

微生物を用いた環境問題の解消

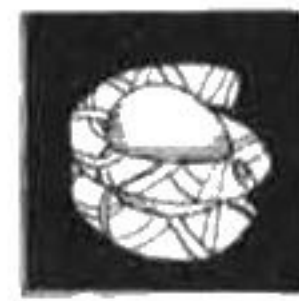
——海野研究室～生物工学科——



海野 肇教授

——生物が持っているさまざまな機能を使って物を生産する——，東工大の生物工学科では主にこのような事を研究しているが，その中でエンジニアリングを対象としているのが生物化学工学である。先生は生物

化学工学において物を生産するプロセスを研究し，更にそこから生じる環境問題，即ち生産する際に生じる廃棄物の処理に関する問題にも目を向けておられる。今回はこの研究についてお話を詳しく伺ってみた。



癌細胞の生命力を逆利用する

生物の働きを利用しようとする場合生物そのものを使う方法と生物の持つ機能を真似た物を使う方法の2種類が考えられる。いずれにせよ生産のプロセスはアップストリーム，プロダクションプロセス，ダウンストリームプロセッシングと言う3つの段階から構成されている。アップストリームは目的の物を作るときにどのような機能を持った生物を利用すれば良いかを決定する段階である。プロダクションプロセスはバイオリアクターとも言い，これは目的の物を生産するための場を設定する段階である。そしてダウンストリームプロセッシングは今までの段階で出来た物を分離して精製する段階である。先生はこの中で2，3番目の段階を研究しておられる。

バイオリアクターにおいては現在のところ動物細胞が研究対象となっている。リアクターとは生物を培養するための桶であるが，生体から取り出した動物細胞をリアクターで培養してもある程度の期間を過ぎると皆死んでしまう。この事実はリアクターの条件をかなり良くしても変わらない。理由は，一般に細胞には寿

命が存在し，何世代か分裂するとその時点で全て死んでしまうからとされているが，何故そうなるのかについてはまだわからない所が多い。しかし中には何世代分裂しても死なない細胞がある。代表的な例として癌細胞があげられるが，これは生命力の強さ故に周りとの協調関係を壊してまで増え続けていく。だがこの性質を逆に利用して，必要とされる機能を持った細胞に癌細胞の生命力を加えると，必要な機能を長期に渡って作ってくれる便利な細胞が出来るのである。

実際に細胞を培養する際には寿命以外にも問題は起こる。いくら条件が良くても，栄養を与え，酸素を供給し，全体を均一にする過程の中でこの混ぜる操作は微生物や植物細胞のような細胞膜を持っていない動物細胞にとっては厳しいのである。外力に対し非常に弱い動物細胞を育てるためには，なるべく静かな状態で栄養が全体に行き渡るようなリアクターを作らなければならない。しかしこの相反する条件をうまく調整する事によって必要とされる物がもっとも多く得られる条件（最適条件）

を作り出す事が出来る。従って実際上はリアクターの構造を良くする事が課題となっている。

ダウンストリームプロセッシングにおいては精製物を効果的に利用するための分離、生成を行う。例として大腸菌をあげてみよう。多くの場合、

大腸菌を遺伝子操作してタンパク質などの有用な物質を生成させる。しかし生成物は細胞の中にあり、自分では細胞膜を通して外に出す事が出来ないため、膜を破って生成物を取り出し、更に不要物を捨てる必要がある。ここは非常に難しいところで、

例えば生成物が壁に付着している状態では壁から剥して分離しなければならないなどいろいろな問題が生じる。しかし純度の高い生成物を得るため、ここは避けて通れない場所なのである。



空中落下菌による廃水処理の効率アップ

「バイオ産業に限らないのですが、いろいろな物が環境に出てきた場合、我々は物を環境に受け入れられるような状態で生産し処理しなければならないのです。そこで微生物の働きを積極的に利用していこうというわけです。」このような考えから、先生はバイオプロセスの一環として環境とのインターフェイスに関する研究も行っておられる。

我々が生活していく上で生じる家庭排水や工場排水は、人工的な下水処理上などにより自然環境でも充分処理出来る程度にまで浄化した後に流し出されなければならない。この処理プロセスの中では様々な微生物が働いており、ここで使われる微生物の集団は空中落下菌と呼ばれている。我々のいる空気中には一見何もないようだが、実はとても多くの微生物が存在している。これが空中落下菌であり、十分な栄養と酸素さえあれば水中でも陸上でもどんどん落ちてきて繁殖を始める。水中のほうでは1つずつ浮遊する種類と石や草など周囲の物にくっつく種類がある。後者に注目すると、流れの速い場所と遅い場所とでは微生物の種類が

なり違っている。具体的には、川の流れが急なところには川のはしの水が淀んでいる所より強い微生物がいる、と言う事である。この現象はどの世界でも共通で、厳しい状況を切り抜けてきた生物には強い者が多いのである。これを示した実験の結果が図1である。横軸のLは生物膜の平均の厚さ、縦軸のRは酸素消費速度、Uは液流速である。図を見ると、Uの大きな方がRの最大値も大きい、つまり活性も高い事がわかる。また、Lを増やせば（生物を多くすれば）良いと言うわけではない。これより流れが速いほど、活性の高く強い膜が形成される事が言える。結論とし

