

研究分野	4 水産資源の持続的利用に関する技術開発	部名	漁業資源部
研究課題名	(1) 漁業生産に影響を与える海況変動に関する研究		
予算区分	受託（漁場形成・漁海況予測事業費、海洋資源管理事業費、地域適応コンソーシアム調査事業）、県単（漁ろう試験費、管理運営費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成18年度～令和5年度		
担当	(主) 児玉 琢哉 (副) 佐藤 俊昭		
協力・分担関係	国立研究開発法人水産研究・教育機構（東北区水産研究所、北海道区水産研究所）、東京大学大気海洋研究所、各県東北ブロック水産研究機関、一般社団法人漁業情報サービスセンター		

<目的>

岩手県海域の海洋環境は、複数の海流が流入することにより複雑かつ季節的・経年的に変化が大きく、沿岸域の漁船漁業及び養殖業に与える影響も大きい。例えば、冬季から春季にかけて親潮系冷水が南偏して長期的に本県沿岸に接岸する異常冷水現象は、その年のワカメ養殖等に影響を及ぼすことがある。そのため、漁業指導調査船での海洋観測や定地水温観測、人工衛星画像などから得られる海洋環境データを情報発信するとともに、データの多面的な解析により漁海況予測技術の開発を検討し、漁業被害の軽減と生産効率の向上を目指す。

また、水産情報配信システム「いわて大漁ナビ」により県内魚市場の水揚げデータや水温情報を広報し、漁船漁業者や養殖業者の日々の操業を情報面から支援する。

<試験研究方法>

1 沿岸域及び沖合域の海況モニタリング

漁業指導調査船「岩手丸」（以下「岩手丸」という。）による定線海洋観測（黒埼定線（40.0N）、トドヶ埼定線（39.5N）、尾埼定線（39.3N）、椿島定線（38.9N））を毎月1回実施し、その結果を情報発信した。

2 岩手県沿岸域におけるホタテラーバの来遊予測

前年度に粒子モデル実験を行った結果、ホタテラーバの来遊には、親潮前線の接近が重要な条件であることが分かり、岩手県海域における採苗時期前の4月の100m深水温（親潮の指標）から岩手県沿岸域への来遊量を予測する式を作成した。この式を用いて、平成31年度（令和元年）採苗期から予測情報を発信するとともに、精度検証を行った。

3 既存の海況予測システムの運用及び精度検証

「岩手丸」による定線海洋観測データを用いて、東北区水産研究所が開発した統計的水温予測モデルにより、1ヵ月後の10m深及び100m深の水温値を予測し、漁業者等に向け広報した。また、この統計的予測モデルについて、平成23年1月から令和元年12月の100m深水温データの2乗平均平方誤差（RMSE）と平均誤差（ME）を算出して精度検証した。なお、季節的な精度を検証するため水温データは、最低水温期（2～5月）、水温上昇期（6～9月）、最高水温期（10～1月）の3期に分け、海域については5海里、10海里、20～50海里的3海域で検討した。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F(i) - A(i))^2}$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum (F(i) - A(i))$$

F(i)：予測値、A(i)：実測値、N：データ数

4 クラスタ分析の手法を用いた岩手県海域の水塊区分の検討

これまで、東北太平洋沿岸においては、岩手県沿岸のデータに基づく Hanawa& Mitsudera (1987) の水塊分

類を用いて水塊構造を分析してきたが、各県統一した分析を行うため、東北区水産研究所が開発した水塊分類ソフト「TS-Cluster」により、「岩手丸」の定線海洋観測データのうち100m深の水温値及び塩分値を用いて水塊分類を試みた。データは、平成元年3月から平成31年2月までの、5～50海里定点100m深における水温和塩分を用いた。また、季節を春季（3～5月）、夏季（6～8月）、秋季（9～11月）、冬季（12～2月）に分けて、それぞれの季節で分析した。クラスターは6つに分類し、各クラスターの水温和塩分の平均値及び標準偏差を算出して、各クラスターを最大限囲むため春季から夏季は95%信頼区間、秋季から冬季は99.7%信頼区間で区分範囲を決定した。各区分はTSダイアグラム上で重なり合う部分があるため、塩分の間値等により調整して重なりを排除した。

