



*In Laboratory Now*

研究室訪問

1

# 大涌谷温泉から生命の起源へ

——好熱菌の性質を探る——

## 大島研究室

### 生命理学科

細菌は私達の身の回りのどこにでもいる、とよく言われる。しかし、高熱のボイラーの中で繁殖する細菌がいる、ということが信じられるだろうか。大島研の研究している好熱菌は、ボイラーの中のような高熱の環境を好んで繁殖する細菌である。好熱菌は、細胞のつくりが普通の細菌とは大きく異なっている。その違いについて調べることで、生命の起源や生物の進化についてもいろいろなことがわかってきた。



大島泰郎教授



## 自分の好奇心に忠実に研究する、それがいつかは役立つ

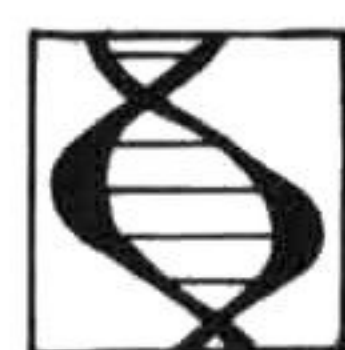
「役に立つとか、人のためとかいうことはあまり考えません。そういう意味では、僕は研究者としてクラシックなんです。研究の原動力は自分の好奇心です。確信を持って自分の好奇心に従って研究する、それでいいと思っているんです。基礎的な研究は、そのときは何の役にも立たないように見えても、いい研究な

らいつかは必ず役に立ちます。ですから、基礎研究やってる人は応用なんて考えなくていいと思ってるの。役に立つ部分が基礎研究の中にあつたら、応用の方の人が実用化してくれるでしょうし、その点は役割分担みたいなものです」

大島先生はそう語られた。

生化学のジェネラリスト、大島先

生の好奇心は、核酸、酵素、膜など細胞の全ての側面に及ぶ。生命理学科・大島研究室は、そういったすべての側面から、異常環境下の生物、特に好熱菌について研究している。



## NASAで出会った好熱菌

普通の細菌は、室温でよく繁殖するが、50℃～80℃になると死んでしまう。それには、タンパク質が50℃くらいで変性してしまうなどの原因がある。ところが細菌の中には、普

通とは逆に、50℃～100℃で繁殖し、室温では死んでしまうという奇妙なものもある。好熱菌とはそのような細菌の総称である。

大島先生が好熱菌と初めて出会わ



れたのは、先生が研究員としてNASAに滞在中のことである。当時NASAでは、地球以外の惑星に生物がいるかどうかを探るプロジェクト

を推進していた。その一環として、金星と似た環境のイエローストーン温泉に住む好熱菌の研究が行われていたのである。それを知った大島先

生は、帰国後、伊豆の大涌谷の温泉に住む細菌を採取して、好熱菌の研究を始められた。



## 高温も、好熱菌にとっては住みよい環境

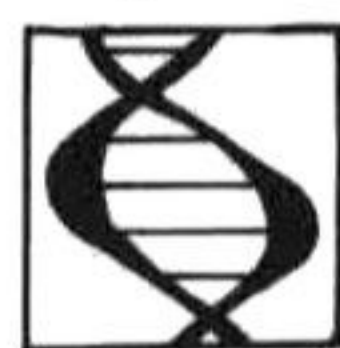
好熱菌に対する大きな関心は、当然ながら、「好熱菌はなぜ高温で生きられるのか」という疑問である。その答えを得るために、好熱菌の中のいろいろな成分を化学的に分析することが行われた。すると、あるグループの好熱菌は、様々な面で、普通の細菌とは著しく異なる仕組みを持っていることが明らかになってきた。

例えば、そのグループの好熱菌の持つ、酵素などの生体高分子は非常に安定である。高温に対してだけでなく、様々な化学的・物理的刺激、例えば攻撃的な試薬などに対してもかなり安定である。また、安定なば

