

バイオテクノロジーの食品産業への影響

誌名	農業総合研究
ISSN	03873242
巻/号	412
掲載ページ	p. 93-143
発行年月	1987年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ノート

バイオテクノロジーの食品産業への影響

小野寺 義 幸

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. 本稿の目的と性格 | ーの経済的インパクト |
| 2. 概念と対象の整理 | (1) バイオテクノロジーの影響に関するアンケート結果 |
| 3. 食品産業における技術開発の足跡 | (2) 技術革新の経済的評価方法 |
| (1) 技術開発投資の動向 | (3) 試算結果 |
| (2) 食品工業における研究開発の効果 | |
| 4. 食品産業におけるバイオテクノロジー | 5. 残された課題 |

1. 本稿の目的と性格

本稿は、バイオテクノロジー（生命工学）の実用化（産業化）に伴う経済的諸問題について、概説的・序説的な整理を試みたものである。すなわち、理論的フレームの構築準備作業も兼ねて、バイオテクノロジーの採用に伴う様々な要素の新しい結合が、産業構造に与えるインパクトを試算してみたものである。

特に、食料品製造業（食品工業）におけるバイオリアクター⁽¹⁾の部分的実用化等、具体的なバイオテクノロジーの姿が明らかになってくるに従い、その食品産業⁽²⁾に与える様々な経済的問題点も明らかとなりつつある。しかし、バイオテクノロジーそのものの体系や内容はまだまだ発展途上（揺籃期）にあり、言い替えばそれだけ未知の可能性を秘めており、その意味では不透明かつ未確定な部分を多く持っている技術でもある。そこでわれわれは、とりあえず現段階で実用化（つまり産業化）の進んでいるバイオテクノロジーについて、その食料供給システムに与える影響を主として経済的な面から測定（評価）する方法を提示し、かつ部分的実証を試みた。

ここにその成果の一部を紹介するのであるが、バイオテクノロジーは巷間伝えられるほど食料供給システムに「バラ色」の未来を保証するものではない。われわれのここまでの検証によっても、新製品の開発、新市場の開拓、新素材の利用等のメリットが期待される反面、供給過剰（いわゆる豊作貧乏）⁽³⁾、新たな失業問題の発生、開発投資収益率の低下、タイム・ラグに伴う技術の陳腐化等のデメリットも危惧される。また、直接経済にかかわる問題以外にも、バイオハザード（生物災害）、バイオエシックス（生命倫理）等の問題も

ある。食品産業における拙速な産業化（商業化）は、ことが「食」にかかわるだけに、生命の尊厳を犯し、あるいは社会全体、自然界全体の秩序を損ない、延いてはこの新しい技術の持つ未来と本質とを台無しにしてしまう恐れもある⁽⁴⁾。

その意味でも、われわれは中長期的にこの問題を扱って行かねばならないし、決して経済的な面だけに問題をわい小化してエコロジカルな視点を等閑視してはならないと考えている。

注(1) バイオリクター（Biochemical Reactor）とは、簡単にいえば「生体化学反応器」もしくは「微生物利用反応器」ということである。高温・高圧下で金属系触媒等を使って行なう従来の化学反応プロセスに対して、常温下で有用微生物もしくは酵素を利用することで有用物質の生産等を行なおうとするものである。既に商品化されている食料品としては、アルコール飲料、液状甘味料等があるが、「本命」と目されているのは医薬品の分野である。なお、酵素という触媒機能を持った蛋白質の開発が決め手となるので、プロテイン・エンジニアリング（Protein Engineering = タンパク質の機能的な性質を工学的に改善しようとする技術）とも結びついている。

(2) われわれは、食品産業を「食料の加工・販売（外食産業を含む）に輸送、貯蔵等のサービス部門を加えた総体」と規定している。一般的には、関連サービス部門について「食」にかかわる部分が特定できないことからこれを除外し、食料品製造業、食料品卸売業、食料品小売業、飲食店（外食産業）の4部門を食品産業と捉えてよい。

(3) 『日経産業新聞』（昭和61年11月12日付）によれば、アメリカ農務省はコーネル大等と協力して、農家の牛成長ホルモン利用に伴う経済効果を探る調査研究を開始したと伝えている。そこでは乳牛を使い成長ホルモンを投与したところ、少なくとも10～25%の生産量の増加と、5～15%の飼料効率の向上が認められたという。しかし、過去30年間の牛乳生産の伸びは年率2.9%程度であったから、バイオ製品はこの伸び率を急速に変えてしまうため、酪農に構造的な変化をもたらし、いわゆる農作貧乏の現象や失業を引き起こす恐れが十分にあるという。

(4) この件にかんしては、いわゆる「石油タンパク」問題として、昭和40年代中葉に安全性論争に巻き込まれて生産中止に追い込まれた、ノルマルパラフィンを原料とするSCP（Single Cell Protein）の経験が思い起こされる。

2. 概念と対象の整理

たとえば、日経産業研究所「バイオ研究会」⁽¹⁾は、バイオテクノロジーの技術分野を「バイオ医薬品」「植物の品種改良」「モノクローナル抗体」⁽²⁾「バイオセンサー」⁽³⁾「バイオリクター」「醸造技術」「バイオマス・エネルギー」⁽⁴⁾「プロテイン・エンジニアリ

ング」「遺伝子治療」「バイオチップ」(5)の十分野に分け、この内前5者については既にその一部が実用化の段階に入っているとの調査結果を昭和61年秋発表した⁶⁾が、このような把握の仕方が唯一無二のものとは限らない。そもそも、バイオテクノロジーという言葉は一般的となっているが、必ずしも明確な定義がなされている訳ではないからである。広義には、生体を利用しあるいは模倣する技術の総てと定義されて良からうが、ここでは近年における生命科学(ライフサイエンス)の発展を土台としたいいわゆるニュー・バイオテクノロジーをイメージしており、それ以前の生体利用技術とは別のものとして捉えている。その範疇には大きく分けて、①遺伝子組換え技術、②細胞融合技術、③バイオリクター技術、④細胞大量培養技術の4大技術が含まれるものと考えている。そして、バイオテクノロジーとは、サイエンス・レベルから産業化(バイオインダストリー)への「つなぎ」となるテクノロジーと捉えている。それらが単一で、あるいは組み合わせさせて、いわばシエルトムウントドランクの状態にあるのが1980年代中葉の今日の姿であるといつてよい。

われわれが本稿で対象とするのは、上のカテゴリーの内、主としてバイオリクターに関する部分である。その産業化が、食料供給にかかわる産業間の技術構造の結び付きや、それぞれの生産水準に及ぼす影響を、理論的フレームの構築を兼ねて実際に検証してみる。バイオリクターを対象として取り上げたのは、とりわけ食品工業において長い蓄積のある発酵技術の延長線上で部分的実用化が進んでいるからであり、現実⁷⁾にそれを取り込んだ製品も市場に出ているからである。したがって、これらについては、現段階においても一定のアセスメントを行なうことは、十分に意義を有すると考える。しかし、バイオリクター以外の技術については、その多くが実用化(産業化)の段階にはほど遠く(特に食品については)、その経済的インパクトについて評価を下すのは時期尚早と思われるので、ここでは直接の対象とはしなかった。

- 注(1) 松永是東京農工大学助教授を主査とする13人のメンバーからなる研究会で、バイオテクノロジーの技術分野について、「実用化時期」「市場性」「開発コスト」「危険度」「社会的効用」「科学研究への影響」「他技術への波及度」「国際性」の8つの項目で評価を行なっている。
- (2) Monoclonal Antibody とは、1つの抗原にだけ反応する抗体のことで、臨床での応用としては、癌細胞へのミサイル攻撃がある。
- (3) Biosensor とは、酵素や微生物を利用したセンサーのことであり、食品工業、化学工業、医療等の分野で使われ始めている。
- (4) Biomass とは、もともと「生物量」もしくは「生物現存量」を表わす生態学用語だが、現在はエネルギーや化学資源に転換可能な植物資源をいう。
- (5) Biochip とは、現在のコンピューターが主として用いているシリコン製素子(チ

