、原発がゼロとなった場合、電力需給バランスがもっとも影響される地域だと考えられる。

## 3. 台湾の脱原発に向けたエネルギー安定供給に対する諸課題

### 3.1. 近年の台湾の停電事故

近年、台湾において大きな電力制限・停電事故が3件あった。それらの発生日は2017年8月15日、2021年5月13日、2021年5月17日である。停電事故前の供給予備率はそれぞれ3.17%、10.04%、3.84%であり、台湾の「電力安定供給」とする基準10%に比べ、2021年5月13日の事故以外の2件はどちらも適正な水準を維持

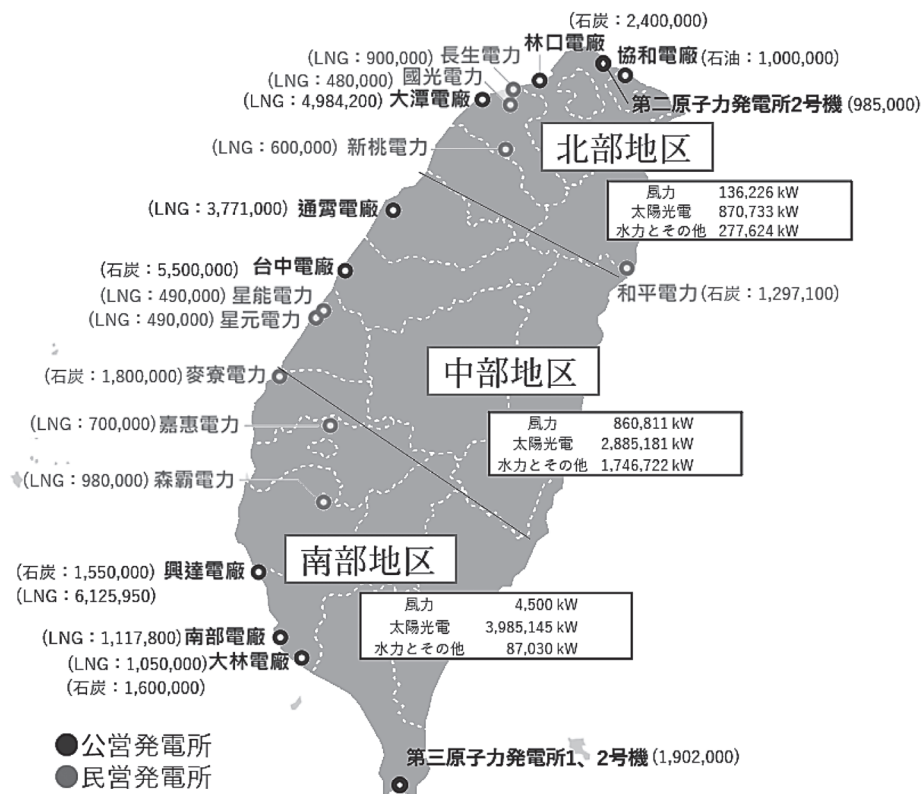


図4 台湾の発電所配置と設備容量容量 (2021年)

注: 本島以外の地域を除く。( ) は設備容量を示す。  
 出典: 台湾電力会社公示データより作成

していなかったことがわかった。さらに、2021年5月13日の事故を分析すると、当日の供給予備率は10.04%であったが、その中に天候に左右されやすい再生可能エネルギーが8%を占め、ほかのベース電源が2%しかなかった。その結果、発電所のトリップにより供給力の6%が減少し、再生可能エネルギーがうまく供給できなかったうえ、予備の火力発電所が起動するまで、6時間ほどの電力不足が生じた（環境资讯中心，2021）。この3件の停電事故によって、信号機の消灯による交通事故や工業・商業の経済活動停止による経済損失、またエレベーターに閉じ込め事故など、膨大な損失を生んだ。

### 3.2. 設備容量の不足

図5は、2016年から2021年までの台湾における設備容量と電力需要の伸び率を示している。2018-19年を除くと、電力需要が設備容量を上回ったとみられる。2018-19年に設備容量の伸び率が電力需要の伸び率を超えたが、その内訳を分析すると、約1/3が再生可能エネルギー設備の増加であった。再生可能エネルギーは天候と時間の変化に左右されやすいため、火力発電などのベース電源と比べて電気の安定供給に対して不安定な要因となると考えられる。

### 3.3. 電力需要が予測を上回る

経済部能源局の予測によると、経済成長に応じて2021年から2027年にかけて電力消費量は年々2.5%増とされている。しかし、2021年の電力消費伸び率の実

績は4.5%であった。その原因として、電子部品製造業をはじめとする工業部門と住宅部門の電力消費増加が原因として挙げられる。2021年の工業部門電力消費量は1,604億kWhで、成長率が7.1%である。将来、経済成長の加速により工業部門の生産が増加すれば、電力消費はさらに予測を上回る可能性がある（図6）。

### 3.4. 原発の停止による予備供給率の下降

台湾の電力供給規制上、供給力の予備率が10%以上を「安定供給」、6%以上10%未満を「不十分」、6%未満を「供給警戒」と定められている。2021年5月以来、第二原子力発電所1号機の乾式貯蔵施設が満タンになったため、発電の稼働を段階的に抑制し、同年7月1日に完全に停止した。それ以前までは、供給予備率がほぼ10%以上で電力を安定的に供給していたが、5月中旬から第二原子力発電所の運転が徐々に減少していき、供給予備率も基準値を下回り始めた。供給予備率が10%未満になった日は41日間で、6%未満になった日は3日間であった。2021年に比べると、2020年は供給予備率が継続10%以上であった（台湾工業研究院，2022）。つまり、現在の台湾における電力不足は、ベース電源とする原子力発電の減少と関わっている。「脱原発」に対してベース電源の確保が課題となると考えられる。

