

最上位捕食者を導入したバイオマニピュレーション 生態系影響評価システムの開発

千葉工業大学大学院工学研究科

学員 ○林 秀明

千葉工業大学工学部生命環境科学科

正員 村上和仁

東北工業大学工学部環境エネルギー学科

正員 小濱暁子

1. はじめに

生態工学を活用した環境修復手法の一つとしてバイオマニピュレーションが注目されている。バイオマニピュレーションは、食物連鎖を利用し、過剰増殖した植物プランクトンの抑制や富栄養状態となった水質を改善しようとする環境修復手法である。電力などのエネルギーが従来の物理的水質浄化法、化学的水質浄化法と比較して低コストである利点が挙げられるが、生物を利用するため、外来種による生態系の侵略という生態学的問題を伴う。しかしながら、バイオマニピュレーションを実施する前段階としての生態系影響評価試験は確立されておらず、水圏生態系をはじめとする一般湖沼生態系の構造を含有した生態系影響評価試験法の確立は重要な課題である。影響評価試験には、個体数変動や P/R 比（光合成による生産／呼吸量の比）のような生態系機能に基づいた規格による評価が必要である。



図 1. マイクロコズム

本研究では、バイオマニピュレーション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 Gnotobiotic 型マイクログズムを用いて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。

2. 方 法

2.1 供試マイクログズム： マイクログ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。マイクログズムは構成生物種の個体数が安定するまで 14 日間程度必要であり、培養開始 14 日を境に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 型マイクログズムは種構成が既知であり、実環境を培地とした Naturally-derived 型、環境水と培地を混合した Stress-selected 型よりも影響評価試験に必要な安定性と再現性の面で優れている。生産者として 2 種の緑藻類である *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 *Aeolosoma 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いる。

2.2 培養方法： 本研究では、Gnotobiotic 型マイクログズムとして N type（栗原タイプ）マイクログズムを用いた。マイクログズムの培養は、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 マイクログズムを 10ml 接種した後、25℃、2,400lux（明 12hr.、暗 12hr.）の条件で 30 日間行った。

2.3 導入種負荷： 本研究ではマイクログズムにおける最上位捕食者として *A. hemprichi*、*P. erythrophthalma* を導入種として想定した。*A. hemprichi* は凝集体摂食者であり、細菌および原生動物などの微生物を摂食する。*P. erythrophthalma* はろ過摂食者であり、細菌などを摂食する。導入はマイクログズム培養開始 16 日目に行い、添加（負荷）量は 16 日目における現存量の 1,10 倍とした。

2.4 生物相および個体数観察： 培養開始後、0,2,4,7,14,16,18,20,23,30 日目にマイクログズム構成微生物の個体数を、プランクトン計数板を用いて光学顕微鏡にて測定した。

2.5 P/R 比測定： マイクログズム内の DO 値の変化を DO センサーにより培養開始 14 日目から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。マイクログズムの P/R 比は、自然生態系の P/R 比と同様に 1 となることが解明されているため、マイクログズムでの P/R 比に及ぼす影響を把握することで、導入種の負荷が及ぼす影響を生態系機能の側面からも予測可能となる。

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

〒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：047-478-0455

3. 結果及び考察

3.1 *Aeolosoma hemprichi* 添加系

マイクロコズム内において、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*、*Lecane* sp.、*P. erythrophthalma* 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 種の個体数は対照系と同程度に回復した。10 倍量添加系は添加後、*A. hemprichi* と直接の捕食被食関係にある緑藻類 *Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp. が添加前の 57% 減少した。一方、*C. glaucoma* の個体数は対照系の 5 倍程度に増加した。この原因として導入された *A. hemprichi* が添加直後から減少していることに起因していると考えられる。*A. hemprichi* は個体数の減少とともに死骸となる。一方、*A. hemprichi* に捕食された緑藻類は糞塊となり排出され、細菌類によって分解される。バクテリアはデトリタスの分解とともに増殖し、*C. glaucoma* はこれらのバクテリアを捕食するため、急激な個体数の増加につながったものと考えられた。