5 秋季の栄養塩供給予測

東北区水産研究所が開発した栄養塩予測モデルを用いて、秋季における硝酸・亜硝酸態窒素（以下、栄養塩という）が $20\mu\text{g/L}$ 以上となる日の確率を予測し、情報発信するとともに精度を確認した（漁場保全部と連携）。

6 水産情報配信システム「いわて大漁ナビ」(<https://www.suigi.pref.iwate.jp/>)による情報提供及びシステム改修

水産情報配信システム「いわて大漁ナビ」により定地水温和、県内13魚市場の市況情報及び人工衛星画像情報を処理し、インターネットにより情報発信を行った。また、これまでの利用者からの要望を踏まえ、スマートフォン向けサイトの構築等のシステム改修を行った。

<結果の概要・要約>

1 沿岸域及び沖合域の海況モニタリング

各月の観測結果は下記のとおりであった。なお、平成16年（2004年）からの各月の観測結果は、当所のホームページで公表した（http://www2.suigi.pref.iwate.jp/download/dl_i_research01、令和2年6月26日アクセス）。

(1) 4月 沿岸10海里以内の表面水温和、概ね平年並み

沿岸10海里以内の表面水温和は $4\sim 8^{\circ}\text{C}$ 台であった。 5°C 以下の水温帯は、表面では県北部沖20～30海里、県中部沖10海里、県南部沖20海里に分布していた。100m深には分布がみられなかった。平年偏差は、表面では県北部から県中部沖40～50海里で最大 5°C 程度高め、100m深では県北部沖から県中部沖の10～70海里で $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 程度高めであった。

(2) 5月 沿岸10海里以内の表面水温和は $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 台で、平年より 1°C 程度高め

沿岸10海里以内の表面水温和は $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ 台であった。 5°C 以下の水温帯は表面では分布がなく、100m深では県北部沖50～70海里、県中部沖10海里、県南部沖20～30海里及び50～70海里に分布していた。平年偏差は、表面では県中部沖20～70海里で $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 程度高め、100m深では県北部沖から県中部沖20～50海里で $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 程度高めであった。

(3) 6月 親潮系冷水の波及により、20海里以遠の100m深水温和は平年より最大 3°C 程度低め

沿岸10海里以内の表面水温和は $11\sim 14^{\circ}\text{C}$ 台であった。 5°C 以下の水温帯は表面では分布がなく、100m深では県北部沖30～70海里、県中部沖10～20海里及び70海里、県南部沖30～70海里に分布していた。平年偏差は、表面では県南部沖20～70海里で最大 2°C 程度高め、100m深では県中部沖から県南部沖20～40海里で最大 3°C 程度低めであった。

(4) 7月 県南部沖20～50海里の100m深水温和は平年より最大 4°C 程度低め

沿岸10海里以内の表面水温和は $14\sim 17^{\circ}\text{C}$ 台であった。 5°C 以下の水温帯は、表面では分布がなく、100m深では県北部沖70海里、県中部沖20～40海里、県南部沖30～70海里に分布していた。平年偏差は、表面水温和は県北部沖から県中部沖20～50海里で最大 1°C 程度高め、100m深では県北部沖から県中部沖の

20～50 海里で最大 5℃程度高め、県南部沖 20～50 海里で最大 4℃程度低めであった。

- (5) 8月 黒潮系暖水が波及し、県中部から県南部の沖合域は最大 7℃程度高め

本県沿岸 10 海里以内の表面水温は 17～21℃台であった。5℃以下の水温帯は、表面では分布がなく、100m 深では県北部沖 40～70 海里に分布していた。年間偏差は、表面は沖合域に行くにつれて高めとなっており、県中部沖から県南部沖の 30 海里では最大 3℃程度高めであった。100m 深では県北部沖の 40～50 海里で最大 2℃程度低め、県中部から県南部沖の 10 海里以遠で最大 7℃程度高めであった。

- (6) 9月 親潮系冷水が波及し、沖合域の 100m 深水温は年間より最大 4℃程度低め

沿岸 10 海里以内の表面水温は 21～22℃台であった。5℃以下の水温帯は表面では分布がなく、100m 深では県北部沖 40～70 海里、県中部沖 20～50 海里、県南部 30～50 海里に分布していた。

