

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03895

研究課題名(和文)作物生産場における局所適時環境調節の最適設計と実装

研究課題名(英文)Spatiotemporal optimization of environmental control for crop production

研究代表者

北野 雅治 (Kitano, Masaharu)

九州大学・農学研究院・教授

研究者番号：30153109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：作物生産を決定づける光合成等の植物-環境系輸送プロセスの時空間変動に基づいた局所適時環境調節の有効性を確認した。まず、葉面輸送プロセスの時空間変動に対する環境調節の効果の可視化を実現するとともに、葉から果実への光合成産物の転流の動態を、RIイメージングを駆使して可視化し、光合成量と転流動態との関係を明らかにした。これらに基づいて、局所適時の弱光補光とCO₂施用の有効性を、光合成、収量、エネルギー消費、コスト面から定量的に確認するとともに、寒地と暖地において、局所適時環境調節を活用する周年栽培システムも提案した。これらの成果を、原著論文14報、学会発表40件で積極的に発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

作物生産場における葉面輸送プロセスの時空間変動の可視化およびRIのボジトロンイメージング技術によるソース・シンク間の転流動態の時空間変動の可視化等を初めて実現したことによって、種々の局所適時環境調節法の提示と、それらの多様な効果の定量評価と最適設計が可能となった。これらの、局所適時環境調節の方法論を導入することによって、野菜の施設生産における高収量・高品質安定生産、省エネ・省資源、省力・自動化、低コスト化に向けた環境調節の合理的な最適化が飛躍的に向上し、SDGsの達成にも寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：In greenhouse crop production, the local and opportune environmental control was examined from the viewpoints of spatiotemporal distributions of plant-environment transport processes such as leaf surface convection, photosynthesis and phloem transport regulating crop growth. The visualization of spatiotemporal distributions of plant-environment transport processes were enabled by newly developed methods such as the leaf surface convection sensor and RI imaging system. Based on these results, a system of the local and opportune environmental control for low light supplement and CO₂ enrichment was newly applied, and its effectiveness was confirmed quantitatively from different viewpoints of productivity, energy saving and cost saving, and further to enable a year-round vegetable production in cold and warm regions, a system with the local and opportune environmental control was newly proposed.

研究分野：農業気象学

キーワード：農業工学 農業環境・情報工学 局所適時環境調節 植物環境系輸送プロセス 動的作物モデル

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

最近の作物生産施設、特に果菜類の生産施設においては、エネルギーと資源の極端な多投入（補光、CO₂施肥、密植等）によって、従来の篤農家の収量をはるかに超える収量が達成可能であることが実証されつつある。そこで、このような高収量・高品質安定生産を維持しつつ、省エネ・省資源・省力・低コストを実現する効率的な環境調節技術の開発と実装が強く求められている。そのためには、施設内の空間全体を対象にした長時間の環境調節ではなく、作物生育域の必要な場所（空間、部位）と必要な時間（時間帯、生育期）（または効果的な場所と時間）のみに限定した効率的な環境調節を実現する「局所・適時環境調節の最適設計」が有効と考えられる。

2. 研究の目的

作物生育域の必要な場所と必要な時間のみに限定した局所・適時環境調節の合理的な最適化のためには、作物の収量と品質を決定づける植物-環境系輸送プロセス（光合成、蒸散、転流等）の生産場における時空間変動に基づく最適化が望ましい。本研究は、植物-環境系輸送プロセスの生産場における時空間変動の新規評価法（葉面輸送現象の多点連続評価法、RI イメージングによる転流動態の非破壊連続評価法、植物-環境系輸送プロセスのモデル群等）を駆使して、作物生産場における局所適時環境調節の合理的な最適設計に資することを目的として、以下の中課題を設定した。

中課題Ⅰ：作物群落域の微気象と葉面輸送現象の時空間変動の評価

中課題Ⅱ：光合成産物のソース・シンク間の動態の時空間変動の評価

中課題Ⅲ：局所適時環境調節の効果の評価と実装に向けた最適化

3. 研究の方法

中課題Ⅰに関しては、まず図1に示すように、葉面と気流間の輸送現象を支配する葉面境界層コンダクタンス (g_a) を評価できる葉面对流センサを新たに開発し（Kimura, K., Kitano, M. *et al.*, 2019）（測定原理は省略）、多様な作物生産場の作物群落域に分散配置して g_a の多点連続測定法を確立し、防霜ファン稼働下の茶圃場、園芸ハウス（トマト、イチゴ等）

