

## 平成16年ホッケ道北系群の資源評価

責任担当水研：北海道区水産研究所（本田聡）

参画機関：北海道立稚内水産試験場、北海道立中央水産試験場、北海道立網走水産試験場

### 要 約

ホッケ道北系群の漁獲量は、1980年代前半にいったん底を打った後、その後年々増加し、1998年には205千トンに達した。その後再び減少し、1999年以降は120～140千トン前後で推移している。漁獲量の大半を占める道北日本海側の沖合底びき網漁業（以下沖底）のCPUEは1993年以降増加傾向を示し、近年は3～4トン/網と高い水準を維持している。またプロダクションモデルによる計算では、近年資源量は高水準で、さらに増加傾向にあると推定された。これらの情報から、水準は高位、動向は増加と判断した。平成16年ABC算定のための基本規則1-2)-(1)のプロダクションモデルを用いて、ABC<sub>limit</sub>にはF<sub>msy</sub>に相当する漁獲量：256千トン、ABC<sub>target</sub>には0.8F<sub>msy</sub>に相当する漁獲量：205千トンを設定した。

|                       | 2005年ABC | 資源管理基準              | F値 | 漁獲割合 |
|-----------------------|----------|---------------------|----|------|
| ABC <sub>limit</sub>  | 256千トン   | F <sub>msy</sub>    | -  | 85%  |
| ABC <sub>target</sub> | 205千トン   | 0.8F <sub>msy</sub> | -  | 68%  |

漁獲割合はABC/資源量。またプロダクションモデルにおけるFは漁獲割合を示す。

| 年    | 資源量(千トン) | 漁獲量(千トン) | F値 | 漁獲割合 |
|------|----------|----------|----|------|
| 2002 | 256      | 121      | -  | 47%  |
| 2003 | 279      | 138      | -  | 49%  |
| 2004 | 269      | -        | -  | -    |

水準：高位      動向：増加

### 1. まえがき

ホッケ道北系群は、北海道北部海域における漁業、特に沖合底びき網漁業の主要漁獲対象資源の一つである。

### 2. 生態

#### (1) 分布・回遊

主分布域は、積丹半島付近より北側の北海道日本海側、サハリン南西岸、およびオホーツク海沿岸である（図1、ホッケ研究グループ 1983）。稚魚・幼魚期に、主としてオホーツク海の表層で生活したのち、満1歳となる秋には底生生活に移る。着底後のホッケの大

部分は日本海に移動するが、一部のものはオホーツク海に残って、さらに1～2年間生活する。越冬した1歳魚は、“春ボッケ”として一部の経産卵魚とともに密集して浮上し、活発に索餌する。

## (2) 年齢・成長

ホッケ道北系群における平均的な成長は、以下の成長式によって示される（入江1983）：

$$L_t = 452[1 - \exp\{-0.272(t + 1.295)\}]$$

$$W = 0.80 \times L^{3.126} \times 10^{-5}$$

L:体長(mm)、W:体重(g)、t:年齢

この式を用いて、満年齢における計算体長と計算体重を求め、図2に示した。年齢の起算日については、生まれた翌年の1月1日を便宜的に誕生日とし、その後毎年1月1日に加齢させる。寿命は8～9歳。成熟までの成長は比較的早いですが、成熟後（3歳以降）の成長は頭打ちとなり、年齢による体長の違いを検出することが困難となる。

## (3) 成熟・産卵

成熟した魚は、産卵場の近辺を生活の領域とする“根ボッケ”となって、広い範囲の移動・回遊を行わなくなる。1歳の終わり（満2歳）に一部（3割）成熟するものがあり、2歳の終わり（満3歳）には大部分が成熟する。産卵期は9月中旬～11月上旬で、利尻・礼文島の沿岸および武蔵堆の最浅部で産卵する。産卵回数は1産卵期当たり2～4回。1回に2,800～4,500粒を産卵する。

## (4) 被捕食関係

仔魚期には主にカイアシ類を、未成魚期にはヨコエビ類を多く捕食する。岩礁周辺に定着するようになると、魚類、魚卵、イカ類、エビ類、ヨコエビ類、オキアミ類などさまざまな種類の動物を食べる（夏目 2003）。

# 3. 漁業の状況

## (1) 漁業の概要

道北系のホッケは、沖合底びき網（沖底、以下同じ）、刺し網、底建網、まき網などによって漁獲される。各漁業の主漁期、主漁場、および主漁獲対象は、下表のように整理される：

| 漁業種類 | 漁 期         | 漁 場                        | 漁獲対象   |
|------|-------------|----------------------------|--------|
| 沖 底  | ほぼ周年        | ノース場（留萌以北）、イース場（オホーツク）、武蔵堆 | 0 歳魚以上 |
| 刺し網  | 4～10月       | 利尻・礼文島周辺、武蔵堆周辺             | 1 歳魚以上 |
| 底建網  | 5～10月       | 利尻・礼文島周辺                   | 1 歳魚以上 |
|      | 5～7月、11～12月 | 網走～宗谷地方沿岸                  | 0 歳魚以上 |

## (2) 漁獲量の推移

ホッケ道北系群の漁獲量は、1980年代前半にいったん底を打った後、1980年代後半以降増加傾向にあった（図3）。さらに1997年級群が卓越年級群として出現したことにより（図6、後述）、翌1998年の漁獲量は205千トンと過去最大の水準に達した。その後漁獲量は減少したものの、1999年以降は120～140千トン前後と依然として高水準で推移している。総漁獲量の半分以上が道北日本海における沖底の漁獲量で占められている。

## (3) 漁獲努力量

沿岸漁業については漁獲努力量となりうる指標値は得られていないが、沖底については操業網数を漁獲努力量として用いることが出来る。1980年代前半は5万網を越える漁獲努力量が投下されていたが、その後徐々に網数は減少し、近年は2～3万網前後で推移している（表1、図4）。

# 4. 資源の状態

## (1) 資源評価の方法

沖底の漁獲量が系群全体の漁獲量の7～8割を占め、かつ後述のようにCPUEおよび資源量指数の変動が漁獲量の推移とも良く一致することから（表1、図3、図4、図5）、沖底によるCPUEを当該資源の動向を代表する指標と考え、非平衡プロダクションモデルにより資源量、MSY水準ならびにMSYを与える漁獲割合、漁獲努力量などの推定を行った。手法の詳細については補足資料1を参照されたい。

## (2) 資源量指標値の推移

沖底は、北部日本海およびオホーツク海の両海域において操業しているが、そのCPUEは北部日本海側では近年5～6トン/網と高い値を示しているのに対して、オホーツク海では1～2トン前後で推移しており、海域間で異なる（表1）。両海域を総合した沖底CPUEは1993年以降増加傾向を示し、近年は3～4トン/網と高い水準を維持している（表1、図4）。前述の通り、CPUEの動向は総漁獲量の動向ともよく一致している（表1、図3、図4）。

資源量の増減が分布密度の増減よりもむしろ漁場の拡大・縮小として現れるような資源あるいは漁業では、資源量の動向がCPUEに現れにくいことも考えられる。そこで、沖底による資源量指数の動向をCPUEと併せて示した（図5）。この資源量指数は、緯度経度10分毎に区切られた小海区におけるCPUEを全て合算したもので（入江 1982）、漁場の拡大や縮小などの影響を加味した資源量の指標値として扱うことが出来る。