機能パラメータである DO は添加量に伴い活性が増加することが示されたが、P/R 比は 1 付近で安定しており生態系機能が維持されているものと考えられた。

3.2 *Philodina erythrophthalma* 添加系

ろ過摂食を行う *P. erythrophthalma* は 1 倍量、10 倍量添加系共に、いずれの種も系から排除されることはなく、生物間に被食捕食作用および代謝産物が機能しているものと考えられた。また、導入後の緑藻類の減少は 10 倍量添加系において *Chlorella* sp. が 45% 減少したが、*Scenedesmus* sp. には減少はみられなかった。DO においては *A. hemprichi* 導入系と同様に添加量に伴い活性が増大した。

3.3 総合討論

A. hemprichi と *P. erythrophthalma* を導入種とした結果、*A. hemprichi* 10 倍量添加系のみ緑藻類に捕食効果が機能し、*Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp. の個体数を減少させた。ともに最上位捕食者に位置する生物種であるが、*A. hemprichi* は凝集体摂食性、*P. erythrophthalma* はろ過摂食性であることから、摂食方法の違いにより生態系に与える影響に差が生じることが示された。実際のバイオマニピュレーションにおいても食性、生育環境の他に摂食方法の違いについても考慮する必要があると考えられる。

4. まとめ

凝集体摂食者である *A. hemprichi* を導入した場合、1 倍量では生産者である緑藻類、藍藻類の減少はみられなかったが、10 倍量においては添加直後、緑藻類の個体数は半減した。また、ろ過摂食者である *P. erythrophthalma* は 10 倍量添加系において *Chlorella* sp. の個体数が 45% 減少したが、*Scenedesmus* sp. には効果がみられなかった。このように、植物プランクトンを制御するためには直接の捕食被食関係にある最上位捕食者の導入を行うこと、各種導入生物の食性を考慮することがバイオマニピュレーションを効率良く行う上で重要であることが示唆された。

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）「（課題番号 24651029）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。

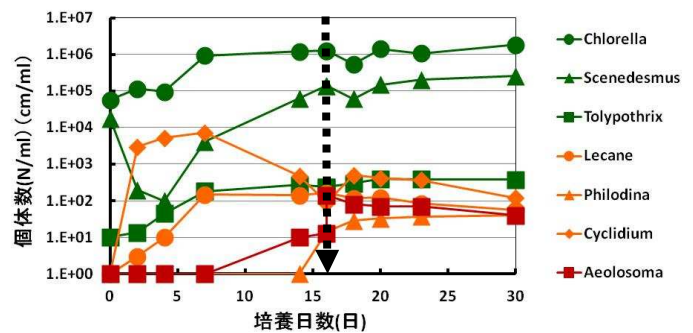


図 2. *A. hemprichi* 10 倍量添加系における構成生物種の個体数変動

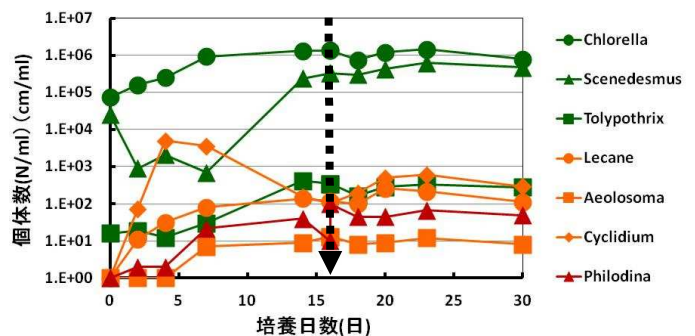


図 3. *P. erythrophthalma* 10 倍量添加系における構成生物種の個体数変動

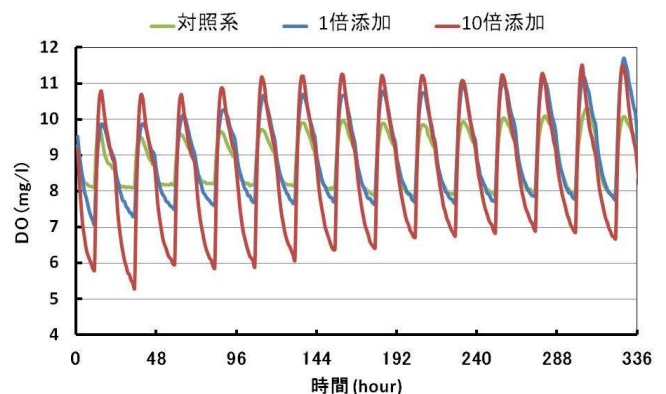


図 4. *A. hemprichi* 添加系における DO の経時変化