

本田財団レポートNo.77

「生物の多様性と新しい微生物学」

日本海洋科学技術センター

Deep Star プロジェクトリーダー 掘 越 弘 毅

東洋大学工学部教授

■略歴

- 1956 東京大学農学部農芸化学科卒業
1958～60 米国パデュー大学、研究員(フルブライト交換留学生)
1963 東京大学大学院博士課程終了(農学博士)
1963 理化学研究所入所
1966～67 米国カリフォルニア大学デービス分校助教授
1974～93 理化学研究所主任研究員
1984～90 新技術開発事業団特殊環境微生物プロジェクト(スーパーバグプロジェクト)総括責任者
1988～93 東京工業大学教授(93年より東京大学工業大学名誉教授)
1990～ 日本海洋科学技術センター DeepStarプロジェクトリーダー
1993～ 東洋大学工学部教授

■主要受賞歴

- 1979 科学技術庁長官賞研究功績者「アルカリ性発酵法による β -サイクロデキストリンの製法に関する研究」
1982 大河内賞「アルカリ性醗酵法による有用酵素の開発とこれを用いるシクロデキストリン製造技術の確立」
1987 紫綬褒章「好アルカリ性微生物によるサイクロデキストリン製造技術の開発」
1989 日本農芸化学会賞鈴木賞「好アルカリ性微生物とアルカリ酵素の研究」
1991 英国国際バイオテクノロジー協会ゴールドメダル「極限微生物についての研究」及び Fellowship of International Institute of Biotechnology.

■主要著書

- 1983 「好アルカリ性微生物—その発見と応用—」 堀越弘毅、渡部一穂(海鳴社)
1987 「転換するバイオテクノロジー—DNAの読解から生命現象の解明へ—」 堀越弘毅、谷口維紹(三田出版会)
1991 「アルカリ環境下の微生物」(独 VCH社 英文)
1992 「酵素—科学と工学」 堀越弘毅、虎谷哲夫、北瓜智哉、青野力三(講談社サンエントイック)

■Personal History

- 1956 B.S., Dept. of Agricultural Chemistry, University of Tokyo.
1958～60 Research Assistant at Purdue University, Indiana, U.S.A.
1963 Ph. D., Dept. of Agricultural Chemistry, University of Tokyo.
1963～70 Kenkyuin (equivalent to assistant professor) at Riken Institute.
1966～67 Invited Associated Professor at California University, Davis, Calif., U.S.A.
1974～93 Professor of the Dept. of Applied Microbiology at Riken Institute.
1984～90 Director of the Superbugs project of ERATO.
1988～93 Professor of the Tokyo Institute of Technology, Dept. of Bio-Engineering.
1990～ Director of the DEEP STAR project at the Japan Marine Science Research Center.
1993～ Professor of the Toyo University, Dept. of Applied Chemistry.

■Awards

- 1979 Award of the Ministry of Science and Technology "Industrial production of cyclodextrins".
1982 Award of the Ohkouchi Memorial "Alkalophilic Microorganisms and new fermentation techniques".
1987 The Purple Ribbon Medal from the Japanese Emperor "Industrial application of alkalophilic microorganisms".
1989 Award of the Agricultural Chemical Society of Japan "Discovery and studies of alkalophiles".
1991 Gold Medal Lecture of The International Institute of Biotechnology at The Royal Society, London "Superbugs and Biotechnology Innovation".

■Publications

- 1983 "Alkalophilic Microorganisms" (In Japanese) Kaimeisha.
1987 "Innovation in Biotechnology" (In Japanese) Mita-Shuppan.
1991 "Microorganisms in Alkaline Environments" VCH Publisher
1992 "Enzymes for engineers" (In Japanese) Kodansha Scientific.

生物の多様性と新しい微生物学

1993年11月17日ホテルオークラにて行われた

第14回本田賞授与式に於ける記念講演



1993年度本田賞受賞者

日本海洋科学技術センター Deep Star プロジェクトリーダー

東洋大学工学部教授 堀越弘毅

この度は、国際的に権威ある本田賞を受賞する栄誉に浴し大変に名誉に思いますとともに、心から御礼申し上げます。そのうえ日本人として西沢潤一先生に続く二人目とうかがいこのうえない栄光と思う次第であります。

1990年の秋、私はロンドンの王立美術院に於てモネの有名な一連の絵画を見る機会に恵まれました。英国の著名な美術評論家のケネス・クラークは彼の有名な著書「文明と芸術について」の中で、モネは変わりゆく光の影響をどのように表現しようかと試みていると述べています。彼はルアンの大聖堂が時間と共にまた季節によってどの様に色を変えてゆくか克明に描写しております。これら対象物の色は、物理的環境、季節、時間、太陽の光などに大きく支配されていて、異なった環境下では同一対象物がいかに違った色を示すかを彼は明らかにしたのです。いったい絶対的な性質とは、どういうものなのでしょうか。微生物の世界においても環境に支配される不確定性、多様性があるのかも知れません。

