



地域に根差した 廃棄物処理(サーキュラーエコノミー)を目指して

佐賀市政策推進部
バイオマス産業推進課藻類産業推進室
前田 修二

1 はじめに

日本では、2050年カーボンニュートラルに向けた取り組みが活発化している。カーボンニュートラルに向けた取り組みは二酸化炭素の削減のみに目を向けられがちだが、削減を求められる二酸化炭素を資源として有効活用することで、既存産業をカーボンニュートラルに転換し、合わせて廃棄物処理に関する地域課題の解決にもつなげることができる。

佐賀市は「廃棄物であったものが、エネルギーや資源として価値を生み出しながら循環するまち」をコンセプトとして掲げ、2014年にバイオマス産業都市の認定を受けた。市民生活に不可欠な2つの環境施設（ごみ処理施設、下水処理施設）を活用し資源循環に取り組むことで、環境と経済が両立するサーキュラーエコノミーを実践している。

本稿では、ごみ処理施設における二酸化炭素分離回収事業の取組経緯と概略、二酸化炭素分離回収技術導入による資源化と利用状況、今後の活用可能性等について記述する。

2 事業の背景と目的

佐賀市が、二酸化炭素を分離回収し利活用す

る事業（CCU（Carbon dioxide Capture and Utilization）事業）を進める背景の一つには、2005年と2007年の2度の市町村合併に伴うごみ処理の合理化が挙げられる。

市町村合併により市内に4つのごみ処理施設を有することとなった佐賀市は、ごみ処理経費の大幅な削減とサーマルリサイクルによる再生可能エネルギーの増加を目的として、発電機能を有し、ごみ処理能力に余力のある佐賀市清掃工場（以下清掃工場）へごみ処理機能を集約した。

しかし、ごみ処理施設は、住民生活に必要不可欠でありながら、自らの居住地周辺では「迷惑施設」と捉えられる傾向にある。このことは佐賀市においても例外ではなく、清掃工場周辺住民の理解を得るまでには最初の市町村合併から実に7年の歳月を要した。

佐賀市は、こうした周辺住民が持つ負のイメージを払拭し、ごみ処理事業を今後も持続的に遂行していくために、焼却炉の環境的安全性を科学的なデータに基づき示しつつ、併せて、清掃工場を地域の振興に貢献する施設とするための取り組みに努めてきた。具体的には、清掃工場から生じる熱を隣接する健康運動センターで

の温水プールの加温や空調で利用する取り組み、発電した余剰電力を市内の小中学校や市庁舎等で利用する取り組みである。

さらに、清掃工場をより直接的に立地地域に貢献する施設へと変えていくために着目したのが、ごみの焼却によって必然的に生じる二酸化炭素の利活用であった。

佐賀市がCCU事業を進めている大きな目的の一つは、二酸化炭素を資源とする産業を創出し、地域の雇用に結び付けていくことで、清掃工場を地域に歓迎される施設へと転換していくことである。

3 佐賀市清掃工場のCCU事業

3.1 佐賀市清掃工場の施設概要

清掃工場（写真1）は、リサイクル可能な資源の分別・可燃ごみの焼却処理・残渣の無害化処理などを行う施設である。佐賀市清掃工場は2003年4月に稼働し、リサイクル工場はその1年後の2004年4月から稼働した。

佐賀市の一般廃棄物の一部を除く大部分を処理しており、3系統の焼却炉を有し、処理能力は300t/日で、2022年度の焼却処理量は日量約188tである。



写真1 佐賀市清掃工場

3.2 CCUプラントの稼働に至る経緯

CCUプラントの本格整備に先だち、佐賀市は、2013年から2年間(株)東芝（現：東芝エネルギーシステムズ(株)）、荏原環境プラント

(株)、九州電力(株)と共同で、排ガスから回収した二酸化炭素の安全性と回収に係る初期投資や維持管理コストの検証を目的とした研究を行った。実施に当たっては、アミン系吸収液による化学吸収法を用いて二酸化炭素を日量10kg分離回収する試作装置や回収した二酸化炭素で葉物野菜の促成栽培を検証する植物工場を清掃工場内に設置した。

この2年間の共同研究を経て、2015年には環境省の二酸化炭素回収機能付き廃棄物発電検討事業の採択を受け、清掃工場の排ガスから実用レベルの二酸化炭素を分離回収する設備の建設に着手し、2016年8月、世界に先駆けて、日量10t二酸化炭素を分離回収する能力を持つ設備を完成させ、稼働するに至った。

