

第3章

エネルギーをめぐる内外の情勢と課題変化

はじめに

2014年4月に、国民生活や経済活動を支える中長期的かつ総合的なエネルギー政策の基本方針として、東日本大震災後初のエネルギー基本計画（「第4次エネルギー基本計画」）が閣議決定されました。本計画においては、安全性を前提とした上で、エネルギーの安定供給、経済効率性の向上、環境適合性を同時達成するため、徹底した省エネの推進、再エネの最大限の導入に取り組み、原発依存度を可能な限り低減させることが基本方針として盛り込まれました。

翌2015年7月には、本計画を踏まえ、安全性を大前提に、安定供給（エネルギー自給率）、経済効率性（電力コスト）、環境適合（CO₂排出量）について達成すべき政策目標を想定した上で、政策の基本的な方向性に基づいて施策を講じたときに実現されるであろう2030年度のエネルギー需給構造の見通しについて、「長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）」が策定されました。

その後、エネルギー基本計画及びエネルギーミックスの方向性に基づいて各施策が展開され、それぞれの指標は一定の改善を見せています。具体的には、省エネの取組指標については、原油換算の最終エネルギー消費量を、2013年度の3.6億klから2030年度時点で3.3億klとする見通しの中、2016年度は3.4億klまで省エネが進んでいます。また、再エネや原子力等の、発電時にCO₂を排出しない電源（ゼロエミッション（ゼロエミ）電源）の発電量に占める比率については、2013年度の12%から2030年度時点で44%（再エネ：22～24%、原子力20～22%）とする見通しの中、2016年度は16%と、再エネの進展を主因として指標が改善しています。しかし、今後を楽観できるかといえばそうではありません。省エネについては、省エネ製品の浸透などにより、これまでは順調に推移をしてきましたが、今後、経済成長と両立しつつ2030年度の3.3億klを達成できるかは、これからの施策にかかっています。ゼロエミ電源比率についても、FIT制度の導入によって、太陽光を中心に再エネの比率が伸びましたが、今後は国民負担の増

加を抑制しながら、いかにゼロエミ電源を増やしていくかを考えなくてはなりません。

成果指標についても同様に、現時点までの対応は着実に進展していますが、道半ばの状況です。エネルギー自給率については、震災前の20%から、震災後の原子力発電所の停止により、一旦は6%まで低下しましたが、その後再エネの進展などにより、2016年度は8%まで改善しています。他方で、2030年度には、震災前を上回る水準（24%）を見通しており、さらなる取組が求められます。電力コストについては、震災後、原子力発電所の停止を火力発電所の焚き増しで補うため、燃料費が高騰しました。2016年度時点では、原油価格が大きく低下したことにより、指標は大きく改善していますが、今後、仮に油価が上昇したとしても電力コストを抑えられるような取組が必要になります。CO₂排出量についても、震災後の火力の焚き増しによって、2013年度には過去最高となる12.4億トンのCO₂排出（エネルギー起源）を記録しました。2014年度以降は減少に転じ、2016年度は11.3億トンまで減少しましたが、2030年度の見通しである9.3億トンに向けては一層の取組が必要です。

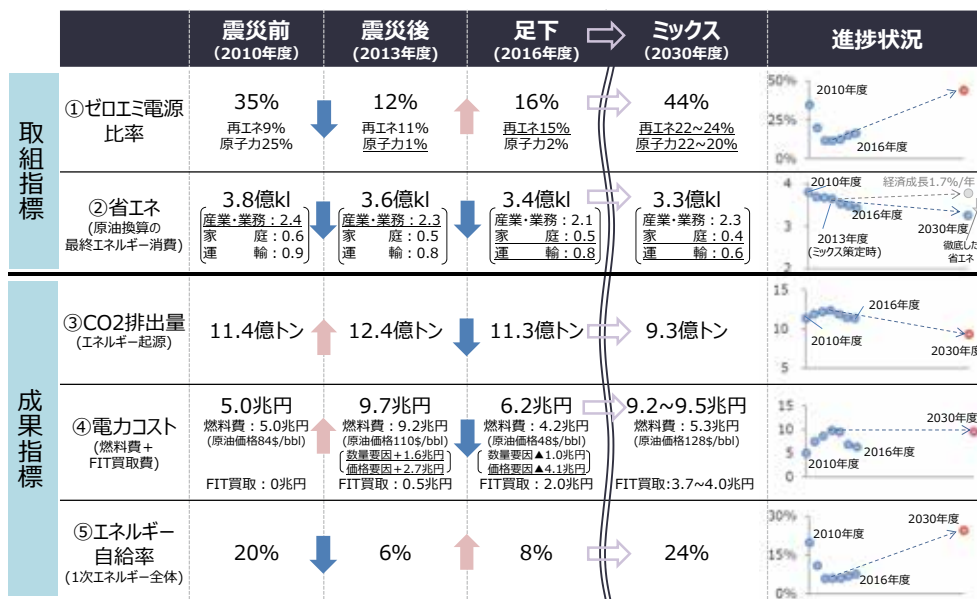
2017年度は、前回のエネルギー基本計画の策定から3年が経ち、同計画の見直しに向けた検討が行われました。本章では、上述のような進捗も踏まえながら、第1節では2030年のエネルギーミックスの実現に向けた課題について、第2節では2050年視点で踏まえるべき論点や課題について述べてまいります。

【第130-0-1】 3E+Sについて



【第130-0-2】2030年エネルギーミックスの進捗

30年エネルギーミックスの進捗 ～着実に進展。他方で道半ば～



出典：総合エネルギー統計(確報値)等を基に資源エネルギー庁作成

第1節 2030年のエネルギーミックスの進捗と課題

1. 資源・燃料政策について

今世紀後半に温室効果ガスの人為的な排出量と吸収源による除去量との均衡を達成(脱炭素社会)することを目標とするパリ協定の発効(2016年11月4日)を踏まえ、世界的に脱炭素化(今世紀後半の世界全体での脱炭素社会に向けて、化石燃料利用への依存度を引き下げる等により、炭素排出を低減していくこと)の機運が高まっていますが、脱炭素社会の実現は一足飛びには実現できません。脱炭素社会への移行過程における不確実性に着目すれば、運輸燃料や発電など広範囲で活用できる化石燃料は、依然として重要なエネルギー源であるといえます。海外からの低廉な資源調達と、国内における安定的な燃料供給の二本柱が資源燃料政策の基本理念ですが、現在の我が国をとりまく環境は、大きな変化を迎えています。

海外に目を向けると、シェールオイル増産等による米国のエネルギー自立化がみられ、結果として中東への関心低下など、世界における米国の立ち位置が変化していく可能性があります。また、世界のエネルギー需給において、旺盛な需要を持つ中国・インドの

存在感が増し、資源獲得競争は激化しています。さらには、EV・電化の進展による鉱物需要が高まる中、中国資本・資源メジャーによる寡占化も進んでおり、鉱物資源確保が資源調達政策の新たな主戦場となっています。自主権益の確保に加えて、国際資源マーケットの育成・活用、アジア大でのエネルギーセキュリティの追求など、日本のプレゼンスが急速に縮小する局面にあっても、必要な資源を戦略的に確保していくための施策が必要となります。

一方国内では、人口減少・過疎化といった構造的要因による需要減少の中、国内の燃料サプライチェーンをいかに効率的に維持していくかが大きな課題となります。石油・ガスのサプライチェーンについて、災害や海外からの供給途絶などの有事にも対応可能な強靱性の確保は当然のこと、不確実な将来に備え、新事業分野・海外進出の強化等による経営基盤強化や、IoT等を活用した新たなビジネスモデルの追求など、今後起こりうる状況変化にも対応できる供給インフラの整備を今から進めていく必要があります。

これらは現状の取組ですが、将来に向けてはさらなる低炭素化の取組も大前提となります。高効率火力発電設備やCCUS、地熱発電技術など、我が国の強みを持つ先進技術を通じて国内外の低炭素化を追求していくことも忘れてはなりません。

以上のとおり、(1)戦略的な資源確保、(2)将来の情勢変化に対応しうる供給インフラの整備、(3)低炭

素化に資する技術開発の3点を基軸に、これからの資源燃料政策を着実に進めていくことが重要です。

(1) 資源確保

① 石油・天然ガス自主開発の推進

国内資源に乏しく、石油・天然ガスのほとんどを海外からの輸入に依存する我が国では、石油・天然ガスの自主開発政策を推進しており、特に1970年代の2回の石油危機を契機として、その取組は加速しています。現在は、石油・天然ガスを合わせた自主開発比率を2030年に40%以上とすることを目標としています。こうした目標の下、直近ではUAE・アブダビ首長国における陸上鉱区・海上鉱区の権益獲得、北米におけるシェールオイル・ガス開発への参画、豪州におけるLNGプロジェクトの生産開始等、我が国企業の参画する大型案件が進展するなど、着実に成果を上げてきました。

2015年に策定されたエネルギーミックスでは、2030年においても石油・天然ガスは一次エネルギー供給の約5割を占める見込みであり、エネルギー資源の乏しい我が国において、石油・天然ガスの安定供給の確保は今後も引き続き重要な課題です。再生可能エネルギーの大幅な進展が見られるなど、世界のエネルギー情勢が変革期にある中であっても、石油・天然ガス権益の確保についてはぶれない取組が必要です。

具体的には、石油・天然ガスの自主開発比率を2030年に40%以上とする政策目標を引き続き堅持し、その着実な達成に向け、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)を通じたりスクマナー供給による支援や、積極的かつ多角的な資源

外交の展開など、日本企業による石油・天然ガス権益獲得に向けた総合的な支援を展開していく必要があります。なお、これらの支援に当たっては、我が国のエネルギー安全保障に貢献すべく、戦略的かつ重点的に政策資源を投入していくことが重要です。

② 資源外交の多角的展開

石油・天然ガスの安定供給の確保に向けては、我が国は戦後、資源国との間で内閣総理大臣を筆頭とするハイレベルによる資源外交を展開してきました。その主眼は石油・天然ガス上流権益の獲得にあり、資源国側の関心が高く、我が国が強みを持つ教育、医療、中小企業等の分野における協力を中心に幅広く実施してきました。

一方で、近年のエネルギー情勢とともに、資源外交のあり方についても、変化を求められています。資源国では、原油価格の低迷に伴う財政逼迫を受け、原油や生ガスを単に販売するだけでなく、より高付加価値である石油製品やLNGとして需要急増が見込まれるアジアに販売する動きや、産業の多角化による資源収入に頼らない経済体制の確立を目指す動きなどがみられます。また、需要国側では、世界的な環境意識の高まりから、エネルギーの低炭素化が課題となっています。このため、発電用化石燃料として最も炭素排出の少ないLNGの調達の重要性が増しており、調達の効率化や最適化につながる柔軟かつ透明性の高い国際市場の確立に加え、その導入に向けたインフラ整備や人材育成が求められています。今後、エネルギー需要の減少が見込まれる我が国において、引き続き石油・天然ガスの安定供給の確保を達成していくためには、こうした資源国・需

【第131-1-1】石油・天然ガスの自主開発比率の推移



出典：資源エネルギー庁

第3章 エネルギーをめぐる内外の情勢と課題変化

要国双方のニーズを捉えながら、世界全体、特に今後の成長エンジンでもあるアジア規模のエネルギー安全保障に貢献することで、我が国の石油・天然ガスの安定供給を実現していくことが重要です。

③アジア規模の市場育成を通じた安定供給

我が国は2016年5月、柔軟かつ透明性の高い国際LNG市場の構築に向け、「LNG市場戦略」を策定しました。中国・インドを始めとするアジアによるLNG需要のけん引、米国・豪州等新たなLNG供給国の台頭、我が国における電力・ガス市場の完全自由化等により柔軟なLNG調達を志向する環境の醸成等、LNGを巡る世界の市場環境が変革期にある

ことを受け、世界最大のLNG輸入国である我が国が柔軟かつ透明性の高い国際LNG市場の確立をけん引することを目指すものです。

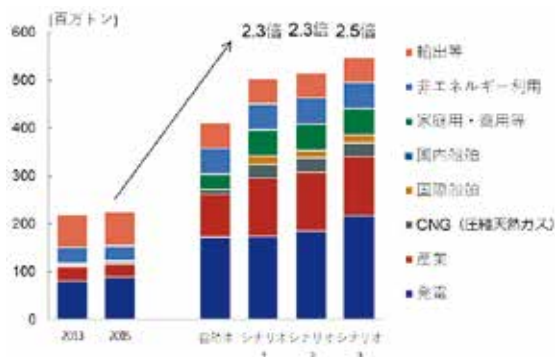
この数年、中国におけるLNG需要の増加が顕著であり、中国の需要増が一因とみられる2017年後半にかけてのアジアのLNGスポット価格の急騰は、LNG市場における中国の存在感の高まりを象徴するものといえます。今後、インドや東南アジアでの需要増加も見込まれる中、こうしたアジアの需要を取り込みつつ、アジア大でのマーケット育成を図っていくことが、我が国へのLNGの安定供給を確保するために重要です。

【第131-1-2】中国のエネルギー転換のインパクト



【第131-1-3】

アジアにおける天然ガス需要見通し

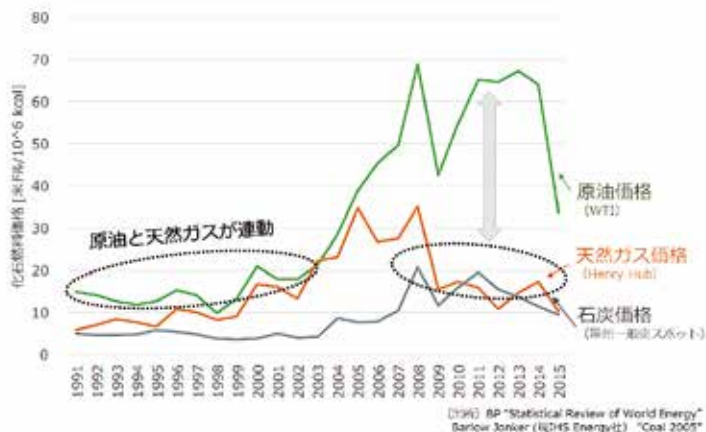


※シナリオ1：新規火力に占めるガス比率15%、シナリオ2：同30%、シナリオ3：同60%

出典：ERIA資料を基に資源エネルギー庁作成

【第131-1-4】エネルギー相対価格の変化

～シェール革命によるガス価格低下～



出典：エネルギー情勢懇談会資料

2017年10月に開催されたLNG産消会議では、世耕経済産業大臣より、アジアでのLNG需要の現実化に向け、LNGの上流・中流・下流のプロジェクトに対する官民で100億ドルのファイナンス供給、及び5年間で500人の人材育成支援の構想を発表しました。また同年、EUとインドそれぞれとの間で、LNG市場形成に向けた消費国間での連携に関する協力覚書（MOC）を締結しました。これらのイニシアチブに基づく取組を、民間企業・関係機関とも連携して今後着実に進めるとともに、新たな国・地域との連携関係も結びながら、柔軟かつ透明性の高い国際LNG市場を構築していきます。

また、引き続きLNG市場の柔軟性・透明性向上に向け、仕向地制限をはじめとする取引流動性を阻害する商慣習の弾力化や、LNGバンカリング等新たな需要の促進、価格報告機関による価格アセスメントの信頼性向上、LNG受入基地等のインフラのアクセス向上を一層進めていきます。

④国際競争力あるエネルギー産業

資源に乏しい我が国が持続的に資源の安定供給を実現するためには、海外での国際競争に負けない、自立的なエネルギー企業の育成が不可欠です。特に近年は、石油ガス田開発における技術的難易度の高度化・複雑化に加え、中国・インド等、化石燃料需要の増加が著しい国々の国営石油企業と我が国資源開発企業との競争がますます激化しています。しかしながら、我が国資源開発企業の生産規模や財務基盤は欧米資源メジャーや新興国の国営石油企業と比べて小さく、国際競争力の強化が喫緊の課題となっています。

石油公団の解散及びJOGMEC設立以降、我が国では欧米資源メジャーを目標に、我が国上流開発産業をけん引する「中核的企業」の育成を政策課題としてきました。近年のエネルギー情勢の変化を踏まえれば、この取組を再加速することが大きな課題です。

「中核的企業」と呼ぶうる企業は、①一定の生産規模（最低でも日量100万バレル程度）、②適正かつ強靱な財務基盤、③優良な資産、及び④マーケティング能力を有していることが必要です。このためには、我が国資源開発企業には、現在取り組んでいる大型プロジェクトを着実に実現させるとともに、将来的な案件を形成し、成長戦略を描いていくことが期待されます。また、保有資産の「量」だけでなく、油価変動への耐性等の「質」の向上も図るため、保有資産のポートフォリオを適切に見直し、入れ替えていく

ことが重要です。さらに、目まぐるしく変化する資源情勢を捉え、長期的なシナリオを見据えつつ、時代に応じた資源開発技術や人材、マーケティング能力の獲得も必要になります。

政府としては、自主開発比率を向上させると同時に、こうした「中核的企業」の育成を実現するため、JOGMECによるリスクマネー供給資源開発技術の獲得支援、政策金融等骨太な産業構造構築、世界で「勝てる企業」を育成するため、より戦略的な支援策を講じていくことが求められています。

⑤国内資源開発の推進

我が国のエネルギー安全保障の観点でいえば、地政学的リスクに左右されず安定的な供給が可能な国内の資源開発を進めることは極めて重要です。加えて、国内での資源開発を促進するということには、我が国の資源開発企業が海外においてより有望かつ難易度の高いフィールドでの開発を行うための人材育成や技術開発などの場を確保するという、産業政策的な観点からも、極めて価値があるものといえます。

国内の有望な資源を決して眠らせることなく、また我が国資源開発産業の発展に向け、民間企業が主体となった国内資源開発を促進することが重要です。このため、鉱業権者の新陳代謝を進めるなど、国内外を問わず真に意欲・能力ある適切な事業者が資源開発に取り組めるよう、事業環境を整備していくことが課題です。特に、我が国は世界で第6位の排他的経済水域の広さを有していることを踏まえ、これを最大限有効活用していくという観点からは、海洋におけるエネルギー・鉱物資源の開発促進のための取組を一層強化していくことが重要です。

在来型石油・天然ガスについては、引き続き三次元物理探査船を使用した国主導での探査を機動的に実施するとともに、より効率的・効果的な探査を実現し、市場での競争力を高めるため、世界水準の機器・技術の導入も含めた体制構築を進め、三次元物理探査船を民間企業による探査にも積極的に活用することを目指します。また、有望な海域への試掘機会を増やすための検討も行います。

砂層型メタンハイドレートについては、2017年に実施した第2回海洋産出試験の結果等を踏まえ、平成30年代後半に民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトが開始されることを目指して、引き続き技術開発を進めます。また、表層型メタンハイドレートについては、2013年度から2015年度にかけて行われた資源量の把握に向けた調査の結果を踏ま

え、資源回収・生産技術の調査研究を行うとともに、有望な手法が見つかった場合には研究対象を絞り込み、商業化に向けたさらなる技術開発を推進します。

⑥電動化を見据えた既存対策の点検

国内外での自動車の電動化によりリチウムイオン電池や駆動用モーター等に必要な鉱物の需要増加が見込まれる一方、中国をはじめとする新興国企業による確保の取組が旺盛になっています。こうした厳しい鉱物資源の獲得競争の中、日本にとって必要な鉱物資源の安定供給を確保するためには、各鉱物資源の需給や市場特性を十分に踏まえながら、上流対策（資源外交、権益確保、購買力の強化）と中下流対策（省資源化・代替材料開発、備蓄、リサイクル）を複合的に講じていくことが必要です。

(2) 供給インフラ

①国内の燃料サプライチェーンの確保

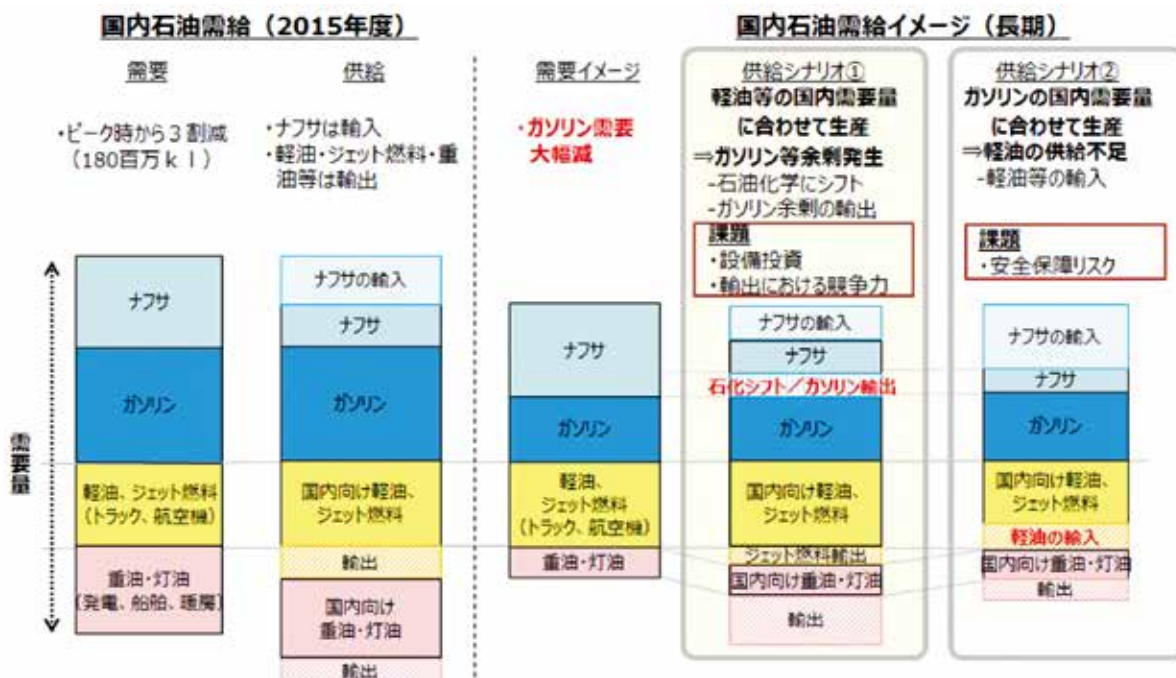
「2018～2022年度石油製品需要見通し」によれば、我が国の国内の石油需要は毎年度平均1.7%程度減少を続ける見通しである一方、アジア太平洋地域の石油需要・石油化学需要は増大を続ける見通しで、東アジア地域においては、石油化学との統合が進ん

だ大規模な石油コンビナートの建設が相次いでいます。さらに、北米のシェール革命によって、これまで最大の資源輸入国であった米国が資源輸出国へと変化するとともに、天然ガス由来の安価な原料の調達が可能となったことで新たなエチレンプラントの建設が予定されるなど、世界の石油・石油化学製品の供給量が増加することに伴い、特にアジアの競争環境が激化することが見込まれています。

戦後の高度成長期に運転を開始した我が国の製油所は、東アジアで新たに建設が進んでいる大規模な石油コンビナートと比べ、規模の経済性、エネルギー効率性、石油化学製品生産への弾力的な切り替えなどの生産の柔軟性等の面で見劣りするとの指摘があります。また、2020年1月から予定されている船舶の燃料油中の硫黄分濃度の規制の強化や、長期的には、パリ協定の履行により、国内外の石油需要見通しは予測困難になっていきます。加えて、電気自動車などの次世代自動車の導入拡大によるガソリン需要の大幅な減少の可能性にとともに、需要構成が大きく変化する可能性もあります。

こうした状況の中においても、代替困難な軽油などの国内燃料需要は将来的にも存在し続けることが見込まれるため、引き続き、石油製品の安定供給を

【第131-1-5】国内石油需給



※IEAは、パリ協定を履行する場合、2040年までに乗用車向け需要が4割減少すると予測。しかし、世界のEV化の進展は、今後の各国政府・自動車メーカーの対応や技術開発動向などに依存するため、各種機関による見通し予測には幅がある。

出典：総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会資料

確保し続ける必要があります。国内の石油産業の経営統合や製油所の再編が進み、次の成長のために必要な事業基盤が整いつつある一方、国内ではガソリンをはじめとする石油需要の減少は依然として継続する見込みです。国内への石油製品の安定供給を確保するためには、今後海外製油所との競争激化が見込まれる中、国内石油精製設備の国内立地を維持していくためには、コンビナート全体で競争力を確保するとともに、縮小する国内需要に対して、他事業分野や海外事業への進出拡大による収益力の向上が重要です。

②燃料供給インフラの効率化・次世代化

消費者に対して石油製品・LPガスの供給を行う下流部門では、需要の減少が収益を圧迫する最大の要因の一つとなっており、自動車をはじめとした燃料効率の大幅な改善の動きも拍車をかけ、事業者の経営環境は厳しい状況が続いています。さらに、人口減少・高齢化の進展により、人手不足の問題も表面化してきています。

今後、人口減少や過疎化の進展により、サービスステーション（SS）をはじめとする燃料供給インフラの維持がますます困難になっていく可能性があります。

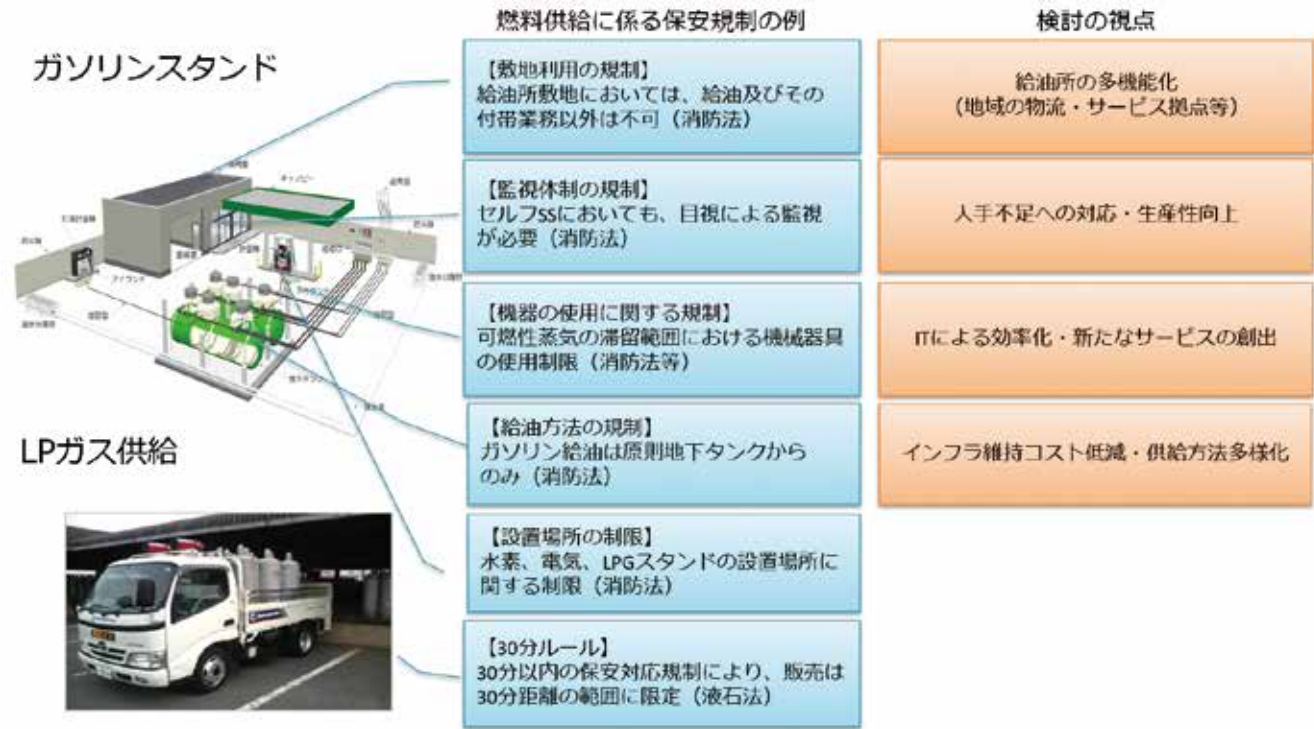
ます。地域においては、SSだけでなく、郵便局、スーパーマーケット、コンビニエンスストア、宅配事業者など地域の生活を支えるあらゆるプレーヤーが人手不足や需要減少といった共通の課題を抱えています。そうした中で、SSも含めて、地域における生活サービス拠点の一体化が進む可能性もあります。また、電気自動車（EV）やカーシェアリング、自動運転などの技術革新により、ヒトとクルマの関わり方が大きく変化する可能性もあります。こうした経済社会の変化の中でも、将来にわたって地域の燃料供給拠点を維持していくためには、燃料供給インフラの効率化・次世代化について検討を進めていく必要があります。

