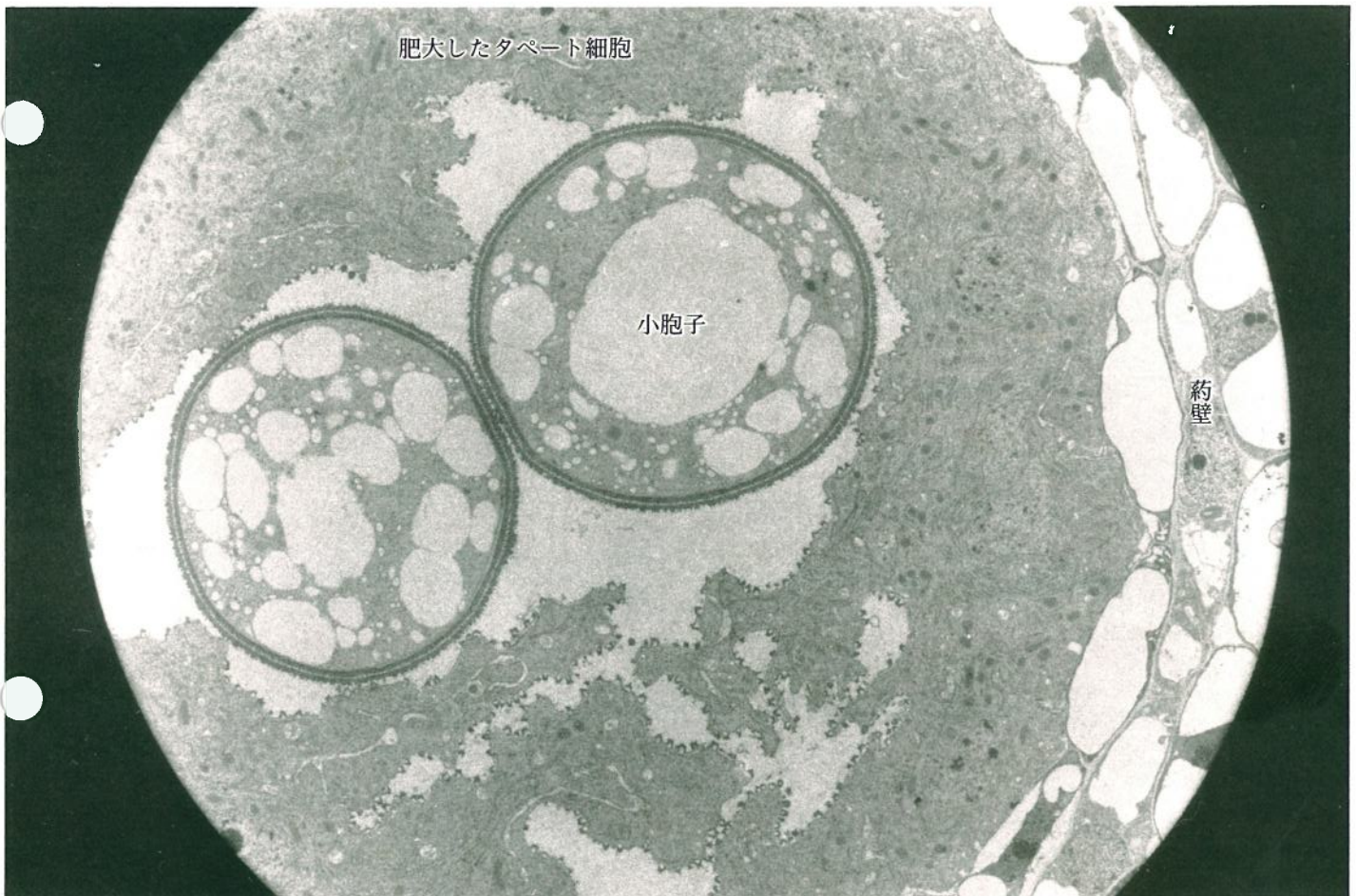


# BRAIN

Bio-oriented Technology Research Advancement Institution



表紙説明

冷 害 の 形

稲の薬のタペート細胞の異常肥大

稲の最も恐ろしい冷害は、稲ばらみ期の冷温による不受精(障害型冷害)である。冷温に遭った薬では、小孢子(後の花粉)に養分を供給するタペート細胞の異常肥大が観察される。

この写真では、正常細胞の2倍以上に肥大しており、中に形態的に正常な2個の小孢子(中期)が見られる。

電子顕微鏡写真3000倍

(本文 1 ページ参照)

国内情報..... |

水稲冷害研究の現状と戦略、遺伝子操作による耐冷性植物の作出、イネいもち病抵抗性機構の分子レベルでの解析  
醤油醸造へのバイオリクターの応用、低タンパク質米飯の開発

文献情報..... | 8

RNA 酵素リボザイムの動物の発生研究への利用、トマトの *Pseudomonas* 抵抗性遺伝子はプロテインカイネース

特別記事..... | 22

細胞育種技術の進捗状況 1993年度

本号の紙面

口 絵

〔国内情報〕

ミニ特集：稲の冷害

西山岩男

水稲冷害研究の現状と戦略……………1

西澤 治

遺伝子操作による耐冷性植物の作出……………5

白野由美子・柴田大輔

新規なイネいもち病抵抗性機構の分子レベルでの解析……………8

〔国内情報〕

濱田孝司・福島弥一・茂田井 宏

醤油醸造へのバイオリアクターの応用……………11

江川和徳

低タンパク質米飯の開発……………15

〔文献情報〕

RNA酵素リボザイムを動物の発生の研究に使う……………18

トマトの*Pseudomonas* 抵抗性遺伝子はプロテインカイネースだった……………19

〔特別記事〕

中島阜介

細胞育種技術の進捗状況 1993年度……………22



## 水稻冷害研究の現状と戦略 (本文 1 ページ)



### 東北地方における水稻冷害の実態

- ①：障害型冷害（出穂後穂はいつまでも稔らず、直立している）
- ②：障害型冷害（出穂しても稔実せず籾の中はからっぽで、すけてみえる）
- ③：障害型冷害（低温障害で穂の先端は白化している）
- ④：障害型冷害による不稔と穂いもち(矢印)の併発

### 低タンパク質米飯の開発 (本文 15 ページ)



左：普通の米飯      右：低タンパク質米飯

低タンパク質米飯には、わずかに透明感があるがほとんど違いはみられない。

# 水稲冷害研究の現状と戦略

東北農業試験場  
西山岩男

## 1. はじめに

平成5年度の冷害は、障害型冷害の危険期に当たった7月下旬から8月上旬の強度の冷温を含む長期間の異常気象によって引き起こされた。被害がもっともきびしかったのは、北海道から東北の太平洋側と中心とする地域であり、被害の大部分は穂ばらみ期の冷温による不受精で、これに生育遅延といもち病が加わっており、典型的な第1種の冷害である。作況指数は全国74、北海道40、東北56、青森28、岩手30、宮城37等となっており、これは作況指数を発表し始めて以来の最低記録であり、100年間に1～2回くらいと言ってよい希有の冷害である。

水稲の冷害に関する研究には長い蓄積があり、わが国の冷害対応技術は世界の最高水準にある。しかし、平成5年度の冷害はその技術をもってしても及ばない激しいものであった。もっとも、その中には、兼業化や良食味指向といった社会的要因によって、可能な技術を十分に活用できなかった面も含まれている。ここでは、冷害研究の歴史をふり返り、現状を踏まえて、今後の展開への戦略を考えてみたい。

## 2. 冷害研究の歴史

冷害は、江戸時代以降現在に至るまで、平均的に見れば約4年に1回の頻度で発生している。しかし、発生すると数年間にわたって

連続する傾向がある。冷害の研究はそのような連続冷害によって刺激されて盛んになるが、冷害が起こらない期間が続くとまた衰微していく、というくり返しであった。図1は日本作物学会記事に掲載された水稲冷害に関する研究論文数の変遷であるが、連続冷害年の後に論文数のピークが現れる様子がはっきりと読みとれる。1945年前後の谷は第2次世界大戦の影響である。

明治・大正時代には、気象学的な研究が主体で、オホーツク海高気圧の影響等が明らかにされた。昭和初頭の連続冷害によって、寺

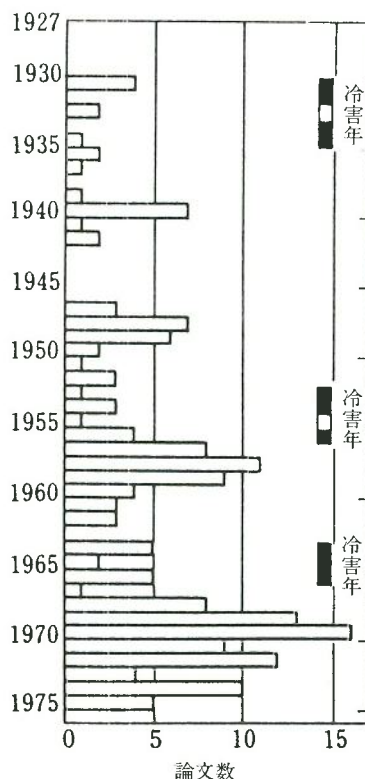


図1 日本作物学会記事にみるイネ冷害研究論文数の変遷 (西山 1976a)



尾博・酒井寛一らによる近代的な冷害研究が開始され、最大の危険期は開花期ではなく減数分裂期の前後であること、感受性の部位は穂であること等が明らかにされ、障害型冷害・遅延型冷害の概念が提唱された。また、危険期深水灌漑法が開発された。

昭和39～41年の冷害群を契機として始められた佐竹らによる研究により、障害型冷害の感受性の時期が小孢子初期であること、感受性の器官が葯であること等が明らかにされ、不受精発生の生理学的メカニズムが解明された。また、前歴効果の発見により、前歴深水灌漑法が開発された。

この間に育種の面では、早生化の方向で多くの近代的な品種が育成され、保護苗代による健苗育成と相まって収量が向上した。これにより遅延型冷害は顕著に減少したが、障害型冷害の耐冷性は強化されたのではなく、耐冷性の程度を維持しつつ多収化が達成されたのである。

### 3. 最近の研究成果

このような歴史の流れに続いて、主として昭和55年の冷害を契機として始められた最近の研究成果についていくらか詳しく紹介する。

#### 1) 花粉数と耐冷性の関係の解明

西山は、穎花の耐冷性が穂上の着生位置によって顕著に異なることを明らかにし、その原因が花粉数にあることを突き止めた。90%以上受精するための最低花粉数は葯当りで640個と計算された。この実験で使用された「はやゆき」では、耐冷性が弱い強勢穎花の最低数は800程度であり、耐冷性が強い2次枝梗等の穎花の最高数は1,200以上であった。前者では花粉数が20%程度減少すると不受精が出始めるのに対して、後者では50%の低下にまで耐えることが出来る。花粉数は耐冷性の品種間差異に関しても重要な意味を持っており、葯長と比例関係があるので耐冷性品種の育成においても留意すべき形質である。

#### 2) 前歴深水灌漑法の開発

伊藤は、冷害危険期（小孢子初期）の耐冷

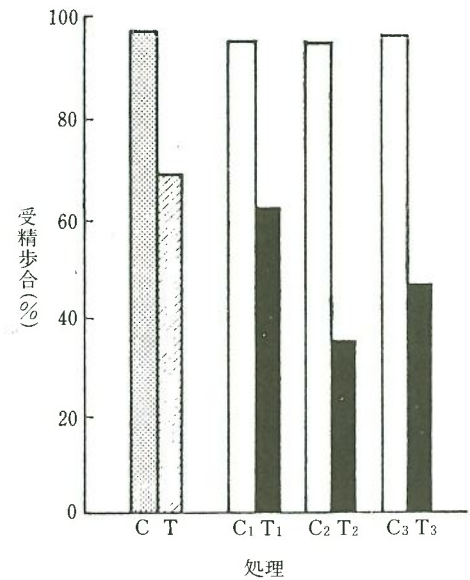


図2 穂ばらみ期（小孢子初期）以前の冷温処理の直接効果および穂ばらみ期冷温処理との共働効果

C：無処理，C<sub>1</sub>：幼穂形成期より17℃，3日，C<sub>2</sub>：幼穂形成3日後より17℃，3日，C<sub>3</sub>：幼穂形成6日後より17℃，3日，T：小孢子初期に12℃，3日，T<sub>1</sub>：C<sub>1</sub>+小孢子初期処理，T<sub>2</sub>：C<sub>2</sub>+小孢子初期処理，T<sub>3</sub>：C<sub>3</sub>+小孢子初期処理(Ito, 1976)

性に前歴の影響があることを発見した(図2)。危険期に冷温処理をすると約30%の不受精が発生する(T)。前歴期間の弱い冷温処理では不受精は起こらない(C1-3)。しかし、この前歴期間に冷温を受けたものが危険期の冷温を受けると不受精の発生が増大する(T1-3)。ことに(T2)では、不受精が60%以上と前歴が良かった区(T)の2倍の不受精が発生している。

佐竹は、この現象が小孢子の分化数の増減によって起こることを明らかにし、前歴深水灌漑法を提唱した。すなわち、前歴期間に深水灌漑を行うと小孢子の分化が促進され、開花期の花粉数が増大して耐冷性が高まる。前歴深水灌漑法は、幼穂の位置がまだ低いところにあるために湛水深が10cm程度と浅くてよく、水量も少なくて済み、危険期の深水灌漑法よりもはるかに実施しやすい。今後積極的に普及を計るべき有力な冷害対策技術である。

