

木質バイオマスからのエタノール生産

(独) 森林総合研究所

松永正弘・松井宏昭

(株) 神戸製鋼所化学環境研究所

清水孝浩・山本誠一

目 次

総 説

- 生分解性プラスチックからバイオマス（由来）プラスチックへ…………… 1
木村 俊範（筑波大学農林工学系）

国内情報

- 農業・食品副産物からの生分解性素材の開発…………… 6
五十部 誠一郎（[独] 食品総合研究所）
- 木質系機能性プラスチック…………… 11
平林 靖彦（[独] 森林総合研究所）
- 木質資源からのバイオエタノール生産－超臨界水及び亜臨界水処理による木材の高速化学
変換－…………… 15
松永 正弘¹・松井 宏昭¹・清水 孝浩²・山本 誠一²（¹[独] 森林総合研究所、²(株)神戸製鋼所）
- 植物の生長を決める巧妙な仕組み－エチレンシグナルと糖シグナルのクロストーク－…………… 19
柳澤 修一（岡山大学資源生物科学研究所）
- リンゴ由来ポリフェノールによるガン予防効果…………… 24
庄司 俊彦¹・三浦 富智²・佐藤 達資²・樋廻 博重³・神田 智正¹・池田 満雄¹（¹アサヒ
ビール株式会社 未来科学研究所、²弘前大学医学部保健学科、³三重大学医学部看護学科）
- 傾斜地果樹用多目的モノレール（回行式）の開発…………… 30
金光 幹雄（[独] 農業・生物系特定産業技術研究機構 生物系特定産業技術研究支援
センター）

地域の先端研究

- ブタ胚の耐凍性を飛躍的に向上させる凍結保存方法の開発…………… 35
牛島 仁¹・中根 崇¹・長嶋 比呂志²（¹千葉県畜産総合研究センター、²明治大学）

文献情報

- 異種移植と体外培養を組み合わせる原始卵胞から得たブタ体外受精卵…………… 39
H. Kaneko et al. (*Biology of Reproduction*, 69, 1488-1493, 2003) 抄訳：下司 雅也
- ノーウォークウイルス感染に対する感受性と抵抗性…………… 40
L. Lindesmith et al. (*Nat. Med.*, 9, 548-553, 2003) 抄訳：秦 淳一郎
- Ca²⁺：セカンドそれともファースト…………… 41
S. Han et al. (*Nature*, 425, 196-200, 2003) 抄訳：岩井 純夫
- LC/MSによるグラナーナ・パダーノ・チーズ中のオリゴペプチド分析…………… 42
Sforza S. et al. (*J. Agril. Food Chem.*, 51, 2130-2135, 2003) 抄訳：松浦 啓一

海外便り

- フランスでのウシ骨格筋の特徴についての研究と牛肉生産…………… 43
－フランス国立農業研究所（INRA）における1年間－
上田 靖子（[独] 農業・生物系特定産業技術研究機構 東北農業研究センター）

- 生研センターからのご案内…………… 46

表紙写真説明

2003年10月、政府の「再生可能燃料利用推進会議」において、2006年バイオエタノールの国内生産開始、2012年バイオエタノール3%混合ガソリンの普及を目途とするロードマップが策定された。ここに示したフロー図は、エタノール生産の発酵原料となる糖類を、木質バイオマスから超臨界水及び亜臨界水処理によって高速・高効率に生産するための方法を示したものである。その詳細は本誌15頁をご覧ください。なお、バイオマス総合戦略関連では、バイオマスプラスチック（1頁）、生分解性固形素材（6頁）、木質プラスチック（11頁）をご覧ください。

◀ 総 説 ▶

生分解性プラスチックから
バイオマス（由来）プラスチックへ筑波大学大学院 農林工学系・生命環境科学研究科 国際地縁技術開発科学専攻
木 村 俊 範

食料生産の場である農業や食品工業においても生産資材あるいは包装資材として大量のプラスチックが使用され、循環型社会を実践する上で大きな障害となっている。また通称容リ法の運用に伴い、プラスチックのリユース、リサイクルが試みられているが、問題解決には至っていない。現実的対応策の一つとして生分解性プラスチック（グリーンプラ）が注目され、商業生産も開始されたのに加え、近年は地球温暖化ガス対策、国内資源有効利用の観点から、バイオマスに由来するプラスチックに関心が集まっている。

1. 生分解性プラスチックとバイオマス
（由来）プラスチック

以上のような状況の下で、農林水産省においても、これらの適正な活用によって循環型社会の構築、並びに農業の合理化を進めようとする機運にあり、関連の委員会や研究会を組織して受け皿システムや活用戦略の策定を行いつつある。特に、2002年3月には、天然の生物系原料に由来する生分解性素材の普及に向けた政策提言を検討する「バイオ生分解素材の開発・普及に関する研究会」(座長：木村俊範)が設置され、同年7月に最終報告書がまとめられた。続いて12月には「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、上述の流れを決定づけた。これらの趨勢を踏まえ、2003年度の木村委員会（バイオ生分解素材総合評価検討委員会と改称）では、バイオマスに由来を持つプラスチックの開発と普及に向けた検討を行い、バイオマス・ニッポン関連事業に資するための議論を深めつつあるので、その一部を簡単に紹介する。

1.1 生分解か、炭酸ガスニュートラルか

生分解性プラスチック（グリーンプラ）の開発は10年以上の歴史を有し、2000年度には世界で6万トンほどの生産があったとされる。わが

KIMURA Toshinori

〒305-8572 つくば市天王台1-1-1

国での生産、利用はその10%とみられ、表1に示すような素材がある。生分解性を謳うには、標準試験法において一定期間内に60%の生分解が認められることが主な要件となる。近年は、食品トレイ、マルチ栽培用フィルムやゴミ袋のような従来製品に加え、野菜の生産、流通にかかわる紐、テープ、ネット状の生分解性製品も試験的に販売され、また文房具の一部にも使用されるようになってきている。取り分け、マルチ栽培用フィルムは、役割終了後に回収する必要がなく、単に土壌に鋤き込むだけで良いことから、環境対策に留まらず、農作業の省力化にも大きく貢献できると言われている。

環境保全面における重要な意義は炭酸ガス削減効果にあり、取り分け生物体由来のバイオマス系素材の効果は大きく、その普及程度にもよるが、一説では、年間750万トン余りの削減が期待できるとされる。これは、わが国の物質収支を正常化するという観点からも意義深いことであり、生分解というルートを経ない用途展開を大きく推進するものとみられ、関心が寄せられるようになってきている。

1.2 生分解性プラスチック、バイオ生分解素材、バイオマス（由来）プラスチック

生分解性プラスチックについては、上記のような要件が整うことで良いから、生分解性が確かめられれば、前出表1のように化石資源由来

表1 わが国で展開中の生分解性プラスチック（出典：文献3）

分類	高分子名称	商品名	製造企業	規模(*a), t/y
微生物産生系	ポリヒドロキシブチレート	ビオグリーン	三菱ガス化学	10 (⇒1000)
化学合成系	ポリ乳酸	NatureWorks レイシア	Cargill-Dow (CD) 三井化学	140000 500 (CDと提携)
	ポリカプロラクトン	セルグリーン PH TONE	ダイセル化学工業 Dow	1000 (⇒5千トン) 4500
	ポリブチレンサクシネート	ビオノーレ	昭和高分子	3000 (⇒2万トン)
	ポリ(フチレンサクシネート/アジペート)	Enpol	Ire Chemical	8000 (⇒5万トン)
	ポリ(ブチレンサクシネート/カーボネート)	ユーベック	三菱ガス化学	パイロット (⇒1万トン)
	ポリ(ポリエチレンテレフタレート/サクシネート)	Biomax	DuPont	90000 ^(**b)
	ポリ(フチレンアジペート/テレフタレート)	Ecoflex	BASF	8000⇒(3万トン)
	ポリ(テトラメチレンアジペート/テレフタレート)	EastarBio	Eastman Chemicals	15000
	ポリ(フチレンサクシネート/アジペート/テレフタレート)	Enpol	Ire Chemical	8000 (⇒5万トン)
	ポリエチレンサクシネート	ルナーレ SE	日本触媒	パイロット (⇒4万トン)
天然物系	ポリビニルアルコール	ポパール ゴーセノール ドロンVA	クラレ 日本合成化学工業 アイセロ化学	200000 ^(**c)
	ポリグリコール酸		呉羽化学	パイロットプラント
	修飾澱粉	コーンボール	日本コーンスターチ	パイロットプラント
	酢酸セルロース	セルグリーン PCA	ダイセル化学工業 帝人	100000 ^(**d)
	キトサン/セルロース/澱粉	ドロンCC	アイセロ化学	パイロットプラント
	澱粉/化学合成系グリーンプラ	Mater-Bi プラコーン	Novamont⇒ ケミテック 日本食品化工	8000 (⇒2万トン) パイロットプラント

(**a) 出典：D. Riggle, BioCycle, March, p. 64 (1998), 下里純一郎, 環境機器誌, 8月号, p. 98 (1999) にBPS調査結果を加えた。
⇒：公表された増設計画

(**b) 汎用PETを含めた併参能力

(**c) ビニロン原料・経糸樹・紙コーティング・乳化剤・包装フィルム用途等を含めたトータル値

(**d) 繊維原料・写真用フィルム用途等を含めたトータル値

□：ジオール・ジカルボン酸系（：いずれもLLDPE～PP～PET類似軟質系）

でも構わない。これに対し、2002年度木村委員会の検討対象はバイオ生分解素材であり、生分解性を有し、かつバイオマスに起源を持つ素材と定義され、図1に示す内容とした。ここでは、生分解性プラスチックのうちから、石油に由来する脂肪族ポリエステル系素材であるポリカプロラクトンやポリブチレンサクシネート(PBS)などは除外された。一方、2003年度では、委員会名称に「バイオ生分解素材」が残されているが、検討対象をバイオマス（由来）プラスチックにしており、生分解性の有無を要件とはしていない。即ち、バイオマスに起源を持つ樹脂素材であり、前年度に除外された石油由来製品のうちPBS系はバイオマスからも生産可能にな

ったことで、また生分解性に劣る木質系樹脂なども検討対象に加えられている。

2. 関連素材の開発・普及動向

通称食品リサイクル法の施行に伴い、食品産業、野菜などの選別施設やスーパー、外食産業から出る産業系、事業系生ゴミを収集し、それをコンポスト化して利用・販売することが試みられている。また、生活系生ゴミを大規模に収集してコンポスト化する計画も散見され、これらにおける分別生ゴミを収納する容器として分解性ゴミ袋が注目されている。筆者の経験では、家庭内での分別に際し、手を汚さずに容易にす

ることが分別徹底に繋がり、上記のような事業の展開を促進するものとして、生分解性キッチン・コーナー・ネットなどの意義は大きい。ここでは、2002年度に提出した政策提言に関連した事項について述べる。

2.1 市場性

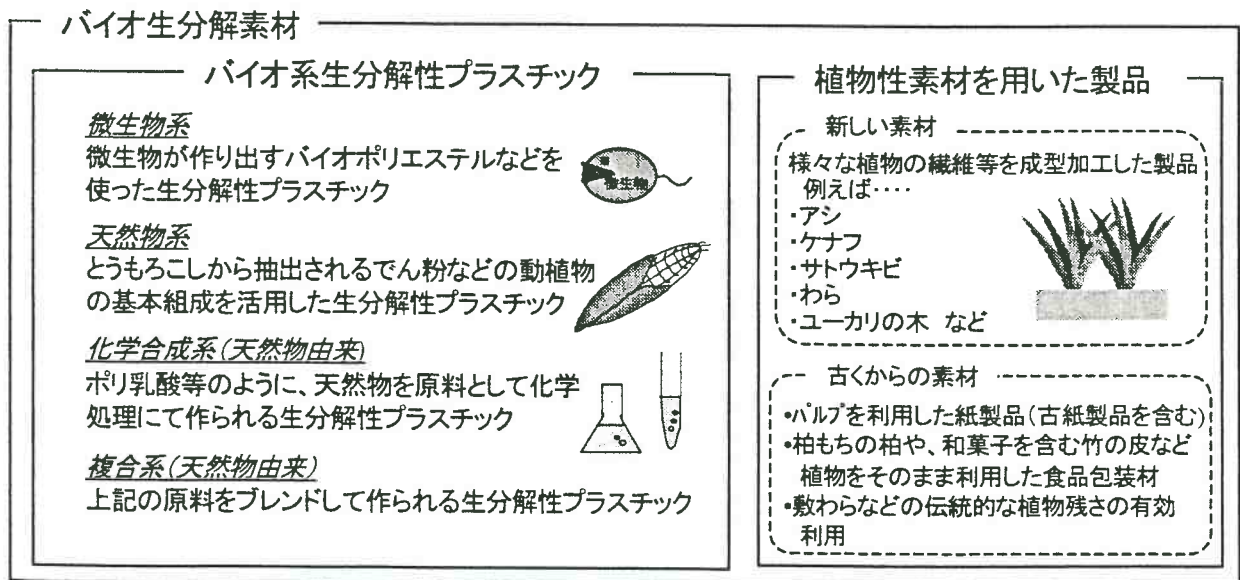
これまでもわが国での普及予測がなされているが、2010年には6～8万トンを超えるとも言われ、その予測値には隔たりも小さくない。この理由は、価格をどう見込むかによる所が大きい。また、委員会が実施したアンケート調査では、農業者（農協）の関心が他のユーザーである食品産業や消費者に比べて高く、また価格に対する許容度も若干高い傾向にあった。これは、生分解性のマルチフィルムや誘導紐が使用後の回収工程を必要としないことにメリットを感じるためと思われる。一方、従来用途に加え、ソニー、富士通、トヨタが生分解樹脂を製品のパーツ部材として使用予定であることなどの動向は今後の市場性に大きな影響を与えるものと思われる。

2.2 従来型用途の現況

1) 生ゴミ収集容器として

生ゴミ収集容器としての生分解性プラスチック製品を本格的に使用している例は未だ少ないが、群馬県板倉町、愛知県渥美町、秋田県小坂町などで試験的に使用されている。生ゴミ分別のための容器として具備すべき要件は、他の用途における場合と同様であり、使用中には変化を起こさず、通常のプラスチック並の機能を発揮し、使用後は速やかに分解されることであろう。また、用途の性格上、低コストであることも重要である。そして、中身がチェックできるように透明であると好都合である。

生ゴミの容器としては、2つの形態が考えられ、家庭のキッチン・コーナーで調理残さや残飯を集め、水切りするネット状製品と通常のゴミ袋のように何らかの手段で分別された生ゴミを包んでゴミステーションに出す際に用いるゴミ袋とがある。キッチン・コーナー用途は、不織布或いは細い糸をメッシュ状にした網製品であり、このまま家庭用生ゴミ処理機に投入したり、バケツに入れてゴミステーションに出すこ



注：生分解性プラスチックには、このほかナフサなど石油由来の原料から作られるもの(石油系)もあるが、「バイオ生分解素材」には含まれない。

図1 バイオ生分解素材の内容 (出典：文献1)

とができれば、殆ど手を汚さずに済む。一方、ゴミ袋タイプは延伸フィルムのような薄い素材でできており、両者共に生ゴミの大型コンポスト化システム実現上、最大のネックとされる分別を効果的に行うのに必要な素材と言える。

2) 農業生産用資材として

マルチ用フィルムや粒状肥料のコーティング材のように作物栽培作業に直接用いられるもの、包装資材や荷造りテープのように農産物の流通時に用いられるもの、そしてプラスチックハウス、ポット、及びその中で使われる誘導紐のような施設園芸用途の3つに分類できる。最初のマルチ用フィルムでは、畑作地帯で試験的使用がかなり広まっている。生分解性と共に貼り付け作業時の強度、使用時の耐久性が求められ、そして使用後は土壤中で速やかに分解して次の作業開始時には邪魔にならないことが求められる。したがって、土壤中での分解性が大切である。肥料のコーティング用途では、対象作物に応じた肥効成分の徐放性が得られるように分解性速度をコントロールできることが機能上重要である。他の2つの用途では、使用後に廃棄収集され、コンポスト化プロセスに持ち込まれるものと思われるので、コンポスト化環境下での分解性が良好であってほしい。何れにせよ、使用中は所定の機能を発揮し続け、使用後は速やかに分解消滅することが望まれる。

3) 農産物・食品の容器包装として

資源循環系における生分解性素材の用途を最も代表するのは、農産物や食品の容器包装であろう。スーパー或いはコンビニにおける売れ残り食品、及びファーストフードレストラン外食産業における食べ残しの始末には容器や食器が生分解性を有することが歓迎される。これは、食品リサイクル法の実践に貢献するものである。しかし、食品容器として求められる種々の機能性を備えると共に食品を直に包装する際の安全性、また耐水性や耐熱性も大きな要件となるが、これらを完璧に満足できる樹脂はない。

特に、食品容器として使用中に分解あるいは溶出しないか、また分解が始まった場合の安全性確認について検討が望まれる。農産物流通にかかわる包装資材としては、強度と共に衝撃緩衝機能、気密性或いは水蒸気やガスの透過性などの機能が要望される。さらには、バイオマス由来と言えども省資源を重要視すべきであり、できるだけリユースすることを前提とし、繰り返し利用に耐えうる製品開発を求めたい。この観点における先駆的な試みとして2003年11月より農林水産省食堂における試行が開始されていることを紹介しておく。

3. 開発・普及にかかわる問題点と将来構想

ポリ乳酸（PLA）などを中心に本格的な商業生産が開始されつつあり、これに呼応して農業用途などの開発が活発になっているのは述べた通りである。今後、一層の製品開発が進み、多様なバイオマス（由来）プラスチックが生れるものと予想されるが、通常プラスチックに劣らぬ性能が求められると共に、普及についての一番の問題点である価格の低減とを望みたい。これに生分解性機能も期待できるというのが現実的な売りと言えるかも知れない。生分解ルートに乗らない家電や自動車部品などへの用途もリユース、その後にマテリアル、ケミカルリサイクルへと進めることで存在意義を高めることができよう。

加えて、利用側における受け皿構築の要件として、利用者への情報提供が未だ不十分であり、知りたい情報を分かり易く提供できる態勢作りや分かり易い表示法制定も早急に求められよう。

文 献

- 1) バイオ生分解性素材の開発・普及に関する研究会(2002), バイオ生分解性素材普及に向けた政策提言, (株)三菱総合研究所, 1-36

- 2) 米国穀物協会 (2000), PLAパッケージ紹介ビデオ (日本版, 米国版, 欧州版)
- 3) 大島一史 (2003), 生分解性プラスチック

- (解説), 食品科学工学会誌, 50(1), 35-43
- 4) 木村俊範編著(2003), 食品のゼロエミッション, 幸書房, 1-254



ブレイン テクノニュース
バックナンバーのご案内
第100号
2003年11月15日発行

総説

稲における耐冷性の遺伝・育種研究の現状と今後の展望
……………清水博之

国内情報

穂ばらみ期耐冷性の異なるイネ準同質遺伝子系統を用いたマイクローレイ解析……………佐藤 裕
スズメバチの攻撃行動を促進する警報フェロモン……………小野正人
淡水魚類集団の遺伝的構造と有効集団サイズの推定
……………山本祥一郎

地域の先端研究

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

宮城県古川農試におけるイネの耐冷性育種

……………永野邦明・千葉文弥
LAMP法によるトマト黄化葉巻ウイルス検出技術の開発
……………福田至朗・吉田桂子・神戸三智雄
飼料イネサイレージ用乳酸菌「畜草1号」の開発と普及
……………吉田宣夫・蔡 義民

文献情報

ケモカインの一種であるインターフェロン γ 誘導蛋白10KDa (IP-10) はIFN- τ により産生が刺激され、ヒツジ子宮内膜に免疫担当細胞を供給する……………(抄訳: 下司雅也)
酵母*S.cerevisiae*における酸性フォスファターゼPHO5の発現制御機構……………(抄訳: 家藤治幸)
イネにおける花芽運命決定の制御機構……………(抄訳: 寿崎拓哉)
冷凍ヘイクのクオリティ・インデックス・メソッドの開発
……………(抄訳: 沖田裕司)

海外便り

材料学研究のメッカ、マサチューセッツ州立大学で—娘と過ごした2年間—……………秦 珠子



ブレイン テクノニュース
バックナンバーのご案内
第99号
2003年 9 月30日発行

総説

健康機能性を付与した遺伝子組換えイネの研究開発の現状
……………高岩文雄

国内情報

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

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

文献情報

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

海外便り

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

◀国内情報▶

農業・食品副産物からの生分解性素材の開発

独立行政法人 食品総合研究所
五十部 誠一郎

農業や食品産業での副産物を効率的に再利用することは、廃棄物の発生の抑制、資源の有効利用の観点から重要である。これらの副産物の再利用の方法として生分解性素材への転換を試みた。これらの副産物の生分解性素材の最大の課題は、耐水性の付与と製造コストの低減であり、水不溶性蛋白質（ゼイン）を含むコーングルテンミールを主原料にし、オカラなどを加えた素材を射出成形法により生分解性固形素材に変換する手法を開発した。

1. はじめに

環境保全型産業への転換が強く要望されている現在、農業や食品産業での副産物を効率的に利用することが求められており、バイオマスニッポンの政策が推進されている。我々は、オカラなどの食品副産物の再資源化にかかわる研究を実施してきた。副産物の処理では、低コスト化が重要な課題であり、また再資源化における処理での2次副産物の発生などもなるべく抑制した方が効率的である。そこで、腐敗しやすく流通・貯蔵コストも高くなる高水分の副産物に対して脱水、乾燥などの最低限の前処理を行い、それらの素材を直接、生分解性素材化する技術を開発したので紹介する。オカラの有効利用については、発生量も年間100万トン近くあり、1つの副産物の象徴として図1に示すように多くの有効利用の検討がなされている。しかし、大量に発生する副産物を有効利用するには、エネルギー変換して、燃料として使用するか、一般的に広く利用されている素材として変換することが重要であり、農業分野や食品分野で使用されている化成プラスチックの代替素材としての利用を試みた。