(3)技術開発

①地熱発電

国内の地熱発電については、2015年に策定された「長期エネルギー需給見通し」において、設備容量を、2015年現在の約53万kW（電源構成比0.2%）から、2030年度までに約140～150万kW（電源構成比1～1.1%程度）まで増やすことを目指しています。地熱開発を加速化するに当たっては、新規開発地点の開拓と開発期間の短縮などの課題を解決していく

【第131-1-6】燃料供給に係る保安規制



出典：次世代燃料供給インフラ研究会資料

必要があります。このため、新規の有望地域におけるポテンシャル調査の集中的な実施や、地熱資源の開発期間の短縮につながる地下の探査や掘削に係る技術開発等の取り組みを進めています。

新規開発地点の開拓について、政府は、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）を通じて、新規の有望地点を探索するための地熱ポテンシャル調査を行っています。また、事業者が実施する地熱資源量の把握に向けた地表調査や掘削調査等の開発の難度が高い初期調査に対する補助も行っています。さらに、出資や債務保証による金融支援を通じて、探査・開発段階への移行を促進させています。

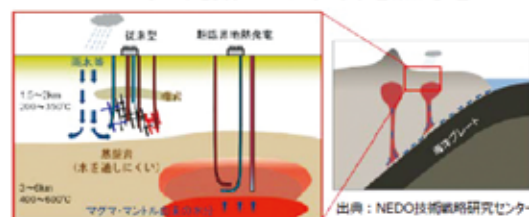
技術開発については、事業者にとって足かせとなっている開発期間や開発コストの軽減、さらに稼働率向上に資することを目指しています。具体的には、地下構造の探査精度の向上や掘削期間の短縮などに資する技術開発により、掘削本数を削減することや、掘削期間を短縮することで、開発期間の短縮を可能にします。また、地下の蒸気量の管理技術を確立することで、設備利用率の向上を目指しています。その他、既存の地熱発電よりも大型化が期待されている超臨界地熱発電にも取り組んでいます。2050年頃の実用化を目指し、発電システムの検討や、過酷な条件でも耐える材料検討等を含む超臨界地熱発電の実現可能性調査を実施しています。

【第131-1-7】今後の地熱発電の導入見通し

2030年の導入目標達成に向けた見通し

	導入量	必要開発量	備考
① 既存発電所 (※リプレース含む)	約53万kW	—	—
② 開発／探査段階	約6万kW	約6万kW	出資・債務保証で支援中。 (成功率90%と想定)
③ 調査段階	約26万kW	約35万kW	補助金で支援中。 (成功率75%と想定)
④ 新規開発案件 (国立・国定公園中心)	約61万kW	約101万kW	国が初期調査を実施中。 (成功率60%と想定)
合計	約146万kW	—	—

2050年を見据えた次世代地熱発電



- 従来型地熱発電の約5倍（1箇所あたり約15万kW程度）程度の高出力化が期待されている。
- 超高温・高圧の地熱資源を活用するため、耐腐食性に優れた素材の開発などが必要。

出典：総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会資料 一部修正

②火力発電の高効率化及び将来を見据えた低炭素化・脱炭素化の展開

火力発電については、石炭火力、LNG火力の高効率化を進めつつ、環境負荷の低減と両立しながら活用することが重要となります。そのために、2016年6月に産学官の有識者で策定した「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」に基づき、発電効率を飛躍的に向上させる次世代火力発電技術の早期確立を目指します。

【第131-1-8】火力発電のCO₂削減技術

火力発電のCO₂削減技術（CCUS等技術）



出典：総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会資料

具体的には、石炭をガス化し、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの3段階で発電を行うことで高効率化を図る石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の実証事業やその要素技術開発（大容量燃料電池の開発等）、燃焼温度を高温化することで高効率化を図る1700℃級ガスタービン技術の開発・実証など、我が国の強みを生かした石炭・LNG火力における高効率発電技術の開発を進めています。

また、将来のさらなる地球温暖化対策に向けて、火力発電から排出されるCO₂を効率的に分離回収する技術やそのCO₂を有効に利用、又は貯留する技術、燃焼時にCO₂が発生しない水素・アンモニアによる発電技術、また再生可能エネルギー大量導入に向けた火力発電による負荷変動対応技術等、将来を見据えた低炭素化・脱炭素化に向けた革新技術の開発も進めています。

2. さらなる省エネの推進に向けて

(1) エネルギーミックスにおける省エネ対策

2015年7月に策定されたエネルギーミックスにおいて、省エネについては、2013年度実績から2030年度まで年1.7%の経済成長等によるエネルギー需要の増加を見込みながら、具体的な裏付けのある対策・施策、技術の積み上げに基づく徹底した省エネ対策により、年間最終エネルギー消費を対策前に比べ原油換算5,030万kl程度削減することとされている。

ます。これは、2013年度から2030年度までに、エネルギー消費効率（＝最終エネルギー消費量／実質GDP）を35%程度改善することに相当し、石油危機後の20年間に我が国が実現した省エネと同程度のエネルギー消費効率の改善が必要となります。我が国のエネルギー消費効率は現在で世界最高水準にあり、既に相当の努力がなされてきたことを踏まえると、この見通しは大変野心的なものです。（第1部第1章参照）

(2) エネルギーミックスにおける省エネ対策の進捗

エネルギーミックスにおける省エネ対策（マイナス5,030万kl）の進捗状況を見ると、産業・業務部門における高効率機器の導入・更新は、設備の種類によって進捗に大きな差が見られます。これは、投資回収期間の違いや生産工程への影響、運用に要求される技術水準等に起因して、設備の種類に対する投資判断の難度に差異があるためと考えられます。例えばLED機器のように、生産工程に組み込まれず、投資回収期間が短いため、投資判断が比較的容易な設備の種類の導入は着実に進んでいます。ヒートポンプやモーターは、生産工程に組み込まれるため、他の生産設備等との調整を要し、投資回収期間も長いこと導入は十分には進んでいません。経済成長を前提とするエネルギーミックスの実現に向けて、省エネ設備投資の加速により、産業・業務部門のエネルギー消費効率の改善を図ることが課題です。

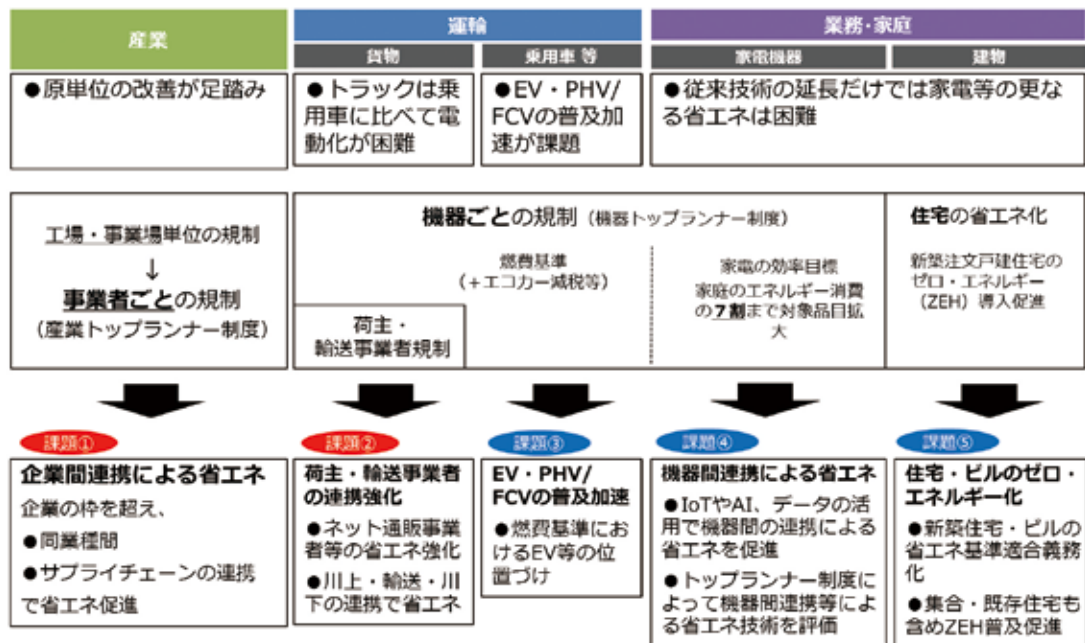
【第131-2-1】エネルギーミックスの省エネ対策の進捗状況(2015年度時点)

2015年度時点で▲600万kl（進捗率：11.8%）

産業部門 <省エネ量▲1,042万kl> 2015年度時点で▲119万kl（進捗率：11.5%） ➤ 主な対策 - LED等の導入 [33.0万kl/108.0万kl (30.6%)] - 産業用ヒートポンプの導入 [3.1万kl/87.9万kl (3.5%)] - 産業用モータの導入 [4.0万kl/166.0万kl (2.4%)] - FEMSの活用等によるエネルギー管理の実施 [6.2万kl/67.2万kl (9.2%)]	業務部門 <省エネ量▲1,226万kl> 2015年度時点で▲126万kl（進捗率：10.3%） ➤ 主な対策 - LED等の導入 [49.0万kl/228.8万kl (21.4%)] - トプランナー制度等による機器の省エネ性能向上 [25.0万kl/278.4万kl (9.0%)] - BEMSの活用等によるエネルギー管理の実施 [29.5万kl/235.3万kl (12.5%)]
運輸部門 <省エネ量▲1,607万kl> 2015年度時点で▲241万kl（進捗率：15.0%） ➤ 主な対策 - 次世代自動車の普及 [59.1万kl/938.9万kl(6.3%)] - その他の運輸部門対策 [181.5万kl/668.2万kl (27.2%)] (内訳) 貨物輸送 [74.4万kl/337.6万kl (22.0%)] - 旅客輸送 [107.1万kl/330.5万kl (32.4%)]	家庭部門 <省エネ量▲1,160万kl> 2015年度時点で▲111万kl（進捗率：9.5%） ➤ 主な対策 - LED等の導入 [60.0万kl/201.1万kl (29.8%)] - トプランナー制度等による機器の省エネ性能向上 [10.8万kl/133.5万kl (8.1%)] - HEMSの活用等によるエネルギー管理の実施 [0.7万kl/178.3万kl (0.4%)]

出典：資源エネルギー庁

【第131-2-2】2030年の省エネ見通し必達に向けた省エネ政策の全体像



出典：資源エネルギー庁

また、運輸部門はエネルギーミックスで最大の省エネ量（マイナス1,607万kl）を見込んでいます。貨物輸送分野はトラックの燃費効率だけでは今後大幅な省エネが難しく、今後次世代自動車の普及により効率向上が期待される旅客輸送分野と比較して、現時点で省エネ対策の進捗が遅れており、貨物輸送分野における物流効率化に向けた取組強化が課題です。

(3) エネルギーミックスにおける省エネ見通し実現に向けた部門別の省エネ政策

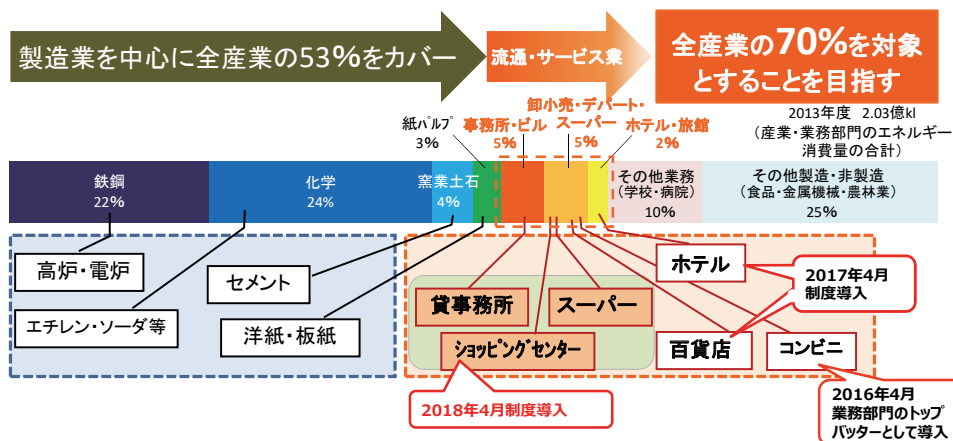
このように、エネルギーミックスにおける省エネ見通しに向けて多くの課題が山積しており、経済成

長と両立した省エネを進めるため、省エネ法による規制と予算や税制による支援策を両輪に、施策を総動員する必要があります。

省エネポテンシャルを開拓し、エネルギーミックスにおける省エネ見通しの必達に向けて「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー小委員会」において検討を行い2017年8月に提言（「省エネルギー小委員会 意見」）が取りまとめられました。

さらなる省エネを実現するには、企業間や機器間の連携促進と新技術の活用が鍵であり、「省エネルギー小委員会」や「基本政策分科会」で議論された、今後の省エネ政策の方向性を部門ごとに紹介していきます。

【第131-2-3】産業トップランナー制度（ベンチマーク制度）の導入・拡大



【出所】(一財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧2015」

出典：資源エネルギー庁

①産業部門・業務部門

(ア)省エネ法に基づく事業者単位規制

産業部門・業務部門の省エネ取組を進展させるため、省エネ法では、工場等の設置者に対し、省エネ取組を実施する際の目安となるべき判断基準（設備管理の基準や年1%のエネルギー消費効率改善の目標等）を示すとともに、年度で1,500kl以上エネルギーを使用する「特定事業者」（約12,000者指定）にはエネルギーの使用状況等の報告を義務付け、取組が不十分な場合には指導・助言や合理化計画の作成指示等を措置しています。

また、事業者同士が省エネへの取組を相対的に比較できるようにすることで、事業者の自主的取組を一層促すことを目的として、業種ごとに上位1～2割の事業者が達成しているエネルギー消費効率の水準を目標として設定し、業界ごとに最適な省エネ取組を促す「産業トップランナー制度（ベンチマーク制度）」を2008年に導入しました。

産業トップランナー制度は、これまで製造業を中心に導入が進められており、製造業のエネルギー消費量の約8割、全産業のエネルギー消費の53%をカバーしています。現在、「日本再興戦略2016」（2016年6月閣議決定）に示された、「3年以内（2018年度中）に全産業のエネルギー消費の7割に拡大」するとの方針に沿って、流通・サービス業への導入拡大を進めており、2016年4月にコンビニエンスストア業に、

2017年4月にホテル・百貨店に、2018年4月に食料品スーパー、貸事務所、ショッピングセンターにも導入しました。

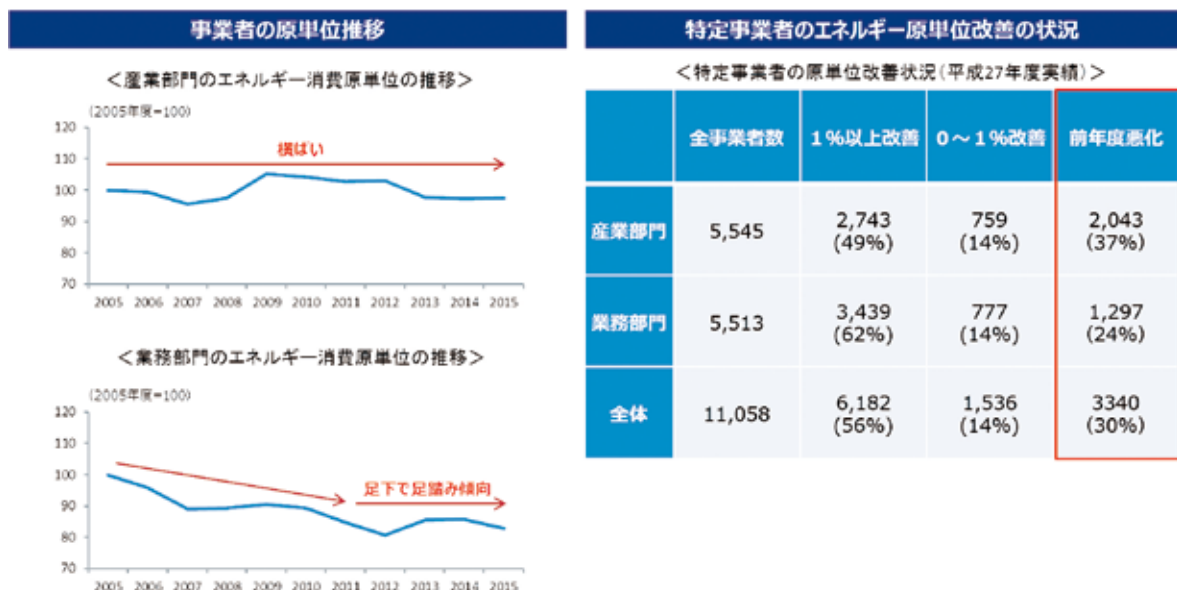
(イ)複数企業が連携した省エネ取組の促進

石油危機後のためめ省エネ取組の結果、産業・業務部門のエネルギー消費原単位は相当改善し、世界最高水準となりました。しかし、近年、エネルギー消費原単位の改善は足踏み状況で、特に、省エネ法の特定事業者のうち約3割が対前年度比で悪化しています。

エネルギーミックスの野心的な省エネ見通しの実現に向けて、経済成長と両立する徹底した省エネを進めるには、引き続き企業単位の取組は不可欠です。他方、企業単位の省エネが進展していることを踏まえば、今後は、複数の企業が連携する新たな省エネ取組を普及することが、消費効率の改善の加速に向けた鍵となります。

近年、例えば個々の企業ごとの省エネ取組の枠を超え、業界、サプライチェーン、グループ単位など、複数の企業が連携した省エネ取組が生まれつつあります。しかし、現行省エネ法は企業単位で最適な省エネ取組を求める体系であり、企業の省エネ評価についても、企業ごとのエネルギー消費量に基づいているため、複数企業が連携する省エネ取組が必ずしも正しく評価されていない場合があります。

【第131-2-4】企業のエネルギー消費効率の改善状況



出典：資源エネルギー庁

そこで、同業種やサプライチェーン上の複数企業の連携による省エネ取組を認定し、省エネ量を企業間で分配して報告することを認めることで、各企業が適切に評価される措置などを盛り込んだ省エネ法の改正法案（エネルギーの使用の合理化等に関する法律の一部を改正する法律案）を2018年3月9日に閣議決定し、同日、第196回国会に提出しました。改正法案では、これらと同様の措置は、運輸部門についても講じることとしています。

また、2017年12月に閣議決定された「平成30年度税制改正の大綱」には、改正後の省エネ法に基づき認定された「連携省エネルギー計画」の実施に必要な設備投資に対する法人税等の税制措置（特別償却30%、税額控除7%（中小企業のみ））を2018年度から新設することが盛り込まれ、当該税制改正の大綱を踏まえた所得税法等の一部を改正する法律案が2018年3月28日に成立しました。

今般の省エネ法の見直しと、税制措置や補助金等の支援策のパッケージで、企業のエネルギー消費効率の改善を加速していきます。

② 運輸部門

運輸部門の省エネを進めるには、物流効率化と、乗用車・トラック等の燃費改善をともに進めることが重要です。

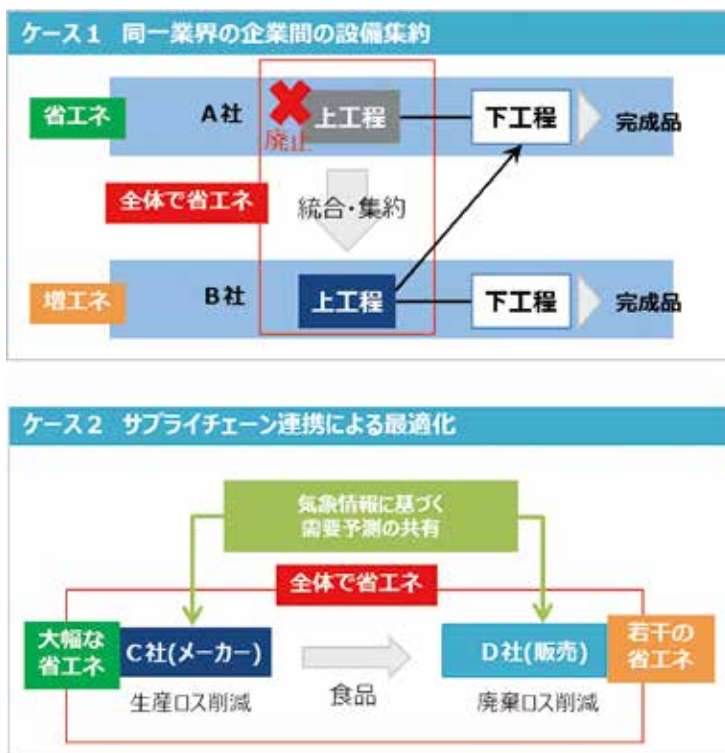
（ア）貨物輸送の効率化

トラックは乗用車に比べて電動化が難しく、燃費向上だけでは大幅な省エネが難しいため、貨物輸送の省エネを進めるためには、貨物輸送に関係する事業者が連携して物流効率化を進めることが重要です。省エネ法では2005年以降、自らが所有権を有する貨物を貨物輸送事業者に輸送させる企業を「荷主」として規制対象としており、省エネ取組を実施する際の目安となるべき荷主判断基準（省エネに資する輸送方法の選択、貨物輸送事業者との連携、年1%のエネルギー消費効率改善の目標等）を示すとともに、一定規模以上の荷主にはエネルギーの使用状況等の毎年度報告を義務化し、取組が不十分な場合には指導・助言等を行ってきました。

他方、近年のインターネット通信販売市場の成長（5年間で1.8倍）に伴い、小口輸送や再配達によるエネルギー消費の増加が懸念されており、特に、宅配に伴うエネルギー消費の25%が再配達によるものと推計されています（国土交通省調査）。また、企業間物流において、貨物輸送事業者の荷待ち時間は、貨物の発送時点のみならず、貨物の到着時点においても同程度発生しています。

これらの課題に対応し、貨物輸送事業者・荷主・荷物の荷受側の連携強化によって貨物輸送のさらなる省エネを促進するため、3月9日に閣議決定した

【第131-2-5】複数企業が連携する省エネ取組の例



出典：資源エネルギー庁

(前述の)省エネ法の改正法案では、以下の措置も講じることとしています。

(i)貨物の所有権を問わず、契約等で輸送の方法を決定する者を荷主と定義することで、所有権が無いものの輸送方法を決定するネット小売事業者を省エネ法の荷主規制の対象に確実に位置づけ、省エネ取組を促す。

(ii)貨物の到着時点における荷待ちの課題に対応するため、到着日時等を適切に指示できる貨物の荷受側を「準荷主」と位置づけ、荷主の省エネ取組への協力を求める(努力義務)。

今般の省エネ法の見直しと、税制措置や補助金など支援策のパッケージで、物流効率化の取組を促進

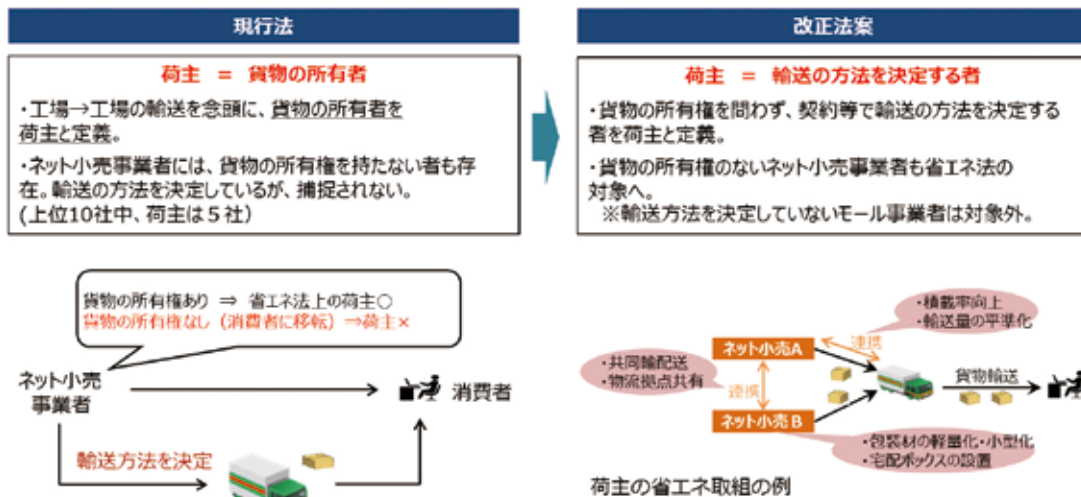
していきます。

(イ) EV・PHV／FCVの普及加速に向けて

乗用車・トラック等の燃費改善については、省エネ法に基づくトップランナー制度(自動車メーカー等に対し、目標年度までに販売車両の平均燃費値を基準値以上にすること等を求める制度)による規制とエコカー減税等の支援策により、トップランナー制度の基準策定当初の見込みを上回っています。特に乗用車の燃費は大幅に改善してきました。

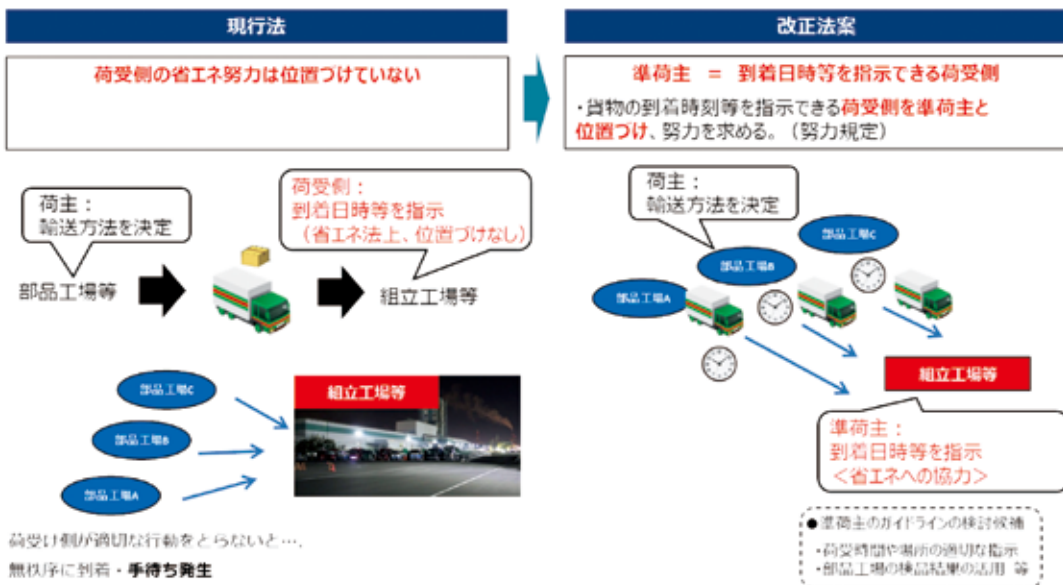
今後、さらなる省エネに向けては、EV・PHVやFCVの普及加速が課題であり、2030年に新車販売における次世代自動車の割合を50～70%とすると

【第131-2-6】改正法案における荷主の定義の見直し



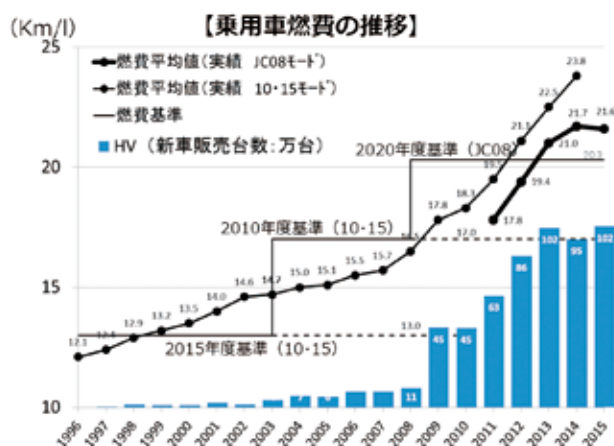
出典：資源エネルギー庁

【第131-2-7】改正法案における「準荷主」の位置づけ



出典：資源エネルギー庁

【第131-2-8】乗用車燃費の推移



出典：資源エネルギー庁

の政府目標の実現に向け、様々なアプローチで取組を進めていきます。現在、省エネ法のトップランナー制度における燃費基準の対象は、現在、ガソリン車・ディーゼル車、LPG車となっており、今後は、燃費規制の対象外であるEV・PHVやFCVの扱い等を含めて検討する必要があります。この点も含め、省エネ法に基づく乗用車の次期燃費基準について、経済産業省と国土交通省の合同会議¹において、2018年3月から検討を開始しました。

