

平成 21 年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（成松庸二、伊藤正木、服部 努）

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

太平洋北部におけるヤナギムシガレイの漁獲量は大きく変動している。近年では 1995 年から増加がみられ、1998、1999 年にはそれまでで最高の漁獲量を記録した。その後急激に減少し、2001 年にはピークの 1/3 程度に落ち込んだ。その後は 2008 年まで安定して推移している。コホート解析による資源量推定値および沖底の漁獲量、CPUE から、資源の水準は中位、動向は増加と判断した。近年の加入は比較的安定しており、資源状態も安定している。そこで、資源量、親魚量をある程度維持して再生産を促すことを資源の管理目標とした。ABC 算定のための基本規則 1 3) (2)に基づき、 $F_{30\%SPR}$ を基準値とし、 $F_{limit} = F_{30\%SPR}$ としたときの漁獲量を ABC_{limit} とした。また、 $F_{target} = F_{limit} \times 0.8$ とし、この時の漁獲量を ABC_{target} とした。

	2010年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	192トン	$F_{30\%SPR}$	0.33	26%
ABC_{target}	159トン	$0.8F_{30\%SPR}$	0.26	22%

F値は各年齢の平均値

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F値	漁獲割合
2007	585	152	0.34	26%
2008	649	180	0.37	28%
2009	716			

年は暦年、F値は各年齢の平均である

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用するデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関連調査等
年齢別・年別漁獲量、漁獲尾数	県別漁獲統計（農林水産省） 太平洋北区 沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料（水研セ） 体長-年齢測定データ（水研、福島県、茨城県） ・市場買い付け ・カレイ類分布調査（着底トロール） 漁獲量調査（青森～茨城（5）県） ・市場データ
資源量指数	小型底びき網漁業漁獲成績報告書（水研、青森～茨城（5）県） 太平洋北区 沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料（水研セ）
成熟年齢・体長	月別精密測定調査（水研、福島県、茨城県） ・市場買い付け ・カレイ類分布調査（着底トロール）
自然死亡計数(M)	年当たり $M=0.25$ を仮定（田中1960より）

1. まえがき

ヤナギムシガレイは体長 40cm ほどに達する中型の異体類で、北海道南部以南の日本各地から黄海、渤海および東シナ海の水深 400m 以浅の砂泥域に分布している。本種の産業的価値は高く、特に抱卵している雌を天日で干したものは「子持ちヤナギ」とよばれ最高級の干物魚となっている。太平洋北部では主に大陸棚上で底びき網によって漁獲されている。本海域における沖合底びき網漁業の漁獲量は長期的に大きく変動しており、資源の変動も大きいと考えられる。本海域のヤナギムシガレイは 2001 年より資源回復計画の対象魚種に指定され、2003 年から保護区の設定により漁獲圧を削減して資源を回復する試みが行われた。2009 年からはポスト資源回復計画移行事業が行われ、効率的な漁獲に関する調査が行われている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本種は日本各地に広く分布しているものの、太平洋岸の分布は青森県尻屋崎以南であり（橋本 1955）、太平洋北部は分布の北限域にあたる（図 1）。そのため漁獲も茨城県や福島県を中心に行われており、青森県や岩手県では少ない（表 1）。福島県の標本船調査による漁獲量、CPUE の月別変化を見ると、水深 50～200m が主漁場で、CPUE は 4～11 月には水深 120～140m で高く、12～3 月には水深 80～100m で高い。また、漁場も冬季の方が南北に広がっていることから、季節によって若干の移動をされると考えられる（島村・五十嵐 2000）。



図 1. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの分布

(2) 年齢・成長

成長に関する情報は、東シナ海・黄海（西海区水産研究所 1957）、山口県沖合（中原 1969）、若狭湾（Yabuki 1989）および福島県沿岸（橋本 1955; 島村・五十嵐 2000）から報告されている。水域間で成長パターンは異なるが、いずれの水域でも 5 歳前後までは急速に成長する。雌の方が雄より成長が早く、寿

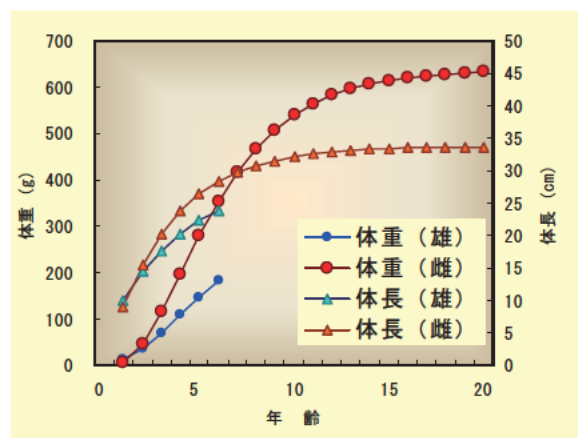


図 2. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの成長

命も長い。福島県沿岸では、1955 年以前と 1998～99 年に採集された個体について年齢と体長との関係が示されており（橋本 1955; 島村・五十嵐 2000）、雌雄ともに 1955 年以前よりも 1998～99 年の方が成長は早い。この違いが生じた要因については不明である。また、寿命は雄では 6 歳、雌では 20 歳と報告されているが（島村・五十嵐 2000）、雄では 5 歳以上、雌では 10 歳以上まで生きる個体は稀である。

なお、近年の成長式と体長体重関係は以下のとおりである（図 2）。

$$\text{雄: } SL=305.1(1 - \exp(-0.220(t+0.948)))$$

$$BW=5.4 \times 10^{-6} SL^{3.167}$$

$$\text{雌: } SL=337.7(1 - \exp(-0.300(t+0.042)))$$

$$BW=2.6 \times 10^{-6} SL^{3.318}$$

ここで、SL は標準体長(mm)、t は年齢（起算日は 1 月 1 日）、BW は体重(g)である。

(3) 成熟・産卵生態

繁殖期は 10～7 月とされているが、海域によって異なる(坂本 1984)。福島県の沿岸では 1～6 月で、1～3 月にピークがある（Narimatsu et al. 2007）。産卵場は特定されていないが、成熟個体が通常の分布水深よりもやや浅海域の広い範囲で漁獲されていることから、水深 100m 前後の広い範囲で集団繁殖場を作らずに産卵していると考えられる。近年の成熟体長は雄で体長 120mm 以上、雌で 150mm 以上である。雄では満 2 歳で多くの個体が成熟し、雌では満 2 歳の一部と 3 歳魚以上のほとんどが成熟しているが、年齢別の成熟率は年によって異なることが明らかになっている（島村・五十嵐 2000 ; Narimatsu et al. 2007（図 3））。

