

日本—欧州 国際共同研究「食料及びバイオマスの生産技術」 2019 年度 年次報告書	
<b>研究課題名（和文）</b>	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
<b>研究課題名（英文）</b>	Towards a multi-approach study focused on improving resource use efficiency in cereals under climate change (IRUEC)
<b>日本側研究代表者氏名</b>	三ツ井 敏明
<b>所属・役職</b>	新潟大学・教授
<b>研究期間</b>	2017 年 4 月 1 日 ~ 2021 年 3 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
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、バイオトロン実験、地下部・地上部形質調査、プロテオーム解析、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、バイオトロン実験、ガス交換・光合成測定、澱粉構造解析

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

EU 側のプロジェクト開始の遅れを受けて、昨年度に引き続き、2017 年度の水ストレス条件下で高および低 NUE を有する選抜された 10 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のバイオトロン群設備を用いて異なる温度と CO<sub>2</sub> 濃度条件で栽培する（**ワークパッケージ 2**）。栄養成長期と登熟期に、ガス交換・光合成能およびクロロフィル蛍光、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**）。得られた収量性、窒素および品質パラメータに基づいて、最高および最低の

NUE を有する 4 種類の遺伝子型を選抜する。選抜された 4 種類の遺伝子型についてはオミックス解析を実施する。

### 3. 日本側研究チームの実施概要

温室効果ガス CO<sub>2</sub> 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は依然として世界の農業における喫緊の共通課題である。

本年度は、2017 年度の水ストレス条件下で様々な NUE を有する 10 種類のイネ遺伝子型 (*Oryza glaberrima*、カサラス、北陸 193、日本晴、コシヒカリ、山田錦、五百万石、ハナエチゼン、ゆきん子舞、いただき) について新潟大学・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>) 施設の自然光型温室バイオトロン群(L4.5 × W4.5 × H1.8~2.2 m)を用いて開花・登熟期における高温 (30℃/25℃ : 明/暗) と高温・高 CO<sub>2</sub> (30℃/25℃ : 明/暗, 800ppmv CO<sub>2</sub>) に対する感受性を調べる実験を実施した。農学的パラメータ (バイオマス、草丈、分げつ数、穂数、節数、穂長、1 穂小穂数、塩水選、千粒重、全粒数、全粒重) を測定したところ、高温の影響で分げつ数と全粒数の増加、高温・高 CO<sub>2</sub> で分げつ数の増加、高 CO<sub>2</sub> で分げつ数、穂数、1 穂小穂数の増加が観察された。一方、高温および高 CO<sub>2</sub> で千粒重が若干減少し、高温・高 CO<sub>2</sub> で千粒重や収量が顕著に減少することが分かった。続いて、主成分分析を行い、高温、高 CO<sub>2</sub> 並びに高温・高 CO<sub>2</sub> 環境において特徴的な応答性を示す北陸 193 (インディカ米、多収量品種)、コシヒカリ (良食味米)、五百万石 (酒米)、ゆきん子舞 (高温登熟耐性米)、いただき (多収量品種、肥料依存型) を選別し、この 5 種類のイネ遺伝子型を次年度の異なる温度・CO<sub>2</sub> 濃度条件と窒素肥料施肥の栽培実験に供することとした。

水ストレスおよび高温・高 CO<sub>2</sub> ストレス実験の結果から、酒米が環境ストレスに対して感受性が高いことが分かった。そこで、高温登熟における酒米粒の変化を形態学的、生化学的に解析した。酒米は、心白を有するという特徴がある。心白部分を走査電子顕微鏡で観察したところ、澱粉顆粒の壊裂が見られた。心白粒と無心白粒の澱粉分子の鎖長分布については明確な差異は見られなかった。酒米について、平温条件 (登熟平均気温 24.5 度)、高温条件 1 (27.5 度)、高温条件 2 (30.5 度) で処理し、収穫した玄米の外観品質を調べたところ、白濁部分の拡張が観察された。高温条件 1 では腹側心白の拡張、高温条件 2 では背白が発生し、粒全体が白濁化する傾向が見られた。高温条件 2 では、心白部においてデンプン顆粒どうしが結合し、いびつで特徴的な澱粉顆粒が形成されていた。さらに、澱粉鎖長分布を解析した結果、高温条件 2 においてアミロペクチン分子の B2+B3 鎖画分の顕著な増加と澱粉鎖長の長鎖化が認められた。観察された澱粉顆粒形成不全のパターンや澱粉鎖長分布の変化は澱粉枝付け酵素 BEIIb 変異体の特徴に類似していた。

さらに、新たな試みとして、高温登熟による登熟種子ペプチドームの解析を行った。ペプチドミクスは先端プロテオミクスの一翼を担い、興味のある生物学的サンプル中に存在する全ての天然ペプチドを同定し、そして特徴付けするものである。ペプチドーム解析の結果、異なる登熟温度で異なるペプチドが生成していることが明らかになった。また興味深いこと

に、厳しい高温条件ではオートファジー関連タンパク質発現に変化が見られた。イネのオートファジー機能欠損変異体 (*Osatg7*) では、米粒白濁化が助長されることが観察されている。*Osatg7* の玄米プロテオームを調べたところ、高温登熟玄米のプロテオームとの類似性が認められた。これらの結果から、米粒白濁化とオートファジー機能との関連が推察された。