

鯨 研 叢 書 No.10



# 鯨資源の動態研究と管理

田 中 昌 一

財団法人 日本鯨類研究所



# 鯨資源の動態研究と管理

## まえがき

水産資源の管理は、漁業によって資源を利用しようとする時、不可欠のものである。水産資源の生産力は有限なので、漁業を自由競争にまかせれば必ず資源の乱獲を招き、漁業の秩序が維持できなくなる。だから資源管理は資源動態研究の有無にかかわらず存在すべきものである。しかし管理をより合理化し、漁業の秩序を維持しながら資源を高度かつ永続的に利用しようとするならば、その資源の状態や動態についてより多くの情報が必要になり、資源動態研究は不可欠となる。近代的漁業においては、資源の動態研究と管理が密接に結びついている。

一口に水産資源といっても、その特性はさまざまである。マイワシのように、漁獲以外の自然環境要因によって資源が大きく変動するものもある。このような資源では、動態研究は、持続可能な利用のためよりは、変動の予測のためにより重要である。一方自然環境の影響よりは漁獲の影響の方が顕著で、容易に獲り過ぎになってしまうような資源もある。長寿命の生物は一般にこのカテゴリーに属し、鯨資源などはその典型である。このような資源に対しては、動態研究によって適正な漁業の在り方を明らかにすることが強く要求される。

捕鯨業は過去において乱獲による資源枯渇の歴史を繰り返してきたが、この偉大な天然資源を適正に管理しながら捕鯨産業の秩序ある発展を求めて、1948年に国際捕鯨取締条約が発効し、国際捕鯨委員会（IWC）が設立された。IWCは鯨資源の動態研究と管理に責任をもっている。鯨類のように繁殖力の低い資源を強度かつ永続的に利用しようとするならば、それだけ精密な資源管理が必要になる。そのためには高度の科学的情報が要求され、IWC関係科学者を中心に多くの努力が払われてきた。

鯨は体形が大きく個体数が少ないなど、鯨ならではの特性故に、浮魚資源などにくらべて科学的情報の得やすい面がある。また捕獲の影響が現われやすいので、資源動態理論の適用が容易である。そのため世界の水産資源の動態研究をリードしていた多くの研究者たちが鯨資源の研究に関係してきた。したがって、鯨資源の動態研究と管理の経過をたどることは、一般の資源の研究と管理の変遷をたどることにもつながり、興味深い。そして、魚類資源研究の考え方や方法が鯨資源の研究に取り込まれ、また鯨研究の成果が魚類資源研究に反映されるなど、鯨と魚類資源研究の間の相互作用にも注目すべきものがある。

私は先に目視調査による鯨資源量推定値の偏りについて考えていたとき、目視調査の理屈と努力当たり漁獲量（CPUE）の理屈の相似性に気が付いた。そこで漁業の場でのCPUEの研究の状況を広く文献に当たって調べてみた。同時に鯨資源研究の中でCPUEがどのように論じられてきたかをIWCの報告などで追ってみた。IWCはかつてはCPUEを重視していたが、資源評価への諸疑問が追究されるにつれてCPUEは否定され、代わって目視調査が広く行われるようになった。このような経過は「漁獲努力とCPUE—捕鯨をめぐる」と題してまとめられ、鯨研叢書 No.8（2002）として発表された。

鯨資源の安全な管理はできないという理由で、IWCは1982年に商業捕鯨のモラトリアムを決めてしまったが、CPUEについてまとめた時と同じ考え方に立って、それまでおよびそれ以後の50年余にわたるIWCおよび関係科学者たちの活動を追ってみることにした。そしてその中で、資源の研究と管理の問題の基本を考え、さらに水産資源一般の研究や管理の在り方について考えてみたいと思う。ここではまず資源管理の上での大きな困難の一例として自然死亡率の問題を取り上げる。さらにIWCの中で資源管理の方法についてどのような議論がなされてきたかをたどってみる。本書は以上の二課題について取りまとめたものである。以上の外にも興味ある課題はいくつかあり得るが、それらについては将来さらに考えてみたい。

国際捕鯨取締条約が発効した1948年は、私が資源研究を始めた年でもある。IWCの歴史と私の資源研究の歴史が、時間的にちょうど重なっている。本書をまとめるにあたり、私の50年余にわたる資源研究のなかで、ご指導、ご鞭撻、ご協力を賜った多くの方々に深く感謝の意を表したい。

## 謝 辞

（財）日本鯨類研究所理事長大隅清治博士には、ご多忙中にもかかわらず、この報文全体の御校閲をたまわり、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ます。

# 第1部 鯨類の自然死亡率をめぐって

## 目次

1. はじめに .....	2
2. 資源学と自然死亡率の推定 .....	2
2-1 資源解析での自然死亡率推定の必要性和利用法 .....	2
2-2 自然死亡率の推定法 .....	4
3. 鯨資源と自然死亡率 .....	5
3-1 初期における資源乱獲の議論 .....	5
3-2 年齢査定法 .....	6
3-3 捕獲鯨の年齢組成 .....	7
3-4 自然死亡係数 $M$ を用いた資源評価 .....	9
3-5 自然死亡係数 $M$ の推定法 .....	11
(1) 開発初期の年齢組成を用いる方法   (2) 全減少係数 $Z$ と努力量の相関の利用	
(3) 種間での比較による推定   (4) コホート解析法による推定	
4. 自然死亡係数 $M$ をめぐる論争 .....	13
4-1 問題の発端 .....	13
4-2 自然死亡係数 $M$ の推定値に対する疑問 .....	14
(1) 最大体長(肉体的成熟体長) $L_m$ と自然死亡係数 $M$ の相関	
(2) 年齢組成から求めた自然死亡係数 $M$ に対する批判	
4-3 コホート解析法をめぐる議論 .....	16
4-4 資源の増加をめぐる議論 .....	17
5. IWCでの自然死亡率への対応 .....	18
5-1 特別許可による日本の捕獲調査(JARPA) .....	18
(1) 調査計画の提案   (2) 予備調査から本調査へ   (3) 得られた成果の例	
5-2 改訂管理方式(RMP) .....	21
6. むすび .....	23
略号説明 .....	24
文献 .....	25

## 1. はじめに

IWCでは資源をめぐる論争が激しく続いている。しかしこのような論争はどこにでもある。普通、資源開発を推進しようという積極派と資源保護を強調する慎重派が対立している。これら両派の対立の中で漁業も研究も発展していく。水産資源研究には不確実性が避けられないとすると、資源の現状について楽観の見方や悲観の見方があってもおかしくない。しかし問題は純粹に科学的な意見の違いではなく、必ずその裏に経済的、社会的背景がある。鯨ではこの背景が表に出てきて、倫理や哲学のからんだ問題にまで発展してしまった。資源研究の不確実性が不可避だとすると、絶対的真理を要求されれば、資源評価など不可能になる。捕鯨を維持、発展させようという目的が参加者に共通していれば、科学者は科学者なりに創意工夫をこらして、与えられた条件のもとで最善の答を出してくれる。IWCの科学者も1970年頃まではこのような立場で努力をしていた。しかし科学者の努力はIWCの中での政治的配慮や勢力分野の争いの中でしばしば無視され、1970年には資源は憂慮すべき状態にまで落ちていった。捕鯨が非常に利潤の高い産業であったため、資本の論理にしたがって資源を食いつぶしていったのである。その反動で反捕鯨派が台頭し、従来の資源評価が徹底的に批判され、商業捕鯨モラトリアムになってしまった。

このような事態の進展のなかで、一つの重要課題であった自然死亡率の問題を中心に経過を追ってみることは、IWCの歴史を振り返り今後の方向を見定めるためばかりでなく、資源学研究、資源評価の在り方について多くの示唆を与えてくれる。そのような意図でここにIWC創設以来の自然死亡をめぐる議論をまとめてみた。現在漁業資源およびその管理の研究に携わっておられる方々になんらかの参考になれば幸せである。

## 2. 資源学と自然死亡率の推定

### 2-1 資源解析での自然死亡率推定の必要性和利用法

生物個体群の動態を考える場合、繁殖と死亡の二つが基本的要素である。漁業資源の場合、死亡の中には漁獲による死亡と漁獲以外による死亡が含まれる。普通後者を自然死亡と呼ぶ。Baranovは、ある自然死亡率に対して加入量当り漁獲量 ( $Y/R$ ) が最大になる漁獲の強さのあることを示した。この漁獲の強さ (漁獲係数  $F$ ) の値は自然死亡の程度によって変わるので (田中, 1998b, pp.62-74)、資源管理のために漁業を規制しようとする時、自然死亡係数  $M$  の値を知ることは基本的に重要である。したがって、古くから  $M$  を見積もる努力が続けられてきた。

成長曲線と  $M$  の値を使って  $Y/R$  の値を計算した例はBaranov以来数多くあるが、 $Y/R$  は

漁獲の対象となる最小の年齢 $x_c$ によっても変化するので、 $F$ と $x_c$ を組み合わせた2次元の平面に $Y/R$ を等量線によって表示することをBevertonが提案した。この図の上に現在点をプロットすることによって、現在の漁業は漁獲強度が強過ぎるのか、若齢小型魚の獲り過ぎかを判定することができ、また $F$ や $x_c$ を変化させた時に漁獲量がどう変わるかを予測することができる(図1:田中, 1998b, pp.62-74; 354-357)。近年、漁獲が強くなり過ぎて親魚量が減少し、次世代の加入量に影響が出る加入乱獲の恐れが高まった。このために未利用時代にくらべて加入量当たり親魚量( $S/R$ )がどのくらいまで減少したかを示す $\%S/R$ が注目されているが(松宮, 1996; 1997)、ここでも計算のためには $M$ の値を必要とする。

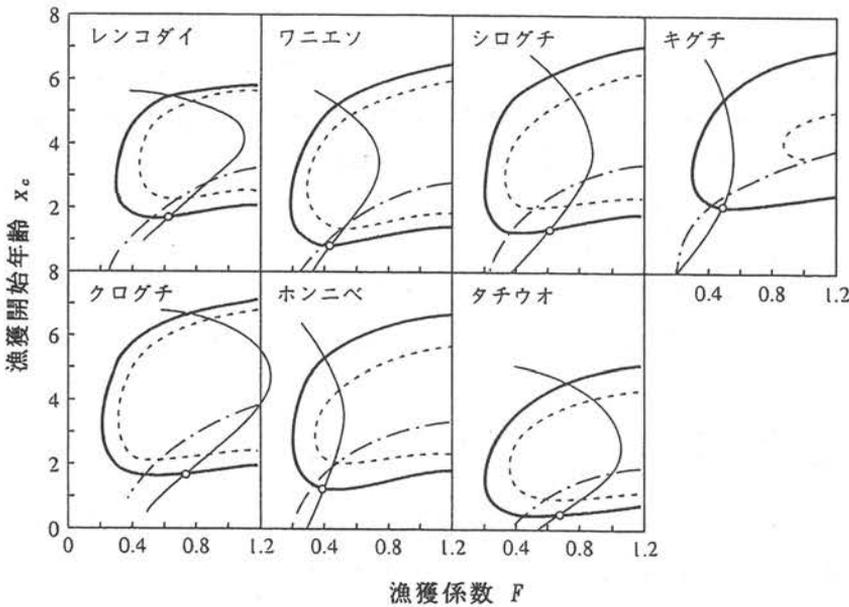


図1 等量線図の例, 東シナ海底魚. 太実線:漁獲量, 細実線:努力当たり漁獲量, 破線:漁獲量2割増, 小円:現在点(田中, 1998b).

年齢別の漁獲量が知られている時、ある年齢群の個体数にそれまで1年間に自然死亡したものと漁獲されたものを加えて、その年級群の1年前の個体数を推定するというコホート解析法(あるいはVPA)が近年広く用いられている。この方法によると、ある年のある年級群の漁獲係数、その年級の加入量も計算できるので、鯨を含む多くの資源に対して応用されている(3-5(4)参照)。ここでも、普通 $M$ の値を事前に与えることが必要である。

ヒゲクジラ資源の改訂管理方式(RMP)(田中, 1996; 1998a)は $M$ の値を必要としない極めて特異な方式である。ここでは推定の難しい加入率から自然死亡率を差し引いた純

加入率について、可能な範囲を定めるBayes流の考えを導入し、また資源量の観測を定期的に繰り返して、捕獲限量を修正するフィードバック方式が適用されている（5-2参照）。これに類似したフィードバック方式による資源管理法はいくつかの例で応用されているが、まだごく少数である（田中, 2002a）。

## 2-2 自然死亡率の推定法

前節で述べたように $M$ の値は資源管理上重要な特性値であるから、古くからその推定法がいろいろ考えられてきた（田中, 1998b, pp.180-186）。一つの方法は、年齢組成から全死亡係数 $Z$ を求め、これを漁獲係数 $F$ と自然死亡係数 $M$ に分割するものである。 $Z$ の推定法にはいろいろあるが、基本的には $x$ 歳の資源尾数を $N_x$ として

$$N_{x+1}/N_x = S = e^{-Z} \quad (2.1)$$

の関係を利用する。 $S$ は生残率である。 $N_x$ として年齢別のCPUEを用いることができる。加入量が安定していれば、ある年の漁獲物の年齢組成 $n_x$ から $n_{x+1}/n_x=S$ としてもよい。多くの年齢群を含む時は加入が完了する年齢を $a$ 、最高年齢を $a+k$ として

$$\hat{S}_L = \frac{n_{a+1} + n_{a+2} + \dots + n_{a+k}}{n_a + n_{a+1} + \dots + n_{a+k-1}} \quad \text{Leaの式} \quad (2.2)$$

とすることができる。ある年の $a$ 歳以上の個体数でそのうちの翌年まで生き残った数を割ると、年齢ごとの死亡率が一定でなくても、全体としての平均的生残率が得られる。この考え方から

$$\hat{S}_H = \frac{n_{a+1} + n_{a+2} + \dots + n_{a+k}}{n_a + n_{a+1} + \dots + n_{a+k}} = \frac{n - n_a}{n} \quad \text{Heinckeの式} \quad (2.3)$$

という式も用いられる。 $n$ 尾の標本中で $i$ 個体の年齢を $x_i$ とすると、 $S$ の最尤解は

$$\hat{S}_M = (\bar{x} - a) / (1 + \bar{x} - a) \quad \text{ここで } \bar{x} = \sum x_i / n \quad (2.4)$$

である。この推定式は $n$ が小さい時偏りが入るが、不偏推定式は

$$\hat{S}_C = (\bar{x} - a) / \{1 + (\bar{x} - a) - 1/n\} \quad \text{Chapman-Robsonの式} \quad (2.5)$$

資源が真に等比級数的分布をしていれば、この式が最も精度がよいとされている。

年齢組成が等比級数になっていれば、

$$n_x = Ae^{-Z(x-a)} \quad (2.6)$$

と考えられるので、 $\log n_x$ の年齢 $x$ への回帰直線の傾斜として $Z$ が求まる。この方式では $Z$ の推定値に偏りが入ったり、 $n_x$ の小さいところで点が大きくばらつき、推定精度が低くなるなどの問題はあるが、まず図に描いて等比級数的組成をしているかどうかを確かめられる点が良い。他の方法を用いる場合でも、直線性を事前に確かめておくことが望ましい。

$Z$ を $F$ と $M$ に分割する基本的方法は努力量 $X$ のデータを用いるものである。 $Z=qX+M$ の係数から $X$ のレベルの異なった2つの時期の $Z$ の値が知られていれば、上の式に $X_1$ 、

$Z_1$ 、あるいは $X_2$ 、 $Z_2$ を代入して2つの式を立て、連立方程式として解くと、自然死亡係数 $M$ と漁具能率 $q$ が求まる。年々の異なった努力量 $X$ に対応して $Z$ の値がそれぞれ得られていれば、 $Z$ の $X$ への回帰直線を求めると、その傾斜が $q$ 、 $Z$ 軸切片が $M$ を与える。一般に $Z$ と $X$ の相関が低く、この方法でよい結果の得られた例は多くない。(田中, 1998b, pp.235-241)

漁獲量 $C$ がわかっている時は、もし資源量 $N$ が推定できれば

$$C/N = F/Z \cdot (1 - e^{-Z}) \approx F \quad (2.7)$$

として直接 $F$ が求まる。自然死亡は $M=Z-F$ として得られる。 $N$ の推定には、標識放流法がよく用いられるが、産卵総量から親魚量を推定する方法も浮魚などでよく使われている(田中, 1998b, pp.271-279)。鯨類では目視により個体数推定が行われている(田中, 1998b, pp.279-283; 2002b)。放流、再捕を繰り返すJolly-Seber法では逸散を含む自然死亡を直接求めることもできる(田中, 1998b, pp.303-309; 315-322)。

### 3. 鯨資源と自然死亡率

#### 3-1 初期における資源乱獲の議論

第2次世界大戦後、過去の乱獲で減少した資源をできるだけ速やかに最適水準にまで回復させ、捕鯨産業の秩序ある発展を可能とするために、1948年に国際捕鯨取締条約が発効し、国際捕鯨委員会(IWC)が設立された。IWCの中に科学委員会(SC)が設けられたが、その主要な任務は鯨資源の評価である。当時南氷洋のザトウクジラ、シロナガスクジラの減少が問題となっていた。

IWCの第3回会合(1951)で、Mackintosh(1952)はザトウクジラ資源について次のようにまとめている。ザトウクジラは夏、冬とも漁獲対象となり沿岸での捕獲が容易なので捕鯨の影響を受けやすい。資源が枯渇しやすいことを示す多くの証拠がある。South Georgiaでは、早い時期この鯨が主捕獲対象であったが、1910-12年に捕獲の山となった以降減少し、1917年以後ほとんど捕獲されなくなった。南氷洋で母船式の捕獲が1930-37に増加したが、South Georgiaを含むII区の捕獲は少なかった。1936/37漁期に捕獲量は4460に達したが、その後急速に減少してしまった。戦前の標識再捕率は各鯨種中最高で、高い捕獲率が示された。

1953年の第5回会合でシロナガスクジラについて疑いなく危険水準に減少し続けていると結論された。減少の証拠として、捕獲数の減少、ナガスクジラとの捕獲割合の低下、努力当たり捕獲数の減少、平均体長の減少、小型未成熟鯨の増加をあげている(IWC, 1953)。

このようにごく初期の議論は、捕獲数を中心とした定性的なものであったが、Ruudはナガスクジラのひげ板により年齢を査定し、年齢組成から年々の死亡率を計算した。彼はこの値は資源が安定できる最高の率より高く、資源は減少していると警告した。Laws

は卵巢中の白体数を用いて年齢査定を行い、Ruudの結論を確認した (IWC, 1955, pp.19, 20)。サンクチュアリー解禁直後の死亡率は10%であったが、古い漁場のⅡとⅢ区では22%と高く、捕獲の影響が示された (IWC, 1957, p.24)。このように捕獲鯨の年齢がわかれば定量的な資源評価が可能となる。Ruud (1955) は鯨生活史のシンポジウムを提案した。自然死亡率が動態解析に不可欠であり、年齢査定法の確立が必要と主張した。

### 3-2 年齢査定法

資源学では漁獲物の年齢は最も基本的に重要な情報であり、魚類について査定法が古くから開発されていた。哺乳動物では牙が重要な年齢形質である。牙をもたないヒゲクジラでも、いろいろな年齢形質が検討されている。Mackintosh and Wheeler (1929) は卵巢内の排卵痕の白体が長期に残存し、年齢とともに蓄積されていくことに注目した。捕獲個体の白体数頻度分布を見ると魚類の年齢組成に類似した形が見られ、白体数が年齢に関連していることがわかる。Ruud (1940) はひげ板の表面に幅の方向にできる筋状の隆起に注目し、ひげ板の厚さが階段状に変化していることからこれを年齢形質と考え、1年に1つできるとした。この方法は特に若い個体で有効である。Nishiwaki (1950) は水晶体の色が年齢とともに変化することを認め、年齢形質として利用できることを示した。

Purves (1955) は耳垢栓の構造を観察し、そこにできる縞模様が成長に関連して形成されるとした。出生時に最初の輪ができ、離乳後は南北回遊時の成長の休止期に1輪づつ、すなわち年2本形成されると考えた。Laws and Purves (1956) は夏の索餌期と冬の繁殖期の間に縞ができるものと推定し、年2本説を説明した。シロナガスクジラやナガスクジラについて耳垢栓により年齢を査定する努力が続けられ (Nishiwaki *et al.*, 1958など) 縞を読む技術は確立されたが、1年に何本できるかは問題として残った。

