

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18580017

研究課題名（和文）

超高バイオマス生産サトウキビの光合成能力と群落内炭酸ガス濃度の挙動

研究課題名（英文）

Photosynthetic capacity of super-high biomass production sugarcane and CO₂ Profile in the canopy level.

研究代表者

川満 芳信 (KAWAMITSU YOSHINOBU)

国立大学法人 琉球大学・農学部・教授

研究者番号：20192552

研究成果の概要：C₄光合成経路を有し、単位葉面積当たりCO₂固定能力が高いサトウキビ品種、サトウキビ近縁野生種との雑種であるモンスターケーンおよびエリアンサスを用いて栽培期間内のバイオマス生産能力の違いを比較解明し、次に、その生産されたバイオマスをサトウキビの土壌改良資材として、またエネルギー源として変換することで、大気CO₂を抑制、削減するシステムを構築した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,500,000	0	2,500,000
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	300,000	3,800,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：作物学・雑草学

キーワード：サトウキビ、バイオエタノール、バイオマスエネルギー、カーボンリダクション

1. 研究開始当初の背景

大気CO₂の上昇に伴う地球の温暖化現象を抑制するためには、植物の葉の光合成作用を利用して大気CO₂を効果的に固定させる方法が有効である。しかし、植物を利用した大気CO₂の吸収・固定、削減に関しては植林面積拡大に関心が集まり、作物の収穫残渣や未利用資源等のバイオマスを有効に活用しCO₂上昇を抑制しようとする研究は、「バイオマスニッポン総合戦略」がスタートしたにも関わらず、まだ十分とは言えない。特に、植物が固定した炭素を熱分解（炭化）して永久にC

を封じ込め、同時に有機物や産出された炭化物を土壌に還元し作物の成長を早め増収を図ろうとする農林バイオリサイクル研究は緒に就いたばかりである。

2. 研究の目的

本研究では、C₄光合成経路を有し、単位葉面積当たりCO₂固定能力が高いサトウキビ品種、サトウキビ近縁野生種との雑種であるモンスターケーンおよびエリアンサスを用いて栽培期間内のバイオマス生産能力の違いを比較解明し、次に、その生産されたバイオマスをサトウキビ

の土壌改良資材として、またエネルギー源として変換することで、大気 CO₂ を抑制、削減するシステムを構築する。特に、バイオマスをエネルギーとして利用しようとした場合、バイオマスを周年供給し、プラントを効率よく運転する必要がある、亜熱帯におけるバイオマス生産能力が重要となる。

3. 研究の方法

1) 収穫時には草丈が 4~5m にも及ぶサトウキビ品種、モンスターケーンおよびエリアンサスを圃場で栽培し、夏場の群落内吸光係数と生産構造図を調べ短期間のバイオマス生産能力と光エネルギー利用効率の高い種の特性を明らかにする。更に、キャノピー内の CO₂ 濃度プロファイル、上位・中位葉の光合成速度を計測し、糖収量、バイオマス生産能力および生産構造図との関係を検討する。

2) バイオマス生産に対する有機堆肥の施用効果は、化学性、物理性以外に生物性面の改善が指摘されている。本研究では、バガス炭を混合した有機物施用区では土壌微生物の活動が活発になりその呼吸によって放出された CO₂ がサトウキビキャノピー内部の濃度を増大させ、特に、早朝の光合成能力増大に貢献していると予想し、キャノピー内部の CO₂ 濃度プロファイルを連続して計測し解明する。

3) 以上の結果を基礎に、バイオマスの生産と利用における「バイオリサイクル能力」の高いモデル作物としてのサトウキビの重要性を強調する。また、有機物施用に伴う微生物から放出されるキャノピー内部の高い CO₂ 濃度がバイオマス生産に対する貢献度も明らかにする。

4. 研究成果

1) 圃場にサトウキビ(農林 8 号, 18 号), モンスターケーン(95GS-11), ネピアグラスを栽培し, CGR, NAR, SLA, LAI 等の成長関数, 吸光係数および太陽エネルギー利用効率(EU)を調べ, 種間で比較した。その結果, 農林 8 号と 95GS-11 の EU が高く, CGR の影響が著しかった。

