

セルオートマトンによる底生生物の個体数変動に関する研究

環境大学設立準備財団 フェロー会員 野田 英明
鳥取大学工学部 正会員 松原 雄平
中国建設弘済会 正会員 ○水口 清文

1. はじめに：わが国の自然干潟は、社会経済活動にともなう沿岸域開発、特に埋め立て・造成事業で急速に減少して来た。東京湾においても湾内に残る干潟・浅場は葛西沖三枚州および市川市の三番瀬のみとなっている。また環境基本法あるいは環境アセスメント法の制定により、環境保全への配慮あるいは埋め立てなどの開発に対する事前環境影響評価などが求められている。三番瀬においても市民グループにより埋め立てに対する環境への影響を調査・予測することが要求されている。

本研究では三番瀬における調査データをもとに、底生生物としてアサリを、栄養源としてクロロフィル a を対象として、セルオートマトンを用いた増加・減少予測ならびに埋立などの外的要因による影響評価予測を行ったものである。

2. 研究方法：セルオートマトンは、システムの状態に変化をもたらす出来事が、システム内の局所的なルールに従いつつ時間軸上で不連続的に発生するとみなす動的システムであると定義される¹⁾。

以下では、アサリの個体数予測のために構築したセルオートマトンモデルの概要を示す。

(1) 捕食者をアサリ、被食者を植物プランクトン(クロロフィル a)とし、2種類の生物間の関連についてモデルを考えた。生態系の物質循環過程として、植物プランクトンの増殖・死亡、アサリによるクロロフィル a の捕食・死亡およびアサリの自然死亡を考慮した。

(2) 現地調査から生息海域を矩形格子(セル)で分割した。計算領域を図-1に示す。セルは生物がその中で生きていくテリトリーに対応し、区画の中には被食者ならびに、それを食べる捕食者を置き、「食う」、「食われる」の世界を創る。また、

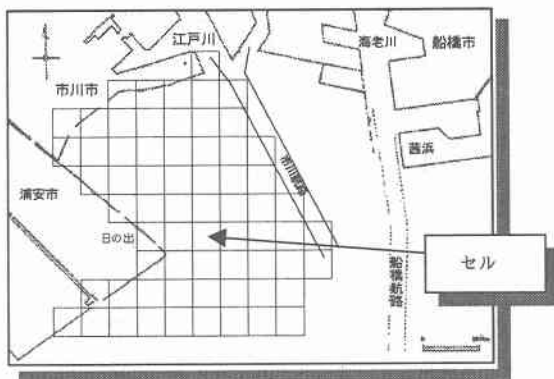


図-1 計算領域

調査データをもとにアサリの個体数密度およびクロロフィル a の濃度を数量に応じてそれぞれランク分けを行い、セル内のアサリおよびクロロフィル a はランク分けを行ったそれぞれのレベルの範囲内で増減するとした。

(3) ひとつのセル内で被食者・捕食者それぞれについて増加および減少のルールを与える。生物の増減は、その近傍セルの状態にのみ依存し、値あるいは状態更新のルールは、先行する時間ステップの状態にのみ依存する。また、すべてのセルの状態は、同時に更新されるものとする。

(4) ルールを決めるにあたっては、物質循環過程およびアサリの生息環境条件を考慮し、季節による増加・減少、アサリの競合・水深による繁殖抑制を考えた。すなわち、餌としてのクロロフィル a は定常的に存在するが、アサリは繁殖期に餌が十分にあって、近くに仲間が適当な数だけいるときのみ増え、逆に仲間が多すぎるとストレスによって減少するものとした。また、セル内には被食者・捕食者が共存しているとし、捕食者は同じセル内に存在する被食者を食べ、被食者は食べられた分だけ減少する。

(5) ルールに従って各セルを順にピックアップし、セル内における二種の生物の増減を繰り返し行う。

3. 結果および考察：構築したモデルを用いて三番瀬におけるアサリ・クロロフィル a の増減を予測した。図-2はアサリおよびクロロフィル a 数の計算結果を示したもので、クロロフィル a の最大値が先に現れ、アサリの最大値は2~3ヶ月遅れて出現する周期的な変動であることが分かる。またアサリの最大値は夏

から秋にかけて出現しており、比較的三番瀬の現状を再現している。次いで、千葉県が発表した埋立て計画をもとに計算領域の一部が埋立てられたと仮定し、その影響を予測した。埋立てられたと仮定した領域は、浅海域の20%、50%（全領域の15%、35%）にあたる。また、比較のため、浅海域の90%を埋め立てられたと仮定し計算を行った。図-3に示す

