

# バイオテクノロジー・バイオシステムを利用した地球温暖化の緩和と適応対策

Utilizing biotechnology and bio-system as global warming mitigation and adaptation measures.

We are engaged in Biotechnical Eco-management research for mitigation of Green House Gases (GHGs). GHGs occur as final products and by-products in resource circulation. So, an efficiency improvement and controllability improvement in the process of resources (such as biomass) conversion by electrical cultivation of microorganisms contribute to the reduction of GHGs emission. We have investigated the effect of growth promotion of microorganism and enhancement of material production, by applying electrical cultivation method. Furthermore, electrons from the biomass can be recovered and lead to the production of H<sub>2</sub> through nitrate respiration and oxidation of nitrite. These results showed the possibility of electrochemical cultivation for the production of useful materials from biological waste and energy recovery, as an efficient materials transformation technology development utilizing biological functions.

バイオエコマネジメント学分野では、温室効果ガス（Green House Gases:GHGs）の地球上における循環制御や地球温暖化の緩和に有効なバイオテクノロジーやバイオシステムの研究開発を行い、さらに、地球温暖化へ適応する方策について提言を行っている。

地球上の資源循環の中でGHGsは、最終生成物や副産物として発生する。このため、電気を用いた微生物培養・制御技術を、バイオマス資源や化石資源を利用するプロセスに適用し、“効率化（省エネ・省資源）”と“制御性（不要反応抑制）”の向上を達成することにより、資源循環におけるGHGs低減が可能となる。

2009年度までに、微生物の培養時の生育を電気により促進する（電気培養）効果を見出し、その効果を応用した培養装置の実用化などを行い、また、環境浄化に役立つ特殊な微生物の取得にも成功した。一方で、資源循環におけるGHGs削減の為に、高効率な物質変換技術が必要である。そこで2010年度では、生物機能を活用した効率的な物質変換技術開発の一環として、電気培養を生物系廃棄物からの有用物質生産やエネルギー回収への適用することを最終目標として、大腸菌を例に電気による微生物を利用した物質生産の促進効果やエネルギー回収の可能性を示した。

大腸菌は、遺伝子組換えが容易で一般的に物質生産に用いられるが、高い微生物変換効率が期待される嫌気条件下では生育が低下する問題があった。そこで、まず大腸菌による嫌気的な物質生産に適し、通電可能な培養槽を新たに開発した。開発した培養槽内で大腸菌を生育させ、通電の有無によって、その生育密度や菌体内に生産される物質を測定し、電気の効果の評価した。通電条件を変えて（+0.7V ~ +1.2 V : AgCl参照電極標準）、生育を調べた結果、1.0Vに通電した場合の大腸菌の生育が、通電しない場合と比較して顕著に増加した。通電した培養の終了時の菌体密度は、非通電時の密度の約3.6倍であった（Fig.-1）。

## 電気を利用して微生物の生育を促進する

大腸菌は、遺伝子組換えが容易で一般的に物質生産に用いられるが、高い微生物変換効率が期待される嫌気条件下では生育が低下する問題があった。そこで、まず大腸菌による嫌気的な物質生産に適し、通電可能な培養槽を新たに開発した。開発した培養槽内で大腸菌を生育させ、通電の有無によって、その生育密度や菌体内に生産される物質を測定し、電気の効果の評価した。通電条件を変えて（+0.7V ~ +1.2 V : AgCl参照電極標準）、生育を調べた結果、1.0Vに通電した場合の大腸菌の生育が、通電しない場合と比較して顕著に増加した。通電した培養の終了時の菌体密度は、非通電時の密度の約3.6倍であった（Fig.-1）。

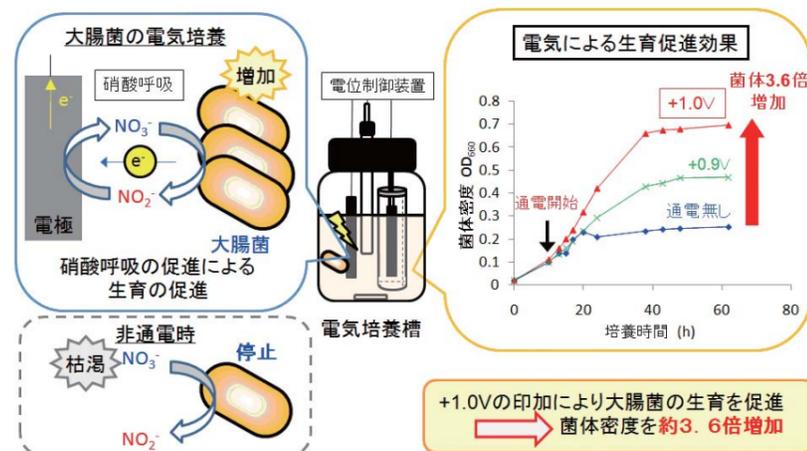


Fig.-1 Growth promotion of *Escherichia coli* by electrochemical cultivation method of microorganism.



