

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06379

研究課題名（和文）第二の緑の革命をめざす環境保全型超多収イネの作出

研究課題名（英文）Production of Super High-yielding Rice Plants for Environmental Conservation as the Green Evolution II

研究代表者

牧野 周 (Makino, Amane)

東北大学・農学研究科・教授

研究者番号：70181617

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 108,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、光合成炭酸固定酵素であるRubiscoの量的変化による光合成（ソース）機能の改善ならびに可食部（シンク）の拡大に基づく戦略で、窒素の利用効率が画期的に高い超多収イネの創出を目指した研究を展開した。具体的には、ソース能強化として、Rubisco過剰生産イネを中心に多重組換え体を作製、同時にシンク拡大として、大粒多収イネ秋田63号由来の大粒遺伝子を導入した準同質遺伝子系統を作出、両変イネの多収性をほ場レベルで、窒素利用効率を評価軸に検証した。前者では15-28%、後者では平均20%の増収を記録した。さらに、ソース・シンク共に拡大した交配種を作出した（第一種使用規程承認申請済）。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光合成能力の改善が、実際の農作物の増産につながるかどうかについては懐疑的な見方があり、今日もその議論は続いている。本研究の成果は、この懐疑的な見方に終止符を打つべく、世界の主要穀物であるイネにおいて、Rubisco増強による増収を実証した。さらに可食部シンク拡大による増収効果も実証し、これらの成果は、窒素利用効率を向上させる革新的な超多収米の創出に確実につながり、持続可能な食糧増産への道筋を示したものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we produced a high-yielding rice with higher N-use efficiency by improving the photosynthetic capacity by overproduction of Rubisco which is the photosynthetic CO₂ fixation enzyme, as well as by increasing the sink capacity. As a source capacity enhancement, multiple transgenic rice lines were produced from Rubisco-overproduced rice. At the same time, as a sink enlargement, near isogenic rice lines were produced by introducing a large grain gene from large-grain high-yielding rice, Akita 63. The grain yields of both modified rice lines were examined in an experimental rice field. The yield was increased by up to 28% in the former and up to 20% in the latter. Finally, a hybrid lines with both source and sink improvements were produced (Approval of Type 1 Use Regulations Concerning Living Modified Organisms under application).

研究分野：農芸化学、植物栄養学・土壌学

キーワード：イネ 光合成 多収 バイオマス 窒素 Rubisco

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

イネは世界で最も重要な穀類作物で、人類は食糧の約 25%を依存している。1960 年代人類は緑の革命と呼ばれた短稈育種によって、飛躍的な増収に成功した。短稈育種の成功は、多量の窒素施肥に依存した光合成 (ソース) 能強化と可食部 (シンク) 拡大であった。多量の窒素施肥は、葉の窒素含量の増加によって光合成を増大にさせ、同時にシンク面では、穂数や粒数を増加させた。このように作物増産のためには窒素肥料は必須となる。しかし、地球環境への負荷および生態系への影響を考慮すると、多量の窒素施肥のみに依存する作物増産はもはや限界である。

そこで、本課題では、イネのポテンシャルのソースとシンク機能をともに強化させる戦略で、窒素の利用効率の高い環境保全型の超多収イネの創出をめざすこととした。

2. 研究の目的

ソースとシンク機能をともに強化させる戦略で超多収イネの創出をめざす。ソース能強化として、光合成炭酸固定酵素 Rubisco を過剰生産させたイネを中心に、多重組換え体イネも作製し、同時にシンク拡大として、秋田 63 号由来の大粒遺伝子を導入した準同質遺伝子系統を育成する。それらイネに加え、ソースとシンク機能をともに強化した優良交配種も作製し、開放系組換え隔離ほ場試験に供し、収量やバイオマス生産調査等の実証試験を行う。

3. 研究の方法

本研究課題では、当初の研究計画調書に記載した 7 つの課題を 4 つの項目に分けて進めた (各課題の番号は研究計画調書に合わせている)。(1) Rubisco 量を過剰生産した組換えイネを中心に光合成機能改善を目指した研究 (課題 1 - 3 および 5)。(2) シンク能強化イネの作出 (課題 4)。(3) ソース・シンクの拡大イネの作出 (課題 6)。そして、(4) それらの改変イネについて、開放系隔離ほ場での実証試験 (課題 7) である。

(1) 光合成 (ソース) 機能の改善を目指す研究

・課題 1: 電子伝達系増強イネの作製とその評価 (牧野が担当): 本課題開始以前に、サイクリック電子伝達系に関する NAD(P)H-dehydrogenase (NDH) 複合体と PGR5 変異体では、光化学系 I (PSI) の脆弱性が認められていた。ここでは、新たにヒメツリガネゴケ由来のフラボタンパク質 FLV をそれらの変異体と野生種イネに導入した二重変異体作製を試み、非破壊着葉レベルで光合成評価を行い、電子伝達系の強化の検討を行った (Wada et al. 2018b)。

・課題 2: Rubisco activase (RCA) 増強イネの作製とその評価 (牧野が担当): RCA の自己プロモーターと RBCS プロモーターによって発現が制御される RCA の過剰発現体と抑制体イネを作製し、Rubisco の活性化状態の向上を確認、優良系統を選抜した (Suganami et al. 2018, 2019)。

・課題 3: カルビン回路酵素増強イネの作製とその評価 (鈴木が担当): カルビン回路の鍵酵素 TK (transketolase)、SBPase (sedoheptulose-1,7-bisphosphatase)、および GAPDH (glyceraldehyde-3-phosphate DH) の増強を試みた。作製した組換え体については、非破壊着葉レベルで光合成評価を行った (Suzuki et al. 2018, 2019, 2021a & 2021b)。

・課題 5: 課題 1—3 で選抜した優良系統と Rubisco 量を過剰生産組換えイネの交配種作製とその光合成機能の改善評価 (牧野と鈴木が共同担当): 選抜系統と Rubisco 過剰生産イネを交配して二重組換え体を作製、期待される光合成の改善を計れるかどうかの光合成評価を行った。

(2) 可食部 (シンク) 拡大イネの作出

・課題 4: 秋田 63 号由来の大粒遺伝子を導入した準同質遺伝子系統の作出と収量試験 (小原と牧野が担当): 秋田 63 号の大粒を決定要因である遺伝子解析を進め、主な遺伝子を同定した (Makino et al. 2020)。DNA マーカーも開発し、「能登ひかり」をバックにその大粒形質遺伝子を導入した準同質遺伝子系統 (BC₃F₄) の作出をした。その系統に関して、収量試験を行った。

