

鯨 研 叢 書 No.13



改訂管理方式（RMP）への道

田 中 昌 一

財団法人 日本鯨類研究所

鯨 研 叢 書 No.13

改訂管理方式（RMP）への道

田 中 昌 一

財団法人 日本鯨類研究所

目 次

1. はしがき	2
2. 管理方式改訂問題の起こり	3
3. 資源管理におけるフィードバックの考え方	5
4. 改訂管理方式（RMP）開発研究の始まり	7
5. 方式の比較・評価のためのテスト	8
5. 1 資源管理の目的	8
5. 2 レイキャビクのワークショップ	9
5. 3 ローエストフトのワークショップ	11
5. 4 オスローのワークショップ	12
6. テスト結果による方式間の比較	15
6. 1 比較方法の提案	15
6. 2 東京のワークショップ	17
6. 3 5方式の概要	18
7. RMPの完成へ	20
7. 1 Cooke（C）方式の採択	20
7. 2 IWCのRMP仕様書受理	22
7. 3 改訂管理制度（RMS）へ	24
8. むすび	27
文献	29
略号説明・註1、註2.	34

謝 辞

（財）日本鯨類研究所 畑中 寛博士、大隅清治博士、東京海洋大学 桜本和美博士には、ご多忙中にもかかわらず、この報文のご校閲をたまわり、多くの有益な批判や助言をいただいた。ここに深く感謝申し上げる。

1. はしがき

この評論の表題に「改訂管理方式 (RMP) への道」という言葉がふと浮かんできた。たしかにこれから書こうとしていることは、どういう事情でどういう経過をたどっていわゆるRMPを完成させたかということだ。この表題はこの内容にぴったりのような気がした。ところで実際に書き始めるにあたって「道」の出発点はどこかということが問題になる。お江戸日本橋にあたるこの「道」の始まりは、1972年の国連人間環境会議だったと思う。ここでの捕鯨モラトリアム決議が、1975年のIWCの新管理方式 (NMP) を生み出した。この方式は水産資源学の教科書から引用してきたような一見美しい形式をとっているが、推定の困難なMSY率などの値を用いる実行性の乏しいものだった。その証拠に採用された3年後の1978年にはもう捕鯨、反捕鯨の双方から管理方式見直しの議論が出て、専門家の作業部会を作って検討することになった。作業部会は拡大強化され、1980年にホノルルで会合を持ち、一つの方式を提案した。この方式をもとにしていくつもの提案が出され、技術委員会 (TC) と科学委員会 (SC) の合同作業部会で検討されたが、議論はなかなか進まなかった。IWCは1982年に5年後の商業捕鯨のモラトリアムを決定し、その効果を見るために鯨資源の包括的評価 (CA) を行うこととした。SCはこの作業の内容の一項目に管理方式の改訂を加え、その一環として1987年3月に管理方式のワークショップを開き、RMPへの本格的作業が始まった。作業部会には実行性を考慮した5つの方式が提案され、これらの方式の間で性能競争が始まった。その後5年の経過をたどってRMPは1992年に完成し、1993年にIWCもこれを正式に受理したのである。

この間、管理に対する考え方も大きく変わっていった。NMPの考え方は、基本的には、捕獲枠の最善の推定値を適用しようというものである。しかし相対的に最善であっても、決して満足のできる推定値ではなかったため、この考え方は破綻してしまった。考え方は次第に制御理論に移っていき、フィードバック方式による試行錯誤の考え方が生まれしてきた。改訂管理方式として提案された5つの方式はいずれもフィードバック系をその中に含んでいた。フィードバック系は、そのシステムの内容や組立によって性能が異なっている。管理の3つの目的を定めて、5つの方式のうちのどれが目的を達成する性能が最も優れているかを競い合ったわけである。

捕鯨を取り囲む環境が次第に変化していく中で、IWCや関係科学者は努力を重ね、RMPにたどり着いたが、周りの環境はこれを実行させようとしなない。教科書的な発想でいえば、RMPは一つの画期的管理方式であり、その考え方は鯨資源以外の多くの水産資源の管理にも適用されるべきものとする。実際にこれに類似した方式が採用された例もある。RMPはまだ設計図の段階であり、実際に動かしてみるといろいろ問題が出てくるだろう。そのような試練を経て管理技術は完成されていくのである。その日を心待ち

にしながら、管理技術発展の歴史としてRMP開発の経過をたどってみたい。なおRMPの詳しい内容については『鯨研通信』391号392号（田中, 1996）に紹介してある。

2. 管理方式改訂問題の起こり

1972年にストックホルムの人間環境会議で捕鯨モラトリアムが決議され、IWCはこれへの対応を迫られたが、オーストラリアが1974年に新しい管理方式を提案した。この方式の具体化に当たってSCの中でいろいろ議論があったが、多数の意見にしたがって新管理方式（NMP）の内容が決められ、1975年に付表が修正され、1975/76年の南氷洋捕鯨からこれが適用された（田中, 2003）。しかしこれを運用してみると、いろいろな問題が生じてきた（田中, 1998a;b）。NMPにしたがってストックを資源状態に応じて3分類したとき、その判定が年々変わってしまうとか、新しいデータや方法によって資源評価をするたびに捕獲枠が大きく変動してしまったりした。NMPの運用に当たって、未利用時の初期資源量を基準にして現在資源量の減少水準を計っていたが、南氷洋のイワシクジラやクロミンククジラは、本格的捕鯨が始まる前に資源量が増大していたことがわかってきて、NMPをそのまま適用することができなくなった。イワシクジラは1977/78漁期を最後に禁漁となったが、残ったクロミンククジラは、資源が豊富であると見られていたこともあって、暫定的にRY（replacement yield）に基づいて捕獲枠を決定することとした。

NMPは、ナガスクジラやイワシクジラを禁漁にするのに役立ったが、残されたクロミンククジラには、科学情報の不十分さもあって、そのままでは適用できないことになってしまった。このような状況のなかで、NMPそのものの欠陥が問題になり、付表修正からわずか3年でNMPの改訂が話題に上ってきた。NMPの提案者であるAllen（1979）は管理手続きを定めたことの意義は認めながらも、NMPのもつ欠陥を指摘し、一つの管理方式改善案を提案している。彼はMSYではなく現在のRYを参照することとし、これを推定する方法はあると述べている。この提案を受けてGarrod and Horwood（1979）とHolt（1979）がそれぞれ改善方式を提案した。

SCはこれらの議論を受けて、NMPの改訂にとりかかる時期にきたと判断し、SC議長がSC内での議論をまとめてIWCに報告するとともに、改訂に関する特別会合を開くことを提案した（IWC, 1979b, Annex O）。議長のまとめの中ではNMPが当面している諸問題を列挙するとともに、以下の問題点を上げている。複数種モデル；最適あるいは目標資源水準；MSY以外のRYなどの捕獲枠決定の基準値；資源量水準と捕獲枠；保護資源とする水準；評価の不確実性への対応；捕獲枠の改訂間隔。IWCはこの提案を受けてAllenや福田らを含む8名の専門家を指名して作業部会を発足させた（IWC, 1979a, p.22）。

作業部会は1978年11月に米国のラホヤで、次いで1979年6月に英国のローエストフト

で会合を持ち、その報告書は1979年6月の年次会合に提出された (IWC, 1979c, p.9)。これを受けたSCは、非常に難しい問題であり多くの作業を要することから、作業部会のメンバーを拡大してより長期にわたり検討を続けることとした (IWC, 1980a, p.26; b, p.45)。IWCの1980年の年次会合でこの問題を審議するため、特別科学作業部会が3月にホノルルで開かれ、一つの管理方式が提案された (IWC, 1981b)。(田中, 2003)。

この提案を受けて、SCとTC合同の特別作業部会が設置され、付表の修正を含む具体案を作成することとなった (IWC, 1981a, p.19)。作業部会は会合を重ね、日本、米国等から4つの案が提出されたが合意に達せず (IWC, 1982a, p.17; b, p.47)、1982年の年次会合で商業捕鯨モラトリアムが採択された (IWC, 1983, p.20)。

ホノルル会合からの提案は、RYの一部を資源回復に回し、一定期間内に目標水準に到達するような捕獲枠 (CL) を与えるという方式である。定められた期間内では目標水準に達しない資源は禁漁とする。管理の目標水準は初期資源の70%前後を考えるが、MSY水準付近では生産量曲線の傾斜は緩やかなので、この水準はあまり問題ではない。情報の質と量に配慮し、CLに対して90%以下の安全係数をかける。この提案の骨子はNMPで困難であったMSYやMSY水準の推定をやめて、目標点は適当に与えるとともに、MSYより推定の容易なRYを用いることである。

RYはたとえば次のようにして計算される (IWC, 1977, p.39)。 N_t 、 C_t をそれぞれ t 年の資源量、漁獲量とし、自然死亡係数 M と総加入率 r の値を与えて、動態式

$$N_{t+1} = (N_t - C_t) e^{-M} + rN_{t-t+1} \quad t: \text{加入年齢}$$

を用いてCPUEあるいは目視のデータへの当てはめを行い、毎年の N_t を計算する。 i 年のRYは上の式で $N_{t+1} = N_i$ とおいて

$$RY_i = rN_i - t_{r+1}e^M - N_i (e^M - 1)$$

によって計算される。RYは r 、 M および過去の資源量の推定値が与えられれば求まる。しかしこれらの値は生物学的情報としては意味があろうが、その信頼度は決して高くはないし、用いるデータや推定方法によって大きく異なることもある。MSYやMSY水準が一般に直接推定することができないことに比べればまだ容易ではあるが、資源管理に有効かどうかは不明であり、これによって科学委員会の負担が軽くなるとも思えない。

この頃RYはBALEENモデル (モデルの説明は巻末註1 (p.34) を見よ) を動かして推定していたが、Chapman *et al.*, (1982) はBALEENモデルが正しいという保証がないとして、その信頼度を疑問視している。たとえば M は一定としているが、実際は資源量水準に依存して変化するだろうし、 M の年齢依存性を示すデータも出ている。これらはRYにバイアスを与える。推定値の信頼度を評価して表現する必要があるとしている。de la Mare and Cooke (1983) は電算機の中の人工的資源から漁獲量や努力量を出力させて、これをBALEENで解析するシミュレーションを行い、初期資源量やRYなどを推定し、正しい値と比較している。この方法による M の推定値は信頼できず、また用いる生物特性

値の値の誤差によって、RYを過大推定する傾向のあることを示した。いずれにしても正しい、あるいは信頼できるCLを求めることは困難であることを示している。誤差のあることを前提とした管理方式が要求されることになる。

3. 資源管理におけるフィードバックの考え方

田中（1960）は水産資源管理の考え方としてサイクルを形作る方式を提案している。資源の現状を観測し、現在の資源をよりよい状態に変化させるにはどうすればよいかを判断し、これに基づいて漁業を規制する。規制の効果は観測によって判断され、次の判断が生まれる。このようなサイクルを繰り返すことによって、資源は常に当時の条件のもとでの最良の状態付近に管理され、さらに資源変動の法則についてより高い知識を得、また制御機構は改良される。この考え方は自動制御論の直接的な適用である。

こういう考え方は突然閃いたものではなく、むしろ当時の流行であった。増山（1949）は推計学の論理を次のように説明する。まず経験や理論に基づいて仮説をたてる。この仮説を現実に得られた結果と対比して検定し、その結果によってより高い段階での仮説に進む。この過程は閉鎖したサイクルを形作っている。その頃推計学は大はやりで、なにか結論を出すときに推計学によって証明することが強く要求されていた。当時Wienerが1948年に提唱したサイバネティクスもはやりだし、いろいろな面でその考え方が取り入れられていた。彼は動物と機械における制御と情報伝達の理論をcybernetics（舵取りを意味するギリシャ語）と命名して研究した（中山, 1979）。工学関係特に化学工学では自動制御の考え方は古くからあったが、このようなフィードバックのかかった自動制御系は、生物の個体や集団の中にも、人間の社会の中にも広く見られることに着目したのである。

