

添付資料 4 Q&A シート

FNCA2020 年度 放射線育種プロジェクトワークショップ 質疑応答表

発表者 ／回答者	質問／コメント	回答／返答
<p>バングラデシュ (Mamun 氏)</p>	<p>1) 素晴らしいご発表ありがとうございました。スライド 7 について、変異系統の葉はそれぞれ異なりますか。或いは写真撮影時の採光の違いですか。スライド 9 について、穀粒の色が明らかに異なりますが、この試験区内の対照或いは未処理の苗の写真はありますか。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>1) ご注目ありがとうございます。スライド 7 ではおっしゃる通り、採光時間(light duration)によって色が違って見えます。スライド 6 の左が対照区の写真です。変異体の方がより早く開花・成熟します。ありがとうございました。</p>
<p>中国 (Shu 氏)</p>	<p>1) ゲノム編集及び／或いは倍加半数体作出における組織培養プロセスが、ある量のソマクローナル変異を誘発する可能性があるのではないかと考えます。無視できるレベルであるとよいのですが、この点に関するデータはありますか。(長谷氏、日本)</p> <p>2) 特に突然変異育種における多くの有用な論文発表を行った功績について、お祝い致します。活動に関連した論文の発表を期待しています。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>1) はい。組織培養と形質転換はゲノム変異を誘発する可能性があります。ゲノム編集された植物について、再生された植物の 5 つのゲノムをシーケンシングすることによって変異頻度を評価し、(ゲノム編集を目的とした)アグロバクテリウムを用いた形質転換が普通の組織培養と同等の頻度で突然変異を誘発したという結論に達しました(Li et al 2016, Zhejiang Univ-Sci B (Biomed &amp; Biotechnol) 2016 17(12):992-996)。薬培養に関し、組織培養の過程でソマクローナル変異が生じる可能性があると考えていますが、この種の変異の定量化は行っていません。しかしながら、DH2 集団における雄性不稔植物などの変異を確認しており、これによりソマクローナル変異の存在が示唆されています。</p> <p>2) ありがとうございます。</p>
<p>インドネシア (Sobrizal 氏)</p>	<p>1) KEMUNING 1, 2 における高収量の主な決定因子は何ですか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 一苗当たりの莢数</li> <li>- 穀粒の大きさ</li> <li>- 生物的／非生物的ストレス耐性</li> <li>- その他</li> </ul> <p>(長谷氏、日本)</p> <p>2) 耐陰性とはどのような状況ですか。(高橋氏、日本)</p>	<p>1) Kemuning 1, 2 において高収量は、一苗当たりの莢数と穀粒のサイズの組み合わせで決定され、それぞれの親品種及び対照群よりも高くなっていました。さらに、Kemuning 1, 2 は、干ばつストレス耐性を目的として開発されたため、両品種とも干ばつが頻繁に発生する地域に適しています。</p> <p>2) 耐陰性の研究は、ルクスメーターで測定した通常の 50%の光量の下で行われています。</p>

