

# BRAIN

Bio-oriented Technology Research Advancement Institution

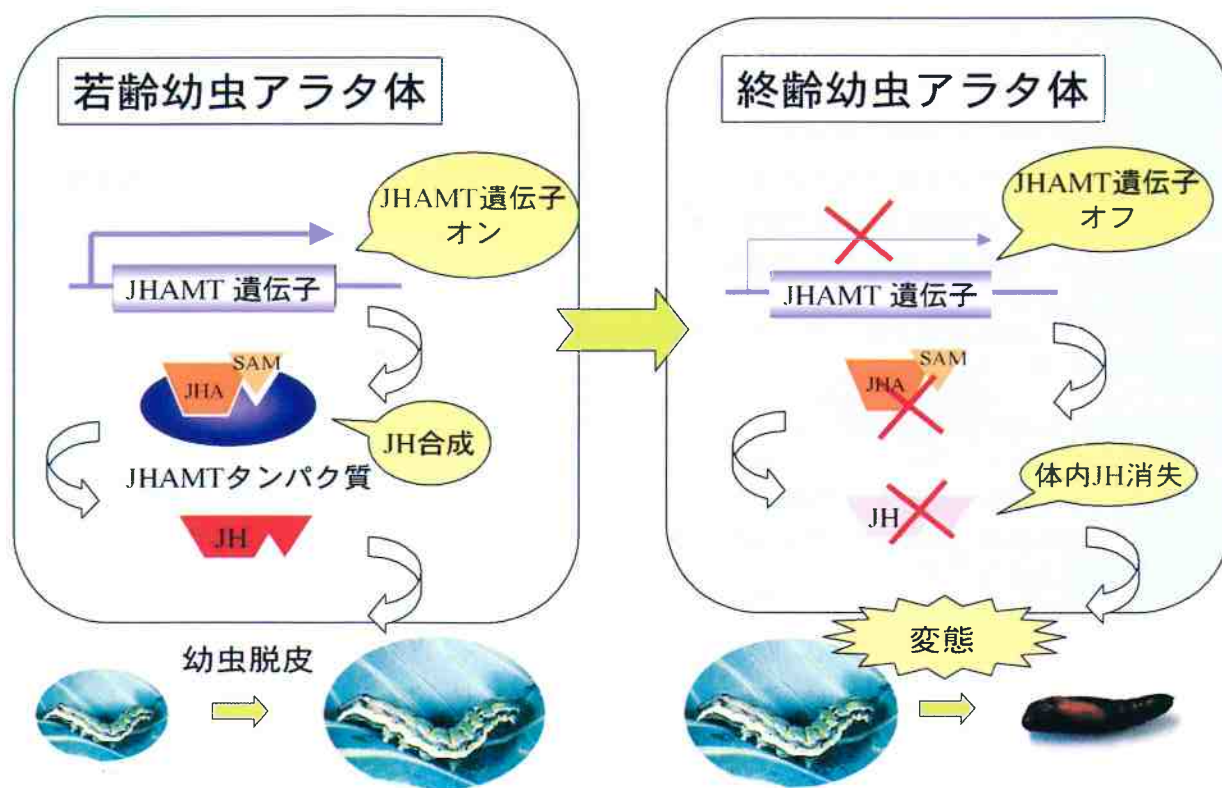
平成16年3月15日発行（隔月1回15日発行）  
ISSN 1345-5958

TECHNO NEWS

No.102

15 MARCH, 2004

ブレインテクノニュース



## JHAMT遺伝子による昆虫変態の制御モデル

独立行政法人 農業・生物系特定産

業技術研究機構 野菜茶業研究所

篠田 徹郎

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）

## 目 次

## 総 説

- 食の安全と安心のための減農薬を目指した病虫害防除技術の普及状況と研究開発の現状 …… 1  
梅川 學 ([独] 農業・生物系特定産業技術研究機構 中央農業総合研究センター)

## 国内情報

- 昆虫変態の鍵をにぎる幼若ホルモン合成酵素遺伝子の発見とその意義 …… 5  
篠田 徹郎 ([独] 農業・生物系特定産業技術研究機構 野菜茶業研究所)  
黒毛和牛のおいしさの主要因としての和牛香とその構成成分 …… 9  
沖谷 明紘 (日本獣医畜産大学)  
組換え技術の信頼性向上を目指して—SDIシステムによるゲノム操作技術の開発— …… 13  
海老沼 宏安・南藤 和也・渡邊 恵子 (日本製紙(株) 森林科学研究所)  
新種ツノシマクジラの発見 …… 21  
和田 志郎 ([独] 水産総合研究センター 中央水産研究所)

## 地域の先端研究

- 内生細菌を用いたトマト土壌病害の防除 …… 25  
相野 公考 (兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター)  
土着天敵を活用した難防除害虫ミナミキイロアザミウマの総合的管理 …… 29  
永井 一哉 (岡山県農業総合センター 農業試験場)

## 文献情報

- 胚性幹細胞からの胚性生殖細胞および雄性配偶子の誘導 …… 33  
N. Geijsen et al. (*Nature*, 427, 148-154, 2004) 抄訳: 下司 雅也  
養殖サケにおける有機汚染の世界評価 …… 34  
R. A. Hites et al. (*Science*, 303, 226-229, 2004) 抄訳: 抄訳: 森 徹  
小さなRNAの大きな仕事 …… 35  
J. F. Palatnik et al. (*Nature*, 425, 257-263, 2003) 抄訳: 岩井 純夫  
酵母*S. cerevisiae*のTH15遺伝子ファミリー …… 36  
Wightman et al. (*Microbiology*, 149, 1447-1460, 2003) 抄訳: 家藤 治幸

## 海外便り

- 果樹の画期的生育制御技術の開発にむけて …… 37  
—イギリス・国際園芸研究所での1年間—  
草場 新之助 ([独] 農業・生物系特定産業技術研究機構 近畿中国四国農業研究センター)

- 生研センターからのご案内 (産業技術基礎研究及び異分野融合研究の課題募集ほか) …… 40  
本誌第100号掲載論文所載写真訂正のお知らせ (編集部) …… 24

## 表紙写真説明

昆虫は一般に幼虫→蛹→成虫という神秘的な変態を示すが、この脱皮と変態は基本的に2種類のホルモン(脱皮ホルモン、幼若ホルモン)によって制御されている。変態を抑制する幼若ホルモン(JH)は、若齢幼虫期のアラタ体(内分泌腺)から合成・分泌され、終齢幼虫期には合成が停止する。このほど篠田氏は、JHを合成する酵素をコードしている遺伝子(JHAMT遺伝子)のクローニングに世界で初めて成功した。JHAMT遺伝子の発見により、組換えタンパク質を利用したJHAMT阻害剤のスクリーニングが可能になり、安全性の高い新しいタイプの害虫制御剤の開発につながるものと期待されている。その詳細については、本誌5頁をご覧ください。

◀ 総 説 ▶

## 食の安全と安心のための減農薬を目指した病害虫防除技術の普及状況と研究開発の現状

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構  
中央農業総合研究センター 環境保全型農業研究官  
梅 川 學

環境への負荷の低減，食の安心・安全の観点から，環境保全型農業への国民の関心が高まっている中で，化学農薬に依存しない病害虫防除技術の開発が研究の大きなターゲットの一つとなっている。本稿では，環境保全型病害虫防除技術の普及状況と問題点についてアンケート調査の結果を基に述べるとともに，減農薬を目指した病害虫防除技術の開発の現状とその成果の一部を紹介する。

### 1. はじめに

地球温暖化，オゾン層破壊，環境ホルモン，河川・湖沼の水質汚濁，地下水汚染などの環境問題がクローズアップされており，農業においても環境に負荷を与えない技術開発が求められている。一方，牛のBSE発生，輸入野菜の残留農薬，無登録農薬の使用などの問題が発生する中で，食料の安全性に関する国民の関心は強まるばかりである。

このような状況の中で，農林水産省は環境保全型農業を農政の柱の一つに位置づけ，平成11年に施行された「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」に基づいて，土づくりや化学肥料・化学農薬の低減を推進してきている。また，環境保全型農業に関する技術開発についても活発に行われてきた。

特に病害虫防除技術に関しては，多くの土壌病害虫の防除資材として利用されてきた臭化メチルが平成17年1月1日から全面的に使用禁止になるという状況も加わり，化学農薬代替技術の開発に関する研究が精力的に繰り広げられている。

### 2. 普及状況と具体的な技術

2000年世界農林業センサス（平成12年2月1日現在）によると，環境保全型農業に取り組んでいる販売農家数は全体の21.5%に当たる約50万戸となっている。地域的には北陸の16.7%から北海道の33.2%まで，取り組み状況に大きな差がみられる<sup>1)</sup>。

普及されている具体的な病害虫防除技術としては，平成13年に関東東海北陸地域の農業改良普及センターを対象に行ったアンケート調査の結果によると，フェロモン剤による害虫防除，天敵・拮抗微生物などの生物農薬利用，フェロモントラップによる発生予察，太陽熱・熱水などによる土壌消毒，対抗植物による線虫防除，抵抗性品種の利用，防虫ネットによる害虫防除，非散布型農薬・選択性殺虫剤の利用，黄色蛍光灯など光質利用による害虫防除などがあげられる<sup>2)</sup>（図1）。

これらの技術を導入した理由を同じアンケート調査結果でみると，有利販売，省力化，生産の安定化，環境負荷低減，適期防除が可能，コスト低減，作業者の安全性などであった（図2）。一方，これらの技術に関しては，コスト高，効果が不安定，労力の負担増，指導が必要といった問題点が指摘された（図3）。

UMEKAWA Manabu

〒305-8666 つくば市観音台3-1-1

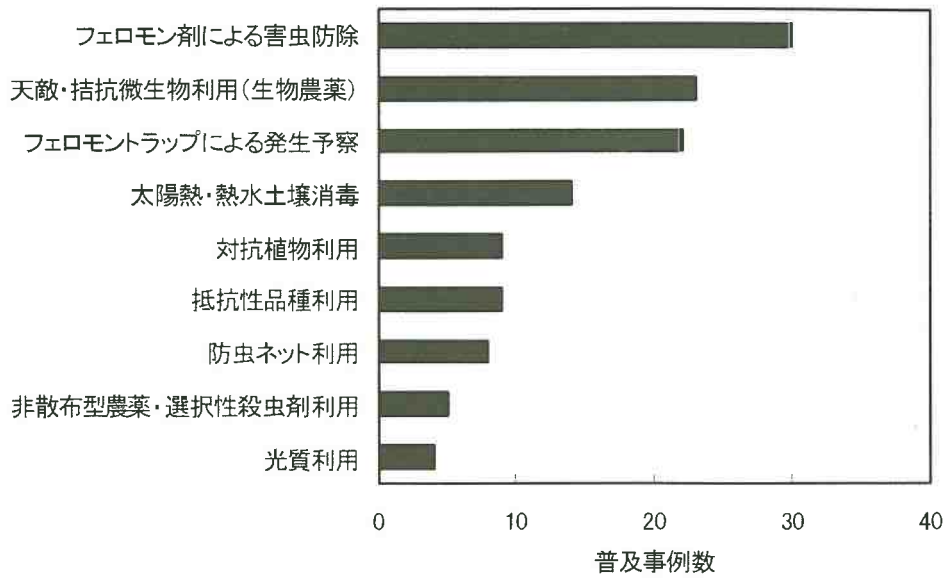


図1 化学農薬低減技術（病虫害関連）の主な普及事例

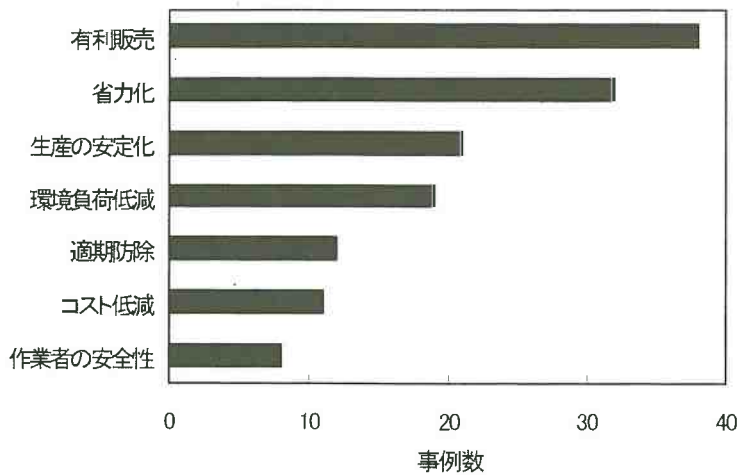


図2 化学農薬低減技術を導入した理由

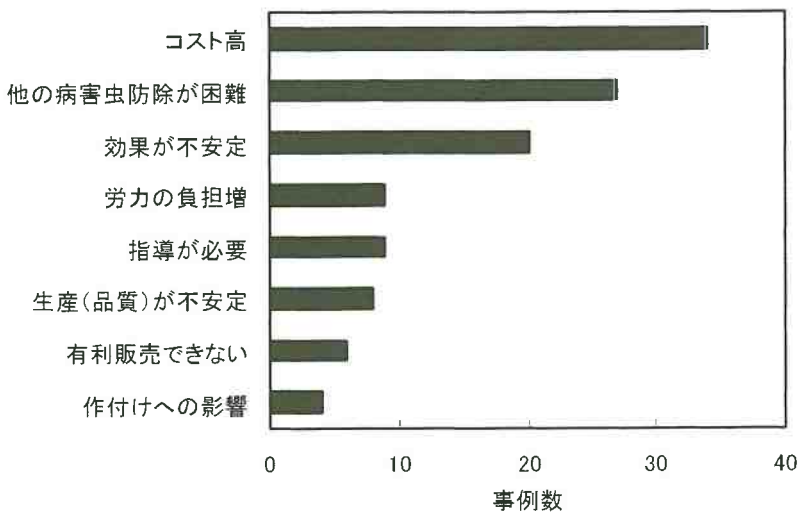


図3 化学農薬低減技術の主な問題点

### 3. 技術開発状況

環境保全型病虫害防除技術に関する研究については、これまでに幅広い研究が行われてきており、前述した技術のようにすでに生産現場で実用化されているものも多い。しかし、これらの技術の大部分は特定の病虫害に対して個別に用いられており、化学農薬使用量を大きく減らすまでの効果をあげるには至っていない。化学農薬の使用量を減らし、農薬の食品残留や環境負荷の懸念がないようにするための戦略として総合的病虫害管理（IPM：Integrated Pest Management）があるが、IPMを普及させるためには、選択可能な個別技術をより多く提供することとその体系化が不可欠である。

そこで、新たな化学農薬代

替技術を開発するとともに、現在まで開発されてきた多様な防除技術を組み合わせ、主要作物の播種から収穫までの全農薬使用量を現在の慣行防除体系に比べて50%以上削減する病害虫群管理技術を確立することを目的として、平成11年度より5か年計画でプロジェクト研究「環境負荷低減のための病害虫群高度管理技術の開発(略称「IPM」プロジェクト)」を、国の農業関係試験研究機関(平成13年度より独立行政法人)が中心となって実施してきた。

ここでは、「IPM」プロジェクトで得られた研究成果を中心に、最近開発された病害虫防除技術を紹介する。

### 3.1 熱水土壤消毒と非病原性フザリウム菌によるトマト萎凋病の防除

熱水土壤消毒(95℃の熱水を200L/m<sup>2</sup>注入)はトマト萎凋病に対して防除効果が高く、処理後第1作目では萎凋病の発生は認められない。処理後第2作目と第3作目では発病が見られるようになるが、熱水処理後に非病原フザリウム菌のフスマ培養菌体を土壤混和すると、第2作目と第3作目にも防除効果は高い。

### 3.2 コレマンアブラバチを用いたバンカー法によるアブラムシ防除

アブラムシ類の天敵であるコレマンアブラバチを、ムギクビレアブラムシ(鉢植えの小麦であらかじめ増殖させておく)を餌として増殖させておき、ワタアブラムシの発生を待ち伏せすると、施設ナスのワタアブラムシを効率的に防除できる。

### 3.3 光反射シートによる飛来性害虫の防除

カンキツ成木園で光反射シートを全面被覆すると、アブラムシ類有翅成虫、ヒメヨコバイ類、チャノキイロアザミウマ、コナジラミ類成虫を減少させる効果がある。また、黒点病の菌密度が低くなる傾向がある。一方、害虫のミカンハモグリガや、ハダニ類の天敵であるヒメハダニカブリケシハネカクシとケボソナガヒシダニに

は影響は見られない。

### 3.4 複合性フェロモン剤によるシンクイムシ類とハマキムシ類の防除

交信攪乱用の性フェロモン剤をナシ園に設置すると、幼果期と果実肥大期にはナシヒメシンクイの防除効果は極めて高いが、収穫期には被害が増加する。これは、園外から既交尾雌が飛来するため、7月下旬～8月上旬の薬剤散布は不可欠と思われる。ハマキムシ類に対しては高い誘引阻害効果を示し、交信攪乱剤の防除効果は高いものと判断される。

### 3.5 電撃型自動計数フェロモントラップによる害虫の発生予察

新たに開発した電撃型自動計数フェロモントラップを用いて、3種のハマキガ類(チャノコカクモンハマキ、チャハマキ、チャノホソガ)の発生消長を、効率的にかつ高い精度で調査できる方法を開発した。これにより精度の高い発生予察が可能になる。

### 3.6 拮抗微生物を利用した細菌性病害等の防除

微生物農薬として登録された拮抗細菌(CAB-02)は、もみ枯細菌病と苗立枯細菌病の種子消毒剤として効果が高いこと、他の種子消毒剤と併用しても細菌病に対して高い防除効果を示し、かつ糸状菌病害に対する種子消毒剤の防除効果に影響しないことを確認した。

### 3.7 抵抗性品種によるジャガイモシストセンチュウの防除

抵抗性品種の線虫密度低減効果は極めて高く、ジャガイモシストセンチュウ汚染圃場に抵抗性品種を栽培すると、収穫時の線虫密度は植え付け時の密度の10~20%となる。この密度低減程度は、殺線虫剤(ホスチアゼート粒剤)を使用した場合や休耕した場合よりも高い。

### 3.8 ダイズわい化病の発生予察法の開発

ダイズわい化病の媒介昆虫であるジャガイモ

ヒゲナガアブラムシについて、酵素結合抗体法によるアブラムシ1個体ごとのウイルス検出法を開発した。この方法によって野外アブラムシのウイルス保毒状況が把握できるようになり、アブラムシのウイルス保毒は5月末から6月末に限定され、この時期にアブラムシ防除を行えばよいことを明らかにした。

#### 4. おわりに

山本<sup>3)</sup>は環境保全型農業を経営的観点から分析し、野菜では慣行栽培との生産費格差は5～20%程度で、一部には所得が50%以上減少する事例もあるが、20%程度の格差であれば独自の販売ルートを開発することで対応できると述べている。環境保全型技術による生産物が慣行栽培によるものと同じ評価しか受けない中央卸売市場流通ではこの生産費格差はカバーできないので、いわゆる差別化された生産物の有利販売

が可能となる消費者直結型の販売体制を確立することが重要である。

アンケート調査で指摘されたコスト高、効果が不安定、労力の負担増といった問題点を克服するには、より一層の技術開発が重要であることはもちろんであるが、経験の蓄積と販売努力で解決できる面もあるということであり、生産者の環境保全型農業に対する取り組み姿勢が重要であると考えられる。

#### 文 献

- 1) 農林水産省統計情報部 (2002), 2000年世界農林業センサス第3巻 農家調査報告書—農家分類編—
- 2) 梅川 學 (2002), 中央農研研究資料, 2, 4～10
- 3) 山本勝成 (2002), 中央農研研究資料, 2, 134～162



ブレインテクノニュース  
バックナンバーのご案内  
第101号  
2004年1月15日発行

#### 総 説

生分解性プラスチックからバイオマス (由来) プラスチックへ  
.....木村俊範

#### 国内情報

農業・食品副産物からの生分解性素材の開発.....五十部誠一郎  
木質系機能性プラスチック.....平林靖彦  
木質資源からのバイオエタノール生産—超臨界水及び  
亜臨界水処理による木材の高速化学変換—  
.....松永正弘・松井宏昭・清水孝浩・山本誠一  
植物の生長を決める巧妙な仕組み—エチレンシグナルと  
糖シグナルのクロストーク—.....柳澤修一  
リング由来ポリフェノールによるガン予防効果

.....庄司俊彦・三浦富智・佐藤達資・  
樋廻博重・神田智正・池田満雄  
傾斜地果樹用多目的モノレール (回行式) の開発 .....金光幹雄  
**地域の先端研究**

ブタ胚の耐凍性を飛躍的に向上させる凍結保存方法の開発  
.....牛島 仁・中根 崇・長嶋比呂志

#### 文献情報

異種移植と体外培養を組み合わせる原始卵胞から得た  
ブタ体外受精卵.....(抄訳: 下司雅也)  
ノーウォークウイルス感染に対する感受性と抵抗性  
.....(抄訳: 秦 淳一郎)  
Ca<sup>2+</sup>: セカンド それとも ファースト .....(抄訳: 岩井純夫)  
LC/MSによるグラマーナ・パダーノ・チーズ中のオリゴ  
ペプチド分析.....(抄訳: 松浦啓一)

