

I L S I

イ ル シ ー

Life Science & Quality of Life

No. 53
1997

I L S I



International
Life Sciences
INSTITUTE

日本国際生命科学協会

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE OF JAPAN

日本国際生命科学協会（International Life Sciences Institute of Japan, ILSI JAPAN）は、健康、栄養および食品関連の安全性に関する諸問題を解決するため、政府機関、学術機関および産業界の国際的な協力体制のもとで、科学的な観点から調査研究を推進するために設立された非営利の科学団体である国際生命科学協会（International Life Sciences Institute; ILSI）の一部門として日本を中心に活動している非営利の科学団体です。

ILSI・イルシー

No.53

目 次

ILSI Makes Difference !	アレックス・マラスピーナ	1
ILSI JAPAN 1997年度第2回理事会報告	麓 大三	9
「おいしさの科学」フォーラム 第5回講演会 講演録 「おいしく食べるために 一噛むこと 味わうこと」	河村 洋二郎	14
「おいしさ・好き嫌い・食嗜好」	青木 宏	
ILSI JAPAN講演会講演録		36
「油脂の栄養と健康」 *抗酸化ビタミンとフリーラジカル	五十嵐 脩	
「砂糖をどう評価するか ーこころと砂糖ー」	河村 洋二郎	44
*からだは砂糖にどう反応するか	D・ベントン	
*糖と脳の機能		
遺伝子組換え食品Q & A 追補版 (「ILSI・イルシー」 No.52 参照)	バイオテクノロジー研究部会	61
食品微生物への組換えDNA技術の応用を考える	バイオテクノロジー研究部会	66
IFBCレポート		76
ー遺伝子組換え食品のアレルギー性に関する評価ー	バイオテクノロジー研究部会	
発刊のお知らせ		94
「魚の油 ーその栄養と健康ー」		
会員の異動		95
活動日誌		96
ILSI JAPAN 出版物		102
会員名簿		106

I L S I

No.53

CONTENTS

ILSI Makes Difference !		1
	ALEX MALASPINA	
ILSI JAPAN 1997 the Second Board of Directors Meeting Report		9
	DAIZO FUMOTO	
The 5th Seminar of ILSI Japan "Science of Good Flavor" Forum		14
"Chewing and Tasting for Eating Deliciously "	YOJIRO KAWAMURA	
" Good Flavor, Liking and Disliking, Preference "	HIROSHI AOKI	
ILSI JAPAN Lecture		36
"Nutritional and Health Aspects of Fats and Oils"		
* Free Radical and Antioxidant Vitamins	OSAMU IGARASHI	
*		
"How to Evaluate Sugar - Sugar & Brain Functioning -"		44
* Biological Responses Induced by Sugar Intake	YOJIRO KAWAMURA	
* Sugar & Brain Functioning	DAVID BENTON	
Q & A on Food Products Modified by Biotechnology		61
<Supplement> (refer to "ILSI" No.52)	Task Force on Biotechnology	
Application of Genetic Modification for Food Microorganisms		66
	Task Force on Biotechnology	
IFBC Report		
- Allergenicity of Foods Produced by Genetic Modification -		76
	Task Force on Biotechnology	
Announcement on the Publication of		
Nutritional and Health Aspects of Fish Oils		94
Member Changes		95
Record of ILSI JAPAN Activities		96
ILSI JAPAN Publications		102
ILSI JAPAN Member List		106

ILSI Makes Difference!

アレックス マラスピーナ

国際生命科学協会 会長



世界中でこれまで以上に安全で栄養に富んだ食品が必要とされている、いまはまさにそのような時代であると思います。今日のような高い効率の食糧生産体制がなければ、今日、私達が満足しているような食糧の供給はありません。

しかし、技術の進歩がみられるときには、そのことについての誤った情報が伝わり、一般市民をヒステリー状態にしまったり、化学物質や新しい技術に対して一種の恐怖感を与えかねないことを覚悟しなければなりません。

将来を見通しますと、法的に禁止措置がとられたり、行政府が指導力を失ったり、世論がヒステリー状態に陥ったりして、新しい技術や新しい食品素材のための研究開発や投資を妨げられることになれば、産業界はどれほどハンディキャップを負うことになるのか？私には気がかりなことです。

私達の ILSI は1978年に、新しい技術を支援し、食品の安全性、栄養・健康および環境に関わる諸問題を科学的な裏づけをもって

解決するために設立されました。

ILSI は、産業界、各種公益法人ならびに政府機関の助成によって支えられている非営利の公益法人であります。

ILSI 本部は米国のワシントンD.C.に置かれており、現在世界中で350以上の企業が会員として登録されています。また、世界中で3,000名を越える数の科学者とのネットワークを有しています。

ILSI の使命は、世界中の人々の健康を守り、質の高い生活を確保できるように、その手段としての「科学」を推進することにあります。ILSI は周到に設計された研究企画を支援し、その成果について学術会議や出版活動を行うことによって世界中の人々に科学的知見を披露する仲介者の役割をはたしています。

ILSI は、毎年、WHO や FAO といった国際機関や、各国の諸団体の協賛を得て、世界中で50回以上もの学術会議を主催しています。

組織

このような事業を行うため、ILSIは大きく分けて2つの取り組みをしています。まず、第一に、現在世界各地で起っているその地域での重要課題にとり組むために、地域ごとに支部を設立しました。第二に、人々の健康や環境に影響を及ぼすような問題を解決するための長期にわたる研究や教育を推進する研究財団を設立しました。

研究財団は、5名のノーベル賞受賞者を含む科学諮問委員会によって方針の決定が行われています。

研究財団の傘下には4つの研究機構 (Institutes) が設けられています。

- 1) アレルギー免疫研究機構
- 2) リスクサイエンス研究機構
- 3) 病理毒性研究機構
- 4) ヒューマンニュートリション研究機構

1) アレルギー免疫研究機構は、食物アレルギーについて、その診断法と治療法の改善を研究することを目的として設立されました。

ILSIアレルギー免疫研究機構の協力によって、FAOはパネル会議を招集し、どのような食品がアレルギーを引き起すのか、またそのような食品に表示を必要とするかどうかについて検討しました。アレルギー性のあるすべての食品がリストにまとめられましたが、よく知られる牛乳やピーナッツが含まれています。

食品添加物の仲間では、亜硫酸のみがリストにあげられています。

香料は顕著なアレルギー性を示さないと判断されました。これらのパネルによる勧告は、コーデックス国際食品規格食品表示部会によって採択されています。

2) リスクサイエンス研究機構は、化学物質の安全性評価をするうえで動物実験データを

人にあてはめて考える過程で用いられるリスクアセスメントに関連して、科学的な不確実性をできる限り減らすための方法についての基礎研究を進めています。

昨年この研究機構は、動物実験を行ううえでの、化学物質を投与する量をどのようにして決定するかという重要な資料をまとめて出版しましたが、この原則は、国際的に統一された安全性試験を行うためには重要なことであります。

実際のところ、経済協力開発機構OECDは、このILSIの原則をとり入れた方針を採択しています。

3) 病理毒性研究機構は実験動物に発生する腫瘍の分類を調和統一するために設立されました。

毎年、日本の奈良市、ドイツにおいて病理毒性研究者を対象として、最新の科学知見と手法を訓練するためのセミナーを主催しています。

この努力の結果をふまえ、ILSIは、実験動物の臓器ごとの論文集を出版しています。

4) ヒューマンニュートリション研究機構は、食品の代謝ならびに食事と疾病の関係についての研究を進めています。この研究機構は、「栄養学レビュー」と題する月刊の専門誌を出版し、また広範にわたる栄養学の教科書といわれている「最新栄養学」を出版しています。

この「最新栄養学」は日本語版も出されています。

栄養状態を良くしていければ、感染症や自己免疫疾患に対する免疫抵抗力を強めることができ、ひいては慢性疾病の予防にも役立ちます。本年4月、ヒューマンニュートリション研究機構は栄養と免疫の関係について討論するための国際会議を主催しました。たとえばビタミンAやビタミンB₁₂のような各種の栄

養素が、H I Vウイルスのような感染性の微生物に対抗できるだけの体力を作るうえで役目をはたしていることを示唆するデータなどが紹介されました。

この研究機構は、さらに子供の肥満を失くすための企画についても取り組んでいます。これは、運動と栄養と題するプログラムで、PANと称されています。

米国では、年間の死亡者のうち、30万人以上の人々が、肥満に関係する何かの理由によって亡くなっているといわれています。

米国では子供の肥満の発生は、過去20年間では50%以上も増えているといわれ、事実、米国の子供の25%が体重過剰となっています。

PANプログラムの中では、米国小児学会の専門家がその機関誌上で、子供の肥満に関する論文等を継続して出版することにしています。

学校は、コミュニティーの中での有用なりソース（資源）です。子供達はその施設を有効に活用すべきであり、地区ごとの年長の子供や両親は、放課後に子供達と一緒に運動することを望んでいます。

I L S Iは子供の運動に関連して、家族がどのような考えで臨んでいるかを識るために1,500の家庭においてアンケートによる調査を実施しました。

その結果はこの夏、例えばUSA Todayの一面記事など、広い地域のメディアがとりあげました。

子供達は、本来すべきほどの運動を行っておらず、その両親のように動こうとしない大人への道をたどっています。

米国の学校では、学校側の体育授業の内容と子供が望んでいることに大きな隔りがあり、大ていの子供は今の内容に興味をもっていません。

運動は家庭で家族ぐるみで進めるべきで、

スポーツの好きな両親のいる家庭では子供達も活発です。

こういった理由から、I L S Iは5—10校区を選び、学校の生徒の間で運動をもっと行えるように今の施設、設備をもっと活用しようとしています。

I L S Iはこれらの校区で教師やボランティアの人々を訓練するために専門家を派遣する用意があります。

これらの知見がもっと得られれば、PANプログラムをさらに拡大し普及していけると考えています。

I L S Iの支部はそれぞれ、I L S I本部と連絡をとりながら、それぞれの地区に存在する問題の解決に向けてのとり組みをしています。

たとえば、I L S Iヨーロッパ支部は、虫歯、食品包装や容器の安全、リサイクル、機能性食品、食品微生物といったテーマにとり組んでいます。

さらに、アルコール消費の問題に積極的に取り組んでいるタスクフォースもあります。このタスクフォースは“アルコール摂取と健康”と題する本を出しています。

I L S Iの日本支部である、日本国際生命科学協会 (ILSI Japan) は1981年に設立されましたが、これは正式な形の支部としては最初に出来た支部ですし、現在の会員数も世界で最大です。

ILSI Japan は国際的にみて大きく3つの仕事をしています。

機能性食品、栄養とエイジング、食糧生産とバイオテクノロジーの役割です。

近年、ある食品および栄養素以外の食品成分が、疾病を予防し最適な健康状態を実現する役割のあることがはっきりしてきました。これらは機能性食品といわれています。

1995年 I L S Iはその支部の協賛により、

シンガポールにおいて、このような食品と健康の関係について探り、健康強調表示をどのように展開するかを研究する方策をまとめる国際会議を主催しました。

ILSI Japanは、お茶の機能性を研究するための研究グループを設立したところです。

ILSIは、機能性食品について国際協調調査委員会を設け、すべての支部で取り組んでいるこの問題について協調し、ILSIとしての統一のとれた見解をまとめようとしています。

WHOおよび他の有数の機関の後援を得て、ILSI Japanは栄養とエイジングに関する国際会議をこれまで2回、東京で主催しています。

今回は、1999年に予定されますが、その年は、丁度 The Year of the Elderly 「高齢者の年」に選ばれています。

さらに加えて、ILSIはWHOとともに、「高齢者のための適切な栄養と運動」と題するマニュアルを制作し、出版する予定になっています。

過去10年来、ILSI Japanは世界の飢餓を救う強力な手段であるバイオテクノロジーに関連した疑問に科学的に応える多くの仕事に積極的に取り組んできました。

遺伝子組換え技術によって得られる食品は、疾病抵抗性、害虫耐性、栄養上の品質を改善することで期待されています。

しかしながら、これらの技術が安全でないとか、また特定の食品中にアレルゲンを創り出してしまおうといった誤解があります。

ILSI Japan はバイオテクノロジーに関する数々の学会を開催し、多くの出版物を世に出してきました。

今日、この遺伝子組換え食品については、世界的に問題化しています。

ILSI 北米支部は、このような食品や食品素材の安全性をどのように評価するかというガイドラインをまとめ、共著の形で出版し

ています。このものは、日本語にも翻訳されることになっていますが、数々の国や国際機関によって利用されています。

昨年、ILSIは遺伝子組換え食品のアレルギー性を評価するモデルをまとめ、出版しています。

またILSIは1996年にFAOとWHOが共催した「バイオテクノロジーと食品安全」と題する専門家会議にも招かれ、その政策提言に貢献しています。

最近、ILSIは、バイオ食品についての国際協調調査委員会を設置し、この問題について各支部の取り組みをコーディネートすることになりました。

この委員会では当面3つの分野について、重点的に進めることになりました。

- 1) 遺伝子組換えタンパク質の確認法の確立
- 2) アレルギー性を示すかもしれないマーカーの確認
- 3) 遺伝子組換え食品について正しい情報を伝達する方法の開発

各支部が国際的に取り組んでいる、もう一つの重要な課題は、食品の安全性、栄養基準といった法制上の国際調和においていかに「科学情報」を活用するかということであり、ILSIの各支部はFAOと協力して20以上に及ぶ国際調和の推進のためのワークショップを開催してきました。

ILSIは、食生活指針、食中毒とその制御、水の安全性、微量栄養素の欠乏症など多くの問題について科学情報を提供してきました。ILSIのワークショップでは各国がCodexの基本に従ってそれぞれの国内での法制化を進められるようなプログラムが設けられます。この夏バンコックで開いたのもその一つです。来年9月にはILSIによる第3回アジア食品安全／栄養国際会議を開催します。皆さまもぜひご参加下さい。

この問題は、本来的には、国際規格委員会

Codexの役割に負うべきです。

Codexは1962年に消費者の健康を保護し、かつ国際的な自由貿易を推進することを目的として、FAOとWHOの共催によりはじめられました。そして、国際貿易機関WTOが設立された今では、食品の安全に関わる貿易上の論争の折にはその仲裁の基本としてCodex規格をとり上げるべきであることを勧告しています。ILSIはCodexに対して科学情報、データを積極的に提供してきております。

ILSIの活動によって得られる科学情報やデータは食品の安全性や栄養に関わる国際的な問題の解決に大いに役立っています。

このような活動は、私達の将来にとって非常に重要です。

ILSI Japanの会員になっていただきますと、ただちに本部にも登録され、食品および関連企業にとって重要な最新の情報が入手できると同時に、国際的な数々のILSIの活動にもご参画いただけます。

ところでILSI Japanのような支部は、その会員からの会費で活動していますが、一方、研究財団は、企業等の好意による寄付および政府からの助成によって活動費がまかなわれています。

研究財団の長期計画による研究の推進は、ILSIのすべてのプログラムや事業活動が、科学的信頼と信用を高めることにも寄与しています。

さて、最後に、私はILSIが迎えます特別な事業についてお話しします。

来年、1998年1月、ILSIは創立20周年を祝います。

そこで、皆様も会員の資格として、フロリダのセントピーターズバーグで催される記念会、年次総会にご参加下さることを希望します。私達のこの成功したパートナーであるILSIを祝い、最新の研究を分かち合い、将来の1000年祭をめざしたビジョンとゴールを

達成したいと思います。

ILSI 1998年度本部総会と20周年記念会

ILSIは1998年に創立20周年を迎えます。例年1月に開催される年次総会では20周年を記念する数々の催しが予定されており、また1998年の1年間、世界中のILSI関係者がこの20周年を記念した事業活動を行うこととなりました。

ILSIではこのため、特別のロゴマーク(下図)を制作し、様々の機会にこのロゴマークを使ってILSIの活動、内容について世論にアピールすることとなりました。



1998年1月の本部総会と記念行事は次のように企画されています。

1998年

- 1月15日(木) ー本部・支部連絡会
- 1月16日(金) ー第3回アジア食品安全・栄養会議企画委員会
ー支部事務局会議
- 1月17日(土) ー支部ラウンドテーブル
- 1月18日(日) ー1998年度総会
ー20周年記念夕食会
- 1月19日(月) ー国際砂糖会議
ー国際協力会議
ー学術集会(1)

- 1月20日(火) — 国際バイオテクノロジー会議
— アジア地区支部会議
— 学術集会(2)
— HESI学術集会
1月21日(水) — 国際機能性食品会議

- 学術集会(3)
— 夕食会

1月19日~21日開催の学術集会では当面する重要な課題についての討論が行われます。そのプログラムは次のとおり。

SCIENTIFIC PROGRAM

ILSI 1998 ANNUAL MEETING

January 19-21, 1998

ILSI NORTH AMERICA FOOD, NUTRITION AND SAFETY COMMITTEE

1998 Scientific Planning Committee

- | | |
|---|---|
| Dr. Marilyn D. Schorin, Chair
<i>PepsiCo, Inc</i> | Dr. George Dunaif
<i>Campbell Soup Company</i> |
| Dr. John A. Thomas, Vice Chair
<i>University of Texas Health Science Center</i> | Dr. John Erdman
<i>University of Illinois</i> |
| Dr. David B. Allison
<i>St. Luke's Roosevelt Hospital</i> | Dr. James O. Hill
<i>University of Colorado</i> |
| Dr. Mark A. Bieber
<i>Best Foods/CPC International, Inc.</i> | Dr. Guy H. Johnson
<i>The Pillsbury Company</i> |
| Dr. Maxime Buyckx
<i>The Coca-Cola Company</i> | Dr. Patricia A. Kreutler
<i>Kraft Foods, Inc.</i> |
| Dr. Robert G. Bursey
<i>Ajinomoto USA, Inc.</i> | Dr. Allen S. Levine
<i>Veterans Administration, Minneapolis</i> |
| Dr. Fergus M. Clydesdale
<i>University of Massachusetts at Amherst</i> | Dr. Beth Olson
<i>Kellogg Company</i> |
| Dr. Mark Dreher
<i>Nabisco, Inc.</i> | Dr. Vishwa N. Singh
<i>Roche Vitamins, Inc.</i> |
| | Dr. Connie Weaver
<i>Purdue University</i> |

ILSI HEALTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES INSTITUTE

1998 Scientific Planning Committee

- | | |
|--|--|
| Dr. John L. O'Donoghue, Cochair
<i>Eastman Kodak Company</i> | Dr. Jay I. Goodman
<i>Michigan State University</i> |
| Dr. Harry M. Olson, Cochair
<i>Bayer Corporation</i> | Prof. Helmut Greim
<i>GSF-Institute for Toxicology</i> |
| Dr. Robert L. Brent
<i>Alfred I. du Pont Institute</i> | Dr. Thomas J. Slaga
<i>AMC Cancer Research Center</i> |
| Prof. Anthony D. Dayan
<i>University of London</i> | Dr. Myra L. Weiner
<i>FMC Corporation</i> |
| Dr. Craig H. Farr
<i>Elf Atochem North America, Inc.</i> | |

Monday Morning, January 19, 1998

HOT TOPICS IN FOOD SAFETY

Chairs:

Dr. Robert G. Bursey
Ajinomoto USA, Inc.

Dr. John A. Thomas
The University of Texas Health Science Center

Dr. William D. Hueston
VA/MD Regional College of Veterinary Medicine

Dr. William Slikker, Jr.
US Food and Drug Administration

Dr. Daniel Y. C. Fung
Kansas State University

Dr. Charles Gerba
University of Arizona

Dr. Michael P. Doyle
University of Georgia

Dr. Fred R. Shank
US Food and Drug Administration

Transmissible Spongiform Encephalopathies

Neurotoxicity Testing

Rapid Detection Methods for Foodborne Microorganisms

Safe Drinking Water—Microbiological Considerations

Pathogens in Food

Update on President's Food Safety Initiative

Tuesday Morning, January 20, 1998

NUTRITIONAL EPIDEMIOLOGY: PATHWAY TO DISCOVERY OR RECIPE FOR CONFUSION?

Chairs:	Dr. David B. Allison St. Luke's Roosevelt Hospital/ Columbia University
	Dr. Mark A. Bieber Best Foods Division/ CPC International Inc.
Epidemiology Struggles with Its Changing Role	Dr. Kenneth J. Rothman Boston University School of Medicine
Measuring Food Intake: Are the Errors Trivial?	Dr. Dana Flanders Emory University
Meta-Analysis: Use and Misuse	Dr. Donald B. Rubin Harvard University
Case Studies in 20:20 Hindsight: What Went Right and Wrong	Dr. Tim Byers University of Colorado School of Medicine
Panel Discussion	Moderator: Dr. Mark A. Bieber

EMERGING ISSUES IN RISK ASSESSMENT

(Organized by the ILSI Health and Environmental Sciences Institute)

Chairs:	Dr. John L. O'Donoghue Eastman Kodak Company
	Dr. Harry M. Olson Bayer Corporation
What Is the Harm in Ecological Risk Assessment? A Critical Evaluation	Dr. Peter Calow University of Sheffield
Using Molecular Toxicology to Make Better Decisions During Hazard Risk Assessment	Dr. Spencer B. Farr Phase-1 Molecular Toxicology Inc.
Global Perspective on the Future of Carcinogen Classification	Prof. Helmut Greim GSF-Institute for Toxicology
IARC's Perspective on Novel Approaches to Carcinogenicity Testing	Dr. Jerry M. Rice International Agency for Research on Cancer
Use of Mechanistic Data in Risk Assessment: Case Studies Using EPA's Proposed Cancer Guidelines	Dr. Jay I. Goodman Michigan State University

Wednesday, January 21, 1998

EARLY NUTRITION FOR HEALTHY LIVING

Morning

Chairs:	Dr. Vishwa N. Singh Roche Vitamins, Inc.
	Dr. Connie Weaver Purdue University
The Dietary Controversy: Does Childhood Dietary Intake Affect Adult Disease?	Dr. Vishwa N. Singh and Dr. Connie Weaver
Coronary Heart Disease Problems Begin in Childhood: The Bogalusa Data	Dr. Theresa Nicklas North Dakota State University
Does Food Intake in Children Lead to Adult Chronic Disease?	Dr. Stanley H. Zlotkin Hospital for Sick Children
Osteoporosis Is a Pediatric Disease	Dr. Robert P. Heaney Creighton University
Is Calcium Intake Overrated?	Dr. Philip D. Ross Hawaii Osteoporosis Center

Afternoon

Chairs:	Dr. James O. Hill University of Colorado Health Sciences Center
	Dr. Beth Olson Kellogg Company
Broadening the Focus	Dr. James O. Hill and Dr. Beth Olson
Using Population Demographics to Predict Morbidity and Mortality	Dr. Mark D. Hayward Pennsylvania State University
Current Dietary Status in Children	Dr. Madeline Sigman-Grant Pennsylvania State University
Genetic and Environmental Food Preferences in Children	Dr. Gary K. Beauchamp Monell Chemical Senses Center
Behavioral Strategies for Controlling Obesity	Dr. Michael G. Perri University of Florida
Where Do We Go from Here? Panel Discussion	Moderator: Dr. James O. Hill



ILSI Japan では、砂糖、機能性食品、バイオテクノロジー、国際協力についての国際連絡委員会に属しており、ILSI Japan の委員長、もしくは関係者が意見交換と討議に参加する予定です。

20周年を迎える本部総会に会員各位の参加を期待します。



日本国際生命科学協会 1997年第2回理事会報告

ILSI JAPAN 事務局次長

麓 大三

本協会1997年度第2回理事会は役員、顧問、理事、各委員会委員長・部会長総数63名出席のもとに9月11日に国際文化会館において開催された。

理事会は下記議事次第に従い、木村会長が議長となり、会議を司会して審議が行われ、総ての議題について承認された。以下、その概要について報告する。

議事次第

1. 会長挨拶
2. 1997年度第1回理事会議事録採択
3. 新入会員及び新理事紹介
4. 議題
 - (1) 1997年上半期事業報告(案)及び1997年度下半期事業計画(案)
 - (2) 各委員会報告
5. 「ILSI Europeの研究活動について」
Dr. M. Imfeld (ILSI Europe)
6. その他

1. 会長挨拶

本日は本年度第2回の総会のため、役員、顧問、各委員長、部会長及び新入会員の皆様のご出席をいただき有難うございます。

さて、21世紀を目前にして世界は急速な国際化が進展しております。経済や政治の分野のみならず、農産物や食品の安全と人々の健康の分野においても、わが国は国際化への対応を迫られております。ILSI Japanにおきましては本年2月の第1回総会で世界共通課題を含めてご討議をいただき、科学研究調査活動について各部会活動を中心に推進するとともに、組織の強化を図ることを取り決め、特にライフサイエンス研究委員会におきましては新たに「機能性食品部会」と「砂糖研究部会」が設置され短期間にも拘わらず実際の研究を行うことも含めて活発な活動と調査を進めております。また、「茶類研究部会」も7月に発足し、さらに前総会後に「国際協力委員会」も正式発足し、それぞれ独自のアイデアと高度の活動を行っております。

本日はこれら委員会、部会の活動報告の後、ILSI Europe の理事でホフマアン・ラ・ロツシエ社の Dr. マークエルト・インフェルトさんが我々のために「ILSI Europe の研究活動について」と題してお話しをいただく事になっております、どうぞご期待いただきたいと思います。

ILSI と ILSI Europe では活動目標等に若干異なる面もあり、ILSI Japan も国際的な中で日本独自の主張を行うべきと思っております。

本日は各委員会、部会からの報告に関し、ご出席の各理事から活発なご意見をいただき、本年度後半も実りある成果を上げたいと存じます。各位の一層のご協力をお願い申し上げます。

2. 1997年度第1回理事会議事録採択

議長の指名により、桐村事務局長より本年度第1回理事会の議事録について説明を行い、承認された。

3. 新入会員及び新理事紹介

議長より、本年度第1回理事会以降に入会された新会員及び理事就任者と会員各社の理事交替者について次の方々が紹介された。

(1) 新入会員

組織名	理事就任者
日本油脂(株) 筑波研究所	横山 晃 医薬2グループ グループリーダー
森永製菓(株)	夏川 孝彦 取締役研究所長
三菱マテリアル(株)	中井 俊雄 アルミ缶開発センター 副所長
(株) 林原生物化学研究所	三橋 正和 常務取締役 開発センター担当
塩水港精糖(株)	桑原 宣洋 取締役 糖質研究所所長

(2) 理事の交代

組織名	新理事	旧理事
日清製粉(株)	製粉研究所長 野口 軍喜	理事製粉研究所長 長尾 清一
大和製缶(株)	取締役 長沢 善雄	専務取締役 小林 茂夫
旭電化工業(株)	理事 食品開発研究所長 久保 文雄	食品開発研究所長 村瀬 行信
不二製油(株)	中央研究所長 岩永 幸他	つくば研究開発 センター長 森田 雄平
日新製糖(株)	商品開発部長 小澤 修	商品開発部長 山内 謙三
(株) 創健社	商品企画室 山路 明俊	社長 福岡 文三
小川香料(株)	取締役フレーバー 開発研究所長 岸野 克己	取締役 学術広報部長 伊藤 善之

4. 議事

議題(1) 1997年度上半期事業報告(案) 及び下半期事業計画(案)

議長の指名により事務局長より配布資料に基づき、組織及び事業活動の強化、財務の安定化、会議の開催、科学研究、調査活動の推進、学術集会の開催、出版、広報、ILSI 本部及び他支部との連携、行政、関連学会との関係等全般に亘る報告ならびに説明を行った。

議題(2) 各委員会報告

議長より最初にライフサイエンス研究委員会について委員長の栗飯原副会長に司会を依頼し、栗飯原副会長より次の全般的状況説明ののち、ライフサイエンス研究委員の各部会長を順次指名し、各部会長が報告を行った。

① ライフサイエンス研究委員会

栗飯原委員長より次の概況説明があった。

今世紀も残り少なくなり、あと数年で21世紀を迎えるが、世界はここ2、3年で大きく変わって来た。特に食品に関し、Codex、安全性その他活発な国際的な共通課題に関する活動が盛んになって来た。その中で、ILSI Japanの役割は政府の施策と異なる面で、その重要性が増してきたことを痛感する。

この世界共通の課題に対し、私共がどのように対応していくか、それは各々の会員企業のもっている研究成果、ネットワーク等を通して得られたことに、学会及び政府の活動を含めて総合的な意味で対応すべきであり、ILSI Japanとしての活動を活かして行く絶好の機会であると考えている。

前回の理事会で栄養・健康・安全研究委員会をライフサイエンス研究委員会に名称変更したが、ライフサイエンスは今から25年ほど前にナショナルプロジェクトとなった時代もある。しかし、これは個々の課題に関するものではなく、概念として文部省、科学技術庁あるいは通産省などで行われてきたが、その時考えていたライフサイエンスに対する対応が、近年、企業、学会において具体化してきた感がある。私共のライフサイエンス研究委員会の目的は「正しい科学的認識をベースに価値ある情報の創出と活発な活動を継続して行く」ことであり、具体的には各委員会、部会の意見を総合してまとめられるものである。

今自然科学の問題は、人文科学も同様であるが非常に早い速度で世界的に展開しており、正にポスターレスの時代となった。従って開発途上国においても情報が同時に開示される訳であり、ILSI Japanのアジアにおける役割に対し非常に期待がかかっている。これに対しILSI Japanとして対応できることは沢山あると思われる。

世界の共通課題としては、砂糖と健康、機能性食品、水の安全性、栄養欠乏児対策、強

化食品、食事指針・食物アレルギー、国際的調和及びCodex等があり、正に問題が山積している。

これらの課題に対し、ILSI Japanのライフサイエンス研究委員会としては、それぞれの部会活動での調査、研究を行い、その成果について企画部会において各部会長が相互に連絡、調整を行い、その結果を機関誌「ILSI・イルシー」あるいは刊行物として会員各位に情報をお知らせしている現状である。

それではライフサイエンス研究委員会の傘下の各部会の活動報告及び活動計画を各部長より順次ご報告をいただくことにしたい。なお、機関誌「ILSI・イルシー」52号に各部会の報告及び計画を掲載してあるのでご参照いただきたい。

① 栄養とエイジング研究部会

桑田部会長より本年度上半期における活動状況として、第2回「栄養とエイジング」国際会議・プロシーディングスの英語版の刊行、「おいしさの科学」フォーラムの開催状況、12月に開催予定の(社)日本栄養士会と共催セミナー「食品汚染微生物と腸内菌叢」の開催内容等の報告を行うとともに、活動計画としては、1999年に開催予定の第3回「栄養とエイジング」国際会議について下半期中に具体的にスケジュールの立案を進めたい旨報告を行った。

② 機能性食品研究部会

平原部会長より部会発足より部会内に設けたリーダー会及び第1分科会から第4分科会の活動計画に関する準備段階も3月末で終了し、4月から本格活動に入り、その活動結果を中間報告として「日本における機能性食品の現状と課題」と題する報告書の取りまとめについて報告があり、今後の活動計画としては、前記報告書の英語版の作

成及び最終報告書の検討ならびに1998年2月に日本健康栄養食品協会と共催での機能性食品に関する国際セミナーの開催について報告を行った。

③ 油脂の栄養研究部会

日野部会長より ILSI Europe の Monograph 「Dietary Fats」を部会員により翻訳し、討議、取りまとめを行い、また、魚油の栄養と健康について、栄養士、オピニオンリーダー等を対象として「魚の油」－その栄養と健康－と題する小冊子を(財)日本水産油脂協会と協力して作成した旨の報告を行い、今後の活動計画としては、油脂の栄養に重要な影響を与える「抗酸化性物質」について機能性食品部会と協力して活動を行いたい旨報告があった。

④ バイオテクノロジー研究部会

倉沢部会長が P.A 分科会について「遺伝子組換え食品 Q & A」作成を中心として、また微生物分科会については、組換え微生物を食する場合の安全性評価方法への取組み、アレルギー分科会では遺伝子組換え食品に関する内外の情報収集の継続等、バイオテクノロジー研究部会の各分科会活動について詳細説明を行った。

今後の活動としては各分科会の活動を継続すると共に、組換え食品に関する安全性、表示問題等に関する内外の動きに注目し、その動向を迅速に把握して ILSI Japan としての対応を討議、実行していく旨の報告を行った。

⑤ 砂糖研究部会

足立部会長より Dr. アンダーソンを交えての懇談会の開催、参考資料の翻訳発行、関連技術情報の調査等に関する活動報告を行ったのち、今後の活動計画として、情報出

版活動、科学技術研究の推進、海外の研究者を招聘し砂糖と脳機能に関する講演会を開催等について報告を行った。

⑥ 茶類研究部会

原部会長欠席のため日野副会長より、本年6月に会員各社に対し、部会参加を呼びかけ、20社を越える申し込みがあり、7月に第1回の部会を開催し、部会長及び副部会長の選出、今後の活動計画について討議を行った旨報告を行った。今後の活動計画としては、部会員に対するアンケート調査による研究テーマの取り決め、分科会の設置、国際的対応について討議、推進する旨の報告を行った。

以上によりライフサイエンス関係各部会の報告が終了し、続いて議長より国際協力委員会及びコミュニケーション検討委員会についてそれぞれの委員長に報告を求めた。

② 国際協力委員会

福江委員長より「ILSI・イルシー」52号掲載の報告に基づき、過去3回に亘る委員会における委員長の選出、委員会の活動領域及び当面の目標と方針について取り決め事項の報告を行った。今後の活動方針としては前記取り決め事項の推進に加え、国際的な重要課題に関する ILSI Japan の対応の仕組みの検討、国際会議等への専門家派遣の予算措置に関する検討等の活動を行う旨の報告を行った。

③ コミュニケーション検討委員会

① 広報部会

橋本委員長より「ILSI・イルシー」52号掲載の報告に基づき、ILSI Japan ニュースレターの発行、What's ILSI の改訂、ILSI Japan コミュニケーションズの発行、ILSI Japan のインターネットホームページ開設の検討、外部広報専門家との協力等に関す



る活動報告を行った。

② 編集部会

青木部会長より機関誌「ILSI・イルシー」の定期的発行及びその内容に関する報告を行い、今後の方針としては、機関誌をより読み易くかつ、内容のあるものとするための努力を継続する旨の報告を行った。

以上により各委員会報告を総て終了し、議長より議題（１）、（２）について諮ったところ、全員意義なく総て承認された。

5. ILSI Europe の研究活動について

木村会長より ILSI Europe の Dr. M. Imfeld の紹介を行い、同氏は配布資料に基づき ILSI Europe が1986年に設立され、本部事務所はベルギーのブラッセルにあり、会員は52社、関係機関は E.U、FAO/WHO、Codex である等の概況説明を行ったのち、ILSI Europe の理想と目的、組織、役員会、収支予算、決算について詳細説明を行い、また、活動内容としては、栄養研究委員会及び安全性研究委員会を



Dr. M. Imfeld

主体として活動を行い、E.U との協力関係、WHO による NGO として承認され、FAOからは特殊諮問機関としての承認を得る等、その他 Codex との協力関係等について逐一説明を行った。

以上により総ての議事が終了し、議長が閉会を宣し、終了した。

ILSI Japan 「おいしさの科学」 フォーラム 第5回講演会 講演録

I. おいしく食べるために — 噛むこと、味わうこと —

大阪大学名誉教授
河村洋二郎



要 旨

<はじめに>

人々の生活や生き方は地域により国により宗教によって非常に異なっていますし、時代の変化の影響を強く受けます。特に高齢化社会を迎えたわが国では人々の人生観や日常生活についての考え方にも世代による違いが生じていることも無視できません。生命活動に欠くことのできない栄養素の補給（食生活）についても、国際化物流の進歩、食品科学技術の進歩や食品や栄養についての情報の氾濫によって、いろいろの誤解や混乱が生じています。このような状況を考慮し、健康維持に必要な食の問題をとりあげ、老いも若きも意欲的に楽しく生きるためにおいしく食べられることの具体的な必要性を生理学的立場から大きく次の4項目をとりあげて話を展開します。

1. 健康について。特に食生活との関係

積極的に健康を維持するように心がけての日常生活に基本的に留意すべき諸要素

2. おいしさについて。関係する主な要素

食品として必要な属性、食べ物を受け入れるか、拒否するかに関しての生理学的要素
食品のおいしさ、体調とおいしさ、食習慣とおいしさ、食環境とおいしさ

3. 噛むこととおいしさ

噛むことの生理学的意義と目的、噛むことによって生じる感覚情報とそれによって生じる反応。食品の物性認知について。

The 5th Seminar of
ILSI Japan "Science of Good Flavor" Forum
"Chewing and Tasting for Eating Deliciously"

Dr. YOJIRO KAWAMURA
Honorary Professor,
Osaka University

4. 味わうこととおいしさ

味覚とおいしさに関与する味のいろいろ

<おわりに>

心的並びに肉体的に健康を維持し、意欲的に楽しく生きるためには口の機能、口の健康を欠くことは出来ない。食べること、噛むこと、味わうこと、話すことなど、総て口の機能であり、口の健康の大切さを再認識し、従来軽視されてきた口の生理学的機能と人間生活との関係を正しく理解しなければならない。

どのような時代になってもおいしく食べられることは人々にとって人生を生きるのに欠くことのできない要素であるとの理念に光をあてるべきである。

はじめに

急激な時代の変化は国際的にも国内的にも、いろいろの面について人々の生活に影響を与えている。特に国により地域によりその社会状況や経済事情が著明に異なるため、人々の人生観や生活信条あるいはものごとに対する考え方や評価が非常に相違するようになった。このことが国際協調や平和維持にいろいろと困難を生じさせていると言えよう。我が国についても高齢化社会を迎え、科学技術の進歩とその実際応用と普及、教育の変化などに影響されて、人間生活についての考え方が世代により微妙に相違してきているのは事実である。

生命活動に欠くことのできない食生活についても、食物についての価値観についても、戦前、戦中・戦後、高度経済成長期など主として生きて来た時代、主として教育を受けた時代によって人々の間に微妙な相違があることは否めない事実である。さらに、国際化、物流の進展、食品科学の進歩、食品や栄養価についてのマスコミ情報の氾濫などによって、最近では食品についていろいろと誤解や混乱が生じて来ている。

このような状況を考慮し、健康維持や生活意欲の維持に欠くことのできない食の問題をとりあげ、若いも若きも意欲的に楽しく生きるために、おいしく食べられることがどのように大切であるか、おいしく食べるためには生理学的にどのような身体機能が働いているのかなどを具体的に取り上げて解説することにした。

話を理解し易くするため、内容は次の4項目に分けて記述するが、各項目の内容は相互に密に関連していることを最初に強調しておきたい。

1. 健康の維持について。特に食生活との関係
2. おいしさの生物科学
3. 噛むこととおいしさ
4. 味わうこととおいしさ

1. 健康の維持について。特に食生活との関係

病気を恐れ、死を恐れ、病気にならないよう、病気が進行しないようにと願って薬や医療にたよる従来の健康観は自分の健康を他の力にたよって保とうという消極的な健康観である。これに対して自分の健康を保つこと(保健)をまず念頭に、健康の尊さをよく認識

