

福島県における沿岸漁業の操業自粛による異体類 4 魚種 資源への影響評価

岩崎高資・平川直人・早乙女忠弘

Evaluation of the Voluntary Restraint of Fukushima's Coastal Fishery on
Four Flatfish Resources
Takashi IWASAKI, Naoto HIRAKAWA and Tadahiro SOHTOME

ま え が き

東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故以降、福島県沿岸では相馬双葉漁業協同組合が実施しているヤナギダコ、ミギガレイ等 13 魚種を対象とした底びき網漁業、カゴ漁業による試験操業を除き操業自粛が継続しており、漁業再開に当たっては操業自粛による沿岸底魚資源の増加、大型化といった資源状況の改善が期待される。

そこで、本研究では沿岸漁業の漁獲対象種となっている異体類 4 魚種（ババガレイ *Microstomus achne*、マコガレイ *Pleuronectes yokohamae*、ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai*、ミギガレイ *Dexistes rikuzenius*）について、VPA（Virtual Population Analysis）により 2010 年までの福島県沿岸域における年齢別資源量を推定するとともに、VPA の前進法により 2012 年、2013 年当初の資源状況を試算し、操業自粛に伴い保護される資源尾数を推定した。推定結果を漁業再開前に提示することにより、漁獲物の大型化など、経済的に有利で水産資源にダメージの少ない漁獲といった新たな資源管理の取組みのための一助とすることを目的とした。

材料および方法

漁獲高統計データ

福島県海面漁業漁獲高統計（以下、県統計とする）から 2001～2010 年の漁業種類別漁獲量を整理した。ババガレイ、ヤナギムシガレイ、ミギガレイは底びき網漁業の漁獲量、マコガレイは固定式刺網漁業と底びき網漁業の漁獲量データを解析に用いた。

漁獲物組成データ

福島県で異体類の漁獲量が多い相馬双葉漁業協同組合相馬原釜支所（以下、原釜支所とする）及びいわき市漁業協同組合久之浜支所（以下、久之浜支所とする）において毎月 1～2 回、底びき網水揚物の全長測定・重量測定調査を行い、調査重量と福島県の漁獲量との比を乗じることにより県全域における全長別漁獲尾数をもとめた。また、固定式さし網による漁獲割合が多いマコガレイについては、原釜支所において固定式さし網水揚物と底びき網水揚物の全長測定調査を実施し、漁業種類別に全長別漁獲尾数を求めた。

年齢別漁獲尾数の推定

各魚種の産卵期をもとに年齢の起算日を決定し、起算日から 1 年間をデータの収集単位とした

(表1)。市場購入サンプルと漁業調査指導船いわき丸で行ったトロール調査採集サンプルを用いて精密測定を行い、性比データを全長別漁獲尾数にあてはめることにより、雌雄別全長別漁獲尾

表1 魚種別使用データ及びデータ整理方法

魚種	全長別漁獲尾数データ	年齢起算日	データ収集単位	年齢査定サンプル	Age-length-key	性比
ババガレイ	2001～2010年	3月1日	3月1日～翌2月末日	2000～2001年市場購入サンプル 2004～2010年調査船サンプル 雄:1,425、雌:939	3～6月、9～2月 雌雄別 調査年プール	全長4cm区切り
マコガレイ	2006～2010年	1月1日	1月1日～12月末日	2006～2010年市場購入サンプル 雄:849、雌:542	1～6月、7～12月 雌雄別 調査年プール	全長3cm区切り
ヤナギムシガレイ	2002～2010年	1月1日	1月1日～12月末日	2002～2010年市場購入サンプル 2004～2010年調査船サンプル 雄:6,345、雌:6,169	1～6月、7～12月 雌雄別 調査年2年毎プール	全長4cm区切り
ミギガレイ	2002～2010年	1月1日	1月1日～12月末日	2004～2010年調査船サンプル 雄:1,691、雌:4,026	2ヶ月毎 雌雄別 調査年プール	全長3cm区切り

※ババガレイは年齢起算日が3月1日のため、漁獲尾数の集計単位を3月1日～翌年2月末日とした。

数をもとめた。また、雌雄別に Age-length-key を作成し、全長別漁獲尾数にあてはめることで、雌雄別年齢別漁獲尾数を推定した。

年齢別資源尾数の推定

資源尾数は、年齢別漁獲尾数に基づいて VPA により推定した。ババガレイは年齢を1歳～6歳まで区別し、7歳以上をプラスグループ(7+)とした。その他3魚種は年齢を1歳～4歳まで区別し、5歳以上をプラスグループ(5+)とした(表2)。また、全ての魚種の寿命を10年とし、田内・田中の式¹⁾から自然死亡係数(M)を0.25として解析に用いた。解析はPopeの近似式を用い、漁期中盤にパルス的な漁獲があると仮定して行った²⁾。最近年のFは、ミギガレイ・ヤナギムシガレイは過去5年間、マコガレイは過去4年間、ババガレイは過去9年間の同一年齢のFの平均とし、最高齢(+グループ)と最高齢-1歳のFが等しいと仮定し、これを達成する最近年のターミナルFをMicrosoft Excelのソルバー機能を用いて探索した³⁾。計算式は表3のとおり。

表2 魚種別パラメータ

魚種	自然死亡係数	プラスグループ	年齢別資源尾数
ババガレイ	0.25	7+	2001～2010年
マコガレイ	0.25	5+	2006～2010年
ヤナギムシガレイ	0.25	5+	2002～2010年
ミギガレイ	0.25	5+	2002年～2010年

表3 VPA 計算式

推定値	計算式
$N_{y,a}$: y年におけるa歳の資源尾数	$N_{y,a} = N_{y+1,a+1} \exp(M) + C_{y,a} \exp(M/2)$
$F_{y,a}$: y年におけるa歳の漁獲係数	$F_{y,a} = -\ln(1 - C_{y,a} \exp(M/2) / N_{y,a})$
$N_{y,4}$: y年における4歳の資源尾数	$N_{y,4} = C_{y,4} / (C_{y+1,5+} + C_{y,4}) \times N_{y+1,5+} \exp(M) + C_{y,4} \exp(M/2)$
$N_{y,5+}$: y年における5+の資源尾数	$N_{y,5+} = C_{y,5+} / C_{y,4} \times N_{y,4}$

※ M: 自然死亡係数、 $F_{y,a}$: y年におけるa歳の漁獲係数、 $C_{y,a}$: y年におけるa歳の漁獲尾数

操業自粛に伴う効果の試算

VPAにより推定した2010年の年齢別資源尾数・漁獲尾数を用い、VPAの前進法により、2011年の年齢別資源尾数・漁獲尾数を求め、2012年当初の年齢別資源尾数を操業自粛がある場合と無い場合でそれぞれ求め、2012年当初の操業自粛に伴う効果(以下、休漁効果とする)を試算した。計算式は表4のとおり。なお、この方法では、2010年級以降の資源尾数が推定できないため過去5年間の平均値を用いた。さらに、2012年当初の年齢別資源尾数をもとに、表4の計算式を用い