微生物は我々の肉眼では見えないほど小さな生物で、黴、酵母、バクテリア、等ですが、その存在が明らかになったのはアントニー・ヴァン・レーヴェンフックが顕微鏡を発明したわずか300年昔の事であります。これらの微生物が地球上に誕生したのは35億年も前であることを考えるとついこの間と言うことになります。ルイ・パスツールが有名な肉汁を入れたスワン首フラスコの実験を行い、微生物は自然に発生するのではないと証明したのは1800年代の半ばごろの事でありました。また皆様をご承知の通りアレキサンダー・フレミングが、たまたま実験中に混入した青黴がバクテリアを殺すのを見つけ、そこから最初の抗生物質であるペニシリンの発見をしたのは1928年であります。そしてその結果私たちの平均寿命は飛躍的に延びることとなりました。ペニシリンの工業的生産は、工業微生物学はもちろんのこと遺伝学、生理学といった面で微生物学を大きく飛躍させまし

た。1977年、初めてウイルスSV40のDNAの配列がマクサムとギルバートによって決められました。約35億年の長い歴史を持った生命の暗号の解読も、わずかここ数十年ほどの間になされたといっても過言ではないと思います。

多くの生物学者は、生命は通常穏和な環境条件の中でのみ生育できると考えておりました。新しい微生物を探そうという場合には、穏和な環境からのみ探そうとした時代がありました。しかしながら自然はもっと多様であります。例えば酸性、アルカリ性、高温、低温、高圧、さらに高濃度の塩などの条件が数多く分布しております。これらの環境は一見生命が生きていくのにはあまりにも過酷すぎるように思われていました。しかしながら最近になって非常に多くの生命がこのような過酷な条件下でも見つかってきました。なかには穏和な条件では生命を保持することはできない物も居ることも分かってきました。例えば好熱性細菌、高い温度を好むバクテリアのことですが、これらは70℃～80℃の温度で生育し、20～40℃という私たちが快適と思う条件では生育しません。アルカリを好むバクテリア、好アルカリ性バクテリアはpH 7の条件では生育しないで10.5という条件で非常に良く生育します(表1)。このようにして考えますと、極限環境というものはあくまでも相対的であって絶対的ではありません。明らかに私たちは人間を中心に物事を考えていたのです。それゆえにわれわれは分離しようと思う生物を中心に物事を考えることが必要であると思うのです。

表1 極限環境の例

温 度	: 60<、 10>
pH	: 9<、 3>
塩濃度	: 15%< (NaCl)
その他	: 圧力、有機溶媒、放射線、乾燥など

1968年の晩秋、私はイタリアのフローレンスを訪れルネッサンスの建物を眺めておりました。ルネッサンスの建物は日本の建築とは明らかに違っております。室町時代の日本人はこのようなルネッサンスの文明というものをまったく想像することもできませんでした。その時ふと私の脳裏に閃いたものがありました。「微生物の世界にもきっとこの様にまったくわれわれの知らない世界、知らない文明というものがあるに違いない。きっとアルカリ側の条件下では違った微生物の一連の集団があるかも知れない。」酸性側での研究は、比較的行われておりました。たぶんそれは私たちの食べ物酸性であったせいでしょう。しかしながらアルカリ側での研究というものは、そのような食べ物が殆ど無いせいか、行われておりませんでした。科学は、芸術のようなものであって、ロマンと、直感の世界であります。大至急日本に帰り、私はアルカリ性の培地を調整し、それに理研の庭の少量の土を入れて37℃で一晩培養してみました。翌日驚いたことに、調整

した30本の試験官の中に数多くの微生物が元気に生育していました。新しいアルカリの世界がここに姿を表したわけです。この世界は、パスツールによって発見され、教科書に書かれている中性の世界とはまったく違ったものでありました。私はこれらの微生物を好アルカリ性微生物と名付け、組織的にこれらの微生物学的研究を行い始めました。同時に、これら好アルカリ性微生物の分子生物学的な研究はもとより酵素学的研究にも興味を向けました。その結果これらの微生物は、地球上に広く分布していて、従来報告されていたものとは違った性質を持ち、その上数多くの新しい酵素を生産していることが分かりました。これが好アルカリ性微生物との最初の出会いです。

この好アルカリ性微生物の研究を強力に推進しその範囲を広げる幸運に恵まれました。新技術事業団の5年間のプロジェクト、スーパーバグ・プロジェクトがスタートしました。1984年のことであります。そしてこのプロジェクトの代表者として極限条件下で生育している微生物のすべてを研究をし、新しいバイオテクノロジーを確立しようと私は考えました。当初この研究の名前は、特殊環境下における微生物の研究のためのプロジェクト、という非常に長たらしい名前だったものですから、私はこれをスーパーバグプロジェクトと改名しました。この呼び名は世界にも通用し、現在に至っております。これら5年間の研究も含め、非常に多くの科学的な発見がつぎつぎになされました。これらの結果について述べてみたいと思います。

