

「環境技術」で一步先を歩く 欧州のスタートアップ企業

K-BRIC代表
前シーメンス株式会社代表取締役社長兼 CEO

藤田 研一



1. なぜ欧州のグリーントランスフォーメーションに注目するのか？

欧州各国、特に西欧の主要国は過去、リサイクリングや都市計画と環境規制などを通じて環境問題に取り組んできたが、このことは、欧州各国が、相対的に小さい国土面積で、かつそれぞれが隣接し、隣国からの影響を受けやすい環境であるがゆえに、早くから循環型経済の概念を発達させてきたことと無縁ではない。そのため、欧州各国はEUを中心に規制と政策を推進し、その結果が、温室効果ガスへの各種排出規制、再生可能エネルギーを中心とするエネルギー転換政策、廃棄物リサイクリング、炭素税等、環境問題における国際的なリーダーシップなどにつながっている。つまり、EUを中心とする欧州は、環境への取り組みという意味では世界で最も影響力のある地域といえる。

2. 欧州における技術ベンチャー企業の環境

新規事業をマネタイズするという部分では、米国におけるベンチャー、特にマサチューセッツ工科大学（MIT）を筆頭とする大学発のベンチャー企業なども注目に値する。彼らはベンチャーファンドやNASDAQの豊富な資金をバックにR&Dや実証実験を進めるが、そのすべてが成功するわけではなく、成功率5～7%、大成功といえる有名企業は1%以下という狭き門をくぐるべく日夜業務に勤しむ。米国のベンチャー企業の特徴として、UberやAirbnbのように既存のサービスやビジネスモデルをガラリと変えてしまうことが多いが、アイデア留まりのいわゆる「外れ」が多いのも事実で、2022年度はNASDAQ市場で一般株の約1.4倍の時価総額をつけていた「脱炭素銘柄」においても、昨今の株価下落率には目を見張るものがあり、脱炭素技術を純粋な投資対象としてみる危うさを露見させて

いる。

一方で、欧州のベンチャー企業は、米国のように株式上場一辺倒ではなく、新規事業ながら既存企業との提携をしたり、その傘下に入ったりと、協調と融合を実施しているケースが多い。これは、EUの中小企業の100万社以上が国境をまたいで事業を展開している環境からのフレキシビリティ、いい意味での妥協と協調が文化的に存在する世界だからと考えられ、われわれ日本企業には親和性が高いと思う。

加えて、欧州のベンチャー企業に注目すべき別の理由に、潜在技術力の高さがある。WIPO（世界知的所有権機構）の2023年の世界ランキングベスト10をみると、1位スイス、2位スウェーデン、3位米国、4位英国、5位シンガポール、6位フィンランド、7位オランダ、8位ドイツ、9位デンマーク、10位韓国となっており、欧州からは7カ国がランクインしている（ちなみに中国は12位で日本は13位）。また2022年に前年40%減となった世界のベンチャーキャピタル投資額だが、その件数は依然として増加傾向にあり、世界の3割強で米国とほぼ同規模となった欧州のベンチャーキャピタル投資も、政府の研究開発予算の増加と相まって、確実に新規事業を育てていく環境が整っていると期待される。

以上により、数%の成功率であるベンチャーファンドの感覚ではなく、確実に技術を発掘し、自社事業や技術とのシナジーも期待する企業やそのCVC（Corporate Venture Capital 企業内ベンチャーキャピタル）が、上場後の株価や派手なIRに惑わされることなく、じっくりと新しい技術を発掘するには、欧州の環境が向いているのではないだろうか。

3. 欧州におけるGX新興企業事例

GX（Green Transformation）における技術領域は、「環境への影響を最小化し、持続可能性を追求する分

野」という定義になり、具体的には以下となる。

- ①再生可能エネルギー技術：太陽光や風力発電技術、高効率蓄積システム、地熱発電等
- ②エネルギー効率向上技術：産業や建築物のエネルギー効率向上、IoTやAIを活用したEMS（エネルギーマネジメントシステム）
- ③クリーンな移動手段：電動車両技術の進化や充電基盤整備、水素燃料電池車、航空機や船舶におけるバイオ燃料等
- ④循環経済技術：リサイクル技術や廃棄物処理技術、再生可能な素材の開発
- ⑤環境モニタリング技術：大気、水、土壌などの環境データを効率的にモニタリングするセンシング技術、ビッグデータや人工知能を利用した環境データの解析と予測
- ⑥農産物の持続可能性：持続可能な農業技術、食品生産から消費までのサプライチェーン改善
- ⑦環境への負荷低減技術：二酸化炭素吸収技術、環境に悪影響を及ぼす産業プロセスの代替技術

