

平成15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年代後半より年々増加し、1998年に205千トンに達した後減少し、1999年以降は120～130千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。また余剰生産量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。漁獲制御ルール 1-2-(1)の余剰生産量モデルを用いて、ABC_{limit}にはF_{msy}に相当する漁獲量：231千トン、ABC_{target}には0.8F_{msy}に相当する漁獲量：184千トンを設定した。

	2004年ABC	資源管理基準	F値*1	漁獲割合
ABC _{limit}	231千トン	F _{msy}	0.76	76%
ABC _{target}	184千トン	0.8F _{msy}	0.61	61%

1* プロダクションモデルにおけるFは、VPAなどで用いられるFとは時間単位が異なる（補足資料1の*1を参照）。将来予測においては、Fは漁獲割合と同値となる。

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F値*2	漁獲割合
2001	236	129	0.42	55%
2002	279	121	0.39	43%
2003	321	—	—	—

2* 補足資料1の*2を参照。

（水準・動向）

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（補足資料2の*3を参照）、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）：

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

$$W = 0.80 L^{3.126} \times 10^3$$

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日に加齢する。寿命は8～9歳。成熟までの成長は比較的早い、成熟後（3歳以降）の成長は頭打ちとなり、年齢による体長の差の検出が困難となる。

(3) 成熟・産卵生態

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) 主要漁業の概要

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。各漁業ごとの主漁期、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

1980年代後半以降、ホッケ道北系群の漁獲量は増加傾向にあった。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5、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120～130千トン前後と依然として高水準で推移している。漁獲量の大半は、オホーツク海と留萌以北日本海のいずれの海域においても沖底によって漁獲されている。

4. 資源の状態

(1) 資源評価方法

沖底の漁獲量が系群全体の漁獲量の8割を占め、かつ後述のようにCPUE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）、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を与える漁獲死亡係数、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*1を参照されたい。

(2) CPUE・資源量指数

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）。

(3) 漁獲物の年齢組成の推移

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（相沢・滝口 1999）により各年齢に振り分けた結果の経年変化を図5に示す。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5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1、図6、補足資料1の*4を参照）。その結果、当該資源における推定資源量は1980年代後半より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6）。また2003年当初の推定資源量 $B_{2003}=321$ 千トンは、 B_{limit} （=113千トン）を大きく上回った（表2）。

(5) 資源水準・動向の判断

当該海域における過去20年分（1983～2002年）の推定資源量の変化から資源水準を、また過去5年間（1998～2002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、2003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）。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を見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. 管理目標・管理基準値・2004年ABCの設定

(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。

(2) 資源管理目標

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、2003年当初の推定資源量 $B_{2003}=321$ 千トンは、 B_{limit} （=113千トン）および B_{msy} （=227千トン）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い。よって、資源水準を MSY の水準へ導くことを管理目標とする。

(3) 2004年のABCの設定

上述の通り、2003年当初の推定資源量 B_{2003} が B_{limit} を大きく上回ったことから、ABC算定にあたっては平成15年の漁獲制御ルール1-2)-(1)に従い、以下のように F を決定する（表2）：

$$F_{limit}=F_{msy}=r/2=0.76$$

$$F_{target}=F_{limit} \times 0.8=0.61$$

ここで、努力量 E は F/q で求まるので

$$E_{limit}=F_{msy}/q=46 \text{ (千網)}$$

$$E_{target}=F_{target}/q=37 \text{ (千網)}$$

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、

$$ABC_{limit}=231 \text{ (千トン)}$$

ABCtarget=184 (千トン)

となる。

なお、算定されたABCは、近年の漁獲量の約2倍に達する大きな値となった。すなわち、当該資源をMSYの水準に導くためには、漁獲努力をもっと投入する必要があることになる。

(2004年ABC)

	2004年ABC	資源管理基準	F値*1	漁獲割合
ABClimit	231千トン	Fmsy	0.76	76%
ABCtarget	184千トン	0.8Fmsy	0.61	61%

