

平成 24 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

太平洋北部のヤナギムシガレイの漁獲量は周期的に変動している。近年では 1995 年から増加がみられ、1998、1999 年には過去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。2002 年以降は漸増傾向にあり、2010 年の漁獲量は 1990 年代後半に準ずるレベルになったが、2011 年は東日本大震災の影響で大幅に減少した。VPA による資源量推定値および沖底の CPUE から、資源の水準は高位、動向は増加と判断した。2003 年以降の資源状態は安定しており、漁獲圧も高くはない。また震災の影響により、2011 年の漁獲圧は半減し、2012 年も 53%程度にとどまると予測される。これらのことから、震災の昨年を除いた漁獲圧を維持する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)-(1)に基づき、 $F_{current}$ を基準値とし、 $F_{limit}=F_{current}$ 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。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	347トン	$F_{current}$	0.35	24%
ABC_{target}	300トン	$0.8F_{current}$	0.28	21%

F値は各年齢の平均値で、 $F_{current}$ は2006-2010年の平均値。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2010	1,048	223	0.32	21%
2011	1,107	116	0.16	10%
2012	1,400			

年は暦年で、2011年の漁獲量は暫定値である。

水準：高位 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獲成績報告書（水産庁） 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して利用されている。本種は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平成 13 年度より資源



図 1. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの分布

回復計画の対象魚種に指定され、平成 15 年度から保護区および保護期間の設定により漁獲圧を削減し、資源を回復する措置が図られている。さらにこれまでの措置は引き続き資源管理指針および計画の下で継続して取り組まれている。

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すると考えられる（島村・五十嵐 2000）。

(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

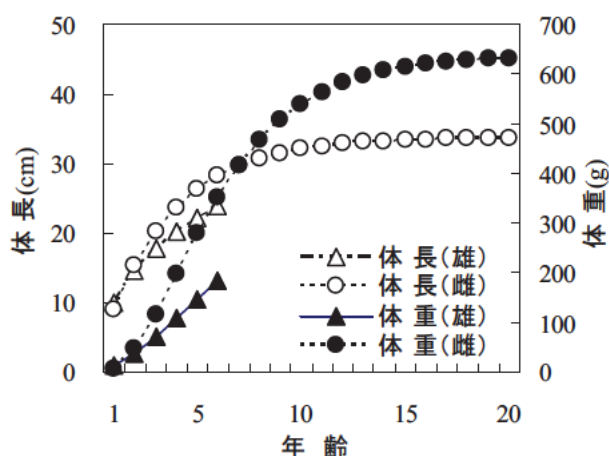


図 2. 太平洋北部におけるヤナギムシガレイの成長

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

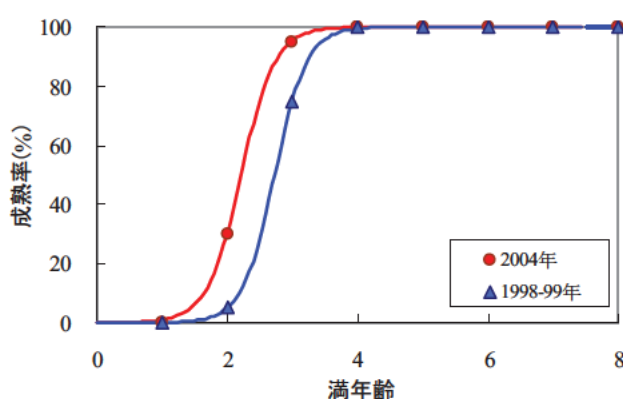


図 3. 年齢と成熟率の関係

年以前よりも 1998～99 年の方が成長は早い。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）、10 歳以上まで生きる雌は稀である。

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

産卵期は 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、1～3 月をピークに 6 月まで続く（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南北に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。成熟体長は雄で体長 120mm 以上、雌で 150mm

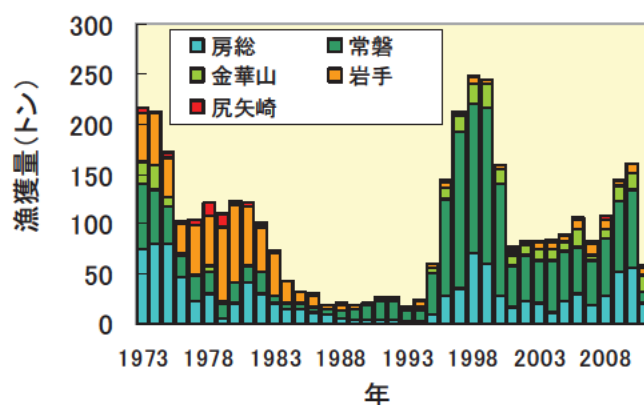


図 4. 太平洋北部の沖合底びき網漁業によるヤナギムシガレイの漁獲量の経年変化
2011 年は暫定値。

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代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）。

