

気候が変わると海の生物はどうなる？ —北太平洋の生物資源変動予測—

北海道大学大学院水産科学研究科 岸 道郎

今日の結論：地球温暖化と鍋の中の蛙は同じである。

はじめに。

私の研究は、コンピュータを使って海洋に住む生物の間でどのように物質のやりとりが行われているかを研究したり、また環境が変化したときにどのような生物が増減するかなどを予測したりすることである。例をあげると、前者は厚岸湖で河川から流入してきた養分が厚岸湖のあさりやかき、植物プランクトンやあまもなどにどのようにとりこまれ、それぞれの生物がどのような競争関係にあるのかを、コンピュータでモデルを作って研究する。後者は身近な例では、諫早湾の水門を閉め切ると有明海ののりにとっての環境がどのように変化するか、また、晴天が続くといつごろ赤潮が起きそうか、をコンピュータで実際の模型の海を作って予想しようとする（予測できるかできないかは別問題）。気候変動が起こると海洋の生物資源がどのように変化するかを予想すると、いう本日の課題もまた私の研究分野のはずである。

「モデル」という言葉が出てきたので、「モデル」について親しみのない方に少々説明を加えたい。モデル、というとファッションモデルやプラモデルなら聞いたことがあるかもしれない。どちらも「本物ではない」。似ているけど偽物。モデルは「似ているべきところだけ似ていればよい」とも言えるかもしれない。ファッションモデルなら「姿形が美人」ならあとはどうでもいい？プラモデルは外観が似ていれば走らなくてもいい？大きな船をつくる時にプールで模型を作って風や波に対する反応を見ることがあるけれど、波に対する反応さえ同じなら窓なんかあいていなくてもいい。我々の「海のモデル」「生物のモデル」も「見たいこと」さえ表現できれば、他は似ていなくてもよい、といえる。図1はPICES(North Pacific Marine Science Organization =北太平洋海洋科学機構)で作られた「北太平洋の低次生産モデル」と呼ばれている「生態系モデル」である。実際の海で硝酸や珪酸のような栄養分は存在するけれども、「植物プランクトン」なんていう生物は存在しないわけで（つまり陸上の生物を「木」「草」などと種類分けしているのと同じな訳で）、これは実際の海洋の生態系を全て記述したものではない。このモデルを使って「ある特定の種類のプランクトンが増えるか減るか」などという予測をするつもりで作ったモデルではないので、こういったモデルができあがったのである。このモデルを使ってこれから何をしようとしているのか、といえ、ば、「気候変動が起きた（いや、起きつつあるが）場合に北太平洋の生物生産が増えるか減るか、そして、それに伴って魚が増えるか減るか」を予測するために使うもだから「これでいい」のである。このモデルを使って環境が変化したときにプランクトンが増えるか減るかを計算機を使って予測する際には、例えば、生物の間の喰う喰われるの関係を式で表すことにな

る。大切なのは、「式」で表した生態系（ここでいう「生態系」

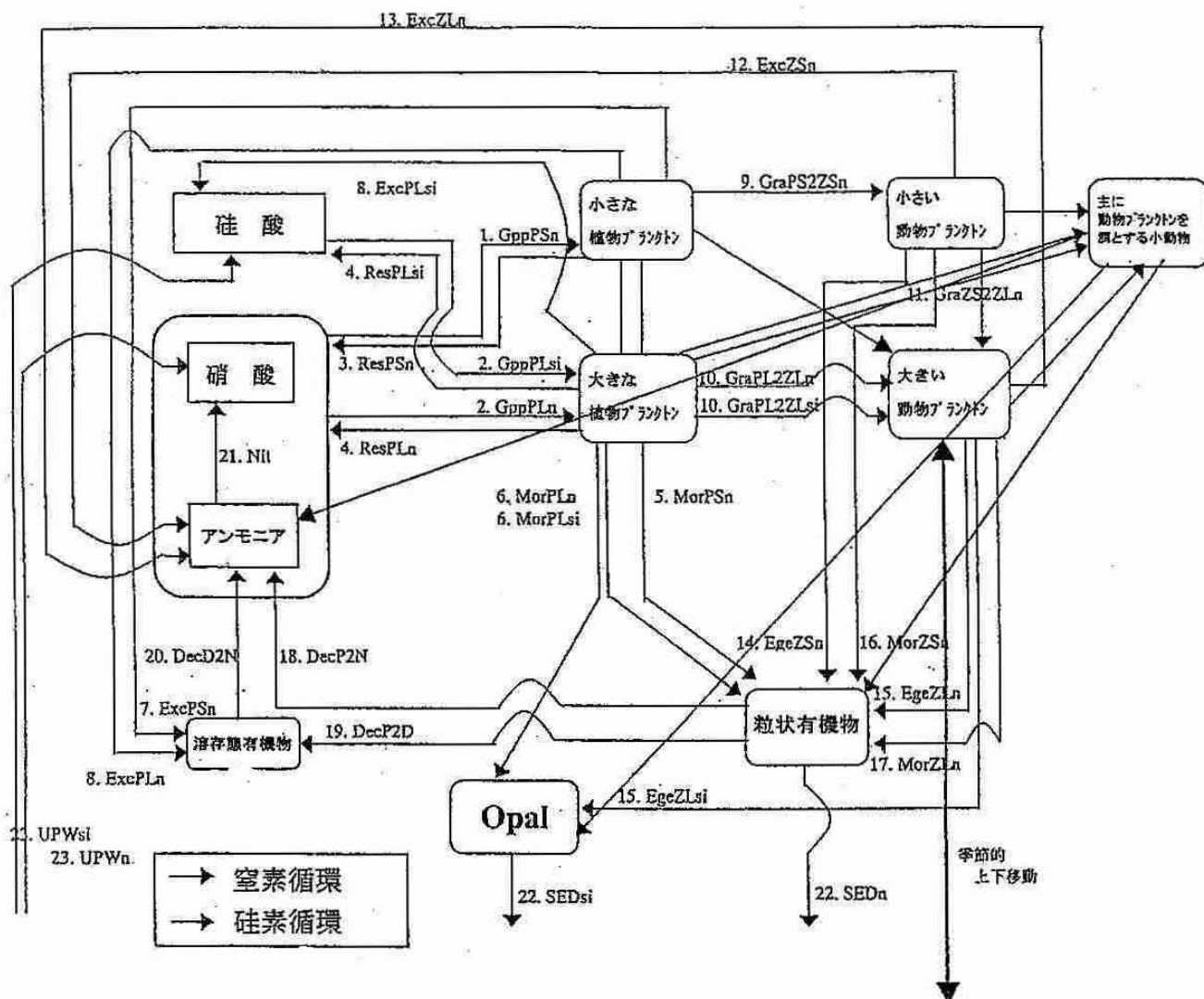


図1 NEMURO (North Pacific Ecosystem Model Understanding Regional Oceanography) PICES で作成された北太平洋の低次生産モデルの概念図

系」とは生物どうしのつながりにとどまらず、それをとりまく気温などの環境をすべて含んで「生態系」とよぶことにする) が地球全体の生物のふるまいを隈無く網羅するかどうかではなくて、我々が知りたい生物の変化が、その「式」で見当をつけられるかどうか、にある。

さて、海の流れが1週間後、2週間後にどうなるか、そして水温がどのように変化するか、が仮に分かったとして、海の中に住む生物がどこに何匹いるか、を予想するモデルは作れるであろうか？鳥賊を考えてみよう。鳥賊は海水が流れれば一緒に流されると同時に自分でも泳ぐ。そして、「なぜ、どこに向かって泳ぐのか？」は誰が知っているのでしょうか？鳥賊がどこに向かって

泳いでいくか？は誰かが烏賊を押してニュートンの式にしたがって「運動の法則」に従って運動するのではなくて、自分で意志を持って泳ぐわけだから、「烏賊の意志」がどのように決定されるのかを、知らないと多分予測ができないわけである。そしてその意志が機械的に決定されるものならば（例えば「必ず水温が高い方に向かって泳ぐ」「必ずプランクトンが沢山いる方に向かって泳ぐ」のように）気象庁ががんばって天気予報の精度が上がったように、水産庁の予報だって当たるようになるであろう（つまり水温が上がるか下がるかを予測すればいいのだから、そんなに難しいことではない）。それが当たれば漁師の皆さんはそこに行って烏賊を獲るから海から烏賊はいなくなってしまうであろう。そうはなっては困るので正確に予想することはできないようになっている（自然の摂理ですね）。

では、全く予想はできないか、というと、多分、そうではない。みなさんは電車（函館の市電ではなく、札幌や東京の地下鉄などを考えてください）に乗ったとき、ドアを入れてどちらに行くか考えてみよう？これは利き足の関係で右に行く人の割合が多いことが統計的に分かっている。正確な数字は知らないから、仮に右へ行く人の割合が60%左が40%としよう。100人いれば60人くらいは右へ行くということである。でも、例えば私が、ある日、右へ行くか左へ行くかは、その日に美人が右手に座っている、とか怖いニイチャンが左に立っているとか、読みたい吊り広告が左につり下がっている、とかそんな都合で決まるのである。つまり「個々の生物の意志」は予測することはかくも難しい、といたいのである。したがって私たちが作っているコンピュータの中の生態系のモデルというのは、このような個々の事情は無視している（無視しないモデルを作っている人もいるので念のため）。60%と40%のような関係を用いて式を作って、ああなるこうなる、と予想しようとしている。例えばプランクトンが日光に当たって光合成をする、ということに式を表すとすると、光が強くなればたくさん光合成をして酸素を出し、そして養分を作って増えていく、という過程を定量化する。プランクトン1個1個はもしかしたら魚に食べられるとか、船の縁についてしまうとか、そんな事件に巻き込まれるかもしれないのであるが、そんなことは確率の問題として、例えば「全体の10%が1日に死んでしまう」というような関係を式に記述するわけである。

そのようにして、地球が温暖化すればどうなるか？を予測する試みは今まさに進んでいる。いくつかの説を紹介したい。(1) 温暖化すると季節風が強くなると、気象学者が予測している。そうすると、冬季に北太平洋の海洋表層で水がよくまざるようになる。また、難しい理論から冬季の北太平洋の低気圧が強いと北太平洋では深層の養分に富んだ水が深層から上層に上昇してくる割合が多くなることが分かっている。そこで、季節風が強くなることは北太平洋の表層の養分を豊富にするセンスに働くことになる。これは春になって日光が十分に当たり、水温が暖かくなってきたときに植物プランクトンが増える（春季増殖といいます）割合が大きくなることを意味している。しからはそれを餌とする浮き魚は増えるであろう。(2) カリフォルニア沖によい漁場があることは知られているが、これはカリフォルニア沖で「沿岸湧昇」といって深層から養分に富んだ水がわき上がってくる現象があるからであるが、この沿岸湧昇も強くなることが予想されて

いる。これもプランクトンを増やし浮き魚を増やすかもしれない。(3) 暖冬になれば冬季に海面が冷えにくくなる。例えば三陸沖では、冬季に海面が冷やされて冷えた水は重くなって下にもぐり、下層の養分に富んだ水とまざりあって(「対流」という)海面に養分をもたらすこともよく知られているが、この「冬季混合」が暖冬になると小さくなる。小さくなると養分が海面に補給されにくくなるので植物プランクトンの春季増殖が小さくなる。すると餌が少なくなって浮き魚も生残率が悪くなるかもしれない。(4) 北西の季節風が強い年は太平洋マイワシの卵稚仔の生残が悪いことも知られているので、季節風が強くなればイワシ資源は減るかもしれない。でも、イワシが減ればサンマが増えることもしられている………?! (5) 水温が高くなればサケの生息域が狭まってサケの資源量が減るのではないか。水温の温暖化の速度はサケの適応のスピードを超えているかどうか分からない。少なくとも気温の温暖化のスピードは植物の適応のスピードよりは速いことがいくつかの例で知られている。サケはどうか? サケに限らず、海洋の生物が、鍋の中のカエルと同じように適応する可能性があれば、予測は不可能に近い。………これが私の一番言いたいことですが、「予測できない」なんていうと誰も研究費をくれませんから、少しでも可能性がある限りやってみるのが科学者であるわけで、そんなに待ってられない、としびれを切らせているのが最近の風潮であります。

あらずもがなのエピローグ

私たちモデラーはコンピュータさえあれば研究ができる、コンピュータは誰でも持っている。研究費がいらぬ。というふうに一般に同じ研究者の仲間からさえ思われている場合がある。これはある意味では正しくてももちろんある意味では間違っている。そこいらのパソコンでは大規模なモデル(北太平洋のモデルみたいな)は計算できない。だから、誰でも持っているコンピュータではあまり大規模な研究はできない。大型のスーパーコンピュータというのがあれば、観測は観測の専門家に任せて我々はモデルを作って解析する作業に没頭できるともいえる。一方、非常に優れた集中力が必要とされる作業なので、優秀な人材が求められる。「水産」という名前で優秀な人材がなかなか集めにくいご時世である、ということも認識しないといけない。そして「魚の研究」「バイオテクノロジー」だけが水産学の研究分野ではなく、魚の住んでいる海の研究も大事である、ということを強調して結びとしたい。