### 3.5. 再生可能エネルギーの発展不足

台湾の再生可能エネルギーは、2017年の「能源轉型白皮書」で設定した、2025年までに発展目標20%（設

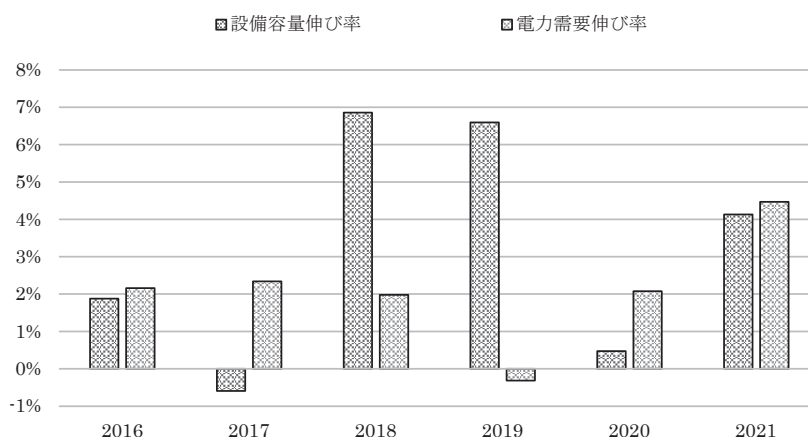


図5 近年の設備容量伸び率と電力需要伸び率の比較

出典：台湾經濟部能源局の資料より作成

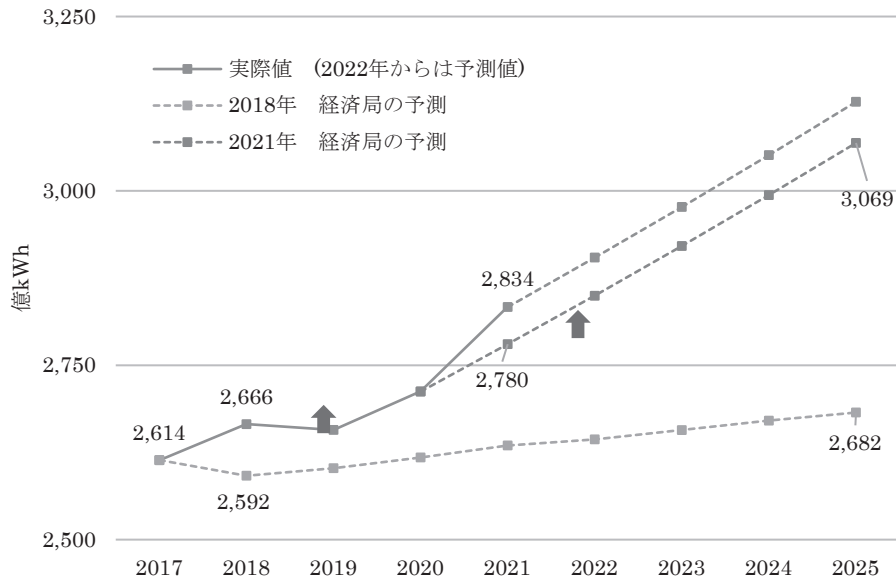


図6 台湾の再生可能エネルギーの目標値と目標値の差

出典：台湾經濟部能源局の資料より作成

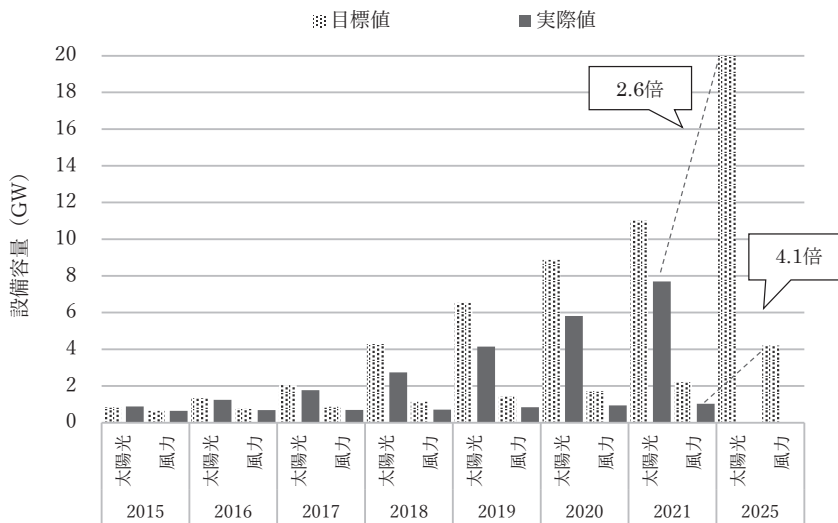


図7 台湾の再生可能エネルギーの目標値と目標値の差

出典：台湾經濟部能源局の資料より作成

備容量 27GW に相当) を達成することに対して目標値と実際値との差が拡大している (図7)。環境アセスメント、土地不足、または、申請時の複雑な手続きなどが原因として挙げられる (鄭方婷, 2020)。その結果、計画通りに太陽光や風力といった再生可能エネルギーの普及が実現できていない状況にある。

以上をまとめると、台湾の電力不足の原因は、主に①電力需要の急増、②原発発電量の減少によるベース電源

設備の不足、③再生可能エネルギーの普及の遅れが挙げられる。

## 4. 日本の「原発ゼロ」に対するエネルギー政策の分析

### 4.1. 震災後の電力供給の変化 (2010 - 15年)

震災前の2010年から2015年までの電力供給の取り組み



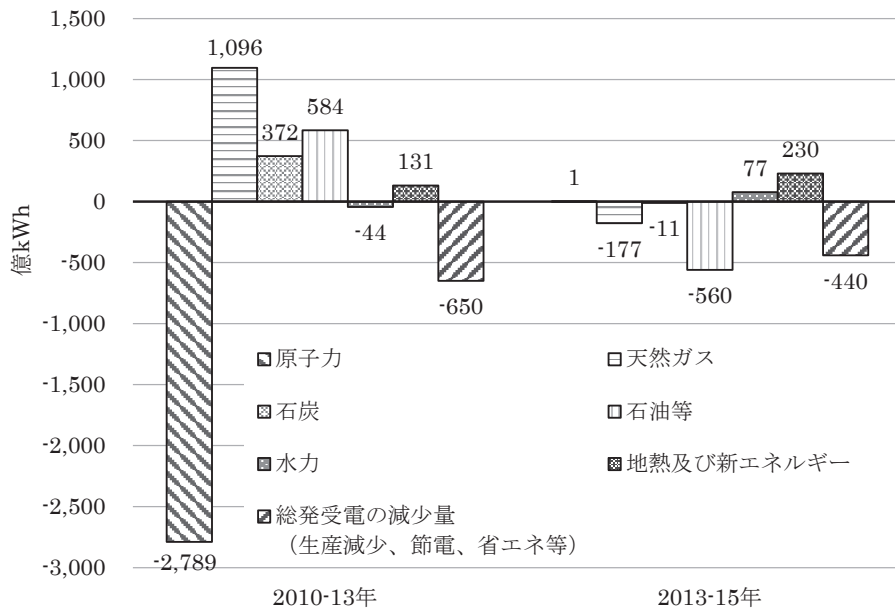


図8 日本の電源別電力供給の推移 (2010-15年)

\*2015年8月原発の再稼働により2015年下半期に原発発電量があった。  
 出典：日本資源エネルギー庁（2021）「エネルギー白書2021」から作成

みを2つの時期に分けられる（図8）。第1時期は2010年から2013年の震災後までの間である。事故を起こした東京電力の福島第一原子力発電所の停止を含め、北海道から九州まで、全国各地の原子力発電所が次々と運転を停止した期間である。それにより、原子力発電電力量は2010年から2013年にかけて2,789億kWh減少した。発電量を補填したのは主に火力発電の利用上昇によるものであった。LNG火力、石炭火力および石油火力の発電量は、それぞれ1,096億kWh、372億kWh、584億kWh増加し、増幅は33%、12%、59%である。それ以外に電力需給バランスを維持した要因の1つとして電力消費の減少が挙げられる。総発電電力量の電力消費は、2010年から2013年にかけて650億kWh減少した。その要因としては、震災による産業部門の生産減少、節電の実施、または省エネルギーの促進などが挙げられる。

第2時期は2013年から2015年までの間である。2013年時点で、廃止された原子力発電所が8基、地震により停止したのが14基、政府の要請により停止したのが3基、また故障と定期検査中が32基と、原発電力量がなくなったことで、「原発ゼロ」となった（資源エネルギー庁、2018）。電力バランスを維持できたのは電力需要の削減、火力発電の増加及び再生可能エネルギーの進展に

よるものである（資源エネルギー庁、2018）。以上をふまえて、日本では震災前に電力供給の約25%を占めた原子力発電電力量が、震災後にはゼロとなり、主に火力発電の稼働増加によって補われたことが分かる。それに加え、多くの電力需要が削減できたことで、電力不足状況を乗り越えた。

#### 4.2. 火力発電の稼働増加による電力供給の維持

日本での原発ゼロのときに、火力発電の設備利用率の上昇とともに、火力発電の設備容量も2010年8月の124,390MWから徐々に2015年8月の132,441MWへと増加した。その中で、老朽発電所の稼働割合が6.2%から18.1%に増加した（資源エネルギー庁、2011-16）。つまり、日本の「原発ゼロ」の際に、火力発電電力量の上昇は設備利用率の上昇だけでなく、老朽・休止した火力発電所を再稼働することによるものでもある。

段階的に廃止する原子力発電の発電量を補うために、日本の各電力会社は火力発電の稼働率を上げたが、原発への依存度が高い電力会社では管内の火力発電の稼働率を増加させても、電力需要を満たすことができない状態にあった。電力供給体制を維持するために、各地の電力会社間の電力融通を増強させることで、電力供給不足問題に対応した。たとえば、東京電力における他地域か

