総説

バイオテクノロジーの進展と繊維工業

松永 是^{*1}, 本宮達也^{*2}

1. はじめに

遺伝子組み換え技術の確立を契機として、酵素、微生物、動植物などの生体高分子および生物の工業への応用の機運が世界中で高まり、これらの技術はバイオテクノロジーということばで包括して語られるようになった。バイオテクノロジーの定義は人によって多少異なるが、『生物およびその機能を直接あるいはシュミレートして利用するための技術』と一般的に受け入れられている。バイオテクノロジーの主要技術の分類を表1に示す。

遺伝子組み換え、細胞融合、動植物細胞の大量培養、バイオリクターを中心とするバイオテクノロジーは、医薬品、食品、発酵、化学工業などの各分野で応用され、技術的に著しく進展した^{1,3)}。遺伝子組み換えは、主に大腸菌の宿主—ベクター系を中心に始まり*Pseudomonas* sp., 枯草菌, 放線菌など大腸菌以外の系へ展開され³⁾, 酵母, 植物, 動物細胞の系へと広がり, 生産物も低分子のペプチドから高分子のタンパク, 酵素になった。基礎

技術としての生物間の種の克服のための遺伝的解析も行われており, 新制限酵素やベクターも開発された。クローニング, 形質転換, 形質発現, プロセッシングなどに関する基本的知見の蓄積も行われた。遺伝子資源としての特異機能微生物, 植物原種の探索や保存にも手がつけられ始めている。細胞融合技術は植物育種やモノクローナル抗体作製へと展開されている。また, 動植物細胞の大量培養技術のための培地や装置の開発も進んでいる。固定化酵素や微生物を用いるアミノ酸生産, 異性化, アルコール生産のバイオリクターや種々のバイオセンサーの開発や実用化も進んだ⁴⁾。さらに, バイオテクノロジーの境界領域が広がり, バイオエレクトロニクス⁵⁾やプロテインエンジニアリング⁶⁾という新しい分野も開けてきた。ここでは, このようなバイオテクノロジーの進展を各分野別にまとめ, 繊維工業におけるバイオテクノロジーの展望について述べる。

2. 各分野でのバイオテクノロジーの進展

医薬品工業

医薬品工業は, 組み換え DNA 技術や細胞融合等の遺伝子工学の技術を利用した最初の工業となった。抗生物質を始めとする多くの薬剤が微生物により生産されてきたこと, および分子遺伝学の進歩が医学と関連して進み現在の遺伝子組み換え技術が確立したことなどが, 医薬品工業へ最初に遺伝子工学が適用された理由であろう。医薬品工業分野で技術的な知識と商業的開発の意味において現在最も進歩している遺伝子工学の応用例は, 身体の数多くの組織の作用を投与するのに役立っているホルモンの分野である。成長ホルモン, インシュリン, 副腎皮質刺激ホルモン(CRF), 甲状腺刺激ホルモン, 放出ホルモン(TRH), カルシトニン, 血圧制御ペプチドホルモン(ヒトANP), 赤血球増殖因子(エリスロポエチン), グルカゴン, セクレチンなどが強く期待されている。また, 制ガン剤としての可能性があると考えられている免疫タンパク質(抗原, 抗体, インターフェロン, リンフォカイン, サイトカインなど)の製造も可能となった。抗原ワクチンとしての口蹄疫ワクチン, 肝炎ワクチン, イン

表1 バイオテクノロジーの主要技術

◎ 生物機能改良技術 遺伝子組み換え, 細胞融合
◎ 生物利用技術 動, 植物細胞の大量培養, 発酵, バイオリクター (固定化酵素, 固定化微生物), バイオセンサー, 臨床 検査試薬
◎ 生物模倣技術 分離・濃縮・精製(生体膜), 人工酵素・人工細胞・人 工神経, 生体反応類似の有機合成, 人工臓器, 医用材 料
◎ 生物情報関連技術 生物情報処理, 生物制御

*Development of Biotechnology and Application
to Fiber and Textile Industry*
TADASHI MATSUNAGA^{*1} and
TATSUYA HONGU^{*2}

^{*1} Tokyo University of Agriculture and Technology

^{*2} Nisshinbo Industries, Inc.