比較の結果、いずれの時期においてもCPUEと資源量指数の動向は一致しており、さらに漁獲量の動向とも同様の推移を示した（図3、図5）。このことから、沖底CPUEを当該資源の動向を代表する指標値として扱うこととした。

## (3) 漁獲物の年齢組成

ホッケ道北系群漁獲物の体長組成を、複合正規分布の分解法（相澤・滝口 1999）によ

り各年齢に振り分けた結果の経年変化を図6に示す（2003年の一部の漁獲データについては耳石による年齢査定結果を併用した）。前述の通り、ホッケの体成長の速度は、成熟に達して以降鈍る特徴があるため（図2）、高齢魚については体長情報のみから正確な年齢分解を行うことには困難が伴う。しかし、0, 1歳といった若齢部分については、体長を指標とした年齢判別は有効であると考えられる。

図6から明らかなように、近年の主たる漁獲対象年齢は0および1歳魚である。2歳魚以上の個体が占める割合は全体の2割弱程度と少ない。

#### (4) 資源量の推移

非平衡プロダクションモデルを用いて、ホッケ道北系群の資源量およびその経年変化について推定した（表2、図7、補足資料1を参照）。その結果、当該資源における推定資源量は1986年以降ほぼ一貫して増加傾向にあり、近年は200千トンを超えて更に上昇しつつある（図7）。また2004年当初の推定資源量 $B_{2004}=269$ 千トンは、 $B_{limit}$ （ $= B_{limit}/2: 95$ 千トン）を大きく上回った（表2）。ただし、プロダクションモデルにおける資源量推定値そのものは、パラメタのわずかな違いによって大きく変動することがある一方で、 $MSY$ 水準と資源量の比などはロバストであることが示されていることから（Prager 1994）、2004年当初の資源量推定値 $B_{2004}$ と $MSY$ 水準の資源量 $B_{msy}$ との比をとった相対値を併せて示した（表2）。その結果、 $B_{2004}/B_{msy}=141\%$ となり、現在の資源量水準が $MSY$ 水準よりも4割ほど高い位置にあるであろうことが示された。

ただし、近年における実際のCPUEとプロダクションモデルから推定されるCPUEの推移を比較すると、プロダクションモデルから推定されるCPUEは1999年以降一貫して上昇傾向と推定されたのに対して、実際の漁業から得られるCPUEは変動しつつも3トン後半台で推移しており（（5）にて後述）、若干の食い違いが見られ（図8）、このことが、近年CPUEが増加していないにもかかわらず、推定資源量が増加し続ける結果に繋がっている。現時点では、これがCPUEの観測誤差なのか、それとも資源量の推移を誤って過大に見積もっているのかの判断は難しい。本評価では、近年の資源の動向についても、1980年以降のCPUEの推移の一連の流れの中にあるものとして、プロダクションモデルによる資源量推定結果を優先して採用するが（後述）、今後、CPUEの推移および理論値と実測値の当てはまり具合について注視する必要がある。

#### (5) 資源の水準・動向

当該海域における過去20年分（1985～2004年）の推定資源量の変化から資源水準を、また過去5年間（2000～2004年）の推定資源量の変化から資源動向を判断した。上述のように、当該資源は1980年代後半に比べて大幅に増加しており、現在も増加傾向を維持している。この結果から、2004年の資源水準は高位、また資源動向は増加と判断される。

一方、沖底CPUEおよび資源量指数の推移からも、現在の資源が高水準にあることが示唆された（図4、図5）。ただし、1999年以降については、CPUEは3～4トン/網前後で安定しており、動向については横ばいと思なす事も可能であったが、今回の評価ではプロダク

ションモデルによる推定資源量の動向を優先した。

## 5. 資源管理の方策

1990年代以降、資源豊度は高い水準にあると判断された。また、2004年当初の推定資源量 $B_{2004}=269$ 千トンは、 $B_{limit}$  (=95千トン) および $B_{msy}$  (=191千トン) を上回っている。これらの事から、現行の漁獲圧は資源に対して悪影響を与えているとは考え難く、現段階で漁獲量あるいは努力量に何らかの制限を施す必要は無いと判断する。

## 6. 2005年ABCの算定

### (1) 資源評価のまとめ

ホッケ道北系群の資源水準は高位、動向は増加である。現行の漁獲圧が資源に悪影響を与えているとは考え難く、現段階では特に漁獲規制等の方策をとる必要はない。ただし、プロダクションモデルによって得られた資源量推定値の絶対値そのものは、パラメタのわずかな違いによって大きく変動する危険性があることから、 $ABC_{limit}$ 以外に、安全率として $ABC_{limit}$ に0.8を乗した $ABC_{target}$ を併せて提示することとする。

### (2) ABCの算定

上述の通り、2004年当初の推定資源量 $B_{2004}$ が $B_{limit}$ を上回ったことから、ABC算定にあたっては平成16年ABC算定のための基本規則1-2)-(1)に従い、以下のように $F$  (=漁獲率) を決定する (表2) :

$$F_{limit}=F_{msy}=r/2=0.852 \text{ (85.2\%)}$$

$$F_{target}=F_{limit} \times 0.8=0.682 \text{ (68.2\%)}$$

ここで、努力量 $E$ は $F/q$ で求まるので

$$E_{limit}=F_{msy}/q=60 \text{ (千網)}$$

$$E_{target}=F_{target}/q=48 \text{ (千網)}$$

上述の努力量を投下した場合に想定される漁獲量をプロダクションモデルで得られた各パラメタ値を用いて計算すると、

$$ABC_{limit}=256 \text{ (千トン)}$$

$$ABC_{target}=205 \text{ (千トン)}$$

となる。

(2005年ABC)

|                | 2005年ABC | 資源管理基準       | F値 | 漁獲割合 |
|----------------|----------|--------------|----|------|
| $ABC_{limit}$  | 256千トン   | $F_{msy}$    | -  | 85%  |
| $ABC_{target}$ | 205千トン   | $0.8F_{msy}$ | -  | 68%  |

漁獲割合は $ABC/\text{資源量}$ 。またプロダクションモデルにおける $F$ は漁獲割合を示す。

なお、本系群における漁獲割合は非常に高い値を取るが、これは、主たる漁獲対象が、成長に伴う個体の増重が非常に大きな0, 1歳の若齢魚であることが背景にある (図6)。漁獲割合は漁期初めの資源量を分母とし、その漁期中に獲られる漁獲量を分子とした割合と

して示されるが、漁期初めの時点では、その後漁獲対象となる0, 1歳魚の体重は非常に軽く、一方でこれらが漁獲される時期にはかなり個体重量も増加しているため、一見このように高い漁獲割合として表現されるものである。

