

平成 21 年度キチジ太平洋北部の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（服部 努、伊藤正木、成松庸二、奥田武弘）

参 画 機 関：青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

キチジ太平洋北部の資源量は、着底トロール調査によって推定されている。今年度から、体長に対する採集効率は Logistic 式を適用して求めた。沖合底びき網漁業の CPUE の長期的な推移から、資源は中位水準にあると考えられる。また、資源量推定値および CPUE は近年増加しており、資源の動向は増加傾向と考えられる。しかし、近年、加入が少ない年が続いており、2005 年以降の資源尾数には減少傾向が認められる。本報告では、ABC 算定のための基本規則 1 3) (2)に基づき、悪い加入が続く可能性を考慮して β_1 を 0.8 とし、 $F_{limit}=F_{40\%SPR} \times 0.8$ とした。また、不確実性を考慮して安全率 α を 0.8 とし、 $F_{target}=F_{limit} \times 0.8$ とした。

	2010年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	660トン	0.8F40%SPR	0.09	8.0%
ABCtarget	530トン	0.8・0.8F40%SPR	0.07	6.5%

ABCは10トン未満を四捨五入した値

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2007	5,142	529	0.12	10.3%
2008	6,769	560	0.09	8.3%
2009	7,307	—	—	—

年は暦年、資源量は漁獲対象資源量、2008年の漁獲量は暫定値

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
漁獲量 ・確定値 ・暫定値	沖底漁場別漁獲統計資料（水研セ、1975～2007年の沖底） 青森～茨城県の農林統計（農水省、1975～2005年の沖底以外） 主要港水揚げ量（青森～茨城県、2006～2008年の沖底以外） 沖底漁場別漁獲統計資料（水研セ、2008年の沖底）
努力量（網数）、CPUE ・確定値 ・暫定値	沖底漁場別漁獲統計資料（水研セ、1972～2007年の沖底） 沖底漁場別漁獲統計資料（水研セ、2008年の沖底）
漁獲物の体長組成	生物情報収集調査（水研セ、青森県～宮城県）
資源量、年齢別資源尾数、 資源の体長組成、再生産成功率	底魚類資源量調査（水研セ） ・着底トロール（トロール網の採集効率にLogistic式を仮定）
自然死亡係数（M）	年あたり $M=2.5/\text{寿命}$ （田中 1960） $=2.5/20=0.125$ を仮定

1. まえがき

キチジは、東北地方や北海道ではめぬけ類とともに「赤もの」と称され、総菜魚として珍重されている。さらに、魚価も高いため漁獲対象として重要なものの1つである。しかし、長期的な漁獲量や CPUE の動向から、これまで資源は低位水準にあると考えられてきた。そのため、太平洋北部（沖合底びき網漁業の太平洋北区に相当し、北海道太平洋側を含まない東北太平洋側の海域を指す）のキチジは、水産庁により平成 13 年度から実施されている「資源回復計画」の対象魚種となり、平成 15 年からは保護区の設定によりサメガレイとともに資源回復が試みられている。このような状況の中、キチジ資源に対する資源評価の精度向上が求められている。そのため、トロールによる資源量調査を導入して資源量の動向を経年的に把握するとともに、年齢査定による年齢別資源尾数の推定等を行い、資源評価手法の改良に関する調査を実施している。

2. 生態

(1) 分布・回遊

キチジは、駿河湾以北の本州および北海道・千島列島の太平洋岸、オホーツク海、ベーリング海に広く分布する。我が国周辺では、鮫子以北の太平洋岸と北海道のオホーツク海で漁獲されるが、東北地方では常磐以北での漁獲が多い。

太平洋北部では、キチジは水深 350 ～ 1,300m 付近の深海域に生息しているが(図 1)、水深 500～800m で分布密度が最も高く、海底谷等の地形が複雑な場所に多い(北川ら 1995)。太平洋北部では回遊に関する研究は行われていないが、オホーツク海の北見大和堆で放流した個体の一部が太平洋側で再捕されたことが報告されている(木下ら 1999)。しかし、北海道を含む太平洋岸のキチジの系群構造は明らかにされていない。



図1. 太平洋北部におけるキチジの分布

(2) 年齢・成長

大型魚(体長 25cm 以上)では耳石縁辺部が透明化し、輪紋をうまく判別できないため、成長は十分に解明されていない。体長 20cm 程度までの個体については、成長は雌雄間でほとんど差がないことが報告されている(服部 1998)。また、資源尾数が増加した近年には、小型魚の成長が以前に比べて悪くなったことが報告されている(濱津・服部 2003、Hattori *et al.* 2007)。ここでは 2002 年の標本から得られた成長式と、体長 体重の関係式(岩手水技セ・後藤氏資料)を下記に示す(図 2)。

$$SL = 306(1 - \exp(-0.158(t - 0.185))), BW = 1.867 \times 10^{-5} \times SL^{3.068}$$

SL : 標準体長(mm)、BW : 体重(g)、年齢 (t) の起算日は 4 月 1 日

キチジの成長は個体によるバラツキが大きい、平均的な成長は1歳で体長4cm、2歳で8cm、3歳で11cm、4歳で14cm、5歳で16cm、6歳で18cmと非常に遅く、体長20cmに達するのに7年もかかる。なお、寿命についての詳細は不明であるが、飼育下で全長20cm程度の個体が9年後に全長27~28cmとなったことから(國廣 1995)、寿命は20歳程度に達するものと考えられる。

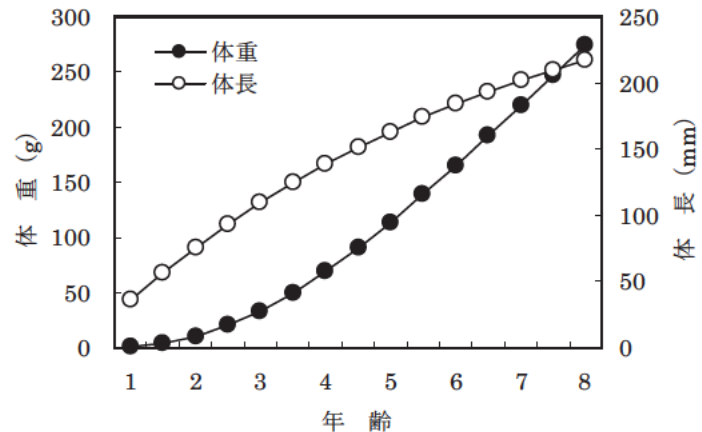


図2. 太平洋北部におけるキチジの成長

(3) 成熟・産卵

生殖腺重量指数と肉眼観察による分析により、八戸沖と福島県沖ではキチジの成熟体長が異なると報告されていたが(三河・伊藤 1981)、組織学的観察により成熟体長を再検討した結果、近年の成熟体長には海域間による差は存在せず、雌の50%成熟体長は15cmで、体長18cmでほとんどの個体が成熟していること(図3、服部ら 2006)、雄の50%成熟体長は9cmであること(濱津・服部 2004)が明らかとなった。

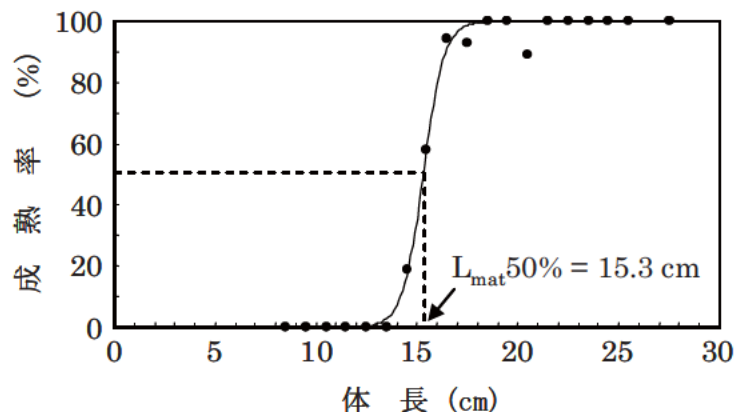


図3. 太平洋北部における雌の体長 成熟割合の関係

と(図3、服部ら 2006)、雄の50%成熟体長は9cmであること(濱津・服部 2004)が明らかとなった。2002年の年齢 体長関係に基づいて年齢別成熟割合を調べた結果、雌では3歳で0%、4歳で5%、5歳で88%、6歳以上で100%、雄では2歳で0%、3歳以上で100%が成熟していた。しかし、キチジでは年級群による成長差が大きいため、年齢別成熟割合に年変化があると推測される。

産卵期は1~4月で、平均卵径1mm強の楕円形の卵を1~15万粒産出する(三河・伊藤 1981)。また、1産卵期に2回の産卵を行うとの報告がある(Koya *et al.* 1995、國廣 1996、濱津・服部 2004)。4月に行われた調査では成魚の集群が認められなかったことから、産卵場は分布域全体に及んでいる可能性が指摘されている(濱津・服部 2002)。卵は浮遊性でゼラチン質のひも状卵囊に包まれた状態で産み出され(深滝 1963、Koya and Matsubara 1995)、稚魚ネット等により表層で採集される。天然の仔稚魚の生態については不明であるが、仔稚魚は中層に生息すると考えられる(服部 1998)。

(4) 被捕食関係

キチジは主にエビ類、オキアミ類、クモヒトデ類、端脚類、多毛類および魚類を摂餌する（三河 1952、東北水研八戸支所 1956、後藤 2004）。被食については、体長 10cm 以下のキチジが体長 30cm 以上のマダラに捕食されていた例がある（橋本 1974）。また、アブラガレイによる被食も知られているが（東北水研八戸支所資料）、現在の太平洋北部ではアブラガレイの漁獲量は少ない。

3. 漁業の状況

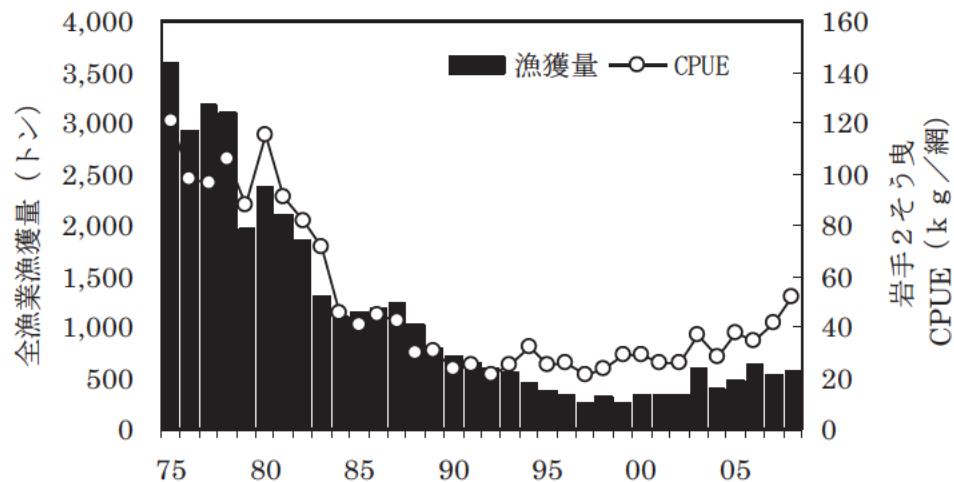


図4. 太平洋北部におけるキチジ漁獲量の推移 2008年の値は暫定値

表1. 太平洋北部における漁業種類別のキチジの漁獲量（トン）

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
沖底	2,296	1,987	2,015	2,164	1,259	1,567	1,451	1,350	960	769	881	960	1,003	875	657	541	456
小底	1,277	926	1,152	897	618	740	601	463	318	315	246	198	198	116	72	140	155
刺網	6	8	3	9	17	19	2	7	1	0	0	1	1	0	0	4	0
延縄	6	8	7	19	63	53	36	25	9	5	9	14	42	29	52	19	29
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	3	1	0	0	0	1
合計	3,585	2,929	3,177	3,089	1,957	2,379	2,091	1,846	1,290	1,090	1,137	1,176	1,245	1,020	781	704	641

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
沖底	507	518	424	357	320	229	286	232	282	304	291	514	332	428	584	502	518
小底	43	21	26	16	8	7	14	10	22	17	12	36	23	18	15	8	19
刺網	0	0	0	0	3	16	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0
延縄	39	9	6	6	9	6	10	16	20	20	27	29	39	30	16	13	14
定置	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	2	1	0	11	5	9
合計	589	548	457	379	342	258	311	259	326	342	333	583	397	476	626	529	560