^{*1} 東京農工大学工学部 助教授(工博)

^{*2} 日清紡績株式会社 技術部長(工博)

フルエンザワクチンなどの伝染病ワクチンの生産に遺伝子工学の技術が適用されている。また各種インターフェロンは、狂犬病、肝炎、水痘や多くのヘルペス感染における予防薬としての効果を示した。現在では、制ガン作用を持つインターフェロンの組み換え DNA による生産が行われ、実際に使用される日も迫っている。リンフォカイン、モノカイン、サイトカインなどの免疫関連物質は最近医薬品として強い関心を集めている。特に、インタロイキン 2 (IL-2)、ガン壊死因子 (TNF)、ガン破壊因子 (CBF) はインターフェロンを上回る抗ガン剤として期待されている。さらに抗体はハイブリドーマによる高レベルの純度を持ったモノクローナル抗体の獲得により、臨床診断試薬の分野に広く未来が開かれた。各種物質の定量、同定、精製、およびその応用としてのリンパ球細胞表面抗原、レセプター分子の解析、感染症の診断、生体内微量活性因子の同定などに用いられる可能性もある。また、ウロキナーゼなどの各種酵素及びコラーゲン、アルブミン、グロブリンなどのタンパク質も遺伝子工学の適用により生産可能である。特に、ウロキナーゼやティッシュプラスミノゲンアクチベーター (TPA) などの血栓溶解剤はガンとならば死因となっている脳梗塞や心筋梗塞などの治療薬として期待されている。近い将来 2000 年頃には医薬品の 50% を占める生物材料由来製品のほとんどが、バイオテクノロジー応用製品となるであろう。以上のように医薬品工業分野におけるバイオテクノロジーは微生物を主とした遺伝子工学の応用で生理活性物質 (インターフェロン、ホルモン、ワクチン、免疫関連物質など) や臨床診断試薬 (分析用酵素、抗原、抗体) などの生産に応用されている。さらに、臨床診断分析装置 (酵素センサー、微生物センサー)、人工臓器、新しい医薬 (リポソーム、包括酵素、酵素インヒビター、酵素アクチベーターなど) の開発も研究されている。

発酵・食品

発酵はバイオテクノロジーを支える上で欠くことのできない技術である。人類は昔から酒類 (ワイン・ビール等) や味噌、醤油などの調味料の醸造やパンの製造に発酵を利用してきた。現在はバイオテクノロジーの進歩により、食料品や飼料の生産ばかりでなく、遺伝子工学により得られた新しい機能を持った菌体の導入により、食品自体の加工や食品添加物の生産にまで微生物を応用できる。また、固定化酵素による連続発酵等のプロセス技術の実用化も行われている。世界的なタンパク質の供給不足の問題の解決策として、人間の食品や動物の飼料としての微生物タンパクの利用が考えられている。細菌や酵母のタンパク含量は高く、大量生産や加工も簡単であることから非常に注目を集めている。実際に、飼料用酵

