特集記事 ワークショップ報告

細胞質雄性不稔 / 稔性回復に関わるイノベーション創出基礎的研究

鳥山欽哉

東北大学大学院農学研究科, 宮城県仙台市, 〒981-8555

Innovative basic and applied researches in cytoplasmic male sterility and fertility restoration

Kinya Toriyama

Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi 981-8555, Japan

キーワード

細胞質雄性不稔, 稔性回復, F_1 ハイブリッド品種

1. はじめに

「より良い品種をより安くより多くの人々に」この目標を一代雑種育種法（ハイブリッド品種育種法）において達成するためには、組合せ能力の高い親系統の育成、および、経済的 F_1 採種技術が必要である。多量に経済的に F_1 種子を採種するためには、自家受粉を抑制して交雑種子を得る必要がある。そのために、細胞質雄性不稔性 (cytoplasmic male sterility; CMS) が利用されることが多い。トウモロコシ、ソルガム、テンサイ、ヒマワリ、ブロッコリーやダイコン等のアブラナ科野菜、ニンジン、セロリ、ネギ、タマネギ等で CMS を利用した F_1 ハイブリッド品種が実用化されている。また、中国などでは、CMS を利用した F_1 ハイブリッドイネが実用化されている。CMS の発現はミトコンドリアゲノムに存在する CMS 原因遺伝子と、核ゲノムに存在する稔性回復遺伝子 (*Restorer of fertility*; *Rf*) の相互作用で説明されている (Fujii and Toriyama 2008)。CMS 原因遺伝子と *Rf* 遺伝子がいくつかの作物からクローニングされ、その実体が明らかにされている。CMS 原因遺伝子はミトコンドリアゲノムに存在するユニークなキメラ ORF であり、また、稔性回復遺伝子はミトコンドリア RNA の転写後制御に関わる RNA 結合タンパク質である pentatricopeptide repeat (PPR) タンパク質をコードしていることが多い (本誌における久保・寺地 (2013) のワークショップ記事参照)。このような背景で、ミトコンドリアゲノムに存在する CMS 原因遺伝子と核ゲノムに存在する稔性回復遺伝子に関わる基礎と応用研究が盛んに行われている。

本特集記事では、日本育種学会第 122 回講演会 WS01 として、平成 24 年 9 月 14 日に開催したワークショップ「細胞質雄性不稔 / 稔性回復に関わるイノベーション創出

基礎的研究」で紹介した背景の一例として、「世界のハイブリッドライス事情の紹介」、および、ワークショップの報告とともに、記事を読んでさらに理解を深めたい人へのガイドとしての文献リストを紹介したい。

2. 世界のハイブリッドライス事情

2012 年 5 月 4 日「みどりの日」に本会の会員である新城長有琉球大学名誉教授が「ハイブリッド米の開発に関する功績」により第 6 回「みどりの学術賞」を授与された。「みどりの学術賞」は、国内において植物、森林、緑地、造園、自然保護等に係る研究、技術の開発その他「みどり」に関する学術上の顕著な功績のあった個人に内閣総理大臣が授与する賞である。新城長有氏は世界各地のイネ品種を用いて「細胞質雄性不稔系統」とその「維持系統」、子実の稔性を回復させるための「稔性回復系統」からなる「三系法」を確立し、ハイブリッドライスの育種に関する基本材料の開発に成功した。この業績により、1979 年に育種学会賞が授与されているが、日本ではハイブリッドライスの実用化がほとんど進まなかった。

1983 年に NHK が「謎のコメが日本を狙う」という番組を放映したが、中国で実用化されたハイブリッドライス (謎のコメ) をアメリカの企業が日本に売り込みにきたという内容であった。それからおよそ 10 年間日本でもハイブリッドライスの研究が盛んに行われたが、次第に良質米育種に重点をおくようになり、ハイブリッドライスの研究は 1990 年代中頃には終了した。日本では、三井化学が開発したハイブリッド品種「みつひかり 2003」と「みつひかり 2005」が事業化されたのみであった。ハイブリッドライスは日本では普及せず、研究もほとんど継続されなかった。

一方、世界の情勢を見ると、中国では 1700 万ヘクタールで栽培され、イネ栽培面積の 57.6% を占めている (Barclay 2010 ; 表 1)。さらに、東南アジア各国や米国で

表1 ハイブリッドライス栽培状況 (2009)