#### 3) 止葉期利用による危険期推定法の開発

北海道では、北海道農試・北海道立中央農

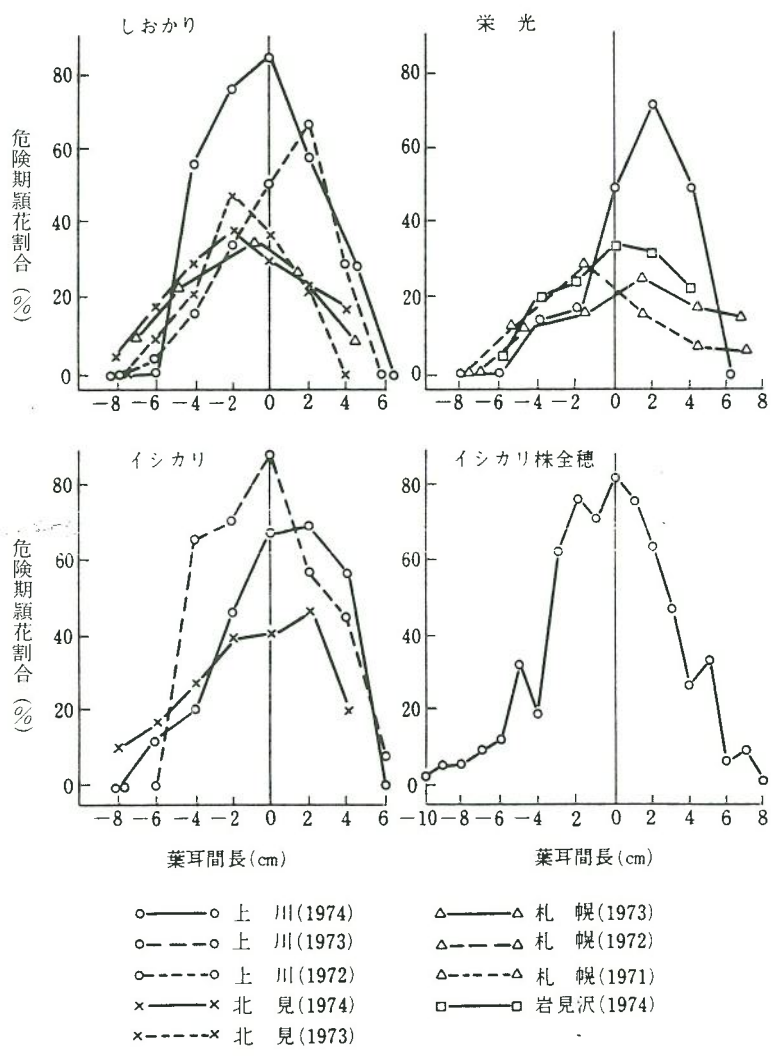


図3 葉耳間長別の危険期の穎花歩合 (早瀬1976)

試・上川農試・北見農試等が連絡試験を行い、止葉期による冷害危険期推定法を開発した(早瀬, 1976) (図3)。3年間・4地域・3品種の全てにおいて、小孢子初期の穎花の90%以上が葉耳間長 ±5cm の範囲に入っている。したがって、北海道内では葉耳間長0 (止葉期) によって冷害の危険期を正確に推定することが可能になった。農業者でも容易に分かる方法であり、他の地域においても確認試験を実施し、広く活用するようにしてほしい。

4) 深水循環式耐冷性検定法の開発

古川農試の佐々木らは、深水冷水掛け流し検定法において、掛け流した水を再利用することにより精度が高い耐冷性検定法を開発した。この方法は他の育成地にも取り入れられており、「コシヒカリ」の耐冷性が強いこと

が明らかにされ、高度耐冷性品種「ひとめぼれ」等の育成につながっている。まだ設置していない寒冷地の水稻品種育成場所ではぜひ導入してほしい施設である。

5) 耐冷性品種の育成

表1に示したように、昭和55年の冷害以来東北地域における作付品種の耐冷性は約1ランク向上している。これには、良食味米を求める社会的要請によって交配親に使用した「コシヒカリ」が、たまたま耐冷性が強かつ

表1 東北地域各県作付品種(梗)の耐冷性程度の変化

	青森	岩手	宮城	秋田	山形	福島	平均
昭和55	6.79	4.77	5.98	5.00	5.92	5.08	5.59
平成5	4.74	4.45	4.93	5.20	4.81	2.98	4.52
差	-2.05	-0.32	-1.05	+0.20	-1.11	-2.10	-1.07

品種の耐冷性程度の作付面積による重加平均  
 極強(2)~中(5)~極弱(8)

たという好運もあつた。同じ期間にいもち病抵抗性の方は約半ランク低下している。しかし、耐冷性もこれで十分というのではなく、耐冷性・いもち病抵抗性ととも、さらに1～2ランク（やや強～強）にまで向上させる必要がある。

#### 4. 今後の研究戦略

今後、冷害に対応する技術を向上させるためには、いくつかの局面における研究の深化が必要である。以下に、その戦略的展望をごく簡単に述べる。

##### 1) 冷害・冷温障害に関する基盤的研究

水稲ばかりでなく作物一般の冷害を克服するには、その基盤となる植物の冷温障害の研究の発展が大切である。これは大学等の研究機関に負うところが大きい。

##### 2) 稲の根に関する冷害生理学的研究

窒素肥料を多く施用すると不受精が多発することが知られているが、その原理は解明されていない。筆者は、それが根の活性・ホルモンバランス・花粉数といったものとの関係があると推定しているが、新しい耐冷栽培法の開発のためにもこの方面の研究の推進が必要である。

##### 3) 稲の葯に関する生理学的・微細形態学的研究

感受性器官である葯の生理的障害については、糖代謝系の攪乱やカロース膜の溶解阻害等が知られているが、この方面の研究をさらに深めるとともに、遺伝子工学的手法の基礎として耐冷性に関与する遺伝子の特定・発現機構の解明等を進める必要がある。

##### 4) 葯の発育段階別の耐冷性検定法の開発

耐冷性の遺伝子を集積すれば、さらに強力な耐冷性品種の育成が可能であると考えられる。このためには、耐冷性遺伝子に対応する各生理的形質ごとの検定法があれば有益である。西山（1984）は受精にいたる過程を生理的段階に区分し、佐竹（1992）は受精率を4つの構成要素に分解して、葯の発育段階別耐冷性検定法の開発の方向を示した。

##### 5) 耐冷性極強（超強）品種の育成

これまでの育種では受精率だけで耐冷性を検定してきたが、その中でも古川農試では耐冷性遺伝子を集積して平成5年度の冷害でも相当に稔実する系統を育成している。前項に述べた生理的検定法の開発により耐冷性遺伝子を集積はさらに進展するであろう。また、これまで困難であった外国起源の耐冷性遺伝子の導入・利用も進める必要があるが、そのためにも、葯に関する遺伝子工学的研究の展開が望まれる。

##### 6) 生育診断・被害推定技術の開発

栽培的には施肥・水管理の重要性が明らかであるが、そのためにも生育診断・予測手法の改善が必要である。とくに、地域をメッシュ化した面的な予測及び被害の推定方法等の開発が期待される。

##### 7) 生理活性物質による不受精の軽減

これまでに、3-インド安息香酸やエスレルに実験的には20%程度の不受精軽減効果があることが知られているが、この方面の研究は大きな可能性があるにもかかわらずほとんど手をつけられていない状況である。研究態勢の強化が望まれる。

##### 8) 障害型冷害—開花期不受精に関する研究

穂ばらみ期不受精に比べて開花期不受精の研究は遅れている。

##### 9) その他

平成5年度の冷害で、基盤整備をした大区画圃場では水管理等が容易であり、適切な対応が出来て被害が軽減された事例がある。自動灌漑装置等も含めてこの方面の研究も必要であろう。今後、作期的にはより条件が厳しい直播栽培の方向に進むものと予想されるので、その対応も考えておかなければならない。また、野菜・畜産等との複合化により、経営的に被害を緩和する方策も重要な冷害対策である。

#### 5. おわりに

研究の成果は、一朝一夕にして挙がるもの

ではない。例えば、品種の育成にしても少なくとも10年の歳月を必要とする。今から始める研究は、5年・10年あるいはそれ以降になって始めて技術として利用できるようになる。平常時における研究の継続が大切なゆえんである。

ともあれ、平成5年度の冷害は研究陣・技術陣にとって貴重な経験であった。この機会に組織・要員・予算等十分な態勢を固めて、この災害を伝統ある冷害研究を一層発展させるための跳躍台にしたいものである。

## 文 献

- 1) 早瀬広司 (1976) 農業及び園芸 51 : 641-645
- 2) 西山岩男 (1984) 育種・作物北海道懇話会報, 24別号 : 71-81
- 3) 西山岩男 (1985) イネの冷害生理学, 北海道大学図書刊行会
- 4) 松尾孝嶺 他編 (1990) 稲学大成 第1巻 形態編, 第2巻 生理編, 農山漁村文化協会
- 5) 佐竹徹夫 (1992) 日本作物学会紀事 61 : 454-462
- 6) 和田定 (1992) 水稻の冷害 養賢堂

### 国内情報

## 遺伝子操作による耐冷性植物の作出

キリンビール(株) 基盤技術研究所  
西澤 治

### 1. はじめに

植物の低温傷害のメカニズムは大変複雑で、何がその初発要因であるかを特定できずに、多くの仮説が提唱されているのが現状である。器官では葉・葯・花粉あるいは根の低温感受性が植物種によって異なっており、また細胞内小器官でも葉緑体・液胞あるいは細胞質膜の傷害がその初発要因であるという主張がある。さらに生体成分でも膜脂質の組成あるいは特定の酵素の低温感受性が植物体の低温感受性を決めているという説がある。

このような中であって、生体膜を構成する極性脂質の物理化学的性質や温度適応に伴う脂肪酸の不飽和度の変化、また液胞の  $H^+$ -ATPase の活性が脂質によって制御されること、さらに遺伝子操作によって葉緑体膜の脂質に結合した脂肪酸の不飽和度を変えると植

物の低温感受性が変化すること等、これら多くの知見から極性脂質の脂肪酸あるいは分子種組成、および極性脂質がその主要な構成要素である生体膜の変化が低温傷害の初発要因に深く関与していることが強く示唆されている。

ここでは、生体膜を構成する脂質の視点からさまざまに展開されている研究を概観し、遺伝子操作による耐冷性植物作出の可能性を展望したい。

### 2. 高等植物

#### 1) 葉緑体

##### a. アシルトランスフェラーゼ (アシル基転移酵素)

従来よりホスファチジルグリセロール(PG)の飽和分子種の割合が、低温感受性植物では高く、耐冷性植物では低いことが指摘されていた<sup>1,2)</sup>。さらに、低温感受性が異なるイネ品種間でも同様の関係が示されている<sup>3)</sup> (表1)。



表1 イネ葉のPGの飽和分子種含量と低温感受性の関係

Rice variety	16:0/16:0 16:0/16:1t	18:0/16:0 18:0/16:1t	ΣSat	% Injury
IR 36	75.8	3.3	79.1	100
Milyang 54	66.5	11.0	77.5	77
29 Ln 1	81.1	2.3	83.4	71
P33-C-30(HFU)	70.7	0	70.7	67
IR 8	72.2	1.8	74.0	56
IRAT 13	64.2	3.6	67.8	47
Bir-Ze-Goo	66.4	3.7	70.1	41
I32	54.0	1.8	55.8	41
Sintan-Tsan	70.5	2.4	72.9	38
E-Loam-Ta-Bir-Goo	52.2	1.1	53.3	38
Bin-Yang-Tsao	60.7	1.9	62.6	37
Fujisaka 5	68.6	2.9	71.5	30
Ta-Chang Kong	62.2	3.0	65.2	28
An-Nan-Tsao	57.5	3.0	60.5	26
Elko	59.9	3.6	63.5	25
Chih-Na-Ju	56.7	3.9	60.6	0
Sixty Days Thon	52.0	1.4	53.4	0

Σ Sat, 飽和分子種の総和;

% Injury, 低温感受性 (100が最も低温に弱い)

さらに、この違いは葉緑体のストロマに局在するグリセロール-3-リン酸アシルトランスフェラーゼ (以下, ATase) の基質選択性に依存していることが明らかにされていた<sup>4,5)</sup>。私達のグループは、低温に弱いカボチャ<sup>6)</sup>と耐冷性のシロイヌナズナ<sup>7)</sup>からそれぞれ単離した ATase 遺伝子をタバコに導入することにより、PG の脂肪酸組成をそれぞれ感受性型および耐冷性型に変換し (表2)、さらに植物体の低温感受性もそれぞれ感受性および耐冷性に転換できることを示した<sup>8)</sup> (表3)。これは、遺伝子操作によって高等植物の低温感受性を転換した最初の報告であり、生体膜

表2 形質転換タバコ葉のPGの飽和分子種含量

Plant	Saturated molecular species estimated (%)
Control plants (-cDNA)	(%)
Wild type	
<i>Arabidopsis</i>	20
Tobacco	36
Squash	64
Transgenic tobacco plants	
pBI 121	36
Transgenic tobacco plants (+cDNA)	
pARA	28
pSQ	76

pBI 121; ベクターのみで形質転換したタバコ

pARA; シロイヌナズナATaseのcDNA導入タバコ

pSQ; カボチャATaseのcDNA導入タバコ

表3 形質転換タバコ葉の光合成活性の低温感受性

Plant	Inactivation of photosynthesis (%)
Spinach	7
Squash	82
Transgenic tobacco	
pBI 121	25 ± 11
pARA	7 ± 3
pSQ	88 ± 12

1°C4時間の低温処理による光合成活性の低下率を示す。

pBI 121; ベクターのみで形質転換したタバコ

pARA; シロイヌナズナATaseのcDNA導入タバコ

pSQ; カボチャATaseのcDNA導入タバコ

を構成する脂質の脂肪酸組成が高等植物の低温感受性に深く関与していることを直接証明したものである。その後同様なアプローチにより、低温感受性型の基質選択性を持つ大腸菌の ATase 遺伝子をシロイヌナズナに導入し、シロイヌナズナを低温感受性に転換した報告もされている<sup>9)</sup>。

## b. デサチュラーゼ (不飽和化酵素)

シロイヌナズナの脂肪酸組成の変異株を用いて、低温での増殖速度やクロロフィル含量を解析した。その結果、野生株よりも飽和脂肪酸含量の高い、葉緑体の不飽和化酵素欠損株が低温に弱いことが示された<sup>10)</sup>。