### (3) 漁獲圧と資源動向

上述のように、非平衡プロダクションモデルを用いた計算では、近年の当該資源はMSY水準を4割ほど越える高い資源水準に達している可能性が示された。仮に今後漁獲圧が高まり、2005年以降、Fmsy水準およびその0.8倍のFによる漁獲が行なわれた場合の予測漁獲量の推移を下表および図9に示した。また下表では、最近年2003年の漁獲率から求めたFをFcurrentとし、それを20%刻みで変化させた場合に期待される漁獲量および資源量の変動も併せて示した。近年漁獲努力量は減少傾向にあり（図4）、今後数年の間に漁獲圧がFmsyに近い水準まで上昇することは考えにくい。逆にいえば、現在の漁獲努力量では、資源状態に対して相当に余裕を持って漁獲を行っていることになり、多少現状より漁獲圧が高まることがあっても、それが資源に対して悪影響を与える危険性は低いと思われる。

| F<br>(=漁獲率, %) | 基準値                | 漁獲量 (千トン) |      |      |      |      | 資源量 (千トン) |      |      |      |      |
|----------------|--------------------|-----------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|
|                |                    | 2005      | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2005      | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| 49.3           | 1.0 Fcurrent       | 148       | 129  | 135  | 134  | 134  | 300       | 262  | 273  | 271  | 271  |
| 59.2           | 1.2 Fcurrent       | 178       | 137  | 148  | 147  | 148  | 300       | 232  | 250  | 249  | 249  |
| 68.2           | 0.8 Fmsy(=Ftarget) | 205       | 140  | 155  | 156  | 156  | 300       | 205  | 227  | 229  | 229  |
| 69.1           | 1.4 Fcurrent       | 207       | 140  | 155  | 157  | 157  | 300       | 202  | 225  | 227  | 227  |
| 85.2           | Fmsy(=Flimit)      | 256       | 131  | 153  | 161  | 162  | 300       | 154  | 179  | 189  | 191  |

### (4) ABCの再評価

| 評価対象年<br>(当初・再評価) | 管理<br>基準 | 資源量<br>(千トン) | ABClimit<br>(千トン) | ABCtarget<br>(千トン) | 漁獲量<br>(千トン) |
|-------------------|----------|--------------|-------------------|--------------------|--------------|
| 2003年(当初)         | Fmsy     | 371          | 190               | 133                | -            |
| 2003年(2003年再計算)   | Fmsy     | 321          | 243               | 195                | -            |
| 2003年(2004年再計算)   | Fmsy     | 279          | 238               | 190                | 138          |
| 2004年(当初)         | Fmsy     | 304          | 231               | 184                | -            |
| 2004年(再計算)        | Fmsy     | 269          | 230               | 184                | -            |

## 7. 引用文献

- 相澤康・滝口直之(1999) MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討, 水産海洋研究, 63: 205-214.
- 入江隆彦(1982) 解説. 北海道沖合底びき網漁業漁獲統計による魚種別・海区別の資源量指数経年表, 北海道区水産研究所, 釧路.
- ホッケ研究グループ(1983) 北海道周辺海域のホッケの分布, 回遊, 最近のホッケの調査研究, 北海道立中央水産試験場, 余市, 44-59.
- 入江隆彦(1983) 7. ホッケ道北群でのコホート解析, 水産学シリーズ46 水産資源の解析と評価 その手法と適用例(石井丈夫(編)), 恒星社厚生閣, 91-103.

夏目雅史(2003) ホッケ，漁業生物図鑑 新北のさかなたち（水島敏博，鳥澤雅（監修）），北海道新聞社，196-201.

Prager, M. H. (1994) A suite of extensions to nonequilibrium surplus-production model, Fish. Bull., 90: 374-389.

表1. ホッケ道北系群の海域別漁業種別漁獲量の推移

| 年    | 北海道西部   |        |      |         |           | オホーツク海 |        |      |         |           | 海域計              |         |
|------|---------|--------|------|---------|-----------|--------|--------|------|---------|-----------|------------------|---------|
|      | 沖底      |        |      |         | 沿岸<br>漁獲量 | 沖底     |        |      |         | 沿岸<br>漁獲量 | 沿岸漁獲量<br>(海域分けず) | 漁獲量     |
|      | 漁獲量     | 努力量    | CPUE | 資源量指数   |           | 漁獲量    | 努力量    | CPUE | 資源量指数   |           |                  |         |
| 1980 | 28,567  | 26,602 | 1.1  | 70,357  |           | 14,033 | 41,969 | 0.3  | 21,337  |           | 48,826           | 91,426  |
| 1981 | 22,043  | 21,964 | 1.0  | 99,348  |           | 34,453 | 32,223 | 1.1  | 41,786  |           | 52,271           | 108,767 |
| 1982 | 23,673  | 29,852 | 0.8  | 73,396  |           | 15,703 | 29,719 | 0.5  | 19,015  |           | 6,995            | 46,371  |
| 1983 | 12,969  | 29,647 | 0.4  | 49,696  |           | 4,212  | 24,151 | 0.2  | 5,833   |           | 15,897           | 33,078  |
| 1984 | 14,166  | 24,705 | 0.6  | 44,849  |           | 6,280  | 12,485 | 0.5  | 26,495  |           | 17,471           | 37,918  |
| 1985 | 7,545   | 23,587 | 0.3  | 33,950  | 12,322    | 10,640 | 17,916 | 0.6  | 24,417  | 3,454     |                  | 33,962  |
| 1986 | 12,054  | 27,266 | 0.4  | 34,645  | 8,270     | 17,434 | 14,659 | 1.2  | 44,191  | 7,813     |                  | 45,571  |
| 1987 | 20,397  | 22,019 | 0.9  | 70,431  | 11,571    | 20,457 | 21,328 | 1.0  | 39,403  | 7,041     |                  | 59,466  |
| 1988 | 23,185  | 26,121 | 0.9  | 50,620  | 17,031    | 17,908 | 17,832 | 1.0  | 36,684  | 7,424     |                  | 65,548  |
| 1989 | 25,105  | 21,108 | 1.2  | 83,019  | 13,326    | 24,869 | 26,123 | 1.0  | 33,995  | 5,344     |                  | 68,644  |
| 1990 | 52,699  | 30,182 | 1.7  | 126,811 | 11,586    | 22,734 | 25,332 | 0.9  | 51,091  | 5,646     |                  | 92,665  |
| 1991 | 48,445  | 30,577 | 1.6  | 115,861 | 19,523    | 18,846 | 20,717 | 0.9  | 41,722  | 3,885     |                  | 90,698  |
| 1992 | 35,041  | 30,119 | 1.2  | 101,681 | 21,206    | 4,749  | 12,962 | 0.4  | 19,116  | 5,476     |                  | 66,472  |
| 1993 | 52,199  | 21,953 | 2.4  | 142,609 | 18,546    | 23,389 | 16,040 | 1.5  | 71,401  | 7,693     |                  | 101,826 |
| 1994 | 77,369  | 22,364 | 3.5  | 253,284 | 19,000    | 16,862 | 18,067 | 0.9  | 35,070  | 5,654     |                  | 118,886 |
| 1995 | 108,000 | 25,348 | 4.3  | 352,493 | 21,141    | 10,478 | 18,804 | 0.6  | 64,363  | 9,176     |                  | 148,796 |
| 1996 | 81,310  | 21,781 | 3.7  | 282,105 | 25,191    | 25,391 | 17,428 | 1.5  | 47,862  | 12,571    |                  | 144,464 |
| 1997 | 106,621 | 21,594 | 4.9  | 446,212 | 27,386    | 23,657 | 17,999 | 1.3  | 51,435  | 12,201    |                  | 169,864 |
| 1998 | 124,626 | 21,165 | 5.9  | 421,250 | 24,450    | 42,930 | 18,711 | 2.3  | 178,566 | 13,079    |                  | 205,086 |
| 1999 | 88,431  | 20,460 | 4.3  | 272,378 | 18,624    | 15,788 | 11,634 | 1.4  | 64,123  | 10,546    |                  | 133,389 |
| 2000 | 86,252  | 17,456 | 4.9  | 416,383 | 17,251    | 22,979 | 12,102 | 1.9  | 129,178 | 10,123    |                  | 136,604 |
| 2001 | 84,316  | 13,906 | 6.1  | 508,394 | 24,788    | 14,249 | 11,432 | 1.2  | 52,491  | 5,704     |                  | 129,057 |
| 2002 | 66,266  | 11,118 | 6.0  | 384,658 | 22,839    | 17,771 | 12,780 | 1.4  | 76,413  | 13,941    |                  | 120,818 |
| 2003 | 70,726  | 11,840 | 6.0  | 430,698 | 30,708    | 23,492 | 12,646 | 1.9  | 75,803  | 12,616    |                  | 137,542 |

