

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：23303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K21276

研究課題名(和文)重イオンビーム変異株からの選抜による鉄・亜鉛栄養価の高い新しいコシヒカリの作出

研究課題名(英文)Production of high iron and zinc Koshihikari rice by ion beam irradiation

研究代表者

増田 寛志(MASUDA, Hiroshi)

石川県立大学・生物資源環境学部・特別研究員

研究者番号：40605268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：女性と子供の4割近くが鉄欠乏の状態である。また高齢者に亜鉛欠乏が多く、味覚障害や、摂食障害の要因となっている。鉄や亜鉛栄養価の高いコシヒカリを作出し、日々の米食からより多くこれらの栄養を摂取できれば、鉄欠乏性貧血症や亜鉛欠乏症の改善に貢献できる。本研究では重イオンビーム照射により得られたコシヒカリ変異体ライブラリーを用いて、鉄・亜鉛栄養価が高い新しい品種を作出を目指した。M5種子の稔率および表現型は既存のコシヒカリと同等であり、白米中の鉄・亜鉛含有量がそれぞれ最大で2倍、または1.5倍高い系統をそれぞれ選抜した。さらに次世代のM6種子でも鉄・亜鉛含有量をより安定して蓄積する系統を選抜した。

研究成果の概要(英文)：Iron (Fe) deficiency anemia is a very serious micronutrient problem in the world, especially in Asian countries where rice is a main staple food, including Japan. In this research, we applied ion-beam mutation and screening method to obtain high Fe and Zn rice. Heavy ion-beam (carbon ion $^{12}C^{6+}$) was irradiated to the most popular rice variety in Japan, Koshihikari, at Japan Atomic Energy Agency (Takasaki, Gunma, Japan). Koshihikari mutant rice cultivated in the field on 2015 and 2016 were analyzed for metal concentration in the grains, and high Fe and Zn lines were selected in each generation. Fe or Zn concentration in polished seeds were increased up to 2 or 1.5 times, respectively, in selected mutant lines compared to wild type rice.

研究分野：植物栄養学

キーワード：イネ 鉄 亜鉛 栄養強化 育種 重イオンビーム

1. 研究開始当初の背景

日本人の女性のうち、月経で定期的に鉄分を失うこともあり、半数は慢性的に鉄分が足りない状態である。女性の10人に1人は鉄欠乏性貧血症を患っている(内田、2006)。また、日本人の男性は亜鉛を平均 8.8 mg、女性は平均 7.3 mg 摂取している(平成 20 年国民健康・栄養調査)。これは、厚生労働省が策定した「日本人の食事摂取基準」の男性 12 mg、女性 9 mg を下回り、全体として亜鉛欠乏の傾向がある。亜鉛欠乏により、骨粗しょう症や味覚障害などが生じる。鉄分や亜鉛不足を避ける方法として、サプリメントの摂取や食生活の改善も考えられるが、どちらも特別な労力を毎日費やす必要があり、継続して取り組むのは難しい。一方で、従来のイネの育種では、収量や、耐寒性、耐病性、食味などに重点が置かれた一方、鉄分や亜鉛などの微量栄養素を指標とした育種はほとんど行われてこなかった。しかしながら、イネの白米中の鉄含有量はとても低いいため、米を主食とする日本人に鉄欠乏性貧血症が多い一因になっている。そこで、**鉄分、亜鉛栄養価の高いイネを作出し、日々摂取する米から微量栄養素をより多く摂取できれば、人々が鉄欠乏性貧血症や亜鉛欠乏症を回避する非常に有効な方法となりえる。**また、栄養価の高いイネを作出し、商品価値を高めれば、農家にとっても利益となり農村地域の活性化の原動力になると考えた。

私は、これまでに形質転換の手法により鉄・亜鉛栄養価の高いイネを作出してきた。例えば、高等植物の金属キレーターであるニコチアミンの生合成酵素の発現を高め、白米の鉄含有量を増加させた(Masuda et al.2009; Masuda et al.2012)。しかしながら、これらの方法は形質転換技術に基づいているため、技術的には確立しているものの、風評被害や法的な規制の厳しさも併い、日本での実用化の道は険しい。

