

資源研究部

沿岸資源動向調査 (県 単)

平成 28 (2016) ~
令和 2 (2020) 年度

(浮遊期仔稚魚類の出現状況調査)

緒 言

熊本県沿岸域の有用魚介類の資源状態を把握するため、浮遊期仔稚魚類の出現状況を調査した。

方 法

- 1 担当者 上原大知、荒木希世、
根岸成雄、松島正三、淵田智典、徳永幸史、海付祥治、山内竜一、小山龍志朗 (調査船「ひのくに」)
- 2 調査内容

令和2年(2020年)4月から令和3年(2021年)3月の期間において、図1および表1に示す調査定点で月に一回、仔稚魚の採取および水温・塩分の測定(JFEアドバンテック社製ASTD687)を行った。

仔稚魚の採取は、稚魚ネット(口径130cm、NMG54 オープニング315 μ m)を用い、調査船「ひのくに」(49t)の船尾で、速度対水2ノット程度、5分間、表層(水深0~2m)と中層(水深5~30m)を水平曳きした。濾水量の測定には、プラスチック製プロペラ式濾水計(離合社製2030R)を使用した。

なお、令和2年(2020年)9月から10月にかけては、代船への移行に伴い調査は欠測とし、旧船からの調査精度を引継ぐための調整を行った上で、令和2年(2020年)11月以降に調査を再開した。

得られた仔稚魚は、地点ごとに表層と中層を合わせた1サンプルとし、船上で37%ホルムアルデヒド水溶液(工業用ホルマリン原液)を当該液の体積比率が5~10%になるよう添加して持ち帰った。仔稚魚の種の同定および計数(以下、「分析」と言う。)は民間会社に委託した(表2)。なお、種まで同定できなかった個体については、目、科、属の階級までの同定に留め、それぞれの階級を一つの種として取扱い、集計を行った。

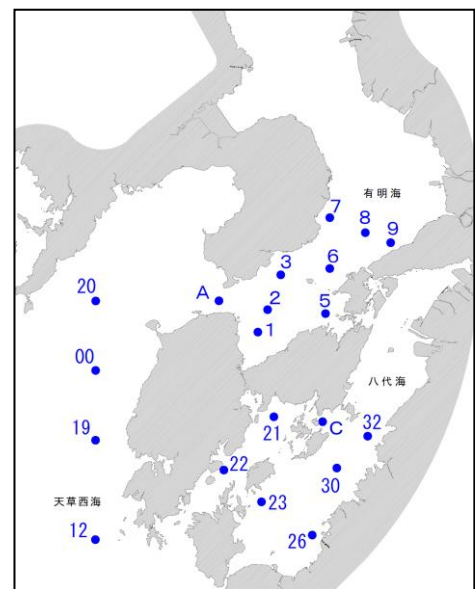


図1 調査定点

表1 調査計画

(数値は調査実施定点数を示す)

海域名	調査 定点数	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年計
有明海	9	9	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	9	18
八代海	7	7	7	7	7	7	調査なし	調査なし	7	7	7	7	7	70
天草海	4	4	4	4	3	4	調査なし	調査なし	4	調査なし	調査なし	調査なし	4	27
合計	20	20	11	11	10	11	調査なし	調査なし	11	7	7	7	20	115

表2 分析委託した定点

海域名	有明海									八代海							天草海			
	01	02	03	05	06	07	08	09	A	21	22	23	26	30	32	C	00	12	19	20
4, 6~8月	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5, 11~2月		○			○		○		○		○		○		○	○	○	○		

結果

調査実施日等を表3に示した。令和2年度（2020年度）調査分では、卵が全体で19種類、仔稚魚が全体で90種類が採取された。令和元年度（2019年度）調査の結果（卵20種類、仔稚魚91種類）と比較すると、卵・仔稚魚ともに種数の大幅な増減は見られなかった。卵については、マアジの卵が採取されなかったが、マイワシやヒラメの卵が採取された。仔稚魚については、クロダイやヘダイの仔稚魚が採取されなかったが、昨年度に全海域で採取されなかったマダイ仔稚魚が八代海及び天草海で採取されたことに加え、天草海でマイワシ仔魚が採取された。

表3 調査日および潮汐

有明海		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	調査日	R2.4.14											
潮	小潮												小潮
月齢	20.7												21.3

八代海		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	調査日	R2.4.17	R2.5.13	R2.6.17	R2.7.15	R2.8.2				R2.11.24	R2.12.8	R3.1.21	R3.2.9
潮	長潮	中潮	中潮	長潮	中潮				長潮	小潮	小潮	中潮	中潮
月齢	23.7	20	25.4	23.8	13.4				8.9	22.9	7.9	26.9	3.7

天草海		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	調査日	R2.4.15	R2.5.12	R2.6.16	R2.7.9	R2.8.2				R2.11.25			
潮	小潮	中潮	若潮	中潮	中潮				若潮				中潮
月齢	21.7	19.0	24.4	17.8	12.4				9.9				4.7

海域ごとに1,000 m³当たりの卵・仔稚魚の年間採取個体数が多かった上位5種について、各月の1海域当たりの出現密度を算出し、表4および表5に示した。なお、四捨五入の関係で各月表示値と年平均は一致しないことがある。

各海域に共通してカタクチイワシの卵・仔稚魚、タチウオの卵が上位に入った。タチウオ仔稚魚が八代海上位5位以内に入らなかったが、第7位（年平均3個体/1,000m³）であった。

表4 令和2年度（2020年度）調査における卵の出現密度（上位5種）（個体/1,000m³）

有明海	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	順位
カタクチイワシ	3,122												3,122	1
コノシロ	1,371												1,371	2
ボラ科	42	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	調査なし	分析中	42	3
ネズッポ科	39												39	4
タチウオ	1												1	5

八代海	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	順位
カタクチイワシ	914	1,076	45	101	397			54	0	0	0		288	1
コノシロ	808	70	0	0	0	調査なし	調査なし	0	0	0	0		97	2
タチウオ	80	65	142	122	112			1	0	0	0	分析中	58	3
ヒラ	0	0	49	24	16			0	0	0	0		10	4
ホウボウ科	0	0	0	0	0			27	16	1	0		5	5

天草海	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	順位
カタクチイワシ	0	154	179	24	156			0					86	1
ウルメイワシ	71	0	45	37	1	調査なし	調査なし	0	調査なし	調査なし	調査なし	分析中	26	2
タチウオ	6	25	26	41	42			1	調査なし	調査なし	調査なし		23	3
ウナギ目	1	0	0	13	18			0					5	4
ホウボウ科	0	0	0	0	0			16					3	5

表5 令和2年度(2020年度)調査における仔稚魚の出現密度(上位5種)(個体/1,000m³)

有明海	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	順位
カサゴ	20	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	調査 なし	分析中	20	1
カタクチイワシ	12												12	2
コノシロ	5												5	3
ハゼ科	3												3	4
ネズッコ科	1												1	5

八代海	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	順位
カタクチイワシ	22	4	40	154	15	調査 なし	調査 なし	4	0	0	0	分析中	27	1
ハゼ科	5	22	76	68	51			1	0	0	0		25	2
カサゴ	3	0	0	0	0			1	7	45	137		22	3
テンジクダイ科	0	0	2	15	51			0	0	0	0		8	4
ウナギ目レプトセファルス幼生	0	0	0	10	24			0	0	0	0		4	5

天草海	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	順位
カタクチイワシ	2	8	38	248	238	調査 なし	調査 なし	4	調査 なし	調査 なし	調査 なし	分析中	90	1
テンジクダイ科	0	0	2	46	7			0					9	2
キビナゴ	0	0	0	32	0			0					5	3
ハゼ科	0	1	7	5	6			2					4	4
タチウオ	1	1	1	5	5			6					3	5

委 託
資源評価調査Ⅰ（平成12（2000）年度～継続）
（水産資源調査・評価）

緒 言

水産庁が実施する我が国周辺水域における水産資源の評価のため、水産庁の委託を受け、本県における対象魚種に関する生物情報収集調査等を実施した。

全国から得られたデータは、国立研究開発法人水産研究・教育機構が系群および魚種毎にとりまとめて資源解析を行い、「我が国周辺水域の資源評価」として水産庁が公表している。本文においては、熊本県の調査結果について述べる。

方 法

- 1 担当者 上原大知、荒木希世、木村修
- 2 調査内容

令和2年度（2020年度）資源評価調査に係る委託事業調査計画等に基づき、以下の調査を行った。

（1）漁獲量調査および精密測定調査

- ア 県内主要漁業協同組合（芦北町、倉岳町、天草）において、マダイ、ヒラメ、タチウオ、トラフグ、ウマヅラハギ、キダイの漁獲量を水揚げ伝票により調査した。
- イ 天草漁業協同組合牛深総合支所において、まき網漁業および棒受網漁業により漁獲されたマアジ、サバ類（マサバ、ゴマサバ）、イワシ類（マイワシ、カタクチイワシ、ウルメイワシ）の漁獲量、漁獲努力量を水揚げ伝票により調査した。また、月1回程度サンプリングし、精密測定（全長、被鱗体長または尾叉長、体重および生殖腺重量）を実施した。
- ウ 八代海および東シナ海において延縄、吾智網、まき網および定置網漁業等により漁獲されたタチウオを月1回程度サンプリングし、精密測定（全長、肛門前長、体重および生殖腺重量）を行った。
- エ 天草漁業協同組合深海支所において、4月に漁獲されたトラフグの体長と標識の有無を調査した。

結 果

1 漁獲量調査および精密測定調査

令和2年（2020年）4月～令和3年（2021年）3月の県内主要漁業協同組合における魚種別漁獲量を表1に示した。漁獲量は、タチウオ、ウマヅラハギおよびトラフグは前年を上回り、ヒラメは前年並みで、マダイおよびキダイは前年を下回った。

まき網漁業の魚種別漁獲量を表2に、棒受網漁業の魚種別漁獲量を表3に示した。

まき網漁業は、年間192日間、延べ715隻（前年比99%）が操業した。マアジは前年を上回り平年*を下回った。サバ類は前年および平年を上回った。また、マイワシは前年を大幅に上回り、平年も上回った。カタクチイワシは前年および平年並みで、ウルメイワシは前年並みで平年を下回った。

*「平年」とは、平成26（2014）～平成30（2019）年の5カ年平均を示し、「上回る」とは前年値又は平年値の120%以上、「下回る」とは前年値又は平年値の80%以下、「並み」とは前年値又は平年値の80～120%の範囲内を示している。

棒受網漁業は、年間 90 日間、延べ 931 隻（前年比 86%）が操業した。マアジは前年を上回り平年並み、サバ類は前年および平年を下回り、マイワシは前年を大幅に上回り平年も上回った。カタクチイワシは前年並みで平年を下回り、ウルメイワシは前年および平年を下回った。

表 1 県内主要漁業協同組合における魚種別漁獲量
(単位: トン)

魚種名	漁獲量	前年値(R1)
		前年比(R2/R1)
マダイ	266.2	353.2
		75%
ヒラメ	112.9	98.3
		115%
タチウオ	255.7	202.0
		127%
ウマヅラハギ	2.3	1.3
		177%
トラフグ	12.5	7.6
		164%
キダイ	55.1	74.4
		74%

表 2 まき網漁業における魚種別漁獲量
(単位: トン)

魚種名	漁獲量	前年(R1)値	平年値
		前年比(R2/R1)	平年比
マアジ	133.6	69.3	273.2
		193%	49%
サバ類	1959.4	1521.5	1414.8
		129%	138%
マイワシ	481.4	2.1	289.4
		22924%	166%
カタクチイワシ	3344.2	3749.1	4155.2
		89%	80%
ウルメイワシ	1383.4	1484.0	2547.7
		93%	54%

表 3 棒受網漁業における魚種別漁獲量

(単位: トン)

魚種名	漁獲量	前年(R1)値	平年値
		前年比(R2/R1)	平年比
マアジ	20.7	17.3	17.4
		120%	119%
サバ類	177.6	385.1	357.3
		46%	50%
マイワシ	296.9	22.4	218.0
		1325%	136%
カタクチイワシ	358.5	379.7	548.2
		94%	65%
ウルメイワシ	1052.2	2045.7	2701.6
		51%	39%

精密測定調査は、令和 2 年 (2020 年) 4 月～令和 3 年 (2021 年) 3 月にマアジ 161 個体、サバ類 138 個体、マイワシ 326 個体、カタクチイワシ 1,294 個体、ウルメイワシ 869 個体、タチウオ 309 個体について行った。このうち、カタクチイワシのまき網および棒受網漁業における漁獲物の月別体長組成を図 1 と図 2 に、生殖腺重量指数の推移を図 3 と図 4 に示した。

まき網漁業および棒受網漁業では被鱗体長 40～120mm の個体が漁獲されていた。まき網漁業によるカタクチイワシは 4 月に生殖腺重量指数のピークがあり、6 月にかけて低下した後、10 月にかけて徐々に上昇した。棒受網漁業で漁獲されたカタクチイワシも 6 月から 11 月にかけて徐々に生殖腺重量指数が上昇した。

トラフグは、令和 2 年 (2020 年) 4 月 13 日から 5 月 1 日にかけて調査した 248 尾のうち 12 尾 (右鰭切除個体 7 尾、左鰭切除個体 5 尾) の外部標識個体を確認した (表 4)。なお、右鰭切除個体は福岡県や佐賀県、長崎県が放流した個体、左胸鰭切除個体は長崎県が放流した個体であった。

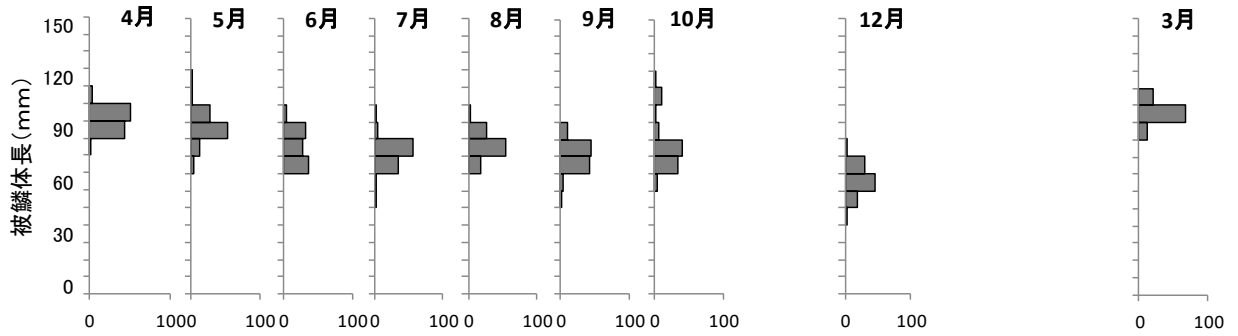


図1 まき網漁業におけるカタクチイワシ漁獲物の月別体長組成
(11月および1~2月はサンプルなし。横軸は調査サンプル数に占める割合(%)を示す。)

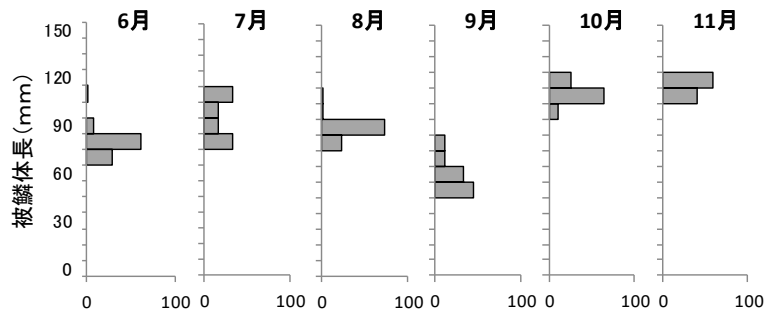


図2 棒受網漁業におけるカタクチイワシ漁獲物の月別体長組成
(12月はサンプルなし。横軸は調査サンプル数に占める割合(%)を示す。)

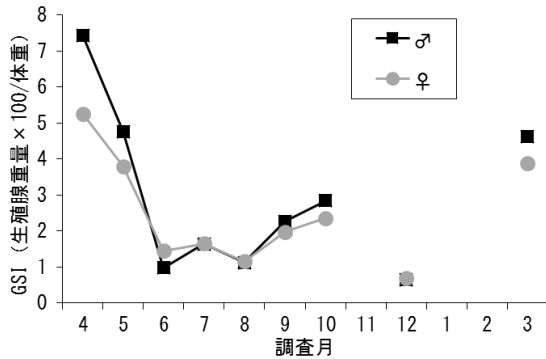


図3 まき網漁業におけるカタクチイワシの生殖腺重量指数の推移

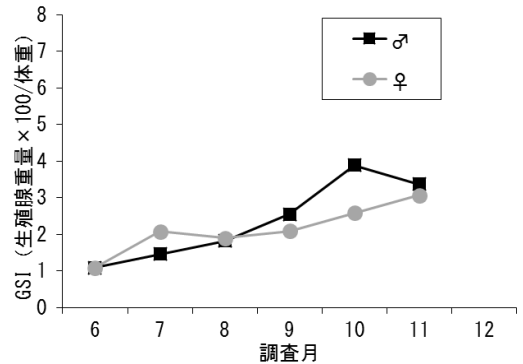


図4 棒受網漁業におけるカタクチイワシの生殖腺重量指数の推移

表4 天草漁業協同組合深海支所で水揚げされたトラフグの調査結果

調査日	R2.4.13	R2.4.22	R2.5.1
調査尾数	59	112	77
平均体長(mm)	417	389	401
最大体長(mm)	570	530	570
最小体長(mm)	320	320	300
無標識魚尾数	58	108	70
標識魚尾数	1	4	7
うち右鰭切除尾数	1	2	4
うち左鰭切除尾数	0	2	3
混入率	1.7%	3.6%	9.1%

資源評価調査Ⅱ（委託） 平成12（2000）年度～継続 （沖合海洋観測）

緒言

水産庁が実施する我が国周辺水域における水産資源の評価のため、水産庁の委託を受け、本県における対象魚種に関する生物情報収集調査等を実施した。

全国から得られたデータは、国立研究開発法人水産研究・教育機構が系群および魚種毎にとりまとめて資源解析を行い、「我が国周辺水域の資源評価」として水産庁が公表している。

方法

- 1 担当者 宗 達郎、荒木希世、上原大知、吉富 匡、
根岸成雄、松島正三、淵田智典、徳永幸史、海付祥治、山内竜一、小山龍志朗（調査船「ひのくに」）

- 2 調査内容

令和2年度（2020年度）資源評価調査に係る委託事業調査計画等に基づき、以下の調査を行った。

- (1) 沖合海洋観測および卵稚仔魚調査

- ア 調査日および調査地点

令和2年（2020年）4月7～8日、6月2～3日、11月5日および令和3年（2021年）3月9日の計4回は図1に示す全12定点で、令和2年（2020年）5月1日、7月2日、8月2日、12月2日、令和3年（2021年）1月4日及び2月5日の計6回はSt. 20、00、19、12の4定点で調査を行った（図1）。

- イ 調査内容

沖合海洋観測として、一般気象（気温、天候、風向、風速、気圧）および一般海象（水温、水色、透明度、波浪、うねり）を調査した。

卵稚仔魚について、マイワシ、カタクチイワシ、ウルメイワシ、サバ類（マサバ、ゴマサバ）、マアジ、ブリ、タチウオおよびスルメイカを対象とし、LNP ネット（口径45cm、網目NGG54）を用いて水深150mから表面まで鉛直曳きで採集した。ただし、150m以浅の海域では海底上5mから採集した。なお、採集した試料の同定および計数は民間会社に委託して行った。

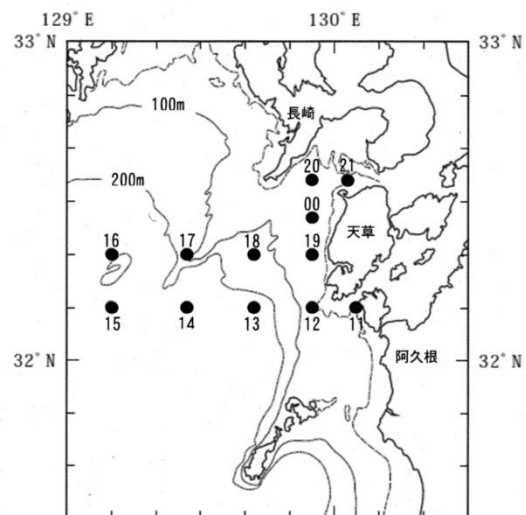


図1 調査定点

結果

- 1 沖合海洋観測

観測結果を平均値（昭和56年（1981年）～平成22年（2010年）の30ヵ年平均値）と比較したところ、4月は、水温が0m層で「やや高め」、50m、100m層で「平年並み」、塩分は0m層で「平年並み」、50m、100m層

で「やや低め」であった。6月は水温が0m、50m、100m層で「平年並み」、塩分は0m層で「平年並み」50m、100m層で「やや低め」であった。3月は、水温が0m、50m、100m層で「かなり高め」、塩分は0m、50m、100m層で「やや高め」であった(表1)。

なお、4月、6月、10月、3月以外の月は平年値(昭和56年(1981年)～平成22年(2010年)の30ヵ年平均値)の算出対象期間に観測を行っていないため、平年比較は行わなかった。

また、9月および10月は調査船「ひのくに」の新船建造のため欠測した。

表1 沖合海洋観測結果

観測日	地点数	項目	水深	平均	平年比較
2020.4.7 ~8	12	水温(°C)	0m	17.54	やや高め
			50m	16.82	平年並み
			100m	15.84	平年並み
		塩分	0m	34.37	平年並み
			50m	34.51	やや低め
			100m	34.55	やや低め
2020.5.1	4	水温(°C)	0m	17.69	—
			50m	16.62	—
		塩分	0m	34.25	—
			50m	34.54	—
2020.6.2 ~3	12	水温(°C)	0m	21.81	平年並み
			50m		平年並み
			100m	18.93	平年並み
		塩分	0m	17.38	平年並み
			50m	34.17	やや低め
			100m	34.35	やや低め
2020.7.2	4	水温(°C)	0m	34.48	—
			50m	24.55	—
		塩分	0m	21.03	—
			50m	33.69	—
2020.8.2	4	水温(°C)	0m	34.29	—
			50m	25.20	—
			50m	30.56	—
		塩分	0m	19.54	—
			50m		
			50m	30.56	—
2020.11.5	12	水温(°C)	0m	23.36	—
			50m	23.25	—
			100m	22.02	—
		塩分	0m	34.15	—
			50m	34.14	—
			100m	34.54	—
2020.12.2	4	水温(°C)	0m	20.77	—
			50m	20.46	—
		塩分	0m	34.36	—
			50m	34.50	—
2021.1.4	4	水温(°C)	0m	17.36	—
			50m	17.17	—
		塩分	0m	34.56	—
			50m	34.57	—
2021.2.5	4	水温(°C)	0m	16.62	—
			50m	16.50	—
		塩分	0m	34.71	—
			50m	34.70	—
2021.3.9	12	水温(°C)	0m	17.37	かなり高め
			50m	16.78	かなり高め
			100m	16.81	かなり高め
		塩分	0m	34.70	やや高め
			50m	34.64	やや高め
			100m	34.70	やや高め

*平年比較の発生頻度： 平年並み：およそ2年に1回、やや：およそ3年に1回、かなり：およそ7年に1回、甚だ：およそ22年に1回

2 卵稚仔魚調査

マイワシは、卵は2~3月、稚仔魚は3月のみ採取された。卵は3月のSt. 19(0.31個/m³)、稚仔魚は3月のSt. 21(0.35個/m³)で最も多く採取された。

カタクチイワシは、卵は4~11月、1~3月に、稚仔魚は4~11月、2~3月に採取された。卵は3月のSt. 19(21.81個/m³)、稚仔魚は3月のSt. 00(10.50個/m³)で最も多く採取された。

ウルメイワシは、卵は4月、1~3月に、稚仔魚は3月に採取された。卵は4月のSt. 19(0.60個/m³)、稚仔魚は3月のSt. 21(0.12個/m³)で最も多く採取された。

マサバは、卵は4月、6月、3月に採取され、稚仔魚は採取されなかった。卵は4月のSt. 16(1.18個/m³)で最も多く採取された。

ゴマサバは、卵が4月のSt. 15(0.05個/m³)でのみ採取された。

マアジは、卵は4月、6月、2～3月に採取され、稚仔魚は採取されなかった。卵は6月のSt. 12(1.98 個/m³)で最も多く採取された。

タチウオは、卵は4月、6～8月 11～1月に、稚仔魚は6月、11月に採取された。卵は8月のSt. 20(0.21 個/m³)、稚仔魚は11月のSt. 17(0.10 個/m³)で最も多く採取された。

スルメイカ前期仔魚は4月、6月、3月に採取された。4月のSt. 13(0.05 個/m³)で最も多く採取された。

ブリは、卵、稚仔魚ともに本調査では採取されなかった。

委 託
資源評価調査Ⅲ（平成12（2000）年度～継続）
（ガザミ有明海資源評価）

緒 言

水産庁が実施する我が国周辺水域における水産資源の評価のため、水産庁の委託を受け、本県における対象魚種に関する生物情報収集調査等を実施した。

有明海のガザミについては、平成30年度（2018年度）まで資源動向調査の対象種として位置付けられていたが、令和元年度（2019年度）から新たな資源評価対象種に追加され、水産庁が有明海沿海四県（福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県）から得られたデータを取りまとめ、資源評価調査報告書として公表している。本文においては、熊本県の調査結果について述べる。

方 法

- 1 担当者 上原大知、荒木希世
- 2 調査内容

令和2年度（2020年度）資源評価調査に係る委託事業調査計画等に基づき、以下の調査を行った。

（1）漁業の概要に関する調査

有明海・八代海再生事業Ⅱ（ガザミの放流効果調査）で実施した標本船日誌調査より、漁獲量や漁獲努力量などの漁業実態を把握した。

（2）生物学的特性に関する調査

有明海・八代海再生事業Ⅱ（ガザミの放流効果調査）で実施した漁獲物調査より、全甲幅長、重量、性比、抱卵、成熟、軟甲個体の出現状況等を把握した。

（3）資源状態に関する調査

農林水産統計年報や（1）の標本船日誌調査より、漁獲量データを整理し、近年の資源水準、資源動向を分析した。

結 果

1 漁業の概要に関する調査

熊本県においてガザミを漁獲する主な漁業はたもすくい網と固定式刺網で、主漁期はそれぞれ5～8月と7～10月である。推定漁獲量は平成29年（2017年）から低位ながらも増加傾向にあり、令和2年（2020年）

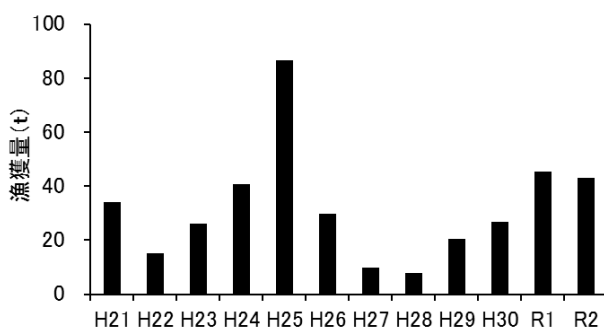


図1 推定漁獲量の推移

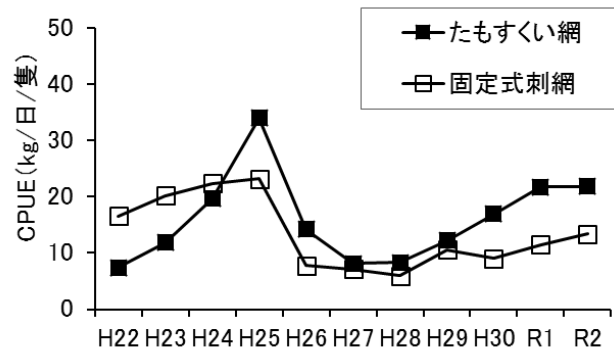


図2 漁法別 CPUE の推移

は全体で42トン、前年比95%、**平年***比194%であった(図1)。CPUEは、たもすくい網では21.8kg/日/隻、前年比100%、平年比162%、固定式刺網では13.4kg/日/隻、前年比116%、平年比151%と両漁業種ともに前年並みで、平年を上回った(図2)。

2 生物学的特性に関する調査

(1) 産卵場所

5月から本県湾央部で抱卵雌が多く出現し始めた。その後、本県湾奥部で放卵後の個体が固定式刺網漁業で漁獲されることから、産卵場所は有明海湾央部から湾奥部であると考えられた。

(2) 成熟期

抱卵雌は5~9月に確認され、ピークは5月で84%であった(図3)。

(3) 成熟年齢

主に全甲幅長13cm以上で抱卵雌が確認された(図4)。有明海沿海四県によるDNA標識放流調査の結果、平成28年(2016年)6月末に熊本県地先で放流した全甲幅長10mmの種苗が、平成29年(2017年)5月末に全甲幅長18~21cmの抱卵雌として漁獲されていたことから、1年未満でも産卵加入することが分かった。なお、令和2年(2020年)の漁獲物調査における最小の抱卵雌は6月24日に漁獲された13.3cm(黒デコ)であった。

(4) 漁獲物の性比

5月は雌の割合が78%と高く、一方、6~10月は雌雄それぞれの割合が50%、もしくは雄の割合が60%程度と高かった(図5)。

(5) 分布海域

有明海、八代海、橘湾、天草西海に分布していた。

(6) 寿命

一般的に2~3年程度で、雄が2年程度、雌が3年程度とされている(有山1993, 浜崎1996)。有明海沿海四県のDNA標識放流調査においても、放流日から813日後に再捕された雌個体を確認した。また、放流の翌々年に再捕されたのは雌個体のみであった。

