

水圏生態系マイクロコズムにおける 食物連鎖上位種導入の生態系機能に及ぼす影響

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

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挙げられる。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を必要としない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。そのため、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となる。P/R 比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となる点、単一生物や人間を含む様々な系に適用可能な点等が挙げられる。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 型マイクロコ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。



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。マイクロコズムには、Gnotobiotic 型の他にも、Stress-selected 型マイクロコズム、Naturally-derived 型マイクロコズム等がある。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持ち、繰り返し実験に適している。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 種の原生動物絨毛虫類 *Cyclidium glaucoma*、2 種の後生動物輪虫類 *Lecane* sp.、*Philodina* sp.、1 種の後生動物貧毛類 *Aeolosoma hemprich*、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 型マイクロコズムとして N type（栗原タイプ）マイクロコズムを用いた。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、25°C、2,500lux（明 12hr.、暗 12hr.）の条件で 30 日間行った。

2.3 導入種負荷：一次消費者としての原生動物 *Cyclidium glaucoma*、二次消費者として *Aeolosoma hemprich* を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。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、0,2,4,7,11,16,18,20,23,30 日目にマイクロコ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：マイクロコズム内の 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。

3. 結果及び考察

3.1 *Cyclidium glaucoma*（一次消費者）添加系

個体数測定から、一次消費者である *C. glaucoma* を 1 倍量添加した場合、添加後細菌類は減少し、緑藻類 *Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp. が緩やかに増殖した。また、添加により個体数の増加した *C. glaucoma* は 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。10 倍量添加系では、添加後直ちに細菌類が減少、*Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp.、*Lepadella* sp.、*Philodina* sp.、*Aeolosoma hemprichi* が増殖した。添加により増加した *C. glaucoma* の個体数は、1 倍添加系と同様に 20 日目を境に大きく減少し、30 日目には対照系と同等の個体数に収束した。どちらの場合もすべての構成生物種は系から消

キーワード：マイクロコズム 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

失することはなく、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。

DOの経日変化において、対照系と10倍添加系を比較すると、10倍添加系は対照系と同じ挙動を示した。しかし、10倍添加系は対照系に比べ振幅が大きいことから、系内の生産と呼吸の活性が高くなっていることが示された。

以上の結果から *C. glaucoma* 添加系はシステムとして系の機能は維持しているものの、活性の変化に示されるように構造の変化が起きているものと考えられた。

3.2 *Aeolosoma hemprich* (二次消費者) 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. hemprich* 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. hemprich* 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. hemprich* と直接の捕食被食関係にある緑藻類 *Chlorella* sp.、*Scenedesmus* sp. が大きく減少した。また捕食者3種の個体数は *C. glaucoma* が5倍程度、*Philodina* sp. が2倍程度増加した一方で、*Lepadella* sp. はわずかに減少するにとどまった。*C. glaucoma* の個体数が増加した原因として、添加した *A. hemprich* が添加直後の個体数を維持できていないことに注目した。減少した *A. hemprich* の死骸や、捕食された緑藻類は細菌類によって分解され、デトリタスとなる。*C. glaucoma* はマイクロコズム構成種の中で最も増殖速度が速い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。

4. まとめ

1次捕食者である *C. glaucoma* の導入は10倍量添加までは活性の変化は起こるが、生態系機能の崩壊にはつながらないことが示唆された。

最上位捕食者である *A. hemprich* を導入した場合、1倍量では生産者である緑藻類、藍藻類は減少せず、捕食者がわずかに減少した。10倍量においては添加直後、緑藻類の個体数は半減した。このことから、直接の捕食被食関係にある最上位捕食者の導入がバイオマニピュレーションにおいて望ましい方法の一つであることが示唆された。

N type マイクロコズムは、移入種問題や汚染物質を対象とした生態系機能に着目した環境影響評価のツールとして有効であると考えられた。

追記：本研究は、環境省平成21~23年度環境研究総合推進費課題「(S2-09) マイクロコズムを用いた生態系リスク影響評価システム手法の開発」の一環として実施された。

