

〈研究発表〉

リチウムシリケート利用 施設園芸用 CO₂ 供給装置の開発と試験運用結果について

沖澤 正一¹⁾, 佐野 誠一郎¹⁾, 今田 敏弘²⁾, 島地 英夫³⁾, 梶原 真二⁴⁾, 大須賀 隆司⁵⁾

株式会社 東芝 環境システム技術部(〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1,

E-mail: shoichi.okisawa@toshiba.co.jp, seiichiro1.sano@toshiba.co.jp)¹⁾

株式会社 東芝 研究開発センター(〒212-8582 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1, E-mail: shonan.kato@toshiba.co.jp)²⁾

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所(〒305-8519 茨城県つくば市藤本 2-1,

E-mail: shimaji@affrc.go.jp)³⁾

広島県立農業技術センター花き栽培研究部(〒739-0151 広島県東広島市八本松町原 6869,

E-mail: s-kajihara84319@pref.hiroshima.lg.jp)⁴⁾

静岡県農林技術研究所 栽培技術部(〒438-0803 静岡県磐田市藤岡 678-1, E-mail: ryuji1_ohsuka@pref.shizuoka.lg.jp)⁵⁾

概要

施設園芸では、冬季の日照量が減少する時期に CO₂ を施用して光合成を促進させる栽培方法が行われているが、CO₂ の供給源として暖房機とは別に CO₂ 供給用の専用ボイラを使用している。

この CO₂ 供給専用ボイラを使用せず、暖房機の排ガス中の CO₂ を有効利用するためリチウムシリケートによる CO₂ の吸収・排出作用を利用した CO₂ 供給装置の開発を行っている。本報では CO₂ 供給装置の概要と施設園芸への適用試験について報告する。

キーワード: CO₂ 吸収材、リチウムシリケート、施設園芸、光合成促進

1. はじめに

施設園芸では、冬季の日照量が減少している期間に二酸化炭素(以下、CO₂)を供給し、光合成を促進させる栽培方法が広く行なわれている。

現在、CO₂ 供給源として、温室暖房機とは別に、CO₂ 供給専用のボイラを別途に用意し、灯油もしくはLPG を燃焼させた排ガス、あるいは CO₂ ガスを温室内に供給する方法がとられている。この CO₂ 供給ボイラを使用せず、暖房機の排ガスを有効利用するため、暖房機排ガス中の CO₂ を回収し、排出する機能を有する CO₂ 吸収材(リチウムシリケート)を利用した CO₂ 供給装置を開発し、実際に施設園芸に適用した事例を紹介する。

fig.1 に今回、開発した装置の概念図を示す。

主に夜間、温室内を加熱するために暖房機稼働し、その排ガスから CO₂ のみを吸収して蓄積する。早朝から、日の出時刻に合わせて光合成が行われている間に、蓄積した CO₂ を温室内に供給するシステムを構築する。

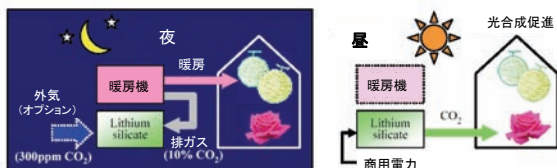
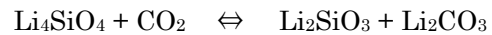


Fig.1: A conception diagram

2. CO₂ 吸収材(リチウムシリケート)について

2.1 リチウムシリケートの概要

リチウムシリケートは、CO₂ と可逆的に反応するリチウム含有酸化物で、Li₂O と SiO₂ の 2 種類の酸化物からなるセラミックス材料である。温度スイングにより CO₂ を吸収・排出動作を繰り返し行うことが出来る素材となっており、反応式は下記の様になる。



CO₂ 吸収時に発熱反応

CO₂ 排出時に吸熱反応

2.2 リチウムシリケートの特性

リチウムシリケートの使用目的に合わせて、添加剤などを適宜混合して生成している。

今回、長期実地試験で使用したリチウムシリケートは、CO₂ 吸収時に 500~550℃、CO₂ 排出時に 600~700℃の温度設定で吸収・排出が出来るよう、添加剤を加えた吸収材を使用している。¹⁾