(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

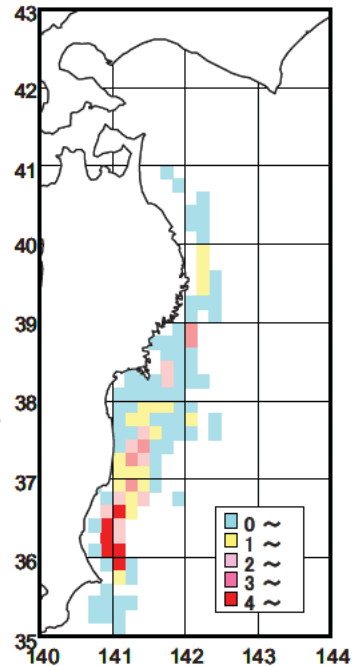


図5. 2010年の沖底の漁獲量分布図（トン）

表1. 県別漁業種類別のヤナギムシガレイの漁獲量（トン） 2011年は暫定値。

県名	漁業種	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
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	3.8	0.5	0.5	0.1
	小底	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5	0.5	0.0	0.1	0.7	0.3	0.4	0.2
	刺網	0	0	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	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0	0.2	0	0	0	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	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	8.8	15.9	8.9	6.8
	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	3.7	2.9	0.7
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
	定置	-	0	0	0	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	0.1	0	0
宮城	沖底	12.2	16.5	20.5	25.0	15.3	10.4	9.4	12.1	11.3	10.5	18.8	6.1	9.9	4.6	9.7	7.2
	小底	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	13.1	9.1	6.0
	刺網	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	13.7	14.8	6.4
	延縄	0	0	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	0	0
	その他	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	2.5	0.7	1.6	0	1.5	0	0	0	0	0	0
福島	沖底	96.9	155.8	148.9	156.7	110.8	41.0	47.0	42.5	52.8	49.5	47.0	43.3	57.0	100.9	110.4	31.0
	小底	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	21.2	22.7	11.0
	刺網	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	0.9	1.3	6.4
	延縄	0	0	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	0	0
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨城	沖底	27.3	35.9	70.4	58.9	28.2	16.9	22.6	20.6	10.6	22.9	29.0	19.6	28.8	22.3	22.5	20.8
	小底	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	22.1	19.5	19.3
	刺網	0	0	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	0	0
	定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	1.0	1.0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0	0	0.3	0	0	0
小計	沖底	143.7	212.7	247.5	244.5	158.6	76.2	82.7	81.9	83.9	89.7	106.1	81.0	108.3	144.2	152.0	65.9
	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	56.7	51.7	36.5
	刺網	-	2.8	9.8	4.0	33.2	7.8	14.2	2.7	4.8	5.7	24.0	18.6	4.1	18.3	19.0	13.5
	延縄	-	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	定置	-	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	その他	-	1.2	0.4	1.3	1.2	2.8	1.1	2.7	0.6	2.1	0.6	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0
計		-	336	386	360	288	133	160	149	149	156	179	149	167	219	223	116

各県水試調べ。2010年以前の沖底の小計は漁場別漁獲統計資料による。

2010年分は岩手、宮城は市場データ消失のため、沖底以外の漁業は過去5年間の他県との漁獲量比から推定。

各県の沖底漁獲量は小海区域の漁獲量を適用（例 宮城=金華山海区、福島=常磐海区）。

(小底)で漁獲されており、2001 年以降の漁獲量は増加傾向にある。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)。

(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 年代前半にかけては 18～30 トン前後と非常に低水準で推移した(図 4)。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 年には 100 トンを割り込んだ。その後は 76 トン～106 トンと若干増加傾向で推移していた。2009 年は 144 トン、2010 年には 152 トンとなり、1990 年代後半に準ずる水準となっている。沖底と各漁業種合計の漁獲量は似た傾向を示している(表 1)。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。2001～2008 年には 133～179 トンでピークの半分以下で推移していたが、2009、2010 年には 220 トン前後となっている。2011 年は東日本大震災の影響もあり、116 トンとなっている(表 1)。

(3) 漁獲努力量

沖底の有漁網数は 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。2010 年は高い水準

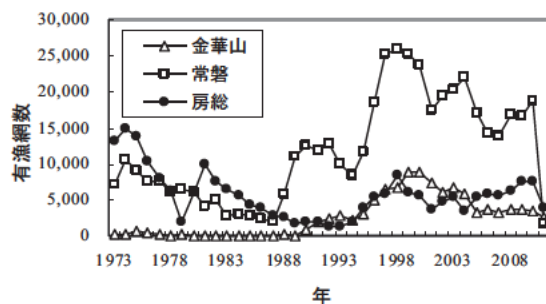


図 6. 沖合底びき網漁業の漁業努力の経年変化 2011 年は暫定値。

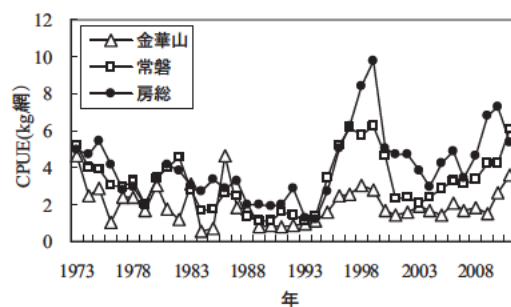


図 7. 沖合底びき網漁業の海區別 CPUE

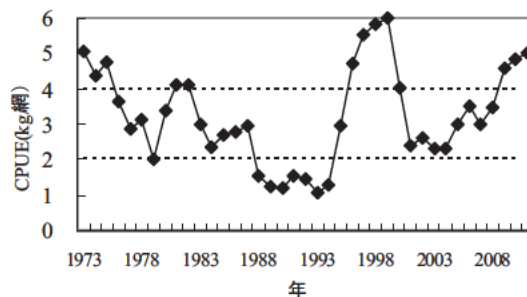


図 8. 金華山～房総海区の沖底の CPUE の経年変化 破線は水準の境界を示す。

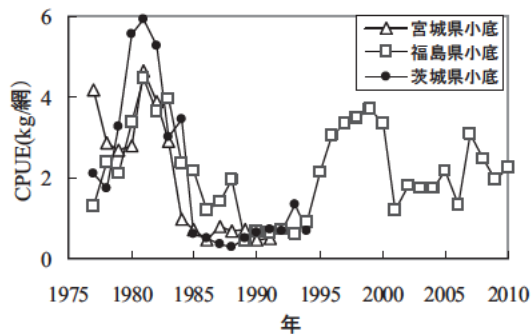


図 9. 小型底びき網漁業の CPUE の経年変化

となり、主漁場である常磐海域では 18,000 網となったが、2011 年は東日本大震災の影響で激減している。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1998～2011 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に年齢別漁獲尾数を求め、1～7 歳以上の 7 年齢群についてコホート解析を行い、年別年齢別資源尾数および漁獲死亡係数 F を推定した。なお、ヤナギムシガレイの寿命や成長には雌雄差があるため、資源重量は以下のように求めた。6 歳以下については、それぞれの年齢における雌雄の平均体重の平均値を年齢別体重とし、7 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（補足資料 2）。