かりでなく、高温下でもっとも効率よく作用するような構造になっている。

このように、好熱菌というのは、決して熱に耐えて生きているのではなく、好んで高温下に住んでいるのである。大島先生は次のように言われる。

「最初、よくこんな苛酷な環境で生きてるなあ、健気だなあ、と思ってたんです。でも、よく調べてみると、好熱菌にとってはちっとも苛酷じゃなく、いちばん居心地のいい温度なんです。あんなに小さな生物でも、自分に適した環境で積極的に生きてるんですね」



## 好熱菌は初期の生命の直系の子孫かもしれない

大島先生は、進化や生命の起源の問題などにも深い関心を寄せられている。

「個々の生物は、限定された時間と空間の中に存在しているんです。時間軸に沿っては、個々の種は進化でつながっています。種の間を関係を理解することによって、個々の種についても、より深い理解が得られるんです」

実は好熱菌の研究は、進化や生命の起源の研究とも深いつながりがある。一つのつながりは、好熱菌の中に古細菌という、おそらく古いタイプの細菌のグループに属しているものがあることだ。

さきに述べた、あるグループの好熱菌以外にも、異常環境下の細菌には、普通の細菌と著しく仕組みの異なっているものが多い。例えば、高い塩分濃度を好む好塩菌、低pHを好

む好酸菌、メタンを発生するメタン菌などである。さらに、これら変わり種のなかにもかなり共通点があることが最近わかってきた。つまり、生体高分子の構造などに、これら変わり種特有のものがあるのである。

従来、生物は細胞レベルでは、核を持つものと持たないものに二分されると言われてきた。細菌は無核のほうにはいる。しかし、細菌の中の変り種の存在が明らかになると、これを無核のグループから独立させて分類し、第三のグループとすべきだと主張されるようになり、そのグループが古細菌と名付けられたのである。その第三のグループは、無核の細菌でありながら、ある部分では有核の細胞に似た性質を持っている。

その名の通り、古細菌は他の2つのグループよりも古いグループだと



予想されている。3つのグループの進化的なつながりはまだ明らかではないが、古細菌はもしかすると最初の生物の直系の子孫かもしれない。生命が誕生したころの環境が、高熱だったり、低pHだったり、(人間

にとっては) 苛酷なものだったというのはいかにもありそうなことである。もしその通りなら、好熱菌を調べることで、生命の起源や初期の生物の特徴についての手掛かりを得られるかもしれない。



## 古細菌に寄生した別の細菌が

## ミトコンドリアになった？

また一方に、古細菌は高等生物の直接の祖先であるという考え方があ

る。普通の細菌の細胞膜にはpH勾配を利用してATPを合成する酵素がある。しかし、高等生物の細胞の細胞膜にある酵素はそれとは異なっている。細菌の細胞膜にある酵素と似ているのは、むしろ、高等生物の細胞のミトコンドリアの表面にあるATP合成酵素である。

ミトコンドリアとは細胞の中にある器官の一つである。大きさは細菌と同じくらいで、この中で内呼吸が行われている。ミトコンドリアや葉緑体などの細胞内器官の起源に関しては、細胞共生説という説がある。これは、これらの器官の起源は別の細菌だという説である。つまり大きな細胞の中に、光合成をする細菌や呼吸をする細菌がはまりこみ、共生関係を続けるうちに、一つの細胞として分離できなくなってしまったというわけである。