## 2) 液胞

低温によって液胞が傷害を受け、内部に蓄積しているプロトンが細胞質に流出することにより、細胞全体が傷害を受けるという説明が従来よりされていた<sup>11)</sup>。低温処理前と処理後の液胞の膜脂質を用いた再構成実験によって、 $H^+$ -ATase のタンパク質が低温によって傷害を受けるよりも先に液胞の膜脂質が傷害を受け、その結果  $H^+$ -ATase 活性が低下することが示されている<sup>12)</sup>。

## 3) 葯および花粉

イネの葯壁や花粉では葉に比べて飽和脂肪酸、特にステアリン酸の含量が高いことが示されている<sup>13)</sup>。そこで、18:0-ACP を18:1-ACP に転換するステアロイル-ACP デサチュラーゼを葯で発現させ、オレイン酸含量を高めようという試みがある<sup>14)</sup>。

## 4) 細胞質膜

高等植物を低温に馴化させると、細胞質膜

の脂質の不飽和度がある範囲で増加することが知られている。ジャガイモでは、馴化能の高い品種ほど低温処理後、不飽和脂肪酸含量が高くなることが示されている<sup>15)</sup>。

### 3. バクテリア (ラン藻)

耐冷性ラン藻の *Synechocystis* PCC6803 由来の $\Delta$ 12位不飽和化酵素遺伝子を低温感受性ラン藻 *Synechococcus* PCC7942 に導入することによって、低温耐性を付与できることが示された<sup>16)</sup>。これは脂質に結合したモノ不飽和脂肪酸に、さらに二重結合が入ることが脂質の機能にとって重要であることを示している。ラン藻の膜脂質の組成は高等植物の葉緑体と極めて類似しており、ラン藻の低温傷害は高等植物の葉緑体の低温傷害を考察するうえで良い材料となる。

### 4. 今後

低温に強い植物ほど ATase の 18 : 1-ACP に対する基質選択性が強いことが予想される。ホウレンソウの ATase は基質となる 18 : 1-ACP と 16 : 0-ACP の割合が 4 : 6 でも、転移する脂肪酸の 9 割は 18 : 1 である<sup>4)</sup>。このような強耐冷型 ATase を用いることにより、植物により強い耐冷性を付与できるものと思われる。

また、PG の飽和分子種を不飽和化する酵素は高等植物には存在しない。そこで他の生物から、この活性を有する不飽和化酵素の遺伝子を取得し、植物に導入すれば PG の飽和分子種含量を減少させることができるものと思われる<sup>17)</sup>。

### 5. おわりに

生体膜を構成する脂質および脂質に結合した脂肪酸の組成を制御することによって、どの程度まで高等植物に耐冷性を付与できるか

を知るには、形質転換植物を用いた今後の研究を待たねばならない。また、相転移温度のみでは脂質の機能を十分に説明できないことが明らかとなって来たいま、脂質クラスおよび脂質分子種の持つ様々な機能の解明と共に、脂質以外に低温傷害の初発要因があるとするれば、その特定化も待たれる<sup>18)</sup>。

### 文 献

- 1) Murata, N. et al., (1982) *Plant Cell Physiol.* 23 : 1071-1079
- 2) Roughan, P.G. (1985) *Plant Physiol.* 77 : 740-746
- 3) Li, T., Lynch, D.V. and Steponkus, P.L. (1987) *Cryo-Lett.* 8 : 314-321
- 4) Frentzen, M. et al. (1983) *Eur. J. Biochem.* 129 : 629-636
- 5) Frentzen, M., Nishida, I. and Murata, N. (1987) *Plant Cell Physiol.* 28 : 1195-1201
- 6) Ishizaki, O. et al. (1988) *FEBS Lett.* 238 : 424-430
- 7) Nishida, I. et al. (1993) *Plant Mol. Biol.* 21 : 267-277
- 8) Murata, N. et al. (1992) *Nature*, 356 : 710-713
- 9) Wolter, F.P., Schmidt, R. and Heinz, E. (1992) *EMBO J.* 11 : 4685-4692
- 10) Hugly, S. and Somerville, C. (1992) *Plant Physiol.* 99 : 197-202
- 11) Yoshida, S., Matsuura, C. and Etani, S. (1989) *Plant Physiol.* 89 : 634-642
- 12) 笠毛邦弘 (1993) 第 6 回植物脂質シンポジウム講演要旨集, p. 9
- 13) Toriyama, S. et al. (1988) *Plant Cell Physiol.* 29 : 615-621
- 14) 鳥山欽哉・土屋亨 (1993) 組織培養 19 : 160-163
- 15) Palta, J.P., Whitaker, B.D. and Weiss, L. S. (1993) *Plant Physiol.* 103 : 793-803
- 16) Wada, H., Gombos, Z. and Murata, N. (1990) *Nature*, 347 : 200-203
- 17) 西澤治 (1993) 臨床分子医学, 1 : 81-87
- 18) Yamanishi, H. and Kasamo, K. (1993) *Plant Cell Physiol.* 34 : 411-419

## 新規なイネいもち病抵抗性機構の 分子レベルでの解析

(株)三井業際植物バイオ研究所

白野由美子・柴田大輔

### 1. はじめに

病害による農作物の被害は非常に大きく、日本ではイネのいもち病が最も重要な病害の一つである。特に昨年は冷害による被害が大きかったが、それに伴い天候不順のためいもち病による被害も深刻であった。病害の克服のために多くの研究が行なわれ、農薬の開発や耐病性作物の育種等が行なわれてきているが、植物の病害抵抗性機構についてはまだ不明な点が多い。

最近では、病害抵抗性機構に関しても分子レベルで研究が行なわれるようになり、遺伝子組換え技術を用いて耐病性作物を作出する試みが始まっている。本稿では、脂肪酸酸化酵素であるリポキシゲナーゼが関与するイネいもち病抵抗性機構についての筆者らの研究を紹介する。

### 2. 抗菌性物質の生合成経路

植物の病害抵抗性機構の一つとして抗菌性物質の生産がある。Shimura et al.<sup>1)</sup> や加藤ら<sup>2)</sup> はいもち病菌の生育を抑制する物質としてイネから各種の酸化型不飽和脂肪酸を単離、同定した。これらは、不飽和脂肪酸（リノール酸、リノレン酸）の水酸基型あるいはエポキシ基型誘導体である（図1）。

筆者らは、これらの酸化型不飽和脂肪酸は、まず遊離脂肪酸が脂肪酸酸化酵素であるリポキシゲナーゼによって過酸化されることによ

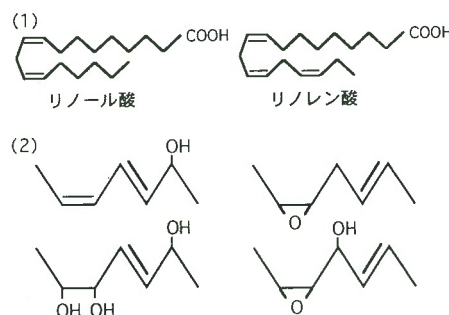


図1 イネから単離された抗菌性を示す酸化型不飽和脂肪酸

(1) はリポキシゲナーゼの基質であるリノール酸とリノレン酸，(2) はそれらの誘導体である酸化型不飽和脂肪酸の基本構造を示す。

って生合成され、さらに別の酵素によって水酸基またはエポキシ基を有する構造に変化すると考えている。

Ohta et al.<sup>3)</sup> は、イネ葉でのいもち病菌感染とリポキシゲナーゼ活性およびその生成産物である過酸化脂肪酸を分解する酵素活性との関係を詳しく調べた。その結果、いもち病菌が感染して抵抗性を示す葉で両者の酵素活性が著しく上昇していた。それに比較し、菌の感染後に病気になるイネではこれらの酵素活性の上昇はほとんど見られなかった。この結果は、リポキシゲナーゼ経路がいもち病抵抗性機構に関与している可能性を強く示唆している。

### 3. リポキシゲナーゼ遺伝子の単離

筆者らは、いもち病抵抗性機構とリポキシゲナーゼとの関係を分子レベルで解明するために、イネのリポキシゲナーゼ遺伝子のクロ



ーニングを行なった。

このリポキシゲナーゼ遺伝子の単離は当初は非常に困難であった。既に単離されているダイズのリポキシゲナーゼ遺伝子クローンあるいはイネ種子由来のリポキシゲナーゼの抗体を用いて、イネ葉の cDNA ライブラリーのスクリーニングを試みたが、目的のクローンを得ることができなかった。これは、イネ葉で発現しているリポキシゲナーゼ遺伝子は他のリポキシゲナーゼ遺伝子と塩基配列レベルで相同性が低いためであると考えられる。

そこで、その時点までに遺伝子の単離が報告されているリポキシゲナーゼのアミノ酸配列を比較し、最もよく保存されている領域から DNA を合成してプローブとして用いた。いもち病菌感染葉からの cDNA ライブラリーをスクリーニングした結果、目的のクローンを得ることができた。最終的に、3,007bp のリポキシゲナーゼ遺伝子の単離に成功した<sup>4)</sup>。

#### 4. 病害抵抗性と遺伝子発現

単離したリポキシゲナーゼ遺伝子の発現とイネのいもち病抵抗性反応との関係を調べるため、いもち病菌を接種したイネ葉から mRNA を調製して、ノーザン分析を行なった。その結果、このリポキシゲナーゼ遺伝子は健全なイネ葉では発現していないが、抵抗性を示すイネ品種ともいもち病菌レースの組み合わせでは、強く発現していた。菌の接種後、15時間ぐらいから発現が見られ、約30時間まで発現が増加している(図2)。また、感染後に病気になるイネ品種でも発現しているが、抵抗性を示すイネ品種と比較するとかなり少なく明らかな差が見られる。この遺伝子発現の結果は、リポキシゲナーゼ活性を調べた Ohta et al.<sup>3)</sup>の結果と一致する。

このリポキシゲナーゼ遺伝子の発現は、いもち病菌を接種後、菌が付着器を形成してイネの細胞に侵入を始める時間と一致する。このことは、本遺伝子の発現はいもち病抵抗性反応の初期の段階で起こっていることを示している。

0 15 18 24 27 30 33 36 (時間)

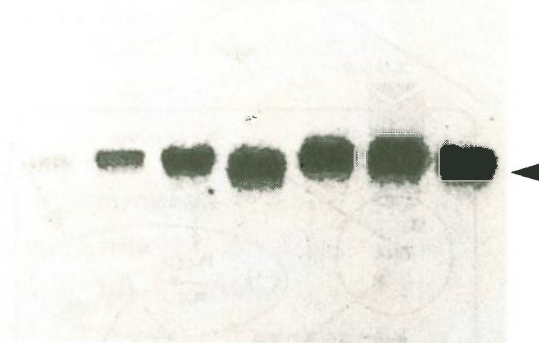


図2 イネ葉でのリポキシゲナーゼ遺伝子の発現  
いもち病菌に対して抵抗性を示しているイネ葉では菌の接種後15時間目からmRNAの蓄積が始まる。

#### 5. 新規なリポキシゲナーゼの性質

単離したリポキシゲナーゼ遺伝子は、現在までに単離されている植物のリポキシゲナーゼ遺伝子間とアミノ酸配列で相同性が最も低く、タンパク質のN末端に葉緑体移行シグナルと考えられる特徴的な配列(トランジットペプチド)が存在する。これらのことから、このリポキシゲナーゼは今までに知られていなかった新しいタイプのリポキシゲナーゼであり、トランジットペプチドを有することから葉緑体に存在すると推定される。

このリポキシゲナーゼの性質を詳細に調べるために、単離した cDNA から本酵素を大腸菌内で発現させた。その結果、酸性側に至適 pH があり、pH 7 以上では全く活性が認められなかった。葉緑体内では、光合成によって内腔の pH が酸性に傾くが、それ以外では本酵素が活性を示す pH になることはない。以上のことを考え合わせると、本酵素は葉緑体の内腔に存在するといえる。また、このことは本リポキシゲナーゼ活性は光によって制御される可能性を示唆している。

このリポキシゲナーゼは、リノール酸、リノレン酸の C13 位に特異的に酸素を導入することも判明した。リノレン酸の C13 位に酸素

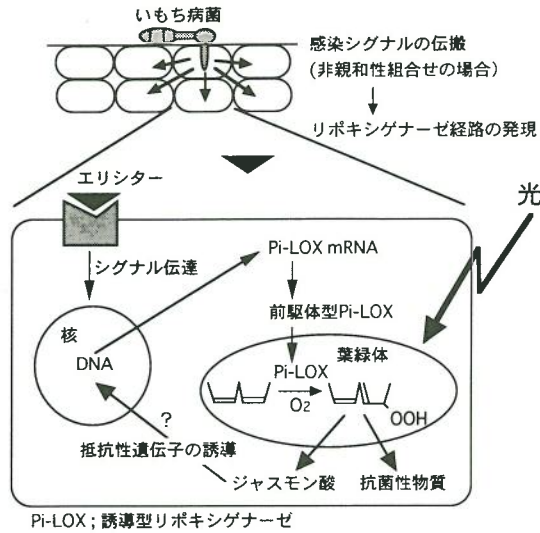


図3 リボキシゲナーゼが関与する病害抵抗性機構  
 いもち病菌がイネ葉表皮から侵入すると、エリシター分子が放出される。イネ細胞がエリシターを認識することによって、シグナル伝達が起こり、リボキシゲナーゼ遺伝子が発現する。合成された前駆体型リボキシゲナーゼは、葉緑体に移行し、抗菌性物質やジャスモン酸合成をすると推定される。

導入された過酸化脂肪酸はジャスモン酸の前駆体である。この過酸化脂肪酸をジャスモン酸合成に導く酵素（アレンオキド合成酵素）が葉緑体に存在する<sup>5)</sup>ことから、本酵素がジャスモン酸合成に関与している可能性が示唆される。ジャスモン酸は、二次代謝産物の生合成を誘導する<sup>6)</sup>こと等からシグナル伝達物質と考えられるようになり、病害抵抗

