

# 生命を持つ燃料電池、太陽電池

生き物を使った電池がある。それは自然界の使っていないエネルギーを有効に取り出そうというものだ。このような発想のもと、橋本先生は全く新たなエネルギー変換システムを作ろうとしている。

## ☆ 生きているということを利用する

20世紀の研究は自然界が本来持っている平衡(安定状態)を制御することで便利な機能を実現しようというアプローチでなされてきたとみることが出来ます。このように自然から離れる方向性を持っていた20世紀型の研究とは逆に、自然に近づくアプローチを取りたいと私は考えました。そこで自然界でのエネルギー獲得システムである光合成の本質とは何かと考えた時、やはり「生きている」ことだという考えに至りました。この「生きている」に関する学問、例えば分子生物学のような学問は、ここ10年で著しい発展があったのです。こういう学問をエネルギー問題にも積極的に取り入れて行くアプローチが面白いのではないかと思い、行き着いたのが生き物をそのまま使って新しいエネルギー変換プ

## ☆ 口セスを作ろうという発想でした。

## ☆ 微生物発電の原理

微生物発電の原理を説明する前に、生き物がどのように食べ物からエネルギーを取り出しているかを説明しましょう。生き物は食べ物の持つ電子の化学エネルギーを使って体内でエネルギーを作っています。その変換にエネルギーを要するため、電子の化学エネルギーがかなり低くなった状態で電子を酸素にわたしています。生き物が生きるためには、電子の授受が必要なのです。一方で、自然界には酸素が無くても生きられる微生物(嫌気性菌)がいます。嫌気性菌も食べ物の持つ電子からエネルギーを作り出す点は同様ですが、これらの菌は電子の化学エネルギーを使い切らずに二酸化炭素に電子を渡して生きています。つまり、

## ☆ 生き物から作る太陽電池

化学エネルギーのまだ余っている電子が外に捨てられているわけです。この余ったエネルギーを電気として取りだそうというのが基本的な考え方です(図1)。具体的にどうやって発電するかというと、嫌気性菌がはき出した化学エネルギーの余った電子を、二酸化炭素ではなく電極に渡せばいい。どうして電極にわたるのでしょうか。そういうことが出来る微生物が自然界にはいるのです。こういう特別な微生物(電流発生菌)をセルに入れて培養すれば電池ができるわけです。そのためには、田んぼから土を持ってきてセルに入れるだけで十分です。土のなかにはいろいろな微生物がいますが、こういう条件で生きられるものだけが残るからです。何も手を加えずとも電池が自分で育つわけです。

ほかに生き物を利用したエネルギー変換システムに特有の面白い現象があります。それが田んぼ発電の例です。田んぼの土をセルに入れて電池ができるなら、田んぼに電極を直接差し込んでも同じようにエネルギーが取り出せるだろうと考え、始めたのが田んぼ発電です。仕組みは先ほどと同じです。しかし実験してみると、不思議なことに日中だけ発電するのです。燃料電池のはずが太陽電池のようなふるまいをしています。この現象を詳しく調べた結果、次のことがわかりました。稲は日中に光合成を行い有機物を合成していますが、同時に根から不要な有機物を放出していたのです。田んぼの中にはそれを食べる電流発生菌がたくさんいるので、日中だけ電気が作られていたわけです。稲と微生物が共生しているのですね。しかも、稲はいらない有機物のみを放出しているから、収穫量に変化はありませんでした。自然が使っていないエネルギーをうまく取り