して積極的に自らの健康を維持すべく心がけ、それを実践することが極めて大切である。この考え方を筆者は以前から積極的健康観と呼んでその重要さを強調して来た。病気になって初めて健康の有難さを認識するのではなく、健康であってこそ味わえる生きる楽しさを十分に味わうべく心がけるべきである。すなわち、図1に示したように病気と死を結び付けて、病気の予防や医療を考える以前に、健康と生とを結び付け、健康であればこそ味わえる生きるよろこびと楽しさを尊ぶべきである。

そもそも積極的に健康を維持するためにはどのようなことを心がけるべきであろうか。

人々の健康に有害に作用する宇宙環境や地球環境の変化は勿論として、生活地域の各種公害など個人の力では対処できない問題は別にして、人々が自分自身の心身の健康維持に大切な基本的要素としては図2に示した少くとも三つは取り上げる必要がある。すなわち、十分な休養・睡眠、適度の運動、適正な栄養補給である。これらが健康保持に大切なことは古くから人々の常識であり、他にたよるのではなく自分自身が心がけ実践しなければならないことはよく認識されている。しかし社会生活の複雑化と共に近代社会では応々にして、これらを実践することがはばまれたり、自ら軽視する傾向が拡がっている。これらの条件が満たされることによって逆に食欲も生じ、熟睡することもでき、また運動する

意欲もわいてくるのであって、相互に協調し合っていることを十分認識すべきである。

我々の日常生活には通常一定のリズムが存在している。朝になると起床し、朝食をとり、働き始める。お昼になれば、昼食を摂り昼休みをとって後に午後の仕事が行われる。夕方になれば仕事は終了して夕食の後、休憩して就眠する。これが洋の東西を問わず、時代に関係なく人々の1日の生活のおおよそのリズムで一般に生活リズム (daily rhythm) と名づけられている。これに対して我々の体には朝・昼・晩で生体の代謝活動や生体機能に一定のリズムで変化がある。朝目ざめた時には生体活動は低いが、活動と共に高くなり午後の後半は1日中で最も活動が活発で、体温も朝に比べて午後は1~2℃上昇している。しかし、夜には代謝活動は低下してくる。このような1日の中での体の生理的活動変化にはリズムがあり、これを生体リズム (bio-rhythm) と呼んでいる。健康を保ち、食欲を維持し、また十分に眠るため、また適度の運動を行うためには、この生体リズムとあまり矛盾しない生活リズムを守ることが好ましい。

以上は一般論としての基本的条件であって、総ての人に画一的に強制すべきものではない。人間の生理的機能は乳幼児、成長発育期、成

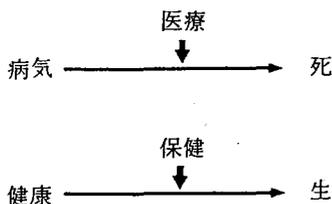


図1 意欲的に生きることを願っての健康観。病気にならないようにとの消極的な健康観と、健康であって意欲的に生きよう、そのために健康を保つことを重視する積極的な健康観

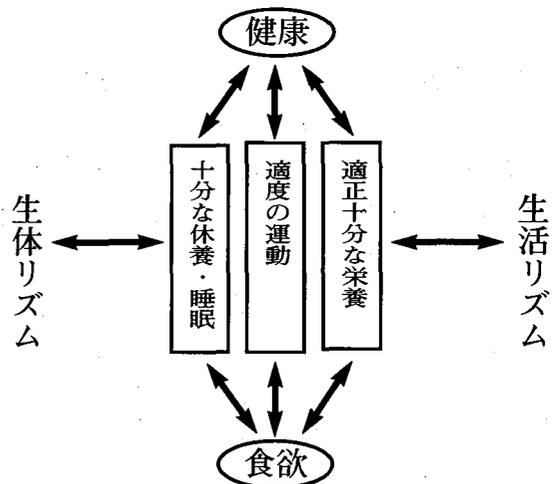


図2 健康維持に必要な基本的要素

熟期、老年期で著明に異なるだけでなく、同じ時期でも個人差が著明にある。男女差も無視することは出来ない。乳幼児期には睡眠時間は他の時期に比べて多く必要であり、個々の生体リズムを構成している。発育期には成長発育、機能の進展のために、運動や労働を多くし鍛えることが必要であろうし、それに伴って食生活のリズムも変化してくる。しかし、それは生理的な欲求（生理的必要性）が自然にそのような行動を誘起させているのであって、これを他人が強く抑制させるのは健康維持やその人の生理的機能の発育に逆効果をもたらす可能性があり慎重でなければならない。

次に壮年期、成熟期については生体リズムに餘り矛盾しない生活リズムの保持を念頭に自分自身の体調（自分自身の生理的機能状況）に応じた生活を心がけることが求められる。表現を変えて言えば、自分に適合した一定のリズムの生活を維持することが好ましい。

老年期に入れば生理的に老化現象が自然に進展してくる。これを避けることはできない。この生理的な老化現象の進捗と程度を出来るだけ抑制・遅延させることが老年期の健康保持の1つの目標である。これまでの長い人生で形成され、体験して来た自分の生活リズム、生体リズムを守ることが必要であって、このことが養生の鍵だと言えよう。

II. おいしさの生物学

私達は口を介して栄養素や水分を体内に取り入れ補給しない限り、健康も、発育もまた生命さえも維持することができない。そのため意識する、しないにかかわらず食べることは肉体に対してだけでなく常に心に強く働きかけている。健康な人にとって食べることは元来、楽しことであり食欲が満たされたとき心が和やかになる。しかし、「おいしさ」に対する関心は食べるものが中心であり、何がおいしいか、どのように料理すればおいしいか

などの各論ばかりが取りあげられて「おいしい」とはどう言うことであるのかの基本が全く等閑視されてきたと言えよう。

しかし、「おいしい」とか「まずい」と感じるのは人であり、食べ物の面からのみ、どのように「おいしさ」を追求しても「おいしさ」の一面を見ているにすぎないのであって、なかなか「おいしさ」の本質を理解するわけにはいかない。物の面からのみ食べものを見ていると、人間のための食品であることが次第にないがしろにされて、人間を機械視し、ロボット扱いし、おいしさまでも画一的に規格にはめてしまい、数値的基準で評価する傾向をも生じさせている。食べものが人のためのものである限り、食べる物と食べる人の側の両面から「おいしさ」を取り扱うことが必要であって、そうすることによって人間らしい食生活の尊重が生まれ、新しい食品や食糧の開発にも役立つ示唆がえられるのだといえよう。

1. おいしさについて

生命維持に必要な栄養素や水分を摂取するために人や動物には体にとって適したものを選択する自己防衛的な機能と共に、積極的に食の目的を達成するための意欲を刺激し、食行動や飲水行動を誘発させる生理的機能がある。この生体機能は食べること味わうことが快く、食べることに生き甲斐を感じさせる情感と結びついている。この情感が「おいしい」であり、食生活に積極性を与える原動力であると共に、一定の生理的機能の活動によってもたらされるものである。

そもそも日本語で「おいしい」とは「いしい」に接頭語の「お」が付いて出来た美味であることの表現である。しかも、「おいしさ」には食べもの、飲みものの味が強く関係しているため、美味と言う表現があり、欧米においても「おいしい」にはdeliciousという表現

と共にgood tasteなる表現が広く用いられている。

ではあらためて、「おいしい」という感覚は何のような食べものや飲みものについて、どのような条件で、どのような時に、どのような生体メカニズムによって生じるのであろうか考えてみることにしたい。

2. おいしさを知覚する生理的機序について

「おいしい」とは主観的な心の動きであって、心理学的あるいは哲学的な課題であるとして従来取り扱われて来た。世界的にも食べものの「おいしさ」についてその脳神経メカニズムは余り考慮されなかった。しかし、おいしいとは脳神経系の生理的機能が働いて初めて意識される生命現象である。食べものを口に入れて食べたとき生じる味覚や其の他もろもろの口顎からの感覚情報とこれを受けて反応し処理する上位脳における特定の生理的過程が「おいしさ」の知覚・認知に必要である。幸いに急速に進歩発達した生体についての脳神経系研究技術の進歩によって「おいしさ」情報に関係するニューロンの活動を記録分析することが可能になってきた。「おいしい」と知覚することによって誘起されるおいしさ特有の生体反応や、おいしいと知覚する以前に、食べたものによる口からの刺激で下位脳を介して誘発される各種の反射活動を正確に把握することも「おいしさ」を生物科学的に理解するには必要なことである。また体液の恒常性が乱れた場合に不足した栄養素への選択的摂取と過分の栄養素の選択的摂取拒否が生じるメカニズムも「おいしさ」の生理的意義を理解するためにははっきりと解明されなくてはならない。

3. おいしさに関係する主要な要素

動物にとって探し当てた食対象が食べるのに適しているか否かを口に入れる前に判別す

ることは、身の安全を保つために必要なことである。そのために視覚や嗅覚が重要な役割をはたしている。人にとってもこの点は同じであって、色や形など視覚を介する情報や匂いのように嗅覚に訴える情報、口唇や指でさわってみて感知する情報などは食べようとする食対象が食べるのに適しているか否かを判断するのに重要な役割をはたしている。しかし、これらの感覚情報は「おいしさ」を推測させ連想させはするが“おいしそうな色とか、おいしそうな匂い、あるいはおいしそうな形や肌合”と言ったように、「おいしさ」そのものを感知させる因子ではない。

「おいしさ」に直接関与するのは、口に取り入れられた食べものが、口顎構造にある感覚受容器を刺激し、感覚神経を介してその情報を脳に伝えるメカニズムである。

さて、人間は雑食性であるだけでなく、長い人類の歴史、経過の中で、食べにくいものを食べ易く、そのままでは食べられないものを食べられるように調理する技術を身につけ、その民族、その地域あるいはその時代特有の食文化を培ってきた。この点、火を使うことのできる人類が他の動物とは大きく異なる点である。この長い人類の歴史経過で体験し学習し、いつの間にか習慣となってきたそれぞれの地域の食習慣が、食べもののおいしさの判定に大きく影響している。この点おいしさの研究は最終的には人の食行動に依存し、口顎系からの感覚情報を尊重すべきであると言えよう。

「おいしさ」とは口を介して食べものや飲みものを消化管に取り入れることによって初めて具体的に意識する総合的快感だといえる。このように定義すればおいしさの感性に直接・間接に関係する要素として大きく次の5項目を取りあげることができる。

- 1). 味や香りなど食べものの化学的性質
- 2). 温度、硬さ柔らかさ、粘稠度、弾力性、

- 形、大きさなど食べものの物理的性質
- 3). 食べる人の肉体的ならびに精神的な体調
 - 4). 食習慣や過去の食体験などの学習効果
 - 5). 食べる時の環境条件

以上の要素はお互いに密に関連し、影響し合っているの、それぞれの関連の仕方、組み合わせ、それぞれの強弱によって、生じるおいしさの質や強さは容易に変化するといつてよい。噛むこと味わうことと食べものの「おいしさ」との関係については次の項で解説するので、ここでは体調や食習慣、食環境と「おいしさ」との関連について簡単にふれておくことにしたい。

4. 体調、食習慣、食環境とおいしさ

1) 体調とおいしさ

食べものや飲みものをおいしいと感じるのには心身共に健康で体調が良いことが大切な条件である。勿論、病気であってもその病状に応じておいしく感じる食べものはあるが、図2に示したように病気の状況下では生体リズムも生活リズムも乱れるし、当然食欲も減退し健康な時とは「おいしさ」の感性の強さも内容も変化している。特に消化器系疾患や代謝系・内分泌系疾患では食品の嗜好性が影響を受けるし、精神的に「うつ」の状態ではおいしさは抑圧されてしまう。これらの現象から推測して、脳においしさを抑制する機序と「まずさ」を刺激する機序があり、また逆においしさを促進し、「まずさ」を抑制する機序が相互に作用し合っていることが考えられる。これらのメカニズムの背後には体液成分の変化が存在することが示唆されるが、この点は今後明確にされなくてはならない。

2) 食習慣とおいしさ

各民族・種族の食対象の相違や、気候風土により食べものは相違しており、おいしく感じる食対象や味には微妙な相違がある。さら

に各家庭での味付けの相違や宗教的制約などによっておいしいと感じる食対象が異っている。おいしく感じる食べものや、味には個人差があり年齢差、性差もあることは日常体験していることであるが、狭い国土の我が国で関東では醤油味が好まれ、関西は塩味といった好みに相違のあることも奇妙であるが、これらは長い間にわたって培われた食習慣、食文化に由来した学習効果であるといえる。さらに食習慣に関連して興味のある現象は食品に対する飽きの現象である。最初はおいしく感じた料理であっても毎回同じものを食べさせられると「あき」てしまっておいしさが抑制されてしまう。しかし、いくら繰返し食べつづけても飽きることのない食品（例えば米飯のような主食）のあることも不思議である。このようにはっきりと物の性質と結びついたおいしさの現象の特性は、おいしさの生体メカニズムを解明するためのよい手がかりを与えるものだといえよう。

3) 食環境とおいしさ

食環境と一口にいっても極めて多岐にわたり、問題点も多い。大きな要素としては生活地域の気候・風土が強く食べもののおいしさに影響する。熱帯地方と寒帯とではおいしく感じる食べもの・料理に相違があつて当然であろう。小さい要素とすれば食事する場所の明暗・室温湿度、通風をはじめ部屋の状態さらに食器の材質や形・色彩また騒音や悪臭などは言うに及ばず、誰と一緒に食事するかによつてもおいしさは微妙に影響を受ける。これらは総て外界の刺激であつて、前記の精神的・肉体的体調に作用することによつて促進的あるいは抑制的に作用すると言えよう。

III 噛むこととおいしさ

「かむ」と言つても噛む、咬む、嚼むなど漢字では多くの表現があり、それらの意味も大変異っている。英語の表現にも *chewing*

(mastication), biting, clenching, gnashingなど漢字と同じように多くの表現があり、それぞれの意味も相違している。しかし、英語で発音した場合には漢字の場合とは異って、はっきりと異った用語として理解できる。が「かむ」という音読みで表現した場合には当然これら各種の異った「かむ」の中の何のような生体現象を取りあげているのかをはっきりさせる必要がある。

「かむ」ことを含め口のいろいろの生理的機能や生命現象は古くから生理学や歯科医学の分野で取りあげられ研究されてきたが、その殆んどは歯や唾液など口の個々の組織あるいは個々の機能を個別に取りあげたものであって、口と言う1つの器官の機能を総合的にとりあげての研究や考え方はやっと1950年代以降に生じたことである。⁹⁾

食べものが口に取り入れられ、咀嚼され、嚥下されて、はじめて具体的に食べたもののおいしさが実感されるのであるから、食べものの「おいしさ」を考える場合には口と言う器官全体について、総合的にその機能を理解していることが極めて重要である。

1. 口の機能としての「かむ」こと

「かむ」ことは体の中で口だけが行う機能であり、健康に生きるために欠くことのできない大切な生理的働きである。異常なく「かむ」ことができるためには口顎の総ての構造が健康であって、多かれ少なかれこれらの構造が協調して働くことが必要である。この「かむ」と言う口の機能の中で何と言っても人間にとって生命と健康の維持のために大切なのは「咀嚼」である。咀嚼とは“食物を口にとり入れてから口腔・咽頭内で行われるすべての生理的経過”と定義されている⁹⁾。ゆえに口の中に食べものがない状況では顎や舌が働いていてもそれを「咀嚼」とは言わない。食べ物が口の中に存在しない咀嚼

様の動作は下顎の自由運動 (free movements of the mandible) と呼ぶ。此の点を理解していない学者も多いので十分注意していただきたい。

人にとって食べものを咀嚼することの意義には図3に示したように、生理学的な意義と心に訴える精神的な意義の両面を考えることが大切である。⁹⁾この図に示した生理学的意義と心理学的意義の両面に関係しているのが咀嚼による「おいしさ」誘発にあると言えよう。

咀嚼の生理学的意義としては、消化を助け、飲み込みし易くする。食物中の危険物の発見に役立つ。さらに口顎構造の血流が増加するので口腔組織の代謝を亢進させ、下顎骨や咀嚼筋の発育を刺激する。味覚を刺激し唾液分泌を促すなどと言った現象は生理学的な意義として取り上げることができる。また精神的には食物を咀嚼することによって生じさせられる感覚刺激は、人が何かを噛むことによって心に感じる本能的な咀嚼欲を満たしてくれる。

食べものを咀嚼することによって「おいしさ」の感性が誘起されるのに関係する感覚

- | |
|---|
| <p>1. 生理学的意義</p> <ul style="list-style-type: none"> a 食品の粉碎, 臼磨 b 嚥下しやすく食塊を形成する c 味覚を刺激する d 唾液分泌の促進 e 口腔内の清浄作用 f 食品を消化吸収しやすくする g 食品中の危険物の発見 h 口顎組織の血流促進 i 口顎構成の発育刺激 <p>2. 心理学的意義</p> <ul style="list-style-type: none"> a 咀嚼欲求の満足 b 精神統一, 注意集中 |
|---|

図3 咀嚼の意義・目的

要素としては、食べものの味、歯ごたえ、肌合、硬さ、軟かさ、粘稠性、弾力性、さらに噛んだ時の音など一般的な味と共にテクスチャー (texture) として表現される食べものの物理的な性状である。テクスチャーには口腔膜や舌粘膜さらに歯や歯牙支持構造や歯周構造が刺激されて生じる圧覚や触覚だけでなく、咀嚼筋や顎関節部からの感覚情報、さらに上下顎骨の骨膜にある感覚受容器からの振動感覚なども咀嚼によって誘発される「おいしさ」を構成する感覚要素である。

IV 味わうことと「おいしさ」

食べものを十分に味わうためには、前項に記載した咀嚼することにより、口顎の感覚機能を十分に働かせることが鍵である。しかし、何と云っても食べものの「おいしさ」評価に強く関係するのは狭義の味覚、すなわち舌や口腔粘膜に存在する味受容器が刺激されて生じる味覚神経を介する味情報であり「おいしさ」には最も重要な要素として働いている。

しかし、舌や口腔の前方部の味情報を伝えるのは鼓索神経であり、舌後部や口腔の後部の味情報を脳に伝えるのは舌咽神経であり、咽頭部の味情報は迷走神経によって脳に伝えられる。しかもそれぞれ伝える味情報は末端にある味受容細胞の性質に従って特徴があり、「おいしさ」への関与の仕方にも微妙な相違が考えられる。いいかえれば、口の前部で味わうか、口の奥で味わうかで「おいしさ」にも相違が生じうることになる。

さらに従来「おいしさ」について等閑視されていた飲み込んでしまった後にも残る「あと味」がおいしさに強く関与していることに留意しなければならない。不思議なことに従来の味覚に関する研究は味物質を口に入れた時にすぐに感じる味についての研究が主体であって、後味についての研究は世界的に不十

分であると言えよう。食べものや飲料の中には口に入れて味わってすぐに「おいしさ」を感じるものもあれば、のみ込んでしまった後に残るあと味によって「おいしさ」を感じるものあるいは「まずさ」を感じるものもあることを忘れてはならない。しかもこの現象も前記各神経の働き方、関与の仕方に密接に関係している。

また、同じ質の味についても濃度によって、すなわち脳に送り込まれる情報量によっておいしく感じたり、嫌に感じたりするし、体調によって同じ味がおいしく感じたりまずく感じたりもする。しかも実際に我々が食べる料理や食品の味は決して単純な味質ではなく、幾つかの異った味質が複合されたものである点、「おいしさ」には各味質の組合わされ方を十分考慮しなければならない。以上を要約すれば食品の味の検定には、被検者の選択、味刺激の与え方、さらに口に入れて味わった時の味の嗜好性だけでなく、後味についても考慮することなど従来軽視されていた点に十分配慮することが要求される。

おわりに

新しい時代の訪れと共に食べものについての人々の関心が高まり食生活パターンもいろいろと変化して来た。特に人々の関心は「おいしい」ものであり「おいしく」食べることである。食の楽しさが奪われた時の欲求不満は何にも増して強く「食べものの恨みは恐ろしい」。

人が人間らしく生きるためにも食を楽しむに結びつけている生命活動を尊重しなければならない。

食べることの楽しさ、食べものの「おいしさ」については三つの視点に立って考えることが必要である。すなわち、食べる人の側の問題、食べる物の問題、さらに人の心や体に影響する食環境の問題である。これら三つの

因子は常にお互いに関連していて「おいしさ」の形成に参与してる。いづれにしても健康な人間生活には健全な食生活が大切であり、そのためには「おいしさ」を感知する器官である口の健康に若い時から十分留意すべきことを最後に強調しておきたい。

味覚や咀嚼の生理学については多くの成書^{3),4)}が出版されているので、紙面の都合上、この論説では省略した。ここでは主として「おいしさ」に焦点をおいて生理学的立場から留意すべき基本的事項を概論的に述べた。食品科学研究や食品製産にたづさわっている方々のお役に立てば幸である。

参考文献

- 1) 河村洋二郎：口腔生理学の幕明とその発展、歯界展望、81 (3)、684、平成5年
- 2) Kawamura, Y.: Neurogenesis of Mastication, Frontiers of Oral Physiology, I.Ed. by Kawamura, 77, S. Karger, Basel, 1974.
- 3) 河村洋二郎：口6章、咀嚼の生理、口腔生理学、河村洋二郎著、永末書店、京都、1966.
- 4) 河村洋二郎著：口と生活、口腔保健協会、東京、平成6年。

<河村先生ご略歴>

河村 洋二郎 (かわむら ようじろう)

- 1946年 大阪帝国大学医学部医学科卒 医師
- 1951年 大阪大学歯学部講師
- 1952年 医学博士 (実験的神経症に関する研究)
- 1954年 大阪大学歯学部助教授
- 1959年 大阪大学教授 (歯学部口腔生理学)
- 1960年 アメリカ・ロックフェラー財団フェロー、カルフォルニア大学 (UCLA)

- 医学部生理学客員教授 (1年)
- 1969年 大阪大学歯学部部長 (4期8年)
- 1985年 大阪大学定年退官、大阪大学名誉教授、甲子園大学栄養学部教授
- 1986年 甲子園大学栄養学部長
- 1988年 甲子園大学長
- 1997年 甲子園大学学長定年規定により退職

主な現職：

健康科学振興財団理事、世界PDヘルスケア協会理事長、味の素食品総合研究所技術顧問、松下電工健康科学研究所顧問等を兼任

主な受賞：

- 1976年 IADRより国際科学賞
- 1980年 スウェーデン王室並びに政府よりノーザンスター勲章
- 1987年 スイス・チューリッヒ大学名誉医学博士
- 1997年 勲二等瑞宝賞など

II. おいしさ・好き嫌い・食嗜好

大妻女子大学教授
青木 宏



要 旨

おいしさは感覚ではない。感覚によって触発される一種の感情である。感覚それ自体は人によって大きな差はないが、おいしさは人によって異なる。糖濃度の異なる紅茶を並べて甘さの順位をつけさせれば皆が一致するのに、最も好ましい甘さを選ばせると結果はまちまちになる。このように普遍的なおいしさというものは存在しない。同じ物を食べても、食べる時のその人の状態やその人をとりまく環境によっておいしさは変化する。たとえば空腹、満腹という生理的な状態、失意、得意というような心理状態にもよるし、落ちついた好ましい雰囲気か、どんな人と一緒に食べるのかというような空間的、人的な環境、等々、おいしさは常にゆらぐ性質のものである。一方、好き嫌い・食嗜好はそう簡単には変わらない。先月好きだった物は今月も好きなのが一般的である。

ところで、このようなおいしさや食嗜好は、個人の中でどのようにして形作られるのか。その一つは生得的因子により、他の一つは学習的因子によって形成される。人の場合、後者の影響が著しく大きい。学習的因子の第1は、食物のフレーバーやテクスチャーのような感覚特性に対する馴れと飽きの現象である。人は食べ馴れたものを好むという習性を持つ。学習的因子の第2は、社会的な学習効果である。それは食べる時の他者との関係、あるいは周囲の状況など、すべて人間関係がからむ emotional な満足を得る手段として食物を認知する

ことから始まる。このようにして子供の時から形成された食嗜好は、大人になっても社会的影響を受けてさまざまに変化する。たとえばファースト・フードの世界的浸透、定着現象には、若者を魅了する強烈なアメリカ文化の社会圧が大きく作用している。

1. おいしさ・好き嫌い・食嗜好

おいしさとは食物の感覚刺激に反応して起こる快・不快の感情である。おいしさをいって定義すれば、「感覚をベースにし物象によって触発される感情の一種」ということになる¹⁾。それは性感などと同質のもので、感覚感情あるいは感情感覚と呼ばれる低次元の感情である。おいしさの場合の「物象」とは食物という物質であり、性感の場合のそれは異性の肉体ということになる。感覚と快・不快感情との随伴関係は密接であり、両者の分離は困難とされる。おいしさという感覚感情は、情緒や情操と呼ばれる次元のより高い感情¹⁾の影響は勿論、思考、学習、記憶など知的な精神活動の影響をも強く受ける。

食嗜好には2つの種類があるとも考えられる。1つはある期間変わらない長期的な嗜好 *stable preference* であり、1つはその時々によって変わる性質の嗜好 *labile preference* である。通常の話からすれば、前者が食嗜好に相当し、後者は「おいしさ」と対応する。長期的な嗜好は主として人間の成長過程で形成される^{2, 3)}。

食嗜好と並んで好き嫌いという言葉がある。英語では、前者は *preference* であり、後者は *likes and dislikes* あるいは *liking and disliking* と表現される。この2つの用いられ方は色々だが、少なくとも前者には選択の意味が含まれ、いくつかの好きな食品の中からその一部を選ぶ行為も入る。しかし好き嫌いにしても、右

表1 おいしさ・好き嫌い・食嗜好

食品の属性	人間の感覚	人間の感情
化学的	視覚	
物理的	嗅覚	
生物学的	味覚	感情：嗜好 (快・不快)
	テクスチャー感覚	
	聴覚	

か左かを分ける意味のほかにもそれぞれの程度を含めて考えるとすれば、両者を厳密に区別することはむずかしく、研究の場でもしばしば同じように用いられる。

一般的に好き嫌いとは快・不快の反応、すなわち *hedonic response* として理解されることが多い³⁾。しかしこれには問題がなくもない。人は嫌いな食品を、その程度を問わず常に避けようとする。嫌いという感情はこのように持続的であり具体的、即物的であり、また確固とした性質のものである。朝に嫌いなものは夕も嫌い、昨日嫌いなものは今日も嫌いでこれを避ける。一方、好きなものはいつもそれを選ぶとは限らない。好きなものは、昼食に食べたから夜はやめる、その物は大好きだけれど朝はどうも、というようにさまざまに変化することがある。しかしやめたからといって、その物が好きであることに変わりはない。

い。好きという感情をイメージフルと考えれば、嫌いというそれはまさにイメージレスである。このように好き嫌いを快・不快の反応として、同一の原則で律することには無理がある。基本的に異なる側面をも包含する感情として理解する必要があるだろう。

なお、本稿では好き嫌いを食嗜好の中に含めて表現し、食物と食品については、前者は食べる時の物、後者は流通する物という意味で一応区別した。

2. 食嗜好の形成

食嗜好はきわめて多くの因子によって形成されるし、またそれは種々な因子の影響を受けて変化もする。ここでは主として生涯の初期において嗜好が形成される基本的なメカニズムについて述べる。

1) 人間の基本的な食の特性³⁾

食嗜好の形成には、生物としての人間の基本的な特性を考える必要がある。

その第1は雑食性である。これは決して絶対的なものではないが、一般的に人類はそれに合った生理機能をもっている。第2は、味に対する生まれつきの心理的偏向である。たとえば生まれるとすぐから甘味を喜び苦味を避けることがよく知られている。しかし、どれが栄養になりどれが毒性をもつかを完全な形で区別する感覚的な能力は持ち合わせていない。第3は新しい食べ物に対する二面性である。その1つは常に新しい食べ物を試そうとする、いわゆる「新しがり屋」的性質すなわち *neophilia* であり、もう1つは新しい物、初めての物を避けようとする保守的な性質すなわち *neo-phobia* である。この新しい食べ物に対する興味と恐れとの平衡は、食嗜好を考えるうえで多くの示唆を与えてくれる。その第4は、体に具合の悪い食べ物は嫌いになるように、嗜好自体を変化させる能力を有する

ことである。その結果として有害な食べ物を避けると同時に、有益な食べ物に対する嗜好性も影響を受けることになる。

2) 生得的因子

食嗜好形成に關与する因子は、生得的因子と学習的因子の2つに分けて考えることができる。人間は他の生物にくらべて後者の影響が異常に大きい。それは人間がきわめて文化的、社会的な生物であり、かつ、雑食性という基盤の上に立つ存在のためと考えられる。

前者については、兄弟や姉妹の間でも、小さい時から好き嫌いの異なることが通常よく観察される一方、双生児が一般児にくらべて、基本味などの好みについて高い類似度を示すことも知られている。中学、高校生を対象として、一卵生双生児、二卵生双生児および一般児それぞれ20組について好き嫌いの類似度を比較すると、甘味、酸味のような基本味や、ピーマン、タマネギ、ニンジンという子供の好みを刺激するフレーバーやテクスチャー全般については、明らかに一般児、二卵生、一卵性の順に類似度は高い値を示した。これに対し、肉料理のような複合的な食物や痛覚をベースとする辛味については全く生得的な因子の効果は認められなかった⁴⁾。

3) 学習的因子

①生理的な学習効果

まず好きになる場合の学習効果には、一般的に次の3つの段階が考えられている^{2,3)}。すなわち、第1に食物への接触、第2に新奇なものを避けようとする傾向すなわち *neophobia* の消失、第3に食後感の効果である。これを端的にいうと、まず幼児期の離乳食に見られるような慣れの現象である。離乳食のテクスチャーや風味の感覚は、それを食べることによる満腹感などの快さと結びついて記憶され、

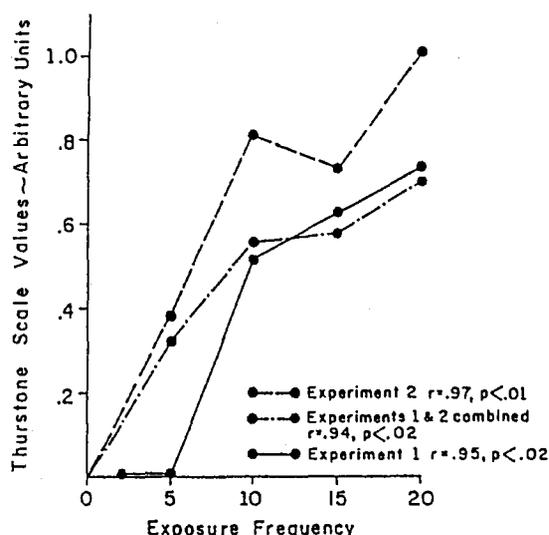


図1 2才児に初めての食物を見せてから選ばせた場合の、見せる回数と選択度合との関係

その繰り返しによってそのものが与える感覚自体を快いと認知するようになるということである。

さて、第1の食物への接触ということには、ただ見るだけという接し方から、試してみる、食べてみるという段階までであるが、まず見るだけの接触効果に関する Birch の報告を図1に示した⁹⁾。2才の幼児に各回数だけ始めての5種類の食物を見せた後、その5種類の食物の中から好きなものを選ばせた結果が示されている。また、初めてのフルーツ・ジュースを実際に子供に飲ませた場合の実験や、学生を対象に新奇的なフルーツ・ジュースを飲ませ、その neophobia が消えて好ましさに変化する過程やそのメカニズムを研究した結果は数多く報告されている^{6,7)}。これらはいわば慣れの現象である。第3の食後感の効果は、先述したように食後の満腹感から派生する満足感、充足感あるいは安らぎといった快さによる効果である。これについては、空腹の被験者を対象にフレーバーの異なる高カロリー食と低カロリー食を交互に与えた Booth らの実験が

ある⁸⁾。結果は高カロリー食のフレーバーを好むようになった。逆に空腹でない被験者の場合は、反対の結果が得られている。これは食後感も条件次第では逆効果を招き得るということを示している。このような感覚的学習によって好きになるためには、その食物に対する記憶が前提であるとして、Barker はそのための4つの因子を挙げた⁹⁾。すなわち、フレーバーの質、接触時間、快い食後感および接触頻度である。この中で特に重要なのはフレーバーの質で、フレーバーには記憶されやすさに大きな違いがあるという¹⁰⁾。すなわちフレーバーの質によって適切な接触条件が大きく異なるということである。

以上は好きになる場合の基本的な学習効果について述べたが、それらの多くはあくまでも相対的なものであり、常に適正な感覚刺激とその繰り返しが前提となって始めて成立する効果である。

次に嫌いになる学習効果には2つの原則が考えられている。その第1は食後感であり、これは非常に強い効果を示す。すなわち、食後に不快感や体調不良を経験すると、人は以後その食物を避けるようになる^{2,3)}。勿論食後感の程度にもよるが、その効果は確固としたもので、先述の、繰り返しが必須条件という

表2 食嗜好形成の基本的メカニズム

1. 生得的因子

2. 学習的因子

生理的效果・・・食後感

心理的效果・・・情緒的満足



好きになるための学習効果とは異質のものである。この種の学習効果については、動物および人を用いた多くの研究成果が報告されている^{11, 12, 13)}。

第2の原則は、好きになる学習過程の条件が不適切なために起こる効果である。先述の Barker が指摘しているように、食物に由来する感覚刺激の質や頻度が過剰な場合、飽きや嫌悪の感情が発生してくる。この点については、感覚特異的な飽きとか、フレーバーの単調さとかいうことで多くの報告がある^{14, 24, 25)}。これら飽きの多くは一時的なものであり、時間とともに回復するのが一般的だが、過剰刺激の条件によっては何年にもわたってその効果は消えず、嗜好の変化へと発展する場合がある。

②心理的な学習効果

食嗜好の心理的な学習効果は2つの側面から考えることができる。その第1は個人的なレベルの問題であり、第2は社会的なレベルの効果である。

第1の個人的レベルにおける学習効果については、子供を対象にした多くの研究がある。子供が、一緒に食べている他の子供の選択 (Preference) の方に自分のそれを変える場合のあることは、早くから報告されていた。それを実験的に証明したのが Birch である¹⁵⁾。あらかじめ野菜Aの好きな子と野菜Bの好きな子を選んでおき、幼稚園の給食時に前者を後者3、4人の間に座らせるグループを何組か用意し、野菜A、Bと一緒に食べさせた。その結果4日以内に前者は全員野菜Bを選ぶようになり、摂取量の調査からも野菜Bが好まれるようになったことを認めた。この傾向は給食テストが終わった後、家庭においても野菜Bの好みが増加したことを確認している。初めての食物を子供が食べるようになる過程を観察すると、ただ与えるよりも

大人と一緒に食べながら、さらにおいしそうにジェスチャーと共に食べながら与えた方が、子供はより多く食べるようになる¹⁶⁾。すなわち、食べる時一緒にいる大人の態度を感じとって、子供はその物を好きになったり嫌いになったりする。また、何か良いことをした後にご褒美として与えられた食物や、自分がその物を食べると大人が喜ぶことを感じとるような場合、有意差をもってそれらの食物に対する子供の嗜好度は上昇した¹⁷⁾。その結果は、実験が終わって少なくとも6週間以上続いたという。反対に、この食べ物を食べたならテレビを見てもよい、外で好きな遊びをしてもよいというような形で与えられた食物を、子供は有意に嫌いになるという¹⁸⁾。このような交換条件ないしは取り引きとして釣るという文脈による繰り返しは、その食物の嗜好性を明らかに低下させる。

少年や若者についても、以前はそれぞれの年配や立場に応じた、その時期ごとに必ず尊敬する人、憧れる人がいた。そのような人の言動や生活に対する関心は強く、結果として食行動もその人の影響を受けるようになった。最近ではマスメディアが作り出すアイドルやタレントとファンの間と同じような関係が成り立つ。それが常に食嗜好の形成へ発展するとは限らないが、1つのキッカケとなることに変わりはない³⁾。

子供や若者は元来、お腹がすいたから食べる、それが好きだから食べる、あるいはお腹が一杯になったからやめるというような感覚的、生理的な面を中心に食べ物と接する存在である。しかし上述の例が示すように、その物を食べる時の他者との関係、あるいは周囲の状況等、すべて人間関係がからむ情緒的な満足を得る手段という観点から食べ物を認知するようになる。すなわち、注目すべきは社会的な文脈の中で他者と関連する心理的欲求

が、子供や若者の嗜好や食選択に強く作用するという事実である。

以上のような学習効果とは異なるが、嫌いの原因にいわゆる「食わず嫌い」がある。見た感じがわるい、見るからに気持がわるいというように、自分の嫌いな何かと目の前の食べ物を結びつけてその食品は嫌いな物として心の中にリスト・アップされ、記憶される。印象、表象、観念あるいはイメージといわれるような純粋に心理的な原因で、ある食品を長い間嫌いな物として避け続ける例は多い。いうまでもないが、食品と結びつける事象は個人によって全く異なる。食べないうちに好き嫌いを決定づける感覚は視覚に由来するものがほとんどであるという³⁾。

次に第2の、社会的レベルの基本的な効果は、子供や若者に種々の食物に対する接触の機会を強いるということである。それぞれの社会には、文化に根ざした諸々のしきたりや習慣がある。たとえば、この行事の時はどのようなしきたりで何と何を食べるのが習わしであり、周囲の者は同年輩も含めて皆がそれに従う。群れの中に安住を見いだす人間の心理として、これは1つの圧力である。行事は一時的なものだが、これに類する日常的な例はいくらでもある。朝食にご飯と味噌汁と漬物という習慣は、戦前の日本を被っていたものであり、その時期に嗜好の形成を終えた年齢の人たちの好みの基本はこのような方向で非常によく揃っていた。アメリカでも食物の組み合わせやそれを食べる時間帯には1つのきまりがあり、朝食にふさわしい食物と夕食にふさわしい食物には、かなりはっきりした区別がある。ピザやグリーン・サラダは朝食にとらないし、コールド・シリアルやオレンジ・ジュースは夕食にとらない。このような社会的な枠組みは単なる習慣だけではなく、おいしさないしは食嗜好の差として、大人の

場合も子供の場合もはっきりした刷り込みがなされている(図2)¹⁸⁾。コーヒーやアルコール飲料など、フレーバーそのものとしては子供に好まれない物が、ある年齢に達すると好まれるように変化する現象や、辛いチリ・ペッパーに対する好みはメキシコでは幼児の頃から始まるという事実も、その基本にはゆるやかな社会圧がそのベースに作用しているものと解釈されている^{3,9)}。

以上、食嗜好形成初期の基本的メカニズムを、単純化した骨格として示せば表2のようになる。食物の感覚特性すなわちフレーバーやテクスチャーは、食後感や情緒的な満足度と結合した形で記憶される。これらの効果が快いものであれば、その食物のフレーバーやテクスチャーは快いもの、おいしい物として記憶される。逆に不快なものであればその食物のフレーバーやテクスチャーも不快なもの、まずい物として記憶される。食嗜好は、生得的因子の上にこのような学習結果が集積され、次第に形成されてゆく。