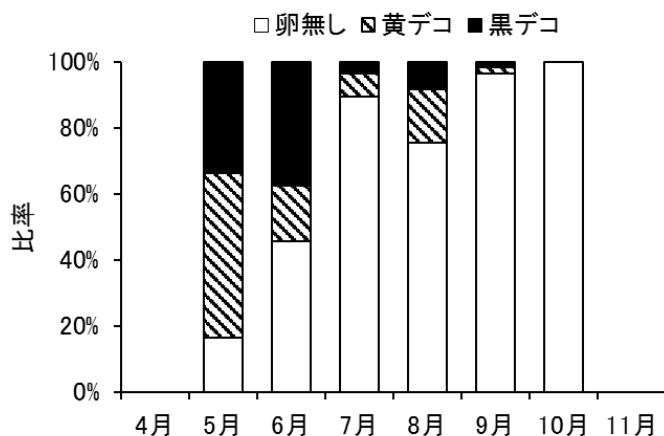


図3 雌の抱卵割合

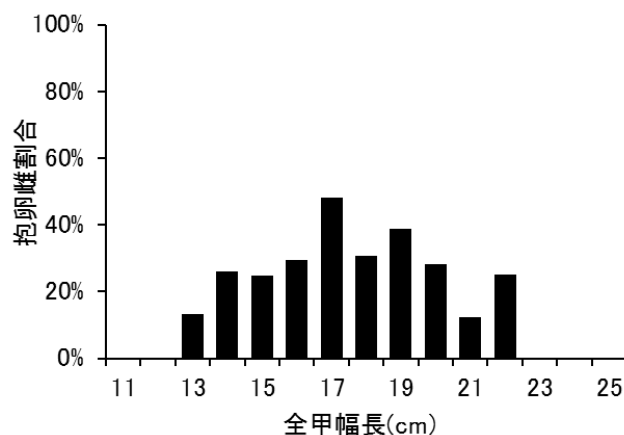


図4 全甲幅長別抱卵割合

(7) 軟甲個体の出現

軟甲個体は8~10月に出現し、ピークは8月で28%であった(図6)。

(8) 成長

有明海沿海四県で平成28年(2016年)~平成30年(2018年)に実施したDNA標識を用いた放流種苗の追跡調査では、早い個体では放流後90日程度で全甲幅長15cmを超え、越冬後の翌年には15~20cm程度に成長したことを確認した(図7)。最も大きな個体は放流後813日に採捕された平成28年(2016年)放流群の雌で、25cmに達していた。

(9) 漁獲物の全甲幅長

漁獲の中心は全甲幅長15~18cmであった(図8)。なお、有明海ガザミ広域資源管理方針により全甲幅長12cm以下の小型個体は再放流を行っている。

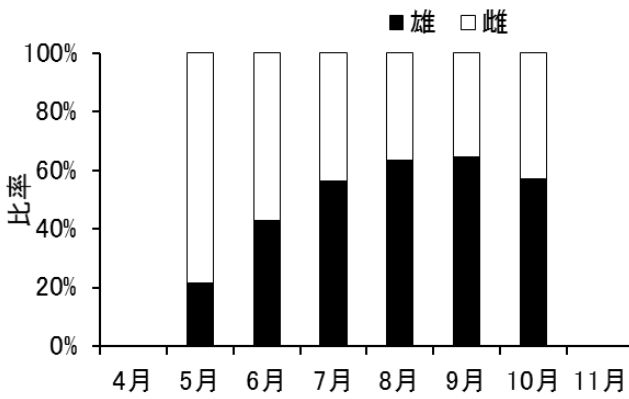


図5 性比の推移

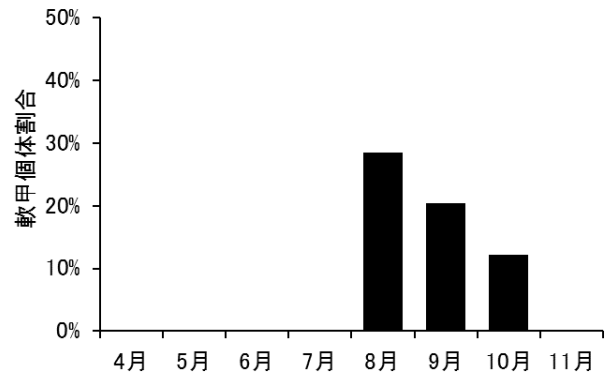


図6 軟甲個体の割合

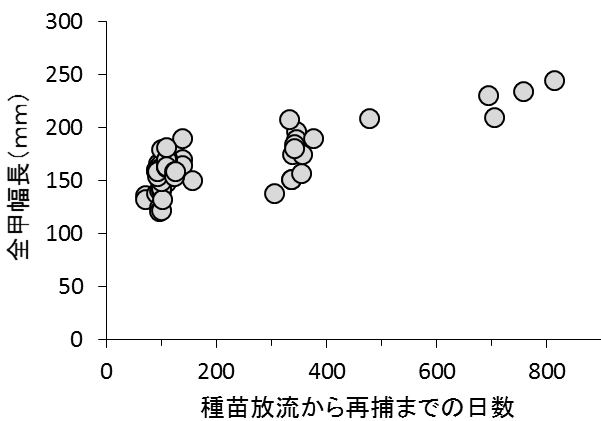


図7 平成28年度熊本県放流群の成長 (有明四県再捕分を含む)

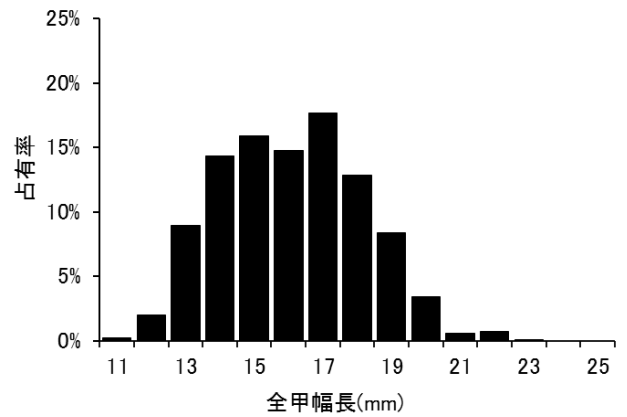


図8 漁獲物の全甲幅長

3 資源状態に関する調査

漁獲量は昭和62年(1987年)の284トンにピークに減少傾向となり(図9)、平成15年(2003年)に31トンにまで減少した後は概ね30トン前後を推移している(74トンを記録した平成25年(2013年)を除く、令和2年(2020年)値は42トン)。本県の資源水準は、過去20年の平均漁獲量(43トン)や過去5年の平均漁獲量(37トン)から、低位で横ばい傾向にあると判断した。

資源回復の措置として、人工種苗の放流、抱卵個体及び小型個体の保護が有効であると考えられるが、今後、各対策の効果を定量的に把握し、資源回復手法を選択していく必要がある。

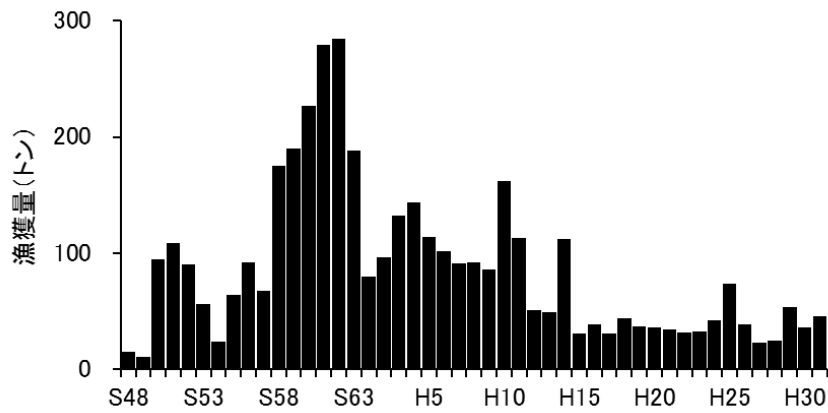


図9 有明海熊本県海域におけるガザミの漁獲量 (農林水産統計年報)

* 「平年」とは、平成 26 (2014) ～平成 30 (2019) 年の 5 年平均を示し、「上回る」とは前年値又は平年値の 120% 以上、「下回る」とは前年値又は平年値の 80% 以下、「並み」とは前年値又は平年値の 80～120% の範囲内を示している。

さかなを守り育む豊かな海づくり事業Ⅰ（^{令 達} 令和2（2020）年度～）

（資源管理型漁業の推進Ⅰ）

緒 言

マダイ、ヒラメ、ガザミの資源管理型漁業を推進するため、資源管理の取組状況を確認した。

このうち、マダイ、ヒラメは平成5年度（1993年度）に策定した熊本県広域資源管理推進計画における「マダイ全長15cm以下、ヒラメ全長20cm以下は再放流」を行う取組みについて、また、ガザミについては、平成24年（2012年）3月に公表された有明海ガザミ広域資源管理方針に基づき「全甲幅長12cm以下の小型ガザミは再放流」を行うなど、小型魚を保護する漁業者の自主的な取組みについて調査した。

方 法

- 1 担当者 木村 修、荒木希世、宗 達郎、上原大知
- 2 調査内容

（1）マダイおよびヒラメの全長制限に関する調査

マダイおよびヒラメの資源管理の取組状況を把握するため、株式会社熊本地方卸売市場、天草漁協本渡支所および天草漁協牛深総合支所（図1）において、令和2年（2020）年4月から令和3（2021）年3月、原則月1回、集荷された両種の全長を測定した。

（2）小型ガザミの保護に関する調査

ガザミの資源管理の取組状況を把握するため、株式会社熊本地方卸売市場および天草漁協本渡支所（図1）において、令和2年（2020）年4月～令和3年（2021）年3月までの間、原則月1回、集荷されたガザミの全甲幅長を測定した。また、令和2年（2020）年5月に天草漁協上天草総合支所においても測定した。



図1 調査位置図

結 果

1 マダイの全長制限に関する調査

6,406尾を調査したところ、全長15cm以下のマダイは0尾で、最小サイズは全長17cmであった。

2 ヒラメの全長制限に関する調査

1,144尾を調査したところ、全長20cm以下のヒラメは0尾で、最小サイズは全長23cmであった。

3 小型ガザミの保護に関する調査

1,682尾を調査したところ、全甲幅長12cm以下のガザミは3尾（0.18%）で、最小サイズは全甲幅長11cmであった。

以上の結果から、小型魚を保護する資源管理の取組みは概ね遵守されていると考えられた。

さかなを守り育む豊かな海づくり事業Ⅱ（ 令 達 ）

平成 26（2014）年度～
（資源管理型漁業の推進Ⅱ）

緒 言

熊本県資源管理指針において漁業種別資源管理の対象となっている漁業について、漁獲対象となる水産資源の基礎的生態等を把握し、資源管理方策を提言するための資料を収集するため、いわし機船船曳網漁業の操業状況を調査した。

方 法

1 担当者 上原大知、荒木希世

2 調査内容

いわし機船船曳網漁業の操業状況調査

(1) 調査時期

令和 2 年（2020 年）4 月～令和 3 年（2021 年）3 月

(2) 調査場所

大道漁業協同組合、樋島漁業協同組合、天草漁業協同組合龍ヶ岳支所の合計 3 カ所（図 1）

(3) 調査方法

(2) の漁業協同組合に所属する船曳網漁業者各 1 名、合計 3 名に操業日誌への記録を依頼した。記記載項目は、操業日時、操業海域、品目（しらす、いりこ）、水揚量、換算係数、加工品総重量とした。水揚量（生の重量）が不明の場合は、加工品総重量と換算係数から以下の式を用いて水揚量を推定した。換算係数が不明の場合は、換算係数を記入している漁業者の記録から値を流用した。

$$\text{水揚量（t）} = \text{加工品総重量（t）} \times \text{換算係数}$$



図 1 調査場所

結 果

1 いわし機船船曳網漁業の操業状況調査

いりこ漁は 5 月上旬から操業を開始し、9 月中旬まで続いた。しらす漁も 5 月上旬から操業を開始したが 6 月上旬までで中断し、再び 10 月中旬に開始して 12 月下旬で終漁となった。いりこ漁における CPUE は 0.84～5.06t/日/隻で推移し、調査期間中の総水揚量は 134.6t であった（図 2）。また、しらす漁における CPUE は 0.05～2.68t/日/隻で推移し、調査期間中の総水揚量は 83.1t であった（図 3）。

令和元年度（2019 年度）調査と同期間（7 月～翌 3 月）で総水揚量を比較すると、いりこ漁は 91.4t で対前年度比 175%（令和元年度（2019 年度）：53.8t）、シラス漁では 52.6t で対前年度比 166%（令和元年度（2019 年度）：31.7t）と、ともに前年を上回った。令和 2 年（2020 年）7 月豪雨発生後も 0.9～4.3t/日/隻（7 月 5 日～8 月 4 日）で 2 業者がいりこ漁を継続していた。

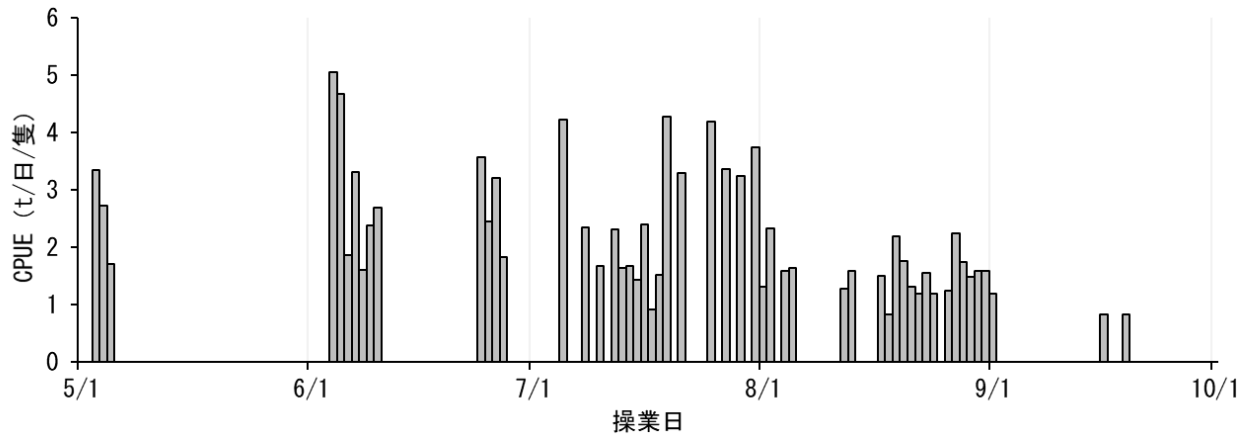


図2 いらご漁におけるCPUE (t 日/隻)

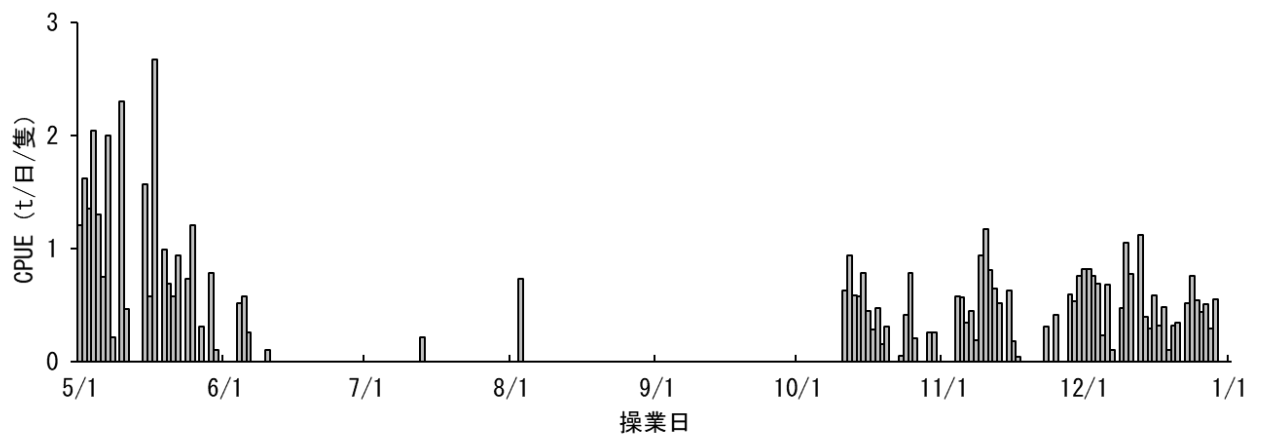


図3 しらす漁におけるCPUE (t/日/隻)

さかなを守り育む豊かな海づくり事業Ⅲ（令 達 令和2（2020）年度～）

（栽培漁業の推進）

緒 言

マダイ、ヒラメ、イサキ、ガザミの栽培漁業を推進するため、熊本県栽培漁業地域展開協議会（以下「協議会」という。）が主体となり、人工種苗の中間育成、放流を実施している。当センターでは、放流後の人工種苗の混入状況を調査することにより、放流効果を把握した。

方 法

- 1 担当者 木村 修、荒木希世、宗 達郎、上原大知
- 2 中間育成・放流の状況等

マダイ、ヒラメ、イサキおよびガザミの中間育成中の管理、放流方法の指導は、協議会合同部会事務局（氷川町）が主体となり、公益財団法人くまもと里海づくり協会（以下「協会」という。）が協力して実施した。

（1）マダイ

協議会は、協会が生産したマダイ種苗（全長 50mm：957,700 尾）を、22 漁協（支所を含む）と連携して、令和2年(2020年)7月9日から7月29日にかけて各地先に放流した。

（2）ヒラメ

協議会は、協会等で生産されたヒラメ種苗（全長 30mm：280,000 尾）を、6 漁協（支所を含む）が全長 50mm まで、5～30 日間の中間育成を行い、令和2年(2020年)4月11日から5月18日にかけて各地先に放流した。（放流尾数：274,600 尾、中間育成における各漁協の全体の生残率、98%）

また、協会が 50mm まで育成した種苗を 14 漁協（支所を含む）の地先に放流した（放流尾数：399,600 尾）。

（3）イサキ

協議会は、協会で生産されたイサキ種苗（全長 40mm：245,500 尾）を、天草漁協と連携して令和2年(2020年)8月19日および8月22日に天草市五和と天草市牛深の地先に放流した。

（4）ガザミ

協議会は、協会で生産されたガザミ種苗（全甲幅長 10mm：521,700 尾）を、24 漁協（支所を含む）と連携して、令和2年(2020年)6月23日から8月25日にかけて各地先に放流した。

（5）協会による鼻孔隔皮欠損率の調査

マダイおよびイサキは、天然魚では鼻孔隔皮の欠損は見られないが、人工種苗はその多くが一部に欠損が見られることが知られている。この欠損の割合を用いて放流効果を算出するため、協会で生産されたマダイおよびイサキ種苗の鼻孔隔皮欠損状況を協会が調査した。

3 放流効果調査

放流効果を把握するため、令和2年(2020年)4月から令和3年(2021年)3月までの期間、株式会社熊本地方卸売市場(熊本市)、天草漁協本渡支所(天草市本渡)および天草漁協牛深総合支所(天草市牛深)(図1)において、原則月1回、全長(マダイ、ヒラメ、イサキ)、尾又長(マダイ、イサキ)、鼻孔隔皮欠損(マダイ、イサキ)、有眼側および無眼側の体色異常並びに尾鰭の色素着色(ヒラメ)を調査し、混入率を算定した。



図1 調査位置図

結果

放流効果調査の結果を、以下に示した。

1 マダイ

調査したマダイ6,406尾の尾又長組成を図2に示した。このうち鼻孔隔皮欠損魚は111尾で、その割合は1.7%であった。また、令和2年度(2020年度)の鼻孔隔皮欠損率は、放流時に無作為に抽出して171尾調査した結果、42.1%であった。これらのデータを用いてAge-Length-Keyにより年齢別尾数を求め、放流年群別に補正した放流魚の鼻孔隔皮欠損率を考慮した補正後混入率は4.45%であった。

平成24年度(2012年度)以降の調査尾数、混入率および補正後混入率の推移を表1に示した。

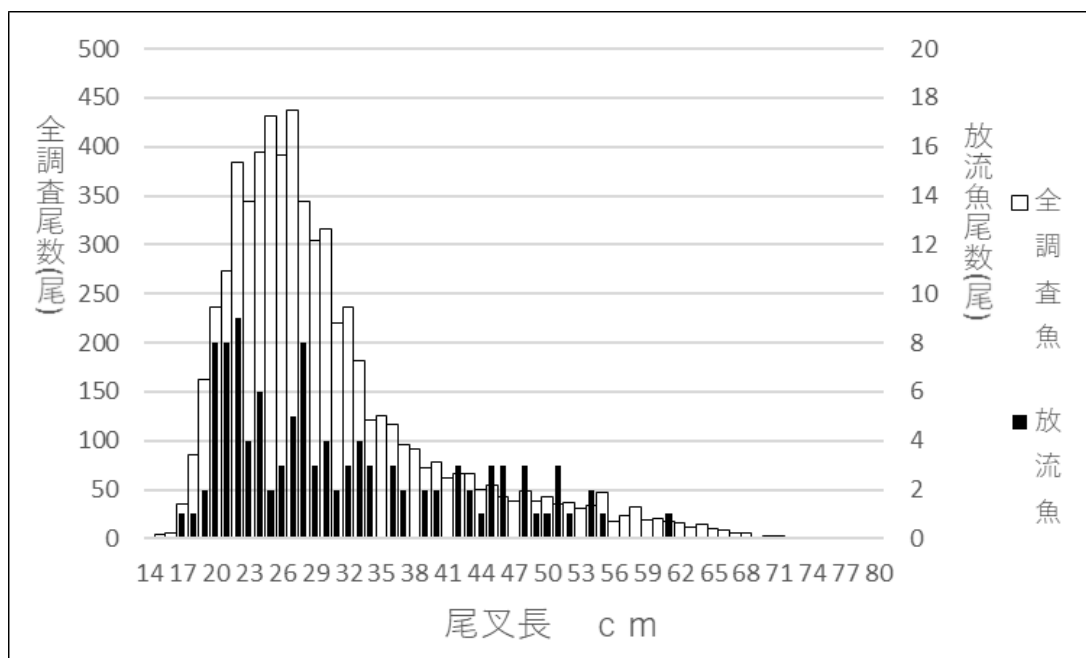


図2 調査したマダイの尾又長組成

表1 マダイの調査尾数、混入率、補正後混入率

調査年度	平成 24	平成 25	平成 26	平成 27	平成 28	平成 29	平成 30	令和元	令和 2
調査尾数	5,030	3,949	5,203	4,214	5,797	4,472	6,328	6,494	6,406
放流魚尾数	162	107	185	163	861	146	215	89	111
混入率 (%)	3.22	2.71	3.56	3.87	3.21	3.26	3.40	1.37	1.73
補正後混入率 (%)	6.77	4.53	5.09	5.66	5.02	6.15	7.12	3.68	4.45

2 ヒラメ

調査したヒラメ 1,144 尾の全長組成を図 3 に示した。このうち放流魚は 263 尾で、放流魚の混入率は 22.90%であった。

平成 24 年度（2012 年度）以降の調査尾数及び混入率の推移を表 2 に示した。

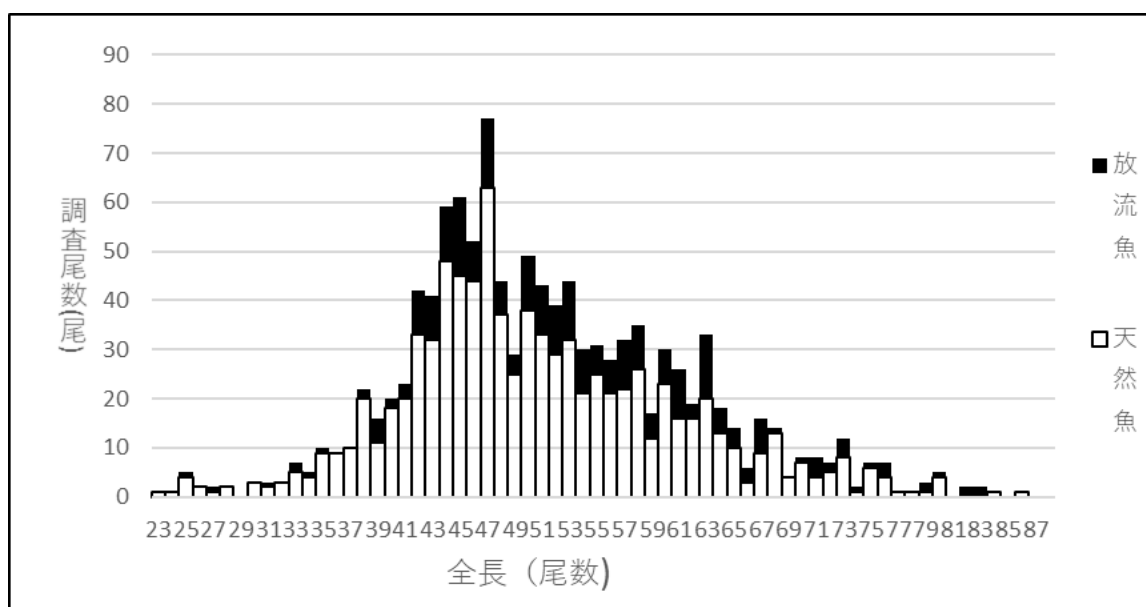


図3 調査したヒラメの全長組成

表2 ヒラメの年度別調査尾数、混入率

調査年度	平成 24	平成 25	平成 26	平成 27	平成 28	平成 29	平成 30	令和元	令和 2
調査尾数	1,094	1,645	1,048	930	785	1,007	1,095	1,136	1,144
放流魚尾数	272	413	232	179	163	223	269	275	262
混入率 (%)	24.86	25.11	22.14	19.25	20.76	22.14	24.57	24.21	22.90

3 イサキ

調査したイサキ 5,346 尾の尾叉長組成を図 4 に示した。このうち放流魚は 8 尾で、混入率は 0.15%であった。

また、鼻孔隔皮欠損率は、放流時に無作為に抽出して 171 尾調査した結果、28.6%であった。調査魚の尾叉長組

成を混合正規分布と仮定して年級群に分解した結果（図5）、漁獲の主体は2才～5才魚で、放流魚の放流年度毎の鼻腔隔皮欠損率で補正した混入率は0.61%であった。直近4か年間の混入率は表3のとおりとなった。

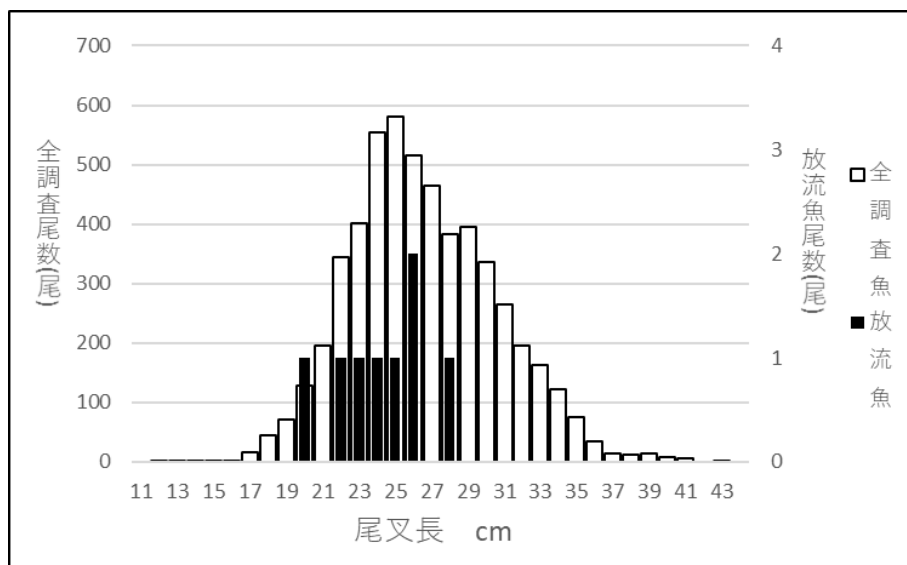


図4 調査したイサキの尾叉長組成

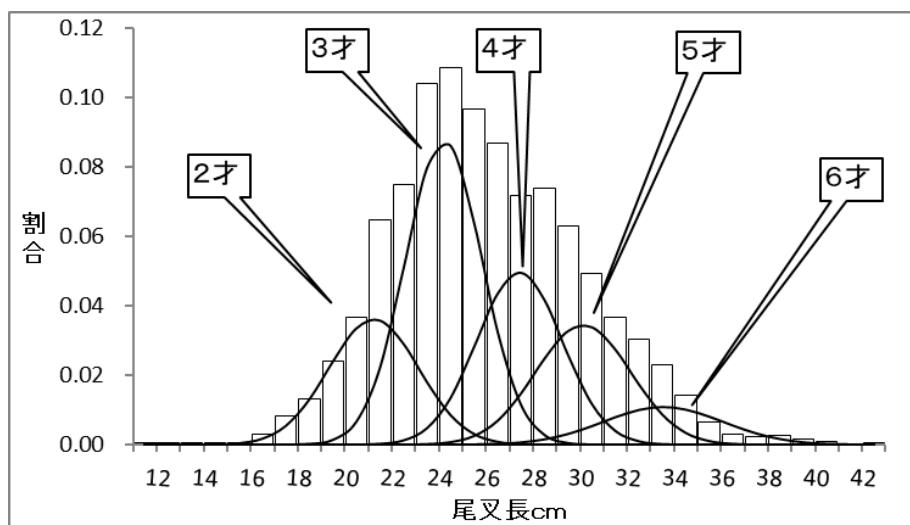


図5 調査したイサキの年齢組成

表3 イサキの調査尾数、混入率、補正後混入率

調査年度	平成 29	平成 30	令和元	令和 2
調査尾数	2,341	2,391	4,398	5,346
放流魚尾数	6	15	12	8
混入率 (%)	0.26	0.63	0.27	0.15
補正後混入率(%)	0.73	2.30	0.94	0.61

さかなを守り育む豊かな海づくり事業Ⅳ（令 達 令和2（2020）年度～）

（トラフグの放流効果の把握）

緒 言

東シナ海、五島灘、玄界灘海域で漁獲されるトラフグ (*Takifugu rubripes*) は、外海ものとして高値で取り引きされているが、近年の漁獲量は最盛期の10分の1以下と減少が著しい。そこで、平成18～22年度（2006～2010年度）に本県を含む関係各県が、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「最適放流手法を用いた東シナ海トラフグ資源への添加技術への高度化」に共同で取り組み、種苗放流によるトラフグ資源の維持・回復を目指した。その成果として、放流適地、適正放流サイズ、産卵回帰の実態が判明した。

