

常磐南部・鹿島灘海域における海況の長期変動および 近年の海流と漁況との関係

大森健策・小熊進之介・須能紀之

Long-term variation in oceanographic conditions and relationship between recent oceanic currents and
fishing conditions in the southern Joban-Kashimanada area

Kensaku OOMORI, Shinnosuke OGUMA, Noriyuki SUNOU

キーワード：黒潮，親潮，水温，漁獲量，クラスター解析，重回帰分析

はじめに

常磐南部・鹿島灘海域は、沖合では親潮と黒潮が交錯し、沿岸ではこれらの海流から波及する水と沿岸水が混合する海域で、寒・暖流性魚類の好漁場が形成されている（高島，2012；海老沢，2023）。本海域の特徴である親潮と黒潮の交錯は複雑な海況を呈するが、過去の観測結果から、次の3つのパターンに大きく区分できる：1) 沿岸域が親潮系冷水に覆われるかフロントが東西に形成される場合、2) 沿岸域・沖合域を親潮系冷水が南下しその中間に暖水が張り出す場合、3) 犬吠埼沖を東北東方向へ流去する黒潮からの暖水の影響を受けて沖合が高水温化する場合（久保，1988）。上記のような特徴を持つ本海域だが、近年は黒潮統流が北偏傾向で海水温が平年よりも高い状況が継続しており、漁況への影響が注視されている（Kawakami et al., 2023）。海水温の上昇は地球温暖化による影響も無視できないが、本海域における1973–2008年までの36年間の長期傾向解析によると、全期間での昇温トレンドは確認されていない（小日向，2011）。そのため、本海域においては中・短期的な海流の変化が海水温に与える影響が大きいと推察されるものの、本海域の海流や水温の変動については近年まとまった知見が無いのが現状である。

近年、日本近海においては、海水温の上昇傾向に伴う海産物の漁獲量の変化が全国的な事例となっており（高柳，2009；岡村ら，2021）、東北海域では三陸から仙台湾において暖水性魚類が増加し、水揚げの主体となりつつある一方、冷水性魚類が激減し、関連漁業

への影響が深刻となっている（高橋，2022）。茨城県ではタチウオ *Trichiurus japonicus* やイセエビ *Panulirus japonicus* をはじめとする暖水性の魚類や甲殻類の漁獲量増加が注目されているが、科学的な知見に基づいた報告事例は皆無である。

そこで本研究では、常磐南部・鹿島灘海域における海況の長期変動と、近年の海流の変動と漁況との関係を明らかにすることを目的とし、まず、本海域における過去30年間の海流および海水温の変化と過去10年間の主要漁獲対象種の変動を整理した。次いで、統計解析を実施して海流と各種との関係について明らかにし、海流の変動が各種に与える影響について検討した。

方法

(1) 海流および水温データの取得

海流については、犬吠埼黒潮離岸距離（以下、黒潮離岸距離）を海上保安庁ホームページ「海洋速報」

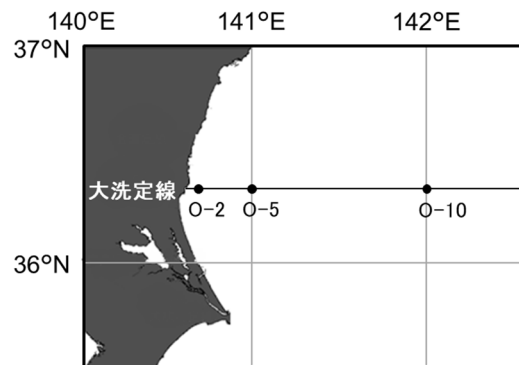


図1. 調査地点図.

(<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/index.html>) から、黒潮続流の北限緯度 (以下、黒潮北限緯度) および親潮第一分枝の南限緯度 (以下、親潮南限緯度) をサンマ資源・漁海況検討会議報告と東北区水産研究所発行の東北海区水温図から取得した。水温については、各月に 1 回の頻度で実施している茨城県水産試験場の漁業調査指導船「水戸丸」、「ときわ」、「いばらき丸」のいずれかによる海洋観測調査において海水温度記録計 (MKN-21A-N, 村山電機製作所製) と CTD (SBE911plus, SeaBird 社製) による鉛直測定で得られた実測値のうち、大洗定線 (36° 19' N) の O-2 (140° 41' E), O-5 (141° E), O-10 (142° E) の 3 地点における 0 m 深および 100 m 深 (水深が 100 m より浅い O-2 を除く) のものを用いた (図 1)。取得期間は海流、水温ともに 1991 年 1 月から 2020 年 12 月までの 30 年間とし、各項目において年平均値を算出して解析に使用した。

(2) 魚種別漁獲量の取得

近年の常磐南部・鹿島灘海域における主要漁獲対象種の変化を把握するために、茨城県水産試験場ホームページ「茨城県産重要魚種の生態と資源」

(<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/suishi/t/eichaku/juuyogyoshu-seitai-shigen.html>) に令和 3 年度末時点で掲載されている 21 種 (以下、掲載順: ヒラメ *Paralichthys olivaceus*, マコガレイ *Pseudopleuronectes herzensteini*, マガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae*, イシガレイ *Platichthys bicoloratus*, ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharae*, キアンコウ *Lophius litulon*, アオメエソ *Chlorophthalmus albatrossis*, ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*, ユメカサゴ *Helicolenus hilgendorffii*, ヤナギダコ *Paroctopus conispadiceus*, マダコ *Octopus vulgaris*, ヤリイカ *Heterololigo bleekeri*, マイワシ *Sardinops melanostictus*, サバ類 *Scomber* spp., カタクチイワシ *Engraulis japonica*, カツオ *Katsuwonus pelamis*, サンマ *Cololabis saira*, カタクチイワシシラス (以下, シラス), イカナゴ *Ammodytes japonicus*, イシカワシラウオ *Neosalangichthys ishikawae*, サヨリ *Hyporhamphus sajori*) と、近年増減傾向が顕著な任意追加種 8 種 (マダラ *Gadus macrocephalus*, ブリ *Seriola quinqueradiata*, マアジ *Trachurus japonicus*, マダイ *Pagrus major*, タチウオ, サワラ *Scomberomorus niphonius*, スルメイカ *Todarodes pacificus*, イセエビ) の計 29 種の魚種別漁獲量を茨城県水産試験場の

漁獲管理 (TAC) 情報処理システムから取得した。本研究の目的は、近年の海流の変動と漁況との関係を明らかにすることであることから、取得期間は 2011 年 1 月から 2020 年 12 月までの 10 年間とし、県内 10 漁協の全漁法合計値を取得した。取得した漁獲量は年平均値を算出して解析に使用した。

