

## 新しい食品素材の開発

近畿大学農学部

光永 俊郎

### 1. はじめに

現在のわれわれ日本人の食生活は数十年前のそれとは全く異なったものとなってしまっている。かつての粗食の時代から、今や飽食の時代となり、毎日の食卓にのぼる食品構成の変化は食生活の豊かさや多様化を示している。このような大幅な食生活の変化を直接に支えているのは、いうまでもなく国民所得の増大が主な要因となっている。それとともに輸送、冷凍、冷蔵技術の進歩により可能となった輸入食料をはじめ、包装、貯蔵、加工などの技術革新によって生み出される様々な加工食品によっている。また品種の改良などにより、さらに多種多様な食品がそれに加えられつつある。

このような時代において、この地球という限られた地域で、われわれ人間に限られた食料資源によって生きてゆかねばならない。人口増加、これにともなう資源、エネルギー消費の増大、さらに地球温暖化、砂漠化、灌漑地域の塩害といった地球環境破壊と食料の生産、供給は今後われわれにとって大きな問題である。また飽食の時代を迎えて「食と健康」に対する関心は極めて高い。これに応じるべく科学の進歩とともに食品のもつエネルギーや栄養素としての役割にさらに新しい生理機能を求め、分子レベルでの食品開発が進められている。

### 2. 食品とは

われわれ人間の生命を保ち、生活を営む上で基本的に必要な物質である。食品とよばれている物質はわれわれにとって安全なものであるとともに一般に図1に示すの機能をもつ。まず、食品には1次機能としてタンパク質、脂質、炭水化物などの栄養素を含んでいなければならない。次に2次機能として、食品を美味しくする味、色、香および触感などの嗜好特性を持つことが必要とされている。

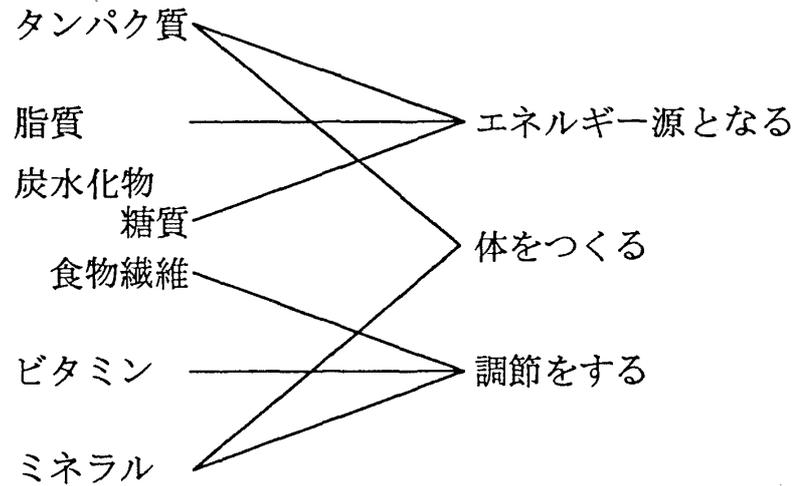
この2つの機能に照して食品は評価されていた。しかし最近になり、食品には栄養素とは全く違う新しい生体調節因子(3次機能)が含まれていることが明らかにされた。ほとんどの食品には差異があるがわれわれの健康維持、病気よりの回復などの機能をもつこの因子が含まれているが、とくに顕著にこの特性を備えている食品は機能性食品とよばれている。

### 3. 食料資源は

われわれにとって食料資源は地球上の植物、動物で、これらは農産、畜産、水産資源である。それぞれの資源の現状は、

#### 3. 1. 農産物

### 栄養特性（1次機能）



### 嗜好特性（2次機能）

味 ——— 呈味成分（甘、塩、酸、苦）

色 ——— 天然色素、合成色素、呈色反応

香 ——— 香気成分

触感 ——— 硬・軟、温・冷、歯ざわり・舌ざわり

### 生体調節機能（3次機能）

免疫・生体防御系、内分泌系、外分泌系、神経系、循環器系などの調節

図1 食品の機能

地球上で極めて多種類の食品農産物が生産されている。食品としての分類は次のごとくである。

穀類 いも類 種実類 豆類 野菜類 果実類 きのこと類 香辛料類

この中で人類生存の基本となっているのは穀類である。地球の陸地面積のほぼ10%にあたる約15億ヘクタールが、永い人類の努力で今日耕地および樹園地として利用されている。その約2/3が穀類生産にあてられている。実質耕地として利用できる陸地面積は19億ヘクタールといわれているので、残りの潜在可耕地面積は4億ヘクタールだけである。

一方、穀類の生産現状はコムギ、トウモロコシ、コメがそれぞれ約5億トン、オオムギ2億トンで、その他合計18億トン前後である。この生産量は50億人を越える地球人口と対比すると1人当たり360キログラムとなる。現在のわが国の1人当たりの穀物の需要量は飼料用を含めて約350キログラムであることよりほぼ飽和状態である。

食料生産は自然環境を介して、営まれる。他方で先進国を中心とした人間の活動は地球規模で増大し、多量の熱と廃棄物を生み出すに至っている。これらは大気汚染、水質汚染をもたらし、異常気象の発生や生態系破壊を引き起こしている。そのため年々600万ヘクタールにも及ぶ農業用地の砂漠化や大規模な土壌浸食あるいは地力低下が農業生産力発展の重大な阻害要因となっている。