母生産などの大規模なプラントが実用化されている。しかし、競合するダイズタンパクと比べコストが高く、広く実用化するには、遺伝子工学の適用が必要とされている。また、酵母の培養の基質として、石油化学副産物 (*n*-アルカン) やメタノール、メタン、炭水化物 (デンプン、セルロース、ビート、製紙工場廃棄物) などを利用する研究もなされている。伝統的発酵工業であるパン製造、ワイン醸造にも遺伝子工学の適用が研究されている。低炭水化物ビールを生産する酵母や、安定に貯蔵でき、より豊富に作れる製パン酵母などが得られた。また、我国独特の技術であるアミノ酸発酵でも、遺伝子操作技術が導入されている。特にグルタミン酸、リジン、メチオニンは調味料や飼料添加剤として需要が大きく大量に生産されている。また、トリプトファンは飼料添加剤として、フェニルアラニンはアスパルテームの原料として需要が拡大している。また、アミノ酸の生産には多糖類の生産、グルコアミラーゼ、グルコースイソメラーゼ、プルラナーゼなどの発酵による甘味料 (ステビア、高果糖、コーンシロップ、アスパルテーム、モネリン、タウマチン)、香辛料、芳香剤などの生産も行われている。以上のように、発酵、食品分野におけるバイオテクノロジーは、医薬品に比べ徐々にではあるが影響を与えている。アスパルテーム、果糖、SCP (単細胞タンパク) などの生産は、実用化されている。さらに将来、バイオテクノロジーの進展により、人類の食生活は大きく変化する可能性があるだろう。

化 学

化学工業の原材料は石油を中心とした再生産不可能な資源である。21 世紀半ばには、この石油の枯渇が予想され他の原材料への転換が考えられている。まず石炭への逆行が考えられ、石炭を原料とする化学工業は近い将来種々の有機化合物の合成に使われるであろう。現在、経済上、環境上、技術上の観点から、原材料の新しい供給源としてバイオマスが注目されている。バイオテクノロジーの進歩により、天然に得られる炭水化物を種々の化合物に変換することが可能になれば、大きな役割を果たすであろう。発酵による原料アルコールやアセトン等の生産は第二次世界大戦頃にも盛んに行われており、これらの技術に、酵素や遺伝子工学の応用がなされれば十分にバイオテクノロジーによる化学工業は成立するであろう。バイオリアクターによるアルコール生産やエチレンからのエチレンオキシド生産などは、実用化に近い。またセルロースからの脂肪酸の生産や人工酵素による化学合成、微生物による重油のクラッキング技術なども開発研究されている。以上のように化学工業分野におけるバイオテクノロジーの応用においては、大量化学工業製

品の生化学プロセスによる生産や酵素・微生物法によるファインケミカルの生産などの研究開発が進んでいる。また、従来の化学工業に比べ、高効率・省エネルギー、低公害型化学工業プラントの開発も可能である。

資源エネルギー

資源エネルギー産業においても化学工業原料と同様に石油からの転換が考えられている。石炭・原子力・太陽エネルギーの利用が考えられているが、石炭・原子力は石油と同様に再生不可能な原料である。一方バイオテクノロジーを駆使すれば、無尽蔵の太陽エネルギーを有効に使うことが可能である。太陽エネルギーを利用した光合成微生物による炭酸ガスからの有用物質生産および水素生産などは、太陽エネルギーの微生物変換である。また、太陽エネルギーの蓄積物であるバイオマスを使った燃料アルコール、メタン、水素などの生産も有効である。また、エタノールの生産を行うフラッシュ発酵も注目されている。

農畜水産

原始時代から農耕が始まり、長い歴史の間に農作物改良が行われてきた。即ち、成長が速く大きな果実をつける植物、あるいは害虫や病気に耐える植物が選定されてきた。さらにメンデル遺伝学に基づき古典的遺伝学は、収穫量を増大させること、育種に必要な交配をするため遺伝の分岐性を高めること、作物を育てる地理的限界を拡大すること、品質改善などに大きな役割を果たした。現在はこれらの技術に遺伝子組み換えや組織培養、細胞融合を中心とするバイオテクノロジーを応用することで、新しい育種法を開発することが望まれている。育種法としては、植物の組織培養から植物を再生する技術が重要である。植物組織培養は器官、組織、細胞あるいは、プロトプラストを無菌的に人工培養する技術である。この技術を利用すれば、細胞培養、細胞融合、遺伝子操作など植物を人為的に操作できる。さらに遺伝子工学技術の応用で、有用遺伝子の導入も研究されている。DNAの導入の媒体は、葉緑体、カリフラワーモザイクウィルス、アグロバクテリウム、Tiプラスミドなどが研究されている。これらの媒体を使って窒素固定に関する遺伝子や各種耐性の導入が試みられている。また微生物を食糧として用いるSCP、微生物農薬や、微生物肥料、微生物菌体飼料、および炭水化物飼料のタンパク質含量の強化、消化、利用率の改良などの研究開発も検討されている。

