

Project Theme エネルギーセキュリティ確保のための高効率多接合薄膜太陽電池の開発

# 低コスト、高効率のCIGS太陽電池の薄膜を合成する微生物を探索

## 主流のシリコン結晶太陽電池に代わるCIGS太陽電池の開発を目指しています。

再生可能エネルギーに対するニーズが世界的に高まる中、太陽光発電に寄せられる期待はますます高まっています。しかしながら、一般ユーザーへの普及はあまり進んでいないのが現状です。その主な理由は価格の高さにあります。現在市場で主流を占めているシリコン(Si)を材料とする太陽電池は、発電層に使われる高純度シリコン結晶を精製するのに膨大な電力を要する上に、現状ではシリコン結晶に0.2mmもの厚みが必要となるため材料コストが高くなります。加えて太陽電池の需要の高まりとともにシリコンの継続的な調達も不安視されています。

一方、私たちのプロジェクト(プロジェクトリーダー:高倉秀行理工学部教授)で着目しているのが、カルコパイライト構造を持つCIS系化合物の薄膜です。代表的なものに銅(Cu)、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、セレン(Se)があります。この4つの元素からなるCIGS薄膜太陽電池は、シリコン結晶の約100倍という優れた光吸収力を持ち、わずか2μmという薄さの発電層で多結晶シリコン太陽電池に匹敵する変換効率20%を達成しています。また、レアメタルであるインジウムを除く銅、ガリウム、セレンはいずれも安定的な調達が可能なため、材料コストを格段に抑えることもできます。

もちろんCIGS薄膜太陽電池にも克服しなければならない課題が残って

います。その一つがCIGS薄膜の作製に大量のエネルギーを必要とする点です。高純度の結晶薄膜を作製するには、一般に真空蒸着法が用いられます。真空・高温化で4元素を気化させ、それを基板の上で反応・堆積させる方法で、大掛かりな真空装置を使い、しかも真空・高温を保つために大量の電力を消費します。コスト低減を実現するには、真空蒸着法に代わる技術が求められます。

いくつかの解決策を模索する中、意外な接点を発見したのが、R-GIROプロジェクト(プロジェクトテーマ:微生物を活用した次世代の育種・栽培・防除技術開発による農作物生産向上)のメンバーである三原准教授が取り組む「微生物による希少金属の回収」の研究でした。太陽電池の開発を進める峯元准教授と三原准教授が検討を重ね、「CIGS薄膜を微生物で合成する」という全く新しい発想による共同研究が始まりました。

## 太陽電池の発電層であるCIGSを微生物によって合成する。成功すれば世界でも類を見ない画期的な成果となります。

微生物の持つユニークな機能を産業に応用しようとする動きは、近年ますます活発化しています。例えば一種類の元素による金属ナノ結晶の合成例や、二種類の元素による半導体ナノ結晶の合成例などが既に存在しています。

ところが三種類の元素となると世界でも報告例はなく、ましてや太陽

電池の発電層を微生物によって合成したという報告は世界的にも見当たりません。それだけ難しいということですが、成功すればこれまでに類を見ない画期的な成果となるに違いありません。

## 亜セレン酸と塩化銅の存在下で微生物を培養しセレンと銅が存在する薄膜の形成に成功しました。

研究では、第一段階としてCIGS薄膜に用いることのできるセレン化銅、セレン化インジウム、セレン化ガリウムを微生物によって合成することを目指しています。最終的には微生物でCIGSのナノ結晶を合成し、それをそのまま用いて太陽電池を作製するのが目標です。

すでに、私たちは亜セレン酸を微生物で還元し、元素状のセレンを取り出すことに成功しています。セレン酸や亜セレン酸はセレン汚染土壌や工業廃液に多く含まれています。セレン酸・亜セレン酸から元素状セレンに還元できれば、不要な廃液から金属を回収し、太陽電池の材料に用いる道が開けると同時に、汚染土壌の回復も見込め、環境への貢献も可能になります。

三原准教授が進めるR-GIROのプロジェクトでは、「微生物ライブラリー」の構築を進めており、多種多様な微生物の蓄積が進んでいます。このライブラリーのスクリーニングからバシラス属NTP-1という細菌を見出し、検証を試みました。バシラス属細菌は、水中や土壌に多く存在する

