

水圏モデル生態系マイクロコズムによる数理モデルと培養モデルの比較検証

千葉工業大学	生命環境	学員	〇三浦あかね
千葉工業大学大学院	生命環境	学員	林 秀明
千葉工業大学	生命環境	正員	村上和仁
相模女子大学	栄養科学		杉浦 桂
福島大学	共生システム理工		稲森悠平

1. はじめに

生態系・生物多様性に深刻な影響を及ぼす要因として金属をはじめとする化学物質が挙げられる。これら金属などの各種化学物質の生態系に及ぼす影響をエコシステムレベルで評価しようとするときに、モデル生態系であるマイクロコズムが有効なツールとなっており、既に検討事例が報告されている。

本研究では、N88BASIC による数理モデル（杉浦モデル）と水圏モデル生態系マイクロコズム（栗原タイプ）を用いて金属負荷における生態系への影響予測について検討した。

2. 実験方法

2.1 マイクロコズム

マイクロコズムとは、消費者(*Cyclidium glaucoma*, *Lecane* sp., *Philodina* sp., *Aeolosoma hemprichi*)・生産者(*Chlorella* sp., *Tolypothrix* sp., *Scenedesmus* sp.)・分解者(*Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, *Acinetobacter* sp., *Coryneforme bacteria*)で構成された水圏生態系モデルである。構成種完全既知であり、物質循環・エネルギー風呂・生物間相互作用といった生態系機能の基本的要素を含んでおり、高い再現性を示すことを特徴とする。培養開始後、光合成により DO 値が増減し、約 16 日目で DO 値が安定する。評価方法としては、機能パラメータ (DO 値) として、安定期に対象物質を添加した際の DO 値の経時変化を、対照系と比較することによって対象物質が生態系システムに与える影響を評価する方法がある。

2.2 数理モデル

本研究では杉浦が Odum-Beyers を元に構築した N88BASIC を用いた数理モデルを使用した。本モデルは以下のようになっており、生物間相互作用とともに代謝産物を考慮したモデルである。

$$d(\text{CO}_2)/dt = k_1(\text{O}_2) \times (\text{MB}) \times (\text{C}) + k_2((\text{DCO}) - (\text{CO}_2))/(\text{DCO}) - k_8(\text{CO}_2) \times (\text{C})$$

$$d(\text{MC})/dt = k_6 \times (\text{O}_2) \times (\text{MB}) \times (\text{C}) + k_{10} \times (\text{CO}_2) \times (\text{C})$$

$$d(\text{O}_2)/dt = k_{11} \times (\text{CO}_2) \times (\text{C}) + k_1((\text{DO}) - (\text{O}_2))/(\text{DO}) - k_4 \times (\text{O}_2) \times (\text{MB}) \times (\text{C})$$

$$d(\text{C})/dt = k_5 \times (\text{O}_2) \times (\text{MB}) \times (\text{C}) + k_9 \times (\text{CO}_2) \times (\text{C}) - k_{12} \times (\text{C})$$

$$d(\text{MB})/dt = -k_3 \times (\text{O}_2) \times (\text{MB}) \times (\text{C})$$

ここで、 k_1 :酸素の気液平衡 k_2 :二酸化炭素の気液平衡 k_3 :バクテリアの代謝産物 k_4 :*Chlorella* が必要とする酸素 k_5 :*Chlorella* の呼吸量 k_6 :*Chlorella* の代謝産物 k_7 :*Chlorella* の呼吸量 k_8 :光合成による二酸化炭素の吸収 (明 12 時間) k_9 :*Chlorella* の比増殖速度 k_{10} :*Chlorella* が増殖する際必要となる代謝産物 k_{11} :*Chlorella* が増殖する際必要となる二酸化炭素 k_{12} :*Chlorella* の死滅量 (現存量に比例)