#### 海外便り

フランスでのウシ骨格筋の特徴についての研究と牛肉生産  
—フランス国立農業研究所 (INRA) における1年間—  
.....上田靖子

#### 生研機構からのご案内

## ◀国内情報▶

昆虫変態の鍵をにぎる幼若ホルモン合成酵素遺伝子の  
発見とその意義独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 野菜茶業研究所  
篠 田 徹 郎

昆虫の変態を抑制するホルモンである幼若ホルモン（JH）の生合成最終段階を触媒するJH酸メチル基転移酵素（JHAMT）の遺伝子を単離した。JHAMT遺伝子の発現パターンから、同遺伝子は変態の誘導に関して重要な役割を果たすことが示唆される。JHAMT遺伝子の発見により、組換えタンパク質を利用したJHAMT阻害剤のスクリーニングが可能になり、安全性の高い新しいタイプの害虫制御剤の開発につながるものと期待される。

## 1. はじめに

芋虫がさなぎになり、やがて美しい羽を持つ蝶に変わる。この神秘的な昆虫の変態現象は昔から多くの生物学者の関心をひきつけてきた。今日では、昆虫の脱皮と変態は基本的に二種類のホルモン、すなわち前胸腺で合成される脱皮ホルモン（エクジステロイド）と、アラタ体で合成される幼若ホルモン（JH）の相互作用によって制御されることが明らかにされている。つまり、若齢幼虫期のアラタ体は盛んにJHを合成・分泌しており、昆虫体内に高濃度のJHが存在する。JHには変態抑制作用があるため、そこに脱皮ホルモンが作用すると幼虫脱皮が起こる。ところが、終齢幼虫になるとアラタ体がJH合成を停止し体内からJHが消失する。この時、脱皮ホルモンが作用すると今度はさなぎ化が起こる。このように、昆虫の変態の仕組みの概略はわかってきたが、未解明の問題はまだたくさん残っている。例えば、幼虫はどのようにして終齢になったことを知り、そしてどのような機構でJH合成を停止するのだろうか？アラタ体には昆虫特異的なJH生合成酵素群が存在することが生化学的に示唆されているが、その分子の実体についてすら全くわかっていないのが現状である。我々は、アラタ体におけるJH

SHINODA Tetsuro

〒514-2392 三重県安芸郡安濃町大字草生360

生合成の分子基盤とその制御機構を明らかにするために分子生物学的なアプローチを試みた。その結果、JH生合成経路の最終段階を触媒する酵素であるJH酸メチル基転移酵素（JHAMT）遺伝子のクローニングに世界で初めて成功した<sup>1)</sup>。本稿では、JHAMT遺伝子について、発見の経緯、昆虫の変態における役割、およびその応用的な意義等について紹介したい。

## 2. JHAMT遺伝子のクローニング

JH合成酵素の実体が今日に至るまで不明な最大の理由は、JH合成器官であるアラタ体が非常に微細なことであると考えられる。昆虫としては最も大型の部類であるカイコ終齢幼虫のアラタ体でさえ、その直径はわずか0.2mmしかない。したがって、従来のタンパク質クロマトグラフィーによってJH合成酵素を精製しようとした場合、十分な材料を集めるのに極めて多数の幼虫を解剖する必要がある、途方もなく大変である。そこで、我々は分子生物学的手法を用いてJH合成酵素遺伝子を直接クローニングしようと考えた。すなわち、JH合成活性の盛んな4齢幼虫のアラタ体と、JH合成活性が停止している終齢（5齢）幼虫のアラタ体では、JH合成酵素を含むJH合成に関与する遺伝子の発現に差があるのではないかと予想し、両者で発現量に差のある遺伝子を探索したのである。

手法としては蛍光ディファレンシャル・ディスプレイ法（DD法）を採用した。その理由は、通常のサブトラクション法では、2試料の差しか比較できないのに対して、DD法では複数の試料を同時に比較できるためである。試料としては、脱皮直後の4齢幼虫～終齢幼虫直前、脱皮直後の終齢幼虫～新鮮な蛹までそれぞれ12ステージ、合計24ステージに分けたカイコから抽出したアラタ体を用いた。各ステージのアラタ体からRNAを抽出し、蛍光色素で標識したプライマーを用いて逆転写してcDNAを作製し、これを鋳型として任意の配列を持つ10塩基プライマー（合計24種使用）と蛍光標識プライマーを用いてPCR反応を行い、PCR産物を一斉にシーケンス用のゲルで電気泳動し、蛍光スキャナーで増幅されたcDNAバンドを読み取った。その結果、様々な発育変動パターンを示す約400本のバンドが得られた。その中でCA01aと名付けたバンドが、4齢幼虫期に継続して認められるが5齢中期以後検出されなくなるという最も顕著な変動パターンを示していた。そこで特にこのバンドに注目して分析を進めた。

### 3. JHAMT遺伝子の機能解析

RACE法によりcDNA全長をクローニングしたところ、CA01aは278アミノ酸残基からなるタンパク質をコードしていた。また、その配列は弱いながらS-アデノシルメチオニン（SAM）依存性メチル転移酵素、なかでもミトコンドリアの電子伝達物質であるユビキノンの合成に関与するメチル転移酵素と類似性があることがわかった。おもしろいことに、ユビキノンはJHと同様に分子内にイソプレン単位を持っている。さらにノーザン分析と定量的PCR法によって発現組織を調べたところ、CA01aはアラタ体特異的に発現していることが判明した。JH生合

成経路の最終段階において、JH前駆体であるJH酸がメチル化されて活性型のJH（JHメチルエステル）となる反応があるが、これを触媒する酵素（JHAMT）はアラタ体特異的なSAM依存性メチル転移酵素であることが過去の生化学的な研究からわかっている（図1）。CA01aは、新規のメチル転移酵素遺伝子で、しかもアラタ体特異的であることから、JHAMT遺伝子である可能性が浮上してきた。

実際に、CA01aがJHAMT遺伝子かどうかを確認するために、この遺伝子が大腸菌で発現させて組換えタンパク質を作成した。組換えタンパク質のN末端にはポリヒスチジンのタグをつけてあるので、ニッケルカラムを用いて簡単に精製することができる。精製した組換えタンパク質とJH酸、およびメチル供与体であるSAMを緩衝液中で混合し、一定時間後に反応液を有機溶媒で抽出してHPLCおよびGC/MSで分析したところ、果たして反応液中にはメチル化されたJHが生成していることが確認された。一方、ステアリン酸やリノール酸など直鎖の飽和・不飽和脂肪酸に対してはメチル転移活性を示さず、この酵素はJH酸に対して高い基質特異性を持つことが明らかになった。以上の結果から、確かにこの遺伝子がJH生合成の最終

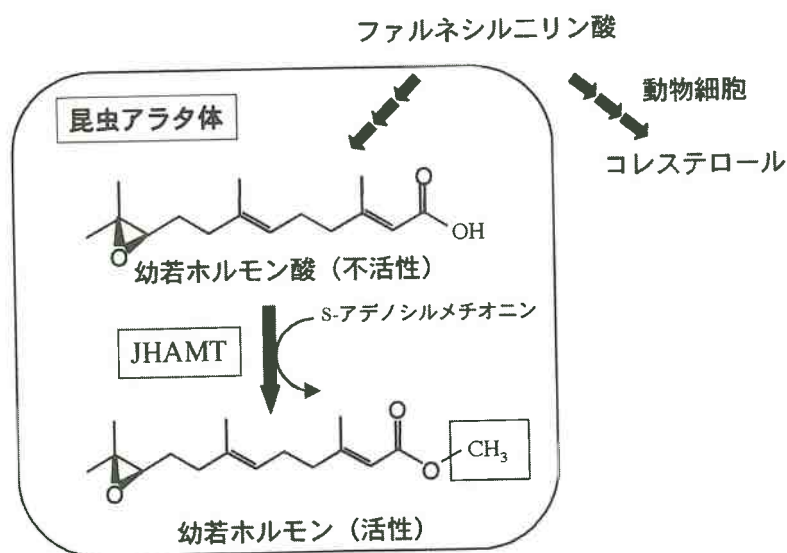


図1 JH生合成経路におけるJHAMTの機能



段階を触媒するJHAMTタンパク質をコードしているものと結論された。

#### 4. 昆虫の変態におけるJHAMT遺伝子の役割

3 齢幼虫初期～蛹化までのアラタ体におけるJHAMT遺伝子の発現パターンを定量的PCR法によって調べたところ、同遺伝子は3 齢、4 齢幼虫では継続的に発現しているが、終齢幼虫になると急速に発現が低下し、終齢3 日以後はほとんど検出されなくなり、その後蛹化するまで全く検出されなかった。これは、蛍光DD法で見られたCA01aの発現パターンからも予想された通りである。タバコスズメガの場合、変態前の終齢幼虫のアラタ体ではJHAMT活性が消失するために、JHの合成・分泌が停止し、代わりにJH酸を分泌するようになることが報告されている。同様にゴキブリ終齢幼虫のアラタ体でもJHAMT活性が消失することが報告されており、JHAMTは一般に昆虫変態時におけるJH合成の律速酵素であると考えられる。今回明

らかになったカイコJHAMT遺伝子の発現パターンから考えて、変態時のJHAMT活性（つまりJH合成活性）はJHAMT遺伝子の転写レベルによって制御されている可能性が高く、JHAMT遺伝子は昆虫の変態の誘導に重要な役割を担っていると考えられる（図2）。今後、変態におけるJHAMT遺伝子の役割を明確にするために、JHAMTタンパク質の変動を調べたり、RNAi等の手法により直接的にJHAMT遺伝子の機能を解析することが重要である。その上で、JHAMT遺伝子の転写制御機構を調べることで、昆虫変態の引き金機構に迫ることができるものと期待される。

#### 5. 害虫防除におけるJHAMT遺伝子の利用

JHは昆虫の生存に必須のホルモンで、JHAMTはJH合成に不可欠な酵素であるから、基本的に全ての昆虫がJHAMT遺伝子を持っているはずである。実際、すでに解読が終了しているキイロショウジョウバエとハマダラカ

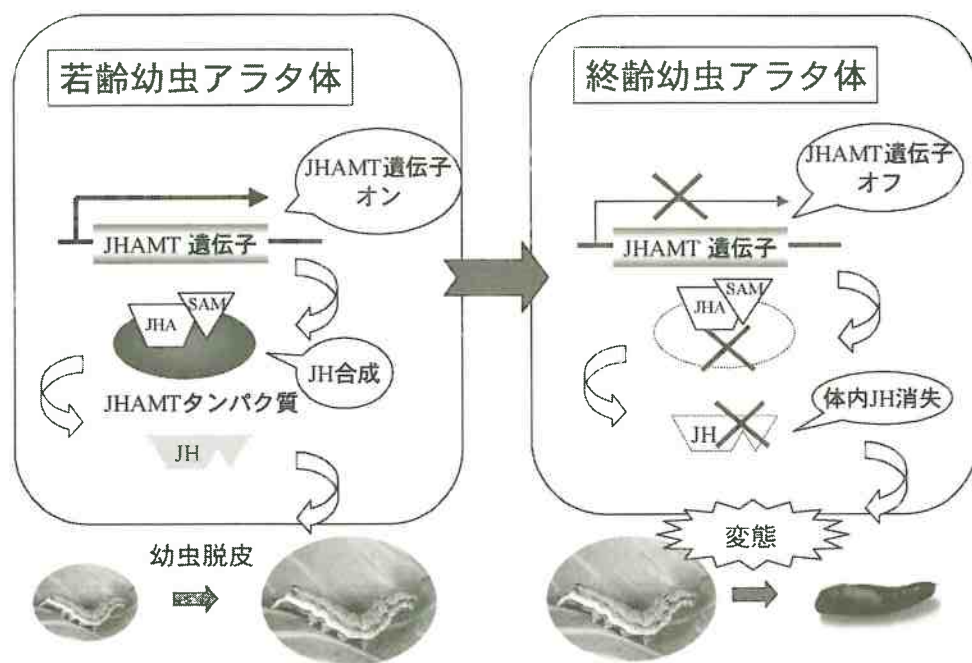



図2 JHAMT遺伝子による昆虫変態の制御モデル  
JHAは幼若ホルモン酸を、SAMはS-アデノシルメチオニンを示す。

ノム中にはカイコJHAMTと似た配列を持つ遺伝子がそれぞれ一つ存在する。これらのJHAMT遺伝子の配列情報を利用することで、他種昆虫のJHAMT遺伝子を比較的容易にクローニングできる。すでに我々はハスモンヨトウ・オオタバコガといった野菜害虫のJHAMT遺伝子のクローニングに成功している（未発表）。前述したように、大腸菌を用いて酵素活性の高い組換えJHAMTタンパク質を大量に調整できるので、害虫由来のJHAMT遺伝子から作製した組換えタンパク質を用いて試験管内でJHAMT阻害物質をスクリーニングすることができる。得られた阻害物質は新しいタイプの昆虫成長制御剤（IGR）のリード化合物質となることが期待される。理論的には、JHAMT阻害剤は若齢幼虫のアラタ体に作用してJH合成を停止し早熟変態を誘導する。チョウヤガなど幼

虫が作物を加害するタイプの害虫では、早く幼虫を蛹にすることで作物の被害を低く抑えることができる。さらに、JHには成虫の生殖成熟を促進する作用があるため、JHAMT阻害剤は成虫に作用して卵形成を阻害し、次世代の害虫個体数を減らす効果も期待できる。また、JHAMTは、昆虫以外の生物には存在しないので、JHAMT阻害剤はヒトや非標的生物に対する安全性が潜在的に高いという利点がある。近い将来、JHAMTを標的とした画期的なIGRの開発が実現することを期待したい。

文 献

1) Shinoda, T. et al. (2003), Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100, 11986-11991.



**ブレインテクノニュース**

バックナンバーのご案内

第100号

2003年11月15日発行

**総 説**

稲における耐冷性の遺伝・育種研究の現状と今後の展望  
.....清水博之

**国内情報**

穂ばらみ期耐冷性の異なるイネ準同質遺伝子系統を用いたマイクローアレイ解析.....佐藤 裕

スズメバチの攻撃行動を促進する警報フェロモン.....小野正人

淡水魚類集団の遺伝的構造と有効集団サイズの推定  
.....山本祥一郎

**地域の先端研究**

青森県農林総合研究センター藤坂稲作研究部におけるイネの耐冷性育種.....坂井 真・須藤 充・神田伸一郎

宮城県古川農試におけるイネの耐冷性育種

.....永野邦明・千葉文弥

LAMP法によるトマト黄化葉巻ウイルス検出技術の開発  
.....福田至朗・吉田桂子・神戸三智雄

飼料イネサイレージ用乳酸菌「畜草1号」の開発と普及  
.....吉田宣夫・蔡 義民

**文献情報**

ケモカインの一種であるインターフェロン $\gamma$ 誘導蛋白10KDa (IP-10) はIFN- $\alpha$ により産生が刺激され、ヒツジ子宮内膜に免疫担当細胞を供給する.....(抄訳：下司雅也)

酵母*S.cerevisiae*における酸性フォスファターゼPHO5の発現制御機構.....(抄訳：家藤治幸)

イネにおける花芽運命決定の制御機構.....(抄訳：寿崎拓哉)

冷凍ヘイクのクオリティ・インデックス・メソッドの開発  
.....(抄訳：沖田裕司)

**海外便り**

材料科学研究のメッカ、マサチューセッツ州立大学で一娘と過ごした2年間.....秦 珠子

**生研センターからのご案内**

新組織の設立・発足ほか

◀国内情報▶

## 黒毛和牛のおいしさの主要因としての 和牛香とその構成成分

日本獣医畜産大学 応用生命科学部 食品科学科  
沖 谷 明 紘

霜降り肉である黒毛和牛肉のおいしさの主要因は、特有の甘くて脂っばい香り、和牛香であることが明らかとなった。黒毛和牛肉と豪州産牛肉の香気成分を比較した結果、和牛には、甘いココナッツ様、モモ様などの香りを呈する $\gamma$ -ノナラクトン、 $\gamma$ -デカラクトン、 $\delta$ -デカラクトン、 $\delta$ -ウンデカラクトンが著しく多く、脂っばい香りを有する数種のアルデヒド類やジアセチルなども多いことが示され、これらが和牛香の必須構成成分と推定された。

### 1. はじめに

我が国では輸入牛肉よりは国産牛肉、とりわけ和牛肉の方がおいしいと評価されている。そこで、著者らは和牛肉のおいしさの要因を解明するため、国産牛肉と輸入牛肉における食感、味および香りについて比較調査をした。その結果、国産牛肉のなかでも和牛肉は、日本人に好まれる特徴的な香り、和牛香が豊かであることが、おいしいと評価される主要因であるとの結論に至った。以下にその経緯と本香の構成成分についての現在までの知見を述べる。

### 2. 和牛肉と輸入牛肉のおいしさのちがい

日本食肉消費総合センターが全国主要都市の2000世帯を対象に毎年実施している調査から、牛肉に対する我が国の消費者の嗜好を知ることができる<sup>1)</sup>。本調査では国産牛肉は、黒毛和種、褐毛和種、日本短角種、無角和種の4種をさす和牛と、乳用牛、乳用牛と和牛との交雑種などの肉としている。輸入牛肉は肉用外国種の肉で外国で生産されたものである。調査結果では、いずれの年度においても2000世帯の85%前後が国産牛肉を好み、輸入牛肉を好むのはわずか

OKITANI Akihiro

〒180-8602 武蔵野市境南町1-7-1

3%前後である。好む第1位の理由は、国産牛肉はおいしいから、輸入牛肉では価格が安いからであることも示されている。さらに国産牛肉の中でも霜降り肉である黒毛和牛が最もおいしいと評価されている。

本調査では和牛肉は味が優れているからおいしいとの結論であるが、はたしてそうであるのかを確認するために、著者らは国産牛肉と輸入牛肉の食感、味および香りについて比較検討した。

食感については、霜降り牛肉はそうでない国産牛肉よりも軟らかい。しかし、その差はそれほど大きくないことがすでに報告されている<sup>2)</sup>。さらに著者らは豪州産チルドビーフは国産乳牛肉と同等の軟らかさであることを認めた<sup>3)</sup>。これらのことから、和牛肉（以後は黒毛和種の霜降り肉をさす）のきわだったおいしさの主要因を軟らかいことに求めるのは無理があると判断された。

味と香りについては、著者の研究室の20人からなるパネルによって、市販の薄切り和牛肉と米国産輸入牛肉を1%食塩水中、80℃で2分間加熱したもので2点嗜好試験をした<sup>4)</sup>。鼻をノーズクリップで閉じて噛んでいるときに舌で知覚されるものを味の情報とし、ノーズクリップをしないで知覚されるものは味と香りの情報とした。その結果、味での好みは和牛が11人、輸入牛が9人と両牛肉間に分散し、味と香りを同

時に知覚すると圧倒的に（19対1）和牛が好ましいと判定された。つまり、香りの情報が加わると和牛肉のきわだったおいしさが説明できることが明らかになった。両牛肉には畜肉共通の加熱肉臭と牛肉特異臭が認められるが、和牛肉にはさらにコクのある脂っぽい甘い香りが加わっており、その香りをパネリストがきわめて好ましいと評価したことがわかった。その後、市販の多くの輸入牛肉と和牛肉を調査した結果、本香は輸入牛肉にはほとんどなく、すべての和牛肉に認められた。したがって、本香が和牛肉に特有のおいしさをもたらししている主要因であると結論し、これを和牛香と呼ぶことにした。

### 3. 和牛香を構成する香気成分

和牛香は生肉を噛んでも知覚できないことがわかった。そこで和牛肉でつくったパティを

種々の温度の1%食塩水中で2分間加熱した。その結果、和牛香は40℃ではほとんど生成せず、60℃ではかなり生成し、80℃で最も生成した。100℃では40℃と同程度の評点であったが、真空包装して加熱すると60℃と同程度の評点であった<sup>4)</sup>。本結果から和牛香は100℃以上の高温では揮散しやすく、最適生成条件は80℃で2分間ほどの加熱であることがわかった。焼肉よりはスキヤキやシャブシャブでより強い和牛香が楽しめるということになる。

ここで得られた結果に基づいて、分析のための香気成分の捕集方法を以下のように設計した。20gの挽肉に100mlの1%食塩水と内部標準物質としてのn-ヘキサデカンを加えて、30分間の連続水蒸気蒸留を行いエーテル抽出物を得た。30回の本操作で得られたものを合して15 $\mu$ lに濃縮した。本香気濃縮物をガスクロマトグラフィー（GC）、GC-質量分析計による分析に供し、

