「論点整理」(案)

目 次

(はじめに)

電力分野における新エネルギーの普及見込

新エネルギーの大量導入時の系統安定化対策とコスト負担の在り方

原子力発電について

水力・地熱発電について

火力発電について

負荷平準化について

低炭素電力供給システムにおける技術課題について

(まとめ)

(別添) 用語集

はじめに

電力分野における新エネルギーの普及見込

(1)「長期エネルギー需給見通し」及び「低炭素社会づくり行動計画」

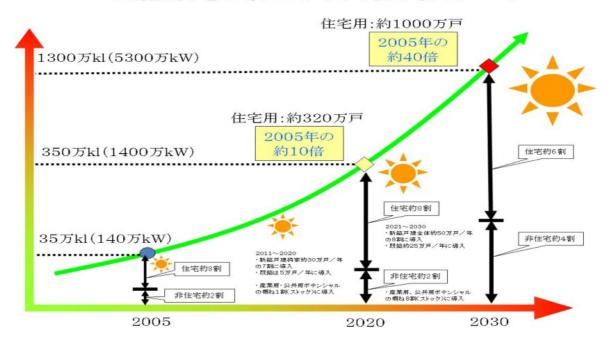
経済産業省においては、平成20年5月に「長期エネルギー需給見通し」を公表し、2020年及び2030年のエネルギー需給の見通しを示した。また、我が国が低炭素社会へ移行していくための道筋を示すため、「低炭素社会づくり行動計画」(平成20年7月閣議決定)が策定された。その中では、発電時に温室効果ガスを排出しない原子力や太陽光発電等の「ゼロ・エミッション電源」の発電電力量に占める比率を50%以上とすることや、太陽光発電について、2020年に現状の10倍、2030年に現状の40倍とする目標が示されている。

「ゼロ・エミッション電源」を50%以上にするとの目標の達成は、太陽光発電などの特定の電源の比率のみの拡大では不可能である。中核を担う原子力や、水力、地熱、太陽光、風力、バイオマスなどの全ての「ゼロ・エミッション電源」をそれぞれ推進していくことが必要である。また、出力安定性や経済性、資源の偏在性、開発までに要する期間などの諸要素に配慮しながら、火力発電によるバックアップまで含めた総合的な観点が重要である。

(2)新エネルギーの導入見込みについて及び電力需要

本研究会においては、「長期エネルギー需給見通し」の最大導入ケースにおける太陽光発電の導入量、すなわち、2020年度には1,432万kW(2005年度実績の約10倍)、2030年度には5,321万kW(2005年度実績の約40倍)が導入されることを前提とした。その他の再生可能エネルギー及び新エネルギー導入見込みは以下のとおり。また、電力需要については、平成20年度の一般電気事業者による供給計画を勘案して、これとの継続性も考慮し、長期エネルギー需給見通しにおける努力継続ケースを用いることとした。

太陽光発電の導入シナリオ(最大導入ケース)



新エネルギーの大量導入時の系統安定化対策とコスト負担の在り方

今後の新エネルギーの大量導入に伴って必要となる系統安定化対策及びコスト負担の在り方については、電力系統への影響やその影響に対する対策、さらにはそれらの対策を組み合わせた具体的シナリオの策定や考え方の整理に専門的議論が相当程度必要とされた。このため、本研究会の下に「新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会」を設置し、新エネルギーの大量導入に伴って必要となる系統安定化対策の時系列シナリオ及びコスト負担の在り方について具体的な検討を行った。本章は本年1月にとりまとめられた小委員会の報告の抜粋であり、より詳細な報告は小委員会の報告書を参照されたい。

なお、小委員会報告書では、家庭用太陽光等からの余剰電力の買取りコストを試算しているが、当該試算には、本年2月に導入が発表された太陽光発電に関する新たな買取り制度(余剰電力の買取価格を当初は約2倍程度とする制度)が考慮されていない点に留意が必要である。

< 以下、「新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会」からの抜粋予定 >

原子力発電について

(1) 原子力発電の特性

原子力発電は、発電過程で CO₂を排出しない電源であり、我が国の地球温暖 化対策の切り札として、今後とも大きな役割を果たすことが期待される。

導入コストについても、大まかな前提をおいて試算すると、100万kW 級の原発1基は約2,800億円であるが、同じ電力量を太陽光発電で実現するには、山手線の内側と同じだけの敷地面積と、約3.9兆円のコストがかかる。

また、原子力は供給安定性・経済性にも優れた特性を持っている。原子力は、 発電コストに占める燃料(ウラン)費の割合が相対的に低い。電気事業連合会の 試算によれば、火力発電では発電コストの内、燃料費が50~60%を占めるが、 原子力は3%程度と極めて低く、火力発電所と比較して、急激な燃料価格の変動 に対する影響を受けにくい。また、ウランは石油と比較して特定地域への偏在が 少ない。こうした理由から、我が国は原子力発電を基幹電源として位置づけてい る。

これらのことから、原子力は、地球環境問題と経済成長の両立と、エネルギー セキュリティへの対応を実現する、エネルギー政策の「かなめ」であると言える。

(2)原子力発電比率に関する政策目標

2005年10月に閣議決定された「原子力政策大綱」においては、2030年 以後も総発電電力量の30~40%程度以上を担うことが目標として掲げられている。

また、2008年7月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」においては、2020年を目処に発電電力量に占める「ゼロ・エミッション電源」の割合を50%以上とする目標が掲げられ、原子力発電はその中核として位置付けられている。

(3)ゼロ・エミッション電源50%達成に向けた原子力の役割

将来の原子力発電の比率は、原子力発電電力量のみならず電力需要によっても左右される。2008年5月に総合資源エネルギー調査会需給部会において策定された「長期エネルギー需給見通し」では、省エネルギーの進展度合いの違いにより、「現状固定ケース」、「努力継続ケース」、「最大導入ケース」の3つのケースが設定された。原子力発電については、全てのケースにおいて、約9基が新設され、設備利用率が約80%であると仮定している。

電力需要が微増する場合を想定している長期エネルギー需給見通しの「努力継続ケース」では、2020年の発電電力量は11,066億kWhと想定されている。 うち、水力発電量は866億kWh、新エネ等の発電量は250億kWhとなっており、 ゼロ·エミッション電源50%の目標を達成するために必要な原子力発電による発電電力量は4,417億kWhとなる。

これは、設備利用率を80%程度まで引き上げ、9基の新設ができれば何とか達成するが、設備利用率が70%程度に止まる場合は、18基程度の新設が必要となって〈る水準である。

