

エネルギー白書 2021 について考える



上田技術士事務所

上田 和男 UETA kazuo

(金属部門)

1. はじめに

経済産業省資源エネルギー庁《(<https://www.ensho.meti.go.jp>)》は、令和3年6月にエネルギー白書 2021 について発表された。その概要等について報告する。今年は、2050年カーボンニュートラル現実に向けた課題と取組が新たに設けられた。これについては、詳しく報告したい。《》内は、筆者が記入した。

なお、エネルギー基本計画（素案）の概要も令和3年7月21日に同庁より発表されている。

以下に、エネルギー白書 2021 年について、報告する。

2. エネルギー白書 2021 について

エネルギー白書は、エネルギー政策基本法に基づく年次報告（法定白書で、今年で18回目である。白書は例年、3部構成で第1部はその年の動向を踏まえた分析、第2部は内外エネルギーデータ集、第3部は施策集である。2021年版の構成（案）は以下の通りである。

○2021年版の構成（案）

第1部 エネルギーをめぐる状況と主な対策

第1章 福島復興の推進

第1節 東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故への取組

第2節 原子力被災者支援

第3節 福島新エネ構築構想

第4節 原子力損害賠償

第2章 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と取組

第1節 エネルギーを巡る情勢の変化（金融・コロナの影響等）

第2節 諸外国における脱炭素化の動向

第3節 2050年カーボンニュートラルに向けた我が国の課題と取組

第3章 エネルギーセキュリティの変容

第1節 化石資源に係るエネルギーセキュリティ

- 第2節 エネルギーセキュリティの構造変化
- 第3節 構造変化を踏まえたエネルギーセキュリティの評価
- 第2部 エネルギー動向
- 第1章 国内エネルギー動向
- 第1節 エネルギー需給の概要
- 第2節 部門別エネルギー消費の動向
- 第3節 一次エネルギーの動向
- 第4節 二次エネルギーの動向
- 第2章 国際エネルギー動向
- 第1節 エネルギー需要の概要
- 第2節 一次エネルギーの動向
- 第3節 二次エネルギーの動向
- 第4節 国際的なエネルギーコストの比較
- 第3部 2020年（令和2）においてエネルギー需給に関して講じた施策の状況

筆者は、徳島県技術士会報 VOL27,JANUARY 2020 ページ26の「地球温暖化について考える」の「気候変動とエネルギー問題 CO₂ 温暖化論争を超えて」《深井有著 中央公論社刊 2011年7月発行》で説明した。

2.1 カーボンニュートラル実現に向けた課題と取組

菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、日本が2050年までにカーボンニュートラル（温室ガス/CO₂の排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目出すことを宣言したので、今回は、この概要を説明する。

以前の日本の温室ガス削減目標は、2030年度に2013年度比で26%削減するというものであり、これが「国が決定する貢献」（Nationally Determined Contribution；以下「NDC」という。）として2015年及び2020年3月に国連に出している（日本は、2015年7月に温室効果ガス排出量を2013年に比べて26%削減する目標を掲げた「日本の約束草案案」（Intended Nationally Determined Contribution）を国連に提出、これがそのままパリ協定のNDCとなる。現行のNDCは、2020年3月に国連に提出したもの）。また、日本の長期的目標は、今世紀後半のできるだけ早期に脱炭素社会を実現し、2050年までに温室効果ガスを80%削減するというものであり、これを「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」として2019年6月に国連に提出している。菅内閣総理大臣の宣言は、これまでの2030年度温室効果ガス削減目標を大幅に引き上げるとともに、カーボンニュートラルの達成時期を大きく前倒しするものと言える。

日本の歴史を振り返ると、エネルギー資源に恵まれない中でも経済成長を実現するために常に創意工夫が重ねられてきた。1970年代のオイルショックを契機に、エネルギーの効率を促進する「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）が制定され、経済成長を維持しながら、世界最高水準のエネルギー消費効率を追求してきた。さらに、

1973年には「サンシャイン計画」をスタートし、太陽や地熱、水素などの石油代替エネルギー技術に焦点を当て、重点的に研究開発を進めてきた。

近年、自然災害の激甚化が進み、気候変動に伴うリスクが顕在化してきており、地球温暖化への対応を制約やコストとして捉えるだけでは、必ずしも成長に繋がらない。発想を展開し、地球温暖化への対応を「成長の機会」として捉え、積極的に地域温暖化対策を行うことにより、産業構造や社会経済を変革し、次なる大きな成長に繋げていくような「経済と環境の好循環」作っていくことが重要である。