③ 業務部門・家庭部門

(ア) 機器の省エネ性能向上

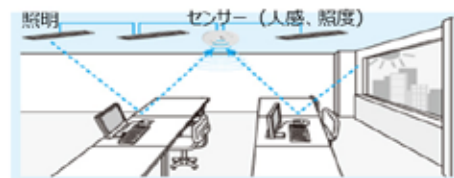
オフィスや家庭の省エネを促進するには、個々の機器の省エネ性能の向上を図ることが重要です。省エネ法のトップランナー制度では、特定エネルギー消費機器等(エアコンや冷蔵庫、テレビ等)の製造事業者等(生産量等が一定以上の者)に対して、機器のエネルギー消費効率の目標達成を求めるとともに、エネルギー消費効率等の表示も求めています。対象品目は2013年の法改正で新たに対象となった建材も含めて32品目となり、家庭のエネルギー消費の7割まで対象が拡大しています。トップランナー制度の下、例えば乗用車の平均新車燃費は1996年から2014年までに約97%改善、エアコンの期間消費電力量は2001年から2014年までに約31%改善されました。

さらなる機器の省エネ性能向上には、IoT等を活用し、機器間連携等による新たな省エネ技術の開発・普及の促進が鍵となります。これらの技術を普及さ

せていくため、例えば、現在のトップランナー制度では評価できない、使用現場の状況に応じて機器間連携等によって省エネを実現する技術の評価方法の検討も進めていきます。

【第131-2-9】機器間連携による今後の省エネ技術のイメージ

(例1) センサーや周囲の照明等との連携による照明最適制御



⇒機器間連携等で機器の使用現場の状況に応じて省エネする技術はトップランナー制度の評価の対象外

(例2) AIによるデータ分析に基づく省エネサービス等の提供



⇒データの標準化促進や提供・共有の仕組みの構築が課題

出典：資源エネルギー庁

(イ) 建築物の省エネ化

建築物の省エネを促進するには、建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)により新築建築物等の省エネ基準への適合義務化を進めることに加え、住宅・ビルのゼロ・エネルギー化(ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)/ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル))を促進し、2030年に向けて建築物における新たな省エネのモデルを確立・普及させることが重要です。

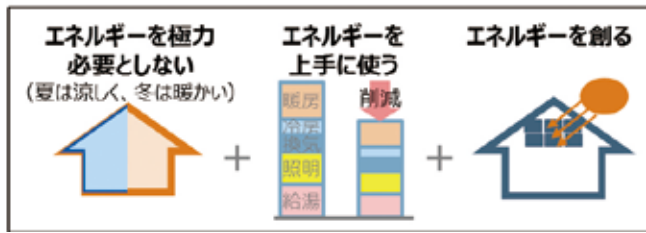
ZEH/ZEBについて、第4次エネルギー基本計画においては、「2020年までに標準的な新築住宅で、2030年までに新築住宅の平均でZEHの実現を目指す。」「2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す。」という目標を掲げています。

省エネ性能に限らず知的生産性や快適性を含め

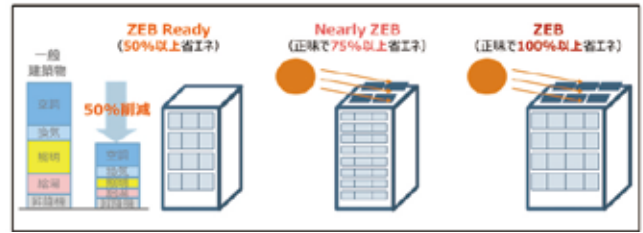
¹「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会自動車判断基準ワーキンググループ」と「交通政策審議会陸上交通分科会自動車部会 自動車燃費基準小委員会」

【第131-2-10】 ZEH/ZEB

ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）



ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）



出典：資源エネルギー庁

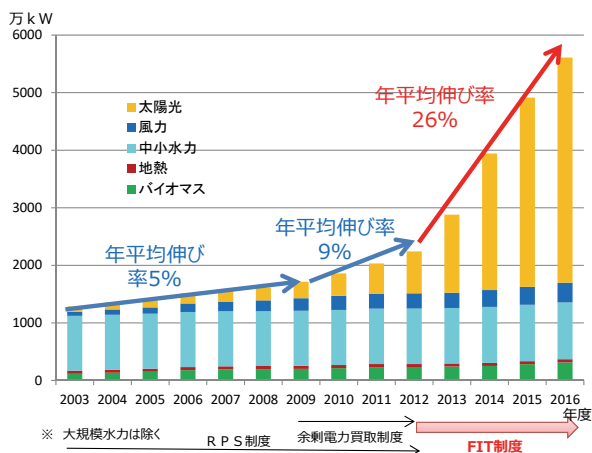
※ZEH/ZEB：高効率機器を導入すること等を通じて大幅に省エネを実現した上で、再エネにより、年間の消費エネルギー量をまかなうことを目指す住宅/ビル

て、ZEH/ZEBが持つ多面的な価値の認知を促進するなど、ZEH/ZEBの自立的普及に向けた取組を進めていきます。

3. 再生可能エネルギーの大量導入に向けて

再生可能エネルギーを取り巻く状況は、大きく変貌しています。世界的には、発電コストが低減し、他の電源と比べてもコスト競争力のある電源となっており、導入量が急増しています。我が国においても、2012年7月の固定価格買取制度（以下「FIT」という。）の導入以降、急速に再エネの導入が進んでいるものの、その発電コストは国際水準と比較して依然高い状況にあり、国民負担の増大をもたらしています。また、再エネの導入拡大が進むにつれ、従来の系統運用の下で系統制約が顕在化しており、再エネの出力変動を調整するための調整力の確保も含め、再エネを電力系統へ受け入れるコストも増大しています。さらに、地域との共生や発電事業終了後の設備廃棄

【第131-3-1】再生可能エネルギー設備容量の推移



（JPEA出荷統計、NEDOの風力発電設備実績統計、包蔵水力調査、地熱発電の現状と動向、PRS制度・固定価格買取制度認定実績等より資源エネルギー庁作成）

出典：資源エネルギー庁

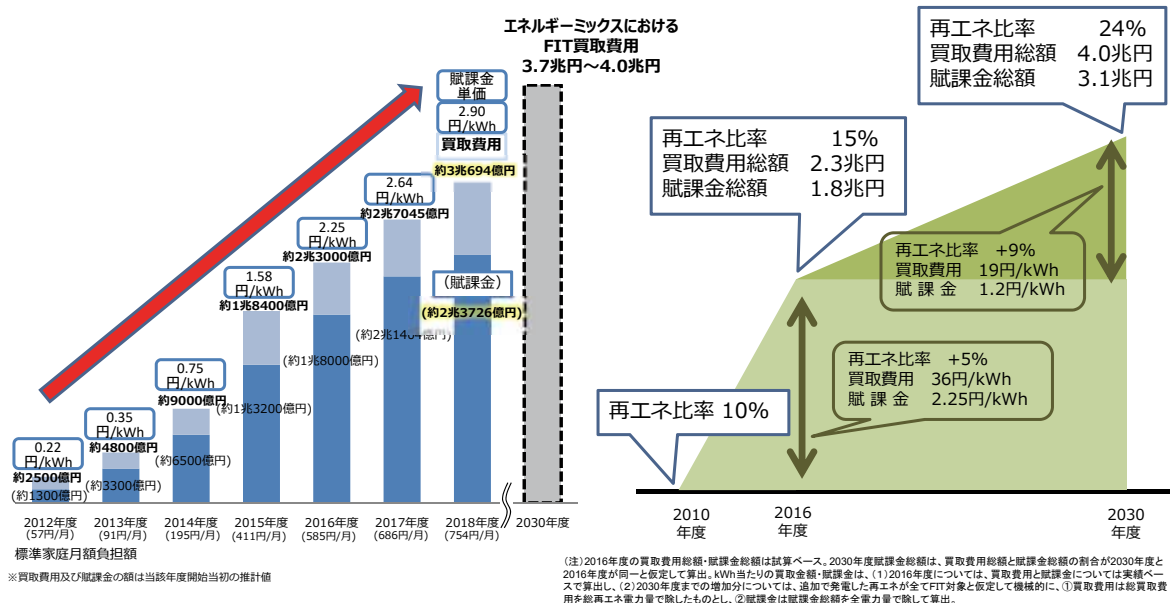
に対する地元の懸念に加え、小規模電源を中心に将来的な再投資が滞るのではないかとといった長期安定的な発電に対する懸念も明らかとなってきています。

こうした中、エネルギーミックスにおいて示された2030年度における再エネの導入水準（22～24%）を着実に達成するためには、再エネをコスト競争力のある電源とし、その大量導入を持続可能なものとしていくことが必要です。このため、以下のような課題を解決していくことが求められます。

（1）発電コストの低減

我が国の再エネの発電コストは、太陽光発電では欧州の約2倍と高い水準にあります。再エネがFITから自立するためには、他の電源と比較して競争力のある水準までコスト低減することが不可欠です。また、FITでは再エネ由来の電気の買取りに要する費用の一部を賦課金として電気料金に上乗せする形で国民が負担することになっており、2016年度の賦課金は年間約1.8兆円でした。エネルギーミックスにおいては、2030年度の再エネの導入水準（22～24%）を達成する場合のFITにおける買取費用総額を3.7～4兆円程度と見込んでおり、現在の賦課金の水準から機械的に計算すると、この場合の国民負担は年間2.9～3.1兆円程度になると想定されます。FIT導入前（2011年度）の再エネ比率は10.8%、2016年度は15.3%なので、再エネ比率を約5%引き上げるために年間約2兆円の国民負担を費やしたことになりますが、今後は、年間約1兆円の追加負担で、再エネ比率を更に7～9%引き上げる必要があることから、発電コストの低減は待ったなしの課題となっています。発電コスト低減に向けて、FIT制度における中長期の価格目標の設定及びその目標に向けたトップランナー方式による太陽光や風力の価格低減、競争を通じてコスト低減を図る入札制度の活

【第131-3-2】国民負担の推移



出典：資源エネルギー庁

用、低コスト化に向けた研究開発などを総合的に進めていきます。

(2) 長期安定的な発電を支える事業環境整備

再エネが自立するためには、日本のエネルギー供給の大きな役割を担う責任ある電源として、長期安定的な電源となることも不可欠です。現在は、FITが再エネの導入を支えています。熟度が低いままFITの認定を取得して長期間未稼働となったり、メンテナンスや事業終了に備えた準備がおろそかなるなど、適正な発電事業が行われない事態や将来的な太陽光パネルの廃棄等に関する地元の懸念が顕在化してきています。2019年からはFITの買取期間が終了する電源が発生し始めますが、その後も発電が継続され、再投資が行われる環境をいかに整備していくかも重要な課題です。

また、太陽光発電に偏重した導入が進む中、立地制約による事業リスクが高い電源も含め、バランスの取れた導入を促進することも重要です。例えば、欧州では洋上風力発電において我が国よりも大きく先行しており、急速なコストダウンが進んでいます。陸上風力発電の適地が限定的な我が国においても、洋上風力発電は大きな導入ポテンシャルとコスト競争力とが両立し得る重要電源ですが、「海域の占用に関する統一的なルールがない」「海域の先行利用者との調整ルールが不明確」といった課題があります。洋上風力発電の導入促進のため、一般海域の利用について、利害関係者との調整等をルール化し、長期占用を実現するため、「海洋再生可能エネルギー発

電設備に係る海域の利用の促進に関する法律案」を2018年3月9日に閣議決定し、同日、第196回国会に提出しました。

(3) 系統制約の克服

我が国の系統は、これまで主として大規模電源と需要地を結ぶ形で形成されてきており、再エネ電源の立地ポテンシャルとは必ずしも一致していません。このため、再エネの導入拡大に伴い、系統に制約が生じる例が見られるようになりました。今後、再エネの大量導入に向けて、この「系統制約」が導入の大きなボトルネックとなる可能性があります。

現在の我が国のルールでは、新規に電源を系統に接続する際、まずは系統の空き容量の範囲内で先着順に受入れを行い、空き容量がなくなった場合には系統を強化した上で追加的な受入れを行うこととなっています。再エネの導入量が増えるにつれ、「空き容量がなく、つなげない」「系統増強費用が高い」といった声が発電事業者から上がってくるようになりました。これらの声に応え、国民負担を軽減しながら再生可能エネルギーを最大限導入するためには、まずは既存系統を最大限活用していくことが最優先です。このため、欧州の先進事例も参考にしながら、系統の空き容量を柔軟に活用し、「日本版コネクト&マネージ」の仕組みの具体化に向けた検討に着手しました。「日本版コネクト&マネージ」とは、緊急時用に空けていた容量や、容量を確保している電源が発電していない時間などの「すきま」をうまく活用して、よりたくさんの電気を流せるようにしよ

うというものです。

この「日本版コネクト&マネージ」は多数の再エネ事業者から接続の要望があるところ、スピード感をもって再生可能エネルギーを導入拡大する観点から、関係者間での課題に関する調整が済んだものから実現していく方針で、まずは一般送配電事業者が行う「空き容量の算定方法」を2018年度当初から抜本的に見直しました。これによって、過去の実績を基に、将来の電気の流れをより精緻に想定して空き容量を算出し、より多くの再エネ等新規電源を連系させることが可能となりました。今後も、新たに系統に接続しようとする発電事業者の意見も聞きながら、現行のルールが透明・公平かつ適切なものなのかを確認し、海外の先進的事例を取り入れながら必要な見直しを行うとともに、ルールの明確化を進めてまいります。

(4)適切な調整力の確保

電力では需給バランスを一致させる必要性があるため、自然変動再エネ(太陽光・風力)の導入が拡大することで、出力変動を調整しうる「調整力」を効率的かつ効果的に確保することが、大量の再エネを電力系統に受け入れるための課題になってきています。2017年度よりディマンドリスポンスが新たに

電力の需給バランス調整に活用されるようになっていますが、当面は、火力発電や揚水発電による調整が中心となりますので、社会コストを最小化しつつ、いかに広域的かつ柔軟な調整が可能な環境を整備するかが重要となります。

将来的には、蓄電技術の導入によって調整力の脱炭素化を進めていくことも重要であり、それぞれの課題を整理しながら、その道筋を描いていく必要があります。なお、詳細な市場設計やルール整備については、本節「5. エネルギーシステム改革」で後述します。

4. 原子力政策の今後

(1)原子力政策の動向
○今後の原子力利用に向けた課題

第4次エネルギー基本計画に基づき、原子力については、依存度を可能な限り低減ししていくとともに、安全最優先で利用していくというのが政府の方針です。この方針に基づき、これまでも原子力に関する諸課題について取り組んできましたが、いまだ国民から十分に信頼を得ているとは言いがたい状況であり、原子力利用に対する社会的信頼の獲得に向けた取組を加速・強化していく必要があります。震災から7年経過した今なお、原子力政策の原点は、

【第131-4-1】今後の原子力利用に向けた課題

第4次エネルギー基本計画・エネルギーミックスの方針			
原発依存度は可能な限り低減	安全最優先の再稼働	2030年度 20-22%	
再稼働のメリット			
電気料金の引き下げ	エネルギー安全保障への貢献	CO2の削減	
再稼働の現状（震災前57基⇒42基）			
再稼働:7基	設置変更許可済:7基	適合性審査中:12基	適合性審査未申請:16基
今後の課題＝社会的信頼の獲得			
福島復興・事故収束の加速			
更なる安全性の向上	防災・事故後対応の強化	核燃料サイクル・バックエンド対策	
状況変化に即した立地地域への対応			
広報・国民理解活動の強化			
安全を担う技術・人材・産業の維持・発展			
2030年ミックスの達成			
温暖化対策・パリ協定	世界の原子力利用	イノベーション・開発	廃炉
2050年に向けたエネルギー選択			

出典：資源エネルギー庁

福島事故への真摯な反省です。こうした反省を忘れることなく、社会的信頼の獲得に向けては、最優先課題としての福島復興・事故収束の加速はもちろんのこと、①さらなる安全性の向上、②防災・事故後対応の強化、③核燃料サイクル・バックエンド対策、④状況変化に即した立地地域への対応、⑤対話・広報の取組強化、⑥原子力の将来課題に向けた技術・人材・産業基盤維持・強化といった様々な観点から取組を進めていくことが求められています。

(2) 社会的信頼の獲得に向けた取組の方向性

①さらなる安全性の向上

原子力の安全性の向上においては、リスクはゼロにならないという考えの下、規制基準における安全対策に加え、産業界が自主的に安全対策を追求していくことが重要です。

今後は、現場から経営に至るすべての関係者の間で、「不断の安全性向上」が実現すべき「価値」として共有され、組織全体で一体的・効果的に改善を積み重ねていくような「組織文化」の確立や、産業全体での知見の結集・共通課題の抽出、それを踏まえた規制当局・社会とのコミュニケーションを行うことが求められます。こうした事業者の取組に加えて、事業者の安全性向上の取組の「見える化」や、社会的評価付け等によるインセンティブ強化など行政によるサポートの強化も重要です。

②防災・事故後対応の強化

東京電力福島第一原子力発電所事故では、多くの住民が避難を強いられ、財産的・精神的な損害に対して多額の賠償が実施されています。こうした教訓や実態も踏まえて、避難や賠償のための制度が拡充されています。今後は、万が一の事故の際に迅速な対応ができるよう、防災や賠償について平時から取組を進めておくことが重要です。

③核燃料サイクル・バックエンド対策

まずは、六ヶ所再処理工場などの核燃料サイクル関連施設の着実な竣工・事業開始や高速炉開発方針の具体化に取り組むとともに、「利用目的のないプルトニウムは持たない」との原則の下、プルサーマルの推進などを通じてプルトニウム・バランスを確保し、国際社会の理解を得ることが重要です。

また、再稼働や廃炉の進展、六ヶ所処理工場の竣工の遅れ等により、使用済燃料対策の重要性は一層高まっており、喫緊の課題となっています。使用済

燃料対策推進協議会などを通じて、今後とも対策がしっかり進むよう、官民をあげて取組めます。

最終処分取組について、科学的特性マップの提示は、その長い道のりの最初の一步です。将来的に複数の地域に処分地選定調査を受け入れていただくことを目指して、国民理解・地域理解を深めていくための取組を一層強化します。また、最終処分に向けた研究成果・人材の継承・発展、国際協力にも取り組めます。

原子力依存度は可能な限り低減するという方針の下、廃炉の重要性は今後一層高まる見通しであり、安全かつ着実な廃炉の実施も求められます。先行する海外企業との連携など、廃炉工程の最適化に向けた国内企業の動きが出てきており、安全を担保しつつ、コスト効率性との両立が図られつつあります。一方、多くの事業者にとって、経験蓄積のための現場や人材育成の機会は限定的であり、廃炉工程で発生する低レベル放射性廃棄物の処分場は現在国内に存在していません。このような中、長期間にわたる廃炉作業を、当初の計画通りに完遂することが極めて重要です。課題に応じた対策を早期に検討し、実行していくことが必要です。

④状況に即した立地地域への対応

原子力発電の稼働停止の長期化や廃炉などの環境変化の中で、各地域が抱える課題は様々になってきており、地域ごとの実情に合わせて支援を行っていくことが重要です。

⑤対話・広報の取組強化

日本では、国民が知りたい情報にアクセスできるよう根拠情報の整備をするとともに、情報過多にならないようにわかりやすくまとめる工夫も必要です。また一方向の情報発信だけでは「安心」につながらないため、関心・意見を踏まえた、双方向の対話を進める必要があります。さらに、ITやスマートフォンなどの進歩・普及に伴って、国民の情報収集/発信スタイルは大きく変化しているため、より効果的な広報手法を充実化していく必要もあります。

こうした観点から、資源エネルギー庁はホームページで、原子力を含む広くエネルギーに関する話題をわかりやすく発信する「スペシャルコンテンツ」を開始しました。また、「科学的特性マップ」に関する説明会でも、参加者から自らの意見を述べ、理解を深められる双方向での対話を、実施主体担当者が

手作りで運営するなど、対話型、Pull型の取組を行っており、引き続き広聴・広報事業に広げていく必要があります。

⑥原子力の将来課題に向けた技術・人材・産業の基盤維持・強化

安全かつ効率的な原子力利用の前提となる、原子力技術・人材、高度な研究開発基盤、サプライチェーンの維持・発展を図り、再稼働や国内外建設プロジェクト等を通じて世界水準の技術力を維持することが課題です。

メーカーにおいて、原子力関連業務に従事する従業員数は、震災以降は減少傾向にあり、また原子力関連企業の就職説明会に参加する非原子力系の学生は大きく減少しています。大学における原子力関連の教員、特に若年層が減少し、年齢層が高齢化するとともに、国立研究開発法人として我が国の原子力分野の研究開発を担う日本原子力研究開発機構(JAEA)の人員・予算は減少傾向にあります。原子力の将来を担う人材にとって、魅力的な将来ビジョンを提示できるような状況を構築することが重要です。

5. エネルギーシステム改革

戦後60年余り続いた我が国の電気事業制度は、東日本大震災やその後の電力需給の逼迫を契機に、広域融通の限界や料金水準の高騰といった課題が浮き彫りとなりました。こうした課題を克服しつつ、電力やガス、あるいは供給区域といった市場の垣根を越えた競争が可能となるエネルギー市場を形成すべく、岩盤規制打破に向けたアベノミックスの改革の柱の1つとして、①安定供給の確保、②電気料金の最大限の抑制、③事業者の事業機会及び需要家の選択肢の拡大を目的とする電力システム改革のための電気事業法等の抜本改正が2013年から3段階に分けて行われました。

改革の第3弾となる2020年の発送電分離に向けて、さらなる競争の活性化が期待される中で、今後とも競争を通じ、電気料金の抑制や選択肢の拡大を通じて電力システム改革の果実を国民に広く還元するためには、公正・公平な競争環境を整備することが必要不可欠であり、同時に、市場原理のみでは解決が困難な公益的課題の克服を図る必要があります。そこで、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会に「電力システム改革貫徹のための政策小委員

会(以下、「貫徹小委」という。))を2016年9月に設置し、競争活性化の方策と競争の中でも公益的課題への対応を促す仕組みの具体化に向け審議を依頼し、2016年12月に中間とりまとめを行いました。

また、2017年4月1日から、ガスの小売全面自由化が開始されました。これにより、各地域の一般ガス事業者からしかガスの供給を受けることができなかった一般家庭等が、他事業者からもガスの供給を受けることができるようになりました。

今般のガスシステム改革では、電力システム改革同様、①安定供給を確保すること、②ガス料金を最大限抑制すること、③需要家の選択肢や企業の事業機会を拡大すること、の3つを主要な目的に据えました。より具体的には、①安定供給については、一般ガス導管事業者に対して導管網の建設・保守、最終保障サービスを義務付けることや、導管網の整備・相互接続を促進することで、安定供給を確保することを目指すこととしています。②ガス料金については、事業者間の競争や、他業種・他地域からの参入を促し、創意工夫や経営努力を引き出すことで、ガス料金の最大限の抑制を目指すこととしました。③選択肢・事業機会については、新しい発想を持つ事業者の参入を促し、一般家庭や企業を含めた全てのガスの利用者が自由に供給者を選択できるようにするとともに、導管網の整備・相互接続を促進することで選択肢・事業機会を拡大することを目指すこととしています。

本項では、電力システム改革の下における、競争活性化の方策と、競争の中でも公益的課題への対応を促す仕組みの整備について紹介します。

(1)市場・ルール整備

電力システム改革貫徹のためには、市場メカニズムを有効に活用しつつ、3E+Sの実現を目指すことが重要です。そのため、卸電力市場をはじめとした既存の市場の流動性を高めるとともに、容量市場や非化石価値取引市場など、これまでになかった新たな市場を創設することにより、新たな価値を顕在化・流動化させていくことが適当です。こうした考え方に基づき、貫徹小委の下に「市場整備ワーキンググループ」を設置し、主に①ベースロード電源市場、②連系線利用ルール、③容量メカニズム、④非化石価値取引市場の4つの制度に関して、その意義と基本的な考え方、今後さらなる検討を進める上での留意事項等について議論を行い、結果を取りまとめました。

【第131-5-1】課題解決に向けて整備すべき市場

1. 更なる競争活性化

(1) ベースロード電源市場

－新電力によるベースロード電源（石炭火力、大型水力、原子力等）へのアクセスを容易にするための市場を創設するとともに、大手電力会社が保有する同電源を市場供出させることを制度的に求め、更なる競争活性化を促す。

(2) 間接オークション・間接送電権

－地域を跨ぐ送電線（連系線）の利用ルールを、現行の先着優先から、コストの安い電源順に利用することを可能とする間接オークション方式に改めることで、広域メリットオーダーの達成と競争活性化を促す。

2. 自由化の下での公益的課題への対応

(1) 容量市場

－卸電力取引の活性化し、再エネの導入拡大する下においても、中長期的に必要な供給力・調整力を確保するための仕組みを導入。

(2) 需給調整市場

－調整力公募の実施を踏まえ、今後は、柔軟な調整力の調達や取引を行うことが出来る市場を創設することで、調整力の確保をより効率的にする。

(3) 非化石価値取引市場

－高度化法による目標（非化石電源比率44%）達成と、FITの国民負担を軽減に資するため、小売事業者が非化石価値を調達できる市場を創設。

出典：資源エネルギー庁作成

2017年3月に、貫徹小委中間とりまとめにおいて方向性が示された新たな市場の制度設計等について検討すべく、総合資源エネルギー調査会電力・ガス基本政策小委員会の下に「制度検討作業部会」が設置されました。本作業部会では、実務的な観点を十分に踏まえるべく、新電力等からのヒアリングに加えて意見募集も行った上で、検討を進め、2017年7月には第1次、同年12月には第2次の中間論点整理を行ってきました。

①さらなる競争活性化に向けた取り組み

(ア) ベースロード電源市場の創設

石炭火力や大型水力、原子力等の安価なベースロード電源については、大手電力会社が大部分を保有しており、新電力のアクセスは極めて限定的となっています。その結果、新電力はベースロード需要をLNG等のミドルロード電源で対応せざるを得ず、大手電力会社と比して十分な競争力を有しない状況が生じています。

これまでの自主的取組を通じて、旧一般電気事業者は、自社で保有等する限界費用の高い余剰電源（ミドル・ピーク電源）を中心に、卸電力取引所等に投入してきましたが、発電コストが安いベースロード電源については、経済合理的な判断の下、専ら自社

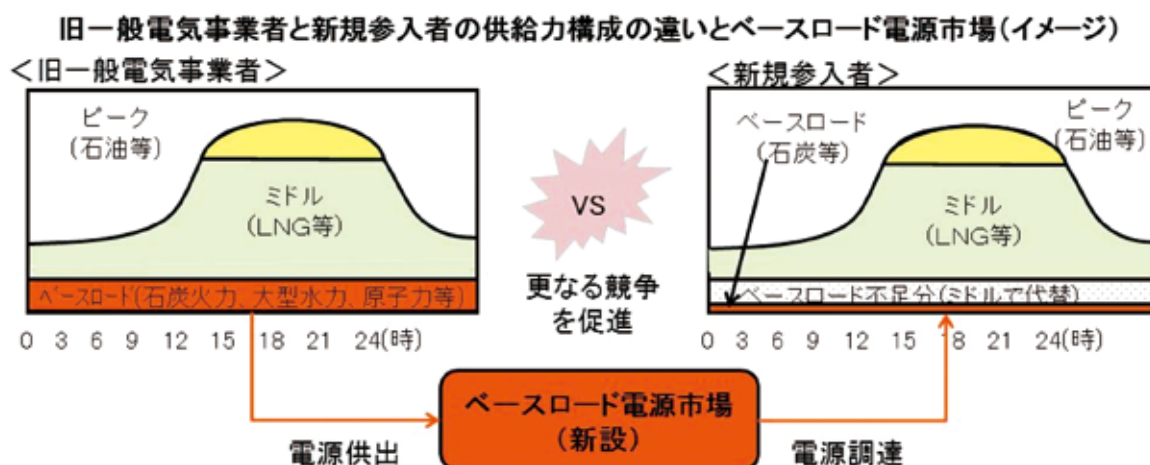
で利用してきました。このため、自主的取組の一環である、電源開発株式会社と契約している電源の切出しについては、現在まであまり進んできませんでした。

