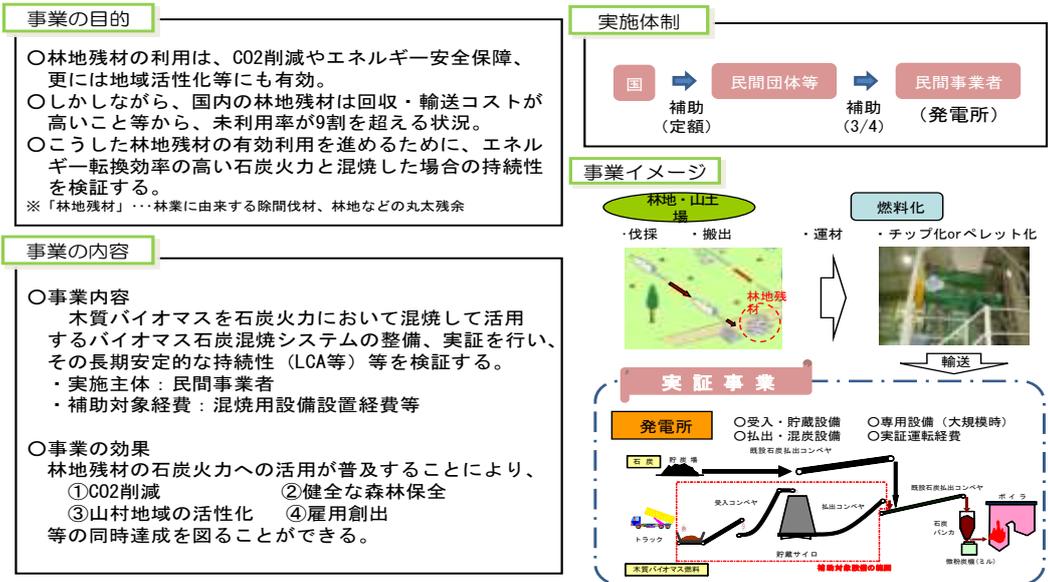


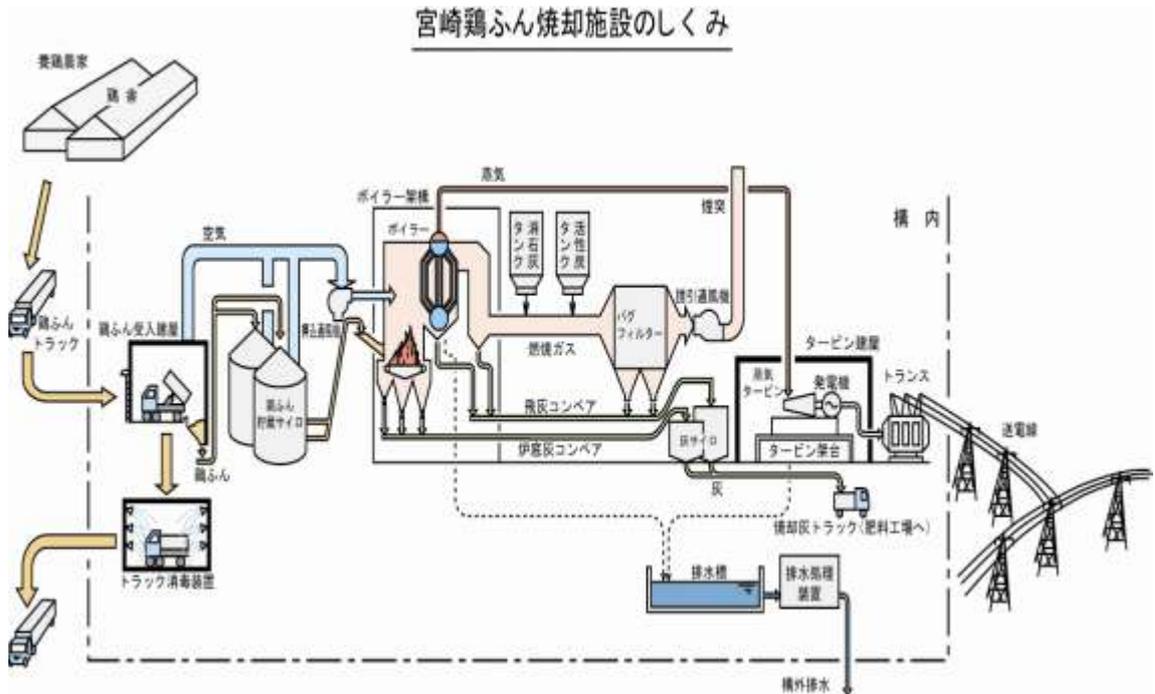
林地残材バイオマス石炭混焼発電実証業



(参考) バイオマス専焼発電所 (宮崎鶏ふん焼却施設) の概要

みやざきバイオマスリサイクル(株)では、近隣の養鶏農家から受け入れた鶏ふんを焼却ボイラーで直接燃焼し、発生した蒸気により発電を行っている。また、鶏ふんの焼却灰には、リンやカリウムが豊富に含まれるため、肥料原料として販売している。

【宮崎鶏ふん焼却施設の仕組み】



出典：みやざきバイオマスリサイクル(株)HP

3. 火力発電に必要な機能を維持するための課題

火力発電は、現状では発電電力量の約6割を火力発電が担うが、火力発電そのものの低炭素化のみならず、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していくという観点はあるものの、太陽光発電等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ため、引き続き一定量の確保は必要である。

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、CO₂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が有していることから、各種エネルギー施策の構築に当たっては、こうした燃料種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なされることが必要である。

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当たっては、環境適合性の観点からは、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べきであり、可能な限りバイオマス混焼を進めることが重要である。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されるべきである。

LNGについては、供給元が多様であることや、長期契約が中心であり、供給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弾力性に欠けること、新興消費国の台頭や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がないこと、備蓄が容易でなく在庫日数が少ないこと、より直接的に原油価格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ある。

今後の低炭素電力供給システムの構築に当たっては、こうした環境適合性以外の面もきちんと理解した上で、更に太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー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。

石油火力については、通常ピーク供給力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、燃料の追加供給力が高いことから、原子力発電所等の大規模な停止時や猛暑・厳冬時には、石油火力の役割が一層増加する。また、太陽光発電等の大量導入時には、天候によって、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、石油火力の調整力の重要性も高まる。

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。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自社の電源構成や燃料の調達環境等を勘案した上で、石油火力に排煙脱硫装置を装備することで電力の安定供給を図ることも重要な方策の一つである。また、石油火力は長らく新增設が行われていないため、設備が経年化し、最新の設備と比べ効率が低いこともあり、石油火力のリプレースについても重要な課題である。

以上のように「低炭素化」のみに重点を置いた短絡的な議論に引きずられることなく、供給安定性、経済性、環境特性の3つのEとともに、運転特性などのメリット・デメリットを勘案しながら、各電源の役割に応じて、最適な電源構成の実現を図っていくことが引き続き重要である。

4. 電気事業に供する石炭火力発電の環境適合についての考え方

石炭火力発電所の新規建設に関しては、今般、小名浜火力発電所の計画に係る環境アセス手続きにおいて、個々のプロジェクトにおける最新技術の導入や電気事業全体におけるCO₂排出削減のための取組との関係に焦点が当たった。

具体的に環境大臣から問題とされたポイントは、まず、個別プロジェクトとしては、勿来におけるIGCCの実証事業が最終段階にあり実用化に近づきつつあるといった状況の下では、現時点で採用可能な最高水準の技術を用いたものとするべきである。また、石炭火力についても新陳代謝が図られ、全体として効率化が進んでいくためには、最新鋭の技術が積極的に投入されていく必要があるのではないか等である。

また、京都議定書第一約束期間における温暖化ガス削減目標を達成するための取組に関し、一般電気事業者とPPS10社が個別に自主行動計画を策定し、それぞれのCO₂排出原単位目標が異なる枠組みとなっている現状においては、PPS向けにCO₂排出原単位の高い電源が建設され、一般電気事業者の電力から置き換わることにより、電気事業全体のCO₂排出に悪影響を及ぼすおそれがあることも問題とされた。

こうした問題点を踏まえ、経済産業大臣は、5月28日に小名浜火力発電所計画に対し、次のとおり電気事業法に基づく勧告を行った。

○本事業は、他の化石燃料と比べ CO₂ 排出源単位の大きい石炭を燃料としており、電気事業者を介して販売される電気の消費に伴う CO₂ 排出量が増加する可能性があることから、最高水準の設備の導入、バイオマス混焼率の拡大等により、施設の稼働に伴う CO₂ 排出量の実行可能な最大限の削減を図ること。

○2008年7月29日に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」の趣旨を尊重し、今後策定される中期目標に係る事業者の責務を果たすこと。

また、この勧告に際して、経済産業省は、中期目標の達成に向けて PPS を含めた電気事業全体として CO₂ 排出原単位が着実に低減される仕組みの構築に向けて対応していくことを表明した。

以上の一連の経緯を踏まえると、今後の電気事業の用に供する石炭火力の新設に当たっては、現時点で採用可能な最高水準の技術を用いた IGCC 並みの CO₂ 排出原単位レベルを実現していくことが求められる。

VI. 低炭素電力供給システムを実現するための系統安定化対策について

以上のとおり、低炭素電力供給システムを実現していくためには、電源の低炭素化、すなわち原子力、再生可能エネルギーの導入を可能な限り図っていくことが重要である。その際、我が国における優れた品質を維持しつつ、電力の安定供給を確保していくためには、送配電ネットワークにおける対策が鍵となる⁴²。逆に、この送配電ネットワークの能力が低炭素の電源を取り入れて行くに当たっての制約条件になる面があり、本格的かつ速やかな対策の実施により、幅広く低炭素電源の導入が進むよう政策面でも取組を進める必要がある。

その対策の最も重要な部分は、太陽光発電等の大量導入に対応した系統安定化対策であり、その内容を明らかにするとともに、これに必要なコスト負担のあり方を早急に検討する必要がある。本研究会では、「新エネルギーの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」（以下「小委員会」という。）を設置し、太陽光発電等の大量導入における大きな課題である配電網における電圧上昇対策、系統全体における余剰電力対策を中心に専門的な検討を行った。

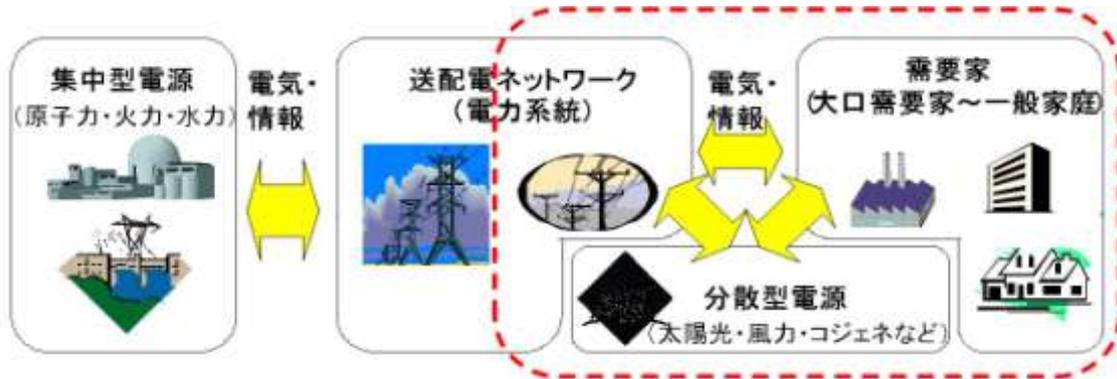
太陽光発電の導入については、本年4月の経済危機対策において、目標がさらに前倒しされ、2020年度に20倍程度（約2,800万kW）を目指すとの方針が示された。従来の約1,400万kWは、蓄電池の性能やコストをのぞき、活用可能な技術により送配電ネットワーク側での受入れがぎりぎり可能な試算値1,300万kW⁴³に近いレベルであり、これまでそれを前提に本研究会でも検討作業を進めてきた。しかし、新たに掲げられた2,800万kWはそれを遙かに超えるものであり、系統安定化対策に大きな課題を投げかけるものとなった。