本県の有明海および八代海においても、当歳魚を対象とした羽瀬網漁業や産卵回帰してきた親魚を対象としたひっかけ釣りの漁獲量は減少傾向にある。先の共同研究によって得られた知見を用いて、表1に示すとおり漁業者等による種苗放流によるトラフグ資源の維持・回復の取り組みが行われており、本研究では、その放流効果等について、調査を行った。

なお、放流事業は、平成18～21年度（2006～2009年度）が熊本県を含む8県と国立研究開発法人水産研究・教育機構が実施主体となり「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」により実施した。平成23～令和2年度（2011～2020年度）は九州海域栽培漁業推進協議会の構成員である天草漁協が事業実施主体となり「公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会の補助により実施した。

表1 本県におけるトラフグ種苗の放流実績

年 度	有明海 (尾) (放流箇所)	八代海 (尾) (放流箇所)	標識等
18	16,000	15,700 大道	右胸鰭カット+ALC染色 長崎県
19	19,162	16,370 維和島	右胸鰭カット+ALC染色 長崎県
20	18,630	18,100 維和島	右胸鰭カット+ALC染色 長崎県
21	16,200	15,400 松合	右胸鰭カット+ALC染色 長崎県
22	0	0	放流なし
23	22,500 佐伊津	22,500 松合	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
24	22,500 佐伊津	22,500 松合	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
25	17,000 佐伊津	17,000 松合	右胸鰭カット(10,000尾のみ)+ALC染色 天草漁協
26	14,000 長洲	18,000 松合	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
27	18,000 長洲	13,000 松合	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
28	18,000 長洲	18,000 松合	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
29	16,500 長洲	16,500 栖本	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
30	16,500 長洲	16,500 栖本	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
R1	16,500 長洲	16,500 栖本	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協
R2	16,500 長洲	16,500 栖本	右胸鰭カット+ALC染色 天草漁協

方 法

- 1 担当者 木村 修、荒木希世、吉富匡
- 2 調査及び指導
 - (1) 標識放流

天草漁協が実施するトラフグ種苗の放流に際して、種苗育成中の飼育方法、ALC染色、放流場所の選定や放流作業について、天草市水産振興課、県天草地域振興局水産課と連携して指導した。

(2) 放流効果の把握

八代海の産卵場周辺を漁場としてトラフグ親魚を漁獲している天草漁協深海支所において、右胸鰭切除標識を指標とした標識放流魚の再捕調査を行った（図1）。

また、再捕調査場所の水揚量、水揚尾数等を調べるため、伝票調査も併せて実施した。

なお、検出された標識魚は、耳石 ALC 染色標識のパターン（染色回数や標識径）から放流群を特定した。



図1 調査位置図

結果

1 標識放流

天草漁協が民間業者に委託して生産し放流したトラフグ種苗は表2のとおりであった。種苗の全長70mmでの放流を目指したが、今年度は成長がよく、全長80mm以上での放流となった。

ALC染色は、栖本港放流分を1重、長洲港放流分を2重の染色で行った。

表2 令和2年度（2020年度）に放流したトラフグ種苗種苗

放流場所 (放流日)	放流サイズ (平均全長、体重)	鰭カット部位	ALC 染色 全長(施行日)	放流尾数
長洲港(7月7日)	78.40mm、10.13g	右胸鰭	53.5mm(6月16日) 68.6mm(6月26日)	16,500
栖本港(7月8日)	81.16mm、10.72g	右胸鰭	53.5mm(6月16日)	16,500

2 放流効果の把握

天草漁協深海支所において令和2年(2020年)4~5月に合計3回調査を行い、合計248尾を計測した。調査個体の平均全長は47.3cm、平均体長は39.9cmであった。平成29年度(2017年度)から4カ年の同支所での調査結果の概要を表3と図2に示した。漁獲サイズは、令和元年度(2019年度)とほぼ同サイズであった。

令和2年度(2020年度)の深海支所における漁獲状況を表4に示した。全漁獲尾数は491尾で前年度(令和元年度(2019年度):530尾)よりもやや減少した。調査した248尾のうち放流魚は、右鰭カットが7尾、左鰭カットが5尾であった。

表3 平成29年度(2017年度)~令和2年度(2020年度)に天草漁協深海支所で調査したトラフグの全長および体長

調査年度	平均		最大		最小	
	全長 cm	体長 cm	全長 cm	体長 cm	全長 cm	体長 cm
H29	46.1	38.6	65.0	56.0	38.0	30.5
H30	46.7	39.2	51.6	45.5	40.0	33.8
R1	48.2	41.1	69.5	59.3	38.6	31.8
R2	47.3	39.9	68.5	57.0	36.5	30.0

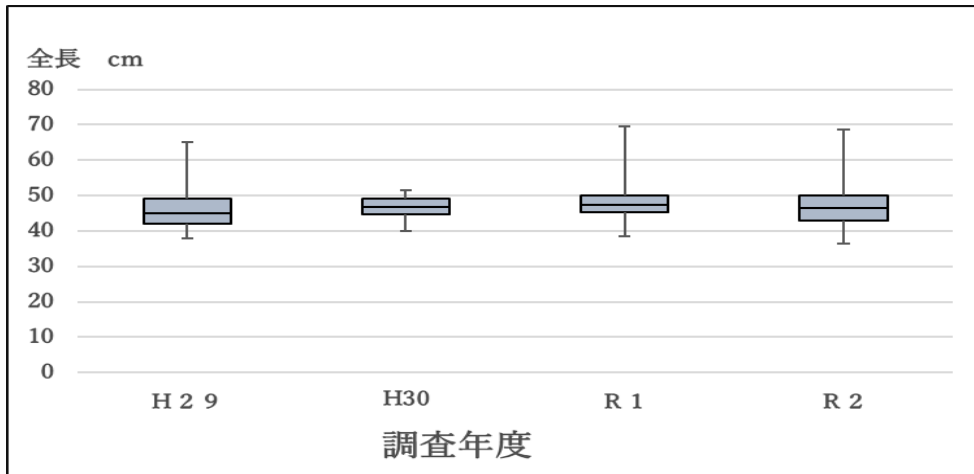


図3 平成29年度（2017年度）～令和2年度（2020年度）に天草漁協深海支所で調査したトラフグの全長の推移

表4 令和2年度（2020年度）の天草漁協深海支所における放流魚の漁獲状況

漁獲年度	漁獲量 (kg)	漁獲金額(円)	漁獲尾数	調査尾数	胸鰭カット魚尾数		胸鰭カット魚の割合	放流魚の漁獲金額(円)
					右	左		
R2	1,137	1,955,283	491	248	7	5	4.8%	94,610

有明海・八代海再生事業 I (令 達 平成30(2018)～) (クルマエビの放流効果調査)

令和2(2020)年度

緒 言

有明海においては、平成15年度（2003年度）から有明四県クルマエビ共同放流推進協議会によるクルマエビの放流事業が行われている。この放流事業は、沿海の福岡、佐賀、長崎及び熊本の四県が連携して実施した生態調査、標識放流技術開発および放流効果等に関する調査結果に基づいて行われているが、未だ漁獲量の減少傾向に歯止めがかかっていない。平成31年(2019年)の有明海（熊本有明）のクルマエビ漁獲量は8トンで（農林水産統計年報）、最盛期だった昭和61年（1986年）（321トン）の約2.5%にまで減少している。

そこで、本研究においては、クルマエビ（*Marsupenaeus japonicus*）の放流効果の向上と資源の回復を目指し、DNAを用いた親子判別による調査手法を用いて、有明四県における放流効果と放流サイズの違いによる放流効果の差異について調査した。

方 法

- 1 担当者 宗 達郎、荒木希世
- 2 調査項目および内容

(1) 標識種苗放流

放流には、DNAによる親子判別用（DNA標識）種苗として、公益財団法人くまもと里海づくり協会（以下「協会」という。）が生産した体長14mm種苗（以下「14mm種苗」という。）（K1～K5）、協会が生産し宇土市および網田漁協が海上囲い網で中間育成した海上中間育成群（K6）、協会が生産し民間養殖業者が中間育成した体長40mm種苗（以下「40mm種苗」という。）（K7）を用いた（表1）。

放流時期、放流場所及び放流サイズの違いによる放流効果の差異をみるため、令和2年(2020年)5月14日から7月2日の期間に、熊本県地先においてK1～K4(14mm種苗)、K6(海上中間育成群)、K7(40mm種苗)の6群を、福岡県地先においてK5(14mm種苗)の1群の合計7群を放流した（図1、表1）。

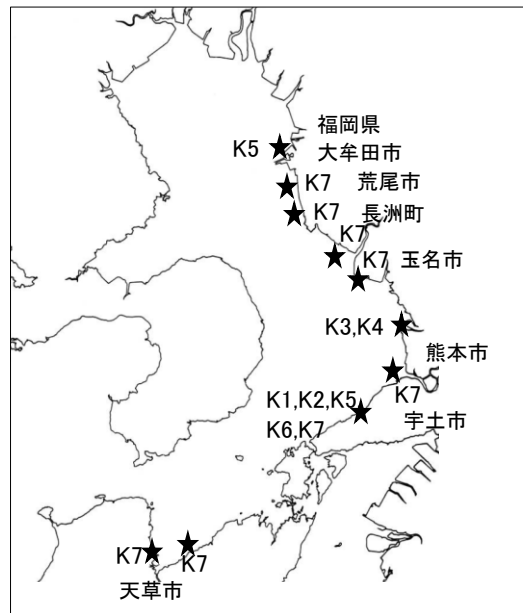


図1 種苗放流箇所

表1 標識種苗放流一覧

ロット名	放流区分	サイズ (mm)	放流尾数 (尾)	放流時期	放流日	放流場所
K1	14mm 緑川河口放流群①	14	1,482,000	5月	2020.5.14	熊本県地先
K2	14mm 緑川河口放流群②	14	1,039,000	6月	2020.6.11	熊本県地先
K3	14mm 白川河口放流群	14	951,000	5月	2020.5.18	熊本県地先
K4	14mm 白川河口放流群	14	1,214,000	7月	2020.7.20	熊本県地先
K5	14mm 大牟田放流群	14	625,000	5月	2020.5.21	福岡県地先(大牟田)
K6	海上中間育成放流群(漁協分)	33	430,000	7月	2020.7.4	熊本県地先
K7	40mm 広域放流群(4県共同放流分)	40	1,400,000	6～7月	2020.6.24-7.2	熊本県地先

(2) 漁獲量推定及び漁獲物調査

ア 漁獲量推定

熊本有明海でクルマエビの漁獲を行っている主要3漁協（沖新漁協、川口漁協、網田漁協）に各1隻の標本船を設定し、標本船の漁獲量等操業の記録を全て集計した。また、それ以外の11漁協については、延べ操業隻数を漁協へ聞き取り、漁獲量を推計した。天草有明海については島子漁協所属の1隻を標本船に設定し、天草漁協の漁獲量は水揚伝票調査で把握した。

集計に当たっては朔及び望の大潮を挟む13～15日間を1漁期（潮）とし、月に前期・後期の漁期を設定し、漁期毎に集計した。なお、令和2年（2020年）4月については、4月2日～4月16日（朔の大潮）を4月前期として設定した。

イ 県内漁獲物調査

標本船を設定している熊本有明海沿海3漁協から、原則1回／漁期の頻度となるよう漁獲物を購入した。得られた漁獲物は個体ごとに体長および体重を測定し、雌雄の別及び交尾栓の有無を確認した後、筋肉片を切り出して99.5%エタノールで常温保存し、民間業者に委託してDNA分析を行った。

ウ 県外漁獲物調査

有明海湾中部で操業している長崎県げんしき網漁の漁獲物を、令和2年（2020年）6月から11月の期間に毎月1回、長崎県島原漁協から購入した。購入した漁獲物は、「イ 県内漁獲物」と同様にDNA分析を行った。

(3) 放流効果調査

ア DNA分析による放流エビの検出

(ア) ミトコンドリアDNA分析

放流稚エビの生産に用いた親クルマエビ、(2)イで得られた漁獲物クルマエビのDNAを抽出し、ミトコンドリアDNA D-Loop領域をPCR反応によって増幅し、得られた増幅産物についてサイクルシーケンシング反応を行った。PCR反応にはプライマーF2（5'-AAAATGAAAGAATAAGCCAGGATAA-3'）及びPJCr-T（5'-AGTTTGTATCTTTGGGTAATGGTG-3'）を、また、サイクルシーケンシング反応にはプライマーF3（5'-GAAAGAATAAGCCAGGATAA-3'）を用いた（高木ら、未発表）。得られた増幅産物（約1,150bp）についてDNAシーケンサー（Applied Biosystems 3130xl）を用いて塩基配列（約800bp）を読み取った。

(イ) 親子のハプロタイプの分類・照合

(ア)により得られたミトコンドリアDNA標識の塩基配列（約800bp）から543bpの塩基配列を切り出し、DNA解析ソフト（MEGA、DnaSP version 5.0）を用いてアライメントとハプロタイプの決定を行い、親クルマエビと漁獲物（子）のハプロタイプとの照合を行った。

(ウ) マイクロサテライトDNA分析

マイクロサテライトDNA分析は(イ)により親及び親とハプロタイプが一致した個体について4つのマーカー遺伝子座（CSPJ002¹⁾、Mja4-04、Mja4-05、Mja5-06（未発表））の分析を行った。PCR反応で目的領域を増幅した後、DNAシーケンサー（Applied Biosystems 3130xl）を用いて増幅サイズを測定し、解析ソフト（株式会社Applied Biosystems社製 GeneMapper）を用いて遺伝子型を決定した。親の遺伝子型と一致し、かつ漁獲時期や体長等を考慮して合致する個体を放流種苗と判断した。また、Nullアリルは考慮せず、完全にアリルが一致した個体のみを親子関係とみなした。

イ 混入率及び回収率の推定

推定手法は有明四県クルマエビ共同放流事業で採用されている方法²⁾を用いた。

混入率及び回収率の推定は、まず、各漁期の漁獲サンプルを用いてDNA分析で放流種苗が含まれる割合を求め、各漁期の混入率とした。この値に各漁期の推定総漁獲尾数を乗じ、それらの合計を総回

収尾数とした。なお、漁獲重量から尾数への換算は、各漁期に得られたサンプルの平均体重を使用して算定した。

また、令和元年(2019年)の放流種苗が越年して令和2年(2020年)の漁獲された個体の混入率および回収率についても同様に算定した。

結果および考察

1 推定漁獲量

熊本有明海における漁期別漁獲量の推移を図2に示した。熊本有明海においては、6月前期から11月後期まで操業が行われ、漁獲のピークは10月前期の1.2トン、年間の推定漁獲量は3.6トン(対前年比133.1%)であった。

熊本有明海における漁期別の単位努力量当たり漁獲量(CPUE)の推移を図3に示した。CPUE(1日1隻当たり平均漁獲重量)は、漁期始まりから徐々に高くなり、ピークは10月前半の8.8kg/日・隻であった。令和2年(2020年)の延べ操業隻数は750隻であった。

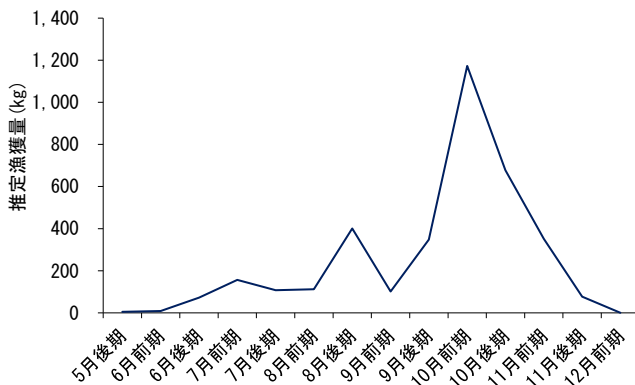


図2 熊本有明海における漁期別漁獲量の推移

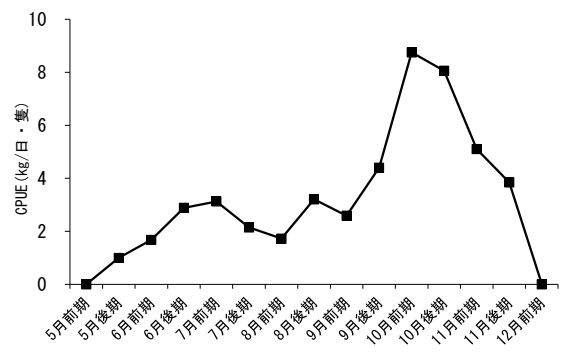


図3 熊本有明海における漁期別CPUEの推移

2 漁獲量の経年推移

平成15年(2003年)以降の熊本有明海域(荒尾~宇土市地先)における推定漁獲量の推移を図4に示した。平成15年(2003年)に26.3トンあった漁獲量は、平成24年(2012年)には3.6トンにまで減少し、令和2年(2020年)は3.6トンであった。

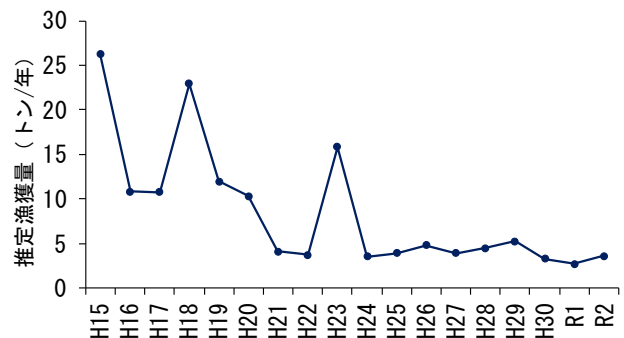


図4 熊本有明海における推定漁獲量の推移

3 放流群別の混入率及び回収率

ミトコンドリアDNA分析およびマイクロサテライトDNA分析により放流クルマエビと判定された個体から算出した各放流群の混入率及び回収率を表2および表3に示した。

令和元年(2019年)放流群の熊本県有明海と長崎県有明海における回収率は、放流年が14mm種苗で0.22~0.43%、40mm種苗が0.81~1.42%であった。放流翌年の回収率は、14mm種苗で0.03~0.18%、40mm種苗が0.27~0.54%で、放流年と翌年を合わせると、14mm種苗が0.31~0.47%、40mm種苗が1.08~1.96%であった(表2)。

令和2年(2020年)放流群の熊本県有明海と長崎県有明海における放流年の回収率は、14mm種苗が0.01~0.78%、40mm種苗が0.47%であった(表3)。放流種苗は6月後半から11月前半にかけて漁獲され、混入率が最

も高かったのは、8月後期のK7放流群の17.9%で、各放流群の混入率のピークは8月前期から9月前期の期間であった。

表2 令和元年(2019年)熊本県放流群の放流群別混入率及び回収率

放流群		19K1	19K2	19K3	19K4	19K5	19K6	19K7	
放流区分		14 mm 緑川河口 放流群①	14 mm 緑川河口 放流群②	14 mm 白川河口 放流群	14 mm 大牟田 放流群	海上 中間育成 放流群 (漁協放 流)	40 mm 広域放流群 (4 県共同放 流分)	40 mm 対照群	
放流尾数		1,900,000	744,000	2,321,000	892,000	480,000	1,400,000	130,000	
混入率	2019年	熊本有明海	2.55%	1.03%	1.18%	0.81%	0.53%	2.24%	0.56%
		長崎有明海	1.03%	0.34%	1.89%	0.00%	0.34%	4.13%	0.52%
	2020年	熊本有明海	0.24%	0.10%	0.39%	0.26%	0.10%	0.42%	0.20%
		長崎有明海	0.19%	0.19%	1.52%	0.00%	0.00%	1.90%	0.38%
回収率	2019年	熊本有明海	0.18%	0.35%	0.06%	0.19%	0.13%	0.27%	0.61%
		長崎有明海	0.08%	0.08%	0.16%	0.03%	0.01%	0.54%	0.81%
		合計	0.25%	0.43%	0.23%	0.22%	0.14%	0.81%	1.42%
	2020年	熊本有明海	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.01%	0.02%	0.15%
		長崎有明海	0.05%	0.03%	0.16%	0.12%	0.00%	0.25%	0.39%
		合計	0.05%	0.03%	0.18%	0.14%	0.01%	0.27%	0.54%
	総計		0.31%	0.47%	0.41%	0.36%	0.16%	1.08%	1.96%

表3 令和2年(2020年)熊本県放流群の放流群別混入率及び回収率

放流群		20K1	20K2	20K3	20K4	20K5	20K6	20K7	
放流区分		14 mm 緑川河口 放流群①	14 mm 緑川河口 放流群②	14 mm 白川河口 放流群①	14 mm 白川河口 放流群②	14 mm 大牟田 放流群	海上 中間育成 放流群 (漁協放流)	40 mm 広域放流群 (4 県共同放 流分)	
放流尾数		1,482,000	1,039,000	951,000	1,214,000	625,000	430,000	1,400,000	
混入率	2020年	熊本有明海	2.43%	0.83%	2.67%	0.07%	0.25%	1.08%	3.93%
		長崎有明海	0.95%	0.19%	1.14%	0.00%	0.38%	0.38%	0.95%
回収率	2020年	熊本有明海	0.13%	0.08%	0.33%	0.01%	0.06%	0.32%	0.30%
		長崎有明海	0.18%	0.02%	0.45%	0.00%	0.29%	0.26%	0.17%
		合計	0.30%	0.10%	0.78%	0.01%	0.35%	0.58%	0.47%

文 献

- 1) Moore, S. S., V. Whan, G. P. Davis, K. Byrne, D. J. S. Hetzel, N. Preston The development and application of genetic markers for the Kuruma prawn *Penaeus Japonicus*. *Aquaculture*. 1999; 173:19-32.
- 2) 伊藤. 有明海におけるクルマエビ共同放流事業. 日水誌2006, 72(3), 471-475

有明海・八代海再生事業Ⅱ（令 達 平成 27 (2015) ～ 令和 2 (2020) 年度）

（ガザミの放流効果調査）

緒 言

有明海におけるがざみ類の漁獲量は、農林水産統計年報によると、昭和 60 年（1985 年）の 1,781 トンをピークに、近年は 100 トン前後と低位である。また、本県海域においても、昭和 62 年（1987 年）の 284 トンをピークに、近年は 30 トン前後と低位で推移している。

このため、現在、ガザミ (*Portunus trituberculatus*) の資源回復を目指して、有明海沿海四県（福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県）において漁獲努力量の削減措置等の資源管理の取り組みや種苗放流を行っている。

本事業においては、より効果の高い放流手法の探索を行うことを目的として、平成 21 年度（2009 年度）から導入している DNA 標識を用いた親子判別手法による放流効果調査を実施した。

方 法

1 担当者 上原大知、荒木希世、竹中理佐（公益財団法人くまもと里海づくり協会）

2 調査内容

（1）種苗放流

ア 種苗放流場所および尾数

公益財団法人くまもと里海づくり協会で生産された C1（全甲幅長約 5mm）1,305 千尾及び C3（全甲幅長約 10mm）206 千尾の種苗を、令和 2 年（2020 年）6 月 5 日から 7 月 13 日にかけて、玉名郡長洲町および熊本市熊本港の砂泥質の干潟、上天草市大矢野町宮津湾のアマモ場に放流した（図 1、表 1）。

なお、放流群を識別するため、採卵用親ガザミと種苗の DNA を標識として用いた。

イ 種苗輸送方法の検討

種苗の輸送は、活魚水槽にノリ網を入れ、その中に種苗を収容しトラックで輸送する方法、ノリ網を入れたウナギ用二重袋（以下「ウナギ袋」という。）に 3 千尾程度ずつ収容し保冷した状態でトラック又は船舶で輸送する方法とした（表 1）。輸送方法の違いによる種苗への影響を調査するため、輸送前（出荷時）と輸送後（放流直前）の種苗（各 100 尾）を採取して 99.5%エタノールで固定し、当センターに持ち帰って実体顕微鏡下で鋏脚、歩脚、遊泳脚の脱落状態を判定した。脚の脱落率は以下の式のとおり算出し、輸送前と輸送後の脱落率の差を輸送による脱落率とした。

$$\text{輸送前または後の脚脱落率 (\%)} = (\text{輸送前または後の平均脱落脚数/脚数}) \times 100$$

$$\text{輸送による脱落率 (\%)} = \text{輸送後の脱落率} - \text{輸送前の脱落率}$$

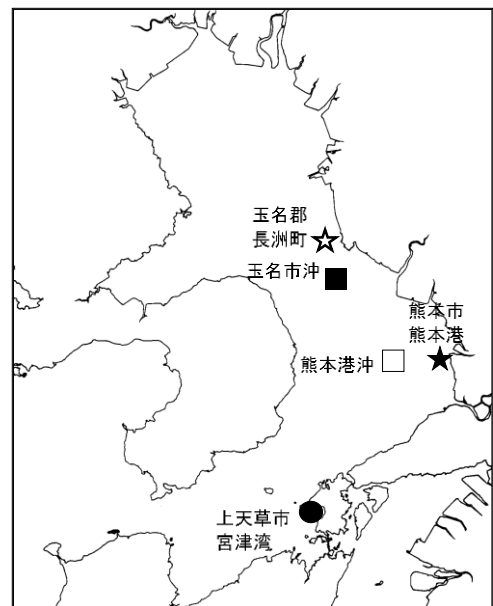


図 1 放流箇所

表1 DNA 標識種苗放流一覧

放流場所	放流日	収容・運搬方法	サイズ	尾数(尾)
玉名郡長洲町地先(☆)	令和2年(2020年)6月5日	活魚水槽、トラック	C1(全甲幅長約5mm)	258,000
熊本市熊本港(★)	令和2年(2020年)6月9日	活魚水槽、トラック		1,047,000
C1合計				1,305,000
上天草市宮津湾内(●)	令和2年(2020年)7月13日	ウナギ袋、船舶	C3(全甲幅長約10mm)	206,000
C3合計				206,000

(表中★、☆、●は図1に対応)

(2) 漁獲状況の把握

ア 漁獲物買取調査

放流ガザミを検出するため、有明海におけるすくい網漁業およびかに刺網漁業を営む漁業者が所属する漁業協同組合から、令和2年(2020年)5~10月の期間に1,833尾の漁獲物を購入した。これらについて、全甲幅長および重量を測定し、雌雄を判別した後、肉片を切り出して99.5%エタノールで固定し、DNA抽出のためのサンプルとした。

また、資源造成型栽培漁業の実証や抱卵個体の再放流効果を確認するため、漁獲物のうち一部の抱卵個体を、肉片サンプルと少量の卵塊を採取した後に上天草市湯島周辺海域へ再放流した。採取した卵塊は、通気培養してゾエアステージまで育成したのち99.5%エタノールで固定し、DNA抽出のためのサンプルとした。

イ 標本船調査による漁獲量等の推定

ガザミの漁獲量を推定するため、熊本県でガザミを漁獲する主な漁業種類である、たもすくい網漁業およびかに刺網漁業が営まれている地区から標本船を抽出して、操業日誌への記録を依頼した(たもすくい網6地区(熊本市沖新、上天草市大矢野町大手原、湯島、串、成合津、鳩の釜)6隻、かに刺網2地区(玉名郡長洲町、玉名市岱明町)2隻)。

記載項目は、操業日時、場所、水深、漁獲量、漁獲尾数、全甲幅長13cm以下の小型ガザミの再放流尾数、同地区から出漁した漁船数(操業隻数)、混獲物とした。これらのデータを用いて推定漁獲量(漁獲量に操業隻数を乗じた値)、小型ガザミ(全甲幅長13cm以下)再放流尾数および1日1隻あたりの漁獲量(CPUE)を算出した。

(3) 放流効果の算定

放流種苗、種苗生産に用いた親ガザミおよび漁獲物買取調査で得られたガザミのDNA分析は、筋肉部から抽出したマイクロサテライトDNAの8つのマーカー遺伝子座(PT38、PT69、PT720、PT322、PT659、C5、C6、C13)について、PCR反応で目的領域を増幅した後、増幅サイズをDNAシーケンサー(Applied Biosystems 3730xl)を用いて測定し、解析ソフト(株式会社Applied Biosystems社製GeneMapper)を用いて遺伝子型を決定した。

なお、DNAの抽出、マイクロサテライトDNAに係るシーケンスおよび解析等は、民間業者に委託した。委託分析の結果を基に、国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所(現水産技術研究所)が開発した親子判定ソフト「PARFEX」を用いて親子判定を実施し、各放流群の混入率および回収率を算定した。

(4) 移動生態調査

親ガザミの移動生態を把握するため、令和元年（2019年）11月～12月の期間に30尾（雄11尾、雌19尾）の漁獲物を入手し、背甲部に水温・水深データロガー（Lotek社製LAT1100）を装着して、玉名市沖（図1、■）に放流した。記録された水深および水温データから、再捕個体の行動歴を分析した。

令和2年（2020年）11月10日から17日にかけて30尾の漁獲物（全て雌）を入手し、令和元年（2019年）と同様に水温・水深データロガー（Lotek社製LAT1100）を装着して、玉名市沖（図1、■）および熊本港沖（図1、□）に15尾ずつ放流した。なお、放流個体は現在追跡中である。

結果および考察

1 種苗輸送方法の検討

C1については、長洲町地先放流群よりも輸送時間が短かった熊本港放流群の脚脱落率が高かった。これは、輸送に用いた活魚水槽への収容密度が約4倍高かったことに起因するものと考えられた（長洲町地先放流群：約12万尾/t、熊本港放流群：約50万尾/t）。また、宮津湾内放流群の鋏脚および歩脚の脱落率は負の値を示しており、これは輸送前と同程度であったものと判断した。

表2 放流種苗の脚脱落率一覧 (単位：%)

放流場所	サイズ	収容・運搬方法	輸送時間	鋏脚	歩脚	游泳脚
玉名郡長洲町地先	C1	活魚水槽、トラック	2時間	2.7	3.0	6.6
熊本市熊本港		活魚水槽、トラック	1時間30分	2.9	24.0	8.6
上天草市宮津湾内	C3	ウナギ袋、船舶	10分	-7.7	-0.1	2.5