2.1.1. 2050年カーボンニュートラル宣言と現状の評価

菅内閣総理大臣は2021年4月に地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気象サミットにおいて、「2050年目標と統合的で、野心的な目標として、2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向けて、長戦を続けていく」ことを表明した。

日本が排出する温室効果ガスのうち約9割がCO₂であり、CO₂の排出量の約4割が電力部門、残りの6割が産業や運輸、家庭などの非電力部門からの排出となっている。ここでは、電力部門と非電力部門に分けて、現状とカーボンニュートラルに向けた課題について整理する。

(1) 電力部門の現状

電力部門のCO₂排出量の大半を占めるのが火力発電所からのCO₂排出であり、2050年までにカーボンニュートラルを実現するためには、火力発電所からのCO₂排出量を削減していく必要がある。火力発電所はCO₂を多く排出するが、一方で、太陽光発電や風力発電など、出力が変動する再生可能エネルギーの導入拡大を支える機能を待っている。太陽光発電や風力発電は、①天候等の自然条件によって、出力が変動する、②日照量や風況などの適地と電力の需要地が必ずしも一致しておらず、送電網の整備が必要であること、③労災等により電源が脱落した際の系統の安定性を保つ機能（慣性力等）を有してないこと、④自然制約（太陽光発電に適した平地や風力発電に適した遠浅の海などが我が国には少ないこと）や社会制約（農業や漁業等の他の利用との調和や地域との調整が必要であること）がある中での案件形成、⑤以上の諸課題を克服していくために大規模な投資が必要であり、適地不足により今後コストが上昇する恐れがある等の課題がある。こうした課題に対して、火力発電は、①安定して大きな供給力を持ち、②電力の需要と、太陽光発電や風力発電等により、変動する電力供給を一致させる上での重要な調整力（需要に合わせて供給量を調整できること）であること、③系統で突発的なトラブルが発生した場合でも、周波数を維持し、ブラックアウトを防ぐなど、重要な役割を果たしている。今後、脱炭素電源、特に再生可能エネルギーを主力電源化していく中で、火力発電が担ってきた役割を、水素・アンモニア等のCO₂フリー電源、CO₂の貯蔵・利用（CCUS）、蓄電池等の技術を組み合わせながら代替していく必要がある。この考えは、筆者も同じ考えである。

(2) 非電力部門の現状

非電力部門の CO₂ 排出量は省エネ法等により減少を続けている。カーボンニュートラル実現のためには、①電化、②熱需要の水素の利用、③CCUS が必要であるが、電化では賅えないのが、製造プロセス上で大量の熱エネルギーを必要とする産業（例；パルプ・紙・紙加工業）や、化学反応において CO₂ が発生する産業（例；鉄鋼業、化学工業、セメント業）である。

①鉄鋼

鉄鋼業は、産業部門の CO₂ の約 5 割を占める最大の排出産業である。高炉による鉄鋼生産では、鉄鉱石から石炭を用いた還元反応を利用して鉄を精選しているが、この還元方法において、大量の CO₂ が発生している。鉄鋼生産のカーボンニュートラル化を図るために、石炭ではなく水素を用いた還元反応により鉄を取り出す水素還元製鉄などの技術開発が必要になっている。《48%》

②化学

化学工業では、主に現状となるナフサを高温で熱分解しエチレンやプロピレンなどの基礎化学品を製造している。現在は化石燃料などを燃焼させて熱エネルギーを得ており、この過程で CO₂ が発生する。他方で、化学産業は炭素の原料利用できる産業でもあるため、発生する CO₂ を回収し、水から光触媒により取り出された水素を使ってプラスチック原料を製造する人工光合成などのカーボンリサイクル技術の開発が必要になっている。《20%》

③セメント

セメントの主原料である石灰石は、炭酸カルシウム (CaCO₃) を成分としており、これを焼成してクリンカ (CaO) と呼ばれる中間製品を生成し、それに石こうを添加して作っている。石灰石での焼成過程での脱炭酸反応により CO₂ を排出していることから、製造過程で発生する CO₂ を回収するための技術開発等が必要になっている。《9%》