新電力がベースロード電源にアクセスすることを可能とするためには、旧一般電気事業者等が保有するベースロード電源に関連する取引に対して、一定の制約を課す必要があります。具体的には、実効的な仕組を通じて、発電した電気の一部を適正な価格でベースロード電源市場（以下、「BL市場」という。）に供出することを、旧一般電気事業者等に求めることが必要です。

加えて、貫徹小委の議論においては、新電力のベースロード電源へのアクセスを容易とするための施策として、BL市場を創設し、旧一般電気事業者と新電力のベースロード電源へのアクセス環境のイコルフットィングを図り、さらなる小売競争の活性化を図ることが適当とされました。また、同市場における取引の実効性を確保する観点から、ベースロード電源を保有する旧一般電気事業者等が発電した電気の一部を、適正な価格で市場供出することを、制度的に措置することとされました。

なお、貫徹小委の中間とりまとめにおいて、BL市場及び制度的措置の詳細設計は、遅くとも2020

【第131-5-2】ベースロード電源市場



出典：資源エネルギー庁作成

年度から電気の受け渡しを開始できるように、今後検討を行うこととしています。これを受け、関連するその他制度・規制との関係も踏まえつつ、BL市場について論点整理を行ったところであり、今後とも詳細設計を議論していきます。

(イ) 間接オークション・間接送電権の導入

地域間(エリア間)連系線の利用については、現在、「先着優先」と「空おさえの禁止」を原則として、広域機関によって利用計画が管理されています。貫徹小委中間とりまとめにおいては、連系線利用ルールを見直すことで、公正な競争環境の下、送電線の利用と広域メリットオーダーの達成を促し、さらなる競争活性化を通して電気料金を最大限抑制し、事業者の事業機会の拡大を実現していくことが適当とされました。また、公平性・公正性を確保するとともに、卸電力市場の取引量増加を図るため、現行連系線利用ルールを「先着優先」から、市場原理に基づきスポット市場を介して行う「間接オークション」へと変更することを軸にルールの見直しを行うこととされました。その後、2017年7月の制度検討作業部会の第一次中間論点整理において、「先着優先」に基づく連系線の利用登録の受付を停止する形で間接オークションが導入されることとされました。なお、間接オークションの導入時期は2018年度とされています。

日本卸電力取引所(JEPX)の前日スポット市場においては、全国の参加者が売り買いの入札をし、売り札については最も価格の安いものから、買い札については最も価格が高いものから約定するよう約定計算が行われます。こうした約定計算を行う際、連系線をまたぐ取引の量が計算され、全ての取引が

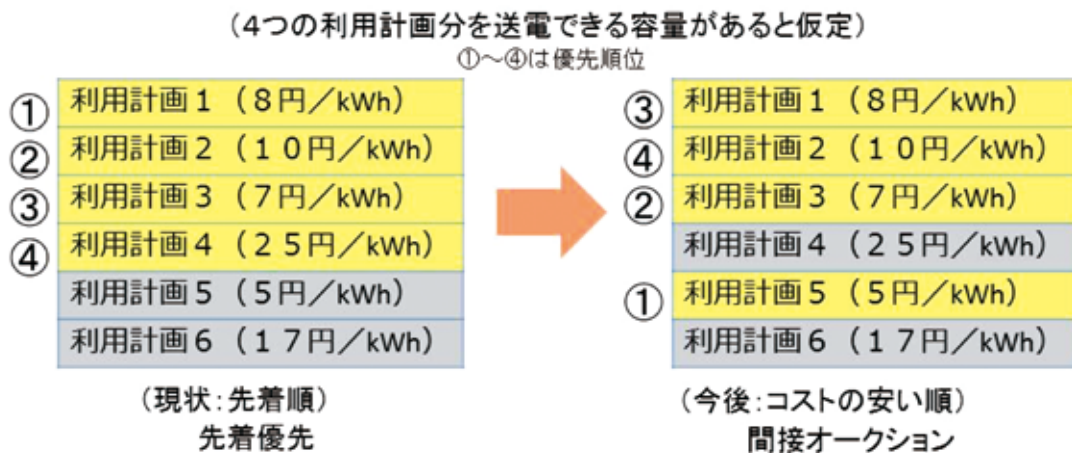
連系線の空容量の範囲内で取引を行うことができれば、全国一律の価格(システムプライス)に決定されます。他方で、連系線の空容量の範囲内では取引できない場合、連系線の空容量を勘案し各々の連系線を最大限活用するよう、改めて約定計算が行われます。こうして連系線混雑を考慮し約定計算をした結果、エリアごとに計算されるスポット価格(エリア価格)が異なる場合があります(市場分断)、このエリア間の価格の差異を「エリア間値差」と称します。

貫徹小委や制度検討作業部会においては、先着優先から間接オークションへの移行やBL市場等の卸電力市場活性化策の実施に伴い、エリア間値差がより多くの事業者に影響を及ぼしうることを踏まえ、こうしたリスクを軽減する仕組みが必要との議論が行われてきました。

諸外国においても、例えば、米国のPJMエリア(ペンシルバニア州、ニュージャージー州、メリーランド州、バージニア州及びデラウェア州)においては、地点別の限界価格(LMP)に頻繁に値差が発生することによる事業者のエリア間値差の負担リスクを減少させるよう、間接送電権の仕組みが整備されています。

上記を踏まえ、我が国においても間接送電権の仕組みを整備することが考えられます。その際、詳細設計の検討にあたっては、①BL市場を含む先渡市場や、前日スポット市場、相対取引等における、エリアをまたぐ広域的取引の環境の整備、②連系線の効率的な利用、③間接送電権の取引の透明性の確保という視点を踏まえながら、取引参加者にとっての利便性や、BL市場を含む先渡市場の活性化にも留意しつつ、検討を進めていくことが求められます。

【第131-5-3】連系線利用状況イメージ



出典：資源エネルギー庁作成

②自由化の下での公益的課題への対応

(ア) 容量市場の創設

かつての総括原価方式の枠組みの下では、発電投資は規制料金を通じて安定的に回収されてきました。総括原価方式と規制料金の枠組みによる投資回収の枠組みがない中では、原則として、発電投資は市場取引を通じて、または市場価格を指標とした相対取引の中で投資回収されていく仕組みに移行していくと考えられます。このため、固定価格買取制度の対象となる再生可能エネルギー電源を除けば、大部分の電源に係る投資回収の予見性は、従来の総括原価方式下の状況と比較して、低下すると考えられます。

また、固定価格買取制度等を通じて、再エネが拡大することになれば、従来型電源の稼働率が低下するとともに、再エネ電源が市場に投入される時間帯においては市場価格が低下し、全電源にとって売電収入が低下すると考えられます。その結果、電源の将来収入見通しの不確実性が高まり、事業者の適切なタイミングにおける発電投資意欲を更に減退させる可能性があります。

今後、仮に電源投資が適切なタイミングで行われなかった場合、電源の新設やリプレース等が十分にされない状態で、既存発電所が閉鎖されていくこととなります。そのような場合には、中長期的に供給力不足の問題が顕在化し、更に電源開発に一定のリードタイムを要することから、①需給が逼迫する期間にわたり、電気料金が高止まりする問題や、②再エネを更に導入した際の需給調整手段として、必要な調整電源を確保できない問題等が生じると考えられます。

2017年3月に電力広域的運営推進機関が取りまとめた「平成29年度供給計画の取りまとめ」においては、今後10年間を見渡した際に、事業者間競争が激しい中央エリア(東京・中部・関西)において、旧一般電気事業者である発電事業者が経年火力発電所を休止していくなどの要因から、供給予備率が8%を下回る年度があることが示されました。また、発電電力量に占めるLNG火力及び石油火力の比率が低下していく傾向にあることも示されました。

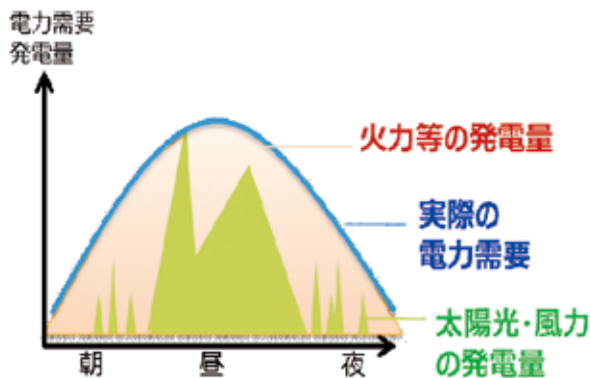
こうした状況を踏まえると、単に卸電力市場(kWh価値の取引)等に供給力の確保・調整機能を委ねるのではなく、一定の投資回収の予見性を確保する施策である容量メカニズムを追加で講じ、電源の新陳代謝が市場原理を通じて適切に行われることを通じて、より効率的に中長期的に必要な供給力・調整力が確保できるようにすることが求められます。

貫徹小委中間とりまとめにおいては、こうした観点から検討を進めた結果、一定量の供給力を確保することができる「容量市場」は、①予め必要な供給力を確実に確保することができること、②卸電力市場価格の安定化を実現することで、電気事業者の安定した事業運営を可能とするとともに、電気料金の安定化により需要家にもメリットがもたらされること、③再エネ拡大等に伴う売電収入の低下は全電源に影響していること等を踏まえると、最も効率的に中長期的に必要な供給力等を確保するための手段であるとされました。

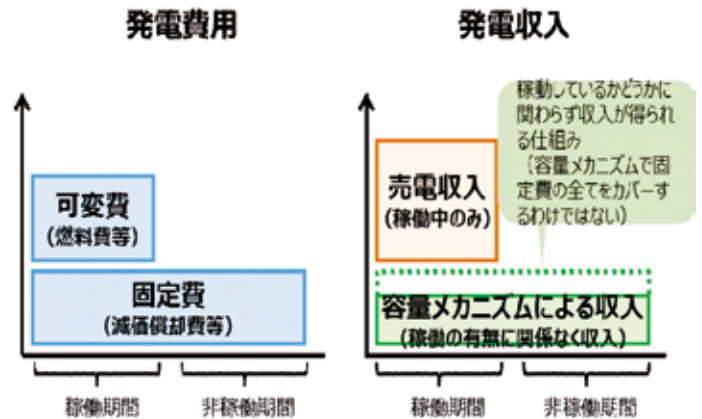
また、こうした措置は、投資回収の予見性を高めるための措置であり、必要な電源投資等のための総

【第131-5-4】容量市場創設後の収入

電力需要と発電量のイメージ



容量メカニズムによる投資費用回収イメージ



出典：資源エネルギー庁作成

コストは変わらない、もしくはリスクプレミアム等の金利分が減少することから、中長期的に見た小売事業者の負担はむしろ抑えられると評価されています。

ほとんどの自由化先進国において、前述した意義に基づき、容量メカニズム等の投資回収の予見性を高める施策が措置されています。一般に、容量メカニズムは供給信頼度確保を目的として導入され、容量市場は、長期的に必要な供給力を確保する観点からは、他の同種の制度よりも、より良いと考えられています。

制度検討作業部会においては、貫徹小委中間とりまとめを受け、容量市場の詳細制度設計について、本作業部会におけるヒアリングや、広域機関における検討も踏まえつつ、検討を行っていきます。

(イ) 需給調整市場の創設

一般送配電事業者が電力供給区域の周波数制御、需給バランス調整を行うために必要な調整力を調達するにあたっては、特定電源への優遇や過大なコスト負担を回避しつつ、実運用に必要な量の調整力を確保することが重要となります。

このような観点から、一般送配電事業者による調整力の公募が実施されることとなり、2016年末に行われた初回の調整力公募においては、最大で約4万円/kWという価格で調整力の確保が行われるとともに、エリア間で最大約4倍の価格差（最大は九州電力の約4.2万円/kW、最低は中国電力の約1.0万円/kW）がつくこととなりました。また、調整力として用いられる火力発電所や揚水発電所の大半が、旧一般電気事業者から調達されています。同時に、厳

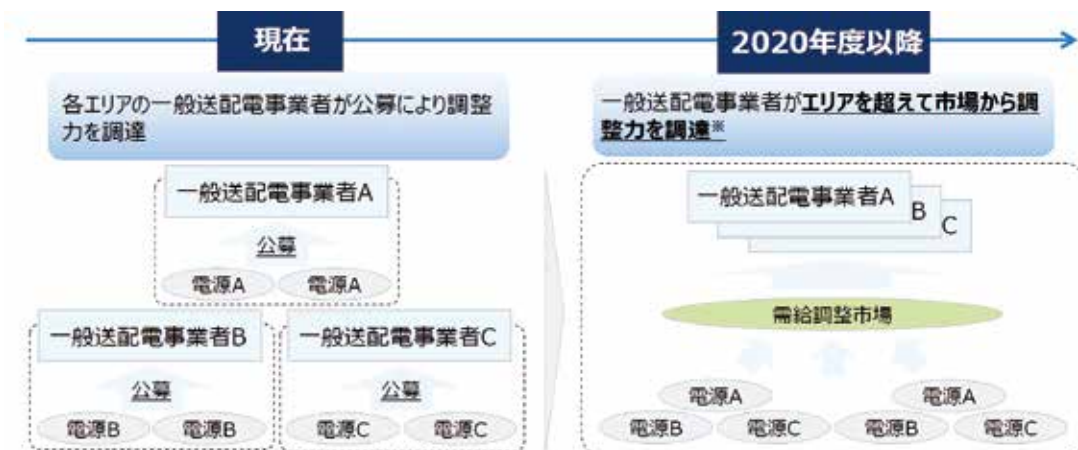
気象対象用の調整力としてはディマンドリスポンス（DR）事業者等の旧一般電気事業者以外の調整力も活用されることとなりました。

貫徹小委中間とりまとめにおいては、今後、公募結果を踏まえつつ、需給調整市場の詳細設計を行い、一般送配電事業者が調整力を市場で調達・取引できる環境を整備することが適当であるとされました。また、電力システム改革専門委員会報告書においても、系統運用者が供給力を市場からの調達や入札等で確保した上で、その価格に基づきリアルタイムでの需給調整・周波数調整に利用するメカニズムを送配電部門の一層の中立化に伴い導入することが適当であると記載されています。

諸外国においても需給調整市場を開設し、調整力を市場の仕組みを活用して前週や直前に調達しています。同時に、欧米においては需給調整の広域化にも取り組んでおり、例えば欧州は卸電力市場の広域統合から、需給調整市場の広域統合へ、ルール整備と実証を加速しています。

我が国においても、再エネの導入が進む中で、調整力を効率的に確保していくことは重要な課題です。他方で、需給調整市場の詳細検討にあたっては、需給調整の実運用とも密接に関わるため、慎重な検討が求められます。また、各一般送配電事業者による需給調整が中央給電指令所のシステムを活用して行われ、連系線の運用も一定のルールの下で広域機関も含めたシステムを用いて行われていることから、市場設計はこうしたシステムの改修が必要となります。他方で、こうしたシステムは、現状において、広域的な調整力の市場調達やその運用を前提

【第131-5-5】需給調整市場の概要



出典：資源エネルギー庁作成

として構築されていないのみならず、計画値同時同量制度が開始された今日においても、旧一般電気事業者の発電・小売バラシグループの電源の最適運用とエリアの需給バランス調整のための調整電源の運用が一体的に行われるシステムが継続的に使用されているという実情があります。こうしたシステムの改修や、実運用の変更を、日々の需給調整に支障を生じさせない形で行うためには、ルール検討やシステム構築のための十分な期間とともに、関係者の多大な努力が必要となります。

制度検討作業部会においては、こうした制約や日々の需給調整に支障を生じさせないことの重要性を認識しつつも、広域化等による需給調整の効率化や、調整力確保に係る市場メカニズムの採用による透明性の向上、DR事業者や新電力等の新規事業者を含めた形での調整力の確保といった諸課題に対応することは、2020年以降の電力システムにとって必須の課題であるとの認識の下、需給調整市場の詳細制度設計を検討していきます。

(ウ) 非化石価値取引市場の創設

エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（以下、「高度化法」という。）により、小売電気事業者は、自ら調達する電気の非化石電源比率を2030年度に44%以上にすることが求められています。

しかし、卸電力取引所では、非化石電源と化石電源の区別がされないため、非化石電源の持つ価値が埋没し、非化石電源比率を高める手段として活用ができません。結果、取引所取引の割合が比較的高い新規参入者にとっては特に、非化石電源を調達する

手段が限定される状況になっており、高度化法の目標達成が困難な面があります。

また、FIT電気（固定価格買取制度に基づき買い取られた電気）の持つ環境価値（非化石価値を含む）については、現状、賦課金負担に応じて全需要家に均等に帰属するものと整理されており、国民負担の軽減を図る観点から、その価値を顕在化するような制度設計のあり方についてのさらなる検討が求められているところです。

このような状況を踏まえ、新たな市場である非化石価値取引市場を創設することによって非化石価値を顕在化し、取引を可能とすることで、小売電気事業者の非化石電源調達目標の達成を後押しするとともに、需要家にとっての選択肢を拡大しつつ、FIT制度による国民負担の軽減を促します。FIT電気に由来する非化石証書の取引については、2018年5月に初回オークションを開始する予定です。

また、本市場の創設に当たっては、上記の制度趣旨を踏まえ、非化石価値を顕在化し、その価値に適切に評価を与えることができるよう、以下のとおり、非化石証書の有する環境価値と、需要家にとっての選択肢拡大という非化石証書の主な役割について基本的な考え方を整理しました。

(i) 非化石証書の有する環境価値

電気の持つ環境価値としてはいくつかの概念が考えられますが、(i) 非化石価値（高度化法上の非化石比率算定時に非化石電源として計上できる価値）以外に、(ii) ゼロエミ価値（CO₂排出係数が0kg-CO₂/kWhであることの価値）や③環境表示価値（小売電気事業者が需要家に対しその付加価値を表示・主張する権利）が主なものとして挙げられます。

ゼロエミ価値については、そもそも全ての非化石電源はCO₂排出量がゼロであることに鑑み、非化石価値と同時にゼロエミ価値が移転されるものと整理します。

環境表示価値については、非化石証書によって加算された非化石比率やオフセットされた排出係数に関しては、その付加価値を需要家に訴求することは可能とします。ただし、電力の小売営業に関する指針において、電源構成表示に関しては、実際に受電した電源の構成を表示するとの整理がなされており、非化石証書を購入しても電源構成は変わらない点に留意が必要です。他方、同指針において、再エネ由来の証書に関しては、電源構成外にて「実質再エネ100%」等の表示を許容することとしています。

(ii) 需要家の選択肢の拡大

証書を購入した小売電気事業者は、非化石価値(再エネ由来の価値)を電気とともに需要家に販売することが可能となります。従って、例えば再エネの推進に貢献したいと考える需要家は、数ある料金メニューから、こうした小売電気事業者が提供する再エネ価値付きのメニューを選択することで、実際に貢献することが可能となります。需要家のニーズが高ければ、非化石価値取引市場が積極的に活用され、小売電気事業者のサービス多様化が図られることが期待されます。

(2) 自由化の下での財務会計面での課題解決に向けた取組

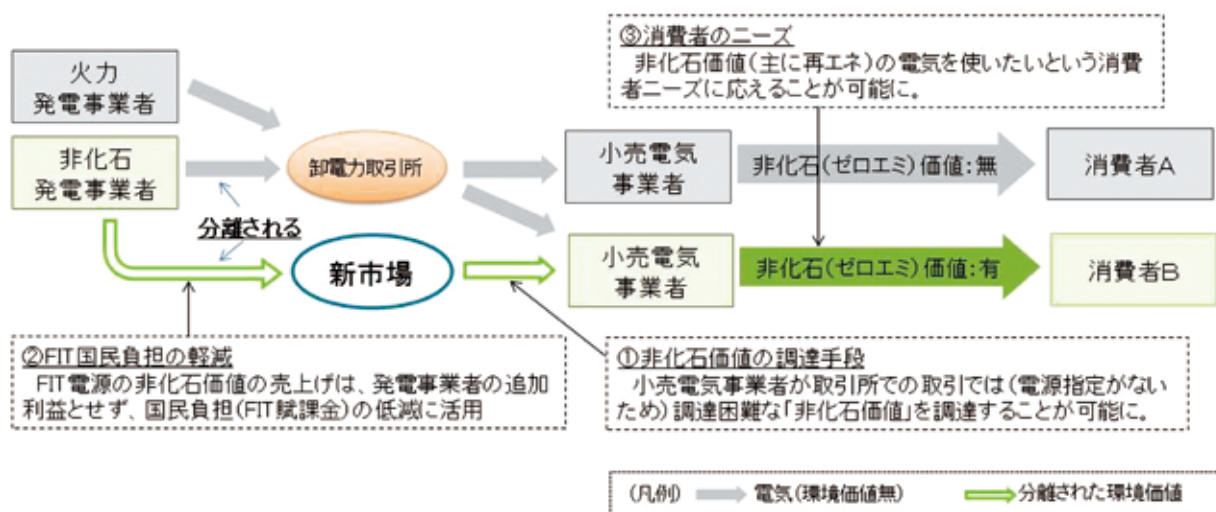
2016年4月の小売全面自由化以降、総括原価方式による料金規制の撤廃に伴い、電気事業の財務・会計上の特性にも変化が生じました。このため、電力分野の自由化を進めるに当たっては、これら制度変更に伴う課題として、一般の事業においては問題とならないような、例えば、制度変更により事後的に費用が増大する場合の対応費用をどのように回収するかが課題となり得ます。このため、財務・会計制度や負担のあり方について、具体的な措置の検討・審議を行うため、貫徹小委の下に「財務会計ワーキンググループ」を設置し、小売全面自由化の下での原子力事故に係る賠償への備えに関する負担や廃炉に係る会計制度のあり方に関する議論を行い、2017年2月に結果をとりまとめました。

とりまとめで示された方向性を踏まえ、財務会計面での課題解決に向け、2017年10月、2018年4月に制度改正を実施しました。

① 原子力事故に係る賠償への備えに関する負担のあり方

東京電力福島第一原子力発電所の事故後、原子力事故に係る賠償への備えとして、従前から存在していた原子力損害賠償法に加えて新たに原子力損害賠償・廃炉等支援機構法が制定され、現在、同法に基づき、原子力事業者が毎年一定額の一般負担金を原子力損害賠償・廃炉等支援機構に納付しています。原子力損害賠償法の趣旨に鑑みれば、本来、こうし

【第131-5-6】市場創設効果(イメージ)



出典：資源エネルギー庁作成

た万一の際の賠償への備えは、東京電力福島第一原子力発電所事故以前から確保されておくべきでしたが、政府は何ら制度的な措置を講じておらず（＝制度の不備）、事業者がそうした費用を料金原価に算入することはありませんでした。従来、総括原価方式の下で営まれてきた電気事業においては、一般の事業と異なり、将来的な費用増大リスクを見込んだ自由な価格設定を行うことはできず、料金の算定時点で合理的に見積もられた費用以外を料金原価に算入することは認められていませんでした。これは、規制料金の下では、全ての需要家から均等に費用を回収することとなるため、同じ電気を利用した需要家間では不公平は生じないということを前提として、その電気を利用した時点で現に要した費用（合理的に見積もられた費用）のみ料金原価への算入を認めるという考え方に基づいています。

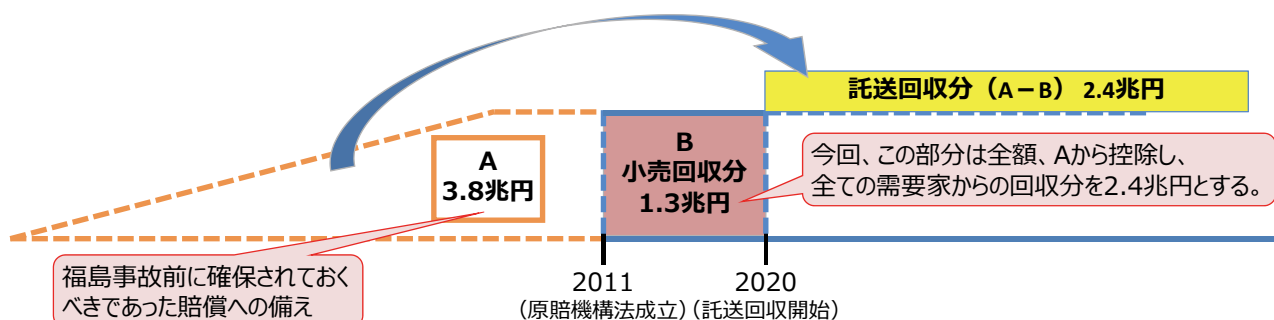
しかし、2016年4月に小売が全面自由化され、新電力への契約切替えにより一般負担金を負担しない需要家が増加していることを踏まえ、賠償の備えを小売料金のみで回収するとした場合、過去に安価な電気を等しく利用してきたにもかかわらず、原子力事業者から契約を切り替えた需要家は負担せず、引き続き原子力事業者から電気の供給を受ける需要家のみが全てを負担していくことになります。こうした需要家間の格差を解消し、公平性を確保するためには、全需要家が等しく受益していた賠償の備えについて、全ての需要家が公平に負担することが適当であり、また、そうした措置を講じることが、福島の復興にも資するものとの考えに立ち、負担のあり方について、貫徹小委で検討を進めました。その結果、回収する金額の規模は、現行の一般負担金の算定方法を前提とすることが適当と考えられ、現在の一般負担金の水準をベースに、1kWあたりの単価を算定した上で、これを前提に、2010年度までの

我が国の原子力発電所の毎年度の設備容量等を用いて算出した金額から、回収が始まる前の2019年度末時点までに納付した又は納付することになると見込まれる一般負担金の合計額を控除した約2.4兆円としました。回収方法については、電源構成に占める原子力の割合は供給区域ごとに異なる一方で、賠償の備えの負担は、過去の原子力の電気の利用に応じて行うべきものであることや、現状、一般負担金は小売規制料金に含まれ、供給区域ごとに異なる水準となっていること等を踏まえると、賠償の備えを国民全体で負担するに当たっては、特定の供給区域内の全ての需要家に一律に負担を求める託送料金の仕組みを利用することが適当と考えられました。

こうした検討を踏まえ、東京電力福島第一原子力発電所事故以前から確保されておくべきであった賠償の備えを託送料金で回収する仕組みを可能とする制度改正（電気事業法施行規則の改正）を2017年9月に実施しました（施行は2020年4月1日）。

なお、留意点として、本来、発電部門の原価として回収されるべき賠償の備えについて、託送料金の仕組みを通じて広く全需要家に負担を求めるに当たっては、その額の妥当性を担保する措置を講ずるとともに、個々の需要家が自らの負担を明確に認識できるよう、指針等を通じ、小売電気事業者に対し、需要家の負担の内容を料金明細票等に明記する措置を講じることとされました。また、原子力に関する費用について、託送料金の仕組みを通じた回収を認めることは、結果として、原子力事業者に対し、他の事業者に比べて相対的な負担の減少をもたらすものであり、競争上の公平性を確保する観点から、原子力事業者に対しては、例えば、原子力発電から得られる電気の一定量を小売電気事業者が広く調達できるようにするなど、一定の制度的措置を講じることとしています。

【第131-5-7】全ての需要家から公平に回収する賠償の備えのイメージ



出典：資源エネルギー庁

②福島第一原子力発電所の廃炉の資金管理・確保のあり方

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に必要な資金については、東京電力が負担することが原則であり、東京電力にグループ全体で総力を挙げて捻出させる必要があるとの考え方の下、「国民負担増とならない形で廃炉に係る資金を東京電力に確保させる制度」について、2016年10月に東電委員会から国に対して検討要請がなされました。

この要請を踏まえ、東京電力福島第一原子力発電所の廃炉の円滑かつ着実な実施を担保するため、長期間にわたり必要となる巨額の資金の管理を担保する制度として、事故炉の廃炉を行う原子力事業者(事故事業者)に対し、廃炉に必要な資金を機構に積み立てることを義務付ける等の措置を講じることを内容とする廃炉等積立金制度を2017年10月より開始しました。

