

研究課題名 貝毒被害防止技術に関する研究
小課題名 貝毒についての動向把握
研究期間 2011年～2023年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
長沢 茜

目 的

貝類の毒力についてモニタリングし、貝毒被害防止を図る。

方 法

2023年4月から7月及び2024年2月から3月に小名浜港西防波堤内側で採取したムラサキイガイを（一財）日本食品検査に送付し、麻痺性及び下痢性貝毒力の検査を依頼した。

また、貝毒モニタリング期間中の貝毒原因プランクトンの動向を知るため、2023年4月から7月及び2024年2月から3月に週1回の頻度でムラサキイガイ採取海域の表層水を採水し、検鏡により原因プランクトンを計数した。

結 果

2023年度のムラサキイガイ貝毒検査結果は表1のとおり。麻痺性、下痢性ともに規制値を上回る貝毒は検出されなかった。麻痺性貝毒で規制値を上回らなかったのは2017年以来6年ぶりである。

表1 ムラサキイガイ貝毒検査結果

採取月日	麻痺性貝毒	下痢性貝毒	出荷自主規制
	MU/g可食部	mgOA当量/kg可食部	
4月3日	2>	N.D.	
4月17日	2>	N.D.	
5月8日	2>	N.D.	
5月22日	2>	N.D.	
6月5日	2>	N.D.	
6月19日	2>	N.D.	
7月3日	2>	N.D.	
7月24日	2>	N.D.	
2月26日	2>	N.D.	
3月4日	2>	N.D.	
3月11日	2>	N.D.	

小名浜港内（表層水）での貝毒原因プランクトンの出現状況について、表2に示す。

Alexandrium 属は、例年、密度の増加がみられる4月上旬から5月にかけての時期に大きな密度の増加はみられず、麻痺性貝毒の発生もみられなかった。また、5月下旬に一時的に密度の増加がみられたが、貝毒量の上昇はみられなかった。

Dinophysis 属は6月19日に300cells/Lを記録したが、その他の時期には密度の大きな増加はみられなかった。

当年度は、海況面での特徴として、水温が冬から夏にかけて例年になく高温傾向が続いた（平年差+4℃程度）。

表2 貝毒プランクトン計数結果(cells/L)

2023年	4月3日	4月10日	4月17日	4月24日	5月1日	5月8日	5月15日
水温(°C)	14.1	14.3	14.6	13.9	15.6	14.2	17.7
<i>Alexandrium</i> 属	90	40	40	50	0	0	0
<i>Dinophysis</i> 属	13	13	0	0	0	0	13
	5月22日	5月29日	6月5日	6月12日	6月19日	6月26日	7月3日
水温(°C)	19.6	19.4	19.9	21	20.6	20.9	22
<i>Alexandrium</i> 属	63	1,800	88	25	20	0	13
<i>Dinophysis</i> 属	88	13	13	0	300	25	0
	7月10日	7月18日	7月24日				
水温(°C)	25.2	27.2	25.7				
<i>Alexandrium</i> 属	720	50	0				
<i>Dinophysis</i> 属	68	13	0				
2024年	2月26日	3月4日	3月11日	3月18日	3月25日		
水温(°C)	12.8	12.9	12.9	13.6	13.8		
<i>Alexandrium</i> 属	0	0	0	0	175		
<i>Dinophysis</i> 属	0	17	0	0	0		

なお、漁業協同組合等が実施した2023年度のアサリ及びホッキガイの貝毒検査結果及び出荷自主規制状況は表3、4のとおり。アサリ、ホッキガイとも規制値を上回る貝毒は検出されなかった。

表3 アサリ貝毒検査結果

採取月日	麻痹性貝毒	下痢性貝毒	出荷自主規制
	MU/g可食部	mgOA当量/kg可食部	
4月11日	2>	N.D.	
4月25日	2>	—	
5月9日	2>	N.D.	
5月23日	—	N.D.	
6月6日	2>	N.D.	
6月20日	—	N.D.	
7月4日	2>	N.D.	
7月19日	—	N.D.	
8月2日	2>	N.D.	
9月5日	2>	N.D.	
11月21日	2>	N.D.	
2月28日	2>	N.D.	

—は検査せず

表4 ホッキガイ貝毒検査結果

採取月日	麻痹性貝毒	下痢性貝毒	出荷自主規制
	MU/g可食部	mgOA当量/kg可食部	
5月13日	2>	N.D.	
6月12日	—	N.D.	
7月12日	—	N.D.	
8月21日	—	N.D.	

—は検査せず

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-001 「貝毒の動向」 (03-16-1123)

研究課題名 シラス漁況予測技術の開発
 小課題名 シラス漁況予測技術の開発
 研究期間 2011年～2023年

長沢 茜・守岡良晃

目 的

機船船びき網漁業の主要対象魚種であるシラス（イワシ類仔稚魚、主にカタクチイワシ）の漁況に影響する要因を解明し、漁況予測手法を開発する。また、得られた漁況情報を漁業関係者に提供し、機船船びき網漁業の効率的な操業を支援する。

方 法

1 曳網調査

2023年5月から12月までの期間において月3回程度、調査指導船拓水により、相馬海域の調査定点（表1、図1）で、中層トロール網（図2）を用いた調査を実施した。曳網時間はワープを繰り出し終えてから10分間とし、船速約2.0ktで曳網した。

採集したサンプルはホルマリンで固定し、後日、採集したシラスをカタクチイワシシラス、マイワシシラス、ウルメイワシシラスに選別して計数、全長測定を行った。採集したサンプルのシラス等魚類の数が多い場合には、動物プランクトン分割器を用いてサンプルを分割して、シラス尾数の計数を行い、分割数を乗じることでサンプル全体の尾数を推定した。

表1 調査定点

定線	St.1	St.2	St.3	St.4
鵜ノ尾埼 37-48N	141-00E	141-05E	141-10E	141-15E

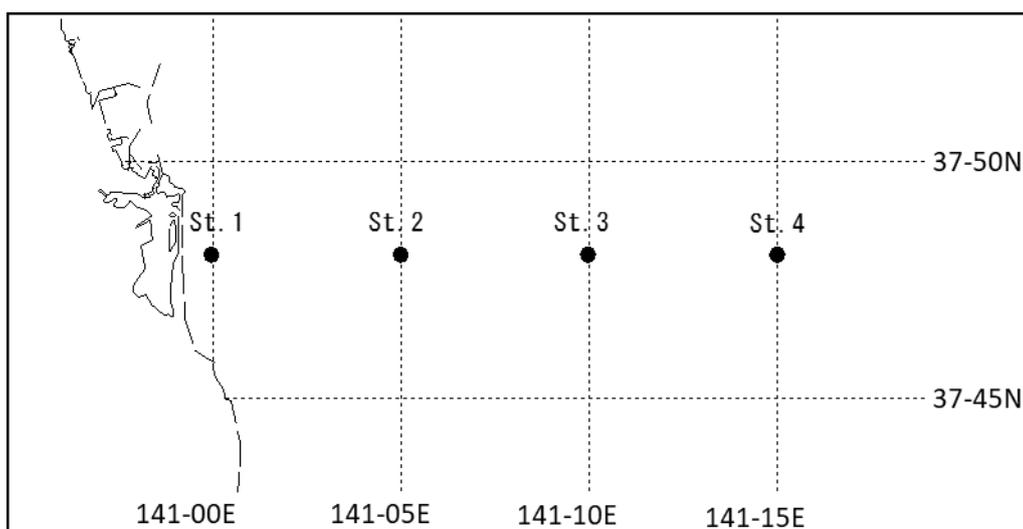


図1 調査定線

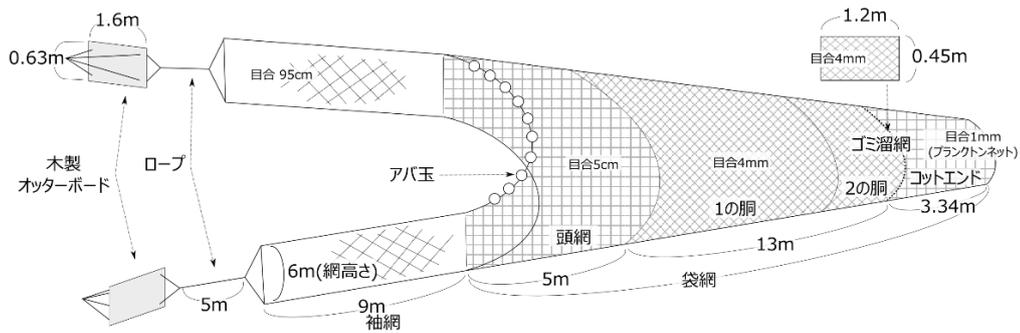


図2 中層トロール網模式図

2 魚種組成調査

これまで行ってきた漁況予測技術の開発は、福島県で漁獲されるシラスの大部分がカタクチイワシシラスであるという前提に基づき進められてきた。シラスの魚種組成に関しては、池川¹⁾により環境放射線モニタリング（以下、モニタリング）のシラス検体中へのマイワシ、ウルメイワシの仔稚魚の混入が報告されている。マイワシ、ウルメイワシ等のカタクチイワシ以外のシラスが優占するようなことがあれば、漁況予測技術を開発するにあたり、影響が出ると考えられることから、魚種組成の変化の把握を目的とし、漁獲物、モニタリング検体の調査を行った。

(1) 漁獲物

相馬地区（相馬双葉漁業協同組合相馬原釜地方卸売市場）、いわき地区（6、7月：いわき市漁業協同組合沼之内支所魚市場、8月：いわき市漁業協同組合勿来支所魚市場）に水揚げされたシラス漁獲物から月1回サンプルを採取し、カタクチイワシシラス、マイワシシラス、ウルメイワシシラスの3種に選別して計数するとともに、全長測定を行った。

(2) モニタリング検体

モニタリングのシラス検体から一部を抽出し、上記と同様に調査を行った。モニタリングのサンプルについては2023年4月から2024年3月に福島県沖で漁獲され、福島県水産海洋研究センター、福島県水産資源研究所に持ち込まれたものを使用した。なお、いわき地区は四倉、沼之内、江名、小名浜、勿来地区で採集されたもの、相馬双葉地区(以下、相双地区)は原釜、磯部、請戸地区で採集されたものである。

3 漁況予測手法の開発

(1) 曳網調査（中層トロール網）でのシラス採集数とシラスCPUEの関係の検討

曳網調査で鵜ノ尾埼定線にて採捕されたカタクチイワシシラスの採集数と曳網調査でのシラス採集日から1週間後、2週間後の相双地区での1隻あたりの漁獲量（CPUE：kg/隻）との関係が長沢²⁾により明らかにされている。しかし、曳網調査でのシラス採集数と相双地区でのシラスCPUEが両方揃うデータが少ないことが問題となっていた。そこで、相双地区における漁場形成の予測の精度をより向上させるため今年度のデータを加え、長沢²⁾と同様の解析を行った。

(2) 改良型ノルパックネット（LNPネット）による卵・仔魚採集数と漁獲量の関係の検討

海洋観測調査として、表2、図3の調査定点にて、LNPネットを用いて卵・仔魚の採集を行っている。水深150mより浅い定点では海底から、それよりも深い定点では水深150mからの鉛直曳きにより調査を実施している。本調査時のLNPネットによるカタクチイワシ卵、仔魚採集数のデータは曳網調査（中層トロール網）でのシラス採集数のデータと比較しデータ数が多いことから、相双地

区における漁場形成の予測の精度をより向上させることを目的とし、シラス漁獲量との関係の検討を行った。

対象期間は1996年から2023年とし、各月のシラス漁獲量とその一月前の卵、仔魚採集量との関係を検討した。また、調査定点10～14については欠測が多いことから、解析対象から除いた。なお、シラス漁獲量と卵、仔稚魚採集量のどちらのデータも対数変換後の値が正規分布に近似すると仮定し、対数変換したのちに解析を行った。

また、シラス漁獲量は操業隻数により左右されると考えられることから、各月の1隻当たりの漁獲量(CPUE: kg/隻)とその一月前の卵、仔魚採集量との関係についても検討した。CPUEは月ごとの操業隻数で各月のシラス漁獲量を除することで算出した。シラス漁獲量のデータについて、対象期間は2017年から2023年とし、相双地区のデータを使用した。なお、卵、仔稚魚採集量のデータについては対数変換後の値が正規分布に近似すると仮定し、対数変換したのちに解析を行った。

表2 海洋観測調査LNPネット調査定点

定線		1	2	3	4	5	7	10	12	14
鵜ノ尾崎(U)	37-50N	141-02E	141-06E	141-12E	141-24E	141-36E	142-00E	143-00E	144-00E	145-00E
富岡(T)	37-25N	141-05E	141-09E	141-15E	141-27E	141-40E	142-00E	143-00E	144-00E	145-00E
塩屋崎(S)	37-00N	141-02E	141-06E	141-12E	141-24E	141-36E	142-00E	143-00E	144-00E	145-00E

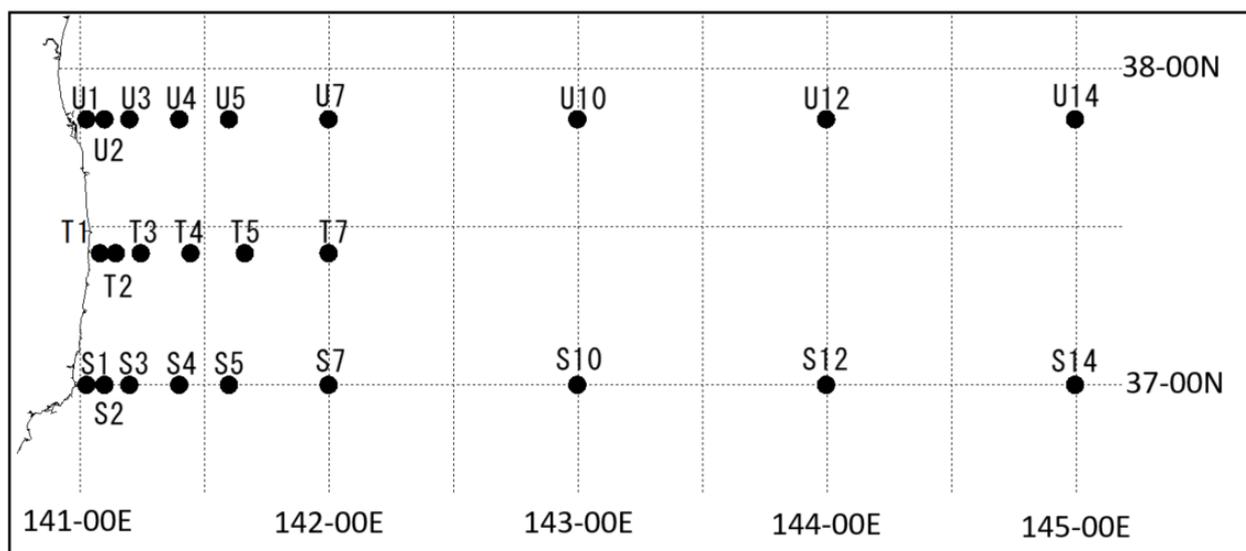


図3 海洋観測調査LNPネット調査定点

結 果

1 曳網調査

カタクチイワシシラス、マイワシシラス、ウルメイワシシラスの採捕数は表3のとおりである。カタクチイワシシラスの合計採捕数は20尾から10,897尾で推移した。また、5月から6月、11月から12月にかけてマイワシシラスの混入が、5月、11月、12月にはウルメイワシシラスの混入が見られた。なお、2006年以降の1調査点あたりのカタクチイワシシラス採捕数を図4に示した。

全長組成は表4のとおりである。カタクチイワシシラスの全長は、2.4～46.9mm、マイワシシラスの全長は2.8～30.4mm、ウルメイワシシラスの全長は11.4～25.1mmであった。なお、調査結果については水産海洋研究センターホームページへ掲載し、関係漁協へFAXにて提供した。

表3 鵜ノ尾埼定線におけるシラス3種の採捕数

調査月	上旬					合計	中旬					合計	下旬				合計
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.1		St.2	St.3	St.4	St.1	St.2		St.3	St.4			
カタクチイワシ シラス	5	欠測	欠測	欠測	欠測	-	24	17	640	884	1,565	0	62	223	60	345	
	6	欠測	欠測	欠測	欠測	-	16	1,664	667	896	3,243	1	8,608	1,648	640	10,897	
	7	0	63	4,064	1,632	5,759	4	3	12	1	20	4	8	3	468	483	
	8	15	74	15	欠測	104	1	150	1,088	1,016	2,255	282	137	52	欠測	471	
	9	103	111	34	117	365	欠測	欠測	欠測	欠測	-	欠測	欠測	欠測	欠測	-	
	10	欠測	欠測	欠測	欠測	-	1,648	2,576	1,296	340	5,860	欠測	欠測	欠測	欠測	-	
	11	492	944	4,384	2,000	7,820	68	189	171	166	594	0	67	312	300	679	
12	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	82	39	5	126	8	6	15	欠測	29		
マイワシ シラス	5	欠測	欠測	欠測	欠測	-	60	30	188	184	462	0	1	20	2	23	
	6	欠測	欠測	欠測	欠測	-	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	8	0	0	0	欠測	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	欠測	0
	9	0	0	0	0	0	欠測	欠測	欠測	欠測	-	欠測	欠測	欠測	欠測	-	
	10	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	0	0	0	0	欠測	欠測	欠測	欠測	-	
	11	0	0	0	0	0	0	3	3	0	6	1	0	0	0	1	
12	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	2	4	0	6	0	0	1	欠測	1		
ウルメイワシ シラス	5	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	0	0	4	4	0	0	4	1	5	
	6	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	8	0	0	0	欠測	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	欠測	0
	9	0	0	0	0	0	欠測	欠測	欠測	欠測	-	欠測	欠測	欠測	欠測	-	
	10	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	0	0	0	0	欠測	欠測	欠測	欠測	-	
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
12	欠測	欠測	欠測	欠測	-	0	4	0	2	6	0	0	2	欠測	2		

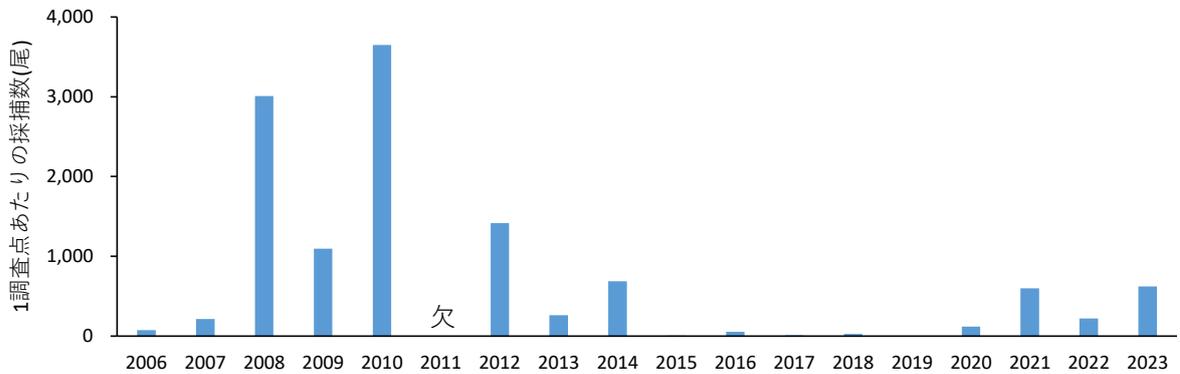


図4 1調査点あたりのカタクチイワシシラス採捕数

表4 各調査定線のカタクチイワシシラス、マイワシシラス、ウルメイワシシラスの全長組成

魚種	調査年月日	採捕数	全長区分(mm)																									
			0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	42-44	44-46	46-48	48-50	50-
カタクチイワシ シラス	2023/5/19	1,565	-	21	49	241	361	396	330	94	36	12	4	10	3	3	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/5/29	345	-	81	39	61	42	28	28	26	18	13	2	-	3	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/6/21	3,243	-	11	106	589	685	684	543	205	126	37	16	69	77	53	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/6/30	10,897	-	-	64	1,120	3,296	3,584	2,056	552	65	-	64	64	-	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/7/4	5,759	-	-	16	128	368	704	929	467	242	1,211	1,238	344	32	64	3	2	7	3	-	-	-	-	-	-	1	-
	2023/7/19	20	-	-	4	12	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/7/31	483	-	-	-	32	61	26	89	168	60	8	4	-	8	-	13	6	5	2	1	-	-	-	-	-	-	-
	2023/8/7	104	-	-	2	13	31	23	14	3	4	1	-	3	1	2	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/8/21	2,255	-	4	116	670	773	421	180	68	14	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/8/31	471	-	-	10	41	74	120	68	35	37	31	39	6	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/9/6	365	-	1	35	52	57	71	79	43	10	6	2	7	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/10/18	5,860	-	-	16	244	948	1,324	976	488	188	96	64	196	320	440	360	128	56	16	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023/11/2	7,820	-	-	-	104	776	2,408	2,064	1,208	532	156	64	76	68	108	112	64	52	8	4	16	-	-	-	-	-	-
	2023/11/16	594	-	-	1	13	68	102	86	71	87	72	60	15	14	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
2023/11/30	679	-	-	-	1	29	87	192	223	105	22	10	2	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2023/12/14	126	-	-	-	-	5	10	16	13	27	24	14	10	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2023/12/27	29	-	-	-	-	-	-	-	1	3	1	5	-	1	2	-	1	1	5	4	-	1	3	1	-	-	-	
マイワシ シラス	2023/5/19	462	-	-	-	21	53	72	90	107	41	5	8	18	11	20	14	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/5/29	23	-	1	-	2	6	3	-	1	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/6/21	3	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/11/16	6	-	-	-	-	-	-	3	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/11/30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/12/14	6	-	-	-	-	-	2	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2023/12/27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ウルメイワシ シラス	2023/5/19	4	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/5/29	5	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/11/16	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/12/14	6	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2023/12/27	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(2) モニタリング検体

2023年4月から2024年3月までにカタクチイワシシラス、マイワシシラス、ウルメイワシシラスの3種類のシラスを計11,474尾測定した。各月の魚種組成は表7のとおり。いわき地区においては、2023年4月～7月、2024年1～3月にマイワシシラスの混入が、2023年4、6月、2024年1～3月にウルメイワシシラスの混入が確認された。マイワシシラスの割合は2023年5月に最大となり、約19.9%であった。ウルメイワシシラスの割合は2024年1月に最大となり、約38.8%であった。相双地区のモニタリング検体については、マイワシシラス、ウルメイワシシラスの混入は確認されなかった。

