

海洋生物資源の変動機構

松田裕之（横浜国立大学 環境情報研究院）

海の資源利用は飽和しているか？

国連食糧農業機構（FAO）によれば、「世界の水産資源の半数以上は乱獲されているか、すでに十分利用されている」（FAO 2000）。しかし、これは魚介類の種数で見た比率であり、水揚げ量の多くはカタクチイワシ、マイワシなどのプランクトン食浮魚類が占めている（図1）。底魚類の世界の水揚げ量は1970年頃に頭打ちになっているが、浮魚類の水揚げ量はまだ増産可能である。さらに、オキアミ類や中深層性のイカ類やハダカイワシ類なども生物体量は膨大であると見られている（笠松 2000）。1990年代の日本近海に分布するカタクチイワシ資源は、産卵量でみて、1980年代の同海域のマイワシ資源に劣らず高水準であったと見られている。

海洋生物資源が人間の漁獲量に比べてずっと多いことは、鯨類の摂食量の分析からも示唆される（Tamura & Ohsumi 1999、笠松 2000）。控えめな推定値によれば、鯨類の資源量は世界の漁獲量より少ないが、摂食量は漁獲量の数倍以上に達する（図2）。北太平洋で行われている調査捕鯨で得られた胃内容物（食性）調査では、北太平洋のミンククジラの餌の大部分は中深層性のイカ類やハダカイワシ類、カタクチイワシなどの浮魚類である。ただし、北太平洋ではカタクチイワシをそれほど漁獲していないので、漁業と直接餌をめぐる競争関係にあるとは限らない（Yodzis 2001）。翻って考えれば、鯨類などの海獣、海鳥類への影響を無視すれば、人類は今後も漁獲量を大幅に増産することができる。

浮魚類の魚種交替現象

上記のように、浮魚類の漁獲量は、まだ飽和しているとは言えない。ただし、浮魚類の資源

量は定常状態になく、自然変動が激しい。日本近海では、1960 - 70年代にはマサバ、1930年代と80年代にはマイワシ、1990年代にはカタクチイワシ、サンマ、マアジが高水準期であった（図3）。1990年前後、マイワシの産卵量と稚仔魚の生物体量は膨大であり、それが漁獲対象になる前に何らかの原因で激減し、資源が高齢化し、加入量が少なかったことがわかっている（Watanabe et al. 1995）。これは、これらの資源が減った原因が乱獲ではないことを示唆している。乱獲が原因なら、加入後の減耗が激しく、漁獲物が小型化したはずである。また、北東太平洋では、還元層に堆積した鱗の解析により、マイワシとカタクチイワシが有史以前から変動を繰り返してきたことがわかっている（Baumgartner et al. 1992）。このように、資源量が増える卓越種が時代とともに交替することを魚種交替現象という（松田 2003）。

上記のように、小型浮魚類の資源変動は自然変動であり、その変動機構は未解決だが、海況や水温の十年単位の変動（レジームシフト）、エルニーニョなどの地球規模での気候変化などの物理要因が原因とみる考え（Chaves 2003）と、魚種交替をする種間での生態学的関係（共通の餌である動物プランクトンをめぐる競争関係など）が原因とする仮説がある。数理生態学の理論によれば、2種の競争系では自律的な永久振動は得られないが、3種競争系では、自律的な永久振動が説明できる。Matsuda et al.（1992）は、マイワシ、カタクチイワシ、マサバの3種について、マイワシがマサバより強く、マサバがカタクチイワシより強く、カタクチイワシがマイワシより強い「3すくみ」関係によってこれら3種が変動するという仮説を提唱した

(MacCall 1996) この仮説によれば、魚種交替がいつ生じるかは気候変動が「引き金」になるが、次の卓越種は予想できる。つまり、3すくみ説によればカタクチイワシの次の卓越種はマサバであってマイワシではない。次にマイワシが増えたら、この仮説が誤りであることがわかる(反証可能性、松田 2000)。小型浮魚類の場合は、漁獲量だけでなく、卵稚仔調査によって推定された産卵量も漁獲量と同期して変動しており、実際に資源が負の相関を持って消長を繰り返していることがわかる。

これらの魚種は加入率(単位親魚量あたり加入量)が年ごとに海況条件などによって大きく変動することが知られている(初期生残率)が、資源崩壊期には加入の失敗が連続して高齢化する。回復期には少ない親魚量から高い加入率によって卓越年級群が連続して生じ、卓越年級群が成魚になり、さらに高い加入率に恵まれることにより、資源は急激に高水準期に達する。高水準期は10年以上維持され、やがて再び崩壊する。70年代末のマサバからマイワシへの交替、80年代末のマイワシからカタクチイワシへの交替は、崩壊と回復がほぼ同期して生じ、高水準期の重複も空白も生じていないが、それ以前や今後の魚種交替が重複や空白無しに生じるかは不明である。北米西海岸、南米西海岸など、他地域でもこれらの魚種の交替が知られている。1960年代から1980年代までは交替する魚種と時期が太平洋の3地域で一致していた(川崎1999#)が、現在では必ずしも一致していないという。