Tanaka（1980）はフィードバックを中心に据えた管理方式を提案した。この方式は漁獲量を資源の水準、資源の増減傾向によって調整するというものである。これら3つの変数は、全て率として与えられ、したがって資源量の相対指数が得られている場合には、他の生物特性値が不明でも、適用することができる。この系は資源水準やその変動をどの程度敏感に漁獲量調整に反映させるかを決めるフィードバック係数によってその特性が変化する。敏感過ぎると系が発散して破壊されるが、あまり鈍感では資源が絶滅してしまったりする。係数の値が適当だと、系は目標点に収斂する。この論文は1980年のホルル会議に文書として提出された（SC/Ma80/MP22）。Tanaka（1982）はホルル会議で提案されたRYの一部を資源回復に回す方式の動態特性を検討し、さらにTanaka（1984）はこれらの方式を比較検討した。RYを正しく推定できる場合には、これを利用する方法の方が速やかに目標に到達できるが、一般にRYの推定は容易でなく、推定誤差も大きい。

1982年の商業捕鯨モラトリアム決議にしたがって、1990年までにモラトリアムの影響について包括的評価（CA）を行うこととなった。IWCは1983年会合でCAの内容を検討するTCとSCの合同作業部会を設置した（IWC, 1984, pp.13, 30）。翌年のSC会合で、合同作業部会に関連して、管理方式と資源評価の関連が指摘された。田中もこの点を強調した。NMPを実行するには、MSYやMSY水準の推定が不可欠であるが、これらを要しない管理方式もあり得る（IWC, 1985, p.36）。1983年のIWC会合でセントルシアの委員から、現在利用している資源で、捕獲が資源の生産力の範囲内にあり、無限に維持できることを示す十分な科学的根拠があるのか、という質問が出された。この問題は翌年のSCで議論された。Tanaka（1985）は、制御系ではフィードバック機構が不可欠であることを説明し、IWCの管理体制はフィードバック機構を含んでいることを指摘した。SCは毎年新しい情報を入手し、近年の生産力を推定して、これに基づいて捕獲枠を計算している。したがって一時的に生産力を越える捕獲枠が計算された場合でも、この値は資源が破壊される前に修正されると主張した。

1985年の会合にde la Mareは一連のペーパーを提出し（de la Mare, 1986a ; b）、過去の捕獲統計が得られている時、資源の相対指数の時系列に動態モデルを当てはめることにより資源評価を行う方法に基づいた管理方式を論じた。動態モデルは

$$P_{t+1} = (P_t - C_t) S + R_t \quad (1)$$

$$R_t = P_{t-m} (1 - S) \{1 + A (1 - P_{t-m}/K)^z\} \quad (2)$$

とおく。ここで P_t 、 C_t 、 R_t はそれぞれ t 年の資源量、捕獲量および加入量、 K は初期資源量（環境容量）、 S は生残率、 m は初回出産年齢、動態モデル中の A は繁殖力、 z はMSYの水準を決定するパラメタである。

シミュレーションでは人工の資源を計算機のなかで動かし、この資源から与えられるデータに基づいて資源を管理する。いくつかの試行計算が行われたが、その中の一つのケースは、資源量指数に推定誤差のある場合（ $CV=0.2$ 又は 0.4 ）に、初期資源量 K および繁殖力 A を推定し、NMPにより P_t から捕獲枠 CL を計算してこれを実行するというものである。なお S と z は外から与える。利用を開始して10年後からこの方法による管理を実行し、200年間のシミュレーションを行い、その間の資源量や捕獲量の変動を見る。この計算を50回繰返して、資源や捕獲量の動向を統計的に検討する。結果を見ると、資源の有効利用が進まず、長期的には初期資源の方向へもどっていく傾向が示された。その結果として、保護資源になる例はほとんどなかった。MSYの推定値は精度が低く、過少推定の傾向があり、MSYを捕獲量決定の基準にするNMPでは当然捕獲量も過少となる傾向がある。この傾向を改めるために、彼は若干修正した方式についてもシミュレーションを行い、NMPの欠陥が改善されることを示した。

これらのペーパーは新しい管理方式の評価のやり方について、一つの方向性を示したものである。NMP方式ではうまく資源を管理できないことが示されたが、田中はここで

フィードバックを取り込んだ点を高く評価した。SCは全く新しい考えに基づく管理方式への道筋になるものとして歓迎した。資源評価と管理方式は関連しているので、SCはCAの一環として、制御理論の専門家を加えたワークショップで検討することを勧告した。ここから改訂管理方式RMP開発への具体的活動が始まった。(IWC, 1986b, p.37)。

4. 改訂管理方式 (RMP) 開発研究の始まり

SCはCAの内容は委員会で決定すべきものと考えていたが、特に指示が得られなかった。しかし今後CAはSC内での主要な任務となると予想され、その進め方を検討しておくことが必要と考え、SCの特別会合を開催し、その任務、重要事項、作業計画を検討することとした (IWC, 1986a, p.20 ; b, pp.34, 37)。この会合は1986年4月にケンブリッジで開催され (IWC, 1987)、SCがCAのもとで取り組む仕事は、管理の目的と手順にしたがって資源の状態を徹底的に検討することとされた。そして資源評価の方法を再検討し、さらに必要な情報を収集するとともに、管理体制の改訂を研究することとなった。管理方式に関連して、Tanaka (1986) はフィードバックを含む実地的な資源管理法を提案し、Cooke (1986) も一つの方式を提案した。

SCの特別会合に続いて5月に開かれた年次会合にSakuramoto and Tanaka (1986) は田中の考え方に基づく簡単なシミュレーションの結果を報告し、またここでCA関連のワークショップとして努力当り漁獲量 (CPUE) の問題とともに、管理方式のワークショップを開くことが決められ、第1回の会合が1987年3月にレイキャビクで開かれた (IWC, 1988c)。この会合では、すでに提案されているde la Mare、桜本・田中、Cookeの各方式のその後の検討結果が報告され、さらにMagnusson (1987) も一つの方式を提案した。これらの方式はいずれもフィードバック系を含むものであった。

提案された方式のうち、de la MareとCookeの方式は動態式を用いて資源動向を計算し、初期資源量に対する現在資源の減少水準 D を求め、この D によってRYやMSYを割引いて捕獲枠 (CL) を計算する。一方桜本・田中、Magnussonの方式はモデルを用いず、資源の水準、増減傾向によってCLを調整する。両方式とも資源の絶対量あるいは相対指数を利用し、MSYやMSY水準の値は必要とせず、あるいは暫定的に適切な目標値を与えて実行する。しかしデータが蓄積されてくるにつれて、目標値はよりよいものに修正されていく。

それぞれの方式の概要を以下に示す (IWC, 1988c)。なお各開発者の提案当時の所属は巻末註2 (p.35) に示す

de la Mare (dlM方式) : 資源絶対量の推定値を用いる。MSYやMSY水準を用いず、任意の目標水準TLと禁漁水準を決め、CLをRYを基準にして現状と目標の差に応じて決める。資源動態モデルを資源量のデータに当てはめて、資源の初期量からの減少水準 D を

推定するとともに、RYも計算する。

Cooke (C方式) : MSYを仮に与えてCLを求める。減少水準 D に対してMSYのどれだけ
を捕獲するかのルールを定めておく。過去の捕獲統計とMSY率の暫定値を用いて動態モ
デルで近年の資源量の観測値を再現させることによって D を求める。資源変動の傾向と
計算値が合わないことが示された時には、MSY率を改める。

Sakuramoto and Tanaka (S-T方式) : CPUEなどの資源量相対指数を用いる。MSYや
MSY水準を用いず、目標資源水準TLを与え、これと現在水準の差および資源の増減傾向
によってCLを調節する。TLをMSY水準の方向へ移動させる手続きも考えられる。この方
法は環境容量 K が変化したような場合にも対応できる。

Magnusson (M-S方式) : 過去のCPUEの対数の時間への直線回帰の傾斜によってCL
を増減する。TLは必要ない。直線を当てはめる年数、回帰直線の傾斜をCLに結びつける
フィードバック係数の大きさは選択できる。

1989年2月の第2回のワークショップでは、以上の4方式に続いてもうひとつの方式
が提案された (IWC, 1989b)。

Punt and Butterworth (P-B方式) : CLの決め方はNMPと同様であるが、禁漁の水準
を $0.54K$ から $0.2K$ に下げ、 $0.7K$ から上で $0.9MSY$ とする。まずMSY率 $MSYR=1\%$ として、
動態モデルを過去の絶対量のデータに当てはめて、現在資源量を推定する。CLは
 $MSYR=1.5\%$ としてNMPにならった方式で現在資源量から計算する。この方式では初期
値 $P_0=K$ で実際の $MSYR=4\%$ の場合開発が進まないの、CLを $0.7K$ 以上で直線的に増加
させる方式を考えた。(Punt and Butterworth, 1989)。

5. 方式の比較・評価のためのテスト

5.1 資源管理の目的

提案された方式はそれぞれ特色を持っているが、その中から最善の方式を選択するに
は、各方式が管理の目的に照らしてどのくらい優れた性能を持っているかを定量的に評
価しなければならない。そのため資源管理の目的が明確にされている必要がある。管理
の目的は国際捕鯨取締条約の前文にうたわれている。捕鯨を適正に規制して資源を増大
させることにより、資源を危険にさらす事無く捕獲を拡大できることを認め、鯨類の保
存を計って捕鯨業の秩序ある発展を可能とする条約を締結する、と記されている。これ
を受けてホノルル会合で、作業部会は次の目的を掲げた (IWC, 1981b)。

目的1 捕鯨によって、個々の資源の絶滅の危険を著しく増大させない。

目的2 資源を、環境の許す限りで最大の持続生産を可能とする状態に維持する。

2(a) 個々の資源、あるいは同一種の資源のグループを、持続生産量を増大させ
る方向に移動させる。

ホノルル会合の報告を受けて設置された管理方式改訂のための技術委員会（TC）の作業部会は1981年2月に東京で会合を開き、管理の目的についても審議した（IWC, 1981c, p.T3）。そこでは日本からの提案を受けて、

目的3 捕鯨業の維持と秩序ある発展を保証する。

が加えられた。また2(a)は、最適水準より高い水準にある資源の利用強化を要求しているようにとられることから、2(a)の趣旨をより明確にするために、文言を「持続生産量を減少させる方向へは移動させない」と改めた。

レイキャビクのワークショップでいろいろな管理方式を評価するためのテストの段取りが検討された（IWC, 1988c）。ここでテストの結果を定量的に評価するため、いくつかの評価項目が考えられた。これらの項目はそれぞれ管理目的に対応させたものであるが、管理目的はTCの東京会合での合意にしたがって以下のように整理されている。

(a) CLの安定性。これは捕鯨業の秩序ある発展のために望ましいことである。

(b) 資源水準をある一定の値以下に下げず、捕獲によって絶滅の危険を著しく増加させない。

(c) 継続的に最高の生産を上げることを可能とする。

この表現は、1987年のSC会合で認められ、委員会でも受け入れられた（IWC, 1988a, p.15; b, p.36）。

5.2 レイキャビクのワークショップ

レイキャビクのワークショップは1987年3月に開かれた。この年は私が東大海洋研究所を定年退職する年に当たっていたが、直前にぎっくり腰を患い、残念ながら参加できなかった。後で参加者から行かなくてよかったと言われた。北極圏近くの3月、吹雪の中では建物の外壁に取り付けてあった手摺につかまって歩いたと言う。ここでは提案された方式評価の段取りを決めた（IWC, 1988c）。評価のためのテストはシミュレーションによって行うが、そこで用いる模擬資源の動態モデルは、方式によらず統一されたものとし、この資源から得られる情報に基づいて各方式によって管理を行う。管理を実行した結果を用いて性能を比較する。第1段テストは、各方式が機能するかどうかを見るためのもので、通常の状態が設定されている。第1段のテストをパスした方式について第2段のテストを行うが、ここでは資源に関する前提や仮定などが誤っている時の各方式の頑健性や性能を比較する。