2) 購入したカロリメーターで, 部位別, 層別の熱量を調べた。さらに, 様々な種子の熱量を調べ, リストを作成した。種子の熱量は, ゴマで 7259cal/g で最も高く, ついでラッカセイの 7089cal/g であった。葉の熱量は, 上位葉ほど熱量が高く, 茎よりも葉の方が高かった。

3) 圃場で栽培したサトウキビ 2 品種, モンスターケーンおよびネピアグラスを用い, 夏

期に群落内吸光係数と生産構造図を調べ植え付け後短期間にどの程度のバイオマス生産能力と光エネルギー利用に差異が生じるか比較した。特に, 生産構造図に熱量のデータを加え, 熱量の垂直分布を層ごとに明らかにした。

4) 裸地, ネピアグラス, サトウキビキャノピー内の CO₂ 濃度プロファイルの日変化を調べ, バイオマス生産能力および生産構造図, さらには個葉の光合成能力との関係を明らかにした。その結果, 群落内部の CO₂ 濃度は, 日中低く, 夜間に増加し, 特に明け方に著しく増大した。

5) サトウキビとソルゴーを用い, 夏期に群落内吸光係数と生産構造図を調べ植え付け後短期間にどの程度のバイオマス生産能力と光エネルギー利用に差異が生じるか比較した。特に, 生産構造図に熱量のデータを加え, 熱量の垂直分布を層ごとに明らかにした。

6) サトウキビおよびソルゴーの群落における CO₂ 濃度プロファイルの日変化を調べ, バイオマス生産能力および生産構造図, さらには個葉の光合成能力との関係を明らかにした。

7) C₃ 植物であるマングローブの CO₂ 濃度プロファイルの日変化を調べ, C₄ 植物のサトウキビやソルゴーと比較した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 21 件)

1. Ahmed Al-Saidi, Y. Fukuzawa, M. Ueno, S. Baba and Y. Kawamitsu 2009. Temporal and Vertical Variations in Photosynthetic Drivers in Mangrove Canopies, Okinawa, Japan. *Plant Prod. Sci.* **12**(3):336-340. (査読有り)
2. 福澤康典・小宮康明・上野正実・川満芳信 2009. サトウキビ初期生育における根の種類・量と生育量に関する研究. *日作紀.* 77(4):xx-xx. (受理). (査読有り)
3. Ahmed Al-Saidi, F. Furukawa, Y. Fukuzawa, M. Ueno, S. Baba and Y. Kawamitsu 2008. A new system for measuring vertical gradients of CO₂, H₂O and air temperature within and above the canopy of plant. *Plant Prod. Sci.* **12**(2):139-149. (査読有り)
4. 石川大太郎・石黒悦爾・関岡信一・大神修一郎・箱山晋・川満芳信 2008. 分光反射特性によるサツマイモの塊根部重量推定に関する基礎研究. *農業気象.* (査読有り)