2 標本船調査による漁獲量等の推定

標本船調査から、令和2年度（2020年度）の熊本県有明海海域におけるガザミ漁の操業隻数は2,126隻（対前年度比93%）、推定漁獲量は42.9トン（対前年度比95%）で、令和元年度（2019年度）並みであった（表3、表4）。また、全甲幅長13cm以下の推定再放流尾数は11,947尾で、令和元年度（2019年度）に続いて新規加入が多かったものと推察された（表5）。

漁業種類別の推定漁獲量は、たもすくい網が37.3トン（対前年度比93%）、かに刺網は5.6トン（対前年度比111%）であった。1日当たりの漁獲量（CPUE）は、たもすくい網21.8kg/日/隻（対前年度比100%）、かに刺網13.4kg/日/隻（対前年度比117%）で、両漁業種において漁獲量および漁獲努力量ともに令和元年度（2019年度）並みであった。

表3 延べ操業隻数 (単位：隻)

	平成30年度	令和元年度	令和2年度	前年比(R2/R1)
たもすくい網	1,314	1,848	1,711	93%
かに刺網	520	437	415	95%
合計	1,834	2,285	2,126	93%

表4 推定漁獲量 (単位：トン)

	平成30年度	令和元年度	令和2年度	前年比(R2/R1)
たもすくい網	22.2	40.2	37.3	93%
かに刺網	4.7	5.0	5.6	111%
合計	26.9	45.3	42.9	95%

※四捨五入の関係で各年度の漁業種類の合算値と合計の表示値が一致しないことがある。

表5 小型ガザミ（全甲幅長13cm以下）再放流尾数（単位：尾）

	平成30年度	令和元年度	令和2年度	前年比(R2/R1)
たもすくい網	885	7,810	9,787	125%
かに刺網	1,486	1,558	2,160	139%
合計	2,371	9,368	11,947	128%

表6 1日1隻当り漁獲量（CPUE）

（単位：kg/日/隻）

	平成30年度	令和元年度	令和2年度	前年比(R2/R1)
たもすくい網	16.9	21.8	21.8	100%
かに刺網	9.0	11.5	13.4	117%

3 放流効果の算定

(1) 令和元年度（2019年度）の熊本県放流群のうち令和元年度（2019年度）再捕分

平成元年（2019年）8月から12月にかけて、長洲町地先（計2尾）のほか、福岡県地先（計12尾）、佐賀県地先（計15尾）、長崎県地先（計1尾）で漁獲による再捕を確認した（図2）。

また、長洲町地先へ放流したR1K4群（C3、319千尾）、熊本港へ放流したR1K5群（C3、120千尾）のうち各1尾ずつが長洲町地先で再捕され、自県のみでの回収率はそれぞれ0.003%、0.01%で、熊本県地先におけるC1放流群の回収は確認できなかった（表7）。

(2) 平成30年度（2018年度）の熊本県放流群のうち平成30年度（2018年度）および令和元年度（2019年度）再捕分

令和元年（2019年）5月から11月にかけて、長洲町地先（計3尾）、熊本港沖（計2尾）、上天草市大矢野町（計2尾）のほか、佐賀県地先（計3尾）、長崎県地先（計31尾）で漁獲による再捕を確認した（図3、表8）。平成30年度（2018年度）中に再捕されたガザミも含めると、玉名市岱明町地先へ放流したH30K1群（C1、499千尾）、長洲町地先へ放流したH30K2群（C1、712千尾）、H30K4群（C3、190千尾）のうちそ

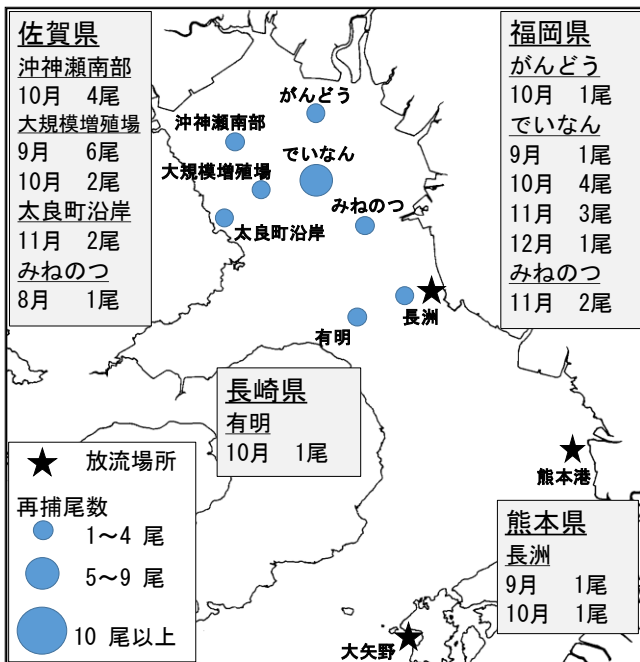


図2 令和元年度（2019年度）熊本県放流群の令和元年度（2019年度）再捕場所および尾数

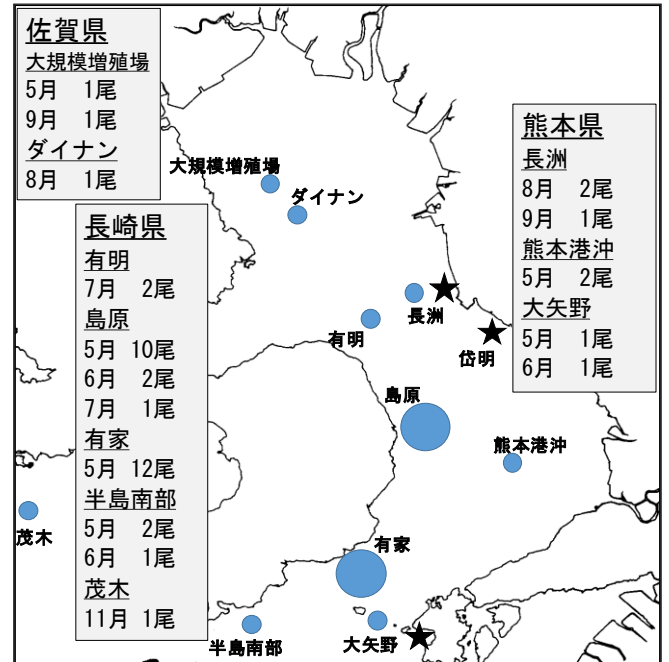


図3 平成30年度（2018年度）熊本県放流群の令和元年度（2019年度）再捕場所および尾数（越年再捕）

それぞれ3尾、23尾、11尾が長洲町地先、熊本港沖および上天草市大矢野町地先で再捕され、自県のみ回収率はそれぞれ0.01%、0.06%、0.28%であった(表7)。

4 移動生態調査

令和元年(2019年)11月19日に玉名市沖で放流した雄1個体(全甲幅長190mm)が、令和2年(2020年)5月26日に宇土市網田沖ですくい網漁業により再捕された。令和元年度放流群の回収尾数は30尾のうち当該1尾のみであった。放流から再捕までに再捕個体が装着していたロガーが記録した日平均水温、一日の最大および最小水深の推移を図4に示した。放流直後から3週間程度は水深15~20m程度の場所を移動している様子が伺えたが、水温が約17°Cに下がった12月上旬以降は潮位の変動のみが記録されていたため、水深約15mの一定の場所で留まったまま越冬したと考えられる。5月中旬に水温が約18°Cまで上昇した後は、夜間浮上と深場への移動を繰り返している様子が記録されていた。

表7 各放流群の熊本県海域での混入率および回収率一覧
(平成29年度(2017年度)~令和元年度(2019年度))

放流群	放流場所	放流日	サイズ	放流尾数	再捕尾数	混入率	回収重量(kg)	回収率
H29K1	長洲	平成29年6月16日	C3	152,000	4	0.07%	11.1	0.03%
H29K2	岱明	平成29年6月20日	C3	120,000	10	0.18%	65.0	0.23%
H29K3	岱明	平成29年6月20日	C3	252,000	12	0.21%	30.7	0.07%
H29K4	上天草	平成29年7月20日	C3	229,000	0	0%	0	0%
H30K1	岱明	平成30年6月5日	C1	499,000	3	0.08%	5.0	0.01%
H30K2	長洲	平成30年6月6日	C1	712,000	23	0.61%	102.7	0.06%
H30K3	長洲	平成30年6月14日	C3	70,000	0	0%	0	0%
H30K4	長洲	平成30年6月14日	C3	190,000	11	0.29%	163.8	0.28%
H30K5	上天草	平成30年7月20日	C3	142,000	0	0%	0	0%
R1K1	長洲	令和元年6月3日	C1	404,000	0	0%	0	0%
R1K2	長洲	令和元年6月3日	C1	305,000	0	0%	0	0%
R1K3	熊本港	令和元年6月4日	C1	462,000	0	0%	0	0%
R1K4	長洲	令和元年6月12日	C3	319,000	1	0.05%	1.4	0.003%
R1K5	熊本港	令和元年6月21日	C3	120,000	1	0.05%	2.6	0.01%
R1K6	上天草	令和元年7月11日	C3	182,000	0	0%	0	0%

表8 平成30年度(2018年度)熊本県放流群
の熊本県内における再捕箇所と再捕月

漁法	すくい網		刺網
	上天草	熊本港沖	長洲
平成30年度(2018年度)再捕尾数			
9月			23
10月			7
令和元年度(2019年度)再捕尾数			
5月	1	2	
6月	1		
8月			2
9月			1

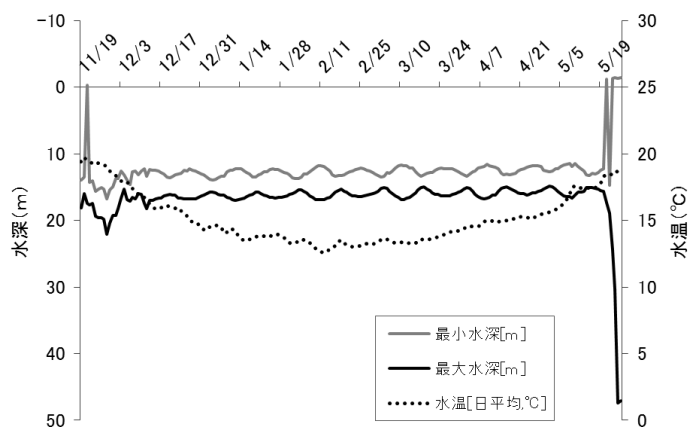


図4 標識放流個体が記録した水深と水温の推移

有明海・八代海再生事業Ⅲ（^{令 達} 平成 30（2018）～令和 2（2020）年度）

（マコガレイの放流技術開発）

緒 言

本県有明海海域におけるかれい類の漁獲量は、農林水産統計調査によると平成 4 年（1992 年）の 499 トンをピークに、平成 27 年（2015 年）には 32 トンにまで減少している。マコガレイ (*Pseudopleuronectes yokohamae*) は、このかれい類に含まれる高級魚で、主に刺網漁業で漁獲されている。

マコガレイの放流について、平成 17 年度（2005 年度）に大分県水産試験場が瀬戸内海の大分県地先における平成 14 年度（2002 年度）放流群（60mm サイズ）で 8.87% という回収率を報告している。この知見を基に、マコガレイの資源回復を目的として、平成 24 年度（2012 年度）から平成 27 年度（2015 年度）の 4 年間、試験放流を行うとともに、平成 24 年度（2012 年度）以降、その放流効果追跡調査を行い、本県海域におけるマコガレイの成長等を調査した。

また、平成 28 年度（2016 年度）から県内産のマコガレイ親魚を用いた種苗生産技術開発試験を、公益財団法人くまもと里海づくり協会（以下、「協会」という。）に委託して行った。

なお、平成 30 年度（2018 年度）からは、県内産親魚を用いた種苗の放流試験を行い、追跡調査を行っている。

方 法

- 1 担当者 木村修、荒木希世、吉富匡、水本哲郎（協会）、中村智司（協会）
- 2 調査内容

（1）マコガレイの種苗放流および追跡調査

有明海産の親魚から生産した種苗を有明海に放流し、成長・移動等を把握するためソリネットによる調査を行った。また、放流地点の海底にロガーを設置し、水温を測定した。

（2）マコガレイの成長、成熟および放流魚の混入率調査

本県海域におけるマコガレイの成長、成熟及び放流魚の混入率を把握するため、有明海において刺網漁業で漁獲されたマコガレイを熊本北部漁協、天草漁協上天草総合支所、島原漁協の 3 カ所から入手し、精密測定を行った。精密測定の項目は、全長、体長、雌雄、体重、生殖腺重量とした。併せて、耳石を採取し、輪紋を委託解析した。

（3）種苗生産技術開発

遺伝的多様性への影響リスクを低減する栽培漁業の実現に向け、県内産親魚を用いた種苗生産試験を協会が実施した。

なお、飼育にあたっては、飼育水は 16℃まで加温し、適宜注水、通気、藻類添加、底掃除を行った。餌料は、ワムシ、アルテミア、配合飼料を用いた。

結果および考察

- 1 マコガレイの種苗放流および追跡調査

（1）種苗放流

放流には、協会が令和元年度（2019 年度）に有明海産親魚を用いて生産したマコガレイ種苗を使用した。放流場所は、従来から実施してきた玉名郡長洲町地先と、昨年度の調査から小型種苗

の放流に適していると考えられる潮流が穏やかで閉鎖性の高い上天草市松島町地先の2カ所で実施した。令和2年(2020年)4月9日に平均全長17mm種苗74,000尾(うち33,000尾ALC1重染色)を上天草市松島町地先(昨年度の調査で放流適地と判断された地点)に、4月28日に平均全長20mmの種苗46,000尾(うち25,000尾ALC2重染色)を玉名郡長洲町地先に放流した(写真1、図1)。

(2) 放流後調査

令和2年(2020年)4月から9月まで、毎月1回、上天草市松島町地先の放流場所周辺で船舶および徒歩ソリネットによる調査(写真2)を行ったが、マコガレイ稚魚は採取されなかった。

一方で、同じ異体類のヒラメ稚魚は、天然魚、放流魚ともに採取されたことから(写真3、写真4)、放流地点およびその周辺は、異体類の生息には適している場所であると考えられる。採取されたヒラメのサイズおよび全長の推移を、表1と図2に示した。



写真1 放流種苗の積込



図1 上天草市地先の放流場所



写真2 上天草市地先における調査



写真3 上天草市地先で採取されたヒラメ
令和2年(2020年)4月27日調査



写真4 上天草市地先で採取されたヒラメ
令和2年(2020年)5月20日調査

表 1 採取されたヒラメの全長、体長および体重

	全長 mm	体長 mm	体重 g
4月27日	32.67	28.47	0.29
5月20日	36.27	27.18	0.35
	59.71	45.19	1.54
	48.24	35.31	0.96
6月15日	56.64	44.75	1.33
	88.56	73.79	4.97
	75.20	60.22	3.12

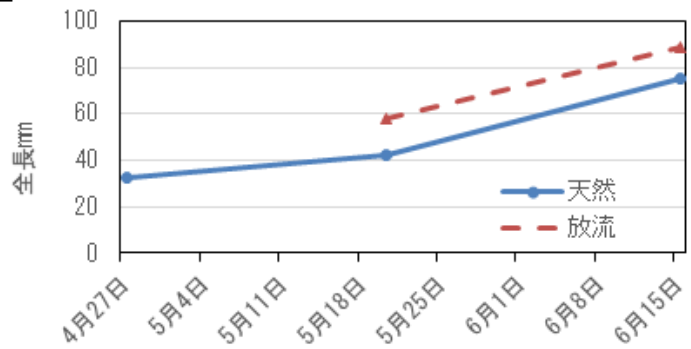


図 2 採取されたヒラメの全長の推移

(3) 放流地点の水温の推移

放流地点(地盤高 DL-0.5m)に水温ロガーを設置し、水温を連続観測した。日平均水温は、令和2年(2020年)4月上旬に15℃台であったが、7月下旬には25℃以上まで上昇した。日平均の最高水温は、8月下旬の28℃であった(図3)。1時間毎の最高水温の推移を図4に示した。7月2日にはマコガレイが忌避するとされる25℃を超えていたことから、放流地点付近に留まるのは7月頃までと考えられた。

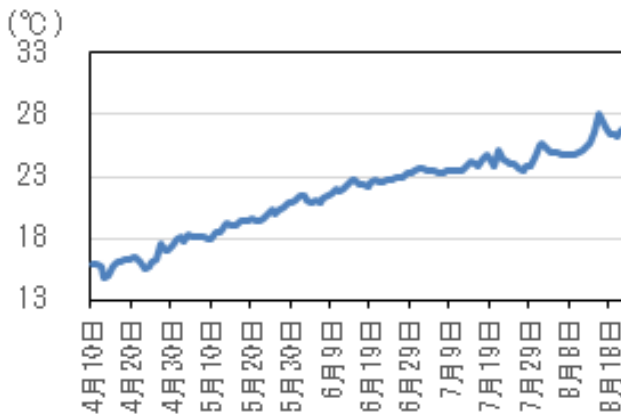


図 3 放流地点の日平均水温

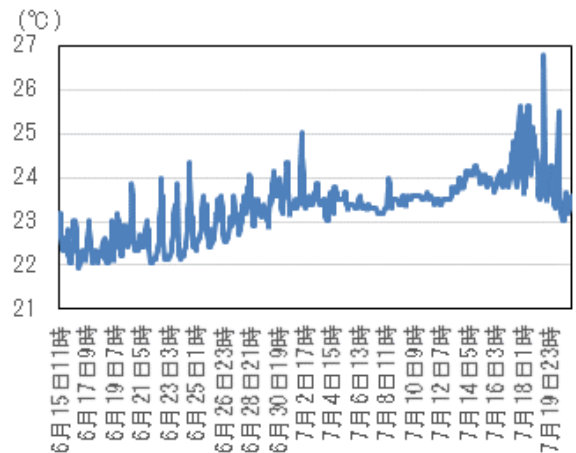


図 4 放流地点の1時間毎の水温

2 マコガレイの成長、成熟および放流魚の混入率調査

(1) マコガレイ放流魚の混入率

令和2年度(2020年度)はマコガレイの漁獲が少なく、54尾(有明海産13尾、八代海産41尾)について輪紋を委託解析したところ、放流魚は確認できなかった。これら54尾のうち、1才魚は0尾、2才魚(令和元年(2019年)生まれ)は10尾(うち8尾が有明海で漁獲)、3才魚は35尾(うち2尾が有明海で漁獲)、4才魚は5尾(うち1尾が有明海で漁獲)、5才魚が2尾(うち1尾が有明海で漁獲)、6才魚が2尾(うち1尾が有明海で漁獲)であった。漁獲物の年齢組成は、3才魚が最も多く65%、次が2才魚で19%であった(表2)。

マコガレイ放流魚の混入率の推移を図5に示した。平成28年度(2016年度)と平成29年度(2017年度)は放流を行っていないため、平成29年度(2017年度)と平成30年度(2018年度)の混入率は低下していたが、令和元年度(2019年度)は2才魚(平成30年(2018年)生まれ)が

57%と高い割合を占めたため、混入率が高くなった。令和2年度(2020年度)は、調査した54尾のうち平成30年(2018年)生まれが35尾(うち2尾が有明海で漁獲)含まれていたが、放流魚は全く確認できなかった。

表2 令和2(2020)年度に得られた漁獲物中の放流魚の割合

	放流年度	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	合計
	漁獲時の年齢	8才	7才	6才	5才	4才	3才	2才	1才	
放流尾数	20mm放流魚	—	—	—	—	—	204,000	80,000	120,000	404,000
	30mm放流魚	15,400	10,500	12,600	—	—	—	—	—	38,500
	70mm放流魚	4,200	11,000	6,900	—	—	—	—	—	22,100
	放流魚合計	19,600	21,500	19,500	—	—	204,000	80,000	120,000	464,600
令和2年度調査尾数		0	0	2	2	5	35	10	0	54
	20mm放流魚						0	0	0	0
	混入率						—	—	—	0.0%
	回収率						—	—	—	0.000%
漁獲された放流魚	30mm放流魚	0	0	0	—	—	—	—	—	0
	混入率	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0%
	回収率	—	—	—	—	—	—	—	—	0.000%
	70mm放流魚	0	0	0	—	—	—	—	—	0
	混入率	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0%
	回収率	—	—	—	—	—	—	—	—	0.000%
	全放流魚尾数	0	0	0	—	—	0	0	0	0
混入率	—	—	0.0%	—	—	0.0%	0.0%	—	0.0%	
回収率	0.000%	0.000%	0.000%	—	—	0.000%	0.000%	—	0.000%	

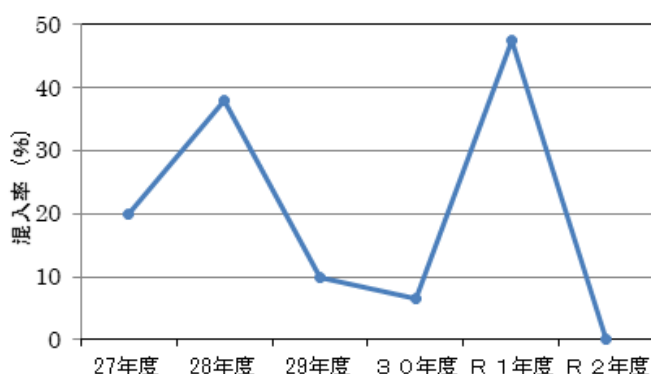


図5 マコガレイ放流魚の混入率の推移

(2) マコガレイの成長、成熟

調査魚の雌雄別の年齢別尾数と各年齢の平均全長を図6に、雌雄別の全長組成を図7に、雌雄別のGSI(生殖腺重量/(体重-生殖腺重量)×100)の推移を図8に示した。調査した個体は、全長235mm~372mmで平均全長284mm、体重133~850g、平均体重279gであった。雌雄の平均全長は、雌301mm、雄279mmであった。1才魚は得られなかったが、2才以降では雌の方が大型であった。GSIは、雌は1月が高かったが、雄ではピークは認められなかった(図8)。

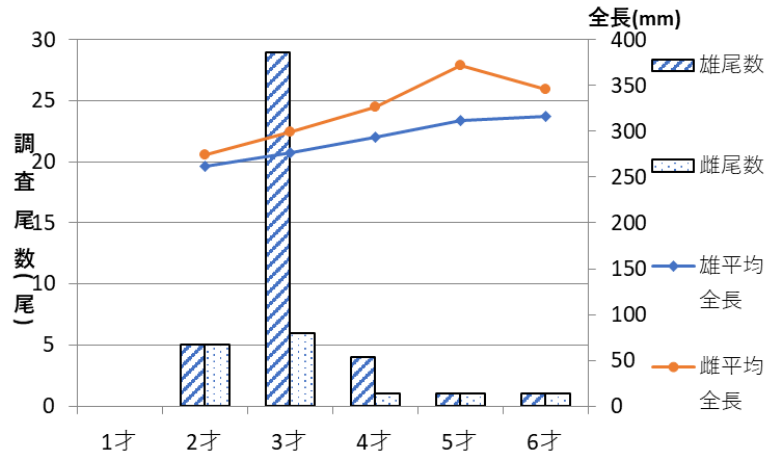


図6 雌雄別の年齢別尾数と各年齢の平均全長

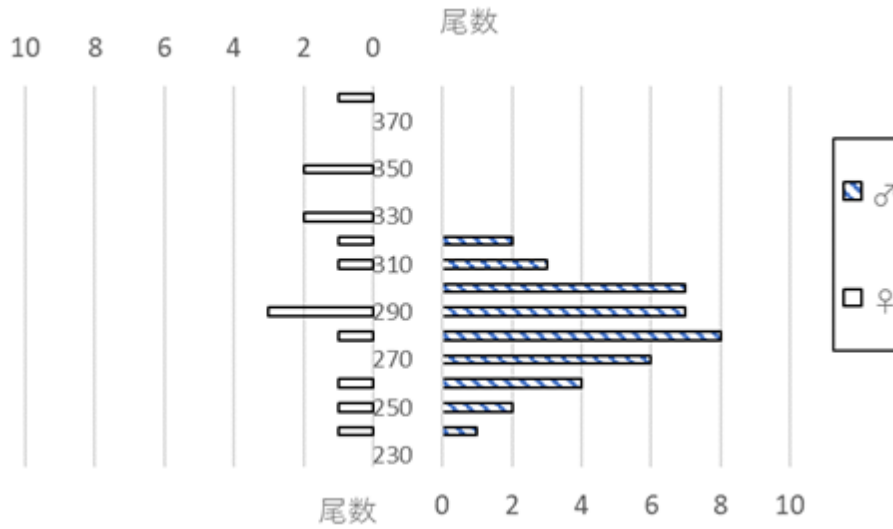


図7 雌雄別の全長組成

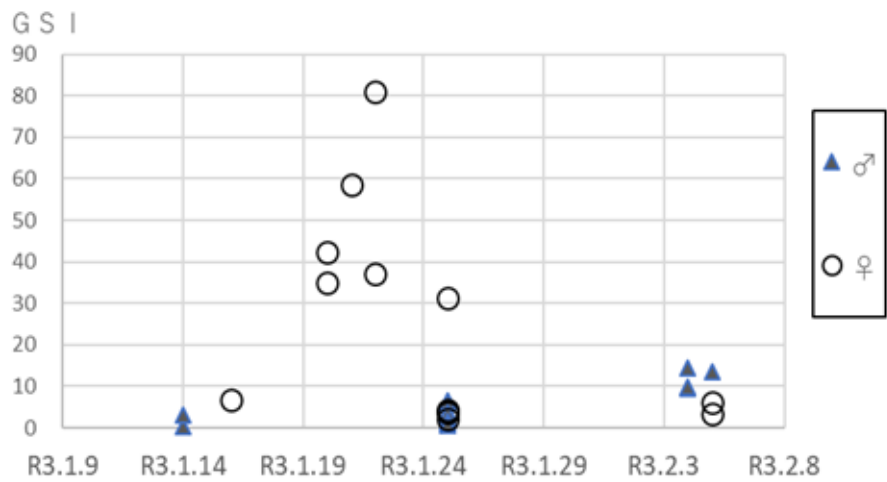


図8 雌雄別のGSIの推移

3 マコガレイの種苗生産技術開発

マコガレイ親魚は、令和3年(2021年)1月20日から2月5日にかけて長崎県島原漁協、天草漁協松島支所、有明町漁協から有明海産を雄5尾、雌5尾、八代海産を雄9尾、雌6尾を入手した。

令和3年(2021年)1月22日に有明海産雌4尾にゴナトロピンを注射し、1月25日に1,232千粒、1月26日に693千粒の合計1,925千粒を採卵した。雄は、1月25日は有明海産を4尾、1月26日は八代海産を4尾使用し、乾導法により受精させた。ふ化仔魚は、814千尾と682千尾の合計1,496尾を得た。ふ化率は、それぞれ66.1%と98.4%で、平均77.7%であった。

令和3年(2021年)2月1日に50トン水槽に518千尾、2月3日に別の50トン水槽に496千尾の合計1,014千尾のふ化仔魚を収容後、254千尾と243千尾の合計497千尾に密度調整し、それぞれ35、34日間飼育を行った。3月8日の時点で平均全長13.12mm、142千尾と、13.90mm、176千尾の合計318千尾の種苗を得た。生残率は、それぞれ55.9%と72.4%で、平均64.0%であった。

飼育期間中の水温は13.8～17.5℃、pHは8.03～8.42、D0(mg/l)は6.7～8.8であった。

今後は、両群ともに飼育を継続し、令和3年度(2021年度)に放流予定である。

アユ資源動向調査Ⅰ (単 県)

(平成 29 (2017) ~ 令和 3 (2021) 年度)

緒 言

近年、アユ (*Plecoglossus altivelis*) の遡上量や漁獲量は減少傾向にあることから、本事業においては、球磨川におけるアユの実態を把握するため、遡上動向及び仔アユ流下動向等の実態調査を行った。

方 法

- 1 担当者 宗 達郎、荒木希世
- 2 調査項目および内容

(1) 遡上稚アユ調査

ア 遡上数調査

球磨川における遡上稚魚量は、球磨川漁業協同組合が実施した稚アユすくい上げ日別尾数とした。

- a 時期：令和 2 年(2020 年)3 月から 4 月
- b 場所：球磨川堰左岸すくい上げ施設 (図 1)

イ サンプリング及びサイズ計測

令和 2 年(2020 年)3 月から 4 月までのおおむね月 2 回、すくい上げで採捕された稚アユを採取し、全長、体長および体重の測定を行い、エタノールで保存した。

(2) 流下仔アユ調査

調査は、次年度の遡上尾数との関係を算出するため、調査地点における流下仔アユ数から球磨川全体の流下総数を推定する方法で行った。

過去の調査結果において昼間の流下はほとんど見られなかったため、調査対象時間は原則として午後 6 時から午前 6 時までの夜間 12 時間とした。

また、調査の実施に際しては、同様に流下仔アユ調査を実施している国土交通省八代河川国道事務所 (以下「国交省」という。) の調査状況から、流下仔アユが増加しピークを迎えると推定される期間に調査を行い、国交省の調査結果と合わせて流下総数を推定した。

ア 時期及び回数：令和 2 年(2020 年)10 月から 12 月の 8 回 (うち 11 月の 2 回を当センターが実施)

イ 場所：球磨川堰右岸魚道 (図 1)

ウ 方法：ろ水計を装着したプランクトンネット (開口部直径 46cm、長さ 170cm、メッシュ NMG52 オープニング 335 μ m) を毎正時より 5 分間設置し、流下物を採集した。採集物は直ちにエタノールを添加し、持ち帰って仔アユ個体数を集計した。