性反応にも関与していると考えられている。  
 以上の結果は、本リボキシゲナーゼは抗菌性物質の合成、他の病害抵抗性関連遺伝子の発現誘導等によって病害抵抗性反応に関与し、光によってリボキシゲナーゼ経路が働くことによって病害抵抗性を制御している可能性を示唆している（図3）。

## 6. おわりに

従来とは異なる新規な病害抵抗性機構を分子レベルで研究してきた。このような研究をもとに、人工的にイネに抵抗性機構を誘導させることができるようになれば、耐病性作物作出の可能性が期待される。

## 文 献

- 1) Shimura, M. et al. (1983) *Agric. Biol. Chem.* 47 : 1983-1989
- 2) 加藤忠弘, 他 (1985) *化学と生物* 24 : 183-188
- 3) Ohta, H. et al. (1991) *Plant Physiol.* 97 : 94-98
- 4) Peng, Y.-L. et al. (1994) *J. Biol. Chem.* 269 : 3755-3761
- 5) Song, W.-C. et al. (1993) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 90 : 8519-8523
- 6) Gundlach, H. et al. (1992) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89 : 2389-2393

国内情報

# 醤油醸造へのバイオリアクターの応用

キッコーマン(株)研究本部  
濱田孝司・福島弥一・茂田井 宏

## 1. はじめに

醤油の製造工程は、大きく分けて製麹、仕込、製成の3つの工程から成っており、その製造期間は6か月以上という長期間を要する。その中で仕込、即ち、諸味の発酵、熟成工程はその大部分を占めている(図1)。諸味中では、耐塩性を有する限られた乳酸菌 (*Pediococcus halophilus*), 酵母 (*Zygosaccharomyces* 本醸造方式

*rouxii*, *Candida versatilis* 等) だけが活動し、*P. halophilus* により乳酸や酢酸等の有機酸が、そして、*Z. rouxii* により多種類の香気成分、また、*C. versatilis* のような *Candida* 属酵母により4-エチルグアヤコール (4-EG)等のフェノール成分が生成され、醤油の香味が醸成される。

近年、バイオリアクター技術の発展にはめざましいものがある。そのため、食品製造への応用研究も活発に行なわれ、最近では実用バイオリアクター方式

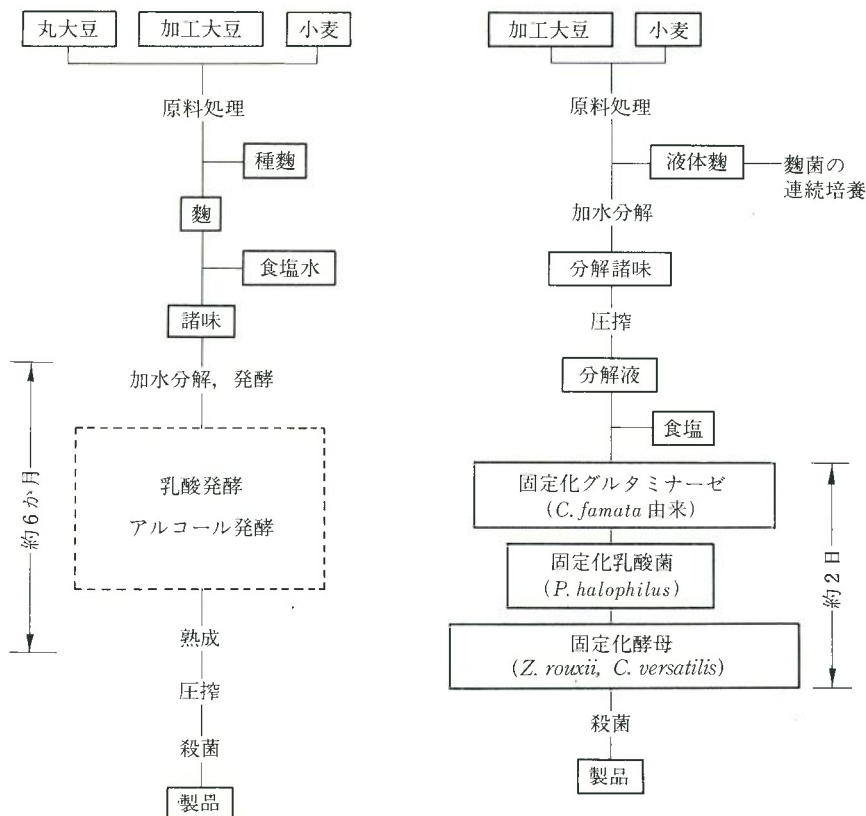


図1 本醸造方式とバイオリアクター方式による醤油の製造法の概要

HAMADA Takashi, HUKUSHIMA Yaichi,  
MOTAI Hiroshi



化の例も報告されている<sup>1)</sup>。

本稿では、醤油の効率的生産システムを開発することを目的として検討を行った固定化乳酸菌、固定化酵母を基本としたバイオリアクターシステムによる醤油様調味液の連続生産法について主に紹介する。

## 2. 固定化酵母による連続発酵

*Z. rouxii*は主発酵酵母と呼ばれ、醤油酵母の中でも香気の付与という点において最も重要な役割を果たしている。ここでは、エアリフト型リアクターを用い、固定化*Z. rouxii*(アルギン酸で固定)のアルコール発酵について検討を行なった<sup>2)</sup>。アルコール発酵の指標となるエタノール生成量は滞留時間の増加とともに高くなり、本醸造方式で2~3か月かけて生成される2~3%のエタノールが、25~30時間の滞留時間で生成されることがわかった。通気に関しては、エア単独での通気に比べ、通気ガス中の窒素の比率を多くするとエタノール生成量は低下し、このことから旺盛で安定した発酵を行なわせるためにはある程度エアの供給が必要と考えられた。因みに、滞留時間を28時間とした場合、約3%のエタノールを生成させるためには0.1~0.2mmol/l/hの酸素移動速度が必要であることがわかった。エアリフト型リアクターでの固定化*Z. rouxii*の発酵は、長期間安定に継続できることから、本リアクターは固定化*Z. rouxii*の発酵に有効なリアクターと考えられる。

一方、*C. versatilis*は、*Z. rouxii*では生成されない4-EGのようなアルキルフェノールを生成し、特徴的な香りを醤油に付与する。この4-EGの醤油における最適濃度は1~3ppmであることが知られている<sup>3)</sup>。そこで、*Z. rouxii*による発酵液の品質をさらに向上させることを目的として、アルギン酸で固定化した*C. versatilis*による4-EGの連続生産について、同様にエアリフト型リアクターを用いて検討を行なった<sup>4)</sup>。その結果、4-EGの生成は通気ガス中の酸素分圧の影響はあま

り受けず、*Z. rouxii*のアルコール発酵の結果とは異なっていた。また、滞留時間については、5時間以上とした場合20ppmという著量の4-EGが生成され、さらに、1~3ppmという醤油における最適濃度は、わずか0.5時間程度の滞留時間でも十分生成されることがわかった。このように、*C. versatilis*においては、固定化菌体を用いることにより、短時間で効率よく4-EGが生成されることが明らかとなった。

## 3. *Zygosaccharomyces rouxii*及び*Candida versatilis*の固定化菌と遊離菌のエタノール及び4-エチルグアヤコール生成に対する寄与

一般に固定化菌体を用いた場合、その増殖に伴って菌の漏洩が起こるため、発酵液中に遊離菌が一定のレベルで存在する。そこで、リアクターの効率的活用を目的として、*Z. rouxii*及び*C. versatilis*の固定化菌と遊離菌が、エタノール及び4-EGの生成にどの程度関与しているのか検討を行なった<sup>5)</sup>。

エタノールについては、遊離菌により生成された量が*Z. rouxii*では全体の約65%、*C. versatilis*では約90%に達し、遊離菌では固定化菌よりエタノール生成に対する寄与が高いことがわかった(図2A)。さらに、エタノールの比生産性(エタノール生成量/h/cell)をみると、固定化菌の比生産性が*Z. rouxii*で

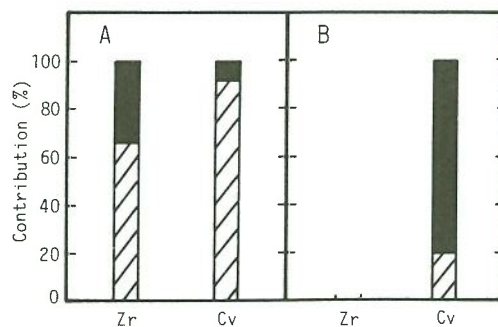


図2 固定化菌と遊離菌のエタノール(A)及び4-EG(B)生成に対する寄与率  
Zr; *Z. rouxii*, Cv; *C. versatilis*  
■; 固定化菌, □; 遊離菌

は遊離菌の約28%, *C. versatilis* では約3%と顕著に減少していた。この原因としては、ゲルの表面は菌が密に存在しているためエタノール濃度が高くなっており、その結果、固定化菌がこのエタノールによりダメージを受けているためではないかと推察された。

一方、*C. versatilis* による4-EGの生成においては、エタノール生成の場合とは異なり、全4-EGの約80%が固定化菌により生成され、遊離菌では20%程度しか生成されないことがわかった(図2B)。しかしながら、*C. versatilis*の固定化菌と遊離菌の4-EGの比生産性(4-EG生成量/h/cell)には大きな違いは認められないことから、固定化菌と遊離菌の菌数の差が4-EG生産量の違いを反映しているものと考えられた。

これらのことにより、*Z. rouxii*及び*C. versatilis*においては、固定化菌のみならず遊離菌も各成分の生成に寄与していることが明らかとなり、両者をバランス良く働かせることが重要と考えられる。

#### 4. バイオリクターシステムによる醤油様調味液の連続生産

前述のように本醸造方式による醤油の製造においては、諸味の発酵工程が製造期間のかなりの部分を占めている。それ故、この工程に固定化酵母等のバイオリクターを利用すれば、製造期間の大幅な短縮が期待できると考えられる。

そこで、固定化グルタミナーゼ、固定化*P. halophilus*、固定化*Z. rouxii*及び固定化*C. versatilis*の各リアクターを組合せたパイロットスケール(20 l/日)でのバイオリクタ

ーシステムによる醤油様調味液(バイオリクター醤油)の連続生産について検討を行なった<sup>6)</sup>。その概要は図1に示した通りである。大豆と小麦を麹菌の連続培養で得られた酵素液<sup>7,8)</sup>により分解し(40~50°Cで3日間分解)、これを発酵原液(TN 2%, NaCl 13%)として表1に示した条件でグルタミナーゼリアクター、*P. halophilus*リアクター、その後、並列に接続した*Z. rouxii*及び*C. versatilis*リアクターに通し、ここでは4-EGの最終濃度が約1 ppmとなるように両リアクター通過液を10:1の比でブレンドするようにした。

その結果、100日間以上に亘り、醤油の発酵を雑菌汚染等のトラブルもなく継続することができた。グルタミン酸については0.3~0.4%の増加が安定的に認められ、また、乳酸も本醸造醤油と同程度の0.7~1.0%生成され、pHも目標とする4.9~5.0まで低下した。さらに、アルコール発酵の指標となるエタノールも、本醸造方式と同程度の約2.5%が滞留時間をほとんど変えることなく安定に生成された。4-EGについても*C. versatilis*リアクター通過後で約10 ppm生成され、さらに、*Z. rouxii*リアクター通過液と混合した後では約1 ppmとなり、ほぼ目標通りの水準でコントロールすることができた(図3)。さらに、この発酵工程における全滞留時間は約2日間であり、本醸造方式に比べ発酵期間を顕著に短縮できることがわかった。

バイオリクター醤油と本醸造醤油の一般成分を比べた場合、クエン酸含量がバイオリクター醤油で高いもの(クエン酸資化能のない乳酸菌を用いたことが影響)、その他の成分については両者で特に大きな違いは認められなかった。また、香気成分については、

表1 各リアクターにおける運転条件

リアクター	担体	カラム容量 (l)	ゲル充填量 (l)	滞留時間 (h)	温度 (°C)	通気 (vvm)
Glutaminase	キトサン	1.8	0.6	0.7	40	—
<i>P. halophilus</i>	AS	7.5	5.0	6.1	27	—
<i>Z. rouxii</i>	Al	27.0	8.0	25.5	27	0.005
<i>C. versatilis</i>	Al	1.0	0.2	10.7	27	0.08

AS; アルギン酸-コロイダルシリカ

Al; アルギン酸

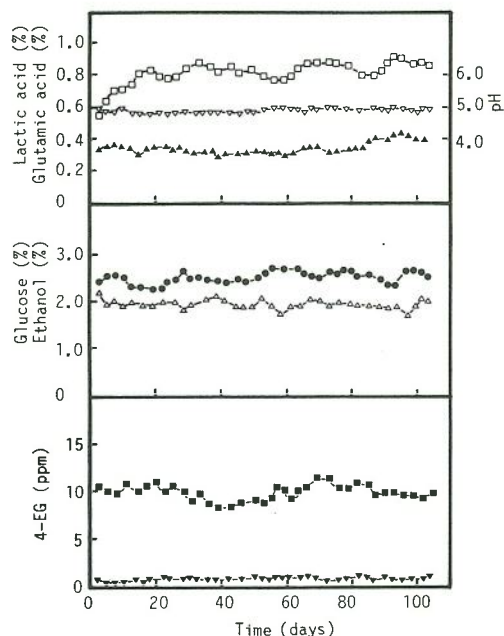


図3 バイオリクターシステムにおける醤油の発酵経過  
 □;乳酸, ▲;グルタミン酸(増加量), ▽;pH,  
 ●;エタノール, △;グルコース, ■;4-EG  
 (C. versatilis リアクター通過直後),  
 ▽;4-EG (Z. rouxii リアクター通過液と混合後)

バイオリクター醤油は本醸造醤油と定性的には違いはみられなかったが、定量的にみるとイソアミルアルコール、アセトインが多く、逆に、乳酸エチル、加えて、4-ヒドロキシ-2(又は5)-エチル-5(又は2)-メチル-3(2H)-フランオン等のフランオン類が少なく、若干の違いが認められた。しかしながら、醤油の品質を判断する上で重要な官能検査においては、バイオリクター醤油は芳香、新鮮な香り等が多少弱いという評価があったが、全体的なレベルにおいては本醸造醤油にかなり近いという評価が得られた。さらに、上記の発酵工程に原料の分解工程及び製成工程を加えたバイオリクター醤油の全製造期間(但し、熟成工程は省略)は約2週間程度であり、本醸造方式に比べ1/10程度まで短縮することが可能となった。