ップ)の代わりに酵素等の有機物を用いようとするもので、まだ基礎研究に着手したばかりの段階である。

3. 食品産業における技術開発の足跡

(1) 技術開発投資の動向

食品産業における技術開発の経営戦略上の目標は、おおまかにいって①大量生産、②品質の向上の2つに分けられよう。連続製造装置やラインの開発は、大量消費に対応した大量生産によってコスト・ダウンを図りうるから前者の範疇に入るであろう。原材料の量的・質的確保とマッチすれば、これに優るものはあるまい。加熱法(例えば高周波利用)や殺菌法、濃縮法(例えば膜利用)、保存法等の単位操作技術の改善、エクストルーダーやバイオリアクター等の製造プロセスの改善は後者の範疇に入るであろう。子細に眺めれば、以上の他にも、安全性や品質のチェックのためのレーザー光線の利用(非破壊検査法)やセンサーの利用、さらには澱粉、油脂、蛋白等の原料処理技術等も後者の範疇に入るかもしれない。

そこで、最初に、総体としてのこれまでの食品産業における技術開発を簡単に振り返ってみよう。これまでの食品産業における技術開発を他産業(他の製造業)のそれと比較しつつ要約してみると、第1に企業の技術開発費(試験研究費)そのものの水準が低く、第2に他産業で開発されたもののトランスファー(移転)が多く、第3にどちらかといえばプロセス・イノベーションに比重が置かれていた等の特徴を有している。これは、多数の中小企業の存在という食品産業の構造的特性と無縁ではなく、一部を除いては民間ベースでの高度かつ高額な技術開発投資(特に基礎技術の面で)を困難なものとしてきたといえる。

まず、総務庁『科学技術研究調査報告』によって食品工業の社内研究費使用状況を全製造業と比較してみると、研究費の伸び、売上高に対する比率、1社当たりおよび研究者1人当たり研究費等のいずれをとってみても、食品工業の方が低い(ないしは少ない)。昭和59年の『工業統計表』によれば、全製造業に占める食品工業の比率は、事業所数、従業者数、出荷額のいずれもが11%となっているから、社内研究費が2.4%にしか過ぎないというのは如何に研究・開発が軽視されてきたかを物語る(第1表)。業種別にみても、1社当たり開発費・試験研究費が全製造業の平均を上回るのはビールだけであり、めん類がこれに続く以外はおしなべて大きく下回っている(第2表)。

次に、前出『科学技術研究調査報告』によれば、昭和59年において研究を行なっている食品会社は15.5%となっている。これは同年の全製造業の13.1%を上回っていると

第1表 食品工業の社内研究費使用状況

	55年度	56	57	58	59
使用研究費の増減 (%)	17.9	15.5	11.3	12.9	12.6
{ 製造業	33.1	2.2	13.8	5.9	11.3
{ 食品工業					
売上高に対する比率 (%)	1.74	1.92	2.15	2.31	2.34
{ 製造業	0.58	0.55	0.63	0.70	0.60
{ 食品工業					
1 会社 当り (万円)	18,546	23,583	26,864	26,441	36,114
{ 製造業	4,739	4,743	5,463	8,211	7,501
{ 食品工業					
研究本務者 1 人 当り (万円)	1,654	1,839	1,970	1,996	2,177
{ 製造業	1,082	1,208	1,296	1,547	1,534
{ 食品工業					
従業者 1 万人 当り	348	359	390	421	432
{ 製造業	191	190	202	200	185
{ 食品工業					
製造業に占める食品工業 (%)	2.9	2.5	2.6	2.4	2.4

資料：総務庁『科学技術研究調査報告』。

ともに、5年前の昭和55年の11.4%をも上回った。しかし、資本金階級別にみると、100億円以上の会社では全社研究を行なっているが、10~100億円の会社では75%に、1~10億円の会社では54%に、そして1千万円~1億円の会社では20%にそれぞれ低下し、1千万円未満になると僅か4%になってしまう。また、資本規模の大きい食品会社では「基礎研究」の比重が高く、民間自力型の研究開発という側面が強いが、逆に資本規模の小さい1億円未満の食品会社では80~90%もが「開発研究」であり、これらではとっとり早く商品化につながるものに研究がシフトしているといえる。したがって、食品工業の振興のためには、基礎研究面を中心に、国または第3セクターの援助が極めて重要となってくる。

ところで、設備投資が建物や機械といったモノに対するハードな投資であるのに対して、研究開発に対する支出はその大部分が研究者の人件費であることから、技術や知識の向上のためのソフトな投資として対比させることができる。かつてこの国の高度経済成長時代には、ハードな投資が主体をなし、ソフトな投資についてはもっぱら海外からの技術導入によっていた。食品工業とて例外ではなかった。しかし、1970年代の調整期を経てこの国の経済が成熟期に入ると（つまり欧米先進国へのキャッチアップを終えた後は）、自前の技術開発が重要視されるようになってきている。

そこで研究開発支出の設備投資に対する比を、いわゆる S-H 比率と呼ばれるものでみてみよう（第1図）。まず、昭和50年代後半に入ると、製造業全体としてこの S-H 比率が急速に高まっている。次に、食品工業の場合は、相対的にこの S-H 比率が低く推移

第2表 開発費・試験研究費の1社当たり平均額の推移

(単位:百万円, %)

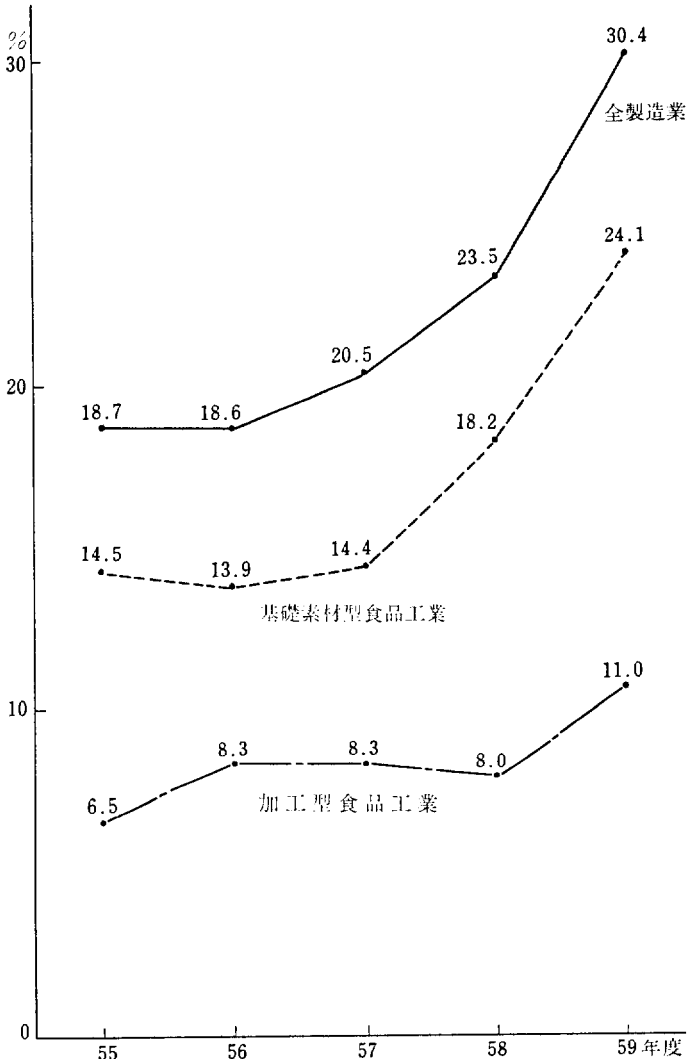
区分	55		56		57		58		59	
		増加率		増加率		増加率		増加率		増加率
全製造業	664	19.7	797	20.0	948	18.9	1,099	15.9	1,480	34.7
食料品製造業	178	16.5	193	8.9	218	12.8	247	13.3	297	20.3
(基礎素材型)	151	24.9	160	5.9	169	5.6	180	6.6	199	10.7
小麦粉	266	31.1	274	2.7	291	6.3	302	3.9	335	10.8
砂糖	157	11.8	155	-1.3	144	-7.1	151	4.9	170	12.6
配合飼料	9	360.0	11	22.2	11	0.0	13	18.2	10	-23.1
植物油	134	28.0	159	18.7	186	17.0	207	11.3	228	10.1
(加工型)	188	14.0	207	9.8	238	15.0	274	15.2	336	22.8
肉製品	45	-10.0	51	13.3	43	-15.7	43	0.0	46	7.0
乳製品	173	4.0	186	7.5	209	12.4	248	18.7	288	16.1
水産食料品	37	20.0	29	-21.6	38	31.0	29	-23.7	32	10.3
調味料	393	23.0	447	13.7	471	5.4	589	25.1	655	11.2
パン・菓子	303	18.4	317	4.6	334	5.4	314	-6.0	354	12.7
清涼飲料	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
ビール	550	3.9	645	17.3	1,076	66.8	1,507	40.1	2,340	55.3
酒類 (除ビール)	319	8.0	372	16.6	438	17.7	494	12.9	568	15.0
めん類	740	9.4	815	10.1	841	3.2	1,023	21.6	1,142	11.6
その他	14	3.1	17	21.4	18	5.9	20	11.1	27	35.0