表 4 休漁効果計算式

推定値	計算式
$N_{2011,a}$: 2011年におけるa歳の資源尾数	$N_{2011,a} = N_{2010,a-1} \exp(M) + C_{2010,a-1} \exp(M/2)$
$C_{2011,a}$: 2011年におけるa歳の漁獲尾数 (従前の操業が続いた場合)	$C_{2011,a} = (F_{ave5yr} / (F_{ave5yr} + M)) \times (1 - \exp(-F_{ave5yr} - M)) \times N_{2011,a}$
$N_{2012,a+1}$: 2012年におけるa+1歳の資源尾数 (従前の操業が続いた場合)	$N_{2012,a+1} = N_{2011,a} \exp(M) + C_{2011,a} \exp(M/2)$
$N_{2013,a+1}$: 2013年におけるa+1歳の資源尾数 (従前の操業が続いた場合)	$N_{2013,a+1} = N_{2012,a} \exp(M) + C_{2012,a} \exp(M/2)$
$C_{2011\ 1\sim 2,a}$: 2011年1～2月におけるa歳の漁獲尾数	$C_{2011\ 1\sim 2,a} = (F_{ave5yr,a} / (F_{ave5yr,a} + M)) \times (1 - \exp(-M/6 - F_{ave5yr,a}/6)) \times N_{2011,a}$
$n_{2012,a+1}$: 2012年におけるa+1歳の資源尾数 (2011年3月以降に操業自粛)	$n_{2012,a+1} = (N_{2011,a} - C_{2011\ 1\sim 2,a} - N_{2011,a} \times (1 - \exp(-M/6)) \times \exp(-5M/6))$
N_a : 2012年において2011年3月以降の操業自粛で 増加したa歳魚の資源尾数	$N_a = n_{2012,a} - N_{2012,a}$
$n_{2013,a+1}$: 2013年におけるa+1歳の資源尾数 (2011年3月以降に操業自粛)	$n_{2013,a+1} = n_{2012,a} \exp(-M)$

※ M: 自然死亡係数、 $F_{ave5yr,a}$: 過去5年間のa歳の漁獲死亡係数の平均、 $C_{y,a}$: y年におけるa歳の漁獲尾数

て2013年当初の年齢別資源尾数を操業自粛がある場合と無い場合でそれぞれ求め、その差から2013年当初の休漁効果を求めた。また、自然死亡係数(M)と2010年級以降の1歳時資源尾数は仮定値であるため、寿命を8～12年に変化させた場合(M: 0.21～0.31)と1歳時の資源尾数を変化させた場合の休漁効果の変化を付表・付図に示した。

結 果

年齢別漁獲尾数

マコガレイの福島県全体における年齢別漁獲尾数及び漁獲量とババガレイ、ヤナギムシガレイ、ミギガレイの福島県全体における底びき網年齢別漁獲尾数及び漁獲量を図1に示した。

ババガレイ 漁獲量・漁獲尾数は3月～翌年2月までを1年間として集計した(2001年は2001年3月～2002年2月の漁獲量・漁獲尾数の合計)。漁獲量は2003年に363トンとなったが、その後減少し2010年には197トンとなった。漁獲尾数は2003年に最も多く1,340千尾、2009年に最も少なく452千尾となった。年齢別で漁獲尾数割合が最も高いのが3,4歳魚で、全体の46～65%を占めた。一方、1,2歳魚の漁獲尾数割合は、全体の8～32%を占めた。

マコガレイ 漁獲量は2006年以降減少傾向で推移し、2010年には292トンと過去5年間で最低となった。漁獲尾数は2006年に最も多く1,602千尾であったが、2010年には597千尾まで減少した。年齢別で漁獲尾数割合が最も高いのが2～3歳魚で全体の54～66%を占めた。1歳魚の漁獲尾数は2007年以降少なく、36～106千尾と全体の6～13%であった。

ヤナギムシガレイ 漁獲量は2002年～2008年まで横ばい傾向で推移したが、2009年から漁獲量が急激に増加し、2010年の漁獲量は157トンと過去9年間で最高となった。漁獲尾数は2007年に最も少なく831千尾であったものが、2010年には2,040千尾となった。年齢別漁獲尾数割合は1～2歳魚が最も高く、全体の40～71%を占めた。また、直近3年の漁獲尾数割合では、特に2歳魚の割合が高く全体の40～57%を占めた。

ミギガレイ 漁獲量は2008年に急激に増加し263トンとなったが、その後減少し2010年の漁獲量は208トンであった。漁獲尾数は2008年に急増し、3,396千尾となった。年齢別で漁獲尾数割合が最も高いのが、2歳魚で全体の30～55%を占めた。また、1歳魚の漁獲尾数割合は2002～2005年にかけて26～35%と高かったが、2008～2010年では11～15%となっており、若齢魚への漁獲圧が減少しているものと考えられた。

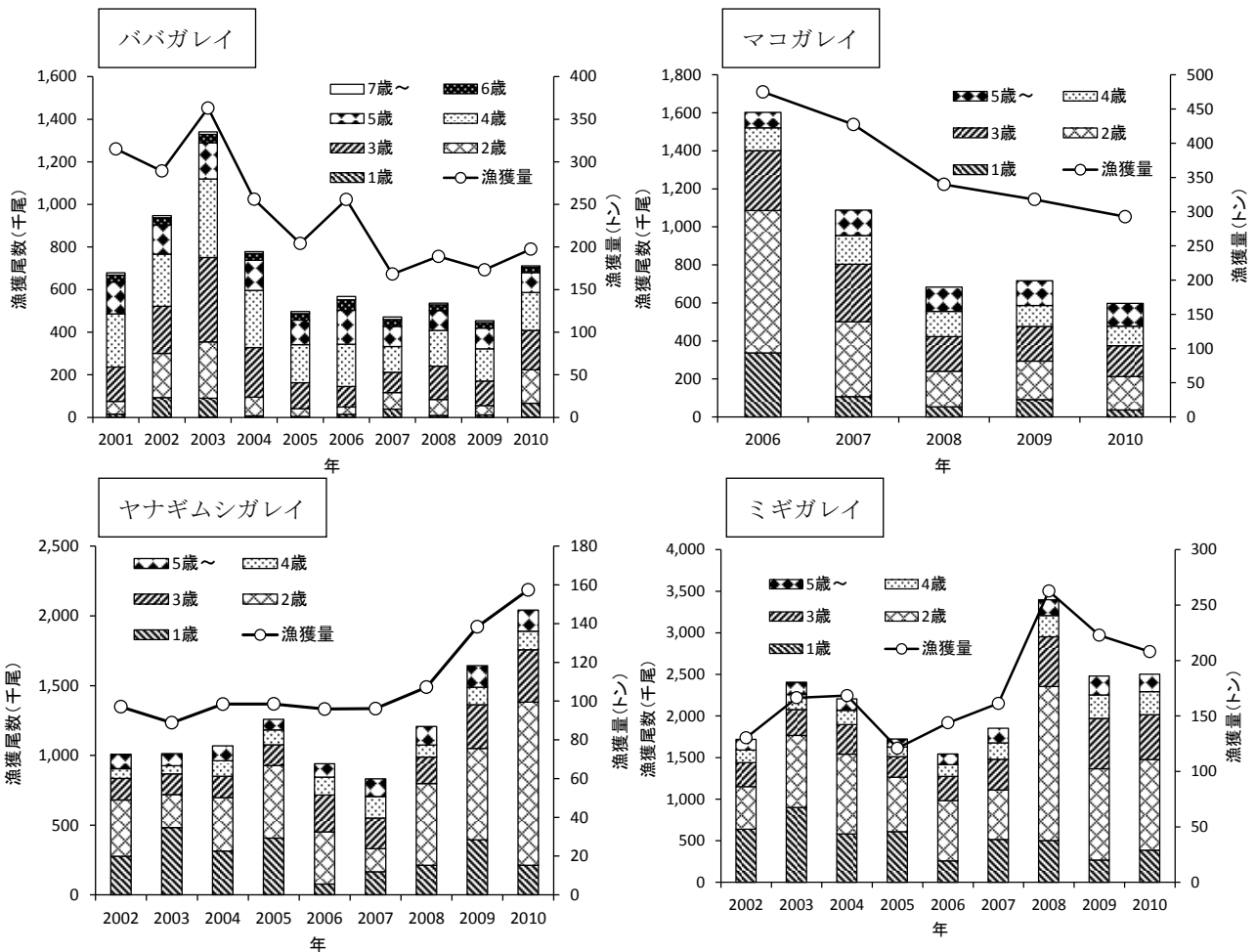


図1 年齢別漁獲尾数及び漁獲量の推移

資源量推定結果

年齢別漁獲尾数に基づいて、VPAにより推定された2010年までの年齢別資源尾数及び資源量の推移を図2に示した。

ババガレイ 資源尾数は2002年に5,901千尾であったが、2004～2008年にかけて少なく3,323～3,776千尾となった。その後、2010年にかけて急激に増加し6,790千尾となった。資源量は2002年に最大で1,326トン、2007年に最低となり764トンとなった。

