

小川原湖における 2-MIB 産生シアノバクテリアの出現に関する研究
Study on the emergence of 2-MIB producing cyanobacteria in Lake Ogawara

北里大学大学院獣医学系研究科動物資源科学専攻
博士後期課程 静 一徳

シアノバクテリアの一部はカビ臭物質の 2-MIB を産生し、河川・湖沼や養殖場での水産物への着臭被害を引き起こす。青森県の小川原湖においても、2008 年以降 2-MIB が頻繁に発生し、ヤマトシジミ等の漁獲物にカビ臭が付着して商品価値が低下するという深刻な問題が生じており、関係者からは 2-MIB 発生の予測、抑制対策が強く求められている。そこで本研究は、小川原湖において気象等から水質、2-MIB 発生に至る一連の過程を明らかにするとともに、分子生態学的手法を用いて 2-MIB 産生シアノバクテリアを遺伝子レベルで組成解析し、その量的な動態把握に必要な観点とその手法を検討した。

水質と 2-MIB 発生の関係について、長期観測データに基づき、春期～夏期の各種水質と秋以降の 2-MIB 発生の有無について分析したところ、全窒素濃度 (TN)、無機態窒素濃度 (DIN) が低く、全リン濃度 (TP)、塩分が高い年に、2-MIB の発生確率が高いことが明らかとなった。一般化加法モデルによる分析の結果、TN、DIN、塩分の長期的変動には、4 月の河川流入量 (融雪水量) と塩淡水界面深度、TP の長期的変動には塩淡水界面深度が関係することを見出した。また、統計的因果推論を実施した結果、融雪水量と TN、DIN との関係は因果ではなく、実際には、融雪水量に影響する冬季の気温等が、湖面の結氷等を通じて湖内の窒素循環に作用し、両者に見かけ上の関係を生じさせていることが示唆された。一方、融雪水量と塩分との関係には、融雪水による直接的な塩分希釈作用も推察された。以上より、小川原湖において 2008 年から 2-MIB 産生シアノバクテリアが増殖した原因として、海水の侵入による塩淡水界面の上昇とともに、温暖な冬季の気候による湖面結氷や融雪水の減少等が小川原湖の水質に作用し、2-MIB 産生シアノバクテリアの増殖に好適な低 TN・DIN、高 TP・塩分として顕れる水質環境が形成されたことが明らかになった。

小川原湖と接続湖沼の湖水から単離した、カビ臭産生 *Pseudanabaena* 様シアノバクテリア (Musty odor producing *Pseudanabaena*-like cyanobacteria : MOPPL-シアノバクテリア) の 8 株は、全てが *Pseudanabaena* であったが、そのうち 5 株のみから 2-MIB 合成酵素遺伝子が検出された。また、リアルタイム PCR で求めた 2-MIB 産生 *Pseudanabaena* 密度は、MOPPL-シアノバクテリア密度の約 8% であった。2-MIB 発生時に湖内 9 か所の表層水試料について、2-MIB 合成酵素遺伝子を標的としたアンプリコンシーケンス解析を実施した結果、*Pseudanabaena* の 2-MIB 合成酵素遺伝子配列と類似性の高い 2 つの OTU (OTU-1, OTU-2) が検出された。いずれの地点でも OTU-1 が 9 割以上を占め、OTU-1 と OTU-2 の存在割合には空間的変動が認められた。また、2 つの OTU の最近似株の形態学的特徴が 2 株間で異なったことから、2017 年の小川原湖には、2-MIB 産生シアノバクテリアとして、増殖特性の異なる *Pseudanabaena* の 2 株が存在していたと考えられた。本章の成果は、分子生態学的手法を用いて、2-MIB 産生シアノバクテリアの動態を株レベルで把握することの可能性と重要性を強く示唆した画期的なものである。

以上より、小川原湖の 2-MIB の発生に関係する水質の形成には、塩淡水界面水深や冬季気象が影響を及ぼすことが明らかとなった。また、2-MIB 発生の要因解明や出現対策を行うにあたり、分子生態学的手法を用いて、株レベルで動態を把握することの重要性を示した。今後、本研究を進展させることにより、水資源の保全と改善、高品質な水産物の安定確保につながることを期待される。