この説は現在かなり広い支持を集めている。実際、ミトコンドリアにある核酸は、細胞核にある核酸とは

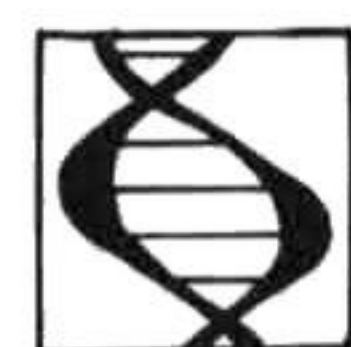
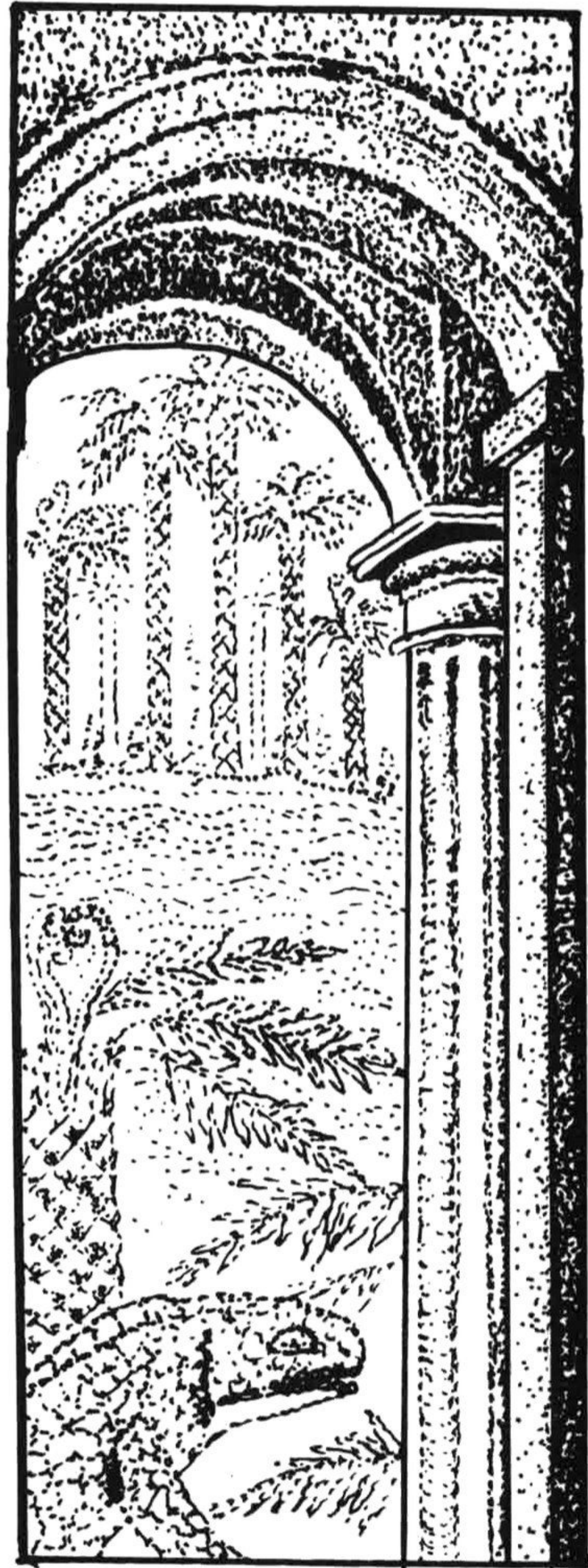
別の遺伝暗号を用いているなど、傍証は多い。

細胞共生説の立場に立てば、ミトコンドリアの表面の酵素と細菌の細胞膜の酵素が似ているのは、細菌が共生してミトコンドリアになったと考えれば、うまく説明できる。

細胞共生説に関して、一つ問題なのは、細菌の寄生した相手の宿主はどのような細胞だったのか、ということである。それが普通の細菌だったとは考えられない。なぜなら、現在の高等生物の細胞において、細胞膜の酵素とミトコンドリアの酵素とは異なっている。したがって、この2つが同じ起源とは考えにくいのである。

この問題は、古細菌が共生の宿主だった、と考えれば解決する。なぜなら、古細菌の細胞の細胞膜の酵素は、普通の細菌のものとは大きく異なっているからである。

この考察は、細胞共生説の一つの傍証であるとともに、古細菌が高等生物の細胞の祖先であるという、古細菌の進化的位置についての一つの考え方を与えている。



## 進化の研究には、単純な細菌が適している

一方、好熱菌のなかには、古細菌に属さない、普通の細菌と比較的共通点が多いものがある。それらは、普通の細菌が高温の環境に適応して生じたと思われる。そのようなものは、進化の機構を考えるための実験

