

平成18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（森田晶子）

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年代前半に一度減少したものの、その後増加に転じ、1998年には20万トンに達した。その後は10万トン前半で推移している。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1990年代より増加傾向が続く、近年は6トン／網程度と高い水準で推移している。本系群の水準および動向判断には、沖底CPUEを用いたプロダクションモデルにより算出された推定資源量の情報を用いた。推定資源量の推移より、ホッケ道北系群の資源水準は高位、資源動向は横ばいと判断した。また、平成18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の算定を行った。漁獲量の大きな変化を避け、資源評価の不確実性に対し頑健でかつ漁獲量をMSYの近傍に維持するため、0.8Fmsyでの管理とし、2007年のABClimitは175千トンとする。また、ABCtarget = $0.8 \times \text{ABClimit} = 140$ 千トンと設定した。

	2007 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	175 千トン	0.8 Fmsy	－	65%
ABCtarget	140 千トン	$0.8 \cdot 0.8\text{Fmsy}$	－	52%

年	資源量(千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2004	276	151	－	55%
2005	265	122	－	46%
2006	290	－	－	－

水準：高位 動向：横ばい

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、日本海中央水域からサハリン沿岸や、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、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 場	主漁場	漁 期	漁獲対象
沖 底	日本海	積丹沖～稚内ノース場、利礼周辺	ほぼ周年	0歳魚以上
	オホーツク海	稚内イース場～網走湾、大和堆周辺		
刺し網	日本海	利礼周辺～島牧	3～12月	1歳魚以上
	オホーツク海	雄武～斜里	4～12月	
底建網	日本海	利礼周辺～島牧	1～12月	1歳魚以上
	オホーツク海	雄武～斜里	5～12月	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10万トンから3万トンに減少したが、その後増加に転じ1990年代前半には再び10万トン台に回復した。それ以降も増加傾向が続き、1998年には20万トンを超えたが減少に転じ、2000年代は12～15万トンで推移している。2005年の漁獲量は、オホーツク海および道北日本海の沖底が減少したため、3万トン程度の減少となり、12万トンとなった。（表1, 図3）。

総漁獲量の6割程度を道北日本海における沖底が占めており、道北日本海の沿岸漁獲量およびオホーツク海における沖底が、それぞれ1～2割を占める。オホーツク海における沿岸漁獲量は1割に満たない。2005年の沖底の漁獲量はいずれの海域でも減少傾向が見られ、CPUEも漁獲量と同様に減少傾向が見られた（表1）。一方沿岸漁業による漁獲量は、オホーツク海で2002年から減少傾向が続いており、2005年は前年と比べて2.3千トンの減少となった。道北日本海では2003年から2004年にかけて漁獲量が半減し、1万5千トンを下回ったものの、2005年は昨年と同等の漁獲量であった（表1, 図3）。また、2006年の漁獲量についても、依然として2001～2003年の半分程度で推移していることから（水試調べ）、沿岸漁獲量の低い状態が続く可能性がある。

(3) 漁獲努力量

沿岸漁業については、近年一部の漁業協同組合において出漁日数の情報が得られるようになったが、それが当該海域の沿岸漁業全体の漁獲努力量を代表しうるかどうかについてはまだ検討が必要であるため、本解析には採用しなかった。

沖底については操業網数を漁獲努力量として用いた。漁獲努力量は海域によって差があるものの、両海域ともに1980年代の2～3万網から減少し、近年では1万網台前半で推移しており、大きな変化は見られていない（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、漁獲努力量も算出されているため、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

を用いて、資源量、MSY水準ならびにMSYを与える漁獲係数、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に掲載した。

(2) 資源量指標値の推移

本系群の資源量の指標値の推移を調べるために、総漁獲量の約7～8割を占める道北日本海およびオホーツク海の沖底CPUEおよび、資源量指数を用いた。資源量指数とは、緯度経度10分毎に区切られた小海区におけるCPUEを合算したもので（入江 1982）、漁場の拡大や縮小などの影響を考慮した資源量の指標値である。

沖底のCPUEは、1990年代前半まで両海域共に0～1.5トン/網で推移していたのに対し、1990年代後半から道北日本海側で急激に増加し、近年では6トン/網前後と高い水準で推移している。一方オホーツク海では道北日本海側に比べて緩やかではあるが、増加傾向を示し、近年では2トン前後で推移している（表1、図4）。2005年のCPUEは2004年と比べて両海域で減少し、道北日本海では5%減少の6.4トン/網、オホーツク海では56%減の1.3トン/網であった。

両海域における沿岸漁業の漁獲量と沖底CPUEの動向はオホーツク海については、概ね同調して推移していたが、日本海では沖底CPUE、沿岸漁獲量ともに増加傾向を示しているものの、2004～2005年に沿岸漁獲量が2003年と比べて半減するなど、近年傾向が異なっている（図5）。

資源量指数は、両海域ともに概ねCPUEと同調して推移している。道北日本海では1990年代に入って増加し、近年は高い水準で推移し、オホーツク海では緩やかに増加傾向が見られる。2005年度は、道北日本海でCPUEが減少したものの資源量指数は増加し、オホーツク海ではCPUEの減少と共に、資源量指数も72%減少した（図6）。

海域別のCPUE、努力量、資源量指数には差異が見られるものの、両海域で概ね同じ傾向を示しており、本系群は両海域を統合して同一の系群として扱うことから、両海域を統合した沖底CPUEを当該資源の動向を代表する指標値として用いた。

(3) 漁獲物の年齢組成

ホッケ道北系群の体長組成から複合正規分布の分解法（相澤・滝口 1999）により各年齢に分解した漁獲尾数を図7a,b,cに示す。道北系全体の年齢別漁獲尾数は、1980年代後半まではほぼ0歳と1歳で占められていた。1990年代に入って2歳魚の割合が増加したが、全体的に見ると、2歳魚の占める割合は2割程度である。1歳魚は数年に一度の割合で大量に漁獲されており、0歳、1歳の漁獲量は年によって変動が大きい傾向が見られた。2004年から2005年にかけて、1歳魚の漁獲量が急減し、0歳魚の漁獲量は増加していた。

海域別に年齢別漁獲尾数を見ると、道北日本海では、1998、2000、2004年に1歳魚が急激に増加しているが、いずれも次の年の2歳魚の漁獲量には反映されていなかった。道北日本海では、0歳、1歳の漁獲量は年によって変化が大きいものの2歳魚の漁獲量には大きな変化は見られなかった。オホーツク海では、2歳魚以上はほとんど漁獲されておらず、0、1歳魚で大半が占められている。日本海側で1歳魚が急増した1998年、2000年、2004年には、オホーツク海においても1歳魚の漁獲量が増加していたため、道北海域全体の傾向であったと考えられる。

海域全体における漁獲尾数は、近年大きな変化は見られていないが（図7a）、年齢別漁獲尾数では、オホーツク海、日本海共に2005年に1歳魚で急減している（図7b,c）。2006年の利尻島周辺におけるホッケ分布量は極めて低く、1歳魚の分布量も非常に少なかったことから（水試調べ）、今後の動向に注意を要する。

（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を推定した（表2、補足資料1）。当該資源における推定資源量は80年代後半から増加傾向にあり、1997年には20万トンを超えた。1999年に16万トンを下回ったが、その後再び増加し、近年は25万トンを超える水準で推移している（図8、図9）。2006年の推定資源量 $B_{2006}=290$ 千トンは、2005年の推定資源量265千トンを上回り、依然として B_{msy} （200千トン）および B_{limit} （ $=B_{msy}/2$: 100千トン）も大きく上回った（表2）。また、2006年の資源量推定値（ B_{2006} ）と MSY 水準の資源量 B_{msy} の比は、145%となり、現在の資源量水準が MSY 水準よりも4割程度高い水準にあることが示唆された。しかしながら、プロダクションモデルにおける資源量推定値は、パラメタの僅かな違いによって大きく変動する可能性があることなどから、今後の資源動向を注意深く見ていく必要がある。

プロダクションモデルにより推定されたCPUEと実測CPUEの経年変化を図10に示す。実測のCPUEは、2004年から2005年にかけて大きく減少したが、理論値では僅かな減少となった。また、過去5年の傾向では、実測値では変動しながらも横ばいなのに対し、理論値では有意では無いものの増加傾向となっており、両者で食い違いが見られた。プロダクションモデルにより推定された資源量、CPUEおよび実測CPUEの変動傾向を見ると、2005年はいずれも減少していたものの、ここ数年で大きな変動は無く、資源量は安定しているものと考えられる。

