

# BRAIN

Bio-oriented Technology Research Advancement Institution

## TECHNO NEWS

〈生研機構〉

### ブレインテクノニュース

# 第 88 号

NOVEMBER 15, 2001



### 野菜生産機械化一貫体系の確立に向けて

キャベツ収穫装置(1) 生研機構園芸工学研究部 長木 司氏原図  
長ネギ調製装置(2a,b,c) 生研機構園芸工学研究部 大森定夫氏原図

## 目 次

### 総 説

- 野菜生産機械化一貫体系の確立に向けて ..... 1  
 長木 司 (生物系特定産業技術研究推進機構 園芸工学研究部)

### 国内情報

- 長ねぎ調製装置の開発 ..... 5  
 大森定夫 (生物系特定産業技術研究推進機構 園芸工学研究部)
- 緊プロによる新型キャベツ収穫機の紹介 ..... 8  
 黒宮伸夫 (ヤンマー農機株式会社中央研究所企画部)
- 植物の葉への処理によって根や胚軸で誘導される病害抵抗性 ..... 12  
 窪田昌春 (独立行政法人・農業技術研究機構 野菜茶業研究所果菜研究部)
- 果実をたたき熟期をつかむ非破壊果肉硬度計の実用化 - Firm Tester SA-Iの開発 - ..... 16  
 杉山純一 (独立行政法人・食品総合研究所 食品工学部電磁波情報工学研究室)
- 全ての口蹄疫ウイルス感染が検出できる血清診断法の開発 ..... 20  
 井上 互・衛藤真理子\*・佐伯隆清 (独立行政法人・農業技術研究機構 動物衛生研究所,  
 \*農林水産省動物検疫所)
- 産業用酵素の分子レベルでの特性改良 ..... 24  
 林 清・金子 哲・町田幸子・蕪澤 悟・本多裕司・北岡本光 (独立行政法人・食品総合研究所)

### 地域の先端研究

- 染料添加人工飼料による多様なカラー繭の作出技術 ..... 28  
 岸 弘子・清水 治 (群馬県蚕業試験場 栽桑育蚕部)

### 文献情報

- コネキシン43由来のギャップジャンクションによる細胞間コミュニケーションが  
 マウス卵胞発育に必要である ..... 31  
 Cheryl L. Ackert et al. (Developmental Biology, 233, 258-270, 2001)  
 抄訳: 木村直子 (東北大学大学院農学研究科)
- 酵母のSch9による寿命とストレス抵抗性の制御 ..... 32  
 Paola Fabrizio et al. (Science, 1219, 288-290, 2001)  
 抄訳: 荻原 深 (広島大学大学院先端物質科学研究科)
- 花粉管は助細胞に惑わされて伸長する ..... 33  
 T. Higashiyama et al. (Science, 293 (24 August), 1480-1483, 2001)  
 抄訳: 岩井純夫 (鹿児島大学農学部)
- イネのKNOXホメオドメインタンパク質OSH15の保存領域の機能解析 ..... 34  
 H. Nagasaki et al. (The Plant Cell, 13, 2085-2098, 2001)  
 抄訳: 春原英彦 (東京大学大学院農学生命科学研究科)
- パイロジェン試験における新時代 ..... 35  
 Jeak L. Ding & Bow Ho (TRENDS in Biotechnology, 19, 277-281, 2001)  
 抄訳: 北川剛史 (マルハ株式会社中央研究所)

### 海外便り

- イネとトウモロコシのQTLシンテニー-イタリア・ミラノ大学における一年間- ..... 36  
 石丸 健 (独立行政法人・農業生物資源研究所)

#### 表紙写真説明

1: キャベツ収穫機と追従型運搬車, 2: 長ねぎ調製装置で, aは自動型シングル方式, bは自動型ダブル方式, cは半自動型を示す。これら野菜生産機械については, 総説1~4頁, 国内情報5~7頁, 8~11頁をご覧ください。

#### 裏表紙写真説明

1: 染料添加人工飼料育によって作出されたカラー繭, 2: 蚕体内の絹糸腺液状絹タンパク質の染料による染色状況の差異 (上: ニュートラルレッド, ローダミンBによる中部絹糸腺と後部絹糸腺の共染, 下: ダイロンネイビー®による中部絹糸腺主体の着色), 3: カラー繭から繰糸したカラー生糸のサンプルを示す。詳細については, 地域の先端研究28~30頁をご覧ください。

◀総説▶

# 野菜生産機械化一貫体系の確立に向けて

生物系特定産業技術研究推進機構 園芸工学研究部長

長 木 司

水稲作では、バインダ、自脱コンバイン、田植機などが実用化され、見事な機械化一貫体系を確立してきた。野菜作においても、その再来が期待されており、緊急開発事業などで積極的に開発研究が進められている。その結果、野菜生産機械化一貫体系の確立に展望が開けるとともに、解決すべき課題が明確になってきた。特に機械化の遅れている収穫から出荷に至る作業では、効率的なハンドリング体系の構築や通い容器などを利用した共同集出荷による生産コスト低減が重要な課題である。

## 1. はじめに

野菜生産における作業は、土壌管理、植え付け、生育管理、収穫、調製など多岐にわたっている。また、その種類も多く、それぞれの特質によって機械化の進み方に大きな差が生じている。これらの進展度合いは表1のとおりであり、機械化一貫体系確立のネックとなっているのは、間引き・株間除草を除き、収穫・調製であることがわかる。ここでは機械化体系の現状と機械開発の課題について触れたい。

表1 露地野菜生産における機械化の現状

	土壌管理	植え付け	生育管理			収穫	運搬	調製
			防除	中耕培土	間引き 株間除草			
根菜類	○	○	△～○	○	×	△～○	△～○	△～○
葉茎菜類	○	△～○	△～○	○	×	×～○	△	×～△
果菜類	○	△	△～○	○	マルチ	×	△	×～△

○：作業者は機械操作のみ  
 △：要補助作業者 or 半自動作業機  
 ×：手作業 or 補助的作業機

## 1. 土壌管理

### (耕うん・畝立て・施肥)

この作業は土壌条件の違いによる対応を要するが、水稲作や畑作用の機械が利用可能であり、ほぼ100%機械化がなされている。しかし、一見機械化一貫体系の確立に関係のない作業と思われるが、畝立て作業は特に重要な鍵を握っている。この畝立て作業によって、畝溝の間隔である畝幅が決まるが、これはほ場に線路を引くようなもので、以後の作業に利用できる作業機の仕様や走行部の輪距を限定することとなる。野菜作では、この畝幅が野菜の種類や地域によって大きく異なってお

NAGAKI Tsukasa

〒331-8537 さいたま市日進町1-40-2

り、その標準化が機械化一貫体系確立の課題の一つとなっている。例えば、水稲作では北海道の一部を除いて条間が30cmに統一されており、田植機からコンバインに至る機械化体系の進展に大きく寄与している。

当然、野菜についても主要なものを対象に、「機械化のための標準的栽培様式」が農林水産省によって定められている。表2にその概要を示すが、基本的な畝幅が45cm, 60cm, 75cm, 90cm, 120cmと多いほか、1畝に複数条の植え付けを行うものもあり、さらに簡素化が望まれる。



## 2. 植え付け（播種・育苗・移植）

植え付け作業では、手植えや半自動式の移植機に代わり、全自動移植機が利用されるよ

表2 機械化のための標準的栽培様式 (cm)

作物	1畝条数	畝幅	条間	株間
キャベツ	1条	45、60	45、60	30～45
	2条	120	45～60	30～45
ハクサイ	1条	60	60	30～50
	2条	120	40～60	30～50
レタス	1条	45	45	25～40
	2条	90	40～45	25～40
ハウレンソウ	4～6条	120	15～20	2～15
	平畝全面	制限無	15～20	2～15
長ネギ	1条	90,120	90,120	2～4
ダイコン	1条	60	60	25～35
	2条	120	30～60	25～35
ニンジン	2条	60	15～20	5～15
	4条	120	15～20	5～15
ゴボウ	1条	60	60	5～15
バレイショ	1条	75	75	20～35

うになったが、その普及には、プラスチック製のセル育苗トレイを利用した育苗技術の向上が大きく寄与している。全自動移植機では、碁盤状に並んだ小さなセルから、苗をピンセット状のピックアップ装置で抜き取り、移植装置に供給する機構が採用されている。これらの育苗トレイについては、当初、全自動移植機を開発した各社が各々の仕様で生産し、互換性はなかったが、緊急開発事業の中で標準化を図り、標準トレイとして広く利用されている（セル数：128, 200, 288）。また、利用する育苗トレイのセル数が変わっても、移植機側でこれに対応する機能が備えられている。

## 3. 生育管理

（防除・中耕培土・除草・間引き）

生育管理作業のうち、防除や中耕培土には、動力噴霧機や小型管理機が利用されているほか、除草や間引きについても、管理機による土寄せや単粒播種などの作業技術的手法によって省力化が図られている。さらに効率向上と軽労化を図るため、乗用型の走行部に種々の作業機を搭載できる野菜栽培管理ビークルが緊急開発事業において開発されている。この特徴は、外径の大きな車輪を4個備え、立毛中の作物間を走行できることである。この機能を効果的に利用するためには、走行部の輪距と作物の畝幅に整合性が必要であるが、表2の「機械化のための標準的栽培様式」で定めた畝幅の大半が45cm, 60cm及び120cmになっていることから、120cmと135cmの輪距を必須としている。また、作業機の搭載装置についても、容易に着脱ができる標準仕様を定めている。

## 4. 収穫（収穫・運搬）

野菜の種類は表1のように、根菜類、葉茎菜類、果菜類に大別できるが、収穫の機械化の現状は、その種類によって異なっている。収穫する部分が土の中にある根菜類ではかなり普及しており、また、タマネギ、長ネギ、キャベツなど葉茎菜類についても、収穫機の実用化が進められている。このように、果菜類以外は機械収穫ができる見通しが得られつつあるが、なお、収穫以降出荷に至る作業の合理化が課題として残されている。

## 1) 根菜類

イモ類は作物を畝ごと掘り上げ、ふるい状のコンベヤで地上又は収穫機上に搬送する方式の収穫機が利用されている。また、ダイコン、ニンジン、ゴボウ、（タマネギ）については、作物周辺の土壌を振動式の破碎刃で軟らかくしたうえで、地上部を挟持して引抜く収穫機が利用されている。さらに、緊急開発

事業でも、汎用いも類収穫機、だいこん収穫機など高機能な機械が開発され、実用化している。

根菜類は集出荷施設でまとめて洗浄・選別されるものが多く、収穫機や大型コンテナを利用する体系化も進んでいる。

## 2) 葉茎菜類

長ネギについては、イモ類の収穫機と同様に作物を畝ごと掘り上げ、同時に葉の上部を挾持して収穫するねぎ収穫機が開発され、普及台数を伸ばしている。

一方キャベツ等の結球葉菜についても、安定して作業ができる収穫機が開発されている。

しかし、外葉枚数などの出荷基準をクリアするためには、再調製を要するものがあるほか、ほ場からの搬出量も大量であることから、収穫・運搬+集出荷施設利用についての取り組みが検討されている。その一例として、収穫機に運搬車を伴走させる方法が考えられており、図1のように収穫機と運搬車の走行レバーをロープで連結して追従させるものが開発されている。この運搬車では、空容器などの取扱いを容易にするため、荷台を上下2段にしたものや、大型のコンテナを利用するものも研究されている。

## 5. 調製（調製・出荷）

収穫された野菜は、出荷基準に従って不要部分を除去するなどの調製・出荷作業が行われるが、今後生産コスト低減や流通の合理化を図るためには、共同集出荷施設での高速処

理が不可欠である。しかし、軟らかくサイズの異なるものを処理することから、手作業に頼らざるを得ない工程が残されており、その能率向上が機械化推進の鍵となっている。

### 1) 根菜類

根菜類の多くは水で洗浄されることから、水槽を介して作物を大量に扱うことができるほか、作物もしっかりしており、共同集出荷施設で扱われるものが多い。

### 2) 葉菜類

長ネギは集出荷施設でも、根切りと空気を利用した皮むき作業が従来どおり人手によって行われている。しかし、熟練を要するほか騒音下の作業であり、

その環境整備と能率向上が求められている。緊急開発事業では、施設で利用することを目標として、根切りには簡単な光センサを利用し、皮むきには空圧ノズルを内蔵したダクトがネギを覆うように作動するねぎ調製ロボットが開発されている。さらに能率向上を図るため、複数本を同時に処理できるものも開発され、実用化が進められている。長ネギでは葉部を3本に仕上げるなどの出荷基準があり、能率向上を図るためにも、その緩和が望まれる。

ハウレンソウなどの軟弱野菜については、根部切断と不要な外葉の除去を回転ブラシや風圧を利用して行う軟弱野菜調製装置が緊急開発事業で開発され、普及しつつある。さらに計量・包装（結束）まで行うものについても、研究が進められている。

結球葉菜については、機械収穫後、包丁などによる再調製を要するが、その効率化を図



図1 キャベツ収穫と追従型運搬車

## 4 総説

るため、キャベツを対象とし、集出荷施設内でコンベヤ搬送をしながら切断装置によって外葉を切除する結球葉菜調製選別装置の開発が進められている。キャベツ収穫機との関係を前提としているが、装置への供給や箱詰め作業の能率向上が鍵となっている。

### おわりに

以上のとおり、野菜作の機械化については、幅広く研究が行われ、飛躍的に進展してきた。これらの機械を水稲作用の機械に例えると、全自動移植機は田植機に、葉茎菜類収穫機は

バインダーに、根菜類収穫機は自脱コンバインに匹敵するものと考えられる。また、自動脱穀機に匹敵する調製装置も一部実用化している。しかしなお、葉茎菜類等では、作物を個別に処理する調製、箱詰めなどの手作業が残されており、その省力化が急務となっている。そのためには、収穫機の作業精度向上、集出荷施設等で作物を効率良く大量にハンドリングできるシステム開発のほか、出荷基準の緩和や通い容器の利用など、流通体系の合理化も不可欠である。このほか、機械化一貫体系に適応性の高い品種の普及が望まれている。

## ◀国内情報▶

## 長ねぎ調製装置の開発

生物系特定産業技術研究推進機構 園芸工学研究部

大 森 定 夫

長ねぎの根切り、皮むき、葉切りを一工程で行う「長ねぎ調製装置」を開発した。開発装置には、これらの作業を自動で行い、時間当たり約500本処理可能な自動型シングル方式と、時間当たり約1,000本処理可能な自動型ダブル方式がある。また、作業者が補助的な作業をすることによって装置を簡素化した、半自動型がある。いずれのタイプも皮むきは自動的に行うため、騒音源となる皮むき部を防音カバーで覆い、騒音の低減が図られている。

## 1. はじめに

長ねぎの多くは、収穫した後に不要な根を切り、表面の皮を1～3枚程度むき、所定の長さに葉を切りそろえて出荷されている。この長ねぎ生産には、10a当たり約460時間もその3分の1以上に当たる約170時間を要するなど、これらの作業が生産規模拡大を阻む1つの要因となっている。特に、根切り・皮むき・葉切りの調製作業は、商品としての付加価値を付けるため繊細な作業が要求され、一部機械の利用はあるものの、手作業に頼っている部分が多い。また、根切りについては、切り過ぎると商品価値が低下し、切り不足だと皮むき作業時にむき残しが出て能率が落ちる等の問題があり、作業には熟練を要する。さらに、皮むき作業については、圧縮空気を利用した皮むき機械が多く普及しているが、この皮むき機は作業時の騒音が大きいため、作業員への健康障害（難聴）や、周囲への騒音が問題となっている。一方、近年の輸入ねぎに対抗するための生産性向上も叫ばれており、省力化や低コスト化を可能とする高効率な長ねぎ調製装置の開発が要望されている。

このような背景の下、生研機構ではねぎ収穫機を農業機械等緊急開発事業（通称：緊プロ）で開発し、既に平成10年度に販売される

OMORI Sadao  
〒331-8537 さいたま市日進町1-40-2

に至っている。また、同じく緊プロ事業により平成10～12年度の3カ年で、メーカー参画（参画企業：㈱マツモト、㈱ちくし号農機製作所）のもと、高精度で根切り・皮むき・葉切りが可能な長ねぎ調製装置の開発を行った。以下に、開発した長ねぎ調製装置を紹介する。