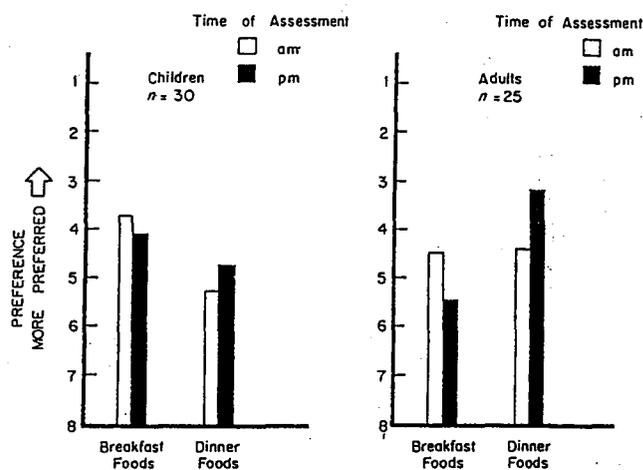


図2 3種類の朝食用食物と夕食用食物をそれぞれ朝食と夕食に食べた場合のおいしさの比較

なお、摂食や飽きについては、今田²⁰⁾および津田²¹⁾の優れた総説がある。

3. おいしさ・食嗜好と情報刺激

食物のおいしさに対する情報刺激の効果は、以前から日常的なこととして受け入れられていた。たとえば、同じ食物でも器や食べる時の雰囲気、環境によって、おいしさが違うという類のことである。これらはすべて器具や環境を認知すること、すなわち認知情報によっておいしさという感情が影響をうけることに外ならない。さらにそれらの事物に関する由所伝来などの説明を受けると、その効果はさらに増幅される。このように以前からあった情報刺激の効果が、今や情報社会の中で多岐にわたり、急増しているということである。現在の食品は多くの情報と一体になった形で流通し、消費される。多くの場合、情報は供給者の明確な意図のもとに、マスメディアという強力な手段によって直接、間接を問わずきわめて巧妙に食品自体の中に組み込まれる。そして消費者は意識、無意識のうちにこれらの情報と一緒に食物を食べておいしさを感じ、やがては食嗜好の形成や変化へとつながってゆく。

情報刺激の効果は、その人の欲求の在り方次第で大きく変化する。興味や関心のない分野の情報に対して、人は全く反応しない。一方、欲求と関連する情報には興味や関心を示し、場合によっては行動に駆り立てられる。人が情報に反応する場合、一般的に、「思い込み」という形をとることが多い。この思い込みとは、こだわりの感情が思考、学習、知識、記憶というような知的な精神活動と結合した状態のことである。以下、思い込みを中心に、例を挙げながら情報刺激の効果について述べる。

1) 実験的に観察される思い込みの例

第1は、女子学生を対象に行った実験例²²⁾その他である。同一の茶葉（セイロン産の紅茶：ディンブラー）から抽出した紅茶をA、Bの2つのポットに分け、Aには、「セイロンおよびインド産の茶葉をブレンドした高級品で、英国王室御用達の品」という情報を、一方Bには、「ケニヤなどアフリカ産の茶葉を中心にブレンドし、できるだけAに近い品質をめざした試作品」という情報を与えてそれぞれ試飲させた。図から明らかなように飲む順序に関わらず、英国王室御用達のAには好ましい方向の評価が与えられ、一方、アフリカ産の試作品というBには好ましくない方向の評価が与えられた。次に、試飲を終えた後、記憶をもとにA、Bの好ましさを評価させたのが図5である。図5の①と②のいずれもAの方が圧倒的に好まれ、全体の60~75%の者がAを好ましく感じていた。全く同一の紅茶

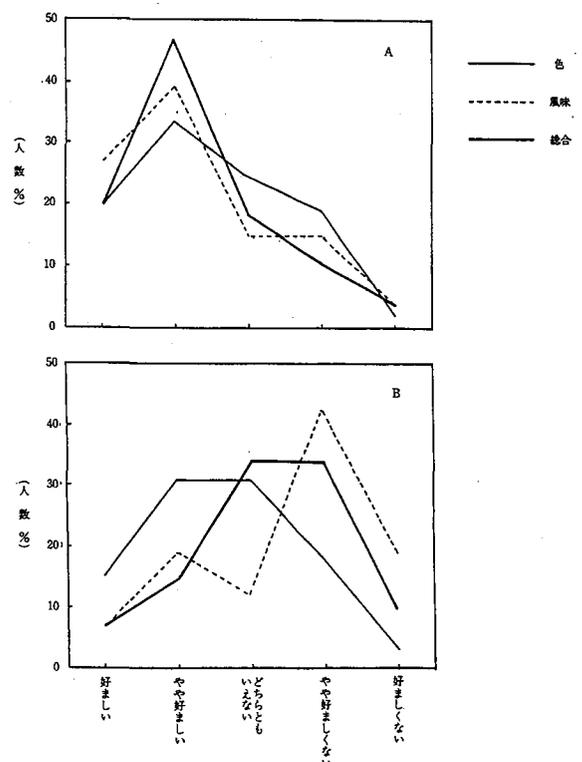


図3 紅茶A, Bに対する評価 (紅茶Aを先に飲ませた場合)

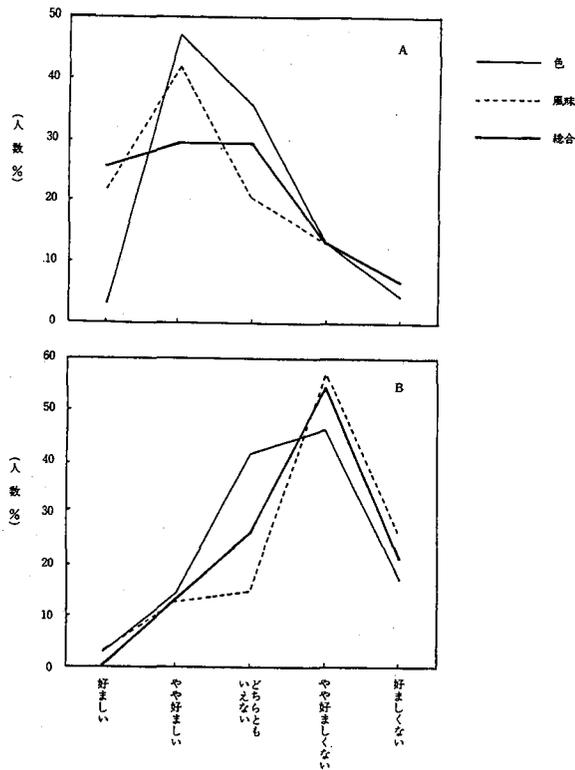


図4 紅茶A, Bに対する評価 (紅茶Bを先に飲ませた場合)

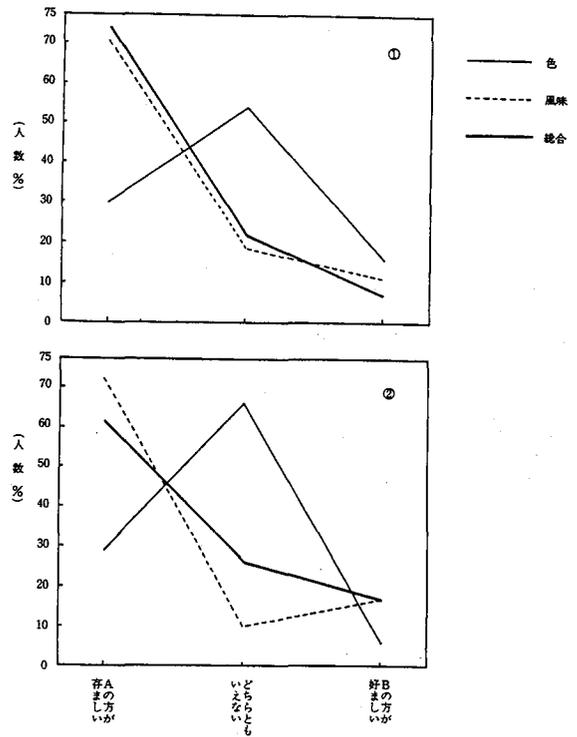


図5 紅茶A, Bに対する評価 (記憶を基にした場合)
①Aを先に飲ませた場合
②Bを先に飲ませた場合

のおいしさの感じ方が、飲む時に与えられる情報によってこのように異なるという事実は、思い込みという一種のバイアスが強く作用することを示している。いいかえれば、人は情報と一緒に食物を食べ、情報と一緒にそれを味わっておいしさを感じているということである。この場合の情報発信者と受信者は教員と学生という特殊な関係であり、誘導的な効果も当然考えられるが、情報それ自身の性格を問う以前の問題として、おいしさの感情と情報との本質的な関係を示す実例ということに変わりはない。また、347名の被験者を対象に、20%の脂肪を含むソーセージを用いて脂肪含量は12%であると偽りの情報を与えた所、対照にくらべて明らかに嗜好度が増加したという報告もある²³⁾。

第2は、感覚特異的な飽き (Sensory-specific

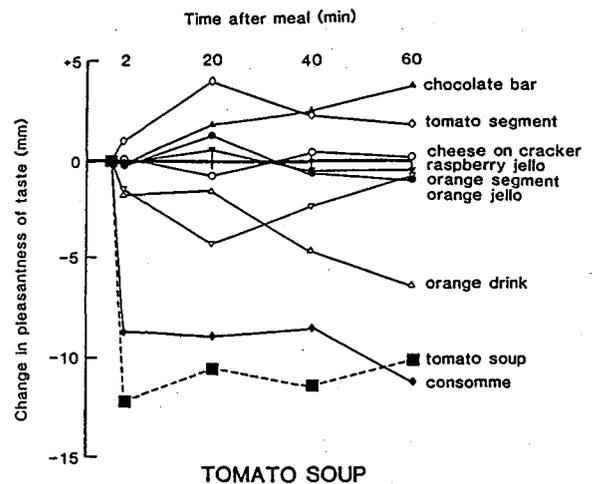


図6 負荷食物 (トマトスープ) を食べた後の各食物 (5g) のおいしさの経時変化

ic satialy) の実験の際に認められた思い込みの現象である。この感覚特異的な飽きというのは、昔から箸休めとか口直しという言葉で示されるように、食物の感覚刺激が続くとそのおいしさが低下するという基本的な現象のことである。先述した嫌いになる学習効果の中の飽きも、この現象の上に成立する。おいしさの低下を回復するため異なる刺激を与えるのが、箸休めであり口直しである。カレー・ライスに福神漬、お汁粉に新香などの例がある。さて、図6²⁴⁾は負荷食物(150Kcal)を食べ終わってからのおいしさの変化を経時的に示したものである。破線が負荷食物の変化を示し、実線は経時的に少量(5g)で味見をさせた他の8種類の食物の変化である。図6に示す感覚特異的な変化をみると、負荷用食物として与えたトマト・スープと同じフレーバーのトマト・セグメントのおいしさが低下する筈のところを、実際はコンソメ・スープのおいしが大きく低下している。図7についても同じように負荷用食物のオレンジ・ゼリーとフレーバーの異なるラズベリー・ゼリーのおいしさが著しく低下している。これらの現象は、被験者が負荷用食物として飲んだり食べたりした物を認知し、フレーバーとは関係なく同種の食物を避けようとする心理的な思い込みの作用が働いた結果であろうと著者等は解釈した。また、表3²⁵⁾は、3種類の負荷食品としてトマト味の Pasta、ブルーベリー・クリームおよびチキンを、それぞれ150Kcalと300Kcal与えた場合のおいしさの低下を、他の9種類の食物(5g)とともに測定した結果である。3種類の負荷用食物を与えた後のおいしさの低下は、Pastaの場合が他のクリームやチキンの場合に比べて明らかに大きい。この結果は90分後も同様であった。三者ともカロリーは等しいにもかかわらず、被験者に与える時、後の二者が一皿ですんだのに対し、Pastaだけが容量が大きい関係で

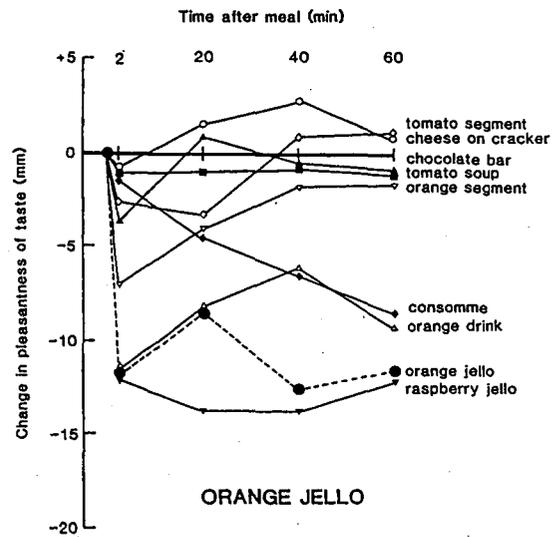


図7 負荷食物(オレンジゼリー)を食べた後の各食物(5g)のおいしさの経時変化

二皿になったという。すなわち被験者はPastaを特に多く食べたと思い込み、それが経時的なおいしさの低下に特別に大きな影響を与えたものと考察されている。これらの結果はいずれも、種々な思い込みがおいしさそのものを、直接、左右するという事実を示している。

2) 社会的に観察される思い込みの例

まず、1993年の輸入米騒動の例がある。多くの人々はマスメディアを通して流される情報に影響されながら、国産米を買い求めた。同じジャポニカ米の間では、カリフォルニア産もオーストラリア産も国産米にくらべて有意差はないにもかかわらず、多くの人々は自ら食べ比べようとはせず、値段の高い国産米がやはりおいしいと主張した。これも情報に由来する思い込みの典型に外ならない。またこの場合、自分の感覚でその食物を判断するという食の基本的な態度を放棄した事実は、重要な意味をもつ。賞味期限を過ぎた食品は、

表3 3種類の負荷食物 (Preload) を食べた後 (2分後) のおいしさの低下

Rating set	Preload						No preload
	150 Kcal pasta	300 Kcal pasta	150 Kcal whipped cream	300 Kcal whipped cream	150 Kcal chicken	300 Kcal chicken	
Cream cheese	-6.4	-15.4	2.0	-5.9	-3.2	-14.7	6.4
Ground beef with tomato sauce	-17.9	-31.3	-3.9	-13.1	-17.6	-27.2	2.9
Blueberry whipped cream	7.7	-14.0	-17.9 (85.2)*	-36.2 (96.7)	-3.8	2.5	-1.7
Jellybean	0.3	-6.1	-12.5	-11.6	-2.7	-7.9	-2.6
Chicken	-2.9	-12.9	-4.8	-6.1	-34.1 (105)*	-38.9 (87)	6.4
Blueberry purée	3.6	-2.5	-8.1	-20.1	-6.0	-0.4	1.3
Pasta with tomato sauce	-14.6 (72.7)*	-51.7 (77.2)	-1.0	-6.9	-4.9	-14.3	3.6
Chicken bouillon	-0.6	-20.5	-0.9	-6.0	-8.8	-13.8	-1.6
Pork	0.1	-11.8	2.0	-1.9	-16.7	-35.4	2.1
Mashed potatoes	2.9	-7.5	4.2	-3.4	-4.5	-15.5	1.1
F-test for orthogonal contrast (eaten vs. uneaten)	F(1,39) = 1.93	F(1,38) = 28.13	F(1,36) = 11.79	F(1,39) = 20.75	F(1,39) = 17.67	F(1,39) = 7.17	—
Significance of F-test	p > 0.17	p < 0.0001	p < 0.0025	p < 0.0001	p < 0.0001	p < 0.025	—

(*) liking scores for eaten food.

封を開くこともせずには捨ててしまうという行為がかなり一般化してきた現状も上の態度とよく符合している。この態度こそが、おいしさに対する情報刺激の影響を増大させる原点に外ならない。

いわゆるグルメ情報などはおいしさの感情を刺激するために流されるものであるから、それによっておいしさが増幅されるのは当然なことだが、食品の安全性や健康、栄養など、人の生理に関する純粋に知的な情報がおいしさや食嗜好に色々な形でかわってくる現象も興味深い。それは健康を守るためには、無添加物、無農薬あるいは有機農法というような条件を満たす食生活をしたいという欲求がベースにあって、その上に成り立つ一種の思い込み現象の結果に外ならない。すなわち、ある食物がこのような条件を満たすものと認知した場合、その人にとってその食物のおいしさは増幅されるし、逆

の場合は減少される。また金銭的な情報の例としてその食物に対してどれだけの金を支払ったかという認知によって、その食物に対するおいしさは変化する。思ったより高い場合、おいしさは低下するし、逆の場合は増加する³⁾。

以上の例で説明したように、欲求をベースとした認知活動が、情緒的な反応としておいしさを修飾する機会はますます増加しつつある。

情報刺激は、時によって社会圧という形をとることがある。その好例は、ハンバーガーなどに代表されるアメリカのファースト・フードの世界的な浸透現象である。日本やヨーロッパはもとより、旧ソビエトや中国のような社会主義国にまでも当時非常な勢いで広がった。ロック、ジーンズあるいはコンピューターが象徴する強烈なアメリカ文化はさまざまな国の若者を魅了し、今や侵略的とまで表現されるようになった。ファースト・

フードがジャンクといわれながらも各国に受け入れられ定着する背景には、このようなアメリカ文化を背負った社会圧が大きく作用している。いかえればファースト・フード自体が圧力の一端を担っていたというべきかもしれない。とにかくこれに類する現象はコココーラの頃から観察されたし、もっと古くは、いわゆる西洋料理の普及もゆるやかながら同じ道をたどった。流行の効果も一種の社会圧に外ならない。食物もその例外ではなく、寿司や豆腐がアメリカに定着したのも、その始まりは珍しさや変化を求める大衆心理に乗った1つの流行現象であった²⁾。ただしその過程で栄養面での社会的要請が顕在化し、この点マーガリンと同じような経過をとって定着した。

以上に述べた情報刺激に対する反応も、当然のことながら人によって異なる。情報に反応しやすいか否かという個人差の根底に、欲求や思い込みの次元を超えて、その人の価値観が存在するという事実は、まことに興味深いものがある²⁰⁾。いずれにせよ、マスメディアの発達とマス情報に対する大衆の反応を観察する時、食嗜好やおいしさにおよぼす情報の影響はますます増大するものと考えられる。

4. おいしさ・食嗜好と食行動

おいしさや食嗜好が食行動の中でどのような位置にあり、どのような機能を果たすかという観点から、改めてその本質を考えてみたい。

この豊かな社会の中で食行動の中核にあるのが選択行動である。外食や調理済み食品、加工食品を買う場合は勿論、主婦が夕食の献立を考えながら買う素材にしても、選択行動を抜きにして食事は成り立たない。Rozinはアメリカ文化をベースにしてとことわりながら、人が食物を受容したり拒否したりする心理的理由を分析し、次の3つを挙げた²¹⁾。第1は感覚感情すなわちおいしさ、第2は食後に予測される結果、第3は観念的といわれる範疇の理由である。がおいしい物を受容し、まずい物を拒否するという第1の理由は、食選択の基本として今後とも変わることのないものである。ただ、飽食社会の選択行動の実態は、好きか嫌いかを分けるというよりも、多くのおいしい物、あるいは多くの好きな物の中から何かを選ぶという選好行動である。この選好行動は、おいしさのほかにも表4に示すようなさまざまな欲求のからむ形でおこなわれる。おいしさや食嗜好がこれらの欲求と一緒に、さまざまな情報刺激を受

表4 食にかかわる欲求

1次的要求 (生理的)	空腹, 渇き, など	(胃袋)
		↓
2次的要求 {生理的}	A. 嗜好の充足 食べ歩き, グルメ, など	(口)
{心理的}	B. 健康願望 栄養, 健康, ダイエット, 安全 (添加物, 農薬, 他), など	↓
	C. 省力願望 インスタント化, テイクアウト食品, 半調理食品, など	↓
	D. 社会生活関連願望 美容, ダイエット, 流行, ステイタス, レジャー, など	(頭)

けながら、どのような形で選好行動に關与するかを示したのが図8である。図示するようにおいしさ嗜好と並んで、情報を認知した結果が選好行動を決定する。ただし、そこに至る過程が問題である。まず各種の情報は、その時、その場面における欲求や思い込みに応じた形で認知される。その結果としてあるものはおいしさや嗜好を刺激し、修飾する形で、またあるものそのままの形で直接に選好行動に關与する。勿論、あるものは捨てられるだろう。ここで重要な点は、おいしさに対しても種々の認知活動に対しても、各種次元の感情が關与するということである。たとえば先述したように、安全性や健康に関する情報を認知した後、情緒的においしさを刺激したり修飾したりする方向を向くのか、そのまま知的に選好行動に關与する方向を向くのか、それを決めるのは価値観のような高次の感情のからむ心的活動以外にはあり得ないのである。このように現実の食選択におけるおいしさや嗜好の役割は、多くの因子の中の1つとして機能するに過ぎないということである。しかもそのおいしさは、食物の刺激に基づく本来の感覚感情そのものというよりは、

色々な欲求に基づいて修飾されたおいしさである場合が多い。Rozinも、「人の食物に対する反応は感覚や情緒よりも、より認知的な要素に基づく」ことを指摘している²⁷⁾。

要するに、おいしさや嗜好の本体は、文化、社会、個人という文脈の上に成り立つ、その時、その場におけるきわめて個人的な感情である。それは冒頭でも述べたように、今後とも性感と並ぶ人生の二大基本要素であることに変わりはない。ただし再三指摘したように、その内容や機能は大きく変容してゆくものと予想される。

美味、美食、あるいは洗練されたおいしさというようなものがどのようにして生まれ、それが大衆の食行動とどのような関係にあるかは、興味あるテーマだが、機会を改めて考えてみたい。

参考文献

- 1) 昌子武司：情緒傷害，教育出版（1978）。
- 2) Lyman, B. :A Psychology of Food, An AVI Book, New York (1989).
- 3) Rozin, P. and Vollmecke, T.A.: Annual Review of Nutrition, 6, 433 (1986).
- 4) U. Watanabe, Saeki, A. and Aoki, H.: Proceedings of 15th International Congress of Nutrition, Adelaide(1993).
- 5) Birch, L.L., Birch, D., Marlin, D. and Kramer, L.: Appetite, 3, 125 (1982).
- 6) Birch, L.L., Mcphee, L., Shoba, B.C., Pirok, E. and Steinberg, L.: Appetite, 9, 171 (1987).
- 7) Pliner, P.: Appetite, 20, 111 (1993).
- 8) Booth, D.A., Mather, P. and Fuller, J.: Appetite, 3, 163 (1982).
- 9) Barker, L.M.: The Psychology of Human Food Selection, AVI Publishing, New York (1982).
- 10) Cornell, C.E., Rodin, J. and Weingarten, H.:

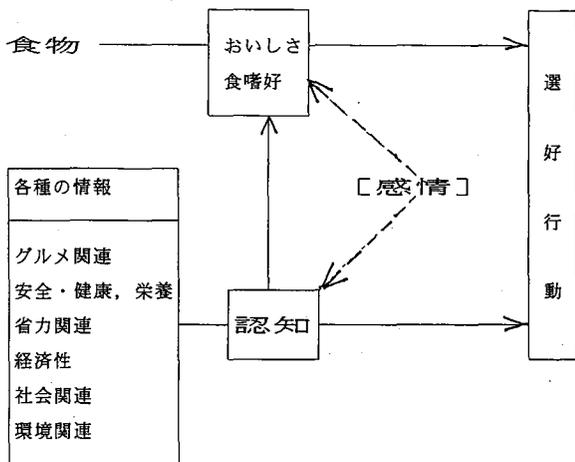


図8 選好行動に關与する因子の作用モデル

- Physiology and Behavior, 45, 695 (1989).
- 11) Logue, A.W., Ophir, I. and Strauss, K.E.:
Behaviour Research and Therapy, 19,
319 (1981).
 - 12) Zellner, D.A., Rogin, P., Aron, M. and Kulish,
C.: Learning and Motivation, 14, 388 (1983).
 - 13) Sclafani, A.: Bulletin of the Psychonomic
Society, 29, 256(1991).
 - 14) Rolls, E.T. and de Weal, W.L.: Physiology
and Behavior, 34, 1017(1985).
 - 15) Birch, L.L.: Child Development, 51,
489 (1980).
 - 16) Harper, L.V. and Sander, K.M.: J.Experimen-
tal Child Psychology, 20, 206 (1975).
 - 17) Birch, L.L.: Child Development, 51,
489(1980).
 - 18) Birch, L.L., Marlin, D. and Rotter, J.: Child
Development, 55, 431 (1984).
 - 19) Hyde, R.J.: Appetite, 21, 1 (1993).
 - 20) 今田純雄：情動・学習・脳，13章，二瓶
社(1994).
 - 21) 津田泰弘：情動・学習・脳，12章，二瓶
社(1994).
 - 22) 村本美代，渡辺雄二，青木宏：大妻女子
大学紀要，32,61 (1996).
 - 23) Solheim, R.: Appetite, 19, 285 (1992).
 - 24) Rolls, B.J., Hetherington, M. and Burley, V.J.:
Physiology and Behavior, 44, 723 (1988).
 - 25) Johnson, J. and Vickers, Z.: Appetite, 21,
23(1993).
 - 26) 熊谷摩幸美，渡辺雄二，青木宏：食品科
学工学会誌，43, 1264 (1996).
 - 27) Rogin, P. and Fallon, A.E.: Criteria of Food
Acceptance, Forster Verlag, Zurich (1981).

<青木先生ご略歴>

青木 宏 (あおき ひろし)

1953年 北海道大学農学部農芸化学科卒

1953年 豊年製油(株)杉山産業化学研究所

1962年 味の素(株)中央研究所

1972年—

現在 大妻女子大学家政学部食物学科教授

1983年 同大学家政学部食物学科長

1984年—

90年 同大学家政学部家政学研究科長

専門分野：

食品学、食行動学

ILSI JAPAN 講演会 講演録 「油脂の栄養と健康」

抗酸化ビタミンとフリーラジカル



お茶の水女子大学
生活環境研究センター

五十嵐 脩

1. はじめに

食品における脂質や脂肪の自動酸化や光増感酸化反応については従来からよく知られているところである。最近になって、このような自動酸化や活性酸素による酸化障害が生体における様々な疾病の引き金になっていることを証明した研究が多数発表されるようになり、活性酸素やフリーラジカル、生体内抗酸化剤、抗酸化酵素などが注目されている。本講演では、食品と生体系の違いも含めて、これらの問題についての最近の知見を紹介したい。

食品と生体系の最も大きな違いは、①. 酸素の供給が生体では常に行なわれているのに対し、食品では開封しない限り、酸素の供給をコントロールすることが可能であり、脱酸素剤や不活性ガス封入、真空包装などで、酸素のない条件で貯蔵することが容易である。②. 食品では製造直後に存在した抗酸化剤の

みでそれ以後の酸化反応の進行を防御しており、開封後は抗酸化剤の補給は普通行なわれない。これに対し、生体では食物から抗酸化剤の供給は常に継続しており、消費された抗酸化剤を補給することは容易である。③. 食品系では多くの場合加熱により抗酸化酵素、酸化酵素いずれも失活しているが、生体系では常に活性状態で存在している。④. 食品系では、鉄や銅などの酸化を促進する遷移金属がイオンとして含まれているが、生体系では特別な疾病の時や特殊な病的な状態を除くと、これらの遷移金属イオンは特定のタンパク質と複合体を作り、血液中を移動するために、不活性型で触媒作用を行なうことは極めて稀である。

このように生体系と食品系では基本的な違いがあり、しかも生体では常に様々なストレスや外部環境の影響などを受けることにより、生体内の応答も変化する。しかし、食品であ

ILSI Japan Lecture "Nutritional and Health Aspects
for Fats & Oils"

*Free Radicals and Antioxidant Vitamins

Dr. OSAMU IGARASHI
Ochanomizu University
Institute of Environmental
Science for Human Life

れ、生体であれ、基本的な自動酸化や活性酸素による反応自体は全く同じである。このように基本となる反応系は同じであるが、上に述べたような生体系の特色を理解することが大切である。

2. 成人病の発症要因としてのフリーラジカルの関与

1). 生体内での活性酸素の発生機序

生体内では様々な酵素反応、特にオキシダーゼの反応の際にスーパーオキシドが生成されることが多い。代表的な反応にはキサンチンオキシダーゼがある。この反応では酸素添加時に、スーパーオキシドを生成する。表1は生体内で生成される活性酸素種を示したものである。これらの活性酸素に対抗して、それらを分解する酵素系や抗酸化剤が生体には存

在する。生物はある意味では酸素を利用することで、嫌気状態下に比べて効率的に多量のエネルギーを産生するシステムを開発したが、その酸素の利用に伴って生じる酸素の害から防御するために抗酸化酵素や抗酸化剤の利用を会得したものと理解されている。表1にはそれぞれの活性酸素などに対抗する抗酸化酵素や抗酸化剤が示してある。

さて、図1は極めて興味深いもので、動物の寿命とスーパーオキシドディスムターゼ(SOD)活性の相関を示したものである。色々な生物種の最大可能寿命とSOD/代謝活性は直線関係をもつ。このことは、酸素消費量に対して相対的に脳のSOD活性が高い動物ほど寿命が長いことを意味し、動物の寿命に酸素消費量が基本的に関わっていること、酸素の害を防ぐ防御機構の重要性を示すものといえ

表1. 主な活性酸素種、フリーラジカルとその消去作用を持つ抗酸化剤と抗酸化酵素

名 称	構 造 式	消去する抗酸化剤又は抗酸化酵素
一重項酸素	1O_2	ビタミンE, カロテノイド
スーパーオキシドラジカル	$\cdot O_2^-$	SOD (スーパーオキシドディスムターゼ)
過酸化水素	H_2O_2	カタラーゼ, パールオキシダーゼ
ヒドロキシラジカル	$\cdot OH$	水溶性抗酸化剤(例: ビタミンC)
ヒドロペルオキシラジカル	$\cdot OOH$	水溶性抗酸化剤(例: ビタミンC)
ヒドロペロオキシド	$ROOH$	グルタチオンパールオキシダーゼ
ペルオキシラジカル	$ROO\cdot$	ビタミンE, カテチン
アルキルラジカル	$R\cdot$	ビタミンE, PUFA
アルコキシラジカル	$RO\cdot$	ビタミンE
パーフェリルイオン	$Fe^{++}---O_2$?
一酸化窒素	$\cdot NO$	1O_2 と反応し、最終的に亜硝酸
オゾン	O_3	?

よう。この他、血液中のビタミンE濃度、カロチノイド濃度も同じような関係を示すが、SODほどには直線関係は得られていない。ビタミンCについては多くの動物がビタミンCを合成できるためにそれほど明確な関係は示されない。なお、上に述べた活性酸素の中で、一重項酸素は食品同様に光増感反応で作られ

るほか、活性酸素間の相互変換でも生成される。ヒドロキシラジカルは放射線照射で生成されるが、活性酸素の相互変換でも生成される。なお、脂質の過酸化反応で作られるペルオキシラジカルも活性酸素の仲間に入れている。

次に、活性酸素、フリーラジカルと疾病の関係について述べてみたい。

2). 成人病と活性酸素、フリーラジカル

成人病の発症には、遺伝的な要素や食事、環境要因などが深く関係している。ガンについて、遺伝的な要因を除いて考えると図2に示すような要因が発生原因として挙げられる。我々の周囲に存在する発ガン物質は殆どがラジカルを生成するものであり、それらの発ガン物質が発ガンに至る過程には体内への吸収、標的臓器への輸送、細胞内への取り組み、核内への輸送と遺伝子への作用といった過程を経る。このような観点からすると、各種の抗酸化剤は発ガンのラジカルとしての作用を抑制することになる。しかし、生体抗酸化剤は

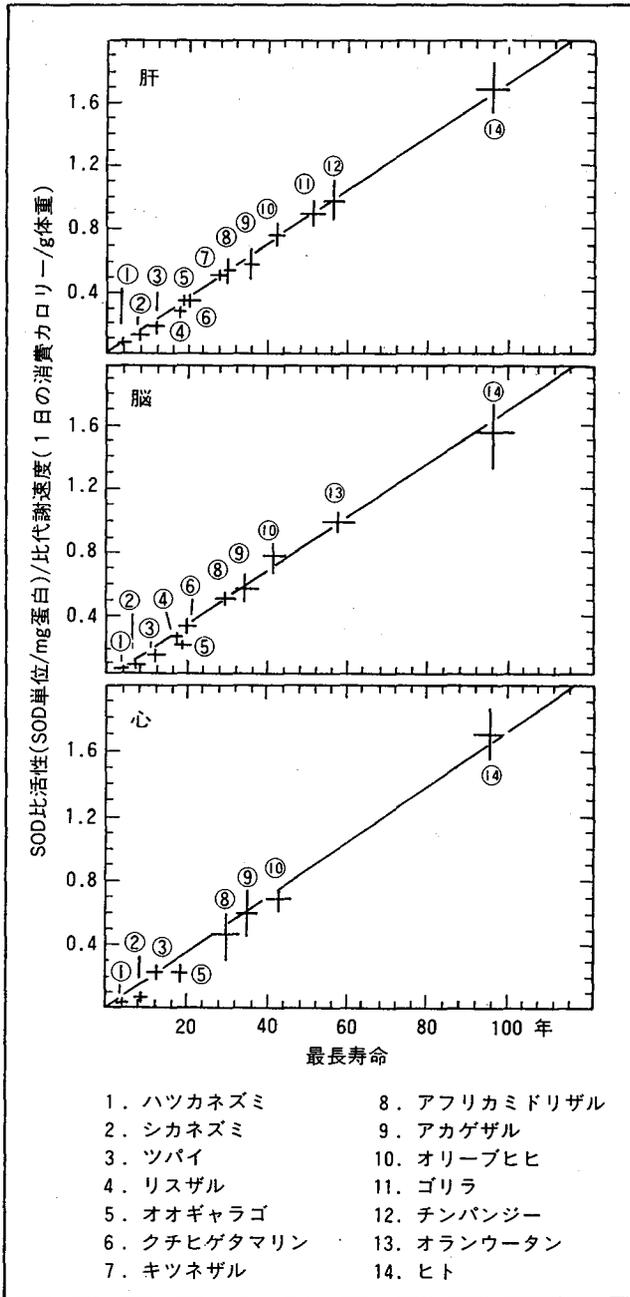


図1 SOD比活性/比代謝速度の比と各動物の最長寿との間の直線関係

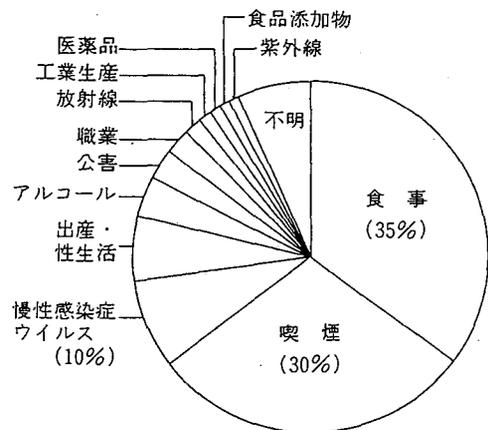


図2 ヒトのがんの発生要因

全てその存在状態（水溶性か、脂溶性か、膜に存在するか、体液に溶解しているかなど）が異なり、一様ではない。従って、その作用にも違いが生じる。

以上の観点からすれば、成人病は様々な臓器の退行的な変性に伴うものであり、この退行的な変化のかなりの部分が活性酸素やフリーラジカルによるものと理解されている。また、生体抗酸化剤はこれらの退行的な変化を予防し、遅らせるものと理解されている。なお、普段は正常に機能している組織がある時突然変調をきたした時に、抗酸化剤が余分に蓄積されているか否かはその後の退行的な変化の予防に大きな影響を与える。最初に動脈硬化を例に挙げて、話を進めよう。

3). 動脈硬化症

以前より、動脈硬化の発症の主原因は血液中のコレステロール濃度が220mg/dlを越えると危険率が高まること、更には、HDL-Chol濃度が40mg/dl以下に低下すること、LDL-Chol/HDL-Chol比の上昇（普通は4.7以下、LDL-Cholの上昇またはHDL-Cholの低下が主原因）なども動脈硬化の原因とされてきた。この他、最近の研究はLp(a)の存在も加えられるようになった。しかし、最近の研究は動脈硬化発症の初期反応はLDLの酸化反応により開発されることを強く示唆している。LDLは外側がリン脂質の膜で覆われ、内部にCholエステルやTGが存在している。タンパク質はこの粒子の内部から外部に貫通し、巻きついた形状で含まれている。抗酸化剤であるビタミンEは外側のリン脂質部分に、β-カロチンは内部のTGなどの多い部分に局在している。ところで、図3は動脈硬化発症の機構を示したものである。この仮説に従えば、酸化されたLDLは容易にマクロファージに取り込まれ、泡沫化して動脈硬化病変を起こすことになる。実際に、*in vitro*の系で抗酸化剤であるビタミンE

やビタミンCをLDLの酸化反応系に加えておけば、そのCu⁺⁺による自動酸化は抑制される。また、人に天然型のビタミンE（RRR-α-Tocopherol）を予め服用させておくと、服用前に比べてLDLの酸化時のlag timeは延長される。更に、このように酸化させたLDLをマクロファージとincubationすると、容易に取り込まれるようになり、泡沫化を促進するという。

この他、食事の脂肪を変えることで、LDL中の脂肪酸組成を変え、PUFAよりもオレイン酸richにすると、酸化抵抗性が増し、泡沫化も遅れることが観察されている。このような研究は当初modified LDLとってアセチル化したLDLで観察された現象であるが、その後の研究で生体内で起こりやすい自動酸化反応によるLDLの変性が動脈硬化の引き金になるということはそれを予防するために抗酸化剤の摂取が重要なことを意味するものである。また、これに関連して糖尿病の際に進行する糖化タンパク質も動脈硬化を促進するといわれている。

