

日時：令和3年1月20日（水）14：30～17：04

場所：オンライン形式(Cisco Webex Meetings)

人数：222名（うち会員89名（参加45団体／全59団体）、傍聴133名）

■開会挨拶：国土交通省北海道局参事官 石塚 宗司

・本日は、コロナ禍が拡大する中でWEB形式での会合という形にさせていただいた。また、業務ご多忙中のところ、佐伯座長をはじめとして、北海道水素地域づくりプラットフォームの会合にご参加いただき、お礼申し上げます。

・2020年10月の臨時国会における菅総理からの所信表明の中で、「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現」が宣言され、また、12月には「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が取り纏められ、その具体化に向けた検討が進んでいる状況である。一方、2020年3月には、鈴木北海道知事がゼロカーボン宣言を行い、北海道の地球温暖化対策推進計画の見直しなどが進んでいると聞いている。

・国土交通省北海道局においても、第8期の北海道総合開発計画の3つの目標の中の一つである「強靱で持続可能な国土の形成」という目標の中に、低炭素社会の形成や再生可能エネルギーの更なる導入に向けた取組を重点政策として掲げているところであり、産学官金連携による重層的なプラットフォームを形成して検討するために、本プラットフォームの取組を進めている。

・このような流れの中で、北海道に豊富に賦存する再生可能エネルギーの活用や、水素を用いたエネルギーの貯蔵、分散型エネルギーシステムの構築については、ますますその重要性が高まっており、北海道の地域社会、あるいはその生産空間の将来を考える上で欠かせない要素であると考えている。現在、第8期の北海道総合開発計画の中間点検を実施しており、パブリックコメント等を通じて、まさにその点が指摘されているところである。

・本日は、「電気・水素複合エネルギー貯蔵システム」について東北大学の津田先生から、「松前町における地域マイクログリッド構築に向けたマスタープラン作成事業」について東急不動産株式会社の山中様から、「木質バイオマスと太陽光発電等を活用したスマート街区構築事業」について大樹町の伊勢様からご講演をいただくほか、札幌市、北海道電力株式会社、豊田通商株式会社の皆様から話題提供をいただくことになっている。本会合が有意義なものとなることを祈念して、冒頭の挨拶に代えさせていただきたい。

■座長挨拶：北海道大学名誉教授（元北海道大学総長） 佐伯 浩 氏

・平成27年（2015年）5月に北海道水素地域づくりプラットフォームが設立され、今回で11回目の会合となるが、去年はコロナ禍のために1年間事業を行うことができなかった。

・我々の住む地球の最大の課題は、主として我々を含めた人類の活動に伴って排出してきた温室効果ガスの排出量削減である。2015年、第21回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）において条約加盟国196か国の参加のもとで採択されたパリ協定は、排出量削減目標の策定義務や進捗の調査など一部法的拘束力はあるものの罰則規定がない。目的は産業革命前からの世界の気温上昇を2℃未満に抑えることと、平均気温の上昇を1.5℃未満にすることであった。人々は節電に気をつけ、温暖化につながる行為を極力しないことを、社会あるいは学校教育の中で進めることも付帯決議になっている。

・日本の削減目標は、2030年までに2013年度比で温室効果ガス排出量を26%削減するものだったが、世界の



事務局本部からパソコンを通じて
ご挨拶される佐伯座長

気象をウォッチしている団体からは、我が国の目標について「もし、全ての国が日本のレベルの目標を採用するならば、地球温暖化が 21 世紀に気温が 3℃から 4℃超える可能性がある。」と、日本の対応は不十分であるという批判を受けていた。

・2020 年 10 月 26 日開会した臨時国会の所信表明演説で、菅総理は国内の温暖化ガスの排出量を 2050 年までに実質ゼロとするという方針を表明した。また、これに先立つ 20 年 6 月に日本経済団体連合会は、脱炭素社会に向けた活動、チャレンジ・ゼロ宣言をスタートしており、同年 9 月までに 154 の企業団体が参加し、関連技術の開発や普及、金融支援の事例等を集めた情報発信等を行ってきている。また、日本経済団体連合会会長の中西宏明氏もチャレンジ・ゼロの枠組みを活用し、イノベーションを通して脱炭素社会に早期の実現を目指して挑戦していくと言明し、加えて、経済同友会は 2020 年 7 月に「2030 年の電源構成に占める再生可能エネルギーの比率を 40%にすべき」とする提言をまとめた。また、同副代表幹事の石村和彦氏は「高い目標だが政策誘導と民間への継続的な投資があれば達成は十分可能だ」としている。経済界の脱炭素社会への活動を引っ張っていくという意気込みは強いものと感じている。

・産業界では、例えば日本の CO2 排出量の約 19%を占めている運輸部門においては、自動車業界をはじめ、運輸関係で 2050 年までに CO2 排出量をゼロにするという宣言をしており、航空海運においてはバイオ燃料等を採用することによって、CO2 排出量を半減するという。また、電力関係では電源開発株式会社が 2050 年までに国内外の事業の CO2 排出を実質ゼロにするという。その他、鉄鋼 3 社では CO2 排出を大幅に減らすビジョンを作成し、これから技術開発に力を入れるという。基本的には産業界においても、海外での生産活動等を考えて、温室効果ガス排出実質ゼロを目指す努力を続ける覚悟を強く示している。これらが菅総理の 2050 年までに CO2 排出を実質ゼロにするという所信表明演説につながったものと思う。

・我が国は、台風等による豪雨災害や地球温暖化による海水温上昇に起因する災害が増加しており、海水温の上昇は北海道及び我が国沿岸部の漁業にも大きな影響を与えている。我々も温室効果ガスの発生を少なくする取組を継続的に続けていくための努力を怠ってはならない。

・本日は、東北大学の津田先生の基調講演のほか、東急不動産株式会社の山中様、大樹町の伊勢様の 2 人の講演を聴くことになっている。この成果を北海道あるいは日本の温室効果ガス削減に活用していければと考えている。

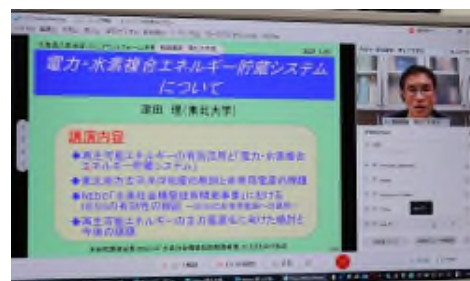
■基調講演：「電力・水素複合エネルギー貯蔵システムについて」（資料 1） 東北大学大学院 工学研究科 電気エネルギーシステム専攻 教授 津田 理 氏

・私は東北大学大学院工学研究科電気エネルギーシステム専攻に所属している。専攻の名前のとおり、専門は電気エネルギーシステムであり、産業分野から電力分野における電気エネルギー関係の機器からシステムまで、主に応用に関係する研究を行っている。最近のキーワードで言うと、再生可能エネルギーやエネルギー貯蔵である。また、エネルギー貯蔵と関連して、水素や超電導の応用研究も行っている。

・本日の「電力・水素複合エネルギー貯蔵システムについて」では、一昨年まで NEDO で行っていた研究開発内容を中心に説明する。

・具体的には、主に以下の 4 点となる。第 1 に、我々が提案する「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」がどのようなものか。第 2 に、NEDO の「水素社会構築技術開発事業」で提案するに至ったきっかけの 1 つである東北地方太平洋沖地震（2011 年 3 月 11 日発生）から学んだ教訓を生かして、このシステムを非常用電源として活用することにして経緯について。第 3 に、実際にどのようなことを研究開発したか。第 4 に、今後の課題として現在取り組んでいる内容である。

・最初に、再生可能エネルギーの有効活用と「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」の関係について説明



Cisco Webex Meetings の発表時の画面

する。開会挨拶や座長挨拶にもあったように、2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロにするという目標は非常にチャレンジングである。少し前まで言われていた排出量80%削減もかなりチャレンジングであると思っていたが、今回は覚悟を決めてやる、との姿勢を強く感じ、今まで以上に真剣に取り組んでいかなければならないと感じている。

- ・その中で出てきている重要なキーワードとしては、水素、その中でも水素の製造がより大きく出てきているという印象がある。あとは、利用する側の水素飛行機や電気自動車、もちろん燃料電池自動車も含まれる。この他には、海外からの水素運搬。水素はあくまでも2次エネルギーであるため、1次エネルギーをどうするかが一番問題になる。この点では、再生可能エネルギーが軸となり、それを生かすために、蓄電池やエネルギー貯蔵装置が必要になると考えている。