2.3 モデルの想定種

数理モデルにおける想定種はマイクロコズムの構成種にも含まれている種とし、消費者として *Cyclidium*,

キーワード: マイクロコズム 数理生態系モデル 培養モデル シミュレーション DO 金属負荷

〒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

Philodina、生産者として *Chlorella*、分解者として *Bacteria* を想定した。

2.4 パラメータの設定

消費者 (*Cyclidium*, *Philodina*)、生産者 (*Chlorella*)、分解者 (*Bacteria*) の対照系の比増殖速度は既往の文献値を参考とし、それぞれ 0.003, 0.012, 0.686, 2.0(day⁻¹)とした。また、対照系の比増殖速度を 1 とし、比増殖速度係数を 1.0~0.1 の範囲で 0.1 刻みに変化させシミュレーションを行った。

3 結果及び考察

3.1 培養モデルと数理モデルの対照系の DO 値

シミュレーション期間は 30 日間とし、対照系の数理モデルと培養モデルの DO 値の経時変化を比較した。その結果、DO 値は異なるものの経時変化における DO の変動は再現することができた。

3.2 培養モデルと数理モデルの Co 10ppm 添加系の DO 値

培養モデルは Co 10ppm を培養開始 16 日目に添加し、数理モデルは培養 16 日目以降の消費者と生産者の比増殖速度係数の条件を変えてシミュレーションを行った。図 1 に Co 10ppm 添加系の培養モデルの DO 値経時変化結果、と数理モデルを比較すると、添加後 20 日目以降の DO 値の経時変化が類似していることがわかった。また、シミュレーション結果の生産者の比増殖速度が 0.1 倍、消費者の比増殖速度が 0.1~0.3 倍の時、培養モデルと類似しており、Co の影響が生じていることがわかった。また、このことより、Co の影響は生産者≧捕食者と考えられた。

図 2 に数理モデル（生産者の比増殖速度係数 0.1、消費者の比増殖速度係数 0.3）の DO 値経時変化結果を示す。

Co 10ppm 添加系の培養モデルと数理モデルの 16 日目以降の DO 値の経時変化と照合し、生産者、捕食者などの程度影響が生じているのかについて検証を行った。その結果、Co 10ppm 添加系の培養モデルでは、16~20 日間は DO 値の振幅に変化はなかった。しかし、20 日目以降、DO 値が徐々に減少し、27 日目以降振幅がみられなくなった。数理モデルによるシミュレーション結果では、16 日目以降直ちに DO 値が減少し、28 日目以降振幅がみられなくなった。

しかしながら、図 1 と図 2 を比較すると、16~20 日間の DO 値が同じ挙動を示しておらず、数理モデルは添加後 0~4 日間は培養モデルを再現できていないため、この点について今後検討が必要である。

4.まとめ

- 1) 数理モデルと培養モデルは DO 値において差が生じたが、経時変化における振幅は再現することができた。
- 2) Co を 10ppm 添加すると生産者の比増殖速度は対照系の 0.1 倍に、捕食者の比増殖速度は 0.1~0.3 倍になり、Co の影響は生産者≧消費者と考えられた。
- 3) 16~20 日間の DO 値が同じ挙動を示さなかったことから、数理モデルは添加後 0~4 日間は培養モデルを再現できておらず、今後検討が必要である。

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）「マイクロバクテリア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。

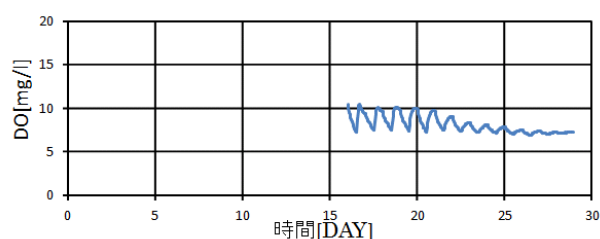


図 1 Co 10ppm 添加系の培養モデル結果

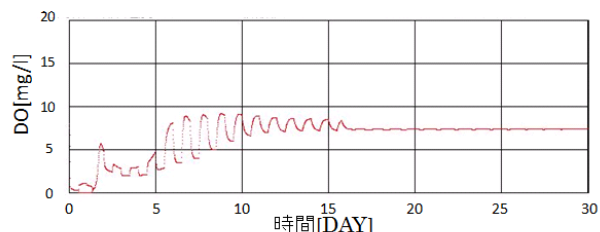


図 2 Co 10ppm 添加系の数理モデル結果