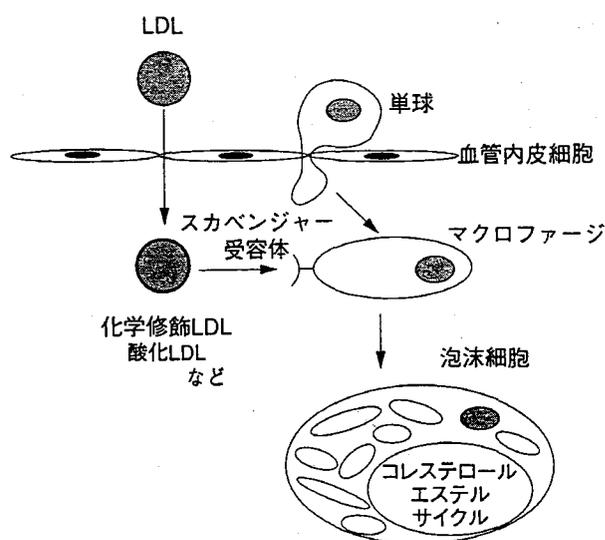


図3-1 泡沫細胞の形成と変性LDL

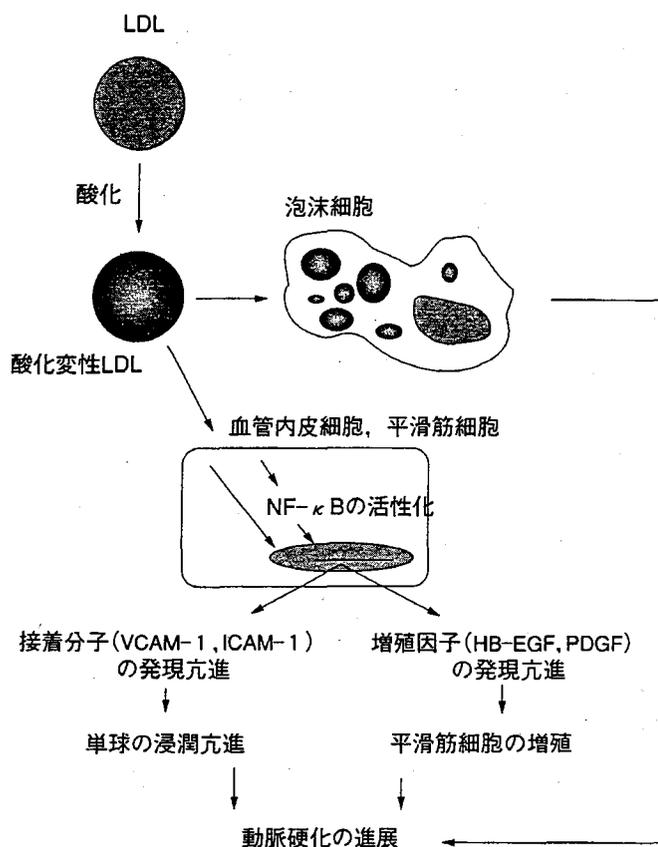


図 3-2 動脈硬化の進展

を意味する用語である。最近、問題になっている心筋梗塞や脳梗塞もこの1つの症状である。

この症状が起きると、一時的に臓器の一部に血液の供給が途絶えることになる。その後、医師の治療などにより、血液が再度流れるようになる。この現象を、虚血-再灌流というが、この症状に伴って活性酸素やフリーラジカルによる障害が発生し、その障害の程度は虚血時よりは再灌流時には遙かに大きい。この現象は正常に血液が流れていれば、活性酸素の生成は殆ど起こらないのに対し、虚血を起こした臓器に再び酸素を供給することで酸素の過剰供給が起こり、ミトコンドリア内に蓄積していた電子が酸素と結合し、スーパーオキシドを生成するために活性酸素が作られるためと理解されている。実験動物でこのような症状を軽減するためには、SODで処理したり、予めビタミンEやユビキノンといった抗酸化剤を多量に投与しておくことで障害を軽減することが可能である。このような現象も虚血-再灌流に伴う様々な障害の予防に抗酸化剤が有効であることを示すものである。最近、アメリカで看護婦や医師などを対象にして、ビタミンEの長期投与が心筋梗塞の発症とそれによる死亡率を低下させるという疫学研究が発表された(表2)。この研究結果も上に述べた活性酸素やフリーラジカルによる

4). 虚血性心疾患

虚血とは、動脈硬化症に見られるように動脈の内腔が狭くなり、血液の流れが正常の50%とか、それ以下に低下したり、出血や血栓などで組織への血液の供給が停止した状態

表 2 医療従事者におけるビタミンE摂取状態と心筋梗塞危険度

ビタミンE栄養状態区分	1 (低)	2	3	4	5 (高)	
食事より 摂取量 (IU/日)	0.3-3.1	3.2-3.9	4.0-4.8	4.9-6.2	6.3-10.0	
危険率 (年齢調整)	1.0	0.97	0.77	0.98	0.79	p = 0.12
ビタミン剤を含む 総摂取量 (IU/日)	1.2-3.1	3.6-4.9	5.0-8.0	8.1-21.5	21.6-100.0	
危険率 (年齢調整)	1.0	1.00	1.15	0.68	0.59	p < 0.01

動脈硬化や血栓症の発症を予防するためには抗酸化剤が有効であることを示したものと見えよう。

5). ガン

ガンには様々なものがある。最近までの研究は疫学的なものを含めて、ビタミンEやβ-カロチンが肺ガン、子宮頸ガンなどの予防に効果を示すことを明らかにしてきた。昨年、中国の林県で行なわれた3万人規模の消化器系のガンの予防のための介入試験では5年3ヶ月の投与実験でビタミンEとβ-カロチン、セレンの混合投与は胃ガンの死亡率を21%低下させ、全てのガンによる死亡率も有意に低下させた(図4)。β-カロチンを始めとするカロチノイドは、特に肺ガン、子宮頸ガンに効果が高い。我々が行なっている研究では、β-カロチンは全ての臓器中で肺に集り易い性質を持っている。このことはβ-カロチンが肺で抗酸化作用を行ない、ガンの発生を防ぐ作用が高いことを示すものと推定される。子宮頸ガンでも血液中のβ-カロチン濃度が低いほどガンや前ガン症状が厳しくなることが示されている。この他、生体抗酸化剤を全て併せた抗酸化指数が高いほど色々なガンの発症率が低下するなど適正な抗酸化剤の摂取がガンの予防には必要であろう。ただ、

抗酸化剤によって効果を示すガンもあれば、少ないガンもあり、これは臓器との親和性、臓器への輸送など他の因子が関係するためと考えてよいであろう。

なお、β-カロチンの抗ガン作用が単に抗酸化作用だけによるものか、細胞内で抗ガン作用を示すためなのか、或いは両方の作用が共に起こるのかについては今後の研究に待つ必要があり、幾つかのデータは何らかのカロチンの抗ガン作用の可能性を示唆している。

6). 皮膚の炎症

最近、オゾン層の破壊などに伴い、紫外線による皮膚ガンや皮膚の炎症などが注目を集めている。このような炎症に対しても、ビタミンEが効果を示すことが明らかにされており、予め、ビタミンEの乳液を局所的に塗布しておくことで、炎症が抑えられ(人やラット)、経口的投与でも効果があるという(表3)。また、発ガン剤を用いたラットやマウスの実験でも、発生する腫瘍の数や腫瘍の程度をビタミンEは軽減するという。これらの炎症には紫外線による一重項酸素やヒドロキシラジカルの生成が原因と考えられるので、ビタミンEは効果を示すものといえる。特に皮膚には脂肪が多く含まれるので、効果が現れやすいといえよう。

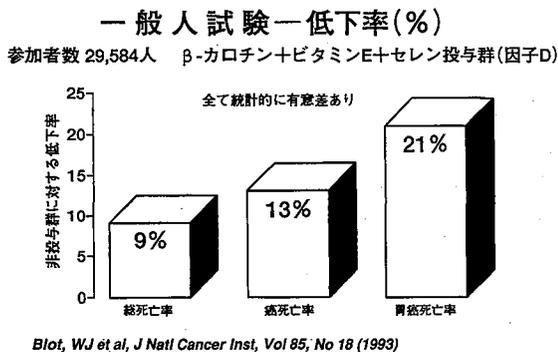


図4 中国 Linxian (林県) における栄養介入試験

表3 サンスクリーン効果

クリームの種類	SPF
ビタミンE なし	1.33
5% ビタミンE (W/O型)	3.60
5% ビタミンE (O/W型)	3.22

7). 大気汚染物質

公害による大気汚染物質は通称オキシダントと呼ばれるように酸化力の強い化合物である。このオキシダントや類似の物質を肺から動物に急性或いは慢性で吸入させると、肺は最終的に繊維化して、機能が弱まる。この際に生体側で起きる防御反応は1つは急速なビタミンEの肺への動員と2, 3日遅れて観察されるグルタチオンペルオキシダーゼ活性の上昇である。この2つの現象はビタミンEが肺の場合第1防御線として機能し、次いで抗酸化酵素系が作用することを示している。この実験ではβ-カロチンは考慮されていないので、今後β-カロチンについても考慮した研究を行なう必要がある。

8). 老化

老化は先に述べたように活性酸素やフリーラジカルと寿命の関係が明らかにされてから、これらの永年的作用の結果としてもたらされるものと理解されよう。しかし、老化といっても、個人差があり、成人病もある意味では老化現象に伴うものとも考えられる。つまり、特定の臓器の老化がその臓器に特有な疾病に結びつくといえよう。勿論、成人病の全てが活性酸素やフリーラジカルで説明できる訳ではない。しかし、老衰など自然に老化が進行して死亡した老人を解剖すると、臓器に老化に伴う老化色素(リポフスチン)が蓄積しているのが観察される。これらの色素は脂肪の酸化物とタンパク質の反応により生じたもので、蛍光をもつ。このことはこのような色素の生成過程に活性酸素やフリーラジカルが関与していることを示すものである。例えば、自然に活性酸素やフリーラジカルが出来たとしても普通は酵素的或いは抗酸化剤の作用で全てを除去することは可能である。しかし、10,000回に1回のミスが永年的に起これば、長い一生を通じるとこのような老化色素

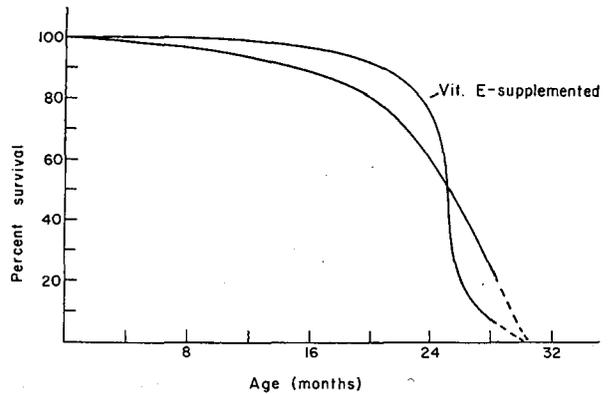


図5 Effects of vitamin E supplementation of the diet of rats on life span. Data adapted from Blackett and Hall [112]

の集積につながるものといえよう。図5はラットの寿命とビタミンEの補給効果の関係をみたもので、通常のビタミンE摂取量よりも多いビタミンEを補給することで、死亡曲線が緩やかになり、若干50%死亡時の月齢が増える。しかし、この差がものすごく大きくないことから、寿命は上述のように種に固有なものと考えられよう。つまり、ある程度健康で老化していく保険のようなものに抗酸化ビタミンがあるといってもいいだろう。

9). その他

(1). プロスタグランジン (PG) 類産生への抗酸化剤の効果

PGは酸化が昂進するような条件、例えば抗酸化剤が不足又は欠乏した条件下で生成が昂進する。そして、PGI₂とTxA₂のバランスをTxA₂の方に偏らせるといった影響を与える。この結果、血液の凝集性が高まり、血栓の危険性を高めたり、梗塞のリスクを大きくすることが予測される。このような点にも活性酸素やフリーラジカルの影響は現れてくものと考えられる。

3. 抗酸化剤の相互作用と望ましい摂取量

抗酸化剤は生体内では互いに相互作用を行っているものと推定されている。例えば、生体膜の表面ではビタミンEとビタミンCが、リポタンパク質表面でも同じことが行なわれているものとin vitroの研究で証明された。最近、我々は初めてin vivoでもビタミンCがビタミンEの消費を節約していることを明らかにした。これは、in vitroでの研究を裏付けるデータと考えている。 β -カロチンについても、脂溶性で極性のある水酸基を持たないことから、リポタンパク質の内部でTGなどの脂肪酸の酸化を抑制するように作用しているものと推定されている。セレンがグルタチオンペルオキシダーゼの構成元素であることは有名であるが、この他グルタチオン、尿酸など多様な抗酸化成分がそれぞれの持ち場で抗酸化作用を分担しており、このような抗酸化システムが全体として動物を酸素の害から守っているものといえよう。このような抗酸化に必要な抗酸化ビタミンなどの望ましい摂取量は人の寿命が長くなり、高齢化社会を迎えたことから栄養所要量の5~10倍は必要といわれている。なお、 β -カロチンについては栄養所要量はないので、ガン予防のためには1日6mgが推奨されている。

以上、述べたように抗酸化剤は1つだけでなく、それらの相互作用が重要であり、またそれぞれが異なった作用環境で生理作用を行っていると考えられるので、全体としてそれらの摂取を図るべきであるといえよう。

<五十嵐先生ご略歴>

五十嵐 脩 (いがらし おさむ)

生年月日：1934年10月20日

1957年 東京大学農学部卒業

1967年 農学博士

1967年 お茶の水女子大学家政学部助教授

1982年 お茶の水女子大学生活環境研究センター教授

1986年 お茶の水女子大学生活環境研究センターセンター長

学 会：日本ビタミン学会 (理事)
日本農芸化学会
日本栄養・食糧学会 (前会長)
過酸化脂質・フリーラジカル学会 等

役 職：厚生省食品衛生調査会委員

I L S I・栄養学レビューに翻訳・投稿、編集に大いに貢献していただいている。

*本講演会は11月4日、学士会館に於て油脂の栄養と健康研究部会の主催により行われたものです。

本講演会には、P & G社のDr. Greg Allgoodsよる「オレステラとその安全性」という講演がありました。54号に質疑応答と共に講演録を掲載致します。

砂糖をどう評価するか — ところと砂糖 —

からだは砂糖にどう反応するか



大阪大学名誉教授
日本生理学会特別会員

河村 洋二郎

はじめに

砂糖について論じるのに先だって、生理学的立場から最初に示しておきたいことは、われわれの体の生理的機能はどのようなものであっても総てわれわれが生きていくために、また健康な生活を維持するために多かれ少なかれ必要であることである。当然のことであるが食べ物の味を関知する味覚機能についても、甘い、うま味、塩からい、苦い、酸っぱいは基本的な味であり、これらの味を感じ分ける味覚機能は、われわれが食生活にこれらの味要素、またこれらの味を感じる機能を軽視するような考え方は人間的な生活を誤らせる危険があると言える。例えば、苦いものは毒物の味であるという、世の中から苦い味のものを取り除けと短絡的に考える人はいないであろうが、甘味については問題である。砂糖はムシ歯の原因を作るとか、糖尿病をおこす危険があると言うだけで、人間の長い歴史経過の中で常に大切にされてきた砂糖が此処10年ばかりの間に急に悪者扱いされるようになったのも奇妙である。それだけでなく、さ

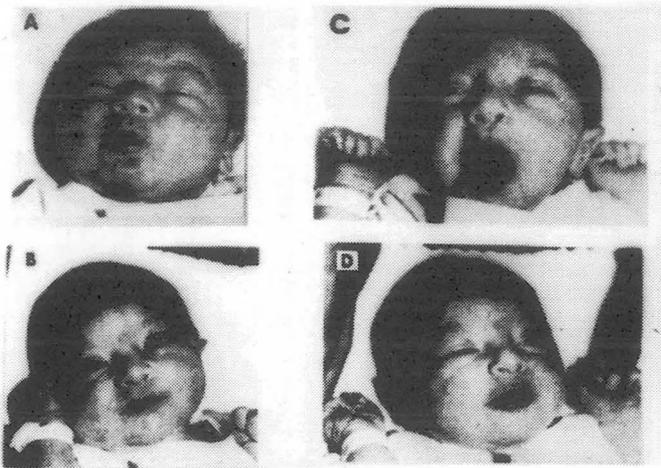
らに甘い味を否定的に考える傾向さえ生じている。

甘い味の砂糖はわれわれの食べ物の中でエネルギー源として極めて大切な物質であるが、甘い味のものは糖質だけでなくモネリン (monelin) やタウマチン (Thaumatococcus) のように蛋白質で甘味をもつものもある。また甘い味を持つ糖質にはデンプン、ショ糖 (砂糖)、果糖 (果物の甘味成分)、ブドウ糖、麦芽糖、乳糖など多くの糖類があるし、食品科学の進歩によって各種の人工甘味料が開発され市販されるようになった。前記の各種糖類は同じ濃度でも甘味はずいぶんと相違している。甘さはフルクトース、蔗糖、グルコース、マルトースの順に弱くなる。

そもそも食べ物としての砂糖の甘味は人には極めて好ましいものであり、能率的なエネルギー源であるため、人が肉体活動を行った時には特に生体の内なる欲求が人々の心に砂糖を引きつけたと言えよう。図1に示したように未だ目も十分見えず、手足も自由に動かしえない、言葉も話せない生まれたての新生

ILSI JAPAN Lecture
"How to Evaluate Sugar"
-Sugar & Brain Functioning -
* Biological Responses Induced by
Sugar Intake

Dr. YOJIRO KAWAMURA
Honorary Professor,
Osaka University



A : すっぱい味 B : 水
C : にがい味 D : 甘い味

図1 各種味質溶液に対する新生児の表情
(Dr. Steiner の好意による)

児でさえ、甘い、塩からい、酸っぱい、苦い味の水溶液にそれぞれはっきりと違った表情を示す。甘い砂糖水には心よい表情を示している (Steiner, 1973) 1)。口は生命を維持するために欠かせない食と飲水をつかさどる大変重要な器官である。そうであるから運動や感覚の機能は、体の他の部分に比べて比較的早期に発育し機能するだけでなく高齢になっても死ぬまで口は働かねばならない器官である。

このような理由で人の食生活と砂糖との関係について考える場合には口の機能との関連を重視しなければならない。

さらに一般に食べるものや飲み物について、それを欲求し食行動を誘発したり逆に食行動を抑制したりする生理的メカニズムは砂糖欲求の原点でもあり十分考慮すべきである。そうすることによって各種の糖質や甘味物質についての取り扱いあるいは今後の甘味料の開発について留意すべき点が具体的に明らかになるであろう。

従来から食べ物としての面 (物資面) から砂糖の化学的性質や栄養学的価値については研究も多く、かつ研究は広範囲にわたって

て成書も多い。しかし前記の砂糖を口から取り入れることによって誘発される生体反応は比較的研究も少なく配慮に欠けていたと言える。以上の理由からこの論説では2つの点を中心に論旨を展開することにした。その1つは求心性神経 (感覚神経) を介する情報によって生じる生体反応とそのメカニズムであり、第2は砂糖の嗜好を形成するのに関係する生理学的メカニズムである。これらを概略まとめると図2に示したようになる2)。

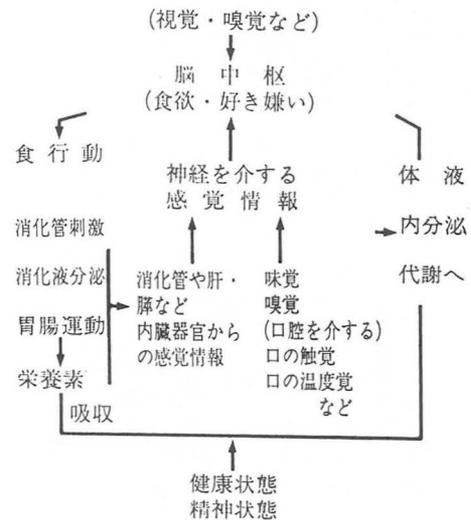


図2 食品の受諾性に関する生理学的要素

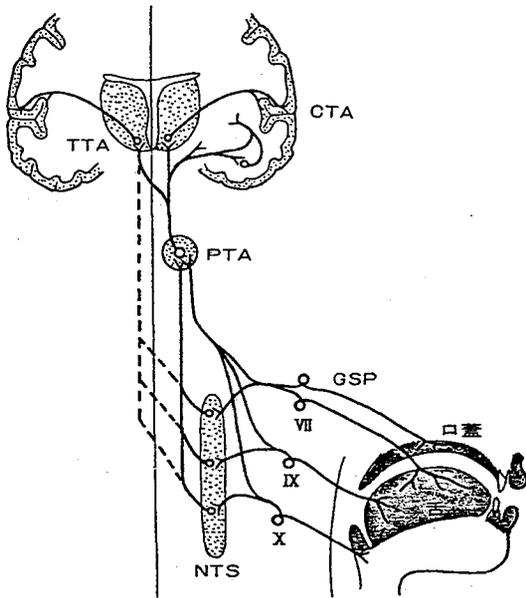
1. 砂糖の甘味刺激により誘発される反応

1. 味細胞での反応

口の中に糖溶液を入れた場合、唾液や水に溶解した糖成分は味蕾を構成している味細胞突端の微細繊毛の膜に吸着する。ここで味受容の最初の反応が生じる。このように化学物質分子によって味細胞が刺激されると、その味質と濃度に応じて、この味細胞と接合している味覚神経にそれぞれ特性のあるインパル

スが発生する。

味細胞は他の神経細胞と同じく、細胞の内部が外部に対し、約30~50mVの負の静止膜電位を持っている。味物質分子が味細胞膜に吸着すると、膜は脱分極して、受容器電位と呼ばれる電位変化が発現する。この受容器電位が十分な値に達すると、味細胞と味覚神経とが合しているシナプス部に化学伝達物質が遊出し、神経にパルスが発生し脳に向かって伝導される(図3)³⁾。



- NTS : 弧束核
 TTA : 視床味覚領
 CTA : 大脳皮質味覚領
 GSP : 大浅錐体神経
 VII : 顔面神経
 IX : 舌咽神経
 X : 迷走神経
 PTA : 橋味覚野

図3 味覚の伝導路

味細胞は多種の味溶液分子と吸着する性質が強く、ある特定の味物質分子とだけ吸着する性質の細胞は比較的少ない。一般に細胞膜はリン脂質やコレステロールなどの脂質とタンパクを主成分としているので、化学物質分

子が細胞膜に吸着するのは、これら構成分子のいずれかと結合することだと言えよう。

蔗糖をはじめ甘味物質がどのようにして味細胞を刺激するかについては、古くから甘味物質に共通にある分子構造が何らかの作用をしていることが考えられてきた。特に糖の甘味度と赤外吸収による分子内水素結合の強さが逆比例することから、甘味は分子内水素結合を作らない一対の水素受容基と水素供与基によって、受容膜との間に2個の水素結合が生じることが甘味発生の鍵であると考えられる(Schallenberger⁴⁾)。この考え方は甘味物質について広く適用可能であるが、これでお説明のつかない甘味物質もいくつか存在している。

味細胞タンパクで、糖分子と複合体を形成するものを甘味受容タンパク(Sweet-sensitive protein)と名づけている。また、D-メチオニン、D-アスパラギンなど甘味のあるアミノ酸も、前記複合体を作るが、甘味のないL-アスパラギンやメチオニンなどは、味細胞膜の甘味受容タンパクとは結合しない。また、ネコは甘味に対して感受性がないが、ネコの舌上皮には甘味受容タンパクは認められないし、味覚神経を切断して味蕾を退化させたラットの舌上皮には甘味受容タンパクが減少していることも、またタンパク分解酵素プロテアーゼで処理した舌は酸や苦味物質を与えたとき味覚神経に無処置のときと同じく反応インパルスを生じさせたのに甘味物質に対する反応だけは消失することが認められて甘味物質に対する味細胞の受容体がタンパクであることは明らかである⁵⁾。

2. 味覚神経での現象

味覚神経線維は比較的直径の細かい数ミクロン以下の線維であって、動物によってこの味覚神経線維の数は異なっている。味蕾の中にある味細胞は味覚神経の末端とシナプス

結合していて味細胞が刺激され十分に脱分極するとシナプスを介し味覚神経線維にインパルスを生じさせ脳に味の情報を伝える。味細胞の性質によって味覚神経線維が脳へ送る情報のパターンがそれぞれ異なっている。少なくとも大部分は異なったいくつかの味の情報を脳に送っている。

舌や口腔粘膜にある味蕾から脳へ味情報を伝える味覚神経は鼓索神経、舌咽神経および迷走神経である。舌や口腔の前2/3の味覚は主として鼓索神経を介し、舌後部や口腔後部および咽頭部の味覚情報は舌咽神経を介し、さらに喉頭蓋部や舌の後部正中部は迷走神経によって支配される(図3)。

口蓋部の味覚は軟口蓋部に存在している味細胞から大錐体神経の関与を軽視できない。また人では舌咽神経が以前考えられていた以上に広く舌の前部にまで線維をのびしていることや、鼓索神経についても舌の中で左右交叉している線維もあり、支配範囲が広いことが知られている。このような理由で、1つの味覚神経が傷害を受けてもただちに全体的な味覚傷害は生じない。

さて、舌表面に味溶液を与えると、触や圧の刺激で誘発される活動電位に比べてかなり小さな味覚神経の活動電位が記録できる。味覚神経は沢山の神経線維によって構成されているので前記活動電位はこれら神経線維のインパルスの集合として記録される。電氣的積分回路を用いて平滑化した曲線として記録し、曲線の高さから反応を量的にまた時間経過を記録する。

いずれにしても各種の味質に反応し情報を送る味覚神経線維が多いことから考えて、脳に伝えられる味の情報インパルスの量的、時間的パターンによって味の感覚が左右される。なお1本の味覚神経線維のインパルス頻度は与えた味溶液の濃度が増すと濃度の対数に比例して増加する。感じる味の強さは味覚神経

を伝わるインパルス頻度に比例して高まることがわかっている。なおネコには蔗糖を舌に与えても、これに反応する味細胞はないため味覚神経からはインパルスは生じない。このように味覚については著明な動物差のあることも留意すべきである。

3. 中枢神経系での味覚現象

口から味覚神経を介する味の情報は図3に示したようにまず延髄の弧束核ニューロンによって受け取られる。弧束核(NTS)にある味覚の第2次ニューロンの線維は人では反対側に交叉し反対側の内側毛帯の中を視床に向かって上行する。この第2次味覚ニューロンは視床の腹側核後内側部(TTA)にある第3次ニューロンに情報を伝える。味の情報はこの第3次ニューロンから最終的に大脳皮質の味覚領のニューロンに伝達され、味が感覚される。大脳皮質の味覚領は下前頭回の弁蓋部および島回転などにある。但し、ネコやラットには橋(pons)の背側部に味覚刺激に応じて反応する細胞集団のあることが認められていて、橋部味覚領(pontine taste area, PTAと略す)と呼ばれている。人についてはPTAの存在は認められていない。

弧束核の味覚第2次ニューロンは第1次ニューロンと同じく、2つ以上の異なった味質に応答を示す性質が認められていて、末梢から到達した味の情報がこの部分で特に強く修飾されることはない。

視床の味覚ニューロンは、主として視床の後部腹側にあり、口からの触角受容ニューロンの分布域より内側部に存在している。

いずれにしても砂糖の甘味情報は脳皮質の味覚領ニューロンに到達して甘い味を感覚させ、この情報は大脳の前頭部その他に、具体的にリンゴの甘味、あるいは飴の甘味などと知覚することになる。

II. 砂糖の嗜好形成に関係する生理的メカニズム

生体は、体がその時に必要としている栄養素に対して強く引きつけられる性質を持っている。例えば、副腎皮質を摘出したラットは尿を介して大量の Na を失うので食塩水を強く求める。正常のラットでは副腎皮質からの鉱質代謝ホルモンであるアルドステロンが腎の細尿管を介して Na の再吸収を促進しているため血中 Na 濃度は一定に保たれている。しかし副腎摘出ラットではこの機能がなくなるため尿中に多量の Na を失うことになる。このように生体が必要とする栄養素には味覚が密に関与していて、必要な栄養素には味覚が鋭敏になり、それを味わった時には動物は好ましい感覚が生じるのであろう。人についても似たような味による食物選択能力が存在している。人類が野生的原始生活をしていた原始時代には恐らく人にもラットに認められるように生体感覚によって必要な栄養素を求めていたことが想像できる。

しかし、人類は野生の自然食を探し求め、野生動物をとって食べていた食生活から自ら食べ物を作る生活を工夫し、食生活パターンは急激に変化した。特に近代社会では科学技術の進歩発展と食品科学の進展によって多くの人工食品や加工食品が開発され普及している。このような食生活の変化は、近代社会生活に適合して自然発生的に必然的に生じた現象であって、いろいろと矛盾や合理性を含んだ近代食生活が今後どのように経過するかは気にかかる問題である。このように食生活の変化をあながち強く否定するのもまた問題であり、これに馴れ、習慣づけられた若い世代の今後の人生や寿命にいかに関与するかが問題である。それゆえ、人類にとって本来好ましい食生活はどのようにあるべきかを検討することが大切であり、それは食べ物を物としての面からのみ見るのではなく、食べ物と、

これを食べる人の生理的機能と関連づけて理解しなければならない。

1. おいしさと味覚

人間のための食べ物や飲み物が持っている必要条件には図4に示したように、食べ物として備えなければならない条件と食べるひとの側に立った条件の2面性がある。食品については従来ややもすれば物質としての問題要素が協調され、食べる人の側の問題は案外食生活については等閑視されてきたと言えよう。

I	物質としての問題
1.	安全性
2.	栄養価, カロリー
3.	経済性
a	食べられる効率
b	成熟に要する時間要素
c	栽培, 飼育に関する要素
d	保存, 輸送に関する要素
II	食べる生体側にとっての問題
1.	受容性 (おいしさ)
2.	咀嚼本能への満足性 (噛みごたえ)
3.	消化・吸収性・排泄性
4.	代謝への効率性
5.	生体機能調節効果

図4 食品としての必要な属性

食品の受け入れかたは人の感覚機能と感性に訴える食品の性質が問題である。これらの感覚要素についてはすでに図2に示したように、少なくとも異なった4系統がある。

1) 食べ物や飲料を口に取り入れる前に働く感覚要素

食品や飲料の色や形、大きさなど視覚に訴える要素、匂い、さらに食器の音やおのベル音や、その食べ物についての話を聞くことによって、実際に食べるまでに食品の好き嫌いの気持が刺激される。

2) 食品や飲料を口に取り入れることによって刺激させる感覚要素

食品や飲料の嗜好に最も協力的に作用し、その受け入れを左右させる因子は食べ物を口腔に入れてからの刺激であって前記の口に入れるまでの感覚刺激は「おいしそう」または「まずそう」の感性を生じさせるだけで「おいしさ」「まずさ」そのものではない。

口に取り入れられて刺激される主要な感覚要素は味覚（味）および舌や口腔、咽頭粘膜などの触覚・圧覚（テクスチャー）、冷温覚、さらに歯ごたえや噛んだ時に生じる音や振動などは食品の嗜好評価に第1義的に働く要素である。

3) 嚥下された食べ物が胃腸管などを刺激することによって生じる感覚要素

胃腸管壁が伸展したり、収縮したり、緊張を増すことによって生じる求心性情報が考えられる。

4) 食品の栄養素が腸管より吸収され、循環系に入って直接脳や各種臓器に働きかける要素

例えば血糖値の上昇によって視床下部外側部にある食中枢（Feeding Center）のグルコース感受性ニューロンの活動は抑制され、視床下部内側部の満腹中枢（Satiety Center）のニューロン活動が刺激され、食品の受け入れに影響が生じる。

5) 学習により獲得される生理的要素

砂糖の受け入れにはその甘味が主体的に働いているが、食文化、宗教、生活環境、食事環境、教養、衛生並びに栄養意識、生活水準、精神状態、過去の食体験など多くの生後の生活を介して体験・学習した知識と感性がたべものの受け入れに強く関与している。

ラットについて生後糖を与えて飼育したグループと糖を全く与えないで飼育したグルー

プについて、甘味に対する嗜好テストを行っても、ラットは元来甘い味を好むため両グループに差は生じない。このことは当然の結果である。しかし、糖を与えて直後にリチウムクロライド（LiCl）を静注すれば中毒症状を呈するが2～3日で完全に回復する。それ以後ラットは砂糖を嫌って飲まなくなる。

これは拒否条件付け（aversive conditioning）と名づけられている。このように糖溶液を与えた場合、正常のラットでは食中枢が刺激され、満腹中枢の活動は抑制され砂糖水を飲むのに対して、拒否条件付けを行ったラットでは、砂糖水を飲むと食中枢が抑制され、飽満中枢が活動すると考えられる⁹⁾。人についても砂糖の甘味に結びついて嫌な体験があれば、その後甘い味を嫌うようになることが予想できる。

おわりに

食品と人間生活との間には考慮しなければならない多くの要素がある。砂糖についても短絡的にその食品としての評価を云々するのではなく、原点に帰って砂糖と人との関係を静かに思い返してみることが大切である。そのことを介して、今後の甘味料がどのようにあるべきかもわかってくるであろう。

食べる楽しさが奪われた時の欲求不満は何にも増して強く、人が人間らしく生きるためにも、長い人間の食生活の歴史を通じて尊重されてきた砂糖について、人間科学的に生理学的視点から再評価すべきであろう。

参考文献

- 1) Steiner, J.E. : The gustofacial responses, observation on normal and anencephalic newborn infants. Oral Sensation and Perception, Ed., by Boma, NIH, Bethesda, pp., 254-278, 1973
- 2) 河村洋二郎：第2章うま味物質の味覚特

- 性、吉田、堀込編、おいしい食品開発技術、工業技術会、東京、pp.19, 1991
- 3) 河村洋二郎：味覚生理学からみた砂糖、砂糖とむし歯、森岡編、クインテッセン出版、東京、pp.54, 1979
- 4) Schallenberger, R.S. and Acree, T.E: molecular theory of sweet taste, *Nature*, 216, 480-482, 1967
- 5) 日地康武：舌上皮の甘味受容蛋白、日本医師会雑誌、69 (11, 12)、1432-1436, 1972
- 6) Aleksanyan, Z.A., Buresova, O. and Bures, J.: modification of unit Responses to Gustatory Stimuli by Conditioned Taste Aversion in Rats, *Physiolo. & Behavior*, 17, 173-179, 1976

* 本講演会は、1997年9月18日野口英世記念館において砂糖研究部会の主催により行われたものです。

<河村先生ご略歴>

河村 洋二郎 (かわむら ようじろう)

- 1946年 大阪帝国大学医学部医学科卒 医師
1951年 大阪帝国大学歯学部講師
1952年 医学博士 (実験的神経症に関する研究)
1954年 大阪帝国大学歯学部助教授
1959年 大阪大学教授 (歯学部口腔生理学)
1960年 アメリカ・ロックフェラー財団フェロー、カルフォルニア大学 (UCLA) 医学部生理学客員教授 (1年)
1969年 大阪大学歯学部部長 (4期8年)
1985年 大阪大学定年退官、大阪大学名誉教授、甲子園大学栄養学部教授
1986年 甲子園大学栄養学部長
1988年 甲子園大学長
1997年 甲子園大学学長定年規定により退職

主な現職：

健康科学振興財団理事、世界PDヘルスケア協会理事長、味の素食品総合研究所技術顧問、松下電工健康科学研究所顧問等を兼任

主な受賞：

- 1976年 IADRより国際科学賞
1980年 スウェーデン王室並びに政府よりノーザンスター勲章
1987年 スイス・チューリッヒ大学名誉医学博士
1997年 勲二等瑞宝賞など

砂糖をどう評価するか — ところと砂糖 —

糖と脳の機能

ウェールズ スウォンジー大学 教授
D. ベントン



本日は日本国際生命科学協会のILSI ジャパンセミナーにお招きを受けまして、過去15年に渡って専門として関心を寄せてまいりました課題に関してお話する機会を与えられて大変喜んでおります。

河村先生の御講演の中で、昨今ショ糖に関してはいろいろと悪者扱いされているのではないかと御指摘がございました。本日私の講演では、糖はプラスのもの、貢献があるものであるというデータをご覧いただきたいと思っております。

まず、糖が人間に対して悪い影響を及ぼすと言われていることについて、三つ程お話ししようと思っております。

精製された糖、例えばショ糖を取り過ぎるとビタミンや、ミネラルの欠乏やバランスといった絡みで問題があるというようなことが言われています。

ただ、実際問題としてそれほど問題はおこらないのではないかとと思うのです。糖だけを

取り過ぎるといことはなかなか無いわけで、糖を多く摂取する方というのは、だいたいにおいて大食で、その他の食事もたくさん召し上がるのでビタミン、ミネラルの欠乏や、バランスが悪いということはないと思われま

す。次にこれは米国などで広くいわれている一つの説なのですが、糖を多く摂取すると機能亢進、ハイパーアクティビティを起こすのではないかといわれます。

これに関してはかなり組織的な研究が行われましたが、多くの児童において糖を取ったからといって、ハイパーアクティビティが起こるといような反応等は認められませんでした。児童においてこのハイパーアクティビティが起こるにはいろいろな理由があるわけで、まれに少数の児童においては、食物の摂取によって行動に影響が出るということもあるかと思っております。

いろいろ行なわれた研究の中で一つの例をあげると、ある子供のサブグループの行動が、

特定食品によって影響を受けるかどうかを調べた研究があります。影響性の高低を列挙すると、糖はいろいろな食品の種類の中でも非常に順位が低い。また似たような研究で食品で30種類ぐらいがリストされていましたが、確か糖はその中でも精々16位ぐらいだったと記憶しております。

また、糖の摂取によって血糖値が上がり、高血糖症状になるということと低血糖症状が引き起こされるというようなことがいわれています。

ところがこういった状況が起こるのは大変希なことで、よほど極端な実験条件で設定されているような例外的なことでもなければ起こらないし、又はごく希な少ない個人においてということなのです。

今日は、血中のグルコースの濃度を例えばショ糖、その他の食品を摂取することによって上昇させた場合に、記憶力の改善が達成できるのではないかというデータ等を説明したいと思います。

今日の講演の中で紹介する様々な研究は、主にグルコース投与によって研究されたものであります。それは多くのこの分野の研究者は、実験にグルコースは利用するけれど、ショ糖はあまり使わないというためです。ということで私は、グルコースのいろいろな作用について話をしますが、はっきりとした確約は断言できませんが、おそらくショ糖でも同じような作用があるのではないかと思います。本日の講演で私がシュガー、糖といいますとだいたいそれはグルコースを意味しています。ここで本講演の内容を簡単にご紹介します。

従来、脳はよほど異常な状況下でない限り、良好なグルコースの供給をうけていると思われていました。それに対して私は疑問符を付けておきたいと思えます。脳に対する糖の供給状態が絶えず良好かということ疑問視し

て、グルコースの入った飲み物などの与える影響を調べたデータがありますので、その研究の結果なども報告したいと思えます。と言うのは、従来信じていたように、人間の脳が常に十分なグルコースを良好な形で供給を受けた状況で存在するならば、グルコース入りのドリンクを飲んでもなんら脳に対しては影響が出ない、又はそれが作用しないはずなのです。しかしながらいろいろな影響を受けるデータがありますので、それを報告したいと思えます。

次に、血中のグルコース濃度を制御する能力には個人差があるということについてお話をします。それにより、例えば記憶などの能力等にも差が出るということもあります。そしてその時の作用機序についての話をした後、最後に特定の問題として朝食を取る場合の是非ということについての話をしたいと思えます。

それではまず、脳によるグルコースの利用についてお話します。

脳の重量は人間の体重の僅か2%にしかすぎません。ところが脳の代謝は大変活発で、人体の活動、代謝活動の20%から30%に該当します。ということは人体の臓器の中で脳こそは代謝的に大変活発な活動をしている臓器ということになります。また、脳というのは他の臓器と違って、グルコースのみをそのエネルギー源として使用しているわけです。筋肉などの場合、グリコーゲンの形で貯蔵しておき、それを分解し、エネルギーとして利用するわけです。確かに脳の中にはグリコーゲンもごく少量存在します。しかしながらその貯蔵量、存在量はあまりにも限られており、大きな役割をはたしているとは思えません。また、脂肪がエネルギー源として使われるのは、非常に苛酷なタンパク枯渇状況というような例外的な状況のみです。また、グルコースは脳に対して継続した形で供給され続けな