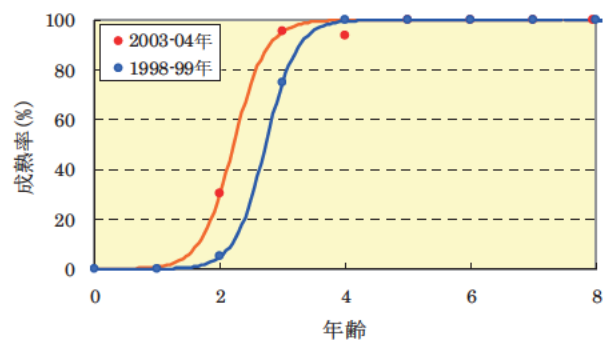


図3. 雌の年齢と成熟率の関係

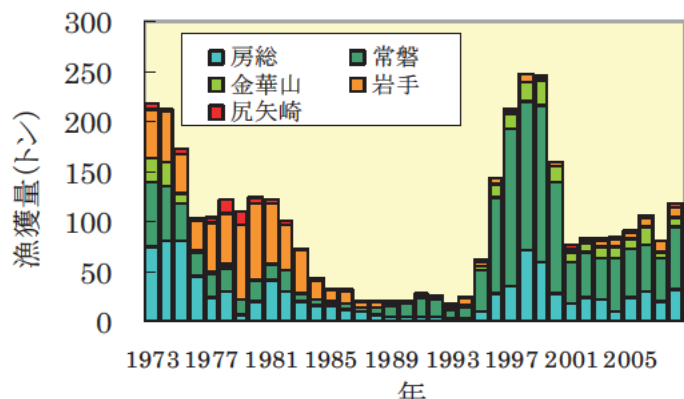


図4. 太平洋北部の沖合底びき網漁業によるヤナギムシガレイ漁獲量の経年変化 2008年は暫定値

(4) 被捕食関係

餌生物は多毛類と甲殻類が主で、若齢期には甲殻類を主食とす

るが、成長にともない多毛類が主食になる（五十嵐 1980；五十嵐・島村 2000）。なお、被食に関する情報は報告されていない。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

太平洋北部海域において、ヤナギムシガレイのほとんどは沖合底びき網漁業（以下、沖底）もしくは小型底びき網漁業（小底）で漁獲されており、近年の漁獲量は若干増加傾向にある。寒流系の種ではないため、沖底では本海域の南側に位置する福島と茨城での漁獲が多く、北側の青森や岩手では少ない（図 4、図 5）。

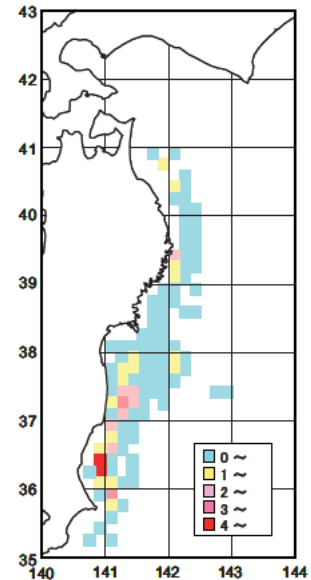


図 5. 2007 年の沖底の漁獲量分布図(トン)

(2) 漁獲量の推移

沖合底びき網漁業漁獲成績報告書の集計値によると、漁獲量は 1970 年代前半には 210 トン以上を記録していたが、その後徐々に減少し、1980 年代後半から 1990 年代前半に

表1. 各県各漁業種類別のヤナギムシガレイの漁獲量（トン） 2008年は暫定値

県名	漁業種	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
青森	沖底	-	-	-	-	-	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	4.0	1.4	0.6	1.5	1.5	2.2	1.4	0.4
	小底	-	-	-	-	-	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5	0.5	0	0.1	0.7
	刺網	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0.2	0	0
	その他	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手	沖底	-	-	-	-	-	-	4.1	7.6	3.9	4.3	3.9	2.4	6.2	7.7	5.4	9.1	10.7	17.1
	小底	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	刺網	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6	0.5	0.5	1.1	1.4	0.3	0.8	1.0	3.4	1.7	2.6
	延縄	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0
	定置	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.9	0.7	0.3	0.4	1.0	0.4	0.6	0.6	0.3	0.1
宮城	沖底	-	-	-	-	4.9	12.2	16.5	20.5	25.0	15.3	10.4	9.4	12.1	11.3	10.5	18.8	6.1	1.9
	小底	-	-	-	-	3.8	12.8	15.2	19.9	18.5	13.6	8.9	9.3	17.0	15.8	10.4	10.5	10.9	11.7
	刺網	-	-	-	-	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	1.2	0.8	3.0	1.2	1.7	2.3	19.9	15.1	1.2
	延縄	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	0.3	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	2.5	0.7	1.6	0	1.5	0	0	0
福島	沖底	-	-	-	-	40.1	96.9	155.8	148.9	156.7	110.8	41.0	47.0	42.5	52.8	49.5	47.0	43.3	85.3
	小底	-	-	-	-	9.1	14.5	26.8	29.7	22.2	36.0	13.0	21.3	15.8	16.3	16.7	13.9	25.8	21.9
	刺網	-	-	-	-	0.6	0.4	1.9	8.8	3.1	31.5	5.9	9.8	1.2	2.3	2.4	0.7	1.8	0.3
	延縄	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城	沖底	-	-	-	-	10.2	27.3	35.9	70.4	58.9	28.2	16.9	22.6	20.6	10.6	22.9	29.0	19.6	13.2
	小底	-	-	-	-	31.0	52.0	77.0	78.0	69.0	45.0	24.0	31.0	28.5	26.8	30.6	23.6	12.5	19.6
	刺網	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	延縄	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	定置	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	-	-	-	-	0	1.0	1.0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0	0.3
小計	沖底	26.6	25.3	17.6	23.7	59.8	143.7	212.7	247.5	244.5	158.6	76.2	82.7	81.9	83.9	89.7	106.1	81.0	117.9
	小底	-	-	-	-	-	-	119.3	128.1	109.9	94.9	46.3	61.7	61.4	59.4	58.2	48.0	49.3	53.9
	刺網	-	-	-	-	-	-	2.8	9.8	4.0	33.2	7.8	14.2	2.7	4.0	4.7	20.6	16.9	1.5
	延縄	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	2.0
	定置	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0.2	0.0	0.0
	その他	-	-	-	-	-	-	1.2	0.4	1.3	1.2	2.8	1.1	2.7	0.6	1.6	2.6	3.6	4.6
計		-	-	-	-	-	-	336	386	360	288	133	160	149	148	154	178	152	180

