せとふみの e report レポート

「革新的な取り組み」

CO_2 回収・貯留技術 CCS

CO_2 削減を目指して、いま、いろいろなところで、さまざまな取り組みが行われていますが、大気中に排出される前に CO_2 を集めて地中に貯留してしまおうという画期的なアイデアによる技術が注目されています。北海道苫小牧で大規模な実証実験が行われている、この技術。どのような仕組みで実施されているのか、今後 CO_2 削減策としてどのように活用されていくのか、サイエンスライターせとふみさんが、わかりやすくレポートします。

今回の取材のポイント

ナビゲーター
せとふみさん

- POINT 01 CCS って何？
- POINT 02 どうやって CO_2 を回収するの？
- POINT 03 回収した CO_2 の行き先は？
- POINT 04 貯留できるなら CO_2 削減しなくてもいい？

取材先概要 日本 CCS 調査株式会社
苫小牧 CCS 実証試験センター

事業実施者 ／ 日本CCS調査株式会社
委託元 ／ 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、経済産業省
所在地 ／ 北海道苫小牧市真砂町12番地
会社設立日 ／ 2008年5月26日

新千歳空港へ着陸する前に、飛行機の窓から見下ろした海岸線に位置する苫小牧港西港区。そこには大型タンクやいくつもの煙突・塔やパイプラインが並んでいます。そのどれが今回の目的地だろう、と見えた景色の位置関係と地上からの景色を見比べながら陸路を車で移動すること約40分、太さと高さの異なる3本の塔が象徴的なプラントへと到着しました。今回見学する、苫小牧CCS実証試験センターです。

『POINT 01 CO_2 を捕らえて地中に閉じ込める！』

CCSとは“Carbon dioxide Capture and Storage”の頭文字を取ったものであり、CO_2 の回収と貯留を行う技術です。工場や発電所などから排出される CO_2 を大量に含んだガスから CO_2 だけを回収し、それを地中へと送り込んで長期間にわたり安定的に貯留することを目的にしています。

苫小牧CCS実証試験センターは、隣接する製油所から、おおよそ50％が CO_2、残りのうち40％が水素からなるガスを受け入れ、CO_2 を回収します。回収された CO_2 は2本の井戸を通じて海底下1000～3000mの地下へと送り込まれ、そこで貯留されています。2014年に圧入井（あつにゅうせい）（回収した CO_2 を地中に送り込む井戸）の掘削を開始し、2016年4月から CO_2 の圧入を開始して、2019年11月に目標であるCO2累計圧入量30万tを達成し圧入を停止しました。現在は貯留した CO_2 の監視（モニタリング）を続けるとともに、CO_2 を貯留するだけではなく資源として活用するCCU“Carbon dioxide Capture and Utilization”との連携運用が検討されています。CO_2 を大切な資源として活用することを目指し、今後、苫小牧でもカーボンリサイクル事業の展開が期待されています。

構内を案内してくれたのは、日本 CCS 調査株式会社・広報渉外グループ長兼安全環境グループ長の山岸和幸さん。この苫小牧 CCS 実証試験センターの設計・建築から、CO_2 の圧入完了までを見届けたスペシャリストです。

現在の地球温暖化の現状や国内外の CCUS※の状況、苫小牧 CCS 実証試験センターの沿革・概要を説明してくれたのは、広報渉外グループの岡田明里さん。
※ CCS と CCU の2つをあわせた総称。

POINT 02 3つの塔でCO₂を効率的に回収！

苫小牧CCS実証試験センターの中央部に、シンボルのようにそびえ立つ3つの塔。一番背の高いのが「CO₂吸収塔」、ちょっと太めなのが「低圧フラッシュ塔」、その2本に挟まれた中央の塔が「CO₂放散塔」です。