ては、廃水処理における生物膜操作では流れを速くする事が出来れば廃水処理の効率を良くする事が出来るのである。

また、空中落下菌は非常に多くの種類が1つの生態系を構成している。生態系は全種類が影響を及ぼし合っているの、どこか1ヶ所を変えるとどのように再構成されるかは予測が難しい。従って生態系を操作するのは困難だが、まず生態系を2つに分け、互いに及ぼす影響を考え、この方法を繰り返していくとある程度予測する事は可能となる。先生はこのような生態系を積極的に利用する事を目指しておられる。

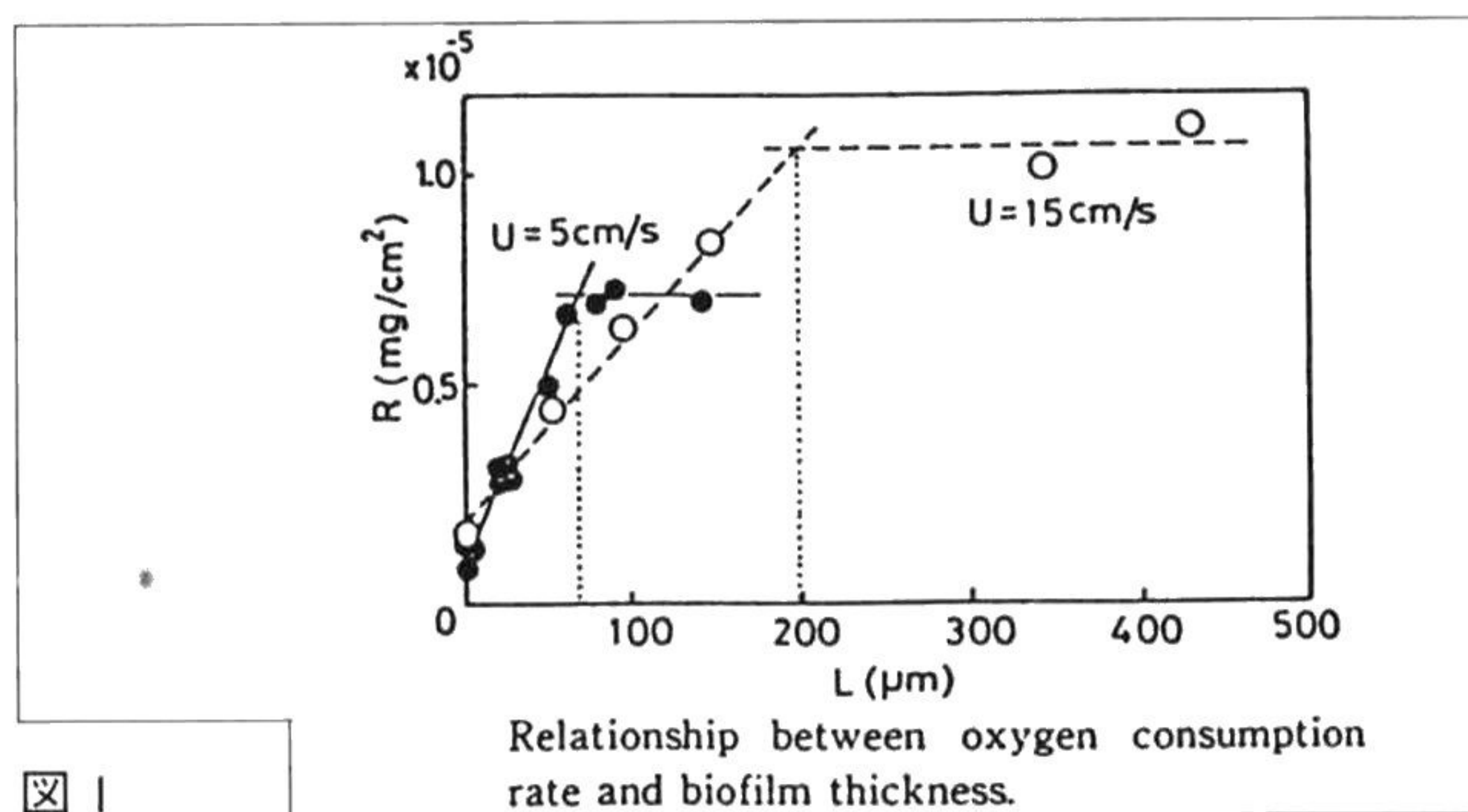


図1

先生は学外活動として宇宙空間の構成に関する研究にも関与しておられる。宇宙開発に携わる人々、そして将来宇宙に住むであろう人々の生活空間を作るためであるが、これはまさに生態系の構成である。このよ

うに自らの考えを発展させ、積極的に活動していく姿勢には大いに学ぶべき所がある。

先生の今後の活躍に期待します。

(山極)