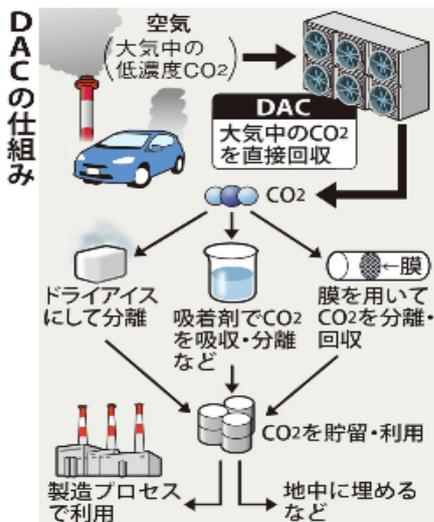


CO₂ 直接空気回収技術 (DAC)

「環境エネルギーネットワーク 21」 主任研究員 岸本 哲郎

地球温暖化問題はよく喫緊の課題と言われていて温暖化の主原因は人類が排出する CO₂ と言われています。CO₂ を削減するための様々な取り組みが行われていますが、近年「直接空気回収 (Direct Air Capture; DAC)」と呼ばれる大気中の CO₂ を取り込んで地中に埋める」という技術が注目を集めています。地球温暖化の原因が CO₂ であるとするならば、その CO₂ を大気から取り除いてしまえば良いという考えです。原理的には CO₂ をアルカリ性の溶液に吸収し、その後溶液を温めれば CO₂ が出て来るので、それを集めて地中にポンプで押し込んでやれ良いと言うものです。砂岩などの隙間に CO₂ は入り込みますが、大気中に漏れてこないためには、その上に泥岩などの密度の高い地層があって蓋になっていれば良いわけです。そのような都合の良い地形は、世界を探せば結構あると言われています。たとえば天然ガスを産出するガス田は、そのような地形に太古の生物が分解されてできたガスが溜まったもので、地中にとじ込められているのです。ただし安価なコストで実現するには、様々なハードルがあります。CO₂ は大気中には僅か 0.04%程度しかありませんから、それを集めて濃縮するには、さまざまな工夫が必要です。また膨大な電力などのエネルギーも必要となり、す。そのエネルギーを得るために化石燃料を燃やしていたのでは本末転倒も良いところです。

DAC にはいくつかの方法があります。



- ・化学吸収法：空気を吸収液に通すことで、大気中の CO₂ を吸収し、加熱によって CO₂ を回収するもの。
- ・化学吸着法：空気を吸着材に通すことで、大気中の CO₂ を吸着・分離し、加熱・減圧・加湿操作により CO₂ を回収するもの。
- ・膜分離法：空気を分離膜に通すことで、大気中の CO₂ を分離・回収するもの。
- ・深冷分離法：CO₂ の凝固点まで空気を冷却し、CO₂ をドライアイスにして分離するもの。

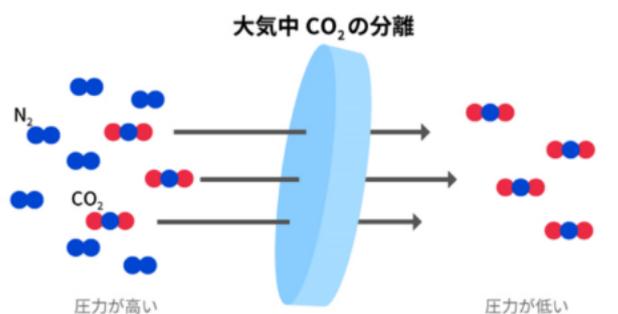
一方 DAC に対して CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) という技術もあります。DAC と同じように CO₂ を回収して地中などに貯留する技術を指しますが、製油所や発電所、化学工場などから排出される CO₂ を直接回収し、砂岩などの層に貯留する技術です。つまり DAC は大気から CO₂ を回収する技術であるのに対し、CCS は主として地中に貯留する技術であると言えます。

また、この2つを合わせた技術は、DAC と CCS をつなげて「DACCS」と呼ばれています。CCS や DACCS は、技術の確立を目指して現在研究開発が進められている状況です。