## ☆ 生き物を使う強み

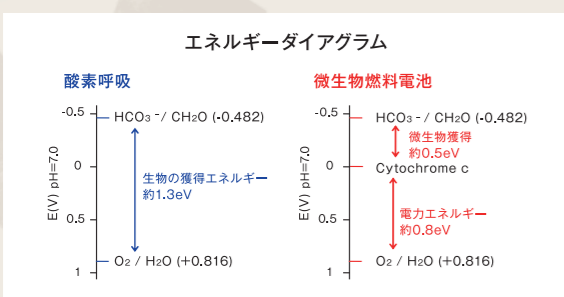
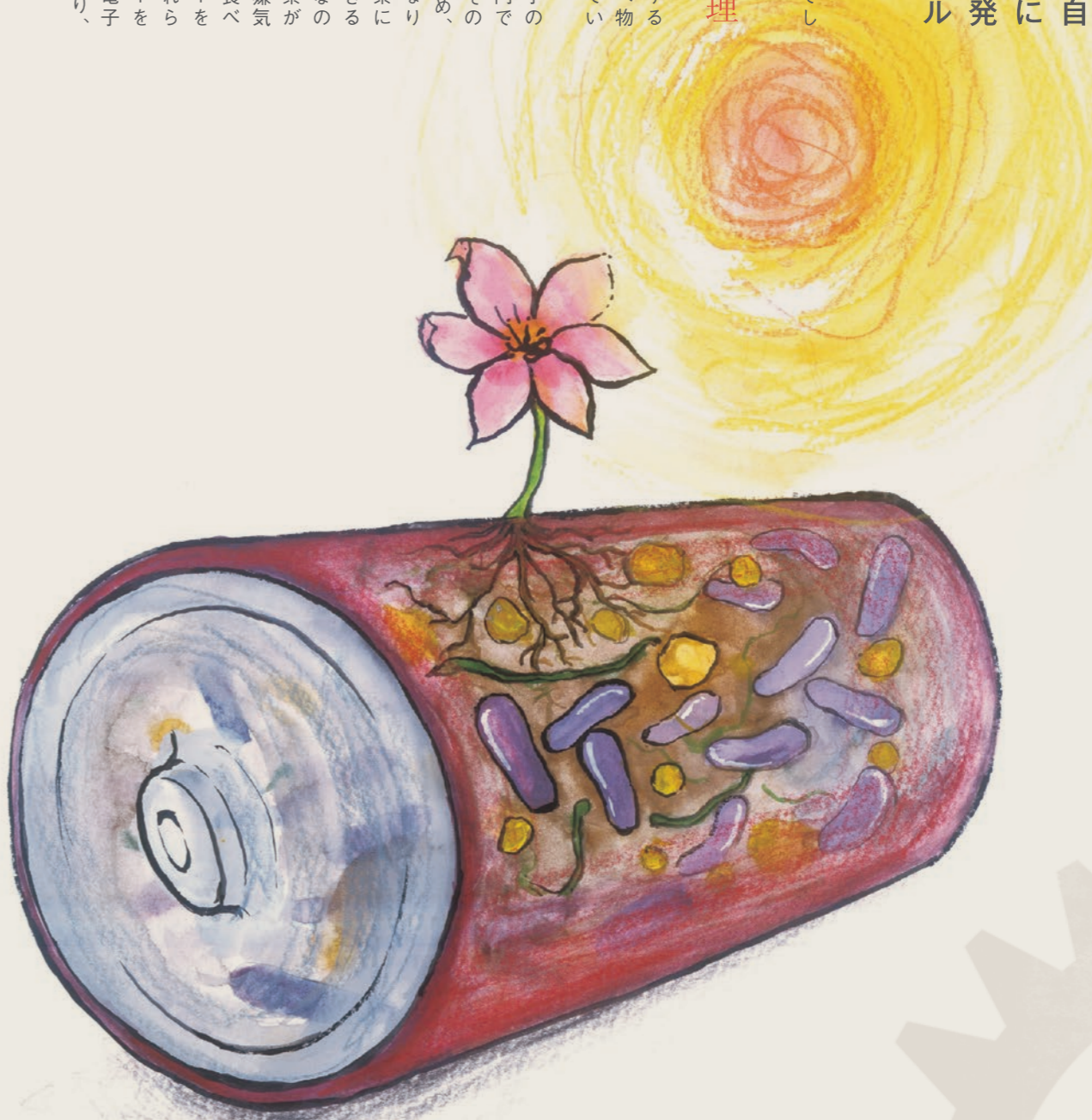
微生物燃料電池は通常の燃料電池に比べて出力がかなり小さいのが実情です。だから、微生物燃料電池が車に積まれるような燃料電池になることは決してありません。私たちは高密度のエネルギーではなくて、使われていない薄いエネルギーを自然界から広く取るうとしているわけです。

従来型の燃料電池の研究というのは水素やメタノールといった化石燃料を原料とした化学物質から、電子(エネルギー)をいかに取り出すかということが進化してきました。それに対し微生物燃料電池の方は不要な物質でさえもエネルギー源として使うことができます。また、ある食べ物を好む微生物がいれば、違うものを好む微生物もいます。そのため、いろいろな微生物を組み合わせて使えば、さまざまな物質がエネルギー源として使えるのです。つまり微生物燃料電池というのは、自然界で必要なさまざまなものを燃料にエネルギーを取り出すことができるという可能性を持つているわけです。

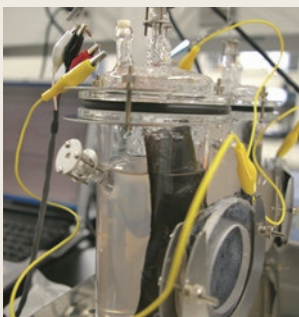
## ☆ いいことづくしの下水処理

今、微生物燃料電池を下水処理場でお使いというプロジェクトも進めています。現状の下水処理においては、好気性の微生物に有機物を食べさせることにより処理が行われています。そのため酸素を送り込まないといけないのですが、このプロセスに大きな電気エネルギーが必要なんです。一方、微生物燃料電池を使えば、下水に入っている廃棄物は微生物の燃料として処理され、電気が得られます。しかも嫌気性ですから酸素を送り込むエネルギーが不要になります。また、微生物は生きるのに最低限のエネルギーしか得ていませんから、活発な繁殖は起きず、微生物の死骸が主成分である汚泥も削減されるため、省エネ型の下

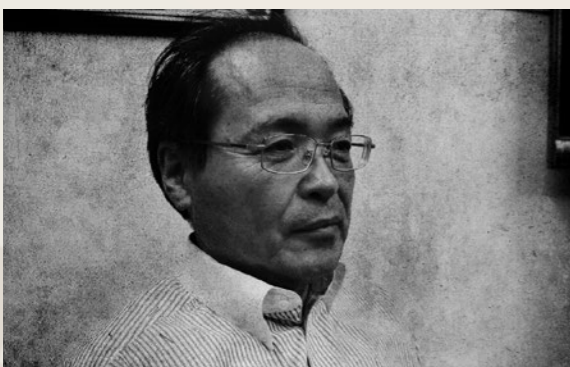
水処理が実現できます。これは現在の研究成果の延長で実用化が可能と考えています。4年以内をめどをたてて、10年以内に実用化することを目指しています。



(図1) 酸素呼吸をする生物と嫌気性菌の獲得エネルギーの違い。菌が使わない部分を電気のエネルギーとして取り出す



微生物燃料電池、実際の様子



## 教授 橋本 和仁

- 【所属】工学系研究科応用化学専攻/先端学際工学専攻
- 1978年 東京大学理学部化学科卒業
- 1980年 東京大学大学院理学系研究科化学専攻修士課程修了
- 同年 分子科学研究所技官
- 1984年 同助手
- 1989年 東京大学工学部講師
- 1991年 同助教
- 1997年 東京大学大学院工学系研究科教授
- 同年 東京大学先端科学技術研究センター教授
- 2004年 同センター所長 (~2007年3月)