資料:日経 NEEDS (原資料は有価証券報告書)。

注. 対象は上場企業で, 全製造業 1,059 社, 食料品製造業 99 社である。

してきた。それでも基礎素材型食品工業の場合は、近年大幅に上昇している。一般に、「好き」と「ピンチ」は改革のバネになるといわれているが、需要の低迷が続くこれら基礎素材型食品工業では、消極的にはコスト削減のため、積極的には新規需要・新市場開拓のために研究開発支出が物的投資よりも増えているものと思われる。しかし、加工型食品工業に目を転じてみると、その水準は低いままである。

なお、食品工業における技術貿易の状況を見ると、昭和50年代前半を支払額超過のピークとして、漸次、技術輸出額(受取額)と技術輸入額(支払額)との差が縮小してきている。特に新技術交流については、受取超過(輸出超過)が拡大する傾向にある(第3表)。もはや食品工業においても、一方向的に海外技術を受け入れ・模倣する時代から、自主技術



第1図 研究開発支出の設備投資に対する比率(S-H比率)

資料：第2表に同じ。

第3表 食品工業における技術貿易

(単位: 百万円)

	技術輸出 (対価受取) 額			技術輸入 (対価支払) 額			差		
	総数	新規	継続	総数	新規	継続	総数	新規	継続
昭和 46 年度	777	68	709	1,799	392	1,407	-1,022	- 324	- 698
47	788	98	690	2,026	282	1,744	-1,238	- 184	-1,054
48	940	45	895	3,214	180	3,034	- 895	- 135	-2,139
49	466	150	317	2,769	122	2,648	-2,303	28	-2,341
50	577	247	330	3,884	835	3,050	-3,307	- 588	-2,720
51	1,902	100	1,803	4,505	20	4,485	-2,603	80	-2,682
52	2,193	125	2,068	6,616	363	6,254	-4,423	- 238	-4,186
53	1,737	77	1,659	10,865	3,901	6,964	-9,128	-3,824	-5,305
54	1,862	106	1,756	8,584	814	7,770	-6,722	- 708	-6,014
55	2,169	50	2,119	9,642	687	8,955	-7,473	- 637	-6,836
56	3,689	1,305	2,384	10,609	1,007	9,602	-6,920	298	-7,218
57	4,720	1,962	2,757	11,286	1,168	10,118	-6,566	794	-7,361
58	3,640	137	3,503	8,690	804	7,885	-5,050	- 667	-4,382
59	6,820	445	6,375	9,480	272	9,209	-2,660	173	-2,834

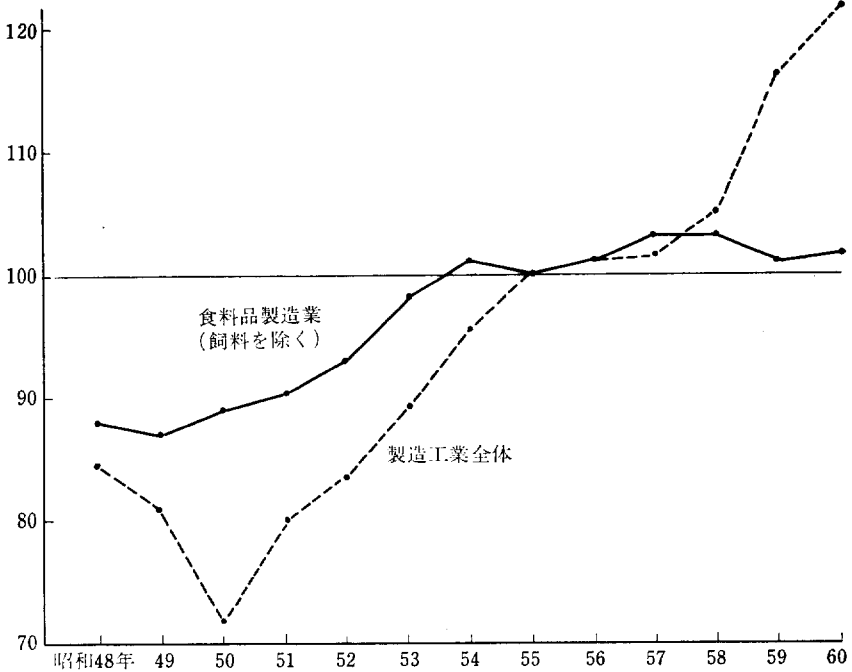
資料: 第1表に同じ。

開発, さらには技術輸出の時代へと向かう姿勢が窺われる。

(2) 食品工業における研究開発の効果

経済企画庁『国民経済計算年報』によれば, 昭和50年から55年間の実質飲食費の伸びは年率2.2%で, 55年から60年間は同1.7%であった。つまり, 近年食料需要は微増にとどまっている。これを反映して, 食品工業の生産も全般的に低迷を続けている⁽¹⁾。通商産業省『鉱工業生産指数』によれば, 昭和54年以降60年までの食品工業の生産指数(昭和55年=100)は100.0から103.0の間を上下しており, 完全に横ばいの状態にある。全製造業ベースの好調な生産拡大とは好対照をなしている(第2図)。このような状況が, 食品産業界のバイオテクノロジーに対する過大な期待の背景となっていることは否めない。事実, 後でみるように, 食品企業の経営者サイドには, 新製品開発をテコに生産伸張を図りたいとの願望が強い。

そこでとりあえず, これまでの食品産業における技術進歩の効果がどうであったかを2つの方法で確かめておこう。1つは, 最もポピュラーな方法で, 技術進歩率を全要素生産性の残差として捉える方法である。つまり, 技術進歩とは, 労働, 資本といった生産要素



第2図 食品工業の生産指数の推移

資料：通商産業省『鉱工業指数年報』。

の総投入量を上回る生産量の増加と定義するわけである。後期高度経済成長期から第2次石油危機前まで、言い替えれば40年不況という踊り場から53年の円急騰場面までについて、それを計測してみたのが第4表である。これ以降食品工業は低迷期に入るので、一応それなりに生産が増加していた期間ということになる。ここではっきりと証明されていることは、食品工業においては生産増加に対する技術進歩の効果が相対的に低かったという事実である。

第2の方法は、2時点間の産業連関表を用いて、その生産変動要因を抽出する方法である。次節で詳しく述べるように、産業連関表から導出される投入係数は、一定の資本設備を前提としてそこに体化した固有の技術体系を示す。この投入係数の変化には、おおまかに分けて① 相対価格の変化、② プロダクト・ミックスの変化、③ 技術構造の変化の3つの要因が考えられるから、異時点間の価格を統一し、部門分類(統合)を工夫すれば⁽²⁾、前2者の要因を除外した技術構造の変化をみることができる。食品産業分析用に筆者が特

第4表 昭和40~53年間の製造工業の技術進歩の効果(試算)

(単位:%)

	生産の 増加率	生産要素増加効果			技術進歩の 効果
		資本	労働	小計	
食料品製造業	3.8	3.5	0.2	3.7	0.1
繊維工業	3.6	2.7	-2.9	-0.2	3.8
化学工業	9.8	5.7	-0.4	5.3	4.5
金属製品製造業	10.4	7.3	-0.5	6.8	3.6
一般機械器具製造業	10.6	10.2	-0.1	10.1	0.5
電気機械器具製造業	15.3	7.2	0.9	8.1	7.2

資料：通商産業省『鉱工業生産指数』、『工業統計調査』、労働省『毎月勤労統計』、経済企画庁『国民経済計算』。

注(1) $IN(IIP/L \cdot h) = IN\alpha + \beta(Kp \cdot \rho/L \cdot h) + \gamma T$ の型の生産関数を各業種ごとに推計し、それぞれの増加効果は、

$$\text{資本} = \beta \frac{\Delta(Kp \cdot \rho)}{Kp \cdot \rho}$$

$$\text{労働} = (1-\beta) \frac{\Delta(L \cdot h)}{L \cdot h}$$

$$\text{技術進歩} = \frac{\Delta(IIP)}{(IIP)} - \beta \frac{\Delta(Kp \cdot \rho)}{Kp \cdot \rho} - (1-\beta) \frac{\Delta(L \cdot h)}{L \cdot h}$$