生分解性資材は化学合成資材に比べると、現段階では十分に利用用途にあわせた特性を再現できていないことや非常にコストが高いことが

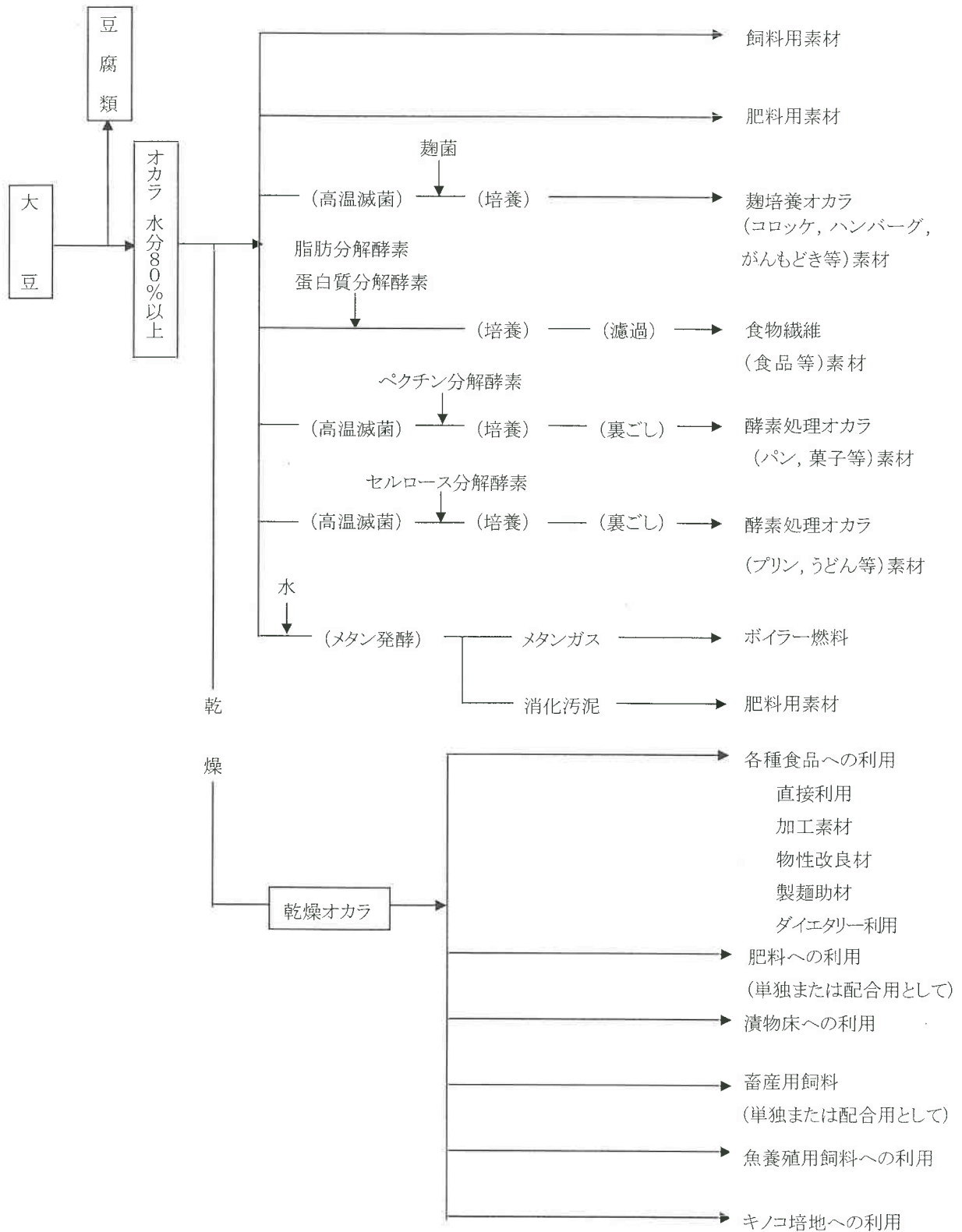
ISOBE Seiichiro

〒305-8642 つくば市観音台2-1-12

ネックとなっているが、ポリ乳酸系のプラスチックにおいては、その製造コストの低下と物性の改善から実際に利用検討が進んでいる。オカラなどの副産物から直接製造する素材はポリ乳酸系プラスチックのように、化成プラスチックを完全に代替できる特性は無いが、短時間使用する包装容器であるとか、農業資材への利用においては一般家庭での処理や農地への還元が容易である利点を生かして利用可能な分野もあると考えている。

2. 耐水性生分解性素材の開発

天然高分子材料からの生分解性素材の開発はデンプンや大豆タンパク等を用いても行われているが、これらは水溶性が高く耐水性が低いことが大きな問題となっている。我々は、トウモロコシ種子タンパク質の約50～55%を占める溶媒可溶性のプルラミンの主成分となるゼインに注目した。ゼインを用いて生分解性フィルムを作成して、その特性評価を行った結果、機械的特性及び耐水性において、ポリエチレンフィルムと同等程度の良好な特性を有していた。また作成条件や乾燥条件によりフィルムの物性が変わることが明らかになった。特に酸素や二酸化炭素の透過係数が、処理条件で制御できることを見出している。野菜などの包装資材としても注目されており、精製ゼインで作った生分解性フィルムは、コストが高いが、高機能性フィル



注. 大阪市立環境科学研究所環境工学課長井上善介氏の「オカラ有効利用」を参考に作成した。

図1 オカラ有効利用の事例

ムとしての利用を検討している。低コストでかつ耐水性のある生分解性素材の開発に際しては、このゼインを含んだコーングルテンミールの利用を試みた。トウモロコシから製造されるコーンスターチを例に挙げると、原料用トウモロコシの年間使用量は、300万トンを超えており、コーングルテンミールは、約16万トン（約5%）であり、飼料用約15万トン、醸造用約1万トンとして処分されており、その取引価格は、40～70円/kgであり、コストも安価である。

3. 射出成形法による低コスト固形素材の開発

一般的にプラスチック固形素材を製造する手法である射出成形法により生分解性素材の開発を行った。ゼインを含むコーングルテンミールを主原料にして、農産廃棄物であるオカラや農産物の茎葉、きのこの廃培地（オガクスがベース）などの植物繊維成分を強度向上剤として添加した材料での射出成形法での固形素材化に成

功した。この製造工程を図2に示すが、まずコーングルテンミールやオカラなどの原料を調整して、エクストルーダーでペレット化し、そのペレットを射出成形機で育苗ポット（写真）に成形した。この研究は、昭和産業と日本製鋼所の共同研究により実施されたものであり、生産性の利点（コスト、成形性、成形物の形状の自由度）が多い射出成形法を用いることでコスト低減と実際の使用に耐える固形成形物を得ることが出来た。タンパク質も他の高分子と同様な熱可塑性を有していることが知られていた。し

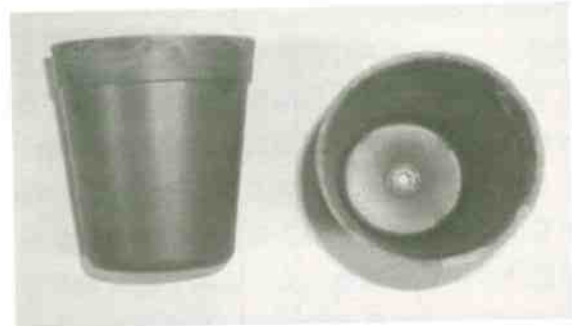


写真 射出成形法を用いた生分解性育苗ポット
原料：コーングルテンミール、オカラ、グリセリン等

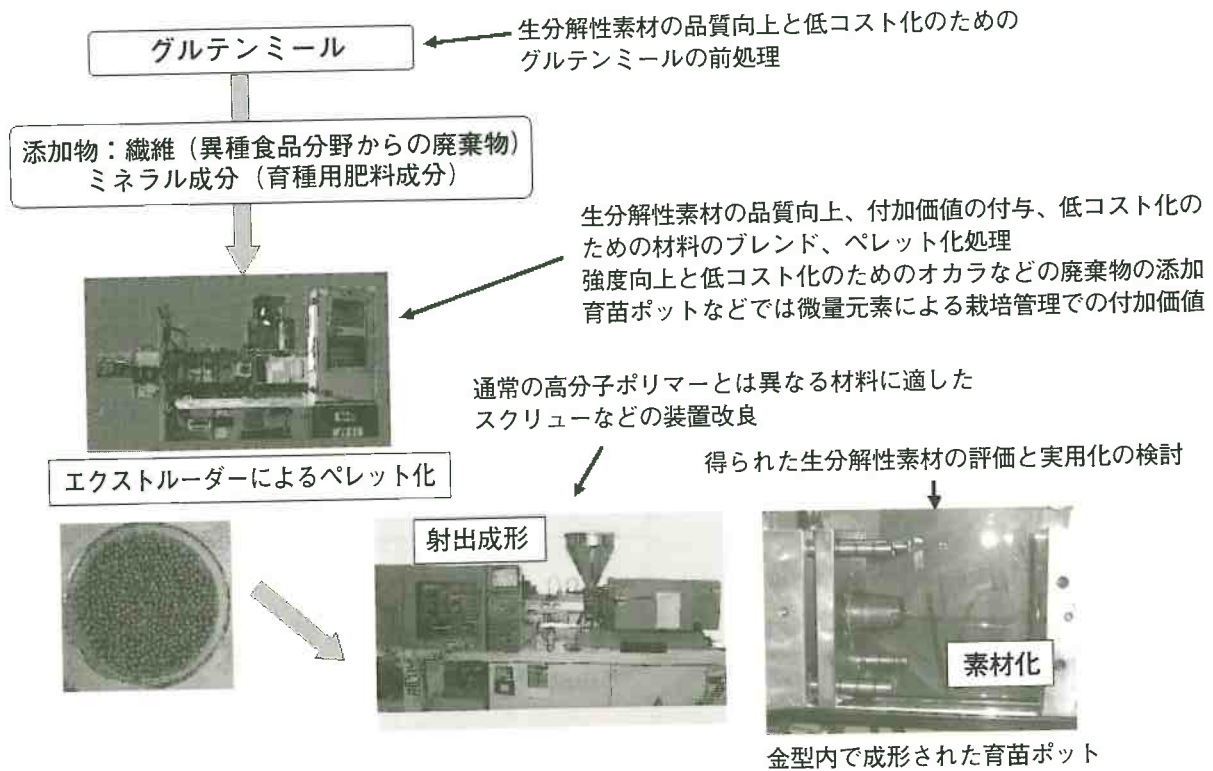


図2 射出成形法による固形素材の製造方法

かし、熱溶融時の物性が温度により容易に変化するため射出成形処理は実際には使われていなかった。今回は、従来の高分子ポリマーの処理に比べ、高い圧力の設定と厳密な温度設定、さらには射出スクリーンの形状などを改良することで、安定的な射出成形法を開発した。また成形物の土壤中の生分解性の試験を実施して、湿潤土壌ではほぼ1ヶ月で分解することを確認した。この技術では、コーングルテンミールの他、グリセリン（可塑剤）、オカラ、野菜等の残渣、キノコ廃培地などの食品副産物から資材が得られるため、コストの低減を図ることができる。また素材の前処理も水分調整と粉碎のみであり、その後のペレット化や射出成形処理も連続大量処理の可能なプロセスであり、処理コストは非常に安価である。また植物の育苗ポットなどの製造では、材料をペレット化する際に植物の生長に有効な微量元素などを添加してお

くことにより、土壌中で生分解するにしたがって、拡散溶出し、安定的に植物へ供給することが可能となる。このような資材は、農業での栽培管理の効率化や農地での過剰肥料の改善などの副次的な効果も期待できる。現在、これら農業資材利用時の評価や用途別資材の改良を進めている他、この製法を用いることで、活用可能な食品産業や農業での副産物の検索、さらに用途として野菜などの流通容器や使い捨て食品容器などへの展開を検討している。

4. おわりに

生分解性素材の開発においては、一般資材としての品質向上を図ると共に、コストの低減を原材料コスト及び処理コスト両面から検討する必要がある。また生産・流通サイドから消費者サイドを含めた全ての段階で環境保全型システ

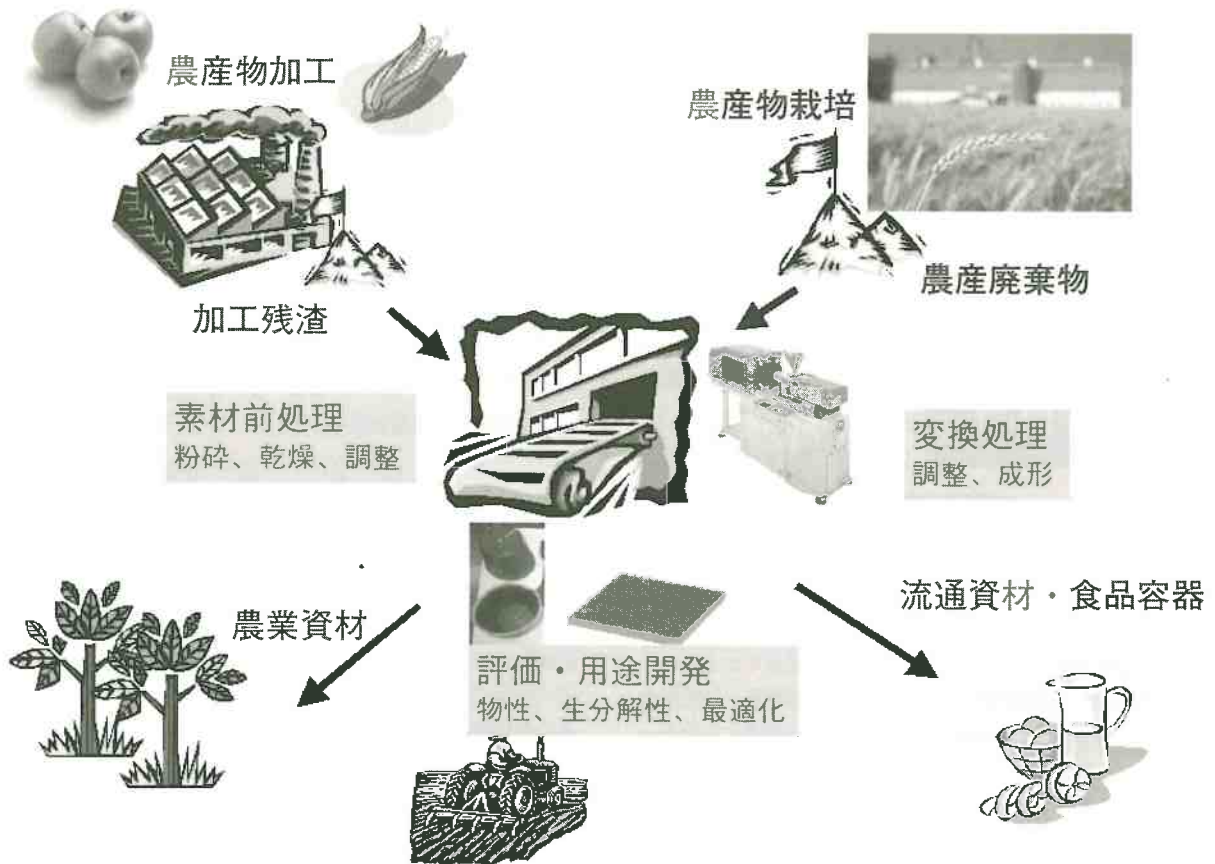


図3 農産副産物からの生分解性資材の開発のイメージ

ムへの移行が必要であるとの認識を持つことが重要であろう。我々も開発した生分解性素材を用いて図3のような循環型システムを構築できないかの検討を進めていく予定である。今まで様々な食品加工技術を開発することで農産物からの新食品変換技術を確立してきたが、今後は農産物などの天然資源を利用した非食品素材への変換技術も重要な研究課題と位置づけ、研究を進展していく必要があると感じている。

文 献

- 1) S.Isobe et al, (2003) Proceedings of 11th Annual Meeting of BioEnvironmental Polymer Society, p20
- 2) 伍強賢ら, 2003年度農業施設学会大会講演要旨, p.40-41, 平成15年8月6日



ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第98号
2003年9月15日発行

総 説

アルコール濃度の低い清酒の開発……………木曾邦明

国内情報

酸性土壌における生産性の向上をめざして一アルミニウム
耐性機構と耐性遺伝子の解析……………松本英明・佐々木孝行
果樹のDNA鑑定……………山本俊哉
デシケータ法を利用した木質建材からの放散アセトアルデヒド
の簡易測定法……………塔村真一郎・井上明生・宮本康太
マダイ養殖漁場における海水中の細菌群集の有機物分解活性
と群集組成の変動……………坂見知子
畜舎排水浄化処理装置の開発と実用化……………道宗直昭

地域の先端研究

新規酵母を用いた低アルコール濃度清酒の開発
……………橋本建哉・伊藤謙治
小麦タンパク質「グリアジン画分」による国産小麦粉を用いた
パンの大量生産技術の開発
……………新井千秋・廣瀬理恵子・柴田朋子・丹下幹子
高精度水田用除草機の開発……………宮原佳彦

文献情報

卵丘細胞を用いた核移植胚由来子牛におけるドナー細胞由来
ミトコンドリアDNAの増加……………(抄訳：下司雅也)
糸状菌*Neurospora crassa*のゲノム配列……………(抄訳：織田 健)
都会のポプラと田舎のポプラ……………(抄訳：岩井純夫)
*OsTBI*はイネの分けつ成長を負に制御する……………(抄訳：丸尾喜宏)
粉末モデルにおけるゼイン二次構造におよぼす水分活性と脂質
の影響……………(抄訳：郡山 剛)

海外便り

ウンカの飛来を高精度に予測せよ
—米国国立大気研究センターでの1年間—……………大塚 彰
生研機構からのご案内



ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第97号
2003年7月15日発行

総 説

昆虫テクノロジー研究について……………川崎建次郎

国内情報

絹糸中に生理活性タンパク質を産生する組換えカイコの作出
……………山田勝成・田中 貴・平松紳吾・田村俊樹
植物が生産した薬効成分を特異的器官・細胞に蓄積する分子
機構……………土反伸和・佐藤文彦・矢崎一史
抗生物質耐性遺伝子を使わない新しい遺伝子組換えイネ選抜
技術の開発……………大島正弘
家畜における卵胞閉鎖抑制・発育促進技術の開発と卵成熟誘
起機構の解明……………佐藤英明・清水 隆・横尾正樹

海苔の粘質多糖・ポルフィラン
……………濱 洋一郎・常田尚正・杉本良子・
常岡 史・小谷正幸・墨 利久
高精度水田用除草機の開発……………宮原佳彦

地域の先端研究

魚油の生物学的脱臭法—パン酵母を用いる新しい方法
……………檜山圭一郎

文献情報

マウスおよび霊長類胚性幹細胞からの末梢神経系ニューロン
および床板細胞への分化誘導……………(抄訳：下司雅也)
酵母のエタノール耐性はオレイン酸に依存する
……………(抄訳：澤田大輔)
あいた口がふさがらない話……………(抄訳：岩井純夫)
イネにおける分けつの制御……………(抄訳：丸尾喜宏)

海外便り

パラグアイのダイズ生産と研究
—地域農業研究所センターにおける2年間—……………豊田政一

◀国内情報▶

木質系機能性プラスチック

独立行政法人 森林総合研究所
成分利用研究領域 セルロース利用研究
平 林 靖 彦

木材のプラスチック化は木材加工法の選択幅を広げ、未利用木質資源の有効利用に役に立つ可能性を有している。一方、いつかは到来するであろう石油資源の枯渇と地球環境問題への危機意識の深まりで、石油資源に代わるプラスチック資源としてバイオマス資源の利用促進が必要とされている。そこで木質資源の高分子性を活用した木質系プラスチックとして開発したベンジル化木材は、その機能性を活用する用途への展開が期待される。

1. はじめに

日常で使用しているプラスチックは大変便利なものである。ポリエチレンやポリスチレンなどで代表される汎用プラスチックは大量に安く生産出来るうえに、機械的性質や成形性も優れているため、工業製品や生活資材として生活の隅々に浸透している。しかし、プラスチックが捨てられて廃棄物となり、ゴミ焼却施設で燃焼される際には大量の炭酸ガスを発生して地球環境に大きな負担を与える。地球温暖化の主因物質といわれる炭酸ガスの放出を削減するためには、燃料や化学原料として大量に使われている石油や石炭などの化石燃料・資源の浪費を抑制し、バイオマス資源を有効に利用する必要があるという考えは一般にも支持されるようになった。種々のバイオマスの変換利用の効率を考慮すると木質バイオマスは低分子化して利用するよりも、その高分子性を活用する方向が良いという考え方がある¹⁾。その一環として木質系プラスチックの開発が行われてきた。木材をプラスチック化できれば未利用の木質資源を有効利用することができるからである。しかし、木材は加熱しても変形することも流動することもない。それは木材の半分ほどを占めるセルロースがヘミセルロースやリグニンと複雑なネットワークを形成していることと、セルロース自体が

HIRABAYASHI Yasuhiko

〒305-8687 つくば市松の里1

結晶性高分子で熱可塑性を持たないからである。ところが、木材成分の水酸基をエステル化やエーテル化などの化学修飾をしてセルロースの結晶性を解除したり、外部可塑化剤の添加やポリマーブレンドなどによって各種の木質系プラスチックが開発されてきた^{2)~8)}。ここでは木材のベンジル化とベンジル化した木質プラスチックの機能性について解説する。

2. ベンジル化木質プラスチックの製造

木材のベンジル化はエーテル化反応の一種である。木材成分のセルロースを予めマーセル化してアルカリセルロースに変えて、さらに塩化ベンジルによってベンジルエーテル化される反応である。標準的製造法は広葉樹材木粉に40%水酸化ナトリウム液を加え、20℃近辺でマーセル化後、塩化ベンジルを加えて110℃でベンジル化する方法で行われる。次に、反応生成物であるベンジル化木材の洗浄と薬液の回収を行う。ベンジル化物は餅状となって洗浄が困難な状態になる。そこで、攪拌しながら未反応の塩化ベンジルを減圧蒸留で生成物を含む反応系から溜去・回収すると、ベンジル化生成物は粉碎されながら多孔質化するので洗浄が容易になることを見出した^{5) 6)}。減圧蒸留によって回収され分液した油相液の成分は塩化ベンジルが95~98%を占め、副反応生成物であるベンジルアルコールは2~4%、ジベンジルエーテルは1%