- ・このようなかなりチャレンジングな目標を考えると、現在の交流系統に依存する形での再エネの主力電源化は非常に難しいのでは、と個人的には感じている。このようなチャレンジングな目標を達成するには、現在の延長では難しく、かなりドラスティックに考えなければいけないと考えている。温室効果ガス排出量を実質ゼロにするにはどういう姿でなければならないのかについて、(一つの私見であるが)このページ(資料1 p 4)に示している。今後の再エネの導入量については、2050年に国内消費量の3/4位までは導入可能とする数字がある。しかし、日本は島国であり自給率が元々低いため、残りの1/4は、海外からの再生可能エネルギーに依存することになる。これを海外から運んでくる時の送り方は、2次エネルギーである水素か電力のどちらかになると考えられるが、その際にキーとなってくるのは水素輸送である。

- ・国内に目を向けると、現在は集中型で、大きな発電所から電力消費地に交流系統を通じて送電されているが、今後は、それぞれのエリアの中でそれぞれの場所に適した再エネ源を有効活用し、それをローカルエリアで消費する地産地消型の分散電源システムが必要になると考えている。ただし、その時には、今まで系統に依存していた電力供給の安定性が、再エネ源の有効活用により損なわれることになる。このため、交流系統に代わって電力の安定供給を実現するものとして、エネルギー貯蔵装置が非常に重要な役割を占めると考えている。

- ・また、再エネ関係は直流電源であり、最近の負荷はインバータ負荷など直流が増えているので、基幹系統の活用方法は色々あるものの、基本は直流で発生したものは直流のまま使い、ローカルエリア間を既存の広域系統で結ぶことになる。極端なことを言えば、既存の系統を直流に切り替えて使うこともある、と考えている。

- ・また、2050年に、海外から液体水素を輸送するようになった場合は、国内での輸送も容易になり、液体の形で各ローカルエリアに水素が分配されるようになると、液体水素の冷熱を利用したシステムの構築も可能となる。今後は、こういったことも見据えて考えていく必要がある。

1. 「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」がどのようなものか

- ・このようなチャレンジングな目標達成には、「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」が必要になる、という考えのもと、これまでに様々な検討を行ってきた。地産地消型の分散電源システムの実現は、そう簡単なことではなく、再エネ電源は発電出力が非常に不規則であるため、需給バランスと高品質の電力安定供給を実現しなければならない。

- ・これをエネルギー貯蔵(装置)により実現するわけだが、どのようなエネルギー貯蔵システムが必要になるかと考えた場合、まず、需給バランス調整については、短時間から長時間、すなわち日負荷変動から年負荷変動までを補償をしなければならないため、大容量のものがことになる。一方、短時間での非常に安定した電力、すなわち高品質電力を供給するには、再エネの不規則な発電出力を瞬時に補償できる、瞬発力のある高出力のものがことになる。

- ・現時点では、こういった2つの条件を満足する単一のエネルギー貯蔵装置やシステムが無いため、複数の貯蔵装置を組み合わせなければならない。そこで着目したのが、電力貯蔵と水素貯蔵である(資料1 p 6)。それぞれの特徴をうまくミックスすると、お互いの短所を補完することでエネルギー貯蔵システムに求められる全

ての性能を満足することができるため、「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」を考案し、検討を始めた。
・これが、我々が提案している「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム」の概念図である（資料1 p 7）。基本的には主役となる再生可能エネルギーから直接負荷に電力を供給し、様々な変動補償や受給バランス調整を、ピンクで囲っている「電力・水素複合エネルギー貯蔵システム（以下、「HESS」という）」で行っている。

・HESS では、高品質・高性能な変動補償を行うために DC BUS を設けていることが1つの特徴である。さらに、水素システムにおいて（水色で書かれている部分）、水素を様々な水素関連機器間でスムーズにやり取りするために、バッファタンク（H₂ BUS）を設けている点が、もう一つの特徴となる。

・また、高品質な変動補償を行うために、通常時は、再生可能エネルギー源の発電量、水電解装置の入力電力量、燃料電池での発電量については電力制御を行っているのに対して、電力貯蔵装置の入出力電力量については電圧制御を行い、この BUS 電圧を維持している。これにより、電力の需給バランスを行いながら高品質な電力供給、すなわち DC BUS の電圧維持を実現している。

・もう1つ特徴的なのは、運転制御方法である。水素システムは水電解装置と燃料電池で構成されているが、燃料電池が非常にセンシティブで使い方次第では性能がすぐに劣化する。燃料電池が早期に劣化してしまうと、短期間で更新しなければならなくなるため、それを抑制するために、水素システムでの変動補償分を、水電解装置と燃料電池とで更に役割分担するといった制御方法を採用している。これについては後で詳しく述べる。

・次に、水素吸蔵合金についてであるが、水素吸蔵合金を水素貯蔵装置として利用する場合は、燃料電池と直接接続するのが通常であるが、今回は、バッファタンクを紹介している。燃料電池で短時間に多くの電力を発電する必要がある時、すなわち水素吸蔵合金から燃料電池に短時間で大量の水素を供給する必要がある時には、大量の熱が必要となる。熱は時定数が非常に長いため、水素吸蔵合金から水素を短時間で放出するには、大量の熱エネルギーを水素吸蔵合金に与える必要があり、補機動力が大きくなってしまう。そこで、短時間で大量の水素供給を可能とするために、バッファタンクを設けている。瞬時対応が必要な時はバッファタンクから燃料電池に水素を供給し、長時間にわたり大量の水素が必要になる場合には、水素吸蔵合金からバッファタンクへ水素をゆっくり放出することを行っている。この水素吸蔵合金から水素を放出するためのエネルギーについては、燃料電池が発電している時の排熱を活用している。これにより、水素吸蔵合金の補機動力を極力少なくし、システム内にある無駄な熱の有効利用を実現している（資料1 p 8）。

・システムの設計コンセプトにおける特徴は、HESS にはできる限りエネルギーを入れずに、再生可能エネルギー源の出力をできる限りリアルタイムで負荷に供給して、再エネの利用率を高めている点である。再エネ源の全出力を HESS に入れてしまうと、例えば、水電解装置の効率を 80%、燃料電池の効率を 50% とすると、 0.8×0.5 で、HESS を経由すると再エネ出力の 4 割しか使えないことになる。よって、可能な限り再エネ源の発電分を直接負荷に供給し、その過不足分を調整するような運転を行っている点が、一つ特徴である。

・また、各装置では様々な運転制御を行っているが、再エネ源の出力特性は再エネ源の種類や設置場所によって異なるし、必要な容量も異なる。また、負荷に関しても、日中だけ動かすものや、昼夜関係なく動かすものもあるので、それらに応じて HESS の構成機器の容量も変わってくる。このように、システムによって求められる条件が異なっている、柔軟に対応できるのが、本システムの特徴である。

・さらに、長期間水素を貯めることができるのが大きなポイントであり、これにより、長期間にわたって高品質な安定電力供給が可能になる。このため、瞬低や停電だけでなく、日負荷変動から年負荷変動の平準化まで対応ができる点が特徴である。通常、瞬低補償装置や UPS は、補償対象が異なるため、本来は別々に検討して導入する必要があるが、HESS の場合は、両者を兼ねることができる。これが様々なシチュエーションに対応できる柔軟性があることにも繋がっており、我々が提案する HESS の長所と考えている。

・実際に、どのように変動補償を行っているかについては、こちらの簡単な図で説明する（資料1 p 10）。こちらが太陽光発電出力で、ここでは簡単のために負荷の電力が一定としているが、変動補償は、発電出力変動だけでなく負荷変動も考慮して行っている。発電出力と負荷消費電力の差分のトレンドを抽出し、そのトレンド

部分の変動補償を水素システムで、残りの短期間の変動補償を電力貯蔵装置でそれぞれ行って、トータルとして需給バランスを実現するという方法を採用している。このトレンドを予測する方法として、我々はカーナビ等で使用されている未来予測手法の1つであるカルマンフィルタを採用している。