Table 1 に主な物性値を示す。

Table 1: The main properties of matter of the lithium silicate

粒子	密度	2.4g/cm ³
	結晶構造	単斜晶
	サイズ	1~5 μm
	形状	白色粉末
吸収材形状	気孔率が40%の多孔質体 顆粒・ペレットなど様々な形状に整形可能	

fig.2 に従来吸収材と改良吸収材それぞれの100回

の繰り返し耐久性試験を実施した結果を示す。

吸収材の特性として、吸収動作開始直ちに CO₂ を急速に吸収し、その後ゆっくりと限界点まで吸収する傾向を示す。繰り返し動作により性能劣化した場合でも、CO₂ 吸収量 20wt%以上を維持できることを目標値とした。従来の吸収材は、常温での吸収反応することを主として考えていたが、CO₂ 吸収・放出時の高温耐久性を改善するため、添加剤を付加し、繰り返し 100 回に耐えうる吸収材へと変更していった。

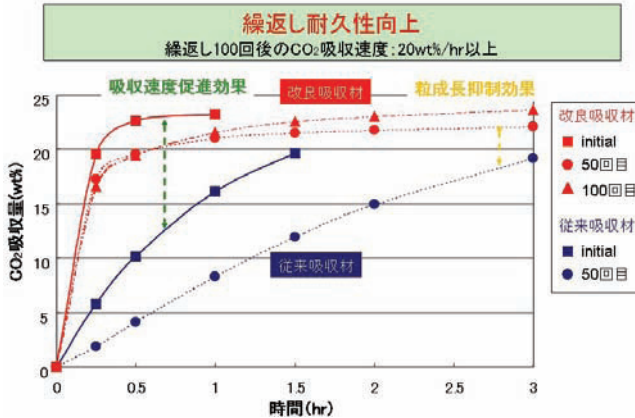


Fig.2: Repetition performance comparison

3. CO₂ 供給装置について

3.1 CO₂ 供給装置 概要

適用する温室規模に合わせ、吸収材の容量を変更した試作機を 2 台製作し、広島県立農業技術センター(バラ栽培)と静岡農林技術研究所(メロン栽培)へ設置し、現地試験を実施した。

1) 装置開発経緯

当初、温室暖房機の排ガスのみならず大気からも CO₂ 吸収する想定をしていたため、吸収材の CO₂ 吸収時の反応温度を室温レベルへ設定していた。しかし、室温では CO₂ 吸収に長時間を要すること、室温から排出反応となる 700℃まで昇温する時間を短縮することと吸収効率を高めることを目的として、吸収材の CO₂ 吸収温度を 500℃設定に変更した。吸収材の形状は、CO₂ 吸着表面積の確保と、形状の崩れ難さから、φ 5mm×長さ 5mm の円柱とした。

fig.3 に今回使用した CO₂ 吸収材の外観写真を示す。また、吸収材の加熱方法については、温度制御の簡易さから電熱ヒータによる加熱方法とした。



Fig.3: A CO₂ absorbent appearance photograph

2) 装置仕様と動作試験結果

① 広島試作機(バラ栽培)

fig.4 に広島へ設置した試作機の概略フローを示す。装置の構成は、吸収材を入れる充填カゴ、充填カゴ周囲に配置した加熱ヒータ、装置内の風量を制御する制御弁と装置内の空気の流入・排出を行うブローで構成されている。充填カゴの数は 3 個で、12kg(24L 相当) 吸収材を使用している。

広島試作機は、既設の暖房機が温室内に設置されていたことから、温室内へ設置した。

CO₂ 吸収時には、暖房機からの排ガスは CO₂ 吸収材の中を通過し、装置出口側にあるブローで吸引後に、大気へ放出する。この際、温室への供給弁は閉じ、大気放出する弁を開放している。CO₂ 排出時には、制御弁を切り替えて、ボイラ側からの排気ガス流入を止めて、吸収材を排出設定温度まで加熱し、温室内へ CO₂ を供給する。装置の動作検証として、装置の出口部分へ CO₂ 濃度計を設置し、CO₂ の濃度変化を計測した。

