

# 「生体高分子レールの上でセルロース生産菌を走らす低エネルギー型 新材料形成システムの開発に関する研究」

研究期間：平成12年度～平成13年度

研究代表者：近藤 哲男  
(森林総合研究所) 他3機関

## 研究の概要・目標

1. 何をを目指しているのか  
エネルギー最小化材料形成システムを社会に提供することを目指す。

1年後の目標：研究代表者らの開発したセルロース分子鎖をレールのように配向させた「生体高分子レール」の上で酢酸菌を脱線させないように走らせ、同時にセルロースファイバーをレールに沿って吐き出させる。  
2年後の目標：セルロースのみならず他の生体高分子を用いて「生体高分子レール」を調製し、レールの違いによる酢酸菌の走りの挙動の変化を明らかにする。

2. 何を研究しているのか  
分子鎖を配向させた生体高分子レールの上で、酢酸菌のセルロースを生産する際に噴き出す力を駆動力として、菌そのものを走らせることにより、新たに生産されるリボン状セルロースファイバーが一方向に配向した、新規バクテリアセルロースフィルム構築を目的とする。この原理を発展させることが可能となれば、低エネルギー型新材料形成システムとして環境調和型社会を目指す21世紀の要望にこたえ、さらに新産業創出に寄与するものと期待される。

3. 何が新しいのか  
高分子科学と微生物学とを融合させたこの発想自体そのものが極めてユニークで全ての研究プロセスが斬新である。

## 諸外国等の現状

### 1. 現状

酢酸菌の研究は、共同研究者のテキサス大学Brown博士がその運動挙動とともに、セルロースファイバーを噴き出す(バクテリアセルロースと呼ぶ)挙動を明らかにしている。しかし、その運動挙動を本研究のように制御仕様という試みはなされていない。また、微生物による有用高分子物質生産と構造制御を同時に行わせるというコンセプトも本研究独自のものである。