以上、本バイオリクターシステムを用いることにより、本醸造醤油と品質的に遜色な

い醤油様調味液を効率良く生産できるものと考えられる。

## 5. おわりに

ここでは、主に、固定化グルタミナーゼ、固定化乳酸菌及び固定化酵母からなるバイオリクターシステムによる醤油様調味液の連続生産について述べた。本システムを用いることにより100日間以上に亘り、醤油の発酵を本醸造方式とほぼ同じ水準で継続させることができ、さらに、その製造期間を大幅に短縮できることがわかった。このバイオリクター醤油は品質的に本醸造醤油と遜色ないと評価されたが、香りのバランスの面等において多少改善の余地があると思われる。そのためには、今後、バイオリクターのシステム及び発酵条件等についてより詳細な検討が必要と考えられる。

なお、本研究の一部は「食品産業バイオリクターシステム技術研究組合」の中で栗田工業㈱と共同で行なったものである。

## 文 献

- 1) 岡本隆典ら (1993) 醸造学会大会要旨集 p.14
- 2) Hamada, T. et al. (1989) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 31 : 346-350
- 3) 横塚保ら (1967) 農化 41 : 442-447
- 4) Hamada, T. et al. (1990) *J. Ferment. Bioeng.* 3 : 166-169
- 5) Hamada, T. et al. (1990) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 33 : 624-628
- 6) Hamada, T. et al. (1991) *Process Biochem.* 26 : 39-45
- 7) Fukushima, Y. et al. (1989) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 30 : 604-608
- 8) Fukushima, Y. et al. (1991) *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 34 : 586-590



# 低タンパク質米飯の開発

新潟県食品研究所  
江川和徳

## 1. はじめに

低タンパク質の米及び米飯は、タンパク質の摂取量が制限されている腎不全者用として社会的ニーズも高く、それに対応するため種々の角度から検討が進められている。

まず、育種面では低タンパク質米の開発や、不消化性タンパク質であるプロラミンの含量を高めた米の栽培技術の検討が進められている。一方、加工面では米の精白率を高めることにより低タンパク質化を図るもの、及び澱粉を米状に整形する人造米によるものなどが製造され、実際に販売されている。

しかし、育種には年月がかかったり、高精白米や人造米では食味は問題があるとの指摘も仄聞する。

そこで、食味と低タンパク質化が両立した「米飯」の開発に取り組んだ。具体的には、コーンスターチの製造過程で乳酸菌がタンパク質除去に貢献していることにヒントを得て、乳酸菌を活用した低タンパク質米飯の製造方法を検討することにした。

## 2. 乳酸菌の分離

食味良好な低タンパク質米を製造するため漬物のうま味付与に貢献する乳酸菌を分離し、その利用性を検討することとし、まず米糠に食塩と水を添加し糠床を作成し、GYP培地で乳酸菌の分離を行った。

その結果、食塩濃度5%以上の糠床から数

種類の乳酸菌が分離できた。この中から、白米とともにGYPプロスに接種したときに白米が褐色づくものや、白米のタンパク質低減率の小さい株を除き、最終的に *Lactobacillus* sp. 及び *Streptococcus* sp. を一株ずつ選定した。

選定した菌株を食塩含有の玄米摩砕液に接種し発酵を行ったところ、摩砕液中の遊離グルタミン酸含量は30倍も増加し、米のうま味付与に役立つものと推察された。また、必須アミノ酸含量も著しい増加を示した。

しかし、選定菌株はGYP培地上をいわばベアで動き、独立コロニーを得ても検鏡すると必ず桿菌及び球菌が混在して検出されるため、それぞれの単離はまだできていない。

## 3. 選定乳酸菌の性質

選定した乳酸菌はグルコースからの乳酸生成はもちろんであるが、シュクロース、フラクトース、ラクトース等の糖を資化・発酵するとともに、糖アルコールであるソルビトールの資化・発酵性も高かった。またタンパク質分解性の指標であるゼラチンの水解性も強く、米の低タンパク質化に適していると判断された。

そのほか、生育適応性 (VL プロース培地で試験) も広く、浸透圧では食塩濃度10%においても良好な生育を示すほか、pH 領域も3~9.5まで幅広い適応を示し、温度帯も10~42.5°Cで生育可能であった。

表1 乳酸発酵と玄米摩砕液の遊離アミノ酸

アミノ酸 試料	アミノ酸																
	GLY	ALA	VAL*	LEU*	ILEU*	SER	THR*	PHE*	TYR	CYS	MET*	PRO	ASP	GLU	HIS	ARG	LYS*
玄米摩砕液	3.3	11.7	2.0	1.5	0.8	5.6	1.6	0.8	0.8	0.3	1.1	2.7	15.7	3.8	0.8	3.8	1.6
乳酸発酵の玄米摩砕液	24.2	70.5	43.4	53.5	22.0	29.7	18.0	25.3	4.3	0.0	15.0	93.2	19.5	91.7	11.1	17.7	25.0

GLY:グリシン, ALA:アラニン, VAL:バリン, LEU:ロイシン, ILEU:イソロイシン, SER:セリン, THR:スレオニン, PHE:フェニルアラニン, TYR:チロシン, CYS:システイン, MET:メチオニン, PRO:プロリン  
ASP:アスパラギン酸, GLU:グルタミン酸, HIS:ヒスチジン, ARG:アルギニン, LYS:リジン

\*:必須アミノ酸  
単位:  $\mu\text{mol/ml}$

#### 4. 乳酸発酵方法

上記の乳酸菌を用いた発酵方法について検討した。発酵方法は漬物と同様に食塩存在下で行うものと、糖を加えて行う二つの方法を調べた。

食塩存在下で行う方法では、食塩濃度が5%以下であると、米に付着する他菌の影響のためか複雑な香りの米となり、5%以上の濃度では脱塩が困難で、うま味は付与されるもののタンパク質の低下率が低かった。

一方、加糖による発酵については、糖の種類と米品質及び低タンパク質化の関係を検討した。

糖は、グルコース、フラクトース、シュクロース及びソルビトールを用いた。その結果、米の低タンパク質化はシュクロースが若干劣ったほかは、糖の種類による差は殆どなく、いずれも良好であった。米の品質面ではグルコース区が複発酵をおこすためか複雑な香りとなり不適であったが、ほかの糖類は香り、色とも良好であった。

すなわち、低タンパク質化には加糖による乳酸発酵が適し、糖の種類はフラクトースもしくはソルビトールが良いことが分かった。

#### 5. 発酵条件の設定

次に、発酵条件を設定するため、ソルビトールを用い接種菌量、発酵温度、糖濃度など

表2 乳酸発酵中のタンパク質含量 (乾物当たり)の変化

タンパク質*	発酵日数(日)			
	0	1	2	4
	6.61	5.01	3.91	2.98

\* TN×5.95  
コシヒカリ90%精白米を用い、*Lactobacillus* sp. と *Streptococcus* sp. の2株を糖類とともに接種した浸漬液で、嫌氣的条件下で浸漬し、乳酸発酵を行った。

の条件を検討した。

接種に当たっては、菌量は分離した乳酸菌をあらかじめGYPプロセスで前培養し、 $10^8/\text{ml}$ レベルにした培養液を用いた。米の1.5倍量の温水にソルビトールを溶解してから、この培養液を1/1000~1/10添加し、その後に洗った米を投入・密封し、発酵の様相から適正菌量を求めた。

その結果、接種菌量は液量の1/100量がよく、初発の乳酸菌数が $10^6/\text{ml}$ レベルを維持できれば米に付着する他菌の影響を除けることが分かった。

次に、糖濃度についてソルビトールを1~7%の範囲で検討した。

その結果、3~5%の範囲が低タンパク質化率及び食味の点で良く、3%以下ではタンパク質の低下率が悪く、5%以上では米飯が甘くなり食味上に問題があった。

また、発酵温度については35~42°Cの範囲で検討したが、40°C以下の温度では $10^6/\text{ml}$ レベルに種菌を接種しても米に最初から付着する他菌の影響が現われるためか、香りが不良となった。しかし、40~42°C(ソルビトール3%存在下)では良好な乳酸発酵がみられ、香り及び食味ともに優れたものとなった。

以上から、発酵条件は、米の1.5倍量の温水にソルビトール3~5%、種菌を1/100量添加し、これに洗った米を投入・密封してから40~42°Cで保つのが最適と判断された。

この条件で発酵を行えば、4日間の発酵で米のタンパク質を6.61%から3%(乾物当たり)弱まで低減できた。

実用上、4日間の発酵は長過ぎるためこの短縮について現在検討中であり、一定の成果が得られている。

この方法による低タンパク質の米(正確には浸漬米)の特徴として、タンパク質の種類

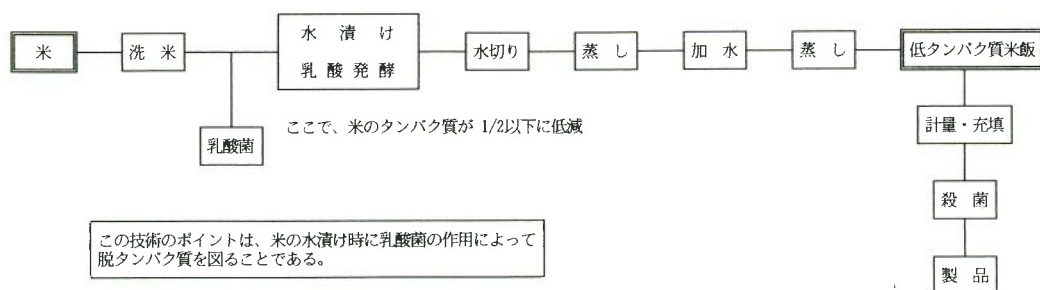


図1 低タンパク質米飯の製造フロー

が平均的に減少し、4%レベルまでプロタミンも同じ速度で減少することも分かっている。

そのほか、無機成分ではリンが元の約1/2に、カリウムは1/10に減少し、これらの無機成分の摂取も制限される人にも適した米といえる。

## 6. 低タンパク質米の米飯化

低タンパク質米は、米粒が柔らかく、通常の炊飯方法では炊き水に米が溶解して餅状となるため、炊飯によらない米飯化の方法を検討する必要があった。

そこで、赤飯製造法の蒸しによる米飯化について検討した。

まず、発酵米を水洗で脱酸したのち一次蒸しも行い、極力冷まさず80°Cの温水に漬けて吸水させる。吸水時間は5分以内で米水分は58~60%を目標とする。低タンパク質米は加熱で粘りが強くなるため、吸水を長くすると

澱粉が溶出し、触感がヌルツとなり、結果としてテクスチャーが劣化する。

吸水後の二次蒸しは、米粒に付着した水が米に吸収されるまで、やや高めの蒸し圧とする。低圧にすると付着水が下方に移行し、蒸し器下部の米飯がおかゆのようになる。

蒸しあがって米飯は、一食分200g程度としレトルト用パウチに充填密封してから蒸気で15分ほど加熱殺菌するのがよいことが分かった。この方法で日持ちが良く、かつ食味良好な低タンパク質米飯の製造が容易にできる。

製品歩留りは、タンパク質含量が3%の米で原料米の1.9~2.0倍の米飯となる。

これに対し、タンパク質が2%になると原料米1から1.1倍程度の米飯しか得られず、歩留りが著しく低下する。ちなみに、普通の米飯は米1から2.2~2.3倍の米飯が得られる。したがって、歩留りから低タンパク質化は3%が一応の目標値と考えられる。

なお、本法は新潟県が特許出願中である。



## 文献情報

RNA 酵素リボザイムを  
動物の発生の研究に使う

リボザイムとは RNA が酵素と同じ働きをするという意味から名付けられたもので、1989年にノーベル賞を受賞した Cech 博士によるテトラヒメナのリボソーム RNA のセルフスプライシングの発見に由来する。この原生動物テトラヒメナのリボソーム RNA は、自分自身で中に持っているイントロン部分（グループ I イントロン）を切りだすという RNA 触媒としての働きを持っている。RNA による RNA の切断は、このテトラヒメナのリボソーム RNA 以外でもその後見つかり、その切断の機構も異なることが明らかにされている。その中でも現在注目されているのがハンマーヘッド型あるいはヘアピン型リボザイムと呼ばれているものである。これらは植物の病気に関係したウイルスやサテライト RNA などから発見されたもので、テトラヒメナのグループ I イントロンと同様にその触媒機能は自己切断反応 (cis 型) として存在するものであるが、これを酵素部分と基質部分に分けて分子間反応 (trans 型) にすることによって、ウイルス病や癌の治療に用いることが検討されている。これは広い意味でのアンチセンス法と考えられる。

このハンマーヘッド型リボザイムによる RNA の切断を、発生に係わる遺伝子の機能の研究に用いたのがここで紹介する論文である。遺伝子を扱う技術が発達してきたが、遺伝子が手に入ってもその機能がわからないといったことや、ある遺伝子が複数回発現する場合、その遺伝子を欠損した突然変異系統を用いた研究では、前にその遺伝子が正常に発現していないとあとでどのような働きをしているかが正確に解析できないこともある。そこで、著者らはリボザイムを使った新しい遺伝子機能の研究を試みている。RNA として

転写された時にリボザイムとして働き、ある遺伝子の mRNA を切断するようにデザインされた DNA を用いてショウジョウバエを形質転換し、特定のステージでその遺伝子産物が作られなくなった場合に何が起こるかを調査することによって、その遺伝子の機能を調べるというアプローチである。対象とした遺伝子は、ショウジョウバエのパターン形成に関与する遺伝子のなかでも比較的解析の進んでいる *fushi tarazu (ftz)* 遺伝子である。この *ftz* はハエの体節形成に係わる遺伝子の一つで、この遺伝子が欠損すると体節の数が少なくなってしまう。