このように、推定された資源量およびCPUEは、近年比較的安定した動向を示しているものの、実際の漁獲量、CPUEの推移は海域や漁法で異なり、また年齢別漁獲尾数も年によって大きく異なることから、今後とも漁況および資源量の推移には注意を払う必要がある。なお、ここで示した理論CPUEは、沖底CPUEが資源量を反映していると仮定した場合の理論CPUEであり、2004年以降の沿岸漁獲量の減少が資源量変動を反映している可能性も無視できない。そのため、沿岸の漁獲量の直近2年の減少比を考慮した場合について、補足資料2に示した。

（5）資源の水準・動向

当該海域における過去20年間（1987～2006年）の推定資源量の変化から資源水準を、過去5年間（2002～2006年）の推定資源量の変化から資源動向を判断した。過去20年分の推定資源量の平均値を50とし、各年の水準値を求めた。水準判断は、35未満を低位水準、35以上65未満を中位水準、65以上を高位水準とした。2006年の推定資源量は290千トン、水準値は88となったため、水準は高位と判断した（図9）。また、過去5年間の推定資源量は、増加傾向にあるが有意では無かったため、動向は横ばいと判断した（図9）。

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、2006年の推定資源量 $B_{2006} = 290$ 千トン、 $B_{limit} (= 100)$ 千トン および $B_{msy} (= 200)$ 千トン を大きく上回っている。これらの結果から、現行の漁獲圧は資源に対して過度な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特に大きな制限を施すには至らないと判断される。

6. 2007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、動向は横ばいである。現行の漁獲圧が資源に過度な影響を与えているとは考え難い。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。そのため、 $ABClimit$ 以外に、安全率として $ABClimit$ に0.8を乗した $ABCtarget$ を併せて提示することとする。

(2) ABCの算定

上述の通り、2006年の推定資源量 B_{2006} が B_{limit} を上回ったことから、ABC算定にあたっては平成18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) :

1) 2006年度の予想漁獲量の算出と2007年の資源量の推定

2006年の予想漁獲量 (C_{2006})

$$\begin{aligned} &= \text{直近5カ年の漁獲率 } F \text{ の平均値 (} F_{ave5-yr} \text{)} \times \text{2006年の資源量 (} B_{2006} \text{)} \\ &= 0.53 \times 290 \text{ 千トン} = 153 \text{ 千トン} \end{aligned}$$

2007年の資源量 (B_{2007})

$$\begin{aligned} &= B_{2006} + B_{2006} (1 - B_{2006} / K) r - C_{2006} \\ &= 268 \text{ 千トン} \end{aligned}$$

2) 2007年ABCの算出

2007年以降の漁獲量の年変動を少なくし、緩やかに B_{msy} に近づけるため、 $ABClimit$ の資源管理基準は $0.8F_{msy}$ と設定し、

$$ABClimit = B_{2007} \times 0.8 F_{msy} = 175 \text{ 千トン}$$

$$ABCtarget = 0.8 ABClimit = 140 \text{ 千トン}$$

とした。

(2007年ABC)

	2007年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
$ABClimit$	175千トン	$0.8F_{msy}$	-	65%
$ABCtarget$	140千トン	$0.8 \cdot 0.8F_{msy}$	-	52%

漁獲割合は $ABC/\text{資源量}$ を、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、高い r (内的自然増加率) が推定されているため、高い漁獲率が可能となると考え

られる。高い r を示す理由として、速い成長とともに高いRPSがあるのではないかと考えられる。

(3) 漁獲圧と資源動向

2007年以降、 F_{msy} 水準、 $0.8 \times F_{msy}$ および $0.64 \times F_{msy}$ 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11に示した。また下表では、最近年2005年の漁獲率を $F_{current}$ とし、それを20%刻みで変化させた場合の推定漁獲量および資源量の変動も併せて示した。

非平衡プロダクションモデルを用いた計算では、近年、ホッケ道北系群の資源量水準は高水準で推移していると考えられる。一方、漁獲圧は90年代以降減少傾向にあるため、今後漁獲圧が増加し、 F_{msy} に近い水準をとることは考えにくく、現在と同程度の漁獲圧を維持する限り、資源に対して急激に影響を与えるとは考え難い。

F (=漁獲率%)	基準値	漁獲量(千トン)					資源量(千トン)				
		2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
45.9	$1F_{current}$	123	133	132	132	132	268	290	288	288	288
55.1	$1.2F_{current}$	148	146	146	146	146	268	265	265	265	265
64.3	$1.4F_{current}$	172	155	156	156	156	268	241	243	243	243
52.3	$0.8 \cdot 0.8F_{msy}$ (F_{target})	140	143	142	142	142	268	273	272	272	272
65.3	$0.8F_{msy}$ (F_{limit})	175	155	157	157	157	268	238	240	240	240
81.7	F_{msy}	219	159	163	163	164	268	194	199	200	200

(4) ABCの再評価

評価対象年 (当初)	管理基準	資源量	ABC $_{limit}$ (千トン)	ABC $_{target}$ (千トン)	漁獲量 (千トン)
2005年(当初)	F_{msy}	300	256	205	—
2005年(2005年再評価)	F_{msy}	252	207	166	—
2005年(2006年再評価)	$0.8F_{msy}$	231	173	139	122
2006年(当初)	F_{msy}	304	209	168	—
2006年(2006年再評価)	$0.8F_{msy}$	226	189	152	—

7. ABC以外の管理方策の提言

ホッケ道北系群の漁獲量は、2000年代に入って12~15万トンで安定的に推移している。また、沖底のCPUEを用いて非平衡プロダクションモデルにより推定した資源量水準は、高水準で推移していると考えられる。

しかしながら、本系群における漁獲量やCPUEの変動傾向は漁法および海域によって大きく異なっており、漁獲量動向には注意が必要である。特に、道北日本海の沿岸漁獲量は2004年に急減したまま回復しておらず、漁獲物の体長組成や分布量調査の結果などからも(水試調べ)、2006年以降も引き続き低水準で推移する可能性が考えられる。今後数年、このような傾向が継続して見られる場合には、当該資源の漁獲のあり方を検討する必要がある。

8. 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. ホッケ道北系群の漁業種別漁獲量の推移

年	北海道西部					オホーツク海					沿岸漁獲量 (海域分けず)	海域計 漁獲量
	沖底					沖底						
	漁獲量	努力量	CPUE	資源量指数		漁獲量	努力量	CPUE	資源量指数		沿岸 漁獲量	
1980	28,567	26,602	1.1	70357		14,033	41,969	0.3	21337		48,826	91,426
1981	22,043	21,964	1.0	99348		34,453	32,223	1.1	41786		52,271	108,767
1982	23,673	29,852	0.8	73396		15,703	29,719	0.5	19015		6,995	46,371
1983	12,969	29,647	0.4	49696		4,212	24,151	0.2	5833		15,897	33,078
1984	14,166	24,705	0.6	44849		6,280	12,485	0.5	26495		17,471	37,918
1985	7,545	23,587	0.3	33950	12,322	10,640	17,916	0.6	24417	3,454		33,962
1986	12,054	27,266	0.4	34645	8,270	17,434	14,659	1.2	44191	7,813		45,571
1987	20,397	22,019	0.9	70431	11,571	20,457	21,328	1.0	39403	7,041		59,466
1988	23,185	26,121	0.9	50620	17,031	17,908	17,832	1.0	36684	7,424		65,548
1989	25,105	21,108	1.2	83019	13,326	24,869	26,123	1.0	33995	5,344		68,644
1990	52,699	30,182	1.7	126811	11,586	22,734	25,332	0.9	51091	5,646		92,665
1991	48,445	30,577	1.6	115861	19,523	18,846	20,717	0.9	41722	3,885		90,698
1992	35,041	30,119	1.2	101681	21,206	4,749	12,962	0.4	19116	5,476		66,472
1993	52,199	21,953	2.4	142609	18,546	23,389	16,040	1.5	71401	7,693		101,826
1994	77,369	22,364	3.5	253284	19,000	16,862	18,067	0.9	35070	5,654		118,886
1995	108,000	25,348	4.3	352493	21,141	10,478	18,804	0.6	64363	9,176		148,796
1996	81,310	21,781	3.7	282105	25,191	25,391	17,428	1.5	47862	12,571		144,464
1997	106,621	21,594	4.9	446212	27,386	23,657	17,999	1.3	51435	12,201		169,864
1998	124,626	21,165	5.9	421250	24,450	42,930	18,711	2.3	178566	13,079		205,086
1999	88,431	20,460	4.3	272378	18,624	15,788	11,634	1.4	64123	10,546		133,389
2000	86,252	17,456	4.9	416383	17,251	22,979	12,102	1.9	129178	10,123		136,604
2001	84,316	13,906	6.1	508394	24,788	14,249	11,432	1.2	52491	5,704		129,057
2002	67,324	11,118	6.0	384658	22,839	17,771	12,780	1.4	76413	13,941		121,876
2003	73,981	11,840	6.0	430698	30,401	23,492	12,646	1.9	75803	12,616		140,491
2004	84,398	12,393	6.7	361097	14,530	41,205	14,009	2.9	172340	11,049		151,182
2005	79,775	12,555	6.4	371935	14,596	18,688	14,575	1.3	48014	8,709		121,769