## 2. 開発装置の概要

収穫された長ねぎは、ハサミや包丁によって1本ずつ根を切った後、圧縮空気を利用して不要な外葉をむいて取り除き、出荷規格の長さ（60cm程度）に葉を切りそろえて出荷されている。根切りは、切り過ぎる（茎盤部を全て切り落とす）と芯が飛び出して商品価値を下げってしまう。逆に、浅く切る（根が残る）と皮むき時に根の部分にむけ残りが生じて皮むき作業の能率が低下する。そのため適正な位置での切断が要求され、作業には熟練を要する。また、皮むき作業についても、圧縮空気を作用させ不要な外葉を取り除く作業を行うが、その時皮のむき始め位置（圧縮空気を作用させ始める位置）の判断を誤ると、ねぎを損傷させてしまうため、根切り作業と同様に熟練を要する。

開発装置は作業員が1名で、熟練を要することなく、収穫された長ねぎの根切り・皮むき・葉切り作業が可能である。装置の構成は、間欠移動してねぎを搬送するコンベヤ部、適



正な位置で根切りを行う根切り部、圧縮空気を利用して自動的に皮をむく自動皮むき部、所定の長さに葉を切る葉切り部からなる。また、適正な根部切断位置と皮のむき始め位置（空気噴出位置）を設定する方法の違いにより、自動型と半自動型がある。自動型は、根部切断の位置決めと皮のむき始め位置の設定をセンサを利用して行うもので、作業者は長ねぎをコンベヤに供給するのみで、根切り・皮むき・葉切りの作業が自動で行えるものである。この自動型には、ねぎを1本ずつ処理するシングル方式と、同時に2本を処理することで能率をシングル方式の約2倍としたダブル方式がある。一方、半自動型は、根部切断の位置決めと皮のむき始め位置の設定を、作業者が長ねぎを搬送コンベヤに供給する際に行うもので、一部の操作を作業者が補助することで装置の簡素化を図った。

皮むき作業時の騒音軽減対策は、いずれの方式も皮むき部を自動化し、騒音発生部を防音カバーで遮へいする方法をとっている。騒音源を防音カバーで覆うことができ、大幅な騒音低減（約15dB）を実現した。

### 1) 自動型

長ねぎの調製作業においては、適正な位置で根切りを行うための位置判断と皮のむき始め位置の判断が、作業性能を決定する重要な技術である。自動型では、根切り位置の判断及び皮のむき始め位置の判断を、センサを介して自動的に行っている。適正部位での根切り方法は、根の部分は軟白部よりも光の透過

が少ないことを利用している。具体的な切断方法は、軟白部の上方から光を照射した状態で、根部側から軟白部側に向かって回転刃を移動させながら根を0.5mm程度の厚みでスライス状に切断し、切断された断面からの透過光量を受光センサで計測し、予め設定した透過光量値に達した時点で刃の移動を停止させて切断を終了させる。この方法によって適正な部位での根の切断が可能となった。しかし、根の部分が曲がったねぎや細過ぎるねぎについては難がある。また、透過光を利用しているため、光を照射する軟白部に土等が付着している場合は、表面をきれいにする必要がある。開発装置には、光を照射する部位を掃除する機能を付加している。

皮むき方法は、ねぎをダクトの中に葉部と軟白部の境界部まで挿入し、ダクト先端部に付いたノズルから圧縮空気を噴射させ、ダクトをねぎの根の方へ後退させることで自動で皮をむいている。ねぎに作用させる圧縮空気の噴射圧力は、むき始めと終わり、ねぎの太さによって変えている。また、皮のむき始め位置の判断は、コンベアの進行方向に直交する形で配置した光センサで、搬送中のねぎが遮光する時間を計測し、その時間から葉の開き具合を検出し、そこをむき始め位置と判断している。自動型のシングル方式とダブル方式は、時間当たりの処理本数が違うだけでシステムは同じである。

### 2) 半自動型

半自動型は、自動型の装置は高価になると



写真1 自動型シングル方式



写真2 自動型ダブル方式



考えられたため、一部の操作を作業者が行うことで装置の低価格化を目的とした装置である。根切りに関しては、市販されている根葉切り機に利用されている簡易な方式とした。この方式は、供給部に設置されたコンベアに剣山のような針状のピンを設け、これにねぎの根部を刺し、ねぎを安定させた姿勢で切断刃に作用させて根切りを行うものである。切断精度は自動型に比べると劣るが、装置を廉価にできる利点がある。また、皮むき部については、自動型と同様にダクトを利用して自動的にむく構造としたが、皮のむき始め位置の判断は、作業者がねぎをコンベア上に供給する際に、位置を指示する方式として簡素化を図っている。

### 3. 開発装置の性能

現在、開発装置の実用化に向けて、現地適応性や作業性能調査を各産地で実施している。以下に、調査結果の一例を示す。

自動型シングル方式における根切り精度は、平均98%を適正な位置で切断することができ、切り不足は2%程度であった。切り不足に関しては、再調製を施すことにより、出荷が可能であった。また、皮むき精度は、84%を適正な位置で皮をむくことができた。収穫適期を逸したり病虫害を受けていると見られるねぎに一部損傷が発生したが、人力による慣行作業においても同程度の損傷(8%)が発生していた。一部むき不足(8%)については、再調製を施すことにより、出荷が可

能であった。作業能率は、およそ500本/時・人であった。

自動型ダブル方式については、これから生産地において作業性能等の調査を予定しているため、作業性能の具体的数値はないが、構成システムがシングル方式と同じであるため精度は同程度で、能率は約1,000本/時が可能と思われる。

半自動型における根切り精度は、76%を適正な位置で切断することができた。切り過ぎは13%、切り不足は11%であった。半自動型は、根葉切り機で使用されている切断方式を採用したため、自動型と比べ切断精度が劣る結果となった。皮むき精度は、85%を適正な位置で皮をむくことができた。むき過ぎは3%、むき不足は12%であった。

自動型と半自動型ともに、皮むき作業時の騒音については、作業者の耳元騒音が約85dBとなり、普及している皮むき機による騒音レベル(約100dB)より約15dB低減することが可能なことを確認した。また、慣行作業では、作業者が空圧ノズルにねぎを作用させた状態で保持する必要があるため、手や腕にしびれを感じるが、開発装置ではこの作業が不要になり軽労化が図られた。

### 4. おわりに

開発した長ねぎ調製装置は、平成14年1月の市販化に向けて現地試験等を実施し、改良を進めている。しかし、開発装置による調製作業は、作業者がコンベア上へ1本ずつ供給する際に、出荷規格である緑の葉を3~4枚にする前処理を必要とする。このため1人の作業者が供給可能な本数は、約600本/時である。コスト低減を目指した能率向上には装置性能向上もさることながら、出荷規格の簡素化等も必要である。



写真3 半自動型

## ◀国内情報▶

## 緊プロによる新型キャベツ収穫機の紹介

ヤンマー農機株式会社中央研究所企画部

黒宮伸夫

農水省は野菜政策の一つとして機械化による生産費の低減をうたっており、価格の安い収穫機の要望があった。そこで新型キャベツ収穫機を生研機構の指導のもとJA全農と共同でシンプルな機械であることをコンセプトに、価格を現行機の半分程度を狙いとして開発した。農水省ソフト事業の一環として北は北海道から九州熊本迄現地試験・検討会を実施し、農家の要望を聞き改善を図り、包丁を使用せずに箱詰めできるキャベツ収穫機を商品化したので紹介する。

## 1. はじめに

キャベツは全国で3.8万ha栽培され収穫量は140万トンであり（1998年）ダイコンにつぐ生産量の野菜となっている。また北海道から沖縄迄全国的に栽培される主要な野菜である。

但し近年は面積・生産量とも減少傾向にあり価格の安い輸入物は増加の兆しがある。農水省は野菜政策の一つとして高性能機械の導入による生産費の低減をうたっている。

現在、キャベツ栽培は育苗定植作業の機械化は進みつつあるが、収穫作業の省力化は残された大きな課題となっている。従来のキャベツ収穫作業は包丁を片手に腰をかがめて切り出し外葉を取り、調製して段ボールに詰めるという重労働の手作業が主体である。高齢化が進み重量物を運搬する収穫作業の機械化を求める声は強い。

平成7年に開発された緊プロキャベツ収穫機は価格が498万円と高いこと、また大型コンテナ専用となっていることから、一般農家までに普及するには至らなかった。

キャベツ生産の低コスト化の要請にあった価格の安い即ち軽量コンパクトなキャベツ収穫機であることが普及拡大の必要条件と考えた。

農水省のソフト事業をとおして入手した農

KUROMIYA Nobuo

〒521-8521 滋賀県坂田郡米原町大字梅ヶ原1600番地の4

家の要望はさまざまであった。一人作業から組作業までキャベツ収穫の多様化に対応できるように、また段ボール詰めから大小のコンテナ詰作業までの荷姿にも対応できることも条件とした。

包丁を片手の調製作業はわずらわしさがあり、またより安全にと包丁を使用しないで、求められる品質にあったキャベツに調製することができる装置も必要と考えた。

## 2. 機械の開発概要

機械での収穫は、先ず左右一対の掻込ホイルでキャベツ外葉を下からすくい上げ、キャベツの根部を突起付き搬送チェーンで挟んで引抜き、後方に送るとともに姿勢安定板にてキャベツの姿勢を整え、大小一対のディスクカッターで茎葉を適切な位置で切断する。次に選別コンベア部で手調製によりキャベツを選別しながら不要な外葉を除去し、更に仕上げ



図1 キャベツ収穫作業

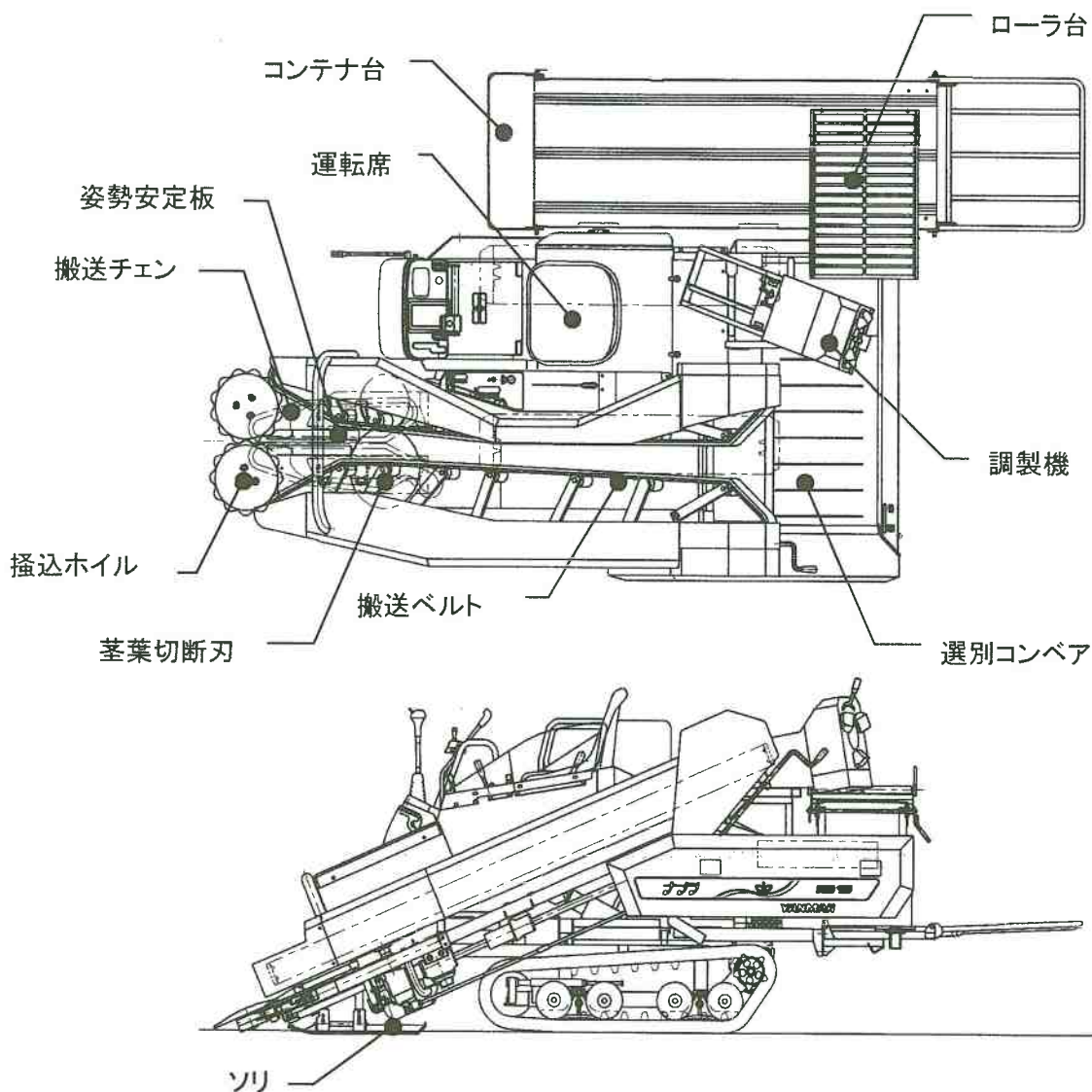


図2 本機の構造と名称

の必要なキャベツについては、調製機にて不要部を切断除去後、結球部のみをコンテナまたはダンボール箱に収納する方法とした。

(図2図3)

課題の条件を具現化するために走行部は既

存の自脱型コンバインをベースにすることで低コスト化を図った。この走行部はHST無段変速を採用しており、収穫搬送速度を走行速度と同調させる駆動系をとることにより低速作業でも高速作業でも搬送姿勢が変化せず

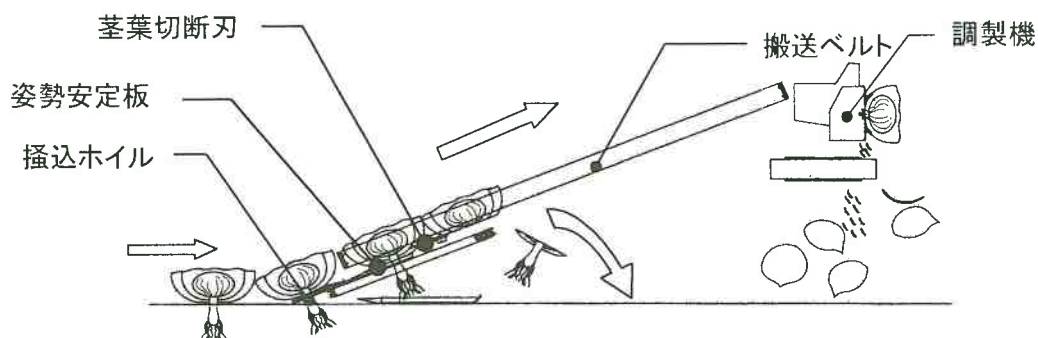


図3 キャベツの流れ

最適に保てるようにした。新設計の収穫搬送部は従来の緊プロ機がスクリュウ搬送方式であったのを、駆動系が簡素なチェーンとスポンジベルトで構成し、キャベツを傷つけないよう搬送の受け継ぎを無くしたワンフロー搬送方式とした。

切断精度向上のために搬送しながらチェーンに挟持された茎葉の姿勢を、切断刃と平行になるよう搬送チェーンと姿勢安定板に角度差を設け、キャベツの球の肩を揃えることで切断精度を改善した。キャベツは生育が均一でないため大小の球が収穫されるので搬送途中の切断装置で完全に調製ができなかったものを再度、作業者が調製できる装置を設けた。キャベツを装置に押し付けることで切断調製可能とした。不用意に押ししても誤作動しないよう二段階の操作で切断できるようにしてある。この装置により葉菜類の収穫では必ず必要だった包丁を使用することなく安全に箱詰までできるようになった。

一人作業から組作業までのキャベツ収穫の多様化に対応するための作業体系として下記案が考えられる。

一人作業の方法として収穫開始時は運転席で、作業速度・条合せ・刈取部の高さを調整した後、機体後部に移り収穫部から挙がってくるキャベツの調製・貯留作業をする。そのための作業クラッチ・茎葉切断刃の高さ調節ハンドル等の操作類を後部に設けた。また作業者が二人・三人等加わることにより機械を運転する人、キャベツの受け渡しをする人、箱詰する人と役割分担することにより効率を

あげて作業ができるように貯留を兼ねる調製ローラー台を設けた。

別に屋内に調製施設がある。あるいは定期的出荷のため悪天候の降雨下での作業で、箱詰が外では困難等の場合は作業速度を高めて圃場での作業時間を減らして屋内で調製する屋外無調製搬出ができるよう配慮した。(図4)

圃場での作業効率をあげられるように収穫物をトラック等への積込みのため畝まで運べる機能も兼ねるようコンテナ台を機体右側面全体に設けた。

### 3. 作業性能

各地域で品種・栽培様式・キャベツ状態等異なった条件で試験を実施した。作業体系・出荷規格により作業能率は異なるが、これまでの試験でコンテナ詰方式で2.5a/hまた箱詰方式で1a弱/hの結果を得た。