④パルプ・紙・紙製品

紙の原材料は、木材チップや古紙が中心であり、これらをパルプにし、水中に分散したパルプから水を蒸発させることで紙を作っている。現在は化石燃料や一部バイオ燃料などを燃焼させて熱エネルギーを得て乾燥させているが、大量の熱エネルギーを必要とし、このプロセスの電化は現時点では困難とされている。カーボンニュートラルに向け、省エネルギー化やバイオ燃料の混合割合を上げる技術開発等を進めるとともに、植林や廃材の利用等を組み合わせたライフサイクルでの CO₂ 排出量を削減する取組が行われている。

また、日本の企業数の 99.7% を占める中小企業における脱炭素化の取込も重要である。大企業に比べ投資余力の小さい中小企業等が脱炭素化に向けた取組を進められるような環境整備も求められる。《6%》

2.2 エネルギー消費の動向

1970 年代での高度経済成長期に、我が国のエネルギー消費は国内総生産 (GDP) よりも高い水準で増加した。しかし、1970 年代の二度の石油危機を契機に、製造業を中心に省

エネルギー化が進むとともに、省エネルギー型製品の開発も盛んになった。このような努力の結果、エネルギー消費を抑制しながら経済成長を果たすことができた。1990年代を通して原油価額が低水準で推移する中で、家庭、業務他部門を中心にエネルギー消費は増加した。2000年代半ば以降は再び原油価額が上昇したこともあり、2005年度をピークに最終エネルギー消費は減少傾向になった。2011年度からは東日本大震災以降節電意識の高まりなどによって減少が進んだ。2019年度は実質GDPが2018年度より0.3%減少したことに加え、冷夏と温暖により、冷温暖房需要が伸びなかったことから、最終エネルギー消費は2.1%減少した。

部門別にエネルギー消費の動向を見ると、1973年度から2019年度までの伸びは、企業・事業所他部門が1.0倍（産業部門0.8倍、業務他部門2.1倍）、家庭部門が1.8倍、運輸部門が1.7倍となった。企業・事業所他部門では第一次石油危機以降、経済成長する中でも製造業を中心に省エネルギー化が進んだことから同程度の水準で推移した。一方、家庭部門・運輸部門ではエネルギー利用機器や自動車などの普及が進んだことから、大きく増加した。その結果、企業・事業所他、家庭、運輸の各部門のシェアは第一次石油危機当時の1973年度の74.9%、8.9%、16.4%から、2019年度には62.7%、14.1%、23.2%へと変化した。

1単位の国内総生産（GDP）に対する一次エネルギー供給量を見ると、1973年度では、69PJ/兆円であったが、2019年度はほぼ半分の35PJ/兆円になった。2010年度以降は9年連続で減少しており、エネルギー効率の改善が進展している。

2.2.1 我が国のエネルギーバランス・フロー概要

エネルギーがどのように供給、消費されているか大きな流れを見てみよう。エネルギーは生産されてから、私たちエネルギー消費者が使用するまでの間に様々な段階、経路を経ている。具体的には、原油、石炭、天然ガスなどの各種エネルギーが生産され、電気や石油製品などに形を変える発電・転換部門（発電所、石油精製工場など）を経て、私たちが最終的に消費するという流れになっている。この際、発電・転換部門で生じるロスを含めた、我が国が必要とするすべてのエネルギー量を「一次エネルギー供給」という。そして、最終的に消費者が消費するエネルギー量を「最終エネルギー消費」という。国内に供給されたエネルギーが最終消費者に届くまでには、発電ロス、輸送中のロス及び発電・転換部門での自家消費などが発生するため、最終エネルギー消費は一次エネルギー消費からこれらの損失を差し引いたものになる。2019年度は、日本の一次エネルギー国内供給量を100とすれば、最終エネルギー消費は約68である。

最終的には、一次エネルギー供給は、石油、天然ガス、石炭、原子力、太陽光、風力などといったエネルギーの元々の形態であるのに対して、最終エネルギー消費では、私たちが最終的に使用する石油製品（ガソリン、灯油、重油など）、都市ガス、電力、熱などの形態になっている。一次エネルギーの種類別にその流れを見ると、原子力、再生可能エネルギーなどは、その多くが電力に転換され、消費された。一方、天然ガスについては、電