各県水試調べ、沖底の小計は2008年を除き（2008年は水試調べ）漁場別漁獲統計資料

2007年以前の各県の沖底漁獲量は小海区別の漁獲量を適用（例：宮城 金華山海区、福島 常磐海区）

かけては 18～30 トン前後と非常に低水準で推移した（図 4）。各県調査による漁業種別漁獲量の合計値によると、沖底の漁獲量は 1990 年代中盤から急激に増加し始め、1998～1999 年には 240 トン以上となり過去最高の漁獲を記録した。しかしながらその後減少に転じ、2001 年以降には 100 トンを割り込んだ。その後は 76 トン～106 トンと比較的安定して推移し、2008 年は暫定値ながら 2001 年以降で最大の 118 トンになった（表 1）。沖底が最も主要な漁業種であるため、各漁業種を合わせた漁獲量も沖底の漁獲と似た傾向を示している。資料のある 1997 年以降では、漁獲量は 2000 年までは 288～386 トンを記録していたが、2001～2007 年には 133～178 トンでピークの半分以下で推移していた。2008 年には暫定値ながら 180 トンになった。

(3) 漁獲努力量

沖底の有効網数は 1990 年代後半にかけて急増した（図 6）。その後は増減を繰り返しながらも減少しているが、1990 年代前半以前と比較すると高い水準にあることから、漁獲圧は依然高い状態にあると考えられる。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1998～2008 年に茨城県もしくは福島県で漁獲されたヤナギムシガレイについて、年別前後期別（1～6 月と 9～12 月）雌雄別の age length key を作成した。それと漁獲尾数をもと

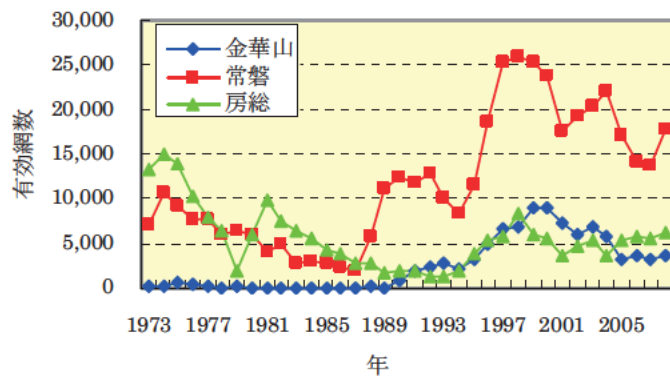


図6. 沖合底びき網漁業の漁獲努力量の変化. 2008年は暫定値

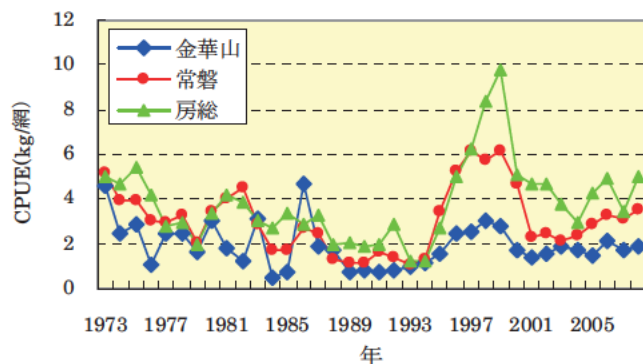


図7. 沖合底びき網漁業のCPUEの経年変化. 2008年は暫定値

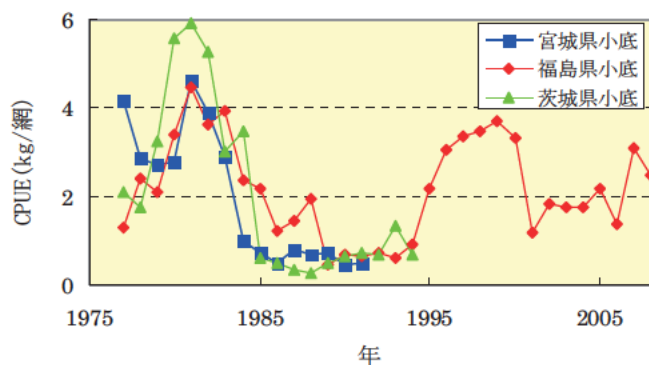


図8. 小底底びき網漁業のCPUEの経年変化

に年齢別漁獲尾数を求め、1～5 歳以上の 5 年齢群についてコホート解析を行った。年齢別の資源尾数に各年の各年齢の平均体重を乗じることで資源量を推定した。

(2) 資源量指標値の推移

主要な漁場である金華山、常磐および房総海区の沖底の CPUE を図 7 に、小底の CPUE を図 8 に示した。図 4 との比較から、漁獲量が多い時期には CPUE は高く、漁獲が少ない時期には低い傾向が認められた。近年の沖底の CPUE は若干増加傾向にあり（図 7）、福島県の小底の CPUE も似た傾向にある（図 8）。特に常磐海区の沖底において、本種の重要性は高く、本種を主要な対象とした操業も行われているため（島村・五十嵐 2000）、CPUE は資源状態を表す指標として使うことができると考えられる。