表1 果物様香気を有する揮発性化合物のガスクロマトグラフィーと香り評価

ピーク番号	検出化合物	検出量			香りの質
		和牛	量の多寡	豪州産牛	
	<ラクトン類>				
196	$\gamma$ -ノナラクトン	○	>	△	ココナッツ様
210	$\gamma$ -デカラクトン	○	>	—	モモ様、ココナッツ様
223	$\delta$ -デカラクトン	○	>	△	モモ様、ミルク臭
237	$\delta$ -ウンデカラクトン	○	>	△	モモ様、ココナッツ様
245	$\gamma$ -ドデカラクトン	△	>	—	モモ様
	< その他 >				
44	2-ヘプタノン	○	>	○	果物様
57	2-オクタノン	○	>	○	果物様、パッションフルーツ様
159	2-トリデカン	○	>	○	果物様、ロウ様
70	1-ヘキサノール	○	>	○	果物様、花様
88	1-ヘプタノール	○	>	○	果物様、柑橘様
110	1-オクタノール	○	>	○	果物様、ミルク臭
125	1-ノナノール	○	<	○	果物様、花様
184	1-ドデカノール	○	>	○	果物様、脂臭い
84	デカナール	○	>	○	オレンジ様、レモングラス様
126	2-デセナール	○	>	○	柑橘様、バラ様
133	ドデカナール	○	>	○	レモングラス様、バラ様
181	テトラデカナール	○	>	○	レモングラス様、ボール紙臭
105	ベンズアルデヒド	○	≡	○	果物様、オレンジ様、脂臭い
71	プロピオン酸ヘキシル	○	>	△	ナシ様
43	d-リモネン	○	>	○	柑橘類、脂臭い

(注) ピーク番号：ガスクロマトグラフィーにおける溶出順。検出量：○；相当量、△；痕跡量、—；検出されない。

(以上の脚注は、表2、表3についても同様。)

検出，同定，定量を行った。またGC-匂い嗅ぎ分析により各ピークの官能特性を評価した<sup>5)</sup>。さらに4<sup>0</sup>から4<sup>7</sup>倍まで段階的に希釈した香気濃縮物をGC-匂い嗅ぎ分析し，各成分の香気寄与率を知るためのFDファクター（flavor dilution factor：この値が大きいほど香りへの寄与率が高い）を求めた。以上の分析を3回繰返して得られた主要な結果をまとめて，表1，2，3に示した。

和牛は豪州産牛に比べて香気成分の総生成量が著しく多かった。和牛香の特徴は甘く，脂っぽいことである。この甘さに最も寄与しているのは，表1に示すラクトン類であると推定される。これらの香りの質は強い甘さを伴っているからである。γ-ドデカラクトン以外の4種のラクトンはすべて和牛に相当量検出され，豪州産牛では痕跡量しか検出されなかった。和牛でのFDファクターはγ-ノナラクトンが最大で，

表2 グリーン香気を有する揮発性化合物のガスクロマトグラフィーと香り評価

ピーク番号	検出化合物	検出量			香りの質
		和牛	量の多寡	豪州産牛	
	<アルデヒド類>				
27	ヘキサナール	○	>	○	グリーン、リンゴ様、花様
50	E-2-ヘキセナール	○	>	○	グリーン、アルデヒド臭、ハーブ臭
58	オクタナール	○	>	○	グリーン、柑橘様
80	E-2-オクテナール	○	>	○	グリーン、柑橘様、脂臭い
75	ノナナール	○	>	○	松葉様
104	E-2-ノネナール	○	>	○	グリーン、柑橘様、脂臭い
154	(E,E)-2,4-ノナジエナール	○	>	○	グリーン、金属臭
163	(E,E)-2,4-デカジエナール	○	>	○	グリーン、金属臭
216	ヘキサデカナール	○	<	○	グリーン、イチゴ様、アブリコット様
	<その他>				
172	ヘキサン酸	○	>	○	グリーン、脂臭い

(注) 表1に同じ。

表3 脂肪様香気を有する揮発性化合物のガスクロマトグラフィーと香り評価

ピーク番号	検出化合物	検出量			香りの質
		和牛	量の多寡	豪州産牛	
	<第 I 群>				
87	7-オクテン-4-オール	○	>	○	コーンクリーム様、ミルク臭、油臭い
198	ペンタデカナール	○	>	○	甘く脂臭い
18	ジアセチル	○	>	○	バター様、発酵臭
61	アセトイン	○	>	○	バター様、脂臭い
34	エチルベンゼン	○	≒	○	甘く脂臭い、コーンクリーム様
	<第 II 群>				
184	1-ドデカノール	○	>	○	果物様、脂臭い
105	ベンズアルデヒド	○	≒	○	果物様、オレンジ様、脂臭い
43	d-リモネン	○	>	○	柑橘様、脂臭い
80	E-2-オクテナール	○	>	○	グリーン、柑橘様、脂臭い
104	E-2-ノネナール	○	>	○	グリーン、柑橘様、脂臭い
172	ヘキサン酸	○	>	○	グリーン、脂臭い

(注) 第 I 群：表3に初掲。第 II 群：表1と表2から再掲。

次いで $\gamma$ -デカラクトンと $\delta$ -デカラクトンであった。

表1に示すように、両牛肉にはラクトン類以外に、芳香である果物様の香気を有する多種の化合物が相当量検出された。これらも総じて和牛の方に多かったが、豪州産牛との差はラクトン類にみられたほど大きくはなかった。和牛でのFDファクターは、デカナールとプロピオン酸ヘキシルが最大で、次いで2-トリデカノンであった。

両牛肉には表2に示すように、緑の香りとも称されるグリーン香気を有する多種の化合物が相当量検出された。ヘキサン酸以外はすべてアルデヒド類である。ヘキサデカナール以外はすべて和牛の方に多いのが特徴であった。とりわけ、ヘキサナールが和牛で著量認められ、和牛でのFDファクターもこれが最大であり、次いでE-2-ノネナールと(E,E)-2,4-ノナジエナールであった。

和牛香のもう1つの特徴である脂っぽさに関与していると推定されるのは、表3に示した脂肪様香気を有する化合物である。表中に第II群としたものは、果物様香気やグリーン香気をも伴ったものである。第I群と第II群を通して、総じて和牛の方に多いという特徴がある。和牛でのFDファクターは、ジアセチル、アセトイン、E-2-ノネナールが最大であり、次いでd-リモネン、E-2-オクテナール、ヘキサン酸であった。

以上の結果から、和牛香の甘さには上記のラクトン類が寄与し、脂っぽさには上記のアルデヒド類などが寄与していることが強く示唆される。ラクトン以外の果物様香気とグリーン香気

の寄与については不明である。しかし、これらの存在は和牛香という芳香の好ましさを損なっていないといえよう。これらは両牛肉に存在することから、牛肉に共通する加熱香の形成に寄与していることは間違いないであろう。

#### 4. おわりに

以上のように、黒毛和牛肉のおいしさの主要因である甘く脂っぽい和牛香を構成する必須化合物は、ラクトン類とアルデヒド類などであると推定されるに至った。和牛香はと畜直後の肉では認められず、熟成中に肉が酸素に接触することで生成することをすでに明らかにしてきた<sup>1)</sup>。和牛香の推定必須化合物はほぼすべてが含酸素化合物であることから、これらは脂質から酸素を必須とする何らかの反応を経て生成することが強く示唆され、その生成経路の解明は今後の重要研究課題である。

#### 文 献

- 1) 財団法人日本食肉消費総合センター(1998), 季節別食肉消費動向調査報告(第40回), 67-80
- 2) 農林水産省農林水産技術会議事務局(1987), 食肉の理化学的特性による品質評価基準の確立, 研究成果, 193, 6-25
- 3) 松石昌典ら(1993), 日畜会報, 64, 171-178
- 4) Matsuishi, M. et al (2001), Anim. Sci. J., 72, 498-504
- 5) 渡邊佳奈ら(2003), 日本食品科学工学会大会講演要旨, 19

## ◀国内情報▶

組換え技術の信頼性向上を目指して  
—SDIシステムによるゲノム操作技術の開発—

日本製紙 森林科学研究所

海老沼 宏安・南藤 和也・渡邊 恵子

植物ゲノム研究の進展に比べ、組換え技術の農作物への応用は大幅に遅れているのが現状である。組換え作物に対する消費者の信頼性の欠如が一つの原因となっており、信頼性の高い組換え技術の開発が求められている。SDIシステムは、部位特異的組換え系を用い、染色体上の標的遺伝子を効率良く目的遺伝子に置換する技術である。アグロバクテリウムを用いた評価試験では、分離した60個のカルスから得られた独立の組換え系統の8%から17%が置換個体であった。正確で予測可能な遺伝子導入技術の開発は、組換え作物のリスクアセスメントと信頼性の向上に役立つと考えられる。

## 1. はじめに

近年、海外において数多くの組換え農作物が育成され、大規模な商業栽培が行われている。組換え技術の実用化に伴い、経済的な効果ばかりでなく、信頼性や正確さの向上が強く求められている。農作物への遺伝子導入には、アグロバクテリウムやパーティクルガンが幅広く用いられているが、現在の技術は非常に未成熟であり、染色体上のどの位置に何個の遺伝子が挿入されるか予測することができない。そのため二つの大きな問題が生じている。①遺伝子の発現は、導入された染色体上の位置やコピー数に大きく依存している。従来の方法では、一部分が欠失した遺伝子や複数の遺伝子が導入され、染色体上の不完全なコピーや重複コピーが、遺伝子の発現を不安定化させる原因となっている。②従来の方法では、改変した遺伝子を染色体上のランダムな位置に付加することはできるが、染色体上に元からある遺伝子を直接操作することはできない。元からある遺伝子を相同組換えによりロックアウトするシステムが考案されているが、効率の低さが遺伝子操作のネックとなっている。近年、主要穀物のゲノム研究の進展

EBINUMA Hiroyasu, NANNTO Kazuya,

WATANABE Keiko

〒114-0002 東京都北区王子5-21-1

により、多くの遺伝子の構造や機能が明らかになってきた。ゲノム情報を活用し信頼性の高い組換え農作物を育成するためには、①染色体上の標的位置への遺伝子導入や、②染色体上の不要な遺伝子の除去、③染色体上の遺伝子と目的遺伝子との置換を可能にする次世代技術の開発が急務となっている(図1)。

植物ゲノム操作技術の開発を目指し、部位特異的組換え系を用い標的位置へ目的遺伝子を導入する試みが数多く行われている<sup>1) 2)</sup>。部位特異的組換え系は、DNA鎖を組み換える酵素とそれが作用する二つの認識配列から構成されている。図2に示すように、二つの同じ向きの認識配列に挟まれた目的遺伝子は、組換え酵素により環状のDNA鎖として切り出される。この反応は可逆的であり、目的遺伝子を含む環状のDNA鎖を組み込むことが可能である。同じ原理を用い、染色体上の標的位置の認識配列に目的遺伝子を有するプラスミドを組み込む研究が報告されている。しかしながら、①標的位置への組込み頻度が低い、②プラスミド上の余分な遺伝子が組み込まれる、③選抜に用いた余分な遺伝子が染色体上に残存するなどが問題となっている。一方、SDI (Site-Direct-Integration) システムは、醤油酵母由来の部位特異的組換え系(R/Rs)を用い、染色体上の標的遺伝子を目的遺伝子に置換する遺伝子導入法である。図2

に示すように、標的遺伝子と目的遺伝子は、二つの反対向きの認識配列に挟まれている。組換え酵素により環状のDNA鎖は切り出されず遺伝子の向きの反転が生ずる。標的遺伝子を挟む二つの認識配列と目的遺伝子を挟む二つの認識配列が対合すると、二重の組換えにより標的遺伝子が目的遺伝子に置換される。組換え酵素によるカセットの交換は、RMCE (Recombinase-Mediated Cassette Exchange) と呼ばれ、哺乳類の培養細胞の遺伝子導入に用いられている。SDIシステムは、この原理を用いており、①標的位置への組み込み効率が、②目的遺伝子のみが組み込まれる、③余分な遺伝子が染色体上に残存しないなどの特徴を有している。本論分では、タバコを用いたSDIシステムの評価試験の結果について紹介する。

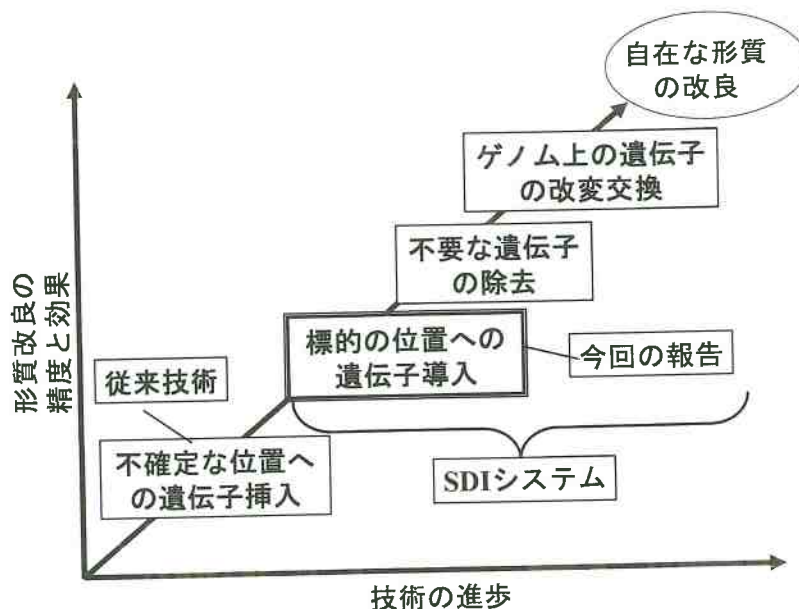


図1 遺伝子組換え技術開発のロードマップ  
従来技術では形質の改良が限定的であった。SDIシステムは本報告である標的位置への遺伝子導入だけではなく、自在な形質の改良を可能とする次世代遺伝子操作技術をターゲットとしている。

## 2. SDIシステムの開発

### 2.1 ベクター構造と作動原理

SDIシステムは、標的遺伝子を導入する標的ベクターと目的遺伝子を再導入する置換ベクターより構成されている(図3-A)。両ベクターは、バイナリーベクターpBI121の改変型であり、アグロバクテリウムを用いて植物へ遺伝子導入される。標的ベクターは、T-DNA領域に逆方向を向いた二つの認識配列Rsに挟まれた標的遺伝子を有している。置換ベクターは、T-DNA領域に、サイトカイニ

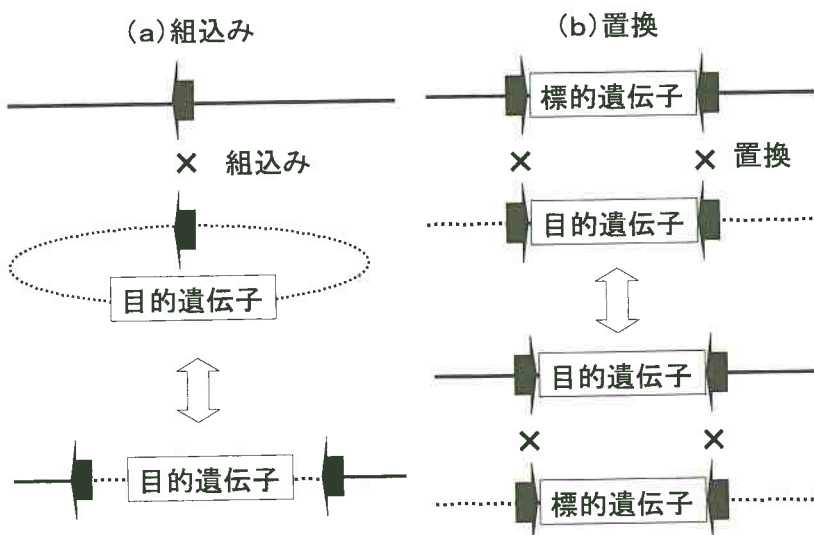


図2 部位特異的組換え系の利用  
(a) 組み込み反応および (b) 置換反応は可逆反応である。黒の矢印は部位特異的組換え系認識配列を示す。SDIシステムは (b) の反応原理を用いている。



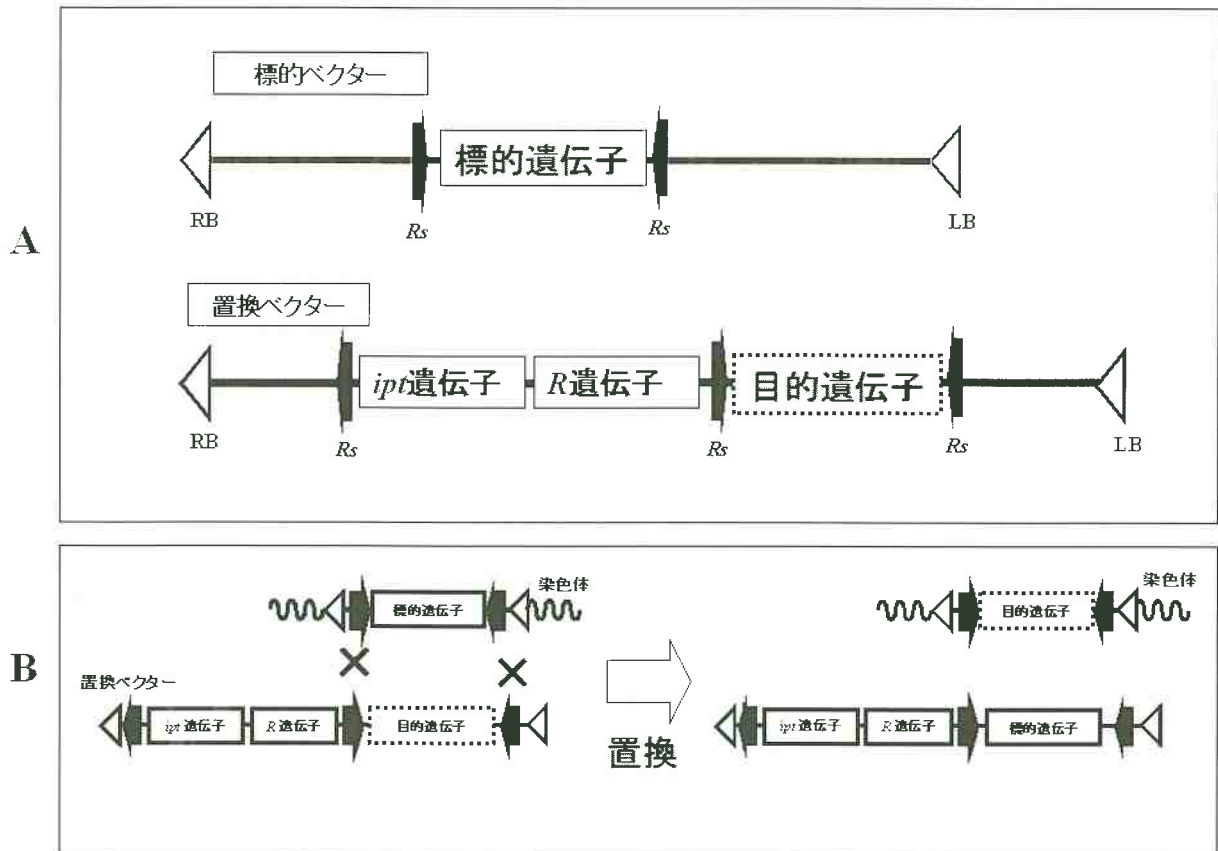


図3 SDIシステムの標的ベクターと置換ベクターの構造と作動

A：標的ベクターはT-DNA領域に逆方向を向いた二つの認識配列 $R_s$ に挟まれた標的遺伝子を有している。置換ベクターはT-DNA領域に、サイトカイニン合成酵素遺伝子 (*ipt*)、組換え酵素遺伝子 (*R*) と目的遺伝子を有している。*ipt*遺伝子、*R*遺伝子と目的遺伝子は、同方向を向いた二つの認識配列 $R_s$ に挟まれている。目的遺伝子は、更に、逆方向を向いた二つの認識配列 $R_s$ にも挟まれている。

B：標的ベクターを染色体に導入した標的個体に、置換ベクターを導入することで、標的遺伝子を挟む $R_s$ 配列と目的遺伝子を挟む $R_s$ 配列間で置換反応が起きる。

ン合成酵素遺伝子 (*ipt*)、組換え酵素遺伝子 (*R*) と目的遺伝子を有している。*ipt*遺伝子、*R*遺伝子と目的遺伝子は、同方向を向いた二つの認識配列 $R_s$ に挟まれている。目的遺伝子は、更に、逆方向を向いた二つの認識配列 $R_s$ にも挟まれている。

以下に、遺伝子導入過程について説明する。最初、標的ベクターを用い植物の染色体上に標的遺伝子を導入し、1コピーの標的遺伝子を有する組換え個体 (標的個体) を選抜する。再度、目的遺伝子を有する置換ベクターを標的個体に導入する。その際、置換ベクターの*R*遺伝子により組換え酵素が生産され、ある確率で、目的遺伝子を挟む認識配列 $R_s$ と標的遺伝子を挟む