米国のオバマ政権は経済対策の柱としてグリーンニューディール政策を掲げ、その中で「スマートグリッド」に注目が集まっている。スマートグリッドは、対象となる地域や目的により様々な概念を持つが、概ね「従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、情報通信技術の活用により、太陽光発電等の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の実現を目指すもの」を指すと考えられる。

⁴² 電気事業連合会は、全国で、風力発電では500万kW程度まで、太陽光発電についても、局所的な集中設置などの場合を除き、1,000万kW程度まで電力系統の安定性を失うことなく連系可能と発表（2008年5月）

⁴³ 電力需要が努力継続ケースで推移し、かつ、太陽光発電の一定期間の出力抑制が実現されている前提。

【スマートグリッドの概念図】



米国のみならず、世界各国においても再生可能エネルギーの導入を積極的に進めていこうとしており、これに当たって送配電ネットワークの強化も共通課題となっている。

基幹送電網を含む送配電インフラが脆弱な米国では、オバマ政権が110億ドルのスマートグリッドを含む送配電投資について発表をしたところである。また、欧州の一部の国では風力発電の導入拡大によって、送電網の混雑が頻繁に発生し、出力抑制も実施されているところであり、送配電システム上の課題解決が必要となりつつある。

我が国においても、太陽光発電等の大量導入に伴う系統安定化対策の他、需要家との接点におけるスマートメーター⁴⁴の導入、需要家自体における太陽光等の有効活用や省エネルギーを統合的に進めていくための「スマートハウス」といった実証的な取組も進みつつある。

以下では、まず、低炭素電力供給システムを実現するための系統安定化対策について、新エネルギーの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における検討内容⁴⁵を示す。次に、2020年度における太陽光発電の導入目標を引き上げたことに伴いクローズアップされた技術開発課題、及び以上の他「スマートグリッド」の概念に含まれる取組状況についてとりまとめる。

(1) 太陽光発電等の大量導入時の系統安定化対策について

本研究会では、今後の太陽光発電等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、電力系統への影響やその影響を管

⁴⁴ 「スマートメーター」の定義については様々であるが、「規制改革推進のための第3次答申」（「規制改革会議」平成20年12月22日）によると、「単なる電力計の電子化や機能の高度化以外に、それに付随して発生するメーター・事業者間における双方向通信の仕組みや、電力会社における業務改善、顧客サービスの多様化など、スマートメーター導入を契機としたあらゆる仕組みの変革のことを指す」とされている。

⁴⁵ 需要：長期エネルギー需給見通しの努力継続ケースの需要を前提。太陽光導入量：長期エネルギー需給見通しの最大導入ケースの導入量（2020年に約1,400万kW、2030年に約5,300万kW）を前提。

理するための対策、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。

太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入時における電力系統の主な課題としては以下の3つが挙げられる。

- 配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化⁴⁶
- 余剰電力の発生（需給バランス）⁴⁷
- 周波数調整力が不足する可能性⁴⁸

上記の課題に対する対策としては、複数のオプションを比較検討した結果、柱上変圧器の分割設置等による配電系統の強化や、需要家又は電力系統側における蓄電池の設置や揚水発電の活用による余剰電力対策が必要との結論を得た。太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化のために必要となる設備投資面での対策は出力変動対策よりも余剰電力対策として導入される蓄電池や揚水発電等が支配的であることから、時系列シナリオとして、以下の3つを検討シナリオとして設定した。

- 〔Ⅰ〕 需要家側に蓄電池を設置する場合
- 〔Ⅱ〕 配電対策を行いつつ系統側に蓄電池を設置する場合
- 〔Ⅲ〕 配電対策を行いつつ系統側で揚水発電及び蓄電池を設置する場合

各シナリオについて、一定の仮定の下でコスト試算を行ったところ、2030年度までの系統安定化対策費用として、総額で約4.6～6.7兆円（2008年現在価値換算）と推計され、最も経済的なシナリオは〔Ⅱ〕であった⁴⁹。

⁴⁶ 具体的には、太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統側に電力を逆潮流する場合、配電系統の電圧が上昇。連系点における電圧が電気事業法に基づく適正値を逸脱しそうな場合には、電圧を適正に維持するため、太陽光発電の出力を抑制し、逆潮流を抑える必要が生じる。

⁴⁷ 太陽光発電が大量に導入された場合、需要の少ない時期において、ベースの供給力と太陽光発電による発電量の合計が需要を上回る可能性があり、余剰電力が発生することとなる。なお、この課題については、需要の少ない軽負荷期において太陽光発電の出力を抑制することにより、軽減することが可能。また、電気自動車やヒートポンプ等の新規需要創出も余剰電力対策に有効である。

⁴⁸ 現在の電力系統においては、一般電気事業者が需給運用において適正な調整力（LFC容量）を確保することにより周波数を維持。太陽光発電については天候などの影響により出力が大幅に変動する可能性があることから、太陽光発電の導入量の大幅な拡大に伴い、LFC容量の不足等への対応が課題。

⁴⁹ 試算の前提条件や各シナリオの詳細及び試算結果等については、新エネルギーの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「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」（2009年1月9日）報告書参照

<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/data/g90126aj.html>

シナリオ	出力抑制 (年末年始 とGW) ^{※1}	配電対策	需要家側 蓄電池	系統側 蓄電池・揚 水発電	火力発電 による調 整運転 ^{※2}	蓄電池の充 放電ロス・揚 水ロス ^{※2}	太陽光出力 の把握 ^{※2}	総額 ^{※3}
I. 需要家側蓄電池	0.04 ～0.14 兆円	— ^{※4}	4.81 ～6.01 兆円	— ^{※4}	～0.23 兆円	0.06～ 兆円	～0.26 兆円	5.39 ～6.70 兆円
II. 配電対策+系 統側蓄電池	0.04 ～0.14 兆円	0.44 兆円	—	3.59 兆円	0.23 兆円	0.06 兆円	～0.26 兆円	4.61 ～4.72 兆円
III. 配電対策+系 統側蓄電池+ 揚水発電	0.04 ～0.14 兆円	0.44 兆円	—	3.60 兆円	0.23 兆円	0.06 兆円	～0.26 兆円	4.62 ～4.73 兆円

(長期割引率3%で2008年現在価値換算した。四捨五入により総額が一致しない場合がある。)

※1 年末年始及びGW期間中における出力抑制による発電電力量の減少分を2%と仮定すると、総抑制量は約50.5億kWh(太陽光発電協会試算)となり、当該抑制量を基に機会損失コストを試算すると約842億円となる。

※2 火力発電による調整運転及び蓄電池の充放電ロス・揚水ロスに係るコストは、2030年度における対策量約70億kWh及び約20億kWh(ともに電事連試算)を基に試算した。また、太陽光出力の把握に係るコストについては、5,300万kW導入時の対策費用4,000億円(電事連試算)を基に試算した。

※3 各シナリオにおいては、出力抑制、需要家側蓄電池など幅をもって試算している項目もあるが、以後のコスト負担の試算においては各シナリオにおける最大額(6.70兆円、4.72兆円、4.73兆円)を用いる。

※4 シナリオ I では、実際には配電対策、系統側蓄電池・揚水発電が必要となる可能性もある。

なお、追加発生コストではないが、太陽光発電の導入に伴う自家消費の増加により、既存設備に係るMWh当たりの固定費負担額が導入しない場合に比べて相対的に増加する。

なお、今回の試算に当たっては、太陽光発電によって発生する全ての余剰電力を蓄電によってカバーする場合には不合理に極端に大きな設備容量が必要となることから、休日が連続し、需要が低い年末年始やGW期間においては出力抑制を行うことを前提とした。余剰電力の蓄電等に関する合理的な設備形成の観点からは、一定の出力抑制が必要であり、そのあり方や具体的な方策については今後検討が必要である。

こうした試算による導入コストの負担のあり方については、今後の太陽光の導入の実際の状況や系統対策費用の発生状況を見極めながら検討を行う必要がある。当面は新たな余剰電力買取に係る費用負担の制度化を巡る議論が先行的に進められているが、系統安定化対策のコストも太陽光発電の導入に伴って増加すると試算される。こうしたコストが今後顕在化していくこと想定し、負担方法についてのルールを検討していく必要がある。

太陽光発電の導入に係る系統安定化対策コストについては、原因者が特定される場合には原因者負担となるが、小委員会においては、負担の水準感を示すべく、現行の料金算定ルールを単純に当てはめた場合には「送電等非関連コスト」(小売料金に整理されるコスト)に整理されると考えられる「系統安定化対策コスト」について、当該整理を出発点に、当該コストを「送電等関連コスト」(系統利用者負担として、①半額【整理1】、②全額【整理2】)と整理する考え方、及び、全額を太陽光発電の設置者による原因者負担【整理3】と整理する考え方を想定し、それぞれについて需要種別毎のコスト負担額を試算した。その結果、系統利用者負担分が増える場合には、PPSの一次負担やその需要家の最終負担が増えること、原因者負担分として太陽光発電設置者の費用負担が増えれば、その普及が遅延・抑制される可能性があることが明らかとなった。⁵⁰

⁵⁰ 新エネルギーの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において、系統安定

これらの考え方には、充放電・揚水ロス等の電源に係る費用まで系統利用者が負担することや主に家庭用太陽光発電の導入に伴う対策費用が自由化部門を含む全需要家の負担となることの是非、原因者を厳密に特定することの可否等の課題が存在する。太陽光発電の大量導入による低炭素社会の実現に向け、こうした料金負担論のみならず、エネルギー間の競争環境に与える影響、公的支援の在り方・多寡も含め、今後あるべき負担論について検討を深めていくことが必要である。

(2) 太陽光発電の導入目標引上げ及び長期的な大量導入に伴う系統安定化対策 ——長期的な大量導入に伴う系統安定化対策電源に

太陽光発電等の大量導入に伴って電力系統の安定化対策が必要か否かについては、2020年度において一定の出力抑制を行えば、特段の対策を講じない場合でも、局所的な集中連系を除き、太陽光発電は1,300万kW程度導入可能との試算がある。これは、余剰電力対策の観点からは、送配電ネットワークを含む電力供給システムで受け入れ可能であることを意味する。

しかし、これを上回る太陽光発電等の導入に対しては、周波数調整力等の面から現状の電力供給システムでは対応が困難な事態が生じ得る。太陽光発電に係る補助制度や新たな買取制度等の施策の効果により太陽光発電システムの大幅な価格降下が実現されることにより、長期エネルギー需給見通しで示されている導入見通しが前倒しになることも想定される。こうした場合には、以上のような既存のネットワークにおける制約を克服するための技術開発やデータ蓄積等を重点的かつ集中的に推進する必要がある。

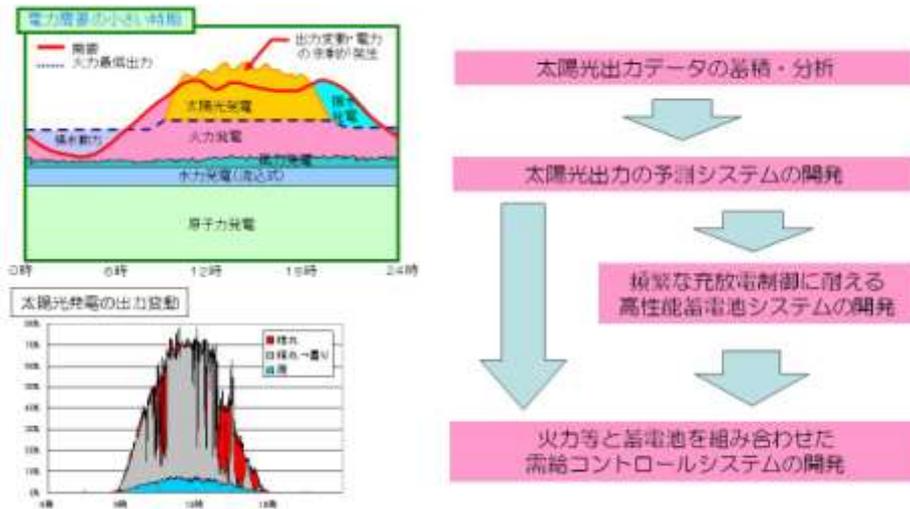
具体的には、太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入による出力変動に対応するため、系統側に設置される蓄電池と火力発電所、水力発電所の組み合わせによる適切な制御を行うことが今後の課題となる。また、火力発電が減少することで、同一周波数で同期して運転することで安定性を維持している発電機（同期機）が減少し、同期化力⁵¹が減少することによって系統の安定度が低下することへの対応や、局地的な気象の変化によって生じるこれまで想定されなかった潮流の変化にも対応できる系統安定化対策など幅広い対策が必要となる。