沖底の値は漁場別漁獲統計資料による（2008年の値は暫定値）。2005年以前の沖底以外の値は農林統計、2006年以降の値は水試調べによる。

表2. 沖合底びき網漁業による小海区分別のキチジの漁獲量（トン）

小海区	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
尻矢崎	41	66	38	54	76	40	39	20	35	80	60	48	13	44	47	37	48
岩手	120	160	164	121	129	92	120	121	108	95	56	138	52	46	75	86	48
金華山	117	122	102	75	58	48	64	41	61	58	62	124	81	120	155	85	147
常磐	176	128	96	92	53	45	59	44	70	61	101	181	149	163	215	226	218
房総	53	42	25	15	5	4	3	6	9	9	12	24	36	55	91	69	57
合計	507	518	424	357	320	229	286	232	282	304	291	514	332	428	584	502	518

値は漁場別漁獲統計資料による（2008年の値は暫定値）。

(1) 漁業の概要

太平洋北部では、キチジは主に沖合底びき網漁業（以下、沖底）で漁獲されるほか、小

型底びき網漁業（以下、小底）、底延縄、底刺網で漁獲されるが、沖底以外の漁獲量は少ない。近年、沖底船は9～12月にスルメイカを狙って操業することが多く、スルメイカより深場に生息するキチジに対する漁獲圧は以前よりは弱くなっていると考えられるが、資源の増加によりキチジ狙いの操業が増える可能性もあり、今後の動向を注視する必要がある。

(2) 漁獲量の推移

キチジの全漁業種を合わせた漁獲量は1975年から1985年にかけて急激に減少し、その後、やや横ばいとなったものの、1997年まで再び減少の一途をたどった（図4）。しかし、近年、キチジの漁獲量はやや増加している。漁業種類別の漁獲量をみると、沖底の漁獲量は1970年代には2,000トン前後と多かったものの、その後減少傾向が続き、1997年には229トンと過去最低となった（表1）。また、小底の漁獲量も急激な減少を示し、1997年には7トンと極めて低い値となった。その後、沖底の漁獲量は増加し、2003年以降は500トン前後で推移している。2008年には全漁業種合計で560トン、沖底で518トンの水揚げがあった（暫定値）。沖底の小海区別漁獲量をみると（表2）、近年、常磐海区での漁獲量が多いという特徴が認められる（小海区の区分は、図5を参照）。

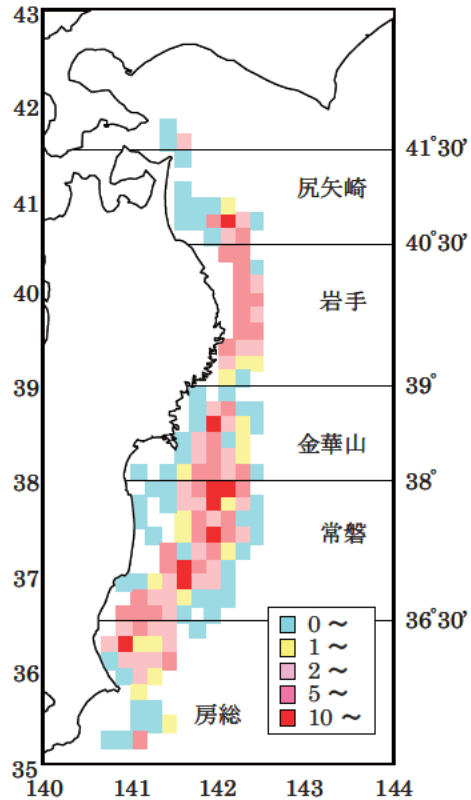


図5. 2007年の沖底によるキチジの漁場分布図 単位はトン

(3) 漁獲努力量

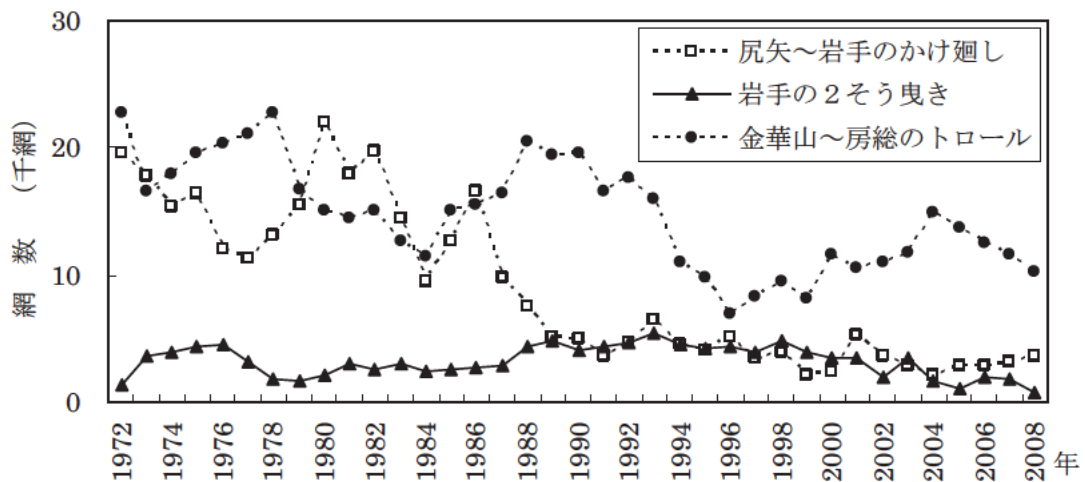


図6. 沖底による漁獲努力量の経年変化 2008年の値は暫定値

長期的なかけ廻しの漁獲努力量（キチジの入網した網数）には減少傾向が認められる（表3、図6）。また、近年のかけ廻しと2そう曳きの漁獲努力量は低い水準にある。金華山海区以南のトロールの漁獲努力量は、増減を繰り返しながらも1996年まで減少傾向にあったが、1997年以降には増加に転じ、2005年以降には減少傾向を示している。

表3. 沖底の小海区別漁獲努力量（キチジの入網網数）の経年変化

	尻矢 かけ廻し	岩手 かけ廻し	岩手 2そう曳き	金華山 トロール	常磐 トロール	房総 トロール
1972	3,269	16,299	1,350	7,106	13,610	2,113
1973	1,931	15,896	3,569	4,331	10,101	2,114
1974	1,615	13,800	3,871	4,691	9,793	3,426
1975	2,425	14,039	4,305	5,706	10,240	3,597
1976	1,420	10,569	4,561	4,982	12,029	3,364
1977	614	10,625	3,203	6,107	12,265	2,753
1978	814	12,338	1,739	5,853	12,426	4,411
1979	2,097	13,359	1,693	5,752	8,231	2,746
1980	5,281	16,788	2,073	4,646	5,993	4,501
1981	3,649	14,276	3,019	3,694	4,751	6,089
1982	6,658	13,160	2,613	3,423	7,180	4,474
1983	3,339	11,162	3,028	3,944	5,191	3,471
1984	3,218	6,252	2,461	3,652	4,000	3,770
1985	4,093	8,509	2,618	5,886	4,621	4,505
1986	8,012	8,541	2,691	7,475	4,367	3,724
1987	3,667	6,187	2,924	7,129	6,554	2,822
1988	3,527	3,936	4,364	8,873	9,218	2,481
1989	2,278	2,896	4,783	9,012	7,657	2,734
1990	1,888	3,098	4,086	9,232	7,604	2,829
1991	1,327	2,356	4,302	7,696	6,809	2,034
1992	2,112	2,613	4,619	7,187	7,535	2,922
1993	3,834	2,634	5,444	6,206	7,149	2,589
1994	2,424	2,156	4,458	4,366	5,268	1,406
1995	2,895	1,141	4,149	4,652	4,311	778
1996	3,946	1,110	4,431	3,508	3,149	350
1997	2,345	1,093	3,943	3,838	4,035	474
1998	2,465	1,382	4,828	4,603	4,649	311
1999	1,164	878	3,958	4,662	2,982	527
2000	1,678	771	3,536	5,928	5,174	556
2001	4,338	892	3,425	5,157	4,523	931
2002	2,890	684	1,974	5,181	4,830	1,026
2003	2,057	800	3,511	4,853	5,678	1,300
2004	1,462	719	1,679	6,226	6,743	1,983
2005	2,034	858	1,039	5,342	6,623	1,708
2006	2,252	676	1,911	5,510	5,174	1,799
2007	2,374	727	1,754	3,287	5,475	2,900
2008	2,881	806	760	3,952	4,512	1,749

漁場別漁獲統計資料による。2008年の値は暫定値

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

秋季にトロール網による底魚類資源量調査を実施し（水深150～900m、計148地点）、

面積 密度法（補足資料 2～4）により資源量を推定した。その方法の詳細については、成松ら（2007）および服部ら（2006）に述べられている。調査海域は青森県～茨城県沖で、太平洋北部のキチジの分布範囲をカバーできている（補足資料 3）。曳航式深海用ビデオカメラとトロール曳網調査により、本調査で用いたトロール網の身網によるキチジの採集効率は 0.3 と推定されているため（渡部ら 2002）、最初に採集効率を 0.3 とした場合の資源量を求めた。耳石表面研磨による年齢査定を行い、各年の Age length key を作成して年齢別体長組成を求めた（補足資料 3 の補足図 2～3）。しかし、年齢別資源尾数データ（補足資料 4 の補足表 2 1）の蓄積に伴い、翌年の資源尾数が増加するケースが多発したため（補足資料 4 の補足表 2 2）、体長に関わらず採集効率を一定とすることに問題があると考えた。

カレイ類やカニ類では、比較的接地の良くない調査用の着底トロール網のフットロープに対する採集効率（網の下を抜ける確率）は、体長に伴い大きくなり、Logistic 式に適合すると報告されている（Somerton and Otto 1999、Munro and Somerton 2001, 2002、Weinberg *et al.* 2004）。本調査で用いたトロール網は比較的接地が良くないと報告されており（渡部・北川 2004）、海底に接して生息し、漁具が通過する直前まで移動しないキチジ（渡部ら 2003）でも体長に伴い採集効率が大きくなる可能性があると考えた。同属のヒレナガキチジおよびアラスカキチジでは、体長に伴い採集効率が大きくなるが、全長 25cm 以上では採集効率が再び小さくなる（ドーム型）と報告されている（Lauth *et al.* 2004）。この原因は、大型個体の遊泳力が高く、網口の横方向への逃避率が上昇するためと推測されるが、キチジでは全長で 25cm を超える大型個体は少ないため、体長に伴い採集効率が大きくなる Logistic 式を適用するのが最良と考えた。

