

『脱炭素社会につながる CCU』

企画グループ 倉本 隆行
企画グループ 青木 大
地域リーダー養成課 大西 大輝

目次

1	はじめにー調査背景と目的	1
2	調査内容	1
	(1)CCU について	1
	(2)国内外における CCU (S) の現状	2
	(3)佐賀市の取組	2
	①地域について	2
	②取組の背景	3
	③取組内容と成果	4
	④課題と今後の展望	4
	⑤佐賀市から得た学び(所感)	4
3	おわりに	5

1 はじめに -調査背景と目的

世界各地で地球温暖化が原因の猛暑や豪雨などの異常気象による自然災害が頻発している。日本でも、自然災害が農作物や住居に被害を与えており、産業・経済活動など様々な分野への影響が懸念されている。SDGs の目標 13「気候変動に具体的な対策を」に掲げられているとおり、地球温暖化問題の改善は地域づくりに取り組むうえで欠かせない視点である。地球温暖化の主な原因とされる温室効果ガスの大半を占める世界の二酸化炭素排出量は右肩上がりに増えてきた。実際に、1860年から2000年までの140年間で地球全体の平均気温は約0.8度上昇している。

近年では、温室効果ガス排出量を2050年に実質ゼロにする「カーボンニュートラル（脱炭素社会）」の実現を政府が目標に掲げ、ゼロカーボンシティを目指す地方公共団体が増えている。具体的な対策としては、ごみの減量化を図るためのごみ袋有料化や地産地消の推進、省エネルギーの推進など、多岐にわたる。

カーボンニュートラルの実現のために、環境に対する人々の意識を変革するだけでなく、技術革新も欠かせない。その一つとして、二酸化炭素回収利用貯蔵（CCUS）により二酸化炭素の排出量を抑える動きがある。特に近年、CCU（Carbon dioxide（二酸化炭素）、Capture（回収）、Utilization（利用）の略：工場などから出る二酸化炭素を排ガスなどから回収し、資源として利用すること）の取組が脱炭素時代の大きな武器になると国内外で期待を集めている。

当調査では、清掃工場の燃焼排ガス由来の二酸化炭素の活用に取り組む佐賀県佐賀市を視察先に選定した。佐賀市の清掃工場では、①日本で初めてごみ焼却排ガスから二酸化炭素を分離回収、②回収した二酸化炭素の農業利用、③企業誘致による経済効果と雇用創出、に取り組んでいる。国内でCCUに取り組む先進事例を対象に、今後の地方公共団体の参考となるよう具体的な施策や現状、今後の展望を調査した。また、CCUと地域づくりとの関係にも注目した。

2 調査内容

(1) CCU について

脱炭素社会を目指すうえで、二酸化炭素が全く出ない社会を実現することは、現在の技術では難しいとされている。今後も人々は二酸化炭素の排出抑制に努めていくものの、ガソリン車に乗ることやごみを燃やすことなどから、どうしても一定量の二酸化炭素が発生する。CCUはその二酸化炭素を活用することに着目した取組である。活用が期待できる代表的な排ガス源として、天然ガスを燃料とした火力発電所、バイオマス発電所、清掃工場やセメントキルン¹が挙げられる。CCUは環境省の推奨プロジェクトでもあり、活用例として、光合成²で成長する野菜や微細藻類の生育促進などの農業利用やメタン等の合成燃料利用が挙げられる。

なお、二酸化炭素を利用するCCUに対して、二酸化炭素を分離・回収し、地下の安定した地層の中に貯留する取組をCCS（Carbon dioxide Capture and Storage（貯留）の略）という。CCUとCCSの両者を総称してCCUSという。