年間偏差は、表面は県北部沖 20～30 海里で 1～2℃低め、県南部沖 40～50 海里で 1℃程度低めとなっていたほか、年間並み～1℃程度高めであった。100m 深は、県中部沖 20～50 海里では 1～3℃程度低く、県南部沖 20～50 海里では 1～5℃程度高めであった。

- (7) 10月 沖合域の 100m 深水温は県北部沖では年間より最大 4℃程度高め、県南部沖では 4℃程度低め

沿岸 10 海里以内の表面水温は 20～21℃台であった。5℃以下の水温帯は表面では分布がなく、100m 深では県中部沖 40 海里から県南部沖 30～50 海里に分布していた。年間偏差は、表面水温は県北部沖から県中部沖 20～50 海里で 2～3℃程度高め、100m 深では県北部沖 20～40 海里で 2～4℃程度高め、県南部沖の 30 海里以遠で 1～4℃程度高めであった。

- (8) 11月 沿岸 10 海里以内の表面水温は、年間より 1～3℃程度高め

沿岸 10 海里以内の表面水温は 17～19℃台であった。5℃以下の水温帯は表面、100m 深ともに分布がなかった。年間偏差は、表面水温は県北部沖から県南部沖の 40 海里以遠で 2℃程度高め、100m 深では県北部沖及び県南部沖 20～40 海里で 2～3℃程度低く、県中部沖から県南部沖 40～50 海里では 2～5℃程度高めであった。

- (9) 12月 県中部沖から県南部沖の 100m 深水温は、年間より最大 5℃高め

沿岸 10 海里以内の表面水温は 13～16℃台であった。5℃以下の水温帯は表面、100m 深ともに分布がなかった。年間偏差は、表面水温は県南部沖 20～30 海里で 4℃程度高め、100m 深では県南部沖 30～40 海里で 5℃程度高めであった。

- (10) 1月 荒天がつづき、観測ができなかった。

- (11) 2月 鉛直混合が進み、200m 深まで 8～9℃台の水温帯が分布

沿岸 10 海里以内の表面水温は 7～8℃台であった。5℃以下の水温帯は、表面、100m 深ともに分布がなかった。年間偏差は、表面水温は県北部沖から県南部沖 10 海里以遠で 1～4℃程度高め、100m 深では県北部の沿岸域を除き 1～3℃程度高めであった。

- (12) 3月 10 海里以内の表面水温は 1～3℃高め、100m 深は 1℃程度高め

沿岸 10 海里以内の表面水温は 7℃台であった。5℃以下の水温帯は、表面、100m 深ともに分布がなかった。年間偏差は、表面水温は沖合域に行くにつれて高めとなっており、特に 40 海里以遠では 3～5℃高めであった。100m 深は全域で高めであり、特に県北部沖から県中部沖の 40 海里以遠では 3～4℃高めであった。

2 岩手県沿岸域におけるホタテラーバの来遊予測

平成 31 年 4 月の 100m 深水温は 5.78℃であったことから、唐丹湾の付着稚貝数は 10,358 個/袋と予測され、これをもとに、全県でもここ数年と比較して順調に採苗が進むと見込まれ、情報発信した(図 1)。平成 31 年の唐丹湾の付着稚貝数は 700 個/袋と予測を大きく下回った。全県的には、県北部では比較的に見込みどおりの来遊となったが、唐丹湾を含む県南部では低調となり、地域差があった。採苗開始前に来遊量の水準を予測して採苗不振を回避するためには、高解像度 FRA-ROMS を用いた数値実験を行うなど、より沿岸域の予測精度の向上を図る必要がある。

