総 説

食 品 科 学 と は 何 か*

G. A. ボルグストローム**

会場の皆様、本日、私は日本食品工業学会の皆様、IFTのメンバーの方々、あるいはその他食品科学にたずさわる方々に対してお話のできる機会をえましてをたいへん光栄に存じます。

食品科学の3要素

大部分の方々、私の本日掲げました講演の表題についてはよく御存じでありますので、むしろこういうタイトルを掲げたことがいくらか奇異に思われるかも知れません。

多くの国々を旅行いたしましたり、またその道の専門家の方々にお会いする機会、あるいはまた私の勤めております大学にお見えになる人々、そういう方々を通じてよく感ずることでございますが、食品科学（フッド・サイエンス）という言葉をどの程度御承知であるかということであります。

一般の公衆がフッド・サイエンスの名称あるいはその意義にうということとは、これはやむを得ないといいたしましても、そうでなくて、各分野における専門家たちがこの問題についての正当な理解を持たないということは、むしろ驚くに足ると思います。

私は食品科学をつくる3つの重要な根源、——それを規定する3つの材料があると考えております。すなわち農業、工学、それから化学であります。しかし、今私がここに引用しました食品科学の3つの分野の発展、あるいはその各々の内容はその国により相当大きな相違がございます。

ヨーロッパ、たとえば西独とかアメリカとでは、それぞれ違うのであります。ある国では、この3つの要素のたとえば2つだけが非常にとび離れて発展しているとか、あるいは極端な場合にはたったひとつだけが先行し

ているという実情がございます。ドイツの場合、食品科学の発展は、非常に多く化学に依存しておりまして、化学のいすの上に腰かけて発展したとさえいえるのであります。それは、たとえば、ここ十年という短かい期間ではなく、数十年間そういう状態が継続したと考えられます。したがって化学が先行したゆえに、たとえば微生物学であるとかあるいはサニテーション——衛生学などはどうしても第2、第3になっていたわけでありまして。——これが具体的な実例でございます。

アメリカの場合はまたちょっと事情が違いまして、農業とエンジニアリングとが、おのおの独立に進歩したといえると思います。工学の部分は、おそらくはその当初MIT（マサチューセッツ工科大学）におけるいろいろな技術的な研究が基礎になっていると考えられるふしがあります。つまり食品の化学的な構成成分を分析する、その性質を知ることよりは、むしろどういふふうにしてその食品を取扱うか、あるいは加工するかという技術的な部面に重心がかけられたのであります。

また一方アメリカでは農業関係の専門大学におきまして、主として乳製品、園芸食品のような問題、が取上げられたのでございますが、しかし同時にまたそれらを総合した、たとえば畑から生の原料をとりまして、それを最終的に加工するまでの研究も活かされ開発されました。このような現象、経過をずっと眺めてみますと、農業生産物の分野で、さきほど申しましたいろいろの、加工とか処理とかをインコーポレートすることがぜん次行なわれてきたのであります。チキン、ミルク、穀類、野菜、こうした農業生産物の増産は、同時にまた加工利用、に対して必然的な要求を持っているわけで、その利用を確立させることを必要とするわけであります。

* 本総説は1963年10月4日東京教育大学農学部講堂において本学会とIFT ジャパンセクションとの共催の下に講演されたものです。

** Georg A. Borgstrom, Professor of Michigan State University, College of Agriculture, Department of Food Science. East Lansing, Michigan, U.S.A.

そこでアメリカの各大学の食品、農学に関係のある学部は、たとえば園芸生産物あるいは農業生産物、そういうようなものからこれを加工に回すためのキー・エリア——鍵になるような、つまり、一方に生産物があって他方に加工物があるその中間をつなぐカギ、そういうキー・エリアに対する関心が高まり、その方向に進んだわけでございます。さらに、このほか2つの関係分野がありますが、そのひとつはちょっと離れておりますが、農業経済学の部分でございます。

農業経済・農業工学

この農業経済学の部門の当初の目的は、農業生産増強をねらっていたわけでありまして。つまりそれを研究することによってプロダクションをねらう。こういうことでございます。ところが、だんだんそういう農業経済学を進展させるにしたがい、生産だけではまずいので、たとえば流通、販売、あるいは市場を獲得する部門にまで自然的に広がって行ったわけでございます。したがって、流通に関係する以上は、農業生産物がいかに加工、処理されるかということに関係せざるをえなくなったということになります。この農業経済学の領域、その部門の内容には、消費者のアクセプタンスのような問題も入るわけでございますが、とにかく種々の要因が総合されてくるわけであります。

