イチゴ‘紅い雫’におけるCO_2局所施用と全体施用の早期における収量性とコストの比較

新畠真桜　松澤光　川中聡

Comparison of Yield and Cost Between Local CO_2 Enrichment and Overall CO_2 Enrichment in the Early Stage of Strawberries ‘Akai Shizuku’

SHINBATA Mao, MATSUZAWA Hikaru and KAWANAKA Satoshi

要　旨

愛媛県育成の‘紅い雫’は，県内で栽培されている主要なイチゴ品種の1つであり，現場から，より安定した収量を確保できる栽培技術が求められている．県下のイチゴ施設栽培では，収量向上のため約5割の農家がCO_2発生機を導入し，その燃焼ガスCO_2をハウス全体に施用している．本研究では，CO_2源として最近注目されている液化炭酸ガスを用い，より効率的に植物が利用できる局所施用と燃焼ガスの全体施用を比較した．その結果，液化炭酸ガスの局所施用により，収量や収益の増加が確認された．

キーワード：CO_2局所施用，液化炭酸ガス，生ガス，収益性，イチゴ，‘紅い雫’

１．緒言

愛媛県では，多くの野菜品目が県内各地で栽培されている．なかでもイチゴは，県下全域での重要な品目であり，県内の総生産額は14億円と野菜の中では4位となっている（愛媛県，2023）．愛媛県育成の‘紅い雫’は，収穫開始が早く食味に優れる特性を持ち（松澤ら，2015），県内で栽培されている主要なイチゴ品種の1つとして普及しているが，現場からより安定した収量を確保できる栽培技術が求められている．

近年，多くの施設野菜と同様，イチゴにおいても施設内の環境をコントロールし，収量を向上させる技術開発が進んでおり，CO_2を施用すると収量が増加することは，過去の研究で明らかになっている（織田，1975）．CO_2の施用方法はいくつかあり，一般的に燃焼ガスをハウス全体に施用する燃焼ガス全体施用法である．

これに対して，CO_2の無駄を省くことや収量の増加の観点から，イチゴの株元に直接CO_2を施用する局所施用という方法が報告されている（Hidaka et al., 2022）．これはCO_2発生機からの燃焼ガスを一度タンクで濃縮・冷却し，送風機で回収，塩ビ製のパイプラインを経由して株元に設置した配風チューブの穴から直接株元に局所施用する方法である．これにより，無施用および全体施用より収量が10～26%増加している．直接株元に施用するため，より効率的に植物がCO_2を利用できると考えられる．また，灯油の使用量についても，局所施用は全体施用と比べて27%の削減効果が確認されており，局所施用には無駄なCO_2の消費を抑える効果があることが，示唆されている．

さらに，最近注目されているCO_2源として液化炭酸ガス（以下生ガス）が挙げられる．生ガスは工場の排ガスを再利用しているため環境負荷の低減が期待されており，また，燃焼ガスと異なり濃縮や冷却・回収の過程を必要としないという利点も有している．一方で，生ガスは高コストが使用上の課題となっている．

そこで，無駄を省き効率的にCO_2が施用できる局所施用に生ガスを用いることで，どの程度収量性の向上と生産コストの低減を図ることができるのか検討するため，生ガスによ

る局所施用と従来の燃焼ガスの全体施用を比較した．

２．材料および方法

2.1 栽培環境（共通）

試験は，愛媛県農林水産研究所の敷地内のハウス2棟（各2ａ）において実施した．

供試品種は愛媛県育成品種の‘紅い雫’を用い，2024年9月24日に定植を行った（栽培ベッド間隔130㎝，株間20㎝，2条千鳥植え，769株/ａ，高設栽培（不織布シートによるハンモック方式，ピート燻炭培土，液肥点滴潅水，かけ流し））．

