

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12247

研究課題名（和文）国産可食・燃料バイオマスによる地球温暖化対策に関する新たな知の創出

研究課題名（英文）Creation of new knowledge on global warming countermeasures using domestic edible fuel biomass

研究代表者

鈴木 高広（Suzuki, Takahiro）

近畿大学・生物理工学部・教授

研究者番号：60281747

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：根圏灌水多層栽培法により甘藷・メタンの生産性を年間200 MJ/m²（光合成効率4.0%）に高められることを実証した。これまでに報告された各種バイオマスの生産効率とCO₂吸収効率を比較すると、本研究で得られた甘藷の生産性は、木質バイオマスよりも単位面積あたり200倍量のCO₂を吸収できることが分かる。また、熱帯地域において報告されたサトウキビの最大生産性170 MJ/m²を上回る世界最高効率を達成し、甘藷の年間光合成効率をさらに高められることも明らかとなった。
以上の成果により、可食燃料作物として甘藷を超大量生産できることを実証し、地球温暖化対策に関する新たな知の創出に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各種再生可能エネルギーの普及にもかかわらず、大気中の二酸化炭素濃度は毎年上昇速度を加速しているのが現状である。したがって、従来の再生可能エネルギーでは二酸化炭素排出量を削減することが困難であることが示唆される。これに対し、本研究成果は、甘藷の生産効率を大幅に高めることで、地球温暖化対策のゲームチェンジャーとなる得る新たな知識と技術の創出に成功した。

研究成果の概要（英文）：Productivity of sweet potato and methane could be increased to 200 MJ/m² per year (photosynthetic efficiency: 4.0%) using the rhizosphere irrigation multi-layer cultivation method. Compared with the production efficiency of various biomass reported so far and the CO₂ absorption efficiency, the productivity of sweet potato obtained in this study can absorb 200 times more CO₂ per unit area than woody biomass. It was also found that the annual photosynthetic efficiency of sweet potatoes could be further enhanced by achieving the world's highest efficiency, exceeding the maximum productivity of sugarcane reported in the tropical region of 170 MJ/m². These results demonstrated that super mass production of sweet potatoes as edible fuel crops is possible, and succeeded in creating new knowledge on global warming countermeasures.

研究分野：地球温暖化対策

キーワード：再生可能エネルギー 二酸化炭素排出量 光合成効率 甘藷 メタン バイオマス 資源作物 超大量生産

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 石炭発電よりも CO₂ 排出量を増大した木質バイオマス発電

再生可能エネルギー導入量が増加しているにも関わらず、大気中の CO₂ 濃度の上昇速度は年々加速しており、平均気温も海水温も上昇ペースを速めている。その一因は、中国が 7 割のシェアを占める太陽電池を代表とする再生可能エネルギー産業の隆盛である。再エネ産業の利益が新興国の経済と産業を拡大し、化石燃料消費量を増大させていると考察される。

日本では、間伐材や廃材の利活用を目的に固定価格買取制度 (FIT) により木質バイオマス発電を普及したが、国産木質燃料が不足し、東南アジアなど海外の森林減少を加速している。その上、木質バイオマスは石炭よりも発電効率が低く、発電量あたりの CO₂ 排出量が 3 割から 5 割も増大する。ところが、「木質燃料を燃やして発生する CO₂ は、木が生長するときに吸収するためカーボンニュートラル資源であり、CO₂ 排出量はゼロとみなすことができる」という詭弁が定説化した。実際には、石炭から木質発電に代替しても森林の生長量は増加しないため、木質発電で石炭発電を代替することで、CO₂ 排出量を増大させているのである。

(2) 廃棄物バイオマスの錯誤

資源が乏しい日本は、間伐材や汚泥、食品廃棄物などの未利用バイオマスを再生可能資源として位置づけ、利活用を推進してきたが、未利用廃棄物バイオマスの年間発生量は、化石燃料需要の 1.2% 程度ときわめて少量である。廃棄物バイオマスを集めて運搬し、燃料へと加工する乾燥、粉碎、ガス化などのプロセスでも燃料を消費するため、化石燃料消費量を増加させてしまう場合もある。省エネ意識を高めるために有効な廃棄物の利活用は、化石燃料削減効果がほとんど見込めないにも関わらず、廃棄物で化石燃料を減らすことができるという錯誤が定説化し、資源作物の量産化と実用化を妨げている。