表7 モニタリング検体中のシラス類3種の割合

地区	月	個体数(尾)			魚種組成(%)		
		カタクチイワシシラス	マイワシシラス	ウルメイワシシラス	カタクチイワシシラス	マイワシシラス	ウルメイワシシラス
いわき	4月	558	106	4	83.5	15.9	0.6
	5月	687	171	0	80.1	19.9	0
	6月	526	36	3	93.1	6.4	0.5
	7月	808	1	0	99.9	0.1	0
	8月	436	0	0	100	0	0
	9月	810	0	0	100	0	0
	10月	789	0	0	100	0	0
	11月	328	0	0	100	0	0
	12月	325	0	0	100	0	0
	1月	369	68	277	51.7	9.5	38.8
	2月	478	126	275	54.4	14.3	31.3
	3月	511	91	47	78.7	14.0	7.2
	相双	7月	845	0	0	100	0
8月		754	0	0	100	0	0
9月		831	0	0	100	0	0
10月		325	0	0	100	0	0
11月		883	0	0	100	0	0
12月		655	0	0	100	0	0

3 漁況予測手法の開発

(1) 曳網調査（中層トロール網）でのシラス採集数とシラスCPUEの関係の検討

相双地区のCPUEと鵜ノ尾埼定線における曳網調査でのカタクチイワシシラス採集数の対数との関係について解析した結果、いずれの項目においても有意な相関は確認されなかった。

2022年の長沢²⁾による解析結果では、曳網調査でのSt. 3におけるカタクチイワシシラス採集数の対数と採集日から1週後の週の相双地区のCPUE、St. 4におけるカタクチイワシシラス採集数の対数と採集日から1週間後、2週間後の週の相双地区のCPUEとの間に有意な正の相関が確認されていた。前述の項目についての散布図が図5～7である。特に図6、7においてシラス採集数が一定以上になるとシラスCPUEの増加が伴わない傾向が窺えた。この傾向より、1隻あたりの漁獲量の上限がシラスの分布量とは別の要因によって制限されていることが考えられた。

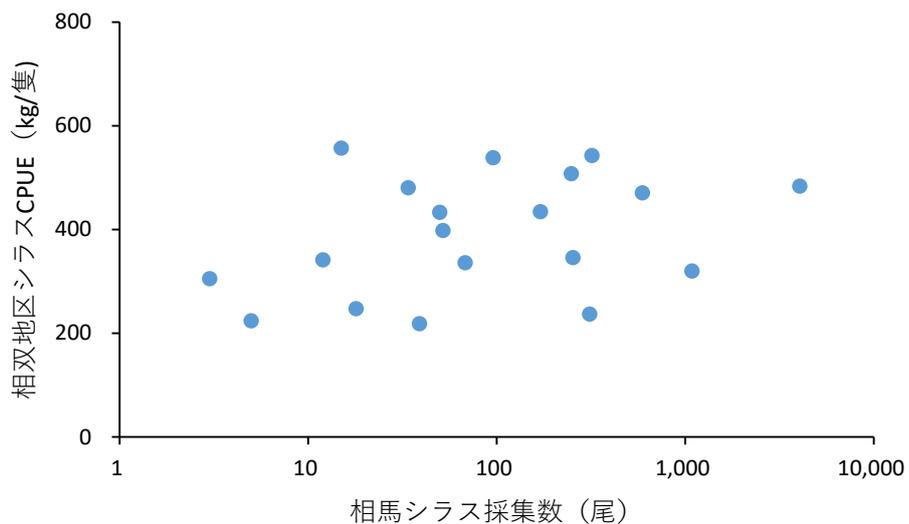


図5 St. 3におけるシラス採集数の対数と1週後の週の相双地区のCPUEとの関係

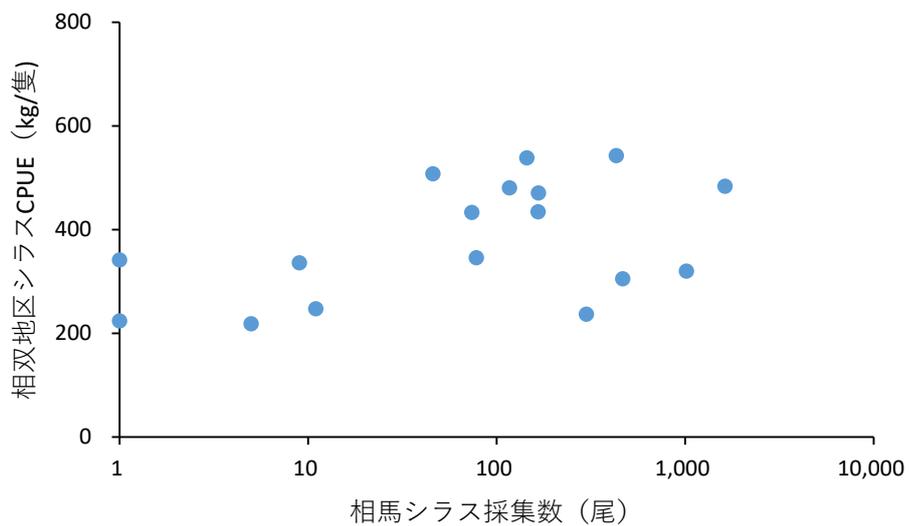


図6 St. 4におけるシラス採集数の対数と1週後の週の相双地区のCPUEとの関係

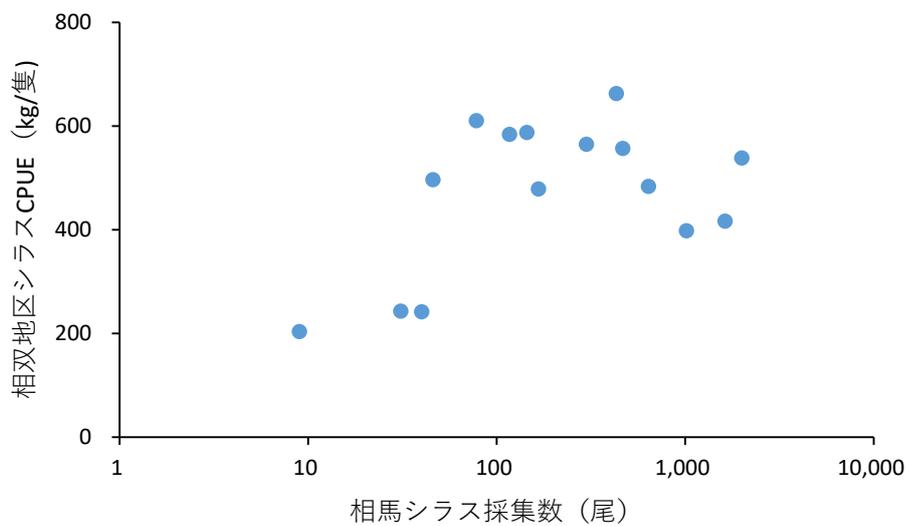


図7 St. 4におけるシラス採集数の対数と2週後の週の相双地区のCPUEとの関係

(2) 改良型ノルパックネット (LNPネット) による卵・仔魚採集数と漁獲量の関係の検討

各月のシラス漁獲量とその一月前の卵、仔魚採集量との相関係数は表8のとおりである。8月の卵採集数と9月の漁獲量 (図8、 $p < 0.01$)、8月の仔魚採集数と9月の漁獲量 (図9、 $p < 0.05$)、9月の仔魚採集数と10月の漁獲量 (図10、 $p < 0.05$) との間に有意な正の相関が確認された。

各月のシラスCPUEとその一月前の卵、仔魚採集量との相関係数は表9のとおりである。7月の卵採集数と8月のシラスCPUE (図11、 $p < 0.05$)、7月の仔魚採集数と8月のシラスCPUE (図12、 $p < 0.05$)、10月の仔魚採集数と11月のシラスCPUE (図13、 $p < 0.05$) との間に有意な正の相関が確認された。

以上のことから海洋観測でのLNPネットによる調査が漁況予測の一助となる可能性が示された。

。

表8 シラス漁獲量と一月前の卵、仔魚採集数との相関係数

		卵	仔魚
月別 漁獲量	7月	-0.18	0.14
	8月	0.06	0.22
	9月	0.54**	0.45*
	10月	0.13	0.52*
	11月	0.00	0.15
	12月	0.32	0.14

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

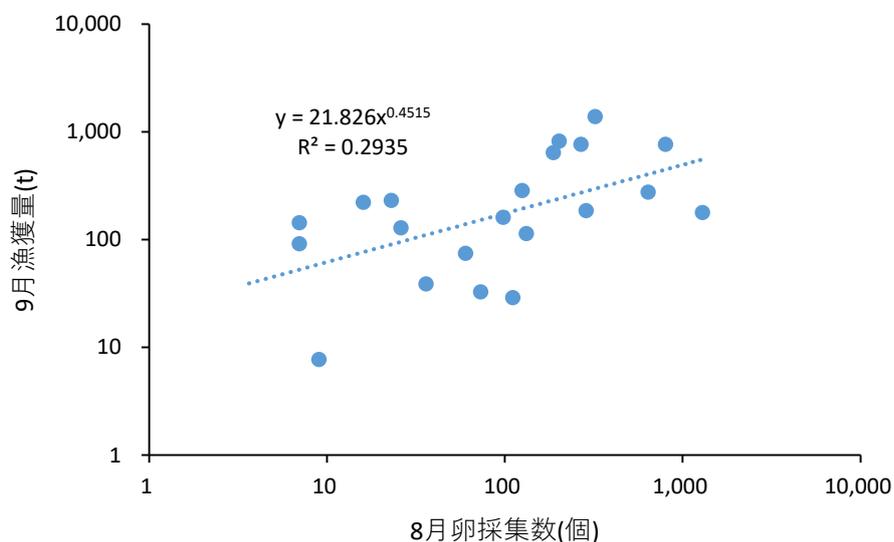


図8 8月の卵採集数と9月漁獲量の関係

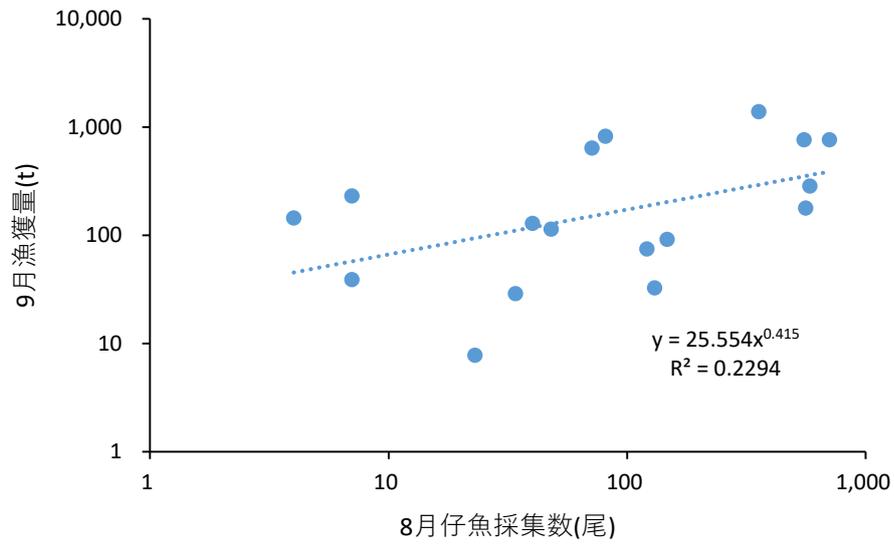


図9 8月の仔魚採集数と9月漁獲量の関係

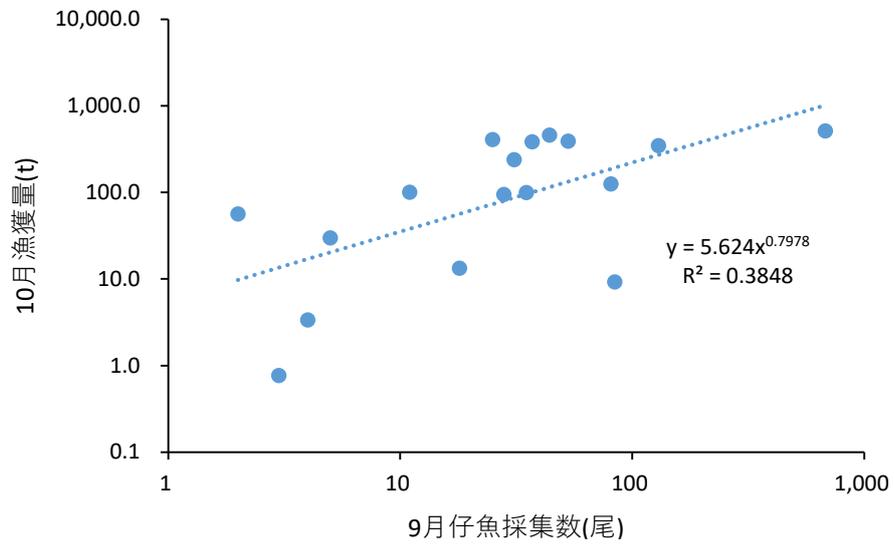


図10 9月の仔魚採集数と10月漁獲量の関係

表9 シラスCPUEと一月前の卵、仔魚採集数との相関係数

		卵	仔魚
CPUE (kg/隻)	7月	0.45	0.18
	8月	0.73*	0.81*
	9月	-0.07	-0.05
	10月	-0.44	-0.04
	11月	0.56	0.91*
	12月	-	-1.00

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

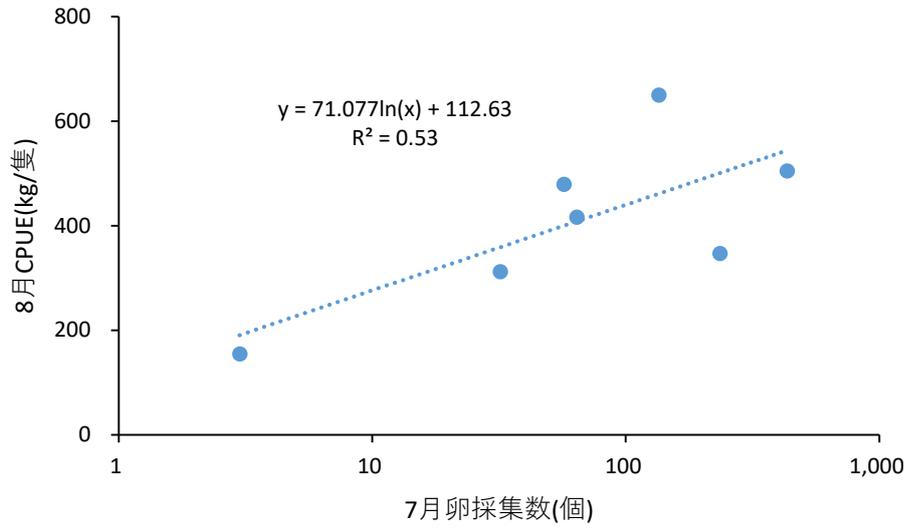


図11 7月の卵採集数と8月シラスCPUEの関係

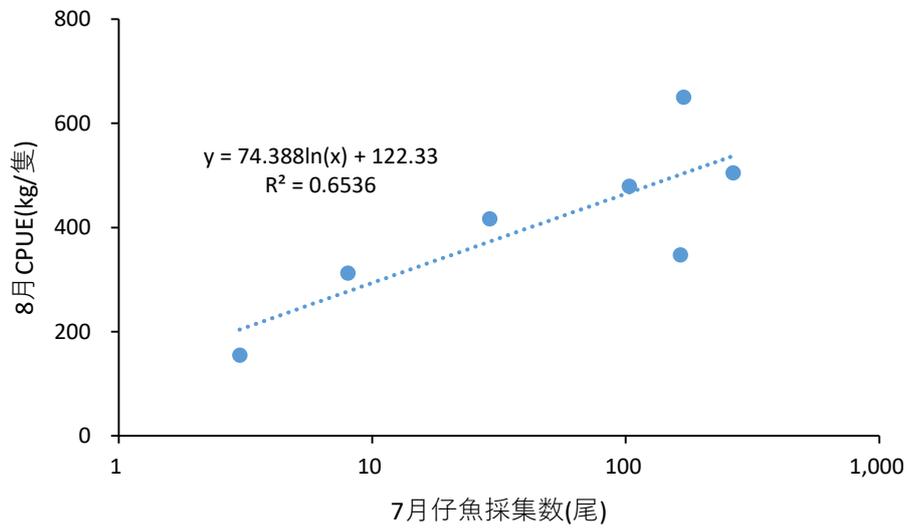


図12 7月の仔魚採集数と8月シラスCPUEの関係

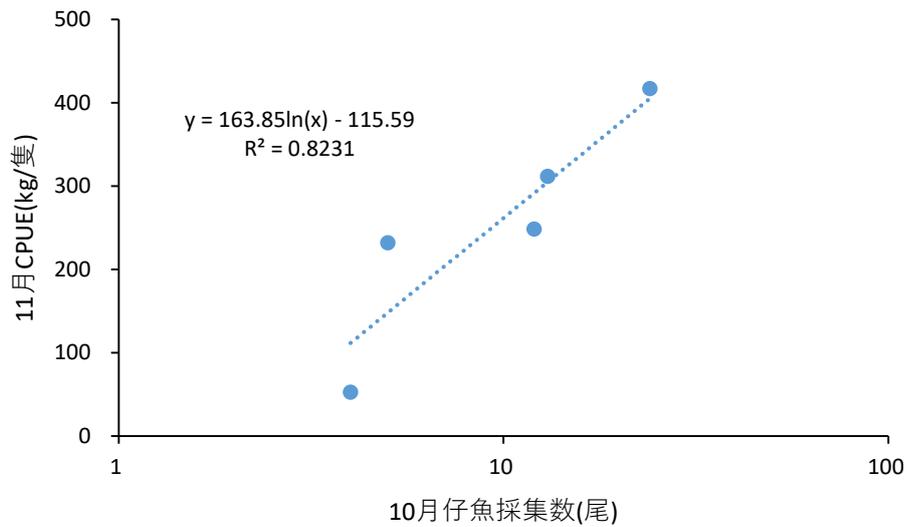


図13 10月の仔魚採集数と11月シラスCPUEの関係

文 献

- 1) 池川正人：いわき地区におけるシラス3種の割合、平成29年度普及に移しうる成果、<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/261565.pdf>（参照2024-2-21）
- 2) 長沢茜：相双地区におけるシラス漁況と中層トロール調査の関係、令和4年度普及に移しうる成果、<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/565850.pdf>（参照2024-2-26）

結果の発表等 令和5年度参考に供する成果

登録データ 23-02-002 「2023シラス調査結果」（04-39-2323）

研究課題名 コウナゴの持続的利用技術の開発
小課題名 コウナゴの持続的利用技術の開発
研究期間 2011年～2023年

長沢 茜・廣瀬 充・藤田恒雄

目 的

沿岸漁業の重要な位置を占める機船船びき網漁業の経営の安定化を推進するため、環境情報や資源状況を把握し、コウナゴ（福島県におけるイカナゴ類の仔稚魚期の名称）の不漁要因を解明するとともに、持続的利用技術を開発する。

方 法

1 曳網調査

(1) 丸稚ネット

2024年1月に調査指導船拓水により、相馬海域の調査定線（表1、図1）において、丸稚ネット（図2）を用いた調査を実施した。曳網水深は最も灘の定点については表層、その他の定点は水深10mとした。曳網時間はワープを繰り出し終えてからの5分間とし、船速約1.5ktで曳網した。採捕したサンプルはホルマリンにて固定し、後日、採捕したコウナゴの尾数の計数、全長の測定を行った。

表1 曳網調査（丸稚ネット）における調査地点

定線/定点	St.1	St.2	St.3	St.4
鵜ノ尾埼 37-48N	141-00E	141-02.5E	141-05E	141-07.5E

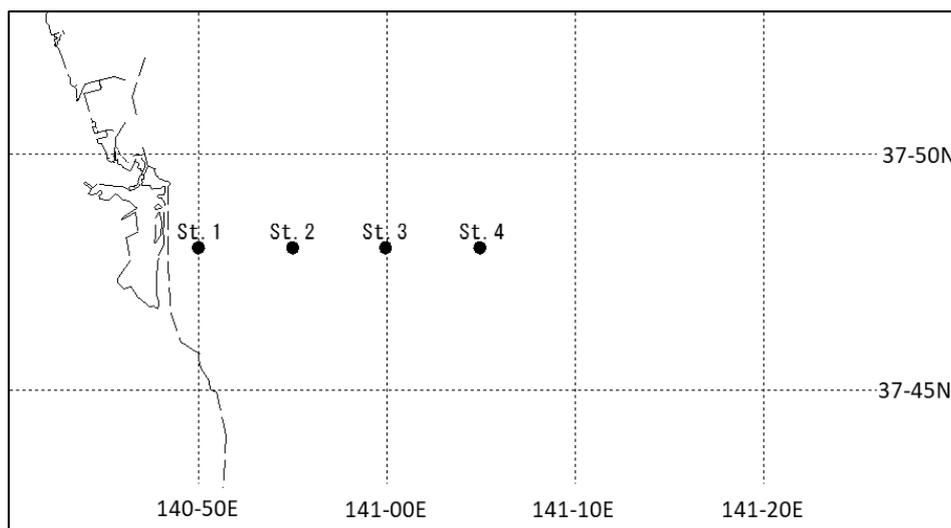


図1 曳網調査（丸稚ネット）における調査地点

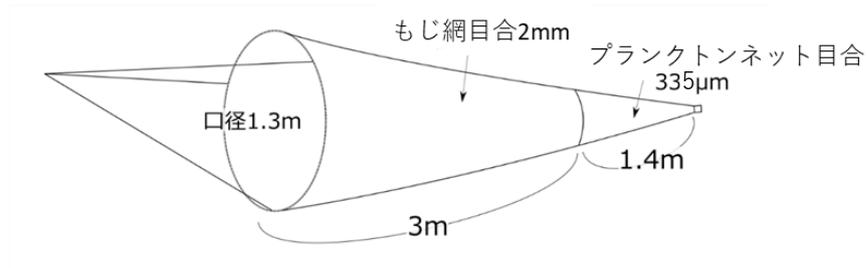


図2 丸稚ネット模式図

(2) 中層トロール網

2024年3月に調査指導船拓水により、相馬海域、双葉海域、いわき海域にそれぞれ設定した調査定線（表2、図3）において中層トロール網（図4）を用いた調査を実施した。曳網水深は最も灘の定点については表層、その他の定点は水深10mとした。曳網時間はワープを繰り出し終えてからの10分間とし、船速約2.0ktで曳網した。採捕したサンプルはホルマリンにて固定し、後日、採捕したコウナゴの尾数の計数、全長の測定を行った。

表2 曳網調査（中層トロール網）における調査地点

定線/定点	St.1	St.2	St.3	St.4
鶺ノ尾埼 37-48N	141-00E	141-05E	141-10E	141-15E
請戸 37-30N	141-03E	141-08E	141-13E	141-18E
小名浜 36-55N	140-55E	141-00E	141-05E	141-10E

