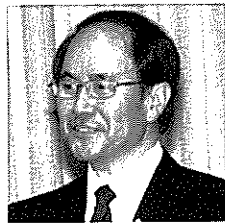


2100年CO₂排出ゼロ社会へのシナリオ

京都大学大学院エネルギー科学研究科教授



京都大学大学院エネルギー科学研究科教授

石原 慶一
いしはら けいいち手塚 哲央
てづか てつお

POINT

- 1 京都大学の研究チームでは、2100年にCO₂の排出をゼロにするためのシナリオ作りの研究に取り組んでいる。
- 2 電力需給に関するシナリオでは、2100年のエネルギー需要およびそのうちの電力のシェアを試算し、それに必要な発電システムの組み合わせを複数検討した。さらに、それらの組み合わせの実現可能性について検証したが、いずれも実現可能であることが確認できた。
- 3 今後、水素やバイオマスなど電力以外のエネルギーについても検討するとともに、アジアや世界全体のシナリオも作成したい。

2100年シナリオと研究のスキーム

京都大学のグループでは、グローバルCOEプログラムの一つとして、2100年にわが国におけるCO₂排出量をゼロにするためのシナリオ作りの研究に取り組んでいる。グローバルCOEプログラムとは、国際的に卓越した教育研究拠点形成のため、文部科学省が研究テーマを公募し、採択された大学院等に対して支援を行う仕組みであり、京都大学は「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」として2008年度に採択されている。このプログラムでは、研究と博士学生の教育とが同時に行われており、また、種々の分野の研究者・学生の考え方を体験できる場にもなっている。シナリオの作成にあたっては、原子力、社会経済、太陽光、バイオマスの各研究グループからそれぞれ最先端技術の情報を得て、シナリオ研究グループが、それらの技術が将来どの方向に進むのか、どのような組み合わせが可能かを検証し、その結果を各研究グループにフィードバックしながら進めてきた。

2100年をターゲットにしたのは、現在の社会をどの方向へ向けていくかを考えるとき、近未来だけではなく長期の視点が必要なためである。また、化石燃料はいつか枯渇するので、それに依存しない社会を先頭切って構想することは、資源のない日本にとって重要なことだと考えたためでもある。

シナリオは現在、中間的に取りまとめた段階である。今後、さらに研究を進めて、最終的な取りまとめを行っ

ていく予定にしている。

電力需給のシナリオ

現在のわが国におけるCO₂排出量は、企業・公共部門関連からが80%、家計部門からが20%となっている。しかし、すべての生産活動は生活のためになされていると考えると、家計の排出量が少ないと考えるのは必ずしも正しくない。CO₂排出量がゼロになるような生活をデザインすることが重要である。もっとも、CO₂排出量を減らすのではなく、ゼロにするとなると取りうる技術は限られてくる。民生部門ではオール電化であり、自動車は電気自動車を中心になる。一部にバイオマスや水素の利用があるが、CO₂が発生しない電力システムの構築をまず考えなければならない。

電力需給のシナリオ作成にあたってはまず、人口、世帯数、GDP等の予測をもとに、家庭、商業、産業、運輸の各部門別に需要を積み上げ、エネルギー総需要を推定し、その中で電力の占めるシェアを算定した。その上で、CO₂排出量を最小化するための電力のベストミックスを考え、その実現可能性をシミュレーションするという手法を取った。

家庭部門であれば、給湯の一部が太陽熱である以外は冷暖房・照明等はすべて電気で賄うとして、断熱技術の導入、冷暖房技術・照明技術の向上を織り込んで考えると、現在2,000ペタジュール(ペタ=10の15乗)のエネルギー消費が2100年には600ペタジュール程

式である

度になる。業務部門については今後の検討課題であるが、GDPと延床面積には強い相関関係があること、そして2100年の人口が現在の約半分となり一人当たりのGDPは2倍程度となることを想定すると、GDPは現在とさほど変わらないこととなる。この前提に立ってエネルギー量のみ視点から考えると、電力消費量が現在よりも若干増える程度でガス・石油などの化石燃料の消費をゼロにすることが可能となる。

産業部門では、製鉄では水素の利用、化学ではバイオマス、セメントや製紙では廃棄物の利用によりエネルギー消費を抑えながら化石燃料の利用をゼロにすることが可能である。運輸部門では電気自動車やバイオディーゼルの導入、旅客輸送における乗用車から鉄道、バスへのシフト、貨物輸送部門における経済構成変更による削減等を織り込めば石油消費をゼロにできる。ただし、自動車1台あたりのバッテリー容量を50 kWhとすると総量で1,600GWh程度必要となる。ただし、バッテリーのエネルギー密度を現在の70wh/kgから400wh/kgへと6倍程度にまで高めて軽量化し、系統の電力貯蔵装置としても働くことを想定している。

以上の前提条件に基づき全部門における最終エネルギー消費を試算すると、現在の14,000ペタジュールから、2100年には7,000ペタジュール程度に半減するものとみられる。一方、その中で電力のシェアは徐々に高まり、現在の25%から、2100年には75%程度になるものと試算できる。

それだけの電力需要を賄うための発電システムの最適化を考えると次の作業となる。その際に、累積総費用を最小化するアプローチとCO₂の総排出量を最小化するアプローチとが考えられる。総費用最小化のアプローチでは温暖化の外部費用、つまり温暖化の進展によるコスト上昇分は反映されないことや研究の趣旨がCO₂排出ゼロであることから考えて、今回のシナリオではCO₂排出量最小化のアプローチを取っている。スマートグリッドの実現可能性、原子力発電をどれだけ設置できるのか、その時の核燃料の確保は可能かといった点について、今後検討を要する部分はあるが、原子力発電を最大限導入した場合(シナリオ1)と、太陽光や風力などの再生可能エネルギーを最大限導入した場合(シナリオ2)の2つのシナリオを描いた。発電電力量のシェアをみると、シナリオ1では原子力発電が86%、自流水力発電が7%、電力貯蔵

施設から7%などとなる。一方、シナリオ2では、原子力発電58.9%、バイオマス発電10.9%、太陽光発電7.8%、風力発電6.5%、自流水力発電が7%、電力貯蔵施設から9.1%などとなっている。

これら2つのシナリオをもとに、時間ごとの需給バランスをシミュレーションし、電力負荷とその制御方法について考察した。あわせて、蓄電池や水素システムといった電力の貯蔵方法についても検討し、2つのシナリオの実現可能性を検証している。その結果、どちらのシナリオにおいても電力不足に陥ることはなく、また、電力廃棄率でみてもシナリオ1で0.015%、シナリオ2で0.004%となり、十分に実現可能と判断できた。

今後の計画

今後、このシナリオを完成させるためには、水素、熱、バイオマスといった電力以外の最終エネルギーについての検討が必要であると考えている。特にバイオマスについては必要量が輸入できるという前提で試算しているが、近年の状況を考えるとその前提についても検証が必要である。また、一部の金属材料資源についても化石燃料よりも先に枯渇するという見方もあり、その確保可能性についての精査が必要である。

エネルギー需給にかかわる技術的不確実性の扱いも重要であり、アンケートやインタビューを通じてそれぞれの専門家に確認した上で、需給シナリオに反映させるべきと考えている。

さらに今後検討すべき課題として、将来の電力系統への投資の可能性、中期シナリオとの整合性、アジア地域モデルや世界モデルのゼロエミッションシナリオなども視野に入れている。

本稿は、2010年2月18日の関経連「地球環境・エネルギー委員会」における講演の要旨である。