5. 前田建二郎・平良英三・上野正実・川満芳信・小宮康明 2008. サトウキビの簡易栄養診断に向けた葉身窒素含量の近赤外測定法の開発. 農業情報研究 17:105-110. (査読有り)
 6. 福澤康典・川満芳信・小宮康明・上野正実 2008 サトウキビ生育の極初期段階におけるバイオマス生産特性. 日作紀. 77(1):54-60. (査読有り)
 7. Ueno, M., Y. Kawamitsu, Y. Komiya and Liya Sun 2008. Carbonisation and gasification of bagasse for effective utilization of sugarcane biomass. Inter. Sugar J. 110(1309):22-27. (査読有り)
 8. Masami UENO, Eizo TAIRA, Yoshinobu KAWAMITSU, Yasuaki KOMIYA, Koh KIKUCHI 2007. Application of FT-NIR spectroscopy to the evaluation of compost quality. EAEF 20(3):18-26.
 9. 上野正実・川満芳信・小宮康明・東江幸優 2007. 沖縄のバイオマスが熱い！ー島嶼社会からのチャレンジ, BIOCity (ビオシティ), No. 37, 50-55.
 10. 太田麻希子・福澤康典・川満芳信 2007. ピタヤのCAM型光合成特性について. 沖縄農業 41:27-54.
 11. 上野正実・平良英三・川満芳信 2007. 連続一体型細裂NIRシステムによるサトウキビ品質評価の試み. 沖縄農業 41:3-14.
 12. E. Taira, M. Ueno, Y. Kawamitsu and R. Matsukawa 2007. High efficient diagnosis of sugarcane farm land using NIR spectroscopy networking system. ISSCT XXVIth. Durban, South Africa. 29th July - 2nd August 2007.
 13. K. Kikuchi, M. Ueno, Y. Kawamitsu, Liya Sun, E. Taira and K. Maeda 2007. Sugarcane fertilization management in island regions of Japan and its impact on production: A case study of Kitadaito Island. ISSCT XXVIth. Durban, South Africa. 29th July - 2nd August 2007.
 14. M. Ueno, Y. Kawamitsu, Y. Komiya and Liya Sun 2007. Carbonization and gasification of bagasse for effective utilization of sugarcane biomass. International Sugar J. 110:22-25.
 15. T. Azama, Y. Kawamitsu, Y. Fukuzawa, M. Ueno and Y. Komiya 2007. Effects of potassium on photosynthesis and sugar yield in sugarcane. ISSCT XXVIth. Durban, South Africa. 29th July 2nd August 2007.
 16. 福澤康典・川満芳信・小宮康明・上野正実 2008 サトウキビ生育の極初期段階におけるバイオマス生産特性. 日作紀. 77(1):54-60. (査読有り)
 17. Ueno, M., Y. Kawamitsu, Y. Komiya and Liya Sun 2008. Carbonisation and gasification of bagasse for effective utilization of sugarcane biomass. Inter. Sugar J. 110(1309):22-27. (査読有り)
 18. 菊地香・魏台錫・仲村哲也・川満芳信 2006. パインアップル産地の流通対応に関する研究. 食品流通研究 23(2):31-52. 6月. (査読有り)
 19. 前里和洋・川満芳信・清水芳久・松井三郎 2006. 宮古島の暗赤色土における土壌蓄積リンの再生・循環利用に関する基礎的研究Ⅱ. 環境システム計測制御学会誌 11(1号):35-40. (査読有り)
 20. 崎山寿澄・宮崎浩平・福澤康典・川満芳信・上野正実 2006. 沖縄産夏期野菜の光合成速度に与える各種環境要因の影響. 沖縄農業 39:19-35.
 21. Qin Lin, Syunsuke Abe, Akihiro Nose, Akira Sunami and Yoshinobu Kawamitsu 2006. Effects of high temperature on crassulacean acid metabolism (CAM) photosynthesis of *Kalanchoe pinnata* and *Ananas cososus*. Plant Production Science 9:10-19. (査読有り)
- [学会発表] (計38件)
1. 川満芳信・菊池真澄・福澤康典・上野正実・平良英三・菊地香 2008. 亜熱帯におけるコンテナ型植物工場内環境要因の日変化. 九州の農業気象 17:35-36.
 2. 稲福(寺本)さゆり・福澤康典・上野正美・川満芳信 2008. 南西諸島における食用カンナ(*Canna edulis* Ker-Gawl.)のエネルギー作物としての可能性. 日本熱帯農業学会第104回講演会. 鹿児島大学.
 3. 上野正実・平良英三・川満芳信・松川亮太・竹内千春 2008. NIRを利用した細裂試料の多成分同時計測. 第35回サトウキビ試験成績発表会. (9月)
 4. 福澤康典・津覇実也・小宮康明・上野正実・渡嘉敷義浩・川満芳信 2008. バイオエタノール蒸留残液の利用に関する研究. ~ポット栽培したサトウキビの初期生育への影響~. 第35回サトウキビ試験成績発表会. (9月)
 5. Khwantri Saengprachatanarug, M. Ueno, E. Taira and Y. Kawamitsu 2008. *Jatropha* and its utilization in Thailand. 沖縄農業研