力への転換のみならず、熱用を調整した都市ガスへの転換と消費も大きな割合を占めた。石油については、電力への転換割合は比較的小さく、そのほとんどが石油精製の過程を経て、ガソリン、軽油などの輸送用燃料、灯油や重油などの石油製品、石油化学原料用のナフサなどとして消費された。石炭については、電力への転換及び製鉄に必要なコークス用原料としての使用が大きな割合を占めた。

2.2.2 海外との比較

1 単位の国内総生産（GDP）を産出するために必要なエネルギー消費量（一次エネルギー供給量）の推移を見ると、日本は世界平均を大きく下回る水準を維持している。

2018 年における日本の実質 GDP 当たりのエネルギー消費は、インド、中国の 5 分の 1 から 4 分の 1 程度の少なさであり、省エネルギーが進んでいる欧州の主要国と比較しても遜色のない水準である。現在の我が国のエネルギー利用効率が高いことが分かる。

3. エネルギー供給の動向

我が国のエネルギー需要は、1960 年代以降急速に増大した。それまでは、国産石炭が我が国のエネルギー供給の中心を担っていた。その後、国産石炭が価額競争力を失う中で、我が国の高度経済成長期をエネルギー供給の面で支えたのが、中東地域などで大量に生産されている石油であった。我が国は、安価な石油を大量に輸入し、1973 年度には一次エネルギーの 75.5%を石油に依存していた。しかし、第四次中東戦争を契機に 1973 年に発生した第一次石油危機によって、原油価額の高騰と石油供給断絶の不安を経験した我が国では、エネルギーを安定化させるため、石油依存度を低減させ、石油に代わるエネルギーとして、原子力、天然ガス、石炭などの導入を推進した。また、イラン革命によってイランでの石油生産が中断したことに伴い、再び原油価額が大幅に高騰した第二次石油危機時（1979 年）は、原子力、天然ガス、石炭の導入をさらに促し、また、新エネルギーの開発をさらに加速させた。

その結果、一次エネルギー国内に占める石油の割合は、2010 年度には 40.3%と、第一次石油危機時（1973 年度）の 75.5%から大幅に低下し、その代替として、石炭（22.7%）、天然ガス（18.2%）、原子力（11.2%）の割合が増加することで、エネルギー源の多様化が図られた。しかし、2011 年に発生した東日本大震災とその後の原子力発電所の停止により、原子力に代わる発電燃料として化石燃料の増加が増え、近年減少傾向にあった石油の割合は 2012 年度には 44.5%まで上昇した。その後、発電部門において再生可能エネルギーの導入や原子力の再稼働が進んだことなどにより、石油火力の発電量が減少した。その結果一次エネルギー国内供給に占める石油の割合は 7 年連続で減少し、2019 年度には 1965 年度以来最低の 37.1%となり、4 年連続で 40%を下回った。

一次時エネルギー国内供給に占める化石エネルギーの依存度を世界の主要国と比較すると、2018 年度の日本の依存度は 88.6%であり、原子力を中心としたフランスや風力や太陽光の導入を積極的に進めているドイツなどと比べると依然として高い水準である。特に、石油の供給先については、1960 年代後半から安定的な供給に向けた取組が進められた結果、

中東への依存度が 1980 年代中頃にかけて減少に向かった。しかしその後は、インドネシア、メキシコなどの非中東地域では国内需要が増えたことで輸出が減少し、日本は再び石油の輸入を中東に頼らざるを得なくなった。2010 年度以降にロシアからの輸入が増えるなど中東への依存が下がった時期があるが、2019 年度の依存度は 89.6%と高いままになっている。

なお、二次エネルギーである電気は家庭用及び業務用を中心にその需要は 2000 年代後半まで増加の一途を辿ったが、特に東日本大震災は節電などにより水準が低下した。ただし、多くの分野で電気を使う場面が増え、電力化率は 1970 年度には 12.7%であったが、2019 年度には 25.8%に達した。

4. エネルギー自給率の動向

国民生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち、自国内で確保できる比率をエネルギー自給率と言う。我が国では、高度経済成長期にエネルギー需要量が大きくなる中で、供給側では石炭から石油への燃料転換が進み、石油が大量に輸入されるようになった。1960 年度には主に石炭や水力などの国内の天然資源で一次エネルギーの 58.1%を賄っていたが、それ以降にエネルギー自給率は大幅に低下した。