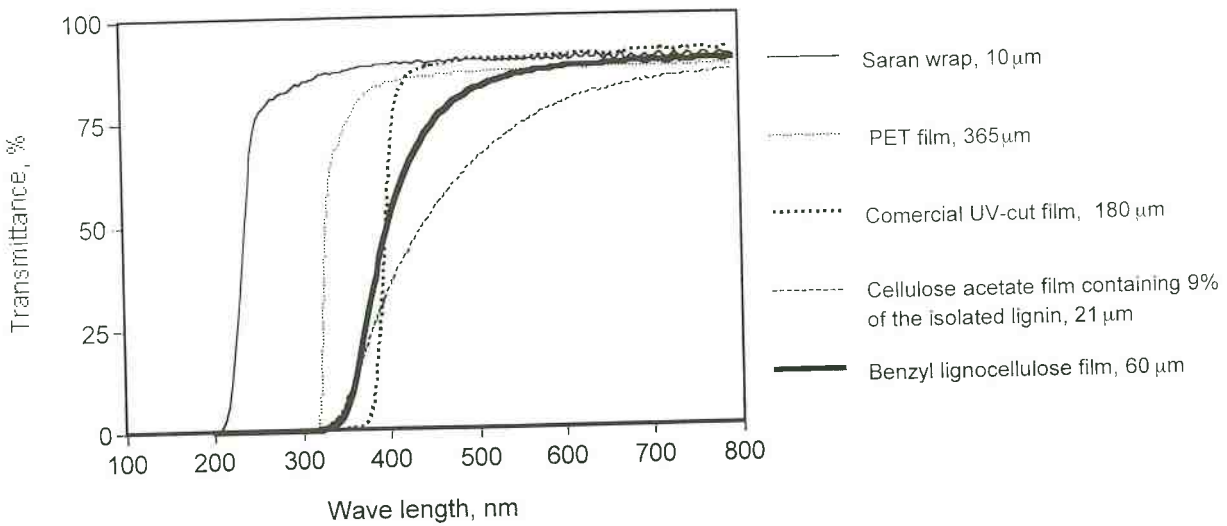


図1 ベンジル化リグノセルロースフィルムと各種フィルムの紫外—可視透過率スペクトル

未満である。回収された油相液（塩化ベンジル）は再びベンジル化反応に用いることができる。洗浄は水・メタノールで行われる。

3. ベンジル化木材の機能

3.1 ベンジル化木材フィルムのUVカット機能

ベンジル化木材をテトラヒドロフランに溶解し、不溶部分を濾過で除去した溶液を流延（キャスト）法で製膜したフィルム（BLCフィルム）の光透過性を他のフィルムと比較した（図1）。ポリエチレンテレフタレート（PET）フィルムは310nm以下の短波長の紫外線波長領域をカットする。一方、9%の酢酸蒸解単離リグニンを含む酢酸セルロースフィルムは約320nmから徐々に透過率は増加するが、紫外線領域に近い可視光領域400nmでも透過率は50%未満で緩慢なスペクトル変化をする。市販のUVカットフィルムは、370nm付近から急激に光透過率は増加して可視光では殆ど吸収されない無色透明の理想的紫外線カットフィルムで、BLCフィルムもその理想に近い光透過スペクトルを示している。

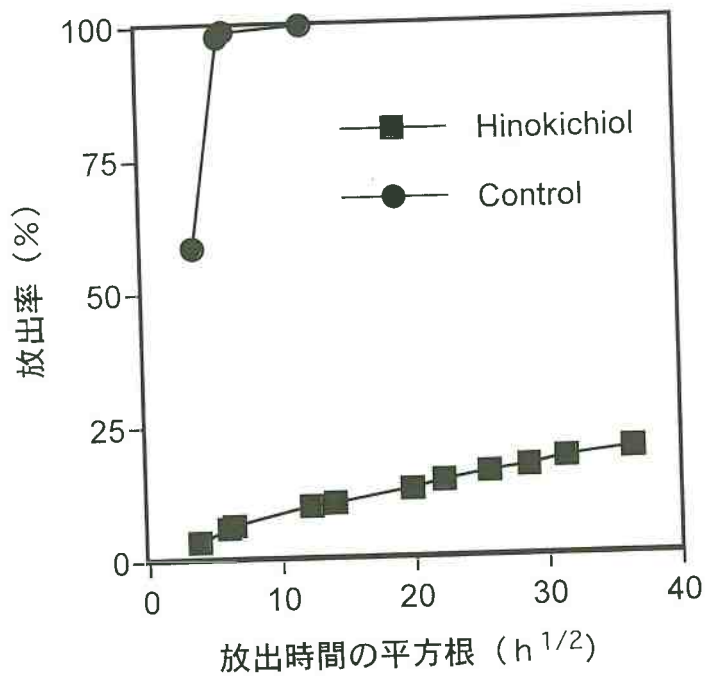


図2 ベンジル化木材に包埋したヒノキチオールの放出 (■) と対照の放出 (●) の比較

3.2 ベンジル化木材の徐放性担体成型物

肥料、香料及び医薬などは必要な量を必要な対象物に的確に与える必要がある。ドラッグデリバリーシステムは、薬物を作用させる対象物に必要な時期に必要な量だけ到達するシステムである。最も単純なシステムはゆっくり薬物を放出して対象物に必要な量だけ到達させるコン

トロールリリースシステム（徐放性システム）である。樹木の精油成分として代表的なものにヒノキチオールがあり、抗菌性などの機能性物質としての利用が展開されている。ヒノキチオールをベンジル化木粉を混ぜて加熱・加圧成型したペレットからは図2に示すようにヒノキチオールは徐々に大気中に放出される。放出時間の平方根で表してあり、ペレット中のヒノキチオール拡散によって放出がコントロールされていることが解る。60℃で行った放出であるので、室温（20℃付近）で放出すれば、同一の放出率になるまで相当長期の日数がかかるであろう。徐放性化することによってヒノキチオールの機能性を持続的に利用することが可能になる。

3.3 ベンジル化木材と他高分子とのブレンドによる機能制御

ベンジル化木材は汎用プラスチックの中で中間的な強度物性を有するが、熱溶解してフィルム状に押し出し成型してフィルムを得ても脆くて機械的強度の弱いフィルムしか得られない。そこで高分子ブレンド法によって他高分子と複合化することによる物性改善の研究開発が行われている。ポリカプロラクトン、ポリオレフィン、ポリスチレンなどとベンジル化木材とのブレンドでも優れた成型物が得られることが知られている⁸⁾。ポリ乳酸とのブレンドは混練りの所要エネルギーを減少する効果があるが、非相溶系を示し不透明な複合体を与える。ポリ乳酸はポリエステルであるので、エステル化木材とポリ乳酸との複合が相溶性や物性改善において期待されるであろう。そこで、筆者は生分解性を示すとされるポリエチレングリコールとブレンドしたベンジル化木材のT-ダイ押し出し成型によるフィルム成

形性を検討した結果、強度を有する連続フィルムが得られたことから、ブレンド法によるベンジル化木材フィルムの物性改善が可能であると考えられる。

植物が養分として直接取り込めるのは無機塩類であるが、水溶性であるため雨水による流出が多い。特に里山林地では土地の傾斜のため雨水による水溶性肥料の流出は大きいと考えられる。有機肥料や有機合成肥料は徐々に分解して無機体化することにより植物に取り込まれる遅効性肥料と呼ばれるものであるが、有機肥料そのものによる水質汚濁（BOD）など環境汚染を招くことも考えられる。そのため無機塩類肥料の徐放性化が必要である。ベンジル化木材とポリエチレングリコールなど他の高分子とのブレンド体にリン酸カリウムを包埋することによって放出速度をコントロールすることができる（図3）。

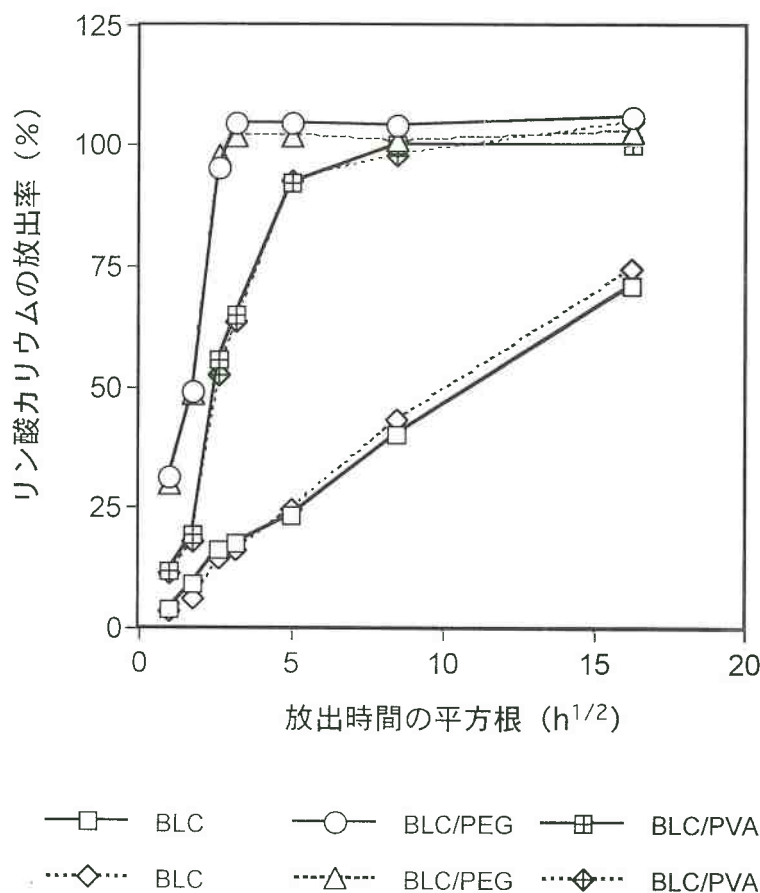


図3 放出担体に包埋したリン酸カリウムの徐放性

3.4 ベンジル化木材のガス透過性

代表的な高分子フィルムのガス透過率とベンジル化リグノセルロースフィルムを比べると窒素ガスに対する炭酸ガス透過性が大きいので炭酸ガスが透過しやすいフィルムが必要とされる場合の選択種となり得るであろう。

3.5 ベンジル化木材の分解性

ベンジル化セルロースが光分解性を有することは古くから知られており、ベンジル化木材も光分解性を有する。ベンジル化木材は生分解性が無いと考えられていたが、活性汚泥法ではある程度の分解性が示されている⁹⁾。

4. おわりに

ベンジル化木材は種々の機能性を有する材料であるが、製造コストの面で汎用性ポリマーと競合することは現状では不利である。ベンジル化木材の機能性を活用する用途の展望を開きたいと思う。

文 献

- 1) 白石信夫 (1992), 木材学会誌, 41 (7), 621-630
- 2) 白石信夫 (1983), 木材学会誌, 32 (10), 755-762
- 3) 森田光博, 坂田功 (1988), 木材学会誌, 34 (11), 917-922
- 4) 松田 明, 上田實 (1985), 木材学会誌, 31 (7), 579-586
- 5) Y. Hirabayashi (1996), Transactions of the Materials Research Society of Japan, 20, 111-114
- 6) 平林靖彦 (1996), '96日本MRSシンポジウム研究発表要旨集, 105-108
- 7) 平林靖彦・平岡俊治 (2000), 第12回日本MRS学術シンポジウムSession A特別予稿集, 91-94
- 8) 白石信夫 (1996), 木質新素材ハンドブック, 45-48, 79-84, 技報堂出版, 東京
- 9) 平岡俊治ら (2000), 機能性木質新素材技術研究成果報告書 (機能性木質新素材技術研究組合編), 304-345, 機能性木質新素材技術研究組合



ブレインテクノニュース

バックナンバーのご案内

第96号

2003年3月15日発行

総 説

作物のDNAマーカー育種の現状と展望井邊時雄

国内情報

うどんの“こし (粘弾性)”とDNAマーカー
.....中村俊樹・齊藤美香・Patricia Vrinten・石川吾郎

かんきつ類の合成周縁キメラ研究と新しいキメラ品種の開発
...脇塚 巧・菅原邦明・西山 聡・稲田絵理子・大和田 厚

異常プリオン蛋白質を分解する新規酵素について
.....三輪岳宏・村山裕一・吉岡 都・横山 隆
三浦克洋・黒川 知・西澤耕治

海藻クロメ由来フロロタンニンの殺菌作用

.....長山公紀・岩村善利・中村 孝
穀物自動乾燥調製装置 (グレインプロセッサ) の開発
.....久保田興太郎・日高靖之・市川友彦

地域の先端研究

羊毛防縮加工に有用な新規酵素を生産する微生物の探索
.....茶谷悦司・安田 (吉野) 庄子・山本周治・
北野道雄・北本則行

文献情報

長期間培養におけるウシA型精粗細胞の増殖と分化
..... (抄訳: 下司雅也)

グルタチオンと初期対数増殖期を利用した酵母の簡便, 迅速,
高効率な形質転換法..... (抄訳: 家藤治幸)

植物MITEは薬培養で動き出す..... (抄訳: 岩井純夫)

主要な交差反応性魚アレルギーである組換えコイパルプアル
ブミン: 魚アレルギーの診断..... (抄訳: 沖田裕司)

海外便り

家畜の遺伝子探索と家族の生活—ロスリン研究所での1年半—
.....長嶺慶隆

◀国内情報▶

木質資源からのバイオエタノール生産 —超臨界水及び亜臨界水処理による木材の高速化学変換—

¹独立行政法人 森林総合研究所²株式会社 神戸製鋼所 化学環境研究所松永正弘¹・松井宏昭¹・清水孝浩²・山本誠一²

木質資源からバイオエタノールの原料となる糖類を高速かつ高効率で生産するための方法として、触媒や特別な前処理を必要としない超臨界水及び亜臨界水処理法が現在注目されている。そこで我々は超臨界水及び亜臨界水処理による木材の高速化学変換法を検討し、その結果、スギ木材からグルコースやオリゴ糖などの糖類を短時間で多量に生成することができた。今後は水の使用量を削減し、コスト・エネルギー収支の最適化を図る予定である。

1. はじめに

我々が毎日大量に使用し続けている石油や石炭をはじめとした化石資源は、人々の生活を確かに便利で豊かなものにした。しかし、化石資源の消費によって多量に発生する二酸化炭素が地球環境に温暖化をもたらし、現在大きな問題となっている。また、化石資源は有限であり、近い将来に枯渇することが予想されるため、新たな資源開発が求められている。そのような現状の中、再生産可能で、大気中の二酸化炭素を一方的に増大させない循環型資源である木質バイオマスが、クリーンなエネルギー源や有用ケミカルス源として期待されている。エネルギー源としては、直接燃焼による熱利用や発電、ガス化メタノール合成などの方法もあるが、近年注目されているのがバイオエタノールである。

2. 日本におけるバイオエタノールの導入計画

2003年10月、環境省の再生可能燃料利用推進会議において、バイオエタノール3%混合ガソリン（E3）普及のためのロードマップ（行程表）が策定された。それによると、2003年度中

MATSUNAGA Masahiro¹, MATSUI Hiroaki¹,SHIMIZU Takahiro², YAMAMOTO Seiichi²¹〒305-8687 つくば市松の里1²〒651-2271 神戸市西区高塚台1-5-5

に一部地域でパイロット事業の工事に着手し、2004年度には輸入バイオエタノールでのE3利用を開始、2005年度からはE3供給対象地域を全国へ段階的に導入拡大し、2006年度には国産バイオエタノールの生産を開始、そして2012年を目途として全国レベルでの普及を目指す、としている。バイオエタノールはアメリカやブラジルなどではすでに利用されており、アメリカではエタノール10%以上を混合したガソリンについて連邦消費税免除、ブラジルでは法律でガソリンへのエタノール25%混合が義務づけられている。ただし、現在生産されているバイオエタノールは、トウモロコシの子実やサトウキビの糖質など、食糧を主原料としており、人口増加に伴う食糧不足問題が懸念される将来において、食糧に頼ったバイオエタノール生産には問題がある。そこで、木質バイオマスからエタノールを製造する技術開発が強く求められている。特に、建築廃材や製材残材、間伐材などの未利用資源を活用することは、廃棄物処理問題の解決や林業の活性化にもつながり、非常に重要である。再生可能燃料利用推進会議でも木質バイオマスの資源利用を積極的に推進しており、建築廃材だけで年間最大120万klのバイオエタノール製造が可能であると試算している。

3. 木質バイオマスからのエタノール生産方法

木材からバイオエタノールを製造するには、木材中のセルロース（木材構成成分の約5割）及びヘミセルロース（約2割）を加水分解してグルコースやマンノース、キシロースなどの単糖類を生成し、酵母で発酵させる必要がある。このプロセスのうち、エタノール発酵技術はほぼ完成されたものである。一番問題となるのは加水分解工程である。加水分解法で現在最も有力視されているのが酸を用いた加水分解である。特にセルロースは結晶化しており、これを効率的に加水分解するために硫酸や塩酸といった強酸が有効である。しかし、強酸は生成した単糖の過分解を引き起こして収率を低下させると共に、その回収処理に多大な費用を必要とする。また、容器の腐食や酸廃液の処理も問題となる。加水分解法としては他に酵素加水分解がある。酵素加水分解は単糖の過分解が生じない、環境負荷が少ない、特別な設備が必要ないなどの利点があるが、リグニン（木材構成成分の約3割）を除去する前処理が必要であることや、長時間反応であること（10～数十時間）が難点である。そこで、筆者らは第三の加水分解法として、超臨界水及び亜臨界水処理法の研究に取り組んでいる。

4. 超臨界水及び亜臨界水の特徴

超臨界水とは、温度が374.2℃以上、圧力が22.1MPa以上の水のことであり、液体並の密度を有しながら気体並に高い拡散係数と低い粘度を持つ¹⁾。つまり、超臨界水では液体に匹敵する高密度な水分子が気体のように激しく分子運動しており、超臨界水を化学反応場として利用することによって、反応速度が大幅に増大することが期待される。さらに、超臨界水の誘電率は10程度となり、有機溶媒的な性質を持つ¹⁾。また、加水分解能力の指標となるイオン積は、圧力が一定の場合、300℃付近の亜臨界領域で

極大値を示し（例えば300℃、25MPaで約 1×10^{-11} [mol/l]²）²⁾、400℃付近の超臨界領域においても100MPa以上でイオン積は 1×10^{-11} [mol/l]²以上になる²⁾。その結果、超臨界水及び亜臨界水は、水のみで酸触媒・アルカリ触媒的な作用を示し、高速分解反応を起こす。しかも、超臨界水及び亜臨界水処理は触媒や特別な前処理は必要とせず、水と熱のみを利用したクリーンな反応であるので、環境に配慮した加水分解法であると言える。そこで、超臨界水あるいは亜臨界水処理によって木質バイオマスを分解し、オリゴ糖やグルコースなどの糖類を高速かつ高効率で生成するための方法を検討した。

5. 超臨界水及び亜臨界水処理による木質バイオマスの高速化学変換^{3)~5)}

実験には半流通式と呼ばれる反応装置を用いた（図1）。反応器内にあらかじめ木材を仕込んでから両端を焼結フィルターで栓をし、超臨界水あるいは亜臨界水を流通させて、木材を分解する装置構造である。この構造であれば、水可溶化した成分を即座に反応器外へ排出できるので、不要な二次分解物の生成を防ぐことができる。また、粒径の大きな木材も処理が可能であり、装置の構造次第では連続処理もできることから、プラント化に適したシステムであると判断して採用した。試料にはスギ辺材木粉（粒径：105～150 μm）を用い、超臨界水あるいは亜臨界水で処理した。

反応液は回収直後にメンブランフィルタで濾過し、2日間静置したところ、白色の析出物が観察された（図2）。そこでX線回折を行ったところ、結晶性の高いセルロースII型であることが確認された。超臨界水及び亜臨界水中ではセルロースの分子間及び分子内水素結合が開裂し、分解反応が均相的に生じていると考えられているが、反応直後の水溶液中でも水素結合の開裂した状態がしばらく継続しており、水に溶解していた高分子量の多糖がその後析出したものと思われる。一方、反応液を液体クロマトグ

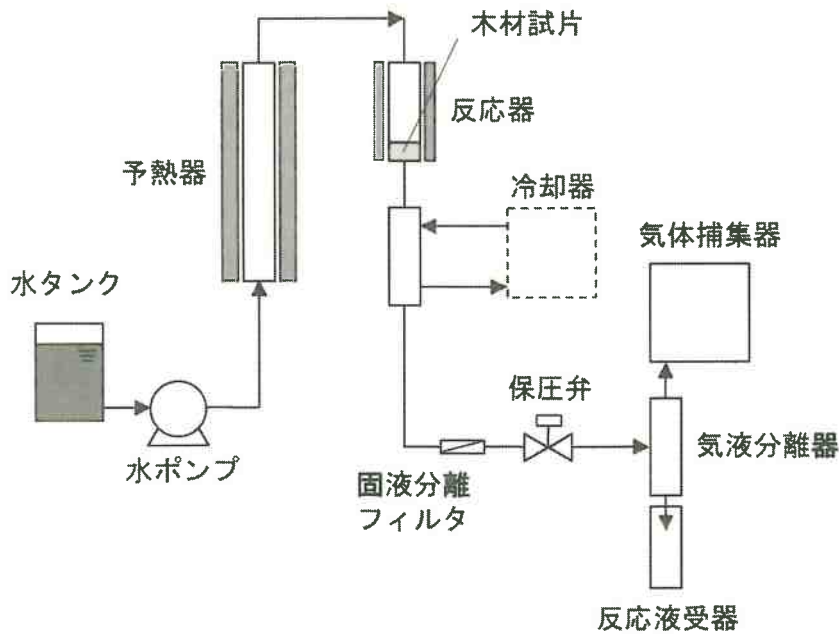


図1 半流通式反応装置概略図

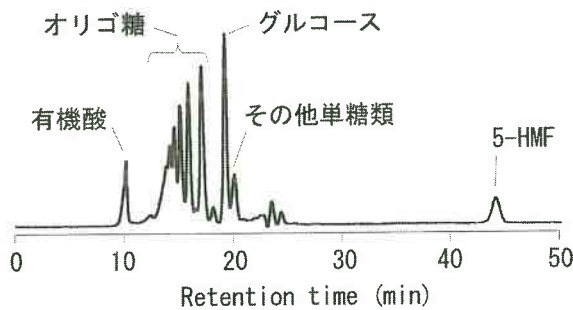
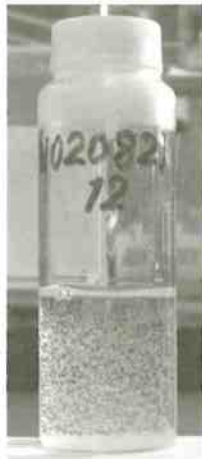