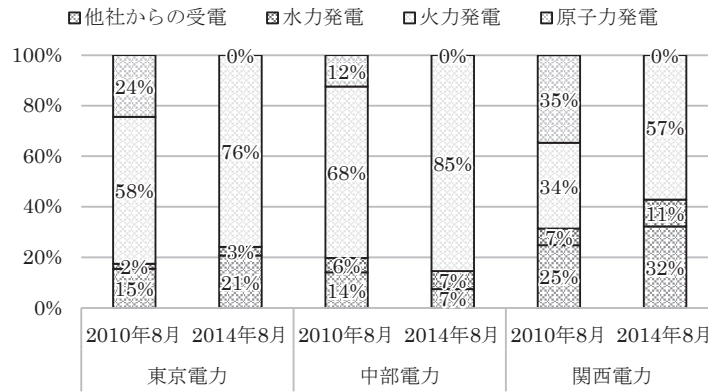


図9 震災前後東京電力、中部電力、関西電力の電力供給構造の変化

出典：資源エネルギー庁（2010-15）「電力調査統計表」の資料より作成

らの受電は2010年の15%から2014年の21%へと増加し、関西電力における他地域からの受電は2010年の25%から2014年の32%へと増加した。「原発ゼロ」の際は、地域間の電力融通により電力供給を確保することも1つの手段であるとわかった。

#### 4.3. 火力発電利用増加による化石燃料輸入額の急増

経済面において、火力発電利用増加により化石燃料輸入額が増加し、多くの国富が流出した。当時、LNGの輸入量は2010年の71百万トンから2013年の88百万トンに上昇し、石炭の輸入量も2010年の187百万トンから2013年の196百万トンに増加した。石油の輸入量については、石油価格の高騰の上に加え、石炭およびLNG火力発電所の稼働増加と、再エネの進展によって、2010年の約2億1,500万klから2014年には約1億9,400万klへと減少した（資源エネルギー庁，2015）。

輸入価格については、厳しい中東情勢を背景に、2010年から2014年にかけてLNGの輸入額が約3.5兆円から約7.8兆円に、石油の輸入額も約9.4兆円から13.8兆円へと上昇した（資源エネルギー庁，2015）。その結果、化石燃料の輸入額が2010年の約18兆円から2014年の約25兆円へと約7兆円増加し、貿易支出は2011年から2014年まで継続して赤字であった（資源エネルギー庁，2015）。

#### 4.4. 化石燃料輸入額増加による電力料金の上昇

化石燃料の輸入額増加により、日本における電気料金も大幅に増加した。図11のように、家庭向けの平均料金は2010年の20.4円/kWhから2014年の25.5円/

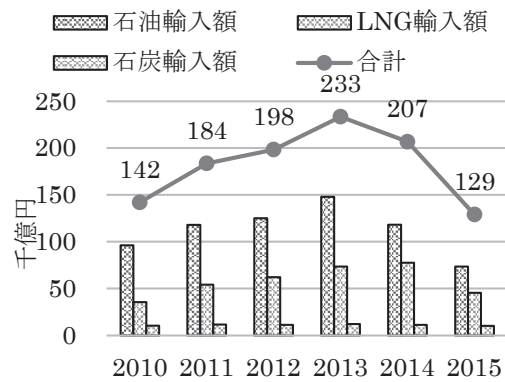


図10 化石燃料の輸入額の推移

出典：財務省（2020）「日本貿易統計」より作成

kWhへと約25%上昇し、産業向けの電気料金も2010年の13.7円/kWhから2014年の18.9円/kWhへと約38%上昇した。

電気料金が上昇する要因として、「燃料費調整額」が挙げられる。日本における電気料金の構成は、主に基本料金、電力量料金、燃料費調整額、再生可能エネルギー賦課金からなり、為替レートと燃料市場価格の変動によって自動的に反映されるものである（資源エネルギー庁，2015）。以上の事情をふまえ、日本は「原発ゼロ」の、化石燃料消費の増加、燃料価格の上昇、または電気料金の増加などから経済にもたらす影響を回避できなかった。

#### 4.5. 需要面における電力消費の抑制

需要面において、震災後に日本は電力消費量が年々減少していたことがみてとれる（図12）。原発停止による



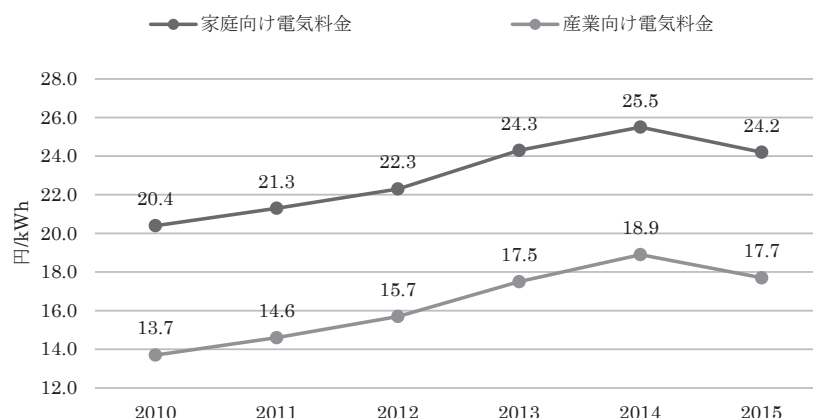


図 11 日本の平均電力料金の推移

出典：資源エネルギー庁「日本のエネルギー 2020 年度版『エネルギーの今を知る 10 の質問』」

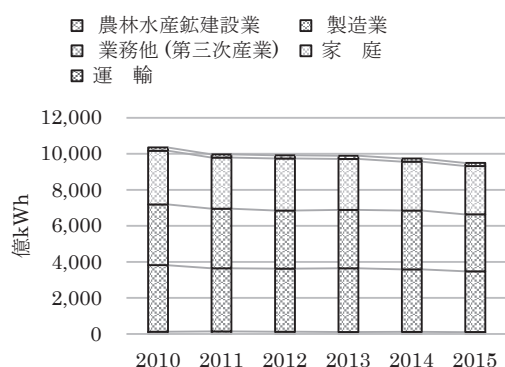


図 12 日本の部門別電力消費量の推移

出典：資源エネルギー庁の資料より作成

電力不足に対応するため、日本政府は電力需要の削減を目指し、節電促進と省エネに向けた対策を打ち出した。政府の節電に関する対策は、主に①情報の提供と、②最大電力の抑制である。

「情報の提供」として主に講じたのは、「電力需要ひっ迫警報」である。これは供給予備率が3%を下回る見通しとなった場合に、報道機関と地方公共団体に通知し、電力不足を国民に知らせることで節電の行動を呼びかけ、加えて、電力会社に電力不足の警報を伝えることで、各電力会社管内の大口需要家にピーク時の節電を要請してもらい、電力会社間の最大電力融通を確保することである（エネルギー・環境会議、2012）。

「最大電力の抑制」を主に講じたのは、大口企業に対する電力のピークカットとピークシフトの要請である。その中でも、時間的なコントロールを強化する「電力需要（負荷）平準化」の推進は、電力抑制に大きく寄与し

た（胡、2016）。これは夏と冬の電力ピーク時の電力消費量を非ピーク時に移すことにより、ピーク時の電力不足を解消することである。

制度面だけではなく、各政府機関、企業および民間の協力のもと、節電対策を実施したうえで、電力需要を削減した。具体的な例を挙げると（表4-2）、JR北海道は駅・電車内・鉄道設備・オフィスの4分野で節電対策を実施し、2012年度は2010年度比冬季の最大電力の9%削減を達成した（スマートジャパン、2013）。小松製作所は2011年度から電力削減活動を行い、電力見える化により無駄な電力消費を排除し、工場・施設の省エネ設備の更新と再エネ設備の導入によって電力消費を削減した。その結果、小松製作所は2015年度には2010年度比社内の電力使用量50%削減を達成した（谷川、2020）。また、野村不動産ホールディングスは千葉県船橋市の「プラウド船橋」マンションにおいて大規模な節電実証を行い、1か月間の電力使用量平均約7%削減を達成した。以上から、政府、企業および国民の協力のもと、最大電力の抑制は顕著な効果があり、電力不足の対応に寄与した（図13）。

