

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

The global warming and climate change are the human beings common challenges. The global warming is causing by increase in atmospheric greenhouse gases (Green House Gases : GHGs). Both the design /development of technology in the atmospheric concentration reduction and the valid social system utilizing technology are essential to the sustainable global society. We are engaged in the research and development of a valid circular control on environmental GHGs, by applying biotechnology and bio-system. We also conduct a policy scientific proposal about the GHGs mitigation strategy. We thus contribute to the formation of the harmonized society with environment, through education and research of environmental management technology, mainly greenhouse gases mitigation.

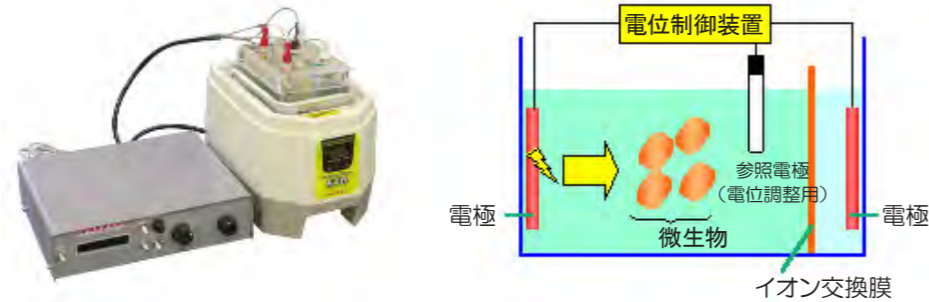


Fig.1 Commercial generic type electric culture equipment (left) and principle of electrochemical cultivation method of microorganism (right).

地球温暖化による気候変動は、人類共通の大きな課題である。地球温暖化は、大気中における温室効果ガス(Green House Gases : GHGs)の濃度上昇が原因とされるが、その大気中濃度低減のためには、有効な技術の設計・開発と、それら技術を利用した制度の設計・運用が不可欠である。本研究室では、GHGsの地球上における循環制御や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。

温室効果ガスとして特に重要なものは、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)であるが、これらは地球上のバイオマス資源や化石資源を利用するプロセスで、最終生成物や副産物として発生する。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することで、“効率化(省エネ・省資源)”と“制御性(不要反応抑制)”を高めることが出来よう。そこで微生物の電気培養の原理について科学的検討を行った。

電気を生命のエネルギーとして利用する「微生物の電気培養法」

環境中に存在する微生物のうち、人工的に培養できる微生物は1%程度と言われており、大部分の微生物について

は、培養法が確立されていない。我々は、難培養性の環境微生物の培養を、電気を用いて可能とする独創的な技術「電気培養」を開発している。これは、培養液中の電極に電気をかけて微生物の生育を促進する「電気培養」現象に基づくもので、微生物の培養時に培養液の酸化還元電位を調節しながら培養する方法である (Fig. -1)。生育促進は、培養液中の電子媒体(酸化還元を行う物質)を介して、電極と細胞間の電子授受により呼吸が活性化して起こるといふ「電気培養現象の原理」も明らかにしている。また「電気培養」により、従来の培養技術では難しい、鉄酸化細菌(鉄の酸化還元を行う細菌の名称)を高密度に培養することに成功し、さらに培養の難しい嫌気性微生物でも培養が可能であることを証明した。

電気を利用して微生物を制御する

(1) 環境微生物の菌叢に与える電位制御の効果 (Fig.-2)

電気培養法では、培地に電位調整のための物質(電子メディエータ)を加えるが、その種類が微生物増殖へ与える影響は良く分かってはいない。そこで、6種類の電子メディエータを用いた培地の電位条件を変え、環境微生物の培養を行った。その結果、鉄、キノン、マンガン、コバルト含有培地で