マコガレイ 資源尾数は2006年以降減少傾向で推移し、2006年に5,670千尾であったが、2010年には2,249千尾まで減少した。資源量も減少傾向で推移し、2010年には829トンとなった。2010年の1歳魚資源尾数は371千尾と少なく近年の漁獲加入は悪かったものと考えられた。

ヤナギムシガレイ 資源尾数は2002年に4,096千尾であったものが、2009年にかけて増加し11,575千尾となり、2010年も10,161千尾と高水準で推移している。資源量は2002年に323トンであったものが、2009年には842トンまで増加した。年齢別の資源尾数から、2009～2010年までの資源尾数の増加は2008年級の漁獲加入が良好であったためと考えられた。

ミギガレイ 資源尾数は2002年に7,194千尾であったものが2008年にかけて増加し12,769千尾となった。2007年以降、資源尾数は11,342千尾～12,769千尾と高水準で推移している。2007年以降の資源尾数の増加は近年の漁獲加入が良好であったためと考えられた。また、資源量は2002年に414トンであったものが、2008年にかけて768トンまで増加した。

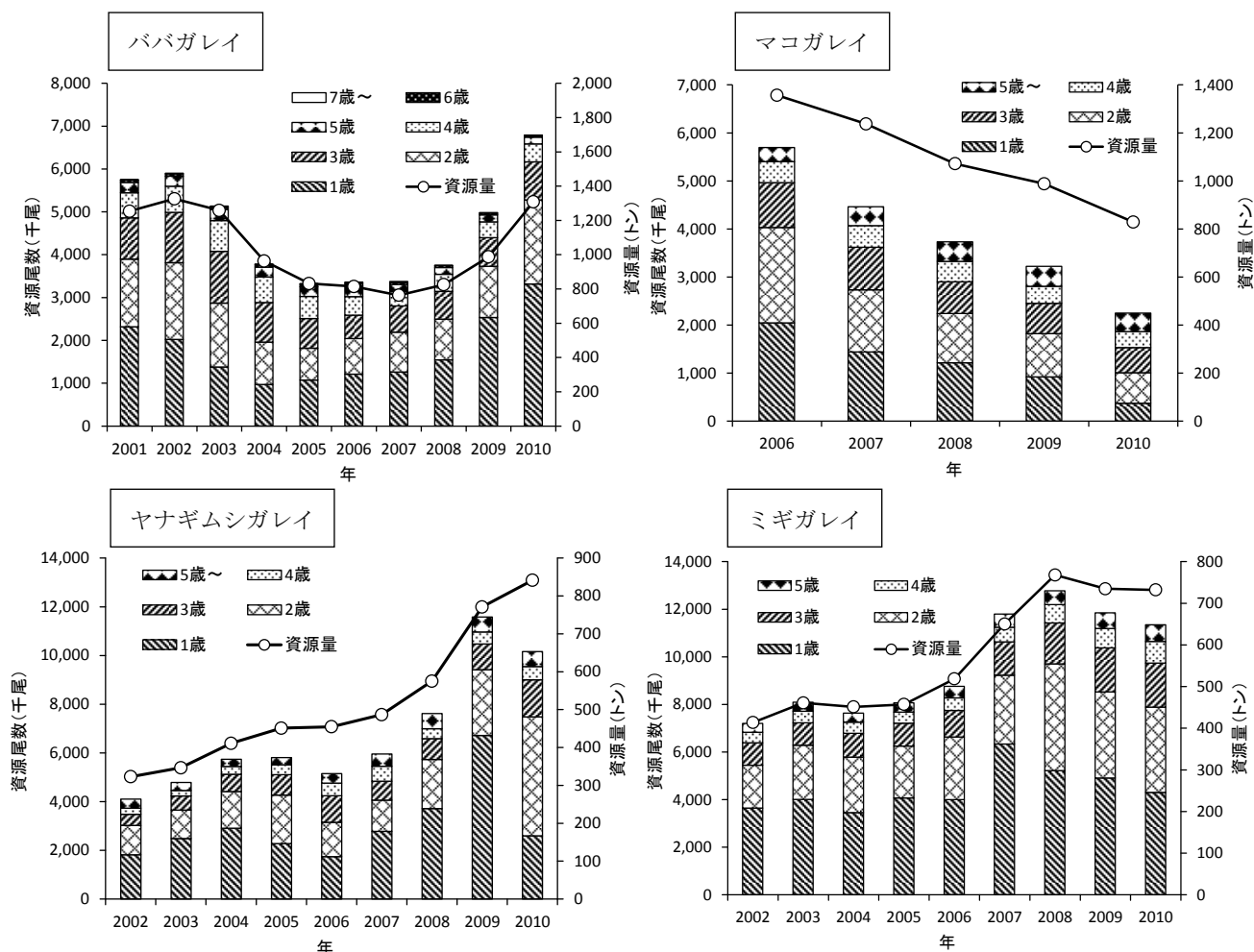


図2 年齢別資源尾数及び資源量の推移

漁獲死亡係数の推移

漁獲死亡係数の推移を図3に示した。

ババガレイ 漁獲死亡係数(F)は年齢によって大きく異なった。1~2歳魚のFは0.01~0.23と低く、3歳魚で0.19~0.46、4歳魚で0.5~0.87、5~6歳魚では0.88~1.47となり、高齢魚ほどFが高くなった。

マコガレイ Fは1歳魚で低く0.05~0.21であったが、2歳以上で高く0.23~0.56となった。

ヤナギムシガレイ 1歳魚のFが低く0.05~0.25であったが、2歳以上では0.16~0.51と高い値となった。また、1歳魚のFは2002~2005年に高く、2006~2010年に低くなった。

ミギガレイ Fは1歳魚で低く0.06~0.29であったが、2歳以上では0.27~0.63と高くなった。また、2歳魚以上に対する漁獲率は2005年から2010年にかけて増加傾向で推移した。また、1歳魚のFは2002~2005年に高く、2006~2010年に低くなった。

休漁効果の試算

2010年の年齢別資源尾数を基に、VPAの前進法によって、2011~2013年当初の年齢別資源尾数を、従前の操業が継続した場合(以下、自粛無しとする)と操業を自粛している現状(以下、自粛有りとする)でそれぞれ求め、休漁により増加した年齢別の資源尾数及び資源量(以下、休漁効果とする)を求めた。操業自粛の有無による資源尾数・資源量の推移を図3,4に、年齢別資源尾数・資源量及び休漁効果の推移を表5,6に示した。