第1段テストで用いる動態モデルはde la Mare (1986a)の用いたものと同様なものとし、資源のパラメタの値は全てのテストで固定して、自然死亡係数 $M=0.05$ 、雌成熟年齢 $t_m=7$ 、環境容量 $K=10,000$ とおく。また動態式では、 $z=2.39$ すなわちMSY水準 $MSYL=60\%$ とするが、一部80%の場合も含める。MSY率（ $MSYR=MSY/MSYL$ ）は1%あるいは4%とおく。管理開始時を $t=0$ とし、初期条件 P_0 は、 $1.0K$ （開発のケース、D）

または0.3K (回復のケース, R) とする。それぞれについて、MSY率1%および4%を組合せ、これら4組 (D1, D4, R1, R4) をベースケースとする。資源量の相対指数はCPUEで、また絶対量は目視結果として与えられ、それぞれの値は真値に対して対数正規分布をする。誤差の大きさはCVで与える。CPUEは資源量 P_t に比例する場合の外に、 $\sqrt{P_t}$ に比例する場合も試行する。CPUEは捕獲によって得られ、目視のデータは5年毎に与えられる。 M と t_m は既知とする。100年分のシミュレーションを誤差の系列をそれぞれ変えて100回繰返す。

管理目的に合わせて以下の統計量を定め、各シミュレーションごとに出力して100回分の頻度分布を見る。

- (1) 100年の間の最低の実資源量
- (2) 10年、30年、100年後の実資源量
- (3) $\sum_{i=1}^T C_i$; T は10, 30, 100年
- (4) $\{(1/T) \sum_{i=1}^T (C_{i+1} - C_i)^2\}^{1/2}$; T は10, 30, 100年
- (5) 資源が禁漁となる最初の年
- (6) 捕獲再開となる年

これらの統計量のうち (3) と (4) は、1987年のSC年次会合で修正され、期間を1~10、11~30、31~100の3区間に分け、それぞれの区間について示すこととした。(IWC, 1988b, Annex K)。

提案された各方式はその中にいくつかの制御パラメタを含んでおり、この値を変えると性能も変わり得る。各提案者は、全体的に最もよい結果を与えたパラメタの値について、上記の統計量を提出する。パラメタの値に対する感度を見るためには、これを変化させた時の頻度については100回試行結果の中央値 (median) および度数の90%を含む中央の範囲 (5%および95%値percentile) を示すだけでよい。

第2段テストでは下記の事項が考えられた。

- (1) ストック分離の誤り、
- (2) 資源量推定の誤り、
- (3) CPUEと資源量の関係、
- (4) 加入年齢 (体長) の変化、
- (5) K あるいは資源特性値の長期的変化、
- (6) 資源量推定誤差モデルの誤り、
- (7) 資源モデルの誤り、
- (8) 管理措置の時間遅れ、
- (9) 捕獲限度量と捕獲量の不一致、
- (10) 捕獲物のなかの性比の偏り

これらのテストの詳細は今後決めることとした。

ここに上げられた第1段、第2段テストを実行するには膨大な量の計算が必要になるが、その経費を補助するために、SCは1987年の会合で、各提案者に最高1000ポンドまでの資金を提供することを勧告し、これが認められた。この補助金は1990年度まで続けられた。(IWC, 1988b, p.40)。

5.3 ローエストフトのワークショップ

レイキャビクのワークショップの結果は1987年6月のSC年次会合に報告され、各方式提案者はそれぞれ第1段のテストを進めることとした。また開発作業の進展に合わせて第2回のワークショップを開催することにした。1988年のSC年次会合では、各方式は種々改良され、また第1段テストはかなり進行したことが認められた。第2回のワークショップは1989年初めに開催することを決めた。(IWC, 1989a, p.141)。

1989年2月のローエストフトでの会合(IWC, 1989b)にはPunt-Butterworth (1989)も管理方式を提案し、これで5つの方式案がそろった。ここでレイキャビクで決めた第1段のテストの結果が報告されたが、観測誤差の指定に曖昧さがあったので完全な比較ができなかった。そのためCPUEおよび5年おきの目視の調査での誤差を対数正規分布で与え、その精度はCVで0.2又は0.4とすることとして、第1段テストを続けることにした。また結果を表示する統計量を整理し、

- (1) 100年間の総捕獲の平均と標準偏差、
- (2) 100年間の $(C_{t+1} - C_t)$ の標準偏差の平均
- (3) 100年間の捕獲量のCVの平均、
- (4) 100年後の資源量の平均と標準偏差
- (5) 100年間の最低資源量の平均と標準偏差

とした。第1段テストの結果は1989年のSC年次会合に報告することとした。5方式の外にNMPについても、フィードバック系を加えて第1段のテストを行い、その結果を比較の基準とすることも決めた。ここで用いるフィードバック系にはde la Mare (1986b)にならって、資源動向にモデルを当てはめることによって初期資源やMSYを求める方式を適用した。

方式の比較の根拠についても検討した。各方式は3つの目的に照らしてそれぞれ得意な面を持っていることがわかってきたので、これをどのように評価するかが問題である。委員会の側から3つの目的に対してそれぞれ重みが明確に指定されれば、各統計量の重み付け平均をとるようなことも可能である。しかし、絶滅の危険を増加させないことを重視せよという意見はあったが、合意は得られなかった。第1段のテストは、それぞれの方式が第2段へ進むことができるかどうかを判定するためのものなので、この段階で評価を行う必要はないが、第2段テストと平行して、方法の開発を進めることにした。

第2回のワークショップでは第2段テストの段取りも決められた。第2段テストはモ

デルやデータの誤りの影響を見ること、および各方式の行動を記述する尺度を作り、採択の基準を作ることが目的である。このテストを難しくしておけば、これにパスすればその問題はそれ以上考慮する必要がないことになる。テストは段階的に進めることとし、第1期には以下のテストを行う。それぞれについて4つのベースケースを適用する。

- (1) 資源モデルの誤り、MSY水準： $0.4K$ ($z=0.0188$)； $0.8K$ ($z=11.22$)
- (2) K の時間的変化、 K が100年周期で5000～15000の間で変化： $t=0$ で $K=5000$ ； $K=15000$
- (3) 資源絶対量推定値の偏り：1.5倍；0.5倍
- (4) CPUEに関連した漁具能率 q の変化（直線的増減）：100年間で2倍；0.5倍

以上の外に、ストックと管理単位が一致していない場合についてもテストする。

- (5) 2ストックを1単位とする：各ストックの K 、MSY率は同一、目視調査は両者の合計値を与え、利用は片方のみ、各ストックの初期値： (K, K) ； $(0.3K, K)$
- (6) 単一ストックを2単位とする：管理単位はストックを2等分したもの、ストック内は完全混合

より複雑な場合は、以上の結果を見て考える。第2段のテストの試行結果を1989年のSCに報告する。1990年の早い時期に第3回のワークショップを開き、第2段テストの第1期の結果を審議し、第2期以降の内容を検討する。ここでは方式の比較評価法についても検討するものとする。

5.4 オスローのワークショップ

ローエストフトでの決定に基づきNMPについて事務局が第1段テストを行い、その結果は1989年5月のSC会合に報告された (IWC, 1990, p.50)。ここでは5つの方式の第1段テストの結果がまとめられ、それぞれ3つの目的に関し得意な面を持っていることが示された。各方式は改良の努力が続けられており、NMPよりはるかに優れた性能の得られることが期待された。結局5方式とも第1段テストをパスし、基本的な機能は備えていることが確認された。また第2段第1期のテストの結果が報告され、前記の各項はそれぞれかなりの影響のあることがわかり、特にストック分離の誤りに関連した項目では、管理はうまくいかなかった。また第2段の設定条件に不十分な点があり、テストの明確化が必要とされた。トライアルの詳細な仕様書が作られ、統計量についても整理された。これまでのテストでは単一の要因の影響を見てきたが、2つの要因が重なった時の影響を見るために、組合せテストも設定された。テストの数は第1段で16、第2段第1期で80、組合せテスト64となり、全部で180に達した。統計量として、100年間の総捕獲量の平均と標準偏差、100年後の資源量の平均と標準偏差、100年間の最低資源量の下からの5%値、が特に重視された。(IWC, 1990, p.112)。またこの会合で、管理方式を1991年に完成させて委員会に報告するという一応の予定を定め、これに沿って第3回ワークショ

ップが1990年2月にオスロー大学をホストとして開かれた。第2段第1期のテストの結果を審議し、第2期のトライアルの詳細な内容を決め、また各方式の性能比較の方法について検討された。(IWC, 1992c)。

オスローの会合はいろいろな点で印象に残った。2月のオスローということで極寒の気候を予想し、それなりの支度をしていったが、日向では氷が解けていた。暖冬異変だという。宿舎はオスローの町外れにあるパンホステルが用意されていたが、低料金で設備は一応整っていた。周囲を森に囲まれ、近くに湖もあってよい環境だった。会場のオスロー大学電算機センターまでは市電で通勤することになった。会議場に着いてまず気が付いたのは建物の一部がガラス張りで、温室のようになっていて植物も置いてあることだった。外が吹雪の時でも、ちょっと庭でくつろいでいる雰囲気になれる。会期中の休日には、近代捕鯨発祥の地サンデフィヨルドにあるクリステンセン捕鯨博物館を見学することができた。鯨肉の食べられる市内のレストランにも行ったが、あまりおいしくないと日本人の間では評判はよくなかった。

1989年のSCで決めた160テストの結果がM-S方式以外の4方式について報告された。改訂管理方式の外にNMPについても同じテストが行われた。ストックの分離に関連したテスト(5)、(6)はいずれの方式でもうまく行かなかった。将来のストックの分離の研究にあまり期待が持てないことから、方式をより頑健にする必要があり、各自次回までに考えてくることになった。その外に、回復(R)のケースで資源が初期値0.3Kより下がってしまった例、あるいは漁具能率 q が低下した場合などで過少利用になる例が見られたが、ストックの問題以外ではどの方式も相当に頑健なことがわかった。一方NMPでは時に資源の絶滅が起り、性能の劣ることが示された。NMPについてはこれ以上計算を行わないこととした。

組合せテストはSchweder and Voldenが行い、その結果が報告された(Schweder, 1992)。統計量としては総捕獲量、最終資源量、下から5番目の最低資源量を取り上げ、各方式のケースごとの結果を、情報が完全に得られている場合のNMPでの値で割って標準化したものを従属変数とした。独立変数にはそれぞれの要因で、たとえばMSY率4%であれば $A=0$ 、1%であれば $A=1$ というように0か1の値を与えて回帰分析を行い、各変数に対する回帰係数を求めた。変数には2つの要因の組合せも含めた。2.5%で有意となった係数のみを取り上げたが、 R はほとんど0.8以上であった。要因の影響は各方式で類似しており、回帰係数の数値が大きければ影響の大きいことがわかる。単一の要因の影響はそれほど大きくなかった。組合せ効果も一般に大きくないことがわかった。影響の大きなものの例としては、資源絶対量の過大推定と q の増加が組み合わされた場合があった。組合せ効果についてはより広範な分析が必要とされ、Schwederが年次会合までにさらに分析を進めることになった。