材料に適している。

高温に適応するというのは、猿から人間へ、などというものに比べれば、ほんの小さな進化でしかない。しかしそれだけに問題が単純で、分析がしやすいとも言える。猿から人

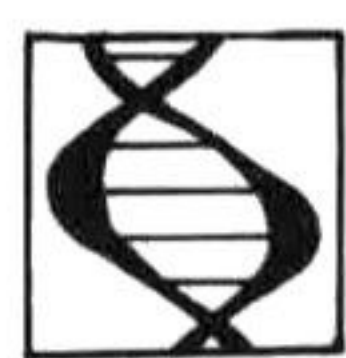


間への進化では数えきれないほどの形質について考えなくてはならないが、好熱菌の場合には耐熱性だけを考えればよい。それに、細菌はライフサイクルが短いから、進化の過程を観察できるかもしれない。実際大島研でもそういう研究が行われている。大島先生も次の様に言われる。

「メンデルが遺伝の法則を発見できたのは、一つの形質だけに着目したからです。進化もそれと同じ。好熱菌というのは、熱だけが問題だから、解析しやすく、法則がみつやすいわけ」

「現在の流行は高等動植物の研究で、細菌の研究は社会や時代の流れ

に反しているかもしれません。高等動植物の研究は社会的な要求は強いけれど、進化という学問領域から見ると必ずしも重大な意味があるとは思いません。僕は単純なものについての研究ほど重要だという信念があるんです」



## バイオテクノロジーの行き着く先は遺伝子の合成

大島先生は、次の世紀の人間の社会は、バイオテクノロジーの進歩なくしては成立しえないだろうと言われる。

バイオテクノロジーには従来の化学工業のプロセスにない利点がある。

現在の工業的な化学合成は、反応速度をあげるために高温・高圧にして、それでも足りずに、Hg やCdのような、外の環境にもれると汚染を引き起こしかねない触媒を使っている。それでいて、収率は悪く、不要な副生物もたくさん生じる。

ところが生物の中では、常温で圧力もかけず、しかも有毒な重金属触媒も使わずに反応が起きている。そのような生物の中の反応を利用すれば、無駄な設備やエネルギーの要らない、そして収率が良く省資源で、しかも無公害の工業ができるのであ

る。物質的に限られた環境にある人間社会には、今後、このような工業しか許されないだろう。

しかし先生は、生物の反応をそのまま使うのが最終的な解決ではないと言われる。

「高分子工業では、初めは天然のものをまねて人造繊維を作っていたけれど、そのうち人間の知識でより良いものにしようと天然の物を改良して発達していったでしょ。バイオでも、天然のまま利用するのではなく、それをヒントにして人間が新しいものを設計していかなくてはいけないと思うんです。将来は自然の生物をヒントに、必要な性質を持った人工遺伝子を人間が作るようになります。ただ、今は遺伝子設計の能力がないだけです。次の世紀には人間が生物の部品を改良するようになるでしょうね」



## バイオテクノロジーは危険でない

### —技術を使えることと使うことを区別しているから—

では大島先生は、バイオテクノロジーの無制限な発達に危険だという意見をどのようにお考えなのだろうか。

「バイオテクノロジーが発展して悪用されるか、という疑問については、人間を信頼しているから心配していません。世界では既に、使える技術として手に持っているということと、それを実際に使うということ

は切り離してしまっているんです。原子力だって、今なら開発途上国でも原爆を作る能力があるんです。ところが、科学技術とは違うレベルでのコントロールで作らせてないんです。オーストラリアで最近、建設途中の原発を使用しないと決定しましたが、その決定が正しいかどうかはわかりませんが、技術があるということとそれを使うということ