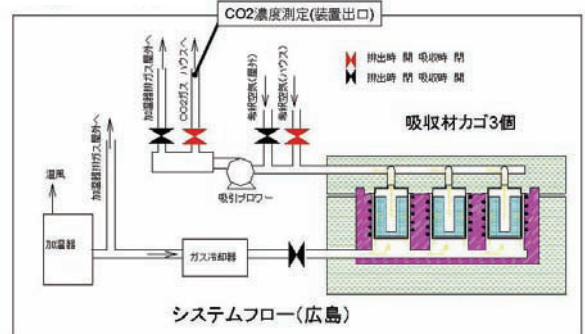


Fig.4: Hiroshima prototype outline flow

- 吸収材容量: 12kg(8L×3 個)
- 排出設定時間: 8:00~11:00
- 排出モード設定温度: 700℃
- 吸収時間: 放出時間帯を除く暖房機動作中
- 吸収モード設定温度: 500℃

fig.5 に CO₂ 供給装置の出口に取り付けた CO₂ 濃

度計の計測値を示す。グラフ中、細かく CO₂ 濃度が高くなっている位置が、暖房機が動作した時間帯である。暖房機の排ガス中 CO₂ 濃度としてはグラフ後半の 24000ppm (fig.1 と異なる暖房機) 程度が排出 CO₂ 濃度で、グラフ始まりの低い値を示している位置が吸収材に CO₂ が吸収されていることを示している。初期は、吸収材の吸収により数 100ppm の吸収を見せるが、徐々に吸収量が少なくなっていく傾向が確認できる。この挙動は、吸収材の耐久試験時に示した傾向と同じである。

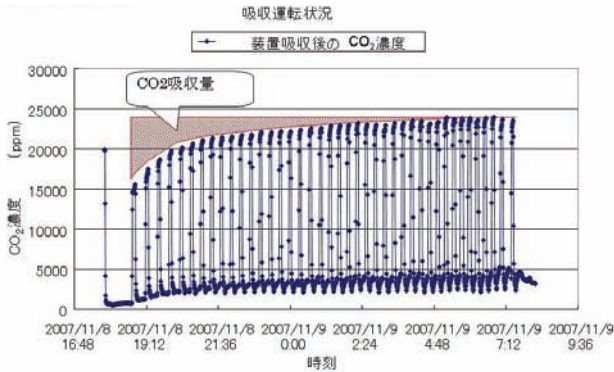


Fig.5: Hiroshima prototype absorption driving result

fig.6 に排出運転時の CO₂ 濃度の推移を示す。排出運転は、日の出と共にバラの光合成が始まり、それに合せ温室内の CO₂ 濃度が低下するので、装置始動時間をずらして CO₂ の供給を開始している。グラフ中、ピーク値で 3700ppm 程度、排出量 829g の CO₂ を温室へ供給できることが確認できた。グラフ中の下限値が高いのは、ブリア冷却のための希釈空気を温室内から取り込んでいるため、高濃度となっている。また、温室内の CO₂ 濃度は、1000ppm 以上あることが確認できた。

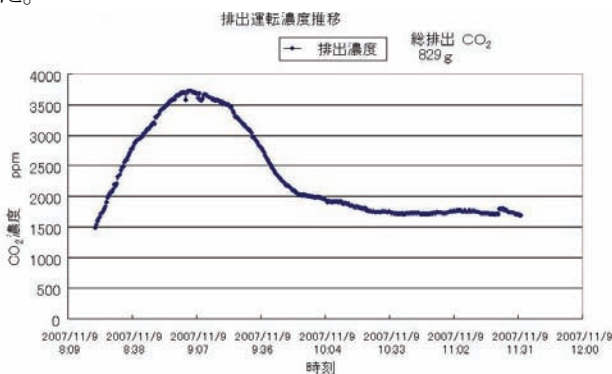


Fig.6: Hiroshima prototype discharge driving result

②静岡試作機(メロン栽培)