仮に、設備利用率が70%で、新設が現在建設中の3基に止まってしまう場合、 ゼロ・エミッション電源はわずかに39.3%となる見込みである。

こうしたことから、「2020年ゼロ・エミッション電源50%」の達成を確実なものとするためには、原子力発電所の設備利用率の向上と新増設の着実な実現を同時に目指していくことが必要ではないか。

(4)電力安定供給との関係

電気事業法の下で、電気事業者は、電力を長期にわたり安定的に供給する役割を担っている。中長期的な電力需要の見通しは、原子力発電の投資計画を大き〈左右しうるものであり、原子力政策に与える影響には十分な注意が必要である。

大幅な省エネルギーの進展を前提にした低い電力需要に基づいた供給計画では、将来的には安定供給に支障を来す可能性も十分にある。特に、原子力発電は、計画から運転開始までのリードタイムが極めて長い。近年では、東京電力(株)の柏崎刈羽原子力発電所が、運転開始まで18年、電源開発(株)大間原子力発電所では35年もかかっていることから分かるとおり、短期間で新規建設により設備容量を増やすことは出来ない。

「最大導入ケース」のように将来の電力需要が落ち込んだ場合をベンチマークとして建設計画を立てた場合、その後、電力需要がそれほどまでに減少しなかった場合には、供給力が不足することは明らかである。他方、電力需要の伸びが想定を大き〈下回る場合には、余剰設備となるリスクもある。こうしたジレンマを乗り越え、電気事業者が着実な新増設を進めるための環境整備が政策的にも重要となって〈るのではないか。

(5)リプレースの円滑化

今後、原子力発電所の高経年化が進んでいく中で、リプレースが円滑に進んでいくことが極めて重要である。供給計画どおりに新増設が進んだ場合でも、2030年前後から始まると見込まれる本格的なリプレースが円滑に行われない場合には、急激に原子力発電比率は落ち込むことも想定される。

仮に原子力発電所が一律60年間運転された後停止されるものと仮定して計算を行うと、2038年度には総発電電力量の30%を割り込む可能性もある。他方、リプレースが行われる場合であっても、既設炉の廃止措置の開始と新設炉の運転開始の間でタイムラグが生じる場合には、原子力の発電電力量の一時的な低下を生じる可能性がある。したがって、2030年前後からと予想される本格的

なリプレースについても、これを着実に進めていくための環境整備が必要ではないか。

(6)原子力発電の設備利用率の状況

我が国の原子力発電所の設備利用率は、電気事業者の不正等により、2002年以降、定期点検の前倒し及び定期点検期間延長を行ったことから、2003年に前年度までの約80%程度から一気に低下。その後、70%台まで回復したが、中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の運転停止等によって、2008年の設備利用率は58%にまで低下している。

欧米や韓国等の原子力発電の主要利用国の多くは、近年、設備利用率が向上している。特に米国では、原子力産業界と国が一体となって、安全性を確保・向上させながら、設備利用率の向上を同時に達成し、90%台に乗せることに成功した。こうした例も参考としつつ、我が国としても、安全の確保を大前提に設備利用率向上を目指し、電気事業者の取組を促進する環境整備をしていくことが必要ではないか。

(7)原子力発電の導入拡大に向けた課題と対応策

原子力発電が発電時のCO₂を排出しないゼロ·エミッション電源として、中長期的にも更なる役割を担っていくことに疑う余地は無い。原子力発電の推進に向けては様々な課題と取り組みがあるが、「2020年ゼロ·エミッション電源50%」の達成に向けた様々な取り組みを進めていくことが重要ではないか。

(8)核燃料サイクルの確立

2020年をターゲットにすれば、低炭素社会づくりに向けて、原子力を推進する方策としては、今まで述べてきた取り組みが必要であるが、原子力発電の着実な推進に向けては、その他にも極めて重要なものがある。

六ヶ所再処理工場の竣工、高レベル放射性廃棄物の最終処分、高速増殖炉の早期実用化に向けた取組の推進や、プルサーマルの着実な実施等に向けて着実に進める必要がある。使用済燃料を再処理し核燃料をリサイクル利用する活動は、供給安定性に優れている等の原子力発電の特性を一層向上させ、原子力が長期にわたってエネルギー供給を行うことを可能とするため、我が国では使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用する核燃料サイクルの確立を国の基本方針としている。現下の重要な課題である核燃料サイクルの確立に向けてしっかりと取り組む。六ヶ所再処理工場の竣工、高レベル放射性廃棄物の処分事業の推進、高速増殖炉の早期実用化に向けた取組の推進や、プルサーマルの着実な実施等に向けて着実に進めていく。

(9)信賴向上、国民理解

原子力政策を推進していく上では、国民の原子力に対する信頼向上や国や事

業者を始めとする原子力関係者と立地地域を含む国民との相互理解が何よりも 重要な基盤である。

引き続き、国は立地地域の方々をはじめ、国民と直に対話する等による「国の顔が見える」広聴・広報活動、立地地域向け・全国向け等受け手に応じたきめ細かい対応を展開していく。次世代層への原子力を含めたエネルギー教育の充実等を図っていく。

水力・地熱発電について

(1)水力発電の役割

水力発電は、水が落下するときのエネルギーを用いて発電する方式でありその発電過程において水自体を消費することはなく、また、二酸化炭素も排出しない極めてクリーンなエネルギーである。太陽光発電や風力発電などと同様に再生可能エネルギーであり、日本のエネルギー自給率約4%(原子力を除く)のうち約35%を担う「純国産」の「再生可能エネルギー」として、我が国の二酸化炭素の排出量の削減にも貢献している。

また、水力発電の初期投資負担に関しては、建設費等の資本費が発電原価の約8割と大きいが、初期投資負担に比べ変動費のウェイトは低いことから、長期安定的に運転を行うことにより、経済性を発揮し、電気料金の安定化にも貢献している。

水力発電のうち、調整池式、貯水池式、揚水式の水力発電所は、非常に短時間で発電開始が可能であり、出力の変化速度も速いため、需要の変化に素早く対応し、電力品質の安定化にも貢献している。これらの水力発電所は、出力調整や LFC 調整、ガバナフリー運転が可能であり、太陽光発電が大量導入された場合のバックアップ電源としての役割が期待される。

揚水発電所は、電力を位置エネルギーとして蓄えることが可能であり、太陽光発電からの余剰電力を「蓄電」するという役割も期待される。中でも、可変速揚水は揚水運転時においてガバナフリー運転やLFC調整能力、負荷調整能力を持つことから、水系の運用制約に留意しながら、太陽光発電等の大量導入時における系統安定化への貢献も期待される。

このように水力発電は、低炭素社会を実現する上で必要不可欠な電源であり、 我が国にある水力発電のポテンシャルをフルに活用していくことが低炭素電力供 給システムの構築を目指す上で重要である。

