

底泥中の *Anabaena* spp. の休眠細胞数がアオコ発生に及ぼす影響

東北大学工学部 学生会員 ○ 矢島悠一
 東北大学大学院工学研究科 学生会員 土田幹隆
 正会員 野村宗弘
 正会員 千葉信男
 正会員 中野和典
 正会員 西村 修

1. はじめに

閉鎖性水域である湖沼は窒素、リン等の栄養塩が蓄積しやすく、富栄養化による藻類の異常増殖を引き起こしている。宮城県北西部に位置する漆沢ダムは、上流域に人為的汚濁負荷源のないダム湖であるにもかかわらず、*Anabaena* spp.によるアオコが近年発生し、水道事業等に問題をきたしている。アオコを形成する *Anabaena* spp.は水温低下など環境条件が悪くなると休眠細胞(アキネート)という胞子をつくり、越冬もこの状態で行う。この休眠細胞については研究事例が少なく、また、休眠細胞とそれに関する現地の環境因子からアオコ発生に及ぼす影響を検討した事例はほとんどない。

これまで漆沢ダム湖底泥には *Anabaena* spp.の休眠細胞が大量に存在すること、また、発芽可能な細胞数と *Anabaena* spp.の増加との相関関係が示唆されたが、休眠細胞の存在がアオコ発生につながるかは評価できていない。

そこで、本研究では、漆沢ダム湖底泥における休眠細胞数の違いがアオコ発生に及ぼす影響を室内実験により評価した。また、室内実験から得られた結果と既往研究により得られた現地のデータから、休眠細胞の影響を考慮した藻類競合モデルを作成し、室内実験の結果を検証するとともに、現地の環境条件において休眠細胞数がアオコ発生に及ぼす影響を考察した。

2. 実験方法

(1) 室内実験

室内実験には、2009年10月29日に現地においてエクマン・バージ採泥器により採取した底泥と、この地点において採水した表層水を用いた。底泥は最確法(MPN法)により休眠細胞の計数を行い、27000cells/g-wetという結果を得た。室内実験は、採取した底泥と、その比率を10%、1%に変えた底泥の3系を用い、そこをろ過した現

地の表層水 5Lを加えた水槽で行った(表1)。培養は辻村ら⁽¹⁾の休眠細胞発芽実験を参考に、水温 23°C、光量 100 μmol/m²/s、明暗周期は 14L-10Dの条件で 23 日間行った。この水槽には *Anabaena* spp.と競合させるため、現地で出現する緑藻類 *Scenedesmus* sp.を 1000 cells/mL投入し、藻類種の変動を多波長励起蛍光光度計(JFEアレック(株))を用いて測定した。また、適宜、検鏡して藻類種を確認した。測器のChl.a値は事前に培養した *Anabaena* spp.と *Scenedesmus* sp.の混合比率を変えた試料水で測定した値と、その試料水についてN,N-ジメチルホルムアミドで抽出後、Lorenzenの吸光光度法により測定した分析値を用いて較正を行った(図1)。また、採取した底泥にろ過済みの表層水を加えただけの系4も用意し、*Anabaena* spp.の発芽速度を計測して増殖モデルに組み込んだ。

(2) モデル解析

藻類増殖モデルに関して、以下の(1)～(3)式を基に作成した。各値については現地の夏季における代表値を使用し、現地での休眠細胞の影響を評価した。

表1 実験系の休眠細胞の割合

	現地底泥比率	休眠細胞含有量	<i>Scenedesmus</i> 投入量
系1	100%	27000cells/g-wet	1000cells/mL
系2	10%	2700cells/g-wet	1000cells/mL
系3	1%	270cells/g-wet	1000cells/mL
系4	100%	27000cells/g-wet	なし

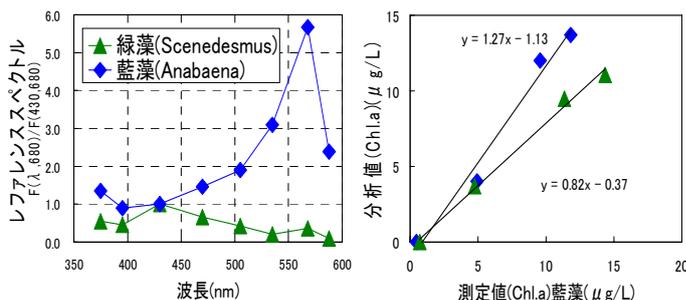


図1 多波長励起蛍光光度計の較正結果

$$\frac{\partial C}{\partial t} = (G - D)C + \alpha(C_{in} - C) \quad (1)$$

$$G = \mu_{max} \times \frac{P}{K_p + P} \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} = -(\beta GC)_{Anabaena} - (\beta GC)_{Scenedesmus} + \alpha(P_{in} - P) + \gamma \quad (3)$$

C : Chl.a濃度($\mu\text{g/L}$), G : 比増殖速度(1/h), D : 藻類死滅速度(1/h), α : 希釈率, μ_{max} : 最大比増殖速度(1/h), K_p : 半飽和定数(mg/L), P : P04 - P濃度(mg/L), β : Chl.aあたりのリン量(mgP/ $\mu\text{gchl.a}$), γ : 補正定数