(3) 資源作物の錯誤

化石燃料を代替するためには、資源作物を積極的に大量生産することが必要である。ところが、資源作物は食料生産を妨げるため食料自給率が低下してしまうという誤った定説が資源作物の実用化を妨げ、FIT 制度のバイオマスからも除外されている。実際には、甘藷を資源作物として生産した方が、食料自給率もエネルギー自給率も大幅に高められるのである。

国民 1.25 億人の年間消費総カロリーは約 100 兆 kcal である。一方、エネルギーの総消費量は 4300 兆 kcal (18 兆 MJ), 食料の 43 倍である。その 9 割を占める石油石炭天然ガスの輸入費用は 30 兆円を超えるほど高騰し、今後も高価格で推移すると予測される。したがって、化石燃料を資源作物で代替すれば、35 兆円の農作物市場を開拓できると見込まれる。

青果用甘藷の出荷単価が 160 円/kg の場合、熱単価は約 25 円/MJ と概算され、出荷市場規模は約 2000 億円である。これに対し化石燃料 18 兆 MJ の輸入単価は 2 円/MJ 弱であり、甘藷をメタン・水素に変換しエネルギー効率を高めた場合を想定しても、単価を 5 円/MJ (33 円/kg) に下げることがある。価格を 2 割に下げれば、市場規模は 180 倍の 36 兆円に拡大し、生産農家の収入は劇的に増大する。甘藷を輸入穀物よりも安価に大量生産すれば、カロリーベースの食料自給率も、飼料自給率も、エネルギー自給率も、劇的に高まるのである。

巨大草本類や飼料作物など、非可食作物が一般に資源作物として考えられているが、甘藷は、光合成効率も農地生産性も非可食作物を圧倒的に上回る。その上、甘藷は塊根も茎葉も食べられるため、嫌気発酵法により容易にメタンに変換できる。メタンを、燃料電池エネファームの水素燃料として供給し熱電利用することで、総合エネルギー効率を 90% に高めることができる。対照的に、巨大草本や飼料作物の硬い茎葉は難分解性のためメタン変換率が低い。このため主に乾燥して火力発電用燃料として用いられるが、発電効率は 30% 以下にとどまる。つま

り、難分解性の作物を低い光合成効率で生産し、低いエネルギー効率で利用するための研究が、資源作物と食料自給率に関する錯誤によってこれまで推進されてきたのである。

このように従来のバイオマス資源の考え方では CO₂ 排出量削減が不可能であるどころか、石炭よりも増大させることになった現状を明らかにすると共に、甘藷を大量生産する方法を開発することで、食料自給率もエネルギー自給率も CO₂ 削減率も飛躍的に高め、地球温暖化対策におけるゲームチェンジャーとなり得ることを証明するために、本研究を提案した。

2．研究の目的

本研究は、可食燃料作物として甘藷に着目し、化石燃料を全量代替するために必要な大量の甘藷を国産する方法を開発することで、CO₂ 排出量を実質ゼロにするための新たな知と技術を創出することを目的とした。従来の「バイオマス＝廃棄物」の固定観念に基づく伝承的学問が、コストも経済性も年間発生量も無視した研究投資を繰り返した結果、「国産可食・燃料作物」の大量生産技術の発展を妨げ温暖化加速要因となったことを、甘藷の超大量生産技術の実現により実証し、近未来の人類の持続的発展のために不可欠となる革新的「バイオマス＝食・燃料」の学問と教育の必要性を学術的に証明することを目的とした。

3．研究の方法

甘藷は、通常農法でも単位面積あたりカロリー生産性が米や麦の2倍あるにもかかわらず、光飽和点が比較的低い。そこで、日射光を分散利用し生産効率（光合成効率）を飛躍的に高めることが可能であると見込み、以下の課題に取り組んだ。