Ohsumi (1964) は、耳垢栓の縞が周期的にでき、雌雄ともに利用できること、生涯にわたって認められ、採集や処理が容易である点で最良の年齢形質であることを認めた。その上でナガスクジラの長期再捕のデータを用いて縞形成頻度を検討した。標識放流をした場合放流時の年齢は不明であるが、これを  $x$ 、再捕時の縞数を  $y$ 、放流から再捕までの経過時間を  $t$ 、年当たり縞形成率を  $b$  とすると

$$y = b(x + t) \quad (3.1)$$

という関係が成り立つ。これを書きなおすと

$$y/t = b(x/t + 1) \quad (3.2)$$

となる。ここで  $x/t$  が小さくなると、 $y/t$  は  $b$  に漸近する。 $t$  に対して  $y/t$  をプロットしてみると、 $t$  が大きくなるにつれて  $y/t$  の減少する傾向が見られ、 $y/t < 2$  の個体が多くなるが、 $y/t \leq 1$  の個体はない。もし年2本なら  $y/t > 2$  であるはずだから、 $b < 2$  の方がもっともらしい。 $x = y/b - t$  として、 $b=1$  または  $2$  の場合について  $x$  を求めてみると、 $b=2$  と置いた

時  $t$  によって標識時の年齢組成が著しく変わってくる。これらの考察から見ると、耳垢栓の縞は年1本と見る方がよさそうである。

Ichihara (1966) は縞は生理的時間に対応した年齢を示すと考えた。ナガスクジラの耳垢栓を詳細に分析して、ビタミンA、食物供給、成長ホルモンが明層に関係し、ビタミンAや食物の不足、エストロゲンが暗層に関係していると推測した。性成熟個体で明層は索餌期に、暗層は繁殖期にできるとして年1本説を支持した。Roe (1967) はナガスクジラの標本を周年にわたって採集し、耳垢栓を観察した。その結果、年中明層または暗層形成中の個体が見られ、休止期はないこと、明層あるいは暗層形成中の個体の割合が1年周期で増減していることを認めた。雌雄、あるいは成熟、未成熟個体とも南半球の冬に明層形成率が最低になることから、暗層は冬にできるとした。このような現象は年1本説を明確に裏付けている。

1968年2月に年齢査定に関する会合がOsloで開かれたが、ここで縞が年1本できることが確認された (IWC, 1969, p.135)。

### 3-3 捕獲鯨の年齢組成

ヒゲクジラ類で年齢査定法が確立されたことによって、それまで縞数組成と表現されていたものを年齢組成とすることができた。いろいろな資源について捕獲鯨の年齢組成が示されたが、これらは漁業一般で見られる漁獲曲線と同様な形をしていた。若齢鯨では資源への加入が進行するために頻度が増加するが、ある年齢範囲でドーム状のピークとなる。組成の右側は年齢とともに低下する傾向があり、頻度を対数にとった場合、しばしばほぼ直線的に減少する。この下り傾斜から生残率  $S$  や全減少係数  $Z$  が推定できる。

鯨は年齢範囲が広いため、標本がかなり大きくないと点はばらついてしまう。そのため年齢組成を求めるときにしばしば年齢-体長相関表 (age-length key) によって体長組成から換算されるが、基本的には同様な形が得られる。ヒゲクジラの年齢組成の例を図2~4に示す。図2 (ニタリクジラ)、図3 (南氷洋ミンククジラ、以後クロミンククジラと呼ぶ) では右側の下り傾斜部分がわずかに上に凸の形をしているように見える。この点は完全加入年齢がかなり高いため、あるいは高齢で死亡率 (自然死亡) が高くなるため等の解釈が可能で、後に自然死亡の推定や資源評価に当たって大きな論争点となる (4-2 参照)。

図4の北太平洋のナガスクジラの場合、15~20歳付近で下り直線が折れ曲がっているように見える。Ohsumi (1964) はこれを資源開発の影響の現れと解釈した。ある未利用資源が初めて開発された時、加入資源に対する漁獲率が年齢によらず一定とすると、その時点で加入の完了していた年級群は相対的比率を保ったまま全体として減少する。したがってこれらの年級群間での下り傾斜は漁獲の影響を受けていない死亡率、すなわち自然死亡  $M$  を表していると考えてよい。一方、加入がある年齢で一斉に起こるとすると、

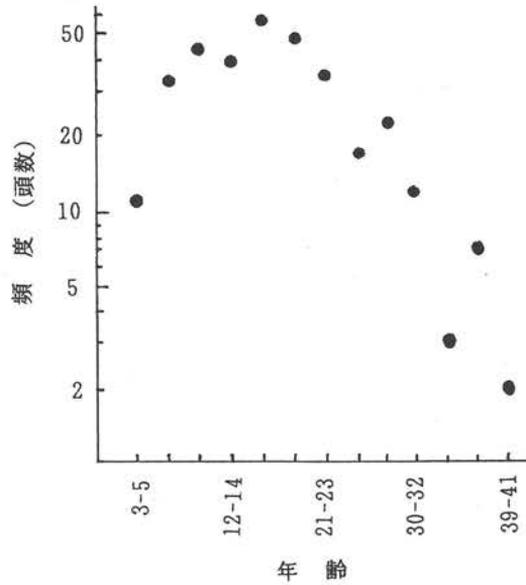


図2 北太平洋ニタリクジラの年齢組成. 日本船団1971~75年捕獲鯨. 年齢は3歳分をまとめて示す (Ohsumi, 1977).

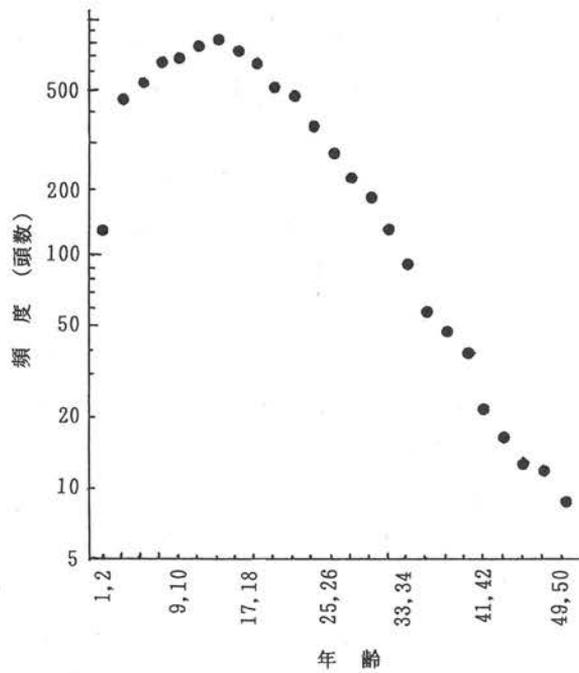


図3 南氷洋IV区クロミンクジラの年齢組成. 1971/72~1981/82. 年齢は2歳分をまとめて示す (Ohsumi and Miyashita, 1983).

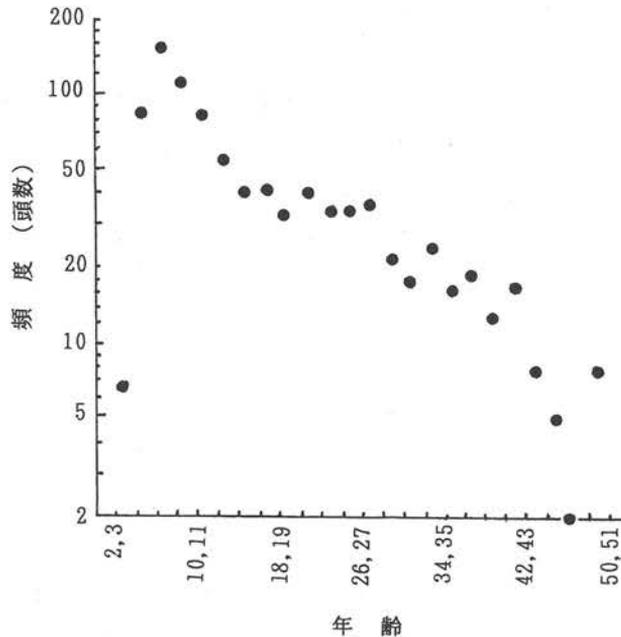


図4 東アリューシャン北部のナガスクジラの年齢組成. 1950~1961. 年齢は2歳分をまとめて示す (Ohsumi, 1964).

開発開始後に加入した年級は漁獲死亡  $F$  と  $M$  で減少する。この関係を利用すると  $F$  と  $M$  の値を求めることができる。

### 3-4 自然死亡係数 $M$ を用いた資源評価

Ruudがひげ板による年齢査定結果から死亡率の高過ぎることを主張したことから (IWC, 1955, pp.19, 20) 資源の定量的評価が出発したが、南氷洋のナガスクジラ資源の減少がいろいろな情報から懸念されていた。古い漁場とサンクチュアリー解禁直後の死亡率の比較 (IWC, 1957, p.24) (3-1 参照)、1955/56漁期にくらべて1956/57漁期の年齢組成での高齢の割合の減少 (IWC, 1958, pp.21, 22)、捕獲が若い鯨に移ってきている (IWC, 1959, p.20) などが問題とされた。科学委員会はシロナガスクジラ換算の捕獲枠 15,500 BWUの削減を勧告していたが、なかなか実現しなかった。一つの原因は、資源の断定的評価ができず、あいまいさが残っていたことにある。南氷洋捕鯨についてはすでにかかりのデータが蓄積されていた。したがって、関係国の協力を得ながら、南氷洋捕鯨に直接的利害関係を持たない国の3人の科学者による徹底的資源解析を行うこととなった (IWC, 1961, p.16)。このことに対応して科学委員会は3人委員会のメンバーを含めて1961年4-5月にローマのFAO本部で会合を持ち、利用できる資料、解析の方法などについて、総合的に検討を行った。資源量推定、持続可能捕獲量 (SY) の予測、このSYを

実現し維持するのに必要な方策の決定のためには自然死亡率、漁獲率、親と子の量的関係の推定が必要であることが確認された (IWC, 1962, p.53)。

Allen, Chapman, Holtの3人に後にGullandを加えた強力な資源解析学の専門家グループは、後の鯨資源解析に大きな影響を与える業績を残した (Chapman *et al.*, 1964; Chapman *et al.*, 1965)。鯨資源の捕獲量、自然死亡率、加入率を考慮した動態式が提案された。この式は一つには努力当たり捕獲量のデータに当てはめて資源量などを推定することに利用できるが、また一方既知の特性値を用いてある捕獲量に対する将来資源の予測にも用いられる。

基本になる式は、ある引き続く2年の資源量 $N_1$ 、 $N_2$ について

$$(N_1 - C_1) + (r - M) N_1 = N_2 = h N_1 \quad (3.3)$$

とおく (FAO, 1967, p.56)。ここで $C$ は捕獲量、 $r$ は加入率、 $M$ は自然死亡率である。もし両年ともCPUEが知られていて、その2年目の値の1年目の値に対する比が $h$ だとすると、 $N_1$ だけを含む式となる。ここで $C_1$ は既知、 $r-M$ は別に推定されているとすると、未知数は $N_1$ のみとなり、式が解ける。開発後まだ年数がたっておらず加入量が未開発時代の親に由来すると考えられる時は、未開発時代に加入と死亡が釣り合っていて資源が $N_0$ で安定していたとして、 $j$ 年の資源の動態式は次のようになる。

$$N_{j+1} = (N_j - C_j) e^{-M} + M N_0 \quad (3.4)$$

漁具能率を $q$ として $N = \text{CPUE}/q$ とおくと、 $M$ が既知の場合CPUEの統計から $q$ と $N_0$ 等が推定できる。この考え方は加入も自然死亡もない場合のDeLury法を拡張したもので、修正DeLury法と呼ばれる (Chapman, 1974)。

加入量が資源量に依存して変化している一般の場合については、Allen (1977) が加入量はPella-Tomlinsonのモデルに従うとして

$$N_{t+1} = (N_t - C_t) e^{-M} + N_{tL} [ \{1 - (N_{tL}/N_0)^{n+1}\} r_0 + M ] \quad (3.5)$$

という動態式を提案した。 $L$ は初回出産年齢である。毎年CPUEが与えられていれば、これに合わせるように $q$ 、 $N_0$ を推定することができる。このモデルはイワシクジラ、クロミンククジラにも応用された (Allen and Kirkwood, 1978; 1979)。

CPUEのデータにはいろいろと問題があり、あまり信頼できない場合もある (田中, 2002c)。このような時でも、年齢別の捕獲量 (頭数) が得られている時はコホート解析による資源評価が可能である。Sakuramoto and Tanaka (1985; 1986a) は南氷洋のクロミンククジラについて、複数年級を含むコホート解析法を応用した。 $t$ 年の $a$ 歳の個体数を $N_{at}$ 、捕獲率を $f_i$ とすると、期待捕獲数は

$$C_{at} = f_i N_{at}$$

となる。動態式を

$$N_{at} = N_{r, t+r} e^{-(a-r)M} - \sum_i C_{i, t+a-i} e^{-(a-i)M} \quad (3.6)$$

とおく。ここで $r$ は加入年齢である。期待捕獲数と実際の数との差の平方を最小にする

ように $f_i$ と $y$ 年級の加入量 $N_{r, y+r-1}$ を求める。 $M$ は既知であるとする。 $M$ が年齢で変化する場合でも、その値がわかっているだけでよい。この方法は若齢群の $f_i$ が高齢群のそれと異なる場合にも拡張できる。

いろいろな鯨資源の評価方法を紹介したが、そのいずれもが $M$ の値は既知であるという前提で組み立てられている。したがって $M$ の値が否定されると、資源評価は不可能になってしまう。確かに長い研究の歴史の中で、 $M$ の研究が続けられ、科学委員会の中で一応合意できるような値が得られていた。しかしつきつめて行けば問題がないわけではない。この点は4章でふれる。

### 3-5 自然死亡係数 $M$ の推定法

#### (1) 開発初期の年齢組成を用いる方法

鯨資源の $M$ の値の推定は、いろいろな方法で試みられている。最も単純には、開発初期の年齢組成あるいは高齢群での組成に現われる全減少係数 $Z$ を $M$ とみなす方法がある。3人委員会はナガスクジラの漁獲が少なかった時代の直後の1931/32、1932/33および1945/46漁期の年齢組成からHeinckeの方法(2-2参照)で $Z$ を求め、これを $M$ の値とみなした(Chapman *et al.*, 1964)。1931/32漁期の雌雄の値の平均から $M=0.05$ が最善の推定値、0.07が最大値とした。Doi *et al.* (1970)は南のナガスクジラについて初期の組成あるいはその後の高齢群の年別CPUEの比から海区別、性別に $M$ を求めた。全体を平均すると0.0415となった。Ohsumi (1964)は北のナガスクジラで年齢組成(図4)の屈曲に注目し、16~50歳の範囲で $Z=M$ として回帰係数の値から0.067を得た。7~15歳では $Z=0.192$ であったので、 $F=0.125$ となる。根本等(1968)はその後のデータも加えて、同様の方法で雌雄平均 $M=0.046$ を得た。南のイワシクジラではDoi *et al.* (1967)が1961/62以前の捕獲が少ないことを利用して、1962/63、1963/64の組成を用いて対数回帰法により $M$ を求め、雄0.059、雌0.079、平均0.065と推定した。

南氷洋のクロミンククジラは1970年代になって本格的捕獲が始まったので、それ以前の組成は $M$ を表しているといえる(Ohsumi *et al.*, 1970)。1967/68の年齢組成からモードの15歳以上で回帰係数として死亡係数0.102を得た。これを $M$ とするとナガスクジラよりかなり高い。Ohsumi and Masaki (1975)は1971/72、1972/73の本格的操業によって得られた年齢組成から雄0.122、雌0.129を得た。当時加入量が増加しつつあったとすると、この値は過大である(Mizroch, 1985)。

#### (2) 全減少係数 $Z$ と努力量の相関の利用

以上に示したように、 $M$ の値を開発初期または高齢群での $Z$ を $M$ として推定した例は多いが、 $Z$ と努力量の相関を利用した例はほとんど見当たらない。3人委員会はその報告(Chapman *et al.*, 1964, p.68)の中でオーストラリア西方のザトウクジラ(Group IV)につ

いて1949～1961年の年齢組成を利用して、年齢ごとのCPUEから $Z$ を求めた。なお年齢組成を求める際耳垢栓の縞は1年に2本形成されるとしている。回帰直線の縦軸の切片として求めた $M$ は雄0.20、雌0.19であった。但し1958/59の努力は異常に高く、一部について測定された努力量をその部分と全体の捕獲量の比によって全体に引きのばす際に、統計の中にGroup IV以外の鯨が混入していた可能性がある。このため、この点を除いて計算すると $M$ は雄0.06、雌0.09を得た。3人委員会はこれらの方が真実に近いと考えた。有意な相関があっても、 $M$ の推定精度はかなり低いことがわかる。この例では捕鯨の歴史が長いので、未開発時の年齢組成は利用できない。また耳垢栓の縞を1年に2本としているので、その後確認された年1本とすると、 $M$ の値は半分になる。

3人委員会は $Z$ の努力量への回帰法を適用するには、長期にわたって努力の効率の変化を補正する難しい問題があるとして、南のナガスクジラについて開発初期等の年齢組成のデータを利用している。漁獲量と努力量の解析は、漁業技術や操業方法が安定していて、長期にわたって同質のデータの得られる時はよいが、普通技術の進歩や資源状態の変化などを反映して大きく変わり、資源評価を行う際に大きな困難となる（田中、2002c）。

### (3) 種間での比較による推定

生物には種を通じて成熟年齢、寿命、体の大きさ、死亡率等の間に一定の関係のあることが広く知られている。たとえば鯨や象のような大型動物の寿命は長い、鼠や猫のような小型動物では短い。このような関係を利用して未知の特性値を他種の値から類推することができる。田内（1956）は生存曲線の型が魚種によらず一定だとすると、 $M$ が寿命の逆数に比例するはずだという考えから、ある魚種の $M$ を未知の他の魚種に換算する方法を考えた。田中（1960）は $M$ の推定されている5種の $M$ の最高年齢 $T$ の逆数への回帰から、 $M=2.5/T$ という式を得た。Beverton and Holt（1959）は寿命と $M$ の関係を多数の魚種について調べた。Pauly（1980）は成熟年齢と生息水温から $M$ を導く式を与えた。

クロミンククジラの $M$ の値は本格的開発初期の年齢組成から0.125と推定されていた（Ohsumi and Masaki, 1975）。しかし科学委員会は1977年にクロミンククジラの加入量が増加していたという説に従うと年齢組成に現われる $M$ は過大であるとして、 $M=0.09$ を採用することとした（IWC, 1978a, pp.54,55）。ナガスクジラ、イワシクジラの $M$ と体長の関係をクロミンククジラに外挿すると0.08～0.09となる；目視調査からの資源増加率3.7%を受け入れると、 $M=0.125$ は0.088に対応する；などが根拠とされた。これに対してOhsumi（1979）はヒゲクジラ15ストック、ハクジラ6ストックについて $M$ と最大体長 $L_m$ の関係を調べ、 $\ln M$ と雄の $L_m$ の間に相関係数0.9415という高い相関のあることを見出した。この関係式でクロミンククジラについて $L_m=8.5\text{m}$ とおくと $M=0.095$ となる。この値はOhsumi and Masakiの得た0.125よりかなり小さいが、クロミンククジラの加入量が年々

増加していたことを示唆している。

#### (4) コホート解析法による推定

長期にわたって年齢別捕獲頭数が知られている時は、多年級コホート解析法が応用できる (Sakuramoto and Tanaka, 1985)。この方法では自然死亡率の外、最高年齢群および最近年の各年齢群の資源量または  $F$  を外から与えなければならない。最高年齢群については漁獲の強いときはあまり影響はないが、最近年の値は結果にかなり影響する。そこで、計算結果が何等かの実測値を再現できるように、与える値を調整するという方法がとられる。このような方法を ADAPT VPA という。観測値としては毎年の CPUE の変化がしばしば用いられているが、鯨の場合、目視による資源量推定値を利用することができる。

Butterworth *et al.* (1999) はクロミンククジラについて商業捕鯨の時代から現在までの年齢別捕獲頭数を用いて、資源量の推定を行った。ここでは IWC による目視調査からの絶対量の推定値と日本の捕獲調査の際の目視データに当てはまるように未知の値が決められた。未知の値としては、最高齢および最近年の年別年齢別の漁獲係数  $F$ 、商業捕鯨および調査の場合の各年齢に対する選択性のパターン、年齢によって直線的に変化する自然死亡  $M$  が取り上げられた。シミュレーションによる感度テストも行われた。観測値への当てはまりが最もよくなるようにして南氷洋Ⅳ区について年齢独立の  $M$  を推定した結果 0.057 が得られた。 $M$  が年齢に依存しているとした場合の方がわずかに当てはまりがよかったが、年齢別の  $M$  の平均の場合と比較すると、ほとんど同程度となった。Bootstrap 法でみた推定精度は 90% の信頼限界が 0.018~0.101 とかなり広がった。但しここで用いた捕獲調査データは 4 回分で、計画されている 8 回分のデータがそろえばかなり改善されると期待される。 $M$  の点推定値を用いると 1947~68 の間の加入量の年増加率は 5.5% となった。Butterworth 等は  $M$  の値に関連してさまざまな検討をしているが、この点については 5-1 で述べる。