これらの課題に対応するため、下図に示すような太陽光発電の出力データの蓄積や分析、太陽光発電の出力予測システムの開発、頻繁な充放電に耐えうる高性能な蓄電池の開発といった要素技術の開発に積極的に取り組むべきである。

化対策コストを系統利用者負担、原因者負担に振り分けた場合の試算を行っている。

⁵¹ 同期化力とは、発電機（同期機）が系統に連系している状態で、その同期状態を乱す系統事象（発電機故障や送電線故障等）があった場合などに、元の同期のとれた状態に戻すために発電機間に働く復元力をいう。

<更なる系統安定化対策の概要>



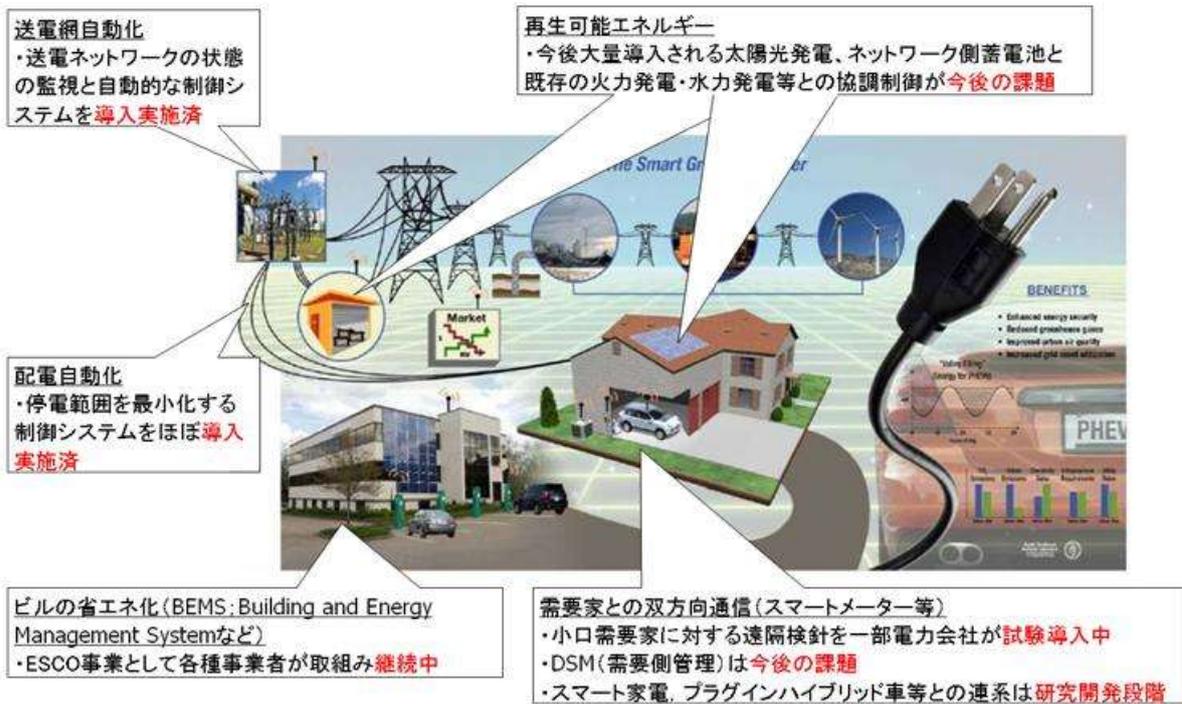
政府においては、2009 度から日本全国約 300 カ所程度で太陽光発電の出力変動や平滑化効果等の実測データを元にした分析・評価や、太陽光発電の出力予測手法の開発等を行うこととしている。また、これまでの太田市や稚内市、北杜市などにおける大規模実証などの成果も活用し、2020 年や 2030 年の太陽光発電の大量導入時の縮図を離島において先行的に具体化していくこととしている。具体的には、今般の経済対策の一環として電気事業者の主要な電力系統に連系していない離島において太陽光発電と蓄電池等からなるマイクログリッドの実証事業を実施する予定である。更に、模擬的な太陽光発電や風力発電、変電所、送電網等から構成される電力系統シミュレータを構築し、系統安定度への影響などを検証する予定である。

(3)「スマートグリッド」に関連する課題について

ここで再び「スマートグリッド」と呼ばれるものの全体に目を転じてみると、これを構成する具体的な技術的要素としては、次のようなものが含まれる。

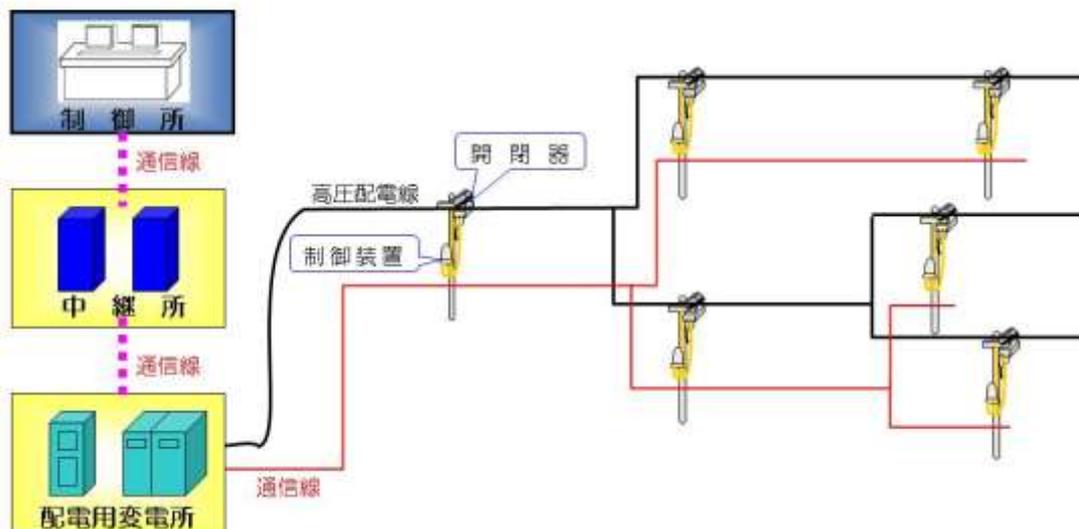
- IT 等を活用した送配電網の自動化
- 分散型再生可能エネルギー導入への対応
- 需要家サイドの多様なマネジメント

【我が国におけるスマートグリッドの構成技術の実施状況と今後の課題】



以上のうち、我が国では、送配電網の自動化については他国に先んじて取り組まれて来ており、現時点では停電時間の少なさ⁵²と高い電力品質を誇っていると言える。また、供給区域内の発電機の出力や、主要な需要家の電力需要、主要な送配電線に流れる電流値を PLC (Power Line communication) 等によって常時把握するなど、電力分野において IT 技術が一早く導入されている。

【我が国の配電自動化の概要】



⁵² 例えば、米国97分、イギリス88分、ドイツ37分、日本19分 (電気事業連合会調べ)

しかし、スマートグリッドの概念に含まれる重要な部分である分散型の再生エネルギー導入への対応に関しては、特に太陽光発電等の大量導入に係る系統安定化対策として、上記のとおり、本格的な研究開発を含む大きな課題を克服していかなければならない状況にある。

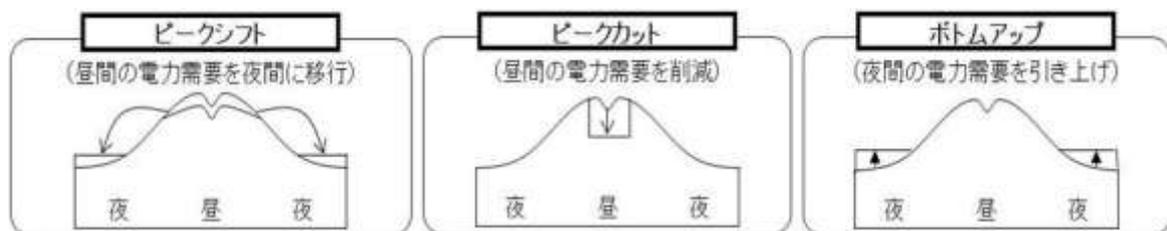
需要家側における多様なマネジメント（DSM：デマンドサイドマネジメント）に関しては、欧米においては先行的に導入されている地域がある。具体的には、電力需給のひっ迫への対応策として、供給力の確保のみにとどまらず、状況に応じて需要家に対して限界的な価格等のシグナルを送り、需要家の行動を促すことやそうした需要家側の行動に関し需要機器を自動制御するシステム等がその構成要素である。また、今後の太陽光発電等の分散型電源の導入に当たり、需要家サイドでその電気を有効活用するため、発電設備と需要機器、さらには蓄電池等の機器類を効率的に制御するようなシステムも考えられる。

VII. 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。

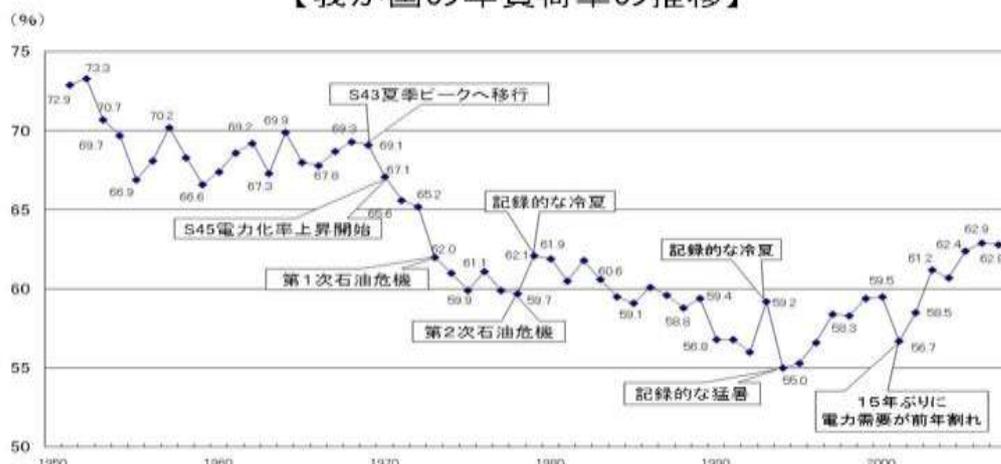
負荷平準化は、ピークの電力需要を抑制することで、電力需要増による供給力不足のリスクを軽減すること（電力の安定供給の確保）、ピーク需要に対応した設備投資の軽減（電力供給コストの低減）、夜間の電力需要創出によりベース電源である原子力発電の導入余地の拡大や設備利用率の向上（原子力発電所の着実な推進による低炭素化）などの意義がある。



【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⁵³は、冷房需要の増加⁵⁴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。