もうひとつ、農業工学（アグリカルチュラル・エンジニアリング）でありまして、伝統的に関係してきたわけですが、それが現代の農業にもつながっており、現在フード・サイエンスのなかで、一分野をなすのでございます。

この農業工学の立場は、どちらかといえば耕作、収穫機械、そういうものは取上げないで、むしろ農業生産物の取扱いまたは加工に必要な機械、設備を主体とする部分でありまして、それについての単行本もございまして、やはり依然として直接フード・サイエンスの一部分であって、たとえば加熱処理の問題、それだけでも大きな書物があるわけでございます。また農業の一部分でございまして、園芸についてちょっと触れますと、園芸作物についてのたとえば生理——成育、病害、あるいは育種の問題、そういうことがございます。

そのほかに、園芸を専門とする大学の学部では、園芸食品の凍結、罐詰、あるいは乾燥などを主としておりますが、それをさらに一歩前へ進めて、園芸の領域をはみ出して、たとえば肉や魚の問題にも及んでいる場合すらあります。

栄養学と衛生

今まで農業あるいは園芸について申しましたが、まだ

重要な点で現在のわれわれの知識として持ち、しかもなおかつフード・サイエンスに非常な決定的な関係がある問題、これがニュートリション——栄養でございます。栄養の専門家が（たとえばわれわれの同僚、研究者をふくめて）食物のなかの栄養成分についていろいろ取り上げることに、賛成なのでございますか、しかしながらそういう人たちが食物の取扱い、加工などは栄養の面から見ればいささかよけいといいますが、第二義的なものであるという考え方を持つ向きがあり、これについてはちょっと同意しかねるのであります。この人たちの根本的な考え方は、結局フード・サイエンスとは、いうなれば単なるテクノロジーの問題、あるいはハンドリングの問題に過ぎないというふうに見ていると思われるのであります。

ちょっと今までの話とはずれますけれども、過去何年間かの間、私は食品科学分野における科学文献を集める作業を継続していたわけでございます。実は、この集録事業は、どちらかといえば、最初にはヨーロッパの栄養学者たちがイニシアチブをとって組織したのでございます。

その当時の集録作業では、食品科学、あるいは食品加工（フード・プロセッシング）は栄養に関する文献集録のなかの特殊部門としてつけ加えるという形であったようであります。そこで当時私は、フード・サイエンスはつけ足りではなくして、集録事業として十分取上げる価値のある、重要性を持っているということを栄養の専門家たちにも納得させる努力をしたという経験を持っております。

今、園芸、栄養と参りましたが、それにつけ加えて、まだ問題となるのは獣医学分野が、やはりフード・サイエンスに当然関係してくるということであります。これは、どの国でもそうでございますけれども、食品衛生を確立する、あるいはそれを強力に前に押し進めるというようなことは、長い歴史的な見地からすれば、その作業は主として獣医学者の手にゆだねられてきたと思えます。

この獣医専門家たちが取上げた当初はミルクでございましたけれども、それが発展して参りまして、貝類、さらに果物などに対する管理にまで及び、さらに食品加工のオペレーション、あるいは場合によっては食品衛生の教育までもが獣医の専門家たちの仕事となったのであります。

食品包装その他

もうひとつ、ふたつ申し上げますと、その伝統的な背

景を考えればむしろ容易に理解がいただけると思います。ヨーロッパでもアメリカでもそうでありませうけれども、パッケージング——食品の包装とそのエンジニアリングの問題であります。

もちろんパッケージングは現在の食品工業では非常に重要な部分を占めるわけですので、その出発は罐詰、びん詰でございませう。しかし現在ではむしろごく最近発展してきたプラスチック・フィルム、紙の包装材料などに対する問題が主体と考えられるのであります。

この包装材料の用途、使用範囲、使用方法、それらに関するいろいろな問題が発生しているわけでありませう。これらの包装材料についてのいろいろな指導をする人、教える技術者たちはどちらかといえば、比較的罐詰、びん詰、に対する知識にうとい場合が多いのであります。ですから、パッケージング・マテリアルのことはよく御存じであります、他のことについてはあまり御存じがない。食物についてもややしろうとである、そういうことであります。

つぎに食品科学の第4番目の分野これを特色づけるこ

とは必ずしも簡単ではございませうが、幾らかの意見を述べますと、その分野は非常に新しいものであります。それはバイオエンジニアリング——生物工学であります。

食品科学の位置づけ

さて以上のようなことから過去20年間、私はこの問題を慎重に考慮した結論として、つまりフッド・サイエンスの独立宣言をいたしたいと、こう考えるわけでございます。

そのために、このフッド・サイエンスなる術語を、これから明らかにしようとするのでございませうが、まずフッド・サイエンスの持つ役割、任務、その位置づけをしたいと考えます。