1) 三角形をした微生物

我々は1985年に三角形をしたバクテリアを石川県の塩田から発見しました。誰もこの様な三角形をした微生物というものは想像もしておりませんでした。普通、微生物は球形またはソーセージ状をしていると考えられておりました。これをTR 1と名づけました。鞭毛を持って元気に動き回ります。細胞は三角形の頂点から反対側の辺に向けて分裂を開始し、約3時間から4時間かけて1個が2個になります。TR 1は、好塩性の古細菌に属する新しい種類のものでありました。分類学的研究から私たちはこのTR 1をハロアーキュラ・ジャポニカと名付けました。目下のところ私たちはこのTR 1の生産する食塩に対して安定な酵素や、なぜ三角形になるかについての研究を行っております(図1)。

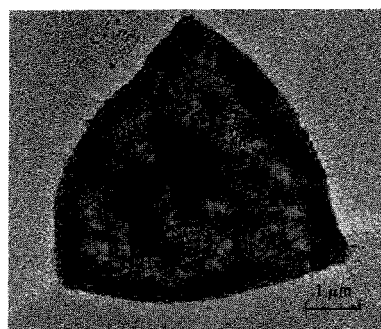


図1 オムスビ型微生物(好塩菌)
Haloarcula japonica

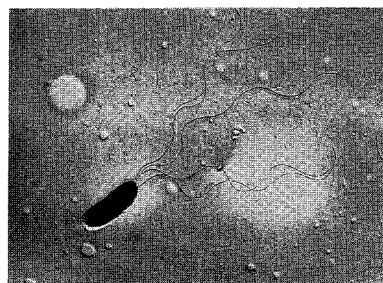


図2 トルエン耐性微生物
Strain IH2000 : Solvent-tolerant
microorganism

2) 溶媒耐性微生物

次に溶媒耐性微生物について述べたいと思います。化学合成などに使われている有機溶媒の一つであるトルエンは大変有毒であって、普通の微生物は僅か0.1%の存在で死滅してしまいます。ところがこの新しく見つけた微生物は50%以上の濃度のトルエン、キシレンなど微生物にとって極めて毒と思われるような有機溶媒の中で生育可能でありました。このバクテリアを分離するために調整した培地は、30%のトルエンを含んだもので、他の栄養源は普通の微生物とまったく同じのものであります。そしてこの中に各地の土を入れて37℃で一週間ほど培養します。世界中から約800ほどの土壌を集め、その中の一つがトルエンの中でよく生育する微生物を含んでいたのです。発見者の名前をとりIH-2000と名付けました(図2)。

研究を進めていく内にこの微生物はシュードモナス・プチダという微生物に非常によく似ていることが分かりました。ところが普通のシュードモナス・プチダは0.1%のトルエンの中で死滅してしまいます。IH-2000の溶媒耐性については、遺伝学的研究の結果、トルエンに対する耐性を与える遺伝子を分離することに成功しました。このDNA断片の性質は現在のところ全部は分かっておりませんが、溶媒耐性の遺伝子の発見としては最初であります。有機溶媒耐性は、学問的な研究の他に工業的にみた場合に大きな用途が考えられます。例えば、コレステロールをステロイドホルモンに微生物の力で変換させるときには大きな発酵タンクと大量の水を必要とします。なぜかというところステロイドホルモンの低い水溶性のせいでもあります。しかし、もし有機溶媒を用いるならばこの水に解けにくい化合物を効率よく有機溶媒に溶かして、その結果生物交換を速やかに行わせることができるようになります。私はこのような微生物を触媒の様に用いて、石油化学と発酵工業とを結び付けた新しい工業の誕生に向けて研究を進めたいと思っています。また最近になって、深海微生物の研究の過程で深海の泥の中から有機溶媒耐性で海の原油汚染を処理できる微生物が多数発見されました(図3)。

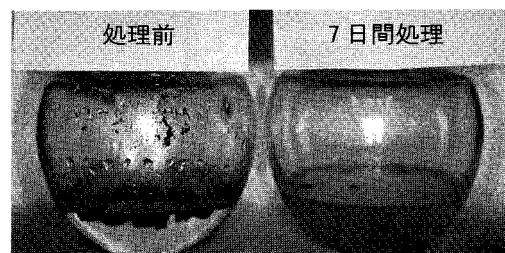


図3 油汚染の海水浄化(油を食べる微生物)

3) 好アルカリ性微生物

次に好アルカリ性微生物について述べてみたいと思います。最初に述べたように、私はpH10前後で生育する新しい微生物の世界を見出し、土の中から数千におよぶ好アルカリ性微生物を分離してきました。この好アルカリ性微生物を分離するためには培地のpHをアルカリ側に保つということが必要であります。普通1%の炭酸ソーダを、あるいは重炭酸ソーダを培地の中に加えることによって十分pHをアルカリ側にすることができます(表2)。まず最初に好アルカリ性微生物の遺伝子の利用について述べたいと思います。