温度管理は9～10月は20℃以上30℃以下，日射量が0.6kW/㎡以上で50％遮光，28℃以上で細霧冷房稼働，11～5月は8℃以上28℃以下（8℃以下で暖房（ネポンハウスカオンキHK-1525）を稼働，11月～3月）とした．11月1日から2月27日まで赤色および白色の2色のLED電球（NEXLIGHT ボールNL-B609-R80Q）8.5Wをハウスに21灯，株上1mに設置し，日長延長（1～3hr/日）を行った．給液管理はタンクミックスBおよびタンクミックスF（OATアグリオ(株)）を用いて，ECが0.6～1.0dS/mになるように設定した．

2.2 試験区の構成

試験区は棟ごとに設置し，生ガス局所施用区（以下生ガス区）と燃焼ガス全体施用区（以下燃焼ガス区）の2区を設けた．

生ガス区ではCO_2局所施用コントローラーOCES-400（(株)オムニア・コンチェルト）を用い，CO_2濃度の測定および制御を行い，生ガスをチューブで株元から施用した（図1）．ハウス中央から5.5ｍの株上のセンサーで600ppmに設定し（図2），日の出1時間後から日の入2時間前まで施用した．燃焼ガス区ではハウス中央に設置したみどりクラウド（(株)セラク）のCO_2センサーで濃度を測定し（図2），その濃度をもとにイチゴ栽培ハウスに設置しているCO_2制御装置（日本オペレーター(株) JONEX TYPE M）でCO_2を制御した．燃焼ガス区は，CO_2発生機（グロウェア CG-254S1）から発生した燃焼ガスを，ダクトを用いずそのままハウス全体に施用した（図3）．株上のセンサーで600ppmに設定し，7時から17時まで施用した．燃焼ガス区は農家がよく施用しているとされている時間に合わせたため，生ガス区とは施用時間が異なる．なお，両区ともCO_2施用期間は11月29日から3月18日までとし，使用したセンサーは1台とした．株上のセンサーは株の葉部分から10㎝とした（図4）．なお，本試験で使用した装置は日高らの装置とは異なる．

図１　局所施用装置の設置

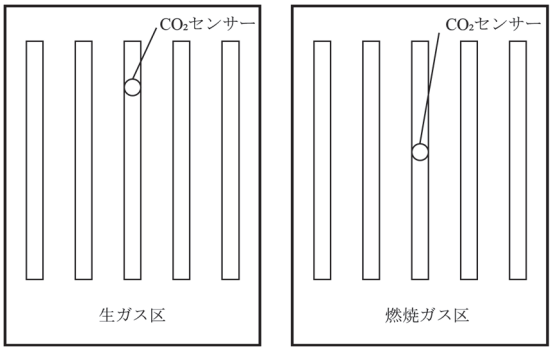

図２　CO_2センサーの設置位置

図３　燃焼ガス全体施用に用いたCO_2発生機
（図中央，使用時ダクトなし）

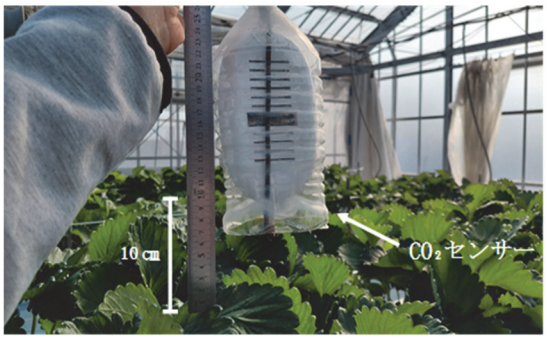

図４　CO_2センサーの設置状況
（生ガス区）

2.3 調査

単価の高い時期，2024年12月～2025年2月に実施した．調査区は，1区当たり12株，3反復としたが，頂花房収穫前に心止まりとなった株を除去したため，実際の調査株数は10～12株/区であった．なお，摘果は実施しなかった．

収量調査用は，‘紅い雫’出荷基準表（カラーチャート）の5～6に該当する果実とし（JA愛媛野菜生産者組織協議会・JA全農えひめ），3日～4日毎に収穫した．収穫したすべての果実の重量・個数を総収量・総個数とし，それから不受精など異常果実を除いたものを商品果とし，そのうち，20ｇ以上の果実を大果とした．