### 2. 我が国の水準

我が国のセルロース研究は他の諸外国に比べて、進んでいる。特にこのセルロースの分野ではセルロース学会が設立され、優れた産学官の研究成果が発表されている。

## 研究進展・成果がもたらす利点

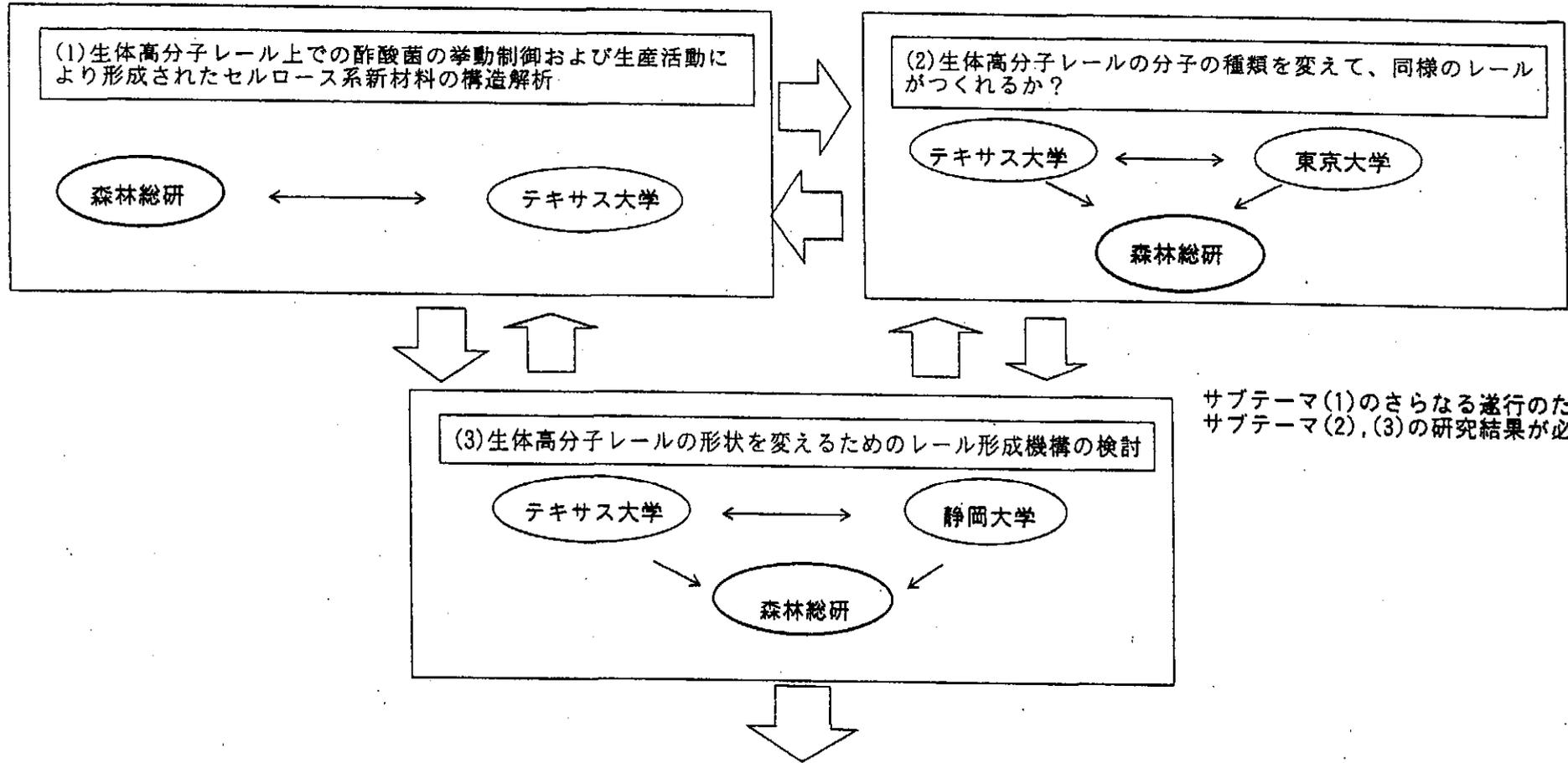
### 1. 世界との水準の関係

酢酸菌のセルロース生産については、米国のBrown博士(共同研究者)らの貢献が大であるが、本研究の酢酸菌を生体高分子レール上を走らせることにより、高分子物質生産と構造制御を同時に行わせる新規セルロース系材料を構築させるという試みが成功すれば世界で初めての技術開発となる。

### 2. 波及効果

- ・知的所有権の取得が可能となる。
- ・低エネルギー型新材料形成システムを提案できる。
- ・新産業創出へつながる。
- ・高分子科学と微生物科学の融合領域を育成させる。

# 「生体高分子レールの上でセルロース生産菌を走らす低エネルギー型 新材料形成システムの開発に関する研究」の研究体制



サブテーマ(1)のさらなる遂行のため、サブテーマ(2),(3)の研究結果が必要。

研究代表者らの開発したセルロース分子鎖をレールのように配向させた「生体高分子レール」の上で酢酸菌を脱線しないように走らせ、同時にセルロースファイバーをレールに沿って吐き出させる。

セルロースのみならず他の生体高分子を用いて「生体高分子レール」を調製し、レールの違いによる酢酸菌の走りの挙動の変化を明らかにする。

平成13年度科学技術振興調整費課題「生体高分子レールの上でセルロース生産菌を走らす低エネルギー型新材料形成システムの開発」の実施体制及び所用経費

(千円)

研究項目	担当機関等	研究担当者	平成12年度 所用経費	平成13年度 所用経費
1. 生体高分子レール上での酢酸菌の挙動制御および生産活動により形成されたセルロース新材料の構造解析	農林水産省林野庁 独立行政法人森林総合研究所(委託)	近藤哲男	17,634	18,280
2. 生体高分子レールの分子の種類を変えて、同様のレールがつくられるか?	東京大学大学院農学生命科学研究科	斎藤幸恵	2,927	713
3. 生体高分子レールの形状を変えるためのレール形成機構の検討	静岡大学教育学部	澤渡千枝	3,085	1,355
	テキサス大学オースティン校分子細胞生物学研究所	Prof. R.Malcolm Brown Jr.		
所用経費(合計)			23,646	20,348

## 研究成果の概要<課題全体>

課題名 (研究代表者) : 生体高分子レールの上でセルロース生産菌を走らす低エネルギー型新材料形成システムの開発 (近藤 哲男)

### 【研究成果の概要】

本研究は、セルロース生産菌である酢酸菌を用いて、エコマテリアルであるセルロースの生産から高次構造形成までを制御する、エネルギー最小化材料形成システムを社会に提供することを目指してきた。

