

一般廃棄物処理施設で生じる燃焼ガスの 浄化方式による CO₂ 供給設備



株式会社タクマ

エンジニアリング統轄本部技術センター研究部
〒660-0608 兵庫県尼崎市金楽寺町 2-2-33
TEL 06-6483-2633
FAX 06-6483-2762

1. はじめに

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、廃棄物分野においてもCO₂排出削減および有効利用に関する効果的かつ効率的な対策が急務となっている。当社は、一般廃棄物処理施設や水処理施設、エネルギープラントの建設・運営を主な事業としており、廃棄物処理施設等から排出される燃焼ガス中CO₂の分離回収技術、回収したCO₂の利用技術、および直接利用技術の開発に鋭意取り組んでいる。

農業分野においては、大規模園芸施設にCO₂を供給することで農作物の成長を促進する技術（以下、CO₂施用）が活用されている。光合成に必要なCO₂濃度を意図的に高めることにより、農作物の収量増加や品質向上が期待できる。一般的に園芸施設内へ供給されるCO₂は、ガス業者から購入した液化炭酸ガスを直接供給する方式と、灯油やLPガスを園芸施設内の装置で燃焼し、そのガスを供給する方式の2通りがある。しかしながら、これらの方式は、化石燃

料由来のCO₂がほとんどであること、そのコストが農業経営者の負担になっていることが課題である。また化石燃料を用いた燃焼装置には、窒素酸化物（NO_x）が含まれることもあり、注意が必要となる。燃焼排ガスからCO₂を分離回収して利用する技術（化学吸収法など）も存在するが、設備コストやエネルギー消費が大きく、経済性の面から普及が進んでいない。

そこで当社は、燃焼ガス中のCO₂を分離回収せずに直接、農業利用可能な方法を考案し、バイオマス発電施設の燃焼ガスを浄化してカーボンニュートラルなCO₂を安全性に配慮しながら、安価に園芸施設へ供給する「燃焼ガス浄化設備（t-CarVe ティー・カーブ[®]）」を開発した。本設備は既に複数のバイオマス発電施設にて納入実績があり、現在も稼働中である。さらに、本設備の適用範囲を一般廃棄物処理施設へ拡大すべく実証試験を進めている。本稿では、本設備の概要および一般廃棄物処理施設での実証試験を紹介する。

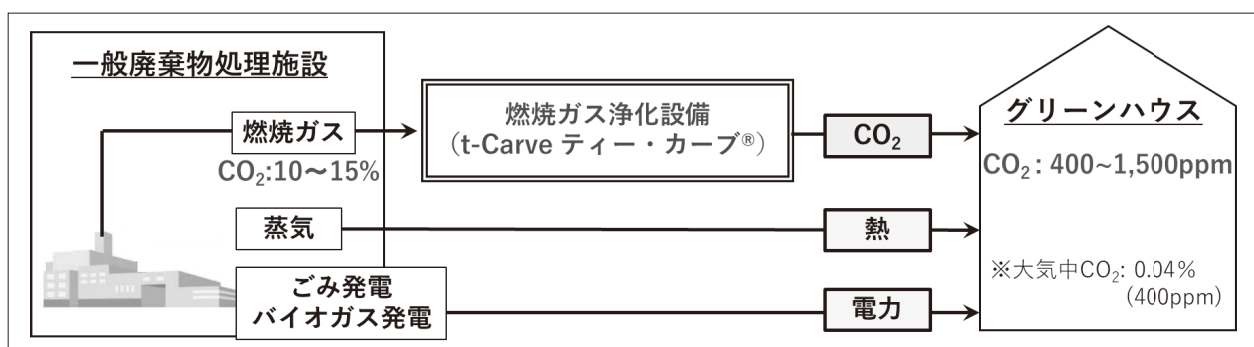


図1 トリジェネレーション概念図

2. 燃焼ガス浄化設備の概要

2.1 基本コンセプト

園芸施設内でのCO₂施用に必要なCO₂濃度は400～1,500ppm程度であり、燃焼ガス中のCO₂濃度(10～15%)と比べて低濃度であることから、必ずしもCO₂を高純度に分離回収せずとも利用できる。CO₂排出源と園芸施設が近接している場合には、分離回収せずに燃焼ガスを直接利用することで大幅なコスト削減が可能となる。燃焼ガス中にわずかに含まれる、農作物および作業環境に影響のある成分を許容値以下に低減することで、浄化方式による園芸施設へのCO₂供給を可能とした。

さらに、ごみ発電で生み出される電力および、ごみ燃焼熱由来の蒸気熱をハウス園芸に活用することで、CO₂、電力、熱を活用した「トリジェネレーション」を実現することができる。図1にトリジェネレーションの概念図を示す。

