

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14832

研究課題名（和文）野生イネを用いた環境変化による穂の形態形成の制御機構の理解

研究課題名（英文）Understanding the mechanisms controlling panicle morphogenesis in response to environmental changes using Wild Oryza species

研究代表者

縣 歩美（Agata, Ayumi）

名古屋大学・生命農学研究科・助教

研究者番号：60875087

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、野生イネが持つ環境適応性の多様性を利用して、穂が環境変化に応答しその形態を変化させ、日々変動する環境で生きていく適応機構を明らかにすることを目指した。具体的には、9ゲノム18種にわたる野生イネ遺伝資源を用いて、乾燥ストレスおよび塩ストレスへの応答評価を行い、その応答性の多様性を明らかにした。これにより、環境ストレスに頑健性あるいは敏感な応答を示すアクセッションを同定した。また栽培イネと野生イネの染色体断片置換系統群を利用して、遺伝学的解析も実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、野生イネ遺伝資源が示す環境応答性の多様性の基盤情報を収集することができた。この基盤情報をもとに未利用植物資源である野生イネ遺伝資源の作物育種への利用を検討することで、環境適応型植物デザインが可能になれば、気候変動時代においても安定した食料生産を確保可能な社会が実現できる。

研究成果の概要（英文）： This study aimed to elucidate the adaptive mechanisms by which panicle architecture responds to environmental changes and changes its morphology to survive in a constantly fluctuating environment using the diversity of environmental adaptability in wild Oryza species. We evaluated the response of wild Oryza genetic resources across nine genomes and 18 species to drought and salinity stresses and revealed the diversity of their responses. This evaluation identified accessions with robust or sensitive responses to environmental stresses. Genetic analysis was also conducted using chromosome segment substitution lines between cultivated rice and wild relatives.

研究分野：植物遺伝育種学

キーワード：野生イネ 環境応答

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 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球規模の気候変動に対応した作物開発における主要な育種目標の一つは、環境ストレス耐性の付与であり、中でも乾燥や塩に対する耐性作物の開発は喫緊の課題である。イネの収量性は穂の枝分かれ(分枝)パターンを制御することで向上できる。しかし穂を改良したイネは環境変化に敏感でありストレスに晒されると容易に収量が低下する。これまでに異なる圃場環境で育成した同じ系統の穂を比較することにより、乾燥ストレスに応答して穂の分枝パターンが可塑的に変化することを明らかにした。変動する環境下でも収量性を維持するためには、このような穂形態の環境応答を制御する必要がある。栽培イネが安定した栽培環境下で育成されるのに対して、日々変動する様々な生育環境に適応し繁殖を繰り返してきた野生イネは、生存・繁殖を最適化するために多様な環境適応戦略を備えていると考えられる。しかしながら、野生イネが示す環境に応答して変化する穂形態の分子基盤は未解明のままである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、野生イネの多様な環境適応戦略に迫ることで、環境変化に頑健性を示す作物デザインを実現するための基礎的知見を取得することである。イネの収量性は、穂形態を制御する遺伝子を組み合わせることで穂型をデザインすれば向上できる。しかし、穂を改良したイネは環境変化に敏感であり、実環境において必ずしも期待した効果が発揮されない場合がある。この問題を解決するためには、穂型が環境に左右されないように、穂形態の環境応答を理解する必要がある。本研究では、野生イネが持つ環境適応性の多様性を利用して、穂がどのように環境変化に応答し、その形態を可塑的に変化させるのかを明らかにする。本研究により、イネの穂の環境応答についての理解が深まればそれを制御するための基盤情報を取得でき、環境適応型作物の開発に貢献できる。

3. 研究の方法

< 近縁野生イネが示す乾燥ストレス応答の評価 >

国立遺伝学研究所が保有する野生イネコレクションの中から栽培イネに近縁なゲノムを持つ4種の野生イネを研究材料に用いた。乾燥ストレスを与えるために、短日処理が可能な圃場にて2つの異なる圃場環境(通常の水田環境と最低限の灌漑を行う畑作条件)で同一の系統を栽培した。畑作条件では、土壌水分センサーで乾燥の度合いを確認しながら最低限の灌漑を行い、乾燥ストレスを施した。違う環境で育成された同じ系統の表現型の変化を調査し、各系統の乾燥ストレス応答性を評価した。

< 近縁野生イネが示す穂形態の乾燥ストレス応答性の分子基盤の解明 >

野生イネ由来の染色体断片を栽培イネに導入し野生イネの全ゲノム領域をカバーした染色体断片置換系統群(CSSLs)を研究材料に用いた(Yoshimura *et al.* 2010., Yamagata *et al.* 2019.)。予め選抜した穂形態に特徴を示すCSSLsを2つの異なる圃場環境(水田作・畑作)で栽培し、違う環境で育成された同じ系統の穂形態を比較した。これにより、環境変化への頑健性を与える遺

伝子座の同定を試みた。

<野生イネが示す塩ストレス応答の評価>

国立遺伝学研究所が保有する野生遺伝資源のうち 9 ゲノム 18 種 118 系統を研究材料に用いた。塩ストレスを与えるために、2 つの異なる圃場環境（通常の水田環境と塩害水田）で同一の系統を栽培した。違う環境で育成された同じ系統の表現型の変化を調査し、塩ストレス応答を評価した。

