

数理モデル・培養モデルのハイブリット化による生態系影響解析システム（iEIRAS）の開発

千葉工業大学	生命環境	学員	○山崎裕太
千葉工業大学	生命環境	正員	村上和仁
相模女子大学	栄養科学科		杉浦 桂
福島大学	共生理工学類		稲森悠平

1. はじめに

生態系に深刻な影響を及ぼす物質として金属などの化学物質が挙げられる。これらの化学物質の生態系に及ぼす影響を調査する際に、模擬生態系であるマイクロコズムを用いることが有効であり、検討事例も報告されている。本研究では N88BASIC による数理モデル（千葉工業大学モデル）とフラスコサイズの培養系である水圏モデル生態系マイクロコズム（栗原タイプ）を組み合わせた iEIRAS（integrated Environmental Impact Risk Assessment System：生態環境リスク評価システム）を用いて、アセトンと農薬の複合添加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., *Aelosoma hemprichi*）・生産者（*Chlorella* sp., *Tolypothrix* sp., *Scenedesmus* sp.）・分解者（*Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, *Acinetobacter* sp., *Coryneform bacteria*）で構成された水圏生態系モデルである。構成種既知であり生態系機能の基本的要素を含んでいるため、高い再現性がある。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。評価方法として機能パラメータ（DO 値）があり、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ことができる。

2.2 マイクロコズムの条件

本実験に用いたマイクロコズムの条件は、TP 培地（Taub+ペプトン）に上記の生物種のみを継代培養した対照系マイクロコズムの種を添加し、温度 25℃、照度 2,500Lux（明 12h 暗 12h）で静置状態で 30 日間培養を行った。16 日目から生態系が安定期に入り、マイクロコズム内部の DO が安定する。安定期のマイクロコズムに化学物質を添加することで DO の変動を調査した。添加を行った系と無添加である対照系の DO の変動を調査・比較することで添加された物質が生態系システムに及ぼす影響を調査できる。今回添加を行った物質はアセトンとホメサフェンの 2 種類であり、これらの NOEC（環境無影響濃度）における複合添加の影響を調査し、経時変化における添加物の影響について注目した。

2.3 数理モデル

本実験に用いた数理モデルは杉浦が N88BASIC を用い開発した数理モデルを改良したモデルである。これは生物間相互作用、代謝産物を考慮されたモデルである。計算は以下のよう

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

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

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

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

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

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 12h） 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）となる。図 1 に消費者、生産者、分解者の関係図を示す。

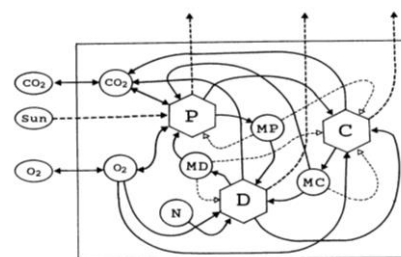


図 1 生産者、消費者、分解者の関係図

キーワード: マイクロコズム 数理モデル シミュレーション DO 生態系影響解析

〒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

2.4 パラメータの決定

消費者 (*Cyclidium*, *Philodina*)、生産者 (*Chlorella*)、分解者 (*Bacteria*) の比増殖速度は杉浦の文献値よりそれぞれ 0.0024、0.016、0.686、2.000 (day^{-1}) とした。このプログラムは比増殖速度の係数を変化させることが可能であるため、対照系の比増殖速度係数を 1 として測定を行い、係数を変更させてシミュレーションを行った。

3. 結果および考察

アセトン 50%、アセトン 50%とホメサフェン 0.5ppm 添加、アセトン 50%とホメサフェン 5ppm 添加による DO の変動を記録したものがグラフ 1、グラフ 3、グラフ 5、対応するシミュレーションがグラフ 2、グラフ 4、グラフ 6 である。

グラフ 1 の添加量は NOEC であり、グラフ 3 は、複合した場合の NOEC であり、グラフ 5 と合わせて共に変動がみられた。

アセトンの NOEC 添加系では後半に DO の上昇、複合 NOEC 添加系では後半に DO の上昇、複合高濃度添加系では後半に DO の増加がみられた。これらをシミュレーションで再現した結果、アセトン NOEC 添加系では 18 日から 22 日に生産者の比増殖速

度が 1.2 倍、23 日から 30 日に 1.5 倍になり消費者の比増殖速度に変化はみられなかった。複合 NOEC 添加系では 16 日から 18 日に生産者の比増殖速度が 2 倍、18 日から 22 日に 2.5 倍、23 日から 30 日に 3.5 倍になり、消費者の比増殖速度に変化はみられなかった。複合高濃度添加系では 16 日から 18 日に生産者の比増殖速度が 3 倍、18 日から 22 日に 3 倍、23 日から 30 日に 3.5 倍になり、消費者の比増殖速度は 16 日から 18 日に 5 倍、18 日から 30 日は 1 倍になった。

以上より、アセトン添加系の場合、NOEC 濃度でも影響が現れること、比増殖速度において生産者に強く影響を及ぼすことがわかった。また複合添加の場合でも、NOEC 濃度でも影響が現れること、比増殖速度において生産者に強く影響を及ぼすことがわかった。両物質の NOEC 添加系では系の活性が上昇し、アセトン、ホメサフェンに抵抗したものと考えられる。高濃度複合添加系では、添加直後は生産者、消費者共に活性を上昇させたが、18 日目以降では消費者の比増殖速度は低下し生産者の比増殖速度は増加したため生産者の活性が上昇したものと考えられた。

4. まとめ

- 1) アセトンとホメサフェンを複合負荷すると生態系環境に影響をおよぼすことが示された。
- 2) 時間経過により、NOEC 濃度 (0.5ppm) では活性の上昇、高濃度 (5ppm) では活性の上昇と低下がみられた。
- 3) アセトンとホメサフェンの複合添加が及ぼす影響の強さは、NOEC 濃度 (0.5ppm)、高濃度 (5ppm) のいずれにおいても生産機能>消費機能であった。
- 4) 培養モデルによる個体数測定、DO 測定だけでは系内部の生産・消費機能の解析は難しいが、数理モデルと併用することでこれらの情報を得ることが可能であった。

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」、「平成 25 年度日本化学工業協会真 LRI (2012PT4-02) 「マイクロコズムを活用した化学物質の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。