(3) 解析方法

過去 30 年間の常磐南部・鹿島灘海域における水温

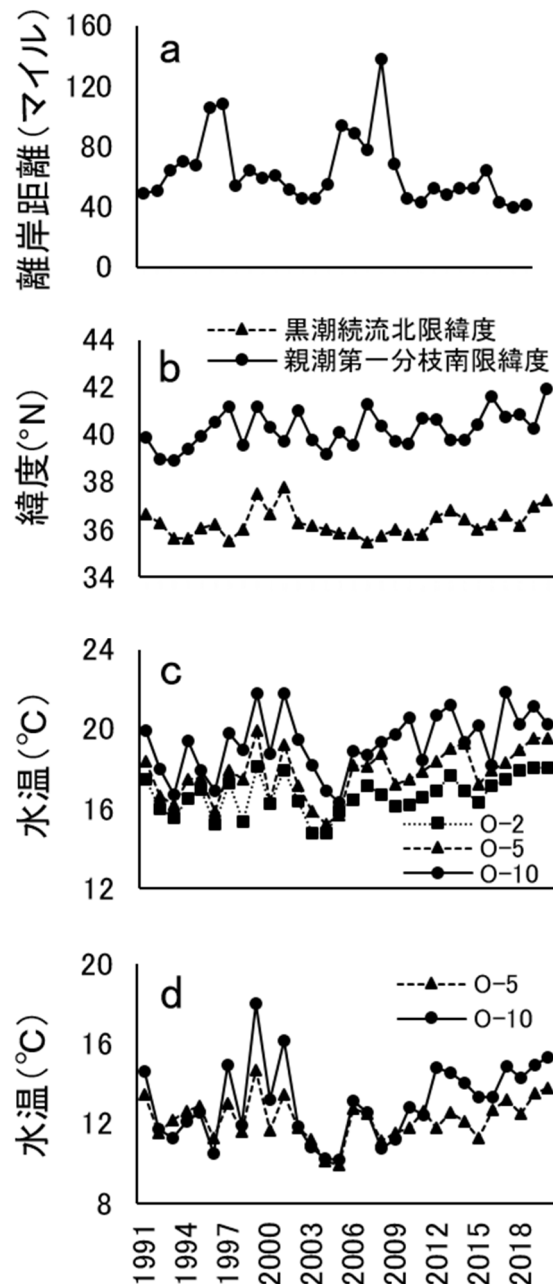


図 2. 1991–2020 年の常磐南部・鹿島灘海域における海流と水温の年平均値の推移 (a, 犬吠埼黒潮離岸距離; b, 黒潮続流の北限緯度および親潮第一分枝の南限緯度; c, 大洗定線 0 m 深水温; d, 大洗定線 100 m 深水温).

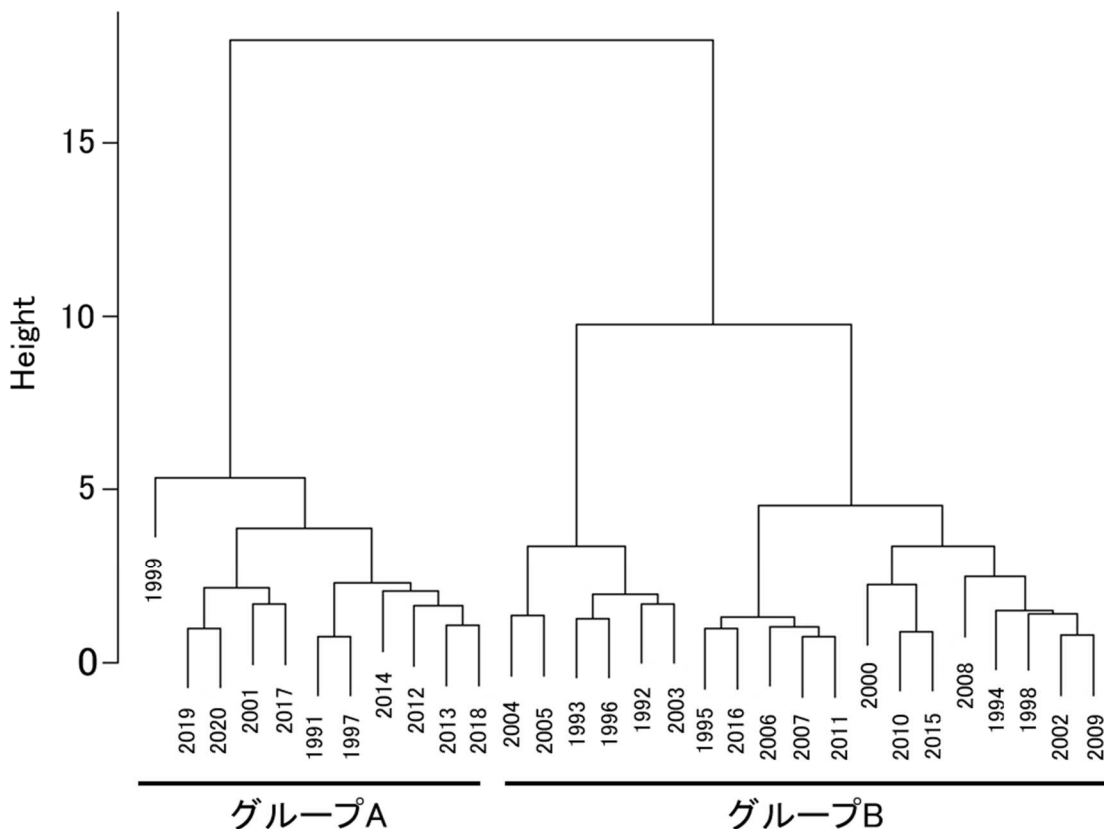


図 3. 1991–2020 年の常磐南部・鹿島灘海域における水温の年平均値に基づくクラスター解析結果.

に年単位でどのような類似性があるかを把握するために、ウォード法を用いて非類似度に基づくクラスター解析を実施した。分類された各グループ間で海流および水温に有意な差があるかどうかについては、Student's *t* test を用いて調べた。

TAC システムから抽出した 29 種の近年における漁獲量変動の類似性を把握するために、ウォード法を用いて非類似度に基づくクラスター解析を実施した。漁獲量は種ごとに大きく異なるため、漁獲量が正規分布に従うと仮定し、各種の年別漁獲量から平均値を引いた値を標準偏差で割ることで標準正規分布 (平均 = 0, 標準偏差 = 1) に従う *Z* 値を算出し、標準化を行った。また、中坊編 (2013) や我が国周辺水域の漁業資源評価報告書 (<https://abchan.fra.go.jp/hyouka/>) などを参考に、クラスター解析によって分類された各グループの構成種について、主分布域および主漁場が本海域を境として南部に位置する種を暖水性魚類、北部に位置する種を冷水性魚類、生息域が広いか回遊を行う種を広域性魚類として便宜的に区分したうえで、各グループの特性を把握した。

