

VII-39

バイオインフォマティクスを適応した *Phormidium tenue* の増殖要因解析

東北学院大学 大学院 学生会員 ○安達 智広
 東北学院大学 工学部 正会員 及川 栄作
 東北学院大学 工学部 フェロー会員 石橋 良信

1. はじめに

水道におけるかび臭発生要因は生物起因の異臭味水対策の指針¹⁾に示されているが、各貯水池の湖盆形態、水象や気象の違いで必ずしも統一的ではない。かび臭物産微生物は、ある種の藍藻類であることが知られている。本研究では、釜房湖に生息する藍藻の *Phormidium tenue* (*P. tenue*) を対象に、バイオインフォマティクスの一手法として人工ニューラルネットワークによりファジィ推論を行なうシステムであるファジィニューラルネットワーク (FNN) を用いた。FNN を適応し、増殖しやすい水象と気象要因を究明し、発生予測や発生制御を目的にしている。

2. データ解析方法

解析は、仙台市の水道水源である釜房湖を対象とし水象データと気象データ（平成9年度～平成14年度）を基に²⁾、FNNを用い解析を行ない、*P. tenue* の藻体数の変化に関与する項目を抽出する。さらに、主成分分析を行ない *P. tenue* の藻体数の変化に関与する項目の信頼性を高める。その後、解析結果を基に確認実験を行なう。

3. 結果および考察

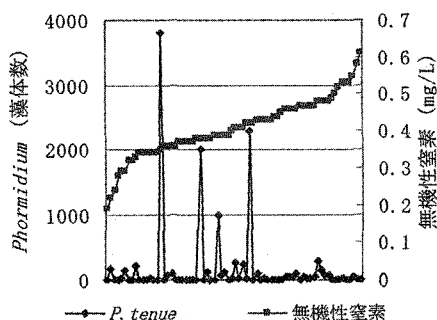
水象データと気象データからなる約70項目をFNN解析し、*P. tenue* の藻体数の変化に関与している項目を二項検定より絞り込み、水象項目19項目、気象項目9項目に絞られた。*P. tenue* の藻体数の変化に関与している水象項目は、表-1に示すように硝酸性窒素および亜硝酸性窒素やマンガ、鉄等に絞られた。

表-1 FNN 解析による二項検定が有意な項目

水象に関する項目		
硝酸性窒素・亜硝酸性窒素	総窒素	硬度
マンガ	アルミニウム	アンモニア性窒素
鉄	色度	総リン
過マンガ酸カリウム消費量	pH 値	水位
溶存酸素	塩素イオン	硫酸イオン
カリウム	蒸発残留物	濁度
ナトリウム		

硝酸性窒素および亜硝酸性窒素やアンモニア性窒素や総窒素などは、*P. tenue* が増殖する上で必要な物質であり関連性は明らかである。指針では、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素の無機性窒素が 0.3 mg/L 以上になると *P. tenue* が増殖しやすいとしているが¹⁾、今回用いたデータでは、無機性窒素濃度が 0.4 mg/L 付近であると増殖しやすい傾向であることが示唆された。また、釜房湖においては無機性窒素濃度が最高でも約 0.65 mg/L であることも示された(図-1)。

さらに、指針では *P. tenue* の増殖に関し過マンガ酸カリウム消費量は、4 mg/L 以上であると発生しやすいとされているが¹⁾、今回使用したデータでは、過マンガ酸カリウム消費量が 3 mg/L ～4.6 mg/L の範囲であると *P. tenue* の増殖が顕著であることが示された。なお、過マンガ酸カリウム消費量 5 mg/L 以上では、目立った増殖は確認できない。また、マンガは *P. tenue* が 2-MIB を産生する非メバロン酸経路での酵素活性のために必須な物質であることが知られており関連性があると思われる³⁾。色度は、*P. tenue* の増殖に必要な照度、もしくは増殖した微生物の影響と考えられる。

図-1 *P. tenue* と無機性窒素の関係

一方、気象項目で絞られた項目は、風速や水温(気温)である。風速は平均風速が 3 m/s 以上であると、5 日から 10 日後に増殖しやすい傾向がある。この傾向

は、溶存酸素を高くする要因の一つと考えられる。さらに、*P. tenue* の培養の際に管理すべき水温（気温）に関する項目が抽出されたことは必然であると考えられる。ただし、気象に関する項目は *P. tenue* の増殖は細菌とは異なり遅く、5 日から 10 日後に増殖が確認されるケースが多いため計測に留意する必要がある。