- ・(資料1 p 10) 再エネの発電量と負荷消費電力の差がこの黒いラインで、カルマンフィルタで予想したものがこの赤いラインである。過去のデータからトレンドを予測するため、どうしても赤いラインが黒いラインの右側にシフトする(遅延する)が、大体のトレンドは捉えることができる。この時に発生する差分を電力著上装置が補償する。水素貯蔵システムと電力貯蔵装置の入出力量を個別に示すと、右側の図のようになり、水色が水素貯蔵システムによる補償分、赤色が電力貯蔵装置による補償分である。

- ・運転方法については、再エネを直接負荷の供給するのが基本となるため、日中など晴れている時は、太陽光発電出力を直接負荷に供給し、余った分を HESS に貯め、雨天や夜間など再エネの発電量が少ない場合に、燃料電池で発電して負荷に供給している。

2. HESS を非常用電源として活用することとなった経緯について

- ・このような検討をしている最中、2011 年 3 月に東北地方太平洋沖地震が発生し、今まで経験したことのないような長時間停電が発生した。非常用電源や自家用発電機は稼働したが、日頃使われていないことから動作不良が多発し、また、津波の影響もあって燃料不足が生じた。仙台市には主に 4 つの浄水場があり、今回実証試験を行ったのは、その中でも一番大きい浄水場であった。宮城県沖地震は大体 30~35 年周期で発生していて、前回の 43 年前の宮城県沖地震(1978 年)の経験から 24 時間の停電に対応可能な自家用発電装置を導入していたが、2011 年の地震時の停電は 4 日間であったため、機能維持が非常に大変で、燃料を新潟の方からも援助してもらっていたと聞いている。このため、大容量で燃料調達が不要な非常用電源と、その場でエネルギーが得ることができる再エネが非常に重要であると感じ、これらの教訓を活かして HESS を構成することにした。

- ・防災拠点では、非常用電源として太陽光発電や蓄電池が電灯用負荷などに使われ、非常用発電機は動力負荷用として使用されているが、それぞれここに書いてあるような(資料1 p 16) 様々な課題を有している。特に、燃料調達方法や保管方法、始動の早さ、安定性、品質、運用など、非常用発電機にはこういった課題が多くあり、大規模自然災害による長期停電時には対応困難となるのが現状である。

- ・そこで、NEDO の「水素社会構築技術開発事業」では、HESS を非常用電源に適用した場合の有効性を明確にすることを目的に提案し、実証実験を行った。非常用電源という観点で見ると、エネルギー調達に関しては、元々再エネを有効利用しながら大容量のタンクで水素を貯めるため、外部からの燃料調達は不要となる。また、大容量性については、浄水所では、東北地方太平洋沖地震後に、燃料タンクを 24 時間分から 3 日分に増やし、6,500L から 2 万 L となったが、非常用発電機の場合はタンク内の燃料の劣化を見極めなければならない、これが困難であるため維持管理が大変となっている。しかし、水素貯蔵の場合はそういった問題がない。

- ・また、HESS の場合は、停電しても通常時運転で負荷が大きく変わったということにしかならず、自家用発電機のように非常時に運転を開始するということはないため、動作不良もなく瞬時に対応できる。また、非常時でも変動補償を行いつつ高品質電力をすぐに供給できるので、太陽光発電出力を有効に活用できる。

3. 実際にどのようなことを研究開発したか

- ・事業の目的は、東北地方太平洋沖地震で学んだ 2 つの教訓より、再エネを上手く利用すること、燃料調達に依存しない大容量の非常用電源を確立すること。そして、提案するシステムが非常用電源として有効であることを実証することとした。併せて、電力システムは信頼性が重要となるため、水素を使ったシステムでも電力用の貯蔵装置として使えること、さらに、ただ使えるだけでなく高性能な電力補償に有効であることを示すのも非常に重要であると考え、これらの点も意識して検討を行った。

- ・開発スケジュールは(資料1 p 21)、平成 26 年度(2014 年度)の第 4 四半期から FS を開始し、その後で実

証試験を行った。まず、浄水場側のニーズを考慮して、どのような運転制御が適しているかの検討を行った。また、電力貯蔵装置については、今回使った電気二重層キャパシタのほか、リチウムイオン電池を始めとする2次電池（蓄電池）、SMES（超電導磁気エネルギー貯蔵装置）を使用した場合についても検討した。

- ・先程、2050年には海外から液体水素を運んでくると説明したが、SMESについては、その時の冷熱を利用することでサイズ効果を期待できる。蓄電池やキャパシタは容量が大きくなっても使用数をただ増やしていくしかないが、超電導コイルで貯蔵する場合は大容量のものをよりコンパクトにできる。このように、様々な電力貯蔵装置の性能の違いの影響を実証システムで比較検討したかったが、結果的には予算の都合で断念し、最終的にはキャパシタを選択することにした。

- ・実施体制は、資料1 p 22のとおりである。

- ・実証システムの構成は（資料1 p 23）、太陽光パネルについては既存のものを使うという大前提があったため、仙台市の浄水場にあった20kWの太陽光パネルを利用した。また、浄水場は、先程説明したように、非常に重要な負荷を扱っており、実証システムを実負荷に繋げてトラブルを起こすことは避けなければならなかったため、今回は模擬負荷に電力を供給することにした。この他は、水電解装置、燃料電池、キャパシタの容量がそれぞれ24kW、15kW、15kWで、タンクが水容積30 m³、水素吸蔵合金が240N m³という構成である。

- ・実際の試験サイトがこちらで、仙台市の茂庭浄水場である（資料1 p 24）。非常時を想定した試験を行うと、タンク内の水素を大量に消費するため、試験後にはタンクに水素を貯める必要があるが、水電解装置で水素を発生させて貯蔵すると膨大な時間が必要になるため、短時間で水素を貯蔵するためにカードルを使用している。このため、カードルはHESSに不可欠な構成要素ではない。水素タンクは、高さが約7m、水容積30 m³で、0.8Mpa（8気圧）になると240N m³の水素を貯めることができ、その時の貯蔵エネルギーは約2,500MJである。水電解装置はPEM型で1時間当たり5 N m³の水素を生成できるもので、1時間に使う水の量が4Lである。燃料電池もPEM型だが、今回は、水素吸蔵合金に排熱を供給するための水冷式と空冷式をミックスしており、水冷式が3kW、空冷式12kWの計15kWとなっている。電気二重層キャパシタは、シリンダーが3つ繋がって1ユニットとなっていて、1ユニットが7.5Vの400ファラドで、これを用いて240Vにするために32直列・2並列にしている。全体の静電容量は25ファラドで、貯蔵エネルギー量は0.7MJであり、水素タンクの貯蔵エネルギー2,500MJに対して非常に小さな値になっている。多くの電力貯蔵装置の中からキャパシタを選んだ理由は、電池の場合は、温度をコントロールする必要があるのに対して、キャパシタは放置しても発熱の問題が無く、また、近くに水素関連装置があるのに対して発火の心配が無いためである。水素吸蔵合金は、本来、熱を加えるための補機動力が必要となるが、今回は燃料電池の排熱を利用することから水素吸蔵合金の加熱装置を簡素化している。タンク1本で80N m³、3つで240N m³の水素を貯蔵でき、水素タンクと同じ容量であるが、水素吸蔵合金の方がはるかに小さく（資料1 p 32）、水素吸蔵合金が土地の有効利用の面で非常に有効であることがわかる。

- ・まず、72時間の非常時を想定した運転をする前に、各構成機器の制御特性を把握するために、個別に特性試験を行った。その結果（資料1 p 33）、コンバータの変換効率は、入出力電力の大きい領域では大体90何パーセントとなっていたが、入出力電力の小さい領域では効率が非常に悪く、これが後のシステム全体の効率低下につながっている。

- ・続いて（資料1 p 34）、構成機器の電力の供給と消費（吸収）に関する応答性を評価した。FC（燃料電池）、EL（水電解装置）、EDLC（電気二重層キャパシタ）それぞれグラフの黒い線が指令値であり、FCの発電量を示す緑、ELの消費電力量を示す赤、EDLCの実際の入出力値を示す紫のラインは、黒い線とほとんど合致しており、非常に高速に応答していることがわかる。

- ・また、電力と水素間のエネルギー変換が短時間で行われているかについて検討した（資料1 p 35）。上のグラフでは、燃料電池への水素供給量を示す青いラインの変動に対して発電量を示す赤いラインが瞬時に応答していることがわかる。また、下のグラフでも、水電解装置への電力入力量を示す赤いラインの変動に対して水素