ければなりません。なぜなら、脳の中に貯蔵されている量というのは非常に限られているからです。

ここでポジトロン エミッショントモグラフィというポジトロンCTという実験法について説明します。まず、アイソトープ標識をしたグルコースを血中に注入します。放射性同位元素で標識を付けているので、人体の中でグルコースがどこへ向ってどのように分布していくかということが追跡出来るようになっていきます。

この画像によれば、黄色、赤の部分は大変放射性同位元素が高くあるということを示しており、グルコースが活発に利用されているという状況を示します。

反対に青とか緑の部分は、グルコースの利用量が低いということです。実はこの方は、何か書物を読んでいる状態でした。後頭部の方に近い大脳皮質は、視覚に係わっており、その部分が働いていることがわかります。そして左脳の方が活発に活動しているのが示されています。これは言語をつかさどる中枢です。また、前頭葉のところは活動が見えます。これはいわゆる行動や振舞いをプランニングするところです。

音楽に耳を傾けている状態では、右脳のところにいわゆる刺激に対する反応が見えます。ここの部分は情緒、感情のつかさどられる場所です。この画像では、言語中枢に係わっている左脳部分のところは活動がそれほど高くなっていません。

この種の手法を使って、人間の脳がグルコースをどのように利用しているかを調べることができます。放射性同位元素で標識したグルコースが、血流に入ってからだいたい1分から2分ぐらいでこのように画像の中に現れます。ということは、ある程度の用量のグルコースを血液中に投与すると、1～2分の間で脳にそれがとどくということになります。

ただ、分布される領域を見ると、脳全体に渡っていくわけではなく、グルコースはあくまでも脳が活動している活発な分野に向かって分布しています。こういったデータを見てみると、人間の脳はいろいろな活動をして機能してくると、そこに対して血流が集中していく。ということで血中に含まれているグルコースもそこへとどけられるようです。

血中グルコース濃度が下がり、いわゆる低血糖の状態になると、副腎からエピネフリンが放出され、このエピネフリンが肝臓に働きかけてグルコースの放出を促します。低血糖になると脳にグルコース不足、欠乏がおこり、言語障害（いわゆる言葉がゆっくりになってしまうとか）や、視覚障害（視覚がにじんでしまうとか、はっきり見えなくなる）がおこります。これよりも少し血糖濃度が高い状態では、自覚するほどの障害ではないのですが実際にはおこりうる状態です。そうになると認識能力が低下してしまうために応答時間、反応時間に影響がでます。ただし検査でもしなければそれは計測できない、判定できないということです。

従来考えられてきた適正血糖値で、人間の脳が十分に保護されているのかどうか私は疑問をもっています。このことに関するデータを示したいと思います。

適正血糖値の範囲であれば、グルコースの供給水準は十分に足りているということは次のような大変論理的なメカニズムで説明されています。

人が食事をとると消化され、腸管から吸収されたものが血糖値を上昇させます。ところが適正血糖値の範囲を上回って血糖値が高くなると、インスリンが分泌され、グルコースはグリコーゲンの形で肝臓に貯蔵されます。血糖値が下がってくると、グルカゴンとかエピネフリンのようなホルモンが出て調整をするわけです。

今日お話しする内容の2番目は、グルコース入りの飲み物を摂取した場合に認識能力にどのような影響を及ぼすかということです。

まず最初に実生活に関連した状況での研究についてお話をします。

図1はドイツで行われた研究で、運転シュミレーターを使っての実験です。シュミレーター上で車の運転をし、道路から外れてしまったり、落ちてしまったというのをエラーとして数えました。縦軸に運転エラー、横軸に走行距離を示しています。

被験者を2群に分け、片方にグルコース入り飲料、もう片方にプラセボを与えました。最初の何キロメートルかまでは差がありませんが、110キロあたりを見て下さい。プラセボ群に比べて、グルコース飲料を飲んだ人の方がよりシュミレーターにおけるエラーが少なくなっています。ということは、脳のグルコースの供給に対する要求がかなり長時間に渡って続いた場合に、グルコース摂取のメリットが出てくるというような印象があります。

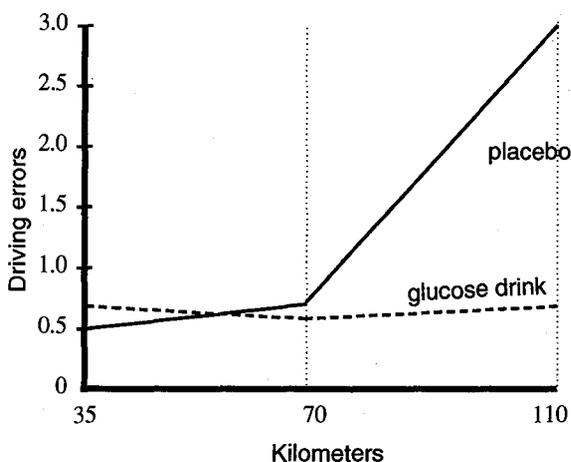


図1

図2は英国の金属加工所で働いている作業員のデータです。

こういった職種の方は、朝食を取らずに大変早朝から働き始めます。午前中の半ばぐらいに休憩をし、朝食を食べます。

黒塗りの方がグルコース入り飲料を与えた場合です。グレーが人工甘味料、低エネルギーの飲み物を与えられた作業員群です。数ヶ月に渡った調査期間中に、作業員が起こしたいろいろな事故を記録しました。そして事故件数を縦軸に表わしています。左側が午前中の件数です。グルコース入り飲料をとった作業員のほうがプラセボ群に比べてずっと事故を起こす件数が押さえられています。

次の研究は、記憶力に対しての影響を見えています。この分野における研究は、非常に数が多いので、内容をまとめてお話しします。だいたいの実験のやり方は、被験者に対し言葉又はストーリーを知らせます。そしてそれになるべく覚えておくという形です。

いろいろな研究で共通している結果は若年

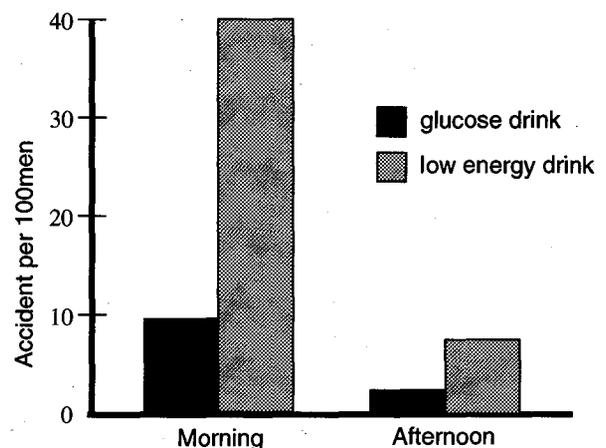


図2

者と比べて、年長者、又は高齢者のほうが記憶に対するグルコース飲料によるポジティブな効果が大いであるということです。しかしながら、若い健康な成人を対象とした研究でもやはり、グルコースによる記憶力に関するプラスの作用が認められています。また、記憶ではなく、言語力等に関しても大変良いプラスの影響があるということがわかっています。

認識能力を改善するとしていくつかの薬剤が知られています。これらの薬剤の中には脳血液関門を通過しないものもあります。ということは必ずしも血中に含まれているものが、脳に届けられるわけではないということです。またこういった薬剤の中に、脳に直接投与しても効果がないものもあります。さらに、副腎摘出手術をすると、これらの薬剤は効かないという知見があります。

これらの研究結果から次のようなことが推察されます。副腎からエピネフリンが分泌され、それによってエピネフリンが肝臓を刺激し、グリコーゲンをグルコースに変換します。グルコースは脳に転送され、アセチルコリンという神経伝達物質の生成を高めます。これについては後程取り上げたいと思いますが、アセチルコリンというのは人間の記憶にとって大きな役割があることがよく知られています。要するに薬剤は、副腎のエピネフリン分泌に対して作用していると思われる。記憶に関してはこの他にもいろいろと重要なことがかかわっていると思われる。

次に、脳に対して過大であったり、又は長期にわたるような要求をかけるような課題設定で実験を行いました。

これは言語が流暢であるかどうか注目したテストです。被験者に対してアルファベットを指示し、それを頭文字とした単語を思い付けるだけ、1分間で言わせるというようなテストです。被験者を二群にわけて、一つはグルコース投与群、一つはプラセボ群とし、

摂取する以前と後にテストを行いました。すると、摂取する前の段階ではこれら二群の間に有意差はありません。ところが、摂取後のテストでは、グルコース飲料を飲んだ方の群がより多くの言葉を思い付いています。

次のテストは、脳の持つ企画力、計画力をみます。迷路のテストで、えんぴつを持たせて出口から通り抜けて出るのをどのようにプランニングするかを見ます。エラーをしたらそこでお終いです。その失敗したところで、新しいシートでもう一回やり直しというふうに一からやらせるわけです。つまり鉛筆を動かすことに関して事前に脳としてどれだけ計画できるかということになります。ですから大変プランニング力が優れた人は短時間で出来るということになります。

簡単なテストでは二つの被験者間に差はありません。グルコースを飲もうが飲むまいがだいたい成績も同じです。しかし、難しいテストでは非常に差が出ます。プラセボ群の方はグルコース飲料を飲んだ群に比べてかなり成功するのに時間がかかってしまいます。

言語の流暢性を調べたテストも、やはり予め戦略を立てることが必要になります。例えばこの試験の場合には、予め指定されたアルファベットに対して言葉をなるべくたくさん言おうというような戦略をたてるわけです。たとえば花の中にはどんなものがあるか、ついで動物の中だったら、というふうに戦略を立てる。そういうことに優れた人がたくさん言葉を思い付くわけです。

これらのテストでは、前頭葉に損傷を受けた人（例えば交通事故などで前頭葉に損傷を受けた人）は、大変成績が悪いという結果がでています。つまり前頭葉部分というのは、行動を予めどのようにするかプランニングをする全体的な調整や、思考力、実行力といったものをつかさどるからです。ですから前頭葉に損傷がある場合には、前述したように

機能が不全になりますが、高濃度のグルコースを投与すると改善がみられます。

(10分休憩—ドリンクサービス)

前半部分ではドリンクを飲んでいただかないままお聞きいただいたので忘れておしまいなのではないかと心配しておりましたが、後半は必ずや聞いたことは覚えていてくださるかと思えます。

ここからはグルコースに対する個人の反応、応答差ということを取り上げたいと思います。個々の人のグルコースに対するその反応性、応答性を評価するために、医学ではGTTと言う耐糖能を見る検査をします。前の晩から絶食をし、朝50グラムのグルコースを投与します。その後何時間か血中のグルコース濃度を追跡するわけです。

糖尿病の人は、短時間で血中のグルコース濃度が急上昇し、そのまま長時間にわたって高い値が続きます。しかし、正常範囲の中でも個人差はあります。例えば、短時間で急激に上昇してから、また急激に減少する人は耐糖能に優れた個人であるというふうに言えるでしょう。それに対して、上昇したままなかなか下がってこない、時間がかかってしまう人は糖に対する耐性能力が低い人ということになります。

あらかじめ被験者に対してストーリーを話し、その話を最大限記憶しておくということを要求します。すると、グルコースレベルが短時間にちゃんと下降する耐糖能に優れた人の方がよい結果となりました。また、論理力のテストでも、耐糖能が高い人の方が良い成績が得られます。多くの耐糖能に関する研究をまとめてみると、高齢者、糖尿病患者、加齢ラット、また若い健常人の成人を対象とした研究でも、耐糖能が優れている人の方が、記憶に関しては良い成績結果が認められています。

今日はいわゆる気分というか、ムードとグルコースの関連性を研究したものを取り上げ

てお話すつもりはないのですが、血糖値が高いほうがより落ち着いているということが言われています。ただしその影響量は、非常に小さいということです。

ペルーに住むクオーラーと呼ばれるインディアンを対象とした研究があります。人類学者のデータでもクオーラーインディアンというのは、最も暴力的、攻撃的な部族です。この調査研究者は、暴力的行為を何人の人を殺したかという、殺した人数でカウントしました。GTTで、血中グルコース濃度が速く下がる人の方がたくさん人を殺したという結果でした。

また、フィンランドの心理学者ビルクネンは、刑務所の中の囚人のGTTとインスリンの放出量を調べました。彼の研究によると、いわゆる暴力犯罪と非暴力犯罪者の人達のGTTの結果に、何倍もの差があるということが分かりました。また、暴力犯罪者の方が、インスリンの放出量が高いという結果も出ています。

学部 of 学生を対象とした私自身の調査でも、非常に簡単にカッとしやすい、非常にイライラしやすいと自分で自覚をしている人達のGTTを見たところ、血糖値が短時間で下がるという結果が出ています。

この研究では、被験者に対しほとんど不可能な難しいビデオゲームを与えました。つまりイライラさせて、その行動を観察することにしました。そして陰で見ておまして、被験者がイライラしたあげく、机を叩いたり、機械を叩いたり、又は悪態をついたり、それでネガティブな行動があった時にそれを記録するということをしたわけです。実際それだけでは、攻撃力を顕在化させないかもしれないと推察し、もう一つファクターを加えて設定しました。私共に大変綺麗な女性の研究助手の人がいまして、その人にこの実験調査を運営させたわけです。この被験者は皆男性だ

ったのですが、予め決めてあったタイミングで女性が次のようなことを言います。

“だいたい他の人はあなたよりもう少しまいわよ。”と。

これは口答による侮辱ということで、非常に効果を発揮します。プラセボ群はグルコース飲料を飲んだ被験者群に比べてイライラ度が非常に激しく、違った行動をとりました。

このグルコースが作用する機序として、中枢つまり脳に対して何等かの作用があるのかということをもまず最初に取り上げます。

記憶に関してアセチルコリンという神経伝達物質は、大きな役割を果たしています。アルツハイマー型老人性痴呆症は、記憶が非常に大きく喪失してしまうという特徴を持ちます。また、神経伝達物質としてアセチルコリンが作用する神経細胞が破壊されているという特徴も持ちます。

アセチルコリンに対して作用するような薬剤を使ってみると、それが記憶にも影響するということがデータとして分かっています。例えばアセチルコリンをブロックするような薬剤を使って調べると、新しい情報の記憶に関して障害が出ます。アセチルコリンと血中のグルコースとの関係を図3に示しました。

グルコースは、何段階もの生化学的なステップを踏んで分解され、クエン酸回路に入り、エネルギーという形で、体のいろいろな部分で消費されます。一方で、同時にグルコースはアセチルCoAを産生し、コリンアセチルトランスフェラーゼという酵素の働きでアセチルコリンに変換されます。要するにアセチルコリンの前駆体であるグルコースが増加すれば、アセチルコリンの合成も増加するというわけです。

実験動物を使った研究では、グルコースを投与すると、アセチルコリンの産生、放出が増大し、記憶が改善されるというようなデータが出ています。つまりアセチルコリンが増

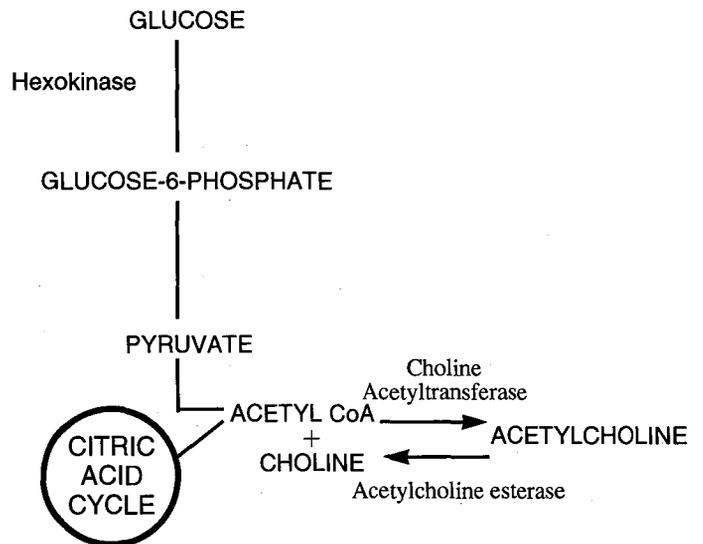


図3

大することによって記憶が良くなるというデータです。

アトロピン、スコポラミンなどの薬剤は、アセチルコリンの作用を弱める、又は低下させることがあります。スコポラミンは記憶をブロックしたり、障害をおこさせたりすることがあります。動物に対してスコポラミンとグルコースを両方投与します。そうするとスコポラミンで引き起こされる記憶の障害の作用がグルコースによって、軽減される、抑えられるという結果が出ております。

さて、皆さんが食事をします。またはグルコース入りの飲料などを飲むと、体内にはいろいろな変化がおこります。ですから記憶に関しても、脳にだけではなく、体の脳以外の部分でおこる諸変化が作用するのではないかという可能性も検討しておく必要があります。

まずインスリンについて考えたいと思います。グルコースを注入するとインスリンが放出されます。インスリンはいろいろな体の組織の中でのグルコースの取り込みを促進させ

ますが、脳には作用しません。実験動物では、脳にインスリンを注入すると記憶に障害がおきます。

脳の中の記憶にかかわっているようなところにインスリンのレセプターがあるのではないかということを示唆するようなデータも報告されています。例えばある研究グループの報告で、アルツハイマー患者の場合、インスリンが直接記憶をつかさどる脳の部位に直接作用しているということを示唆していますが、そのデータは、アルツハイマー病のような異常な健康状態時に限定された作用のようです。

次にエピネフリンの作用です。つまり、エピネフリンによってグルコースが放出されるのであれば、実際のいろいろな作用はグルコースそのものではなくて、もしかしたらエピネフリンの作用なのではないかという考えを主張する方もあるかもしれません。しかし、少なくとも実験動物のデータではこの主張は否定されると思います。実験動物で副腎を摘出して、エピネフリンが出ていない状態になっても、グルコースのいろいろな作用が低下したり、減少したりすることはありません。

次に肝臓です。確かに肝臓から脳に至るさまざまな代謝経路のどこかを遮断すると、グルコースによる記憶の増強効果に影響が出ています。

ということでデータを見る限り、このグルコースの作用というのは脳の中樞のレベル、それから脳以外の双方にありうると思います。実際にはグルコースが及ぼす作用というのは様々な多くのファクターがかかわっているのではないかと思います。

最後のトピックとして今日お話するのは、食事の与える影響であります。とくに朝食ということです。

朝食抜きは記憶に良くないというデータがますます蓄積されつつあります。これはいわゆる研究室におきます実験データに限りませ

ん。学童のような実生活での研究データでもそういうデータになっております。

まずたとえば朝食を取った被験者群と、取らなかった被験者群に分け、それぞれの群をさらにグルコースを摂取する群とプラセボ群にわけます。例えばまず30の言葉、単語を言って、できるだけたくさん覚えておくというようなテストです。

まず最初にプラセボ群を比べます。成績を見るとやはり朝食を食べた人の方がよかったです。ただ、朝食を抜いたけれどグルコース飲料だけは飲んだという場合には、単語の記憶力はかなり改善しております。朝食は食べないけれど、ドリンクを飲んだという人の成績は朝食を食べたけれどドリンクを飲んでいない人とほぼ同じぐらいの成績です。

グルコースというのは、朝食の果たす作用というのに似た何らかの役割を果たしている。ただそれだけに限定はされないということだと思います。

今日のお話の内容をまとめておきたいと思います。脳は人間の人体の中で最も代謝的に活発な臓器であるということ。また脳は継続したグルコースの供給が必要な臓器であること。そして脳が何らかの機能を果たし始めて活動し始めると、そのかかわっている脳のエリアに対してグルコースに対する要求が発生する。そしてグルコースの供給によって、記憶が改善する。どうもグルコースと記憶には特別な関係があるようであります。

ただ記憶ばかりでなく、例えば要求の厳しい課題に対してその成績にグルコースは貢献する。ただしその要求というのが、ある程度長時間にわたって継続的に厳しい要求が続くような時、たとえば運転のシュミレーターのような課題で差が出てくる。または、その課題がたいへん難しく、脳の特定部位で自分の能力をどうにかして引き伸ばさなければならぬような要求に対して貢献する。またグル

コースの供給による差は、とくに高齢者、高齢者に、より敏感にでる。

最後にこれらの現象にはどうも見るところアセチルコリンが関与しているらしいが、アセチルコリンのみが、すべてではなく、いろいろその他のものもかかわってくると思われる、ということです。

結びにあたりまして、私の一種憶測といえますか、推測を述べさせていただきます。

血糖値によって、記憶が改善されたり作用を受けるということをもとに出发点とします。すなわち血糖値が上昇することによって、記憶力が改善するということは確かであります。

つまりそうすると記憶を増すような、そして記憶力が良くなるような最適な種類の食品をデザインしたり、または食事というものを考案することが可能であろうかと思うのです。もちろんその中には糖質などもいろいろと含まれることになると思います。

今日グルコースがいろいろな作用をするというお話をしましたが、ショ糖も同じような作用があると期待できると思います。

もちろん我々の予想している作用、または効果というのは短期的なものかもしれません。つまり血糖値を短時間に急速に立ち上げますが、それはいわゆる持続をしない短期間のもので、ただ、より複雑な糖質と、例えば糖を組み合わせれば、もっと持続型の、そしてずっと血糖濃度を維持するような食物、または食事に考案することも可能だと思います。ただし食事というのは所詮短期的な作用、または影響しか持たないものかもしれません。例えば朝食を取る、取らないということによってデータを見ると、経時的にその効果が低下していきます。

そういうことが真実ならば、まず朝食なり食事というものの位置付けと、おやつと言いますか、スナックというものの位置付けから

考案することもできると思います。すなわち、血糖値を維持するため、血糖値を良くするために10時と3時のおやつという形も一つのあり方かと思います。これらが本当に効果的であり、良いことかということに関しては、更に将来の研究を待たなければならないと思います。もしこのような食品を製品化することができれば、消費者にとってたいへん興味をそそられる製品になれると思います。

我々全員にとって記憶力というのは非常に重要な能力であります。記憶力なんかいい、いらないという方はいらっしゃらないかと思えます。例えばもし皆さんのお子さんの記憶を良くすることができれば、又は記憶力を改善することができればと想像していただければよいと思います。

記憶及び注意力の低下というのが、加齢によって出てくる最初の問題点、兆候であります。ですからもし記憶力を改善するような食品が製品化できるということになりましたら、老化に対抗するというところで、大変大きな魅力を持つと思います。

今お話したようなことは、今の時点では、あくまでも推測の域を出ません。しかし今日の講演でご報告しましたいろいろなデータに基づけば、これは憶測にとどまらないかもしれません。

ご静聴ありがとうございました。

日本語訳：日本国際生命科学協会

木村 美佳

* 本講演会は、1997年9月18日野口英世記念館において砂糖研究部会の主催により行われたものです。

<ベントン先生ご略歴>

DAVID BENTON

ウェールズ スウォンジー大学 心理学部教授

1970年アストン大学の行動科学を心理学部首席で卒業し、翌年、サザンプトン大学で薬学修士を取得。74年バーミンガム大学にて心理学博士号取得。

68年から69年にかけて、ロールス-ロイス社にサイコロジストとして勤務。73年からウェールズ スウォンジー大学にて、講師等を経て、現在心理学部教授。

認識機能や気分を向上させるような食事を推奨、または開発することを目標として研究をすすめている。食事による血糖値の変化が気分や認識に与える影響や、朝食の認識に及ぼす影響、ビタミンやミネラルの影響についても研究を行っている。

カナダ、アメリカをはじめ、多くのヨーロッパ諸国から招待講師として招かれ、心理学のみならず、栄養学、生化学、薬学、医学の各分野からも注目を集めている。

今日までの発表論文は150報を超える。

遺伝子組換え食品Q&A 追補版

日本国際生命科学協会
(I L S I Japan)
1997. 10. 31 追補

ILSI Japan では、ILSI イルシー52号に Q&A を掲載しましたが、その後当初は思いもかけなかった「後代」の問題がクローズアップされ、また、表示に関する問題も進展してきましたので、会員企業各位の参考資料としてこの2点についてQ&A追補版としてまとめました。内容的には52号に掲載しましたQ&Aに付け加えるものですので、もとのQ&Aと一緒に活用して下さい。

E. 遺伝子組換え食品の安全性

質問E24 遺伝子組換えした作物としていない作物を交配しても安全ですか。

<答え>

遺伝子組換えした作物が従来のものと実質的に同等であると確認された作物であれば従来の作物どうしの交配と同じ程度に安全です。

遺伝子組換えにより作られた作物も従来の作物と同様にメンデルの遺伝の法則に従い、親のどちらかの性質が子に伝えられます。親の持っている食品として好ましくない性質も子に現れることもありますが親になかった性質が新たに子に現れることはありません。従って、親が遺伝子組換え作物であっても、その遺伝的性質以外の性質が子に伝えられることはありません。

従来の交配では交配のあとで選抜により目的の作物を得ます。同様に遺伝子組換え作物とそうでない作物の交配の場合も適切な選抜がなされ、商品価値のある作物が作出されます。最初の遺伝子組換え作物である熟しても柔らかくならないトマトの場合、トマトに元来含まれている毒素成分のトマチンなどについて交配により影響を受けるのではないかと試験が行われましたが、そのようなことはなかったと報告されています。

質問E25 交配後代も指針にてらした審査をしないのですか。

＜答え＞

遺伝子組換え食品の指針への適合を審査している食品衛生調査会で検討中です。すでに安全性を確認した遺伝子組換え作物と組換えしていない同種の作物とを掛けあわせるような場合は審査の対象とならないことなどが専門部会でまとめられています。

参考資料：

食品衛生調査会バイオテクノロジー特別部会 平成9年10月22日議事録

質問E26 海外での後代の取扱はどうなっていますか。

＜答え＞

交配後代は審査の対象とならないのが一般的です。

国際的には1996年10月のFAO/WHOの合同レポート等において、従来品種と同等の安全性が確保された組換え品種の後代交配種については、遺伝子組換え技術に特有な評価方法による安全評価は必要ないとの見解が示されています。これを受けて米国・カナダ・EUは審査不要となっています。ヨーロッパの一部の国や豪州は検討中です。

しかし、フランスのように、たとえば除草剤耐性トウモロコシと害虫抵抗性トウモロコシのように遺伝子組換え作物どうしの交配の場合は審査が必要としているところもあります。

参考資料：

Report of a joint FAO/WHO Consultation Rome, Italy, 30 September-4 October 1996

農水省調査資料

H. 情報公開と表示

質問H10 海外で表示をしている国はどんな表示をしていますか。

<答え>

質問H08 のEUの例のほか、オランダでは独自に政府と業界との話合いで組換え作物由来のタンパク質を含む食品に「モダンバイオテクノロジー」の自主表示をしているものもあります。

質問H11 日本で表示をするとしたらどんなやりかたがありますか。また、何が問題点となりますか。

<答え>

これについては現在「衆議院消費者問題等に関する特別委員会遺伝子組換え食品の表示問題等に関する小委員会」や「農水省食品表示問題懇談会遺伝子組換え食品部会」で議論されています。

質問H06で述べましたように栄養成分や構成成分が従来のものと変らない現在認められている組換え食品の場合は表示は現実的ではありませんが、上記の両会の議論の参考として考えますと、以下の様な例が考えられます。

1. 組換え作物を原料とする食品は表示する。

「生鮮で流通する農産物（トマト等）では可能です。しかし、加工食品に対して表示を義務化することは現状では困難です。」

質問H05で述べましたように農産物でブランドとして高価格で流通させるトマトの場合はブランド表示が可能です。

しかし、加工食品の場合は話は別です。加工食品中に遺伝子組換え操作に由来する成分が含まれるとすれば、組換えた遺伝子により作られたタンパク質です。タンパク質は加熱等の加工により変性を起こすので、店頭販売されている加工食品に組換え由来のタンパク質が含まれているかどうかを検出するのは非常に困難です。また、レシチン、デンプン、ブドウ糖、植物性油脂、醤油などの食品素材や調味料、食品添加物等でも同様です。このため、加工食品における遺伝子組換え原料使用という表示の義務化は、違反表示かどうかの調査方法が無い状況のもとでは、非常に難しいといえます。

一方、特定の割合以上の遺伝子組換え原料を含む場合は表示するという案もありますが、どちらの場合も表示をしない企業は原材料の入手経路を農作物に遡るまで全て開示して表示義務違反でないことを証明する必要があります。

2. 組換え体を含まない食品（組換えフリー）の表示

「ブランドとして差別化のための表示をすることは可能です。」

組換えフリーという表示は、組換え遺伝子由来のタンパク質が含まれているかどうかを検出する調査方法が無い状況のもとでは、違反表示かどうか検証できません。従って組換え体不使用というメーカーの主張を信用する以外に方法がないわけです。この表示をする企業は、請求があった場合、原材料の入手経路を農作物に遡るまで全て開示し、組換え作物不使用の検証ができるようにすべきです。

また、使用しないことが普通である食品においては、表示をした食品のみが不使用で表示をしていない他の食品には遺伝子組換え体由来の原料が使用されているような印象を一般消費者に与えます。このような場合、法規上の規定に基づき表示したのでなければ景品表示法上の不当表示（優良誤認）になる可能性があります。

3. 原料の生産国表示

「生鮮で流通する農産物（トマト等）と1次加工品（トマトピューレ等）の一部では可能です。しかし、加工食品一般で表示をすることは困難です。」

加工食品の原材料の大部分はデンプン、ブドウ糖、植物タンパク質、植物油脂、乳化剤、調味料等の加工品です。ほとんどの加工食品が組換え作物由来の可能性があります。また、それらの食品素材・食品添加物等を製造しているメーカーは、米国、カナダばかりでなく、中国、オーストラリア等からも原材料を輸入しています。輸入した原材料は国別に保管したりすることはせず、大型サイロに混合保管して使用されるのでロットによって、原材料が切り替わるということもありません。従って、明確に原産国を表示することは困難です。

一方、加工食品の原材料としての加工品もまた多く輸入されています。この場合も使用された農作物が必ずしもその国で生産されたものとは言えず、原料農作物の生産国の確認は困難です。

さらに、契約栽培などで遺伝子組換えフリーの作物を輸入している場合も表示の対象となり本来の趣旨が活かされません。

この方式で表示する場合は以下の様になります。なお、これ以外にも食品選択に必要な栄養表示もありそのスペースを確保する必要があります。

品名=ドレッシング

原材料名=植物油脂（米国・ブラジル・パラグアイ・中国・アルゼンチン・ベトナム産大豆、カナダ・オーストラリア・フランス・米国・産ナタネ）、卵、ぶどう糖果糖液糖（南ア・米国・アルゼンチン・中国・フランス産トウモロコシ）、醸造酢（南ア・米国・アルゼンチン・中国・フランス産トウモロコシ）、食塩、香辛料、調味料（アミノ酸：南ア・米国・アルゼンチン・中国・フランス産トウモロコシ）、でん粉（南ア・米国・アルゼンチン・中国・フランス産トウモロコシ）、レモン果汁、増粘剤（キサンタンガム） 内容量=150g
賞味期限=枠外上部に記載 保存方法直射日光、高温な場所、臭気の強いもの、そばを避け、常温で保存して下さい。 製造者=XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

4. 組換え体を含んでいる可能性があるという表示ないしはマーク

「このような表示をすることは可能ですが、その場合、ほとんど全ての加工食品が、この表示をつけることになり、実質的な表示の意義はなくなると思われます。」

非常に多くの食品素材が組換え作物由来の可能性があるため、ほとんど全ての加工食品が、組換え体を含んでいる可能性があるという表示をすることになります。また、どの原材料に含まれているか、どのくらいの量を含んでいるか等を表示することは困難です。その理由として、次のことがあげられます。加工食品の原材料の大部分はデンプン、ブドウ糖、植物タンパク質、植物油、乳化剤、調味料等の加工品です。その多くが組換え作物由来の可能性があります。個々に「組換え体を含んでいる可能性がある」と表示することは、表示のスペースが限られているので、まず無理です。また、それらの食品素材・食品添加物等を製造しているメーカーは、組換え作物の主要生産国である米国、カナダばかりでなく、中国、オーストラリア等からも原材料を輸入しています。輸入した原材料は国別に保管したりすることはせず、大型サイロで一緒に保管して使用されるので、ロットによって原材料が切り替わるということもありません。従って、明確に製品中の組換え体の含有量を表示することは困難です。

この可能性の表示の場合も表示をしない企業は原材料の入手経路を農作物に遡るまで全て開示して表示義務違反でないことを証明する必要があります。

以上で示した様に、生鮮食品には個々の食品に表示することは可能ですが、加工食品で個々の製品に表示を行なうことは難しく、ポスター・パンフレットなどにより遺伝子組換えによって作られている作物とそれを使った加工食品には何があるかを消費者へ知らせることが最も現実的な方法ではないかと考えられます。

例：

現在安全性が確認されて市場に出まわっている遺伝子組換え作物とそれによってつくられた加工食品には次のような物があります。

除草剤耐性ダイズ：	食用油、豆腐、豆乳、醤油、マーガリン、マヨネーズ、サラダドレッシング、ショートニング、グリセリン、乳化剤、乳製品、ダイズタンパク質、タンパク強化剤、アミノ酸、調味料、水産練製品、ソーセージ、麺類、パン類、菓子類等
除草剤耐性ナタネ：	食用油、マーガリン、マヨネーズ、サラダドレッシング、ショートニング等
害虫抵抗性ジャガイモ：	フライドポテト、ポテトチップス等
害虫抵抗性トウモロコシ：	食用油、マーガリン、てんぷら粉、シリアル製品、コーンスターチ（酒類、水産練製品）、水飴、ブドウ糖（菓子類、佃煮、ジャム、酒類、飲料、パン類、缶詰、ソルビット）、異性化糖（飲料、パン類、冷菓、缶詰）等
害虫抵抗性ワタ：	食用油

〇〇〇〇〇協会

「食品微生物への組換えDNA技術 の応用を考える」

その1 食品製造と食品微生物

ILSI JAPANバイオテクノロジー研究部会、微生物分科会報告

第1章 緒言

近年、組換えDNA技術が確立され、有用な特性を持つ遺伝子を正確に宿主に付与し、短時間で育種することが可能となった。すでに医薬品を始めとする様々な産業分野で、組換えDNA技術の利用が始まっている。食品産業においては、来るべき世界の人口増加に伴う食糧危機や将来の高齢化社会を見据えると、食糧の増産、食品加工の効率化をはかり、また食品の栄養価や機能性を向上させることが重要な課題となっている。食糧危機を回避し、健康で豊かな社会を実現するためには、作物や食品微生物のさらなる改良が不可欠であり、そのための一つの手段として、組換えDNA技術に大きな期待が寄せられている。

組換えDNA技術応用食品の実用化は昨今急速に進んでおり、特に農作物の分野では、日持ちの良いトマトや、害虫に抵抗性を持つト

ウモロコシやジャガイモ、また特定の除草剤の影響を受けずに生育する大豆やナタネなどが、欧米で次々に商品化されている。最近では、健康に良い脂肪酸の含有量が高い油糧作物の開発も進んでいる。日持ちの良いトマトの開発は、畑で完熟させたトマトが流通過程で傷むのを防ぐ目的で行われたが、このトマトの開発で、消費者は畑で熟した味の良いトマトを購入することができるようになった。害虫抵抗性の作物は、化学農薬への依存度を大幅に減少させるとともに、化学農薬だけでは防ぎきれない虫害による作物の減収を防ぐことを可能にした。さらに、畑を耕すことによって表面の肥沃土壌が風雨の作用で流亡することが世界的に大きな問題となっているが、特定の除草剤の影響を受けずに生育する作物は、土壌流亡を防ぐ唯一の手段である「不耕起栽培」での雑草防除手段を提供し、環境保全型農業の実現に貢献するという利点を持つ。

一方、農作物の分野に続いて、食品微生物の改良においても、組換えDNA技術の応用が研究されており、一部では実用化が始まっている。次章で詳しく述べるように、人類は、古くから微生物を利用して作られた発酵食品を数多く食べており、日本人の食卓にも、味噌、納豆、醤油、漬物、酒などの伝統的な発酵食品とともに、食生活の洋風化にともなってパンやクラッカー、サワークラウト、牛乳や肉を利用した発酵食品が並んでいる。これまでも、食品加工の効率化、食品の保存性や安全性の向上、健康の維持・増進に役立つような食品の栄養価や機能性の向上、さらには、資源の有効利用を目指して、従来技術による食品微生物の改良が進められてきた。今後、食品微生物への組換えDNA技術の応用は、高齢化社会や食糧増産問題の解決に向け、これまでの改良技術ではなし得なかったような食品の機能性や品質の改善を可能とするものとして、広く期待されている。欧米においては、すでに組換えキモシンがチーズの製造に用いられるようになった。

組換え微生物の利用により、これまで子牛の胃からしか取れなかった本酵素の大量生産が可能となった。キモシンに続いて、組換えアミラーゼや組換えリボフラビンも実用化されたように、組換えDNA技術の食品微生物への応用は、高品質・高機能性の食品を大量生産するために、今後も開発が進められるものと考えられる。さらに、現時点では実用例はないが、将来的には生きた有用で安全な組換え食品微生物を含む食品も開発されるものと期待されている。

さて、こうした新しい技術によって製造された食品の商品化にあたっては、「安全性の確保」が何よりも優先されるべきである。組換えDNA技術応用食品の安全性評価については、OECDやWHO、FAOなどの国際機関をは

じめ、米国、ヨーロッパ、カナダ等の各国政府機関で慎重に議論が重ねられてきた。我が国では、1992年4月に厚生省が定めた「組換えDNA技術応用食品・食品添加物の安全性評価指針」に従って評価・確認されている。本指針は策定当時、その対象を「組換え体そのものを食さない場合」に限定していたが、1996年2月に改定され、その適用範囲に「種子植物に限って、組換え体そのものを食する場合」が含まれるようになった。現在までに、指針にしたがって、表I-1に示す酵素や作物の安全性が評価されていることが確認された。

しかしながら、生きた組換え食品微生物そのものが最終製品中に含まれる食品の安全性評価方法については、現時点ではまだ科学的な議論が十分になされているとは言えない。ILSI JAPANでは、これまでもバイオテクノロジー研究部会において、組換えDNA技術応用食品の安全性評価方法や社会的受容について、検討を行いその成果を報告してきた。さらに、これまでの一連の活動の延長として一昨年「微生物分科会」を発足し、生きた組換え微生物を含む食品の科学的な安全性評価方法について、調査・研究を進めてきた。食品微生物は、我々の毎日の食卓に上っているにもかかわらず、一般にはあまり知られておらず、体系的にまとめられた出版物も多くはない。そこで、現在研究されている組換え食品微生物にはどのようなものがあるのか、種子植物を食する場合と異なって生きた微生物を食する場合に固有な問題とは何か、また、安全性確保のために留意されるべき点は何かについて、バイオテクノロジー研究部会微生物分科会で今までに検討してきた結果を、今回から3回に分けて、検討結果を紹介する予定である。第一回目の今回は、「食品製造と食品微生物」と題して、我々にとって身近な存在である食品微生物について紹介するとともに、組換え