「CO₂吸収塔」では、パイプラインで送られてきたCO₂を含むガスを吸収液（アミン溶液）に溶かします。ガスに含まれるCO₂はこの塔の下段で約70％、残りのほとんども上段で吸収されます。「低圧フラッシュ塔」では、塔内の圧力を低くすることで吸収液からCO₂を引っ張り出します。「CO₂放散塔」では、その吸収液を加熱し、低圧フラッシュ塔で引っ張り出しきれなかったCO₂を吸収液から分離させます。

このように、CO₂吸収塔に送り込まれたガスを低圧フラッシュ塔とCO₂放散塔で2段階にわたり吸収することによって濃度99％以上のCO₂ガスを回収することができるのです【図1】。

CO₂吸収塔でCO₂を除去された後のガスの成分はほとんどが水素。前回のレポートのとおり、燃やしてもCO₂が発生しない燃料源です。この実証試験センターではこの水素を2つのボイラーの燃料として使用し、センター内で使用する電力の発電用とCO₂放散塔での熱源として利用しています。

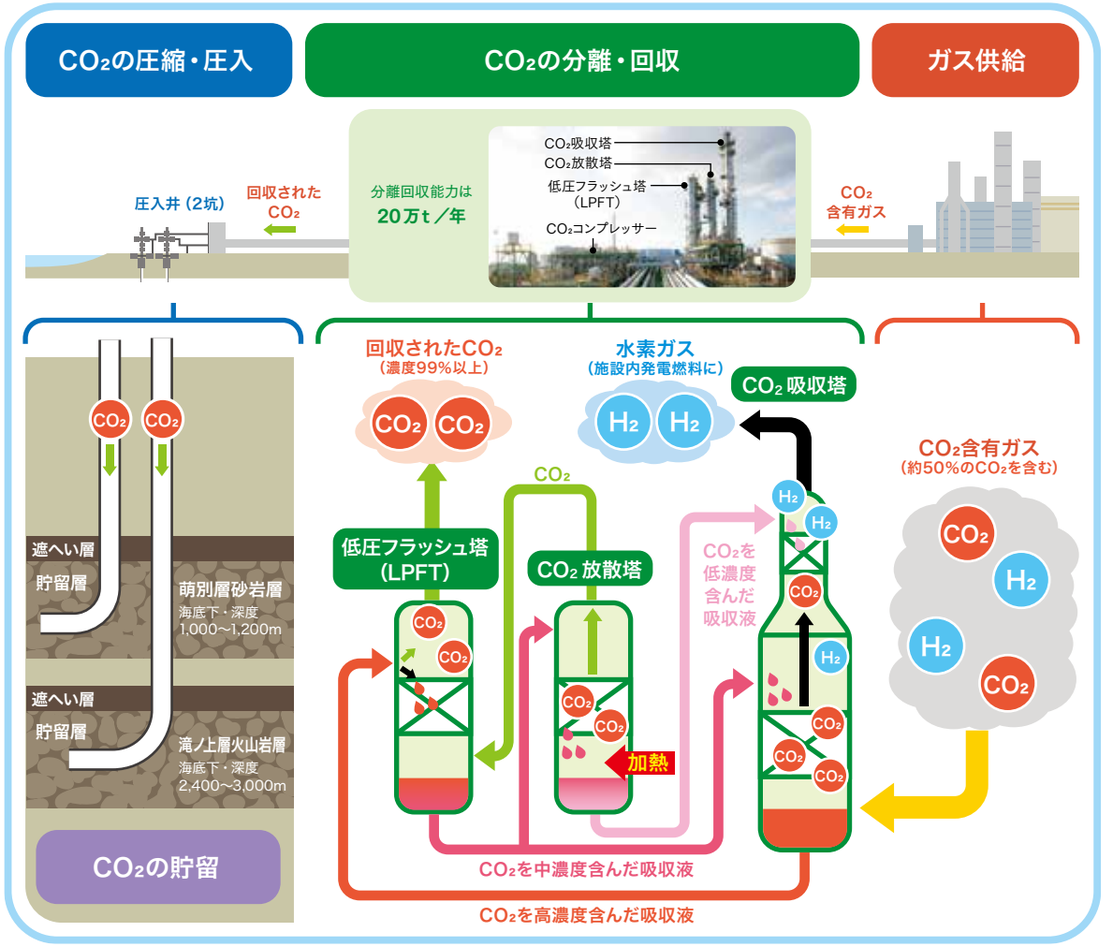
センターの内部を縦横に走るパイプライン。その総延長距離はおよそ10kmにも及びます。