それでは、上記分野で、①の再生可能エネルギーと⑦の環境負荷低減技術で2社ピックアップしてみたい。両社はともにきわめてユニークな技術をもっているため、その実現性を疑問視する方もおられるかもしれないが、「夢がある」技術としてご紹介したい。

なお、欧州のベンチャー企業にとって、エネルギー分野の自由化が遅れ、GXに関しても今後の発展領域となる日本市場は、自社の技術を売り込める市場としてかなり魅力的であり、いくつかの企業はすでに日本企業と提携やディスカッションに入っていることを付け加えておく。また今回の紹介は企業の技術に注目したもので、それがその企業の成功や安定性を保証するものではないこともご留意いただきたい。

Energy Dome（イタリア） ～再生可能エネルギー技術～



長期エネルギー貯蔵のために、CO₂を液体ガス化して使用するエネルギー貯蔵設備を開発している

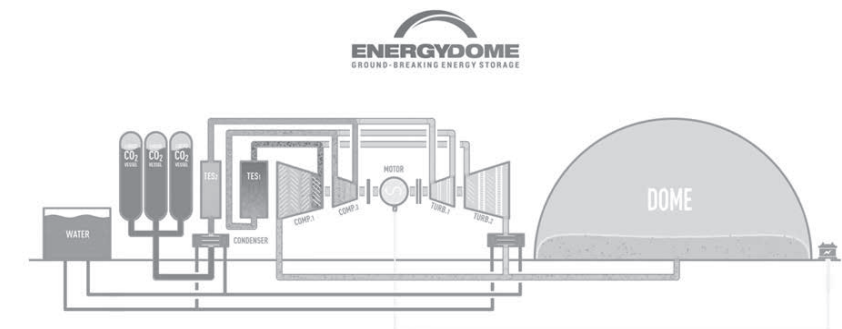


図 充電/放電プロセス

出典：<https://energydome.com/co2-battery/>

ユニークなイタリアの企業である。

電力における蓄電では、リチウムイオンを中心とした、バッテリーに電力を貯める蓄電方式が馴染み深いですが、バッテリー方式の課題は、エネルギー（電力）を貯める時間軸と容量にある。バッテリーに大量のエネルギーを貯めようとした場合、設備が巨大となり、また使い方としては、発電と電力消費のギャップを、給電・配電レベルで埋める、ピークカット的な短時間使用が主流となる。そのため、さらに上流の送電網や発電設備付近で大量にエネルギー（電気）を長時間貯めようとする場合は、水に変換・貯蔵（揚水発電）したり、将来は水素に変換・貯蔵（水素発電）で対応したりする。

Energy Domeのシステムは、電気でも、水でも、水素でもなく、CO₂を活用したシステムで、8～24時間の間、大量のエネルギーを安いコストで貯めることを目標としている。この時間軸は丁度、昼間ソーラーで発電した電気を日没後に使用する、あるいは、夜間のよい風況で発電した風力発電所由来の電気を、翌日昼の消費ピークの時間帯での使用にシフトするといった、大規模な再エネからの電力を最大限活用する運用



イタリア・サルジニア島に建設された4 MWhの実証実験設備

に向いている。

Energy Domeのシステムのユークさは、彼らが自ら「CO₂ Battery」とよんでいるとおり、CO₂をエネルギー貯蔵に使用していることであり、その概念図は前ページの図となる。

システムの原理

液化した二酸化炭素を、巨大なドームの内部にあるフレキシブルに膨張・縮小するメンブレン（膜）に低圧で貯蔵する。余剰電力がある場合は、気体の二酸化炭素をコンプレッサーで高圧に圧縮して液体化して貯蔵する。この過程で熱も発生するため、この熱も貯蔵する。