## 4. 自然死亡係数 $M$ をめぐる論争

### 4-1 問題の発端

先に南氷洋のイワシクジラ資源が増加したことが推測されていたが (Gambell, 1968; IWC, 1978b, p.340)、シロナガスクジラなどの大型鯨資源が枯渇した影響で、特に生態上関連の深いクロミンククジラ資源も本格的開発前に増加していたものと考えられていた。耳垢栓にできる性成熟を示す変移相の観察から性成熟年齢が 1945 年から 20 年間に雌で 13.9 歳から 6.4 歳、雄で 13.8 歳から 6.2 歳に低下したことが示され (Masaki, 1979)、資源増大の一つの証拠とされていた。性成熟年齢の低下により加入量が年々増加してくると、年齢組成の上では右側の下り傾斜が急になる。1977 年の科学委員会でクロミンククジラ

資源が環境容量の増大につれて開発前に増加していたという仮説が立てられた。このため Ohsumi and Masaki (1975) の求めた  $M=0.125$  は過大であるとみられ、 $M=0.09$  という値が採用された (IWC, 1978a, pp.54, 55)。

未開発時に資源が平衡状態にある余剰生産モデルを前提とした新管理方式 (NMP) は、平衡状態になかった資源にはそのままでは適用できなくなる。捕獲枠は持続生産量 (SY) ではなく現在の置換生産量 (RY) にもとづいて与える方がよい (IWC, 1978a, p.56)。RY はデータに当てはめた動態モデルによって計算できる。たとえば (3.5) 式で  $M$ 、 $r_0$ 、 $N_0$  が与えられれば、 $N_{t+1}=N_t$  となる  $C_t$  が RY となる (Tanaka and Shimadzu, 1982)。1979年には科学委員会から捕獲枠は RY にもとづいて決めるべきことが勧告された (IWC, 1980, p.50)。

加入量が増加したとすると、年齢組成の高齢部分から求めた  $M$  は増加率の分だけ過大になっている。そして単純にいて、この増加率に資源量を掛けたものが RY に相当する。捕獲枠を RY にもとづいて決めることにしたので、この増加率は重要な意味を持つ。もし  $M$  の値が別の方法で推定できれば、見かけの  $M$  から増加率が求まるはずである。見かけの生残率を  $S'$ 、資源増加係数を  $i$  とすると

$$S' = e^{-(M+i)}$$

となる。 $S'=0.879$  とすると、 $M+i=0.129$  であるが、科学委員会合意の  $M=0.086$  を代入すると  $i=0.043$  を得る。資源の増加率は  $e^{-i}-1$  として  $0.044$  となる。一方 Chapman (1983) は年齢組成から Allen (1966) の方法で総加入率  $r_{II}=0.086$  を得た。純加入率すなわち資源の増加率は

$$r_{II} - (1 - e^{-M}) = 0.007$$

となる。Chapman は  $0.044$  は開発当初の値であるから、1974-80年の平均としての  $0.007$  の方がよいと主張した。結局科学委員会では純加入率の最良の推定値は得られなかった (IWC, 1983, p.51)。このようにして年齢組成から求められる自然死亡  $M$  や純加入率が捕獲枠決定のための中心的課題となった。

#### 4-2 自然死亡係数 $M$ の推定値に対する疑問

##### (1) 最大体長 (肉体的成熟体長) $L_m$ と自然死亡係数 $M$ の相関

1982年にIWCが1985/86漁期からのモラトリアムを決定してから、科学委員会の雰囲気に変化した。捕鯨が続いている間は科学委員会は捕獲枠を勧告する責任があるが、モラトリアムになれば捕獲枠は必要でなくなる。反捕鯨派にとっては、科学委員会の勧告を受けずに決定されたモラトリアムの科学的合理性を証明しなければならない。そのため1983年の科学委員会の会合頃から議論の紛糾する例が一段と多くなった。たとえば前年の1982年までは科学委員会はクロミンククジラの性成熟年齢の低下などによる資源の増加を認めていたが (IWC, 1983, pp.51, 52)、この年に年齢査定 of 誤差の問題が提起され

(Cooke and de la Mare, 1983)、ワークショップが開かれた。このワークショップでは成熟年齢の低下は真実であるという意見と、疑問があるという意見に分かれてしまった(IWC, 1984, p.44)。

1983年には $L_m$ と $M$ の相関関係(Ohsumi, 1979)についてもさらに徹底的再検討が必要であるとされ(IWC, 1984, p.44)、1984年に作業部会が開かれた(IWC, 1985b)。作業部会ではまず $L_m$ と $M$ の推定法が議論された。 $L_m$ の推定には年齢-体長相関表、肉体的成熟、脊椎骨の癒着が利用できる。一方 $M$ の推定については、年齢組成はランダムサンプルのデータでなければならないことが強調された。各年齢群の死亡率が一定でなければ対数回帰法は利用できないが、ミンククジラの組成は $M$ が年齢とともに増加する傾向を示しており(図3)、 $M$ の推定値は偏りを持つとされた。Mizroch(1985)はOhsumiの用いた値の中から信頼度が高いと考えられるものだけを抜き出して新しく関連を求めたが、よい結果は得られなかった。Mizrochのデータのうち東太平洋のコククジラの値を除くと相関がみられるという意見もあったが、結局 $L_m$ と $M$ の相関について合意は得られなかった。 $M$ の推定値の資源評価への感度の検討が要求された。 $M$ 推定に関する作業部会を設置することとなった。

作業部会では年齢組成から $M$ を推定する場合について、次節で述べるde la Mare(1985a)が指摘しているような諸問題が議論された(IWC, 1985b)。すべての $M$ の推定値は程度不明の偏りを含んでいる。漁獲曲線からの $M$ の推定値の有効性について、研究を進めようという意見と悲観的意見が対立した。 $L_m$ と $M$ の種間の関係に関しては単に関連を示すだけであれば問題は比較的簡単だが、資源管理に用いる時には注意が必要である。相関をみるとき、どの種を取り上げるかが問題である。種間の比較で得られる値は $M$ の誤差に対して頑健な資源評価方法にのみ利用すべきである。このような評価方法の開発への努力が作業部会から勧告された。

## (2) 年齢組成から求めた自然死亡係数 $M$ に対する批判

1984年の会合は従来の資源評価の手法に対する全般的な批判の場となってしまった。過去に用いられた $M$ の推定法は大部分が捕獲物の年齢組成の解析によるものであった。de la Mare(1985a)は $M$ に関連して、年齢組成の意味するものをいろいろな面から論じた。従来用いられていた $M$ について、それぞれの推定法はあまり明確に記録されておらず、信頼限界も与えられていない。たとえばDoi *et al.* (1970)の南のナガスクジラの $M$ の推定値は、年、海区、性により0.035~0.060の範囲にばらついていた。平均をとると0.0415となったが、誤差は小さくないと考えられる。年齢組成から $M$ を求めるためには、組成が安定していなければならない。つまり資源が安定していることが条件である。また代表的標本を得ることは難しい。高齢群でも体長による棲み分けや漁場の差などによって年齢により捕獲率が異なっているかも知れない。 $M$ の値が年齢によらず一定とも限

らない。年齢組成を求めるのに体長組成を年齢一体長相関表によって換算しているが、この相関表の用い方で偏りの入ることがある。

Ohsumi and Miyashita (1983) の与えた年齢組成 (図3) は、対数で示した組成の右側の下り傾斜の部分が上に凸の形に湾曲している。したがってこの部分に回帰直線を当てはめることには問題がある。このような漁獲曲線では、完全加入年齢が定かでない。 $M$ が年齢依存型であるところのような形になるが、鯨類一般で全て高齢では下に湾曲しており、一般の哺乳類のパターンにも一致している。死亡率が年齢に依存して変化する場合、Heinckeの式で平均の死亡率を求めることができるが、この場合計算に用いる年齢範囲すなわち完全加入年齢がわからなければならない。

de la Mareは次のように結論した。このように年齢組成から求めた $M$ の値には問題があるので、この値を利用する場合 $M$ の誤差に対する感度を検討しておく必要がある。動態モデルを資源量指数に当てはめる方法の場合、資源量や $RY$ の推定値は $M$ の変化に敏感である。 $r$ - $M$ として純加入率を求める方法は特に敏感である。

#### 4-3 コホート解析法をめぐる議論

コホート解析法は (Pope, 1972; Cadima, 1978)、漁獲物の年齢組成が得られている時に、ある年級について毎年の資源尾数と漁獲係数を計算する方法である。自然死亡は既知でなければならないが、努力量の資料を必要としない点が特徴である。研究の蓄積があり、自然死亡についてはかなり情報が得られているが、近年漁業形態が複雑になり、努力量統計が利用できなくなったというような時には有効な方法で、ヨーロッパで漁業資源解析に広く利用されていた。この方法の原型は単一の年級を扱うものであったが、年齢ごとの選択性が年々変化せず、漁獲の強さの年による変化は全ての年齢に同様に加わるという条件、つまり漁獲の強さ $f_t$ と選択性 $q_a$ が分離可能で、 $C_{at}=q_a f_t N_{at}$ と表せる場合には、複数年級群をまとめて取り扱う複数年級コホート解析法 (Pope and Shepherd, 1982; Doubleday, 1976) も利用できる。

日本が1970年に南氷洋でクロミンククジラの本格的操業を開始して以来、原則として捕獲鯨全ての年齢を査定することになっていた。耳垢栓には年齢の読めないものがあり、また採集に失敗することがあるので、一部は年齢不明となるが、大半の年齢がわかる。不明のものおよび年齢のデータのないソ連の捕獲物については、年齢が既知の個体から得た年齢一体長相関表を用いて全体の年齢組成が得られる。Sakuramoto and Tanaka (1985) はこのデータを使って複数年級コホート解析を試みた。 $M$ の値は科学委員会で使われていた0.086を用い、選択性については20歳以上で一定と仮定し、さらに資源量がIDCR等の結果に合うように調節してⅢ区およびⅣ区について雌雄別に計算を行った。その結果1940~1960年級は平均年3~4%程度で増加していたらしいことがわかった。

1983年にSakuramoto and Tanaka (1983) が最初に結果を発表すると直ちにいくつかの

反論が出された。Cooke (1985) は得られた結果は与える条件によって変わり得るため、条件が正しくない限り誤った推定値が得られると反論する。彼はいろいろシミュレーションを行って検討した。たとえば加入量増加の程度は与える  $M$  の値に依存しており、真の  $M$  が 0.086 の時これより大きい値を与えると加入量が減少する結果が得られる。選択性が一定になる最低年齢を上げると、加入量増大の結果を得る。このように条件を選べば好きな結果が得られると指摘している。さらに  $M$  の値が年齢依存であれば加入量変動と交絡してしまって、年齢組成上では分離することができない。Horwood *et al.* (1985) もシミュレーションを行っている。そしてコホート解析法はわずかな条件の変化に対して敏感で、これによって引き出せる情報は少ないと結論している。先に述べたように (4-2)、de la Mare (1985a) はクロミンククジラの年齢組成で  $M$  が高齢で高くなる年齢依存の可能性を指摘している。

Sakuramoto and Tanaka (1985) はこれら批判を受けてシミュレーションによっていくつかの感度テストを行っている。操業形態の変化により  $q_a$  が変化したと考えられる場合は、全期間を 2 つに分けて、それぞれで  $q_a$  を推定する方法が利用できる。自然死亡の値の影響については、自然死亡が年齢依存型で高齢になるほど直線的に増加している場合について、これを  $M$  が一定と仮定して計算した時の加入量の増加率をみた。仮定する  $M$  が正しい  $M$  の平均に近い時は増加率は正しく推定されるが、過大の  $M$  を仮定すると増加率は低く、過小の  $M$  を仮定すると高くなることが示された。要するの  $M$  の平均のレベルが問題で、年齢依存性は大きな問題でないことがわかった。加入量の 3 ~ 4 % の増加が  $M=0.086$  が過小のためとすると、正しい  $M$  は著しく高いことになる。IV 区については資源絶対量の誤差の影響を検討したが、加入量の増加率にはほとんど影響がなかった。Sakuramoto and Tanaka (1986a) は推定法をさらに発展させ、20 歳以上で選択性一定の条件を取り除いても、加入量増加が示され、またこれによって  $M$  の値の影響は著しく小さくなることを明らかにした。

#### 4-4 資源の増加をめぐる議論

1982 年以来性成熟年齢の低下や  $M$  の推定値をめぐる科学委員会の中の議論は、結局クロミンククジラ資源が増加していたかどうかという議論に収束する。捕獲枠を決めるには  $RY$  を求める必要があるが、このためには資源の増加率あるいは純加入率が必要になる。1986 年の科学委員会では  $RY$  率が近年 2 ~ 4 % であるという意見と、 $RY$  率推定の根拠はないとする意見に分かれた。近年の資源の動向についても、なお増加中であるという意見と増加を認めないという意見が対立した (IWC, 1987a, pp.40, 41)。

Chapman (1987) は加入量について次のように論じている。直接的には年齢組成や雌の成熟年齢の低下から計算する方法がある。Sakuramoto and Tanaka (1985; 1986a) は年齢組成から加入量増加率や加入率を推定したが、Cooke (1985) や de la Mare (1985b)

は批判的議論を展開した。Sakuramoto and Tanakaの多年級コホート解析法で加入量増加が示されたのは1970年頃までであって、これ以降は仮定のおき方によって急減したりばらついたりしている。したがって1980年代後半にどうなっているかを示していない。シロナガスクジラやナガスクジラの減少によってクロミンククジラが増えたとしても、1940～1970年の間のことで、1986年以降も続くという根拠はない。枯渇した資源が回復してくれば、クロミンククジラに対して負の効果を与える。

資源の増加率について、他種の例から類推する方法が考えられるが、 $M$ の場合のように種間の比較によることは難しい。純加入率は資源の量や構造によって変わるので、条件が複雑である。北大西洋のミンククジラの値はそのものが議論の対象になっている。南のイワシクジラは禁漁直前の純加入率は2.4%と見積もられているが、妊娠率の上昇や成熟年齢の低下の程度に問題がある。東太平洋のコククジラは1%の捕獲圧のもとで年2%ずつ増加しているといわれるが、これらの値は信頼できない。ChapmanはRYを推定する根拠はないと結論し、科学委員会がこのことを勧告すべきことを提案した。

一方Ikeda (1987) は次のように反論した。Sakuramoto and Tanaka (1986a) の方法は科学委員会の批判に応じて改良され、頑健な推定法である。彼らの推定値は1940～65について純加入率が2～4%となっている。そして1965年以降妊娠率、雌の成熟年齢は変化しておらず、加入量減少の傾向もない。RY率は2～4%で安定していると考えられる。Chapmanはペンギンなどの増加で餌が不足しているというが、餌の量は膨大である。コククジラやセミクジラの増加率が参考になる。

## 5. IWCでの自然死亡率への対応

### 5-1 特別許可による日本の捕獲調査 (JARPA)

#### (1) 調査計画の提案

1985/86漁期から捕鯨モラトリアムになることに対して、アイスランドや韓国は1986年から特別捕獲許可による科学調査を開始した。なお韓国はこの年だけで、翌年には中止した。日本は異議申し立てにより1987年の沿岸捕鯨まで継続したが、諸般の事情によりこれを取り下げ、南氷洋の1987/88漁期から科学調査を開始することとした。1987の科学委員会会合に調査計画を提出した (IWC, 1988a, pp.55-58)。

日本の調査の目的は、クロミンククジラの資源管理に必要な生物学的特性値の推定および南氷洋生態系における鯨類の役割解明である。目的の中心は前者にあり、それまでの科学委員会での議論をふまえて、とくに年齢依存の $M$ の推定が力説された。そのためには選択性に影響されない確率的サンプリングと目視調査を平行して行うこととした。これとともに、資源量とその変化、再生産にかかわる諸特性値とその変化を推定することも含まれている。Ⅳ区とⅤ区を隔年に調査し、各サンプルサイズは825とした。この計

画は12年以上続けられることになっていた。Tanakaは年齢組成のデータと目視結果を組み合わせた $M$ の推定法を提案した (IWC, 1988b, pp.140-142)。原理は $N_{at}$ を  $a$  歳  $t$  年の資源量として

$$S = e^{-M} = N_{a+1, t+1} / N_{at} \quad (5.1)$$

として求めるものであるが、このままでは推定精度が低いのでいろいろと工夫をこらしている。

この調査計画に対して評価期待する意見もあったが、多くの批判が出された (IWC, 1988b, pp.142-148)。①RYを勧告できないのは $M$ が不明のためではなく、中心問題は純加入率であって、 $M$ はこれを計算するための一部に過ぎない。②加入量変動と捕獲死亡、自然死亡を年齢組成だけで分離することは理論的に難しいし、できたとしても信頼度は低い。③鯨が性や年齢によって棲み分けているので、細分された層内では確率的サンプリングができたとしても、層毎の結果を加え合わせて全体に引き伸ばすことが問題になる。少なくとも層毎の頭数の相対的比率を知る必要があり、この誤差が加わって精度がさらに低下する。④開発中の管理方式は、日本の提案している方式を含めて、生物特性値に対して頑健であり、 $M$ の推定は必要ない。

Ikedaはこれに反論した。 $M$ の推定はいずれにしても中心課題の一つであり、コホート解析法を利用する場合に不可欠である。従来は選択性のために $M$ と加入の分離が困難であったが、確率的標本からはこれが可能である。調査船の進め方は鯨の動きを考慮して決められている。系群識別や、資源量や生物特性の変化について情報が得られ、包括的評価にも貢献する (IWC, 1988a, pp.55, 56)。

## (2) 予備調査から本調査へ

1987年の科学委員会での批判に対して種々検討し、1987/88漁期は特に代表的標本が得られるかどうかについてIV区において予備的調査を行うこととした。この調査では、確率的目視とサンプリングを同時に実行できるかということ、性や年齢による棲み分けの状況を明らかにすることを中心的目的とした。標本捕獲数を $300 \pm 30$ とする改訂計画を立ててIWCに提出した (IWC, 1989)。1987/88の予備調査は全体として計画通り実行された。その翌年は海の条件の異なるV区で同様の調査を行った。これらの予備調査でライントランセクト法による目視とサンプリング法は実行可能であることが示され、また棲み分けの様子も従来よりかなり明らかになってきた。

日本の計画したサンプリング法がうまくいくことが示されたので、3年目の1989/90から本来の計画通りの本調査を開始した (IWC, 1990a, pp.64-69)。標本の大きさは一応 $300 \pm 30$ のままとした。自然死亡推定の原理が同一年級の頭数の減少を長期にわたって追跡することであるから、もとになるデータは毎年の年齢別の資源頭数である。これを求めるためには目視によって資源総量 (少なくとも毎年の相対値として) を推定し、これ

を採集標本の年齢組成によって年齢別に振り分ける。したがって目視による資源量と採集標本からの年齢組成の二つの推定値の精度が共に関係してくる。捕獲作業中は目視の努力が中断されるので、限られた時間内で両者の精度を同時に上げることはできない。予備調査の結果およびIDCRの結果から予想される変動性を見積り、利用可能総時間の中で努力の配分を変えて総合的に推定値の精度を計算してみると、標本サイズ300くらいで最も精度がよくなり、1年おきに8回、すなわち15年間調査を継続すると、CV15%以下で $M$ を推定できることが示された (Tanaka, *et al.*, 1992)。そのため標本サイズは $300 \pm 30$ に維持され、Ⅳ区とⅤ区で16年間 (2003/04まで) 調査を続けることとなった。

### (3) 得られた成果の例

先に3-5(4)で述べたようにButterworth *et al.* (1999)は、特別許可による調査および商業捕鯨によって得られた年齢別の捕獲頭数を用いてADAPT VPA法によってⅣ区のクロミンククジラの資源解析を行った。そこで $M=0.057$ という値が得られた。この $M$ は年齢に依存しない一定値であるが、年齢依存性を仮定した場合でも、当てはまりはほとんど変わらなかった。この値は以前に用いられていた0.09前後の値にくらべるとかなり低い。