方式の比較方法が検討された。Schweder(1990)は生産性と安全性のトレードオフに

関し、総捕獲と最終資源量を指標として縦軸と横軸にとり、2次元の平面にプロットする方法を提案した。同一の方式で制御パラメタを変えると、一般に点はこの平面上である曲線を描く。もしある方式に対応する曲線が別の方式の曲線より上にあれば、同じ安全性のもとでより生産性の高いことがわかる。このような曲線をいろいろなテストについて求めると、それぞれの方式の性能が見えてくる。一方Stewart, Punt and Butterworth (1990) は多基準意志決定 (Multi-Criteria Decision Making; MCDM) の適用を試みた。大部分の項目で最善で、その他の項目でもあまり悪くないような方式を探すことになる。Stewartを専門家として次回会合に呼ぶことが提案された。

第2段第2期のテストの内容が検討された。第1期で行ったテストの中で、MSY水準の違い、 K の変化、目視のバイアスの変化、密度効果の時間遅れ、などは除かれ、新たに次の5項目が追加された。目視調査の間隔変更、CPUEが資源量と無関係、MSY率の時間変化、Pella-Tomlinson (1969) 以外の余剰生産量モデル、MSY率や初期資源量 P_0/K のランダムな変化。基本的にモデルを用いないS-T法は余剰生産モデルの型には関係がなく、他のモデルを用いる方法の成績がどうなるか見守ったが、どの方式も意外に頑健であった。

ストック境界の問題については、資源量データが海區別に与えられれば状況はかなり改善されるはずなので、地域で分離されているモデルを考えた。沿岸捕鯨では2つの相対する沿岸漁場A、Bを考え、この間を20の小海区に分ける。この海域に1つ又は2つのストックが存在する。現在は \hat{A} のみで捕鯨が行われている。 \hat{C} CPUEはAのみで得られ、目視調査は全域で行われる。テストの結果を1990年のSCに報告する。母船式では南氷洋を模したモデルが決められた。全体が5つの管理海区に分けられ、各海区はそれぞれ5小海区に分けられている。この中に5ストックが分布しているものとする。このモデルについては、最終決定を1990年のSC会合まで延期した。(IWC, 1992c; Annexes J, K)

捕獲量の年変動を示す統計量としては、短期変動と長期変動はその影響が異なるので、区別することが必要である。Butterworth (1992) は次の統計量を提案した。短期変動 (average annual variation) は次の式による。

$$AAV = \{ \sum_{t^*}^{99} |C_{t+1} - C_t| \} / \{ \bar{C} (99 - t^*) \} \quad \bar{C} = \sum_{t^*}^{99} C_t / (100 - t^*)$$

t^* は管理実行後捕獲のあった最初の年を示す。長期変動 (long term residual variation) は次のように与える。

$$LRV = [\{ \sum_{t^*}^{99} (C_t - \bar{C})^2 \} / \{ \bar{C}^2 (100 - t^*) \}]^{1/2} \quad C_t = \bar{C} \{ 1 + RAS (t - \bar{t}) \}$$

ここでRAS (relative annual slope) は

$$RAS = \sum_{t^*}^{99} \{ (C_t - \bar{C}) (t - \bar{t}) \} / \{ \bar{C} \sum_{t^*}^{99} (t - \bar{t})^2 \} \quad \bar{t} = (t^* + 99) / 2$$

LRVは C_t の傾向に直線式を当てはめ、この直線からの外れの平方和となっている。

Cooke (1992a) は損失率 (loss rate) という考え方を提案した。考え方は複雑で単純な式では表せないが、簡単な例で示せば、各年の捕獲が1年目8、2年目10、3年目2で

あった場合、1年目の捕獲のうち2は3漁期、6は2漁期しか維持されなかった。この年のlossは $2/3+6/2=3.67$ となる。2年目は9.00、3年目は2.00となり、計14.67である。これを総捕獲20で割って、損失率 $L=0.73$ を得る。

これらの3つの統計量は非常に相関が高いという事で、1990年6月のSC年次会合ではAAVのみを用いることとなった (IWC, 1991, p.93)。

6. テスト結果による方式間の比較

6.1 比較方法の提案

1990年6月のオランダでの年次会合では、改訂管理方式開発が最後のつめの段階に入った感がある。オスローで決められた第2段第2期のテストの結果が報告され、これらの結果を図的に比較、表示する方法が提案された。第2段テストにいくつかの項目が追加され、特にストック分離に関連してはより現実的シナリオが決められた。さらに各方式の比較の方法が具体的に検討された。(IWC, 1991, Annex D)。

第2段第2期テスト結果では、ストックが明確にされている場合5方式とも頑健であることが示された。ストックが分離されていない沿岸捕鯨の場合、目視のデータを海区分けしたときの結果が一部の方式で出されたが、資源の絶滅はなくなったものの利用度は低く押さえられていた。ストック問題の重要さからさらにテストを続けることとし、沿岸捕鯨についてはより現実的なものとするため、北大西洋のミンククジラの場合を想定したテストを考え、その仕様は年末に予定されている東京会議に提案することとした。母船式捕鯨についてはオスローで決められた仕様を若干修正してテストを行い、結果を東京会議に報告することとした。新しいケースとして、資源の年齢構成を取り入れたモデルのテストを事務局で行うことになった。(IWC, 1991, Annex D)。

5方式の結果の統計量を各ケースごとに1枚の図の上に表示し、それぞれの方式の特徴を比較する方法が提案された (Punt and Butterworth, 1991)。統計量には総漁獲量、最終資源量、最低資源量、前章に示した捕獲の年変動を示すAAV、LAV等が用いられた。各方式の100回試行の結果について、分布範囲、中央値、上下の5%値が示されている。この方法は各方式の特徴を直感的に示すことができるので、その後多用された。

方式の比較に関連してAldrin and Schweder (1990) は、同一の方式でも制御パラメータを変えると総捕獲と最終資源量が曲線関係を示すことを利用して、方式の性能を表す3つの概念を提案した。100年後の最終資源量 P_{100} がそれぞれの方式の目標資源量を表しているとして、 $\log P_{100}$ を T とみなして T の値に注目する。

- 頑健性 (robustness) : ケース間でどのくらい T が変動しているか。
- 信頼性 (reliability) : 100回試行間でどのくらい T が集中しているか。
- 効率性 (efficiency) : 各方式を同一の T のレベルに調整したときの総捕獲の大小。

あるいは、同一の総捕獲量の時の T の大小。

ケース i 、方式 j 、繰り返し k の時に T_{ijk} であったとすると

$$T_{ij.} = \sum_k T_{ijk} / 100 \quad T_{i..} = \sum_j T_{ij.} / 5$$

として $(T_{ij.} - T_{i..})$ の i による変動が**頑健性**の指標となる。 $(T_{ijk} - T_{ij.})$ の標準偏差は**信頼性**を示す。効率性は $T_{ij.}$ が同一の T になるように調整したときの総捕獲の順位によって示される。順位が T の値や i によって変わらないかどうかが問題となる。

彼らは5つの方式について具体的に数値を計算した。 $T (= \log P_{100})$ について各ケースごとに各方式の100回試行の平均 $T_{ij.}$ を見ると、S-T、M-S方式でばらつきが大きく、P-Bで最も小さかった。したがってP-B方式が最も頑健といえる。**信頼性**についてはS-TとM-Sで変動が大きく、P-BとCで低かった。後方で**信頼性**が高いといえる。

ケースごとに各方式で制御パラメタを変えて $T_{ij.}$ を変化させ、それぞれの場合の総捕獲 $C(T)$ を T に対してプロットすると、明瞭な曲線が得られた。この曲線は漁獲曲線(catch curve)に相当するが、ほとんどの例で右下がりの傾向を示した。つまり T を上げると C が低下する。このことは T がMSY水準より上にあることを示唆している。この曲線に2次曲線

$$C = b_0 + b_1 T + b_2 T^2$$

を当てはめてみる。 b_0 は方式ごとの曲線の位置を表す係数である。 b_1 と b_2 は j によらず一定とする。大部分のケースで R^2 は0.97以上あり、当てはまりはよい。 b_0 を5方式の平均とすると、 $E_j = b_0 - b_0$ が効率を表す。107ケースについて効率の分布を求め、その平均を方式間で比較すると、 $P-B > S-T > M-S > dlM > C$ となった。

Cooke and Weber (1990) は Stewart *et al.* (1990) の用いた多基準意志決定ELECTRE法を批判して、効用(utility)の概念を応用した比較法を示した。ELECTRE法は投票による多数決と類似の考え方であるが、各基準に与える重みに大きく左右されること、および選択の対象になるメンバー(方式)が変わると、選択の結果が変わってしまうという問題がある。ここでは提案されている5つの方式は固定されたものではなく、取り下げること別的方式を提案することも可能である。効用はたとえば総捕獲や最低資源量に対して単調増大函数として考えることができるが、その型は単純ではない。母船式の場合、船団を派遣するために必要な捕獲枠の下限があるし、市場の大きさで決まる上限もある。下限と上限の間では増加函数であっても、その外側では平らになっているだろう。Cooke等はまた統計的優越性(stochastic dominance)について説明している。ある統計量について、各方式の100回の試行結果の累積曲線を描く。もしAとBの曲線が交わらず、Aのほうが右(統計量の大きい方)にずれていれば、AはBに対して統計的に優越といえる。統計量が2つの場合には、2次元の平面上での累積曲面を比較することによって同様なことができる。この論文では具体的適用例は示されていない。

1990年のSC会合では前年に決められた1991年に1つの方式を採択するという予定を確

認し、このために1990年12月に第4回のワークショップを持つことを勧告した (IWC, 1991, p.55)。主要な議題はストック問題を含むテスト結果の検討と方式比較方法の指定と実行である。ワークショップは東京で開かれた。

6.2 東京のワークショップ

1990年12月に東京で開かれた第4回のワークショップは、翌年のRMP完成へ向けて仕上げの段取りを決める会合であった (IWC, 1992d)。各方式は開発者によって改良が続けられ、方式の間に手法が類似してくる傾向が見られた。SCは評価・比較のための計算量を減らすために、6月の年次会合で方式の統合について検討することを勧めてきたが、一部で試みられたもののうまく行かなかった。この会合で用いられた各方式の内容がほぼ最終版となった。

年次会合で決められた第2段第2期のテストの結果が報告された。年齢構成モデルなどの複雑なモデルによる結果は、単純モデルによる結果とだいたい同じであった。目視が過大推定である場合には、R1のケースで最終資源量が中央値で0.1~0.2と著しく低くなったので、対応を考える必要がある。伝染病による大量死のケースは問題のないことがわかった。目視間隔を5年から2年に短縮しても総捕獲はあまり増えなかった。また間隔を10年、20年と長くしても、10年後からフェーズアウトにより捕獲枠を削減するルールを入れると、資源枯渇の危険を抑えることができた。各方式ともCPUEのデータを用いなくなったので、以後これに関連したケースは除くことにした。

単一ストックでは大きな問題はなかったが、複数ストックの存在する時には問題が残った。沿岸捕鯨の場合、小海区別の目視結果が得られれば改善される。あるストックの分布する最小範囲が知られている時、これを単一ストックとみなして管理すると、ストックは保存される。南氷洋をモデルにした母船式捕鯨のケースでは、経度10°ごとの各小海区に捕獲枠を与えれば安全なことがわかった。北大西洋ミンククジラの試行のための仕様を決め、計算結果は1991年の年次会合で検討することとした。

方式の比較の方法についてStewart (1992) が基礎的考え方を説明した。

Goal Programming : 評価項目 k ($k=1, \dots, n$) ごとに評価値 Z_k の望ましいレベル g_k を決める。これに達しないものは資格を失う。

Utility Theory : 項目ごとに効用 $u_k (Z_k)$ を考える。 n 個の効用函数を合成して全体の効用 $U (Z_1, \dots, Z_n)$ を作る。 i, j 方式で $U(Z_{i1}, \dots, Z_{in}) > U(Z_{j1}, \dots, Z_{jn})$ ならば i の方が優れている。