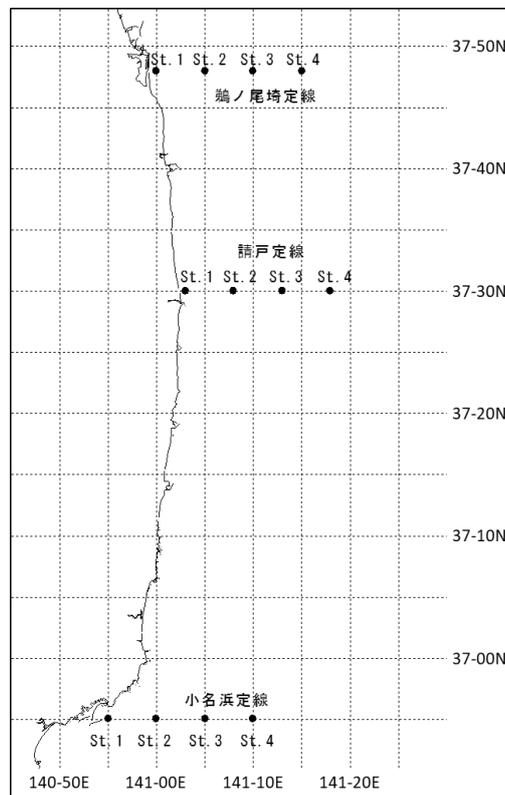


図3 曳網調査（中層トロール網）における調査地点

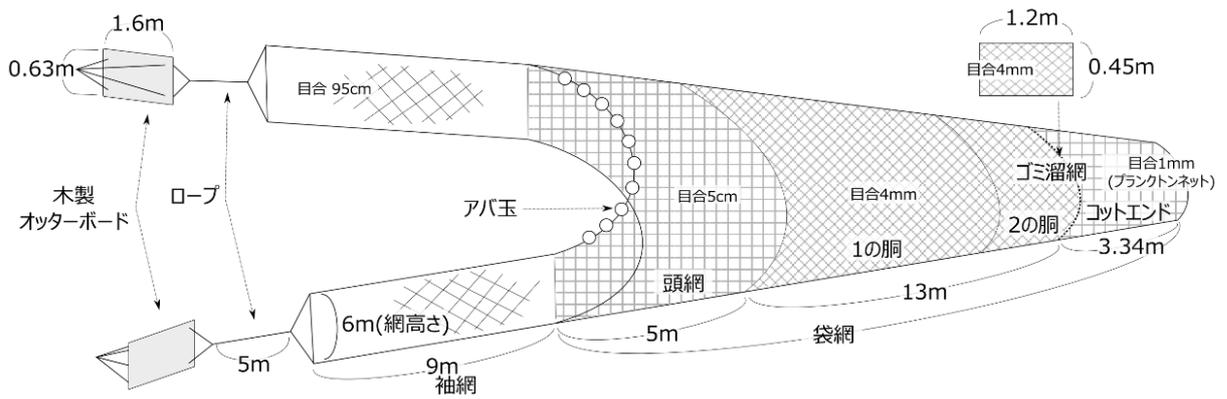


図4 中層トロール網模式図

(3) 新稚魚ネット

調査指導船いわき丸にて海洋観測を毎月行っており、その際に新稚魚ネット（図5）を曳網している。調査定線は表3、図6のとおりである。曳網時間はワーブを繰り出し終えてからの10分間、船速は約2.0ktで曳網した。採捕したサンプルはホルマリンにて固定し、後日、測定を行った。採捕されたサンプルのうち、1月から2月分について、入網したコウナゴの尾数を計数した。

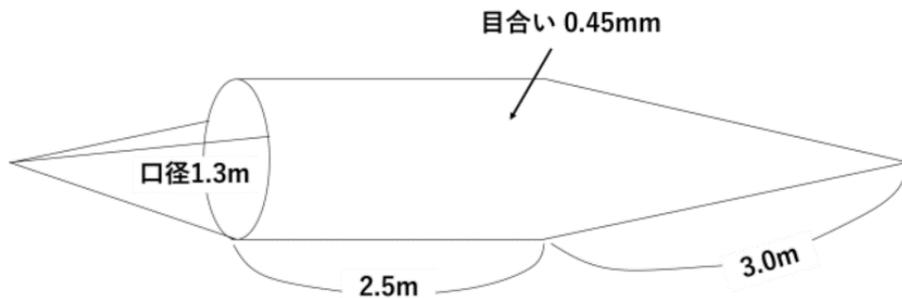


図5 新稚魚ネット模式図

表3 海洋観測、新稚魚ネット曳網定点

定線/定点	St.1	St.2
鶺ノ尾埼 37-50N	141-02E	141-06E
富岡 37-25N	141-05E	141-09E
塩屋埼 37-00N	141-02E	141-06E

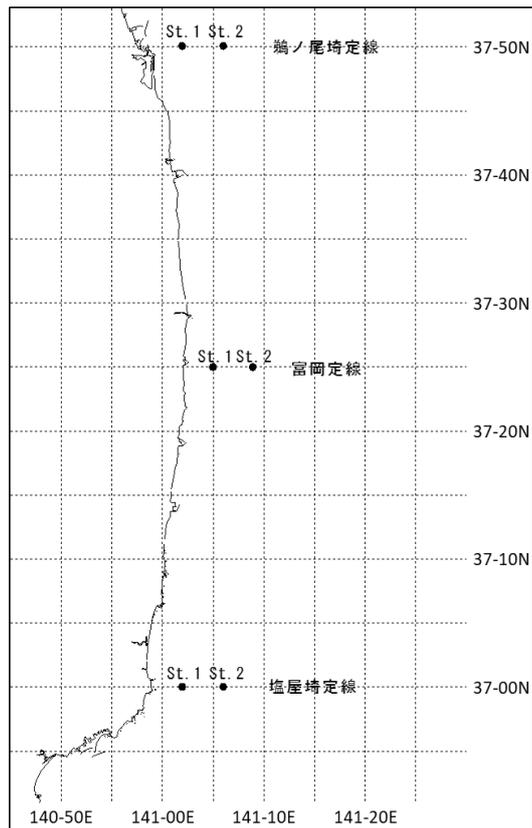


図6 海洋観測、新稚魚ネット曳網定点

2 コウナゴ不漁要因の解明

森下ら¹⁾により調査指導船いわき丸による海洋観測時に採水した海水のクロロフィル a 濃度の推移が整理されており、近年のコウナゴ不漁時における Chl. a 濃度の低下は確認されていない。しかし、海洋観測での採水は限られた定点、水深（表4、図7）であり、Chl. a 濃度は水深 1m ごとに大きく変化することから、採水した検体から餌料環境を評価するには不十分である。

これに対し、CTD のセンサーによる Chl. a 濃度の推定値（以下、CTD 推定値）のデータは 1m ピッチでデータが存在している。より正確に鵜ノ尾埼定線全体の餌料環境を評価するため、CTD 推定値について解析を行った。

海洋観測時に採水した海水は暗瓶に移し、クーラーボックスにて保冷、帰港後にクロロフィル a の抽出と測定を行った。まず、海水の入った暗瓶をよく攪拌し、共洗いしたメスシリンダーで 200mL 測り取った。フィルターにはガラス繊維濾紙 WhatmanGF/F（直径 25mm）を用い、吸引濾過器にて海水を濾過した。この際、フィルター破損による植物プランクトンの通過を防ぐため、引圧が 0.02MPa 以下となるように調整を行った。濾過終了後、フィルターを 2 つ折りにし、アセトン 2mL の入った褐色遠沈管に入れた。フィルターの入った褐色遠沈管に 90%アセトンを加え、10mL までメスアップした。その後、超音波破碎機にて 10 分間破碎を行った。なお、温度の上昇を防ぐため、氷水に褐色遠沈管をつけた状態で破碎した。褐色遠沈管は冷凍庫にて一晩保管することでクロロフィル a の抽出を行った。

冷凍保管した翌日、遠心分離機にて 3000 回転で 4 分間遠心分離を行った。遠心分離後、抽出液をメスピペットにて 2mL 計りとり、クロロフィル測定装置トリロジーにてクロロフィル a 濃度の測定を行った。

1999 年から 2023 年のデータを用いて、CTD 推定値と海洋観測で採水した検体の Chl. a 濃度の値

を照合、検量線を作成した。CTDのセンサー、ECO-FL 蛍光光度計のレンジが0~125 $\mu\text{g/L}$ であることから、上記範囲外のCTD推定値についてはエラー値と判断し、除外して解析を行った。採水した検体の分析に使用しているクロロフィル測定装置トリロジーの検出限界値が0.025 $\mu\text{g/L}$ であることから、この数値を下回るChl. a濃度のデータをエラー値と判断し、除外して解析を行った。また、2024年2月のキャリブレーションにて、海洋観測で用いているCTDのひとつ、SBE19plusに取り付けてある蛍光光度計ECO-FLに不具合が生じていることが判明した。2020年2月のキャリブレーション時には正常に動作していることが確認されている。これより、2020年2月~2023年12月の間にSBE19plusを用いて行われた海洋観測のデータについては、エラーの可能性があると、データを取り除いて解析を行った。

次に、作成した検量線にCTD推定値のデータを当てはめ、Chl. a濃度への換算を行った。換算したChl. a濃度（以下、Chl. a換算値）を整理し、年別でChl. a換算値の平均値を算出、年推移のグラフを作成した。また、月別にChl. a換算値の平均を算出し、コウナゴの発生から成長の時期に当たる2月から4月のChl. a換算値の平均値の推移のグラフを作成、餌料環境の評価を行った。なお、グラフの作成に用いたデータはコウナゴ漁場を考慮し、鵜ノ尾埼定線St.1~4、表層から水深20mまでのデータとした。

表4 海洋観測採水地点

定線/定点	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
鵜ノ尾埼 37-50N	141-02E	141-06E	141-12E	141-24E	141-36E
水深(m)	0	0	0	0	0
	20	10	10	10	
		28	20	20	
			38	30	
				50	
				106	



図7 海洋観測採水地点

結 果

1 曳網調査

(1) 丸稚ネット

1月26日に丸稚ネットによる曳網調査を実施したが、いずれの定点においてもコウナゴは採捕されなかった。調査時の表層水温は10.2～14.5℃であった。1定点あたりのコウナゴ採捕数の推移を図8に示した。コウナゴ採捕数は2018年以降低調となり、その状態は現在も継続している。調査結果については、水産海洋研究センターホームページへ掲載し、関係漁協へFAXにて提供した。

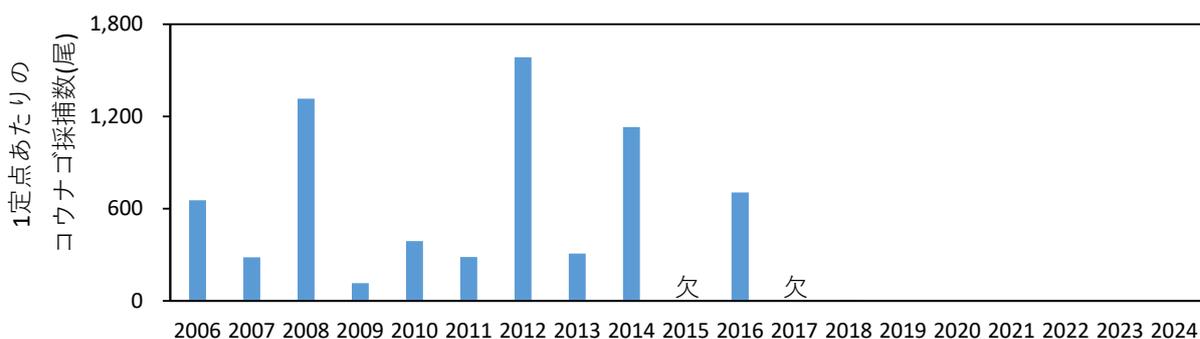


図8 1 定点あたりのコウナゴ採捕数推移（丸稚ネット、1～2月平均）

(2) 中層トロール

コウナゴの採捕数、全長、表層水温を表5に示した。また、1 定点あたりのコウナゴ採捕数の推移を図9に示した。2024年の各調査日における採捕数は0～1尾であり、過去の調査結果と比較して極めて少なかった。コウナゴ採捕数について、鵜ノ尾埼定線では2018年、小名浜定線では2016年より低調となり、その状態は現在も継続している。調査結果については、水産海洋研究センターホームページへ掲載し、関係漁協へFAXにて提供した。

表5 コウナゴ採捕数、全長、表層水温（中層トロール網）

月日	定線	合計採捕数	全長(mm)	表層水温(℃)
3月4日	請戸	1	28.0	10.5～15.6
3月5日	小名浜	0	-	11.3～15.8
3月15日	鵜ノ尾埼	0	-	15.3～16.0

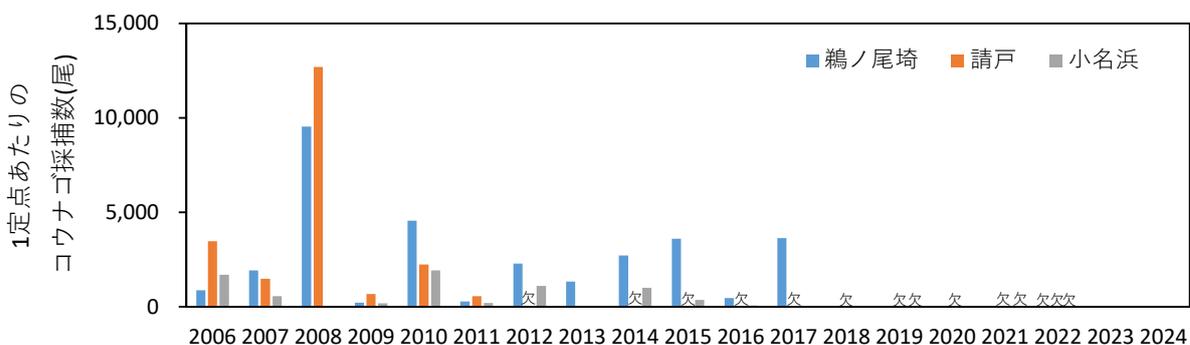


図9 1 定点あたりのコウナゴ採捕数推移（中層トロール網、2～3月平均）

(3) 新稚魚ネット

1、2月ともに、いずれの定点においてもコウナゴは採捕されなかった。1 定点あたりのコウナゴ採捕数の推移を図 10 に示した。コウナゴ採捕数は 2019 年以降低調となり、その状態は現在も継続している。調査結果については、水産海洋研究センターホームページへ掲載し、関係漁協へ FAX にて提供した。

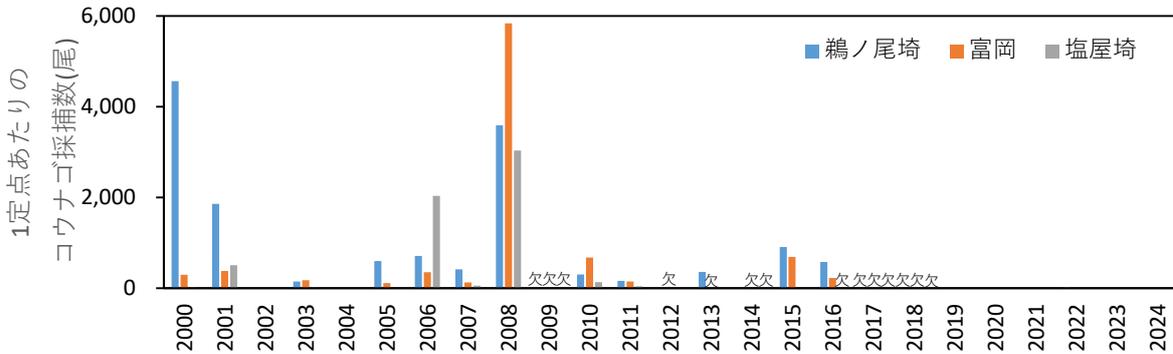


図 10 1 定点あたりのコウナゴ採捕数推移（新稚魚ネット、1～2 月平均）

2 コウナゴ不漁要因の解明

CTD 推定値と海洋観測で採水した検体の Chl. a 濃度の関係、検量線は図 11～13 のとおりである。年別で CTD 推定値と海洋観測で採水した検体の Chl. a 濃度の関係をプロットし、検量線を作成した結果、2011 年以前の年と 2011 年以降の年で検量線の傾きが異なることが確認された。また、2000 年 5 月から 2001 年 12 月までのデータのプロット位置が明らかに他の年と異なっていた。これらのことからデータを 3 つに分け検量線を作成した。

Chl. a 換算値の年推移、2～4 月の推移は図 14、15 のとおりである。コウナゴが不漁となった 2019 年以降の年について、1999 年～2018 年で確認された Chl. a 換算値の下限を下回る年は確認されなかった。これより、今回のデータからは Chl. a 濃度の低下がコウナゴ不漁の要因であることを示す結果は得られなかった。

なお、2012 年、2013 年のデータは、Chl. a 濃度と CTD 測定値が両方そろってデータが無かったことから、検量線の作成に用いられていない。この 2 年間の CTD 推定値と Chl. a 濃度の関係が他の年と異なる可能性もあることから、図 14、15 に示した 2012、2013 年の Chl. a 換算値の値はあくまでも参考値である。

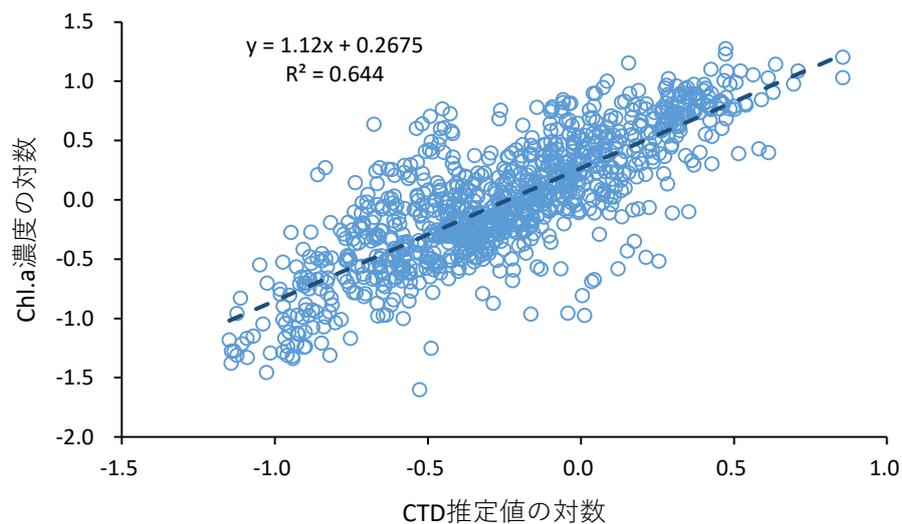


図 11 CTD 推定値と Chl.a 濃度の関係 (1999 年～2011 年)
*2000 年 5 月～2001 年 12 月を除く

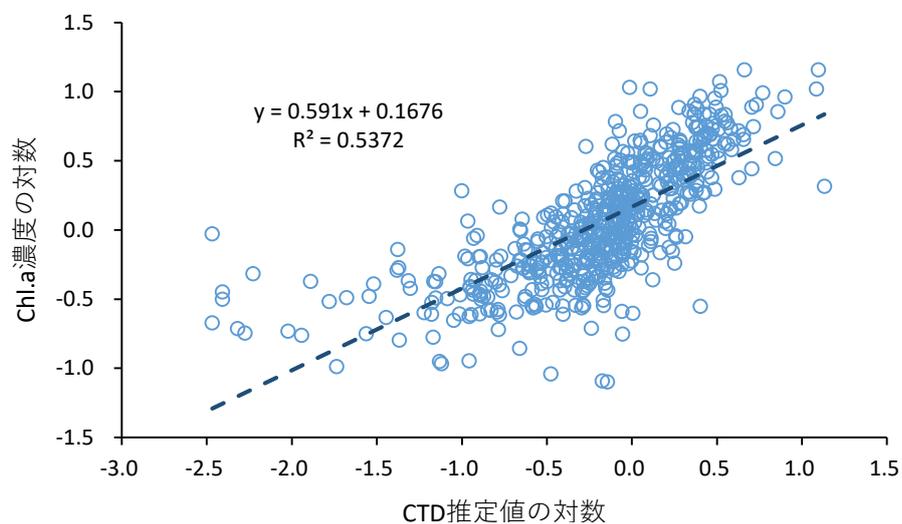


図 12 CTD 推定値と Chl.a 濃度の関係 (2014 年～2023 年)

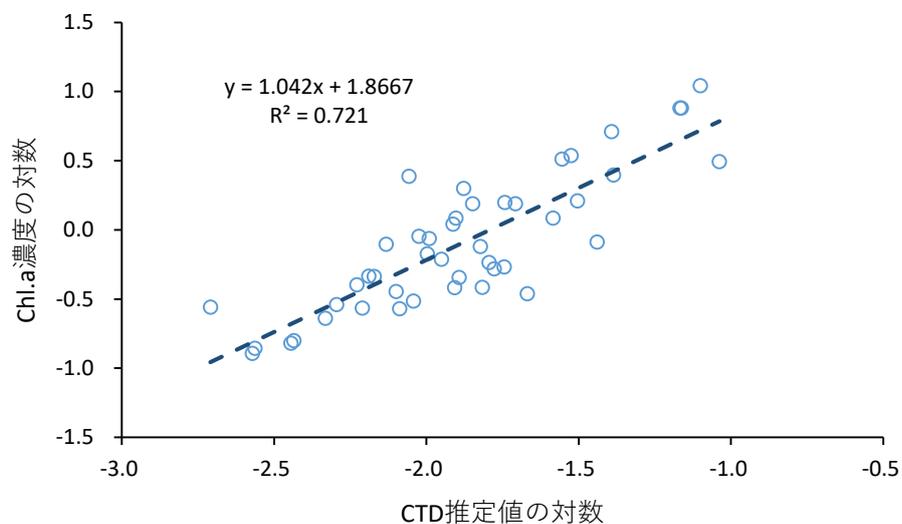


図 13 CTD 推定値と Chl.a 濃度の関係 (2000 年 5 月～2001 年 12 月)