	<p>3) ダイズ新品種の開発成功をお祝い申し上げます。Kemuning 1、2 のための対照品種或いは比較品種として利用した耐旱性品種はありますか。親品種である Pandermen は耐旱性を示しますか。また、極早生の Sugentan 1、2 は耐旱性でないかどうかを確認したいのですが。返答お待ちしております。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>3) ありがとうございます。Kemuning 1、2 の親品種は耐旱性を示しておらず、別の耐旱性品種を比較品種として利用しましたが、Kemuning 1、2 は比較品種よりも良好な結果を示しました。</p> <p>また、Sugentan 1、2 に対し干ばつストレスに関する試験を行っていませんので、耐旱性については確認できていません。</p>
<p>日本 (長谷氏)</p>	<p>1) 今回初めて FNCA 会合に参加する機会が持てたこと、またアジア各国の植物育種における原子力利用の現状を知る機会を戴けたことに感謝致します。</p> <p>長谷氏から発表のあった突然変異育種へのイオンビーム利用(特にダイズ育種)への参加に関心があります。どのようにすれば本プログラムに遺伝材料を含められますか。(Puspitasari 氏、インドネシア)</p> <p>2) 前回のワークショップにおける発表内容を論文化したものはありますか。論文或いはウェブサイトのリンク等の詳細な情報を戴けますと幸いです。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>1) イオンビームの利用に関心を寄せて頂き感謝致します。目的が FNCA プロジェクトに沿ったものであり、かつ貴国 PL(Sobrizal 氏)が同意すれば利用可能です。おそらく2021年4月或いは5月にFNCAプロジェクト向けにビームタイムを提供することが可能と思われます。詳細については2月に連絡予定です。ただし、ビームタイムが限られており全ての種子を照射できない可能性があることを了承願います。また、日本へのダイズ種子の輸出にあたり貴国所管官庁からの植物検疫証明書を取得する必要があります。過去2年にわたりベトナムからの種子を照射しており、Le 氏からの情報が適正線量の決定に有用となるでしょう。</p> <p>2) 我々の研究に関心を寄せて頂き感謝致します。本ワークショップでの発表内容に関する近年の論文へのリンクは以下の通りです。</p> <p><a href="https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00336/full">https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.00336/full</a></p> <p><a href="https://www.nature.com/articles/s41598-018-19278-1">https://www.nature.com/articles/s41598-018-19278-1</a></p> <p><a href="https://academic.oup.com/jrr/article/61/5/639/5881841">https://academic.oup.com/jrr/article/61/5/639/5881841</a></p>
<p>韓国 (Kang 氏)</p>	<p>1) スライドの中で、イネ等の高機能品種育成について述べていますが、高機能とは何を意味するのか、どのような特性や形質を開発しようとしているのか説明して頂けますか。</p> <p>2) 新たな突然変異品種の商業化について、農家と地域社会に迅速に受け入れられるためにどのようなアプローチを利用していますか。</p>	<p>1) 高機能品種とは、多くの機能性化合物を含んでいるという意味です。そして、ターゲット化合物の種類は作物によって様々です。最近開発されたイネにおける主な機能性化合物は、トコフェロール、アミノ酸、色素などでした。</p> <p>2) 正式に登録されているイネ及びダイズの新しい突然変異品種は、通常私たちが増殖し農家に直接頒布します。私たちの研究チームが</p>

	<p>3) 機能ゲノミクスとメタボロミクス研究について、本アプローチ／研究が実施されたのは変異群のどの世代ですか。(1)-3) Dewi 氏、インドネシア)</p> <p>4) 変異体のスクリーニングにフェノミクスを利用する計画はありますか。大きな挑戦だと思いますが、うまいければ従来の方法では確認できなかった新しい変異体を見つけられるかもしれません。(長谷氏、日本)</p> <p>5) 花卉の突然変異品種に関する論文はありますか。非常に興味深く詳細について知りたいです。ありがとうございます。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>開発したその他の作物種子及び技術は産業セクターに移転されています。</p> <p>3) 主に、M<sub>2</sub>～M<sub>6</sub> 世代の選抜された変異体または集団に対しゲノミクス及びメタボロミクス分析を行いました。</p> <p>4) 当座はKAERIの研究チームが条件の設定に取り組むことになると思います。将来、この研究が大いに進展することを願っています。</p> <p>5) 花卉或いは園芸用植物の突然変異育種に関しては、既にいくつか論文を公表しています。私の名前或いはキーワードで検索して頂ければ、すぐに見つけることが可能です。</p>
マレーシア (Hussein 氏)	<p>1) 在来イネにはその地域の農家が維持、開発してきた地域特有の特性(特に味と香り)がありますが、在来イネ品種を改良しその地域の食糧自給を支援することを目的とした突然変異育種プログラムはありますか。</p> <p>2) 異なる種類の突然変異品種を増殖し農家に頒布する上での困難はありますか。(1)-2) Dewi 氏、インドネシア)</p> <p>3) 詳細な質問で恐縮ですが、スライド 13 の右側のグラフは何を示したものですか。それぞれ NMR152 では 134、NMR122 では 122 と記されています。(長谷氏、日本)</p> <p>4) マレーシア原子力庁が、農家とマレーシア経済に大きな影響を及ぼしたという功績は、FNCA 賞に相応しいものです。同時に、論文発表、Farmers' Field Day、ならびにプレスリリースにより突然変異育種技術の促進を可能としました。お祝い申し上げます。変異体により病害虫に対する化学物質の利用を最低限に抑え、環境と人々の健康を守る一助となっていることが非常に素晴らしいです。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>1) あります。基本的に、突然変異育種プログラムは、地域実証試験(LVT)が産業界と協働で行われる場合に自動的に発生します。イネの変異体が顕著な収量増大を示した場合、農家は突然変異育種プロジェクトへの参加を申請します。それ以降は産業界により、最も優れた突然変異品種が維持、開発されます。</p> <p>2) 異なる種類の変異体の増殖は、産業界との研究協力を通じて行うことが可能なため、大きな問題ではありません。主な課題は、イネ品種を農家に頒布する許可を得る前に国の技術委員会からの承認を得るための必要条件です。さらに、この承認プロセスは面倒で、多大な時間を要します。</p> <p>3) スライド 13 のグラフは親品種(MR219)と NMR152 の SSR フラグメント解析結果を示しています。134 が NMR152 の SSR 解析結果、122 が 対照となる親品種の解析結果です。</p> <p>4) まずはマレーシア原子力庁の突然変異育種プロジェクトの成果物に対する称賛と高い評価に対し、感謝致します。また、マレーシア原子力庁より FNCA の多大なる支援に感謝致します。</p>