【我が国の年負荷率の推移】

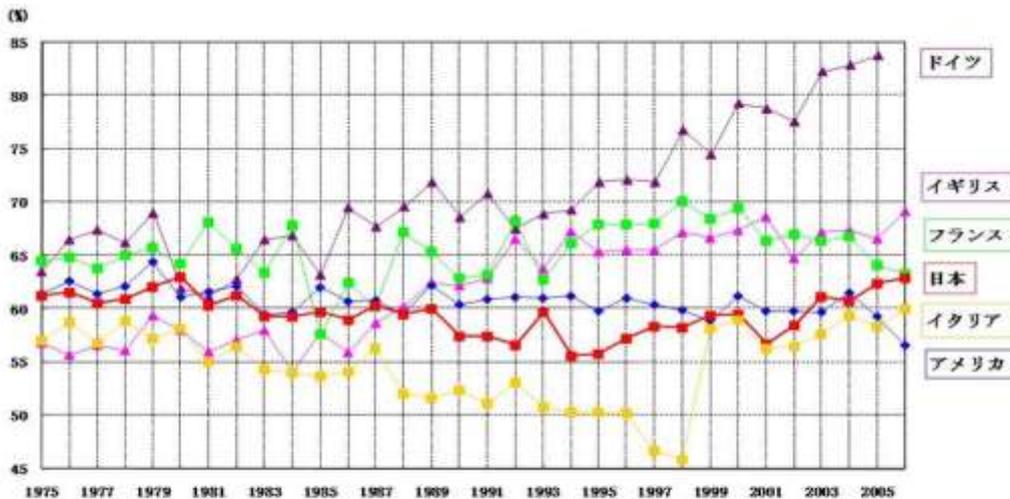


⁵³ 年負荷率 (%) = 年間平均電力 (kW) / 年間最大電力 (kW) × 100

⁵⁴ 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。

一方、欧米と我が国の年負荷率を比較すると、我が国の年負荷率は低い水準にあるが、これは欧米との気候の違いにより我が国は夏季の冷房需要が多いことが主な理由であると考えられる。実際、欧州の主要都市と気候が類似する北海道・東北地域の年負荷率は欧州の年負荷率と同水準にある⁵⁵。

【諸外国との負荷率の比較】



出所)「海外電気事業統計」社団法人海外電力調査会
 注) 1. 日本は年度、他は暦年
 2. ドイツは95年以前は旧西ドイツ地域の値である。
 3. イギリスは85年以前はGreat Britain
 4. 日本は送電端3日平均最大(電気事業用計：生実績)、その他は送電端1日最大である。
 5. イタリアは81年から送電端ベース、それ以前とは連続性なし

⁵⁵ 一般電気事業者間で比較すると、北海道・東北・北陸など夏季ピークが相対的に低く冬季に需要が高い地域では年負荷率が高い傾向にある。

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。以下では、負荷率の改善に向けた取組について紹介する。

【電力負荷平準化対策の概要】

	対策例	負荷平準化の効果が期待できるもの
① ピークシフト	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄熱式空調（エコアイス等）⁵⁶ ・蓄電池⁵⁷ ・エコベンダー（省エネ型自動販売機） ・電気料金メニューによるインセンティブ⁵⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> ・揚水発電所
② ピークカット	<ul style="list-style-type: none"> ・高効率空調 ・ガス冷房 ・省エネ機器 ・電気料金メニューによるインセンティブ⁵⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電 (晴天時の昼間ピークのみ)
③ ボトムアップ	<ul style="list-style-type: none"> ・夜間給湯器（CO₂冷媒ヒートポンプ⁵⁸等） ・電気料金メニューによるインセンティブ⁵⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気自動車 ・プラグインハイブリッド車

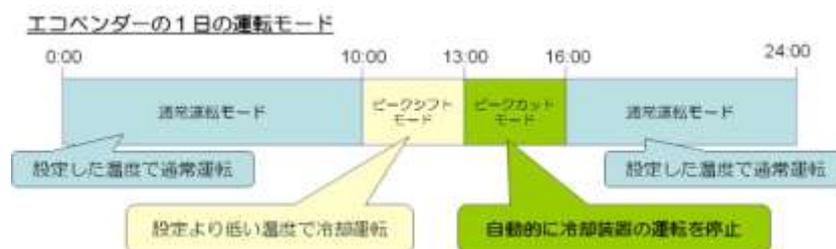
（参考）エコベンダー（省エネ型飲料自動販売機）について

エコベンダーとは、自動販売機メーカー、飲料メーカー、電力会社が共同で開発した省エネ型の飲料自動販売機のことをいい、夏場（7月1日～9月30日）には午前中（10時～13時）に飲料を冷却し、電力需要がピークを迎える午後（13～16時）に冷却運転を停止することで、ピーク時間帯の消費電力を約90%削減することが可能となっている。1995年から設置が始まり、全国の缶飲料自動販売機約220万台のうち北海道を除く地域のほぼすべてにエコベンダーが設置されている。

⁵⁶ 空調需要の少ない夜間に空調に必要な熱を氷・温水等として蓄熱し、空調需要の多い昼間に活用するもの。蓄熱媒体としては、水・氷・潜熱・躯体・土壌などがある。蓄熱式空調システムの導入件数は、累計で約27,000件（2007年度末）で、約170万kWのピークシフト効果がある。

⁵⁷ 電力需要の少ない夜間に蓄電し、電力需要の多い昼間に放電。夜間電力の活用や契約電力の低減などにより電力需要家はコスト削減が可能。また、ピークシフト対策以外にも、非常用電源や瞬時電圧低下対策としても活用が可能。蓄電池（NaS電池）の導入件数は、累計で約160件（2007年度末）で、約20万kWのピークシフト効果がある。

⁵⁸ 夜間にヒートポンプでお湯を沸かし、昼間の給湯に使うことによるボトムアップ効果を期待。ヒートポンプ給湯器の導入件数は、累計で約162万件（2008年末）で、約243万kWのボトムアップ効果がある。



(参考：電気料金制度による負荷平準化について)

一般電気事業者は、季節別時間帯別の料金メニュー、深夜の電気使用や蓄熱システムの導入によりメリットが生じる料金メニュー等、電気料金の多様化によって負荷平準化を推進している。

◆季節別時間帯別電灯・電力

季節（夏季とその他季）や時間帯別（昼間・朝晩・夜間）によって異なる電力量料金単価を設定したもの。夏季昼間の単価が最も高く、夜間の単価が最も低い。

例：季節別時間帯別電灯（東京電力）、はぴeタイム（関西電力）、
季節別時間帯別電力 等

◆時間帯別電灯

時間帯別（昼間・夜間）によって異なる電力量料金単価を設定したもの。昼間の単価が高く、夜間の単価が低い。

例：時間帯別電灯〔夜間8時間型〕（東京電力）等

◆深夜電力

深夜の電気使用に限定して低い単価を設定。

◆蓄熱調整契約

ヒートポンプ等に蓄熱槽を組み合わせることにより、昼間の冷暖房負荷等を夜間に移行することで、電気料金を割引くもの。

◇その他

最大需要電力の低下により、契約電力が下がり、基本料金の低減が見込まれる。

3. 電力系統側から見た太陽光発電による負荷平準化の効果と役割について

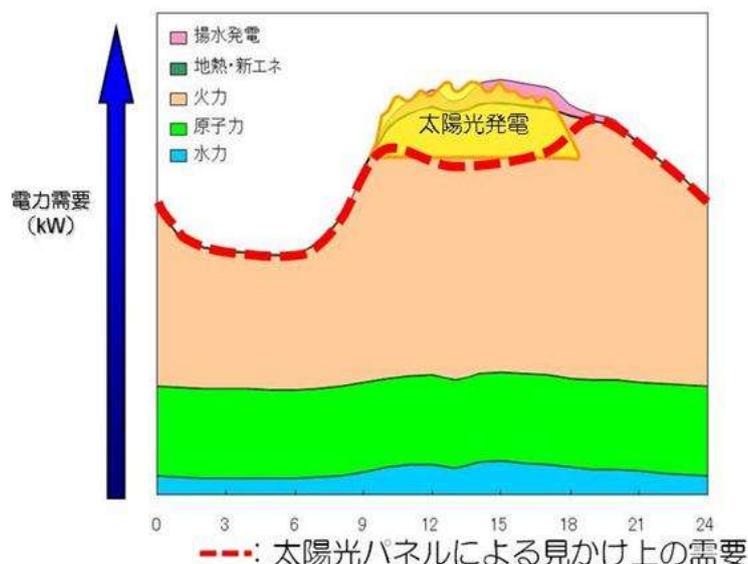
ピークカットは、本来ピーク時の電力需要を削減するものであるが、太陽光発電によって電力系統側から見た電力需要が減るため、昼間、特に真昼に多く発電する太陽光発電は、晴天時には負荷平準化（ピークカット）に似た効果を持つ。一方、点灯ピークの場合や曇りや雨天時の太陽光パネルが発電しない時には、この負荷平準化の効果は期待できない。ただし、曇りや雨天時には、ピーク電力が晴天時より低いため、晴天時のようなピークカットは本来求められないことから、太陽光発電による負荷平準化の具体的な効果は予測困難ながら、電力系統側から見て、ある程度は負荷平準化と類似の効果を期待できると考えられる。

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。

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期待される。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ものである。

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ある。

VIII. 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CO₂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CO₂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である。

（1）火力発電の効率向上

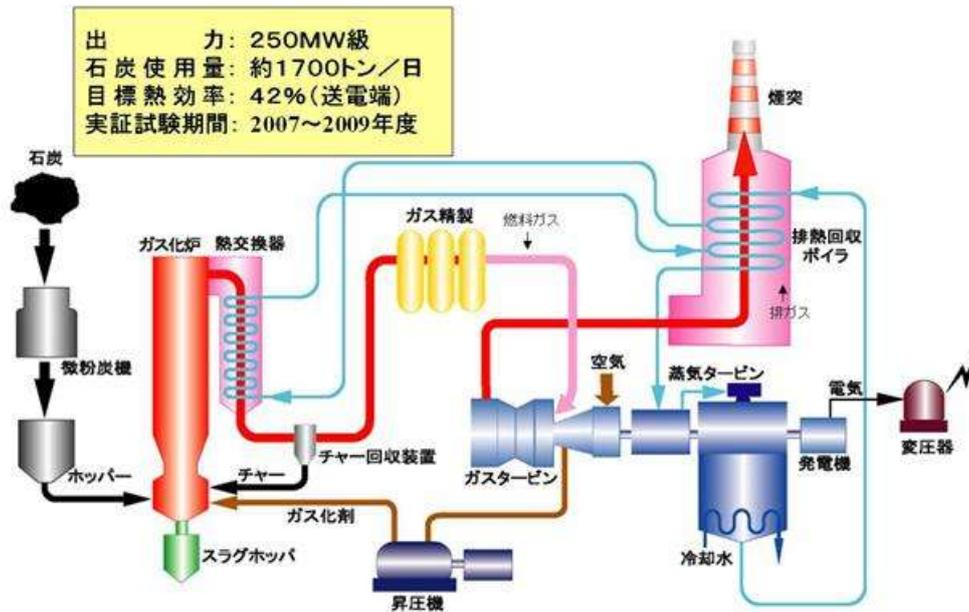
石炭は安価で供給安定性に優れるものの、発電時のCO₂排出量が他の電源に比べ多いことから、石炭火力発電の効率向上を目指した石炭ガス化発電（石炭ガス化複合発電（IGCC）や石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC⁵⁹））や次世代超々臨界発電技術（A-USC）などのクリーンコールテクノロジーの技術開発を進めていく必要がある。

【IGCCの概要と技術的な課題】

IGCCとは、石炭をガス化炉で可燃性ガスに転換し、ガスタービンに導入して発電するとともに、その廃熱を蒸気にて熱回収し蒸気タービンに導入して発電する複合発電方式である。IGCCは、発電効率を48～50%（送電端、HHV）程度まで向上させることが可能であり、また、これまで未活用であった低融点炭の利用が可能となる利点があるものの、安定運転に係る信頼性の確保や低コスト化、負荷追従性の向上等の課題があり、現在、2017年度の商用化に向けた実証試験が行われている⁶⁰。