(1) 日射光分散効果と紫外線・赤外線の影響の調査

甘藷の優れた光合成能力を活用する多層栽培法において、上層、中層、下層の異なる日射強度に対する甘藷の生育挙動を下記の ~ の方法を用いて詳しく調査し、生産性を高めるための最適操作条件を解析した。

採光率と光合成効率の解析：三層栽培棚における採光率と甘藷の生産効率を解析。

日射ストレスの影響：紫外線（UV）と赤外線（IR）の遮光フィルムをそれぞれ設置した場合と、日焼け止め化粧品を葉に塗布した場合の甘藷の生育と収量を調査。

日射分散方法の検討：多層栽培棚上部に日射光反射板を設置し、下層の採光率を高めた場合の甘藷の生育と収量を調査。

(2) CO₂ 濃度分布の解析と CO₂ 施肥効果

三層栽培棚の各層の CO₂ 濃度を測定し、CO₂ 補給による生育促進効果を調査した。日本下水事業団、株式会社ウォーターエージェンシーとの共同研究により、磐南浄化センター（静岡県磐田市）において、下水処理プロセスのばっ気処理槽から排出される高濃度の CO₂ を、甘藷の栽培区域に供給し、甘藷の生育に対する効果を調べた。

(3) 省エネ越冬栽培技術

12月から3月まで三層栽培棚をビニルフードで覆い、冬季も水温が15℃以上に保たれる下水処理水を根圏灌漑し越冬栽培する方法を検討した。小型ハウス内の温度変化を測定し、甘藷の年間収量と光合成効率を高める方法を検討した。

(4) イモメタンガス発酵の連続操作

収穫した甘藷の塊根や茎葉を下水処理の余剰汚泥と混合し、嫌気消化法によりメタン変換効率を高める条件を調査した。

4．研究成果

(1) 日射光分散効果と紫外線・赤外線の影響の調査

甘藷の生産性を高めるため、太陽光の採光率と光合成効率について解析した。三連三層栽培システムを用いて甘藷二品種（水軒金時、ペにはるか）を栽培した。その結果、上層の葉はポリフェノール含量を高めると共に、葉の光反射率を高めることで光の吸収率を低下し、強い日射とUVによる光酸化作用を低減していることが示唆された。対照的に、下層は少ない光を効率的に利用するために、光の吸収率を高めた葉の面積を拡大することが明らかとなった。

これらの結果は、強い日射 UV が茎葉の増殖を抑制すると共に、UV 防御剤であるポリフェノールや色素が葉に蓄積すると、可視光の吸収も妨げられるため光合成効率が低下することを示唆する。したがって、生育期に UV を遮光すればポリフェノールの蓄積を抑えた茎葉が増殖し、芋を増産できると見込まれる。

そこで、UVと赤外線（IR）の影響を調査するため、各遮光フィルムを用いて遮光栽培を行った。また、市販の日焼け止め化粧品三種（A, B, C）を葉に塗布し、UV緩和効果を調べた。その結果、UVを緩和すると茎葉が繁茂したが、塊根の肥大化が抑制され、強いUVが塊根の肥大化を促進するストレス因子であると考察された。また、葉のサーモグラフィ観察と気温計測により夏季の生育環境を調査したところ、IRを遮光した栽培区は、開放区と比べ土壌や葉の温度上昇が抑制されバイオマス収量が高まることを見出した。以上の結果、強いUVは葉の増殖を抑制するが、塊根の肥大化を促進しバイオマス収量を高める要因であることが分かった。また、夏季の強い日射により土壌や葉が過熱状態になると生育が抑制されるため、IR遮光により土壌や葉の温度を2~3℃低下することでバイオマス収量が高まること明らかとなった。

一方、三層栽培棚の最上層の強い日射光の一部を反射板で下層へ転送照射したところ、照射区はバイオマス収量が増加したが、採光量が低下した上層は収量が低下した。また、反射板の影が隣接棚の生育を抑制するため、三層全体のバイオマス収量は低下することが分かった。