認識配列 $R_s$ 間で二重交叉が生じ、目的遺伝子と染色体上の標的遺伝子が置換される (図3-B)。染色体上に置換ベクターがランダムに組み込まれた場合、組換え酵素の働きで同方向を向いた二つの認識配列 $R_s$ 間で挟まれた*ipt*遺伝子、*R*遺伝子と目的遺伝子が除去される。また、*ipt*遺伝子はサイトカイニンの過剰生産による発根阻害などの奇形を生じさせるため、目的遺伝子が標的位置に以外に導入された個体は、正常に再分化発根しない。よって、置換ベクターによる遺伝子導入処理後、無作為にカルスから芽を分離し培養するだけで、標的遺伝子が目的遺伝子に置換された組換え体 (置換個体) を再分化発根個体として選抜することができる (図

4)。

### 2.2 遺伝子導入と置換個体の選抜

実際、タバコを実験材料として、SDIシステムの評価試験を行った。標的ベクターは、標的遺伝子としてカナマイシン耐性遺伝子 (*nptII*)、シトシンデアミナーゼ遺伝子 (*codA*) を有しているベクター (pTLGUSAmpcodN) を、置換ベクターは、目的遺伝子としてハイグロマイシン耐性遺伝子 (*hpt*)、ルシフェラーゼ遺伝子 (*luc*) を有しているベクター (p2nd20) を用いた (図5)。標的ベクター (pTLGUSAmpcodN) をタバコへ遺伝子導入し、1コピーの標的遺伝子 (*nptII*, *codA*) をヘテロとホモの状態で作る標的個体 (2-a, 2-b) を作成した。アグロバクテリウム法を用いて、標的個体タバコの葉片64枚 (シャーレ4枚) に、置換ベクター (p2nd20) を感染導入した。ハイグロ

マイシンを含む再分化培地 (BA: 1 mg/l, NAA: 0.1mg/l, Hyg: 50mg/l) 上に置床し、1ヶ月後に、感染葉の周囲に形成されたカルス60個を分離し同じ培地上で継代培養した。さらに1ヶ月後、各カルス当たり4個以下の再分化した芽を分離し、ホルモン無添加のハイグロマイシンを含む発根培地上に移植した。感染から6ヶ月後までに、2-aの系統では、23個のカルスから38個の発根個体を、2-bの系統では、26個のカルスから62個の発根個体を得る事ができた。これらの発根個体からDNAを抽出しPCR分析を行った。染色体上の標的遺伝子と目的遺伝子の置換が生じた場合、目的遺伝子の正逆両方向の組込みが生じる (I型, II型) (図6)。G-HR1とL3-GEの両プライマーセットにより置換した遺伝子の両端の連結部位を含む1.5-kbと2.4-kbのバンド (I型) が、G-L3とHR1-GEの両プライマーセットにより2.4kbと1.65kbのバ

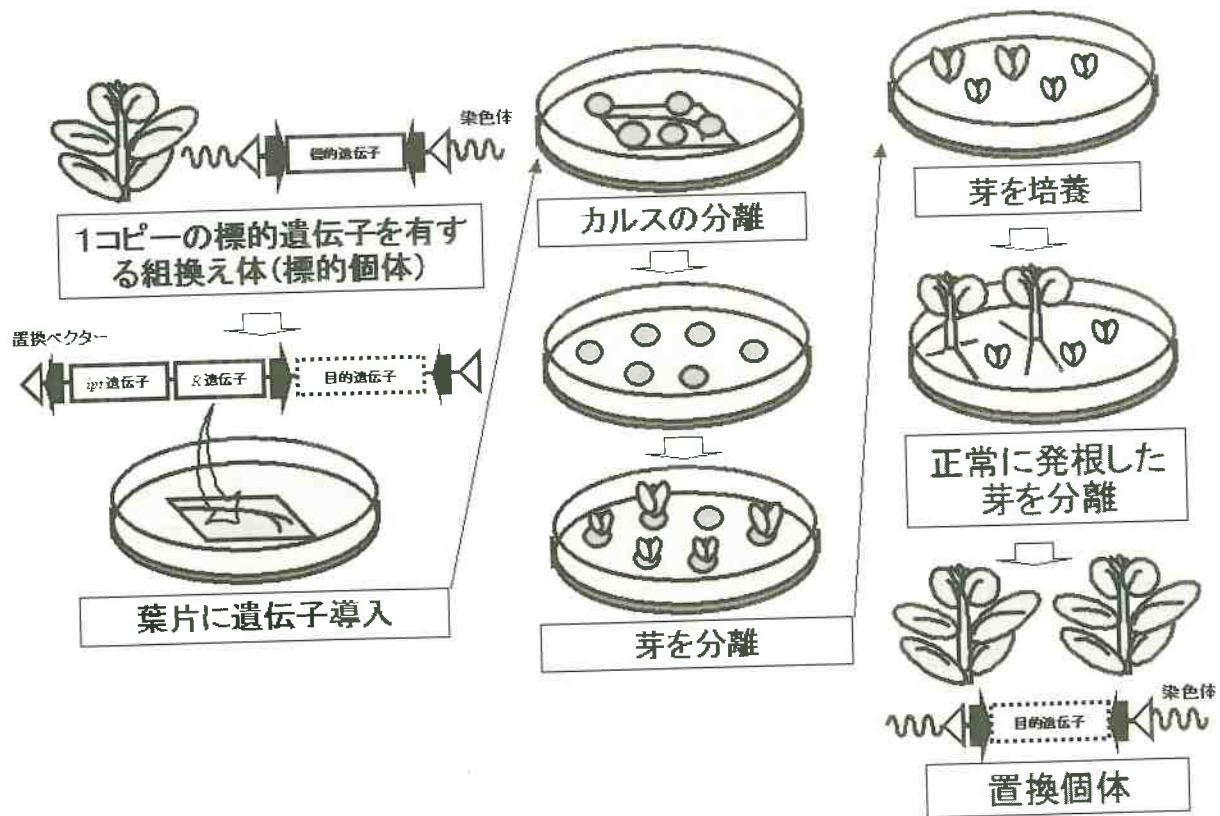


図4 SDIシステムによる置換組換え個体の作成過程

標的個体にアグロバクテリウムにて置換ベクターを導入し、常法にてカルスから芽を再分化させて分離する。置換ベクターがランダムな位置に導入されている個体は*ipt*遺伝子の働きが発根を阻害するため、置換個体が発根個体として選抜できる。

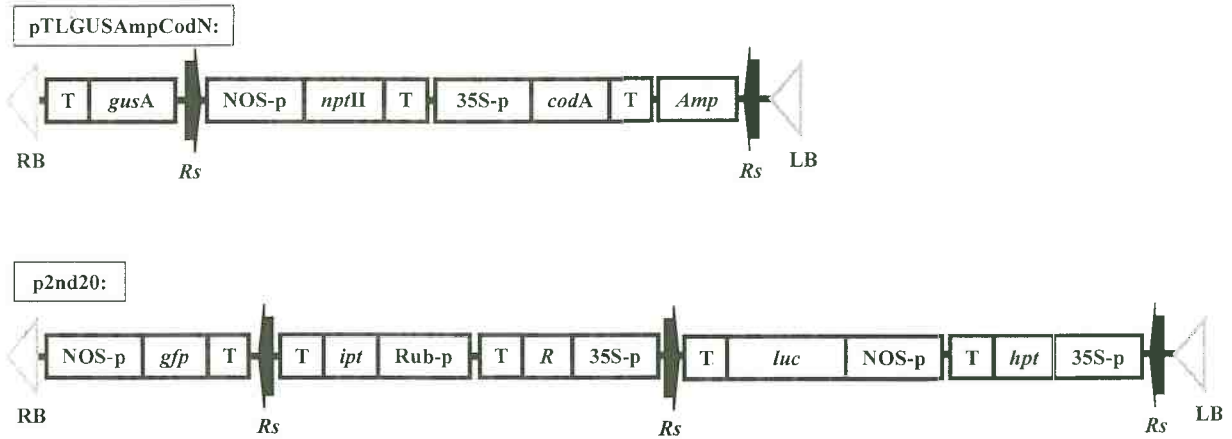


図5 実験に用いた標的ベクターと置換ベクターの構造

標的ベクター：標的遺伝子としてカナマイシン耐性遺伝子 (*nptII*)、シトシンデアミナーゼ遺伝子 (*codA*) を有している。置換ベクター：目的遺伝子としてハイグロマイシン耐性遺伝子 (*hpt*)、ルシフェラーゼ遺伝子 (*luc*) を有している

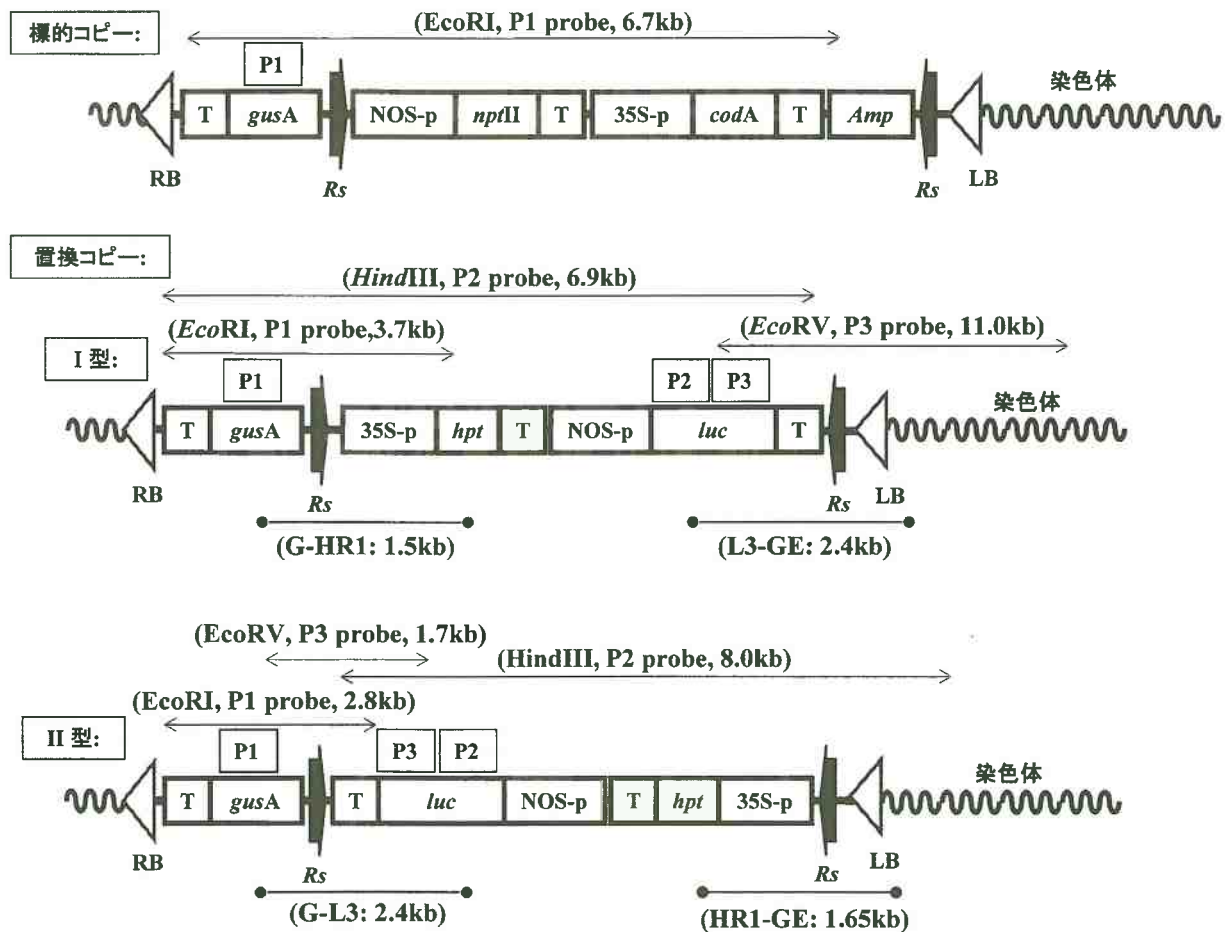


図6 標的組換え個体の標的コピーと置換組換え個体の置換コピーの構造

標的コピー：標的個体の染色体に組込まれた標的遺伝子 (*nptII*, *codA*) の状態を示す。置換コピー：標的遺伝子と目的遺伝子 (*hpt*, *luc*) が置換された置換個体の状態を示す。目的遺伝子は2種の向き (I型, II型) で導入される。P1, P2, P3はサザン分析で用いたプローブの位置を示す。

ンド(Ⅱ型)が増幅される。2-aの系統では、4個のカルス由来(4/23:17%)の6個体において、2-bの系統では、2個のカルス由来(2/26:8%)の7個体において、置換により期待される長さのバンドが検出された。さらに、*nptII*, *hpt*, *ipt*, *R*, *gfp*遺伝子の有無について調べた。13個体すべてにおいて、*hpt*遺伝子は検出されたが、*nptII*, *ipt*, *R*遺伝子は検出されなかった。この結果は、*nptII*遺伝子が*hpt*遺伝子に置換された組換え体(置換個体)が効率良く選抜されていることを示している。

### 2.3 置換個体のサザン分析と次世代解析

選抜した13個体から抽出したDNAを三種類の制限酵素(*EcoRI*, *HindIII*, *EcoRV*)で切断し、*gusA*遺伝子と*luc*遺伝子の一部をプロー

ブとしてサザン分析を行ったところ、すべての個体で標的遺伝子が目的遺伝子に置換されていることを示す結果となった(図4, 写真1)。3個のカルス由来の6個体においては、*luc*遺伝子に相同性のあるプローブ(P2, P3)で標的位置以外に目的遺伝子が導入されていることを示す余分なバンドが検出されたが、残りの3カルス由来の7個体においては標的位置にのみ目的遺伝子が導入された個体であることを示す結果であった。

興味深いことは、*gusA*遺伝子に相同性のあるプローブP1を用いた結果で、ホモ系統(2-b)由来の置換個体において、標的遺伝子が存在することを示すバンド(6.7kb)が消失し、目的遺伝子に置換されていることを示すバンド(3.7kb)のみ検出されたことである。これは、

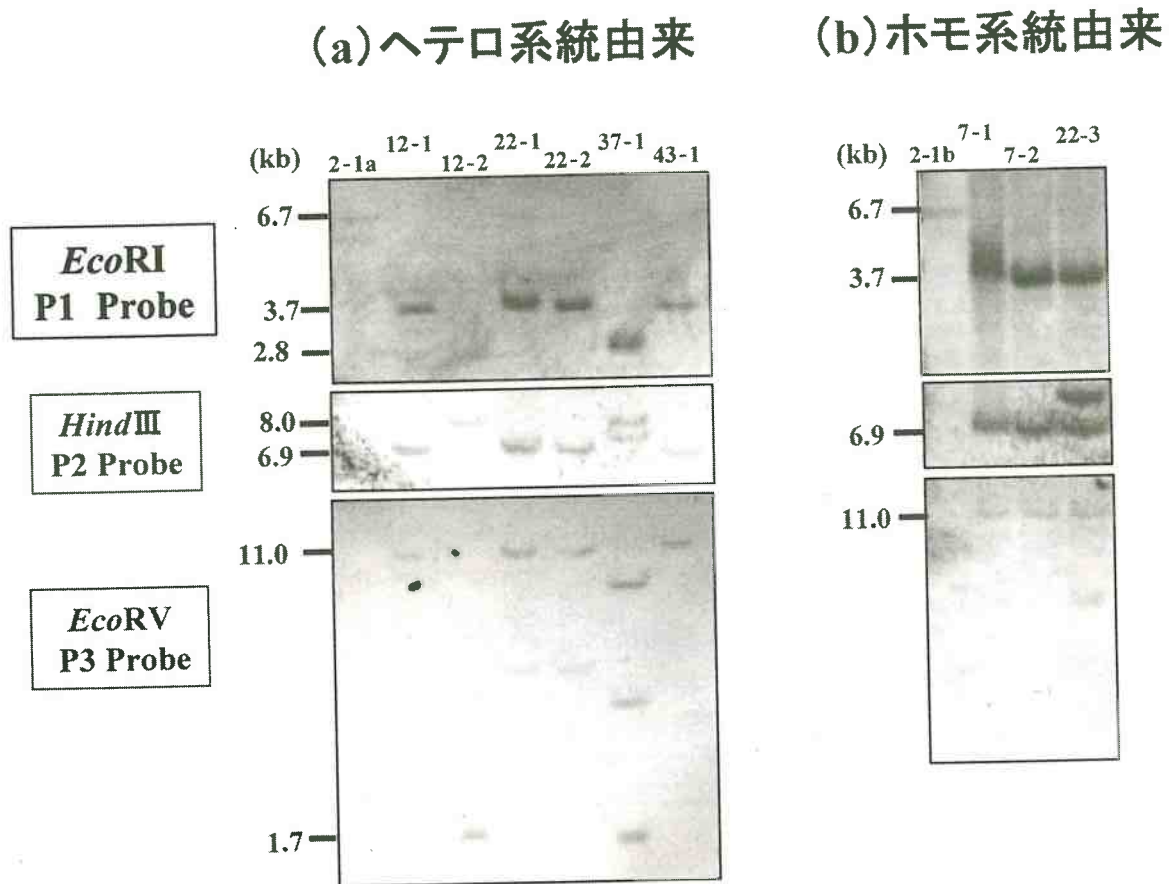


写真1 置換組換え個体のサザン分析

(a) ヘテロ系統由来: 12-1, 22-1, 22-2, 43-1は図5で示すⅠ型で、12-2, 37-1はⅡ型である。12-1, 12-2, 43-1は目的遺伝子が標的位置にのみ導入された置換個体である。  
(b) ホモ系統由来: 3個体ともⅠ型で、7-1, 7-2は目的遺伝子が標的位置にのみ導入された置換個体である。

ホモ接合の状態が存在する2個の標的遺伝子が、同時に、目的遺伝子に置換されたことを示唆している。

次に、目的遺伝子の次世代への安定した伝達を確認するため、13個の置換個体を順化し自家交配を行った。すべての置換個体は正常な稔性を有し、得られた種子を用いて次世代個体のカナマイシンとハイグロマイシンへの耐性を調べた(写真2)。すべての置換個体の子孫は、カナマイシンへの耐性を欠如していた。標的遺伝子をヘテロの状態で有する標的個体(2-a)由来の置換個体の子孫は、予想される分離比の割合でハイグロマイシン耐性を示した。一方、標的遺伝子をホモの状態で有する標的個体(2-b)由来の置換個体の子孫は、すべてハイグロマイシン耐性を示した。さらに、非組換え個体に戻し交雑し置換コピーの分離を調べたが、置換個

体の子孫は、同様にすべてハイグロマイシン耐性を示した。この結果は、ホモ接合の状態が存在する2個の標的遺伝子が、両方、目的遺伝子に置換されたことを示しているサザン分析の結果と合致している。よって、標的遺伝子をヘテロまたはホモの状態の有する標的個体を材料とし、SDIシステムを用いて目的遺伝子を導入した場合、それぞれ目的遺伝子がヘテロまたはホモの状態に置換された個体を得ることが確認された。また、それぞれの置換頻度は非常に高く、ランダムに分離されたカルス由来の独立した組換え体系統の8%または17%に達する。

### 3. SDIシステムの特徴

部位特異的組換え系の組換え酵素は、二本鎖DNAを基質としている。アグロバクテリウムは、

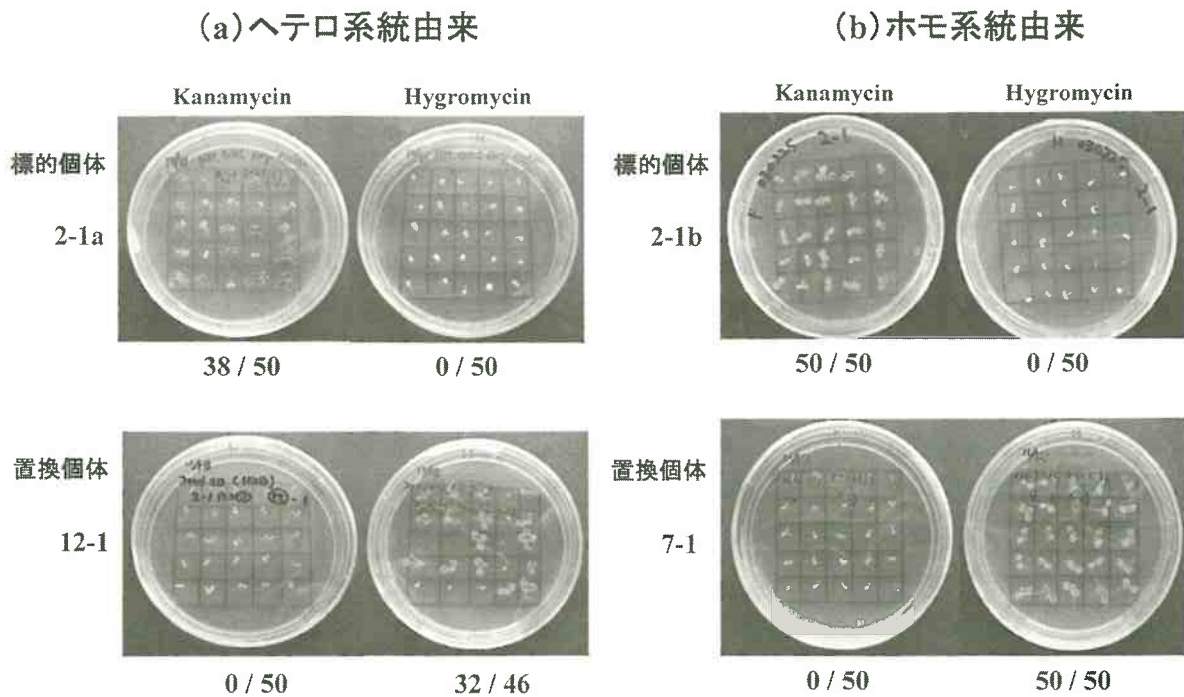


写真2 子孫の分離比検定

(a) 標的個体2-1aは標的遺伝子であるカナマイシン耐性遺伝子(*nptII*)1コピーをヘテロ接合型で持っており、その子孫は予想される比率でカナマイシン耐性となった。2-1a由来の置換個体12-1の子孫はカナマイシン耐性を消失し、目的遺伝子であるハイグロマイシン耐性遺伝子が1コピー存在することを示す比率でハイグロマイシン耐性となった。