(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 9 に示した。1973 年以降、CPUE 時系列の増減傾向は漁獲量（図 4）とよく類似している。

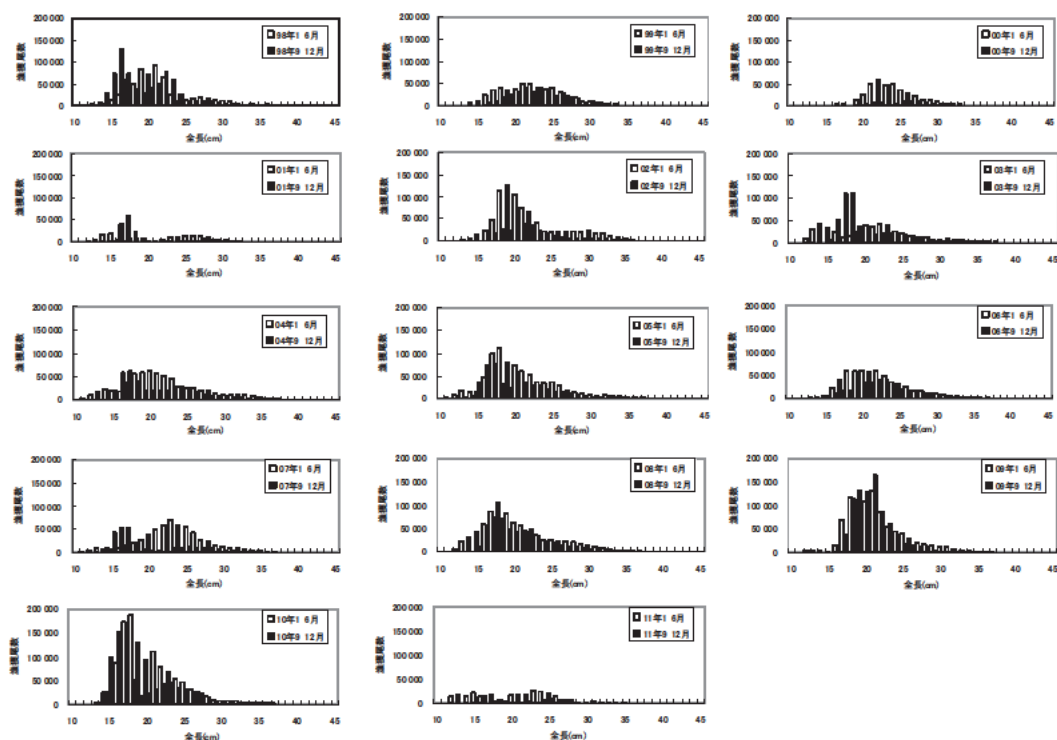


図 10. ヤナギムシガレイ漁獲物の年別前後期別の全長組成

1998～2001、2011 年は茨城県水揚げ分で、2002～2010 年は福島県水揚げ分。

る、漁獲が少ない時期には低い傾向が認められた。2011 年の沖底の CPUE は房総でやや減少したが、常磐、金華山ではともに増加傾向にある（図 7）。金華山から常磐海域において、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）、この海域の 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

漁獲物の全長組成の経年変化を図 10 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 歳の途中で全長 20cm 台前半に達することから、この 2 つのモードは 2 年続けての卓越年級群の発生を示していると考えられる。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、2008～2010 年にも比較的大きいモードが認められた。また、2001 年以前と比べて 2002 年以降は全長 30cm 以上の個体が若干増加しており、大型個体の個体数が増加していることが示唆されている。

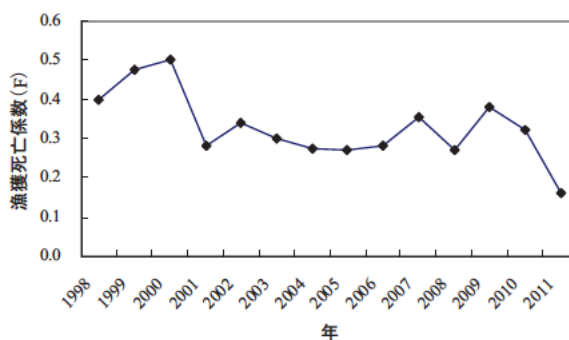


図 11. F 値（各年齢平均）の経年変化

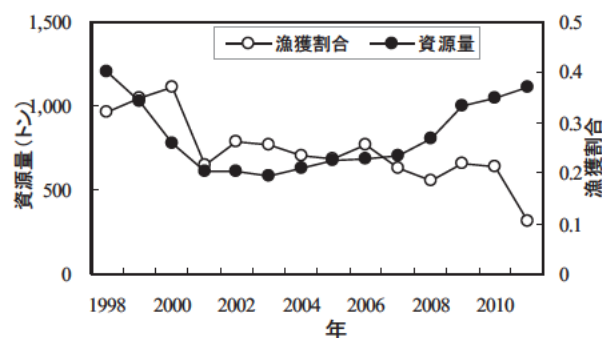


図 12. 資源量と漁獲割合の経年変化

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析の結果、2011 年の資源量は 1,107 トンと推定された。この値は資源量推定値のある 1998 年以降で 1998 年に次いで高い数字である。また、1998 年以降、F の値や漁獲割合は減少する傾向にある。2011 年の漁獲割合は東日本大震災の影響もあり、10%（暫定値）と大きく減少した（図 11、12）。

(5) 資源の水準・動向

過去 40 年にわたる沖底の漁獲量ならびに CPUE の変化から、資源量は 1997～1999 年に

かけて高い水準にあったと考えられるが、その後大幅に減少した（図4、図7）。漁獲量は2001年から増加し始め、CPUEも2003、2004年ごろから増加に転じている。2009年には沖底の漁獲量、CPUEともに1990年代後半に準ずる水準にまで回復した。また、VPAで求めた2011年の資源尾数、重量も1998年以降では1998年について多かった（表3、5、図13）。CPUE、資源量の最大値と0の範囲を3等分し、水準