海流の変化が各種に与える影響を調べるために、各

種の *Z* 値を目的変数、黒潮離岸距離、黒潮北限緯度、親潮南限緯度を説明変数として重回帰分析を実施した。重回帰分析の前には、各種の *Z* 値と各年で単回帰分析を行い、算出された単回帰係数 (*B*) が $|B| > 0.25$ となった種を近年の増減傾向が大きい種として定義し、今回の解析対象とした。モデル選択の際は、Null モデルから Full モデルまですべての説明変数の組み合わせにおいて最も AIC が小さくなったモデルをベストモデルとして採用した。クラスター解析および重回帰分析には R ver. 4.0.4 を使用した。

結 果

(1) 海流および水温の推移と特徴

過去 30 年間の海流および水温の推移を図 2 に示した。黒潮離岸距離は 1996–1997 年および 2006–2009 年に離岸傾向となり、2011 年以降は他の時期と比較して接岸傾向で推移していた (図 2a)。黒潮北限緯度は 1999–2001 年と 2012 年以降で北偏傾向、それ以外の期間で南偏傾向であった (図 2b)。親潮南限緯度は数年周期で北偏と南偏を繰り返したのち、2015 年以降は北偏傾向となった。大洗定線の 0 m 水温は 2000 年前

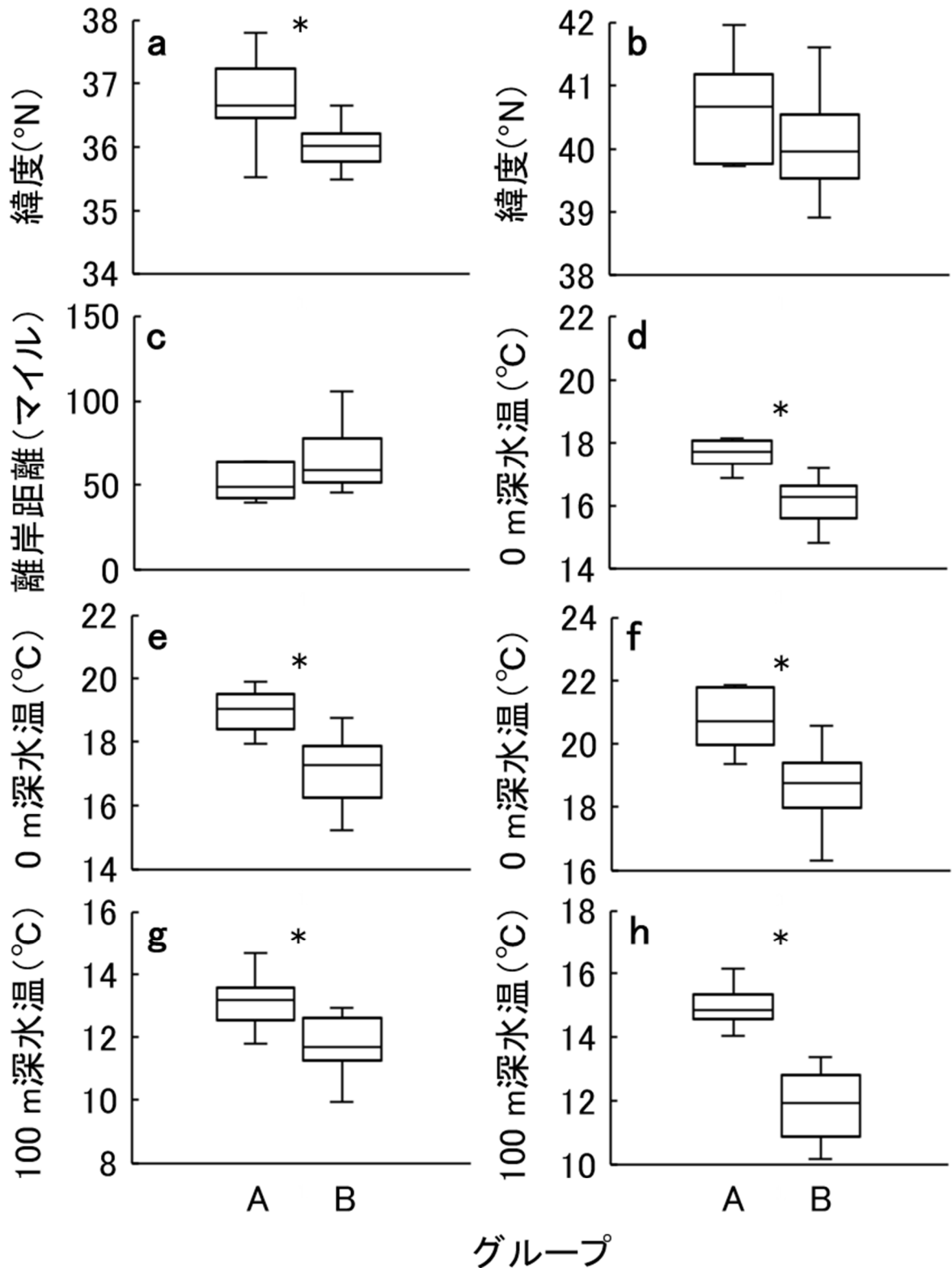


図4. 1991–2020年の常磐南部・鹿島灘海域における海流と水温の年平均値のグループ間での比較 (a, 黒潮統流の北限緯度; b, 親潮第一分枝の南限緯度; c, 犬吠埼黒潮離岸距離; d, 大洗定線 (O-2) 0 m 深水温; e, 大洗定線 (O-5) 0 m 深水温; f, 大洗定線 (O-10) 0 m 深水温; g, 大洗定線 (O-5) 100 m 深水温; h, 大洗定線 (O-10) 100 m 深水温). * $P < 0.05$.