実験のデザインは、以下のようになっている。植物ウイルス RNA のハンマーヘッド型リボザイムを参考に、触媒に必要な配列の両端に *ftz* mRNA に相補的な配列を付けた 40 塩基余りのオリゴヌクレオチドを合成し、ショウジョウバエの P 因子ベクターに組み込んだ。P 因子ベクターとはショウジョウバエに特有のトランスポゾン的一种で、ショウジョウバエの形質転換の実験に使われる。昆虫の形質転換はこの P 因子ベクター以外では成功していない。ベクターを卵にマイクロインジェクションすることにより、その次の世代の一部の個体に導入形質が発現する。この組み込まれた DNA の両端には、*hsp 70* の 5' リーダー配列と 3' 端の配列があり、ヒートショックプロモーターの支配を受けるようになっている。さらに、このベクターには *white<sup>+</sup>* 遺伝子が組み込まれており、*white<sup>-</sup>* (白色眼の突然変異系統) のハエを形質転換することにより、P 因子の転移機構によって遺伝子が染色体の中に入ると、赤眼 (野生型) の個体が発現するようにしてある。この形質転換されたハエでは、高温にさらすとその間だけヒートショックプロモーターが働いて、組み込んだ DNA が mRNA の一部として転写され、*ftz* mRNA を切断するリボザイムとして働くことになる。*ftz* mRNA に相補的な配列が *ftz* mRNA をとらえ、触媒中心がハンマーヘッド型の構造をとることによって、*ftz* mRNA の塩基配列 GUC (+731) の後ろを切



断する。

実際、産卵されて2~2.5時間後(胞胚期)に37°Cで5分間処理した卵では、正常な卵の発生過程でみられるftz遺伝子の産物の生成が阻害されていた。ftz遺伝子産物に対する抗体を用いて、産卵数時間後にftz遺伝子産物の分布をみると、通常7本の横縞を形成している。しかし、高温処理してリボザイムを発現させた卵ではこの縞模様の一部あるいはほとんどがなくなっていたのである。ftz遺伝子の欠損個体は奇数番目の体節を欠き、卵からふ化できずに死亡するが、この胞胚期にリボザイムを発現させた形質転換個体でもその後の発生経過を追うと、体節を欠損するなどいろいろな程度の異常が認められた。対照としてリボザイムの触媒ドメインの一部を変異させたものと触媒ドメインを含まないものを用いて同様の実験を行ない、リボザイムとしての働き以外にアンチセンスとしての働きがあることも示している。さらに、ftz遺伝子は神経系の発達にも関係しているが、産卵4~4.5時間後に高温処理をしてリボザイムを発現させたものでは、ニューロンでのeve遺伝子の発現が抑制された。しかし、この時期の高温処理では、もはや体節の形成には影響しなかった。

この研究は遺伝子の機能に係わる基礎的な研究にもリボザイムが利用できることを示した最初の論文である。生体内でリボザイムが目的どおりに働くには、まだまだ解決すべき問題があるものと思われるが、これらの研究を通じてリボザイムの応用の可能性も開けると期待できる。

(抄訳 野田博明=蚕昆研)

(NODA Hiroaki)

**Generating loss-of-function phenotypes of the *fushi tarazu* gene with a targeted ribozyme in *Drosophila*.**

Zhao, J.J. and L. Pick

*Nature* 365: 448, 30 September, 1993

文献情報

トマトの *Pseudomonas*  
抵抗性遺伝子はプロテイン  
カイネースだった

遺伝子体遺伝子説 (gene-for-gene theory) は、品種抵抗性などの高度な抵抗性が、植物の持つ抵抗性遺伝子と病原体の持つ非病原性遺伝子との組合せで生じるとするものである。これまでに、病原体の持つ非病原性遺伝子については糸状菌、細菌及びウイルスから単離され、その性状が詳細に調べられている。ところが、植物の持つ抵抗性遺伝子については、その抵抗性遺伝子の座乗染色体や他遺伝子または RFLP マーカーとのリンケージマップが明らかにされているが、遺伝子本体やその産物に関しては、全く未知であった。

トマトは、すでに50年以上にわたって育種事業の中心に捉えられてきた植物の1つであり、様々な病原体に対する抵抗性遺伝子座が同定されている。また、高密度の RFLP マップや YAC ライブラリーがすでに作成されていることは、比較的小さなゲノムサイズ及び反復配列の少なさなどの点と合わせ、抵抗性遺伝子の単離に適した材料であると言える。トマトに斑葉細菌病を引き起こす *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* は非病原性遺伝子 *avrPto* を持ち、第5染色体に抵抗性遺伝子 *Pto* を持つトマトに感染した場合には、抵抗性反応が生じる。Martin らはこの系を用いて抵抗性遺伝子の単離を試みた。

*Pto* 遺伝子を RFLP マップ上で同定するため、遺伝子型が *Pto/Pto* である品種 Rio Grande-*PtoR* と *pto/pto* の Rio Grande とを交配して得られた F<sub>2</sub> 251 個体に関して RFLP マッピングと接種を行った。その結果 RFLP マーカー TG538 が *Pto* 遺伝子座と共に分離することから、TG538 を用いて YAC ライブラリーをスクリーニングした。得られた YAC クローン PTY538-1 は、400kb の大きさで *Pto* 遺伝子座をカバーするものであることが

1300個体もの F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> または50以上の他品種への接種により明らかになった。次に筆者らは CHEF 法により分離された DNA をプローブとして葉の cDNA ライブラリーをスクリーニングし、200のポジティブクローンを得、そのうち30を更に詳細に解析した。中でも cDNA クローン CD127 (1.2kb) は、*Pto* 遺伝子座と共に分離し、かつ葉の cDNA ライブラリーから得られたクローンであることから、本クローンが *Pto* 遺伝子そのものである可能性が高いと考えられた。

CD127をプローブとして、様々な制限酵素で切断したトマトのゲノム DNA に対してゲノミックサザンを行ったところ、抵抗性品種も感受性品種も多数のハイブリダイズするバンドが認められた。これらが、cDNA が大きなイントロンにより分断されているためか、それとも cDNA と相同な配列を持つ遺伝子がファミリーを形成しているためなのか明らかにするために、cDNA ライブラリーから更に14のポジティブクローンを得、その大きさと配列相同性を検討した。新たに得たクローンの大きさは0.6~2.4kbであり、また抵抗性品種 Rio Grande-PtoR では少なくとも6種の CD127 と相同な遺伝子が存在することが判明した。またこれらの遺伝子は YAC クローン PTY538-1 中に存在することから、CD127 は *Pto* 遺伝子座で gene family を形成していると考えられた。また本遺伝子の相同配列はタバコ、アラビドプシスなどの6種の双子葉植物およびイネ、トウモロコシなどの5種の単子葉植物にも見いだされた。感受性品種と抵抗性品種とでは、CD127 遺伝子の発現が異なるのかどうか、ノザン解析を行って検討したところ、両品種ともに1.3kbの主要なバンドと2.5kbのマイナーなバンドが検出され、また菌の感染に際しても発現量の顕著な増加は認められなかった。CD127 遺伝子が本当に抵抗性遺伝子なのかを明らかにするために、CD127 とそれより長い cDNA クローンである CD186 (2.4kb) をバイナリーベクター pBI121 に連結し、感受性トマト品種 MoneyMaker を形質転換した。得られた

形質転換体に *avrPto* を持つ *P. syringae* pv. *tomato* T1 系統を接種したところ、CD186 を形質転換したトマトでは抵抗性反応を示し、菌の増殖が抑制されたが、CD127 の形質転換体では抵抗性反応がみられなかった。

最後に筆者らは、2.4kb の cDNA クローン CD186 の塩基配列を決定した。本クローン中には963bp からなる ORF (以後 *Pto*) が存在し、321アミノ酸のタンパク質をコードすることができた。*Pto* の3'側下流には、500bp 以上離れて *Pto* の一部と相同な配列が存在していたが、これは前述のように2.4kb の転写物が少ないことから、低頻度で生じる read through により *Pto* 遺伝子ファミリーに転写が延長されたためと考えられた。予想されるアミノ酸配列についてデータベースとのホモロジー検索を行ったところ、*Pto* タンパク質は多くの植物や哺乳動物および低級真核生物のセリンスレオニンプロテインカイネースの触媒ドメインと相同性を示した。その詳細を検討するため、Protein Kinase Catalytic Domain Database との比較を行ったが、その結果5つの植物由来セリンスレオニンプロテインカイネースとの相同性が確認された。中でも *Brassica* 由来の SRK6 遺伝子は柱頭における自身の花粉を認識する機能を果たしていると考えられており、*Pto* が植物と細菌の細胞間相互作用に関わっているのと類似した点がありそうに見える。

以上のように、植物の持つ抵抗性遺伝子が初めて単離され、プロテインカイネースとしての機能を有していることが明らかになった。遺伝子対遺伝子説によれば、植物の抵抗性遺伝子の産物は病原体の分泌するエリシターを認識するレセプターとして機能する。*Pto* タンパク質のN末端には、チロシンキナーゼ型ガン遺伝子である p60<sup>src</sup> のようにミスチン酸を介して細胞膜と結合しうるメドインが存在することから、*Pto* タンパク質は細胞内ドメインを持つレセプターとして働き、かつカイネース活性により情報伝達経路において重要な機能を司っているのかも知れない。感受性品種に存在する相同な配列との構造的機

能的相違など、今後明らかにされなければならない問題も数多いが、研究の進展が楽しみである。

(抄訳 柄澤 明—東北大農)  
(KARASAWA Akira)

Map-based cloning of a protein kinase

gene conferring disease resistance in tomato

Martin, G. B., S. H. Brommonschenkel, J. Chunwongse, A. Frary, M.W. Ganai, R. Spivey, T. Wu, E.D. Earle and S.D. Tanksley

*Science* 262 : 1432-1436 (1993)

## お知らせ

「共同研究に係る試験研究費の税額控除制度」が創設される

この制度は、民間企業等が国の試験研究機関等と共同して試験研究を行った場合、当該試験研究のために支出した額の6%を税額控除できる制度であり、平成5年4月1日以降に開始する事業年度から適用されます。ただし、所得税額・法人税額の10%を限度とされています。

共同研究に係る税額控除制度の適用を希望する民間企業等においては、以下の手順が必要となります。

1. 国の試験研究機関等と民間企業等が、共同研究を実施する時に当該試験研究に要する費用の分担及びその明細を明示した契約を締結する。
2. 民間企業等が、契約書に明示した当該試験研究に係る試験研究費について当該事業年度終了後、その認定申請を国の試験研究機関等の長に行う。
3. 国の試験研究機関等の長は提出された認定申請について、その積算内訳に基づいて認定する。
4. 民間企業等は国の試験研究機関等の長が認定した証明書を税務署に提出する。

## 特別情報

## 細胞育種技術の進捗状況

1993年度

農林水産省 農業生物資源研究所 細胞育種部

中島 卓介

この資料は、1993年12月1日現在の細胞育種技術の進捗状況について、農業研究センター、農業生物資源研究所、野菜・茶業試験場、果樹試験場、草地試験場、森林総合研究所、北海道農業試験場、中国農業試験場、九州農業試験場、及び熊本県農業研究センター、群馬県農業総合試験場、大阪府立大学農学部の協力を得て取りまとめたものである。

## 1. 特記事項—本年度の特徴—

- 組換えDNA技術が着実に進展している。パーティクルガン法による遺伝子直接導入法は、プロトプラスト培養系の困難なコムギやトウモロコシを始め多くの作物に適用されている。それでも現在の組換えDNA技術は未完成といえ、今後染色体の特定部位への導入法や巨大DNA導入法など開発すべき点が多い。細胞融合も同様に技術としては未完成であり、それだけに新しい技術の開発が可能といえる。トウモロコシで細胞内細胞である卵細胞と精子の電気融合で稔実個体ができしたが、これからいくつもの新しい技術が展望されよう。
- 組換えDNA技術の育種利用に必要な有用遺伝子では、ゲノム研究の進展からトマトの耐病性遺伝子が明らかになった。ゲノム研究に寄せる期待が一段と大きなものとなってきた。
- 多くの方から本調査の問題点が指摘された。特に品種間差が不明という点である。培養系にはほぼ全ての作物に品種間差があり、したがって技術の適用にも品種間差があると考えて頂ければ幸いである。全能性の解明などの基礎研究の進展とその成果を待ちたい。

〔用語解説〕

## 培 養 系

- 茎頂培養系……………茎頂を切り出して培養し、直接植物体を得る培養系
- 腋芽培養系……………腋芽を切り出して培養し、植物体を得る培養系（樹木）
- 枝条・端・培養系……………枝の先端部分を切り出して培養し、植物体を得る培養系（樹木）
- 胚培養系……………受精後の胚又はそれを含む器官を取り出して植物を得る培養系
- 葯培養系……………葯を培養して花粉由来の半数体又は倍数体を得る培養系  
カルス経由、胚経由を含む
- 花粉培養系……………花粉を培養して花粉由来の半数体又は倍数体を得る培養系  
カルス経由、胚経由を含む
- 未受精胚培養系……………未受精の胚を含む組織・器官を取り出して培養し、雌性生殖細胞由来の半数体又は倍数体を得る培養系、カルス経由、胚経由を含む
- 体細胞不定芽形成系……………体細胞を培養した不定芽形成系で植物体を得る培養系
- 体細胞胚形成系……………体細胞を培養した不定胚形成系で植物体を得る培養系
- 懸濁細胞培養系……………Explant→カルス→振盪培養（懸濁細胞）→プレーティング→不定芽又は不定胚→再分化植物を得る培養系
- プロトプラスト培養系…プロトプラスト→不定芽又は不定胚→再分化植物を得る培養系

