

課題番号	GR096
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成 23 年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	高エネルギー量子ビームによる次世代突然変異育種技術の開発
研究機関・ 部局・職名	独立行政法人理化学研究所・仁科加速器研究センター生物照射チーム・チームリーダー
氏名	阿部 知子

1. 当該年度の研究目的

**LETmax 照射技術の開発**

重イオンビーム照射ではイオンの種類やスピードを調整することにより、生体に与えるエネルギー（LET）を変えることができ、変異率が高くなる LET (LETmax) が存在することを発見した。精密に調整した重イオンビームをイネ種子に照射し変異率を測定、LETmax を最適化する。

**一遺伝子破壊技術の開発**

品種改良では、他の農業上有益な形質はそのまま目的の形質のみを改良することが望まれている。変異率が高い LETmax 照射区でそれが実現すれば、理想的である。そこで、LETmax 照射で得られた変異体を用いて変異領域を解析し、破壊された遺伝子数を明らかにする。

**オンデマンド変異誘発技術の開発**

一度に複数の遺伝子を破壊したいという要望にも答えるため、軽いイオンよりも破壊力が強いと考えられる重いイオンについて、その照射効果を明らかにする。

**グリーン・イノベーションのための高品質変異体の育成**

津波被災水田で栽培可能な宮城県オリジナル品種での耐塩性イネの育成を試みる。

2. 研究の実施状況

**LETmax 照射技術の開発**

精密に調整した炭素またはネオンビームをイネ種子に照射、圃場で栽培し種子 (M<sub>2</sub>) を収穫した。M<sub>2</sub> 種子を播種し、葉色に変化する葉緑素突然変異体を観察し、変異率 (%) = 変異体が出現した系統数 / 全系統数 X100 を調査した。その結果、変異率の高まる LETmax は、30-70 keV/μm から 50-70 keV/μm に狭まり、変異率は 6.6-6.9%であった (図 1)。

**一遺伝子破壊技術の開発**

LETmax 照射で収集した原因遺伝子が明らかな (既知) 形態突然変異体について変異領域を解析した。イネでは、幼苗でも判定が可能なものとして葉色が薄いもの・葉数が増えるもの・わい性を、

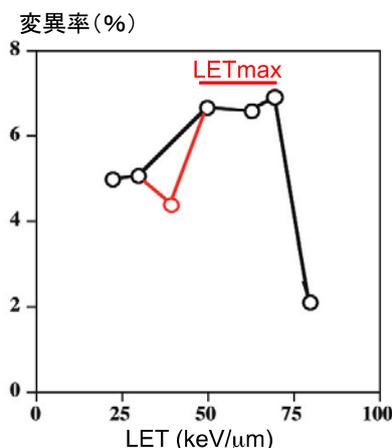


図1. イネLETmaxの最適化

圃場栽培では葉に褐色の斑点が入るものや早く開花するもの・一穂の粒数が多いなどの変異体を収集し、4つ変異領域を明らかにした。2-739塩基の欠失であり、破壊された遺伝子数は1-2個であった。

**オンデマンド変異誘発技術の開発**

重いイオンの変異誘発効果を調査するため、シロイヌナズナのアルゴンビーム (290eV/ $\mu$ m) 照射変異体を解析した。その結果14変異体のうち、13変異体に2-225957塩基の欠失が認められ、破壊された遺伝子数は1-46個であった。イネでは、アルゴンビーム照射のM<sub>2</sub> 1330系統について変異率を測定したところ、4.1%であった。

**グリーン・イノベーションのための高品質変異体の育成**

4つのイネ耐塩性系統を、除塩作業を施した津波被災水田(石巻市蛇田)で栽培した(図2)。その結果、元品種日本晴と比較して1.2倍の収量を示す耐塩性系統もあったが、除塩効果により普通栽培品種でも顕著な減収は認められなかった。また宮城県オリジナル品種において耐塩性系統を選抜するため、炭素ビームによるLETmax照射を行った。照射種子は宮城県古川農業試験場で栽培し、M<sub>2</sub> 717系統を収穫した(宮城県と東北大学との共同研究である)。