#### 4.6. 環境面におけるCO<sub>2</sub>排出量削減対策

震災後、日本においては火力発電所の利用拡大によってCO<sub>2</sub>排出量が急増したが、2013年にピークを迎えて減少し始めた（図14）。また、同時期に日本の1人当たりGDPも増加した。

CO<sub>2</sub>排出量急増の中、京都議定書で掲げられた目標を推進するために、2013年3月15日に地球温暖化対策

推進本部は「当面の地球温暖化対策に関する方針」を定め、地方公共団体、事業者および国民に対して、温室効果ガス削減への取り組みを呼びかけた。その結果、2013年から2015年にかけて、省エネルギーの取り組みによるCO<sub>2</sub>排出量が約104百万トン減少した。

各部門におけるCO<sub>2</sub>排出量の削減効果が高い対策を挙げると（図15）、産業部門においては「省エネルギー性能の高い設備・機器の導入」である。そして、業務・サービス部門においては「BEMSなどのエネルギー管理システム」や「トップランナー制度による設備の省エネルギー性能の向上」である。また、家庭部門においては「高効率の設備・機器の普及」である。エネルギー転換部門においては、「再生可能エネルギーの導入」や「火力発電の効率向上」であり、これは電力分野の二酸化炭

素排出原単位を低減する対策の1つとして実施され、火力発電所の発電効率（高位発熱量（HHV）を指す）を2030年に向けた目標値（新設：石炭42.0%以上、LNG50.5%以上、石油39.0%以上、既存：石炭41%、LNG48%、石油39%）までに向上させることを目指している。改善した結果、2015年に火力発電の発電効率において、石炭が約48.4%、天然ガスが約47%、石油が約42.4%となり、CO<sub>2</sub>排出量もそれにより減少した。

このように、日本では電力不足と火力発電によるCO<sub>2</sub>排出量増加という深刻な課題に向けて、政府の打ち出した対策に応じて、各部門が積極的に省エネルギーと低炭素の対応策を講じたそのうえで、CO<sub>2</sub>排出量を顕著に削減でき、2013年にピークを迎え2014年から減少し始めた。

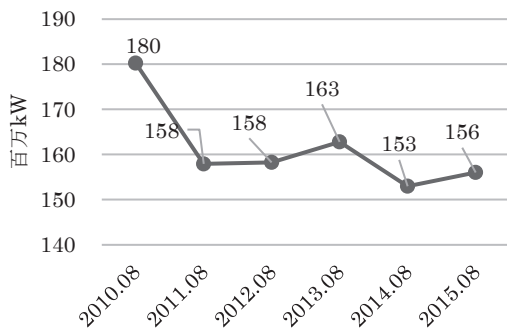


図13 日本における八月の最大電力の推移(2010-15年)

出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より作成

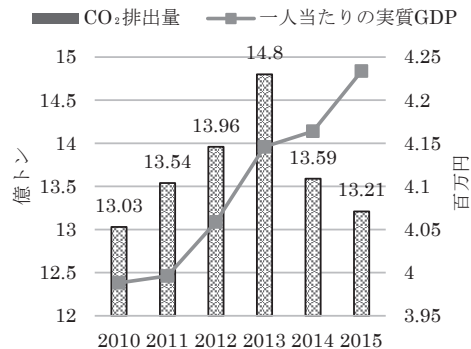


図14 日本の震災前後の1人当たりGDPとCO<sub>2</sub>排出量の推移

出典：資源エネルギー庁と内閣府の資料より作成

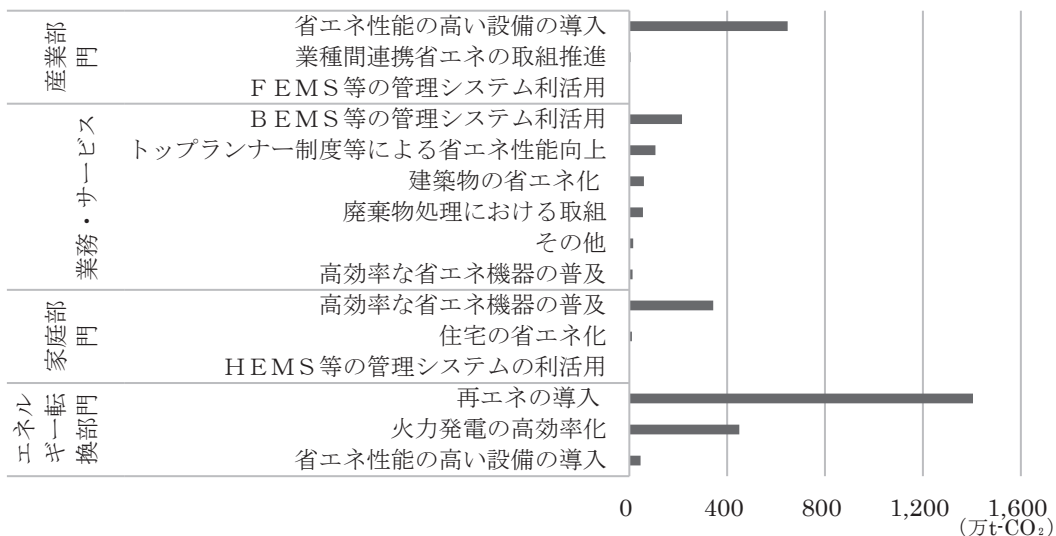


図15 日本2013-15年各部門の地球温暖化対策・施策による温室効果ガス削減量

出典：地球温暖化対策推進本部（2017）の資料より作成

## 5. 台湾の脱原発に向けたエネルギー政策の比較分析と政策提言

まず、日本の2010年の電力供給構造と比較すると、台湾の原発は10%で、日本の25%より原子力発電への依存度が低い。つまり、原発ゼロの際に、台湾は日本より代替電源の調達が比較的やりやすいと考えられる。一方、自然エネルギーは日本と台湾で同等レベルの9%と7%であるが、うち台湾では水力発電が2%を占めており、日本の7%より低く、ベース電源としては比較的少ないとみられる。また、台湾は自然エネルギー固定価格買取制度（FIT）を10年以上経つが、水力以外の太陽光と風力の導入量は5%に留まっており、2025年までに水力を含め20%まで成長せられるのかは未知数である。したがって、台湾においては、火力発電が原子力発電以外での安定的な電力供給の電源だと考えられる。

### 5.1. 休止した火力発電を稼働する場合の試算

日本では「原発ゼロ」の際に、老朽・休止した火力発電所の再稼働を通じて、不足電力量を補ったことがわかった。次に、台湾では2025年に既存および新設の火力発電所、加えて休止した発電所の稼働による電力供給が維持できるのかを検証する。台湾電力会社が公表した電力中長期的開発計画によると、廃止と新設を含めた台湾の火力発電所設備容量は2021年の26,158MWから2025年の28,872MWに、3,714MW<sup>1</sup>の増加を見通している（台湾電力会社、2021）。その中で、廃止する火力発電所は石炭火力発電所が3基、石油火力発電所が2基、LNG火力発電所が4基である。廃止した発電所の場所

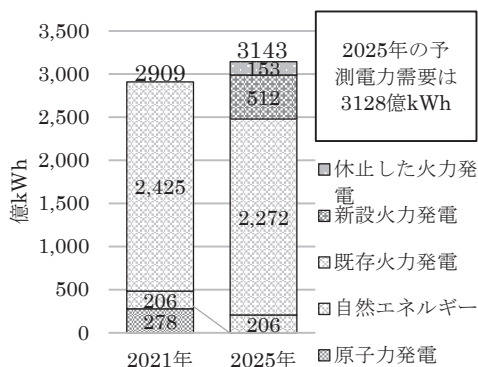


図16 2025年に脱原発の中で休廃止した火力発電所をすべて再稼働する場合

出典：台湾經濟部能源局と台湾電力会社の資料より計算

を用いて新設する火力発電所は、興達発電所1～3号機（石炭）と大潭発電所7号機（LNG）であり、2025年時点で、ほかの協和発電所3～4号機（石油）、通霄発電所4～5号機（LNG）、大潭発電所5号機（LNG）のリプレースや新設する計画はない。つまり休止して再稼働可能な火力発電所は5基、設備容量2,496MWである。