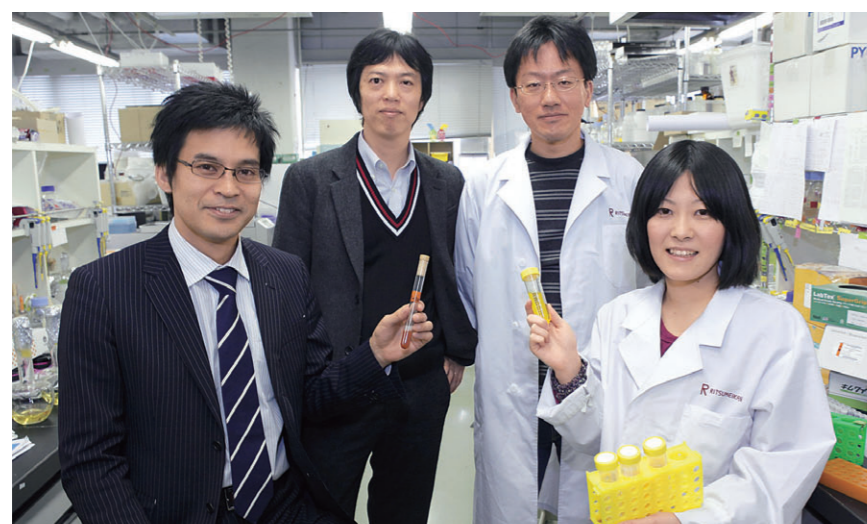
通性好気性の細菌です。

亜セレン酸を含む培養液中でこの菌体を培養したところ、24時間後にすべての亜セレン酸が還元され、元素状セレンとして回収されたことが確かめられました。また塩化銅でも同様の培養を試みると、半分以上の銅を培地中から取り除くことができました。

次に、亜セレン酸と塩化銅の両方を含む培養液中で同じくNTP-1菌体を24時間培養しました。すると、セレンおよび銅が回収されただけでなく、薄膜状の物質が形成され、そこにセレンと銅の両元素が存在していることが明らかになりました。この薄膜状の物質の構成元素や結晶構造の有無を解明することが次の課題です。

今回は好気的条件下で培養しましたが、嫌気的条件下を検証したり、培地の組成を変えるなど、今後はさまざまなアプローチを試していくつもりです。一方で、さらなるスクリーニングを重ね、現在用いているバシラス属細菌以外にもCIGSの合成に適している微生物を探索していく必要もあります。

太陽電池への応用に限らず、微生物によるナノ粒子の作製は、極めて大きな可能性を秘めています。微生物を用いると精密な結晶を合成できるだけでなく、想定していなかった結晶構造が生じ、新たな物性を発現できることもあるからです。CIGS合成の過程でも、これまでになかった優れた物性を示す化合物を作製することができるかもしれません。半導体産業全般へと応用の可能性は限りなく広がります。

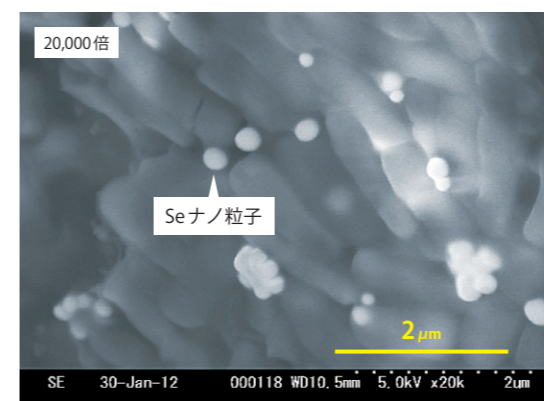


(写真右) 理工学研究科 博士課程前期課程1回生 奥田 華朱美

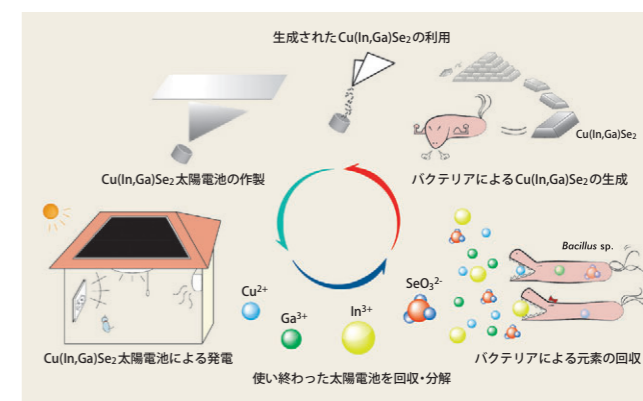
(写真右中) 立命館グローバル・イノベーション研究機構 ポストドクトラルフェロー 斎藤 茂樹

(写真左中) 生命科学部 准教授 三原 久明  
Hisaki Mihara

(写真左) 理工学部 准教授 峯元 高志  
Takashi Minemoto



亜セレン酸を含む培養液でNTP-1を培養。24時間後、培養液中に亜セレン酸はなくなり、元素状セレン(Se)が確認された



微生物による金属回収、太陽電池の作製、太陽電池の利用サイクルのイメージ

●参考文献 / 1 "Sputtered ZnO-based buffer layer for band offset control in Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> solar cells", Thin Solid Films 519 (2011) 7568. 2 "Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> superstrate-type solar cells with (Zn,Mg)O buffer layers", Current Applied Physics 12 (2012) 171. 3 「インド/バンジャール地方で単離されたセレン酸・亜セレン酸耐性細菌の解析」第84回日本生化学会大会、2011年9月21-24日、生化学83 (2011) 196.  
●連絡先 / 立命館大学びわこ・くさつキャンパス (BKC) 峯元研究室 電話: (外線) 077-561-3065 HP: <http://www.ritsumei.ac.jp/se/re/takakuralab/>  
三原研究室 電話: (外線) 077-561-2732 HP: <http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/skbiot/mihara/Top.html>