として求めた。

但し、 IIP は鉱工業生産指数、 Kp は有形固定資産ストック、 L は従業者数、 ρ は稼働率、 h は労働時間、 T はタイムトレンドである。

(2) それぞれ、13年間の単純平均である。

別に組み替えた『昭和45-50-55年接続産業連関表』を用い、表(注)に示した計算方法で計測してみたのが第5表である。ここでも、昭和45~50年間についても、同50~55年間についても、技術要因が大きくプラスに利いている業種はない。むしろ、マイナスというのが多い。つまり、需要要因が殆どである。

以上のことは、食品工業の低率な研究開発支出比率が、低い技術進歩しかもたらさなかったことを如実に物語っている。今後この国の食料の需要が大幅に伸びることは期待できない。そうした状況下で、バイオテクノロジーに対する最近の旺盛な投資⁽³⁾は、何をこの産業(食品業界)にもたらすのであろうか。

注(1) この過程には、当然のことながら食料品の輸入動向が絡んでいる。食料消費の伸びが殆どみられなくなった昭和55年から60年にかけても、食料品の輸入は伸びが鈍化したとはいえ、55年を100として126、年率換算4.7% (大蔵省『外国貿易概況』による)の伸びを示している。特に、最近5年間に輸入の急増している加工食

第5表 食品工業の生産変動要因（年率換算）

（単位：％）

	昭和45～50年間				昭和50～55年間			
	生産額の変動	需要要因	技術要因	その他	生産額の変動	需要要因	技術要因	その他
肉製品	6.2	6.6	-0.5	0.1	7.4	7.4	-0.0	0.0
酪農品	1.2	1.7	-0.4	-0.1	6.9	5.7	1.0	0.2
野菜・果実加工	9.5	10.5	-0.8	-0.2	4.8	4.6	0.2	0.0
水産食品	5.9	6.2	-0.2	-0.1	0.0	-	-	-
精穀・製粉	0.4	0.4	-0.0	0.0	-0.8	-0.4	-0.4	-0.0
パン・菓子	1.1	3.3	-1.8	-0.4	1.7	1.5	0.2	0.0
砂糖	0.4	-1.2	1.3	0.3	-1.6	0.9	-2.1	-0.4
その他の食料品	2.7	2.5	0.2	-0.0	4.1	2.7	1.2	0.2
配合飼料	2.3	1.0	1.2	0.1	6.4	4.8	1.3	0.3
酒類	3.7	9.0	-4.2	-1.1	2.3	2.9	-0.5	-0.1
清涼飲料	8.5	6.7	1.5	0.3	7.2	6.2	0.8	0.2

資料：行政管理庁他『昭和45-50-55年接続産業連関表』。

注(1) 食品産業分析用に特殊に組み替えた87部門表による。

(2) 用いたモデルのコモディティバランス式は、 $[I-(I-\hat{M})A]^{-1}[(I-\hat{M})F+E]$ である。但し、 I は対角化した単位行列、 \hat{M} は輸入係数行列、 A は投入係数行列、 F は国内需要のベクトル、 E は輸出のベクトルである。

(3) 生産変動要因は、上記 $[I-(I-\hat{M})A]^{-1}=B$ 、 $[(I-\hat{M})F+E]=Y$ として、さらに基準年に0の添字を、比較年に t の添字を、変化分に Δ （デルタ）の記号を用いて行列表示すれば、生産額 X の変化は

$$\begin{aligned} \Delta X &= X^t - X^0 \\ &= B^t Y^t - B^0 Y^0 \\ &= (B^0 + \Delta B)(Y^0 + \Delta Y) - B^0 Y^0 \\ &= B^0 \cdot \Delta Y + \Delta B \cdot Y^0 + \Delta B \cdot \Delta Y \end{aligned}$$

のように分解される。すなわち、右辺第1項は「最終需要の変化による変動分」、第2項は「生産技術構造（逆行列）の変化による変動分」、第3項は交絡項であるから「両者の変化による変動分」ということになる。

品として、マカロニ・スパゲッティ（3.19倍）、調整トマト（2.20倍）、冷凍ポテト（1.92倍）、ビスケット・タッキー（1.64倍）等がある。また、こうした輸入加工食品の中には、本邦資本（食品企業だけとは限らない）による海外企業が生産したものも含まれている。

(2) この部門統合の問題については、稿末参考文献〔2〕の拙稿「産業連関分析における部門統合問題の実証的検討——アグリビジネス部門の設定を中心に——」（『農業総合研究』第35巻第4号）を参照されたい。

- (3) 日本経済新聞社が実施した「昭和61年度バイオテクノロジー研究開発動向調査」によれば、商品化は着実に進展しているものの、全体的に前年度に比べて①市場の将来見通しが慎重になり、②研究開発費の伸びが鈍化し、③研究者の中途採用も手控え気味となっている。バイオ関連企業は、参入ラッシュの時期を終え、選択、絞り込みの段階に入ったといえる。こうした中で食品業界は、研究所の建設、研究開発費等で平均を上回る伸びを示している。

4. 食品産業におけるバイオテクノロジーの経済的インパクト

(1) バイオテクノロジーの影響に関するアンケート結果

われわれは、バイオテクノロジーの経済的インパクトを探るために、まず食品産業の関係者に2つのアンケートを行なった。1つは有力食品企業の経営者サイドに対するものであり、1つは「食品産業バイオリアクター技術研究組合」⁽¹⁾の組合員企業で実際に研究を行なっている技術者サイドに対するものである。これは、次項以下のバイオテクノロジーの経済効果に関する「事前的評価」の基礎資料ともなっている。

前者に対するアンケート結果の一部を取りまとめたのが、「バイオテクノロジーを中心とする技術革新が今後の経営戦略に及ぼす影響」(第6表)である。回答のあった101社について、一定のスコアを与え、われわれが後の分析で用いる「アグリビジネス産業連関表」⁽²⁾の表章に沿って分類してある。それによれば、全体としては「新製品の開発製造」というのが最も多く、次いで「新市場・新需要の開拓」、「製造プロセスの改良・改善」、「従来製品の改良・改善」、「代替的新素材の開発利用」という順になっている。ここには、新製品の開発によって(おそらく自社にとっての)市場のパイを広げようとする意図が強く現われている。しかし、全体として市場のパイが拡大しない場合には、シェアの食い合いとなるのは必定であり、食料消費の動向から判断してその可能性の方が強い。この場合には、製造プロセスの改良・改善とか、代替的素材の開発利用といったことが大きくクローズアップされてこよう。つまり、プロダクト・イノベーションが願望としては最も強いのだが、次善の策としてのプロセス・イノベーションやマテリアル・イノベーションも軽視されないと判断できる。特に、菓子類、肉製品では、マテリアル・イノベーションが一番の経営戦略と考えられている。

後者に対しては、バイオリアクター技術研究組合の成果達成後に、食品業界で起こるであろう変化を中心にアンケートを行なってみた。回答のあった30社について、研究グループ毎に一定の標準化を行なったのが第7表である。それによれば、「大量生産化」「新規需要開拓」「省力化」の見方がきつ抗しており、省エネルギーというのも決して無視できない。ここでも、量的拡大志向が強く出ているのであるが、それと共に大幅な省力化が進

第6表 バイオテクノロジーを中心とする技術革新が今後の経営戦略に及ぼす影響
(単位: 点, %)