の判断基準とした。CPUE、資源量ともに中位と高位の境界よりも上に位置することから、

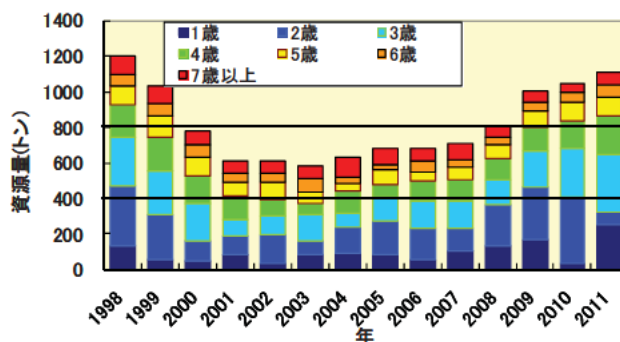


図13. 年齢別資源量の時系列変化
横線は中高位、中低位の境界を示す。

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	2009	2010	2011
1	1,117	220	34	468	153	736	534	443	84	368	418	366	170	402
2	1,724	1,138	494	294	547	201	488	785	691	181	827	984	1,446	123
3	824	798	688	140	349	275	137	320	361	348	174	505	633	376
4	287	419	426	134	145	146	197	48	187	243	151	136	223	176
5	149	235	223	105	52	85	37	90	43	108	80	105	109	69
6	83	117	118	63	68	61	37	25	62	64	50	97	77	57
7以上	101	125	105	68	76	38	86	66	56	102	60	94	50	40
合計	4,286	3,052	2,089	1,272	1,391	1,542	1,516	1,777	1,484	1,415	1,762	2,286	2,709	1,243

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	2009	2010	2011
1	5,935	2,387	1,977	3,505	1,595	3,551	4,017	3,732	2,426	4,634	5,908	7,236	1,458	10,993
2	4,740	3,636	1,665	1,510	2,317	1,108	2,116	2,657	2,516	1,815	3,284	4,233	5,312	985
3	2,420	2,170	1,827	861	916	1,321	686	1,217	1,376	1,350	1,254	1,827	2,428	2,861
4	1,153	1,157	986	816	547	405	786	413	666	753	744	823	978	1,332
5	546	645	531	392	517	297	186	439	280	353	371	446	521	565
6	277	294	295	217	213	357	156	112	262	180	180	218	255	310
7以上	338	316	261	236	237	223	365	298	239	286	216	211	166	216
合計	15,408	10,604	7,543	7,536	6,342	7,263	8,313	8,868	7,764	9,371	11,958	14,994	11,118	17,261

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	2009	2010	2011
1	0.24	0.11	0.02	0.16	0.12	0.27	0.16	0.14	0.04	0.09	0.08	0.06	0.14	0.04
2	0.53	0.44	0.41	0.25	0.31	0.23	0.30	0.41	0.37	0.12	0.34	0.31	0.37	0.15
3	0.49	0.54	0.56	0.20	0.57	0.27	0.26	0.35	0.35	0.35	0.17	0.38	0.35	0.16
4	0.33	0.53	0.67	0.21	0.36	0.53	0.33	0.14	0.38	0.46	0.26	0.21	0.30	0.16
5	0.37	0.53	0.65	0.36	0.12	0.39	0.26	0.27	0.19	0.42	0.28	0.31	0.27	0.15
6	0.42	0.60	0.61	0.40	0.45	0.21	0.31	0.29	0.31	0.52	0.38	0.70	0.42	0.24
7以上	0.42	0.60	0.61	0.40	0.45	0.21	0.31	0.29	0.31	0.52	0.38	0.70	0.42	0.24
平均	0.40	0.48	0.50	0.28	0.34	0.30	0.28	0.27	0.28	0.35	0.27	0.38	0.32	0.16

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	2009	2010	2011
1	136	55	45	80	37	81	92	85	56	106	135	166	33	252
2	331	254	116	106	162	77	148	186	176	127	230	296	371	69
3	274	246	207	97	104	150	78	138	156	153	142	207	275	324
4	187	188	160	132	89	66	128	67	108	122	121	133	159	216
5	105	124	102	75	100	57	36	85	54	68	72	86	100	109
6	64	68	68	50	49	83	36	26	60	42	42	50	59	72
7以上	104	97	80	73	73	68	112	91	73	88	66	65	51	66
合計	1,201	1,031	779	614	612	582	629	678	683	705	807	1,003	1,048	1,107

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、7歳魚以上の個体はすべて雌とした。

資源水準は高位であると考えられる。さらに、最近 5 年間の沖底漁獲量、CPUE および資源量はいずれも増えていることから、動向は増加と判断される。

水準：高位 動向：増加

(6) 資源と漁獲の関係

1998～2010 年の漁獲係数 F 値は 0.28～0.52 で推移しており（図 11）、トロールの CPUE の変化（図 8）と F 値の変化傾向は最近年を除いて比較的類似している。また、2000 年以降の漁獲割合は減少傾向にある（図 12）。

最近 5 年間の漁獲パターンにもとづく YPR 曲線と SPR 曲線を図 14 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（2006～2010 年）は $F_{0.1}$ と $F_{30\%}$ の間に位置し、33.4%SPR に相当していた。

1998 年以降の再生産関係を図 15 に示した。あまり明瞭な相関関係は認められなかった。再生産関係が明瞭ではないことに加えて、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、卓越年級を発生させることができる最低親魚量が不明瞭であるため、再生産関係を将来の加入量予測には用いていない。