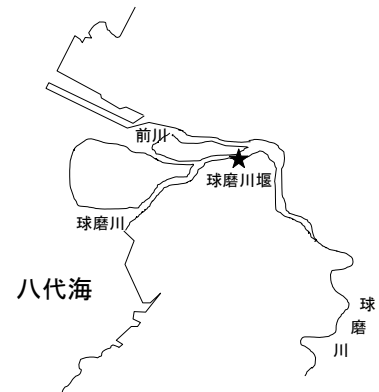


図 1 調査地点

結 果

1 調査項目別結果概要

(1) 遡上稚アユ調査

ア 遡上数

令和 2 年(2020 年)の漁協による遡上稚アユすくい上げは、令和 2 年(2020 年)3 月 12 日から 4 月 30 日まで実施された。すくい上げ尾数は、約 192 千尾 (前年比約 35.7%) と少なかった。1 日当りの遡上重量と遡上尾数の推移を図 2 に示す。

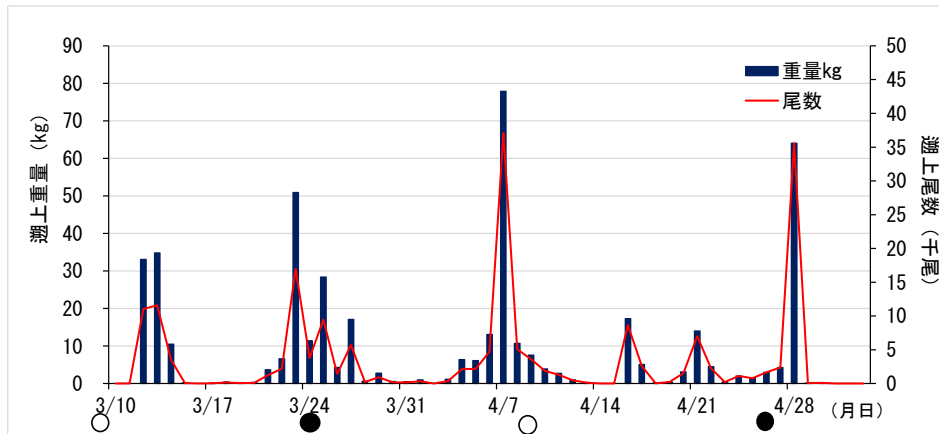


図2 1日当たり遡上量の推移 (○●大潮を示す)

イ 遡上稚アユのサイズ

遡上稚アユのサイズは、遡上の時期が早いほど魚体が大きい傾向を示した (表1)。

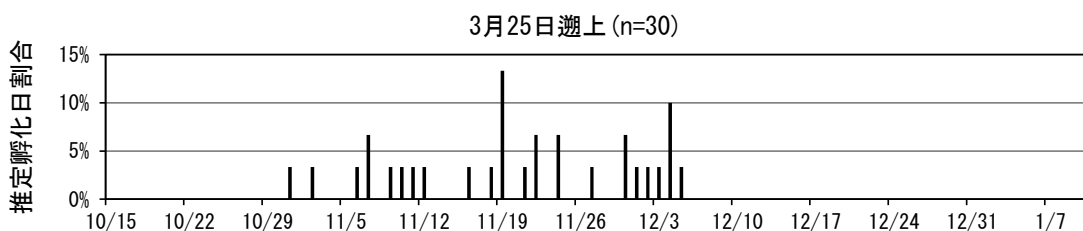
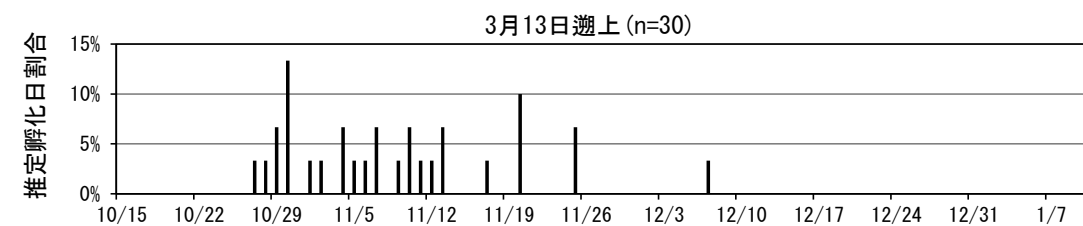
表1 遡上稚アユの採取尾別の平均全長と平均体重

採取日	サンプル数	平均全長(mm)	平均体重(g)
2020. 3. 13	99	65.5±5.1	2.7±0.8
2020. 3. 25	100	60.9±6.8	2.2±1.0
2020. 4. 7	100	58.4±4.7	1.8±0.6
2020. 4. 23	100	59.0±3.2	2.0±0.4

ウ 孵化日推定

採取した遡上稚アユのうち、各採取日の30個体について耳石分析を行い、採取日と輪紋数から孵化日を推定した。

各採取日別の推定孵化日は、令和2年(2020年)3月13日遡上が前年の10月27日から12月7日まで、3月25日遡上が前年の10月31日から12月5日まで、4月7日遡上が前年の11月11日から12月21日まで、4月23日遡上が前年の11月14日から1月6日までの期間であった (図3)。



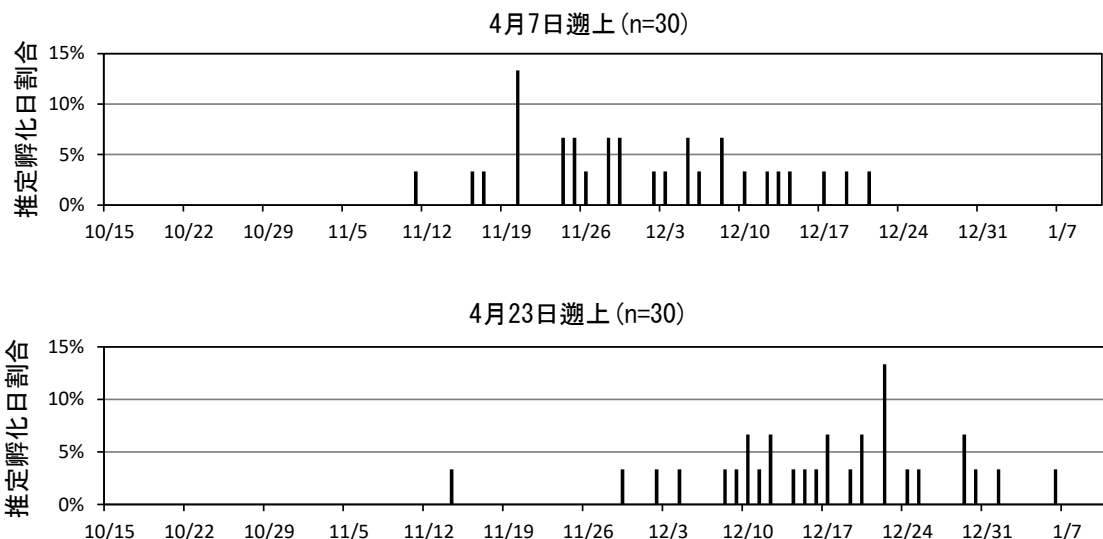


図3 令和2年(2020年)稚アユ遡上日別の推定孵化日

(2) 流下仔アユ調査

推定流下尾数は、毎正時5分間の採捕尾数及びろ水量から算出した個体数密度(尾/1,000 m³)を当該1時間の代表値とみなした。令和元年度(2019年度)までは、個体数密度に国交省による横石観測所の流量速報値(m³/sec)を用いた1時間累積流量(m³/h)を掛けて1時間当たりの流下個体数としていたが、令和2年7月豪雨災害の影響で流量速報値を用いることができなかったため、横石観測所の水位データから過去3ヶ年の平均流量を暫定的に用いて調査日毎の日間流下尾数を算出した。なお、球磨川堰の300m上流で前川が分流しているが、ここでは球磨川堰の観測値のみを用い、分流点より上流の横石流量を用いることで球磨川における総流下尾数として取り扱った。また、流下の開始日を令和2年(2020年)10月1日、流下の終了日を12月31日、1日当たり流下尾数は直線的に変化するものと仮定し、調査日以外の日(x)の流下尾数(y)は、直前の調査日(x1)の流下尾数(y1)、直後の調査日(x2)の流下尾数(y2)から $y=y1+(x-x1)(y2-y1)/(x2-x1)$ の線形補間により推定流下尾数を求めた(表2、図4)。

令和2年(2020年)10月1日から12月31日までの日間流下尾数の積算から令和2年(2020年)球磨川の流下仔アユの総尾数は88,374,474尾と推定した。

表2 仔アユの調査回(日)毎の推定流下尾数

回次	調査日	調査機関	日間推定流下尾数(尾)
1	2020.10.1	国交省	0
2	2020.10.15	国交省	114,840
3	2020.10.29	国交省	451,116
4	2020.11.5	水研	654,193
5	2020.11.12	国交省	1,470,343
6	2020.11.19	水研	5,324,574
7	2020.11.26	国交省	4,150,764
8	2020.12.3	国交省	45,936

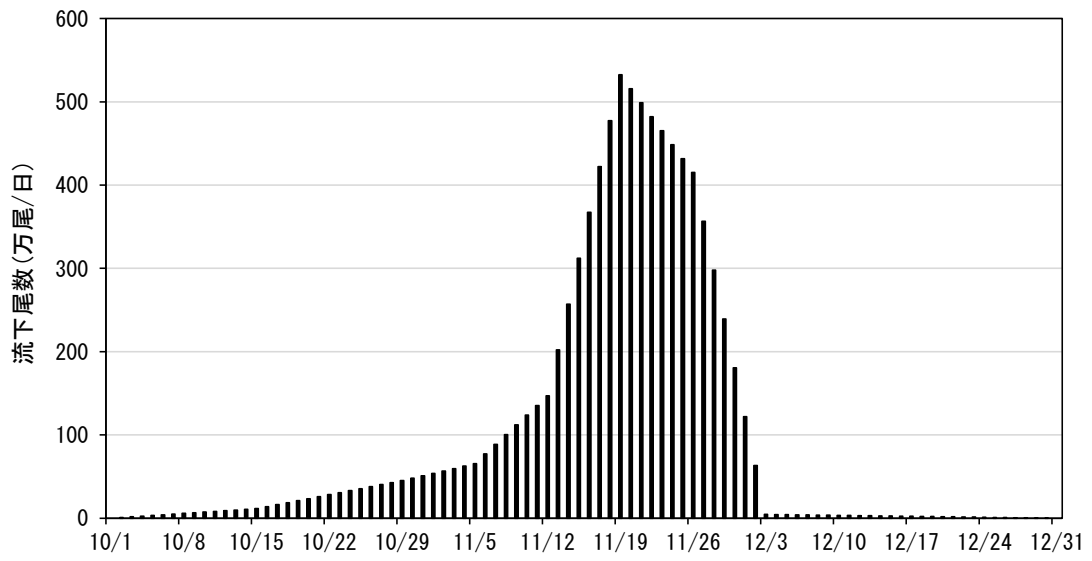


図4 1日当り推定アユ流下尾数の推移

アユ資源動向調査Ⅱ

(県 単
令和元(2019)～令和3(2021)年度)

(ウナギ資源動向調査)

緒 言

ニホンウナギは、その稚魚(シラスウナギ)の採捕量が長期的に低水準にあり、資源管理の必要性が高まっている。本県においては、回遊期のウナギの保護のため、漁期の制限などの取組みを実施しているが、その生態については未だ不明な点が多い。そこで、今後の資源管理方策立案に繋がる知見を得ることを目的に、主要市場から漁獲情報を収集することで資源動向を調査した。

方 法

- 1 担当者 荒木希世
- 2 調査内容

(1) ウナギ漁獲動向の把握

本調査においては、県内の主要なウナギ漁場である球磨川河口及び八代海湾奥部を調査対象域とした。これまでの聞き取り調査等の結果から、本地域で漁獲されるニホンウナギの約8割が八代共同魚市場(八代市港町)に水揚げされていることから、当該市場の水揚げ伝票を用いることで漁獲状況を把握した。

なお、本県においては、10月から翌3月まで採捕禁止期間となっている。図1に調査対象域を示す。



図1 調査対象域

結果および考察

1 ウナギ漁獲動向の把握

平成25年(2013年)を1.00とした場合の令和2年(2020年)までの取扱量は、0.78～1.24の範囲にあった(図2)。令和2年7月豪雨の直後も漁獲は行われ、令和2年(2020年)4月から9月までの月別の出荷人数・取扱量は、7月が最大であった。

令和2年(2020年)の平均のCPUEは4.0kg/人/取扱日で、平成25年(2013年)から令和元年(2019年)まで(2.6～3.1 kg/人/取扱日)よりも増加していた(図3)。令和2年(2020年)4月から9月までの月別のCPUEは2.5～5.5 kg/人/取扱日で、9月が最大であった。

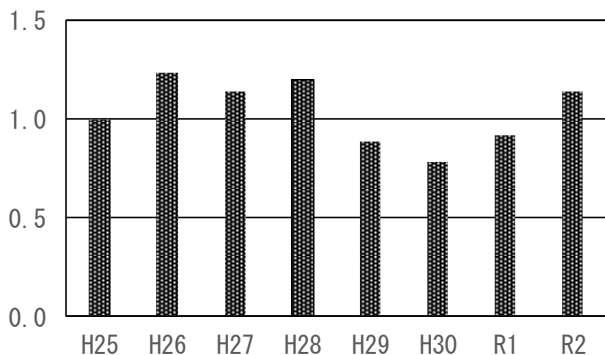


図2 八代共同魚市場のウナギ取扱量の推移
(平成25年を1.00とした)

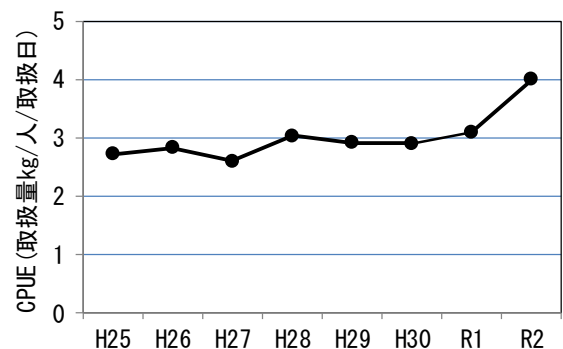


図3 球磨川河口・八代海湾奥のウナギ資源指数
CPUE(取扱量 kg/人/取扱日)の推移

なお、令和2年度(2020年度)の取扱いの変化を市場に確認したところ、八代海湾奥地区の集荷業者が取扱いを行わなくなったため、新規の出荷者が増えた(他地区からの新規者もあり)、とのことであった。令和元年(2019年)に出荷実績がなく、令和2年(2020年)に新たに出荷した漁業者の取扱量は、全体取扱量の約15%を占めていた。

令和2年(2020年)の市場取扱量から算出されたCPUEの増加要因を検討するため、漁獲に要する努力量(作業時に用いる針の本数や作業時間等)の経年変化が一定であると考えられるはえなわ漁業2隻の平成29年(2017年)から令和2年(2020年)までのCPUE(取扱量kg/隻/取扱日)の推移を図4に示した。2隻ともに令和2年(2020年)に目立った増加は認められないことから、資源の大きな変動は見受けられないと推察される。

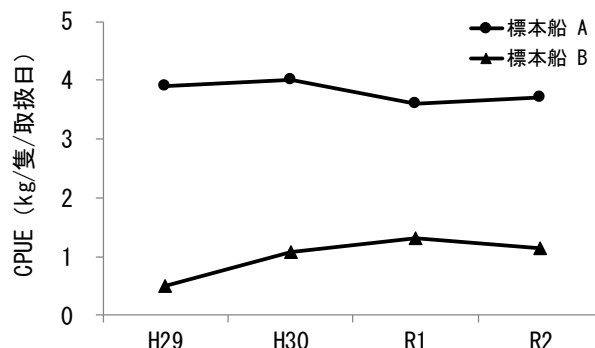


図4 うなぎはえなわ漁業における標本船のCPUE(取扱量kg/隻/取扱日)の推移

市場取扱伝票から推定された現在の漁獲動向(CPUE)からは、明確な漁獲圧の高まりや資源の変動は認められなかった。令和元年(2019年)以降、シラスウナギの採捕は好調であり、これらの群が漁獲されるのは、3歳以降(八代共同魚市場で取り扱われるウナギは150g/尾、3歳以上)である。ニホンウナギの資源量は長期的に低水準であることから、今後も漁獲動向を注視していく必要がある。

国庫JV
外部資金活用事業（平成30(2018)～令和4(2022)年度）
（漁場環境の変化に応じたアユ資源増殖技術開発調査事業）

緒言

近年の集中豪雨等による河川形状変化や濁水等による水質等の変化は、河川に生息するアユの資源量や漁獲量に影響を及ぼしていると考えられている。同様な状況は全国的にみられており、国立研究開発法人水産研究・教育機構等とのJV方式の共同研究により、漁場環境の変化に応じたアユ増殖手法の検討を行った。

方法

1 担当者 宗達郎、荒木希世

2 調査内容

（1）種苗放流

種苗放流には、くまもと里海づくり協会が中間育成したアユ人工種苗（球磨川遡上海産アユ F2）を使用した。早期小型群は令和2年（2020年）3月24日に平均体重2.5g（無標識）を1万尾、通常群は令和2年（2020年）4月17日に平均体重3.6g（全数脂鰭カット標識）を9,500尾、緑川水系御船川七滝地区の川嶋橋で放流した（図1）。

また、御船川に水温データロガー（Onset社製HoboペンダントロガーUA001）を設置して水温を連続観測するとともに、6月～9月に御船川で友釣り、投網および刺し網により漁獲されたアユを入手し、精密測定を行った。

なお、当該調査場所では本調査で放流した人工種苗以外の放流は行われておらず、天然遡上も困難な場所であることから、漁獲されたアユは全て当該放流群として取り扱った。



（2）釣獲状況調査

令和2年（2020年）6月（解禁日）から10月（漁期終了）までの期間に、緑川水系御船川における友釣りまたはがっくり掛けによる釣獲尾数やサイズ、釣獲時間等の日誌への記帳を、緑川漁業協同組合の漁業者10名に依頼し、釣獲状況を把握した。

結果

（1）種苗放流及び漁獲調査

友釣りにおいては、解禁日の令和2年（2020年）6月1日に漁獲されたアユは、早期小型群が平均体重51.9gで平均体重と放流から求めた日間成長率は4.4%（n=10）、通常群が平均体重42.8gで日間成長率5.5%（n=2）であった。7月は豪雨による増水のため、ほとんど漁獲することができなかったが、8月下旬には、早期小型群、通常群ともに平均体重が100g以上に、9月上旬には平均体重150g以上に成長していた。また、友釣りで漁獲された尾数は、解禁日から8月上旬までは早期小型群の割合が多かったが、8月下旬以降は通常群の漁獲割合が高くなった（図2、図3）。

投網・刺し網においては、令和2年（2020年）6月8日に漁獲された早期小型群は平均体重53.7g、日間成

長率4.1%(n=14)で、通常群が平均体重49.0g、日間成長率5.0%(n=4)であった。8月18日に漁獲された早期小型群は平均72.2g(n=2)、通常群が平均79.3g(n=2)で、同時期に友釣りで漁獲されたアユよりも平均体重が小さかった(図4、図5)。

御船川七滝地区における日平均水温は、早期小型群放流日(3月24日)が13.4℃、通常群放流日(4月17日)が14.3℃であった。月平均水温は4月が13.8℃、5月が17.6℃、6月が19.4℃であった(図6)。

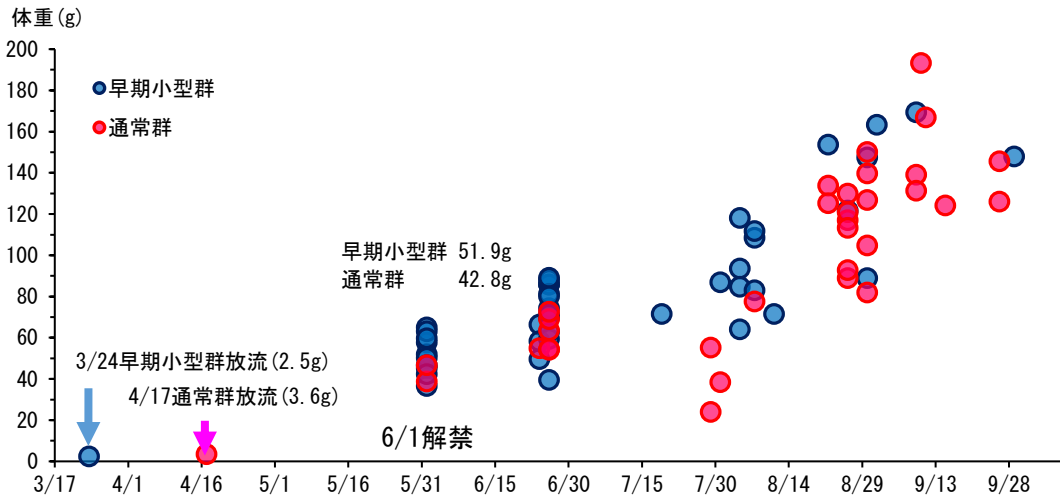


図2 友釣りで漁獲された魚体重の推移

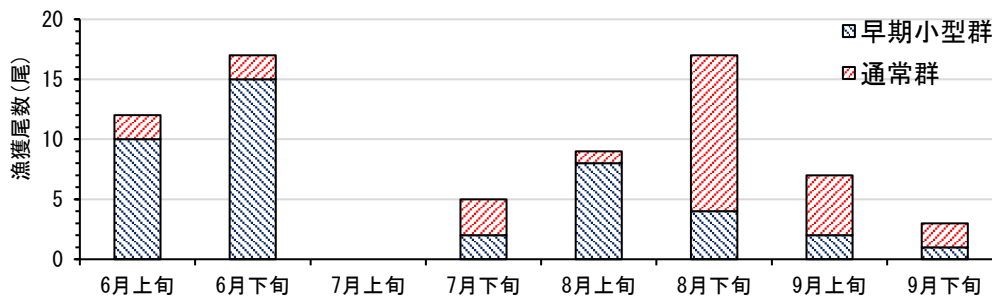


図3 友釣りにおける旬別漁獲尾数

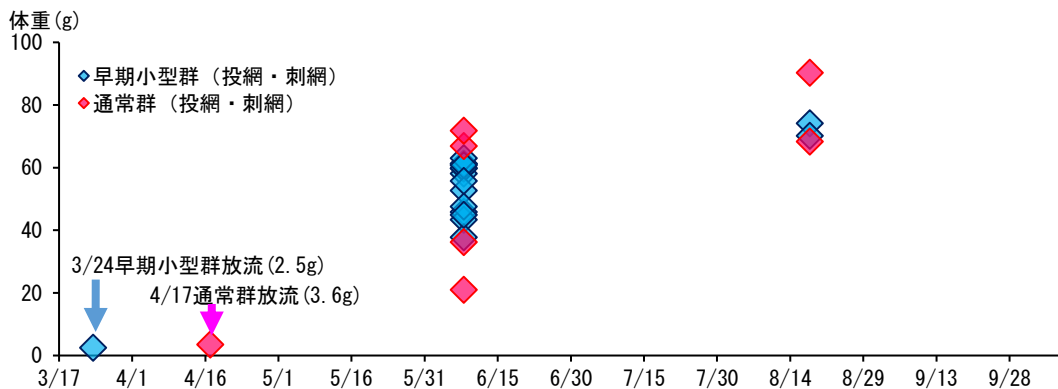


図4 投網・刺し網で漁獲された魚体重の推移

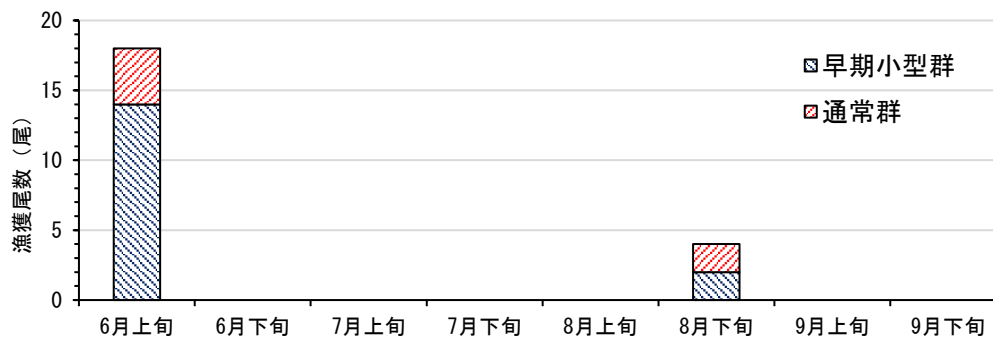


図5 投網・刺し網における旬別漁獲尾数

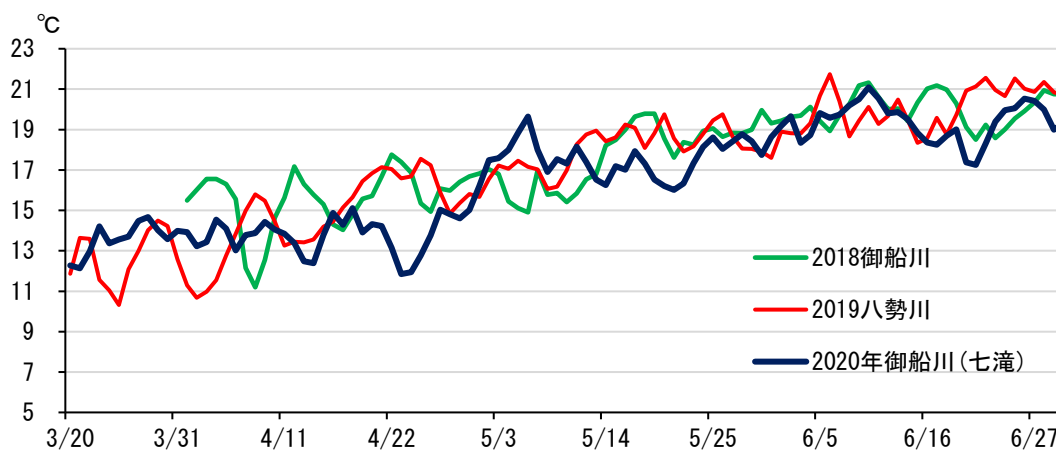


図6 御船川水系における日平均水温の推移

(2) 釣獲状況調査

御船川では、令和2年(2020年)6~9月は友釣り、10月のがっかり掛けでの釣獲が行われている。月平均のCPUEは、6月が0.9尾/時間、7月が0.5尾/時間、8月が0.2尾/時間、9月および10月が0.0尾/時間で、10月のがっかり掛けによる釣獲は0尾であった(表1)。

また、釣獲されたアユの全長は、6月は15~20cmが90%、7月は15~20cmが100%で、8月は20~25cmが60%以上を占めており、9月は25cm以上(n=1)であった(図7)。

なお、緑川水系全体では、例年に比べると、漁獲が極めて低調で、6~7月のサイズも小型であった。

表1 御船川アユ釣獲日誌結果

	6月	7月	8月	9月	10月
漁法	友釣り				がっかり掛け
釣獲回数	10	1	10	6	5
釣獲時間	45.5	4	48	21.7	16.8
釣獲尾数	40	2	8	1	0

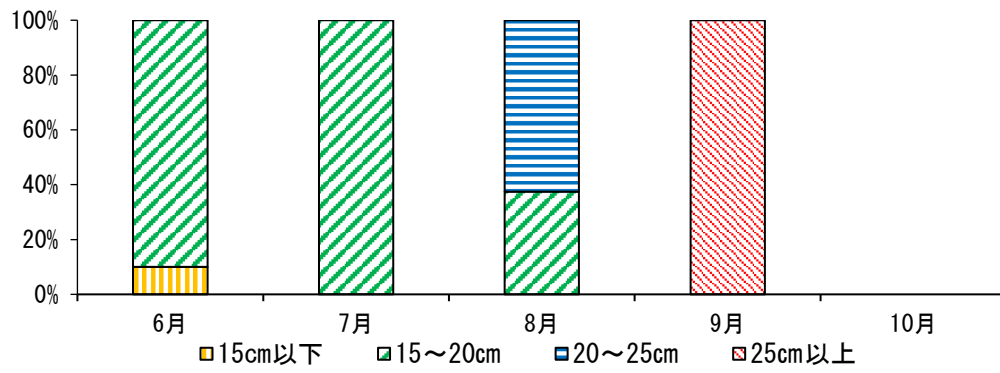


図7 御船川釣獲日誌のアユ全長組成

水産研究イノベーション加速化事業Ⅰ（県 単 令和元（2019）～令和3（2021）年度） (八代海タチウオ等生態解明共同研究)

緒 言

我が国におけるタチウオ日本海・東シナ海系群の漁獲量は、以西底曳網漁業の衰退とともに急減した。一方、中国によるタチウオの漁獲量は1994年以降急増し、現在、タチウオ日本海・東シナ海系群における漁獲量の99.5%以上は周辺国によるものである。芦北町漁業協同組合(以下「芦北町漁協」という。)が、八代海で漁獲されるタチウオを田浦銀太刀としてブランド化する取組を行うなど、タチウオは本県において重要な水産資源であるが、八代海を含む熊本県周辺海域と日本海・東シナ海のタチウオ資源が共通のものであれば、周辺国の漁獲圧による本県周辺海域資源への影響は不可避と考えられる。

そこで、八代海におけるタチウオ資源の持続的活用手法を関係者に提示するため、大学などと連携して本県周辺海域と日本海・東シナ海におけるタチウオが同一群か否かを明らかにすること、安定的なタチウオの水揚げおよびブランド化の推進のため、成熟や産卵状況等の生態を明らかにすることを目的に本事業を行った。

方 法

1 担当者 木村 修、荒木希世、吉富 匠、白井厚太郎（東京大学）、望岡典隆（九州大学）

2 調査内容

(1) 漁獲物の収集

①東シナ海漁獲物(成魚)、②八代海幼魚(八代海で漁獲された全長概ね50cm以下の個体)、③八代海漁獲物(成魚)について、令和2年(2020年)4月から令和2年(2020年)12月まで買取りにより漁獲物を収集した。また、令和2年度(2020年度)は有明海においてタチウオが豊漁であり、八代海の漁獲物との違いの有無を確認するため④有明海の漁獲物も収集した(図1)。