を区別するのはいいことです。そのようなやりかたが定着してきているので、バイオについても心配ないですよ。研究者各人が生命倫理の問題に対する興味を失わなければ大丈夫ですし、僕は研究者が生命倫理の問題をないがしろにすることはないと思っています。

「世間の人々はよく、SFまがいの人類を滅ぼすようなバクテリアが出現するのではないかと騒いでいるようですが、そんなバクテリアは簡単にはできっこないですよ。一つのバクテリアに対して人間が手を加

えられるのは、まだ東京－大阪間の新幹線に余分のレールを80mつなぐ程度のことでしかないんですよ。そういう危険に気を付けることは大切ですが、そのことによって別の大事なことが忘れられてはいけないと思うんです。例えば一つには、軍事目的の使用を認めてしまわないように監視することとか、他の科学技術、例えば原子力なんかは最初から軍事目的で発達してきたけれども、バイオだけは軍事と全く関係ないところから出てきたんです。その他、今までの生命観に対して、バイオテクノ

ロジーの発達の与える影響についても社会全体で考えていかなければいけません。

「これからの時代はバイオなくしてはありえないでしょうから、おかしな生物ができないかという心配だけでなく、他の問題に対しても注意を怠らないことが必要です。けれども僕は、バイオに関しては、原子力の時のような大きな間違いは起こらないだろうし、そしてバイオが次の世紀を明るくするだろうと確信しています」



## 今こそ地球の現状を把握しなければならない

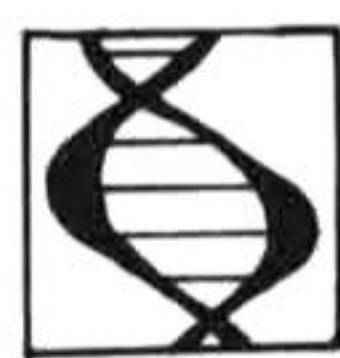
また先生は、特にこれからは、地球と生物の関係について総合的に研究することが必要だと強調される。

「今ある地球の大気中の酸素は生物によって作られたんです。地球は生物無しで今の姿はないであろうし、生物も地球なしでは生きられないんです。ですから、これからは、環境を考えなければ人間社会は成立していかないでしょう。これは非常に大切ですが非常に難しいことで、例えばCO<sub>2</sub>が増加しすぎると危険だと

言われるけれど、誰も今の自分の生活を貧弱にしてまで工場を止めようとはしないですからね。

「今度、『グローバルチェンジ』という国際的な学術研究が提案されました。これは、生物の様子などもふくめ地球の現状を把握し、22世紀の地球の姿を予測しようというものです。こういう提案というのは、ある特定の分野の発達だけでなく、例えば地球の現状を観測するのに人工衛星が利用できるようになったこと

とか、膨大なデータを処理できるようなスーパーコンピュータができたことなど、様々な科学技術の発展により可能となってきたのです。環境を守るために、総合的な自然科学によって地球の現状を知ることが必要なんです」



## 遺伝暗号が初めて解かれた時の感激

### そんな感激を学生にも伝えたい

大島先生は、ご自分の研究生活を振り返って次のように語られた。

「僕は本当に幸福な時期に生きてきたと思うんですよ。例えば、僕が院生の時に遺伝暗号が解け始めたこと。僕らは、研究者として一生終わるまでの間には遺伝暗号は解けないかもしれないと思ってた。それが解け始めた。ウラシルが3つ並んだらフェニルアラニンを意味するってニュースを、アメリカの大学に留学し

てた人が、正式発表の前に聞きつけて航空便で送ってきたの。その手紙を研究室の皆で回し読みした時の感動は忘れられないですよ。他にも、学生の時に筋肉の収縮が化学的に説明できることを知ったこととか、マリナーが撮った最初の火星の写真をNASAで受信・合成するのに立ち会ったこととか…。僕は、そういう研究の感激の十分の一でも今の学生に伝えたいと思ってるんですよ」