

訪問日 2016 年 7 月 6 日

北見工業大学 工学部地球環境工学科 小原 伸哉 教授

研究題名：ガスハイドレートの解離・再生特性に着目した小温度差発電システムを用いたマイクロ
グリッド用ベース電源の開発

北見工業大学・小原伸哉先生を訪ねて

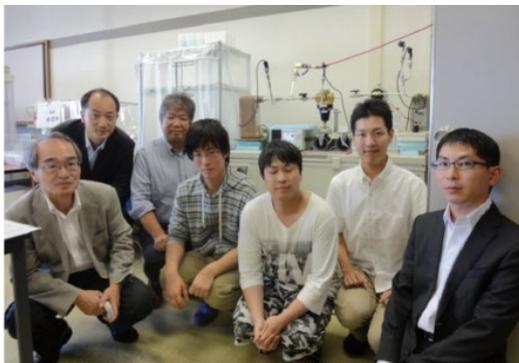
当日は助成研究であるガスハイドレートを利用した発電のその後の状況、更に研究室で取り組んでいるその他 6 つの研究内容を頂戴した資料に従って説明いただきました。また、実験室の見学では担当している学生に実験内容を紹介してもらいました。先生は、北見工業大学で推進している 6 つの研究ユニットの内の 1 つを担当され、そのテーマは『地域分散エネルギー研究』で、まさに今回その内容を説明いただきました。

最初は助成テーマであるガスハイドレートの解離膨張特性を利用した発電技術です。ハイドレート生成には時間が掛かり、脱ハイドレートは速いです。ハイドレート生成を促進するのは難しく、できれば大きな技術革新になるようで、天然ガスを貯蔵・輸送するのに、現在大電力で液化をしています。その解決になります。固体に吸収できれば液化するよりも 7~8 倍位高密度になり、しかも、容易に輸送でき簡単に取り出すことができます。ハイドレートにするガスは、大学なので防爆性、安全性を考慮して CO₂ を使っていますが、水素、メタンなど様々なガスを使えます。CO₂ の場合、15K(-5~10℃)の温度差があると 3 MPa の圧力が得られます。水素を使えば圧力がもっと上がります。冷熱源は北海道の冬で、温熱源は地中熱、太陽熱を使え、大きな圧力差が得られます。熱だけで膨張でき、そのエネルギーを利用してアクチュエータ、エンジンを回し、発電機が回るという原理です。発電効率はアクチュエータ次第で、この種の仕様、特に背圧が掛かる（高い出口圧）アクチュエータはなかなかないようです。当初はベーン型でしたが、今はピストン型にして少し効率を上げていますが、自分達で開発する必要があるとのこと。小さなアクチュエータを使って 100W 程度の出力が得られるようになり、熱だけで可逆的に安定して運転でき、発電が可能であることを実証しました。ただ現状、発電効率は 3%程度で、海水の濃度差発電の効率と同程度です。発電効率を下げているもう一つの原因は、冷却してガスを水和するハイドレート化の速度の小さいことです。効率を上げるためにハイドレート生成速度に合わせて、ゆっくり冷やすと効率は 3%から 10%近くに上がります。ハイドレート関係の物性とか、ハイドレート生成速度を革新的に上げるための触媒などは、専門の先生方と共同研究を実施しています。メタンのハイドレート化には触媒は有効で、2~3 倍の促進効果が知られているようです。触媒を有効に活用するため、現在燃料電池のガス拡散層に使われているカーボクロスに、触媒である酸化鉄・グラファイトを塗布しています。触媒を固定でき表面積も増えますので、発電量の増加、エネルギー密度の向上が期待できると考えたそうです。触媒で 3 倍、ガス拡散層で更なる向上を目指しています。また、ハイドレートの利用は畜エネルギーにもなり、ハイドレート化する時間を変えたときの貯蔵量の変化を測定しています。最終的には、この技術を南極の昭和基地のエネルギーの地産地消に使えないかと考えています。