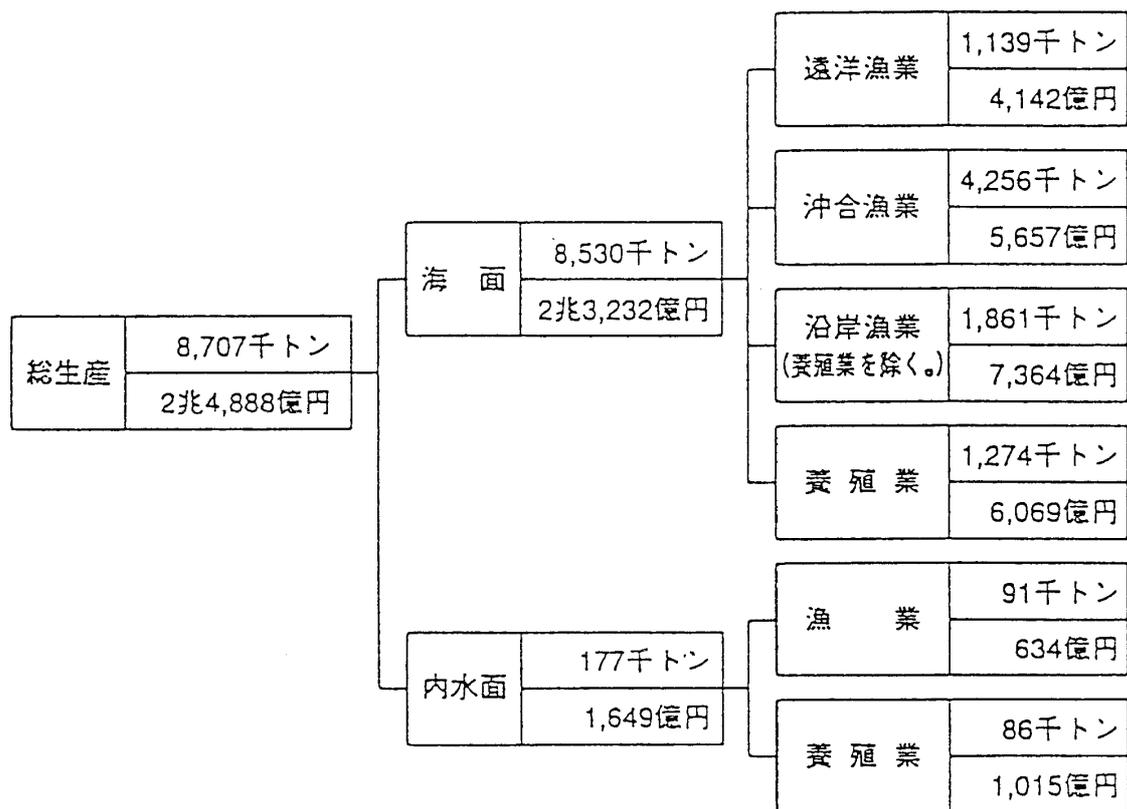
### 3. 2. 畜産物

食料としての家畜資源は多種類にわたるが、その主なものは食品としては畜肉類、乳類、卵類である。現在その主要な家畜（資源）をあげるとウシ約13億頭、ブタ約8億頭、ニワトリ約82億羽である。これら家畜から得られる年間の畜産食品は牛肉5千万トン、豚肉6千万トン、家禽肉3千万トンなど畜肉合計は約1億5千万トン、牛乳約4億6千万トン、鶏卵約3千万トンである。今日家畜飼育のために30億ヘクタールの採草地、牧草地が利用されるとともに、高品質の畜産物を効率的に生産するために穀類を主とした濃厚飼料が多く用いられている。1キログラムの畜産物を生産するために必要な穀類量は牛肉約10キログラム、豚肉5キログラム、鶏肉4キログラム、鶏卵2キログラム、牛乳0.2キログラムとされている。

### 3. 3. 水産物

人類の食用に適する水産資源としては魚介類と藻類で、年間の最大維持生産量は1億トンと推計されている。現在世界の漁獲高は7千万トンを越えており、その限界に近づいている。わが国の漁業生産量は図2に示すごとくである。

総生産量（8,707千トン）のうち16%が養殖に残り84%は天然資源によっている。このように世界においても一部の魚介類の養殖を除いて、今日までの水産資源の捕獲はその技術は著しく進歩しても、その本質において狩猟採取時代の動植物獲得と変わると



資料：農林水産省「漁業センサス」及び「漁業・養殖業生産統計年報」

図2 わが国の漁業生産の概要（平成5年）

ころがない。したがって水産資源を考えるに当たっては未利用資源の活用を進めるとともに、資源の積極的な増殖を図る栽培漁業の展開が今後の重要な課題となる。

#### 4. 新しい食品、食品素材

このように食料資源は現在地球上の全人口に対して、ほぼ限界に近い供給量に達している。今後さらに人口増が考えられる場合に、その解決法の1つは新しい食品の開発による。また健康に対する関心が高い現在、機能性をもつ新しい食品素材（機能性食品）の開発が望まれる。これらの課題に対する方法としてバイオテクノロジーの応用と未利用資源の活用がある。

##### 4. 1. 食品とバイオテクノロジー

バイオテクノロジーは「生物や細胞の働きを利用するか、その働きを人工的にまねて、われわれ人類に有用な物質を生産する技術」である。この技術は発酵工学、応用微生物学、生化学の分野からはじまり、今日の分子生物学、細胞生物学を基盤とする遺伝子操作、細胞融合、細胞培養技術へと進展し、さらにタンパク質工学へと新しい展開をしている。したがって古くから食品分野とのかかわりは深い。実際にわが国においても酒、醤油、味噌、納豆などの製造に用いられてきた技術である。新しい食品、食品素材の開発にも従来からの微生物や酵素の利用と新しい分子生物工学技術の利用の2方向へ展開されている。

##### 4. 1. 1. 微生物や酵素の利用

従来の微生物を用いての発酵、醸造技術に、変異株分離、さらに遺伝子組み換えや細胞融合により新しい機能を持つ微生物を作り、それを利用する方法へと進んでいる。また酵素の利用は反応の連続化をめざした固定化酵素・固定化菌体からバイオリクターへと進展している。この技術の利用例として食品成分として炭水化物（糖質）の代表であり、主要なエネルギー源とともに食品加工および工業化学の原料として利用されている澱粉を原料としたオリゴ糖の製造がある（図3）。多くのオリゴ糖のうち最近工業的に生産されるようになったトレハロースはグルコースが2個結合した糖質で、麦芽糖（マルトース）が $\alpha-1, 4$ 結合した還元性糖質であるのに対して、 $\alpha, \alpha-1, 1$ 結合した安定性の高い非還元性の糖質である（図4）。トレハロースは図5に示すような反応で、ある特定の微生物のもっている2種類の酵素、マルトオリゴシルトレハロース生成酵素とトレハロース遊離酵素を使って大量、安価に澱粉からトレハロースを生産できるようになった。このオリゴ糖は、砂糖の約半分の甘味をもっており、熱や酸に対して安定で、タンパク質や細胞を凍結や乾燥から保護する機能を有している。甘味料、清涼飲料、冷凍食品、乾燥食品などへの利用や医薬品およびその保存安定剤などさまざまな方向に用いられている。これらオリゴ糖は図3に示した澱粉をはじめ蔗糖、乳糖、キシラン、キチンからも製造され、エネルギー源および甘味料としての用途とともに、最近では低カロリー、抗う蝕性、ピフィズ