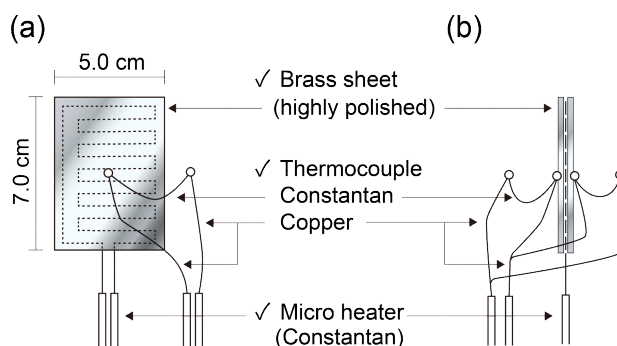


図1 葉面境界層コンダクタンスの評価のための葉面对流センサ

での作物群落域の微気流の変動に伴う g_a の時空間変動を評価した。また、光合成、蒸散、気孔コンダクタンス、葉温の時空間変動を、表1に示すようなメカニスティックなモデル群を連立で解くことによって、環境情報（日射強度、気温、CO₂濃度等）のみを用いて評価することを可能にした。その際、主要なモデルパラメータ（光合成における最大カルボキシル化速度、最大電子伝達速度および g_a 等）については実測した。

表1 植物-環境系輸送現象の機構モデル群

光合成生化学モデル Farquhar et al., 1980, <i>Planta</i>	ソース・シンク動的転流モデル Miyoshi, Kitano et al., 2017, <i>Submitted</i>
蒸散要求度モデル Kitano et al., 1993, <i>Environ. Exp. Bot.</i>	気孔コンダクタンスモデル Medlyn et al., 2011, <i>Glob. Change Biol.</i>
蒸散統合型養水分吸収モデル Kitano et al., 2011, <i>Environ. Control Biol.</i>	動的熱収支モデル Kitano et al., 2017, <i>Biosyst. Eng.</i>

中課題Ⅱに関しては、図2のRIイメージングシステム（量子科学技術研究開発機構（高崎市））を用いて、イチゴ植物を対象にして、 ^{11}C （半減期：20分）で標識された光合成産物のソース葉ーシンク果実間の転流動態の時空間変動の定量評価と可視化を実現した。さらに、ソース葉とシンク果実のRI画像の時間微分、空間微分等によって、光合成産物の移動速度、ソース葉でのローディング速度、シンク果実でのアンローディング速度等の時空間変動も評価可能とし、ローディング速度、アンローディング速度のモデルを検討した。

中課題Ⅲに関しては、九州大学農学研究院のハウス、福岡市の専業農家ハウス（イチゴ）、九州沖縄農研セ園芸研究拠点・イチゴ太陽光型植物工場、熊本県農業研究センターハウス等において、多様な局所適時環境調節法（配風ダクトワークによる株近傍の CO_2 施肥・適温管理、低コスト軽量補光装置、株元温度制御、潜熱蓄熱材利用省エネ局所適温管理、循環扇等）の効果を、中課題Ⅰおよび中課題Ⅱの成果に基づいて評価した。特に、補光と CO_2 施用を同時に実施できる局所補光配風ダクトシステムを構築し（図3）、イチゴ太陽光植物工場で最適化のための実証試験を行い、生理生態、収量・品質、エネルギー消費、コストに対する効果を評価し、適所・適時・適度の局所適時環境調節の最適設計を検討した。

4. 研究成果

(1) 新規に開発した葉面对流センサを多様なハウスに多点で設置し、各種環境調節（循環扇、側窓、天窓、換気扇、配風ダクト、ヒーター、 CO_2 発生器）の稼働による植物生育域の微気流の変動に伴う g_a の時空間変動を明らかにした。トマトハウスでの測定例を図4に示す。環境調節の on-off による g_a の変動が定量的に可視化され、局所適時環境調節における植物域の微気流の最適設計に葉面对流センサが有効であることが示された。