図2 反応液の写真(左)とそのクロマトグラム(右)

ラフィで分析したところ、水可溶成分にはグルコースやオリゴ糖などの糖類が多量に含まれていることが確認された(図2)。水可溶性のオリゴ糖や単糖、析出物のセルロースII型を、バイオエタノールに変換可能な糖類とし、スギ木材の7割が糖質源であると想定して糖収率を算出したところ、反応温度が310~320℃、圧力が25MPa、水供給量が60~65g/minのときに7割近い糖収率が得られた。処理時間も、反応器温度が設定温度の310℃に達してから約10分とい

う短時間で分解反応が終了しており、木質バイオマスから短時間で多量に糖類を生産できる可能性が示された。

反応器に残った黒色残渣(残渣率:10~15%)は、FT-IR分析の結果、主としてリグニン由来物であることが確認された。リグニンは石炭に匹敵する発熱量を有しており、リグニンの燃料としての利用はパルプのクラフト蒸解でも実例があるので、超臨界水/亜臨界水処理で得られた残渣も、熱源としての利用が期待される。

6. おわりに

最後に超臨界水及び亜臨界水処理を用いたバイオエタノールの生産フロー図を図3に示す。超臨界水及び亜臨界水処理では、選択的にグルコースのみを生成させることは難しいが、水に可溶性低重合度のオリゴ糖を含めた糖類全体を高速かつ多量に生成する手段とし

て非常に優れているといえる。そこで、木材を酵素加水分解する際の前処理として超臨界水あるいは亜臨界水処理を用い、その後、短時間の酵素反応で単糖に変換する方法が有効であると考えられる。酵素糖化の際の前処理として行われる蒸煮法は、リグニンの影響で針葉樹に対してほとんど効果を示さず⁶⁾、強力な酸触媒等の添加が必要であったが、超臨界水あるいは亜臨界水処理を利用すれば、リグニンの影響を受けず、無触媒で加水分解できる。よって、本プロ

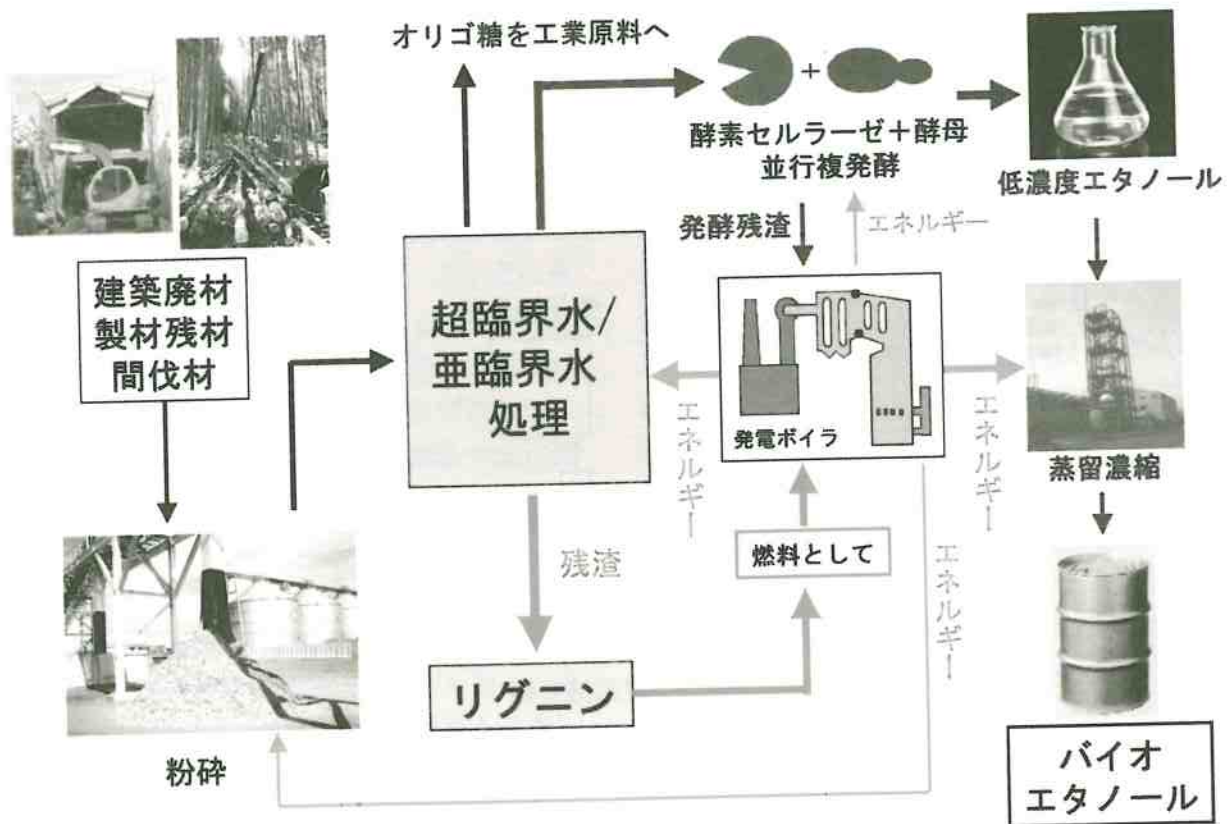


図3 超臨界水及び亜臨界水処理を用いたバイオエタノールの生産フロー

セスは低環境負荷性の新しいバイオマス糖化法として非常に有望であると考えられる。今後は、木材-水の固液比を見直し、水の使用量を減らすことで水を加熱するために必要なエネルギーやコストを削減し、実用化に向けた開発を進めていく予定である。

謝 辞

本研究の一部は農林水産省環境研究「農林水産バイオリサイクル研究」によって実施された。ここに記して謝意を表す。

文 献

1) 梶本興亜, 福里隆一 (1998), 超臨界流体

反応法の基礎と展開, (碓屋隆雄監修), 第1版, 3-4, 216-217, 株式会社シーエムシー, 東京

2) 佐藤春樹 (1997), 水熱科学ハンドブック (宗宮重行監修), 第1版, 652-676, 技報堂出版株式会社, 東京

3) 松永正弘ら (2003), 第53回日本木材学会大会研究発表要旨集, 福岡, p.490

4) Yamamoto, S. et al (2003), *The 1st International Symposium on Sustainable Energy System*, Mar. 13-14, Kyoto, p.77

5) 清水孝浩ら (2003), 化学工学会第36回秋季大会研究発表講演要旨集, 仙台, p.371

6) Shimizu, K. et al (1983), *Mokuzai Gakkaishi* 29, 428-437

◀国内情報▶

植物の生長を決める巧妙な仕組み
—エチレンシグナルと糖シグナルのクロストーク—

岡山大学 資源生物科学研究所

柳 澤 修 一

植物の生長と発達は、植物の一生を定める基本プログラムの土台の上にさまざまな環境要因や個体内のホルモンバランスなどによって決定される。モデル植物であるシロイヌナズナの変異株を用いた最近の分子遺伝学的研究は、さまざまな環境シグナルあるいはホルモンシグナル伝達系間のクロストークを示唆し¹⁾、多様な環境シグナルと個体内のコンディションに関する情報を統括して植物の生長を制御する巧妙な仕組みの存在が考えられた。しかしながら、その実体は全く不明であった。筆者らは、エチレンシグナル伝達系と糖シグナル伝達系のクロストークの分子メカニズムを明らかにし、植物の生長と発達を支配する巧妙な仕組みの実体に迫る道を拓いた。

1. はじめに

エチレンは、ガス灯から生じるエチレンがエンドウの茎の生長を抑制するという現象やカーネーションの花弁のしおれを引き起こすという現象から同定されてきた植物ホルモンである。エチレンはガスホルモンであるがゆえにアレロパシーを引き起こすことでも知られる。エチレンは植物のストレスホルモンとして知られており、傷、乾燥、病原体感染などによりその合成が誘導され、葉や果実の老化促進などさまざまな反応を引き起こす。1990年代に、*etr1* (ethylene resistance), *ctr1* (constitutive triple response), *ein2* (ethylene insensitive), *ein3* といったシロイヌナズナのエチレン応答変異株が単離され、エチレンシグナル伝達系に関する理解が急速に深まった。これら変異株を用いて鍵遺伝子の同定・クローニングがなされ、また、遺伝学的解析から各遺伝子間の上下関係が明らかにされた²⁾。それにより、エチレンシグナルはエチレン受容体 (ETR1) からMAPKKKとみられるCTR1と機能未知の膜タンパク質EIN2を経て転写因子EIN3へと伝達されることが示唆された。また、EIN3は直接的に、あるいは、下流の転写因子ERFの発現制御を介して、多

YANAGISAWA Shuichi

〒710-0046 倉敷市中央2-20-1

くの遺伝子の発現に関与していることも明らかにされた (図1)。しかしながら、エチレンシグナル伝達系がどのようにして転写因子EIN3の機能発現を制御しているかはまったく不明であった。

一方で、近年の研究によって、光合成によって合成される糖はエネルギー源や炭素元素の貯蔵庫として使われるだけでなく、ホルモン様の活性を示し、さまざまな遺伝子発現に影響を与え植物の発芽・生長・開花・老化と植物の一生を通じて影響を与えることが明らかとなってきた。また、シロイヌナズナの変異株を用いた遺伝学的解析は、エチレンシグナルと糖シグナルは拮抗的な作用を植物に及ぼすことを示唆した³⁾。今回、エチレンは転写因子EIN3の分解を抑制してエチレン応答を引き起こし、一方、グルコースはEIN3の分解を促進することを明らかにした (図1)。この研究結果は、植物におけるシグナル伝達系のクロストークの分子メカニズムの一例を解明すると同時に、多数のシグナルを統括し植物の生長を決める仕組みが実体あるものであることを示す⁴⁾。

2. 糖シグナルによるEIN3分解制御

EIN3のmRNAレベルはエチレンによって変動しないことから翻訳調節あるいは翻訳後調節

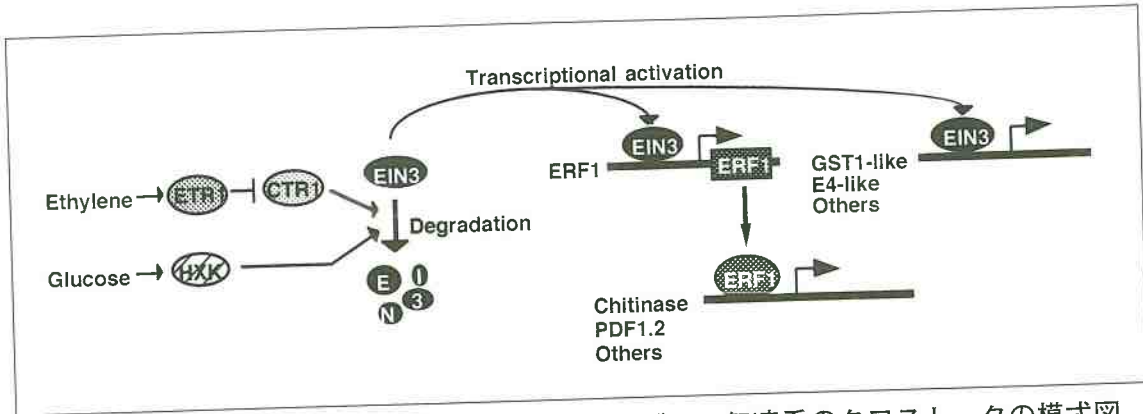


図1 エチレンシグナル伝達系とグルコースシグナル伝達系のクロストークの模式図

によってEIN3の機能発現が制御されている、また、*ctr1*や*ein2*が*gin* (glucose insensitive) 表現型を示すことからその下流の転写因子EIN3の機能発現が糖による制御で重要であるという可能性を考えた。この可能性を糖に対する応答性が確立しているトウモロコシのプロトプラストを用いた一時的発現系により検証した。35S最小プロモーターの下流にレポーター

(ルシフェレース) 遺伝子をそして上流にEIN3の結合部位を持つ融合遺伝子を作成しレポーター遺伝子として用いた。一方で、誘導型のEIN3の発現を行うための種々のプラスミドも作成した (図2 A)。これらを同時にエレクトロポレーション法によりプロトプラストに導入して解析したところ、EIN3の結合部位とEIN3の発現レベルに応じたレポーター活性の上昇が

確認された (図2 B)。そこで、次に、糖シグナルがこのEIN3による

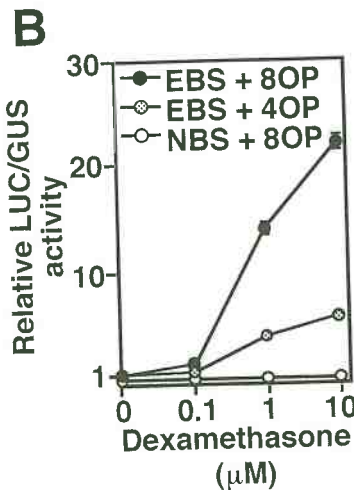
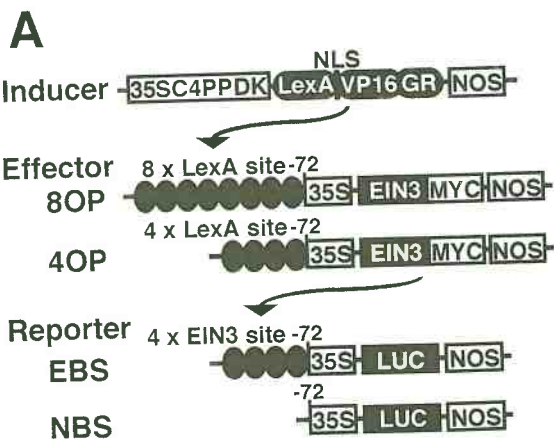


図2 プロトプラストを用いたEIN3による転写促進の解析 (文献4)

(A) LexA-DNA結合ドメイン、核局在シグナル (NLS)、VP16転写活性促進ドメインとグルココルチコイドレセプターの調節ドメイン (GR) からなる人工転写因子がEIN3の発現を制御する。従って、デキサメタゾンによってEIN3の発現は誘導される。
(B) EIN3結合部位とEIN3の発現に依存したレポーター遺伝子 (LUC) の発現促進。各試料から得られたLUC活性の標準化のために、同時にプロトプラストに導入した35S-GUS遺伝子に由来するGUS活性が用いられた。

転写促進活性に影響を及ぼすかどうか検討した。植物における糖の細胞間輸送にはショ糖が用いられているが細胞内でシグナルとして機能するのはグルコースであるので³⁾、グルコースを用いて検討した。恒常的に機能する35Sプロモーターを用いたEIN3の発現により約50倍程度の転写の促進効果が観察されたが、この

転写促進は10mM以下の生理的濃度のグルコースによって約1/3に抑制された。一方、グルコースのアナログである3-メチル-D-グルコースはそのような効果を示さなかった。従って、糖シグナル伝達系は転写後調節によってEIN3の機能発現を制御していると判断された。さらに、その制御の仕組みに迫るために、まず、プロトプラストにおけるEIN3タンパク質の蓄積へのグルコースの影響を³⁵Sで標識されたメチオニンを用いて検討した。その結果、グルコースの存在下ではプロ

トプラスト内でのEIN3タンパク質の蓄積量は非存在下における量の約1/3であり、転写促進効果の抑制と一致した割合でEIN3の蓄積が阻害されることが明らかとなった。また、このグルコースによる蓄積の阻害効果はEIN3に特異的であることも確認された。さらに、プロトプラスト内におけるEIN3の分解速度を調べたところ、グルコースはEIN3の分解を加速することが明らかとなった(図3)。

3. CTR1とヘキソキナーゼを介したEIN3分解の促進

糖シグナル伝達系にはヘキソキナーゼ依存型と非依存型が知られているので、EIN3分解制御がどちらの伝達系によって制御されているかを検討した。35Sプロモーターを用いてシロイヌナズナのヘキソキナーゼの強発現を行うと、より低濃度のグルコースによってもEIN3に依存した転写の促進が抑制されること、すなわちグルコース高感受性になることが判明した。一方、酵素活性は有するが植物内でシグナル伝達活性を示さない酵母のヘキソキナーゼを用いた

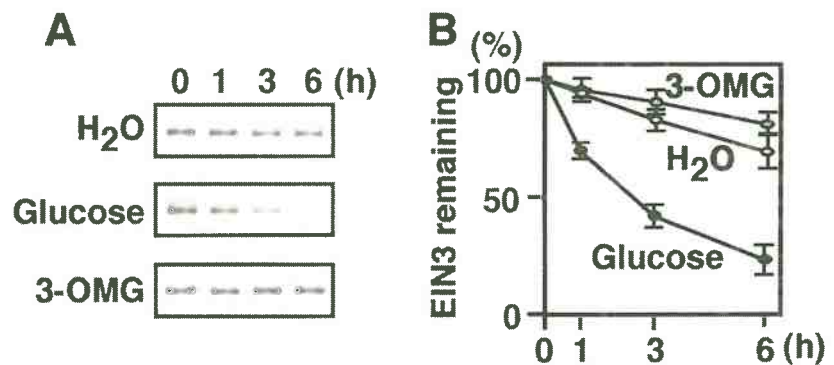


図3 プロトプラスト中におけるグルコースによるEIN3の分解促進(文献4)

(A) EIN3発現ベクターをプロトプラストに導入したのち、³⁵S標識されたメチオニン存在下でEIN3を合成させた。その後、放射性同位体を含まないメチオニンを1000倍量加え、³⁵S標識されたEIN3の分解をグルコース存在下、非存在下と比較した。(B) 分解されずに残ったEIN3の定量的解析。EIN3の細胞内におけるタンパク質としての半減期がグルコースによって大幅に短縮されることがわかる。

場合はこのような効果は観察されなかった。従って、植物のヘキソキナーゼに依存した糖シグナル伝達系とエチレンシグナル伝達系はクロストークを行っていると考えられた。このことを確立するために、シロイヌナズナの野生株とヘキソキナーゼ遺伝子に変異を持つ*gin2*変異株から調整したプロトプラスト内でのEIN3に依存した転写への糖シグナルの効果を比較した。その結果、野生型のシロイヌナズナからのプロトプラスト中ではEIN3依存型転写はグルコースによって抑制されたが、*gin2*プロトプラスト中では糖による抑制は観察されず、EIN3活性の抑制はヘキソキナーゼに依存することが確認された。ヘキソキナーゼは糖代謝の酵素である。触媒部位における変異により触媒活性を持たない変異型ヘキソキナーゼを用いた解析から、糖代謝を経由した間接的効果と直接的糖シグナル伝達が区別されている³⁾。酵母のヘキソキナーゼがEIN3の機能発現を抑制しなかったことから、糖シグナル伝達系によってEIN3の機能発現は直接的に制御されていると考えられたが、この点を野生型ヘキソキナーゼと変異型ヘキソキナーゼを用いてさらに検討した。変異型も野

生型ヘキソキナーゼ同様にEIN3の蓄積を阻害したことから、直接的なシグナル伝達によってEIN3の機能発現は制御されていることが明白となった。EIN3は転写因子であり核に局在している。シロイヌナズナのヘキソキナーゼと酵母のヘキソキナーゼのプロトプラスト内での局在を調べると、シロイヌナズナのヘキソキナーゼのみが、一部、核分画に検出された。従って、植物のヘキソキナーゼは一部が核膜に結合して、あるいは核内に入り込んで糖シグナルを伝達している可能性が考えられた。

一方、エチレンシグナル伝達を司るCTR1は負の制御因子であり恒常的にエチレン応答を抑えているが、エチレンシグナルが伝達されるとCTR1は不活性型となりエチレン反応が引き起こされることが遺伝学的解析から示唆されている²⁾。CTR1はキナーゼドメインと調節ドメインを持ち、調節ドメインを欠失させると恒常的活性型になる。恒常的活性型CTR1を発現させるとプロトプラスト内でEIN3の蓄積が著しく阻害されたので、エチレンシグナル伝達系もEIN3分解を制御していることが強く示唆された。

4. 植物個体の表現型とEIN3レベルの関係

35S-EIN3融合遺伝子を用いて形質転換シロ

イヌナズナを作成し、エチレン応答とグルコース応答の表現型とEIN3レベルの関係も調べた。暗所で発芽・生育させたシロイヌナズナはエチレンに反応して、triple responseと呼ばれる胚軸と根の伸長阻害、胚軸の肥大、apical hookの湾曲促進という表現型を示す。そこで、エチレン前駆体であり植物体に取り込まれるとすぐさまにエチレンに変換されるACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) を用いて、この表現型を比較した。ACC非存在下では野生株、形質転換体、*ein3*変異株の表現型に相違が観察されなかったが、ACC存在下では*ein3*変異株はtriple responseを示さないのに対し、形質転換体は野生型より強いエチレン応答を示した(図4A)。ACC存在下、非存在下における各植物体のEIN3タンパク質レベルを調べると、細胞レベルでの解析により得られた結論と一致して、EIN3タンパク質はACC存在下で生育させた野生株と形質転換体からのみ検出され、かつトランス遺伝子(35S-EIN3)によって強化された分だけ形質転換体では野生株よりEIN3タンパク質レベルが高かった。一方、発芽時における高濃度のグルコースの存在は、負のフィードバック制御によって光合成遺伝子の発現やクロロフィル合成などの抑制を引き起こし発芽と生長を抑制する方向に働くことが知られている³⁾。この表現型を指標に野生株、形質転換体、*ein3*変異株のグルコース感受性を調べると、