また、発電・送配電・小売りに分社化されている東京電力において、グループ全体で総力を挙げて捻出する資金が自由化の下でも確実に廃炉に充てられるための制度として、東京電力パワーグリッド(送配電部門、以下「東電PG」という。)が親会社(東京電力ホールディングス)に対して支払う東京電力福島第一原子力発電所の廃炉費用相当分について、超過利潤と扱われないように費用側に整理して取り扱われるようにするとともに、乖離率の計算に際して実績単価の費用の内数として扱われるようにする制度的措置を2018年3月に実施しました。なお、この措置を講ずるに当たっては、東電PGの託送料金の値下げ機会が不当に損なわれないよう、東電PG自体の超過利潤・乖離率の代わりに、他の一般送配電事業者の効率化達成状況によって値下げ命令の可否を判断するとともに、東電グループ全体の中で東電PGの負担が過大なものにならないよう、例えば収益性や資産状況を参考に、グループ各社との負担の程度を比較し、著しく不適当な分担となっていないかどうかを確認する措置についても併せて講じています。

③廃炉に関する会計制度の扱い

(ア)廃炉会計制度について

従前の電気事業会計制度の下では、廃炉に伴う資産の残存簿価の減損等により、一時に巨額の費用が生じることで、(i)事業者が合理的な意思決定ができず廃炉判断を躊躇する、(ii)事業者の廃炉の円滑な実施に支障を来す、との懸念がありました。このため、2013年と2015年に、設備の残存簿価等を廃炉後も分割して償却(=負担の総額は変わらない

が、負担の水準を平準化)する会計制度が措置されました。こうした制度整備を受けて、2015年に5基、2016年に1基の原子炉について、廃炉決定が行われています。

廃炉会計制度は、計上した資産の償却費が廃炉後も着実に回収される料金上の仕組みが併せて措置されることを前提としており、現在は小売規制料金により費用回収することが認められています。したがって、現在経過的に措置されている小売規制料金が原則2020年に撤廃されることを見据えた場合、今後も制度を継続するには、着実な費用回収を担保する措置を講ずることが不可欠です。この点、2015年3月の廃炉に係る会計制度検証ワーキンググループ報告書(「原発依存度低減に向けて廃炉を円滑に進めるための会計関連制度について」)においては、競争が進展した環境下においても制度を継続させるためには、「着実な費用回収を担保する仕組み」として、総括原価方式の料金規制が残る送配電部門の託送料金の仕組みを利用することとされていました。

制度創設の経緯・趣旨を踏まえれば、廃炉会計制度は、原発依存度低減というエネルギー政策の基本方針に沿って措置されたものとして、本制度を継続することが適当であるとされました。本制度を継続するために必要となる着実な費用回収の仕組みについては、小売規制料金が原則2020年に撤廃されることから、自由化の下でも規制料金として残る託送料金の仕組みを利用することが妥当と考えられます。

こうした検討を踏まえ、廃炉を行う際の設備の残存簿価等について、引き続き小売料金での償却等を認め、2020年4月以降に託送料金での回収を可能とする制度改正(電気事業会計規則等の改正)を2017年10月に実施しました。なお、発電、送配電、小売の各事業が峻別された自由化の環境下で、発電に係る費用の回収に託送料金の仕組みを利用することは、原発依存度低減や廃炉の円滑な実施等のエネルギー政策の目的を達成するために講ずる例外的な措置と位置付けられるべきと考えられます。

(イ)原子力発電施設解体引当金について

原子炉の運転期間中に廃炉に必要な費用を着実に積み立てるため、原子力事業者は、毎年度、原子力発電所一基ごとの廃止措置に要する総見積額を算定し、経済産業大臣の承認を得た上で、各原子炉の発電実績に応じて原子力発電施設解体引当金として積み立てることが義務付けられています。解体引当金は、東京電力福島第一原子力発電所事故以降、原子

力発電所の長期にわたる稼働停止が続き、従来の生産高比例法では引当が進まないといった課題が生じたことから、2013年、引当方法を定額法に、引当期間を運転期間40年に廃炉後の安全貯蔵期間10年を加えた原則50年に変更する制度改正が行われ、今後、競争が進展した環境下でも本制度を継続し、廃炉後の安全貯蔵期間中も引当を継続させるためには、廃炉会計制度と同様、費用回収が着実に行われる仕組みが必要となっています。

その引当期間については、事業者が負担するという原則に立てば、着実な費用回収が前提となる安全貯蔵期間に入る前、すなわち、廃炉前に引当を完了していることが廃炉を円滑に実施する観点からより適切な制度のあり方であり、原則50年としている引当期間を原則40年に短縮することとしました。

引当期間の見直しを行った場合、2013年の制度改正以降に廃炉決定し、解体引当金の残額を10年間に分割した引当を現在行っているものや、今後早期廃炉するものについては、解体引当金の未引当分を一括して引き当てる必要が生じます。しかし、制度の事後的な変更によって、事業者の財務に影響を与えることは適当でないことに加え、こうした費用の発生が早期廃炉を志向する事業者の判断を歪めるようなことがあれば、廃炉会計制度の趣旨にも反するので、2013年の制度改正以降に廃炉決定したものや今後早期廃炉するものに限り、廃炉に伴い一括して計上することが必要となる費用を廃炉会計制度の対象とすることで、一括して発生する費用を分割して計上する仕組みとすることとしました。

解体引当金の基礎となる原発の解体に必要な費用は、1985年及び1999年の総合資源エネルギー調査会原子力部会において示された算定式に基づき、毎年度、物価変動や廃棄物量の変動を加味し、炉ごとに総額(＝総見積額)を算定しています。この算定式は、原子力部会において技術的な検討を行った結果として導き出されたものであり、その前提に大きな変更はないことから、現時点で合理的に見積もることできる費用が不足なく含まれているものと評価できます。一方で、この算定式は、モデルとなるプラントの廃炉工程を前提としたものであるため、今後、個々のプラントにおいて廃止措置を実施していく過程等で、例えば、多数の炉が設置されている原子力発電所では、設備の共有等による効率化などにより、総見積額の見直しが必要となり得ます。こうしたことを踏まえ、自由化の下でも廃炉に必要な費用があらかじめ確実に確保されるよう、個別の炉・発電所

ごとに固有の事情(規制変更などにより算定式の前提を大幅に変更する必要がある場合を除く)が生じた場合に、当該事象を速やかに総見積額に反映させることが可能な仕組みを導入することが必要と考えられます。ただし、総見積額の妥当性を確保するため、これまでと同様に、総見積額を経済産業大臣が承認する仕組みとすることとしました。

これらの検討を踏まえ、引当期間を原則40年することに加えて、2013年の制度改正以降に廃炉決定したものや今後早期廃炉するものに限り、廃炉に伴い一括して計上することが必要となる費用を廃炉会計制度の対象とする等の制度改正(解体引当金省令の改正)を2018年4月に実施しました。

6. 水素基本戦略の策定

水素は、我が国の一次エネルギー供給構造を多様化させ、大幅な低炭素化を実現するポテンシャルを有する手段です。2017年4月に開催された「第1回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」において、安倍首相から、政府が一体となって取り組むための基本戦略を策定するよう指示がありました。これを受けて、産学官の有識者から構成される「水素・燃料電池戦略協議会」における議論等を経て関係府省庁が案を取りまとめ、水素基本戦略として、同年12月に開催された「第2回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議」で決定されました。

水素基本戦略は、個別技術の導入・普及に係る既存の水素・燃料電池戦略ロードマップの内容を内包しつつ、水素をカーボンフリーなエネルギーの新たな選択肢として位置づけ、政府全体として施策を展開していくための方針です。世界に先駆けて水素社会を実現するため、水素基本戦略や水素・燃料電池戦略ロードマップに基づき、供給・利用両面の取組を進めていきます。

水素の本格的な利活用のためには、水素をより安価で大量に調達することが必要となります。水素基本戦略では、本格的な商用利用が始まる2030年に30円/Nm³、2050年には20円/Nm³(現状の1/5)を目標に設定しています(現状コスト:～100円/Nm³(ステーション価格))。このため、海外の褐炭や原油随伴ガス等の未利用エネルギーを水素化し、国内に輸送する国際水素サプライチェーンの実証を進めています。

また、大量に水素を消費する水素発電については、2018年1月より神戸市において、水素をエネルギー

源として電気と熱を街区供給する世界初の実証を開始しました。更に、高効率・高濃度な水素ガスタービンの燃焼技術等の開発が進められています。発電コストについても、2030年頃の時点で、17円/kWhを目標としており、また、将来的には環境価値も含め、既存のLNG火力発電と同等のコスト競争力（12円/kWh）を目標に設定しています。

また、2017年8月から福島県浪江町において、再生可能エネルギーの導入拡大や電力系統の安定化に資する技術として、太陽光発電といった自然変動電源の出力変動を吸収し、水素に変換・貯蔵するPower-to-gas技術の実証を開始しました。このほか、未利用となっている国内の地域資源（再生可能エネルギー、副生水素、使用済みプラスチック、家畜ふん尿等）から製造した水素を地域で利用する低炭素な水素サプライチェーン構築の実証等も進めています。

モビリティでの水素利用については、2013年から燃料電池自動車の市場投入に向けた水素ステーションの先行整備が開始され、2018年3月末までに約100か所の水素ステーションが開所しました。また、2014年12月に国内初の燃料電池自動車の市販が開始されたことに続き、2016年3月には2車種目の燃料電池自動車の販売が開始され、我が国では世界に先駆けて市場展開が進んでいます。更に、2016年度には燃料電池バス及び燃料電池フォークリフトが市場投入されました。今後は、燃料電池自動車や水素ステーションの普及に向け、低コスト化に向けた技術開発や、規制の見直し、水素ステーションの戦略的整備を進めるとともに、燃料電池バス及び燃料電池フォークリフトの導入拡大、トラック等の大型車両や船舶、鉄道車両など、他のアプリケーションの燃料電池化に向けた取組が求められます。

また、2009年に世界に先駆けて市場投入された家庭用燃料電池（エネファーム）については、技術開発によるコスト低減や性能向上、導入支援による普及初期の市場の確立などを通じて、2018年1月には約23.3万台が普及しました。2017年に市場投入された業務・産業用燃料電池についても導入支援による普及を図るとともに、発電効率向上に向けた機器開発、実装を進めていくことが重要です。

第2節 2050年に向けた エネルギー情勢の変化と課題

1. エネルギー政策のメガトレンド

我が国のエネルギーの歴史は、過去からの大きなトレンドの中で、その時々を選択によって、形作られてきました。我が国は、現在まで、4つの大きなエネルギーの転換期において選択をし、現在、5つめの岐路に直面しているといえます。

第1の選択は1960年代です。エネルギー需要の大幅増加によって「国内石炭中心の利用から石油中心の利用」へと大きくシフトしました。この結果、自給率が10年間で58%から15%へと大幅に低下することになります。

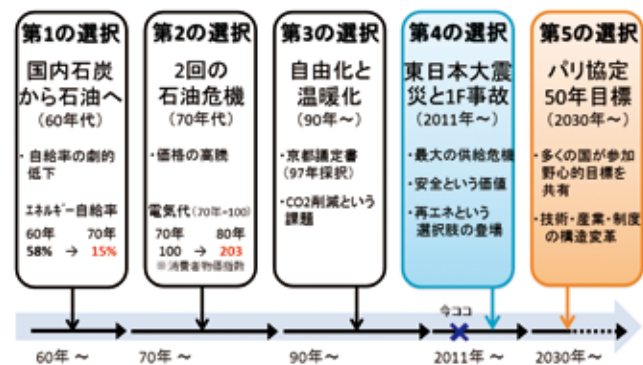
第2の選択は、1970年代です。石油に大きくシフトした日本が、2度の石油危機に直面します。その結果としての電気代高騰を受けて、省エネの必要性が広く認識されるとともに、地政学的なリスクが大きく意識されることで、「石油代替・エネルギー源の多様化」が模索されはじめました。

第3の選択は1990年頃です。世界的に「温暖化」が問題視されはじめ、1997年には京都議定書の採択を機に、環境配慮という価値軸が我が国でも強くなってきました。また、地域独占が認められて公共インフラである、都市ガスや電力において、部分的ではありますが「自由化」がこのころから始まりました。

第4の選択は、2011年に発生した東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故です。史上類を見ないエネルギー供給の危機を経て、我が国のエネルギー政策は、安定供給・経済効率性・環境への適合に加え、エネルギーの安全性という大原則を再認識しました。2014年に、震災後初めての改定となった現行のエネルギー基本計画（以下、「第4次エネルギー基本計画」という。）では、こうした大きな情勢変化を受けて、原子力発電については、可能な限り依存度の低減を目指すことや、再エネの導入加速化という方針が、定められています。

そして、2015年の気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、主要排出国を含む全ての国が参加し、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く抑え、1.5°Cまでに制限する努力をする、としたパリ協定を踏まえ「第5の選択」として2050年に向けエネルギーの将来像を模索す

【第132-1-1】エネルギー選択の大きな流れ



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

るシナリオ等を「エネルギー情勢懇談会²」において議論し、本年4月に提言をとりまとめたところです。

次項では、我が国が2050年に向け「第5の選択」をする際に、踏まえるべき論点や課題について議論した「エネルギー情勢懇談会」の内容を紹介していくことになりますが、まずは、その懇談会のきっかけともいえる問題意識である、2050年の長期エネルギー政策を考えるうえでの「10の変化」を見ていきたいと思います（「10の変化」は情勢懇談会の議論を開始した、2017年時点の情勢認識）。

(変化1)原油価格は100ドルから50ドルに

原油価格のトレンドの見極めはエネルギー政策を考える上での基礎ですが、新興国の成長、シェール革命の持続性に加え、EV化の進展度合いなどによって大きく左右されることとなり、見極めが難しくなっています。（【第132-2-1】参照）

(変化2)再エネ価格は日本の外では40円/kWhから10円/kWhに

世界的に再エネ投資は拡大し、発電コストも低下してきています。他方で、日本の再エネのコストは諸外国に比べて高い状況であり、FIT支援後の自立化のために何が必要か、また調整力の確保やネットワークの増強などの課題にどう対応するか、などの問題も顕在化してきています。（【第132-2-8、第132-2-14】参照）

(変化3)自動車産業のEV化競争が激化

自動車の電動化は、エネルギーの需給の構造を変

える可能性があります。反対に、自動車の電動化による環境への恩恵は、エネルギーの電源構成によって左右される関係にあります。この点、海外の規制等の政策の動向や、自動車産業、石油メジャー等の戦略に注視が必要です。（【第132-2-15】参照）

(変化4)脱原発を宣言した国がある一方、多くの国が原子力を活用している状況

東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、いくつかの国が脱原発宣言を行いました。他方で、多くの国が引き続き原子力発電を推進しています。各国の原子力政策の動向に注視が必要です。（【第132-1-2】参照）

(変化5)全面自由化と再エネ拡大で投資環境に新たな課題

再エネの拡大と自由化が進展し、電力価格の変動が大きくなる中、投資から回収までに長期間を要する電源について、投資の予見性が低下しています。（【第132-2-13】参照）

(変化6)パリ協定をめぐる動向、米国離脱もトレンドは変わらず

パリ協定が発効し、世界的な脱炭素化の潮流の中で、各国が、自ら策定し国連に提出する形で、長期の温室効果ガス排出削減に向けた目標を掲げています。こうした各国の動向を注視する必要があります。（【第132-2-5】参照）

(変化7)拡大する世界のエネルギー・電力市場

我が国のエネルギー・電力市場は量的な拡大が大きく見込みにくい一方で、世界のエネルギー市場・電力市場は今後拡大していく見込みで、ユーティリティ企業やプラントメーカーにとって見逃せない市場になっています。また、化石燃料の消費についても同様で、特に新興国（非OECD）での増加が見込まれています。（【第132-2-3】参照）

(変化8)中国国営企業の台頭、欧米ではエネルギー企業のM&Aが進展

エネルギー分野において、国家电网公司などの中国国営企業の台頭や、欧米ユーティリティ企業の国

² エネルギー情勢懇談会…我が国は、「地球温暖化対策計画」（2016年5月閣議決定）において、「我が国は、パリ協定を踏まえ、全ての主要国が参加する公平かつ実効性ある国際枠組みの下、主要排出国がその能力に応じた排出削減に取り組むよう国際社会を主導し、地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、長期的目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す。このような大幅な排出削減は、従来の取組の延長では実現が困難である。したがって、抜本的排出削減を可能とする革新的技術の開発・普及などイノベーションによる解決を最大限に追及するとともに、国内投資を促し、国際競争力を高め、国民に広く知恵を求めつつ、長期的、戦略的な取組の中で大幅な排出削減を目指し、また、世界全体での削減にも貢献していく」としてしています。このため、幅広い意見を集約し、あらゆる選択肢の追求を視野に議論を行っていくため、経済産業大臣主催の「エネルギー情勢懇談会」を新たに設置し、検討を開始しました（第1回は、2017年8月30日）。

外進出、M&Aが加速しています。将来の不透明さが増していく時代において、産業のリスク投資能力も重要なポイントとなってきます。(【132-1-3】参照)

(変化9)金融プレーヤーの存在感の高まり

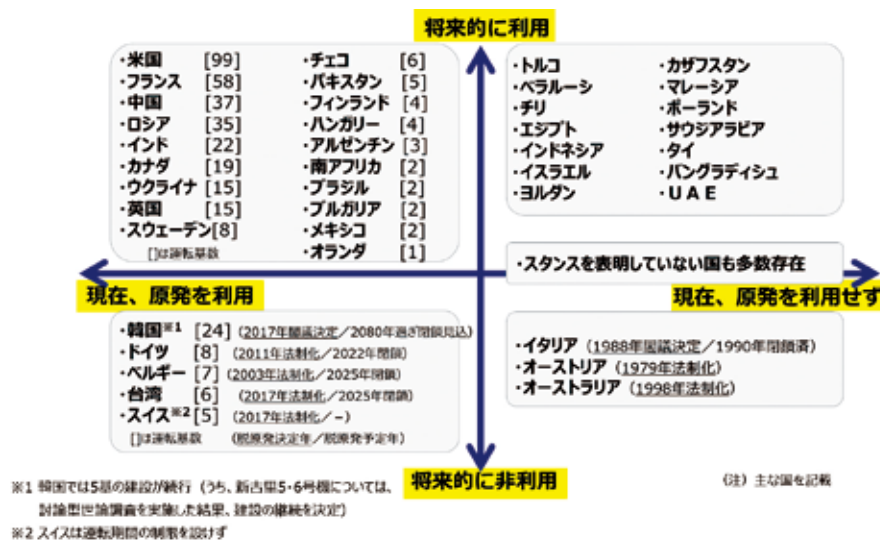
パリ協定、脱炭素化の潮流などを受け、エネルギー分野における世界の投資・金融機関の方針も変化してきています。一部には、化石燃料関連資産から資金を引き上げるダイベストメントの事例なども生じています。ESG（環境、社会、ガバナンス）を重視する投資の考え方などの動向を注視する必要があります。

(変化10)世界全域での地政学上の緊張関係の高まり

エネルギー源の太宗を海外からの輸入に頼る我が国にとって、地政学を踏まえたエネルギー安全保障の確保は、極めて重要な視点です。シェール革命によって米国の自給率が高まり、その結果、中東における米国の影響力が低下しつつあります。他方で、中国が需要増を背景に中東への関与を強化するなど、地政学を巡るプレーヤーの多極化と変質が生じています。

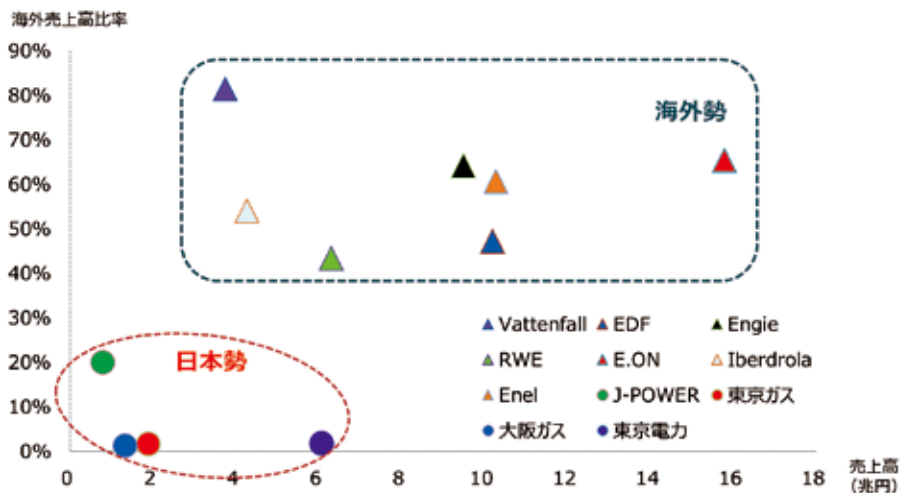
次項以降は、こうした変化を踏まえて、エネルギーセキュリティや地球温暖化問題への対応、各国の主要企業の動向に関して議論したエネルギー情勢懇親会の内容について記載していきます。

【第132-1-2】世界の原子力の利用実態



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-1-3】産業のリスク投資能力の海外との格差(2015年)



※中国の国家电网は30兆円以上の規模で世界一（海外比率は未公開）

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

2. 2050年視点で踏まえるべき論点、課題

(1) エネルギーセキュリティの多極化とリスクの変質

エネルギーセキュリティについては、エネルギー供給国の多極化に伴うリスクの変質が生じており、不確実性が増しています。

国際的な原油価格は、2004年以降は上昇を続け、2008年7月には145.29ドル/バレル(WTI、終値)という史上最高値を付けた後、リーマン・ショックの影響で一旦急落しましたが、中国などの新興国の石油需要の急拡大、中東地域での地政学的リスクなどを背景に再び上昇に転じ、2011年以降は100ドル/バレル前後で高止まりしてきました。しかし、2014年後半以降は、米国のシェールオイル増産等による供給過剰感などから大幅に値下がりし、2016年2月には2003年以来の安値水準となる26.21ドル/バレルまで下落しました。その後は、世界経済の成長による年後半以降の需給引き締め見通し等を受けて上昇に転じ、11月のOPECの減産合意以降は比較的安定的に推移しています。

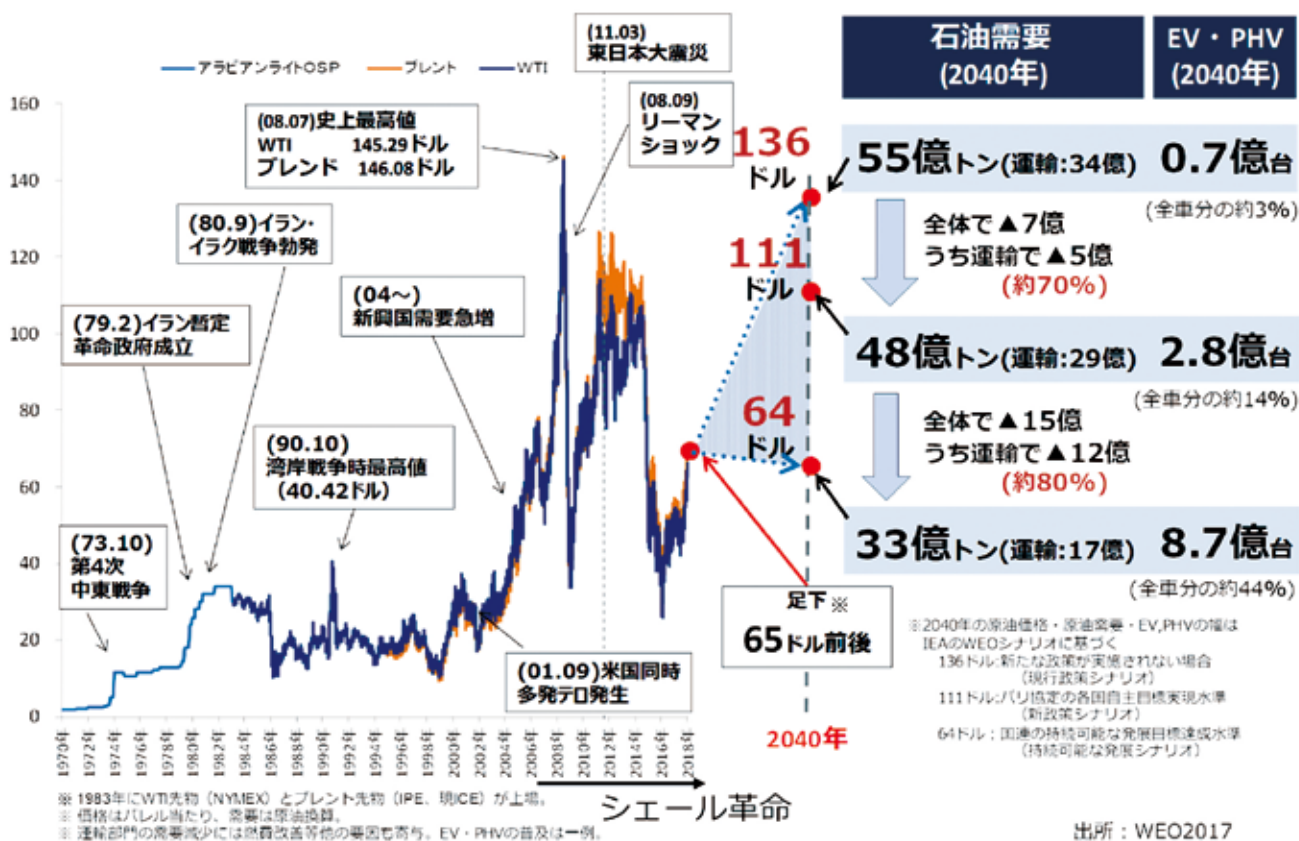
また、将来についても、国際エネルギー機関(IEA)のWorld Energy Outlook (WEO) 2017では、世界

の政策動向に応じて、64ドル/バレル(原油需要33億トン)から136ドル/バレル(原油需要55億トン)と幅のある価格想定(2040年時点)が提示されており、エネルギー効率の向上、中国などの産業構造の変化と温暖化対策、電気自動車(EV)・プラグインハイブリッド(PHV)の導入拡大などの動向も、注視していく必要があります。

我が国は、石油の85%、ガスの23%を中東から輸入しており、他の主要国と比べても、中東依存度が高いことが特徴です。近年、世界の石油・ガス市場では、シェール革命によって自給率の上がった米国や、輸出国として力を強めているロシアに加え、急激にエネルギー消費を増やしている中国の存在感が増してきており、エネルギー獲得をめぐるプレイヤーの構造が変わってきています。さらに、カタールと中東5か国の断交などの例にも見られるように、中東産油国をめぐる情勢は複雑化しています。

このように、長期のエネルギーの見通しが非常に不透明な状況下で、国内資源が乏しくエネルギー自給率が低い日本は、従来以上に長期的なエネルギー戦略を考えていかなければなりません(自給率は2016年実績でOECD35か国中34位の8.4%)。

【第132-2-1】油価変動と将来予測



出典: 資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

さらに、世界のエネルギー需要の内容についても転換が起こっており、そのトレンドは加速するとも言われています。IEAの予測では、先進国ではガスシフトが進む一方で（需要は現状13億トンから2040年には15億トンへ）、新興国では石炭への依存が継続する（需要は現状30億トンから2040年には36億トンへ）という見通しもあり、我が国が誇る低炭素化・脱炭素化技術による貢献も期待されます。

上記のように、長期のエネルギー需給について、

エネルギーセキュリティの多様化とリスクの変質についてを考えた場合だけでも、その将来は非常に不確実性が高いことがわかります。近年、特にパリ協定以後は、地球温暖化への対策の動向も、エネルギー需給の見通しを考える上で一層重要な視点になっています。次項では、各国の温暖化に対する戦略や対応を中心に見ていきます。