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，2004年より北海道日本海）

北海道西部（沿岸）：北海道水産現勢（樽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、2004年よりオホーツク沿岸（日本海））

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）の沖底漁獲量を除いたもの

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

2005 年		
総漁獲量 (トン)	121,769	
沖底の努力量 (網)	27,130	
推定されたパラメタ		
r	1.63	
q	0.000017	
K (トン)	400,631	
B0 (トン)	56,788	
MSY を達成する目標値		
MSY	163,612	
Emsy	47,785	
Bmsy	200,315	
推定された資源量		
B2005	265,111	
B2005/Bmsy	132.3	%
2005 年の漁獲率 (重量基準, F2005)	45.93	%
Blimit (Bmsy/2, トン)	100,158	
B2006 (トン)	289,836	
B2006/Bmsy	144.7	%
管理目標値		
Fmsy	81.7	%
0.8Fmsy (Flimit)	65.3	%
0.64Fmsy (Ftarget)	52.3	%
Elimit	47,785	
Etarget	38,228	
ABClimit (トン)	175,036	
ABCTarget (トン)	140,029	

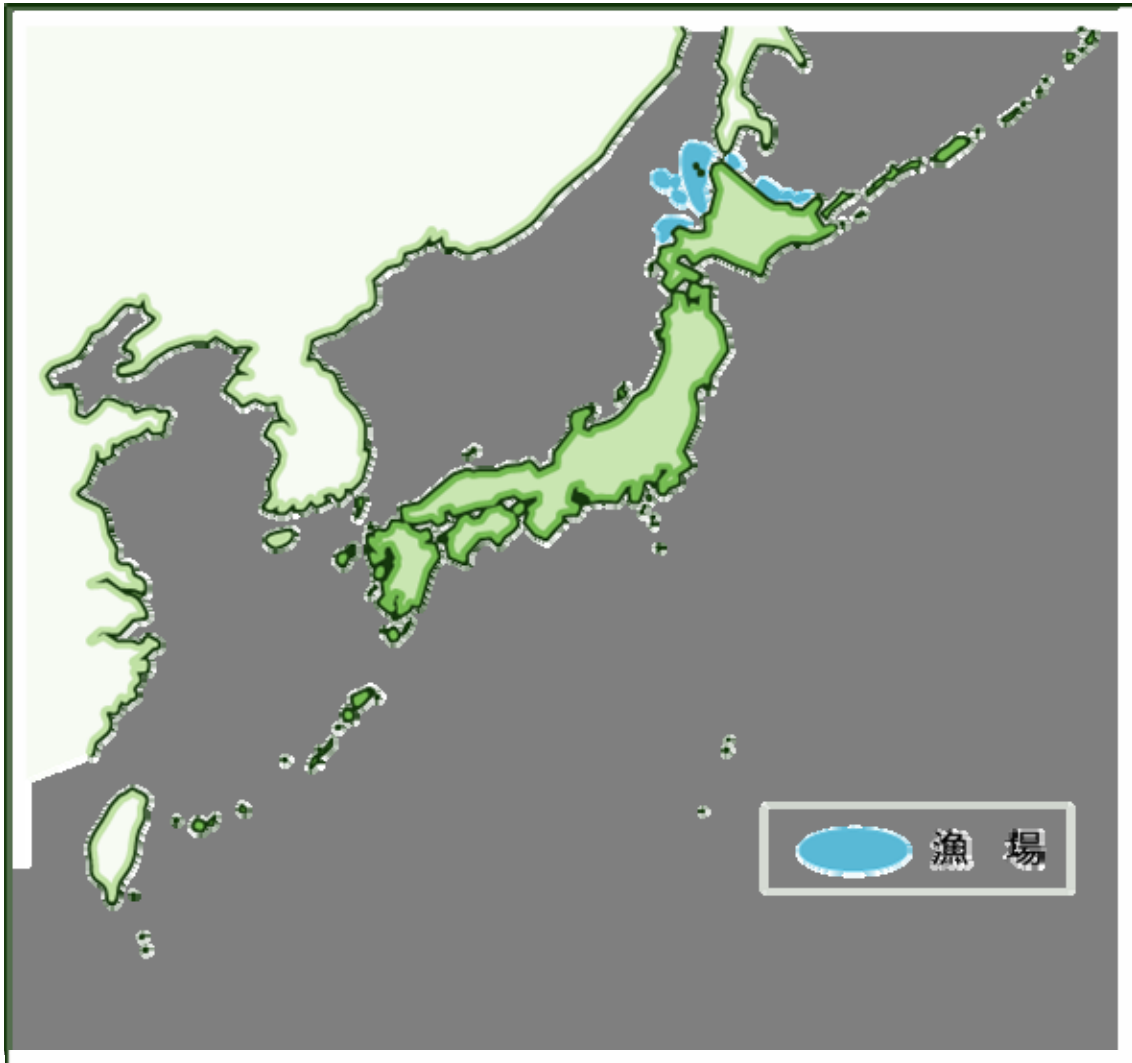


図1. ホッケ道北系群の漁場位置（〔ホッケ研究グループ(1983)〕を改変）

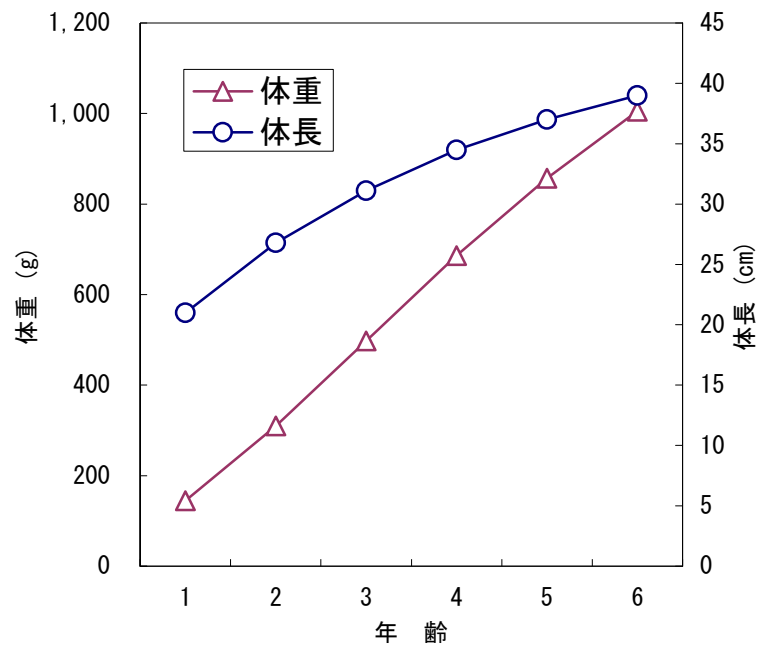


図2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係 (入江 1983)