### 4. 利用効果

導入効果として作業負荷の軽減と収穫能率の向上が挙げられるが、収穫能率の向上による経済効果としては①労働時間の平準化②生産規模の拡大③大規模経営の雇用費用の削減がある。この収穫機は慣行手作業と比べて1.5倍程度の能率での作業が可能であり①キャベツ以外の作物との複合経営が容易となり収益の向上と経営の安定化がはかれる。②機械により栽培面積が拡大できる。③雇用労力

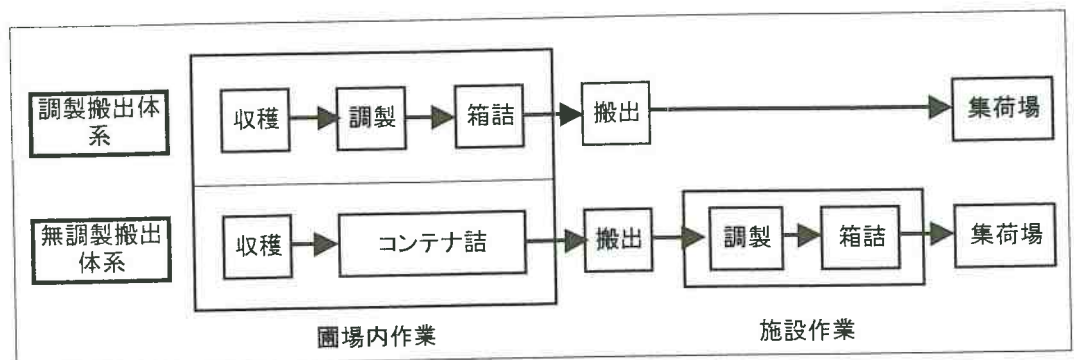


図4 キャベツ収穫の体系



を利用している大規模経営においては雇用労力を機械に置き換えることができる。

上記内容を生産現場で参考になるよう導入推進マニュアルをJA全農と一緒に作成中である。

## 5. おわりに

課題であった作業能率・精度及び機械価格について改善は進んだと思うが、所定の作業能率・作業精度を発揮するには栽培様式・品種などの栽培条件・圃場条件がある程度整っていることが必要である。現在行われている選択収穫に対して一斉収穫に伴うキャベツの出荷の歩留まりを向上させるには品種の選定・育苗から収穫までの栽培技術の見直しが必要となる場合もある。特に生育を揃えるためにセル成形苗を使った野菜移植機での定植等、効率的なキャベツ機械化一貫体系が必要である。

またキャベツの更なる生産費低減には総合施設での生食用・加工用の仕分け及び形状選別による箱詰の自動化等も視野に入れる必要があると考える。

今後販売地区から、収穫後のありかたを含めて、収穫機への性能・適応性等いろいろ要望要求が挙がってくるものと思われる。これらの課題達成に向けて更に改善を図っていきたいと考えている。

## 追記

収穫機の標準小売価格について  
調製機無し仕様が255万円  
調製機付き仕様が285万円

表1 キャベツ収穫機主要諸元

名称		キャベツ収穫機
型式名		HC10, C
作業能率 (a/h)		2~3
機体寸法	全長(mm)	3040
	全幅(mm)	1500
	全高(mm)	1360
	質量(kg)	790
エンジン	種類	ヤンマー2TNE68ディーゼル
	総排気量(l)	0.522
	出力/回転数(kw[PS]/rpm)	7.4{10}/2600
走行部	クローラ中心距離(mm)	665
	クローラ幅×接地長(mm)	230×890
	変速方式	HST無段変速
	走行速度(m/sec)	前進0~0.43 0~1.17
収穫部	収穫条数(条)	1
	引抜方式	突起付ホイル
	搬送方式	特殊スポンジベルト チェーン挟持搬送
	莖葉切断刃形状	φ300 ストレート刃
調製機	莖葉切断	切削式ストレート刃
収納部	コンテナ台	20kg×8個
	OP ダンボール作業台	

## 文献

- 1) 高梨文孝ら, (発行予定), キャベツ収穫機導入推進マニュアル
- 2) 山本健司ら, (1997), キャベツ収穫機, 機械化栽培マニュアルNo.11, 新農業機械実用化促進株式会社

## ◀国内情報▶

## 植物の葉への処理によって根や胚軸で 誘導される病害抵抗性

独立行政法人農業技術研究機構 野菜茶業研究所果菜研究部病害研究室  
窪 田 昌 春

植物では、病原菌による感染や、病原体の成分を処理することによって、その後の病原菌の感染に対する抵抗性が、処理部位だけでなく、全身的に誘導されることが知られており、生理・分子生物学的にも様々な研究がなされている。しかし、これらの報告のほとんどは、葉についてのものである。著者らは、土壌病原菌の感染部である根や胚軸でも、葉への処理によって抵抗性が誘導されることを報告した。

### 1. はじめに

植物においては、病原菌の感染によって壊死病斑が形成された場合に、その後のさらなる病原菌の感染に対する抵抗性が誘導されることが知られている。この抵抗性は、最初に病原菌が感染した部位の近傍のみでなく、全身的に獲得されることがわかっており、Systemic acquired resistance (SAR, 全身獲得抵抗性) と呼ばれ、その生理学的、あるいは分子生物学的な研究が世界中で盛んに行われている。それらの研究により、サリチル酸が植物体内での信号物質の1つであることが解明されている。このサリチル酸を介して病害に対する抵抗性を誘導する生理的な経路は、病原菌の感染だけでなく、病原菌の構成成分や化合物によっても活性化され、病害抵抗性が誘導される。これらの化合物の中には、病害抵抗性の誘導剤として既に市販されているものもある。一方、根圏微生物などにより、壊死を伴わずに地上部や、当微生物と接していない根に誘導される病害抵抗性もあり、Induced systemic resistance (ISR) と呼ばれている。ISRでは、サリチル酸などを介さず、SARとは異なる生理的経路によって誘導されることもわかっている。

SARに関する研究のほとんどは葉におけるものであり、土壌病原菌の感染部位である

KUBOTA Masaharu  
〒514-2392 三重県安芸郡安濃町草生360

茎の地際部や根についての研究は少ない。近年、いくつかの糸状菌の構成成分を地上部に処理することによって根や胚軸に抵抗性が誘導されることが示されているが、現在のところ、その機構の解明などの基礎的な研究にとどまっている。しかし、処理が容易な地上部から根や胚軸といった下方への抵抗性の誘導は、農業の現場では常に大きな問題である土壌病害の防除という点からも有用と考えられる。また、葉におけるSARはウイルス、細菌、糸状菌の多くの病原体に対して有効であることが報告されており、地下部においても多様な病原体に対する効果が期待できる。

著者らは、古くから誘導抵抗性の研究に利用されてきたキュウリに炭疽病菌 (*Colletotrichum lagenarium* (Passerini) Ellis et Halsted) を接種する系を用いて、糸状菌を病原とする4つの土壌病害に対する抵抗性の効果を検討した。

### 2. 胚軸での炭疽病に対する 誘導抵抗性

播種後約1週間のキュウリ苗に炭疽病菌の分生胞子懸濁液を子葉に一定量滴下して0～7日後に、胚軸に再び炭疽病菌の分子胞子懸濁液を滴下した場合、子葉に接種してから3日後以降の苗では、胚軸に滴下した分生胞子懸濁液による病斑の形成率が、子葉に水を滴下した対照区の苗での約70%に対して、約

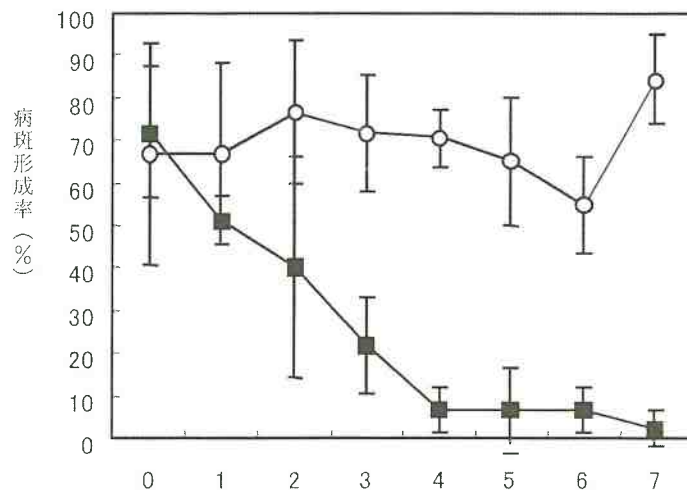
20%と低くなり、抵抗性が誘導されていることが示された(図1)。接種の3日後というのは、子葉では肉眼で壊死病斑が見え始める頃である。壊死病斑がはっきりと現れる子葉への接種の4日後以降では、胚軸での病斑形成率が10%以下となり、安定して抵抗性が誘導されていると思われた。また、第1葉に炭疽病菌の分生孢子懸濁液を滴下して7日後の苗でも、胚軸に滴下した炭疽病菌の分生子懸濁液による病斑の形成率が12% (標準偏差(SD):20) となり、水を第1葉に滴下した対照区の65% (SD:13) と比較して低くなり、抵抗性の誘導が認められた。しかし、子葉に炭疽病菌を接種して7日後の苗では、胚軸での病斑形成率は2% (SD:5) であり、第1葉処理の場合は、子葉に処理した場合よりも抵抗性の安定度が低いようである。

### 3. *Pythium ultimum* による苗立ち枯れに対する誘導抵抗性

前述と同様に、炭疽病菌の分生孢子懸濁液を子葉に滴下して0~7日後の苗の胚軸に *Pythium ultimum* Trow var. *ultimum* の培地上の菌叢を付着させて高湿度に保ったところ、水を子葉に処理した対照区では常に80%以上の苗の胚軸で水浸状の病斑が形成され、60%以上の苗が立ち枯れたのに対して、子葉に炭疽病菌を処理して3日以降の苗では病斑形成率が60%以下、立ち枯れ率が40%以下に低下して抵抗性の誘導が認められた(図2)。しかし、胚軸に傷を付けた上に *P. ultimum* の菌叢を付着させた場合には、子葉に炭疽病菌を処理した区でも、水処理の対照区と同様にほとんど全ての苗が立ち枯れ、誘導抵抗性の効果が認められなかった。

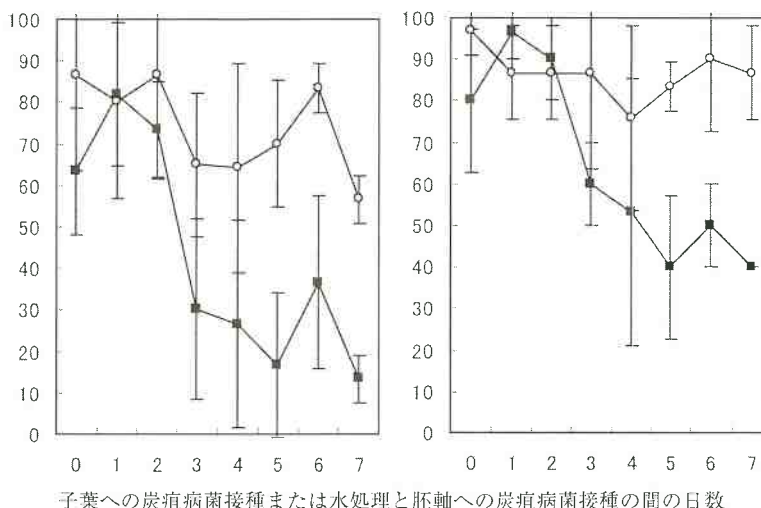
### 4. *Rhizoctonia solani* による苗立ち枯病に対する抵抗性

前述と同様に炭疽病菌の分生孢子懸濁液を子葉に滴下して7日後の苗を、苗立ち枯病菌 (*Rhizoctonia solani* Kühn) を混入した培養



子葉への炭疽病菌接種または水処理と胚軸への炭疽病菌接種の間の日数

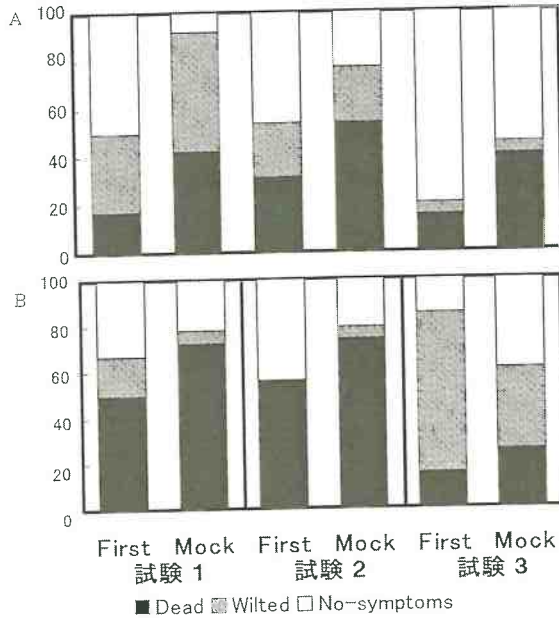
図1 子葉に炭疽病菌を処理した後のキュウリ苗の胚軸における炭疽病菌の病斑形成率 ○水処理, ■炭疽病菌接種



子葉への炭疽病菌接種または水処理と胚軸への炭疽病菌接種の間の日数

図2 子葉に炭疽病菌を処理した後のキュウリ苗の胚軸に接種したピシウム菌による苗立ち枯れ率(%, 左)と水浸状病斑の形成率(%, 右) ○水処理, ■炭疽病菌接種

土に植え換えたところ、培養土中の苗立ち枯病菌の濃度が低かった場合には、主根における褐色病斑の形成率は、水を子葉に処理した対照区と変わらなかったものの各苗の病徴が軽減されて抵抗性が認められた。しかし、土壤中の菌濃度が高い場合には、対照区と子葉に炭疽病菌を処理した区で発病率や病徴に差が認められず、抵抗性の効果が認められなかった。また、胚軸に苗立ち枯病菌の培地上の菌叢を付着させた場合には、対照区・炭疽病菌処理区ともにほとんど全ての苗が立ち枯れ、抵



A: 無傷接種, B: 株元に小坂を突き刺して根の一部を切断してからつる割病菌を接種, First: 子葉に炭疽病菌接種, Mock: 子葉に水処理, Dead: 枯死, Wilted: 萎凋, No-symptom: 病徴なし

図3 子葉に炭疽病菌接種または水処理して1週間後のキュウリ苗の株元に、つる割病菌の分生子懸濁液を灌注して3週間後に現れた病徴の割合 (%)

抗性の効果が認められなかった。

### 5. つる割病に対する誘導抵抗性

前述と同様に炭疽病菌の分生子懸濁液を子葉に滴下して7日後の苗の株元に、つる割病菌 (*Fusarium oxysporum* Schrechten-dahl: Fries f. sp. *cucumerinum* (Owen)) の分生子懸濁液を灌注したところ、子葉に水を処理した対照区と比較して、立ち枯れる苗数が減少して抵抗性が認められた (図3)。また、炭疽病菌処理区では対照区よりも、胚軸断面において褐変した維管束の数も少なかった。しかし、つる割病菌を灌注する直前に、株元の土壌を小坂で突いて根に傷を付けた場合、つる割病の発病株率や褐変した維管束数は炭疽病菌処理区と対照区で差がなく、抵抗性の効果が認められなかった。

### 4. まとめ

以上の試験結果より、子葉や本葉に何らかの処理をすることによって、処理した部位よりも下方の胚軸や根に病害抵抗性を誘導できることがわかった。傷を付けたり、病原菌濃度が高い場合には抵抗性が凌駕されてしまったが、葉から下方の胚軸や根になんらかの信号が伝わって病害抵抗性を誘導できる系があることが示された。この誘導抵抗性は異なる菌種に対して有効であることも示され、複雑な要素を含む土壌からの多様な病原菌の感染に対して包括的に働くものと思われる。従来土壌消毒では土壌中の微生物相などを破壊し、また、土壌成分によっては効果が認められない場合もあるが、本研究で認められた地上部の処理から下方に誘導される病害抵抗性を利用することにより、土壌に殺菌剤等を混入することなく、あるいは土壌成分に関わらずに、植物を複数の土壌伝染性病害から守れる可能性がある。同様の処理によって地上部に病害抵抗性が誘導されることは古くから示されており、地上部と地下部における病害の同時防除も可能であろう。本研究での抵抗性の誘導処理には病原菌である炭疽病菌を用いており、この処理をそのまま応用することはできないが、世界各地で誘導抵抗性の生理に関する研究が進んでおり、植物体に悪影響を及ぼさない抵抗性誘導剤も開発されてきている。これらの抵抗性誘導剤は、殺菌剤等よりも環境中における毒性が弱いことも利点である。今後、より効果的な抵抗性誘導剤が開発されることによって、環境に対する負荷を与えることなく、土壌病害の防除が可能となることを期待している。

### 文献

- 1) Benhamou, N. and Thériault, G. (1992), *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 41, 33-52.
- 2) Keller, H. J. et al. (1996), *Plant Physiol.*, 110, 365-376.