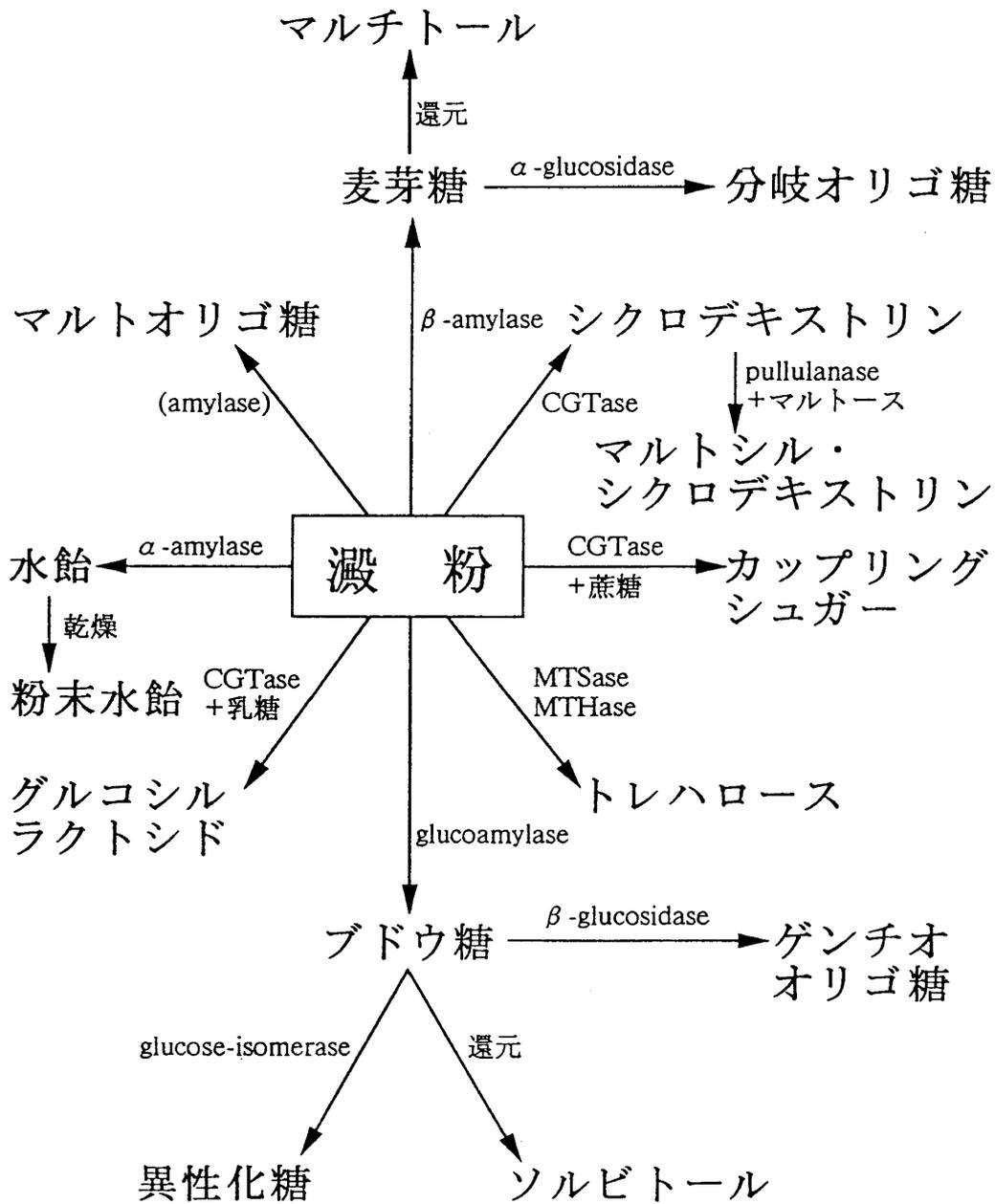
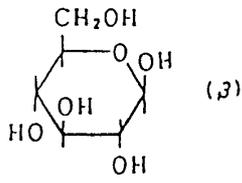
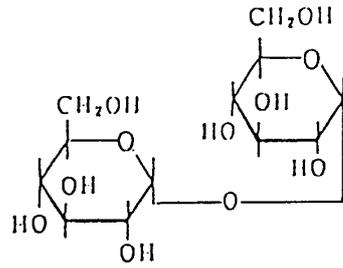


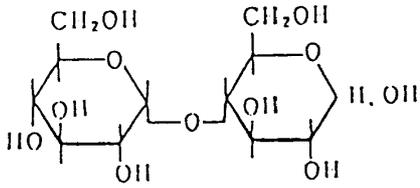
図3 澱粉に作用する各種微生物酵素とその生産物



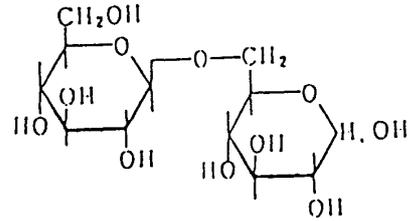
ブドウ糖



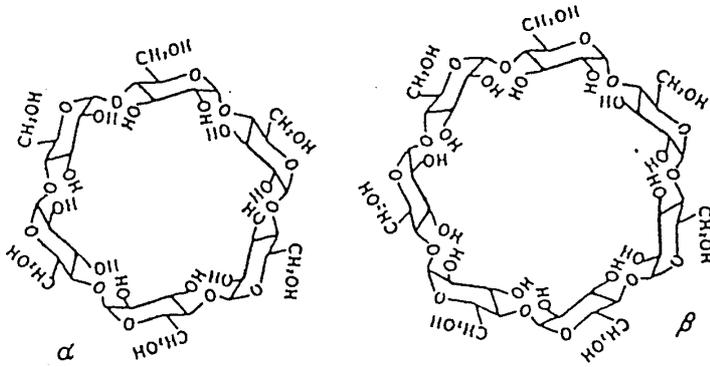
トレハロース



麦芽糖



ゲンチオース



シクロデキストリン

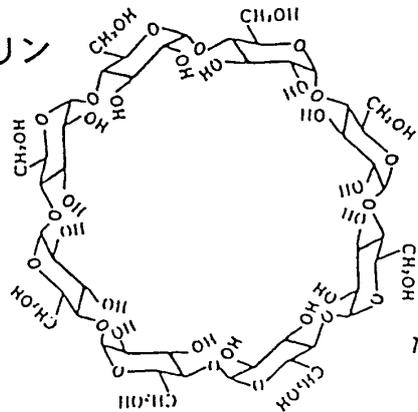
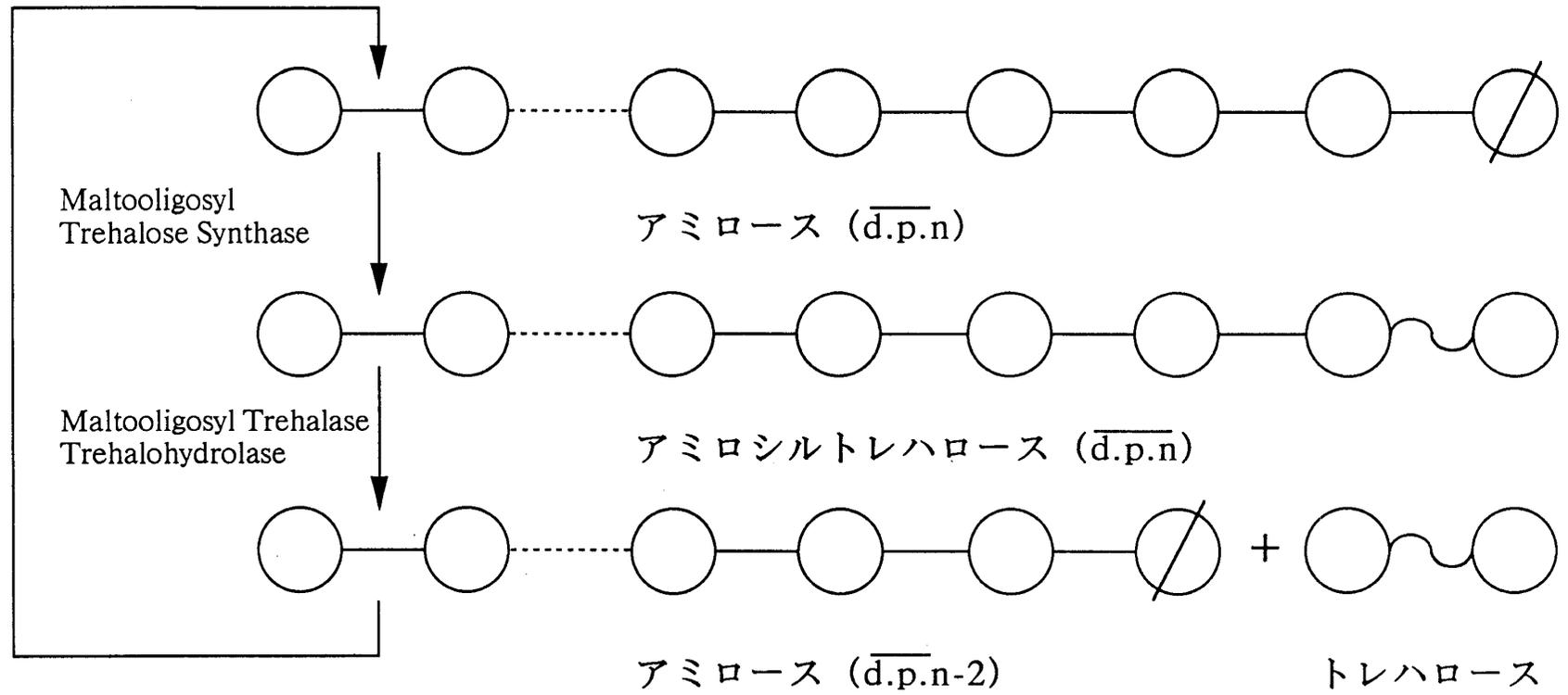


図4 澱粉より生産される糖



○ Glucose residue;  $\diagdown$ , Reducing end glucose residue; —,  $\alpha$ -1,4 glucosidic linkage; ~,  $\alpha, \alpha$ -1,1-glucosidic linkage  $n \geq 3$ .