(2)水力発電開発の課題と対応策

一方、水力発電を取り巻く現状は厳しいものがある。水力発電は固定費負担が大きく、長期安定的に発電を行うことによってその費用回収が可能となり、経済性を発揮できるが、近年では開発可能な新規地点が奥地化・小規模化してきていることに伴い、建設期間の長期化、新たな送電線の設置等、開発に当たっての採算性は従来よりも厳しくなってきている。また、既設水力発電所の老朽化等も進んでおり、既存の発電所に対する更新投資が適切に行われ、円滑な運転が継続されることにより、将来にわたって発電電力量を安定的に維持・向上させていくことも必要である。

特に低炭素電力供給システムにおいて系統安定化対策の観点から、重要な役割を担う調整池式、貯水池式、揚水式の水力発電の新規開発及び能力アップを伴う再開発は、河川法における手続きや建設に長期間かかる。このため、水力発電に対する投資リスクを低減し、水力発電の事業性を向上させ、既設水力発電所の円滑な設備更新と新規開発が促されるような環境整備に取り組むことが必要ではないか。

また、河川法における手続き等の運用の明確化に加え、手続き等の合理化・簡素化を更に推進するとともに、維持流量については、発電ガイドラインの尊重に加え、地球環境問題への対応とのバランスも十分考慮した上で、科学的・合理的に検討する等、長期的な水の確保に関する不透明さ・不確実性の低減を図ることが必要ではないか。

これらの課題を克服し、水力開発に関する経済性が向上した場合、地元調整等を別にすれば、概ね10年以内で開発も可能である。仮に発電原価12円/kWhのものまで建設できるとすると、出力132万kW、電力量にして53億kWh、発電原価15円/kWhのものまで建設できるとすると、出力276万kW、電力量にして110億kWh、発電原価20円/kWhのものまで建設できるとすると、出力615万kW、電力量にして244億kWhの追加的開発が可能と試算される 1 。

水力発電は系統利用上も発電出力が安定していることから、太陽光発電や風力発電のみならず、水力発電についても、ゼロ・エミッション電源の導入拡大に向けて導入を拡大することが必要ではないか。

(3)地熱発電の役割

地熱発電は、発電時に二酸化炭素を排出しない、純国産の再生可能エネルギーである。また、再生可能エネルギーの中では設備利用率が高く(地熱70%、風力20%、太陽光12%)、天候に左右されず、年間を通じて安定した電気を供給することが可能な電源である。

我が国初の地熱発電所である松川発電所は、1966年に運転を開始して既に40年を経過しているが、現在も安定した運転を行っている。地熱発電は、運転開始後に補充井の掘削等は必要であるが、燃料を必要としないことから、長期間にわたって安定した発電が可能であり、水力発電と同様に長期安定的に運転を行うことにより、経済性を発揮し、電気料金の安定化に貢献している。

現在の地熱発電の発電電力量(電気事業用)は31億kWhであり、これは国

¹ これら試算は包蔵水力調査の未開発地点について補助率20%、経費率8%とした場合。

内の総発電電力量の約0.3%と非常にシェアは小さい。

一方、地熱発電のポテンシャルとしては、有望な未開発地域が29地域、資源量は約247万kW²とされており、現在の発電容量である約50万kWと比較すると今後の開発可能性は大きく残されていると言える。

このように地熱発電は開発ポテンシャルも十分あり、設備利用率も高く、年間を通じて安定した電気を供給することができることから、現時点では太陽光発電に比較して再生可能エネルギー導入の費用対効果が大きく、ベース電源として利用することが可能な再生可能エネルギーとして、低炭素電力供給システムの一翼を担うポテンシャルを有している。

(4) 地熱発電開発の課題と対応策

しかしながら、地熱発電は以下のような理由から開発リスク・開発コストが高いなど課題を抱えており、1999 年の八丈島地熱発電所の運開以降、新規地点において地熱発電所は建設されていない状況にある。

経済性・開発リスク等 地元温泉事業者等との調整 自然公園法等の関係法令の諸規制

現在、国の支援策として、開発リスクを低減し民間調査の早期誘導を図ることを目的に、地熱有望地域を対象とした開発可能性等に関する先導的な総合調査や、建設費等に対して補助が行われているが、依然として経済性の課題は解決されていない。

さらに、地熱発電の開発には通常15~20年と長期間かかることから、今から 開発リスク・開発コスト低減に向けた環境整備に取り組む必要があるのではない か。

これらの課題を克服し、地熱の開発に関する経済性が向上した場合、地熱は地元調整等を別にすれば、概ね10年以内で開発も可能である。仮に発電原価12円/kWhのものまで建設できると仮定すると、67万kW、41億kWh、発電原価15円/kWhのものまで建設できると仮定すると、93万kW、57億kWh、発電原価20円/kWhのものまで建設できると仮定すると、113万kW、69億kWhの追加的開発が可能と試算される3。

系統利用上、地熱発電は発電出力が安定しており、設備利用率も高いため、 太陽光発電や風力発電のみならず、ゼロ・エミッション電源の導入拡大に向けて

^{2 1}世紀に向けた発電技術懇談会地熱部会中間報告(平成8年11月)

³ 温泉発電等の増加分24万 kW、15億 kWhを含む。また発電電力量についてはこれまでの稼働率実績70%を用いて試算。

導入を拡大することが必要ではないか。

火力発電について

低炭素電力供給システムの構築に向けては、発電時に CO₂ を排出しないゼロ・エミッション電源の割合を高めるとともに、供給安定性(エネルギー・セキュリティ)と経済性を考慮しながら、技術開発等によって火力発電の熱効率の向上を図ることが重要である。

また、今後の太陽光発電の大量導入等に伴う出力変動等への対応や、石炭火力発電所における混焼等によるバイオマス資源の有効活用が重要であることから、低炭素社会においても火力発電は引き続き重要な役割を担うものと考えられる。したがって、低炭素電力供給システムの基礎となる燃料調達を巡る状況や、燃料の異なる火力発電の特徴(出力変化の速度や幅、立ち上げ時間、熱効率、コスト等)について整理をするとともに、低炭素電力供給システムに向けた火力発電の役割及び課題について整理した。

(1)電力の燃料調達をめぐる動向について

発電用の化石燃料は石油・LNG・石炭に大別されるが、各燃料には供給安定性・環境適合性・経済性の面で長短があることから、これらの特徴を踏まえた最適な組み合わせで電源開発を進めていくことが必要となる。