(3) 漁獲物の体長組成の推移

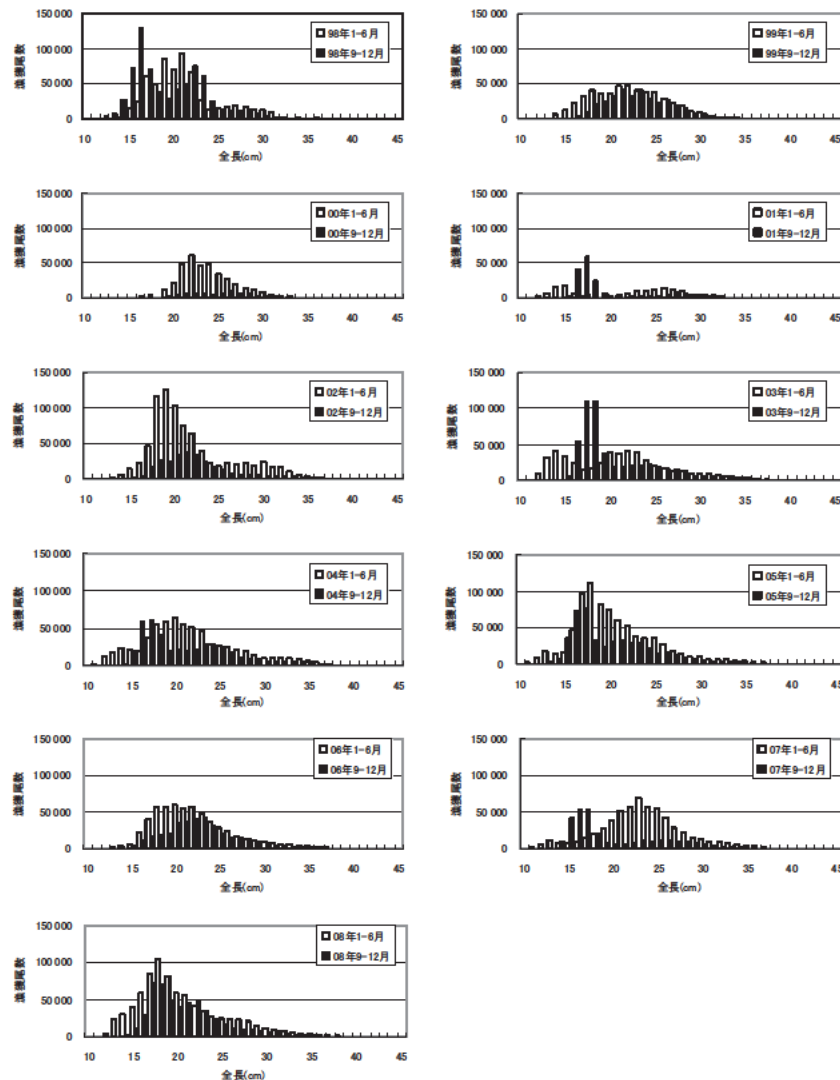


図 9. ヤナギムシガレイ漁獲物の年別前後期別の全長組成。1998～2001 年は茨城県水揚げ分で、2002～2008 年は福島県水揚げ分。

漁獲物の全長組成の経年変化を図 9 に示した。1998 年の後期には全長 15～19cm と 20～25cm に 2 つのモードが認められる。ヤナギムシガレイは 1 歳の後期頃から漁獲加入しており、2+で全長 20cm 台前半に達することから、この 2 つのモードは 2 年続けて卓越年級が発生したためであると考えられる。2003～2005 年の 3 年間は後期に 15～19cm のモードが認められており、比較的安定した加入があった。2006 年には漁獲物に小型魚のモードが認められなかった一方で、2007 年には小さいながらも小型魚のモードが認められ、2008 年には比較的大きいモードが認められており、最近 2 年は比較的加入は良いと考えられる。また、2001 年以前には全長 35cm 以上の大型個体はほとんど認められていないが、2002 年以降には少数ながらも認められており、近年は大型個体を取り残される傾向にあることが示唆されている。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

福島県における漁獲物をベースに、東北北部のヤナギムシガレイの年別、年齢別漁獲尾数を求めた。次にその年別、年齢別漁獲尾数を元にコホート解析によって年齢別資源尾数および漁獲死亡係数を算出した（詳細は補足資料 2 参照）。寿命や年齢別の体重に雌雄差があるため、資源重量は以下のように求めた。4 歳以下については、それぞれの年齢の雌雄の平均体重の和の半分を年齢別体重とし、5 歳以上では雌の体重を年齢別の体重とした。先に求めた年齢別資源尾数に年齢別の体重を乗じたものを年齢別の資源重量とした。

その結果、2008 年の資源量は 649 トンと推定された。この値は 1990 年代後半よりは少ないものの、2000 年以降では最も多い。一方、1998 年以降、F の値や漁獲割合は 2001 年以降横ばい傾向にあり、2008 年もほぼ同様の傾向を示していた（図 10、11）。

(5) 資源の水準・動向

沖底の漁獲量と CPUE の変化から資源量は 1996～2000 年にかけて高い水準にあったと

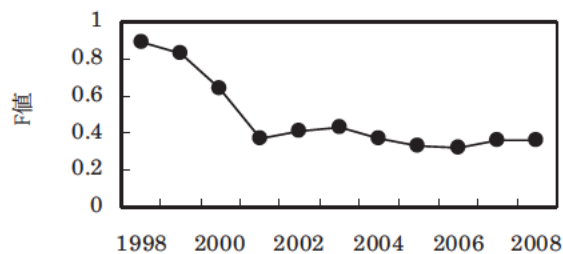


図10. F値（各年齢平均）の経年変化

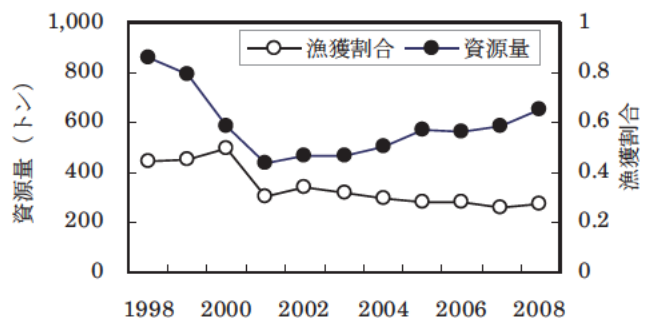


図11. 資源量と漁獲割合の経年変化

考えられるが、その後大幅に減少した。沖底の漁獲量から長期的に見て資源は大きく変動してきたと考えられるが、近年の資源量は低位水準である 1980 年代後半から 1990 年代前半よりも高い水準を維持しているため、資源水準は中位であると考えられる。また、2003～2008 年の加入（1 歳魚）は 2006 年を除き比較的良かったこと、コホート解析で求めた資源尾数、重量は若干増加傾向にあること（表 3、5）、沖底の漁獲量や各小海区の沖底の CPUE も徐々に増加していることから（図 4、7）、動向は増加傾向にあると考えられる。