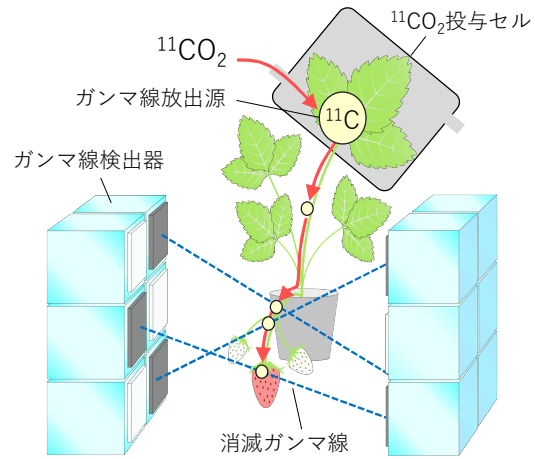


図2. RIイメージングシステムの概要

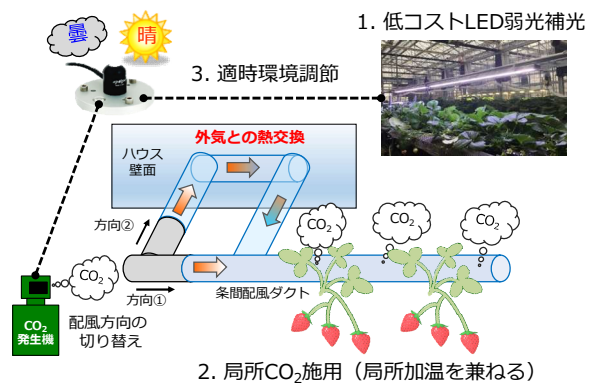


図3. 局所適時環境調節システムの例：弱光補光と CO_2 施用

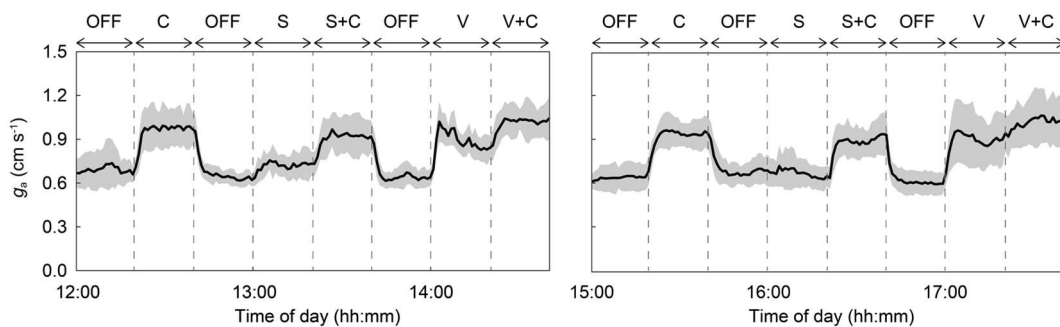


図4. ハウス内の植物生育域での葉面境界層コンダクタンス (g_a) の環境調節による変動：C, 循環扇；S, 側窓；V, 換気扇

(2) 植物生育域で実測した g_a の変動と光合成等のモデルパラメータを実測することによって、表1の機構モデル群を連立して解くことによって、局所適時環境調節下での植物生育域での光合成、蒸散、葉温の時空間変動の可視化を実現し、局所適時環境調節の最適設計に有効な方法であることを示した。

(3) C^{11} の RI イメージングを用いて、異なる熟期（緑熟期、白熟期、赤熟期）の3個の果実をつけたイチゴ個体を対象に、葉から果実への糖の転流動態の時空間変動の可視化を世界で初めて実現した（図5）。

(4) 図5で示された画像の精緻な解析によって、果柄師管内の糖の転流速度、果実や葉へのスクロースの集積速度などの時空間変動を定量的に評価可能となり、図6に示すように、1日当たりの光合成量で説明できる師管へのスクロースのローディング量のモデル等の構築が可能になった。

