

FNCA 2024 年度 放射線育種プロジェクトワークショップ

各国発表サマリー

2024 年 7 月 30 日～8 月 1 日

ダルハン（モンゴル）

1. 中国（浙江大学、Tan Yuanyuan 氏）

遺伝子編集、特に、CRISPR（クラスター化され規則的に間隔が空いた短い回文反復）/CRISPR 関連タンパク質（Cas）及びそのバリエーションによる遺伝子編集はゲノム中の標的突然変異生成において非常に効率的であり、植物研究における強力な技術となっており、植物育種におけるゲームチェンジャーになる可能性がある。CRISPR/Cas9 は、イネの収量、外見、品質、ストレス耐性及びその他の重要な形質に関わる遺伝子編集に広く適用されている。*OsLCT1* と *OsNramp5* はイネにおけるカドミウム（Cd）輸送に関わる 2 つの遺伝子である。CRISPR/Cas9 によるこれら 2 つの遺伝子の突然変異は米粒中の Cd の蓄積の低減につながり、一つの突然変異系統は収量に有意な差は示していない。遺伝子の機能変化を生じさせ、結果として表現型の変化を生じさせるように介入するためにいくつかの戦略が提案されている。*Wx* 遺伝子のエクソンとプロモーター領域の突然変異により、2.0%～16%の AC 含有量低減を特徴とするさまざまな変異体を生じさせることができる。加えて、塩基編集ライブラリー誘導高密度ヌクレオチド置換を適用して、除草剤耐性を与える可能性のある *OsACC1* の機能突然変異をスクリーニングした。CRISPR/Cas はイネ育種において強力であるが、中国では、遺伝子編集植物はまだ厳しく規制されている。逆遺伝学・順遺伝学及び突然変異育種においては伝統的な突然変異生成が依然として重要な役割を果たしている。突然変異育種の効率性を向上させるために新しい技術が常に採用されている。例えば、次世代シーケンシング（NGS）及びデジタル PCR も、高効率で突然変異をスクリーニングするために使用されている。

2. インドネシア（インドネシア国立研究革新庁、Winda Puspitasari 氏）

インドネシアにおけるソルガムとダイズの突然変異育種の取り組みは、高収量、高品質の品種を開発することによって食料安全保障を強化することを目指している。ソルガムについては、生産量、種子品質、及び動物飼料としての適切性の向上に焦点を当てて 3 つの新しい品種（Pahat、Samurai 1、及び Samurai 2）が作出された。ガンマ線照射によってソルガムに有益な形質が効果的に誘発され、重要な特性における高い遺伝率につながっている。ダイズの突然変異育種により、高い生産量、早生、病虫害抵抗性といった形質を有する 15 の品種を生じた。現在の取り組みは、種子の品質、生産量、及び、干ばつや低照度条件といった非生物ストレスへの耐性を向上させることを目指している。これらの育種プログラムは、国の食料安全保障を支えるために、高い種子収量及び高品質の突然変異系統を生産することを目指している。

3. 日本（量子科学技術研究開発機構、下川卓志氏）

千葉にある重粒子線がん治療装置（HIMAC）は、重粒子線によるがん治療を目的とした世界初の医療用加速器であり、1994年にがんの治療を開始した。治療用に使用していない時間を利用することにより、我々は、主に学術的目的での基礎研究のためにこの装置を研究者らに提供している。現在のところ、基礎物理学からがん治療研究までにわたる約100の研究プロジェクトが毎年実施されている。今年は、育種研究目的の外部プロジェクト2件及び内部プロジェクト1件が実施された。

本ワークショップでは、医療用照射装置 HIMAC のユニークな特性と、HIMAC でのイオンビーム育種プロジェクト、特に、育種と突然変異導入研究を支援するために開始された J501 プロジェクトの取り組みと結果が紹介された。

4. マレーシア（マレーシア原子力庁、Faiz Bin Ahmad 氏）

マレーシアでは、米の自給率がまだ低い（約62%）ため、気候変動にレジリエントな（climate-resilient）イネの開発は非常に重要である。人為的突然変異と分子的手法を介した新しい品種の開発により、潜在性のある系統のスクリーニングと選抜を短縮することができる。潜在性のある気候変動にレジリエントないくつかのイネ系統が、遺伝子型のパフォーマンスを向上させるために、イオンビーム照射、及び、突然変異品種とメガ品種との交雑を通して開発された。QTLの同定及び全ゲノムシーケンシング等の分子技術及びゲノム技術の適用は、特定の形質を制御する遺伝子またはQTLを明らかにするために重要である。さらに、潜在性のあるいくつかの世代を重ねて評価が進められた突然変異系統（advanced mutant lines）が、高精度の収量試験のためにマレーシアの3つの主要な穀倉地域で植えられた。多地点試験でのさらなる評価のために、生育期間、収量、及び良好な農業形態形質に基づいていくつかの世代を重ねて評価が進んだ系統が選抜されることになる。突然変異品種 NMR152 の商業化と新しいイネ品種の開発により、マレーシアにおける突然変異イネ品種の利用と普及を増大させることができるであろう。

