

序

応用細胞資源利用学—誕生の背景—

日本応用細胞生物学会（前身：日本応用細胞生物学研究会）は、細胞の利用、応用という概念を内外で初めて表明し、1982年に設立いたしました。

本書『応用細胞資源利用学』は、日本応用細胞生物学会の活動の中から生まれました。出版に際しまして、会の沿革、誕生の経過を簡単に紹介いたします。

本会設立当初の課題は、モノクローナル抗体、インターフェロン生産、免疫細胞の移入等々動物細胞に関連する分野が主体でしたが、次第にその領域が広がり、このような概念は、動物細胞以外に、植物、魚類などすべての生物、卵、種子、微生物、単細胞生物をも取り込むようになりました。ただ、領域の広がりには、本会の短所ともなり専門性の分散を招き、研究発表の場としての魅力を低下させたようです。活動は、応用細胞を啓蒙する講演会、シンポジウムなどが主体となりました。

「応用細胞生物学」という21世紀に欠かせない、領域の広い、偉大な科学は、この地味な活動から生まれてきました。この科学の偉大さは、この概念（幹）から派生する枝として新しい科学、産業を生み出すことにあります。この科学は、科学、産業の新種を多数秘蔵していると言えます。

新しい基礎学問（科学）の誕生（科学界、世間的に認識される）が、どれほど至難で、時間を要するかは、歴史的に明白です。社会的貢献度が高い発見、発明は、なにがしかの評価を得るケースが多いようですが、このような事例に関しては、社会の認識、評価は薄いようです。幾度かの消滅危機に耐え、科学界の荒波を乗り越え産声をあげた科学は、私達の社会生活を豊かにし、国の科学の発展を支え、偉大な知的財産をもたらします。研究者を目指す若者にすばらしい夢を与え、将来を担う多くの科学者、研究者を生みだします。応用細胞生物学の誕生には、三十有余年を要したようです。現在では、日本応用細胞生

物学会への理解も深まり、幅広い分野の方々から、多大なご尽力を頂いております。

このような中、日本応用細胞生物学会では、大阪府立大学におきまして、「生物資源—その単細胞〔細胞化〕としての利用—」のテーマをもとにシンポジウムを開催致しました。この生物をバラバラ《細胞》にしてことに当ろうという手法は、応用細胞の基本ともなるところです。この手間と費用がかりそうな発想が、現代の高齢化社会、健康志向、「もったいない精神」のもと、最近、単細胞食品、資源利用産業化として現実味を帯びてきました。このようななか、この道の先駆者の方々が、基本的な技術、現状等について話しあい、技術的にも大筋確立していることや、産業的進展の重要性が、述べられました。

日本応用細胞生物学会では、「応用細胞生物学」の枝葉としての科学：「応用細胞資源利用学」を誕生させるため、本書の出版に至りました。本書の内容は、この基として、シンポジウム（植物資源）の内容を主体としました。さらに、動物、海洋資源などなどを取り込み、この分野を進展させていきますことが、既存産業の活性化、育成につながるものと考えております。

「応用細胞資源利用学」は、生物利用技術を主体とした「資源を細胞化して利用〈産業的〉する分野、細胞〈単細胞〉を増やして資源として利用〈産業的〉する分野」です。将来には、生体機能模倣技術をも含め、人材、経済資源等、人的資源への分野も取り込みます。「応用細胞資源利用学」の分野から、食品、未利用資源、エネルギー、環境関連分野等々に関連する細胞産業が生まれます。また、枝葉として、植物、動物資源等々、細分化した資源利用学が誕生し、これらの科学は、既存産業の活性化を促します。

産業の育成には、基幹となる科学、国の支援が必要で、すでに、医療分野では、政府、京都大学など主導で、(ips)細胞産業の育成に動いており、1兆円の市場を目指しています。

食品（資源）細胞産業（仮称）の創出、育成に尽力することが、今回の「応用細胞資源利用学」の立ち上げの動機ともなりました。政府、大学等の支援と比べますと、質的に異なりますが、日本応用細胞生物学会では、食材ごとの単

細胞化の研究事例，産業的生産法，単細胞（生物）食品の特徴（栄養学的等），食材の備蓄と供給，市場性の調査等々の課題を考慮したシンポジウムなどを積み重ね，本分野の啓蒙に努めていければと考えています。

（付記：脱稿後，3月11日，東日本大震災，原発事故に遭遇しました。安心，安全な食材の備蓄は，復興を目指す重要な国の施策として，早急に，推進しなければならない課題であることを痛感致しました。政府は，日本再生のために，科学から得られた知見をもとに，多種，多様の産業の創出を目指すべきです。（ips）細胞産業，食品細胞産業の推進は，その前例となることでしょう。校正に際して書き添えました。）