(b) 標的個体2-1bは標的遺伝子であるカナマイシン耐性遺伝子(*nptII*)1コピーをホモ接合型で持っており、その子孫はすべてカナマイシン耐性となった。2-1b由来の置換個体7-1の子孫はカナマイシン耐性を消失し、すべてハイグロマイシン耐性となった。

バイナリーベクター上のT-DNA領域を、一本鎖DNAとして植物細胞へ導入するため、部位特異的組換え系の利用には適していないと考えられていた。最近、アグロバクテリウムにより導入されたT-DNAが、染色体上に組み込まれる直前に二本鎖DNAになるとの研究が報告されている。これは、T-DNAが組換え酵素の基質となる可能性を示しているが、大部分のT-DNAは染色体上のランダムな位置に組み込まれると考えられる。今回、アグロバクテリウムを用いた評価試験において、SDIシステムは、非常に高い置換効率を示した。本システムの置換ベクターは、三つの大きな特徴を有している。①目的遺伝子、組換え酵素遺伝子と*ipt*遺伝子は、二つの同じ向きの認識配列に挟まれている。染色体上のランダムな位置に組み込まれたコピーは除去され、置換されたコピーのみが残存する。②染色体上から除去されたコピーは、環状DNAとして切り出される。目的遺伝子を含む環状DNAは、標的遺伝子との置換の材料に再度利用される。③従来の標的位置導入法と異なり、組換え酵素遺伝子は、目的遺伝子と同一のT-DNA上に位置しており、目的遺伝子と共に組み込まれる。目的遺伝子と標的遺伝子との置換が終了した後に、標的遺伝子と共に取り除かれる。これらの特徴が、遺伝子の置換効率と置換個体の選抜効率の向上に貢献していると考えられる。

今回、SDIシステムの評価試験の規模は、通常のハイグロマシンの選抜法と同じで、64枚のタバコ葉片を遺伝子導入に用いた。葉片の周辺に形成されたカルスの個数も通常法とほぼ同じで、分離した60個のカルスから得られた独立の組換えシステムの8%から17%が置換個体であった。遺伝子が置換される頻度は、ランダムに組み込まれる頻度に比べ、予想外に高いことを示している。これは、組換え酵素タンパクが目的遺伝子を染色体上の標的遺伝子まで優先的に運搬しているためかもしれない。また、標的遺伝子として組み込まれている*codA*遺伝子をネガティブマーカーに用いれば、マーカーフリーの

置換個体を選抜することが原理的には可能である。通常、主要穀物の遺伝子導入には、ホモ系統の種子が材料として用いられている。ネガティブマーカーを選抜に用いるには、ホモ状態の*codA*遺伝子が2個同時に置換される頻度が高いことが望まれる。興味深いことに、標的遺伝子をホモの状態の有する標的個体に遺伝子導入すると、目的遺伝子をホモの状態の有する置換個体が効率良く得られており、ネガティブマーカーによる選抜が可能であると考えられる。

#### 4. おわりに

植物ゲノム研究の進展に比べ、組換え技術の農作物への応用は大幅に遅れているのが現状である。組換え作物に対する消費者のニーズと信頼性の欠如が大きな障害となっており、消費者にメリットを感じさせる組換え作物の作出や、信頼性の高い組換え技術の開発が重要になっている。SDIシステムの開発は、ゲノム上の遺伝子の自由な操作と正確で予測可能な遺伝子導入を目指している。最初に、標的遺伝子を導入した組換え作物の詳細な解析を行い、遺伝子の発現が安定し組み込み位置周辺に異常のない系統を選抜する。再度、目的遺伝子を正確に同じ位置へ導入し均一な組換え体を再生産することが可能である。特に樹木は、永年性の作物であり、遺伝子の長期間の安定した発現が求められる。一度、野外で栽培し安定性を確認した組換えシステムを材料に用いれば、この問題を容易にクリアすることができる。正確で予測可能な組換えシステムの確立は、組換え作物のリスクアセスメントと信頼性の向上に役立つと考えられる。

#### 文 献

- 1) Lyznik, L. A. et al. (2003), *Plant Cell Rep.* **21**, 925-935
- 2) Ow, D. W. (2002), *Plant. Mol. Biol.* **48**, 183-200

## ◀国内情報▶

## 新種ツノシマクジラの発見

独立行政法人 水産総合研究センター 中央水産研究所

和田 志郎

岩手県立博物館および国立科学博物館と協同でインド洋と太平洋の熱帯海域および我が国の日本海沿岸からナガスクジラ属の新種を発見し、*Balaenoptera omurai*と命名した<sup>1)</sup>。最大体長は約12mで、ナガスクジラに似た外観とクロミンククジラに似たヒゲ板をもつが、骨格やDNAは固有の特徴を示す。研究の過程で、これまでニタリクジラと同種と考えられていたイーデンクジラ(仮称)の独立性も明らかになり、ナガスクジラ属鯨類は8種に増えた。

## 1. はじめに

ナガスクジラ属鯨類は背ビレと畝をもつヒゲクジラのグループで、体長8.5mのミンククジラから、クロミンククジラ、ニタリクジラ、イワシクジラ、ナガスクジラ、そして33mのシロナガスクジラまで6種が知られていた。ニタリクジラ(Bryde's whale, 最大約15m)は1913年に*B. brydei*<sup>2)</sup>として南アフリカで新種記載されたのであるが、後の骨学的研究<sup>3)</sup>により、1878/9年に新種記載されていたビルマのイーデンクジラ(最大約12m, 外観は不明)と同種と判断されたため、学名は先行するイーデンクジラの*B. edeni*<sup>4)</sup>が適用されていた。しかし、研究者のなかには3m近い両者の体長差やいくつかの骨学的計測値の違いを重視して別種と考える者<sup>5), 6)</sup>もいて、同種説は完全に合意されていたわけではなかった。

## 2. 研究の背景と経緯

我が国が1970年代の後半に南インド洋と南太平洋の熱帯海域で実施したニタリクジラの特別捕獲調査<sup>7)</sup>で、体長が9.6-11.5mと小さいにも拘わらず肉体的成熟に達し、かつ、複数のアイソザイム遺伝子座で固有の置換遺伝子をもつ個

WADA Shiro

〒236-8648 横浜市金沢区福浦2-12-4

体が8頭(ソロモン海から6頭, ジャワ南岸沖から2頭)見い出された<sup>8)</sup>。これらがニタリクジラでないことはほぼ確かであったが、外観の詳しい記録がとられず骨格も採取されなかったため、体長がほぼ等しく、当時やはり外部形態が知られていなかったイーデンクジラの可能性を排除できなかった。このため、8頭の種不明鯨の分類学的帰属を確定するには、まずイーデンクジラの実体を明らかにすることが必要となった。

そこで、骨学的形質の確認のため海外の博物館が所蔵するイーデンクジラのホロタイプをはじめいくつかの骨格を調査したところ、過去の研究者が見逃していた大きな特徴をいくつか発見した。特に、イーデンクジラの頭頂部では、左右の細長い上顎骨上行突起の間に前頭骨が大きく露出しており、上行突起のやや後方にあたかも受け台のような固有の隆起が認められる。この隆起の有無により、イーデンクジラは個体レベルで識別できることがわかった。次に、ライデン博物館からイーデンクジラの乾燥軟組織標本を分けてもらい、ミトコンドリアDNAの調節領域全長の塩基配列を比較したところ、ニタリクジラ、イーデンクジラ、および種不明鯨はそれぞれが独立した種であるという思いがけない結果を得た。さらに、特別捕獲調査の際に乗船監督官が私的に撮影した種不明鯨の映像を長年の探索の末ようやく入手したが、その外観

やはりニタリクジラとは全く異なっていた。このようにして、種不明鯨は新種と見なしてよいこと、ニタリクジラの学名は元の*B. brydei*に戻すべきことが明らかになった。骨格がないまま新種記載をすることにはそうした批判が予想されたが、新たな標本を得ることは全く期待できなかった。形態と分子の情報に基づいて新種記載をしようとした矢先に、山口県の日本海沿岸で種不明鯨が漁船と衝突して死亡し、その骨格を国立科学博物館が確保したとの衝撃的な知らせが届いたのである。

### 3. 新種の特徴

新種の種小名は我が国の近代鯨学の祖である故大村秀雄博士に敬意を表して*omurai*とし、和名はホロタイプが得られた角島（山口県豊浦郡豊北町）に因んでツノシマクジラとした。大



図1 ツノシマクジラの左腹側観（1976年10月24日、ソロン海の第二図南丸船上にて撮影、故清水悟氏提供）

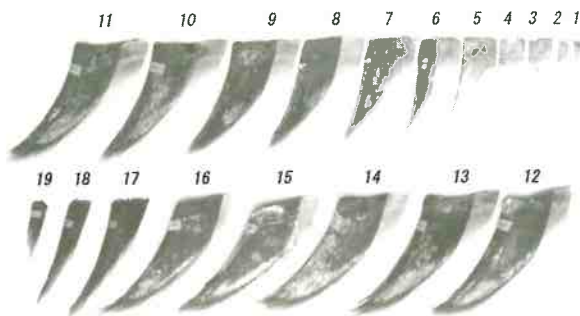


図2 右側の列から10枚おきに採取したツノシマクジラのヒゲ板（1＝先頭、19＝最後尾）

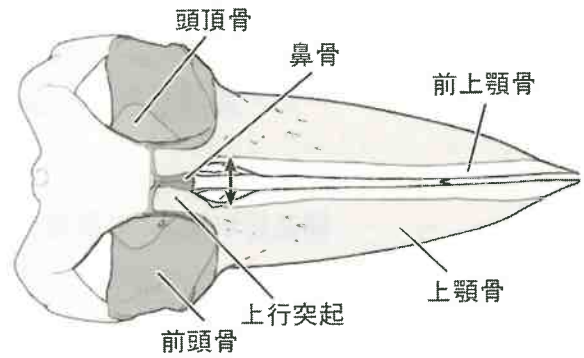


図3 ツノシマクジラ頭骨の背側観

村博士は戦後の日本沿岸や小笠原の捕鯨でイワシクジラとして捕獲されていた“南方系イワシ”が実は本当のイワシクジラではなく、当時は南アフリカ沖にしか分布しないと考えられていた*B. brydei*であることを発見して「ニタリクジラ（“ナガスに似たり”の意）」<sup>9)</sup>という和名を与えた人であり、また、筆者にヒゲクジラの骨学入門編を手ほどきして下さった人でもある。

新種の外観（図1）はナガスクジラにそっくりで、①左側の胸部が左右非対称に黒く着色されている、②鰓の数が多く（およそ90本）、臍まで達している、③胸ビレの前縁と裏側は左右とも付け根から先端まで白い。しかし、ヒゲ板の色調はナガスクジラのものとは大きく異なり、クロミンククジラのものに似ている（図2）。右列では前方の3割ほどが全黄白色、後方の2割ほどが全黒色、中間の5割ほどが黄白色と黒のツートンカラーであるが、左列では全黄白色の板はなく、ツートンカラーの板で始まる。つまり、体色と同様にヒゲ板でも左側で黒色が優勢である。同属種は体の大小にかかわらず片側に300枚以上のヒゲ板をもつが、ツノシマクジラでは200枚そこそこ非常に少ない。

頭骨（図3）では、上顎骨外縁のラインが丸みを帯びていて、吻は前方に真っ直ぐに伸びている。左右の上顎骨の背内側縁間の最大幅（図中の両矢印）は同属種の中で最も小さく、吻の基底幅の約30%を占めるに過ぎない。上顎骨の上行突起は内側に大きく膨らみ、そのため圧迫された前上顎骨は細長い鼻骨の側面で上顎骨の



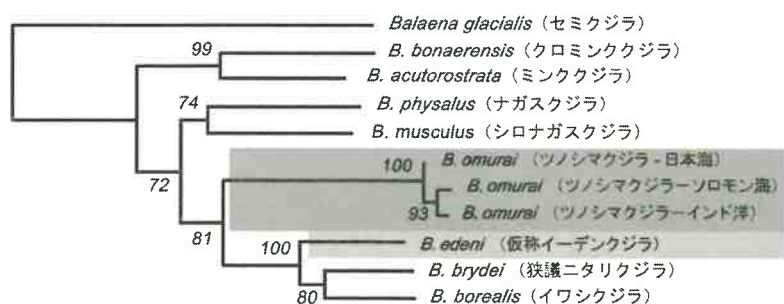


図4 ミトコンドリアDNA調節領域全域の塩基配列に基づくナガスクジラ属8種の近隣結合系統樹(セミクジラを外群とする)

下に潜り込んでいる。この特徴はツノシマクジラに特有である。頭骨を背側から見ると、頭頂骨が前頭骨の眼窩上突起の後内側部を大きく半円状に覆っている。

下顎骨の後端では関節突起と下顎角の間が大きく挟れ、下顎角の方が関節突起よりも後方に突き出している点が特異である。肋骨は13対であるが、第1肋骨は他の同属種のように末端が板状に広がっていない。脊椎骨数はニタリクジラよりも一つ少ない53個であった。

ミトコンドリアDNAの調節領域における塩基の違いの数は、整列後の901塩基のうち、ニタリクジラとの間で62-67、イーデンクジラとの間で65-70、イワシクジラとの間で66-71、シロナガスクジラとの間で70-73、ナガスクジラとの間で73-78、ミンククジラとの間で89-94、クロミンククジラとの間で92-97であった。種間の最小の違いがニタリクジラとイワシクジラとの間の31塩基であることから、ツノシマクジラはどの同属種とも十分に遠い関係にあるといえる。セミクジラを外群とする近隣結合系統樹(図4)では、ツノシマクジラはナガスクジラ属の共通祖先から[クロミンク/ミンク]グループが分岐し、次いで[ナガス/シロナガス]グループが分岐した後に分岐したと推定される。形態的な共通点があるナガスクジラやクロミンククジラとはむしろ分子的には遠いという結果は非常に興味深い。

なお、塩基配列分析はまた、東シナ海および

四国沿岸の“やや小型のニタリクジラ<sup>10)</sup>”が実はイーデンクジラであることも証明した。このことは、イーデンクジラが従来いわれていたようなインド・マレー海域固有の地方種ではなく、ニタリクジラ同様、汎地球的に分布する可能性を示すものである。

#### 4. おわりに

ナガスクジラ属の種の記載は19

世紀までにはほぼ完了し、20世紀はじめのニタリクジラをもって最後と考えられてきた。それにもかかわらず、長期間にわたって捕鯨操業がおこなわれてきた日本沿岸に未記載の種が分布していたことはまことに驚くべきことといえる。“捕獲制限体長を大きく下回るナガスクジラの幼鯨”と見まごう外観が捕鯨船よけとして有効だったのかも知れない。

ツノシマクジラの観察例はまだ合計9頭にすぎず、骨格は1頭しかない(レプリカが角島の山口県立つのしま自然館に展示されている)。このため、特に骨学的形質に関しては今後、標本数の増加に努め、記載の充実を図る必要がある。幸いなことに、本研究の過程で我々は海外にツノシマクジラの骨格が複数存在するのを確認しており、この件については明るい見通しを持っている。既に述べたように、イーデンクジラもその外部形態はまだ報告されていない。このことが長らくニタリクジラと混同され、分類学的混乱を招いた原因の一つであった。これについても、正確な外部形態を早急に調査し、標徴形質を新たに記載する必要がある。これらの課題が達成されない限り、ナガスクジラ属鯨類のα分類学は完了したといえないのである。

#### 文献

1) Wada, S. et al. (2003), *Nature*, 426 (6964), 278-281.

- 2) Olsen, O. (1913), *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 1073-1090.
- 3) Junge, G. C. A. (1950), *Zoologische Verhandelingen*, 9, 1-26.
- 4) Anderson, J. (1878/9), *Anatomical and Zoological Researches*, 1, 551-564.
- 5) Soot-Ryen, T. (1961), *Norsk Hvalfangstiid*, 50, 323-332.
- 6) Best, P. B. (1977), *Rep. int. Whal. Commn.*, special issue 1, 10-38.
- 7) Ohsumi, S. (1980), *Rep. int. Whal. Commn.*, 30, 319-331.
- 8) Wada, S. *et al.* (1991), *Rep. int. Whal. Commn.*, special issue 13, 125-154.
- 9) Omura, H. (1959), *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, 14, 1-33.
- 10) Yoshida *et al.* (1999), *Marine Mammal Science*, 15(4), 1269-1286.

### 本誌第100号掲載論文所載写真訂正のお知らせ

本誌第100号（2003 [平成15] 年11月15日発行）掲載論文“飼料イネサイレージ用乳酸菌「蓄草1号」の開発と普及”（32～36頁）の著者の吉田宣夫氏（埼玉県農林総合研究センター 畜産研究所）より、同論文所載の乳酸菌の電子顕微鏡写真が不正確であったので、訂正したい旨申し出がありました。下記のように、訂正致しますのでお知らせします。

（編集部）

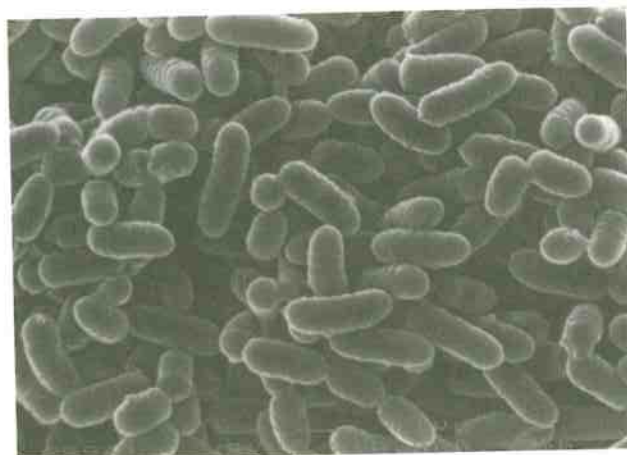


写真1 「蓄草1号」乳酸菌

## ◀地域の先端研究▶

## 内生細菌を用いたトマト土壌病害の防除

兵庫県立農業技術総合センター 農業技術センター 病害虫防除部  
相野 公孝

内生細菌をエージェントとした生物農薬を開発、農薬登録し、現在販売を開始した。本剤に含まれる2種類の *Pseudomonas fluoressens* は、トマト根内の細胞間隙に侵入し、植物体に影響を与えつつ、抗菌活性物質を産生する。本剤にトマトを播種し育苗すると、根内に内生細菌が定着し、青枯病、根腐萎凋病を防ぐことができる。内生細菌の利用は他作物の土壌病害に対しても効果があり、今後、広く利用できるように開発を進めている。

## 1. はじめに

近年、微生物を用いた生物農薬の開発が急ピッチに進み、特に種子伝染性病害及び地上部病害に対して卓効を示す剤が登録されるようになった。一方、伝染様式の性質上、生物的防除が困難な場合が多い土壌伝染性病害に対しては、その開発スピードが遅く、研究開発に大きく水をあけられてしまった。しかし、最近、内生細菌 (endophytic bacteria) や根部エンドファイトを用いた土壌病害防除が成功し、内生能を持った微生物に注目が集まっている。

数多くの作物根内から内生能を持った細菌を分離することができる。内生細菌は種々の生理活性物質を産生し、これらの働きによって内生細菌に感染した植物が病害に対して抵抗性になったりする。この現象の一つとして、内生細菌によって引き起こされる全身誘導抵抗性 (induced systemic resistance : ISR) が考えられる。内生細菌の接種により宿主の感受性が高まり、病原菌侵入時のファイトアレキシン量を増加させることが報告され<sup>4)</sup>、エリシターとして、内生細菌が産生するリポ多糖類、siderophoreなどが有力視されている<sup>5)</sup>。内生細菌は植物体に侵入する能力を有するため、非内生細菌よりも植物体にシグナル物質の伝達が