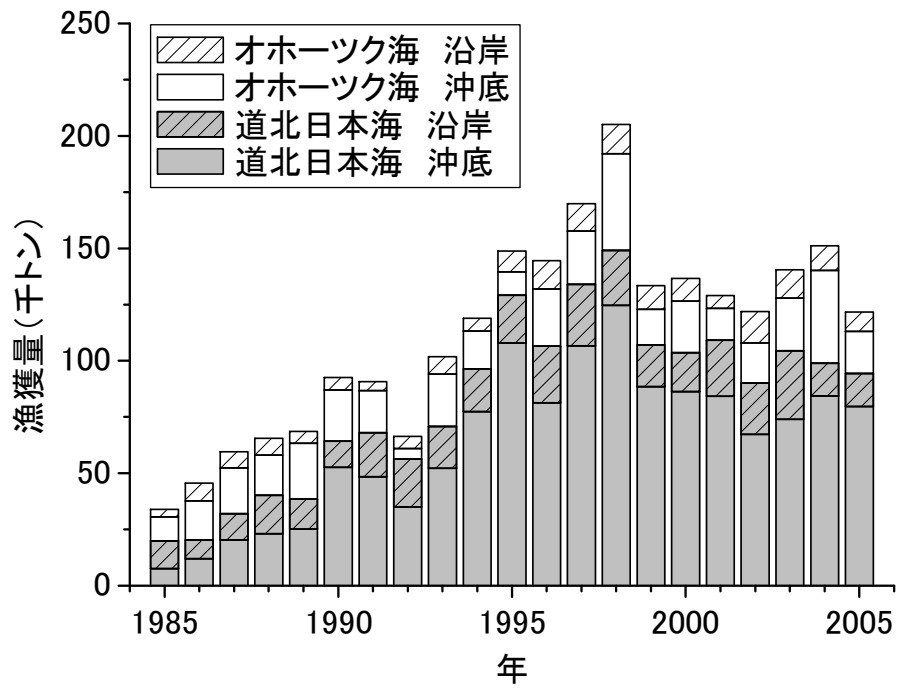


図3. ホッケ道北系群の海域別漁業種別漁獲量の推移

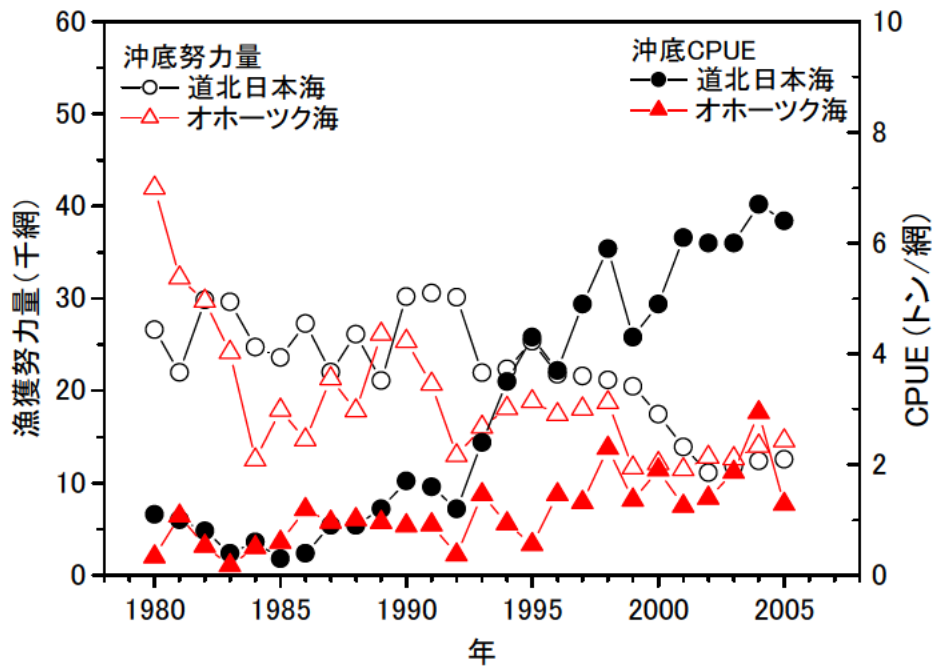


図4. ホッケ道北系群に対する沖底（道北日本海+オホーツク海）の漁獲努力量およびCPUEの推移

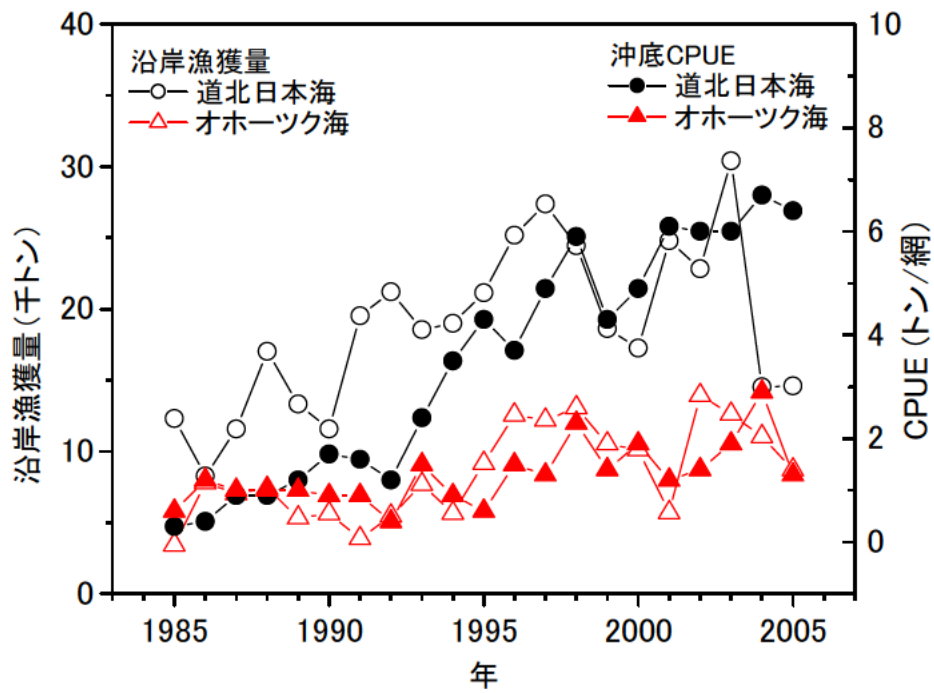


図5. ホッケ道北系群に対する沿岸漁獲量および沖底CPUEの海域別推移

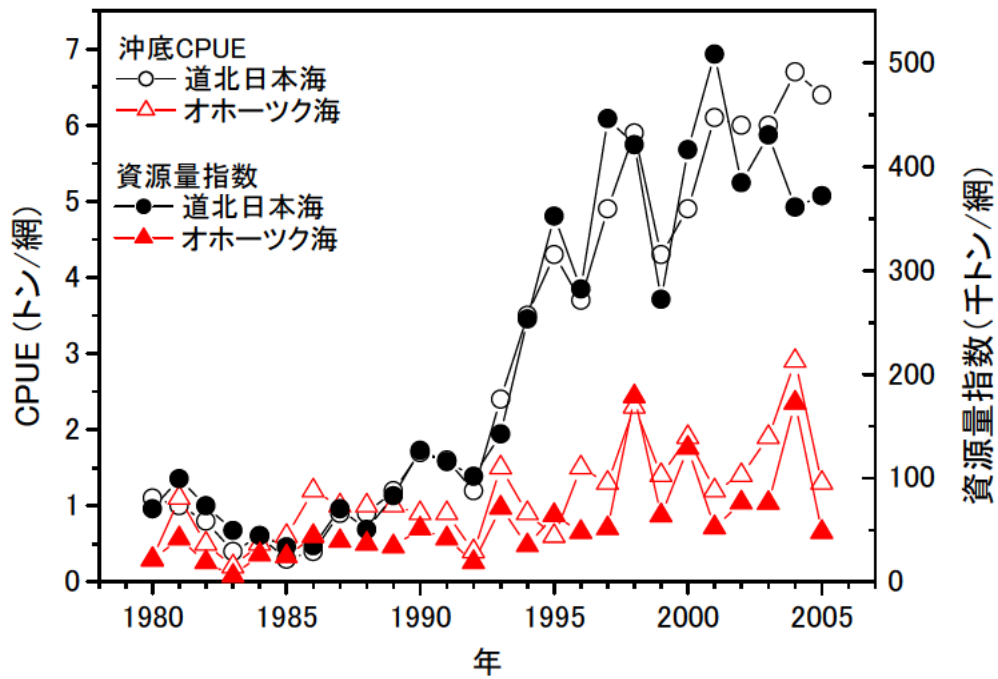


図6. ホッケ道北系群に対する沖底（道北日本海，オホーツク海）のCPUEおよび資源量指数の推移

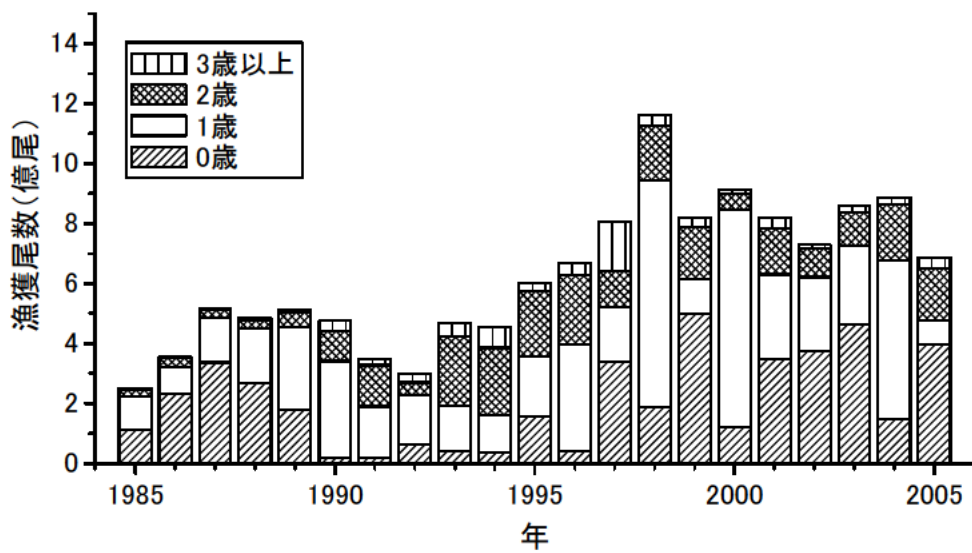


図7a. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移（全海域計）

オホーツク海側で漁獲された2歳魚以上の漁獲尾数は、ここでは全て2歳魚に含めて集計している

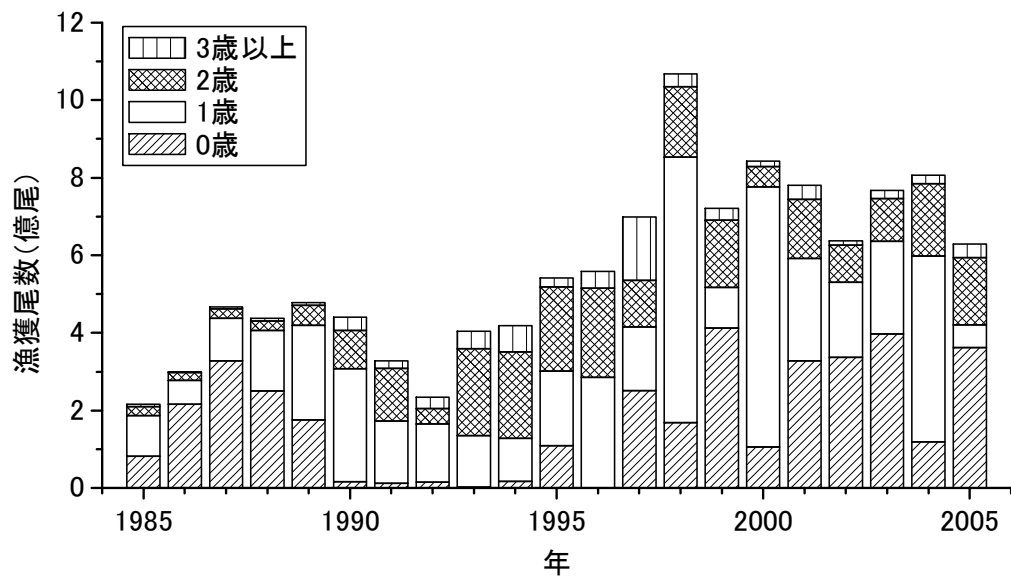


図7b. 日本海側海域におけるホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移

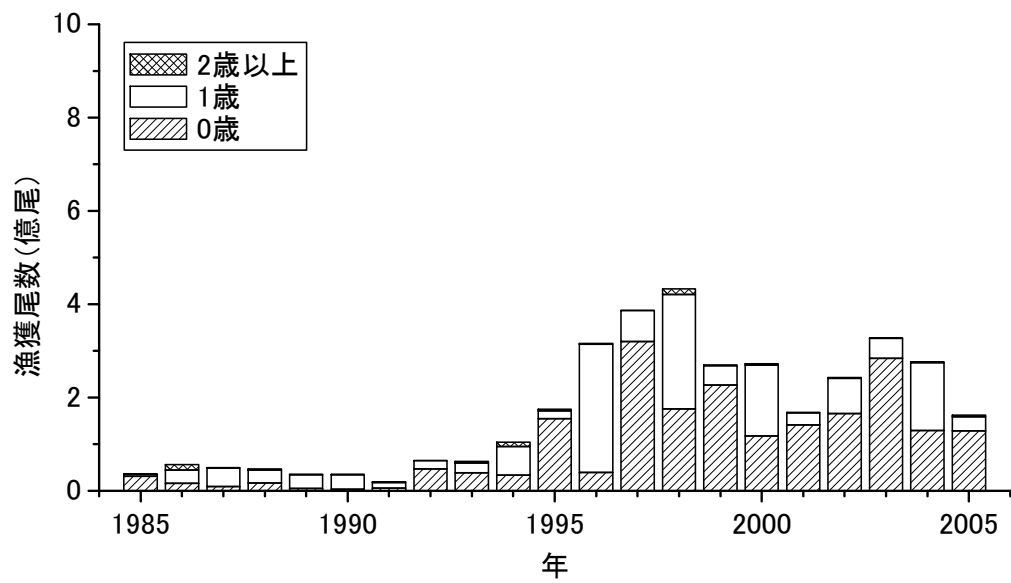


図7c. オホーツク海側海域におけるホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移

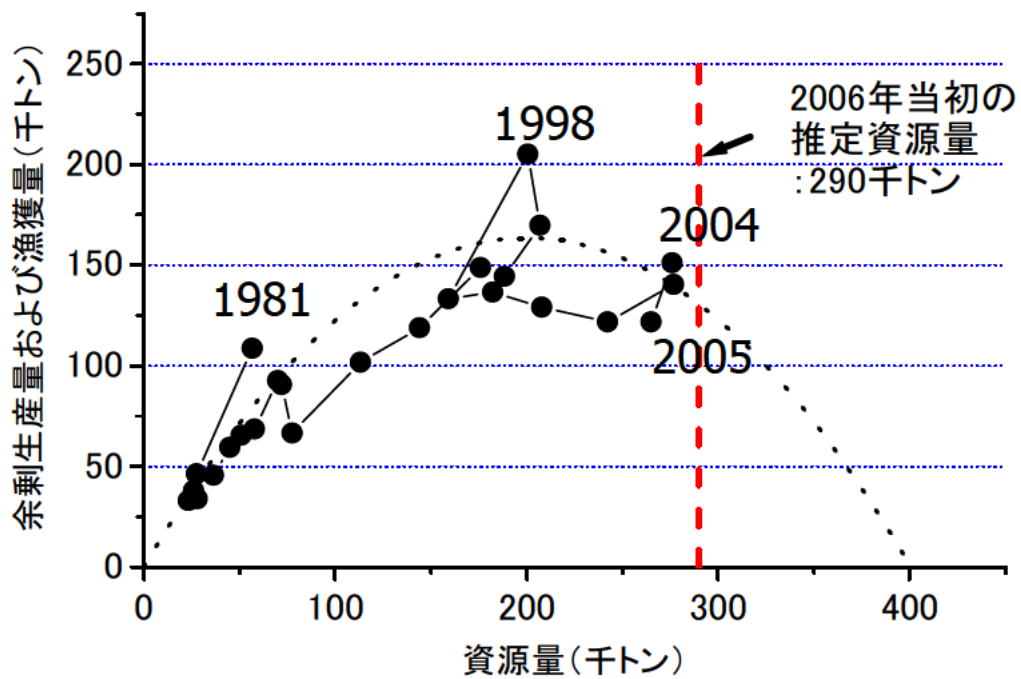


図8. ホッケ道北系群の推定資源量に対する余剰生産量の関係と実際の漁獲量の推移

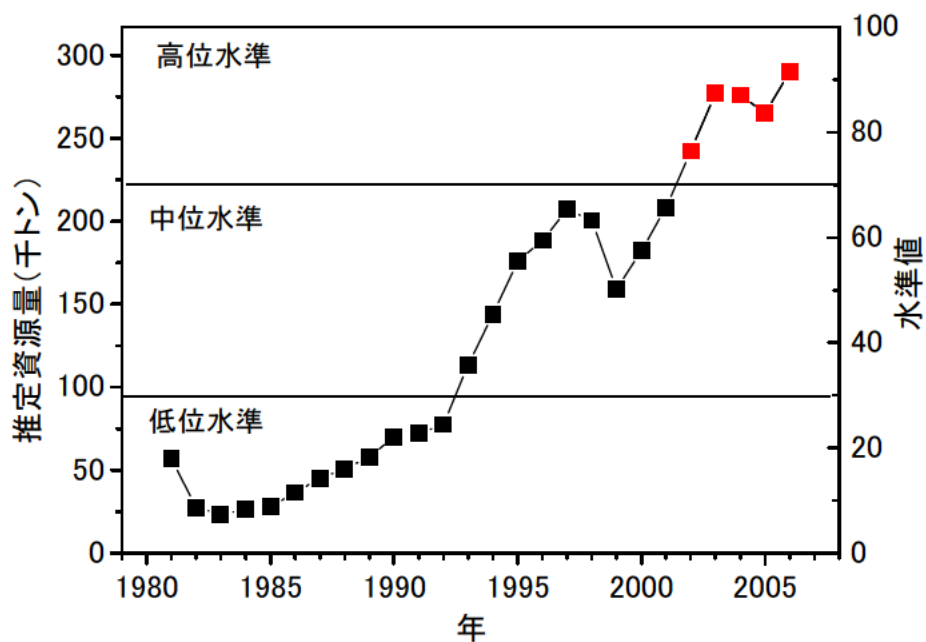


図9. ホッケ道北系群の推定資源量および資源水準

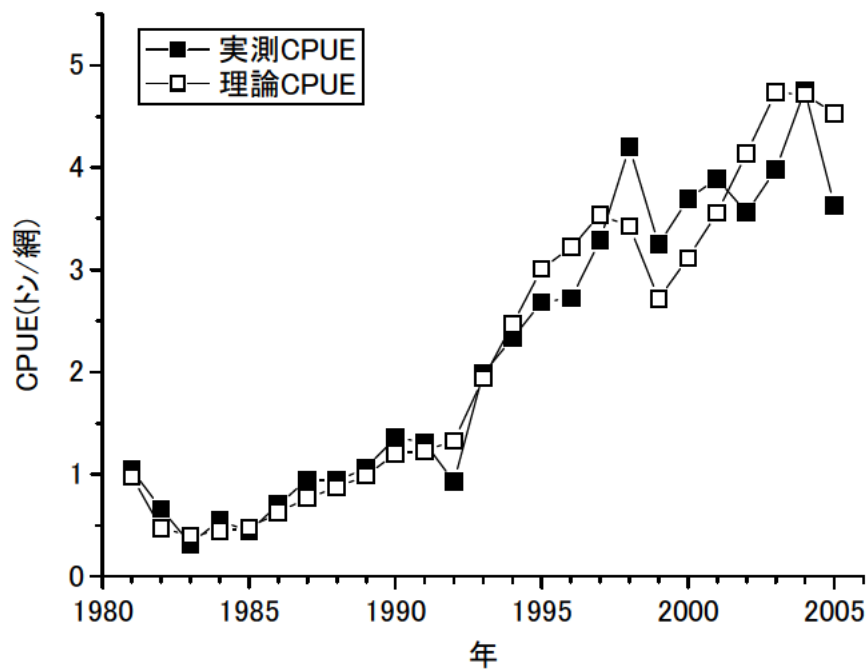


図10. プロダクションモデルにおいて推定された理論CPUEおよび実際のCPUEの推移