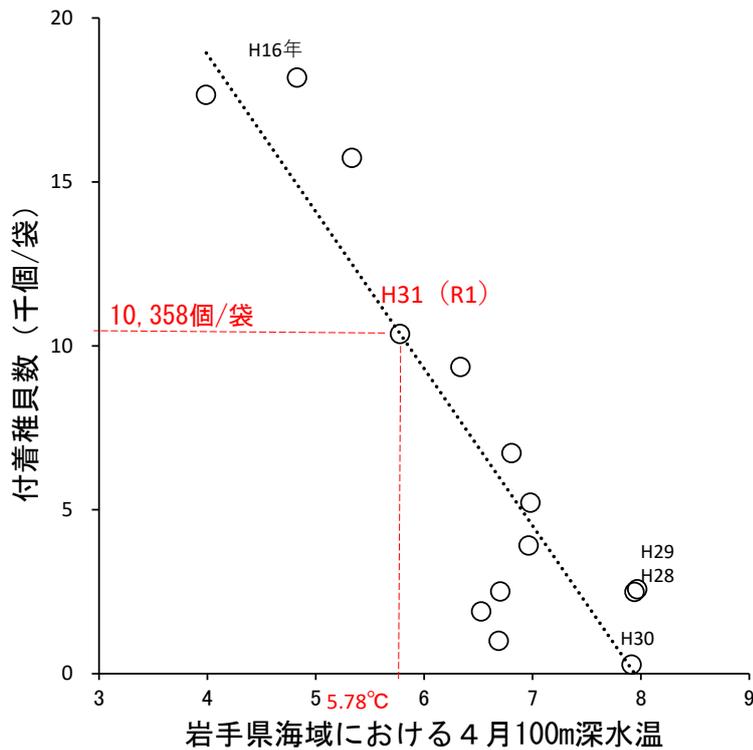


図1 岩手県海域の4月の100m深水温と唐丹湾での付着稚貝数との関係
 ※水温は、FRA-ROMS（水産研究・教育機構）の出力値を使用した。

3 既存の海況予測システムの運用及び精度検証

時期別、海域毎のRMSE（2乗平均平方根誤差）及びME（平均誤差）を表1に示した。RMSEは、最低水温期に小さく、高水温期は大きく、また、沖合ほど大きい傾向があった。MEは、最低水温期が負、最高水温期が正で、水温上昇期が最も小さい傾向が見られた。また、海域による明確な違いは見られなかった。以上から、高水温期ほど、沖合ほど予測精度が悪いことから、予測精度を向上するためにはこれらの時期、海域の改良を加える必要がある。

表1：時期毎、海域毎のRMSE（左）とME（右）

RMSE				ME			
最低水温期				最低水温期			
2～5月	5海里	10海里	20～50海里平均	2～5月	5海里	10海里	20～50海里平均
黒埼	0.87	1.26	2.44	黒埼	-0.25	-0.20	-0.31
トドヶ埼	1.51	2.39	2.65	トドヶ埼	-0.38	-0.38	-0.56
尾埼	1.18	1.68	2.34	尾埼	-0.19	-0.46	-0.57
椿島	1.43	1.22	2.44	椿島	-0.42	-0.27	-0.39
水温上昇期				水温上昇期			
6～9月	5海里	10海里	20～50海里平均	6～9月	5海里	10海里	20～50海里平均
黒埼	1.38	2.36	2.72	黒埼	0.09	0.63	0.24
トドヶ埼	1.60	2.80	3.56	トドヶ埼	-0.16	-0.35	-0.24
尾埼	1.25	2.03	3.34	尾埼	-0.18	-0.10	-0.65
椿島	1.24	0.88	2.65	椿島	-0.34	0.24	-0.85
最高水温期				最高水温期			
10～1月	5海里	10海里	20～50海里平均	10～1月	5海里	10海里	20～50海里平均
黒埼	1.51	1.91	3.41	黒埼	0.21	0.49	0.63
トドヶ埼	1.97	2.80	3.33	トドヶ埼	0.42	0.52	0.33
尾埼	1.62	1.56	3.23	尾埼	0.11	-0.44	-0.14
椿島	1.43	1.50	2.19	椿島	0.03	0.20	-0.25

4 クラスタ分析の手法を用いた岩手県海域の水塊区分の検討

クラスタ分析の結果、各季節のTSダイアグラムを図2に、各クラスターの塩分及び密度範囲を表2に示した。クラスタ分けは、解析ソフトにより機械的に分類可能であるが、水塊区分については各県個別の基準で分けていることから、今後、統一した方法が求められる。