持続可能な漁業の理論

水産資源学の教科書には、持続的な管理について以下のように説明されている。資源量 B の時間変化は以下の微分方程式に従うとする。

$$(1) \quad dB/dt = r(1-B/K)B - EX$$

ただし t は時間、 r は内的自然増加率、 K は環境容量、 EX は漁獲量である。これが正の定常点を持つ条件は $EX \leq K \cdot r/4$ であり、その最大値(上の系では $K \cdot r/4$ に相当)を水産学では最大持続生産量(Maximum sustainable yield=MSY)という(松田・岡村 2003)。

しかし、MSY理論は生態系が不確実であること、非定常であること、複雑な種間関係があることをすべて無視している(Matsuda & Katsukawa 2002)。最近では生態系の相互作用を考慮した生態系管理の必要性が強調され(Christensen et al. 1996、松田 2000) 非定常状態と不確実性を前提にした順応的管理(adaptive management、適応的管理とも訳される)という考え方が導入されつつある(Walters 1997)。これは、21世紀『環の国』づくり会議(2001)の報告書でも取り入れられている。

これらの諸問題に共通するものは、科学的に十分立証されていない段階で方策を決める必要性に迫られていることである。このことは、1992年の国連環境開発会議(地球サミット)のリオデジャネイロ宣言では予防原則(precautionary principle)と呼ばれた。すなわち、「環境に対して深刻あるいは不可逆的な打撃を与えるとき、科学的に不確実だからという理由で環境悪化を防ぐ措置を先延ばしにしてはいけない」とされている(松田 2000)。今後の持続可能な漁業は、一つの資源を持続的に利用するだけでなく、生態系全体の保全と持続的な資源利用の調和を図る必要がある。

漁業管理は、今までは失敗の連続であった(Hannesson 1996)。それは、上記のような不確実性などを十分考慮しなかったことと、管理理論を実践に応用し、成否を再評価するという順応的管理を怠ったためであると考えられる。今後操作実験により環境への負荷をかけることができないとしても、過去に乱獲した資源につい

では、その歴史から資源状態をより正確に把握することができる。たとえば、乱獲されたシロナガスクジラの個体数は、乱獲されていないミンククジラに比べて推定制度が高いだらう。

少なくともプランクトン食浮魚類については、高水準期の漁獲量はMSY水準よりずっと低く、需給関係によって上限が決まっている。したがって、海洋の一次生産力が多少減ったとしても、ただちに漁獲量に影響が出るとは言えないだろう。

しかし、スケトウダラやサケ類などについては、何らかの影響が出る可能性も否定できない。

いずれにしても、結論を決めてから研究を始めるのは得策ではない。陸域と海域の生産性が相互にどのように関係しているかを研究することは重要であり、人為活動がこの相互関係にどのように影響するかにも興味があるが、陸域の人為活動が海域の生産性に大きな影響を及ぼしているかどうかは、研究してみないとわからないだろう。そして、人為活動の影響を含めた陸域と海域生産性の具体的な相互作用は、十分調べる価値があることだろう。

引用文献

- Baumgartner TR, Soutar A, Ferreira-Bartrina V (1992) CALCOFI Rep. 33, 24-40.
- Chavez FP, Ryan J, Lluch-Cota SE, Niquen NC (2003) *Science* **299**: 217-221.
- Christensen NL et al. (1996) *Ecol Appl* **6**:665-691.
- FAO Fisheries Department (1997). Fisheries Circular No. 920 FIRM/C920 (En). FAO, Rome.
- Hannesson R (1996) *Fisheries mismanagement: the case of the north Atlantic cod*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 160 pages.
- 笠松不二男(2000)『クジラの生態』恒星社厚生閣
- MacCall, A.D. (1976) *CalCOFI Rep.* 18: 136-148.
- 松田裕之(2000)環境生態学序説, 共立出版.
- 松田裕之(2003)魚種交替. 海洋科学事典, 朝倉書店, 近刊.
- Matsuda H, Katsukawa T (2002) *Fish Oceanogr* **11** (6): 366-370
- 松田裕之・岡村寛(2002)生物資源の持続的管理. 巖佐庸他編『シミュレーションと生態系モデリング』朝倉書店, 46-61
- Matsuda H, Wada T, Takeuchi Y, Matsumiya Y (1992) *Res Pop Ecol* **34**:309-319.
- 21世紀『環の国』づくり会議 (2001) 報告書第4節「生態系の環 - 自然と共生する社会の実現のために - 」, 首相官邸, 東京.
- Tamura T., Ohsumi S. (1999) *Estimation of total food consumption by cetaceans in the world's oceans*. Institute for Cetacean Research, Tokyo.
- Watanabe Y, Zenitani H and Kimura R. (1995). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52:1609-1616.
- Yodzis P (2001) *Trend Ecol Evol* **16**:78-84.