⁵⁹ 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。

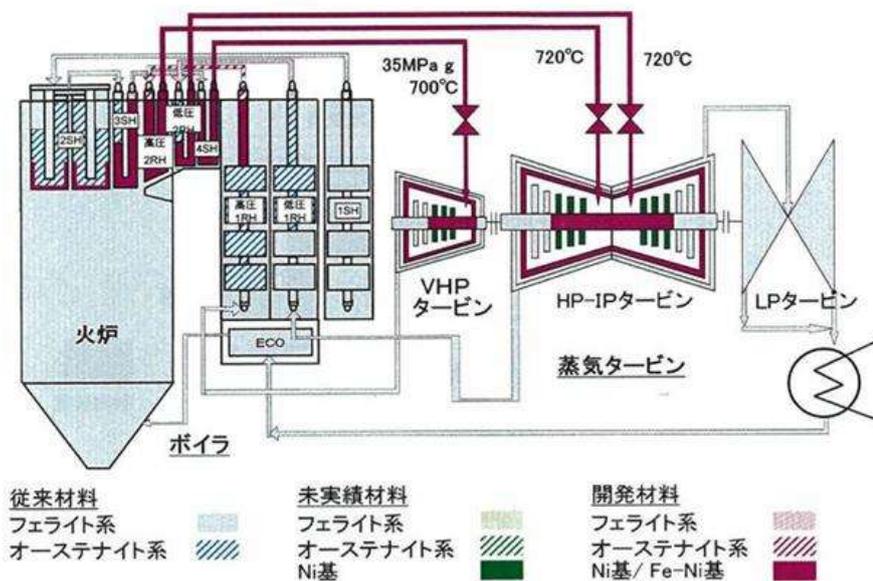
⁶⁰ 現在、勿来においてIGCCの実証試験が行われており、平成20年9月に2000時間の連続運転に成功し、平成21年度に5,000時間の耐久試験を予定している。



出典: クリーンコールパワー資料

【A-USC の概要】

先進的超々臨界圧発電 (A-USC) は、2008 年度から蒸気温度 700°C 以上、蒸気圧力 24.1MPa 以上 (発電効率を 46~48% (送電端、HHV)) を目指した技術開発を行っている。A-USC は、700°C 以上の高温のため、高温強度に優れた材料の開発、加工・溶接・検査等の製造技術の開発が課題となっている。



(出典)700°C級A-USC

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°C 級から 1,700°C 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。

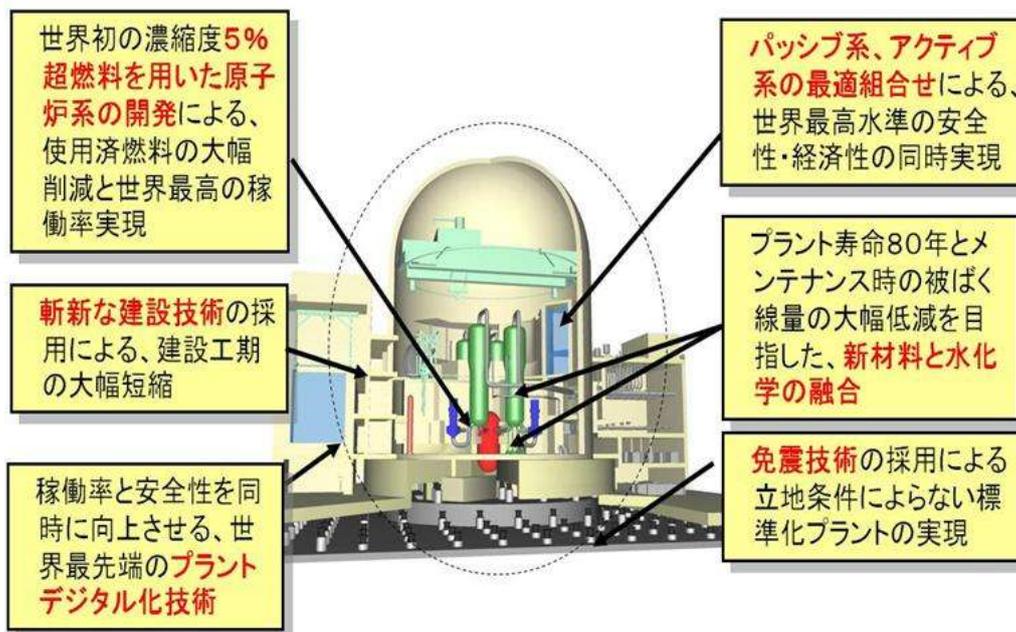
(2) エネルギー源の多様化／ゼロ・エミッション電源の導入拡大

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。

【次世代軽水炉の概要】

2030 年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性、経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行う。メーカー各社が主体となり、電気事業者及び国が一体となって、2008 年度から本格開発に着手したところである。

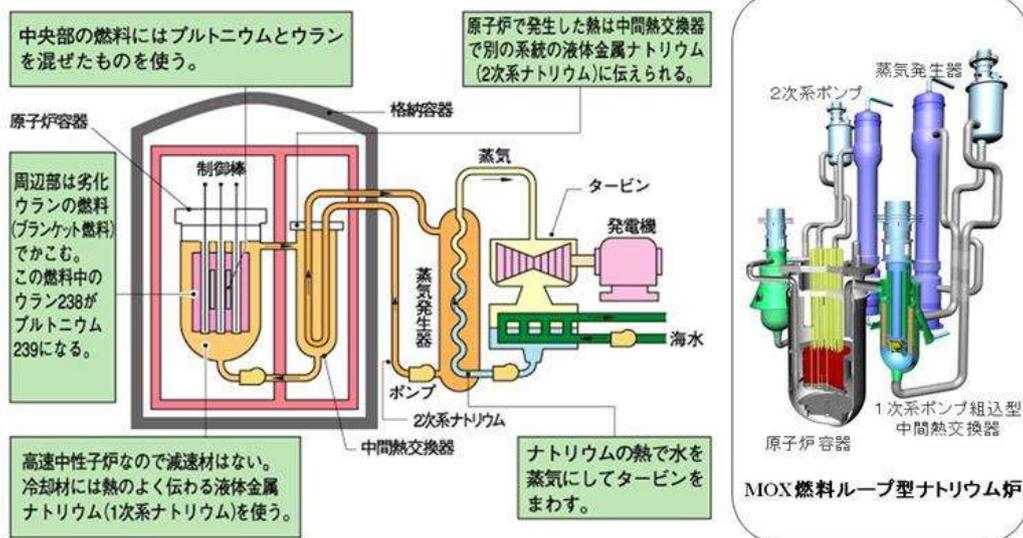
【次世代軽水炉】



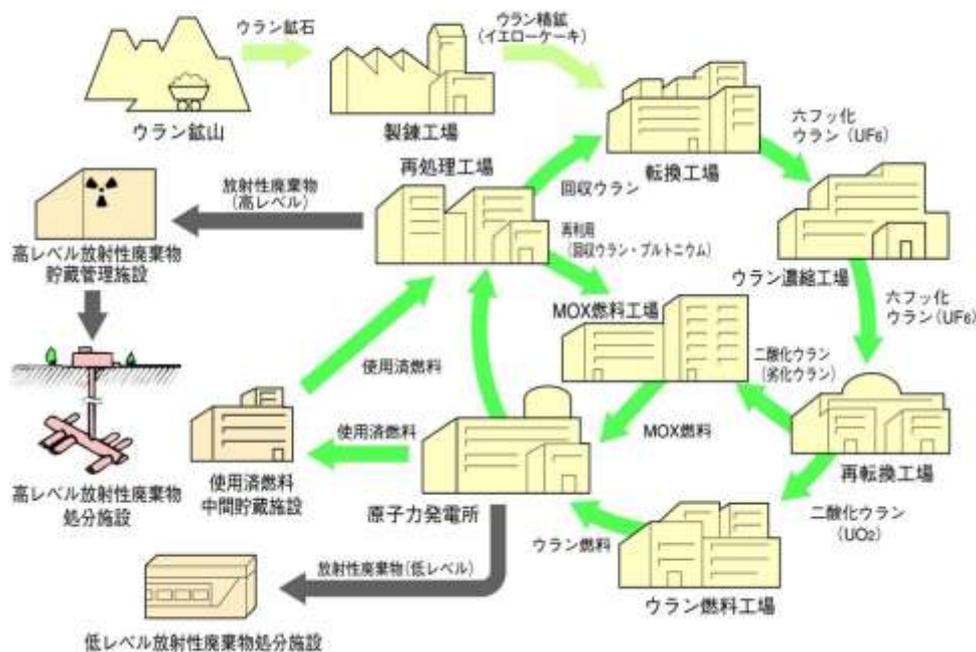
【高速増殖炉サイクル技術の概要】

ウラン利用効率の飛躍的な向上と放射性廃棄物の大幅な減少を可能とする高速増殖炉サイクル技術について、2025 年までに実証炉及び関連サイクル施設を実現するとともに、2050 年より前の商業化を目指し、技術開発を行う。

【高速増殖炉】



【核燃料サイクル】



【太陽光・風力発電の導入拡大】

太陽光発電等の大量導入に向け、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、太陽光パネルへの出力抑制機能の追加について検討を行い、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ていくことが必要である。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。

【太陽光発電(メガソーラー)】 <稚内サイト>

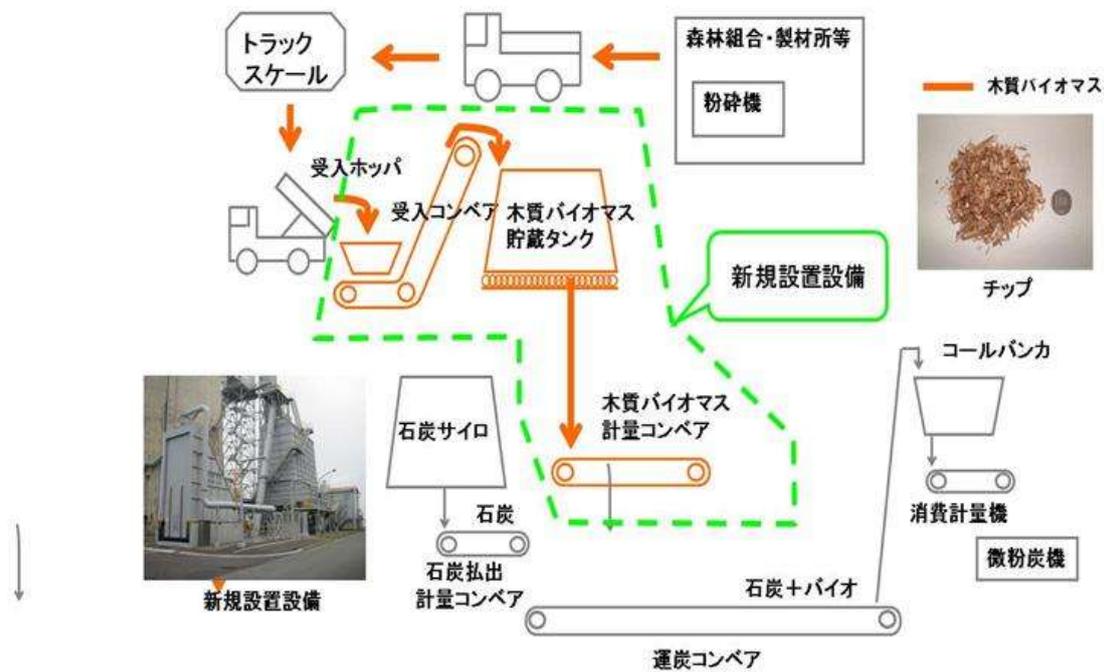


※電気事業連合会では、2020年までに約30地点、計14万kWのメガソーラーの導入計画を2008年9月に発表。

【石炭火力におけるバイオマス混焼】

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碎性の影響評価やバイオマス粉碎性の評価等に係る技術を確認するとともに、バイオマス混焼比率の拡大⁶¹に向け、粉碎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。

