

訪問日 2023年10月12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：CO₂ 冷凍サイクル－ハイドレートサイクルのハイブリッド化による電力用バッテリーの開発

北見工大小原教授の研究室に訪問して(図1)、助成研究などについてお伺いしました。

まず、研究の背景とねらいについて教えてください

研究紹介文の載せた図は、ベンチャー企業が出しているCO₂ 冷凍サイクルを利用した再生可能エネルギーの蓄電システム(白いドーム)のイメージです。CO₂ 冷凍サイクルはヨーロッパの方ではすでに研究が進んでいる技術ですが、このシステムの欠点をカバーするためにこれまで私が研究を進めてきたCO₂ ハイドレートサイクルとハイブリッド化することによって、より効率的な蓄電システムを構築することが今回の助成研究で提案した内容です。

リチウムイオン電池などの多くの二次電池は電気化学反応を利用して、自己放電や充放電による劣化などがあること、希少金属を使っているなどの課題があります。また、ここ北海道などの様に寒冷地の低温環境では性能が落ちてしまう問題もあります。一方、CO₂ 冷凍サイクルやCO₂ ハイドレートサイクルを使う二次電池システムは化学反応を伴わない物理電池です。そのため電気化学反応に基づく問題がなく、安価にシステムを構成できる特長があります。

また、この蓄電システムでは発電(放電)時に低温廃熱を利用することができます。日本の一次エネルギーの7割が200℃以下の低温廃熱で捨てられていると言われていたますが、このエネルギーを回収して電力に変えることのできるシステムを構築することがこの研究のねらいです。

CO₂ ヒートポンプサイクルの欠点とCO₂ ハイドレートサイクルの特長とは？

ヒートポンプサイクルは熱源と変換温度の差が大きいと性能が落ちてしまいます。例えば外気が0℃で室温を20℃にする場合に比べ、北海道の冬のように外気が-20℃で室温を20℃にする場合は大きく効率が低下します。逆にCO₂ ハイドレートは低い温度の方が生成しやすいので、低温であるほど多くのエネルギーが貯められることとなります。この二つを組み合わせることによって1年間通して高い効率で電力を充放電するシステムが形成できると考えています。

図2はCO₂ ガスからCO₂ ハイドレートを生成する充電運転の模式図です。アキュムレータには3～5 MPaのCO₂ ガスを充填しておき、それが反応器に流れ込むと15℃以下の冷気でCO₂ ハイドレートが生成します。ハイドレートの生成に伴って圧力が下がり平衡に達するとガスが生成しなくなるので、効率良く生成するためには電力を補助的に使って加圧してやります。ここに再生可能エネルギーの余剰分を使うことで電力の蓄電になります。図3は放電(発電)運転の模式図です。反応器を低温廃熱などで温めるとCO₂ がハイドレートから解離してガス化します。最高圧力は初期圧力と同じになりますので、この圧力差で発電機を回すと電力を供給することができます。

当初、ハイドレートの生成温度は0℃くらいだったのですが、促進剤などを工夫することによって今は

15℃まで上げることができています。放電時は 25℃くらいで解離するので、約 10℃の温度差で 3 MPa 程度の圧力差を発生させることができ、これは車のエンジンの圧力に匹敵するくらいのかかなり大きな圧力が得られることとなります。

研究の課題は何ですか

ガスハイドレートの生成と解離の反応は、成り行きでは速度が遅いということが問題です。反応速度が遅いということはエネルギー密度が上がらないということなので、工業的に利用するバッテリーとしては利用範囲が限られます。生成については温度の掛け方の工夫によって 170%程度の生成量の増加を確認できたところで、解離の促進についても現在取り組んでいます。

今のところ充放電効率は 54.2%が得られていますが、競合と想定している NAS(ナトリウム-硫黄)電池や揚水発電に対抗できる効率として 85%を目標にしています。

小原先生は数年企業に勤められていますが、大学での研究を志された理由は？

アメリカに出張して、製品開発のための実験を進める仕事をした時期がありました。当時はマイクロソフトが興隆してきた頃でその他にもベンチャーが多く起業して、アメリカの技術革新のすごさを感じていました。この様な状況を本社に報告したのですがほとんど反応がなくて、これからの日本企業は駄目になっていくのではないかと感じ始めていました。更に、日本企業の私たちは、何か新たに実施する前にいちいち上司に確認取ったりお伺い立てたりしていたわけですが、現地のエンジニアから「お前自身はどう思うんだよ？」と問われてハッとしました。自分の考えで自分のやりたいことができていないってことを。

それで、会社を辞めて大学に戻ってドクターを取るところから研究者としての道をスタートしたわけです。今では社会人やめてドクターコースに行く人が増えましたが、当時はほとんどいなかったので周りの人から結構怒られました。「我慢が足りない」って（笑）。ただ、今になって思うのは、企業での考え方や経験が大学に来て非常に役に立っているということです。

多くの学生さんがいますが、指導する上で大切にしていることは何ですか？

特に大学院生に関しては、将来会社の中核になっていく学生として送り出さなければいけないということです。大事なのは自分で課題を発見して課題解決できること、そしてそのオリジナリティですね。

そのためには、始めからこうしたらできるってことを教えずにまずは自分で考えてやってもらうことです。問題に直面したとき必要な場合であれば教えてはいますが、基本的には彼らが自分で考えて課題を見つけて、それを解決して発表する、というサイクルを回しています。これをやっているとき4年生のときは全然ダメなんですけど、大学院になってくるとどんどん能力が上がってきて、ときにはこちらが問題を指摘されたりしてしまいますね。



図1 小原教授

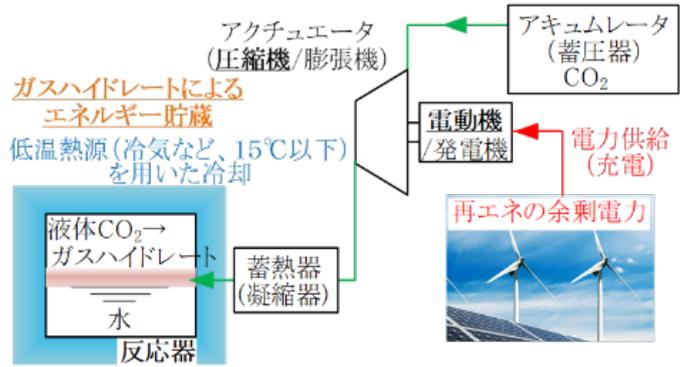


図2 充電運転

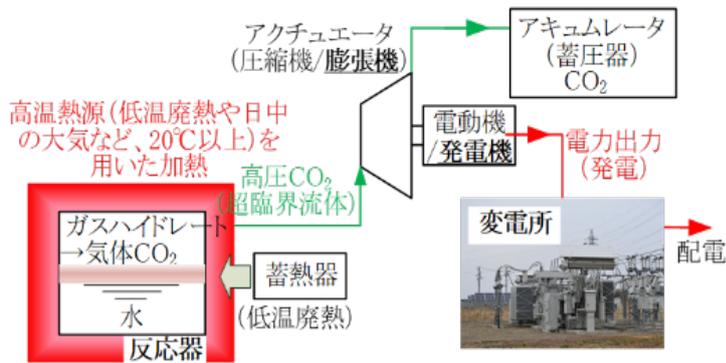


図3 発電(放電)運転