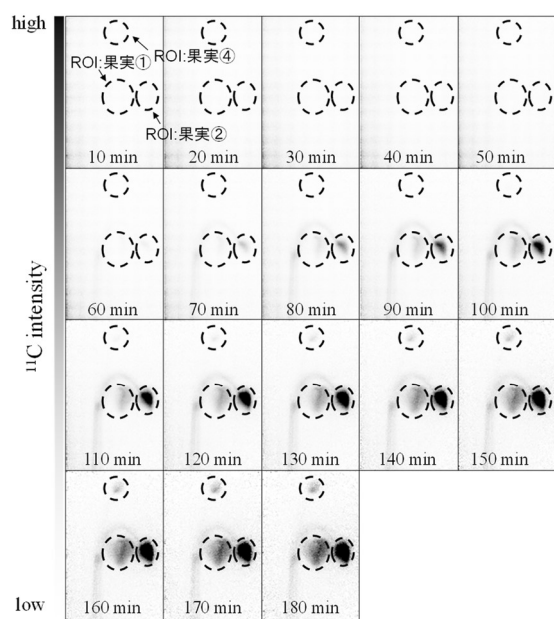


図5. RIイメージングシステムによるイチゴ果実（成熟度の異なる3個の果実）への糖の転流動態の可視化の例： ^{11}C 投与後10分毎の ^{11}C シグナル強度の分布画像の例

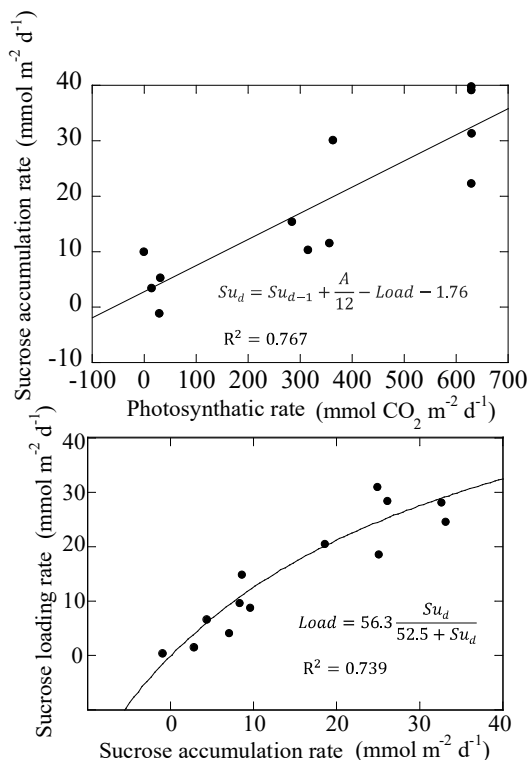


図6. イチゴ葉における日積算の光合成量、スクロースの蓄積量およびローディング量の関係：A, 日積算光合成量 ($mmol CO_2 m^{-2} d^{-1}$)； Su_d , 日積算スクロース蓄積量 ($mmol m^{-2} d^{-1}$)；Load, 日積算スクロースローディング量 ($mmol m^{-2} d^{-1}$)

(5) 局所適時環境調節の効果、を様々な環境調節条件下で検討した。様々な適時補光条件（補光なし、常時強光補光、肥大最盛期のみ強光補光、弱光常時補光、低日射時のみ弱光補光）の効果をも6か月間の月別のイチゴ果実収量で評価した例を図7に示す。全ての補光条件下で23%~27%の増収効果が認められ、適時弱光補光においても、常時強光補光と同等の収量増加効果が得られた。その

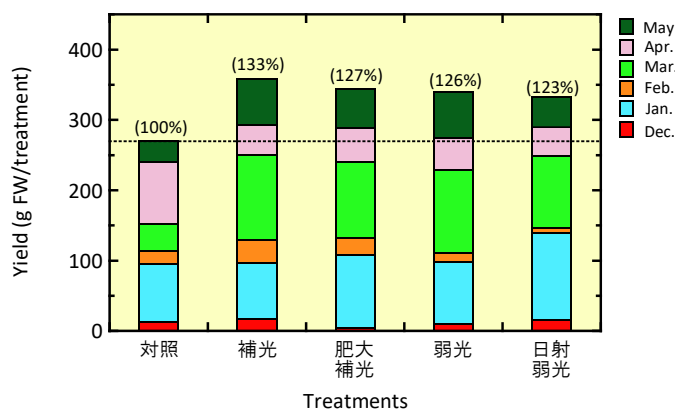


図7. 月別収量に対する異なる適時補光の効果：対照，補光なし；補光，通常の強光常時補光；肥大補光，果実肥大最盛期のみ強光補光；弱光，弱光常時補光；日射弱光，日射が弱い時のみ弱光補光

結果、表 2 に示すように、果実肥大最盛期のみの適時補光によって、消費電力が 52%減少し、収量当たりのエネルギー効率が 75%も上昇することなどを明らかにした。