AINO Masataka

〒679-0198 兵庫県加西市別府町南ノ岡甲1533

容易で、ISRを引き起こすには有利である。

## 2. 内生細菌製剤の開発

農薬登録のある内生細菌製剤は、わが国では、シュウドモナス・フルオレッセンス剤 (商品名：セル苗元気) の1剤のみである (写真1)。本剤は、多木化学株式会社、兵庫県立農林水産技術総合センター、神戸大学農学部の産・官・学共同研究で検索した有用な内生細菌を生物系特定産業技術研究推進機構のUR対策研究開発事業の中で、多木化学株式会社が商品開発した生物農薬である<sup>1)</sup>。本剤は2001年6月にトマト青枯病に対する生物農薬として、また、トマトセル育苗時の生育抑制効果を示す植物調節剤として農薬登録 (第20655号) された。さらに、2002年2月にトマト根腐萎凋病に適用拡大された。有効成分は *Pseudomonas fluorescens* FPH-9601, *P. fluorescens* FPT-9601の2菌株がそれぞれ107CFU/g含有されている。

2.1 *Pseudomonas fluorescens* FPH9601

本菌株はトマトの根内部に定着性が高く、トマト種子の発芽時にできた傷口から根内に侵入する。侵入した菌は、細胞間隙に定着し、自由に細胞間隙を移動するが、形成層内部には侵入することができない。また、本菌株のトマト苗内部の移行を自然耐性菌法を用いて調べた結

果，胚軸直下の部位に集積し，根端部に移行する。しかし，胚軸上部には移行することができない特徴がある。1g根あたり $10^5 \sim 7$  CFU存在し，トマトの成育中及び生育終了時まで根内部に定着することができる。培地上におけるFPHの青枯病菌に対する抗菌活性を調べた結果，抗菌活性物質産生能は低く，FPH単独で発病抑制効果が現れているとは考えにくい。そこで，FPHが定着したトマト根を青枯病菌混入ケルマン培地上に置き検定すると，定着根の周辺に阻止円が形成された（写真2）。これは，定着根から多量の抗菌活性物質が漏出したことによる。本現象は，トマト生体の状態によって左右される可能性がある。トマト品種によりFPH感染苗の青枯病発病抑制効果の強弱に差が現れる。青枯病に抵抗性を持たない大型福寿，桃太郎よりも，抵抗性または強いと言われている品種瑞榮，LS-89の方がより顕著な効果を示す。他の作物，ナス，ピーマンにFPHが感染すると青



写真1 市販されている内生細菌の製剤  
（多水化学株式会社提供）

表1 *P. fluorescens* FPT9601及びFPH9601のトマト青枯病発病抑制効果

処理	根内侵入株率(%)		発病株率(%)	防除価
	FPH	FPT		
FPH	89.0	—	11.0	87.6
FPT	—	78.0	22.0	75.3
FPH+FPT	100.0	89.0	0.0	100.0
無処理	—	—	89.0	—

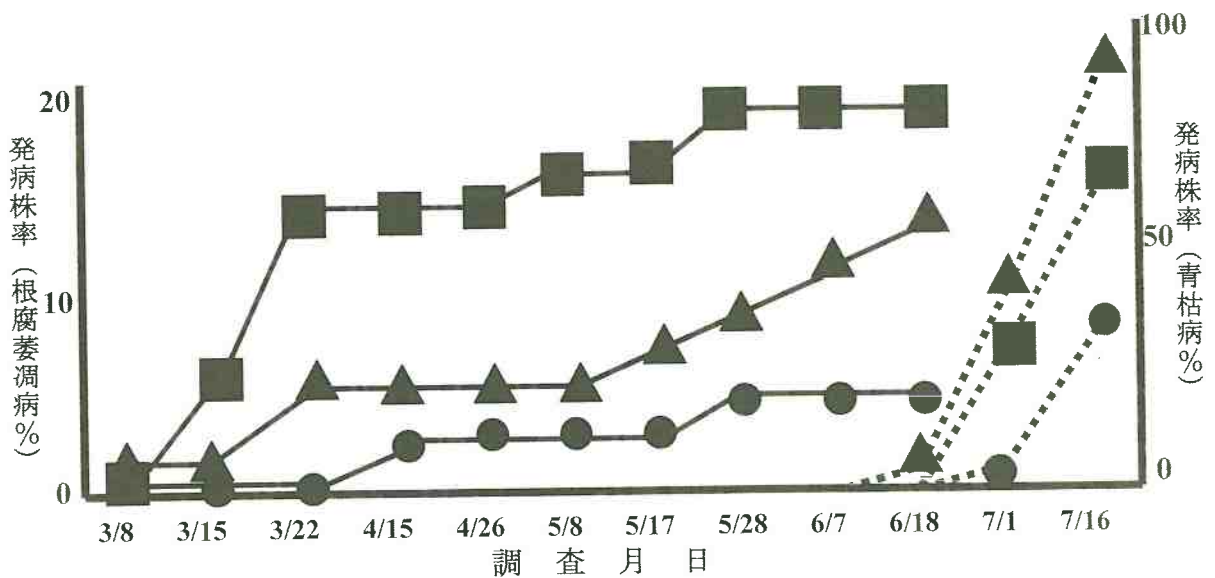


図1 トマト根腐萎凋病及び青枯病の連続的防除効果  
●：ジュードモナスフルオレッセンス製剤 ▲：クロールピクリン ■：無処理  
——根腐萎凋病 .....青枯病

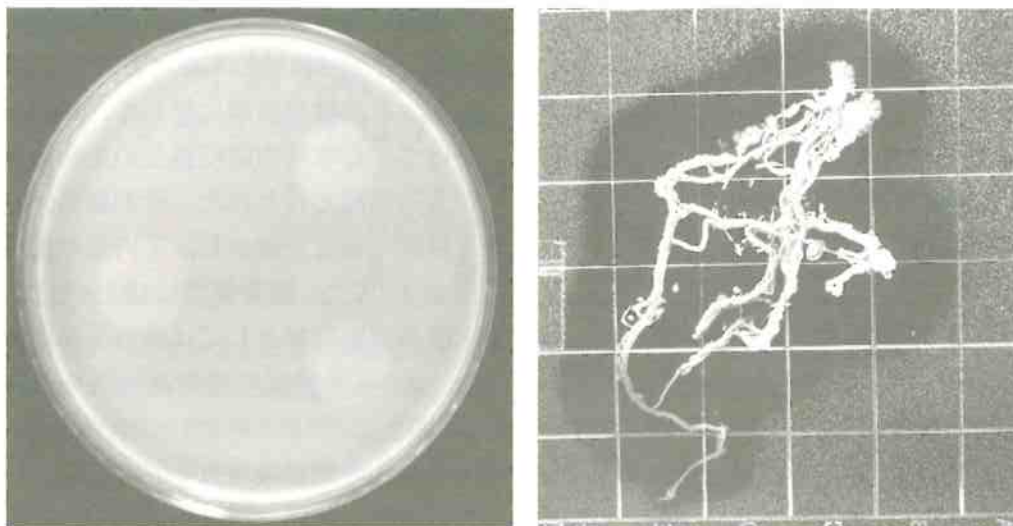


写真2 *Pseudomonas fluorescens*. FPH9601の抗菌活性物質産生  
左：培地上での阻止円形状況 右：定着根周辺に形成された阻止円

枯病に対する発病抑制効果を示すが、トマトよりもその効果が低い傾向がある。

FPHにおいては、トマト萎ちょう病に対して発病抑制効果が認められている。培地上での抗菌活性は青枯病菌の場合と同様に活性は低く、トマト根内から漏出する物質にも抗菌活性が認められていない。しかし、萎ちょう病菌のトマト根への侵入部位数が減少し、また、侵入した*Fusarium*菌の増殖を低く抑える現象が確認されている<sup>2)</sup>。これは、FPHの感染による抵抗性誘導現象が病原菌の増殖を抑えているものと考えられる。

## 2.2 *Pseudomonas fluorescens* FPT-9601

本菌はキングB寒天培地上で蛍光色素を産生する菌株であり、FPTは貧栄養な状況でよく増殖するが、栄養培地上ではその性質が著しく変異を起こす菌株である。FPHと同じようにトマト根内に定着する能力を有している。本菌株の場合、初期トマト根内に定着する量はFPHよりも多く、速やかに根内で増殖する。しかし、生育途中で根内部から検出されなくなり、定着の持続性についてはFPHよりもやや劣る傾向がある。FPT定着

トマト根をクリスタルバイオレット加用PD寒天培地上に置くと、定着根の周りに蛍光性結晶が多量に析出する。FPT単独の場合もコロニー周辺に蛍光性結晶が析出するが、植物根と共生状態でより産生が多くなる。本結晶を培地から採取し、ろ紙円法を用いて青枯病菌に対する抗菌活性を調べたところ、 $0.1 \mu\text{g/ml}$ 以上で高い抗菌活性を有していた。この蛍光性結晶の構造を解析すると、2,4-diacetylphloroglucinolであることが判明した。これは、*Pseudomonads*が出す抗菌活性物質の一つであるが、FPTに



無処理 ジュードモナスフルオレッセンス製剤 クロールピクリン  
写真3 トマト根腐萎ちょう病に対するシュドモナスフルオレッセンス製剤の効果

関しては、その産生量が他のPseudomonadsに比べ著しく多く、植物根共生時にはさらに多くなる特質がある。FPT単独でも十分青枯病の発病抑制効果を発揮するが、FPHと同時に感染させると、両菌株の定着量が多くなり、また、発病抑制効果も高くなる傾向を示す(表1)<sup>3)</sup>。

### 3. 内生細菌剤の利用方法と効果

本剤はそのままでセル成型育苗培土として利用することができる。使用方法は比較的簡単で、①2重包装されている外側の包装を破り、真空パックされた資材に空気を入れ、よくほぐす。②セル成型トレイに均一に充填し、ローラあるいは同型のセル成型トレイで固めに鎮圧後、播種する。③は種後、バーミキュライト等で覆土し、灌水により覆土資材に十分に保水させる。このように通常のセル育苗とほとんどかわらない作業で、発根と同時に本剤含有細菌株2種がトマト根内部に侵入し、安定して定着する。

トマト青枯病に対してシュードモナス・フルオレッセンス剤の自然発病条件下における発病抑制効果及び抑制効果の持続性について調査し、現地栽培圃場への適応性を検討した。

1995～1998年の4年間にわたり、トマト抑制栽培で、神戸市西区および姫路市網干の一般栽培農家ほ場において、本剤を用いたトマト青枯病発病抑制効果試験を行った。神戸市西区での実証試験では、神戸西農業協同組合の全面的な協力を得、農協内育苗施設でFPH、FPT菌株定着苗を育苗した。また、姫路市網干区での実証試験では、姫路市農業協同組合の育苗施設及び各生産者の育苗施設内で育苗した。苗は、生産者で育苗したものを除き、それぞれの農業協同組合から生産者に配布した。調査は、9月上旬から11月中旬まで適宜行った。

各年度及び地点ともに、本剤のトマト青枯病発病抑制効果が確認された。1995年では、57.4～86.8、1996年では、31.3～80.0、1997年では、1ほ場のみであったが99.2の防除価が得られ、1998年には、抵抗性台木との併用効果を検討し、

発病抑制効果の増強が認められた。このようにトマト青枯病に対して高い実用性が実証された。

トマト根腐萎凋病に対して、1999～2001年にかけて、日本植物防疫協会の生物農薬連絡試験が公的機関で行われた。その結果、本剤処理区は根部の褐変が減少し、茎内部の褐変程度も低くなり、また、防除価では49.2～71.0と難防除の土壌病害防除剤としては高い効果認められ、また、約1ヶ月程度の発病遅延効果を確認された(写真3)。

トマト半促成栽培(4～7月取り)は、栽培前～中期において根腐萎凋病が、後期に青枯病が発生する。そこで、本作型でシュードモナス・フルオレッセンス製剤を用い、両菌株を定着させた苗の根腐萎凋病及び青枯病に対する連続的な防除効果を検討した結果、本剤処理区の防除価は根腐萎凋病75.3、青枯病49.7で、茎部の褐変程度も軽く、両病害に対して連続的な防除効果が認められた(図1)。

### 4. おわりに

内生細菌の利用範囲を広げるために、開発したシュードモナス・フルオレッセンス製剤の他作物への適用拡大を行いつつ、アブラナ科野菜の根こぶ病の土壌伝染性病害、レタスビッグベイン病及びメロンえそ斑点病など、土壌糸状菌によって媒介されるウイルス病に対して、新たな内生細菌を検索し、今後、実用化してゆく予定である。

### 文 献

- 1) AINO, M. (1997), 4th PGPR Workshop, 120-123.
- 2) 岩本豊ら(2000), 日植病報, 66, 177.
- 3) 前川義男ら(1998), 農薬学会第23回大会講要, p.87.
- 4) Van Peer, R., et al. (1991), Phytopathology, 81, 728-734.
- 5) Vanloon, L. C., et Al. (1997), 4<sup>th</sup> PGPR Workshop, p. 50-57.

## ◀地域先端研究▶

土着天敵を活用した難防除害虫  
ミナミキイロアザミウマの総合的管理

岡山県農業総合センター農業試験場

永 井 一 哉

土着天敵ナミヒメハナカメムシは難防除害虫ミナミキイロアザミウマの個体数増加を抑制できることを証明した。ミナミキイロアザミウマに殺虫活性を持つが、ヒメハナカメムシには悪影響がない幼若ホルモン様物質ピリプロキシフェンなどの選択的殺虫剤を見出した。そして、防除が最も困難であった露地ナスで土着天敵を活用した総合的害虫管理 (IPM) の体系を組み立て、極僅かな殺虫剤散布で防除が可能なことを実証した。

## 1. はじめに

化学合成殺虫剤による農業害虫の防除は、生物的防除など他の防除手段に比べ広範囲の害虫に安定した効果が期待でき、処理が容易で価格も安いことなどから、ここ半世紀の主要な防除手段となっている。しかし、殺虫剤の過剰な使用は、殺虫剤抵抗性害虫の出現、殺虫剤の散布から誘発された害虫の多発生 (誘導多発生又はリサージェンス)、食品残留、そして野生生物への悪影響といった弊害が1950年代後半から指摘されていた。これを受けて国連食料農業機関 (FAO) では将来あるべき害虫防除の考え方として“あらゆる適切な技術を相互に矛盾しない形で使用し、経済的被害を生じるレベル以下に害虫個体群を減少させ、かつその低いレベルに維持するための害虫管理システム”が提案された。この考え方が総合的有害生物管理 (Integrated pest management; IPM) と言われるようになり (中筋, 2003)、さらにに経済面だけでなく生態系の保全 (環境保全) の理念も加わっていった (那波, 2001)。そして、1980年代後半からの環境問題への関心の高まりと共にIPMによる作物保護の考え方は世界的に注目されはじめた (中筋, 2003)。

総合的害虫管理では、天敵など自然制御要因

NAGAI Kazuya

〒709-0801 岡山県赤磐郡山陽町神田沖1174-1

の働きを最大限に活用し (基幹的防除手段)、その働きを補うのに化学的防除などを副次的防除手段として用いる手法により、害虫個体群を合理的に管理することを基本としている (中筋, 1997)。現在、農業現場ではIPMの定着に向けてさまざまな取り組みが行われている。ここでは、その一例として薬剤抵抗性の難防除害虫であるミナミキイロアザミウマの総合的管理について紹介する。

## 2. ナスでのミナミキイロアザミウマの総合的管理

ミナミキイロアザミウマは東南アジア諸国など熱帯、亜熱帯地域原産の害虫で、強度の薬剤抵抗性を持って1978年に我が国へ侵入した。本種による被害が特に激しかったナスでは、侵入当初、通常の殺虫剤散布では十分な防除効果が得られず、散布回数を極端に増やして栽培を継続するか、栽培を途中で中断するかを選択を余儀なくされていた。さらに、ミナミキイロアザミウマへの頻繁な殺虫剤の散布は本種自身の薬剤抵抗性を高めた (森下, 1993) だけでなく、同じ農作物に発生するモモアカアブラムの抵抗性発達を助長し (森下ら, 1990)、カンザワハダの誘導多発生を招くこともあった (根本, 1993)。ミナミキイロアザミウマによる被害が激しい原因の一つとして、本種は有力な天敵を

伴わず侵入し、我が国にも有力な天敵が存在しないと考えられていた。しかし、梶田 (1985) は、ミナミキイロアザミウマの捕食性天敵として土着のヒメハナカメムシ類やカブリダニ類を確認し、永井ら (1988)、河本ら (1988) はヒメハナカメムシ類の一種がミナミキイロアザミウマの密度を抑制できる有力な天敵であることを明らかにした。

ヒメハナカメムシ類は体長 2 mm 程度の小形の捕食性カメムシでアザミウマ類、ハダニ類な



図1 ナミヒメハナカメムシ成虫

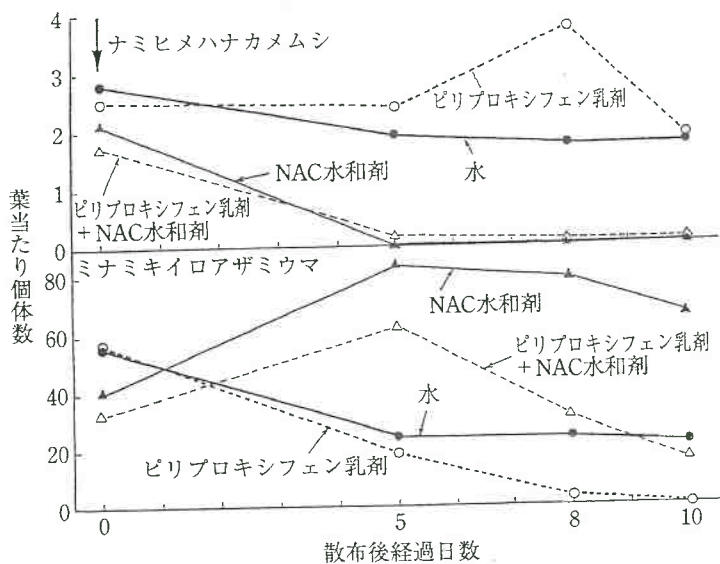


図2 ピリプロキシフェン乳剤とNAC水和剤の散布がナミヒメハナカメムシとミナミキイロアザミウマの密度に及ぼす影響 (Nagai, 1990を一部改変)

ど微小な節足動物を捕食する。国内にはナミヒメハナカメムシ (図1)、コヒメハナカメムシ、タイリクヒメハナカメムシなど8種のヒメハナカメムシ類が生息しており、本土の畑やその周辺雑草で普通に発生している種類はナミヒメハナカメムシである (Yasunaga, 1993; 1997; 2000)。

### 2.1 露地栽培

露地栽培では圃場周辺で自然発生する土着のヒメハナカメムシ類を、アザミウマ類など害虫の防除に利用できる。露地ナスでは土着のダイズウスイロアザミウマなどナスでは実害が少ないアザミウマ類がミナミキイロアザミウマより先に発生する。ナスに実害が少ないアザミウマ類を餌にナミヒメハナカメムシはナスで増殖する。その後、ナスに飛来し増殖するミナミキイロアザミウマはナミヒメハナカメムシに捕食され、密度上昇が抑制される (永井, 1990a)。しかし、ナスではミナミキイロアザミウマが僅かに発生すると果面に傷が生じ商品価値が低下する (河合, 1986) ので、ナミヒメハナカメムシだけではミナミキイロアザミウマの防除が不十分な時期がある (永井, 1990a)。そこで、ミナミキイロアザミウマの防除に散布しても、ヒメハナカメムシ類に悪影響が少ない選択的な殺虫剤が必要になる。

各種薬剤のミナミキイロアザミウマとヒメハナカメムシ類に対する殺虫力を調べた結果、幼若ホルモン様物質であるピリプロキシフェンがミナミキイロアザミウマを殺すがヒメハナカメムシ類は殺さないことがわかった (Nagai, 1990)。ミナミキイロアザミウマとナミヒメハナカメムシが発生するナスにピリプロキシフェンを散布すると、図2に示すようにナミヒメハナカメムシの発生がある区 (ピリプロキシフェン) のミナミキイロアザミウマ個体数はナミヒメハナカメムシが発生しない区



(ピリプロキシフェン + NAC) より速やかに、より少なくなった (Nagai, 1990)。さらに、ミナミキイロアザミウマ以外のナス害虫の防除に用いるため、ヒメハナカメムシ類に悪影響が少ない殺虫剤を選び出した (永井, 1990b)。そして、ナミヒメハナカメムシとそれに悪影響が少ない選択性殺虫剤を活用した総合的害虫管理の体系を露地ナスで組み立てた。その結果、図3に示すように大幅な殺虫剤散布の削減が可能となった (永井, 1993)。その後、福岡県では大野ら (1995) により大規模な現地実証試験で普及が図られた。また、高知県では高井 (1998) によりアザミウマ類、ハスモンヨトウ、ハダニ類などに有効なクロルフェナピルの散布が、埼玉県ではNemoto (1995) によりアブラムシ類の防除に有効なイミダクロプリド粒剤の定植時処理が、それぞれヒメハナカメムシ類に悪影響が少ないことを明らかにされた。そして、永井 (1993) の体系に改良が加えられ農業現場で実用化されてきている。

