

多段食物連鎖を含有するマイクロコズムを用いた バイオマニピュレーションにおける生態系機能特性

千葉工業大学大学院生命環境科学専攻 学員 ○林 秀明
 千葉工業大学生命環境科学科 正員 村上和仁
 東北工業大学環境エネルギー学科 正員 小浜暁子

1. はじめに

水圏生態系において水質の悪化や外来生物の出現は、アオコ等の植物プランクトンの異常増殖、特定の生物相の死滅を引き起こし、既存の生態系の崩壊につながる危険性がある。一方で、植物プランクトンや水草、動物プランクトン等生物を導入することで水質浄化を図るバイオマニピュレーションが近年注目されている。これらの生態系崩壊、バイオマニピュレーションの生態系機能のメカニズムは未だ不明瞭な点が多く、生物相、生態系機能に着目した環境影響評価が必要である。

従来より、化学物質や金属等の生態系影響評価はモデル微生物生態系であるマイクロコズムの構成微生物の個体数動態とP/R比（光合成による生産/呼吸量の比）から行われてきた。P/R比は安定した自然生態系においては1であることが知られており、その有効性は、測定が容易、システム全体の変化で生態系評価が可能、あらゆる系に適応可能な点等、1970年代からOdumにより提唱されている。すなわちフラスコマイクロコズムでのP/R比と構成微生物の個体数に及ぼす影響を把握することで、外来種や有毒物質等の外部負荷が自然生態系にどのような影響を及ぼすかが生態系機能の側面から予測可能となる。本研究ではバイオマニピュレーションによる水質浄化における導入生物に対する基礎的知見の集積を目的として、高い再現性と系の安定性が特徴であるフラスコサイズのGnotobiotic型マイクロコズムを用い、構成微生物群の個体数変動とP/R比に着目して検討を行った。



図1. マイクロコズム

2. 方法

2. 1 供試マイクロコズム

マイクロコズムは自然水域の一部をフラスコ内で培養したものであり、温度や照度、有毒物質の添加等人工的に様々な条件を組み合わせることで、生態系システムに及ぼすさまざまな影響をリスク評価できる。マイクロコズムを構成する生物相の変遷は変動期と安定期に分類される。変動期において各構成生物は培地を基に増加、減少を繰り返し、やがて構成生物種は安定した個体数を維持し安定期となる。本研究で用いたGnotobiotic型マイクロコズムは完全種構成既知かつ個体数計測可能であり、同様の条件下で培養を繰り返す限り再現性に優れた安定系を維持できる特性を有している。生産者として2種の緑藻類 *Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp.、1種の糸状藻類 *Tolypothrix* sp.、捕食者として1種の原生動物繊毛虫類 *Cyclidium glaucoma*、2種の後生動物輪虫類 *Lecane* sp.、*Philodina erythrophthalma*、1種の後生動物貧毛類 *Aelosoma hemprichi*、分解者として4種の細菌類 *Bacillus cereus*、*Pseudomonas putida*、*Acinetobacter* sp.、*Coryneform bacteria* の組み合わせで構成されており、自然生態系と同様に多段階からなる食物連鎖構造を有している。

2. 2 培養方法

マイクロコズムの培養は、ポリペプトン濃度を100mg/lとなるように調製したTP培地（Taub+polypepton）200mlを300ml容三角フラスコに入れ、種として安定期にあるN type マイクロコズムを10ml接種した後、培養温度25℃、照度2,400lux（明12hr.、暗12hr.）、静置条件で30日間行った。

2. 3 導入種負荷

導入種負荷としてそれぞれマイクロコズム培養開始16日目に添加した。捕食者導入系として、一次捕食者の原生動物 *Cyclidium glaucoma*、二次捕食者として *Aelosoma hemprichi* を16日目における現存量の1,10倍を添加した。また、生産者導入系として *Chlorella* sp.を導入した。

2. 4 生物相および個体数観察（構造パラメータ）

培養開始後、0,2,4,7,14,16,18,20,23,30日目にマイクロコズム構成微生物の個体数および生物相を、プランクトン計数板を用いて光学顕微鏡にて計測した。

キーワード：マイクロコズム 生態機能 P/R比 生態的影響評価 外部負荷 バイオマニピュレーション

〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1(千葉工業大学生命環境科学科) TEL: 047-478-0455 FAX: 047-478-0474

2. 5 P/R 比測定 (機能パラメータ)

マイクロコズム内の DO 変化を、培養開始 14 日目から DO センサーにより経時的に連続測定し、P (生産量)、R (呼吸量) および P/R 比の推移を算出した。

3. 結果および考察

3. 1 構造パラメーター(生物相)による比較

一次捕食者である *C. glaucoma* を 1 倍量添加した場合、添加後細菌類は減少した。また、添加により個体数の増加した *C. glaucoma* は 1 倍添加、10 倍添加共に 20 日目の測定を境に緩やかに減少し、30 日目には対照系と同等の個体数となった。