生育調査は1か月に1回，収量調査株の第3葉の葉長を測定した．

CO_2費用（ランニングコスト）は，生ガスまたは灯油の月間使用量に，その単価（生ガス：231円/kg，灯油：105.325円/Ｌ）を乗じて算出した．日当たりの生ガス使用量（kg）は，30kg（ボンベ1本当たり生ガス充てん量）を，その残量がなくなるまでの日数で除して求めた．灯油の使用量（Ｌ）は，流量計で計測した．

単位面積（ａ）当たりの商品果収量とコストについて，株当たりの商品果収量に時期別の‘紅い雫’単価（12月2,221円，1月1,458円，2月1,405円（全国農業協同組合連合会愛媛県本部，2024））を用いて1ａ当たりの生産額を算出した．生産額から1ａ当たりのCO_2費用を引いて収益を算出し，生ガス区と燃焼ガス区で比較した．

３．結果

3.1 栽培環境

CO_2は両区とも施用開始後約1時間で設定した濃度に到達し，その後は設定した範囲で推移した（図5）．株上において，それぞれのハウスのCO_2濃度はおおよそ同じであった．

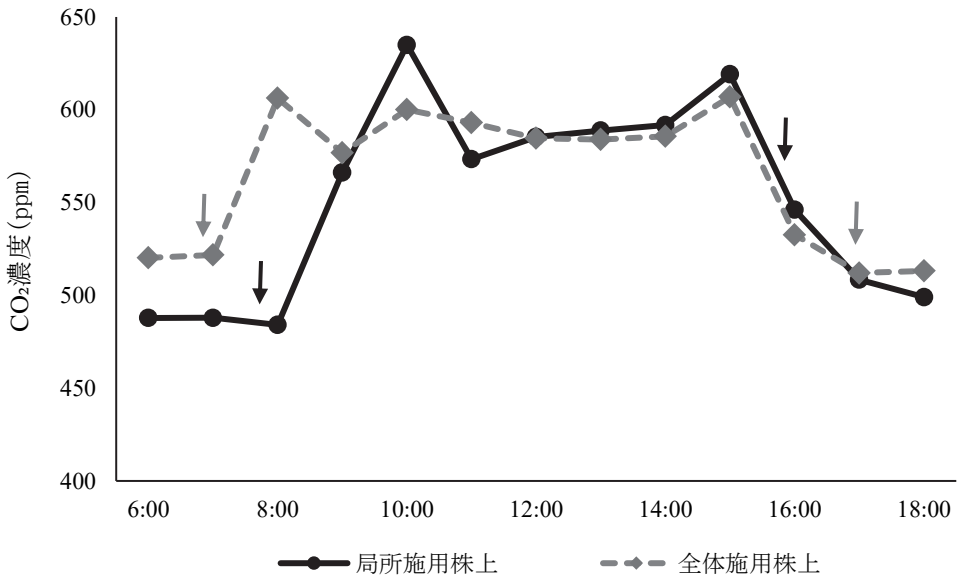

図５　日中のCO_2濃度の推移
（2025年1月13日～1月19日の平均値，矢印はそれぞれ施用開始と施用終了を表す）

3.2 収量および生育の比較

3か月間（2024年12月～2025年2月）の1株当たりの総収量は生ガス区で314.2ｇ，燃焼ガス区で253.7ｇと生ガス区で多く，t検定において 5%水準で有意差があった（表1）．総個数は生ガス区で16.5個/株，燃焼ガス区で15.2個/株となり，有意差はなかった．12～2月の株当たりの商品果収量は生ガス区で303.3ｇ/株，燃焼ガス区で237.5ｇ/株となり，5%水準で有意差があった．商品果個数は生ガス区で15.2個/株，燃焼ガス区で13.9個/株となり，有意差はなかった．一果重は生ガス区で20.7ｇ/個，燃焼ガス区で18.0ｇ/個と生ガス区で多く，5%水準で有意差があった．大果重は生ガス区で175ｇ/株，燃焼ガス区で113.7ｇ/株と生ガス区で多く，5%の有意差があった．大果率は生ガス区で56.6%，燃焼ガス区で46.3%となり，有意差はなかった．