(3) ソース・シンクの拡大イネの作出

・課題 6: ソース能拡大イネとシンク能拡大の準同質遺伝子系統との交配種の作出 (牧野が担当): Rubisco 増強イネに課題 4 で作出したシンク拡大遺伝子を有する準同質遺伝子系統に交配し、ソース・シンクを共に拡大した選抜系統を作出した。

(4) 遺伝子組換え作物開放系隔離ほ場での実証試験

・課題 7: 優良選抜系統イネの遺伝子組換え隔離ほ場試験 (牧野が担当): Rubisco 過剰生産イネと Rubisco 生産抑制イネに関して、文部科学大臣・環境大臣による第一種使用規程の承認を取得し、上記の開放系組換え作物隔離ほ場にて、4 年にわたり圃場レベルでのバイオマス生産量と収量調査を行った (Yoon et al. 2020)。合わせて、2019 年と 2020 年の 2 年間は大粒の準同質遺伝子系統イネのバイオマス生産と収量解析の実証試験も並行して行った。課題 6 で作出したソース・シンク拡大した選抜系統の文部科学省が定める生物多様性評価試験を終え、第 1 種使用規程承認の申請を行った。

4. 研究成果

(1) Rubisco 量を過剰生産した組換えイネを中心に光合成機能改善を目指した研究

・課題1：電子伝達系増強イネの作製とその評価

光合成電子伝達系の律速要因であるチトクローム *b6f* 複合体の核コードタンパク質リスケタンパク質の増強（約20倍）に成功したが、複合体タンパク質全体の増強には結びつかず、光合成機能改善は認められなかった。そこで、光化学系I (PSI) の下流で電子の受け手となるヒメツリガネゴケ由来 FLV タンパク質のイネへの導入を試みた。この FLV タンパク質は酸素を電子受容体に水まで4電子還元する反応を触媒するタンパク質で、高等植物（被子植物）には存在しない。ヒメツリガネゴケ FLV タンパク質をイネ葉緑体で発現させたところ、炭酸固定など他の光合成機能を一切損なうことなく、光ストレスに対する電子伝達経路の機能が強化に結び付くことがわかった。また、FLV はサイクリック電子伝達欠損イネの機能も完全に相補することもわかり、PSI の頑健性に大きく貢献することがわかった (Wada et al. 2018b)。

・課題2：Rubisco activase (RCA) 増強イネの作製とその評価

RCA の過剰生産体イネ（約2倍）と抑制体イネ（0.3倍）を作製し、非破壊着葉レベルで光合成評価を行った。RCA 抑制体では光合成速度の低下が認められたが、RCA 過剰生産体イネでは Rubisco の活性化促進の効果はみられたものの光合成速度の向上は認められなかった。一方、問題視されていた RCA の量的な増減が Rubisco 量に与える影響は限定的であった (Suganami et al. 2018 & 2019) が、RCA の過剰生産は PSI の脆弱性を引き起こす副作用があった。しかし、これは課題1の FLV を導入することで想定通り解消された。

・課題3：カルビン回路酵素増強イネの作製とその評価

カルビン回路の鍵酵素とされる TK、SBPase および GAPDH の増強を試みた。それぞれ自己プロモーターで発現誘導をかけ、それぞれ1.4—2.0倍過剰生産したイネが作製された。TK と SBPase の増強では光合成速度の向上は認められなかった (Suzuki et al. 2018 & 2019) もの、GAPDH 増強では高 CO₂ 濃度条件下での優良品性が確認された (Suzuki et al. 2021a)。

・課題5：課題1-3で選抜した優良系統と Rubisco 量を増減組換えイネの交配種作製とその評価

閉鎖系グローブチャンバーを用いた実験で、Rubisco 過剰生産イネは低 CO₂ 濃度環境条件下ではバイオマス生産が改善されることを明らかにしている (Sudo et al. 2014)。また、他方、RBCS 分子種別に RNAi 法で Rubisco 量を部分的に減少（20-25%）させたイネでは高 CO₂ 濃度環境限定で有利な形質を発揮していることを明らかにした (Kanno et al. 2017)。しかしながら、Rubisco 抑制生産イネでは、低い CO₂ 濃度で光呼吸が抑制されるため相対的に光ストレスに感受性が高まるマイナス点も認められた (Wada et al. 2018a)。

そこで、課題1で FLV を導入し電子伝達機能を強化した選抜系統、課題2で RCA を増強した選抜系統、および課題3において、TK、SBPase および GAPDH をそれぞれ増強した選抜系統を Rubisco 過剰生産イネに交配し、統合的にソース能強化する二重、三重組換え体の作製を試みた。結果は以下のとおりである。

FLV 導入-Rubisco 生産抑制二重組換えイネに関しては、FLV によって PSI の頑健性が強化されるため、光呼吸抑制による光ストレス感受性が高まるマイナス点は解消されることがわかった (Suganami et al. submitted)。

RCA 増強-Rubisco 過剰生産二重組換え体の作出に成功。Rubisco 過剰生産による Rubisco の生体内で生じる部分的な不活性化は完全に解消され、図1に示したように、イネの光合成至適温度（36°C）では15%ほど光合成速度を改善させる効果があった (Suganami et al. 2021)。しかしながら、RCA 増強による PSI の脆弱化は認められた。この問題に関しては、FLV 導入-RCA 増強-Rubisco 過剰生産三重組換えイネの作出に成功し、FLV 導入により完全回復が確認された。

TK 増強-Rubisco 過剰生産二重組換えイネ、および SBPase 増強-Rubisco 過剰生産二重組換えイネではいずれも Rubisco 過剰生産イネを超える光合成機能の優位性は認められなかった (Suzuki et al. 2018 & 2019)。GAPDH 増強イネでは高 CO₂ 濃度条件下での優良品性が認められたもの (Suzuki et al. 2021a)、Rubisco 過剰生産イネとの二重組換えイネでは明確な光合成速度の改善は確認できなかった (Suzuki et al. 2021b)。

(2) 可食部 (シンク) 拡大イネの作出

秋田63号の大粒を決定している主要な遺伝的要因である大粒性 QTL に着目した。この QTL は、初の大粒性を支配する既報の GS3 遺伝子と同一であった。秋田63号の GS3 遺伝子配列を決定したとこ