製造量を示す青いラインが、瞬時に応答していることがわかる。

・(資料1 p 36) 長時間安定して運転するには、貯蔵エネルギー量が、常にある幅に収まっている必要がある。変動補償をしている間にエネルギーが無くなったり、これ以上吸収できないという状況になったりすると、長期間の安定運転ができなくなる。このため、水素貯蔵システムや電気二重層キャパシタのエネルギー残存量を適切に制御できるかについて検討した。グラフの赤が晴れ、青が曇り、黒が雨の場合の結果であるが、エネルギー残存量を制御しないと、時間の経過とともにエネルギー貯蔵量が減少し、継続運転ができなくなるのに対して、エネルギー残存量を適切に制御すると、想定した制御範囲を示す黄色の範囲内に収められることがわかった。これにより、変動補償を行いながら、エネルギー残存量を適切に制御できることがわかった。

・燃料電池の耐久性については、出力の変動回数が多いこと・変動速度が速いこと、開放電圧状態(何も出力していない状態)になること、膜が乾燥状態であることが悪影響を与えるとされている。このため、燃料電池には、変動の少ないベース電源である原子力発電のような運転をさせて、差分を水電解装置の電力消費量で調整する方法を採用した。このため、先程は、カルマンフィルタで水素貯蔵システムと電力貯蔵装置の担当分を分けていると説明したが、水素システムでは、さらに燃料電池と水電解装置で担当分を分けていることになる。

・この方法を採用した結果(資料1 p 38)、何も行わない場合の燃料電池の変動回数が56回であったのに対して、同時運転した場合は18回と、水素システムの中で上手く分担すると変動回数を減らせることがわかった。これは、燃料電池の耐久性向上につながると考えられる。また、グラフ上の直流母線電圧が380Vで一定になっており、非常に高精度な変動補償ができていることがわかる。

・次に、前述したトレンドの予測値の影響について検討した(資料1 p 39)。予測精度はカルマンフィルタのパラメータで調整可能である。予想精度が低い場合は、帳尻合わせをする電気二重層キャパシタの入出力量がより大きく変化しているが、予測精度に係わらず母線電圧が380V一定に維持されていることがわかる。

・以上を踏まえて、72時間(3日間)を想定した運転を、通常時から非常時に切り替えてから再び通常時に戻すというプロセスで行った(資料1 p 40)。需給バランスを示す直流母線電圧は電力の品質を表しているが、±0.68%の誤差に抑えられていることから、非常に高精度に変動補償が行われていることがわかる。この時の水素量の変化を表しているグラフがこれであるが、水素吸蔵合金からバッファタンクへの水素移動量に着目して欲しい(資料1 p 41)。本来は、水素吸蔵合金を燃料電池に直結するが、今回は間にバッファタンクを設けている。このため、水素吸蔵合金からバッファタンクに送っている水素量を示す青のグラフと、バッファタンクから燃料電池に送っている水素量を示す緑のグラフが、独立していて同期していない。この結果は、バッファタンク設置の効果があったことを表している。

・実際に、電力がどこから供給されているかについては(資料1 p 42)、約1/3がPV(太陽光パネル)であり、PVを非常に有効活用できていることがわかる。それ以外は、貯蔵していた水素を使って燃料電池が発電している。実際に負荷で消費した分がこちらで、水電解装置(EL)を介して水素を生成している余剰分がこちらになる。コンバータ類では、電力変換時に約13%の損失が生じている。この損失削減が今後の課題となる。この結果は(資料1 p 43)、複数回行った72時間運転のうちの1回分の結果であるが、水電解装置で消費している電力は定格24kWに対して1kWか2kW程度の頻度が多く、EDLCでも小さい電力しか出入りしていない。燃料電池では、劣化しないようにベース電源的な運転をして3kWを下回らないようにしているため、3kWの発生頻度が多くなっているが、非常に効率の低い領域での動作が多いことを意味している。このため、定格容量と運転条件のバランスを適切に考えることが、今後のシステム全体の効率向上に重要になると考えられる。

・以上より、提案しているシステムが、外部からの燃料調達が不要な大容量非常用電源として、また、高精度な変動補償をしてリアルタイムで再エネを利用できるシステムとして有効であることを実証した。

4. 今後の課題として現在取り組んでいる内容

・最後に、今後の課題として現在取り組んでいる内容について紹介する。茂庭浄水場での実験終了後、折角の

機会なので東北大学へ実証システムを移設し、現在、引き続き研究開発を行っている。また、離島の自立型システムとして活用する場合について検討している。さらに、HESS を最初に導入するのは学校等の指定避難所が適当と考えているため、学校等での通常時の運用方法についても検討している。また、再エネの有効活用には洋上風力が重要となるが、洋上での変電所建設はコスト高になるため、低圧のまま大電力を送る低圧大容量の超電導海底ケーブルや、直流送電する場合に必要な限流器や遮断器の検討も行っている。

・離島での自立型電源システムの検討結果の一例を紹介する（資料1 p47）。沖縄県の粟国島（あぐにじま）という人口 800 人の島で自立型電源を構築するには、どれくらいの容量の再エネが必要になるかを検討したところ、太陽光 2.5MW、風力 7MW で年間を通じて高品質な電力供給が可能となることがわかった。また、風力は夜間も発電するのに対して、太陽光は電力消費が多い日中に発電するため、太陽光をできる限り多くする方がシステム効率が高くなり、無駄に水素貯蔵タンクを大きくする必要がないことがわかった。さらに、発電出力頻度の低い領域では大きな出力をカットした方が、トータルとしてはバランスが良くなることがわかった。

・HESS における技術課題（資料1 p48）は、定格容量の最適化と補機動力の削減である。また、水素吸蔵合金の熱（補機動力）、交流系統との連系方法、経済性を考慮したシステム最適化、信頼性などについても検討していく必要がある。

・その他、それぞれの構成機器の課題についても今後検討していく必要がある（資料1 p48）。2050 年まではまだ年数があるように感じるが、電力システムを変更する場合は膨大な時間を要するため、今から早急に対応方法を検討していく必要がある。

<質疑応答>

○（質問1）燃料電池は変動運転が大きいと耐久性に影響するとのことだが、自動車ではそのようなことが大きな問題になっていない。本実証に用いられた燃料電池の特性によるものか、それとも自動車に比べて非常に長時間の運転によるためか。

○（回答1）ある燃料電池の開発者に話を聞いたところ、自動車と今回のような常時の変動補償を比べたら、例えば耐用年数 10 年の燃料電池自動車の燃料電池を HESS に適用する場合は、多分半年もたないだろう、とのことだった。両者では負荷が全然違っており、自動車の場合は、意外と動いてない時間が長いのに対して、HESS の場合は四六時中変動補償しており、使い方がかなり過酷になるため耐久性が低下すると思われる。

○（質問2）電気二重層キャパシタ（EDLC）を短期変動吸収のために追加する場合、余分にかかるコストはどのくらいか？FC 本体の価格よりも高いか。

○（回答2）今回の HESS で、燃料電池と EDLC の価格を比較すると、EDLC は燃料電池の約 1/6 である。同じエネルギー貯蔵量のものを用意する場合は、当然エネルギー密度の低い電池や特にキャパシタの方がコスト高になるが、今回は非常に小さな変動補償のために導入していたため、それほど大きな容量は必要無かった。よって、水素貯蔵の 2500MJ に対して EDLC は 0.7MJ であり、費用もかかっていない。今回の全体費用のうち、EDLC のコストは無視できるようなものだったので、大容量のシステムになってもコスト的には問題ないと考えている。

○（質問3）EDLC のバッファがあると電力需給を綺麗にフィットさせることができと思うが、例えば、地域マイクログリッドなどの需要側も供給側もある程度広がりがある場合、需給のスパイクが分散されるため、FC と EL だけでも十分事足りるのでは？

○（回答3）分散電源の地産地消型のローカルグリッドをどれくらいの規模で実現するかによっても、どれくらい短時間の補償をする必要があるかが変わってくるため、各構成機器の容量比は、導入先の状況を見ながら調整する必要がある。今回は、容量を予め決めてシステムを構成するのではなく、状況に応じて構成を変えら

れるような柔軟性のあるシステムの開発を基本とし、そのようなシステムに適した制御方法について検討している。先程の離島のケースでも、EDLC がしっかり動くことによって、それぞれの瞬間での電力の安定供給が可能になっているので、どのようなシステムでも EDLC は必要であると考えている。ただし、容量については、状況に応じて上下すると思う。