葉長は両区とも25～32cmの範囲で推移し，差が見られなかった（図6）．

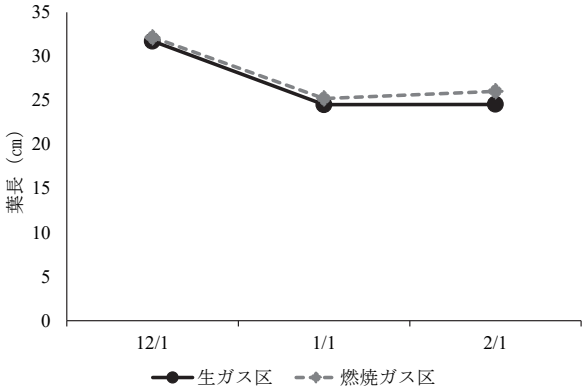

図 6　葉長の推移

3.3 コストの比較

3か月間（2024年12月～2025年2月）の1ａ当たりCO_2費用は，生ガス区で17,349円，燃焼ガス区は3,254円であった（表2）．生ガス区と燃焼ガス区を比較すると，生ガス区が14,095円高くなった．

1ａ当たりの商品果収量（2024年12月～2025年2月）は生ガス区で71～89kg/ａ，燃焼ガス区で47～70kg/ａだった（表3）．生産額は生ガス区で391,650円，燃焼ガス区で317,733円となった．CO_2費用は生ガス区で17,349円，燃焼ガス区で3,254円であった．収益は生ガス区で374,301円，燃焼ガス区で314,479円となり，生ガス区と燃焼ガス区の収益差は59,822円となった．

４．考察

生ガス区は燃焼ガス区と比べて，収量および一果重，大果重が増加した．個数に有意な差が認められなかったにもかかわらず収量が有意に増加した理由は，株上でのCO_2濃度がおおよそ同じだったことから，次のように推察される．局所施用の方がイチゴの株に近いところから施用でき，イチゴが効果的にCO_2を利用した結果，果実肥大が促進されたためと考えられる．CO_2利用による果実肥大効果は大果ほど顕著で，全体として一果重も増加させる傾向となった．日高らの研究では個数も増加したとあるが（Hidaka et al., 2022），本研究では異なる結果になった．また，葉長に差がなかったことから，生育には差がなかったと考えられる．

単年の試験結果ではあるが，各試験区の1ａ当たりの収益は，生ガス区で374,301円，燃焼ガス区で314,479円であり，コストの高い生ガスを使用してなお，59,822円の収益差があり，生ガス区で収益の増加が確認された．

この結果をもとに，現地への導入を考える場合，機器設置費用を考慮する必要がある．本研究で生ガス区を設けた棟に，2023年にCO_2局所施用コントローラー等を導入した際の費用は約260万円であった．一方，過去の報告によると，本研究で導入した機械とは異なるが，2016年～2018年の研究で用いた炭酸ガス自動制御機器等の設置費用は，10ａ当たり16万円/年（耐用年数7年）との試算があり，その導入費用は10ａ当たり112万円と見込まれる（田嶋ら，2021）．

このように導入費用が異なっていることから資材費等については詳細な確認が必要である．なお，燃焼式のCO_2発生機は愛媛県内の約5割の生産者が導入済みであることから，燃焼ガス区を設けた棟への機器設置費用は記載しなかった．

表1　’紅い雫’の収穫量（2024年12月～2025年2月）

試験区	総収量	総個数	時期別商品果収量および個数								商品果一果重	大果重	大果率
			12月		1月		2月		計				
	（g/株）	（個/株）	（g/株）	（個/株）	（g/株）	（個/株）	（g/株）	（個/株）	（g/株）	（個/株）	（g/個）	（g/株）	（%）
生ガス区	314.2	16.5	95.3	4.1	115.9	6.8	92.1	4.2	303.3	15.2	20.7	175.0	56.6
燃焼ガス区	253.7	15.2	90.6	4.3	86.0	6.5	60.9	3.1	237.5	13.9	18.0	113.7	46.3
t検定	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	*	*	n.s.	*	*	n.s.