¹セメント原料を燃焼してクリンカを製造する窯。

²植物などが太陽などからの光エネルギーを受け、水と二酸化炭素によって、デンプンなどの養分（有機物）を作ること。

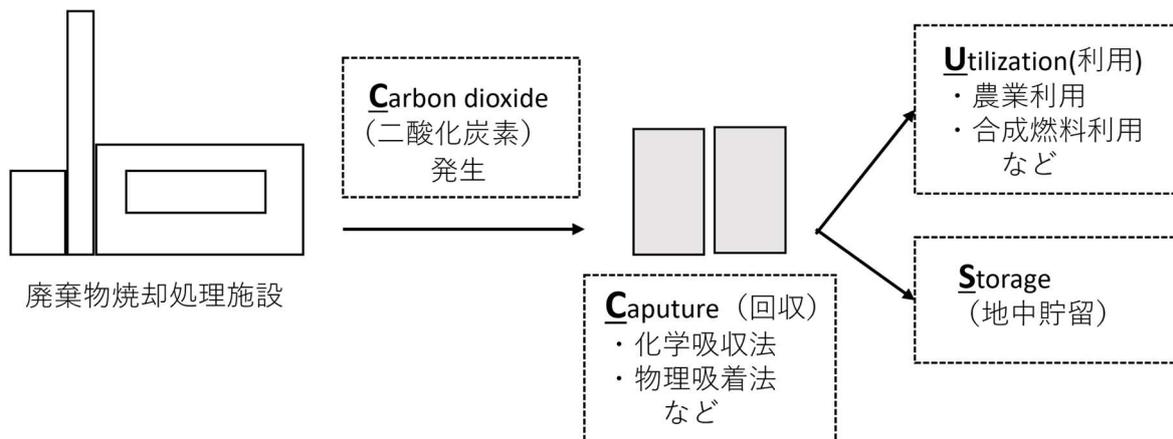


図 1. CCUS のイメージ

(2) 国内外における CCU (S) の現状

平成 27 年に開催された第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議 (COP21) において、世界共通の長期目標としてパリ協定が採択された。これは、全ての国が地球温暖化の原因となる温室効果ガスの削減に取り組むことを約束したものである。その中で、今後求められる追加的な二酸化炭素削減量のうち、2070 年時点で約 2 割を CCUS が担うと予測されている³。

海外では、アメリカ・テキサス州の三菱重工業が手掛けた年間 160 万トンの二酸化炭素回収能力を持つ世界最大規模のプラントなどで、既に年間 4000 万トンの二酸化炭素を回収している。国内でも、令和元年 6 月に策定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」において、二酸化炭素の排出削減策として省エネルギー機器の導入、再生可能エネルギーや原子力発電の活用などが挙げられているが、特に注目を集めるのが CCUS である。

実際の動きをみると、平成 24 年度から北海道苫小牧市において、国家プロジェクトとして CCS の大規模実証実験が進められた。その後、平成 28 年 4 月から令和元年 11 月にかけて、苫小牧沖海底下への二酸化炭素の圧入⁴を進めた結果、目標としていた累計二酸化炭素圧入量 (30 万トン) が達成された。あわせて、分離・回収から圧入・貯留までの CCS 一貫システムの操業及び安全・環境管理並びに各種モニタリング及び海洋環境調査を通じて CCS は安全かつ安心できるシステムであることが確認され、実用化に向けて期待が高まった。

しかし、CCS をめぐる日本の状況として、二酸化炭素を貯蔵する場所と容量のポテンシャルに限界があることから大規模な貯蔵は望めない。そのような中、二酸化炭素を有効活用する CCU が、有望な選択肢として期待が大きくなっている。

CCU の取組としては、後述する佐賀市清掃工場の例がある。これは世界で 4 つ目、日本初の事例として注目を集めている。

(3) 佐賀市の取組

①地域の概要

佐賀市は、平成 17 年と 19 年に市町村合併 (1 市 6 町 1 村) を行い、面積は約 4 倍の 431.42 平方キロメートルになった。米や麦、野菜、ミカンなどの農業が盛んで、環境の保全と経済的な発展の両立を目指し、平成 26 年にバイオマス産業都市⁵の認定を受けた。市が掲げるバイオ

³ 出所：IAEA “Energy Technology Perspectives 2020”