また、日本で実用化を目指すには、**日本人が食べられており、農家にとっても栽培方法が確**

立しているコシヒカリをベースに育種・選抜を進めることが有効であると考えた。

その方法として、私の所属する石川県立大学の西澤直子教授、東京大学の中西啓二博士と、農環研の石川覚博士らが共同で作出した重イオンビームによるコシヒカリ変異株ライブラリーに着目した。重イオンビームによる変異導入方法では、薬剤による変異導入や X 線照射による変異導入に比べて、多くの変異を導入しやすく、より多種多様な遺伝的変異を持った植物体を得やすい。

石川覚博士らのグループは、重イオンビームの照射により得られたコシヒカリの変異株から玄米中のカドミウムの濃度が通常のコシヒカリと比較して 1%以下に減少した変異株を得て、原因遺伝子も同定した(Ishikawa et al.(2012) P.N.A.S.109.47:19166-19171.)。こちらは、すでに収量や表現型に問題ないことが確かめられ「コシヒカリ環1号」という名で品種登録され、すぐにでも実用化される段階にある。従って、**重イオンビームによるコシヒカリの変異株の中には、種子の微量元素の含有量が変化しているものが多数存在し、鉄や亜鉛含有量の高い変異株も得られる可能性が高い**と考えた。

2. 研究の目的

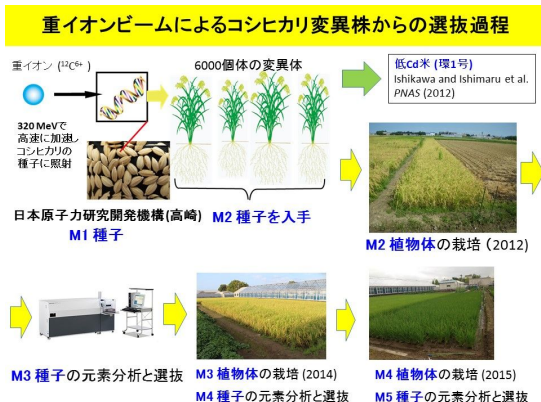
鉄や亜鉛栄養価が高いコシヒカリを作出し、日本人が日々摂取する米食から鉄や亜鉛をより多く摂取できれば、日本人の鉄欠乏性貧血症や亜鉛欠乏症の改善に貢献できる。また、これによりコメの商品価値を高めれば、農家にとっても利益となる。そこで、重イオンビームにより変異を導入したコシヒカリの変異系統を種子中の微量元素の含有量と収量、表現型を元に選抜し、鉄や亜鉛含有量が高く、他の形質が通常のコシヒカリと同等の新しいコシヒカリ品種を作出することを目的としている。

3. 研究の方法

私の在籍する研究室と農業環境技術研究所との共同研究で作出した、重イオンビームを照射したコシヒカリ変異株の M2 種子 (Ishikawa et al.2012) を用いた。これを 2012 年に石川県立大学付属圃場で栽培し、1117 系統の M3 種子の玄米中の微量元素を分析した。玄米中の鉄含有量が 2.5 倍、または亜鉛含有量が 2 倍に増加した変異株を含む 63 系統を選抜した。2014 年に圃場で栽培し、収穫した M4 世代の種子の白米と玄米の鉄・亜鉛含有量を ICPS 発光分析装置により測定し、鉄・亜鉛含有量の高い 24 系統を選抜した。

2015 年に、これらの M4 世代のイネと野生型のイネを、各系統につき 40 個体ずつ、6 月 2 日より、石川県立大学の圃場水田で栽培した。定期的に写真撮影を行い、各系統の表現系を観察した。また、出穂日、草丈などの表現型を調査した。9 月 28 日にイネを収穫し、収量と捻率を記録した。ICPS 発光分析装置により、M5 種子の玄米中と白米中の鉄・亜鉛やその他の微量元素の含有量を測定した。

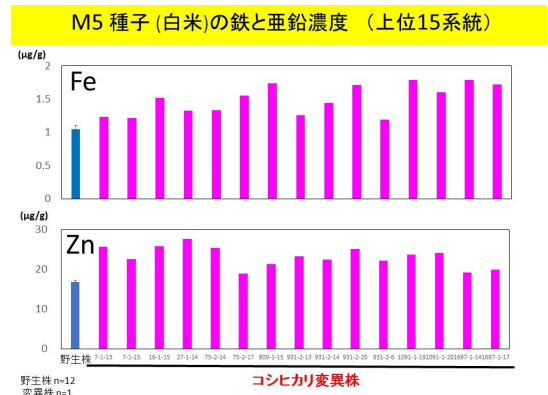
それにより、収量、捻率や表現型が既存のコシヒカリと同等で、種子中の鉄・亜鉛含有量が高く、カドミウムやヒ素などの他の有害な重金属が増加していない有望な系統を 9 系統 (サブラインを考慮した場合は 15 系統) 選抜した。