Sakuramoto and Tanaka (1985)も指摘しているように、コホート解析で得られる資源開発前の加入量増加率は、用いる $M$ の値に大きく影響される。加入量の増減は資源管理に深い関連があるので、Butterworth *et al.*は $M$ の値とともにVPAで推定された加入量の増減について種々検討している。彼らは捕獲鯨の年齢組成が資源管理に役立つかという問題についての過去20年間のIWC科学委員会での議論をふまえて、資源開発前に資源が増加したかどうかを確かめ、増加率の推定値の信頼限界、種々の前提に対する感度を計算した。VPAに適用する $M$ の値と得られる1947~68年の間の加入量年増加率の間には明瞭な逆の関係があるが、増加率が負になるような $M$ の値の時にはデータとの当てはまりのよさを示す尤度は著しく低くなる。 $M$ の最尤推定値が0.057である。加入量の増加率は商業捕鯨の選択性の仮定(束縛条件)に大きく左右される。選択性が23歳以上で一定とおいた時の最尤推定値は0.055であるが、高齢で商業捕鯨の選択性が年齢とともに増加あるいは減少する場合、加入量の増加率は変わる。選択性の増加傾向が強いほど加入量増加率が低くなる。しかし尤度が低くなってしまうので、加入量増加は負とはならないと考えられる。高齢鯨ではパックアイスの中に分布する可能性が高いといわれているが、この場合の選択性は商業捕鯨と調査捕獲で変わらないはずである。このような条件のもとでは、選択性の高齢での増減は加入の増加率にほとんど影響せず、いろいろ条件を変えても増加率は0.05前後である。 $M$ が時間的に変化し1944の0.143から1968年に0.057に下がったとすると、加入量増加は0となる。もし $M$ の変化が密度に依存しているとする、 $M$ はむしろ増加したと考えられるが、その場合加入量増加率は0.055より高くなる。

bootstrap法で加入の増加率の90%信頼限界を求めてみると、条件の与え方によって下限値がほとんど0となる場合もあったが、負の値は得られなかった。

開発前の資源の増加率は、二つの点で管理の問題にかかわっている。一つはRMPの試行実験の際に適用するMSY率の妥当な値の範囲に関連している。現在この値についてはほとんど実証的証拠がない。他の一つは南氷洋鯨群集の中での種間の関連にかかわっており、生態系管理について考える場合に重要である。MSY率に関しては Butterworth and Punt (1999) が、VPAから得られた加入量増加の傾向から、MSYは成熟鯨数の15%、1歳以上の資源頭数に対してはその6%という値を得た。

1995年のデータ（調査4回分）まででは推定値の精度は高くないが、捕獲調査が当初計画の8回実施された時にはかなり改善されることが期待される。VPAの結果で注目されることに1970年以降の加入量の減少がある。Butterworth and Puntはその原因について考察しているが、この変化は捕獲や、過剰補償のある資源での環境容量への接近だけでは説明できず、近年の競争種の増加などによる環境容量の低下の可能性を示唆している。

## 5-2 改訂管理方式 (RMP)

1984年の科学委員会で、クロミンククジラについての従来の評価方法が全面的に批判された。CPUEの有効性、 $M$ の値、MSY率4%、性成熟年齢の低下や資源の増加、MSY水準は初期資源量の60%、等は全て疑問とされた。このため新管理方式 (NMP) を適用する根拠は現在資源量以外全てなくなってしまった (田中, 1998a)。Tanaka (1980) は先にCPUEなどの資源量相対指数を用い、資源水準の目標値と現状の差および資源の増減によって捕獲限度量を修正する資源管理方式を提案し、簡単なシミュレーションでこの方式が有効に機能し得ることを示した。ここでは資源動態モデルや $M$ 等の特性値は一切使用しない。この方式を用いるならば、研究の方向はCPUEの信頼度を増すことに向けられるはずである。資源評価の内容はどのような管理方式を用いるかによって決められる。1984年に科学委員会は包括的評価に関する議論の中で、管理政策と評価方法が関連していることを確認した。NMPはMSYの概念に基づいて組み立てられており、MSYやMSY水準、初期資源水準の推定が必要になるが、これらの推定にはいろいろ問題があり、うまく機能しなかった (IWC, 1985a, p.36)。

1985年の科学委員会会合にde la Mare (1986a) は、CPUEまたは資源絶対値のデータに当てはめることによりMSYやMSY水準を推定する方法の推定精度を、人工データを用いて検討した。データの得られている期間が30年程度では、MSYの推定値はほとんど信頼できないことが示された。de la Mare (1986b) は、毎年推定された特性値を用いてNMPにしたがって資源管理を実行する方法のシミュレーションを行った。捕獲量は初期の50年間以上にわたって年々激しく変動し、また資源の動向も満足すべきものではなかった。科学委員会はこのような線にそった研究によって、利用できるデータや手法のみ

を用いた全く新しい管理体制が組み立てられることを期待し、研究会開催を勧告した (IWC, 1986, p.37)

1986年4月、包括的評価計画のための科学委員会特別会合が開かれた (IWC, 1987b)。実施計画の内容として、既往の情報のさらなる分析、新しい情報の入手と並んで、新しい管理方式の検討が加えられた。この会合にCooke (1986) とTanaka (1986) が新しい管理方式を提案した。前者はモニタリングを継続しながら捕獲枠を逐次修正して行く方法で、始めにSYを与える必要はない。後者はTanaka (1980) を適用したものである。両者とも期待のもてる方法であることが認められた。この年の科学委員会にはde la Mare (1989) とSakuramoto and Tanaka (1986b) が、前記の方法をそれぞれ発展させた方式のシミュレーションの結果を提出した。Sakuramoto and Tanakaの方法ではデータの蓄積につれて、目標資源水準を修正していく手順も加えられた。科学委員会は包括的評価計画会議からの勧告を受けて、少人数の専門家による管理方式作業部会の開催を勧告した (IWC, 1987a, p.35)。

作業部会は1987年3月に開かれた (IWC, 1988c)。この会合には Magnusson (1987) も管理方式を提案し、提案された方式は4つになった。いずれの方式も相対的資源量指数および資源絶対量推定値のみを用い、フィードバック系を取り入れていた。この会合で各管理方式案の評価の段取りが決められた。鯨資源の動態モデルと決められたパラメータの値に基づいて電算機の中で資源を動かし、定められた精度をもった観測値を出力する。管理者は与えられた観測値のみを用いて捕獲枠を決定し、電算機にもどす。このような操作を100年間にわたって続け、途中の経過および100年後の状態見る。管理者に与えられる情報は、毎年のCPUEおよび1つ以上の資源絶対量のみである。方式の性能を評価する統計量として次のものが選ばれた。①100年間の最低資源量、②10、30、100年後の資源量、③10、30、100年後の累積捕獲量、④10、30、100年後の隣接する年間の捕獲量の差の自乗を平均したものの平方根、⑤保護資源となった時の最初の年、を各試行計算ごとに出す。

1988年の科学委員会にはPunt and Butterworth (1988) も管理方式を提案し、5方式がそろった。1989年2月に再び作業部会が開かれ (IWC, 1990b, pp.94, 95)、ここで第一段階のテストの条件がより明確に定められた。MSY率を0.01または0.04、管理開始初年の資源状態は初期資源またはその30%、CPUEは資源量またはその平方根に比例、資源量推定値のCVは0.2または0.4とおき、組み合わせて16通りのテストを行う。提案された5つの方式のうちCookeとde la Mareは資源量絶対値、Magunusson and Stefanssonは相対指数のみを用い、Sakuramoto and TanakaおよびPunt and Butterworthは両者を用いている (IWC, 1990b, pp.95-97)。なおこれら以外の性成熟年齢などの生物学的データも得られておれば、第1年目の資源減少率の推定などに副次的に用いてもよい。この会合では、第二段階のテストについても議論され、0.6以外のMSY水準、環境容量の時代的变化、資

資源量推定値の偏り、ストック（系群）が複数存在する場合などについてのテストが考えられた。

科学委員会は年次会合はもちろん、度々作業部会を繰り返して試行計算を続け、また各提案者も各自の管理方式を改良していった。試行計算の明細や評価のための統計量も修正が加えられた。1991年5月の科学委員会会合に提出された各方式の試行計算では、全て目視による資源量絶対値のみが使われていた。この年の会合で、捕獲量の大きさに対して絶滅の危険がより小さいという点でCooke方式をRMPの候補として採択することが決められた（IWC, 1992, pp.55, 56）。RMPの明細書は1993年に決定され（IWC, 1994b）、委員会も翌年これを受理した（IWC, 1995, p.25; 田中, 2003）。これで資源が単一系群からなる場合のRMPは技術的には完成したが、実際の資源では一般に複数系群が関係しており、具体例についてのシミュレーションテストを行う場合、その資源の系群構造、すなわち分布や混交のモデルをどう設定するかが困難な問題になっている（IWC, 1994a, p.50; IWC, 2002, pp.127-138）。

## 6. むすび

IWCの古い時代の、捕獲量やCPUEの増減を中心とした論議が、加入率や自然死亡の推定と動態モデルによる解析へと進み、その中で最善の答を求めて議論し、あるいは妥協の道を模索していた。しかし科学者の力だけでは資源の乱獲を食い止めることができなかった。この頃広く人々の間で環境問題への関心が高まり、1972年にストックホルムで国連人間環境会議が開かれた。そこでは商業捕鯨モラトリアムが決議された。1970年代を通じて、資源保護派が力を増し、捕獲枠の削減、管理の強化が進められた。そして従来の、証拠がなければ現状維持という対応の仕方から、証拠がなければ捕鯨休止へと変わっていった。そうすると、資源評価に利用されていた加入率や自然死亡率の推定値が一つ一つ批判され、資源評価の根拠が失われていった。そして1982年にIWCは商業捕鯨モラトリアムを決定した。その結果は二つの方向を生み出した。一つは科学的調査によって生物特性値を明らかにしようという方向で、日本は南氷洋および北洋でミンククジラ等の捕獲調査（JARPAとJARPN）を続けている。他の一つは、推定の困難な特性値を利用しない資源管理方法の開発である。これは一応改訂管理方式（RMP）として実を結んだ。

これらの新しい二つの方向は、現在まだ別個に進められているが、将来これらの総合化が課題となるだろう。得られる生物学的情報を活用して、さらなる管理方式の安全性や精度の向上、効率化に貢献しなければならない。JARPAは目的研究であるから、鯨の資源管理に役立つ成果を上げる必要がある。21世紀の半ばに予想される食料問題への対処のために与えられた時間的余裕は限られている。

この報文を書くためにIWC関係の資料を中心に調べていて、過去の科学者たちの創造的努力に感銘を受けた。科学者は困難な状況のもとでも物事を深く考え、そしてその考えを実践することが大切だと感じた。近年「パソコンに向っているだけで研究をしたつもりになっている」という批判を聞くが、もっと考える時間をもつべきであろう。

## 略号説明

- BWU (Blue whale unit) 捕獲限度量を与えるシロナガスクジラ単位
- CA (Comprehensive assessment) IWCで行なっている鯨資源の包括的評価
- CL (Catch limit) 捕獲限度量
- CPUE (Catch per unit effort) 単位努力当り漁獲量
- CV (Coefficient of variation) 変動係数
- FAO (Food and Agriculture Organization) 国連食糧農業機関
- IDCR (International Decade of Cetacean Research) IWC国際鯨類研究10年計画
- IWC (International Whaling Commission) 国際捕鯨委員会
- JARPA 日本の南氷洋クロミンククジラ捕獲調査
- JARPN 日本の北洋でのミンククジラ等の捕獲調査
- MSY (Maximum sustainable yield) 最大持続生産量
- MSYR (MSY rate) MSY資源水準での余剰生産率
- NMP (New Management Procedure) 新管理方式
- RMP (Revised Management Procedure) 改訂管理方式
- RY (Replacement yield) 置換生産量、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漁獲できる量
- SC (Scientific Committee of IWC) IWC科学委員会
- SY (Sustainable yield) 持続生産量 (平衡状態での)
- VPA (Virtual population analysis) コホート解析法と呼ばれることもある

## 文 献

- Allen, K. R. (1966) : Some methods for estimating populations. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 23 (10) :1553-1574.
- Allen, K. R. (1977) : Changes in catch and population for sustained management stocks below MSY level. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:104-105.
- Allen, K. R. and Kirkwood, G. P. (1978) : Simulation of Southern Hemisphere sei whale stocks. *Rep. int. Whal. Commn*, 28:151-157.
- Allen, K. R. and Kirkwood, G. P. (1979) : Program to estimate baleen whale population sizes (BALEEN). *Rep. int. Whal. Commn*, 29:367-368.
- Beverton, R. J. H. and Holt, S. J. (1959) : A review of the lifespans and mortality rates of fishes in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. *Ciba Found. Colloq. Ageing*, 5:142-177.
- Butterworth, D. S., Punt, A. E., Geromont, H. F., Kato, H. and Fujise, Y. (1999) :Inferences on the dynamics of Southern Hemisphere minke whales from ADAPT analyses of catch-at-age information. *J. Cetacean Res. Manage.*, 1 (1) :11-32.
- Butterworth, D. S. and Punt, A. E. (1999) : An initial examination of possible inferences concerning MSYR for Southern Hemisphere minke whales from recruitment trends estimated in catch-at-age analyses. *J. Cetacean Res. Manage.*, 1 (1) :33-39.
- Cadima, E. L. (1978) : Cohort analysis. Models for Fish Stock Assessment. *FAO Fish. Circ.*, 701:49-60.
- Chapman, D. G. (1974) : Estimation of population size and sustainable yield of sei whales in the Antarctic. *Rep. int. Whal. Commn*, 24:82-90.
- Chapman, D. G. (1983) : Some considerations on the status of stocks of Southern Hemisphere minke whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 33:311-314.
- Chapman, D. G. (1987) : Southern Hemisphere minke whale recruitment rate. *Rep. int. Whal. Commn*, 37:79-80.
- Chapman, D. G., Allen, K. R., Gulland, J. A. and Holt, S. J. (1965) : Report of the Committee of Four Scientists. *Rep. int. Whal. Commn*, 15:47-60.
- Chapman, D. G., Allen, K. R. and Holt, S. J. (1964) : Report of Three Scientists, Final Report. *Rep. int. Whal. Commn*, 14:39-92.
- Cooke, J. G. (1985) : On the estimation of trends in year class strength using cohort models. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:325-330.
- Cooke, J. G. (1986) : The assessment and management of whale stocks. Paper

- SC/A86/CA9 presented to the Scientific Committee, April 1986.
- Cooke, J. G. and de la Mare, W. K. (1983) : The effects of variability in age data on the estimation of biological parameters of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*). *Rep. int. Whal. Commn*, 33:333-338.
- de la Mare, W.K. (1985a) : On the estimation of mortality rate from whale age data, with particular reference to minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in the Southern Hemisphere. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:239-250.
- de la Mare, W. K. (1985b) : On the estimation of net recruitment rate from whale age data. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:469-476.
- 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. (1989) : Further simulation studies on management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, Special Issue, 11:157-169.
- Doi, T., Ohsumi, S., Nasu, K. and Shimadzu, Y. (1970) : Advanced assessment of the fin whale stock in the Antarctic. *Rep. int. Whal. Commn*, 20:60-87.
- Doi, T., Ohsumi, S. and Nemoto, T. (1967) : Population assessment of sei whales in the Antarctic. *Norsk Havalfungst-Tidende*, 56 (2) :25-41.
- Doubleday, W. G. (1976) : A least square approach to analysing catch at age data. *ICNAF Res. Bull.*, 12:69-81.
- FAO (1967) : Report on the effects on whale stocks of pelagic operations in the Antarctic during the 1965/66 season and on the present status of those stocks. *Rep. int. Whal. Commn*, 17:47-69.
- Gambell, R. (1968) : Seasonal cycles and reproduction in sei whales of the Southern Hemisphere. *Discovery Rep.*, 35:31-133.
- Horwood, J. W., Shepherd, J. G. and Coleman, J. L. (1985) : Age structure information in minke whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:227-229.
- Ichihara, T. (1966) : Criterion for determining age of fin whale with reference to ear plug and baleen plate. *Scien. Rep. Whales Res. Inst.*, 20:17-82.
- Ikeda, I. (1987) : Recruitment rate for Southern Hemisphere minke whale. *Rep. int. Whal. Commn*, 37:80.
- IWC (1953) : Scientific subcommittees' report. IWC 5th Meeting Doc. II . 3pp.
- IWC (1955) : Report of the scientific sub-committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 6:17-24.
- IWC (1957) : Report of the scientific sub-committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 8:20-27.

- IWC (1958) : Report of the scientific sub-committee 1958. *Rep. int. Whal. Commn*, 9:20-26.
- IWC (1959) : Report of the scientific sub-committee 1959. *Rep. int. Whal. Commn*, 10:19-24.
- IWC (1961) : Chairman's report of the twelfth meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 12:14-22.
- IWC (1962) : Meeting of the special ad hoc scientific committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 13:38-70.
- IWC (1969) : Report of the meeting on age determination in whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 19:131-137.
- IWC (1978a) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 28:38-74.
- IWC (1978b) : Report of the special meeting on Southern Hemisphere sei whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 28:335-343.
- IWC (1980) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 30:42-59.
- IWC (1983) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 33:43-66.
- IWC (1984) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 34:35-63.
- IWC (1985a) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:31-58.
- IWC (1985b) : Report of the ad-hoc sub-committee to discuss the interspecific relationship between M and Lm. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:141-143.
- IWC (1986) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 36:30-55.
- IWC (1987a) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 37:28-55.
- IWC (1987b) : 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) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:32-61.
- IWC (1988b) : The Japanese scientific permit proposal for Southern Hemisphere minke whales: Background and comments. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:139-149.
- IWC (1988c) : Comprehensive assessment workshop on management. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:163-170.
- IWC (1989) : Report of the special meeting of the Scientific Committee to consider the Japanese research permit (feasibility study). *Rep. int. Whal. Commn*, 39:159-166.
- IWC (1990a) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 40:39-79.
- IWC (1990b) : Report of the sub-committee on management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 40:94-118.
- IWC (1992) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:51-79.
- IWC (1994a) : Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:41-67.
- IWC (1994b) : The revised management procedure (RMP) for baleen whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:145-152.
- IWC (1995) : Chairman's report of the forty-sixth annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*,

45:15-52

- IWC (2002) : Report of the sub-committee on the Revised Management Procedures. *J. Cetacean Res. Manage.* 4 (Suppl.) :93-147.
- Laws, R. M. and Purves, P. E. (1956) : The ear plug of the Mysticeti as an indication of age with special reference to the North Atlantic fin whale. *Norsk Hvalfangst-Tidende*, 45 (8) :413-425.
- Mackintosh, N. A. (1952) : Southern stocks of humpback whales. IWC 3rd Meeting Doc. III, Part II:1-7.
- Mackintosh, N. A. and Wheeler, J. F. G. (1929) : Southern blue and fin whales. *Discovery Rep.* 1:257-540.
- Magnusson, K. A. (1987) : A note on a feedback strategy to regulate catches from a whale stock. Paper SC/M87/M4 presented to Comprehensive Assessment Workshop on Management, March, 1987.
- Masaki, Y. (1979) : Yearly change of the biological parameters for the Antarctic minke whale. *Rep. int. Whal. Commn.*, 29:375-395.
- 松宮義晴 (1996) : 水産資源管理概論. 日本水産資源保護協会, 東京, 77pp.
- 松宮義晴 (1997) : 加入乱獲回避のための水産資源の管理各論. *水産海洋研究*, 61:168-178.
- Mizroch, S. A. (1985) : On the relationship between mortality rate and length in baleen whales. *Rep. int. Whal. Commn.*, 35:505-510.
- 根本敬久・土井長之・大隅清治 (1968) : 北太平洋産ナガスクジラの資源診断—I. 捕獲統計, 生物学的パラメーターおよび自然死亡係数について. *東海水研報*, 54:5-52.
- Nishiwaki, M. (1950) : Determination of the age of Antarctic blue and fin whales by the colour changes in crystalline lens. *Scien. Rep. Whales Res. Inst.*, 4:115-161.
- Nishiwaki, M., Ichihara, T. and Ohsumi, S. (1958) : Age studies of fin whale based on ear plug. *Scien. Rep. Whales Res. Inst.*, 13:155-169.
- Ohsumi, S. (1964) : Examination on age determination of the fin whale. *Scien. Rep. Whales Res. Inst.*, 18:49-88.
- Ohsumi, S. (1977) : Further assessment of population of Bryde's whales in the catch curve, North Pacific. *Rep. int. Whal. Commn.*, 27:156-163.
- Ohsumi, S. (1979) : Interspecies relationships among some biological parameters in cetaceans and estimation of the natural mortality coefficients of the Southern Hemisphere minke whales. *Rep. int. Whal. Commn.*, 29:397-406.
- Ohsumi, S. and Masaki, Y. (1975) : Biological parameters of the Antarctic minke whale at the virginal population level. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 32 (7) :995-1004.
- Ohsumi, S., Masaki, Y. and Kawamura, A. (1970) : Stock of the Antarctic minke whale.