3.3 二酸化炭素分離回収の仕組み

二酸化炭素分離回収設備（写真2）は排ガス洗浄、分離回収、貯留の主に3つのプロセスで構成される。（図1）



写真2 二酸化炭素分離回収装置

(1) 排ガス洗浄

焼却排ガスは原料ガスとするため清掃工場内の排ガス処理設備を通過したのち、酸洗スクラバーで塩化水素等を除去し、適切な温度に冷却されることで原料ガス化される。

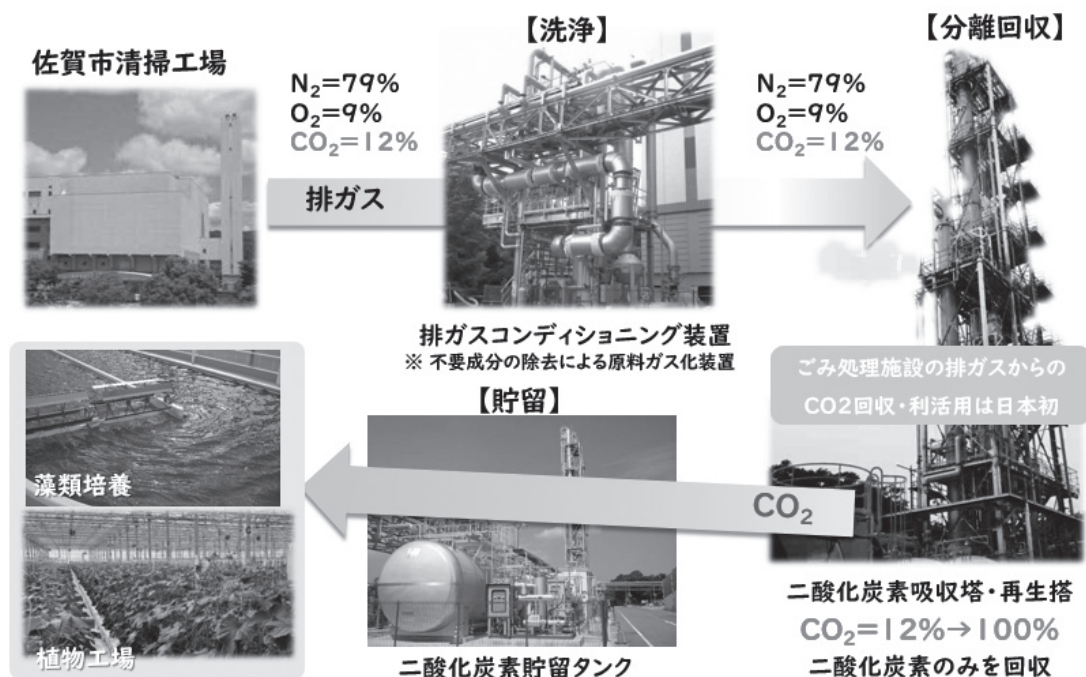


図1 二酸化炭素分離回収フロー

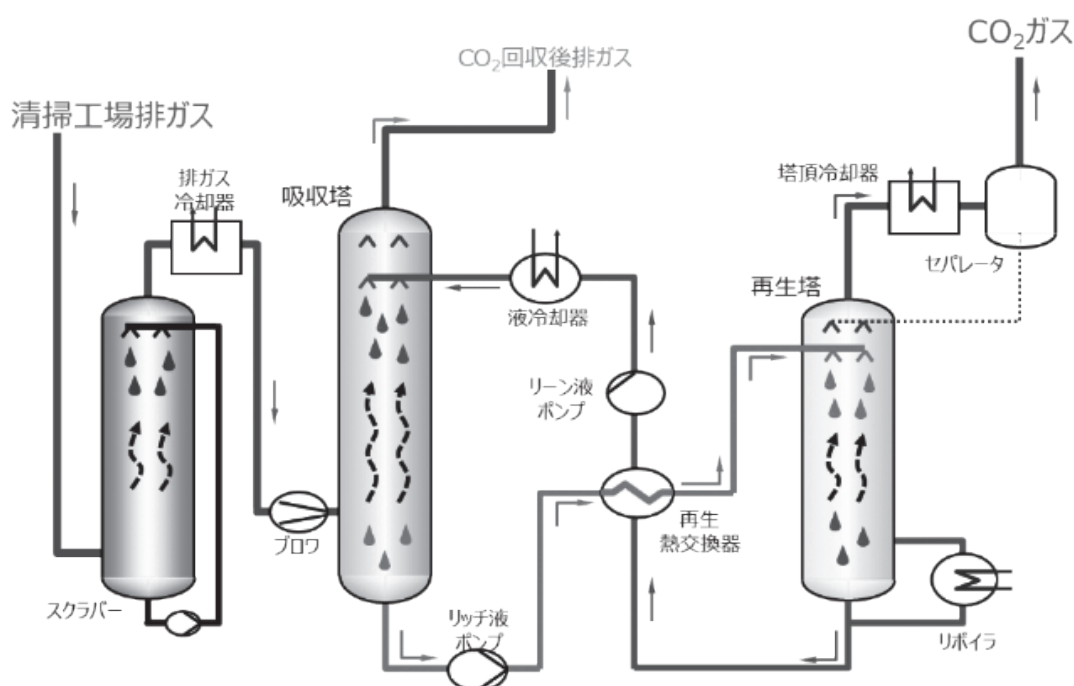


図2 二酸化炭素分離回収の仕組み

(2) 分離回収

原料ガス中の二酸化炭素を吸収塔内でアミン系吸収液に吸収させ、その吸収液を再生塔で加熱することで脱離し、二酸化炭素のみを回収する。吸収塔内部では低温状態のアミン系吸収液

が塔頂から供給され、塔底から通気された原料ガスと気液接触することで二酸化炭素を選択的に吸収し、二酸化炭素を多く含む液体となる。塔内には充填物が入っており、吸収液はこの表面を流れることで接触面積を大きくし、高効率

に二酸化炭素を吸収する。その後吸収液は再生塔に送られ、ごみ焼却熱で加熱されることで二酸化炭素を放出する。吸収液は温度変化によって吸収と放出を繰り返しながら、二酸化炭素分離回収設備内部を循環している。(図2)

(3) 貯留（供給施設）

分離回収された二酸化炭素は貯留設備に送られ、加圧、冷却されることで不要な水分などが除去される。最終的には加圧下で貯留し、需要者に適切に減圧された気体としてパイプラインで供給する。供給する二酸化炭素の成分は99.5%以上の濃度であり、食品添加物の公的規格を十分に満たしている。