業種(回答企業数)	総合計	(ア) 代替的新素材の開発利用	(イ) 新製品の開発製造	(ウ) 従来素材の改良・改善利用	(エ) 従来製品の改良・改善	(オ) 製造プロセスの改良・改善	(カ) 経営組織の開発・変革	(キ) 人材の育成	(ク) 新市場の需要開拓
飲食店(3)	18	-	3	3	3	3	3	3	-
菓子類(5)	27	10	6	5	1	-	-	-	5
パン類(4)	19	1	8	-	4	4	-	2	-
飲用牛乳(1)	6	-	3	-	-	2	-	-	1
肉加工品(3)	18	6	5	-	1	3	-	-	3
農産びん・かん詰(2)	12	2	2	-	2	3	1	-	2
その他農産加工(4)	24	-	9	6	3	2	-	2	2
めん類(1)	6	-	2	1	-	-	-	-	3
畜産びん・かん詰(4)	24	2	8	2	5	4	-	-	3
茶・コーヒ- (3)	18	4	6	-	1	2	-	3	2
清涼飲料(4)	23	3	10	-	3	3	-	-	4
魚油・魚粕(4)	24	1	8	2	5	3	-	-	5
水産びん・かん詰(3)	18	2	5	3	1	2	-	2	3
ねり製品(4)	24	2	4	3	-	6	-	6	3
冷凍魚貝類(2)	12	2	6	-	1	2	-	-	1
塩蔵・乾燥・くん製品(4)	18	2	7	1	-	-	-	2	6
みそ・しょう油(9)	48	-	18	2	11	5	4	2	6
その他調味料(5)	30	2	9	-	2	7	-	5	5
清酒(5)	30	3	10	1	7	9	-	-	-
ビール(3)	9	2	1	1	-	-	-	2	3
その他酒類(4)	24	-	9	-	3	6	-	2	4
その他食品(5)	30	3	14	2	4	3	1	-	3
乳製品(1)	6	-	3	1	-	-	-	-	2
植物油脂(9)	54	7	18	3	3	6	1	1	15
製粉(1)	6	-	3	-	2	-	-	-	1
水飴ぶどう糖(2)	12	-	6	-	1	1	-	-	4
澱粉(5)	30	3	15	-	3	2	-	-	7
配合飼料(1)	6	-	3	-	1	-	-	-	2
合計 (101)	576	57	201	36	67	78	10	32	95
	(100.0)	(9.9)	(34.9)	(6.3)	(11.6)	(13.5)	(1.7)	(5.6)	(16.5)

注(1) 有力食品企業200社に対して(財)食品需給研究センターの協力を得て実施したアンケート調査である。

(2) (ア)から(ク)までの項目について重要度順に3つ選んでもらい、上位から順に3点、2点、1点のスコアを与えて計算した。したがって、2項目しか選ばれない場合には、1社の総スコアが6点にならない。

第7表 バイオリクターの経済的影響等

(単位: %, 年)

項目 グループ名	省力化	省エネルギー	大量生産化	新規需要開拓	原料節約	原料代替	リードタイム	必要開発投資
炭水化物	25.0	22.5	27.5	30.0	8.8	0	5.00	29.3
蛋白質	11.3	11.3	17.5	17.5	6.3	2.5	5.75	26.2
アミノ酸・有機酸	35.0	17.5	33.8	18.8	2.5	5.0	7.02	67.5
脂肪	23.3	18.3	28.3	23.3	23.3	8.3	8.75	42.5
合計	23.7	17.3	26.7	22.3	9.3	5.3	6.50	41.3

注(1) 以下のように中位数をとりそれぞれ加重平均した。

業界に起こる変化の予測	全 然=0% 10%程度=5% 10~30%=20% 30~50%=40% 50%以上=50%
プロジェクト実現までの時間	~5年=2.5年 3~15年=7.5年 10~20年=15年
今後の開発投資の必要額(年額)	変わらず=0% 2割増=20% 2~5割増=35% 5~10割増=75% 倍以上=100%

(2) 回答企業30社(一部重複分を含む)を日本標準産業分類で格付けすれば、中分類「食料品・たばこ製造業」では、畜産食料品(肉製品、乳製品)、水産食料品(水産かん詰)、調味料(醤油、化学調味料)、精穀・製粉(小麦粉)、砂糖、パン菓子、飲料(ビール、蒸留酒)、動植物油脂、その他の食料品(ふくらし粉・イースト・その他の酵母剤、でんぷん)に該当する。また、中分類「化学工業」の化学繊維製造業、医薬品製造業、並びに中分類「一般機械器具製造業」にそれぞれ格付けされる企業もある。

(3) 原料節約および原料代替について、具体的品名の回答があったのは次の通りである。

ア. 菓子

カカオ豆・カカオ脂の節約、シヤ脂・サル脂からパーム脂への代替。

イ. 肉加工品

豚脂から牛脂へ、食肉の節約。

ウ. 水産缶詰

カツオ・マグロ以外に、サバイワシ等の缶詰副産物の利用。

エ. 醤油

大豆・小麦を節約して、カツオ・イワシ等を利用。

オ. 澱粉

澱粉の節約。

カ. ウイスキー、植物油脂、製粉等では、酵母の節約。

むとする意見が寄せられたことにもわれわれは注目している。他方、「原料節約」「原料代替」といった見方は、極端に少ない。新製品の開発について問わなかったのは、それぞれの狙っているものが明らか⁽³⁾であるからだが、バイオリアクターという技術の性格からも画期的な新製品は生まれないと考えたからでもある。それは、他方で、原料の節約・代替がそう大きく進展しないことと対をなしている。また、リードタイムについては5ないし10年というのが19社もあり、5年以内とする9社と併せてみれば、1990年代の早い時期にこの組合の狙うバイオリアクターの大半が実現しているものと思われる。さらに、技術者達の見込む研究開発投資の必要額は、現行水準の5割増し近くとなっており、その収益率が危惧される。

注(1) この組合は、鉱工業技術研究組合法（技術の共同開発を目的とする法律）に基づき設立された法人で、食品企業を中心に54社が加入している。今回われわれがアンケート調査の対照としたのは、このうち食品製造および酵素製造にかかわる企業（プロジェクト間の重複企業を除けば34社）であって、加工機械製造および計測・分析機器製造にかかわる企業は除外した。

(2) この産業連関表は、食料の供給にかかわる産業部門間の相互依存関係を分析し易くするために、特殊な分類をした内生115部門からなる産業連関表である。

(3) 課題名から狙っている製品を整理すれば以下のとおりである。

ア 炭水化物関係

澱粉糖、グリコシル- α -サイクロデキストリン、水分活性調整用糖物質、オリゴ糖、ヘテロオリゴ糖

イ 蛋白質関係

小麦グルテン製品、豆乳による新製品、機能性蛋白質（大豆、乳、血液）

ウ アミノ酸・有機酸関係

魚蛋白利用調味料、各種蛋白原料の分解剤、熟成白醬油、たまり様調味液、高濃度食酢

エ 脂質関係

対称型トリグリセリド、大豆レシチン、熟成ミートフレーバーの開発、魚油利用製品、食用油脂の機能性付与

(2) 技術革新の経済的評価方法

前節の技術開発投資の効果測定が、技術革新の事後的評価であるのに対して、これから提示しようとするものは、技術革新の事前的評価の方法とその実測例である。

ところで、既に考察したところからも明らかなように、技術革新の需要創出効果はバイオテクノロジーの経済的評価にかかわって極めて重要である。しかし、日本国内の食料需

要という面から判断して、国内では殆ど増えないパイの奪い合いとなることも推察に難くない。また、技術輸出ならびに対外直接投資ともこの技術はかかわってくるはずであり、その面では期待できるかもしれないが、問題が広がり過ぎてしまう。したがってここでは、需要サイドにかかわる問題はとりあえず棚上げしておく。

供給サイドにかかわる問題に限定しても、その総てをここで取り上げることは出来ない。例えば、マクロ経済次元では、バイオテクノロジーという新しい技術の採用に絡んで設備投資や生産額がどうなるかという問題がある。ミクロ次元では、当然企業の収益とのかかわりが問題とされなければならないであろう。それらに対しては、以下に提示する方法は間接的に応えるに過ぎないが、応用範囲は広い。例えば、ここに提示する方法の延長線上で、マクロ次元の生産増加効果について測定することも決して不可能ではない。しかしその場合であっても、外生条件の与え方に恣意性が免れ得ないという欠点がある⁽¹⁾。ここでは、主として生産技術の連関構造を通じて、食料供給にかかわる産業間に及ぼし合う影響（つまり産業構造の変化）を計測することによって、一定の経済的評価となす。

さて、生産技術の連関構造の変化を予測する方法としては、いわゆる RAS⁽²⁾法がよく用いられる。しかしこの方法は、過去の特定の2時点間をピン止めて、その変化を機械的に抽出するものであって、過去に存在しなかった新しい技術の登場による変化を予測するには適さない。そこでわれわれは、専門的な技術情報やプロダクト・ミックスの方向を事前に把握し、それによって投入係数（生産技術の連関構造）を部分的に修正するという方法を採用した。