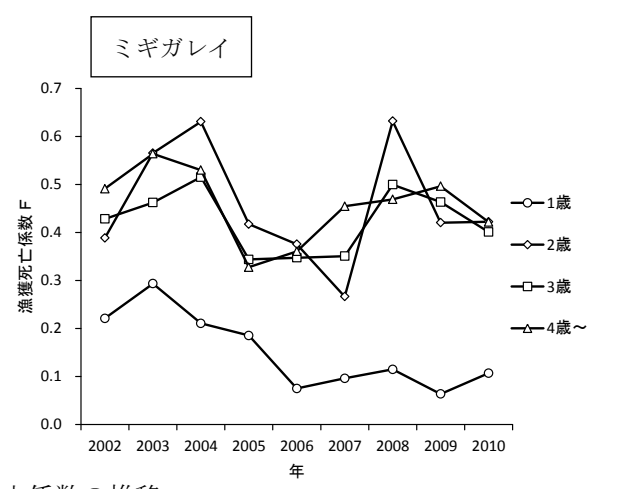
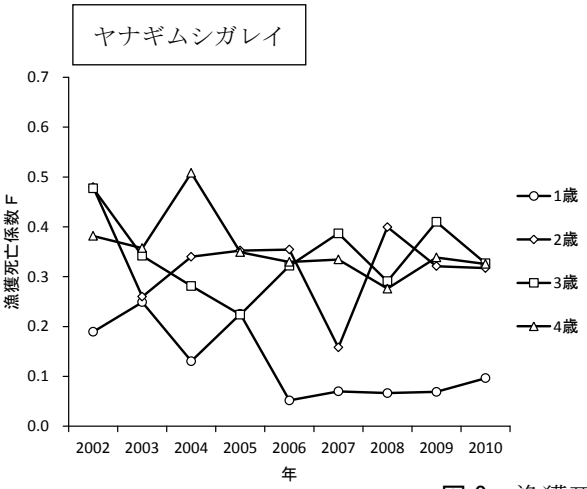
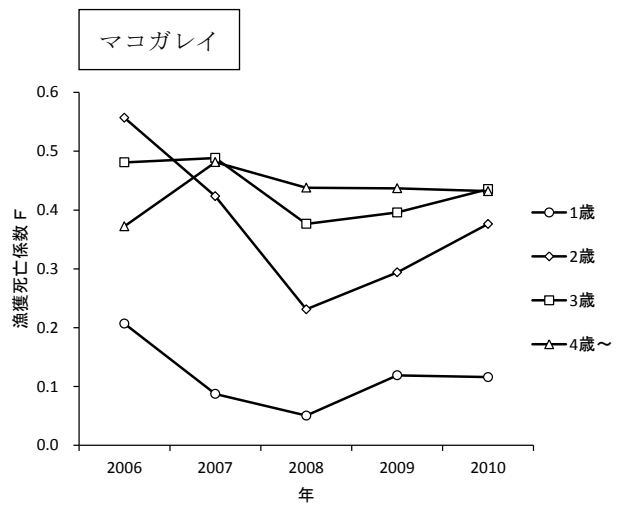
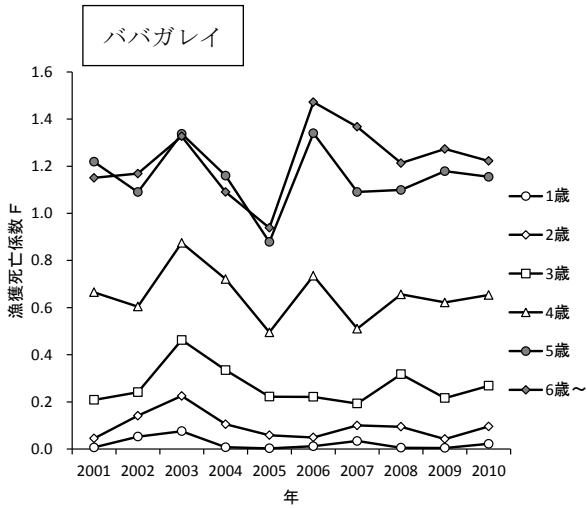


図3 漁獲死亡係数の推移

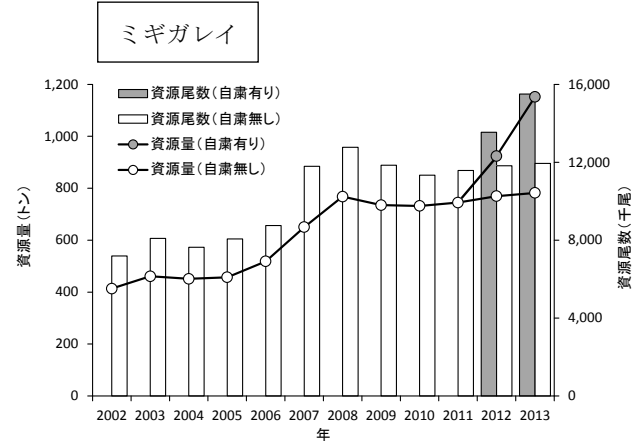
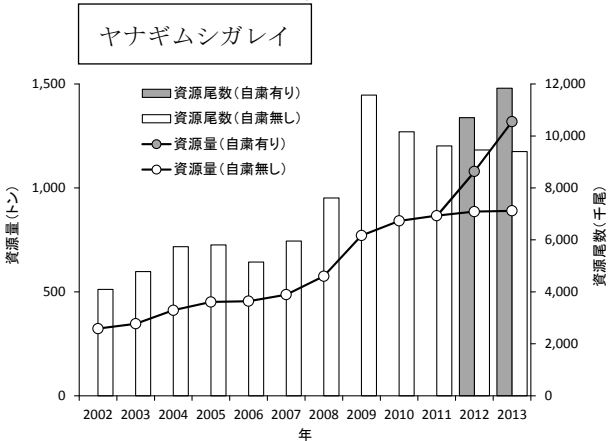
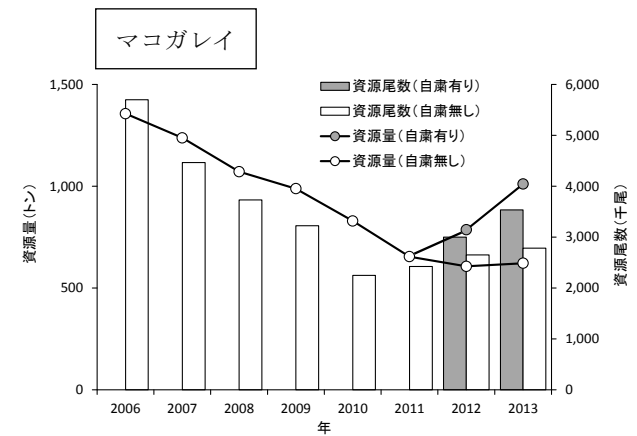
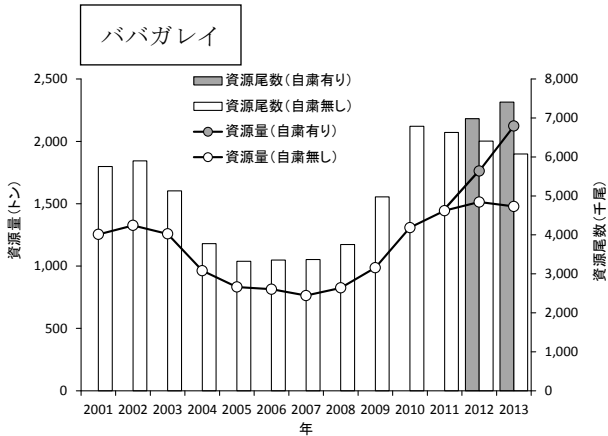


図4 操業自粛の有無による資源尾数・資源量の変化

表5 操業自粛の有無による年齢別資源尾数の変化

ババガレイ											単位:千尾
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	3,313	1,969	1,969	1,969	—	—	1,969	1,969	—	—	
2歳	1,960	2,523	1,510	1,529	20	1	1,510	1,533	24	2	
3歳	892	1,387	1,820	1,940	120	6	1,089	1,191	102	9	
4歳	420	531	845	1,036	191	18	1,109	1,511	402	27	
5歳	155	170	216	371	155	42	344	807	463	57	
6歳	38	38	39	109	70	64	49	289	240	83	
7歳~	12	11	10	31	21	69	9	109	99	91	
合計	6,790	6,630	6,408	6,985	577	8	6,078	7,409	1,331	18	