3. 4 二酸化炭素の活用先

清掃工場CCU設備を拠点とした産業集積により、現在(株)アルビータ、ゆめファーム全農SAGA、(株)佐電工の3社へ二酸化炭素の供給を行っている。

二酸化炭素については液化せず、ガス状態で供給することで一般的なボンベ価格より安価な販売が可能となっている。

(1) (株)アルビータ（藻類培養）

事業概要：ヘマトコッカス（微細藻類）から高付加価値成分のアスタキサンチンを製造

事業面積：2.0ha + 3.5ha（2022年12月～）

生產品：アスタキサンチン配合化粧品、サプリメント等

供給開始：2016年12月

(株)アルビータはこれまでの2haでの成果を基に、佐賀市清掃工場の北側に広がる21haの用地を新たに購入。事業面積3.5haの新たな藻類培養施設を建設し、2023年3月から稼働を開始した。これまでの同社施設の約3倍の藻

が生産可能となった。主軸であるヘマトコッカスの自社培養事業を中心に、藻類産業に参入を検討する他の企業とのコラボレーションに対しても意欲的に活動を進めている。培養技術は独自の高い技術力を有していて、また新規事業用地の規模は国内最大規模であることはもとより東アジアにおいても有数の培養面積となることから、佐賀市における藻類産業についてさらなる発展を期待している。(写真3、4)

参照 URL：https://www.alvita-saga.com/



写真3 アルビータ社新培養施設空撮写真

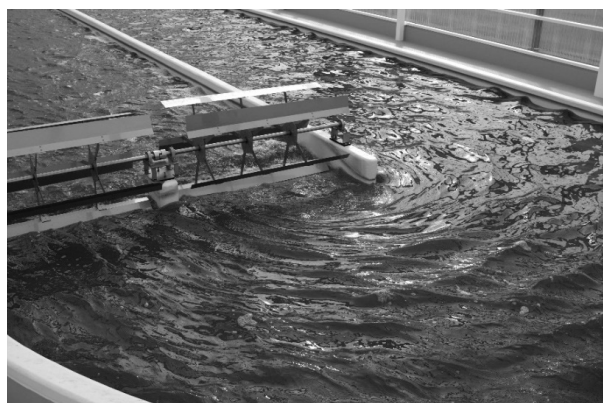


写真4 アルビータ社培養プール（ヘマトコッカス藻）

(2) ゆめファーム全農 SAGA (施設園芸)