いま、それぞれ一定の資本設備を前提として、それに固有の技術体系が存するものとして第 j 産業の生産 (X_j) に要する投入物関係を $X_i/X_j = a_{ij}$ と定めよう（ただし X_i は第 i 産業の生産する財で、 $i=1, \dots, n$ ）。この関係は、ある産業における生産物1単位当たりの必要投入量が、一定時点をとれば固定的な技術的關係（1種の生産関数）となっていることで、経験的にも容認されている。例えば、ある年のあるメーカーにおける特定ブランドのチーズの生産に必要な原料乳その他の原材料投入を考えてみればよい。この a_{ij} なるベクトル（生産原単位表と考えてもよい）をすべての産業について取りまとめ、それを行列 A で表わすことにすれば、新しい技術の導入による「構造」（それぞれの産業を結び付けている安定的な技術的關係）の変化は、 $\Delta A = A^1 - A^0$ （ただし Δ は変化の度合、添え字 1 および 0 は比較対象を示す）で捉えられる（一応「時間」を無視して考える）。さらに、一定の前提を置いて逆行列⁽³⁾を求めておけば、単に直接的な変化ばかりでなく、生産物投入関係の究極的波及状態がどう変わるかも知ることが出来る。

この A^0 から A^1 への技術変化（とそれを通じての産業構造の変化）を推定する情報は

多に越したことはないのだが、とりあえず新しく開発された生産物（製品）の需要がどうなるかと、それを各企業は収益性の観点から財投入としてどのように修正する（構成し直す）かという2点を知れば良いだろう。つまり、RAS法で用いるR係数の替わりに前者を、S係数の替わりに後者を用い、それぞれ左右から A^0 に乗じて A^1 を推定する訳である。そのためには、関係者がこれらの点をどう見ているかを知る必要がある。もちろん、上の推定をする場合、生産規模に関して線型性の仮定をおく。

この方法の有効な点は、第1に未だ工学的情報の段階にある技術を、経済的情報として扱える点にある。つまり、関係者（それぞれの経済主体）がその知見に基づき未確定の技術の内容・見通しをどう判断しているか、また経済性の観点からどのように選択しようとしているかを知れば、経済変数として扱える点にある。従来の、RASにしる、生産関数にしる、そこに計測された係数（パラメーター）は、既存の技術の効能を機械的な延長線上で示しているに過ぎないが、この方法では各経済主体の「期待」といった主観性は完全に排除できないものの、新しい技術的結び付きの変化を通じてどのような経済的変化が諸産業にもたらされるかある程度推定できる。

注(1) 例えば、稿末参考文献に掲げたBIDEC（発酵工業協会バイオインダストリー振興事業部）の予測では、2000年のバイオ産業の市場規模を15兆円とかなり過大に膨らませているが、これなども経済成長率の想定とそこからの配分係数に問題がある。

- (2) RAS法とは、基準時点と比較時点の投入係数行列、生産額ベクトル、中間投入計ベクトル、中間需要計ベクトル等を用いて、投入係数の変化方向を行方向の修正係数(R)と列方向の修正係数(S)とに分解しながら、これらの変化が斉合的になるよう計算し、行列積 $R \cdot A \cdot S$ として投入係数の変化を求める方法である。同様の機械的な投入係数の予測法としては、「平均増加倍率法」「ラグランジェ未定乗数法」なども用いられるが、いずれもそこに得られた投入係数が生産額や最終需要額と独立ではなくなり、産業連関分析の基本前提に抵触するという欠点を持つ。
- (3) 逆行列は、別名レオンチェフ乗数ともいい、一般に元の行列を級数展開しておいて逐次近似的に求める。ちょうど、通常の数（スカラー）の世界で逆数を求めるのに対応しているが、数学理論上はつねに存在するとはかぎらないし、経済学的に意味を持つためには非負解でなければならない。なお、 $(I-A)^{-1}=B$ のような逆行列が存在するとき、ある部門の行と列との交点で同部門の行列の各列要素を除いたものは、当該部門の生産1単位の変化が各部門（産業）に与える生産波及効果である。

(3) 試算結果

上の方法による計測を試みるに際して、食料供給にかかわる産業群が、近似的には他の

金属工業とか、非金属工業とかからは独立的(分離可能)とのこれまでの実証結果⁽¹⁾がとりあえず有効な手助けとなる。つまり、他の産業群からの技術トランスファーの部分は一旦棚上げておいて、例えば食品工業におけるバイオリアクターの本格的産業化が、食品工業内部だけでなく、川上の農業、水産業等に与える影響を予測することができるからである。

まず、食品産業の経営者サイドに今後の自社製品(バイテク製品だけに限らず)の需要と付加価値率とを一応年率で予測してもらい、これを一定の方法で標準化して「アグリビジネス産業連関表」の業種別に配分した⁽²⁾。これに、技術者サイドに対するアンケートから予測されたバイオリアクターに関する情報(具体的な原料の節約・代替を含む)を加味して、製品代替(つまり行方向の修正)にかんする係数 r (ベクトル)と、加工度=付加価値(つまり列方向の修正)に関する係数 s (ベクトル)とを作成した(情報の無い部門は一定、つまり1とした)。この際、関係団体および学識経験者からのヒアリング結果も加味した。これが第8表である。その数値には、当該産業の製品に対する中間需要が多くなる($1 < r$)と見ているのか、少なくなる($1 > r$)と見ているのか、付加価値を高めさせる方向に働くのか($1 > s$)そうでないのか($1 < s$)ということが示されている。なお、ここに「時間」の概念を持ち込めば、これらの係数は、先行する「部分的」なバイオリアクターの成果が出始めた時点での技術係数を予測するためのものといえよう。しかし、この場合には、当然資本設備の変更も起こるわけで、上のような静学的方法では限界がある⁽³⁾。

次に、これらをそれぞれ対角化(記号ハットをもちいて表わす)し、行列積 $\hat{r} \cdot A^0 \cdot \hat{s}$ で A^1 を求めた。この A^0 と A^1 とのそれぞれの列方向の計(つまり中間投入計=1-付加価値率)を比較したのが第9表である。これは、各産業のバイオ製品の需要見通し(期待)と、各産業の収益性確保の意図とが調整された結果の、1つの現われとして見る事が可能である。

更に、輸入係数(但し、表(注)に示したように国内需要に対する輸入品投入が一定と仮定したもの)を、仮に昭和55年の実績に固定したモデルを想定して逆行列を計算し、自部門および他部門間に直接間接に及ぼし合う影響の変化を比べてみたのが第10表および第11表である。

ここでの結果は、あくまでも「試算」の域を出ないものであるし、ここに出た数値にしても、以上述べたような方法と前提のものでこうなるということであって、多くの留保条件が付いたものであることはいうまでもない。また、産業連関モデルを扱ったことのある者なら誰でも知っているように、いろんな経路を経て出てくるリパーカッションを読むの

第8表 バイオリアクターによる技術修正係数（食品産業部門）

			r	s				r	s
飲 食 店			1.000	1.013	塩 蔵・乾 燥・くん製品			1.006	1.013
煙 草			1.000	1.000	み そ・し ょ う 油			1.022	1.000
菓 子 類			1.001	0.990	そ の 他 の 調 味 料			1.038	0.994
パ ン 類			1.031	0.981	ウ イ ス キ ー			1.000	1.000
飲 用 牛 乳			1.025	1.000	清 酒			1.020	0.990
肉 加 工 品			1.042	0.992	ビ ー ル			1.017	0.992
農 産 び ん・か ん 詰			1.025	1.000	そ の 他 の 酒 類			1.006	1.013
そ の 他 の 野 菜 果 実 加 工			1.013	1.006	動 物 油 脂			1.000	1.000
め ん 類			1.000	1.000	そ の 他 の 食 料 品			1.045	0.985
精 穀			1.000	1.000	乳 製 品			1.075	1.000
畜 産 び ん・か ん 詰			1.025	0.994	植 物 油 脂			1.031	0.997
茶・コ ー ヒ ー			1.001	1.000	砂 糖			1.000	1.000
清 涼 飲 料			1.031	1.000	製 粉			1.025	0.925
魚 油・魚 粕			1.017	0.983	製 氷			1.000	1.000
水 産 び ん・か ん 詰			1.033	0.967	食 用 塩			1.000	1.000
ね り 製 品			1.013	0.987	水 飴・び ど う 糖			1.001	0.950
水 産 食 品 類			1.000	1.000	澱 粉			1.025	0.985
冷 凍 魚 貝 類			1.075	0.962					

注(1) ここに1とあるのは、アンケート対象に入っていないか、もしくは変化なしと回答のあったものである。

(2) その他の部門は変化が無いものとみなす。

は大変難しい。たとえば粗付加価値率が向上するとみられるもの（あるいはその反対のもの）にしても、価格次第では名目の付加価値額が変わってくるはずである。それでも、ここに見るかぎり、現在付加価値率の高いものは低くなる方向に、低いものは高くなる方向に動くものと思われる。また、物財の中間投入が増える分は、労働投入の節約つまり省力化が進められることも考えられる。