表2 基本培地

	Horikoshi- I 培地 (g/l)	Horikoshi- II 培地 (g/l)
グルコース	10	
可溶性デンプン		10
ポリペプトン	5	5
酵母エキス*	5	5
K ₂ HPO ₄	1	1
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.2	0.2
NaCO ₃	10	10
寒天	20	20

*Difco社のものが望ましい

表3 好アルカリ性微生物によって作られる酵素

	作用最適 pH	安定性 pH	分子量 ×10 ⁴		作用最適 pH	安定性 pH	分子量 ×10 ⁴
アルカリプロテアーゼ				β-1,3-グルカナーゼ			
No. 221	11.5-12.0	4-11	3	No. K-12-5	5.5-9	6-8	4
No. 8-1	10.5-11.0	6-9	3				
No. D-6	10.5-11	4-12	2-3	No. 221	8.5	5-9	3.6
アルカリアミラーゼ				キシラナーゼ			
No. A-40-2	10.5	7-9	7	No. C-59-2	5.5-9	5-9	3.58
No. H167	10-11	6-11	6.0	No. 212	5.7	4-9	2.3
			7.3		6.8		3.7
			8.0		7.8		1.45
No. 17-1	4.5, 10	6-10	5-6	No. C-125	{ 6-7	5-11	1.6
No. 38-2	{ 4.5	6-10	8.8		{ 6-10	4-12	4.3
	{ 7.0	6-9	8.5	α-ガラクトシダーゼ			
	{ 8-9	—	8.5	No. 31-2	7.7	7.5-8.0	—
No. 313	8	6-8	6.4	β-ガラクトシターゼ			
アルカリペクチナーゼ				No. 31-2	6.5	5.5-9	18.5
No. P-4-N	10.0	5-9	6-7	ペニシリナーゼ			
アルカリブルナーゼ				No. 170	6-7	7-10	2-3
No. 202-1	9.0	6-10	9.2	マルトースデヒドロゲナーゼ			
アルカリセルナーゼ				No. 93-1	10.2	6-10	3.9
No. N-4	6-11	5-11	4-8		9.8	7-8	4.8
No. 212	6-8	5-11	5	グルコースデヒドロゲナーゼ			
No. 1139	9	5-11	9.2	No. 93-1	9.8	6-8	5.1
アルカリアルギナーゼ				ウリカーゼ			
No. M-2	9.0	8-10	4	No. H-3	9	10	10
アルカリカタラーゼ				ポリアミノキシダーゼ			
No. Ku-1	10.0	7-9	12.58	No. PO-1	4.0	3-6	6.4×2
アルカリ RNase					6.0		
No. 243	9.0	6-10	1.2	β-マンナナーゼ			
アルカリ DNase				No. AM001	{ 9.0	8-9	5.85
No. M-29	9.0	6-10	4		{ 9.0	8-9	5.95
制限酵素					{ 8.5	8-9	4.20
No. 170	7.5	—	—	β-マンノシダーゼ			
				No. AM001	6.0	6-8	9.4

A) 大腸菌からの分泌遺伝子の分離：遺伝子組換えによく用いられる大腸菌は三層からなる生体膜のためにまったく菌体外に生産物を分泌することがありません。通常500～1000の蛋白質が微生物の中にありますので、遺伝子組換えで作ったいわゆる特別注文の蛋白質を分離することは非常に難しいことであります。この問題を解決するために、われわれは大腸菌の一番外側の生体膜を変化させ、透過性を増大させて生産物を体の外に出す遺伝子を見つけました。この遺伝子は大腸菌に導入してやりますと注文生産された生産物は体の外へと分泌されます。この方法によって、数種の酵素、ヒトの成長ホルモン、ヒトのイムノグロブリンに関係しておりますFcタンパクなどを大腸菌から菌体外に作ることに成功しました。

つぎに酵素についで述べてみたいと思います。

B) アルカリ酵素の分離：好アルカリ性菌の研究の結果約35種以上にのぼるまったく新しい性質の酵素が発見されました(表3)。それらのいくつかは広く世界的に工業スケールで作られ、利用されております。

(a) まず最初に、サイクロデキストリン生成酵素について述べてみたいと思います。サイクロデキストリンは澱粉から作られる七つのグルコースがドーナツ状につながった分子です。そして中央の空洞に色々な化合物が取り込まれて分子カプセルになります。その結果揮発しやすい化合物が不揮発性になり、液体が粉になり、あるいは分解しやすいものが安定になります。このきわめてユニークな性質を持った化合物の大量生産は、過去においても何度かいろいろな人の手によって試みられましたがすべて失敗に終わりました。なぜかといいますと、サイクロデキストリンを作る酵素が熱にあまり丈夫ではなかったうえに、サイクロデキストリンの生成率が20から30%と低かったからです。また生成の際に収量を上げようと、トルエン、トリクロロエチレンなどのきわめて有毒な溶媒を用いて沈澱させて回収していたことなどがあります。われわれの好アルカリ性バクテリアのサイクロデキストリン合成酵素は一挙にこれらの問題を解決してしまいました。熱に強くしかも収率が高い、そのうえ有機溶媒を全く使用しないなどの技術革新の結果、サイクロデキストリンの大量生産を可能にしました。大量生産された結果、サイクロデキストリンの値段は1kg当り5万円から2千円へと下がりました(図4)。そして用途が一挙に広がってきました。医薬、食品、農薬、工業用原料等に用いられています(表4)。サイクロデキストリンの大量生産技術は利用技術のみならず、基礎研究の発展をも促しました。そして、最近では定