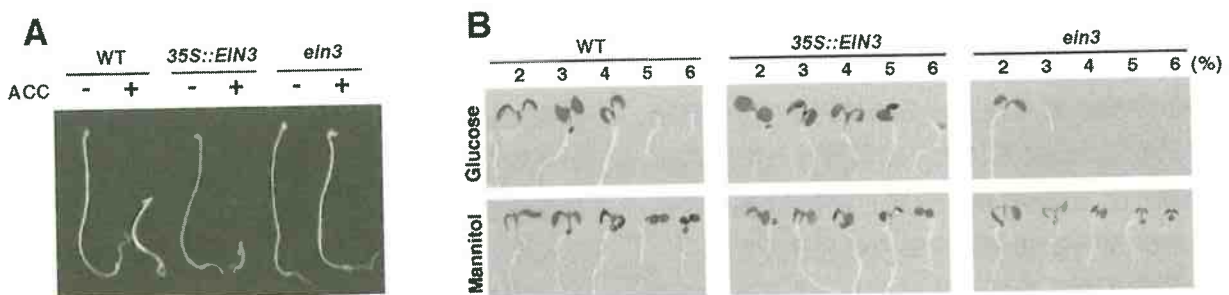


図4 アラビドピシスの野生株(WT)、EIN3を強発現している形質転換体(35S::EIN3)と*ein3*変異株のエチレン及びグルコースに対する異なった応答(文献4)

(A) エチレン前駆体(ACC)の存在下、非存在下で暗所で発芽・生育させた。

(B) 異なる濃度のグルコース存在下で明所で発芽・生育させた。浸透圧ストレスのコントロールとしてマンニトールを使用した。

*ein3*はグルコース高感受性であり、形質転換体は低感受性であった(図4B)。さらに、ACC存在下で生育させた芽生えをシクロヘキシミドによって*de novo*のタンパク質合成を阻害したのちに、植物個体内でのEIN3タンパク質の分解速度に対するグルコースとACCの効果を調べた。その結果、植物個体内でも、グルコースはEIN3の分解を促進し、ACCは分解を抑制することが確認された。

5. ユビキチン依存型タンパク質分解系によるEIN3分解

最近の2, 3年の間に、植物のさまざまなシグナル伝達系においてユビキチン依存型タンパク質分解系による転写因子の分解が重要であることが示されてきている⁵⁾。そこで、EIN3分解もユビキチン依存型分解系によるものかをまず*in vitro*の系で調べた。トウモロコシからユビキチン依存型タンパク質分解系の活性を維持する緩衝液を用いて調整した細胞抽出液とプロトプラストで合成させたのちに精製したEIN3タンパク質を用いて*in vitro*分解系を確立した。この*in vitro*分解系において一般的なタンパク質分解酵素阻害剤であるロイペプチンはEIN3分解を阻害しなかったが、ユビキチン依存型プロテアソーム阻害剤であるMG132はEIN3分解を阻害した。また、MG132は植物個体内でのEIN3の分解も阻害できることが確認され、ユビキチン依存型タンパク質分解系がEIN3を介したシグナル伝達に重要であることが強く示唆された。

6. おわりに

本研究は、エチレンシグナル伝達の本質は転

写因子EIN3の分解制御であり、拮抗的に働くエチレンシグナルと糖シグナルはEIN3分解を反対に制御していることを細胞レベルと植物個体レベルの解析から明らかにした(図1)。エチレンシグナル伝達系は、植物において最も主要なストレス伝達系の一つである。エチレンシグナル伝達が植物の生育状況を反映する糖のレベルによって直接的に影響を受けることが明らかになったことは非常に重要である。植物の健康状態と耐病性やストレス抵抗性が密接な関係にあることは明らかだが、これまでその実体は見えなかった。本研究成果は、植物の健康状態と環境ストレスのバランスのうえに植物の生長を決定している分子メカニズムの存在を明白にした。エチレンに応答した遺伝子発現だけでなく、ジャスモン酸などの他のストレス伝達物質で制御される遺伝子発現にも糖は影響を及ぼすことが知られている。本研究が、今後、他のストレス伝達系と糖シグナル伝達系のクロストークの分子メカニズムの解明に向けた道しるべとなり、ひいては植物の環境に応答した生長メカニズムの全貌解明やさまざまな環境ストレスに強い作物の創出につながることを期待する。

文 献

- 1) Genoud, T. et al (1999) *Trends Plant Sci.*, 12: 503-507.
- 2) Wang, K. L.-C. et al (2002) *Plant Cell*, 12: S131-S151
- 3) Rolland, F. et al (2002) *Plant Cell*, 14: S185-S205.
- 4) Yanagisawa, S. et al (2003) *Nature*, 425, 521-525.
- 5) Vierstra, R. et al (2003) *Trends Plant Sci.*, 8:135-142.

◀国内情報▶

リンゴ由来ポリフェノールによるガン予防効果

1 アサヒビール 株式会社 未来技術研究所 2 弘前大学 医学部保健学科

3 三重大学 医学部看護学科

庄司俊彦¹・三浦富智²・佐藤達資²・樋廻博重³・神田智正¹・池田満雄¹

身近な果物の一つであるリンゴの様々な生理機能性が確認されている。その機能性の活性成分としてポリフェノール成分が注目されており、中でも最も多く含まれるプロシアニジン類においてガン予防効果を示すデータが得られてきたので紹介する。

1. はじめに

21世紀に入り高齢化社会を迎えた日本は、「より若々しく、より健康」が国民の大きな関心事となってきている。健康を維持、増進するために最も重要な役割を担っているのが、日頃からの食生活である。食生活以外にも運動、睡眠、喫煙、飲酒、ストレスなどの生活習慣や、加齢に伴う老化などが、ガンや心臓病などのいわゆる生活習慣病の原因となることは良く知られているところである。厚生労働省から発表された平成14年人口動態統計によると、日本人の死亡原因は第1位が悪性新生物（ガン）、第2位は心疾患、第3位が脳血管疾患となっている。ガンによる死亡率は増加傾向にあり、また、ガン発生部位も食事の欧米化やガン検診などによってこれまで多かった胃ガンは減少し、大腸・結腸ガンの増加、喫煙によると思われる肺ガンの割合が増加する傾向にある。

アメリカでは、「Nutrition and the prevention of cancer」にまとめられているように、野菜や果物の摂取はガン予防につながるとして「The five a day」運動を行い、一日の摂取量

SYOJI Toshihiko¹, KANDA Tomomasa¹,

IKEDA Mitsuo¹,

MIURA Tomitomo², SATO Tatsuhiko²,

HIMAWASHI Hiroshige³

¹〒302-0106 茨城県北相馬郡守谷町緑1-1-21

²〒036-8563 弘前市在府町5

³〒514-8507 津市江戸橋2-174

を400g以上摂るように推奨した。それ以後、ガン死亡者数が減少するという成果を上げてきている。その中で注目されている果物の一つがリンゴである。

リンゴは、ヨーロッパでは「An apple a day keep a doctor away」と言われ、古くから健康に良い果物として愛されてきた。様々な試験が行われた結果、諺を裏付けるように、抗酸化作用¹⁾、コレステロール制御作用²⁾、抗アレルギー作用³⁾などの生理機能性が報告されている。また、ガン予防に関する研究としては、Knektら⁴⁾によって行われたフィンランドでの疫学調査が知られている。リンゴがガン特に、肺ガンのリスク低減効果があるというもので、リンゴに含まれているフラボノイド類、特にケルセチン配糖体類が活性成分と考えられている。これまでのリンゴの機能性の研究は食物繊維やミネラルなどの栄養成分をターゲットにした考察がなされてきた。また、ポリフェノールの場合、お茶のEGCGに関する報告がなされているが⁵⁾、その他のポリフェノールに関する報告は比較的少ない。リンゴ中に含まれるポリフェノール成分はケルセチン類などのフラボノール類よりもフラバン-3-オール類（カテキン類）やその重合体であるプロシアニジン類が主である（品種や産地、年度など栽培条件によっても少し異なるが、総ポリフェノールの約40～50%がプロシアニジン類になる）。プロシアニジン類は構成しているフラバン-3-オール類の種類や結合様式によって数多くの異性体が存在しているた

2. ベンズ(α)ピレンによる胃ガン誘導抑制効果

主に排気ガスやタバコの煙に含まれる発ガン物質である多環式芳香族硫化水素系物質のベンズ(α)ピレンを用いて動物試験を行った。まず、コーン油に溶解したベンズ(α)ピレン(15 μg/mL)を6週齢メスのA/Jマウスに4週間(週1回)経口投与し、胃ガンの

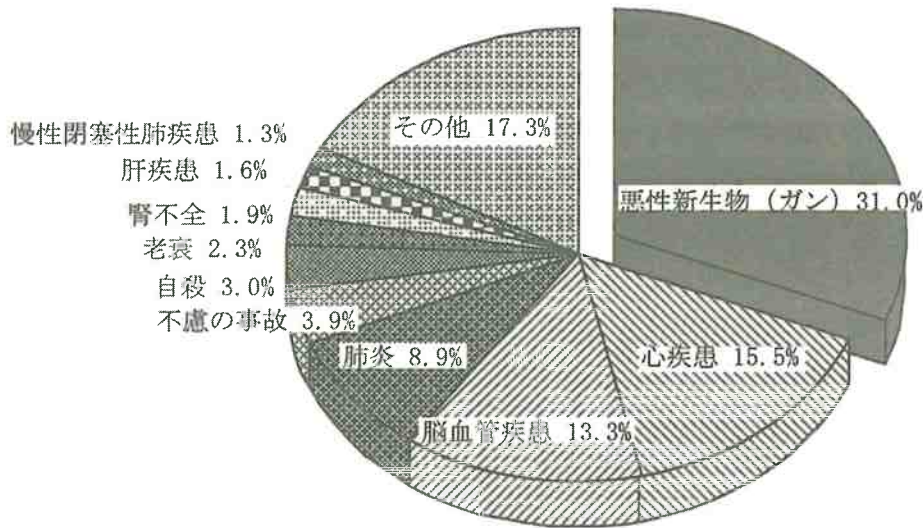


図1 死因別死亡率 (平成14年人口動態統計より)

めポリフェノールの中では比較的研究しにくい成分であることがその理由であろう。

そこで、我々はリンゴ由来のポリフェノール、特にプロシアニジン類に着目してガン予防効果に関する研究を行ってきたのでご紹介する。

誘発を行った。次に、リンゴ未熟果より精製したポリフェノール画分(以下、AP)およびAPから精製したプロシアニジン画分(以下、ACT)を溶解した蒸留水を自由飲水により摂取させ、胃ガン誘導抑制効果について検討した。1% AP溶液および0.5% ACT溶液をベンズ(α)ピ

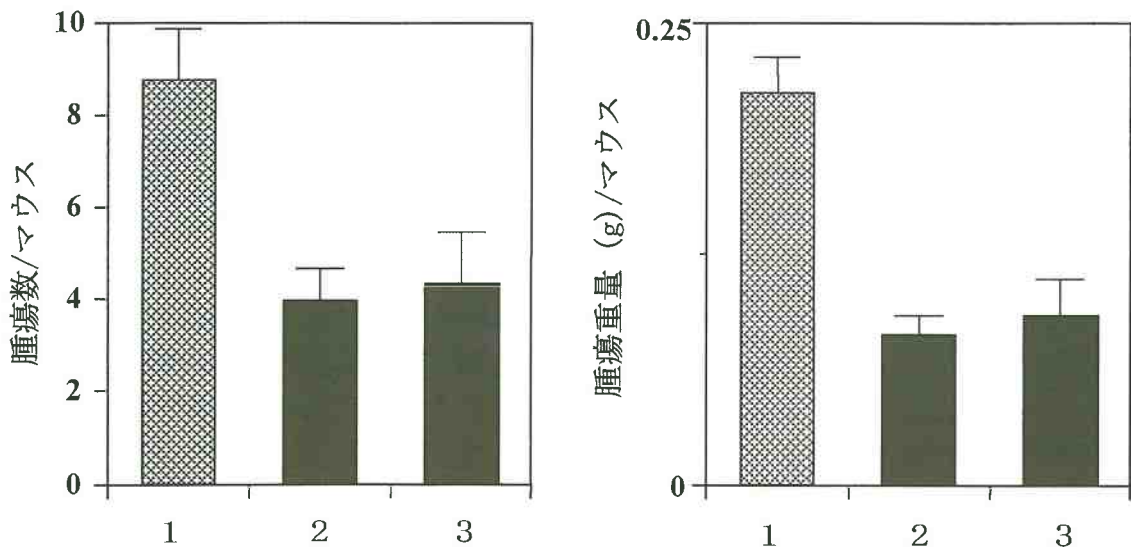


図2 ベンズ(α)ピレンによる胃ガン誘導に対するリンゴポリフェノールの効果
1: コントロール, 2: AP, 3: ACT

レン投与開始と同時に、24週間摂取させた。5ヶ月後、切除した胃の腫瘍の数および腫瘍重量を測定した。その結果、図2に示したように、APを摂取したマウスはコントロールと比較して腫瘍の数および重量のいずれにおいても、抑制されていることがわかった。また、ACT摂取群では、より低濃度の0.5%で同等の効果が得られることが確認された。APはACTを約50%含んでいるので、活性成分はプロシアニジン類であろうと推定された。ポリフェノール成分は抗変異原性を示すことは良く知られており、発ガン物質であるベンズ(a)ピレンの発ガン性を抑制したこと、また、腫瘍の大きさおよび重量が小さかったことからガン細胞の成長を阻害していると考えられた。

3. ガン細胞増殖抑制効果

次に、マウスから分離された皮膚ガン細胞のB16マウスメラノーマ細胞を移植したC57BL/6雌マウスを用いてリンゴポリフェノールのガン細胞増殖抑制効果について検討した。前培養したB16メラノーマ細胞を希釈、調整した細胞浮遊液(200 μ L)をマウス背中へ皮下注射した(1 \times 10⁶ cell/マウス)。1%AP溶液を自由飲水で摂取させ、コントロール(蒸留水)の場合と生存率を比較検討した(図3)。対照群では、移植後17日目から斃死個体が観察され、移植後26日目までに21頭中11頭が斃死した。一方、リンゴ由来ポリフェノール摂取群では移植後20日目から斃死個体が見られ、ガン細胞移植後26日目までに21頭中4頭が斃死したのみで、生存率は81.0%であった。

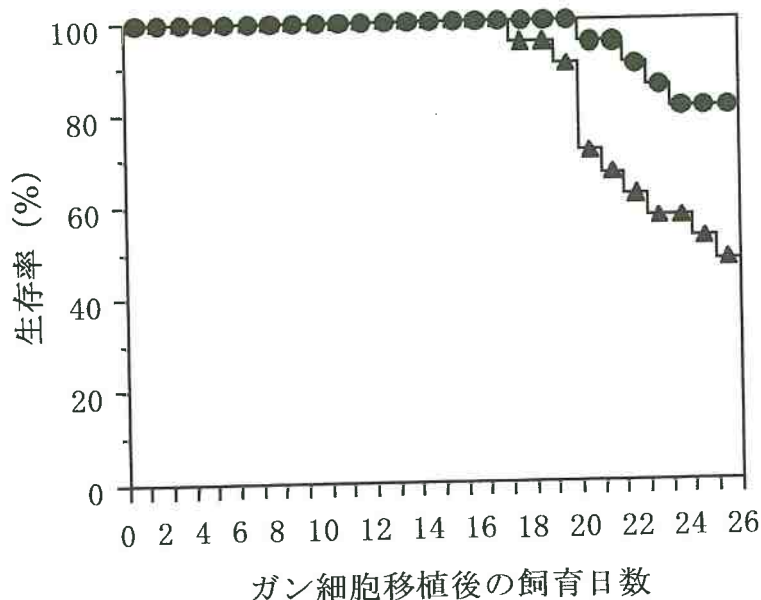


図3 B16メラノーマ細胞移植後のマウス生存率
 ▲ コントロール群(蒸留水)
 ● リンゴ由来ポリフェノール摂取群

また、腫瘍の増殖を比較するため、B16メラノーマ細胞移植後20日目および26日目における腫瘍の大きさを測定した。コントロール群では、4055.7 \pm 2116.3mm³であるのに対し、リンゴ由来ポリフェノール摂取群では、1248.1 \pm 1089.7mm³で、危険率5%で有意に腫瘍の成長を抑制していることが確かめられた。また、移植後26日目でも、リンゴ由来ポリフェノール摂取群において1頭腫瘍を確認できないマウスがみられ、腫瘍細胞の増殖もしくは定着を阻害していると思われた。

4. アポトーシス誘導作用

上記二つの動物試験の結果からガン細胞(増殖)に対してAP特に、ACTがガン細胞の増殖に影響を及ぼしている可能性が示唆されたので、培養細胞系で検討した。B16メラノーマ細胞と同様にマウスに皮下移植した場合に、APやACTの効果が確認されたBALB-MC.E12マウス乳ガン細胞を用いた。前培養したBALB-MC.E12細胞に、柳田ら⁶⁾の方法により順相ク

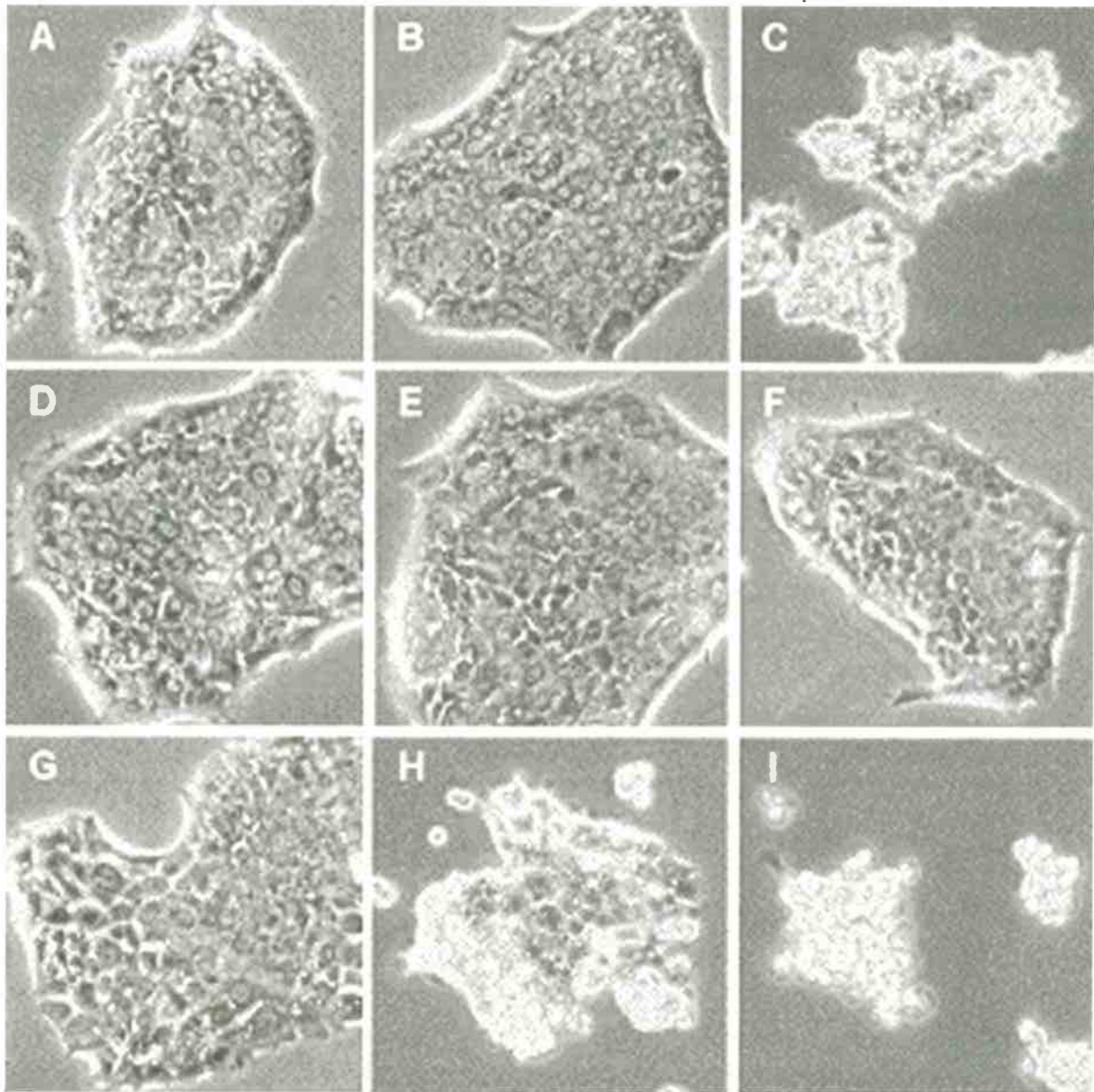


図4 リンゴ由来ポリフェノールおよびプロシアニジン画分の細胞形態変化に与える影響
A : control (無添加対照), B : AP, C : ACT, D : 単量体画分, E : 二量体画分,
F : 三量体画分, G : 四量体画分, H : 五量体画分, I : 六量体以上画分

ロマトグラフィーで重合度別に分画したプロシアニジン類を25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ になるように添加した培地で24時間培養した。次に、フローサイトメトリーを用いてTUNEL法によって識別されたアポトーシス誘導細胞を測定した。その結果、ACTを添加、培養した細胞では増殖が強く抑制されるとともに、細胞の変形が認められた(図4)。また、TUNEL法でアポトーシス誘導

細胞の検出を行ったところAPでは、TUNEL陽性率が87.2%、ACTで93.5%であった。また、重合度別の結果では、単量体から三量体まではほとんどアポトーシス誘導能を示さないのに対し、四量体、五量体、六量体以上画分ではそれぞれ85.4、96.8、98.2%と高い値を示し、六量体以上画分で最も強い効果を示した。

5. おわりに

ガンの発生は放射線や紫外線，活性酸素や各種発ガン物質などによるDNAレベルでの損傷を受けた後（イニシエーション期），生体が持つ修復機構や細胞死による修復機構により除去されなかった前ガン細胞が増殖，促進を受け（プロモーション期），更に，プログレッションの過程を経て悪性なガン細胞に変化していく。