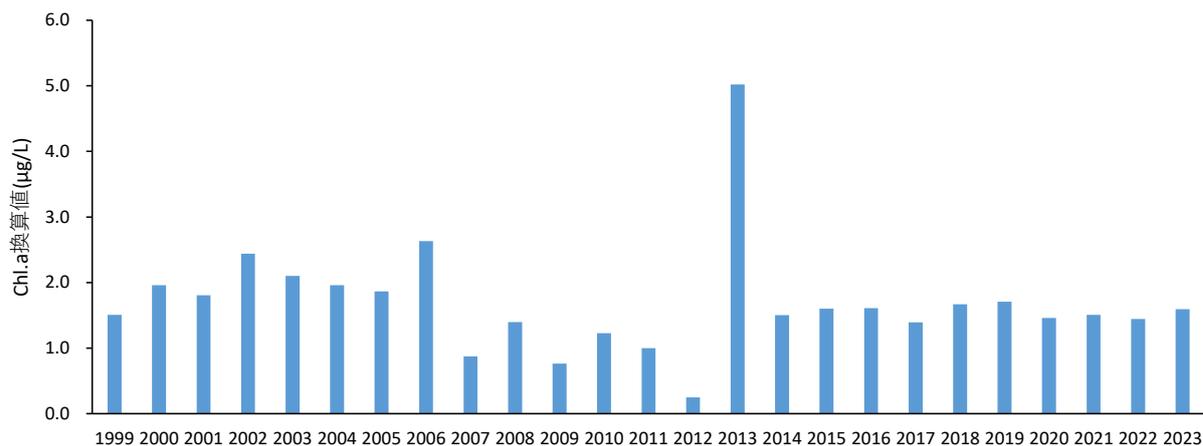


図 14 鵜ノ尾埼定線における Chl.a 濃度の年推移

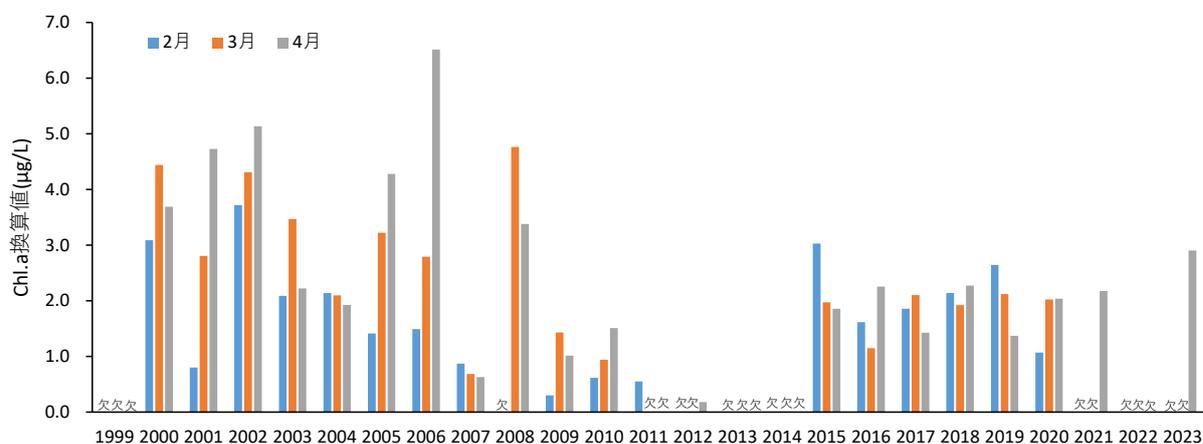


図 15 鵜ノ尾埼定線における Chl.a 濃度の年推移 (2月～4月)

文 献

- 1) 森下大悟、白土遼輝：近年の不漁時におけるイカナゴの栄養状態、令和2年度普及に移しうる成果、<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/442894.pdf> (参照2024-2-21)

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-003 「イカナゴ調査資料」(04-38-2323)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究
 小課題名 アワビ市場調査
 研究期間 2014年～2023年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
 長沢 茜

目 的

アワビ漁業は、東日本大震災以降、操業を自粛してきたが、2014年から規模を縮小した形で試験操業として再開された。2021年からは、本格操業再開に向け、漁獲努力量を次第に増大させる方向で漁業が行われていることから、漁獲努力量が増大する中でアワビ漁獲実態及び資源状況がどのように変化するかを把握する。

方 法

いわき市漁業協同組合沼之内支所魚市場において販売に供されるアワビについて、採鮑組合（＝入札単位）毎に可能な限り全数について、アワビの殻長、重量（海藻や巻貝が付着している殻付きの重さであることから「体重」という表現ではなく、「重量」とした）を測定するとともに人工種苗か天然貝かについて記録した。さらに、入札の単位毎に単価を記録した。なお、肥満度は、重量(g)を殻長(mm)の3乗で割ったものに100,000を乗じたものとした。

また、福島県海面漁業漁獲高統計から漁獲量及び金額を整理した。

結 果

調査結果の概要を表1に示す。調査は19日、延べ104採鮑組合分について行い、計2,096個体、約859kgを測定した。いわき地区の水揚量に対する抽出率は77%だった。

地先毎の殻長、重量、肥満度、人工種苗混入率を整理したものを表1及び図1～4に示した。また、図1～4の凡例を図5に示した。

表1 沼之内支所魚市場でのアワビ市場調査結果

地区	調査回数	調査個数	調査重量 (g)	平均殻長(mm)	平均重量(g)	平均肥満度	平均人工種苗混入率(%)
久之浜	2	60	23,040	138.3	383	14.3	4.3
四倉	7	147	38,454	120.5	262	14.7	37.8
沼之内	6	75	35,478	145.4	473	15.3	17.4
薄磯	16	230	95,897	137.5	417	15.8	26.5
豊間	12	171	65,444	133.1	383	16.0	12.3
江名	11	232	85,501	132.3	369	15.7	7.1
中之作	10	70	27,927	137.7	399	15.2	15.6
永崎	12	202	86,292	138.0	427	16.1	6.2
下神白	10	457	210,493	143.2	462	15.6	11.1
小浜	12	339	154,090	144.7	454	14.7	6.1
勿来	6	113	36,829	131.2	326	14.1	10.3
計 (算術平均)	104	2,096	859,445	(136.5)	(396)	(15.2)	(14.1)

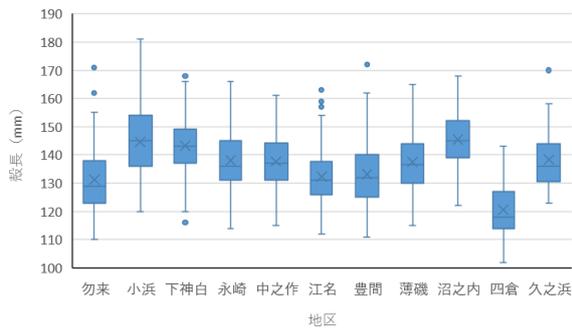


図1 水揚げアワビの地区別殻長

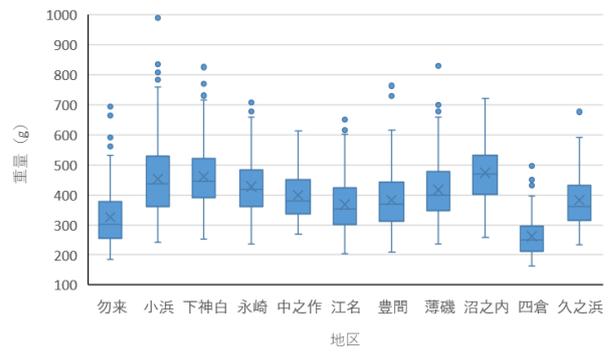


図2 水揚げアワビの地区別重量

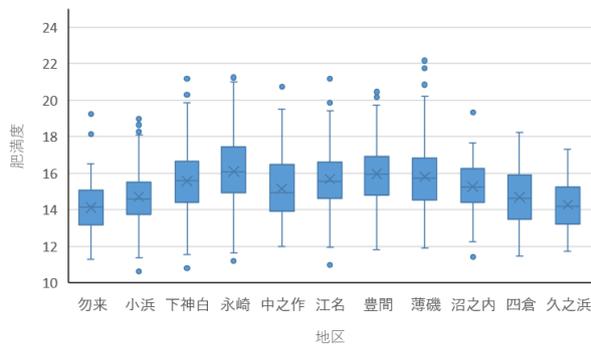


図3 水揚げアワビの地区別肥満度

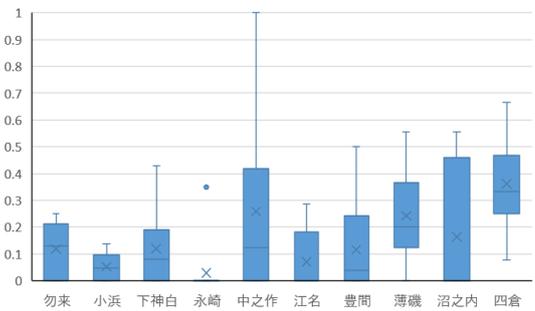


図4 水揚げアワビの地区別人工種苗混入率

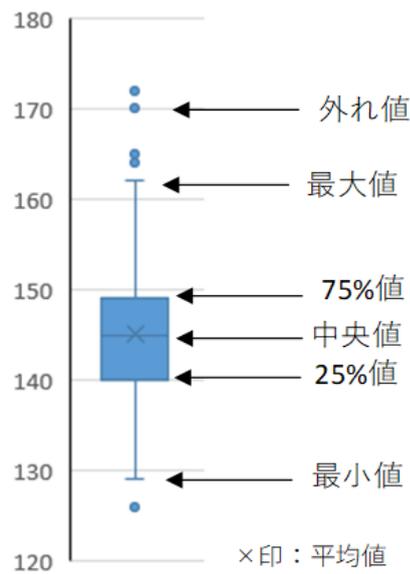


図5 図1~4の凡例

最も平均殻長が大きかったのは、沼之内の 145.4mm（前年は小浜の 147.6mm）で、小浜、下神白でも平均殻長は前年同様、140mm を超え、平均重量は 450 g を超えていた。一方、最も平均殻長の小さかったのは前年同様、四倉の 120.5mm（前年 121.2mm）で平均重量は 262g（前年 264g）と沼之内の約 55%の重量だった。永崎では平均殻長は前年の 123.2mm に対し当年は 138mm となり、顕著な大型化がみられた一方、薄磯では平均殻長は前年の 142.7mm から当年は 137.5mm に小型化していた。

平均肥満度が最も高かったのは永崎の 16.2 で、最も低かったのは勿来の 14.1 だった。

人工種苗混入率が最も高かったのは、四倉の 37.8%（前年 27.5%）で次いで昨年最も高かった薄磯の 26.5%（前年 33.6%）だった。各地区とも調査日により混入率は大きくばらついていたことから、同じ地区であっても漁場の違いで放流貝混入率に大きな違いがあることがうかがえた。全地区での人工種苗混入率の平均値は 14.1%（前年 16.0%）だった。なお、図 4 で久之浜は調査が 2 回しか行えなかったため削除した。また、永崎では、他の地区と異なった表示になっているが、これは 12 回調査したうち、人工種苗が混入していたのが 1 回しかなかったためである。

震災前から市場調査による測定データがある、いわき地区 6 地区における水揚げアワビの年別平均殻長の推移をみると、震災後に大型化していたが、その傾向は 2019 年には頭打ちとなり、その後、やや小型化している傾向がみられた（図 6）。同様に人工種苗混入率の推移をみると、震災後、低下傾向が続いていることがうかがえる（図 7）。

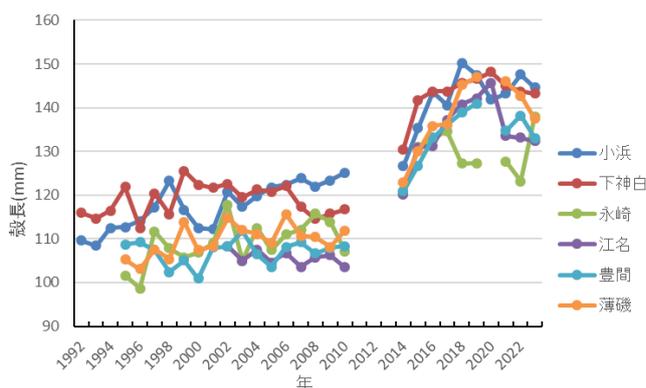


図 6 水揚げアワビ平均殻長の推移



図 7 水揚げアワビ人工種苗混入率の推移

販売日毎のアワビ単価は、販売初日の 5 月 8 日から 6 月 15 日までは、高値の単価は概ね 25,000 円/kg を超えていたが、6 月 22 日以降は高値の単価は 20,000 円/kg 程度に低下した（図 8）。アワビ 1 個あたりの平均重量と単価の関係をみると、平均重量と単価の関係は前年同様、強い正の相関がみられたが、6 月 15 日を境に漁期の前半と後半では回帰直線の傾きが異なっていた（図 9）。

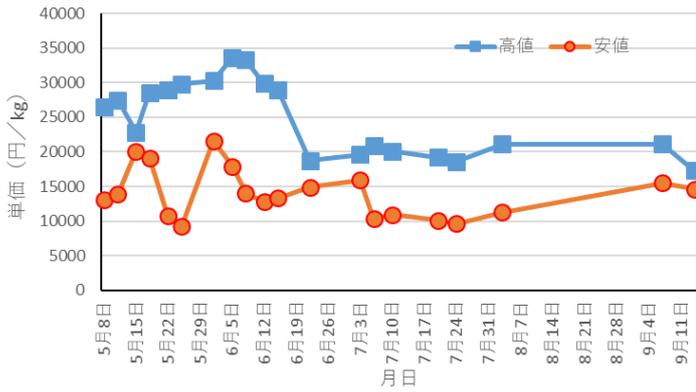


図8 水揚げアワビ単価の推移

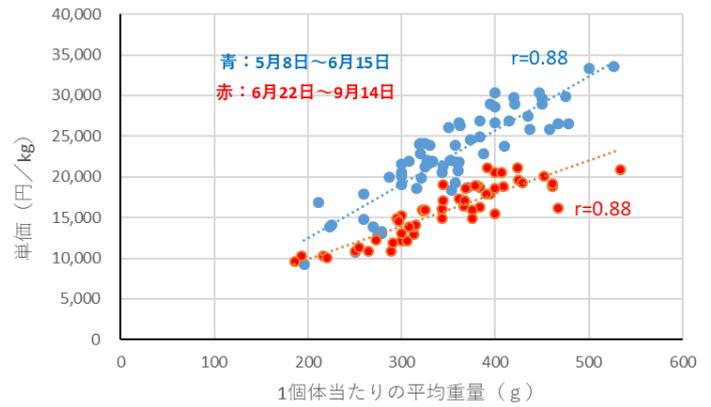


図9 水揚げアワビの平均重量と単価の関係

当年度の漁獲量は県全体では、前年の92%の1,312kgとなり、2年連続で減少した(図10、11)。漁獲金額は前年の88%の27,527千円に減少し(図12、13)、単価は前年の96%の20,978円/kgとなり、震災後、単価は上昇傾向だったが当年は前年よりやや低下した(図14)。

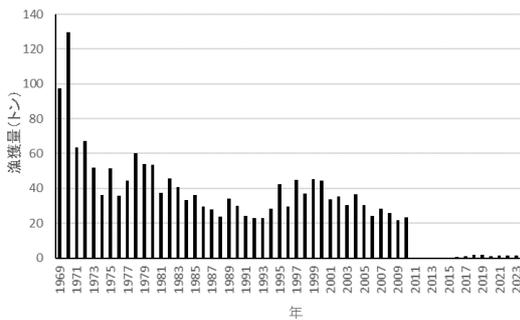


図10 アワビ漁獲量の推移(全県)

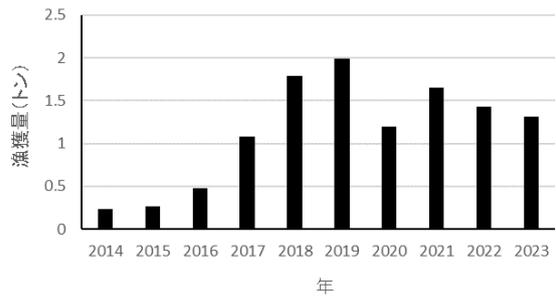


図11 アワビ漁獲量の推移(全県、震災後)

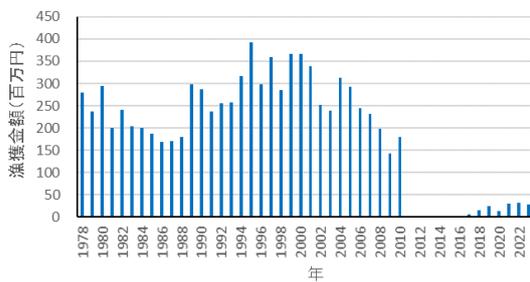


図12 アワビ漁獲金額の推移(全県)

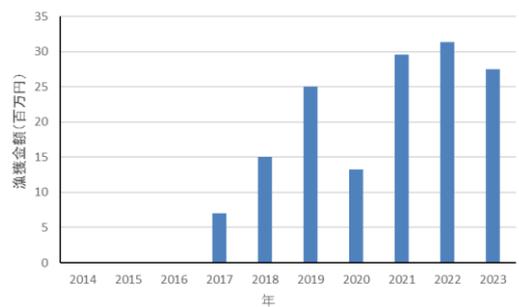


図13 アワビ漁獲金額の推移(全県、震災後)

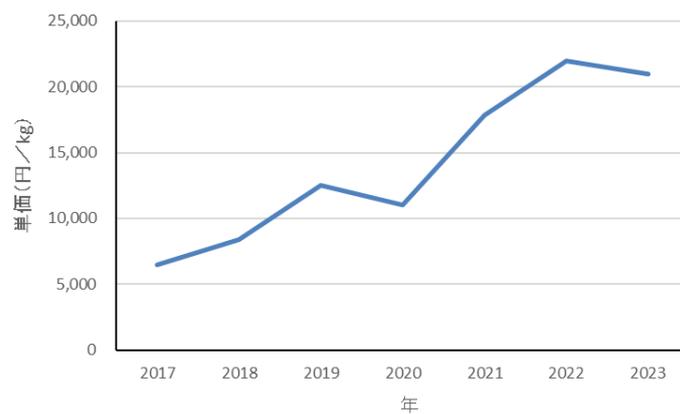


図 14 アワビ平均単価の推移

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-004 「アワビ市場調査」 (05-53-1423)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究

小課題名 痩せたアワビが多くみられるといわれる漁場での環境調査

研究期間 2023 年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
長沢 茜

目 的

いわき市漁業協同組合永崎採鮑組合長から近年痩せたアワビが増えているとの情報があり、特に永崎地先のナダコムネ（図 1）という漁場で痩せたアワビが多いとのことから、ナダコムネの漁場環境を潜水で調査した。

方 法

6月21日にウニ密度とGSIから餌料環境を評価するため、ライントランセクト法により、キタムラサキウニ（以下、ウニ）密度を測定するとともに、ウニの一部を持ち帰り、殻径、体重、生殖腺重量を測定し、口器中間骨から年齢査定を行った。

結 果

ナダコムネの水深は約2.5～4mで磯の上部はアラメ林となっているが、磯の下部には大型海藻は繁茂していなかった。ライントランセクト法でウニ密度の測定を試みたが、ウニは岩陰の1カ所に固まって見られただけで、それ以外の場所には全く見られなかったため、密度の測定は行えなかった（0.1個体/m²以下）。また、大型のアワビが多数見られたが、水中での観察では、特に痩せているようには見えなかった。

ウニを30個体持ち帰り測定した結果、年齢は主に6歳以下の若齢個体で構成されており、3歳以下の若齢個体を除いたGSIは平均20.6%と、当県での実入り良好とされる20%に達していたことから、実入りは良好と考えられ、また、5歳の個体の平均殻径は62.8mmで他の地区の漁場と比較して小さくない（当事業報告書「同年齢ウニの殻径比較による磯根漁場の餌料環境評価」参照）ことから、餌料環境は良好と判断された（図2、3、表1）。

以上から、ナダコムネにおける餌料環境は良好と判断され、痩せアワビは餌料不足によるものではないと推測された。

なお、2022年8月9日に永崎採鮑組合から痩せアワビとして持ち込まれたアワビ2個体を福島県水産資源研究所において筋萎縮症PCR検査を行った結果、1個体が陽性だった。ただし、筋萎縮症と痩せアワビとの関係は不明である。

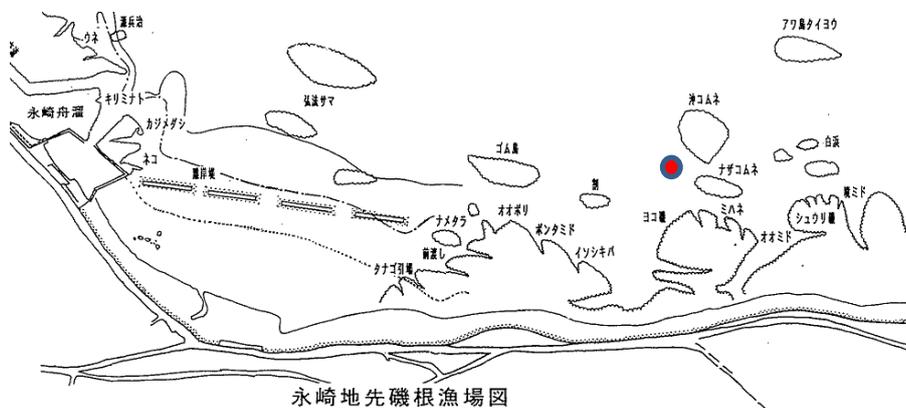


図 1 ナダコムネ調査地点図

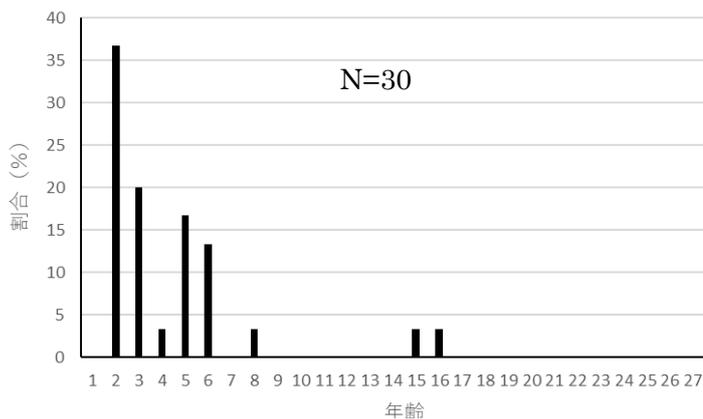


図2 ウニ年齢組成

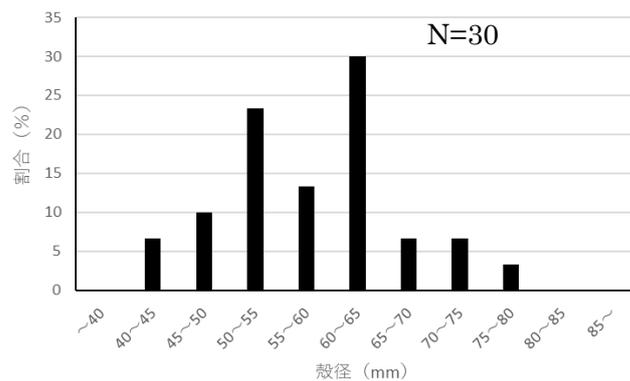


図3 ウニ殻径組成

表1 ウニの平均殻径、平均年齢、平均 GSI

漁場名	ナダコムネ
平均殻径 (mm)	58.3
平均年齢 (歳)	4.4
平均GSI(%)	20.6

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-005 「痩せたアワビが多くみられるといわれる漁場での環境調査」
(04-57-2323)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究
小課題名 永崎カジメダシでの磯焼け調査
研究期間 2023年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
長沢 茜