○（質問4）HESS で使用している水素ガスは、どの程度まで圧縮して使われているか。

○（回答4）圧力は、高圧ガス保安法の規制を考慮して最大 0.8MPa（8 気圧）、最小を 2 気圧とし、タンク内の圧力を 2 気圧から 8 気圧の間に維持できるように制御している。今回、バッファタンクは、余裕をもって大きく造っており、バッファタンクをどこまで小さくできるかについては、現在検討中である。

○（質問5）資料1 p 7で、水素貯蔵システムの貯蔵部分が液化水素タンク又は水素吸蔵合金とあるが、液化水素の補給はどのように行うのか。

○（回答5）水素を液化して貯める場合、冷却に大きなエネルギーが必要となるため、基本的に国内で作った再エネ由来の水素は、水素吸蔵合金で保管するのが良いと考えている。ただ、前述のとおり 2050 年には海外から液化水素が輸入されていることが考えられるため、国内でも運搬して各地のタンクに入れることで非常電源機能を持たせるために長期間水素を貯蔵しながら、蒸発するガスを通常時の変動補償に活用することになるのではと考えている。このため、液化水素貯蔵は、外部から出来たものを持ってくることを想定している。

○（質問6）資料1 p 40 の FC の出力を示したプロットで、一定間隔でスパイクが見られているが、これは FC 劣化を防ぐためにわざと負荷に変化を与えているのか。

○（回答6）72 時間の連続運転試験の結果のグラフで、負荷での消費電力がオレンジ色になっている。浄水場には 20 個の貯水池があり、毎日 5 つの池の洗浄を行っている。水の洗浄を行う時には非常に大きな動力が必要となり、それが 30 分位で行われている。現在は、この作業を夜間の比較的安価な電力を使用して行っている。この電力を負荷に供給するために燃料電池が発電しているので、こういったスパイクが立っている。ただ、今は夜間電力の方が安いので、夜に毎日 5 つずつ 4 日間かけて洗浄しているが、HESS を使うと太陽光が発電する昼間にシフトすることができ、システム全体の効率が良くなるという結果が得られている。このグラフでは、全体の時間が長いために（グラフの横軸のこと）30 分がスパイク状になって現れている。

■講演①：「松前町における地域マイクログリッド構築に向けたマスタープラン作成事業」（資料2）

東急不動産株式会社 都市事業ユニットインフラ・インダストリー事業本部
再生可能エネルギー第一部 風力開発第一グループ

グループリーダー兼松前事務所所長 山中 慎司 氏

・本事業は 2020 年度に経済産業省の補助金を受けており、20 年 5 月に交付決定され、FS 調査を実施している。現在は、高圧の需要家から入手した電力需要の 30 分データを利用してシミュレーションを行って、11 月及び 21 年 1 月の委員会の審議を経て、報告書をまとめているところである。報告書については、1 月末に提出予定であるが、その一部を説明する。

・まず、報告書の説明の前に、東急不動産が行っている事業について簡単に説明する。当社は 2012 年に再生可能エネルギー事業に参入し、現在では、全国 53 カ所に 1,145MW の規模で事業を展開している。なぜ、不動産会社が再エネに参入したのかという質問をよく受けるが、発電所を作るための土地取得、環境アセスメント、



Cisco Webex Meetings の発表時の画面
（発言者の画面を拡大して掲載）

農地転用、林地開発のほか、発電所建設予定地の住民などと協議して、理解された上で事業を進める必要があり、これらはまさに当社が常々行っている不動産業との親和性が高い、当社の知見が生かせるということで、再生可能エネルギー事業を行っている。また、当社を設立した創業者の一人である渋沢栄一の時代から、当社は社会的な課題を解決するという理念で事業を行っており、環境問題やエネルギーの自給率の向上などは、当社の理念とマッチしているということも理由の一つとなっている。

- ・続いて、本事業の舞台となる松前町については、北海道の最南端に位置しており、人口 6,700 人、渡島大島、渡島小島、二つの無人島を合わせて面積 293 km²。主な産業は漁業と畜産業で、全国的には松前漬の名称で知られているところである。観光地は、日本さくら名所百選に選ばれた 1 万本の桜や、日本最北の天守がある松前城がある。JR の廃線以降は、他の地域と同様、人口減少の歯止めが課題となっており、再生可能エネルギーの活用をその対策の一つとして取り組んでいるところである。

- ・本事業について説明する。2018 年 9 月の北海道胆振東部地震に伴う停電のほか、松前町ではそれ以前にも長時間の停電を経験していることから、2019 年 4 月、当社のリエネ松前風力発電所の運転開始時より、災害時の電力供給の要望を受けていた。当初は一般送配電網の活用は出来なかったが、北海道電力及び北海道電力ネットワークの協力によって、一般送配電網を活用した災害時の電力供給の検討を開始した。本事業の最終的な目標は松前町全体に電力を供給することだが、今回は当社が保有する風力発電設備及び蓄電池設備とエネルギー・マネジメント・システム（EMS）を組み合わせ、災害時の地域マイクログリッド構築に向けたマスタープランを作成する段階である。

- ・リエネ松前風力発電所の概要について（資料 2 p 4）、運転開始は 2019 年 4 月、3.4MW 風車が 12 基で全体合計出力が 40.8MW、連係出力は 36MW となっている。この発電所は北海道初の蓄電池併設型風力発電所で、18MW、容量 130MWh の NAS 蓄電池を併設しており、非常時にはこちらの蓄電池からパワーコンディショナ（PCS）を通して電力を供給するシステムをプランの中で構築している。

- ・地域マイクログリッドの設定範囲について（資料 2 p 5）、地図上の赤い点線の枠内が非常時に電力を供給するエリアとなっている。松前町役場、町立病院、松前消防署などの重要拠点の他に、一般の家庭である低圧需要家 2100 世帯に対して電力を供給する予定である。また、電力の供給については、北海道電力ネットワークの配電網を利用する予定であり、この範囲については、松前町との協議で取り決めているが、町は、最終的に町全体への供給を希望している。今回は、需要把握の問題と、松前町に点在している小型風力発電の関係で、まずは赤い点線の枠内で進めている。

- ・地域マイクログリッド関係者について（資料 2 p 6）、マイクログリッド発動は、松前町と北海道電力ネットワークが協議し行い、発動となった場合には、別に定める計画書に基づき、松前町から住民への周知を行い、この間に発電事業者と北海道電力ネットワークが準備作業を行い、そして、それらの準備が整った段階で電力を供給し、これらを総括するのが地域マイクログリッド事業者になっている。

- ・地域マイクログリッドの概念図について（資料 2 p 7）、平常時は、赤い線と黒い線で電力が供給される。風力発電で発電された電気が 22kV 線、蓄電池から 6.6kV 線で調整のうえ昇圧して、66kV 線で北海道電力ネットワークの松前変電所に連係され、ここから松前町の全域に電力を流す。非常時には青いバツのところでは電線が遮断し、その際にはオレンジの線で電力を流していくという計画である。風力発電で発電された電気は、一度蓄電池を通して、蓄電池から 6.6kV で松前変電所に連係される。この松前変電所から北海道電力ネットワークの配電網を通して、松前町の主要部に電気を流していく。緑の部分については太陽光発電所で、こちらは新たに設置する予定であり、松前町は夏の間、風が弱いところがあり、風車の補助電源という位置づけで太陽光発電設備の設置を考えている。

- ・設備構成の詳細について（資料 2 p 8）、青の部分は既存施設で、今回はオレンジの部分を新設する。新設されるのは EMS と 2MW の太陽光発電、回転機系の発電機 2 台である。発電機は、現在は重油で動くタイプで検討中だが、本来はすべて再エネ由来で本事業を行うことを目指しているため、できれば再エネ由来の水素な

どで稼働ができればと考えている。なお、需給バランスについては、EMS で行っているが、急激な変動については回転機系の発電機で対応するシステムである。

・最後にスケジュールについて（資料2 p 9）、今年度は1月29日にマスタープランを提出して終了である。21年度にマイクログリッド構築の補助金申請を行い、22年度内の完成を目指していきたいと考えている。また、平常時マイクログリッドについては、配電内容の関係もあるが、地域新電力の組成など松前町における再生可能エネルギーの活用を進めていきたいと考えている。