表 2. 果実肥大最盛期のみの適時補光のエネルギー効率

処理区	消費電力量 (kWh/plant)	収量 (g FW/plant)	エネルギー効率 (= Δ 収量/消費電力) (g/kWh)
対照	—	270	—
常時	15.5	359	5.7
適時	7.4	344	10.0

(6) 上記の成果および被覆薄層流循環と浅層地中熱交換などを活用した冷熱・暑熱緩和のための局所適時環境調節法に基づいて、寒地・暖地での生鮮野菜の周年栽培を可能にする局所適時環境調節システムを提案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 13件）

1. 著者名 NOMURA Koichi, YAMASAKI Yuki, TAKADA Akihiro, SAGO Yuki, YASUTAKE Daisuke, KITANO Masaharu	4. 巻 57
2. 論文標題 A New Method of Evaluating Gas Fluxes in a Closed Chamber System with Theoretical Consideration for Dynamic Characteristics of a Concentration Sensor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environment Control in Biology	6. 最初と最後の頁 53～59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.2525/ecb.57.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 YOKOYAMA G., YASUTAKE D., TANIZAKI T., KITANO M.	4. 巻 57
2. 論文標題 Leaf wetting mitigates midday depression of photosynthesis in tomato plants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Photosynthetica	6. 最初と最後の頁 740～747
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32615/ps.2019.088	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kimura Kensuke, Yasutake Daisuke, Yamanami Atsushi, Kitano Masaharu	4. 巻 280
2. 論文標題 Spatial examination of leaf-boundary-layer conductance using artificial leaves for assessment of light airflow within a plant canopy under different controlled greenhouse conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 107773～107773
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107773	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 MATSUDA Shuh, YOSHIKOSHI Hisashi, SUZUKI Tomoyo, OHTA Yuuki, CHIBA Ayaka, ARIMA Hiroshi, KUMAGAI Hideaki, YASUTAKE Daisuke, KITANO Masaharu	4. 巻 76
2. 論文標題 Calculation of the irradiance of solar radiation in a greenhouse with a complex structure using a diagram for sky view factor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 44～52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi.org/10.2480/agrmet.D-19-00043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yoneda Ayami, Yasutake Daisuke, Hidaka Kota, Muztahidin Nur, Miyoshi Yuta, Kitano Masaharu, Okayasu Takashi	4. 巻 34
2. 論文標題 Effects of supplemental lighting during the period of rapid fruit development on the growth, yield, and energy use efficiency in strawberry plant production	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Agrophysics	6. 最初と最後の頁 233 ~ 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.31545/intagr/117623	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hidaka Kota, Miyoshi Yuta, Ishii Satomi, Suzui Nobuo, Yin Yong-Gen, Kurita Keisuke, Nagao Koyo, Araki Takuya, Yasutake Daisuke, Kitano Masaharu, Kawachi Naoki	4. 巻 9
2. 論文標題 Dynamic Analysis of Photosynthate Translocation Into Strawberry Fruits Using Non-invasive 11C-Labeling Supported With Conventional Destructive Measurements Using 13C-Labeling	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2018.01946	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yasutake D., Yokoyama G., Maruo K., Wu Y., Wang W., Mori M., and Kitano M.	4. 巻 64
2. 論文標題 Analysis of leaf wetting effects on gas exchanges of corn using a whole-plant chamber system.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant, Soil and Environment	6. 最初と最後の頁 233-239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.17221/186/2018-PSE	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kimura Kensuke, Yasutake Daisuke, Nakazono Kentaro, Kitano Masaharu	4. 巻 164