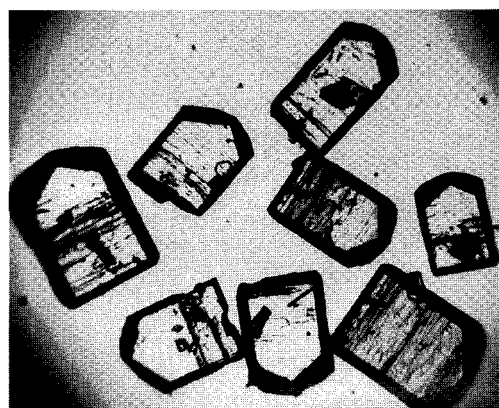


図4 サイクロデキストリンの結晶

表4 CD包接による製剤特性の向上例

目 的	薬 品
溶解性改善	プロスタグランジン、非ステロイド系消炎鎮痛剤、ジギタリス強心配糖体、ステロイドホルモン、抗生物質、ベンゾジアゼピン類、バルビツール酸誘導体、サルファ剤、経口血糖降下薬、抗癌薬、補酵素Q10、抗潰瘍薬
安定化	加水分解(アスピリン、強心配糖体、プロスタサイクリン、カルモフル、アトロピン、プロカイン) 酸化・熱分解(アルデヒド類、エピネフリン、硝酸イソソルビド、ニトログリセリン) 光分解(フェノチアジン系薬物、ユビキノン、脂溶性ビタミン、グアイアズレン、ニフェジピン) 脱水反応(プロスタグランジンE類)
油状・低融点物質の粉体化	脂溶性ビタミン(A、D、E、K)、クロフィブラート、ニトログリセリン、サリチル酸メチル、精油、ONO-802、ベンズアルデヒド、フェノール類、アルキルアルコール類
揮散性の防止	ヨウ素、サリチル酸、硝酸イソソルビド、メントール、チモール、ナフタレン、クロロブタノール
矯味、矯臭	抱水クロラル、プロスタグランジン、チアラミド、クロフィブラート、デキストロメトローファン、フェンブフェン、ピルプロフェン、フルルビプロフェン
局所刺激性の軽減	消化管粘膜(アスピリン、インドメタシン、フマル酸ベンジクラン、イブプロフェン、抗癌薬) 溶血阻止(フェノチアジン系薬物、イミプラミン、ベンジルアルコール) 筋組織障害(フェノチアジン系薬物、抗癌薬、抗生物質)

CDの食品への応用例

用 途	対 象 食 品
香料、香辛料、色素の安定化 (矯味、矯臭、消臭を含む)	ワサビ漬、練りワサビ、練りニンニク、各種ドリンク、米菓タレ、各種缶詰、レトルト食品、豆菓子、コーヒ、水、キャンデー、炊飯改良剤、ソーセージ、珍味、チーズ、ケーキ、各種色素、朝鮮人参、靈芝エキス、口臭除去(ガム、キャンデー、ドリンク)
乳 化	ドレッシング、ハム、ソーセージ、伊達巻、ケーキ、卵白、各種タレ
粉末化基剤	各種動植物エキス、酵母エキス、茶、スープ、果汁、野菜、調味料、コーヒ、蜂蜜、チーズ、キャンデー、醤油
その他	エタノール製剤、ローヤルゼリー、コンニャク、各種干物

期的に国際会議まで開かれるまでになりました。もちろん日本がこの分野では主導権を持っています。

(b) もう一つの新しい酵素の利用としてアルカリセルラーゼがあります。木綿などのセルロースを分解する酸性セルラーゼは非常に古くから知られていたのですが、pH10あるいはそれ以上高いところで作用するセルラーゼはまったく見つかっておりませんでした。約15年ほど前私たちはアルカリ側でカルボキシメチルセルロースのみを分解するアルカリセルラーゼを見つけました(図5)。この発見はアルカリセルラーゼの発見として世界で最初のものであります。この酵素の

用途が思わぬところから現れました。酵素洗剤への利用であります。木綿は下着によく使われておるのですが低温で洗濯してもきれいになりにくい欠点があります。ところが、アルカリセルラーゼをまぜて洗濯すると垢が落ち易くなるということが分かりました。そのうえ私たちのアルカリセルラーゼは木綿そのものをまったく痛めません。現在いくつかの家庭用洗剤にアルカリセルラーゼは使われており、マーケットの約60%を占めたともいわれています。私が知る限りにおきましては、これがセルラーゼの工業的応用として最初のものであろうと思います。しかもこのアルカリセルラーゼ入りの洗剤は、もし私がアルカリセルラーゼを発見しなかったならば、言い換えますと、好アルカリ性微生物を見つけなかったならばこれは出来なかったといっても差し支えないと思います。