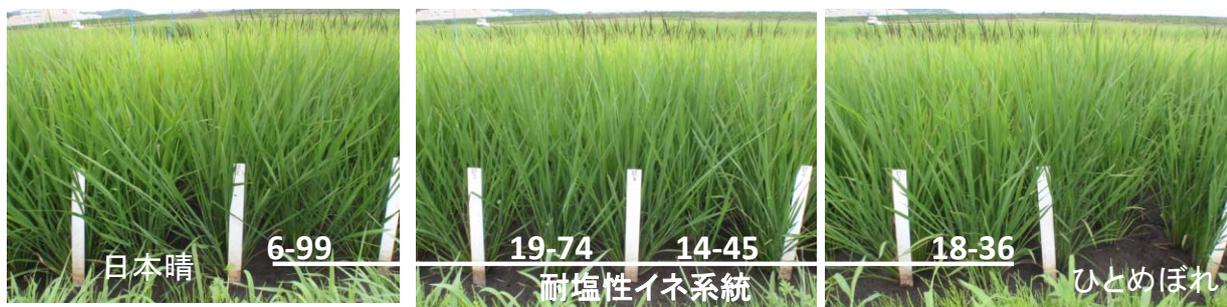


図2. 石巻市での耐塩性イネ系統栽培試験

3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計4件
計5件	<p>1) Niwa K., Yamamoto T., Furuita H. and Abe T., Mutation breeding in the marine crop <i>Porphyra yezoensis</i> (Bangiales, Rhodophyta): Cultivation experiment of the artificial red mutant isolated by heavy-ion beam mutagenesis, <i>Aquaculture</i> <b>314</b>, 182-187 (2011)</p> <p>2) Cabanos C.S., Katamaya H., Urabe H., Kuwata C., Murota Y., Abe T., Okumoto Y. and Maruyama N., Heavy-ion beam irradiation is an effective technique for reducing magor allergens in peanut seeds, <i>Mol. Breeding</i>, DOI: 10.1007/s11032-011-9687-2 (2011)</p> <p>3) Kazama Y., Hirano T., Saito H., Liu Y., Ohbu S., Hayashi Y., Abe T., Characterization of highly efficient heavy-ion mutagenesis in <i>Arabidopsis thaliana</i>, <i>BMC Plant Biol.</i> <b>11</b>:161(2011)  <a href="http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/161">http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/161</a></p> <p>4) Yasui Y., Mori M., Aii J., Abe T., Matsumoto D., Sato S., Hayashi Y., Ohnishi O. and Ota T., S-LOCUS EARLY FLOWERING 3 is Exclusively Present in the Genomes of Shortstyled Buckwheat Plants that Exhibit Heteromorphic Self-incompatibility, <i>PLoS ONE</i> <b>7</b>(2): e31264. (2012)  <a href="http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0031264">http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0031264</a></p>

様式19 別紙1

	<p>(掲載済み一査読無し) 計1件</p> <p>5) 堀正敏, 阿部知子, 重イオンビーム照射を利用した吟醸酒用の新しい酵母の開発, プレインテクノニュース <b>148</b>, 29-33(2011)</p>
<p>会議発表 計20件</p>	<p>専門家向け 計20件</p> <p>1) Hirano T., Takagi K., Hoshino Y., Abe T., Analysis of DNA damage response in male gametes of <i>Cyrtanthus mackenii</i> during pollen tube growth, XVIII International Botanical Congress (IBC2011), Melbourne, Australia, July (2011)</p> <p>2) Abe T., Kazama Y., Hirano H., Morita R., Hayashi Y., Ion beam mutagenesis: new innovative technology for mutation breeding, <i>ibid.