

## 水月湖の酸化還元境界層における緑色硫黄細菌の生態学的役割 The ecological role of green sulfur bacteria in the chemocline of Lake Suigetsu

森 裕美<sup>1\*</sup>, 近藤 竜二<sup>1</sup>  
Yumi Mori<sup>1\*</sup>, Ryuji Kondo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 福井県立大学 海洋生物資源学部

<sup>1</sup>Department of Marine bioscience Fukui Prefectural University

光合成硫黄細菌は、紅色硫黄細菌と緑色硫黄細菌で構成され、還元型硫黄化合物を電子供与体として用いて酸素非発生源の光合成を行う偏性嫌気性細菌である。光合成硫黄細菌は、部分循環湖の酸化還元境界層などの嫌氣的で還元型硫黄化合物が存在し、かつ光が届く環境でブルームを形成する。光合成硫黄細菌の生態調査と生理学的機能から、嫌氣的な有光層における炭酸固定の大部分は、光合成硫黄細菌が担っていると考えられてきた。しかしながら、その直接的な証拠は得られておらず、環境中の炭酸固定への光合成硫黄細菌による寄与は、推測の域を脱していないのが現状である。福井県に存在する水月湖は、典型的な部分循環湖である。分子生物学的手法や色素解析を用いた研究から、水月湖の酸化還元境界層には*Chlorobium*属や*Prosthecochloris*属の緑色硫黄細菌が一年を通して優占することが報告されている。そこで、本研究では、水月湖を研究フィールドとして、光合成硫黄細菌の炭酸固定への寄与を評価した。

夏季と冬季に酸化還元境界層から採水し、嫌気培養瓶に試水を分注後、炭素安定同位体 (<sup>13</sup>C) でラベルされた炭酸水素ナトリウムを添加し、明条件と暗条件で培養した。数日間培養した後、孔径 0.2 μm のヌクレオフィルフィルターで細菌画分をろ過捕集し、DNA を抽出した。密度勾配遠心分離によって <sup>12</sup>C-DNA 画分と <sup>13</sup>C-DNA 画分を分離し、<sup>13</sup>C-DNA 画分の 16S rDNA のクローニングを行い、炭酸固定を行った細菌群集組成を明らかにした。また、試水を嫌気培養瓶に分注後、炭素放射性同位体でラベルされた炭酸水素ナトリウムを添加した。環境中の光量子量と同じ光条件 (明条件) と暗条件で一定時間培養後、サンプルを少量抜き取り GF75 フィルターで細菌画分をろ過捕集し、細菌に同化された放射エネルギーを測定し、炭酸固定速度を算出した。光合成活性は、明条件で培養したサンプルの炭酸固定速度から暗条件の炭酸固定速度を差し引いた値とし、化学合成活性は、暗条件で培養したサンプルの炭酸固定速度とした。

酸化還元境界層の炭酸固定活性は、両季節とも約 80% を化学合成が占め、酸化還元境界層の炭酸固定の大部分は化学合成によって行われていることが明らかとなった。SIP 法を用いた 16S rDNA のクローン解析では、試水を暗条件で培養した場合、夏季では硫黄還元化学合成細菌の *Thioreductor* 属に近縁なクローンが、冬季では硫黄酸化化学合成細菌の *Thiomicrospira* 属に近縁なクローンが検出された。これらは、酸化還元境界層に存在する硫黄化合物を利用して化学合成独立栄養的に増殖したと考えられ、化学合成細菌が酸化還元境界層の高い化学合成活性を担っていると推測される。一方、明条件で培養した場合、両季節とも *Chlorobium* 属に近縁なクローンが検出されたことから、水月湖の酸化還元境界層では、優占種である *Chlorobium* 属の緑色硫黄細菌が、季節に関わらず、光合成によって炭酸固定を行っていることが示された。また、冬季の試水を明条件で培養した場合、硫黄不均化細菌の *Desulfocapsa sulfoexigens* に近縁なクローンが最も多く検出された。*D. sulfoexigens* は、硫黄を不均化して独立栄養的に増殖する嫌気性細菌であり、光を必要としないにもかかわらず、明条件で培養したサンプルのみから検出された。同じサンプルから、緑色硫黄細菌も多く検出されている。緑色硫黄細菌は硫化物酸化過程で硫黄を菌体外に蓄積することから、*D. sulfoexigens* は共存する緑色硫黄細菌が蓄積した硫黄を不均化して独立栄養的に増殖したのではないかと考えられる。

本研究によって、水月湖の酸化還元境界層では、優占する緑色硫黄細菌が光合成によって炭酸固定を行っているという直接証拠を得ることができた。また、化学合成独立栄養細菌が化学合成によって炭酸固定を行っており、その寄与は光合成よりも大きいことが明らかになった。緑色硫黄細菌は、光合成による一次生産の機能を担っているだけでなく、硫黄不均化細菌などの他の化学合成独立栄養細菌にエネルギーを供給するという、新たな生態学的役割を担っている可能性が示された。

キーワード: 部分循環湖, 炭酸固定, 緑色硫黄細菌, SIP 法

Keywords: meromictic lake, CO<sub>2</sub> fixation, green sulfur bacteria, stable isotoping method