5. モンゴル（植物農業科学研究所、Uugantsetseg Battogtokh 氏）

突然変異育種はモンゴルの植物農業科学研究所（IPAS）において1970年代に開始された。当初は、突然変異育種は主に、潜在性のある新しい突然変異コムギ品種の開発に焦点を当てていた。しかし、モンゴルでは近年、突然変異育種活動はオオムギ及びナタネの突然変異品種に拡大している。

モンゴルは、イオンビーム（ヘリウム 50MeV、炭素 320 MeV）、エックス線及び化学物質といったいくつかの異なる突然変異原をコムギ及びオオムギの突然変異誘発に成功裡に適用している。ガンマ線による種子照射は主に、オーストリアにある IAEA のサイバースドルフ研究所及び中国科学院（CAAS）の穀物科学研究所（ICS：Institute of Crop Sciences）と協力して行われている。近年では、日本の量子科学技術研究開発機構（QST）の協力で重粒子線による種子

照射が行われている。

2023 年～2024 年に、合計 2035 の M₁～M₄ コムギ突然変異系統の後代がそれぞれの育種区で植えられ、栽培期間中の圃場観察とデータ収集が進行中である。収量試験において、早生品種 Darkhan-225、中生品種 Darkhan-234、及び中晩生品種 Darkhan-243、Darkhan-245、Darkhan-246 を含む合計 5 つの新しい突然変異体を 4 反復で試験し、収量性、穀物加工品質、及び病虫害抵抗性について評価した。2024 年に、コムギ突然変異品種 Darkhan-225 がさらなる公開のために国の品種試験に回された。

6. フィリピン（フィリピン稲研究所、Christopher C. Cabusora 氏）

人為的突然変異を通じた、悪環境に適応したイネ品種の開発

- **品種開発：**2019 年及び 2023 年に、*in vitro* 突然変異生成による 2 つの新しい突然変異品種が、塩性・灌漑水田のために、国家種子産業評議会(NSIC: National Seed Industry Council) により栽培と商業化について承認された。これらの品種は単一の環境において公開されたのであるが、干ばつ、塩分、及び冠水に対する複数の耐性を有している。これらの品種は NSIC の名称をつけて発行された。すなわち、NSIC Rc 686 及び NSIC Rc 740 である。
- イネの全国共同試験(NCT: National Cooperative Testing) への推薦に先立ち、これらの品種に対応する育種系統が、灌漑水田、管理された干ばつストレス、模擬天水、及び冠水ストレス生育条件下での圃場収量性について評価された。この評価の結果は、これらの品種が各生育条件において対応する対照品種の収量を超えることができることを示した。
- 幼苗期、生殖成長期及び栄養成長期における干ばつ・冠水耐性、並びに幼苗期における耐塩性の評価は、NSIC Rc 686 と NSIC Rc 740 が非生物ストレスのすべてに対して耐性があることを示した。
- NCT における多地点・多季節評価は、すべての場所と季節を通して、これらの品種が収量という点で対照品種と比べて優れていることを示した。
- **技術実証：**アルバイ州ティウイ(Tiwi, Albay)にある 10 ha の圃場実証区域で行われた 3 つの耐塩性品種のパイロット技術実証において、2022 年と比較して、イネの生産が 46% 増大したことが示された。

7. タイ（米作局、Nila Rasidee 氏）

電子ビーム誘発突然変異により、冠水耐性を得るためのタイ米の改良が行われた。5 つの親品種／変種(Pathum Thani 1、Chai Nat 1、Suphan Buri 60、Phitsanulok 2、及び RD49) が、冠水耐性を得るために突然変異させる育種素材として使用された。500 グラムの種子を 0.30 kGy の電子ビームで照射した。M₁ 個体群を発芽させて散播し、次に、主分げつ(main tiller) から 500 穂を収集して、M₂ 種子を得た。穂ごとに 500 列の M₂ 世代を植えた。各列から 26 の植物を M₃ 種子として選抜し、冠水耐性について評価した。残念なことに、この実験は海水位上昇による塩分の影響を受けた。残った材料を、M₄～M₇ 世代での冠水耐性スクリーニングのために収集した。結果は、植物の生存率は耐性対照 FR13A が 95～100%であるのに対して 10～