*1 プロダクションモデルにおけるFは、VPAなどで用いられるFとは時間単位が異なる（補足資料1の*1を参照）。将来予測においてはFは漁獲割合と同値となる。

(4) F値の変化による資源量および漁獲量の推移

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水準を越える非常に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、2004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7に示した。また下表では、最近5カ年の平均漁獲努力量の平均値から求めたFをFcurrentとし、その漁獲圧の下での漁獲量の変動も併せて示した。近年漁獲努力量は毎年減少傾向にあり（図4）、今後数年の間に漁獲圧がFlimitあるいはFcurrentの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	基準値	漁獲量 (千トン)								
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.50	Fcurrent (Fave-5yr)	151	152	152	152	152	152	152	152	152
0.61	Ftarget	184	165	165	165	165	165	165	165	165
0.76	Flimit	231	171	172	172	172	172	172	172	172

(5) 過去の管理目標・基準値、ABC（当初・再評価）のレビュー

評価対象年 (当初)	管理基準	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)	管理目標
2002年(当初)	Cave5-yr	-	130	104	121	現在の水準を維持
2003年(当初)	Fmsy	321	190	133	-	MSY水準の達成

なお、2002年の漁獲量ならびにABCの数値については、系群の分布範囲の変更に伴い（補足資料2の*3を参照）、再集計を行った。よって、平成13および14年の資源評価報告書に印刷された同系群におけるABCとは異なる。

6. 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, P:205-214.
- 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, P: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、pp. 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, P:196-201.

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 漁獲量	沖底			沿岸 漁獲量	漁獲量
	漁獲量	努力量	CPUE		漁獲量	努力量	CPUE		
1980	28,567	26,602	1.1		14,033	41,969	0.3		42,600
1981	22,043	21,964	1.0		34,453	32,223	1.1		56,496
1982	23,673	29,852	0.8		15,703	29,719	0.5		39,376
1983	12,969	29,647	0.4		4,212	24,151	0.2		17,181
1984	14,166	24,705	0.6		6,280	12,485	0.5		20,447
1985	7,545	23,587	0.3	12,322	10,640	17,916	0.6	3,454	33,962
1986	12,054	27,266	0.4	8,270	17,434	14,659	1.2	7,813	45,571
1987	20,397	22,019	0.9	11,571	20,457	21,328	1.0	7,041	59,466
1988	23,185	26,121	0.9	17,031	17,908	17,832	1.0	7,424	65,548
1989	25,105	21,108	1.2	13,326	24,869	26,123	1.0	5,344	68,644
1990	52,699	30,182	1.7	11,586	22,734	25,332	0.9	5,646	92,665
1991	48,445	30,577	1.6	19,523	18,846	20,717	0.9	3,885	90,698
1992	35,041	30,119	1.2	21,206	4,749	12,962	0.4	5,476	66,472
1993	52,199	21,953	2.4	18,546	23,389	16,040	1.5	7,693	101,826
1994	77,369	22,364	3.5	19,000	16,862	18,067	0.9	5,654	118,886
1995	108,000	25,348	4.3	21,141	10,478	18,804	0.6	9,176	148,796
1996	81,310	21,781	3.7	25,191	25,391	17,428	1.5	12,571	144,464
1997	106,621	21,594	4.9	27,386	23,657	17,999	1.3	12,201	169,864
1998	124,626	21,165	5.9	24,450	42,930	18,711	2.3	13,079	205,086
1999	88,431	20,460	4.3	18,624	15,788	11,634	1.4	10,546	133,389
2000	86,252	17,456	4.9	17,251	22,979	12,102	1.9	10,123	136,604
2001	84,316	13,906	6.1	24,788	14,249	11,432	1.2	5,704	129,057
2002	66,266	11,118	6.0	22,934	17,771	12,780	1.4	13,941	120,912

単位：トン、努力量：網数、CPUE：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）

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

2002年の	
総漁獲量 (トン)	120,912
沖底の努力量 (網)	23,898
推定されたパラメタ	
r	1.52
q	0.000016
K (トン)	453,427
B ₀ (トン)	30,353
MSYを達成する目標値	
MSY (トン)	172,056
E _{msy} (網)	46,034
B _{msy} (トン)	226,714
推定された資源量	
B2002	278,569
2002年の漁獲率 (重量基準)	43.4%
B _{limit} (B _{msy} /2, トン)	113,357
B2003 (トン)	320,711
管理目標値	
F _{msy} =F _{limit}	0.76
F _{target} =F _{limit} *0.8	0.61
E _{limit} (網)	46,034
E _{target} (網)	36,828
ABC _{limit} (トン)	230,533
ABC _{target} (トン)	184,426