渡部ら（2002）により採集効率が 0.3 と計算された際のデータを用い、曳航式深海用ビデオカメラとトロール曳網調査を同時に行った 12 組の尾数密度を比較した。その際、カメラによる尾数密度を真値と仮定し、トロール調査で得られた 1cm 刻みの体長組成を Logistic 式による採集効率により補正し、その合計により求めた密度とカメラによる尾数密度の差が最小となるように Logistic 式の係数を求めた。ここで、SL は標準体長（mm）である。

$$Net\ efficiency = \frac{0.738}{1 + 1,525 \times e^{(-0.0824 \times SL)}}$$

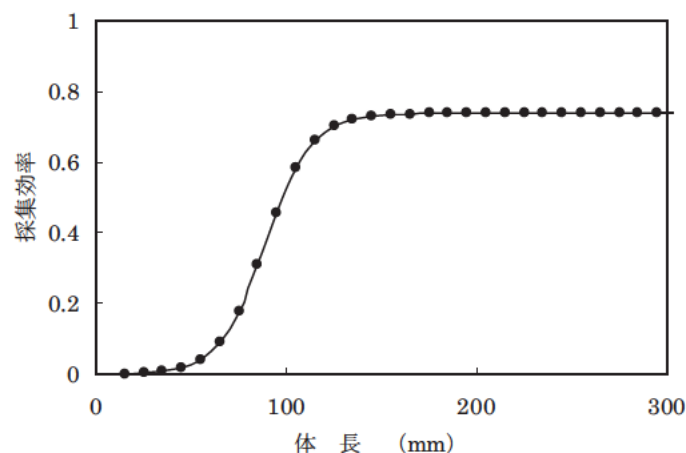


図7. 体長と採集効率の関係

Logistic 式を用いた際のトロールの密度とカメラの密度の間の残差平方和は、採集効率を 0.3 で一定とした際よりも小さかった。渡部ら（2002）の調査は 2001 年に行われているが、2001 年のキチジの体長組成のピークは 8cm 台にある（補足資料 3 の補足図 2）。得られた Logistic 式では、体長 8cm 台で採集効率が 0.3 となり、渡部ら（2002）の結果と一致する。また、Lauth *et al.*（2004）によれば、体長 20cm 程度のキチジ類で採集効率が 0.5～0.75 であり、この値はアメリカの資源評価で用いられている値と一致していると報告されている。今回得られた Logistic 式で求められる体長 20cm 台で 0.74 という値もその範囲に含まれており、既往の知見と一致する。なお、2005 年に行われたアメリカ西海岸の資源評価では、ドーム型の採集効率が採用されている。太平洋北部のキチジの場合、1999～2002 年級群が卓越年級群と考えられ（後述する補足資料 6 を参照）、これらの年級群の成長により資源の平均体長が年々大きくなっている（補足資料 3 の補足図 2）。このような資源では、採集効率が体長で異なった場合の影響が大きく、体長による採集効率の違いを考慮すべきと考えた。調査地点数が増加し、推定精度が向上した 2000 年以降の資源尾数の推移をみると、採集効率を一定とした場合に翌年の資源尾数が増加する例が 15 箇所認められたが（補足資料 4 の補足表 2 2）、Logistic 式による採集効率を採用した場合には不整合は 11 箇所となり、4 箇所減少した（補足資料 4 の補足表 2 7）。残された不整合の内、6 箇所は 2006 年から 2007 年にかけてであり、この原因としてトロール調査により求めた 2006 年の資源尾数を過小評価している可能性が考えられた。しかし、面積 密度法では単年の資源量が単独で推定されるため、現状で改善するのは困難である。今後のデータの蓄積を待って改善手法の検証を行う必要がある。このような問題点は残されているものの、Logistic 式による採集効率を採用した方が良いと考えられるので、今年度の資源評価から Logistic 式による採集効率を採用し、資源量を推定することとした。

Logistic 式による採集効率を用い、秋期の年齢別資源尾数を求めた（補足資料 4 の補足表 2 6）。自然死亡係数は寿命を 20 歳として田内・田中の式（田中 1960）を用いて求めた（ $M=2.5/20=0.125$ ）。各年の F（漁獲率 漁獲割合を仮定）および M を用い、2 ヶ月分の漁獲量および死亡分を引いて 1 月時点の資源尾数を求めた（補足資料 4 の補足表 2 9）。なお、漁獲物の体長組成から 1 歳魚の漁獲は少ないと考えられることから、漁獲対象資源は 2 歳魚（2 歳 9 ヶ月）以上とした。各年の各年齢における平均体長から体長 体重関係を用いて平均体重を求め、それを乗じて資源重量を求めた（補足資料 4 の補足表 2 10）。なお、冬期の成長は悪いと考えられることから（服部 1998）、体長は 10～11 月時点のものを翌年に対して用いた。

（2）CPUE の推移

大部分のキチジは沖底により漁獲され、沖底の CPUE はキチジの資源動向を長期的に判断できる唯一の指標である。CPUE の変化をみると、いずれの小海区・漁法においても長期的に CPUE は減少傾向にあったが、近年の CPUE はほとんどの小海区で増加傾向に転じている（表 4）。金華山海区以南では CPUE の増加傾向が顕著であり、2008 年の金華山海区以南のトロールによる CPUE は 1972 年の 75%にまで回復している（図 8）。岩手海区の 2 そう曳きでも CPUE の増加傾向が認められ、CPUE は低位水準にあるものの、中位水準をやや下回る水準にある。これらのことから、資源量は青森～岩手県沖では中位水

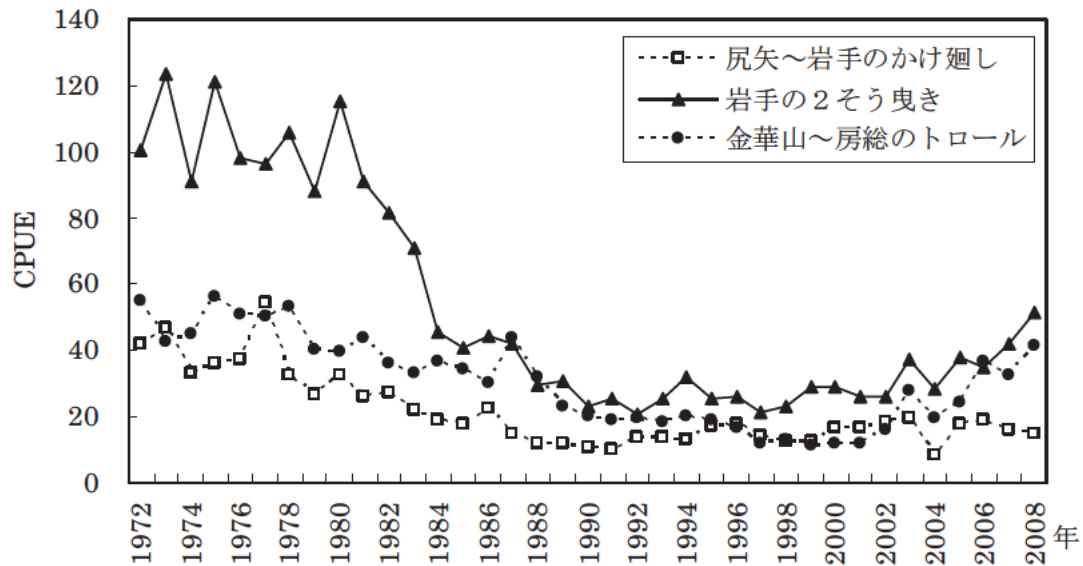


図8. 沖底によるCPUE (kg/網) の経年変化
2008年の値は暫定値

表4. 沖底の小海区別、漁法別のCPUE (kg/網) の経年変化

年	尻矢 かけ廻し	岩手 かけ廻し	岩手 2そう曳き	金華山 トロール	常磐 トロール	房総 トロール
1972	44.1	41.4	100.6	59.3	53.1	49.1
1973	45.6	46.8	123.4	50.2	39.3	40.6
1974	48.8	31.2	90.7	44.4	42.1	53.4
1975	55.2	32.9	120.8	64.1	51.6	55.2
1976	37.0	37.5	98.2	68.0	42.8	52.6
1977	34.1	55.3	96.2	49.1	50.9	47.6
1978	59.8	30.9	105.6	47.2	54.5	57.5
1979	22.0	27.6	88.2	39.4	40.8	40.7
1980	34.6	31.6	115.1	44.7	43.1	29.5
1981	27.4	25.5	90.7	43.9	49.8	39.0
1982	39.0	21.3	81.4	36.9	39.7	30.1
1983	37.1	16.9	71.1	38.3	33.3	26.2
1984	32.0	12.2	45.3	38.6	37.9	34.2
1985	24.7	14.7	40.8	35.8	32.9	33.8
1986	31.4	14.0	44.4	34.4	27.2	24.7
1987	16.5	13.6	42.1	49.8	45.2	25.3
1988	13.9	9.6	29.5	35.6	29.4	28.3
1989	19.2	5.9	30.6	18.6	28.5	23.1
1990	16.5	7.5	23.2	17.8	20.3	25.6
1991	15.5	7.2	25.1	16.4	20.4	22.2
1992	19.2	9.0	21.0	16.3	23.3	18.2
1993	17.1	8.0	25.4	19.7	18.0	16.2
1994	15.7	9.7	32.1	23.3	18.1	17.8
1995	18.6	14.0	25.5	16.1	21.4	18.5
1996	19.3	13.0	25.8	16.4	16.8	13.2
1997	17.0	7.9	21.2	12.4	11.2	8.2
1998	16.0	5.6	23.3	13.9	12.6	9.6
1999	17.4	5.9	29.2	8.7	14.6	12.2
2000	20.8	6.4	29.0	10.2	13.5	16.4
2001	18.5	6.6	26.1	11.1	13.6	10.0
2002	20.7	7.0	26.0	11.5	21.0	11.7
2003	23.2	9.7	37.0	25.1	32.2	18.6
2004	9.0	6.9	28.2	13.6	24.7	19.1
2005	21.7	8.0	38.0	21.6	24.6	31.8
2006	20.8	12.9	34.8	27.1	41.3	50.7
2007	15.4	17.3	41.7	25.8	41.3	23.8
2008	15.8	10.5	51.5	37.0	48.3	32.5

漁場別漁獲統計資料による。2008年の値は暫定値

準にまでは回復していないが、宮城県以南では高位水準にまで達していると考えられる。そのため、太平洋北部全体の資源量としては、これまでの低位水準から中位水準にまで回復していると判断した。

(3) 漁獲物の体長組成

2008年の水揚げ物の体長組成(暫定値)をみると(図9)、体長10cm前後(3歳魚)から漁獲対象となっており、体長15cm以下の個体の全体に占める割合が高くなっていた。特に、体長15cm以下の割合は宮城県以南で高く、2001～2002年に比べて体長15cm以下の個体の漁獲尾数が増加していた(過去の報告を参照)。また、体長30cm以上の個体はほとんど漁獲されていなかった。

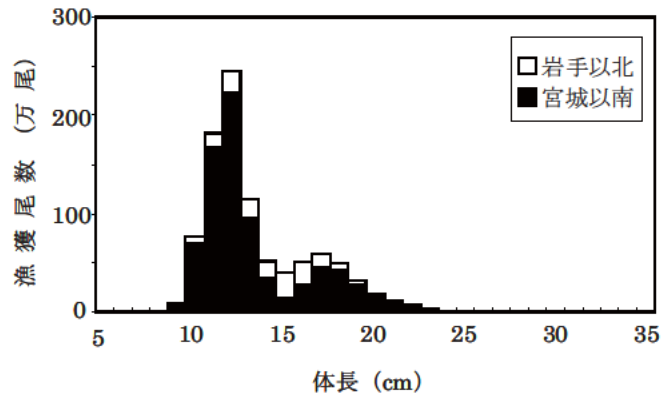


図9. 2008年の漁獲物の体長組成

1995年以降の八戸港、宮古港および石巻港の漁獲物データを用い、太平洋北部の沖底による年齢別漁獲尾数を求め、VPAによる資源量推定の可能性を検討した(補足資料5)。この際、Logistic式を用いた面積密度法により得られた2歳魚以上の資源重量をチューニングに用いた。現状のVPAでは、過去の高齢魚のFが高くなる問題点があり、その原因として年齢分解が9歳までしか行われておらず、プラスグループに複数の年級群を含むことが考えられる。しかし、キチジでは10歳以上の年齢査定はほぼ不可能で、高齢魚を年齢分解するのは困難である。現状ではVPAによる資源量推定精度は低いと判断され、今後、改善策を検討していく必要がある。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