⁴ 海底下の地中深くに二酸化炭素を貯留する作業。

⁵ 地域に存在するバイオマスを原料に、収集・運搬、製造、利用までの経済性が確保された一

マス産業都市構想には「既存の施設を活用する」「市が仲介役を果たし企業間の連携を実現する」という2つの基本方針のもと、「下水浄化センターエネルギー創出事業」や「微細藻類培養によるマテリアル利用及び燃料製造事業」など、6つの事業化プロジェクトがある。

②取組の背景

(i) 地域振興に貢献できる施設へ

佐賀市は、市町村合併により市内に4つの清掃工場を所有することとなった。そのため、ごみ処理費用の大幅な削減とサーマルリサイクル⁶によるエネルギー効率の改善を目的として、ごみ発電設備を有する現・佐賀市清掃工場への機能集約を計画した。しかし、ごみ処理施設は市民生活に必要不可欠な施設でありながら、ごみ焼却から生じる臭いや煙により「迷惑施設」と捉えられるため、周辺住民との合意までに7年の歳月を要した。

そこで、今後の持続可能な環境インフラ整備にはこのような負のイメージを払拭し、地域住民にとって役立つ施設に変えていかなければならないという問題意識から、清掃工場に新たな付加価値の創出を目指すこととなった。その中で出た方策が、ごみ焼却時に発生する二酸化炭素の活用で、これを資源化し農業に利用することで、清掃工場周辺に新たな産業を生み出そうという計画である。

(ii) 共同研究

廃棄物焼却施設において、二酸化炭素を回収して産業利用することは前例がなかったため、平成25年度に東芝、荏原環境プラント、九州電力、佐賀市の4者で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する共同研究を開始した。

平成25年10月、清掃工場内にアミン系水溶液による化学吸収法⁷を用いて日量10キログラムの二酸化炭素を分離回収する試験装置を設置した。平成26年10月には、回収した二酸化炭素で野菜を栽培する植物工場(2坪のコンテナハウス)を併設し、回収コストや安全性を検証した。

東芝は二酸化炭素の分離回収技術を廃棄物焼却時の排ガスに適応させることを、荏原環境プラントは廃棄物焼却炉の運転管理技術や排ガス性状に対するリスクの検証、排ガスの供給方法を担当した。九州電力は分離回収にかかるエネルギーの有効利用の検討を、佐賀市は分離回収した二酸化炭素の活用先と供給する二酸化炭素の安全性の検証を担当した。

この共同研究では、ごみ焼却時の排ガス独特の腐食性(低温腐食性)や原料ガスとしての適性、障害要因への対処法なども検討した。回収した二酸化炭素の濃度は99.9%以上であり、食品添加物の公的規格を十分に満たす。また、清掃工場由来排ガスのリスク成分であるダイオキシン類や重金属類などについても検証し、一般大気の基準と比較して問題のないこと、植物工場などでの作業環境上の安全性が担保できることなどが確認できた。

研究には2年間を要し、その研究結果を基に環境省の「二酸化炭素回収機能付き廃棄物発電検討事業」に採択され、平成28年8月に廃棄物処理から生じる排ガスから二酸化炭素を分離回収する設備を完成させた。

貫システムを構築し、地域のバイオマスを活用した産業創出と地域循環型のエネルギーの強化により地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち、むらづくりを目指す地域。関係7府省が共同で選定(内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省)。

⁶ 廃棄物を燃やすときに発生する熱エネルギーを回収して利用すること。

⁷ アミン系吸収液が二酸化炭素を低温で吸収し、高温で放出する特性を利用した方法。

③取組内容と成果

(i) 取組内容

二酸化炭素分離回収設備では、1日最大10トンの二酸化炭素の分離回収が可能である。装置は、排ガス洗浄、分離回収、調製供給の3つのプロセスで構成されている。清掃工場に熱と電気がある特徴を生かし、化学吸収法で回収する。分離回収した二酸化炭素は、バジルやきゅうりを生産する植物工場及び化粧品やサプリメントを製造する藻類培養施設などの民間施設へ気体のまま有償（1キロ当たり36.4円）で提供される。令和2年4月から9月までの半年間で約176トン、653万円分を提供した。なお、販売価格については前例がなく、市は利益を求めず、周辺地域の振興のためより安価で提供することに決定したという。