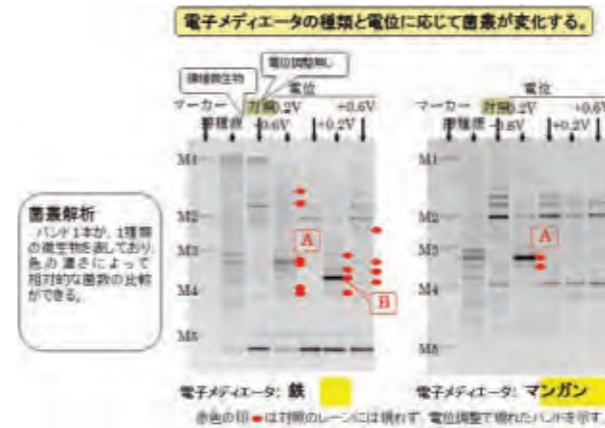


Fig.2 Effects of potential control on the environment microorganism flora

は電位調整により、電位調整無しに比べ微生物の増殖が促進した。また、菌叢解析の結果、鉄、マンガン、硝酸塩、コバルト含有培地の電位調整下で、電位調整無しの場合と異なる微生物が集積され、マンガン含有培地の-0.6Vでは顕著な集積がみられた。以上の結果、電気培養では、電子メディエータの種類も微生物の増殖に影響を与えており、適切な物質を電子メディエータとし任意の電位で電気培養することで、特徴的な微生物を集積培養できる可能性が示された。

(2) 微生物の生物活性に与える電位制御の効果 (Fig. -3)

微生物は、呼吸・発酵・光合成の過程で起こる電子の授受反応からエネルギーを獲得して生命を維持している。電気化学的に生育環境の酸化還元電位を微生物に好適な値に調整することで、微生物の増殖を促進する新規な培養法が電気培養法である。しかし、その増殖活性化機構は良く分かっておらず、そこでその機構解明を目指し、電位印加時におこる細胞内の変化を解析した。好適な電位の印加が硫酸還元菌の呼吸反応に与える影響を、呼吸に関わる酵素群の質(反応速度)の変化および量の変化の観点から解析をおこなった。硫酸還元菌 *Desulfovibrio desulfuricans* をモデル微生物として検討した結果、硫酸還元および乳酸分解反応の速度は硫酸還元菌に好適な電位 (-0.7V vs Ag/AgCl) 印加時に非通電時と比較して約1.5倍向上した。

次に好適な電位を印加しながら培養した硫酸還元菌と通常の培養法により培養した硫酸還元菌の遺伝子転写解析をおこなったところ、培養初期において通電の効果が顕著

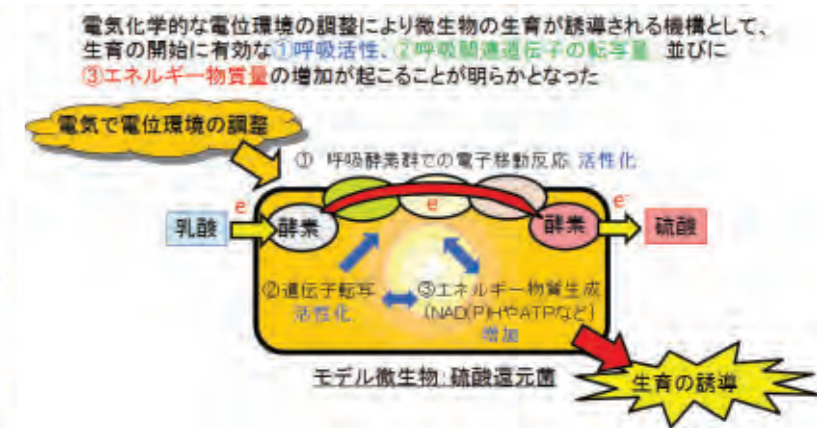


Fig.3 Effects of potential control on the biological activity of microorganism

に表れ生育に関わる遺伝子の転写が活性化されていることが分かった。さらに細胞内のエネルギー生産に好適な電位の印加が与える影響を解析した結果、通電により培養初期においてエネルギー生産が活性化されていることが明らかとなった。以上の知見により、硫酸還元菌に好適な電位環境を調整することにより呼吸活性を向上させ、エネルギー生産を活性化させることで微生物の増殖が促進されるという機構を提示した。

以上の(1)(2)の結果は、電気を利用して微生物を制御する技術の可能性が示すものである。これらの原理は、バイオマス資源の生産や変換のプロセスにも適用できる。このため今後は、電気を用いた微生物培養・制御技術で、GHGsの排出削減を目指す多様な技術への適用を図ってゆく。

特筆すべき業績

Generic equipment can easily allow "Electrochemical cultivation method of microorganism" was distributed by TAITEC Co.Ltd. in March 2009. (Fig.-1) This is the world's first commercial equipment of "electric culture of microorganism" by applying our license. Anyone can start electric culture quickly, by this commercial equipment. Equipment was already available in some universities, and the successive companies are also planning to introduce it.