</i></p> <p>3) Kazama Y., Hirano T., Nishihara K., Ohbu S., Shirakawa Y., Hayashi Y., Abe T., Ion-beam mutagenesis: New technology for the control of deletion-size by heavy-ion beam irradiation, <i>ibid.</i></p> <p>4) Hayashi Y, Morita R, Tokairin H, Sato T, Abe T, Effect of heavy-ion beam irradiation on mutation induction in Rice, <i>ibid.</i></p> <p>5) Morita R, Hayashi Y, Shibukawa T, Takehisa H, Nishimura M, Abe T, Radiation Mutagenesis: Molecular characterization of mutations induced by gamma irradiation and heavy-ion beam in rice, <i>ibid.</i></p> <p>6) Morita R, Hayashi Y, Kogure S, Tokairin H, Takehisa H, Hanzawa E, Sato T, Abe T, Isolation of salt-tolerant mutants of rice induced by heavy-ion irradiation, 7th Asian Crop Science Association Conference Bogor, West Java, Indonesia, Sep. (2011)</p> <p>7) 平野智也, 風間裕介, 大部澄江, 白川侑希, 阿部知子, 重イオンビーム誘発突然変異に対する LET 効果の解析, 第29回日本植物細胞分子生物学会大会, 福岡, 9月(2011)</p> <p>8) 森田竜平, 中川繭, 林依子, 竹久妃奈子, 東海林英夫, 佐藤雅志, 小暮祥子, 阿部知子, 葉緑素合成不全イネ変異体の解析, 同上</p> <p>9) 森田竜平, 中川繭, 林依子, 小暮祥子, 竹久妃奈子, 東海林英夫, 佐藤雅志, 阿部知子, イネ温度感受性 virescent 変異体の解析, 日本育種学会, 第120回講演会, 福井, 9月(2011), 第120回講演会日本育種学会優秀発表賞 受賞(10月24日、学会HPで発表)</p> <p>10) 平野智也, 風間裕介, 大部澄江, 白川侑希, 林裕子, 阿部知子, シロイヌナズナを用いた DNA 突然変異への LET 効果の解析 (2), 同上</p> <p>11) 風間裕介, 馬立春, 平野智也, 大部澄江, 白川侑希, 林裕子, 阿部知子, シロイヌナズナの M1 世代での迅速な突然変異検出系を用いた LET 効果の解析, 同上</p> <p>12) 風間裕介, 馬立春, 平野智也, 大部澄江, 白川侑希, 林裕子, 畠山晋, 阿部知子, アルビノ変異セクターを指標とした重イオンビーム変異迅速検出系の確立, 日本植物形態学会第23回総会・大会, 東京, 9月(2011)</p> <p>13) 片野真奈, 風間裕介, 平野智也, 阿部知子, 堀口吾朗, Ferjani Ali, 塚谷裕一, <i>fugu5</i> 変異体に対する重イオンビーム照射で作出した変異体—補償作用によって昂進される細胞伸長制御系の遺伝学的解析—, 日本植物学会第75回大会, 東京, 9月(2011)</p> <p>14) Nakano T, Hirohama E, Tanigaki F, Ogawa S, Abe T, Hayashi Y, Nitasaka E, Akashi R, Hashiguchi M, Aoki T, "ISS Education Program "JAXA Seeds in Space I", 62nd International Astronautical Congress, Cape Town South Africa, Oct. (2011)</p> <p>15) 阿部知子, 重イオンビーム変異体利用の新展開, 理研シンポジウム, 和光, 1月, 理化学研究所(自ら企画し</p>