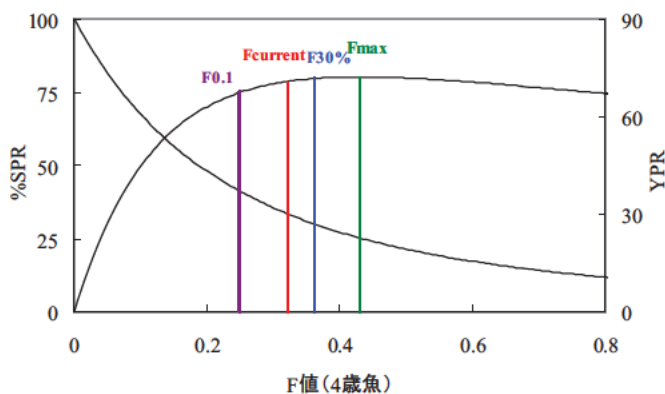


図 14. 漁獲係数(F)と%SPR および YPR

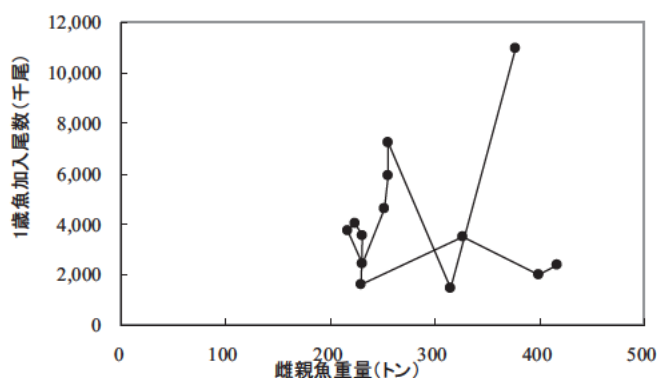


図 15. 再生産関係

5. 2013 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

ヤナギムシガレイは 1990 年代後半に大幅に増大したが、2000～2001 年にかけて急減した。2003 年以降、安定した加入があったこと、2001 年以降 F が減少したこともあり、資源は順調に増加し、2011 年の資源量は 1990 年代後半と同等の水準に達した。また、沖底の CPUE も高い水準にあることから、資源は

高位、増加と判断される。現在の資源は高齢魚も比較的多く残されているのが特徴となっており、1歳魚に対する漁獲圧はさほど高くない。そのため、現状の加入水準が続くという仮定の下ではあるが、震災前の近年と同じ漁獲を続けても資源を高い水準で保つことができるため、近年（2006～2010年）の漁獲圧を維持することを目標とした。

(2) ABC の算定

2013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。そこで通常的使用寿命(λ)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、震災以前の最近5年の平均値を現状のFとした。
- ・ 2012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した。
- ・ 2011年および2012年の東日本大震災による漁獲圧への影響を年別、漁業種別に求めた(別添資料参照)。この値を現状のFに乗じて補正したものを2011年の年齢別Fとした。
- ・ 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。
- ・ 2012年以降の加入量は最近10年間の平均値とした(満1歳魚の加入尾数4,392千尾)。
- ・ 漁獲は満1歳から始まるとした。

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)					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.00		210	0	0	0	0	0	1,400	1,446	1,712	1,887	2,004	2,141
0.27	F0.1	210	294	290	262	250	249	1,400	1,446	1,376	1,258	1,171	1,111
0.27	F M	210	294	290	262	250	249	1,400	1,446	1,376	1,257	1,170	1,110
0.28	0.8Fcurrent	210	300	293	263	249	248	1,400	1,446	1,367	1,243	1,153	1,092
0.32	0.8 F30%SPR	210	324	305	269	246	241	1,400	1,446	1,330	1,184	1,084	1,016
0.35	Fcurrent	210	347	315	272	243	235	1,400	1,446	1,294	1,128	1,020	949
0.40	F30%SPR	210	376	327	275	239	229	1,400	1,446	1,251	1,063	948	875
0.43	1.2Fcurrent	210	392	333	277	237	225	1,400	1,446	1,225	1,026	909	835
0.47	Fmax	210	421	343	278	232	219	1,400	1,446	1,181	964	843	770

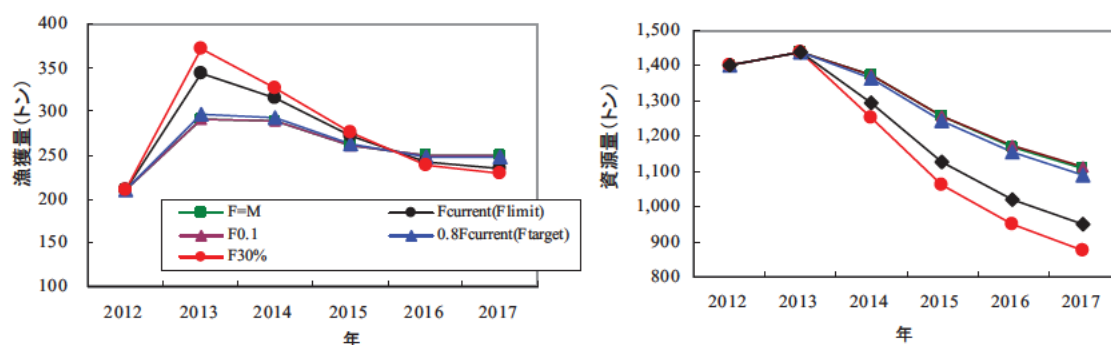


図 16. さまざまな管理基準に基づく漁獲量(左図)と資源量(右図)の変化

この条件の漁獲が2012年まで続くと仮定すると、2013年初期資源量は1,446トンとなる。2013年以降の漁獲シナリオとして $F=M$ 、 $F_{0.1}$ 、 F_{max} 、 $F_{30\%SPR}$ 、 $F_{current}$ (2006～2010年の平均の F) などについて検討した。その結果、どの管理基準を採用しても資源は2013年に増加した後、減少に転じる。(表6、図16)。 $F_{0.1}$ や $F=M$ となる漁獲圧まで下げると、2017年の資源量は1,100トン以上で維持されるが、2013年の漁獲量は294トンに抑えられる。現状の漁獲圧を維持すると、2013年の漁獲量は347トンと高くなり、2017年の資源量も900トン以上で維持される。