私にとっては、食品科学なるものは、ちょうど医学と同じように、人間生活の中心になるものと考えております。このことを申し上げるためにフッド・サイエンスについて歴史的に考えて、皆様の注意を喚起したいと考えます。

たとえば、百年前を考えれば、農場の作物の流れは、自分のうちの隣とか、ごく限られた範囲にすぎませんでした。このような小さな流れでございませうからして、

Chart developed by Prof. GEO. BORGSTROM, Dept. Food Science, Michigan State Univ.

その隣接の村とか、やや大きな町だとか、いわんや人口の稠密な大都会へいくということは非常にまれであったわけであります。

現在はいうまでもなく、その流れは、かつてのような規模ではなくて、幅の広い大きな流れとして農業生産物が都市地域に向けて動いていく——こういうわけでございます。

と同時に、これが百年前とだいぶ違う点であります。都市地域から今度は農業生産地帯へ、化学肥料その他生産に必要なものが逆な流れをしていく、これが近代の特色になるかと思ひます。

ここで一番大事なことは、都市区域と農業生産区域との間の距離が次第に拡大延長されてきたにもかかわらず、それが依然として動いていくということであろうと思ひます。このように流れが拡大して参りますので、必然的に、消費者を主とする都市地域と農業生産地域の間にひとつの中間のものを置かなければならない。つまりそれがフッド・インダストリーであります。それは必ずしも生鮮食料品が非常に腐敗しやすいということだけではなくて、そこで形を変える、つまり加工所で形を変える必要が出て来る。それがトランスフォーミング・センターであります。ちょうど電気事業に変圧所があると同じように、食品の処理加工は生産地域と一般消費者の間をつなぐ変圧所といってもよからうと思ひます。

食品科学の前段階

この図は、私としては相当時間をかけて作成したものでございますが、今ごらんのように、フッド・サイエンスはちょうど左側の、生産と右側の消費との間の橋がかりとなるのであります。いうまでもなく、この橋の中心部分は、研究によって推進されるわけで、繰返し申し上げるようですが、フッド・サイエンスは、そういったプロセッシングとかハンドリングとか、それらの点に変わりはないのであります。

ここで書きましたとおり、フッド・サイエンスのなかに微生物学、生化学、エンジニアリング、製造法、それから当然のことながら利用加工、栄養などが入っております——もちろんテクノロジーが中心にございますが、それと同時に私はここに食物の歴史を入れなければならないと考えます。なぜならプロセッシングの進歩は、歴史的な観察なしにはあり得ないからであります。

さて食品となる原材料は現在では生の状態で使われることは非常に少ないのでございます。加工の前に比較的簡単なこと、たとえばその生産物を洗うとか、清潔にするような取扱いがあり、その部分をここで、植物性およ

び動物性プロダクツと呼んでおります。

さらにその前の段階、プロダクションのところでは、ここに示しましたように、農業生産物それから園芸生産物、漁獲物、これらは当然入るわけでございますが、林業も入れることができる。林産物を入れたことはちょっとおかしいかもしれませんが、しかしずっと古いことを考えれば、たとえばドングリを食べたとか、木の皮を使って食べ物を作るとか、そのようなこともあったわけで意味のないわけではありません。

同時に、これはかなり重要なことでございますが、この領域におきましては農業用作物であるそ菜、穀類、いっぽうでは家畜の育種があるのであります。改良品種を作ることでもあります。原料をいろいろと改良する点で重要なものであります。

この、一番左側の農業、漁業などに追加して、私は、経済地理学（エコノミック・ジェオグラフィ）をあげましたわけは、農業生産物にしても、海洋生産物も、それぞれの国においてはやはり生産条件が違う、そのような地理的な生産の度合の知識、これがやはり前段階においては必要だというふうに考えるからであります。また、経済植物学（エコノミック・ボタニー）とはエコノミックスを考慮に入れたものであり植物生理学はどの程度の化学肥料を与えたらいいか、あるいは異なる生育条件によってでき上がった農業生産物の組織あるいは構造の問題をとり上げる部門であります。

またさらに動物生理学は動物の飼育方法、飼料の問題、あるいは育種、品種改良の問題、また地域的な気候の相違によってその動物が最終的に食品となったときの品質というようなことでございます。それらがブーフイジオロジーに入るわけでございます。