98%であり、また、感受性対照 IR42 (0%)よりも有意に高いことを示した。試験場での収量試験 (On-station Yield Trial) 実施のために、5つの優良系統が選抜された。2019~2021年のプラチンブリー米作研究センター (Prachin Buri Rice Research Center) でのステーション内試験において、PSL2'14E1-PCR-B-428-7Bは3,238 kg/haで、RD49 (3,381 kg/ha) に近かった。2021年雨季に行われたプラチンブリー米作研究センターとプラナコーンシーアユッタヤー (Phra Nakhon Si Ayutthaya) 米作研究センターでのステーション間試験では、PTT1'14E1-PCR-B-190-7Bは3,381 kg/haで、RD49 (3,416 kg/ha) に近かった。2023年に、プラナコーンシーアユッタヤー県の農家圃場での収量試験実験で5つの突然変異系統が試験され、RD49'14E1-PCR-B-375-7BとPSL2'14E1-PCR-B-428-7Bはそれぞれ4,300 kg/haと4,056 kg/haで、IR64-Sub1とRD41 (2,968 kg/haと4,037 kg/ha) よりも収量が多かった。2023年にプラチンブリー米作研究センターで行われた畑栽培条件での小規模な評価試験 (upland short row) では、いもち病に対する5つの突然変異系統の応答は高い耐性を示した。今後、これら5つの優良突然変異系統は、タイの中央部、東部、北東部及び南部の各地域にある農家圃場収量試験で試験され、冠水耐性について確認され、農業形質について研究されることになる。冠水しやすい地域の農家向けに冠水耐性のあるイネ品種を公開するために、これはイネ栽培の持続可能性につながるであろう。

8. ベトナム (農業遺伝学研究所、Le Duc Thao 氏)

2023~2024年に、ベトナムは、生態学分野の試験を継続し、突然変異ダイズ品種 (DT2010、DT215、DT218、DT219)、イネ (DT80) 及びラッカセイ LDT3を生産のために開発し、M₄のダイズ及びラッカセイにおいて新しい突然変異作物系統をスクリーニングし、新しい品種の選抜と育種のための開始素材を作出するためにダイズとラッカセイへの突然変異誘発を行った。2023年に、ラッカセイ新品種 LDT3 及びダイズ品種 DT219 が国家品種として公開された。これに加えて、AGI (農業遺伝学研究所) は、早生、高収量・高品質、改善された植物の硬度といった、原品種と比べて改善された一つまたはいくつかの形質を持つ多数のラッカセイ、ダイズ及びイネの突然変異系統を作出した。公開された突然変異品種の栽培区域の開発と拡大に関して、AGI は、イネ品種 DT80、ダイズ品種 DT215、DT2010、DT215、DT218、DT219 等の栽培区域を拡大する予定である。しかしながら、資金が限られているため、その区域は依然として限定的である。

[メンバー国により共有されたサマリー]

バングラデシュ (バングラデシュ原子力委員会、A.N.K Mamun 氏)

BINA dhan 25 は BRRI dhan 29 の突然変異品種で、その優れた品質、高い市場価格、早生、中日性、高収量 (7.14~8.50 t/ha)、そして長細粒であることにより、農家にますます人気のある品種となっており、比較的少ない肥料と灌漑システムで栽培可能である。その他 23 の世代を重ねて評価が進んだ突然変異系統がさらなる研究のために選抜されている。

韓国（公州大学校、Si-Yong Kang 氏）

私の発表の主な内容は、韓国におけるイオンビーム育種の現況と、陽子ビームを使用した私の最近の研究結果を紹介することである。韓国では、2012 年に陽子加速器（KOMAC）が完成し、韓国原子力研究院（KAERI）の放射線育種研究チームが、植物への陽子ビーム照射のための条件設定に関する研究と変異効果の検証を行っている。また、私は最近、新規の陽子ビームライン TR-102 と既存の TR-103 ビームラインで、アブラナ属のモデル作物である RC-Br（高速サイクルのアブラナ属植物（rapid cycle Brassica））、及びモデル植物であるシロイヌナズナ（*Arabidopsis thaliana*）に照射して、変異効果を検証した。将来的には、RC-BR は、耐病性などの有用な突然変異遺伝資源を選抜して栽培キャベツに導入するための研究を実施する予定である。