図5 アミロース (澱粉) よりトレハロースの生成

ス菌活性、包接性などの機能をもつ新しい食品素材として注目されている。

#### 4. 1. 2 分子生物学技術の利用

バイオテクノロジーは太陽エネルギーを利用した植物の生育、これを食料源にする動物、さらにこれら動植物を原料として、新しい物質転換、物質産生を行う技術でもある(図6)。この技術は従来より食料資源である植物、動物の育種、すなわち人工交雑などによる品種改良法として用いられ、農産物、畜産物、水産物の有用度を高めるために利用されていた。さらに現在ではある特定の遺伝子をコードしたDNAを別の生物に導入して発現させる遺伝子組み換えや細胞融合などの技術が食料生産、加工へ応用され、実用化されつつある。

これらのバイオテクノロジー応用食品の安全性確保のため、諸外国では、FAO/WHOが「バイオ食品の安全性評価のための戦略」を、米国FDAが「組み換えDNA技術を用いた新しい植物品種から得られる食品に関する通達」を示している。わが国でもこれらの安全性を確認した後、平成8年度は表1に示した遺伝子組み換え作物の輸入が認められている。組み換え作物には特別な表示はされず、普通の作物とともに市場に流通し、大豆は食用油や豆腐に、ジャガイモはフライドポテトとして、菜種は食用油、トウモロコシはコーンスターチや甘味料などとして食卓にのぼっている。

また、国内の企業でも表2に示すような作物について開発中である。

これら技術は今後穀類や豆類の増産、新品種の野菜、果実の産出から家畜の品種改良、増殖へと大きな可能性をもっている。この遺伝子組み換え作物の世界の市場規模は2005年には6000億円、2010年には2兆円に達するとみられている。さらに水産資源については漁場の制約や漁業資源の減少、食生活の高度化による質の要求がある。これに対して「取る漁業から作る漁業」へと養殖が年々盛んになってきている。また需用度の高い魚介類の種苗を放流して、沿岸域での増殖をはかる栽培漁業も着実に進められつつある。魚介類の養殖は家畜の飼育と同様に優良品種を必要とするが、これまで天然種への依存度の高かった水産業では育種は著しく遅れている。優良系統を得るには、数代以上にわたって選抜を行わなければならない。親になるまで3年以上もかかる多くの魚類では優良品種の作出までに長い年月が必要とされる。育種は自然界に埋まっている遺伝的資源を発掘して効率的に利用することである。プランクトンから高等脊椎動物まで莫大な遺伝子供給源を抱える海洋の水産資源の利用ではバイオテクノロジーとくに分子生物学技術への期待は大きい。

#### 4. 2. 未利用資源の活用

新しい食品、食品素材の開発には未利用資源の活用がある。大豆は食用油の原料として利用されていたが、その副産物の脱脂大豆はかつては飼料しか用途がなかった。しかし新しい加工技術の開発と食品機能の明確化によりタンパク質、オリゴ糖の新しい用途が開かれてきた。脱脂大豆粉より分離タンパク、濃縮タンパクが製造された(図7)。さらにエ

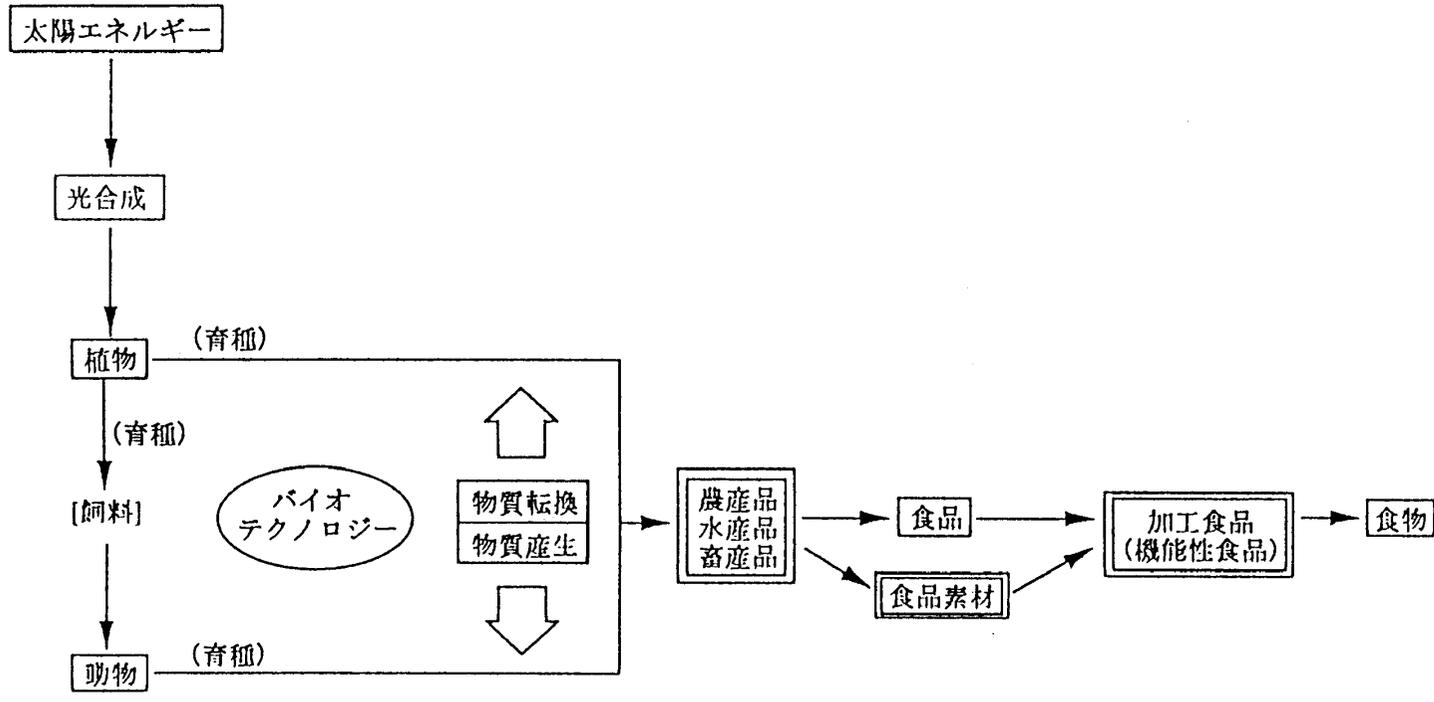


図6 食品とバイオテクノロジー

表1

## 平成8年度許可される遺伝子組み換え作物

品種	特徴	開発企業
大豆	除草剤耐性	モンサント（米）
菜種	除草剤耐性	モンサント（米）
ジャガイモ	害虫抵抗性	モンサント（米）
トウモロコシ	害虫抵抗性	ノースラップ・キング（米）
菜種	除草剤耐性	アグレボ・カナダ（加）
菜種	除草剤耐性	プラント・ジェネテイク・システムズ（ベルギー）
トウモロコシ	害虫抵抗性	チバガイギーの米法人