そのつぎは、海洋学と陸学でございますが、このようなものをここでつけ加えると、あるいは奇異にお感じになるかもしれませんが、しかしこれとてもなかなか重要な問題がございます。たとえば海洋学のほうでは、海流と魚族に関係がある。海洋の条件で天然の魚の餌料に影響が出て参ります。たとえば北海のニシンでございますが、そのなかに消化管が赤い色をしたものがある。それは海洋の上昇流に伴って、栄養塩類の分布に変化を生じ、プランクトンの発生に影響し、結局最後にニシンそのものの品質保持、鮮度保持にすら関係が出てくるという意味でやはり取上げるわけでございます。

一番最後のエスノボタニー、人種別の栽培植物学であります。やはり地域あるいは国によって、同じ植物を作るのでも栽培の方法が違うとか、その規模が違うために

利用できる食品すなわち、生産物も違ってくるので人種、種族的な区別を考慮する必要がある。つまり、種族文明の違いを考慮した植物学であります。このような、フッド・サイエンスの前段階のいろいろな知識はそれぞれ特有の価値があるわけですが、したがって価値があるだけに欠くことのできないものであるゆえに、フッド・サイエンスのなかに囲まれているわれわれといたしましても、この前段階の種々の学問、技術は欠くことができないことになると思います。

食品科学の後段階

今までは生の生産物が作られるまでの過程で必要な基礎科学あるいは関係領域を見ましたが、それと全く同じように、消費者側に直面しているいろいろな問題があるわけですが、それが一番右の矢印のついている上段、下段に書いてあるわけですが、インダストリー——食品工業あるいは化学工業、それに流通（ディストリビューション）が入ってくるわけですが、

基本的には、ここに掲げております工業地理学、食糧貯蔵、オートメーション、食品の経済的、技術的流通上の操作を適確ならしめるための電子計算機施設（コンピューター・センター）は必須のものであり、これを無視するわけにはいけません。

つぎに経済に関係のある部分は、ここに掲げてあるとおりの食糧経済、農業経済、あるいは一般的な普通の経済学、それらが当然参画するわけですが、さらにはさきほど申しましたフッド・ソシオロジー——食物社会学、たとえば食べ物の消費の動向が人の住む社会によって違う、あるいは使い方ばかりでなくて、作り方であるとか、あるいは輸送の問題がやはり社会によって違うということ、それらがフッド・ソシオロジーで取上げられると思います。

その他の関係領域

現在定義づけているフッド・サイエンス、そのまた背景には図の上にならべました生物学、化学、工学、栄養学があり、これが基本的にフッド・サイエンスをささえております。この4つにさらに私は2つの重要な部門を加えたいと思います。

そのひとつは、医学でございますが、現在のところそれには、人間の医学と獣医学を含めていますが、普通は栄養の知識あるいは栄養学を通じて食品科学に連結しているのが実情であります。

それと同じように、また物理学の分野が基本的な学問として重要である。ここに書いてありますような超音波とか核物理学、熱力学、低温物理、レオロジーこれらは

フッド・サイエンスのささえとして重要な基礎である。その2つを追加したいと思います。

以上幾つか申しましたが、もうひとつ上欄の中央に書いてありますような数学、統計学、植物学、動物学、感覚心理学というようなもの、これもやはり理論的に相当重要である。そしてしばしばそれがまたわれわれのフッド・サイエンスを動かすのであります。しかし実際においては非常に優秀な食品科学者にして案外数学に弱かったり、あるいは植物学は全然わからなかったりということは間々あるわけですが、しかし、とにかくそういう基本的背景は十分考える必要があると思います。

さて上に書きましたような4つに、加えて、さらに食品科学に対してひとつの鍵となる問題、それが下に掲げる4つのなかに書いてあるわけですが、これは食品科学の内容をよく考え、それによって応用面を開く部分であります。たとえば栄養の理論的な知識を發展させて応用の面に立つと、そこに生ずる問題が下欄に出てくるので生物学、化学、工学についても下に掲げたとおりでございます。

ところで、下に書いた応用部門において1人の専門家になることと、それからまた基礎学問の方面においてのエキスパートになるということ、しかもそれがフッド・サイエンスと全然独立にエキスパートになるということは、ありえないことではないわけでありまして。たとえば工場の作業管理ですが、そのオペレーション・コントロール、フッド・サイエンスそのものの知識がなくてもやり得るわけでありまして。

またこの両隅の部分でございますが、これもまたちょうど上で、医学が栄養というものを通してフッド・サイエンスにつながったと同じように、応用部門でもいろいろな問題がある。たとえば医学的な部門では中毒防止といった問題もありますし、それからまた物理的な部門では、熱伝導、除湿などの問題、それがつまり応用部門でフッド・サイエンスにつながるわけでありまして。