事業概要：施設園芸における大規模多収技術の
確立・普及と人材育成

事業面積：2.0ha

生產品：きゅうり

供給開始：2020年2月

JA 全農は収益アップに向けて様々な技術を確認、普及するための実証農場であるゆめファーム全農を2014年から運営しており、栃木県でトマト、高知県でナスの栽培を行い、佐賀では3例目となるきゅうりの実証を行っている。

稼働1年目にもかかわらず、収量は土耕区では10aあたり54.7t、養液区では56.2t、平均55.6tとなり目標を大幅に超え、全国平均の4倍にも上る収量を達成した。

ゆめファーム全農 SAGA には、二酸化炭素にあわせて清掃工場からの余熱供給も行っている。植物の生育に必要な二酸化炭素と熱を持続可能な資源に置き換えることで一つの資源循環のモデルとなった。(写真5)

参照 URL：

<https://www.zennoh.or.jp/press/release/2021/79863.html>



写真5 ゆめファーム全農 SAGA 栽培施設

(3) (株)佐電工 (本庄ファーム) (施設園芸)

事業概要：佐賀市のふるさと納税にも使われる
イチゴの栽培

事業面積：0.5ha

生產品：イチゴ

供給開始：2023年4月(稼働開始は2021年～)

(株)佐電工は、二酸化炭素を活用したイチゴ

の栽培を実施している。2021年度、2022年度はこれまでの栽培技術のブラッシュアップを目的に二酸化炭素の施用なしで栽培を実施した。2023年度からは二酸化炭素を施用し、イチゴの生育状況等の比較検証を実施している。(写真6)



写真6 佐電工栽培施設

3. 5 清掃工場を地域に歓迎される施設へ

清掃工場の二酸化炭素及び熱を利用することで産業の振興を図り同時に環境の負荷を低減している。需要者からは比較的安価で持続可能な資源やエネルギーを安定的に活用できるメリットを感じてもらっている。

また収穫物の収量や品質の向上、増収効果についても良い結果が出てきており、農家等の収入増に対して効果が期待される。同時に社会情勢の変化によるエネルギー不足や資源高騰が影響しており、近年では問い合わせも多くなっている。

周辺住民からは地域の産業振興に既存施設を活用し資源循環を行っていることに一定の評価と事業の継続に対し応援をいただいております、迷惑施設であった清掃工場に対する意識が確実に変化している。(図3)

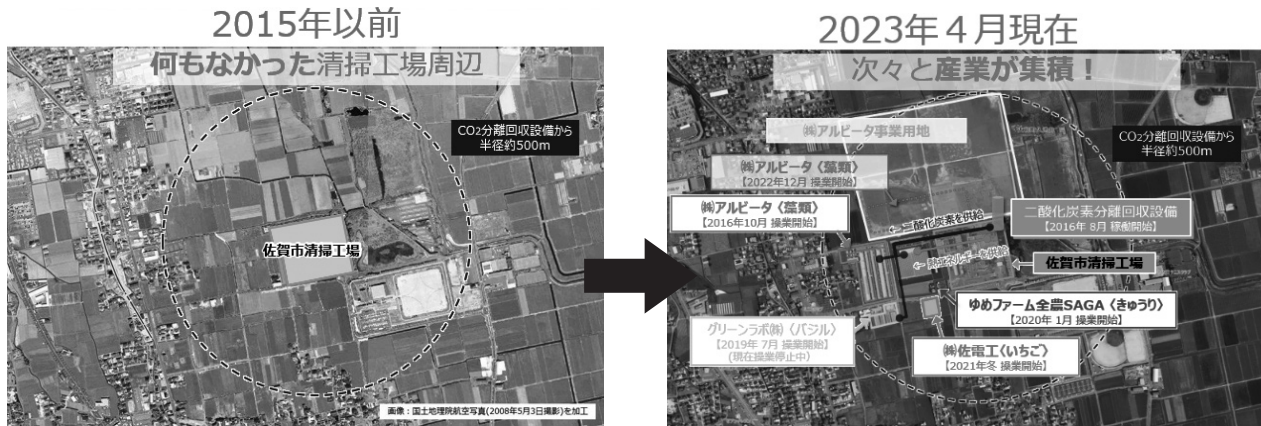


図3 佐賀市清掃工場周辺の変化

4 二酸化炭素利活用の新たな可能性

4.1 二酸化炭素の液化

需要家への二酸化炭素必要量を最適化し採算性を向上させるためには、現在の低圧貯留以外の貯留方法を検討する必要がある。例えば100m³のタンクに10気圧（約1Mpa）未満であれば2t弱の二酸化炭素しか貯留できないが、液化貯留した場合は同容積で約100tが貯留可能になる。