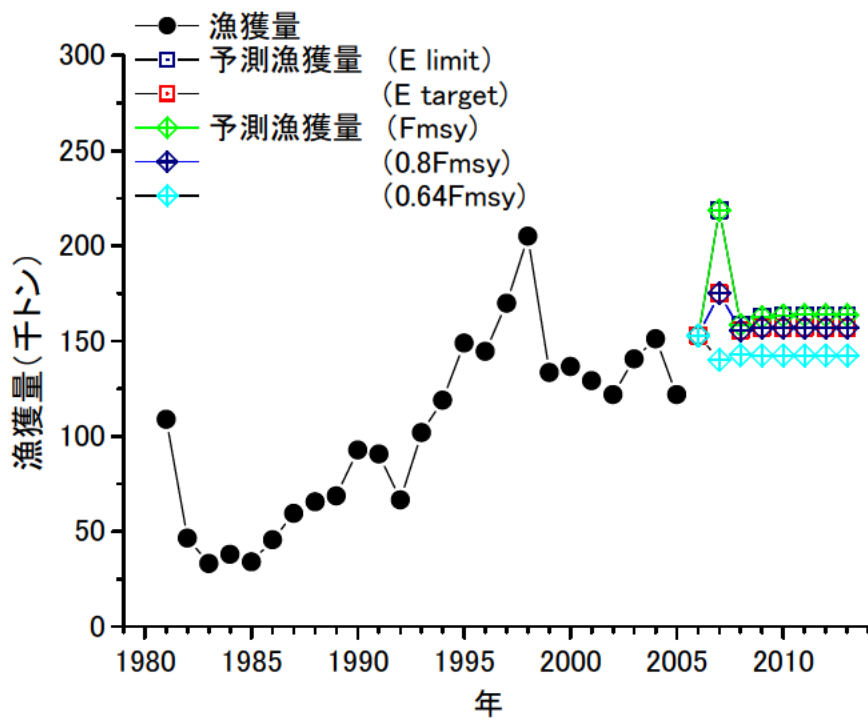


図11. ホッケ道北系群の漁獲量の推移と将来予測 (Elimit, Etarget, Fmsy, 0.8Fmsy, および 0.64Fmsyに従って漁業が行われた場合)

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3、図5）、沖底のCPUEが当該資源の動向を代表すると考え、平成18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：

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

$$\text{estCPUE}_t = B_t \times q$$

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、誤差を対数正規分布と仮定して、最尤法によりパラメタの推定を行った。
また、

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_t \frac{(\ln(\text{obsCPUE}_t) - \ln(\text{estCPUE}_t))^2}{n}$$

である。

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）

q: 漁具能率

n: 計算に用いたデータの年数

est CPUE_t: t年における推定CPUE

obs CPUE_t: t年における実測CPUE

である。

パラメタの推定に当たって、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164千トン、MSYを与える資源量Bmsyは200千トンと推定された（表2）。2005年の資源量(B2005)は265千トンでBmsyを3割ほど上回り（図8）、また同年の漁獲量が122千トンであったことから、重量基準での漁獲割合は46%となった。2006年の資源量(B2006)は290千トンで、B2005と同様に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7）、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)。

