

**微生物が電気を感じする仕組みを解明
～電極による微生物制御技術への応用に期待～****ポイント**

- 電気を発生する細菌(シュワネラ)が電極の電位を感知し、代謝経路を変化させることを発見した。
- 細胞膜に局在する導電性タンパク質とセンサータンパク質によって細胞外の電位が認識される。
- 電極を用いて遺伝子の発現を調節し、微生物の代謝を制御できる可能性が示された。

■概要■

東京薬科大学生命科学部の廣瀬篤弥大学院生(博士後期課程1年)、笠井拓哉大学院生(博士後期課程3年)、青木元秀助教、梅村知也教授、渡邊一哉教授、高妻篤史助教の研究グループは、微生物が電気(電子のエネルギー)を感知するメカニズムを解明しました。

微生物のなかには、電極と電子の授受を行い、その際に生じる電気的なエネルギーを利用して増殖できるもの(電気活性微生物)がいます。電気活性微生物はバイオマス発電や有用物質生産等の様々な有用プロセスへの利用が期待されていますが、その電気的な活性の元となる代謝を制御することが難しいという課題があります。今回の研究では、電気活性微生物の一種、シュワネラが電極の電位(電極内の電子が持つエネルギー)に応じて細胞内の代謝経路を変化させていることを発見しました。さらにシュワネラの遺伝子発現が電極の電位に応じて変動することを明らかにし、その制御を担う分子メカニズムを解明しました。以上の成果は、電極を用いて微生物の遺伝子発現を制御し、有用な代謝を促進する技術の開発につながると期待されます。

本研究成果は、2018年3月14日付けで英国オンライン科学誌「Nature Communications」に掲載されます。

■発表雑誌■

雑誌名: Nature Communications

論文名: Electrochemically active bacteria sense electrode potentials for regulating catabolic pathways

著者名: 廣瀬 篤弥、笠井 拓哉、青木 元秀、梅村 知也、渡邊 一哉、高妻 篤史

掲載日: 日本時間3月14日19時/標準時間3月14日10時

■注意事項■

日本時間3月14日19時(国際標準時3月14日10時)以前の公表は禁じられています。
(新聞掲載は、15日朝刊以降、解禁となります。)

