

# シアノバクテリアを利用したCO2吸収セラミック開発

春山 侑輝 2010年生まれ 東京都在住

## 導入

20世紀初頭から2022年現在にかけて、地球温暖化により世界的に気温上昇が続き、平均気温が約1°C上昇した気候変動、異常気象、海面上昇は地球温暖化によるものだと考えられ、気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)は平均気温が1.5°Cから2.0°Cに上昇すると、2倍の人々が水不足に、数億人の人々がマラリアなど熱帯性感染症に曝され、15億人以上の人々が致命的な暑さに曝されるという予測を発表した。温室効果ガスの一つであり、産業革命以降、化石燃料利用の副産物として排出されてきた二酸化炭素は、その濃度と平均気温上昇が密接に相関することから、地球温暖化の大きな要因であると考えられている。酸素発生型光合成を行う唯一の真正細菌であるシアノバクテリアは、二酸化炭素を固定できることに加え、栄養塩類(リン酸、カルシウム、マグネシウム、硫酸など)、二酸化炭素、水、窒素と自然界に豊富に存在する物質で生存できるため、低コストに大量培養を行うことが可能である。既にシアノバクテリアを多孔質セラミックに固定し、環境浄化を行うシステムが開発されており、シアノバクテリアを利用した二酸化炭素吸収システムを構築することは、加速する二酸化炭素排出社会にとって急務である。

## 目標

シアノバクテリアを利用した二酸化炭素吸収システムとして、シアノバクテリア固定多孔質セラミックの開発を行う。そして、そのタイルが大気中の二酸化炭素が吸収可能であることを二酸化炭素測定器と酸素測定器を使って確認する

## 結論

今回の時点でタイル作成とシアノバクテリアがその中で実際に繁殖可能であることがわかった。しかし、現段階では実験の際にCO2とO2濃度測定時にCO2が漏れてしまい正確な濃度の測定が困難になってしまう。その改善案として、トレーに直接計測器をはめ込むことで蓋を開けるというプロセスを省略するという方法が挙げられる。これにより、外気の混入を防ぐとともに濃度を正確に測定できる。

## 結果

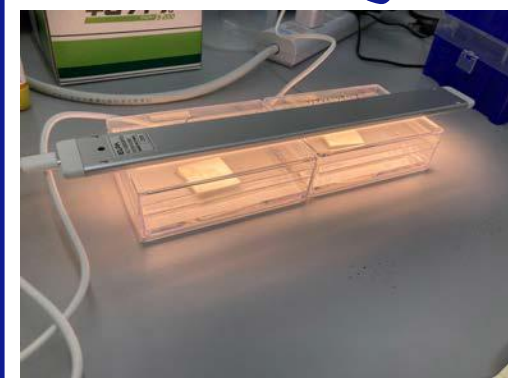
タイルの強度はピンセットで十分持ち上げられる程の強度であり、実際にCO2を吸収させるために使用しても問題なさそうである。これを踏まえて、一回目のCO2とO2濃度測定実験を開始した。今回の実験では最初の濃度のと1日後の濃度の際を調べるという手法を使った。しかし、濃度に差がなかったため(濃度 O2: 21.2% CO2: 0.07%)、おそらく外気が混入してしまったと思われる。そして、二回目の実験時は1日後のコントロールとの濃度差を計測したが、この時も外気との変化がなかった。また、シアノバクテリア含有タイルは赤茶色に変色していた。さらに、タイルのアルギン酸ゲルを顕微鏡で観察すると、肥大化したシアノバクテリアが密集して確認された。また、コントロールの内部を観察したところシアノバクテリアと同程度の大きさの顆粒が多数発見された。

## 方法論

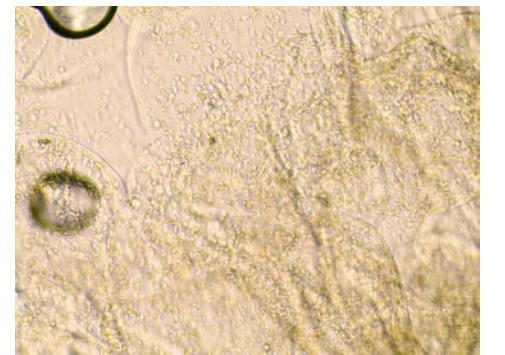
シアノバクテリアによる二酸化炭素吸収システムの実装に際し、私はシアノバクテリアを内包できる多孔質セラミックに着目した。多孔質セラミックにシアノバクテリアを含ませた後、水中に放置すれば栄養塩類、二酸化炭素、窒素の存在下で持続的に二酸化炭素を吸収することができる。しかし、ただ多孔質セラミックにシアノバクテリア含有液を浸すだけでは、水中に戻した時に菌体が周囲に流出してしまう。本研究では、多孔質セラミックにシアノバクテリアを保持するために、アルギン酸による固定化法を利用する。アルギン酸ゲル中でシアノバクテリアは保持される一方、栄養塩類やガスは交換されるため、効果的に二酸化炭素吸収システムが構築できるだろう。また、シアノバクテリアの栄養状態を保つため水の代わりにBG-11培地を使う。仮想的な二酸化炭素吸収システムとして、パラフィルムで密閉したトレーによる閉鎖環境内にシアノバクテリア固定多孔質セラミックと乳酸カルシウム水の入った容器を設置し、パーライトで光を当てる。今回の実験では、開始時と1日後に二酸化炭素・酸素濃度を測定する手法と、実験終了時にコントロールのシアノバクテリアが住んでいないタイルとの差を比べるという二つの実験で、システムの評価を行う。大気中の二酸化炭素濃度は約400ppmと測定に適さないため、ドライアイスを利用して閉鎖環境内の二酸化炭素濃度を予め高めておくことで、シアノバクテリア二酸化炭素吸収システムの評価を行いやすくする

## 分析

おそらくシアノバクテリアが肥大化した医療増殖したのはパーライトが原因であると考えられる。シアノバクテリアが肥大化すると何か光合成作用に影響が生じるのかなどが疑問である。また、コントロールの下流であるが、バクテリアのコンタミネーションという可能性は低い。なぜなら、もしコンタミネーションなら同じ条件でトレーの中に入れたシアノバクテリアゲルにもその顆粒が現れるはずである。そのため、私はこれを密集したアルギン酸またはBG-11培地の成分であると推測する。さらに、シアノバクテリア含有タイルが赤くなった原因であるが、おそらくはシアノバクテリアが肥大化、そして増殖したことによりシアノバクテリアの色が目に見えるようになったと推測する。



シアノバクテリア含有タイルとコントロール左がシアノバクテリア含有タイル、そして右がコントロールである。この写真ではパーライトを当てて培養中。



コントロール内の顆粒。



肥大化したシアノバクテリアのコロニー(左上)

## 今後の課題

その他の課題として、1.細菌などの生物からのコンタミネーションへの対応、2.継続的な栄養塩類の供給、3.シアノバクテリアとセラミック本体のコストカット、そして、4.シアノバクテリアの死骸への対処などが挙げられる。それらの課題への対処法として、1.抗生物質耐性プラスミドをシアノバクテリアに遺伝子導入し、タイルに抗生物質を散布する、これにより、シアノバクテリア以外の細菌は抗生物質により死滅し、コンタミネーションは防がれる。2.アルギン酸ゲル内ではなくタイルそのものに栄養塩類を織り交ぜることにより、タイルから溶け出してきた栄養塩類を安定的に供給できる。3.この課題に関しては未だに解決策が定まっていない。4.シアノバクテリアの死骸を分解する酵素をシアノバクテリア自身に発現させることで、死骸を除去できる。