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.

補足資料2

- プロダクションモデルは、使用するデータによって結果が大きく異なる事が予想されること、道北日本海における沿岸漁獲量が沖底CPUEの動向とは異なり、2004-2005年と非常に低く、2006年も引き続きその傾向が続く可能性が高いことなどから（表1, 図5）、沖底CPUEが沿岸漁獲量と同様に2004-2005年と低い値を取った場合を想定してパラメタを推定し、結果を比較した。その際、2004-2005年の沿岸漁獲量の減少比をそのまま沖底CPUEに反映させたもの、さらにその参考値として、減少比の半数を反映させたものを計算に用いた（付表4）。
- 付表4のCPUE B（2004-2005の沿岸漁獲量の減少率を沖底CPUEに反映させた場合の修正CPUE）の計算方法は以下に示す。

$$\text{CPUE2004 (B)} = \text{CPUE2003(A)} \times 2003\text{-}2004\text{沿岸漁獲量減少比 (0.595)} = 2.37$$

$$\text{CPUE2005(B)} = \text{CPUE2004 (B)} \times 2004\text{-}2005\text{沿岸漁獲量減少比 (0.911)} = 2.16$$

付表4のCPUE C（2004-2005の沿岸減少比の半数を反映させたもの）の計算方法は

$$\text{CPUE2004 (C)} = \text{CPUE2003(A)} \times 2003\text{-}2004\text{沿岸漁獲量減少比 /2 (0.797)} = 3.18$$

$$\text{CPUE2005(C)} = \text{CPUE2004 (C)} \times 2004\text{-}2005\text{沿岸漁獲量減少比 /2 (0.956)} = 3.03$$