ガン細胞は増殖のために血管新生や浸潤，更には他臓器へ転移して病気が推移する。今回報告した内容は，ガン発生の多段階過程の初期とガン細胞の増殖を阻害していることを示すデータであった。しかし，今回の試験は動物レベルでの結果であり，実際にガン予防効果を期待するにはまだ科学的なデータが不足している。また，高分子のプロシアニジン類がアポトーシス誘導の活性成分である結果となった。プロシアニジ

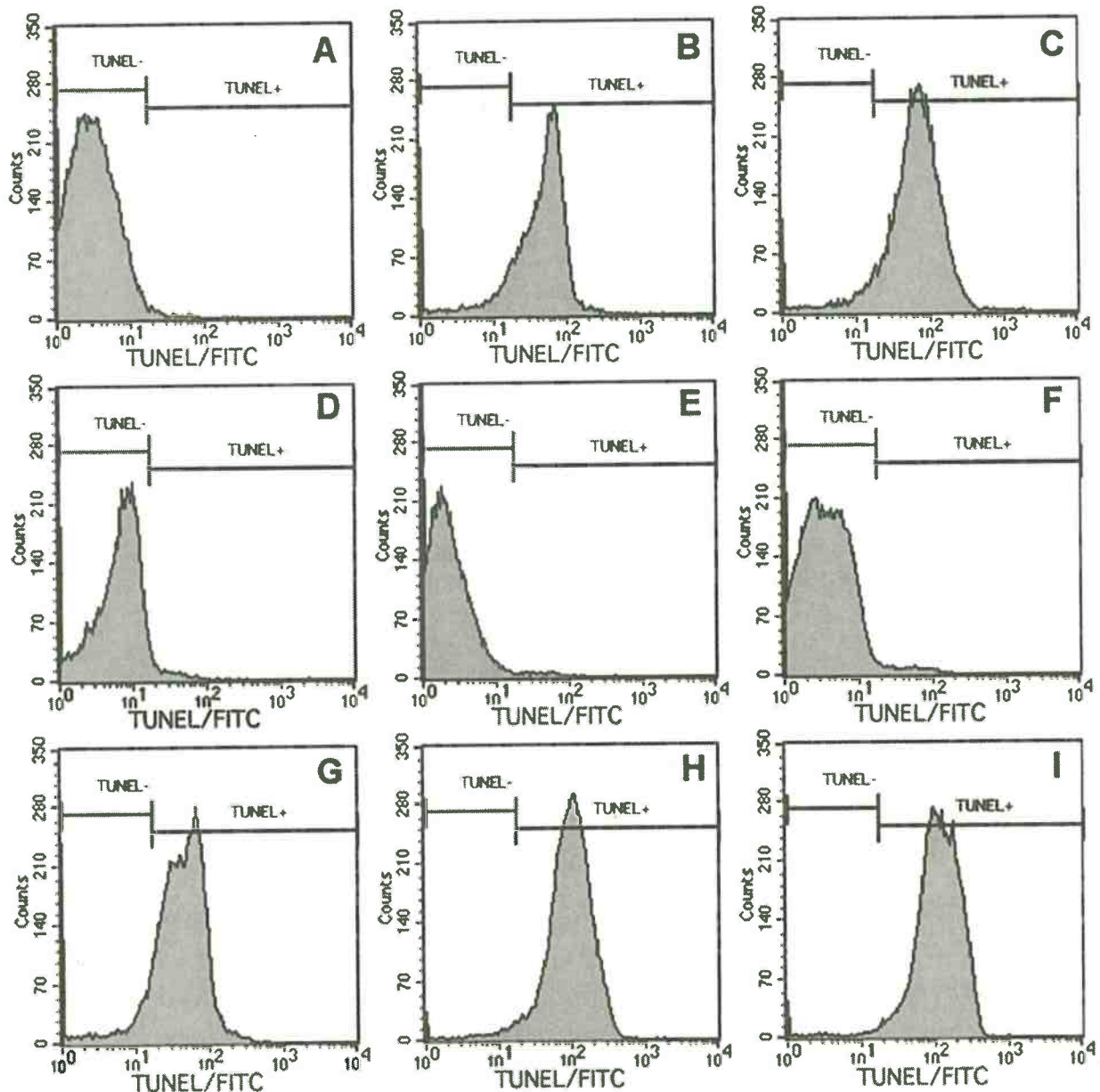


図5 TUNEL法によるアポトーシス細胞の検出

A : control (無添加対照), B : APP, C : ACT, D : 単量体画分, E : 二量体画分,
F : 三量体画分, G : 四量体画分, H : 五量体画分, I : 六量体以上画分

ン類の吸収に関しては、3量体までは吸収されると報告されているが³⁷⁾、実際に四量体以上の高分子成分が体内へ吸収され、ガン細胞の増殖を抑制するかという点は今後の課題である。また、特に図3の実験からプロシアニジン類を摂取することにより体内の免疫系へ間接的に影響を与えている可能性もあり、いずれにしても、摂取して効果が見られたことから、吸収や代謝も含め今後も詳細な検討が必要であろう。

文 献

- 1) Eberhardt, M. V. et al. (2000), *Nature*, 405, 903-904.
- 2) Sable-Amplis, R. et al. (1987), *Ann. Nutr. Metab.*, 31, 61-68.
- 3) Kojima, et al. (1997), *Allergology. Inter.*, 49, 69-73.
- 4) Knekt, P. et al. (1997), *Am. J. Epidemiol.*, 146, 223-230.
- 5) Fujiki, H. et al. (1998), *Mutat. Res.*, 428, 339-344.
- 6) Yanagida, A. et al. (2000), *J. Chromatography A*, 890, 251-259.
- 7) Scalbert, A. et al. (2000), *J. Nutr.*, 130, 2073S-2085S.



ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第95号
2003年3月15日発行

総 説

イネゲノム塩基配列重要部分の高精度解読終了とその意味
……………佐々木卓治

国内情報

イネミトコンドリアゲノムの全構造決定
……………西川智太郎・門脇光一
ホウ素トランスポーターの同定と植物のホウ素輸送における
役割……………三輪京子・藤原 徹
コメの糊化特性にアミロペクチンの側鎖構造を支配する遺伝子
が関与していることを解明……………中村保典

珪藻に感染する新奇ウイルスの発見……………長崎慶三
催涙因子合成酵素「LFS」の発見と、「涙の出ない新しい
タマネギ」の開発……………今井真介・柘植信昭・朝武宗明・
永留佳明・澤田 博

細断型ロールペーラの開発……………志藤博克
地域の先端研究

新しい肉用アヒル「大阪種」……………出雲章久・笠井浩司

文献情報

異なる細胞種由来のクローンウシにおけるテロメア長の
著しい違い……………(抄訳：下司雅也)
ポリアクリルアミド及びアルギン酸に固定化したβ-グルコシ
ダーゼの熱及びタンパク質分解安定性……………(抄訳：西村新吾)
タコ筋肉中のタンパク質分解酵素の性状と超高压処理による
影響……………(抄訳：木村郁夫)

海外便り

潮間帯湿地雑草における植食性昆虫と天敵類の群集生態学
—米国メリーランド大学における半年間—……………松村正哉

◀国内情報▶

傾斜地果樹用多目的モノレール（回行式）の開発

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構
 生物系特定産業技術研究支援センター 園芸工学研究部 果樹生産工学研究
 金光 幹雄

園内作業道の設置が困難な急傾斜地果樹園において、薬液散布、肥料散布、収穫物運搬などの作業を省力的に行うことができる多目的モノレールシステム（回行式）を開発した。本システムは、急傾斜地果樹園で一般的に使われている傾斜上下方向の軌条及び単軌条運搬車と、新たに開発した園内にS字状にくまなく設置するS字軌条と同軌条を走行するけん引車及び各種作業機で構成される。この研究開発は21世紀型農業機械等緊急開発事業で実施したものであり、平成16年に市販化される予定である。

1. はじめに

我が国のミカンの栽培面積は61,700ha（平成12年）であるが、これらは漸減傾向となっている。全国のミカン園の傾斜度別面積割合を見ると、傾斜度15度以上が43%，うち25度以上が9%を占めており、急傾斜地が多い。なお、和歌山県のミカン園は傾斜度25度以上が20%を占めている。このような急傾斜地果樹園では、傾斜上下方向に架設されたモノレールが収穫物や生産資材の運搬手段となっており、ミカン栽培農家の31%に普及している。しかしながら、収穫物や農業資材の等高線方向の運搬は一輪車程度しか使えず、能率が低く労働負担の大きい作業になっている。また、急傾斜地での薬液散布作業は、一部にスプリンクラが導入されて省力化されているものの、多くの園では動力噴霧機から園内にホースを延ばしての人力散布が行われており、重労働である。このように急傾斜地果樹園では大部分の作業を人力に頼っている。このような背景のもとに、21世紀型農業機械等緊急開発事業において、傾斜地果樹園での薬液散布作業、収穫物や資材の運搬作業の省力化を図ることを目的として、傾斜地果樹用多目的モノレールを開発した。

2. 傾斜地果樹用多目的モノレールの方式

傾斜地果樹用多目的モノレールは2方式のシステムの開発を進めている。1つは、園内に限無くS字状に軌条を配置した回行方式で、平成13年度に開発を完了し、平成14年度に愛媛県伊予市と松山市のイヨカン園で開発促進評価試験を実施し、平成16年に市販化の予定である。他の1つはE字状に等高線方向軌条を配置した支線方式で、和歌山県有田郡吉備町と愛媛県北宇和郡吉田町のミカン園に試験施設を設置して平成15年度に開発促進評価試験を実施している。ここでは、回行方式の概要を紹介する。

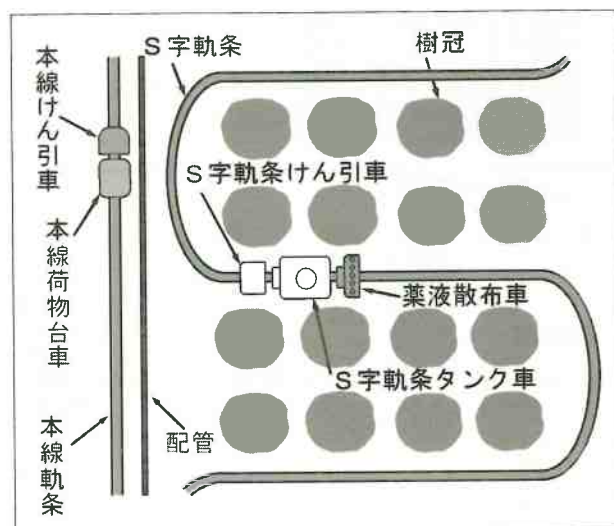


図1 回行式軌条の配置

KANAMITSU Mikio

〒331-8537 さいたま市北区日進町1-40-2

3. 回行方式の概要

① 軌条は等高線方向のS字軌条と上下方向の本線軌条で構成される（図1）。② S字軌条では、S字軌条けん引車が薬液散布車、運搬車等の作業機をけん引して作業を行い、薬液の補給や収穫物等の載せ換えは、本線軌条との近接点で行う。③ 本線軌条では、本線けん引車、本線タンク車、本線運搬車が、S字軌条タンク車への薬液補給や収穫物の本線軌条末端への運搬等を行う。④ 薬液の補給は、本線軌条に沿って設置した配管を介して、本線軌条端部のタンクから行うこともできる。⑤ 薬液散布作業及び噴頭の方向制御は無人で行うことができる。

1) S字軌条

園内に隈無く配置するS字軌条の架設に当たっては、回行部分で園地の地形（傾斜）に合わせて軌条を捻りと曲げの加工をする必要がある。現在傾斜上下方向の軌条として一般的に使われているラック付き軌条は、架設現場で地形に合わせて捻りと曲げの加工を行うことが困難である。また、園内にくまなく軌条を配置するために軌条総延長が長くなることから、軌条のコストをなるべく低く抑えたい。このようなねらいで、S字軌条は、上下面にスリット加工した角パイプとした。直線軌条は50mm×50mm×2.3mmの角パイプで支柱間隔を1.5mとし、曲線軌条は50mm×50mm×3.2mmの角パイプで支柱間隔を1.0mとした。また、曲線部分では、けん引車のスリップ防止のため、軌条上面に滑り止め剤を塗布加工した。軌条の曲げ加工及びけん引車のスリップ防止の面から、本方式が架設可能な園地の傾斜度は30度以下である。また、曲線軌条部分の最小曲率半径は3mであるので、等高線方向部分のS字軌条設置間隔は6m以上とする必要がある。

伊予試験地は、園地面積40aで、本線軌条の最大傾斜30度で、軌条長は120mである。S字軌条は、イヨカンの樹列2～3列毎に架設し、軌

条の最大傾斜は23°で軌条長は561m（140m/10a）である。

松山試験地は、園地面積30aで、上下方向軌条の最大傾斜は30度で、本線軌条長は110mであり、S字軌条の長さは471m（157m/10a）である。

2) S字軌条けん引車

けん引車は最大出力5.5PS/2000rpmのセルスタータ始動式4サイクルガソリンエンジンを搭載している。けん引車の駆動方式は、ウレタン駆動ローラによる上下4輪駆動であり、軌条と駆動ローラの摩擦力をスプリングの張力により調整する。走行速度は低速0.3m/sと高速0.6m/sの2段階を選択でき、前進、後進が可能である。速度制御装置は、降坂（遠心式）ブレーキ、駐停車（内括式）ブレーキ、緊急（内括式）ブレーキ（駐停車ブレーキと共用）を備えている。

3) S字軌条荷物台車

荷物台車は最大積載量200kgで、収穫コンテナ10ケースを積載できる。荷物台車は自在型ナイロンローラを前後2組装備している。

4) 薬液散布車

薬液散布車は、ピストン式ポンプ（吸水量33.5L/min）、軸流送風機（使用時風量200m³/min）、噴頭（散布量24L/min、使用時ノズル個数7個）、エンジン（5.5kW/1800rpm）を搭載した台車と、薬液タンク（容量150L）を搭載した台車からなり、これら2台の台車をS字軌条けん引車でけん引して低速（0.3m/s）で走行しながら、薬液散布作業を行う。噴頭は電動モータで左右に回動が可能な構造としている。薬液散布は、まず登り方向では前進走行を行いながら、S字軌条の片側方向（登り方向に向かって右側）に薬液を散布する。園の上端部まで散布が終わると、手動スイッチの操作で、噴頭回動部を回転させて噴頭の向きを反対側（登り方向に向かって左側）に向け、次に、後進しながら登りとは反対側に薬液を散布し、1往復



図2 薬液散布作業

(登りと下り) 作業で軌条の両側に薬液を散布する。また、S字軌条の回行部には軌条の側壁に1組2個のカムを設置し、薬液散布車に組み込んだリミットスイッチがカムを感知することにより噴頭の角度を山側(やや上向きに散布)と谷側(やや下向きに散布)に自動的に切替える。この時、軌条に設置した2個のカムの間隔を変えることによって噴頭の回動角度を調節できるため、園地の傾斜条件に合わせて噴頭を自動的に最適な角度に調節できる。なお、薬液の到達距離の制約からS字軌条設置間隔は8m以内とする必要がある。

薬液補給は伊予試験地と松山試験地では異なる方式で行っている。

伊予試験地は園の下端部に貯水池があり、この水をうず巻ポンプで汲み上げて薬液補給用タンクに給水する。本線軌条の乗用型単軌条運搬車(最大傾斜角度45°で最大積載量500kgの荷物台車をけん引可能)で、薬液補給用タンク台車(タンク容量500L)をけん引して上下方向の運搬を行い、S字軌条との近接点で、S字軌条タンク車(容量150L)に薬液の補給を行う。なお、本線軌条は50mm×50mm×3.2mmのラック付き角パイプである。

一方、松山試験地は、井戸、貯水槽、うず巻きポンプ、本線軌条に沿った薬液配管、S字軌条との各近接点での給水口の設備を備えており、1人で能率的な薬液散布作業が行える。本線乗用単軌条運搬車は、最大傾斜角度45°で最大積載量200kgの荷物台車仕様のものである。この本線軌条は50mm×50mm×2.3mmのラック付き角パイプである。

5) 肥料散布車

肥料散布車は、エンジン(2.1kW/2600rpm)、タンク(容量60L)、スターフィーダ式繰出装置、送風機、噴口等からなる。スターフィーダ式繰出し部の動力は、台車のウレタンローラの回転をチェン、変速ミッションを介して伝達しているため、単位面積当たり繰出し量は一定である。変速ミッションの切り換えとスプロケット交換により繰出し量を18段階に切り替えることができる。施肥量は化学肥料30~150kg/10a、有機肥料は50~150kg/10aで調節可能である。また、噴口の角度は左右210°の範囲で手動調節ができ、散布幅は3~6mとなる。

6) その他の作業機

S字軌条荷物台車に市販のせん定枝処理機を搭載することにより、園内を移動しながらせん定枝を粉碎して園地に還元することができ、せん定枝の運び出しの手間を省くことができる。供試したせん定枝処理機は、エンジン(2.4



図3 肥料散布車

kW/3600rpm) を搭載し、フリースイングハンマ及びサイドカッタ、自動送りローラを備えたもので質量110kgである。フリーハンマ部で最大直径30mm、サイドカッタ部で最大直径45mmの枝まで処理でき、処理能力は300~400kg/hである。

同様に、市販の除草剤散布装置とタンク（容量100L）を荷物台車に積載することによって、除草剤散布作業を楽で能率的に行うことができる。

7) 作業機の園地間移動手段

本システムの各作業機を離れた数カ所の園地に軽四トラックで容易に運搬して利用するための園地間移動手段を開発した。このことにより、年間8~10回使用される薬液散布車の負担面積は3ha程度まで可能となる。

4. 回行方式の性能

1) 薬液散布作業

伊予試験地で実施した薬液散布性能調査結果の一例は、370L/10aの散布量で作業した場合、作業能率が28a/hで、ほ場作業効率は66%であった。薬液散布が自動で行われるため、人力作業は薬液の補給だけで楽に作業を行うことができ、作業者は薬液被曝から回避できた。薬液散布量は手散布時に対して少なく、薬液付着は良



図4 収穫箱運搬作業

好である。平成11年1月から、本方式で薬液散布を実施しており、その間に病虫害の発生はみられていない。

2) 収穫物の運搬作業

平均傾斜30°のイヨカン園での収穫作業において、上下方向の軌条から20m離れた所で収穫作業を行う際、S字軌条の荷物台車を利用して搬出する場合の作業能率は64箱/h・人で、作業者が収穫カゴを下げて運搬する場合の2.5倍となった。また、収穫箱の荷物台車への積み替え作業だけであり、収穫カゴを下げての運搬作業がなくなり過酷な労働時間が大幅に短縮された。

3) 肥料散布作業

肥料散布車により化成肥料を120kg/10a散布した時の作業能率は27a/hであった。

5. 回行方式の導入効果

傾斜地果樹園に本多目的モノレールを導入した場合の効果は、省力化の効果、軽労化の効果、コスト低減の効果が期待できる。省力効果は、年間労働時間で見ると薬液散布が3.0h/10a、施肥が1.1h/10a、除草剤散布が2.8h/10a、収穫調製が31.8h/10aとなり、労働時間の合計は136.9h/10aであり、慣行の202.3h/10aに対して65.4h/10aの労力が削減できる。さらに、手作業では作業負荷が大きい薬液散布、施肥、収穫物の運搬が機械化により軽労化される。本方式を1ha規模カンキツ園に導入した場合の費用（生産費+労働費）は51万円/10aと試算される。

6. おわりに


この傾斜地果樹用多目的モノレール（回行式）は、新農業機械実用化促進株式会社による実用化促進事業を経て、平成16年4月から販売開始の予定である。多目的モノレールの利用により、薬液散布、肥料散布、収穫コンテナなどの園内

運搬，せん定枝処理等を楽で能率的に行えるようになり，栽培管理の省力化が期待される。

文献

- 1) 金光幹雄 (2003), 傾斜地果樹用多目的モノレール (回行式) 開発促進評価試験, 平


- 成14年度研究報告会資料, 39-40, 生研機構
- 2) 農林水産省統計情報部 (2003), 平成13年産野菜・果樹品目別統計, 48-49, 農林統計協会, 東京
- 3) 農林水産省統計情報部 (2002), 平成13年度版園芸統計, 114, 農林統計協会, 東京



ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第94号
2002年11月15日発行

総説
日本産乾シイタケと中国産乾シイタケとの判別手法の開発
.....時本景亮・寺島和寿

国内情報
米のDNA品種判別技術の開発ーコシヒカリ判別用プライマーセットの開発.....大坪研一・中村澄子
DNAマーカーによるイグサ品種「ひのみどり」の識別技術開発.....斎藤 彰・飯牟禮和彦・奥泉久人
高純度の絹蛋白質セリシンを産生する蚕品種「セリシンホープ」の育成.....山本俊雄・宮島たか子・間瀬啓介・飯塚哲也




ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第93号
2002年 9月15日発行

すり身排液からのDNA及びEPA含有油脂の新規回収法
.....高橋カ一
千葉県かん水抽出フルボ酸の水稲苗生育へ与える諸効果
.....山田パリーダ・山口達明

地域の先端研究
花色素分析を活用したトルコギキョウ新花色品種の育成
.....間藤正美・柴田 浩・佐藤孝夫・檜森靖則

文献情報
ヒッジの子宮内膜におけるGM-CSF量の調節
.....(抄訳：下司雅也)
酵母における窒素制御.....(抄訳：家藤治幸)
rhinはTGF-βによって誘導される尿管上皮細胞の肥大や細胞外マトリックス産生制御する.....(抄訳：織田浩司)

海外便り
反芻動物における脂肪組織分泌ホルモン(レプチン)に関する研究ー西オーストラリア大学とCSIROでの1年間ー
.....角川博哉




ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第93号
2002年 9月15日発行

総説
メタン発酵法によるバイオマスエネルギーの生産に関する研究の現況.....野池達也

国内情報
草や木を原料としたメタノール燃料合成技術の開発と検証機「農林グリーン1号機」の誕生.....坂井正康・中川 仁
超臨界メタノール処理による木質系バイオマスの液化技術.....坂 志朗・南 英治
In vitro重複受精系の開発による花粉管誘導機構の解明とその背景.....黒岩常祥
体外成熟卵子への顕微授精による子豚の誕生.....菊地和弘・中井美智子・柏崎直巳
メダカの性決定遺伝子の発見.....長濱嘉孝