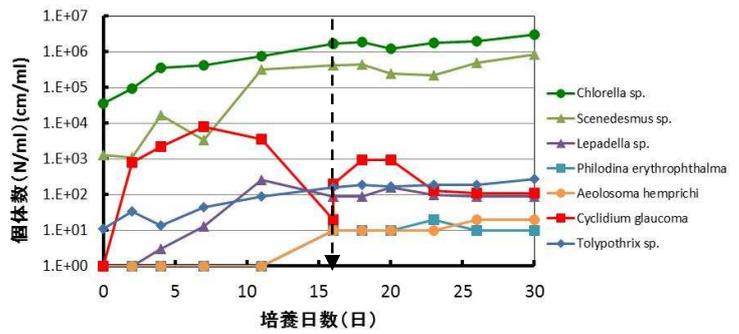


図2. *C. glaucoma* 10倍量添加系における構成生物種の個体数変動

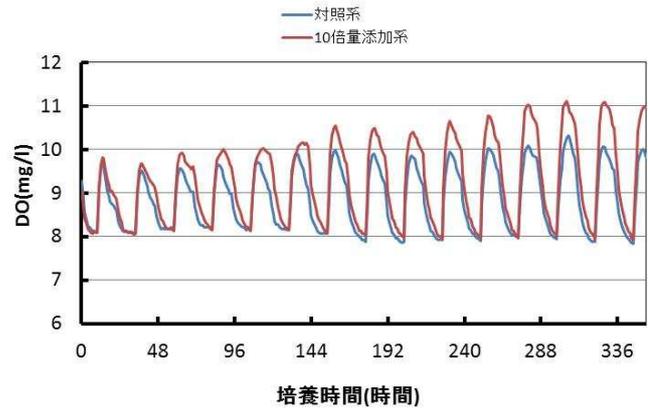


図3. 対照系と *C. glaucoma* 10倍量添加系におけるDOの経日変化

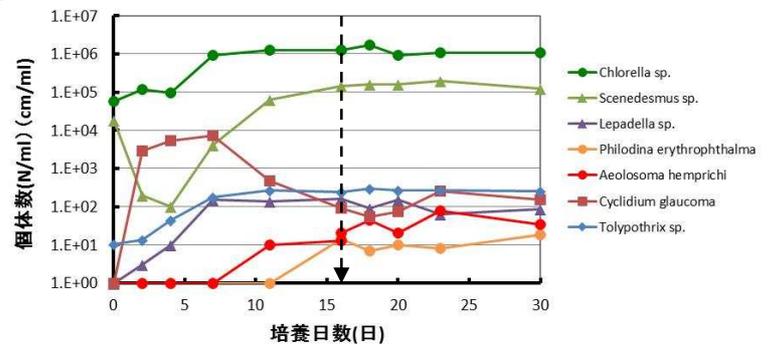


図4. *A. hemprich* 1倍量添加系における構成生物種の個体数変動

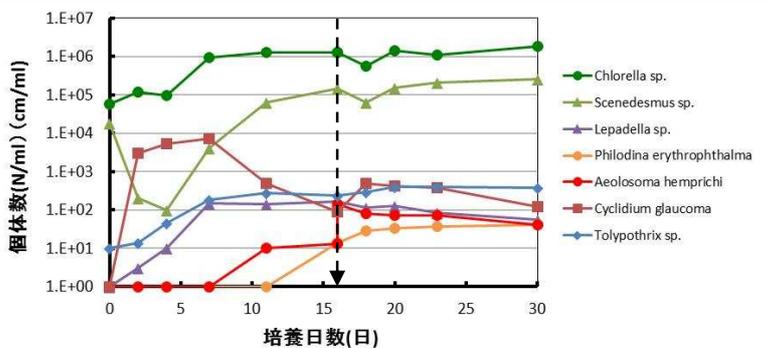


図5. *A. hemprich* 10倍量添加系における構成生物種の個体数変動