国名	イネ全面積 (万 ha)	ハイブリッド ライス面積 (万 ha)	ハイブリッド ライス 作付け率
中国	2949	1700	57.6%
インド	4400	140	3.2%
ベトナム	741	70	9.4%
バングラデシュ	1174	80	6.8%
インドネシア	1231	62	0.5%
フィリピン	446	19	4.3%
米国	120	18	14.5%
世界	15600	2074	13%

Barclay 2010 をもとに作成

も栽培され、2009 年のデータを見ると世界全体でのハイブリッドライス作付け率は 13% となっている。2008 年には IRRI を中心としてハイブリッドライス開発コンソーシアム (Hybrid Rice Development Consortium; HRDC) が設立され、ハイブリッドライスの開発支援や種子生産研究への協力を行っている。

ハイブリッドライス開発コンソーシアムでは、4 年に 1 回毎「国際ハイブリッドライスシンポジウム」を開催している。2012 年 9 月には「第 6 回国際ハイブリッドライスシンポジウム」がインドで開催された。私はこのシンポジウムに参加していないが、講演者のパワーポイントが次のサイトから公開されている。

http://hrdc.irri.org/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=38

ここでは、公開されているそれらのパワーポイントに基づいて最新の情報を紹介したい。

IRRI におけるハイブリッドライス開発を紹介している Xie (2012) の発表によれば、2011 年の世界におけるハイブリッドライスの栽培面積は 21.7 百万 ha である。2007 年には 19.8 百万 ha であったが、4 年間で 2 百万 ha 増加したことになる。中国以外には、インド、ベトナム、バングラデシュ、インドネシア、フィリピンなどの東南アジアで栽培されているのみならず、米国でも 50 万 ha 近く栽培されている。IRRI が 2008 年に組織したハイブリッドライス開発コンソーシアムにおいて 2012 年には 30 の企業と 32 の公的研究機関がメンバーとなっている。

中国のハイブリッドライス育種プログラムを紹介した Shihua (2012) の発表、および、スーパーハイブリッドライス育種プログラムを紹介した Longping (2012) の発表を見ると、2010 年の栽培面積は 18 百万 ha であり、栽培面積の 60% を占める。平均収量は 6.7 トン/ha。2010 年の開発品種を見ると、3 系法によるものが 53.4%、2 系法が 16.7%、従来の自殖品種が 29.9% を占める。3 系法に使われる細胞質雄性不稔系統の由来を見ると、wild-abortive 型 (WA-CMS) に対する依存度は 1996 年には 70% であったが、2006 年には 45% となっている。その他に、インドネシア由来の ID-CMS が 20% を占める。近年、2 系法によるハイブリッド開発が伸びてきており、2010 年

の栽培面積は 3.5 百万 ha となり、ハイブリッドライス栽培面積の 20% を占めるようになった。作付け面積トップ 3 品種、さらに、トップ 10 の中では 5 品種が 2 系法で作られた品種が占めている。最も有名な品種は Liangyoupei 9 (Peiai 64S X 9311) である。このハイブリッドはスーパーハイブリッドライスと呼ばれ、13.9 トン/ha という超多収性が報告されている。母本の Peiai 64S は PA64S と記載されるが、温度感受性雄性不稔系統 (thermo-sensitive genic male sterile line; TGMS) である。従来の TGMS 系統の臨界温度は 24°C であり、これより高温になると不稔、低温では可稔となるが、気象条件に左右されやすく、特に低温で自殖種子の混入が問題となる。そこで、冷水灌漑選抜で改良を進め、臨界温度が 22°C の新しい TGMS 系統も開発されている。雑種強勢 (ヘテロシス) の研究も盛んに行われ、両親の遺伝的多様性も改良して、インディカタイプのスーパーハイブリッドライス Xieyou 9308 (12.5% はジャポニカ遺伝的背景)、インディカジャポニカスーパーハイブリッドライス Yongyou12 (49% ジャポニカ遺伝的背景) などが開発されている。それぞれ、12.2 トン/ha および 14.2 トン/ha の多収性が報告されている。F₁ ハイブリッドに優良形質をピラミッディングするための分子マーカーデータベース (<http://www.ricedata.cn>) も作成されている。スーパーハイブリッドライスプログラムの育種目標を 15 トン/ha としている。