地域の先端研究
産業廃棄物を利用した環境循環型非塩素系凍結防止剤に関する研究開発.....花松憲光



ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第93号
2002年 9月15日発行

文献情報
クローン牛におけるX染色体不活性化の異常パターン.....(抄訳：下司雅也)
アトピー性疾患予防におけるプロバイオティクスの効果.....(抄訳：西村新吾)
除草剤耐性ナタネの花粉は3kmも飛ぶ.....(抄訳：岩井純夫)
トウモロコシSEMAPHORE1はknox遺伝子とオーキシン極性輸送を制御する.....(抄訳：丸尾嘉宏)
魚油をベースとした構造脂質の酸化特性に対する乳化剤の影響.....(抄訳：室田一貴)

海外便り
大規模専業農家を高度に支援する作物生産機械の通信・制御技術の開発ー米国カーネギーメロン大学での1年間ー
.....村上則幸

生研機構からのご案内
新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業における平成14年度採択課題。
新事業創出研究開発事業(地域型)における平成14年度採択課題。
融資制度のご案内。

◀地域の先端研究▶

ブタ胚の耐凍性を飛躍的に向上させる凍結保存方法の開発

千葉県畜産総合研究センター¹・明治大学 生殖工学研究室²牛島 仁¹・中根 崇¹・長嶋比呂志²

凍結保存技術は、家畜や実験動物胚の実用的な保存手段として利用されているが、ブタ胚だけは未だ保存方法が確立していない。我々は、ガラス化保存に最少容量冷却法を用いることと、凍結の支障となっていた細胞質内に含まれる脂肪顆粒を除去する方法を併用することによって、ブタ胚の凍結後の生存性を飛躍的に高め得ることを認めた。

1. はじめに

家畜の生殖細胞（胚・精子）の凍結保存は、品種や系統の保存手段として活用されているほか、地域間での輸送を容易にし、病気の伝播を防ぐという利点を持つ。精液の保存は、胚に比べると容易に採取でき、凍結手法も確立しているので、古くから家畜の遺伝資源の保存や家畜の改良手段として広く利用されてきた。反面、伝染性疾病を伝播する危険性を有し、特定品種や系統の個体をいつでも復元可能な状態に半永久的に保存・維持することはできない短所を持つ。一方、胚は病原体の侵入を阻止できる透明帯に覆われ、かつ完全な個体としての機能を持つので、多くの品種やトランスジェニック動物をはじめとする高付加価値な実験動物の系統維持方法としても活用されはじめています。

ブタは肉用家畜としての利用に留まらず、医学研究の推進に不可欠な実験動物として、将来的には医薬品を生産するための遺伝子導入動物生産のための基礎動物や、臓器移植用のドナーとしても利用が期待されており、畜産分野のみならず、多方面から胚の凍結保存技術の確立が切望されている。しかしながら、ブタ胚は15℃以下に曝すだけで生存率が著しく低下してしま

USHIJIMA Hitoshi¹, NAKANE Takashi¹,NAGASHIMA Hiroshi²¹〒290-0531 市原市国本602²〒214-8571 川崎市多摩区東三田1-1-1

う特質を持つので、胚の凍結保存は未だ実用化の目処が立っていない。ブタ遺伝資源の保存や品種の維持は、生体の系統管理や凍結精液で行われているのが現状である。

2. ブタ凍結保存胚の現状

哺乳動物胚には、細胞膜を構成するリン脂質と、エネルギー源となる中性脂肪が蓄積されている。これらの脂肪は、胚を体外で操作したり低温感作を加えることにより変性し、細胞に障害を与える。また、齧歯類やヒトを除く多くの哺乳動物胚には、脂肪顆粒が蓄積しているが、この脂肪を構成するトリグリセライドと脂肪酸の割合が高くなることで、胚の耐凍性は著しく低下する¹⁾。ブタ胚は、他の動物に比べてこれらの脂肪蓄積量が本質的に高いことが、低温に対する感受性が高い原因と考えられている。実際に、実験動物と同様の凍結方法（緩慢凍結法）を用いたブタ凍結保存胚からは、産子の生産例はほとんど得られていない。

近年、氷晶を形成させずに細胞内外の溶液を固化するガラス化保存方法²⁾が開発された。この方法は、胚の生存性を低下させる低温度域を短時間で急速に通過できるので、低温障害を緩和できる。また、細胞内外の氷晶形成によってもたらされる細胞障害を防ぐ点で、先の緩慢凍結法よりも秀でていると考えられている。近年では、より急速冷却が出来るOpen Pulled

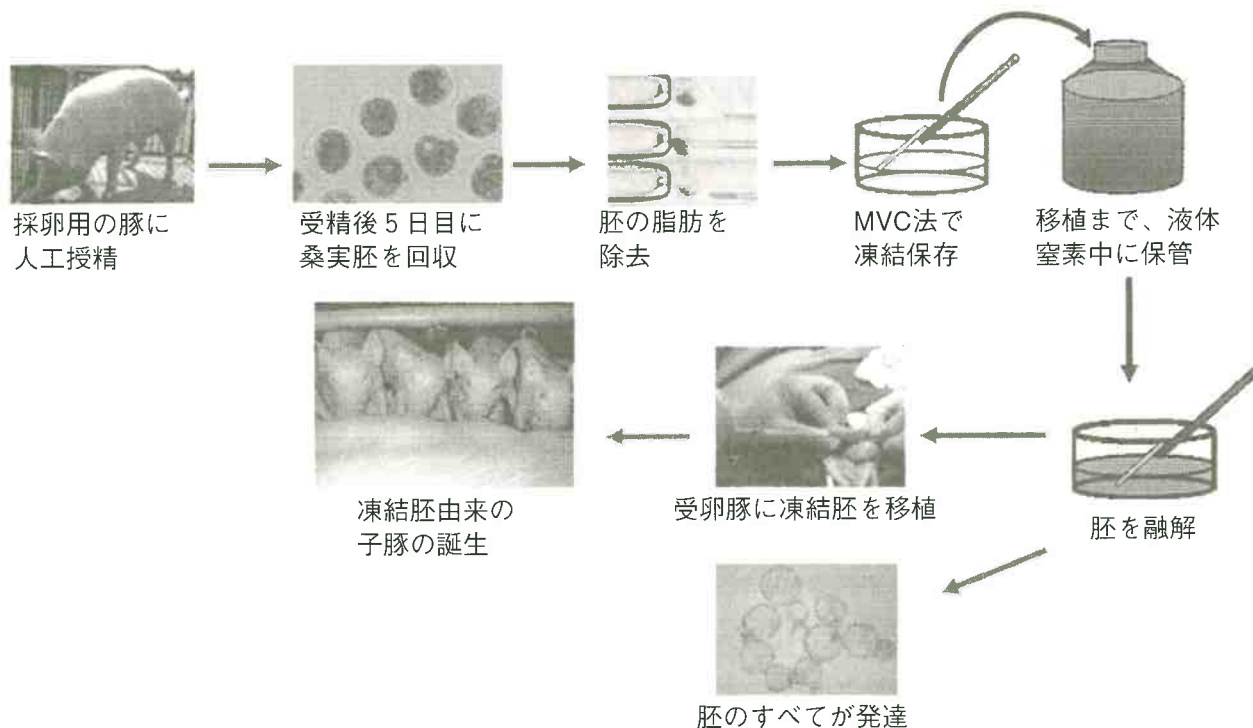


図1 ブタ胚の凍結保存：今回の流れ

Straw (OPS) 法³⁾を利用することにより、ブタ産子を獲得した報告例も散見されはじめた。我々は、凍結後のブタ胚の生存性を実験動物並みに近づけることを目的に、以下の2つの方法の有用性を検討した(図1)。

3. 最少容量冷却 (Minimum Volume Cooling : MVC) 法による凍結保存

MVC法⁴⁾は、当初、凍結耐性が低いウシ体

外受精胚の凍結保存方法として考案され、現在ではヒトの未受精卵の凍結方法として実用化されている。本方法は、極めて少量(1 μl以下)のガラス化液中で胚を保存できるので、従来法に比べて液体の氷晶形成が起こりにくい特徴を有する。本方法はガラス化液濃度を25%程度低下しても氷晶形成を起こさないため、細胞に対しての毒性を緩和させることができる。また、凍結する液量を減らすことは、超急速(-23,000℃/分以上の超急速冷却と、+43,000℃/分の超急速な加温)ガラス化保存を可能とする。さらに、本方法は、十個程度の胚を纏めて凍結できるので、1度の移植に数十個の胚を必要とするブタ胚の保存方法に適していると考えられる。

凍結手順は、胚を7.5%エチレングリコールと7.5%DMSOから成る平衡液に3.5分浸漬後、倍量の耐凍剤と0.5Mシュクロースから成る凍結液に1分間浸漬することで、耐凍剤と平衡する。次にこの胚を速やか

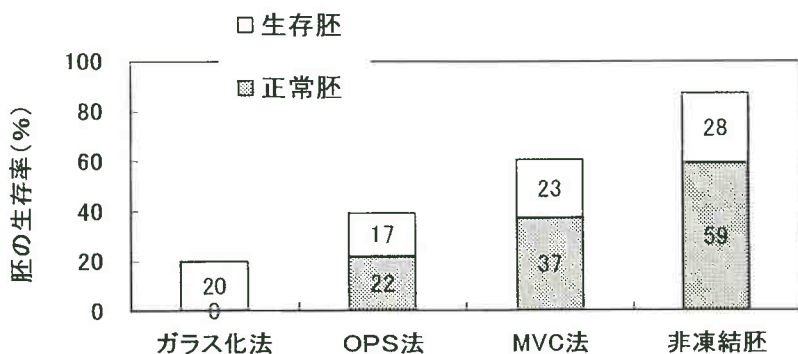


図2 ブタ凍結胚の体外発生能(凍結方法別)

にCryotop（北里サプライ）先端部のシート上に載せて、直接液体窒素中に投入することにより行う。胚の融解は、液体窒素中からCryotopを取り出し、先端部を37℃の1Mシュクロースを含む培養液中に1分間保持することで行う。ついで、0.5Mシュクロースを含む培養液中で5分、その後培養液にて洗浄することにより、耐凍剤を除去する。

MVC法を用いたブタ胚の保存方法の有用性を検討するため、通常の方法と比較試験を行った。その結果、MVC法を用いた胚は、生存している胚数や正常に発達する胚数が他区に比べて増えることを認めた（図2）。

4. 脂肪除去した胚の生存性

ブタ胚の脂肪顆粒は、受精後6日目になると消費されて減少するが、この脂肪含有量の低下に伴って胚の耐凍性は向上する。長嶋ら³⁾は、このことに着目して、脂肪蓄積量が多い胚から細胞質内脂肪顆粒を除去することにより、胚の耐凍性を高めることに成功した。そこで、この脂肪除去をMVC法の前処理に取り入れることを試みた。

遠心分離によって胚細胞質から脂肪顆粒が確実に除去できるのは、胚細胞同士が強固に接着しあう前の時期（受精後6日目以前の胚）に限られる。そこで、受精後5日目に回収した胚をサイトカラシンBを含む培養液中に移し、12,000xg以上で15分間遠心処置することにより、細胞質内脂肪顆粒を細胞外へと分離した。分離した脂肪は、細胞群と完全に分離されるので、この分離した脂肪顆粒をマイクロピペットで吸引除去した。作出した脂肪除去胚をMVC

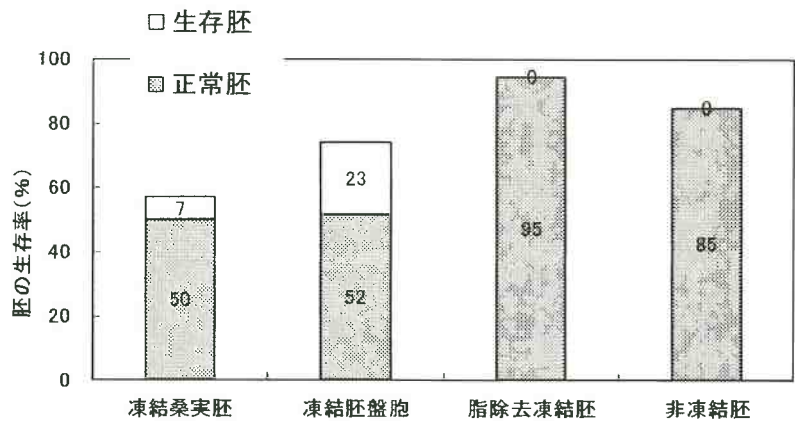


図3 ブタ凍結胚の体外発生能

法にてガラス化保存し、その後の胚の生存性を比較したところ、生存率、正常に発達する胚数ならびに胚の保有する細胞数は、これまでの非脂肪除去凍結胚（凍結桑実胚、凍結胚盤胞）の生存性よりも高くなり、非凍結胚の生存性と同等であった（図3）。さらに、これらの胚を融解後、発情後3日目の仮腹豚の子宮角に移植したところ、正常な4頭の産子を得た。以上のことから、脂肪顆粒除去操作を施したブタ胚をMVC法によりガラス化保存することは、保存した胚の生存性を相乗的に高め、新鮮胚に匹敵する生存性が得られることを示す。この方法は、研究用ブタ、純粋種豚、稀少種などへの応用において十分に実用的なレベルに達していると考えられる。

5. 今後の展望

本凍結保存方法を畜産分野の系統維持に活用できる水準にまで改善していくには、実用性の検討がさらに求められる。少なくとも、現行の保存技術である凍結精液に匹敵する子ブタ生産数（受胎率60%、平均産子数5～6頭）に引き上げることが当面の目標となると考える。脂肪除去した胚から生産された子ブタはすべて健康であったが、産子の性能調査のために更なるデ

ータ集積も要する。

ブタ凍結胚を遺伝資源の流通方法にするためには、伝染性疾病の防除法がブタ胚にも適応できるかどうかを再検証しておく必要がある。特に、世界的な蔓延が問題になっている口蹄疫・豚コレラや、国内での生産性低下の原因となっているPRRS・ADウイルス等が、胚の移動によって伝播しないことを立証できれば、汚染国からの胚の輸入も可能になり、ブタの供給体制の省力化や遺伝資源の流通手段にも変革がもたらされると考える。

これらの一連の研究が、畜産業に留まらず、医学領域や新産業に向けての波及効果に繋がるよう、今後の農林水産研究高度化事業等を活用した大規模な展開が国家的プロジェクトとして掲げられることを希望したい。

謝 辞

本研究は、社団法人畜産技術協会の畜産技術協会委託助成（平成14、15年度）により、明治大学農学部生命科学科との共同研究で実施された。ブタ胚の採材に協力していただいた(株)千葉県食肉公社、光町営東陽食肉センター、東総食肉衛生検査所職員に深謝する。

文 献

- 1) Abe, H. et al (2002), *Mol. Reprod. Dev.*, 61, 57-66.
- 2) Rall, W. F. and Fahy G. M. (1985), *Nature*, 313, 573-575.
- 3) Misumi, K. et al (2003), *Theriogenology*, 60, 253-260.
- 4) 桑山正成 (2002), *J. Reprod. Engineer.*, 5, 226-130.
- 5) Nagashima, H. et al (1995), *Nature*, 374, 416.



ブレインテクノニュース
バックナンバーのご案内
第92号
2002年7月15日発行

総 説

イネゲノム全塩基配列獲得とそこに隠された遺伝暗号の解読
.....佐々木卓治

国内情報

麹菌ゲノムのドラフトシーケンス.....田中敏広
オオムギ遺伝子の存在する一塩基多型を約4,000個発見
.....佐藤和広
世界初の低アレルゲン・高11Sグロブリンダイズ品種「ゆめみのり」の特性.....高橋浩司
走査型光プローブ原子間力顕微鏡 (SNOM/AFM) によるナノFISH法の開発大谷敏郎
魚類始原生殖細胞を利用した新たな育種技法の開発
.....吉崎悟朗・竹内 裕・小林輝正・伊原祥子・竹内俊郎

乳成分連続測定装置の開発.....伊藤和彦
地域の先端研究

チューリップ組織培養系の開発
.....小泉昌広・飯村成美・荘司和明

文献情報

改良型体外培養システムにより作出した胚盤胞の移植による子ブタの生産.....(抄訳：下司雅也)
ラッカーゼ遺伝子を酵母に導入発現させることでフェノール性発酵阻害物質への耐性を向上させる.....(抄訳：家藤治幸)
抗菌タンパク-オカチン(抄訳：岩井純夫)
ASYMMETRIC LEAVES1遺伝子によって明らかにされた、シロイヌナズナにおけるknox遺伝子の冗長性
.....(抄訳：丸尾嘉宏)
海産微細藻類Crypthecodinium cohniiによるドコサヘキサエン酸の生産.....(抄訳：大栗智昭)

海外便り

仔稚魚の生残機構とそれと与える海洋環境要因の影響の解明
—オーストラリア ニューサウスウェールズ大学での1年間—
.....上原伸二

生研機構からのご案内 (融資制度のご案内)

◀文献情報▶

異種移植と体外培養を組み合わせる原始卵胞から得たブタ体外受精卵

Maturation and Fertilization of Porcine Oocytes from Primordial Follicles by a Combination of Xenografting and In Vitro Culture.

Hiroyuki Kaneko¹, Kazuhiro Kikuchi¹, Junko Noguchi¹, Misa Hosoe², and Tomiji Akita³

¹National Institute of Agrobiological Sciences, Tsukuba, 305-8602, ²Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kasumigaseki, 100-8950, ³National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, 305-0901.

Biology of Reproduction, 69, 1488-1493 (2003)

原始卵胞は胞状卵胞の供給元であり、医学・農学・動物学に利用する卵子の供給源として利用できる可能性がある。近年、新鮮あるいは凍結融解卵巣組織の異種移植により、大型ほ乳類の原始卵胞由来卵子の成熟の可能性がもたらされた。また、3週齢マウスの卵巣をラットに異種移植して産子が得られることが報告されたが、この週齢のマウス卵巣にはすべての発育ステージの卵胞がすでに含まれている。一方、ヒト、イヌ、サル、ヒツジ、有袋類等の大型ほ乳類卵巣のマウスへの異種移植による胞状卵胞への発育は報告されているものの、フルサイズに発育した卵子がほとんど回収されないために、マウスの中で生き残った卵子の発生能や成熟能についての情報はほとんど得られていない。すなわち、原始卵胞からフルサイズの卵子を得る方法が、異種移植を大型ほ乳類の医療や野外応用に利用するためには不可欠である。そこで、大型哺乳類卵巣の異種移植モデルとして、ブタ原始卵胞由来卵子を成熟させて受精能を付与する方法を検討した。まず、10から40日令のブタ卵巣内の卵胞の状態を調べた。その結果、ほとんどの卵胞が原始卵胞である20日令の仔ブタの

卵巣組織を用いることとし、この卵巣組織を卵巣摘出無胸腺ヌードマウスの腎被膜化に移植した。その後、発情の指標である膣垢に角化上皮が認められてから10日 (eCG-10)、30日 (eCG-30) あるいは60日 (eCG-60) 後のホストマウスに、5IUの妊馬血清性性腺刺激ホルモンを投与した。さらに、eCG投与48時間後に卵丘細胞卵子複合体、卵巣移植片、血液サンプルを採材した。その結果、移植後45から70日で、すべての区のマウスにおいて、移植片中に少数の胞状卵胞の形成が見られ、膣垢に角化細胞が認められた。しかしながら、eCG-60区のマウスにおいてのみ、多数のフルサイズまで発育した卵子が回収できた。他のグループにおいては、フルサイズまで発育した卵子はほとんどなかった。末梢血中のインヒビンのレベルは、eCG-60区で最も高く、このような高いインヒビンにより、eCG-60区において胞状卵胞の発育が促進されたと考えられた。さらに、eCG-60区から得た573個の卵子を体外で成熟培養にかけると、17%にあたる98個が第2成熟分裂中期まで発育した。また、第1極体を持つ成熟卵子の55%にあたる20個が体外で受精した。異種移植と体外培養の組み合わせにより、ブタ原始卵胞由来卵子を受精させることが明らかとなった。

本論文は、異種移植を用いて、大型ほ乳類卵巣組織の原始卵胞から受精卵を得た、初めての報告である。受精卵の正常産子への発生能等の検討は残されているが、本研究がさらに進展し、凍結保存卵巣組織を利用して効率的に産子が得られるようになれば、大型ほ乳類雌の遺伝資源保存への利用等が可能となる。

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

◀文献情報▶

ノーウォークウイルス感染に対する感受性と抵抗性

Human susceptibility and resistance to Norwalk virus infection

Lisa Lindesmith¹, Christine Moe², Severine Marionneau³, Nathalie Ruvoen³, Xi Jiang⁴, Lauren Lindblad⁵, Paul Stewart⁵, Jacques LePendu³ and Ralph Baric¹¹Department of Epidemiology, University of North Carolina, Chapel Hill, North Carolina, USA, ²Department of International Health, Emory University, Atlanta, Georgia, USA, ³Institute of Biology, Nantes, France, ⁴Department of Pediatrics, Cincinnati Children's Hospital Medical Center, Cincinnati, Ohio, USA, ⁵Department of Biostatistics, University of North Carolina, Chapel Hill, North Carolina, USA*Nat. Med.*, 9, 548-553 (2003)

非細菌性急性胃腸炎の約90%がカリシウイルス科に属するノロウイルスによるものと推定されている。このノロウイルス属の主なウイルスがノーウォークウイルスで、小型球形ウイルス(SRSV)とも呼ばれ、ヒトのみがこのウイルスに対し感受性をもつ。このウイルスは体外でも安定であるため、汚染された飲食物を介して感染が拡大する危険性があり、食品衛生上の大きな問題ともなっている。今回紹介する報告は、77名のボランティアに対し実施されたノーウォークウイルス感染試験の結果である。

この報告に先立って、ウイルスがどのようにして消化管上皮細胞に取り付くか、遺伝子組換え技術で合成されたウイルス様粒子を用いて検討がなされた。その結果、このウイルスは上皮細胞表面の組織・血液型抗原に結合するらしいことが分かった。

組織・血液型抗原とは、細胞表面にあるタンパク質や脂質に付加される多糖体のことである。ABO血液型抗原がよく知られている。FUT2と呼ばれる糖転位酵素は上皮細胞で発現され、この血液型抗原の合成に必要となるが、

このFUT2遺伝子の不活化変異のホモ接合によってABO血液型抗原が上皮細胞で分泌されなくなる場合がある。この非分泌型と呼ばれる形質は約20%のヒトに現われるが、今回の報告では、この非分泌型のヒトはノーウォークウイルスに全く感染しない、つまり、このウイルスに対して抵抗性をもつことが示された。

ウイルスが細胞に感染するためには、先ず細胞に結合する必要がある。その意味からすれば、上記の結果はそれまでの推察と一致するものであった。ところが、分泌型全てのヒトがノーウォークウイルスに対して感受性があるかというとはそうではなかった。全体の80%を占める分泌型のうち約45%のヒトはこのウイルスに感染したが、残り35%のヒトは感染しなかったのである。つまり、上皮細胞に取り付いたとしても、ノーウォークウイルスが感染するためには何らかの条件が必要だということになる。当然、ウイルス既感染による獲得免疫が疑われたが、感染者と非感染者でウイルスに対する抗体反応性に有意な差は認められなかった。但し、非感染者の上皮からはIgA抗体が速やかに分泌される傾向が認められており、こうした免疫応答の違いがウイルス抵抗性に繋がる可能性を著者らは述べている。

何れにしても、ノーウォークウイルス抵抗性は多因子的に決定されている。逆にノーウォークウイルス感受性とは、ある限定された条件のもとで成立するものであって、たとえ同じ汚染飲食物を口にしたとしても、発症する者もいればそうでない者も現われることになる。試験管内で培養されたヒトの細胞は、たとえ組織・血液型抗原をその表面に発現していたとしても、今のところこのウイルスに感染することはないようである。ノーウォークウイルスの感染に必要な何らかの細胞性因子が欠けているものと思われる。こうしたウイルス抵抗性のメカニズムの解明は、我々の食の安全にも直結してくる。今後の研究に期待したい。

(抄訳：秦 淳一郎, HATA Jun-ichiro, 日本水産株式会社 中央研究所)

◀文献情報▶

Ca²⁺: セカンドそれとも
ファースト

A cell surface receptor mediates extracellular
Ca²⁺ sensing in guard cells.