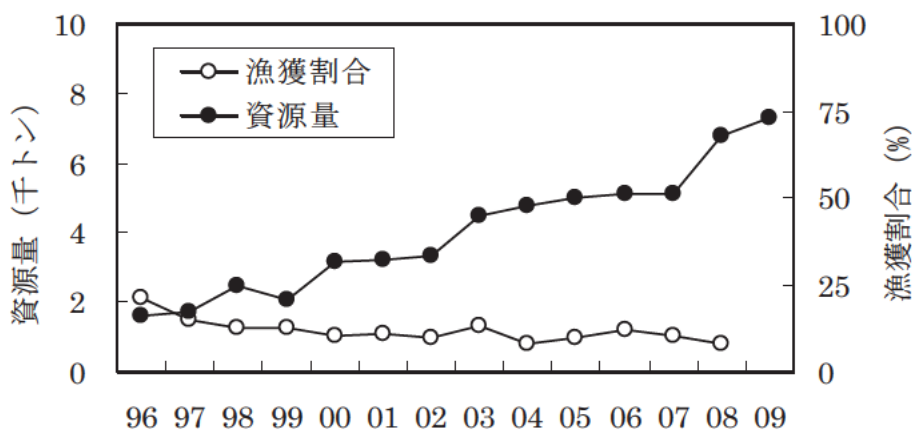


図10. キチジの資源量(1月時点)および漁獲割合の推移

着底トロールの面積密度法から推定した資源量の推移から、近年の資源動向は増加傾向と判断される(図10)。また、漁獲割合は10%前後で推移している。

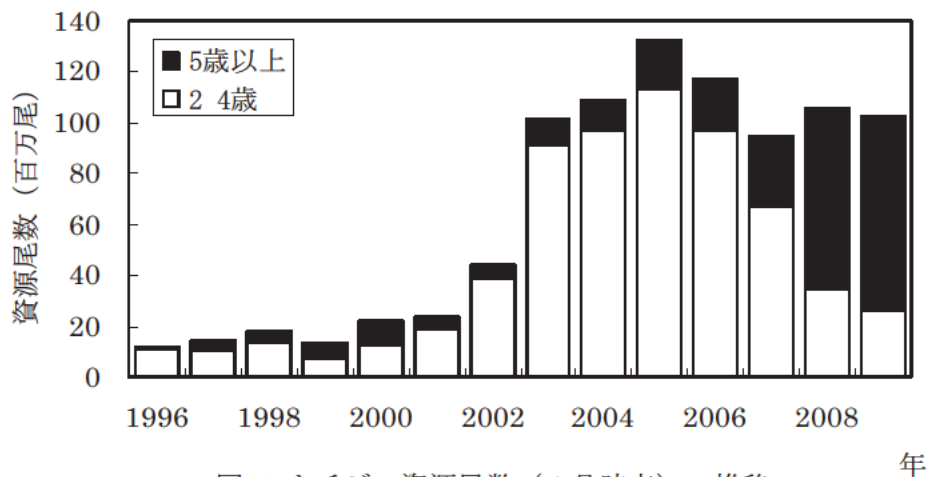
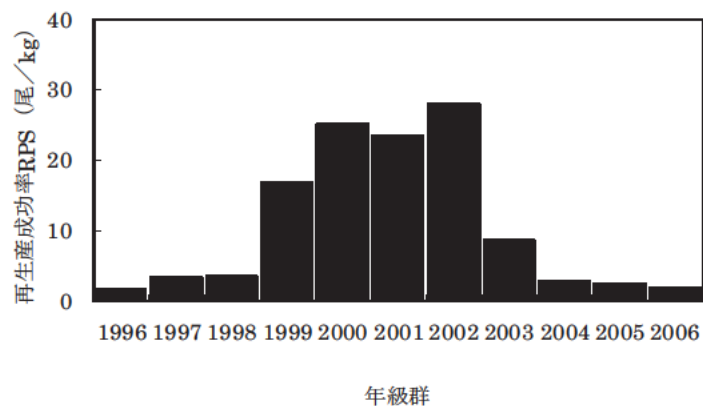


図11. キチジの資源尾数（1月時点）の推移

しかし、近年、加入が少ない年が続いており（補足資料6）、卓越年級群である1999～2002年級群の成長による増重により資源量が増加しているが、2005年以降の資源尾数には減少傾向が認められる（補足資料4の補足表29、図11）。加入量（2歳魚尾数）と雌の親魚量の推移および両者の関係を補足資料6に示した。

再生産成功率 RPS の変化を調べた結果、1999～2002年級群の RPS が高くなっており、1999～2002年級群の生残が良かったと考えられた（図12）。このことから、加入量の急増は主に1999～2002年級の生残率の増加によるものと推定された。1999～2002年には、アリューシャン低気圧の北偏に伴う移行域のクロロフィル a 濃度が 0.2

図12. 再生産成功率（RPS）の経年変化
雌親魚1kgあたりの2歳魚尾数として計算

μ/L の海域）の北偏が起こったとされ（Bograd *et al.* 2004）、その4年間にはアカイカの CPUE が低かったことが報告されている（Ichii *et al.* 2006）。キチジの RPS にも海洋環境が大きく影響した可能性があるが、そのメカニズムは明らかではない。

キチジの仲間は孵化後1年以上にわたり海底から離れた遊泳生活を送ることが明らかとなっており（Moser 1974）、生活史初期、特に卵～遊泳期における生息環境の変化が生残に大きく影響している可能性がある。しかし、2003年級以降、特に2004年級以降の RPS は低い水準にあると推測され、加入状況の悪い時期に戻った可能性がある。また、加入の良い1999～2002年級の成長率の低下が観察されている（濱津・服部 2006、Hattori *et al.* 2007）。

(5) 資源の水準・動向

キチジの漁獲量は、長期的に減少していたが、近年はやや増加し、2003 年以降は 500 トン前後で推移している。金華山海区以南では CPUE の増加傾向が顕著であり、2008 年の金華山海区以南のトロールによる CPUE は 1972 年の 75% にまで回復している。岩手海区の 2 そう曳きでも CPUE の増加傾向が認められ、CPUE は低位水準にあるものの、中位水準をやや下回る水準にある。これらのことから、資源量は青森～岩手県沖では中位水準にまでは回復していないが、宮城県以南では高位水準にまで達していると考えられる。そのため、太平洋北部全体の資源量としては、これまでの低位水準から中位水準にまで回復していると判断した。また、近年の資源量推定値および CPUE が増加していることから、資源の動向は増加傾向と考えられる。

水準：中位

動向：増加

(6) 資源と漁獲の関係

YPR および SPR の式を用い、YPR および %SPR を求めた (図 13)。ここで、成長に関するパラメタは 2002 年の成長式および体長 体重関係から求め、漁獲開始年齢を 3 歳、加入年齢を 1 歳 6 ヶ月 (1.5 歳)、成熟年齢を 5 歳、寿命を 20 歳とした。本報告では、2007 年までの漁獲量の確定値と資源量推定値を用いて漁獲率を重量ベースで求め、 $F_{current}$ を 2005～2007 年の平均の F ($F_{ave3\ yr}$) とした。この図から判断すると、現状の F ($F_{current} = 0.121$) は F_{max} および $F_{30\%SPR}$ を下回っており、 $F_{0.1}$ に近い値となっている。また、 $F_{40\%SPR}$ は 0.112 であり、 $F_{current}$ はこれをやや上回っている。

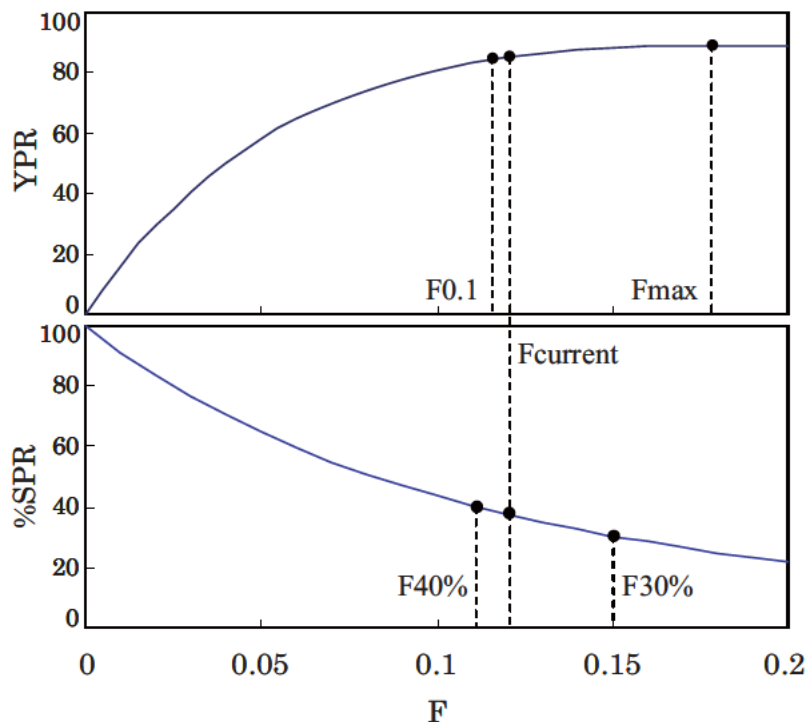


図13. YPRおよび%SPR

5. 2010 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

太平洋北部のキチジ資源は長期的に減少してきたが、近年の資源量には増加傾向が認められる。これは 1999～2002 年級群の加入量が多かったためであり、この 4 つの年級群の RPS は高い値となっている。また、漁獲量および CPUE の推移から判断した結果、キチジ資源は中位水準にまで回復したと判断される。しかし、近年、加入が少ない年が続いており、2005 年以降の資源尾数には減少傾向が認められる。

このように、資源は中位水準・増加傾向にあるが、今後、悪い加入が続く可能性が考えられ、その場合、数年後には資源量が減少傾向に転じる可能性が高い。そこで、本報告では、悪い加入が続く可能性を考慮し、漁獲を現状以下に抑えることで親魚量の増加を図ることを資源管理目標とした。

(2) ABC の算定

2010 年 1 月時点の資源量は、以下の方法で推定した。2000 年以降のデータを用い、2～3 歳、3～4 歳、4～5 歳以上における年間生残率（補足資料 4 の補足表 2 7）の平均値を求めた。ここでは、2006 年の資源尾数が過小である可能性を考慮し、2005～2006 年および 2006～2007 年のデータを除外した。2009 年 1 月時点の年齢別資源尾数（補足資料 4 の補足表 2 10）に各年齢の平均生残率を乗じ、2010 年 1 月時点の 3 歳魚以上の資源尾数を求めた。同様の方法を用いた場合、1 歳魚から翌年の 2 歳魚になる際の平均生残率は 5.118 となる。このことは、1 歳魚の採集効率が 2 歳魚以上よりかなり低いことを示している。そこで、2010 年 1 月の 2 歳魚の資源尾数は 2009 年 1 月の 1 歳魚の資源尾数に 5.118 を乗じて求めた。2010 年の平均体重は 2009 年と同様と仮定した。以上の方法により資源量を推定した結果、2010 年の資源量は 8,206 トンと 2009 年より増加するが、資源尾数は 91,864 千尾に減少すると推測された。

本報告では、悪い加入が続く可能性を考慮し、漁獲を現状以下に抑えることで親魚量の増加を図ることを資源管理目標とした。そのため、中位水準・増加傾向ではあるが $\beta 1$ を 0.8 とし、ABC 算定のための基本規則 1 3) (2)に基づいて $F_{limit}=F40\%SPR\times 0.8$ とした。なお、キチジは成長が遅く、成熟年齢が比較的高齢であるため、管理基準値に F40%を採用した。また、不確実性を考慮して安全率 α を 0.8 とし ($F_{target}=F_{limit}\times 0.8$)、この時の漁獲量を ABCtarget とした。

$F_{limit}=F40\%SPR\times 0.8$ および $F_{target}=F_{limit}\times 0.8$ を用い、次式により E_{limit} および E_{target} を求めた。 $F40\%=0.112$ であるため、 $F_{limit}=0.112\times 0.8=0.089$ とし、 $E=F/(F+M)\times (1-e^{-(F+M)})$ より、 $E_{limit}=0.080$ となる。ここで、 $M=0.125$ を用いる。

同様に、 $F_{target}=F_{limit}\times 0.8$ とすると、 $F_{target}=0.071$ となり、 $E_{target}=0.065$ となる。

(F:漁獲係数、M:自然死亡係数、E:漁獲率、 E_{limit} と E_{target} :許容漁獲率)

ABClimit は資源量 $\times E_{limit}$ 、ABCtarget は資源量 $\times E_{target}$ として計算した結果、2010 年の資源量に対して計算される ABClimit は 660 トン、ABCtarget は 533 トンであった。

	2010年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	660トン	0.8F40%SPR	0.09	8.0%
ABCtarget	530トン	0.8・0.8F40%SPR	0.07	6.5%

ABCは10トン未満を四捨五入した値

将来の加入量が予測できないこと、年齢別資源尾数の推移に問題点が残ることから、異なる F に対応した資源量・漁獲量予測を行うことは困難である。データの蓄積を待ち、資源量推定手法の改善を行った後に分析を行う必要がある。