2016 年度も同様に選抜した M5 世代のイネ 15 系統を 40 個体ずつ、計 600 個体を栽培し、収穫、収量と捻率を記録した。M6 種子の玄米中の鉄・亜鉛やその他の微量元素の含有量を測定した。

4. 研究成果

2015 年 9 月 28 日に収穫した M5 種子の捻率および表現型は既存のコシヒカリと同等であり、白米中の鉄・亜鉛含有量がそれぞれ最大で 2 倍、または 1.5 倍高かった。種子中の鉄含有量と亜鉛含有量には高い相関が見られ、鉄と亜鉛が共に従来のコシヒカリより高い系統も多数得られた。



2016 年に収穫した M6 種子の分析結果においても、想定通り、鉄・亜鉛含有量が高い有望な系統を得られた。しかしながら、まだ世代における表現系が安定していなかった。各系統 40 個体を栽培し、そのうち 20 個体を分析したが、同じ M5 親由来でも子世代の個体ごとに、M6 種子中の鉄・亜鉛含有量の値が異なり、鉄や亜鉛含有量が高いという目的形質を示すものと、目的形質を示さないものが 2:1 程度の比率で混在している状態だった。前世代の分析よりは、親世代の性質を受け継いでいる個体数が多かったが、M5 植物体の段階では、まだ目的形質をもたらす遺伝子の一部が固定されておらず(ヘテロの状態であり)、原因遺伝子の推定やマウスへの給餌試験をするには、もう少し世代を進める必要がある。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計2件)

Aung, M.S., **Masuda, H.**, Kobayashi, T., Kakei, Y., Tun, Y.T., Nakanishi, H., Yamakawa, T., Nishizawa, N.K. (2016) Identification of mineral-rich rice varieties in Myanmar. *Myanmar Agricultural Research Journal*. 3:14-29 2016.

Hiroshi Masuda, Erika Shimoshi, Tasuro Hamada, Takeshi Senoura, Takanori Kobayashi, May Sann Aung, Yasuhiro Ishimaru, Yuko Ogo, Naoko K. Nishizawa. A new transgenic rice line exhibiting enhanced ferric iron reduction and phytosiderophore production confers tolerance to low iron availability in calcareous soil. *Plos One*, 12(3), 2017

(学会発表)(計2件)

Masuda, H., Aung, M.S., Kobayashi, T., Nakanishi, H., Nishizawa, N.K. (2016) Producing high iron rice with important rice varieties. (Oral Presentation) 18th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants (ISINIP). マドリード自治大学 (スペイン・マドリード) 2016年6月3日

増田寛志 May Sann Aung 小林高範 中西啓仁 西澤直子、重イオンビーム照射による鉄・亜鉛栄養価の高いコシヒカリの作出。日本土壌肥料学会 2016年佐賀大会、佐賀大学 (佐賀県・佐賀市) 2016年9月20日

(図書)(計0件)

(産業財産権)

該当なし

出願状況(計0件)

該当なし

取得状況(計0件)

該当なし

(その他)

招待講演 “Iron biofortification of rice for healthy life ” Kasesart University. Regional Workshop on rice breeding, biofortification & phenomics. カセサート大学 (タイ、ナコンパトム) 2015年11月24日

招待講演 Rice for Healthy life. Lecture at Yangon University, Department of Botany, Organized by Dr. San San Aye (Professor of Yangon University), ヤンゴン大学 (ミャンマー、ヤンゴン) 2016年1月22日

6. 研究組織

(1)研究代表者

増田 寛志 (MASUDA, Hiroshi)
石川県立大学・生物資源環境学部・
特別研究員
研究者番号:40605268

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし

(4)研究協力者

小林 高範 (KOBAYASHI, Takanori)
西澤 直子 (NISHIZAWA, Naoko)
橋本 光男 (HASHIMOTO, Mitsuo)
中村 啓二 (NAKAMURA, Keiji)
中西 啓仁 (NAKANISHI, Hiromi)
石川 寛 (ISHIKAWA, Satoru)