農業のみならず畜産業においてもバイオテクノロジーの適用が望まれている。例えば、微生物による鶏糞の肥料化や酵素を利用した養鶏、鶏肉処理による付加価値アップなどが検討されている。家畜の育種としては、精液の貯蔵、人工受精及び複数受精卵移植による子牛増産、

優良系統導入による生産効率向上、発情期の調整、排卵制御及び多排卵操作、はいの回収、はい移植、はいの貯蔵などの技術が現在用いられており、さらに近い将来は、分割卵移植、はい及び核移植、生体外受精、単為生殖、クローニング、細胞融合、キメラ作製、DNA組み換え操作などが応用されるであろう。

水産業に於ても染色体操作による雄性発育種、染色体倍数化による育種、栽培漁業(淡水魚及び海水魚の養殖)などにバイオテクノロジーは大きな役割を果たすはずである。最近ではアルコール発酵母液を活用する稚子魚用の微粒子配合飼料などのバイオテクノロジーによる製造などが注目されている。

鉱業

遺伝子工学の手法を用いて作られた微生物の大部分は発酵槽のような隔離された施設で使われている。しかし、自然環境下で鉱業に応用される可能性がある。鉱物の溶出や回収、石油の採掘や回収などに適用すべく研究開発が進められている。微生物は本来、金属と相互に影響しあう。この機能を使って、鉱石からの溶出や、廃鉱石あるいは薄い濃度の混合液からの金属の濃縮が行われている。前者は大量の低品位鉱石から鉱物を抽出することを可能にする。後者は貴金属の再利用(リサイクル)と有毒金属によって生じる汚染を制御する方法を生み出すことができる。廃棄物からの銅の回収やウラン鉱からのウラン回収、石炭からの硫化鉄鉱の除去にも応用が試みられている。

環境

生態は合成と分解の循環によって成り立ち、その分解過程は微生物により行われている。長い間、下水汚物の分解には微生物が使用されてきた。現在では、小規模ではあるが、工業廃棄物によって生じる汚染問題を解決するために、バイオテクノロジーが応用され始めている。組み換えDNAや細胞融合などの遺伝子工学手法の導入により微生物が元来持っている物質分解能力を増大させることができれば微生物による汚染処理は大きく広がっていくであろう。下水処理システムへの応用や、海洋石油汚染の除去などの分野で研究開発が進められている。現在、活性汚泥法や生物膜法などの好気的開放系で有機物の処理が行われている。今後は嫌気性処理、窒素、リン処理、低濃度汚水処理、自然浄化機能を活用した処理法、小規模廃水の簡易処理法などの開発が期待されている。

その他の分野

その他に最近新たにバイオテクノロジーの応用が考えられるようになった分野としては、エレクトロニクス、機械がある。即ち、バイオセンサー、バイオチップやこ

れらを応用した医療機器、バイオコンピュータの開発が期待されている。バイオセンサーについては、グルコースセンサーを中心にいくつかすでに実用化されており、臨床検査や環境管理システムへの応用研究が進んでいる。一方、80年代に入って提唱されたバイオチップ・バイオコンピュータについては現在のところ具体的なデータに乏しく依然としてアイディアの段階から進んでいない。しかし、エレクトロニクスとの境界領域は今後バイオテクノロジーの発展のかぎを握るものと考えられる。