後に高水温傾向となり、2004–2005年頃まで徐々に降温した (図2c)。2006年以降は2015–2016年頃に一

時的な降温がみられたものの、昇温傾向が継続している。100 m 深水温は0 m 水温と概ね同様の傾向を示し

表 1. 2011–2020 年の常磐南部・鹿島灘海域における各種の漁獲量の年平均値 (県内 10 漁協の全漁法合計値)。

科名	和名	漁獲量(t)									
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ニシン科	マイワシ	2,409.7	146.9	5,375.2	1,488.2	7,400.4	7,465.8	14,168.8	11,782.0	13,672.1	15,029.1
カタクチイワシ科	カタクチイワシ	8,473.1	2,081.7	3,833.6	1,918.5	1,103.8	305.0	162.9	380.4	257.5	499.4
	カタクチイワシシラス	1,200.6	2,682.8	2,269.3	2,851.7	1,981.7	1,812.5	3,567.0	3,450.1	3,497.7	4,660.7
シラウオ科	イシカワシラウオ	8.7	6.4	5.7	19.1	11.9	23.0	30.1	30.9	8.0	9.5
アオメエソ科	アオメエソ	143.1	73.9	64.3	83.1	82.6	319.5	428.0	275.5	163.1	233.4
タラ科	マダラ	62.1	41.4	0.0	35.7	165.4	110.2	41.9	24.3	8.1	3.0
アンコウ科	キアンコウ	56.6	36.4	35.1	40.0	74.7	65.6	108.1	118.6	128.8	78.0
サヨリ科	サヨリ	64.7	47.4	37.8	55.2	20.5	21.9	10.2	14.6	38.1	13.3
ダツ科	サンマ	16.8	987.6	2,118.4	714.1	1,047.7	248.5	1,238.6	138.2	5.2	13.9
メバル科	ユメカサゴ	12.4	12.6	16.8	15.0	12.4	17.6	18.1	30.4	36.5	32.7
	ブリ	128.6	206.5	221.3	133.5	202.1	110.6	144.9	66.3	72.5	63.2
タイ科	マアジ	97.2	63.6	120.9	397.7	65.9	144.9	71.5	72.1	46.5	57.5
	マダイ	36.1	34.3	123.3	90.9	116.8	59.7	84.5	58.5	99.2	100.8
イカナゴ科	イカナゴ	3.9	0.0	0.0	119.1	188.5	55.2	10.0	0.0	0.0	0.0
タチウオ科	タチウオ	0.1	0.1	2.0	1.0	2.9	6.4	12.0	7.2	27.7	25.7
サバ科	カツオ	25.9	46.6	59.9	3.2	4.0	42.9	17.3	57.8	3.0	5.0
	サバ類	1,241.4	66.7	1,156.0	6,100.4	24,673.2	38,988.6	27,232.5	22,266.2	14,898.1	6,051.8
	サワラ	0.7	1.4	14.3	2.2	12.6	12.8	13.1	4.5	28.5	48.5
ヒラメ科	ヒラメ	382.5	259.5	570.2	456.6	596.7	442.7	341.2	255.7	292.5	200.4
カレイ科	ムシガレイ	24.1	24.8	39.1	54.0	69.8	103.6	79.2	74.2	70.7	54.6
	イシガレイ	41.8	24.3	25.0	72.4	54.1	31.0	24.6	15.8	7.7	5.1
	マガレイ	4.5	7.9	7.1	4.5	3.9	4.8	5.3	3.5	3.2	0.4
	マコガレイ	109.7	40.9	70.3	45.1	54.0	42.0	28.4	24.5	19.8	9.1
	ヤナギムシガレイ	38.5	20.4	21.9	29.7	81.2	105.3	75.2	50.7	39.7	20.4
マダコ科	ヤナギダコ	301.1	156.1	123.5	160.6	175.9	164.1	132.0	153.1	117.6	75.9
	マダコ	197.8	129.0	61.3	112.7	115.3	136.1	166.3	147.6	86.4	149.6
ヤリイカ科	ヤリイカ	238.8	1,803.0	1,006.3	1,009.0	383.3	316.2	355.2	589.0	423.6	1,042.3
アカイカ科	スルメイカ	90.7	88.2	113.0	125.9	65.5	41.8	57.2	95.6	47.3	180.1
イセエビ科	イセエビ	8.9	4.6	7.1	7.4	6.5	8.1	8.2	10.0	18.3	19.9

た (図 2d)。

過去 30 年間における常磐南部・鹿島灘海域の水温の特徴を把握するためにクラスター解析を実施したところ、グループ A (1991, 1997, 1999, 2001, 2012–2014, 2017–2020 年) とグループ B (1992–1996, 1998, 2000, 2002–2011, 2015–2016 年) の 2 つに分類された (図 3)。これら 2 つのグループの海流と水温を比較したところ、黒潮北限緯度 (図 4a) については、グループ A のほうが高緯度であった (Student's *t*-test, $P < 0.001$)。親潮南限緯度 (図 4b) については、有意差は認められなかったものの (Student's *t*-test, $P = 0.10$)、グループ A のほうが高緯度の傾向がみられた。黒潮離岸距離 (図 4c) については、有意差は認められなかったものの (Student's *t*-test, $P = 0.18$)、グループ A のほうが接岸傾向であった。水温は、0 m 深、100 m 深ともに全地点でグループ A のほうが高かった (Student's *t*-test, $P < 0.001$) (図 4d–h)。

(2) 近年における各魚種の推移と特徴

TAC システムから抽出した各種の近年における漁獲量の推移を表 1 に示した。マイワシやシラス、タチウオ、サワラ、イセエビで漁獲量の増加、カタクチイワシやブリ、イシガレイ、マコガレイで漁獲量の減少が確認された。

各種の 2011–2020 年における漁獲量に基づいてクラスター解析を実施した結果、グループ I (カタクチイワシ、マダラ、サヨリ、サンマ、ブリ、マアジ、イカナゴ、カツオ、ヒラメ、イシガレイ、マガレイ、マコガレイ、ヤナギダコ、マダコ、ヤリイカ、スルメイカ) とグループ II (マイワシ、シラス、イシカワシラウオ、アオメエソ、キアンコウ、ユメカサゴ、マダイ、タチウオ、サバ類、サワラ、ムシガレイ、ヤナギムシガレイ、イセエビ) の 2 つのグループに分類された (図 5)。各種の分布に基づき、便宜的に冷水性・暖水性魚類および広域性魚類に分類したところ、グループ I は冷水性魚類 (4 種) と広域性魚類 (9 種) が多く、グループ II は暖水性魚類 (8 種) が多くなった (表 2)。こ