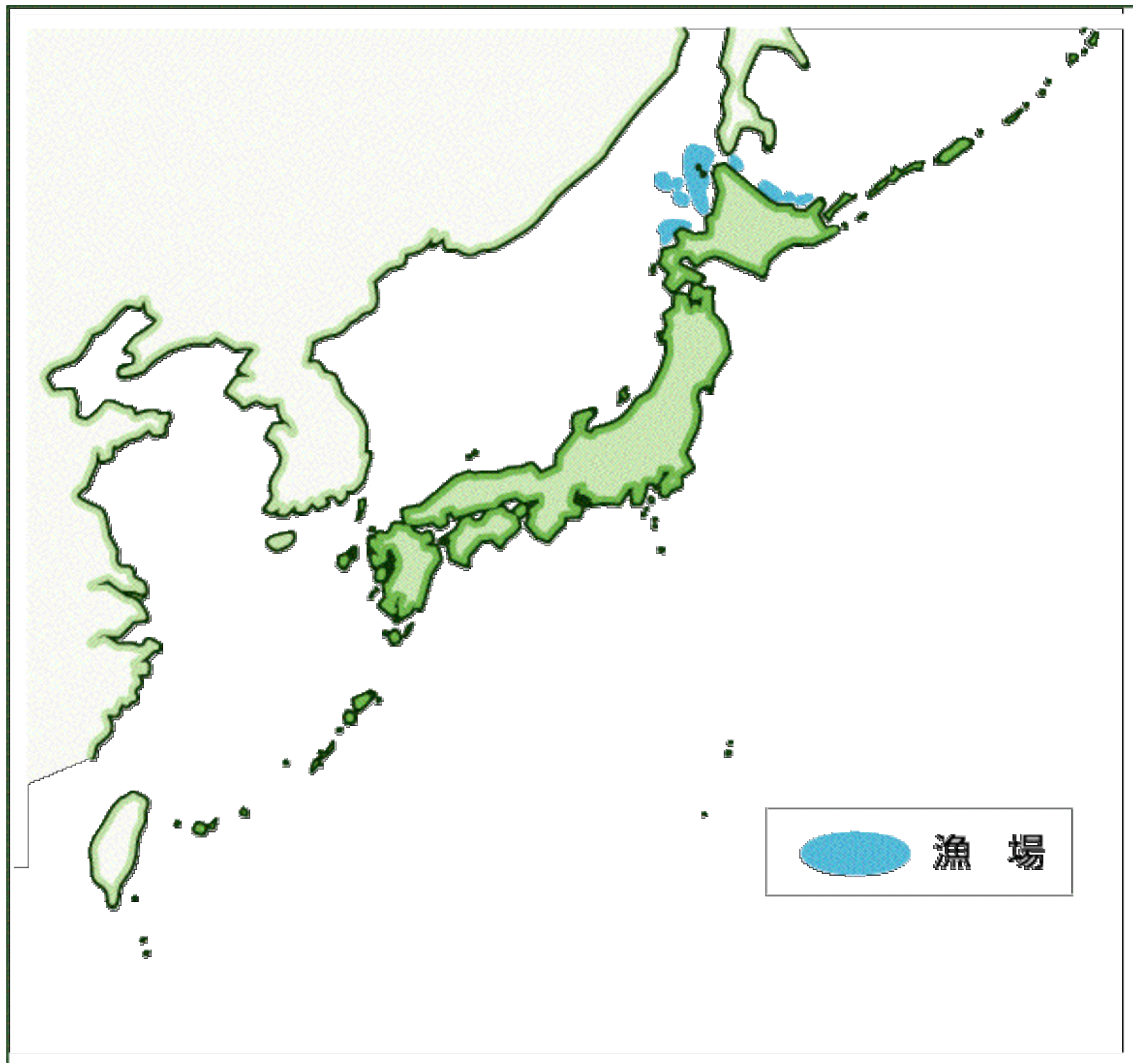


図1. ホッケ道北系群の漁場位置（〔ホッケ研究グループ(1983)〕を改変）

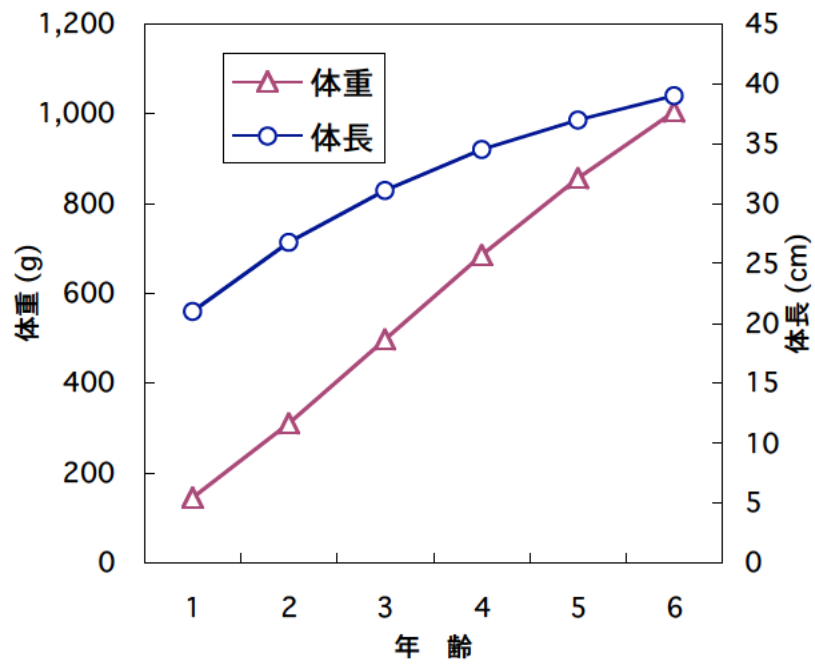


図2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係 (入江 1983)