3. 繊維関連分野におけるバイオテクノロジーの展望

すでにいくつかの繊維関連企業が積極的にバイオテクノロジーを導入し、医薬品や発酵・食品分野に進出している。特に医薬品分野では、海外企業(特にベンチャービジネス)や研究機関との提携をきっかけにこれら企業はバイオテクノロジーに参入してきた。しかし、今後は医薬品のみでは市場は限られており、インターフェロンのように過当競争になる可能性が多い。従って、繊維、紙、パルプを中心に、発酵・食品、資源・エネルギー、農業などの分野への展開が望まれている。繊維関連分野に於て、今後さらにバイオテクノロジーを進展させる方策としては、

- (1) 繊維、紙、パルプの生産プロセスにバイオテクノロジーを導入し、プロセスの効率化、合理化、省エネルギー化を図る。また、同時に繊維や紙の高品質化や高機能化を行う。
- (2) 繊維や紙・パルプを酵素や微生物の固定化、分離・濃縮・精製用、医療用、バイオエレクトロニクスなどのバイオテクノロジー用材料として用いる。
- (3) 生物資源(バイオマス)としての繊維、紙・パルプ原料や廃棄物から酵素、微生物を利用して有用物質

を生産する。

などが考えられる(図参照)。

繊維生産へのバイオテクノロジーの導入

繊維の生産にバイオテクノロジーを導入した研究の例は今のところ少ない。最近、ハイブリッドライスやハイブリッドコーンが注目されているが、ヒルスツム種アブラナ綿種とバルバデンセ種(エジプト綿種)との交配によるハイブリッドコットンの研究が行われている⁷⁾。ハイブリッドコットンは通常のコットンより早熟性で樹高が低く、しかも収穫量が多いし繊維の質もよい。しかし、ライスやコーンのように収穫量を一挙に数倍に増大させるまでには到っていない。今後は、細胞融合や遺伝子組み換えによる育種が期待されている。絹フィブロイン、羊毛ケラチンなどの繊維タンパクも、これらの遺伝子を大腸菌などの微生物にクローニングすることにより生産できるようになるだろう。

近年、プロテインエンジニアリングという言葉がさかんに語られるようになった。プロテインエンジニアリングとはバイオテクノロジーの主要技術である遺伝子組み換え・変異、タンパクの化学修飾、遺伝子の化学合成などの技術を利用し、タンパクを構成するアミノ酸の一部を変異することにより、目的とする新しい機能を有するタンパクを作り出す技術である。アミノ酸の変更の方法としては、

- (1) アミノ酸残基の欠失、挿入(置換)
- (2) 主鎖-主鎖結合によるマルチマー化、プロリン基、サルコシル基導入、末端基導入による主鎖の変更
- (3) 側鎖の化学修飾、D-、L-の変更、S-S結合の導入

などがある⁸⁾。特に(1)は、部位特異的突然変異誘起(Site-directed mutagenesis)により、遺伝子上の塩基配列上の自分の望む部位に望むタイプの変異を導入することにより、タンパクを構成するアミノ酸の望む部位を変える

図 繊維関連分野におけるバイオテクノロジー

ことができる。これは、近年著しく進展した制限酵素の使用、遺伝子クローニング技術、塩基配列決定技術、オリゴヌクレオチドの合成技術など遺伝子組み換え関連技術により可能になった⁹⁾。部位特異的変異誘起法としては、制限酵素・DNA リガーゼを用いた欠失変異、トランスポゾンや制限酵素・DNA リガーゼを用いた挿入変異、次亜硫酸ナトリウム、Misincorporation法、修飾塩基法による塩基置換変異などがある。このようなプロテインエンジニアリングにより絹フィブロインや羊毛ケラチンなどの天然繊維の改質や新しい繊維タンパクを創出することが期待される。また、繊維タンパクに新機能を付与し新しい素材として利用することも望まれる。この他、合成繊維の製造プロセスにバイオテクノロジーを導入することも可能である。バイオテクノロジーにより生産可能な繊維とアメリカでの1978年の生産量を表2に示す。

表2 バイオテクノロジーにより生産可能な
合成および再生繊維

繊維	生産量(1983年, 日本, 千トン)
セルロース性繊維	
アセテート	69
レーヨン	331
非セルロース性繊維	
アクリル	357
ナイロン	289
ポリエステル	630
その他	3