■講演②：「木質バイオマスと太陽光発電等を活用したスマート街区構築事業」（資料3） 大樹町 企画商工課長 伊勢 厳則 氏

・初めに、大樹町の概要について、北海道の東部、十勝の南に位置し、東は太平洋、西は日高山脈に接し、中央部は十勝平野が広がっております。人口は令和2年12月末現在で5,446人、面積は815.68km²である。基幹産業は農業を中心に漁業、林業など一次産業が盛んである。町内では乳牛が人口の約4倍にあたる約2万頭が飼育されており、年間約12万tの生乳が生産される道内でも有数の酪農地帯となっている。生産された生乳のほとんどは、町内にある雪印メグミルク工場で皆様おなじみの「さけるチーズ」と「カマンベールチーズ」に加工されている。また、日高山脈を源とする清流の歴舟川（れきふねかわ）が町の中心を流れ、環境省の公共用水域水質調査で日本一きれいな河川にこれまで14回選ばれている。歴舟川は古くから宝の川と呼ばれ、川底に砂金が眠っており、1900年頃には一獲千金を夢見て全国から多くの砂金掘土が詰めかけ、賑わいをみせていた。今でも砂金が取れることで観光の目玉となっている。更に市街地から25km離れた太平洋沿岸に、国内でも有数の濃度を誇るヨード泉質の晩成温泉がある。太平洋を望みながら心地よく日頃の疲れを癒すことができる。

・続いて、大樹町のもう一つの顔である「宇宙のまちづくり」を30年以上にわたって進めている。昭和60年から航空宇宙産業基地の誘致活動を続け、全長1000mの滑走路を有する多目的航空公園を整備している。宇宙航空研究開発機構 JAXA と連携協力協定を締結し、多目的航空公園の一部は JAXA の実験場として位置付けられ、大気球実験や無人小型航空機飛行試験など最先端の実験が行われている。また、町内に本社を構えるロケット開発ベンチャー企業の「インターステラテクノロジズ株式会社」が2017年から観測ロケット「MOMO」の打ち上げ実験を行い、2019年5月に打ち上げられた「MOMO3号機」が、民間単独開発のロケットでは国内初となる高度100km以上の宇宙空間に到達している。今後はロケット射場や宇宙往還機スペースプレーンの離発着ができる滑走路を備えた、北海道スペースポートの整備を目指している。

・今回のスマート街区構築事業の取組の背景について、大樹町の面積のうち約7割を森林が占めていることから、町内の豊富な森林資源である木質バイオマスを活用するため、公共施設の熱源を化石燃料から木質ボイラーの導入による木質バイオマスへの転換を図り、計画的に需要を確保することで地域資源の循環を推進しようと考えてきたところである。木質バイオマスは、地元業者がチップの製造、運搬を行うことで、林業の活性化、雇用の創出など地域の振興を意図して、2014年に木質ボイラー導入計画を策定したところである。木質ボイラーの導入は郊外の晩成地区（前述した晩成温泉がある場所）と、市街地の公共施設が集中している北、東、南の3地区をブロック分けし、各地区に木質バイオマス棟を建設し、複数の公共施設をパイプラインで繋ぎ温水を供給する集中管理方式を目指すという計画である。第一弾として、2015年に晩成地区にある晩成温泉に木質ボイラーを導入したところである。昨年1年間の木質チップの使用量は1606m³となっている。また、再生可能エネルギーの活用などによるCO₂の排出削減量をクレジットとして国が認証する「Jクレジット制度」の認証を取得している。認証量は106t分のCO₂で、CO₂削減に少しではあるが貢献できていると感じている。スマート街区の区域は（資料3 p 5）、町の中央を流れる歴舟川をはさんで市街地の北地区の赤い点線の部分と



なっている。

・(資料3 p 6) 木質ボイラーを導入するためには膨大なイニシャルコスト(初期費用)が掛かるため、町の財政状況が厳しい中、次なる木質ボイラーの導入が進まない状態であったが、今回の事業をスタートさせた背景には、胆振東部地震に伴う道内全域におけるブラックアウトを踏まえた地域防災機能の強化、そして防災拠点となる役場庁舎の建替え、更には学童保育所、プールの整備、低炭素社会の実現に向けた再生可能エネルギーの導入などがあり、これらの取組を進めていく上で、エネルギーの多面的な有効活用による地域振興が必要であると考えていたところ、2019年に北海道のエネルギー地産地消事業化モデル事業(非常時対応型モデル)に当町の木質バイオマスと太陽光発電等を活用したスマート街区構築事業が採択されたことにより、ようやく木質ボイラーの導入が図れることになった。このモデル事業は、エネルギーの自給、地域循環の取組を促進するため、地域の特性に応じたエネルギー資源を効果的、効率的に利用し、災害などの非常時にも対応可能な他地域のモデルとなる取組に対して北海道が補助する事業で、補助率は10/10、補助金は最大5億円、事業期間は最長3年となっている。本事業の事業期間は令和元年度から令和3年度の3ヵ年で総事業費は5億9840万円を予定し、北海道からの補助金は5億円を見込んでいるところである。現在は詳細設計を実施しているところで、21年4月以降に工事着手となり、22年4月から供用開始というスケジュールとなっている。このため、資料中の数値が変更前のままになっている箇所もあるので留意されたい。

・スマート街区の概要について(資料3 p 7)、電気は、各施設で北海道電力からそれぞれ受電していたものを一括受電し、各施設の電気基本料金の削減を図るとともに、複数施設における電力需要の平準化に繋げていくというものである。また、太陽光発電と蓄電池を自営線でつなぐことで、太陽光による自家発電、自家消費を図っていくこととしている。熱源は、町内の森林組合で製造される木質チップを活用し、新たに設置する集中管理方式の木質ボイラーで得られた温水を導管で融通し、各施設の暖房の熱源とするものである。電気と熱源の供給対象は、町の北側に位置する公共施設群の役場庁舎、大樹小学校、生涯学習センターと今後建設を計画している学校プール、学童保育所の5施設を予定しており、そのうち生涯学習センターと小学校の体育館は、災害時の避難所にも指定されている。スマート街区内に学校プールを整備することで、木質ボイラーによるプールの加温が可能となり、冬場の暖房だけでなく、夏場も含め通年の熱供給を実現するものであります。役場庁舎は、現在、省エネルギー性能に特化したZEB Ready仕様で建設工事が進められており、庁舎の熱源は再生可能エネルギーの一つである地中熱を活用することとしている。BCP機能についても、災害時は太陽光パネルによる発電と蓄電池設備の電力を利用し、熱源についても木質ボイラーと蓄熱槽を利用することで機能の確保を図る。

・スマート街区の配置図について(資料3 p 8)、国道236号線沿いに役場庁舎があり、その東側に大樹小学校、小学校に隣接した場所に、今後、学童保育所、学校プールを建設する予定である。その北側に生涯学習センターが建っている。太陽光パネルの設置場所は、現在、町の花であるコスモスを咲かせているコスモスガーデン(2ha)の一角を利用して整備する予定である。発電量は約100kW、蓄電池容量は約73kWhを予定している。木質バイオマスボイラーは、各施設の間地点にエネルギー棟を建てて300kWの規模で設置することとしている。木質チップは、供給元の森林組合が当スマート街区から直線距離で北側に約1kmの近隣に所在しており、導入を予定している木質チップボイラーの1か月以上の稼働に対応できる300m³の木質チップを常時ストックしている。

・通常時の自営線ネットワークの運用について(資料3 p 9)、経済性、環境性を優先させることに配慮し、再生可能エネルギーを最大限活用できるような運用方法を検討している。昼間十分な太陽日射が得られる場合は再生可能エネルギーを最大限活用し、雨の日や夜間については蓄電池から放電するとともに、系統の電力を購入するという流れになる。

・非常時の自営線ネットワークの運用について(資料3 p 10)、災害時、災害対応のフェーズ別に導入設備の運用方法を検討中である。停電時では避難所開設までの初期対応に必要な電力を確保するため、最低2時間、役

場庁舎の屋外照明、生涯学習センターの一部電灯負荷（18kW 程度）に蓄電池から電源を供給することを検討している。避難所開設以降は、熱供給電力を加えて 40kW 程度を供給できるよう、蓄電池と併用して太陽光発電から電気をバックアップする仕組みを考えている。