## 技 術

- 遺伝資源保存技術……………カルス、プロトプラスト、茎頂培養由来の植物等を試験管内又は液体窒素中で保存し、保存後再分化させる技術
- 大量増殖技術……………植物体を大量に増殖する技術、培養系は何を用いてもよい
- ウィルスフリー化技術…ウィルスをフリー化する技術、培養系は何を用いてもよい
- 人工種子形成技術……………主として体細胞胚系を用いて人工種子を作成する技術
- 試験管内受精技術……………胚珠に花粉を受精させるなど試験管内で雑種植物を得る技術
- 半数体育種技術……………葯（花粉）、胚珠培養、種間交雑（*H. bulbosum* 法等）によって半数体を作り、育種年限を短縮する技術
- 細胞選抜技術……………培養細胞（培養系は何を用いてもよい）によって、変異の誘起、ストレスによる選抜を行い、育種の効率化を図る技術
- 細胞融合技術……………細胞融合により体細胞雑種の植物体を作成する技術
- 組換えDNA技術……………特定の遺伝子、DNAをベクターの使用その他の方法で他の植物に導入して、その形質を再分化植物で発現させる技術

NAKAJIMA Kousuke



2. 細胞育種技術の現状

作物群	分 類 作物名	植物体再分化技術										細胞育種技術										備考： × 未開発 △ 報告あり ○ 可能 ◎ 安定技術
		培養系技術	茎頂培養系	腋芽培養系	枝条・端・培養系	胚培養系	薬培養系	花粉培養系	未受精胚培養系	体細胞不定芽形成系	体細胞胚形成系	懸濁細胞培養系	プロトプラスト培養系	遺伝資源保存技術	大量増殖技術	ウイルスフリー化技術	人工種子作成技術	試験管内受精技術	半数体育種技術	細胞選抜技術	細胞融合技術	
普通作物	イネ	◎	—	—	◎	◎	○	△	◎	◎	◎	◎	△	○	—	△	×	◎	○	○	◎	△ 報告あり ○ 可能 ◎ 安定技術
	コムギ	○	—	—	◎	◎	○	×	○	○	○	—	—	—	×	×	◎	○	×	○		
	オオムギ	○	—	—	◎	◎	○	×	○	○	○	—	—	—	△	×	◎	△	×	×		
	ダイズ	◎	—	—	◎	△	×	×	○	◎	△	○	—	—	—	×	×	×	○	×		
	ササゲ	◎	—	—	◎	△	×	○	×	×	△	△	—	—	—	×	×	×	×	△		
	アズキ	◎	—	—	◎	×	×	×	◎	×	×	○ <sup>3)</sup>	—	—	—	×	×	×	△	×		
	バレイショ	◎	—	—	◎	◎	○	×	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	×	×	◎	◎	◎		
	カンショ	◎	—	—	○	△	×	×	○	○	○	○	○	×	◎	×	×	×	×	△		
	トウモロコシ	○	—	—	◎	○	○	△	○	○	○	△	△	—	×	○	○	○	×	○		
ソルガム	×	—	—	○	△	×	×	○	△	○	△	×	×	—	×	×	×	○	×			
特用作物	テンサイ	○	—	—	△	△	×	○	* <sup>1)</sup>	△	* <sup>1)</sup>	△	○	○	* <sup>1)</sup>	×	×	△	△	* <sup>1)</sup>	△ <sup>2)</sup>	
	サトウキビ	◎	—	—	○	○	△	—	◎	○	◎	△	◎	◎	◎	×	×	○	◎	△		
	コンニャク	◎	—	—	×	×	×	×	×	△	×	×	×	○	◎	×	×	×	×	×		
	イグサ	◎	—	—	△	×	×	×	×	○ <sup>3)</sup>	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	ナタネ	◎	—	—	◎	◎	◎	×	◎	○	○	◎	△	△	—	×	×	◎	○	○		
	ラッカセイ	○	—	—	○	△	×	×	○	○	×	△ <sup>4,5)</sup>	△	○	×	×	×	×	×	△ <sup>6,7)</sup>		
	クワ	◎	—	—	×	△	×	×	◎	×	×	×	◎	◎	×	△	×	×	×	△		
	チャ(カメリア)	◎	—	—	◎	◎	×	○	○	○	×	×	△	○	×	×	×	△	×	×		
飼料作物	イタリアンライグラス	○	—	—	○	○	×	×	○	×	○	△	○	×	○	×	×	○	×	×		
	オーチャードグラス	○	—	—	△	×	×	×	○	△	○	△	×	×	○	×	×	×	×	△		
	チモシー	△	—	—	△	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	トールフェスク	△	—	—	○	○	×	×	○	×	○	◎	×	×	×	×	×	○	×	◎		
	ペレニアルライグラス	△	—	—	○	○	×	×	△	×	○	○	×	×	×	×	×	○	×	△		
	メドウフェスク	△	—	—	○	×	×	×	×	×	×	△ <sup>1)</sup>	×	×	×	×	×	×	×	×		
	スームズプロムグラス	×	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	ダリスグラス	×	—	—	×	×	×	×	×	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×		
	バヒアグラス	×	—	—	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	パニカム	×	—	—	△	×	×	×	×	○	△	×	×	×	×	×	×	×	△	×		
	ローズグラス	×	—	—	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	ネピアグラス	×	—	—	×	×	×	×	×	○	△	×	△	×	×	×	×	×	△	×		
パールミレット	×	—	—	×	×	△	×	×	○	○	△	×	△	×	×	×	×	△	△			
アカローバ	○	—	—	○	×	×	×	×	○	×	△	△	×	○	×	×	×	△	△			
シロクローバ	○	—	—	○	×	×	○	×	○	△	○	△	×	○	×	×	×	×	△			

作物群	分類	植物体再分化技術										細胞育種技術							備考：× 未開発 △ 報告あり ○ 可能 ◎ 安定技術				
		培養系技術	茎頂培養系	腋芽培養系	枝条・端・培養系	胚培養系	葯培養系	花粉培養系	未受精胚培養系	体細胞不定芽形成系	体細胞胚形成系	懸濁細胞培養系	プロトプラスト培養系	遺伝資源保存技術	大量増殖技術	ウイルスフリー化技術	人工種子作成技術	試験管内受精技術		半数体育種技術	細胞選抜技術	細胞融合技術	組換えDNA技術
	作物名																						
飼料作物	アルファルファ	○	—	—	○	△	×	×	×	◎	◎	○	○	◎	○	○	×	×	○	○	◎		
	パズフットレフォイル	×	—	—	×	×	×	×	△	×	×	○	△	×	×	×	×	×	△	△	○		
	スタイロサントス	×	—	—	×	×	×	×	△	×	△	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
芝草類	ベントグラス	×	—	—	×	×	×	×	×	◎	○	○	×	△	×	×	×	×	△	×	◎ <sup>2,3,4</sup>		
	レッドフェスク	△	—	—	○	×	×	×	×	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
	ノシバ	×	—	—	×	×	×	×	×	△	×	△	×	△	×	×	×	×	×	×	△ <sup>5)</sup>		
	ケンタッキーブルーグラス	×	—	—	×	×	×	×	△	×	△	△ <sup>6)</sup>	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
野菜	キュウリ	○	—	—	○	△	×	×	◎ <sup>1)</sup>	◎	○	◎	×	○	—	×	×	△	×	△	△		
	メロン	○	—	—	○	△	×	△	○	◎	×	◎	△	○	—	×	△	△	×	△	○		
	スイカ	○	—	—	△	×	△	×	○	○	×	×	×	○	—	×	△	△	×	×	×		
	カボチャ	○	—	—	○	×	×	×	○	○	×	×	×	△	—	×	△	△	×	△	×		
	トマト	◎	—	—	◎	○ <sup>2)</sup>	×	×	○	×	×	○	△	○	—	×	×	△	○	○	◎ <sup>3)</sup>		
	ナス	◎	—	—	○	◎	△	×	○	◎	○	◎	×	○	—	×	×	◎	×	○	○		
	ピーマン	◎	—	—	○	◎	×	×	○	△	×	△	×	○	—	×	×	◎	×	×	×		
	ダイコン	◎	—	—	◎	○	△	×	○	×	×	△	×	×	—	×	×	×	×	△	×		
	キャベツ	◎	—	—	◎	○	○	×	○	○	×	◎	×	○	—	△	△	○	△	◎	△		
	ハクサイ	◎	—	—	◎	◎	◎	×	○	○	×	○	×	△	—	×	○	○	×	○	△ <sup>4)</sup>		
	ブロッコリー	◎	—	—	◎	◎	◎	×	○	○	×	◎	×	○	—	×	△	○	×	○	△		
	イチゴ	◎	—	—	×	○ <sup>5)</sup>	△	×	○	○	×	△	○	◎	◎	×	×	△	△	×	○		
	タマネギ	◎	—	—	△	△	×	△	○	○	○	△	×	○	△	×	×	△	△	△	△		
	ネギ	○	—	—	△	×	×	×	○	△	○	△ <sup>6)</sup>	×	○	○	×	×	×	△	×	×		
	ニンニク	◎	—	—	×	×	×	×	○	○	×	×	○	○	◎	×	×	×	×	△	×		
	アスパラガス	◎	—	—	△	○	△	×	○	◎	◎	○	○ <sup>7)</sup>	◎	○	×	×	△	△	×	△		
	エンドウ	○	—	—	△	×	×	×	×	△	×	△	△	△	—	×	×	×	×	×	○		
	インゲンマメ	◎	—	—	○	×	×	×	×	△	×	×	×	×	—	×	×	×	×	×	△		
	ニンジン	○	—	—	×	△	×	×	○	◎	◎	◎	△	◎	—	○	×	×	○	◎	○		
	セロリー	○	—	—	×	×	×	×	×	◎	◎	◎	△	◎	—	○	×	×	○	○	○		
菜	レタス	○	—	—	×	×	×	×	○	○	◎	◎	◎	—	○	×	×	×	○	○			
	ゴボウ	○	—	—	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	—	×	×	×	×	×			
	サトイモ	◎	—	—	△ <sup>8)</sup>	×	×	×	△	△	×	×	○	◎	◎	×	×	×	×	×			
	ヤマノイモ	○	—	—	×	×	×	×	△	△	×	×	△	△	○	×	×	×	×	×			
	ホウレンソウ	○	—	—	×	×	×	×	△	△	×	△	×	△	—	×	×	×	×	×			
フキ	◎	—	—	×	×	×	×	×	×	×	○	○	◎	◎	×	×	×	△ <sup>9)</sup>	×	×			
キク	◎	—	—	△	×	×	×	◎	△	△	○	○	○	◎	×	×	×	×	×	○ <sup>1)</sup>			

作物群	分類	植物体再分化技術										細胞育種技術										備考：× 未開発 △ 報告あり ○ 可能 ◎ 安定技術		
		培養系技術	莖頂培養系	腋芽培養系	枝条・端・培養系	胚培養系	葯培養系	花粉培養系	未受精胚培養系	体細胞不定芽形成系	体細胞胚形成系	懸濁細胞培養系	プロトプラスト培養系	遺伝資源保存技術	大量増殖技術	ウイルスフリー化技術	人工種子作成技術	試験管内受精技術	半数体育種技術	細胞選抜技術	細胞融合技術		組換えDNA技術	
	作物名																							
花	ツツジ類	◎	—	—	△	×	×	×	△ <sup>2)</sup>	×	×	○	◎	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ユリ類	◎	—	—	◎	×	×	×	◎	×	×	△	△	◎	◎	×	△	×	×	×	×	×	×	
	チューリップ	△	—	—	△	×	×	×	○	×	×	×	×	△	△	×	△	×	×	×	×	×	×	
	カーネーション	◎	—	—	△	×	×	×	○	△ <sup>3)</sup>	△	△	○	○	◎	×	△	×	△	×	○ <sup>4)</sup>	△	△	
	ラン類	◎	—	—	◎	×	×	×	◎	×	×	△	×	◎	◎	×	×	×	×	×	△	△	△	
	ストック	×	—	—	×	×	×	×	△	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	スターチス類	◎	—	—	×	×	×	×	×	×	×	△	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	トルコギキョウ	△	—	—	×	×	×	×	◎	×	×	○	×	○	×	×	×	×	×	△	×	△	△	
	ペチュニア	◎	—	—	×	○	×	○	◎	×	×	◎	×	◎	○	×	△	△	×	◎	◎	◎	◎	
	ヒマワリ	○	—	—	○	×	×	×	○	○ <sup>5,6)</sup>	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	
	リンドウ	○	—	—	×	△	△	×	△ <sup>7,8)</sup>	△	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ガーベラ	◎	—	—	×	×	×	×	○ <sup>9)</sup>	△ <sup>10)</sup>	×	×	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	
	グラジオラス	◎	—	—	×	×	×	×	×	△ <sup>11)</sup>	×	×	×	◎	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	
	フリージア	◎	—	—	×	×	×	×	×	△	×	×	×	◎	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	
	シクラメン	○	—	—	○	△	×	×	○	○	△	△	×	○	×	×	×	×	×	×	×	△ <sup>12)</sup>	△	
き	ペゴニア類	×	—	—	×	×	×	×	◎	×	×	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	プリムラ類	○	—	—	△	△	×	×	△	×	×	×	△	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ゼラニウム類	◎	—	—	◎	△	×	×	○	○	×	○	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	
	バラ	○	—	—	×	×	×	×	○	○ <sup>13)</sup>	△ <sup>14)</sup>	△	×	◎	○	×	×	×	×	×	×	○ <sup>15)</sup>	○	
	ツバキ	○	—	—	○	×	×	×	△	○	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
果	ブドウ	◎	—	—	○	△	△	○	◎	◎	○	△	◎	◎	◎	×	×	△	×	△ <sup>1)</sup>	○	○	○	
	カキ	◎	—	—	○	×	×	×	△	△	×	○	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	△	△	
	クリ	○	—	—	×	×	×	×	△	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ビワ	○	—	—	×	×	×	×	×	△	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	オウトウ	◎	—	—	○	×	×	×	△	×	×	○	△	◎	○	×	×	×	×	△	×	×	×	
	西洋ナシ	◎	—	—	×	×	×	△	△	×	×	○	△	◎	○	×	×	×	×	△	×	×	×	
	パイナップル	◎	—	—	×	×	×	×	◎	×	×	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ブルーベリー	◎	—	—	△	×	×	×	○	×	×	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	キウイ	◎	—	—	△	×	×	×	◎	×	○	○	△	◎	×	×	×	×	×	×	×	◎	◎	
	ザクロ	◎	—	—	×	×	×	×	○	×	○	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
樹	カンキツ	◎	—	—	◎	◎	○	◎	△	◎	◎	◎	△	◎	◎	×	×	○	○	◎	◎	◎	◎	
	リンゴ	◎	—	—	○	△	△	○	◎	△	×	○	○	◎	◎	×	×	△	×	×	◎	◎	◎	
	日本ナシ	◎	—	—	×	×	×	×	△	△	×	×	○	◎	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	
	モモ	◎	—	—	◎	×	×	×	○	○	×	×	△	◎	◎	×	×	×	○	×	△	△	△	