紙・パルプ生産に直接関連するものとしては、バイオパルピングや細胞融合による原料の育種などがある。これらの研究はいずれも基礎的段階である。また、副生成物の有効利用として、リグニンからの有用化学物質の生産、セルロース廃棄物からのメタンガス生産などが、パルピングコストの軽減として期待されている。

バイオテクノロジー、医療用材料としての繊維の利用

バイオテクノロジー用材料として、繊維は主に酵素の、固定化に用いることができる。固定化用素材としては、絹フィブロイン、キチン、コラーゲン、ケラチン、セルロースなどの天然繊維、ナイロン、修飾したポリエチレンやポリプロピレンなどの合成繊維などがある。また、固定化酵素の形状としては膜状、繊維状、ペレット状などがある。しかし、一部繊維を除くと研究例は少なく、特に繊維状で利用する例は非常にまれである。

絹は、特に優れた繊維特性を有する魅力的な素材として、古くから愛用されてきた。この絹フィブロインを新たにタンパクとして見直すと、独特の構造と物性を有しバイオテクノロジー材料として大いに期待される素材である。絹による酵素固定化法としては繊維表面への共有結合などが主に行われているが、筆者らは包括法により

グルコースオキシダーゼなどの酵素を固定化した¹⁰⁾。家蚕再生絹フィブロイン溶液に酵素を混合し、4℃で風乾後メタノール処理により酵素含有Silk II型絹フィブロイン膜を調製した。グルコースオキシダーゼ含有絹フィブロイン膜の活性収率は99%であった。また、1ヶ月の溶出試験を行ったところ、グルコースオキシダーゼの溶出はほとんど見られなかった¹⁰⁾。この他、バイオテクノロジー用材料としては生成物の分離、濃縮、精製用繊維やバイオエレクトロニクス用材料などがある。

医療用繊維としては人工腎臓用中空繊維、血漿分離用中空繊維がある。これら中空繊維の素材としては、セルロース、酢酸セルロース、ポリアクリロニトリル、ポリメチルメタクリレート、エチレン・ビニルアルコール共重合体、ポリスルホンなどが用いられる。手術用の縫合糸としても種々の繊維が用いられる。吸収性の縫合糸としては、キチン、腸線などの天然素材、ポリグリコール酸、ポリビニルアルコール、ポリグラクチンなどの合成素材などがある。また、非吸収性の縫合糸では、天然繊維としてはシリコン、テフロンコーティングしたポリエチレンテレフタレート、ナイロン6、ナイロン66、ポリプロピレン、ポリエチレン、モノフィラメントなどがある。また、銀、ステンレスなどの金属も用いられる。この他、殺菌・抗菌繊維、ハイブリッド型人工肝臓、血球や血清タンパク分離用繊維などが新しい医療用繊維として注目される¹¹⁾。

バイオマスからの有用物質生産

バイオマスとして扱われている物質には、陸地ならびに水域においてエネルギーおよび有機物資源を得る目的で栽培した植物、また生物起源の有機系廃棄物が含まれている。バイオマス量は、耕地系においては、水稻1238万t、馬鈴薯15万t、さつまいも5万tで、その他合わせて計1400万tで、必ずしもその量は多くない。また林地系においては、そのバイオマス量は立木の乾物量として11億tにものぼる¹²⁾。木材となる木本植物ではセルロース、ヘミセルロース、リグニンが主成分であり、その乾物基準含有量はそれぞれ45%、20%、25%程度であり、これらが複雑な組織構造を形成し、微生物の作用に対して抵抗性を示すのみでなく、バイオマスとしての利用の際の障害となっている。このうちセルロースはグルコースが β -1,4-グルコシド結合した直鎖状高分子であり、これを分解することにより糖などが得られる。ヘミセルロースはペントースを多く含み、ヘキソース等も含む非結晶性高分子である。これを分解して、キシロース、キシランが得られる。しかし、これらセルロース、ヘミセルロースの分解に際し、木材中のリグニンが分解をさまたげている。リグニンはフェノール性の不規則重合高分子化合