水準：中位 動向：増加

表2. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの年齢別漁獲尾数（千尾）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	1,782	313	33	610	316	412	545	436	72	321	536
2	3,221	2,068	190	183	678	136	498	773	605	159	713
3	670	1,348	1,522	51	338	310	141	319	318	303	213
4	230	253	433	310	102	157	260	118	152	212	180
5以上	19	52	58	130	121	175	98	96	145	238	184
合計	5,921	4,035	2,237	1,283	1,554	1,189	1,542	1,741	1,293	1,232	1,827

表3. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの資源尾数（千尾）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	9,379	1,437	1,649	3,728	1,941	3,029	3,525	3,042	1,659	4,286	4,799
2	6,977	5,732	843	1,255	2,365	1,233	1,996	2,264	1,984	1,228	3,055
3	1,280	2,591	2,639	488	816	1,244	840	1,115	1,082	1,011	817
4	359	406	828	713	336	337	695	530	587	562	520
5以上	30	83	111	298	399	375	263	430	560	630	531
合計	18,025	10,249	6,071	6,482	5,856	6,219	7,319	7,381	5,872	7,718	9,723

注) コホート解析による推定値

表4. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの漁獲死亡係数

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	0.24	0.28	0.02	0.21	0.20	0.17	0.19	0.18	0.05	0.09	0.14
2	0.74	0.53	0.30	0.18	0.39	0.13	0.33	0.49	0.42	0.16	0.31
3	0.90	0.89	1.06	0.13	0.63	0.33	0.21	0.39	0.40	0.41	0.35
4	1.29	1.23	0.90	0.68	0.42	0.75	0.55	0.29	0.35	0.56	0.50
5以上	1.29	1.23	0.90	0.68	0.42	0.75	0.55	0.29	0.35	0.56	0.50
平均	0.89	0.83	0.64	0.37	0.41	0.43	0.37	0.33	0.32	0.36	0.36

注) コホート解析による推定値

表5. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの資源重量（トン）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	203	31	36	81	42	66	76	66	36	93	104
2	435	358	53	78	148	77	125	141	124	77	191
3	151	306	311	58	96	147	99	131	128	119	96
4	64	72	148	127	60	60	124	95	105	100	93
5以上	9	26	35	93	124	117	82	134	174	196	165
合計	863	793	582	436	470	466	506	567	566	585	649

注) 資源尾数に各年各年齢の平均体重（5 6月）を乗じたもの
性比は1:1と仮定し、5歳魚以上の個体はすべて雌とした

(6) 資源と漁獲の関係

漁獲係数 F 値は 1998 年以降、0.32~0.89 で推移しており、漁獲の中心である常磐・房総海区の CPUE の変化傾向と F 値の変化傾向は比較的類似している（図 7、10）。また、近年の漁獲割合は若干減少傾向にある（図 11）。

近年の漁獲パターンにもとづく YPR 曲線と SPR 曲線を図 12 に示した。1 歳の途中から漁獲され始める漁業実態をふまえ、漁獲開始年齢は 1 歳とした。現状の漁獲圧は F_{max} とほぼ同じ水準で、27%SPR に相当していた。

1998 年以降の再生産関係を図 13 に示した。ここでは

緩やかな正の相関が認められた。ただし、1997 年以前に連続して発生した卓越年級は非常に少ない親から発生したと考えられることから、再生産関係を将来の加入量推定には用いていない。漁獲量の変動パターンから、1990 年代半ばから後半にかけて資源は卓越年級の発生によって急激に増加したと考えられるが、1980 年代後半から 1990 年代前半のように卓越年級が長期間発生しないときもあり、そのときの漁獲量は非常に低い水準になっている。このようなことを繰り返さないためにも、卓越年級が発生しなくとも産卵親魚量を一定水準に維持し、次世代の加入を促すことが求められる。また、前述のように本種の抱卵個体は市場価値が極めて高いことから、親魚になるまで取り残した方が漁業経営的にも有益であると考えられる。そこで、資源をある程度維持しつつ親魚までの生残を高め、次世代の加入を促すことを管理目標とした。

5. 2010 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

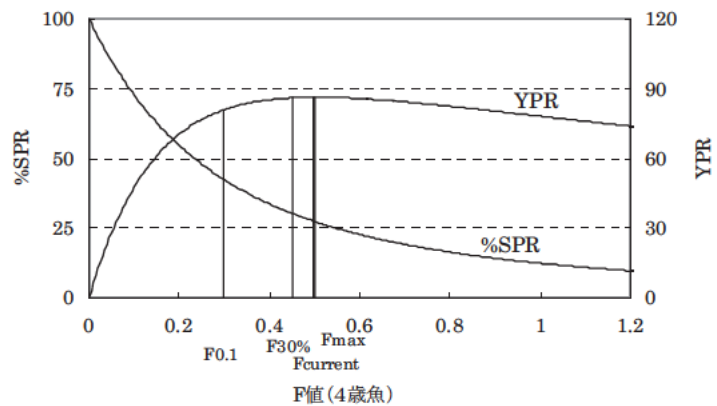


図12. 漁獲係数(F)と%SPRおよびYPR
 $F_{current}(0.499)$ は $F_{max}(0.498)$ と非常に近い値

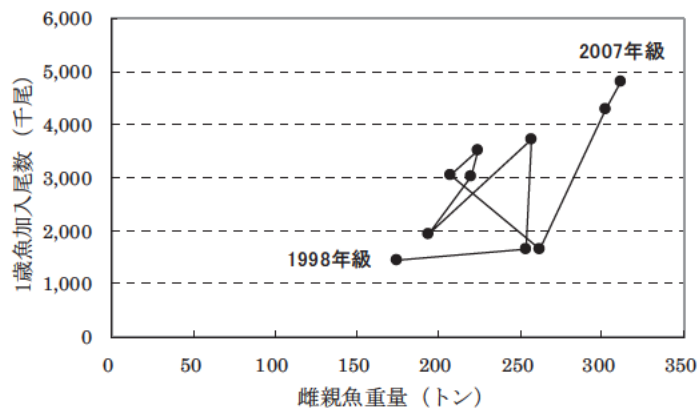


図13. 再生産関係

ヤナギムシガレイは 1990 年代後半に大幅に増大したが、その後減少した。1980 年代半ばから 1990 年代前半にかけて極めて漁獲量が少ない時期を経験したことから、相対的に資源は中水準にあると判断される。近年の加入状況は比較的良く、資源量、漁獲量ともに安定しているが、過去の超低水準期を再び迎えないためにも、親魚を残すことで次世代の加入を促すように努めることが必要である。