- 3) Kubota, M. and Abiko, K. (2000), *J. Gen. Plant Pathol.*, 42, 29-32.
- 4) Kubota, M. and Abiko, K. (2001), *J. Phytopathol.*, 149, 297-300.
- 5) Leeman, M. et al. (1995), *Phytopathology*, 85, 1021-1027.
- 6) Sticher, L. et al. (1997), *Ann. Rev. Phytopathol.*, 35, 235-270.



ブレイン テクノニュースの  
バックナンバーご案内  
**第 87 号**

2001 (平成13) 年 9 月15日発行

総 説

清酒酵母とは—その研究動向と現状— …石川雄章  
国内情報

アーミング酵母によるバイオマスからのバイオ  
エタノール生産—バイオ燃料実用化に道—  
……………近藤昭彦・福田秀樹

酵母にとるサイレージの変敗を

「キラ」酵母で防止する ……………北本宏子

植物によるマウスモノクローナル抗体

分子の発現 ……………杉本千尋

葉を花の器官に転換する転写因子複合体 後藤弘爾

牛乳に含まれる乳塩基性タンパク質 (MBP) の

新たな骨代謝改善作用の発見 …山村淳一・高田幸宏

地域の先端研究

ハウス内の気温と葉葉類の耐凍性および

糖・ビタミンC含量 ……………田村 晃

文献情報

核移植胚由来ES細胞の分化 ……(抄訳：横尾正樹)

$\beta$ カゼイン由来ペプチドを用いた乳酸菌  
ペプチダーゼ活性の新規情報 …(抄訳：水野征一)  
新DNAマーカー・システム—SRAP

……………(抄訳：岩井純夫)

シロイヌナズナのEMF1はシュートの構築と  
floweringを制御する新規タンパク質である

……………(抄訳：春原英彦)

魚類は本当に耐糖能が低いのか? (抄訳：椎名康彦)

海外便り

ストレス誘導性不定胚発生の分子生物学的解析

—オランダPlant Research International

での1年間— ……………福岡浩之

生研機構からのお知らせ

○新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業の

採択課題の決定について

○新事業創出研究開発事業(地域型)の採択課題の

決定について

○機械化促進業務のビデオによる紹介について

◀国内情報▶

## 果実をたたき熟期をつかむ 非破壊果肉硬度計の実用化 —Firm Tester SA- I の開発—

独立行政法人食品総合研究所 食品工学部電磁波情報工学研究室  
杉 山 純 一

打音の表面伝搬現象を利用して非破壊で硬度を測定する装置を開発した。ピストル型の計測器のトリガを引くだけで瞬時に硬度指標が表示され、農産物のような多数のサンプルの連続測定にも対応可能であり、様々な用途への展開が期待される。

### 1. はじめに

熟度の非破壊測定という点、一般的に馴染みが深いのはスイカの打音による熟度推定であろう。キーンという高い音であれば未熟、ゴーンという低い音になれば適熟と言われ、産地には名人も居るようであるが、これを機器測定（所謂、周波数解析）で客観的な指標にするという試みもこれまで数多くなされてきた。しかし、果実の大きさの影響を補正するために果実重量をパラメータとした計算を取り入れたり、それ以上に、何故、果肉硬度によって音色が変化するのかその理論を裏付ける確証がなかなか得られなかった。

### 2. 打音を利用した 力学的品質計測法<sup>1)</sup>

ところが、その解決は「ともかく果実表面でどんな現象が起こっているかを調べてみたら」という私の恩師のアドバイス<sup>2)</sup>で氷解したのである。メロンの赤道を24分割し、マイクを置けない打点近辺3カ所を除いた21カ所にマイクをぐるりと配置する。そして、叩いた瞬間の音をそれら21カ所で同時に取得し、コンピュータで解析した。コンピュータディスプレイ上に時間経過とともに各位置の音圧分布を表示すると、叩いてからメロン表面がどのように振動しているのかをアニメーションとして視覚的に表示できる。このアニメーション

SUGIYAMA Junichi

〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

メーションを各時刻ごとに表示したものを図1に示す。叩いた応答波形（表面弾性波）が赤道面上を等速で伝搬していることが明らかに示されている。これが、打音の正体である。

これらは、赤道面だけの2次元での挙動を調べたものだが、実際のメロンは3次元体であることを考慮すると、いわゆる池の中に石を投げて出来る波紋の広がりのような振動伝搬が生じていると考えられる。但し、メロンの場合は、池のような平面でなく、球面なので、振動は打点のちょうど反対側に一旦集まって大きくなり、そのまま交差してまた打点に向かって戻り、再び交差して反対側に戻っていく、といった現象が延々と減衰しながら続くことが明らかになった。

さらに追熟による変化を調べると、果肉が軟らかくなるほど、振動の伝搬速度が低下していくことが観察された。また、様々な熟度の36個のマスクメロンについて、伝搬速度と破壊試験による果肉硬度を調べた結果、両者の間には高い相関が認められた。つまり、果肉が軟らかいほど伝搬速度が遅いということが明らかになった。これは、物理法則としてはごく当たり前のことで、例えば空気中での音速が343m/s（20℃）に対し、水中では1450m/sになるように、波を伝搬する媒体の物性が反映されたことに他ならない。一般的に、硬い物質ほど波の伝搬は早くなり、メロンといえども例外は許されないのである。このことは、伝搬速度が非破壊で測定できるメロンの直接的な硬度指標となりうることを示唆している。

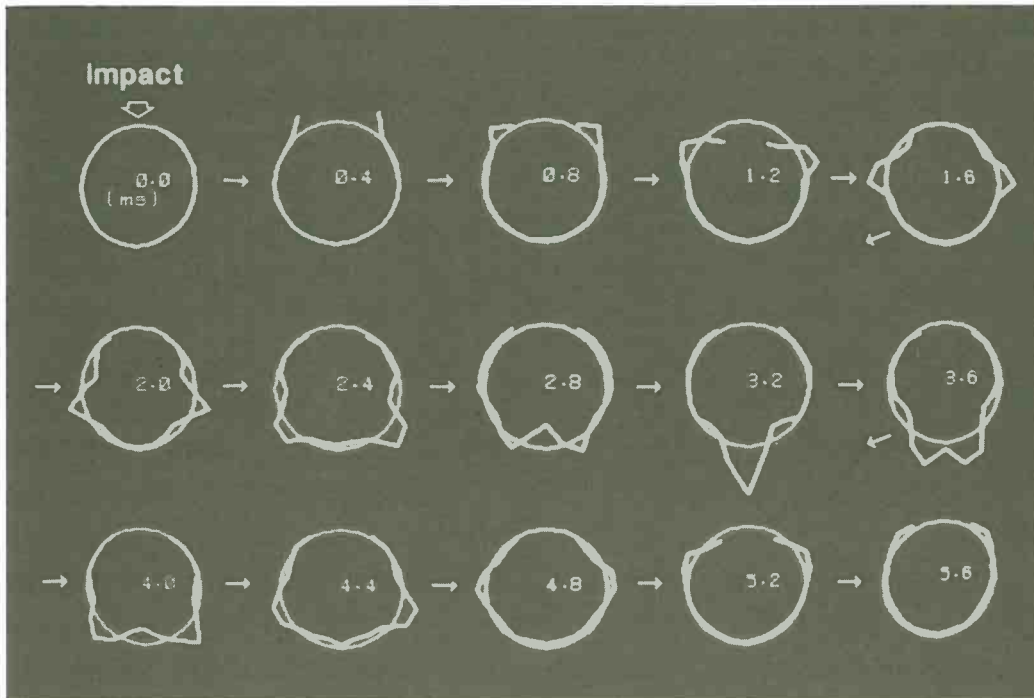


図1 振動状態のアニメーション (数字は経過時刻 [ms])

さて、メロンのように表面弾性波の伝搬が延々と続く現象はスイカにおいても観察され、また、程度の差こそあれ打音直後の伝搬現象は、パイナップル、カボチャ、丸トウガン、リンゴ、梨、そして驚くことにキュウリまでも存在することが確かめられている。かなり汎用的に硬さを非破壊で推定できることが明らかになるにつれて、もっと簡単に伝搬速度を測定できるシステムのニーズが喚起され、過去数次の試作と試験を繰り返し、使い勝手と耐久性の向上を図り、近年、(株)東洋精機製作所から、瞬時に伝搬速度を計測できる廉価で実用的な非破壊果肉硬度計 (Firm Tester SA-I) が市販に至った。図2にみられるようにピストル型のセンサ部には打撃機構と2つのマイクが備えられ、トリガを引くことにより、瞬時に2本のマイクで打音を取得し、その2つの打音の時間差から伝搬速度を算出する機構になっている。一般のノートパソコンと組み合わせ、携帯が可能であり、電源の無い畑でも利用できるように工夫されている。当初、伝搬速度の算出のためのサンプリング周波数の限界から測定対象はメロンのみであったが、その後、AD変換のハード

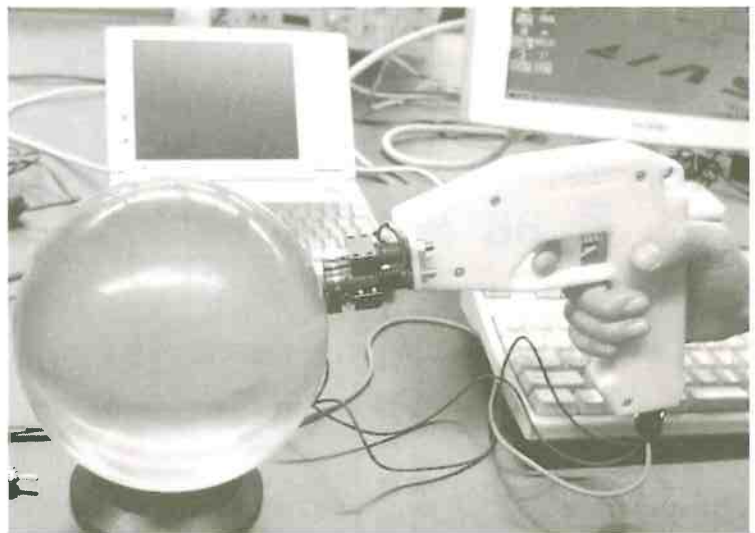


図2 非破壊果肉硬度計 (FirmTester SA-I)

ウェアの進歩 (サンプリング周波数: Max-2MHz) に伴い硬い農産物にも適用可能となり、ラフランスのような西洋なしにも定量解析が可能であることが示されており、市販型装置では、リンゴ、あるいは工業材料等の微妙な硬さの違いも検出できるように性能アップが図られている。図3は測定画面であり、一度ソフトを起動すれば、計測器のトリガを引くだけで連続計測ができ、結果が表示される。また、多数のサンプルの計測に便利なよ

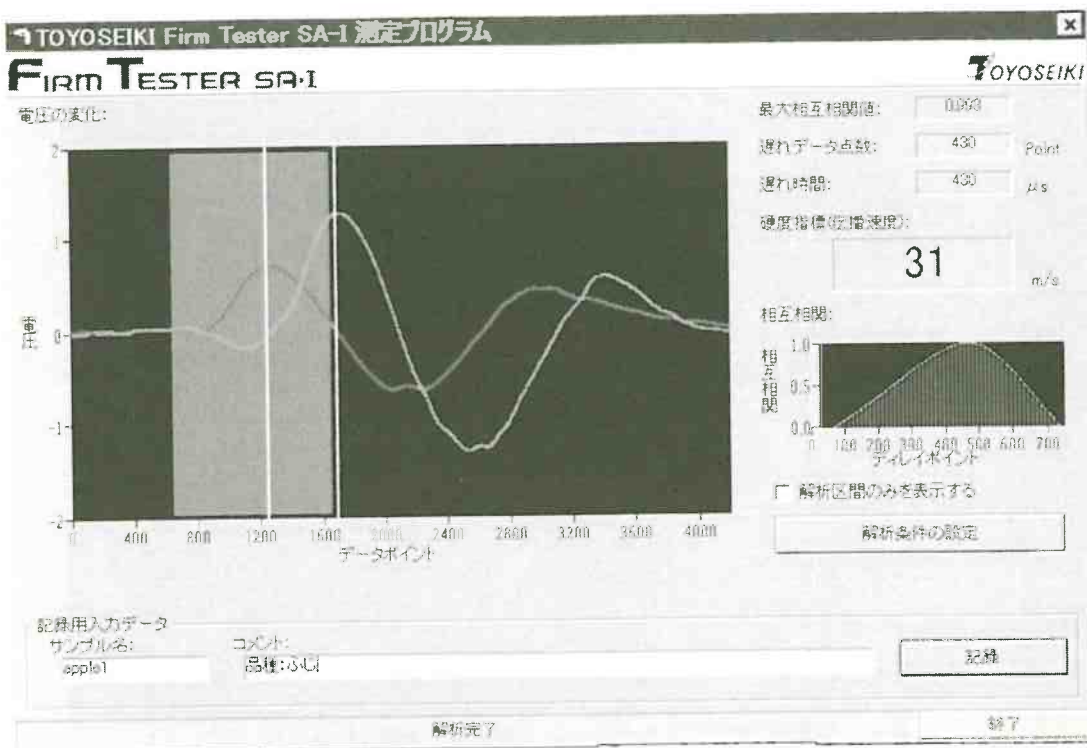


図3 測定画面

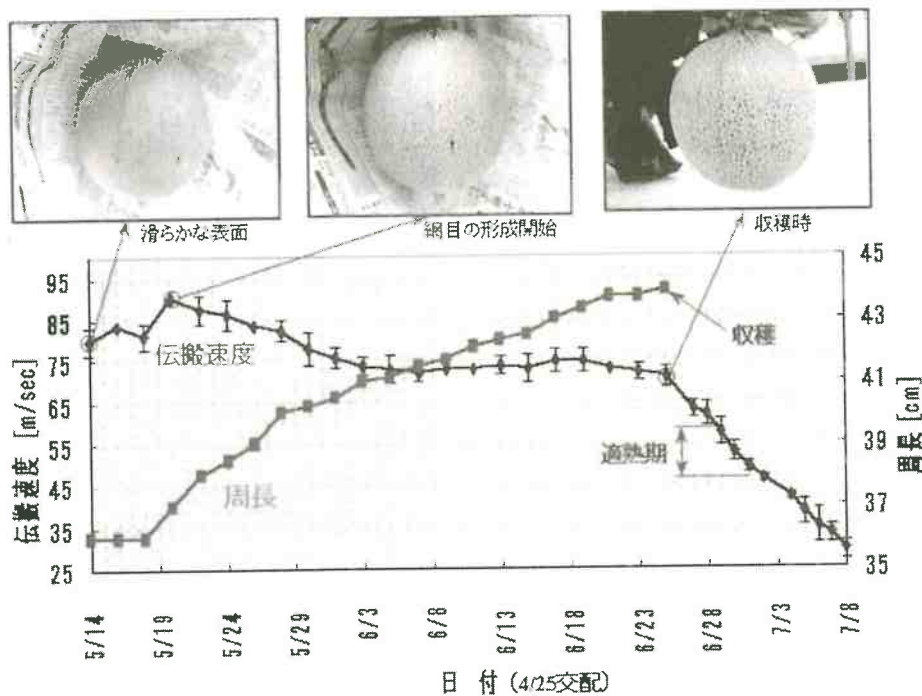


図4 メロンの生長計測

うに、計測結果をバックグラウンドで動いているテーブル(表)に格納し、エクセル等の表計算ソフトで解析することも可能である。今後、このデータをネットワークを通じてサーバーコンピュータへ送信し、様々なサービス(例えば熟度推定等)ができるような機能付

加を予定している。さらに、機能・精度は限定されるもののパソコンが不要な低価格スタンドアロンタイプの開発も現在進められている。

この装置の応用例として、生育中のメロン果実に関して、網目が現れる前から収穫して



軟化するまでの生長計測の一例を図4に示す。計測開始時点の5/14においてはメロンの表面は滑らかな状態でマスクパターンは生じていない。伝搬速度は5/20まで徐々に上昇した。ここで、伝搬速度が高くなるということは、表面の張力が上昇(つまり硬くなる)ことを意味していると思われる。そして、その伝搬速度のピークを迎える5/20において、一気に表面に亀裂が入り、マスクパターンの形成が始まった。その後は、伝搬速度はゆるやかな低下傾向を示した。メロンは6/25に収穫され、伝搬速度は追熟による軟化を反映して、その時から急激な減少へと転じた。別の実験で求めた適熟期は、この急勾配のちょうど中ほどに位置していた。