表2

## 国内企業の遺伝子組み換え作物開発状況

品種	特徴	開発企業
イネ	ウイルス病耐性	植物工学研究所
イネ	低アレルギー	三井東圧化学
イネ	低タンパク質	加工米育種研究所
ジャガイモ	ウイルス病耐性	北海道グリーンバイオ研究所
トマト	日持ちが良い	カゴメ
トマト	日持ちが良い	麒麟ビール

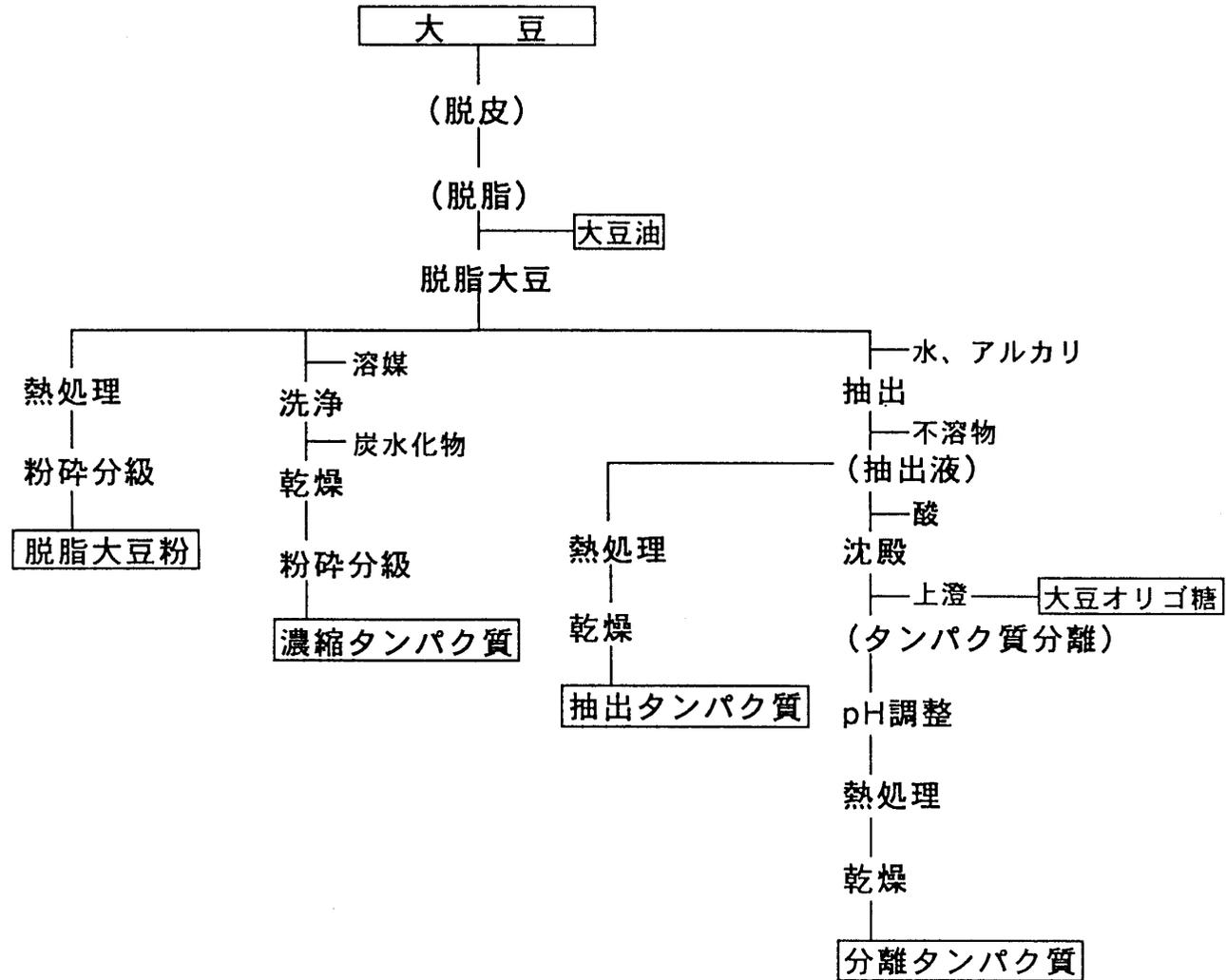


図7 大豆タンパク質製品及びオリゴ糖の製造工程

クストルーダー加工技術にこれらタンパク製品が繊維状、粒状の組織タンパクにされた。これらは新しい食品素材として冷凍調理食品はじめ種々の食品加工に使われている。また大豆タンパク製造時の副産物から大豆オリゴ糖（図8）が分離された。このオリゴ糖はビフィズス菌の増殖を促進する働きがあるので、健康食品、機能性食品の素材として利用されている。このように食品製造、加工過程で不用とされてきた副産物の活用、また機能性成分の分離により新しい食品素材として開発することともに、今日まで世界の一部の地域のみで食用にされていたり、食用には不相当とされていた物質の再評価も未利用資源の活用に必要と考えられる。この課題について、われわれの研究室では南米産のキヌアやアマランサス、また今日まで飼料、発酵原料としてのみ用途のなかったオオムギに注目して、これらの食品としての評価、利用について検討している。とくにオオムギの食品特性評価についての現在までの研究成果を紹介する。

## 5. 新しい食品素材としてのオオムギ

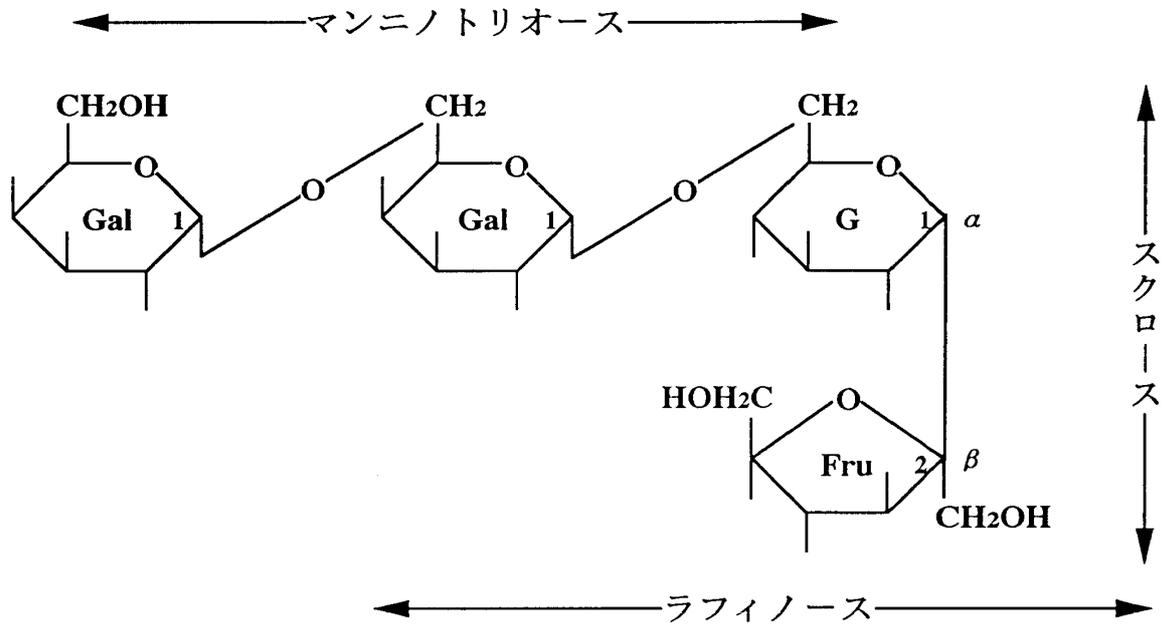
オオムギは現在コムギ、コメ、トウモロコシについて生産量の多い穀類である。現在コムギは約5億トン生産され、そのほとんどが粉食用として消費されている。これに対してオオムギは約2億トン生産されているが、ほとんどが飼料および発酵原料として利用され、食品としての利用はわずかである。わが国においても押し麦、麦こがしなどにされているが、その量はわずかである。しかしオオムギの食品としての摂取が健康保持に役立つことが確認されている（4, 5）。このように栄養的に特徴のあるオオムギが現在、純食品としてほとんど利用されない原因の一つは、表皮が硬く、内部と密着していることである。そのため生の状態では除去が困難であり、加湿、加熱、加圧などの処理で表皮が除かれ、加工されている。しかしこれらの処理は成分の変性、流出および成分間の反応を引き起こし、本来の特性を失わせてしまう。