単位：トン、努力量：網数、CPUEおよび資源量指数：トン/網

北海道西部（沖底）：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料（中海区：道西）

北海道西部（沿岸）：北海道水産現勢（檜山と渡島を除く日本海）

オホーツク海（沖底）：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料（中海区：オホーツク）

オホーツク海（沿岸）：北海道水産現勢（根室海峡を除くオホーツク海）

沿岸漁獲量（海域計）：北海道水産現勢（後志、石狩、留萌、宗谷、網走支庁管内の漁獲量から、同海域における沖底漁獲量を減算）

表2. プロダクションモデルによるホッケ道北系群の資源量推定結果

|                                                |          |
|------------------------------------------------|----------|
| 2003年の                                         |          |
| 総漁獲量 (トン)                                      | 137,542  |
| 沖底の努力量 (網)                                     | 24,486   |
| 推定されたパラメタ                                      |          |
| r                                              | 1.70     |
| q                                              | 0.000014 |
| K (トン)                                         | 381,858  |
| B <sub>0</sub> (トン)                            | 60,137   |
| MSYを達成する目標値                                    |          |
| MSY (トン)                                       | 162,663  |
| E <sub>msy</sub> (網)                           | 59,546   |
| B <sub>msy</sub> (トン)                          | 190,929  |
| 推定された資源量                                       |          |
| B2003                                          | 278,864  |
| B2003/B <sub>msy</sub>                         | 146.1%   |
| 2003年の漁獲率 (重量基準, F2003)                        | 49.3%    |
| B <sub>limit</sub> (B <sub>msy</sub> /2, トン)   | 95,464   |
| B2004 (トン)                                     | 269,481  |
| B2004/B <sub>msy</sub>                         | 141.1%   |
| 管理目標値                                          |          |
| F <sub>limit</sub> (=漁獲率limit)                 | 85.2%    |
| F <sub>target</sub> (=F <sub>limit</sub> *0.8) | 68.2%    |
| E <sub>limit</sub> (網)                         | 59,546   |
| E <sub>target</sub> (網)                        | 47,636   |
| ABC <sub>limit</sub> (トン)                      | 255,774  |
| ABC <sub>target</sub> (トン)                     | 204,619  |