【石炭火力と木質バイオマスの混焼】



出

典：電気事業連合会

⁶¹ 現状では2～3%程度の混焼実績となっている。

【未利用水力の活用】

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既設改造に係る技術開発等を進めていく必要がある。

【ミニ水力】

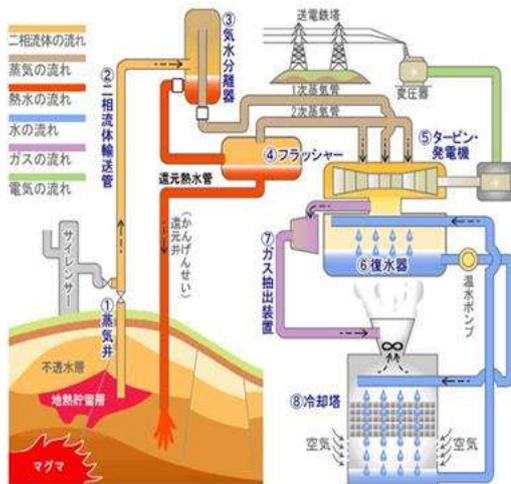


出典：山梨県都留市ホームページ

【地熱発電の拡大】

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。

【地熱・バイナリー発電】



地熱発電のしくみ



八丁原バイナリー発電施設(2004.2～)

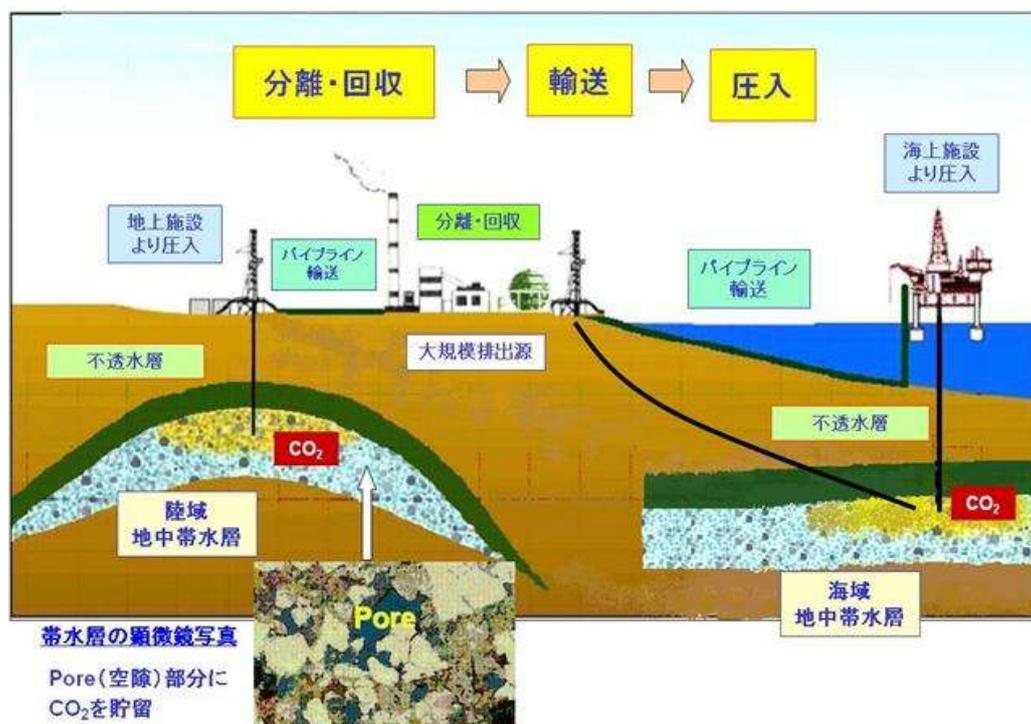
出典:九州電力ホームページ

(3) CO₂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選択肢の一つ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、実用化に当たっては、低コストで効率良くCO₂を分離回収できる技術の開発や貯留地⁶²の確保、社会受容性の醸成、法制度の整備等が課題となっている。

【CCSの概要】



出典:経済産業省「CCS2020」

⁶² 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。

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必要がある。

(1) 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は、今後検討を行う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し、我が国の状況に適合した先進的な次世代送配電ネットワークに係る技術開発を進めていくことが必要である。

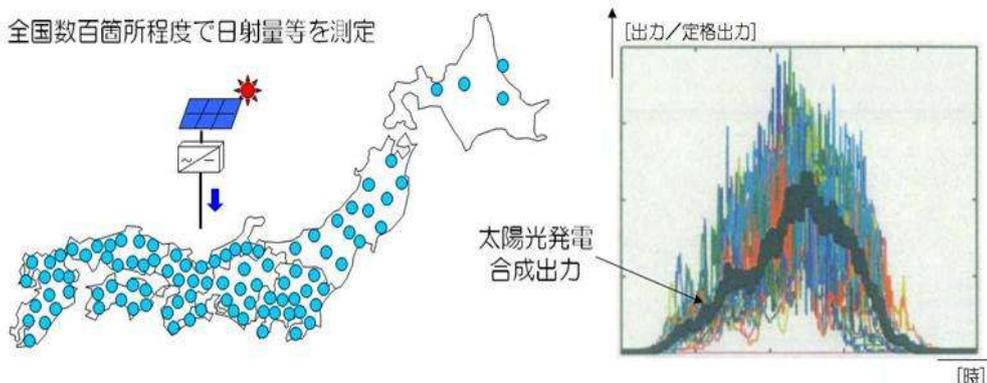
太陽光発電等の新エネルギーの大量導入と高品質で安定的な電力の供給を確保するにあたり、一般電気事業者は電力需要に応じて瞬時瞬時の需給調整運用を行う必要があることから、新エネルギーについてもリアルタイムの出力把握や予測技術の開発等の需給運用手法の高度化が重要である。また、太陽光発電の大量導入に備え、太陽光発電の出力変動や平滑効果等について、実測データに基づく分析・評価を早急に行う必要がある。

このため、資源エネルギー庁では、2009年度から「分散型新エネルギー大量導入促進系統安定化対策事業」によって、全国約300ヶ所での太陽光発電の出力傾向を把握することや、今般の経済対策の一環として、全国の主要な電力系統から独立した離島において、太陽光発電と蓄電池を組み合わせた「離島マイクログリッド」の実証事業や「電力系統シミュレーター」による新エネルギーの大量導入時における電力系統への影響等を評価することとしている。

こうした事業の成果が今後の太陽光発電の大量導入時における世界最先端の電力系統安定化技術の開発に資することを期待する。

【分散型新エネ大量導入促進システム安定化対策事業の概要】

全国数百箇所程度で日射量等を測定



<システム安定化策事業における実証項目>

実証項目	内容
大量導入による平滑化効果	太陽光の短周期変動(概ね周期20分未満の変動)及び電力需給計画・運用(下げ代、予備力など)に関する長周期変動(おおむね周期20分以上の変動)の平滑化効果の実証。
太陽光発電リアルタイムトータル出力の推定	太陽光発電の出力データのサンプルから太陽光からのリアルタイムトータル出力を精度よく推定する手法の開発・実証。

離島におけるマイクログリッドシステム実証事業

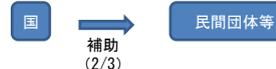
事業の目的

- 再生可能エネルギーの導入拡大は、エネルギーセキュリティの確保や、低炭素社会の実現に資するのみならず、我が国が強みとする技術を活かして、我が国経済の活性化や雇用拡大につながるもの。
- しかしながら、出力が不安定な太陽光等の再生可能エネルギーの大量導入を実現しつつ、電力の安定供給を維持するためには、システム安定化対策が不可欠。
- このため、電力システムの安定性を確保しつつ、連系可能な太陽光発電の設備容量等のデータを離島において検証し、2020年度以降に、再生可能エネルギーが大量に導入された場合のシステム安定化対策を検討する。

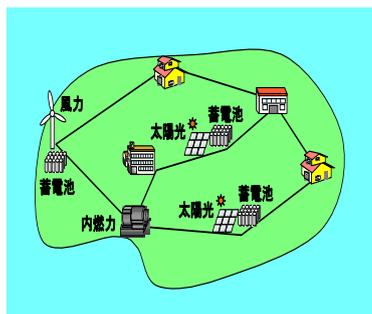
事業の内容

- 主にディーゼル発電により電力供給が行われている離島においては、電力の供給コストが、場合によっては150円/kWh以上にも達する。こうした離島では、太陽光や風力といった再生可能エネルギーの競争力が相対的に高いため、大規模な導入が先導的に進む可能性がある。一方、離島において出力が不安定な電源を大量に導入する際には、電力の運用面が技術的な課題も多い。
- こうしたことを踏まえ、地球環境問題への対応、離島の電源コスト低減等のため、太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギーと蓄電池、バックアップ用としての火力発電からなるマイクログリッドシステムを設置し、再生可能エネルギーの導入拡大に向けたシステム安定化技術や制御方法、経済性等について知見やデータを得る。

実施体制



事業イメージ



<離島マイクログリッドのイメージ>

電力系統シミュレーター整備事業

事業の目的

- 再生可能エネルギーの導入拡大は、エネルギーセキュリティの確保や、低炭素社会の実現に資するのみならず、我が国が強みとする技術を活かして、我が国経済の活性化や雇用拡大につながるもの。
- しかしながら、出力が不安定な太陽光等の再生可能エネルギーの大量導入を実現しつつ、電力の安定供給を維持するためには、系統安定化対策が不可欠。
- このため、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力系統への影響等について模擬設備を活用した実験を行い、再生可能エネルギーの大量導入と電力品質の両立を図る上での課題と解決の方法を検討する。

事業の内容

- 新エネルギーの大量導入時における電力系統への影響等を評価するため、模擬太陽光・風力発電設備、模擬電力設備（発電所、変電所、送電線）や模擬負荷設備（インバータ・抵抗、回転機）等から構成される電力系統シミュレーターを構築し、電力系統への影響や系統事故時の現象について実験的に検証。

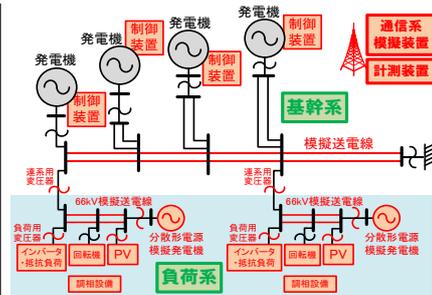
〈主な技術課題〉

- ①周波数の変動
 - ・周波数安定性に及ぼす影響の解明、周波数異常防止技術の開発
- ②電圧の変動
 - ・系統全体に与える電圧安定性への影響の解明、対応策の検討
- ③同期安定度の変動
 - ・系統の同期安定度に及ぼす影響の解明、制御技術の開発
- ④系統潮流量の変動
 - ・リアルタイムの潮流把握、評価技術の開発

実施体制



事業イメージ



＜電力系統シミュレーターのイメージ＞

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（ $101 \pm 6V$ ）を逸脱する場合には逆潮流防止機能が働くが、太陽光発電の大量導入に対応するためには、柱上変圧器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高度化等が必要となる可能性がある。

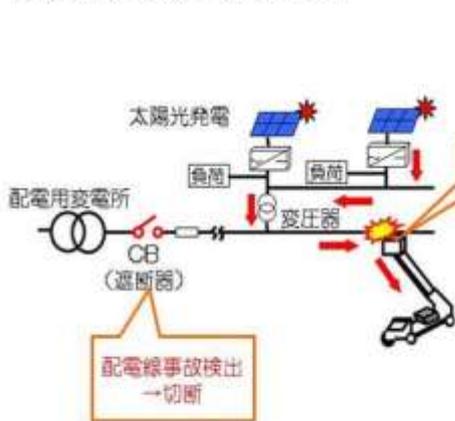
また、新エネルギー等の分散型電源が大量導入された場合、電力系統側での雷等による系統事故等により、分散型電源が系統連系されている電力系統から一斉に解列し、需給バランスが崩れるなど電力系統等へ大きな影響を及ぼすおそれがある。このため、分散型電源の不要解列防止方法について検討する必要がある。