Outranking Approach : 簡単に説明すると、 i が j より優れている項目の数が多く、 j が優れている項目ではその差の小さいもの、を選ぶことになる。

Punt (1992) はOutrankingのELECTRE法を説明している。候補の方式 i の数が m 、評価項目 k の数が n であるとする。

Concordance $C_{ij} = \sum_{k: Z_{ik} \geq Z_{jk}} W_k^C$ W_k^C : 項目*k*に対する重み

Discordance $D_{ij} = \sum_{k: Z_{ik} < Z_{jk}} W_k^D \left(\frac{Z_{jk} - Z_{ik}}{Z_k^{max} - Z_k^{min}} \right)^2$

Z_k^{max} 、 Z_k^{min} は Z_k の中での最大と最小を示す。 $C_{ij} > \alpha$ 、 $D_{ij} < \beta$ なら*i*が*j*に優るものとする。行列 I_{ij} を考え、*i*が*j*に優る時 $I_{ij}=1$ 、*j*が劣らない時 $I_{ij}=0$ とする。 α 、 β をいろいろ変えてみて、*j*の列が全て0となれば*j*方式が最も優れていることになる。評価項目として、総捕獲の中央値、最終資源の下から5%値など7項目を選び、5方式について評価した。結果としてdIM方式がよかったが、重みの考え方が問題で使用できないとされた。

Cooke (1992b)はCooke and Weber (1990)で定義したstochastic dominance統計的優越の概念を評価値の低い部分に限って適用している。ひどく悪い結果の危険度を下げることの方が、悪くない結果をよりよくするより重要という考え方に基づくものである。たしかに危険に関連した評価項目ではその通りであろうが、捕獲量に関しては疑問が出され、この方法は採用されなかった。

1991年のSCでは以下の方法により比較を行うこととした。評価統計量として、総捕獲の中央値、下5%値、最終資源 P_{100} と最低資源の下5%値、等を選んだ。総捕獲と P_{100} の相関が問題であるが、各方式ともD1のケースで P_{100} が0.60K、0.66K、0.72Kの3段階になるように調整する。比較のための最終的頑健性テストの内容と評価統計量が指定された。目視調査の偏りが特に重視された。(IWC, 1992d, Annex D)。

6.3 5方式の概要 (IWC, 1992b, p.93)

各方式は基本的な面では共通している部分が多い。いずれの方式も動態モデルを考え、資源量絶対値 P_t が得られた時、この値にモデルを当てはめることによって未利用時代の資源量 K を推定する。この時、MSY率は適当に与えている。 P_t/K が*t*年の資源の減少水準 D_t を与える。 P_t の内容について、P-B以外は目視で推定される資源量と同一のものとし、M-Sはこれを全資源量、dIMは1+群としている。P-Bは成熟個体数とし、目視推定値に*k*を掛けて成熟資源に換算している。なおdIMは未加入資源と加入資源を区別し、その合計を P_t としているが、再生産モデルには加入(成熟)資源のみを適用している。 D_t の値によって C_{t+1} が決まる。 C は D_t の事前分布を0~1.0の間で一様と置いている。 D_t と C_{t+1} の関係は別に定めておく。資源調査は原則5年おきに行われ、推定値は改訂され、新たな捕獲枠CLが決められる。P-B、C、dIMでは資源推定値が数回得られると、MSY率を推定し、モデルによって将来の資源量を計算し、捕獲枠CLを得る。一方S-TとM-Sは資源量のデータが3~4回得られるまではモデルを用いる方式を利用するが、その後は資源量の増減傾向、あるいは現在資源水準によってCLを増減させる方式をとる。

各方式とも、このようにして得られたCLの年変動を抑えるために、±20%の範囲内と

このような制限条件を加えている。また調査間隔が5年より長くなった場合、一定限度を越えるとCLを年々減らしていくフェーズアウトが適用される。各方式とも P_t/K の禁漁水準PLを50%程度として、これ以下になった時は $CL=0$ とする。

MSY率は各方式とも初め0.5~6%の範囲で与えており、P-B、C、dIMでは資源量データが蓄積されるにつれて K と共にこれを推定している。推定はいずれも最尤法による。目視推定値は対数正規分布をすると仮定されているので、対数尤度は観測値と計算値を用いて

$$SS = \sum \{\ln(P_{obs}/P_{calc})\}^2 \quad P_{obs} : \text{観測値}, P_{calc} : \text{計算値}$$

の形で表される。P-Bの場合、 P_{obs} に k を掛けて成熟資源に換算する。P-B、CではMSY率に対して事前分布を与えている。C方式は0.5~5%の間で一様とし、P-Bでは同じ範囲の中で最大値を持つ分布を想定している。CとdIMはMSY率、 K の外に観測値 P_t のバイアス係数も推定している。S-T、M-Sはフィードバック方式になった以後はMSY率を必要としない。

用いるモデルは各方式ともほとんど同一である。P-BとM-Sが用いたモデルは次の式で、既加入群と新加入群を区別している。

$$P_{t+1} = (P_t - C_t) e^{-M} + (1 - e^{-M}) P_{t-m} [1 + A \{1 - (P_{t-m}/K)^z\}]$$

z は全て2.39、すなわちMSY水準60%としている。自然死亡 M や成熟年齢 m は別に得られている推定値を用いる。S-Tはこの式を簡略化して、 P_t から P_{t-1} を求める式とし、最初の資源量推定値 P_t から遡って K を計算している。Cは未加入群を区別しない単純な余剰生産モデルを用いている。dIMは成熟群が翌年の1歳群を生み、1歳の生残群が m 歳になって加入するものとしている。1歳群の量は成熟資源量にPella-Tomlinson (1969) 型で依存する。

$D_t (=P_t/K)$ とCLの関係は各方式とも独自のものを用いているが、一般的には D_t がPL以下で0、これより大きくなるほどCLも大きくなる型をとっている。S-T方式はフィードバック管理の始まるまでの10年間のCLを、 D_t がPL~0.8の時観測資源量の0.8%、0.8以上の時0.6%とする。M-S方式は初めの15年間、PL以上で最大値の10%から直線的に上昇し、QL (0.8K程度) より上で一定の最大値 FK (F は1%前後) を与える。P-B方式はPL以下で0、だいたい0.8K程度以上で一定値を与え、この間MSY水準より少し高い点でMSYの90%を与える点を決めて、2本の直線で両端と結ぶ。CLはMSY率の高いほど大きくなる。C方式は

$$C_t = 3u(D_t - 0.5) P_t \quad u : \text{MSY率}$$

によって計算する。 P_t/K 、 D_t はその年の計算資源量を用いる。 u 、 D_t の事後分布からこの C_t の事後分布を求め、その40~50%値を実際のCLとする。dIMは

$$C_t = X [(D_t - 0.55)/(TL - 0.55)]^2$$

としている。TLは目標水準である。 X としては5年間隔の調査が3回以上続いたときは

SYまたはRYの大きい方を適用する。TLとしては0.7程度を与えている。

S-Tのフィードバック管理は次のようにして行われる。現在資源量 P_t が $PL \sim 0.8K$ の間にある時は資源状態をSMS、0.8K以上ならIMSと規定し、IMSでは

$$C_{t+1} = C_t \{1.0 + h(P_t - TL) / TL\} \quad TL = 0.5K$$

により増減し、資源がSMSの水準に低下してからは

$$C_{t+1} = C_t (1.0 + gb)$$

を適用する。 b は最近15年間の資源計算値の時間に対する回帰係数、 h 、 g はフィードバック係数である。次の資源推定値が得られると、これらの式の b や P_t が改訂される。ここで P_t は最近2回または3回分の資源量推定値の平均とする。

M-Sでは、資源推定が4回になったときからフィードバックを適用する。

$$C(n+1) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 C(n) \{1 + gb(n)\}^i \quad b(n) : 4 \text{ 回の対数資源量の回帰係数}$$

n は調査間隔5年間の期間の番号である。5年の期間中は一定のCLが与えられる。この方式を3回続けた後、CL20%増または減のjumpを行う。現在の減少水準 D_t がTLより高ければ増、低ければ減とする。これによって資源量はTLに接近する。

6.2でも述べたように、5方式の比較試験の段階で、各方式とも最終資源水準が0.6K、0.66K、0.72Kの3段階となるように調整することとされた。この調整はCL決定方式の中に含まれる種々のパラメータを変化させることによって行われる。S-Tではフィードバック管理になる前のCL決定のパラメータを変更した。P-BはMSY率の事前分布、 P_t/K とCLとの関係式のパラメータ、CL変動調整のパラメータ等を変化させた。M-SはPL、CLが最大となる資源水準QL、目標水準TL、最大CLのKに対する比 F 、フィードバック係数 g を調整している。Cは計算されたCLの事後分布から、採用するCLを決めるときの%値を39.5%、45%、51%と変えている。dIMはTLと、観測データが得られるたびに新たに計算したMSYの移動平均をとる年の範囲、その値の許容範囲を種々変えた。

7. RMPの完成へ

7.1 Cooke (C) 方式の採択

SCは1991年にRMPの原案を決定して委員会に勧告する予定をたて、ワークショップを繰り返し開催しながら準備を進めてきた。1990年12月の東京会議で、最終段階のテストの内容を決め、その結果が翌年のレイキャビクのSC会合に報告された。方式の比較はいろいろな理論的方法の応用は困難と考え、より直感的方法を実行することになった。(IWC, 1992b, pp.55, 89)。

テストの結果では、5方式とも単一ストックの頑健性テストに合格したことが確認さ

れた。目視調査が50%の過大推定になる場合、一時的な資源の減少が生じることもあったが、重大な問題ではなかった。調査間隔を5年より長くした場合、捕獲枠を漸減させること（フェーズアウト）で対応でき、10年間隔にしても大きな問題はなかった。複数ストックの場合、これを単一ストックとして管理すると、一部のストックの絶滅が生じたが、目視データが小海区ごとに得られており、捕獲枠が小海区ごとに指定されていれば安全であることがわかった。しかし一般に資源の利用レベルは低く、資源水準は高いままだった。

方式の比較法に関し、MLDMの分析的手法は、3つの目的に対する重みが与えられていないので、採用されなかった。5方式は委員会の目的に対応させて3つのグループに分けられた。

- i) 捕獲枠の年変動の小さいことではS-T方式が特に優れていた。なおこれは意図的にそうしたというよりは、方式の特性として捕獲枠の変動が緩慢であったためである。
- ii) 資源の安全性に関してはdIMが優れていた。ストックが指定された水準以下に下がる確率を決められた値にすること、これ以下に下がった時は可及的速やかに禁漁水準以上に回復させることが方式の中に組み込まれている。
- iii) C、M-S、P-Bは保護と利用、変動性のバランスを取ることを考慮している。5方式の中でS-Tは変動性以外の性能は他に比べて低かった。M-SとP-Bでは同程度であるが、 P_{100} を0.72Kに調整したときの危険度に差があり、P-Bの方が優れている。CとdIMでも0.72Kの場合Cの方が優れていた。P-BとCでは0.66KのD1のケースでP-BがCよりよい傾向にあったが、Cの方で総捕獲の下の5%値が高く、また枯渇の危険性は低く回復後のレベルが高かった。