(2) ABC の算定

2010 年の ABC 算定は以下のように行った。

- ・ 10 歳以上の個体は非常に少ない。そこで通常の寿命を 10 歳とし、自然死亡係数 M を田内・田中の式（田中 1960）より $2.5/\lambda=0.25$ とした。
- ・ コホート解析から得られた年齢別の F 値のうち、最近 5 年の平均値を現状の F とした。
- ・ 2009 年以降の年齢別の F の比率（選択率）は最近 5 年の平均値と同じと仮定する。
- ・ 体重は年別年齢別雌雄別に 5～6 月に採集した個体の平均値を用いた。雌では満 2 歳で約 3 割、満 3 歳以上ではほとんど成熟しているため、成熟割合は 2 歳魚で 0.3、3 歳魚以上で 1 とした。
- ・ 加入量は最近 5 年間の平均値とし、この加入が 2009 年以降も続くと仮定した（満 1 歳魚の加入尾数 3,108 千尾）。
- ・ 漁獲は満 1 歳から始まるとした。

この条件のもとで現状の漁獲が 2009 年まで続くと仮定すると、2010 年初期資源量は 734 トンとなる。2010 年以降の漁獲圧として $F=M$ 、 F_{max} 、 F_{sus} （安定したときの資源量が 2009 年と同じ）、 $F_{current}$ （過去 5 年間の平均の F ）および $1.2F_{current}$ などについて検討した。その結果、現状の漁獲圧が続くと資源は 1 回増加した後、減少に転じる。（図 14、表 6）。 $F=M$ まで下げると、2014 年の資源量は 1,000 トン以上になるが、2010 年の漁獲量は 114 トンに抑えられる。現状の漁獲圧を維持すると、2010 年の漁獲量は 200 トン以上になるが、2012 年以降の資源は徐々に減少する。 $F_{30\%SPR}$ にすると 2010 年の漁獲量は 192

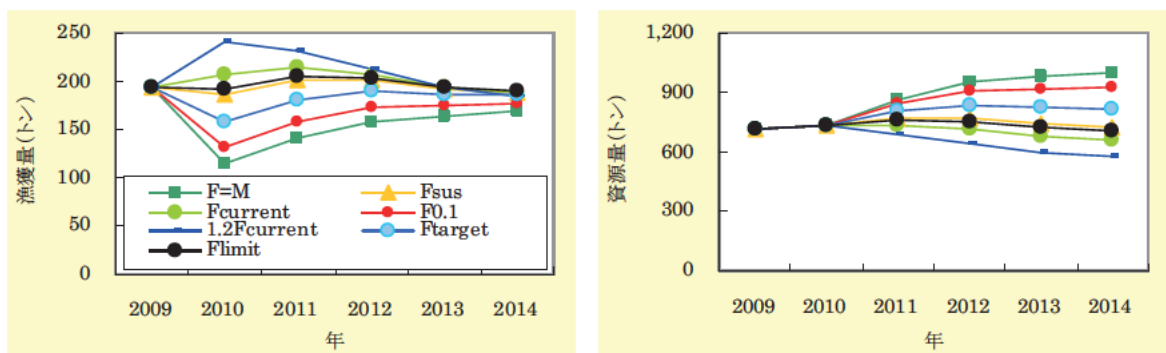


図 14. さまざまな管理基準に基づく漁獲量（左）と資源量（右）の変化

表6. F値（各年齢の平均値）の変化による資源量および漁獲量の推移

F	基準値	漁獲量（トン）						資源量（トン）					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0.00		194	0	0	0	0	0	716	734	1,019	1,303	1,504	1,682
0.06	0.20 F _{sus}	194	42	60	74	83	91	716	734	961	1,164	1,285	1,387
0.18	F=M	194	114	142	158	164	168	716	734	863	952	979	1,002
0.21	0.64 F30%SPR	194	130	157	172	174	177	716	734	841	907	918	930
0.26	0.8 F30%SPR	194	159	181	189	186	186	716	734	802	833	822	820
ほぼF _{target} に相当													
0.29	0.8F _{current}	194	172	191	196	190	188	716	734	784	799	780	773
0.31	F _{sus}	194	186	201	201	193	189	716	734	765	766	739	727
0.33	F30%SPR	194	192	205	203	193	189	716	734	757	751	722	708
ほぼF _{limit} に相当													
0.36	F _{current}	194	207	215	207	194	189	716	734	736	715	678	662
0.36	F _{max}	194	207	214	207	194	189	716	734	736	716	679	663
0.43	1.2F _{current}	194	240	231	212	193	185	716	734	691	642	596	576

トンと比較的多い上に、確実に親魚を残すことになり、さらにその後の資源量も 700 トン台の高いレベルを維持する。水準と動向は中位増加と判断されるので、ABC 算定のための基本規則（平成 21 年度）の 1 3）（2）に基づき、F_{limit}=基準値× β_1 によって ABC を算定した。基準値を F30%SPR とし、 β_1 を 1 とした。また、不確実性を考慮して安全率を 0.8 とした。その値を F_{limit} に乗じたものを F_{target} とし、このときの漁獲量を ABC_{target} とした。その結果、ABC_{limit}=192 トン、ABC_{target}=159 トンと算出された。

	2010年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC limit	192トン	F30%SPR	0.33	26%
ABC target	159トン	0.8F30%SPR	0.26	22%

F値は各年齢の平均値

(3) ABC_{limit} の評価

F30%SPR を基準値とすることにより、2010 年以降の漁獲量は 180～210 トン、資源量は 700～760 トンに安定する。また、若齢魚の漁獲圧が低いこと、5 年後の資源量も高位水準と判断できる 700 トン程度を維持できることから、 β_1 には 1 を採用した。