インドにおけるハイブリッドライスを紹介した Siddiq (2012) の発表を見ると、2011 年の栽培面積は 198 万 ha である。59 品種を開発したが、多収性が年次毎に安定しない、病害虫に弱い等の問題があり、なかなか普及していない。公的機関と企業の信頼関係、情報と材料交換が足りないことやハイブリッドライス育種に関わる人が少ない (インドは 20 人、中国は 150 人) などの問題も提起している。これまでの 15 センターに新たに 5 センターを追加してハイブリッドライス開発に取り組むとしている。

企業におけるハイブリッドライス開発を発表した Raj (2012) によると、バイエルクロップ社のハイブリッドライス Arize は 2 百万 ha で栽培されている。

ハイブリッドライス開発コンソーシアムでは、IRRI 育成系統を用いた事業化の場合、1.3% から 2.0% のライセンス料を課している (<http://hrdc.irri.org/index.php>)。しかし、ハイブリッドライス開発コンソーシアムに日本からの参加は無い。

これらの情勢を見て感じることは、かつて日本が世界をリードしていたハイブリッドライスの基盤材料と研究成果を活かしきれていないことである。これまでの知財を活かせば、ハイブリッドライス育種の実用化に使える日本オリジナルのハイブリッドライス開発が可能であろう。これによって、国内種苗産業の国際競争力の強化、また、将来的な国産米の生産性と輸出力の向上のための基盤構築を目指す必要があるだろう。「追いつけ追い越せ」の種苗産業国際化戦略が必要である。

3. ワークショップ報告

ねらい

CMS は、 F_1 ハイブリッド品種の育成のみならず、花粉症や GM 花粉流出防止対策などの点からも産業界の需要が期待される。本ワークショップでは細胞質雄性不稔性と花粉稔性回復の分子機構解明、および、それを利用した花粉形成制御技術に関するイノベーション創出基礎的研究について、アブラナ科野菜、テンサイ、イネ、コムギを例に挙げて話題提供した。産業界から何が求められているかの情報交換も行い、分野横断的基盤 / 応用研究の可能性についても会場全体で総合討論した。

企画者：鳥山欽哉（東北大院農）・山岸博（京都産大・総合生命）

共 催：生物系特定産業技術研究支援センター

演題 1 オルガネラゲノム工学による細胞質雄性不稔の開発 *

山岸博（京都産大・総合生命）

ダイコンや *Brassica* 属野菜の F_1 ハイブリッド育種では、自家不和合性に代わり細胞質雄性不稔性の利用が増えている。しかし、現在用いられている雄性不稔のソースはほとんどがオグラ型とその変異型であるコセナ型に限られており、新規雄性不稔細胞質の開発が囑望されている。オグラ型雄性不稔の原因遺伝子はミトコンドリアの *orf138* であり、その細胞質はハマダイコンに由来する。オグラ型雄性不稔に対する稔性回復遺伝子 (*Rfo/Rfk*) もクローニングされており、PPR タンパク質をコードし *orf138* RNA の翻訳制御に関与することが示されている。本ワークショップでは、ダイコンのオグラ型細胞質の起源、変異、および、新規作用を示す稔性回復遺伝子の存在などが紹介され、雄性不稔および稔性回復の分子機構に関する研究の進展が紹介された。さらに、シロイヌナズナとアブラナ科植物の細胞融合によって得られた雄性不稔性の研究など、オルガネラゲノム工学的手法によって、新しい細胞質雄性不稔の素材を開発している研究が紹介された。

〈理解を深めたい人への参考文献〉

Bang, S.W., K. Tsutsui, S.H. Shim and Y. Kaneko (2011) Production and characterization of the novel CMS line of radish (*Raphanus sativus*) carrying *Brassica maurorum* cytoplasm. *Plant Breed.* 130: 410–412.

Yamagishi, H., M. Landgren, J. Forsberg and K. Glimelius (2002) Production of asymmetric hybrids between *Arabidopsis thaliana* and *Brassica napus* utilizing an efficient protoplast culture system. *Theor. Appl. Genet.* 104: 959–964.

Yamagishi, H. and K. Glimelius (2003) Somatic hybrids between *Arabidopsis thaliana* and cytoplasmic male-sterile radish (*Raphanus sativus*) *Plant Cell Rep.* 22: 52–58.

Yamagishi, H. and S. Nakagawa (2004) Somatic hybrids between *Arabidopsis thaliana* and cabbage (*Brassica oleracea*) *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 73: 319–323.

山岸 博 (2006) 栽培、野生ダイコンにおける系統分化とオグラ型雄性不稔細胞質の起源. *育種学研究* 8: 107–112.