本書は，シンポジウム講演要旨を主体としました非常にささやかなものがありますが，タイトルに応用細胞という冠をつけた書籍は，はじめてで，その刊行の意義は，大きいものがあります。また，日本応用細胞生物学会の関係者にとりましては，長年にわたり念願としていたことでもあります。お一人でも多くの方々に関心をもって頂きたく，会の沿革，誕生の背景等々を紹介しました。

最後になりますが，食品（資源）細胞産業（仮称）は，現在，知名度は極端に低いようです。本書は，限定されました読者層のもと，この分野の進展を図ります第一歩としまして，刊行いたしました。このような事情をご配慮頂きまして，ご専門の研究者の方，既に単細胞（生物）食品等々を商品として扱われております企業の方，健康食品（単細胞，菌製剤等）企業の方，また関連します企業（特に酵素，飼料関連等）の方，今後，単細胞食品等々にご関心のある個人，企業の方々等に，読んで頂けましたら幸いです。

今回，紙面の都合で，単細胞（生物）食品などの概説は，省きましたが，容易にご理解頂けるものと思います。この食品の特徴は，粉末やペーストなどと違い，生きもので新鮮，細胞の機能を備えているということです。この分野の研究は，高価な器材，高度な技術等不要（技術的開発の余地は多々あり）で，細胞の多種にわたる研究ができ，評価も即座に出ます（風味等々）。

関連大学，専門学校，高校理科，料理研究グループ等の研究テーマ（卒業論

文など)には, 好都合と考えますので, 地場の食材の単細胞化食品の開発, 食材廃棄物などの単細胞化による再利用, 処理等に関心をもって頂けましたら幸いです.

(株)大学教育出版には, 本分野の発展のため, なみなみならぬご尽力を頂きました. 佐藤 守社長の科学に対します恩恵の深さに深く感謝申し上げます.

2012年4月

日本応用細胞生物学会会長

猪岡 尚志

はじめに

応用細胞資源利用学—植物資源領域の展望—

現行の分類に従えば、生物界での最大の生物は植物である。言うまでもなく、人類をはじめ地球上のすべての生物は、植物の生産する年間 5,000 億 t ともいわれる有機合成物に依存して生命を維持しているのである。

今から 36 億年ほど前に、この地球の海に生命が誕生した。以来、生命は海の中で、さまざまな生物の形を取って進化し、14 億年ほど前に植物と動物が出現した。さらに、4 億 2,000 万年ほど前には、植物は地上に進出し、動物もその後を追って地上に進出した。地上に進出後は、生物は進化の速度を速め、ほとんどが多細胞からなる形態的・生態的に極めて多様化し、現在見られるように多様な分化を遂げ、多様な形態をなしている。

一方、植物の生理機能を見ると、先祖である原始的生物から受け継いできた基礎的な部分と、進化の過程で獲得した生理特性が共に存在しており、分化した各部位によっても特徴的である。すなわち、大豆の場合を例にとると、葉の部分、根の部分、種子部分では生理機能に際立った差異が見られるのである。

言うまでもなく、植物の生命現象の基本単位は細胞で、植物細胞は、細胞質 (cytoplasm) が細胞膜 (cell membrane) で包まれた原形質体 (protoplast) と、その周りを被う強固な構造の細胞壁 (cell wall) から構成されている。この細胞中には、遺伝情報をはじめとする生命活動を担うすべての器官と物資が包含されている。すなわち、個々の細胞は、基本的にはその起源である植物と同じ機能を有しているのである。

植物細胞の興味ある特徴は、分化全能性を持つことにある。すなわち、植物の細胞は、葉、茎、根、花等すでに分化した器官の細胞であっても、単一の細胞から再び植物体を再生する能力を有していることである。このような性質は全能性 (totipotency) と呼ばれている。微生物には分化をする現象は少ないし、動物の場合は卵細胞あるいは分裂初期の胚で分化全能性を持つが、それ以外の

細胞では特殊処理が施されない限り全能性を持たない。このように、植物細胞は微生物細胞から動物細胞への進化のプロセスでの遺伝的中間型を思わせる性格を持っている。

〈植物細胞の特徴〉

① 未分化の状態を増殖を続ける

オーキシンで誘導した未分化の細胞はカルス状態で無限に増殖する。

未分化の細胞には二次代謝産物（例えば、色素）を生産するものがある。生産性の細胞株（cell line）を選抜することで、培養して特定の物質を生産することができる。

② 無菌性である

植物は細胞内に微生物を内蔵しないので、取り扱いを厳密にすれば無菌状態の植物資源が得られる。

③ 大量培養が可能である

適当な培地中では、植物細胞は増殖するので、大量培養が可能で、微生物と同様に発酵タンク等で工業生産が可能である。

④ 処理が容易である

植物細胞は比較的比重が大きいので、混在する物質から分離することが比較的容易で、乾燥状態にすると長時間の貯蔵が可能である。

上記のような植物細胞の特徴は1950年代から盛んになった植物細胞の研究（細胞科学・細胞工学）によって次々と明らかにされ、植物起源の有機代謝物質（特に、二次代謝物）の生産も可能にしてきた。