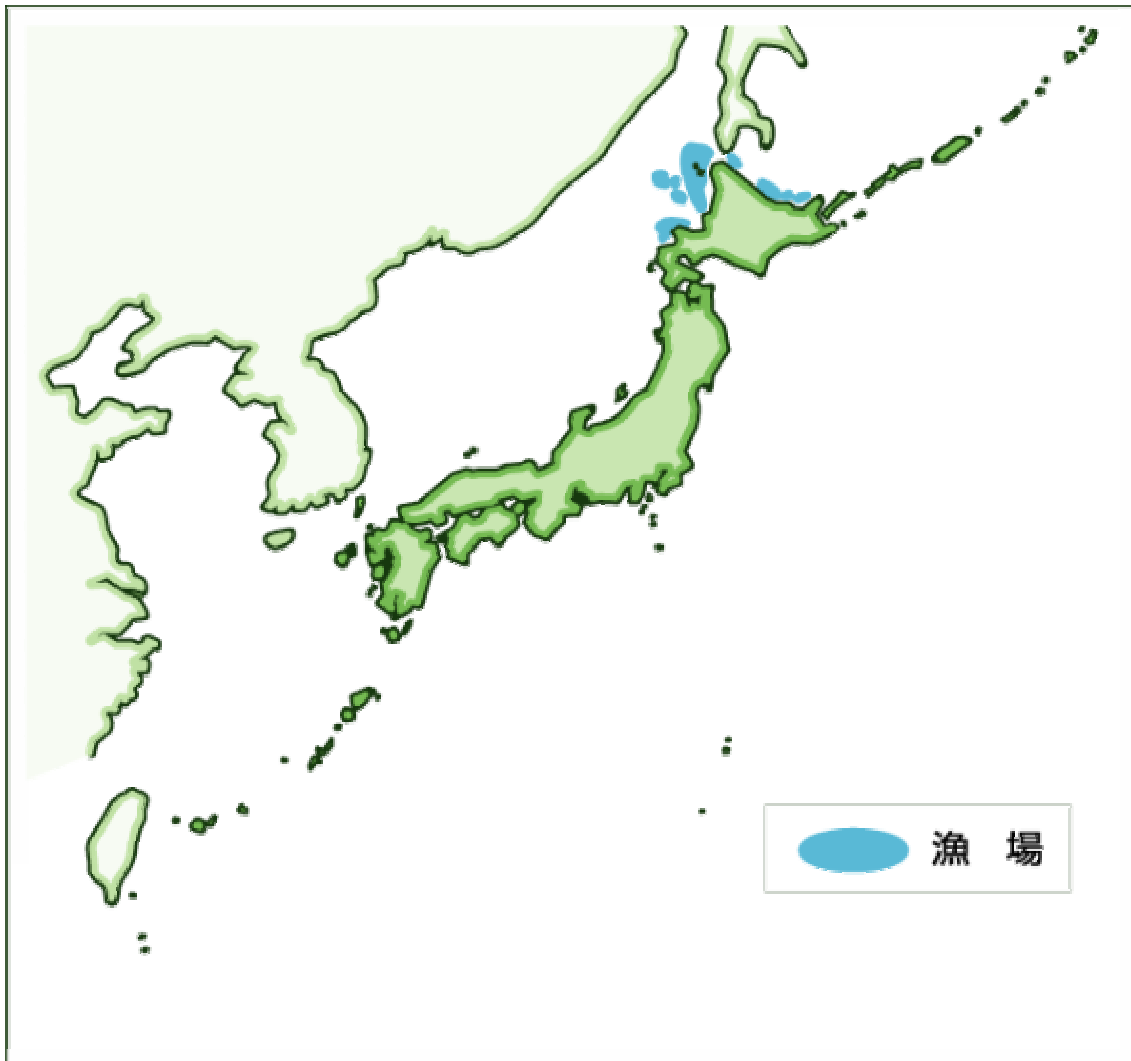


図1. ホッケ道北系群の漁場位置（ [ ホッケ研究グループ(1983) ] を改変 ）

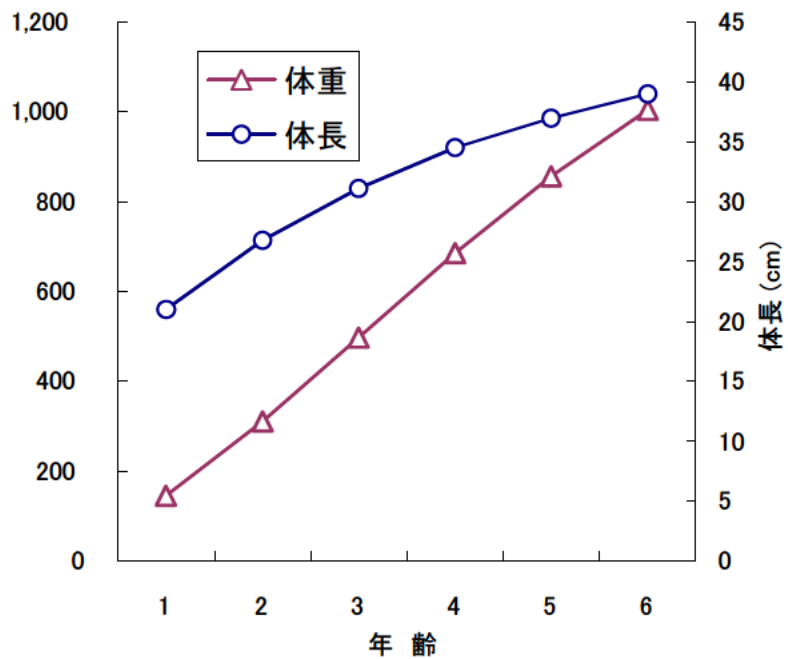


図2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係（入江 1983）

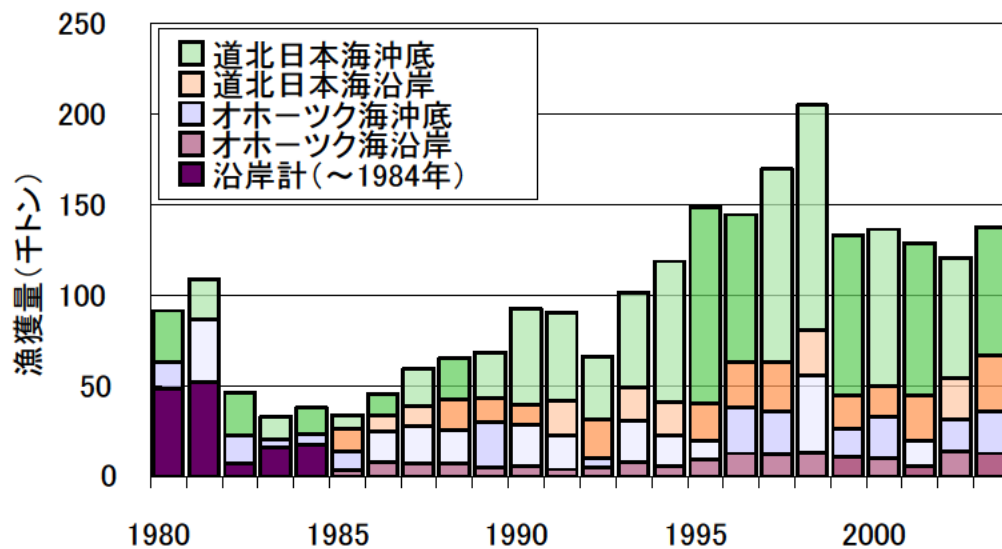


図3. ホッケ道北系群の海域別漁業種別漁獲量の推移

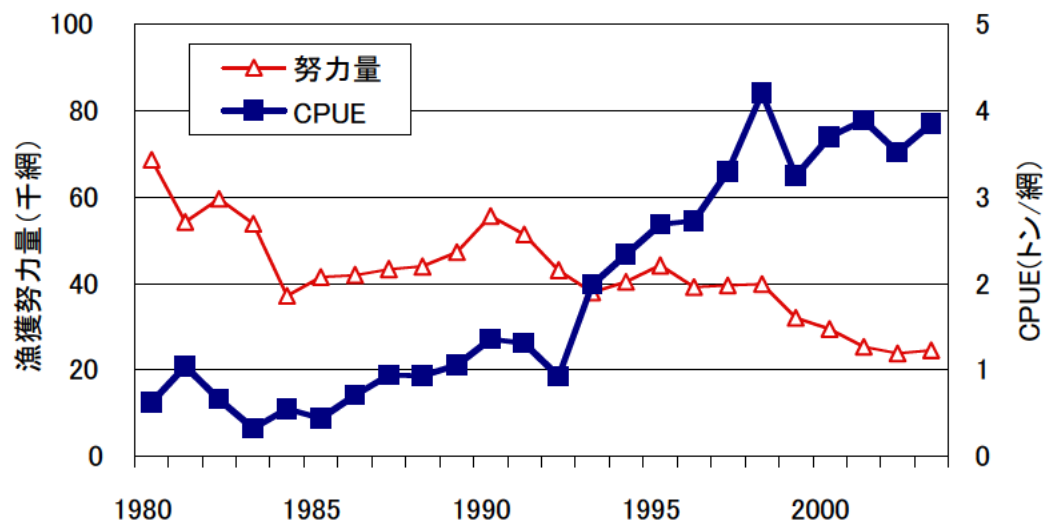


図4. ホッケ道北系群に対する沖底（道北日本海+オホーツク海）の漁獲努力量およびCPUEの推移

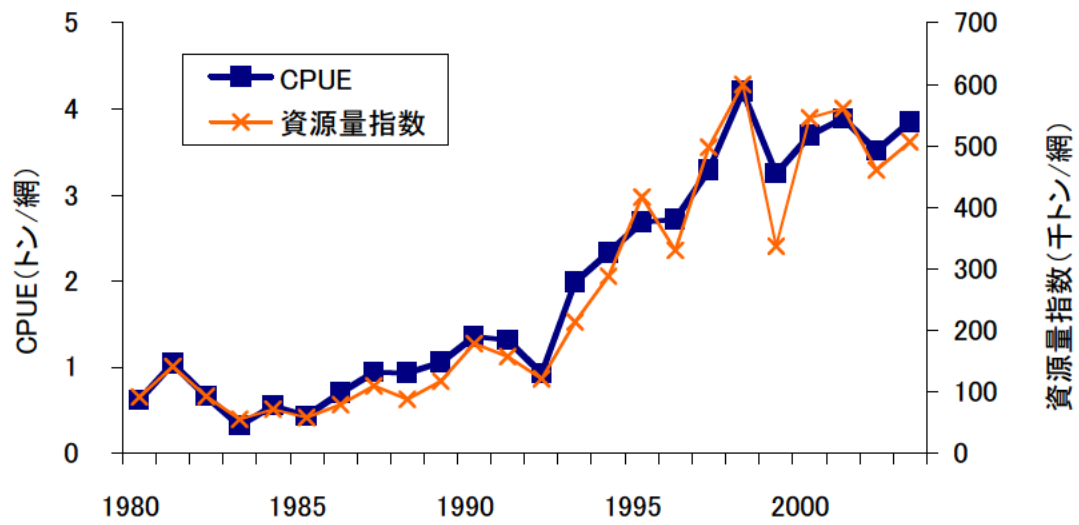