- 研究会 第47回講演会要旨 (8月)
6. 津覇実也・福澤康典・小宮康明・渡嘉敷義浩・上野正実・川満芳信 2008. エタノール蒸留残液の利用に関する研究. 第2報. ポット栽培したサトウキビの初期生育への影響. 沖縄農業研究会 第47回講演会要旨 (8月)
 7. 小宮康明・渡嘉敷義浩・上野正実・川満芳信 2008. エタノール蒸留残液の利用に関する研究. 第2報. ポット栽培したチンゲンサイの生育への影響. 沖縄農業研究会 第47回講演会要旨. (8月)
 8. 川満芳信・富永 淳・福澤康典・小宮康明・上野正実 2008. エタノール蒸留残液の利用に関する研究. 第1報. カラム実験. 沖縄農業研究会 第47回講演会要旨. (8月)
 9. 川満芳信・菊池真澄・福澤康典・平良英三・菊地 香・上野正実 2008. 沖縄型植物工場の開発. 沖縄農業研究会 第47回講演会要旨. (8月)
 10. 河崎俊一郎・前田建二郎・福澤康典・禰覇伸・上野正実・川満芳信 2008. Fipronil ベイト剤がサトウキビの収量に与える影響. 沖縄農業研究会 第47回講演会要旨. (8月)
 11. 川満芳信 2007. 沖縄の農業とバイオマスエネルギー, 第1回防災・環境シンポジウム—亜熱帯海洋島嶼防災・環境ネットワークの拠点形成—, 琉球大学土木工学科創立50周年記念シンポジウム, 12月, 沖縄電力ふれあい広場.
 12. 上野正実・川満芳信・小宮康明・新城俊也・東江幸優 2007. 亜熱帯島嶼地域における高効率バイオマスエネルギーシステムの開発—バイオエタノールを中心とする 次世代地域エネルギーシステム, 日本機械学会九州支部特別講演, 10月, 琉球大学工学部
 13. 上野正実・川満芳信・田崎厚也・小宮康明・東江幸優・菊池香 2007. 沖縄におけるバイオエタノールの可能性に関する検討, 農業環境工学関連5学会2007年合同大会, 9月, 東京農工大学
 14. 上野正実・川満芳信・凌祥之・田崎厚也・小宮康明・東江幸優・新垣健一 2007. メタン発酵プラントの運転特性, 農業環境工学関連5学会2007年合同大会, 9月, 東京農工大学
 15. 上野正実・川満芳信・凌祥之・田崎厚也・小宮康明・東江幸優・新垣健一 2007. バイオマスのガス化装置の運転特性, 農業環境工学関連5学会2007年合同大会, 9月, 東京農工大学
 16. 上野正実・川満芳信・凌祥之・田崎厚也・小宮康明・芳賀聖・東江幸優 2007. サトウキビバイオマスの炭化装置の運転特性, 農業環境工学関連5学会2007年合同大会, 9月, 東京農工大学
 17. 上野正実・比嘉利国・平良英三・川満芳信・新垣健一 2007. NIRによるたい肥成分の簡易・迅速計測に関する研究, 農業環境工学関連5学会2007年合同大会, 9月, 東京農工大学
 18. 上野正実・川満芳信・小宮康明・平良英三・東江幸優・田崎厚也・古川昇 2007. スイートソルガムを中心としたバイオエタノール事業の可能性評価—石垣島を想定したFS—, 農業機械学会九州支部, 8月, 鹿児島大学
 19. 上野正実・川満芳信・平良英三・新垣健一・松川亮太・津嘉山珍健 2007. サトウキビ細裂試料による品質評価と管理システムの構築. 第34回サトウキビ試験成績発表会. p. 32-33. (8月)
 20. 上野正実・藤田憲治・前田健二郎・川満芳信・平良英三 2007. GPSによる作業管理および資源管理システム. 第34回サトウキビ試験成績発表会. p. 30-31. (8月)
 21. 川満芳信・上野正実・小宮康明・宮城勝美・凌祥之 2007. バイオマス資材とCO₂ガス施用がサトウキビの収量と糖度に与える影響. 第34回サトウキビ試験成績発表会. p. 14-15. (8月)
 22. 津覇実也・福澤康典・上野正実・川満芳信 2007. サトウキビおよびソルゴーからのバイオエタノール生産. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 101-102. (8月)
 23. 金城可南子・福澤康典・安座間健・川満芳信・田場義彦 2007. ニガウリの機能性・ミネラル成分に与える天然ニガリの影響. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 99-100. (8月)
 24. 平良英三・上野正実・川満芳信・与儀優・松川亮太 2007. NIRを組み込んだ新マンゴー選果機の開発. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 97-98. (8月)
 25. 上野正実・比嘉利国・平良英三・川満芳信・新垣健一・小宮康明・田崎厚也・東江幸優 2007. 堆肥のNIRによる品質評価. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 95-96. (8月)
 26. 太田麻希子・福澤康典・川満芳信 2007. ピタヤ(ドラゴンフルーツ)のCAM型光合成特性について. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 93-94. (8月)
 27. 福澤康典・川満芳信・上野正実・小宮康明・菊池香・凌 祥之・新城俊也・東江幸優・古川昇・田崎厚也 2007. C₃, C₄作物へのCO₂施肥の効果. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 91-92. (8月)
 28. 川満芳信・上野正実・小宮康明・菊池香・新城俊也・東江幸優・古川昇・田崎厚也 2007. バイオマス変換プラント遠隔モニターシステムの開発. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 89-90. (8月)
 29. 上野正実・川満芳信・小宮康明・菊池香・平良英三・孫麗亜・新城俊也・東江幸優・

