

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月 1日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580306

研究課題名（和文）閉鎖型システムにおける植物生産の最適化

研究課題名（英文）Optimization of plant production in closed systems

研究代表者

古在 豊樹 (KOZAI TOYOKI)

千葉大学・環境健康フィールド科学センター・客員教授

研究者番号：90081570

研究成果の概要（和文）：

人工光利用の閉鎖型植物生産システムおよび太陽光利用の温室に関して、物質およびエネルギー収支を詳細に解析して、投入資源である光エネルギー、水、二酸化炭素などの利用効率を算定し、算定結果に基づき、利用効率の改善策を示した。

研究成果の概要（英文）：

With respect to closed plant production system with artificial light and solar greenhouse, energy and mass balance was analyzed in detail. Then, resource use efficiencies of light energy, water and carbon dioxide are evaluated and methods of improving the resource use efficiencies are proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：施設園芸・植物工場

## 1. 研究開始当初の背景

(1)植物工場に関する社会的関心が強まっているが、現状では、資源の利用効率が低いことがコストを高くし、普及の足かせになっている。

(2)植物工場に関する産業界の関心が高まっているが、LEDなどの最新技術にのみ注目があつまり、エネルギー・物質収支とその改善の重要性が見落とされている。

## 2. 研究の目的

人工光および自然光を利用した植物生産

システム（植物工場、温室など）に関する各種資源（光エネルギー、水、CO<sub>2</sub>、電気など）の利用効率、ヒートポンプ成績係数などの投入資源利用効率の変換プロセスを詳細に解析する。そして、申請者らが従来求めた閉鎖型システムのそれらの利用効率と比較検討する。特に、電気エネルギーおよび光利用効率に関しては、電気エネルギーから植物体の化学エネルギーにいたるエネルギー変換プロセスを詳細に解析する。

### 3. 研究の方法

エネルギーおよび物質収支を詳細に解析する。電気エネルギーおよび光利用効率に関しては、電気エネルギーから植物体の化学エネルギーにいたるエネルギー変換プロセスを詳細に解析する。そして、投入資源である電気などの利用効率を高める方策を解明する。従来の園芸施設に関するこの種の解析に関して研究代表者は過去に多くの成果を出している。

### 4. 研究成果

閉鎖型システムは従来、育苗や光独立栄養培養に利用されていたが、葉もの生産にも有用であることが示された。

その結果、葉もの生産に関しては、人工光閉鎖型システムの方が自然光温室システムよりも上記の光利用効率、水利用効率、CO<sub>2</sub>利用効率が高いことが判明した。

次いで、人工光閉鎖型および自然光システムにおける上述の投入資源利用効率の改善方法を考察し、植物群落の受光比率を高めることの重要性を指摘した。

これらの研究成果を、国際園芸学会の「革新技术コロキウム」で講演した。これらの講演は数百名の参加者の関心を強く引き、その後、数多くの問い合わせや共同研究の提案を得ている。その他、2011年3月末には台湾における国際ワークショップにおいても本研究の成果を発表し、高い評価を得た。本研究課題の成果は国内外で関心を持たれている。