しかし、いつの時代でも、対象を問わず物質生産の場面では、天然と化学的手法が競合する。こうした場面では、天然手法は化学的手法での製造にコスト面で遅れをとり、いつしか工業生産の場から去っていくことが多い。植物細胞工学もこの例に漏れず、新規な手法であったにもかかわらず長く利用されることなく、学問的業績だけを残して去っていったのである。

ところで、地球温暖化がグローバルな課題となってきた現代においては、化

石資源に代わって、循環資源である生物（バイオ）、特に年間 5,000 億 t を超す植物の生産物を有効に利用することは極めて重要なテーマである。

ところで、わが国は、ユーラシア大陸の東の中緯度地帯に位置する亜熱帯から寒帯までを体感できる南北に長い国土を持つ特異な国である。また、豊富な降水量と適度な気温に恵まれ、森林の形成をはじめ作物の栽培にも適した地形にある。つまりわが国は、こうした自然環境に恵まれて多種の植物を比較的大量に生産することが可能な地形の、植物資源に恵まれた国である。我われが、植物資源の利用の研究を行うには極めて都合のよい環境にあるといえる。

我われは、縄文の昔から作物を育て、植物を利用して生活を営み、文化を営み、その歴史の中に植物資源の利用を考えてきた。21 世紀の今、植物の新しい利用法を開発できればと考えている。先に述べた植物細胞の特異性と物質生産力を考える時、新しい利用法（細胞単位植物：CUP の利用）に強く引かれるものを感じている。

CUP の原料は多種に及び、領域は陸生、水生を問わず、極めて多岐にわたるのである。

多数の研究者の参加を期待して、稿を閉じる。

2012 年 4 月

監修者代表
坂井 拓夫

応用細胞資源利用学 第1巻

目 次

序 応用細胞資源利用学—誕生の背景—	i
はじめに 応用細胞資源利用学—植物資源領域の展望—	v
第1章 植物の単細胞化—単細胞 (CUP) の特徴と利用—	1
1. 単細胞化植物 (CUP) の科学	1
(1) 名称と概説	1
(2) CUP の特徴	2
2. CUP の生産法	5
3. CUP の特性と利用	5
(1) 新素材 CUP をどのように利用すべきか	5
(2) 利用を考える上での CUP に対する考え方	6
(3) CUP の利用において考慮すべきポイントと実用例	7
(4) 植物細胞の個性を考慮した CUP の利用	13
(5) CUP 利用研究の一例	15
4. CUP 科学から CUP 技術への船出	17
(1) CUP 科学の社会への船出	17
(2) 赤レタスとソバもやしの CUP (錠剤)	18
5. むすび	19
第2章 アマノリ類の単細胞化と利用	23
第3章 海藻発酵素材—その単細胞化による産業的利用—	29
1. 世界の海藻生物資源について	29
2. 海藻発酵素材のポテンシャルについて	30
3. 海藻の乳酸発酵と単細胞化・乳酸発酵—技術的な側面—	32
4. 海藻の乳酸発酵物および単細胞化乳酸発酵物の応用	36

第4章 新規機能を付与したクロレラの開発	39
1. DHA クロレラの調製と脂質特性 40	
(1) クロレラ細胞による脂肪酸の取り込みと蓄積 40	
(2) DHA クロレラの脂質特性 42	
2. DHA クロレラの血中コレステロール上昇抑制作用 43	
第5章 光合成真核微生物・ユーグレナは地球の食糧危機を支えるか ...	49
1. 細胞の利用 51	
(1) 環境の浄化 51	
(2) 高い栄養素 52	
2. 細胞成分の高度利用 52	
第6章 環境浄化—微生物利用の新展開—	55
1. はじめに 55	
2. 生分解性プラスチックの開発経緯 56	
3. 微生物による生分解性プラスチックの分解 57	
(1) 分解微生物の分離と分布状況 57	
(2) 脂肪族ポリエステルの生分解機構 58	
4. 生体触媒を利用した新規の生分解性高分子の開発 60	
第7章 微小動物等の食物連鎖による水処理	65
1. 微小動物等の貢献する水処理プロセス 65	
2. 好気性微生物の生物処理における役割 66	
3. 活性汚泥を構成する微生物 73	
(1) 環境条件 73	
(2) 微生物の種類 74	
(3) 微生物の特性 75	
4. 生物膜を構成する微生物 76	
(1) 環境条件 76	

(2) 微生物の種類	76
(3) 微生物の特性	78
5. 嫌気・好気活性汚泥を構成する微生物	78
(1) 環境条件	78
(2) 微生物の種類	79
(3) 微生物の特性	80
6. 好気性微生物の指標性と処理条件	80
7. 総括および展望	85
附 則 未利用生物資源とその利用	87

応用細胞資源利用学 第1巻