CO₂を分離・回収する要の塔。左から順に低圧フラッシュ塔、CO₂放散塔、CO₂吸収塔です。

水素を燃料として用いるボイラー。センター内で使用する電力の発電用とCO₂放散塔での熱源として利用しています。

圧力差と熱を組み合わせることで、効率的にCO₂を回収しているんだね！

図1 ● 苫小牧CCSのシステム構成



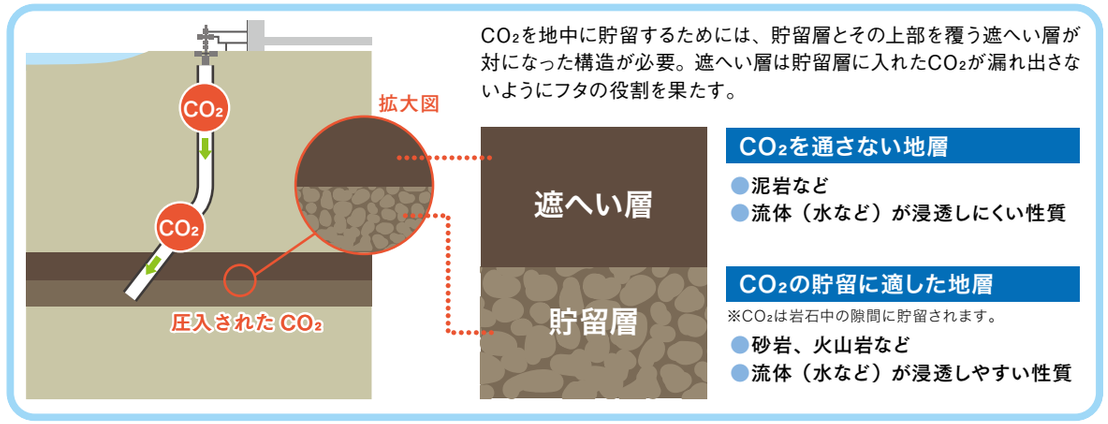
POINT 03 地層の違いを利用してギュッと押し込みしっかりキープ！

こうして分離・回収されたCO₂は、複数のコンプレッサーで段階的に圧縮し圧力が7・38MPa※以上かつ温度が31・1℃以上の超臨界状態にします。この状態のCO₂は、気体の状態と比べて体積は1／300と、液体に近い密度になるとともに気体に近い流動性があるために、貯留層中の小さい隙間にも大量のCO₂を効率よく貯留することができます。