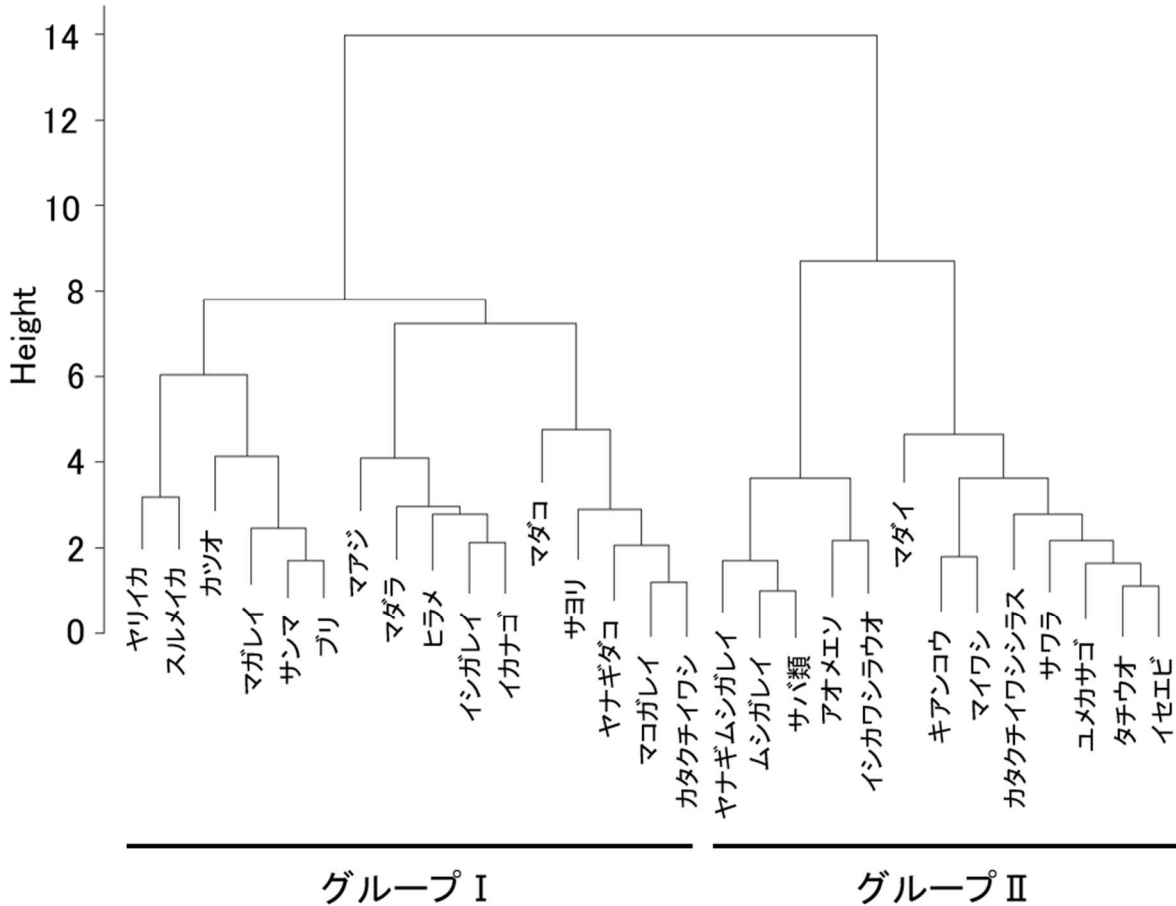


図 5. 2011–2020 年の常磐南部・鹿島灘海域における主要漁獲対象種および任意追加種計 29 種の年平均漁獲量の Z 値に基づくクラスター解析結果。

れら 29 種のうち、近年において漁獲量が大きく増加・減少した種を単回帰分析により抽出したところ、 $|B| > 0.25$ となった種は 12 種（マイワシ、カタクチワシ、シラス、キアンコウ、サヨリ、ユメカサゴ、ブリ、タチウオ、サワラ、マガレイ、マコガレイ、イセエビ）であった。

近年において増減傾向の大きな 12 種について、海流との関係を調べるために重回帰分析を行ったところ、ベストモデルで黒潮北限緯度が選択された種は 8 種で、そのうち 6 種（マイワシ、シラス、ユメカサゴ、タチウオ、サワラ、イセエビ）が正の相関、残り 2 種（カタクチワシ、マコガレイ）が負の相関を示した（表 3）。親潮南限緯度が選択された種は 7 種で、そのうち 4 種（マイワシ、タチウオ、サワラ、イセエビ）が正の相関、3 種（サヨリ、ブリ、マガレイ）が負の相関を示した。黒潮離岸距離が選択された種は 3 種（サヨリ、ユメカサゴ、イセエビ）で、3 種すべてで負の相関となった。

考 察

(1) 海流と水温の関係

過去 30 年間における黒潮離岸距離は、数年おきに離接岸を繰り返してきたが、近年は接岸傾向が続いている。黒潮流軸の離岸距離は沿岸水温との関係が強く、特に常磐南部・鹿島灘周辺海域においては、千葉県犬吠埼から黒潮流軸までの距離と鹿島灘南部沖合域の水温偏差との関係が明らかにされているほか、黒潮の傾きや南北偏も沿岸水温を把握するうえで重要な指標となっている（小日向, 2010）。また、一般的に黒潮が接岸すると水温は上昇し、離岸すると水温は下がるとされているが、そのほかに黒潮本流からの暖水波及が沿岸水温を上昇させることも知られている（小熊, 2023）。黒潮北限緯度は、1999–2001 年には北偏傾向を示し、その後は南偏傾向で推移したものの、近年は再び北偏傾向となっている。黒潮北限緯度は北偏すると暖水塊が形成され、黒潮続流または形成された暖水塊が接岸することで親潮系冷水の南下が阻害されることが知られていることから（川合, 1989）、本海域の

表 2. クラスタ解析結果に基づく各種の区分(グループ I, II) と分布特性および各年の漁獲量に基づく単回帰分析結果.

魚種	分布特性	回帰係数	$ \beta > 0.25$
グループ I			
カタクチイワシ	暖水性魚類	-0.27	*
ブリ	暖水性魚類	-0.25	*
カツオ	暖水性魚類	-0.12	
マダラ	冷水性魚類	-0.08	
イシガレイ	冷水性魚類	-0.20	
マガレイ	冷水性魚類	-0.26	*
ヤナギダコ	冷水性魚類	-0.24	
サヨリ	広域性魚類	-0.26	*
サンマ	広域性魚類	-0.15	
マアジ	広域性魚類	-0.10	
イカナゴ	広域性魚類	-0.05	
ヒラメ	広域性魚類	-0.16	
マコガレイ	広域性魚類	-0.30	*
マダコ	広域性魚類	-0.02	
ヤリイカ	広域性魚類	-0.08	
スルメイカ	広域性魚類	0.03	
グループ II			
カタクチイワシシラス	暖水性魚類	0.28	*
アオメエソ	暖水性魚類	0.19	
ユメカサゴ	暖水性魚類	0.30	*
マダイ	暖水性魚類	0.13	
タチウオ	暖水性魚類	0.30	*
サワラ	暖水性魚類	0.26	*
ヤナギムシガレイ	暖水性魚類	0.06	
イセエビ	暖水性魚類	0.27	*
イシカワシラウオ	冷水性魚類	0.12	
マイワシ	広域性魚類	0.32	*
キアンコウ	広域性魚類	0.27	*
サバ類	広域性魚類	0.16	
ムシガレイ	広域性魚類	0.22	

水温変化に影響を及ぼす要因の一つであると考えられる。親潮南限緯度は、数年周期で南北偏を繰り返していたが、近年は徐々に北偏傾向となっている。親潮南限緯度は親潮第一分枝の勢力を示す指標として用いられることが多く、南偏するほど本海域に冷水の影響を与えることが知られている(久保, 1981)。したがって、親潮南限緯度は黒潮離岸距離、黒潮北限緯度とともに本海域における海況を判断するための重要な指標であると考えられる。