<p>モンゴル (Noov 氏)</p>	<p>1) スライド 12 で、コムギの突然変異系統が早生(81日、83日)、中生(86日、87日)、及び晩生(92日)として分類されています。スライド4での、短い生育期間は80~100日であるという育種目標について明確にしてください。92日は短い生育期間に該当しているのに、なぜ晩生とみなされるのですか。ありがとうございます。(Aurigue 氏、フィリピン)</p>	<p>1) ご質問ありがとうございます。モンゴルにおける標準的なコムギの成熟期分類群は、早生:80~84日、中生:85~90日、及び晩生:91日以上です。スライド4は、すべての成熟期分類群において成熟日数を短縮するという全体目標を説明したものであり、例えば、80日以下の早生、100日未満の晩生系統などです。しかし、スライド4の表現ではそのような目標が明確に説明できていなかったと理解しています。</p>
<p>フィリピン (Cabusora 氏)</p>	<p>1) あなたの構想に関し、M<sub>4</sub>世代における非生物的ストレスのスクリーニングで考慮すべき事項は何ですか。(Dewi 氏、インドネシア) 2) 望ましくない表現型を含め、種子照射で育成した変異群と試験管内突然変異誘発で育成した変異群における違いは見られますか。(長谷氏、日本)</p>	<p>1) M<sub>2</sub>集団における選抜の判断基準は、許容可能な表現型(良好な植物構造、草丈、早生、突き出た穂等)です。私達の野生種は劣った表現型を持つ非生物的ストレス耐性を有する在来種であるためです。系統の均一性と突然変異の安定性を評価するためにのみ、2つ先の世代(M<sub>4</sub>)まで進めます。突然変異が安定しており(遺伝学的(genetic))、系統が後代で元の表現型(後成的(epigenetic))に戻らないことを確実にする必要があります。したがって、基本的にストレスのスクリーニングは、良好な表現型を持ち、非生物的ストレス耐性を維持した変異体を選抜することです。 2) 実際のところ、見られません。変異性誘発という点でのいかなる違いも確認していません。IVMを使用することの唯一の利点は、小さな集団で、変異性が高く、最良の系統を選抜することができた(高効率)ということです。種子の突然変異の場合は、多少の選抜効率を得るためだけに、何千ものM<sub>2</sub>が必要となります。ご質問ありがとうございます。メールアドレスをお教え頂ければ、私達の変異体の一つに関し、公開しているものとは別の新しい花の突然変異お見せしていくつか助言を得たいと思います。ありがとうございます。</p>
<p>タイ (Noenplab 氏)</p>	<p>1) ご出席ありがとうございます。お会いできて幸いです。次回はより詳細な研究活動につ</p>	<p>1) 次回のワークショップでは我々の実験系での突然変育種において開発された洪水耐性及</p>