問題は、バイオテクノロジーを企業が生産過程に取り入れた場合の生産波及効果の見方である。第1に、われわれの作業仮説に反して、全般にその影響が少なめに出ていることである。これは、バイオテクノロジーのカテゴリーのうちのバイオリアクターのみ（それも先行する部分のみ）を対象としたことに主たる原因があろう。したがって、今後、実用化されるバイオテクノロジーが増えてくれば、もっと大きな影響が計測されるかもしれない

第9表 パイオリアクター等による中間投入の変化(アグリビジネス部門のみ)の試算
(単位:%)

			昭和55 年の実 績	推定値	差				昭和55 年の実 績	推定値	差
飲 食 店			53.1	54.2	-1.1	動 物 油 脂			92.2	92.3	-0.1
煙 草			22.0	22.0	-0.0	屠 殺 (含む肉鶏処理)			92.3	92.3	0.0
菓 子 類			67.2	67.4	-0.2	そ の 他 の 食 料 品			50.6	49.8	0.9
パ ン 類			54.4	54.2	0.1	乳 製 品			64.9	65.1	-0.3
飲 用 牛 乳			81.7	82.5	-0.7	植 物 油 脂			86.4	83.9	2.5
						砂			88.2	88.2	0.0
肉 加 工 品			78.1	77.8	0.3	製 粉			82.3	74.0	8.3
農産びん・かん詰			80.3	80.4	-0.1	製 氷			28.0	28.0	0.0
その他の野菜果実加工			48.7	49.2	-0.5	食 用 塩			98.4	98.4	0.0
めん 類			58.8	59.6	-0.7	水 飴・ぶどう糖			85.2	82.1	3.0
精 穀			121.2	121.2	0.0	澱 粉			82.4	79.6	2.8
						特 殊 林 産 物			37.4	37.7	-0.3
畜産びん・かん詰			75.7	75.4	0.3	そ の 他 畜 産 牛			74.7	75.7	-1.0
茶・コ ー ヒ ー			69.0	69.0	0.0				77.4	77.9	-0.6
清 涼 飲 料			54.5	54.5	-0.1	養 豚			80.4	81.8	-1.4
魚 油・魚 粕			70.9	70.0	0.9	養 鶏			87.8	89.4	-1.6
水産びん・かん詰			82.9	80.3	2.6	酪 農			69.3	69.7	-0.4
						配 合 飼 料			90.9	90.1	0.8
ね り 製 品			70.4	70.4	0.0	そ の 他 の 食 用 作 物			32.5	32.5	-0.0
水 産 食 品			73.7	73.8	-0.2	砂 糖 原 料 作 物			35.2	35.2	0.0
冷 凍 魚 貝 類			82.7	79.6	3.1	油 糧 作 物			25.8	25.7	0.0
塩蔵・乾燥・くん製品			68.6	69.5	-0.9	野 果			35.0	35.0	-0.0
海 面 漁 業			40.0	40.2	-0.2	そ の 他 の 調 味 料			70.1	70.1	0.0
内水面漁業・養殖業			57.7	58.0	-0.3	ウ イ ス キ ー			33.7	33.8	-0.1
みそ・しょう油			72.0	71.9	0.1						
その他の調味料			70.1	70.1	0.0	雑 穀・豆 類			37.0	36.7	0.2
						い も 類			45.0	45.0	0.0
清 酒			55.2	54.7	0.5	麦 類			36.3	36.1	0.2
ビ ール			30.3	30.2	0.2	米			28.6	28.6	0.0
その他の酒類			64.3	65.0	-0.8						

注. 一応「時間」は無視している。

第10表 バイオリクター等による(他産業への)生産波及効果の変化(試算結果)

生産波及効果が増すとみられる業種		生産波及効果が減少するとみられる業種	
屠殺(含む肉鶏処理)	24	水飴・ぶどう糖	-63
飲用牛乳	19	製粉	-55
内水面漁業・養殖業	17	冷凍魚貝類	-49
塩蔵・乾燥・くん製品	16	水産びん・かん詰	-46
その他の酒類	16	魚油・魚粕	-16
動物油脂	13	パン類	-15
乳製品	9	その他の食料品	-13
配合飼料	7	ビール	-12
水産食品	5	清酒	-10
みそ・しょう油	4	農産びん・かん詰	-4

注. 昭和55年実績値によるものと、第8表の係数で修正ものについてそれぞれの逆行列の列和の差を求め、1,000倍してある。用いたモデルのタイプは $[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$ である。

第11表 主な食品産業の生産波及効果の増減(試算結果)

表頭部門 \ 表価部門	屠殺	飲用牛乳	みそ・しょう油	水飴・ぶどう糖	製粉
その他の調味料	-	-	11	-	-
乳製品	-	73	-	-	-
植物油	36	-	13	-	-
砂糖	-	-	-	-20	-
澱粉	-	-	-	-133	-
肉	0	-	-	-	-
養豚	0	-	-	-	-
養鶏	0	-	-	-	-
酪農	-	30	-	-	-
配合飼料	103	20	-	-	-
その他の食用作物	3	6	-	-	-
雑穀・豆類	-	-	-3	-33	-
いも類	-	-	-	-	-
麦類	-	-	-4	-18	-21
米	-	-	1	-	-

注. 第10表と同じ逆行列について、それぞれ表頭部門の行と列の交点で同部門の表側要素を除き、更に実績値と修正値との差を求め、10,000倍してある。

い。一般に「アグリビジネス産業連関表」程度の精密な部門設定をすれば、食品産業群の逆行列の対角要素は、砂糖のようなものを別としてほぼ1に近い。つまりそれぞれの行列から1を引けば、ほぼ他産業の生産活動に及ぼす影響だけと見て良い。第10表に計測された生産波及効果の増減等も、ほぼ他産業に及ぼす部分だけの変化と考えてよい。あくまでも相対水準としてであるが、思いがけないものが影響力を増し（あるいは減らし）ている。畜産加工が影響力を増すであろうことは、これまでのトレンドからもある程度納得しうが、酒類と水産加工品は2つに割れている。ただし、素材型食品やパン類が影響力を少なくすることも、可能性としてはあろう。また、醤油に代表されるような調味料関連産業でのバイオリアクター製品の影響が増すことも想像に難くない。

第2は、食品産業の川上部門、つまり農業および水産業への影響をどう見るかである。われわれの作業仮説からすれば、原料の代替・節約は予想より少ない。しかし、みそ・醤油部門における「雑穀・豆類」と「麦類」、水飴・ぶどう糖における「雑穀・豆類」と「いも類」、製粉における「麦類」の減は、微少とはいえ決して川上部門への影響がニュートラルではないことを物語ってはいないだろうか。たとえば、食品工業でのプロテイン・エンジニアリング等の実用化が先行した場合に、遅れてくる農水産業での遺伝子組換えや細胞融合の成果を不用に、つまり陳腐化させてしまう事態も考えられないわけではない。

注(1) この点については稿末参考文献に掲げた拙著〔2〕および〔3〕で既に詳細に述べているところであるが、要するに産業間の結び付きの度合を産業連関表の「ブロック化」「三角化」という方法で確かめた結果である。

(2) 具体的には、付表をベースに、第7表の係数を産業別に配分し直して総合調整した。

(3) いわゆる「動学化」については、更に一層の工夫が必要とされるし、そもそも生産手段として用いうる微生物が実用化されれば、それ自体が資本財の役割を果たすことも考慮しなければなるまい。

5. 残された課題

以上の分析結果から、とりあえず極くおおまかに、①バイオテクノロジーは、食品産業では基本的にプロセス・イノベーションの手段である、②それにもかかわらず関係者には、新製品を生み出しそれによって需要のカベを破ろうとの意識が強い等のことが言えるけれども、これだけの分析で結論を急ぐのはあまりにも性急過ぎる。

むしろ、本稿で積み残した問題の方が多い。バイオテクノロジーが、極めてシェーマティックに、①サイエンス（基礎研究）の段階→②テクノロジー（応用研究）の段階→③インダストリー（実用化・産業化）の段階へと進むものと捉えれば、未だ大部分は①から

②の段階にあるといえる。一番先行しているパイオリクターにしても、酵母の固定化技術のように実用化の段階に入っているものもあるが、遺伝子組み替えによる新微生物・新酵母の開発等は基礎研究の段階にある。このようにバイオテクノロジーの技術分野と開発ステージとは互いに錯綜して層をなしており、近い将来に産業化が見込まれるものと、ライフ・サイエンスの領域での今後の基礎研究の進展を待たなければならないものが混在している。つまり、現段階で経済的変数として扱えるものはあまりにも少なく、まだ不透明かつ未確定な部分が多過ぎることが、本稿での積み残しを多くしているといえる。