東シナ海の漁獲物は、棒受網で漁獲されたものを天草漁協牛深総合支所から入手した。底曳網は令和元年度(2019年度)に続き長崎県長崎市の山田水産(株)からの入手を試みたが、新型コロナウイルスの影響で操業が行われず、入手できなかった。八代海の漁獲物のうち、曳釣りは芦北町漁協田浦本所、吾智網は芦北町漁協芦北支所、羽瀬網は八代漁協から入手した。

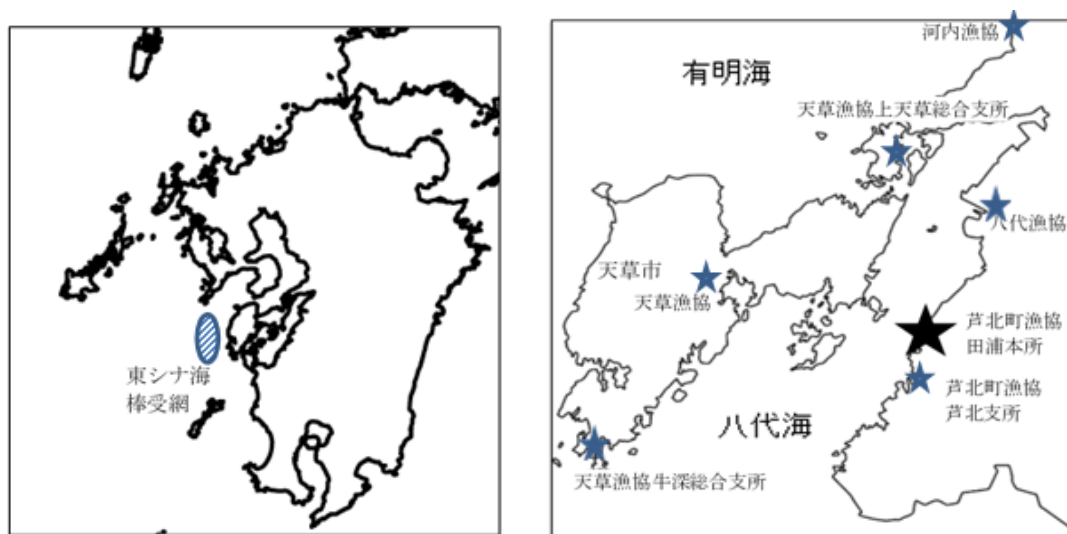


図1 漁獲物の収集位置図(左図:①東シナ海漁獲物、右図:②八代海幼魚③八代海漁獲物④有明海)

(2) 耳石輪紋解析

漁獲物から採取した耳石の切片作製および輪紋解析は、民間業者に委託して実施した。

令和元年度（2019年度）に採取した25検体および令和2年度（2020年度）に採取した80検体の合計105検体を、耳石の長軸方向に直角で、かつ耳石（扁平石）の中心部を残すように耳石切片を作成して輪紋解析を行った。

なお、解析には、東シナ海漁獲物20検体（うち10検体は令和元年度（2019年度）採取）、八代海幼魚10検体、八代海漁獲物55検体（うち15検体は令和元年度（2019年度）採取）、有明海漁獲物20検体、合計105検体を用いた。

(3) 耳石中の微量元素の分析及び八代海産まれ個体の判別方法の検討

(2) 耳石輪紋解析で作製した耳石切片105検体について微量元素の分析を行い、八代海産まれ個体の割合を検討した。また、有明海漁獲物と八代海漁獲物との差異も検討した。分析は平成30年度（2018年度）から継続している東京大学大気海洋研究所の研究受託制度を活用し、LA-ICP-MS分析（レーザー照射型誘導結合プラズマ質量分析）を行った。耳石中の微量元素の測定方法は、耳石中心核から縁辺まで幼魚および未成年魚は直径75 μ m、成魚は100 μ mのスポットで、レーザー波長193nm、発信周波数20Hz以下の条件で、Ca、Mn、Sr、Mg、Baについて測定した（図2）。八代海産まれ個体の判別方法には、平成30年度（2018年度）の結果からMn/Ca比およびSr/Ca比を用いた。

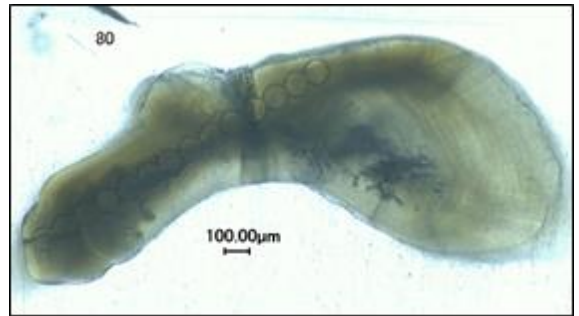


図2 タチウオの耳石切片（LA-ICP-MS分析後）

(4) 八代海産まれと東シナ海産まれの個体の形態および体色による判別の可能性の検討

東シナ海で産まれた個体は、耳石中心部の微量元素の濃度比（Mn/Ca：中心部の3点平均で0.01mmol/mol以下）で判別できると考えられるが、形態や体色の特徴で判別できないか、頭部の各部位の長さ、角度、体色と、微量元素の濃度との関係を調べた。

令和2年（2020年）3月の吾智網の漁獲物について、①眼球の上部から顎下、②眼球径、③吻端から胸鰭付け根、④吻端から眼球後端、⑤吻端の角度、⑥鰓下と体の角度、⑦鰓後端の角度を計測した（図3）。

また、令和2年（2020年）8月の曳釣りおよび9月の刺網の漁獲物について、頭部写真から画像計測ソフト（ImageJ）を用いて③、⑥、⑦を計測するとともに、体色を色差計（ミノルタCM-700d）で背中側2点と腹側1点の合計3点を測定した。指標としての数値はL値を用いた。

(5) 資源への加入が多い時期の検討

本県海域におけるタチウオの産卵期（4月から11月頃まで）のうち、どの時期の産卵が最も資源加入に貢献しているかを検討した。

耳石の輪紋は春頃に形成されるので、第1輪径の頻度分布のピークが産卵盛期もしくは資源への添加が多い時期を示すと考えられる。このため、平成29年度（2017年）から令和2年度（2020年）にかけて輪紋解析を行ったサンプルを用いて、耳石横断面の中心から第1輪までの距離を計測した。なお、計測は、耳石写真を画像計測ソフト（ImageJ）で計測する方法で行い、耳石短軸方向を計測し、透明体から不透明体へ変わる部分を輪紋とした。

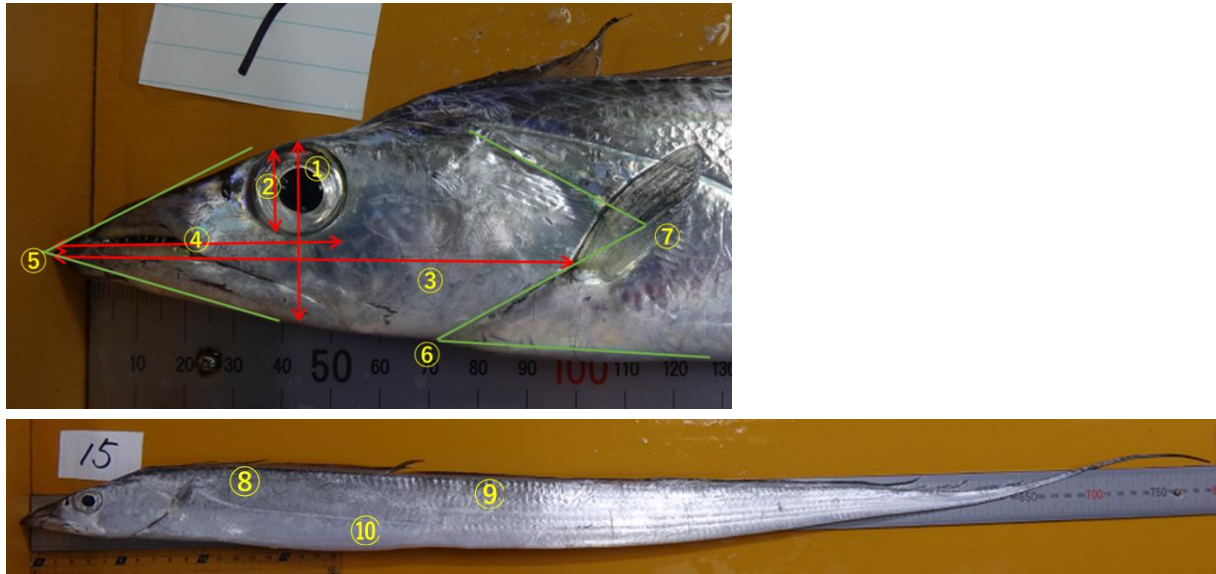


図3 タチウオの形態計測部位

(6) 漁獲物データによる年別、月別、サイズ別の漁獲量の把握

天草漁協御所浦支所及び芦北町漁協田浦本所の令和2年(2020年)のタチウオの漁獲データを整理・集計し、漁獲状況を把握した。

(7) 漁獲物データ、耳石輪紋解析データを活用したAGE-WEIGHT-KEYの作成および資源量の推定

(6) および平成29年度(2017年度)～令和2年度(2020年度)に実施した耳石の輪紋解析データを用いて、平成25年(2013年)～令和元年(2019年)の本県海域のタチウオ資源量を推定した。

結果

1 漁獲物の収集

表1のとおり合計309尾の漁獲物を収集した。

表1 令和2年度(2020年度)の海域別、漁法別、漁獲物一覧

(単位:尾)

	漁業種類	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
東シナ海	まき網									15			
	定置網								43				
	棒受け網						14						
	底曳網												
八代海	曳釣り					36							
	刺網							29					
	吾智網												
	羽瀬網			63									
	まき網												
有明海	定置網												
	刺網			32									
	曳釣り						77						

2 耳石輪紋解析

輪紋ごとの全長、肛門前長、体重の測定結果を表2に示した。

表2 耳石輪紋解析

輪紋数	全長mm			肛門前長mm			体重g			検体数
	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	
0本	328	408	236	100	137	72	14.3	30.9	4.0	21
1本	604	788	334	188	250	100	112.4	227.4	13.1	17
2本	797	917	676	259	311	222	272.9	408.8	170.8	28
3本	957	1072	823	335	377	283	502.8	787.6	322.0	18
4本	1047	1120	928	390	411	357	784.7	965.8	637.8	6

3 耳石中の微量元素の分析による八代海産まれ個体の割合の推定および有明海漁獲物の耳石中微量元素濃度の推移

(1) 漁獲海域毎の耳石のMn/Ca比(mmol/mol)

ア 東シナ海漁獲物(棒受網)

令和元年(2019年)10月の東シナ海棒受網漁獲物の測定結果を図4に示した。Mn/Ca比の測定値は、10個体のうち6個体が0.01以下で推移した。0.01を超える値を示した4個体のうち2個体については0.01を僅かに超えている計測点が1点で、残る2個体も0.016と0.014が1測点あるのみで全体としては、概ね0.01以下で推移していた。

東シナ海棒受網の令和2年(2020年)9月の漁獲物の測定結果を図5に示した。Mn/Ca比の測定値は、先に示した令和元年(2019年)10月の漁獲物とはパターンが異なり、0.01以下で推移している個体は9個体中2個体で、0.01以上で推移した7個体のうち3個体は0.02以上、うち2個体は0.04以上の測点もあった。

イ 八代海幼魚(羽瀬網)

八代海幼魚(令和2年(2020年)6月、八代市沖羽瀬網)のMn/Ca比の測定結果を図6に示した。概ね0.01以下で推移する個体は10個体中5個体で、0.01を超えた個体でもピークは0.025と低い値を示した。

ウ 八代海漁獲物(吾智網、曳釣り、刺網)

八代海漁獲物(令和2年(2020年)3月、吾智網)のMn/Ca比の測定結果を図7に示した。全体的に変動幅が大きく、ピーク値は0.057であった。

八代海漁獲物(令和2年(2020年)8月、曳釣り)のMn/Ca比の測定結果を図8に示した。先に示した吾智網(図6)に似たパターンで、ピーク値は0.070であった。

八代海漁獲物(令和2年(2020年)9月、刺網)のMn/Ca比の測定結果を図9に示した。先述した吾智網、曳釣りに類似したパターンで、ピーク値は0.054であった。

エ 有明海漁獲物(刺網、曳釣り)

有明海漁獲物(令和2年(2020年)6月、刺網)のMn/Ca比の測定結果を図10に、有明海漁獲物のうち未成魚(令和2年(2020年)9月、曳釣り)のMn/Ca比の測定結果を図11に示した。両者に共通する特徴として中心から300 μ m付近までの値が低く推移しており、八代海漁獲物(図7~9)のパターンとは異なっていた。

オ 得られた数値について

東シナ海の漁獲物について、サンプルの入手ができた令和元年(2019年)10月と令和2年(2020年)9月の棒受け網の個体を比較すると、異なる傾向が確認された。令和元年(2019年)10月の個体は、これまで分析した平成30年度(2018年度)と令和元年度(2019年度)の東シナ海の底曳網の漁獲物と同様にほとんどの測点でMn/Ca比0.01以下の値を示した。一方、令和2年(2020年)9月の個体は、令和元年度(201

年度)に分析した平成30年(2018年)11月の東シナ海の定置網漁獲物に類似しており、耳石中心から300 μm 付近から数値が上昇するパターンを示した。これらのことから、本県沿岸域(東シナ海)のタチウオは、東シナ海(外海)で生まれた後そのまま東シナ海に生息するものと、生まれた後にマンガン濃度の高い内海域(八代海)に移動して再び東シナ海に移動する個体から形成されていることが示唆された。

八代海幼魚については、令和元年度(2019年度)に分析した令和元年度(2019年度)4月の栖本沖まき網の個体に似ており、Mn/Ca比0.01以下から0.02程度までの範囲を小さく変動するパターンを示した。これは八代海の湾口や外海(東シナ海)付近のMn濃度の低いところで生まれ、その後八代海の湾奥へと移動してきた個体であると考えられた。

八代海漁獲物については、平成30年度(2018年度)と令和元年度(2019年度)の解析結果と同様に、耳石中心部のMn濃度が低い個体と高い個体の両方が確認された。このことは、八代海のタチウオが東シナ海から移動してきた個体と八代海内で生まれ育った個体の両方から構成されていることを示す結果である。

有明海漁獲物については、Mn/Ca比の推移パターンが八代海漁獲物とは異なっており、図5の東シナ海棒受網(令和2年(2020年)9月)の漁獲物に類似していた。Mn濃度の低い東シナ海(外海)とMn濃度が高いと考えられる有明海内を広く移動しているものと推察された。

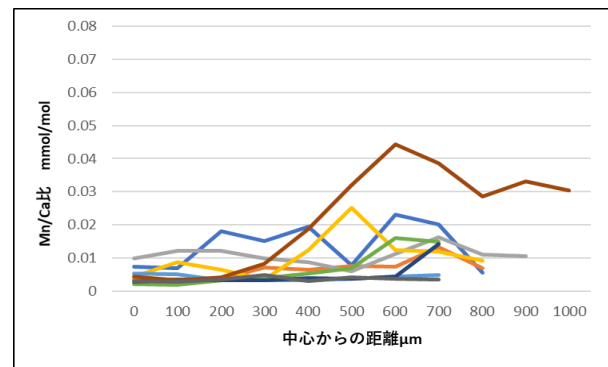
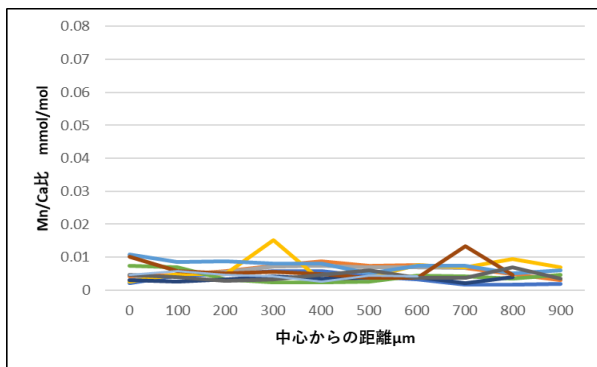


図4 東シナ海漁獲物(棒受網2019.10)の耳石 Mn/Ca 比 図5 東シナ海漁獲物(棒受網2020.9)の耳石 Mn/Ca 比

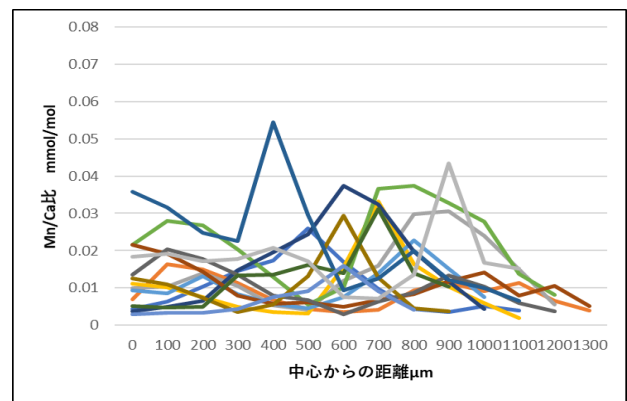
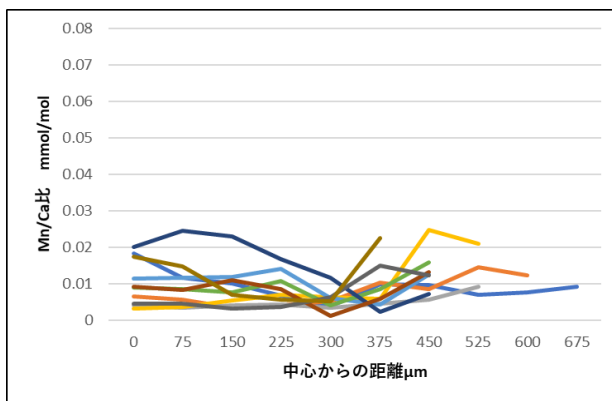


図6 八代海幼魚(羽瀬網、八代市沖、2020.6)の耳石 Mn/Ca 比 図7 八代海漁獲物(吾智網2020.3)の耳石 Mn/Ca 比

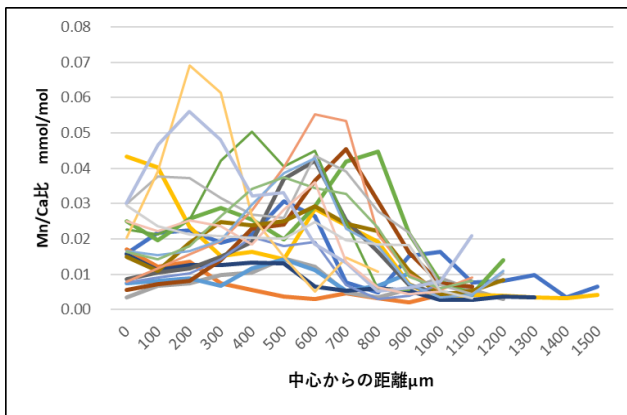


図8 八代海漁獲物(曳釣り 2020. 8)の耳石 Mn/Ca 比

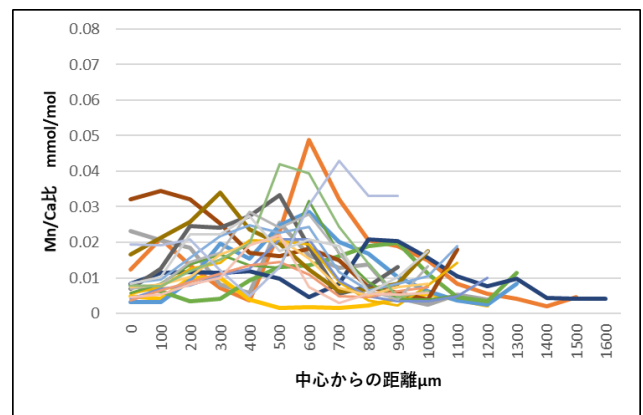


図9 八代海漁獲物(刺網 2020. 9)の耳石 Mn/Ca 比

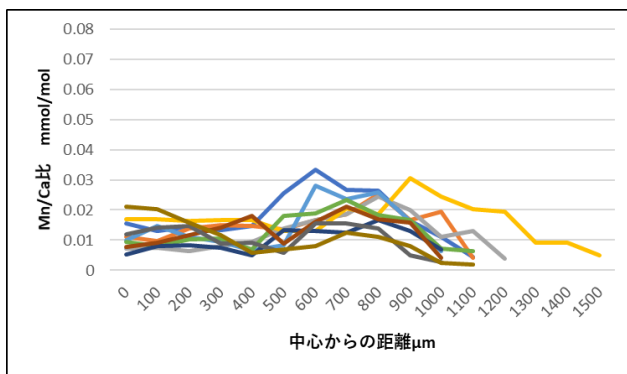


図10 有明海漁獲物(刺網 2020. 6)の耳石 Mn/Ca 比

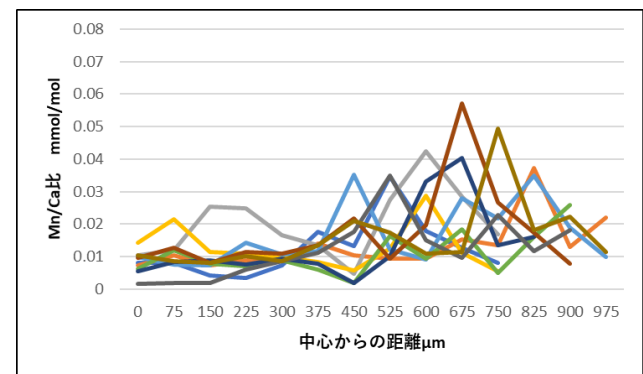


図11 有明海漁獲物未成魚(曳釣り 2020. 9)の耳石 Mn/Ca 比

(2) 漁獲海域ごとの耳石 Sr/Ca 比(mmol/mol)

ア 東シナ海漁獲物(棒受網)

令和元年(2019年)10月の東シナ海棒受網漁獲物の Sr/Ca 比の測定結果を図12に示した。1.7~3.4までの範囲を変動し、中心から外縁に向かって徐々に高くなる個体、ほぼ変動なく推移するが中ほどにピークがある個体、同様に推移するが耳石外縁付近で高くなる個体が見られた。東シナ海棒受網(令和2年(2020年)9月の漁獲物の測定結果を図13に示した。1.8~4.0の範囲を変動し、中心から外縁に向かって徐々に低くなる個体、ほぼ水平に推移するが中ほどにピークがある個体が見られた。

イ 八代海幼魚(羽瀬網)

八代海幼魚(令和2年(2020年)6月、八代市沖羽瀬網)の Sr/Ca 比の測定結果を図14に示した。1.8~2.9の範囲を大きな変動なく推移していた。

ウ 八代海漁獲物(吾智網、曳釣り、刺網)

八代海漁獲物(令和2年(2020年)3月、吾智網)の Sr/Ca 比の測定結果を図15に示した。1.9~3.5の範囲を変動し、全体的に変動幅が大きかった。

八代海漁獲物(令和2年(2020年)8月、曳釣り)の Sr/Ca 比の測定結果を図16に示した。1.9~4.0の範囲を変動し、先述した吾智網(令和2年(2020年)3月)と同様に全体的に変動幅が大きかった。

八代海漁獲物(令和2年(2020年)9月、刺網)の Sr/Ca 比の測定結果を図17に示した。1.9~3.7の範囲を変動し、先述した吾智網(令和2年(2020年)3月)、曳釣り(令和2年(2020年)8月)と同様に、全体的に変動幅が大きかった。

エ 有明海漁獲物(刺網、曳釣り)

有明海漁獲物(令和2年(2020年)6月、刺網)の Sr/Ca 比の測定結果を図18に示した。2.0~4.1の範囲を変動していた。

有明海漁獲物未成魚(令和2年(2020年)9月、曳釣り)のSr/Ca比の測定結果を図19に示した。1.9～3.9の範囲を変動していた。

両者に共通する特徴として、耳石中心から400～600 μm 付近に3.5以上のピークが多く確認された。
オ 得られた数値について

今回のサンプルでは八代海幼魚が最も変動の幅が小さく、令和元年度(2019年度)に分析した同海域同時期の幼魚の推移と類似していた。東シナ海漁獲物、八代海漁獲物および有明海漁獲物は、数値の推移傾向に大きな違いはないが、有明海漁獲物には400～600 μm 付近に3.5を超えるピークを示す個体が多く見られたことから、八代海漁獲物とは異なる生育環境を経験していたものと推察される。

また、有明海漁獲物の個体ごとのSr/Ca比とMn/Ca比の相対的な推移からは、八代海漁獲物と同様にSr/Ca比が高いときにMn/Ca比が低くなる傾向が確認された。

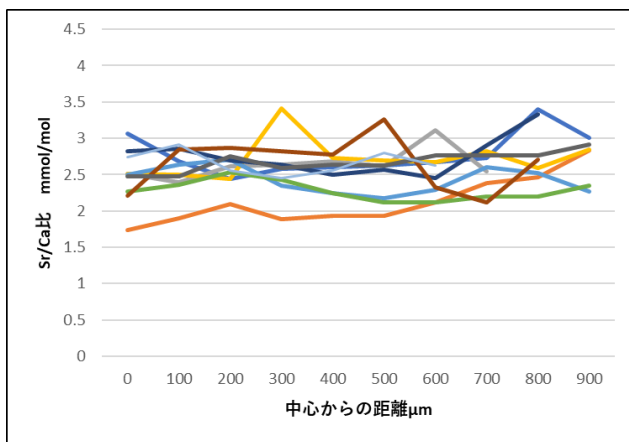


図12 東シナ海漁獲物(棒受網 2019.10)の耳石 Sr/Ca

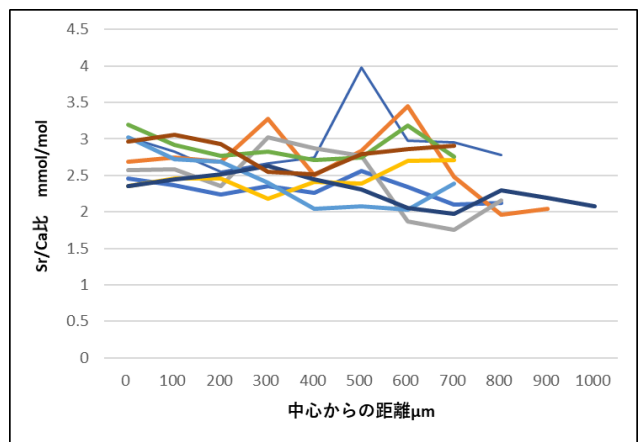


図13 東シナ海漁獲物(棒受網 2020.9)の耳石 Sr/Ca

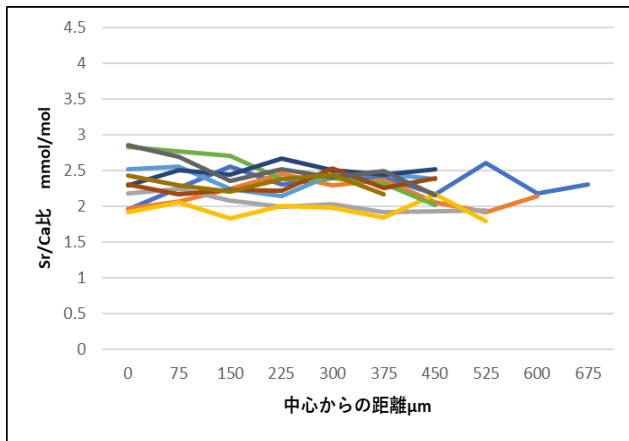


図14 八代海幼魚(羽瀬網, 八代市沖, 2020.6)の耳石 Sr/Ca比

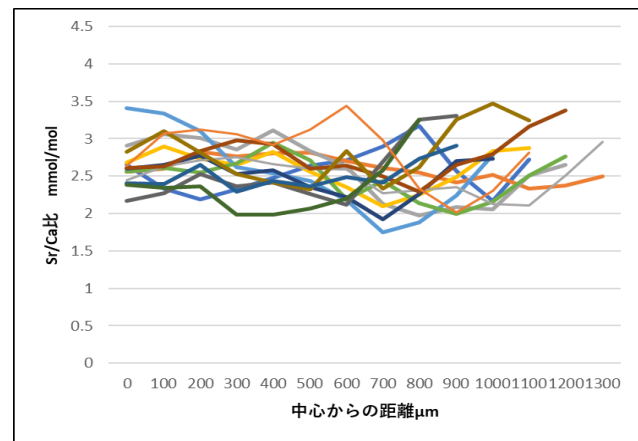


図15 八代海漁獲物(吾智網 2020.3)の耳石 Sr/Ca比

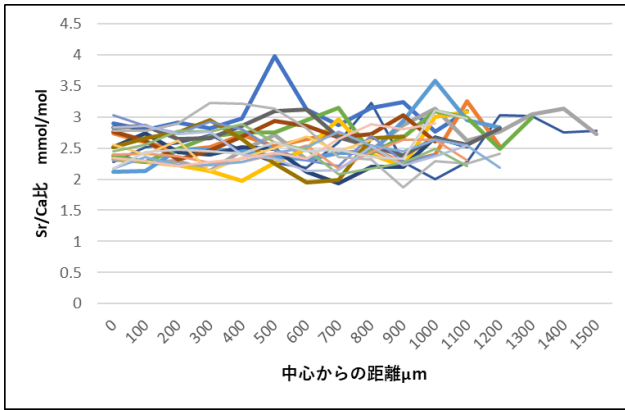


図 16 八代海漁獲物(曳釣り 2020. 8)の耳石 Sr/Ca 比

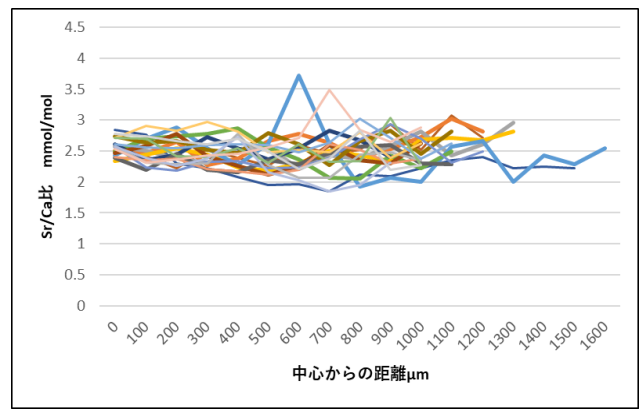


図 17 八代海漁獲物(刺網 2020. 9)の耳石 Sr/Ca 比

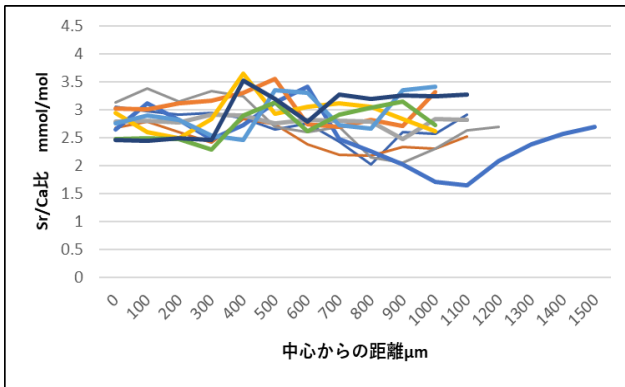


図 18 有明海漁獲物(刺網 2020. 6)の耳石 Sr/Ca 比

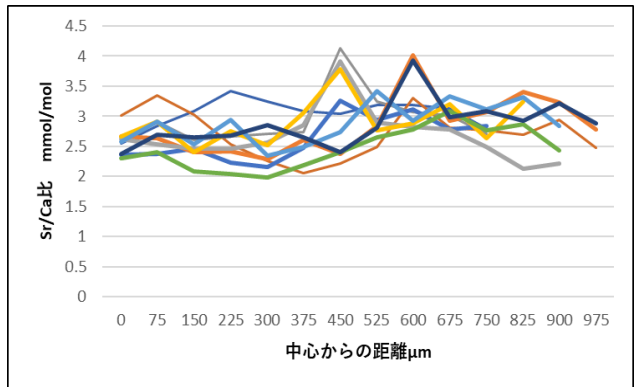


図 19 有明海漁獲物未成魚(曳釣り 2020. 9)の耳石 Sr/Ca 比

(3) 漁獲海域毎の耳石中心核周辺部の Mn/Ca 比(mmol/mol)と Sr/Ca 比(mmol/mol)