市は藻類に大いに注目し、持続可能な産業へと成長させたいと考えている。佐賀大学や筑波大学と連携し研究開発に取り組むほか、行政・大学・企業が一体となった「さが藻類バイオマス協議会」を設立し、一層の産業発展を目指している。

(ii) 成果

二酸化炭素分離回収事業によって清掃工場周辺に複数企業が進出し、経済波及や雇用創出の面で一定の成果を挙げている。清掃工場周辺で現在操業中のしている民間の藻類培養施設が約21ヘクタールの事業用地を追加取得し、事業を拡大する動きが見られるほか、別の企業の進出についても協議を進めている。また、当事業への関心から企業版ふるさと納税が増えており、令和3年度は11件・1,185万円の寄付を集めた。

④課題と今後の展望

現状、二酸化炭素分離回収設備に要した費用（国の補助金5億円を除く約9.5億円）及び毎年のランニングコスト（2,400万円）の回収には苦戦しているという。二酸化炭素利用の課題として、天気や季節、時間によって偏りがあること、更なる販売増への取組が必要であること、などが挙げられる。

また、光合成が行われる日中以外は二酸化炭素が利用されず、貯留タンクがほとんど満杯になっているとのことである。市はこれまで活用できていなかった夜間回収分の二酸化炭素について、液化し産業利用することやドライアイスとして工業利用すること、また、これらを推進するための企業誘致及び課題解決による二酸化炭素利用パッケージ化の推進を検討している。佐賀市モデルとして、これらの取組が定型化できれば、国際的な事業展開も可能だと考えている。

当事業に対しては市民から懐疑的な意見が多く、身近なものと感じられていないことも課題であると市は認識している。市は、事業に対する市民の共感が大切であると考え、より身近なところで二酸化炭素を活用することを検討している。既に一つの具体策として炭酸浴講座を開講し、市民の健康増進とともに事業のイメージアップを図っている。

⑤佐賀市から得た学び（所感）

佐賀市からは、事業を進めるうえで協力者を大切に作る姿勢がうかがえた。CCU事業は専門性が高く、大学や民間企業などの研究機関の協力が欠かせない。地元の大学のみならず、県外の筑波大学にも協力を求めたことには、地域をより良くしたいという市の強い姿勢を感じた。民間企業に協力を求める際には、相手のメリットを提示することを大切にするとともに、調整役として企業と地元の間で積極的に入ることによって協力者を増やしていった。新規事業を考える民間企業の誘致のため、参入のハードルが下がるよう具体的な取組を提示するなど、企業の挑戦する環境を整備することで市への進出を促している。佐賀市の進め方は、CCU事業に限らず、他の地方公共団体が事業を進めるうえでも参考になる。

