

加速器施設で発生するイオンビームを品種改良に利用 －イオンビーム育種法－

試験研究計画名：戦略的オミクス育種技術体系の構築

研究代表機関名：国立研究開発法人 理化学研究所

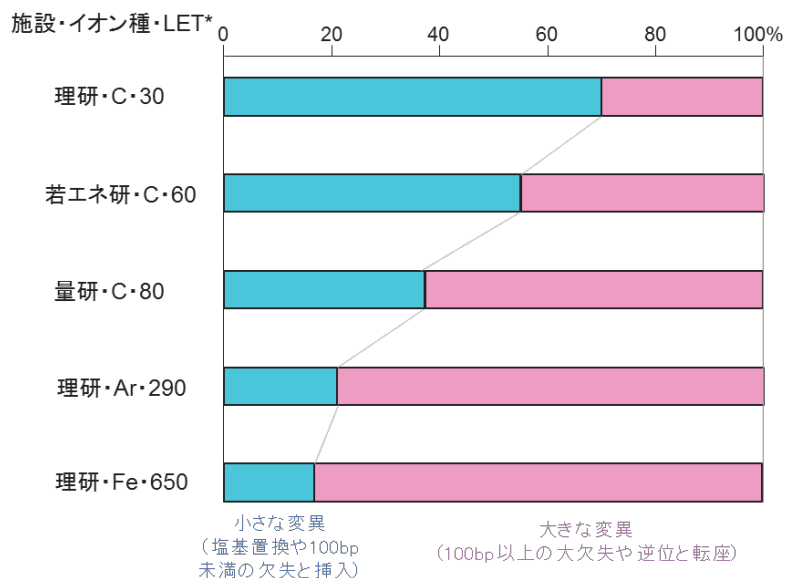
背景とわらい：

加速器施設で発生するイオンビームは、原子を加速した粒子です。その1粒が持つ破壊エネルギーが大きいため、DNAの二本鎖を切断し、修復しにくいダメージを与えます。そのため、低線量で突然変異を誘発することができます。イオンビームを利用した品種改良技術は、日本が世界に先導する技術であり、平成の間に、70以上の新品種育成に成功しています。SIPでは、理化学研究所（理研）、若狭湾エネルギー研究センター（若エネ研）、量子科学技術研究開発機構（量研）の3つの加速器施設が協力し、それぞれの施設で発生する炭素イオンビームなどがイネに誘発する変異を解析することにより、イオンビーム育種技術の体系化研究を推進しました。

特長と効果：

イオンビームの破壊力（LET）と生じた変異の種類の間を調べたところ、破壊力が大きくなると大きな変異が増えることを明らかにしました。破壊力が小さい炭素イオンビーム（理研・C・30）では、小さな変異が7割であるのに対し、破壊力が倍になると（若エネ研・C・60）小さな変異と大きな変異が半々になり、さらに破壊力が増すと（量研・C・80）大きな変異が6割に増加しました。また、破壊力が桁違いに大きいアルゴンや鉄イオンビームでは、遺伝子に発生する変異の8割が大きなものとなり、大欠失や染色体構造が変化する複雑な変異が観察されました。

小さな変異を目指すときは、破壊力の小さい炭素イオンを、バランス良く多様な変異を得たいときは、中程度以上の破壊力の炭素イオンを、大きな遺伝子の破壊や染色体構造の変化を望むときは、アルゴンや鉄イオンビームを選択するという「オンデマンド照射技術」を確立しました。



*線エネルギー付与(LET: Linear Energy Transfer)
イオンビームが物質中を通過するとき、その飛跡に沿って単位長さ当りに落とすエネルギーのこと。
単位はkeV/μm

図. 遺伝子領域に生じた変異の種類と割合

社会実装の対象と可能性:

選抜した有用変異体を用いて、多収性に関与すると考えられる種子が大きくなる遺伝子や早生・晩生の遺伝子など新規遺伝子を単離・同定しました。オイル生産性の高い藻類の変異体は、プラントでの生産性試験を開始しました。また、果皮が果肉から離れてしまう「浮き皮」の発生が低下し、ミカンが品薄となる3~4月に出荷可能となった晩生系統は、品種登録予定です。新しい清酒酵母は、のべ20以上の酒蔵で日本酒の生産に使用されています。サンプルとしては種子でも、培養細胞でも、穂木でも照射可能で、1サンプル当りの照射時間は数秒から数分です。ただし、加速器施設ごとに年間の照射実験のスケジュールは決まっており、それぞれの施設でサンプルサイズや形状に制限があります。3つの加速器施設は連携していますので、どちらにご相談下さってもご要望に適した施設をご案内します。

参考文献:

- ・ Kazama, Y. et al. Different mutational function of low- and high-linear energy transfer heavy-ion irradiation demonstrated by whole genome re-sequencing of Arabidopsis mutants. *Plant J.* 92: 1020-1030.
- ・ Hase, Y. et al. Physiological status of plant tissue affects the frequency and types of mutations induced by carbon-ion irradiation in Arabidopsis. *Sci. Rep.* 8:1394.
- ・ Ichida, H. et al. Targeted exome sequencing of unselected heavy-ion beam-irradiated populations reveals less-biased mutation characteristics in the rice genome. *Plant J.* 98:301-314.

研究担当機関名: a 国立研究開発法人 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター
 b 公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター
 c 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
 量子ビーム科学部門 高崎量子応用研究所

研究担当者: a 阿部 知子、市田 裕之、b 高城 啓一、畑下 昌範、
 c 大野 豊、長谷 純宏

問い合わせ先: a 国立研究開発法人 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター
 生物照射チーム
 E-mail : ion-breeding@riken.jp

b 公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター
 イオンビーム育種相談窓口
 E-mail : ion-soudan@werc.or.jp

c 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
 量子ビーム科学部門 高崎量子応用研究所
 E-mail : ohno.yutaka@qst.go.jp

作成日: 2019/05