様式19 別紙1

	<p>た会議である)</p> <p>16) 平野智也, 風間裕介, 大部澄江, 白川侑希, 阿部知子, DNA 変異解析に基づいた重イオンビーム変異誘発法の高度化, 同上</p> <p>17) 竹之下佳久, 竹牟禮穰, 大江正和, 斉藤宏之, 阿部知子, イオンビームを照射したイチゴ品種「さつまおとめ」の早生優良系統の特性, 同上</p> <p>18) 寺岡毅, 神谷健太, 澤野郁夫, 中嶋輝子, 加々美裕, 神尾章子, 浜部直哉, 林依子, 龍頭啓充, 福西暢尚, 阿部知子, 重イオンビーム照射によるウンシュウミカン形態変異体の作出, 同上</p> <p>19) 中野完, 広浜栄次郎, 小川志保, 谷垣文章, 阿部知子, 林依子, 明石良, 橋口正嗣, 青木俊夫, 仁田坂英二, 市田裕之, 小野道之, 林誠, 宇宙ステーション教育プログラム“JAXA 第1回宇宙種子実験”, 同上</p> <p>20) 林依子, 森田竜平, 永野拓馬, 半沢栄子, 東海林英夫, 小暮祥子, 若菜妙子, 白川侑希, 高橋和也, 佐藤雅志, 阿部知子, 重イオンビームによって誘発したイネ耐塩性突然変異系統の特性比較 2, 日本育種学会第 121 回講演会, 宇都宮, 3 月 (2012)</p> <p>一般向け 計 0 件</p>
<p>図書 計 1 件</p>	<p>K.Niwa and T. Abe, Chapter 7. Heavy-Ion Beam Mutagenesis in <i>Porphyra yezoensis</i>, pp.119-132 in <i>Porphyra yezoensis</i>: Frontiers in Physiological and Molecular Biological Research, ed. K. Mikami, Nova Science Publishers, Inc., March 2012, 205pp, 978-1-61122-304-0</p>
<p>産業財産権 出願・取得状況 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物照射チーム、研究室の紹介、<a href="http://www.riken.go.jp/r-world/research/lab/nishina/radia/index.html">http://www.riken.go.jp/r-world/research/lab/nishina/radia/index.html</a></li> <li>・重イオンビーム照射を利用した吟醸酒用の新しい酵母の開発—香り高い華やかな清酒を製造—、埼玉県県政ニュース、<a href="http://www.pref.saitama.lg.jp/news/page/news111026-06.html">http://www.pref.saitama.lg.jp/news/page/news111026-06.html</a></li> <li>・理研ブランドの清酒「仁科誉」、理研 Navi、<a href="http://www.riken.go.jp/r-navi/blog/120118.html">http://www.riken.go.jp/r-navi/blog/120118.html</a></li> <li>・重イオンビーム照射を利用した吟醸酒用の新しい酵母の開発—理研ブランドの清酒「仁科誉」、仁科加速器研究センター ニュース 2011 年、<a href="http://www.rarf.riken.jp/news/2011/20111221.html">http://www.rarf.riken.jp/news/2011/20111221.html</a></li> <li>・小学生の中西てるみさん、「仁科蔵王」観察で科学創意工夫展に入選、理研 Navi、<a href="http://www.riken.jp/r-navi/blog/120330.html">http://www.riken.jp/r-navi/blog/120330.html</a></li> </ul>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新品種を造る(育種)技術、9 月 21 日、和光市(理研和光研究所生物棟大セミナー室およびファイトロン)、岩手県立一関第一高校生 40 名引率 2 名、重イオンビーム育種技術の紹介、実験室や温室の施設案内を行った後、質疑応答。お土産に重イオンビーム照射アサガオ種子を配付。11 月 11 日引率教諭よりアサガオを播種したところ、蔓の巻方が反対の変異体出現かとの報告あり。変異体についての研究指導を開始。12 月 17 日東北植物学会第 1 回大会において岩手県立一関第一高校生物研究部が「重イオンビーム照射によるアサガオの変異」に関する研究を発表。優秀賞を受賞(12 月 17 日高校生研究発表表彰、於 岩手大学北桐ホール)。</li> <li>・RI ビームファクトリーの巨大加速器群で新しい植物を創る、12 月 22 日、和光市(理研和光研究所展示事務棟理研ギャラリー)、12 月 22 日、和光まちづくり NPO 和光市民 35 名、理研見学会の一環として重イオンビーム育種技術の紹介、重イオンビームで育成した桜を植えたいなど公園の植栽についての相談を受けた。</li> <li>・RI ビームファクトリーが拓く品種改良の未来—ゲノム時代の次世代育種技術—、2 月 14 日、東京(ホテルオークラ</li> </ul>