### 5. 1. ドラフトバーレー精粒製粉法

最近、われわれはオオムギ穀粒に何らかの処理をすることなしに精粒、精粉する新しい技術、ドラフトバーレー精粒製粉法を開発した。この方法は改良した酒米用搗精機を用いて、収穫されたままのオオムギ穀粒を外層部より中心部まで層別に削りとることができる。（図9）。

この方法で得られた精粒オオムギは分級度で表す。精粒の分級度は（精粒重量／玄麦重量）×100で示し、図9の1の穀粒は分級度100であり、65%削られた8の精粒は分級度35である。また、得られた粉はもとの精粒と粉を削って残った精粒の2つの分級度の範囲をもって示される。たとえば、オオムギ全粒をすべて粉にしたものは100-0分級粉であり、分級度70から分級度35の精粒になるまで削りとった粉は70-35分級粉である。

スタキオース



ラフィノース

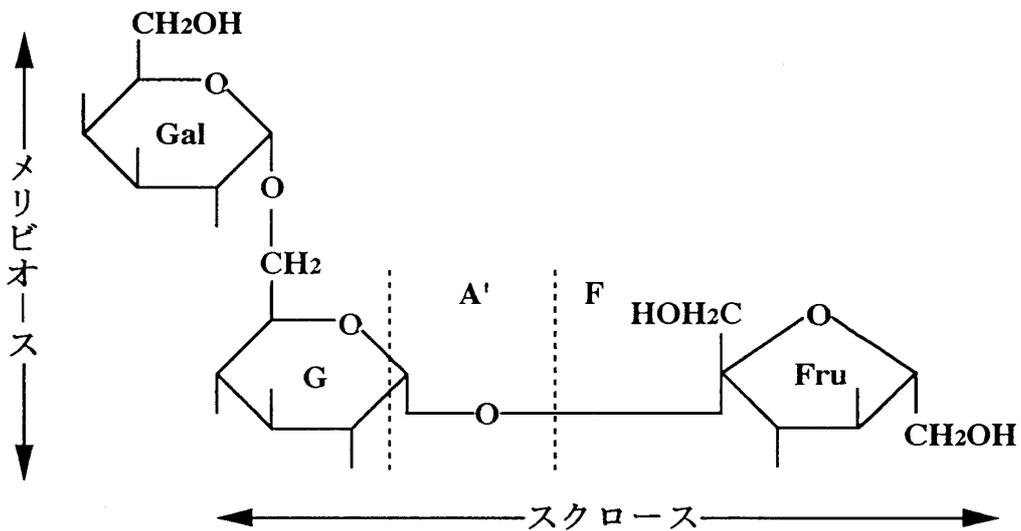


図8 大豆のオリゴ糖

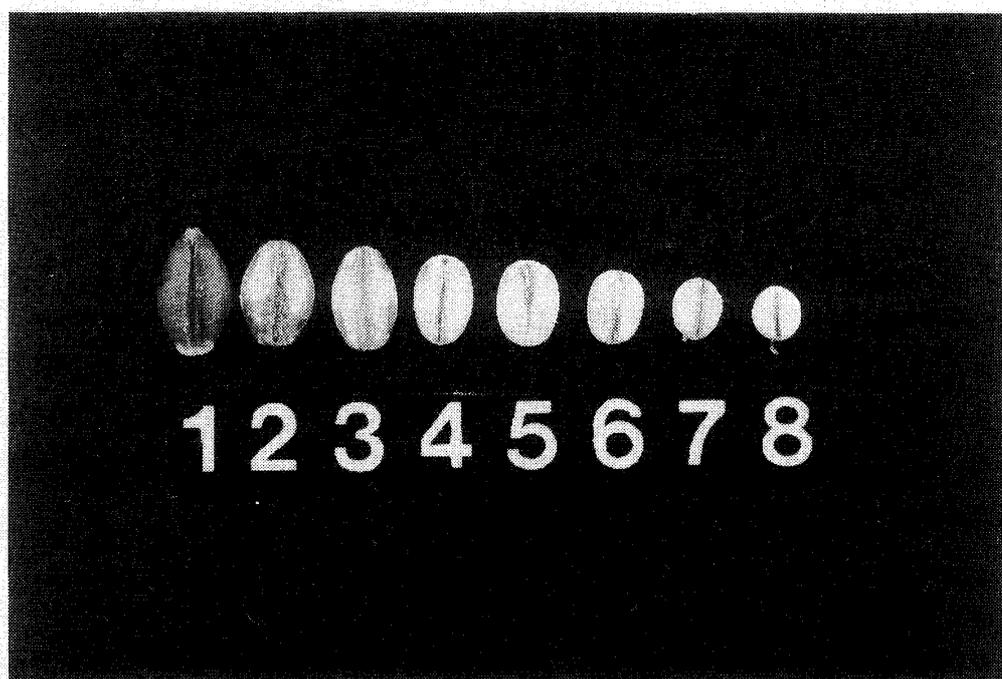


図9 オオムギ穀粒と精粒オオムギ

## 5. 2. オオムギ穀粒の成分分布

オオムギ穀粒を表層部より中心部まで層別に8部分(A-H)に分画した分級粉の一般成分は図10にした。水分は10%から16%の範囲で各層に含まれていた。タンパク質は最外層部Aでは14%、BからDの中間層で20%、さらに中心部へと減少し、Hでは11%であった。脂質も同じ傾向を示し、Aでは6%で、中間層へと増加、中心部へと減少し、Hでは2%であった。灰分も同じ傾向を示した。澱粉を主とする糖質は表層部から中心部へと増加し、Aで8%、Hで66%であった。食物繊維は糖質とまったく逆の傾向を示し、Aで55%を占め、中間層、中心部と減少し、Hでは8%であった。

タンパク質はアルコール可溶性タンパク質(プロラミン)と不溶性タンパク質(グルテリン)が主成分であった(8)。コムギ粉に水を加えてミキシングすると、特有の粘弾性をもつドウができる。これはコムギのプロラミンとグルテリンがグルテン形成能をもっていることによるが、オオムギのこれらタンパク質はグルテンは形成しない。

そのためオオムギの食品としての加工特性は主成分の澱粉による。オオムギ澱粉は5 $\mu$ mから30 $\mu$ mの径の顆粒からなっていて、それらの大小の顆粒のアミロースとアミロペクチン含量および分子の大きさが異なるという特徴をもっている。

