

日本－スペイン、フランス、ドイツ 国際共同研究「食料及びバイオマスの生産技術」 2020 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	気候変動下における穀物資源の利用効率化に関する包括研究
研究課題名（英文）	Towards a multi-approach study focused on improving resource use efficiency in cereals under climate change (IRUEC)
日本側研究代表者氏名	三ツ井 敏明
所属・役職	新潟大学・教授
研究期間	2017 年 4 月 1 日 ～ 2021 年 9 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
三ツ井敏明	新潟大学・自然科学系(農学部)・教授	研究総括、玄米形質調査
金古堅太郎	新潟大学・自然科学系(大学院自然科学研究科)・助教	研究計画、圃場実験、玄米形質調査
バスラム マルワ ン	新潟大学・自然科学系(農学部)・特任助教	研究計画、圃場実験、玄米形質調査、ガス交換・光合成測定、データ解析

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

2019 年度に選抜した高 CO₂・高温条件下で高・低収量および高・低 NUE を示す 4 種類のイネ遺伝子型を新潟大学・刈羽村先端農業バイオ研究センター(KAAB：<https://www.agr.niigata-u.ac.jp/~nkariwa/index.html>) のバイオトロン群設備を用いて異なる温度・CO₂ 濃度条件と窒素肥料施肥で栽培する（ワークパッケージ 5）。肥料としては、（1）肥効調節型コーティング肥料、（2）緩効性肥料、（3）硝酸塩浸出および脱窒を減少させるための硝酸化成抑制剤、（4）尿素からのアンモニア揮発を低減するためのウレアーゼ阻害剤を用いる。窒素同化および再動員の詳細を調べるために、植物は、栄養成長

期および登熟期に ^{15}N で標識する。まず、 ^{15}N は根において同化され、 ^{15}N 標識化合物は、茎、葉および穂に移行する。異なる成長段階で収集されたサンプルを用いて、 ^{15}N 標識化合物の動態を明らかにする（ワークパッケージ 5）。加えて、ペプチドーム・デグラドームを含むオミックス解析を実施する（ワークパッケージ 2）。また、収穫された玄米の収量、外観品質、澱粉構造、栄養素を解析する（ワークパッケージ 3）。

3. 日本側研究チームの実施概要

温室効果ガス CO_2 の濃度上昇による地球温暖化、そしてそれが原因で起こる気候変動への対応は、世界の農業における喫緊の共通課題である。

本年度は、高温・高 CO_2 ストレス条件下で様々な応答を示した 5 種類のイネ遺伝子型（Yukinkomai, Koshihikari, Itadaki, Gohyakumangoku, Hokuriku193）を新潟大学・刈羽村先端農業バイオ研究センターサテライト実験施設

（KAAB：<https://www.agr.niigata-u.ac.jp/~nkariwa/index.html>）のバイオトロン設備内で 2.5L(1/5000a)フーグネルポット・合成培土（0.5g N, 0.9g P, 0.5g K/kg）を用いて異なる温度・ CO_2 濃度条件と追肥条件で栽培した：光条件（自然光）：12/12 h~14/10 h（明/暗）；温度条件：26°C/23°C（明/暗）および 30°C/25°C（明/暗）； CO_2 濃度条件：400ppmv（大気条件）および 800ppmv（高 CO_2 濃度条件）；追肥条件：（1）肥効調節型コーティング肥料、（2）緩効性肥料、（3）硝酸塩浸出および脱窒を減少させるための硝酸化成抑制剤、（4）尿素からのアンモニア揮発を低減するためのウレアーゼ阻害剤。

植物生理パラメーター（葉色、正規化差植生指数、光合成速度、葉肉コンダクタンス、蒸散速度、細胞間隙 CO_2 濃度、細胞間隙 CO_2 濃度/大気中 CO_2 濃度、C/N 値）および農業形質（バイオマス、草丈、分けつ数、穂数、穂長、小穂数、収量、玄米外観品質）を調べたところ、Yukinkomai が環境ストレスに強く、高養分利用効率（高 NUE）を示すものと考えられた。一方で、酒米 Gohyakumangoku は環境ストレスに弱く、低 NUE であることが示唆された。そこで、酒米に着目し、さらに詳細な解析を進めた。

酒米の高温登熟感受性の形質改善のため、交配・迅速世代促進法を駆使してカサラス由来の休眠遺伝子 *Sdr4-k* を導入した。*Sdr4-k* 導入は、*OsDOG1*、*OsGA20ox1* 遺伝子の発現制御を介して α -アミラーゼの働きを抑えて、酒米 Koshitanrei 穂発芽性を抑制した。加えて、*Sdr4-k* 導入が高温登熟による玄米の外観品質低下を軽減することが分かった。さらに、圃場試験において、酒米の収量性や外観品質を改善することが確認された。

次に、*Sdr4-k* 導入による植物体葉における NUE 関連遺伝子（*OsGRFs*、*OsGIFs*）および植物ホルモン生成関連遺伝子（*OsSLR1*、*OsARF12*、*OsCYP714B1*）の発現に及ぼす影響を調べた。Gohyakumangoku (WT) 母本、Gohyakumangoku (*Sdr4-k*)、Koshitanrei (WT) 母本、Koshitanrei (*Sdr4-k*)、それぞれの種子を窒素栄養が異なる培地水耕栽培し、発芽後 16 日目の葉における *OsGRFs*、*OsGIFs*、*OsSLR1*、*OsARF12*、*OsCYP714B1* 遺伝子の発現をリアルタイム PCR を用いて解析した。Gohyakumangoku および Koshitanrei は共に、*Sdr4-k* 遺伝子導入による *OsGRFs* および *OsGIFs* 遺伝子発現への顕著な影響は見られず、また Gohyakumangoku (*Sdr4-k*) と Koshitanrei (*Sdr4-k*) における植物ホルモン生成関連遺伝子の発現は低調であった。得られた結果から、酒米への *Sdr4-k* 遺伝子導入は NUE には影響せず、GFR4-GIF1 系とは異なる経路により、その収量性や品質を向上させたと推察された。

新たな試みである高温登熟による登熟種子ペプチドームの解析においては、ペプチド切断部位のオクタペプチドの異なる位置に出現するアミノ酸の頻度を分析し、通常条件下および高温ストレス条件下で、イネ天然ペプチドの生成に関与する可能性のあるプロテアーゼを予測した。引き続き、高温登熟によるペプチドーム・デグラドームの詳細を追究する。