図5. ホッケ道北系群に対する沖底（道北日本海+オホーツク海）のCPUEおよび資源量指数の推移

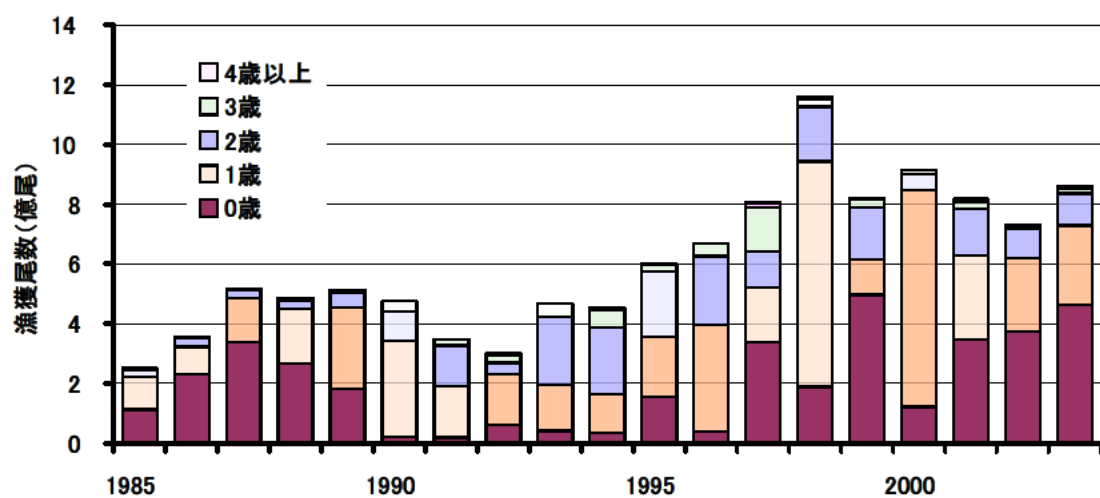


図6. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移

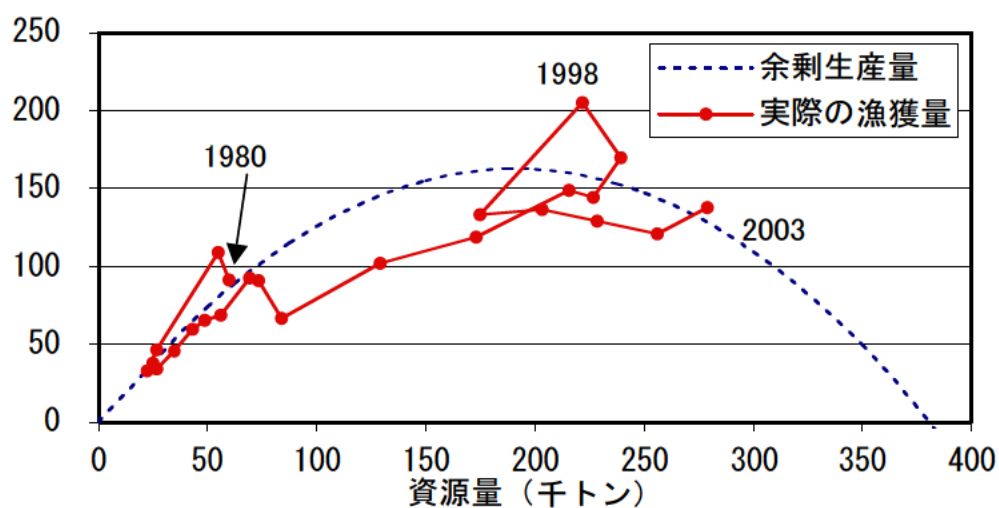


図7. ホッケ道北系群の推定資源量に対する余剰生産量の関係と実際の漁獲量の推移

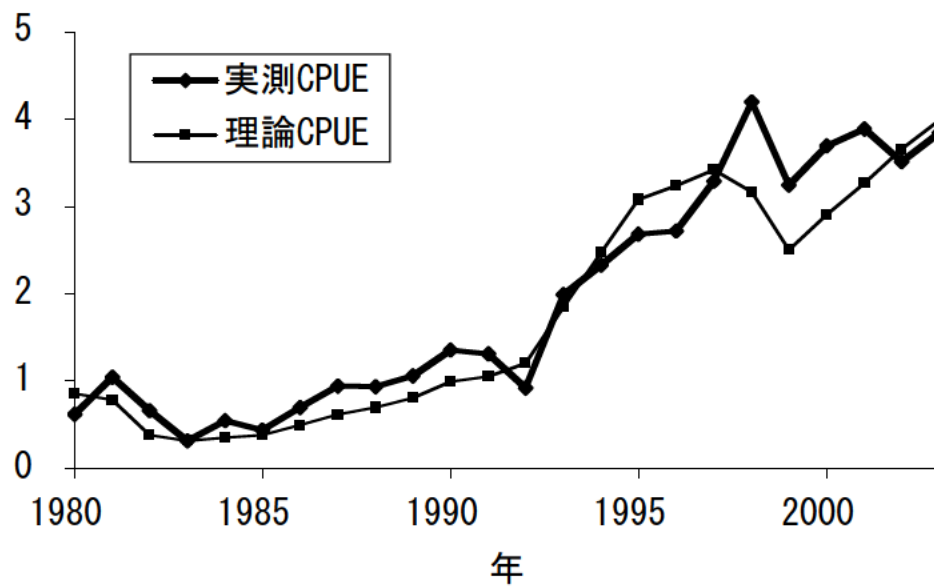


図8. プロダクションモデルにおいて推定された理論CPUEおよび実際のCPUEの推移

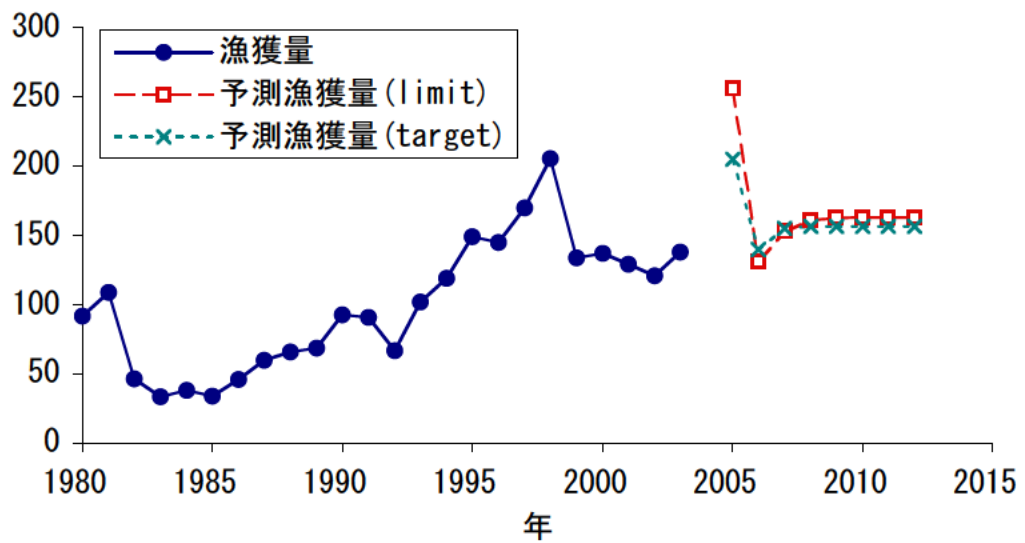


図9. ホッケ道北系群の漁獲量の推移と将来予測 (ElimitあるいはEtargetに従って漁業が行われた場合)