2.2 設備構成と浄化原理

本設備は、廃棄物処理施設等の多くの実績で培われた当社の排ガス処理技術を応用して開発したものである。図2に燃焼ガス浄化設備のフローを示す。本設備の主な構成は、薬剤供給装置、バグフィルタ、CO除去装置、脱硝装置、ガス冷却装置である。バグフィルタでは通常の

廃棄物処理施設よりも酸性ガスを低濃度まで除去する必要があるため、反応層初期形成方式を採用している。本方式は、十分な量の消石灰および活性炭をあらかじめろ布上にコーティングする方式であり、突発的な排ガス中の濃度変動にも対応が可能である。CO除去装置では、COや微量濃度でも農作物の生育阻害となるエチレン等を十分に低減する役割がある。脱硝装置では、急激な濃度変動にも対応できるようフィードフォワード制御とフィードバック制御を組み合わせたアンモニア供給制御を採用している。

また、ガス中に含まれる各成分濃度は連続的に監視されており、万が一これらの濃度が基準を超えた場合、速やかにガスの供給を停止するインターロックを備えており、安全性に配慮しながら、CO₂を供給することを重視した設備となっている。

3. 一般廃棄物処理施設への適用拡大

3.1 適用拡大の背景

バイオマス発電施設での実績を踏まえ、本設備の適用範囲を一般廃棄物処理施設へ拡大すべく、実証試験を開始した。一般廃棄物処理施設は全国に約1,000ヶ所存在し、本設備の展開により地方自治体における地域循環型カーボンリサイクルへの貢献が期待できる。

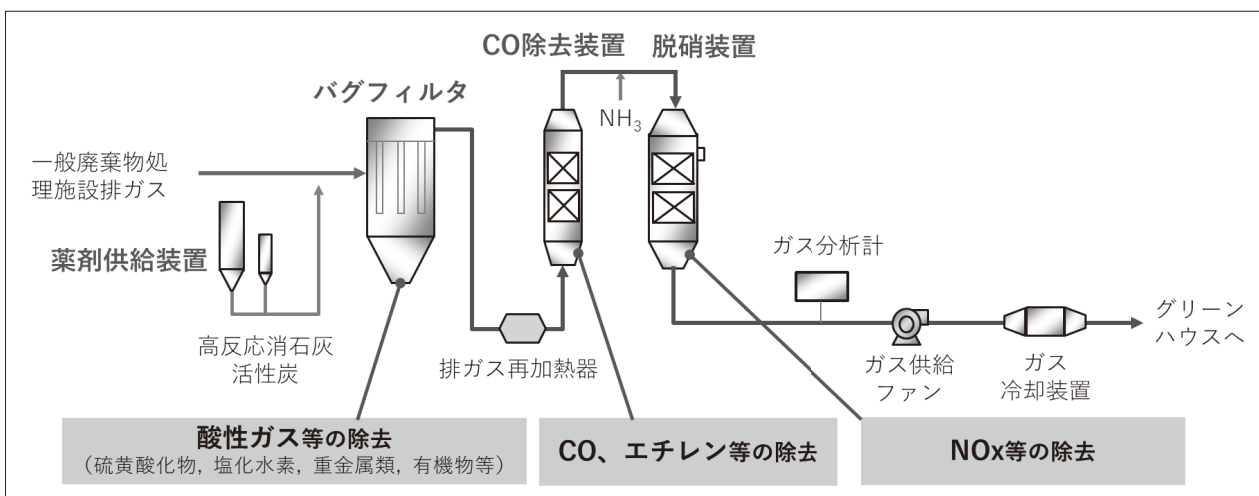


図2 燃焼ガス浄化設備フロー (浄化方式)

一般廃棄物処理施設から排出される燃焼ガスは、バイオマス発電施設と比較して、廃棄物の組成変動に起因するガス成分の変動幅が大きいという特徴がある。また、塩化ビニル等のプラスチック類に由来する塩化水素や、重金属類が微量濃度含まれている場合がある。このため、本設備の一般廃棄物処理施設への適用にあたっては、これらの変動要因に対応できる浄化性能と運転安定性の実証が不可欠となる。

3.2 実証試験の概要

町田市バイオエネルギーセンター（熱回収施設：ストーカ式焼却炉 258 トン/日、2022 年稼働開始）にて、2023 年 11 月より実証試験を実施した。本施設は、燃やせるごみの焼却廃熱を利用した蒸気タービン発電と、生ごみなどのメタン発酵によるバイオガス発電を組み合わせた先進的な施設である。本実証試験では、熱回収施設の排ガス処理設備出口から燃焼ガスの一部を引き抜き、CO₂ 供給設備にて浄化した後、隣接する温室設備へ供給している。図 3 に実証試験の様子を示す。温室設備は、浄化ガスを供給する実験区と、比較対照として液化炭酸ガスを供給する対照区の 2 棟で構成されている。温室設備にていちごを栽培し、浄化ガスによる育成効果を評価した。