マコガレイ											単位:千尾
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	371	1,198	1,198	1,198	—	—	1,198	1,198	—	—	
2歳	635	258	830	915	84	9	830	933	103	11	
3歳	522	340	137	188	51	27	442	712	271	38	
4歳	333	263	170	246	76	31	69	146	78	53	
5歳~	387	364	315	454	139	31	244	545	301	55	
合計	2,249	2,422	2,650	3,000	350	12	2,782	3,534	752	21	

ヤナギムシガレイ											単位:千尾
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	2,596	3,505	3,505	3,505	—	—	3,505	3,505	—	—	
2歳	4,878	1,836	2,543	2,697	154	6	2,543	2,730	187	7	
3歳	1,528	2,767	1,045	1,356	311	23	1,448	2,101	653	31	
4歳	544	858	1,516	2,031	515	25	573	1,056	483	46	
5歳~	615	652	850	1,114	263	24	1,333	2,449	1,116	46	
合計	10,161	9,618	9,460	10,703	1,243	12	9,401	11,841	2,440	21	

ミギガレイ											単位:千尾
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	4,302	4,951	4,951	4,951	—	—	4,951	4,951	—	—	
2歳	3,581	3,010	3,517	3,796	279	7	3,517	3,856	339	9	
3歳	1,853	1,828	1,526	2,181	655	30	1,783	2,956	1,174	40	
4歳	909	966	937	1,327	390	29	782	1,699	917	54	
5歳~	697	820	890	1,291	401	31	910	2,038	1,129	55	
合計	11,342	11,575	11,820	13,545	1,725	13	11,942	15,500	3,558	23	

表6 操業自粛の有無による年齢別資源量の変化

ババガレイ											単位:トン
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	403	239	239	239	—	—	239	239	—	—	
2歳	380	490	293	297	4	1	293	298	5	2	
3歳	253	393	515	549	34	6	308	337	29	9	
4歳	162	205	326	400	74	18	428	583	155	27	
5歳	78	85	108	186	78	42	172	404	232	57	
6歳	24	24	24	68	44	64	30	180	149	83	
7歳~	9	9	7	23	16	69	7	81	74	91	
合計	1,308	1,445	1,514	1,762	249	14	1,478	2,123	644	30	

マコガレイ											単位:トン
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	16	53	53	53	—	—	53	53	—	—	
2歳	136	55	178	196	18	9	178	200	22	11	
3歳	213	138	56	77	21	27	180	290	110	38	
4歳	191	151	98	141	43	31	39	84	45	53	
5歳~	306	273	266	383	117	31	214	478	264	55	
合計	862	670	650	849	199	23	664	1,105	441	40	

ヤナギムシガレイ											単位:トン
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	96	130	130	130	—	—	130	130	—	—	
2歳	358	135	187	198	11	6	187	200	14	7	
3歳	177	320	121	157	36	23	167	243	76	31	
4歳	87	137	242	324	82	25	91	168	77	46	
5歳~	148	145	207	271	64	24	315	578	263	45	
合計	866	866	886	1,080	194	18	890	1,319	429	33	

ミギガレイ											単位:トン
年齢/年	2010年	2011年	2012年				2013年				
			自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	自粛無し	自粛有り	効果	効果(%)	
1歳	127	146	146	146	—	—	146	146	—	—	
2歳	220	185	216	234	17	7	216	237	21	9	
3歳	174	171	143	204	61	30	167	277	110	40	
4歳	111	118	114	162	47	29	95	207	112	54	
5歳~	101	125	150	218	68	31	158	354	196	55	
合計	732	745	770	964	194	20	782	1,221	439	36	

ババガレイ 資源尾数は2011年に6,630千尾であったものが、自粛無しでは2012年に6,408千尾、2013年に6,078千尾と減少傾向で推移した。一方、自粛有りでは、2012年に6,985千尾、2013年に7,409千尾と増加傾向で推移した。以上の結果から、休漁効果は2012年当初で577千尾（資源尾数全体の約8%）、2013年当初で1,331千尾（資源尾数全体の約18%）と推定された。また、資源量は2011年に1,445トンであったものが、自粛無しでは2012年に1,514トンと若干増加し、2013年には1,478トンと減少した。一方、自粛有りでは、2012年に1,762トン、2013年に2,123トンと増加傾向で推移した。休漁効果は2012年当初で249トン（資源量全体の14%）、2013年当初で644トン（資源量全体の30%）と推定された。また、年齢別の休漁効果は資源尾数、資源量ともに4～5歳魚で最も大きく、年齢別資源尾数（資源量）に対する割合では高齢魚ほど効果が高かった。

マコガレイ 資源尾数は2011年に2,422千尾であったものが、自粛無しでは2012年に2,650千尾、2013年に2,782千尾と微増傾向で推移した。一方、自粛有りでは2012年に3,000千尾、2013年に3,534千尾となり、自粛無しと比べ増加傾向が大きかった。以上の結果から、休漁効果は2012年当初で350千尾（資源尾数全体の約12%）、2013年当初で752千尾（資源尾数全体の約21%）と推定された。また、資源量は2011年に670トンであったものが、自粛無しでは2012年に650トンと若干減少し、2013年には664トンまで回復したが、ほぼ横ばい傾向と考えられた。一方、自粛有りでは、2012年に849トン、2013年に1,105トンと増加傾向で推移した。休漁効果は2012年当初で199トン（資源量全体の23%）、2013年当初で441トン（資源量全体の40%）と推定された。また、年齢別の休漁効果（効果%）では高齢魚ほど効果が高かった。

ヤナギムシガレイ 資源尾数は2011年に9,618千尾であったものが、自粛無しでは2012年に9,460千尾、2013年に9,401千尾と微減傾向で推移した。一方、自粛有りでは2012年に10,703千尾、2013年に11,841千尾となり、増加傾向で推移した。以上の結果から、休漁効果は2012年当初で1,243千尾（資源尾数全体の約12%）、2013年当初で2,440千尾（資源尾数全体の約21%）と推定された。また、資源量は2011年に866トンであったものが、自粛無しでは2012年に886トンと若干増加し2013年には890トンとなり、ほぼ横ばい傾向で推移した。一方、自粛有りでは、2012年に1,080トン、2013年に1,319トンと増加傾向で推移した。休漁効果は2012年当初で194トン（資源量全体の18%）、2013年当初で429トン（資源量全体の33%）と推定された。また、年齢別の休漁効果は3～4歳魚で高く、高齢魚ほど効果が高かった。

ミギガレイ 資源尾数は2011年に1,1575千尾であったものが、自粛無しでは2012年に11,820千尾、2013年に1,0942千尾とほぼ横ばい傾向で推移した。一方、自粛有りでは2012年に13,545千尾、2013年に15,500千尾と増加傾向で推移した。以上の結果から、休漁効果は2012年当初で1,725千尾（資源尾数全体の約13%）、2013年当初で3,558千尾（資源尾数全体の約23%）と推定された。また、資源量は2011年に745トンであったものが、自粛無しでは2012年に770トン、2013年に782トンと、微増傾向で推移した。一方、自粛有りでは、2012年に964トン、2013年に1,221トンと増加傾向で推移した。休漁効果は2012年当初で194トン（資源量全体の20%）、2013年当初で439トン（資源量全体の36%）と推定された。また年齢別の休漁効果は資源尾数、資源量ともに2歳魚が最も小さく、年齢別資源尾数・資源量に対する割合では3歳魚以上で効果が高かった。

考 察

震災前の漁獲物組成データ及び年齢査定結果をもとに、VPAにより2010年までの年齢別資源尾数を推定した。対象とした4魚種のうち、マコガレイは減少傾向で推移し、過去5年間で比較すると2010年級は低水準と考えられたが、その他3魚種は増加もしくは横ばい傾向で推移し、過去