表I-1 現在までに安全性の確認を受けた食品・食品添加物

食品・食品添加物	申請者	確認された日
除草剤の影響を受けずに育成する大豆	日本モンサント (株)	1996年7月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ	日本モンサント (株)	1996年7月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1996年7月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1996年7月
害虫抵抗性トウモロコシ	日本モンサント (株)	1996年7月
害虫抵抗性トウモロコシ	日本チバガイギー (株)	1996年7月
害虫抵抗性ジャガイモ	日本モンサント (株)	1996年7月
害虫抵抗性トウモロコシ (イールドガード・トウモロコシ)	日本モンサント (株)	1997年3月
害虫抵抗性ジャガイモ (ニューリー・ジャガイモ)	日本モンサント (株)	1997年3月
害虫抵抗性ワタ (インガード・ワタ)	日本モンサント (株)	1997年3月
除草剤の影響を受けずに育成するトウモロコシ	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年3月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ (PHY14, PHY35)	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年3月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ (PGS2)	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年3月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ (PHY36)	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年3月
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ (T46)	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年3月
除草剤の影響を受けずに育成するワタ (ラウンドアップ・レディー・ワタ)	日本モンサント (株)	1997年12月*
除草剤の影響を受けずに育成するワタ (BXN cotton)	日本モンサント (株)	1997年12月*
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ (MS8RF3)	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年12月*
除草剤の影響を受けずに育成するナタネ (HCN10)	ヘキスト・シューリン グ・アグレボ (株)	1997年12月*
日持ちの良いトマト	麒麟麦酒 (株)	1997年12月*
キモシン (凝乳酵素)	(株) 野澤組	1996年7月
α-アミラーゼ (TS-25)	ノボルディクスバイオ インダストリー (株)	1996年7月
リボフラビン	日本ロシュ (株)	1997年12月*

* 1997年12月確認の見込み

DNA技術による食品微生物の研究・開発の現状と将来の展望について述べる。第二回目では、組換え微生物を食品に利用する際に考慮すべき点について、さらに第三回目では、本分科会で検討した安全性確保のための考え方などについて報告する。なお、食品微生物への組換えDNA技術の応用については、きわめて複雑な要素を包含しているため、現時点ですべての問題を科学的に解明することは容易ではないと思われる。本報告も必ずしも充分なものとは言えないが、この分野に関する研究や科学的議論にとって少しでも参考になることを希望しつつ連載を開始した。読者の方々の御意見、御批判、御感想などを期待する。

第2章 食品製造と微生物

1. 食品中の微生物（人と微生物の共生）

微生物は、地球上のありとあらゆる所に生息し、落ち葉や朽ち木、動物の老廃物を分解し、有機物を無機物に還元するという大切な役割を果たしている。農業ではこれを利用して作物を栽培し、牧畜を営んでおり、我々は微生物の恩恵に強く浴しているのである。近年では、抗生物質をはじめとする医薬品の供給者としても重要な役割を果たしている。

人類はその誕生の時以来、地球上のあらゆる所に存在していた微生物と一緒に暮らしてきた。また、一部の細菌はヒトの腸内フローラとして健康に重要な働きをしている。食の分野への微生物の貢献度は極めて高く、人類は、古来から微生物を利用して加工された食品、すなわち発酵食品を食べてきた。膨大な種類の微生物の中には、病原菌などの有害菌もいるが、人類は数千年にも及ぶ長い歴史の

中で、安全で有用な微生物を選択してきたのである。

現在も我々は日々の食生活の中で多くの発酵食品を口にしている。例えば、味噌、醤油は大豆と米、麦を原料として主に麹菌の作用で旨味成分が引き出されたものであり、納豆は、大豆に納豆菌が増殖することによって独特の風味や栄養が加わったものである。日本酒、ビール、ワインなどの酒類も原料が米、大麦、ブドウと違うだけで、基本的には酵母菌の働きで作られている。また、芳香を放つふっくらとしたパンも酵母菌の働きがあっ

てはじめてできるものである。日本には味噌、醤油、納豆、漬物、酒、など独自の発酵食品があり、日本人は発酵食品になじみの深い民族のひとつである。特に醤油はすでに世界各国で利用されている。その技術においても、発酵食品文化の先進国といわれ、世界に先駆けて、微生物を分離・培養した種麹や‘火入れ’と呼ばれる低温殺菌法（パスツライゼーション）を考案するなど、独自の技術を生み出してきた。

一方、西洋を起源とするワイン、ビール、パン、チーズ、ヨーグルトなどは、既に世界中に広がり、日々の食卓に無くてはならないものとなっている。アジア諸国でも、日本の発酵食品のルーツとも言われる韓国や中国には、それぞれの醬があり、韓国のキムチ、インドネシアのテンペなどは日本でも知られている。

また、ヨーロッパ、アジアを問わず、牧畜文化が発達した地域では、古くから乳を原料とした発酵食品を生みだし、それぞれ独自のチーズやヨーグルト等を発展させてきた。さらにキノコのようにそれ自体が食品である例もある。

このように、多種多様な発酵食品はそれぞれの地域特性が現れたものであり、用いる原料や微生物も多様で、食文化そのものともい

える。

主な発酵食品を表II-1に示した。これら発酵食品の共通点は、伝統食であるという点である。今日、我々が食べている発酵食品は、人類の長い歴史と経験の中で、目的とする機能と安全性をあわせ持った有用微生物によって製造されている。詳しくは次章で述べるが、本報告ではこのように長い歴史の中で選抜され、経験的に安全であるとされ、食品製造に積極的に関与する微生物を「食品微生物」と呼ぶことにする。表II-1にみられるように除菌や殺菌した後に食べる食品もあるが、その味や機能ゆえに生きた微生物を口に行っている発酵食品も多い。例えば、ヨーグルトでは一回に100億個もの生きた菌を食べている。このようにヒトは日々生きた菌を口に行っているが、この長い食経験こそが何にも勝る食品微生物の安全性の拠り所となっているのである。

2. 発酵食品の役割

なぜ、このように発酵食品が世界中で誕生し、現在まで食卓を賑わせてきたのであろうか。発酵食品の機能は、歴史的には食品の保存に端を発していると思われる。今日のように貯蔵施設・方法が発達しておらず、年間を通じて食品を入手することができなかった時代に、人類は経験的に発酵乳や漬け物が保存性に優れていることを知った。これを意図的に利用して、有害微生物によって腐敗しやすい乳を発酵乳とし、季節の野菜を漬物にすることによって貴重な食物を保存してきた。

また、食品を発酵させることによって味や香り・色などに変化が生じ、よりおいしく、味わい深く、嗜好性が高い食品が生まれる。複雑で特徴的な風味を持つ発酵食品は、日々の食卓にバリエーションを与え食欲を増進させるなど重要な役割を果たしてきた。今日のように豊富な食材と多様な調理法を謳歌できなかった時代には、発酵食品は欠かせなかつ

たに違いない。

また、近年の栄養学の進歩によって明らかになったことではあるが、発酵食品の栄養生理学的機能も注目に値する。発酵食品は食品微生物の働きによって、原料をそのまま摂取するより炭水化物やタンパク質が吸収されやすい形態に変えられ、また、新たな栄養素が生成される。昔の人々は、正確な知識はなくても経験的に発酵食品が体に良いことを知っていたに違いない。低ラクターゼ症が多い中央アジアでは乳酸菌の助けを借りた発酵乳を好んで口にしてきたし、日本人は原料大豆の2-3倍のビタミンB2を含む納豆を食べてきた。さらに、昨今の健康への関心の高まりにとともに発酵食品の4番目の機能ともいえる生体調節機能が脚光を浴びている。すなわち、機能性食品としての発酵食品である。発酵食品には栄養成分や香味成分とともに、生体を直接または間接的に調節する機能因子が含まれており、病気の予防や病態からの回復などに重要な役割を演じている。発酵乳中の乳酸菌やビフィズス菌による整腸作用などがよく知られた例である。こうした食品の持つ機能が明らかになるにつれ、発酵食品への関心や期待もますます高まっている。

このように発酵食品は、食品微生物の作用で保存性の向上、風味の改善、栄養強化、生体調節能の追加などの付加価値が加わってもとの食品とは異なるひとつの食品のカテゴリーとして確固たる地位を築いているのである。

3. 食品微生物改良技術の歴史

このように、食品として多くの機能をもつ発酵食品の製造に関して、前述の各種機能を高めるために、また安全な製品を安定して得るために、絶え間なく改良が加えられてきた。その改良には装置や技術の改良も含まれるが、ここでは微生物に絞って述べたい。

発酵食品の誕生以来、人間は“微生物”と

いう概念がないまま、ただ経験に基づいて、自然界や発酵物からそれぞれの製造に適する微生物を選択し利用してきた。例えば、ヨーグルトはその一部を新たに乳に加えることによって、またワインや納豆は一定の製造法を続けることによって製造してきたが、当時はそれが微生物の作用であることを知らなかった。その後、発酵現象が微生物の作用であることがわかり、意識的な食品微生物の育種が興り、これまでに分離されてきた微生物をも

とにして、新たな菌株が続々と育種されてきた。

育種技術も、純粹培養による優良菌株の純化にはじまり、自然突然変異に頼った選択分離、交配、化学物質や紫外線等を用いての変異の誘起へと発展してきた。さらに近年になるとバイオテクノロジー技術のひとつである細胞融合法が盛んに試みられ、既に実用菌株が作出されている。主な育種例を表II-2に示した。

表 II-1 発酵食品と微生物

発酵食品	原料	主要な発酵微生物
酒類* 清酒, ビール, ワイン, ウイスキー, 焼酎など	米, 大麦, ブドウ, イモ, 麦など	かび: <i>Aspergillus oryzae</i> 酵母: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
酒粕	米	かび: <i>Aspergillus oryzae</i> 酵母: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
醤油*	大豆, 小麦	かび: <i>Asp. oryzae</i> , <i>Asp. sojae</i> 酵母: <i>Zygosaccharomyces rouxii</i> , <i>Candida versatilis</i>
味噌	大豆, 米, 麦	細菌: <i>Pediococcus halophilus</i> かび: <i>Asp. Oryzae</i> 酵母: <i>Zygosacch. rouxii</i> , <i>Candida versatilis</i>
テンペ	大豆	細菌: <i>Ped. halophilus</i> , <i>Streptococcus</i>
食酢*	アルコール, ワイン	かび: <i>Rhizopus</i>
味醂*	米	細菌: <i>Acetobacter aceti</i> , <i>Acet. pasteurianus</i>
パン*	小麦	かび: <i>Aspergillus oryzae</i>
乳腐	大豆	酵母: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
漬物		かび: <i>Mucor</i>
糠味噌漬, たくあん, 赤カブ漬, キムチ, ザワークラウト, ピクルス, など	野菜	酵母: <i>Zygosacch. rouxii</i> , <i>Candida</i> 細菌: <i>Leuconostoc mesenteroides</i>
ヨーグルト	牛乳	細菌: <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Streptococcus lactis</i>
乳酸菌飲料	牛乳	細菌: <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
チーズ	牛乳, 山羊乳など	かび: <i>Penicillium camamberti</i> (カマンベール チーズ) <i>Penicillium roqueforti</i> (ブルーチーズ)
発酵バター	牛乳	細菌: <i>Streptococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> 細菌: <i>Streptococcus lactis</i> , <i>S. cremoris</i> <i>Leuconostoc citrovorum</i> , <i>L. dextranicum</i>
ソーセージ	牛豚肉	細菌: <i>Pediococcus homari</i>
魚介醤油	魚介類	細菌: <i>Micrococcus</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Streptococcus</i>
塩辛	鰹, イカなど	酵母: <i>Debaryomyces</i> , <i>Zygosacch.</i> , <i>Candida</i>
鰹節類	鰹, サバなど	細菌: <i>Micrococcus</i> , <i>Staphylococcus</i>
い寿司	魚, 米飯, 野菜	かび: <i>Asp. repens</i> , <i>Asp. ruber</i> , <i>Asp. glaucus</i>
きのこ	担子菌類	細菌: <i>Lactobacillus</i>

* 食べる前に加熱殺菌または除菌するので通常生きて菌は口に入らない。
章末の参考図書より引用 (菌名は原典に従ったため、最近の分類と異なる場合がある。)

表 II-2 発酵食品微生物の育種例 その1

発酵食品	育種内容	育種法	
清酒	(酵母)		
	泡なし酵母	突然変異	
	キラー酵母	交配・細胞融合	
	アルコール耐性株	突然変異	
	高級アルコール生成変異株	突然変異	
	赤色素生産キラー酵母	サイトダクション	
	吟醸酒用酵母	交配	
	(麹菌)		
	デフェリフェリクリシン非生産性株	突然変異・細胞融合	
	メバロン酸非生産性麹菌	突然変異	
ビール	酸性カルボキシペプチダーゼ低生産株	突然変異・細胞融合	
	A. oryzaeとA. awamoriなどの融合株	細胞融合	
	(酵母)		
	凝集性株	突然変異	
	キラー性ビール酵母	交配・サイトダクション	
	マルトース発酵性株	細胞融合	
	デキストリン発酵性株	交配	
	ワイン	(酵母)	
		キラーワイン酵母	交配・サイトダクション
		キラーシェリー酵母	細胞融合
焼酎	(酵母)		
	脂肪酸組成変異株	突然変異	
	Ca ²⁺ 耐性酵母	突然変異	
	キラー性焼酎酵母	交配	
	高温発酵, 香気生成株	選抜・細胞融合	
味醂	黒糖効率的資化株	選抜	
	(麹菌)		
醤油	高アマラーゼ, プロテアーゼ活性株	選抜	
	(麹菌)		
	プロテアーゼ高生産株	突然変異	
	プロテアーゼ-グルタミナーゼ高生産株	細胞融合	
	(酵母)		
	耐塩性株	細胞融合	
	四倍体高生育株	交配	
	高発酵・高香気生成株	交配	
	(乳酸菌)		
	アスパラギン酸脱炭酸能喪失株	突然変異	
ペントース優先発酵株	選抜		
パン	(酵母)		
	高マルトース分解活性株	交配	
	フラクトオリゴ糖非分解株	交配	
	圧搾酵母貯蔵性向上株	交配	
	耐凍結性株	選抜	
味噌	(麹菌)		
	ビタミンB ₂ 高生産株	突然変異	
	(酵母)		
リノール酸酸化能欠損株	突然変異		
アナログ耐性・香気成分高生産株	選抜		
納豆	(納豆菌)		
	ビタミンB ₂ 高生産性株	細胞融合	
	ビタミンK低生産株	突然変異	
チーズ	(乳酸菌)		
	S. lactisとS. cremorisの融合株	細胞融合	

さらに最近では、組換えDNA技術が発達し、食品の分野においても精力的に研究され、それらを応用した食品が食卓に並ぼうとしている。組換えDNA技術は、特定の遺伝子を計画的に導入、あるいは、欠失させたり、さらには、遺伝子発現をコントロールする技術である。この技法によって、従来の育種技術の限界となっていた種を越えた形質の導入など、これまで困難であった問題が解決され、新しい育種が短時間で可能となる。

理論的にみても、UVや変異原物質を用いた突然変異育種では、変異はランダムに起こるので目的とする性質を持つ育種株以外に、望ましくない二次代謝物を生成し発酵に悪影響を及ぼすものや、最終製品に好ましくない性質を与える株が生じる可能性が考えられる。これに対して、組換えDNA技術では、少なくとも理論的には性質が明らかな遺伝子のみが改変されるので、この改変遺伝子以外は親株と全く同じ遺伝形質を持つ「改良株」が得られる。

すでに、遺伝子組換えのいくつかの手法が確立し、応用に向けて研究がおこなわれている。その第一は遺伝子導入である。乳酸菌では、バクテリオシン生成遺伝子を導入することによって有害微生物の発生を抑えたり (Joerger and Klaenhammer 1990)、ファージ感染による品質低下を防ぐためにファージ耐性遺伝子を導入して、安全な製品の安定した製造が試みられている (Kim and Batt 1991)。カビ熟成タイプのチーズ製造では、カビを利用して乳酸菌を溶菌させるためにpHを上げるが、この際病原細菌の汚染が問題となる。そこで、組換え技術を利用して、溶菌酵素リゾチームの遺伝子を導入し、カビに頼らず自己消化によって溶菌させることにより有害微生物の混入を抑え、衛生上のリスクを排除する試みがおこなわれている (Van de Guchte 1992)。さらに、製造プロセスを短縮・簡易化し、コスト

の削減や失敗のない安定した生産を目指した例として、濾過工程で目詰まりを引き起こす β -グルカン分解させるためにビール酵母に β -グルカナーゼ遺伝子を導入した例などがある (Berghof and Stahl 1991)。

第二の手法として組換えDNA技術では、特定の遺伝子を導入すると同様、特定の遺伝子を選択的に破壊して発現させなくすることも可能である。この方法は、好ましくない生成物を排除する際に非常に有効である。すでにビール酵母では、ビールの不快臭であるジアセチルの生成に関与する遺伝子を破壊することによって不快臭を抑えた酵母が得られている (Kielland-brandt et al. 1988)。

さらに、最近の分子生物学的研究の進歩によって、目的とする遺伝子だけを染色体に導入することによって導入遺伝子を安定に保持させることが可能となっている。同時にこの技術は、ベクターなど余分なDNAを排除できるので安全性確保の点からも有用である。一般的なプラスミド等による形質転換では、導入遺伝子は抗生物質耐性などの選択遺伝子とともにベクター上に保持し、導入遺伝子の脱落を防ぐために抗生物質を添加して培養する。これに対して染色体に遺伝子を導入した場合は抗生物質添加による選択圧をかけなくても遺伝子の脱落が起こらず、また、突然変異においてみられる先祖帰り (back mutation) も起こりにくいので、導入形質が安定しており産業的利用にも適している。この方法を用いて、発酵時間を短縮するためにパン酵母のマルトース資化関連遺伝子の発現量を高めた例が報告されている (Gist Brocades NV 1989)。特にこの例では、染色体上の目的的部位にのみ遺伝子の導入がおこなわれている。

以上のように組換えDNA技術を応用して、従来の発酵食品の質を改良し、保存性を高め、より効率良く製造する研究がおこなわれている。新しい技術の開発によって、失敗のない

表 II-3 発酵食品微生物の育種例 その2 (組換えDNA技術を用いた研究例)

発酵食品	育種内容	手法	備考
清酒	(酵母) デンプン資化株 (麹菌)	麹菌由来 α -アミラーゼ遺伝子導入	宿主-ベクター系は開発済
ビール	(酵母) マルトース発酵性株 ダイアセチル非生産性株 ダイアセチル非生産性株 硫化水素非生産株 高発酵低カロリービール株 凝集性株 濾過性改善・凍結汚濁防止	ダイアセチル生成関連遺伝子破壊 α -アセト乳酸脱炭酸酵素遺伝子導入 硫化水素生成遺伝子破壊 グルコアミラーゼ遺伝子導入 凝集性遺伝子導入 枯草菌由来 β -グルカナナーゼ遺伝子導入	
ワイン	(酵母) 芳香性株	マロラクチック発酵酵素系遺伝子導入	
ウイスキー	(酵母) 香味改善	高級アルコール生成系遺伝子破壊	
食酢			宿主-ベクター系は開発済
納豆	(納豆菌)		分子生物学的研究は進んでおり、 宿主-ベクター系は開発済
チーズ	(乳酸菌) プロテアーゼ活性の安定化 ファージ耐性株 自己消化株 有害微生物繁殖抑制株	プロテアーゼ遺伝子のゲノムへの導入 ファージ耐性遺伝子導入 リゾチーム遺伝子導入 バクテリオシン生成遺伝子導入	
ヨーグルト	(乳酸菌) ファージ耐性 L-乳酸選択的生成株	ファージ耐性遺伝子導入 乳酸脱水素酵素遺伝子のL型への交換	
パン	(酵母) 発酵性向上 マルトース発酵性株	インベルターゼ遺伝子導入 マルトース資化関連調節遺伝子置換	

安定的な食品製造や、今まで利用しにくかった原料の活用ができれば、資源の有効利用、さらには食糧生産の増大や安定化が期待できる。また、将来の応用として人類の健康に貢献する研究が期待されている。すなわち発酵食品の持つ生体調節機能の増強である。生体調節機能を持つ有用な因子を付加・増量した

り、好ましくない成分を除去したりするためには、遺伝子導入や遺伝子破壊といった組換えDNA技術が必要であり、今後の生体調節機能研究のさらなる進展とあいまって、「健康効果」の高い新しい食品の開発が期待されている。

発酵食品の安全性の向上、栄養成分の強化、香味の改良、生体調節機能の増強、さらには生産性の向上とそれに伴う安定製造など食品微生物の分野での組換えDNA技術に対する期待は計り知れない。これらを実現するべく、多くの研究者が精力的に検討を行っており、一部ではあるがすぐにでも実現する可能性のある応用研究も報告されている。組換えDNA技術による「食品微生物」の研究の概要を表II-3.にまとめた。ただし、すべての報告を網羅しているわけではないので、実際にはもっと多くの研究がおこなわれていると推定される。

Tillgren, T., Holmberg, S. and Petersen, J. G. L. (1988) Yeast 4,S470

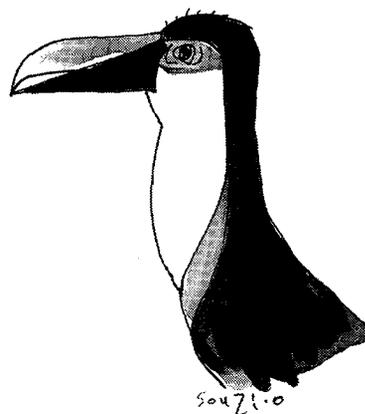
Gist Brocades NV (1989) European Patent A2 0 306 107

参考図書

- ・食品微生物学ハンドブック 好井久雄他 技報堂出版 (1995)
- ・食料科学バイオテクノロジー 木村光 培風館 (1989)
- ・醸造の事典 野代喜久雄他 朝倉書店 (1988)
- ・フーズバイオテクノロジー事典 産業調査会事典出版センター (1988)
- ・Microbiology of Food Fermentation Carl S. Pederson AVI Publishing (1978)

引用文献

- Joerger, M.C. and Klaenhammer, T.R. (1990) J. Bacteriol. 172, 6339-6347
- Kim, S.G. and Batt, C.A. (1991) Appl. Environ. Microbiol. 57, 1109-1113
- Van de Guchte, M., Van de Wal, F.J., Kok, J. and Venema, G., (1992) Appl. Microbiol. Biotechnol. 37, 216-224
- Berghof, K. and Stahl, U. (1991) BioEngineering 7, 27-32
- Geisen, R., Glenn, E. and Leistner, L. (1990) Appl. Environ. Microbiol. 56, 3587-3590
- Kielland-brandt, M. C., Gjermansen, C., Nilsson-



IFBCレポート

— 遺伝子組換え食品のアレルギー性に関する評価 —

バイオテクノロジー研究部会

本報告は、Critical Reviews in Food Science and Nutrition 誌、Vol.36/Supplement 1996, CRC press 発行、に掲載されたもので、IFBCから当協会に本年2月に送付された Fergus M. Clydesdale 編集の "Allergenicity of Foods Produced by Genetic Modification" から Executive Summary 及び Article 8 をバイオテクノロジー研究部会、アレルギー分科会（分科会長 梅木陽一郎）のメンバーが和訳した仮訳である。詳細は原書を参照して下さい。

エグゼクティブ・サマリー

序論

本レポートは、ILSIアレルギー・免疫学研究所(AII)が国際食品バイオテクノロジー協議会(IFBC)と共同で作成したものである。AIIはアレルギーと免疫学の分野、中でも食品アレルギーの診断・治療法と予防・制御方法について理解を深めるための研究や学術的プログラムを後援している科

学団体である。IFBCは1988年の設立以来、遺伝子組換え技術により生産された食品の安全性に関する科学的な課題について取り組んでおり、1990年には「バイオテクノロジーと食品：遺伝子組換え技術を用いて生産された食品の安全性確保のために(Biotechnologies and Food: Assuring the Safety of Foods Produced by Genetic Modification)」を出版している(Regulatory Toxicology and Pharmacology, Vol.12, No.3, Part 2)。

現代のバイオテクノロジー、特に遺伝子組

換えや遺伝子導入など最新の技術によって作られる食品の安全性は、科学的な原則に則って評価されるべきであり、この1990年のIFBC報告書はそうした原則に関する意見を代表するものである。遺伝子組換え食品の安全性評価についてのこれまでの議論において同報告書は広く引用されてきたが、アレルギーに関しては、それがバイオテクノロジーによって生産される食品の安全性評価に関係するにもかかわらず、問題が複雑かつ特殊すぎるという理由で議論されていない。本レポートにおいてAIIとIFBCは、食品アレルギー及び食品アレルギーが遺伝子組換え技術を用いた植物の新品種開発に関係していることを特に考慮し、この問題についての考察を行うとともに、食用植物に導入される遺伝子産物の潜在的アレルギー性の評価方法を提案する。ただし、遺伝子改変された微生物・動物用飼料についての議論はここではされておらず、また、グルテン過敏性腸症(セリアック症)も特にとりあげられていない。

本レポートの作成に当たっては、関連分野の専門家、例えばアレルギー学、食品科学、食品の安全性に関する政策やバイオテク製品開発に携わる80名以上の方々に事前にコピーを送り意見を求めた。これに対して約35の有益なコメントが寄せられ、指摘の多かった点については内容を変更した。なお本レポートは、バイオテクノロジー及び食品業界関係者、一般大衆、規制官公庁とあらゆる政府関係者を主要な読者として想定している。

このエグゼクティブ・サマリーでは、本レポートが扱う主な課題とAII・IFBCの提案する方策について、また、遺伝子改変された食品と食品原料が受容される際の判断基準について、以下にその要旨を述べる。

食物アレルギー

本レポートにおいてI型と定義するI g E

仲介型の食品アレルギー反応に苦しむ人の数が、成人人口の1-2%と推定される。どの食品がアレルギーとして最も問題になるかはその地域の食習慣によって異なるが、世界的に見れば、もっとも一般的なアレルギー食品は、卵・牛乳・魚・甲殻類・ピーナッツ・大豆・小麦・ナッツ類であるというのが大方の認識であろう。牛乳や卵などの食品に対するアレルギーは子供には高い頻度で認められるが、成長に伴い寛解することが多い。アトピー症状を起こす人に見られるアレルギーのうちの90%以上はこれら一般的なアレルギー食品に引き起こされるものであるが、臨床報告を調査した結果、そのほかにも160以上の食品もしくは食品に類する物質がアレルギーの発症に関係しており、その中には、主要穀物、油料種子、野菜あるいはビールやチョコレートのような加工食品も含まれている。

多くの場合は、食物アレルギーは口唇部の痛みあるいは下痢など、不快という程度の症状にとどまるが、ある特定の食物(例えばピーナッツ)に非常に感受性が高い人の場合、気管支痙攣、窒息、吐き気、嘔吐、血圧の低下などの重篤なアナフィラキシー反応が起こり、その食物の摂取が生命の危険につながることもある。摂取されるアレルギーがごく微量であっても感受性が高い人が反応を起こすことを示す詳細な報告は多数あり、これらの人々は総じてアレルギーを起こす食物を摂取しないよう細心の注意を払っている。それゆえ、一般的な食物アレルギーを含む加工食品の適切な表示は、アレルギー症状を持つ消費者が食事をする上で重要である。

在来の食物と従来の遺伝子改変方法における食品アレルギー問題

殆どすべての食物アレルギーは蛋白質であり、主要食品の原料となる事が多い穀物類には数万種類もの蛋白質が含まれる。その蛋白

質組成は、植物体の部位により著しく異なり、気候や病虫害など環境的な因子によっても大きな影響を受ける可能性がある。また、多くの育種家は作物の品種改良のために野生近縁種との交配を日常的に行っており、それによっても蛋白質の種類が更に多様化している可能性がある。

我々の日常の食生活で摂取される蛋白質の多様さと量を考えれば、アレルギー蛋白質はそのうちのごくわずかでしかない。従来の作物改良の手法によって我々が摂取する食品の蛋白質組成が変わることはまれであり、それによって主要な食品の潜在的アレルギー性が影響を受ける可能性は、もし仮にあったとしても、ごくわずかである。一方、食物に対する嗜好の変化が新たなアレルギーをもたらす原因となる可能性は非常に高い。例えば、ピーナッツに対するアレルギーは欧米では非常に頻繁に起こっているが日本ではそうではないし、逆に米に対するアレルギーは日本で多いが欧米では希であり、この違いはその食品の摂取量の違いを反映している。また、キウイフルーツのアレルギーのように、最近になって導入された新たな食品が新規の食物アレルギーを起こす要因となることもわかってきた。これらのことから、日常供給される食品中に潜在的にアレルギー性をもつものは多くないが、時として新規のアレルギー食品が外部から市場に導入される事がわかる。

最新バイオテクノロジーの応用

バイオテクノロジーの最新技術は、食糧供給事情を改善する大きな可能性を秘めている。収量・利用の可能性・栄養の質が大きく改善される可能性があり、そうした作物の例として、害虫に対し抵抗性をもつトウモロコシ、より栄養学的に優れた油が搾油できるダイズなどがある。遺伝子組換え技術による特定遺伝子の分離や組み込みは、従来の品種改良で

起こる遺伝子のランダムな組換えに比べて遥かに局所的かつ正確である。しかし、ある作物から別の作物に遺伝子を移動させたり、あるいはこれまで食物として利用されていない生物から遺伝子を作物に導入すると、ある遺伝子が主要な作物に導入された、食物間でアレルギーも同時に移動するのではないか、また、導入される蛋白質があまり食経験のないものであれば、この導入遺伝子による蛋白質が新たなアレルギー性を持っている可能性はないのかとの恐れを抱かせることにもなる。アレルギー蛋白質の同定およびそれらが遺伝子改変により食物に導入されるリスクを最小限にする一助として、本レポートでは安全性評価の手法を提案する。

最新バイオテクノロジーの応用により生産される食品の安全性評価

遺伝子組換えで開発された新しい植物品種を用いた食品に関し、その潜在的アレルギー性を合理的に評価する手法として、本レポートでは段階的に評価を行う慎重な方法を提案する。ここで提案するのは判断樹を用いた方法で、導入された遺伝子の起源、既知アレルギー遺伝子とのアミノ酸配列上の相同性、*in vitro* および *in vivo* での免疫学的分析結果について評価を行うほか、導入された遺伝子産物の物理化学的特性についても検討する。これらの総合的評価によって、新品種を用いた食品の安全性が従来から利用されているものと同等であることが公正に確認され、万一アレルギーが導入された場合には適正な表示を行うことでアレルギーをもつ消費者がそれを摂取するのを避けられることをここでは強調しておきたい。

判断樹ではまず導入される遺伝子の起源について注目し、それが 1) 一般的なアレルギー食品か 2) 一般的ではないアレルギー

食品、もしくは食品以外の既知アレルゲン素材か 3) アレルギー性に関する報告例がない素材か、を分類する。

アレルゲン性評価の第一段階として、全ての導入遺伝子についてそのアミノ酸配列に既知アレルゲンとの著しい免疫学的相同性がないかどうかを検討するため、あらゆる既知アレルゲンが登録されているデータベースを用いたスクリーニングが行われる。T細胞結合エピトープの長さに関する知見に基づき、本レポートではそれらの配列上に、隣接する最低8アミノ酸の一致がみられる場合アレルギー発現の可能性があるとし、その遺伝子産物についての更に詳しい試験を求める。本レポートではこの方法の限界を指摘しながらも、アレルゲン性の予見にあたって十分効果的なスクリーニング方法であると結論している。またこの分析法の普及の為、本レポートにはアレルゲンになりうると報告されている198の食品・非食品蛋白質のアミノ酸配列リストが併せて掲載されている。これらは公的に利用可能なデータベースから引用されており、新たなアレルゲンが同定されれば、その都度更新されるものと予想される。

一般的なアレルギー食品

ほとんどのアレルギー食品には主要アレルゲンと副次的アレルゲンの両方が存在し、食品アレルギーのほとんどは、一般的なアレルギー食品に含まれる一種もしくはそれ以上の主要アレルゲンに対して感受性が高いために反応が起きている。ここで主要アレルゲンとは、感受性が高い人の50%以上が反応するものを指し、副次的アレルゲンはそれ以下のものを指す。一般的なアレルギー食品に由来する遺伝子産物とその食品に感受性を示す人にとって主要アレルゲンかどうかを統計的に有意な方法で判断するには、臨床試験用試料(血清など)及び被験者が必要である。本レポート

では、一般的なアレルギー食品に由来する新しい遺伝子をもつ食品については、一連の固相イムノアッセイを行うことを提唱している(例えば *in vitro* radioallergosorbent test (RAST) あるいは R A S T 阻害テスト、もしくは Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) など)。ここで提案するのは、遺伝子の由来する食品に感受性が高いと報告されている最低14人の被験者から免疫血清を得て、それぞれの組換え食品について試験を行う方法である。この方法によると、99.9%以上の確率で主要アレルゲンを、また95%以上の確率で感受性の高い人のうちの20%以上が反応する副次的アレルゲンを検出することができる。*in vitro* 試験で陽性の結果が出た場合、その導入蛋白質がアレルゲンである恐れがある。*in vivo* 試験でアレルギーが発現しなかったとしてもその可能性が否定されるわけではないので、1992年のFDAの方針に基づき、その新規導入遺伝子を含む食品は導入遺伝子の由来を明示することが要求される(「新植物品種から生産される食品に関する方針声明」連邦官報 57:22984-23005)。固相イムノアッセイの試験結果が陰性あるいはあいまいな場合は、最低14人の被験者による *in vivo* 皮膚刺激試験を行う。ここで陽性結果が出た場合も、上述の *in vitro* 試験の場合と同様の危険が懸念されるため、その食品への表示が求められる。これらの試験でいずれも陽性反応が見られない場合その食品にはアレルゲンが含まれないように思われるが、本レポートは万全を期す為、更に最低14人の被験者を用いた二重盲検食品感作試験(DBPCFC)を行うことを勧めている。このDBPCFCだけはその実施に当たって、Institutional Review Boardの認可を得るべきである。DBPCFCにおいても何ら反応が見られない場合は、導入された遺伝子の素材となった一般的なアレルギー食品からのアレルゲンが移った可能性はほとんどなく、

こうした食品に関しては導入遺伝子の由来の表示を求める科学的根拠は存在しない。

アレルギー頻度の低い食品アレルゲンまたはその他の既知アレルゲン

A I IおよびI F B Cは、非一般的アレルギー食品に由来する遺伝子を評価する場合に一般的アレルギー食品と同様の厳しい基準を適用することは必ずしも妥当でないと考えている。本レポートが勧告する評価方法は、最低14人の感受性被験者の血清を用いた免疫学的分析であり、結果が陽性であれば、その蛋白質の由来に関して情報表示することを求める科学的根拠があるとするものである。しかしここに掲載される多くの非一般的アレルゲンの場合、それらに感受性の高い被験者の血清を入手することは極めて困難である。したがって、5名以内の被験者の血清でしか試験が実施できず（この場合の主要アレルゲンを検出できる可能性は95%未満）かつすべての結果が陰性の場合、その遺伝子産物についての物理化学的評価試験が行われる。遺伝子産物のアレルギー性について試験を進めることにより、非一般的アレルギー食物を代表する血清のライブラリー化が促進され、その結果、血清の入手はより容易になる事が期待される。5名以上の被験者の血清が入手でき、かつ陽性反応が見られない場合は導入遺伝子の由来を表示せねばならない科学的根拠がないとみなし、そうした食品はその遺伝子産物に関する表示をせずに市場に導入できる。

主要アレルゲンの多くは消化や通常の食品加工工程の条件に対して安定である。したがってある遺伝子産物がそうした環境下で安定でないことがわかれば、それがアレルゲンであるとは考えにくく、逆に、消化や熱変性に対する耐性が高い蛋白質は食品アレルゲンである可能性が大きい。これらのことから、本

レポートは固相イムノアッセイを5人未満の血清でしか検査できなかった非一般的アレルギー性食品由来の遺伝子産物については、*in vitro*での胃液による消化試験と、その食品に対して通常行われる加工条件下での安定性評価を行うことを提言している。もしその遺伝子産物が消化や通常の食品加工に対して安定でないなら、その導入遺伝子についての表示をせねばならない科学的根拠はなく、その食品は遺伝子産物に関する表示をせずに市場導入すべきである。一方、遺伝子産物が消化や加工条件に対し安定であることが判明した場合、開発者は適当な規制当局と討議の上、今後の方策を決定すべきである。なお、主要食品アレルゲンのほとんどが食品中に高濃度に存在することからわかるように、その遺伝子産物の食品中における濃度はその際に考慮せねばならない項目の一つである。

アレルギー性に関する報告例がない素材

アレルギー性に関する報告例がない素材に由来する遺伝子産物の評価は、アミノ酸配列に関する比較から始まることになる。導入蛋白質について、既知アレルゲンがすべて登録されているデータベースを用いてスクリーニングを行い、免疫学的にそのアミノ酸配列に既知アレルゲンとの著しい相同性がないかどうかを検討する。アミノ酸配列に既知アレルゲンとの著しい相同性がある遺伝子産物を含む食品の場合、先に述べた「非一般的なアレルギー食品またはその他の既知アレルゲン素材に由来する遺伝子産物を導入された食品」の場合と同様の手順で安全性評価を行う。既知アレルゲンとの相同性が確認されなかった遺伝子産物についてはさらに物理化学的評価試験を行い、その結果アレルゲン性がなければ表示を必要とする科学的根拠がないと結論する。

その遺伝子産物のアミノ酸配列に既知アレ

ルゲンとの著しい相同性がない場合でも、消化や加工条件に対する高い安定性が認められた場合は、開発者は適当な規制当局の助言を受けるべきである。

A I I と I F B C は、遺伝子産物のアレルギー性に関する評価のための動物実験系についても検討を行い、本レポートでは、動物モデルはアレルギー発病の機構やさらに詳しい研究をするのに有用であっても、ヒトにおける潜在的なアレルギー発病の可能性を広く予測できるような信頼性の高いモデルは現時点ではないと結論している。

ここで記述される科学的根拠に基づく判断樹を用いた方法は、遺伝子導入で作られた作物の品種改良に関連する新品種の潜在的アレルギー性を評価するものであり、一連の評価の過程で得られるすべてのデータを比較考慮することでその潜在的アレルギー性を判断するものである。この手法で得られた評価を用いて、組換えによる新品種の植物から作られた食品は、何世紀もの間伝統的な育種技術で開発されてきた植物から作られたものと同等の信頼性を持って市場に導入できる。

第8章 遺伝子組換え作物より作られた食品のアレルギー性に関する評価

1. 序論

遺伝子組換え技術による改良品種は、経済上最も重要な穀物を含めてすでに60種以上にのぼり、その数は増え続けている(第4章「食品蛋白質の遺伝子改変」表2参照)。これらの作物に導入された特性は、防虫、成熟遅延、ウイルス抵抗性、改良澱粉、除草剤耐性、改良オイル、病害抵抗性、雄性不稔等である(第4章)。今後4~5年の間に20種以上の遺伝子組み換え作物を利用した製品が市場化さ