演題 2 植物ミトコンドリア遺伝子発現の分子基盤解明と育種への応用 *

中村崇裕¹・風間智彦² (1. 九大農学研究科, 2. 東北大院農)

近年、様々な植物で細胞質雄性不稔 (CMS) を引き起こすミトコンドリアの ORF と、核コードの稔性回復遺伝子 (*Rf*) の分子実態が明らかになってきた。*Rf* の多くは、配列特異的な RNA 結合蛋白質である pentatricopeptide repeat (PPR) 蛋白質をコードし、CMS 原因遺伝子を RNA レベルで不活化すると考えられている。そこで、CMS/*Rf* 機構の鍵となる PPR 蛋白質、およびミトコンドリア翻訳機構の理解と利用に関わる育種技術の開発を目指した。その結果、PPR 蛋白質の RNA 認識基盤をほぼ解明し、人工 *Rf* 構築の基礎的基盤を確立した。また、翻訳に関わる潜在的な RNA 構造や配列を明らかにした。CMS/*Rf* 機構の鍵となる PPR 蛋白質、およびミトコンドリア翻訳機構の現在の知見と育種への応用について紹介された。PPR コードが明らかにされたことにより、人工 PPR タンパク質を介した RNA の制御、結合 RNA 配列の予測が可能となった。特に、直接的な遺伝子導入法の確立していない植物ミトコンドリアの改変に非常に有益なツールとなることが考えられる。植物分野だけでなく、医薬分野も含めて多岐にわたる実用化が期待される。

〈理解を深めたい人への参考文献〉

Barkan, A., M. Rojas, S. Fujii, A. Yap, Y.S. Chong, C.S. Bond and I. Small (2012) A combinatorial amino acid code for RNA recognition by pentatricopeptide repeat proteins. *PLoS Genet.* 8: e1002910.

Nakamura, T., Y. Yagi and K. Kobayashi (2012) Mechanistic insight into pentatricopeptide repeat proteins as sequence-specific RNA-binding proteins for organellar RNAs in plants. *Plant Cell Physiol.* 53: 1171–1179.

Yagi, Y., S. Hayashi, K. Kobayashi, T. Hirayama and T. Nakamura (2013) Elucidation of the RNA recognition code for pentatricopeptide repeat proteins involved in organelle RNA editing in plants. *PLoS ONE* 8: e57286.

中村崇裕・八木祐介・小林啓子 (2012) PPR モチーフを利用した RNA 結合性蛋白質の設計方法及びその利用. 出願番号: PCT/JP2012/077274

演題 3 細胞質雄性不稔性の発現機構解明と人工稔性回復遺伝子の開発 *

久保友彦¹・田口和憲² (1. 北大・院農学研究科, 2. 北海道農業研究セ)

テンサイのハイブリッド採種に用いられている CMS 細胞質は、1940 年代にアメリカのテンサイ育種家 F.V. Owen

が初めて発見した。現在、世界のテンサイハイブリッドは、ほぼ全て Owen の発見した細胞質を利用して採種されている。

本ワークショップでは、テンサイ Owen 型細胞質の原因となり得るミトコンドリア遺伝子について次のことが紹介された。atp6 の読み取り枠に融合したアミノ末端伸長領域に CMS 固有ポリペプチドがコードされていた。このポリペプチド (preSATP6 と命名) は、植物体の全身から検出される。preSATP6 がミトコンドリア内膜でホモオリゴマーを形成すること。ミトコンドリア呼吸に、非常に興味深い相関があることなど。こうした知見に基づいてなぜ雄性不稔性が発現するのかについて考察し、あわせてプロジェクト概要が紹介された。ミトコンドリアの CMS 誘発 ORF は全身で発現しているが、なぜ、雄性器官特異的な発育不全を示すのか？これを上手く説明することが CMS 発現機構を解明するカギとなるように見える。