9～10年間で比較すると高水準であるものと考えられた。漁獲死亡係数（F）は年による変動が大きく、明瞭な変化傾向は見られなかったが、ミギガレイ・ヤナギムシガレイでは1歳魚のFが2002～2005年に比べ2006～2010年に低くなっており、若齢魚に対する漁獲圧が近年低下したものと考えられた。マコガレイ・ヤナギムシガレイ・ミギガレイでは1歳魚は2歳以上に比べFが小さく、ババガレイでは1,2歳魚が3歳魚以上に比べFが小さくなった。これは、漁獲加入時期が1歳後半から2歳にかけてであり、漁獲割合が高齢魚に比べて低いためと考えられた。また、漁獲加入年齢を1歳後半とした場合に、経験的に理想とされる30%SPRを達成するFはヤナギムシガレイで0.31以下⁴⁾、ミギガレイで0.41以下⁵⁾と報告されており、2010年のF（2歳以上）は両種ともこの値と近く、近年の漁獲圧は適正であったものと考えられた。ババガレイでは年齢による差が大きく、1,2歳魚で低かったが、3歳魚で0.19～0.46（漁獲率15.4～32.9%）、4歳魚で0.5～0.87（漁獲率35.2～52.3%）、5～6歳魚では0.88～1.47（漁獲率52.7～70.2%）となり4歳魚以上で他魚種に比べ高い値となった。北海道・東北太平洋のババガレイは産卵期に北海道から三陸沖まで回遊する群と根付群があるものと報告されているが⁶⁾、その回遊生態は殆ど明らかにされておらず、本県で水揚げされる高齢魚の多くが産卵回遊で南下した群で、産卵期に季節的に漁獲されている場合、Fが高く推定される可能性がある。

沿岸漁業の漁獲対象種となっている異体類4魚種について、現状の資源状況と休漁効果を推定した。2012年当初の資源全体に対する休漁効果の割合は尾数ベースで8～13%、重量ベースで14～23%、2013年当初の資源全体に対する休漁効果の割合は尾数ベースで18～24%、重量ベースで30～40%と推定され、各魚種の資源尾数・資源量及び各パラメータは異なっているが、休漁効果の割合は近い値となることが分かった。資源解析結果から、資源状況が悪いものと考えられたマコガレイの資源量は、従前の漁獲が継続した場合は減少傾向で推移したが、操業自粛した現状では増加に転じた。その他3種は、資源状況が高水準で2010年にかけて増加もしくは横ばい傾向で推移し、従前の漁獲が継続した場合は2012年以降横ばい傾向で推移するものと推定されたが、操業を自粛した現状では増加傾向で推移したものと考えられた。以上の結果から、福島県沖の底魚資源は各種の資源状況に関わらず、2011年3月以降増加傾向で推移しているものと考えられた。また、2012年から2013年にかけて休漁効果が大きくなっていることから、休漁効果は時間経過とともに大きくなることが分かった。また、高齢魚ほど休漁効果が高いことから、操業自粛により産卵親魚量が増加するものと考えられた。

休漁効果を推定する際に仮定した自然死亡係数M及び2010～2012年級の1歳時資源尾数を変化させることにより、休漁効果の誤差を求めた（補足資料1,2参照）。寿命が8～12年の範囲である場合、資源尾数・休漁効果・効果割合とも誤差は小さく、Mによる誤差はそれほど大きくないものと考えられた。一方、2010～2012年級の1歳時資源尾数を変化させた場合、資源尾数・休漁効果・効果割合ともに誤差が大きいため、各魚種の加入状況を調査船調査等により把握し、1歳時の資源尾数に反映させることが必要と考えられた。また、2010～2012年級の加入水準が低水準と仮定して資源尾数・資源量の変化傾向を推定した結果、操業自粛無しでは資源尾数・資源量ともに減少傾向で推移したが、操業を自粛している現状では、資源尾数は2011年以降横ばい傾向か増加傾向で推移し、資源量は増加傾向で推移するものと推定された。これは、過去5～10年間で最低の加入状況が近3年間継続した場合であっても、操業自粛により資源尾数は減少傾向から横ばい傾向（増加傾向）に転じ、資源量は増加することを示しており、約2年間の操業自粛により加入の多寡に関わらず、資源状況は好転しているものと考えられた。

要 約

沿岸漁業の漁獲対象種となっている異体類 4 種について、年齢別漁獲尾数データをもとに、VPA により 2010 年までの年齢別資源尾数を求めた。さらに、2010 年の年齢別資源尾数データを用い、VPA の前進法により 2011 年 3 月以降従前の漁獲が継続した場合と操業を自粛した現状での資源尾数（資源量）の変化を推定し、操業自粛による資源尾数の増加量（休漁効果）を推定した。

- 1 年齢別資源尾数を推定した結果、ババガレイの資源尾数は 2007 年から 2010 年にかけて増加し、2010 年の資源尾数は 6,790 千尾、資源量は 1,308 トンとなった。マコガレイは 2006 年以降減少傾向で推移し、2010 年の資源尾数は 2,249 千尾、資源量は 829 トンとなった。ヤナギムシガレイは 2006 年から 2009 年にかけて急激に増加し、2010 年の資源は 10,616 千尾、資源量は 842 トンと高水準であった。ミギガレイは 2002 年から 2008 年にかけて増加し、2010 年の資源尾数は 11,342 千尾、資源量は 732 トンと高水準であった。
- 2 各魚種の休漁効果を試算した結果、2013 年当初においてババガレイで 1,331 千尾（資源全体の 18%）・644 トン（資源全体の 30%）、マコガレイで 752 尾（資源全体の 21%）・441 トン（資源全体の 40%）、ヤナギムシガレイで 2,440 千尾（資源全体の 21%）・429 トン（資源全体の 33%）、ミギガレイで 3,400 千尾（資源全体の 24%）・425 トン（資源全体の 37%）が操業自粛により増加するものと考えられた。
- 3 自然死亡係数 M を 0.21~0.31 の範囲で変化させた場合の休漁効果割合の誤差は尾数ベースで 2.8~4.6%、重量ベースで 3.5~5.8% と推定された。また、2010~2012 年級の 1 歳時加入尾数を変化させた場合の休漁効果割合の誤差は尾数ベースで 3.0~10.2%、重量ベースで 3.2~8.0% と推定された。

文 献

- 1) 田中昌一：水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理、東海区水産研究所研究報告、28、1-200 (1960)。
- 2) Pope, J.G: An investigation of virtual population analysis using cohort analysis, Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., 9, 65-74 (1972)。
- 3) 平松一彦：VPA (Virtual Population Analysis)、「平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—」、日本水産資源保護協会、東京、104-128 頁 (2001)。
- 4) 岩崎高資：ヤナギムシガレイの資源解析・資源診断、平成 22 年度福島水試事業概要報告書、26-27 (2011)。
- 5) 岩崎高資：ミギガレイの資源解析・資源診断、平成 22 年度福島水試事業概要報告書、28-29 (2011)。
- 6) 石戸芳男：東北海区におけるババガレイの回遊について、東北区水産研究所研究報告、21、71-78 (1962)。
- 7) 島村信也・五十嵐敏：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 (2000)。
- 8) 島村信也・五十嵐敏：福島県沿岸で漁獲されたミギガレイについて、福島水試研報、8、17-27 (1999)。
- 9) 佐伯光広：仙台湾で漁獲されたババガレイについて、東北底魚研究、17、9-16 (1997)。
- 10) 李 政勲：資源量低水準期における東京湾産マコガレイの生活史特性に関する研究、博士論文、長崎大学、長崎 (2009)。