### 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 12 件)

1. Tong, Y., T. Kozai, K. Ohyama, 2012. Reductions in energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions for greenhouse heated with heat pumps, *Appl. Eng. Agric.* 28: 1-6. 査読有
2. Kozai, T., K. Ohyama, Y. Tong, P. Thongbai, N. Nishioka, 2011. Integrative environmental control using heat pumps for reductions in energy consumption and CO<sub>2</sub> gas emission, humidity control and air circulation. *Acta Hort.* 893: 445-449. 査読有
3. Thongbai, P., T. Kozai, K. Ohyama, 2011. Promoting net photosynthesis and CO<sub>2</sub> utilization efficiency by moderately increased CO<sub>2</sub> concentration and air current speed in a growth chamber and a ventilated greenhouse. *J. ISSAAS.* 17: 121-134. 査読有
4. Kozai, T. 2011. Improving light energy utilization efficiency for a sustainable plant factory with artificial light. *Green Lighting Shanghai Forum 2011*, 375-383. 査読有
5. Hanagata, M., F. Goto, K. Shoji, H. Mano, T. Kozai, 2011. Perspective on the use of air-source heat pumps to reduce CO<sub>2</sub> emissions from greenhouses based on life cycle assessment, 10th IEA Heat Pump Conference 2011. May 16-19. 査読有
6. 古在豊樹. 2011. 熱帯における施設園芸技術. 熱帯農業研究 4(1): 44-50. (査読無)
7. 古在豊樹・新藤 聡・松本洋俊・松原紀嘉・渡辺 均・池上文雄. 2011. 環境制御による薬用植物の効率的生産とその将来性—省資源・環境保全と高品質・高収量の両立—. 漢方と最新治療 20(2): 125-130. (査読無)
8. 古在豊樹・李 明・仝 宇欣. 2011. 生体・環境情報に資源利用効率・速度変数情報を統合した植物環境制御法—より高度な植物工場環境制御を目指して—. 日本生物環境工学会 OSAKA フォーラム 2011. 37-54.
9. 古在豊樹. 2011. 第 2 回寿光国際施設園芸先端学術フォーラム (中国) および関連博覧会. *ハイドロポニックス* 25(6): 6-7. (査読無)
10. 古在豊樹. 2011. 知能的太陽光植物工場の新展開[13]—省資源・環境保全と高収量・高品質を両立させるサステナブル植物工場—. 農業および園芸 86(1): 41-50. (査読無)
11. Kozai, T. 2010. Photoautotrophic micropropagation – Environmental control for promoting photosynthesis,

Propagation of Ornamental Plants, vol. 10, No. 4, 2010: 188-204.査読有

12. 古在豊樹. 2010.  
進化する植物工場の未来と課題. SRI(財団法人静岡総合研究機構) No.103: 3-7.  
(査読無)

[図書] (計 3 件)

1. 古在豊樹. 2012.  
人工光型植物工場. オーム社. pp.223.
2. 古在豊樹. 2010. 輸出産業としての可能性を探る(第 5 章). 植物工場大全. 日経 BP 社. 142-161.
3. 古在豊樹 (編著). 2009. 太陽光型植物工場—先進的植物工場のサステナブル・デザイン.

[講演・学会発表等] (計 25 件)

1. Kozai, T. 2012.  
Current status and future trends of plant factory with artificial light. International Workshop on Vertical Farming Japan 2012. March 26. Tokyo. Japan.
2. Kozai, T. 2012.  
Plant factory with artificial light -current status and perspective-. APO (Asian Productivity Organization) Workshop on Controlled Environment Agriculture. March 19-20. Sendai. Miyagi. Japan.
3. 古在豊樹. 2012.  
夢のある施設園芸経営を目指して—最近の環境制御技術の進展—. トマト・キュウリサミット. 全国野菜園芸技術研究会. 2月28日. つくば国際会議場. 茨城.
4. 古在豊樹. 2011.  
人工光植物工場に関する世界の動向、将来性および解決すべき問題点. 産官学共同研究による農林事業開発シンポジウム. 12月9日. キャンパスイノベーションセンター. 東京.
5. 古在豊樹. 2011.  
農業・農学の新領域展開に向けて—植物

工場、医農連携への挑戦—. 農研機構 10周年シンポジウム. 12月5日. ヤクルトホール. 東京.

6. 古在豊樹. 2011.  
人工光植物工場の現状と将来性. 明治大学公開シンポジウム. 12月2日. 明治大学駿河台キャンパスリバティホール. 東京.
7. 古在豊樹. 2011.  
身近な環境から地球環境を考える. 船橋市講演会. 11月12日. 船橋市中央公民館講堂. 千葉.
8. 古在豊樹. 2011.  
植物工場の現状と将来. 相双技塾 “Spirits” 2011. 11月9日. 福島県ハイテクプラザ. 福島.
9. Kozai, T. 2011.  
Integrative environment control system for a plant factory. The 6<sup>th</sup> International Symposium on Intelligent Information Technology in Agriculture (ISIITA 2011). Oct. 29. Beijing. China.
10. Kozai, T. 2011.  
Production of medicinal plants under controlled environment with artificial light. ASHS Colloquium Research Highlights and Commercial Application of Medicinal Plants. Sept. 27. Hawaii. USA.
11. 古在豊樹. 2011.  
薬用植物の施設栽培化に関わる背景、問題点および将来性. 第 21 回漢方治療研究会. 9月25日. 千葉大学けやき会館. 千葉.
12. 古在豊樹. 2011.  
衣食住を融合させたサステイナブルな地域づくり—千葉大学環境健康フィールド科学センターの活動から. 丸の内サステイナビリティ・プログラム. 9月22日. Galleria 商. Tokyo. 東京.
13. 古在豊樹. 2011.  
植物工場における統合環境調節. 第 1 回研究会「植物工場」. 財団法人関西文化学術研究都市推進機構. 9月2日. けい