3.3 ガス浄化性能

表 1 にガス浄化性能を示す。一般廃棄物燃焼ガスにおいても、各成分を十分に低い濃度まで除去できることを確認した。特に、作業環境への影響が懸念され、日本産業衛生学会で許容濃度が 50ppm に、大防法でも環境基準として 10ppm 以下に定められている CO については、CO₂ 供給設備により出口濃度 5ppm 未満まで十分に低減しており、CO 除去装置による安定した除去性能が得られている。また、塩化水素や硫黄酸化物などの酸性ガス成分についても、

反応層初期形成方式により高い除去性能を達成している。ダイオキシン類および水銀についても、極めて低い濃度で管理できていることを確認した。表 2 に温室内の大気環境分析結果を示す。実験区と対照区は同等であり、浄化ガスを施用する温室内の環境は一般大気と同等であることを確認した。



図 3 実証試験の様子
(上：CO₂ 供給設備、下：温室設備)

表 1 浄化ガス分析値

ガス成分	単位	浄化ガス分析値
CO	ppm	<5
HCl	ppm	1.4
SO ₂	ppm	2.3
NO	ppm	6.1
NO ₂	ppm	4
エチレン	ppm	<0.005
水銀	μ g/m ³	<0.06
ダイオキシン	pg-TEQ/m ³	<0.001

表2 温室内の大気環境分析値

ガス成分	単位	浄化方式 (実験区)	液化炭酸ガス方式 (対照区)	慣行栽培方式 (実農園 ¹⁾)	東京都内 大気中年平均値 ²⁾
CO	ppm	<0.1	0.1	<0.1	
HCl	ppm	0.001	0.009	0.019	
SO ₂	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
NO	ppm	0.016	0.008	0.003	
NO ₂	ppm	0.015	0.013	0.010	0.012
NH ₃	ppm	0.010	0.010	0.010	
エチレン	ppb	<5	<5	<5	
水銀	mg/m ³	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
ダイオキシン類	pg-TEQ/m ³	< 0.01	<0.01	<0.01	0.013 ~ 0.021

1) イオンアグリ創造(株)千葉柏農場イチゴハウス
2) 東京環境局報告値(2022)より

3.4 農作物の育成試験結果

化石燃料と比較して、CO₂ 供給設備により温室内に安価にCO₂を常時施用できる利点を生かし、実験区では生育促進を優先したCO₂管理(常時1,000～1,500ppmに維持)を行った。一方で、対照区では慣行栽培方式に準じてCO₂管理(800～1,000ppmに間欠的に維持)を行った。

CO₂を多く施用した実験区(浄化方式)の積算収量は59.2kg(平均一果重:18.1g/個)となり、対照区(液化炭酸ガス方式)の同50.1kg(同:17.3g/個)と比較して約18%収穫量が増加し、浄化ガスの高濃度施用によるいちごの生育促進効果が確認された。この結果は、高濃度CO₂環境下において光合成が促進され、果実への同化産物の転流が増加したためと考えられる。

収穫したいちごの外観品質や糖度についても対照区と同等以上であり、浄化ガスの供給が品質面に悪影響を与えていないことが確認された。栽培期間中に病害虫の発生も認められなかった。

また2025年10月より、同じく町田市バイオエネルギーセンターのバイオガス化施設(高温乾式メタン発酵:50トン/日)のガスエンジン発電機の排ガスをを用いて同様の試験を実施しており、その有効性を実証し、本設備の適用範囲拡大を図っている。

4. 導入効果

従来方法では化石燃料由来のCO₂を利用するのに対して、本設備では非化石由来のCO₂を利用する。本設備への代替により、いちご園芸施設1haあたり、200 t-CO₂/年(電力・熱の供給含む)を非化石由来CO₂に代替できる効果が得られる。

また、適切なCO₂管理下で、高濃度施用を他の農作物に適用した場合、いちごで確認された効果と同様に、理論上収量の増加が期待できるため、農業経営者の収入向上に寄与する可能性がある。

5. おわりに

浄化方式によるCO₂供給設備「t-CarVe ティー・カーブ[®]」は、バイオマス発電施設での稼働実績を有し、一般廃棄物処理施設への適用拡大により、さらなる地域循環型のカーボンリサイクルに貢献できる設備である。

今後は、いちごの安全性試験、経済性評価、バイオガスエンジン排ガスへの適用検討を進め、一般廃棄物処理施設向けの早期事業化を目指していく所存である。

謝辞

本実証試験を実施するにあたり、多大なるご協力をいただきました町田市および、農作物育成についてご指導いただきましたイオンアグリ創造(株)の皆様へ深く感謝の意を表します。