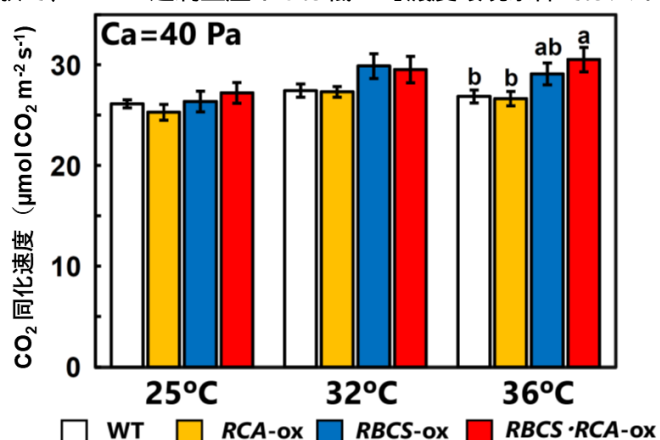


図1. 形質転換体イネの光合成速度 (Suganami et al. 2021)。WT: 親品種イネ、RCA-ox: RCA過剰生産イネ、RBCS-ox: Rubisco過剰生産イネ、RBCS·RCA-ox: RubiscoとRCAを共に過剰生産させた二重組換えイネ。光合成は光強度1500 μmol m⁻² s⁻¹、CO₂分圧40 Pa (=400 ppm)、葉温は25-36°Cで測定した。

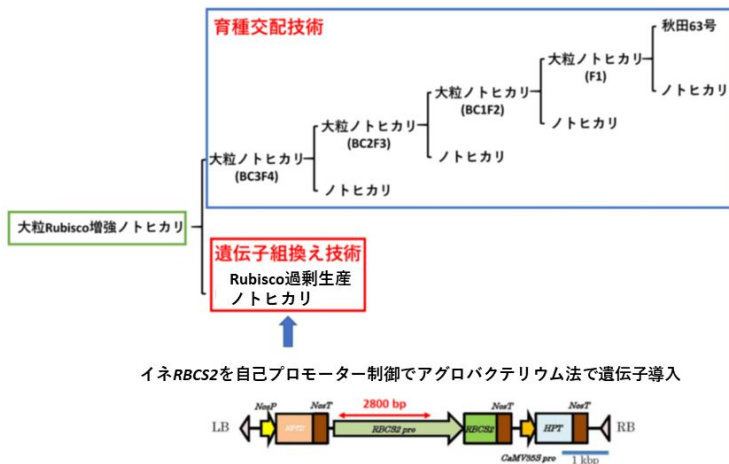


図2. 「大粒能登ひかり(ノトヒカリ)」準同質遺伝子系統、NotohikariNIL-GS3-Akita63 (BC₃F₄世代)を母胎とし、Rubisco過剰生産イネと交配を行い、大粒Rubisco増強ノトヒカリ作出。

マーカ―などを用いた全ゲノム分析と連続戻し交配から、コシヒカリ *GS3* を持つ秋田 63 号準同質遺伝子系統イネ、Akita63NIL-GS3-Koshihikari (BC₃F₂ 世代) をし、秋田 63 号を対照にほ場栽培試験を行った。その結果、粒重の小さいことが収量を低下させている原因であることが示され、精玄米収量にして、秋田 63 号が $743 \pm 45 \text{ g m}^{-2}$ (=kg/10a) であるのに対し NIL は $630 \pm 103 \text{ g m}^{-2}$ (=kg/10a)、と 18% の減収であった (Obara et al. 準備中)。次に、Rubisco 過剰生産イネの親品種である「能登ひかり」に大粒効果が実証された秋田 63 号 *GS3* (以下 *gs3* と表記) を導入するため、秋田 63 号と能登ひかりの間においては、151 個の SNP マーカ―などを用いた全ゲノム分析と連続戻し交配により、*GS3* 近傍のみが秋田 63 号の染色体をもち、それ以外の領域が能登ひかりの染色体をもつ準同質遺伝子系統、NotohikariNIL-GS3-Akita63 (BC₃F₄ 世代)「大粒能登ひかり」を育成した(図2、Yoon et al. 準備中)。選抜 NIL 系統(大粒能登ひかり)を隔離ほ場を含む 3 か所の実験ほ場で収量試験を行った(課題 7)。

(3) ソース・シンクの拡大イネの作出

「大粒能登ひかり」準同質遺伝子系統 NotohikariNIL-GS3-Akita63 (BC₃F₄ 世代) を母胎とし、Rubisco 過剰生産イネと交配を行った(図2)。Rubisco 過剰生産イネに導入されている外来 *RBCS2* 遺伝子と *gs3* 遺伝子が導入された系統を定量的 PCR 法と DNA マーカ―による PCR 法によって選抜し、F₂ 世代より、両遺伝子がホモに配位した個体を選抜した。得られた Rubisco を過剰生産した大粒イネ系統 (Rubisco 過剰生産 × *gs3* イネ) に関して、文部科学省が定める生物多様性評価試験を行った。競合優位性、有害物質生産、交雑性などにかかわる 7 項目における評価試験の結果、基準となる安全性が確認されたので、第 1 種使用規程申請を行った。

(4) 遺伝子組換え作物開放系隔離ほ場での実証試験

Rubisco 過剰生産イネに関して、4 年間にわたって開放系隔離ほ場にて収量試験を行った。2016 年の窒素施肥は単一、2017 年と 2019 年においては、窒素無施肥区、標準窒素および高窒素施肥区と異なる 3 つの窒素処理栽培区を設けた。4 年間の繰り返し試験を通して Rubisco 過剰生産イネの玄米収量は、窒素施肥量が 10 gN m^{-2} (=kgN/10a) 以上の施肥区で、親品種「能登ひかり」に比較して 15-28% 増収となった(図3) (Yoon et al. 2020)。この増収は総バイオマス生産の増産も伴っていた。増収の要因は生殖成長期以降の窒素吸収量の増加効果によるところが大きい、その増収効果を窒素吸収量あたりで評価しても、Rubisco 過剰生産イネは 10 gN m^{-2} 以上では同じ窒素吸収量に対しても有意に増収となっていた(図4)、収量構成要素について解析したところ、全もみ数、粒重には差がなく、登熟歩合に差が見られた(図4)。一般にイネの登熟歩合は施肥量に応じて低下していくことが知られているが、Rubisco 過剰生産イネでは高窒素施肥下でも登熟歩合が高く維持されていた(図4)。このことは、Rubisco 過剰生産イネではとくに収穫後の光合成が高く維持されたことが推