(3) ABC の再評価

評価対象年（当初・再評価）	管理基準	F値	資源量	ABClimit	ABCtarget	漁獲量
2008年（当初）	0.8Fcurrent	0.042	13,864	533	428	
2008年（2008年再評価）	0.8Fcurrent	0.040	15,653	572	459	
2008年（2009年再評価）	0.8Fcurrent	0.097	6,769	586	474	560
2009年（当初）	0.8Fcurrent	0.040	18,143	660	530	
2009年（2009年再評価）	0.8Fcurrent	0.097	7,307	633	511	

2008年の漁獲量は暫定値、量の単位はトン

今年度の報告から、Logistic 式を用いた採集効率を採用したため、2009 年再評価時の資源量は大きく減少し、F 値は大きくなっている。しかし、算定された ABC に大きな変化は認められない。

6. ABC 以外の管理方策への提言

キチジの場合、小型魚の魚価は安く、取り残して成長させれば単価が急激に上昇する。現在の資源量の大部分を占める体長 15cm 以下の小型魚は魚価が安く、これらを保護することにより親魚量が増加し、その後の加入量の増加も期待できるため、漁獲開始年齢の引き上げはキチジの資源管理に有効な方策と考えられる。

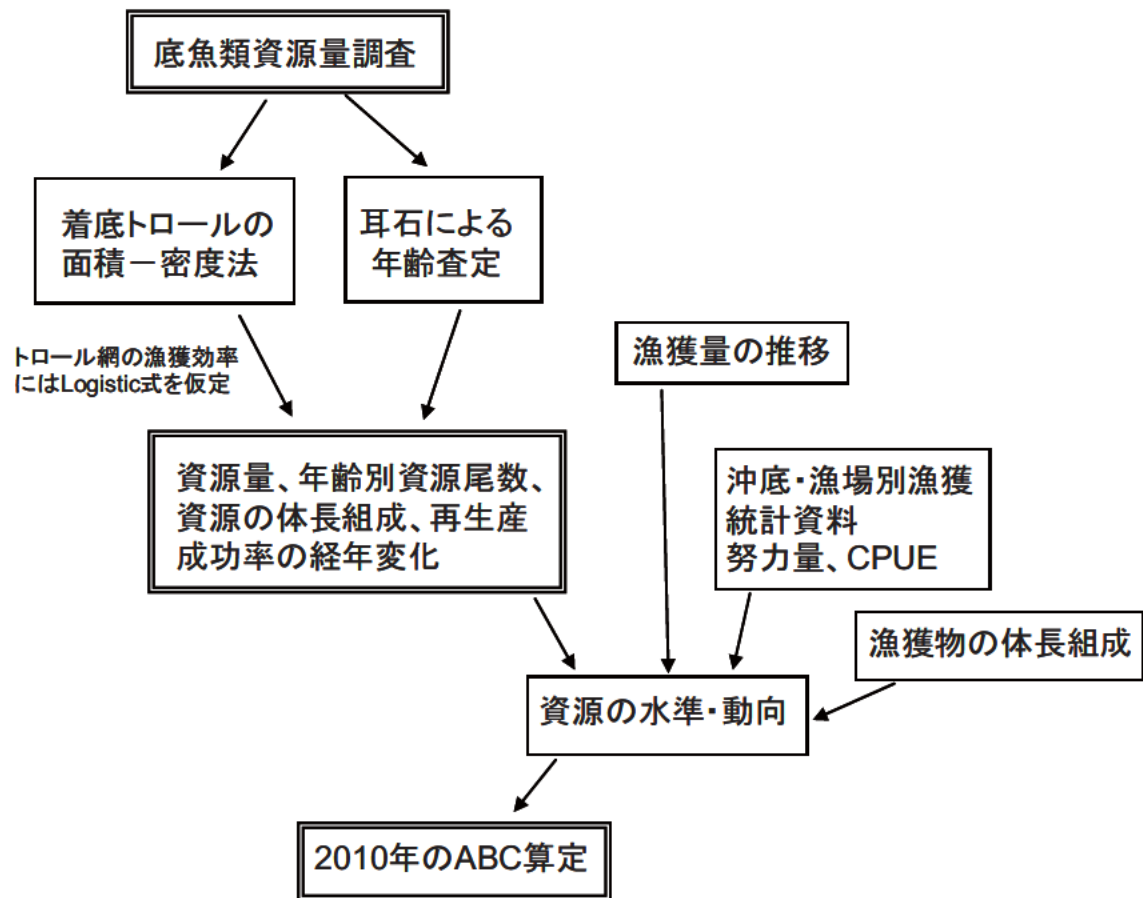
7. 引用文献

- Bograd, S. J., D. G. Foley, F. B. Schwing, C. Wilson, R. M. Laurs, J. J. Polovina, E. A. Howell, and R. E. Brainard (2004) On the seasonal and interannual migrations of the transition zone chlorophyll front. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L17204.
- 深滝 弘 (1963) 太平洋北西部から採集されたキチジの浮性卵囊. 日水研報告, 11, 91 100.
- 後藤友明 (2004) 岩手県沖合域に生息するキチジ *Sebastolobus macrochir* の年齢、成長、成熟および食性. 岩手水技セ研報, 4, 39 47.
- 橋本良平 (1974) 東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究. 東北水研研報, 33, 51 66.
- 服部 努 (1998) 東北太平洋岸沖におけるキチジの年齢と成長. GSK 底魚部会報, 1, 3 10.
- 服部 努・成松庸二・伊藤正木・上田祐司・北川大二 (2006) 東北海域におけるキチジの資源量と再生産成功率の経年変化. 日水誌, 72, 374 381.
- Hattori, T., Y. Narimatsu, M. Ito, Y. Ueda, K. Fujiwara, and D. Kitagawa (2007) Growth changes in bighead thornyhead *Sebastolobus macrochir* off the Pacific

- coast of northern Honshu, Japan. Fish. Sci., 73, 341-347.
- 濱津友紀・服部 努 (2002) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 12-17.
- 濱津友紀・服部 努 (2003) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 12-19.
- 濱津友紀・服部 努 (2004) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 12-21.
- 濱津友紀・服部 努 (2006) キチジ (太平洋北海域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書, 12-21.
- Ichii, T., K. Mahapatra, M. Sakai, and D. Inagake (2006) Long term changes in the stock abundance of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in relation to climate change, the squid fishery, and interspecies interactions in the north Pacific. The role of squid open ocean ecopystems, 16-17 November 2006, Hawaii, USA, 31-32.
- 木下貴裕・國廣靖志・多部田 修 (1999) 標識放流に基づくオホーツク海南部におけるキチジの回遊. 日水誌, 65, 73-77.
- 北川大二・橋本 惇・上野康弘・石田享一・岩切 潤 (1995) 三陸沖深海域におけるキチジの分布特性. 海洋科学技術センター試験研究報告, 107-117.
- Koya, Y. and T. Matsubara (1995) Ultrastructural observations on the inner ovarian epithelia of kichiji rockfish *Sebastolobus macrochir* with special reference to the production of gelatinous material surrounding the eggs. Bull. Hokkaido Natl. Fish. Res. Inst., 59, 1-17.
- Koya, Y., T. Hamatsu, and T. Matsubara (1995) Annual reproductive cycle and spawning characteristics of female kichiji rockfish *Sebastolobus macrochir*. Fish. Sci., 61, 203-208.
- 國廣靖志 (1995) オホーツク海のキチジの漁業と生態. その 2. 北水試だより, 29, 14-22.
- 國廣靖志 (1996) オホーツク海で獲れた産卵中のキチジ (短報). 北水試研報, 48, 27-29.
- Lauth, R. R., J. Ianelli, and W. W. Wakefield (2004) Estimating the size selectivity and catching efficiency of a survey bottom trawl for thornyheads, *Sebastolobus* spp. using a towed video camera sled. Fish. Res., 70, 27-37.
- 三河正男 (1952) 東北海区における底魚類の消化系と食性について. 第 1 報キチジ. 東北水研研報, 1, 20-24.
- 三河正男・伊藤勝千代 (1981) キチジの成熟と産卵について. GSK 北日本底魚部会報, 16, 42-52.
- Moser, H. G. (1974) Development and distribution of larvae and juveniles of *Sebastolobus* (Pisces: Familiy Scorpaenidae). Fish. Bull., 72, 865-884.
- Munro, P. T. and D. A. Somerton (2001) Maximum likelihood and non parametric models for estimating trawl footrope selectivity. ICES J. Mar. Sci., 58, 220-229.
- Munro, P. T. and D. A. Somerton (2002) Estimating net efficiency of a survey trawl for flatfishes. Fish. Res., 55, 267-279.

- 成松庸二・伊藤正木・服部 努・上田祐司(2007) 2006 年の底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究, 27, 70 86.
- Somerton, D. A. and R. S. Otto (1999) Net efficiency of a survey trawl for snow crab, *Chionoecetes opilio*, and Tanner crab, *C. bairdi*. Fish. Bull., 97, 617 625.
- 水産総合研究センター (2006). 平成 16 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査 (三陸沖きちじ等：三陸沖合海域) 調査報告書, 65pp.
- 水産総合研究センター (2007) 平成 17 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査 (三陸沖きちじ等：三陸沖合海域) 調査報告書, 59pp.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研研報, 28, 1 200.
- 東北区水産研究所八戸支所 (1956) 東北海区の底魚. 東北水研叢書, 6, 61 68.
- 渡部俊広・渡辺一俊・北川大二 (2002) ズワイガニ類とキチジに対するトロール網の採集効率 (要旨). 東北底魚研究, 22, 32 33.
- 渡部俊広・渡辺一俊・北川大二 (2003) 曳航式ビデオカメラを用いたキチジの生息密度推定法. 日水誌, 69, 620 623.
- 渡部俊広・北川大二 (2004) 曳航式ビデオカメラを用いたズワイガニ類に対する調査用トロール網の採集効率の推定. 日水誌, 70, 297 303.
- Weinberg, K. L., R. S. Otto, and D. A. Somerton (2004) Capture probability of a survey trawl for red king crab (*Paralithodes camtschaticus*). Fish. Bull., 102, 740 749.

補足資料 1. データと資源評価の関係を示すフロー



補足資料 2. 資源計算方法

キチジ太平洋北部の資源量推定は、調査船による着底トロール調査の結果（補足資料 3）を用いた面積密度法により行われている。北緯 38°50' で調査海域を南北に分け、2008 年には 100～200m、200～300m、300～400m、400～500m、500～600m、600～700m、700～800m および 800～1,000m の 8 水深帯、16 層 (i) に海域を層化した。各調査点 (j) において網着底から網離底までの距離を求め、それを曳網距離として用いた。オッターレコーダー（フルノ社製、CN 22A）でオッターボード間隔を測定し、漁具構成から得られたオッターボード間隔と袖先間隔の比（1 : 0.258）により袖先間隔を推定し、曳網距離に袖先間隔を乗じて i 層 j 地点の曳網面積 (a_{ij}) を求めた。 i 層 j 地点の漁獲重量あるいは漁獲尾数 (C_{ij}) を a_{ij} で除し、 i 層 j 地点の密度 (d_{ij}) を算出し、その平均を i 層における密度 d_i とした。なお、 n_i は i 層の調査地点数を表す。

$$d_{ij} = \frac{C_{ij}}{a_{ij}} \quad (1)$$

$$d_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} d_{ij} \quad (2)$$

さらに、 i 層の平均密度 (d_i) に i 層の海域面積 (A_i) を乗じ、 i 層の資源量あるいは資源尾数 (B_i) を求め、これらを合計することにより東北海域全体のキチジの資源量あるいは資源尾数 (B) とした。

$$B_i = A_i \cdot d_i \quad (3)$$

$$B = \sum B_i \quad (4)$$

資源尾数については、体長 1cm ごとの計算も行い、資源全体の体長組成を求めた。なお、ここでは、キチジの採集効率（網口の前にいる魚の何割が漁獲されるかを示す係数）を 0.3 と仮定している（渡部ら 2002）。

i 層の密度の標準偏差 (SD_{d_i}) を求め、 n_i と A_i により i 層における資源量あるいは資源尾数の標準誤差 (SE_{B_i}) を計算し、調査海域全体における資源の標準誤差 (SE) および変動係数 (CV , %) を下式により求めた。なお、ここで得られる CV とは資源量および資源尾数に対する値であり、採集効率の推定誤差は含んでいない。