目 的

当県沿岸では、ウニ焼けと呼ばれるキタムラサキウニ（以下、ウニ）が高密度に生息することによる大きな摂餌圧が原因の磯焼けが継続しているといわれている。一方で、以前は磯焼けが広がっていたものの、近年、ウニが見られなくなった漁場もみられている。ウニ資源の動向と磯焼けの状況を把握するため、磯焼け漁場として以前から調査を継続している永崎地先の通称カジメダシという磯で、海藻の繁茂状況とウニの生息実態を調査した。

方 法

永崎地先のカジメダシにおいて灘（水深2～2.5m）、沖（2.5～3.5m）、西（水深3～4m）3定点を設け（図1）、海藻の繁茂状況を観察するとともにライントランセクト法によりウニ生息密度を測定した。また、ウニの一部を持ち帰り、殻径と体量、生殖腺重量を測定した。調査は、GSI（生殖腺重量／体重 %）から餌料環境を評価するため、生殖腺の発達する6月下旬（6月21日：沖・西、6月28日：灘）に行った。

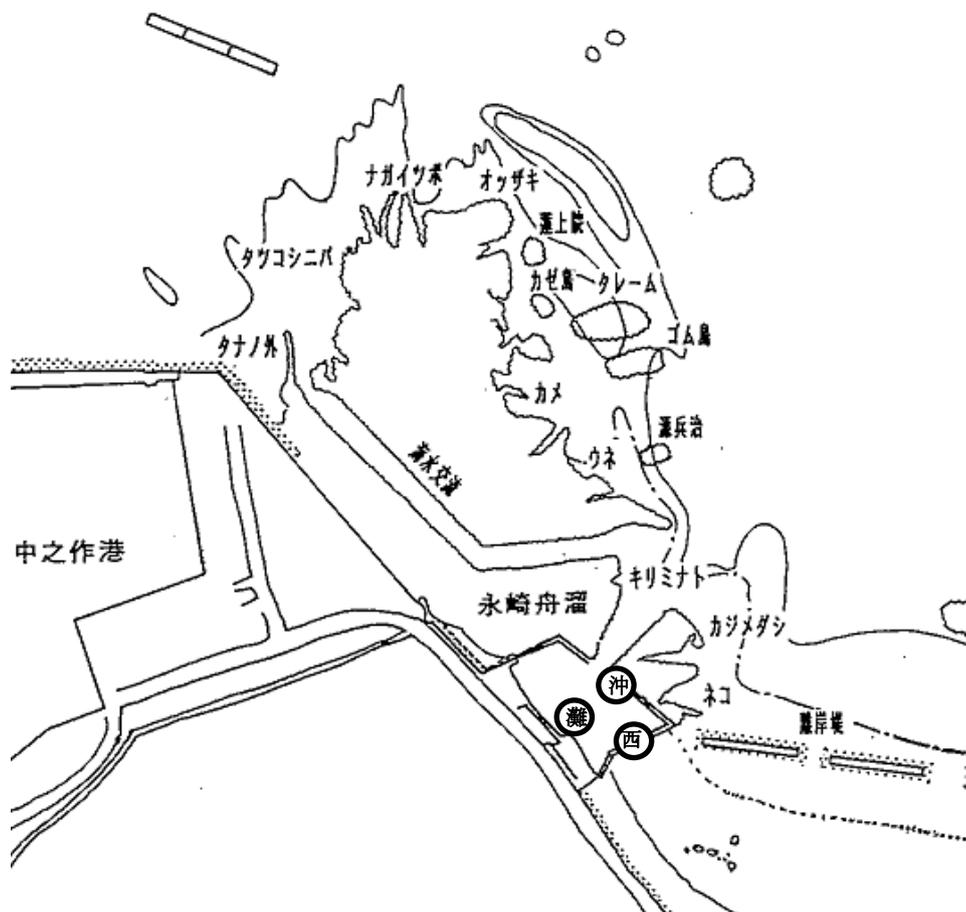


図1 カジメダシ調査地点

結 果

ウニの調査結果概要について表 1 に示し、それぞれの地点での殻径組成、年齢組成について図 2、3 に示す。

表 1 永崎カジメダシでの調査結果 (数字は平均値)

		殻径 (mm)	年齢 (歳)	密度 (個/m ²)	GSI
2003年	灘側	48.0		12.0	8.4
	沖側	33.0		12.0	7.5
2021年	灘側	45.3	5.8	9.9	9.1
	沖側	43.4	5.2	5.3	8.5
2022年	灘側	55.3	7.9	5.5	21.8
	沖側	46.1	4.4	1.8	17.5
2023年	灘側	54.7	9.1	10.3	15.8
	沖側	52.3	9.0	4.2	14.4
	西側	46.4	6.2	5.3	12.2

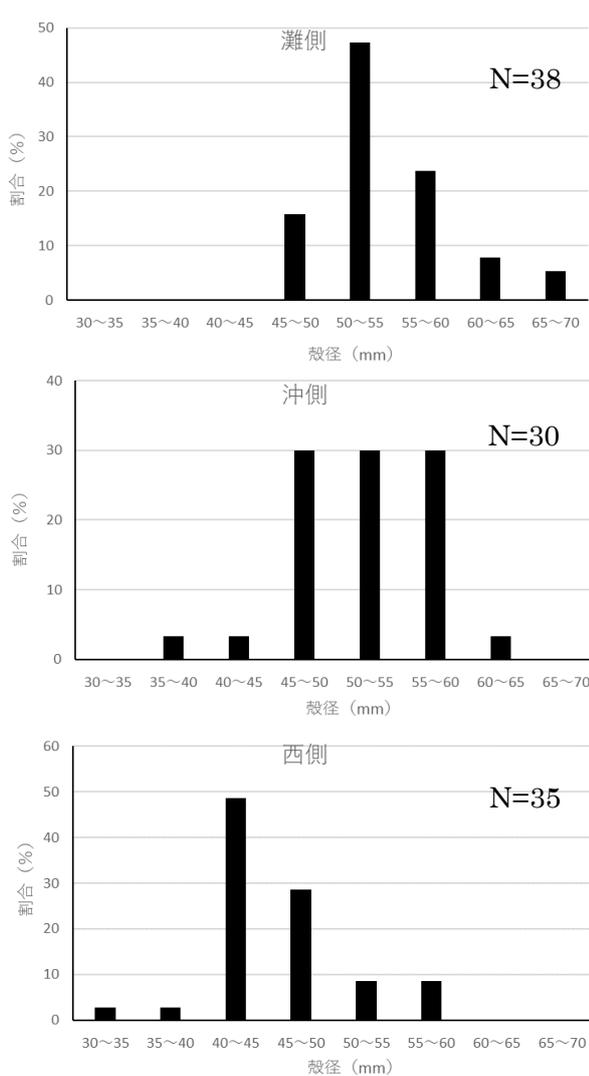


図 2 永崎カジメダシ 3 地点の殻径組成

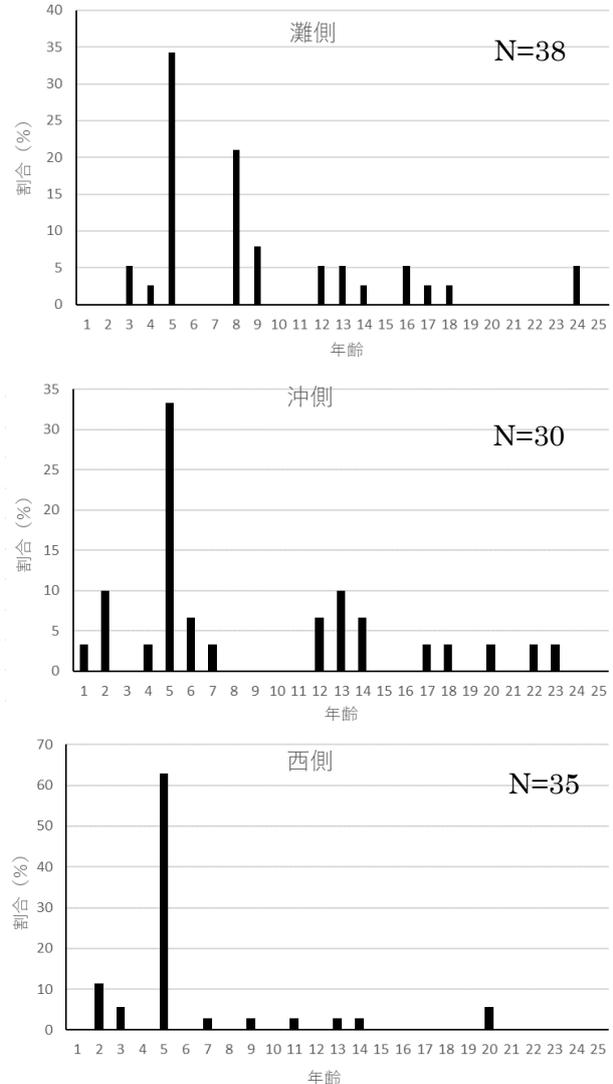


図 3 永崎カジメダシ 3 地点の年齢組成

1 海藻繁茂状況

アラメは各地点とも幼体（0+歳）が僅かにみられる程度で、前年に多数萌出した 1+歳のアラメは見られず、2+歳以上のアラメも見られなかった。ワカメについては前年には濃密に繁茂していたが、当年は点在している程度で前年に比べると非常に少なかった。全体的には、ワカメは点在していたもののアラメはほとんど見られず、磯焼けが継続していた。

2 ウニの殻径

ウニの殻径は灘側の方が沖側より大きい傾向は前年及び前々年、2003年の結果と一致した。西側では、平均殻径が灘側及び沖側よりも小さかった。概ね漁獲加入すると考えられる殻径 60mm 以上の割合は、灘側で 16%、沖側で 3%、西側で 0%と低く、漁獲の対象とならない小型のものが大半だった。

3 ウニの年齢

3 地点とも 5 歳のウニの割合が最も高く、灘側、沖側、西側でそれぞれ 34%、33%、63%を占めた。灘側、沖側では 5 歳以外にも 10 歳以上の高齢なウニの割合がそれぞれ 29%、40%と高かったのに対して、西側では 5 歳が卓越し、10 歳以上の割合は 14%と他の 2 地点より低かった。平均年齢は、灘側と沖側では差はみられず、約 9 歳だった。灘側では前年に対してプラス約 1 歳、沖側では前年に対してプラス約 5 歳となっていた。西側では 5 歳が卓越していたことから灘側及び沖側よりも若く平均年齢は約 6 歳だった。

5 歳の個体の平均殻径を比較すると灘側が 51.4mm、沖側が 50.1mm、西側が 45.0mm と灘側では沖側よりやや成長が良く、西側の成長が最も悪いことが示唆された。また、環境放射線モニタリングの検体として 2023 年 1 月から 7 月に採捕されたウニの 5 歳の平均殻長である 60.1mm (N=263) と比較すると、3 地点とも殻径は小さく、一般漁場と比較して成長が遅いことが示唆された。これは、カジメダシでの磯焼けが継続していることによる餌不足によるものと考えられた。

4 ウニの生息密度

ウニの生息密度は、沖側よりも灘側の方が 2 倍程度高い傾向は、前年及び前々年の結果と一致したが、灘側、沖側ともに前年よりも 2 倍程度密度が高くなっており、前々年の密度と同程度となっていた。西側ではウニの生息密度は約 5 個体/m² と灘側より低く、沖側より高かった。

5 ウニの GSI

ウニの GSI（3 歳以上の個体を評価の対象とした）については、前年及び前々年、2003 年の結果と同様に沖側より灘側の方が高かったが、灘側、沖側ともに前年の値を下回った。これは前述のとおり、前年よりも餌料となるワカメの繁茂が少なかったためと推察された。どの地点の平均値も当県で実入り良好の目安とされる 20 を下回り、実入りは不良だった。

6 その他

調査を通して、3 地点では、小型のアワビが散見された。クボガイ並びにバテイラは全く見られなかった。

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-006 「ウニ資源と磯焼け」 (04-57-2323)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究
小課題名 ウニ資源調査
研究期間 2023 年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
長沢 茜

目 的

近年、県内の一部の地区でキタムラサキウニ（以下、ウニ）が減少しているとの情報があったことから、漁場毎にウニ資源の発生状況や年齢構成などを明らかにし、ウニ資源減少原因を解明する。

方 法

環境放射線モニタリングの検体として、県内の各漁場で2023年1月から12月までに採取されたウニについて、殻径、重量、生殖腺重量を測定するとともに、口器中間骨を取り出し、カセットコンロ上で加熱したフライパン（約500℃）で約90秒間焼いた後、上生骨側を耐水サンドペーパー（＃800）で研磨し、内側に現れる輪紋を年輪として読み取り、漁場別に年齢構成を整理した。なお、前年度の調査結果から中間骨輪紋は、秋から冬にかけて1年に1本形成されることが明らかになっているため、年齢の起算は1月1日とした。

結 果

2023年は、いわき市の11地区、26カ所の漁場で採捕された1,545個体を口器中間骨の輪紋数から年齢査定した結果、前年、前々年同様、2018年級群（当年には5歳）が卓越していた。全体では、10歳以下のものが80%（前年84%）と多く、20歳以上のものは全体の1.6%（前年0.8%）で最高齢は27歳（3個体、0.2%）だった。当年は2021年のような3歳の個体の大きな漁獲加入はみられなかったが、前年よりは加入量が多いものと推察された（図1）。

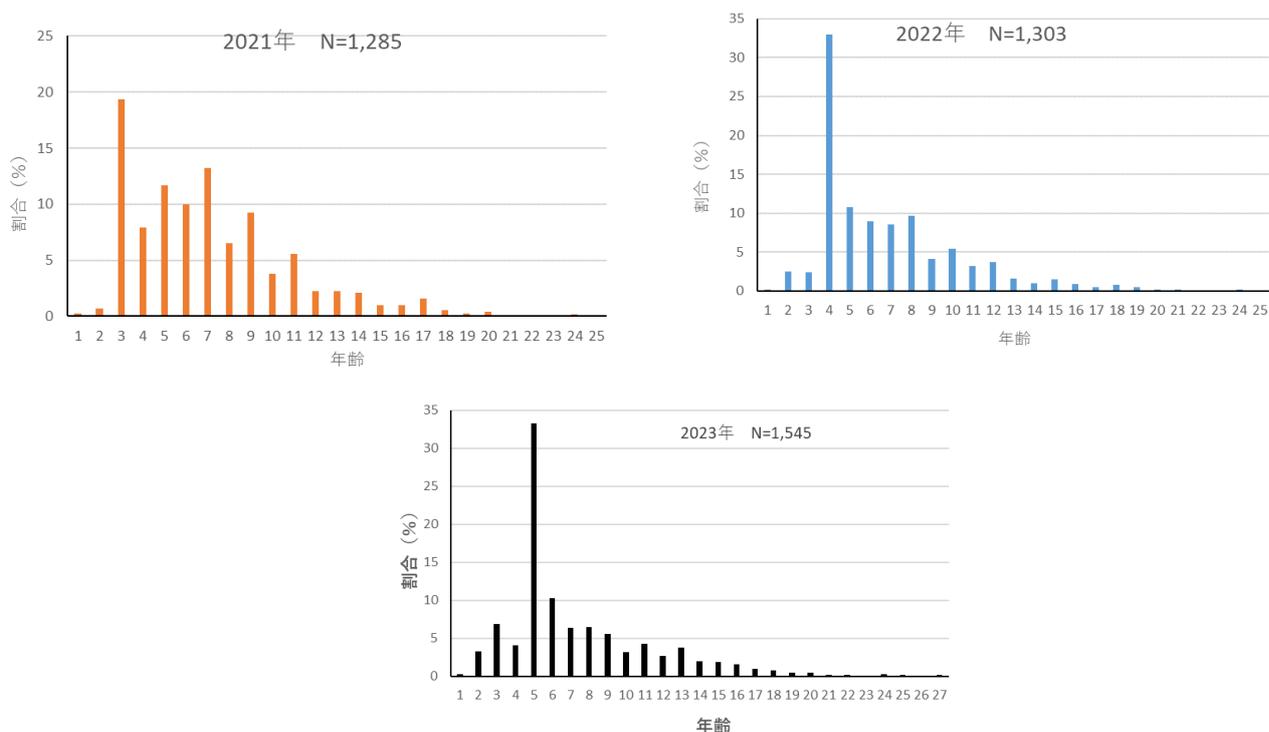


図1 2021、2022、2023年の年齢査定結果（全体）

漁場毎に年齢組成や殻径組成は異なっており、以下に漁場毎の年齢組成図と殻径組成図、平均殻長と平均年齢の表を記すと共に概要を記す。

1 勿来地区（漁場名：オノコ） 図2、3、表1

勿来地区の「オノコ」では、全体的に他の地区より高齢で大型の個体が多く、他の地区の多くで卓越している5歳の個体が全く見られず、8歳と13歳の個体が卓越していた（図2、3）。前年度には、勿来地区の「海水浴場」と「カメイソ」では4歳の個体が全く見られず、また、「海水浴場」と「沖テトラ」では7歳の個体が卓越しており、更に「カメイソ」では12歳の個体が卓越していた前年のそれぞれの特徴を当年度の「オノコ」で反映している。オノコでの平均年齢は13.2歳と調査を行った全漁場の中で最も高齢だった。

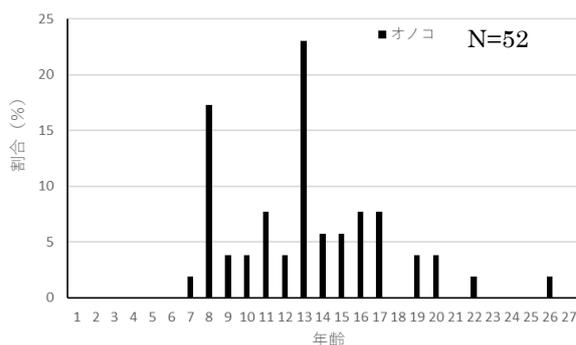


図2 勿来地区でのウニ年齢組成

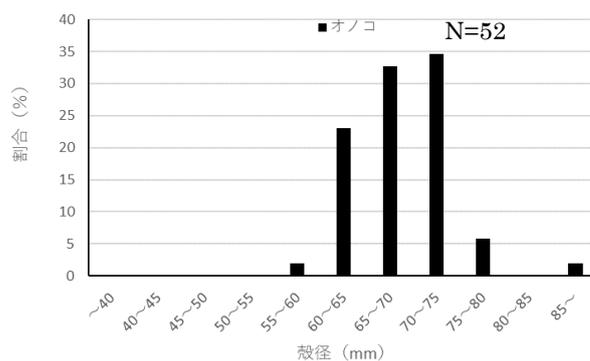


図3 勿来地区でのウニ殻径組成

表1 勿来地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	オノコ
平均殻径 (mm)	69.0
平均年齢 (歳)	13.2

2 小浜地区（漁場名：イメイソ、バイソ、ダイ） 図4、5、表2

小浜地区「イメイソ」と「ダイ」では、5歳の個体が卓越していたが、「バイソ」では3歳の個体が卓越しており、次いで9歳の個体が多かった。

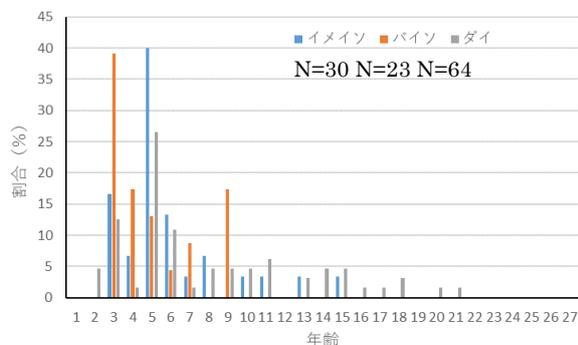


図4 小浜地区でのウニ年齢組成

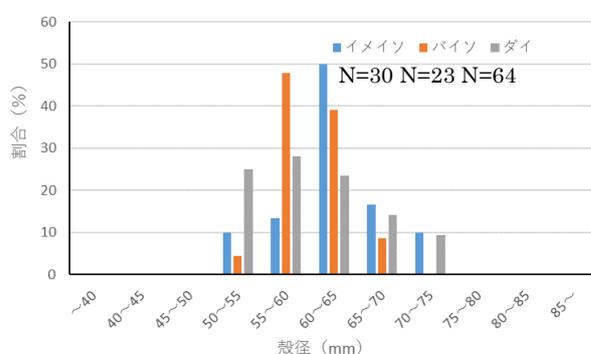


図5 小浜地区でのウニ殻径組成

表2 小浜地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	イメイン	バイソ	ダイ
平均殻径	63.2	60.2	60.3
平均年齢	6.0	5.0	8.1

3 下神白地区（漁場名：クラガ、ナカツカ、イゴミ、ミズイシ）図6、7、表3

下神白地区「ナカツカ」、「イゴミ」、「ミズイシ」では5歳の個体が最も多く、「ミズイシ」では3歳、2歳の個体も多くみられ平均年齢は4歳台と他の漁場より若い個体が多かった。

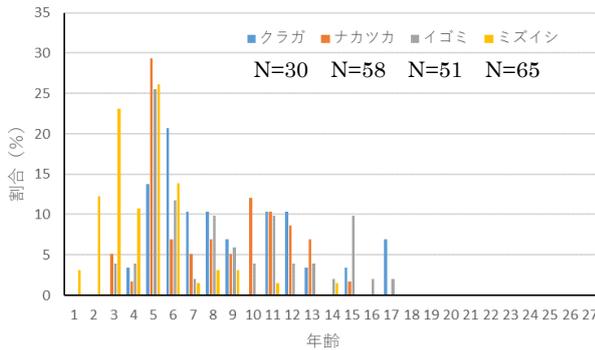


図6 下神白地区でのウニ年齢組成

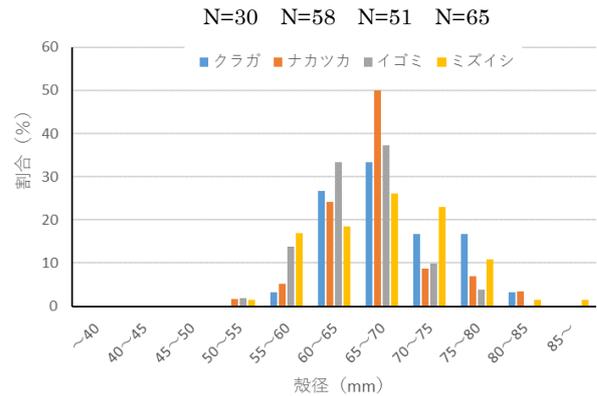


図7 下神白地区でのウニ殻径組成

表3 下神白地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	クラガ	ナカツカ	イゴミ	ミズイシ
平均殻径	69.4	67.3	65.6	67.6
平均年齢	8.7	8.0	8.5	4.6

4 永崎地区（漁場名：ボンタ、テンガジマ、海水交流）図8、9、表4

永崎地区「テンガジマ」、「海水交流」では、5歳の個体が卓越しており、同じような年齢組成だったが、「ボンタ」では、8歳の個体が最も多く、次いで5歳の個体が多かった。