様式19 別紙1

	<p>東京)、第 25 回理研と親しむ会交流会、産業界の研究者など 300 名、重イオンビーム育種技術および「仁科誉」開発紹介と試飲会、研究交流および新たな品種改良ユーザーの開拓を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Development of salt-resistant rice and high-yield rice, 16-20 Feb., Vancouver, Canada Annual Meeting Advancing Science Serving Society (AAAS)、理研ブースにて大学生を対象として研究紹介ペーパーを配付、耐塩性イネや黄色い桜などの品種改良を紹介、Q&amp;A を行う。</li> <li>・重イオンビーム育種による平成変化アサガオの育成、2 月 16 日、和光市(仁科生物プレハブ)、筑波大附属坂戸高校、高校生および引率の 2 名、高校生が理科の課題として取り組むアサガオの変異誘発実験に関する研究指導。卒業研究論文「変化アサガオの作出-重イオンビーム育種を用いた突然変異誘発」は第 15 回総合科学研究大会での代表生徒発表に選出される(2 月 23 日 於筑波大学附属坂戸高等学校 体育館)。</li> <li>・RI ビームファクトリーでの重イオンビーム育種技術の開発および重イオンビームで誘発された DNA 変異の解析方法、3 月 19 日、和光市(理研和光研究所生物棟大セミナー室)、名古屋大学大学院生 15 名引率 1 名、重イオンビーム育種技術開発の紹介および職業としての研究者について進路相談に対応。</li> <li>・仁科蔵王と仁科乙女、3 月 26 日、和光市(仁科生物プレハブ)、杉並区立桃井第四小学校、小学生と保護者の 2 名、昨年に続き重イオンビーム育種技術で育成したサクラの紹介と、サクラの疑問に答える、杉並区科学館主催の「科学創意工夫展」において「サクラの美しい色のひみつ」で入賞(10 月 10 日 特別表彰式、於杉並区科学館)</li> </ul>
<p>新聞・一般雑誌等掲載計 13 件</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 日本発！世界を変えるエコ技術(山路達也著)、7 月 19 日発行、121-131 頁、「Chapter05 生物進化を操る、重イオンビームが生物進化を加速させる」、ポット出版</li> <li>2) 日本経済新聞、8 月 1 日掲載、朝刊 11 面、塩害水田に耐塩性イネ 東北大など石巻で生育試験</li> <li>3) 日本農業新聞、8 月 11 日掲載、朝刊 16 面、塩害に強くおいしい米を「ひとめぼれ」「ササニシキ」など 18 品種試験</li> <li>4) Newton 9 月号、9 月 7 日発行、124 頁、「塩害に強い植物を探せ」、ニュートンプレス</li> <li>5) 日本経済新聞、10 月 27 日掲載、朝刊 39 面、吟醸酒用の酵母 理研が共同開発</li> <li>6) 化学工業日報、10 月 27 日掲載、9 面、吟醸酒向け新酵母開発 重イオンビーム技術活用</li> <li>7) 科学新聞、11 月 4 日掲載、2 面、重イオンビームで吟醸酒用の新酵母 初の理研ブランド清酒</li> <li>8) 週間文春 1 月 5 日・12 日号、年末年始特別広告企画 47 都道府県この一献！贈る酒、迎える酒に乾杯！（平成 24 年）埼玉 仁科誉 丸山酒造</li> <li>9) 北海道新聞、1 月 23 日掲載、夕刊科学、「粒子加速器で品種改良 理研など実用化」</li> <li>10) 山陽新聞、1 月 24 日掲載、14 面科学、「加速器が生んだ吟醸酒」理研など酵母の品種改良成功</li> <li>11) ニュートン別冊「地震列島と原発」もっと知りたい！、2 月 15 日発行、114-115 頁、コラム 塩害に強い植物を探せ 被災した農地でイネやアブラナの栽培実験がはじまった、ニュートンプレス</li> <li>12) 社会に役立つ加速器 未知の世界をのぞく最前線レポート、2 月発行、日本電機工業会加速器特別委員会事務局編集、6-7 頁、農業分野&gt;世界で一つだけの花をつくる、日本電機工業会</li> <li>13) 日経新聞電子版、3 月 4 日掲載、テクノロジー Techトレンド ニュースな技術、「塩害に強いコメ」「成長が早いワカメ」、新品種を生む魔法の加速器 <a href="http://www.nikkei.com/tech/trend/article/g=96958A90889DE1EBE0E7E2EAE7E2E2E0E2E1E0E2E3E0E2E2E2E2E2;p=9694E3E7E3E0E0E2E2EBE0E2E3E2">http://www.nikkei.com/tech/trend/article/g=96958A90889DE1EBE0E7E2EAE7E2E2E0E2E1E0E2E3E0E2E2E2E2E2;p=9694E3E7E3E0E0E2E2EBE0E2E3E2</a></li> </ol>
<p>その他</p>	<p>平成 23 年 4 月 11 日放送 テレビ朝日モーニングバード「アカデミヨシズミ、桜」</p> <p>平成 23 年 5 月 13 日放送 テレビ東京モーニングサテライト 「日本の技術が被災農地を救う」</p>

4. その他特記事項

日本未来館新規常設展示「2050 年くらしのかたち」が 8 月 21 日にオープン。企画段階より協力者として参加。本展示の「いとおか

## 様式19 別紙1

市」では、重イオンビームにより環境と調和する品種改良が盛んに行われ、4つの重イオン加速器施設があり、世界で最も沢山の重イオン加速器施設がある都市となりました。

埼玉県との共同研究の成果として、重イオンビーム育種技術で育成した清酒酵母「埼玉 G 酵母」を用いて、理研初のプライベート商品となる日本酒「仁科誉」の販売を11月より開始しました。埼玉県内の3つの酒造会社にご協力頂き、統一銘柄で吟醸本生、純米吟醸、純米大吟醸の3種類の日本酒が楽しめます。

## 実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	98,000,000	37,584,000		60,416,000	60,416,000
間接経費	29,400,000	11,275,200		18,124,800	18,124,800
合計	127,400,000	48,859,200	0	78,540,800	78,540,800

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	36,284,722	0	0	36,284,722	27,337,713	8,947,009	0
間接経費	11,275,200	0	0	11,275,200	11,275,200	0	0
合計	47,559,922	0	0	47,559,922	38,612,913	8,947,009	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	15,255,536	プロイディアナライザー等
旅費	3,191,361	海外渡航費等
謝金・人件費等	4,965,838	研究者月例給与等
その他	3,924,978	構造解析業務等
直接経費計	27,337,713	
間接経費計	11,275,200	
合計	38,612,913	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
プロイディアナライ ザー		1	4,935,000	4,935,000	2011/9/27	独立行政法人 理化学研究所
DNA/RNA分析用マイ クロチップ電気泳動装 置		1	3,620,866	3,620,866	2011/9/30	独立行政法人 理化学研究所