補足資料 1 自然死亡係数 (M) を変化させた場合の休漁効果の変化

自然死亡係数 (M) を変化させた場合の休漁効果の変化を検討した。福島県で水揚げされたヤナギムシガレイは最高齢で 20 歳⁷⁾、ミギガレイは最高齢で 12 歳⁸⁾、宮城県で水揚げされたババガレイは最高齢で 12 歳⁹⁾、東京湾で水揚げされたマコガレイは最高齢で 10 歳¹⁰⁾との報告があるが、4 魚種とも 10 歳を越える個体は稀であるため、寿命を 10 年と仮定し、田内・田中の式により自然死亡係数は 0.25 で一定とした。しかし、自然死亡係数 (M) の誤差は、休漁効果の推定結果に影響を与えるため、寿命を 8 年~12 年とした場合 (M=0.21~0.31) の 2012、2013 年当初の資源尾数 (資源量) と休漁効果をそれぞれ求め、M による推定値の誤差を検討した (付表 1, 2)。

付表 1 M による資源尾数、休漁効果の変化

ババガレイ		単位:千尾					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	8,026	560	7.0	8,338	1,260	15.1	
0.28(9年)	7,420	570	7.7	7,795	1,299	16.7	
0.25(10年)	6,985	577	8.3	7,409	1,331	18.0	
0.23(11年)	6,658	583	8.8	7,122	1,358	19.1	
0.21(12年)	6,405	589	9.2	6,901	1,381	20.0	
マコガレイ		単位:千尾					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	3,530	341	9.7	4,063	717	17.7	
0.28(9年)	3,214	346	10.8	3,746	736	19.7	
0.25(10年)	3,000	350	11.7	3,534	752	21.3	
0.23(11年)	2,845	353	12.4	3,382	765	22.6	
0.21(12年)	2,728	356	13.0	3,268	777	23.8	
ヤナギムシガレイ		単位:千尾					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	13,133	1,209	9.2	14,161	2,310	16.3	
0.28(9年)	11,653	1,228	10.5	12,742	2,381	18.7	
0.25(10年)	10,703	1,243	11.6	11,841	2,440	20.6	
0.23(11年)	10,042	1,256	12.5	11,221	2,489	22.2	
0.21(12年)	9,556	1,266	13.3	10,769	2,531	23.5	
ミギガレイ		単位:千尾					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	15,722	1,683	10.7	17,550	3,377	19.2	
0.28(9年)	14,430	1,706	11.8	16,326	3,476	21.3	
0.25(10年)	12,634	1,696	13.4	14,274	3,400	23.8	
0.23(11年)	12,902	1,741	13.5	14,906	3,626	24.3	
0.21(12年)	12,414	1,754	14.1	14,461	3,685	25.5	

付表 2 M による資源量、休漁効果の変化

ババガレイ		単位:トン					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	1,961	242	12.3	2,280	609	26.7	
0.28(9年)	1,846	246	13.3	2,188	628	28.7	
0.25(10年)	1,762	249	14.1	2,123	644	30.4	
0.23(11年)	1,699	251	14.8	2,075	658	31.7	
0.21(12年)	1,650	253	15.4	2,039	669	32.8	
マコガレイ		単位:トン					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	959	195	20.3	1,200	418	34.8	
0.28(9年)	894	197	22.1	1,142	430	37.7	
0.25(10年)	849	199	23.5	1,105	441	39.9	
0.23(11年)	817	201	24.6	1,079	450	41.7	
0.21(12年)	793	203	25.6	1,060	457	43.2	
ヤナギムシガレイ		単位:トン					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	1,294	188	14.6	1,515	405	26.7	
0.28(9年)	1,163	191	16.4	1,395	418	30.0	
0.25(10年)	1,080	194	17.9	1,319	429	32.5	
0.23(11年)	1,022	195	19.1	1,268	438	34.6	
0.21(12年)	979	197	20.1	1,231	446	36.2	
ミギガレイ		単位:トン					
M(寿命)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
0.31(8年)	1,093	189	17.3	1,332	415	31.2	
0.28(9年)	1,016	192	18.9	1,265	428	33.8	
0.25(10年)	924	192	20.8	1,152	425	36.9	
0.23(11年)	925	196	21.1	1,190	448	37.6	
0.21(12年)	897	197	22.0	1,167	455	39.0	

Mを変化させた場合、Mが小さいほど (寿命が長いほど) 資源尾数 (資源量) は少なく、休漁効果は大きく推定された。また、資源全体に対する休漁効果の割合は、Mが小さいほど高くなった。寿命が 8~12 年の場合、2013 年当初の資源尾数 (資源量) の最大誤差は M=0.25 (寿命 10 年) を基準とすると、ババガレイで 877 千尾 (142 トン)、マコガレイで 529 千尾 (95 トン)、ヤナギムシガレイで 2,320 千尾 (196 トン)、ミギガレイで 3,275 千尾 (180 トン) であった。休漁効果の最大誤差は、ババガレイで 75 千尾 (36 トン)、マコガレイで 35 千尾 (23 トン)、ヤナギムシガレイで 129 千尾 (24 トン)、ミギガレイで 284 千尾 (30 トン) であった。2013 年当初の資源尾数 (資源量) 全体に対する保護された休漁効果割合の最大誤差はババガレイで最大 2.8% (3.5%)、マコガレイで 3.6% (5.1%)、ヤナギムシガレイで 4.3% (5.8%)、ミギガレイで 4.6% (5.7%) であった。

補足資料 2 2010 年級以降の 1 歳時資源尾数を変化させた場合の休漁効果の変化

休漁効果の試算では、2005～2009 年級の 1 歳時資源尾数の平均値を 2010 年級以降の 1 歳時資源尾数として用いたが、異体類は漁獲加入尾数が年により大きく変動するため、2010～2012 年級の 1 歳時資源尾数として解析期間における 1 歳時資源尾数の最高値と最低値を用い、寿命を 10 年 (M=0.25) と仮定して良好な漁獲加入が続いた場合と加入が悪い年が続いた場合の休漁効果の誤差を検討した (付表 3, 4、付図 1, 2)。

付表 3 加入量による資源尾数、休漁効果の変化

ババガレイ		単位: 千尾					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
3,313(高水準)	9,373	591	6.3	10,613	1,417	13.3	
1,969(中水準)	6,985	577	8.3	7,409	1,331	18.0	
962(低水準)	5,196	567	10.9	5,009	1,266	25.3	

マコガレイ		単位: 千尾					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
2,044(高水準)	4,492	409	9.1	5,542	1,016	18.3	
1,198(中水準)	3,000	350	11.7	3,534	752	21.3	
371(低水準)	1,542	292	18.9	1,572	495	31.5	

ヤナギムシガレイ		単位: 千尾					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
6,710(高水準)	16,374	1,385	8.5	19,462	3,208	16.5	
3,505(中水準)	10,703	1,243	11.6	11,841	2,440	20.6	
1,734(低水準)	7,569	1,165	15.4	7,629	2,015	26.4	

ミギガレイ		単位: 千尾					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源尾数	休漁効果	割合(%)	資源尾数	休漁効果	割合(%)	
6,336(高水準)	15,993	1,803	11.3	18,791	3,981	21.2	
4,951(中水準)	13,545	1,725	12.7	15,500	3,558	23.0	
3,453(低水準)	10,900	1,641	15.1	11,942	3,100	26.0	