- Scien. Rep. Whales Res. Inst.*, 22:75-125.
- Ohsumi, S. and Miyashita, T. (1983) : Estimation of age distribution and recruitment rate of the Antarctic minke whale from size distribution of whales caught. Paper SC/35/Mi27 presented to the IWC Scientific Committee, June 1983, 19pp.
- Pauly, D. (1980) : On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 39 (2) :175-192.
- Pope, J. G. (1972) : An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.*, 9:66-74.
- Pope, J. G. and Shepherd, J. G. (1982) : A simple method for the consistent interpretation of catch at age data. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 40:176-184.
- Punt, A. E. and Butterworth, D. S. (1988) : Investigation of some aspects of a potential whale stock management procedure. Paper SC/40/O26 presented to the IWC Scientific Committee, 1988, 57pp.
- Purves, P. E. (1955) : The wax plug in the external auditory meatus of the Mysticeti. *Discovery Rep.*, 27:293-302.
- Roe, H. S. J. (1967) : The rate of lamina formation in the ear plug of the fin whale. *Norsk Hvalfangst-Tidende*, 56 (2) :41-43.
- Ruud, J. T. (1940) : The surface structure of the baleen plates as a possible clue to age in whales. *Hvalradets Skrifter*, 23:1-24.
- Ruud, J. T. (1955) : An international symposium on whale research programs. Doc. 15 presented to the IWC Scientific Sub-Committee, April 1955, 3pp.
- Sakuramoto, K. and Tanaka, S. (1983) : A new multi-cohort method for estimating Southern Hemisphere minke whale population. Paper SC/35/Mi26 presented to the IWC Scientific Committee, June 1983 20pp.
- Sakuramoto, K. and Tanaka, S. (1985) : A new multi-cohort method for estimating Southern Hemisphere minke whale populations. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:261-271.
- Sakuramoto, K. and Tanaka, S. (1986a) : Further development of an assessment technique for Southern Hemisphere minke whale populations using a multi-cohort method. *Rep. int. Whal. Commn*, 36:207-212.
- Sakuramoto, K. and Tanaka, S. (1986b) : A simulation study on management of whale stocks considering feed back systems. Paper SC/38/O10 presented to the IWC Scientific Committee, May 1986.
- 田中昌一 (1960) : 水産資源の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. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 46 (12) :1477-1482.
- Tanaka, S. (1986) : On a practical method for stock management. Paper SC/A86/CA6 presented to the IWC Scientific Committee, April 1986.
- 田中昌一 (1996) : 鯨資源の改訂管理方式 ( I ), ( II ), 鯨研通信, 391:1-8, 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) : 水産資源学総論. 増補改訂版, 恒星社厚生閣, 東京, 406pp.
- 田中昌一 (2002a) : 21世紀の水産資源管理. 日水誌, 68 (3) :313-319.
- 田中昌一 (2002b) : 南極海ミンククジラの資源調査. (神保雅一編) データサンプリング, 共立出版, 東京, 57-86.
- 田中昌一 (2002c) : 漁獲努力とCPUE—捕鯨をめぐる—. 鯨研叢書, 日本鯨類研究所, 8:56pp.
- 田中昌一 (2003) : 鯨資源の管理は何のために?, 鯨研叢書, 日本鯨類研究所, 10:31-61.
- Tanaka, S., Kasamatsu, A. and Fujise, Y. (1992) : Likely precision of estimates of natural mortality rates from Japanese research data for Southern Hemisphere minke whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 41:413-420.
- Tanaka, S. and Shimadzu, Y. (1982) : A method of evaluating RY to stabilize the population of southern minke whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 32:139-140.
- 田内森三郎 (1956) : 漁業資源管理論. (田内先生生誕百年記念出版会編), 田内水産物理学, 成山堂書店, 東京, (1993), 193-209.

## 第2部 鯨資源の管理は何のために？

### 禁漁資源水準54%の意味

#### 目次

1. はしがき .....	32
2. 新管理方式 (NMP) の採択 .....	32
2-1 国連人間環境会議と捕鯨モラトリアムの提案 .....	32
2-2 La Jollaでの科学委員会会合 .....	34
2-3 NMP採択へ .....	35
3. 資源分類基準をめぐる論争 .....	37
3-1 MSYの資源水準 .....	37
3-2 禁漁資源水準の限界を決める $z$ 値 .....	39
4. NMPの運用 .....	42
4-1 資源の評価と分類 .....	42
4-2 未利用時に増加していた資源の取扱い .....	45
4-3 管理方式改訂の検討とモラトリアム .....	47
5. RMPの開発 .....	48
5-1 包括的評価と改訂管理方式の開発 .....	48
5-2 Cooke方式の採用 .....	49
5-3 RMPの委員会受理 .....	51
6. 鯨類資源の管理は何のために？ .....	52
6-1 資源管理の三つの目的 .....	52
6-2 原住民/生存捕鯨の場合 .....	54
6-3 科学的装いの裏で .....	55
略号説明 .....	56
文献 .....	57

## 1. はしがき

国際捕鯨委員会 (IWC) が行っている鯨資源の評価や管理の方式を見てみると、部外の人には奇妙に思われるだろう数値がしばしば出てくる。たとえば  $t$  年から 1 年間の資源量  $P_t$  の増減を表す動態式に Pella-Tomlinson のモデルを適用した式

$$P_{t+1} = P_t - C_t + 1.4184 \mu P_t \{1 - (P_t/P_0)^{2.39}\} \quad (1.1)$$

が出てくる。ここで  $C_t$  は  $t$  年の捕獲数、 $P_0$  は未開発時代の資源頭数、 $\mu$  は繁殖力のパラメタである。 $(P_t/P_0)$  にかかる指数が 1 であれば、これはロジスティックモデルとなり、指数を 2.39 とおくと、MSY を与える資源水準  $(P_t/P_0)$  は 60% となる。1.4184 は  $\mu$  が MSY の資源水準での増殖率に等しくなるように定められた係数である。また 1993 年に完成された改訂管理方式 (RMP) では、 $P_t/P_0$  が 54% 以下になると禁漁となるように決められている。この 54% という半端な数値は、以前に用いられていた新管理方式 (NMP) での 54% を踏襲したものであるが、資源が MSY の水準から 10% 以上低下した時に保護資源とするという規定から出ている。MSY の水準が 60% であるとする、その 90% が 54% になる (田中, 1998a)。

新管理方式が採用された時この値をめぐるさまざまな議論が戦わされた。この議論を追っていくと、鯨資源に関する考え方やその変遷が見えて興味深い。ここでは、新管理方式が提案されてその内容が決定され、さらにこの方式が機能しなくなって改訂管理方式が開発されるまでの経過を 54% という値の周辺でたどってみたい。なお 54% の問題については Butterworth and Best (1994) がレビューを行っている。

## 2. 新管理方式 (NMP) の採択

### 2-1 国連人間環境会議と捕鯨モラトリアムの提案

鯨資源を禁漁とする 54% という基準は、1975 年の新管理方式 (NMP) の中に定められているが、その NMP を生み出すもとになったのは、1972 年 6 月に開かれたストックホルムの人間環境会議での商業捕鯨 10 年間モラトリアムの決議である。だからまずこのモラトリアム決議から話を始めよう。

モラトリアムが決議されるまでの経過は梅崎 (1986) に詳しいが、結果的に見ると、油断していた日本は米国の巧妙な戦略に破れて完敗を喫したということになる。最後は日本自身も反対ではなく、棄権に回らざるを得ない状態に追い詰められた。決議は次のように記している (IWC, 1972a)。

“国際捕鯨委員会を強化し、国際的研究の努力を高め、さらに緊急の事項として、国際捕鯨委員会の主催のもとで、関心をもつ全ての国の政府が参加して、10 年間の商業捕

鯨禁止の国際的合意を求めることに、各国政府が合意するよう勧告する。”

ここで、国際捕鯨委員会（IWC）を中心に事を進めることが強調されている点が注目される。この年のIWCの年次会合はストックホルム会議閉会の10日後に始まったが、当然モラトリアム決議は議題となる（IWC, 1974a, pp.23-25）。環境会議の事務局長ストロングがこのIWC会合に出席して決議の意義を強調し、IWCの役割の重くなることを指摘するとともに国連への協力を強く要請した。この決議に関連し、米国が英国の支持を得て捕獲割り当て量を全て0とする付表修正の動議を提出した。米国代表は鯨資源に関する知見が不十分なので慎重に対応し捕鯨を停止すべき事を主張し、科学研究の努力を拡大して新しい研究技術を開発するために必要であると論じた。年次会合の前に開かれた科学委員会はモラトリアムに反対を表明していた（IWC, 1973, pp.38, 39）。本会議の最終投票では、反対票が賛成票を上回り、モラトリアムは否決された。なお当時のIWCの議長は米国のJ. L. McHugh教授、科学委員会議長は米国のD. G. Chapman教授であった。

翌1973年6月に開かれた科学委員会は、モラトリアムの問題について審議し、次のように結論している（IWC, 1974b, p.48）。IWCの目的は正当かつ有効な保護策で国際的に捕鯨を管理することとされているが、この意味を個々のストックを持続的に最適生産の状態に管理することと考える。現在ストックごとの管理が実行されており、包括的なモラトリアムの生物学的必要性はないし、生物学的にも正当化されない。科学委員会は過去にもストックごとの管理によってのみ有効な管理のできることを繰り返し指摘してきた。モラトリアムはこの原則に反する。

科学委員会に続いて開かれたIWC年次会合でもこの問題が議題となった。ここで米国は再び動議を提出した。大型鯨は全て未開発時より著しく減少しているが、これは過剰捕獲と知見不足の結果であるとして、鯨動態の知識を増し、資源を最も速やかに回復させるために10年間のモラトリアムを提案した。この提案は本委員会で過半数の賛成を得たが、付表修正に必要な3/4には達しなかった（IWC, 1975a, p.26）。

翌1974年6月の科学委員会では前年の見解が再確認された（IWC, 1975b, p.64）。なお、種間競争の可能性に注意を喚起し、枯渇した資源がモラトリアムによって最も速やかに回復するとは限らないことを指摘した。続いて開かれた本委員会会合では、米国から前年同様の提案が出されたが、過半数の賛成にとどまり、付表修正には至らなかった（IWC, 1976a, p.25）。

このように、モラトリアムをめぐるIWCでの議論は膠着状態となったが、オーストラリアが1974年6月の年次会合で新しい管理方式の提案を行った（IWC, 1976a, pp.25, 26）。また管理に当って、頭数によるMSYのみではなく、その重量および生態系の中での種間競争についても考慮すべき事を付け加えている。資源を以下の3つのカテゴリーに分類する。①初期管理資源（IMS）：MSYに向けて減少させる。②維持管理資源（SMS）：MSY水準付近に維持する。③保護資源（PS）：完全禁漁とする。前2者については商業

捕鯨が許されるが、科学委員会の助言にしたがって捕獲する。各カテゴリーの定義、分類の基準については、次回年次会合前に科学委員会で審議することとされた。

## 2-2 La Jollaでの科学委員会会合

科学委員会は1974年12月にLa Jollaで特別会合を開催し、管理基準について委員会への勧告を作成した (IWC, 1976b, pp.87-93)。最適生産の内容や種間関係等の長期的問題もあるが、時間の関係で、本委員会の次回会合で決定すべき当面の問題に的を絞って議論した。単一種のMSYや最適資源水準の概念については、捕獲頭数、捕獲重量、経済生産の3つの計量基準があり得る。

MSYに関して、資源をMSYの状態にもっていくためにどのように管理すればよいか、年齢組成の変化で生産量がどう変わるか、という2つの問題がある。科学委員会は知見や資源状態の変化につれて、勧告内容を改新していく必要がある。最低許容水準についても議論された。計量基準に関して、経済的基準の情報がないので、頭数と重量を比較した。MSY水準は重量で計った場合の方が高くなり、その差はマッコウクジラでは7~18%も高くなる可能性があるが、ひげ鯨では5%以下で小さく、資源推定値の誤差の範囲にあるので、頭数を用いることが勧告された。マッコウクジラでは、制限体長の問題もからんできて複雑であり、当面頭数を用いることとした。複数種や生態系の管理の問題は重要で、さらに検討する必要があるが、現在の知見では結論は出せない。

MSYや最適水準について論じられた。これらを求めるのに、総資源量と加入量の関係を調べる方法および発育段階別の死亡や加入などの諸過程を研究する方法の2つが可能である。推定誤差の要因として、用いるモデル、現在資源量の評価、未開発時の初期資源量に対するMSY水準の位置、などの誤差が考えられる。初期資源量推定の誤差も無視できない。再生産曲線を描くために現在どんなデータが利用できるかも問題である。大型哺乳動物に関するデータでは、初期資源に対するMSY水準の位置が50%より高い可能性も示されている。MSY水準の位置とMSYの値の誤差が問題であるが、安全を見込んだ管理として、捕獲限度量計算に推定値の信頼限界の下限値を用いることも考えられる。Chapmanはいくつかのストックをまとめて管理すると、連鎖的に絶滅を招く恐れのあることを指摘した。

カテゴリー区分の基準に関して、最適水準の内容が決められていないので、当面MSY水準を基準点とすることが合意された。IMSとSMSの境界についてはMSY水準の20%上に定めることが提案され、さしたる議論もなかったが、SMSとPSの境界について多くの意見が出された。また、長年一定水準の捕獲が続き安定している資源について、初期資源量を計算することが非常に難しいので、例外規定が必要になろう。AllenはMSY水準以下のストックでは、そのMSY水準からの距離に応じてSY (持続生産量) の中の捕獲分を減じていく方式を提案した。福田はMSY水準と絶滅限界の間は条件は同じと考えられ、

SMSとPSを区別することには科学的根拠がなく、本委員会が総合的判断で決定すべきものと主張した (Fukuda, 1976a)。Chapman (1976a) は、SMSをPSと誤判定することによる損失とPSをSMSと誤判定することによる損失がバランスするように、SMSとPSの境界を定めるといふ考え方を提案した。しかしこの境界の位置は、モデルの中のパラメタの値によって大きく変わることが示された。これらの議論は第3章で詳述する。

長時間の議論の末、分類基準についての勧告がまとまった。SMSとPSの境界はMSY水準の  $z$  % 下とすることとなったが、 $z$  の値については決定できなかった。これらの基準を適用する資源量は、それぞれの場合に応じて総資源、成熟資源、あるいは加入資源のいずれか適当なものを用いることが合意された。勧告の内容は以下の通りである (IWC, 1976b, pp.110-111)。

**SMS** MSY水準の  $z$  % 下より大きく、20%上より小さい資源。MSYは頭数で計る。捕獲限度量はMSY水準以上の資源についてはMSYの90%以内とする。MSY水準以下については、MSY水準の  $z$  % 下で0、MSY水準でMSYの90%の2点を結ぶ直線の値以下とする。相当期間ほぼ一定の捕獲のもとで安定している資源は、他に分類すべきことを示す情報のない場合、SMSに分類する。

**IMS** MSY水準の20%上より大きい資源。捕獲限度はMSYが知られている時はその90%とするが、もしより適当な場合は、努力量をMSYの90%に対応する値に制限することもできる。

**PS** MSY水準の  $z$  % 下より小さい資源。捕獲限度量は0。

福田は日本の科学者を代表して、いかなる  $z$  の値もしっかりした科学的根拠に基づいた勧告ではなく、ただ委員会での審議の便のための要約された情報にすぎないと主張し、留保した。過半のメンバーは  $z$  の値として10%が最も適当としたが、意見は0から20%に分かれていた。

### 2-3 NMP採択へ

La Jolla会合からの分類基準の提案を受けて、1975年6月の科学委員会でこれが審議された (IWC, 1976c, pp.4-6, 42,43)。 $z$  の値についてはAllen、Boerema、Chapman、福田の4人の小委員会によって検討され、割引率  $D$  の値の重要性が認識され、この問題を本委員会に上げることとなった。分類基準については、IMSに関し未利用資源の開発とも関連して、文言が追加された。その内容は以下の通りである。“高い漁獲率を継続的に適用しても資源はMSYの水準以下に下がらないという積極的証拠がない限り、1年当たり捕獲限度は初期資源量の5%を越えないこととする。実際の捕獲は資源推定値が科学委員会で受け入れられるまでは開始しない。”修正分類基準が委員会に勧告された。

科学委員会に引き続いて開かれた本委員会で分類基準が審議された (IWC, 1977a, pp.6-8)。 $z$  の値は科学委員会での多数意見を取り入れて、10%とすることが決められた。

英国代表は、MSYの水準以下でSMSに分類された資源がMSY水準に回復するまでの間の捕獲限度量に関して、新しい提案を行った。資源がMSY水準に回復するまでの間、毎年の限度量をSMSに分類された最初の時点での資源水準がMSY水準より低い割合1%につき5%ずつ削減した値に固定するというものである。科学委員会の提案との違いは、限度量削減を10%ではなく5%とした点、および資源の回復につれて毎年限度量を増加させる（線形方式）かわりに、最初に決定した限度量を継続すること（階段方式）である。資源が毎年一定量ずつ回復するとすれば、毎年増加していく限度量の平均を全期間に適用するということになる。委員会は、1975/76の南半球およびその他の1976年のイワシクジラ（ニタリクジラを含む）については、英国提案を採用し、他については科学委員会の勧告を受け入れ、資源分類基準に関して付表の修正を行った。また2方式の比較検討を科学委員会に付託した。

1976年6月の科学委員会で英国提案が検討された（IWC, 1977b, pp.37, 38）。Allen、Chapman、福田の3人が、この問題に関連して文書を提出した。Allen（1977）はPella-Tomlinsonモデルで2方式での将来予測計算結果を比較した。MSY水準に回復するまでの捕獲量は階段方式の方が低いが、その結果回復が速い。階段方式では、初年度の捕獲が大きいので、推定誤差があるとその影響が大きくなる。Chapman（1977）は乱獲を避けることおよび産業側の安定性への配慮の両面から簡単な数値例で検討している。限度量の変化はその時の条件により異なるのでどちらかがより安定しているとは言えない。MSY水準に回復するまでの捕獲と期間の長さおよび安全性についてはAllenと同様の結果を得た。結論としては、線形方式の方が安全であろうとした。また、線形方式では資源推定値が変化するたびに限度量も変えられるが、階段方式ではMSY水準に達するまで限度量は一定とされている。もし資源量の新しい推定値が得られ、一旦決められた限度量が不相当とされた時どうするのが不明瞭である点を指摘している。Fukuda（1977）は安全面では線形方式がやや良いかもしれないが、安全に関してはすでに他の面で十分に考慮されていると論じ、階段方式が一定期間ごとのブロッククォータ（期間内の総枠のみを決め、年毎には枠を決めない方式）の考え方に通じ、業界の安定性という意味ですぐれている点に注目している。

科学委員会に続いて開かれた本委員会において、前年に修正された付表中のイワシクジラに対する例外規定が削除され、科学委員会の線形方式による新管理方式が全般的に適用されることとなった（IWC, 1977c, p.23）。

1976年の科学委員会では、資源分類に2つの新しいカテゴリーを追加することも検討された（IWC, 1977b, p.37）。その一つは、資源は相当に減少しているが、これを分類するだけの情報がない場合、捕獲量を最近年の水準以下におさえ、さらに情報を集めるが、5年たっても委員会で分類を決定できない場合、PSとするというものである。他の一つは、初期資源量の情報はないが、捕獲によって資源の減少した証拠もない場合、資源量

が既知であれば限度量はその5%以内、不明の場合は現行限度量を維持するとしている。この案はさらに検討して翌年の本委員会に提案する予定であったが、1977年の科学委員会でほとんど検討されず、本委員会への提案もなかった (IWC, 1978b, p.45)。

### 3. 資源分類基準をめぐる論争

SMSとPSの境界を定める  $z$  の値は、前述のようにLa Jolla会合では合意に達せず、議論は1975年の科学委員会へ持ち越された。分類基準をめぐるこれらの論争の詳細を、MSY水準の位置および  $z$  の値に分けて紹介する。

#### 3-1 MSYの資源水準

ロジスティックモデルによるとMSYは資源が未開発時の半分に減少した時に得られる。鯨の資源に関してもこのルールが広く応用されていたが、これに対する疑問が提出された (Allen, 1976)。鯨資源の増加は、捕獲のない時、加入量から自然死亡量を差し引いたものとして表される。捕獲を含む一般的動態式は基本的に次のように書ける (田中, 2002)。

$$N_{t+1} = (N_t - C_t) (1 - M) + R_{t-t_r} N_{t-t_r} \quad (3.1)$$

ここで  $N$  は資源量、 $C$  は捕獲量、 $M$  は自然死亡率、 $R$  は加入率、 $t$  は年、 $t_r$  は加入年齢である。 $M$  は普通密度依存性を考えず一定とおかれる。一方  $R$  はその年級の出生時の資源量  $N_{t-t_r}$  に依存して変化する。この依存性の型によってMSY水準の位置が変わる。 $R_{t-t_r}$  が  $N_{t-t_r}$  とともに直線的に減少する場合ロジスティックモデルとなり、MSY水準は初期資源量の50%となる。 $R_{t-t_r}$  が  $N_{t-t_r}$  に対して上に凸の曲線の場合MSY水準は50%より高く、逆に凹の曲線では50%より低くなる (Doi and Ohsumi, 1970)。