二つ目は植物シュートコンパクト受光装置の開発です。植物は受光量を競争して獲得しており、実際に植物の葉がどの位の受光量があるのか、植物の葉がどういった配置をとると、受光密度が大きくなるかを研究しています。季節によって違いますが、イチョウの葉が最もよいことが分かりました。進化（遺伝）アルゴリズムを使うと、太陽の位置に対して最適な配置に次第に変化し最後に収束するようです。三つ目は国のプロジェクトですが、既に開発したスマートグリッドシミュレータを用いて、再生可能エネルギー、原発などの電力の供給側と、需要側の様々なパターンを組み合わせ、電力の品質（周波数・電圧・高調波）をきちんと把握するためのエネルギーネットワークの模擬試験です。前述の南極の昭和基地の送電網の開発にも利用しています。また、北海道の焼尻島では現在ディーゼル発電機の発電電力を海底ケーブルで、隣の天売島に送り電力を補っていますが、そこに豊富な再生可能エネルギーを導入したとき、電力の品質を保証できるかを確認しています。模擬実験で分かったことは、交流電源では需要と供給を必ず合わせるために制御可能な電源を必ず入れる必要があり、需給を補うような運転をするには、0.01m 秒とかの相当速いスピードで制御しないと周波数が合わせられません。従来の研究にはこの制御が全て抜けていました。電力の世界ではこういう需給システムはうまく行く前提でやっていましたが、実際は不可能です。再生可能エネルギーがどんどん入り、需給が切迫してくると、どうしても制御が必要になります。商用電力網は電源が火力など元々大きく、回転機が入っていますので慣性力を持っており、それにより短時間で多少の変動が入っても瞬時に安定してしまいます。そのため、商用電力網と連携したマイクログリッドは問題ではありませんが、自立した電源にすると大きな問題になります。住宅の電源を太陽電池と燃料電池だけでやろうとすると、両方共直流電源で回転機を持っていませんので、大きな変動があると変動がなかなか収束しません。この離島でも同じで、慣性力を入れないとなかなか上手くいかないようです。四つ目は道庁の依頼でもある水素キャリアによるエネルギー輸送です。北海道は再生可能エネルギーの宝庫であり、そこで余った電力により水を分解して水素にし、その水素をタンクローリー、フェリーで需要地に輸送するための最適な水素の供給ネットワークの研究です。北海道の場合、春から夏に日射量が大きく太陽光発電量が大きいですが、夏は風が弱く風力発電量が小さくなります。通年で最適化するには、風力発電と太陽光発電の割合をどの地域にどれだけ分散配置すれば、一番安定するかを検討しています。需要地／量を考慮して、どの地域に何をどの位導入するかを計画した後、本来送電網を計画しなければなりませんし、水素キャリアも考える必要があります。ただ、電力網の代替としての水素キャリアは経済的に難しく、今できそうなのはFCVと燃料電池に使うことのようにです。まず、車の利用が多い函館から札幌までの水素の供給網に水素スタンドを多く作ることから始めるようです。燃料電池については、去年位から-20℃でも安定して出力できるようになり普及はこれからです。五つ目は、苫小牧高専の未来型エネルギーハウスに設置された、エネファーム、蓄電池、太陽光発電などを、いつ、何を、どういう風に制御すれば経済性、環境性でベストになるかを研究しています。例えば、太陽光発電パネルの表面温度分布を計測、熱流体解析を使って詳細な年間発電量を予測しています。また、直流系の電源だけですので負荷が変動しても、どの位の慣性系を入れれば、電力品質が安定できるかを研究しています。フライホイールのその手段の一つです。六つ目は要望があるメガソーラを設置する際の正確な発電量予測です。従来の気象庁の日射量データからだけで予測するものでなく、3D地形図を作って地形による風の影響などを考慮したものです。六つ目はヒートポンプを用いた次世代電力システムの計画です。北海道では、主に石油ストーブを使った暖房のエネルギーが電気の20倍位にもなり、熱を考えない

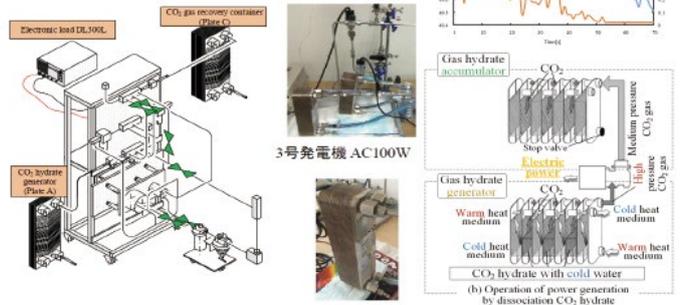
電力網は意味がないこととなります。電力網に蓄熱式ヒートポンプを沢山ぶら下げて、これを電力会社が積極的に制御することで、再生可能エネルギーによる電力の変動部分を熱に変えて、時間シフトして使うことで、原油の使用量を減らします。最後は日本が余り関心がない石炭ガス化火力発電です。今ある火力発電と同等かそれ以下に CO₂ 排出量が抑えられて、石炭から燃料ガスが得られます。石炭資源は広く世界的に分布し、エネルギーの安全保障上優位で、世界的に需要は増加しています。水素も得られますので、ガスタービンと蒸気タービンを使うシステムもあるし、その前に燃料電池と組み合わせ、燃料電池と蒸気タービンのコンバインドサイクルもあります。それを実現するために、詳細な物理特性などを利用してシステムをモデリングしています。変動する再生可能エネルギーと連携させるとき、そのシステムにはどの程度電力の変動に対応、追従できる動特性があるかを研究しています。

再生可能エネルギーの導入するための課題の詳細を知ることができ、制御・システムの重要性を認識した訪問でした。(2016年7月6日訪問、技術参与・飯塚)

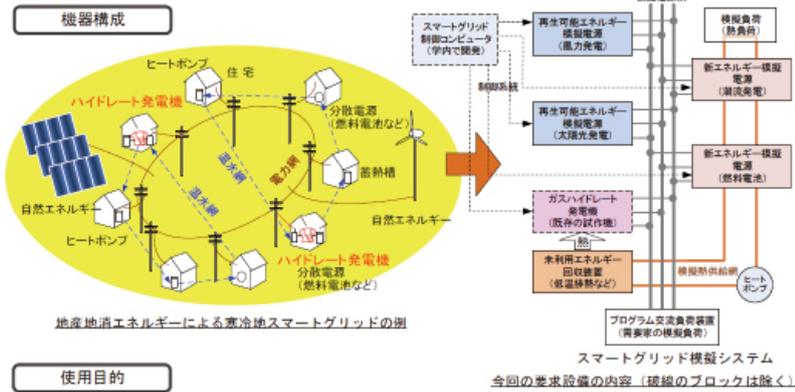


左から3人目が小原先生(研究室のメンバーと)

ガスハイドレート発電システムの開発



スマートグリッドシミュレータによる多様なエネルギーネットワークの模擬試験



- 使用目的**
- ◎ エネルギー需要量の多い積雪寒冷地や、都市部とは状況の大きく異なる農漁村での再生可能エネルギー、新エネルギー、未利用エネルギーの複合利用の最適化法を明らかにして、クリーンな地産地消エネルギーの開発により地域活性化に貢献することを目的とする。
 - ◎ また、これまでに開発した、積雪寒冷地に導入可能なガスハイドレート発電システムを電力網に導入する際の、発電特性と電力品質(電圧、周波数、波形)の特性を明らかにする。