る、自然変異に認められている糊を長く大きくする塩基置換と同一であった (Makino et al. 2020)。また、大粒性の効果はジャポニカイネに共通する *qSW5* 遺伝子との相乗効果が大きいことも報告されていて、その効果も確認された (Makino et al. 2020)。しかし、*GS3* の収量性への効果に関してはほ場レベルで詳細に解析された例がないので、秋田 63 号の遺伝的背景をもつコシヒカリ *GS3* の準同質遺伝子系統 (Akita63NIL-GS3-Koshihikari) の開発を行った。両品種間の多型があった 109 個の Single Nucleotide Polymorphism (SNP)

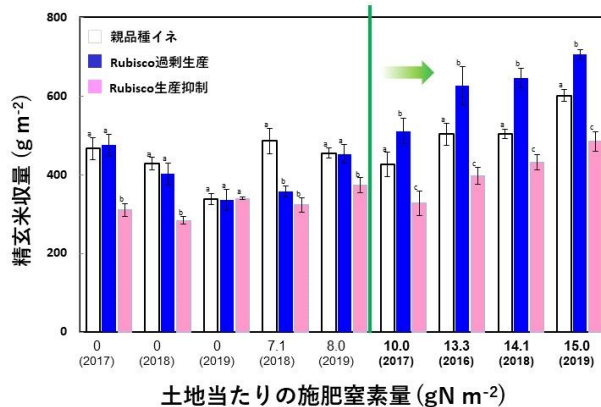


図3. 親品種イネ、Rubisco過剰生産イネおよびRubisco生産抑制イネの隔離ほ場栽培での精玄米収量 (Yoon et al. 2020)。10 g N m⁻² (=kg N/10a) 以上の窒素施肥区で、Rubisco過剰生産イネの収量が増加(図中、矢印より右側)。

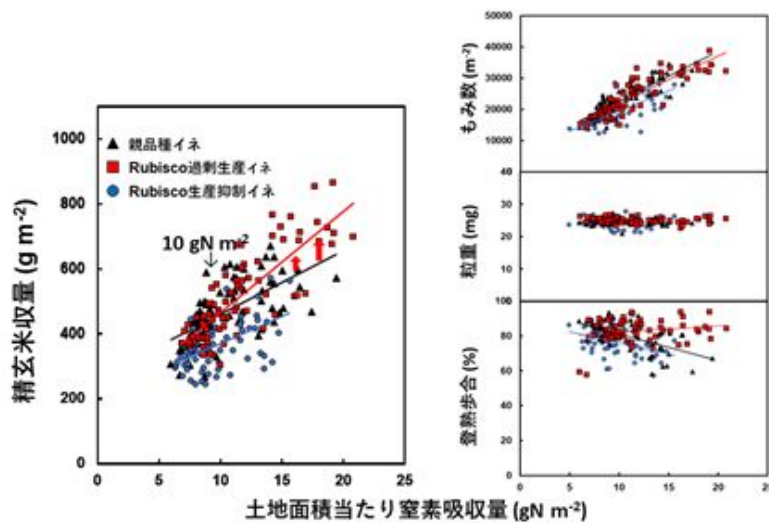


図4. 親品種イネ、Rubisco過剰生産イネおよびRubisco生産抑制イネの隔離圃場栽培での玄米収量、もみ数、粒重、登熟歩合と吸収窒素量との関係(Yoon et al. 2020)。Rubisco過剰生産イネの玄米収量は、 10 g N m^{-2} 以上で、同じ吸収窒素量に対して収量が増加。

察され、事実、Rubisco過剰生産イネの止葉のRubisco含量は特に高く、実測される光合成速度も親品種を大きく上回っていた(Yoon et al. 2020)。圃場群落内のCO₂濃度モニターを行ったところ、Rubisco過剰生産イネの高窒素施肥区では、快晴・無風状態の日には外気CO₂濃度が400から420 ppmで推移する中で、止葉基部付近でのCO₂濃度が315 ppm程度まで低下していることが認められた。Rubisco過剰生産イネを用いたグロースチャンバー実験の結果

から、低CO₂環境がRubiscoの過剰生産をさらに促進させることがわかっており(Sudo et al. 2014)。その結果がほ場試験でも認められたものと考察された。

このようにRubisco過剰生産による光合成の改善が明確に窒素利用効率の向上に結び付き、増収につながることを実証された。米国イリノイ大学 Stephen Long 教授から Nature Food 誌の書評において「この報告は光合成機能の改善が主要作物の増収に結び付く事実を作物科学的に実証したゲームチェンジャーとなる成果である」との評価を頂いた(Long 2020)。しかしながら、一方で図3や図4に見られるように、低窒素施肥区ではRubisco過剰生産イネの増収効果は認められなかった。低窒素施肥条件では、登熟歩合が高止まりしていることとRubiscoの過剰生産分に葉内窒素が取られるため窒素不足が助長されるマイナス面があったと考えている。

「大粒能登ひかり」準同質遺伝子系統についても、2019年と2020年に隔離ほ場に加えて、東北大青葉山新キャンパスほ場、および国際農林水産業研究センターつくば試験ほ場にて、Rubisco過剰生産イネの収量試験と3つの窒素施肥栽培区を設け同様の試験を行った。「大粒能登ひかり」は「能登ひかり」に比較して、平均して20%増収になった。この増収効果はもっぱら粒重増加による収穫指数の改善によってもたらされていた。これらの結果から、秋田63号由来の*gs3*遺伝子導入による大粒化に伴うシンク拡大が増収に結び付くことが明確に実証された。

(5) 結論

ソース改善とシンク拡大による二種の圃場試験を通じて、実験室レベルの研究では見出せない窒素利用効率向上を目指すイネ増収の方向性が明確となった。Rubisco機能を強化でソース能改善は可能であるが、それは多肥条件における窒素利用効率の改善につながっていた。シンク拡大のみでイネの増収は可能であるが、*gs3*大粒形質遺伝子によるシンク拡大そのものには乾物生産向上の効果はなく、さらなる超多収を引き出すためには光合成の機能改善は必須となることがわかった。現在、*gs3*遺伝子を導入したRubisco過剰生産イネの作出を終え、第1種使用規程申請を進めている。十分なRubisco機能を保持し、同時に大きなシンクを有する革新的なイネの開発をめざしたい。