大洗定線の 0 m 深および 100 m 深水温は、2000 年前後に急上昇したのち、2004-2005 年頃まで徐々に降温した。また、2006 年以降は、2015-2016 年頃を除

いて上昇傾向となっている。海流の変化と照らし合わせると、黒潮が接岸したタイミングや各海流が北偏したときに水温の上昇が確認され、各指標が本海域での水温変動を実際に反映していることが示された。また、クラスタ解析の結果、グループ A については、黒潮離岸距離は統計的に有意な差はみられなかったものの接岸傾向、黒潮北限緯度は北偏傾向、親潮南限緯度は統計的に有意な差はみられなかったものの北偏傾向、各地点それぞれの水温は高い傾向があることから、高水温と関連づけられた。一方、グループ B については、黒潮離岸距離は離岸傾向、黒潮北限緯度および親潮南限緯度は南偏傾向、水温は低い傾向があることから、低水温のグループであると考えられた。

(2) 漁獲量の推移とクラスタ解析によって得られた各グループの特徴

漁獲量の減少には各種の資源量の低下や生息域の変化、操業隻数の減少などの様々な要因が挙げられるが、近年の漁獲量の変動については海洋環境の変化が大きいと考えられている(高橋, 2022)。過去 10 年間の常磐南部・鹿島灘海域における漁獲量は種によって劇的な変化がみられ、例えばマイワシやタチウオなどのように急増した種もいる中で、カタクチイワシやマコガレイは急減していた。このような種ごとの漁獲量変動の特徴に基づいてクラスタ解析を行ったところ、主に冷水性魚類と広域性魚類で構成される減少傾向グループと、主に暖水性魚類で構成される増加傾向グループに分けられた。このような各グループの構成種の違いは、黒潮北限緯度や親潮南限緯度の北偏、黒潮流軸の接岸、水温の上昇といった海洋環境の変化に伴う漁獲量の増減によるものであると考えられる。また、本海域以南を主分布域とする魚類の漁獲量増加は、各種の主分布域のシフトを示している可能性がある。

近年において増減傾向の大きかった種を抽出するために単回帰分析を実施したところ、12 種が抽出された。さらに、これら 12 種それぞれの漁獲量に各海流がどのような影響を与えているのかを明らかにするために重回帰分析を行ったところ、カタクチイワシとシラスは黒潮北限緯度のみベストモデルで選択され、カタクチイワシは負の相関がみられたのに対し、シラスは正の相関がみられた。カタクチイワシの太平洋系群の資源量は、2002 年にピーク(291 万トン)をむかえたのち、2018 年には 9.5 万トンと最低水準となり、その後も低調な状態が継続している(木下ら, 2023)。そのため、資源量の低下と漁獲量の減少が関連づけら

表 3. 重回帰分析によって得られたベストモデルにおける各種の漁獲量の Z 値に影響を及ぼす各説明変数の係数.

魚種	係数(標準誤差)			P-value
	切片	黒潮北限緯度	親潮南限緯度 黒潮離岸距離	
暖水性魚類				
カタクチイワシ	39.400 (26.870)	-1.080 (0.737)		0.181
カタクチイワシシラス	-66.574 (19.025)	1.825 (0.522)		0.008
ユメカサゴ	-43.191 (23.407)	1.256 (0.629)		0.077
ブリ	31.671 (18.401)		-0.779 (0.452)	0.124
タチウオ	-79.180 (23.001)	1.630 (0.540)	0.485 (0.345)	0.030
サワラ	-87.897 (18.227)	1.724 (0.428)	0.615 (0.273)	0.006
イセエビ	-62.816 (25.408)	1.272 (0.581)	0.462 (0.366)	-0.050 (0.035) 0.080
冷水性魚類				
マガレイ	31.361 (18.467)		-0.771 (0.454)	0.128
広域性魚類				
マイワシ	-62.778 (29.444)	1.048 (0.692)	0.603 (0.441)	0.169
キアンコウ	-25.056 (41.384)			
サヨリ	38.468 (17.652)		-0.877 (0.425)	-0.058 (0.041) 0.126
マコガレイ	55.826 (22.944)	-1.531 (0.629)		0.041

れるほか、黒潮北限緯度の北偏が本種の資源量・漁獲動向に何らかの影響を及ぼしていることが推察される。常磐南部・鹿島灘海域でのシラス漁獲量については、カタクチイワシの卵稚仔が春季に黒潮からの暖水によって供給されることと関連づけられることから(黒山ら, 2006), 黒潮北限緯度が北偏傾向となることにより、卵稚仔が供給される頻度が高くなり、それに伴って漁獲量が増加している可能性がある。なお、房総から道東海域においては、沖合群(4-5月には房総・常磐海域に分布し、その後は道東海域やそのはるか沖合域に移動・回遊する群)と沿岸群(6-11月中旬および1-3月に房総・常磐海域に來遊・分布する群)の存在が明らかにされていることに加え(八角ら, 2018), 本種の資源評価に用いられている資源量指標値の1つである北上期(5-7月)の0歳魚のCPUEが沖合域の調査船調査によるものであり、現在のように分布の主体が沿岸域となっている状況を十分に説明できていない可能性がある(木下ら, 2023)。本研究においても、カタクチイワシおよびシラスと黒潮北限緯度との関係が異なっていることから、本種の資源量の変化が必ずしも本県におけるシラス漁獲量と関連づけられるわけではないと考えられる。

ユメカサゴは黒潮北限緯度と黒潮離岸距離がベス

トモデルで選択され、前者で正の相関、後方で負の相関がみられた。本種は青森県および山陰・隠岐以南と東シナ海に分布しており、特に東シナ海ではよく漁獲されることが知られているが(山田ら, 2007), 常磐南部・鹿島灘海域における本種の成熟度については、明瞭な季節間での変化が認められていないことから(益子, 2015), 本海域ではほとんど再生産しておらず、黒潮の北偏および接岸に伴って南部海域から移動してきていることが推察される。

ブリとマガレイは親潮南限緯度のみベストモデルで選択され、両種ともに負の相関がみられた。ブリについては、三陸から仙台湾では2010年以降(高橋, 2022), 北海道では2011年以降から漁獲量が増加している(古川ら, 2023)。また、銚子港に水揚げされる大中型まき網(主漁場は常磐南部以南の海域)と中型まき網(主漁場は外房沿岸海域)による本種の漁獲量は、前者で2010年以降、後方で2009年以降に増加傾向となり、それぞれ2013年と2012年にピークに達した後は漁獲量が減少し、2020年までは概ね横ばいで推移している(鈴木・宮田, 2021)。さらに、外房の沿岸域で冷水の影響がみられた場合には、本種の北上が阻害されることで周辺海域に滞留した個体が漁獲される可能性も示唆されている(鈴木・宮田, 2021)。した