・次に、エネルギーマネジメント会社のスキームについて（資料3 p11）、スマート街区の運営は、新たにエネルギーマネジメント会社を設立して、スマート街区を運営することになっている。会社の構成については、現在2つのパターンで検討しており、1つは地元業者が出資してエネルギーマネジメント会社を設立するパターンで、2つ目は町が単独で出資してエネルギーマネジメント会社を設立するパターンである。エネルギーマネジメント会社の役割は、本事業で導入する設備のオペレーションとメンテナンスを実施すること、木質ボイラーの燃料である木質チップを調達し熱を公共施設に提供すること、太陽光発電から得た電気と太陽光発電だけでは賄い切れない分の電気を電力小売会社から調達し、公共施設に供給することなどを考えている。

・エネルギー会社の収益については、一括受電により基本料金が削減される分、そして太陽光発電による発電分、町からの施設維持管理運用業務の委託費、木質チップ調達費と熱供給費の差額分などを考えている。

・エネルギーマネジメント会社の将来展開について（資料3 p12）、前述のとおり、大樹町は道内でも有数の酪農地帯であり、農家1戸当たりの乳牛飼養頭数が年々増加し、特に大型農業法人における家畜糞尿の適正処理は喫緊の課題となっている。その解決手段の1つとしてバイオガスプラントの導入が挙げられている。現在、大樹町内では3つの法人がバイオガスプラントを稼働しているが、バイオガスプラントの導入を計画している8法人が、送電線空き容量不足によりFITで売電できないため、計画を中断している状況である。

・将来展開として、町内の酪農家が整備したバイオガス発電からの電力調達により家畜糞尿処理における課題解決を図るとともに、地域内資源の循環向上を目指していきたい。現在、大樹町では新たな取組として、北海道の補助事業である地産地消の新エネルギーの有効活用モデル事業の採択を受け、約1500頭の乳牛糞尿を処理可能なバイオガスプラントから精製したバイオガス中のメタンを液化し、公共施設や民間企業等へ燃料として供給するほか、大樹町から打ち上げられるロケットの燃料としての活用が可能かどうか、今年度中に事業可能性評価及び基本計画を作成することとしている。大樹町で生まれ育った乳牛から排出される糞尿が、ロケットの燃料となって宇宙に飛び立つことができたら喜ばしいことと思っている。

■会員からの情報提供①

○「水素サプライチェーンを軸とした札幌圏地域循環共生圏構築事業」（資料4）

札幌市環境局環境政策課環境政策担当係長 佐竹 輝洋 氏

・水素サプライチェーンを軸とした札幌圏地域循環共生圏構築事業について、現在、環境省の補助金を受けて、札幌圏（札幌市近郊）の再生可能エネルギーを活用した水素のサプライチェーン構築に向けた調査を行っている。その概要について説明する。

・事業の概要・背景について（資料4 p2）、札幌市は2020年2月に50年に向けて温室効果ガス排出を実質ゼロにする、ゼロカーボンシティを目指すこととした。現在、その計画なども作成中で、その実現に向けて、風力発電の余剰電力により水素を製造し、札幌市内で活用することでCO₂の削減を図りながら北海道内の経済循環にも繋げるといっ

た環境省が提唱している地域循環共生圏のモデルを構築する調査を行っている。札幌市は北海道の中心都市として人口197万人を抱えている。ただ、市内の再生可能エネルギーだけで需要を賄うことは地形的に困難であるため、北海道各地の太陽光、風力、木質バイオマスといった再生可能エネルギーの導入を図っていくことを進めている。

・こうした中、2019年に札幌の近隣の関係11市町村と共に、「さっぽろ連携中枢都市圏」を形成し、札幌だけではなく、札幌圏で取組を進めていくことでまとまった。



Cisco Webex Meetings の発表時の画面

・課題としては、積雪寒冷地という地域特性により、暖房に要するエネルギー需要が大きく、それを化石燃料などで賄うと温室効果ガスの排出や燃料費用の域外流出などのほか、人口については、ここ数年をピークとして減少に転じ、2030年には高齢化率が3割を超えることが予測されており、人口減少や少子高齢化に対応した街づくりも考えていかなければいけないという形になっている。

・この調査では、石狩市と連携し、建設予定の風力発電の余剰電力によって水素を製造し、札幌市内で燃料電池やFCV、FCバスのモビリティとして活用して、CO2削減を図りながら経済循環を目指していく。

・調査内容について（資料4 p 4）、サプライチェーンでは、石狩市で稼働予定の大規模洋上風力発電からの水素製造可能量の調査、水素製造装置の規模や試算費用、輸送貯蔵手段の調査、需要側では、札幌市でどのくらいの水素市場が見込めるのかといった調査、それに対する運営スキームの調査・検討、もう1つが、水素サプライチェーンの実現に向けたサウンディング調査で、札幌の都心部に水素ステーションと燃料電池を活用した集客交流施設を建設し、それをモデル街区とすることができないかということを行っており、ディベロッパーが事業に参入する意向があるかどうかの調査を行っている。それ以外には、MaaSなどの多様なモビリティの可能性について調査を行っている。

・実施体制について（資料4 p 5）、札幌市が全体統括で環境省の補助金を受け、石狩市と協力し、調査自体は外部調査機関の（株）日本総合研究所が行っている。また、産学官連携の勉強会を年度内に4回開催し、風力発電事業者、水素製造・供給事業者、有識者が参加して、関係性の構築や最新情報などを学ぶ機会を作っている。

・今後のスケジュールについて（資料4 p 6）、今年度はF/S調査（実現可能性調査）を行っていくこと、石狩市や他の自治体、風力発電事業者などとの関係性を構築することとしている。来年度は、今年度の調査結果を踏まえ、具体的な事業化、前述のモデル街区の検討のほか、水素サプライチェーンの具体化に向けて、事業スキームの計画作りまで取組んでいければと思っている。

・令和4年度（2022年度）に、都心部における水素モデル街区に関する取組や制度の整備などを行い、令和5年度（23年度）以降に、実際に洋上風力発電などを使いながら、再生可能エネルギー由来の水素を活用した地域循環共生圏のモデルを構築できればと考えている。

・資料には掲載していないが、今日（1月20日）の北海道新聞（札幌版）に掲載されていた話題を紹介する。市内2箇所目の水素ステーションの建設候補地として、旧中央体育館の跡地（大通東2丁目）で燃料電池を活用した施設の参入意向調査を行っており、様々な事業者へのヒアリング調査を踏まえて、どのように土地が活用できるか検討している。記事では、いかにも何か決まったかのような雰囲気になっているが、まだ調査中であり、21年度以降に具体化していければと思っている。

■会員からの情報提供②

○「水素バリューチェーン推進協議会（JH₂A）について」（資料5）

豊田通商株式会社ネクストモビリティ推進部次世代エネルギーグループ 松澤 陽生 氏

・本日は水素バリューチェーン推進協議会の発足について、当社は一般会員のため、理事会員や企画運営をしていないが、共同代表者であるトヨタの下位企業ということで情報提供の依頼を受けたため、紹介する。

・設立の背景について（資料5 p 1）、世界の潮流が低炭素や脱炭素の、特に水素を利用した水素社会実現に向けた動きが非常に加速しており、欧州、この中でもドイツのほか、日本でも菅総理大臣が2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すと宣言され、非常に世の中の水素社会へ向けた動きが加速しているためである。

・水素社会構築を加速させるための課題について（資料5 p 2）、3点を挙げているが、まず1つ目が水素の需



Cisco Webex Meetings の発表時の画面

要を創出するということが、2つ目が技術革新によるコストの削減、3つ目が事業者に対する資金の供給と、これらの課題を解決するために横断的な団体が必要だという認識の下、当団体が設立された。

- ・概要について（資料5 p 3）、主に水素のサプライチェーン全体を見渡して、かつ、業界横断的でオープンな組織で社会実装のプロジェクトの実現を早期に取り組む目的で設立されている。共同代表者がトヨタ自動車、三井住友フィナンシャルグループ、岩谷産業で、理事会員が9社となっており、当社は一般会員である。

- ・設立時の2020年12月7日に会員が88社となり、かなり大規模な団体になっている。一覧が資料5 p 4となる。

- ・組織体制について（資料5 p 5）、理事会員は理事会を行って、その下に企画運営委員会があり、各社が事業化・規制ワーキング、渉外ワーキング、調査ワーキングと分かれて、それぞれのワーキングで活動している形になっている。