(1)及び(2)で分析したサンプルの耳石中心核付近と隣接する2点の合計3点のMn/Ca比およびSr/Ca比の平均値について以下に示した。また、平成30年度(2018年度)の分析で東シナ海産まれの判断基準としたMn/Ca比が0.01未満および東シナ海の漁獲物のSr/Ca比の最低値であった1.89以上の個体数を表3に示した。

ア 東シナ海漁獲物(底曳網、定置網)

令和元年(2019年)10月の東シナ海棒受網漁獲物のMn/Ca比およびSr/Ca比の散布図を図20に示した。Mn/Ca比は0.003~0.009、Sr/Ca比は1.91~2.79であった。

令和2年(2020年)9月の東シナ海棒受網漁獲物の同散布図を図21に示した。Mn/Ca比は0.002~0.011、Sr/Ca比は2.36~2.99であった。

イ 八代海幼魚(羽瀬網)

八代海幼魚(令和2年(2020年)6月、八代市沖羽瀬網)のMn/Ca比およびSr/Ca比の散布図を図22に示した。Mn/Ca比は0.004~0.023で、Sr/Ca比は1.94~2.77であった。

ウ 八代海漁獲物(吾智網、刺網、曳釣り)

八代海漁獲物(令和2年(2020年)3月、吾智網)のMn/Ca比およびSr/Ca比の散布図を図23に示した。Mn/Ca比は0.003~0.031で、Sr/Ca比は2.32~3.28であった。

八代海漁獲物(令和2年(2020年)8月、曳釣り)の同散布図を図24に示した。Mn/Ca比は0.006~0.044で、Sr/Ca比は2.24~2.87であった。

八代海漁獲物(令和2年(2020年)9月、刺網)の同散布図を図25に示した。Mn/Ca比は0.005~0.033で、Sr/Ca比は2.33~2.82であった。

エ 有明海漁獲物(刺網、曳釣り)

有明海漁獲物(令和2年(2020年)6月、刺網)のMn/Ca比およびSr/Ca比の散布図を図26に示した。Mn/Ca比は0.007~0.018で、Sr/Ca比は2.46~3.22であった。

有明海漁獲物未成魚(令和2年(2020年)9月、刺網)の同散布図を図27に示した。Mn/Ca比は0.002~0.016で、Sr/Ca比は2.26~3.13であった。

両者に共通する特徴としてMn/Ca比およびSr/Ca比の分布範囲が狭く、①東シナ海漁獲物(棒受網)(図20、21)に類似していた。

オ 得られた数値について

平成30年度(2018年度)の分析結果では、東シナ海生まれと八代海生まれの判別に、耳石中心核付近3点のMn/Ca比の平均値0.01およびSr/Ca比の平均値1.89を用いることが有効であるとした。

しかしながら、今回(令和2年度(2020年度))の分析結果において、天草西海漁獲物、八代海漁獲物、有明海漁獲物の全てでSr/Ca比1.89以上であったことから(表3)、Sr/Ca比は東シナ海生まれの指標にはならないことが分かった。

このため、今後は、東シナ海生まれと八代海生まれの判別には、Mn/Ca比0.01のみを指標として用いることに改める。

東シナ海漁獲物(棒受網)では、令和元年(2019年)10月のMn/Ca比が0.01未満の個体の割合は100%(10個体/10個体)で、令和2年(2020年)9月は78%(7個体/9個体)であった(表3)。

八代海幼魚では、Mn/Ca比が0.01未満の個体の割合は50%(5個体/10個体)であった(表3)。なお、平成30年度(2018年度)の分析では同割合は6%(2個体/35個体)、令和元年度(2019年度)の分析では同割合は53%(16個体/30個体)であった。

八代海漁獲物のMn/Ca比が0.01未満の割合は33%(18個体/54個体)であった(表3)。なお、平成30年度(2018年)の解析結果(平成29年度(2017年度)分析分も含まれる)では、同割合は26%(39個体/150個体)、令和元年度(2019年度)は30%(12個体/40個)であった。平成29年度(2017年)から

表3 Mn/Ca比が0.01未満の個体数、Sr/Ca比が1.89以上の個体数 Mn/Ca比

漁獲場所等	分析サンプル数	Mn/Ca比が0.01未満の個体数	Sr/Ca比が1.89以上の個体数
東シナ海漁獲物(棒受網、令和元年(2019年)10月)	10	10	10
東シナ海漁獲物(棒受網、令和2年(2020年)9月)	9	7	9
八代海幼魚(羽瀬網令和2年(2020年)6月)	10	5	10
八代海漁獲物(令和2年(2020年)3月、吾智網)	14	4	14
八代海漁獲物(令和2年(2020年)8月、曳釣り)	20	4	20
八代海漁獲物(令和2年(2020年)9月、刺網)	20	10	20
有明海漁獲物(令和2年(2020年)6月、刺網)	10	4	10
有明海漁獲物(令和2年(2020年)9月、曳釣り)	10	7	10

令和2年度(2020年度)まで4か年間に分析した八代海漁獲物のMn/Ca比が0.01未満の割合は、28%(69個体/244個体)であった。

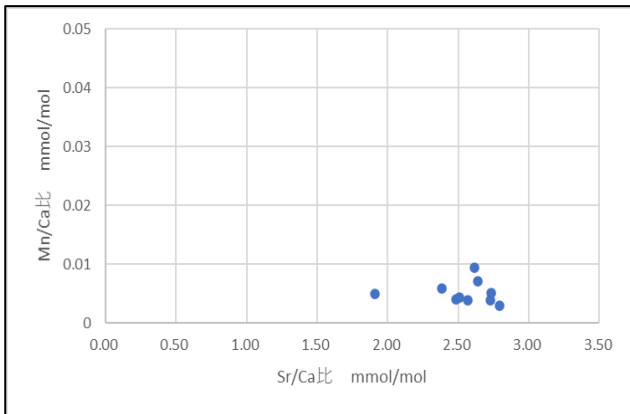


図 20 東シナ海漁獲物(棒受網 2019. 10)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

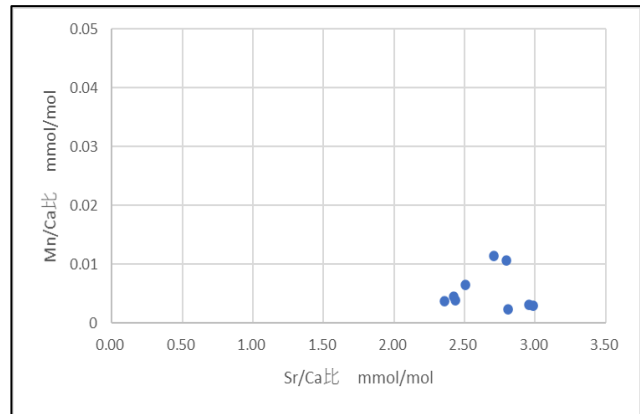


図 21 東シナ海漁獲物(棒受網 2020. 9)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

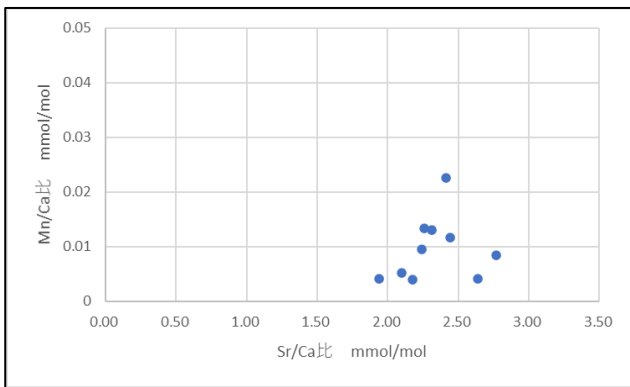


図 22 八代海幼魚(羽瀬網、八代市沖 2020. 6)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

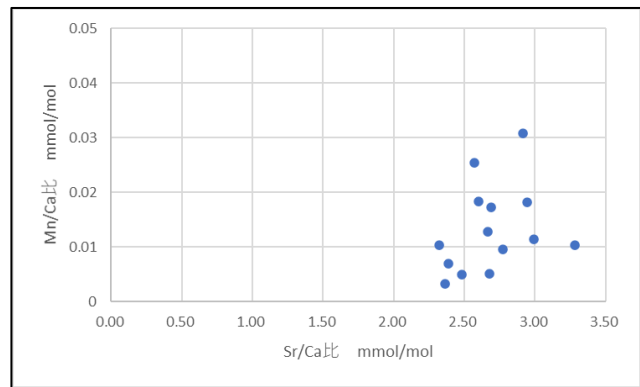


図 23 八代海漁獲物(吾智網 2020. 3)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

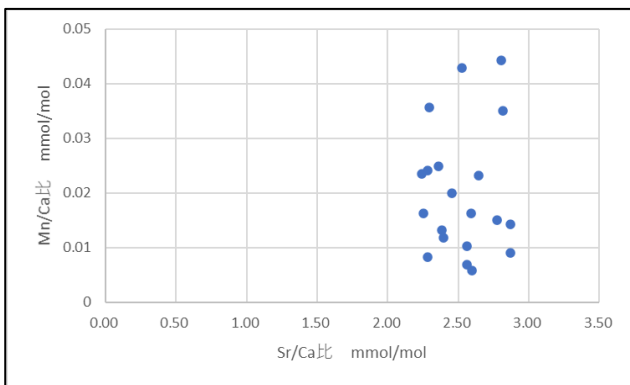


図 24 八代海漁獲物(曳釣り 2020. 8)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

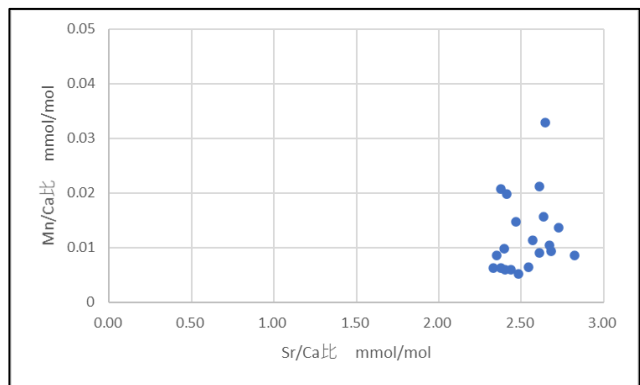


図 25 八代海漁獲物(刺網 2020. 9)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

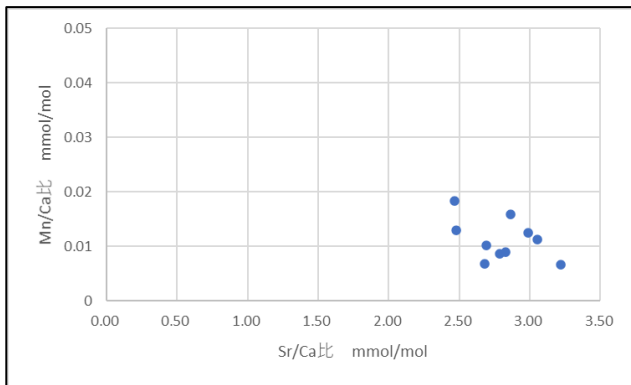


図 26 有明海漁獲物(刺網 2020. 6)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

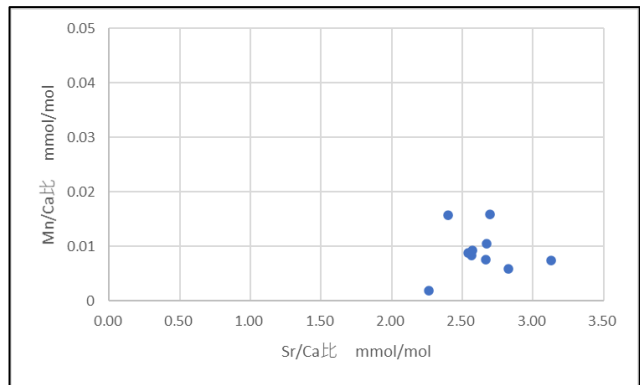


図 27 有明海漁獲物未成熟魚(刺網 2020. 9)の耳石 Mn/Ca 比および Sr/Ca 比

4 八代海生まれと東シナ海生まれの個体の形態および体色による判別の可能性の検討

八代海の 8 月の曳釣り漁獲物の測定結果を表 4 に、9 月の刺網漁獲物の結果を表 5 に示した。これらの計測値と耳石中心から 3 点の Mn/Ca 比の平均値との間に関係性は認められず、頭部の形態と体色で八代海生まれと東シナ海生まれかを判別することはできないと判断された。

また、体色については、東シナ海漁獲物と有明海漁獲物も計測したが、棒受網漁獲物は全体に黒く、曳釣りは全体に白く、刺網はその中間で、海域による差異は認められなかった。体色は、漁法や漁獲時の魚体の状態(魚体を暴れさせるかどうか)によるものと考えられた。

表 4 頭部の計測値および体色の色差計測値と耳石中心から 3 点の Mn/Ca 比の平均値(8 月、八代海曳釣り)

サンプル番号	全長(mm)	肛門長(mm)	頭眼長(mm)	体重(g)	性別	吻端から胸鰭付け根(mm)	肛門長と①との比率	角度 鰓下と体(度)	角度 鰓後端部(度)	色差計L値	Mn/Ca比3点平均 mmol/mol
1	1245	404	60	892	2	126.1	0.31	134.1	72.8	91.8	0.020
2	1068	376	60	765	2	127.1	0.34	151.5	58.9	76.9	0.014
3	1103	413	64	779	2	137.2	0.33	147.5	68.8	90.3	0.006
4	1100	465	78	1085	2	170.6	0.37	142.2	63.7	92.2	0.036
5	1120	431	64	962	2	137.1	0.32	147.8	60.4	93.8	0.008
6	1068	450	78	949	2	147.0	0.33	149.6	56.5	95.2	0.024
7	970	328	47	457	2	114.9	0.35	148.9	69.9	88.9	0.013
8	944	335	48	526	2	102.0	0.30	146.5	64.7	92.2	0.007
9	950	324	50	520	2	100.2	0.31	150.6	60.4	89.7	0.010
10	814	279	42	295	2	93.1	0.33	147.9	62.3	93.7	0.015
11	813	259	49	281	1	73.0	0.28	148.1	67.4	86.0	0.023
12	863	296	49	374	2	112.3	0.38	149.9	64.4	95.4	0.009
13	928	317	46	436	2	113.9	0.36	144.8	65.8	93.1	0.012
14	854	320	49	403	2	96.3	0.30	145.1	70.0	93.0	0.035
15	795	293	43	350	2	113.5	0.39	149.3	64.7	89.7	0.043
19	862	300	47	368	2	87.5	0.29	149.6	61.0	89.7	0.016
20	803	277	42	292	2	86.5	0.31	150.0	64.7	85.1	0.016
22	823	263	41	278	1	89.5	0.34	149.7	64.9	90.4	0.049
29	875	296	44	354	2	89.3	0.30	140.4	57.2	89.2	0.027
30	815	275	45	312	1	87.9	0.32	143.9	65.7	94.7	0.027

※ Mn/Ca 比の中心から 3 点の平均値の着色部分は、Mn/Ca 比が 0.01 未満で東シナ海生まれと推定される個体。

表5 頭部の計測値および体色の色差計計測値と耳石中心から3点のMn/Ca比の平均値(9月、八代海刺網)

サンプル番号	全長(mm)	肛門長(mm)	頭眼長(mm)	体重(g)	性別	①吻端から胸鰭付け根(mm)	肛門長と①との比率	角度 鰓下と体(度)	角度 鰓後端部(度)	色差計L値	Mn/Ca比3点平均mmol/mol
1	1087	392	58	706	2	117.8	0.30	152.3	64.2	87.7	0.017
2	1003	413	70	855	2	137.8	0.33	146.6	64.2	89.6	0.023
3	1183	428	69	909	2	131.1	0.31	151.5	64.7	90.2	0.007
4	992	334	53	738	2	98.1	0.29	147.4	61.4	86.4	0.005
5	1095	390	56	890	2	109.9	0.28	131.1	64.6	83.6	0.006
6	1156	412	63	1003	2	130.9	0.32	142.9	65.7	84.7	0.011
7	974	335	52	554	2	92.5	0.28	140.5	65.1	81.8	0.035
8	645	307	47	458	2	93.4	0.30	147.7	65.3	84.7	0.015
9	947	312	45	489	2	92.3	0.30	145.4	64.4	84.6	0.022
10	936	317	49	511	2	92.6	0.29	141.8	60.1	83.7	0.009
11	900	299	47	467	2	93.5	0.31	145.1	67.3	76.1	0.010
12	844	303	41	432	2	81.4	0.27	144.0	62.8	84.3	0.007
13	847	283	43	400	2	84.1	0.30	140.0	33.9	81.1	0.007
14	908	315	48	513	2	96.5	0.31	139.5	71.8	84.4	0.011
15	925	313	47	483	2	84.2	0.27	136.6	65.7	88.3	0.009
16	867	298	48	462	2	97.0	0.33	141.2	58.2	83.5	0.012
18	830	307	44	416	2	94.4	0.31	151.2	67.7	75.9	0.010
24	794	272	38	381	2	72.0	0.26	144.2	59.8	81.9	0.021
27	876	287	44	362	2	90.5	0.32	149.7	64.0	81.8	0.006
28	880	301	43	365	2	85.9	0.29	146.1	66.1	75.7	0.015

※ Mn/Ca比の中心から3点の平均値の着色部分は、Mn/Ca比が0.01未満で東シナ海生まれと推定される個体。

5 資源への加入が多い産卵時期の検討

平成26年(2014年)生まれから令和元年(2019年)生まれの八代海漁獲物の耳石(合計207個)第1輪径の最小と最大、第1~4輪径の平均値を示した(表6)。第1輪径の最小は420 μ m、最大は1,293 μ mで、差が大きかった。第1~4輪までの輪径は、生まれ年によって異なっており、令和元年(2019年)生まれは他の年よりも大きかった(図28)。

表6 生まれ年ごとの第1輪径の最小値、最大値および第1~4輪までの輪径

八代海漁獲物 生まれ年	第1輪径			輪径(μ m)			
	個体数	最小(μ m)	最大(μ m)	第1輪	第2輪	第3輪	第4輪
平成26年(2014年)	30	579	1,125	845	1,096	1,220	1,297
平成27年(2015年)	80	420	1,137	875	1,129	1,201	1,291
平成28年(2016年)	31	538	1,075	762	989	1,132	1,211
平成29年(2017年)	23	502	1,020	776	1,031	1,179	1,324
平成30年(2018年)	27	504	1,142	834	1,012	1,195	
令和元年(2019年)	16	819	1,293	1,044	1,216		
(合計)平均	207	560	1,132	856	1,079	1,186	1,281

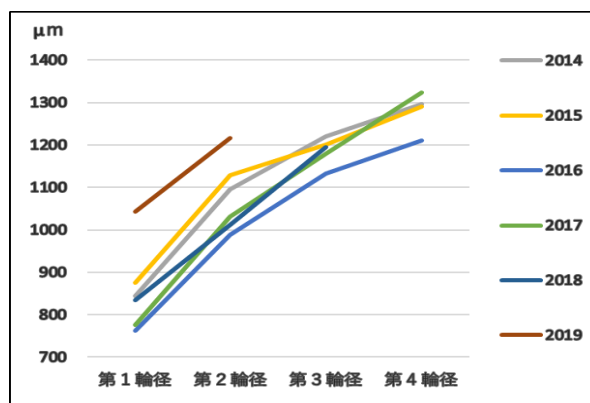


図28 生まれ年ごとの第1~4輪の輪径

平成 26 年(2014 年)生まれから令和元年(2019 年)生まれの耳石第 1 輪径の分布を、図 29 に示した。ほとんどの年で、中央付近にピークがあったが、令和元年(2019 年)生まれの分布は輪径径が大きい方に偏っていた。

平成 26 年(2014 年)生まれから令和元年(2019 年)生まれまでを合計した分布を、図 30 に示した。中央をピークとしたなだらかな山型の分布になっており、第 1 輪径が 800~1,000 μm の個体が多かった。産卵期は 4 月から 12 月と考えられていることから(沿岸資源動向調査の結果より)、第 1 輪径が 400 μm 程度の個体を 11 月生まれ、1,300 μm 程度の個体を 4 月頃生まれと見なすと、800~1,000 μm の個体は 7 月~9 月に生まれた個体であると推定された。

これらのことから、八代海で漁獲されたタチウオは 7 月~9 月に生まれた個体が多いと考えられた。

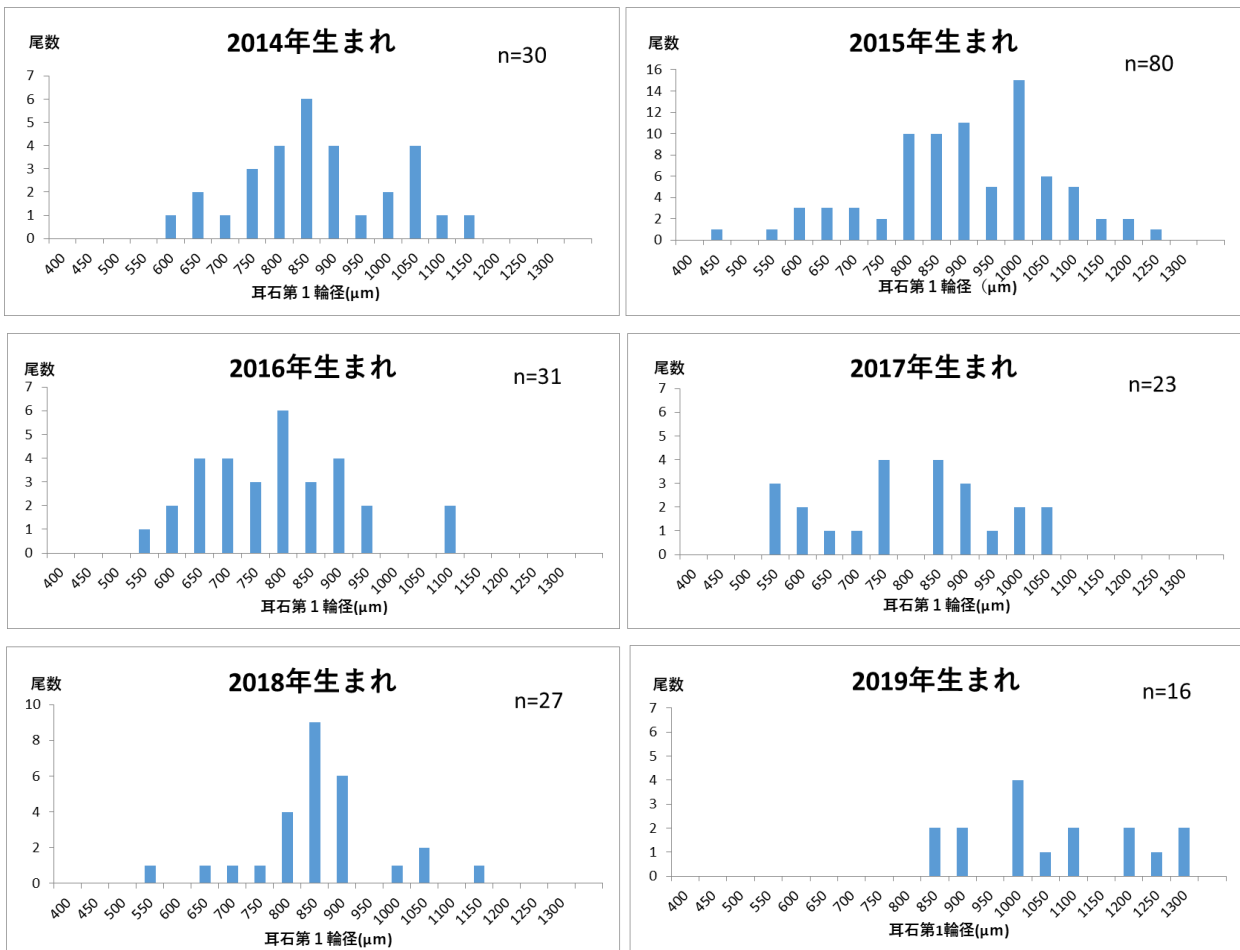


図 29 生まれ年ごとの耳石第 1 輪径の分布

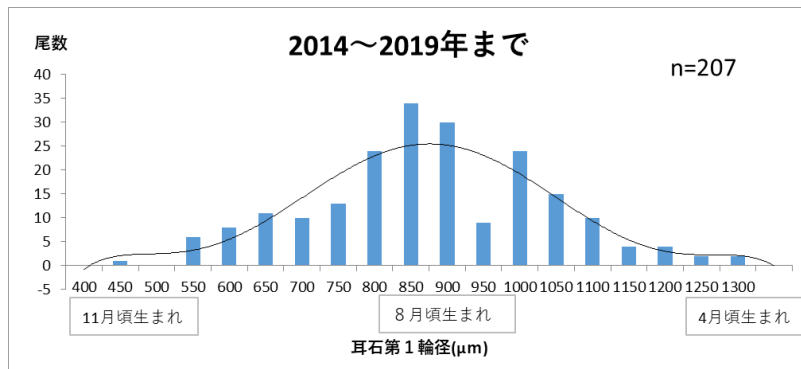


図 30 平成 26 年(2014 年)~令和元年(2019 年)までの耳石第 1 輪径の分布

6 漁獲物データによる年別、月別、サイズ別の漁獲量の把握

天草漁協御所浦支所と芦北町漁協田浦本所の平成27年（2015年）から令和2年（2020年）のタチウオの本数別漁獲箱数（図31、32）、月別漁獲量（図33、34）および年間漁獲量（図35、36）を示した。

天草漁協御所浦支所では、主に吾智網で漁獲されており、7本、13本、19本、24本付近にピークが認められた（図31）。一方、芦北町漁協田浦本所は、ほとんどが曳釣りによる漁獲で、8本、14本、16本、20本付近にピークが認められた（図32）。

月別漁獲量は、天草漁協御所浦支所では毎年1月から4月に漁獲が集中しているが、芦北町漁協田浦本所では3月を除く周年での漁獲が行われていた（図33、34）。

年間漁獲量は、天草漁協御所浦支所では平成28年（2016年）の8トンを除いて年間約14トンで、芦北町漁協田浦本所では、約30トンから約70トンの範囲で、令和2年（2020年）は約40トンの漁獲量であった（図35、36）。