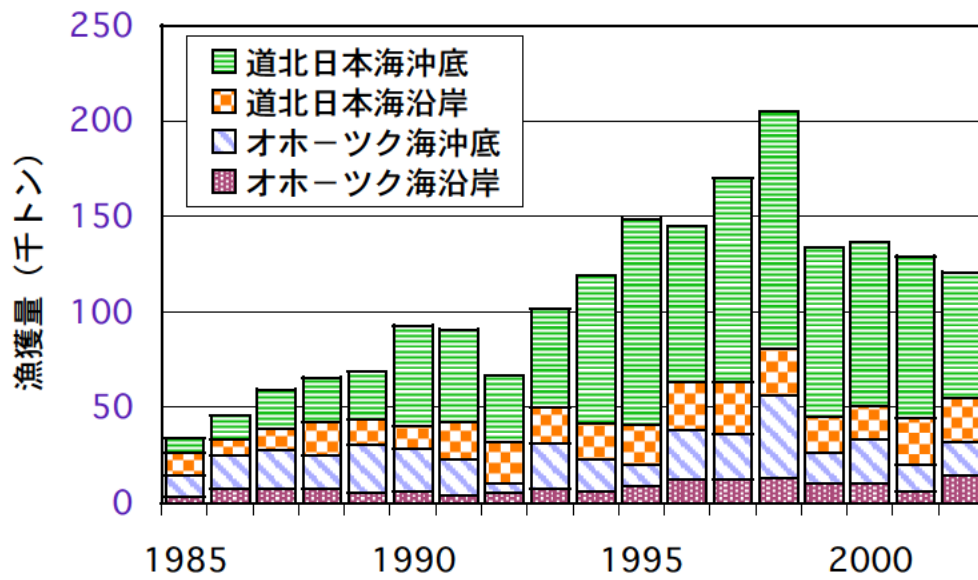


図3. ホッケ道北系群の海域別漁業種別漁獲量の推移

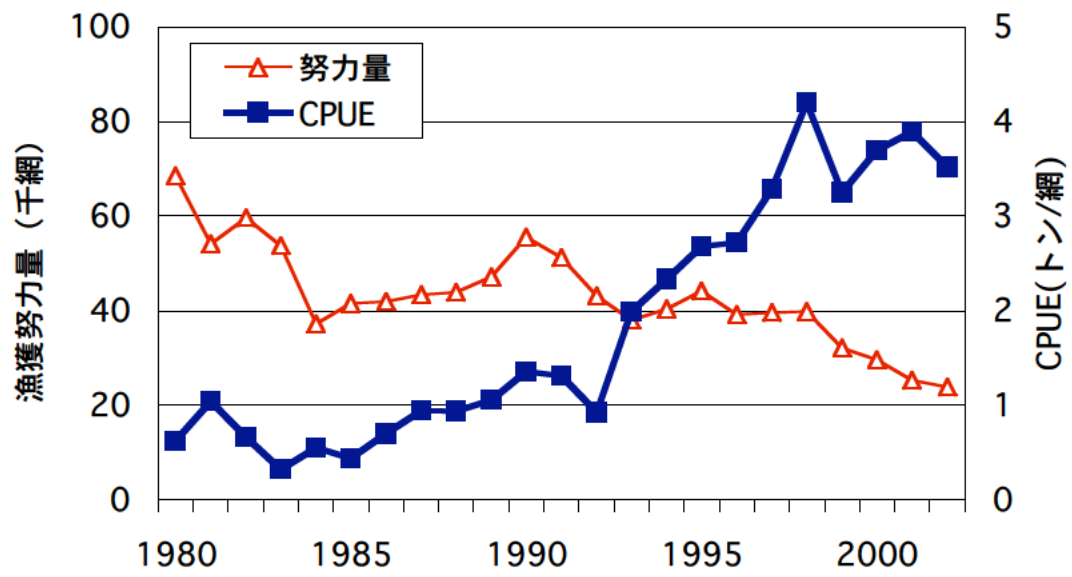


図4. ホッケ道北系群に対する沖底（道北日本海+オホーツク海）の漁獲努力量およびCPUEの推移

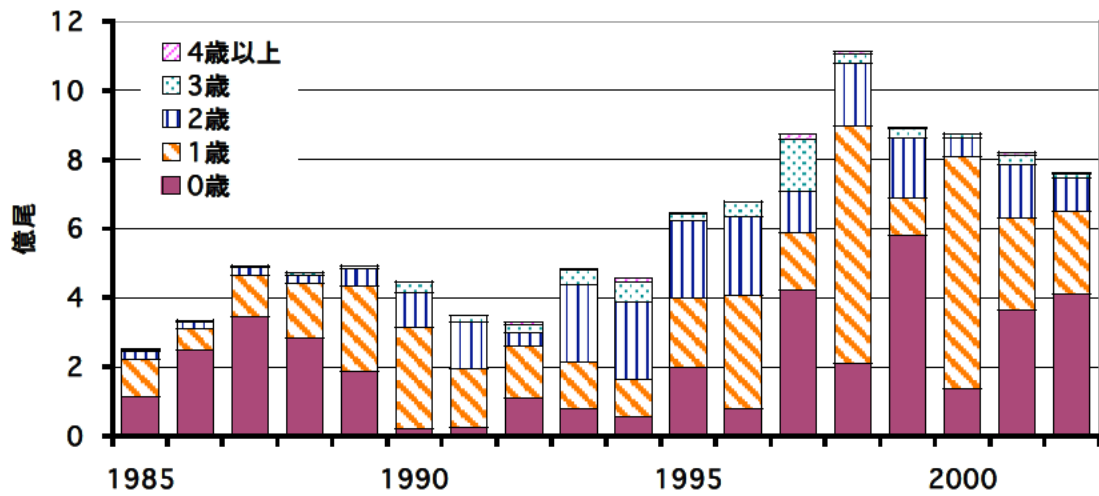


図5. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移

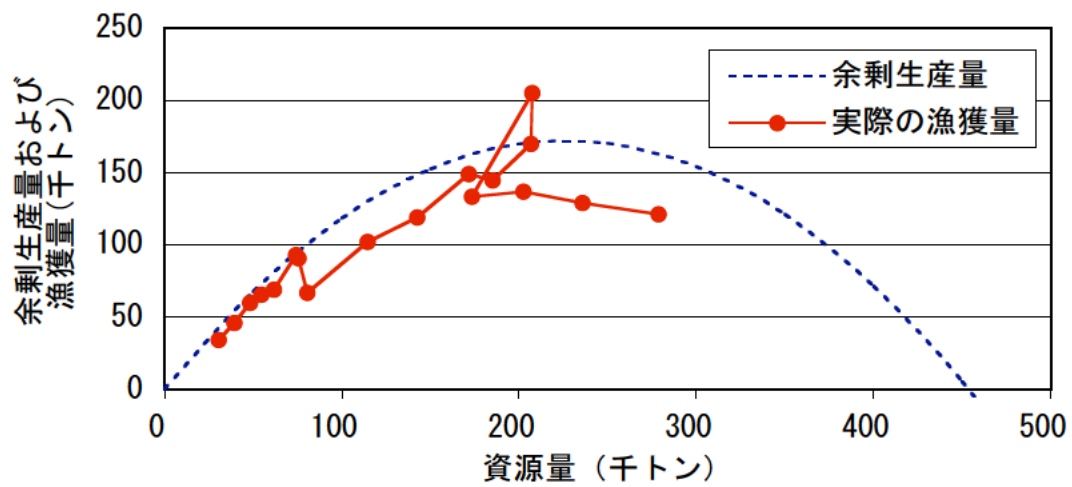


図6. ホッケ道北系群の推定資源量に対する余剰生産量の関係と実際の漁獲量の推移

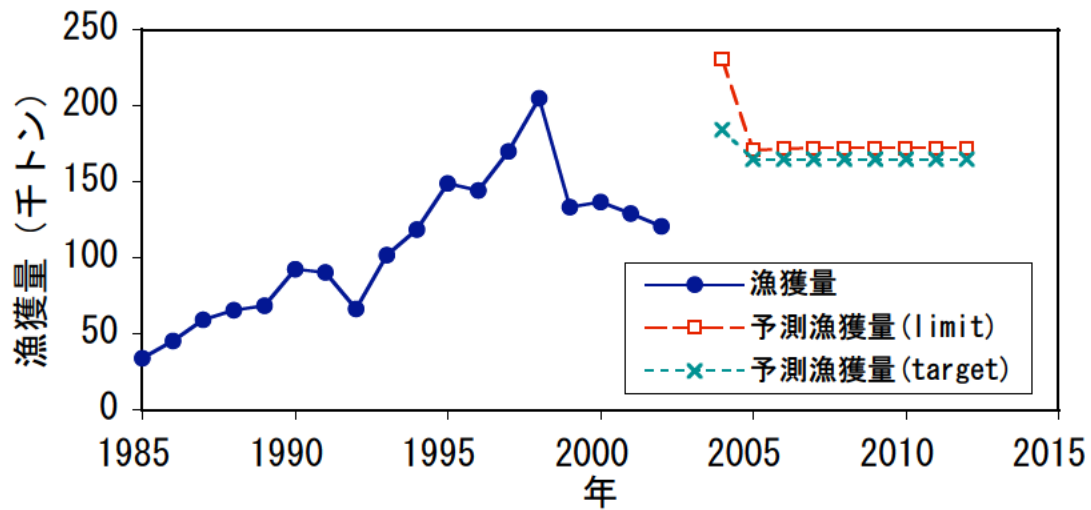


図7. ホッケ道北系群の漁獲量の推移と将来予測 (ElimitあるいはEtargetに従って漁業が行われた場合)

補足資料1

- *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、漁獲制御ルール 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：

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

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、

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_i \left(\ln I_t - \ln \hat{I}_t \right)^2$$

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172千トン、MSYを与える資源量 B_{msy} は227千トンと推定された（表2）。2002年段階での資源量(B_{2002})は279千トンで B_{msy} を上回り（図6）、また同年の漁獲量が121千トンであったことから、重量基準での漁獲割合は43%となった

- *2 過去のFの値は、

$$F_t = qE_t \quad (\text{Haddon 2001})$$

より求めた。

- *4 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も検討したが、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、漁獲制御ルール1-1)の採用は見送った（本田 2001）。

Haddon, M. (2001). Surplus-production models. Modelling and quantitative methods

in fisheries (Ed. Haddon, M), Chapman & Hall/CRC, pp. 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, PP. 501-508.

