

学位申請論文要約

Growth and mortality of bacterial subgroups with different types of respiratory quinone in Lake Biwa

琵琶湖における異なる呼吸鎖キノンを保持する細菌亜集団の増殖と死滅

高巢 裕之

背景

湖沼や海洋の沖合生態系の生物地球化学的物質循環過程において、浮遊細菌群集は重要な役割を果たしている。光学的手法の発展や分子生物学的手法の導入により、細菌群集は系統、呼吸活性、有機物の利用特性といった点で様々な形質を持った亜集団から構成されていることが明らかとなった。しかし、方法的制限により、亜集団の物質循環過程における役割の違いは明確には分かっておらず、細菌群集の変化と物質動態との関連は明らかではない。本研究は、大型淡水湖の琵琶湖において、細菌群集構造と微生物食物網における炭素循環との関係を解明する目的で行った。本研究では、細菌のエネルギー代謝様式の違いをもたらすと考えられる呼吸鎖キノン(以下、RQ)の種類によって細菌群集を亜集団に分割し、亜集団の炭素バイオマス量、増殖・死滅速度を求めることで、亜集団ごとに炭素循環への寄与を評価した。本論文では、第一章において湖沼・海洋における細菌群集と微生物食物網における炭素循環に関する研究の現状と問題点を整理したのち、第二章においては、RQを用いた細菌の炭素バイオマス評価手法の有用性を評価する実験の結果を報告した。第三章では、細菌群集およびRQの種類によって分割された亜集団ごとに増殖と死滅速度を炭素量として評価し、それぞれの微生物食物網における炭素循環への寄与を推定した結果を報告した。第四章では、一連の結果を踏まえて、細菌群集構造と微生物食物網における炭素循環過程との関連に関する総合考察を行った。

方法

浮遊細菌の炭素バイオマス量評価手法としての、RQ分析の有用性を評価するため、琵琶湖北湖の湖水中のRQ濃度と細菌バイオマスとの関係を調査した。また、RQ濃度から細菌炭素バイオマス量に換算するための係数を得る為に、現場から得られた細菌群集と単離した細菌の培養実験を行った。さらに、細菌の増殖速度および原生生物による摂食速度とウイルス溶菌速度を同時に見積もることのできる改良希釈培養法とRQ分析を組み合わせることで、琵琶湖の浮遊細菌亜集団の増殖および死滅速度を見積もることを試みた。

結果

RQ濃度と、従来法である画像解析による細胞容量測定をもとに推定した細菌バイオマス量との間に、高い正の相関関係が見られたことから、RQ濃度が浮遊細菌バイオマス量を反映する指標となることが示唆された。また、現場から得られた細菌群集と単離した細菌の培養実験を行い、細胞RQ含量/炭素含量比が、細胞容量/炭素含量比と比べて、細菌間で比較的一定であることを示した。この実験から求められた細菌群集の細胞RQ含量あたりの炭素含量は、 $0.67 \text{ mg C nmol RQ}^{-1}$ であった。この値を換算係数として用い、現場のRQ濃度から浮遊細菌の炭素バイオマス量を求めた結果、表水層において $0.008 \sim 0.054 \text{ mg C L}^{-1}$ 、深水層において $0.010 \sim 0.024 \text{ mg C L}^{-1}$ と推定された。これらの実験結果より、湖水のRQ濃度を測定することにより、精度良く細菌群集の炭素バイオマス量を推定できることを証明した。琵琶湖北湖定点において、季節的・鉛直的な各RQ種濃度(各RQ種保持亜集団の炭素バイオマス量のプロキシ)の変動パターンを調査した結果、呼吸鎖キノン種によって異なる季節変動パターンを示した。また、通年的に水柱中で優占していたユビキノン(UQ)-8 は、深水層でバイオマスが増大する特徴的な動態を示し、深水層において電子受容体となる硝酸・亜硝酸窒素濃度と高い相関関係にあった。また、夏期の表層において濃度の増加が見られたUQ-10は、栄養基質である溶存態有機物の濃度と高い相関関係が見られた。このことから、亜集団によって、生態学的特性が異なると考えられた。

細菌亜集団の増殖および死滅速度を見積もることに成功し、細菌群集の増殖速度は、原生生物による摂食およびウイルス溶菌によって死滅する速度とほぼ釣り合うことが示された。さらに、第二章で算出した RQ/炭素含量比を換算係数として用い、亜集団を介する炭素流を推定した結果、増殖速度が速い亜集団ほど細菌群集を介する炭素流への寄与は大きくなることが示唆された。細菌群集の死滅様式に関しては、亜集団によらず、摂食は細菌の密度依存的、溶菌は細菌の増殖速度依存的に増加する傾向が見られた。

考察・結論

自然細菌群集の死滅要因としては、様々な環境要因が考えられるが、琵琶湖の細菌群集は物理化学的な環境要因の変化によって死滅する前に、摂食と溶菌によって速やかに死滅していることが推察された。本研究の結果、現場で優占する亜集団(ユビキノン(UQ)-8 および 10 保持亜集団)は、高い増殖速度を示し、その後速やかに死滅することから、微生物食物網における細菌群集を介する炭素流の大部分(約 6 割)を駆動していることが明らかとなった。一般に、淡水湖沼や河川では *Betaproteobacteria* に属する細菌が優占するとされているが、この細菌群の多くは UQ-8 を保持していると報告されている。このことから、UQ-8 保持亜集団は、淡水環境の微生物食物網の炭素循環過程において重要な役割を担っていると考えられる。

本研究は、RQ 種によって細菌群集を亜集団に分割することで、優占細菌亜集団と微生物食物網における炭素循環との関係を明らかにした。