- 芳賀聖・田崎厚也 2007. 宮古バイオマスプロジェクトの総括. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 87-88. (8月)
30. 平良英三・上野正実・川満芳信・松川亮太・新垣健一 2007. サトウキビ品質評価における新NIRシステム. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 85-86. (8月)
31. 上野正実・川満芳信・平良英三・孫麗亜・前田建二郎・菊地香 2007. サトウキビ栽培におけるGPS+GIS+NIR連携システム. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 83-84. (8月)
32. 安座間健・福澤康典・平良英三・小宮康明・上野正実・川満芳信 2007. カリ成分施肥量の違いがサトウキビの成長と糖度に与える影響. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 81-82. (8月)
33. 福澤康典・河崎俊一郎・菊池真澄・小池奈津子・川満芳信 2007. 新エネルギー作物ソルゴー群落における熱量の層別分布. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 79-80. (8月)
34. 古川 昇・福澤康典・小宮康明・上野正実・川満芳信 2007. サトウキビ, ソルゴー群落におけるCO₂プロファイルの日変化. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 77-78. (8月)
35. 関塚史朗・儀間直哉・宮城悦子・首藤亜耶乃・津覇実也・川満芳信 2007. 輪ギクの葉色, 葉内成分含量に及ぼす天然にがりの効果. 沖縄農業研究会 第46回講演会要旨 p. 67-68. (8月)
36. 福澤康典・川満芳信・上野正実 2007. 栽植密度の異なるソルガムのバイオマス生産特. 日作紀 76(別1): 286-287. (茨城大学) (3月)
37. 福澤康典・川満芳信・上野正実 2007. 極初期生育におけるサトウキビ2品種の光合成速度とバイオマス生産特性. 日作紀 76(別1):128-129. (茨城大学) (3月)
38. 安座間健・川満芳信・福澤康典・上原直子・平良英三・上野正実 2007. サトウキビの生長と糖蓄積に与えるカリウムの影響. 日作紀 76(別1):130-131. (茨城大学) (3月)

[図書] (計1件)

- ①今井勝・川満芳信・斉藤邦行・田代亨・箱山晋・山本由徳. 八千代出版. 作物学概論. 2008. p. 91-121.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川満 芳信 (KAWAMITSU YOSHINOBU)
琉球大学・農学部・教授
研究者番号: 20192552

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし