

# 水産資源管理におけるシミュレーション手法の導入

山口 宏 史

キーワード：水産資源管理、不確実性、シミュレーション

## 責任ある漁業

世界的な異常気象や環境破壊に関する問題が深刻化する中1992年6月3日から14日までリオデジャネイロで国連環境開発会議が172の国と機関が参加して開催され、「気候変動枠組み条約」と「生物多様性条約」という2つの条約に参加各国が調印しました。また、会議では、地球環境をまもる憲法ともいえるべき、「リオデジャネイロ宣言」とその行動計画である「アジェンダ21」が採択されました。

この「リオデジャネイロ宣言」(Anon. 1992)の27ある「原則」の中から興味深いいくつかの文言を抜粋してみますと

原則1「人類は持続可能な開発に対する関心の中心にある。(以下略)」

原則3「開発の権利は、現在および将来の世代の開発と環境での必要性を公平に満たすよう行使されなければならない。」

原則8「全人類が持続可能な開発と、より高度な生活水準を達成するために、各国は持続不可能なパターンの生産と消費を縮小、廃止し(以下略)」とあります。

「持続可能な開発」という考え方が明確に提唱され、生態系などの人間の周辺環境から得られる恩恵は現在の我々の世代だけでなく、子や孫の世代にも今と同じ恩恵を得る権利を残しておくような「持続的な開発」が必要であり、そうでない開発は止めるべきとまでいっています。

さて、今まで述べてきた「リオデジャネイロ宣言」=環境保全の話が、水産業から少し離れているのではと感じている読者の方がいるかも知れません。しかし、水産業が対象としている水産資源は、地球規模の環境を構成している生態系のメンバーのひとつですから、これらの利用は環境保全の考え方を抜きにしては考えられません。

事実、この「リオデジャネイロ宣言」は、世界の水産資源管理に大きく影響を及ぼしました。国連の専門機関のひとつであるFAO(国際連合食糧農業機関)の漁業部門は1995年「責任ある漁業」の実行を提案しました。(Anon. 1995a)

「責任ある漁業」とは「リオデジャネイロ宣言」で謳われている「持続可能な開発」を目指すもので、「漁業は将来の子や孫の世代に対しても責任のとれる方法であらねばならない」と定義されています。すなわち、現在水産業が対象としている水産資源を絶滅や、極端に減少させることなく、漁業生産を続け、子や孫の世代にも引き継ぐことが求められるのです。そのためには今まで以上に資源管理の重要性が増してきました。

## 予防的措置

我々人間が持っている水産資源に関する知識や情報は陸上の動植物のそれに比べはるかに少ないものです。その最も大きな要因は水産資源が広い海中に住んでいるため、観察することが難しいことが考えられます。しかし、知識が少ないからと

いって「持続可能な開発」をしなくともよいことにはなりません。それどころか、先に述べた「リオデジャネイロ宣言」の原則15には「重大あるいは取り返しのつかない損害の恐れがあるところでは、十分な科学的確実性がないことを、環境悪化を防ぐ費用対効果の高い対策を引き伸ばす理由にしてはならない。」と明記されています。少々回りくどい表現ですが、要するに科学的にはっきりしていないからと言って、方策をとらない理由にしてはいけません。もっと言うと「水産資源についてはまだ解らないことが多い」という言い訳で、資源管理を先延ばしにしてはいけないということです。当たり前のことですが、水産資源のことをもっと知ろうと調べているうちに、水産資源が絶滅してしまっただけでは何の意味もありません。一度絶滅してしまった生物は二度と再びよみがえることはないのですから、水産資源に関わりのある人間は責任重大です。

そこで知識や情報の少ない水産資源を上手に管理、保護していく方法として「予防的措置」の水産資源管理への適用がFAOにより提唱されました。(Anon 1995b)

この「予防的措置」とは前述のリオデジャネイロ宣言原則15により明確に定義されました。先の宣言文をさらに解説してみますと、「たとえ科学的にははっきりした因果関係が証明されていなくても、環境にとって取り返しのつかない危害を加えるおそれがあるときは規制(行動を起こす)すべきである。」と読み替えることが出来ると思います。これを水産資源管理に適用した場合どうなるでしょうか？

たとえばある水産資源の漁獲量がずいぶん少なくなって来たかと思えます。ただし、この資源に関する研究はあまり進んでおらず、なぜこのごろ漁獲

量が少なくなって来たのかは解らないとします。それでは上述の「予防的措置」の考えでは、この資源に対してどのような方策(資源管理)をとるのでしょうか？

よく解らないけど、何もしないよりはいいだろうからとりあえず、3年間禁漁してみる。まだ、絶滅するようなことは無いだろうからもう少し様子を見る。

考えられるのこのあたりでしょうか？

まず ですが、これでは、この資源を獲って生計を立てている漁業者や流通・加工などの関連業者の人は納得するのでしょうか？

次に ですが、そもそも知見が少ないのですから、「まだ大丈夫そうだ」となぜいえるのでしょうか？ かなり難しそうです。

ただ闇雲に安全策をとろうとしてもダメなようです。

FAOによる「予防的措置」の水産資源管理への適用は次のように述べられています。

- 1 水産資源の保護、管理、開発には、水産資源自体を保護するとともに環境を保全するために「予防的措置」が講じられなければならない。
- 2 「予防的措置」の実行にあたっては、環境ならびに社会的・経済的影響を十分考慮するとともに、とりわけ、資源状態に関する「不確実性」を十分説明する必要がある。

と述べています。つまり資源管理を行うには生物のことだけでなく、社会・経済的なこと、周辺環境のことなど様々な要因を考慮しなさいということです。とくにこのなかで「不確実性」という言葉が出てきました。次の章ではこの「不確実性」の解説をしたいと思えます。

資源管理における不確実性

FAOの「漁業への予防的措置に関する専門家会議」による定義によれば、不確実性とは、「自然界の状態、もしくは、その中での様々な作用についての知識が、不完全であること」とされています。(Anon. 1995c)

Ronsenberg and Restrepo (1994)によると、資源管理における不確実性を、次の5つに分類できると言われています。

#### 1. 計測の不確実性

漁獲量、あるいは、生物学的数値のような計測された数量についての誤差

例えば、資源の状態を調べるために行っている体長や体重の測定時の間違いなどはこれに含まれます。

#### 2. 個体群動態の過程に内在する不確実性

加入量の変動のような、個体群の動態に内在する不規則な変動。

同じ生物でも、ある親の量からいつも決まった量の子供が生まれるとはかぎらないと言うことは経験的にわかっています。この理由をお話すると長くなりますので、そういうものと思っておいってください。

#### 3. モデルの不確実性

モデルの構造についての誤った設計。

例えば、私達が資源の量を計算するときには、生物の生き様を単純化した数式(モデル)を使います。このときの単純化の仮定が現実の生物と異なることによっておこる間違いです。

#### 4. 推定の不確実性

上記の不確実性のどれか、あるいは、それらの複合的な結果によるもので、各種推定値の誤り、及び曖昧さ。

例えば、資源量の推定値に含まれる誤差(間違い)などがこれにあたります。

#### 5. 管理実施の不確実性

例えば、目標漁獲戦略を厳密に成し遂げることができないような一貫性を欠く管理方策の実施によって引き起こされるもの。

誤った決定をしてしまうことや、効果のない管理体制などがここに含まれます。

以上5つのタイプの不確実性があるといわれていますが、肝心なことは、これだけ多くの不確実性の上に立って資源管理の方策を決めなければならないということです。

#### 水産資源の多様な価値

Hilborn *et al* (1993)は資源管理とは元来意思決定の過程であると述べています。

水産資源から恩恵を受けるのは誰なのかを考えた時、まず最初に思い浮かぶのは漁業者のみなさん。さらには、加工・流通関係の人々でしょう。

しかし、これらの産業に従事していない人でも、多かれ少なかれ、水産資源(水産物)を口にするでしょうから、恩恵を受けています。

また、見逃されがちなことですが、もし万が一ある漁業が成り立たなくなれば、多くの国でそうであるように、税金が投入され、その補償に当てられることでしょう。つまり、たとえ一口も水産物を口にしない人がいたとしても、税金が使われる可能性がある以上、漁業の崩壊は全ての納税者にとって避けるべき事態だと分かります。また、釣りなどのレジャーの対象になっている水産物では、レジャーとしての価値もあります。さらに極言すれば、海を見て癒されるなどの効果を考えた時、その海を構成するひとつの要素である水産物には誰のものでもない重要な価値もあると考えることができます。

以上長々と水産物の価値または恩恵に関するこ

とを列挙してきましたが、水産資源には実に多様な価値があり、また、その恩恵も多くの立場の人が享受していることがお分かりいただけたかと思えます。その水産資源を管理しようとするとき、多くの価値観をともに満たす方法を探さなければならぬこととなります。さらには、前項で述べたような「不確実性」の問題もあります。

非常に「不確実」な情報の上で、多くの価値観に耐え得る方策を見つけ出すこと、これが資源管理の目標です。

#### より良い管理方策を探すために

1990年代以降、欧米諸国で「不確実」な情報の上で、多くの価値観に耐え得る方策を見つけ出すことを目標にシミュレーションによる管理方策の評価が行われるようになりました。

「シミュレーション」とは「模擬実験」ともいわれ、現実世界で起こることを、実験的に再現して、様々な事項を確かめようとするものです。

水産資源管理の世界では、コンピュータを用いた、数値実験のことを「シミュレーション」と呼ぶことが多いようです。

シミュレーションによる資源管理方策の検討としては、鯨資源を扱った、国際捕鯨委員会(IWC)の科学小委員会(SC)が開発した改定管理方式(RMP)がその先駆的研究としてあげることができます(Anon. 1994)。

このIWCの考え方が鯨類以外の水産資源にも適用されるようになり、北大西洋のヨーロッパ及び北米諸国が加盟するICESという国際的な海洋研究組織(岸田1999、Cooke 1999、Punt and Smith 1999)やオーストラリアやニュージーランドのオセアニア地方(Punt *et al.* 2002)や大西洋のマグロ類の管理を行う大西洋まぐろ類保存国際委員会

(ICCAT)(Formentin 2003)などで、シミュレーション技法を用いた研究が報告されています。

これらの研究では、これまでに資源の調査から得られた情報をもとに、現実の資源と同じように成長や死亡する「仮想の資源」をコンピュータ上に作り出し、この「仮想資源」に対して、管理方策を試してみるということが行われ、この数値実験では、考えられる「不確実性」を全て組み合わせ、非常に多くの計算をコンピュータ上で実行させます。その結果から、資源保護効果や、経済性などを評価し、今我々が持っている不確実な情報のもとでどのような管理方策が全ての人々にとって妥当なのかを検討しています。

このように欧米諸国では活発なシミュレーション技法を用いた資源管理方策の検討は残念ながらまだ我国では近年その報告を散見するようになったに過ぎません。しかしながら、世界的な「環境保全」「責任ある漁業」「予防措置」という流れの中においては、資源管理の「不確実性」にいかに対処するかは中心課題であり、今後我国においても欧米諸国のような「シミュレーション」を利用した、資源管理方策の決定が多くなると思われます。

#### 北海道が行っているシミュレーション

北海道周辺海域に生息する水産資源の資源管理を検討する組織として「水産資源管理会議」という、学術経験者や北海道(行政と研究機関)で構成する組織があります。この会議の下部組織である「調査評価部会」では、上述のようなシミュレーション手法を用いて管理方策の検討を始めています。

最後にそのシミュレーションの中身を簡単にご紹介したいと思います。



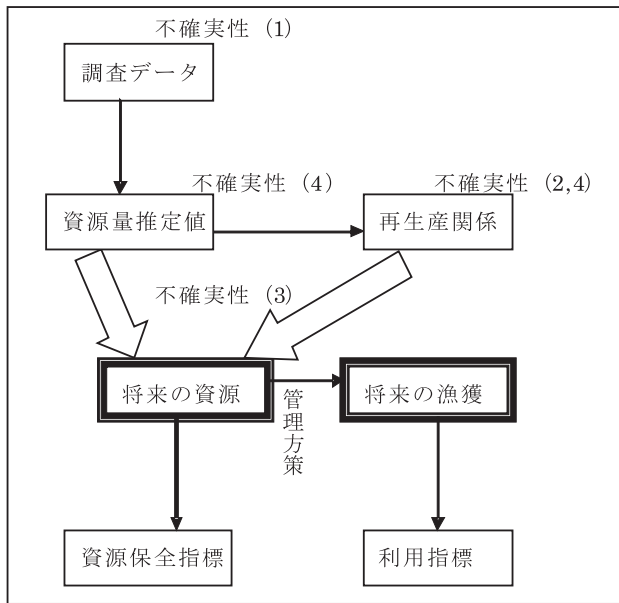


図1 シミュレーション例

\* 図中不確実性の後の( )内数字は本文中の不確実性の分類に相当する。

現在行っているシミュレーションによる管理方策の検討は、スケトウダラ日本海北部系群を対象に行っています(図1)。

このシミュレーションでは調査データに含まれる不確実性(1. 計測の不確実性)について、「ブートストラップ」という統計手法を用いて評価しています。この方法では、収集した(手持ちの)データの偏り(間違い)を1000回の繰り返し計算によって推定しています。

その結果、そのデータから推定される資源量推定値も1000個得られ、この1000個の推定値は、調査データに含まれる不確実性(1. 計測の不確実性)に起因する不確実性(4. 推定の不確実性)を考慮しています。

また、親の量とそこから生み出される子供の量の関係をみた「再生産関係」は、この資源量推定値の過去から現在までの関係から推定します。そこで、不確実性を考慮した資源量推定値から「再生産関係」を推定すると、不確実性(4. 推定の不

確実性)を組み入れた「再生産関係」を考慮することが出来ます。さらに、「再生産関係」は偶発的に乱れること(2. 個体群動態の過程に内在する不確実性)が知られているので、このような偶発的な変化もシミュレーションモデルの中では再現しています。

また、3. モデルの不確実性については、シミュレーションモデルの中で仮定している値について、その仮定が間違っていると、シミュレーションモデルの結果にどのような影響を与えるかを検討することで考慮できます。

つまり、資源管理における不確実性の項で述べた、5つの不確実性のうち、4つは、我々のモデルで考慮していることとなります。残念ながら、5. 管理実施の不確実性については、今後の検討課題で、今のところ考慮できていません。

我々のシミュレーションモデルでは、上述の不確実性を考慮した資源量推定値と再生産関係を使って、将来の資源動態を予測しています。また、将来の漁獲のされ方は、検討する管理方策(例えば一定の努力量の削減や禁漁、体長制限など)により異なります。

ある管理方策を採った場合の資源動態の予測から、資源の保全に関する評価を行い、漁獲予測から、資源利用に関する評価を行います。

これらの評価も単純にその量がどうなったかだけを見るのではなく、様々な切り口から多くの情報を提供し、資源に対する多様な価値観を満たす決定をするための手助けとなる資料の作成を行っています。

このような管理方策の評価を複数の方策で比較することで、現在持っている不確実な情報に立ってどのような管理方策を採るのかを様々な価値観から検討する材料を提供しています。その上で決

定された管理方策でこれまでと最も異なるのは、どのような情報の下でどのように考え、方策を決定したかという意思決定の過程が明確にされることです。資源管理が私達の仕事を含め、税金で行われているのですから、どのように方策(税金の使い方)を決めたのかを広く納税者の皆さんに公開する義務があります。その点でも、この手法は効果的な方法だと考えています。

一見難しそうな数値実験ですが、水産資源の利用にとって有意義な結果を導き出す強力な道具ですので、広く普及してくれることを願っています。

#### 参考文献

- Anon.: Report of the United Nations conference on environment and development. A/CONF. 151/26 (Vol. III) New York, United nations, 1992.
- Anon.: The revised management procedure (RMP) for Baleen Whales. *Rep. Int. Whal. Comm.*, 44, 145-167(1994)
- Anon.: Administrative report of the Technical Consultation on the Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome, Italy, 26 September - 5 October 1994. FAO Fisheries Reports - R515(1995a)
- Anon.: Guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and species introduction. FAO Fisheries Technical Paper 350.1(1995b)
- Anon.: Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper 347(1995c)
- Cookke, J.: Improvement of fishery-management advice through simulation testing of harvest algorithms. *ICES J. Mar. Sci.* 56, 797-810(1999)
- Formentin, J.: The East Atlantic and Mediterranean bluefin tuna stock management: uncertainties and alternatives. *SCI. MAR.* 67, 51-62(2003)
- Hilborn, R., Pikitch, E., and Francis, R.: Current trends in including risk and uncertainty in stock assessment and harvest decisions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 874-880(1993)
- Punt, A. E. and Smith, D.: Harvest strategy evaluation for the eastern stock of gemfish (*Rexea solandri*) *ICES Journal of Marine Science*, 56, 860-875(1999)
- Punt, A.E., Smith, D., and Cui, G.: Evaluation of management tools for Australia's South East Fishery 2. How well can management quantities be estimated? *Mar. Freshwater Res.* 53, 631-644(2002)
- Ronsenberg A. A. and Restrepo V. R.: Uncertainty and risk evaluation in stock assessment advice for U.S. marine fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51, 2715-2720 (1994)
- 岸田 達 : ICES年次科学総会に参加して . 中央水研ニュース23 , 16 ( 1999 )

( やまぐち ひろし 中央水試資源管理部  
報文番号B2279 )