ただしこの貯留には多くのエネルギーを必要とするため、清掃工場の再生可能エネルギーを効率的に用いることが必要と考える。

これまで清掃工場敷地内で二酸化炭素の液化を実施した事例は国内ではないと思われるが、これからの清掃工場のあり方を検討するにあたっては重要な要素となりうると考える。当市に対しても多くの二酸化炭素需要の相談を受けており、こうした技術の発展が望まれている。ただし、日量10tといった規模で液化をする場合、その経済性に対する評価は低いため、施策として推進するには技術と財政支援の双方が必要である。

佐賀市はこうした清掃工場が日本全国また世界に広がることを期待し、本事業の発展に寄与したいと考えている。環境省をはじめとした関連省庁からのご支援に期待する。

4.2 市民生活のQOL（Quality of Life：生活の質）の向上

これまで述べた二酸化炭素の活用は、藻類培養事業者や施設園芸事業者などの企業を対象とし、二酸化炭素の活用から経済を振興することで環境インフラの付加価値化を図ってきた。我々が目指す次のターゲットユーザーは全市民であり、市民生活のQOL向上を二酸化炭素の利活用で創生しようと考えている。

二酸化炭素には、毛細血管を広げて血行を促進する効果があり、その手法として昨今スポーツメディカルの観点から注目されている高濃度炭酸浴事業の構築を検討している。炭酸浴は炭酸入浴剤などによって今や身近な存在となっており、植物の成長促進に二酸化炭素を活用することと比較しても認知度が高い。

2021年の5月下旬から7月上旬にかけて(株)花王の協力の下、清掃工場由来の二酸化炭素を用いた炭酸足湯の実証イベントを実施した。場所は佐賀市内の観光施設とスポーツ施設で実施し、延べ500人以上が炭酸足湯を体験、合わせて花王が提供するヘルスケアに関する情報を提供した。

高濃度炭酸浴事業が二酸化炭素の削減につながるのか疑問を持たれる方も多いと考えるが、佐賀市は他自治体と比較して自動車での移動に

対する依存度が高い地域であり、住民の運動機能低下が健康維持の阻害要因として課題となっている。我々の狙いは、市民に二酸化炭素の活用を認知してもらうことと、その効果として運動機能維持へとつなげ、市民生活の質の向上を図ることで、CCU 事業への理解を深めながら、ごみ排出量の削減等、二酸化炭素排出量の削減に寄与できると考えている。(写真 7)

参照 URL :

<https://www.saga-abc.jp/main/587.html>



写真 7 炭酸足浴イベントの様子

5 おわりに

カーボンニュートラル宣言を一つの契機として、佐賀市 CCU 事業への注目は以前にも増して大きくなっているが、この CCU 事業をはじめ、清掃工場などのインフラ施設を中心とした佐賀市の取り組みは、回収した廃棄物を新しい技術や仕組みによって資源化し、その資源を使った製品が暮らしの中に戻って使用されていくというサーキュラーエコノミーの実践が主目的である。

これは、市民が無理を強いられることなく、自然体の生活を送る中でサーキュラーエコノミーの一翼を担う、そういう社会システムの構築につながると考えている。

サーキュラーエコノミーの考えは、ヨーロッパを中心に広まりつつあるが、日本においては

昔から余り物などを融通する文化があり、こうした文化に根差した循環型経済の展開が十分に可能だと考えている。

これまでのような廃棄物を出して終わりという社会では、処理に多くのエネルギーが費やされるばかりでなく、コスト面や GHG 排出など環境面での損失は大きい。域内の廃棄物を様々な産業を巻き込みながら価値ある資源として循環させる方が、経済や環境に与える効果ははるかに大きく、こうした循環の連鎖を全国に広げていくことで日本全体での GHG 削減にもつなげていけると考える。

そのためには、様々なステークホルダーによる有機的な連携はもちろんのこと、新たな技術や仕組みづくりが必要である。

持続的な経済の発展と豊かな地球環境を未来の世代へつないでいくため、佐賀市は今後も行政、産業界、大学や研究機関などと連携を図り、リビングラボとしての役割を担いながら、地域に根差したサーキュラーエコノミーを推進してまいりたい。