南氷洋のナガスクジラの資源量や加入量はすでにいろいろな方法によって計算されていた (Allen, 1971など)。3つの例について加入量と加入資源量の関係を求めてみると、MSY水準が53%、66%、80%という値が得られた (Ohsumi, 1973)。但しここで資源量として成熟資源を取ると、成熟年齢が加入年齢より高いので、これらの値はかなり低くなる。

Chapman (1974) は南氷洋のイワシクジラの初期資源量を修正DeLury法 (田中, 2002) で推定し、SY (持続生産量) を計算した。MSY水準については推定が困難であるため、初期資源の60%とした。イワシクジラの加入年齢は成熟年齢より高いが、ここで資源量は未加入の成熟個体も含めた総数である。加入資源だけで見ると、MSY水準は60%よりかなり低くなる。結果として、現資源水準はMSYに近いがこれより低いと考えられた。

MSY水準についてはLa Jollaでの科学委員会特別会合以降60%の主張が表に出てきた。この会合で鯨のMSY水準が50%より高い可能性が示されたため、南氷洋イワシクジラの資源分類に関連し、MSY水準を大量捕獲の始まる前の1961/62年の資源水準の50%およ

び60%として計算し、1973/74年の資源水準と比較している。資源量の推定されている海  
 区別に見ると、Ⅲ区は50%以下、Ⅴ区は60%以上、Ⅱ区とⅣ区は50%と60%の間にあり、  
 50と60の差は、当時の主要対象鯨種であるイワシクジラについては微妙な値であること  
 がわかる (IWC, 1976b, pp.79, 80)。1975年の科学委員会年次会合では、よりよい情報  
 がないことから、イワシクジラについてMSY水準を1961/62の資源水準の60%として、資  
 源の分類および捕獲限度量計算を行って、委員会に勧告することが合意された (IWC,  
 1976c, p.6)。

日本側科学者は、MSY水準を変更すべきデータはなく、60%の方が50%よりよいとい  
 う他の科学委員会のメンバーの意見には賛成できないと発言した。60%を採用すると捕  
 獲限度量が昨年より大幅に削減されるが、これは推定値が変わったためでも、新しい管  
 理制度の導入のためでもないとして、独自の計算結果を提出した。ソ連の科学者は、よ  
 り多くのデータが集まるまで、50%と60%のいずれも反対ではないし、新管理方式体制  
 への移行期間には50%を試行することもできるとした。(IWC, 1976c, pp.6, 7)。

Allen (1977) は、長寿命で生理的に可能な最大の繁殖率 (加入率) が低い動物では、  
 この最大値は資源量が0よりやや大きいところで得られる (Allee効果) と考えるのがよ  
 いとして、資源の変動範囲の下限付近では加入率  $R$  が一定となると仮定した。資源量を  
 初期資源量  $K$  に対する比率  $p$  で表した時、上の条件を満たす簡単な式を  $dR/dp = Ap^{n-1}$  とす  
 ると、これを積分して

$$R = R_0 - (R_0 - M) p^n \quad (3.2)$$

が得られる。 $R_0$  は  $p=0$  の点での  $R$  の値である。この式を書きなおすと、純加入率について

$$(R - M) = (R_0 - M) (1 - p^n) \quad (3.3)$$

の関係が得られる。純加入量すなわちSYは

$$SY/K = (R - M) p = (R_0 - M) p (1 - p^n) \quad (3.4)$$

MSY水準は

$$p_{MSY} = 1 / (n + 1)^{1/n} \quad (3.5)$$

となる。これらの式はPella-Tomlinson (1969) の式と同じものである。 $n=1$  とするとロ  
 ジスティックモデルとなり、MSY水準は50%である。 $n=2.3898$  とした時にこの水準が  
 60%になる。

Holt (1977) は資源開発の初期にMSY水準50%を仮定して捕獲限度量を求めることは  
 危険であると論じた。開発を開始して、資源量が初期資源量より小さくなった時、総加  
 入数がむしろ増加するような超過補償 (super compensation) は鯨については考えられ  
 ないとする、 $p=1$  付近で加入数  $R_p$  について  $d(R_p)/dp \geq 0$  の条件が考えられる。(3.2)  
 式からこの条件を求めてみると、 $R_0$  の値について

$$R_0/M \leq (n + 1) / n \quad (3.6)$$

の関係が得られる。開発当初の年齢組成から  $M$  の値が求められたとすると、 $R_0$  の限界値

がわかる。ロジスティックモデルでは $n=1$ として $R_0/M=2$ 、 $n=2.3898$ なら $R_0/M=1.418$ である。 $R_0$ と $n$ からSYの上限は

$$SY/(KM) \leq (R_0/M-1) p (1-p^n) \quad (3.7)$$

によって計算できる。

表1 SY/(KM)の最大値

$n$	$(R_0/M-1)$	$p=0.7$	0.6	0.57735	0.5
1	1	0.21	0.24	0.24402	0.25 (MSY)
2	0.5	0.1785	0.192	0.19245 (MSY)	0.1875
2.3898	0.418	0.16801	0.17700 (MSY)	0.17658	0.16930

このような状況のもとで $n=1$ すなわちMSY水準50%、あるいは $n=2.3898$ と仮定すると $p$ の値に対する最大の $R_0$ を適用した時のSY/(KM)の最大限界値は表1のようになる。当然のことながら $p$ に対するSYは $n$ が大きくなるほど低下する。したがって $R/M$ と $p$ との関係が明らかになっていない段階でMSY水準50%の前提で計算すると、過大な捕獲限度量を与える恐れがある。MSY水準が正しくは50%であった時、60%の前提で計算すると、資源は $p=0.77$ の水準までしか低下しないが、ここで50%が正しいとわかった時、これを修正することは容易である。逆にMSY水準60%の資源を50%の前提で管理すると、資源は絶滅に向って急速に減少してしまう。この誤りに気づき、 $p$ を0.6まで回復させようとすると、長期にわたり捕獲量を大幅に削減しなければならないことになる。Holtは安定した捕鯨業を維持するためには60%を選択する方がはるかによいと主張した。

### 3-2 禁漁資源水準の限界を決める $z$ 値

Fukuda (1976a) はLa Jolla会合でSMSとPSの分類基準に関連して、科学委員会が捕獲限度量0を委員会へ勧告することへの基本的問題点を以下のように指摘した。枯渇した資源を禁漁にして速やかに回復させるか、回復に時間がかかっても限られた捕獲を続けるかは政治的、経済的問題であって、いずれかを選択すべき生物学的根拠はない。科学委員会の任務は、生物学的に許容される捕獲量の上限值であるRY(資源量を変化させない捕獲量)を示すまでであって、限度量は委員会が諸般の条件を考慮して決定すべきものであると主張した。ただしRYの推定値にはかなりの誤差があり、しかもこれが見積もられたことはない。また一旦枯渇した資源が、禁漁によっても期待したほど回復してこない例も見られ、モデルの中で考慮されていない海洋生態系の中での相互作用の可能性も考えられる。したがってこれらを考慮して、著しく枯渇している資源について、科学委員会が限度量0を勧告する可能性を否定するものではない、と述べている。

La Jolla会合にはChapman (1976a) も文書を提出して合理的 $z$ の値について論じた。

SMSとPSの分類基準を決めると、ある推定値が得られた時この基準に基づいて分類されるが、推定値は誤差を含むので誤分類が起り、それにもなう損失を受ける。SMSをSPと誤判定すると捕獲ができない。この捕り残し分は将来捕獲される可能性があるが、それまでに自然死亡するものは捕獲の機会が失われ損失となる。また将来の収入に対する経済的割引率も考慮の対象となる。一方PSをSMSと誤判定すると、捕獲の影響で資源のMSY水準への復帰時間が長くなり、これにより損失を受けるが、また誤って捕獲した分は収入となる。 $z$ の値は2種の損失をバランスさせるように決めるのが合理的である。誤分類の確率は不明だが、一応2種の誤りの可能性は等しいものと仮定する。計算を簡単にするために実際のNMPの方式を改めて、SMSとPSを  $(1 - z/2)$  MSYLの点で分け、限度量は階段状に変化させるものとする。

2種の損失を表現すると次のようになる。

$$\text{SMSをPSに分類：損失} = D (\text{MSY}) X \quad (3.8)$$

$D$ : 割引率  $D > M$

$X$ : MSYに対する限度量の割合 (NMPで90%)

PSをSMSに分類：

$C$ だけ捕獲した場合の回復期間の延長を近似的に  $(C/N) / (r-M)$  とおくと

$$\text{損失} = (C/N) / (r-M) \cdot \text{MSY} - C$$

$\text{MSY} = (r-M)\text{MSYL}$ ,  $C = (\text{MSY})X$ ,  $N = (1-z/2)\text{MSYL}$  とおくと

$$\text{損失} = \{1/(1-z/2) - 1\} (\text{MSY}) X \quad (3.9)$$

これら2種の損失を等しいとおくと、合理的  $z$ の値として

$$z = 2D / (1 + D) \quad (3.10)$$

の関係が得られる。 $D$ が1にくらべて小さいとすると、合理的  $z$ の値は  $D$ に比例して変化するといえる。ここでは2つの誤分類の可能性を等しいとおいたが、PSをSMSと分類する可能性の方が高ければ、 $z$ はより小さくすべきである。

1975年の年次会合でFukuda (1976b) はChapman (1976a) の2種の損失を等しいとおく考え方に賛意を表しながらも、計算の基礎構造を批判し、論議を精密化して発展させた。誤分類の確率を、資源量の推定値  $X$ が真値  $N$ のまわりに分散  $\sigma^2$ の正規分布をずらして求めた。Chapmanは純加入率  $(r-M)$  の変化を考慮していないが、これがロジスティックモデルに従うとしてその変化を考慮した。MSY水準  $N_m$  とPSの限界  $N_z$  の間の捕獲限度量  $CL$ をNMPに従って直線式で与えた。

真値  $N$ は0からある上限  $N^*$ の間で一様に分布しているとする、 $N$ が  $N$ と  $N+dN$ の間にある確率は

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(X-N)^2}{2\sigma^2}\right\} dXdN \quad (3.11)$$

で与えられる。 $N_z$ と  $N_m$ の間の  $CL$ は、 $\text{MSY} = Y_m$ として

$$CL = Y_m (N - N_z) / (N_m - N_z) \quad (3.12)$$

である。SMSをPSと誤分類することによる損失は、CLを0として扱うことによるもので、 $D$ を割引き率として

$$\left. \begin{aligned} L_1(N) &= DY_m (N - N_z) / (N_m - N_z) & N_z \leq N \leq N_m \\ &= DY_m & N_m < N \end{aligned} \right\} \quad (3.13)$$

PSをSMSと分類することによる損失は、資源の $N_m$ への回復が遅れることにより失われる将来の漁獲から、誤って捕獲した分を差し引いたもので

$$L_2(X, N) = Y_m (X - N_z) / (N_m - N_z) \cdot Y_m / \{(r - M) N\} - CL \quad (3.14)$$

である。ここでChapmanは $Y_m = (r - M) N_m$ としているが $(r - M)$ を $N$ 点での値としてロジスティックモデルによって $Y_m = (r - M) N_m^2 / (2N_m - N)$ を適用すると

$$L_2(X, N) = Y_m (X - N_z) / (N_m - N_z) \cdot (N_m - N)^2 / \{N_m^2 - (N_m - N)^2\} \quad N_z \leq X \leq N_m \quad (3.15)$$

となる。 $X > N_m$ ならこの式で $X = N_m$ とおけばよい。

期待損失はSMS→PSの場合

$$EL_1(N_z) = \int_{N_z}^{N_m} L_1(N) \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{N_z}^{\infty} \exp\left\{-\frac{(X-N)^2}{2\sigma^2}\right\} dX \right] dN \quad (3.16)$$

PS→SMSの場合

$$EL_2(N_z) = \int_0^{N_z} \int_{N_z}^{N_m} L_2(X, N) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(X-N)^2}{2\sigma^2}\right\} dXdN \quad (3.17)$$

$EL_1$ 、 $EL_2$ を実際に計算してみると、 $EL_1$ は $N_z/N_m (=1-z)$ とともに増加し $D$ の値の大きいほどレベルが高い。一方 $EL_2$ は $N_z/N_m$ とともに減少する。 $\sigma/N_m$ が大きくなると曲線の位置が高くなる。両者は1点で交わるが、この点がPSの上限として合理的な点ということになる。交点は $D$ が大きいほど左にずれる。一方 $\sigma/N_m$ の値が大きくなると交点の値がわずかに右にずれる。推定値の精度が低いほど $z$ 値は小さくしなければならないことになる。また $z$ の値は本来生物学的特性に応じてストックごとに決められるべきものである。ただ知見の現状からいって暫定的に共通の $z$ の値を決めることもできる。

Chapman (1976a) の結果でもFukuda (1976b) の結果でも $z$ を決定するのに割引き率 $D$ の値が重要であることが示されている。Chapmanは割引き率として自然死亡率の値だけを考えている。一方Fukudaは $D=1.0$ 、 $0.5$ 、 $0.2$ というように大きな値を適用している。普通経済的意味の割引き率としては10%以下の値が考えられる。Chapmanは禁漁になって取り残した個体のうちの来年の漁期までに死亡してしまう分を考えている。しかし生き残った個体をどうやって取りもどすかは明らかでない。Chapmanの割引き率を文字通りに解釈すると来年までの間に誤分類に気付き、この分の限界量を来年の限度量に上乘せした場合とも受け取れる。Fukudaは取り残した分で将来にわたって回収できない分を割引き率として考えているようである。MSY水準での総加入率を $r'$ とすると、これが全

死亡率に対応する。そして  $(r'-M)$  が平衡漁獲率となり、将来にわたっての漁獲利用率は近似的に

$$(r'-M) / (r'-M+M) = (r'-M) / r'$$

となる ( $r'$  を瞬間率と考えて)。したがって回収できない分は  $1 - (r'-M) / r' = M / r'$  となる。Fukudaはこれを  $D$  の下限値としている。いくつかの資源について  $M / r'$  を計算してみると0.5前後の値となった。

Chapman (1976b) はFukudaにならって  $N$  の推定誤差が正規分布をずらすとして、2種の損失の期待値を計算している。彼の計算式には論理の誤りがあるようにも見えるので、彼の出した  $z$  の上限値10~15%という値は問題であるが、割引き率についても論じている。将来の利益を現在の利益に換算するための割引き率を考慮すると、鯨のように繁殖率の低い資源は、鉱物資源的に利用されて乱獲される傾向がある (Clark, 1976; 田中, 1998b, pp.133-137)。Chapmanは、人類の長期的資源を最大にすることを求めるという科学の観点から言って、このような利用の仕方は受け入れられないとして、科学委員会では真に失われる自然死亡のみを考えるべきであると主張している。彼がここで用いた自然死亡率は  $M=0.04$  である。

種々の議論があったが、前述したように、科学委員会の多数は  $z=10\%$  を支持し、この値がNMPに採用された。

## 4. NMPの運用

### 4-1 資源の評価と分類

1975年のIWC年次会合でNMPが承認され、1975/76の南氷洋の漁期からこの方式による資源分類と捕獲限度量が適用されたが、科学委員会が作業を進める中でいろいろ難しい問題が出てきた。南半球のイワシクジラを例にあげてその経過をたどってみよう。

南半球ひげ鯨の捕獲枠は1971/72漁期まではシロナガスクジラ単位 (BWU) 換算のもとで1本で与えられていた。資源評価は種別になされていたが、海区別にはなっていなかったので、捕獲枠も南氷洋全体として与えられていた。1971年の科学委員会での評価はイワシクジラの  $SY=5000$  ( $BWU=833$ ) であった (IWC, 1972b, p.28)。この年の限度量は鯨種込みで2300BWUと決定され、イワシクジラの捕獲は5456頭であった。1972/73漁期からは種別限度量が決められることになった。科学委員会はイワシクジラ資源は81,000頭で  $MSY$  水準付近にあり、 $SY=5000$  と推定した (IWC, 1973, p.31)。限度量は5000と決められたが、実際の捕獲は3881頭にとどまった。

1973/74漁期に対しては科学委員会は前年の評価を維持して  $RY=5000$  とし、各海区ごとの資源量に比例した配分率を提案したが、実施されなかった (IWC, 1974b, p.42)。この漁期の限度量は4500に下げられ、4408頭が捕獲された。1974/75漁期の限度量はさらに

4000頭に下げられた。はじめて海区別の上限値が付表に明記された。

前述のように1974年12月にNMPの分類基準検討のための科学委員会特別会合が開かれたが、ここでの分類基準の案にそって1975年6月会合でイワシクジラ資源の分類と限度量の試算が行われた (IWC, 1976c, pp.6-8)。毎年の捕獲量は1959/60に3000頭を越え、1962/63以降飛躍的に増加したことから、分類の目安となる初期資源量は1961/62年漁期の値とし、MSY水準をその60%、PSの限界を決める  $z$  の値は10%、20%として、1975/76漁期の海区別限度量がそれぞれ計算された (表2)。

表2 資源分類と捕獲限度量の計算 (1000頭) (IWC, 1976c, pp.44, 49)

海 区	61/62 成熟資源	MSYL (60%)	現在成熟資源 (%)	MSYL比 %	MSY (4%)	分類とCL (頭)		
						$z=0$	$z=10\%$	$z=20\%$
I	7	4.2	4.2 (60)	0	.2	S (180)	S (180)	S (180)
II	50	30	27 (54)	-10	1.2	P	S ( 0)	S (540)
III	31.4	18.8	12.8 (41)	-32	.8	P	P	P
IV	33.8	20.3	19.7 (58)	-3	.8	P	S (500)	S (610)
V	27.5	16.5	17.5 (64)	6	.7	S (630)	S (630)	S (630)
VI	12	7.2	7.8 (65)	8	.3	S (270)	S (270)	S (270)
合計						1080	1580	2230

MSYL : MSY水準      CL : 捕獲限度量

MSY水準を初期資源の60%とすると、 $z=20\%$ としても限度量が前年より大幅に減少することになる。日本側は60%を適用する合理的理由はないとして、表2の60%を50%とした場合の限度量を計算した。結果を表3に示す。限度量は大幅に増加したがなお前年の4000頭には達せず、科学委員会でも受け入れられなかった。

NMPは1975年6月のIWC年次会合で採択され、各資源の分類は科学委員会の提案通り決められた。なおMSY水準は60%、 $z$ は10%とされたが、沿岸捕鯨およびニタリクジラを含めたイワシクジラの限度量には例外規定が適用され、科学委員会合意の $z=20\%$ の時の値2230頭と同じ頭数が決められた。海区ごとの上限値はこれに10%増の幅をつけた (IWC, 1977a, p.8)。

1976年6月の科学委員会ではNMPにもとづく資源評価が行われた。科学委員会は動態式

$$r = 0.0567 (1 - (N/N_0)^{2.39}) + 0.06 \quad (\text{MSY水準60\%として } r=0.1)$$

$$N_{t+1} = (N_t - C_t) e^{-M} + R_t, \quad R_t = r_{t-8} N_{t-8}$$

を用いて資源量の計算を行い、海区別の限度量を出した。結果は合計で1863となった。初め合計値は2135と出たが、少し仮定を変更したところ1622となり、さらに修正して1863を得た。日本やソ連の科学者はモデルやパラメタのわずかの変更で海区別の限度量

表3 MSY水準を50%とした時の資源分類と捕獲限量 (IWC, 1976c, pp.7, 44)

海区	MSYL (50%)	MSYL比 %	分類とCL (頭)		
			z=10%	z=20%	z=30%
I	3.5	20	I (180)	I (180)	I (180)
II	25	8	S (900)	S (900)	S (900)
III	15.7	-18	P	S (60)	S (230)
IV	16.9	16	S (600)	S (600)	S (600)
V	13.8	28	I (672)	I (672)	I (672)
VI	6	30	I (293)	I (293)	I (293)
合計			2645	2705	2875

が大幅に変わってしまうことに驚きを表明した。日本の科学者は、新しい方法がすぐれている点は認められないとし、科学委員会は毎年結果をモニターしながら検討しているので、多少問題があったとしても前年の方法を用いるべきだと主張した。同じデータを用いた日本の計算結果ではII区で大幅増、IV区で大幅減となり、合計では2308となった。科学委員会の過半のメンバーは日本の考えを受け入れなかった。(IWC, 1977b, pp.39-41)。