#### 補足資料1

- ・ 沖底の漁獲量が系群全体の漁獲量の8割を占めており、かつCPUEの変動が総漁獲量の推移とも良く一致することから（図2、図3）、沖底のCPUEが当該資源の動向を代表すると考え、平成16年ABC算定のための基本規則1-2)の非平衡プロダクションモデルにより資源量、MSY水準ならびにMSYを与える漁獲死亡係数、漁獲努力量などの推定を行った。モデルは以下に示す式を用いた：

$$B_{t+1} = B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \quad (\text{Haddon } 2001)$$

ここで、

$B_t$ : t年における資源量

r: 内的自然増加率

K: 環境収容力

$C_t$ : t年における漁獲量（ここでは、沖底及び沿岸漁業の総計値）

また目的関数には、対数尤度：

$$LL = -\frac{n}{2} (\ln(2\pi) + 2\ln(\hat{\sigma}) + 1) \quad (\text{Haddon } 2001)$$

を考え、この最大化によりパラメタを推定した。ここで

$I_t$ : t年における沖底のCPUE

n: 計算に用いたデータの年数

また、

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_t \frac{(\ln I_t - \ln \hat{I}_t)^2}{n}$$

である。最適なパラメタ値の探索にはマイクロソフト社製エクセルのソルバー機能を用いた。計算の結果、当該資源におけるMSYは163千トン、MSYを与える資源量Bmsyは191千トンと推定された（表2）。2003年段階での資源量(B2003)は279千トンでBmsyを4割強ほど上回り（図7）、また同年の漁獲量が138千トンであったことから、重量基準での漁獲割合は49%となった。2004年当初の資源量(B2004)は269千トンで、B2003同様にBmsyを4割ほど上回っている。

- ・ 年齢別漁獲尾数が算定されていることから（図5）、コホート解析による資源評価の適用も検討に上ったが、1) 成熟以降の成長が鈍るために、体長組成を用いた年齢分解の精度を保つことが困難であること、2) 成長にともない漁獲対象資源から逸散する親魚資源量を漁獲による死亡に組み込んでしまうために、親魚資源量を過小に推定し、誤った再生産関係を導いてしまう危険があることなどの理由から、ABC算定のための基本規則1-1)の採用は見送っている（本田 2001）。
- ・ 使用するデータの年代によってプロダクションモデルの結果がどの程度変化するかを検証する目的で、本評価において用いた1980年以降のデータセットの他に、漁獲量が増加し始め、特にすり身の材料として沖底が積極的にホッケを獲り始めた1990年以降のデータを用いて、プロダクションモデルを適用し、結果を比較した。計算の結果、K=547千トン、Bmsy=273千トン、B2004=397千トンと、1980年以降の全てのデータセットを用いた場合に比

べていずれも大きな値を示した（付表4、付図1）。ただし、Bmsyに対するB2004の比は145.5%と、1980年以降のデータを使った場合の値：141.1%とほぼ同様の値を示し（付表4）、また推定資源量、余剰生産量資源量および漁獲量の推移も（付図1）、値こそ大きな側に変化したものの、その動向は1980年以降のデータを全て用いた場合とほぼ同様であった（図7）。これらの結果から、使用する年代を1990年以降に変更した場合でも、現状の資源量推定値が良好で、Bmsy水準を超える付近にあるとする、同様の推定結果が得られることを確認した（ただし、近年の実測CPUEの推移（横ばい）とプロダクションモデルから求められるCPUEの推移（上昇）が一致せず、その結果としてCPUEが安定しているにもかかわらず資源量推定値が増加し続けるという点は、データセットの年限にかかわらず同様に生じている（4-(4)参照））。

Haddon, M. (2001) Surplus-production models. Modelling and quantitative methods in fisheries (Ed. Haddon, M), Chapman & Hall/CRC, 279-328

本田聡(2001) 平成13年ホッケ道北系群（留萌以北+オホーツク）の資源評価，我が国周辺水域の漁業資源評価，501-508.

付表

付表1. 沖底（道北日本海+オホーツク海）の漁獲努力量、CPUEおよび資源量指数の推移  
（図4および図5の元データ）

| 年    | 漁獲量     | 努力量    | CPUE | 資源量指数   |
|------|---------|--------|------|---------|
| 1980 | 42,600  | 68,571 | 0.6  | 91,694  |
| 1981 | 56,496  | 54,187 | 1.0  | 141,134 |
| 1982 | 39,376  | 59,571 | 0.7  | 92,411  |
| 1983 | 17,181  | 53,798 | 0.3  | 55,529  |
| 1984 | 20,447  | 37,190 | 0.5  | 71,344  |
| 1985 | 18,185  | 41,503 | 0.4  | 58,367  |
| 1986 | 29,488  | 41,925 | 0.7  | 78,836  |
| 1987 | 40,854  | 43,347 | 0.9  | 109,834 |
| 1988 | 41,092  | 43,953 | 0.9  | 87,304  |
| 1989 | 49,974  | 47,231 | 1.1  | 117,014 |
| 1990 | 75,434  | 55,514 | 1.4  | 177,902 |
| 1991 | 67,290  | 51,294 | 1.3  | 157,583 |
| 1992 | 39,790  | 43,081 | 0.9  | 120,797 |
| 1993 | 75,588  | 37,993 | 2.0  | 214,010 |
| 1994 | 94,232  | 40,431 | 2.3  | 288,354 |
| 1995 | 118,478 | 44,152 | 2.7  | 416,856 |
| 1996 | 106,701 | 39,209 | 2.7  | 329,967 |
| 1997 | 130,277 | 39,593 | 3.3  | 497,647 |
| 1998 | 167,556 | 39,876 | 4.2  | 599,816 |
| 1999 | 104,219 | 32,094 | 3.2  | 336,501 |
| 2000 | 109,230 | 29,558 | 3.7  | 545,561 |
| 2001 | 98,565  | 25,338 | 3.9  | 560,885 |
| 2002 | 84,038  | 23,898 | 3.5  | 461,071 |
| 2003 | 94,218  | 24,486 | 3.8  | 506,501 |