1）　t 検定　* は 5%水準で**は 1%で有意差あり，n.s. は有意差なし

表2　1か月当たりの灯油および生ガスの使用量および金額

	生ガス区		燃焼ガス区		生ガスの金額
	生ガスの使用量（kg/ａ）	生ガスの金額（円/ａ）	灯油の使用量（L/ａ）	灯油の金額（円/ａ）	- 灯油の金額（円/ａ）
12月	25.5	5,891	9.6	1,011	4,880
1月	22.9	5,290	10.2	1,074	4,216
2月	26.7	6,168	11.1	1,169	4,999
計	75.1	17,349	30.9	3,254	14,095

1）日当たりの生ガスの使用量（kg）は，30kg(ボンベ 1 本当たり生ガス充てん量）をその残量がなくなるまでの日数で除して算出した

2）灯油の使用量（L）は，流量計で計測した

3）生ガスの単価（231 円/kg）は 2025 年 1 月の納品価格，灯油の単価（105.325 円/L）は 2025 年 1 月時点の契約価格とした

表3　’紅い雫’における費用と収益

試験区	月	商品果収量（g/株）	収量（kg/ａ）	単価（円/kg）	生産額（円/ａ）	CO_2費用（円/ａ）	収益（円/ａ）
生ガス区	12	95.3	73	2,221	162,133	5,891	156,242
	1	115.9	89	1,458	129,762	5,290	124,472
	2	92.1	71	1,405	99,755	6,168	93,587
	計	303.3	233	-	391,650	17,349	374,301
燃焼ガス区	12	90.6	70	2,221	155,470	1,011	154,459
	1	86.0	66	1,458	96,228	1,074	95,154
	2	60.9	47	1,405	66,035	1,169	64,866
	計	237.5	183	-	317,733	3,254	314,479
生ガス区−燃焼ガス区	−	−	50	−	73,917	14,095	59,822

1）収量は商品果収量（g/株）×株数（769 株/ａ）

2）単価は「令和 5 年～令和 6 年産イチゴ出荷反省会資料」による

3）生産額は，各月の収量×単価

4）CO_2費用は，局所施用は生ガスの使用量，全体施用は灯油の使用量から 1ａ当たりの金額を算出

5）収益は生産額－CO_2費用（CO_2ランニングコスト）

以上のことから，生ガスCO_2局所施用は商品果収量および商品果一果重を増加させ，効率的にCO_2を植物に送ることができるものの，現地への導入の際には，資材費等の詳細を確認の上，慎重に判断する必要がある．

今後，当研究所では，今回の生ガス局所施用，燃焼ガス全体施用に，新たに燃焼ガス局所施用を加えた比較試験を行うことを検討している．

引用文献

愛媛県（2023）：令和 5 年産野菜類の生産販売状況に関する調査．

Hidaka, K., Nakahara. S., Yasutake, D., Zhang, Y., Okayasu, T., Dan, K., M. Kitano and K. Sone（2022）：Crop-local CO_2 enrichment improves strawberry yield and fuel use efficiency in protected cultivations, Scientia Horticulturae, **301**, 111104.

松澤光，伊藤博章，中川建也，大西亮樹，山本和博（2015）：イチゴ新品種‘紅い雫’の育成とその特性，愛媛農林水研報，**7**，1‐7.

織田弥三郎（1975）：イチゴに対する CO_2施用の理論とその実用化，農及園，**50**（12），1497‐1502.

田嶋誠也，唐澤智（2021）：炭酸ガス施用がイチゴ品種「やよいひめ」の収量・品質に及ぼす影響，群馬県農業技術センター研究報告，**18**，1‐6.

全国農業協同組合連合会愛媛県本部（2024）：令和5年～令和6年産イチゴ出荷反省会資料．