<引用文献>

- Kanno K, Suzuki Y, Makino A (2017) Plant Cell Physiol. 58: 635-642.
 Long SP (2020) Nature Food 1: 105
 Makino A, Kaneta Y, Obara M, Ishiyama K et al. (2020) Sci. Rep. 10: 12231
 Sudo E, Suzuki Y, Makino A. (2014) Plant Cell Physiol. 55: 1905-1911.
 Suganami M, Suzuki Y, Sato T, Makino A (2018) Soil Sci. Plant Nutr. 64: 352-359.
 Suganami M, Suzuki Y, Kondo E....Makino A (2019) Intl. J. Mol. Sci. 21, 1626.
 Suganami M, Suzuki Y, Tazoe Y....Makino A (2021) Plant Physiol. 185, 108-119.
 Suzuki Y, Kondo E, Makino A (2018) Photosynth. Res. 131: 281-289.
 Suzuki Y, Wada S, Kondo E....Makino A (2019) Soil Sci. Plant Nutr. 65: 36-40.
 Suzuki Y, Ishiyama K, Sugawara M....Makino A (2021a) Plant Cell Physiol. 62: 156-165.
 Suzuki Y, Ishiyama K, Cho A....Makino A (2021b) Soil Sci. Plant Nutr. 67: in press.
 Wada S, Suzuki Y, Takagi D....Makino A (2018a) Photosynth. Res. 137: 431-441.
 Wada S, Yamamoto H, Suzuki Y....Makino A (2018b) Plant Physiol. 176: 1509-1518.
 Yoon D-K, Ishiyama K, Suganami M....Makino A (2020) Nature Food 1: 134-139

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 34件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Qu Yuchen, Sakoda Kazuma, Fukayama Hiroshi, Kondo Eri, Suzuki Yuji, Makino Amane, Terashima Ichiro, Yamori Wataru	4. 巻 44
2. 論文標題 Overexpression of both Rubisco and Rubisco activase rescues rice photosynthesis and biomass under heat stress	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/pce.14051	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 Takahashi Yuki, Wada Shinya, Noguchi Ko, Miyake Chikahiro, Makino Amane, Suzuki Yuji	4. 巻 63
2. 論文標題 Photochemistry of Photosystems II and I in Rice Plants Grown under Different N Levels at Normal and High Temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pcp/pcab020	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 Suzuki Yuji, Ishiyama Keiki, Sugawara Misaki, Suzuki Yuka, Kondo Eri, Takegahara-Tamakawa Yuki, Yoon Dong-Kyung, Suganami Mao, Wada Shinya, Miyake Chikahiro, Makino Amane	4. 巻 62
2. 論文標題 Overproduction of Chloroplast Glyceraldehyde-3-Phosphate Dehydrogenase Improves Photosynthesis Slightly under Elevated [CO ₂] Conditions in Rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 156 ~ 165
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pcp/pcaa149	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 Suganami Mao, Suzuki Yuji, Tazoe Youshi, Yamori Wataru, Makino Amane	4. 巻 185
2. 論文標題 Co-overproducing Rubisco and Rubisco activase enhances photosynthesis in the optimal temperature range in rice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 108 ~ 119
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/plphys/kiaa026	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 Furutani Riu, Ifuku Kentaro, Suzuki Yuji, Noguchi Ko, Shimakawa Ginga, Wada Shinya, Makino Amane, Sohtome Takayuki, Miyake Chikahiro	4. 巻 96
2. 論文標題 P700 oxidation suppresses the production of reactive oxygen species in photosystem I	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advance in Botanical Research	6. 最初と最後の頁 151 ~ 176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.abr.2020.08.001	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 Makino Amane, Kaneta Yoshihiro, Obara Mitsuhiro, Ishiyama Keiki, Kanno Keiichi, Kondo Eri, Suzuki Yuji, Mae Tadahiko	4. 巻 10
2. 論文標題 High yielding ability of a large-grain rice cultivar, Akita 63	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-69289-0	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 Wada Shinya, Miyake Chikahiro, Makino Amane, Suzuki Yuji	4. 巻 11
2. 論文標題 Photorespiration Coupled With CO2 Assimilation Protects Photosystem I From Photoinhibition Under Moderate Poly(Ethylene Glycol)-Induced Osmotic Stress in Rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.01121	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 Kudo Natsumi, Mano Kazuhisa, Suganami Mao, Kondo Eri, Suzuki Yuji, Makino Amane	4. 巻 66
2. 論文標題 Effects of overexpression of the Rubisco small subunit gene under the control of the Rubisco activase promoter on Rubisco contents of rice leaves at different positions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 569 ~ 578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2020.1780898	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 Takagi Daisuke, Miyagi Atsuko, Tazoe Youshi, Suganami Mao, Kawai Yamada Maki, Ueda Akihiro, Suzuki Yuji, Noguchi Ko, Hirotsu Naoki, Makino Amane	4. 巻 43
2. 論文標題 Phosphorus toxicity disrupts Rubisco activation and reactive oxygen species defence systems by phytic acid accumulation in leaves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 2033 ~ 2053
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.13772	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 Tazoe Youshi, Ishikawa Noriko, Shikanai Toshiharu, Ishiyama Keiki, Takagi Daisuke, Makino Amane, Sato Fumihiko, Endo Tsuyoshi	4. 巻 103
2. 論文標題 Overproduction of PGR5 enhances the electron sink downstream of photosystem I in a C4 plant, <i>Flaveria bidentis</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 814 ~ 823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.14774	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 Wada Shinya, Takagi Daisuke, Miyake Chikahiro, Makino Amane, Suzuki Yuji	4. 巻 20
2. 論文標題 Responses of the Photosynthetic Electron Transport Reactions Stimulate the Oxidation of the Reaction Center Chlorophyll of Photosystem I, P700, under Drought and High Temperatures in Rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 2068 ~ 2068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms20092068	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 Kadota Kanae, Furutani Riu, Makino Amane, Suzuki Yuji, Wada Shinya, Miyake Chikahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Oxidation of P700 Induces Alternative Electron Flow in Photosystem I in Wheat Leaves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plants	6. 最初と最後の頁 152 ~ 152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/plants8060152	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 Yoon Dong-Kyung, Ishiyama Keiki, Suganami Mao, Tazoe Youshi, Watanabe Mari, Imaruoka Serina, Ogura Maki, Ishida Hiroyuki, Suzuki Yuji, Obara Mitsuhiro, Mae Tadahiko, Makino Amane	4. 巻 1
2. 論文標題 Transgenic rice overproducing Rubisco exhibits increased yields with improved nitrogen-use efficiency in an experimental paddy field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Food	6. 最初と最後の頁 134 ~ 139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43016-020-0033-x	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 Suganami Mao, Suzuki Yuji, Kondo Eri, Nishida Shinji, Konno So, Makino Amane	4. 巻 21
2. 論文標題 Effects of Overproduction of Rubisco Activase on Rubisco Content in Transgenic Rice Grown at Different N Levels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 1626 ~ 1626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms21051626	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 Wada Shinya, Takagi Daisuke, Miyake Chikahiro, Makino Amane, Suzuki Yuji	4. 巻 20
2. 論文標題 Responses of the Photosynthetic Electron Transport Reactions Stimulate the Oxidation of the Reaction Center Chlorophyll of Photosystem I, P700, under Drought and High Temperatures in Rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 2068 ~ 2068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms20092068	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 Yuji, Wada Shinya, Kondo Eri, Yamori Wataru, Makino Amane	4. 巻 65
2. 論文標題 Effects of co-overproduction of sedoheptulose-1,7-bisphosphatase and Rubisco on photosynthesis in rice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 36 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2018.1530053	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 Shimakawa Ginga, Ifuku Kentaro, Suzuki Yuji, Makino Amane, Ishizaki Kimitsune, Fukayama Hiroshi, Morita Ryutarō, Sakamoto Katsuhiko, Nishi Akiko, Miyake Chikahiro	4. 巻 82
2. 論文標題 Responses of the chloroplast glyoxalase system to high CO2 concentrations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 2072 ~ 2083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2018.1507724	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 Wada Shinya, Suzuki Yuji, Takagi Daisuke, Miyake Chikahiro, Makino Amane	4. 巻 137
2. 論文標題 Effects of genetic manipulation of the activity of photorespiration on the redox state of photosystem I and its robustness against excess light stress under CO2-limited conditions in rice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Photosynthesis Research	6. 最初と最後の頁 431 ~ 441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11120-018-0515-y	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 Shimakawa Ginga, Ifuku Kentaro, Suzuki Yuji, Makino Amane, Ishizaki Kimitsune, Fukayama Hiroshi, Morita Ryutarō, Sakamoto Katsuhiko, Nishi Akiko, Miyake Chikahiro	4. 巻 82
2. 論文標題 Responses of the chloroplast glyoxalase system to high CO2 concentrations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 2072 ~ 2083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2018.1507724	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 Hirota Takaaki, Izumi Masanori, Wada Shinya, Makino Amane, Ishida Hiroyuki	4. 巻 7
2. 論文標題 Vacuolar Protein Degradation via Autophagy Provides Substrates to Amino Acid Catabolic Pathways as an Adaptive Response to Sugar Starvation in Arabidopsis thaliana	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1363 ~ 1376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy005	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 Gamage Dananjali, Thompson Michael, Sutherland Mark, Hirotsu Naoki, Makino Amane, Seneweera Saman	4. 巻 41
2. 論文標題 New insights into the cellular mechanisms of plant growth at elevated atmospheric carbon dioxide concentrations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant, Cell & Environment	6. 最初と最後の頁 1233 ~ 1246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.13206	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 該当する