れるものと予想される(第4章表3)。

市場導入に先立ち、これらの製品のそれぞれに食品、飼料、環境の視点から安全性評価が行われる。この章では食品の安全性評価の一つとして、遺伝子組換え作物を利用した食品の潜在的アレルギー性評価に関する代表的な意見と、科学的な評価手法について述べる。遺伝子組み換え穀物に導入される特性の大部分は、わずか2~3の新規タンパク質が発現した結果生じる。また、逆にある遺伝子の働きを止めるための遺伝子を導入して目的の形質を得る場合もあり(アンチセンス、コ・サプレッションなど)この場合作物中に導入されるのはマーカータンパク質のみである。一般的にこれらのタンパク質の発現量はわずかであり、その植物体の全タンパク質に占める割合も少ない。対照的に、ある一つの植物体では数万種類の蛋白質が発現し、そのいくつかは高濃度に存在する(第4章)。その膨大な多様性にも拘わらず、アレルギーを引き起こすタンパク質はそのうちの1~2%にも満たない(第2章)。食品アレルギー患者はたいていの場合、ほんの数種の食品に含まれているわずか2、3種類の特定のタンパク質に対しアレルギーを起こすのである。

世界で報告されている食品アレルギーの90%以上は、8種の食品(群)、つまりピーナッツ、大豆、木の実、ミルク、卵、魚、甲殻類、小麦によって引き起こされている(第5章「アレルギー食品」表1)。この表は、FAOの後援で最近開催された、食品アレルギーに関する専門家会議での議論をもとに作成されたものである。報告されている食品に対する免疫反応事例の大多数はイムノグロブリンE(IgE)仲介型の過敏性反応で、これは急性で過激な反応をおこして生命の危険があるため一般的な関心も高い。ほかにも食品タンパクが誘発する過敏性反応は存在するが(第2章「食品に対するアレルギー反応」)、免疫反応を

誘発するタンパク質の導入の有無を知るにはIgE仲介型の免疫反応を調べるのが最も確実であり、したがって本章ではほかの免疫反応については特に考慮していない。たとえば、グルテン過敏性腸症（セリアック症）はある種の食物のグルテンに感受性が高い人にみられる臨床学的に特異な症例であるが、本章では特に取り上げないし、逆に本章で述べる評価手法はセリアック病の場合には適当でない。遺伝子組替え作物を用いた食品の潜在的アレルギー性評価法としては、多面的な分析を通じて評価を行う方法を提案する。ここで検討されるのは、遺伝子の由来、既知アレルギーとのアミノ酸配列の比較、*in vitro*および*in vivo*での免疫学的分析、さらに物理化学的特性についての評価である。

判断樹（図1）にしたがって適切な対応を選びながら、慎重に段階を踏んで作業を進めていけば、合理的に潜在的アレルギー性の評価を行うことができる。これらを総合的に評価することにより、新品種の作物に由来する食品について、既存の同等品以上にアレルギーを懸念しなくてよいことが保証される。万一アレルギーが導入された場合、その食品は適切な表示がなされ、したがって感受性の高い消費者はその製品を避けることができる。以下判断樹アプローチについて、適当に例を挙げながら説明する。

2. 導入遺伝子の素材

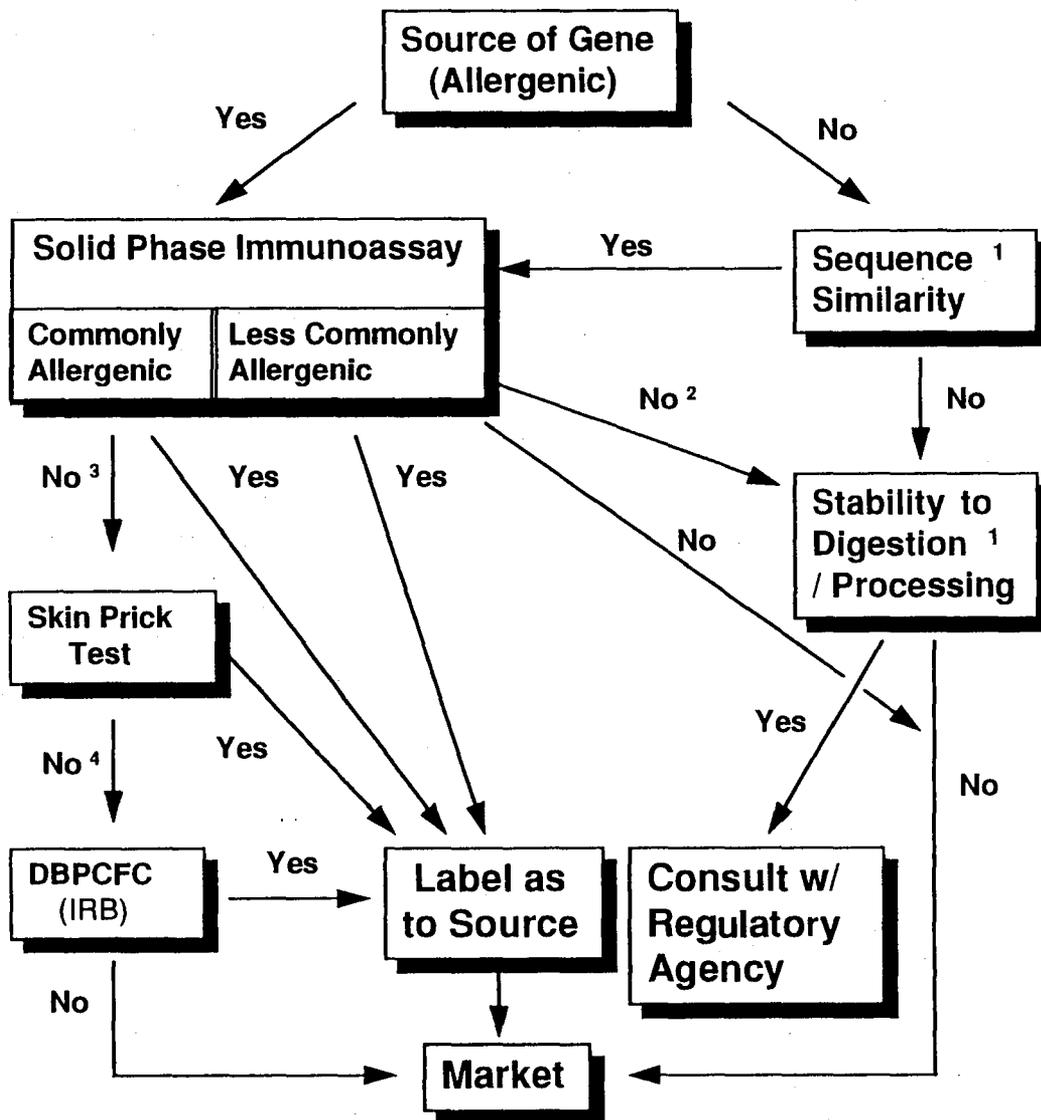
米国食品医薬品局（FDA）は食物アレルギーが遺伝子と共に導入される可能性を検討すべきと考え、「新しい植物種に由来する食品」に関する政策の中で次のように述べている。「（アレルギー性を持つ素材から遺伝子を得た場合）FDAでは、生産者は慎重を期して、導入蛋白質がアレルギーであるとまず仮定すべきであると考え。適当な*in vitro*あるいは*in vivo*でのアレルギー試験によって、潜在的

に感受性の高い人々（例えば、その蛋白質が通常見いだされる食品に対して感受性の高い人々など）が新品種を用いた食品にアレルギーを起こすかどうかを調べることができる。」さらにFDAは以下のように述べている。「既知の、あるいは予期されるアレルギーを新規に含んでいる食品には、その可能性を消費者に知らせる表示が必要かもしれない。」その表示にはその遺伝子が由来した素材を明示すべきである*。

潜在的アレルギー性を評価する上で、その遺伝子が何から得られたのかは非常に重要なパラメーターとなる。それが既知アレルギーを持つ素材であればアレルギー蛋白質をコードしている遺伝子が導入されていないか確認する必要性が生じ、導入されている場合は表示が義務づけられる。

既知のアレルギー素材から導入した遺伝子のコードしている蛋白質が新しい植物種を利用した食品の成分の中に発現している場合、それがアレルギーでないことを確認するためのデータが必要である。ただしその遺伝子が、本来の生物の中では通常ヒトが消化系や呼吸系を通じた暴露を受けない部位に発現しているものならば（例えば大豆の根やピーナツの葉など）、その遺伝子がアレルギー素材に由来していることを考慮する必要はない。また、既知のアレルギーが導入されてもそれが通常食品として消費されない部位に限定的に発現している場合には、遺伝子の発現と蛋白質産物の蓄積が植物の非可食部位に限られているということを証明できればアレルギーの危険性がないと結論してよい。

導入遺伝子の素材の評価では次の3つを区別することが重要である。：a) 一般的なアレルギー食品。b) 非一般的なアレルギー食品とその他（食品以外）の既知のアレルギー素材。c) アレルギー歴のない素材。本章では「一般的なアレルギー食品」を前述した8つの



1. It is recommended that an assessment for amino acid sequence similarity to all known allergens and an assessment of stability to digestion be performed for all gene products.
2. Solid phase immunoassay tests depend on availability of sera. Ideally, 14 sera should be used. However, if less than 5 sera are used, then proceed to stability box if results are negative and consult with the appropriate regulatory agency.
3. In the case of equivocal results or suspected false positives, proceed to skin prick tests.
4. DBPCFC's are performed on food products in which there is no evidence of allergenicity based upon solid phase immunoassays and skin prick tests. To assure lack of allergenicity, DBPCFC's should be performed following IRB approval.

図 1 . Assessment of the allergenic potential of foods derived from genetically engineered food crops

食品（群）と定義する。（これらは第5章「アレルギー食品」表1にも載せた。）これまで報告されている食物アレルギーの90%以上はこ

れらの食品が原因であり、後述する評価方法に必要な患者血清などの臨床試験用試料が入手できる可能性も高い。しかし他の食品群、

例えば魚や木の実のある特定の種（めかじきやブラジルナッツなど）などでは事情が違ふと思われる。第5章表2に一般的ではないアレルギー食品を示したが、これらの臨床試験用試料の入手は、花粉、かび、毛、毒など食品以外のアレルギー素材同様、あまり容易ではないと思われる。

一般的、非一般的アレルギー食品（群）はともに、主要アレルゲンと非主要アレルゲンの両方を含んでいる。主要アレルゲンと非主要アレルゲンは、ある特定の食品に対する臨床反応にそのアレルゲンがどのくらいの頻度で関与したかによって分類される。主要アレルゲンとは、皮膚テスト（S T）または固相イムノアッセイにおいて、ある物質に感受性の高い人の50%以上が反応するものと定義される。ここでいう「感受性が高い」とは、症状の記録や検査の結果に、典型的な即時型過敏反応の徴候もしくは症状がみられることを指す。アレルゲンに関する関心の大部分は、一般的・非一般的アレルギー食品（群）ともに主要アレルゲンに集中している。なぜなら、例えばピーナッツ感受性のすべての患者はピーナッツの一方あるいは両方の主要アレルゲンに反応するが、非主要アレルゲンについてはその臨床上の重要性がほとんどわかっていないからである。

*

以前からFDAでは、ある食品と食品添加物が一部の消費者に与えるリスクは回避可能であるという認識を持っている。こうした場合FDAでは一貫して、感受性の高い人々がアレルギーを起こしうる食品・原料が含まれている旨を企業が自主表示するのに一任してきた。例えば、亜硫酸剤（21 C. F. R. § 101.100 (a) (4)）やD & C黄色5号（21 C. F. R. § 74.705 (d) (2)）のような着色剤などがその例である。またその他の例では、食品の天然

成分の1つであるグルテンがある。FDAでは利用されているグルテンが、とうもろこしグルテン（21 C. F. R. § 184.1321）か小麦グルテンか（21 C. F. R. § 184.1322）区別することを要求している。なぜなら、セリアック病患者は小麦由来のグルテンを摂取した場合は必ず腸の不調を起こすが、とうもろこし由来のグルテンは問題なく食べることができるからである。それぞれの場合において、表示により必要な情報を開示して消費者にその原材料に関する警告を与えれば、消費者はそれらに暴露される危険を回避することができる。このように食品の表示を利用すれば、大多数の人々には安全な食品が一部の人々に与えるリスクをなくすことができる。ここで特記すべき点は、FDAが表示義務を課するのは、科学が理論的にアレルギーの危険性が実在することを立証した場合に限られるということである。

こうした状況において、製品表示による情報開示が信頼できる健全な社会的メカニズムであり、消費者が食品を賢く選ぶことを可能にする効果と価値のある方法であることが証明されてきた。表示は、科学的根拠のある方法に従って行われれば、消費者への情報提供・指示・警告がその目的にかなった役割を果たすことができる。

FDAはまた、食品表示情報に対する消費者の理解と利用なしにはこうした目的が達成され得ないことも認識している。そのため同局では表示内容を、表示対象食品・原材料の特定と質に関して本質的な情報だけに限定している。

表示情報の実際の正当性を慎重に検討する試みは、法的・科学的な必要性に加え、バイオテクノロジーによる植物を用いた製品に表示をしようとする場合に必ず伴うであろう非常に現実的な問題の数々に対応するためにも必要である。ほとんどの消費者にとって、これらの製品は代替のきく穀物製品である。市

場でこれらバイオテクノロジーに基づく商品と伝統的育種技術に基づく商品とを区別することは、収穫・輸送・貯蔵・加工の点で、コスト的にも手間の面でも非常に非現実的である。そのうえ、製品のあるタイプのものを他のものと区別する決定的手法が開発される見込みがない。

3. 既知アレルゲン蛋白質とのアミノ酸配列の類似性

食品の潜在的アレルゲン性の評価はいかなる素材から遺伝子を導入した場合でも、導入蛋白質のアミノ酸配列を既知アレルゲンと比較することから始められる。アレルゲンとなる素材には、ある種の植物や動物に由来する食品が含まれ（第5章表1、表2）、さらに花粉・かびの胞子・昆虫の毒や糞・動物の毛や尿のような、非食品アレルゲンも考慮する必要がある。これらの蛋白質に対する感受性が経口、経皮、あるいは呼吸系を通じた暴露によりすでに高まっていれば、遺伝子組換えによりそれらを導入した食品を摂取した場合やはり反応を起こす可能性があるからである。呼吸系や皮膚を通じて感作するアレルゲンの多くは環境中や胃腸内では不安定であり、それらを経口摂取しても感作されることはないように思われる。しかし、経口性アレルギー症候群（OAS）のように、口腔内の限られた暴露であっても局所的に症状を引き起こされうることを示唆する例も知られている。

酵素から細胞骨格の調節因子まで、生体内でのアレルゲン蛋白質の機能は多様であり、それをもとにアレルゲン性の予測をすることはできない。したがって食品アレルゲンを含め、多くの主なアレルギー素材のアレルゲンについて、これまで分子生物学的な特徴解析が行われている（6章「食品アレルゲンの原則と特徴」参照）。いくつかのアレルゲンの重

要なIgE、T細胞、B細胞エピトープは既にマッピングされている。アトピーの免疫学的な発症メカニズムは、疾病によるものではない反応の場合とは異なると思われるがまだはっきりわかっていない。しかしながらマッピング研究によって、T細胞のエピトープではペプチドの長さがアミノ酸残基数8-12の場合が結合に最適であり、B細胞エピトープではそれより幾分長いらしいことがわかってきた。

こうした知見から、免疫学的な同一性があるためには少なくとも連続する8つのアミノ酸が一致する事が必要であると考えられ、これに基づき導入蛋白質と既知のアレルゲンのアミノ酸配列の比較テストを行うことが可能になる。ただしここでいう同一性のレベルは、生物学的な意味で関連性（相同性）のある蛋白質の場合の類似性に比べて、はるかに低い。アミノ酸配列の比較基準は、今後の研究でアレルゲンの構造に関する理解が進むにつれて変化し、さらに優れたものになっていくと思われる。今のところ、エピトープのアミノ酸配列がわかっているアレルゲンは全体から見ればほんのわずかにすぎず、特に食品アレルゲンについてはほとんど知られていない。しかし、現段階ではアレルゲンエピトープの包括的なデータはなく、既知アレルゲン自体についても配列の同一性の確認がなされていないことを考えれば、今回提案した方法は妥当である。むしろここで確認しておくべき事は同一性が存在する可能性の有無であり、アミノ酸配列中どこにも連続する8アミノ酸残基の一致がみられなければ、導入蛋白質が既知アレルゲンと共通の直鎖状エピトープを持つ可能性がほとんどないということになる。

生物学的相同性の高い別種の花粉で、アレルゲンのエピトープにまったく同じアミノ酸配列が保存されているのが時折観察される。アレルゲン間でIgEの交叉反応が起こる理由

はこれによって説明できる。さらに保存性の高いアミノ酸が、合成や部位特異的な突然変異によって置換された場合にIgEの結合性が低下することからも、エピトープのアミノ酸配列の重要性が示唆される。

しかし明らかにこの方法には限界がある。なぜならば、アレルゲンの三次構造に依存して立体的に構造化されるような、一次配列上は不連続なエピトープ（第7章「食品アレルゲン」）は認識できないからである。例えば、患者の血清中のIgEとカバの木の花粉アレルゲンBet v 3の結合は、カルシウムによる立体構造変化に依存する。Bet v 3にはカルシウムと結合するEFハンド構造があり、おそらく、カルシウムの存在下で構造を変化させることによって立体エピトープの認識が可能になったのだと思われる。またこの方法によって同定されるアミノ酸配列が、単に一次構造の保存性が高いだけで蛋白質のアレルゲン性とは関係がないという場合も考えられる。以上のことからこの方法は、潜在のアレルゲン性を決定するためではなく、その可能性を示唆する指標として用いられるべきである。上記の試験基準に従い、FASTAや同様のコンピュータープログラムを使って公的な領域遺伝学のデータベース（GenBank, EMBL, PIR 及び SwissProt）に登録されているアレルゲンのアミノ酸配列を検索し、遺伝子改変植物にそれと一致する配列がないかの確認を行う。アレルゲン蛋白質のアミノ酸配列を入手して検索する場合、情報を適切に検索するにはその検索方法が非常に重要である。“アレルゲン”といったキーワードをもとにアレルゲンのリストを探すだけの検索では、関連する全ての食物アレルゲンを検索することができず、また、アレルゲンでない蛋白質を検索してしまう可能性もある。例えば、カゼイン、 β -ラクトグロブリン、オボムコイドのような多くの食物アレルゲンは、“アレルゲン”というキーワ

ードでは検索されてこない。このデータベースは、食物アレルゲンだけでなくすべてのアレルゲン蛋白質のアミノ酸配列を含有すべきである。表1と表2は、今まで報告されているアミノ酸配列に関する最もわかりやすいリストである。食物アレルゲン（表1）と非食物アレルゲン（表2）を包括しており、使いやすいように受入番号が付与されている。これらの表は1995年5月に作られたもので、さらに新しいアレルゲン蛋白質のアミノ酸や塩基配列が報告されたときには、常にそれらが追加されるようになっている。

このアレルゲンの配列のデータベース（または他の同様なデータベース）を用いて、いくつかの遺伝子組換え植物で発現された蛋白質について検索した結果を表3に示す。これらの蛋白質には何ら有意な同一性はみられず、したがって、これらの導入蛋白質は、いずれも既知のアレルゲン蛋白質と同じ一次配列を持つIgEエピトープを持たないことが結論された。

判断樹では、導入遺伝子の素材に続いてアミノ酸配列の相同性分析を行った結果に問題がない場合、別の評価にさらに進むことになる（図1）。

4. 一般的なアレルギー食品由来の遺伝子を有する食品

通常のアレルゲン性を示す食物由来の遺伝子を有する食品は、アミノ酸配列解析から得られる情報には関係なく、アレルゲン性の免疫学的な解析にかけるべきである。そして *in vitro* アッセイと *in vivo* アッセイの両方が用いられるべきである。これらのアッセイには、RAST法、RAST阻害法 [31, 32]、ELISA法 [33] が含まれる。免疫プロテイングの結果が陽性の場合、RASTやELISAは不要であろうが、陰性の場合

は、検出感度を上げるためにRASTまたはELISAが必要であろう。RASTやELISAを用いると、確実なアレルギー患者から5検体の正常血清を試験することによって、97%信頼度のデータが得られる。

RASTとELISAアッセイ（各々の詳細については6章で述べる）には、その遺伝子が由来する食物に対してアレルギー性を示すことが確認されている個体から得られた血清のIgE画分を使用する。血清供与者は、二重盲検でプラセボコントロールの食品チャレンジテスト（DBPCFC）で陽性である事を含め、嚴重な臨床的基準に合致する[31、34]かまたは、重篤な、IgEに媒介される全身性反応の納得性のある経歴を持たなければならない[35]。納得性のある経歴には、一回の抗原刺激に伴う、医学的治療を要するような即時過敏反応の存在と、それが医師の記録に載っているという事実が必要であろう。これらのin vitroアッセイの一つまたはそれ以上から得られたデータは、導入された遺伝子がアレルゲンをコードしているかどうかについての強力な証拠となる。少なくとも5人の、確かな血清供与者を、個別に試験しなければならない。このin vitroテストの結果、97%の信頼限界外で陽性の結果がでた場合は、その遺伝子産物を含む食品すべてについて、FDAの指導[6]により、移入された遺伝子の起源を示しておかなければならない（図—8.1）。

もしそのin vitroテストの結果が陰性であったり、はっきりしなかったり、非特異的な交叉反応の疑いがある場合は、それ以上アレルゲン性の有無を追求するために皮膚プリックテスト[31]を行うべきである。皮膚テストのタイプや抽出物の品質を確保する必要性またそれらのテストに用いられる基準について

の詳細説明は重要であり、6章で述べられている。少なくとも5人の、問題となっているもとの食品に対する皮膚テストが陽性であり、かつ、感受性に関して説得力のある経歴を持つ患者が試験されねばならない。このin vitroテストで陽性の結果が出た場合は、in vitroテストで陽性の場合と同様に、移入された遺伝子の起源を明示しておくことが必要となる（図—8.1）。

in vitroテストにおいても、皮膚プリックテスト（刺傷または刺孔）においても、ともに陽性の結果が得られなかった場合は、最終テストとして、問題となる食品に感受性の患者を使い、コントロールされた臨床的条件下で、二重盲検プラセボコントロールテスト(DBPCFC)を実施することになるであろう。このようなタイプの評価に対する倫理的配慮としては、テスト被験者における、アナフィラキシーショック誘発の可能性や、適切な臨床的安全性のデータや手続きが得られるか否かのような要因が含まれるが、そのような要因のみに限定されるものではない。すべてとはいわないまでも、DBPCFCを実施しているほとんどの研究機関では、すべてのDBPCFCを倫理的配慮の観点から検閲する研究機関検閲委員会(IRBs)を有している。これには、被験者にとって、そのテストを行うリスクが、該当する感受性についての通常の評価を行う際に起こりうるリスク以上にならないか否かの判断も含まれている。被験者に対するリスクを最小限に抑えるために、in vitroアッセイと皮膚テストによるデータをあらかじめ得ておくことが、DBPCFC試験を要求するために前もって必要である。第6章に、想定投与量や事前の注意を含む、DBPCFCを行うための詳細が述べられている。DBPCFCで試験された最低14人の感受性個体の中で、一人の感受性患者に陽性反応

が認められた場合には、その蛋白質を含む作物由来の食品について、移入遺伝子の起源を明示しておかねばならない。

これら三段階の評価のいずれにおいても陽性反応が見られなかった場合は、この、通常にアレルゲン性を示す食品から得られた遺伝子は、アレルゲン蛋白質をコードしていないことが結論される。

この評価方法の有効性を示す例としては、動物の餌用大豆粉の含硫アミノ酸含量を高くして、品種を改良する目的で大豆に導入されたブラジルナッツの2S貯蔵蛋白質の例が挙げられる。ブラジルナッツの2S蛋白質は大豆中で発現し、その組換え大豆の種子蛋白質全体の中で、かなりの比率を占めていた [39, 40]。ブラジルナッツは、少数の感受性個体において、アナフィラキシー反応を引き起こす事が知られている [41, 42]。ブラジルナッツ由来のアレルゲン蛋白質が大豆に移入されているかどうかを評価するためにRAST法が免疫プロットイングと組み合わせて使用された [40, 43]。9人のブラジルナッツに感受性の個体のうち、8人の血清がRAST法で陽性を示した。この結果は、ブラジルナッツから得られた遺伝子が、ブラジルナッツの主たるアレルゲンをコードしている事を示していた。もし、万が一、この遺伝子を含む大豆製品が販売されるようなことがあった場合は、この大豆品種由来の大豆製品を含むすべての食品には、“ブラジルナッツ由来の蛋白質を含んでいる”旨を、明示しなければならないであろう。この例は、遺伝子の組換えによる既知のアレルゲン蛋白質の移入を同定する手段として、*in vitro* アッセイを使用することの価値と有効性を示している。

5. 一般的でないアレルギー食品またはアレ

ルゲンを持つことが知られるその他の素材に由来する遺伝子を導入された食品

一般的でないアレルギー食品またはアレルゲンを持つことが知られるその他の素材に由来する遺伝子を導入された食品の場合、アミノ酸配列の分析とは別に、起こりうるアレルギーの可能性について免疫学的分析を行うべきである。分析方法としては *in vitro* アッセイが適当である。検査は、それに関するアレルギーを起こした記録のあるアレルギー患者の血清が入手しやすい場合、14人以上の血清を用いることが望ましいが（ブタクサの場合など）、それが難しい場合は可能な限り多数の血清を入手して分析を行う（トウモロコシなど）。入手できる血清が5人分未満の場合は、規制を担当する適当な公的機関の助言を受けるべきである。またその場合、物理化学的性質についての検討も併せて行う必要がある（詳細は後述）。FDAガイドラインでは、免疫学的分析でわずかでも陽性と判断されたものがあれば（信頼度95%以上）、その蛋白質を含む食品には全て導入遺伝子についての表示を付すべきであり（図1）、一方、最低5人以上の血清を用いた検査ですべての結果が陰性であれば表示の必要はないとしている。

アレルギー食品としてあまり知られていない食物やアレルゲンを持つことが知られるその他の素材から導入された遺伝子生産物を評価するとき、固相イムノアッセイが5人未満の血清でしか行われず、かつその全てが陰性の場合には、その蛋白質についての物理化学的分析を行う必要がある。方法としては、導入蛋白質を既知のアレルゲン蛋白質と物理化学的・生物学的に比較することでその潜在的アレルゲン性を予見する方法が採られている。しかしこの方法は、アレルギー性を持つ素材から由来する既知のアレルゲンを同定するに

は有効であるが、これだけで遺伝子生産物の潜在的アレルギーの可能性を決定することはできないように思われる。

食品蛋白質がアレルゲンとなる前提として、消化器系内で安定なことがあげられる。(例えばヒト消化系において、蛋白質分解酵素の影響を受け難く、酸性環境下でも安定である。) またほとんどの場合、特殊な食品に用いられる加工処理(熱変性に対する耐性)に対しても相対的に耐性が高いことも重要である。たとえばピーナッツや大豆のアレルゲンがピーナッツバターや黄粉に加工される工程を経てもそのアレルゲン性を失わないことなどがその一例であり、導入蛋白質の潜在的アレルゲン性の評価においては、そうした易消化性や加工処理中の安定性についても検討しておく必要がある。なお例外として、口腔内アレルギー症候群(OAS)で消化器系での安定性が低い蛋白質がアレルゲンとなるケースがあるが、この場合全身的なアレルギー症状に至ることは少ない。

また、このほかのアレルゲン蛋白質の特徴として、分子量10-70kDaのものが多くことや、グリコシル化されている場合が多いことも挙げられるが、これらの性質は非アレルゲン蛋白質にも該当することが多く、またアレルゲン蛋白質でもその例外となることが少なくないため、判断樹による評価においてはこれらの項目は採用していない。

A. 易消化性

アレルギーが起こったということは、まずアレルゲンが腸管粘膜に到達し、そこを通り抜けたということである。もともと蛋白質そのものは腸管粘膜から体内の循環系に侵入することができる[48]。酵素分解されにくく消化管内で安定な蛋白質ほど腸管粘膜に到達す

る可能性が大きいことは明白であり、まだ直接試験されていないものも多いが、実際多くのアレルゲンが蛋白質分解酵素に対し耐性を示すことが知られている(「食品アレルゲンの条件と特徴」の章を参照)。

植物への導入蛋白質を一般に知られる多数のアレルゲン[58]と比較するには、アメリカ薬局方[57]の記載と同様、哺乳類消化器系の胃-腸モデルが用いられている。これらは、動物[61]・植物性[59, 60]蛋白質や食品添加物[62]の消化性の検討の際にも用いられており、牛乳のアレルゲン[63, 64]の安定性試験にもこれと類似したモデルが使用されている。

一般的なアレルゲンについてその易消化性を検討した研究結果の一例を表4に示す。これらのアレルゲンは例外なく胃-腸消化器系(GI)モデルによる試験[58]で高い安定性を示し、アレルゲン自体もしくは蛋白質分解されたその断片は人工胃液中で最低2分間以上安定して存在した。また、主要なアレルゲンの多くは1時間以上安定であった。

安定性に関する同様のデータは、相対的な安定性に関する評価はまったく同じではないが、他の研究からも報告されている[65, 66]。これらアレルゲン蛋白質と比較すると、非アレルゲン性蛋白質は同じ条件下で速やかに分解される。表4に示された8種類の非アレルゲン性蛋白質は初めのわずか15秒で分解されてしまっている。

蛋白質が速やかに分解されればされるほどそれが腸管粘膜から吸収される可能性は小さくなる、つまりそれがアレルギーを引き起こす可能性も少なくなるはずである。ヒトの消化器系に、蛋白質が腸管粘膜に到達する前にそれを除去するしくみが備わっていることか

ら考えて、人工消化器系モデルはアレルギー性評価の有効な手段であるといえる。

B. 加工処理に対する安定性

種々の加工処理に対する安定性もまた、導入蛋白質のアレルギー性を評価する上で重要である。加工後も素材のアレルギー性を保持しているピーナッツや大豆製品の例から、食品アレルギーは、加工食品にも含まれるようなものは特に、加工に対して安定である傾向があることが予想される（「食品アレルギーの条件と特徴」の章を参照）。この点についての検討は、遺伝子を導入した作物がトマト・柑橘類・レタスなど生食用である場合には不要であるが、大豆・小麦・コメなど、消費者の口に入るまでに何段階かの加工工程を経るような場合はそのアレルギーの加工安定性を考慮するための適当な試験が実施されるべきである。ただし、ヒトが消費する最終製品に蛋白質が含まれていない場合は消費者が著しくその導入蛋白質に暴露されることがないため、アレルギー発症の可能性は大幅に低減されるか除去される（油脂や炭水化物など）。被験者数が限定された食品の摂取実験で、大豆・ピーナッツ・ひまわりなどを含む数種の作物から搾取した油をそのアレルギー患者に与えてもアレルギー反応は見られなかったという報告があるが、加熱処理された植物油中に含まれる蛋白質量は極めて微量もしくは無視できる量であるため、この結果は驚くにあたらない。

導入蛋白質が、一般的でないアレルギー食品またはアレルギーを持つことが知られるその他の素材に由来する場合、それが消化器系内で非常に不安定である、もしくは加工処理によって大幅に分解・除去されるならば（その作物が全て加工される場合）、導入遺伝子についての表示は必要でない。しかし加工およ

び（または）消化に対し耐性がある場合は、規制を担当する適当な公的機関の助言を受けべきである。

6. アレルギーの症例が知られていない素材から遺伝子を導入した食品

アレルギーの症例が知られていない素材から遺伝子を導入した場合、3章で述べた通り、その導入蛋白質と既知アレルギーのアミノ酸配列について比較を行う。もしあるアレルギーとの相同性が高く、そのアレルギーに対するアレルギー患者の血清が入手可能ならば、導入蛋白質についての固相イムノアッセイによる免疫学的評価を行うべきである。その手順は、前章「一般的でないアレルギー食品またはアレルギーを持つことが知られるその他の素材に由来する遺伝子を導入された食品」で述べた方法と同様である。

一方、著しいアミノ酸相同性が認められなければ、V.A.章およびB章で記述したように、易消化性と安定性についての評価を行う。この場合、導入蛋白質が速やかに分解または加工過程で除去されるならば食品に導入された遺伝子についての表示は必要ではない。例えば表3はさまざまな遺伝子組換え作物に導入された9種類の蛋白質のアミノ酸配列であるが、これらはいずれも既知アレルギーとの相同性がなく、前述した易消化性についても速やかに分解されることが確認されている（表4）。こうしたデータに基づき、これらの蛋白質が導入された商品は導入遺伝子に関する表示がされずに市場に出ることになるだろう。

7. その他の検討事項

A. 導入蛋白質が食品中に占める割合

食品アレルギーはしばしばその食品における主要蛋白質として存在し、全蛋白質量の1-

80%を占める場合が多い。一般的なアレルギー食品の場合は特にその傾向が強く、表4に示すように、牛乳、大豆、ピーナッツなどはアレルギー含有量の多い食品の例として挙げられる。このことから、ある蛋白質がその食品中で全蛋白質量の1%を超えるレベルで発現している場合には、やはりアレルギー性評価を行う必要があると考えるべきだろう。表4に示したアレルギー蛋白質の多くは全蛋白質量に占める割合が1%未満であるが、それと比べて市場導入を目的として開発された遺伝子組換え作物(表3)の場合、その導入蛋白質が未加工製品に占める割合は湿重量で.0001%以下から0.03%で、これは総蛋白質量の0.01%以下から0.4%にすぎないため、この点に関する心配はないといえる。

B. 宿主

ある食品にアレルギーを起こす消費者は、その遺伝子組換え体を利用した食品も同じように避けると予想されるが(大豆、ピーナッツなど)、これまでその食品にアレルギーを起こさなかった人でも、その作物の固有アレルギーが不注意な遺伝子操作により顕著に増加すればアレルギーを起こすようになる可能性がある。したがって、遺伝子組換えで宿主となる作物にアレルギーが含まれていることが知られている場合、そのアレルギー患者の血清が入手可能ならば、組換え体を利用した食品についてその宿主に含まれていたアレルギー量が自然に生じる固体差のレベルを超えて増加していないことを確認すべきである。ただし、大豆など一般的なアレルギー食品が宿主となる場合はその確認が不要である場合も考えられる。というのは、遺伝子操作により改変される性質は限定的であるべきであり、例えば、大豆にアンチセンス遺伝子を導入してその主要アレルギーの発現を抑制した組換え体の場合には、大豆が元々持つすべてのア

レルゲンについてそれぞれ発現レベルを確認する必要があるが、導入された遺伝子が大豆のアレルゲンの発現に影響を与えるという根拠がないのならば、アレルギー発現量について確認を行う必要はないからである。

宿主となる作物が元々持つ蛋白質の分析が求められる場合、分析手法としてはイムノブロットイングまたはELISA法(もしくはその両方)が考えられるが[86]、これはアレルギーを起こした記録のない、または症例が限られていて試験用の血清が入手できない食品の場合には適用できないという問題がある。

C. 動物を用いたモデル系

動物を用いたモデル系による実験ではアレルギーのメカニズムを理解するうえで重要な情報を得ることができるが、ある特定の蛋白質が人間に対してアレルギー性を持つかどうかを評価するには至っていない。動物モデルの例としては次のようなものがある。

1. 遺伝子組換えで改変されたアレルギー蛋白質に対する、IgE抗体の反応を評価するためのマウスモデル [87]
2. IgE感作型即時性アレルギーのラットモデル [88]
3. 即時性アレルギーのモルモットモデル [89~91]
4. 喘息および食餌制アレルギーのドッグモデル [92, 93]
5. 免疫療法に利用できるペプチドエpiteープ [24] と免疫予防学的手法 [94] を開発するためのマウスモデル

動物モデルは、アレルギーについての基本的な疑問やメカニズムを研究する手がかりとなるため、あるアレルギーが発症した場合にその免疫学的なメカニズムを生物学的または分子学的に解明する研究に用いられてきた

[95, 96]。しかしこうしたモデルにより導入蛋白質の潜在的アレルギー性を予測できた例はなく、現段階でこれらのモデルを人間に当てはめることはできない。アレルギー反応は非常に多様である。アレルギーの種類によって、また、実験に用いた動物の種類やその種の違いによって、さらには同じ動物を用いても時期が異なれば違う反応が起こる [95, 96]。このことから、人間のアレルギー発症性を予測できるような信頼性の高い動物モデル系を開発する事がいかに困難かがわかる。

ブラジルナッツの2Sグロブリン蛋白質のアレルギー性を動物モデルで予測できなかったのはその一例である。この実験では2Sグロブリンをある条件下でマウスに経口投与してその皮膚の即時性アレルギー性を評価したところ、そのマウスの系統ではIgEの反応が起こらなかったため、報告書では「この遺伝子を他の作物に導入すれば、栄養学的な質の改善が期待できる」と結論されている。ただしこうした例は、現在の動物モデルを更に改良することでアレルギー性をできる系が開発される可能性があることを否定するものではない。

8. 国内および国際的なコンセンサス

本稿での提言は、これまで提案されている提言に矛盾するものではなく、むしろそれらをさらに進めたものだといえる。これまでの主な団体の動きとしては、FDAが1992年に"Food Policy"文書のなかでアレルギー性評価のためのガイダンスを提案し、EPAも1994年11月に害虫抵抗性植物に関するガイドラインのドラフトの中でいくつかのガイダンスを提言している。また、FDA,EPA,USDAは遺伝子組換作物のアレルギー性評価に特に焦点を合わせたシンポジウムを1994年4月に共催している。最近ではOECDとWHOが共催の形でワー

クショップを行い、そこでもアレルギー性評価のためのガイダンスが提案された。

9. 今後の展望

遺伝子組換技術は、これまで述べたような問題がある一方、ある種の食品についてはその固有アレルギー蛋白質のレベルを低減させる有力な手段ともなり得る。例えばアンチセンス遺伝子（蛋白質合成に必要な塩基配列と逆の配列を持つ遺伝子）を導入して、ある遺伝子の発現を抑制することにより、ある特定の蛋白質含有量だけ著しく低減させることが可能である。「フレーバーセーバー」トマトは、この方法でトマトの軟化を引き起こす酵素（ポリガラクチュロナーゼ）の生成を阻害し、日持ち性を向上させたものである。またコメでも、これと同じ手法で最も重要なアレルギー蛋白質を著しく低減させることが行われている。多田らは16kDaのアレルギー蛋白質をコメからクローニングしてそのアンチセンス遺伝子を導入し、組換え体から収穫されたコメの多くでその蛋白質の含有量が著しく減少したと報告している。しかしながらこの蛋白質は完全に除去されたわけではなく、現在更にこのアレルギー蛋白質レベルを低減させるべく研究が進められている。