石炭・石油だけでなく、石油危機後に普及が進んだ天然ガスも、ほぼ全量が海外から輸入されている。2014 年度は原子力の発電量がゼロになったこともあり、エネルギー自給率は過去最低の 6.3%に低下した。その後は再生可能エネルギーの導入や原子力発電所の再稼働が進み、2019 年度のエネルギー自給率は 12.1%となった。

5. その他の意見など

2021 年 7 月 30 日の日本経済新聞に橘川武郎氏（国際大学副学長）の「温暖化対策、日本の針路」と 8 月 3 日に高村ゆかり氏（東京大学教授）のそれが載っている。前者は、「**電源構成、帳尻あわせ 避けよ**」と題し、そのポイントは①唐突な「46%削減目標」が電源構成に影響、②高すぎる原子力比率の維持が混乱の根源、③石炭火力や天然ガスの大幅縮小に懸念であり、後者は、「**脱炭素へ社会経済 抜本変革**」と題し、ポイントは①企業の気候変動対応が市場の評価を左右、②中長期的視点組み込む炭素の価額付け必要、③脱炭素社会への「公正な移行」実現が課題となっている。後者は、世界はカーボンニュートラルに向け動きだした。120 か国を超える国と欧州連合（EU）が 2050 年までに二酸化炭素（CO₂）又は温暖化ガスの排出実質ゼロを目指す。

「エネルギーをめぐる旅」（古舘恒介著・栄治出版刊）では、第 2 部第 3 章エネルギーの流れが作り出すものの中で地球環境と熱エネルギーの関係や第 4 部第 3 章エネルギーと社会の中で地球環境問題をもっと素直に考えるという項目がある。

6. 第 6 次エネルギー基本計画（素案）目次

はじめに

～気候変動問題への対応～

～日本のエネルギー需給構造の抱える課題の克服～

～第六次エネルギー基本計画の構造と 2050 年目標と 2030 年目標の関係～

1. 東京電力福島第一原子力発電所事故 10 年の歩み (2 項目あり)
 2. 第五次エネルギー基本計画策定からの情勢変化 (2 項目あり)
 3. エネルギー政策の基本的視点 (S+3E) の確認 (4 項目あり)
 4. 2050 年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応 (4 項目あり)
 5. 2050 年を見据えた 2030 年に向けた政策対応
 - (1) 現時点での技術を前提としたそれぞれのエネルギー源の位置づけ
 - (2) 2030 年に向けたエネルギー政策の基本的考え方
 - (3) 需要サイトの徹底した省エネルギーと供給サイトの脱炭素化を踏まえた電化・水素等による非化石エネルギーの導入拡大
 - (4) 蓄電池等の分散型エネルギーリソースの有効活用などの二次エネルギー構造の高度化
 - (5) 再生可能エネルギーの主力電源への取組
 - (6) 原子力政策の再構築
 - (7) 火力発電の今後の在り方
 - (8) 水素社会実現に向けた取組の抜本強化
 - (9) エネルギー安定供給とカーボンニュートラル時代を見据えたエネルギー・鉱物資源確保の推進
 - (10) 化石燃料の供給体制の今後の在り方
 - (11) エネルギーシステム改革の更なる推進
 - (12) 国際協調と国際競争
 - (13) 2030 年におけるエネルギー供給の見通し
 6. 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた産業・競争・イノベーション政策と一体となった戦略的な技術開発等の推進
 7. 国民各層とのコミュニケーションの充実
 - (1) エネルギーに関する国民各層の理解の推進
 - (2) 政策立案プロセスの透明化と双方向的なコミュニケーションの充実
- カッコ内は筆者が記した。

7. おわりに

令和 3 年 10 月 4 日に岸田内閣が発足した。菅内閣総理大臣が辞めたが、我が国の 2050 年度までの国内の温暖化ガス排出量を実質ゼロにするカーボンニュートラル実現の方針は変わらない。読者諸兄の感想は如何であろうか？

筆者は、今まで省エネルギー関係の書物を始め、色々な事象に接したが（徳島県技術士会報 VOL.18 DECEMBER 2010 から VOL.25 までと、PE しこく vol.7 及び vol.11), 2050 年度までのカーボンニュートラルが出て驚いている。