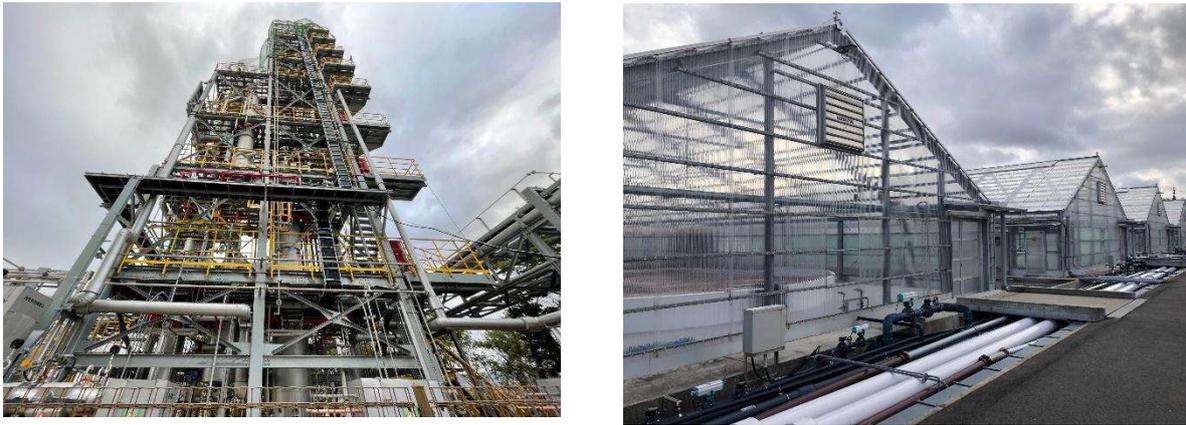


図 2. 左から、二酸化炭素分離回収設備、藻類培養施設

3 おわりに

佐賀市の CCU 事業を通して、まちの清掃工場を資源として地域づくりに活用できることを学ぶことができた。この CCU 事業は、脱炭素社会を目指して始まったプロジェクトではない。環境視点での地域課題解決に向けた取組を通じて、地域の活性化と同時に結果として脱炭素社会の実現につなげていた。

この CCU 事業は前述のとおりランニングコストが高く、事業単独では採算をとることが難しい。一方で、民間企業の進出やそれに伴う雇用の増大などによる経済波及効果は、54 億 1,300 万円（平成 26 年度～令和 2 年度）と、投資額の 5 倍以上と試算される。令和 3 年度は、企業版ふるさと納税の寄付額が 10 倍以上（前年比）に増加するといった、更なる経済効果も生まれた。このように事業全体で見ると、地域に経済と人の循環をもたらし、持続可能な取組になっている。

CCU 事業を含め脱炭素社会を目指す取組は、二酸化炭素を「削減する」という認識を持たれている。これに対し、佐賀市の担当者は「佐賀市の CCU 事業は二酸化炭素を多方面に『活用』する取組であり、その副次的効果として二酸化炭素削減につながるものである」としており、認識のギャップが感じられた。我々も調査前の認識を改めさせられた。

このように、廃棄物を“処理”するだけであった清掃工場を CCU のために“資源化”していくことで、経済や人の循環を見いだしながら、地域産業の更なる発展を推進していくことが他に例のないこの事業の特徴だといえる。

発生した二酸化炭素を資源として活用する CCU、さらには CCUS の取組は、脱炭素社会の実現に向けての大きな切り札となる。今後は、国においてもこれらの取組に力を入れ、技術の更なる進歩によって清掃工場以外から発生する二酸化炭素の活用も進んでいくことが想定される。

地方公共団体としては、地球温暖化を意識した脱炭素社会に向けた取組のみならず、地域が抱える様々な課題解決に貢献できる取組を進めていくことが望ましい。今回調査した佐賀市の事例では、清掃工場から排出される二酸化炭素を活用して地域に産業を生み出し、地域課題を解決していた。脱炭素社会の取組においても、地方公共団体の取組は、地域や住民に寄与するものであるべきだということを念頭に置くことが必要であろう。

出典

- ・「ごみ焼却炉からの CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization) 」
(佐賀市環境部バイオマス産業都市推進課)
再生と利用 第 158 号 特集：関連団体の事業取組&建設資材・その他有効利用
(発行・公益社団法人 日本下水道協会)

- ・「佐賀市のバイオマス産業におけるCCU（カーボンリサイクル）の取組」
（佐賀市企画調整部バイオマス産業推進課 課長 江島 英文）
環境管理 2021年1月号 Vol.57 No.1 特集：環境金融の拡大と企業の価値
（発行・一般社団法人産業環境管理協会）
- ・『「ゼロカーボンシティさがし」の実現に向けて』 内藤 新二
都市清掃、2022、第75巻 第365号（令和4年1月）
（発行・公益社団法人全国都市清掃会議）
- ・「二酸化炭素回収技術」 登里 朋来
溶接学会誌、2022、1月号
（発行・一般社団法人 溶接学会）