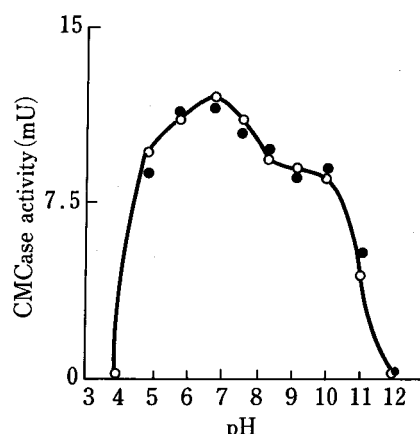


図5 セルラーゼ N-4 の pH-活性曲線

現在、新しいタイプの微生物学が、急速に進みつつあります。この新しい微生物学は人間中心の考え方ではなくて、あくまでも、目的とする微生物あるいは生命を中心として考える微生物学であります。通常土壌は 10^7 から 10^9 の微生物を含んでおります。最もこれは顕微鏡のもとでかぞえての話であります。この非常に多くの微生物のどのくらいを私たちは分離し生育させることが出来るのでしょうか。残念ながらわずかに1%から10%くらいしかわれわれは分離することができません。われわれは全部を知り得ないのです。この事だけを見ても私たちの知識はきわめて不完全であると考えてもよいのではないのでしょうか。われわれは極限微生物について少しずつ知識を広げてはいますが、まだまだ地球上には知られないでそのまま放置されている生命が数多くあります。これらの未知の生命をどのようにして死滅から守り、保存していくかが我々に課せられた使命であると思います。

1990年の10月、日本海洋科学技術センターに新しい15年計画の「DEEPSTAR プログラム」が発足いたしました。私達の極限微生物の研究が地球の表面に限ら

れていたのを、海の底にまで広げるチャンスがやってきたのです。同センターの持っている2隻の潜水艇「しんかい6500」(図6)、「しんかい2000」を用いて海の底からサンプルをとることができるようになりました。海の底に棲んでいる微生物は真の意味でスーパーバグとすることができます。なぜならば彼らは極限の条件を経験しているからです。低い温度、高い温度、高い圧力(図7)あるいは高濃度の無機物などはその例であります。その上、彼らのなかには太陽エネルギーをまったく経験していない生物もある可能性があります。太陽エネルギーから由来した食べ物を食べた事もないかも知れません。事実彼らの中には違った代謝機構を持っているものもいます。無機の硫黄、鉄などを利用しているものも居ます。非常に古い生命として地球の中で最も大きな冷蔵庫の中で冬眠をしている可能性があります。遺伝子工学、蛋白工学あるいは糖鎖工学などの新しい手段を用いてわれわれは進化の過程を研究してみたいと思っております。新しい生命体を発見することは新しい基礎科学を開発することになります。そして新しいバイオテクノロジーを作り出すことになります。

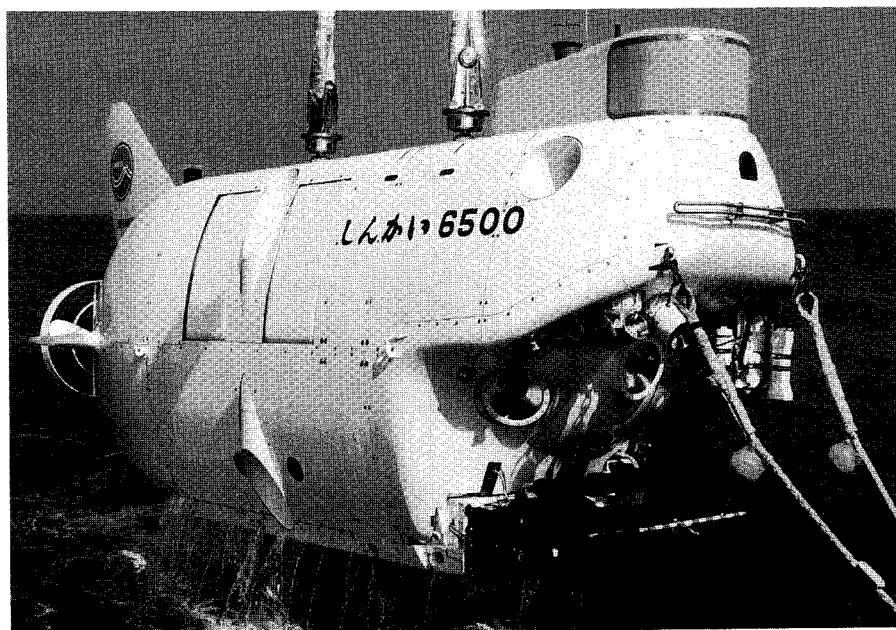
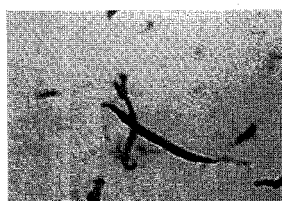
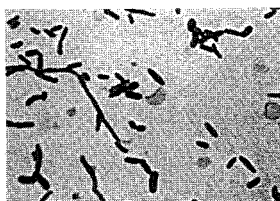