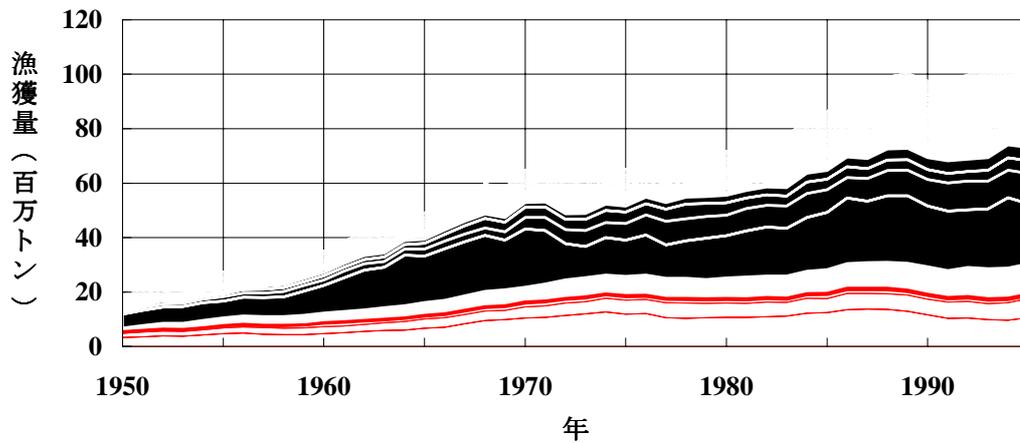


図1 世界の漁獲量。下の白い部分は底魚類、中の黒い部分は浮魚類、上の白い部分はその他を表わす (FAO データベースより作図)

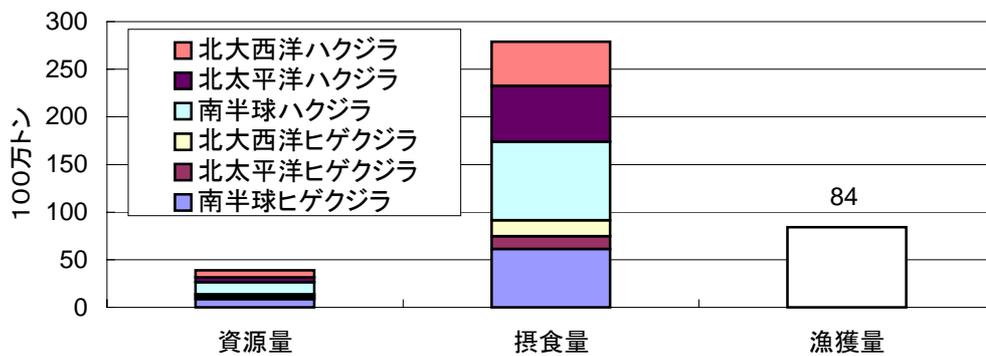


図2 鯨類の資源量，摂食量，および世界の漁獲量 (Tamura & Ohsumi 1999 より作図)

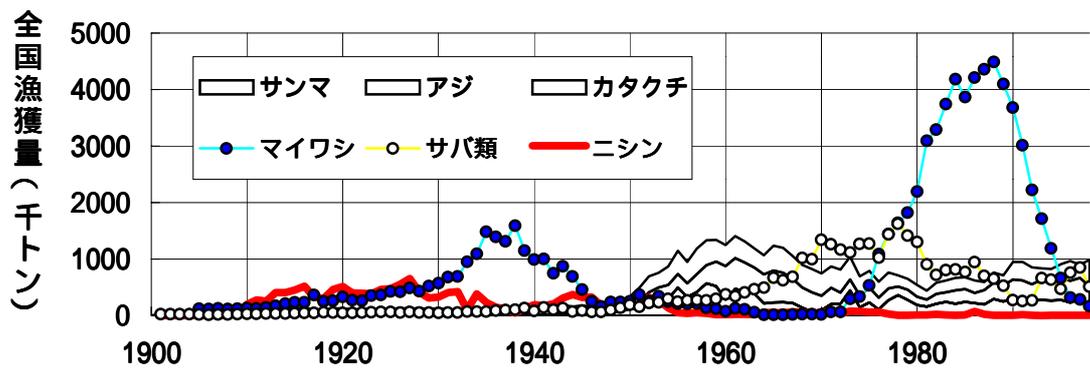


図3 日本の主な魚種の全国漁獲量 (農林水産統計より描いた松田 2000 を改変)