今回の基準で水塊の年変化を整理するため、季節別に各水塊区分の出現回数の年変化を図3に示した。春季は平成28年以降、夏季から冬季は平成27年以降に、高塩分のNo. 1とNo. 2の出現回数が増加しており、近年の岩手県海域の高水温化と一致していた。また、平成17年冬季に低塩分のNo. 6の出現回数が特徴的に多く、平成18年春季の沿岸親潮水に由来する異常冷水現象の発生と一致した。

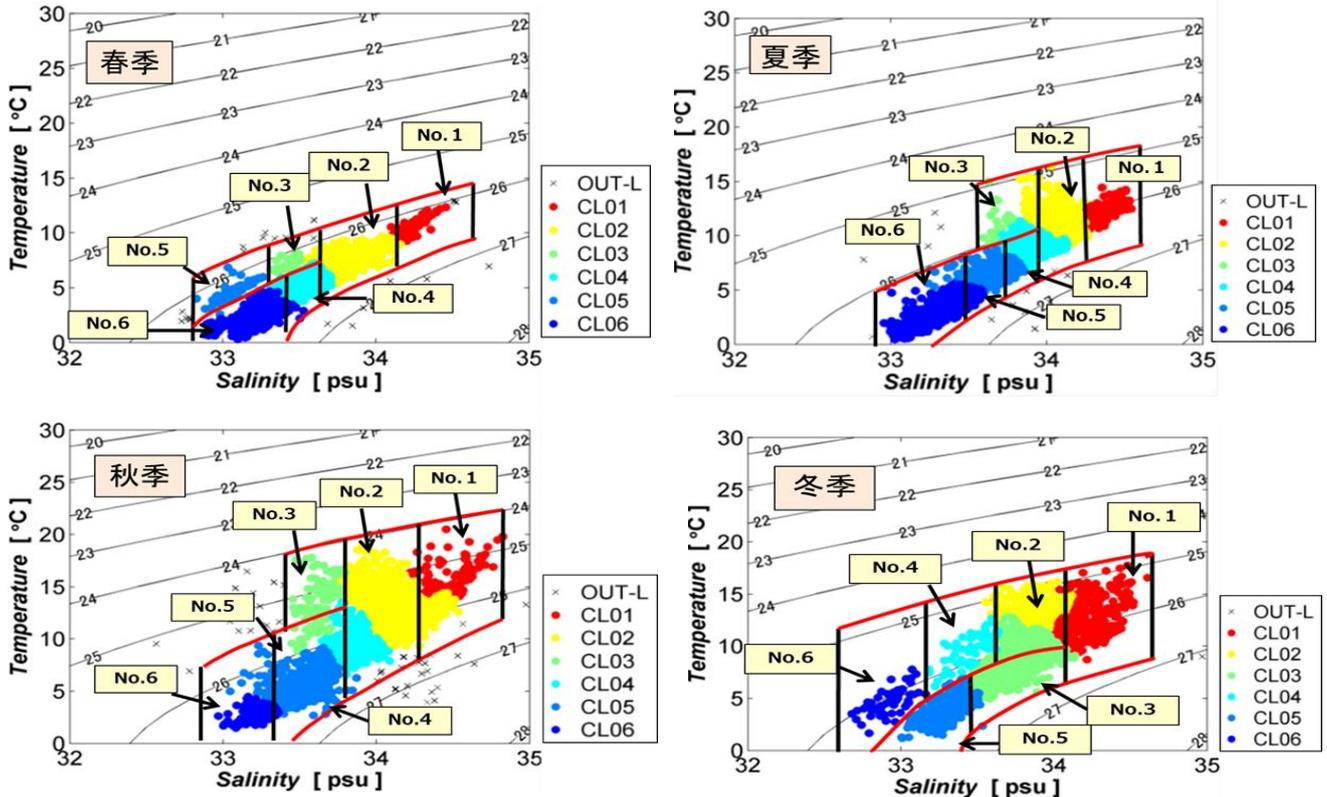


図2 各季節のTSダイアグラム

※黒線は塩分による区分線、赤線は密度による区分線

表2 季節毎の各水塊区分の塩分値と密度の最大値・最小値

春季	塩分(実用塩分)		密度(kg/m ³)	
	最大	最小	最大	最小
No.1	34.457	34.063	26.777	25.891
No.2	34.063	33.670	26.777	25.891
No.3	33.670	33.313	26.308	25.891
No.4	33.670	33.419	26.777	26.308
No.5	33.313	32.828	26.308	25.891
No.6	33.419	32.828	26.777	26.308