これらの結果から、季節ごとに茎葉に対する日射UVとIRの影響を、遮光フィルムを用いて最適制御することで、甘藷バイオマスをさらに増産できる可能性を見出した。

(2) CO₂濃度分布の解析とCO₂施肥効果

自然換気される上層は開放区と同様にCO₂濃度が高く維持されているが、下層になるほど昼間のCO₂濃度が大幅に低下していることが分かった。中下層は、光合成が活発に行われているが、換気効果が低いため、CO₂濃度が不足していることを示唆する。

また、夜間のCO₂濃度も上層は高く、中層と下層は抑えられていることが分かった。これらの結果も、中下層はCO₂濃度が不足していることを示唆する。そこで、下水処理施設において、ばっ気槽から排出される高濃度のCO₂を栽培区に導入した結果、バイオマスの収量が増加することが分かった。しかし、高濃度CO₂導入により栽培区の気温が40℃前後に上昇する場合があります。高温による生育抑制が発生した。また、茎葉が過剰に増殖し、塊根の比率が低いことが分かった。塊根の比率を高める条件を見出すことで、さらに増産できることが分かる。

(3) 省エネ越冬栽培技術

三層栽培棚にビニルフードを被覆し、12月から1月の内部の温度を測定した結果、外気温に比べビニルフード内は2~5℃高く維持されており、下水処理水とビニルフードの保温効果により冬季も枯れることなく越冬栽培に成功した。その結果、上層では1鉢あたり塊根の収量が1.2kgに達し、年間を通し甘藷を生産できることが明らかとなった。

(4) イモメタンガス発酵の連続操作

芋と茎葉の各乾燥粉を用いて、汚泥に対する投入量を変えてメタン発生速度を比較した。芋と汚泥の混合基質によるメタン生成効率を評価するために、メタン生産速度と投入固形

分に対するメタン収率を解析した。その結果、甘藷を下水汚泥と混合消化することで、芋と茎葉の全熱量をメタンに変換することが可能であることが明らかとなった。

(5) 総括

根圏灌水多層栽培法を用いて甘藷を大量生産し、全熱量をメタンに変換することで、エネルギー生産性を年間200 MJ/m²（光合成効率4.0%）に高められることを実証することに成功した。表1は、これまでに報告された各種バイオマスの生産効率と、CO₂吸収効率を示す。本研究で得られた甘藷の生産性は、木質バイオマスよりも単位面積あたり200倍量のCO₂を吸収できることが分かる。また、熱帯地域において報告されたサトウキビの最大生産性170 MJ/m²を上回る世界最高効率を達成し、甘藷の年間光合成効率をさらに高められることも明らかとなった。

以上の成果により、可食燃料作物として甘藷を超大量生産できることを実証し、地球温暖化対策に関する新たな知の創出に成功した。

表 1 各種バイオマスの生産性、CO₂吸収効率の比較

| バイオマス 種類 | 生産地 | Ref. | 光合成 効率 MJ/MJ | 熱量 生産性(A) MJ m ⁻² y ⁻¹ | 推奨用途 | エネルギー 利用率(B) MJ/MJ | 総合効率 A×B MJ m ⁻² y ⁻¹ | CO ₂ 吸収 効率 kg m ⁻² y ⁻¹ |
|------------------|------|------|--------------------|--|--------|--------------------------|---|--|
| サツマイモ | 日本 | 1) | 3.8% | 223 | メタン・水素 | 90% | 200 | 16.8 |
| 木質バイオマス | 日本 | 2) | 0.06% | 3 | 火力発電 | 30% | 1 | 0.08 |
| ユーカリ | ブラジル | 3) | 1.2% | 100 | 火力発電 | 30% | 30 | 2.5 |
| サトウキビ | ブラジル | 4) | 2.0% | 170 | メタン・水素 | 70%* | 119 | 10.0 |
| ミスカンサス (巨大草本) | アメリカ | 5) | 1.5%* | 75 | メタン・水素 | 60%* | 45 | 3.8 |
| エリアンサス (巨大草本) | 日本 | 6) | 1.3% | 66 | メタン・水素 | 60%* | 40 | 3.3 |
| ネピアグラス (巨大草本) | タイ | 7) | 1.5% | 99 | メタン・水素 | 60%* | 59 | 5.0 |