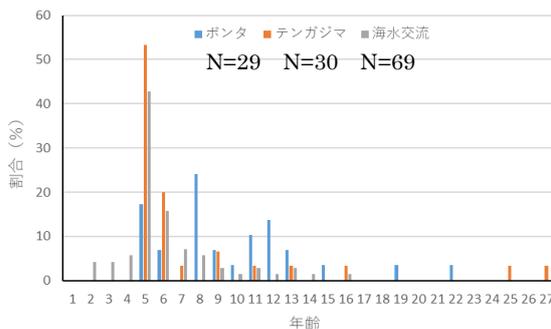


図8 永崎地区でのウニ年齢組成

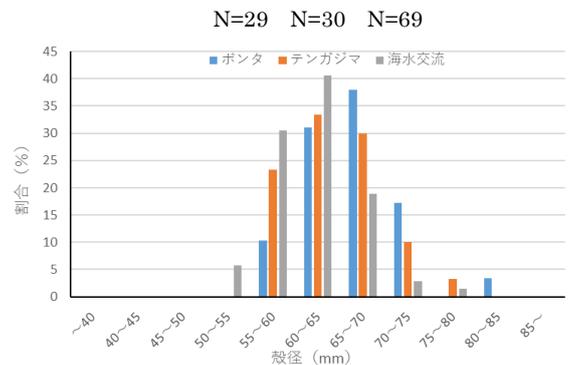


図9 永崎地区でのウニ殻径組成

表4 永崎地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	ボンタ	テンガジマ	海水交流
平均殻径 (mm)	66.7	64.8	62.4
平均年齢 (歳)	9.8	7.8	6.2

5 中之作地区 (漁場名: 電柱、赤沖防) 図10、11、表5

中之作地区「電柱」では、3歳の個体が最も多く、次いで、9歳の個体が多かった。「赤沖防」では5歳の個体が最も多く、次いで6歳と9歳の個体が多かった。「電柱」と「赤沖防」では平均年齢に大きな差はみられなかったが、平均殻径は、「電柱」より「赤沖防」の方が小さく、赤沖防では電柱と比較して成長が悪いことがうかがえた。

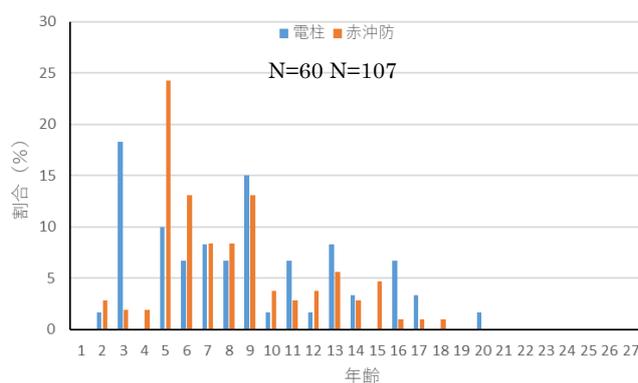


図10 中之作地区でのウニ年齢組成

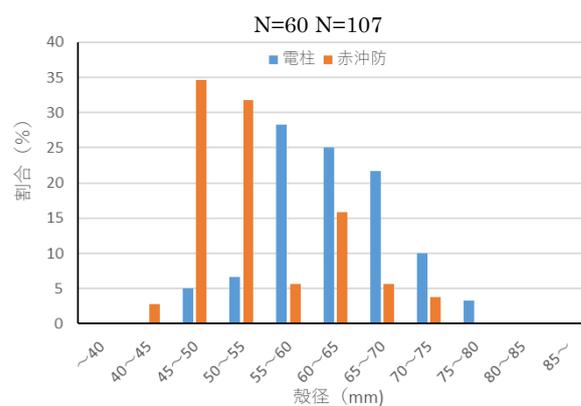


図11 中之作地区でのウニ殻径組成

表5 中之作地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	電柱	赤沖防
平均殻径 (mm)	62.6	54.2
平均年齢 (歳)	8.6	8.1

6 江名地区 (漁場名: イカリミゾ、北磯、小浜) 図12、13、表6

江名地区「イカリミゾ」、「北磯」では、5歳の個体が卓越していたが、「小浜」では、特に卓越した年級はなく、年齢組成は、5歳から27歳までの幅広い年齢の個体で構成されており、平均年齢は、12.4歳と高齢だった。

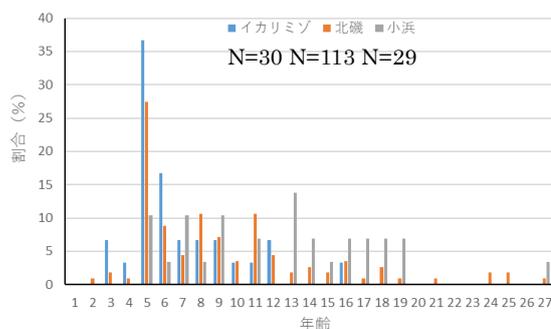


図12 江名地区でのウニ年齢組成

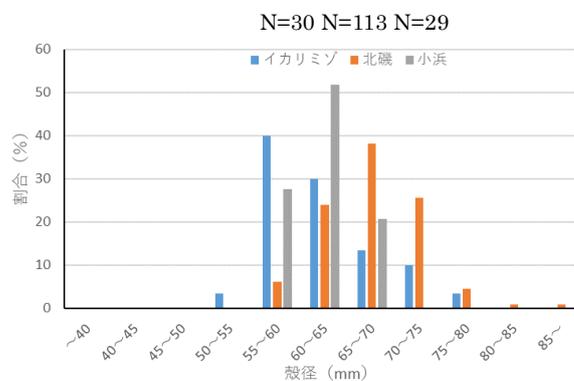


図13 江名地区でのウニ殻径組成

表 6 江名地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	イカリミゾ	北磯	小浜
平均殻径 (mm)	62.7	68.1	62.0
平均年齢 (歳)	6.8	9.4	12.4

7 豊間地区 (漁場名：ハマイソ) 図 14、15、表 7

豊間地区「ハマイソ」では、前年に最も多かった 6 歳の個体が当年は 7 歳となり最も多かった。前年、前々年同様、震災前に生まれた個体はみられなかった。平均年齢は 5.8 歳と若いものの、平均殻長は 67mm と大きいことから、ウニの成長が良いものと推察される。

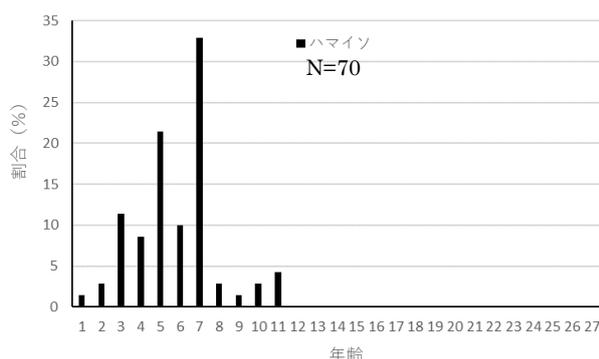


図 14 豊間地区でのウニ年齢組成

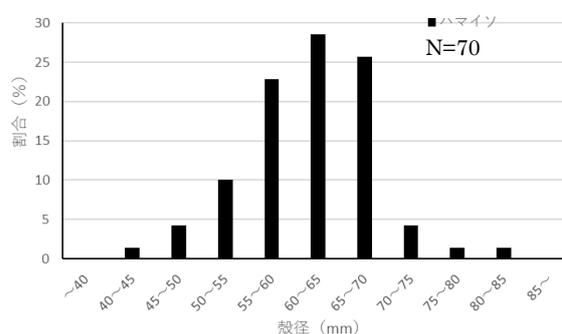


図 15 豊間地区でのウニ殻径組成

表 7 豊間地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	ハマイソ
平均殻径 (mm)	67.0
平均年齢 (歳)	5.8

8 薄磯地区 (漁場名：大門) 図 16、17、表 8

薄磯地区「大門」では、前年、前々年同様、2019 年級である 5 歳が著しく卓越しており、震災前に生まれた個体はみられなかった。殻径組成は他の漁場より小さい方に偏っており、調査した漁場中では最も平均殻径が小さく、平均年齢も最も若かった。

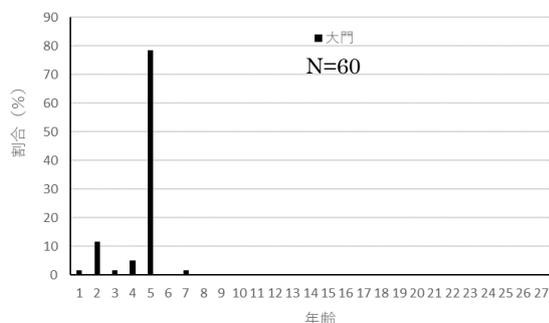


図 16 薄磯地区でのウニ年齢組成

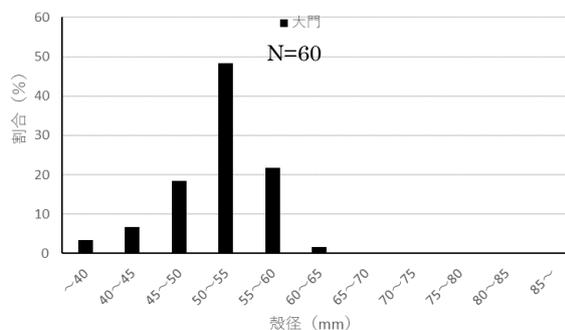


図 17 薄磯地区でのウニ殻径組成

表 8 薄磯地区での平均殻径と平均年齢

漁場名	大門
平均殻径 (mm)	51.9
平均年齢 (歳)	4.5

9 沼之内地区 図 18、19、表 9

沼之内地区では、前年は、4歳と8歳が卓越していたが、当年はこれを反映し、5歳が最も多く、9歳もやや多い傾向だった。

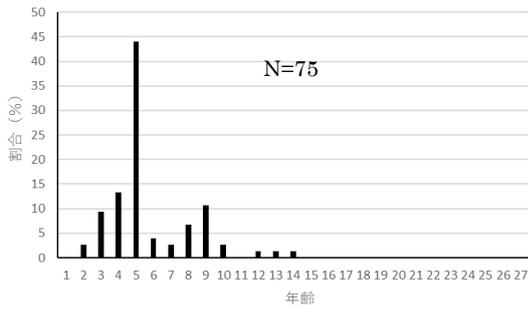


図 18 沼之内地区でのウニ年齢組成

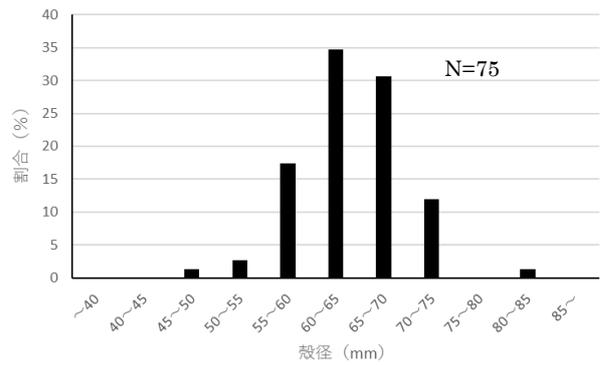


図 19 沼之内地区でのウニ殻径組成

表 9 沼之内地区での平均殻径と平均年齢

漁場名	
平均殻径 (mm)	64.4
平均年齢 (歳)	5.8

10 四倉地区 (漁場名：間口) 図 20、21、表 10

四倉地区「間口」では、5歳が卓越し、前年、前々年同様、10歳を超える個体は少なかった。平均年齢は5.5歳と若く、平均殻径は約58mmと小さかった。

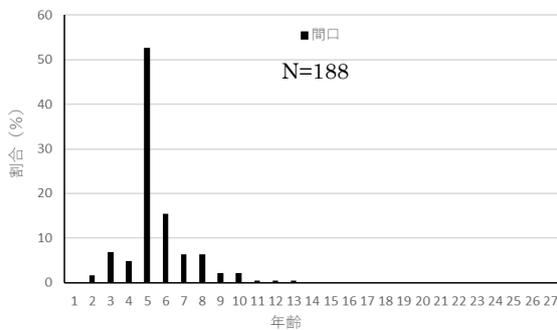


図 20 四倉地区でのウニ年齢組成

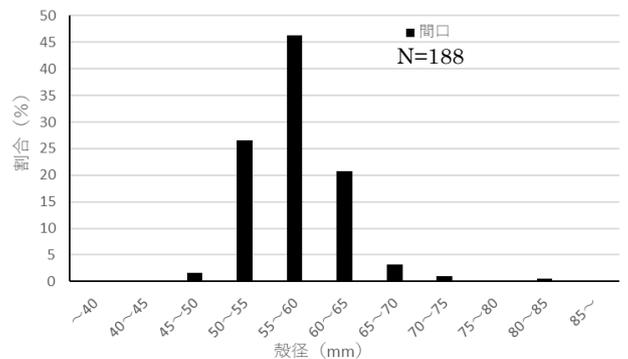


図 21 四倉地区でのウニ殻径組成

表 10 四倉地区での平均殻径と平均年齢

漁場名	間口
平均殻径 (mm)	57.9
平均年齢 (歳)	5.5

1 1 久之浜地区 (漁場名：田之網、金ヶ沢) 図 22、23、表 11

田之網、金ヶ沢は、ともに5歳が最も多くみられたが、10歳前後の比較的高齢の年級群もやや多くみられた。(図 22、23、表 11)。

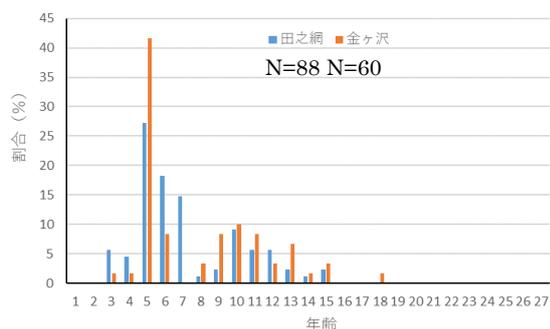


図 22 久之浜地区でのウニ年齢組成

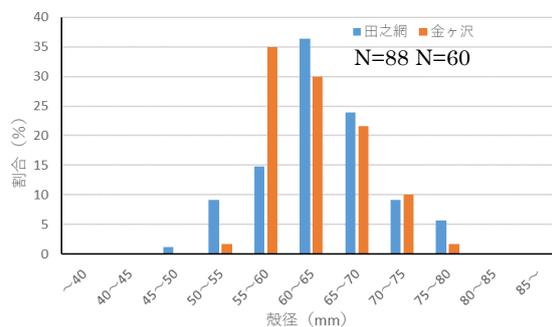


図 23 久之浜地区でのウニ殻径組成

表 11 久之浜地区の各漁場での平均殻径と平均年齢

漁場名	田之網	金ヶ沢
平均殻径 (mm)	62.7	68.1
平均年齢 (歳)	6.8	9.4

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-007 「ウニ資源調査」 (04-57-2323)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究

小課題名 同年齢ウニの殻径比較による磯根漁場の餌料環境評価

研究期間 2023 年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
長沢 茜

目 的

磯根漁場の餌料環境は、杵取りにより海藻の種類毎の現存量を調査し、更に海藻の種類毎の餌料価値を考慮することで評価できるが、海藻の種類、量は時期により大きく変化すること、また、調査には多大な労力が必要なことから実際に数多くの漁場で行うことは困難だった。また、簡便な方法としては、アラメやワカメなど有用海藻の被度から評価することも可能であるが、海藻は均一には分布していないことや、ワカメなど1年生の海藻は季節で消長することから、正確な評価は困難であった。

また、生息するキタムラサキウニ（以下、ウニ）の GSI から餌料環境を評価することが行われてきたが、GSI は季節的に大きく変化することから生殖腺の発達している季節、しかも、同一時期にウニを採取して比較することが必要なことから、数多くの漁場の餌料環境を評価することは困難であった。また、ウニの生殖腺重量の測定には多大な時間と労力が必要であった。

ここでは、近年確立したウニ口器中間骨輪紋から年齢査定する方法により、漁場毎に採取したウニの年齢を明らかにし、同じ時期に調査を行った漁場の同一年齢個体の平均殻径と GSI から殻径の大きい（≒成長が良い）漁場のウニほど GSI が高い（≒餌料環境が良い）ことを明らかにした上で、同一年齢のウニ殻径から漁場毎の餌料環境の評価を試みた。

方 法

いわき地区の各漁場では 2023 年に 5 歳となるキタムラサキウニが他の年級群に比べて卓越しており、他の年級群よりも標本数が多いことからより正確に殻径（≒成長）が評価できること、また、多くの漁場では 5 歳では概ね殻径 60mm を超えて既に漁獲加入しており、大きさの違いによる漁獲率の違いを受けにくいと考えられることから、5 歳のウニの平均殻径を漁場別に整理した。

5 歳ウニの平均殻径が平均 GSI に反映しているかを検証するため、同一時期（ここでは、生殖腺が充実している 5～7 月の期間で、かつ、同一月内で調査漁場数が 7 漁場と最も多く、更に、磯焼け漁場での調査結果のある 6 月とした）に調査を行った漁場の 5 歳のウニの平均殻径と平均 GSI の関係を調査した。

漁場毎の 5 歳の殻径から 25 漁場の餌料環境を評価するために、2023 年 1 月から 12 月に緊急時環境放射線モニタリングで得られた検体と潜水調査により採取した 1,545 個体のうち 5 歳の 516 個体の殻径と年齢を使用した。なお、採集期間中にウニは成長するが、ここでは採集時期による成長差を考慮しないで示した。

結 果

生殖腺が充実している時期（5 月～7 月）のうち、1 ヶ月間で最もデータ数が多かった 6 月に得られた漁場別平均殻長と GSI 値の関係を図 1 に示す。この結果、平均殻径と平均 GSI は強い正の相関がみられた。このことから、同じ 5 歳のウニでは平均殻径が大きい（≒成長が良い）漁場ほど平均 GSI が高いことが示され、餌料環境の評価は、GSI に替わって同一年齢のウニの殻径でも評価できることが示された。

以上のことから、この手法は、海藻が繁茂していない時期やウニの生殖腺が発達していない時期

にも調査が可能なこと、また、直近数ヶ月間の餌料環境ではなく、数年間の平均的な餌料環境の評価が可能なこと、更には中間骨による年齢査定は生殖腺重量の測定よりも時間と労力がかからないことから、従来の手法と比較して簡便で有効な手法だと考えられた。

漁場別の5歳のウニの平均殻径を図2に示す。5歳の平均殻長が最も大きかったのは下神白ミズイソで73mm、最も小さかったのは永崎カジメダシ西で45mmと大きな違いがみられた。平均殻長が小さかったカジメダシ西、カジメダシ沖、カジメダシ灘では、潜水観察ではワカメは点在していたもののアラメ成体はなく磯焼け状態が確認され、6月の平均GSIは12.5~15.8%と実入り良好とされる目安の20%を下回っていた。一方、5歳の平均殻長が最も大きかった下神白ミズイソでは6月に採取したウニの平均GSIが24.6%と2023年のモニタリングで得られた検体の中で最も高かったことから平均殻長の違いは概ね餌料環境の違いを反映しているものと示唆された。

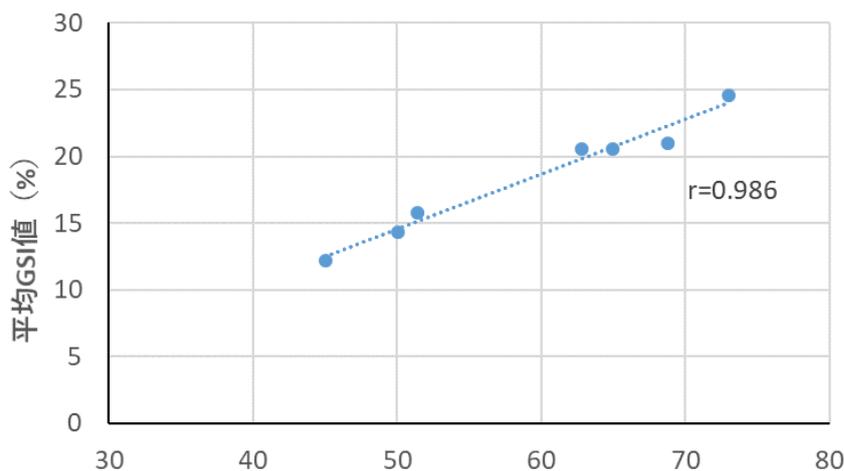


図1 漁場別の5歳ウニの平均殻径と平均GSIの関係(6月)

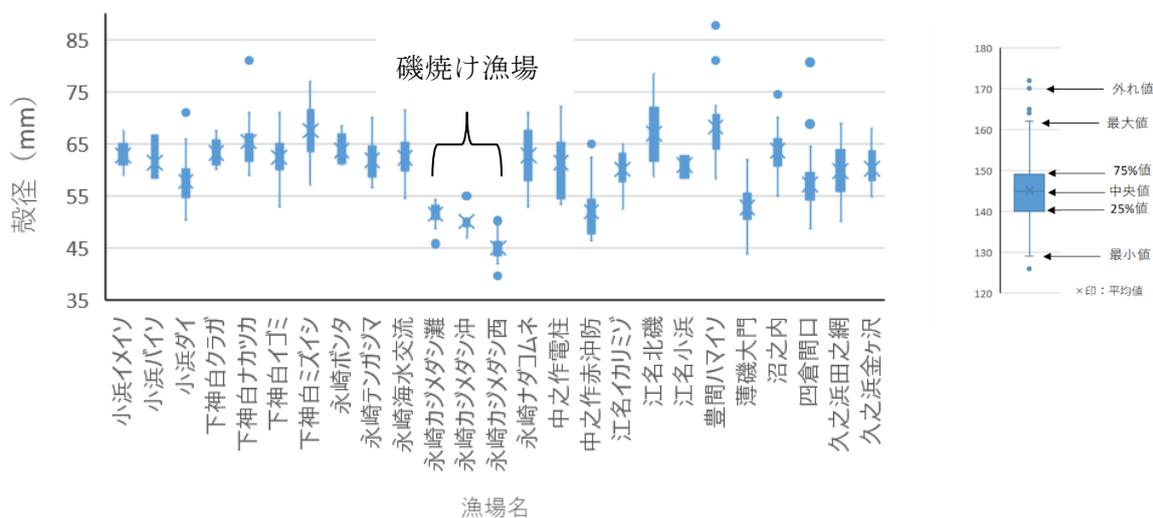


図2 漁場別5歳ウニの殻径(2023年1~12月)

文 献

なし

結果の発表等 令和5年度亜寒帯沿岸資源研究会自由テーマ

登録データ 23-02-008「年齢ウニの殻径比較による磯根漁場の餌料環境評価」(04-57-2323)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究
小課題名 ウニが消滅した海域でのウニ移植試験
研究期間 2023 年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
長沢 茜

目 的

薄磯地先の磯根漁場では 2019 年まで磯焼け対策としてキタムラサキウニ（以下、ウニ）駆除活動を行ってきたが、2020 年の春には主な漁場でウニがいなくなってしまった。この原因を探り、対策を検討するため、他の地区で採取したウニを薄磯地区の漁場に移植し追跡調査を行った。