Cooke、Lankaster、桜本は資料を付けて5方式全部を委員会に提出することを提案した（IWC, 1992b, p.90）。管理の目的が絡むので、選択は委員会に任せるべきであるという考えである。しかしSCの多くのメンバーはP-BとCを推した。そのいずれにするかで活発な議論が交わされた（IWC, 1992b, pp.55）。SchwederがCを推し、続いて田中もCを選ぶべきことを主張した。P-BとCの性能は類似しており、性能だけでは一長一短で甲乙つけ難いが、C方式が簡単であるのに対して、P-Bは技巧を懲らした複雑な方法を取っていることを理由の一つとして上げた。私の発言の裏には次のような考えがあった。捕鯨のモラトリアムを解除するにはRMPの完成が必要であり、できるだけ早くこれを完成させるべきであること、SC内で速やかに合意を得るには反捕鯨派のCookeの方式を採用する方が反対が少ないだろうと思われることである。RafteryはP-Bの方が生物学的情報を入れやすいとして支持した（IWC, 1992b, p.56）。Stefánsson（1992）もMSY率の高いときの性能がよりよいとしてP-Bを推した。Cookeを含む一部の反捕鯨派はdIMを推した（Cooke *et al.*, 1992）。しかしこれらの発言は少数意見として処理された（IWC, 1992b, p.56）。SCはCをRMPの候補として勧告することに合意した。桜本博士は私がS-

T方式を放棄したことに不満のようであったが、早期にRMPを完成させるためには、S-T方式よりC方式の方が優れている点を認めざるを得ないとして納得していただいた。

単一ストックに対する管理方式がC方式に決まっても複数ストックへの対応は残る。複数ストックについても方式を勧告する必要があるが、これが完成した時はC方式と組み合わされる。複数ストックの実状は海域によってそれぞれ異なっており、単一ストックの場合のように一般的モデルで対応することは困難である。そのため、頑健性テストの延長として北大西洋、南氷洋のミンククジラなどに個別に対応した方式を考えることになった。問題となる海域、鯨種について、具体的にモデルを組み立てて、シミュレーションによる試行を行うことになる (IWC, 1992b, p.56)。

7.2 IWCのRMP仕様書受理

1991年のSCに引き続いて開かれた委員会は、SCからの報告を受けてRMPについて審議した (IWC, 1992a, pp.25, 47)。ノルウエー、アイスランド、日本はC方式をRMPとして採用することを含む決議案を提出したが、賛成7、反対19で否決された。オーストラリア等は別の決議案を提出し、これが可決された。その内容は、C方式をRMPの中心部分として受理するが、C方式そのものについてさらに修正を要求するものである。要求項目は以下の通りである。

- i) 最終資源量が0.72Kとなるように調整する。
- ii) 禁漁水準をC方式の0.50Kから0.54Kに引き上げる。
- iii) 禁漁水準以下の資源に対して誤って捕獲を行う確率を次回会合で検討する。0.6K以下の資源が95%の確率で0.54K以上に保たれる。
- iv) CLの年変動は±20%以内とする。
- v) データの最低基準をSCで検討する。目視方法、分析方法、推定精度などを含む。
- vi) 複数資源の管理方式開発の継続。

この決議を受けて管理方式のワークショップとSCの臨時会合が1992年の早春にコペンハーゲンで開かれた (IWC, 1993c ; d)。主要議題は禁漁水準以下の資源からの誤った捕獲の確率に関する事の外、複数資源の管理方式、データの最低基準であった。ここではRMPの技術的な明細を示す仕様書の案が作成された。

誤った捕獲に関連して、禁漁実現資源水準 (Realized Protection Level) と相対回復率 (Relative Recovery) という指標が定義された。前者はシミュレーションの中で捕獲のあった時の最低資源水準、後者は回復ケース (R) で、捕獲が全くなかった時に0.54Kにまで回復する期間中に、シミュレーションではどこまで回復したかを示す指標である。多くのシミュレーションテストが行われた。目視調査による資源量推定値に偏りのない場合、0.54K以下での捕獲の確率は5%以下であった。+50%のバイアスがあると、MSY率が1%の時0.47Kでも5%の捕獲の可能性があった。誤捕獲の確率はMSY率の値によって

変化した。誤った捕獲のあった場合でも、その量はわずかであるため、RRはほとんど1に近かった。禁漁水準を54%より高くする等の方法でRPLを上げる試行も行ったが、RPLのわずかな上昇に対して捕獲量が大幅に減少する傾向が見られ、効果は認められなかった。

複数資源の管理方式として、2つの方式が提案された（田中, 1998a ; b ; IWC, 1993b, Annex H ; 1993c, p.223）。いずれの方式でも海域が大、中、小の海区に分けられる。南氷洋の例でいうと、大海区は南大洋全体、中海区はほぼ現行の管理海区に対応し、これをさらに経度10°ごとの扇形小海区に区分する。捕獲枠CLは小海区ごとに指定される。Catch-capping法では小海区ごとにRMPを適用してCLを計算するが、これらの和が中海区に対してRMPを適用した時のCLを越えた時は、その超過分を小海区ごとのCLに応じてそれぞれから差し引くという方法である。Catch-cascadingは中海区についてCLを計算し、これを小海区ごとの資源量推定値に応じて比例配分する。これらのいずれを採用するかについては結論が得られなかった。

データの最低基準に関して、目視推定値の精度やバイアス、捕獲量の過少報告、目視調査の間隔等についてはすでに頑健性テストが行われ、安全であることが示されているので、この範囲のデータであれば問題はないと言える。テストされた範囲以外のデータを用いる場合は、新たにシミュレーションテストが必要になる。なお過去の捕獲のデータはすでに事務局に集められているが、目視調査の結果も事務局の集めてほしいという希望が出された。

ワークショップで作られたRMP仕様書の素案（IWC, 1993d, Annex H）はSC臨時会合でさらに練られてまとめられたが（IWC, 1993c, Annex D）、今後検討を要する数項目が残った。臨時会合での検討結果は1992年6月のグラスゴーのSC年次会合に報告され、仕様書の内容および関連事項についてさらに審議された（IWC, 1993b）。ここではこの仕様書はヒゲクジラにのみ適用されるものであることが確認され、また仕様書案の一部修正が行われた。いくつかの残された問題についてシミュレーションが行われた。調査間隔は10年になっても危険度は増加しなかったが、捕獲量がかなり減少した。フェーズアウトになる年数とともに、調査間隔についても委員会の判断を仰ぐこととした。RMP仕様書の改訂手続きを仕様書のなかに入れることとなった。ここでは提案された方式の性能が実施中の方式より優れていることをシミュレーションによって示すことが要求されている。SCは修正された仕様書とその注釈案（IWC, 1993b, Annex H）を委員会が受理することを勧告した。

仕様書案に関連して、いくつかの問題点が上げられた。これらはいずれも委員会の判断を要するものである。過去の捕獲統計には混獲を含めて全ての捕獲を含むこととするが、そのためには調査を必要とすることもある。目視調査間隔5年の時捕獲枠は5年間一定で、獲り残しの繰越は認めていないが、枠を5年分の合計として与える方法もある。

ある年の実際の捕獲が枠を越えた場合、5年間の間に調整することになる。また捕獲鯨の性比が雌に偏っている時の対応も決められている。

データの最低基準が検討された。RMPは資源絶対量の推定値を用いるが、その値がある程度の信頼度を持ったものであることが要求される。調査と分析の方法についてガイドラインを作ることを勧告する。RMPに用いるデータは事務局に提出し、分析は事務局で行うこともできる。推定値の最低精度を、たとえばCV40%以下のように指定する。捕獲鯨については、どのような海区分けにも対応できるように、捕獲場所を緯度、経度で分単位まで報告する。RMPには直接利用しないデータについても種々検討された。ストックの分離に関連するデータの必要なことは当然として、その外の生物学的データも資源の状態を判断するのに利用できる。

RMPを実行する場合の問題が1990年のSCで議論された。困難な点は複数ストックの扱い方である。この場合にも管理方式を定めておくことが望ましいが、条件が海域により様々で、さらに頑健性テストを行う必要が考えられた。そのため複数ストックが確認されていて、データの蓄積も進んでいる北大西洋と南半球のミンククジラについて具体的に計算を行うこととなり、海区分割等のモデルを含めてテストの仕様が作られた。(IWC, 1991, p.54)。RMPとしてC方式が採択され、これを実行する場合を想定して上記2海区のミンククジラのトライアルが行われた。Catch-cascading法とCatch-capping法の比較も行われた。南半球クロミンククジラのトライアルの結果を見ると、適用した資源量76万頭(Haw, 1993)に対しCLはMSY率1%でC-cappingは2140、C-cascadingは3474、4%ではそれぞれ2350、4490となっている。C-cascadingの方が1.6ないし1.9倍の高いCLを与えるが、それでも捕獲率は多くて0.6%に過ぎない。(IWC, 1993b, Annex I)。

7.3 改訂管理制度 (RMS) へ

1992年のIWC委員会では、RMP仕様書が審議された(IWC, 1993a, pp.25, 40)。この会合にオーストラリアが決議案を提出した。ここで改訂管理制度(Revised Management Scheme)というRMPを含む広範な考え方が導入された。決議の内容は以下の通りである。

- (1) SCから提案されたRMP仕様書案およびその注釈を受理する。RMS開発の科学的部分はこれで完了。
- (2) CL計算法(CLA)の完全な文書およびプログラムを提出すること。
- (3) CLはRMPにしたがって計算する。
- (4) RMS完成までの段取り
 - i) データの最低基準、
 - ii) 調査と分析のガイドライン、
 - iii) 有効な監視制度、

- iv) 捕獲がCL以内であることを保証する取り決め、
- v) 仕様書案と他のRMSの要素の条約付表への取り込み。これらのRMSの諸側面が全て合意されるまではCLAを実行しない。

1993年のIWCの年次会合は京都で開かれた。私は東京水産大学学長就任のため1992年には出席できなかったが、1993年にはゴールデンウィークの休みを利用して久しぶりに参加することができた。ここではRMSに関連した科学的側面の最終的仕上げが行われた(IWC, 1994b, p.43)。最低データ基準については捕獲鯨の個体別のデータ、資源絶対量推定値、その他のデータへの要求が規定された。絶対量推定値の精度に関して、CVが大きくても危険性は増さないが、CVの推定値自身の信頼度が問題となる。誤差については、観測誤差とプロセス誤差が取り上げられた。後者は来遊量変動などによる推定値の変動である。CVは観測誤差に対応しているが、この値が小さいときには慎重な検討が必要となる。RMSに用いるデータはSCのメンバーによってレビューされることが必要であり、航海計画、航海報告、得られたデータの事務局への報告が要求される。必要な分析は標準法の場合事務局で行うが、新しい方法の場合プログラムも提出しなければならない。その他のデータで必要なものは付表に追加する。仕様書案については、内容の基本にかかわる点の変更されなかったが、より明確にするために文章がかなり修正された。CLAの実行は地域ごと鯨種ごとに行われ、事前に海区分けや複数ストック管理方式の選択などの段取りが決められる。これらはシミュレーションによってテストされる(Implementation Simulation Trials)。トライアルの中で設定した資源の初期水準、混合率などは、結果を見て必要な場合には更新される(conditioning)。新しい情報が得られた時は、実行の段取りは再審査され改訂される。再審査は原則として5年毎に行われる。フェーズアウトの年数は、調査が平均5年間隔で実施されている場合でもデータの処理等による時間遅れがあるため、8年後以降とされた。(IWC, 1994b, Annex G ; H)。

京都会合で最後まで合意されなかった問題にモニタリングの必要性がある。米国のT. Smith等はモニタリングの必要を主張した。RMSを実行した場合に、RMPが真に安全で効率的な方式であるか、資源の状況がRMPで予想された通り動いているかを追跡するためのものである。これらのモニタリングはRMP実行に必要なものに加えて実施される。RMPを技術論的面から見れば、計算機シミュレーションのみで評価された方式が現場でも期待通りに機能するかについて、危惧を抱くのは当然である。どんな機械でも試運転が必要で、その際に設計変更されることも多い。その意味でモニタリングへの要求は当然のようにも思われるが、多くのSCメンバーから反論がでた。モニタリングはすでにRMSの中に組み込まれており、RMSに直接利用しない情報も入手することが要求されていると主張した。SCとしては時間切れで、両論を並記して結論は出さなかった。(IWC, 1994b, Annex O)。