- 1) T. Suzuki, M. Sakamoto, H. Kubo, Y. Miyabe, D. Hiroshima, Effects of sewage treatment water supply on leaf development and yield of tuberous roots in multilayered sweet potato cultivation, *Horticultrae* 9(3) 309-309 2023 <https://doi.org/10.3390/horticultrae9030309>
- 2) 森林統計（農水省）に基づき試算
- 3) F. Schwerz, D.D. Neto, B.O.Caron, C. Nardini, J. Sgarbossa, E. Eloy, A. Behling, E.F. Elli, K. Reichardt, Biomass and potential energy yield of perennial woody energy crops under reduced planting spacing. *Renew. Energy* **2020**, *153*, 1238–1250. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.074>.
- 4) A. J. Waclawovsky, P.M. Sato, C.G. Lembke, P.H. Moore, G.M. Souza, Sugarcane for bioenergy production: An assessment of yield and regulation of sucrose content. *Plant Biotechnol. J.* 2010, *8*, 263–276. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00491.x>.
- 5) I. Lewandowski, J.M.O. Scurlock, E. Lindvall, M. Christou, The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass Bioene.*, 2003, *25*, 335–361. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00030-8](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00030-8).
- 6) H. Matsunami, M. Kobayashi, S. Ando, Y. Terashima, S. Tsuruta, H.Sato, Effect of planting density and fertilizer application level on dry matter yield of *Erianthus arundinaceus* (L.). *Jpn. J. Grassl. Sci.* 2016, *61*, 224–233. <https://doi.org/10.14941/grass.61.224>.
- 7) N. Waramit, J. Chaugool, Napier grass: a novel energy crop development and the current status in Thailand. *J. Int. Soc. Asian. Agri. Sci.* 2014, *20*, 139–150.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Suzuki Takahiro, Sakamoto Masaru, Kubo Hiroshi, Miyabe Yui, Hiroshima Daisuke | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Effects of Sewage Treatment Water Supply on Leaf Development and Yield of Tuberous Roots in Multilayered Sweet Potato Cultivation | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Horticulturae | 6. 最初と最後の頁 309 ~ 309 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/horticulturae9030309 | 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 Suzuki Takahiro, Sakamoto Masaru, Kubo Hiroshi, Miyabe Yui, Hiroshima Daisuke | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Effects of Solar Radiation on Leaf Development and Yield of Tuberous Roots in Multilayered Sweet Potato Cultivation | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Plants | 6. 最初と最後の頁 287 ~ 287 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants12020287 | 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 鈴木高広, 道幸和音, 小林秀太郎, 英 拓未, 坂本 勝, 久保裕志, 宮部由彩, 廣島大祐 | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 下水に含まれる肥料資源と廃熱・排出CO2を供給し甘藷の光合成効率を高めメタン・水素生産に利用する資源循環システム | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本太陽エネルギー学会講演論文集(2022) | 6. 最初と最後の頁 107 ~ 110 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 若山泰介, 廣島大祐 | 4. 巻 31 |
| 2. 論文標題 木質バイオマスの 200 倍の効率で CO2を削減するサツマイモ・メタンの大量生産による持続可能な燃料供給システムの開発 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 第31回日本エネルギー学会大会講演要旨集 | 6. 最初と最後の頁 84 ~ 85 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広 | 4. 巻 65 (1) |
| 2. 論文標題 脱炭素・水素社会の基幹バイオ燃料開発の技術動向と経済性の展望; 特集 2050年カーボンニュートラル : 実現に向けての革新技術 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 化学装置 | 6. 最初と最後の頁 73~79 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広 | 4. 巻 64 (10) |
| 2. 論文標題 地球環境とバイオリクター : 基礎から応用まで 第57回 脱炭素・水素社会の基幹バイオ燃料開発の動向 (5) 耕作放棄地40万haでロシア産LNG輸入量の2倍超のイモ・メタン生産を実現する周年多層栽培技術 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 化学装置 | 6. 最初と最後の頁 5~10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広 | 4. 巻 64 (5) |
| 2. 論文標題 地球環境とバイオリクター : 基礎から応用まで 第56回 脱炭素・水素社会の基幹バイオ燃料開発の動向 (4)木質バイオマスの200倍のCO2削減効果をもたらす甘藷の葉のポリフェノール含量と光合成効率に対する紫外線の影響 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 化学装置 | 6. 最初と最後の頁 75~79 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広 | 4. 巻 64(2) |
| 2. 論文標題 地球環境とバイオリクター~基礎から応用まで 第55回 脱炭素・水素社会の基幹バイオ燃料開発の動向 (3)木質バイオマスの200倍のCO2削減効果をもたらす芋・メタン燃料 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 化学装置 | 6. 最初と最後の頁 59-64 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 サツマイモの半水耕多層栽培における下水施肥および採光条件の影響 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本太陽エネルギー学会講演論文集(2021) | 6. 最初と最後の頁 205-208 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 サツマイモと下水汚泥を用いた嫌気消化反応におけるメタン生成効率の解析 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本太陽エネルギー学会講演論文集(2021) | 6. 最初と最後の頁 209-212 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広 | 4. 巻 63(10) |
| 2. 論文標題 地球環境とバイオリクター~基礎から応用まで 第54回 脱炭素・水素社会の基幹バイオ燃料開発の動向 (2) 下水道ネットワークを活用するサツマイモの超大量生産 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 化学装置 | 6. 最初と最後の頁 107-111 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広 | 4. 巻 63(9) |
| 2. 論文標題 地球環境とバイオリクター~基礎から応用まで 第53回 脱炭素・水素社会の基幹バイオ燃料開発の動向 (1) 藻油も木質バイオマスも石油石炭天然ガスもカーボンニュートラル? | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 化学装置 | 6. 最初と最後の頁 2-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広, 坂本勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 下水汚泥消化のサツマイモ添加によるエネルギー回収の効率化に関する基礎調査 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 第58回下水道研究発表会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 110-112 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広, 坂本勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 下水及び処理水を利用した甘藷の多層栽培法についての調査 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 第58回下水道研究発表会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 113-115 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 鈴木章弘, 廣島大祐 | 4. 巻 2020 |
| 2. 論文標題 サツマイモの下水施肥多層栽培における太陽光分散利用効率と冬季保温効果 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 日本太陽エネルギー学会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 301-304 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| 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 - |