客員教授  
渡部 良朋  
Visiting Professor  
Yoshitomo Watanabe



客員准教授  
松本 伯夫  
Visiting Associate Professor  
Norio Matsumoto

## 電気を利用して微生物の物質生産を促進する

一般に大腸菌で物質生産する場合には、生産に必要な遺伝子で菌体を組み換える。そこで、ガラクトシダーゼ遺伝子を物質生産に必要な遺伝子のモデルとして、大腸菌を組み換えた。この組み換え大腸菌を、1.0V (AgCl参照電極標準) で電気培養し、その生育と菌体内の酵素活性を測定した。その結果、生育は通電により促進され菌体密度が2.6倍増加すると共に、菌体あたり酵素活性も4.5倍増加し、電気による顕著な生育と物質生産の促進効果が認められた（Fig.-2）。

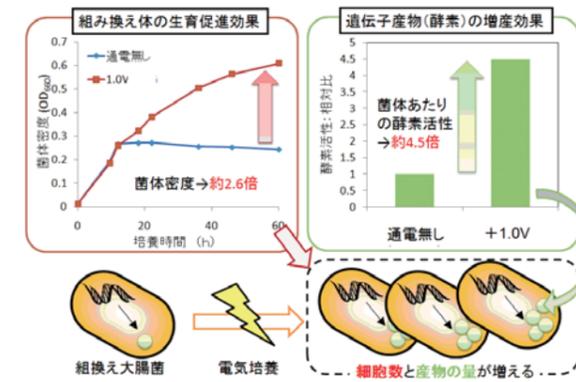


Fig.-2 Enhancement of material production by electrochemical cultivation method of microorganism.

## 水素が発生・回収される

遺伝子組み換え大腸菌を電気培養した場合に、培養槽から水素発生が見られた。水素発生は、通電あるいは大腸菌のみの培養槽では起こらなかったことから、大腸菌が電子（栄養）源とした有機物（乳酸）から得られた電子が、電極を通して水素として回収される現象と考えられた（Fig.-3）。このように新たに、電気により微生物による物質生産の増産とエネルギー回収が両立する現象を見出した。

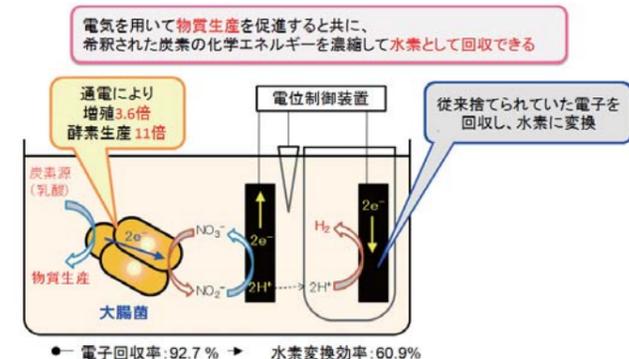


Fig.-3 Production of H<sub>2</sub> through nitrate respiration and oxidation of nitrite by electrochemical cultivation of microorganism *Escherichia coli*.

以上の結果は、電気による微生物を利用した物質生産の促進効果やエネルギー回収の可能性を示すものである。今後は、実際に物質を生産する系で電気培養を行い、電気により物質生産の促進効果に検証を得る予定である。また、これらの原理は、バイオマス資源のエネルギー物質（バイオ燃料）への効率的な変換のプロセスにも適用できるので、多様な展開を目指してゆく。

## 招待講演・国際会議等での活動

- 1) 渡部良朋, “温暖化問題とバイオマス”, 第7回東京大学エネルギー工学連携研究センター (CEE) シンポジウム「温暖化問題を解決するバイオマス利用のありかた」(2010年4月)
- 2) Norio MATSUMOTO, “Cultivation at a controlled potential for screening environmental bacteria”, American Society for Microbiology 110th General Meeting (May, 2010)