〈理解を深めたい人への参考文献〉

- Kubo, T., K. Kitazaki, M. Matsunaga, H. Kagami and T. Mikami (2011) Male sterility-inducing mitochondrial genomes: how do they differ? Critical Reviews in Plant Sci. 30: 378–400.
- Matsuhira, H., H. Kagami, M. Kurata, K. Kitazaki, M. Matsunaga, Y. Hamaguchi, E. Hagihara, M. Ueda, M. Harada, A. Muramatsu *et al.* (2012) Unusual and typical features of a novel restorer-of-fertility gene of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Genetics 192: 1347–1358.
- Owen, F.V. (1942) Male sterility in sugar beets produced by complementary effects of cytoplasmic and mendelian inheritance. Am. J. Bot. 29: 692.
- Yamamoto, M.P., T. Kubo and T. Mikami (2005) The 5'-leader sequence of sugar beet mitochondrial *atp6* encodes a novel polypeptide that is characteristic of Owen cytoplasmic male sterility. Mol. Genet. Genom. 273: 342–349.
- Yoshida, Y., M. Matsunaga, D. Cheng, D. Xu, Y. Honma, T. Mikami and T. Kubo (2012) Mitochondrial minisatellite polymorphisms in fodder and sugar beets reveal genetic bottlenecks associated with domestication. Biol. Plant. 56: 369–372.

演題 4 日長感応性細胞質雄性不稔による新規ハイブリッドコムギ育種基盤の開発

村井耕二 (福井県大生物資源)

ハイブリッドコムギ品種は従来品種と比較して 15 ~ 20% の増収が見込まれる。本ワークショップでは、近縁野生種の細胞質を持つ日長感応性細胞質雄性不稔 (Photoperiod-sensitive CMS; PCMS) を利用する二系法のハイブリッドコムギ育種技術とその将来性について紹介された。この PCMS はパンコムギの細胞質を *Aegilops crassa* の細胞質に置換したものであり、ミトコンドリアの *orf260* が原因遺伝子とされている。15 時間以上の長日条件下で、雄ずいの雌ずい化というホメオティック変化が起こり雄性不稔となる。PCMS 系統の維持・増殖は低緯度地域の短日条件下において自殖によって行い、F₁ 種子の採種は高緯度地域の長日条件下において PCMS 系

統と花粉親系統との他殖によって行うことができる。ホメオティック変化はミトコンドリアから核へのレトログレートシグナルによって花器官形成遺伝子の発現パターンが変化することによって引き起こされるが、その詳細な分子機構の解明が待たれる。

〈理解を深めたい人への参考文献〉

- Edward, I.B. (2001) Hybrid Wheat. In “World wheat book A history of wheat breeding” Bonjean, A.P. and Angus, W.J. (eds), Lavoisier publishing, Paris, 1019–1045.
- 村井耕二 (1999) 日長感応性細胞質雄性不稔を利用するハイブリッドコムギ育成法の開発。育種学研究 1: 181–188.
- Zhu, Y., T., Saraike, Y. Yamamoto, H. Hagita, S. Takumi and K. Murai (2008) *orf260^{ma}*, a novel mitochondrial gene, is associated with the homeotic transformation of stamens into pistil-like structures (pistillody) in alloplasmic wheat. Plant Cell Physiol. 49: 1723–1733.
- The hybrid wheat website
http://www.hybridwheat.net/HP/HomePageEN.aspx

演題 5 コメ産業の国際化を狙った新規ハイブリッドライス育種基盤の開発 *

鳥山欽哉・風間智彦 (東北大院農)

ハイブリッドライスの栽培面積は世界全体で 13% を占めており、そのほとんどが WA-CMS を利用している。本研究では、複数の野生イネに由来する細胞質雄性不稔性と稔性回復の分子基盤解明を行い、日本独自のハイブリッドライス開発基盤の提供を目指していることを紹介した。

CMS を引き起こすミトコンドリア遺伝子として、CMS 特異的なキメラ遺伝子 (モザイク遺伝子) が見つかった。イネで最も良く研究されている Boro 型 CMS の場合は、CMS 原因遺伝子として *orf79* が存在することが知られている。本ワークショップでは、*orf79* が存在しないタイプの CMS 系統 2 種類について、CMS 原因遺伝子候補を探す試みを紹介した。その手法は、(1) 次世代シーケンサーを利用してミトコンドリアの全ゲノムの塩基配列を決定する。(2) 日本晴のミトコンドリアゲノムに存在しない *orf* を探索する。(3) キメラ構造を持つもの、あるいは、膜貫通領域をコードしている *orf* を選び出す。(4) それらの *orf* をプローブとして、ノーザンブロット解析を行い、稔性回復遺伝子の有無で転写パターンが変化する遺伝子を探す。この方法により、*Oryza rufipogon* に由来する 2 種類の CMS 系統 RT98 および RT102 について解析したところ、*orf113* および *orf352* がそれぞれ CMS 原因候補遺伝子として選抜されたことを紹介した。最後に日本においても「ハイブリッドライス研究会」を充足させようと呼びかけた。

〈理解を深めたい人への参考文献〉

- Cheng, S-H., L-Y. Cao, J-Y. Zhuang, S-G. Chen, X-D. Zhan, Y-Y. Fan, D-F. Zhu and S-K. Min (2007) Super hybrid rice breeding in China: Achievements and prospects. J. Int. Plant Biol. 49:

805–810.