最上位捕食者である *A. hemprichi* の個体数は 1 倍量添加した場合、添加直後の培養 18 日目に増加した。それに伴い捕食者の役割をもつ *C. glaucoma*、*Lepadella* sp.、*Philodina* sp. の個体数は減少した。しかし、20 日目になり *A. hemprichi* の個体数が減少すると、減少した捕食者 3 種の個体数、捕食圧は対照系と同程度に収束した。10 倍添加系では生産者である緑藻類の大幅な個体数減少がみられ、餌生物の減少に伴い *C. glaucoma*、*Lepadella* sp. の個体数は減少した。捕食者の活性の増加に伴う代謝産物の増加により、緑藻類は添加前の個体数に回復、実験終了時には増加する結果となった。

いずれの場合もすべての構成生物種は系から消失することなく、微生物間の捕食被食および代謝産物が機能しているものと考えられた。

3. 2 機能パラメーター(P/R 比)による比較

対照系における DO の経日変化は図 4 のようになり、明暗周期による日周性と安定した DO の変化が確認された。また P/R 比も 1 付近で安定した。

捕食者の導入を想定した *C. glaucoma* 添加系、*A. hemprichi* 添加系においては生産量と呼吸量の活性が添加量に伴い増加するが、P/R 比は 1 付近で安定し、システムとして系の機能は維持しているものと考えられた。

生産者の導入を想定した *Chlorella* sp. 添加系においては、個体数の増加による光合成効率の向上により、活性が対照系と比較して増加した。

いずれの場合も系の生態機能は維持したが、添加後増加した生物を系外へ排出しない場合、生産者が増加する傾向にあることが示された。

4. まとめ

捕食者を導入するバイオマニピュレーションを想定した場合、生態系において一次捕食者である *C. glaucoma* を 10 倍量導入しても現存量、生態機能に影響を与えなかった。一方で、最上位捕食者である *A. hemprichi* を 10 倍量添加した場合では生態系機能を維持しつつも植物プランクトンの大幅な減少がみられた。このことから、植物プランクトンの異常増殖による水質悪化の解決法として最上位捕食者を導入したバイオマニピュレーションが有効であることが示唆された。また、生産者を導入する場合を想定した *Chlorella* sp. 添加系では P/R 比を維持しつつ光合成による活性が増加した。しかし、生物の導入による水質浄化は一時的な水質の改善は見込めるが、捕食者、生産者問わず増殖した生物を系外に排出しなければ効果が持続しないことが示された。

追 記: 本研究は、日本学術振興会平成 24～26 年度科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金)(挑戦的萌芽研究)「移入種生物がもたらす生態系影響評価のためのモデルエコシステムの汎用化に関する研究」の一環として実施された。

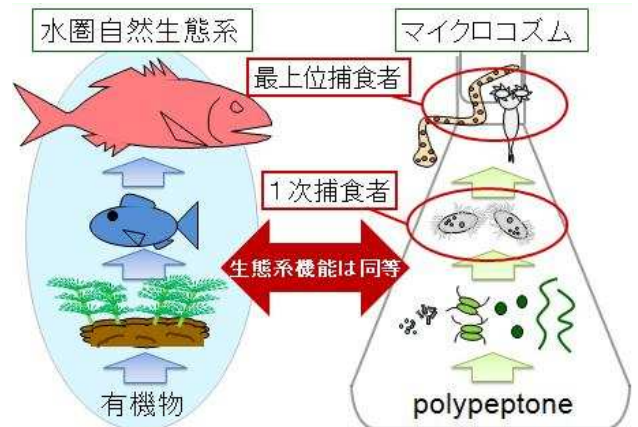


図2. 水圏自然生態系とマイクロコズムにおける捕食被食関係の比較

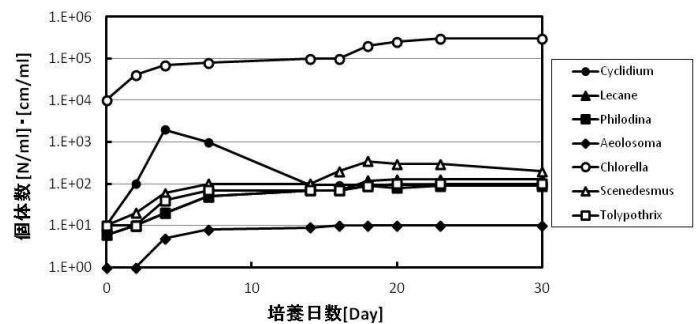


図3. マイクロコズム(対照系)における構成生物種の個体数変動

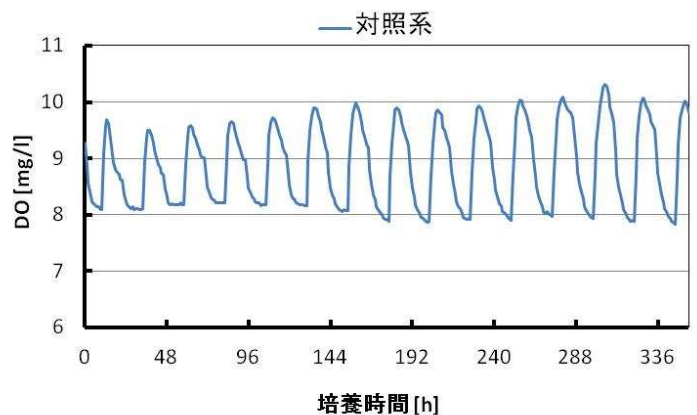


図4. マイクロコズム(対照系)におけるDOの経日変化