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本 勝, 久保裕志, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 下水汚泥と甘藷の混合嫌気性消化がメタン収率および汚泥消化率に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第60回下水道研究発表会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 道幸和音, 小林秀太郎, 英 拓未, 坂本 勝, 久保裕志, 宮部由彩, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 下水に含まれる肥料資源と廃熱・排出CO2を供給し甘藷の光合成効率を高めメタン・水素生産に利用する資源循環システム |
| 3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会2022年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 若山泰介, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 木質バイオマスの200 倍のCO2 削減効果をもたらす甘藷・メタンの持続的大量生産システムの開発 |
| 3. 学会等名 第74回日本生物工学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 若山泰介, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 木質バイオマスの 200 倍の効率で CO2を削減するサツマイモ・メタンの大量生産による持続可能な燃料供給システムの開発 |
| 3. 学会等名 第31回日本エネルギー学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 サツマイモの半水耕多層栽培における下水施肥および採光条件の影響 |
| 3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会2021年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 サツマイモと下水汚泥を用いた嫌気消化反応におけるメタン生成効率の解析 |
| 3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会2021年度研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 下水汚泥消化のサツマイモ添加によるエネルギー回収の効率化に関する基礎調査 |
| 3. 学会等名 第58回下水道研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 下水及び処理水を利用した甘藷の多層栽培法についての調査 |
| 3. 学会等名 第58回下水道研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木高広, 坂本 勝, 川上高男, 久保裕志, 宮部由彩, 横田祐介, 鈴木章弘, 廣島大祐 |
| 2. 発表標題 サツマイモの下水施肥多層栽培における太陽光分散利用効率と冬季保温効果 |
| 3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

| | | |
|---------------------------------|--|---------------|
| 産業財産権の名称 栽培システム、栽培方法 | 発明者 鈴木高広，坂本勝， 久保裕志，浅川隆， 茂木志生乃 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-023753 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|