物であるため微生物による分解も困難であり、現在は発酵工業の原料とすることもできない。セルロース含有バイオマスからセルロース、ヘミセルロース、リグニンを有効に利用し有用物質を得るためには、セルロース、ヘミセルロース・リグニンの複雑な組織構造をどのように分解するかが鍵であり、そのため種々の前処理が考えられてきた。現在、様々な物理的、化学的処理が考えられているが、バイオテクノロジーによる処理として木材腐朽菌の中で白色朽木材腐朽菌を用いたものが研究されている。最近では、白色腐朽菌から分離したフェノールオキシダーゼが強力にリグニンを分解する作用があることがわかり、遺伝子操作によるこの酵素の大量生産の確立が行われている。これら、菌類の中から、更に新しいリグニン分解酵素が発見される可能性もある。次にセルロース分解酵素としてセルラーゼがある。セルラーゼは単一の酵素でなく少なくとも3種類の酵素の複合系であると考えられている。代表的なセルラーゼ生産菌としては、*Trichoderma viride*, *Clostridium thermocellum* がよく知られている¹³⁾。これらを変異操作することにより強力なセルラーゼを生産する変異株も得られている。また、セルラーゼ遺伝子のクローニングも成功している¹⁴⁾。セルロース分解時に共存するヘミセルロースの分解の研究も積極的に進められている。またヘミセルロースからのエタノール、メタン生産の研究も同時に行われている。ササのヘミセルロースを水溶化したものに制ガン性が認められ、木材のヘミセルロースも新たに注目を集めている。木材の育種へのバイオテクノロジーの導入も各方面で検討されている。

以上のように、林産物、農産物、それらの有機廃棄物を利用して、有機物質に変換する以外に海洋や海岸などの農林業が行われない地域で積極的にバイオマスを生産し有用物質を得る方法もある¹⁵⁾。例えば、藍藻や緑藻などの藻類は太陽エネルギーと海水と炭酸ガスがあれば生育できる。これらの藻類はセルロースなどの繊維化合物を多く含有し、これをさらに微生物変換することにより、燃料、化学物質、肥料、飼料、生理活性物質が得られる。現在、巨大藻ジャイアントケルプやホンダワラを海で育て、これを前処理してメタン発酵したり有用物質を得るプロジェクトはアメリカで積極的に進められている。ジャイアントケルプの代りに海洋性藍藻を用いれば、前処理なしでより効率的にメタンを生成できる。しかも、ジャイアントケルプを用いる場合、1ヘクタール当り年間3,200~12,800 m³のメタンを生成できるが、海洋性藍藻の場合にはメタンの生成量はこの約2倍に達する。通常、海水中には硫酸イオンが多量に存在するため、海水中でのメタン生成は不可能とされていた。セルロースを用い

て集積培養した海洋性メタン産生菌群 NKM004 はセルロースからメタンを生成することはできるが、長期間メタン生成を行うと酢酸を蓄積する。そこで筆者らの研究室で発見した酢酸からメタンを生成できる海洋性メタン産生菌 NKM006 をメタン産生菌群 NKM004 に混合すると、硫酸イオンを含む海水中でもメタンを生成できた。そこで、生育が早く、炭水化物含量が高く、メタン産生菌群に分解されやすい海洋性藍藻 *Dermocarpa* sp. NKBG 0102 を用いた。その結果、藻体の75%がグルコース換算で65%の効率でメタンに変換された¹⁶⁾。その他、フィブリン、ケラチン、コラーゲン、キチン、キトンなど繊維関連バイオマスからの有用物質生産や新しい素材としての利用も今後、ますます重要な課題となるだろう。