経済局が予測した2025年度の電力需要は3,128億kWhである（年平均成長率2.5%）。2025年に既存火力発電の設備容量21,512MWを2021年度の年間設備利用率69.9%で計算すると、電力供給が約2,272億kWhとなり、新設火力発電の設備容量8,360MWを同じ設備利用率で計算すると、約511億kWhとなる。さらに、自然エネルギー発電量の206億kWhを加えると、合計2,989億kWhとなる。2025年の予測値3,128億kWhと比べると、139億kWhの電力不足があることがわかった。そこで、休止した火力発電所の設備容量、約2,496MWを同設備利用率で再稼働すると、153億kWhの供給ができるようになり、不足する電力量を補うことが可能となる（図16）。

### 5.2. 台湾と日本の地域別電力融通の比較

前章では、日本が原発ゼロの際に電力需給バランスを維持するため、地域間における電力融通が重要となることを明らかにした。次に、台湾における地域間の電力融通状況を比較する。

地域別の電力供給状況から、大きな偏差がみられる（図17）。北部地区はもっとも電力消費量が高い地域であるが、電力供給量は3つの地域の中でもっとも少ない。原因として、土地不足および中南部地区のような大きな港がなく、また燃料の貯蔵施設も少ないことから、火力発電設備容量が中部地区より少ないことがわかった。さらに、2021年9月の電力消費量89.0億kWhに対して電力供給量は68.4億kWhであり、20.6億kWhの電力不足があった。その不足分に対して主に中部地区と南部地区から融通して供給した。しかし、このような電力供給体制では、2025年原発廃止の際に、北部地区において約6.9億kWhの原子力発電がなくなり、供給力がさらに深刻化すると考えられる。

日本の経験を通じて、台湾の2025年脱原発において、火力発電所の設備利用率の上昇および地域間電力融通による短期的な電力供給によって電力需要を満たすことが可能なのかを試算する。台湾經濟部能源局の公表資

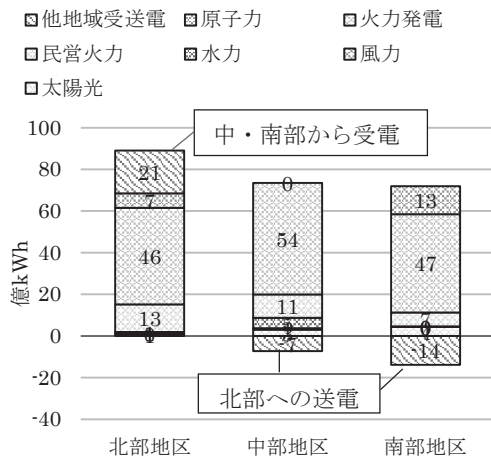


図 17 台湾の地域別・電源別の電力供給構造 (2021年9月)

出典：台湾電力会社 (2022) 「110年電業年報」、台湾電力会社「各縣市售電資訊」により計算

料から 2027 年までの電力の年平均成長率 2.5% と 2021 年の平均設備利用率 69.9% を用いて計算した結果を以下にまとめる。

- 2025 年の新設火力発電所
  - ① 北部地区：LNG 発電 3 基 3,160.2MW
  - ② 中部地区：LNG 発電 1 基 1,300MW
  - ③ 南部地区：LNG 発電 3 基 3,900MW
- 2025 年の新設火力発電所
  - ① 北部地区：石油発電 2 基 1,000MW
  - ② 中部地区：LNG 発電 2 基 772MW
- 2025 年に 9 月（電力消費量の最大月）地域別電力需要：
  - ① 北部地区：98.2 億 kWh
  - ② 中部地区：73.1 億 kWh、
  - ③ 南部地区：64.1 億 kWh
- 地域別電力供給：
  - ① 北部地区：73.8 億 kWh (不足：24.4 億 kWh)
  - ② 中部地区：87.6 億 kWh (余剰：14.5 億 kWh)
  - ③ 南部地区：72.3 億 kWh (余剰：8.2 億 kWh)
- ➔ 北部地区は 1.7 億 kWh が不足

以上の計算によると、北部地区の電力不足は約 24.4

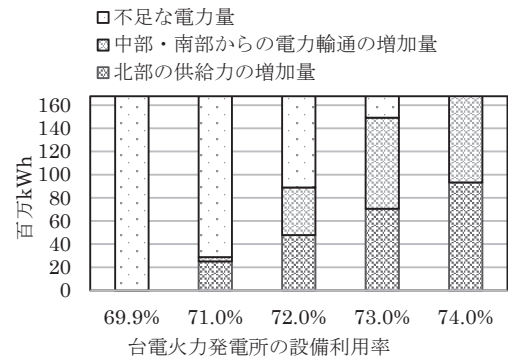


図 18 台電火力発電の設備利用率増加による北部地区の電力需給の変化

出典：台湾經濟部能源局、台湾電力会社、台湾工業技術院、の資料より計算

億 kWh であり、中部地区と南部地区の余剰供給力、約 14.5 億 kWh と約 8.2 億 kWh から電力融通してもまだ約 1.7 億 kWh 足りない。そのうち、火力発電設備利用率を約 74% まで上昇させると、北部地区の自地域供給力が約 0.9 億 kWh 増加し、また中部地区と南部地区の余剰供給力もあわせて約 0.8 億 kWh 増加でき、電力融通を通じて不足分の約 1.7 億 kWh を賄うことが可能となる (図 18)。つまり、原発廃止による北部地区の電力不足に対して、火力発電の設備利用率の上昇と中部・南部地区の余剰電力を通じて供給することが可能である。

しかし、火力発電設備の利用増加により、環境と経済にも負担がかかる。試算のように火力発電設備利用率を 69.9% から 74.0% に上げると、単月の発電による二酸化炭素排出量が 49.4 万 t-CO<sub>2</sub> 増加する。また、発電による化石燃料消費も増加するため、月間の化石燃料輸入額が 606 百万 NTD (ニュー台湾ドル) 増加する。

### 5.3. 経済面における日本との比較分析

台湾の 2025 年「脱原発」時点で計画している火力発電の割合は 8 割としている。もし台湾の再生可能エネルギーが発展不足となれば、火力発電が 9 割を越える可能性もあり、日本の「原発ゼロ」のときと同じように、貿易支出が深刻化する恐れがあることに注意しなければならない。また、発電における割合の高い LNG の輸入価格について日本と台湾を比較すると、上昇率はほぼ一致しているとみられる。つまり、台湾は LNG 市場価格の変動による輸入額の増減に対して、注視しなければならないということである (図 19)。



(2005年度=100)

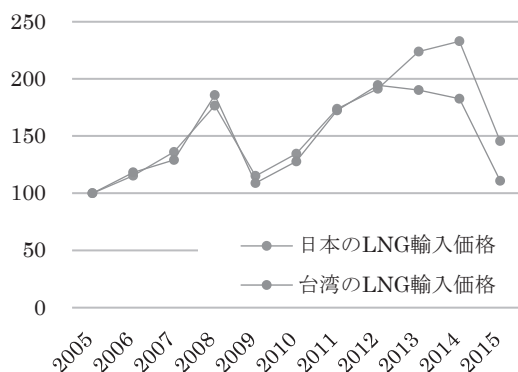


図19 日本と台湾のLNG輸入価格の比較 (指数)