さらにまた下欄中央に掲げたことが食品科学者だけに役に立つといった資料ではございませんけれども、しかし、食糧に関する統計であるとか、あるいは食品に関するいろいろな立法——食品法のような法律の問題、あるいは食品の監視、それらは補足的にこの食品科学につながる問題となるのであります。

また食品科学の取上げ方には、魚は魚、ミルクはミルクでといったように製品別に見る方法があります。

個々の食べ物の問題をフッド・サイエンスとテクノロジーに2つに分けて考えるわけで、工学あるいは機械の

問題としてとらえたり、利用法、製造法、それらがテクノロジーカルな部分であります。

また、いろいろな食品の栄養だけを取上げていく場合には科学的な取り扱いではビタミン研究、臨床的な栄養の問題、体内代謝の生化学などが基本的な問題であります。同時に、公衆衛生的な面から、貧栄養、栄養不足の問題、老人病学、食餌療法、さらには食糧消費の問題がやはり栄養を通して個々の食べ物に対して考えられるのであります。

5段階に分けられる食品工業

現在行なわれております食品工業を5つの違った段階に分けることにいたします。

第1段階は、非常に単純な取扱いで、たとえば食品を簡単に冷やすとか洗うとかするようなこと、それ自身はその食品の品質に大きな影響を与えないような、いわばきわめて初歩的な処理、それが第1段階でございます。

その第2は、やはり単純な作業でごく初めの段階——これはもちろん最初に申しました単純なハンドリング以上のもので、たとえば凍結、罐詰、乾燥、あるいは原料肉や魚の1部を除去するような作業で、やはりシングル・ハンドリングの段階でございます。

第3は、加工段階で生の状態——原料としての状態をほとんどで上がった製品から判断できないような形のものにする加工、ソーセージ、ジャム、ジュースのような段階でございます。

第4は、ある特定の、デリバティブを作り出す段階で、食料として澱粉、油、砂糖などがそれに入ります。

第5は、いまの第4段階のものが第一義的に原料から取出すとすれば5番目は第2段階にさらに処理するもので、しかもそれが新しいひとつの食品加工の材料になるようなもので、化学的な合成手段がなかに入ってくる油の水素添加による硬化油製造などであります。

もうひとつ——第6番目のものを加えても決して御異議はないと思いますが、それは生物学的な合成手段を加味したものであります。たとえば非常に都市集中化が進む場合に、廃棄物処理問題がかなり重要でございますけれども、それを微生物を使って処置させるとか、あるいは逆に廃棄物を使って酵母を作ることであるとか、さら

にはグルタミン酸ソーダの生合成などを加えたいと思います。

さきほど申しました、生産から消費までの間の真中にある変圧所に相当するセンター、これが関連する役割として魚についていえば、船上で漁獲物を一部処理し、さらに第2次的に陸へ持ってきてから加工する作業があるわけであります。

都市生活が拡大し——アーバンゼーションの進んだ生活のなかでの食物といえ、いかなるときでも、いかなる場所でも食べ物がいつもそこで入手できることが大きな条件であります。ですからこのような食べ物の流通の鎖の一番末端では、食べ物の調理加工、料理のためのセントラル・キッチン——そんなものすら必要化すると考えられます。

したがって、生産から始って消費に至るプロセスの区分方法はあまりもう意味がないのではないかと。

そのことに対する証拠材料は豊富にございまして、ひとつ、単純に食品貯蔵の問題だけを取上げても、それはかつてのように原料の貯蔵ということではなくて、生産の途中においても貯蔵が必要でありますし、加工においてもまた貯蔵を伴う場合があるし、さらにそれを流通過程に乗せる場合においてもまた、貯蔵の問題は欠くべからざるものだということになるのであります。

近代医学が成立したのには、やはりそれだけの経過があったわけで、つまり人体を中心にそこに焦点を合わせてやる。その場合は、微生物学、工学的技術その他さまざまな知識の支持、背景なしには近代医学は成立しなかったと考えるわけであります。

近代社会が要求している今日の食品、それを作り上げるために食品科学の持つ任務、構造はまさに今私が近代医学の発展に言及しましたと同じようでありまして、やはりそれに関する研究、技術、知識の結果がなされねばならず、それなしには近代社会の食品の存在はあり得ないであろうと信じます。

まだ問題はたくさんあるかと在じますけれどもたいへん長い間私の話をかくまで辛抱強くお聞きとり下さいましたことに感謝の意を表します。どうもありがとうございました。