夏季	塩分(実用塩分)		密度(kg/m ³)	
	最大	最小	最大	最小
No.1	34.634	34.235	26.671	24.909
No.2	34.235	33.934	26.671	24.909
No.3	33.934	33.538	26.065	24.909
No.4	33.934	33.817	26.671	26.065
No.5	33.817	33.241	26.671	26.065
No.6	33.535	32.958	26.671	26.065

秋季	塩分(実用塩分)		密度(kg/m ³)	
	最大	最小	最大	最小
No.1	34.883	34.310	26.839	24.203
No.2	34.310	33.890	26.839	24.203
No.3	33.890	33.363	25.673	24.203
No.4	33.890	33.771	26.839	25.673
No.5	33.771	33.287	26.839	25.673
No.6	33.287	32.966	26.839	25.673

冬季	塩分(実用塩分)		密度(kg/m ³)	
	最大	最小	最大	最小
No.1	34.607	34.085	26.767	24.803
No.2	34.085	33.656	26.193	24.803
No.3	34.085	33.470	26.767	26.193
No.4	33.656	33.185	26.193	24.803
No.5	33.470	32.991	26.767	26.193
No.6	33.185	32.578	26.193	24.803

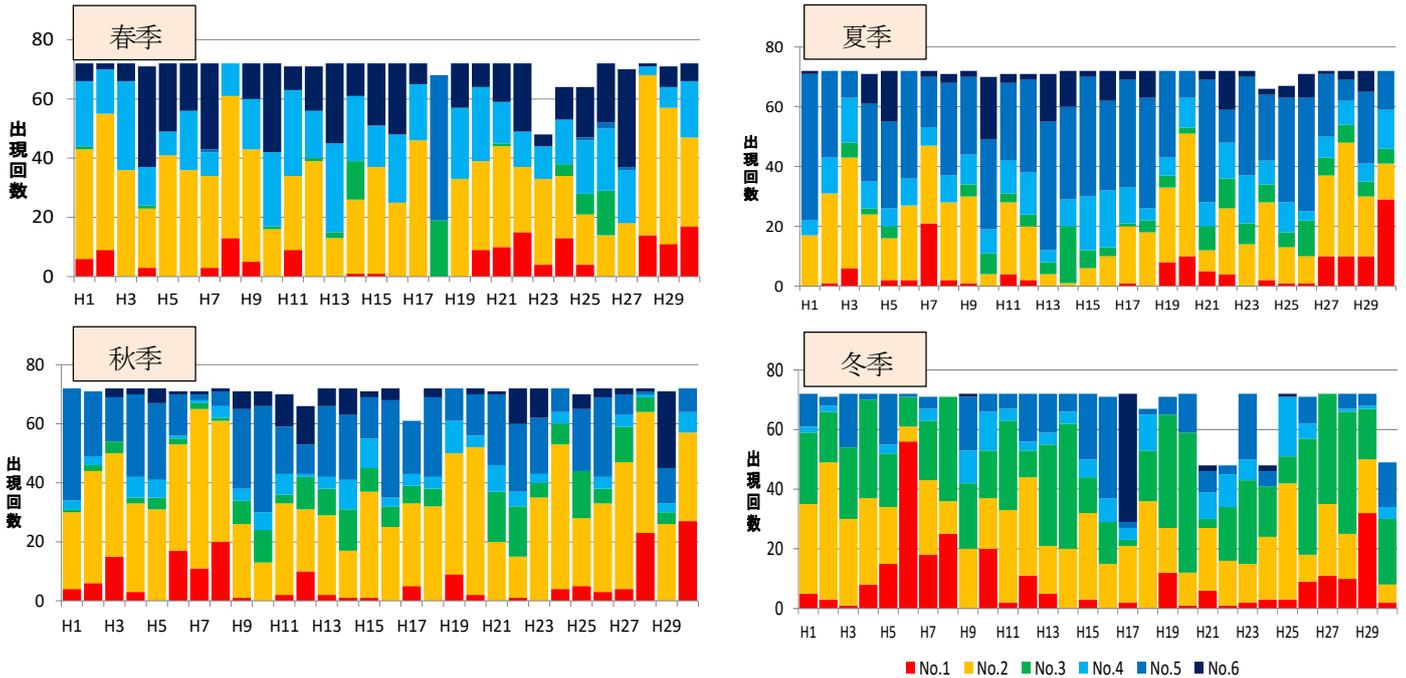