付表 4 加入量による資源尾数、休漁効果の変化

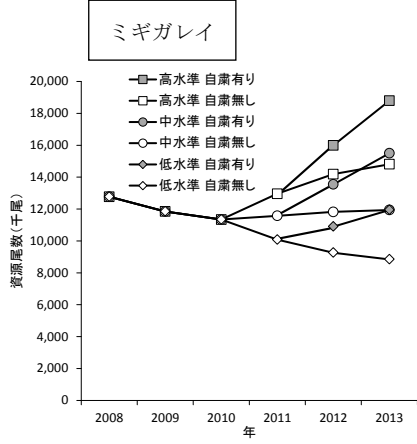
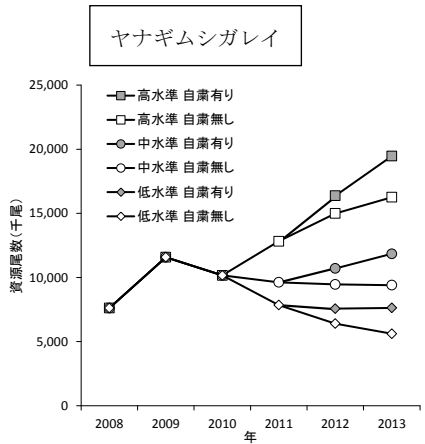
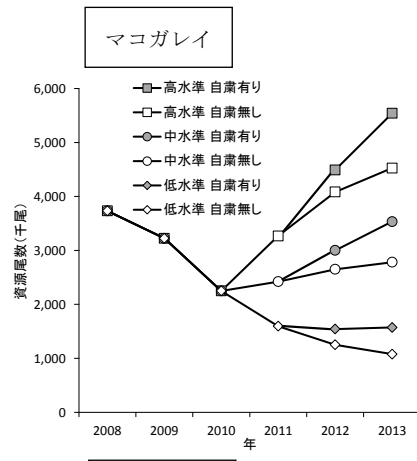
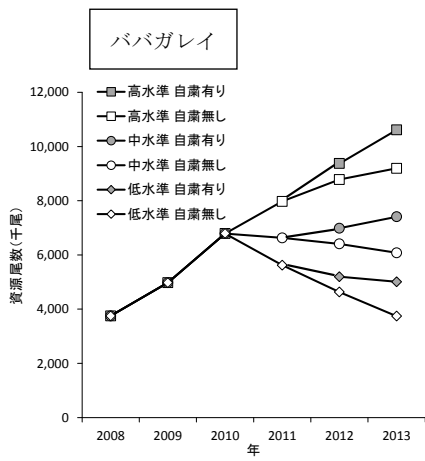
ババガレイ		単位: トン					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
3,313(高水準)	2,128	251	11.8	2,720	667	24.5	
1,969(中水準)	1,762	249	14.1	2,123	644	30.4	
962(低水準)	1,488	247	16.6	1,676	627	37.4	

マコガレイ		単位: トン					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
2,044(高水準)	1,025	212	20.7	1,488	534	35.9	
1,198(中水準)	849	199	23.5	1,105	441	39.9	
371(低水準)	678	187	27.6	730	350	47.9	

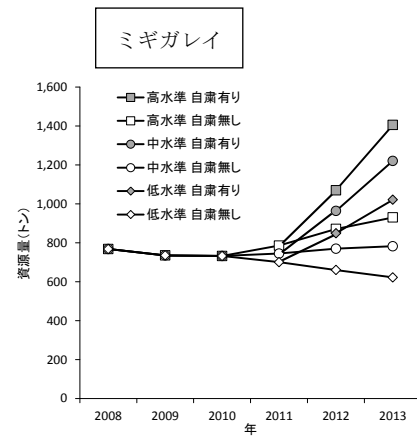
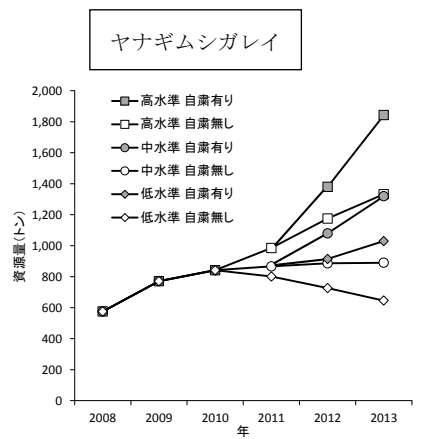
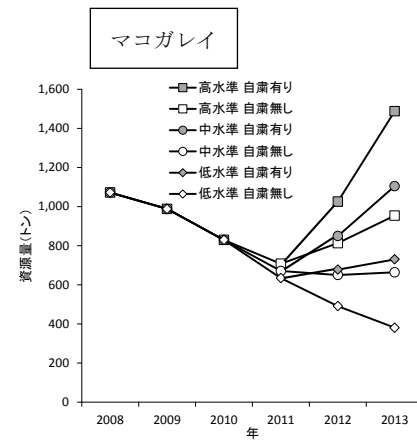
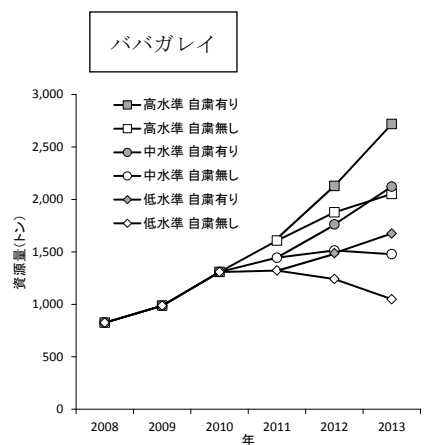
ヤナギムシガレイ		単位: トン					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
6,710(高水準)	1,379	204	14.8	1,843	511	27.7	
3,505(中水準)	1,080	194	17.9	1,319	429	32.5	
1,734(低水準)	914	188	20.5	1,030	384	37.3	

ミギガレイ		単位: トン					
1歳時資源尾数(水準)/年	2012年			2013年			
	資源量	休漁効果	割合(%)	資源量	休漁効果	割合(%)	
6,336(高水準)	1,070	199	18.6	1,405	475	33.8	
4,951(中水準)	964	194	20.1	1,221	439	35.9	
3,453(低水準)	849	189	22.2	1,021	399	39.1	

加入が良好な年が続いた場合 (高水準)、操業自粛の有無に関わらず 4 魚種全てで 2011 年以降の資源量・資源尾数が増加傾向で推移した。加入が悪い場合 (低水準)、自粛無しでは 4 魚種全てで資源量・資源尾数が減少傾向で推移したが、自粛有りでは資源尾数はババガレイで微減傾向、マコガレイ、ヤナギムシガレイで横ばい、ミギガレイで増加傾向で推移し、資源量は 4 魚種全てで増加傾向で推移した。2010 年級以降の 1 歳時資源尾数を高水準とした場合、資源尾数 (資源量) と休漁効果は最も多く、資源尾数 (資源量) に対する休漁効果の割合は最も低くなった。一方、1 歳時資源尾数を低水準とした場合、資源尾数 (資源量) と休漁効果は最も少なく、資源尾数 (資源量) に対する休漁効果の割合は最も高くなった。加入水準を変化させた場合、2013 年当初の資源尾数 (資源量) の最大誤差は中水準時を基準とすると、ババガレイで 3,204 千尾 (597 トン)、マコガレイで 2,008 千尾 (383 トン)、ヤナギムシガレイで 7,622 千尾 (524 トン)、ミギガレイで 3,557 千尾 (200 トン) であった。休漁効果の最大誤差はババガレイで 86 千尾 (23 トン)、マコガレイで 264 千尾 (93 トン)、ヤナギムシガレイで 768 千尾 (82 トン)、ミギガレイで 457 千尾 (40 トン) であった。資源尾数 (資源量) に対する休漁効果割合の最大誤差は、ババガレイで 7.3% (7.0%)、マコガレイで 10.2% (8.0%)、ヤナギムシガレイで 5.8% (4.8%)、ミギガレイで 3.0% (3.2%) であった。休漁効果割合の誤差はミギガレイで小さくマコガレイで大きくなったが、これはマコガレイの加入量変動が近 5 年間で大きく、ミギガレイの加入量変動が近 9 年間で小さかったことに起因しているものと考えられた。従って、年により加入量の変動が大きな魚種については、調査船調査等による加入量調査結果をもとに 1 歳時資源尾数を変化させることにより、より精度の高い休漁効果を試算出来るものと考えられた。



付図1 加入水準及び操業自粛の有無による資源尾数の変化



付図2 加入水準及び操業自粛の有無による資源量の変化