



北海道水素地域づくりプラットフォーム *1 平成30年度第2回会合

国土交通省北海道局参事官
国土交通省北海道開発局開発連携推進課

はじめに

地球温暖化対策の国際的な枠組み「パリ協定」に基づき策定が進められているわが国の「長期戦略」*2においては、今世紀のできるだけ早期に脱炭素社会を実現していくことを目指す旨が明記される中、再生可能エネルギーの更なる導入が期待されます。

今年2月4日に苫小牧市で開催した会合では、北海道大学大学院北裕幸教授から、電力の安定供給や再生可能エネルギーの導入拡大に向けた方策について、また、神戸市環境局環境政策部環境貢献都市課エネルギー利活用担当課長南部法行氏から水素に着目した地球温暖化防止に資する先進的な取組について講演いただきました。

本稿では、その内容を紹介します。

座長挨拶（要旨）

佐伯 浩氏 北海道大学名誉教授（元北海道大学総長）



平成28年3月に閣議決定された「北海道総合開発計画」では、道内の豊富な地域資源とそれに裏打ちされたブランド力など北海道が持つポテンシャルを最大限に活用することによって、北海道の強みである「食」と「観光」を戦略的産業として育成し、2050年の長期を見据え、「世界の北海道」を目指すこととしている。

北海道の将来構造の中で最もキーとなるのは、「自然」、「第一次産業」、「観光」であり、これらはこれまでの北海道の気象、気候、環境が維持されて初めて成立する。今進みつつある地球温暖化に対して対応を怠れば、北海道が持っている特徴が失われる可能性がある。また、平成30年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」では、2050年までに80%の温室効果ガスの排出を削減するという高い目標を達成するため、新たなエネルギー選択として2050年のエネルギー転

*1 北海道に豊富に賦存する再生可能エネルギーの活用を、水素を利用することにより促進させ、水素を活用した地域づくりを検討することを目的に、産学官が連携する場として平成27年5月に設立。

*2 パリ協定において、全ての締約国は、温室効果ガスについて低排出型の発展のための長期的な戦略を策定するよう努めることが招請されている。

換・脱炭素化に向けた挑戦を掲げた。

北海道の主要産業を守り、日本の中で北海道らしい立ち位置を保つためにも、私たちは、全力で地球温暖化対策に取り組まなければならない。

基調講演

「電力安定供給と再生可能エネルギー」

北 裕幸 氏 北海道大学大学院 情報科学研究科・
研究科長・教授



電力システムとは、良質な電気を安定に経済的に環境に配慮しながら供給するためのシステムであり、その構成要素は「発電所」、「送配電線」、「需要家」からなる。

今まで、私たち需要家は、電気を供給されるだけの存在であったが、最近、電力の自由化が進み、需要家が電力事業者を選べるようになり、供給側にアクションを起こすことができるようになってきた。電力システムの構成要素である私たち一人一人の電気の使い方次第で、電力システム全体、つまり、発電所や送配電線に色々な形で影響を及ぼすことができ、今までより安定かつ環境に配慮した新しい電力システムを作ることができる可能性がある。これを機会に、私たちは、どのように電力を使うべきか考えなければならない。

電気は、「電気のまま貯めることができない」という性質を持つ。したがって、需要家が使う電気量と同量の電気を発電所が発電しなければならない。また、発電された電気は直ちに需要家まで光の速さで届くため、今使う電気は、遠く離れた発電所でほとんど同時に作り出さなければならない。この性質を同時同量制約という。需要と供給が一致していると、電力の周波数^{*3}は、東日本では50Hzで一定に保たれる。需要と供給のバランスが崩れ一時的に周波数がずれると、産業用機器などの動作が不安定になったり、停電が発生

する場合がある。そのため、供給側は需要家の需要量を正確に予測する必要があるが、思い通りに電気を使用する需要家一人一人の行動を予測することは、かなり難しい。

それでは、どのように需要を予測し同時同量制約を達成するのか。発電所が作り出す電気は送電線に流れてしまえば、他の発電所が作り出した電気と混ざり合い、単一の電気となる。電気に色はついていないという特性を利用して同時同量制約を達成する。具体的には、電力システム内の「全ての発電所で作られる電気の合計 (=総供給量)」が「全ての需要家を使用する電気の合計 (=総需要量)」と一致すればよい。需要家一人一人の電力需要の予測に比べて、電力システム全体の電力需要の予測は、大数の法則^{*4}が効いて予測可能なものとなる。

一方で、再生可能エネルギーは、雲の動きや風速といった自然現象により間欠的に発電量が変動するため、発電予測が非常に難しい。再生可能エネルギーが大量に導入されると、もともと需要が変動している中で供給側も出力が増減することから、需要と供給のバランスが取りづらくなる。北海道は再生可能エネルギーのポテンシャルが高いが、その導入に当たっては、再生可能エネルギーの間欠的な変動特性に対応できる応答性のよい電源の確保が必要である。再生可能エネルギーは、地球環境に対して負荷の少ない純国産のエネルギーとして期待されるものの、その導入には限界がある。