- ・活動テーマについて（資料5 p 6）、1～5までであるが、これは設立後間もないということもあり、今のところ具体的な大きな動きはない。現在はまず3番、後述するように、特に規制緩和や水素社会実現のための政府に対する政策提言に関してアンケート及びヒアリングを会員各社に行っており、運営委員会が取りまとめて、おそらく年度内に政府に様々な政策の提言を行うことになっている。

- ・ワーキンググループについて（資料5 p 7）、1番の事業化・規制ワーキングがおそらく一番多くの会社が参加していると思うが、その他、海外のHydrogen Councilとの連携や、調査・分析をするワーキングなどに分かれている。

- ・プロジェクトの具体化について（資料5 p 8）、地方自治体との連携、海外からの大規模な水素の製造から輸送と国内への導入・輸入といったサプライチェーン型のプロジェクトのほか、需要の拡大としては、水素自動車や将来的に鉄道・船舶に用途展開を考えていくプロジェクト案をこの参加企業内で共有し、必要な政策・制度・ファイナンス面を三位一体で進められるように提案をしていくことになると思う。

- ・今後のスケジュールについて（資料5 p 9）、現在、ワーキングで企画運営委員会が政策提言をまとめている。2月に政府へ提言となっているが、年度内に政府に提言をすることで動いている。

■会員からの情報提供③

○「稚内エリアにおける協調制御を用いた再エネ電力の最大有効活用技術」（資料6） 北海道電力株式会社総合研究所戦略統括グループ主幹 本間 工士 氏

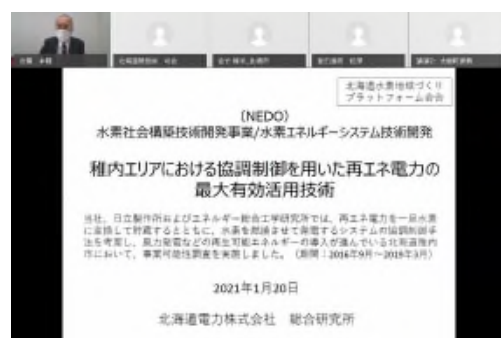
- ・当社が2016年9月から2019年3月まで日立製作所、エネルギー総合工学研究所の3社で実施したNEDOのPower to Gas事業のFS調査の結果について説明する。

- ・再エネは気候、天候によって変動するため、短周期や長周期の変動を緩和する必要がある。今回の調査は、1番目として、こういった緩和を再エネ事業者が自ら行うのではなく、再エネ事業者が変わって代行し、その対価として収入を得る事業と、2番目は、需要よりも発電側の出力が大きくなると出力制御が必要となるが、その出力抑制を代行し、その部分のエネルギーで水電解を行い製造した水素を販売する事業の、2つを実現する事業モデルを検討した。

- ・また、再エネの導入が進むと空き容量の問題が出てくるが、空き容量の問題については、全国で対策が検討されていることから、ここでは検討から外した。

- ・北海道の電力ネットワークの場合、短周期の出力変動緩和対策は、変動幅を発電所の定格出力の1%以下／分という基準で実施している。また、長周期の基準は、このように1日の内11時間の時間帯について発電の出力の方向に制約をかけている。

- ・需給バランスによる出力制御について（資料6 p 4）、グラフの黒い線が実際の需要カーブで、緑色の点線の



Cisco Webex Meetings の発表時の画面

とおり、需要よりも発電側が大きくなると、何らかの形で発電側を下げて需要と供給のバランスを取る必要がある。そういった時に再エネが増えていくと、優先給電ルールに基づく対応により、順番に出力制御をかけていくが、最後の4番目に太陽光や風力発電の出力制御が出てくる。

- ・この解決策がこのシステムである（資料6 p 5）。通常、こういった機能は、蓄電池だけで賄うというのが一般的で、短周期の変動は蓄電池で緩和し、長周期の変動や出力抑制の時間の長い部分は、水電解装置に回して作った水素は水素混焼エンジンで発電して長周期のバランスを取ったり、出力抑制に伴い大量に生産した水素は外販したりといったモデルになっている。

- ・ここでのポイントは、蓄電池だけで実現しようとする、大規模になってコストが高くなってしまふことから、蓄電池だけのシステムに比べて安いシステムにしないと経済性が成立しないため、水電解装置については高性能な機能を省き、発電側については燃料電池ではなく安価なエンジン系の発電機を使うという発想で検討を進めた。

- ・システムの規模については（資料6 p 6）、風力7万kWと太陽光3万kWを合わせて約10万kWの再エネシステムに対して、赤色で囲んだシステム・サービスを提供することを検討した。蓄電池40MWh、水電解装置30MW、水素混焼エンジン20MW、これらの規模でモデルを検討し、再エネ事業者に対して変動緩和のサービスの提供で対価を受け取り、下げ代の不足・出力抑制に対しては、水素を作って水素混焼エンジンでの使用や外販するというものである。外販水素の量は年間で2000万Nm³という試算になった。

- ・詳細については、年間で、2520万Nm³程度の水素が水電解できて、そのうち混焼エンジンで520万Nm³を発電に使っていく、それから外販分として2000万Nm³のうち、液化して遠距離の需要に対応する分が1700万Nm³を、比較的近距离の所には水素吸蔵合金のカセットのようなもので300万Nm³を外販していくモデルを検討した。

- ・以上のような蓄電池、水電解装置、混焼エンジンを協調制御できるようなシミュレーションで技術の成立性を検証した。また、混焼エンジンの実現性・有効性も見出し、水素供給設備も、近距离・遠距離でどういった施設が必要か、また、下げ代不足の一部解消のため製造した水素の経済性のほか、スモールモデルの計画も立案して、事業を終了した。

■ 閉会挨拶：北海道職業能力開発大学校校長 近久 武美 氏 （北海道水素地域づくりプラットフォーム座長代理）

・本日は非常に様々な取組をご紹介いただき、感謝申し上げます。まず、講演①の東急不動産からは非常に有意義な話があった。再生可能エネルギーである風力発電や太陽光発電を広げていくと、地元から色々な不安が出てくる。例えば、低周波騒音や景観の悪化などの苦情が出たりする。そこで、再生可能エネルギーを中心とした社会づくりにおいては、住民と一緒にビジネスを進めていく考え方が大切と思う。一例として、住民にとって投資参加しやすく、さらに有利な条件で還元されるような仕組みがあったならば、住民参加を促進し、住民と連携しながら再生可能エネルギー導入を推進する上で有効と思う。

・また、基調講演の津田先生を始めとして、非常に様々なシステムの紹介をいただいた。それらを参考に、将来の北海道にはどういったエネルギーシステムのグランドデザインを描いていくのか、大きなスケールで考えていく必要がある。例えば蓄電池は、個別の所で設置するよりも、系統に大きな蓄電池を持つ方が効率的なはずである。こうしたことも含めて、グランドデザインを誰かがしっかりと考えていくことが要求される。

・この「誰か」というのは誰だろうかということ、なかなか見えてこない。そういう意味で、何とかこの水素プラットフォームがきっかけとなって、将来の北海道のエネルギーシステムのグランドデザインを描くことに繋がってほしいと思う。



Cisco Webex Meetings を通じて
ご挨拶される近久座長代理

・次に、コストに囚われていてはいけないと思う。少々コストが高くても、お金が地域で循環することが最も重要である。現在は海外に膨大な燃料代が流出している。それを地域内でお金が回るようにすると、少々コストが上がっても地方の経済はむしろ活性化する可能性がある。そういった視点も持つべきだろう。

・そうした意味で、津田先生の基調講演では海外から大量の水素を持ってくるような概念も紹介されていたが、私は基本的にこの再生可能エネルギーを中心としたシステムは国内で運用すべきであると思っている。それは前述のお金の地域循環の意義に加えて、再生可能エネルギーに必要な面積は食糧生産に比べてかなり小さくて済むからである。日本にはさらに洋上の余地もあり、こうした好条件を揃えた日本において再生可能エネルギーで成立する国づくりが行えないのであれば、世界的には人口に対してエネルギー融通が追いつかないものと考えている。

・最後にテレビ会議について、音声の切り替えなど多少の不具合はあったが、200人以上の方が参加されたことは実に有意義であったと思う。私も自分のオフィスから参加ができて、非常にありがたく思っている。そういう意味で、Web会議などを利用しながら、このプラットフォームが今後ますます発展していったらいいと思う。今回参加いただいた方々、それから主催者、事務局に感謝申し上げる。

(以上)