1. 著者名 Suganami Mao, Suzuki Yuji, Sato Tomonori, Makino Amane	4. 巻 64
2. 論文標題 Relationship between Rubisco activase and Rubisco contents in transgenic rice plants with overproduced or decreased Rubisco content	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 352 ~ 359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2018.1433455	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 Wada Shinya, Yamamoto Hiroshi, Suzuki Yuji, Yamori Wataru, Shikanai Toshiharu, Makino Amane	4. 巻 176
2. 論文標題 Flavodiiron Protein Substitutes for Cyclic Electron Flow without Competing CO ₂ Assimilation in Rice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1509 ~ 1518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.17.01335	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 Yuji, Kondo Eri, Makino Amane	4. 巻 131
2. 論文標題 Effects of co-overexpression of the genes of Rubisco and transketolase on photosynthesis in rice	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Photosynthesis Research	6. 最初と最後の頁 281 ~ 289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11120-016-0320-4	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 Kanno Keiichi, Suzuki Yuji, Makino Amane	4. 巻 58
2. 論文標題 A Small Decrease in Rubisco Content by Individual Suppression of RBCS Genes Leads to Improvement of Photosynthesis and Greater Biomass Production in Rice Under Conditions of Elevated CO ₂	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 635 ~ 642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcx018	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 Hanawa Hitomi, Ishizaki Kimitsune, Nohira Kana, Takagi Daisuke, Shimakawa Ginga, Sejima Takehiro, Shaku Keiichiro, Makino Amane, Miyake Chikahiro	4. 巻 161
2. 論文標題 Land plants drive photorespiration as higher electron-sink: comparative study of post-illumination transient O ₂ -uptake rates from liverworts to angiosperms through ferns and gymnosperms	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physiologia Plantarum	6. 最初と最後の頁 138 ~ 149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ppl.12580	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 Eguchi Masatake, Kimura Kazuhiko, Makino Amane, Ishida Hiroyuki	4. 巻 63
2. 論文標題 Autophagy is induced under Zn limitation and contributes to Zn-limited stress tolerance in Arabidopsis (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 342 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2017.1360750	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 Ishida Hiroyuki, Makino Amane	4. 巻 64
2. 論文標題 Impacts of autophagy on nitrogen use efficiency in plants	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 100 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2017.1412239	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 鈴木雄二、和田慎也、牧野 周	4. 巻 27
2. 論文標題 Rubiscoの改変によるC3型植物の光合成機能改良の試み	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 光合成研究	6. 最初と最後の頁 94-102
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 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 Yamori Wataru, Kondo Eri, Sugiura Daisuke, Terashima Ichiro, Suzuki Yuji, Makino Amane	4. 巻 39
2. 論文標題 Enhanced leaf photosynthesis as a target to increase grain yield: insights from transgenic rice lines with variable Rieske FeS protein content in the cytochrome b complex 6/f	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant, Cell and Environment	6. 最初と最後の頁 80 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pce.12594	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 Yamaoka Chihiro, Suzuki Yuji, Makino Amane	4. 巻 57
2. 論文標題 Differential Expression of Genes of the Calvin-Benson Cycle and its Related Genes During Leaf Development in Rice	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 115 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcv183	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 Yamori Wataru, Makino Amane, Shikanai Toshiharu	4. 巻 6
2. 論文標題 A physiological role of cyclic electron transport around photosystem I in sustaining photosynthesis under fluctuating light in rice	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep20147	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 Takagi Daisuke, Hashiguchi Masaki, Sejima Takehiro, Makino Amane, Miyake Chikahiro	4. 巻 129
2. 論文標題 Photorespiration provides the chance of cyclic electron flow to operate for the redox-regulation of P700 in photosynthetic electron transport system of sunflower leaves	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Photosynthesis Research	6. 最初と最後の頁 279 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11120-016-0267-5	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 Tazoe Youshi, Sazuka Takashi, Yamaguchi Miki, Saito Chieko, Ikeuchi Masahiro, Kanno Keiichi, Kojima Soichi, Hirano Ko, Kitano Hideki, Kasuga Shigemitsu, Endo Tsuyoshi, Fukuda Hiroo, Makino Amane	4. 巻 57
2. 論文標題 Growth Properties and Biomass Production in the Hybrid C4CropSorghum bicolor	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 944 ~ 952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcv158	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 -