	<p>いて伺えることを楽しみにしています。 (長谷氏、日本)</p>	<p>び乾燥耐性のエリート系統について発表予定です。本会合を開催頂きありがとうございました。</p>
<p>ベトナム (Le 氏)</p>	<p>1) 黒ダイズ・茶ダイズは貴国でどのように利用されていますか。(高橋氏、日本)</p> <p>2) ラッカセイへのガンマ線照射の結果は非常に良好で興味深いものです。しかしながら、どのクロロフィル変異が観察されたか確認して頂けますか。スライドの写真からはアルビノ(白色)には見えません。アルビノはクロロフィル欠乏によりほとんど生き残れないため、実際にはキサント(黄色)またはクロリナ(黄緑色)ではないか確認した方がよいかもしれません。ありがとうございました。(Aurigue 氏、フィリピン)</p> <p>3-1) 私の質問に対する長谷氏の回答に関連し、ダイズにイオンビームを照射する際の適正線量を教えて頂けますか。(Puspitasari 氏、インドネシア)</p> <p>3-2) 2019年5月14日に照射したダイズ種子の生存率についてデータを共有して頂けますか。当時は以下の線量で照射を行いました。 - 320MeV 炭素: 10、20、30、40、50Gy - 107MeV ヘリウム: 20、40、60、80、100Gy (長谷氏、日本)</p> <p>3-3) ご回答ありがとうございました。明確な線量反応が M<sub>1</sub> の生存率で見られます。Puspitasari 氏、本データは貴国の材料における放射線感受性の確認に有用と考えています。本プロジェクト向けにビームタイムが持てることが確実になった段階で、再度検討しましょう。(長谷氏、日本)</p> <p>3-4) ご協力ありがとうございました。非常に有用な情報となります。私達の材料にイオンビーム照射を適用できることを期待しています。(Puspitasari 氏、インドネシア)</p>	<p>1) ご質問ありがとうございます。ベトナムでは、以前まで黄ダイズのみが食用に用いられていました。黒ダイズ DT215 は、ベトナムで作出・栽培された最初の黒ダイズ品種です。DT215 は高レベルのオメガ3、オメガ6 及びカロテンを有しており、これらは機能性食品の製造に適しています。現在、この品種は育成者権を、ビン詰食品・飲料及び栄養豊富な dini を多く含んだ大豆食品を製造している、ある食品会社に移しています。</p> <p>2) ご質問ありがとうございます。実施プロセスにおいて、ラッカセイばかりでなくダイズも、M<sub>1</sub> と M<sub>2</sub> 世代においてアルビノを得ています。このアルビノ変異は個体の全体或いは一部であり、出現のタイミングは苗木時或いは成熟時です。従って、一部の植物はその後も生長し種子をつけます。これらの変異は M<sub>2</sub> では少なくなり、M<sub>3</sub> までにはほとんど消滅します。発表では変異体の発生例を挙げているのみであり、この変異型に関するさらなる研究は行っていません。ラッカセイの突然変異育種におけるスクリーニングの主な方向性は、高脂質含量の変異体を選抜することです。</p> <p>3-1) ダイズのイオンビーム照射において、線量決定に問題があったのは事実です。現在 M<sub>3</sub> の評価を行っていますが、得られた種子数は非常に少なく、照射時の線量が高く、また幅を広げ過ぎたと推測されます。そのため、次回の照射時には線量の幅を狭めて適正線量を決定する予定です。</p> <p>3-2) ダイズに関するイオンビーム照射のデータは表 1 を参照下さい。ご協力ありがとうございました。</p>

表 1

## イオンビーム照射されたダイズ種子の生存率 (%)

## 1. 320 MeV-C

	842008-1		842008-36		F3507-2		F3507-3/1	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
10 Gy	61	87,5	57	86,5	63	83,3	66	87,1
20 Gy	48	86,9	45	88,1	45	86,8	46	85,9
30 Gy	30	88,0	29	87,7	31	87,4	27	86,3
40 Gy	17	87,8	17	86,9	19	87,1	20	85,7
50 Gy	10	87,5	9	87,5	9	87,0	11	87,1
0 Gy		88,1		87,2		87,5		86,4

## 2. 107 MeV-He

	842008-1		842008-36		F3507-2		F3507-3/1	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
20 Gy	67	88,1	69	85,1	67	88,4	66	85,3
40 Gy	60	87,2	57	87,3	58	87,9	58	86,0
60 Gy	47	89,1	48	86,4	46	88,1	48	85,7
80 Gy	31	86,3	30	87,5	33	87,7	41	87,1
100 Gy	20	87,4	22	88,6	19	87,3	21	86,1
0 Gy		87,8		86,3		89,1		85,6