【第132-2-2】我が国の石油・ガスの輸入依存度と中東依存度

	石油			ガス		
	輸入依存	うち中東	最大輸入先	輸入依存	うち中東	最大輸入先
米	41%	8%	15% カナダ	3%	0%	3% カナダ
英	22%	1%	12% ノルウェー	46%	10%	32% ノルウェー
独	96%	4%	37% ロシア	90%	0%	44% ロシア
仏	97%	25%	15% サウジアラビア	99%	2%	40% ノルウェー
中	61%	31%	9% サウジアラビア	29%	4%	15% トルクメニスタン
印	83%	46%	15% サウジアラビア	40%	25%	22% カタール
日	99%	85%	37% サウジアラビア	98%	23%	28% オーストラリア

出所：IEA・Energy balancesから資源エネルギー庁作成 ※中・印は2015年のデータ

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-3】先進国・新興国の天然ガスシフトと新興国の石炭需要の増大

		石油	天然ガス	石炭
		18億トン	13億トン	8億トン
先進国 (OECD)	足下 (2016年)			
	IEA想定 (2040年)	13億トン	15億トン	6億トン
新興国 (non-OECD)	足下 (2016年)	26億トン	17億トン	30億トン
	IEA想定 (2040年)	29億トン	27億トン	36億トン

出所：IEA・WEO2016等 (New Policy シナリオ)
※単位：原油換算トン。

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

エネルギー安全保障(2000年代と2010年代の比較)

(1)はじめに

エネルギー安全保障という言葉は耳にしますが漠然としたもので、数値で表すことは難しい概念です。しかし、エネルギー白書2010（以下「エネ白2010」という。）では主要7か国を対象に1970年代以降のエネルギー安全保障の強化の取組の定量的評価を試みました（「一次エネルギー自給率」、「各資源（原油・天然ガス・石炭）の輸入相手国の分散度」、「チョークポイントリスクの低減」、「エネルギー源多様化」、「電力の安定供給（停電時間）」、「エネルギー消費のGDP原単位」、「供給途絶対対応可能日数」の7項目で評価）。また、エネルギー白書2015（以下「エネ白2015」という。）では、米国の「シェール革命」により主要国のエネルギー安全保障がどのように変化したかを見るために、エネ白2010で使用した「エネルギー安全保障の定量評価指標」を用いて、2000年代の評価値と当時の直近のデータに基づく評価値の比較を行いました。

「エネ白2010」が公表されて8年が経過し、エネルギー情勢をめぐる環境も変化しています。今回、最新の統計等を使用し、「2010年代」という評価期間を追加して、主に2000年代と2010年代の比較を行ってみました。調査対象国（以下「各国」という。）はエネ白2010と同じフランス、ドイツ、イギリス、アメリカ、中国、韓国および日本の7か国です。評価項目および評価手法などは原則として「エネ白2010」を踏襲しました。

使用した統計・資料は国内外の機関等が公表し、広く一般的に使用されているものを使用しましたが、統計上、全ての評価項目にOECD30か国の合計数値が記載されているわけではありません。したがって、OECD合計の記載がない場合は、把握可能なOECD国を選定し、合計したものをOECD合計としてみなしてある評価項目があります。また、評価数値は、評価項目ごとに最大10ポイントで点数化しました。点数化は最も評価数値の高い国を10ポイントとし、その他の国は最も高い評価数値と当該国の評価数値の割合に応じて点数化しました。なお、「エネ白2015」とは、①新たにOECDに仲間入りした国が5か国存在しているため、OECDの定義が異なっていること、②チョークポイントは、最新の米国エネルギー省エネルギー情報局のレポートに基づき、当時のホルムズ海峡、マラッカ海峡、バル・エル・マンデブ海峡、スエズ運河に加えて、トルコ海峡、パナマ運河、デンマーク海峡、喜望峯が追加されていること、などの違いがあります。

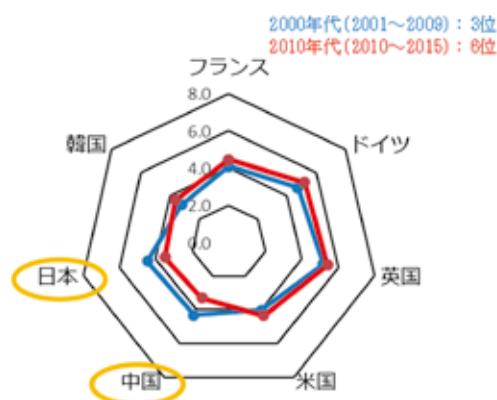
(2)全体傾向

2000年代と2010年代の各国のエネルギー安全保障の状態を比較しますと、改善している国がアメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、韓国の5か国、後退した国が日本と中国の2か国になりました。

アメリカはシェールオイル・ガスの増産および石油備蓄量の増加により一次エネルギー自給率と供給途絶対対応可能日数が改善しました。イギリスはエネルギー効率の改善が進み、エネルギー消費のGDP原単位が向上しました。ドイツは天然ガスと再エネ拡大およびエネルギー効率改善により、エネルギー源多様化とエネルギー消費のGDP原単位が向上しました。韓国は各国の中で需要家当たりの停電時間が最も少なく、電力の安定供給（停電時間）が向上しました。

これら改善した国に対して、日本は東京電力福島第一原子力発電所事故後、全ての原子力発電所の運転が停止したため、一次エネルギー自給率が後退しました。また、東日本大震災後の影響で多くの地域で停電が続いたことにより、需要家1件あたりの停電時間が大きく増加し、電力の安定供給が後退しました。中国はエネルギー消費の増大により、エネルギー輸入量が増加して一次エネルギー自給率が後退するとともに、特定の国からのパイプラインによる輸入シェアが増加することで各資源（原油・天然ガス・石炭）の輸入相手国の分散度が後退しました。

【第132-0-1】
各国のエネルギー安全保障の状態



(3) 我が国の震災前後の傾向

我が国は2011年に東日本大震災という災害に見舞われました。この災害が我が国のエネルギー安全保障に与えた影響を見てみます。比較は2010年、2011年および2015年の3時点で行いました。

震災前の2010年と震災が発生した2011年を比較しますと、震災後の計画停電により、需要家1件当たりの停電時間が増加し、電力の安定供給が大きく後退しました。また、準国産エネルギーである原子力発電の停止により一次エネルギー自給率が後退しました。

2011年と2015年の比較では、計画停電の終了にともない電力の安定供給が改善するとともに、省エネルギーのさらなる進展により一次エネルギー供給量が減少し、エネルギー消費のGDP原単位が改善しました。さらに、ロシア原油の太平洋側からの供給能力が強化されたため、チョークポイントリスクの低減が見られます。他方で、FIT等で再エネ導入が進展しましたが、原子力発電停止の影響で一次エネルギー自給率は7%と低位で推移しています。

【第132-0-2】震災前後の我が国のエネルギー安全保障

	2010年	2011年	2015年	
一次エネルギー自給率	1.9	1.1	0.7	原発停止の影響で自給率が低下（2010年：約20%から2011年：約11%）。再エネ導入が進展するも、2015年は約7%と低位で推移。
エネルギー源多様化	3.8	3.8	4.4	FIT等で再エネが進展した影響と再稼働の影響で改善。
停電時間	7.8	0.2	5.5	原発停止により計画停電発生（例年15分程度/年から514分/年）後、現在は回復基調。
エネルギー消費のGDP原単位	7.7	8.3	9.4	震災後、国民・各企業の省エネ努力で改善。

(4) 項目別の比較

参考までに、2000年代と2010年代の評価を項目別に比較してみます。図の青の線が2000年代、赤の線が2010年代を示しています。特筆すべきところを見ていきます。

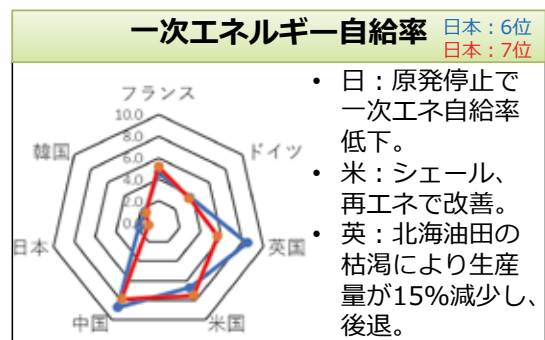
①一次エネルギー自給率

アメリカはシェール革命により、シェールオイル・ガスの生産が増加しました。さらに再エネも増加したため、一次エネルギー自給率は改善しています。

イギリスは英領北海油田の開発により、かつては一次エネルギー自給率が100%を超えていた時期もありましたが、同油田の枯渇により原油生産量が減少を続け、後退しました。

中国の主要エネルギーは石炭です。中国では国内石炭の生産量は増加しましたが、それ以上にエネルギー消費量が増加したため、自給率が後退しました。

【第132-0-3】一次エネルギー自給率

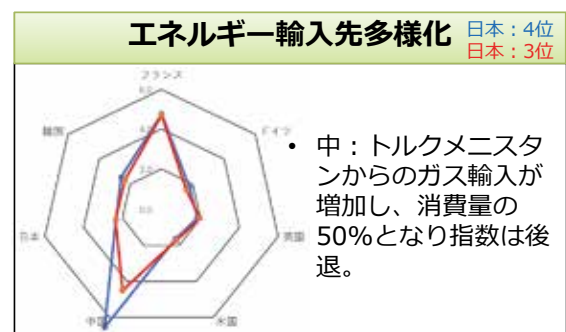


②各資源(原油・天然ガス・石炭)の輸入相手国の分散度

中国が2000年代、2010年代ともに高い評価になりました。中国が2010年代に多少後退しているのは、2010年からトルクメニスタンからパイプラインによる天然ガスの輸入を開始し、天然ガス輸入に占める同国のシェアが50%に達したため寡占度が上昇したことが主因となっています。

フランスの評価が高いのは、石炭の輸入先の寡占度が低いことが主な要因です。

【第132-0-4】エネルギー輸入先多様化

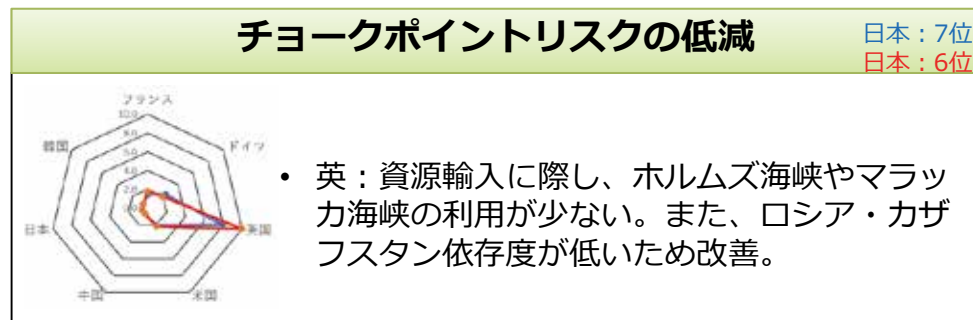


③ チョークポイントリスクの低減(原油)

チョークポイント³は各国の置かれた地理的位置に左右されます。東アジアに位置する中国、日本、韓国の場合は、チョークポイントを通過しない原油の輸入先は限られてしまいます。したがって、東アジア3か国の評価は低くなっています。

西欧の場合、チョークポイントを通過する原油の輸入先は中東とロシア・カザフスタンです。イギリスは2000年代においてもこの両地域からの輸入量が少ない国でしたが、2010年代にはさらに低下し、一層改善しました。

【第132-0-5】チョークポイントリスクの低減



④ エネルギー源多様化

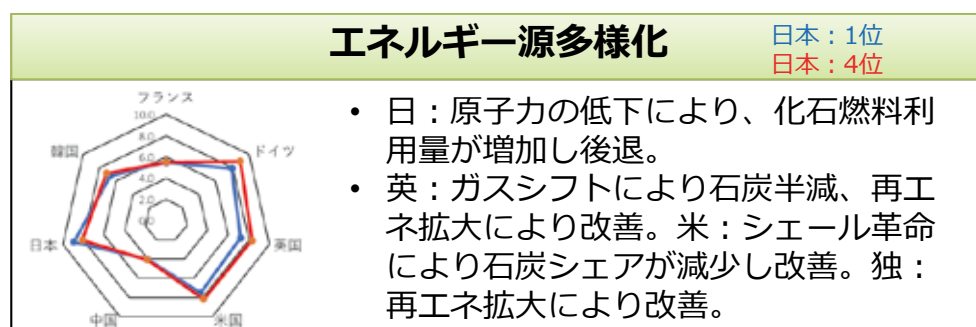
日本はこれまで各国の中でエネルギー源の多様化が進んだ国でしたが、東京電力福島第一原子力発電所事故後に原子力発電が低下し、化石燃料による発電が増加しました。このため、エネルギー源多様化は後退しました。

イギリスは石炭から北海で生産される天然ガスにシフトしたこと、RPSやFIT政策により再エネが増加したことによりエネルギー源の多様化が進み、改善しました。

アメリカの発電の主流は石炭でしたが、シェール革命により発電に占める天然ガスのシェアが増加し、石炭のシェアが低下しました。また、再エネのシェアも増加しています。これによりアメリカのエネルギー源多様化は改善しました。

ドイツは再エネを増加させましたが、脱原子力政策により原子力発電が減少したため、石炭への依存度はそれほど減少しませんでした。このためドイツは小幅な改善にとどまりました。

【第132-0-6】エネルギー源多様化



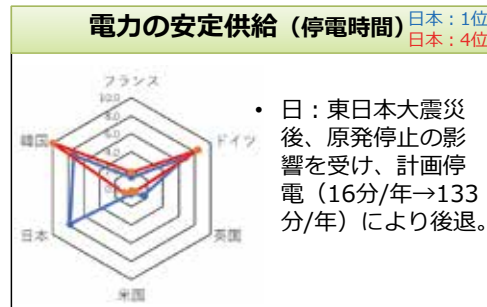
⑤ 電力の安定供給(停電時間)

2000年代、日本は韓国と並んで需要家1件あたり停電時間(以下「停電時間」という。)が少ない国でした。しかし、東日本大震災後の計画停電によって、「停電時間」が増加し、電力の安定供給が大きく後退しました。

韓国では、2010年代に電力予備率の目標を高めるとともに、AI・IoT活用による配電システムの効率化により停電時間が改善し、電力の安定供給が最高の評価になりました。

³ チョークポイント：ホルムズ海峡、マラッカ海峡、バル・エル・マンデブ海峡（イエメンとアフリカ大陸の間にあり、紅海とアデン湾を隔てる海峡）、スエズ運河、トルコ海峡、パナマ運河、デンマーク海峡、喜望峯

【第132-0-7】電力の安定供給

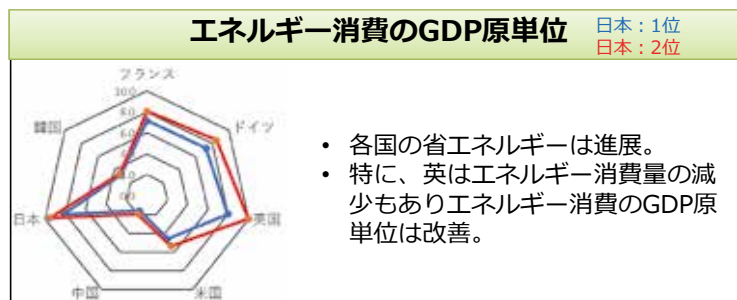


⑥ エネルギー消費のGDP原単位

1970年代に発生した2度の石油危機を受けて、OECD諸国は省エネルギーに注力し、省エネが進展しています。過去、各国の中では日本がエネルギー消費のGDP原単位（以下「GDP原単位」という。）が最も進んだ国でしたが、近年では、フランス、ドイツ、イギリスも改善しています。特に2010年代のイギリスの「GDP原単位」は各国の中で最高の評価になりました。

中国のかつての「GDP原単位」はOECD諸国と比較すると非常に悪い数値でしたが、2000年代から省エネルギーを政策の柱の1つにしてエネルギー効率を高める努力を行っています。また、GDP自体が増加していることも加わり、「GDP原単位」は改善を続けています。

【第132-0-8】エネルギー消費のGDP原単位

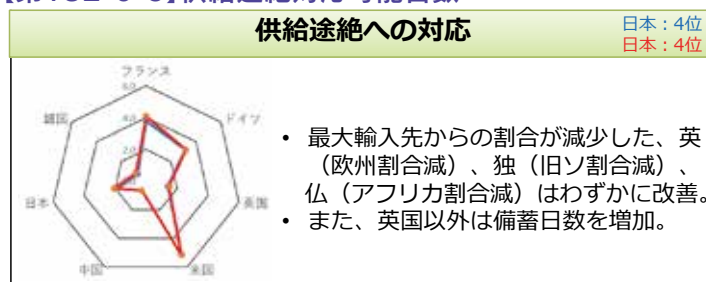


⑦ 供給途絶対応可能日数

供給途絶対応可能日数は最大輸入地域からの石油輸入が停止した場合に、石油備蓄量で持ちこたえることが可能な日数を評価しています。

2000年代よりも最大輸入先からの輸入シェアが減少した国については、供給途絶対応可能日数が改善することとなり（イギリスは欧州地域から、ドイツは旧ソ連地域から、フランスはアフリカ地域から、日本は中東地域からの輸入シェアがそれぞれ減少）、また、イギリスを除いて、各国とも備蓄日数が増加しました。指標は相対評価であるため、各国とも2000年代と2010年代で大きく変わっていませんが、各国ともに実数としては改善をしています（例えば、日本は178日から211日に改善）。なお、アメリカは各国の中で最大輸入地域のシェアが最も低く、備蓄数量も多いため、供給途絶対応可能日数の評価は高くなっています。中国は国家石油備蓄の増強を進めている段階にあります。

【第132-0-9】供給途絶対応可能日数



出典：「平成29年度エネルギー戦略立案のための調査・エネルギー教育等の推進事業（国内外のエネルギー動向に関する調査・分析）調査報告書」より資源エネルギー庁作成

(2) 地球温暖化対策の変化・潮流

① パリ協定と長期低排出発展戦略

約200の先進国・途上国・地域が参加し締結されたパリ協定では、各国が自ら策定し、国連に提出する形で温室効果ガスの削減目標を掲げています。日本は、「2030年度に、2013年度比で26%削減」を目標として提出しました(2015年エネルギー起源CO₂排出量：世界全体で約320億トン、日本は11.5億トンで世界の約3.6%、世界第5位の排出国)。

また、より長期的な視点で低炭素型の発展を目指す「長期低排出発展戦略」を、2020年までに各国提出することが求められています。例えば、G7各国は、技術革新・普及、開発投資促進、海外貢献等を通じ、非常に高い削減目標に挑戦しています(米国80%削減(2005年比)、加80%削減(2005年比)、独80～95%削減(1990年比)、仏75%削減(1990年比))。

他方で、各国の目標や戦略は、2050年という長期視点ということもあり、柔軟性を確保しつつ、目指すべき方向性を示したビジョンとなっています。例えばドイツは、気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)に提出した「長期低排出発展戦略」の中で、目標を「排出削減に向けた方向性を提示したもの(定期的な見直しを行う)」としています。また、目標達成への戦略についても、「全分野での省エネ促進」や「産業分野では、新技術による脱炭素化(CCU及びCCS)を実施」と、非常に多様なものとしていることが特徴です。

我が国も2050年に向けて、温室効果ガスの国内での大幅な排出削減を目指すとともに、世界全体の排出削減に最大限貢献し、世界の経済成長と気候変動対策の両立をリードしながら、世界の脱炭素化をけん引するビジョンを示すことが期待されています。

【第132-2-4】世界と我が国のCO₂排出量

2015年 CO ₂ 排出量 (単位: 億トン)				
	世界	先進国	新興国	(参考) 日本
合計	323	124	199	11.5
電力	127	45	82	5.1
運輸	77	41	36	2.1
自動車 (汽油・軽油・天然ガス・LPG・CNG・LNG)	58	31	27	1.9
自動車以外 (航空・船舶等)	19	10	9	0.2
産業	83	23	61	3.1
鉄鋼 (コークス製造等を含む)	19	3	16	1.3
化学 (石油化学、石油製品等を含む)	9	3	6	0.7
熱 (業務・家庭)	35	14	21	1.2

※先進国はOECD、新興国は非OECDの値
※注2: 総合エネルギー消費量の削減率と削減率とは異なる
※運輸の国際輸送は排出量に反映してOECD・非OECDに区分 (出所) IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 総合エネルギー統計を基に作成

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-5】2050年に向けた主要国の戦略における削減目標等⁴

	削減目標	柔軟性の確保	主な戦略・スタンス
米国	▲80%以上 (2005年比)	削減目標に向けた野心的ビジョン (長期的な削減目標を提示するものではない) providing an ambitious vision to reduce net GHG emissions by 80 percent or more below 2005 levels by 2050.	ゼロエミ比率 引き上げ 省エネ・省エネ + 原子力 大幅な電化 (約20%→45~60%) 米国製品の市場拡大を通じた貢献
カナダ	▲80% (2005年比)	議論のための情報提供 (政策の再考を促すものではない) not a blue print for action. Rather, the report is meant to inform the conversation about how Canada can achieve a low-carbon economy.	電化分の確保 省エネ・省エネ + 原子力 大幅な電化 (約20%→40~70%) 国際貢献を視野 (0~15%)
フランス	▲75% (1990年比)	目標達成に向けたあり得る経路 (行動計画ではない) the scenario is not an action plan: it rather presents a possible path for achieving our objectives.	電化分の確保 省エネ・省エネ + 原子力 大幅な省エネ (1990年比半減) ※省エネ・電化比率は90%以上 仏企業の国際開発支援を通じて貢献
英国*	▲80%以上 (1990年比)	経路検討による今後数年の打ち手の参考 (長期目標は明確) exploring the plausible potential pathways to 2050 helps us to identify low-regrets steps we can take in the next few years common to many versions of the future.	ゼロエミ比率 引き上げ 省エネ・省エネ + 原子力 省エネ・電化を推進 環境投資で世界を先導
ドイツ	▲80~95% (1990年比)	排出削減に向けた方向性を提示 (マスタープランを策定するものではない) not a rigid instrument; it points to the direction needed to achieve a greenhouse gas-neutral economy.	引き上げ 省エネ・省エネ + 原子力 大幅な省エネ (1990年比半減) 途上国投資機会の維持・強化

※長期戦略はUNFCCCに提出し、The Clean Growth Strategy (2017年10月)を策定。

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

⁴ 「柔軟性の確保」は各国戦略の柔軟性が読み取れる記述の該当箇所を抜粋したもの。

【第132-2-6】ドイツの長期戦略の概要

各国長期戦略サマリー（ドイツ）

長期戦略概要		削減目標：▲80～95%（1990年比） 位置付け：排出削減に向けた方向性を提示	
		主な記載内容	定量値
ゼロエミ化	再エネ	再エネが利用可能な分野は最大限推進（風力中心） 変動再エネをセクターカップリングにより最適化	15年 29% (VRE [※] 18%) → 50年 80% (内訳不詳)
	原子力	記載無し	15年 14% → 50年 0%
	火力	石炭火力の新規建設を支援しない	15年 0% (CCS火力) → 定量値無し (CCS火力)
省エネ・電化	省エネ	省エネ第一（全分野で省エネ促進）	50年 ▲50% (2005年比)
	電化	自動車や建物熱利用の電化により電力需要が増加	15年 20% → 50年 30%程度
	CCUS/ 水素	産業部門で新技術による低炭素化が困難な場合に、 CCU, CCSの順に検討 水素はFCVや燃料代替手段として可能性	定量値無し
海外	海外貢献	気候行動計画のためのパートナーシップを通じた貢献 (途上国等における投資機運の維持・強化、資金調達への貢献)	定量値無し

※VRE：変動再エネ（Variable Renewable Energy）

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

②ゼロエミ電源について

我が国のCO₂の排出について、エネルギーを消費しているセクターごとに、電力（発電）部門、運輸部門、産業部門、業務・家庭部門（熱利用）と分けて考えると、特に「電力」の分野のCO₂排出量が大きくなっています。この分野における、脱炭素化の動向と意義について見ていきます。

ここでは、太陽光や風力等の再エネと原子力発電

等の、発電時にCO₂をあまり出さない電源をゼロエミミッション（ゼロエミ）電源と呼び、発電量に占めるその比率をゼロエミ比率としています。震災前、日本のゼロエミ比率は35%であり、特にゼロエミ電源の中でも、調整力や系統への負荷が少ない、安定再エネ（水力等）と原子力の比率は、34%と、欧米と比較しても非常に高い位置につけていました。

【第132-2-7】各国のゼロエミ比率とその内訳（変動再エネ・安定再エネ・原子力）

	日本		米国 (2015年)	EU (2015年)			
	2010年	2015年	(2015年)	EU平均 ^{※1}	ドイツ	英国	フランス
ゼロエミ比率	35%	16%	33%	56%	44%	46%	93%
再エネ ^{※2}	10%	15%	13%	29%	29%	25%	16%
変動再エネ	0.7% (太陽光：0.3% 風力：0.4%)	4% (太陽光：3% 風力：1%)	5% (太陽光：1% 風力：4%)	13% (太陽光：3% 風力：10%)	18% (太陽光：6% 風力：12%)	14% (太陽光：2% 風力：12%)	5% (太陽光：1% 風力：4%)
安定再エネ	9% (水力：7% 地熱：0.2% バイオ等：1%)	11% (水力：9% 地熱：0.3% バイオ等：2%)	8% (水力：6% 地熱：0% バイオ等：1%)	16% (水力：11% 地熱：0.2% バイオ等：6%)	11% (水力：3% 地熱：0% バイオ等：7%)	11% (水力：2% 地熱：0% バイオ等：9%)	11% (水力：10% 地熱：0% バイオ等：1%)
原子力	25%	1%	19%	27%	14%	21%	78%

※1 OECD加盟国のみ

※2 水力からは揚水除く、廃棄物のうち再生可能なバイオ等に含む

(出所) IEA, 総合エネルギー統計

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

特に再エネについては、近年、世界の電力投資の中でも脚光を浴びており、2016年には風力や太陽光を中心に30兆円もの投資がなされています。欧州では大規模な投資の進展などの影響もあり、平均の太陽光発電コストは日本の1/2である10円/kWhと見積もられています。

我が国は、国土面積が小さく、山岳地帯も多いことから、世界的に導入が進展している太陽光や風力の導入において、適地の制約が強い傾向にあります。そうした中においても、国土面積当たりの再エネ発電量を各国と比較すると、太陽光・水力について高い水準にあります。しかし同時に、総発電量(≒

電力需要)を国土面積で除した電力需要密度については、各国よりも相当程度高く、結果、電源構成に占める再エネの比率は低位にとどまっています。こうした事情も踏まえながら、我が国の国情に合わせつつ、再エネを主力電源化するべく、積極的な導入を進めていくことが重要です。

他方で、風力や太陽光などの変動再エネが増加することで各国、様々な課題にも直面しています。

第一に、変動再エネには、気象条件等で発電しない際の調整電源が必要となり、現状多くは火力発電でそれをまかなっています。したがって、デンマーク、ドイツなど変動再エネ比率が高い国では、調整

【第132-2-8】世界の電力市場における投資

※1\$=100円で概算、世界全体



出典：IEA “World Energy Investment 2017” より資源エネルギー庁作成

【第132-2-9】太陽光発電コスト(我が国と欧州比較)

欧州と日本の太陽光発電コストの推移 [円/kWh]



※欧州・日本の総コストは、世界平均の太陽光発電コスト

(出所) Bloomberg New Energy Financeデータ等より資源エネルギー庁推計

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-10】再エネ発電密度と電力需要密度の比較

＜再エネ比率の要因分解式＞

	国土面積あたり発電量			電力需要密度 (総発電量÷国土面積)	電源構成に占める割合		
	太陽光	風力	水力		太陽光	風力	水力
日本	9	1	23	269 万kWh/km ² (総発電量: 10,200 億kWh 国土面積: 38万km ²)	3%	1%	9%
ドイツ	11	22	7	181 万kWh/km ² (総発電量: 6,500 億kWh 国土面積: 36万km ²)	6%	12%	4%
スペイン	2	10	6	56 万kWh/km ² (総発電量: 2,800 億kWh 国土面積: 5万km ²)	3%	18%	11%
イタリア	8	5	16	94 万kWh/km ² (総発電量: 2,800 億kWh 国土面積: 30万km ²)	8%	5%	17%
デンマーク	1	33	0	67 万kWh/km ² (総発電量: 900 億kWh 国土面積: 4万km ²)	2%	49%	0%
スウェーデン	0	4	17	37 万kWh/km ² (総発電量: 1,600 億kWh 国土面積: 44万km ²)	0%	10%	47%