図3 各季節における水塊区分の出現回数の推移
 ※データ数は年間最大72個あるが、欠測や外れ値は除外して計数した。

5 秋季の栄養塩供給予測

栄養塩予測結果を「ワカメ養殖情報」(図4)として公表した。

10月28日に発表した予測(9月30日~10月1日の観測結果を利用)では、トドヶ埼10海里地点において11月1日以降に栄養塩濃度が20 µg/Lを100%超えると予測したが、表層の栄養塩の実測値は、9 µg/Lとなった。また、この時、近隣の船越湾のワカメ漁場での栄養塩濃度は20 µg/Lを超えていた。なお、図には示さなかったが11月20日に発表した予測(10月28日から11月1日の観測結果を利用)では、トドヶ埼10海里地点での12月1日の確率は41%となったが、11月27日の実測値では20 µg/Lを超えていた。また、この時の船越湾のワカメ漁場でも20 µg/Lを超えており、少なくともトドヶ埼定線では正確に予測することはできなかった。今後、精度向上に向けた原因究明が必要である。

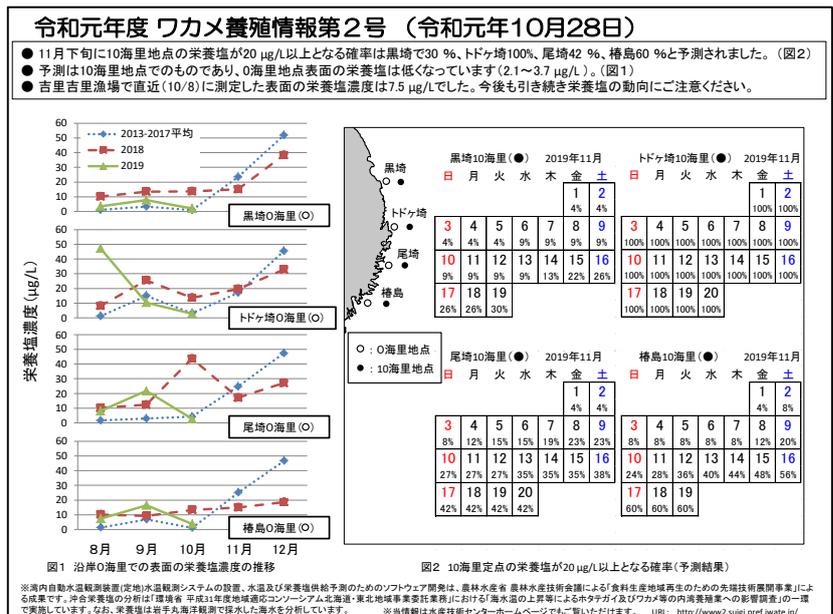


図4 栄養塩供給時期予測結果を掲載しているワカメ養殖情報

6 水産情報配信システム「いわて大漁ナビ」(<https://www.suigi.pref.iwate.jp/>)による情報提供及びシステム改修

各湾の定地水温、県内13魚市場の市況、人工衛星画像等を本システムによりインターネットで情報発信した。平成24年度以降のアクセス数は上昇傾向で推移しており、平成31年度(令和元年度)は5,613,638件のアクセス(前年度4,497,443件)があった(図5)。