一方、実際のメロンの栽培農家では、経験的に指先で軽く叩き「かたい」、「ゆるい」と

いった判断から亀裂の発生時期を推測し、この時期の水管理と温度管理でもってきれいなネットを張らせることが行われている。本装置による生長計測は、生産者がこれまで職人芸として行ってきた技術を客観的に数値化し、科学的に裏付けたものであり、高品質メロン栽培への応用にも期待できるものと思われる。今後、様々な農産物への適用とともに、生産・流通・消費のそれぞれの段階での幅広い活用が見込まれている。

## 文 献

- 1) 杉山純一 (1998), 農業および園芸, 73 (2), 238-246
- 2) 杉山純一 (1999), 食品総合研究所ニュース, 54, 7



## ブレイン テクノニュースの バックナンバーご案内 第 86 号

2001 (平成13) 年 7 月15日発行

### 総 説

マイクロチャネルアレイを用いた  
血液レオロジー計測による健康の評価 …菊池佑二  
国内情報

マイクロチャネルを用いた単分散マイクロ  
スフィア作成技術 ……中嶋光敏・小林 功  
生きた植物における水のイメージング …中西友子  
環境負荷化学物質モニタリング及び環境汚染  
浄化を目的とした遺伝子組換え植物 ……大川秀郎  
地域の先端研究

完熟収穫型単為結果性トマト  
「試交99-2」の育成 ……大藪哲也  
生物間相互作用を利用した土壌細菌群集  
多様性の簡易診断法 ……森川千春  
文献情報

DNAマイクロアレイを用いた卵胞発育  
における遺伝子発現解析 ……(抄訳: 木村直子)

ゲノム発現解析により明らかとなった出芽酵母  
(*Saccharomyces cerevisiae*) のリン酸蓄積と  
ポリリン酸の代謝システムにかかわる新しい  
コンポーネント ……(抄訳: 岩下和裕)  
有機リングは甘いのか、酸っぱいか  
……………(抄訳: 岩井純夫)

シロイヌナズナのAsymmetric leaves 1は  
葉パターン形成とStem cellの機能を仲介する  
……………(抄訳: 春原英彦)

腸管出血性大腸菌O157:H7のゲノム  
塩基配列 ……(抄訳: 室田一貴)  
海外便り

積雪・凍結地帯における土壌・根圏の水・熱の  
季節変化の動態予測手法の開発-カナダ・サスカ  
チュワン大学における一年四か月 ……広田知良  
生研機構からのお知らせ

融資事業 (一般, 特別融資制度) のご案内

## ◀国内情報▶

## 全ての口蹄疫ウイルス感染が検出できる 血清診断法の開発

独立行政法人農業技術研究機構 動物衛生研究所 \*農林水産省動物検疫所  
井上 亙 ・ 衛藤真理子\* ・ 佐伯 隆清

合成ペプチドを応用した口蹄疫ウイルス非構造蛋白領域の抗原解析の結果、2B及び2C蛋白の特定領域が強く抗原提示していることがつきとめられた。解析に用いられた#7ペプチドは、口蹄疫ウイルス感染耐過血清と強い反応性を示し、全部で7タイプ（血清型）ある口蹄疫ウイルス感染耐過血清のいずれとも良好な反応性を示した。本抗原を用いた新しい口蹄疫の血清診断法の開発と診断の高度化が期待される。

### 1. はじめに

2000年3月、わが国で92年ぶりに口蹄疫の発生が確認された。幸いその後の防疫措置が迅速に行えたことにより発生は4農家に止まり3ヶ月後には清浄国に復帰した。一方、隣国に目を向けると台湾では1997年3月、爆発的流行が起こり養豚業に壊滅的被害をもたらされたことは記憶に新しい。昨年は、韓国・中国・ロシア・モンゴルでも発生が伝えられている。またヨーロッパでは、本年2月英国で発生した口蹄疫はEU諸国に大きな衝撃を与えた。英国は、半年を過ぎてすでに400万頭に迫る家畜を処分し、防疫に懸命になっているが終息のきざしは見えていない。

口蹄疫は、鼻、口唇部、蹄、乳房等の皮膚や粘膜の水疱形成を主徴とする急性ウイルス性伝染病であり、殆ど全ての偶蹄類が罹患する。罹患動物は大量のウイルスを排出しこれが空气中に拡散して急速に伝播を広げる。一般に死亡率は低いが、罹患後の発育運動障害、泌乳障害から予後不良となり畜産経営に対する経済的被害が著しい。口蹄疫が発生した国では家畜及び国際間の家畜・畜産物の輸出が全面的に禁止される。

口蹄疫の防疫は、言うまでもなく罹患動物の早期発見・早期淘汰である。このためには、INOUE Toru, ETO Mariko\*, SAEKI Takakiyo  
〒187-0022 東京都小平市上水本町6-20-1  
\*〒235-0008 横浜市磯子区原町11-1

現場におけるいち早い異常の発見と通報が最も重要であることは言うまでもない。しかし口蹄疫が疑われた場合、いかに迅速な診断を行うか、また周囲への感染の広がりを迅速・的確に把握するかがその後の防疫に重要な意義をもつ。前者、すなわち初発例の診断は、抗原の検出とその特定（病原診断）が重要であり、後者、すなわち口蹄疫が確定された後の病勢の拡大の把握には、臨床検査及び抗体検出（血清診断）が重要となってくる。ここでは、当研究所で取り組まれている口蹄疫診断法の高度化のひとつである口蹄疫ウイルス合成ペプチドを応用した新しい血清診断法の開発について紹介する。

### 2. 口蹄疫ウイルスとは

口蹄疫ウイルスは、ピコルナウイルス科・アフトウイルス属に属し、7つの血清型に分類される。遺伝子は、一本鎖の(+)RNAよりなり、ウイルスが宿主細胞に感染すると直接鋳型となってウイルス蛋白（ポリプロテイン）が合成される（図1）。ポリプロテインは、自らプロセッシングをうけ多くの蛋白に分解される。構造蛋白（P1）は、ウイルス粒子形成に関与し内部のゲノムRNAを保護する外殻の構成成分となり感染性ウイルス粒子として細胞外に放出される。一方非構造蛋白（L及びP2、P3）は、ウイルスの増殖に関与する。ウイルス粒子には取り込まれずそのま

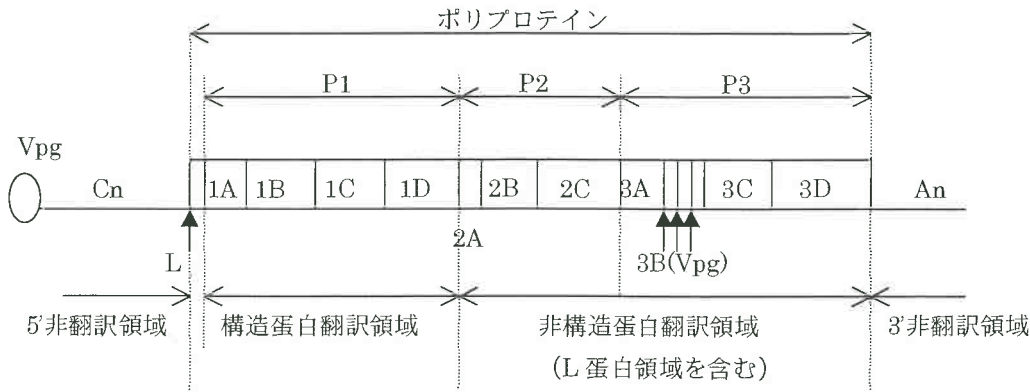


図1 口蹄疫ウイルスの遺伝子構造

ま細胞内に残され、分解あるいは感染細胞の死滅・崩壊とともに生体内に放出される。

口蹄疫ウイルスの血清型の多様性は構造蛋白の多様性に起因する(タイプ特異的)。一方非構造蛋白はウイルスタイプ間で比較的良く保存されている(グループ特異的)。

### 3. 口蹄疫ウイルスの血清診断法

口蹄疫ウイルスの血清診断法は、ウイルス中和試験、不活化口蹄疫ウイルス抗原を用いたELISA試験が一般的である。昨年、わが国の口蹄疫の発生でELISA試験が主に用いられ、3ヶ月という短期間に5万検体を越える検査がなされた。これら検査法はいずれもウイルス粒子を抗原として用いたウイルスタ

イプ特異的な反応であり使用に当たってはウイルスの血清型が特定されている必要がある。

一方、グループ特異的の反応のメリットを生かした血清検査として、ウイルス感染細胞から抽出された非構造蛋白抗原(VIAA: virus-infection-associated antigen)を用いた検査法が存在する。しかしながら特異性・感度・抗原の供給・多検体処理等に多くの問題があり、検疫動物の検査等例数が限られた用途にしか用いられてこなかった。この問題を解決するため、90年代後半より英国パーブライト研究所を中心にEU諸国の研究機関が集まり口蹄疫ウイルス非構造蛋白を用いた血清診断法の国際共同開発プロジェクトが推進され、組換え口蹄疫ウイルス非構造蛋白抗原

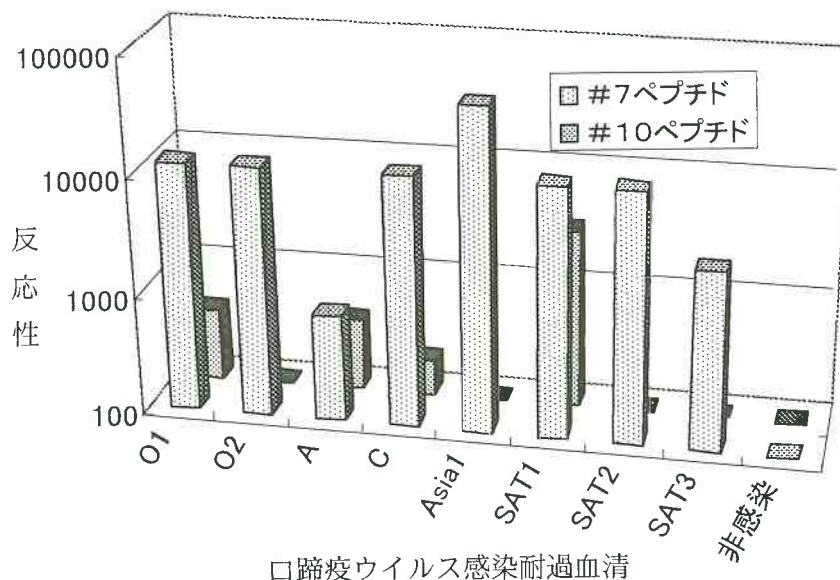


図2 口蹄疫ウイルス合成ペプチドの各種口蹄疫ウイルス感染耐過血清に対する反応性

(各3A, 3B, 2C, 3D, 3ABC発現蛋白)を用いたELISA法が開発された。現在その普及が進められつつある。

#### 4. 口蹄疫ウイルス非構造蛋白合成ペプチド抗原

佐伯らは、こうしたEUの動きとは別に合成ペプチドを用いた口蹄疫ウイルス非構造蛋白の抗原構造解析に着手、親水性領域が抗原提示に有効であるとの仮説に基づき遺伝子データベースを駆使した解析を進め、L蛋白及びP1, P2領域の親水性領域から口蹄疫ウイルス特異的な配列を示す40箇所を候補群として取り上げた。これらの配列に対応するペプチド(9から28アミノ酸)を化学合成し、口蹄疫ウイルス感染耐過血清との反応性を調べた結果、2種類のペプチド(#7ペプチド: 2B蛋白領域13アミノ酸、及び#10ペプチド: 2C蛋白領域18アミノ酸)について抗原提示の優位性を示唆する結果を得た。本配列は、用いた耐過血清に対し高い反応性を示し合成ペプチド抗原として極めて有用であると考えられ平成10年に特許が取得された。

先にも述べたように、非構造蛋白はグループ特異的である。従って、各タイプを考慮する必要がなく1つの抗原が全てのタイプに反応する。図2に得られた#7及び#10ペプチドの各種口蹄疫ウイルス感染耐過血清に対する反応性を示した。試験は、ELISA法を応用し、数値は陽性限界を示した血清の希釈倍数で示した。各タイプ間での反応性の数値は、個体間、ウイルス間で感染経過や免疫応答が異なるため単純な比較はできないが#7ペプチドは、いずれのタイプの口蹄疫ウイルス感染耐過血清とも高い反応性を示し、本抗原が全てのタイプの口蹄疫ウイルスに共通に反応することが示された。一方#10ペプチドは、#7ペプチドに比べて各タイプで反応性が低く現れたが、感染経過等によって応答が異なる可能性もあり、さらなる検討が必要である。

得られた合成ペプチド抗原はVIAAに属する。すなわち口蹄疫ウイルスが感染し細胞で

増殖する過程で細胞に取り残された残存物に相当する。現行の口蹄疫ワクチネーションは不活化ワクチンが使用され、生ワクチンと異なりウイルスの感染増殖を伴わないためVIAA抗体が産生されることはない。従って、原理的に本抗原を用いることによりワクチン抗体との識別が可能となる。しかしワクチン中にVIAAが混入した場合は、抗原認識され抗体が誘導される可能性がある。最近、精製技術が向上し口蹄疫不活化ワクチンも精製ワクチンが一般的に用いられる傾向にある。従って、ワクチン抗体との識別はいわばワクチンの品質に大きく左右されるといえよう。より確実なワクチン抗体との識別を考えた場合にはマーカーワクチンの開発が望まれるところである。

#### 5. おわりに

非構造蛋白合成ペプチド抗原は、前述した利点に加えウイルスを用いることなく安全な抗原の大量生産が可能であり、均質化や保存性の点でも優れているというメリットを持っている。しかしながら非構造蛋白の研究の歴史は浅く、仮に実験感染例で特徴的な抗体上昇が認められたとしても、野外での多様な感染様式を想定した抗体の消長、すなわち感染経路と感染量、個体差、重感染・再感染、ワクチン接種個体の応答、持続感染等々における抗体の衰退はあまり明らかとなっていない。

本法の開発により、従来の構造蛋白を用いた検査法と併用することで新たに発病機構解明に向けたより多くの情報が得られるとともに、より確実な血清診断が可能になるものと期待される。

本課題は、2001年度より3年計画で開始された「口蹄疫プロジェクト」の中で“2B由来ペプチドを用いた口蹄疫感染抗体迅速検出法の開発”として取り組まれている。



## 文 献

- 1) M. Truszczyński et al. (2000), Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines Fourth Edition 2000, Office International des Epizooties
- 2) M.H.V. Regenmortel et al. (2000), Virus Taxonomy; Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses, Academic Press
- 3) 佐伯隆清ら (平成10年), 口蹄疫診断用ペプチド及び当該ペプチドを含有する口蹄疫診断用抗原, 特許第2813768号

---

(27頁からの続き)

## 7. 終わりに

天然に存在する酵素を手本とすることなく、コンピュータ計算だけに基づいて酵素分子を設計するデノボ・デザインも試みられているが、現段階では成功していない。同じアミノ酸配列であっても、ラセン状構造をとる場合とヒモ状構造をとる場合とが存在するなど、アミノ酸配列と高次構造の関係は複雑・難解であり、酵素の人工設計の用途は立っていない。

一方、遺伝子シャッフリングによるキメラ酵素の作成は、高次構造が全く不明であっても実施可能であり、既存酵素の特性改良には非常に有効な手段であり、今後、数多くの産

業用酵素改良に適用されることが期待されている。

## 文 献

- 1) Stemmer, W. P. et al. (1994), Nature, 370, 389-391
- 2) Hayashia, K. et al. (2001), J. Mol. Cat. Enzym., 11, 811-816
- 3) Kaneko, S. et al. (1999), FEBS Lett., 460, 61-66
- 4) Nirasawa, S. et al. (1999), Biochem. J., 341, 25-31
- 5) Machida, S. et al. (2000), FEBS Lett., 486, 131-135

## ◀国内情報▶

## 産業用酵素の分子レベルでの特性改良

独立行政法人・食品総合研究所

林 清・金子 哲・町田幸子・荻澤 悟・本多裕司・北岡本光

現代生活において酵素は欠かせないが、既存酵素の改良は困難である。そこで、遺伝子レベルで酵素を改変する手法として、オーバーラッピングPCRを活用した特定部位での遺伝子シャッフリング法を開発した。本手法においては、立体構造情報は必須ではなく、アミノ酸配列の一致率が40%程度あれば、30%のものが活性型酵素として得られた。また、封入体として得られたものを活性型に変換する人工シャペロンも開発した。