がって、2010年代以降においては、親潮南限緯度が北偏したために本種が常磐南部・鹿島灘周辺海域で滞留しにくい環境となっていることが考えられる。マガレイについては飼育実験によって水温が0℃を下回っても死亡せず、低水温に対する耐性が高い一方で、数日間程度生存しうる高温限界が水温約25–26℃であることが明らかにされていることから(高橋ら, 1987)、本海域は親潮南限緯度の北偏によって本種の生残に不適な水温環境に変化してきている可能性がある。

タチウオ、サワラ、マイワシについては黒潮北限緯度と親潮南限緯度がベストモデルで選択され、いずれの変数でも正の相関がみられた。タチウオについては、和歌山県沿岸域において春季の水温上昇が親魚の産卵と関連している可能性が示唆されているほか(内海・武田, 2005)、加入が成功した場合には資源量が増大する可能性も指摘されている(柳川, 2022)。したがって、各海流の北偏により常磐南部・鹿島灘海域が本種にとって好適な産卵水温になるまで暖かくなってきている可能性や、それに伴って本海域で資源量が増加してきている可能性がある。サワラについては、日本海で1980年代後半と1990年代後半に起こったとされるレジームシフト(Tian et al., 2008)による高水温傾向に対応した漁獲量の増加が認められていることから(上田・的場, 2009)、常磐南部・鹿島灘海域においても、黒潮北限緯度と親潮南限緯度の北偏による水温の上昇に伴って漁獲量が増加した可能性がある。マイワシの太平洋系群の資源量は、1990年代から2000年代後半にかけて低調であったものの、2014年には100万トンを上回り、それ以降も高水準で推移していることが知られている(古市ら, 2023)。したがって、本種については太平洋系群の資源量の増加に伴って漁獲量が増加した可能性があるが、2010年代中頃に起きたと考えられているレジームシフト(Kuroda et al., 2020)、親潮面積の減少や資源量増加によって本種の成長に密度効果をもたらした可能性のほか(谷津ら, 2023)、親潮系冷水の南下に伴う常磐南部・鹿島灘周辺海域での漁場形成等についても考慮する必要がある。

イセエビは黒潮北限緯度と親潮南限緯度および黒潮離岸距離がベストモデルで選択され、黒潮北限緯度と親潮南限緯度で正の相関、黒潮離岸距離で負の相関がみられた。本種は沿岸でふ化したのち、フィロソーマ幼生は黒潮によって北東方向に輸送され、その後黒潮反流に乗って琉球列島および国内の沿岸に来遊し着底すると考えられている(関口, 1985; Sekiguchi, 1997; Inoue and Sekiguchi, 2001)。したがって、黒

潮続流の北偏や接岸、親潮第一分枝の北偏によって常磐南部・鹿島灘海域にフィロソーマ幼生が来遊しやすい海況となり、本県沿岸域で着底する個体が増加している可能性がある。

キアンコウはNullモデルがベストモデルとなり、今回用いた3つの変数と漁獲量の関係をうまく説明することができなかった。常磐南部・鹿島灘海域における本種の漁獲量は増加傾向であり、太平洋北部における本種の資源量水準も高位となっていることから(時岡ら, 2023)、本種にとって好適な環境になりつつあると考えられるが、本研究では漁獲量が増加した要因について明らかにすることはできなかった。

サヨリは親潮南限緯度と黒潮離岸距離がベストモデルで選択され、いずれの変数でも負の相関がみられた。本種の産卵開始期は、犬伏崎周辺海域で4月下旬(水温13–14℃台)であると推定されており(内山ら, 2003)、この時期における産卵のための好適水温帯の形成が本種の漁獲量変動に寄与していることが推察される。黒潮が接岸傾向であるほど漁獲量が多くなる要因については、本種が流れ藻などに卵を産み付ける産卵生態をもっていることと(千田, 1966)、流れ藻は潮目に集約することから(小松ら, 2009)、常磐南部・鹿島灘海域での加入量と黒潮の接岸による本海域への流れ藻の供給が関連づけられる可能性があるが、本研究では具体的な要因について明らかにすることはできなかった。

マコガレイは黒潮北限緯度のみベストモデルで選択され、負の相関がみられた。本種は瀬戸内海において、水温の上昇に伴って資源水準が低下することや水温が繁殖生態に影響を及ぼしている可能性が示唆されていることから(Goto et al., 2000; 反田, 2008)、黒潮北限緯度の北偏に伴う常磐南部・鹿島灘海域での水温の上昇が、本種の繁殖生態に影響を及ぼしていると推察される。

(3) まとめ

本研究によって、海流と水温および各種の漁獲量変動との関係が明瞭となったが、漁獲量は海流による影響だけではなく、餌環境や各種の生態的な変化などの生物的要因、漁獲努力量の変化、漁獲対象となる魚種の需要や他海域における漁獲状況による単価の変動といった社会的な変化などの様々な要因の影響を受けている。本研究ではこれらのような要因については考慮していないことから、今後、より詳細な漁獲量変動要因を明らかにするためには、これらの影響を加味した解析を行っていく必要がある。

要 約

常磐南部・鹿島灘海域における海況の長期変動および近年の海流と茨城県での主要漁獲対象種との関係を調べた。犬吠埼黒潮離岸距離は 2011 年以降には概ね接岸傾向、黒潮統流の北限緯度は 1999–2001 年と 2012 年以降で北偏傾向、親潮第一分枝の南限緯度は 2015 年以降には北偏傾向となり、大洗定線の 0 m 深および 100 m 深水温は黒潮の接岸や各海流の北偏に伴って高くなっていた。近年の海流と本海域における主要漁獲対象種の漁獲量との関係をクラスター解析によって調べた結果、主に冷水性・広域性魚類で構成される減少傾向グループと、主に暖水性魚類で構成される増加傾向グループに分けられた。近年の漁獲量の変動が顕著な魚種について、海流との関係を重回帰分析によって調べたところ、近年における黒潮の接岸や、黒潮統流および親潮第一分枝の北偏が各種の漁獲量に影響を及ぼしていることが明らかとなった。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、有益なご助言を賜った茨城県水産試験場の皆様、本研究で使用した水温データの収集にあられた茨城県水産試験場の歴代の海況担当の皆様、海洋観測調査にご尽力いただいた茨城県水産試験場いばらき丸船長の大内政幸氏をはじめとする船舶職員の皆様に心より御礼申し上げます。

文 献

- 海老沢良忠 (2023) 水産研究のフロントから 茨城県水産試験場. 日水誌 ; 89 : 553–554.
- 古市 生・由上龍嗣・上村泰洋・西嶋翔太・渡部亮介 (2023) 令和 4 (2022) 年度マイワシ太平洋系群の資源評価. 58 pp. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220810/FRA-SA2022-SC03-01.pdf (2023 年 12 月 26 日参照).
- 古川誠志郎・倉島 陽・岡本 俊 (2023) 令和 4 (2022) 年度ブリの資源評価. 74 pp. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_45.pdf (2023 年 12 月 26 日参照).
- Goto, R., T., Kayaba, S., Adachi and K., Yamauchi (2000) Effects of temperature on sex determination in marbled sole *Limanda*

yokohamae. Fish. Sci.; 66: 400–402.