4. おわりに

繊維学会でも本年から新たにバイオテクノロジーの分野が設けられ活発な討論が行われたが、今後繊維とバイオテクノロジーの境界領域の研究は、新しいバイオ材料の開発や繊維関連バイオマスの有効利用などの分野を中心にますます盛んになるものと予想される。また、プロテインエンジニアリングを利用した繊維の高機能化やバイオパルピングによる紙の製造などの新プロセスの導入も同時に進むだろう。

文 献

- 1) Congress of the United States・Office of Technology Assessment, Impact of Applied Genetics: Microorganisms, Plants and Animals (1982)
- 2) 福井三郎, “バイオテクノロジーとは何か”, バイオテクノロジーの新展開(福井他編), p. 1 (1984) 化学同人
- 3) 鈴木三男, “期待される遺伝子工学の飛躍的展開”, バイオテクノロジーの現状と展望, p. 24 (1983) 日本科学技術振興財団, 科学技術館
- 4) 鈴木周一(編), バイオセンサー(1984)講談社サイエンティフィク
- 5) J. H. McAlear, J. M. Wehrung, NRL Workshop on Molecular Electronic Devices (1981)
- 6) C. S. Craik, C. Largman, T. Fletcher, S. Rocznik, P. J. Barr, R. Fletterick, W. J. Rutter, *Science*, **228**, 291 (1985)
- 7) 黒木, 繊維と工業, **40**, 296 (1984)
- 8) T. H. Maugh, *Science*, **223**, 269 (1984)
- 9) J. A. Baros, J. W. Deming, *Nature*, **303**, 423 (1984)
- 10) 葛原, 朝倉, 松永, 繊維学会要旨集, p. 55 (1985)
- 11) 上出, 真鍋, 飯島, 繊維と工業, **40**, 369 (1984)
- 12) 田口, エネルギー資源, **50**, 6 (1985)

13) 岡田, 化学と生物, **23**, 14 (1985)16) T. Matsunaga, H. Izumida, *Biotechnol. Bioeng. Symp.* **14**, 407 (1985)14) D. J. Whittle, D. G. Kiburn, R. A. J. Warren,
R. C. Miller, Jr., *Gene*, **17**, 139 (1982)

(昭和60年3月30日受理)

15) 松永, バイオインダストリー, **2**, 119 (1985)

繊維・高分子測定法の技術

繊維学会 編
朝倉書店 発行

〈8月下旬刊行予定〉

B5判 9ポイント活字 300頁

予価 6,000円

【内容・目次】 繊維・高分子に関する原料, 性質, 構造, 製造, 加工などに必要な測定法を本を傍に置いて実験が出来るよう具体的な記述により平易に解説した実際的な参考書である。実際に実験を行う人はもちろん机上で種々の事柄を学ぶ人々にとっても有益な知識を学ぶことができる。

1. 原料の化学構造	3. 繊維やフィルム	5. 繊維やフィルムの性質
1-1 化学分析	3-1 溶融物のレオロジー	5-1 機械的性質
1-2 UV・可視スペクトル	3-2 紡糸, 延伸	5-2 固体粘弾性
1-3 IR, RAMAN	3-3 特殊な紡糸	5-3 NMR
1-4 ESR	3-4 固体押出し	5-4 熱ルミネセンス
1-5 一般的な NMR 測定の手順	3-5 フィルム成型	5-5 TG, TMA
1-6 NMR	3-6 膜	5-6 DTA, DSC
1-7 パイロリシス	3-7 薄膜	5-7 誘電
1-8 質量分析	4. 繊維やフィルムの形と構造	5-8 圧電, 焦電
	4-1 厚さ, 太さ	5-9 導電
2. 分子の大きさ, 分布	4-2 表面張力	5-10 静電気
2-1 光散乱	4-3 光学顕微鏡	5-11 熱刺激電流
2-2 浸透圧, 蒸気圧	4-4 電子顕微鏡	5-12 収着
2-3 粘度	4-5 X線回折	5-13 透過
2-4 GPC	4-6 ESCA	5-14 染色性
		5-15 耐候・耐久性