(出所) IFA、総合エネルギー総計、総務省統計より作成

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

電源としての火力発電比率も相対的に高くなっています。この傾向は米国各州でも同様です。少なくともドイツでは2010年と2015年を比較すると、CO₂排出量はほぼ横ばいです。その要因としては、再エネ増加によるCO₂削減効果と、原子力の稼働減、石炭火力発電の稼働増、電力需要増によるCO₂排出増加効果が相殺しあう関係となっていることが考えられます。また、これらの国々では、限界費用ゼロの再

エネが市場に大量普及することで、火力電源の採算性が低下し、本来再エネのバックアップの役割を担うべき火力発電への投資の予見可能性が低下しています。独のE.ONは予見可能性が低くなった火力部門等を新会社Uniperに分離することで、会社全体のポートフォリオの再編を図るなど、各社は、対応を迫られています。

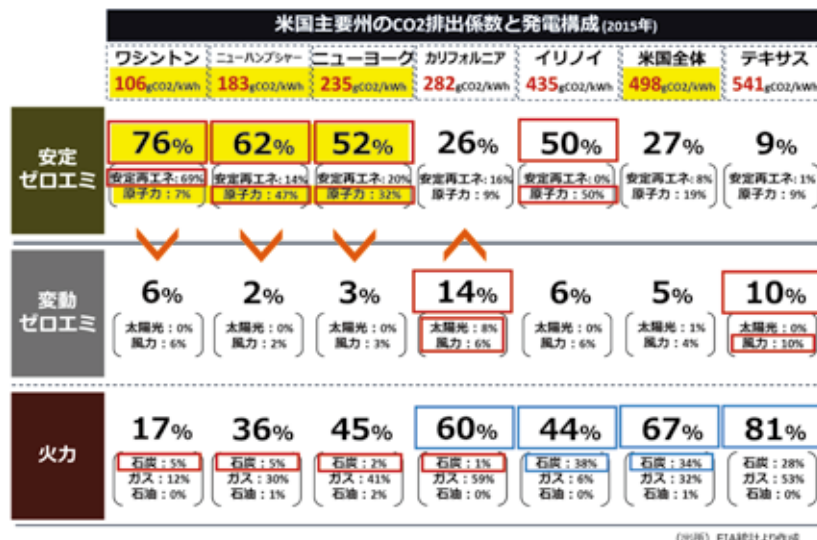
【第132-2-11】欧州のCO₂排出係数と発電構成(2015年)

EU主要国・日本のCO ₂ 排出係数と発電構成(2015年)					
	スウェーデン	フランス	デンマーク	ドイツ	日本
	11gCO ₂ /kWh 20円/kWh	46gCO ₂ /kWh 22円/kWh	174gCO ₂ /kWh 41円/kWh	450gCO ₂ /kWh 40円/kWh	540gCO ₂ /kWh 24円/kWh
安定 ゼロエミ	88% (安定再エネ: 53% 原子力: 35%)	88% (安定再エネ: 78% 原子力: 10%)	15% (安定再エネ: 15% 原子力: 0%)	25% (安定再エネ: 11% 原子力: 14%)	12% (安定再エネ: 11% 原子力: 1%)
変動 ゼロエミ	10% (太陽光: 0% 風力: 10%)	5% (太陽光: 1% 風力: 4%)	51% (太陽光: 2% 風力: 49%)	18% (太陽光: 6% 風力: 12%)	4% (太陽光: 3% 風力: 1%)
火力	2% (石炭: 1% ガス: 0% 石油: 1%)	7% (石炭: 2% ガス: 4% 石油: 1%)	34% (石炭: 25% ガス: 6% 石油: 4%)	56% (石炭: 44% ガス: 10% 石油: 2%)	85% (石炭: 34% ガス: 41% 石油: 10%)

※EU28各国

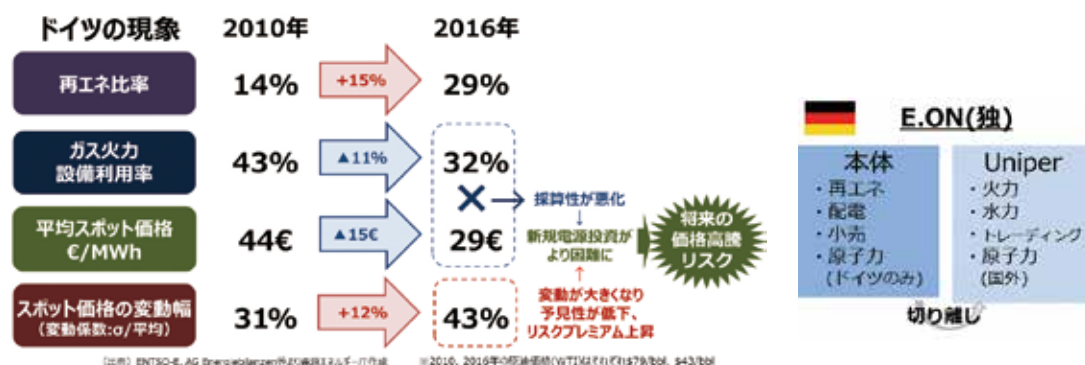
(出所) IEA CO₂ emissions from fuel combustion 2017, 総合エネルギー統計より作成

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料より作成

【第132-2-12】米国のCO₂排出係数と発電構成(2015年)

出典: 資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-13】再エネ比率増加による火力発電所の予見性の低下とE.ON社のスピンオフ事例



出典: 資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料、エネルギー白書2017

第二に、再エネ導入が大きく進むと、これまで沿岸部を中心に立地していた大型発電所と消費地とを効率的に結ぶことに最適化されていた既存ネットワークの再設計も必要になる可能性があります。蓄電池による調整という選択肢もありますが、仮に再エネと蓄電池だけで日本全国の電力需要を賄おうとすると、現在の電気料金水準を維持するためには蓄電池価格が現状の1/100～1/1000になる必要があるという試算もあります。これは再エネと蓄電池だけで全ての需要を賄おうとする極端なケースですが、さらなるコスト低減に向けて官民合同で研究開発等に取り組んでいく必要があります。

ゼロエミ電源の推進は、需要側の脱炭素化に向けた技術選択にも大きな影響を与えます。例えば、各国・地域が定量的な導入目標を掲げているEVは貯蔵された電気を使用してモーターを駆動するため、

利用時点でCO₂は排出されず、このように走行段階のみを評価する考え方を「Tank to Wheel」と言います。他方で、そのEVで使用される電気が再エネ由来なのか、石炭火力由来のかなど、燃料製造から走行段階までを評価する考え方を「Well to Wheel」と言います。EV普及の環境へのインパクトは、EVに充電される電力が何電源由来かにより大きく異なります。具体的には、2030年に累計8,000万台(全自動車数1.6億台)のEV・PHVを計画している中国ですが、2015年時点においては石炭火力等による発電が多いため、EV等が普及しても、そのCO₂排出量は82g-CO₂/kmと、ハイブリッド車のCO₂排出量よりも高いものとなっています。一方で、原子力発電の多いフランスは、すでに5g-CO₂/kmと、相当程度低いCO₂排出量となっています。各国・各メーカーが環境適合車に舵を切っていく中、そのCO₂排出量

【第132-2-14】再エネの進展による電力ネットワークと調整電源価格



- ・蓄電池は、バックアップ無しでの成立を前提に、1日の需要全体の3日分の容量が必要と仮定。
- ・電力1kWhあたりの蓄電池コストは「蓄電池設備費用(万円/kWh)×蓄電池設備量(kWh)÷償却年数÷総電力需要(kWh)」で計算。
- ・ここでのパリティは、家庭用・産業用の電気料金水準を想定(系統を通してバックアップ火力も活用した分散型再エネが、系統電力と同コストとなる「グリッドパリティ」等の定義とは異なる点に留意)。
- ・パリティから再エネ発電費用、抑制費用、系統費用を差し引いた1kWhコストを、パリティ達成のために必要な蓄電池コストと定義。
- ・【第132-2-12】図中に記載の蓄電池コストは電池パックのコストを表し、システム全体では5～10倍のコストとなると仮定。
- ・パリティは人件費・材料費を考慮すると成立しない可能性あり。
- ・「調整コスト」には抑制費用、系統費用を含む。
- ・以上の前提に基づき、資源エネルギー庁推計。

インパクトは各国の電源構成により大きく影響を受けるため、EVの普及と電源構成は両輪で考えていく必要があります。このように、EV等の需要側の脱炭素化に向けた技術を推進する上でも、電気を供給する電源にも注視していくことが重要です。

③再エネ先進国に学ぶ再エネ普及社会の現状と課題

ドイツやデンマークは発電比率で見ると再エネ比率がドイツ29%（太陽光6%、風力12%、安定再エネ11%）、デンマーク66%（太陽光2%、風力49%、

安定再エネ15%）となっており、日本の15%（太陽光3%、風力1%、安定再エネ11%）と比べると再エネ先進国と言えます。将来的に再エネの主力電源化を目指す我が国が、将来直面する課題に対して、先行している各国がどのように対応しているかを学ぶことは大変有意義なことです。本項では、再エネ、特に太陽光や風力などの変動再エネが普及している欧州諸国において、どのように電力需給のバランスを調整しているか紹介します。

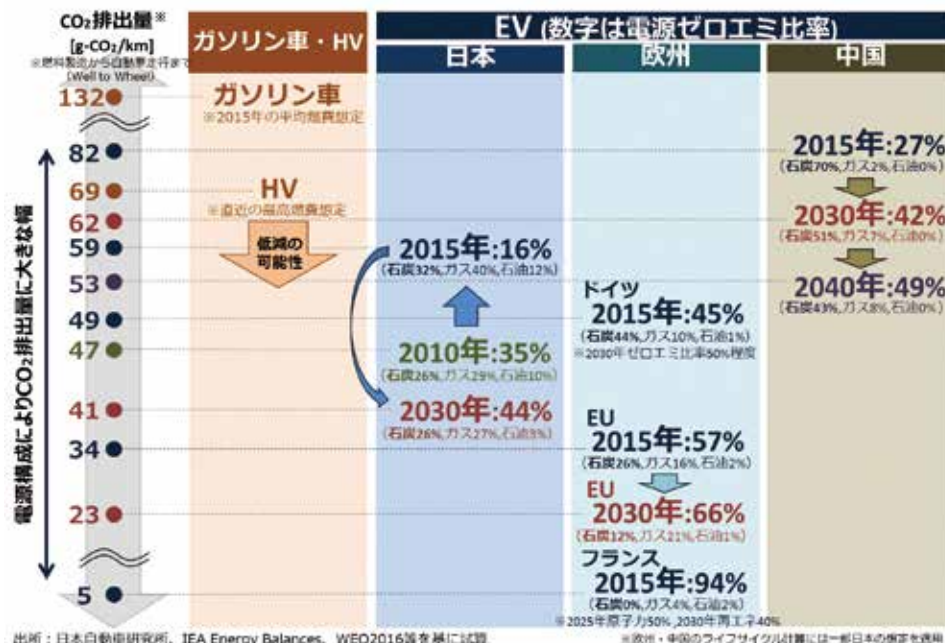
【第132-2-15】EV化への各国のスタンス

	主な目標・発言	全自動車台数 (2015年)	EV・PHV 定量台数目標			
			2016年	2020年	2030年	2040年
日本	2030年までにEV・PHVの新車販売20～30%を目指す (経済産業省)	8,000万台	15万台 (累計)	100万台 (累計)	20～30% (新車販売)	
英国	2040年までにガソリン・ディーゼル車販売終了※1 (運輸省、環境・食料農村地域省)	4,000万台	9万台 (累計)	150万台 (累計)		ガソリン・ディーゼル販売終了
フランス	2040年までにGHG排出自動車の販売終了※1 (エコロジー大臣)	4,000万台	8万台 (累計)	200万台 (累計)		ガソリン・ディーゼル販売終了
ドイツ	ディーゼル・ガソリン車の禁止は独政府のアジェンダには存在しない (政府報道官)	5,000万台	7万台 (累計)	100万台 (累計)	600万台 (累計)	
中国	2019年から生産量の一部※2をEV・FCV・PHVとするよう義務化 (工信部)	1億6,000万台	65万台 (累計)	500万台 (累計)	8,000万台 (累計)	
米国(加州)	販売量の一部※3をZEV※4とする規制あり (2018年からHVが対象外) (カリフォルニア州)	2,500万台	56万台 (累計)	150万台 (累計)		

※1 PHV・HVの終了については明言されていない ※2 2019年10%、2020年12% ※3 2020年 6% (EV・FCVのみの値) ※4 Zero Emission Vehicle (EV・FCV・PHV)

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-16】EVの進展とその影響



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

(ア)国外送電網の利用を通じた電力輸出入による調整
ドイツとデンマーク国内における電力需給の状況
と電力輸出入による調整力について紹介します。

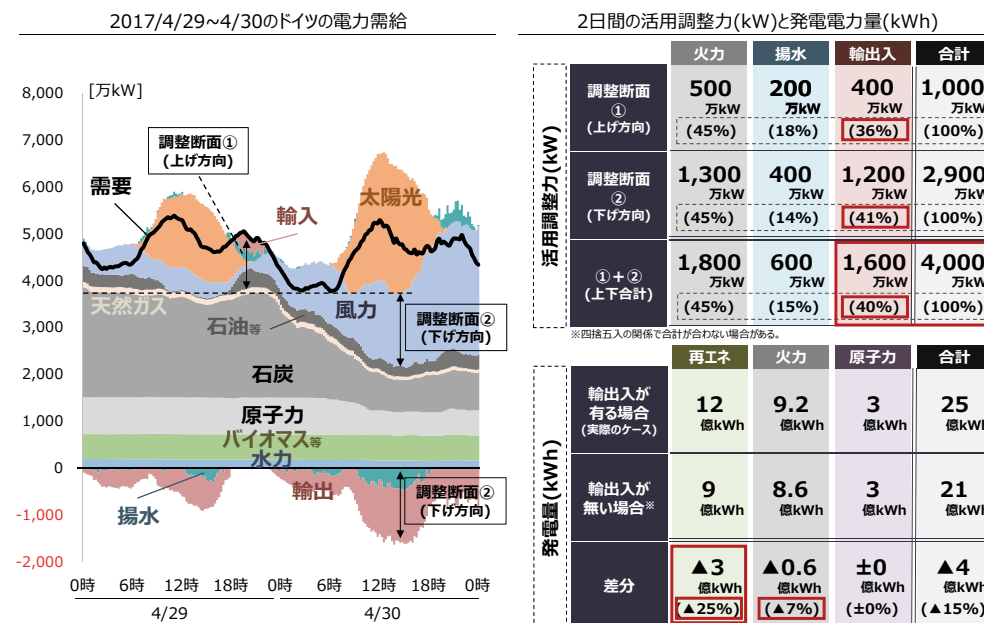
(イ)ドイツにおける電力需給と調整力

2017年の4月29日から30日における電力需給の構造を例にあげます。

ドイツは、国内の電力需要の増減に対応するため、供給量変動しない水力、バイオマス、原子力等に加え、変動電源である風力や太陽光の増減に対して、

石炭火力や他国との送電網を通じた輸出入で調整している需給構造になっています。特に、昼間12時頃の太陽光の発電量が増えている時間帯では、石炭火力の調整では吸収できず、この余剰電力を国外への輸出により調整しています。一方、18時から24時の時間帯は、国内の電力需要に対して、供給が十分追いつかず、他国より送電網を通じて輸入しています。こういった輸出入を、送電網を介して柔軟に行っているという特徴があります。

【第132-2-17】ドイツにおける電力需給と調整力



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

(ii) デンマークにおける電力需給と調整力

デンマークでは、風力発電の設備容量が非常に伸びています。2017年の5月11日から13日における電力需給の構造を例にあげます。

国内の電力需要の増減に対して、石炭、天然ガス、石油による調整を行っていることがわかります。太陽光に加え、特に風力が大きく発電している5月12日の昼間12時前後の24時間においては、国内の調整電源では吸収できず、大量の余剰電力を国外に輸出することで電力の需給バランスを行っています。

(iii) ドイツ・デンマークにおける電力輸出入の状況

ドイツとデンマークのそれぞれの国内需要の規模は違うものの、変動再エネ比率や国外の輸出入による調整状況について、日本と比較しました。

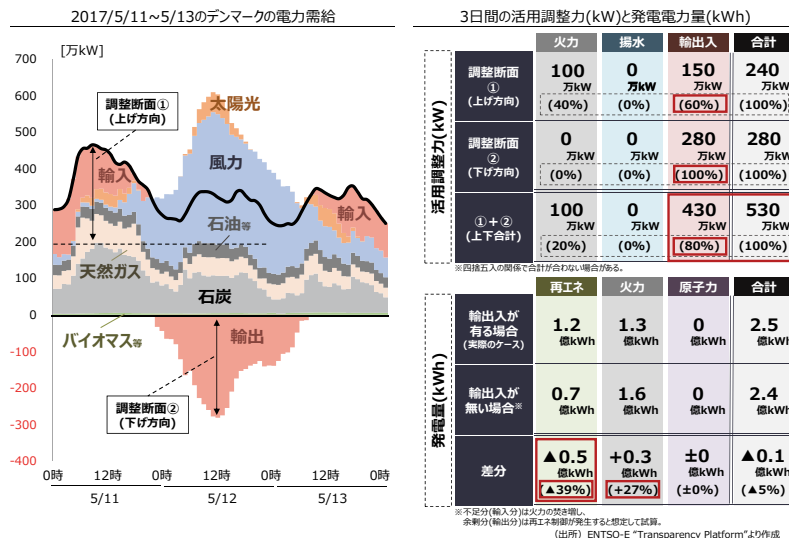
デンマークにおいては、変動再エネ比率は51%と高く、調整力の国外依存は、最大で80%を国外との輸出入で調整しています。ドイツにおいては、変動再エネが18%に対して、国外との輸出入による調整は最大で40%を占めています。ドイツとデンマークは、このように海外との送電網を活用することにより、変動再エネを柔軟に導入することができています。

一方、日本は、国外との送電網は連結されていないため、海外との送電網を通じた輸出入による調整は活用することはできない状況です。

(イ) 国内電源による調整と課題

欧州の変動再エネ比率の高い国の中には、バックアップとして、CO₂を排出する火力発電の比率が高い国があります。ドイツでは、2010年と2015年を

【第132-2-18】デンマークにおける電力需給と調整力



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-19】ドイツ・デンマークにおける電力輸出入の状況

	デンマーク	ドイツ	日本
需要規模 (年間発電電量)	300億kWh	6,000億kWh	11,000億kWh (1.1兆kWh)
変動再エネ比率	51% (太陽光2% 風力49%)	18% (太陽光6% 風力12%)	6% (太陽光5% 風力1%)
電力輸出入	調整力の国外依存		
	80% (430万kW 輸出: 150万kW 輸入: 280万kW)	40% (1,600万kW 輸出: 1200万kW 輸入: 400万kW)	輸出入なし
	再エネ比率が高い日の輸出入		
	輸出: 33% (100億kWh)	輸出: 13% (850億kWh)	輸出入なし
年間輸出入	輸出		
	33% (100億kWh)	13% (850億kWh)	輸出入なし
	輸入		
	55% (160億kWh)	5% (340億kWh)	輸出入なし

(出所) ENTSO-E "Transparency Platform", "Statistical Factsheet"等より作成

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

第3章 エネルギーをめぐる内外の情勢と課題変化

比較すると、CO₂排出量はほぼ横ばいです。その要因としては、再エネ増加によるCO₂排出削減効果と、原子力の稼働減、石炭火力発電の稼働増、電力需要増によるCO₂排出増加効果が相殺しあう関係になっていることが考えられます。日本が今後、再エネの主力電源化を進めるに当たり、参考となる欧州諸国として、日本と産業構造が類似しているドイツと、日本同様に島国である英国の国内の調整電源の構造とCO₂排出量の推移を紹介します。

(i) ドイツにおける調整電源とCO₂排出の推移

ドイツの需要は、2010年から2015年にかけて、微増しています。特に、電源構成では、再エネの割合が顕著に伸びており、一方、原子力は大きく減少しています。火力については、全体では微減ですが、その内訳は、石炭が微増、天然ガスが減少となって

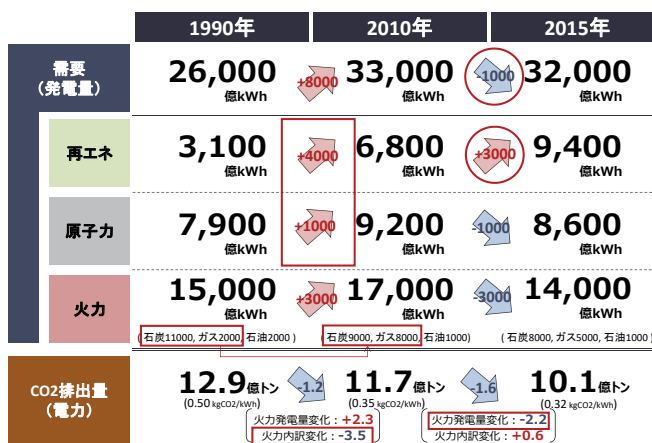
います。

この結果、CO₂の排出量は、2010年から2015年において、全体としてほぼ横ばいとなり、再エネの大幅増加があったものの、そのCO₂削減効果は限定されています。

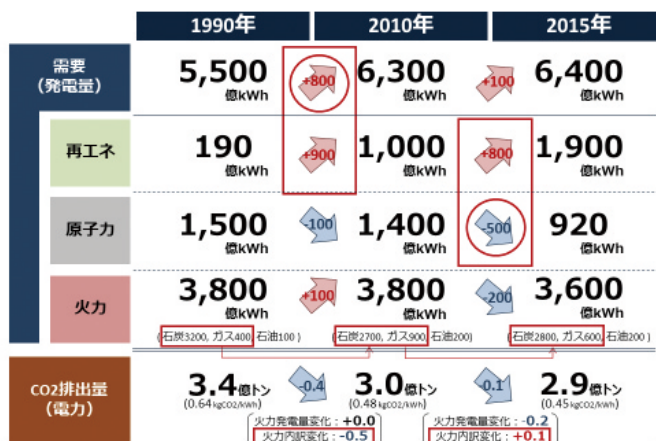
(ii) 英国における調整電源とCO₂排出の推移

英国における2010年から2015年の電力需要は減少しています。電源構成では、再エネが大幅に増加、原子力が増加、火力は大幅に減少しています。特に、火力の内訳をみると、石炭、天然ガスともに大幅に減少しています。

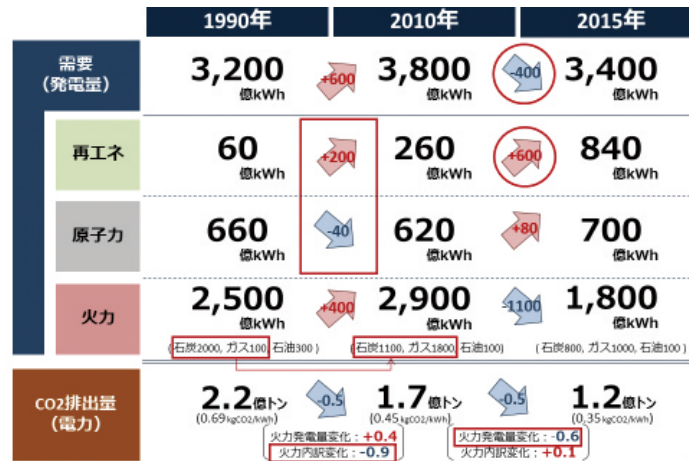
この結果、CO₂の排出量は、2010年から2015年において、大きく減少しており、1990年からのCO₂削減量も着実に減少しています。

【第132-2-20】 EUの電力由来のCO₂排出量の推移

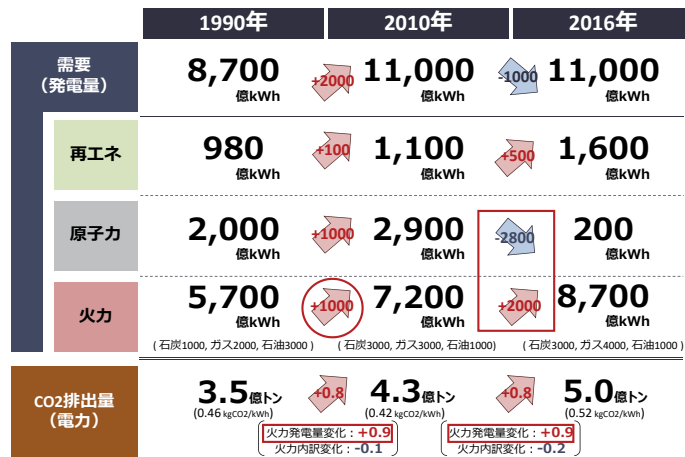
出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-21】 ドイツの電力由来のCO₂排出量の推移

出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

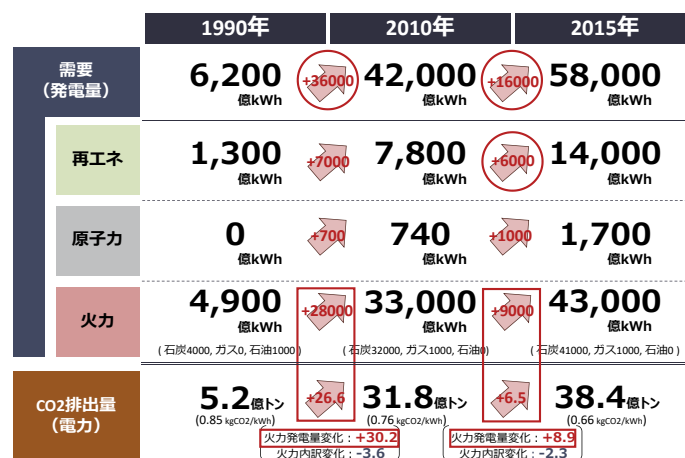
【第132-2-22】英国の電力由来のCO₂排出量の推移(出所) IEA Energy Balances, CO₂ Emissions from Fuel Combustionより作成

出典: 資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-23】日本の電力由来のCO₂排出量の推移※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。
※排出係数は総合エネルギー統計ベースでありIEAの定義とは異なる。

(出所) 総合エネルギー統計, IEA Energy Balances等より作成

出典: 資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

【第132-2-24】中国の電力由来のCO₂排出量の推移※数字は概数。四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。(出所) IEA Energy Balances, CO₂ Emissions from Fuel Combustionより作成

出典: 資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

(3) ゼロミッション企業・総合エネルギー企業の経営戦略について

次に、本項では、企業の動向を見ていきます。世界のリーディング・カンパニーは、脱炭素化やデジタル化といったメガトレンドを踏まえ、戦略的な投資や事業構造転換を進めています。その上で、「原子力・再エネ等の脱炭素化を志向する企業」や「コア事業を中心にデジタル化、グローバル化を志向する企業」など手法は様々です。

① ゼロミッション企業の経営戦略について

ここでは、ゼロエミ電源に注力した企業の経営戦略について紹介します。

デンマークDONG社は、化石資源採掘企業を出自とし、DONG Energy社として電力事業に参入、その後、地理的要件や環境意識の観点から、主に洋上風力発電事業で拡大してきました。2017年には、DONG Energy社からØrsted（オーステッド）社に名称を変更し、石油・ガス上流事業から撤退を発表しました（DONGはDanish Oil and Natural Gasの頭文字）。

同社は、上記の変遷の中で、水力・ガス火力・陸上風力等のノンコア事業の売却を進め、その資金及びリソースを戦略事業である洋上風力に投入することで、洋上風力の開発・建設・所有・運転を一気通貫で実施することを可能にし、他社との差別化を図っています。また、洋上風力のコスト削減のため、風車の大型化や機器・システムの標準化等をグローバル大で推進し、その地位を確立するとともに、各国政府へ、海上利用ルール確立への働きかけも実施することで、市場を自ら創出しているところなどに同社の強みの源泉はあるといえます。

アメリカのエクセロン社は、世界で最も歴史のある原子力発電事業者のうちの1社であり、米国全土で事業展開する大手発電事業者です。同社の競争力の源泉は、エクセロン・ニュークリア・マネジメント・モデル（ENMM）といわれる、原子炉高稼働率ノウハウです（原子炉のプログラム、プロセス、手順、ビジネスツール、ITプラットフォーム等の継続的アップデートにより実現）。エクセロン社は、多くの事業者から様々な条件の原子炉を購入して、運営していますが、ENMMを着実に実践することで、同社の原子炉稼働率は、94.6%（世界平均80%）と高く、競争力の源泉となっています。

また、ENMMを発展させ、原子炉の運転期間を80年まで延長する米国のパイロットプロジェクトの実施にも関心を示しています。

② 総合エネルギー企業の経営戦略について

デジタル化、分散型のトレンドを捉えて顧客重視のビジネスに注力する企業や、グローバルでの脱炭素化エネルギーインフラ（電気・ガス・水素）などに重点投資をする企業、またはその両方を追求する企業があります。これらの企業の特徴は、コア事業を中心にデジタル化やグローバル化で強みを拡大する、というところにあります。

世界のスーパーオイルメジャーであるShell社は、将来のマクロトレンドは、エネルギー転換とデジタル化であると捉えた上で、2070年までの独自シナリオを分析しています。同社は将来の不透明性を踏まえ、あらゆるシナリオへ対応できるよう、ガス、バイオ、再エネ、CCS等新分野への長期的視点での投資を実施するとともに、既存の事業ポートフォリオの組換えについても着実に実施しています。

フランスの大手エネルギー企業であるEDF社やEngie社は、従来のエネルギー販売だけではなく、特に顧客重視の新サービス創出に注力しています。スマートメーターの情報から顧客満足度の高いサービスのビジネス化や、EV等の異分野サービスとの連携など、各社、コモディティ販売ではないエネルギー事業者を志向しています。また、Engie社は、ガス事業出自ということもあり、再エネのバックアップ電源としても重要な天然ガスに着目し、水素やバイオマス由来のガスを用いることで脱炭素化を進める開発や投資も実施しています。

(4) 2050年に向けたゼロエミッション技術について

2050年に向け、各国・各企業・有識者が、技術イノベーションの重要性を発信しています。エネルギーの分野においても、従来の枠を超え、AIやIoTなど情報産業との融合により、過去には予測できなかった速度で環境が変化してきており、今後もそのトレンドは加速すると考えられています。ここでは、エネルギー技術の革新について、ゼロエミッションの視点で掘り下げていきます。

① 期待されるエネルギー技術・破壊的イノベーション創出の仕組み

オーストラリアと我が国は、同国ビクトリア州の豊富な石炭資源から水素を製造し、日本に輸送するプロジェクトを実施しています。水素サプライチェーンを構成する技術のうち、①褐炭ガス化技術、②液化水素の長距離大量輸送技術、③液化水素荷役技術を実証中であり、2017年12月に決定した水素

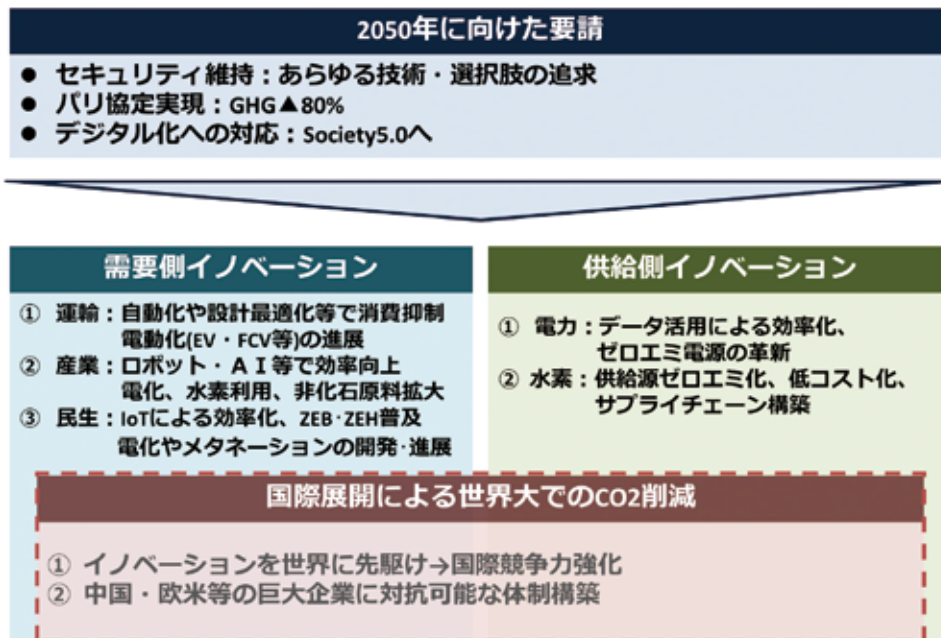
基本戦略の中核となるプロジェクトのひとつであるとともに、水素社会実現の選択肢として注目されています。また、水素社会の担い手のひとつであり、我が国を代表する企業のトヨタ自動車は、燃料電池自動車を含む車両の電動化を進めています。各国が、ZEV規制等を導入する中、我が国の運輸分野CO₂排出量の約9割を占める自動車分野においても脱炭素化は重要な要素です。同社は、この世界的潮流と顧客ニーズを踏まえ、「車両の電動化」という方針を推進しています(電動化は、EVだけでなく、HV、PHV、FCVを含む広い概念)。

再エネ以外のゼロエミ技術として、SMRについても世界的に注目が高まっています。2026年にSMRを商用化予定のNuScale社によると、既存原子炉と比較し、安全性・経済性・負荷追従可能性という3点が特徴です(安全性:冷却水の自然循環により電源・注水無しで炉心冷却が可能。事故リスクを低減させることにより、緊急時避難計画区域をサイト境界に限定/経済性:設置の簡素化やモジュール工法によりコスト低減・工期圧縮を実現/負荷追従可能性:変動再エネに対する負荷追従が可能)。また、CO₂を排出しない水素製造源など多様な用途に活用できる可能性もあり、利用拡大が見込まれます。

米国エネルギー省のエネルギー高等研究計画局(ARPA-E)初代局長であり、Google副社長も務めたスタンフォード大学教授のアルン・マジュマダール氏は、世界のエネルギーシステムは変革期を迎えており、①脱炭素化②デジタル化③多様性をポイントに挙げ、特に、シェール革命、再エネ・蓄電池の低コスト化、デジタル化、水素とCO₂によるメタン・エタノール精製等が、世界のエネルギーシステムの変革をけん引するイノベーションであるとしています。さらに、破壊的イノベーションにおいては、基礎研究と(リスクが伴う)商用化の段階における政策的支援の重要性及び、プログラムリーダーへの全権委任と独立した雇用形態の重要性を、同氏のARPA-Eの経験も踏まえて主張しています。

上記のような示唆、さらには2050年に向けた要請を踏まえて、我が国のエネルギー技術については、電力のゼロエミ化や水素などの供給側のイノベーションだけではなく、運輸・産業・民生などの需要側のイノベーションについても、エネルギーの視点から取り組んでいく必要があります。また、世界全体での貢献をするという観点からは、こうした技術を国際的に展開していくことも重要な視点になってきます。

【第132-2-25】2050年に向けたエネルギー技術について①



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

②エネルギー技術の革新によって変容する社会像

2050年の想定されうる社会像について、分野ごとにどのような可能性があるか、考えていきます。

まず、電力分野においては、電力消費等のデータ活用が進展することで省エネが進展し、エネルギー消費が抑制されていきます。また、再エネ技術の進化や蓄電・系統・取引の革新による再エネの最大限活用、さらに安全性が向上した原子力発電の活用、火力発電におけるCCUやCCS、水素利用により、電力のゼロエミッション化が実現する可能性が生まれます。

第二に、運輸分野においては、自動化によるエネルギー消費の大幅な効率化や、マルチマテリアル化などによる素材軽量化といった設計の最適化が進み、電力分野同様にエネルギー消費が抑制されるとともに、電動化による再エネ由来の電気や水素を含むゼロエミッションのエネルギー源の利用や、バイオ燃料等への燃料転換を通じて、運輸全体での排出削減が進んでいく可能性があります。

第三に、産業・ものづくり分野においては、開発・生産プロセスにおけるデータ共有やロボット・AI活用によってエネルギー消費の大幅な高効率化が進むとともに、電化や水素利用の拡大などの非化石エネルギーへの転換に加え、CO₂の原料利用といった

原料転換の技術の開発・普及などにより、従来では困難であった産業部門においても脱炭素化が進展する可能性があります。

最後に、民生部門として、業務・家庭における熱の使われ方についても、機器等の情報が繋がり、より効率的な機器の使用が可能となることや、ZEB・ZEHの進化・普及により、エネルギー消費が抑制されていき、加えて、電化や水素とCO₂からガスを作り出すメタネーションなどの技術の進展により、ゼロエミッションのエネルギー源利用の選択肢が拡大する可能性が生まれます。

さらに、水素については各分野横断的に利活用が期待されます。電力部門では水素発電や脱炭素化LNG発電（カーボンニュートラルメタン）、運輸部門では燃料電池自動車、業務・家庭部門では燃料電池、産業部門では還元剤としての活用など、多くの分野において、脱炭素化への選択肢を提供します。一方で、水素供給源の脱炭素化や水素サプライチェーンの確立など、他のアプローチ同様に課題もあります。

上述の議論を踏まえて、次項では、エネルギー技術への期待と我が国産業の可能性について見ていきます。

【第132-2-26】2050年に向けたエネルギー技術について②



出典：資源エネルギー庁エネルギー情勢懇談会資料

(5)各エネルギー技術のCO₂削減インパクト、我が国企業の可能性

①エネルギー技術の世界におけるCO₂削減インパクト

IEAによれば、世界のCO₂排出量は、2015年の約320億トンから、アジア、インド、アフリカを中心とした新興国での排出量が増加し、2040年までに350億トンを超えるといわれています。温室効果ガス削減のため各国・各企業が新たなエネルギー技術の開発・導入に注力しており、特に2050年視点においては、CCS（71億トン/年）、原子力発電（32億トン/年）、風力発電（30億トン/年）などがCO₂削減インパクトの大きい技術として注目されています。

②低炭素化技術と脱炭素化技術

いずれの技術も重要な要素ではありますが、これまで見てきたように、現状、太陽光や風力などの変動再エネは、火力発電のような調整電源が必要であり、そのみでは、本当の意味での脱炭素化を実現することはできません。こうしたことを踏まえれば、個別の技術単体ではなく、複数の技術を組み合わせたシステムとして考えていくことが重要です。本節では、現状の「変動再エネ（風力・太陽光）＋調整力（火力）」といった技術を、「低炭素化技術」と呼び、トータルで脱炭素化を実現できる「変動再エネ（風力・太陽光）＋調整力（蓄電池、水素、CCS付き火力発電

等）」や、「安定ゼロエミ電源（水力、地熱、原子力等）」などの技術を、脱炭素化技術と呼ぶことにします。低炭素化技術については、既に各国の技術競争が過熱しているところであり、この分野の技術での日本の強みを追求していくことも当然重要ですが、脱炭素化技術については、未だ各国が試行錯誤の段階であり、この分野を次なる技術競争のフィールドと捉え、我が国が主導していけるよう努力することが重要です。

③エネルギー技術に関する期待と我が国産業の可能性

各エネルギー技術に関連する我が国の世界シェアを低炭素化技術や脱炭素化技術の観点から示します。低炭素化技術をみると、高効率火力発電は16%であるものの、太陽光発電は6.9%、風力発電については0.3%と非常に低いものとなっており、国際競争力が高いとは言い難い状況です。他方で、脱炭素化技術をみると、水素関連技術である燃料電池は66%、地熱は54%、蓄電池は29%と比較的高いシェアを誇っています。

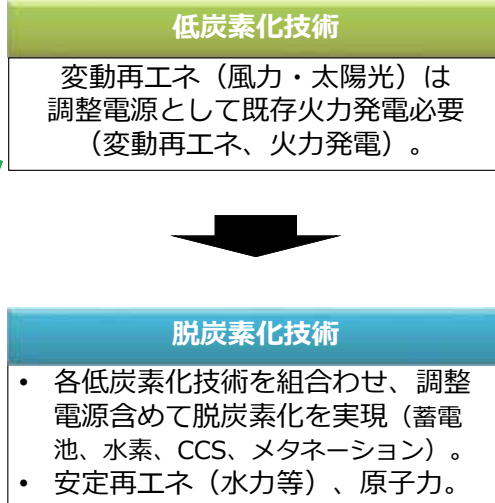
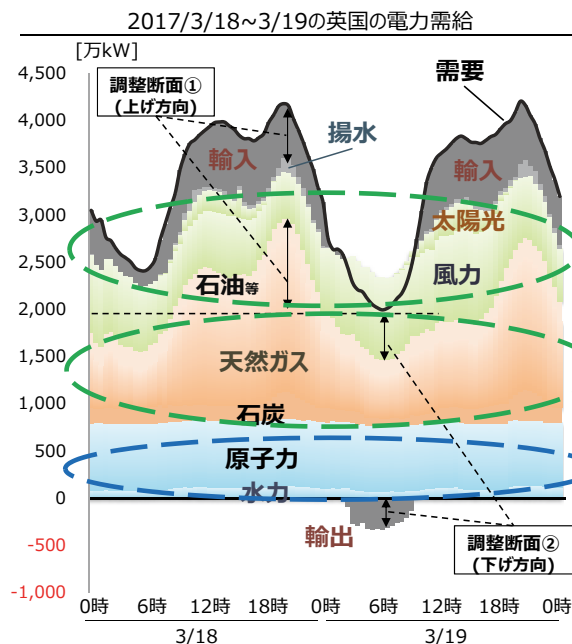
各技術のCO₂削減インパクトと、我が国のシェアの関係を見ると、低炭素化技術については、技術の導入シーンが多く想定されることからCO₂削減インパクトが大きく期待されている反面、我が国のシェアは低く、今後は新たなビジネスをどう模索してい

【第132-2-27】大幅なCO₂削減が期待されるエネルギー技術（技術ごとのCO₂削減インパクト）



出典：IEA「World Energy Outlook2017」等より資源エネルギー庁作成

【第132-2-28】低炭素化技術と脱炭素化技術について



出典：資源エネルギー庁作成

くかが求められるといえます。他方、脱炭素化のカギとなる技術については、我が国企業のシェアが高く、引き続き競争力を維持するとともに、今後の世界市場を創出・けん引していくことが、日本として求められているといえます。

(6) 2050年のエネルギー将来像に向けて

これまで見てきたように、現在我が国のエネルギーを取り巻く情勢は、今まで以上に多くの、そして複雑な変化が起きており、長期的な見通しは一層困難になっています。目指すべき「3E+S」も、脱炭

【第132-2-29】エネルギー技術における我が国の優位性(現在の日本企業シェア)

2015年の世界市場における日本企業シェア (※1)		
脱炭素化技術 (※2)	燃料電池 (家庭用・業務用・産業用)	66%
	地熱 (発電システム)	54%
	蓄電池 (鉛・リチウムイオン)	29%
低炭素化技術	高効率火力発電 (ガスタービン)	16%
	太陽光発電 (パネル)	6.9%
	風力発電 (発電システム)	0.3%

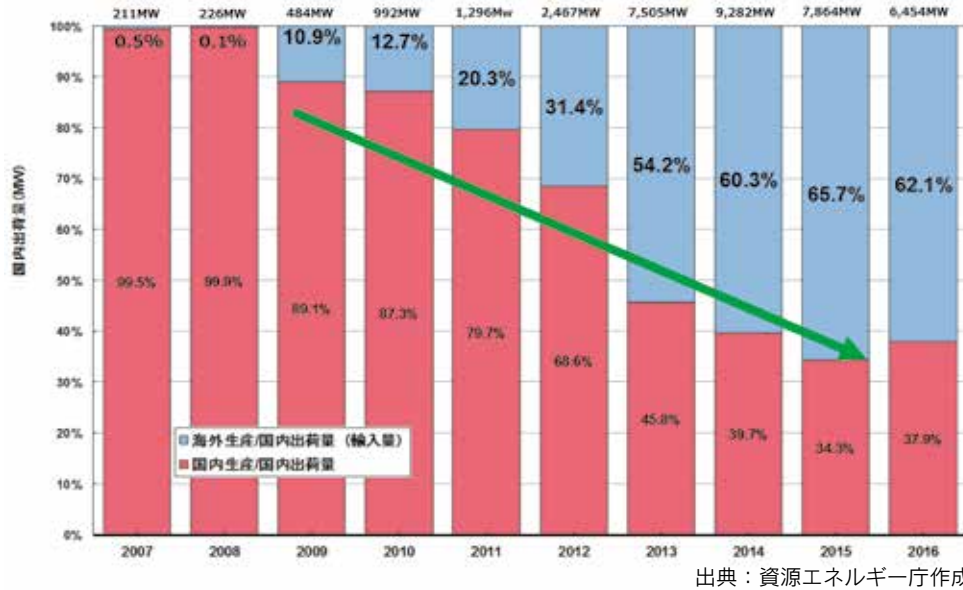
出典：資源エネルギー庁作成

※1：高効率火力発電は受注容量シェア、太陽光発電はパネルの出荷量シェア、それ以外は売上シェアにて試算。

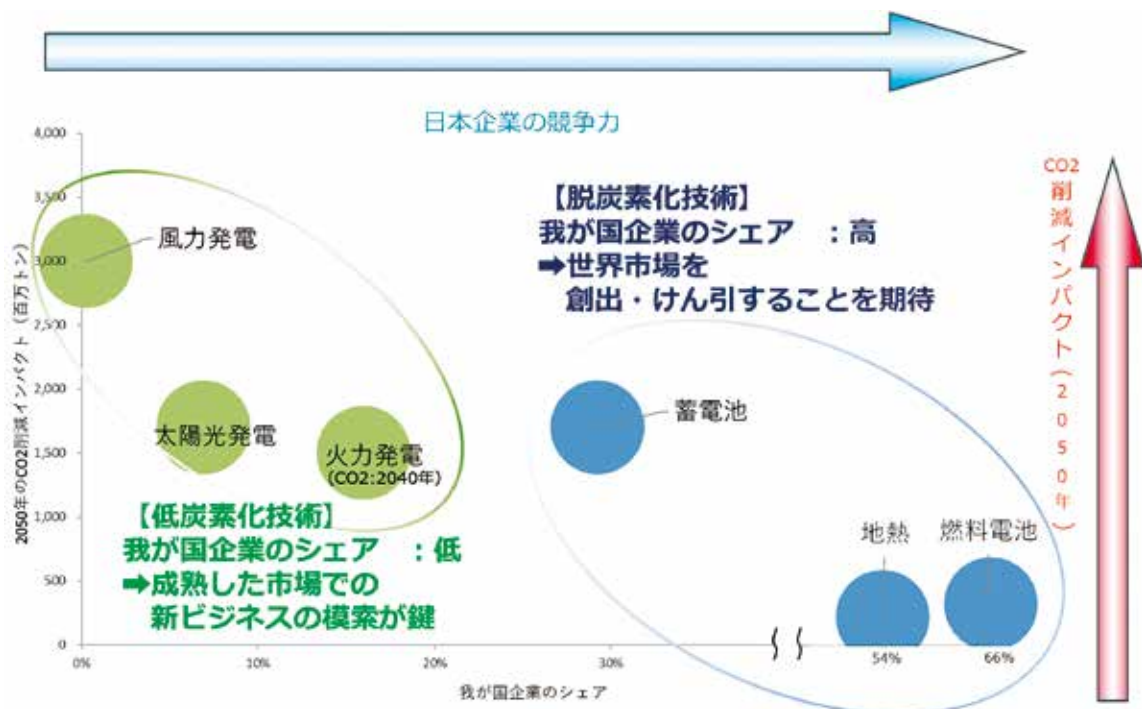
※2：脱炭素化技術には、原子力、水力、揚水発電（ゼロエミ電源由来の揚水）、バイオマス発電等も含む。

出典：「INEDO_平成28年度成果報告書 日系企業のモノとサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集 情報収集項目 (1)「モノを中心とした情報収集と評価」より作成 (燃料電池：「家庭用燃料電池(固体高分子形)・家庭用燃料電池(固体酸化物形)・業務・産業用燃料電池(リン酸形)・業務・産業用燃料電池(溶解炭酸塩形)」を引用、地熱：「地熱発電システム(全体)」を引用、蓄電池：「電力貯蔵設備用リチウムイオン二次電池・電力貯蔵設備用鉛二次電池・電力貯蔵設備用電気二重層キャパシター・電力貯蔵設備用リチウムイオンキャパシター」を引用、風力発電：「風力発電(全体)」を引用)、但し、出資比率が50%を超える企業を日本企業とみなす。太陽光発電：「太陽光発電競争力強化研究会 報告書 - 経済産業省」より(2015年太陽光パネル出荷量)。高効率火力発電(ガスタービン)：MHI提供資料より資源エネルギー庁作成(出力170MW以上の大規模出力ガスタービンの受注ベース)。

【第132-2-30】太陽光発電の国内出荷量に占める海外パネル比率



【第132-2-31】エネルギー技術と我が国企業の可能性



出典：「CO₂削減インパクト」は「【第132-2-27】大幅なCO₂削減が期待されるエネルギー技術（技術ごとのCO₂削減インパクト）」・高効率火力発電：「経済産業省 次世代火力発電に係る技術ロードマップ」における2040年・非OECDアジアのみデータより。「日本企業の売上シェア」は「【第132-2-29】エネルギー技術における我が国の優位性（現在の日本企業シェア）」より資源エネルギー庁作成

素化への挑戦に加え、安全の革新、多様性と自国技術を重視したエネルギー安全保障、技術革新・競争力強化を踏まえた経済性の向上など、可能性と不確実性のある要素の上に成り立つものとなっていくことが予想されます。

2050年のエネルギーの将来像に向けては、こう

した可能性と不確実性に柔軟に対処できるよう、多様な選択肢と複数シナリオを備えることとし、我が国のあらゆるプレイヤーが、あらゆるリソースを投資し、世界中のあらゆる市場で、あらゆる選択肢を追求する総力戦に対応していけるよう、今から準備をしていくことが重要です。

C O L U M N

産業界によるグローバル・バリューチェーン貢献量の見える化

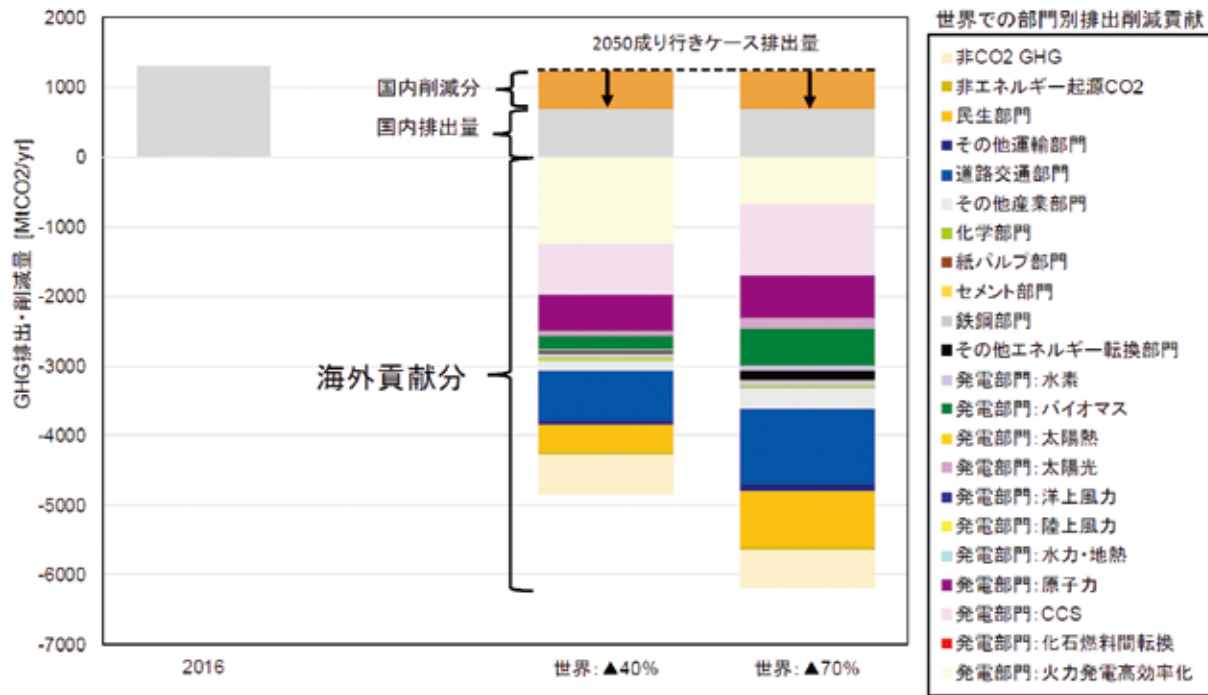
経済産業省は、2030年以降の長期の温室効果ガス削減に向けて、産官学からなる「長期地球温暖化対策プラットフォーム」を開催しました。2017年4月には報告書を取りまとめ、「国際貢献」、「グローバル・バリューチェーン」、「イノベーション」で我が国全体の排出量を超える地球全体の排出削減に貢献する「地球温暖化対策3本の矢」を基礎とした「地球儀を俯瞰した温暖化対策」を長期戦略の核としていく方針を打ち出しました。今後、温室効果ガスを大幅に削減していくためには、国内における自らの温室効果ガス排出削減を実現していくことは元より、温室効果ガス削減に資する環境性能の優れた製品・サービス等を国内外に展開し、世界全体の大幅削減の実現に貢献していくことが産業界の地球温暖化対策として重要です。

産業界が、自らの強みを認識し、温室効果ガス削減にさらなる貢献を果たしていくためには、自らの製品・サービス等の普及による貢献が見える化し、国際的な普及につなげていくことが大切です。我が国においては、産業界が自らの削減目標を設定し、その目標達成に向けた取組と評価を行う「プレッジ&レビュー方式」で成果をあげてきました。現在、産業界の地球温暖化対策の柱として進められている「低炭素社会実行計画」においても、「低炭素製品・サービス等による他部門での削減」、「海外での削減貢献」が位置付けられ、いくつかの業界において、グローバル・バリューチェーンを通じた削減貢献量の見える化に取り組んでいます。国際的に見ても、化学業界や電機・電子業界、電気通信業界が国際ガイドラインをまとめる等、各業界において削減貢献量の見える化・発信が行われています。一方で、こうした温室効果ガスの削減貢献量の定量化は、各業界や企業等に委ねられていたことから、考え方や根拠の説明には差異がありました。

こうした問題意識の下、グローバル・バリューチェーンを通じた削減貢献の取組の透明性を向上するとともに、産業界による取組をさらに広げていくために、経済産業省は、2017年12月に「グローバル・バリューチェーン貢献研究会」を立ち上げ、産業界の製品・サービス等による温室効果ガス削減貢献が見える化するための基本的な考え方を検討・整理し、2018年3月に「温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン」を策定しました。今後、本ガイドラインに基づいて、産業界は自らの削減貢献量を定量化し、投資家・消費者などのステークホルダーに対する情報発信を通じて、世界全体の排出削減に貢献しつつ、我が国のさらなる経済成長につなげていくことが期待されます。

グローバル・バリューチェーンでの排出削減貢献のポテンシャルを示す興味深い分析（長期的な温室効果ガス排出削減に向けた貢献量分析に関する調査）があります。その分析によると、世界全体で2010年比40%から70%の温室効果ガス削減を実現する対策・技術について、我が国が現行の世界シェア相当の貢献を行ったとすると、世界での排出削減は48.4億トンから62.0億トンに達するとされており、これは我が国の2016年度の温室効果ガス排出量の3.7倍から4.7倍に相当します。また、世界での排出削減貢献における日本の寄与分を達成する際の産業別の投資額から、国内で誘発されるGDPを算定すると、ベースラインGDP比0.7%から3.6%増加すると推計されており、世界全体で強調して排出削減対策が進められれば、温室効果ガス削減に資する環境性能の優れた製品・サービス等を国内外に展開し、世界全体の大幅削減に貢献することで、環境と経済が両立する可能性が示されています。

【第132-0-10】グローバル・バリューチェーンにおける日本の排出削減効果(2050年)



※図に示される成り行きケース排出量や国内削減量については、我が国の実際の将来の排出量について予断をあたえるものではない。

出典： 資源エネルギー庁作成