(4) ABC の再評価

2008 年および 2009 年の ABC はそれぞれ再々評価および再評価で大きく増加した。これはコホート解析の元となる年齢別漁獲尾数ならびに年齢別雌雄別体重を実測値に変更したことによる。昨年までは福島県の年齢別漁獲尾数を求め、それに東北海域全体の漁獲重量を福島県の漁獲重量で除したものを乗じて東北海域の年齢別漁獲尾数を求めている。また、年齢別雌雄別の体重には過去の計算式から求めた平均値を用いていた。しかし、そのように求めた年齢別漁獲尾数に平均体重を乗じて、東北全体の漁獲重量とは必ずしも一致しなかった。そこで、2002～2008 年のサンプルについて、毎年福島県で 5～6 月（1 歳魚は

10～11 月) に採集された個体の年齢別雌雄別体重を求めた。この体重に各年の年齢別の漁獲比率を乗じ、さらに、その合計が各年の実際の漁獲量と一致するように係数を乗じて年齢別漁獲尾数を求めた。その結果、2008 年再々評価の ABClimit は実際の漁獲量をやや下回る値となり、2009 年再評価では 2008 年の漁獲量とほぼ同レベルとなった。

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2008年(2007年当初)	F30%SPR	0.35	449	132	113	
2008年(2008年再評価)	F30%SPR	0.34	383	101	84	
2008年(2009年再評価)	F30%SPR	0.33	649	160	132	180
2009年(2008年当初)	F30%SPR	0.34	383	88	73	
2009年(2009年再評価)	F30%SPR	0.33	716	179	155	

1;ABClimitに対する資源管理基準(略号)とそれに相当するF値(年あたり)

資源量、漁獲量、ABCの単位:トン、漁獲量は暫定値

6. ABC 以外の管理方策への提言

近年の漁獲死亡係数の変化を見ると、相対的に高齢魚には高い漁獲圧がかかっている反面、若齢魚に対しては低い。そのため、年齢別にかかる漁獲圧が現状の状態であれば、資源は大きくは減少しない。また、若干漁獲努力を減らすことにより、資源は徐々に回復していくと考えられる。ただし、現状では加入量を予測することができないため、これは近年と同レベルの加入が続くと仮定したときの予測である。1990 年代半ばから後半に連続して発生した卓越年級も高齢となり、今後はそれらの子世代が親魚の中心となってくる。2006 年は比較的加入が少なかったものの、それ以外の最近 6 年間は安定した加入に恵まれており、世代交代は比較的うまくいっていると言える。1980 年代後半から 1990 年代前半に見られた、沖底の漁獲量が 20 トンを切るといった超低水準の資源状態になることを避けるためにも、加入状況を早めに把握し、加入が悪いときにはより一層若齢魚の漁獲を制限し、親魚になるまで保護する努力が必要となるだろう。

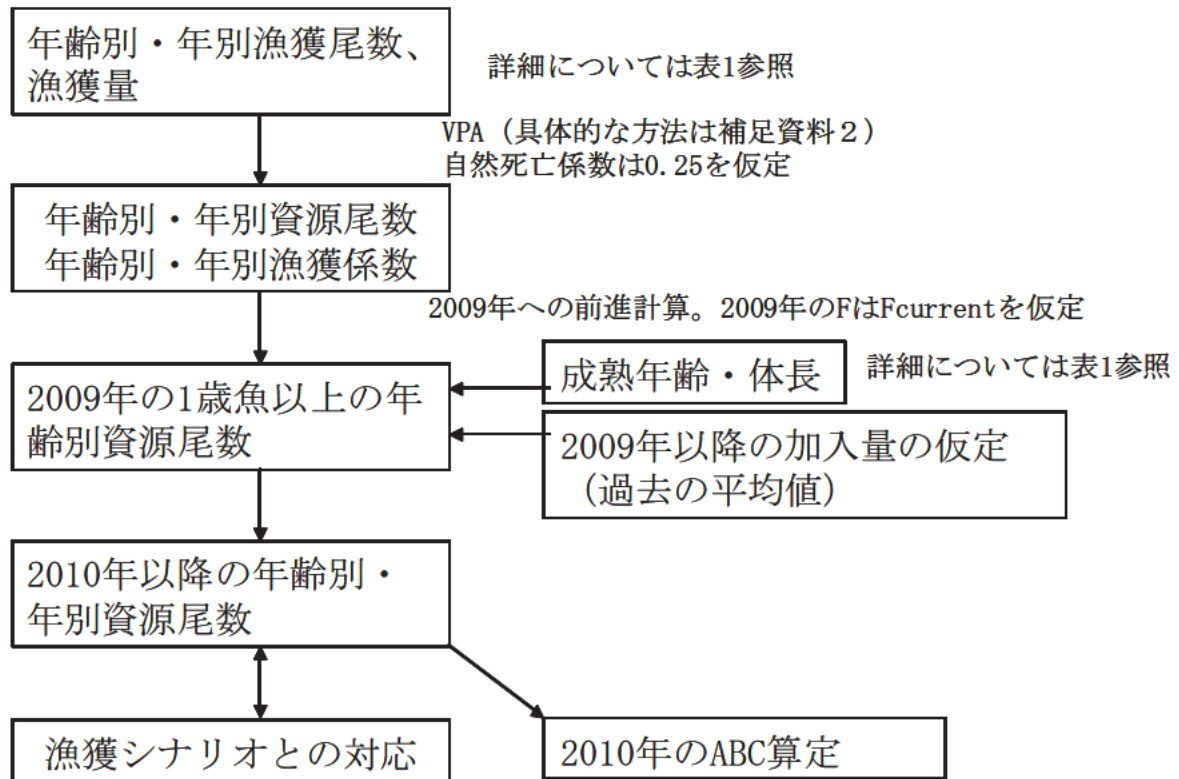
7. 引用文献

- 五十嵐敏(1980) ヤナギムシガレイの胃中にみられる底生動物について(短報). 福島水試研報, 6, 91 92.
- 五十嵐敏・島村信也(2000) 福島県海域におけるヤナギムシガレイの食性. 福島水試研報, 9, 53 58.
- 橋本良平(1955) ヤナギムシガレイの年令に関する基礎的研究. 東北水研研報, 4,156 164.
- 中原民男(1969) 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物特性. 山口外海水試研報, 11, 1 70.