Holt (1977) は科学委員会の結論を批判した。1点は1960/61年より前にも実質的捕獲が行われており、特に雌の捕獲が多く、初期資源は1960/61の水準より高かったということである。こうするとII区とIV区の資源分類はSMSからPSとなる可能性がある。他の点はMSY水準での純加入率( $r-M$ )、(MSYR)を4%とすることへの疑問である。この値を採用すると資源が初期値から減少すると加入量がかえって増加するという超過補償となる。このようなことはあり得ないので、MSYRは4%の半分以下とすべきであると主張する。

総数を1863頭とした海區別の1976/77漁期の限量が本委員会に勧告され、これが決定された。ただし前年同様10%以内の超過を認めることとした (IWC, 1977c, p.24)。委員会はHoltのコメントをとりあげて、これらの問題についてさらに検討することを決定し、1977年4月に東京で科学委員会の特別会合が開かれた (IWC, 1978a)。

特別会合では、単純なものから複雑なものまでさまざまな計算法によって資源の解析が行われた。パラメタの値について検討されたが、妊娠率は1946年の25%から1970年の60%以上に増加し、II、III、IV区での成熟年齢が最近10年間で8~8.5から7~7.5に低下したことが示された。1959/60の資源量が3種の方法によってII~IV区について計算された。結果は方法によって大きく異なるが、前回の結果とかなり違うものとなった。1960年頃資源が増加しつつあったということから、多種資源を考慮することが必要になり、MSY水準が決まらず、MSYを計算できないとされた。資源分類も次回の会合まで延期された。

以上多くの例をあげてきたが、資源の評価や分類結果は非常に不安定で、計算の仕方

やパラメタのおき方で大きく変わり、その困難さがよく示されている。

#### 4-2 未利用時に増加していた資源の取扱い

1977年6月の科学委員会の会合では、イワシクジラの東京会合の結果から議論が始まった (IWC, 1978b, pp.47-54)。東京での計算法を若干修正して、II~IV区について新たに計算が行われた。1959/60年には資源は増加を続けていたと考えられているので、近年の条件のもとで将来到達するであろう飽和資源量を基準にとると、1976/77の資源の減少程度はさらに著しくなるはずである。重回帰の方法で飽和資源量推定が試みられた。加入率は動態式から計算されたが、自然死亡より低くなってしまいうので、別法として妊娠率、加入年齢、加入までの死亡率から計算した。1947年から1976年までの加入率と資源量が計算され、これにシロナガスクジラとナガスクジラの推定されている資源量のデータを加えて、加入率の3種資源量への重回帰式を求めた。雌雄込みの加入率が自然死亡率と等しくなるところが資源の上限に対応するものとして、シロナガスクジラが枯渇している状態のもとでのイワシクジラの飽和資源量を求めた。その値は1959/60の1.4倍から1.9倍くらいになった。

ここでMSY水準を初期資源量の60%とすると、初期資源量をどう決めるかが難しい問題となる。初期資源として1930年以前の人為の加わる前の自然な南氷洋生態系を基準とするという考え方もあるが、また現在の環境のもとで捕獲がなければ将来到達するであろうレベルをとるという考え方もあり得る。妥協案として従来科学委員会の行ってきた1959/60年の水準をとるということも考えられる。

もし1930年の水準をとりこれによってMSY水準とMSYを決めると、限度量が低く見積もられ資源は毎年増大するが、シロナガスクジラやナガスクジラが増加してくると、イワシクジラ資源は減少に転じる。しかしアザラシや他の鯨類も増加するであろうし、近年のオキアミ漁業の影響もあり、これらの資源が1930年当時の状態にもどるという保証はない。

一方現在の条件下での飽和資源を考えても、いくつかのややこしい問題が生じてくる。まず将来の飽和資源量の推定精度は、過去のデータに基づいてだされた1930年の推定精度よりも低い。第二に、現行方式の分類では最初資源はPSとなってしまいうだろう。その後資源の増大につれて捕獲は再開され、新しいMSY水準に達する。しかしやがてシロナガスクジラやナガスクジラも回復してくるだろうから、イワシクジラのMSY水準は低下し、限度量も下げざるを得なくなる。ここでこのやり方に関し一つの奇妙なことがある。長年MSY水準にあり、一定の捕獲で安定していた資源で、環境が急によくなって資源が増大を始めると、限度量が減少あるいは禁漁になってしまうかもしれないということである。

イワシクジラ資源が増大してきたという事実が明らかになったので、もはや1959/60年

水準を初期資源とみなすことには何の科学的根拠もないことになる。暫定的対応として、資源量を変化させない量RYだけを捕獲し、資源を現在水準に維持するという考え方もあり得る。いろいろな条件のもとで初期資源量を推定して求めた現在の資源分類および限度量試算の一例を表4に示す。条件の設定の仕方によって分類はIMSからPSの間を変化しており、影響は甚大である。

表4 いろいろな設定のもとでの初期資源量と資源分類等

(資源量は1000頭単位)		(IWC, 1978b, p.52)			
条件設定 等	海区	II	III	IV	V
1930の初期資源		39.0	19.7	19.4	11.8
MSY水準 (60%)		23.4	11.8	11.6	7.1
現在資源/MSY水準 (%)		100	100	136	72
分類		SMS	SMS	IMS	PS
限度量 (76/77)		842	424	418	0
現在の環境での最大		51.8	30.8	31.1	18.2
MSY水準 (60%)		31.1	18.5	18.7	10.9
現在資源/MSY水準 (%)		76	64	85	47
分類		PS	PS	PS	PS
限度量 (76/77)		0	0	0	0
シロナガスクジラ1948水準に回復		29.1	17.3	17.4	10.2
MSY水準 (60%)		17.5	10.4	10.4	6.1
現在資源/MSY水準 (%)		135	113	153	84
分類		IMS	SMS	IMS	PS
限度量 (76/77)		630	374	374	0

イワシクジラ資源にNMPを適用することに関連した多くの不明確さに対して、科学委員会の過半数は控えめな対応が必要であると考えた。日本の科学者はこの考え方に反対し、このような状況のもとでは資源を現在の状況に維持することが最善であり、RYを適用するのがよいとした。1977年の本委員会ではI区とIV区のみをSMSとして、それぞれ353、418の限度量が決定された (IWC, 1978c, p.20)。1978/79以降イワシクジラは禁漁となった。

1977年の科学委員会では、クロミンククジラについてもイワシクジラと同じ問題がもち上がった (IWC, 1978b, pp.54-57)。IV区の見視の結果では1965/66~1972/73の間年3.7%の増加が見られた。クロミンククジラはイワシクジラよりシロナガスクジラとの餌の競争が強いので、増加したとしても当然である。そのためNMPによって資源を分類できない。結局RYを計算することとした。このRYが本委員会で捕獲限度量として採用され

た (IWC, 1978c, pp.19, 20)。1978年にも1978/79の限度量が同様な方法で決定された (IWC, 1979a, pp.44, 45; 1979b, p.23)。また将来より適当な管理戦略を検討すべきことも勧告された。

#### 4-3 管理方式改訂の検討とモラトリアム

1978年6月の科学委員会会合で資源分類と捕獲限度量に関する一般的原則が討議された (IWC, 1979a, pp.41-44)。ここでの第一の課題は環境変動の影響である。ある期間環境が悪化して加入量が著しく減少するということが起こった時、これに気づかずそれまでの捕獲を続けると、資源がPSにまで低下する恐れがある。Beddington and Grenfell (1979) や Horwood *et al.* (1979) がこの問題を論じた。科学委員会で検討した結果、一定年経過後に資源がPSになる確率でリスクを計るのがよいとされた。一定年の値については、資源の減少が検出されるのに10年程度はかかると考えられることから、10年という期間がとられた。環境容量の変化は、NMPを実行する上での深刻な問題で、方式の改訂によって解決することが望まれた。また複雑な多種モデルは現在扱い得ないので、単一種での環境変化として対応するのがよい。管理方式の改訂提案も出された (IWC, 1979a, pp.99-101)。禁漁の限界となる資源水準について明確な提案はなかったが、例示された具体的数値を見ると、33% (Allen, 1979)、MSYLの90% (Garrod and Horwood, 1979)、初期資源の50% (Holt, 1979) などであった。管理方式改善のための特別会合が提案された。本委員会はこの提案を受けて、この問題を検討するための科学者グループを指名した (IWC, 1979b, p.22)。

管理方式に関する科学者特別作業グループからの報告を受けた科学委員会は、グループを拡大して長期的に検討を続けることに合意し、本委員会は拡大作業部会の会合を次回会合前にもつことを決定した (IWC, 1980, p.26)。拡大作業部会は1980年3月Honoluluで会合をもち報告書を提出した (IWC, 1981a)。この会合でまず資源管理の原則がまとめられた。これらの原則の中には、管理の目標水準の位置が不明で資源を変化させるべき方向が決められない場合は資源を増大させる、規制結果のモニタリングおよび管理の基礎の改善のための科学情報の入手、情報の質と量への配慮などがうたわれている。また費用と効果についても考慮することとされた。管理方式として、目標水準を決め、これに一定期間内 (たとえば5年) に到達するように捕獲限度量を決め、限度量が0でもその期間内に到達できないような資源を禁漁とするという方式を考えた。こうすると、資源の実際の増加量RYが問題になる。目標水準より低い程度に応じてRYに対する限度量の割合を下げる。これにさらに情報の質と量に応じた安全係数を掛ける。MSY水準を直接推定することはできないが、他の大型哺乳動物からの類推で初期資源の65~80%とみられ、さしあたって目標水準70%を採用することとした。環境容量が変化したと思われる資源については目標水準が決められないので、RYを参照しこれより低い量とする。一部

のメンバーから現在資源水準を目標とすべきであるとの意見も出された。

1980年の科学委員会にHonolulu会議の結果が報告された (IWC, 1981b, pp.56, 57)。提示されている一般原則は管理方式の相当な改善になると評価されたが、なお多くの議論が交わされた。目標水準の70%という数値を資源単位ごとに変えて、その影響を比較するという提案が出された。本委員会で管理方式の問題が審議され、技術委員会と科学委員会の合同の特別作業部会を作って、付表修正も含む詳細な提案を次回科学委員会会合までにまとめることとなった (IWC, 1981c, pp.19, 29)。

合同作業部会は1981年の2月と5月に東京とローマで2回開かれ、管理方式の4つの改訂案が出された (IWC, 1982, pp.17, 18)。これらの案はHonolulu会議の結論を取り入れたもので、目標資源水準としては70%が認められた。また2つの改訂案では捕獲限量および禁漁水準として、Honolulu会議の方式が用いられているが、日本案はRYを基準と考え、またPSの限界を目標水準の40%としている。1981年の年次会合でこれらのうちの米国提案を受け入れるという動きもあったが、本委員会では決着がつかず、さらに検討を続けることとされた。

1982年の科学委員会に、日本は上記4提案をまとめたような新たな提案を行ない、小グループで検討された (IWC, 1983a, pp.48, 49, 177-179)。しかし議論に目立った進展はなかった。本委員会に平行して開かれた技術委員会に、日本およびノルウエーが管理方式改訂案を提出したが、小グループを作って検討するとされるにとどまった。一方、商業捕鯨モラトリアムは毎年本委員会の議題となっていたが、この年の会合でついに附表の修正が可決され、1985/86漁期から実行されることになった。(IWC, 1983b, pp.20, 21)。修正された付表には、遅くとも1990までにモラトリアムの影響について包括的評価 (Comprehensive assessment, CA) を行なうこととされている。なお日本はこの修正に対して異議申し立てを行なった。モラトリアムは、本委員回会合に先がけて開かれた科学委員会でも議題となっていたが (IWC, 1983a, pp.47, 183, 184)、多数の科学者は資源管理は資源単位ごとになされるべきであるという従来の科学委員会の方針を支持し、モラトリアムにより科学的情報の入手が困難になる点に危惧をいだいていた。しかし一部の科学者は、我々の努力にもかかわらず不確実な点が多く、現行あるいはそれを改良した管理方式だけでは乱獲を防止できるという保証はなく、推定方法が本質的に改善されるまでの間、交渉によって商業捕鯨を停止するというのは合理的な選択であると主張した。

## 5. RMPの開発

### 5-1 包括的評価と改訂管理方式の開発

商業捕鯨のモラトリアムは採択されたが、捕鯨は1985年の漁期まで続けし、異議申し立てを行なった国もあるので、科学委員会では従来どおりの作業が続けられた。捕獲限

度量の勧告、管理方式改訂に関する議論などが続いた。またモラトリアムの採択に当たって、包括的評価（CA）が実行されることになったが、科学委員会は単に徹底的な資源評価を行なうだけでなく、管理方式の改訂も含めて作業を進めることとした（IWC, 1985, pp.36, 37）。NMPを適用するためにはMSYの値が必要なので、その値の推定が不可欠であったが、これが容易でないために問題が生じた。MSYやMSY水準を必要としない管理方式が開発されれば、資源評価の内容も変わってしまう。

科学委員会は1986年4月ケンブリッジでCA計画立案のための特別会合を開き、科学委員会としての計画の内容を決めたが、その中に管理体制改訂の検討を含めた（IWC, 1987, pp.147, 148）。資源管理作業部会の第1回会合が1987年3月にアイスランドのレイキャビクで開かれ、管理方式の改訂作業が本格的に始まった（IWC, 1988b）。

作業部会には5つの管理方式が提案された。各方式の優劣判定はシミュレーションの結果を比較して行なうこととし、そのためのさまざまなシナリオや条件が決められ、これらによるテストが実行された。シナリオとして例えば、未開発資源の開発、枯渇した資源の回復などがあり、資源の繁殖力には高低の広い範囲の値が想定された。管理者は誤差を含んだ情報のみを与えられ、それによってコンピューターの中の資源の管理を実行することになる。

シミュレーションテストを繰り返し、資源管理作業部会や年次会合で討議を積み上げるにつれて、各方式の提案者はそれぞれの方式を改良してきたが、各方式には特徴的な長所と短所があった（IWC, 1992b; Kirkwood, 1992）。各方式には何らかのパラメータが含まれており、この値を変えると結果も変わってくる。つまり同一方式でも、生産性を低めて安全性を高めたり、あるいは安全性を多少犠牲にしても生産性を高めるような操作が可能である（IWC, 1992a, pp.306-313）。このような操作をチューニングと呼んでいる。例えば、禁漁水準のおき方でこれを高くすれば安全性に、低くすれば生産性に力点をおいたことになる。1991年の科学委員会で審議された時点での方式を比較すると、この水準の初期資源量に対する割合はだいたい50%前後に設定されており、チューニングとして例えばPunt-Butterworthの方式では37%から55%まで変化させている。またCookeの方式では捕獲限度量の計算式で、資源量が初期の水準の50%以下では0となるように設定されている。MSY水準については各方式ともこれを明確にはしておらず、MSY水準とは関係づけずに目標水準を決め、限度量を現在資源量に対して折線で与えるような方式をとっている。（IWC, 1992b）。

## 5-2 Cooke方式の採用

科学委員会の議論はシミュレーションで示された各方式の性能に関心が向けられ、個々の方式でMSY水準や禁漁水準をどう扱っているかはほとんど問題となっていない。各方式で、100年後の資源水準で示した安全性に対して、100年間の総捕獲量で示した生

産性を対比して、いろいろなチューニングによって計算してみると、同じ安全性のレベルに対してCooke方式がもっとも生産性が高いことがわかった。科学委員会は1991年の会合でこの方式を最善の改訂管理方式として本委員会に勧告した (IWC, 1992c, pp.53-58)。

本委員会は多数決で以下の内容を含む決議を可決した (IWC, 1992d, pp.17-19, 25-27, 47, 48)。捕獲限度量の年間での安定性、受認できる程度のリスク、最高の持続的生産量の3つの目的のうち第2のリスクへの対応を最優先として、資源をある決められた水準以下に低下させないこと。Cooke方式を核にしてRMPを開発すること。RMPは未開発の資源の開発でMSY率1%のシナリオの場合に、100年後の最終資源水準が初期資源の72%となるようにチューニングし、また54%以上の資源にのみ捕獲を認めること。60%程度に減少している資源が、95%の確率で54%以上の水準に留まること。さらに科学委員会に対して、54%以下の資源で誤って捕獲を許す確率を諮問し、また利用するデータの備えるべき要件 (調査方法、容認精度など) の検討を依頼する。この決議を受けて、次回会合以前に科学委員会の中間会合をもつことが決められた。ここで禁漁水準を54%、チューニングを72%とする理由は明示されておらず、単にNMPのSMSの左右の限界を引き継いだものと考えられる。

1992年3月科学委員会の特別会合がコペンハーゲンで開かれた (IWC, 1993a)。主要な議題は、禁漁水準以下の資源から捕獲を行なう確率、多資源管理のルール、データの最低基準である。ここでは第1の議題の討議経過を示す。まずMSY水準での増殖率 (MSYR) を、資源のどの部分に対する割合とするかが議論され、東京会合で決められたように成熟資源に対する率と定義した。こうすると、年齢に対する選択性のない場合、成熟資源に対する率が1%あるいは4%の時、全資源に対する率はそれぞれ0.66%、2.66%になる。Cooke方式で禁漁水準を54%に引き上げて、100年間のシミュレーションを行ない、54%以下の資源で誤捕獲のあった最低資源水準 (実現禁漁水準RPL) をみた。しかしこれだけではその時現実にどれだけの捕獲があったのかがわからないので、誤捕獲の影響をみるために、全く捕獲をしなかった時に54%水準に回復する年数の間に、誤った捕獲のある時にはどのくらいの水準にまで達することができるかを示す相対回復率 (RR) も計算した。MSYRが低いほどRPLは低くなるが、54%以下の資源からの誤捕獲の確率は5%以下であった。Cooke方式の一部を修正してRPLを引き上げることを試みたが、RRはもともと100%に近いので、この修正による改善はほとんどみられなかった。一方捕獲量はかなり顕著に減少し、捕獲量の年間変動も大きくなった。結論として、このような修正は実質的意味のないことがわかった。

続いて開かれた1992年の科学委員会年次会合 (IWC, 1993b, pp.57-62) で、今までのテストで行なわれていなかった以下の2点、単一資源での資源量調査の間隔 (標準は5年)、環境容量 $K$ とMSYRが関連して変化する時の影響、についてシミュレーションが行

なわれた。結果はRMPが十分に機能し得ることを示した。多資源問題は具体的例（種、地域）について行なうこととした。科学委員会は禁漁水準を54%としたCooke方式の仕様書および解説書の案を作成し、その受理を委員会に勧告した(IWC, 1993b, pp.146-152)。

### 5-3 RMPの委員会受理

科学委員会からの勧告を受けて、委員会はRMPについて審議し、多数決で以下の内容を含む決議を可決した(IWC, 1993c, pp.24-26, 40)。委員会は捕獲限度計算方式の仕様書および解説書の作成によって改訂管理制度(RMS)の主要な科学的要素が完成したことを認め、計算方式のプログラムなど関係文書を提出するよう科学委員会に要請する。RMSが完成するまでの段取りは、1) データに対する最低要件の設定、2) 調査・解析のための指針の作成、3) 完全に有効な監視と検査体制の確立、4) 総捕獲がRMSによって決められた限度内であることを保証する方策の実施、5) 仕様書(案)を附表に取り入れること。これらの段取りが完了するまでは限量計算方式を実行しない。

1993年の京都会議で科学委員会はRMPの仕様書と解説書を決定し(IWC, 1994a)、委員会での採択を勧告した。またRMPに直接利用はしないが、RMSの運用状況をモニターするためのデータが不可欠かどうかについて議論した。本委員会では米国などからモニタリングの重要性が強調された。RMPについてはノルウエー、日本がその受理を求めて決議案を提出した(IWC, 1994b, pp.17-20)。決議案をめぐって、多くの国から発言があった。捕鯨再開に基本的に反対の米、英、オーストラリア、ニュージーランドなどは、RMPは資源保護に十分に安全な方式ではない、RMSを来年採択するのは時期尚早、RMS採択前に北大西洋や南半球のミンククジラの捕獲限量を計算するべきではないなどと主張した。発言の中にはRMPをよく理解していないことによると思われるものもあった。この決議案は投票の結果否決されてしまった。

翌1994年にオーストラリアが決議案を提出し、これをめぐって前年同様多くの意見が出された(IWC, 1995, pp.26, 27)。米国は次のように発言した。RMP等に関する科学委員会からの勧告に反対ではないが、RMPを附表に取り入れるのは時期尚早である。決議には含まれていないが、規制を受けていない捕鯨、不法な鯨製品の貿易、捕獲数の過少報告、などいくつかの問題が残されている。捕鯨再開には反対である。多くの国がこの米国の発言に賛意を表した。一方デンマークなどは、RMPの採択に問題はないとした。この決議は全会一致で可決された。過去の捕獲統計が信頼できないこと、および鯨製品の国際貿易に関しては、それぞれ別の決議が可決された(IWC, 1995, pp.44, 45)。