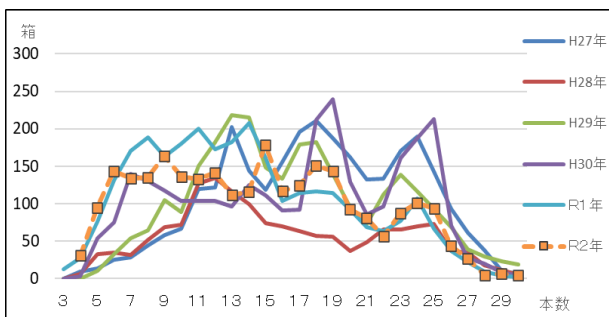


図31 天草漁協御所浦支所のタチウオ本数別漁獲箱数

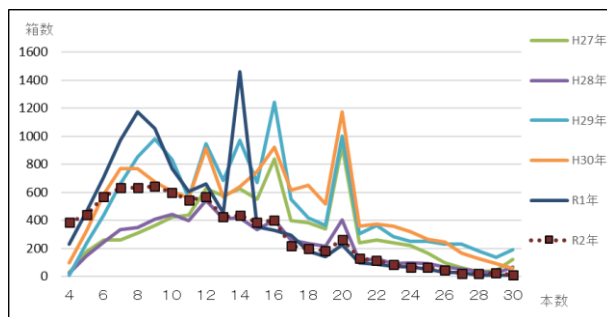


図32 芦北町漁協田浦本所のタチウオ本数別漁獲箱数

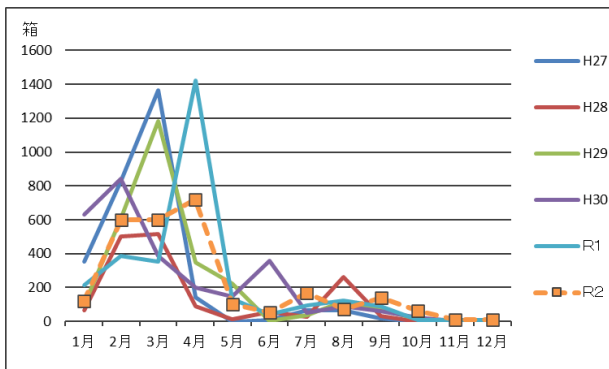


図33 天草漁協御所浦支所のタチウオ月別漁獲量

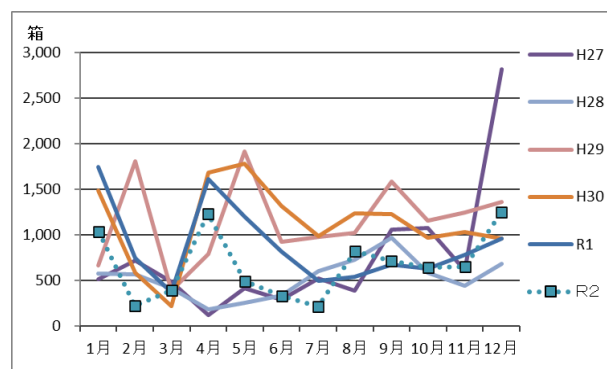


図34 芦北町漁協田浦本所のタチウオ月別漁獲量

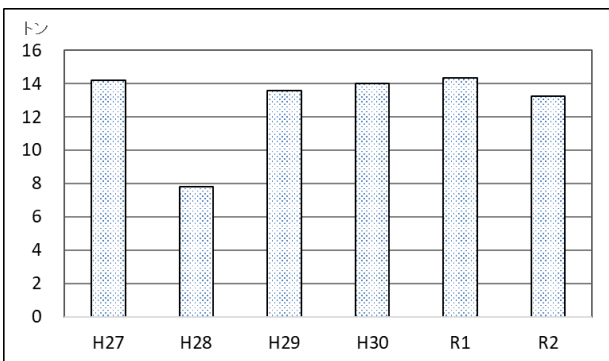


図35 天草漁協御所浦支所のタチウオ年間漁獲量

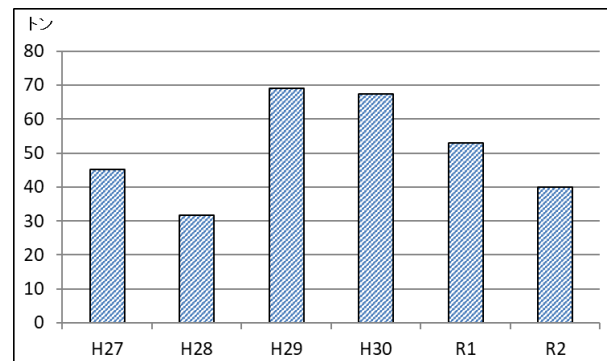


図36 芦北町漁協田浦本所のタチウオ年間漁獲量

7 漁獲物データ、輪紋解析データを活用した AGE-WEIGHT-KEY の作成、資源量の推定

平成25年(2013年)から令和2年(2020年)の芦北町漁協田浦本所の曳釣り漁獲伝票を用いて、本数別の漁獲箱数に各本数を掛け、5kg/本数で示される体重別漁獲尾数を算出した(本数Y、箱数Nとして、平均体重5/Ykgの個体がYN尾)(表7)。

AGE-WEIGHT-KEYは、令和2年度(2020年度)の八代海漁獲物は痩せた個体が多く(胃内容物を八代海漁獲物と有明海漁獲物と比較したところ、八代海漁獲物は胃内容物が非常に少なかった)、1才と2才を除く各年齢の体重が小さくなり、また、標準偏差も大きくなったため、令和元年度(2019年度)に作成したものを使用することとした(表8)。

表7 芦北町漁協田浦本所のタチウオ曳釣りにおける平均体重別漁獲尾数

体重kg	1.250	1.000	0.833	0.714	0.625	0.556	0.500	0.455	0.417	0.385	0.357	0.333	0.313	0.294
H25	0	300	1,398	2,604	4,088	5,076	5,360	5,786	8,568	7,969	9,352	8,775	12,736	8,024
H26	198	1,088	1,973	2,632	2,760	3,362	3,624	4,000	5,030	5,850	6,657	6,164	8,669	7,645
H27	106	889	1,549	1,823	2,489	3,287	4,212	4,791	7,531	7,487	8,735	8,268	13,361	6,808
H28	99	732	1,459	2,348	2,796	3,687	4,404	4,398	6,492	5,357	5,883	5,044	6,472	4,404
H29	28	1,176	2,630	4,616	6,835	8,829	8,318	6,151	11,361	8,886	13,565	10,031	19,902	9,352
H30	388	1,618	3,521	5,393	6,134	6,066	6,046	6,179	10,937	7,349	8,966	11,261	14,758	10,452
R1	925	2,302	4,248	6,807	9,397	9,498	7,671	6,669	7,939	5,888	20,405	5,327	5,284	5,042
R2	1,552	2,197	3,425	4,422	5,056	5,803	5,959	5,990	6,821	5,520	6,103	5,789	6,425	3,710
体重kg	0.278	0.263	0.250	0.238	0.227	0.217	0.208	0.200	0.192	0.185	0.179	0.172	0.167	計
H25	8,838	6,650	17,920	4,998	6,182	7,774	6,648	4,450	2,730	1,377	1,064	667	0	149,334
H26	6,665	5,607	17,420	6,352	7,695	6,887	6,751	6,979	5,737	4,629	3,217	2,571	1,200	141,363
H27	6,925	6,470	18,640	5,079	5,677	5,563	5,345	4,194	2,533	1,754	952	1,175	3,668	139,310
H28	4,267	4,072	8,043	2,372	2,810	2,116	2,293	2,265	1,724	1,441	1,098	683	1,978	88,737
H29	7,516	6,922	19,996	6,353	7,980	6,586	5,953	6,256	5,991	6,221	5,076	3,985	5,757	206,271
H30	11,703	9,848	23,413	7,584	8,206	8,283	7,709	6,656	6,377	4,513	3,549	2,615	1,693	201,216
R1	3,227	2,682	4,473	2,029	1,878	1,701	1,567	1,374	763	705	221	291	317	118,629
R2	3,605	3,503	5,199	2,698	2,464	1,977	1,612	1,602	1,133	507	587	754	374	94,787

表8 AGE-WEIGHT-KEY (平成29年度、30年度及び令和元年度の輪紋解析の個体による)

Lower g	Upper g	0才	1才	2才	3才	4才	5才	Lower g	Upper g	0才	1才	2才	3才	4才	5才
100	120	82.1%	2.5%	14.9%	0.4%	0.0%	0.0%	820	840	0.0%	6.5%	7.9%	19.4%	46.9%	19.4%
120	140	92.5%	1.8%	5.5%	0.2%	0.0%	0.0%	840	860	0.0%	4.8%	6.9%	19.1%	47.1%	22.0%
140	160	96.2%	1.4%	2.4%	0.1%	0.0%	0.0%	860	880	0.0%	3.6%	5.9%	18.9%	46.5%	25.0%
160	180	97.5%	1.2%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	880	900	0.0%	2.7%	5.1%	18.7%	45.2%	28.3%
180	200	97.9%	1.3%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	900	920	0.0%	2.0%	4.4%	18.4%	43.2%	32.0%
200	220	97.8%	1.6%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	920	940	0.0%	1.5%	3.8%	18.1%	40.6%	36.0%
220	240	97.1%	2.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	940	960	0.0%	1.1%	3.2%	17.8%	37.4%	40.5%
240	260	95.4%	3.9%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	960	980	0.0%	0.8%	2.8%	17.4%	33.8%	45.2%
260	280	91.3%	7.6%	1.0%	0.1%	0.0%	0.0%	980	1000	0.0%	0.6%	2.3%	17.0%	29.9%	50.2%
280	300	81.6%	16.6%	1.7%	0.1%	0.0%	0.0%	1000	1020	0.0%	0.4%	2.0%	16.4%	25.9%	55.3%
300	320	60.9%	35.8%	3.0%	0.3%	0.0%	0.0%	1020	1040	0.0%	0.3%	1.6%	15.7%	21.9%	60.4%
320	340	31.5%	63.5%	4.5%	0.5%	0.0%	0.0%	1040	1060	0.0%	0.2%	1.4%	15.0%	18.1%	65.4%
340	360	10.2%	83.9%	5.3%	0.6%	0.0%	0.0%	1060	1080	0.0%	0.1%	1.1%	14.1%	14.5%	70.0%
360	380	2.3%	91.6%	5.4%	0.7%	0.0%	0.0%	1080	1100	0.0%	0.1%	0.9%	13.2%	11.4%	74.3%
380	400	0.4%	93.4%	5.4%	0.8%	0.0%	0.0%	1100	1120	0.0%	0.1%	0.7%	12.3%	8.8%	78.1%
400	420	0.1%	93.5%	5.5%	0.9%	0.0%	0.0%	1120	1140	0.0%	0.0%	0.6%	11.3%	6.6%	81.5%
420	440	0.0%	93.0%	5.8%	1.1%	0.1%	0.1%	1140	1160	0.0%	0.0%	0.5%	10.4%	4.8%	84.3%
440	460	0.0%	92.0%	6.5%	1.4%	0.1%	0.1%	1160	1180	0.0%	0.0%	0.4%	9.5%	3.5%	86.7%
460	480	0.0%	90.4%	7.5%	1.8%	0.2%	0.1%	1180	1200	0.0%	0.0%	0.3%	8.6%	2.4%	88.7%
480	500	0.0%	88.1%	8.9%	2.4%	0.4%	0.2%	1200	1220	0.0%	0.0%	0.2%	7.8%	1.7%	90.3%
500	520	0.0%	84.5%	11.1%	3.4%	0.7%	0.3%	1220	1240	0.0%	0.0%	0.2%	7.0%	1.1%	91.7%
520	540	0.0%	79.2%	14.0%	4.9%	1.4%	0.5%	1240	1260	0.0%	0.0%	0.1%	6.3%	0.8%	92.8%
540	560	0.0%	71.5%	18.0%	7.1%	2.6%	0.9%	1260	1280	0.0%	0.0%	0.1%	5.7%	0.5%	93.7%
560	580	0.0%	61.0%	22.7%	10.2%	4.7%	1.5%	1280	1300	0.0%	0.0%	0.1%	5.1%	0.3%	94.5%
580	600	0.0%	47.8%	27.7%	14.1%	8.1%	2.4%	1300	1320	0.0%	0.0%	0.1%	4.6%	0.2%	95.1%
600	620	0.0%	33.5%	31.7%	18.3%	12.9%	3.6%	1320	1340	0.0%	0.0%	0.1%	4.2%	0.1%	95.7%
620	640	0.0%	20.7%	33.5%	21.9%	18.8%	5.1%	1340	1360	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.1%	96.1%
640	660	0.0%	11.3%	32.8%	24.4%	24.9%	6.6%	1360	1380	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	96.6%
660	680	0.0%	5.6%	30.2%	25.6%	30.7%	8.0%	1380	1400	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	96.9%
680	700	0.0%	2.5%	26.7%	25.8%	35.7%	9.4%	1400	1420	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	0.0%	97.2%
700	720	0.0%	1.0%	23.0%	25.4%	39.9%	10.7%	1420	1440	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	97.5%
720	740	0.0%	0.4%	19.6%	24.6%	43.3%	12.0%	1440	1460	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	0.0%	97.7%
740	760	0.0%	0.2%	16.6%	23.8%	46.0%	13.4%	1460	1480	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	98.0%
760	780	0.0%	0.1%	14.0%	22.9%	48.0%	15.0%	1480	1500	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	98.2%
780	800	0.0%	0.0%	11.8%	22.1%	49.4%	16.7%	1500	1520	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	98.3%
800	820	0.0%	0.0%	10.0%	21.4%	50.1%	18.6%								

AGE-WEIGHT-KEY に表 7 の体重別漁獲尾数を当てはめ、平成 25 年（2013 年）～令和元年（2019 年）の農林水産統計の熊本県のタチウオ漁獲量で引き延ばして熊本県全体の年齢別漁獲尾数（図 37）と年齢別漁獲重量（図 38）を算出した。また、この年齢別漁獲尾数を元に VPA 解析（コホート解析）を行い、年齢別資源尾数（図 39）、年齢別資源重量（図 40）、年齢別漁獲割合（表 9）を推定した。なお、令和元年度（2020 年度）は、資源量の推定に使用する年齢別の体重を平成 29 年度（2017 年度）と平成 30 年度（2018 年度）のサンプルから推計していたものを使用していたが、今回は平均体重に変更したため、資源量は全体に少ない方向へ修正された。

年齢別漁獲尾数は、令和元年度（2019 年度）と比べると、0 才魚が少なくなり 3 才魚以上が多くなったが、1 才が最も多く 47%を占めた。

資源尾数は、平成 26 年（2014 年）に 437 万尾まで減少し、その後平成 30 年（2018 年）は 730 万尾に増加したが、令和元年（2019 年）には 569 万尾に減少した。

資源重量は、平成 26 年（2014 年）の 794 トンから増加傾向で平成 30 年（2018 年）には 1,326 トンになったが、令和元年（2019 年）には 1,034 トンに減少した。これは 0 才魚の資源尾数・重量が減少したためと考えられる。また、年齢別漁獲割合は、1 才魚が最も高く、平成 25 年（2013 年）～令和元年（2019 年）の平均は 0.33 であった。

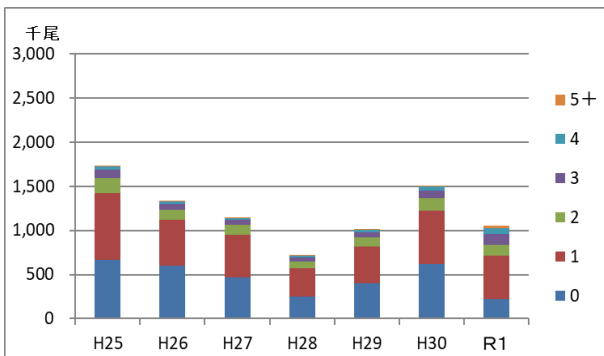


図 37 熊本県におけるタチウオの年齢別漁獲尾数

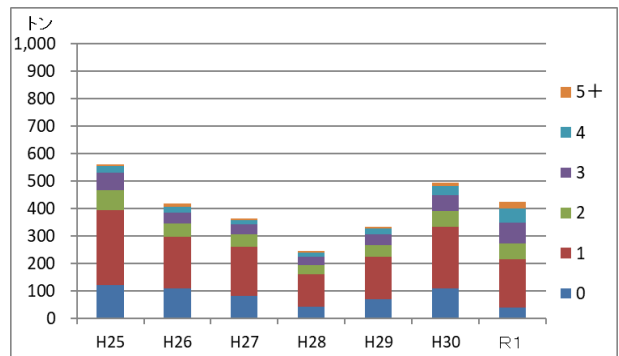


図 38 熊本県におけるタチウオの年齢別漁獲重量

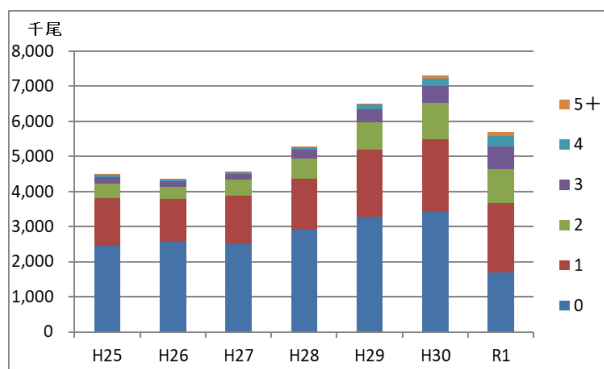


図 39 熊本県におけるタチウオの年齢別資源尾数

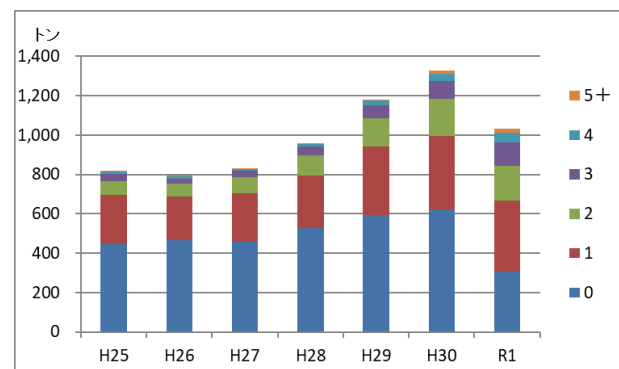


図 40 熊本県におけるタチウオの年齢別資源重量

表 9 熊本県におけるタチウオの年齢別漁獲割合（尾数）

年齢	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	平均
0	0.27	0.24	0.18	0.08	0.12	0.18	0.13	0.17
1	0.55	0.42	0.36	0.22	0.22	0.30	0.25	0.33
2	0.43	0.32	0.24	0.13	0.13	0.13	0.13	0.20
3	0.49	0.43	0.35	0.21	0.17	0.18	0.19	0.26
4	0.47	0.46	0.36	0.29	0.19	0.20	0.23	0.28
5+	0.47	0.46	0.36	0.29	0.19	0.20	0.23	0.28
平均	0.38	0.31	0.25	0.14	0.16	0.21	0.18	0.23

考 察

1 耳石中の微量元素を用いた産卵海域および生息履歴の推定

平成30年度(2018年度)の調査結果から、東シナ海で漁獲された個体は、耳石中心部付近3点平均のMn/Ca比が0.01 mmol/mol未満、Sr/Ca比が1.89以上を東シナ海生まれの判別の指標としていた。しかしながら、今回の調査結果において、Sr/Ca比は年によって値が異なることが分かったため(図12~19)、Sr/Ca比が1.89以上であることは東シナ海生まれの指標にはなり得ないと判断した。一方、Mn/Ca比については、耳石中心部付近3点平均が0.01 mmol/mol未満の個体は東シナ海生まれと判断できる、というこれまでどおりの結果が支持された(図20~25)。

東シナ海のタチウオは、東シナ海のみが生息域の個体(図4)と、東シナ海と内海(八代海)を行き来した個体(図5)から構成されていた。また、Mn/Ca比の変動パターンから、どの成長段階で内海に移動していたのかを推定することも可能である。

2 東シナ海から八代海へ移入した個体の割合の推定

八代海漁獲物の令和2年度(2020年度)分析個体のうち、耳石中心部付近3点平均のMn/Ca比が0.01未満の割合は33%(18個体/54個体)であった。平成29年度(2017年度)、平成30年度(2018年度)分析個体の同割合は26%(39個体/150個体)、令和元年度(2019年度)分析個体の同割合は30%(12個体/40個)であった。平成29年度(2017年)から令和2年度(2020年度)までの4か年間に分析した八代海漁獲物のうち耳石中心部付近3点平均のMn/Ca比が0.01未満の割合は、28%(69個体/244個体)であった。

これらの結果から、八代海で漁獲されるタチウオの約3割が東シナ海生まれである、と推定した。

3 八代海生まれと東シナ海産まれの個体の形態および体色による判別の可能性の検討

タチウオは、顔つきや色で東シナ海から入ってきた個体かどうか分かる、と漁業者の間で言われていることから、頭部形態と体色に着目して東シナ海と内海(八代海)生まれを判別する手法を検討した。

頭部(吻端から胸鰭付け根の長さ、鰓下と体の角度、鰓後端の角度)と体色(色彩色査計)を計測し、耳石中心部付近3点平均のMn/Ca比との関係を検討したが、両者に関係性は認められず、外観での判別は難しいと考えられた。

4 資源加入が多い産卵時期の検討

本県のタチウオの産卵期は4月から11月頃と言われているが、耳石の第1輪径の分布から判断すると、本県のタチウオ漁獲物は夏頃(7~9月)に生まれた個体が多いことが分かった(図29、30)。紀伊水道においては、春群と秋群の2つのピークが見られることが報告されているが、本県の場合は1つのピークであった。今後は、浮遊期仔魚等の出現状況等も踏まえたうえで、資源添加に貢献する産卵時期を検討していく必要がある。

5 八代海における漁獲特性

本県でタチウオ漁獲量が最も多い吾智網の漁獲データを分析して見えてきた漁獲の特徴は、①曳釣りよりも小型個体の漁獲が多い、②漁期は1~4月に集中している、③漁獲量が安定していることである。漁期が集中しているのは、越冬のため蛸集している魚群を漁獲しているためであり、産卵親魚の確保の観点から乱獲には注意が必要である。

曳釣りデータを分析して見えてきた漁獲の特徴は、①全体に漁獲が減少傾向にあること、②5~10月の漁獲が少なくなっていることである。漁獲量は、令和2年度(2020年度)7月の豪雨以降に激減しているが、それより前の5月時点でも少ない状況にあった。

これまで、八代海のタチウオ漁業については、平成30年度(2018年度)以降の分析結果から、八代海におけるタチウオ資源の持続的活用に向けては、小型個体の漁獲を抑えることが重要といえる、と提唱してきた。今回の調査結果からは、小型魚の漁獲の抑制に加え、産卵親魚の確保についても検討していくことが必要と考えられる。

6 年齢別漁獲尾数を利用した資源量の推定等

本県のタチウオ資源量は、前述のとおり平成26年(2014年)の794トンから増加傾向で、平成30年(2018年)には1,326トンになったが、令和元年(2019年)には1,034トンまで減少していた。算出に用いている農林水産統計年報の漁獲量が公表されていないため、令和2年(2020年)の資源量は算定していないが、令和2年(2020年)は、有明海で数十年振りの豊漁の年で漁獲物の組成が異なっていることが予想されるため、今後の資源量推定では注意が必要である。また、資源量の推定の精度向上に向けては、芦北町漁協田浦本所の曳釣りの漁獲データのみでなく、吾智網のデータも使用するなど改良を加えていく必要がある。

年齢別漁獲割合は、令和元年度(2019年度)に示した平成25年(2013年)から平成30年(2018年)までの期間は1才魚が最も高い平均41%を占めており、令和2年度(2020年度)においても、1才魚の漁獲が最も高く33%であった(ただし、令和2年度(2020年度)は、年齢別の体重を平均体重に修正したことに留意すること)。

今後もAGE-WEIGHT-KEYに使用するデータを追加し、資源量推定の精度を高めていくとともに、本県のタチウオ資源の持続的利用に向けた資源管理手法について、引き続き検討していくことが必要である。

スマート沿岸漁業推進事業 (国庫JV 令和2(2020)年度～)

令和3(2021)年度

(ICT を利用した漁業技術開発事業のうちスマート沿岸漁業推進事業)

緒言

長期的に厳しい状況に置かれている沿岸漁業の経営改善および就労の安定化を図るため、国の委託事業である「令和2年度 ICT を利用した漁業技術開発事業のうちスマート沿岸漁業推進事業」を、福岡、佐賀、長崎、鳥取、山口および鹿児島県と九州大学等の教育機関、漁業情報サービスセンター、いであ株式会社等の民間企業とともに実施した。

漁船の ICT 化を行い、取得した海洋データ (水温・潮流等) から、「いつ、どこで魚が採れるのか」について7日先までの漁場形成予測技術を開発することで、出漁前に燃料費や漁獲量が見通せる計画的な漁業経営や、漁船漁業の担い手の確保と魅力ある就労環境・漁村地域の活性化を目指した。

なお、令和2年度(2020年度)は、海洋環境の観測機器や予測情報を表示する機器を漁業者に提供し、漁業者が予測情報を漁業に活用する環境を整備するとともに、県単独事業で、国委託事業で実施できない本県の漁業への海洋環境の予測情報の活用方法や効果について検討を行った。

方法および結果

1 担当者 木村修、荒木希世、吉富匡

2 調査内容および結果

(1) スマート沿岸漁業推進事業の仕組み

スマート沿岸漁業推進事業の基本的な仕組みを図1に示した。海洋環境の予測データは、表示エリアや解析方法ごとに、拡張DR_D(鳥取～長崎)、DR_S(対馬海峡)、UCHI(五島列島～松浦半島)で表示され、本県海域は、令和2年度(2020年度)に新たに開発されたDR_Ep(熊本～鹿児島)で表示される(図2)。

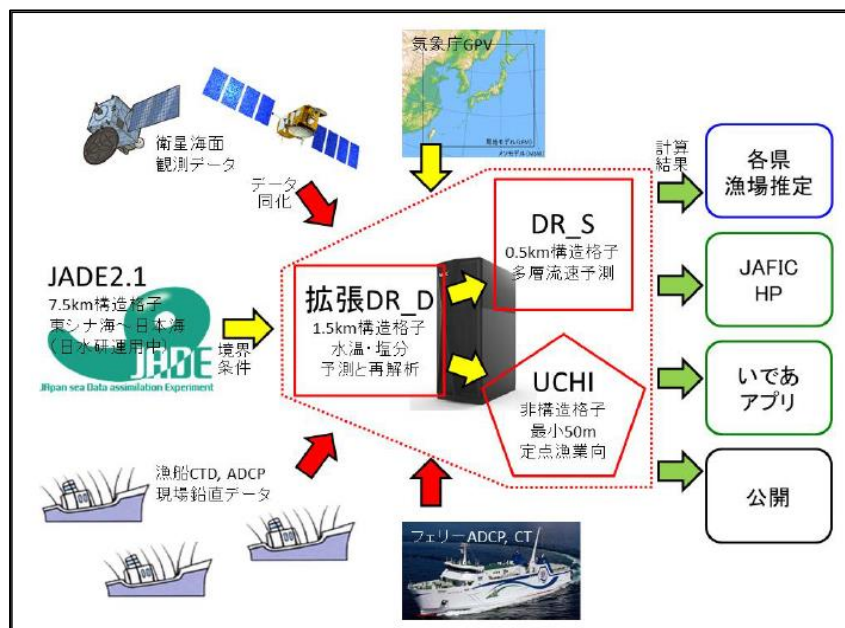


図1 海況予測システムの開発イメージ (九州大学)

令和2年度スマート沿岸漁業推進事業報告書から抜粋

予測は、日本海区水産研究所で運用している日本海・東シナ海海況予報システム JADE2.1 を元人工衛

星の海面観測データ、各県の定線データ、各漁業者のCTD、ADCPのデータなどを使用して行われ、九州大学のWEBサイト「SMART-DREAMS」(図3)と漁業情報サービスセンター(JAFIC)のホームページで閲覧することができる。

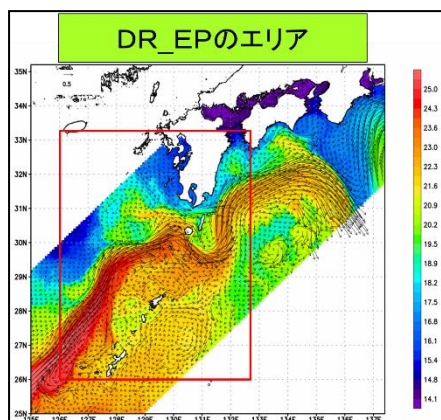


図2 DR_Epの対象範囲

九州大学応用力学研究所 広瀬教授提供

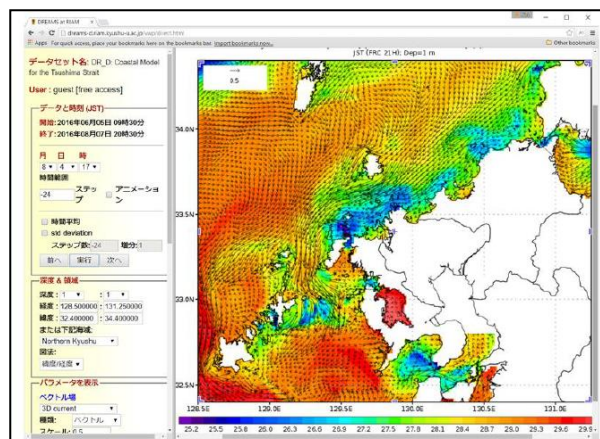


図3 SMART-DREAMSの閲覧画面

(2) 観測機器の導入

漁業者が漁具に取り付けることが可能な小型のCTD (Conductivity Temperature Depth profiler、JFEアドバンテック社 SMART-ACT、表示用タブレット付) を4台、漁船等に装備されているADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)のデータを取得してCTDの表示用タブレットへ送信するADCPロガー装置を1台配置した(表1)。

なお、別途、令和元年度(2019年度)から九州大学応用力学研究所所有のCTDを天草漁協牛深総合支所所属の棒受け網漁船3隻に、ADCPロガーを棒受け網漁船2隻と底曳き網漁船1隻に配置し、継続して観測を行った。

表1 令和2年度(2020年度)に導入した観測機器

観測機器名	機種名	数量	配置先	
CTD	JFEアドバンテック	4	水産研究センター	試験調査船「ひのくに」
	SMART-ACT		天草漁協牛深総合支所	棒受け網 3隻
ADCPロガー	世論電子 NMEAデータロガー 型式 MDC-941	1	水産研究センター	試験調査船「ひのくに」

(3) 本県の漁業への活用方法等についての検討

東シナ海で行われている棒受け網等の主要漁業へのSMART-DREAMS^{*1}の活用方法について、外部委託により検討を行ったところ、出漁の可否の判断、操業場所・時間・水深の選定に活用することで効率的な操業に活用できることが分かった。

また、棒受け網漁業の漁業経営および就労環境の改善効果について、モデル例を作成してスマート化効率^{*2}の算定を行ったところ31~44%の数字が得られ、福岡県、佐賀県、長崎県の事例における4.8~34.5%と同程度の効果が期待できることが分かった。

*1 Smart-Deams等の漁場環境予測情報を活用することで得られる経済効果と労働時間の削減効果を表す指標。

*2 スマート化効率=

(1/(単位漁獲あたりの燃油使用量の割合×出漁時間の従来の出漁時間に対する割合)-1) × 100