3. 結果及び考察

(1) *Anabaena* spp.の発芽と藻類種の変遷

室内実験の結果を図2に示す。採取した底泥を用いた系1では、*Anabaena* spp. の発芽は見られなかった。系1と同様の系で *Scenedesmus* sp.を投入しなかった系4は休眠細胞による大量の発芽が確認されたことから、*Scenedesmus* sp.が発芽抑制に関与している可能性が示唆された。また、投入した *Scenedesmus* sp.の増殖もなかった。採取底泥の割合が10%、1%の系2,3では実験開始から10日間は *Chlamydomonas* sp.が、15日以降は投入した *Scenedesmus* sp.が優占化し、*Anabaena* spp. が優占化してアオコが形成されることはなかった。

また、発芽速度を計測するための系4では、実験開始から15日目から4日間の間、*Anabaena* spp. が急速に増加した。しかし、20日目から急速に個体数が減少し、22日目にはほぼ消滅した。実験時のP04 - Pの挙動に関しては、4系とも貧栄養状態であり、系4の急激な *Anabaena* spp. の消滅は貧栄養が引き起こしたものと考えられる。また、系4での *Anabaena* spp. 発芽期のP04 - Pの値は、系1と同じレベルであったことから、この急激な発芽には水中の栄養塩に依存していないことが分かった。

(2) モデル解析

系4で得られた発芽速度を藻類増殖モデルに組み込み、休眠細胞数が緑藻と藍藻の競争に及ぼす影響を解析した。図3に現地底泥の割合を100%、10%、1%にしたモデルを示した。10%、1%の系では *Anabaena* spp. の優占化は起こらなかった。また、100%の系に関しては最終的には *Anabaena* spp. が優占化した。図3に休眠細胞の割合を段階的に変えて、最終的な *Anabaena* spp. の存在量とアオコ状態が維持される期間の関係をまとめた。これにより、休眠細胞数を現在の30%まで減らせばアオコが発生しないことが示唆された。また、休眠細胞数を減らすことで、アオコ状態の期間を大幅に短縮させることが可能である

ことも示唆され、休眠細胞数がアオコ形成・維持に大きく関わっていると考えられた。

4. まとめ

室内実験およびモデル解析の双方から、休眠細胞数がアオコ発生に強く影響することが分かった。また、従来のアオコ発生に必要な不可欠とされていた水中の窒素、リンに全く依存せずに休眠細胞による発芽のみで優占化できることが分かり、少なくともアオコ発生の初期段階では貧栄養下でも底泥中の休眠細胞数が多ければ *Anabaena* spp.が優占化する可能性があることが分かった。現地は中～貧栄養であり、夏季は特にリン枯渇が著しいが、休眠細胞による発芽で短期間に個体数を増やし、その後、リン摂取速度が他の藻類より数倍速い特性や、窒素固定・垂直移動が可能な能力を利用し、限られたリンを *Anabaena* spp. が独占的に利用することで、漆沢ダムにおいてアオコが発生・維持される機構を示唆することができた。

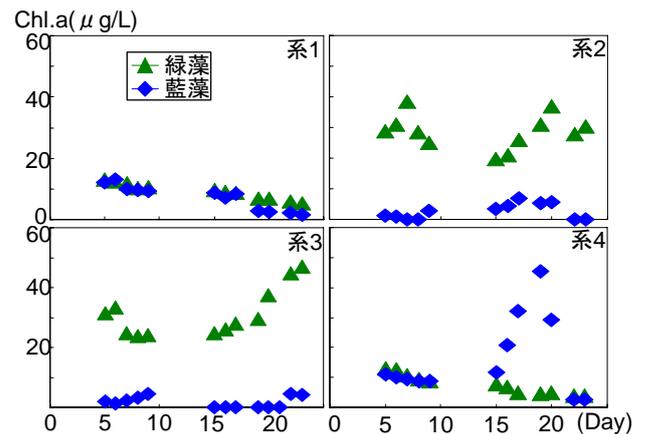


図2 室内実験の藻類種変遷

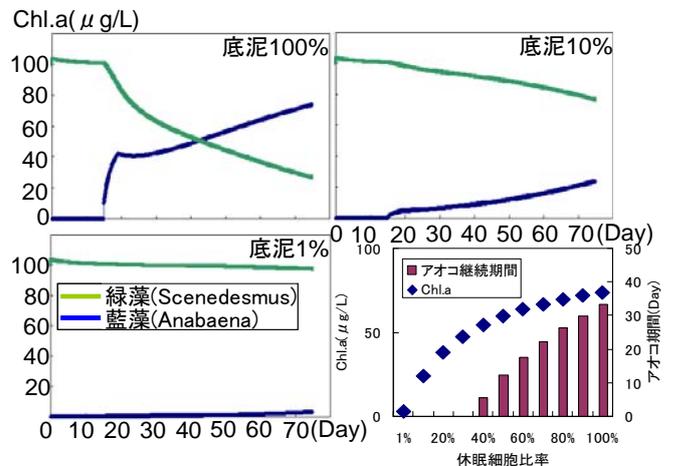


図3 モデル解析結果

参考文献

- 1) Shigeo Tsujimura et al: Journal of plankton research, Vol.25, No.9, p1059, 2003
- 2) 藤本尚志: 湖沼における藍藻類の優占化に関する研究, 東北大学大学院博士論文, 1996