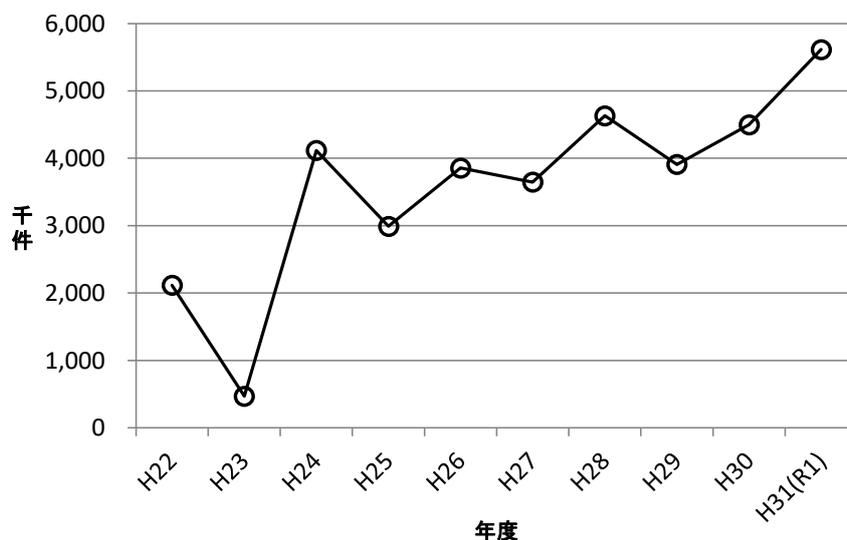


図5 水産情報配信システム「いわて大漁ナビ」のアクセス数(ページ数)の経年推移

※平成23年度は、震災によりシステムが4～9月にかけて停止したことによる減少

アクセス解析ソフトを用いて利用端末を調査した結果、約半数がスマートフォンであったことから、閲覧性向上を目的としてスマートフォン向けサイトを構築した(<https://www.suigi.pref.iwate.jp/sp/>)。また、市況検索機能の利用促進を目的として、検索項目の複数選択機能及び集計結果の並べ替え機能を実装した。

<今後の問題点>

- 1 本県沿岸域へのホタテラーバの来遊量や来遊時期に地域差があると考えられるため、高解像度版FRA-ROMS(水平解像度1/50度)を用いて詳細な解析を行い、予測精度を向上させる必要がある。
- 2 現行の水温予測モデルは、高水温期ほど、沖合ほど予測精度が悪かったことから、まず、この時期、海域の精度向上を図る必要がある。
- 3 水産情報配信システムに導入した機器類は7年間でメーカー保証が終了するため、令和8年度に次期機器更新を実施する必要がある。
- 4 東北太平洋海域の水塊変動特性を把握し、水塊変動を考慮した漁況予測手法を開発する必要がある。

<次年度の具体的計画>

- 1 「岩手丸」による定線海洋観測を継続して実施し、速やかに結果を広報する。
- 2 高解像度版FRA-ROMSにより、より詳細な数値実験を再度実施する(東北区水産研究所及び北海道区水産研究所と連携)。
- 3 現行の水温予測モデルの予測精度の向上を図るため、直近の海洋観測データを反映させた改良モデルの作成を試みる。作成したモデルについてもRMSEと平均誤差による精度検証を行い、その精度を現行のモデルと比較する。

<結果の発表・活用状況等>

1 広報等

海況速報（岩手県水産技術センターWeb、岩手日報（毎週））

定線海洋観測の結果（岩手県水産技術センターWeb（毎月））

水温予測情報（0海里観測定点10 m深、5～50海里観測定点100 m深）岩手県水産技術センターWeb（毎月）

冷水情報（異常冷水警報）（岩手県水産技術センターWeb）

ワカメ養殖情報（岩手県水産技術センターWeb）

衛星画像、定地水温、県内13魚市場の水揚げデータ（水産情報配信システム「いわて大漁ナビ」（毎日更新））

2 その他

佐藤 海況について（平成31年度いわて水産アカデミー講義）

児玉 漁海況情報の利活用（平成31年度いわて水産アカデミー講義）

児玉 近年の海況の特徴について（令和元年度浅海増養殖技術検討会）

児玉 岩手県沿岸域に來遊するホタテラーバに関わる海洋環境（令和元年度東北ブロック水産海洋連絡会）

佐藤 岩手県海域に出現する水塊区分の検討（令和元年度東北ブロック水産海洋連絡会）

佐藤・児玉 岩手県における海洋環境変動と漁獲動向（水産海洋学会 令和元年度三陸地域研究集会）