出典：日本財務省 (2020)「貿易統計」、台湾經濟部能源局 (2021)「進口能源價格」

#### 5.4. 電気料金の変動の比較

日本は「原発ゼロ」の際に、電気料金の上昇によって家庭と産業に深刻な影響をもたらしたため、台湾と日本の電気料金の変化を比較する。図20のように、2011年から2014年にかけて石油などの化石燃料市場価格が高騰したとき、台湾の電気料金は値上げしたが、日本のような増幅ではなかった。2015年以降、石油の市場価格の下降による電気料金の値下げにおいても、日本より多かったとみられる。その後、2016年から2018年にかけて石油の市場価格が再び増加したが、台湾の電力料金は日本より値上げが少なかったとみられる。つまり、台湾の電力料金は日本より安定的である。原因を分析すると、日本の電気料金の計算方法とは違って、燃料費調整額がなく、代わりに毎年4月と10月の年2回検討される電気料金調整制度によって、増減幅を1か月内に原則として3%以内、3か月内に6%と制限している。これによって、原発ゼロの際に、化石燃料価格の変動による電気料金の変化は、日本より台湾の方が衝撃は小さいと考えられる。一方、化石燃料価格の上昇によるコストはすべて台湾電力会社が負担している。台湾電力会社の決算報告によると、2010年から2013年まで持続して赤字であり、販売電力価格に転嫁しないことは課題であるといえる (公開資訊觀測站, 2010-13)。

#### 5.5. 需要面における日本との比較分析

図21で示すように、台湾の電力消費は増加傾向であり、それをけん引しているのは近年急成長している電子部品製造業のある工業部門である。日本の「原発ゼロ」

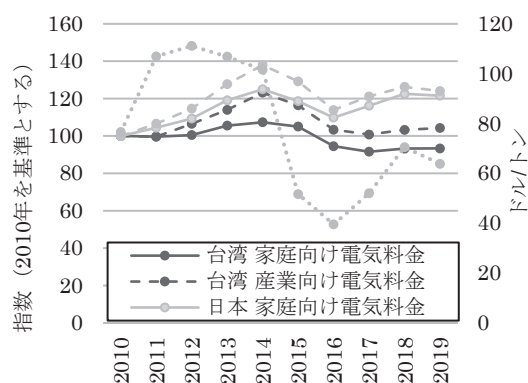


図20 日本と台湾の電気料金変化の比較

出典：台湾電力会社 (2022)「用電統計資料」と日本資源エネルギー庁の資料より作成

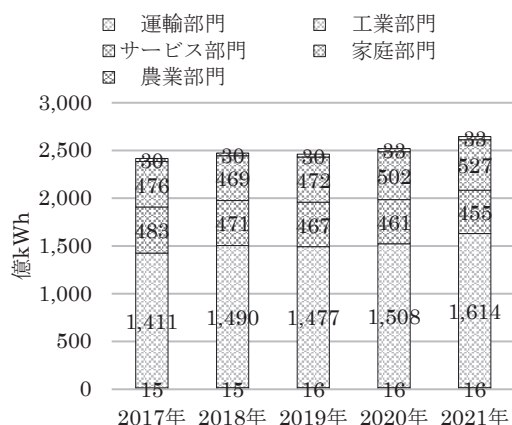


図21 近年の台湾の電力消費の推移

出典：台湾經濟部能源局 (2021)「能源統計」より作成

のときにGDPが増加する一方で電力消費量が減少したことと比べると、台湾における各部門のエネルギー効率向上や省エネの行動に取り組む必要があると考えられる。

最大電力の削減効果では、日本は電力需要がピーク時の削減対策を講じ、顕著な効果があった。1年間最大電力発生日の電力需要変化からみると、震災前2010年の電力ピークが1,780百万kWに対して電力ボトムが920百万kWであり、1.93倍の差であった。そして、震災後2015年の電力ピークは1,540百万kWに下がり、電力ボトムの920百万kWに対して1.67倍の差へと改善した (図22)。

一方、台湾の1年間最大電力発生日の電力ピークとボトムの差は徐々に拡大している (図23)。2020年は電力



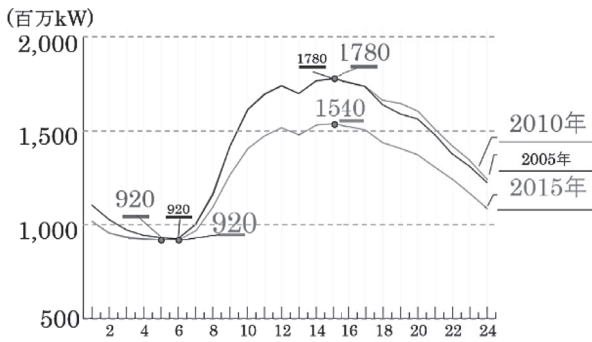


図 22 日本の震災前後の一年間の最大電力発生日の電力需要の変化

出典：電力事業連合（2021）「電力需要」より一部筆者改変

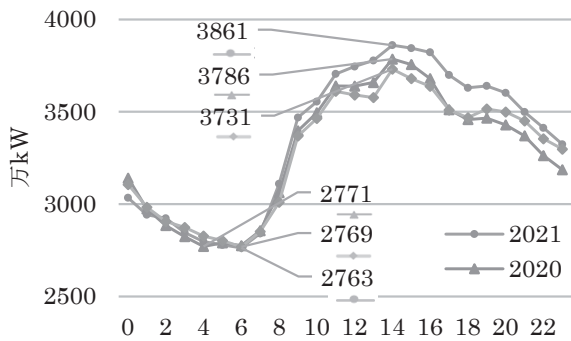


図 23 台湾における一年間の最大電力発生日の電力需要の変化

出典：台湾工業研究院「懂能源 BLOG 燃料別附載曲線」より作成

ピークの 3,731 万 kW に対して電力ボトムが 2,769 万 kW と、その差は 1.36 倍の 962 万 kW であったが、2021 年には電力ピークの 3,861 万 kW に対して電力ボトムが 2,738 万 kW と、差が 1.39 倍の 1,123 万 kW となった。また 2019 年に比べて、2021 年の電力ピークとボトムの差は 161 万 kW 拡大した。161 万 kW の発電設備では、林口第一石炭発電所 2 基の設備容量 (80 万 kW × 2=160 万 kW) に相当する。つまり、もし 2019 年水準の電力ピークとボトムの平準を維持できれば、石炭発電所 2 基分の建設が節約できるということである。「脱原発」では、電力を効率的に使用するため、電力ピークとボトムの平準化を強化すべきだと考えられる。

台湾の省エネ対策として、電力会社がスマートメーターを大口需要家に設置し、地方政府が外路灯を LED へ置き換えるなどの節電に取り組んでいる (天下雜誌, 2022)。

しかし、電力需要が増加しつつあることは懸念材料で

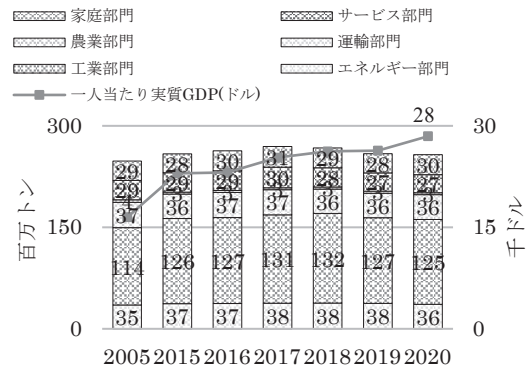


図 24 台湾における部門別 CO<sub>2</sub> 排出量の推移 (使用側に転嫁)

出典：經濟部能源局 (2021) 「109 年度燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」より作成

ある。2022 年に台湾工業技術研究院が行った節電と低炭素化に関するアンケート「淨零永續行為」(正味ゼロ持続行動)によると、夏場のエアコンを 28 度以上に設定するなどの節電行動に対して、台湾の民衆の実行比率は 1/4 しかないと公表している (環境资讯中心, 2022)。つまり、省エネと節電の取り組みをより促進する必要があると考えられる。

### 5.6. 環境面における日本との比較分析

環境面においては、台湾は 2015 年に INDC 報告書を公表し、2030 年の CO<sub>2</sub> 排出量を 2005 年比 20% 削減し、さらに 2050 年の CO<sub>2</sub> 排出量を 2005 年比 50% 減することを目標に掲げた (行政院環境保護署, 2015)。しかし、それ以後、経済成長により CO<sub>2</sub> 排出量が年々増加していたが、エネルギー構造転換政策を講じた結果、2017 年にピークを迎えて 2018 年から減少し始めたと思われる (図 24)。