方 法

1 回目：令和 2022 年 12 月 8 日に薄磯地先シマイソ（水深約 4m）に 451 個体のウニ移植し、12 月 20 日及び 2023 年 4 月 10 日に潜水観察により、ウニの残存状況等を確認した。

2 回目：2023 年 6 月 6 日に薄磯地先シマイソ（水深約 4m）に 35 個体のウニを移植し、2 日後の 6 月 8 日に潜水観察により、ウニの残存状況等を確認した。

3 回目：2023 年 7 月 3 日に 16 個体のウニを 1、2 回目と同じ場所に移植した。このうち 1 個体の殻を水中で割り、蝸集する魚類等を 30 分間観察した。また、10 個体をそこから 10m 程離れた水深が極浅く、波当たりが激しく、魚類が侵入しにくいと思われる潮間帯の溝の中に移植し、2 日後の 7 月 5 日に潜水観察により、ウニの残存状況等を確認した

結 果

1 回目：2022 年 12 月 20 日に潜水観察した結果、ウニは放流点付近に固まって生息しており、ほとんど移動していなかった。斃死殻を数個体発見したが、殻の損傷は見られなかった。

2023 年 4 月 10 日に潜水観察した結果、10 個体弱のウニしか発見出来なかった。ウニは岩の表面には生息しておらず、岩の穴など、狭い隙間に隠れて生息していた。殻が半損しているものの棘がまだ動いている個体を 3 個体発見した。棘がまだ動いていたことから、殻が半損してからの時間経過は短いものと推察された。殻に空けられた穴は主に棘の無い口部側に見られた（写真 1）。

2 回目：移植から 2 日後の 6 月 8 日に潜水観察した結果、半数ほどのウニが殻に大きな穴を空けられ、生殖腺が無い状態だったが、棘は動いていた（写真 2、3）。残り半数ほどは生残していたが、殻に歯形のような傷があるものが多くみられた（写真 4）。

3 回目：7 月 3 日に水中でウニの殻を割って蝸集する生物を 30 分程観察した結果、キュウセン 5、6 尾が割れたウニの殻から水中に浮遊したウニの生殖腺を食べに蝸集したが、ウニの殻を割って食害しそうな生物は見られなかった。

移植から 2 日後の 7 月 5 日に潜水観察したところ。水深 4m に移植したウニは全てが殻をくり抜かれ、生殖腺が無い状態となっていたが棘がまだ動いていた。移植地点付近には、イシダイの姿が確認された（写真 5）。一方、潮間帯の溝に移植した個体は無傷の状態が生残していた。

これらの結果から、移植したウニは、夏季には、何らかの生物によって移植後短時間に食害されてしまうものと推察された。食害生物は暖流系魚類であるイシダイやイシガキダイなど歯と顎が強靱な魚類と想定されるが、食害の現場は、確認されていない。



写真1 殻が半損していたウニ(1回目)



写真2 殻に穴を空けられたウニ(2回目、海中)



写真3 殻に穴を空けられたウニ(2回目、陸上)



写真4 殻に歯形のような傷があるウニ



写真5 移植地点付近のインダイ

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-009「ウニ移植試験」(04-57-2323)

研究課題名 漁場環境保全技術に関する研究
 小課題名 サケ回帰状況の把握と次年度回帰の予測
 研究期間 2011年～2023年

藤田恒雄・廣瀬 充・守岡良晃・
 長沢 茜

目 的

サケ親魚の回帰状況を把握し、その結果を用いて次年度の回帰予測を行い、河川におけるサケ増殖事業を支援する。

方 法

木戸川及び宇多川において、2023年に回帰したサケ親魚について、採鱗及び尾叉長、体重測定を行った。鱗は、実験室で輪紋を読み取り、年齢を査定した。この結果から、年齢査定の結果を雌雄毎に月別抽出率により引き伸ばし、回帰親魚の年齢組成を推定した。得られた年齢別回帰尾数の推定値から、Sibling法により、両河川の次年度の回帰尾数を予測した。

結 果

1 回帰状況の把握

木戸川では、10月中旬から11月下旬まで6回の採鱗調査を行い、漁協が捕獲した124尾のうち101尾（抽出率81%）から採鱗した。年齢査定結果（表1）を月別、雌雄別に引き伸ばした結果、2歳魚0尾（0%）3歳魚71尾（58%）、4歳魚33尾（26%）、5歳魚19尾（15%）、6歳魚1（1%）尾と推定され、3歳魚の割合が最も高かった（表2）。

表1 木戸川での年齢査定結果（尾）

採鱗月日	雌雄	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	合計
10月12日	オス	0	0	0	0	0	0
	メス	0	1	0	0	0	1
10月25日	オス	0	1	0	0	0	1
	メス	0	0	0	0	0	0
10月31日	オス	0	6	3	0	0	9
	メス	0	4	3	0	0	7
11月8日	オス	0	8	2	4	0	14
	メス	0	5	1	7	0	13
11月14日	オス	0	14	3	3	0	20
	メス	0	5	3	1	1	10
11月22日	オス	0	10	5	0	0	15
	メス	0	4	7	0	0	11
合計	オス	0	39	13	7	0	59
	メス	0	19	14	8	1	42
	計	0	58	27	15	1	101

表 2 木戸川での年齢組成推定結果

		2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	合計
オス	尾数 (尾)	0	49.4	16.3	9.3	0	75
	割合 (%)	0.0	65.9	21.7	12.4	0.0	100
メス	尾数 (尾)	0	21.9	16.3	9.6	1.2	49
	割合 (%)	0.0	44.7	33.2	19.7	2.5	100
合計	尾数 (尾)	0	71.3	32.5	18.9	1.2	124
	割合 (%)	0.0	57.5	26.2	15.3	1.0	100

なお、前年度に Sibling 法で予測した当年度の木戸川の年齢別回帰尾数は、4 歳魚 142 尾、5 歳魚 43 尾、計 185 尾であったが、年齢査定により推定した回帰尾数は予測数を下回った。

宇多川では 11 月 9 日に採鱗調査行い、宇多川鮭増殖組合が捕獲した 69 尾のうち 33 尾（抽出率 48%）から採鱗をした。年齢査定結果（表 3）を雌雄別に引き延ばした結果、2 歳魚 0 尾（0%）3 歳魚 50 尾（72.3%）、4 歳魚 7 尾（10.0%）、5 歳魚 12 尾（17.8%）6 歳魚 0 尾（0%）と推定された（表 4）。

表 3 宇多川での年齢査定結果 (尾)

採鱗月日	雌雄	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	合計
11月9日	オス	0	8	0	1	0	9
	メス	0	13	5	6	0	24
	計	0	21	5	7	0	33

表 4 宇多川での年齢組成推定結果

		2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	合計
オス	尾数 (尾)	0	32.0	0	4.0	0	36
	割合 (%)	0.0	88.9	0.0	11.1	0.0	100
メス	尾数 (尾)	0	17.9	6.9	8.3	0	33
	割合 (%)	0.0	54.2	20.8	25.0	0.0	100
合計	尾数 (尾)	0	49.9	6.9	12.3	0	69
	割合 (%)	0.0	72.3	10.0	17.8	0.0	100

木戸川並びに宇多川とも 4 歳魚の割合が例年よりも低く、尾数も少なかったが、これは、当年度に 4 歳として回帰した 2019 年級群は、2019 年 10 月 12 日の台風 19 号による大雨被害の影響で、親魚捕獲並びに採卵が順調に行えず、稚魚放流数が木戸川で 103 千尾、宇多川で皆無と非常に少なかったことが要因の 1 つと推察された。

年齢査定結果から木戸川、宇多川それぞれの雌雄別、年齢別尾又長組成をまとめたものを図 1、2 に示した。

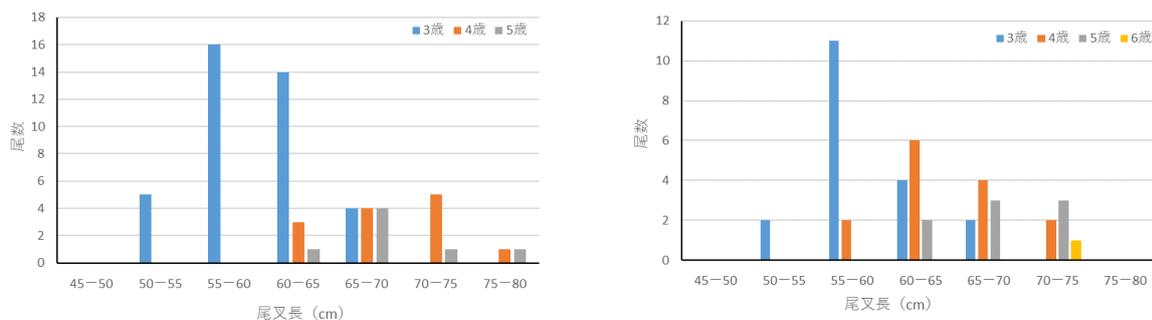


図1 木戸川での年齢別尾叉長組成 (左：オス、右：メス)

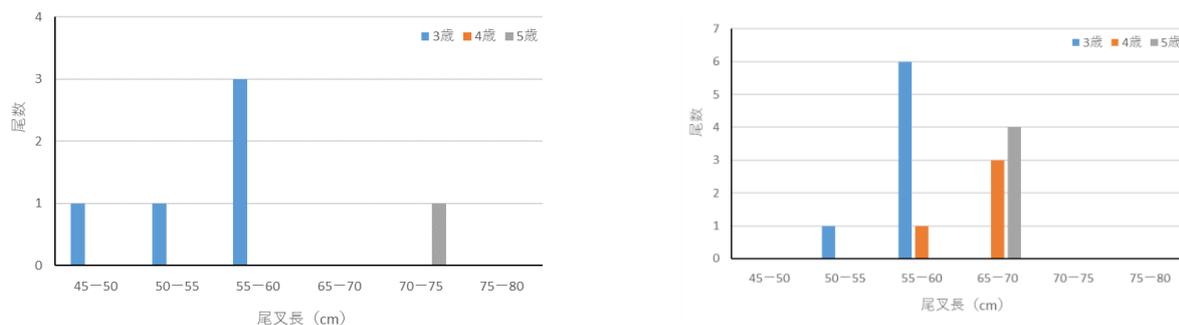


図2 宇多川での年齢別尾叉長組成 (左：オス、右：メス)

2 次年度の回帰予測

サケの回帰予測に用いられている一般的な手法である Sibling 法 (3 歳、4 歳、5 歳のそれぞれの年齢で回帰する割合が年級群によらず一定であると仮定し、前年の n 歳の回帰尾数から翌年の n+1 歳の回帰尾数を予測するもの) で木戸川における 2023 年の 4 歳魚と 5 歳魚の回帰尾数の推定を行った結果 (係数は直近 3 年間の木戸川の結果から 3 歳魚に対する翌年の 4 歳魚の数を 2.71 倍、4 歳魚に対する翌年の 5 歳魚の数を 0.10 倍とした)、木戸川では 4 歳魚は 193 尾、5 歳魚は 3 尾、計 196 尾と計算された。3 歳魚については、Sibling 法では予測できないため、3 年前の放流数 524 千尾に対し、直近 4 年間の 3 年前放流数に対する 3 歳魚の平均回帰率 0.016% を乗じて計算すると 84 尾となった。この結果、2 歳魚と 6 歳魚以上の魚を除いた回帰尾数は、計 280 尾となり、2023 年よりは増加するものの 6 年連続で極めて低水準の回帰となる予測となった。

宇多川についても同様に予測した結果 (2019 年級は稚魚放流数が 0 なので、直近 4 年間で 2019 年級を除く 3 年間での 3 歳魚の回帰率を使用)、2 歳魚と 6 歳魚以上の魚を除いた回帰尾数は、計 215 尾となり、宇多川についても木戸川同様、2023 年よりは増加するものの 6 年連続で極めて低水準の回帰となる予測となった。

また、木戸川、宇多川以外の県内全河川でも 2023 年度の回帰が極めて低水準だったことから、2024 年度も全県的に極めて低水準の回帰となることが危惧された。

文 献

なし

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-010 「サケ資源調査」 (05-29-1123)

研究課題名 多様な漁業種類に対応した操業情報収集・配信システムの構築

小課題名 多様な魚種を対象とした品質情報の簡易測定技術の実証

研究期間 2022年～2023年

守岡良晃・廣瀬 充・長沢 茜・
藤田恒雄

目 的

脂質含量を非破壊かつ迅速に測定できるハンディタイプの近赤外分光測定装置（以下、測定装置）を用い、複数の魚種において脂質含量の測定に必要な検量線を作成する。また、脂質含量の測定結果を漁場、サイズ等の情報と合わせて即時性の高い品質情報として広報することで福島県産水産物の高付加価値化に繋げる。

なお、当課題は農林水産省「農林水産分野の先端技術展開事業のうち現地実証研究委託事業」の助成を受け、国立大学法人東北大学を代表機関とするふくしま型漁業推進研究コンソーシアムとして実施した。

方 法

マサバ、アカムツ、マアナゴの3魚種について、測定装置による測定条件（測定部位、露光時間（検出器の読み取り時間）、積算回数（露光時間での繰り返し測定回数、加算平均処理がなされる））を決定するために、これら測定条件を組み合わせた複数の測定条件毎に近赤外スペクトルを1個体あたり3回測定した。また、近赤外スペクトルを測定した検体の右半身をフィレーにし、皮を除去しミンチにした筋肉5g程度を測定試料としてクロロホルム・メタノール混液法により脂質含量を得た。脂質含量は福島県水産海洋研究センターで測定を行ったほか、（一財）日本食品検査に委託し測定を行った。

得られた近赤外スペクトルは装置の特性、測定条件、試料の状態によってノイズやベースラインが測定スペクトルに加わることから、その影響を低減するため前処理としてSavitzky-Golay法による二次微分・平滑化を行った。この前処理を行った近赤外スペクトルデータを説明変数、脂質含量を目的変数として部分的最小二乗（Partial Least Squares、以下、PLS）回帰にて測定条件毎に回帰式を作成し、精度の比較を行い、測定条件の絞り込み及び検量線の作成・改良を行った。

供試魚は相馬双葉漁業協同組合相馬原釜地方卸売市場、いわき市漁業協同組合久之浜地方卸売市場及びいわき市漁業協同組合沼之内支所魚市場で水揚げされた個体、及び緊急時環境放射線モニタリングにおける漁船や調査指導船いわき丸で採捕された個体を用いた。

結 果

1 マサバ

令和4年度の測定データ（測定数78検体、脂質含量範囲0.1%～17.0%）をキャリブレーションセットとし、測定条件は「部位は第二背鰭前端付近（背側）」、「露光時間は50ms、65msまたは80ms」、「積算回数は10回」として回帰式を作成した（表1）。しかし、値が0に近づくほど精度が高いとされる二乗平均平方根誤差（Root Mean Squared Error、以下、RMSE）や決定係数（ R^2 ）から、いずれの回帰式も精度が不十分であると考えられた。これは、マサバの不漁により脂の乗った個体がほとんど水揚げされず、脂質含量の高い個体のデータが不足していることが要因と考えられた。そこで、検量線の精度向上を図ることを目的にR5年度も引き続きデータの収集を進めた。

表1 マサバにおける各測定条件での精度

番号	検体数	測定条件			回帰式の精度 [※]	
		測定部位	露光時間 (ms)	積算回数	RMSE	決定係数 (R ²)
①	78	第二背鰭前端付近 (背側)	50	10	1.63	0.66
②	78	第二背鰭前端付近 (背側)	65	10	1.64	0.66
③	78	第二背鰭前端付近 (背側)	80	10	1.74	0.61

※キャリブレーションによる

2 アカムツ

令和4年度の測定データ（測定数53～55検体、脂質含量範囲1.0%～13.6%）をキャリブレーションセットとし、測定条件は「部位は背鰭前方付近の側線上または背鰭後方付近の側線上」、「露光時間は40msまたは60ms」、「積算回数は10回」として回帰式を作成し比較した（表2①～④）。その結果、測定部位は精度が高い「背鰭後方付近の側線上」に決定した。なお、80msは信号強度が飽和（装置の測定可能範囲を超過すること）する可能性があることから除外した。

また、露光時間毎に検体数が異なり、露光時間40msと60msの比較が行えていないことから、同一の検体を揃えたキャリブレーションセット（測定数61検体、脂質含量範囲1.0%～15.5%）を用いて改めて回帰式を作成し比較した（表2⑤、⑥）。その結果、40msで最も精度が高くなったことから、露光時間は40msに決定した（表2⑤）。さらに表2⑤の回帰式におけるクロスバリデーション（交差検証）において、主成分数が5になると説明分散が低下することからオーバーフィット（過剰適合）を起こさない最適な主成分数は4と判断した（図1）。

表3①の回帰式を検量線として測定装置に導入するにあたり、別の30検体分のデータ（脂質含量範囲1.2%～14.8%）を用いたバリデーション（検証）の結果、十分な精度が得られていることを確認できたことから（図1、図2、表3）、検量線を装置に導入した。

作成したアカムツ検量線は、930nm付近と960nm付近が脂質含量の推定に大きく寄与していた（図3）。これは既往の知見¹⁾において930nmが脂質の吸収帯、960nmが水の吸収帯とされており、水の吸収帯の寄与率が高いのは魚類の脂質含量と水分含量が逆相関の関係にあるため²⁾と考えられた。

表2 アカムツにおける各測定条件での精度

番号	検体数	測定条件			回帰式の精度 [※]	
		測定部位	露光時間 (ms)	積算回数	RMSE	決定係数 (R ²)
①	53	背鰭 前方 付近の側線上	40	10	1.35	0.88
②	55	背鰭 前方 付近の側線上	60	10	1.39	0.88
③	53	背鰭 後方 付近の側線上	40	10	0.98	0.92
④	55	背鰭 後方 付近の側線上	60	10	1.12	0.90
⑤	61	背鰭後方付近の側線上	40	10	1.29	0.87
⑥	61	背鰭後方付近の側線上	60	10	1.33	0.87

※キャリブレーションによる

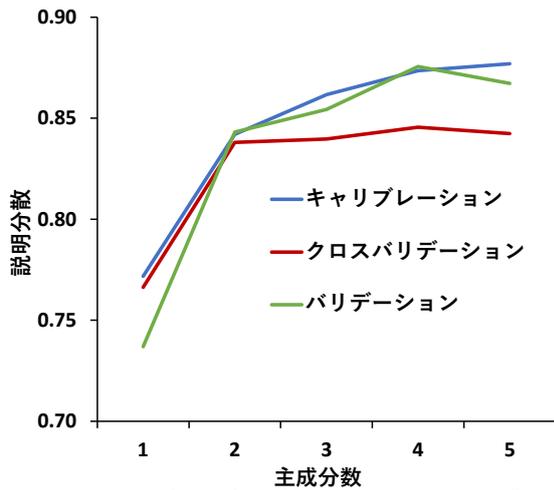


図1 各主成分数における説明分散

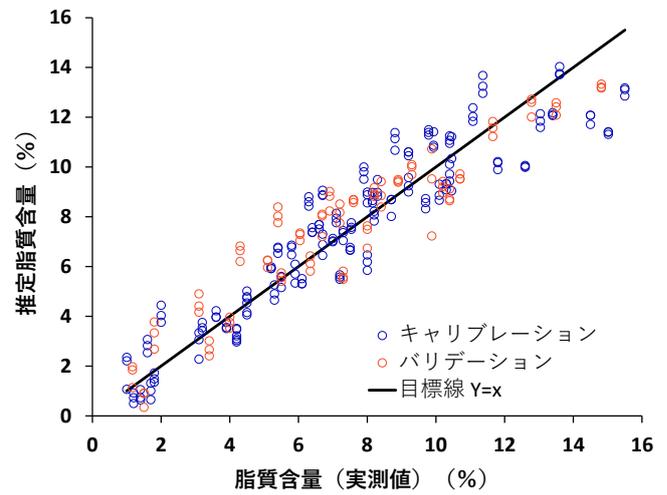


図2 脂質含量(実測値)と推定脂質含量の関係

表3 作成したアカムツ検量線の評価

測定条件		キャリブレーション			バリデーション		
		検体数	RMSE	決定係数 (R ²)	検体数	RMSE	決定係数 (R ²)
測定部位	露光時間						
背鰭後方付近の側線上	40	61	1.29	0.87	30	1.22	0.88

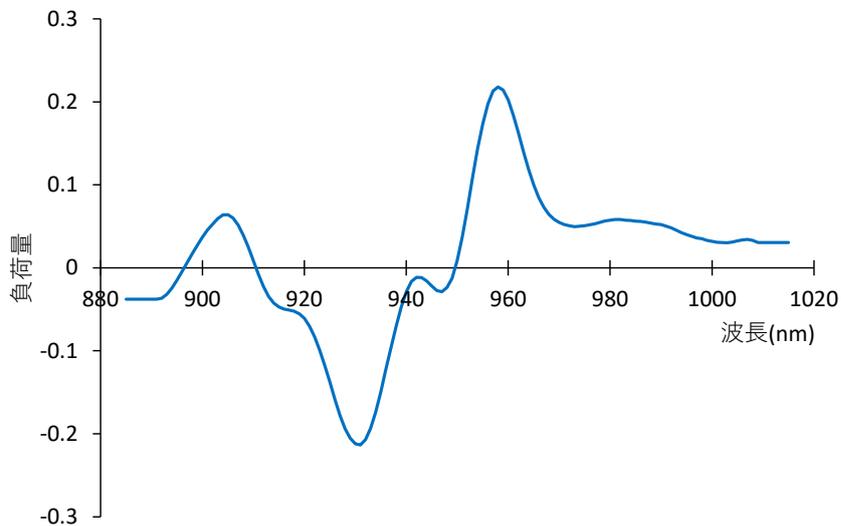


図3 第1主成分における各波長の負荷量

3 マアナゴ

昨年度の測定データからマアナゴの測定条件を「部位は背鰭前端付近(背側)または肛門付近(背側)」、「露光時間は50msまたは70ms」、「積算回数は10回」とし、回帰式を作成し比較した(表4)。その結果、測定部位は精度が高い「肛門付近(背側)」に決定した。なお、100msは飽和の可能性のあることから除外した。

表4 マアナゴにおける検量線の作成状況

番号	検体数	測定条件			回帰式の精度 [※]	
		測定部位	露光時間 (ms)	積算回数	RMSE	決定係数 (R ²)
①	37	背鰭前端付近（背側）	50	10	2.10	0.79
②	37	背鰭前端付近（背側）	70	10	1.88	0.83
④	37	肛門付近（背側）	50	10	1.55	0.91
⑤	37	肛門付近（背側）	70	10	1.85	0.88