食物繊維には水に不溶の食物繊維(IDF)と水に可溶の食物繊維(SDF)がある。コムギはIDFが多いのに対してオオムギはSDFを多く含むことが知られている。図11に示すようにオオムギのSDFとIDFの比は中間層より中心部へとSDFが著しく増加し、中心部では60%以上を占めている。

## 5. 3. オオムギ製品 (9, 10)

ドラフトバーレー精粒製粉法で調製されたオオムギ製品は図6で示した一般成分の分布などの分析データより、分級度70-35(図10のDからG画分)と35-0(図10のH画分)がそれぞれリッツァ7、リッツァ3という商品名で、また分級度35の精粒(図9の8)がおばこ麦という商品名で市販されている。リッツァ7、3のオオムギ粉と市販コムギ粉の粒度分布を図12に示す。両オオムギ粉とも80%以上が粒径40 $\mu$ m以下の粉体からなっている。とくに20 $\mu$ m以下の微粉体が50%を占めている。これに対して市販コムギ粉は強力粉で50 $\mu$ mから106 $\mu$ mの粉体が50%以上を占め、薄力粉では106 $\mu$ m以下2 $\mu$ mまでの粉体が均等に存在している。オオムギ粉とコムギ粉の粒度分布の相違は両穀粒の性質によるとともに、製法の違い(オオムギ粉は改良型搗精機、コムギ粉はローラ粉砕)によるところが大きいと考えられる。

またオオムギ粉と市販コムギ粉の形状の違いは走査電子顕微鏡観察でも明らかである(図13)。オオムギ粉は澱粉顆粒の大きさまで粉砕されていた。これに対して市販のコムギ粉は澱粉とみられる顆粒からなる粉体である。とくにコムギ粉ではデンプン顆粒にローラで圧縮粉砕した際に生じた損傷が認められる。

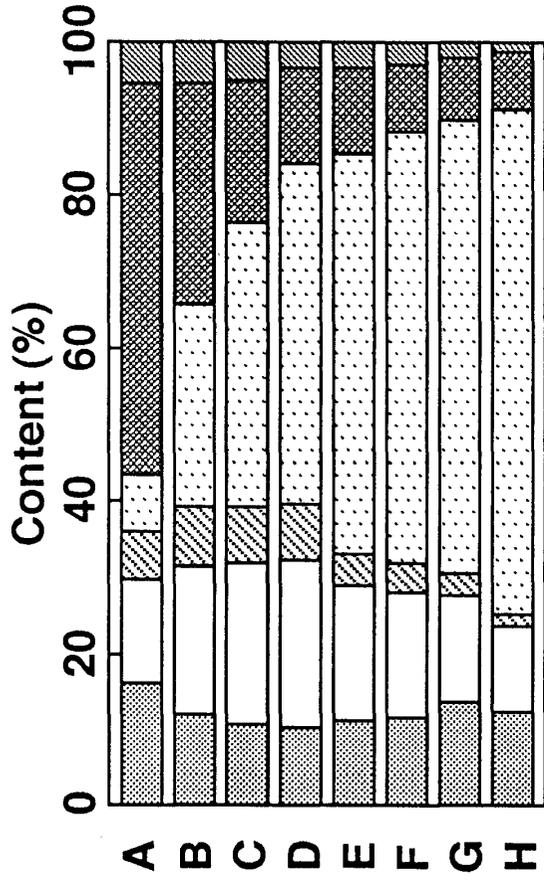
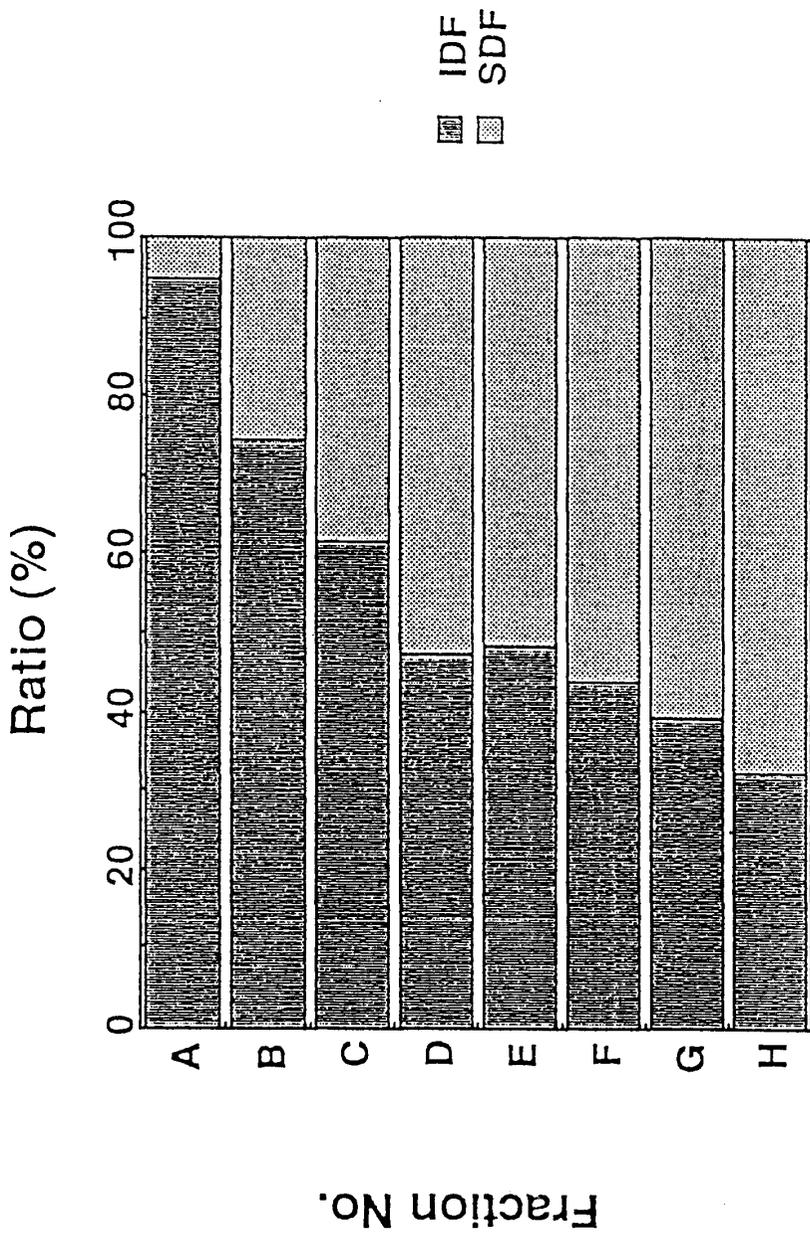


図10 オオムギ層別の一般成分

Moisture  
 Protein  
 Lipid  
 Sugar  
 Dietary fiber  
 Ash



Fraction No.