図 15 に示した日本の CO<sub>2</sub> 排出量削減の効果と比較すると、日本と台湾はともに産業部門における「省エネ性能の高い設備・機器などの導入促進」と、民生部門における「省エネ性能の高い設備・機器などの導入促進」が CO<sub>2</sub> 排出量削減に大きく寄与したことがわかった (図 25)。一方、日本において削減効果が高かった「BEMS: 業務・サービス部門向けのエネルギー管理システムの利活用」は、まだ台湾における主な施策ではないため、次に追加すべき対策だと考えられる。

エネルギー転換部門においては、台湾は日本と同じように再生可能エネルギーの導入によって、多量の CO<sub>2</sub>

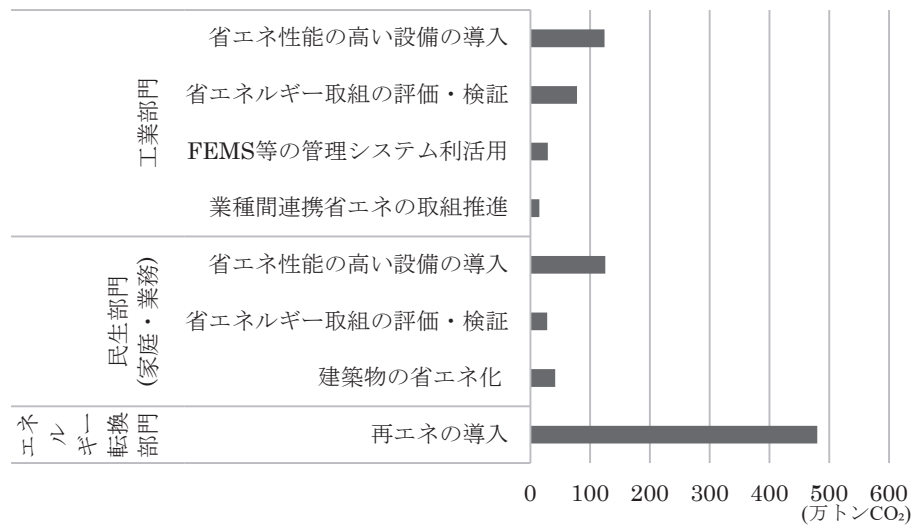


図 25 台湾の講じた主な省エネルギー対策による CO<sub>2</sub> 排出の削減量 (2018-20年)

出典：経済部能源局 (2020)「能源轉型白皮書 109 年度執行報告」と台湾電力会社により作成。

排出量が削減された。一方、日本が取り組んだ火力発電所の効率向上は、台湾のエネルギー構造転換対策にいて含まれていなかった。表 1 からみると、台湾の火力発電所の発電効率 (HHV) は、日本と比べてより低くなっている。

原因を分析すると、老朽した旧機種の火力発電所の効率が低いことが指摘されている (劉澤懷, 2020)。たとえば LNG 発電において、運転期間 4 年の通霄発電所 #1 が 47.9% であるのに対し、運転期間 48 年の大林発電所 #5 が 34.1% であることから、発電効率の差がみられる。

もし石炭発電の発電効率が 36% から 42% へと上昇した場合、0.12kg CO<sub>2</sub>/kWh の CO<sub>2</sub> 排出量が改善され、さらに LNG 発電の発電効率が 37% から 52% へと上昇した場合、0.15kg CO<sub>2</sub>/kWh の CO<sub>2</sub> 排出量が改善されることがわかっている (環境省, 2010)。たとえば、石炭発電である興達発電所 #4 (550,000kW) の発電効率を 35.9% から 42.0% へ上げると、年間 CO<sub>2</sub> 排出量が約 40 万 t-CO<sub>2</sub> 削減できる (設備利用率を 2021 年基準 69.9% で計算)。

環境面から考えると、脱原発に向けて火力発電の割合が増加している中、老朽火力発電の蒸気タービンと発電機の発電効率の改善、施設内の省エネを講じること、または IT 技術によるエネルギー管理などを継続的に導入し、CO<sub>2</sub> 排出量削減に対してさらなる工夫が必要であると考えられる。

表 1 日本と台湾の火力発電所の平均発電効率 (HHV) の比較

	石炭	LNG	石油
日本 (2015)	42.8%	48.4%	42.4%
台湾 (2020)	37.0%	46.8%	31.7%

出典：電力事業連合 (2021)「電力需要」より一部筆者改変

## 6. おわりに

### 6.1. 主な結果

本研究は、台湾の「脱原発」に向けたエネルギー安定供給策について、エネルギー安定供給・経済発展・環境保全 (3E) の調和から考察し、電力需要構造を解明すると同時に、近年の電力不足の原因を究明した。台湾のエネルギー消費増加と電力需要増加は、主に工業部門の生産増加、特にコンピューター・電子製品製造業の成長がけん引していることがわかった。地域別の電力消費からみると、北部地区の電力消費はもっとも多いものの、電力供給がもっとも少ないため、「脱原発」の際に電力需給バランスがおおいに厳しくなる恐れがある地域と考えられる。近年の台湾における近年電力不足の原因については、(1)予測を超えた電力需要の急増、(2)原発発電量の減少によるベース電源設備の不足、(3)再生可能エネ

ルギーの発展不足が挙げられる。

台湾の「脱原発」に向けたエネルギー供給の現状は、日本の「原発ゼロ」と比較分析を行った結果は以下のようになる。

- (1) 供給面において、台湾は日本の震災前の原発発電の割合より低く、なくなった電力量を賄うことが比較的しやすいと考えられ、休止した火力発電の稼働、また、火力発電所の設備利用率の上昇により、2025年の「脱原発」の中であっても電力需要を賄うことが可能であることが分かった。そして、電力自給の低い北部地区は電力融通を通じて電力需給バランスを取ることが可能であると試算結果を得た。
- (2) 経済面において、台湾は当時の日本より相対的に安定的な電気料金を提供でき、2025年まで「脱原発」による化石燃料輸入額が増加する中であっても、台湾の社会に対して負担が相対的に低減できると考えられる。
- (3) 需要面において、経済成長により各部門の電力消費量が増加している最中、工業部門と家庭部門を中心にエネルギー消費効率を向上させることが必要であると分かった。そして、大口需要家に対する電力ピークとボトムの平準化、そして、家庭部門における節電の実施も重要な対策である。
- (4) 環境面において、エネルギー構造変換対策が実施されていることで、CO<sub>2</sub>排出量が減少しているが、将来火力発電が増加していく中で、火力発電の発電効率をさらに向上することにより、エネルギー消費効率の向上する必要がある。

比較分析の結果をもとに、台湾の「脱原発」に向けたエネルギー安定供給策に供給面、需要面、環境面において、3つの対策を提言したい。1つ目は電力安定供給のために、休止した火力発電所の継続的な再稼働可能なメンテナンスを実施すべきことである。2つ目は大口需要家に対して日本の「電力需要平準化」のような明確な電力ピークの削減目標が定められた規制を導入すべきであり、家庭部門において節電を強化すべきである。3つ目は火力発電が増加している中、火力発電所の発電効率を向上し続ける必要がある。

本研究の結果をふまえ、台湾は「脱原発」によるエネルギー安定供給の課題に供給面と経済面において対応が可能であると考えられる。一方、電力消費の抑制、火力発電増加による温室効果ガス排出などの課題には、一層改善策を取り組み続ける必要がある。「脱原発」にお