引き続き開かれたIWC委員会では、前年の決議にあったRMSに必要な段取りが議論

された。最低データ基準、ガイドラインに関して、米国がモニタリングをRMSに組み込むことを要求した。国際的監視・取締制度が議論されたが、具体的結果はでなかった。日本とノルウエーがRMSを完成させ、1994に付表を修正することを含む決議案を提出したが、6：18：6で否決され、捕鯨再開は実現できなかった。(IWC, 1994a, p.19)。

1994年の年次会合はメキシコで開かれた (IWC, 1995b,)。米国のRMPレビューパネルからの報告がSCで検討された。この報告では、複数種や生態系の問題が取り上げられていないこと、動態モデルが単純な余剰生産量モデルになっていて、逆補償 (depensatory) や複数の安定状態のあるモデルが考慮されていないことなどが指摘された。これらのコメントに対してSCは頑健性テストの中で環境容量やパラメタの変動する場合も実験されており、十分考慮されているとした。また指摘された事項のいくつかについて、今後実行段階取りの中でシミュレーションを行うこととなった。

SCは前年の京都合会で修正の上合意されたRMPの仕様書および調査とデータ解析のガイドライン (IWC, 1994b, Annex H, I, J) を委員会として受理することを勧告した (IWC, 1995b, pp.65, 68)。委員会ではオーストラリアがRMPを採択する決議案を提出し、全会一致で可決された (IWC, 1995a, pp.26, 43)。決議の内容は以下を含んでいる。

- (i) RMPの仕様書、注釈およびCL計算プログラムの受理。
- (ii) CLAに使用するデータおよび直接には使用しないデータの調査、解析法のガイドラインの支持。
- (iii) 米国のレビューパネルからの指摘事項に関してはSCは適切に対応してきたことを認める。
- (iv) 過去の捕獲統計の徹底的検討。
- (v) RMSの完成までの段取り、監視・取締制度、RMPの仕様書やRMSの付表への編入など。
- (vi) RMSが付表に編入されるまでRMPは実行しない。

過去の捕獲統計に関連して、ロシアの科学者がそれまでのソ連の公式統計を大幅に改訂して発表したため、統計の正確さが大きな問題となり、上記の決議でも取り上げられたが、過去の捕鯨のデータが信頼できないことに関する別の決議も採択された。この中でロシアの科学者が捕鯨操業の記録を捜しだして報告したことを評価し、この努力の継続を強く要請し、他の加盟国も過去の統計の点検と、改訂のある場合その統計の提供を求めた。(IWC, 1995a, pp.43, 44)。

SCから提出されたRMP仕様書は前述のように1992年の委員会で一応受理されたが、ここで監視・取締制度の制定が要求された。RMPがどんなに優れた管理方式であっても、捕獲を正しく実行するためには有効な監視・取締制度が必要なことは論を待たない。1994年の委員会でノルウエーからの提案によりこの問題を検討する作業部会が作られた (IWC, 1995a, p.26)。デンマークのLemcheを議長として、他の国際協定の例も参照しな

がら、監視・取締制度の内容が種々議論された。国内監督官、国際監視員の任務、権限、人道捕殺のガイドライン等も議論された。この作業部会はその後も会合を重ね、1996年の年次会合までに4回開かれたが、共通の基盤がなく、付表修正案はできなかった。Lemche議長は、作業部会ではこれ以上進展は期待できないと語った (IWC, 1997, pp.33)。1997年以降も毎年委員会においてこの問題は議論されているが、困難な課題が次々と持ち出され、未だに結論は得られていない。NGOも参加する制度、DNA登録による生産物の追跡、監視・取締経費の負担方法、動物愛護の問題などが懸案事項になっている。反捕鯨国にとっては、この議題はRMSの実行を遅らせる絶好の手段であるが、RMS支持国の間でも、速やかにこの制度を完成させるには決め手を欠いている。IWCの中でRMSの議論は監視制度をめぐる膠着状態にある。

8. むすび

RMP開発計画に私はほとんど最初から最後まで関わったことになる。初めてIWC関連の会合に参加したのは1980年3月のホノルルでの管理方式に関する特別作業部会であった。この会合では米国のChapman博士が指導的役割をはたし、議論をリードしていた。参加した科学者には資源解析学の専門家が多かったが、そこでは如何にしてより安全・確実な管理方式を開発するかということで、力を合せていた。噂に聞いていた反捕鯨のあからさまな動きは感じなかった。1987年3月のレイキャビクでの第1回のワークショップ以降、提案された5組の管理方式をめぐる激しい競争が展開された。開発者達は、より安全・確実で、かつ生産性の高い方式をめざして性能を競い合った。そこには捕鯨を止めさせようという意図は見られず、純粋な科学者、技術者としての競争であった。その間に払われた関係者の努力は大変なものであったと思う。SCもその報告書の中で、5つの方式とも満足すべきものであり、5方式が競い合ったことがこのような高性能の方式を生み出したと記している (IWC, 1992b, p.55)。

このような状況のもとで、1992年に最終結論を得るまでに5年の期間を要し、SCの年次会合の外に5回のワークショップが開かれた。特に最終段階である1990年には年次会合を含めて3回の会合が持たれ、1991年5月のレイキャビクでの年次会合でCooke方式の採択に至ったのである。会合を重ね性能を競い合う間に各方式は改良されたが、また各方式の特徴や性能が次第に明らかになり、難航が予想された一つの方式の採択ができたのである。私はこの5年間反捕鯨の雑音に煩わされることなく、意欲を以て研究・開発に取り組むことができた。

ここで、管理方式の会合の議長を務め、この作業をリードしたKirkwood博士の功績を讃えるべきである。彼はよく問題を理解し、その場の状況をつかみ、的確に議事を進め、多くの人達を納得させる結論に導いたのである。5つの方式を、その特性に応じて3つ

に分類し、議論を結論の方向に導いた議事の運営は見事であった。反捕鯨国オーストラリアから参加した科学者として、博士の基本的態度は少なくとも捕鯨推進ではなかったはずだが、彼の議長としての采配は公平なものであった。SCとして一つの方式を採択した1991年のレイキャビクの会合で、SCは彼の議長としての長期にわたる卓越した采配を讃えて、全員起立して拍手を贈った（IWC, 1992b, p.53）。

米国サンジエゴの会合の際、日本の科学者たちの部屋にやってきた観光客が、なぜ鯨を殺すのかと詰め寄ってきた時、たまたま居合わせたKirkwood博士は、鯨の肉は優良な食料であり、捕獲を許される種類もあるのだと説明していた。観光客は一応納得したようであった。

電算機シミュレーションで見るかぎり安全・確実に捕鯨を続けられるRMPの完成は、反捕鯨国の委員達にとっては予想外のことであったろう。彼らの最大の武器であった鯨が絶滅するという殺し文句は使えなくなった。彼らの選んだ次の道は監視・取締の実行である。次々と難問を持ち出し、科学者の入りこむ余地をなくして、多数決がものを言う政治的曖昧さのなかに迷い込んでしまった。

現在の膠着状態は鯨研究にとって必ずしも悪い状態ではない。業界の思惑に煩わされずに、科学研究を進めることができる。21世紀は食糧不足の世紀になるという予測がある。その時、鯨は世界の人々にとって重要な食料資源となり、本格的捕鯨を再開させざるを得なくなるだろう。鯨の科学研究の積み重ねが今すぐにはあまり効果を表さなくても、この蓄積こそが深刻な問題の解決に役に立つ日が来るはずである。

文 献

- Aldrin, M. and Schweder, T. (1990): A comparative review of first stage and first phase of second stage screening results for the management procedures under development for the International Whaling Commission. Paper SC/J90/Mg5 presented to the IWC/SC, June 1990, (unpublished), 20pp., figures 36pp., appendices 7pp.
- Allen, K.R. (1977): Changes in catch and population for sustained managed stocks below MSY level. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:104-105.
- Allen, K.R. (1979): Towards an improved whale management procedure. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:143-145.
- Allen, K.R. and Kirkwood, G.P. (1979): Program to estimate baleen whale population size (BALEEN). *Rep. int. Whal. Commn*, 29:367-368.
- Butterworth, D.S. (1992): Suggested statistics to measure catch limit stability. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:300-301.
- Chapman, D.G., de la Mare, W.K. Holt, S.J. and Van Beek, J.G. (1982): Statement on minke whale assessments for the Southern Hemisphere and advice to the Commission. *Rep. int. Whal. Commn*, 32:136-138.
- Cooke, J.G. (1986): The assessment and management of whale stocks. Paper SC/A86/CA9 presented to the IWC/SC, April 1986, (unpublished).
- Cooke, J.G. (1992a): A note on the properties of catch variability statistics. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:299-300.
- Cooke, J.G. (1992b): Lower tail stochastic dominance comparisons. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:333.
- Cooke, J.G., de la Mare, W.K., Lankester, K. and Lyrholm, T. (1992): Statement advice on selection of a revised management procedure for commercial baleen whaling. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:267-269.
- Cooke, J.G. and Weber, G.B. (1990): A note on the comparison of the performance of different whale management procedures. Paper SC/J90/Mg12 presented to the IWC/SC June 1990, (unpublished), 19pp.
- de la Mare, W.K. (1986a): Fitting population models to time series of abundance data. *Rep. int. Whal. Commn*, 36:399-418.
- de la Mare, W.K. (1986b): Simulation studies on management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 36:429-450.
- de la Mare, W.K. and Cooke, J.G. (1983): The reliability of replacement yield from

- population estimation methods based on fitting to changes in relative abundance. *Rep. int. Whal. Commn*, 33:339-346.
- Garrod,D.J. and Horwood,J.W.(1979): Whale management: Strategy and risks - A comment. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:215-218.
- Haw,M.D.(1993):Corrections to estimates of abundance of Southern Hemisphere minke whales obtained from IWC/IDCR data. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:114.
- Holt,S.J.(1979): Proposal for a modified management policy. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:327-333.
- IWC(1977): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:36-51.
- IWC(1979a): Chairman's report of the Thirtieth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:21-37.
- IWC(1979b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:38-52; Annex O,Alternative whale management procedures.29:99-101.
- IWC(1979c): Provisional agenda,31st Annual Meeting of the International Whaling Commission. Paper IWC/31/2 presented to the IWC,July 1979,23pp.
- IWC(1980a): Chairman's report of the Thirty-first Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 30:25-41.
- IWC(1980b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 30:42-59.
- IWC(1981a): Chairman's report of the Thirty-second Annual Meeting.*Rep. int. Whal. Commn*, 31:17-40.
- IWC(1981b): Third meeting of the Special Scientific Working Group on Management Procedures.Honolulu,Hawaii,20-26 March 1980. *Rep. int. Whal. Commn*, 31:41-49.
- IWC(1981c): Report of the Technical Committee Working Group on Revised Management Procedures.Paper IWC/33/13 presented to the IWC,July 1981,55pp.
- IWC(1982a): Chairman's report of the Thirty-third Annual Meeting.*Rep. int. Whal. Commn*, 32:17-42.
- IWC(1982b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 32:43-63.; Annex N,Report of the chairman of the Scientific Committee working group to investigate the most suitable method of calculating replacement yield for Southern Hemisphere minke whales.32:139-141.
- IWC(1983): Chairman's report of the Thirty-fourth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 33:20-42.
- IWC(1984): Chairman's report of the Thirty-fifth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 34:13-34.
- IWC(1985): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:31-58.