## 2.2 施設栽培

オランダなどでは1990年初から企業で大量増殖されたヒメハナカメムシ類が製剤化され、施設栽培のピーマンなどでミカンキイロアザミウマの防除に使用されている。我が国ではKawai (1995) は施設栽培ナスで8~9月にヒメハナカメムシ類5齢幼虫を株当たり2~5頭放飼すると10月までミナミキイロアザミウマの発生が抑制されることを明らかにした。また、ナミヒメハナカメムシの発育、増殖、捕食 (Nagai et al, 1999; 2000) 及びミナミキイロアザミウマの発育、増殖 (河合, 1985; 1986a) などのパラメーターから矢野ら (1997) はシミュレーシ

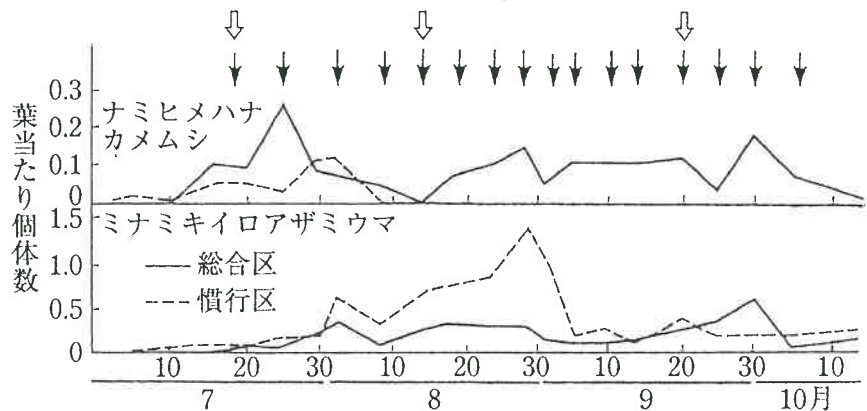


図3 総合的害虫管理区 (総合区) と慣行区でのナミヒメハナカメムシとミナミキイロアザミウマの密度変動 (永井, 1993)

白矢印は総合区、黒矢印は慣行区での殺虫剤散布日を示す。

ョンを行い施設栽培での利用法を予測し、本種の利用は促成栽培より半促成栽培で適し、ピーマン、ナス、キュウリの順に放飼効果が高いことを予測した。短日での栽培期間が長い促成栽培では、亜寒帯から温帯に生息するナミヒメハナカメムシより、温帯から亜熱帯地域に分布し休眠性が弱いタイリクヒメハナカメムシの利用が適しており (高井, 1996)、施設栽培でのアザミウマ類防除のため、生物農薬として製剤化され、施設栽培で利用されている。

## 3. おわりに

ここで述べたような自然発生の土着天敵を利用した害虫防除は、他の露地作物でも可能である。しかし、土着天敵の発生は耕起や農薬散布などの管理作業や気象変化以外に、天敵の越冬や餌動物の供給の場所となる圃場周辺の植生に強く影響される。このため、土着天敵の増殖や保護に適した植物を栽培して活用する方法がある。ヒメハナカメムシ類の場合はカバープランツのシロツメクサやバーベナ等に発生が多い。このような草種からなるベルトを圃場の近く設けると、土着天敵の働きを安定させ強化できると考えられる。同時に美しい花が咲く草種を選定すれば景観形成にもなる。ベルトに用いる草

種の選定や省力的な管理方法，天敵の移動等の今後研究すべきことは多いが，土着天敵の利用を進めるために取り組むべきことである。

## 文 献

梶田泰司 (1985), *Pulex*, No.71, 329-330  
 河合 章 (1986), 応動昆, 30, 179-187  
 Kawai, A. (1995), *Appl. Entomol. Zool.*, 30, 1-7  
 河本賢二ら (1988), 九病虫研会報, 34, 141-143  
 森下正彦 (1993), 応動昆, 37, 153-157  
 森下正彦ら (1990), 応動昆, 34, 163-165  
 那波邦彦 (2001), 農薬誌, 26, 399-407  
 永井一哉 (1990a), 応動昆, 34, 109-114  
 永井一哉 (1990b), 応動昆, 34, 324-326  
 Nagai, K. (1990), *Appl. Entomol. Zool.*, 25, 199-204  
 永井一哉 (1993), 岡山農試臨報, 82: 1-55  
 Nagai, K. et al. (1999), *Appl. Entomol. Zool.*, 34, 223-229

Nagai, K. et al. (2000), *Appl. Entomol. Zool.*, 35, 565-574  
 永井一哉ら (1988), 応動昆, 32, 300-304  
 中筋房夫 (1997), 総合的害虫管理学, 養賢堂, 東京  
 中筋房夫 (2003), 環境保全型農業の課題と展望 (大日本農会編, 環境保全型農業と総合的有害生物管理 (IPM), 大日本農会, 東京  
 根本 久 (1993), 関東病虫研報, 40, 245-247  
 Nemoto, H. (1995), *JARQ*, 29, 25-29  
 大野和朗ら (1995), 福岡農総試研報, 14, 104-109  
 高井幹夫 (1996), 応動昆40回大会講要, 209  
 高井幹夫 (1998), 高知農技セ研報, 7, 29-38  
 矢野栄二ら (1997), 応動昆41回大会講要, 10  
 Yasunaga, T. (1993), *Jpn. J. Entomol.*, 61, 11-22  
 Yasunaga, T. (1997), *Appl. Entomol. Zool.*, 32, 355-364, 379-386, 387-394  
 Yasunaga, T. (2000), *Appl. Entomol. Zool.*, 35, 9-12



### ブレインテクノニュース

バックナンバーのご案内  
 第99号  
 2003年9月30日発行

#### 総 説

健康機能性を付与した遺伝子組換えイネの研究開発の現状  
 .....高岩文雄

#### 国内情報

スギ花粉症に効果のあるペプチド含有米の開発  
 .....高木英典・高岩文雄  
 血糖コントロール作用を持つペプチド含有米の開発  
 .....城森孝仁・小原由香里・田下 聡・林 裕二  
 ウシ卵母細胞を受精可能な卵子まで効率よく長期培養する技術の開発  
 .....平尾雄二  
 痺毒性貝毒原因渦鞭毛藻 *Alexandrium* シストの休眠・発芽生理の解明  
 .....山口峰生・板倉 茂

ピロロキノリンキノンを補酵素として利用する哺乳類の酵素の発見  
 .....加藤忠史・笠原和起  
 スギ採種園の遺伝子流動の実態把握と最適採種園の提案  
 .....津村義彦・谷 尚樹・森口喜成・平 英彰  
 DNAブック-イネの遺伝子資源 (完全長cDNAクローン)  
 頒布の可能性 .....河合 勉・林崎良英  
 自動直進田植機の開発 .....松尾陽介

#### 文献情報

遺伝子が同一な母ウマからの体細胞クローン仔ウマの誕生  
 .....(抄訳：下司雅也)  
 鉛の腸管吸収と組織蓄積におけるラムノガラクトツロナン-II  
 量体の影響 .....(抄訳：松浦啓一)  
 早すぎた死 .....(抄訳：岩井純夫)  
 循環器疾患の予防を目的とした抗酸化ビタミンの使用  
 .....(抄訳：神野修次)

#### 海外便り

ストレス応答機構の細胞周期への影響  
 .....パターソン癌研究所での1年間 .....濱松潮香

## ◀文献情報▶

**胚性幹細胞からの胚性生殖細胞  
および雄性配偶子の誘導**

Derivation of embryonic germ cells and male gametes from embryonic stem cells.

Niels Geijsen<sup>1,2</sup>, Melissa Horoschak<sup>1,3</sup>, Kitai Kim<sup>1,3</sup>, Joost Gribnau<sup>1</sup>, Kevin Eggan,<sup>4</sup> and George Q. Daley<sup>1,3</sup>.

<sup>1</sup>Whitehead Institute for Biomedical Research, Cambridge, Massachusetts 02142, USA,

<sup>2</sup>Massachusetts General Hospital, Boston, Massachusetts 02114, USA,

<sup>3</sup>The Children's Hospital and Dana Farber Cancer Institute, Boston, Massachusetts 02115, USA,

<sup>4</sup>Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, USA.

*Nature*, 427, 148-154 (2004)

マウスの生殖細胞である卵子および精子細胞は、胚形成の初期に分かれた始原生殖細胞の集団から分化する。マウス初期胚において、始原生殖細胞は、胚の卵黄嚢において、最初の血液細胞の集団を生み出す領域である近位外胚板から出現する。胚性幹細胞は、体外培養系においては、マウス初期胚の特徴的な組織集団である胚様体と呼ばれる嚢胞様構造へと分化する。胚様体は血液細胞の発生・分化を行うことから、胚様体は始原生殖細胞の発生をサポートする可能性がある。そこで、著者らは、胚性幹細胞を培養して得た胚様体から始原生殖細胞を分離し、培養可能な胚性生殖細胞の細胞株を得た。このようにして得られた胚性生殖細胞では、生体における生殖細胞系列の特徴であるIgf2rとH19遺伝子のメチル化マーカー（インプリント）の抹消が行われていた。さらに、著者らは、胚様体が始原生殖細胞から半数体である雄性配偶子への成熟を助けること、また、このようにして得られた雄性配偶子を卵子の細胞質へ顕微注入して二倍体の染色体構成にすることにより、顕微注入卵の50%が2細胞期に、20%がの胚盤胞期へと発生することを明らかにした（2カ所

の研究室において5反復の実験結果)。このようにして得られた胚盤胞が、子宮内移植により正常に発生するかどうかは現在検討中である。胚性幹細胞から生殖細胞を得る著者らの方法は、生殖細胞系列のエピジェネティックな遺伝子修飾と哺乳動物の配偶子形成の研究のために利用可能な体外モデルを提供するものである。

生殖細胞の発生・分化には、数多くの未知の部分があるものの、細胞の運命を明らかにすることは魅力あることである。生殖細胞は特殊な細胞であり、多様性の維持と遺伝子プールの増殖を保証する責務を持つ。多様性の維持や体細胞の分化を制限する遺伝子の役割は、分子生物学的な分析により明らかにされつつある。しかし、本論文等で示されたような、ES細胞から卵子や精子を分化させうる体外培養によるモデルシステムは、生殖細胞の発生、エピジェネティックなプログラミングや生殖系列における遺伝子修飾の研究を大きく進展させる可能性がある。

(抄訳：下司雅也, GESHI Masaya, 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所)

## ◀文献情報▶

養殖サケにおける有機汚染の  
世界評価Global Assessment of Organic Contaminants  
in Farmed SalmonRonald A. Hites<sup>1</sup>, Jeffery A. Foran<sup>2</sup>, David O.  
Carpenter<sup>3</sup>, M. Coreen Hamilton<sup>4</sup>, Barbara  
A. Knuth<sup>5</sup>, Steven J. Schwager<sup>6</sup><sup>1</sup>School of Public and Environmental Affairs,  
Indiana University, Bloomington, IN 47405,  
USA.<sup>2</sup>Citizens for a Better Environment, Milwaukee,  
WI 53202, USA.<sup>3</sup>Institute for Health and the Environment,  
University at Albany, Rensselaer, NY  
12144, USA.<sup>4</sup>AXYS Analytical Services, Post Office Box  
2219, 2045 Mills Road, Sidney, British  
Columbia, Canada V8L 3S8.<sup>5</sup>Department of Natural Resources, Cornell  
University, Ithaca, NY 14853, USA.<sup>6</sup>Department of Biological Statistics and  
Computational Biology, Cornell University,  
Ithaca, NY 14853, USA.*Science* 303, 226-229 (2004)

欧州と米国におけるサケ消費量は、1987年から1999年にかけてそれぞれ14%、23%増加しており、現在販売されている半数以上が北欧、チリ、カナダ、米国などで養殖された大西洋サケが主流である。その生産数量は約100万トンにも上る。サケのような海産物は健康面での有効性が報告されるが、一方で食物連鎖の高い位置にいるため汚染物質の生物濃縮になることも危惧される。

そこで著者らは、北米と欧州で購入した約700の養殖大西洋サケを用いて、有機塩類汚染物質（ダイオキシン類、PCB、トキサフェン、ジエルドリンなど）の調査を行った。比較対象とした天然サケは、シロサケ、ギンザケ、キングサーモン、カラフトマス、ベニザケで、天然の大西洋サケは入手できなかったため、今回は分析していない。

天然魚と養殖魚におけるそれら汚染物質の残存を比較したところ、養殖魚は一つのグループとして考えられることが分かった。即ち、ダイオキシン類、PCBなどの14種類の汚染物質が、欧州および北米産の養殖大西洋サケで多く含まれており、また南米産の養殖大西洋サケは天然サケ類に比べて6種類の汚染物質が多く含まれていることが統計的に認められた。更に、健康への危害が懸念されるPCB、ダイオキシン類、トキサフェン、ジエルドリンのパターンを確認したところスコットランドとフォロー諸島産の養殖大西洋サケで最も高く、チリ産とワシントン州産のもので最も低い結果となった。しかし、天然サケ類に比較するとチリ産やワシントン州産の養殖大西洋サケも高い結果であった。

また、フィレーを市場別に見ると、欧州の大都市で購入された養殖大西洋サケフィレーは米国で購入されたものに比して概して高い値を示した。米国環境保護局の指針に則ると、これら養殖大西洋サケの中にはスコットランド産、フォロー諸島産、ノルウェー産などは頻繁に食せないものということになる。

このような養殖大西洋サケと天然サケ類における残留物質の含量差は、餌から起因すると考えられる。これは、餌中の残留物質の含量が変動はあるものの、養殖サケ中の残留物質含量と同等あるいはそれ以上であったことから推定できる。更に、欧州で購入された商業用飼料は、北米、南米の飼料よりも残留物質の濃度が高い結果となったことから窺える。養殖サケ用の餌は、小型の沿岸魚を原料とする魚油と魚粉から製造されるが、欧州産の飼料に含まれる残留物質が多いことは、欧州の北部大西洋で漁獲される原料魚は残留物質が高いことを示している可能性がある。残留物質が海水から直接、小型沿岸魚に取りこまれる可能性は非常に低いいため、沿岸魚類中の残存物質の起源を今後詳細に研究する必要がある。

(抄訳：森 徹, MORI Tetsu, 日本水産株式会社中央研究所)

## ◀文献情報▶

## 小さなRNAの大きな仕事

Control of leaf morphogenesis by microRNAs.  
Javier F. Palatnik, Edwards Allen, Xuelin Wu,  
Carla Schommer, Rebecca Schwab, James  
C. Carrington & Detler Weigel.  
*Nature*, 425, 257-263 (2003)

「今にして思えばその波は小さなRNAが線虫の遺伝子発現を制御している可能性を示した論文 (Lee 1993) から始まった。でもその重要性には疑念が持たれ長い間かえりみられることはなかった。津波になるどころか、さざなみを立てただけだった。ところが数百ものマイクロRNA (塩基数18-25) が動植物で見つけれ、そのマイクロRNAが植物の生育をコントロールし (本論文)、動物でも重要な役割を演じていること (Brenneckeら, Kawasaki ら, Xuら共に2003) が相次いで明らかになると、波は本物のそしてとてつもなく大きいものとなった」と、米国デューク大学のBenfeyはいささか興奮気味にPalatnik達の仕事を紹介している (*Nature* 425, 244, 括弧内筆者)。その論文を紹介しようと思う。本文7頁、補遺データ24頁の記念碑的論文を要領良く正確にかいつまんで紹介できるか、自信はないが。

マックスプランク研究所のWeigelグループは、35Sプロモーターをシロイヌナズナのゲノムに手当たり次第組込み、その下流の遺伝子が過剰発現している変異体を探索するという、いささか退屈な実験を続けていた。その中に葉が奇形化する数個の変異体が見つかり、早速、35S挿入部位近傍の塩基配列を決定してみた。そうすると、それはマイクロRNAをコードしている遺伝子でJAWと名付けた (jawは英語で顎、お喋りという意味もある。秘密を明かしてくれたお喋りという訳か?)。マイクロアレイを使って変異体jawと野生型の遺伝子発現プロファイルと比較するとTCP転写因子が大幅に減少していること、TCP-RNAとJAWマイクロRNAとはほぼ相補的な塩基配列を持つことか

ら、マイクロRNA-JAWはRNA干渉によりTCP発現をコントロールしているのではないかと想定し、それを証明しようとする。第一の証拠はTCP-RNAの分解産物が変異体jawで多いこと、第二の証拠はTCPを過剰発現させた野生型では形態に変化はないが、変異体jawでは奇形が正常に近くなることである。TCPが余りに多いためマイクロRNA・JAWを過剰発現させた場合でも分解しきれず、TCPが機能を果たすためだと考えられるからである。こうしてマイクロRNA-JAWはTCP-RNAを分解することが明らかになった。すなわち、マイクロRNAは生体内で遺伝子発現を制御していることが明らかにされた。

本論文はマイクロRNAが植物の葉の形態形成を制御していることを明確に示したエポックメイキングな論文と言えよう。冒頭に紹介した動物の例も全て2003年に公表されており、2003年はマイクロRNA機能解明元年として長く記憶されよう。DNA-RNA-タンパクというセントラルドグマの単純さに疑いを抱きながら、そしてそれだけでは説明の出来ない現象にぶつかっているにも拘わらずドクマに囚われ踏み出せなかった我が身 (恐らくは多くの研究者を) の頑迷さに忸怩たる思いに駆られる。(他の方がお書きになるだろうと勝手に思い込み、ご紹介が遅れたこととお詫びしたい)

(抄訳：岩井純夫, IWAI Sumio, 鹿児島大学農学部)

## ◀文献情報▶

酵母*S. cerevisiae*のTHI5遺伝子ファミリー

THI5 gene family of *Saccharomyces cerevisiae*: distribution of homologues among the hemiascomycetes and functional redundancy in the aerobic biosynthesis of thiamin from pyridoxine.