である。

- 2004-2005年の沿岸の漁獲量の減少を考慮したCPUE（以下修正CPUE）を用いて計算を行った結果、 $K = 487$ 千トン、 $B_{msy} = 243$ 千トンと（減少率の1/2を考慮した場合は、それぞれ474千トン, 237千トン）、沖底CPUEで計算した場合より大きな値を示した。減少率をそのままCPUEに反映させた場合、推定資源量は $B_{2005} = 189$ 千トン、 $B_{2006} = 230$ 千トンと、減少率の1/2を考慮した場合（それぞれ219, 261千トン）および沖底CPUEのみで計算した場合（それぞれ265, 290千トン）よりも小さい値を示した。また、 B_{msy} に対する B_{2006} の比は94.3%となり、減少率の1/2を考慮した場合（110%）や沖底CPUEで計算した場合（144.7%）よりも低い値となり、2006年の資源水準はMSY水準よりも5%程度低い位置にあることが示された（付表5, 付図1）。また、修正CPUEを用いた場合、 $ABCLimit$ および $ABCtarget$ はそれぞれ5万トン前後低く算出された（付表5）。
- 推定資源量は、沖底CPUEで計算した結果と同様、修正CPUEを用いた場合でも1983年以降1998年まで増加傾向にあり、1999年に一度低下するものの、2000年以降は再び137-189千トンと増加しながら推移している（付図1）。推定資源量は、使用するデータによって1998年以降差が見られるものの、2000年以降に増加傾向が見られた（付図2）。
- 沖底CPUEを用いて推定した理論CPUEおよび修正CPUEを用いた場合の理論CPUEの推移は、1998年以降差が見られ、修正CPUEを用いた場合の理論CPUEで低い結果となった（付図3）。
- これらの結果から、2004-2005年の沿岸漁獲量の減少を考慮した修正CPUEを用いた場合、推定資源量およびABCは低い値となり、使用するデータによって結果が大きく異なる事が明らかになった。また、付図3によると修正CPUEを用いた場合、1998年以降実測CPUEに対してあてはまりが悪くなっている。特に近年修正CPUEは減少傾向なのに対し、理論CPUEは増加傾向を示している。修正CPUEが正しいとすると、これらの事はプロダクションモデルのパラメタ推定を、全期間通じて一定とするなどの仮定、あるいはプロダクションモデル自体の有効性の再検討が必要になる。

付表

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

年	漁獲量	努力量	CPUE	資源量指数
1980	42,600	68,571	0.62	91,694
1981	56,496	54,187	1.04	141,134
1982	39,376	59,571	0.66	92,411
1983	17,181	53,798	0.32	55,529
1984	20,447	37,190	0.55	71,344
1985	18,185	41,503	0.44	58,367
1986	29,488	41,925	0.70	78,836
1987	40,854	43,347	0.94	109,834
1988	41,092	43,953	0.93	87,304
1989	49,974	47,231	1.06	117,014
1990	75,434	55,514	1.36	177,902
1991	67,290	51,294	1.31	157,583
1992	39,790	43,081	0.92	120,797
1993	75,588	37,993	1.99	214,010
1994	94,232	40,431	2.33	288,354
1995	118,478	44,152	2.68	416,856
1996	106,701	39,209	2.72	329,967
1997	130,277	39,593	3.29	497,647
1998	167,556	39,876	4.20	599,816
1999	104,219	32,094	3.25	336,501
2000	109,230	29,558	3.70	545,561
2001	98,565	25,338	3.89	560,885
2002	85,096	23,898	3.56	461,071
2003	97,473	24,486	3.98	506,501
2004	125,603	26,402	4.76	533,437
2005	98,463	27,130	3.63	419,949

漁獲量：トン、努力量：網、CPUEおよび資源量指数：トン/網

付表2a. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移(全海域計 図7aの元データ)

	1,985	1,986	1,987	1,988	1,989	1,990	1,991	1,992	1,993	1,994	1,995
0歳	11,209	23,198	33,662	26,650	18,077	1,983	1,818	6,229	4,126	3,582	15,453
1歳	11,010	9,002	15,002	18,478	27,365	32,182	17,232	16,765	15,325	12,670	20,205
2歳	2,367	3,131	2,467	2,654	5,132	10,028	13,668	3,960	22,715	22,348	22,002
3歳以上	545	265	552	723	744	3,397	1,991	2,996	4,518	6,818	2,332
	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	
0歳	3,953	33,734	18,935	49,752	12,158	34,713	37,354	46,280	14,706	39,828	
1歳	35,593	18,474	75,465	11,772	72,533	28,285	24,771	26,356	53,067	7,846	
2歳	23,137	12,031	18,300	17,413	5,379	15,311	9,662	11,013	18,726	17,465	
3歳以上	4,307	16,338	3,344	3,044	1,378	3,566	1,129	2,205	2,199	3,523	

×万尾

付表2b. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移(日本海側海域 図7bの元データ)

	1,985	1,986	1,987	1,988	1,989	1,990	1,991	1,992	1,993	1,994	1,995
0歳	8,141	21,562	32,729	24,976	17,562	1,648	1,244	1,528	224	1,757	10,924
1歳	10,530	6,187	11,077	15,696	24,399	29,065	16,034	14,986	13,295	11,079	19,263
2歳	2,327	1,961	2,352	2,389	5,111	9,926	13,534	3,931	22,374	22,236	21,664
3歳以上	545	265	552	723	744	3,397	1,991	2,996	4,518	6,818	2,332
	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	
0歳	28	25,076	16,883	41,243	10,625	32,750	33,721	39,705	11,868	36,252	
1歳	28,535	16,420	68,382	10,512	66,981	26,489	19,303	23,934	47,962	5,847	
2歳	22,949	12,020	18,224	17,314	5,282	15,228	9,600	10,933	18,620	17,293	
3歳以上	4,307	16,338	3,344	3,044	1,378	3,566	1,129	2,205	2,199	3,523	

×万尾

付表2c. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移(オホーツク側海域 図7cの元データ)

	1,985	1,986	1,987	1,988	1,989	1,990	1,991	1,992	1,993	1,994	1,995
0歳	3,068	1,636	933	1,674	515	335	573	4,701	3,902	3,340	15,421
1歳	480	2,815	3,925	2,782	2,966	3,117	1,198	1,779	2,030	6,167	1,712
2歳	39	1,169	116	266	22	102	135	29	342	875	337
3歳以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,996	1,997	1,998	1,999	2,000	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	
0歳	3,925	31,976	17,599	22,674	11,773	14,087	16,550	28,420	12,981	12,891	
1歳	27,514	6,677	24,517	4,111	15,241	2,654	7,599	4,264	14,475	3,018	
2歳	187	30	1,178	149	215	87	175	122	158	268	
3歳以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

×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8の元データ）

資源量	余剰生産	年	資源量	漁獲量
0	0	1981	56.8	108.8
50	71.5	1982	27.6	46.4
100	122.6	1983	23.3	33.1
150	153.3	1984	26.1	37.9
200	163.6	1985	28.0	34.0
250	153.5	1986	36.5	45.6
300	123.1	1987	45.0	59.5
350	72.3	1988	50.9	65.5
400	1.0	1989	57.9	68.6
450	-90.6	1990	70.1	92.7
		1991	71.9	90.7
		1992	77.6	66.5
		1993	113.3	101.8
		1994	144.1	118.9
		1995	176.0	148.8
		1996	188.4	144.5
		1997	207.0	169.9
		1998	200.5	205.1
		1999	159.1	133.4
		2000	182.3	136.6
		2001	208.0	129.1
		2002	242.3	121.9
		2003	276.9	140.5
		2004	276.1	151.2
		2005	265.1	121.8
		2006	289.8	

（いずれも千トン単位）

付表4. 漁獲量、沖底の漁獲努力量、沖底CPUEおよび、沿岸漁獲量の減少率を考慮した場合の沖底CPUE.