4. 研究成果

短日処理が可能な圃場にて乾燥ストレス処理を施す実験系を確立し、栽培イネに近縁なゲノムを持つ *O. rufipogon*, *O. barthii*, *O. meridionalis*, *O. glumaepatula* 各 5 系統を用いて、近縁野生イネが種内および種間で示す乾燥ストレスへの応答性を調査・比較した。その結果、畑作条件下で全アクセッションの出穂日が遅延する、稈長・穂数・茎葉重が減少する傾向にあったが、その減少度合いが系統間で異なっていた。このことから、野生イネが示す環境応答性に多様性が存在する可能性が示唆された。今後、穂の分枝パターンの調査を進め、その乾燥ストレスへの応答を明らかにする。また分枝形成期の穂メリステムを用いたトランスクリプトーム解析を行い、穂の形態形成に関わり、かつ乾燥ストレスに応答する遺伝子群や遺伝子制御ネットワークの同定を進める。

野生イネ由来の穂の形態形成に影響を与える遺伝子座が導入されている CSSLs を用いて、同一遺伝子型個体を異なる栽培環境で育成しその表現型を解析した。その結果、乾燥ストレスにより穂の分枝数が大きく変化する系統、あまり変化しない系統が存在することが明らかとなり、乾燥ストレス下において穂の形態形成を制御する遺伝子候補領域が検出された。

9 ゲノム 18 種 118 系統の野生遺伝資源を用いた大規模な塩ストレス応答評価を行い、生存率、SPAD 値、草丈および生育後期の地上部全重の調査・比較を行った。その結果、塩ストレスへの応答性に種間で顕著な違いが認められた。また塩ストレスに頑健性を示すあるいは敏感な応答を示す系統を同定した。短日処理なしで出穂したアクセッションについて、穂の分枝パターンの変化の調査を試みたが、採取できた穂サンプルの数が少なく、正確な評価ができなかった。今後は、短日処理可能な圃場における塩ストレス応答の評価系確立を進め、本研究により見出した塩ストレスに頑健性を示すあるいは敏感な応答を示す系統の、穂の分枝パターンへの影響を明らかにする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 2件）

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Agata Ayumi, Ashikari Motoyuki, Sato Yutaka, Kitano Hidemi, Hobo Tokunori | 4. 巻 73 |
| 2. 論文標題 Designing rice panicle architecture via developmental regulatory genes | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Breeding Science | 6. 最初と最後の頁 86～94 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1270/jsbbs.22075 | 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 Yutaka Sato, Katsutoshi Tsuda, Yoshiyuki Yamagata, Hiroaki Matsusaka, Hiromi Kajiya-Kanegae, Yuri Yoshida, Ayumi Agata, Kim Nhung Ta, Sae Shimizu-Sato, Toshiya Suzuki, Misuzu Nosaka-Takahashi, Takahiko Kubo, Shoko Kawamoto, Ken-Ichi Nonomura, Hideshi Yasui, Toshihiro Kumamaru | 4. 巻 Vol. 71, No. 3 |
| 2. 論文標題 Collection, preservation and distribution of Oryza genetic resources by the National Bioresource Project RICE (NBRP-RICE) | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Breeding Science | 6. 最初と最後の頁 291-298 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1270/jsbbs.21005 | 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6件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 縣 歩美 |
| 2. 発表標題 野生イネ遺伝資源を用いた穂形態の多様性創出機構の解明に向けて |
| 3. 学会等名 日本農芸化学会 2024年度大会【BBB連携シンポジウム】 |
| 4. 発表年 2024年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 縣 歩美, 高橋 宏和, 中園 幹生, 佐藤 豊 |
| 2. 発表標題 野生イネ <i>Oryza meridionalis</i> を用いた穂形態を制御する遺伝子座の探索 |
| 3. 学会等名 日本育種学会 第145回講演会 |
| 4. 発表年 2024年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 縣 歩美, 佐藤 豊 |
| 2. 発表標題 野生イネ遺伝資源を用いた穂形態の多様性の評価 |
| 3. 学会等名 日本育種学会 第142回講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 縣 歩美, 石原 亮太, 黒羽 剛, 西谷 和彦, 佐藤 豊, 榊原 均, 芦苺 基行, 北野 英己, 保浦 徳昇 |
| 2. 発表標題 イネ強稈性を制御する遺伝子qGF1の同定および機能解析 |
| 3. 学会等名 日本育種学会 第141回講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 縣 歩美, 太田 自由, 佐藤 豊, 榊原 均, 芦苺 基行, 北野 英己, 保浦 徳昇 |
| 2. 発表標題 イネの穂形態を制御する3つの遺伝子の組み合わせが穂構造および収量関連形質に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本育種学会 第140回講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ayumi Agata |
| 2. 発表標題 The regulatory mechanisms underlying diverse panicle branching pattern in rice |
| 3. 学会等名 日本植物学会 第85回大会 シンポジウム「Inflorescence development and diversity in grasses」(招待講演) |
| 4. 発表年 2021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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|