〔学会発表〕 計46件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 田中 万鈴, 石山 敬貴, 尹 棟敬, 香川 昂亮, 永尾 梨奈, 前 忠彦, 牧野 周
2. 発表標題 遺伝子組換え作物隔離圃場で栽培したRubisco過剰生産イネにおける止葉と11葉のRubisco含量の違い
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸橋凌、菅波真央、今野壮、田副雄士、和田慎也、山本宏、鹿内利治、牧野周
2. 発表標題 イネにおいてFlavodiiron proteinは、Rubisco activaseの過剰発現による光合成電子伝達系の異常を回復させる
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋佑季、和田慎也、野口 航、三宅親弘、牧野 周、鈴木雄二
2. 発表標題 異なる窒素施肥量・生育温度がイネの光化学系IIおよびIの光化学反応に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会東北支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤口尚生、影山創大、宮澤真一、牧野 周、鈴木雄二
2. 発表標題 6種の針葉樹におけるRubisco比活性の評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会東北支部会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尹 棟敬、香川 昂亮、石山 敬貴、菅波 真央、前 忠彦、鈴木 雄二、石田 宏幸、小原 実広、牧野 周
2. 発表標題 遺伝子組換え植物専用隔離ほ場水田を用いたRubisco増強イネの収量評価試験
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木 雄二、石山 敬貴、菅原 水彩季、鈴木 優佳、玉川 夕紀、和田 慎也、菅波 真央、近藤 依里、三宅 親弘、牧野 周
2. 発表標題 カルビンサイクル酵素グリセルアルデヒド-3-リン酸デヒドロゲナーゼおよびトリオースリン酸イソメラーゼの遺伝子組換えがイネ葉の光合成に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅波 真央, 鈴木 雄二, 田副 雄士, 牧野 周
2. 発表標題 イネにおけるRubisco とRubisco activase の同時増強が光合成に与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尹 棟敬, 香川 昂亮, 石山 敬貴, 菅波 真央, 前 忠彦, 鈴木 雄二, 石田 宏幸, 牧野 周, 小原 実広
2. 発表標題 欠損GS3 遺伝子により大粒性を有した準同質遺伝子系統ノトヒカリの作出とほ場での収量評価試験
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takagi, D., Tazoe, Y., Suganami, M., Ueda, A., Suzuki, Y., Makino, A.
2. 発表標題 Excess phosphorus supply inhibits growth by the decreases in Rubisco activation and anti-oxidant systems in rice plants.
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoon, D.K., Watanabe, M., Suganami, M., Imaruoka, S., Ogura, M., Ishiyama, K., Tazoe, Y., Ishida, H., Suzuki, Y., Mae, T., Makino, A.
2. 発表標題 Increase in grain yield of transgenic rice plants with overproduced Rubisco content grown in an isolated paddy field from 2016 to 2018
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 門田かなえ、古谷吏侑、牧野周、鈴木雄二、和田慎也、三宅親弘
2. 発表標題 フェレドキシンに依存しない光化学系I循環的電子伝達反応の発見と生理的役割の解明
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅波真央、鈴木雄二、田副雄士、牧野 周
2. 発表標題 イネにおけるRubiscoとRubisco activaseの多重増強が光合成に与える影響
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今野 壮、菅波真央、太田吉哉、高木大輔、田副雄士、鈴木雄二、牧野 周
2. 発表標題 Rubisco activase過剰発現イネの光合成特性
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石田宏幸、石田ひろみ、泉 正範、林 誠、牧野 周、Klaas van Wijk
2. 発表標題 GFS9はシロイヌナズナの暗所芽生えにおけるプラスチドのピースミールオートファジーに関与する
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅波真央、尹 棟敬、渡邊まり、伊丸岡芹菜、小倉真紀、石山敬貴、田副雄士、鈴木雄二、前 忠彦、牧野 周
2. 発表標題 遺伝子組換え作物専用隔離ほ場におけるRubisco過剰生産イネの収量、光合成の解析
3. 学会等名 日本作物学会第247回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木大輔、田副雄士、菅波真央、上田晃弘、鈴木雄二、牧野 周
2. 発表標題 光合成電子伝達反応における電子蓄積が陸上植物におけるリン酸毒性発症のトリガーとなる
3. 学会等名 第10回日本光合成学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木大輔、田副雄士、菅波真央、上田晃弘、鈴木雄二、牧野 周
2. 発表標題 イネ生葉における過剰なリン酸蓄積が枯死を引き起こすメカニズムの解明
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尹 棟敬、石山敬貴、菅波真央、香川昂亮、渡邊まり、伊丸岡芹菜、小倉真紀、田副雄士、石田宏幸、鈴木雄二、小原実広、前 忠彦、牧野 周
2. 発表標題 遺伝子組換え隔離ほ場におけるRubisco過剰生産イネのバイオマス生産、窒素利用および収量解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田慎也、三宅親弘、牧野 周、鈴木雄二
2. 発表標題 イネにおけるRubiscoの増減が水ストレスへの感受性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wada, S., Suzuki, Y., Takagi, D., Miyake, C., Makino, A.
2. 発表標題 Photorespiration contributes to oxidation of the reaction center chlorophyll of photosystem I and the robustness of photosystem I against excess light stress under CO ₂ -limited conditions in rice
3. 学会等名 3rd Agriculture and Climate Change Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takagi, D., Tazoe, Y., Suganami, M., Ueda, A., Suzuki, Y., Makino, A
2. 発表標題 Phosphorus toxicity decreases both electron sink activity and anti-oxidative activity in rice leaves
3. 学会等名 The 10th International Meeting of Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木雄二、和田慎也、高木大輔、三宅親弘、牧野周
2. 発表標題 光呼吸による過剰光エネルギーに対する防御
3. 学会等名 日本土壌肥料学会年会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口雅丈, 木村和彦, 牧野 周, 石田宏幸
2. 発表標題 シロイヌナズナにおける亜鉛栄養制限下でのオートファジーの誘導とストレス耐性への寄与
3. 学会等名 日本分子生物学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧野周
2. 発表標題 光合成と窒素と作物生産
3. 学会等名 日本光合成学会年会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takagi, D., Tazoe, Y., Suganami, M., Ueda, A., Suzuki, Y., Makino, A
2. 発表標題 Excess phosphorus declines the Rubisco activation state and inhibits photosynthesis in rice leaves.
3. 学会等名 International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suganami, M., Suzuki, Y., Nishida, S. Konno S, and Makino, A
2. 発表標題 Is there a trade-off between the amounts of Rubisco and Rubisco activase (RCA)? -Analysis of transgenic rice plants with changes in RCA or Rubisco contents
3. 学会等名 International Symposium on Photosynthesis and Chloroplast Biogenesis (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wada S, Suzuki Y, Takagi D, Miyake C and Makino A