$$SE_{B_i} = \frac{A_i \cdot SD_{d_i}}{\sqrt{n_i}} \quad (5)$$

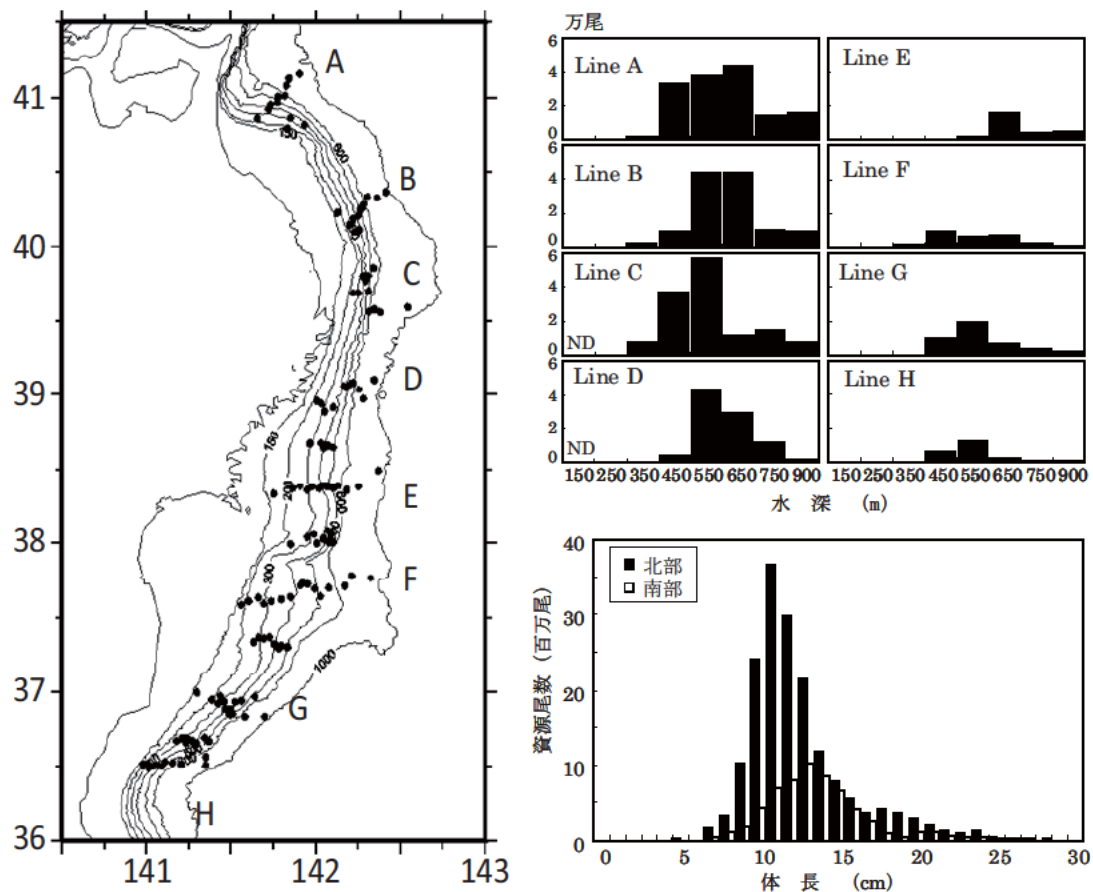
$$SE = \sqrt{\sum SE_{B_i}^2} \quad (6)$$

$$CV = \frac{SE \times 100}{B} \quad (7)$$

補足資料 3. 調査船調査の経過及び結果

若鷹丸による底魚類資源量調査は、1995 年以降、秋季（10～11 月）に着底トロールを用いて実施されている。この調査で使用している着底トロール網の構成は、袖網長 13.0m、身網長 26.1m、網口幅が 5.4m であり、コッドエンドの長さは 5.0m である。コッドエンドは 3 重構造となっており、内網の目合が 50mm、外網の目合が 8mm 角、すれ防止用の最も外側を覆う網の目合が 60mm であり、小型個体も外網により採集可能な構造となっている。1 回の曳網時間は原則として 30 分間とし、全ての曳網は日の出から日没までの間に船速 2.5～3.5 ノットで行われている。船上で各々の曳網で採集されたキチジの尾数と重量を計数・計量した後、標準体長を計測し、年齢査定用の耳石の採取を実施している。下記に 2008 年に行った調査結果の概要を示す。

2008 年 10～11 月の調査では、水深 150～900m において計 148 地点の着底トロール調査を実施した。水深帯別の分布密度をみると、キチジは主に水深 350m 以深に分布し、水深 550～650m が分布の中心となっていた。面積 密度法（補足資料 2）により採集効率を 0.3 とした場合の体長組成を求めた結果、現在の資源は体長 10cm 前後の小型魚で占められること、東北南部に比べて北部で体長 10cm 前後の個体が多いことが明らかとなった。



補足図 1. 2008 年 10～11 月の資源量調査における曳網地点(左)、キチジの分布密度(右上、曳網 1 km² あたり採集尾数で示す) および東北北部・南部における体長組成 (右下) ここでは、採集効率 0.3 で一定とした。

若鷹丸による底魚類資源量調査（1995 年以降の結果）

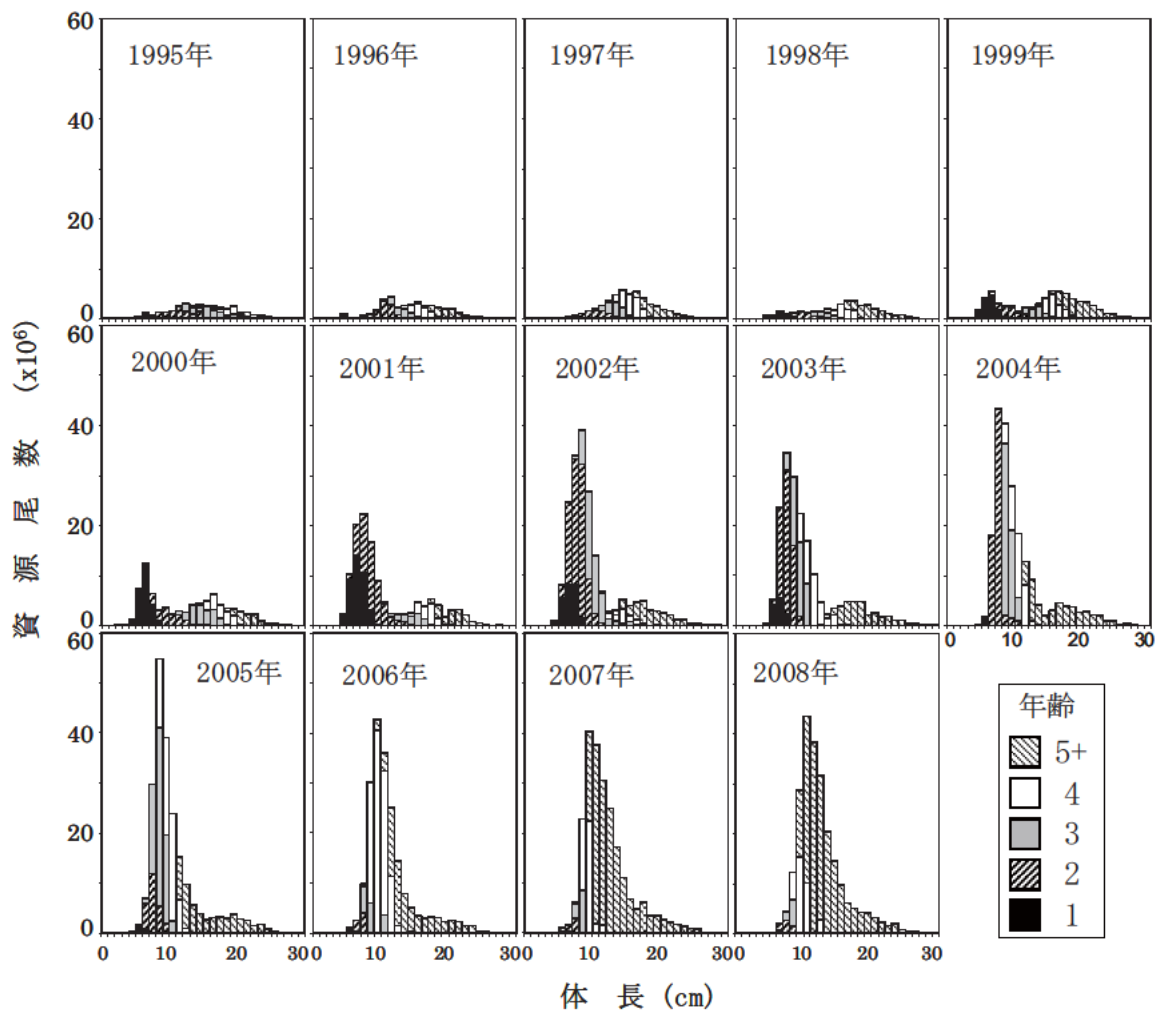
調査船調査は、1995 年以降、秋季（10～11 月）に着底トロールを用いて実施されており、太平洋北部全体のキチジの資源量および資源尾数の推定に用いられている（補足資料 2 参照）。ここでは、得られた資源量および資源尾数に関する結果（調査地点数、資源量および資源尾数の変動係数 CV、標準誤差 SE、信頼区間）を下表に示した。なお、本表には 0 歳魚の資源尾数を含むため、本文で用いた年齢別資源尾数の合計とは完全には一致しない。

補足表1. 若鷹丸による秋季の底魚類資源量調査により得られたキチジの資源量および資源尾数の経年変化（着底トロールの面積－密度法、採集効率を一定の0.3とした場合）

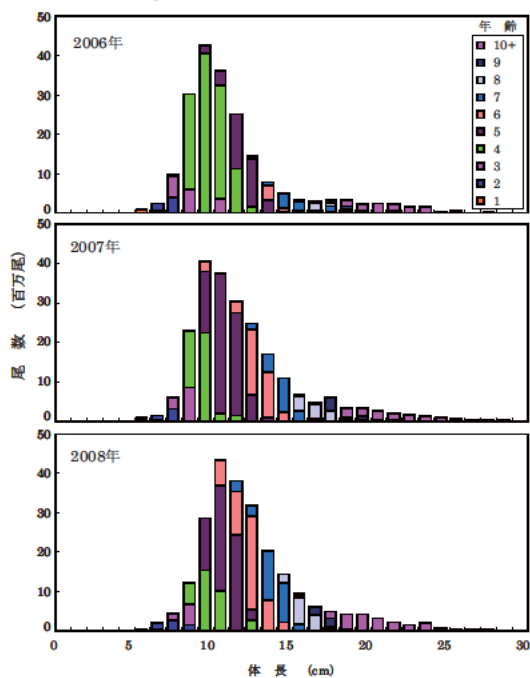
年	1995	1996	1997	1998	1999	2000
調査地点数	57	57	60	61	59	74
資源量（トン）	4,741	5,076	6,079	5,322	8,342	8,625
資源量のCV	0.18	0.18	0.09	0.13	0.14	0.17
資源量のSE（トン）	855	904	559	707	1,185	1,448
95%信頼区間（上限）、トン	6,462	6,914	7,211	6,753	10,743	11,526
95%信頼区間（下限）、トン	3,021	3,239	4,947	3,891	5,941	5,724
資源尾数（千尾）	33,244	37,590	47,577	35,932	64,753	82,928
資源尾数のCV	0.21	0.27	0.14	0.16	0.16	0.20
資源尾数のSE（千尾）	7,073	10,196	6,788	5,657	10,551	16,447
95%信頼区間（上限）、千尾	47,480	58,313	61,319	47,376	86,134	115,875
95%信頼区間（下限）、千尾	19,007	16,867	33,834	24,488	43,372	49,980