いては、エネルギー安定供給のために、政府、企業、民間から上下一心で多方面から対応策を遂行すべきである。

## 6.2. 今後の課題

5.1で、休止した発電所の再稼働と火力発電設備利用率の上昇による電力供給を試算したことにより、2025年「脱原発」の状況下においても電力需給バランスが維持できるとの分析結果を得た。しかし、各発電所の設備状況や再稼働の可否については、まだ総合的に配慮し分析しきれていないところがあると考えている。また、将来の電力消費構造が変化しかねないため、学際的な多方面のデータやモデル等を用いて検証することが必要であると考えている。台湾は火力発電への依存度が依然として高いため、低水準のエネルギー自給率と環境負荷への増加が、台湾に対してどのような影響を与えるのかは明らかにしていない。特に、台湾は輸出超過額がGDPに比して高く（台湾行政院主計処の資料によると2021年は約15%で、日本の約3%より高い）、CBAM（Carbon Border Adjustment Mechanism）など国際炭素税が導入された場合に、「脱原発」の状況下で台湾の製造業にどのような影響を与えるのかは次の課題としたい。

注

<sup>1</sup> 金門、馬祖等島外の発電所は本島の送電網と連系していないため、不計上としている。

参考文献

1. 日本資源エネルギー庁（2021）「エネルギー白書 2021」
2. 日本電気事業連合会（2010-15）「電力統計情報」
3. 日本資源エネルギー庁（2010-15）「総合エネルギー統計」
4. 日本資源エネルギー庁（2010-15）「電力調査統計表」
5. 日本内閣府（2021）「国民経済計算（GDP 統計）」
6. 日本財務省（2020）「貿易統計」
7. 日本資源エネルギー庁（2014）「エネルギー基本計画」
8. 日本環境省（2010）「エネルギー供給 WG 参考資料」
9. 日本国土交通省（2011）「東日本大震災による民生部門への影響と電力需給対策」
10. 日本経済産業省（2018）「2018 年度温室効果ガス排出量分析（エネルギー起源 CO2 増減要因）」、p.4
11. 日本資源エネルギー庁（2014）「エネルギー白書 2014 第 2 節 東京電力福島第一原子力発電所事故及びその前後から顕在化してきた課題」
12. 日本資源エネルギー庁（2018）「平成 29 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2018）HTML 版」（最終アクセス日：2022/06/25）
13. 日本資源エネルギー庁（2018）「【日本のエネルギー、150 年の歴史⑥】震災と原発事故をのりこえ、エネルギーの未来に向けて」（最終アクセス日：2022/06/25）<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyō/history6mirai.html>
14. 日本資源エネルギー庁（2015）「エネルギー白書 2015 第 3 章 エネルギーコストへの対応」[https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2015pdf/whitepaper2015pdf\\_1\\_3.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2015pdf/whitepaper2015pdf_1_3.pdf)
15. 日本総合資源エネルギー調査会（2015）「各電源の諸元一覧（案）」、pp.3-4  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/cost\\_wg/006/pdf/006\\_06.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/006/pdf/006_06.pdf)
16. 気候ネットワーク（2011）「全ての原発が停止する場合の影響について」、p.5  
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/sakutei/siryo/sakutei9/siryo2-2-2.pdf>
17. 損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント（2015）「電気需要の平準化」の推進について」、pp.2-3
18. 大嶋健志（2011）「東日本大震災と電力需給をめぐる課題」、pp.131-136
19. 川崎一泰（2012）「電力供給体制の計画行政～原発依存度、電気料金、温室効果ガスのパズルを考える～」、pp.11-12
20. 佐藤 幸人（2016）「台湾半導体産業の発展における後発性と革新性」
21. 地球温暖化対策推進本部（2017）「2014 年度及び 2015 年度の地球温暖化 対策及び施策の進捗状況」、p.5、pp.44-181、pp.185-236、pp.249-271、pp.357-377  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai37/siryou.pdf>
22. 谷川 徳彦（2020）「ゼロエミッション工場の実践事例：コマツの事例」p.29  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/tits/25/1/25\\_1\\_26/\\_pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/tits/25/1/25_1_26/_pdf-char/ja)
23. スマートジャパン（2013）「冬のピークカット 9% を達成した JR 北海道、駅・電車・オフィスで節電」（最終アクセス日：2022/06/25）<https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1304/16/news016.html>
24. 野村不動産ホールディングス（2014）「スマートマンションの挑戦」、p.10  
[https://www.nomura-re-hd.co.jp/sustainability/download/pdf/2014/nomura\\_csr\\_2014\\_special.pdf](https://www.nomura-re-hd.co.jp/sustainability/download/pdf/2014/nomura_csr_2014_special.pdf)
25. 日本経済新聞「原発特設サイト 東電福島第一原発事故日本の原子力政策」（最終アクセス日：2022/06/25）[https://www3.nhk.or.jp/news/special/nuclear-power-plant\\_fukushima/qa-policy/article/article\\_01.html](https://www3.nhk.or.jp/news/special/nuclear-power-plant_fukushima/qa-policy/article/article_01.html)
26. 王京明（2019）「台湾缺電風険之社会因子分析」
27. 陳德助（2019）「當代台灣與日本能源政策的比較研究：經濟安全的觀點」
28. 胡佳宜（2017）「日本能源治理之研究：以 311 東日本震災前後之能源政策比較」
29. 劉澤懷（2020）「台灣發電設備發電效率探討」、p.4
30. 林唐裕（2009）「環境與經濟 3E 之永續能源政策研析」
31. 鄭方婷（2020）「近年の台湾における『エネルギー転換』政策及び導入状況」
32. 台湾經濟部能源局（2017）「能源轉型白皮書」
33. 台湾行政院主計處（2021）「主計處統計專區」
34. 台湾經濟部能源局（2016）「再生能源發展目標」
35. 台湾法務部（2002）「環境基本法」
36. 台湾行政院環境保護署（2015）「温室氣體減量及管理法」
37. 台湾經濟部能源局（2015）「台灣能源情勢與能源政策之發展」
38. 台湾經濟部能源局（2020）「能源轉型白皮書 109 年度執行報告」
39. 台湾電力会社（2021）「台電火力發電廠淨熱效率表」、p.1
40. 台湾電力会社（2018）「106 年度台灣電力資源供需報告」
41. 台湾電力会社（2021）「108\_109 年度台灣電力資源供需報告」
42. 台湾電力会社（2022）「110 年電業年報」
43. 台湾電力会社（2021）「各縣市售電資訊」
44. 台湾電力会社（2022）「用電統計資料」
45. 台湾電力会社（2020）「各種發電方式之發電成本」
46. 台湾經濟部能源局（2021）「進口能源價格」
47. 台湾工業研究院「懂能源 BLOG 燃料別時負載曲線」（最

- 終アクセス日：2022/05/24) <http://doenergytw.blogspot.com/2018/07/blog-post.html>
48. 台湾經濟部能源局 (2017) 「公用售電業電價費率計算公式」  
[https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/Law/Content.aspx?menu\\_id=5525](https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/Law/Content.aspx?menu_id=5525)
  49. 台湾電力会社「燃煤機組環保改善計畫進展」(最終アクセス日：2022/05/24) <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=1486>
  50. 台湾中央通訊社「815 全台大停電 原因影響各界反應一次看」(最終アクセス日：2022/06/01)
  51. 公開資訊觀測站 (2010-13) 「台湾電力会社 財務報告」(最終アクセス日：2022/06/01) <https://mops.twse.com.tw/mops/web/index>
  52. 台湾工業技術院 (2020) 「台湾離岸風電政策推動現況與未來發展」
  53. 台湾經濟部能源局 (2022) 「各年度各縣市太陽光電發電設備設置容量統計表」
  54. 天下雜誌 (2022) 「節能路燈照亮新北市 邁向低碳城市之路」(最終アクセス日：2022/06/01)
  55. 經濟日報 (2022) 「聯發科高效率減碳 每年節電逾 2,000 萬度」(最終アクセス日：2022/06/01)
  56. 科技新報 (2019) 「屋頂型太陽能發展超乎預期，能源局擬調高配比」(最終アクセス日：2022/06/01)
  57. 環境資訊中心 (2022) 「工研院調查：「購買節能家電」占台人減碳行為大宗 年輕世代減碳意願低落」(最終アクセス日：2022/06/15)
  58. ECOFYS (2018) "International comparison of fossil power efficiency and CO2 intensity - Update 2018", pp.18-19
  59. The World Bank (2020) 「CO2 emissions (metric tons per capita)」