## 1. はじめに

多種多様な加工食品が、我々の豊かな食生活を支えているが、こうした食品の加工において、酵素の利活用が不可欠である。例えば、我が国の砂糖消費の3分の1は、ブドウ糖果糖混液（異性化糖）に置きかわっているが、この異性化糖は、アミラーゼ、グルコースイソメラーゼ等の酵素の活用無くして、製造できない。

国際生化学連合酵素委員会（EC）が提唱している分類に従うと、1996年現在、3196種類の酵素が登録されており、そのうち30種類程度が、我が国の食品産業で利活用されている（詳細は、酵素メーカーの協力の下、食品総合研究所酵素機能研究室でとりまとめたインターネットのサイト「我が国の市販酵素剤とその用途」<http://www.nfri.affrc.go.jp/contents/database/kouso/new/>を参照）。しかし、多様化する消費ニーズに対応するために、常に新しい酵素が求められている。

## 2. 酵素の検索と分子レベルでの改変

既存酵素の特性を改変する有効な手法が無いことから、新しい酵素が必要な場合には、HAYASHI Kiyoshi, KANEKO Satoshi, MACHIDA Sachiko, NIRASAWA Satoru, HONDA Yuji, KITAOKA Motomitsu  
〒305-8642 つくば市観音台2-1-12

新たに酵素を探索する必要がある。多数の微生物の中から、目的の酵素を生産する微生物を探し出すのは、膨大な時間と人力を要する。

一方、バイオテクノロジーの発達により、酵素の特性を分子レベルで改変する技術が開発されつつある。最も簡易な技術は、酵素のアミノ酸を変異させる手法であり、ポイントミューテーションと呼ばれている。この手法を活用すると、酵素を構成しているアミノ酸を他のアミノ酸に変異させることができ、特性が向上した酵素が得られる。

しかし、酵素分子は、通常200~1,000残基のアミノ酸が、数珠玉のように直鎖状に連結しており、このうちの1カ所の部位を選定するのは容易ではない。さらに、アミノ酸は20種類存在することから、選定された部位のアミノ酸を、他の19種のうちのどのアミノ酸に変異させるかを決める必要もある。どの部位のアミノ酸をどのように改変すれば良いかといった予測手法が無いことから、複数の部位を選定し、逐次、他のアミノ酸に変えるのであるが、その組み合わせは膨大となり、実用的ではない。

## 3. 遺伝子シャッフリング

複数の酵素遺伝子を対象に、遺伝子をランダムに入れ替える（シャッフリング）手法も開発されている。この手法は、図1に示すように、対象遺伝子を短く切断し（1000塩基の



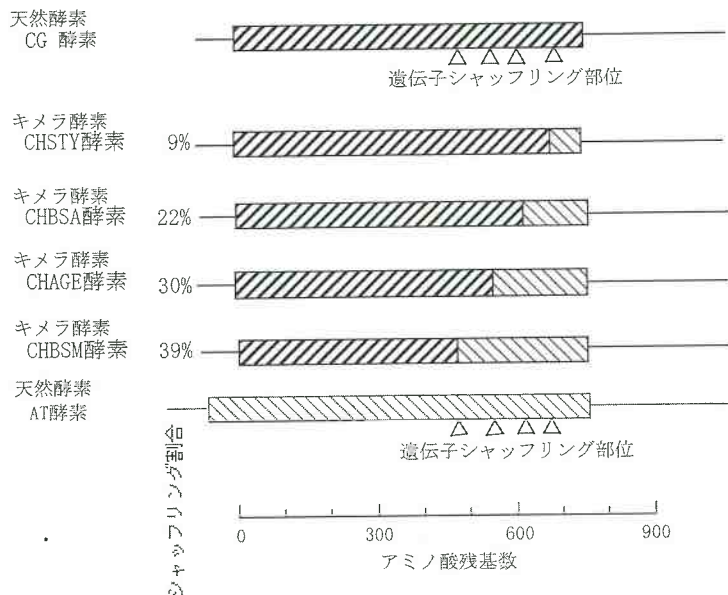
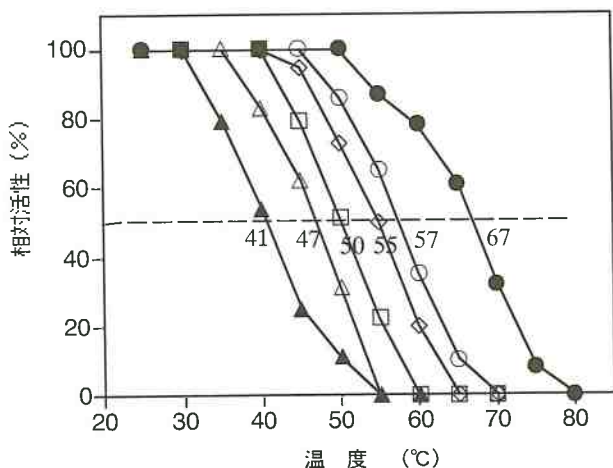


図3 遺伝子シャッフリングによるキメラβ-グルコシダーゼの遺伝子構築



▲, *C. gilvus*由来酵素 (CG); △, CHSTY; □, CHBSA; ○, CHAGE; ●, CHBSM; ●, *A. tumefaciens*由来酵素 (AT)

図4 キメラβ-グルコシダーゼの耐熱性

#### 4. β-グルコシダーゼの遺伝子シャッフリング

植物体の約3分の1を占めるセルロースは、地球上で最も多い炭水化物資源であり、次世代のエネルギー/食料資源として注目されている。β-グルコシダーゼは、このセルラーゼ分解に関与する酵素の一種であり、遺伝子シャッフリングによる耐熱性向上をめざした。耐熱性が41℃である細菌*Cellvibrio gilvus*由来のβ-グルコシダーゼ (CG酵素) と、耐熱性が67℃である細菌*Agrobacterium*

*tumefaciens*由来のβ-グルコシダーゼ (AT酵素) のアミノ酸配列の一致率は40%程度であった。そこで、図3に示すように、CG酵素の遺伝子のC末端側の9%、22%、30%および39%を、AT酵素の遺伝子の相当部分とシャッフリングした、4種類のキメラ酵素の遺伝子を構築した。これら遺伝子を大腸菌で発現させ、4種類のキメラ酵素を得た。得られたキメラ酵素の熱に対する耐性を解析したところ<sup>2)</sup>、キメラ酵素の耐熱性はCG酵素と比較すると6~16℃向上していた (図4)。また、導入するAT酵素の領域が長いほどキメラ酵素の耐熱性が向上していることから、耐熱性に関与する特定領域 (耐熱性ドメイン) が存在するというよりも、耐熱性に関与する領域はAT酵素全体に分散しているものと推察された。このように耐熱性に関与する領域が、特定部位に局在するのではなく広く分散している現象は、キシラーナーゼ<sup>3)</sup>やアミノペプチダーゼ等の他の酵素でも認められた。

また、キメラ酵素の基質特異性についても検討したところ、グルコース誘導体に対する親和性 (Km値) は、AT酵素が0.032mM、CG酵素が1.8mMであるのに対し、いずれのキメラ酵素も0.27mM程度で、CG酵素とAT酵素の中間的特性を示した。遺伝子シャッフリングにより得られたキメラ酵素は、一般には、その素材となった両親の酵素の中間的な特性を示す場合が多い<sup>2, 3)</sup>。

#### 5. 酵素活性を示さない

##### キメラβ-グルコシダーゼ

同様に、CG酵素とAT酵素を対象に他の領域をシャッフリングしたキメラ酵素を作成したところ、活性型にフォールディング (折り畳み) されず、水不溶性のインクルージョンボディ (封入体) として得られたものもあった。遺伝子シャッフリングにより、高次構造形成に必要なアミノ酸配列情報の一部が乱されてしまい、本来の構造をとれず、ランダムな状態となり、このランダムな状態の蛋白質が互いに凝集し、不溶性のインクルージ



オンボディーを形成したのである。

遺伝子シャッフリングの際、アミノ酸配列のアライメントのホモロジーが高ければ高いほど、遺伝子シャッフリングにより得られたキメラ酵素が、活性型の酵素として得られる可能性は高い(図5)。しかしながら、往々にして、アミノ酸配列アライメントのホモロジーが高い酵素は、両酵素の性質は類似しており、研究としての魅力に欠ける。逆に、アミノ酸配列アライメントのホモロジーが低いものは、酵素の特性が大きく異なり、遺伝子シャッフリングの素材としては興味深い、活性型酵素を得にくい。遺伝子シャッフリングにおいては、適度なホモロジーが認められ、しかも、酵素特性が適度に異なる酵素を対象とすることがポイントである。なお、当研究室の多くの実績から、アミノ酸配列アライメントの一致率が40%程度であれば、得られたキメラ酵素の30%程度は活性型となる。

### 6. 活性型へのフォールディングを補佐する人工シャペロン開発

人為的に構築したキメラ遺伝子のみならず、外来遺伝子を大腸菌や酵母で発現させた場合、活性型とならないことがしばしば報告されている。これは、発現した酵素が正しくフォールディング(折り畳み)しないことに起因している。本来の細胞内部では、各種の分子シャペロンがフォールディングを補佐していることから、この生体内のフォールディ

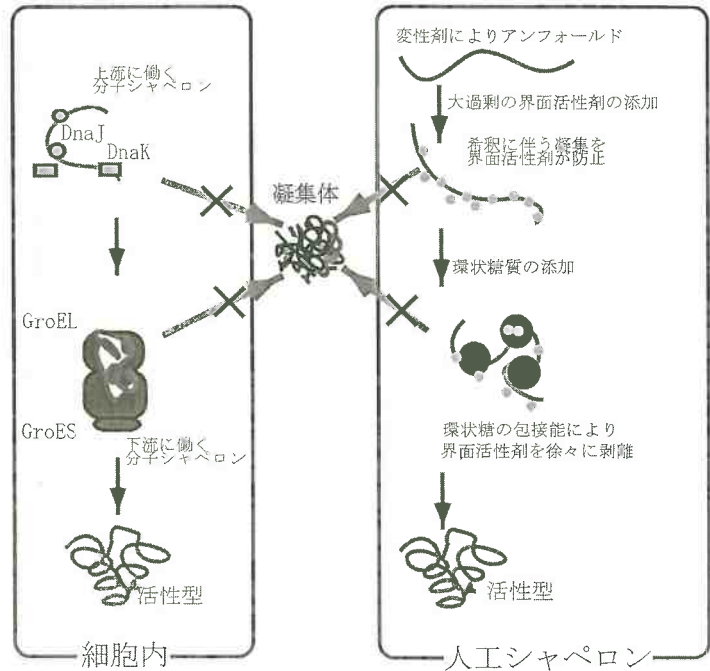


図6 不活性型酵素を活性型に変換する人工シャペロン

ングシステムを模倣し、試験管内で実施する手法(人工シャペロン)を開発した。

図6に示すように、人工シャペロンは界面活性剤・高分子環状糖(サイクロアミロース)を組み合わせたものであり、その作用は、まさに細胞内におけるフォールディング過程と類似している。フォールディングの第一段階で重要なことは、タンパク質のランダムな凝集の阻止であり、人工シャペロンでは界面活性剤がその働きをしている。次に、高分子環状糖の包接能を活用し、タンパク質に結合している界面活性剤を徐々に取り去る。徐々に界面活性剤が取り除かれると、タンパク質は自発的に正しい高次構造にフォールディングし、その活性も回復する<sup>3)</sup>。この人工シャペロンは、封入体として得られた不活性タンパク質以外に、精製過程における逆相カラムにより変性したタンパク質などへ適用できるほか、生理活性タンパク質、受容体などへの適用も可能であり、汎用性の高い技術であることから、2001年11月には大手試薬メーカーからキットとして市販されている。

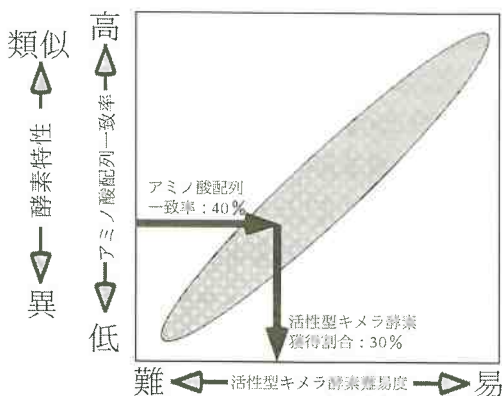


図5 活性型キメラ酵素を得る難易度

(以下23頁に続く)

◀地域の先端研究▶

## 染料添加人工飼料による 多様なカラー繭の作出技術

群馬県蚕業試験場 栽桑育蚕部  
岸 弘子 ・ 清水 治

最近開発した壮蚕用生桑葉ペースト飼料は、生桑葉の磨砕物（生桑葉ペースト）、脱脂大豆粉末、ビタミン類、クエン酸、防腐剤、水道水等で構成されている。染料を添加したペースト飼料を5齢期に給与することにより、多様なカラー繭を作出する技術を開発した。繭の色は混合した染料に応じた色に着色した。染料の混合使用、カラー繭品種への染料添加飼料の給与により繭色に変化を持たせることが出来た。カラー繭からはカラー生糸を繰糸することができた。

### 1. はじめに

安価な中国産の繭・生糸の輸入により我が国の蚕糸業は壊滅的な状態に陥った。このため輸入される繭や生糸とは明確に差別化される高付加価値の繭・生糸の創出が課題になっている。

そこで輸入品とは完全に差別化できる多様なカラー繭とカラー生糸の作出技術の開発を行ってきた。従来から品種的なカラー繭は存在するが、その色は黄色、黄緑色、淡肌色に限られており、カラー繭の種類が少ない。また、これらの品種的なカラー繭は海外にも存在しているだけに、差別化が難しい面もある。

繭と生糸のカラー化技術は、従来の桑葉育では容易ではなく、壮蚕人工飼料育技術を用いることによって、初めて可能になる独自の方法による開発を目指した。すなわち我々が開発した壮蚕用生桑葉ペースト飼料<sup>1)</sup>に染料を添加調製し、この飼料を5齢期の蚕に給与する方法で繭・生糸をカラー化する技術である。以下これらの概要について紹介する。

### 2. 壮蚕人工飼料育

蚕の人工飼料は1960年に初めて開発されて以来、栄養要求にかかわる研究と相まって急速に改良され、また実用化に向けた人工飼料

KISHI Hiroko, SHIMIZU Osamu<sup>\*</sup>

〒371-0852 前橋市総社町総社2326-2

による飼育技術に関する開発研究も活発に行われた。

養蚕は1～3齢期のいわゆる稚蚕期は共同で飼育されており、4～5齢期の壮蚕期は各農家に蚕が配られ、桑葉で飼育されている。農村現場で人工飼料が使われるようになったのは、この稚蚕共同飼育への導入で、1977年から始まり、徐々に普及率は高まり、今日では稚蚕飼育の90%以上が人工飼料で飼育されている。

稚蚕共同飼育所へ人工飼料育が導入されて以来、飼育の省力化と蚕病の発生の低下が劇的に実現した。

しかし飼料が高価なことがネックになって、壮蚕期が実用的に人工飼料で飼育されることは、今日まで実現していない。

最近、我々は従来の人工飼料に比べて著しく安価な生桑葉ペースト飼料<sup>1)</sup>を開発した。またこの人工飼料に応じた飼育技術<sup>2)</sup>についても開発することができた。これにより壮蚕期の人工飼料育も視野に入れることができるようになってきた。しかし今日の安価な繭価格下では桑葉育に比べて、壮蚕の人工飼料育は飼料価格がネックになってしまう。そこで人工飼料育の特徴を十分に生かした差別化繭を生産する新たな新養蚕の展開を目指している。

### 3. カラー繭の生産

蚕の体内には絹糸腺と呼ばれる絹糸物質を

表1 生桑葉ペースト飼料組成

組成	重量
生桑葉ペースト	81 g
脱脂大豆粉末	17
ビタミンC	0.1
ビタミンB群	0.1
クエン酸	1.2
防腐剤	添加
染料※	添加
水	20 ~ 40

※ カラー繭に有効な染料

染料名	適正使用濃度
ニュートラルレッド	500 ppm
チオニン	100
ローダミンB	300
ダイロンネイビー®	1,500
ダイロンディープブルー®	1,500
ダイロンエメラルグリーン®	1,500