キャリブレーションによる

文 献

- 1) 木宮隆：近赤外分光法による水産物の品質評価の可能性と評価技術開発の実際、「生鮮水産物品質の非破壊計測技術」（岡崎恵美子・木宮隆・鈴木敏之・今野久仁彦編）、恒星社厚生閣、東京、55-88 (2024).
- 2) 潮 秀樹・菅野信弘：魚介類の呈味成分と臭い成分、「水産利用化学の基礎」（渡部終五編）、恒星社厚生閣、東京、86 頁 (2010)

謝辞

当課題の実施にあたり御指導・御助言をいただいた（国研）水産機構 開発調査センター 木宮隆主任研究員に感謝申し上げます。

結果の発表等 なし

登録データ 23-02-011 「脂質含量簡易測定技術の開発」 (03-99-2223)

研究課題名 福島県産魚介類の高付加価値化技術の開発
小課題名 福島県産魚介類の高付加価値化技術の開発
研究期間 2023 年

守岡良晃・廣瀬 充・長沢 茜・
藤田恒雄

目 的

各種成分等(味、食感、機能性成分)を調査するとともに、漁獲後の処理方法及び加工方法を提案することで、福島県産水産物の高付加価値化を図る。

なお、当課題は(国研)水研機構「令和5年度海洋生態系の放射性物質挙動調査事業」の助成を受けて実施した。

方 法

1 ヒラメの歯ごたえに関する客観的指標の分析

いわき市漁業協同組合久之浜地方卸売市場で2022年8月～2023年7月に水揚げされた活ヒラメ75尾(4～8尾/月)を購入し、当センターの0.5tFRP円形水槽に収容し、自然海水を掛け流しで20時間以上安静に畜養して供試魚とした。供試魚は延髄破壊による活け締めにし、直ちに全長、標準体長、体重、生殖腺重量を測定後、有眼側背部のフィレ(普通筋)から体軸方向に対して垂直に幅10mmの筋肉を三つ切り出し、これを試料とした。試料はクリープメーター(YAMADEN RE2-33005C)に直径5mmの円柱型プランジャーを装着し、1mm/秒のテーブル速度で圧縮し、その際に生じた最大荷重を測定した。これを一つの試料に対して5回繰り返して、三つの試料で計15回測定した。

有眼側背側のフィレは2℃で保管し、活け締め直後(0時間)のほか、24時間、48時間、72時間後に試料を切り出し測定した。また、活け締め直後の水分、遊離アミノ酸濃度、ATP関連化合物濃度について分析した。遊離アミノ酸分析は高速液体クロマトグラフィー(LA8080, (株)日立ハイテク)を用いた。ATP関連化合物分析は高速液体クロマトグラフィー(1260 Infinity II, アジレント・テクノロジー(株))を用いた。

測定した最大荷重について、外れ値の影響を低減するためトリム平均値(測定15回のうち、最小値と最大値を除いた測定13回の平均値)を1個体当たりの破断強度とし、各月の供試魚の破断強度の平均を求め、これを各月の破断強度とした。さらに歪率50%荷重(試料厚さ10mmの場合5mm時の荷重)についても破断強度と同様に各月の歪率50%荷重を求めた。

2 貯蔵期間が異なるヒラメの官能評価試験

2023年8月29日と12月26日の2回、福島県沖で漁獲された活ヒラメを用いて延髄刺殺後の貯蔵期間4日間と1日間のヒラメを用いた2点嗜好法嗜好型官能評価試験を実施した。

(1) サンプルの前処理

福島県沖で漁獲された活ヒラメを供試魚とし、海水かけ流しにより無給餌で1日～3日畜養後、延髄刺殺・脱血を行った。脱血は鰓の切削及び尾部血管を切断し、海水内で10分間放置することで行った。脱血後は全長、標準体長、体重、肝臓重量、生殖腺重量、胃内容物重

量を測定後、頭部と尾部を切断、ウロコ及び表面の水分をペーパータオルで除去し、ラップでくるみ2℃の冷蔵庫で貯蔵した。貯蔵期間4日間及び1日間のヒラメをそれぞれ2尾用意した(図1)。

試験当日に貯蔵していたヒラメをファイルにした後、有眼側背側中央部を10mm幅の刺身とし、検体を識別する番号を振った透明のカップ容器に入れ、2℃の冷蔵庫で保管した。

カップの配置はラテン方格式とし、官能評価試験の5分前に冷蔵庫から取り出した。

(2) 官能評価試験

パネリスト(評価者)が入室したら、インフォームドコンセントを行い、サンプルを変えて同様の試験を2回(試験1と試験2)実施した。試験1が終了後、試験2のサンプルを配布し、試験2を実施した。8月29日は12名、12月26日は6名を評価者とし、評価項目は8項目とした(表1、表2、表3)。また、官能評価を実施した際の室温、湿度、サンプルの温度を記録し、試験に使用しなかった残りの有眼側背側の筋肉部を用いて水分、脂質含量、遊離アミノ酸濃度、ATP関連化合物を分析した。遊離アミノ酸分析は高速液体クロマトグラフィー(LA8080, (株)日立ハイテック)を用いた。ATP関連化合物分析は高速液体クロマトグラフィー(1260 Infinity II, アジレント・テクノロジー(株))を用いた。

表2 試験概要(2023年8月29日)

グループ	パネリスト (回答者番号)	回次	使用 サンプル
A	6名 (1~6)	試験1	H312, H314
		試験2	H313, H315
B	6名 (7~12)	試験1	H312, H314
		試験2	H313, H315

※グループA、Bのパネリストの重複は無し

※貯蔵期間4日間: H312, H313 1日間: H314, H315

表1 評価項目

評価項目	
1. 全体的に好ましい	5. 甘味が強い
2. 味が好ましい	6. あっさりしている
3. 香りが好ましい	7. 弾力が強い
4. 食感が好ましい	8. ねっとり感が強い

表3 試験概要(2023年12月26日)

グループ	パネリスト (回答者番号)	回次	使用サンプル
A	6名 (1~6)	試験1	H318, H321
		試験2	H319, H322

※貯蔵期間4日間: H318, H319, H320(予備)

1日間: H321, H322, H323(予備)

※H320, H323は成分分析のみ実施した。

3 スズキにおける脂質含量・遊離アミノ酸濃度の季節変化の把握

2023年1月~2023年12月に相馬双葉漁業協同組合相馬原釜地方卸売市場、いわき市漁業協同組合久之浜地方卸売市場及びいわき市漁業協同組合沼之内支所魚市場で水揚げされたスズキ及び緊急時環境放射線モニタリングにおける漁船で採捕されたスズキ計165尾を用いた。全長、体重、生殖腺重量等を測定後、左半身背側中央部の筋肉約50g(皮除去)を採取してミンチにし、7gを脂質含量測定、5gを遊離アミノ酸・ATP関連化合物分析の試料とした。遊離アミノ酸分析は高速液体クロマトグラフィー(LA8080, (株)日立ハイテック)を用いた。ATP関連化合物分析は高速液体クロマトグラフィー(1260 Infinity II, アジレント・テクノロジー(株))を用いた。脂質含量はクロロホルム・メタノール混液法により測定した。

結 果

1 ヒラメの歯ごたえに関する客観的指標の分析

破断強度は活け締め直後が高く、時間経過とともに低下した。歪率 50% 荷重の時間経過に伴う変化は確認できなかった (図 2)。

各月の活け締め直後の破断強度は、76 個体の平均値 6.7N に対し、8~11 月、1~2 月は上回り、1 月に 8.1N と最も高くなった。一方で 12 月と 3~7 月は平均値を下回り、4 月に 4.6N と最も低くなった (図 3)。

各月の活け締め直後の歪率 50% 過重は 76 個体の平均値 2.0N に対し、10~2 月は上回り、8~9 月、3~7 月は下回る結果となった (図 3)。

破断強度 (活け締め直後) と体重に正の相関が認められた ($r=0.46$ 、ピアソンの積率相関係数、 $p<0.01$) (図 4)。破断強度と遊離アミノ酸濃度、破断強度と ATP 関連化合物濃度に相関は確認されなかった。

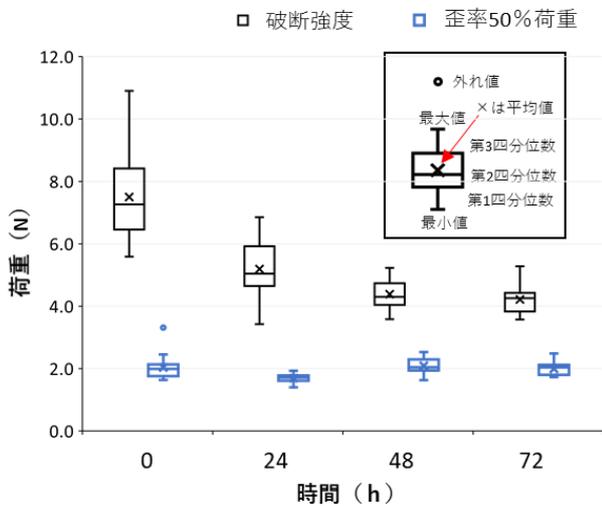


図 2 破断強度と歪率 50% 荷重の経時変化

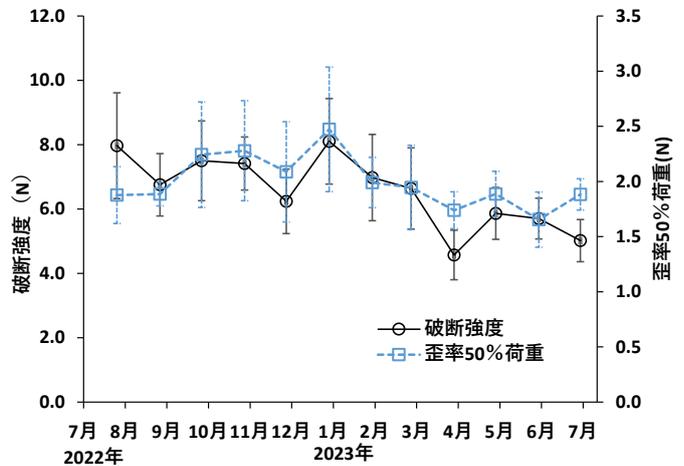


図 3 各月の活け締め直後の破断強度と歪率 50% 荷重

縦棒は標準偏差を示す

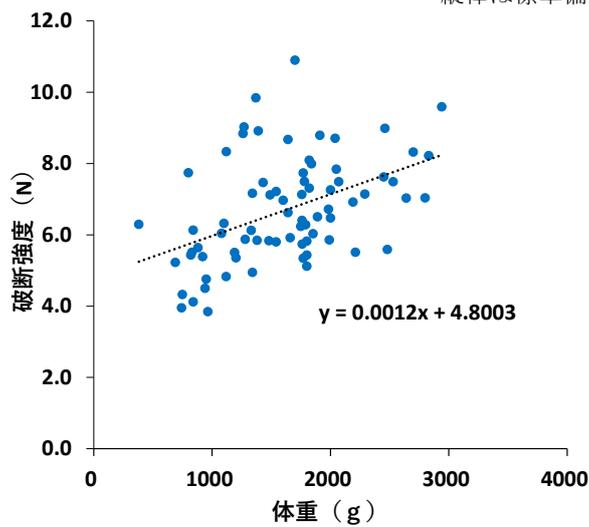


図 4 体重と破断強度 (活け締め直後) の関係

2 貯蔵期間が異なるヒラメの官能評価試験

8月と12月の試験でうま味や甘味を呈する遊離アミノ酸(Glu、Gly、Ala)は貯蔵4日のヒラメで高い傾向にあった。4日貯蔵と1日貯蔵のどちらのヒラメを好むかについては評価が分かれた。一方で食感については両試験とも4日貯蔵したヒラメを「ねっとり感が強い」と、1日貯蔵したヒラメを「弾力が強い」と評価する人が多く、評価者が貯蔵期間の違いを食感の違いで認識できることが示唆された。

(1) 8月29日の試験

うま味や甘味を呈する遊離アミノ酸は4日貯蔵のヒラメで高く、ATP関連化合物のうち、うま味を呈するIMPは1日貯蔵のヒラメで高い傾向にあった(表4)。4日貯蔵したヒラメを有意水準1%で「全体的に好ましい」「味が好ましい」「香りが好ましい」「ねっとり感が強い」、有意水準5%で「甘味が強い」と評価する人が多かった。1日貯蔵したヒラメは有意水準1%で「弾力が強い」と評価する人が多かった(表5)。また、評価項目「全体的に好ましい」と各項目の関係をみると、「食感が好ましい」は有意水準1%で統計的に有意、「味が好ましい」、「香りが好ましい」、「ねっとり感が強い」は有意水準5%で統計的に有意となり、評価項目「全体的に好ましい」はこれら4項目との関連性が強いことを示唆する結果になった(表6)。

表4 官能評価試験に供したヒラメ (2023年8月29日)

サンプル 番号	貯蔵期間	全長 (cm)	体重 (g)	性別	肥満度	遊離アミノ酸(mg/100g)			IMP (mg/100g)	K値	水分 (%)	脂質含量 (g/100g)
						Glu	Gly	Ala				
H312	4日	55.6	1787	オス	10.4	15.5	1.8	10.0	251	9.5	77.2	0.4
H313	4日	55.6	1661	メス	9.6	13.9	1.3	9.9	239	11.7	75.6	0.1
H314	1日	61.8	2180	メス	9.1	5.5	0.8	9.1	279	6.3	77.4	0.5
H315	1日	57.3	1890	メス	10.0	5.3	0.6	8.8	370	3.4	75.1	0.6

※肥満度 = 体重 (生殖腺重量と胃内容物重量を除く)/全長³×10³

表5 パネリストの選択性 (R2023年8月29日)

試験	貯蔵期間 (サンプル番号)	(人)							
		全体的に 好ましい	味が好ましい	香りが 好ましい	食感が 好ましい	甘味が強い	あっさり している	弾力が強い	ねっとり感が 強い
試験1	4日	11	11	10	10	10	3	1	11
	1日	1	1	2	2	2	9	11	1
試験2	4日	8	9	9	5	8	5	5	9
	1日	4	3	3	7	4	7	7	3
合計	4日	19**	20**	19**	15	18*	8	6	20**
	1日	5	4	5	9	6	16	18*	4

*: p < 0.05, **: p < 0.01 (2点嗜好法の検定表(両側検定)^{*}より)

表 6 全体的な好ましさと各項目の関係 (2023 年 8 月 29 日)

	全体的に好ましい			フィッシャーの	
	貯蔵期間	4日	1日	正確確率検定	P値
味が好ましい	4日	18	2	0.018*	
	1日	1	3		
香りが好ましい	4日	17	2	0.042*	
	1日	2	3		
食感が好ましい	4日	15	0	0.0030**	
	1日	4	5		
甘味が強い	4日	15	3	0.57	
	1日	4	2		
あっさりしている	4日	6	2	1	
	1日	13	3		
弾力が強い	4日	4	2	0.57	
	1日	15	3		
ねっとり感が強い	4日	18	2	0.018*	
	1日	1	3		

** : p < 0.01, * : p < 0.05

(2) 12月26日の試験

うま味や甘味を呈する遊離アミノ酸は4日貯蔵のヒラメで高かった。ATP 関連化合物については今後測定予定である (表 7)。有意ではないが1日貯蔵のヒラメを「全体的に好ましい」、「味が好ましい」、「香りが好ましい」、「食感が好ましい」と評価する人が多かった。4日貯蔵したヒラメを有意水準5%で「ねっとり感が強い」、1日貯蔵したヒラメを有意水準5%で「あっさりしている」、「弾力が強い」と評価する人が多かった (表 8)。

評価項目「全体的に好ましい」と各項目の相関をみると、「味が好ましい」は有意水準1%で統計的に有意となった (表 9)。

表 7 官能評価試験に供したヒラメ (2023 年 12 月 26 日)

サンプル番号	貯蔵期間	全長 (cm)	体重 (g)	性別	肥満度	遊離アミノ酸 (mg/100g)			IMP (mg/100g)	K値	水分 (%)	脂質含量 (g/100g)
						Glu	Gly	Ala				
H318	4日	46.2	881	メス	8.9	4.5	1.8	10.0	-	-	80.2	0.4
H319	4日	47	973	メス	9.3	6.1	5.4	12.4	-	-	78.8	0.2
H320(予備)	4日	44.7	746	メス	8.3	6.0	3.5	11.0	-	-	78.8	0.5
H321	1日	46.7	928	メス	9.0	0.0	0.9	6.7	-	-	79.0	0.4
H322	1日	42.6	791	メス	10.2	2.3	1.0	8.1	-	-	79.0	0.5
H323(予備)	1日	48	983	メス	8.8	1.9	1.0	7.6	-	-	79.2	0.3

※肥満度 = 体重 (生殖腺重量と胃内容物重量を除く)/全長³ × 10³

表 8 パネリストの選択性 (2023 年 12 月 26 日)

試験	貯蔵期間 (サンプル番号)	全体的に好ましい	味が好ましい	香りが好ましい	食感が好ましい	甘味が強い	あっさりしている	弾力が強い	ねっとり感が強い	(人)
										試験 1
	1日(H3)	3	3	3	4	4	4	5	2	
試験 2	4日(H2)	1	1	0	1	4	0	1	6	
	1日(H4)	5	5	6	5	2	6	5	0	
合計	4日	4	4	3	3	6	2	2	10*	
	1日	8	8	9	9	6	10*	10*	2	

*: p < 0.05 (2点嗜好法の検定表(両側検定)より)

表9 全体的な好ましさと各項目の関係 (2023年12月26日)

	貯蔵期間	全体的に好ましい		フィッシャーの	
		4日	1日	正確確率検定	P値
味が好ましい	4日	4	0	0.0020**	
	1日	0	8		
香りが好ましい	4日	2	1	0.23	
	1日	2	7		
食感が好ましい	4日	2	1	0.24	
	1日	2	7		
甘味が強い	4日	2	4	1	
	1日	2	4		
あっさりしている	4日	2	0	0.091	
	1日	2	8		
弾力が強い	4日	0	2	0.52	
	1日	4	6		
ねっとり感が強い	4日	2	8	0.091	
	1日	2	0		

** : $p < 0.01$

3 スズキにおける脂質含量・遊離アミノ酸濃度の季節変化の把握

各月の検体数、雌雄別個体数、平均全長、平均体重、肥満度を表10に示した。肥満度は1月から徐々に増加し、6月にピークとなり、その後減少した。

総遊離アミノ酸濃度の月別平均値は、1月から増加傾向を示し、4月に最大となり、7月まで比較的高い濃度で推移し、8月以降は低い濃度で推移した(図5)。うま味・甘味を呈するアミノ酸に限定すると、7月に最大となった後に減少し9月に最小となり、その後再び増加した(図6)。ATP関連化合物量は4月~7月に300mg/100gを超過して推移した(図7)。脂質含量が最大となったのは8月で、12月に最小となった。

表10 各月に収集したスズキの測定データ

月	検体数	オス	メス	平均全長 (cm)	平均体重 (g)	平均肥満度
1月	14	13	1	57.4	1614.2	7.9
2月	15	7	8	62.6	2222.5	8.0
3月	17	4	13	63.5	2444.1	8.0
4月	13	5	8	66.3	2488.0	8.1
5月	13	6	7	64.9	2322.3	8.3
6月	16	9	7	61.0	1977.6	9.1
7月	9	7	2	56.9	1650.2	8.8
8月	16	5	11	67.8	2531.8	8.0
9月	10	6	4	58.4	1668.7	8.4
10月	14	5	9	60.9	1846.5	8.0
11月	15	12	3	59.9	1762.0	7.6
12月	13	11	2	63.8	1989.7	7.1

※肥満度 = 体重 (生殖腺重量と胃内容物重量を除く)/全長³ × 10³

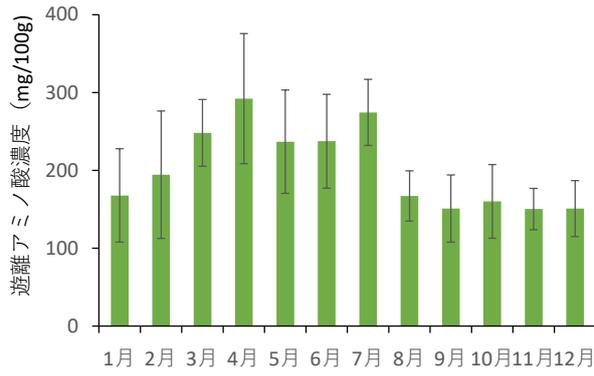


図5 総遊離アミノ酸濃度の月別変化
縦棒は標準偏差を示す

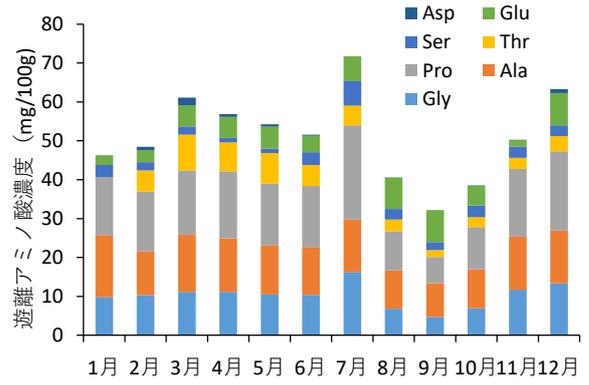


図6 遊離アミノ酸*濃度の月別変化
※うま味・甘味に寄与するアミノ酸

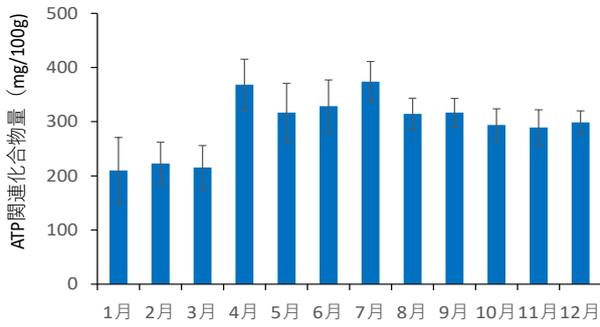


図7 ATP 関連化合物量*の月別変化
※ATP、ADP、AMP、IMP、HxR、Hx の総量
縦棒は標準偏差を示す

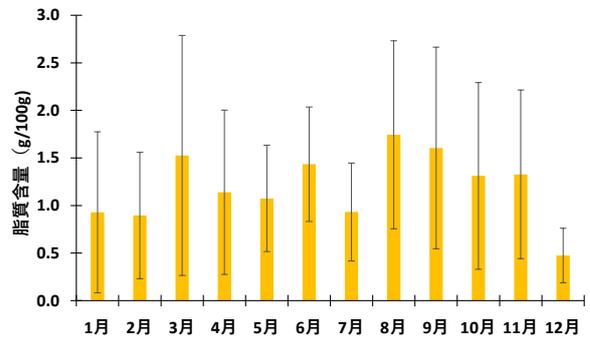


図8 脂質含量の月別変化
縦棒は標準偏差を示す

文 献

なし

結果の発表等

なし

登録データ

23-02-012

「水産物高付加価値化」

(03-99-2323)