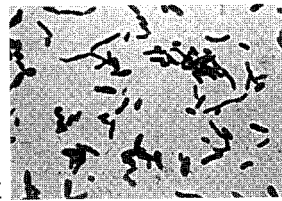
図6 しんかい6500



常圧



400気圧



600気圧

図7 圧力を好む細菌(好圧菌)

基礎科学というものは全ての人類にとっての共通語であります。私達は基礎科学という共通語を用いて自然とコミュニケーションし始めたばかりであります。科学は、一枚の白い紙のようなものであります。もしモネがこの紙の上に色をつけたとすると、その紙はたちまち変じて絵となります。ベートーベンが書けば紙は音楽となります。結論として、私は、微生物学者が微生物とコミュニケーションする方法を知れば、白い紙の上に新しいバイオテクノロジーを描き発展させるチャンスを手にすることができるだろうと思います。

なかなか日本の中で認められなかった極限微生物の研究でこのような権威ある本田賞を受賞することが出来たのは、本日御来席の方々を始めとして数多くの人々のおかげと感激いたしております。

本当に有難うございました。

御静聴を感謝いたします。

本田財団レポート

No.1	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ローマ1977」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭53.5	No.40	日本人と木の文化 千葉大学名誉教授・千葉工業大学教授 小原二郎	昭58.10
No.2	異文化間のコミュニケーションの問題をめぐって 東京大学教授 公文俊平	昭53.6	No.41	「人間と自然との新しい対話」 ブラッセル自由大学教授 イリヤ・プリゴジン	昭59.2
No.3	生産の時代から交流の時代へ 東京大学教授 木村尚三郎	昭53.8	No.42	「変化する日本社会」 大阪大学教授 山崎正和	昭59.3
No.4	語り言葉としての日本語 劇団四季主宰 浅利慶太	昭53.10	No.43	ベルギー「フランドル行政府産業使節団」講演会 No.44 「新しい情報秩序を求めて」 電気通信大学教授 小菅敏夫	昭59.7 昭59.7
No.5	コミュニケーション技術の未来 電気通信科学財団理事長 白根禮吉	昭54.3	No.45	「アラブの行動原理」 国立民族学博物館教授 片倉ともこ	昭59.10
No.6	「ディスカバリーズ国際シンポジウム パリ1978」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.4	No.46	「21世紀のエネルギーを考える」 イタリア国立エネルギー研究機関総裁 ウンベルト・コロンボ	昭60.1
No.7	科学は進歩するのかわ化するのか 東京大学助教授 村上陽一郎	昭54.4	No.47	「光のデザイン」 石井デザイン事務所 石井幹子	昭60.7
No.8	ヨーロッパから見た日本 NHK解説委員室主幹 山室英男	昭54.5	No.48	「21世紀技術社会の展望」 第43回日経ハイテクセミナー	昭61.1
No.9	最近の国際政治における問題について 京都大学教授 高坂正堯	昭54.6	No.49	「星をつぶす法」 文部省宇宙科学研究所所長 小田 稔	昭61.5
No.10	分散型システムについて 東京大学教授 石井威望	昭54.9	No.50	「ひまわりVA太陽光は人間の生活にどう役立つか」 慶応義塾大学教授 森 敬	昭61.5
No.11	「ディスカバリーズ国際シンポジウム スtockホルム1979」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.11	No.51	「エコ・テクノロジーの宇宙的観察」 コーネル大学天文学および宇宙科学教授 カール・セーガン	昭62.2
No.12	公共政策形成の問題点 埼玉大学教授 吉村 融	昭55.1	No.52	「人間はどこまで機械か」 東京大学教授 古川俊之	昭62.2
No.13	医学と工学の対話 東京大学教授 渥美和彦	昭55.1	No.53	「中国人とどのようにおつきあいすべきか」 東京外国語大学教授 中嶋嶺雄	昭62.2
No.14	心の問題と工学 東京工業大学教授 寺野寿郎	昭55.2	No.54	「舞台の奥のヨーロッパと日本」 演出家 寺崎裕則	昭62.5
No.15	最近の国際情勢から NHK解説委員室主幹 山室英男	昭55.4	No.55	「日米関係の現状と展望」 経団連特別顧問 大河原良雄	昭62.5
No.16	コミュニケーション技術とその技術の進歩 MIT大学教授 イシエル デ ソラ ブール	昭55.5	No.56	「私の半導体研究」 東北大学教授 西澤潤一	昭63.1
No.17	寿命 東京大学教授 吉川俊之	昭55.5	No.57	「生物学者の科学的責任」 コレージュ・ド・フランス名誉教授 ジャン・ドーセ	昭63.4