その導入限界を増大させる方策とは何か。1つ目は蓄電池による変動の緩和である。蓄電池は2種類の電極 (+ と -) と電解液中の化学反応によって電気を蓄える。再生可能エネルギーが電力系統に接続されている場合、気象予測を使って発電予測を行い、その発電パターンを発電会社に通告する。しかし、実際は予測とは異なる発電パターンとなることが通常であり、その差を蓄電池で保証する。

前述のとおり、電力系統に流れる電気に色はついて

*3 交流の電気は周期的に流れの向きが変化する。周波数とは1秒間に繰り返されるヘルツ (Hz) を単位とした周期の数であり、日本では、静岡県の富士川を境に東日本は50Hz、西日本は60Hzとなっている。

*4 サンプル数が大きいほど極端な値をとる確率が低くなり母平均に近い値をとる確率が高くなる。

いないので、それぞれの再生可能エネルギーの発電所ごとに変動緩和を行う必要はない。複数の発電所の出力全体を合成すると、電力需要と同様に系統的な特性を持ち、予測の精度が上がると同時に、変動を抑制するための蓄電池の容量をより小さくできる可能性が高くなる。これを「ならし効果」と呼んでいる。

2つ目は電力系統の広域運用である。単一の地域内だけで需要と供給のバランスをとるのではなく、再生可能エネルギーの導入量の地域差を利用して他の地域の調整力を活用することで、より広域的に同時同量制約を満たす。ただし、地域間を繋ぐ連系線の容量が調整力の限界となる。

再生可能エネルギーは、比較的需要の少ないところに大量に導入されているので、送電線ネットワークの問題もある。需要家に対して電力を供給する際に、地域の需要が少なければ送電線は細くて済む。しかし、送電線が細い地域に再生可能エネルギーがたくさん導入されてくると、余剰の電力は、その細い送電線を通るために送電線の容量を上回り、遮断器が働いて送電が途絶えてしまう。ローカル地域内の需要と供給は、送電線の最大容量以下に抑えなければならない。

この問題を解決するための技術の一つにマイクログリッドがある。マイクログリッドとは、大規模な発電所の電力供給に頼らず、特定の地域で、太陽光や風力、ガスタービンといった分散型電源を主電源として、地域内の電力を地域内で供給するシステムである。しか



し、狭い地域の需要は規模が小さいため、需要の予測を成り立たせている大数の法則が成り立たず、需要と供給をバランスさせることが非常に難しい。

その一つの方策として、再生可能エネルギーの出力変動に地域内の需要を変化させるという方法が考えられる。今までは供給側だけで調整していたものを需要側にも調整力を持たせる。そして、それは需要家が不便不快を被るものであってはならない。

需要家に不便を与えることなく消費電力を調整できるものとは何か。それは「熱」である。熱は大部分を電気から作り出しており、同時同量制約がなく、熱のまま貯めることができるため、再生可能エネルギーの変動に合わせて需要を変化させることが期待できる。再生可能エネルギーによる発電量が多いときは、電気で作った熱を作り出すヒートポンプの消費電力を増やして、お湯を作り貯湯タンクに一旦貯める。逆に、電気が足りないときには、ヒートポンプの消費電力を減らし、不足する熱は貯湯タンクのお湯で補填する。

また、コジェネレーション（以下「コジェネ」）という技術もある。コジェネは燃料の熱エネルギーでガスエンジンやガスタービンに回転力を与え、発電機を回して電気を作るとともに排熱を回収して、建物などの熱利用、冷暖房、給湯などに利用する分散型システムである。電気が足りない場合は電力系統から需要家は電力を買うことになる。このとき、コジェネの出力を下げるとコジェネからの電力供給量が減る。その分、需要家は電力系統から電力を買うため、電力会社から見るとそれだけ需要が増える。コジェネの出力を下げた分排熱も減るため、その分は併設されているガスボイラーを焚き増しして需要を満たす。コジェネの出力の上げ下げに伴って、需要の上昇下降をコントロールできる。

再生可能エネルギーを大量に導入するためには、これまで紹介してきた技術を活用し、電力システムの柔軟性の向上と変動性の低減が必須である。情報通信技術やAI技術を活用すれば、需要を正確に予測するこ

とや、冒頭に申し上げたとおり需要家が電力の安定化に貢献することが可能になることが考えられる。

今後は、日本だけでなく世界中の電力システムは、次の3つの変化を迎えると思われる。

1つ目は、従来の大規模集中型のエネルギー供給だけでなく、地域の分散型エネルギー源を活用するという「集中から分散へ」の変化。2つ目は、現在は全ての需要家に一様に横並びで電力が供給されているが、需要家の多様なニーズを組み入れた多品質な電力システムも考えていくという「一様から多様へ」の変化。3つ目は、これまでは発電から消費まで全体を一律にシステム構築されてきたが、需要家が能動的にエネルギーの使い方を考える需要家に重点を置くという「全体から個別へ」の変化。様々な技術を駆使して、新しい電力システムを構築していく必要があると考えている。