漁獲量：トン、努力量：網、CPUEおよび資源量指数：トン/網

付表2. 年齢別漁獲尾数の推移（図6の元データ）

| 年    | 1985   | 1986   | 1987   | 1988   | 1989   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0歳   | 11,209 | 23,198 | 33,662 | 26,650 | 18,077 | 1,983  | 1,818  | 6,229  | 4,126  | 3,582  |
| 1歳   | 11,010 | 9,002  | 15,002 | 18,478 | 27,365 | 32,182 | 17,232 | 16,765 | 15,325 | 12,670 |
| 2歳   | 2,367  | 3,131  | 2,467  | 2,654  | 5,132  | 10,028 | 13,668 | 3,960  | 22,715 | 22,348 |
| 3歳   | 431    | 247    | 479    | 659    | 734    | 3,360  | 1,966  | 2,569  | 4,473  | 5,982  |
| 4歳以上 | 114    | 18     | 73     | 64     | 10     | 37     | 25     | 427    | 44     | 837    |

| 年    | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   | 2000   | 2001   | 2002   | 2003   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0歳   | 15,453 | 3,953  | 33,734 | 18,935 | 49,752 | 12,158 | 34,713 | 37,354 | 46,251 |
| 1歳   | 20,205 | 35,593 | 18,474 | 75,465 | 11,772 | 72,533 | 28,285 | 24,771 | 26,579 |
| 2歳   | 22,002 | 23,137 | 12,031 | 18,300 | 17,413 | 5,379  | 15,311 | 9,662  | 10,788 |
| 3歳   | 2,310  | 4,145  | 14,887 | 2,596  | 2,553  | 1,312  | 2,646  | 1,037  | 1,810  |
| 4歳以上 | 21     | 161    | 1,451  | 747    | 491    | 66     | 920    | 92     | 487    |

（×万尾）

付表3. 推定資源量に対する余剰生産量の関係と、実際の漁獲量の推移（図7の元データ）

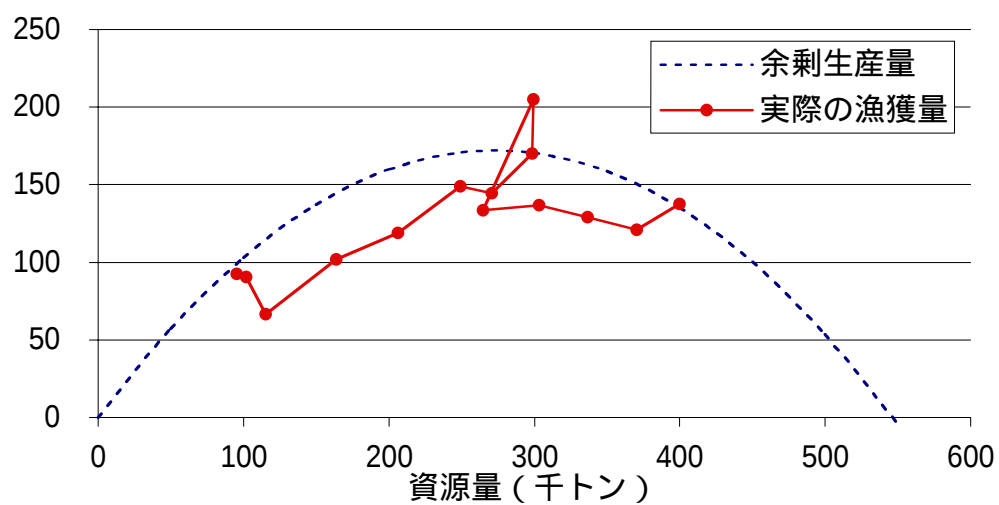
| 資源量 | 余剰生産量 | 年    | 漁獲量   | 資源量   |
|-----|-------|------|-------|-------|
| 0   | 0     | 1980 | 91.4  | 60.1  |
| 50  | 74    | 1981 | 108.8 | 55.0  |
| 100 | 126   | 1982 | 46.4  | 26.5  |
| 150 | 155   | 1983 | 33.1  | 22.3  |
| 200 | 162   | 1984 | 37.9  | 24.9  |
| 250 | 147   | 1985 | 34.0  | 26.6  |
| 300 | 110   | 1986 | 45.6  | 34.8  |
| 350 | 50    | 1987 | 59.5  | 43.2  |
| 400 | -32   | 1988 | 65.5  | 49.0  |
|     |       | 1989 | 68.6  | 56.3  |
|     |       | 1990 | 92.7  | 69.4  |
|     |       | 1991 | 90.7  | 73.5  |
|     |       | 1992 | 66.5  | 84.0  |
|     |       | 1993 | 101.8 | 129.2 |
|     |       | 1994 | 118.9 | 173.0 |
|     |       | 1995 | 148.8 | 215.4 |
|     |       | 1996 | 144.5 | 226.6 |
|     |       | 1997 | 169.9 | 239.1 |
|     |       | 1998 | 205.1 | 221.6 |
|     |       | 1999 | 133.4 | 174.9 |
|     |       | 2000 | 136.6 | 203.1 |
|     |       | 2001 | 129.1 | 228.5 |
|     |       | 2002 | 120.8 | 255.8 |
|     |       | 2003 | 137.5 | 278.9 |
|     |       | 2004 | -     | 269.5 |

（いずれも千トン単位）

付表4. 使用するデータセットを1990年以降に限定した場合の、プロダクションモデルによるホッケ道北系群の資源量推定結果（表2との対比として）

|                                                | データ使用年 1980年以降 1990年以降 |          |
|------------------------------------------------|------------------------|----------|
| 2003年の                                         |                        |          |
| 総漁獲量（トン）                                       | 137,542                | 137,542  |
| 沖底の努力量（網）                                      | 24,486                 | 24,486   |
| 推定されたパラメタ                                      |                        |          |
| r                                              | 1.70                   | 1.26     |
| q                                              | 0.000014               | 0.000011 |
| K（トン）                                          | 381,858                | 546,503  |
| B <sub>0</sub> （トン）                            | 60,137                 | 95,317   |
| MSYを達成する目標値                                    |                        |          |
| MSY（トン）                                        | 162,663                | 172,086  |
| E <sub>msy</sub> （網）                           | 59,546                 | 55,858   |
| B <sub>msy</sub> （トン）                          | 190,929                | 273,251  |
| 推定された資源量                                       |                        |          |
| B2003                                          | 278,864                | 399,897  |
| B2003/B <sub>msy</sub>                         | 146.1%                 | 146.3%   |
| 2003年の漁獲率（重量基準, F2003                          | 49.3%                  | 34.4%    |
| B <sub>limit</sub> （B <sub>msy</sub> /2, トン）   | 95,464                 | 136,626  |
| B2004（トン）                                      | 269,481                | 397,475  |
| B2004/B <sub>msy</sub>                         | 141.1%                 | 145.5%   |
| 管理目標値                                          |                        |          |
| F <sub>limit</sub> (=漁獲率limit)                 | 85.2%                  | 63.0%    |
| F <sub>target</sub> (=F <sub>limit</sub> *0.8) | 68.2%                  | 50.4%    |
| E <sub>limit</sub> （網）                         | 59,546                 | 55,858   |
| E <sub>target</sub> （網）                        | 47,636                 | 44,686   |
| ABC <sub>limit</sub> （トン）                      | 255,774                | 259,885  |
| ABC <sub>target</sub> （トン）                     | 204,619                | 207,908  |

付図



付図1. 使用するデータセットを1990年以降に限定した場合の、ホッケ移動北系群の推定資源量に対する余剰生産量の関係と実際の漁獲量の推移（図7との対比として）