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006
調査地点数	71	75	100	145	150	146
資源量（トン）	8,547	10,273	10,706	10,452	12,569	12,055
資源量のCV	0.13	0.15	0.12	0.10	0.09	0.11
資源量のSE（トン）	1,135	1,510	1,329	1,072	1,146	1,338
95%信頼区間（上限）、トン	10,824	13,299	13,350	12,552	14,814	14,678
95%信頼区間（下限）、トン	6,270	7,247	8,062	8,352	10,323	9,432
資源尾数（千尾）	124,777	193,722	183,337	206,848	218,191	198,244
資源尾数のCV	0.18	0.21	0.13	0.15	0.12	0.13
資源尾数のSE（千尾）	22,232	41,361	24,152	30,519	26,272	26,756
95%信頼区間（上限）、千尾	169,382	276,610	231,375	266,665	269,685	250,685
95%信頼区間（下限）、千尾	80,171	110,835	135,299	147,032	166,697	145,803

年	2007	2008
調査地点数	150	148
資源量（トン）	15,659	17,468
資源量のCV	0.10	0.07
資源量のSE（トン）	1,618	1,182
95%信頼区間（上限）、トン	18,831	19,784
95%信頼区間（下限）、トン	12,487	15,152
資源尾数（千尾）	227,950	234,827
資源尾数のCV	0.13	0.08
資源尾数のSE（千尾）	28,711	19,571
95%信頼区間（上限）、千尾	284,223	273,186
95%信頼区間（下限）、千尾	171,677	196,467



補足図 2. 採集効率を一定の 0.3 とした場合の年齢別体長組成 年齢は各年の Age length key で分解した (1997 年は 1996 年と 1998 年の査定結果により分解)。



補足図 3. 2006～2008 年 10～11 月の年齢別体長組成
採集効率 0.3 (一定) とした。

補足資料 4. 着底トロールによる面積－密度法を用いた資源量推定手法

補足表 2. 資源量推定の手順（面積－密度法）

補足表2 1. 採集効率一定の0.3とした場合の年齢別資源尾数（10-11月時点、単位：千尾）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	2,368	1,789	1,013	3,549	12,528	26,126	39,561	24,279	12,483	2,093	2,779	1,253	763	803
2	10,363	9,881	7,257	4,716	8,275	14,600	49,002	87,382	65,444	65,886	24,437	6,289	4,857	5,327
3	10,523	7,025	9,668	4,081	7,471	17,846	9,637	46,090	40,885	56,664	74,618	15,033	11,269	7,311
4	6,696	9,084	15,935	8,523	12,765	13,010	11,629	8,707	32,842	35,090	62,709	106,932	40,618	33,408
5	3,294	9,811	13,677	15,064	23,596	11,346	14,942	27,264	31,683	47,051	53,634	35,067	85,169	67,006
6												6,385	35,484	51,337
7												9,281	18,490	30,158
8												4,995	10,880	13,323
9												1,924	5,908	5,456
10+												11,080	14,510	20,626
合計	33,244	37,590	47,551	35,932	64,635	82,928	124,770	193,722	183,337	206,784	218,176	198,240	227,950	234,754

0歳魚はごく僅かであるため、本表から除外した。2005年以前は5歳魚以上、2006年からは10歳魚以上をプラスグループとした。

補足表2 2. 採集効率一定の0.3とした場合の生残率（10-11月時点）

年齢	95→96	96→97	97→98	98→99	99→00	00→01	01→02	02→03	03→04	04→05	05→06	06→07	07→08
1→2	4.173	4.056	4.656	2.331	1.165	1.876	2.209	2.696	5.278	11.673	2.263	3.875	6.979
2→3	0.678	0.978	0.562	1.584	2.157	0.660	0.941	0.468	0.866	1.133	0.615	1.792	1.505
3→4	0.863	2.269	0.882	3.128	1.741	0.652	0.904	0.713	0.858	1.107	1.433	2.702	2.964
4→5	0.982	0.724	0.509	1.000	0.312	0.613	1.026	0.881	0.729	0.653	0.591	0.796	1.650
5→6												1.012	0.603
6→7												2.896	0.850
7→8												1.172	0.721
8→9												1.183	0.501
9→10+												1.116	1.010

10-11月時点では、1歳魚の採集効率は極めて低い、あるいは全ての個体が着底していない可能性がある。

調査地点数が増加した2000年以降、2歳魚以上で翌年に資源尾数が増加してしまう例（赤字）が15箇所で見られた。

補足表2 3. 10-11月時点の平均体長（mm）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	125	116	116	107	100	108	96	89	85	83	87	81	80	85
3	168	141	145	139	138	158	153	112	102	100	95	96	92	92
4	197	168	166	168	167	185	178	156	124	113	109	108	103	109
5	222	209	207	209	207	227	218	198	198	175	171	128	118	117
6												149	137	133
7												164	153	147
8												184	177	167
9												192	190	180
10+												224	223	215

補足表2 4. 10-11月時点の平均体重（g）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	51	40	40	32	26	33	22	18	16	15	16	13	13	15
3	125	73	79	71	69	103	93	36	27	25	22	23	20	20
4	206	126	122	127	124	168	150	99	49	37	33	32	28	33
5	294	247	238	246	238	316	278	208	207	144	134	55	43	42
6												88	67	61
7												117	95	84
8												167	147	123
9												191	182	156
10+												303	301	267

補足表2 5. Logistic式から得られた採集効率

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	0.70	0.67	0.67	0.60	0.53	0.61	0.47	0.37	0.31	0.29	0.33	0.25	0.24	0.31
3	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.73	0.64	0.55	0.52	0.46	0.48	0.42	0.42
4	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.70	0.65	0.62	0.61	0.56	0.62
5	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.71	0.68	0.67
6												0.73	0.72	0.72
7												0.74	0.73	0.73
8												0.74	0.74	0.74
9												0.74	0.74	0.74
10+												0.74	0.74	0.74

補足表2 6. Logistic式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源尾数（10-11月時点、単位：千尾）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	4,428	4,454	3,269	2,342	4,682	7,159	31,204	69,985	63,654	69,154	21,945	7,527	6,168	5,195
3	4,284	2,895	3,970	1,685	3,090	7,279	3,938	21,648	22,239	32,523	48,314	9,481	8,032	5,271
4	2,722	3,698	6,488	3,469	5,196	5,290	4,730	3,554	14,102	16,203	30,421	52,550	21,933	16,264
5	1,339	3,988	5,559	6,123	9,591	4,612	6,073	11,083	12,879	19,139	21,824	14,812	37,750	29,857
6												2,613	14,705	21,435
7												3,780	7,553	12,356
8												2,031	4,425	5,424
9												782	2,402	2,219
10+												4,503	5,898	8,384
合計	12,772	15,035	19,286	13,619	22,559	24,340	45,944	106,270	112,874	137,019	122,504	98,082	108,867	106,404

1歳魚はほとんど漁獲されないため、漁獲対象資源に含めない。

補足表2 7. Logistic式から得られた採集効率を用いた場合の生残率 (10-11月時点)

年齢	95→96	96→97	97→98	98→99	99→00	00→01	01→02	02→03	03→04	04→05	05→06	06→07	07→08
1→2													
2→3	0.654	0.891	0.515	1.319	1.555	0.550	0.694	0.318	0.511	0.699	0.432	1.067	0.855
3→4	0.863	2.241	0.874	3.084	1.712	0.650	0.902	0.651	0.729	0.935	1.088	2.313	2.025
4→5	0.982	0.723	0.508	1.000	0.312	0.613	1.026	0.880	0.709	0.617	0.546	0.718	1.361
5→6												0.993	0.568
6→7												2.890	0.840
7→8												1.171	0.718
8→9												1.183	0.501
9→10+												1.116	1.010

Logistic式による採集効率を導入した場合、調査地点数が増加した2000年以降に資源尾数が増加してしまう例（赤字）は11箇所となり、4箇所減少して2007年に資源尾数が増加する傾向は、Logistic式の導入によってもあまり改善されなかった。

補足表2 8. Logistic式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源重量 (10-11月時点、単位：トン)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2	225	179	132	74	121	233	701	1,267	987	1,014	362	100	79	80
3	537	212	315	119	212	752	368	775	607	825	1,067	215	161	105
4	560	465	793	439	645	887	711	353	696	606	1,011	1,701	605	538
5	394	984	1,322	1,506	2,285	1,455	1,690	2,302	2,660	2,747	2,915	814	1,610	1,252
6												229	982	1,305
7												441	716	1,040
8												340	652	669
9												149	437	346
10+												1,363	1,776	2,243
合計	1,716	1,841	2,561	2,138	3,264	3,327	3,470	4,696	4,950	5,192	5,355	5,352	7,018	7,578

補足表2 9. Logistic式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源尾数 (1月時点、単位：千尾)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2	4,157	4,240	3,126	2,239	4,497	6,872	29,995	66,884	61,382	66,536	21,003	7,231	5,949	5,010
3	4,021	2,755	3,796	1,611	2,968	6,987	3,785	20,689	21,445	31,292	46,242	9,108	7,747	5,090
4	2,555	3,520	6,203	3,316	4,991	5,078	4,546	3,396	13,598	15,590	29,116	50,482	21,154	15,669
5	1,257	3,796	5,315	5,853	9,213	4,427	5,838	10,592	12,419	18,415	20,888	14,229	36,409	28,780
6												2,510	14,183	20,676
7												3,631	7,285	11,918
8												1,951	4,268	5,231
9												751	2,317	2,140
10+												4,326	5,688	8,086
合計	11,989	14,310	18,439	13,020	21,669	23,364	44,165	101,561	108,844	131,833	117,250	94,221	105,001	102,600

漁獲率 漁獲割合を仮定し、2ヶ月分の漁獲と自然死亡分を減じて1月時点の資源尾数を求めた。M=2.5/寿命 (20歳) =0.125を仮定。

補足表2 10. Logistic式から得られた採集効率を用いた場合の年齢別資源重量 (1月時点、単位：トン)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2	211	170	126	71	116	223	674	1,211	952	975	346	97	76	78
3	504	202	301	114	204	722	354	740	585	794	1,021	207	156	101
4	526	443	758	420	620	852	683	337	671	583	968	1,634	584	518
5	370	937	1,264	1,439	2,195	1,397	1,625	2,200	2,565	2,643	2,790	782	1,553	1,206
6												220	947	1,259
7												424	691	1,003
8												326	629	645
9												143	422	334
10+												1,309	1,713	2,163
合計	1,611	1,752	2,448	2,044	3,135	3,194	3,336	4,488	4,773	4,996	5,125	5,142	6,769	7,307

補足表2 11. 漁獲量 (トン) および漁獲割合 (%)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	近3年平均
漁獲量	342	258	311	259	326	342	333	583	397	476	626	529	560	571
漁獲割合	21.2	14.7	12.7	12.7	10.4	10.7	10.0	13.0	8.3	9.5	12.2	10.3	8.3	10.3

2008年の漁獲量は暫定値

補足資料 5. VPA による資源量推定（試算）

1995 年以降の八戸港、宮古港および石巻港の漁獲物データを用い、太平洋北部の沖底による年齢別漁獲尾数を求め、VPA の試算を行った。ただし、2001 年以前には八戸港のデータを全海域に引き延ばし、2002～2007 年には八戸港で青森県、宮古港で岩手県、石巻港で宮城県以南、2008 年には八戸港で青森県～岩手県、石巻港で宮城県以南のデータを引き延ばした。1～6 月、7～12 月の 2 期に分け、各年の Age length key で年齢を分解した。年齢を 1～9 歳とし、9 歳はそれ以上（年齢査定困難）を含むプラスグループとした。この際、Logistic 式を用いた面積 密度法により得られた 2 歳魚以上の資源重量をチューニングに用いた。Pope の近似式に加え、資源解析手法教科書に掲載されている非定常な場合のプラスグループの扱い方（ $F_{a+} = \alpha F_a$, $\alpha = 1$ ）の式を用いた。M は、 $M = 2.5 / \text{寿命} = 2.5 / 20 = 0.125$ とし、全ての年齢で 0.125 とした。最近年の F は、過去 3 年の平均とした。下表に結果を示す。