静岡に設置した試作機も、基本的な構成は広島と同じである。違いは、温室容積および暖房温度の差異に則して、吸収材を入れる充填カゴが 6 個で吸収材量が 24kg(48L 相当)となっていること、加熱時の補助のため、充填カゴ底部分に加熱ヒータを追加していること、

暖房機の温室外への装置と合わせて試験用小屋へ試作機を設置したことが差異として上げられる。

広島同様に、装置出口部分へ CO₂ 濃度計を設置して、装置の動作検証のために CO₂ 濃度を計測した。

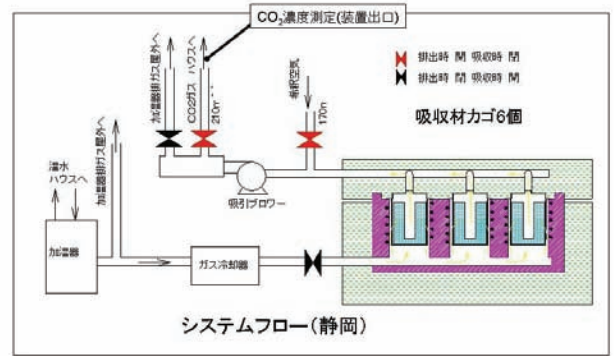


Fig.7: Shizuoka prototype outline flow

吸収材容量:24kg(8L×6個)

排出設定時間:8:00~11:00

排出モード設定温度:700℃

吸収時間:19:00~8:00 加温ボイラ動作中のみ

吸収モード設定温度:500℃

fig.8 に装置出口部分に取り付けた CO₂ 濃度計による、吸収運転時の CO₂ 濃度推移を示す。広島試験時とは暖房機の稼働時間が異なることからグラフ形状が異なるものの、暖房機の排ガス中 CO₂ 濃度は、グラフ後半に示す約 10000ppm が通常濃度で、グラフ初期位置で 6000ppm 程度まで CO₂ 濃度が低下している差分が吸収材への CO₂ 吸収量となる。時間の経過に伴って CO₂ 吸収量が減少していく現象は、広島での試験と同じ、吸収材の挙動を示している。

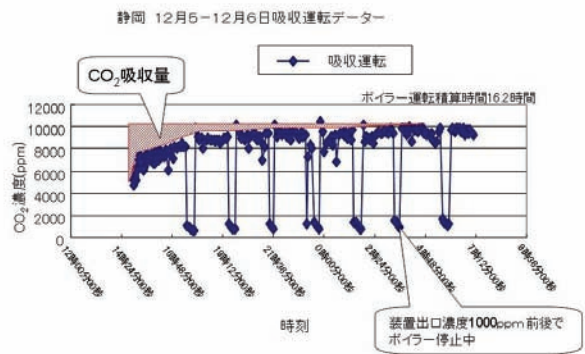


Fig.8: Shizuoka prototype absorption driving result

fig.9 に排出運転時の CO₂ 濃度推移を示す。排出運転時のグラフから、ピーク値で約 2400ppm 程度、排出量 1631g の CO₂ を温室へ供給できることが確認できた。また、温室内の CO₂ 濃度は、1000ppm 以上あることが確認できた。

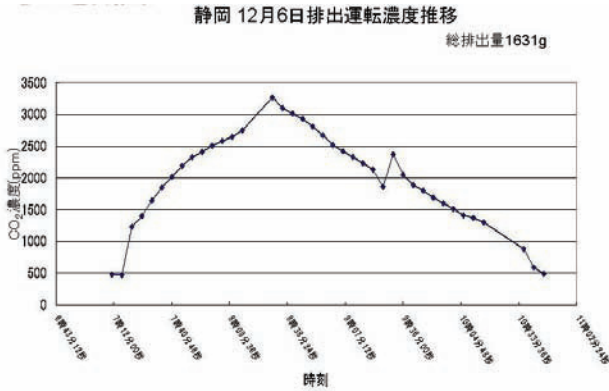


Fig.9: Shizuoka prototype discharge driving result

3.2 装置性能まとめ

当初の目標としていた、温室内 CO₂ 濃度 1000ppm 以上を供給することは達成出来たが、吸収材加熱による消費電力量が過大なため、フローの改善、装置構成や運用方法などの更なる改良が必要である。