現在の漁獲圧の下で資源が高い水準に回復してきたこと、この漁獲圧でも親魚は多く取り残されること、東日本大震災の影響により2011年および2012年の漁獲圧はかなり低めに抑えられることもあり、 $F_{current}$ を基準値としてABCの算定を行った。水準と動向は高位、増加と判断されるので、ABC算定のための基本規則の1-3)-(1)に基づき、 F_{limit} =基準値によってABCを算定した。先述のように基準値を $F_{current}$ とし、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、 $ABC_{limit}=347$ トン、 $ABC_{target}=300$ トンと算出された。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	347トン	$F_{current}$	0.35	24%
ABC_{target}	300トン	$0.8F_{current}$	0.28	21%

F値は各年齢の平均値で、 $F_{current}$ は2006-2010年の平均値。

(3) ABC_{limit} の評価

$F_{current}$ を基準値とすることにより、漁獲量は2013年以降徐々に減少していく。これは近年の加入量が極めて良かったのに対し、2012年以降には過去10年の平均の加入量を与えているためである。それでも2017年の漁獲量は235トンで2010年よりも多く、資源量も949トンと高位水準で維持される。また、若齢魚に対する漁獲圧は低く、親魚も十分取り残されていることから、この基準値を用いた。

(4) ABC の再評価

2011年の資源量およびABCは2012年再評価でやや減少した。これは2011年の2歳魚、3歳魚が想定よりも少なかったためである。また、2012年の資源量が2011年当初よりも2012年再評価でやや多くなったにもかかわらず、ABCの値は当初よりも再評価で少なくなったのは、再評価によって選択率の高い4歳以上の個体の資源量が少なくなり、選択率の低い2歳魚の資源量が多くなったためである。なお、2011年(2010年当初)と2011年(2011年再評価)でF値が異なるのは、昨年の評価から+グループを5歳から7歳に変更したためである。

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新されたデータセット
2010年漁獲量確定値	2010年漁獲量の確定
2011年漁獲量	2011年漁獲量の暫定値
2011年年齢別・年別漁獲尾数 過去に遡及した年齢別年別漁獲尾数の見直し	2011年までの年齢別資源尾数、漁獲係数

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)
2011年 (2010年当初)	Fcurrent	0.22	1,042	223	183	
2011年 (2011年再評価)	Fcurrent	0.28	1,304	270	227	
2011年 (2012年再評価)	Fcurrent	0.28	1,107	208	171	116
2012年 (2011年当初)	Fcurrent	0.33	1,381	315	271	
2012年 (2012年再評価)	Fcurrent	0.33	1,400	284	229	

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

2003 年以降の加入は、比較的少なかった 2006 年を除くと安定しており、特に 2007 および 2008 年級の加入は非常に多い。また、2010 年級も多いと見積もられている(図 13)。このことから、世代交代は比較的うまくいっていると言える。ただし、本資源は 1980 年代後半から 1990 年代前半に超低水準の資源状態を経験している。そのような状況になることを避けるためにも、加入状況を早めに把握し、加入が悪いと認められたときには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。

ヤナギムシガレイの産卵のピークでは 1~2 月で、仔稚魚は数ヶ月間沿岸域で浮遊生活を送る。東日本大震災が発生した 3 月には浮遊生活期であったと考えられるため、津波の影響により 2011 年級の加入は少ない可能性がある。震災などの影響による漁獲圧の減少と併せ、今後の資源および漁業の変化には特に注意する必要がある。

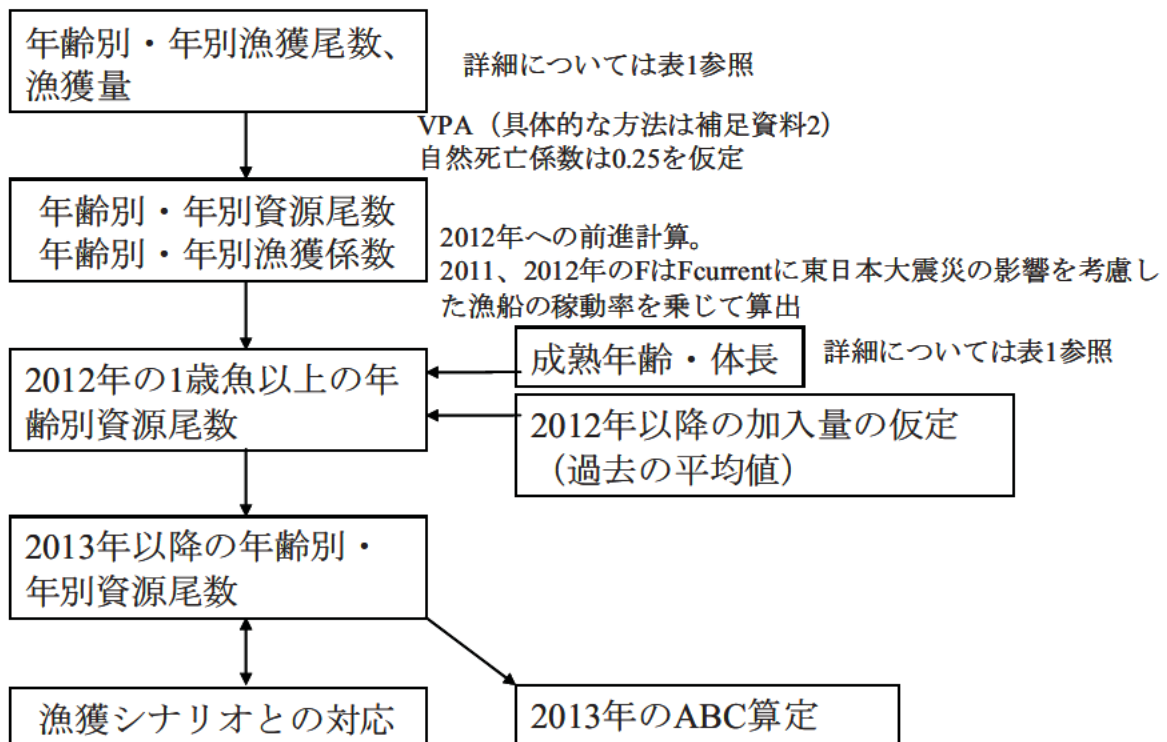
7. 引用文献

- 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.
- Narimatsu, Y., A. Yamanobe and M. Takahashi (2007) Reproductive cycle, age and body size at maturity and fecundity of female willow 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