同手法を用いたが既存損赤潮発生の要因解析では風速が最も重要な項目であると考えられていたが⁹⁾、*P. tenue* の増殖においては硝酸性窒素亜硝酸性窒素が重要な項目になっている。

また、FNN 解析に信頼性を高める観点から主成分分析も試みた。その結果からも、同様な傾向が見られる。

解析結果を基に、確認実験を行なった。一例として、FNN 解析データを基に CT 培地の硝酸濃度を 0.4 mg/L、1.0 mg/L に調整した。培養条件は、温度 25 °C、照度は約 16,000 ~ 21,000 fc、使用した菌株は *P. tenue* 標準株である。結果は、硝酸濃度を 0.4 mg/L に調整した培地は初期増殖量がやや大きく、硝酸濃度の違いにより *P. tenue* の増殖速度が異なることを確認することができた。

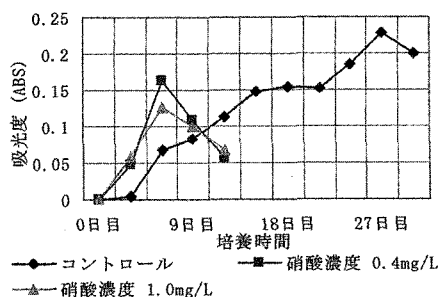


図-2 *P. tenue* の増殖の様子

また、硝酸濃度を 0.4 mg/L に調整した培地では急激な増殖が終わると褐色に変化することから *P. tenue* の死滅が始まり含まれているクロロフィル a がフェオフィチンに変化したと考えられる⁵⁾。また、1 ヶ月ほどそれぞれ培養した *P. tenue* を通常の寒天 CT 培地に塗抹し培養した。結果は、硝酸濃度を 0.4 mg/L に調整した培地で培養した *P. tenue* は検出された藻体数は一番少なかった。一方、通常の CT 培地で培養した *P. tenue* は検出された藻体数が一番多かった。このことから、硝酸濃度の違いによる増殖速度と生存藻体数の違いを確認できた。

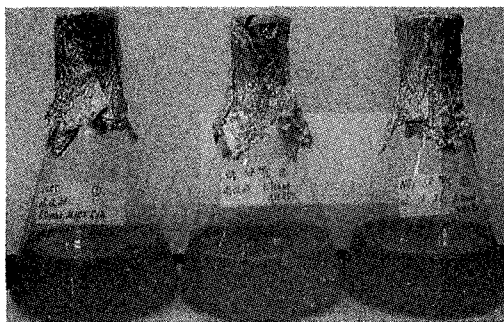


写真 1 *P. tenue* の増殖の様子

4. おわりに

今回の解析では、*P. tenue* の藻体数の変化に関与する項目を FNN を用いて抽出することができた。また、主成分分析を行ない信用性が確かめられた。その結果を基に確認実験を行ない、硝酸濃度の違いによる *P. tenue* の増殖速度の違いを確認することができた。今後 2-MIB を定量し産生量の違いを確認する予定である。

本研究は、緒についたばかりであり、今回絞り込まれた項目についてはさらに吟味し、確認実験を重ね、要因を明らかにしていくことが必要である。

また、釜房湖における *P. tenue* 由来によるかび臭問題だけでなく、今後各地の貯水池における問題や近隣の貯水池で問題になっている黄金藻類による生ぐさ臭に関する解析も予定している。

最後に、解析、実験の遂行に当たり、適切な指導をいただきました名古屋大学 工学研究科 本多 裕之 教授、中枘 昌弘 氏には多大なる感謝の意を表します。また、神田 峻介、高島 裕、照井 誠、諸君の労に負うところ多く、記して感謝する。

参考文献

- 1) 財団法人日本水道協会：生物起因の異臭味水対策の指針，1999。
- 2) 仙台市水道局：水質年報，平成 9 年度～平成 14 年度
- 3) 及川 栄作、石橋 良信：Water Science and Technology, Vol.40, No. 6, pp.195-202, 1999
- 4) 本多 裕之等：Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 34, No. 8 pp.998-1005, 2001
- 5) 京浜工事事務所-水質用語集-、名古屋市消費生活センター