補足資料2

*3 本系群は、北海道日本海側においてより南側に分布する〔ホッケ道南系群〕と分布域を隣接している。両系群の境界域にあたる石狩湾～積丹半島付近で漁獲されるホッケについては、これまで〔道南系群〕として扱ってきた。しかし、北海道水産試験場の研究により、むしろ〔道北系群〕に含めたほうが漁獲量の経年変化などの動向が合致することが指摘された（夏目 2002）。よって、本年度の資源評価より、石狩湾～積丹半島付近の海域で漁獲されるホッケについては、〔道北系群〕として集計することとし、〔道南系群〕の集計範囲から除外した。

夏目雅史(2002) 道南および道北系群の区切り位置について、平成14年度ホッケ資源研究グループ会議資料.

なお、該当する研究発表の内容は、後日印刷される〔平成14・15年度資源管理・海洋部門グループ会議議事要録、北海道水産試験場〕に掲載される予定である.

付表

付表1. 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4の元データ）

年	漁獲量	努力量	CPUE
1980	42,600	68,571	0.6
1981	56,496	54,187	1.0
1982	39,376	59,571	0.7
1983	17,181	53,798	0.3
1984	20,447	37,190	0.5
1985	18,185	41,503	0.4
1986	29,488	41,925	0.7
1987	40,854	43,347	0.9
1988	41,092	43,953	0.9
1989	49,974	47,231	1.1
1990	75,434	55,514	1.4
1991	67,290	51,294	1.3
1992	39,790	43,081	0.9
1993	75,588	37,993	2.0
1994	94,232	40,431	2.3
1995	118,478	44,152	2.7
1996	106,701	39,209	2.7
1997	130,277	39,593	3.3
1998	167,556	39,876	4.2
1999	104,219	32,094	3.2
2000	109,230	29,558	3.7
2001	98,565	25,338	3.9
2002	84,038	23,898	3.5

漁獲量：トン、努力量：網、CPUE：トン/網

付表2. 年齢別漁獲尾数の推移（図5の元データ）

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	11,464	24,834	34,596	28,324	18,592	2,318	2,391	10,895	8,028
1歳	10,794	6,271	11,729	15,860	24,800	29,102	16,908	14,986	13,295
2歳	2,327	1,961	2,352	2,389	5,111	9,926	13,534	3,931	22,374
3歳	431	247	479	659	734	3,360	1,966	2,569	4,473
4歳以上	114	18	73	64	10	37	25	427	44

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	5,407	19,983	7,878	42,391	20,987	58,260	13,691	36,676	40,987
1歳	11,079	20,007	32,704	16,582	68,579	10,616	67,184	26,668	24,108
2歳	22,236	22,176	22,997	12,020	18,224	17,314	5,282	15,228	9,711
3歳	5,982	2,310	4,145	14,887	2,596	2,553	1,312	2,646	1,101
4歳以上	837	21	161	1,451	747	491	66	920	92

(×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6の元データ)

資源量	余剰生産量	年	漁獲量	資源量
0	0	1985	34.0	30.4
50	68	1986	45.6	39.4
100	118	1987	59.5	48.4
150	152	1988	65.5	54.5
200	170	1989	68.6	61.8
250	170	1990	92.7	74.1
300	154	1991	90.7	75.6
350	121	1992	66.5	80.4
400	72	1993	101.8	114.4
450	5	1994	118.9	142.4
		1995	148.8	171.8
		1996	144.5	184.9
		1997	169.9	206.7
		1998	205.1	207.5
		1999	133.4	173.3
		2000	136.6	202.4
		2001	129.1	235.8
		2002	120.9	278.6

(いずれも千トン単位)