■研究内容に関するお問い合わせ先■

東京薬科大学 生命科学部 生命エネルギー工学研究室

高妻 篤史 E-mail: akouzuma(AT)toyaku.ac.jp TEL: 042-676-6755

渡邊 一哉 E-mail: kazuyaw(AT)toyaku.ac.jp TEL: 042-676-7079

■発信元■

東京薬科大学 総務法人広報課

TEL: 042-676-1649 E-mail: kouho(AT)toyaku.ac.jp

〒192-0392 東京都八王子市堀之内1432-1

※メールアドレスは(AT)の部分を@に変えてください

■研究の背景■

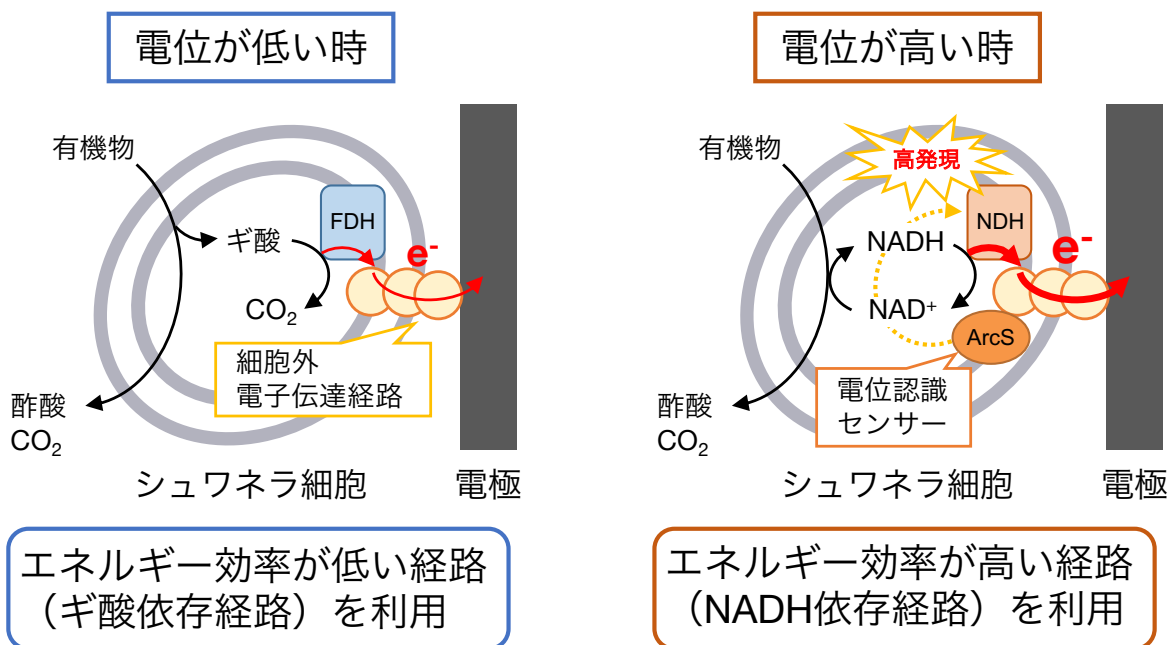
微生物のなかには、細胞の外にある導電性固体（電極）と電子の授受を行い、その過程で生じる電気エネルギーを利用して増殖できるものがあります。このような微生物は電気活性微生物^{*1}と呼ばれており、微生物燃料電池^{*2}や微生物電気合成^{*3}などの様々な有用プロセスへの利用が期待されています。これらのプロセスは電気活性微生物の代謝に基づくものであるため、その活性を適切に制御し、できるだけ高い状態で保つことが重要となります。一方、物理化学の法則に基づいて、微生物の細胞と電極との間に生じる電気エネルギーは電極の電位に依存して変化します。つまり、電気活性微生物が獲得できるエネルギーの上限は電極の電位によって決まるため、その変化はこれらの微生物の代謝活性に大きな影響を与えると考えられます。しかし、微生物が細胞の外にある電極の電位変化を感知し、代謝を調節するメカニズムをもっているのかどうかはわかっていませんでした。

■研究内容と成果■

本研究では、電気活性微生物の一種、シュワネラが電極電位の変化を感知し、エネルギーを獲得するための代謝経路を切り替えていることを発見しました。シュワネラは細胞内に有機物を取り込んで分解し、その際に生じた電子を細胞外電子伝達経路^{*4}と呼ばれる導電経路を介して電極に伝達します。この過程は酸素の代わりに電極を用いた呼吸と考えることができ、シュワネラは電子の流れによって生じたエネルギーを生体内で利用できる形に変換し、増殖に用いています。電極の電位が低い場合は、細胞が獲得できるエネルギーの量が少ないため、シュワネラはエネルギー獲得効率の低い代謝経路（下図左）を用いて有機物を分解し、電子伝達を行います。一方、今回の研究の結果、電極の電位が高くなるとシュワネラはその変化を感知し、エネルギー獲得効率の高い代謝経路（下図右）を用いるようになることがわかりました。また、シュワネラはその変化を細胞外電子伝達経路と電気的につながった細胞内膜上のセンサータンパク質、ArcS を介して感知し、これによりエネルギー獲得に関与する遺伝子の発現を調節していることが明らかになりました。

■今後の展望■

本研究の結果、電気活性微生物が電極の電位に応じて効率的にエネルギーを獲得していることが示されました。この知見は電気活性微生物を効率よく培養するのに有用であると考えられます。また、本研究で解明したシュワネラの電極電位認識メカニズムは、様々な遺伝子の発現を電極によって人為的に調節する技術に応用できると考えられます。具体的には、遺伝子工学技術を用いて発電や有用物質合成に関与する遺伝子を適切な電極電位で発現するようにし、これらの有用プロセスを促進させる技術等への応用が期待されます。



■用語説明■

*1 **電気活性微生物**: 電極に電子を受け渡す、あるいは電極から電子を受け取る能力を持つ微生物。自然環境中では金属酸化物等の固体と電子の授受を行い、増殖に必要なエネルギーを得ていると考えられている。

*2 **微生物燃料電池**: 電気活性微生物を利用して有機物等の物質が持つエネルギー（化学エネルギー）を電気エネルギーに変換する装置。有機廃水の浄化と同時に発電を行うシステム等への応用が期待されている。

*3 **微生物電気合成**: 微生物燃料電池とは逆に、電極から電気活性微生物に電気エネルギーを与え、物質を合成させること。二酸化炭素等の単純な物質と電気エネルギーから燃料物質や化学工業原料等の有用化合物を製造するプロセスへの応用が期待されている。

*4 **細胞外電子伝達経路**: 細胞の中と外をつなぐ導線の役割を果たす経路。細胞膜（内膜と外膜）とペリプラズム（内膜と外膜間の空間）に局在する複数の導電性タンパク質（シトクロム）から構成される。