苫小牧市長挨拶（要旨）

岩倉 博文 氏 苫小牧市長

昨年9月には北海道胆振東部地震が発生し、ブラックアウトも経験した。電力は単に住民のライフラインということだけではなく、様々な角度から重要なエネルギーであるということを痛感した。オール北海道としてこのエネルギーバランスをどう考えるのか、優先度を高くして取り組まなければならないテーマであると考えており、あらゆる知恵を絞って次の世代に繋げる仕組みを作っていかなければならないと考えている。



苫小牧においても、平成28年度に産学官で構成する「苫小牧水素エネルギープロジェクト会議」を立ち上げ、水素社会をイメージしながら、水素の利活用について地に足のついた活動をしていかなければならないと考えている。本日のプラットフォーム会合の開催を地元として心から御礼申し上げる。

講演

「水素スマートシティ神戸構想の推進」

南部 法行 氏 神戸市 環境局 環境政策部 環境貢献都市課 エネルギー利活用担当課長

神戸市では、2030年度の温室効果ガスの排出量を2013年度比で34%削減することを目標としている。この目標値は、阪神・淡路大震災で電気やガスが止まり、長期間避難所で非常時の生活をしてきた年よりも更に削減しなければならない数値であり、震災を経験した市民にとっては衝撃的な数値となっている。



神戸市は、政令指定都市の中で1世帯あたりの年間光熱水費が最も安く、これは温暖で住みやすい気候であることや、震災を経験したことにより、エネルギーを賢く使おうとする市民の特性ではないかと考えている。しかし、温室効果ガス削減等の目標値に向けては、更なる取組が必要である。そこで、省エネルギーの推進や再生可能エネルギーの普及はもちろんのこと、革新的な技術開発の推進も必要であると考えて、水素に着目し水素の特性を生かした地球温暖化防止策に取り組んでいる。

神戸市では現在、二つの大きな実証事業が実施されている。一つは、オーストラリアの未利用エネルギーである褐炭^{かたん}*5を使って水素を製造し、それを船で日本に輸送して荷揚を行う「未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築事業」である。船により輸送された水素が神戸で荷揚されることになる。市としては、実証フィールドの支援や公共岸壁の整備等に取り組んでいる。もう一つは、水素と天然ガスを燃料とする1MW級ガスタービンを有する発電設備を用いて電気と熱を作り出し、地域の公共施設に供給する「水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発事業」である。市としては実証フィールドの支援や供給先施設と

*5 水分や不純物を多く含む低品位の石炭。乾燥すると自然発火するおそれもあるため、採掘しても近くの火力発電所でしか利用できないなど利用先が限定されている。

の調整のほか、市街地での実証事業となることから、市民の理解を得るための地元説明会を行ってきた。このような実証事業を実施していく中で、「製造した水素」を「貯蔵・輸送」して「利用」するというサイクルを確立しなければならないと考えており、今後、実証事業の成果をまちづくりに反映させていくため、さらに知恵を絞って取り組んでまいりたい。

今後も神戸市の取組を紹介しながら、神戸市だけでなく、日本全体が水素エネルギーに対して先進的な取組を継続していけたらと考えている。



会員からの情報提供（抜粋）

「小規模・高効率木質バイオマスガス化発電システムの開発」

菅原 彰敏 氏 北海道電力株式会社 総合エネルギー事業部 事業戦略グループ 副主幹



小規模・高効率木質バイオマスガス化発電システムに用いる木質バイオマスガス化炉は、木質チップを酸素のない条件下において高温で蒸し焼きにすることにより、水素と一酸化炭素に改質する装置である（一酸化炭素も水素へ変

換される）。

さらに生成した水素を利用して、このガス化炉に組み込んだ燃料電池で発電し、発電の際に発生する熱を再利用するため、バイオマス100に対して70の電気を発電する非常に高効率なシステムとなっていて、最終的には電気と水素の併産型システムを目指している。

今後このようなシステムの普及が進めば、水素の安価な供給が可能になると考えており、引き続き開発を進めていきたい。

閉会挨拶（要旨）

近久 武美 氏 北海道大学大学院工学研究院特任教授



本日の会合では、様々な取組やチャレンジを紹介いただき、自治体や企業の頑張りを感じた一方で、新しいエネルギー社会を構築するには、自治体や企業だけではなく、省庁を超えた大きな枠での協調とリーダーシップが重要ではないかと感じている。燃料電池自動車の普及や燃料電池分野における日本の高い技術力を生かすためには、様々な規制等を含めたルールを変えていかなければならないと考えている。

電気は貯められないため、電池や水素に変換して貯蔵し、有効利用する意義は大きい。しかし、まずは電気として利用することを最優先するべきであり、電力系統で利用できない電気を水素に変換するという考えを持つことが必要である。再生可能エネルギーをさらに導入して、未利用の電気を水素に変換する。そして、特にCO₂の排出削減が必要である長距離バスやトラックに十分な量の水素を供給していく形態を考えるべきである。

こうした社会づくりには、行政のリーダーシップが重要である。引き続き、行政の皆様をはじめとした積極的な取組に期待している。

※ 会合での上記以外の情報提供及び配付資料については、北海道水素地域づくりプラットフォームウェブサイト（北海道開発局HP内）に掲載しております。

<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/ki/renkei/splaat000001iy20.html>