R. Wightman and P.A.Meacock  
Department of Genetics, University of Leicester, UK

*Microbiology*, 149, 1447-1460 (2003)

酵母*S. cerevisiae*の全ゲノムの解読により、非常に多くの遺伝子ファミリーが染色体のテロメア近傍 (subtelomeric) に集中していることが分かった。これらのファミリーの中には、一部にはsucrose (SUC), maltose (MAL), melobiose (MEL) などグルコース代替糖の利用に関連する遺伝子が含まれるが、22および23メンバー有するCOSやPAUなど、機能不明または機能を有しないものが多い。

THI5, THI11, THI12, THI13は“THI5遺伝子ファミリー”と呼ばれ、これらは補酵素(ビタミンB<sub>1</sub>)であるthiamin diphosphate (ThdP) の生成に関与している。

THI5は、元は、工業的糖蜜培地において、定常期に移行する段階で発現するcDNAクローンとして1992年に単離された。その際、明らかとされたいくつかの遺伝子の中の一つがMOL1 (molasses inducible) と名付けられ、MOL1はその後、培地中のチアミン (vitamin B<sub>1</sub>) が欠乏した結果発現されることが分かりTHI4と改名された。THI4遺伝子の欠損株は、培地にチアミンの前駆体であるhydroxyethylthiazole (HET) を添加することで増殖が回復する。

一方、THI5 (MOL2) は*Schizosaccharomyces pombe*にnmt1と名付けられている単コピー遺伝子 (1991) との相同性より、チアミンのもう一つの前駆体であるhydroxymethylpyrimidine diphosphate (HMP-PP) の生成に関与してい

る、と推定されている。

THI5遺伝子ファミリーの4者は極めて高い相同性を示す。4者のORF (それぞれ340アミノ酸) の中で、わずか27塩基の差、そのうち24は第3コドンの部分であることより、アミノ酸としてはわずか3アミノ酸の違いしかない。プロモーター部は、ORF開始コドンのおよそ400bpまでは共通し、それより上流では、「THI5 (VI-L) とTHI12 (XIV-L)」, 「THI11 (X-R) とTHI13 (IV-L)」でそれぞれ違った配列となる。

このTHI5遺伝子ファミリーにつき、幅広く、様々な酵母におけるコピー数を調べたところ、*Saccharomyces*属酵母*S. cerevisiae sensu stricto* (*S. cerevisiae*, *S. bayanus*, *S. paradoxus*, *S. pastrianus*等) においては全て2~5ヶの複数メンバーとして存在するものの、その他の酵母にはその遺伝子が無いか、一つだけであることがわかった。このことより、THI5遺伝子ファミリーは*Saccharomyces*酵母が他属より*sensu stricto*に分かれてのちに生じ、このグループに独自の代謝活性上の必要性により維持されて来たものと考えられる。

THI5ファミリー全ての遺伝子の破壊は、チアミンを欠く培地において、著しい増殖の遅れを生じる。しかしTHI5, 11, 12, 13遺伝子のどれか一つの存在で通常のチアミンに依存しない増殖が可能となり、このことより、これら遺伝子はHMP生成に関して同じ機能をしていることが示された。

嫌気条件でアルコール発酵を強く行うことのできる*Saccharomyces*属酵母においてのみ、THI5遺伝子ファミリーが多コピーで存在することは、その酵母特性になんらかの寄与をしている可能性が考えられ、興味深い。

(抄訳：家藤治幸, IEFUJI Haruyuki, 独立行政法人酒類総合研究所)

◀海外便り▶

## 果樹の画期的生育制御技術の開発にむけて

—イギリス・国際園芸研究所での1年間—

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構  
近畿中国四国農業研究センター 特産作物部

草 場 新 之 助

## 1. はじめに

2000年5月より1年間、科学技術庁長期在外研究員制度によりイギリス中部、Warwick市郊外にある国際園芸研究所（Horticulture Research International：HRI）に滞在し、果

樹の画期的生育制御技術の開発に関する研究を行う機会を得た。独立行政法人化の時期をまたいでの在外研究となり、帰国時の

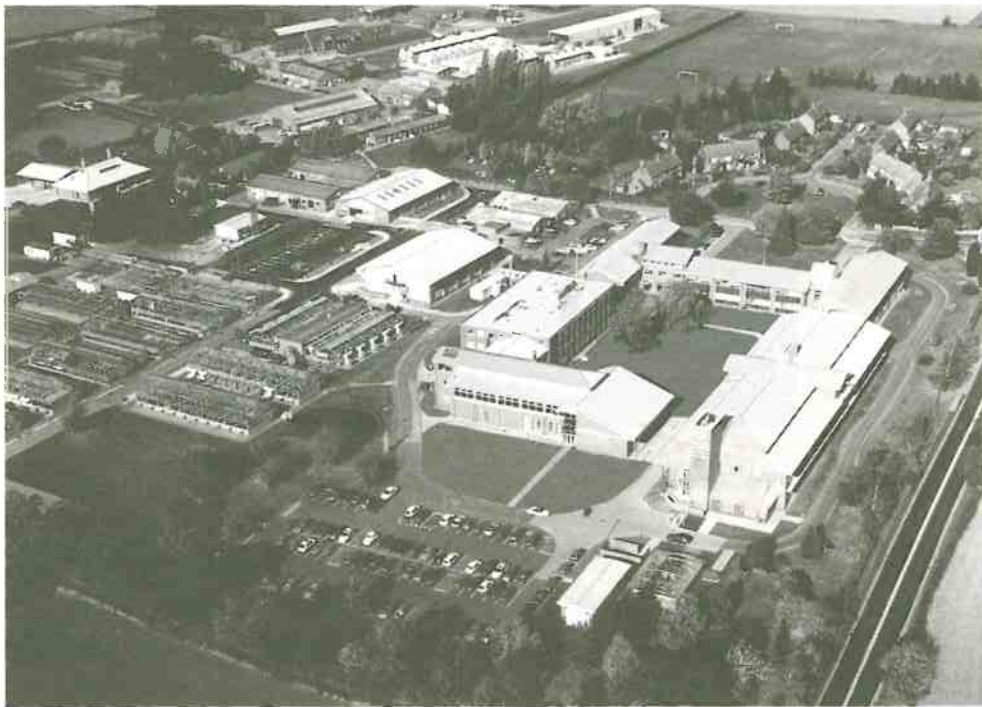
研究室体制の変更など不安を抱えての滞在となった。Warwickは、イギリス第二の都市バーミンガムの南東40kmほどにある小都市で、HRIはその郊外の見事なイギリス田園風景の中にある。シェークスピアの故郷、Stratford upon Avonにほど近く、古くからの村々が散

KUSABA Shinnosuke

〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

在するコッツウォルズ地方にも近接している。HRIに隣接する村の1軒に間借りしたワンルームでは、隣の畑で草を食べる羊や夜明けを告げてくれる野鳥たちと共にイギリスの田舎暮らしを満喫できた。ヨーロッパの中でも犯罪が多いといわれるイギリスだが、この村では無縁であ

った。バスは2時間に1本、最も近い商店まで3キロ程と多少の不便はあったものの、安心して生活を送ることができた。



研究所全景

## 2. Horticulture Research International (HRI)

HRIは、1990年に農務省傘下の園芸試験場とAgricultural and Food Research Council傘下の園芸研究所を統合して設立された非政府公共機関である。滞在したWarwickにある本部（Wellesbourne）の他、5つの地域研究所を持

ち、スタッフの総数約700名、うち研究員は約500名である（約半数は本部に在中）。旧園芸試験場あるいは果樹試験場時代には世界的に普及しているリングのM系台木の開発や、リングで初めて形質転換を成功させるなど世界の落葉果樹研究をリードしてきた研究所であり、現在も基礎研究から応用・実用化研究までを一貫して行っている。研究所の成果を商業的実用化につなげるため、“HortiTech”という自社ブランドを持っており、登録種子、ソフトウェア等の発売も行っている。HRIは日本の独立行政法人の手本となったイギリスのエージェンシーの一つである。研究資金では競争的資金の割合が年々増えてきており、2000年度は45%となっている。私の滞在中に、資金不足から最も小規模の地域研究所一カ所の閉鎖と人員削減が行われた。4月に独法化を控えていた私は他人事では済まされないと感じながらの研生活となった。

私の所属したPlant Genetics and Biotechnology Departmentは50名の研究スタッフと約20名の大学院生及び十数名の外国人研究者が在籍し、非常に活気があった。研究設備等は日本とほぼ同様であったが、使える機器はとことん使い、新たに必要な機器はすぐに購入する、また試薬の一括購入・共同使用などにより研究資金を有効に使用していることが伺えた。また、安全管理に対する意識が高いことも感じられた。所内に新設の保育所があり、グループのボスが自慢げに話してくれた。初め上層部は保育所の設置に反対だったらしいが、スタッフの半数近くが女性であり、職員の熱意に押されて設置したところ対外的にも評判が良く、今では所長自慢の施設となっているそうである。空きがあれば地

域住民の利用も可能ということであった。

### 3. 在外研究

在外研究では、「果樹の画期的生育制御技術の開発」と題した課題を遂行した。果樹は永年性・高木性の作物であるため、作業の機械化が遅れている。このため果樹栽培の省力化・軽労働化のための一手段として、果樹へのわい性形質の導入、新規わい性台木の開発等が考えられる。これらの目標を効率よく達成するために形態形成遺伝子、植物ホルモン生合成遺伝子等の単離、発現解析、果樹への導入、及び導入遺伝

子の人為的発現制御を通じて、これらが果樹の形態形成に参与している機作を解明し、その結果、果樹のわい化機構、花芽形成機構等の形態形成機構を解明することで、画期的な果樹の生育制御技術の開発につなげるというものである。テーマとしては実に壮大であるが、具体的にはgai (GA insensitive) 遺



大流行した口蹄疫による規制と車の除染マット

伝子の導入によるわい性果樹の作出、およびT-DNAタギングにより得られたアラビドプシスわい性個体の原因遺伝子の単離を行った。gai遺伝子は植物ホルモンであるジベレリンに反応しなくなるアラビドプシスgai変異体から取られた遺伝子であり、HRIではキクへの導入によるわい化を達成していた。このためgai遺伝子を日本のカンキツ栽培における代表的な台木であるカラタチに導入し、初期生育におけるわい化と導入したgai遺伝子の発現を確認した。得られた植物体の長期間にわたる生育調査および台木として用いた場合の穂木品種の生育調査を行う必要があったのだが、在外研究の1年では実施できなかったのが残念である。形質転換



の仕事では生育観察中に時間があるため、その間、新たなわい化遺伝子を探索する目的でT-DNAタギングにより得られたアラビドプシスわい性個体の原因遺伝子の単離を行った。Inverse PCR等の手法により、このわい性個体の原因遺伝子が植物では未報告の生体内情報伝達に関わると考えられる遺伝子であることを突き止めた。この手の実験ではすでに既知の遺伝子であることも多々あるので、非常に運がよかったと我ながら感心した。この遺伝子はHRIにより特許申請されており、その後獲得できた競争的資金でポストクを雇い、機能解析が進められている。この遺伝子は植物ホルモンであるアブシジン酸の情報伝達に関わっている可能性があり、今後の研究の展開が期待される。

#### 4. おわりに

前述の研究生活以外でも、十分にイギリスを

楽しませていただいた。高速道路は無料であり、住んでいた町はイングランドのほぼ真ん中であつたため、週末は各地へ出かけた。スポーツ、特にサッカーは最高の雰囲気スタジアムでいきのチームの試合観戦を楽しみ、翌週に研究所のサッカー好きと週末の試合について議論した。二度とできないであろうイギリス田舎暮らしも味わった。滞在期間中に石油配送業者のストによるガソリン不足が起こったこと、各地で大雨のため洪水が起こったこと、イギリス全土で口蹄疫の大流行が起こったことなど、なかなか体験できない経験もさせていただいた。1年間という限られた期間であつたため、時間を無駄にすることだけはするまいとの考えのもと、様々な事を非常に濃い密度で行った気がする。このような機会を与えていただいた関係者の方々にこの場を借りて深く感謝する。



ブレインテクノニュース

バックナンバーのご案内

第98号

2003年9月15日発行

#### 総説

アルコール濃度の低い清酒の開発……………木曾邦明

#### 国内情報

酸性土壌における生産性の向上をめざして—アルミニウム

耐性機構と耐性遺伝子の解析……………松本英明・佐々木孝行  
果樹のDNA鑑定……………山本俊哉  
デシケータ法を利用した木質建材からの放散アセトアルデヒド  
の簡易測定法……………塔村真一郎・井上明生・宮本康太  
マガイ養殖漁場における海水中の細菌群集の有機物分解活性  
と群集組成の変動……………坂見知子  
畜舎排水浄化処理装置の開発と実用化……………道宗直昭

#### 地域の先端研究

新規酵母を用いた低アルコール濃度清酒の開発

……………橋本建哉・伊藤謙治  
小麦タンパク質「グリアジン画分」による国産小麦粉を用いた  
パンの大量生産技術の開発

……………新井千秋・廣瀬理恵子・柴田朋子・丹下幹子  
高精度水田用除草機の開発……………宮原佳彦

#### 文献情報

卵丘細胞を用いた核移植胚由来子牛におけるドナー細胞由来  
ミトコンドリアDNAの増加……………(抄訳：下司雅也)

糸状菌*Neurospora crassa*のゲノム配列……………(抄訳：織田 健)  
都会のポプラと田舎のポプラ……………(抄訳：岩井純夫)  
*OsTBI*はイネの分げつ成長を負に制御する……………(抄訳：丸尾喜宏)  
粉末モデルにおけるゼイン二次構造におよぼす水分活性と脂質  
の影響……………(抄訳：郡山 剛)

#### 海外便り

ウンカの飛来を高精度に予測せよ

—米国国立大気研究センターでの1年間—……………大塚 彰  
生研機構からのご案内

## 生研センターからのご案内

## 新規研究課題の募集

## 新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業

生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）では、農林水産業、食品産業等生物系特定産業の分野において、生物の持つ多様な機能を活用することにより、新技術・新分野を創出し、それを通じて農林水産業の発展、地球規模での人口問題、食料問題、環境問題の解決等に資するため、提案公募により、将来の産業技術のシーズとなる基礎的な試験研究を実施しています。

2004年度については、研究者の対象年齢を制限しない「一般型」及び39歳以下の若手研究者を対象とした「若手研究者支援型」の新規研究課題を下記により募集します。

## 対象研究分野

- ①生物機能解明・生産力向上分野
- ②高機能・高品質食品分野
- ③生物系素材分野
- ④生物機能利用による環境改善分野
- ⑤工学・環境学的手法による生物機能向上分野
- ⑥共通基盤に関する研究分野

## 応募資格

- ①日本国内の基礎研究を実施する能力のある機関に所属する常勤の研究者であること。
- ②若手研究者支援型に応募の場合は、研究代表者を含む研究チームの構成員の年齢が、2004年4月1日において39歳以下であること。

## 研究費の規模

1 課題当たり年間1億円程度を上限とし、研究内容の内容に応じて弾力的に運用。

## 採択予定課題数

「一般型」・「若手研究者支援型」合わせて10課題程度

## 募集期間

2004年3月15日(月)～2004年4月14日(水)【締切当日必着】

## 応募要領等の入手方法

生研センターのホームページ (<http://brain.naro.affrc.go.jp/tokyo/>) からダウンロードできます。

お問い合わせ先 新技術開発部 基礎研究課 TEL 03-3459-6569  
FAX 03-3459-6594

## 生研センターからのご案内

## 新規研究課題の募集

## 生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業(異分野融合研究開発型)

生物系特定産業技術研究支援センター(生研センター)では、異分野の研究者が共同して行う研究開発を通じて画期的な技術開発を推進し、新たな産業を創出することを目指す「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業(異分野融合研究開発型)」について、以下により2004年度の新規研究課題を募集します。

この事業は、提案された研究課題から審査によって採択課題を決定し、生研センターからの委託研究として5年間の研究を行っていただくものです。

## 対象研究分野

農林水産業、食品産業関連分野及びバイオ産業分野等における研究であって、異分野の研究者が共同して取り組む新事業の創出につながる技術開発(地域資源の有効活用、食品以外の生産資材の開発等を含む)を募集の対象とします。

## 応募資格

- 複数の民間企業に加え、大学、独立行政法人、国公立試験研究機関等のいずれかの機関が参加するコンソーシアムを組織し、コンソーシアムの代表者(技術コーディネーター)がコンソーシアムに参加する機関の書類を取りまとめて提出してください。  
コンソーシアム等の要件は、応募要領をご覧ください。

## 研究費の規模

1 コンソーシアム当たり年間5,500万円程度

## 採択予定課題数

5 課題程度

## 募集期間

2004年3月15日(月)～2004年4月14日(水)【締切当日必着】

## 応募要領等の入手方法

生研センターのホームページ(<http://brain.naro.affrc.go.jp/tokyo/>)からダウンロードできます。

お問い合わせ先	新技術開発部 技術開発課	TEL 03-3459-6567
		FAX 03-3459-6577

## 生研センターからのご案内

## 新規研究課題の募集

## 生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業（起業化促進型）

生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）の実施する「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」では、2004年度から新たに「起業化促進型」を創設し、以下により新規研究課題を募集します。

この事業は、提案された研究課題から審査によって採択課題を決定し、生研センターからの委託研究として2年間の研究を行っていただくものです。

## 対象研究分野

農林水産業、食品産業及びたばこ製造業等生物系産業に関連する分野の研究であって、独創的な発想や研究シーズを活かしたベンチャー創出につながる技術開発を募集の対象とします。

## 応募資格

- 日本国内の生物系産業技術に関する研究を実施する能力を有する機関に所属している常勤の研究者であること。
  - 委託研究終了後2年以内に提案者等が新会社を設立し、委託研究成果を活用した商品等の提供が可能となる具体的な計画があること。
- 詳細は、応募要領をご覧ください。

## 研究費の規模

1 課題当たり年間2,600万円程度

## 採択予定課題数

10課題程度

## 募集期間

2004年4月12日(月)～2004年4月30日(金)【締切当日必着】

## 応募要領等の入手方法

生研センターのホームページ (<http://brain.naro.affrc.go.jp/tokyo/>) からダウンロードできます。

お問い合わせ先	新技術開発部 技術開発課	TEL 03-3459-6567
		FAX 03-3459-6577

## 生研センターからのご案内

新設の研究開発会社を対象にした  
一般，特別出資制度のご案内

## 事業の趣旨

バイオテクノロジー等に代表される生物系特定産業技術に関する，企業等の試験研究の促進のため，出資を行う制度です。2つ以上の企業が新たに設立する研究開発会社を対象にした一般出資制度と，単独の企業等が新たに設立し，大学又は公的研究機関等と共同で試験研究を行う研究開発会社を対象とした特別出資制度があります。

## 対象となる経費

試験研究に直接必要な施設・設備費，機械装置費，物品費，材料費，人件費等。

## 出資の方法

会社設立時及び第三者割当による増資時に，株式取得により行います。

## 出資期間・比率

一般出資：出資期間は原則として7年以内。生研センターからの出資は各年度ごとに試験研究に要する経費の7割を限度。

特別出資：出資期間は5年以内。生研センターからの出資は各年度ごとに試験研究に要する経費の5割を限度。

## 審 査

外部専門家による1次，2次審査を経て，採択案件を決定します。

研究課題の意義，研究計画・推進手段の妥当性等の技術的評価の他，事業化計画，市場規模・動向，収益性の見通し等の研究成果の事業性についても評価・審査されます。

## 募集開始時期

2004年4月～

ご相談は随時受け付けております。詳細は下の窓口へお気軽にお問い合わせ下さい。

お問い合わせ先	新技術開発部 出資課	TEL 03-3459-6565
		FAX 03-3459-6566
		E-mail brainsyu@ml.affrc.go.jp

## 生研センターからのご案内

## 研究開発を対象にした 一般、特別融資制度のご案内

### 制度の概要

貸付利率を低減する一般融資制度と、貸付元本を減免する特別融資制度があります。

### 融資対象者

民間企業、農林漁業団体、公益法人。ただし、特別融資は資本金10億円未満の研究開発型企業です。

### 対象試験研究

生物系特定産業技術に関する応用研究段階または事業化に結びつく可能性の高い試験研究で、試験研究期間は5年以内です。

### 融資限度額

研究期間中の各年度ごとに、対象試験研究費の7割を限度としてご融資いたします。

### 貸付対象経費

試験研究に必要な施設設備費・試験ほ場造成費・物品費・材料費・労務費・外注費など。

### 貸付条件

- (1) 貸付方法：試験研究終了までの間、支出済み経費に対して貸付。
- (2) 基準利率：貸付時点の財政融資資金貸付金利に相当する率。
- (3) 償還期間・方法：試験研究終了後10年以内。原則として元金均等年2回分割償還。
- (4) 据置期間：研究期間中は元金の償還を据置き、利息を据置くことも可能。
- (5) 売上納付金契約：試験研究の成果を事業化した場合、その売上高の一定割合を納付（特別融資制度のみ）。

### 本資金のメリット

◎研究開発のリスク軽減のために、試験研究の成功度が低くなった場合は、利率を低減（低減率は最大100%）または元本を減免（減免率は最大50%）します。

【一般融資の場合】適用利率＝基準利率×成功度（1.0, 0.75, 0.5, 0.25, 0のいずれかの数値）

【特別融資の場合】返済元本＝貸付金額の1/2＋貸付金額の1/2×成功度（同上）

◎最長15年の長期・低利（固定制）の資金です。

◎研究によって得られた特許権等、研究成果はすべて融資先企業に帰属します。

2004年度募集随時受付。詳細は次の窓口へお気軽にお問い合わせ下さい。

お問い合わせ先	新技術開発部 融資課	TEL 03-3459-6565
		FAX 03-3459-6566
		E-mail yushi@ml.affrc.go.jp

## 編集後記

第102号をお届けします。本号の総説では、梅川學氏（独・中央農業総合研究センター）に減農薬を目指した病虫害防除技術についてご紹介戴いた。環境保全、食の安全が重視される中で、減農薬での病虫害防除は極めて重要であり、総説に関連して相野公考氏（兵庫県農林水産技術総合センター）、永井一哉氏（岡山県農業総合センター）に生産現場での実践についてご紹介戴いた。その他の研究情報として、篠田徹郎氏（独・野菜茶業研究所）に昆虫の変態に関する幼若ホルモン合成酵素遺伝子、沖谷明紘氏（日本獣医畜産大学）に黒毛和牛肉のおいしさにおける香り、海老沼宏安氏（日本製紙森林科学研究所）らに遺伝子組換え技術の信頼性向上のための操作技術、和田志郎氏（独・中央水産研究所）に新しく発見されたツノシマクジラについてご紹介戴いた。また、文献情報は、下司雅司氏（独・畜産草地研究所）、森徹氏（日本水産株式会社）、岩井純夫氏（鹿児島大学）、家藤治幸氏（独・酒類総合研究所）に、海外便りでは、草場 新之助氏（独・近畿中国四国農業研究センター）にイギリス国際園芸研究所での研究をそれぞれご紹介戴いた。執筆者各位に深甚の謝意を申し上げます。

102号をもちまして、1999年以来5年間にわたりブレインテクノニュースの編集に携わってこられました畠山リーダーが退職されることとなりました。長年にわたるご尽力に心より感謝の意を表します。  
(吉臭記)

## 本誌著作物の複写利用等について

本誌掲載の論文・記事の複写・転載等を希望される方は、執筆者ならびに生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）の許諾を得て行って下さい。

## ブレインテクノニュース 第102号

平成16年3月15日発行

発行人 津賀幸之介

編集人 吉臭 努

発行所 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

©生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目18番19号 虎ノ門マリビル10階

TEL 03-3459-6565 FAX 03-3459-6566

↓ (2004.3.31 まで)

↓ (2004.4.1 より)

e-mail kikaku@tokyo.brain.go.jp

brainki1@m1.affrc.go.jp

URL <http://www.tokyo.brain.go.jp/>

<http://brain.naro.affrc.go.jp/tokyo/>