オーストラリア提案の決議の主要な内容は次の通りである(IWC, 1995, pp.43, 44)。RMPの仕様書および解説書を受理し、調査・解析法の指針を認める。RMPに直接使用する以外のデータの収集・解析の指針を認める。RMS完成までの段取りは、有効な査察・監視制度、RMSの附表への取込など。RMSが附表に取込まれるまでRMPを実行しない。

この決議は、モラトリアムとサンクチュアリに反することを認めるものではない。この決議を受けて委員会はRMS実現の責任を負うことになったが、この中の重要課題である査察・監視制度について、ノルウエーの提案を受けて、作業部会を設置することとした(IWC, 1995, pp.24-27)。この作業部会にいろいろな案が提案され、中間会合を含めて討議を重ねたが結論に達せず、その後もRMSへの作業は進展していない。

## 6. 鯨類資源の管理は何のために？

### 6-1 資源管理の三つの目的

鯨類保護の目的はIWC設立の根拠である1946年の国際捕鯨取締条約の前文に以下のようにうたわれている。鯨類という偉大な天然資源を将来の世代のために保護することは世界の諸国の利益である。現在乱獲されている資源でも、捕獲を適切に制限すれば資源は増大し、これにともなって生産量も増加する。経済上、栄養上の困窮を起こすことなく、できるだけ速やかに鯨類資源の最適水準を実現することは共通の利益である。そして適切な保存を図って捕鯨産業の秩序ある発展を可能とするための条約を締結する、としている。簡単に言えば、世界の人々のために鯨資源を適正に管理しながら最大の利益を得ようということである。

IWCが管理方式の改善を研究していく中で、資源管理の目的が表になり裏になりして現れてくる。1972年のモラトリアムをめぐる議論では、過剰捕獲と知見不足で資源が乱獲されたので、鯨動態の知識を増し資源を最も速やかに回復させるために必要、と主張された(2-1参照)。IWCはNMPを導入してモラトリアムに対応したが(2-2)、ここには資源から永続的に最大の生産をあげることをめざし、MSY水準に達しない資源は完全に保護して回復させるという思想的背景がある。

禁漁水準  $z$  を決定するに当って、Chapman (1976a) が提案しFukuda (1976b) も賛成した考え方は、SMSをPSと判定して失われる損失と、PSをSMSと判定して資源回復を遅らせる損失をバランスさせることである。ここで損失は捕獲減として見積もられており、Butterworth and Best (1994) も指摘しているように、資源の安全へは特に配慮していない。 $z$  に関するChapmanや福田らの議論は十分にかみ合わず、科学委員会では合意に達しなかったが、委員会はNMPとして多数意見の10%を採用した(2-3)。科学委員会の多数がなぜ10%を支持したのかは明らかでないが、多くの科学者は規制を強くするという観点から20%ではなく10%を選んだように思われる。生物学的絶滅の限界以上であればSMSとPSを区別する根拠はないとするFukuda (1976a) の意見は無視されたが、やはり多くの科学者は禁漁という選択肢を捨てたくなかったのだろう。

1975年にNMPが採択された時、英国代表が別の方式を提案し、これが科学委員会で審議された(2-3)。Chapman (1977) は検討のなかで乱獲を避けることと産業側の安定

性を考慮に入れた。Fukuda (1977) は英国方式をブロッククオータの考えに通じるものとして、産業の安定性の面から評価した。Holt (1977) はMSY水準を50%とおくか60%とおくかの議論で、60%とした方が安全であり、また捕獲限度量の急変を避けられるとして、安全性、安定性の両面から支持した(3-1)。これらの議論と関連するが、Chapman (1976b) は $z$ を決定するための割引率の評価に関し、自然死亡で失われるもののみを考慮し、経済的な意味の割引率は乱獲の原因になるから考慮するべきでないとしている(3-2)。ここでは生産性の重視と並んで、安全への配慮もうかがえる。

NMPが十分に機能しなくなり、管理方式の改訂が本委員会の議題に上るようになった。1980年にHonoluluで科学委員会の管理方式に関する作業部会が開かれたが(4-3)、ここで管理の目的が次のように規定された(IWC, 1981a)。

- 目的1. 個々の資源の絶滅のリスクが捕獲によって著しく増加しないことを保証する
- 目的2. 環境が許す限り最高の持続的生産を可能とするような資源の状態を維持する
- 目的2 (a). 同一種内の個々のあるいはいくつかの資源を持続可能な生産量が増大する方向へ移動させる

Honolulu会議の提案を受けて設置された技術委員会と科学委員会の合同作業部会は1981年2月の東京会議で、管理の目的を議論した(IWC, 1981d, pp.3, 17)。日本はHonolulu提案に“捕鯨業の維持と秩序ある発展を保証すること”という項目の追加を提案した。また2(a)に関しては、MSY水準より上の未開発資源の開発を要求しているようにもとれることから、表現を否定型に改めて“…持続可能な生産量が減少する方向には移動させない”とした。これらの4つの目的は作業部会で合意され、本委員会に報告された(Gambell, 1988)。目的3は捕獲量の年の間での安定性につながるものである。

合同作業部会では結局一つの改訂方式に絞ることができなかったが、包括的評価(CA)をめぐる議論の中で管理方式の改訂が大きく取り上げられた(5-1)。1987年3月レイキャピクでの科学委員会の作業部会に複数の改訂案が提出され、シミュレーションテストが行なわれることとなった。テストの結果を判定する基準として、前出の3つの目的が再整理されて提案された(IWC, 1988a, pp.35, 36)。この目的は科学委員会を通じて本委員会に報告され了承された。

1991年に科学委員会がCooke方式をRMPの候補として本委員会に勧告した。本委員会は一応これを了承したが、3つの目的のうちの安全性を再優先させることを決め、NMPでのSMSの上下の限界54%と72%にこだわった注文を付けた(5-2)。このことは生産性を多少犠牲にしても、安全性をNMP以下には落とすたくないという判断があったと思われる。ちなみにCookeは禁漁限界を50%とおいていた。本委員会からの注文に応じて、科学委員会はRMPを一部修正してテストを行ない、委員会からの要求が満たされていることを示した。1992年に委員会はこのRMPの仕様書を、より広範な改訂管理制度(RMS)の一部と位置付け、RMPの実行は先にのばされた(5-3)。この仕様書が委員会によっ

て正式に受理されたのは2年後の1994年である。この間RMPの決議案をめぐって討論が繰り返されたが、一部の国から商業捕鯨の再開は無条件に反対というような発言があった。安全性を重視せよという主張を通り越して、捕鯨条約そのものの目的を否定する発言である。

## 6-2 原住民/生存捕鯨の場合

商業捕鯨を悪と決め付ける傾向の強いIWCの中で、原住民生存捕鯨（ASW）は特別の位置にある。IWCの中での2大国、米、露がASWを行なっているという事情が関係していると思われる。NMPの見直しに関連して、商業捕鯨管理の目的が議論されたが、その頃ASWの管理目的についても以下の3点が明文化された（Donovan, 1982）。

- (1) 捕獲によって絶滅のリスクを著しく増加させない
- (2) 文化的、栄養的必要を永久的に満たす
- (3) 純加入が最大となる水準（MSY水準に相当）以上に資源を維持し、これより低い資源はこの水準に向って増加させる

ここで需要が取り上げられ、最大の生産性は要求されていない点の特徴である。

商業捕鯨のモラトリアムが決まった時、ASWについても付表に新しい項目が追加された（IWC, 1983b, p.40）。その中で捕獲限度決定方式が次のように与えられている。(1) MSY水準以上の資源からはMSYの90%をこえない範囲。(2) MSY水準以下である限界以上の資源ではMSY水準への回復が可能な範囲。ここで“ある限界”とは、生物集団の絶滅限界のことであるが、科学委員会はその水準は不明としている。この方式はむしろFukuda (1976a) の考えに近く、NMPとは異なり、安全性への対応はるかに緩やかである。

以上のような管理目的と捕獲限量決定方式のもとで、実際にどのようにして限量が決定されていたかをみると、多くの資源で絶滅の限界は不明だが、現在の資源水準はこれより高いと判断して捕獲限度が決められている。またセントビンセント・グラナディンのザトウクジラの場合、たった3頭では資源に悪影響はないだろうとして捕獲を認めている（IWC, 1996a, pp.72, 73）。現在RMPに対応するようなASWの資源管理方式の開発が進められているが、結論には達していない（IWC, 1997; 1998; 2002）。いずれにしても前記の3目的に照らしてみると、IWCの1994年の決議（IWC, 1995, pp.43, 44）に反して需要を満たすことが最重点とされ、安全性はむしろ副次的に考えられている。商業捕鯨の場合のように、獲らないことはよいことだという考え方は見られない。

同じ捕鯨であるにもかかわらず、このように差別的に扱っている根拠は、商業捕鯨は営利が目的であって、たとえば日本人は鯨肉がなくても生活に困らないのに対して、原住民たちは鯨がなければ生存できないせっぱつまった必要があるという点である。私見であるが、原住民を野蛮人として見る欧米人の差別感が裏にあるように見える。インド

代表は原住民達も時代とともに発展してきているので、ASWはフェーズアウトするべきだと言った（IWC, 1996b, p.21）。

### 6-3 科学的装いの裏で

IWCの中での管理目的に関する議論の経過を見てみると、一見科学的装いをこらしながら、実は全く別の次元の価値判断で動いているように見える。科学委員会の中での議論も真に科学的であることが疑われる面が多い。いわゆる本音と建前が裏になり表になりして現れてくる。IWCの科学委員会の会合に出席するようになってわかったことだが、科学委員会の中には暗黙の了解事項がいくつかあった。Pella-Tomlinsonの余剰生産モデル、MSYの水準60%、この水準での純加入率4%、ナガスクジラの自然死亡率4%などである。これらは科学者間で他に情報のない限り最も適当であろうと考えられたものである。いわゆるbest available informationである。

水産資源管理には、この種の仮定がしばしば取り入れられている。NMPの内容も同様である。NMPは科学的真理を表現したものではない。管理の手続き上必要なものである。禁漁水準の54%も同じもので、この値が資源の安全と生産性を保証するというものではない。NMPが議論されていた頃、MSY水準の10%下で禁漁になると聞いて、私は対応している科学者に皮肉をこめて、鯨の資源はそのくらい正確に推定できるのですかと質問したことがある。4-1で述べたように、モデルや方法を変えただけで、イワシクジラの捕獲限度が15%以上も上下した。またButterworth and Best (1994) はRMPを実行する限り54%より低くした方が得られる情報量が多くなり、安全をそこなうことなく、生産性を上げることができるとしている。このような仮定がゆるされるのは、とにかくなるべく合理的な漁業を続けたい、という基本的要求があるからである。ここで、純粋科学的には必ずしも健全でないこれらの仮定は、捕鯨が悪であるという考え方が体勢を占めるようになると、たちまち否定されてしまう。

RMPの考え方は基本的に異なっていた。ここではフィードバックが意識的に取り入れられ、ある仮定から出発しながら経験を積み上げて修正していく。そしてシミュレーションを活用しながら開発を進めるにあたって、管理の3目的が強く意識された。また提案された各方式はシミュレーションの中で資源の絶滅が起こらないようにいろいろ工夫がほどこされた。捕鯨賛成の科学者も、反対の科学者も、それぞれの思想信条にかかわらず、いかにして3目的を最もよく実現するかに努力した。

RMPが完成すると、本委員会は捕鯨悪論をむきだしにしてきた。安全性を含めた3目的を無視し、捕鯨再開反対、鯨を殺すなど主張する。捕鯨条約に明記された目的の手前あからさまに捕鯨無条件禁止を主張できない委員会は、科学委員会に責任を押しつけながら、その本音をかくしていた。科学委員会が安全な捕鯨を可能とするRMPを完成したことは、あるいは委員会にとって衝撃であったのかもしれない。

もちろんまだ試運転をしたこともないRMPが実行上完璧であるとは思わないが、RMPの仕組みそのものの中に失敗を修復する機能が含まれている。世界の情勢が変化して、IWCが捕鯨そのものは悪ではないと考えるようになる日を待ちながら、科学委員会は当面の思惑に惑わされることなく、絶えず捕鯨再開への準備を積み上げていかなければならないだろう。

## 略号説明

- ASW (Aboriginal subsistence whaling) 原住民生存捕鯨
- BWU (Blue whale unit) 捕獲限度量を与えるシロナガスクジラ単位
- CL (catch limit) 捕獲限度量
- IMS (Initial management stock) 初期管理資源；NMPによる資源分類の一つ
- IWC (International Whaling Commission) 国際捕鯨委員会
- MSY (Maximum sustainable yield) 最大持続生産量
- MSYL (MSY level) MSYの資源水準
- NMP (New Management Procedure) 鯨資源新管理方式
- PS (Protection stock) 保護資源；NMPによる資源分類の一つ
- 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) 資源を変化させない捕獲量；来年までの実際の資源増殖量
- SC (Scientific Committee of IWC) IWC科学委員会
- SMS (Sustained management stock) 維持管理資源；NMPによる資源分類の一つ
- SY (Sustainable yield) 持続生産量
- z SMS資源の下限を決める係数； $(1-z)$  MSYLがSMSの下限

## 文 献

- Allen, K.R. (1971): Notes on the assessment of Antarctic fin whale stocks. *Rep. int. Whal. Commn*, 21:58-63.
- Allen, K. R. (1976): A more flexible model for baleen whale populations. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):247-263.
- Allen, K. R. (1977): Changes in catch and population for sustained management 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.
- Beddington, J. R. and Grenfell, B. (1979): Risk and stability in whale harvesting. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:171-173.
- Butterworth, D. S. and Best, P. B. (1994): The origins of the choice of 54% of carrying capacity as the protection level for baleen whale stocks, and the implications thereof for management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:491-497.
- Chapman, D. G. (1974): Estimation of population size and sustainable yield of sei whales in the Antarctic. *Rep. int. Whal. Commn*, 24:82-90.
- Chapman, D. G. (1976a): Scientific consideration of the term "near" in Commission's resolution relating to the criteria for defining the limit between a sustained management stock and a protection stock. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):225-229.
- Chapman, D. G. (1976b): Further examination of criteria to determine the boundary between protection and sustained management stocks. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):395-400.
- Chapman, D. G. (1977): Comparison of linear and step partial catch procedures for stock 'near' but below the MSY level. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:128-129.
- Clark, C. W. (1976): 竹内 啓・柳田栄二訳 (1983) : 生物経済学 : 生きた資源の最適管理の数理. 啓明社, 東京, pp.342.
- Doi, T. and Ohsumi, S. (1970): On the maximum sustainable yield of sei whales in the Antarctic. *Rep. int. Whal. Commn*, 20:88-96.
- Donovan, G. P. (1982): The International Whaling Commission and aboriginal/subsistence whaling: April 1979 to July 1981. *Rep. int. Whal. Commn*, Spec.Issue4:79-86.
- Fukuda, Y. (1976a): On category of quota zero. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):197-202.
- Fukuda, Y. (1976b): A note on defining a stock level between protection and sustained management stocks. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):300-316.

- Fukuda, Y. (1977): A note on quota determination for sustained management stock below MSY level. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:130.
- Garrod, D. J. and Horwood, J. W. (1979): Whale management: Strategy and risks - a comment. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:215-218.
- Gambell, R. (1988): Revision of the Commission's management procedure. A chronological review, 1978-1981. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:128-129.
- Holt, S. J. (1977): A possible basis for determining limits to the allowable catch when the degree of density dependence of the net recruitment rate is not known. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:230-233.
- Holt, S. J. (1979): Proposal for a modified management policy. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:327-333.
- Horwood, J. W., Knights, B. J. and Overy, R. W. (1979): Harvesting of whale populations subject to stochastic variability. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:219-224.
- IWC (1972a): UN Conference on Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972. Doc. IWC/24/13 presented to IWC 24th Meeting in London, 1972. p.1
- IWC (1972b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 22:26-33.
- IWC (1973): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 23:28-43.
- IWC (1974a): Chairman's report of the twenty-fourth meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 24:20-36.
- IWC (1974b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 24:39-54.
- IWC (1975a): Chairman's report of the twenty-fifth meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 25:24-48.
- IWC (1975b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 25:62-77.
- IWC (1976a): Chairman's report of the twenty-sixth meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 26:24-35.
- IWC (1976b): Report of special meeting, La Jolla, 3-13 December, 1974. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):60-115.
- IWC (1976c): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 26(2):1-59.
- IWC (1977a): Chairman's report of the twenty-seventh meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:6-15.
- IWC (1977b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:36-51.
- IWC (1977c): Chairman's report of the twenty-eighth meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 27:22-29.
- IWC (1978a): Report of the special meeting on Southern Hemisphere sei whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 28:335-343.

- IWC (1978b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 28:38-59.  
Annex F, Summary of stock classification and catch limit recommendations for exploitable stocks. 28:82-83.
- IWC (1978c): Chairman's report of the twenty-ninth meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 28:18-27.
- IWC (1979a): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:38-52.  
Annex O, Alternative whale management procedures. 29:99-101.
- IWC (1979b): Chairman's report of the thirtieth annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 29:21-37.
- IWC (1980): Chairman's report of the thirty-first annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 30:25-33.
- IWC (1981a): 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 (1981b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 31:51-71.
- IWC (1981c): Chairman's report of the thirty-second annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 31:17-39.
- IWC (1981d): Report of the Technical Committee working group on revised management procedures, Tokyo, 23 February-3 March 1981. Doc. IWC/33/13 presented to IWC 33th Meeting, UK, 1981. pp.34.
- IWC (1982): Chairman's report of the thirty-third annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 32:17-35.
- IWC (1983a): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 33:43-66.  
Annex K, Report of working group on management proposals. 33:177-179.  
Annex M, Comments on moratorium proposals (Agenda Item 8.1). 33:183-184.
- IWC (1983b): Chairman's report of the thirty-fourth annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 33:20-42.
- IWC (1985): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 35:31-58.
- 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): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:32-61
- IWC (1988b): Comprehensive assessment workshop on management. *Rep. int. Whal. Commn*, 38:163-170.
- IWC (1992a): Report of the fourth comprehensive assessment workshop on management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:305-334.
- IWC (1992b): Technical descriptions of revised management procedures. *Rep. int. Whal.*

- Commn*, 42:93-103.
- IWC (1992c): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:51-79.
- IWC (1992d): Chairman's report of the forty-third meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:11-50.
- IWC (1993a): Report of the fifth comprehensive assessment workshop on revised management procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:229-240.
- IWC (1993b): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:55-86.  
Annex H, Draft specification for calculation of catch limits in a revised management procedure (RMP) for baleen whales. 43:146-152.
- IWC (1993c): Chairman's report of the forty-fourth annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 43:11-40.
- IWC (1994a): The revised management procedure (RMP) for baleen whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:145-152.
- IWC (1994b): Chairman's report of the forty-fifth annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 44:11-30.
- IWC (1995): Chairman's report of the forty-sixth annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 45:15-45.
- IWC (1996a): Report of the Scientific Committee. *Rep. int. Whal. Commn*, 46:49-97.
- IWC (1996b): Chairman's report of the forty-seventh annual meeting. *Rep. int. Whal. Commn*, 46:15-42.
- IWC (1997): Report of the workshop on the development of an aboriginal subsistence whaling management procedure (AWMP). *Rep. int. Whal. Commn*, 47:192-202.
- IWC (1998): Report of the standing working group on the development of an aboriginal subsistence whaling management procedure (AWMP). *Rep. int. Whal. Commn*, 48:203-236.
- IWC (2002): Report of the standing working group (SWG) on the development of an aboriginal subsistence whaling management procedure (AWMP). *J.Cetacean Res. Manage.* 4 (Suppl.):148-177.
- Kirkwood, G. (1992): Report of the sub-committee on management procedures, Appendix 7. Summary of comments on procedures. *Rep. int. Whal. Commn*, 42:125-126.
- Ohsumi, S. (1973): Revised estimation of recruitment rate in the Antarctic fin whales. *Rep. int. Whal. Commn*, 23:192-199.
- Pella, J. J. and Tomlinson, P. K. (1969): A generalized stock production model. *Inter-Amer. Trop. Tuna Commn, Bull.*, 13:421-496.
- 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) : 水産資源学総論. 増補改訂版, 恒星社厚生閣, 東京, pp.406.
- 田中昌一 (2002) : 漁獲努力とCPUE—捕鯨をめぐる—. 鯨研叢書, 日本鯨類研究所, 8, pp.56.
- 梅崎義人 (1986) : クジラと陰謀—食文化戦争の知られざる内幕—. ABC出版, 東京, pp.270.

## 鯨資源の動態研究と管理

---

鯨研叢書 No.10

2003年9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