石油・重油をめぐる動向

石油は、LNG や石炭と比較して供給弾力性に優れ、電力需給の変動⁴を吸収する調整役を担っている。我が国の電力会社は、発電用の生焚原油⁵としてインドネシア等の低硫黄原油を使用しているが、概して低硫黄原油は高硫黄原油に比べて、埋蔵量や生産量が少なく、今後、低硫黄原油の主要産出国であるインドネシアやベトナムの供給力は減少していく見通しとなっている。

一方、電力会社で使用している低硫黄重油については、石油製品の需要減少に伴い国内の原油処理能力が減少傾向にあり、C重油の需要減少と需要の白油化に対応するため石油業界では分解装置⁶の増強を進めている。その結果として、供給インフラ面でも重油内航船隻数やC重油のタンク基数は減少傾向にある。また、多くの発電所では環境規制をクリアするため低硫黄の原重油を使用しているが、排煙脱硫装置を装備していれば高硫黄C重油も使用できることから、排煙脱硫装置を有する火力ユニット⁷が可能な限り増加していくことは電力の安定供給の観点からは望ましいのではないか。

⁴ 例えば、平成 19年度には、中越沖地震により柏崎刈羽原子力の全台停止等による影響から、平成 18年度比で約 1,000万 kl の需要増となった。

⁵ 原油を精製せずに石油火力で燃料として使用すること

⁶ C重油から収益性の高いガソリン等へ販売をシフトするための重質留分からガソリン等を生産する装置など

⁷ 一般電気事業者の全石油火力発電所 106 ユニット (3,800 万 kW) のうち 14 ユニット (615 万 kW) が排煙脱硫装置を装備している (平成 21 年 1 月現在)。

以上を踏まえると、電力需給の変動を吸収するため供給弾力性に優れる石油 火力は、引き続き重要な役割を果たすと考えられ、低硫黄原油の新規ソースの 開拓や脱硫設備の装備等により石油火力の供給弾力性を高めていくことが必要 ではないか。

LNGをめぐる動向

LNG は発電時の CO_2 排出量が少ないなど環境適合性に優れる反面、LNG 火力発電所の開発に際しては、ガス田の開発から液化設備の整備、LNG 船の調達、受け入れ基地の整備など LNG チェーンと一体で開発する必要があることから、石油や石炭より多額のインフラ投資や長期の時間が必要である。

したがって、多額のインフラ投資を確実に回収する必要から 20 年程度の長期契約を相対で締結。することが通常であるため、長期の安定的な燃料調達が約束される反面でスポット市場は非常に小さいことや原油や石炭に比べ貯蔵・輸送が難しいことから、需給変動への対応としての追加調達には限界がある。

我が国の電力用 LNG 輸入国については、従来は、インドネシア等のアジア諸国が太宗を占めていたが、近年ではカタールをはじめ、オマーン、ナイジェリア等の中東・アフリカ諸国からの輸入量が増加している。しかし、既存の LNG 契約は順次契約期間が終了し、既存プロジェクトの延長契約。や新規プロジェクトによる契約で如何に安定的かつ経済的に必要量を確保していくかが大きな課題となっている。このため、低炭素化に向けて LNG 火力への依存を拡大することは、LNGの備蓄が容易でないこともあり、燃料の安定調達等の観点からも検討を行うことが必要ではないか。

•

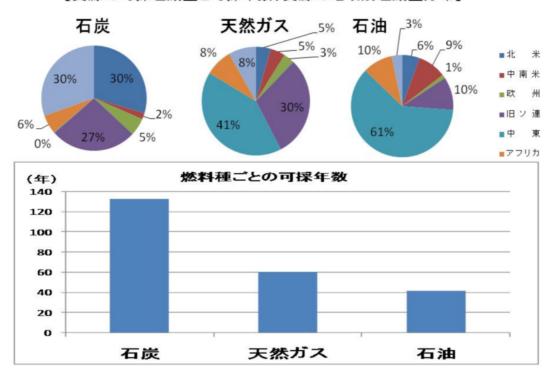
⁸ LNGの長期契約は、20年が一般的である。

⁹ 例えば、2010年度で契約が切れるインドネシア LNG の契約延長について、2011年度以降の契約はインドネシアからの輸入量は約1200万トン/年から300万トン/年へと大幅に減少する見込み。

石炭をめぐる動向

石炭は CO_2 排出の面では課題があるものの、可採年数が 130 年程度であり、石油の約 40 年、天然ガスの約 60 年と比較しても、長期的に調達が可能であり、価格も低値で安定しており、その埋蔵地域も世界に広く分布していることから、石油や LNG と比べて供給安定性と経済性に優れる燃料である。我が国に輸入される一般炭の約 6割を政情の安定しているオーストラリア炭が占め、最近では中国国内での石炭需要増加に伴う輸出減少により、インドネシア炭が増加傾向にある。

【資源の可採埋蔵量と可採年数、資源の地域別埋蔵量分布】



石炭の価格については、平成20年にはオーストラリア・ニューキャッスル港における滞船や原油価格の高騰等の影響を受け、石炭のスポット価格が一時的に高騰したものの、原油やLNGと比較して価格が低値で安定しており、経済性に優れる燃料である。

(2)火力発電の役割と課題

我が国における火力発電の位置付け(電源のベストミックス)

我が国の電力需給上、火力発電はベース供給力¹⁰からミドル供給力¹¹、ピーク供給力¹²まで幅広〈用いられているが、供給安定性、経済性、環境特性、電源ご

¹⁰ 一定量の電気を安定的に供給する電源

¹¹ ピーク電力とベース電力の2つの特徴を持つ電源

¹² 発電電力量の調整が容易な電源。

との運転特性等を踏まえた最適な構成(ベストミックス)の構築を図っていくことが引き続き重要である。

火力発電の高効率化等

我が国では、高効率なタービンの導入や蒸気条件の高温・高圧化等により火力発電の高効率化に取り組んできた結果、我が国の火力発電の熱効率は世界的にも高い水準にあり、特に石炭火力の熱効率は世界最高水準にある。仮に、我が国で運転中の最新式の石炭火力発電の熱効率を米国、中国、インドの石炭火力発電所に適用すると、CO₂削減効果は約13億トンにのぼり¹³、これは我が国のCO₂排出量に相当し、1990年の世界全体のCO₂排出量の約6%に相当する。

石炭火力の高効率化は、電力供給システムの低炭素化や電力の安定供給を図る上で極めて重要であることから、引き続き火力発電の高効率化を進展させていく必要がある。現在、火力発電の高効率化を図るため、ガスタービンの高効率化や石炭ガス化複合発電(IGCC)の実用化に向けた技術開発が進められている。以上を踏まえ、火力発電所を建設する場合の考え方や、今後の電気事業分野のCO。排出削減についてどのように考えるのか。