2002～2010 年は福島県、2011 年は茨城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。1998～2001 年については 2002～2010 年すべてのサンプルから求めた上下半期別雌雄別の age-length key をもとに漁獲物の全長組成を分解した。なお、6 歳以下、全長 30cm 以下の雌雄比は 1:1 とし、7 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、7 歳以上の個体は少ないため、7 歳は 8 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、以下の Pope (1972) の近似式を用いて求めた。

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

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（2011 年）、最高齢（7 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。

$$N_{a,2010}=C_{a,2011} \exp(M/2)/(1-\exp(-F_{a,2010}))$$

$$N_{7+,y} = C_{7+,y}/(C_{7+,y}+C_{6,y}) \times N_{7+,y+1} \times \exp(M)+C_{7+,y} \times \exp(M/2)$$

$$N_{6,y}=C_{6,y}/(C_{7+,y}+C_{6,y}) \times N_{7+,y+1} \times \exp(M)+C_{6,y} \times \exp(M/2)$$

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 齢魚の F と等しくなるように探索的に求め、2011 年の Ft は過去 5 年間の平均値に東日本大震災の影響を考慮した稼働率を乗じたものとした（表 4、補足表 3、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 11,266 個体のうち、11 歳以上の個体は 47 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。

引用文献

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.

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。

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

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

補足表1. 年別年齢別の漁獲率(E)

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0.19	0.09	0.02	0.13	0.10	0.21	0.13	0.12	0.03	0.08	0.07	0.05	0.12	0.04
2	0.37	0.32	0.30	0.20	0.24	0.18	0.23	0.30	0.28	0.10	0.25	0.23	0.28	0.13
3	0.35	0.37	0.38	0.16	0.39	0.21	0.20	0.27	0.27	0.26	0.14	0.28	0.26	0.13
4	0.25	0.37	0.44	0.17	0.27	0.37	0.25	0.12	0.28	0.33	0.21	0.17	0.23	0.13
5	0.28	0.37	0.43	0.27	0.10	0.29	0.20	0.21	0.15	0.31	0.22	0.24	0.21	0.12
6	0.30	0.40	0.41	0.29	0.32	0.17	0.24	0.22	0.24	0.36	0.28	0.45	0.30	0.19
7以上	0.30	0.40	0.41	0.29	0.32	0.17	0.24	0.22	0.24	0.36	0.28	0.45	0.30	0.19
合計	0.29	0.33	0.34	0.22	0.25	0.23	0.21	0.21	0.21	0.26	0.21	0.27	0.24	0.13

補足表2. 年別年齢別の自然死亡率(D)

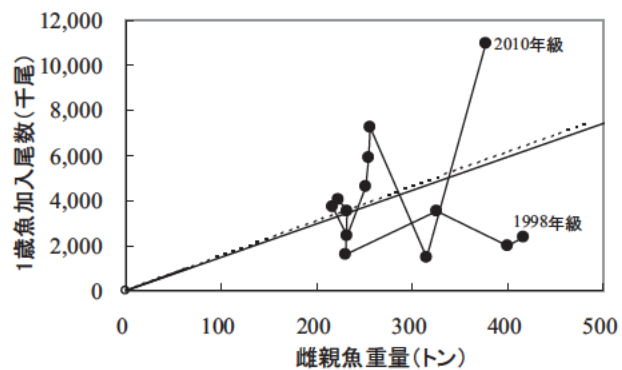
年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21	0.20	0.20	0.21	0.22	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22
2	0.17	0.18	0.18	0.20	0.19	0.20	0.19	0.18	0.19	0.21	0.19	0.19	0.19	0.21
3	0.18	0.17	0.17	0.20	0.17	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.20
4	0.19	0.17	0.16	0.20	0.19	0.17	0.19	0.21	0.19	0.18	0.20	0.20	0.19	0.20
5	0.19	0.17	0.17	0.19	0.21	0.18	0.20	0.20	0.20	0.18	0.19	0.19	0.19	0.21
6	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19	0.19	0.17	0.19	0.16	0.18	0.20
7以上	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19	0.19	0.17	0.19	0.16	0.18	0.20
合計	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.20

補足資料 4 再生産関係

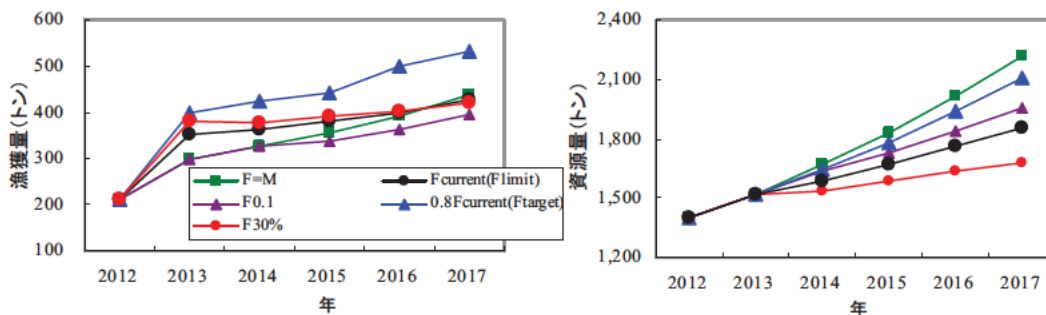
1998 年級から 2010 年級で求めた再生産関係に基づき、RPS の平均値および RPS のメジアンを求めた（補足図 1）。その結果、RPS の平均値は 14.8 尾/kg、RPS のメジアンは 15.4 尾/kg と算定された。また、これをもとに $RPS \times SPR = 1$ となる $F(F_{med})$ を求めたところ、4 歳魚の F は 0.562（各年齢平均で 0.618）と算出された。この値は 18.7%SPR に相当する。RPS メジアンと親魚量を用いて親魚量に応じた加入量を推定し、さまざまな基準で漁獲した際の 2012 年以降の資源量と漁獲量の変動をシミュレートした（補足図 2）。いずれの基準値でも資源は増加する。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、この再生産関係は大きく変化する可能性があること、卓越年級が発生されることのできる親魚量の下限や加入量の上限などが不明確なことから、ABC 算定には用いていない。