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ある。

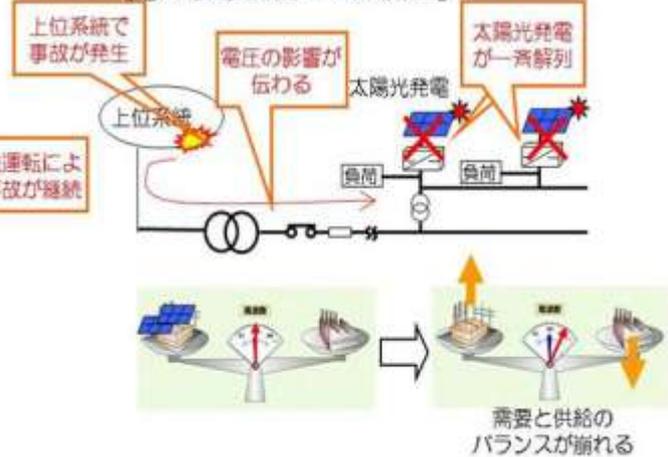
加えて、電力系統における計画外の電力潮流に対応した過渡安定度解析、潮流予測、リアルタイム監視・制御など系統運用に係る安定化制御手法の高度化が必要となる。

【単独運転防止と不要解列防止について】

【①単独運転防止の必要性】



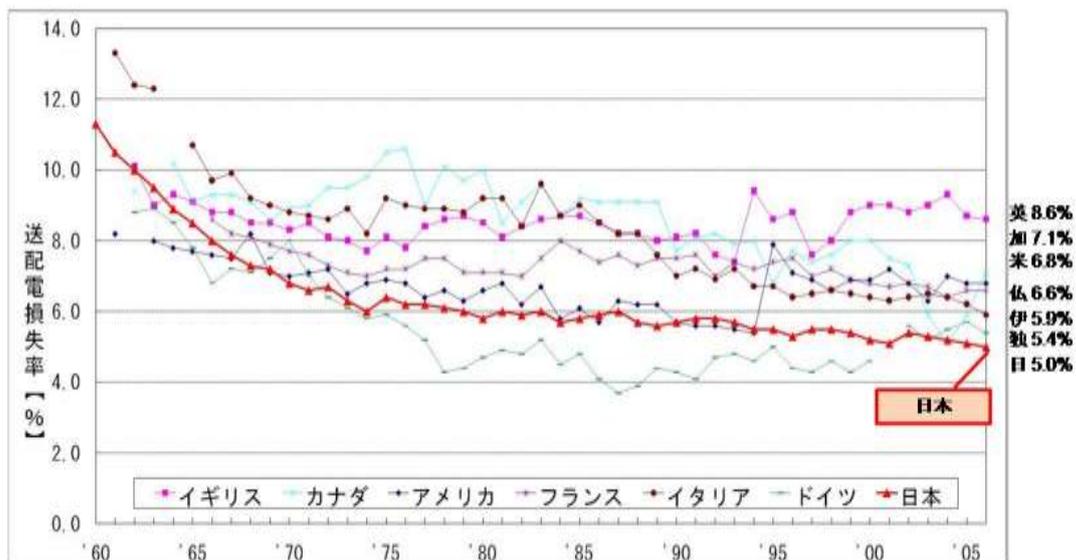
【②不要解列防止の必要性】



(2) 送配電の効率化

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 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】

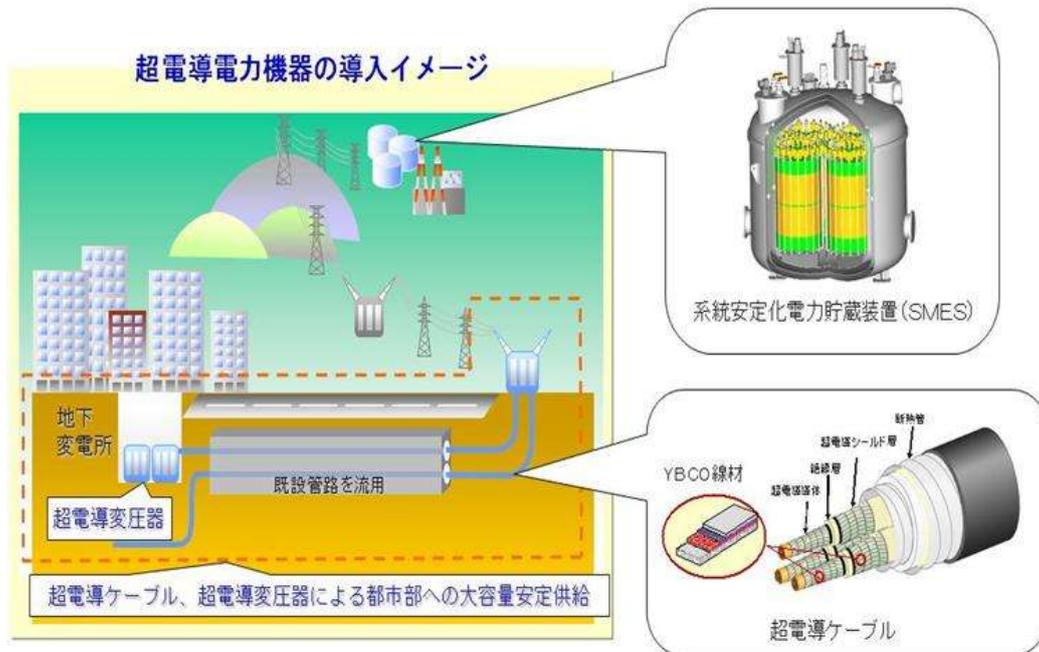


出所：電気事業便覧を基に作成

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できること

から、超電導電力貯蔵装置（SMES⁶³）、超電導ケーブルや超電導変圧器等の技術開発⁶⁴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ある。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した実証試験も今後必要となる。また、直流／交流変換の効率化を図るため、シリコンカーバイド（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ある。

【超電導電力機器の導入イメージ】



出典：NEDO「技術委員会資料」

⁶³ 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。

⁶⁴ 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。

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。

(1) 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ある。エネルギー消費効率の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必要がある。また、白熱電球⁶⁵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⁶⁶・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、CO₂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必要がある⁶⁷。

⁶⁵ 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。

⁶⁶ 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。

⁶⁷ 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。

【電気自動車】

■ 富士重工と東京電力が共同研究

2007年度中に計40台の試験車両を業務車両として導入し実証試験を実施

- ベース車両：スバル「RI」
- 航続距離：80km
- 充電：100V電源からの普通充電と、15分程度の急速充電が可能



富士重工「RIe」

■ 三菱自動車と電力7社が共同研究

試験車両を導入し、業務車両としての適合性や急速充電インフラとの整合性を確認

- ベース車両：三菱「i（アイ）」
- 航続距離：160km
- 充電：100V電源からの普通充電と30分程度の急速充電が可能



三菱自動車「iMIEV」

(2) 需要家側のエネルギー管理

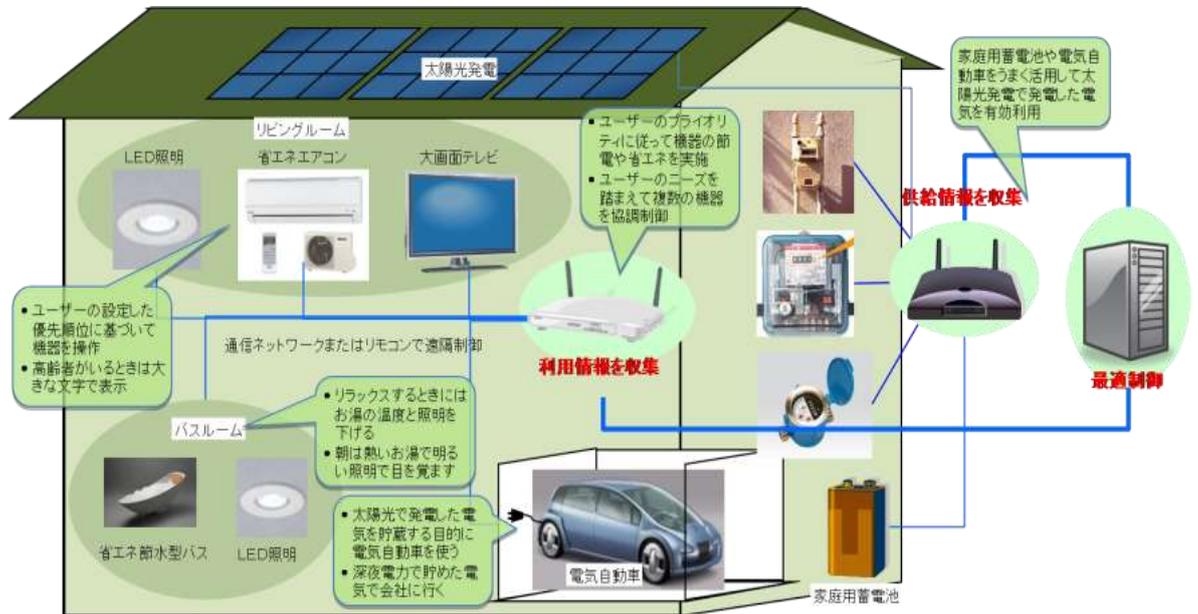
需要家側におけるエネルギー管理として、デマンドサイド・マネジメント(DSM)への取組が期待されている。DSMの定義や外延は必ずしも明確ではないが、電気の使用量や料金に関する情報提供や負荷平準化等に資する電気料金メニューの実施による需要家側における省エネルギーや、需要家側の負荷設備の直接制御等が含まれると考えられている。太陽光発電等の大量導入との関係では、例えば、太陽光発電による発電量に合わせて家庭内の電力需要を制御したり、系統の需給状況に合わせて太陽光による発電量を制御したりする等の技術を組み合わせることにより、太陽光発電を最大限活用して、住宅におけるCO₂排出量を削減することも期待される⁶⁸。

我が国における具体的な取組として、経済産業省においても、以上のような制御を最適に行うプログラムや遠隔制御システムの開発、また、通信インターフェイス共通化といった課題を解決するため、「スマートハウスプロジェクト」⁶⁹を推進している。太陽光発電のコストが現在推測されているとおり半分程度まで下落し、一般家庭向けの電力料金と変わらないレベルないしはそれ以下になっていく場合には、こうした新しい技術により太陽光の電気を幅広く活用していくことが需要家サイドで進展していく可能性も出てくる。今後、供給サイドにおいても重要な動きとして注視が必要と考えられる。

⁶⁸ 大口の需要家に関しても、より効率的なデマンドサイドマネジメントについて研究すべきであるとの意見があった。

⁶⁹ スマートハウスプロジェクト：2009年度補正予算において7.5億円を計上。2～3カ所程度で実証事業の実施を予定。

【スマートハウスプロジェクトのイメージ】

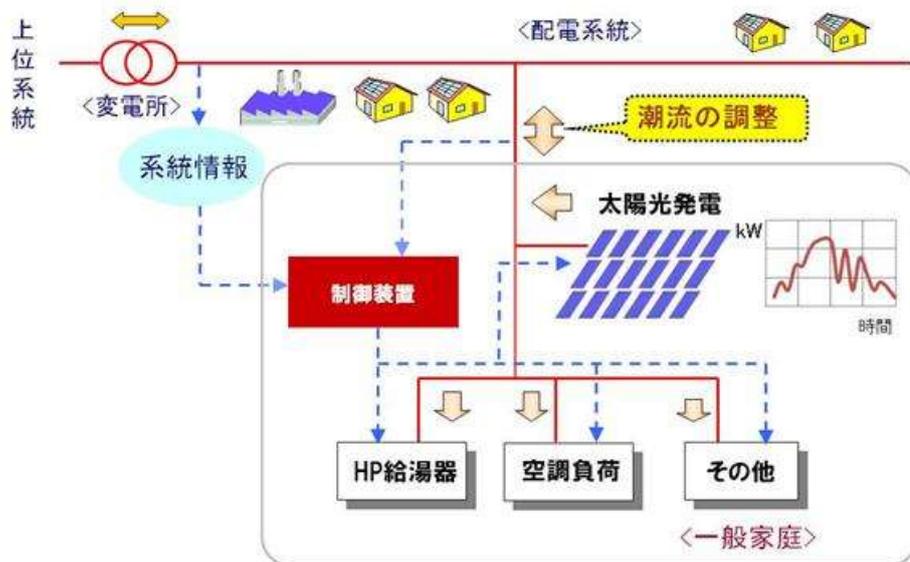


DSM の導入に際しては、需要家側にもメリットが享受できるような方策により普及を図っていくことが重要であり、DSM によりどの程度の省エネ効果が見込めるか等の費用対効果を検証することが必要である。なお、システムの需給状況に合わせた需要家側の負荷設備の直接制御を本格導入する場合には、インフラ整備を含めた費用対効果、セキュリティ確保や、需要家側のコンセンサスを醸成していくことが必要であり、遠方から制御等を行うための確実な通信・制御技術の確立も求められる。