2. 論文標題 Dynamic distribution of thermal effects of an oscillating frost protective fan in a tea field	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Biosystems Engineering	6. 最初と最後の頁 98 ~ 109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 2. Miyoshi Y., Hidaka K., Okayasu T., Yasutake D. and Kitano M.	4. 巻 55
2. 論文標題 Application of the constant soil temperature layer for energy-saving control in the local environment of greenhouse crops. II. Application to strawberry cultivation during the winter season.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environmental Control in Biology,	6. 最初と最後の頁 37-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2525/ecb.55.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 3. Miyoshi Y., Hidaka T., Hidaka K., Okayasu T., Yasutake D. and Kitano M.	4. 巻 55
2. 論文標題 Dynamics of photosynthate loading in strawberries affected by light condition on source leaves.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environmental Control in Biology	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2525/ecb.55.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 4. 日高智美, 三好悠太, 犬房弘樹, 日高功太, 田中泰洋, 岡安崇史, 安武大輔, 北野雅治	4. 巻 29
2. 論文標題 イチゴ栽培ハウスにおける冬季日照不足の改善策としてのLED補光の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Eco-Engineering	6. 最初と最後の頁 45-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11450/seitai kogaku.29.45	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 5. Hidaka K., Miyoshi Y., Okamoto A., Dan K., Imamura H., Takayama T., Yasutake D. and Kitano M.	4. 巻 1156
2. 論文標題 Effect of fruit gas exchange on photosynthate accumulation and fruit growth of strawberries.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 509-515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2017.1156.76	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 6.Miyoshi Y., Hidaka K., Okayasu T., Yasutake D. and Kitano M.	4. 巻 55
2. 論文標題 Effects of local CO2 enrichment on strawberry cultivation during the winter season.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Environmental Control in Biology	6. 最初と最後の頁 165-170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2525/ecb.55.165	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Kensuke, Yasutake Daisuke, Koikawa Kota, Kitano Masaharu	4. 巻 195
2. 論文標題 Spatiotemporal variability of leaf photosynthesis and its linkage with microclimates across an environment-controlled greenhouse	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biosystems Engineering	6. 最初と最後の頁 97 ~ 115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.05.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計40件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Yasutake Daisuke, Kitano Masaharu
2. 発表標題 Environmental Control Based on Plant Functions for Effective and Sustainable Agriculture
3. 学会等名 The 1st International Conference on Agriculture and Rural Development 2019 (ICARD 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野村浩一, 高田明宏, 國重寛郷, 金子尚弘, 次郎丸雪衣, 北野雅治, 安武大輔, 岡安崇史, 尾崎行生
2. 発表標題 ハウレンソウ個体群の光合成・成長に対するCO2施用の効果 長期計測とモデルによる検証
3. 学会等名 日本生物環境工学会2019年千葉大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 國重寛郷, 野村浩一, 高田明宏, 北野雅治, 安武大輔, 岡安崇史, 尾崎行生