	漁獲量	努力量	沿岸漁獲量	沿岸減少率	CPUE A	CPUE B	CPUE C
1980	91,426	68,571	48,826		0.62	0.62	0.62
1981	108,767	54,187	52,271	－	1.04	1.04	1.04
1982	46,371	59,571	6,995	－	0.66	0.66	0.66
1983	33,078	53,798	15,897	－	0.32	0.32	0.32
1984	37,918	37,190	17,471	－	0.55	0.55	0.55
1985	33,962	41,503	15,777	－	0.44	0.44	0.44
1986	45,571	41,925	16,083	－	0.70	0.70	0.70
1987	59,466	43,347	18,612	－	0.94	0.94	0.94
1988	65,548	43,953	24,455	－	0.93	0.93	0.93
1989	68,644	47,231	18,670	－	1.06	1.06	1.06
1990	92,665	55,514	17,232	－	1.36	1.36	1.36
1991	90,698	51,294	23,408	－	1.31	1.31	1.31
1992	66,472	43,081	26,682	－	0.92	0.92	0.92
1993	101,826	37,993	26,238	－	1.99	1.99	1.99
1994	118,886	40,431	24,654	－	2.33	2.33	2.33
1995	148,796	44,152	30,318	－	2.68	2.68	2.68
1996	144,464	39,209	37,763	－	2.72	2.72	2.72
1997	169,864	39,593	39,587	－	3.29	3.29	3.29
1998	205,086	39,876	37,530	－	4.20	4.20	4.20
1999	133,389	32,094	29,170	－	3.25	3.25	3.25
2000	136,604	29,558	27,374	－	3.70	3.70	3.70
2001	129,057	25,338	30,492	－	3.89	3.89	3.89
2002	121,876	23,898	36,780	－	3.56	3.56	3.56
2003	140,491	24,486	43,017	－	3.98	3.98	3.98
2004	151,182	26,402	25,579	-40.5	4.76	2.37	3.17
2005	121,769	27,130	23,306	-8.9	3.63	2.16	3.03

CPUE A: 沖底CPUE

CPUE B: 沖底CPUEの変動において、2004-2005年に沿岸漁獲量と同様の変動傾向を示すことを

想定し、2004-2005年のCPUEを沿岸漁獲量の減少率から換算して減少させたもの

CPUE C: CPUE Bに用いた2004-2005年の沿岸漁獲量の減少率の1/2を反映させたもの

付表5. 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比較

A) 沖底CPUEを使用, B) 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少率を反映させた沖底CPUEを使用, C) 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少率の1/2を反映させた沖底CPUEを使用

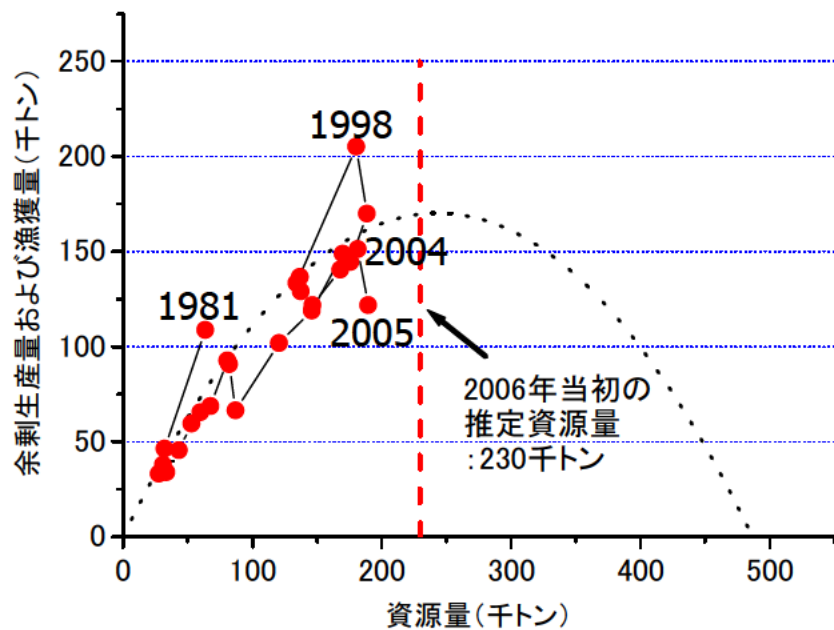
		使用データ		
		A	B	C
2005年				
	総漁獲量 (トン)	121,769	121,769	121,769
	沖底の努力量 (網)	27,130	27,130	27,130
推定されたパラメタ				
	r	1.63	1.40	1.39
	q	0.000017	0.000017	0.000018
	K(トン)	400,631	486,768	474,472
	B0(トン)	56,788	63,546	63,993
MSY を達成する目標値				
	MSY	163,612	170,237	165,141
	Emsy	47,785	40,989	37,650
	Bmsy	200,315	243,384	237,236
推定された資源量				
	B2005	265,111	189,496	218,625
	B2005/Bmsy (%)	132.3	77.9	92.2
	2005 年の漁獲率 (重量基準, F2005,%)	45.93	64.3	55.7
	Blimit (Bmsy/2, トン)	100,158	121,692	118,618
	B2006 (トン)	289,836	229,619	260,981
	B2006/Bmsy(%)	144.7	94.3	110.0
管理目標値				
	Fmsy	81.7	69.9	69.6
	0.8Fmsy (Flimit)	65.3	56.0	55.7
	0.64Fmsy (Ftarget)	52.3	44.8	44.6
	Elimit	47,785	40,989	37,650
	Etarget	38,228	32,791	30,120
	ABClimit (トン)	175,036	118,565	130,476
	ABCtarget (トン)	140,029	94,852	104,381

A: 沖底 CPUE のみで計算を行った場合

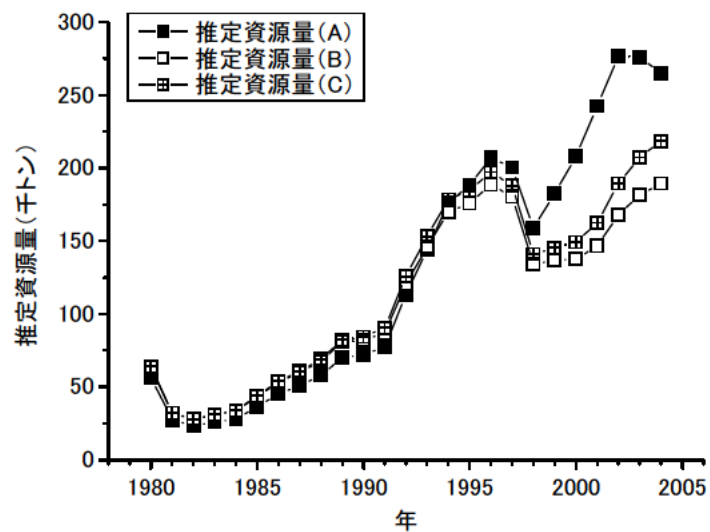
B: 沖底 CPUE の変動において、2004-2005 年に沿岸漁獲量と同様の変動傾向を示すことを想定し、2004-2005 年の CPUE を沿岸漁獲量の減少率から換算して減少させたもの

C: 沖底 CPUE の変動において、2004-2005 年に沿岸漁獲量と同様の変動傾向を示すことを想定し、2004-2005 年の CPUE を沿岸漁獲量の減少率の 1/2 を減少させたもの

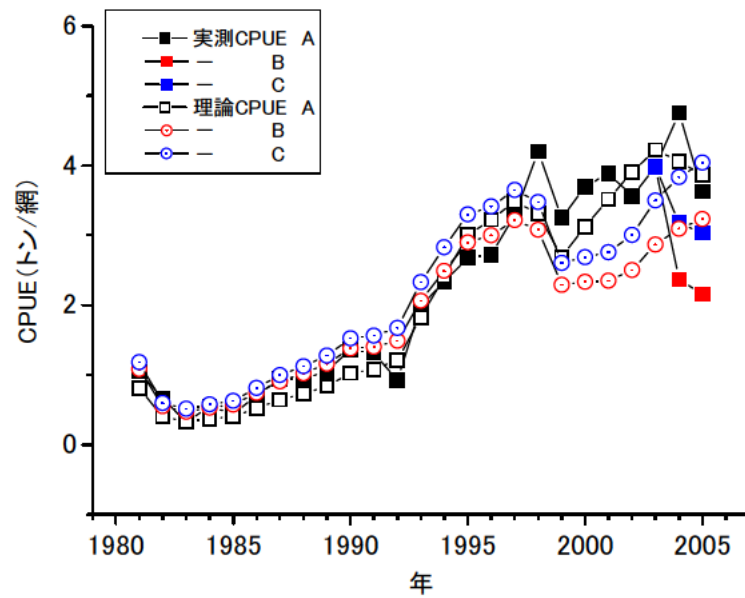
付図



付図1. 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少を沖底CPUEに反映させたデータを用いた場合の、ホッケ道北系群の推定資源量、余剰生産量および漁獲量推移



付図2. プロダクションモデルにおいて推定された資源量. 推定資源量(A) 沖底CPUEのみで計算を行った場合, 推定資源量(B) 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少を考慮して求めた沖底CPUEを用いて計算を行った場合, 推定資源量(C) 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少の1/2を考慮して求めた沖底CPUEを用いて計算を行った場合



付図3. 実測CPUEおよびプロダクションモデルにおいて推定された理論CPUE. 理論CPUE(A) 沖底CPUEのみで計算を行った場合, 理論CPUE(B) 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少を考慮して求めた沖底CPUEを用いて計算を行った場合, 理論CPUE(C) 2004-2005年の沿岸漁獲量の減少の1/2を考慮して求めた沖底CPUEを用いて計算を行った場合