4. CO₂ 供給装置の長期運用事例

現地試験において、広島県立農業技術センター(バラ栽培)での 3 ヶ月間の連続運転を実施した際の適用事例を述べる。

4.1 広島試作機でのバラ栽培適用例

以下に、バラ栽培に適用した事例を紹介する。

耕種概要は、下記の通り。

供試品種:ローテローゼ

収穫期間:2007年11月~2008年3月

fig.10 は、通常通りの栽培方法で実施した対照区と CO₂ 供給装置を使用した施用区との温室内 CO₂ 濃度 2 日間の変化を示す。

バラの呼吸により、夜間に上昇した CO₂ 濃度が日の出と共に、光合成が始まることで、CO₂ 濃度が低下する傾向が対照区において確認できる。

対照区では、午前中に温度の上昇と共に、ハウス内の温度調整のために天窓が開くまでの間、急激に CO₂ 濃度が低下しているが、施用区では CO₂ 供給装置の動作により、CO₂ 濃度が急激に上昇していることが確認できた。

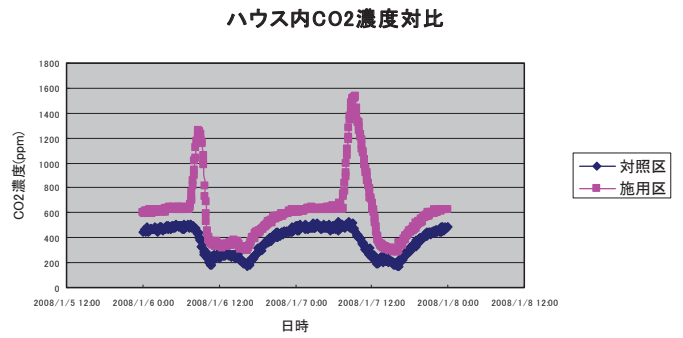


Fig.10: CO₂ density in the house(2 days)

fig.11に、対照区と施用区での栽培結果を比較したものを示す。

このグラフより、切り花本数は施用区の方が t-検定により有意に上回った。また、切り花の長さは 80cm 以上の本数が増加しており、しかも切り花重が増加したことにより、品質向上効果が確認され、収益増加が見込める結果となった。

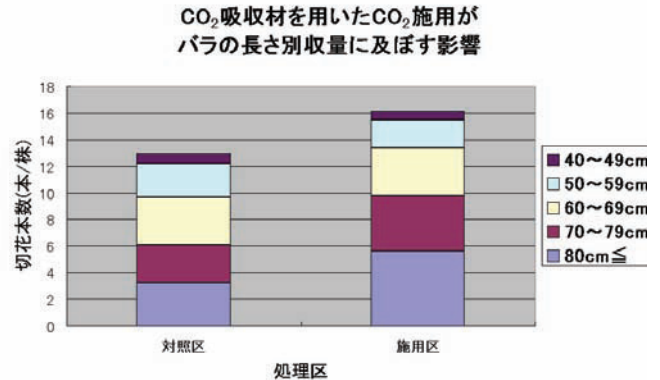


Fig.11: Effect of CO₂ feeding by the use of Lithium Silicate on the yield in

5. まとめ

現地試験の結果から、目標としていた温室内の CO₂ 濃度 1000ppm 以上を供給できることが確認できたが、消費電力量が過大なため、実効面において、エネルギー収支の改善の必要性など、課題が残った。

バラ栽培における CO₂ 施用効果は、全体に切り花長が増加したことで、製品品質の向上に繋がる可能性を確認できた。また、メロン栽培においては、現行の CO₂ 施用栽培方法と遜色なく育成できることが確認できた。

[参考文献]

- 1) 今田敏弘、加藤雅礼、前澤幸繁、加藤康博、雨宮隆、佐野誠一郎、沖沢正一、大橋幸夫、島地英夫:「CO₂ 吸収材を利用した施設栽培用二酸化炭素供給装置の開発」、日本セラミックス協会(2008.3)