- Inoue, N. and H., Sekiguchi (2001) Distribution of late-stage phyllosoma larvae of *Panulirus japonicus* in the Kuroshio Subgyre. Mar. Freshwater Res.; 52: 1201–1209.
- 川合英夫 (1989) 東北海区近海の黒潮統流軸北限と親潮水南限の長期変動. 水産海洋研究 ; 53 : 353–363.
- Kawakami, Y., H., Nakano, L., S., Urakawa, T., Toyoda, K., Aoki and N., Usui (2023) Northward shift of the Kuroshio Extension during 1993–2021. Sci. Rep.; 13: 16223.
- 木下順二・安田十也・渡邊千夏子・渡井幹雄・井元順一・上村泰洋・河野悌昌・高橋正知 (2023) 令和 4 (2022) 年度カタクチイワシ太平洋系群の資源評価. 90 pp. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220914/FRA-SA2022-SC06-01.pdf (2024 年 1 月 30 日参照).
- 小日向寿夫 (2010) 茨城県近海の黒潮の位置と変動並びに水温環境との関係について. 茨城水試研報 ; (41) : 7–17.
- 小日向寿夫 (2011) 茨城県沿岸域の水温の長期トレンド. 茨城水試研報 ; (42) : 1–7.
- 小松輝久・三上温子・鯨坂哲朗・上井進也・青木優和・田中克彦・福田正浩・國分優孝・田中 潔・道田豊・杉本隆成 (2009) ホンダワラ類流れ藻の生態学的特徴. 沿岸海洋研究 ; 46 : 127–136.
- 久保治良 (1981) 海況予測のための知見 特に冷水南下を予知するための手法について. 茨城水試創立 80 周年記念誌 : 103–108.
- 久保治良 (1988) 常磐南部から鹿島灘海域の海況特性. 茨城水試研報 ; (26) : 1–98.
- Kuroda, H., T., Saito, T., Kaga, A., Takasuka, Y., Kamimura, S., Furuichi and T., Nakanowatari (2020) Unconventional sea surface temperature regime around Japan in the 2000s–2010s: potential influences on major fisheries resources. Front. Mar. Sci.; 7: 1–21.
- 黒山忠明・八角直道・二平 章 (2006) 鹿島灘海域におけるカタクチイワシシラスの来遊機構の検討. 黒潮の資源海洋研究 ; (7) : 43–48.
- 益子 剛 (2015) 茨城県沖で漁獲されるユメカサゴについて. 東北底魚研究 ; (35) : 11–16.

- 中坊徹次 (編) (2013) 日本産魚類検索 全種の同定 第三版, 東海大学出版会, 秦野. 2428 pp.
- 小熊進之介 (2023) 茨城県沿岸域における黒潮系暖水波及発生時の水温変動の特徴. 茨城水試研報; (48) : 21-27.
- 岡村悠梨子・増田義男・矢倉浅黄・田邊 徹・阿部修久・雁部総明 (2021) 近年の宮城県における主要な漁獲物組成と海洋環境の変化. 黒潮の資源海洋研究; (22) : 41-46.
- 関口秀夫 (1985) イセエビ親個体群への幼生の加入過程: 研究の現状と将来の展望. 日本ベントス研究会誌; (28) : 24-35.
- Sekiguchi, H. (1997) Larval recruitment processes of Japanese spiny lobsters: A hypothesis. *Bull. Mar. Sci.*; 61: 43-55.
- 千田哲資 (1966) 瀬戸内海におけるサヨリの産卵: I. 流れ藻などに対する産卵. 日本生態学会誌; 16 : 165-169.
- 鈴木孝太・宮田直幸 (2021) 千葉県に水揚げされた 2019, 2020 年のブリ漁況の特徴について. 黒潮の資源海洋研究; (22) : 91-94.
- 高橋清孝 (2022) [解説] 海水温上昇による仙台湾と三陸沿岸の魚種交替. *JAFIC テクニカルレビュー*; (1) : 1-12.
- 高橋豊美・富永 修・前田辰昭 (1987) マガレイおよびマコガレイの摂餌と生存に及ぼす水温の影響. *日水誌*; 53 : 1905-1911.
- 高島葉二 (2012) 茨城県における海洋モニタリングの実施状況とその成果. *日水誌*; 78 : 832-834.
- 高柳和史 (2009) 地球温暖化の漁業および海洋生物への影響. *地球環境*; 14 : 223-230.
- 反田 實 (2008) 兵庫県瀬戸内海におけるマコガレイの生態と漁業に関する研究. *兵庫農技総研報 (水産)*; (40) : 1-96.
- Tian Y., H., Kidokoro, T., Watanabe and N., Iguchi (2008) The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsushima warm current in the Japan/East Sea: Evidence from historical data and possible mechanisms. *Prog. Oceanogr.*; 77: 127-145.
- 時岡 駿・成松庸二・富樫博幸・鈴木勇人・森川英祐・三澤 遼・金森由妃・永尾次郎 (2023) 令和 4 (2022) 年度キアンコウ太平洋北部の資源評価. 28 pp. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. https://abc.han.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_36.pdf (2023 年 12 月 26 日参照).
- 内山雅史・加藤正人・岡本 隆・清水利厚 (2003) 東京湾におけるサヨリの産卵期について. *千葉水試研報*; (2) : 15-22.
- 上田 拓・的場達人 (2009) サワラ漁獲量と水温との関係. *福岡水海技セ研報*; (19) : 69-74.
- 内海遼一・武田保幸 (2005) 和歌山県沿岸におけるタチウオ卵の出現について. 黒潮の資源海洋研究; (6) : 57-61.
- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) 東シナ海・黄海の魚類誌. 1262 pp. 東海大学出版会.
- 柳川晋一 (2022) 日本産タチウオの生物学的特性. 黒潮の資源海洋研究; (23) : 3-8.
- 八角直道・平野和夫・永島 宏・小野寺光文 (2018) 房総・常磐海域～三陸・道東海域におけるカタクチイワシ成魚の回遊群構造. 黒潮の資源海洋研究; (19) : 3-17.
- 谷津明彦・和田時夫・斎藤克弥・由上龍嗣 (2023) 2003-2020 年におけるマイワシ太平洋系群の成長変動要因を探る. *水産海洋研究*; 87 : 93-101.