この手法により、アレルギーを持つことが知られている他の作物でも同様にそのアレルギー蛋白質を選択的に低減または除去する事は可能である。しかしこの手法の問題点として、ピーナッツや大豆などのように複数のアレルギー蛋白質を持つ作物の場合その応用が複雑になってしまうこと、また、アレルギー蛋白質が植物体の中で構造的・機能的に重要な役割を果たしているような場合、それを除去することによって植物体は何らかのダメージを受けてしまうことが考えられる。

10. 将来的な研究の課題

アレルギー性評価手法の開発は、食品アレルギーに関する物理化学的・免疫学的・生化学的知識が蓄積されて初めて可能になる。評価の正否は、アッセイ法の有効性（例えば擬似消化モデルを用いた系）、免疫学的試験用サンプルの有無（アレルギー食品に含まれる蛋白質の評価を行うのに必要なアレルギー患者の血清）、新たに特定されたアレルギーについての情報の有無（たとえばアレルギー蛋白質のアミノ酸配列情報が漸次更新されるデータベース）に左右される。また、有効な動物モデルがあることが望まれる場合もあるかもしれない。

既存のデータベースを拡充していくうえで、新たに特定されたアレルギー蛋白質のアミノ酸配列と塩基配列（もしくはそのいずれか）のデータは特に食品の場合は貴重な情報であり、同様に主要なB細胞、T細胞のエピトープのマッピング情報も重要である。

また、本稿の提案する物理化学的・生物学的データを、遺伝子組換えで導入される蛋白質を含むアレルギー／非アレルギー蛋白質の双方について広範に収集することは、ディシジョンツリー評価で用いられる基準の有効性を確立する一助となるだろう。更に、これまで述べてきた評価手法に関する研究は、血清バンクの充実によってより助長されると考えられる。

今後われわれは、免疫学的疾病が発病する分子学的レベルでの機構（どうしてある食品の蛋白質がアレルギーになるのか）や、抗原に対し感受性が高くなる原因とアレルギー反応が誘引される要件について、更に理解を深めていく必要がある。そうした研究は、遺伝子工学によって作られる食品の潜在的アレルギー性評価手法の確立を促進するだけでなく、

アレルギーの発症に対処したり未然に防ぐための新たな手法を開発する基盤ともなるだろう。

11. まとめ

本稿は、科学的根拠に基づいて、植物体への遺伝子導入に関連した潜在的アレルギー性評価のための判断樹評価手法を提案する。この手法では導入遺伝子の供給体に注目し、それを次の一般的な3つのカテゴリーに分類している。「一般的なアレルギー食品」「一般的ではないアレルギー食品、または非食品でアレルギー性の知られているもの」「これまでにアレルギー症例の報告されていないもの」遺伝子組換え作物に由来する食品にその遺伝子の供給体を表示すべきかどうかについては、導入された蛋白質について、アミノ酸配列に関する既知アレルギーとの相同性の程度や *in vitro* または *in vivo*（もしくはその両方）でのイムノアッセイの結果を、主要な物理化学的性質と併せて検討したうえで勧告がなされることになる。

最終的に遺伝子組換え作物に由来する食品の安全性は、アレルギー性評価作業を通じて得られるすべてのデータを比較考量して保証される。遺伝子改変により作出された新しい作物は、これまで論じた種々の評価により、交配による育種で何十年もかかって改良された従来の作物と同じ信頼性を獲得した上で、市場に導入されるべきである。

謝辞

訳者らは、千葉大学医学部助教授 河野陽一先生のご校閲に深く感謝いたします。

発刊のお知らせ 「魚の油—その栄養と健康」

木村会長の監修のもとライフサイエンス研究委員会油脂部会では「魚の油—その栄養と健康」を発刊致しました。

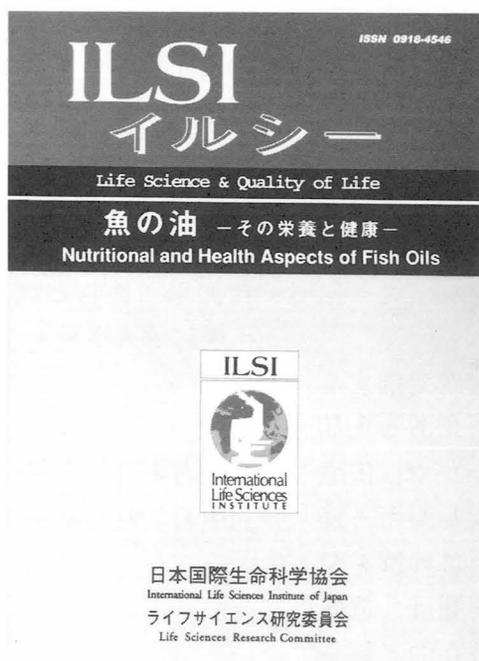
1995年6月にも「魚介類脂質の栄養と健康」を「ILSI・イルシー」別冊として発刊致しましたが今回は新しいデータも加え、より分かりやすく読みやすくしたのが特徴です。

他書では得られない内容は次の通りです。

- ◎魚の種類別、産地別、時期別の脂肪酸組成が示されている。
- ◎国別の漁獲量（淡水産も含む）、輸入量、消費量の推移が示されている。
- ◎魚の特徴的な脂肪酸とその栄養と健康に果たす役割がやさしく説明されている。
- ◎各種脂肪酸がバランスよく摂取され、他の食品成分との協力により、健康が維持されることが多くの研究の成果として説明されている。

以上の内容がB5版50頁にまとめられておりますので、会員各社の研究者のみならず営業の方々までお読み頂きたいと存じます。また栄養を勉強され、実際に給食を担当されておられる栄養士の方々にもお薦め致しますので、ご希望の冊数を日本国際生命科学協会迄お申し込み下さい。（実費頒布価格 1,000円：送料別）

（尚この冊子の著作権の一部は（財）日本水産油脂協会にもお譲りしましたので同協会からも同じ内容の冊子が発行されています。）



会員の異動（敬称略）

入 会

<u>入会年月日</u>	<u>組 織 名</u>	<u>理 事</u>
1997. 8. 29	(株) 林原生物化学研究所	開発センター担当 常務取締役 三橋 正和
1997. 9. 10	レンゴー (株)	取締役社長 長谷川 薫
1997. 9. 28	塩水港精糖 (株)	取締役 糖質研究所長 桑原 宣洋
1997.12. 8	日本製粉 (株)	中央研究所・主任研究員 内野 敬二郎

理事の交代

<u>交代年月日</u>	<u>社 名</u>	<u>新</u>	<u>旧</u>
1997.10. 3	大日本製薬 (株)	食品化成品部 開発企画課課長 杉本 眞一	食品化成品部 食品研究開発部長 柴田 征一

社名変更

<u>変更年月日</u>	<u>新</u>	<u>旧</u>
1997.9. 1	カルピス (株)	カルピス食品工業 (株)

退 会

<u>退会年月日</u>	<u>社 名</u>
1997. 9. 11	日本製紙 (株)

日本国際生命科学協会活動日誌

(1997年8月1日～10月31日)

- 8月8日 砂糖研究部会 於：ILSI JAPAN
砂糖需給要因特別調査事業補助金の申請、砂糖に関する講演会、その他に関する検討。
- 8月13日 油脂の栄養研究部会 於：ILSI JAPAN
魚介類脂質の栄養と健康に関する小冊子の校正、油脂部会の今後計画に関する検討。
- 8月20日 編集部会 於：ILSI JAPAN
「ILSI・イルシー」52号の校正及び53号の掲載内容の検討。
- 8月28日 栄養とエイジング研究部会 於：昭和女子大学
「おいしさの科学」フォーラム第6回講演会、日本栄養士会との共催セミナー及び第3回「栄養とエイジング」国際会議に関する検討。
- 8月29日 国際協力委員会 於：ILSI JAPAN
CODEXへの対応、ILSI International Organization Committeeの動向、各国Branchの動向、各研究部会との関連等に関する検討。
- 9月3日 ライフサイエンス研究委員会・企画部会 於：ILSI JAPAN
1997年度上半期における、各研究部会の活動報告及び下半期の活動計画の報告、審議、その他。
- 9月3日 砂糖研究部会 於：ILSI JAPAN
砂糖に関する文献翻訳出版についての検討、砂糖に関する講演会の準備、調査研究の次年度計画の検討。
- 9月10日 ILSI JAPAN講演会
1. 場所：国際文化会館
2. 演題及び講師：
・リスクサイエンスとILSI
北里大学教授 林 裕造 先生
・食をめぐるリスクとその対応・ILSIの役割
ILSI環境保健研究所所長 D・ロビンソン先生
3. 参加者：55名
- 9月10日 機能性食品セミナー 於：日本ロシュ
ホフマン・ラ・ロシュ社のDr. M. Imfeldによる「ヨーロッパの機能性食品の展開」と題する講演及び質疑応答。

- 9月11日 1997年度第2回理事会 於：国際文化会館
1997年度上半期事業報告及び下半期事業計画に関する報告、審議、ライフサイエンス研究委員会傘下の各研究部会の活動状況報告と今後の活動計画についての報告。ILSI EuropeのDr. マークエルト・インフェルトによる「ILSI Europeの研究活動について」の紹介。
- 9月11日 おいしさの科学フォーラム
1. 場所：国際文化会館
2. 演題及び講師：
・おいしく食べるために ー噛むこと・味わうことー
大阪大学名誉教授 河村 洋二郎 先生
・おいしさ・好き嫌い・食嗜好
大妻女子大学教授 青木 宏 先生
3. 参加者：59名
- 9月18日 ILSI JAPAN講演会（砂糖をどう評価するか ーこころと砂糖ー）
1. 場所：野口英世記念館
2. 演題及び講師：
・からだは砂糖にどう反応するか
大阪大学名誉教授 河村 洋二郎 先生
・Sugar and Brain Functioning
ウェールズ・スウォンジー大学教授 Dr. D. Benton
3. 参加者：200名
- 9月18日 砂糖研究会 於：野口英世記念館
「現代科学による砂糖の評価と展望」をプロジェクトし、国内及び国外の専門家により構成される、第1回砂糖研究会を開催、研究テーマ等の検討を実施。
- 9月24日 バイオテクノロジー研究部会（P.A.分科会）
於：ILSI JAPAN
遺伝子組換え食品の後代問題、表示問題等に関するILSI JAPANの対応検討。
- 9月25日 茶類研究部会 於：アルカディア市ヶ谷
茶類研究部会の活動計画、分科会の設置等に関する検討。
- 10月2日 砂糖研究部会 於：昭和女子大学
砂糖に関する出版の具体的検討、その他。
- 10月8日 編集部会 於：ILSI JAPAN
ILSI誌翻訳化委員会の設置の検討、「ILSI・イルシー」No. 53の出版予定、掲載内容についての検討。
- 10月9日 機能性食品研究部会 於：学士会館
機能性食品研究部会の調査研究報告書の検討及び今後の進め方についての検討。
- 10月14日 バイオテクノロジー研究部会（P.A.分科会）
於：ILSI JAPAN
前回に引き続き、後代問題、表示問題の検討。

- 10月16日 栄養とエイジング研究部会 於：昭和女子大学
次回「おいしさの科学」フォーラム、日本栄養士会との共催セミナー及び第3回「栄養とエイジング」国際会議に関する準備、打合せ。
- 10月28日 ILSI JAPAN懇談会 於：国際文化会館
入会候補企業及び今年度入会会員企業代表者とILSI本部会長、ILSI JAPAN会長、副会長による懇談。
- 10月29日 バイオテクノロジー研究部会 (P.A.分科会)
於：ILSI JAPAN
遺伝子組換え食品の後代問題、表示問題及びQ & A サプリメントの取りまとめに関する報告、検討。

Record of ILSI JAPAN Activities
August 1 through October 31, 1997

August 8

Task Force on Sugar, at ILSI Japan:
Discussion on preparation for a lecture on sugar and other subjects.

August 13

Task Force on Nutrition of Fats and Oils, at ILSI Japan:
Proofreading of the pamphlet on Nutrition and Health Aspects of Fats and Oils of Fish and Shellfish and discussion on future activity plans of the task force.

August 20

Editorial Committee, at ILSI Japan:
Reading the proofs of "ILSI" No. 52 and review on the contents of No. 53

August 28

Task Force on Nutrition and Aging, at Showa Women's University
Discussion on "Science of Good Flavor" Forum, the seminar held jointly by the Dietitian society, and the 3rd International Conference on "Nutrition and Aging"

August 29

International Cooperation Committee, at ILSI Japan:
Discussion on countermeasure for CODEX, the trend of the activity of ILSI International Organization Committee and ILSI branches, and partnership with task forces of ILSI Japan

September 3

Planning Committee of Life Sciences Research Committee, at ILSI Japan:
Report on the activities of each task force during the first half of 1997 and discussion on the activity plans for the second half of 1997

September 3

Task Force on Sugar, at ILSI Japan:
Discussion on publication of the Japanese translation of the booklets on sugar, preparation for lecture on sugar, and research action plans for the next year

September 10

ILSI Japan Lecture

1. Place: the International House

2. Subjects and Lecturers:

* ILSI's Activities regarding Risk Science

Dr. Yuzo Hayashi, Professor of Kitasato Univ.

* Countermeasures for foodborne risks - ILSI's role

Dr. D. Robinson, Director of ILSI, HESI

3. Participants: 55

September 10

Seminar on Functional Foods, at Nippon Roche:

Lecture entitled "Development of functional foods in Europe" by Dr. M. Imfeld of F. Hoffman-La Roche Ltd.

September 11

The 2nd Board of Trustees meeting in 1997, at the International House:

The activity report of the 1st half of 1997, and activity plans for the 2nd half of 1997 were reported and reviewed.

Activities and future programs of task forces belonging to the Life Science Research Committee were also reported.

"Research activities of ILSI Europe" was introduced by Dr. M. Imfeld of ILSI Europe.

September 11

The 5th Seminar of ILSI Japan "Science of Good Flavor" Forum

1. Place: the International House

2. Subjects and Lectures:

* Chewing and Tasting for Eating Deliciously

Dr. Yojiro Kawamura, Honorary Professor of Osaka Univ

* Good Flavor, Liking and Disliking, Preference,

Dr. Hiroshi Aoki, Professor of Otsuma Women's Univ.

3. Participants: 59

September 18

ILSI Japan Lecture (How to Evaluate Sugar - Sugar & Brain Functioning)

1. Place: Hideyo Noguchi Memorial Hall

2. Subjects and Lecturers:

* Biological Responses Induced by Sugar Intake

Dr. Yojiro Kawamura, Honorary Professor of Osaka Univ.

* Sugar and Brain Functioning

Dr. D. Benton, Professor, University of Wales Swansea

3. Participants: 200

September 18

Research Committee on Sugar, at Hideyo Noguchi Memorial Hall:

A project regarding "Assessments and Prospects on Sugar by Modern Science" was established.

The 1st Research Committee on Sugar, which consists of experts in Japan and other countries, was held.

Research theme and other items were discussed.

September 24

Task Force on Biotechnology (P.A.), at ILSI Japan:

Discussion on the ILSI Japan's countermeasures for subjects of future generation of generecombinant foods and labeling

September 25

Task Force on Tea, at Arcadia Ichigaya:

Discussion on activity plans of the task force and establishment of subcommittees.

October 2

Task Force on Sugar, at Showa Women's Univ.

Discussion on the publication of the Japanese translation of the booklets on sugar and others

October 8

Editorial Committee, at ILSI Japan:

Discussion on the establishment of the committee on translation of "ILSI" magazine, review on the contents of "ILSI" No. 53

October 9

Task Force on Functional Foods, at Gakushi-kaikan:

Discussion on publication of a study report by the task force and future activity plans

October 14

Task Force on Biotechnology (P.A.), at ILSI Japan:

Discussion on the subject of future generation of gene recombinant foods and labeling

October 16

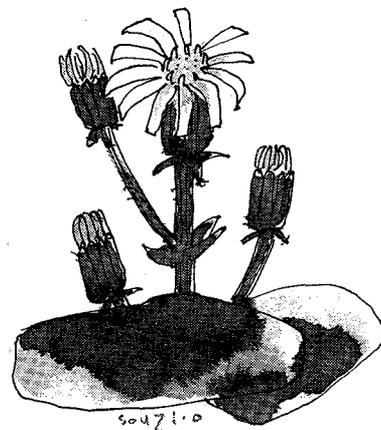
Task Force on Nutrition and Aging, at Showa Women's Univ.:
Discussion on the 6th "Science of Good Flavor" forum, the seminar held jointly by the Dietitian Society and the 3rd International Conference on "Nutrition and Aging"

October 28

ILSI Japan Round Table Conference, at the International House:
President of ILSI International and President and Board of Trustees members of ILSI Japan met with the candidates for applicants for membership as well as recently joined members.

October 29

Task Force on Biotechnology (P.A.), at ILSI Japan:
Report and discussion on the subject of future generation of gene recombinant food, labeling, and Q & A supplements



ILSI JAPAN 出版物

<定期刊行物>

*印：在庫切れ

○ ILSI JAPAN 機関誌

(食品とライフサイエンス)

No. 1~No. 30

(内容・在庫等については事務局にお問い合わせ下さい)

(ILSI・イルシー)

- No. 31 特集 新会長就任挨拶、栄養とエイジング研究の方向性
エイジング研究とクオリティ・オブ・ライフ
- No. 32 特集 委員会活動報告
- No. 33 特集 化学物質の安全性評価、「エイジングと栄養」公開研究集会
- No. 34 特集 魚介類油脂の栄養、委員会活動報告
- No. 35 特集 エイジングと脳の活性化、「毒性学の将来への展望」シンポジウム
- No. 36 特集 エイジングのメカニズムについて、委員会活動報告
- No. 37 特集 「バイオテクノロジー応用食品国際シンポジウム」
- No. 38 特集 本部総会報告、脳の生理機能と老化について
- No. 39 特集 ILSI奈良毒性病理セミナー第2シリーズ、百歳老人のための食生活
- No. 40 特集 米国における栄養表示と栄養教育の現状と問題点、食物とアレルギー
- No. 41 特集 HACCPシステムのコンセプトと実例、食物とアレルギー、ILSI常任理事会
- No. 42 特集 第2回「栄養とエイジング」国際会議開催に向けて、
食品流通の国際化とPL問題対応策としてのHACCPシステム
- No. 43 特集 世界の老化研究の動向、食生活の不安とマスメディア
- No. 44 特集 第2回「栄養とエイジング」国際会議開催
- No. 45 特集 第2回「栄養とエイジング」国際会議概況報告
- No. 46 特集 本部総会報告、委員会活動報告
- No. 47 特集 新会長就任挨拶、脂質関連の栄養と機能性食品の考え方、
栄養表示の国際的な流れとわが国の法改正のポイント
- No. 48 特集 委員会・部会活動報告、第1回「おいしさの科学」フォーラム
- No. 49 特集 第1回「おいしさの科学」フォーラム、シンポジウム「砂糖をどう評価
するか」、討論会「歩きはじめたバイオ食品」速報
- No. 50 特集 日本における機能性食品の現状と今後、第2回「おいしさの科学」フォ
ーラム、討論会「歩きはじめたバイオ食品」詳報、「高齢化と栄養」セ
ミナー
- No. 51 特集 第3回「おいしさの科学」フォーラム、水の安全性、ダイエタリー・
ガイドライン、IFICの活動
- *No. 52 特集 遺伝子組換え食品、CODEX規格、第4回「おいしさの科学」フォーラム
- No. 53 特集 第5回「おいしさの科学」フォーラム、シンポジウム「砂糖をどう評価する
か—こころと砂糖—」、講演会「油脂の栄養と健康」、バイオテクノロジー研究
部会報告

○栄養学レビュー(Nutrition Reviews 日本語版) (株)建帛社から市販。(季刊)

第1巻

- 第1号 脳神経化学と三大栄養素の選択、栄養政策としての食品表示、日本人の栄養と健康 他
- 第2号 高齢者のエネルギー需要、食餌性脂肪と血中脂肪、長寿者の食生活の実態と動向 他
- 第3号 運動と徐脂肪体重、魚油はどのようにして血漿トリグリセリドを低下させるのか、セロトニン仮説の信憑性 他
- 第4号 高脂肪食品に対する子供たちの嗜好、加齢と栄養発癌の阻止剤および細胞-細胞間コミュニケーションの誘発剤としてのレチノイド、カロチノイドの機能

第2巻

- 第1号 食品中の脂質酸化生成物と動脈硬化症の発生、栄養に関する世界宣言、食物繊維と結腸癌-これまでの証拠で予防政策を正当化できるか、食品の健康強調表示について確定したFDAの規則、日本人のコメ消費とごはん食を考える
- 第2号 強制栄養表示(FDA)、成長に対するカルシウム必要量、食物繊維と大腸癌の危険性との関係、「百歳長寿者調査」結果
- 第3号 ビタミンB6と免疫能力、魚油補充と大腸癌抑制、新しい満腹感のシグナル、日本人の肥満について
- 第4号 ビタミンC(アスコルビン酸-新しい役割、新たな必要性、ヒト免疫不全症ウイルスの感染と栄養の相互作用、トランス酸、血液の脂質と心臓病の危険性、第5次改定日本人の栄養所要量-改定の背景とその概要

第3巻

- 第1号 ヒトの食物摂取調節における腸の役割、食餌、*Helicobacter pylori*感染、食品保蔵と胃癌の危険性、カルシウム補助剤の安全性について、微量栄養素補給実験と癌、脳循環器疾患の発生率ならびに死亡率の減少
- 第2号 老人ホームにおける低栄養の問題、n-6系とn-3系脂肪酸の新たな生物的・臨床的役割、栄養所要量(RDA)はどのように改訂されるべきか?、「食品の期限表示」について
- 第3号 疫学におけるメタ・アナリシスの有用性、フリーラジカルと抗酸化剤、糖尿病と食生活
- 第4号 血圧調節における微量栄養素の効果、授乳婦は運動してもよいのだろうか?アメリカ国民のための食事指針の改定、高齢者の食生活と栄養

第4巻

- 第1号 鉄欠乏症貧血の管理、食事性サプリメント-最近の経緯と法制化、マグネシウム補給と骨粗鬆症

第2号 結腸のマイクロフローラ、米国における食品の栄養強化、法制化の見通し、
栄養推進財団シンポジウム—栄養、加齢、免疫機能

第3号 必須微量元素のリスク評価、エネルギー代謝調節におけるエネルギー消費の
役割—この10年間の研究成果、天然ポリフェノールと動脈硬化

第4号 薬物—栄養素の相互作用、食事性脂肪代替品の栄養科学的評価、
米国国民のための食事指針1995年版

第5巻

第1号 新しい肥満遺伝子、小児期の栄養状態とその後の身体的作業能

第2号 トランス脂肪酸と癌、レプチン—肥満遺伝子 (Obese) にコードされた体重減少
をもたらす血漿タンパク質、 β -カロテンによる喫煙者での肺癌発症率の増加

第3号 消化管癌の栄養化学予防、栄養状態は肝硬変の生命予後を予言する、栄養所要量
と栄養必要量の改定について

第4号 鉄不足を予防する方法、血圧とカルシウムの関係、機能性食品の安全性確保の
ための研究のあり方

第6巻

第1号 人体における高カルシウム食の有害な影響、米国における食品の栄養強化

栄養学レビュー／ケロッグ栄養学シンポジウム 「微量栄養素」—現代生活における役割—
栄養学レビュー／「運動と栄養」—健康増進と競技力向上のために—
栄養学レビュー／ネスレ栄養学会議「ライフステージと栄養」

<国際会議講演録>

「安全性評価国際シンポジウム講演録」

「バイオテクノロジー国際セミナー講演録」 *

「高齢化と栄養」(第2回「栄養とエイジング」国際会議講演録)(株)建帛社から市販。

「栄養とエイジング」(第1回「栄養とエイジング」国際会議講演録)(株)建帛社から市販。

「バイオ食品—社会的受容に向けて—」(バイオテクノロジー応用食品国際シンポジウム講演録)

<研究委員会報告書 等>

○ワーキング・グループ報告シリーズ

No. 1 「食品添加物の摂取量調査と問題点」

No. 2 「子供の骨折についての—考察」

No. 3 「食生活における食塩のあり方(栄養バランスと食塩摂取)」

No. 4 「砂糖と健康」

No. 5 「食と健康」 *

No. 6 「日本人の栄養」

No. 7 「油脂の栄養と健康」

○研究委員会報告書

「パーム油の栄養と健康」(「ILSI・イルシー」別冊 I)

「魚介類脂質の栄養と健康」(「ILSI・イルシー」別冊 II)

「畜産脂質の栄養と健康」(「ILSI・イルシー」別冊 IV)

「魚の油—その栄養と健康—」

「加工食品の保存性と日付表示 —加工食品を上手においしく食べる話—」

(「ILSI・イルシー」別冊 III)

「バイオ食品の社会的受容の達成を旨として」

<その他 出版物>

○ILSIライフサイエンス シリーズ

No. 1 「毒性試験における細胞培養」(U. モーア)

No. 2 「ECCにおける食品法規の調和」(G. J. ファンエシュ) *

No. 3 「ADI」(R. ウォーカー)

No. 4 「骨粗鬆症」(B. E. C. ノールディン、A. G. ニード)

No. 5 「食事と血漿脂質パターン」(A. ボナノーム、S. M. グランディ)

○最新栄養学 (第5版～第7版)

"Present Knowledge in Nutrition, Vol.5 ~Vol.7 の邦訳本が、(株)建帛社から市販。

○バイオテクノロジーと食品 (株)建帛社から市販。

○FAO/WHOレポート「バイオ食品の安全性」(株)建帛社から市販。

日本国際生命科学協会会員名簿

[1998年1月1日現在]

会長	※木村 修一	昭和女子大学教授 154 東京都世田谷区太子堂1-7-57	03-3411-5111
副会長	栗飯原景昭	大妻女子大学教授 102 東京都千代田区三番町12	03-5275-6389
◇	小西 陽一	奈良県立医科大学教授 634 奈良県橿原市四条町840	07442-2-3051
◇	※十河 幸夫	雪印乳業(株)技術顧問 160 東京都新宿区本塩町13	03-3226-2407
◇	戸上 貴司	日本コカ・コーラ(株)取締役上級副社長 150 東京都渋谷区渋谷4-6-3	03-5403-4661
◇	森本 圭一	キリンビール(株)顧問 104 東京都中央区新川2-10-1	03-5540-3403
◇	山野井昭雄	味の素(株)代表取締役副社長 104 東京都中央区京橋1-15-1	03-5250-8303
本部役員	※林 裕造	北里大学薬学部教授 228 神奈川県相模原市鶴野森1-30-2-711	0427-46-3591
監事	川崎 通昭	高砂香料工業(株)総合研究所役員待遇専任部長 254 神奈川県平塚市西八幡1-4-11	0463-25-2146
◇	青木真一郎	青木事務所 177 東京都練馬区関町南4-18-1-101	03-3928-6395
名誉顧問	角田 俊直	味の素(株)常任顧問 104 東京都中央区京橋1-15-1	03-5250-8304
◇	※山本 康	キリンビール(株)顧問 104 東京都中央区新川2-10-1	03-5540-3403
顧問	馬場久萬男	(財)食品産業センター理事長 153 東京都目黒区上目黒3-6-18 TYビル	03-3716-2101
◇	石田 朗	前(財)食品産業センター理事長 108 東京都港区高輪1-5-33-514	03-3445-4339

※印：本部理事

理事	久保 文征	旭電化工業(株) 理事 食品開発研究所長 116 東京都荒川区東尾久 8-4-1	03-3892-2110
〳	福江 紀彦	味の素(株) 理事 品質保証部長 104 東京都中央区京橋 1-15-1	03-5250-8289
〳	団野 定次	味の素ゼネラルフーズ(株) 研究所長 513 三重県鈴鹿市南玉垣町6410	0593-82-3186
〳	天野 肇	天野実業(株) 取締役社長 720 広島県福山市道三町 9-10	0849-22-0484
〳	高木 紀子	(株)アルソア中央アルソア総合研究所 所長 150 東京都渋谷区東 2-26-16 渋谷HANAビル	03-3499-3681
〳	鈴木 堯之	エーザイ(株) 食品化学事業部長 112-88 東京都文京区小石川 5-5-5	03-3817-3781
〳	桑原 宣洋	塩水港精糖(株) 取締役糖質研究所長 230 横浜市鶴見区大黒町 13-46	045-501-1292
〳	清水 精一	大塚製薬(株) 佐賀研究所所長 842-01 佐賀県神埼郡東脊振村 大字大曲字東山 5006-5	0952-52-1522
〳	岸野 克己	小川香料(株) 取締役フレーバー開発研究所 所長 115 東京都北区赤羽西 6-32-9	03-3900-0155
〳	大藤 武彦	鐘淵化学工業(株) 食品事業部技術部長 530 大阪府大阪市北区中之島 3-2-4	06-226-5266
〳	笹山 堅	カルター・フードサイエンス(株) 会長 160 新宿区西新宿 6-12-1パークウエスト9F	03-5381-3926
〳	平原 恒男	カルピス(株) 常勤顧問 150 東京都渋谷区恵比寿西 2-20-3	03-3780-2121
〳	石井 茂孝	キッコーマン(株) 取締役研究本部長 278 千葉県野田市野田 399	0471-23-5506
〳	本田 真樹	協和発酵工業(株) 食品新規事業室次長 100 東京都千代田区大手町 1-6-1 大手町ビル	03-3282-0075
〳	八木 兵司	キリンビール(株) 取締役品質保証部長 104 東京都中央区新川 2-10-1	03-5540-3469
〳	本野 盈	クノール食品(株) 取締役商品開発研究所長 213 神奈川県川崎市高津区下野毛 2-12-1	044-811-3117
〳	入江 義人	三栄源エフ・エフ・アイ(株) 取締役学術部長 561 大阪府豊中市三和町 1-1-11	06-333-0521
〳	松本 清	三共(株) 特品開発部部長 104 東京都中央区銀座 2-7-12	03-3562-7538

理事 東 直樹	サントリー (株) 研究部長 102 東京都千代田区麹町 5-7-2 第31森ビル 7F	03-5210-3194
〃 高久 肇	昭和産業 (株) 総合研究所 取締役所長 273 千葉県船橋市日の出 2-20-2	0474-33-1245
〃 宮垣 充弘	白鳥製薬 (株) 千葉工場常務取締役 261 千葉県千葉市美浜区新港 5 4	043-242-7631
〃 萩原 耕作	仙波糖化工業 (株) 取締役相談役 321-43 栃木県真岡市並木町 2-1-10	0285-82-2171
〃 山路 明俊	(株) 創健社 商品企画室 221 神奈川県横浜市神奈川区片倉町 7 2 4	045-491-0040
〃 成富 正温	大正製薬 (株) 取締役企画部長 171 東京都豊島区高田 3-24-1	03-3985-1111
〃 杉本 眞一	大日本製薬 (株) 食品化成品部開発企画課課長 541 大阪府大阪市中央区道修町 2-6-8	06-203-5319
〃 山崎 義文	太陽化学 (株) 代表取締役副会長 510 三重県四日市市赤堀新町 9-5	0593-52-2555
〃 長沢 善雄	大和製罐 (株) 取締役 103 東京都中央区日本橋 2-1-10	03-3272-0576
〃 黒住 精二	帝人 (株) 医薬企画部長 100 東京都千代田区内幸町 2-1-1	03-3506-4112
〃 石川 宏	(株) ニチレイ総合研究所技監 189 東京都東村山市久米川町 1-52-14	0423-91-1100
〃 越智 宏倫	日研フード (株) 代表取締役社長 437-01 静岡県袋井市春岡 7 2 3-1	0538-49-0122
〃 小澤 修	日新製糖 (株) 商品開発部 部長 135 東京都江東区豊洲 4-9-11	03-3532-2887
〃 野口 軍喜	日清製粉 (株) 製粉研究所長 356 埼玉県入間郡大井町鶴ヶ岡 5-3-1	0492-67-3910
〃 神田 洋	日清製油 (株) 取締役研究所長 239 神奈川県横須賀市神明町 1 番地	0468-37-2400
〃 橋本 正子	日本ケロッグ (株) 消費者広報室室長 163-1436 東京都新宿区西新宿 3-20-2 東京オペラシティビル 3 6 階	03-5354-1333
〃 岡田 実	日本食品化工 (株) 研究所参与 417 静岡県富士市田島 3 0	0545-53-5995
〃 内野敬二郎	日本製粉 (株) 中央研究所主任研究員 243 神奈川県厚木市温水 2 1 1 4-2	0462-22-6963

理事	羽多 實	日本ハム (株) 常務取締役中央研究所担当 300-26 茨城県つくば市緑ヶ原 3-3	0298-47-7811
◇	山根精一郎	日本モンサント (株) アグロサイエンス事業部長 103 東京都中央区日本橋箱崎町 4-1-12 日本橋第2ビル	03-5644-1624
◇	横山 晁	日本油脂 (株) 筑波研究所医薬2グループリーダー 300-26 茨城県つくば市東光台 5-10	0298-47-8891
◇	藤原 和彦	日本リーバB.V. 宇都宮イノベーションセンター テクノロジーグループ マネージャー 321-33 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 38	028-677-6350
◇	末木 一夫	ロシュ・ビタミン・ジャパン (株) 143 東京都大田区大森北 1-6-8 東伸24大森ビル	03-5763-4114
◇	藤井 高任	ネスレ日本 (株) 学術部長 150 東京都渋谷区恵比寿 4-20-3 恵比寿ガーデンプレイスタワー15階	03-5423-8256
◇	高橋 文雄	長谷川香料 (株) 知的財産部参与 103 東京都中央区日本橋本町 4-4-14	03-3258-6926
◇	三橋 正和	(株) 林原生物化学研究所開発センター担当 常務取締役 700 岡山県岡山市下石井 1-2-3	086-224-4311
◇	岩永 幸也	不二製油 (株) 中央研究所長 300-24 茨城県筑波郡谷和原村絹の台 4-3	0297-52-6321
◇	加藤 俊則	プロクター・アンド・ギャンブル・ファー・イースト・インク 神戸テクニカルセンター研究開発本部アジア P & RS セクションヘッド 658 兵庫県神戸市東灘区向洋町中 1-17	078-845-7099
◇	山内 久実	(株) ポリサーチセンター取締役社長 151 東京都渋谷区大山町 36-7	03-5453-8105
◇	新保喜久雄	(株) ホーネンコーポレーション食品開発研究所長 424 静岡県清水市新港町 2	0543-54-1584
◇	森屋 和仁	北海道糖業 (株) 技術研究室室長 099-15 北海道北見市北上 101-1	0157-39-3216
◇	中島 良和	三井製糖 (株) 茅ヶ崎研究所参与 253 神奈川県茅ヶ崎市本村 1-2-14	0467-52-8882
◇	原 征彦	三井農林 (株) 食品総合研究所長 426-01 静岡県藤枝市宮原 223-1	054-639-0080
◇	山田 敏伸	三菱化学フーズ (株) 社長付き 104 東京都中央区銀座1-3-9実業之日本社銀座ビル	03-3563-1513

理事	中井 俊雄	三菱マテリアル (株) アルミ缶開発センター 副所長 410-3 静岡県駿東郡小山町菅沼1500	0550-76-3260
〃	三木 勝喜	ミヨシ油脂 (株) 取締役研究開発部長 124 東京都葛飾区堀切4-66-1	03-3690-3541
〃	足立 堯	明治製菓 (株) 生物科学研究所長 350-02 埼玉県坂戸市千代田5-3-1	0492-84-7586
〃	桑田 有	明治乳業 (株) 研究本部栄養科学研究所長 189 東京都東村山市栄町1-21-3	0423-91-2955
〃	夏川 孝彦	森永製菓 (株) 取締役研究所長 230 神奈川県横浜市鶴見区下末告2-1-1	045-571-6140
〃	荒木 一晴	森永乳業 (株) 研究情報センター食品総合研究所 分析センター室長 228 神奈川県座間市東原5-1-83	0462-52-3080
〃	郷木 達雄	(株) ヤクルト本社 中央研究所研究管理部副主席 研究員 186 東京都国立市谷保1796	0425-77-8961
〃	山崎 晶男	山崎製パン (株) 常務取締役 101 東京都千代田区岩本町3-10-1	03-3864-3280
〃	斎藤 武	山之内製菓 (株) 健康科学研究所長 103 東京都中央区日本橋本町2-3-11	03-3244-3446
〃	高藤 慎一	雪印乳業 (株) 取締役技術研究所所長 350-11 埼玉県川越市南台1-1-2	0492-42-8111
〃	富士縄昭平	理研ビタミン (株) 常務取締役 101 東京都千代田区三崎町2-9-18 (TDCビル)	03-5275-5111
〃	長谷川 薫	レンゴー (株) 取締役社長 530 大阪府大阪市北区梅田2-5-25 ハービス O S A K A	06-342-0104
〃	伊東 禎男	(株) ロッテ中央研究所基礎研究部部長代理 336 埼玉県浦和市沼影3-1-1	048-837-0275
事務局長	桐村 二郎	日本国際生命科学協会	03-3318-9663
事務局次長	福富 文武	日本コカ・コーラ (株) 学術調査マネージャー	03-5466-6715
事務局次長	麓 大三	日本国際生命科学協会	03-3318-9663
事務局員	池畑 敏江	日本国際生命科学協会	03-3318-9663
〃	大沢満里子	日本国際生命科学協会	03-3318-9663
〃	木村 美佳	日本国際生命科学協会	03-3318-9663

編集後記

新しい年1998年を迎える頃となりました。この53号はILSI 20周年の正月号にふさわしく、マラスピーナ会長からのメッセージを巻頭言として載せることができました。

ILSIが世界に貢献してきた成果を述べられると共に、今後いかにして大きく発展させるか、特にILSI JAPANに期待するところが大きいことを力説されています。

9月の総会後に行われた、河村、青木両先生の「おいしさの科学」フォーラム第5回講演会の講演録、9月18日に行われた砂糖部会のシンポジウム講演録、11月4日の油脂部会の講演会講演録が掲載されておりますが、今秋の行事が大きな成果を生んだことを窺わせます。

11月と12月の講演会については次号になりますが、会員各位にそれぞれの会場の盛り上がり伝われば嬉しいと存じます。

尚、お気づきかと思いますが、p.8, p.75, p.101のイラストは、味の素(株) 福江理事にご紹介いただいたイラストレーター、岡元宗司氏のご好意によるものです。今号より本誌に花を添えていただくことになりました。

ILSI JAPANの活動も各方面にじわじわと評価が高まり、新入会の各社も増えて参りましたことは真に喜ばしく、本誌の果たす役割の大きさを実感しております。1998年を皆様と共にILSI 20周年の年として、実りの多い有意義な年としようではありませんか。

(T. H.)

ILSI JAPAN

ILSI・イルシー No.53

Life Science & Quality of Life

1997年12月 印刷発行

日本国際生命科学協会 (ILSI JAPAN)

会長 木村 修一

〒166 東京都杉並区梅里2-9-11-403

TEL. 03-3318-9663

FAX. 03-3318-9554

編集：日本国際生命科学協会編集部会

(無断複製・転載を禁じます)

非売品