

2023 年 7 月 11 日

海洋による CO₂ 除去の新しい動き

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所
環境ユニット 気候変動グループ マネージャー
研究主幹 田上貴彦

海水から CO₂ を除去するプラントや研究に関するニュースが今年に入って続いた。

4 月 12 日、カリフォルニア大学ロスアンゼルス校 (UCLA) からスピンアウトした Equatic 社が、ロスアンゼルス港の小規模パイロット施設 (CO₂ 除去能力 100kg/日) を公開した。同社は、他にも、シンガポールのパイロットプラントで実証試験を行っている。カリフォルニア工科大学 (Caltech) で設立された Captura 社も、5 月 31 日、年 100 トンの CO₂ を海から回収できるパイロットシステムを、今後数か月以内にパサディナキャンパスからロスアンゼルス港に移し、海洋実地試験を始めると発表した。マサチューセッツ工科大学 (MIT) も 2 月に、CO₂ を海から除去する新たな方法を提案する論文を発表している。

海水からの CO₂ 除去は、直接大気中 CO₂ 回収 (DAC) と比べて、①DAC では最初に大気中の CO₂ を吸収する必要があるが、海では吸収が既に行われておりそのステップが必要ないこと、②海水中の CO₂ の濃度は大気の 100 倍以上大きいことから、より効率的に CO₂ を除去できる可能性がある。海水から CO₂ を除去し、CO₂ が少なくなった水を海に戻すと、それがさらに CO₂ を大気から吸収する。

電気化学アプローチは、電気を使い、CO₂ を海水から除去する化学反応を引き起こす。酸アプローチと塩基アプローチがある。酸アプローチは、電気分解を使い陽極に酸をつくり、この酸性の陽極液を海水と混ぜ、酸性化により炭酸塩システム平衡を CO₂ 方向にシフトし、CO₂ を放出させる。酸性化し CO₂ が少なくなった海水は塩基液と混ぜ、海に放出する。一方、塩基アプローチでは、電気化学によりつくられた塩基液を海水と混ぜ、炭酸塩鉱物の沈殿を生じさせる。炭酸塩沈殿により炭酸塩システム平衡が CO₂ 方向にシフトし、CO₂ が放出される。塩基性の海水は電気透析からの酸性液と混ぜられ、海に戻される。

Captura 社は酸アプローチを採り、塩水を電気透析により酸と塩基に解離する。つくられた酸を海水に加え、CO₂ を放出させ回収する。この CO₂ が除去された酸性の海水に塩基を入れ中和し、海の表層に戻して大気中の CO₂ を再度吸収させる。MIT も酸アプローチを採

るが、電池に膜を使わない点に特徴がある。まず、水を酸性化し、溶存無機炭酸水素イオンを CO₂ 分子に転換し、気体として回収する。次に、水を 2 つ目の電池に供給し、逆の電圧をかけ、酸性水をアルカリ性に戻し海に放出する。アルカリ性の水の海への再注入により、海洋の酸性化対策とする。一方、Equatic 社は塩基アプローチを採り、海水の電解により、水素を発生させるとともに、CO₂ を炭酸塩固体や溶存無機炭素に固定する。この炭酸塩固体や溶存無機炭素を海洋に放出する場合には、海洋への影響を検討する必要がある。酸性の海水のほうは、海への放出前にアルカリ性の岩石を溶かし、海水を元のアルカリ度に戻す。

これらのスタートアップには様々な資金が提供されている。Equatic 社は、Meta の Chan Zuckerberg Initiative、ARPA-E (エネルギー省・エネルギー高等研究計画局) などからの資金提供を受けている。また、CO₂ 除去や水素供給について、世界的な決済ソリューション企業である Stripe 社やボーイング社と事前購入契約を結んでいる。Captura 社は、2022 年 4 月、イーロン・マスク氏による 1 億ドルの XPRIZE の 15 の受賞者の一つに選ばれた。また、2023 年 1 月、1200 万ドルの資金を、Equinor Ventures や、Aramco Ventures、Hitachi Ventures などから得た。直近の 100 トン/年のシステムは、サザン・カリフォルニア・ガス社により資金提供された。MIT の研究も、ARPA-E の補助金で 2 年前に始まっている。

2021 年の全米アカデミーズの「海洋ベースの CO₂ 除去・隔離の研究戦略」によれば、電気化学プロセスは、よく知られた化学に基づくが、CO₂ 除去への適応はまだ途上であり、電気化学プロセスの研究課題はコストの削減と環境影響である、と評価している。当該プロセスは、現在、多くのエネルギーを必要とし、除去 CO₂ 1t 当たり 1~2.5MWh であり、コストは、除去 CO₂ 1t 当たり 150~2500 ドルである。現在、少数のシステム構成が研究されているに過ぎないが、より広く新しい設計を検討することにより、これを 100 ドル未満に減らせる可能性がある。また、生態系への影響はあまり知られていないが、海洋への影響は、排水地点に限られ、海洋への影響を抑える排水システムを設計することが可能である。当該研究戦略は、コスト削減のためにも、大規模実証スケール (1000kg/日) のプロジェクトの実施が研究課題の中心となる、と提言している。今回採り上げたプラントはそれぞれ、100kg/日、約 270kg/日であり、それにつながるものである。Captura 社は、2022 年 8 月に 1t/年を除去できる最初のパイロットシステムを運開していたが、1 年で 100 倍の規模にした。また、Equatic 社も、10t/日除去する大型テストプラントを 2024 年後半にシンガポールで運開すること予定している。

電気化学アプローチを使う海洋による CO₂ 除去は、ネガティブ排出技術として DACCS・BECCS と並んで、大きな可能性をもっている。しかし、プロセスの効率化や、再生可能電力の確保が課題となる。また、海洋への影響の可能性も検討する必要がある。スタートアップへの資金提供の事例も、技術の研究開発から市場化への移行の成功例として注目される。