- Li, S., D. Yang and Y. Zhu (2007) Characterization and use of male sterility in hybrid rice breeding. *J. Int. Plant Biol.* 49: 791–804.
- Fujii, S., T. Kazama, M. Yamada and K. Toriyama (2010) Discovery of global genomic re-organization based on comparison of two newly sequenced rice mitochondrial genomes with cytoplasmic male sterility-related genes. *BMC Genomics* 11: 209.
- Igarashi, K., T. Kazama, K. Motomura and K. Toriyama (2012) Whole genomic sequencing of RT98 mitochondria derived from *Oryza rufipogon* and northern blot analysis to uncover a cytoplasmic male sterility-associated gene. *Plant Cell Physiol.* 54: 237–243.

質疑応答

野菜として市販されているブロッコリーのほとんどが細胞質雄性不稔性であることが紹介された。PPR タンパク質の RNA 認識コードが明らかにされつつあり、将来はカスタム PPR タンパク質の構築が可能になると期待される。化学交雑剤 (chemical hybridizing agent) を利用してコムギなどの F1 雑種種子生産がなされていることが紹介された。細胞質雄性不稔性系統、稔性回復系統の特許出願、品種登録について情報交換を行った。大盛況であり 2 時間では足りなかった。

4. おわりに

5 月の時点ではワークショップの育種学研究掲載用の原稿は強制ではなくて企画者に一任するとのことだったので原稿を書かないつもりでいた。記事の著者は、各演者ではなく、主任者・企画者とするという原稿依頼が 11 月にきた。WS の敷居を高くしないこと、講演者に手間

を取らせないことを考慮し、鳥山が責任を取り原稿を作成した。

謝 辞

WS 演題の中で*印を付けた課題は、生物系特定産業技術研究支援センターイノベーション創出基礎的研究推進事業の支援を受けて実施した。本稿をまとめるにあたり、発表者の皆様のご協力に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Barclay 2010, Hybridizing the world. *Rice Today* 9: 32–35.
- Fujii, S. and K. Toriyama (2008) Genome barriers between nuclei and mitochondria exemplified by cytoplasmic male sterility. *Plant Cell Physiol.* 49: 1484–1494.
- Longping, Y. (2012) China's Super Hybrid Rice Breeding Program. 6th International Hybrid Rice Symposium. Sept. 10–12, 2012, Hyderabad, India.
- Raj, Y. (2012) Hybrid Rice Breeding—Private Sector Perspectives. 6th International Hybrid Rice Symposium. Sept. 10–12, 2012, Hyderabad, India.
- Shihua, C. (2012) Progress of China's Hybrid Rice Breeding Program. 6th International Hybrid Rice Symposium. Sept. 10–12, 2012, Hyderabad, India.
- Siddiq, E.A. (2012) Hybrid Rice in India—Prospects & Future Challenges. 6th International Hybrid Rice Symposium. Sept. 10–12, 2012, Hyderabad, India.
- Xie, F. (2012) Hybrid Rice Research & Development at IRRI. 6th International Hybrid Rice Symposium. Sept. 10–12, 2012, Hyderabad, India.

当日 演題

講演

1. オルガネラゲノム工学による細胞質雄性不稔の開発
山岸博 (京都産大・総合生命)
2. 植物ミトコンドリア遺伝子発現の分子基盤解明と育種への応用
中村崇裕¹・風間智彦² (1. 九大・院農, 2. 東北大・院農)
3. 細胞質雄性不稔性の発現機構解明と人工稔性回復遺伝子の開発
久保友彦¹・田口和憲² (1. 北大・院農, 2. 北海道農業研究センター)
4. 日長感応性細胞質雄性不稔による新規ハイブリッドコムギ育種基盤の開発
村井耕二 (福井県大・生物資源)
5. コメ産業の国際化を狙った新規ハイブリッドライス育種基盤の開発
鳥山欽哉・風間智彦 (東北大・院農)

総合討論