しかし、それだからこそ、今後ともここに提示したような方法論の拡充・改良はますます重要性を増すであろう。たとえば、アクティビティ・ベースでバイオ産業といった特定の部門が設定できれば、「生産変動要因分析」⁽¹⁾や「逆行列の分割」⁽²⁾といった方法でもバイオテクノロジーが産業活動に与えるインパクトが計測できる。これが、残された第1の課題である。第2に、こうした「事前評価」に先立つ「事後評価」についても、その方法論の検討を含めてやらなければならない。各期のデータが少なく計測が難しいため、本稿では省略した研究開発支出の限界収益率の検証等は特に喫緊を要しよう。第3に、それぞれの技術の産業化の段階に応じて、工学的情報を経済的情報に変換する方法論の検討である。アンケート調査の結果を標準化する方法以外に、ダイレクトに数値を得る工夫が必要であり、そのためにも関係者から常に情報を収集しておくことが大切である。第4に、いわゆる国際化の進展によって、この面での技術交流がどう進むのか、さらにそれが対内・対外直接投資とどうかかわってくるのかを見きわめることが必要である。最後に、バイオテクノロジーの経済的（あるいはそれ以外の問題も含めて）評価を事前に行なう場合、自然科学と社会科学との協体制が必要であることを指摘しておきたい。われわれは、工学的情報に疎く、自然科学者はシーズオリエンテッドなことには興味があっても、社会的ニーズつまりユース・オリエンテッドなことには疎いのではないと思われる。今後は、研究開発投資の収益性が問題になろうし、開発製品の陳腐化も問題となろう。さらには、パイオハザード、バイオエシックス等、いわゆる「市場」に委せておけない問題もあるから、この体制作りは喫緊を要しよう。

注(1) これは、第5表の脚注に示した方法を拡張するもので、たとえば「バイオ原単位」のようなタームを導入することによってそれが可能となる。

(2) これは、特定部門間の技術構造を、それぞれの産業の「内部乗数」と「相互連関乗数」のタームで表わす方法である。詳しくは、稿末参考文献[5]を参照せよ。

付表 食品工業の昭和60年から75年までの需要等の見通し(年率)

	主要製品の需要			主要製品の付加価値率	主要製品の輸出	主要原料の輸入割合
		うち 家庭向	うち 業務用			
菓子類	-0.5	-0.5	0.0	1.0	0.5	3.5
パン類	1.3	1.3	3.1	1.9	0.0	0.0
飲用牛乳	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	2.5
肉加工品	2.5	1.7	4.2	0.8	0.0	7.5
農産びん・かん詰	1.3	-1.3	2.5	0.0	-1.3	2.5
その他の野菜果実加工	1.3	0.6	1.3	-0.6	0.0	1.3
めん類	7.5	7.5	0.0	0.0	-2.5	7.5
畜産びん・かん詰	-1.9	-0.6	2.5	0.6	-12.5	3.1
茶・コーヒー	4.2	4.2	0.0	0.0	-5.0	3.3
清涼飲料	2.5	2.5	3.1	0.0	1.7	3.8
魚油・魚粕	3.1	0.0	1.7	1.7	0.6	3.8
水産びん・かん詰	3.3	3.3	3.3	3.3	-12.5	7.5
ねり製品	2.5	1.9	1.3	1.3	0.0	5.0
冷凍魚貝類	7.5	5.0	7.5	3.8	-1.3	1.3
塩蔵・乾燥・くん製品	-0.6	-0.6	0.6	-1.3	0.0	3.8
みそ・しょう油	-0.3	-2.2	2.2	0.0	1.9	1.4
その他の調味料	2.5	1.3	3.8	0.6	1.7	3.0
清酒	2.5	2.0	2.0	1.0	2.5	7.5
ビール	1.7	1.7	1.7	0.8	7.5	1.7
その他の酒類	0.6	0.6	0.6	-1.3	0.6	2.5
その他の食料品	4.5	4.5	4.5	1.5	0.8	5.0
乳製品	2.5	0.0	7.5	0.0	2.5	2.5
植物油脂	1.7	-0.6	3.1	0.3	0.0	0.6
製粉	2.5	2.5	2.5	7.5	2.5	2.5
水飴・ぶどう糖	0.0	0.0	0.0	5.0	1.3	6.3
澱粉	2.5	1.0	2.5	1.5	0.0	1.5
配合飼料	2.5	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0

注. 5%きざみのアンケート調査の結果を、中位数をとって加重平均したものである。

〔参 考 文 献〕

- [1] 宮沢健一編『産業連関分析入門』（日本経済新聞社，昭和50年）。
- [2] 小野寺義幸「産業連関分析における部門統合問題の実証的検討——アグリビジネス部門の設定を中心に——」（農業総合研究所『農業総合研究』第35巻第4号，昭和56年），145～188ページ。
- [3] 小野寺義幸『日本のアグリビジネス』（農業総合研究所，研究叢書第101号，昭和57年）。
- [4] 小野寺義幸「食料供給システムとエネルギー利用」（農業総合研究所『農業総合研究』第37巻第1号，昭和58年），1～67ページ。
- [5] 小野寺義幸「サービス経済化と食品産業」（農業総合研究所『農業総合研究』第37巻第4号，昭和58年），1～69ページ。
- [6] 小野寺義幸「国際化の進展と食品産業」（御茶の水書房『日本農業年報第34集』，昭和61年），155～174ページ。
- [7] MOL 編集部編『バイオテクノロジー & アプリケーション』（オーム社，昭和61年）。
- [8] 人間科学研究所「バイオグループ」編『バイオテクノロジー』（泰流社，昭和61年）。
- [9] 日刊工業新聞社バイオ特別取材班編『バイオの世界』（日刊工業新聞社，昭和61年）。
- [10] 大野辰美『バイオ・ビジネス最前線』（時事通信社，昭和61年）。
- [11] BIDEC『西暦2000年におけるバイオテクノロジーの産業構造に及ぼすインパクト』（発酵工業協会バイオインダストリー振興事業部，昭和60年）。
- [12] 日本開発銀行『R & Dの経済学』（日本開発銀行，昭和61年）。
- [13] Andrew, J. Hacking. *Economic Aspect of Biotechnology*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

バイオテクノロジーの食品産業への影響

小 野 寺 義 幸

本稿は、バイオテクノロジー（生命工学）の本格的産業化に伴う経済的諸問題について、概説的・序説的な整理を試みたものである。すなわち、食品工業におけるバイオリアクターの部分的実用化等、具体的なバイオテクノロジーの姿が次第に明らかになりつつある現状に鑑み、技術革新の経済的インパクトを事前的に測定する方法を提示して、若干の実証を試みた。

それに先立ち、これまでの食品産業における技術開発の足跡を辿っている。それによれば、第1に企業の技術開発費の支出水準が低く、第2に他産業で開発されたもののトランスファーが多く、第3にプロセス・イノベーションに比重が置かれてきていた。また、設備投資に対する研究開発支出の比、すなわち S-H 比率で見ても、製造業全体の水準を下回っていた。これは、多数の中小企業存在、業態の裾野の広さ等、食品工業特有の重層構造と無縁ではなく、てっとり早く商品化につながるものに研究開発がシフトしてきた因でもある。しかし、食品工業の低調な研究開発が、低い技術進歩しかもたらさなかったことが、「生産関数」と「産業連関分析」との2つの方法で証明される。

さて、われわれは、技術革新に関する専門家の情報とプロダクト・ミックスの方向とを事前に把握し、これによって生産技術の連関構造の変化を予測する方法を提示する。つまり未だ工学的情報の段階にある技術を、経済的変数として扱い、それによって食料供給にかかわる産業間の技術構造の結び付や、それぞれの生産水準への影響を試算してみた。

結論的にいえば、われわれが、作業仮説として持っていたほど、全体としても、川上の農水産業へも、大きな影響をもたらすとの数値は計測されなかった。それは、本稿で対象としたのがバイオリアクターだけであったことと無縁ではない。今後、バイオテクノロジーの産業化のテンポに即して対象を拡大して行けば、原料代替、省力化等の影響が出てくることも懸念される。

なお、本稿は、技術革新の事前的評価方法に関する理論フレームの構築準備作業も兼ねており、したがって今後の研究発展の方向も示唆している。