補足資料 5 2011 年および 2012 年の漁獲状況について

2011 年 3 月 11 日に発生した巨大地震と津波により、東北地方太平洋岸の漁業は壊滅的な打撃を受けた。ヤナギムシガレイを漁獲する各漁業種の船舶も数多く被災したことから、2011 年および 2012 年の漁獲状況は 2010 年以前とは異なる様相となっている。本資源評価では、VPA で求めた前年の資源尾数に近年の漁獲死亡係数を乗じて先送りし、翌年の資源尾数を求めてきた。これは本年の漁獲状況が前年以前と変



補足図 1. 1998～2010 年級における再生産関係
破線は RPS メジアン、実線は RPS の
平均値を示す。



補足図 2. 再生産関係を用いて求めた、様々な管理基準における漁獲量（左）と
資源量（右）

わからないという前提の下では有効であるが、現在のように漁獲状況が大きく変わるときには適用できない。そこで、各県および各漁業種の被災および復旧に関する情報をまとめ、震災が漁獲に与えた影響を可能な限り数値化し、稼働率として示した。

- ・ ヤナギムシガレイが漁獲されている青森、岩手、宮城、福島および茨城の漁船について被災状況を調べた。
- ・ 漁業種は沖合底びき網漁業、小型底曳き網漁業および沿岸漁業（延縄、刺し網、定置網およびその他）に分けた。
- ・ 被災および復旧の状況は、組合等からの聞き取り、各県および水産庁に寄せられた情報から調べ、震災以前の漁船数については農林統計資料も用いた。
- ・ 3月11日以降の操業再開日は組合からの聞き取り、各県からの情報から調べた。
- ・ 被災しておらずがれき撤去などに従事していた船はその期間は操業していないものとした。また、9月以降は操業しないとわかっている県、漁法、時期については非操業とし、わかっている部分については基本的に操業するものとした。
- ・ 2011年3月に被災して2012年8月までに復旧していない船については2012年12月まで操業を再開しないものとした。
- ・ 県別、漁業種別に操業隻数と操業期間の減少から予測される努力量の減少割合を求め、2005～2009年の平均漁獲量に占める各県、各漁業種の割合を算出した。それに上で求めた努力量の減少割合を乗じることで、漁獲の状況に応じた重み付けを行った。
- ・ この値を2006～2010年の年齢別Fの平均値に乘じることで2011年および2012年の年齢別のFを求めた。

その結果、青森県から茨城県の操業の稼働率は、沖底で23～100%、小底で23～100%、沿岸漁業で10～83%で、特に、福島での減少幅が大きかった（補足表4）。また、漁業種別に見ると、沖底、小底および沿岸漁業の稼働率は50～61%であった。これらを統合した結果、2011年のヤナギムシガレイ漁業の漁獲圧は50.5%に減少することが示されたことから（補足表6）、2011年、2012年の漁獲死亡係数Fは最近5年間の値に0.505、0.528を乗じたものとした。

補足表3. 2011年におけるヤナギムシガレイの漁獲比率と操業稼働率

県	沖底			小底			沿岸漁業（刺し網、延縄、定置）		
	漁獲比率 (a)	稼働率(b)	a*b	漁獲比率 (c)	稼働率(d)	c*d	漁獲比率 (d)	稼働率(f)	e*f
青森	0.018	0.968	0.017	0.006	0.970	0.006	0.250	0.830	0.207
岩手	0.094	0.760	0.072				0.415	0.487	0.202
宮城	0.094	0.617	0.058	0.213	0.324	0.069	0.292	0.260	0.076
福島	0.562	0.232	0.131	0.374	0.232	0.087	0.022	0.269	0.006
茨城	0.231	0.919	0.213	0.407	0.919	0.374	0.021	0.493	0.011
合計	1.000		0.490	1.000		0.536	1.000		0.502

補足表4. 2011年の全体の漁獲に占める漁法別の比率と稼働率

	漁獲量（トン、 直近5年平均）	漁法別の比 率(g)	稼働率(h)	比率g*比率h
沖底	106	0.608	0.490	0.298
小底	53	0.306	0.536	0.164
沿岸漁業	15	0.086	0.502	0.043
合計	174	1.000		0.505

補足表5. 2012年におけるヤナギムシガレイの漁獲比率と操業稼働率

県	沖底			小底			沿岸漁業（刺網、延縄、定置）		
	漁獲比率 (a)	稼働率(b)	a*b	漁獲比率 (c)	稼働率(d)	c*d	漁獲比率 (d)	稼働率(f)	e*f
青森	0.018	1.000	0.018	0.006	1.000	0.006	0.250	0.830	0.207
岩手	0.094	1.000	0.094				0.415	0.692	0.287
宮城	0.094	0.858	0.081	0.213	0.271	0.058	0.292	0.367	0.107
福島	0.562	0.225	0.126	0.374	0.285	0.107	0.022	0.097	0.002
茨城	0.231	0.925	0.214	0.407	0.794	0.323	0.021	0.447	0.010
合計	1.000		0.534	1.000		0.494	1.000		0.613

補足表6. 2012年の全体の漁獲に占める漁法別の比率と稼働率

	漁獲量（トン、 直近5年平均）	漁法別の比 率(g)	稼働率(h)	比率g*比率h
沖底	106	0.608	0.534	0.325
小底	53	0.306	0.494	0.151
沿岸漁業	15	0.086	0.613	0.053
合計	174	1.000		0.528