- はんなプラザ交流棟. 京都.
14. 古在豊樹. 2011.  
植物工場の可能性－海外動向と市場性.  
次世代アグリテクノ研究会Ⅱ. 財団法人  
長野県テクノ財団. 8月22日. 信州大  
学繊維学部総合研究棟. 長野.
  15. 古在豊樹. 2011.  
太陽光植物工場の現状と普及・拡大に向  
けた課題－環境制御を中心に－. 愛媛大  
学農学部附属知的植物工場基盤技術研  
究センター開所式記念講演会. 6月13  
日. 愛媛大学農学部大講義室. 愛媛.
  16. 古在豊樹. 2011.  
中国・台湾における植物工場. NPO 植  
物工場研究会特別勉強会. 5月19日.  
千葉大学シーズホール. 千葉
  17. Kozai, T. 2011.  
Improving light energy utilization  
efficiency for a sustainable plant  
factory with artificial light. Green  
Lighting Shanghai Expo and Forum  
2011. May 12. Shanghai. China.
  18. Kozai, T. 2011.  
Development of photoautotrophic  
(sugar-free medium) micropropagation.  
April 26. 東北林業大学. China.
  19. Kozai, T. 2011.  
Sustainable plant factory with highly  
efficient and quality produce, closed  
plant production systems with  
artificial light (CPPS). April 26. 東北  
林業大学. China.
  20. Kozai, T. 2011.  
Plant factory project at Chiba  
University, Japan (in English).  
Current Status and Development of  
Plant Factory in East Asia. March 30.  
Taipei, Taiwan.
  21. Kozai, T. 2011.  
Sustainable plant factory with highly  
efficient and quality produce (in  
English). Current Status and  
Development of Plant Factory in East  
Asia. March 30. Taipei. Taiwan.
  22. Kozai, T. 2011.

Sustainable plant factory with highly  
efficient resource usage and quality  
produce. The International Workshop  
on Agriculture & Mechanization  
Challenge and Opportunity for  
Globalization. March 21. Chiang Mai.  
Thailand.

23. Kozai, T. 2011.  
Vision and activities at Center for  
Environment, Health and Filed  
Sciences of Chiba University. SNU-CU  
International Symposium. March 11.  
Seoul National University. Seoul.  
Korea.
24. 古在豊樹. 2011.  
持続可能な植物工場のデザインと実証  
計画. 科学技術政策研究所所内講演会.  
3月2日. 科学技術政策研究所会議室.  
東京.
25. 古在豊樹. 2011.  
植物工場の世界市場に日本はいかに切  
り込むべきか. 第21回 SHITA シンポジ  
ウム. 1月21日. 中央大学駿河台記念  
館. 東京.

〔産業財産権〕

○取得状況 (計1件)  
名称: 温室の冷房装置及びそれを用いた冷房  
方法  
発明者: 古在豊樹・大山克己・戸井田宏美  
権利者: 同上  
種類: 特許  
番号: 第4431789号  
取得年月日: 2010年1月8日  
国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等  
[http://npoplantfactory.org/kozai/contents.h  
tml](http://npoplantfactory.org/kozai/contents.html)

## 6. 研究組織

(1)研究代表者  
古在 豊樹 (KOZAI TOYOKI)  
千葉大学・環境健康フィールド科学セン  
ター・客員教授  
研究者番号: 90081570

(2)研究分担者

(なし)

研究者番号：

(3)連携研究者

研究者番号：