火力発電による太陽光パネルの出力変動対策

太陽光発電の大量導入時には、天候の変化により太陽光パネルの出力が変動することから、電力需要を賄って、瞬時の電力需給バランスを確保するためには、気象条件に左右されずに負荷追従運転が可能な火力発電の役割が重要となる。太陽光発電の大量導入時における火力発電には、

発電開始までの立ち上げ時間が短いこと

急激な需要変動に対応可能な出力変化速度(kW/分)が大きいこと 最低負荷の小さいこと(いわゆる「下げ代」が大きい)

十分なガバナフリー容量及びLFC容量の確保

低負荷運転時に効率の低下が小さいこと

多様な燃料種への対応

などの性能が重要である。

火力発電の負荷追従能力については、燃種や発電方式ごとに異なる。今後の電源の開発・運用に際しては、各方式の特徴を十分に踏まえる必要がある。特に省エネルギーが進展し、原子力導入が進んだ状況下で出力の不安定な太陽光発電等の新エネルギーの導入が進むと火力発電の比率が低下するため、火力発電には従来にも増して高い負荷追従能力が求められる。

石炭火力発電の低炭素化(バイオマス混焼)

¹³ 発電方式が異なるため、海外との単純な比較は難しいとの指摘もあった。

石炭火力の低炭素化を図るためには、発電設備の高効率化に加え、木質チップや鶏ふん等の多様なバイオマス資源を石炭火力にて混焼し、より有効に活用していくことも重要である。石炭火力は、多様なバイオマス資源との混焼が可能という利点に加え、バイオマスの使用量が同じ場合、バイオマス専焼発電と比較して石炭火力での混焼を行う方が、熱効率が大幅に向上する。

また、バイオマスの調達に係る不確実性や既存設備の活用による初期投資の抑制などの観点からも石炭火力での混焼を行う方がバイオマスの活用という面からも有利になることからも、石炭火力の存在意義が大きい。しかしながら、現時点では国内の林地残材を中心とする木質バイオマス資源の石炭火力における混焼は殆ど行われていないことについてどのように考えるのか。

送配電ロスの低減

送配電ロス率の低減は、発電所における化石燃料等の省資源化や CO₂ 排出量の抑制につながることから、我が国においては送電電圧の高圧化や低損失型の変電設備の採用等により送配電ロス率の低減に努めてきた結果、我が国の送配電ロス率は約5%程度と主要国の中で最も送配電ロス率が低くなっている。

【送配電ロス率の国際比較】



また、今後は、送変電設備においてコンパクトで大容量の電力供給を可能とする超電導を活用することで、更なる系統安定化や送電ロス率の飛躍的な低減が期待される。

(3)火力発電に関する課題

火力発電は、火力発電そのものの低炭素化のみならず、太陽光発電等の新エネルギーの大量導入時において、太陽光発電等の不安定な出力を補完する役割が期待される。現状では発電電力量の約6割を火力発電が担うが、化石エネルギーは枯渇資源であるため、今後ともエネルギーの安定供給に留意しながら、火力発電への依存度を低減する必要がある。

また、火力発電の燃料である石油、石炭、LNGなどの化石燃料は、生産国・地域、燃料性状、可採年数・埋蔵量、燃料価格、契約形態、国際スポット市場の整備状況、電力分野以外での用途、備蓄の容易さ、CO $_2$ 排出量等の環境適合性といった多様な点において異なった特徴をそれぞれに有していることから、各種エネルギー施策の構築にあたってはこうした燃料ごとの特徴を十分に踏まえる必要がある。

昨今、化石燃料の環境適合性のみに注目が集まり、環境適合性のみの観点から電源が論じられることも多くなってきているが、エネルギーの安定供給に軸足を置き、安定供給、環境適合性、経済性の3つの観点からバランス良く、電源や燃料選択に関する現実的な議論がなされることが必要ではないか。

オイルショック以降、脱石油を進める中で我が国は電力分野において原子力発電とあわせて、LNG火力と石炭火力の導入を進めてきたが、今後の石炭火力の建設にあたっては、設備規模や運転条件に応じて、技術的かつ経済的に導入可能な設備のうち最新鋭のものを導入するべきではないか。また、可能な限りのバイオマス混焼を進めるべきではないか。一方、環境適合性以外の分野では、石炭については、可採年数が長く、供給安定性や経済性に優れること、価格が安定していること、我が国の石炭火力発電の技術は世界最高水準であるといった観点もあわせて考慮することについてどのように考えるのか。

LNGについては、供給先が多様であることや石油と比較して燃料価格が安定しているといった長所があるが、その一方で石炭と比較して可採年数が短いこと、長期契約が中心なので供給の弾力性に欠けること、産ガス国の需要増によって我が国へのLNG供給が大きく増える見込みにないこと、備蓄が容易でなく在庫日数が少ないこと、原油にリンクした価格体系になりつつあり価格が不安定なことといった要素も十分に考慮すべきではないか。

今後の低炭素電力供給システムにおいては、こうした環境適合性以外の面もきちんと理解した上で、更に太陽光発電の不安定な出力を如何に吸収するかという観点から、例えばIGCCは、多様な燃種への対応や、出力変化、

電源立ち上げに課題があるといったような観点も十分に踏まえた適切な電源選択が行われる必要があるのではないか。

石油火力については、現在は通常ピーク対応電源として使われており、 設備利用率が非常に低くなっている。液体燃料であるため貯蔵が容易で、ハ ンドリングがしやすく、国際市場も成熟しているために燃料の追加供給力が 高いことから、原子力の利用率が低下したときや猛暑・厳冬時には、石油火 力が威力を発揮する。太陽光発電等の新エネルギーの大量導入時には、気候 によって、火力発電の利用状況が大きく変化し、一日の内でも火力発電の発 電出力が大きく変動するため、追加的供給力という面で石油火力の重要性が 高まることも考えられる。

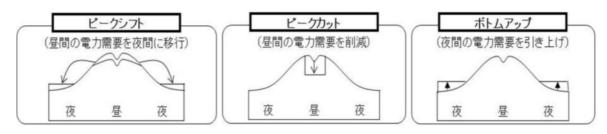
一方、我が国の石油火力は都市部を中心に硫黄分 0 . 1%程度の超低硫 黄原重油が使用されており、こうした発電所においては排煙脱硫装置が装備 されていないため、今後、南方系の超低硫黄原油の生産量が減り、輸入される原油が重質化・高硫黄化することを考えれば、電源運用の弾力性を向上させるためには石油火力に排煙脱硫装置を装備することが望ましいのではないか。また、石油火力は長らく新増設が行われていないため、設備が老朽化し、効率が悪化していることもあり、石油火力のリプレースについても重要な課題ではないか。

負荷平準化対策について

(1)負荷平準化について

一般的に、負荷平準化対策とは、電力負荷を需要の多い時期から需要の少ない時期に移行(ピークシフト)、需要の多い時期の電力需要を削減(ピークカット)、需要が少ない時期の電力需要を創出(ボトムアップ)することにより、最大需要電力の抑制等を図ることで必要となる設備容量を減らすといった効率的な電源運用を図るものである。

負荷平準化は、ピークの電力需要を抑制することで、電力需要増による供給力不足のリスクを軽減すること(電力の安定供給の確保)、ピーク需要に対応した設備投資の軽減(電力供給コストの低減)、夜間の電力需要創出によりベース電源である原子力発電の導入余地の拡大や設備利用率の向上(原子力発電所の着実な推進による低炭素化)などの意義がある。



【ピークシフト・ピークカット・ボトムアップのイメージ図】

我が国の年負荷率14は、冷房需要の増加15等により1960年代後半から低下傾向にあったが、空調機器の高効率化・省エネルギーの進展、ヒートポンプ・蓄熱システム等の負荷平準化機器の普及、電気料金メニューの多様化等の対策の結果、近年改善傾向にある。

(2)電力負荷平準化の改善に向けた取組

電力の負荷平準化は、電力の安定供給の確保を図り、電力供給コストの低減や原子力発電の着実な推進(環境適合)に寄与することから、負荷率の改善に向けた取組が継続的に実施されてきた。

(3)太陽光発電による負荷平準化の効果と負荷平準化の役割について

太陽光パネルは、昼間、特に真昼に多く発電することから、晴天時には負荷平準化(ピークカット)と同様の効果を持つが、点灯ピークの場合や曇りや雨天時

¹⁴ 年負荷率(%) = 年間平均電力(kW) / 年間最大電力(kW) x 100

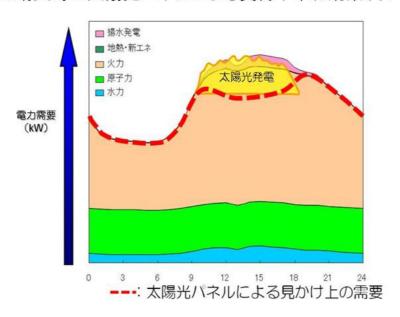
¹⁵ 家庭用エアコンやビル等における冷房空調設備の普及拡大により最大電力に占める夏季需要の比率は 増加傾向にあったが、近年は空調機器の高効率化や省エネの進展等により横ばい傾向にある。

の太陽光パネルが発電しない時には、負荷平準化の効果は期待できない。ただし、曇りや雨天時には、ピーク電力が晴天時より低いため、晴天時のような大きなピークカット効果は本来求められないことから、太陽光発電による負荷平準化の具体的な効果は予測困難ながら、ある程度は負荷平準化と同様の効果を期待できると考えられる。

しかしながら現時点では、その効果を定量的に示すことは困難であり、今後、全国レベルでの太陽光発電の発電パターンのデータ取得に向けた実証事業などによって、その効果は徐々に明らかになることが想定される。これは太陽光パネルの導入による副次的な効果であり、こうした点から見ても、太陽光発電の普及は有意義なものと位置づけられる可能性があるのではないか。

一方、太陽光発電の大量導入時には、天候の変化等に備えて火力発電等によるバックアップ電源が必要となるため、負荷平準化の意義であるところの設備容量の削減による「電力の安定供給の確保」や「コストの低減」に対しては、太陽光発電による負荷平準化の効果がどれほどのものか明かでない現状においては、定量的な評価は困難である点には留意する必要がある。

【夏の晴天時の太陽光パネルによる負荷平準化効果(イメージ)】



低炭素電力供給システムの実現のためには、原子力発電の推進や太陽光発電等の新エネルギーの導入拡大が不可欠であり、電力負荷平準化により夜間電力需要が創出される等により、ベース電源である原子力発電の導入余地の拡大や設備利用率の向上が図られる。また、電力負荷平準化効果の高いヒートポンプ蓄熱システムは、機器そのものの効率が高いことにより、CO₂排出量削減に寄与する。

以上のことから、太陽光発電等の新エネルギーの大量導入の有無に関係なく、 引き続き負荷平準化対策を推進することによって、電力の安定供給と低炭素化 を図っていくことが重要ではないか。

低炭素電力供給システムにおける技術課題について

低炭素電力供給システムに向け、電力供給における CO_2 排出量の削減と電力の安定供給の両立を図ることが重要である。以下では、低炭素電力供給システムの構築に向け、(1)火力発電の効率向上、ゼロ・エミッション電源の導入拡大や CO_2 の分離・回収・貯留等の発電側における課題、(2)再生可能エネルギーの大量導入時における系統安定化対策や送配電の高効率化等の電力系統側における課題、(3) 需要家側における省エネルギーやエネルギー管理(DSM)等の需要家側における課題について整理を行った。

(1)発電側における課題

電力供給システムの低炭素化を図るためには、火力発電の効率向上に加え、エネルギー源の多様化やゼロ・エミッション電源の導入拡大、CO₂の分離・回収・貯留(CCS)技術の確立に向けた技術開発が重要。

火力発電の効率向上

石炭は安価で供給安定性に優れるものの、発電時の CO₂ 排出量が他の電源に比べ多いことから、石炭火力発電の効率向上を目指した石炭ガス化発電(石炭ガス化複合発電(IGCC)や石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC¹⁶))や次世代超々臨界発電技術(A-USC)などのクリーンコールテクノロジーの技術開発を進めていく必要があるのではないか。

火力発電のうち、環境適合に優れるLNG火力についても、ガスタービンの燃焼温度を1,500 級から1,700 級に高温化することにより、発電効率を52%から56%(送電端、HHV)以上に向上するための技術開発が進められている。高効率ガスタービンの開発に当たっては、ガスタービンの高温化に伴う冷却技術や耐熱合金等の材料技術等の開発に加え、保守コストの低減、低NOxで安定的な燃焼が可能な燃焼技術の開発が必要であるのではないか。

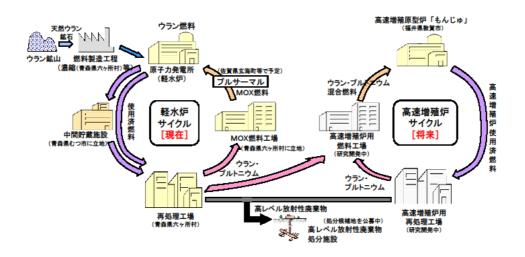
エネルギー源の多様化/ゼロ・エミッション電源の導入拡大

低炭素電力供給システムの中核である原子力発電の推進を図るため、安全確保の大前提の下、官民一体となって世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発、高速増殖炉サイクルの早期実用化に向けた関係者が一体となった取組、ウラン資源自主開発の推進及び人材育成等を行うとともに、プルサーマルを含む核燃料サイクルや最終処分事業の推進に向けた取組の強化等を行っていく必要がある。

_

¹⁶ IGFCとは、IGCCに更に燃料電池を組み合わせ、燃料電池、ガスタービン及び蒸気タービンにより発電するトリプル発電方式である。電源開発(株)が平成 14年度より福岡県北九州市においてIGFCのパイロット試験を実施。

核燃料サイクル



太陽光発電の大量導入に向け、太陽電池の高効率化・低コスト化・長寿命化に向けた革新型太陽光発電技術の開発を進めるとともに、太陽光発電が大量導入された場合の電力系統への影響緩和のため、太陽光パネルの出力抑制技術や出力予測技術等の技術開発を加速させていく必要がある。また、風力発電については、バード・ストライクや低周波音等による立地問題等により風力発電所の建設が進まない場合もあることから、低周波音対策技術や洋上風力等の開発領域の拡大に向けた技術開発を進める必要があるのではないか。また、太陽光発電等の大量導入に備えた電力系統安定化対策に係る蓄電池等の技術開発を行う必要があるのではないか。

また、石炭火力の低炭素化に向け、石炭火力への混焼による木質チップや鶏 糞等のバイオマス資源の有効活用を進めることが重要である。石炭火力におけるバイオマス混焼に当たっては、林地残材や鶏糞等のバイオマス資源の安定的 な調達に加え、既存設備の活用による既設ミル利用時の石炭粉砕性の影響評価やバイオマス粉砕性の評価等に係る技術を確立するとともに、バイオマス混焼 比率の拡大¹⁷に向け、粉砕用ミルの開発や多様なバイオマス資源の混焼に対応可能なボイラー等の技術開発を進めていく必要があるのではないか。

水力発電の開発については、近年開発可能な新規地点が奥地化・小規模化していることに伴い、開発に当たっての採算性は従来よりも厳しくなっている。一方で、水力発電は非常に短時間で発電が可能であり、出力の変化速度も速いという特性を有していることから、太陽光発電が大量導入された場合のバックアップ

¹⁷ 現状では2~3%程度の混焼実績となっている。

電源や周波数調整用電源としての役割が期待されるなど重要性は増している。 また、未利用水力の活用を図るための低落差・小水量水車の開発や低コスト化 等を図るとともに、需要変動に柔軟に対応できるような揚水発電所の可変速化に 向けた技術開発等を進めていく必要があるのではないか。

地熱発電については、開発ポテンシャルは十分にあるものの、経済性の問題、地元温泉事業者等との調整や自然公園法等の関係法令による規制により開発が進んでいない。よって、これらの課題を解決するべく、開発リスクの低減に向けた地熱資源の探査・評価技術の開発やバイナリー発電等による適用領域の拡大を図るための低温地熱の有効活用に向けた技術開発を進めていく必要があるのではないか。

【地熱・バイナリー発電】

八丁原バイナリー発電施設(2004.2~)

地熱発電のしくみ

出典:九州電力ホームページ

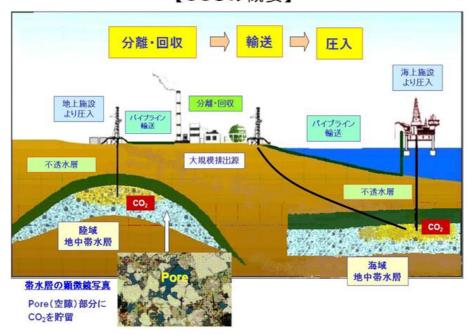
CO,の分離・回収・貯留

火力発電所等の大規模排出源から排ガス中のCO₂を分離・回収し、長期間安定的に地下へ貯留、又は海洋へ隔離することにより大気中へのCO₂放出を抑制するCCS技術が温暖化対策の切り札として注目されている。

現在、低炭素社会づくり行動計画に基づき 2020 年までの実用化を目指し、福島県いわき市などで実施可能性調査が行われているが、実用化にあたっては、低コストで効率良く CO_2 を分離回収できる技術の開発や貯留地 18 の確保等が鍵となっている。

¹⁸ 地中貯留として、枯渇油田やガス田への貯留等が想定されている。

【CCSの概要】



出典:経済産業省「CCS2020」

(2)電力系統側における課題

電力の安定的な供給のためには、発電所の建設だけでなく、電力需要等に応じて送電線や変電所などの電力系統を着実に整備していくことが重要である。我が国ではこれまで先進的な電力系統の構築に取り組んで来た結果、海外と比べ送配電網の自動化率が高く、供給信頼度も高く維持されている等の成果があるものの、今後、太陽光や風力等の出力が不安定な新エネルギーの大量導入が見込まれていることから、電力系統に悪影響を及ぼすことがないよう更なる電力系統安定化対策が不可欠である。したがって、新エネルギーの大量導入と電力の高品質で安定的な供給の両立に向けた技術的な課題について整理し、解決に向けた技術開発を推進していくこと必要がある。

系統の安定化/系統電源と再生可能エネルギーの協調

太陽光等の新エネルギーは、天候の変化により出力が変動することから、大量導入された場合、瞬時瞬時の電力需給バランスに影響を及ぼすおそれがあるとともに、低需要期には大量の余剰電力が発生する可能性がある。このため、瞬時瞬時の電力需給バランスを確保する観点から出力抑制や蓄電池の設置が必要となってくるが、新エネルギーの大量導入に伴う大きな出力変動や余剰電力に対応可能な蓄電池の大容量化や長寿命化、制御技術の開発等を図っていくことが必要である。

大量の太陽光発電等の新エネルギーを系統側で安定的に受け入れ、系統電

源と新エネルギーと蓄電池等が協調した電力供給を指向することを目的として、 従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、我が国の状況に適合させつつ、情報通信ネットワークにより分散型電源や需要家の情報を統合・活用して、高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムを実現させる先進的な研究開発を進めていくことについてどう考えるのか。

太陽光発電等の新エネルギーの大量導入と高品質で安定的な電力の供給を確保するにあたり、一般電気事業者は電力需要に応じて瞬時瞬時の需給調整運用を行う必要があることから、新エネルギーの出力把握・予測技術の開発等の需給運用手法の高度化が重要となるのではないか。また、太陽光発電の大量導入に備え、太陽光発電の出力変動や平滑効果等について、実測データに基づく分析・評価を早急に行う必要があるのではないか。