- Pope, J. G (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., 9, 65 74.
- Narimatsu, Y., A. Yamanobe and M. Takahashi (2007) Reproductive cycle, age and body size at maturity and fecundity of female willowy flounder (*Tanakius kitaharai*). Fish. Sci. 73, 55 62.
- 坂本一男(1984) ヤナギムシガレイ. 日本産魚類大図鑑 (解説) , 339pp, 東海大学出版, 東京.
- 西海区水産研究所(1957) 東海・黄海における底魚資源の研究. 4, 50 55.
- 島村信也・五十嵐敏(2000) 福島県沿岸で漁獲されたヤナギムシガレイについて. 福島水試研報, 9, 29 52.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1 200.
- Yabuki, K. (1989) Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the sea of Japan off Kyoto Prefecture. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 55, 1331 1338.

補足資料1

使用したデータと資源評価の関係をフローチャートとして示した



補足資料2 資源計算方法

1998～2008 年に茨城県もしくは福島県で漁獲されたヤナギムシガレイの精密測定結果と耳石の年齢査定結果から age length key を作成した。age length key の作成は 1～6 月および 9～12 月の二期に分けて毎年行った（7、8 月は沖底、小底の休漁期）。age length key と漁獲物全体の全長組成から年齢別漁獲尾数を求めた。ヤナギムシガレイの成長、体重および寿命には雌雄差があるため、雌雄別の age length key を用いて年齢分解を行った。なお、4 歳以下、全長 30cm 以下の雌雄比は 1 : 1 とし、5 歳以上、全長 31cm 以上はすべて雌とした。また、年級間で成長差があるため、毎年 5～6 月に採集された個体から、年別年齢別雌雄別の体重を求めた。本種は 1 歳の途中から漁獲され始めるため、計算は 1 歳以上を対象とし、5 歳以上の個体は少ないため、5 歳は 6 歳以上を含めたプラスグループとした。

各年齢、各年における資源尾数 $N_{a,y}$ は、以下に示す Pope の近似式(1972)を用いて求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2)$$

ここで $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲尾数で

ある。最近年（2008年）、最高齢（5歳、プラスグループ）および最高齢 1 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,2008}=C_{a,2008} \exp(M/2)/(1 \exp(F_{a,2008}))$$

$$N_{5+,y} = C_{5+,y}/(C_{5+,y}+C_{4,y}) \times N_{5+,y+1} \times \exp(M)+C_{5+,y} \times \exp(M/2)$$

$$N_{4,y}=C_{4,y}/(C_{5+,y}+C_{4,y}) \times N_{5+,y+1} \times \exp(M)+C_{4,y} \times \exp(M/2)$$

ターミナル F を除く漁獲死亡係数 F 値の計算は以下の式で求めた。

$$F_{a,y} = \ln(1 (C_{a,y} \exp(M/2) / N_{a,y}))$$

最高齢の F は最高齢 1 歳魚の F と等しくなるように探索的に求め、2008 年の Ft は過去 5 年間の平均値とした（表 4）。

ヤナギムシガレイは 20 年以上生きることも報告されているが、2002～2008 年に漁獲、年齢査定された約 9,111 個体のうち、11 歳以上の個体は 38 個体と少なかった。そこで寿命を 10 年と仮定し、田内・田中の式（田中 1960）より自然死亡係数は $2.5/10=0.25$ で一定とした。

補足資料 3 漁獲率と自然死亡率

下記に漁獲率（E）と自然死亡率（D）を示した。なお、それぞれの算出方法は以下の通りである。

$$E = \frac{F}{F + M} (1 - e^{-F-M})$$

$$D = \frac{M}{F + M} (1 - e^{-F-M})$$

別添表1. 年別年齢別の漁獲率(E)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	0.19	0.22	0.02	0.16	0.16	0.14	0.16	0.14	0.04	0.08	0.11
2	0.47	0.37	0.23	0.15	0.29	0.11	0.25	0.35	0.31	0.13	0.24
3	0.53	0.53	0.59	0.10	0.42	0.25	0.17	0.29	0.30	0.30	0.26
4	0.66	0.64	0.53	0.44	0.31	0.47	0.38	0.22	0.26	0.38	0.35
5以上	0.66	0.64	0.53	0.44	0.31	0.47	0.38	0.22	0.26	0.38	0.35
合計	0.50	0.48	0.38	0.26	0.30	0.29	0.27	0.25	0.23	0.25	0.26

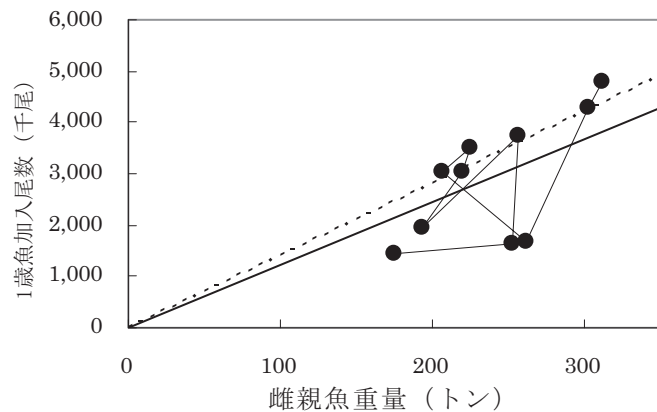
別添表2. 年別年齢別の自然死亡率(D)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	0.20	0.19	0.22	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.21	0.21
2	0.16	0.17	0.19	0.20	0.18	0.21	0.19	0.18	0.18	0.21	0.19
3	0.15	0.15	0.14	0.21	0.17	0.19	0.20	0.18	0.18	0.18	0.19
4	0.13	0.13	0.15	0.16	0.18	0.16	0.17	0.19	0.19	0.17	0.18
5以上	0.13	0.13	0.15	0.16	0.18	0.16	0.17	0.19	0.19	0.17	0.18
合計	0.15	0.16	0.17	0.19	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19

補足資料 4 再生産関係

1998 年級から 2007 年級で求めた再生産関係に基づき、RPS の平均値および RPS のメジアンを求めた。その結果、RPS の平均値は 12.26 尾/kg、RPS のメジアンは 13.98 尾/kg と算定された。また、これをもとに $RPS \times SPR = 1$ となる $F(F_{med})$ を求めたところ、4 歳

魚の F は 0.655（各年齢平均で 0.471）と算出された。この値は 21%SPR に相当する。ただし、先述のように 1990 年代の卓越年級は非常に少ない親魚量で発生したと考えられるため、この再生産関係は大きく変化する可能性があるものと判断し、ABC 算定には用いていない。



別添図1. 1998～2007年級における再生産関係
実線はRPSの平均値、破線はRPSメジアンを示す