※MPa（メガパスカル）／圧力の単位。（1気圧は0・10MPa）家庭で料理に使う圧力鍋は最大0・15MPa程度。

『超臨界状態』とは液体と気体、両方の性質を併せ持つこと！CO₂は比較的楽な条件で超臨界状態にできるのでさまざまな分野で利用されているよ！

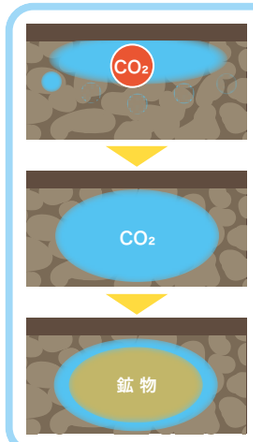
図2● 遮へい層と貯留層の違い



圧入井の50m下には逆止弁が設置されています。また、地下900mの位置でも温度や圧力を計測し、24時間監視をして安全を確認しています。

地上に設けられた圧入井の入り口。萌別層の場合、約1000mの深さまで、斜めに掘り進められ、その総延長は3500m以上に。

図3● 貯留層におけるCO_2の封じ込め



遮へい層に閉じ込められたCO_2が貯留層の隙間に広がる

貯留層の隙間にある地層水(塩水)にCO_2が溶けて貯まる

CO_2が溶け込んだ水と周囲の岩石が反応して鉱物になる

このCO²は地上から圧入井を通じて、主に砂岩からなる萌別(もえべつ)層(海底下1000〜1200m)と、火山岩からなる滝ノ上層(海底下2400〜3000m)の2つの貯留層へと送り込まれます(前ページ**【図1】**)。砂岩や火山岩には隙間が多く存在しているため、送り込まれたCO²はその隙間に浸透していき、貯留層の中に広がります。貯留層の上から出ていこうとするCO²を押さえ込むのは、CO²を通さない泥岩などからなる遮へい層。隙間が多くてCO²の貯留に適した地層と、CO²を押さえるフタになる地層**【図2】**、この2つのタイプの地層がセットになっていることと、近くに活断層がないことが、苫小牧がCCS実証の地に選ばれた理由の1つです。

貯留されたCO²は貯留層の隙間にある地層水(塩水)に溶け、さらには周囲の岩石と反応して鉱物に変化し、長期間安定的に閉じ込めることができると言われています**【図3】**。

もともと安定した地層を選び、さらにその地層が破壊されない条件を確認し、それに沿ってCO²を閉じ込めているので、CO²が漏れてくることはないと考えられています。

『POINT 04 最後に残ったCO²を貯留して排出ゼロへ！』

今回説明してもらったように、安定的にCO²を貯留することができるのであれば、他の手段で頑張ってCO²の排出量を減らすのではなく、排出されるCO²を貯めておくことで脱炭素社会が実現できるのではないか。私のそんな素朴な疑問に、山岸さんはこう答えてくれました。

「このセンターの目的は、CO²の回収・貯留に関わる技術の実証と安全性の確認です。現況、企業にとって何も生み出さないCCSはコストでしかありません。再生可能エネルギーなどが十分に普及するまでの橋渡しの技術と考えています」。

日本では、2050年にCO²を含む温室効果ガスの排出量を実質的にゼロとするカーボンニュートラル(脱炭素社会)の実現を目指し、発電時のエネルギー効率の向上や再生可能エネルギーの活用など、さまざまな低炭素・脱炭素の取り組みを行っています。これまで取材してきたそれらの手段を尽くしても、排出されるCO²をゼロにはできず最後の手段がCCSと言われています。また、CO²排出ゼロへ向かう過程で、化石燃料の使用を急にはやめられない産業や国々が、現在の設備を使いつつ、発生するCO²をCCSによって削減することが、一定期間は必要となります。

「この技術がいざ必要となってから開発や実証実験を行うのでは、手遅れなのです。そのときに使える形で提供できないといけない」。

可能性を見据えてCCS／CCUの研究開発や実証実験を継続し、必要となった際にはすぐに実用に堪えうる形で技術を提供できるようにする。山岸さんは『備える』ことの重要性をそう語ってくれました。苫小牧CCS実証試験センターで得られた知見や課題は、今後のさらなるCCS／CCU技術の実証や商用化に必要な仕組みの整備へと展開されるといいます。

あらゆる可能性を考慮し、それに備える手段を講じ、使える形にして整えておく。安心・安全かつ安定した社会を静かに支える技術の在り方を、この北の地で学ぶことができました。

サイエンスライター
瀬戸(せと) 文美(ふみ)

2008年東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻博士後期課程修了、博士(工学)。人間協調型ロボットの研究をしていた学生時代からロボット技術を中心とした解説やレポート記事を執筆。千葉工業大学未来ロボット技術研究センター(fuRo)主任研究員や東北大学男女共同参画推進センター特任助教(運営)などを経て、現在は「物書きエンジニア」として科学技術の魅力を伝える活動を行っている。著書に「絵でわかるロボットのしくみ(講談社/2014)」などがある。