エネルギーが必要なときには、蓄えた熱で二酸化炭素を熱し、減圧したのちに、タービンを使用して発電する。

気体を圧縮してエネルギーを貯蔵するシステムは、新しいアイデアではなく、数十年前から、圧縮空気を使ったエネルギー貯蔵システムが世界各地にいくつか存在する。しかし、Energy DomeがCO₂に着目したのは、その物理的な特性による。CO₂は高い圧力で圧縮すると液化するが、空気の液化は超低温まで冷す必要があるため、「液化して貯蔵」するにはCO₂の方が適している。

Energy Domeによれば、当初の本格的なプラントコストは、1 キロワット時 (kWh) あたり200ドル以下になる見込。現在の電力用リチウムイオン蓄電システムや揚水発電のkWhコストは300ドル前後なので、同社のコメントを信じるならば、このシステムは当初からかなりの価格競争力がある。同社は、設備が大きくなり、規模の経済がさらに働いた場合、1 kWhあたり100ドル程度も可能としている。

まだまだ実証実験レベルの技術であるが、「厄介者のCO₂を逆に利用する」という発想は、レオナルド・ダビンチの生まれたイタリアっぽく、興味が湧いてくる。

Climeworks（スイス） ～環境への負荷低減技術分野～



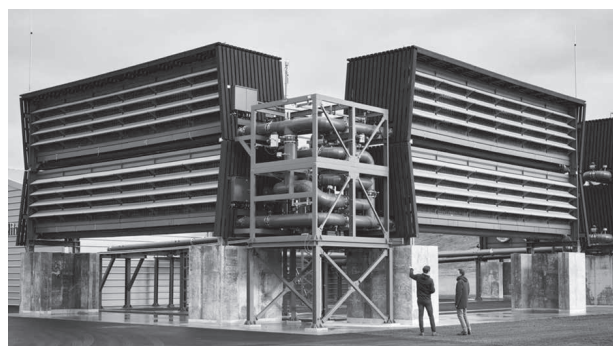
空気中の二酸化炭素 (CO₂) を分離・回収するDAC (Direct-Air-Capture) 技術を開発中のスイス企業で、実証実験では他社より先行しているといわれ

ている。米マイクロソフトも出資をしており、競合としては米国のGlobal Thermostat、カナダのCarbon Engineeringなど数社がいるが、2022年の設備容量では、ClimeworksがCO₂処理能力5000t／年と2位の3倍以上のキャパシティをもつ。

DACにおけるCO₂の吸着方法には、化学吸収液、化学吸着材、薄膜分離などいくつかの方法があり、世界ですでに20カ所弱の実証実験設備があるが、同社はそのトップランナーで、設置数では全体の70%強を占める。

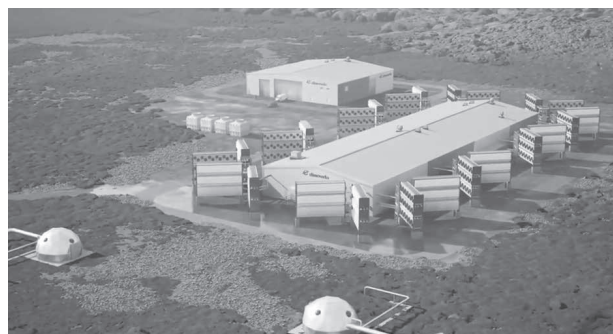
同社は、2017年にCO₂を回収・利用する商用プラントを世界で初めて稼働させ、気候中立（クライメイト・ニュートラル）に向けた実証実験に入った。そして2021年には、大気中のCO₂を取り出し地中に永久的に貯留する世界最大級のプラント「オルカ（Orca）」をアイスランドで稼働させた。同施設は、アイスランドのヘリシェイディ地熱発電所近郊に建設され、年間最大4000トンのCO₂を抽出できるという（ちなみに同量は欧州での約600人のCO₂排出量に相当するという）。また2022年には第2弾としてマンモス（Mammoth）の建設を発表。同設備のCO₂除去量は年間最大36000トンとなりオルカの10倍近い容量を目指す。