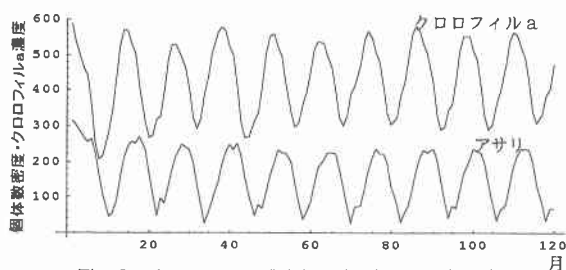


図-2 クロロフィル濃度とアサリ個体数の経年変化

計算結果より、埋め立てられた面積に比例して、アサリ・クロロフィルa共に個体数が減少していることが分かる。特に、浅海域の90%を埋め立てた場合においては、埋め立て数年後において、アサリの死滅する場合もあった。アサリは水深の浅い干潟・浅海域に集中して生息していることから、干潟・浅海域を埋め立てることは、個体数に大きな変化をもたらすといえる。さらに、領域内を埋め立ててから4年後に環境変化としてのクロロフィルaの幣死を強制的に与え、それによる個体数への影響を予測した。その計算結果の一例を図-4に示す。アサリ・クロロフィルaはインパクトを与えた場合、大きな変化がみられるが、やがて定常変化に落ち着いていく場合とインパクトを与えたことによって、アサリが死滅してしまう場合がみられた。同図は、埋め立てからアサリが死滅した例であるが、こうした絶滅の発生の如何は、ここで与えた増減ルールの確率の与え方によって左右される。以上のように、本モデルによって、図-3のような境界条件の変化の後、クロロフィルの減少やその他の環境条件の変化がインパクトとして作用すると、アサリの死滅も予測された。本モデルは、特定のルールをセルに与える他の領域からの浮幼生の移流着底を考えていないので、一旦死滅が起こると、再発生とはならない。この点は、モデルの再現性の詳細な検討とともに今後検討すべき課題であろう。

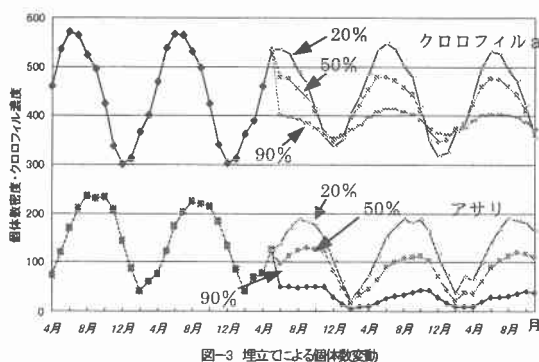


図-3 埋立てによる個体数変動

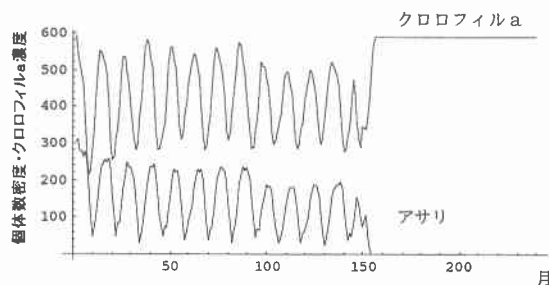


図-4 インパクトによるクロロフィル、アサリの経年変化

4. 結論：本研究では、環境の変化による底生生物数の変動現象を解析するために、人工生命手法の一つであるセルオートマトンを用い、三番瀬におけるアサリの現存量および水質特性をもとに解析を行った。以下に得られた結果を述べる。

- 1) 人工生命手法の一つであるセルオートマトンを利用し底生生物の増加・減少に関するルールを与えるのみで、底生生物の変動現象をある程度予測しうることが明らかになった。
- 2) 競合関係にある個体間の増減あるいは捕食・被食の関係にある個体間の消長の増減等を再現することにより有効であることや、環境因子の変化による底生生物の増減を予測しうることを確認できた。
- 3) システムに、より多くの環境因子を組み込むことによって、予測精度の高いシステムを構築でき、長期にわたる底生生物の変動予測も可能であり、環境創造の予測手段として利用できる可能性が高い。

参考文献 1) Richard J. Gaylord, 西館数芽, 西川清：自然現象の計算モデル化；トッパン (1997)