補足表 3. VPA の計算結果

補足表3 1.沖底漁獲尾数（千尾）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	4	4	1	4	0	1	1	19	39	1	32	5	1	0
2歳	237	206	87	88	26	65	152	260	681	142	415	93	10	2
3歳	632	182	124	141	149	422	268	662	1,490	627	1,504	418	77	8
4歳	597	557	527	552	300	708	582	222	2,637	1,004	2,084	4,376	567	437
5歳	271	687	507	620	571	272	475	507	724	1,077	1,098	2,138	2,588	1,351
6歳	162	183	129	232	161	94	137	244	304	197	281	389	1,247	1,460
7歳	94	94	43	54	79	25	42	133	246	262	386	405	533	717
8歳	32	26	22	33	23	8	15	93	176	217	344	348	415	479
9歳	16	12	4	6	6	5	12	45	53	151	251	616	684	991

補足表3 2.漁獲量(kg)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	43	31	14	34	1	13	6	213	376	5	246	39	6	1
2歳	12,034	8,278	3,500	2,781	661	2,109	3,416	4,698	10,540	2,079	6,827	1,246	132	29
3歳	77,771	13,396	9,874	9,961	10,223	43,511	25,022	23,624	40,608	15,895	33,164	9,489	1,542	152
4歳	106,958	71,088	64,877	69,794	37,229	119,816	90,580	22,495	129,908	37,511	69,170	141,634	15,642	14,410
5歳	59,789	132,901	93,709	114,629	101,999	70,722	113,139	78,349	104,914	83,225	74,302	117,437	110,421	56,530
6歳	48,513	49,234	33,516	57,212	44,660	30,419	43,760	64,747	64,508	28,341	26,313	34,115	83,239	88,933
7歳	31,347	30,079	13,782	17,377	25,805	9,550	15,763	41,410	71,556	53,171	61,190	47,319	50,555	60,497
8歳	13,486	10,024	7,999	12,039	8,798	3,741	6,701	37,432	67,163	61,255	76,830	58,234	61,173	59,088
9歳	6,639	4,796	1,494	2,123	2,294	2,253	5,383	18,032	24,426	50,518	79,958	174,701	179,530	238,694

補足表3 3.F値

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.004	0.011	0.006	0.007
2歳	0.091	0.065	0.015	0.010	0.002	0.005	0.007	0.013	0.023	0.003	0.019	0.013	0.025	0.019
3歳	0.280	0.087	0.047	0.029	0.019	0.032	0.025	0.038	0.087	0.024	0.031	0.022	0.012	0.022
4歳	0.416	0.390	0.354	0.277	0.073	0.109	0.053	0.024	0.190	0.072	0.096	0.110	0.035	0.080
5歳	0.585	1.116	0.675	0.833	0.469	0.081	0.092	0.055	0.093	0.102	0.097	0.125	0.081	0.101
6歳	0.749	0.932	0.573	0.693	0.481	0.118	0.049	0.058	0.039	0.031	0.032	0.042	0.092	0.055
7歳	1.317	1.306	0.537	0.454	0.490	0.117	0.065	0.057	0.070	0.040	0.071	0.055	0.068	0.065
8歳	1.370	1.932	1.218	0.958	0.320	0.079	0.085	0.186	0.093	0.076	0.063	0.079	0.068	0.075
9歳	1.370	1.932	1.218	0.958	0.320	0.079	0.085	0.186	0.093	0.076	0.063	0.079	0.068	0.075

補足表3 4.M値

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
2歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
3歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
4歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
5歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
6歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
7歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
8歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
9歳	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125

補足表3 5.資源尾数（千尾）

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	3,957	6,884	10,900	18,089	15,076	24,645	24,796	36,848	67,483	26,658	9,016	506	122	21
2歳	2,891	3,488	6,071	9,618	15,960	13,305	21,748	21,882	32,500	59,517	23,525	7,926	442	107
3歳	2,755	2,328	2,885	5,276	8,406	14,061	11,680	19,049	19,067	28,042	52,390	20,371	6,907	380
4歳	1,868	1,838	1,884	2,429	4,523	7,278	12,012	10,056	16,189	15,426	24,158	44,821	17,584	6,023
5歳	652	1,087	1,099	1,167	1,625	3,710	5,757	10,054	8,665	11,810	12,670	19,362	35,444	14,985
6歳	327	321	315	494	448	897	3,019	4,634	8,396	6,967	9,411	10,150	15,078	28,848
7歳	137	137	111	156	218	244	703	2,536	3,861	7,124	5,964	8,042	8,592	12,135
8歳	46	32	33	57	88	118	192	581	2,113	3,176	6,041	4,900	6,716	7,081
9歳	23	15	6	10	23	71	154	280	631	2,208	4,406	8,660	11,061	14,656

補足表3 6.漁獲率

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.004	0.010	0.005	0.006
2歳	0.082	0.059	0.014	0.009	0.002	0.005	0.007	0.012	0.021	0.002	0.018	0.012	0.023	0.018
3歳	0.229	0.078	0.043	0.027	0.018	0.030	0.023	0.035	0.078	0.022	0.029	0.021	0.011	0.020
4歳	0.320	0.303	0.280	0.227	0.066	0.097	0.048	0.022	0.163	0.065	0.086	0.098	0.032	0.073
5歳	0.416	0.632	0.461	0.531	0.352	0.073	0.083	0.050	0.084	0.091	0.087	0.110	0.073	0.090
6歳	0.495	0.569	0.410	0.470	0.359	0.105	0.045	0.053	0.036	0.028	0.030	0.038	0.083	0.051
7歳	0.688	0.685	0.391	0.343	0.364	0.104	0.059	0.052	0.064	0.037	0.065	0.050	0.062	0.059
8歳	0.701	0.803	0.661	0.579	0.257	0.071	0.076	0.159	0.083	0.068	0.057	0.071	0.062	0.068
9歳	0.701	0.803	0.661	0.579	0.257	0.071	0.076	0.159	0.083	0.068	0.057	0.071	0.062	0.068

補足表3 7.体重 (g)

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1.5歳	11.1	7.7	12.5	9.4	8.7	9.8	11.0	11.3	9.6	6.3	7.6	7.7	8.5	9.2
2.5歳	50.7	40.1	40.2	31.7	25.8	32.5	22.4	18.1	15.5	14.6	16.5	13.3	12.8	15.5
3.5歳	123.1	73.6	79.3	70.5	68.6	103.1	93.3	35.7	27.3	25.3	22.1	22.7	20.1	19.8
4.5歳	179.1	127.5	123.1	126.4	124.2	169.2	155.6	101.2	49.3	37.4	33.2	32.4	27.6	33.1
5.5歳	220.5	193.5	185.0	184.9	178.6	260.3	238.0	154.6	145.0	77.3	67.7	54.9	42.7	41.9
6.5歳	299.1	269.7	260.0	246.8	278.0	323.2	319.7	265.9	212.0	144.0	93.7	87.6	66.7	60.9
7.5歳	333.4	321.5	316.8	324.0	325.5	376.5	377.1	311.4	291.2	203.1	158.4	116.8	94.8	84.2
8.5歳	416.5	386.2	370.0	361.9	390.4	446.6	459.6	404.3	382.3	282.0	223.4	167.2	147.3	123.4
9.5歳	416.5	386.2	370.0	361.9	390.4	446.6	459.6	404.3	465.2	334.6	318.8	283.8	262.5	240.8

補足表3 8.資源量 (kg)

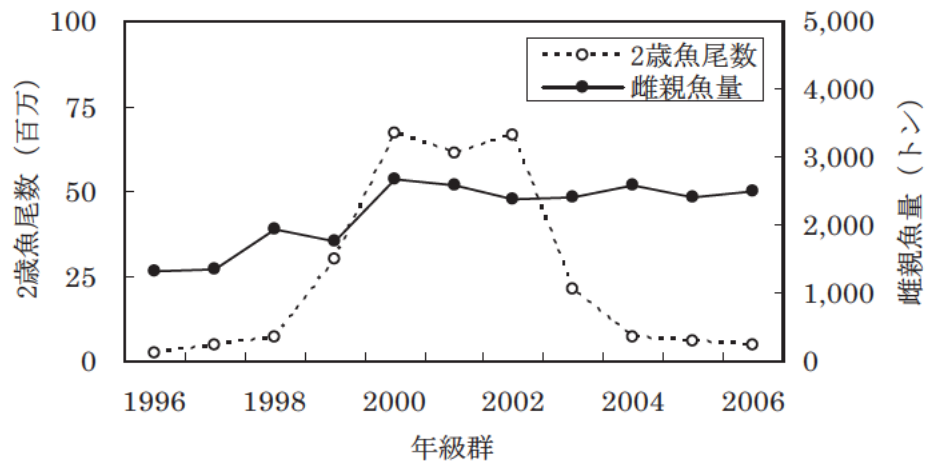
年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳	43,724	53,122	136,673	169,553	130,831	241,183	272,081	414,659	650,883	167,755	68,908	3,888	1,036	194
2歳	146,606	140,007	244,306	304,523	411,420	431,891	488,120	395,541	503,377	871,291	387,094	105,813	5,662	1,654
3歳	339,279	171,256	228,822	371,881	576,894	1,450,224	1,090,331	680,068	519,653	710,552	1,155,236	462,603	138,682	7,546
4歳	334,563	234,416	231,784	307,063	561,864	1,231,294	1,868,704	1,017,290	797,642	576,235	801,892	1,450,819	485,047	199,214
5歳	143,742	210,443	203,223	215,796	290,131	965,709	1,370,098	1,554,189	1,256,133	912,953	857,422	1,063,585	1,512,070	628,186
6歳	97,953	86,452	81,778	121,817	124,418	289,984	965,310	1,232,195	1,780,135	1,003,033	882,213	889,481	1,006,430	1,756,100
7歳	45,577	43,924	35,294	50,701	70,896	91,889	265,252	789,697	1,124,271	1,446,809	944,363	938,909	814,475	1,021,297
8歳	19,245	12,477	12,093	20,789	34,242	52,583	88,035	235,089	807,672	895,768	1,349,672	819,253	989,373	873,633
9歳	9,475	5,970	2,259	3,666	8,928	31,661	70,719	113,248	293,742	738,745	1,404,619	2,457,751	2,903,600	3,529,501

2歳以上 (t)	1,136	905	1,040	1,396	2,079	4,545	6,207	6,017	7,083	7,155	7,783	8,188	7,855	8,017
----------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

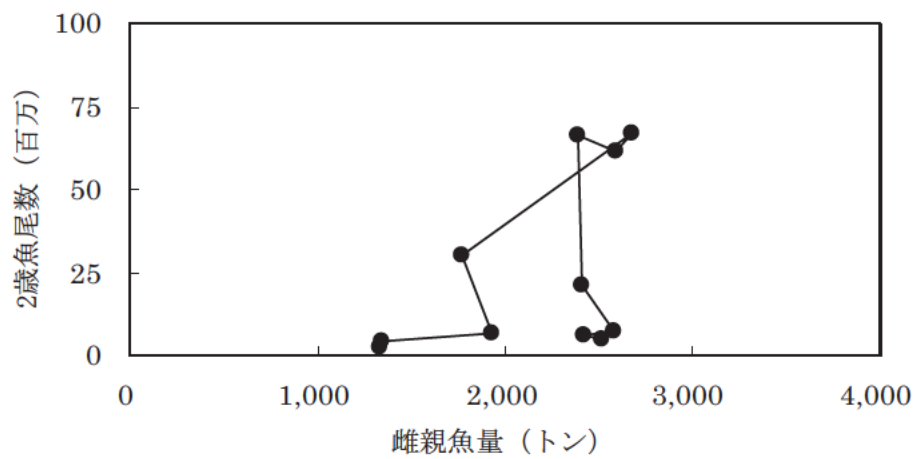
補足表3 9.漁獲割合

年齢	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1歳以上	0.302	0.334	0.194	0.183	0.105	0.059	0.047	0.045	0.066	0.045	0.055	0.071	0.064	0.065
2歳以上	0.314	0.353	0.220	0.205	0.111	0.062	0.049	0.048	0.073	0.046	0.055	0.071	0.064	0.065
3歳以上	0.348	0.407	0.283	0.259	0.139	0.068	0.053	0.051	0.076	0.053	0.057	0.072	0.064	0.065
5歳以上	0.410	0.502	0.380	0.379	0.202	0.089	0.059	0.053	0.076	0.056	0.062	0.075	0.065	0.065

補足資料 6. 親魚量と加入量の関係



補足図4. 雌親魚量と加入量の経年変化



補足図5. 再生産関係