合成し貯蔵する2対の器官がある。絹糸物質の合成は最終齢の5齢期に非常に活発に行われる。このため5齢は非常に活発な飼料の摂食が行われる。5齢期の蚕は約7~8日経つと、蚕体が若干透明になり絹糸をはき始め(上蔟)、繭を作り(営繭)、幼虫は繭の中で変態して蛹になる。

カラー繭の生産は、この5齢の時期に染料添加生桑葉ペースト飼料(表1)を与えて飼育(図1)することによって行う。

染料添加飼料を食下するに伴って、蚕体は添加飼料に応じた色に徐々に染色した。しかし、その染色状況は染料の種類により異なっている。たとえばニュートラルレッドとチオニンは蚕体全体が一様に着色したのに対して、ローダミンBは幼虫の体節間部に比して体節部が良く染まり、またダイロンネイビー®とダイロンディープブルー®は体色の染まりは比較的少ない傾向がある。しかし体色の染色程度と繭色の染まりの程度は一定の傾向が無く、ニュートラルレッドは蚕体が良く染まるのに対して、繭色の染色は少ない傾向を示す。

染料添加飼料を食下した白繭種では、用い

た染料に対応した色に繭全体が染まっており、個体間でも染色性にほとんど差がない。品種的な黄繭種、黄緑繭種の蚕に、染料添加飼料を食下させた場合には、品種的な繭色と飼料に添加した染料の色が混合したカラー繭を得ることができる。すなわち黄繭種の蚕に青色系の染料の入った飼料を与えると、緑色の繭を得ることができ、同様に黄繭種に赤色系の染料の入った飼料を与えた場合には、オレンジ系色の繭を得ることができる。また染料の混合添加によっても繭色に変化を持たせることができる(図2)。

#### 4. 絹糸腺内の液状絹物質の染色状況

蚕体内の絹糸腺の中部糸腺でセリシタンパク、後部糸腺でフィブロインタンパクが合成される。

吐糸間近の蚕を解剖して、絹糸腺内部の液状絹の染色状況(図3)を観察してみると、飼料に添加した染料の種類によりこれらのタンパク質の着色状況が異なることが分かった。たとえばニュートラルレッドとローダミンB添加飼料を食下した蚕は、中部糸腺と後部糸腺の液状絹が着色されており、セリシタンパクとフィブロインタンパクが共に染色されることが分かった。これに対してダイロンネイビー®の場合には、中部糸腺は着色されるのに対して後部糸腺の着色程度は低かった。すなわちセリシタンパクが良く着色されているのに対し、フィブロインの染色程度は低かった。この現象は絹糸腺の部位により



図1 5齢期の人工飼料育



図2 作出された各種カラー繭

染料の選択透過性に差があるためと思われる。

### 5. カラー生糸

繭から生糸を繰糸するには、「煮繭」と呼ばれる繭を煮て膠質のセリシンを軟化させる操作が行われる。この煮繭処理によって繭色が退色することは生じなかった。

カラー繭であっても、普通の繭と同じように容易に繰糸することができた。カラー繭から得た生糸（図4）は、繭色を良く反映したカラーになることがわかった。

また色の異なる繭の混繰糸により、1本の生糸に各種の色を入れること、色の変化のリズムを作り出すことも可能で、この種の生糸は従来は存在せず、全く新しい生糸素材といえることができる。

### 6. 今後の展開

カラー生糸からの各種の製品化はこれから種々試作を行っていくところであるが、カラー生糸として十分に染まっているのでセリシンを残した無精練糸「すずし」を薄物織物用素材として利用すると、その特徴が最も良く現れるように思われる。

その他、カラー繭を各種のクラフト材料として用いたり、繰糸時に製品化するランプシェード、平面吐糸によるカラー平面繭の製造など新しい製品開発を検討してみたい。



図3 絹糸線の染色状況  
上：ニュートラルレッド  
下：ダイロンネイビー®

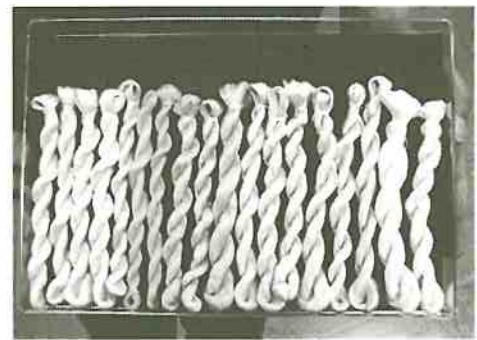


図4 カラー繭から繰糸したカラー生糸サンプル

同時にカラー生糸から作られた製品の色退行性についてのデータ収集も行っていないかなければならないと思っている。

### 文 献

- 1) 清水治ら（1999）群馬蚕試研報，5，23-28
- 2) 岸弘子ら（2000）同上，6，49-54



## ◀文献情報▶

## コネキシン43由来のギャップジャンクションによる細胞間コミュニケーションがマウス卵胞発育に必要である

Intercellular Communication via Connexin43 Gap Junction Is Required for Ovarian Folliculogenesis in the Mouse

Cheryl L. Ackert,<sup>\*,†</sup> Joanne E. I. Gittens,<sup>\*</sup> Marilyn J. O'Brien,<sup>†</sup> John J. Eppig,<sup>†</sup> and Gerald M. Kidder<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Department of Physiology, Department of Obstetrics and Gynaecology, and Department of Paediatrics, The University of Western Ontario, London, Ontario N6A 5C1, and Child Health Research Institute, 800 Commissioners Road East, London, Ontario N6C 2V5, Canada; and <sup>†</sup>The Jackson Laboratory, Bar Harbor, Maine 04609

*Developmental Biology* 233, 258-270 (2001)

コネキシン(Cx)ファミリーは細胞間ギャップ結合を構成するチャネルタンパク質で、少なくとも15種類(分子量の違いで)存在する。哺乳動物の卵巣ではCx26, 30.3, 32, 37, 43, 45, 57, 60の発現が確認されている。この中でCx37は卵母細胞(以降卵子)と顆粒層細胞間の結合部にみられ、Cx37欠損雌マウスでは成熟卵胞以降へ発育せず排卵に至らず不妊になること、卵子の減数分裂能が損なわれることが報告されている(本報第84号で文献紹介している)。一方Cx43は顆粒層細胞間の結合部にみられる。Cx43欠損雌マウスは心臓の異常により新生仔致死のためこれ以降の卵胞発育におけるCx43の役割については調べられていないが、胎齢11.5日の生殖隆起における生殖細胞数が極端に少ないことが明らかになっている。筆者らはこの残された生殖細胞が正常な発生能をもつ卵子に発生し得るかについて検証している。

Cx43欠損の新生仔あるいは妊娠後期胎仔

の卵巣をスキッド雌マウスの腎臓被膜に移植し、3週間後にそれらの卵巣内卵胞の発育状況、卵子の成熟および受精能について評価した。この卵巣の腎臓被膜への移植法は正常マウスの場合、胞状卵胞まで発育し体外受精によって産仔が得られていることが既に報告されている。移植3週間後の野生型(C57SL/6J系)卵巣では二次卵胞あるいは胞状卵胞が見られるのに対して、Cx43欠損マウスでは複数層の顆粒層細胞から成り立つ二次卵胞が見られず、原始卵胞あるいは一次卵胞で発育が停止していた(CD1系マウスがバックグラウンドの場合、一部に二次卵胞まで発育するものが見られた)。原始卵胞についてはCx43欠損および野生型マウス間で形態的に差がみられなかった(ただし野生型に比較し原始卵胞数は1/10以下)。しかし移植3週間後の卵巣内卵子の直径は野生型に比較して小さく、透明帯も薄く、野生型に見られる皮質顆粒が見られず空胞が多く見られた。これらの卵子を体外成熟培養しても、減数分裂に移行しなかった。顆粒層細胞間のギャップジャンクションは減少していたものの、完全に消失していなかった(これは他のCxタンパクによるギャップジャンクションの存在を示している)。以上の結果は、Cx43が担うギャップジャンクションは発育初期卵胞(第一次から第二次卵胞以降への発育)における顆粒層細胞の増殖に必須であり、これらの欠如が卵子の発生にシビアな影響を与えることを示唆していた。

これまでの報告からCx37および43が卵胞発育に必須であることが明らかとなっており、このことは顆粒層細胞と卵子間の相互作用が非常に重要であることを改めて証明している。他の卵巣で発現しているCxタンパクの役割についても興味深い。

(抄訳:木村直子, KIMURA Naoko 東北大学大学院農学研究科)

## ◀文献情報▶

酵母のSch9による寿命と  
ストレス抵抗性の制御Regulation of longevity and stress resistance  
by Sch9 in yeastPaola Fabrizio, Fabiola Pozza, Scott D.  
Pletcher, Christi M. Gendron, Valter D.  
Longo*Science* vol292 288-290 (2001)

*Caenorhabditis elegans*や*Drosophila melanogaster*, マウスの寿命を延ばす変異は酸化ストレスに対する耐性の増加と関係のあることが示唆されているが, 老化の制御メカニズムについてはあまり分かっていない。単細胞である*Saccharomyces cerevisiae*は高等真核生物と同様に加齢に応じ細胞機能の障害や死亡率の増加を受けることより酵母での老化・寿命の制御メカニズムについて調べた。酵母の寿命は個々の細胞レベルでの寿命と細胞集団としての寿命の二つに区分される。細胞の寿命は一つの細胞が何回出芽できるかということであらわされ, 出芽の数を数えることで測定できる。それを制御するものとしてクロマチンサイレンシングを仲介しているSir2タンパクの関与が知られている。一方細胞集団の寿命は菌体は何日生存できるかというものであり, 生存率の経時変化よりその寿命を測定する。しかしその制御機構についてはあまり分かっていない。そこで本論文では細胞集団の寿命の制御について調べた。

まず酵母細胞にトランスポゾンによる変異を加え, 二つの長生き変異株 (*cyr1::mTn*・*sch9::mTn*) を得た。それらはprotein kinase 遺伝子であるSch9とアデニル酸シクラーゼ (Cyr1) にトランスポゾンが組み込まれていることが分かった。

これらの変異株においては寿命の延長と同時に酸化ストレス耐性や高温耐性の獲得もみられた。そこでCYR1やSCH9の変異による寿命の延長がストレス耐性誘導因子であるMSN2/MSN4を介しているかどうかを調べたところ, 変異株*cyr1::mTn*はMSN2/MSN4

を介して長生きになっているが, *sch9::mTn*はMSN2/MSN4を介さずに長生きになっていることが示された。

酵母はグルコースの信号を受け, Cyr1/cAMP/PKA経路を通してストレス耐性転写因子Msn2/Msn4を不活性化する。またグルコースはSch9の活性化にも影響を与え, Sch9の活性化によってRIM15が未知の因子を通してストレス耐性の減少が生じる。しかし今回得た変異株では*cyr1*や*sch9*の変異によって複合ストレス耐性システムは増加し, Msn2/Msn4-やRim15-依存の経路を通して寿命が延長していると考えられる。

酵母, 線虫, ショウジョウバエ, マウスの長生き変異株の表現型にはいくつかの類似点がみられることや, 酵母のSch9やPKAはヒトのAKT-1/AKT-2とホモロジーがあることから, 基本的な老化のメカニズムは酵母からヒトまで保存されている可能性は大きいと考えられる。

(抄訳: 萩原深, OGIHARA Fukashi, 広島大学大学院先端物質科学研究科)

## ◀文献情報▶

花粉管は助細胞に  
惑わされて伸長する

Pollen tube attraction by the synergid cell.

T. Higashiyama, S. Yabe, N. Sasaki, Y. Nishimura, S. Miyagishima, H. Kuroiwa, T. Kuroiwa

*Science* Vol 293, 24 August 2001, 1480-1483

藻類から裸子植物のソテツ・イチヨウまでの比較的下等な植物では運動性のある精子が水の中を泳ぎ卵細胞に辿り着き受精をするが、被子植物と大部分の裸子植物では雄性配偶子は運動性を失った精細胞となり、柱頭上で発芽し花柱内を伸長する花粉管によって卵細胞まで送届けられる。テッポウユリでは10 cmの距離を60時間、マツバボタンでは1 cmの距離を140分かけて胚珠に辿り着くと言われている。脇目もふらず突進するその様は蠱惑的な美女にひきよせられる馬鹿な男である。蠱惑的な香りの素はCaイオンとも、ある種の糖とも、タンパクとも言われているが、それを放出しているのは胚囊であるとされている。胚囊は卵細胞、二つの助細胞、三つの反足細胞と極核を含む中心細胞からなるが、このうちの細胞が花粉管を惑わしているのかは今ひとつははっきりしなかった。この疑問に答える論文を紹介したい。

花壇などに植栽されるトレニアは被子植物でありながら胚珠から一部が露出した胚囊を持つことで知られるが、著者らはこの植物の胚囊の細胞一つ一つをレーザーで破壊した後試験管内受精を行い、花粉が珠孔に引寄せられるかどうかを観察した。その結果はこうである。完全な胚珠ではほぼ100%の卵細胞が花粉管を引寄せ、胚囊の周りの細胞を破壊した場合でも誘引率は低下しない。すなわち誘引するのは胚囊である。次は胚囊の構成細胞を破壊していく。卵細胞、中心細胞を除いても誘引能力は低下しない。ところが、助細胞を一つ除いた場合は1/4ほど誘引能力が低下し、二つ除いたら全く花粉管は誘引されない。

このことから、一個の助細胞でも十分な誘引性があり、2個あれば更に増強されることがわかる。また、受精が完了した胚囊は誘引性が喪失する。これは、二つ以上の精細胞が一つの卵細胞に侵入する「多精」を防止する機構ともいえよう。若い胚囊は誘引性がないことも示されており、誘引物質を出しているとするならば、それは短い特定の期間だけだということになる。

この論文は助細胞が花粉管を誘引していることを明解に示すものである。トレニアという胚囊の一部が露出している特殊な植物を選んだところに成功の第一歩があり、そこに着目した著者らの慧眼はさすがである。「研究は材料の選び方で決まる」ということを如実に示すものであろう。ただ、この研究で花粉管誘引細胞の謎が全て解けたわけではなく、むしろ深まった点もあることも最後に触れておこう。ブラシカ属やコムギ属植物では受粉前に、イネ属植物では開花前に助細胞の退化が始まるし、また、これは著者も論文中に触れていることではあるが、ゼイラニカ（セイロンマツリ）では助細胞がない。これらの植物では別の細胞が誘引すると考えなければ辻褄が合わない。さすれば、トレニアのケースは特殊なのか、普遍なのか。

(抄訳：岩井純夫, IWAI Sumio, 鹿児島大学農学部)

## ◀文献情報▶

## イネのKNOXホメオドメインタンパク質OSH15の保存領域の機能解析

Functional analysis of the conserved domains of a rice KNOX homeodomain protein, OSH15

H. Nagasaki, T. Sakamoto, Y. Sato, M. Matsuoka

Nagoya University, BioScience Center, Chikusa, Nagoya 464-8601, Japan

*The Plant Cell* 13, 2085-2098 (2001)

ホメオボックス遺伝子は、ショウジョウバエの形態を制御する転写調節遺伝子として最初に同定された。これらの遺伝子産物はホメオドメインをして知られているユニークな領域を持ち、特定のDNA配列を認識し結合する。それ故に、ホメオドメインタンパク質は転写因子として作用することによって、一連の標的遺伝子の発現を制御していると考えられている。*knotted1-like*ホメオボックス (*knox*) 遺伝子は様々な植物 (イネ, 小麦, シロイヌナズナ, 大豆, トマト, タバコ) から同定されており, 多くのKNOXタンパク質は茎頂分裂組織 (SAM) の未分化細胞の維持に重要な役割を果たしていると考えられている。総てのKNOXタンパク質には, 高度に保存された63個のアミノ酸領域から成るホメオドメインがある (典型的なホメオドメインは60個のアミノ酸から構成される)。KNOXタンパク質のホメオドメインは, 1番目と2番目のヘリックス構造の間に3つの付加的なアミノ酸が存在しており, それらが付加的なループを作っている。これはアンテナペディアのような典型的なホメオドメインタンパク質では見つかっていない。このユニークな特徴から, これらのタンパク質はTALEホメオドメインタンパク質と名付けられ, 総てのKNOXタンパク質がこの群に分類される。

イネのKNOXタンパク質OSH15には, MEINOX領域, GSE領域, ELK領域, そし

てホメオドメインの4つの保存領域が存在する (MEINOX領域はKNOX1とKNOX2の2つに分けることが出来る)。ホメオドメインのすぐ上流のELK領域は新規の両親和性ヘリックスを形成しており, 各局在性シグナルとして機能していると推測されている。また, タンパク-タンパク相互作用領域として作用しているとも考えられているが, この領域の正確な役割は分かっていない。大半のKNOXタンパクのN末端側に保存されている100個以下のアミノ酸保存領域はMEINOX領域として知られ, タンパク質-タンパク質相互作用で機能しているのかもしれない。MEINOX領域とELK領域の間に位置するGSE領域と名付けられたこの保存領域の役割はまだ分かっていない。