図11 オオムギ層別の不溶性と水溶性食物繊維の割合

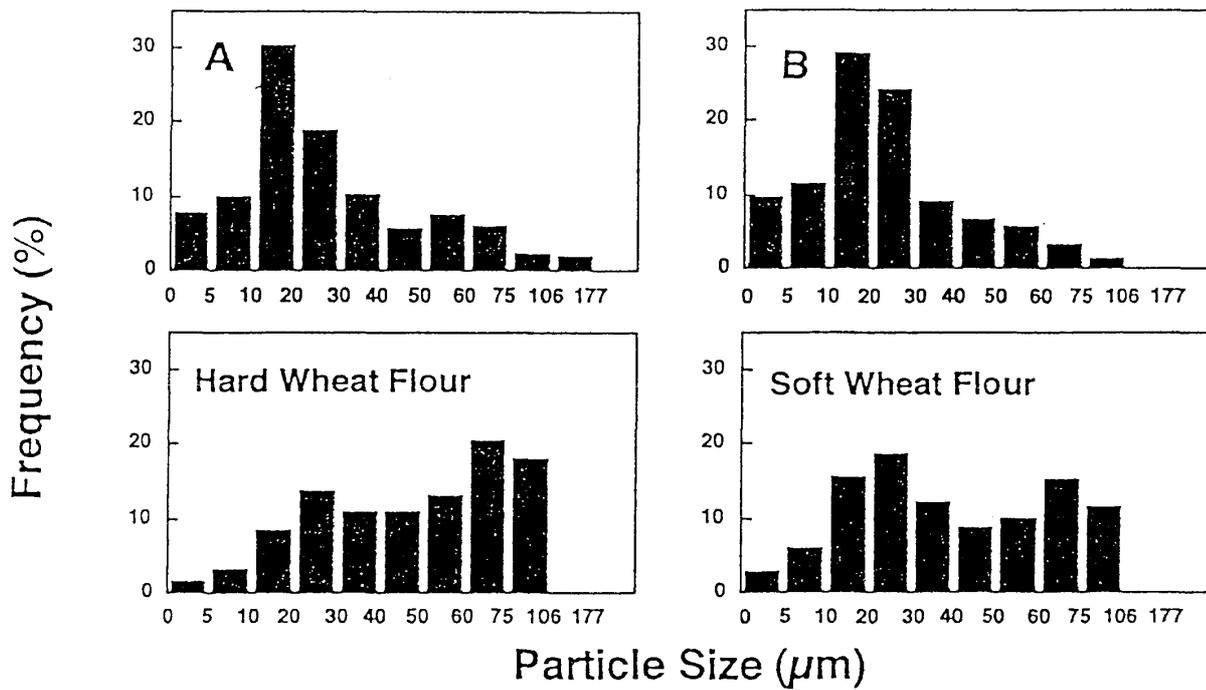
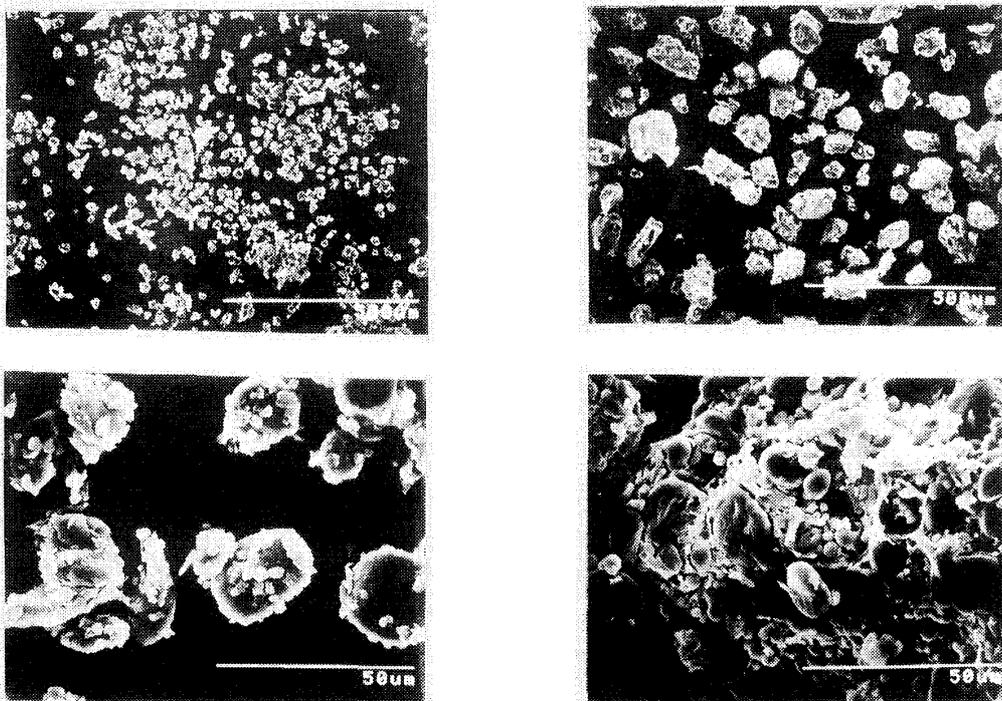


図12 オオムギ粉と市販コムギ粉の粒度分布

A : リッツァ7

B : リッツァ3



A

B

図13 粉の走査電子顕微鏡写真

A ; オオムギ粉 (リッツァ7)

B ; コムギ粉 (強力粉)

#### 5. 4. 食品加工、調理への利用

コムギ粉の加工、調理特性は主にタンパク質によるのに対して、オオムギ粉は澱粉による。コムギ粉とは異なる特性をもち、独自の食品素材となると考えられるとともに、オオムギ粉をコムギ粉に混合することにより、両者の特性を生かした新しい加工、調理特性をもった素材になる可能性がある。オオムギ粉の混合により製品の味覚、食感の改善が認められる。たとえば、ケーキ、クッキー、スナック類では口の中で団子状にならず、とくに歯のまわりに付着しにくい。またサクリとした感じがあり、口どけもスムーズであるという官能検査結果が出ている。麺類では粉臭、乾麺臭がなく、麺自体に旨味がある。またインスタントラーメンでは麺ほぐれが良くなり、ゆで伸びがあまり起こらないという結果が得られている。製パン、パスタなどへ利用され、製品が市販されている。

オオムギ粉を調理に利用することにおいてもいろいろな効果が認められている。コムギ粉にオオムギ粉を混合すると、グルテンを形成するタンパク質含量を下げ、吸水速度の遅いコムギ澱粉を改善する。さらに油切れが良くなり、揚げ油の減少率も低下する。

新しい食品素材としてのオオムギ粉は開発されたばかりで、加工、調理特性についてもさらに検討される必要がある。

新しい食品、食料資源の開発は環境悪化の防止とともに来世紀に向けて、われわれ人類にとって最大の課題である。これら問題の解決に対して、さらにわれわれの努力が必要である。

## 6. 引用文献

- 1) 漁業白書（平成6年版） P4 農林統計協会
- 2) 北畑寿美雄：Food and Food Ingredients Journal N0156, 20(1993)
- 3) 田淵彰彦, 万代隆産, 渋谷孝, 福田恵温, 杉本利行  
栗本雅司：応用糖質科学42, 401(1995)
- 4) Biorck, I., Eliasson, A. C., Drews, A.,  
Gudmundsson, M. and Karlsson, R. :Cereal Chem., 67, 327(1990)
- 5) Shinnick, F. L., Ink, S. L. and Marlett, J. A. :J. Nutr., 120 561(1990)
- 6) Mitsunaga, T., Shimizu, M., Inada, K., Yosida, T. and Hayashi, S. :Mem. Fac. Agric.  
Kinki Univ. 27, 55(1994)
- 7) 安藤ひとみ, 林佑吉, 光永俊郎：近畿大学農学総合研究報告1, 55(1993)
- 8) 安藤ひとみ, 飯塚久子, 清水まゆみ, 喜田豊和, 稲葉和功、光永俊郎：  
日本栄養・食糧学会誌 49, 113(1996)
- 9) 光永俊郎, 林佑吉：調理科学 26, 236(1993)
- 10) 光永俊郎：食生活研究 15, 4(1994)