作物群	分類 植物名	植物体再分化技術										細胞育種技術								備考: × 未開発 △ 報告あり ○ 可能 ◎ 安定技術		
		培養系技術	莖頂培養系	腋芽培養系	枝条・端・培養系	胚培養系	葯培養系	花粉培養系	未受精胚培養系	体細胞不定芽形成系	体細胞胚形成系	懸濁細胞培養系	プロトプラスト培養系	遺伝資源保存技術	大量増殖技術	ウイルスフリー化技術	人工種子作成技術	試験管内受精技術	半数体育種技術		細胞選抜技術	細胞融合技術
樹	スモモ	◎	—	—	○	×	×	×	△	×	×	△	△	◎	◎	×	×	×	×	×	△	△ 報告あり
	アンズ	△	—	—	○	×	×	×	△	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	△	
	ウメ	×	—	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
木	スギ	○	×	○	◎	×	×	×	×	×	△	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
	ヒノキ	×	×	○	◎	×	×	×	×	△ <sup>1)</sup>	△	△	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
	アカマツ	×	×	△ <sup>2)</sup>	◎	×	×	×	×	×	△	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	
	クロマツ	×	×	○	◎	×	×	×	×	×	△	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	
	ワカマツ	×	×	◎	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	カラマツ	×	○	○	◎	×	×	×	×	○	×	△	×	△	×	×	×	△	×	×	○	
	グイマツ雑種	○	×	○	◎	×	×	×	△	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
	イヌマキ	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ヒムロ	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	カリビアマツ	×	×	○	○	×	×	×	×	○	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ドイツトウヒ	×	×	○	○	×	×	×	○	◎	◎	○	×	○	×	○ <sup>3)</sup>	×	×	×	×	△	
	ラジアータマツ	○	×	×	◎	×	×	×	×	○	○	△	○	◎	×	△ <sup>3)</sup>	×	×	×	×	△	
	テーダマツ	×	×	×	◎	×	×	×	×	○ <sup>3)</sup>	○	△	×	◎	×	○ <sup>3)</sup>	×	×	×	×	△	
	ギンドロ	◎	×	◎	×	×	×	×	○	×	○	◎	×	○	×	×	×	×	×	○	×	
	ヤマナラシ	×	×	○	×	○	×	×	○	×	○	◎	×	○	×	×	×	×	×	○	△	
	ヒロハハコヤナギ	◎	×	◎	×	○	×	×	○	×	×	○	×	○	×	×	×	△ <sup>4)</sup>	×	○	×	
	ポプラ類	◎	×	◎	×	○	×	×	○	○	○	◎	△ <sup>5)</sup>	◎	×	×	×	○	×	○	○	
	トチノキ	○	◎	×	△ <sup>6)</sup>	△ <sup>6)</sup>	△	×	×	◎	×	×	×	○	×	×	×	△	×	×	×	
	シラカンバ	◎	○	◎	×	×	×	×	○	△	○	△	×	◎	×	○	×	×	×	×	×	
	クヌギ	×	◎	×	◎	×	×	×	×	○	○	△	×	◎	×	○	×	×	×	×	×	
コナラ	×	◎	×	◎	×	×	×	△	○	○	△ <sup>7)</sup>	◎	◎	×	×	×	×	×	△	×		
ミズキ	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
キハダ	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×		
ミツマタ	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
キリ	◎	×	×	×	×	×	×	○	×	△	×	◎	○	△	×	×	×	×	×	×		
ミズメ	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△ <sup>8)</sup>	×	×	×	×	×	×	×		
シナノキ	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
サクラ	○	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×		
フユボダイジュ	×	○	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×		
ユーカリ	◎	◎	○	×	×	△ <sup>9)</sup>	×	△	△	△	◎	×	◎	×	×	×	×	○	△	○		
アキニレ	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		



作物群	分類	植物体再分化技術										細胞育種技術								備考： × 未開発 △ 報告あり ○ 可能 ◎ 安定技術				
		培養系系	茎頂培養系	腋芽培養系	枝条・端・培養系	胚培養系	薬培養系	花粉培養系	未受精胚培養系	体細胞不定芽形成系	体細胞胚形成系	懸濁細胞培養系	プロトプラスト培養系	遺伝資源保存技術	大量増殖技術	ウイルスフリー化技術	人工種子作成技術	試験管内受精技術	半数体育種技術		細胞選抜技術	細胞融合技術	組換えDNA技術	
樹	イヌエンジェ	×	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△
	ケヤキ	×	◎	×	×	×	×	×	△ <sup>10)</sup>	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	ハゼノキ	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	ニセアカシア	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
木	ヤマモモ	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	カジノキ	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	コウゾ	×	○	◎	×	×	×	×	○	×	○	◎	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	
	タバコ	◎	—	—	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	—	—	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

〔技術評価〕

- × 未開発 研究が行われていないか、または実施されていても未だ成果が報告されていない。
- △ 報告あり 一報でもポジティブな報告がある。
- 可能 複数の研究者から報告があり、再現性が確かめられている。
- ◎ 安定技術 該当培養系を用いた開発研究が行われている。

3. 細胞育種技術の進捗状況文献

1993年調査で新たに△、○または◎になったものを中心に記載

普通作物

- 1) コムギ  
Weeks, J.T. et al. (1993) *Plant Physiol.* 102 : 1077-1084
- 2) コムギ  
Vasil, V. et al. (1993) *Bio/Technology* 11 : 1553-1558
- 3) アズキ  
Sato, T. et al. (1993) *Japan J. Breed.* 43 : 183-191

特用作物

- 1) テンサイ  
確実な情報はないが、海外の種苗会社で行われていると推定される。
- 2) テンサイ  
D'Halluin, K. et al. (1992) *Bio/Technology* 10 : 309-314
- 3) イグサ  
新倉 克巳ら (1992) 九州農業研究 54 : 20
- 4) ラッカセイ  
Li, Z.J. et al. (1993) *Plant Cell Tissue and Organ Cult.* 34 : 83-90
- 5) ラッカセイ  
Wei, Z.-M. et al. (1993) XV International Botanical Congress in Yokohama, Abstracts, 547
- 6) ラッカセイ  
Li, Z.J. et al. (1992) Proceedings of the 24th American Peanut Research and Education Society Meeting, 19

- 7) ラッカセイ  
Brar, G.S. et al. (1992) Proceedings of the 24th American Peanut Research and Education Society Meeting, 21

飼料作物・芝草類

- 1) メドウフェスク  
Wang, Z.Y. et al. (1993) *Plant Cell Reports* 12 : 95-100
- 2) ベントグラス  
黒田 浩文ら (1993) 育種学雑誌 43(別1) : 125
- 3) ベントグラス  
趙 徹ら (1993) 育種学雑誌 43(別2) : 23
- 4) ベントグラス  
Zhong, H. et al. (1993) *Plant Cell Reports* 13 : 1-6
- 5) ノシバ  
猪熊 千恵ら (1993) 育種学雑誌 43(別2) : 24
- 6) ケンタッキーブルーグラス  
Nielsen, K.A. et al. (1993) *Plant Cell Reports* 12 : 537-540

野菜

- 1) キュウリ  
Shetty, K. et al. (1992) *Plant Tissue Culture Letters* 9 : 104-108
- 2) トマト  
岡山県-2 (1992) 平成3年度野菜試験研究成績概要集 (公立) 近畿・中国 (II) p. 248-249
- 3) トマト  
佐藤 隆徳ら (1993) 園芸学雑誌 62(別2) : 234-

- 235
- 4) ハクサイ  
長野県-13 (1993) 平成4年度野菜試験研究成績概要集(公立)関東・東海(II) p. 598-599
  - 5) イチゴ  
岡山県-1 (1993) 平成4年度野菜試験研究成績概要集(公立)近畿・中国(II) p. 188-189
  - 6) ネギ  
鳥取県-31~35 (1993) 平成4年度野菜試験研究成績概要集(公立)近畿・中国(II) p. 31-35
  - 7) アスパラガス  
広島県-48 (1993) 平成4年度野菜試験研究成績概要集(公立)近畿・中国(II) p. 378-379
  - 8) サトイモ  
愛媛県-5 (1993) 平成4年度野菜試験研究成績概要集(公立)近畿・中国(II) p. 192-193
  - 9) フキ  
愛媛県-21 (1993) 平成4年度野菜試験研究成績概要集(公立)関東・東海(III) p. 422-423
- 花 き
- 1) キク  
Renou, J.P. et al. (1993) *Plant Sci.* 89 : 185-197
  - 2) ツツジ類  
Iapichino, G. et al. (1991) *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 27 : 37-43
  - 3) カーネーション  
Frey, L. et al. (1992) *HortScience* 27 : 63-65
  - 4) カーネーション  
Cornish, E.C. et al. (1991) 31st Annual General Meeting of the Australian Society of Plant Physiologists, Australian National University, 2-4 October 1991: Abstract No. 65
  - 5) ヒマワリ  
Finer, J.J. (1987) *Plant Cell Reports* 6 : 372-374
  - 6) ヒマワリ  
Freyssinet, M. and Freyssinet, G. (1988) *Plant Sci.* 56 : 177-181
  - 7) リンドウ  
村山 徹ら (1993) 園芸学雑誌 62(別2) : 490-491
  - 8) リンドウ  
城守 寛ら (1993) 園芸学雑誌 62(別2) : 492-493
  - 9) ガーベラ  
Honkanen, J. et al. (1992) *Acta Horticulturae* 300 : 341-346
  - 10) ガーベラ  
Reynold J.P. et al. (1993) *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 33 : 203-210
  - 11) グラジオラス  
霞 正一ら (1993) 園芸学雑誌 62(別2) : 500-501
  - 12) シクラメン  
山田 兼一ら (1993) 育種学雑誌 43(別1) : 112
  - 13) バラ  
Rout, G.R. et al. (1991) *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 27 : 65-69
  - 14) バラ  
今井田一夫ら (1993) 園芸学雑誌 62(別2) : 496-497
  - 15) バラ  
Firoozabady, E. et al. (1991) *In Vitro Cellular and Developmental Biology* 27 : 154A. (Abstract)
  - 16) ツバキ  
San-Jose, M.C. and Vietez, A.M. (1992) *J. Hort. Sci.* 67 : 677-683
- 果 樹
- 1) ブドウ  
萩原 貴子ら (1993) 第13回植物組織培養学会講演要旨 p. 58
- 樹 木
- 1) ヒノキ  
毛利 武・石井 克明 (1993) 第43回日本木材学会大会研究発表要旨集 p. 477
  - 2) アカマツ  
福島 勉 (1993) 島根県林業技術センター研究報告 44 : 13-26
  - 3) ドイツトウヒ・ラジアータマツ・テーダマツ  
Gupta, P.K. et al. (1991) *In. Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants*, Academic Press, Vol. 8, 75-93
  - 4) ヒロハハコヤナギ  
Uddin, M.R. et al. (1998) *Can. J. For. Res.* 18 : 937-941
  - 5) ポプラ類  
Son, S.H. et al. (1991) *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 27 : 161-168
  - 6) トチノキ  
Kiss, J. et al. (1992) *Plant Cell Tissue and Organ Cult.* 30 : 59-64
  - 7) コナラ  
Sasamoto, H. and Hosoi, Y. (1992) *Plant Cell Tissue and Organ Cult.* 29 : 241-245
  - 8) ミズメ  
川尻 秀樹・茂木 靖和 (1993) 第41回日本林学会中部支部大会論文集 17-18
  - 9) ユーカリ  
立道 良泰ら (1993) 第41回日本林学会中部支部大会論文集 21-23
  - 10) ケヤキ  
大塚 和人ら (1993) 第44回日本林学会関東支部大会論文集 79-80

#### 編集後記

本号では、生研機構が昨秋2回にわたって実施したBRAINセミナー「冷害とバイオテクノロジー」から3題を選んでミニ特集を組みました。耐冷性も病害抵抗性も遺伝子レベルの研究段階に入り、耐冷性あるいは耐病性品種が遺伝子操作によって作られる日も近いのではないかと期待されます。

さて、本誌も発刊以来満7年が経過し、42号を発行することができました。これは、ひとえに購読者の皆様と関係の方々の温いご理解とご支援によるものと厚くお礼申し上げます。7年が経過するなかで、バイオテク事情も

だいぶ変わり、いよいよ具体的成果品が求められるようになりました。本誌もこのような変化とニーズに対応するため、2月25日に報道、企業、団体、大学、農水省、県のバイオテク関連の責任者の方々にお集りいただき、編集懇談会をもちました。貴重なご意見を多数いただきましたので、今後誌面の改善に反映させたいと考えています。今後ともよろしく願います。なお、本誌についてお気づきの点、ご意見がありましたら、生研機構あるいは編集係まで、いつでもお寄せいただきますようお願いいたします。 (大畑記)

## ブレイン テクノニュース (第42号)

平成6年3月15日発行

発行者 浜口 義 曠

発行所 生物系特定産業技術研究推進機構

〒160 東京都新宿区新宿6丁目24-16 日本生命新宿6丁目ビル3F  
TEL. 03-3205-6565 FAX. 03-3205-6566

編 集 (社)農林水産技術情報協会

〒103 東京都中央区日本橋兜町15-6 製粉会館6F  
TEL. 03-3667-8931 FAX. 03-3667-8933