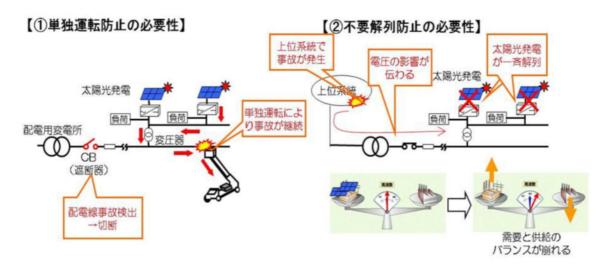
太陽光発電による出力が電力系統に逆潮流する場合、電力系統(特に配電系統)の電圧が電気事業法で規定する適正電圧を逸脱する場合には逆潮防止機能が働くが、柱状トランスの分割設置や電圧の適正化対策としての電圧調整装置(SVC)、自動電圧調整器(SVR)等を活用した電圧安定化手法の確立等が必要ではないか。

また、新エネルギー等の分散型電源が大量導入された場合、電力系統側での 雷等による系統事故等により、分散型電源が系統連系されている電力系統から 一斉に解列し、需給バランスが崩れるなど電力系統等へ大きな影響を及ぼすお それがある。このため、分散型電源の不要解列防止方法について検討する必要 がある。

更に、雷等の系統事故や緊急停止時に、系統電源から切り離されて、本来停止すべき電力系統に自然エネルギー等の分散型電源の運転(単独運転)による通電が継続される場合がある。単独運転が継続された場合、公衆感電、需要家側の機器損傷の発生、消防活動への影響、作業員の感電等のおそれがあることから、分散型電源が大量に導入された場合でも系統事故時に、誤動作せずに確実に運転停止できる単独運転防止装置の開発等が必要ではないか。

これらを踏まえて、電力系統における計画外の電力潮流に対応した過渡安定 度解析、潮流予測、リアルタイム監視・制御など系統運用に係る安定化制御手法 の高度化が必要となるのではないか。

【単独運転防止と不要解列防止について】



送配電の高効率化

送配電ロス率の低減は、発電所における化石燃料等の省資源化や CO_2 排出量の抑制につながることから、我が国においては送電電圧の高圧化や低損失型の変電設備の採用等により送配電ロス率の低減に努めてきたところである。今後、系統安定化や送電ロスの飛躍的な低減に向け、超電導電力貯蔵装置 (SMES¹⁹)、超電導ケーブルや超電導変圧器等の技術開発²⁰について 2020 年の実用化を目指して進めていくことが必要ではないか。また、これらの超電導機器については、一部工場等において導入が図られているものの、実際の電力系統に連系する場合には、実証試験も今後必要となるのではないか。また、直流 / 交流変換の効率化を図るため、シリコンカーバイト (SiC)等を活用した新たなパワーエレクトロニクス機器の開発が重要ではないか。

(3)需要家側における課題

低炭素電力供給システムの実現に向けては、発電効率の向上、ゼロ・エミッション電源の導入拡大や再生可能エネルギーの大量導入に伴う系統安定化等の電力供給側における取組に加え、最終的に電力を消費する需要家サイドにおける取組が重要である。

需要家側の省エネルギー

民生・業務部門における低炭素化に向け、ヒートポンプ・蓄熱システムの普及拡大及び高効率化を図っていくことが重要ではないか。エネルギー消費効率の

¹⁹ SMES は、雷等による瞬間的な電圧低下を防止する設備としても活用が期待されている。現在、シャープの亀山工場に実用機が設置されている。

²⁰ 現在、イットリウム系超電導線材を用いた超電導電力機器として、超電導電力貯蔵装置(SMES) 電力ケーブル、変圧器について、2020年の実用化を目標に技術開発が行われている。

高い運転サイクルの開発等によるヒートポンプの高効率化を図っていくとともに、 寒冷地における暖房需要や給湯需要へ対応可能な機器を開発することで普及 拡大を図っていくことについてどう考えるのか。また、白熱電球²¹から蛍光灯を経 て発光ダイオード(LED)照明などに代表されるような様々な電化製品における 次世代の省エネ機器²²・システムの開発に大きな期待が寄せられている。

また、運輸部門における低炭素化に向け、 CO_2 排出量が少ない等の環境性能が高い電気自動車(EV)やプラグインハイブリッド車の普及拡大を図っていくことが重要である。これらの電気自動車等の普及拡大に向けて、電気自動車の走行距離の延長等や電池の低価格化を図るとともに、充電スタンドの設置拡大などの普及拡大策を講じていくことについてどう考えるのか 23 。

需要家側のエネルギー管理

需要家側におけるエネルギー管理として、電力系統側からの情報に基づき電力需要の制御や運転指令等を行うデマンドサイド・マネジメント(DSM)、BEMS・HEMS等のエネルギー管理システムの有用性について期待されている。例えば、太陽光発電等の大量導入に当たり、太陽光による発電に合わせて家庭内の電力需要を制御したり、系統の需給状況に合わせて太陽光による発電量を制御する等の技術を組み合わせることにより、住宅におけるCO₂排出量の削減が期待される。なお、需要家側におけるDSMの導入に際しては、費用対効果の検証や、遠方から制御等を行うための確実な通信・制御技術の確立が必要であり、また、DSMに対する需要家側のコンセンサスの醸成も重要である。

これらの技術課題は、長期的視点から産学官で着実に取り組んでいくことが重要である。特に、低炭素電力供給システムの共通基盤である電力系統技術については、再生可能エネルギーの大量導入が見込まれる中で、十分な技術基盤が確保されることが必要である。このための課題を体系的に整理するとともに、必要な技術開発が着実に進められるようプラン作りが今後必要である。

まとめ

_

²¹ 家庭等で使用される一般的な白熱電球の生産・出荷に関し、代替可能なものについては、2012年を目途に、原則として電球形蛍光ランプなど省エネ性能の優れた製品への切替えの実現を目指す方針が2008年5月に甘利経済産業大臣より示された。

^{22 2009}年3月末現在、省エネルギー法に基づくトップランナー基準の対象となる機器は、21品目にのぼる。

²³充電スタンドについて、電気自動車に対する充電を事業として行った場合、電気事業法に抵触する可能性があるとの指摘もあるが、当該事業が、電気事業法における「一の需要場所」内の電気のやり取りであって、車体に内蔵された蓄電池に充電する行為であれば、現行法の解釈に照らして「需要に応じた電気の供給」にはあたらないと考えられることから、同法における事業規制の対象外と判断される。