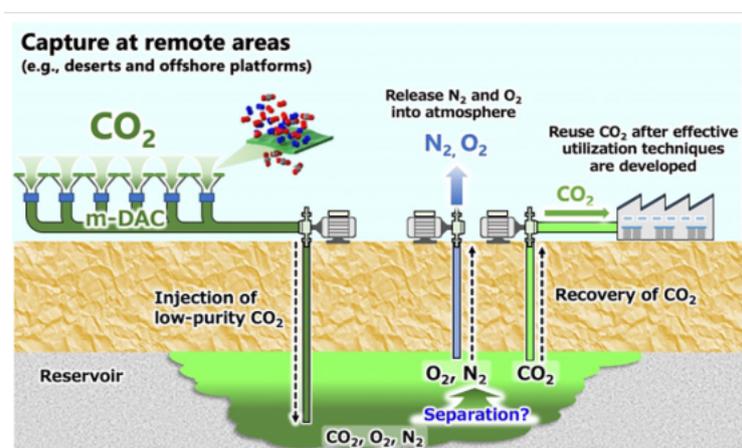
(出展：大気中の CO₂ 直接回収技術を 2 兆円基金で支援へ 政府・産経ニュース)

化学吸収法や化学吸着法では、分離材料に吸収・吸着させた炭酸ガスの回収に、多量の熱エネルギーを消費しています。膜分離法では、原理的には熱エネルギーを必要とせず、最新技術として注目されています。下図のように、左側の空気に高い圧力をかけ、真ん中の分離膜を通して、炭酸ガスのみを捕集します。

DAC 用の CO₂ 分離材料には、希薄な CO₂ を強力に捉えながらも、捉えた CO₂ は容易に放出できるという、相反する能力が求められます。産業技術総合研究所では、大気と同じ濃度の CO₂ を 70% 以上に濃縮できる、高性能分離膜の開発に成功しています。



DAC で回収した低純度 CO₂ を地中貯留する模式図



出展：九州大学

DAC の最大の課題として、まず1つ目に、回収に大量のエネルギーがかかるという点があげられます。地球環境産業技術研究機構（RITE）によると、大気からの CO₂ 分離回収は、回収エネルギーの9割以上を CO₂ 脱着エネルギーが占めるため、発電所等の大規模発生源に比べて1桁増えるとの試算がでています。そのため、再生可能エネルギーを使わない限り、カーボンマイナスにはなりません。こうした背景から、新規吸収技術の開発（エネルギー低減）が実用化に不可欠となっています。

2つ目の課題は、経済合理性です。現状では DAC はコストがかかりすぎます。DAC の場合、大気中の CO₂ 濃度は 400ppm と、非常に薄いため、回収コストは非常に高いとされています。現在、CO₂ を1トン回収するのに 500 ドル以上（現在の為替レートでは約 7万 5,000）ほどかかるとみられ、500 ドルとしても日本の CO₂ の年間排出量 10 億トンを回収するには 75 兆円と国家予算に匹敵するほどの費用がかかりますし、これがもし 100 ドル程度に下がったとしても 15 兆円となり現実的にはあり得ません。

3つ目は、回収した CO₂ をどこに貯留するかです。日本は国土が狭いため、漏洩リスクがなく、長期間安定して貯蓄できる場所探しが課題で回収した CO₂ の利用や貯留にも事業を広げていくことが同時に不可欠です。

このように、DAC は実行すれば単純に CO₂ がマイナスになりますが、課題も山積していて実用化にまだほど遠いのが現状です。

外国での実証例

スイスのクライムワークス社は、2017 年に世界で初めて産業規模の DAC を建設した企業です。この世界初の産業規模の DAC は、スイス北部のチューリヒにあるごみ処理施設の屋上に設置されました。回収した CO₂ は近くの農家に送られ、野菜の成長促進やコカ・コーラの炭酸水製造に使われました。（現在は運転を終了しています）

2021 年には、アイスランドに世界最大規模の DAC を建設しています。この施設は 8 つの収集コンテナから成り、それぞれ年間 500 トン、合計最大 4,000 トンの CO₂ を現在も回収しています。回収された CO₂ は、地中の玄武岩層に貯留されます。必要なエネルギーは、DAC の近くにある地熱発電所から供給されており、カーボンニュートラルの実現に貢献しているとのことです。



(引用元：[Orca is Climeworks' new large-scale carbon dioxide removal plant](#))

地球温暖化はいろいろの観測データからも進んでいることは間違いないと思います。一般的には温暖化の原因は人類が排出する CO2 が主原因と言われていますが、宇宙規模の変動によるものと言う説もあり、その真の原因はまだ良く分かってないのです。CO2 の排出を減らせば確実に温暖化が食い止められるのかは確証はありません。ただ DAC のような技術開発は様々な技術を含んでいるの、思いもよらない所への展開も考えられますので開発を進めることには意義はあると思います。