No.18	日本に対する肯定と否定 東京大学教授 辻村 明	昭55.7	No.58	「最近の宇宙論をめぐって」 上智大学教授 柳瀬陸男	昭63.3
No.19	自動車事故回避のノウハウ 成蹊大学教授 江守一郎	昭55.10	No.59	「科学・技術研究の国際的規模：その展望と考察」 ローマ大学教授 パオロ・マリア・ファゼラ	平1.7
No.20	'80年代—国際経済の課題 日本短波放送専務取締役 小島章伸	昭55.11	No.60	「温室効果による地球環境の変動と対策」 中央大学理工学部教授 安藤淳平	平1.9
No.21	技術と文化 IVA事務総長 グナー・ハンベリユース	昭55.12	No.61	「組織の進化論」—企業及び軍事組織における進化— 一橋大学商学部教授 野中郁次郎	平2.3
No.22	明治におけるエコ・テクノロジー 山本書店主 山本七平	昭56.5	No.62	「ファジー理論の誕生と進化」 カリフォルニア大学バークレー校教授 ロトフィ・アスカ・ザデー	平2.9
No.23	西ドイツから見た日本 電気通信大学教授 西尾幹二	昭56.6	No.63	「遷都問題について」 通産省工業技術院 国際研究協力課長 八幡和郎	平2.12
No.24	中国の現状と将来 東京外国語大学教授 中嶋嶺雄	昭56.9	No.64	「クリーンエネルギーとしての水素利用」 東海大学工学部 応用物理学教授 内田裕久	平2.12
No.25	アメリカ人から見た日本及び日本式ビジネス オハイオ州立大学教授 ブラッドレイ・リチャードソン	昭56.10	No.65	「地価インデックス債による土地問題の解決」 一橋大学経済学部教授 野口悠紀雄	平3.1
No.26	人々のニーズに効果的に応える技術 GE研究開発センターコンサルタント ハロルド チェスナット	昭57.1	No.66	「宇宙のひとかけら」としての人間の視座」 松下技研(株)主幹研究員 佐治晴夫	平3.4
No.27	ライフサイエンス (株)三菱化成生命科学研究所人間自然研究部長 中村桂子	昭57.3	No.67	「建築と自然」 シュツツガルト大学軽量建築研究所教授 フライ・オットー	平3.5
No.28	「錬金術 昔と今」 理化学研究所地球化学研究室 鳥 誠	昭57.4	No.68	「先端科学技術と経済成長」 東京大学 先端科学技術研究センター教授 竹内 啓	平3.7
No.29	「産業用ロボットに対する意見」 東京工業大学教授 森 政弘	昭57.7	No.69	「自然界におけるゆらぎ、フラクタルおよび秩序」 東京大学理学部教授 鈴木増雄	平3.9
No.30	「腕に技能をもった人材育成」 労働省職業訓練局海外技術協力室長 木全ミツ	昭57.7	No.70	「エコ・テクノロジーと飢饉の克服」 国際マングローブ生態系協会会長 M.S.スワミナタン	平4.4
No.31	「日本の研究開発」 総合研究開発機構(NIRA)理事長 下河辺 淳	昭57.10	No.71	「開放型の情報技術」 明治大学教授 西垣 通	平4.5
No.32	「自由経済下での技術者の役割」 ケンブリッジ大学名誉教授 ジョン F. コールズ	昭57.12	No.72	「地球環境問題と日本の役割」 三菱化成生命科学研究所室長 米本昌平	平4.9
No.33	「日本人と西洋人」 東京大学文学部教授 高階秀爾	昭58.1	No.73	「冷戦後の日米関係」 日本経済新聞社国際第一部長 小島 明	平4.10
No.34	「ディスカバリーズ国際シンポジウム コロンバスオハイオ1982」報告 電気通信大学教授 合田周平	昭58.2	No.74	「エネルギー技術の動向」 東京大学工学部教授 茅 陽一	平5.6
No.35	「エネルギーと環境」 横浜国立大学環境科学研究センター教授 田川博章	昭58.4	No.75	「シナジェティックス：自然と人類における 協同と自己組織化について」 シュツツガルト大学教授 ヘルマンハーケン	平5.6
No.36	「第3世代の建築」 (株)菊竹清訓建築設計事務所主宰 菊竹清訓	昭58.7	No.76	「見捨てられる東京」 東京大学工学部教授 月尾嘉男	平6.1
No.37	「日本における技術教育の実態と計画」 東京工業大学名誉教授 斎藤進六	昭58.8	No.77	「生物の多様性と新しい微生物学」 日本海洋科学技術センター Deep Star プロジェクトリーダー 東洋大学工学部教授 堀越弘毅	平6.3
No.38	「大規模時代の終り—産業社会の地殻変動」 専修大学経済学部教授 中村秀一郎	昭58.8			
No.39	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ロンドン1983」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭58.9			