また、DSM を実現していく上で、需要家との双方向通信を可能とするいわゆる「スマートメーター」が大きな役割を果たすことが期待されている。一部の電力会社においては既にスマートメーターを活用した規制需要家に対する遠隔検針等を試験導入中であり、今後、その本格的な導入普及が期待されている。現在、スマートメーターの費用対効果についての議論も進められてきているところであり、国においても、料金プログラム等を活用したピーク需要削減による省エネ・負荷平準化効果を計測・分析することとしている。今後、費用対効果を踏まえスマートメーターが本格的に導入される場合には、需要家側の機器の制御等に関わるシステムとの連携する可能性も考えられるなど、DSM の実現に向けた取組も進展されることが期待される。

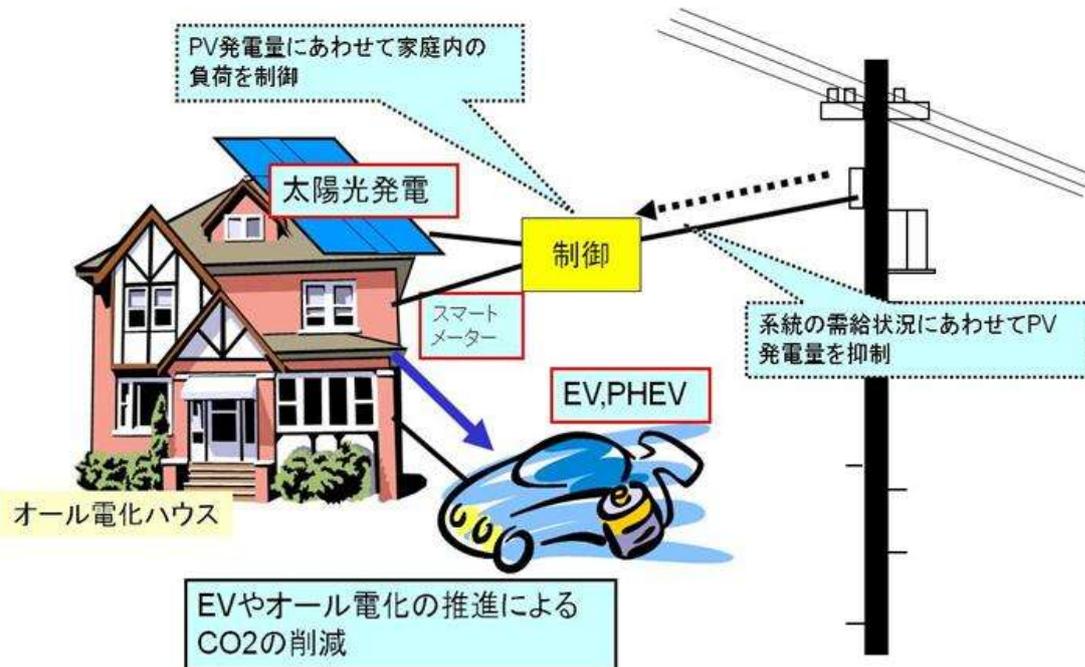
需要家サイドの取組に関しては、総じて技術開発や実証実験の段階にあるが、今後こうした技術の導入が大きな流れになってくる可能性もある。電力需要パターンに相当の影響をもたらす可能性があり、電力供給システムの将来を考える上でも技術開発等の動向には注視する必要がある。

【デマンドサイド・マネジメント(DSM)のイメージ 一例】



【将来の需要家側技術】

一例



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。

IX. 今後の取組への期待

2008年7月に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、その中で2020年までに発電時にCO₂を排出しないゼロ・エミッション電源の割合を50%以上に向上させること等が目標として掲げられた。これを受けて、将来、我が国に「低炭素電力供給システム」を確立し、低炭素社会の実現をリードするための具体的な方策等について検討を行うことを目的として、本研究会及び「新エネルギーの大量導入に伴う系統安定対策・コスト負担検討小委員会」が設置された。

本研究会及び小委員会においては、将来の低炭素電力供給システムに関わる様々な課題等について検討が行われた。これらの課題のうち、以下の諸点については、今後更なる検討が必要と考えられる事項であり、低炭素電力供給システムの構築に向けて、更なる詳細な検討が行われることを期待したい。

<今後の系統安定化対策の在り方>

本年1月に住宅用太陽光発電への補助金が開始され、今後、「新たな買取制度」が開始される予定となっている太陽光発電については、2030年度には2005年度末の約40倍に当たる5,321万kWが導入される見通し（最大導入ケース）となっている。これは、現状の原子力発電の設備容量が4820万kWであることや、我が国の最大電力が1.8億kW程度であることと比較しても、非常に大きな導入量である。

電力系統における課題のうち、余剰電力の発生については、年末年始やGW期間中などの需要の少ない軽負荷期において太陽光発電の出力を抑制することにより、軽減することが可能である。このため、太陽光発電の出力抑制の方法については、単独運転防止対策や不要解列防止対策もあわせて、(財)電気安全環境研究所(JET)の認証化等の具体的な基準づくりも含め、行政を含めた関係者間で検討を進めることが望ましい。

また、太陽光発電の大量導入時における課題のうち、本研究会及び小委員会で十分な検討がなされなかった周波数変動対策については、今後、全国ベースでの太陽光発電のデータ取得に向けた実証試験等を通じて知見を高めながら、太陽光発電の大量導入時における電圧安定性や同期安定性の低下、出力予測の困難さ、蓄電池の充放電制御、潮流の把握及び予測といった課題への対応や、適切な系統安定化対策を講じるための様々な技術開発・実証実験などが必要である。

特に昨今、いわゆる「スマートグリッド⁷⁰」に対する注目が集まっているが、上述のような実証試験等を通じて、今後大量導入が予測される太陽光発電の導入環境を可能な限り早期に整備するためには産官学におけるあらゆる取組が必要であり、今後とも、我が国の電源構成や電力需給状況等に則して、本分野における更

⁷⁰ 「スマートグリッド」については様々な定義があると思われるが、概ね「従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、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」を指すと考えられる。

なる検討が進められることを期待する。

<系統安定化対策の費用負担の在り方>

系統安定化対策費用については、現時点で考え得る最も経済的なシナリオ（配電対策を実施、系統側に蓄電池を設置等）の場合で、現在価値換算した2030年度までの系統安定化対策としては、4.61～4.72兆円のコストがかかるとの試算結果となった。

これらの系統安定化対策費用の負担の在り方については、総合資源エネルギー調査会電気事業分科会が本年6月にとりまとめた「第2次報告」において、一定の整理がなされたところであり、今後とも適切な場において検討が進められることを期待する。

<原子力発電>

近年、原子力の設備利用率が低迷しているが、低炭素社会の実現の鍵を握るのは原子力発電の着実な推進である。安全確保を大前提として、設備利用率の向上、出力向上の推進、核燃料サイクルの確立や信頼性向上、国民との相互理解、出力調整運転といった課題に取り組んでいくことが重要である。2009年6月、総合資源エネルギー調査会電気事業分会原子力部会において、「原子力発電推進強化策」がとりまとめられ、更なる推進に向けた決意と今後の取組が示されたが、今後はこれを迅速かつ具体的に実行に移していくことを期待する。

以上、本研究会で取り扱った検討テーマは、非常に多岐に渡るものであった。また、本研究会における分析の多くは、一定の前提の下に現時点での知見の下に分析されたものである。このため、今後の状況の変化等に対応して、更なる検討が行われることが必要である。低炭素電力供給システムの構築に向けた関係者の取組は緒についたばかりであるが、今後、上記に掲げられた課題等への更なる検討が行われ、本研究会における検討結果が今後の低炭素社会における「低炭素電力供給システム」の構築に貢献することを期待する。

低炭素電力供給システムに関する研究会委員名簿

座長	山地 憲治	東京大学大学院工学系研究科教授
委員	伊藤 敏憲	UBS証券会社シニアアナリスト
	戒能 一成	独立行政法人経済産業研究所研究員／大阪大学 RISS 特任教授
	佐賀 達男	有限責任中間法人太陽光発電協会特別部会部会長 (シャープ株式会社ソーラーシステム事業本部副本部長)
	辰巳 菊子	社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会 (NACS) 理事
	辰巳 国昭	独立行政法人産業技術総合研究所ユビキタスエネルギー研究部門蓄電デバイス研究グループグループ長
	早坂 礼子	産経新聞編集委員
	廣江 謙	電気事業連合会事務局長
	松橋 隆治	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	松村 敏弘	東京大学社会科学研究所教授
	村上 朋子	財団法人日本エネルギー経済研究所原子力グループリーダー
	山名 元	京都大学原子炉実験所教授
	横山 明彦	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授

(第3回オブザーバー)

高橋 祐治 電気事業連合会 原子力部長

(第4回オブザーバー)

青木 信男 電気事業連合会 企画部長

能見 和司 電気事業連合会 工務部長

(第5回オブザーバー)

高見 佳宏 電気事業連合会 技術開発部長

(第7回オブザーバー)

能見 和司 電気事業連合会 工務部長

渡辺 勉 東京電力株式会社 技術部長

原田 泰志 株式会社日立製作所 日立研究所 情報制御第二研究部長

宮坂 修司 日本IBM株式会社アソシエイトパートナー

(五十音順、敬称略)

低炭素電力供給システムに関する研究会審議経過

第1回 平成20年7月8日(火)

(議題)

- ・ 「低炭素電力供給システムに関する研究会」について
- ・ 電気事業分野における新エネルギー対策・地球温暖化対策について
- ・ 低炭素電力供給システムの構築に向けて

第2回 平成20年8月8日(金)

(議題)

- ・ 長期エネルギー需給見通しにおける再生可能エネルギーの導入見通しと導入コストについて
- ・ 新エネルギーの大量導入に対応した系統安定化対策について
- ・ 「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(仮称)」の設置について

第3回 平成20年10月9日(木)

(議題)

- ・ 原子力の現状と今後の課題について

第4回 平成21年1月26日(月)

(議題)

- ・ 新エネルギーの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の報告について
- ・ 電力の燃料調達を巡る動向について
- ・ 低炭素電力供給システムにおける火力・水力発電の役割と課題について
- ・ 石炭火力とLNG火力について

第5回 平成21年2月24日(火)

(議題)

- ・ 負荷平準化について
- ・ CO₂排出係数公表制度について
- ・ 低炭素電力供給システムの構築に向けた技術課題について

第6回 平成21年3月27日(金)

(議題)

- ・ 論点整理(案)について

第7回 平成21年5月22日(金)

(議題)

- ・ スマートグリッドについて
- ・ 欧州における新エネルギー大量導入時の系統安定化に向けた取組状況について
- ・ 報告書の総論について

第8回 平成21年7月1日(水)

(議題)

- ・ 報告書とりまとめ(案)