酢酸菌は、常温で生命活動するが、ある条件下では、リボン状セルロースファイバーを生産しながら運動し、フィルムを形成することが知られている。この特質から、微生物生産による新システム構築を考える上で、期待できる微生物である。

課題提案者は、この良好に配向した分子鎖を汽車のレールに見立て、そのレールに沿って酢酸菌を動かすことを考えた。酢酸菌は、ある条件下で細胞分裂に優先して、セルロースを生産しながら運動することが知られている。培養液としては、SH 液体培地を用い、培地が上記のネマティックオーダーセルロースフィルム (以下 NOC と略す) の表面をすれすれに覆うように設定し、その上に酢酸菌 (*Acetobacter Xylinum*) を添加した。Fig.1 に添加前と添加後 48 時間経過後の NOC マット表面の原子間力顕微鏡 (AFM) 像を示した。Fig.1 の AFM 像において、添加前に酢酸菌はバクテリアセルロース (BC) をランダムに生産していることが分かるが、NOC 上で 48 時間後には、NOC の分子配向に沿って、BC が生産されていることが分かる。そこで、この生産の様子を光学顕微鏡を用いて観察し、その像を CCD カメラで取り込んで、時間経過とともにモニターした。

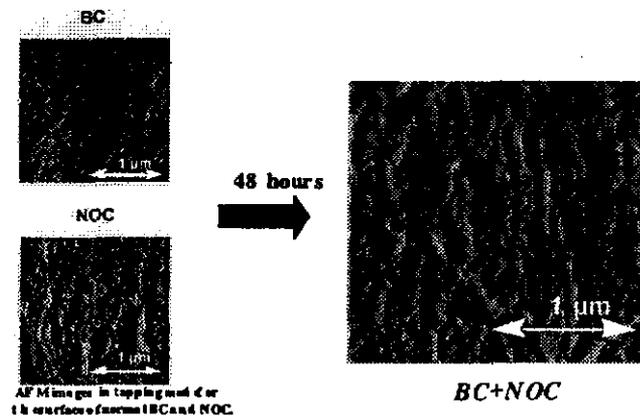


Fig.1 . AFM

images in tapping mode for bacterial cellulose grown on the NOC surface.

images in tapping

まず、NOC の分子鎖方向 (この場合は左右) に沿って走り、あるところで脱線し、スパイラルを巻き始めた。基本的には、分子鎖に沿って運動しているため、ある程度までは NOC により酢酸菌の運動の制御が可能となった。また、この運動は東京の中央-山の手線の JR ラインと類似しているため、代表者らはこの動きを中央-山の手ラインと呼ぶことにした。

NOC 上で菌体は、分子レールに沿って真っ直ぐファイバーを生産しながら走り、数百  $\mu\text{m}$  (マイクロメータ) 進んだ後、脱線してスパイラルを巻きながら運動と生産を中止した。NOC がない場合は、菌体はまさに自由運動を繰り返すのみであるので、この点においてはある程度分子レールにより、運動および生産制御が可能となったといえる。しかし、今後仮に材料としての利用を考えると、脱線したのちのスパイラル形成は構造欠陥につながるため、現状では十分といえない。そこで、NOC と同様の方法で配向させた NOC 類似の構造を持つフィルムの調製が必要であり、現在代表者を中心とする日本の 3 グループで共同して検討中である。また、培養条件のさらなる検討の必要性はいうまでもない。

研究成果公表等の状況<課題全体>

課題名（研究代表者）：生体高分子レールの上でセルロース生産菌を走らす低エネルギー型新材料形成システムの開発（近藤 哲男）

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	1 件	4 件	17 件	22 件
国外	3 件	0 件	19 件	22 件
合計	4 件	4 件	36 件	44 件

（注：既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと）

【特許出願等】 1 件 （国内 1件、国外 0件）

【受賞等】 1 件 （国内 1件、国外 0件）

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	合計
静岡大学大学院電子科学研究科 研究報告	0	1			1
Biomacromolecules	3.1	2			2
Polymer Bulletin	0.79	1		1	2
Reports on The Graduate School of Electronic Science and Technology, Shizuoka University	0			1	1
主要雑誌小計	7.78	4		2	6
発表論文合計					