

マイクロコズムを用いた除草剤リニュロンの生態系影響評価

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）を用いて除草剤リニュロン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、消費者としての動物プランクトン（*Cyclidium glaucoma*, *Lecane* sp., *Philodina erythropthalma*, *Aeolosoma hemprichi*）、生産者としての植物プランクトン（*Chlorella* sp., *Tolypothrix* sp., *Scenedesmus* sp.）、分解者としての細菌類（*Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida*, *Acinetobacter* sp., *Coryneforme bacteria*）から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・エネルギーフロー・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。培養条件は、25℃、2,800lux（L/D=12/12hr.）、静置とした、マイクロコズム培養開始後、生産機能（光合成）および消費機能（呼吸）によりフラスコ内の DO が増減し、動的平衡を維持しつつ、培養開始後 2 週間程度で DO 値が安定する。評価方法としては、生物個体数（構造パラメータ）と DO（機能パラメータ）があり、マイクロコズムに負荷を与えた際の個体数および 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できる。

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 による数理モデルを使用した。本モデルは以下ようになっており、図 1 のように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。

$$d(CO_2)/dt = k_1(O_2) \times (MB) \times (C) + k_2((DCO) - (CO_2)) / (DCO) - k_8(CO_2) \times (C)$$

$$d(MC)/dt = k_6 \times (O_2) \times (MB) \times (C) + k_{10} \times (CO_2) \times (C)$$

$$d(O_2)/dt = k_{11} \times (CO_2) \times (C) + k_1((DO) - (O_2)) / (DO) - k_4 \times (O_2) \times (MB) \times (C)$$

$$d(C)/dt = k_5 \times (O_2) \times (MB) \times (C) + k_9 \times (CO_2) \times (C) - k_{12} \times (C)$$

$$d(MB)/dt = -k_3 \times (O_2) \times (MB) \times (C)$$

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）、である。

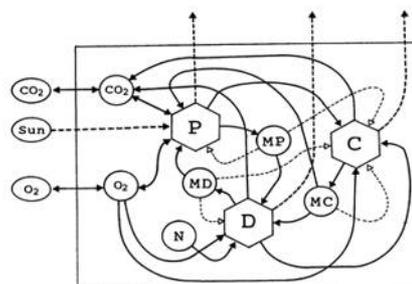


図 1 生産者・消費者・分解者の関係図

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との共通種とし、消費者として *Cyclidium glaucoma* および *Philodina erythropthalma*、生産者として *Chlorella*、分解者として Bacteria とした。

キーワード： マイクロコズム 数理モデル P/R 比 除草剤 リニュロン 生態系影響評価

連絡先：〒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/FAX 047-478-0455

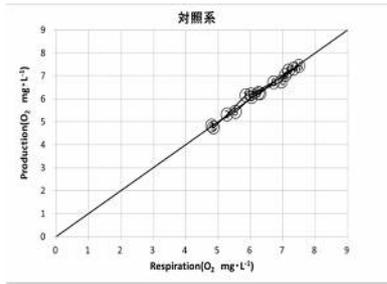
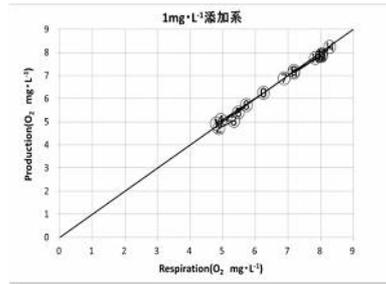
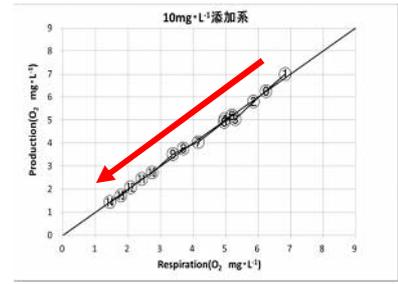


図2 対照系における P/R 比の推移

図3 1mg・L⁻¹添加系における
P/R 比の推移図4 10mg・L⁻¹添加系における
P/R 比の推移

2.4 パラメータの設定

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、比増殖速度係数を 1.0~0.1 の範囲で 0.1 刻みに変化させてシミュレーションを行った。

3. 結果及び考察

1mg・L⁻¹添加系では後半に DO の上昇、10mg・L⁻¹添加系では後半に DO の減少がみられた。これらをシミュレーションで再現した結果、1mg・L⁻¹添加系では前半に生産者の比増殖速度が 2 倍になり、消費者の比増殖速度に変化はみられなかった。後半では生産者の比増殖速度が 3 倍、消費者の比増殖速度が 1.2 倍となった。10mg・L⁻¹添加系では前半に生産者の比増殖速度が 4 倍になり、消費者の比増殖速度に変化はみられなかった。後半では、生産者の比増殖速度が 0.7 倍になり、消費者の比増殖速度に変化はみられなかった。以上より、リニュロンを添加した場合、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。1mg・L⁻¹添加系では系の平衡能により活性が上昇し、リニュロン負荷に抵抗したものと考えられる。物質循環中に耐性を有する個体の発生、添加したリニュロンの変化、消費により、後半では対照系 (非添加系) の値に近くなったものと考えられる。10mg・L⁻¹添加系では、添加直後は活性を上昇させたが系を維持できず、そのため後半では生産者の比増殖速度が低下したものと考えられる。

また、生産量 P と呼吸量 R の時間変化との関係を図 2~4 に示した。対照系では P、R とも 5~7mg・L⁻¹ の範囲で変動しているが、生態系の安定性のパラメータである P/R 比は 1 で極めて安定している。1mg・L⁻¹添加系では対照系と同様の挙動を示したが、10mg・L⁻¹添加系では P/R 比は 1 であるものの、P、R ともに徐々に減衰していき、システム全体の活性が低下していく様子が観察された。このことより、リニュロンの無影響濃度 (m-NOEC) は 1mg・L⁻¹ 以上 10mg・L⁻¹ 未満の範囲に存在すると推察されたが、今後、添加濃度を細かく設定して m-NOEC を決定していく必要がある。

4. まとめ

本研究の結果より、リニュロン負荷において生態系機能に影響が生じることが示され、リニュロンの無影響濃度 (m-NOEC) は 1mg・L⁻¹ 以上 10mg・L⁻¹ 未満の範囲に存在すると推察された。時間経過とともに、1mg・L⁻¹添加系では活性の上昇、10mg・L⁻¹添加系では活性の低下が観察され、リニュロン添加が及ぼす影響の強さは、生産機能 > 消費機能であることが示された。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、上記のような情報を得ることが可能である。また、単一種試験やメソコズム実験との関係からみてマイクロコズム試験は感受性が高いことが示された。

追記：本研究は、平成 24 年度日本化学工業協会新 LRI (課題番号 2012PT4-02) の一環として実施された。