- IWC(1986a): Chairman's report of the Thirty-seventh Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 36:10-29.
- IWC(1986b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 36:30-55.
- IWC(1987): Report of the special meeting of the Scientific Committee on planning for a comprehensive assessment of whale stocks. *Rep. int. Whal. Commn*, 37:147-157.
- IWC(1988a): Chairman's report of the Thirty-ninth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:10-31.
- IWC(1988b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:32-61; Annex K, Report of the ad-hoc sub-committee on matters relating to the report of the Comprehensive Assessment Workshop on Management. 38:127.
- IWC(1988c): Comprehensive Assessment Workshop on Management. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:163-170.
- IWC(1989a): Report of the Scientific Committee. Annex J, Matter concerning the Comprehensive Assessment. *Rep. int. Whal. Commn*, 39:131-147.
- IWC(1989b): Comprehensive Assessment Workshop on Management Procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, Spec. Issue, 11:29-44.
- IWC(1990): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 40:39-79; Annex E, Report of the sub-committee on management procedures. 40:94-118.
- IWC(1991): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 41:51-82; Annex D, Report of the sub-committee on management procedures. 41:90-112c.
- IWC(1992a): Chairman's report of the Forty-third Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:11-50.
- IWC(1992b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:51-79; Annex D, Report of the sub-committee on management procedures. 42:87-136.
- IWC(1992c): Report of the Third Comprehensive Assessment Workshop on Management Procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:271-279; Annex J, Specification of trials for stock boundary uncertainties: Coastal whaling case. 42:295-296; Annex K, Preliminary draft specification for trials for stock boundary uncertainties: Pelagic whaling case. 42:297-298.
- IWC(1992d): Report of the Fourth Comprehensive Assessment Workshop on Management Procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:305-314; Annex D, Single stock trials for finalised procedures. 42:317-318.
- IWC(1993a): Chairman's report of the Forty-fourth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:11-53.
- IWC(1993b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:55-86; Annex H, Draft specification for the calculation of catch limits in a revised management

- procedure (RMP) for baleen whales.43:146-152; Annex I,Report of the working group on implementation trials.43:153-196.
- IWC(1993c): Special meeting of the Scientific Committee on the Revised Management Procedure.*Rep. int. Whal. Commn*, 43:221-226;Annex D,Draft specification of Revised Management Procedure.43:227-228.
- IWC(1993d): Report of the Fifth Comprehensive Assessment Workshop on Revised Management Procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:229-232a; Annex H,Draft specification of the C Management Procedure.43:239-240.
- IWC(1994a): Chairman's report of the Forty-fifth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:11-39.
- IWC(1994b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:41-67; Annex G,Report of the working group on North Pacific minke whale management trials.44:120-144; Annex H,The Revised Management Procedure (RMP) for baleen whales.44:145-152; Annex I,A programme to implement the Catch Limit Algorithm.44:153-167; Annex J,Guidelines for conducting surveys and analysing data within the Revised Management Scheme.44:168-174; Annex O,Statement on monitoring and the RMS.44:191-192.
- IWC(1995a): Chairman's report of the Forty-sixth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 45:15-52.
- IWC(1995b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 45:53-95.
- IWC(1997): Chairman's report of the Forty-eighth Annual Meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 47:17-55.
- Magnusson,K.A.(1987): A note on a feedback strategy to regulate catches from a whale stock. Paper SC/M87/M4 presented to the IWC/SC,March 1987, (unpublished).
- 増山元三郎(1949): 少数例のまとめ方. 改訂版, 河出書房, 東京, 194pp.
- 中山伊知郎編(1979): 現代統計学大辞典. 第13刷, 東洋経済新報社, 東京, 629.
- Pella,J.J. and Tomlinson,P.K.(1969): A generalized stock production model. *Inter-Amer.Trop. Tuna Commn, Bull.*,13:421-496.
- Punt,A.E.(1992): The ELECTRE algorithm. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:331-332.
- Punt,A.E. and Butterworth,D.S.(1989): A proposed whale stock management procedure.Paper SC/F89/M2 presented to the IWC/SC,February 1989,(unpublished).
- Punt,A.E. and Butterworth,D.S.(1991): Effects of varying tuning parameters in Punt—Butterworth procedure. *Rep. int. Whal. Commn*, 41:107.
- Sakuramoto,K. and Tanaka,S.(1986): A simulation study on management of whale stocks considering feedback systems.Paper SC/38/O10 presented to the IWC/SC, May 1986,(unpublished),23pp.

- Schweder,T.(1990): On the measuring and reporting of the performance of the management procedures. Paper SC/F90/M8 presented to the IWC/SC,February 1990, (unpublished).
- Schweder,T.(1992): A preliminary report on the statistical analysis of the screening results from first stage and first phase of second stage. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:288-291.
- Stewart,T.J.(1992): Comparison procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:327-328.
- Stewart,T.J.,Punt,A.E. and Butterworth,D.S.(1990): An application of multi-criteria decision making techniques to the results of the first stage screening trials. Paper SC/F90/M1 presented to the IWC/SC,February 1990, (unpublished).
- Stefansson,G.(1992): Statement by Stefansson on management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:267.
- 田中昌一(1960): 水産生物のpopulation dynamicsと漁業資源管理. 東海水研報, 28:1—200.
- Tanaka,S.(1980): A theoretical consideration on the management of a stock-fishery system by catch quota and on its dynamical properties., 日本水産学会誌, 46(12):1477—1482. SC/Ma80/MP22と同内容
- Tanaka,S.(1982): The management of a stock-fishery system by manipulating the catch quota based on the difference between present and target stock levels. 日本水産学会誌,48(12):1725—1729.
- Tanaka,S.(1984): On the method for calculating catch quotas. *Int.North Pac. Fish. Commn, Bull.*, 42:98—103.
- Tanaka,S.(1985): St.Lucia question,Southern Hemisphere minke whales.Observation by S.Tanaka. *Rep.int. Whal.Commn*, 35:88.
- Tanaka,S.(1986): On a practical method for stock management. Paper SC/A86/CA6 presented to the IWC/SC,April 1986,(unpublished),4pp.
- 田中昌一(1996): 鯨資源の改訂管理方式(Ⅰ). 鯨研通信,391:1—6; (Ⅱ), 392:1—7.
- 田中昌一(1998a): RMPについて. 水産資源管理談話会報,日本鯨類研究所, 19:3—16.
- 田中昌一(1998b): 鯨の資源、その利用と管理の過去と現在. (山本忠・真道重明編), 世界の漁業,第1編, 世界レベルの漁業動向,(財)海外漁業協力財団,海漁協 (資)156, 311-336.
- 田中昌一 (2003): 鯨資源の管理は何のために? 禁漁資源水準54%の意味. 鯨研叢書,日本鯨類研究所, 10:31-61.

略号説明

- AAV (Average annual variation) CLの短期変動の指標となる統計量
- BALEEN ひげ鯨資源解析用プログラム (巻末註1参照)
- CA (Comprehensive Assessment) IWCで行った鯨資源の包括的評価
- CL (Catch limit) 鯨捕獲限度量 (頭数)
- CLA (Catch limit algorithm) 捕獲限度量計算法
- CPUE (Catch per unit effort) 単位努力当たり捕獲量
- CV (Coefficient of variation) 変動係数
- ELECTRE MCDMのための計算法
- IMS (Initial management stock) 初期管理資源, NMPの資源分類の一つ
- IWC (International Whaling Commission) 国際捕鯨委員会
- LRV (Long term residual variation) CLの長期変動の指標となる統計量
- MCDM (Multi-criteria decision making) 多基準に基づく意志決定法
- MSY (Maximum sustainable yield) 最大持続生産量
- MSYL (MSY level) MSYを実現する資源水準
- MSYR (MSY Rate) $MSY率 = MSY/MSYL$
- NMP (New Management Procedure) 鯨資源新管理方式
- PL (Protection level) 捕獲を禁止する資源量の水準
- RAS (Relative annual slope) CLの年に対する回帰係数, 長期的変化傾向の指標
- RMP (Revised Management Procedure) 鯨資源改訂管理方式
- RMS (Revised Management Scheme) 鯨資源改訂管理制度
- RPL (Realized protection level) 実現禁漁水準, シミュレーションの中で実際に捕獲のあった最低資源水準
- RR (Relative recovery) 相対回復率, 実際には54%以下の保護資源で, 誤判定による捕獲のためにMSYLへの回復が遅れる程度を表す率
- RY (Replacement yield) 翌年までの資源増加量, 平衡状態にない一般の場合で資源量を変化させずに捕獲できる量, 置換生産量
- SC (Scientific Committee of IWC) IWC科学委員会
- SMS (Sustained management stock) 維持管理資源, NMPの資源分類の一つ
- SY (Sustainable yield) 平衡状態での持続生産量
- TC (Technical Committee of IWC) IWC技術委員会
- TL (Target level) 目標資源水準

註 1

BALEENモデル

このモデルはAllen and Kirkwood (1979) によって開発された。基本的にはPella-Tomlinsonモデルを適用したAllen (1977) の動態モデルと同様であるが、南半球のイワシクジラやクロミンククジラの場合を想定して修正された。加入年齢が雌の成熟年齢と異なる場合にも適用できるようにし、また加入年齢、雌の成熟年齢、妊娠率の年変化を考慮し、それらのデータを利用した。モデルに適用する密度としては、目的資源の成熟雌量、あるいは南半球ヒゲクジラの全バイオマスを用いた。シロナガスクジラ、ナガスクジラのバイオマスには加入資源量にそれぞれ競合係数を掛けたものを用いた。

動態モデルは

$$P_{t+1} = (P_t - C_t) e^{-M} + P_{t-tr} r_{ti}$$

である。ここで加入率は、初回出産年齢を t_{px} 、加入年齢を t_r 、成熟資源量を P 、その未開発時の値を P_{x0} 、密度効果の作用しない時の加入率を r_0 、自然死亡係数を M とすると、 t 歳への加入率 r_{tr} は

$$r_{tr} = \frac{(r_0 - M) [1 - (P/P_{x0})^{n+1}] + M}{(1 - M)^{t_{px} - t_r}}$$

となる。初回出産年齢 t_p が t_{px} より低くなった時の i 年の加入率 r_{ti} は、上の式で P 、 P_{x0} 、 t_{px} 、 t_r に i 年の値 P_i 等を代入したものとなる。ヒゲクジラ全体のバイオマスを考慮する時は P_i/P_{xi} が

$$\frac{P_i + AB_i/2}{P_{xi} + AB_{xi}/2}$$

に置き換えられる。ここで B_i は競合する資源全体のバイオマス、 A は競合係数で1より小さい。

BALEENは、このような動態モデルに、毎年の漁獲量、初回出産年齢、加入年齢および自然死亡係数を入力し、CPUEのデータを当てはめることにより、初期資源量 P_{x0} を含めて、毎年の資源量 P を計算する電算機シミュレーションプログラムである。未利用時に資源の増加していた南半球のイワシクジラやクロミンククジラの資源評価に利用された。

註 2

改訂管理方式提案者の当時のIWC/SC会合での身分および所属

dIM方式

William K. de la Mare オーストラリア代表
Department of Zoology, Monash University, Clayton, Australia

C方式

Justin G. Cooke 招待科学者およびIUCNからのオブザーバー
Department of Biology, University of York, England, UK
(International Institute for Environment and Development, London)

P-B方式

D. S. Butterworth 招待科学者
Department of Applied Mathematics, University of Cape Town, South Africa
A. E. Punt 招待科学者
Butterworthに同じ

M-S方式

Kjartan G. Magnusson アイスランド代表
Science Institute, University of Iceland, Reykyavik, Iceland
Gunnar Stefánsson アイスランド代表
Marine Research Institute, Reykyavik, Iceland

S-T方式

桜本和美 日本代表
東京水産大学資源管理学科
田中昌一 日本代表
東京大学海洋研究所資源解析部門

改訂管理方式（RMP）への道

鯨研叢書 No.13

2006年4月30日発行

著者 田中昌一

発行者 財団法人 日本鯨類研究所
〒104-0055
東京都中央区豊海町4-5 豊海振興ビル5F
電話 03-3536-6521

印刷 株式会社 連合印刷センター
〒160-0008
東京都新宿区三栄町18 連合ビル3F
電話 03-3225-1241