植物発生のKNOXタンパク質の機能を理解するため, これらのタンパク質の生化学的特性を同定する必要があるが, このようなアプローチをしたKNOXタンパク質の報告はほとんどない。そこで著者らは, 保存領域を取り除いたようなタンパク質10種類と, ホメオドメインの保存アミノ酸配列に突然変異を生じているタンパク質4種類を作り, 各々の領域の機能を調査した。形質転換による解析から, KNOX2とホメオドメインは異常な表現型の示すのに不可欠であり, KNOX1とELK領域は表現型の度合いに影響していることが示唆された。著者らは, KNOX2とホメオドメインの両方がhomodimerizationに必要であり, ホメオドメインのみがOSH15の標的配列に結合するのに必要である, という見出しをした。またトランスアクティベーション試験から, KNOX1とELK領域の両方が標的遺伝子の発現抑制の役割を担っていることが示唆された。これらの知見から, 過度のOSH15は2量体として作用し, 標的遺伝子の発現を異所的に抑制し, トランスジェニック個体で見られるような異常形態を示すのかもしれない, ことが考えられた。

(抄訳: 春原英彦, SUNOHARA Hidehiko, 東京大学大学院農学生命科学研究科)



## ◀文献情報▶

パイロジェン試験における  
新時代

A new era in pyrogen testing

Jeak L. Ding\*<sup>1</sup> & Bow Ho\*<sup>2</sup>\*<sup>1</sup>Dept of Biological Science, \*<sup>2</sup>Dept of Microbiology, National University of Singapore*TRENDS in Biotechnology*, 19, 277-281 (2001)

エンドトキシン (ETX) は、血中に入ると炎症性サイトカインの産生による発熱を引き起こすパイロジェンとして知られている。注射用医薬品の製造工程ではETXによる汚染が厳重に管理されている。ETXの測定にはカプトガニ血液を原料とするLimulus Amebocyte Lysate (LAL) 試薬が用いられている。これはカプトガニの生体防御機構であるETX感受性のプロテアーゼ前駆体の活性化により開始される血液凝固カスケード反応を応用したものである。現在市販されているLAL試薬は天然のカプトガニを捕獲し採血した血液を用いて製造されたものである。ここで紹介する文献は、LAL試薬を遺伝子組み換え法により製造しようという試みに関するものである。

遺伝子組み換えによりLAL試薬中のETX感受性セリンプロテアーゼ前駆体であるFactor C (FC) を調製することができた。マルオカプトガニFCは糖鎖を含む分子量132kDaのタンパクである。rFCは微量のETXにより活性化される合成ペプチド基質分解活性を示し、天然型FCと同様にETX依存性プロテアーゼ活性を有していた。rFCとBoc-Val-Pro-Arg-MCAを用いた蛍光法での測定では0.005EU/mLのETXを検出可能であった。ETX感度にはrFC濃度依存性が認められ、rFC濃度によりETX感度の調節が可能であった。活性型FCに対するペプチド性合成基質を用いる方法以外に、抗FC抗体を用いたELISA法でもETX測定が可能であった。rFCによるETX測定はCrude LAL試薬

の場合とは異なり(1→3)-β-D-グルカン感受因子を含まないため、(1→3)-β-D-グルカンには感受せずETXに対する特異性に優れている。

1970年代にLAL試薬が実用化され、ウサギを用いた発熱性物質試験がカプトガニより製したLAL試薬を用いるETX試験に置き換えられつつある。ETXの測定は医薬品製造の分野のみならずグラム陰性菌による感染症の診断にも用いられている。また、食品や環境中の微生物汚染の指標としても有用であると報告されている。LAL試薬への需要が増加することでカプトガニへの需要も増大することが考えられる。

カプトガニは二億年前からその姿を大きく変えることなく生き続けており「生きている化石」と呼ばれている。カプトガニは北米とアジアの海岸にのみ生息しており、干潟の破壊などによりその生息域は減少してきている。これは本邦に限ったことではない。天然のカプトガニを用いることなく、遺伝子組み換え法によりLAL試薬を製造することは、カプトガニの保護のためにも大変有用であろう。もちろん現状は天然型と同様の活性を持つrFCが実験室レベルで調製できたという段階であり、実用化にはまだまだクリアすべき問題はあろう。しかしながら、「生きている化石」と呼ばれるカプトガニを用いる必要のない、遺伝子組み換え法で製造したLAL試薬でのETX試験の実用化が現実味をおびてきたと言えるだろう。

(抄訳：北川 剛史, KITAGAWA Takeshi, マルハ(株)中央研究所)

◀海外便り▶

## イネとトウモロコシのQTLシンテニー —イタリア・ミラノ大学における一年間—

独立行政法人・農業生物資源研究所  
石丸 健

### 1. はじめに

2000年3月から2001年3月までの一年間、イタリアのミラノ大学に滞在し研究する機会を得た。イタリアは日本人にとって、最も親しみを持っている外国ではないだろうか。パスタ、ワインなどの料理はもはや一般的であるし、グッチなどに代表されるファッション、水の都ヴェネチア、中田選手も所属するサッカーリーグセリエA、ダビンチの最後の晩餐、ミケランジェロ等の美術などなど。私たちの周りにイタリアに

関する物や情報はあふれている。また、今年(2001年)がイタリア年に当たることもあり、日本中で様々な催しが開催されている。その反面、恐らく私たちが抱くイタリア人、イタリアのイメージは、非常に単純ではないだろうか。「イタリア人は、人なっこく親切で底抜けに明るい、その反面いい加減で、自分勝手、昼はシエスタ、長いバカンス、経済は崩壊していて、犯罪が多い。」と、ほとんどの人が考えているのではないだろうか。実際、ミラノでの在外研究が決まって、かなりの人

ISHIMARU Ken

〒305-8602 茨城県つくば市観音台2-1

から「どうしてイタリアなのか?」と質問された。この場をお借りして、ミラノ大学の研究事情について説明させて頂くことで、この質問に答えられると思う。

イタリア半島は3,000年の歴史を持つが、一つのイタリア国としての歴史は、わずか



写真1 ミラノのシンボル、ドーモ

180年にすぎない。統一されるまでは、ミラノやローマ、ナポリは別々の国であった。そのため、未だに各都市間の対抗意識が非常に強い(これがセリエAが盛り上がる理由の一つだと思う)。政治の中心はローマがだが、ミラノがイタリア経済を動かしている。ミラノ大学はイタリアの中では比較的新しい大学(ピサ大学ではガリデオガリディが教鞭を執っていた)であり、イタリア最高のレベルである法学部、政治学部と哲学部を抱える、理系では建築学部、農学部、芸術学部、理工学部、医学部等から構成される総合大学であり、規模はイタリアで3番目に大きい。私が滞在

した遺伝分子学研究部は、1980年に医学、農学部並びに理工学部の一部から構成された非常に新しい組織であり、人、動物、植物といった材料の垣根を越えて、ゲノム、分子生物学の手法を用いた研究が進められていた。学生は農学部や医学部入学に関わらず自由に研究室の所属を決めることができる、植物、医学ごとにフロアーで分かれているが各種セミナーや発表会は自由に参加できる。

## 2. 在外研究について

国際ゲノムシーケンスプロジェクトにより、人間の全ゲノムが解析されたことは記憶に新しい。植物に関しても、実験植物であるアラビトプシスでは解析が終了した。また、私が所属する農業生物資源研究所を中心とし、イネの全ゲノムの塩基配列の解析が進められている。ゲノム解析の進展により、食料として重要であるイネ科作物のゲノムにはシンテニーが有ることが明らかになってきた。このことから主要作物には、共通の遺伝子が作用している可能性が高いことが推測される。近年、急速に開発が進んだDNAマーカーを利用した連鎖解析により、QTL解析を行うことで、関与すると考えられる遺伝子の染色体上の位置や効果を明らかにすることができる。私はイネの収量や草丈を制御する遺伝機構の解析を目的に、QTL解析を行い、それぞれ数個のQTLを見いだした。育種的な手法を用いてこれらのQTLに関与する遺伝子の単離を目指す予定であるが、私が見いだした遺伝子座がトウモロコシでも同様に作用しているのか、言い換えれば、私が単離を目指そうとしている遺伝子はイネだけではなくトウモロコシ等の他の作物においても形質の向上に関与するのかということは非常に興味深い。そのためには、見いだしたQTL近傍のイネのDNAマーカーをトウモロコシの連鎖地図上に位置づけ、既に見いだされている同様の機能に関与するトウモロコシのQTLとの位置を比較することが必要であるが、残念ながら日本では、トウモロコシで



写真2 ミラノ大学キャンパス

QTL研究に用いられる材料は確立されていなかった。私は在外研究として、イネとトウモロコシにおける草丈と収量に関するQTLのシンテニーの解析をミラノ大学のSari教授の研究室で行うことにした。彼女（ミラノで会うまで女性とは知らなかった—Sariは亡くなられたご主人をつけたため男性名であるため）はトウモロコシ遺伝学の権威で、特にQTLの環境における発現を精力的に研究を行っており、EUの重点研究室に指定されている。研究の結果、草丈に関しては、トウモロコシとイネではほぼ相対的な位置に、関与する遺伝子座があるが、収量に関して両者間でかなり位置がずれることが明らかになった。一部やり直しが必要な点も有るため、今後も研究を継続し、発展させてゆくつもりである。

## 3. イタリア、EUの研究環境

英国を除くヨーロッパの国々はEUへの統合が進み、研究に関しても国境を越えてEUとして予算が分配される。その結果、インターナショナルな予算獲得競争が繰り広げられるが、日本と異なり各国からその分野のエキスパートが研究計画の合理性や将来性等に関して細かい点までオープンに評価する。より良く研究を進めるにはどうしたら良いかという点が評価の中心となり、結果は直接予算申

請者に戻される。また、予算の報告会は規模が小さいが国際学会の感を呈し、活発に意見交換が行われる。私もある評価会議に出席したが、昼間の活発な意見交換と大変フレンドリーな夜のディナーに驚かされた。この様にEU内では、ほとんどの同分野の研究者が知り合いであり、頻繁なメールでのやり取りや実際に会うこと（ミラノーロンドン間でさえ飛行機で40分であり、日帰りでもセミナーが可能）で意見並びに材料を交換しながら研究を進めている。このことがEUにおける研究進展の原動力になっていると思われた。近年、日本からも国際会議に比較的容易に参加できるようになってきているが、期間が短いことと語学上の問題でフレンドリーな関係を築くまでは行かず、研究情報に関しては、日本はまだまだファーイーストとであると痛感させられた。また、大学では研究を支えるスタッフが充実していた。特に、ゲノム情報に関しては、研究室に専属のスタッフが常駐し、ゲノムシーケンスに伴い作成された膨大なデータベースの検索や、データを使った研究計画の作成に関して協力してくれる。私の研究においても彼の助言は非常に役に立った。ファンドだけでなく、一般の研究においても、事前段階での細部にわたるまで徹底的に議論が交わされる。ポスドクや教授陣のほとんどは英国かアメリカに留学経験がある。EUへの移行に伴い研究室は選び抜かれた国際選抜チーム（ファンドをとるのはすごく厳しいが、EU内では国の枠を越えて就職、ポスドクになれるチャンスが多数有る）となっている。学生、ポスドクはものすごく勤勉で昼食の30分しか全く休まない、当然シエスタも無い。

#### 4. イタリアでの生活

恥ずかしながら、私もイタリアに関しては冒頭に書いたような漫然としたイメージしか無かった。イメージ通りみんなフレンドリーで有るだけでなく、予想に反してミラノ人は時間に正確で几帳面であり、約束はきちんと守られていた。これはミラノだからかもしれないが、と、言うのは大学の周りのミラノ人（ミラネーゼ；彼らはそう呼ぶ）はローマ人は待ち合わせは一時間は遅れると言っていた。研究室の中は雰囲気良く、快適に研究を行うことができた。当然のごとく料理、ワインは美味しく恵まれている。特に、ミラノは北イタリアで捕れた魚介類が集められるため、新鮮な魚を廉価で手に入れられる。イタリアの経済はこの5年で飛躍的に良くなり、年2～3%の生長を遂げ、治安も良くなっている。格段に大きい貧富の差や政府関係機関の混乱等、日本では信じられない点があることは否定できないが、イタリア人の持つ陽気さ、優しさは忘れられない。

#### 5. おわりに

優れた環境や競争的な雰囲気の中かで研究をすすめ、多くの研究者と交流し、研究を行うことができたことは、大変貴重な体験となった。このような在外研究の機会を与えていただいた科学技術庁（当時）、農林水産技術会議事務局及び農業生物資源研究所の方々にこの場を借りて深くお礼申し上げます。



### 編集後記

- ◆二十四節気の小雪を迎える季節になりましたが、ブレインテクノニュース第88号をお届けします。
- ◆本号では、いま野菜生産の緊急課題としてクローズアップしている低コスト化のための機械化一貫体系問題を、わが国唯一の農業機械化研究専門機関である当生研機構の研究者に、すなわち総説を長木 司氏（園芸工学研究部）、長ネギ調製装置の開発を大森定夫氏（園芸工学研究部）に表紙写真とともに担当していただいた。関連して新型キャベツ収穫機を黒宮伸夫氏（ヤンマー農機中央研究所）に紹介していただいた。
- ◆その他の国内情報では、葉の処理による土壌病原菌抵抗性獲得を窪田昌春氏（独法・農業技術研究機構 野菜茶業研究所）、果実の硬度を打音の表面伝搬現象を利用して行う非破壊検査法について杉山純一氏（独法・食品総合研究所）、偶蹄類動物の口蹄疫ウイルス全タイプ血清診断をウイルスの合成ペプチドを利用して行う方法を井上

互氏（独法・農業技術研究機構 動物衛生研究所）ら、既存酵素の遺伝子レベル改変法としての遺伝子シャッフリング法等を林清氏（独法・食品総合研究所）らにご紹介いただいた。地域研究として、岸 弘子・清水 治氏（群馬県蚕業試験場）に染料添加人工飼料によるカラー繭作出について（カラー写真を両氏のご厚意により裏表紙写真に使用させていただいた）、さらに海外便りとして石丸 健氏（独法・農業生物資源研究所）にイタリア・ミラノ大学におけるイネとトウモロコシのQTLシンテニー解析研究、また文献情報では木村直子氏（東北大学大学院）、荻原 深氏（広島大学）、岩井純夫氏（鹿児島大学）、春原英彦氏（東京大学大学院）、北川剛史氏（マルハ中央研究所）にそれぞれご紹介いただいた。お忙しい中をご執筆下さった研究者各位に、改めて深甚の謝意を申し上げます。

- ◆次号は、総説として魚類のゲノム研究を取り上げる予定です。ご期待下さい。（畠山記）

### 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推進機構（生研機構）の許諾を得て行って下さい。

## ブレインテクノニュース（第88号）

平成13年11月15日発行

編集兼発行者 堤 英 隆

発 行 所 生物系特定産業技術研究推進機構（生研機構）

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

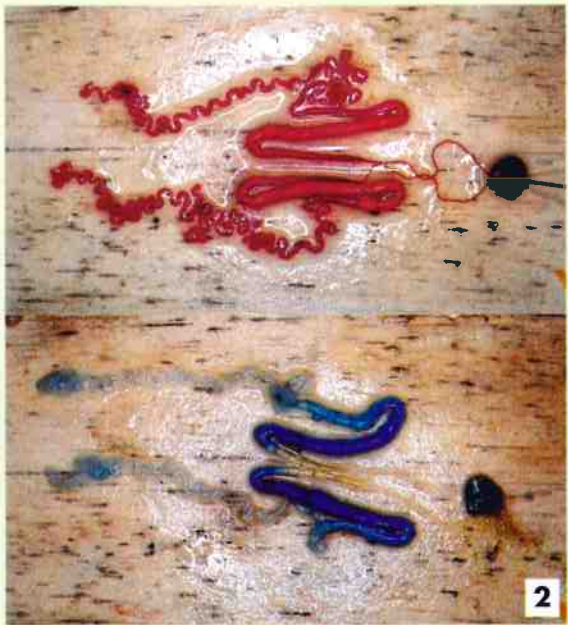
TEL. 03-3459-6565 FAX. 03-3459-6566

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

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

©Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, 2001

# カラー繭の作出技術



群馬県蚕業試験場 岸 弘子・清水 治両氏原図