2. 発表標題 生育環境の履歴がホウレンソウの光合成生化学モデルパラメータに及ぼす影響 - 光強度と気温に着目して -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2019年千葉大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米田彩美, 安武大輔, 日高功太, 北野雅治, 岡安崇史
2. 発表標題 温室イチゴ栽培における果実肥大最盛期のみの補光の効果
3. 学会等名 日本生物環境工学会2019年千葉大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yue Zhang, Daisuke Yasutake, Kota Hidaka, Masaharu Kitano, Takashi Okayasu
2. 発表標題 CFD simulation on spatial distribution of CO2 concentration in a strawberry plant factory with different CO2 enrichment methods
3. 学会等名 日本生物環境工学会2019年千葉大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎有貴, 野村浩一, 高田明宏, 國重寛郷, 次郎丸雪衣, 北野雅治, 安武大輔, 岡安崇史, 尾崎行生
2. 発表標題 ホウレンソウ個体群における光合成・成長の温室内水平分布の可視化
3. 学会等名 日本生物環境工学会2019年千葉大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三好悠太, 栗田圭輔, 長尾悠人, 山口充孝, 鈴木伸郎, 尹永根, 石井美里, 河地有木, 日高功太, 吉田英治, 田久創大, 田島英朗, 山谷泰賀
2. 発表標題 イチゴ果実への光合成産物の転流に対する種子の影響
3. 学会等名 日本生物環境工学会2019年千葉大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高田明宏, 野村浩一, 國重寛郷, 小田真由佳, 金子尚弘, 尾崎行生, 岡安崇史, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 葉菜個体群における受光量と光合成および成長の関係
3. 学会等名 日本農業気象学会九州支部2019年大会(大分)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 次郎丸雪衣, 野村浩一, 山崎有貴, 北内拓樹, 安武大輔, 岡安崇史, 尾崎行生, 北野雅治
2. 発表標題 葉菜類の成長に伴う個体群構造の変化
3. 学会等名 日本農業気象学会九州支部2019年大会(大分)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村建介, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 温室における光合成速度の時空間変動
3. 学会等名 日本農業気象学会九州支部2019年大会(大分)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhang Y., Yasutake D., Hidaka K., Kitano M., Okayasu T.
2. 発表標題 CFD Analysis and Optimization for CO2 Enrichment Methods Based on Spatial Distribution of CO2 Concentration in a Strawberry Plant Factory
3. 学会等名 日本農業気象学会九州支部2019年大会（大分）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林海斗，安武大輔，井研吾，野村 浩一，北野 雅治
2. 発表標題 二ラにおける光合成産物の分配特性について - 地上部の成長状態の影響 -
3. 学会等名 日本生物環境工学会九州支部会2019年久留米大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安武大輔，日高功太，Zhang Yue，荒河風夏，岡安崇史，北野雅治
2. 発表標題 イチゴ温室における局所適時CO2 施用の効果 - CO2 濃度分布，成長・収量，および灯油消費量に着目して -
3. 学会等名 日本農業気象学会2020年大阪大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井鴻美，井研吾，木村建介，小野信太郎，日高功太，安武大輔，北野雅治
2. 発表標題 葉の炭素収支に基づく光合成産物のローディング動態の評価 -イチゴにおける日変化を対象として-
3. 学会等名 日本農業気象学会2020年大阪大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井研吾, 木村建介, 小野信太郎, 照屋佳也, 安武大輔, 北野雅治, 日高功太
2. 発表標題 果実温度に支配される初期肥大特性に基づくイチゴ肥大予測モデルの検討
3. 学会等名 日本農業気象学会2020年大阪大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koichi NOMURA, Takahiro KANEKO, Akihiro TAKADA, Yukio OZAKI, Takashi OKAYASU, Daisuke YASUTAKE, Masaharu KITANO
2. 発表標題 Nighttime respiration in a spinach canopy is proportional to daytime photosynthesis
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2020, Osaka, Japan
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kensuke Kimura, Daisuke Yasutake, Masaharu Kitano
2. 発表標題 Spatiotemporal distribution of photosynthesis: Evaluation in a strawberry greenhouse under CO2 enrichment
3. 学会等名 13th International Conference on Agriculture & Horticulture (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 木村建介, 北野雅治
2. 発表標題 凍霜害対策の高度化に向けて
3. 学会等名 日本農業気象学会2019年全国大会公開シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 木村建介, 鯉川康太, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 イチゴ温室における光強度, 光合成速度, 果実収量の時空間変動
3. 学会等名 日本農業気象学会2019年全国大会
4. 発表年 2018年~2019年