空気中のCO₂を直接回収するという技術は、究極の



オルカ（Orca 2021年）

写真提供：Climeworks



マンモス（Mammoth 2022年に発表した予想図）

写真提供：Climeworks

GXと考えられるが、Climeworksのみならず、DACテクノロジーそのものがいくつかの課題をもっているため、あらためて以下で主要なボトルネックを解説してみたい。

①回収したCO₂の処理

Climeworksが実施している実証実験では、回収したCO₂をCCS (Carbon dioxide Capture and Storage) で地中に永久貯蔵することになっているが、これができる地域は限られてくる。一方、産業用ガスとしてのCO₂は、溶接用シールドガスをはじめ、食品、医療などで主に冷却用で使用される。また将来的にはコンクリートやバイオ燃料、ポリカーボネートなどの化学品に転換してリサイクルすることもあり得る。ほかにも枯渇した油田の残存原油を回収するためにEOR (Enhanced Oil Recovery) として利用する可能性もある。CO₂の二次処理技術が発達するかは、そのコストにかかっており、また回収したCO₂を輸送する場合、サプライチェーンコストも次の課題となる。

②CO₂の回収コスト

DAC技術そのものが非常に高コスト。Climeworksは現在、1トンのCO₂回収に約600ドルかかり、将来はコストが1/3になるとしている。またIEA (International Energy Agency) の試算では、2050年に2020年比で65～85%のコスト低減を予測しており、同年におけるCO₂トンあたりのコスト予測は欧州で100～170ドル程度、日本で130～220ドル程度となっている（液体吸収剤を使用し吸収剤を直接加熱した処理水の少ないS-DACの場合）。DACを将来商業化できるかどうかは、このコストに加えて、上述のさまざまな工業用途においても、「回収した大量のCO₂を如何に安価でユーザーに届けられるか。」といった社会インフラ整備にもかかっている。DACが実現するかどうかは、自らのコストダウンに加えて、ほかのGX関連CO₂削減技術が思ったほど進展せず、CO₂対策がコストを問わない火急のものとなった場合は有望、といったほかの技術や社会問題との微妙な関係もその普及条件で存在する。

③エネルギー消費

DACの課題はその電力消費にもある。DACはその構造上、空気を取り込むファン、取り込んだ空気からCO₂を分離する過程で大量の電力を消費する。これらの電力がCO₂を排出する従来の石炭やガス発電

所で賄なわれた場合は本末転倒となり、再エネ由来の電力を使用した場合は、DACの大量電力消費量を考慮した容量設計が必要となる。ただし、多くの電力消費は分離過程の熱源で利用されるため、それを廃棄物の処理熱やプラントの副生熱で手当した場合は、上述IEAの試算では100ドル/tに近いコストダウンが2050年に可能としている。

まだまだ課題の多いDAC技術だが、ゼロエミッション化だけでは2050年のカーボンニュートラルが危ぶまれる現状では、ゼロエミッションを超えた「ネガティブエミッション」は非常に魅力的である。それに加えて炭素税の導入が進んだ場合は、CO₂排出そのものがコストとなるため、それを吸収して処理をするビジネスの魅力がさらに上昇する。欧州がどこまで同技術を真剣に進めるかの社会的な制度設計にも注目しながら、将来動向を見守っていききたい。

(筆者略歴)

1983年よりアルパイン株式会社（現アルプスアルパイン株式会社）で現地法人取締役、欧州マーケティング責任者を務める。

1997年よりUFJ総合研究所にて国際コンサルティング部門責任者、2006年よりシーメンス VDOオートモーティブ株式会社代表取締役兼CEO、日本におけるオートモーティブ・コンポーネンツ事業代表、2010年シーメンス本社事業開発ダイレクター、2012年にエネルギー部門日本代表を務め、2016年よりシーメンス日本法人社長兼CEO。

2021年よりK-BRIC Advisory & Investment代表。著書に『日本人が外資系企業で働くということ』（ダイヤモンド社）等がある。

FB : <https://www.facebook.com/fujita.kenichi.7>

Wikipedia : <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%97%A4%E7%94%B0%E7%A0%94%E4%B8%80>



※本稿では欧州スタートアップ企業を2社紹介しておりますが、続編として2024年5月号にてさらに数社、掲載を予定しております。