2. 発表標題 Photorespiration contributes to oxidation of the reaction center chlorophyll of photosystem I and the robustness of photosystem I against excess light stress under CO ₂ -limited conditions in rice.
3. 学会等名 The 3rd Agriculture and Climate Change Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅波真央、鈴木雄二、西田慎司、牧野周
2. 発表標題 イネRubisco activaseの過剰発現がRubisco量に及ぼす影響の解析
3. 学会等名 第3回植物の栄養研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅波真央、鈴木雄二、西田慎司、牧野周
2. 発表標題 イネRubisco activaseの過剰発現がRubisco量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2017年度大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和田慎也、鈴木雄二、三宅親弘、牧野周
2. 発表標題 イネにおけるRubisco量の特異的増減が低CO ₂ 条件における光化学系Iの酸化還元状態に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2017年度大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石山敬貴、渋谷暁一、渡邊まり、鈴木雄二、前忠彦、牧野周
2. 発表標題 第一種使用、遺伝子組換植物隔離ほ場におけるRubisco過剰生産及び生産抑制イネの生育と収量試験評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木雄二、牧野 周
2. 発表標題 イネにおけるRubisco量の改変が光合成窒素利用効率に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会年会2017年度大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 工藤なつみ、眞野和久、鈴木雄二、牧野周
2. 発表標題 RCAプロモーターによるRBCS過剰発現イネの分子生物学的特性
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2017年度大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牧野 周、石山敬貴、鈴木雄二、渋谷暁一、渡邊まり、小倉真紀、尹棟敬 前 忠彦
2. 発表標題 イネの光合成と窒素生産効率の分子生物学的改善
3. 学会等名 第34回新農耕法研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和田慎也、鈴木雄二、高木大輔、三宅親弘、牧野周
2. 発表標題 P700吸光パラメーターを利用したイネの水ストレス診断法
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊まり、石山敬貴、渋谷暁一、小倉真紀、伊棟敬、菅波眞央、田副雄士、鈴木雄二、前忠彦、牧野周
2. 発表標題 遺伝子組換え作物隔離ほ場におけるRubisco過剰生産イネの収量試験評価
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅波眞央、鈴木雄二、西田慎司、今野壮、牧野周
2. 発表標題 Rubisco activase量の増加、および減少がRubisco量に及ぼす影響
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suganami M, Suzuki Y, Nishida S and Makino A
2. 発表標題 Effects of overproduction of Rubisco activase on Rubisco content in Rice
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Suganami M, Suzuki Y, Nishida S and Makino A
2. 発表標題 Overproduction of Rubisco activase affects Rubisco contents in Rice
3. 学会等名 Modelling Plant Responses to Eivironmental Factors (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅波真央、鈴木雄二、牧野 周
2. 発表標題 Rubisco組換えイネにおけるRubisco activaseのタンパク質量およびmRNA量について
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2016年度大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田慎也、山内雄太、石田宏幸、牧野 周
2. 発表標題 異なる光環境におけるイネの栄養成長とオートファジー
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2016年度大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鈴木雄二、近藤衣里、牧野 周
2. 発表標題 イネにおけるRubiscoとトランスケトラーゼの同時増強が光合成に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2016年度大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田慎也、山本 宏、鹿内利治、牧野 周
2. 発表標題 ヒメツリガネゴケflavodi iron protein (PpFLV) を導入したイネの成長と光合成特性の解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2016年度大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田慎也、鈴木雄二、三宅親弘、牧野 周
2. 発表標題 イネにおけるRubisco量の特異的増減が低CO2条件における光化学系Iの酸化還元状態に及ぼす影響
3. 学会等名 第58回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Suzuki Y, Kondo E and Makino A
2. 発表標題 Co-overproduction of Rubisco and transketolase and its effects on photosynthesis in rice
3. 学会等名 The 17th International Congress on Photosynthesis Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Suganami M, Suzuki Y and Makino A
2. 発表標題 Changes in the amounts of Rubisco activase in transgenic rice plants with increased or decreased Rubisco contents
3. 学会等名 The 17th International Congress on Photosynthesis Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学大学院農学研究科植物栄養生理学分野
http://www.agri.tohoku.ac.jp/syokuei/index-j.html
東北大学遺伝子実験センター < 第一種使用試験について情報 >
http://www.cgr.tohoku.ac.jp/
東北大学2020年プレスリリース研究成果
http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/02/press20200219-01-rice.html
東北大学大学院農学研究科研究ハイライト&トピックス
https://www.agri.tohoku.ac.jp/jp/news/topics/detail/20200228.html
東北大学農学研究科植物栄養生理学分野
http://www.agri.tohoku.ac.jp/syokuei/index-j.html
東北大学遺伝子実験センター < 第一種使用試験について情報 >
http://www.cgr.tohoku.ac.jp/
東北大学大学院農学研究科研究ハイライト&トピックス
https://www.agri.tohoku.ac.jp/jp/news/topics/detail/20180316_makino.html
「粒大きく最大25%増収。遺伝子組換えイネの収量試験」大崎タイムズ 2021年 3月31日
「遺伝子組換えイネの収量試験実施報告」大崎タイムズ 2020年 3月18日
「Nature Cancer誌と同時創刊のNature Food誌の日本勢第1号論文は東北大。Rubisco増強で収量1.3倍のイネ、四半世紀の成果」日経バイオ年鑑2020 2020年2月26日
「光合成高め収穫増。イネ遺伝子組換え東北大」読売新聞 2019年4月18日

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	小原 実広 (Obara Mitsuhiro) (10455248)	国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・生物資源・ 利用領域・主任研究員 (82104)	
研究 分担者	鈴木 雄二 (Suzuki Yuji) (80374974)	岩手大学・農学部・准教授 (11201)	

	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 協力者	石山 敬貴 (Ishiyama Keiki)	東北大学・大学院農学研究科・助教 (11301)	

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
---------	---------