1. 発表者名 Koichi Nomura, Akihiro Takada, Hirosato Kunishige, Takashi Okayasu, Yukio Ozaki, Masaharu Kitano and Daisuke Yasutake
2. 発表標題 Long-term and continuous measurement of photosynthesis and growth of leafy-vegetable canopy
3. 学会等名 The International Symposium on Agricultural Meteorology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年~2019年

1. 発表者名 花田健介, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 寒地・暖地における野菜の持続可能な周年栽培 に向けて - 浅層地中熱交換を利用した局所温度調節の検討 -
3. 学会等名 日本農業気象学会 九州支部・日本生物環境工学会九州支部2018年大会
4. 発表年 2018年~2019年

1. 発表者名 安武大輔, 米田彩美, Nur Iman Nudztahidin, 小野信太郎, 日高功太, 北野雅 治, 岡安崇史
2. 発表標題 弱光LED補光とCO2施用の組み合わせがイチゴの生理生態に及ぼす 影響
3. 学会等名 日本農業気象学会2019年全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鯉川康太, 木村建介, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 イチゴ連棟温室における光合成速度 の時空間分布
3. 学会等名 日本農業気象学会九州支部・日本生物環境工学会九州支部2018 年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安武大輔, Nur Iman Muztahidin, 日高功太, 米田彩美, 三好悠太, 北野雅治, 岡安崇史
2. 発表標題 弱光LED補光が温室イチゴの生理生態に及ぼす長期的影響の評価
3. 学会等名 日本生物環境工学会2018年東京大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 米田彩美, 安武大輔, 日高功太, Nur Iman Muztahidin, 三好悠太, 北野雅治, 岡安崇史
2. 発表標題 果実肥大最盛期のみの適時環境調節技術 - 温室イチゴ栽培における補 光およびCO2施用の長期的効果 -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2018年東京大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 日高功太, 安武大輔, 檀和弘, 北野雅治, 三好悠太, 岡安崇史
2. 発表標題 施設内光環境に 応じた適時CO2施用がイチゴの収量および燃費効率に及ぼす影響
3. 学会等名 施設内光環境に 応じた適時CO2施用がイチゴの収量および燃費効率に及ぼす影響
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Kitano M.
2. 発表標題 Internet of Plants: A perspective of crop production accessible to plant-environment transport phenomena.
3. 学会等名 The International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 Symposium “ Perspectives of photosynthesis and crop production ” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nomura K., Yamasaki Y., Takada A., Sago Y., Yasutake D., Kitano M.
2. 発表標題 Measurement and modelling of canopy photosynthesis for growth prediction of leaf vegetables.
3. 学会等名 The International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kimura K., Koikawa K., Yasutake D., Kitano M.
2. 発表標題 Spatiotemporal distribution of photosynthesis in a multi-span strawberry greenhouse: Multipoint application of a biochemical model for C3 photosynthesis.
3. 学会等名 The International Symposium on Agricultural Meteorology 2018, 13-17 March 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miyoshi Y., Hidaka K., Ishii S., Suzui N., Yin Y., Kurita K., Araki T., Yasutake D., Kitano M.
2. 発表標題 Dynamics of photosynthate translocation to strawberry fruits dramatically changes depending on the leaf position.
3. 学会等名 The International Symposium on Agricultural Meteorology 2018, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三好悠太, 日高功太, 石井里美, 鈴木伸郎, 尹永根, 栗田圭輔, 安武大輔, 北野雅治, 河地有木
2. 発表標題 RIイメージング技術による転流動態の可視化
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 日高功太, 三好悠太, 荒木卓哉, 安武大輔, 北野雅治, 岡安崇史
2. 発表標題 光合成産物の転流を意識した環境調節 - イチゴ栽培での事例 -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会,
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 北野雅治, 荒木卓哉, 和島孝浩, 日高功太, 江口壽彦, 安武大輔
2. 発表標題 転流動態と環境調節 - トマトを例として -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鯉川康太, 木村建介, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 葉面境界層コンダクタンスの多点連続測定によるイチゴ土耕連棟温室内の気流変動の評価
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会,
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三好悠太, 日高功太, 石井里美, 鈴木伸郎, 尹永根, 栗田圭輔, 安武大輔, 北野雅治, 河地有木
2. 発表標題 イチゴ果実への同化産物の転流に対する葉位の影響 - 1. RIイメージング解析による微分的評価 -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 日高功太, 三好悠太, 荒木卓哉, 安武大輔, 北野雅治, 檀和弘, 今村仁
2. 発表標題 イチゴ果実への同化産物の転流に対する葉位の影響 - 2. 13Cトレーサー法による積分的評価 -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村建介, 鯉川康太, 安武大輔, 北野雅治
2. 発表標題 作物生産場における葉面輸送現象の時空間変動: イチゴ土耕連棟温室における評価例
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 日高功太, 三好悠太, 荒木卓哉, 安武大輔, 北野雅治, 岡安崇史, 檀和弘, 今村仁
2. 発表標題 イチゴ果実への同化産物の転流に対する気温の影響
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永尾航洋, 三好悠太, 日高功太, 石井里美, 鈴木伸郎, 尹永根, 栗田圭輔, 安武大輔, 河地有木, 北野雅治
2. 発表標題 RIイメージングによる光合成産物の師管内移動速度の評価 - イチゴ果実へのアンローディングの動的モデル構築に向けて -
3. 学会等名 日本生物環境工学会2017年松山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三好悠太, 永尾航洋, 日高功太, 石井里美, 鈴木伸郎, 尹永根, 栗田圭輔, 安武大輔, 北野雅治, 河地有木
2. 発表標題 ボジトロンイメージング技術を用いたイチゴ果実への光合成産物転流動態の評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2017年度仙台大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	荒木 卓哉 (Araki Takuya) (10363326)	愛媛大学・農学研究科・教授 (16301)	
研究分担者	江口 壽彦 (Eguchi Toshihiko) (40213540)	九州大学・生物環境利用推進センター・准教授 (17102)	
研究分担者	日高 功太 (Hidaka Kota) (80547232)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・九州沖縄農業研究センター・主任研究員 (82111)	