Shengcheng Han, Ruhang Tang, Lisa K.
Anderson, Todd E. Woerner and Zhen-
Ming Pei

Nature 425, 196-200 (2003)

生物は環境の変化を敏感に察知し様々な対応をする。例えば、ある種の単細胞は栄養物を嗅ぎ付け、明暗を感知し行動する。社会生活を営むようになった細胞（多細胞生物）は互いの間で情報を交換し、細胞社会を一定の規律の下に統御していく。この情報を受容し細胞が応答するまでの一連の情報の流れはシグナル伝達と呼ばれ、細胞に受容されたシグナルに応じて特定の物質群が生成され、経路の最終産物が細胞の応答を惹き起こす。この物質を情報伝達物質（メッセンジャー）といい、外からの刺激（シグナル）を一次メッセンジャー、シグナルによって生成される物質を二次メッセンジャーということがある。

数あるメッセンジャーの中でも様々なシグナルに応じて細胞質内濃度が増減する重要な二次メッセンジャーとして知られ、気孔の開閉にも大きな役割を果たしていることが分かってきた。特に、気孔閉孔においては、CO₂、ABAによって細胞質Ca²⁺濃度が上昇し、そのCa²⁺が各種イオンチャンネルを活性あるいは不活性化することにより膨圧を低下させることが明らかにされてきた。細胞外液のCa²⁺濃度を上昇させると気孔が幾分閉じることは、知られていたが、それは、細胞がCa²⁺を感知する能力を備えているというより、Ca²⁺が細胞内に流入することによるバイパス効果と見られていた（慧眼の士はそうではなかったかも知れないが）。Han等が、Ca²⁺受容体が細胞膜に存在し、1次メッセンジャーとしても働いていることを報告しているので、紹介したい。

シロイヌナズナのcDNAを動物HEK細胞で一過的に発現させ、外界Ca²⁺濃度に応じて細胞内をCa²⁺上昇させる機能を持つ遺伝子（calcium signaling receptor, CAS）を絞り込んでいった。単離されたCASは、膜一回貫通性ドメインと細胞質内に存在すると想定されるC末端と、細胞外に伸びていると推定されるN末端から成り、C末端はrhodansese様のアミノ酸配列をとり、N末端には酸性アミノ酸がありCa²⁺と弱く結合することが予想された。

放射性Ca²⁺結合実験でそのことは証明され、また、CASは孔辺細胞の細胞膜に存在することも確認された。CASのアンチセンスを導入し発現を抑制した個体では、高濃度（1 mM）細胞外Ca²⁺で誘導される細胞質内Ca²⁺の上昇は見られず、気孔閉孔も起こらなかった。ところが、ABAによる気孔閉孔は起こり（データは示していない。重要なデータなので掲載して欲しかったが）、ABA誘導性のCa²⁺上昇は起きているものと思われる（データはまだ取っていないようだ）。すなわち、Ca²⁺シグナル伝達とABAシグナル伝達は、Ca²⁺より上流部分は別経路だということになる。これら一連の結果は、二次メッセンジャーとしてばかりだけでなく、一次メッセンジャーとしても働いていることを示すものである。

そうなると、乾燥により誘導される気孔閉孔ストーリーは修正を余儀なくされるかもしれない。従来は、乾燥によりABAが誘導され、そのABAシグナルが孔辺細胞内を伝わり、気孔を閉じるというものだったが、Ca²⁺も考えなくてはならなくなった。乾燥するとアポプラストのCa²⁺が高まり、CASによって誘導されるシグナル伝達系が働き、気孔を閉じる。ひょっとしたら、後者の方が植物にとって重要なのかも知れない。

（抄訳：岩井純夫, IWAI Sumio, 鹿児島大学農学部）

◀文献情報▶

LC/MSによるグラナーナ・パダーノ・チーズ中のオリゴペプチド分析

Extraction, semi-quantification, and fast on-line identification of oligopeptides in Grana Padano cheese by HPLC-MS.

Sforza S, Ferroni L, Galaverna G, Dossena A, Marchelli R.

Dipartimento di Chimica Organica e Industriale, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 17/a, I-43100, Parma, Italy.

J. Agril. Food Chem. 51, 2130-2135 (2003)

グラナーナ・パダーノ・チーズはエクストラハードタイプのイタリアンチーズである。その熟成過程において、カードタンパク質 (α_{s1} -, α_{s2} -, β -, κ -カゼイン) は原乳、レンネットやスターター中の乳酸菌由来のエンドプロテアーゼやエキソプロテアーゼにより分解されるので、チーズ中にはカゼイン由来の長鎖、短鎖ペプチドや遊離アミノ酸が多く含まれる。グラナーナ・パダーノ製造に使用されるスターター乳酸菌は *Lactobacillus helveticus* が優勢菌である。これまで、グラナーナ・パダーノ中のペプチド分析として、12%トリクロロ酢酸 (TCA) 可溶性の短鎖ペプチド、塩化カルシウム沈殿により pH 4.6 で単離されたホスホペプチド、クエン酸緩衝液 (pH 8.0) での懸濁および膜処理により取得した 2700 Da 以下のオリゴペプチドについての分析報告がある。筆者らは 2~33ヶ月の熟成期間のチーズを用意し、新たな抽出方法により取得したペプチドを、LC/MS を使用して定性的および半定量的に評価している。

はじめに、ペプチドの抽出方法として 12% TCA と 0.1N HCl 抽出サンプルを比較した。TCA 抽出では、短鎖の極性ペプチドやホスホペプチドが主に取得され、1000 Da 以上の高分子のペプチドや非極性のオリゴペプチドは沈殿してしまう。その点、0.1N HCl 抽出では、極性が低く比較的高分子のペプチドも得ることができた。最終的には 3000 Da の膜処理を行って、

目的とする分子量範囲のオリゴペプチドを得た。

次に、定性的な解析を行う際に、LC/MS により得られたペプチドのフラグメントパターンに基づいてマルチチャージイオンなどをオンラインで迅速に同定する手法をとった (in source fragmentation)。カゼイン配列は既知であるので、ペプチド配列まで同定することが可能である。フォトダイオードアレイのクロマトグラムからも他にもペプチドは数多く存在することが予想されるものの、結果的にクロマトグラム上で強度の強いピークから 19 個のメジャーなペプチドを同定することができた (検出できたのは 21 個)。分子量範囲としては 260 Da から 4000 Da 以上のペプチドまで同定され、抽出、分析の再現性も良好であった。また、これらのペプチドを、抽出過程から添加しておいた内部標準 (Phe-Phe) を用いて、ピーク面積をもとに半定量的に分析した。

ペプチドは大きく 3 つのグループに分けることができた。1. 短鎖ペプチド (グルタミルジペプチド)、2. ホスホペプチド、3. 比較的高分子の非極性ペプチドである。また多くのペプチドの N,C-末端アミノ酸の種類が等しく、特定のペプチダーゼが作用していることが予想された。また、これらのペプチドは熟成が進むにつれて 10 ヶ月後くらいから量が増えているものが多く、エンドプロテアーゼ活性とリンクしていると予想された。また、分解耐性も強いことが示唆された。

今後、筆者らは熟成期間中における酵素分解過程の更なる考察を行い、将来的には ACE 阻害、免疫賦活、抗菌、オピオイド様などのペプチドの機能性評価へと展開していく予定であろう。欧州ではチーズを日常的に大量に食する習慣がある地域も多く、スターター乳酸菌のタンパク質分解酵素プロファイルやチーズ中のペプチドプロファイルとともに、様々な疾病との関係を考察するのも面白いかもしれない。

(抄訳：松浦啓一, MATSUURA Keiichi, カルピス株式会社 基盤技術研究所)

◀海外便り▶

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

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

東北農業研究センター 畜産草地部

上 田 靖 子

1. はじめに

2002年1月から12月までの1年間、フランス中央部オーヴェルニュ地方にあるINRA Clermont-Ferrand (クレルモンフェラン) 研究所に滞在し、ウシの筋肉成長に関する研究をした。初めての海外生活で、失敗の連続であったが、毎日の生活そのものが新鮮であり、また数多くの貴重な体験もした。

オーヴェルニュ地方は、中央高山地帯に位置し、かつての噴火によってできた山々が連なる丘陵地が多い。このため、フランスのあちこちで見られる広大な小麦畑や果樹園といったものはあまりなく、ほとんどが牛や羊の放牧地や採草地となっている。また、ヨーロッパには珍しく温泉の出る地域もあり、夏のシーズンには長期療養(入るのではなく、飲むのが一般的)のお年寄りでにぎわっていた。フランスの紹介やガイドブックなどを見ると、「TGV (フランスの新幹線) も通ってなく、観光客も少ない」、「これといった産業もなく、フランスで最も貧しい地方」などといった説明がされている地方ではあるが、山深い小さな農村には美しい中世の教会があり、広大な放牧地には牛や羊が放されていて、

UEDA Yasuko

〒020-0198 盛岡市下厨川字赤平4

住む人も穏やかでとても親切であった。

2. INRA Clermont-Ferrand研究所

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) は、国の農業研究機関で、フランス各地に21組織が点在している。私が滞在したClermont-Ferrand研究所は、実際にはク

レルモンフェランの中心街からは車で30分くらい離れた標高800mの村にある。総職員数は約700人で、そのうち半分が研究員とエンジニアで、残りの半分がテクニシャンと農場管理職員であった。研究所には28の研究室があり、上記のような地域的な要因から、畜産 (Recherches sur les herbivores草食動物研



写真1 INRA Clermont-Ferrand研究所

究部) と牛肉 (Recherches sur la viande食肉研究部) 関係の研究室が大半を占めていた。その他にもヒトの栄養、農業経営、農業環境についての研究部門もあった。

私がお世話になった研究室は、Croissance et metabolisme du muscle (筋肉の成長と代謝) という研究室で、牛肉の品質に関わる要因を、動物の筋肉の構造や、筋肉内の代謝という多方面から解明しようとしている研究室である。私たちの食べている食肉は、元をたゞせば家畜の骨格筋であるので、生体である動物の筋肉の成

長過程における構造的な変化，栄養素やエネルギーの代謝の様相などのすべてが，後々の食肉の品質（筋肉の線維の堅さや脂肪組織の沈着，保水性やフレーバーなど）に大きく関わってくる。このため，食肉研究には筋肉の成長や代謝のメカニズムを解明することが欠かせない。研究室は，正職員である研究員が4人，画像処理専門のエンジニアが1人，テクニシャンが7人，そして学生が4～5人という構成であった。フランスでは，大学で研究をすることがあまりないようで，ドクターコースの学生は，所属や手続きは大学になっているが，実質的に研究するのは国の試験場や研究所などであり，3～4年の間，普通の職員と同じように毎日研究所に通い，一緒に実験をして論文を書き，学位を取って卒業していく。研究室が大所帯で仕事の分担が細かいので，必要に応じて何度も，その実験に関わっているグループでのミーティングが行われ，一つ一つ確認しながら進められていった。

実際には，600頭近い牛群から最も増体の高いグループと最も低いグループを選び出し，代謝様相の異なる2種類の筋肉（glycolytic muscle metabolismの代表として半腱様筋，oxidative muscle metabolismの代表として腹直筋）の比較を，3つのグループが別の角度からアプローチしていった。つまり，顕微鏡で構造を見たり，染色によって筋線維の種類を確かめたりといった組織学的な関連を研究するグループ，筋肉細胞内における代謝関連酵素の活性を比較し，筋線維の性質との関係を研究するグループ，そして数年前からは，molecular biologyのグループを作り，筋肉の成長や構造に関わる遺伝子について，マクロアレイの技術を使うことにより，一度にたくさんのmRNAの発

現量を解析している。私はこのmolecular biologyのグループで，メンバーと共にヒトcDNAの載ったマクロアレイにウシの筋肉から抽出したmRNAをハイブリダイズさせ，増体または筋肉部位の違いによって，差が出てきたものについて再びNorthern hybridizationで確かめる，という実験を繰り返した。この中で，いくつかのmRNAについては，マクロアレイの結果と一致したが，マクロアレイの有効性を検証している段階で，増体や筋肉部位の違いを考察するまでには至らなかった。しかし，今まで一つ一つ確かめていた，筋肉内での様々な蛋白質や合成・分解酵素の複雑な関与の全体像が見えてくる日も近いのだと，改めて実感する日々でもあ

り，これによって牛肉生産現場は，どのように変わっていくのだろう，とも思った。また，これら3つのグループのそれぞれの結果は相互に検証し合い，まさに多方面から攻めていく，という1つの研究室の一貫した方向性とメンバーの協力分担体制など，精力的な姿勢に見習うところが多か



写真2 INRA Clermont-Ferrand研究所

った。

3. フランスの農業と食生活

こうして解明されていく肉質に影響するような筋肉の特質や，それらに関与する遺伝子などを，生産現場でのウシの改良などにすぐに応用するのか，といえはそうでもない。フランスではここ数年，牛肉消費量が減少気味であるので，脂肪含量や軟らかさなど，すこしは改良したいとは思っているが，どちらかといえは，現段階ではそれぞれの品種が持つ特徴を表すのに利用する，というのが彼らの説明であった。フランス人は極端な品種改良や交雑などをとても嫌う

傾向があるということであった。

日本は畜産の歴史が浅いということもあるが、乳牛といえばホルスタイン、肉牛といえばほぼ黒毛和種であり、全国どこへ行ってもそれらが飼われている。これに対し、フランスでは30種類以上もの品種があり、そのほとんどが原種かそれに近いということであった。それぞれの品種は昔から飼われてきた地域や村の名前がそのまま品種名になっていることが多く、今でも主にその地域で飼われている。たとえば、オーヴェルニュ地方とその周辺には、Salers（サレー）、Aubrac（オーブラック）、Charolaise（シャロレー）、Limousine（リムーザン）といった村があり、まさにその名前の付いた品種がその村を中心に分布していた。肉屋で売っている肉もこれらの品種のものであった。また乳肉兼用種であることも多く、特にsalers種などは、夏の間は山に子牛と共に放牧し、毎日山の上で、手搾りで牛乳を搾り、山小屋で直ちにチーズを作ってしまう、という利用法がなされ、そういう農家の庭先では、たいて



写真3 オーヴェルニュの放牧風景

いチーズを直接買うことができた。それぞれの品種から生産される牛肉には、味や堅さなどにも特徴があり、どれが高級でどれが万人好みの肉、ということもないということであった。このように、フランス人は、「その土地でしか生産できないもの」「その土地に昔から伝わる伝統的な手法で加工された農加工品」などといった一見合理的でないと思われることに、大きな重要性や価値を感じている、という印象をことあるごとに受けた。

売られている牛肉は、真っ赤な（脂肪がほとんどはっていない）大きなブロック肉ばかり

で、調理に困った。最初のうちは、むりやり薄切りにし、日本から持ち込んだしょうゆや調味料を使ってみたが、おいしくなかった。しかし、研究所の食堂で出てくる料理を真似ているうちに、だんだんそのおいしさがわかり、日本と比べたら考えられないほど堅い肉でも、ワイン、チーズ、バゲットなどと相まってさらにおいしく食べられることがわかった。おそらく日本で反対に同じことをしてみても言えることだと思うが、その土地その土地で受け継がれてきた農産物と料理というのは、その土地の気候であったり、微妙な温度、湿度、また風土、文化、などあらゆるものが関与してできあがったものであるのですべてが必要であり、その土地

で生産してその土地で調理して食べるのが最もおいしいのであろう、ということに改めて気づいた。

4. おわりに

おいしいものへの興味が強く、食べ物のお話もとても好き、という点で日本人とフランス人はよく似ている気がした。しかし、それ以上

にフランスでは農業と食物と生活とが密着していて、また一般の人々にとっても農業がとても身近である気がした。日本もこれからますます安全でおいしい農産物への関心や要求が高まるであろうし、日本に合ったやり方でこれらを提供していくための努力をしなければと感じている。最後に、この1年間、貴重な機会を与えてくださった東北農業研究センター企画調整部、畜産草地部の皆様、そしてINRAのJF. Hocquette博士に紹介して下さった北海道大学の西邑隆徳先生に心から感謝いたします。

生研センターからのご案内

新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業

平成15年度終了課題 成果発表会の開催について（予告）

生物系特定産業技術研究支援センターでは、「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」で実施している課題のうち、平成15年度で終了する18課題について、成果発表会を開催いたします。入場無料で、どなたでもご参加いただけますので、多数の皆様のご来場をお待ちしております。

開催日：平成16年3月10日（水）～12日（金） 10：30～17：00

場 所：東京国際フォーラム（ホールD7）[東京都千代田区丸の内3-5-1]

入場無料

なお、プログラムや発表課題等の詳細については、平成16年2月中に生研センターのホームページに掲載するほか、パンフレットやポスターでご案内いたします。

問合せ先：基礎研究課 e-mail kisoken@tokyo.brain.go.jp
 TEL：03-3459-6569 FAX：03-3459-6594
 URL <http://www.tokyo.brain.go.jp>

平成16年度事業の研究課題募集について

生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）で実施している「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」及び「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」については、平成16年度事業として、大学、独立行政法人、国公立試験研究機関、民間企業等から広く研究課題を募集する予定ですのでお知らせします。

これらの事業は、研究課題を募集・審査し、採択された研究課題について、生研センターからの委託研究として、2～5年間の研究を行っていただくものです（委託費は1課題当たり年間2千万～1億円程度）。

1 応募要領

応募要領等の詳細は、平成16年1月末までに

生研センターホームページ（<http://www.tokyo.brain.go.jp>）に掲載する予定です。

2 応募書類の受付期間（予定）

平成16年3月中旬～4月中旬

3 問い合わせ先

○新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業

新技術開発部基礎研究課 TEL 03-3459-6569 FAX 03-3459-6594

○生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業

新技術開発部技術開発課 TEL 03-3459-6567 FAX 03-3459-6577

編集後記

第101号をお届けします。本号の総説では、木村俊範氏（筑波大学大学院）にバイオマス由来プラスチックについてご紹介戴いた。2002年12月の「バイオマス・ニッポン総合戦略」の閣議決定を契機に、農林水産業・食品産業関連分野における廃棄物発生抑制、副産物利用等を目的にバイオマスの物質、エネルギー転換研究が推進されており、総説に関連して、五十部誠一郎氏（独・食品総研）に農業・食品産業副産物からの生分解性素材について、平林靖彦氏（独・森林総研）に木質系機能性プラスチックについて、また、松永正弘氏（独・森林総研）らにより木質資源からのバイオエタノールの生産についてご紹介戴いた。そのほかの研究情報として、柳澤修一氏（岡山大学資源生物科学研）に植物の生長を決める巧妙な仕組み、庄司俊彦氏（アサヒビール未来科学研）らにリンゴ由来ポリフェノールのガン予防効果、金光幹雄氏（生研センター）に傾斜地果樹用多目的モノレール、牛島 仁氏（千葉県畜産総合研センター）らにブタ胚の耐凍性飛躍的向上の凍結保存法についてご紹介戴いた。また、文献情報は、下司雅也氏（独・畜草研）、秦 淳一郎氏（日本水産中央研）、岩井純夫氏（鹿児島大学）、松浦啓一氏（カルピス基盤技術研）、また、海外便りでは、上田靖子氏（独・東北農研センター）にフランス国立農研における牛肉研究を、それぞれご紹介戴いた。執筆者各位に、深甚の謝意を申し上げます。（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支援センター（生研センター）の許諾を得て行って下さい。

ブレインテクノニュース 第101号

平成16年1月15日発行

発行人 津賀幸之介

編集人 吉臭 努

発行所 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

©生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）

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

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

e-mail kikaku@tokyo.brain.go.jp URL <http://www.tokyo.brain.go.jp/>

印刷・製本 日本印刷株式会社 〒101-0021 東京都千代田区外神田6-3-3 TEL 03-3833-6971