

たる流し漁業におけるケンサキイカの漁獲特性

長本 篤

(水産海洋技術センター)

たる流し漁業では、ケンサキイカの漁獲に漁具の揺れや水温が影響していることが経験的に知られている。このような漁獲特性の把握は、効率的な操業方法の検討や CPUE 標準化による資源変動の推定を行う上で重要である。本報告では同漁業の漁獲特性を把握するため、本県筑前海区に來遊する春季及び夏季成熟群を対象に、漁獲尾数に影響を与える海洋環境要因について検討した。海洋環境要因を説明変数とした一般化線形モデルによる解析の結果、漁獲尾数に大きな影響を与える最良モデルの変数は、底層水温と有義波高であった。また、漁獲尾数は有義波高約1.6m までは比例して増加した。このことから、有義波高データを用いることにより、効率的な操業方法の検討や CPUE 標準化による資源変動推定の可能性が示唆された。

キーワード：ケンサキイカ、たる流し、有義波高、CPUE 標準化

ケンサキイカ日本海・東シナ海系群の資源水準は2000年以降低位で推移し¹⁾、福岡県筑前海区におけるケンサキイカの漁獲量は1992年以降減少している²⁾。

水産資源の評価では、資源量指標値として単位努力あたり漁獲量（以下、CPUE）が用いられる。一般に CPUE は資源密度に比例していると考えられており、CPUE の年傾向をみるだけで相対資源量の増減傾向を把握することが可能である³⁾。しかし、CPUE は季節や海区、漁具など資源密度以外の様々な要因も含んでおり、資源変動を正確に把握するためには CPUE 標準化によりこれらの影響を取り除く必要がある³⁾。

他海域では CPUE 標準化によりケンサキイカ釣り漁業の CPUE に影響を与える要因について明らかされている⁴⁾。本県においても、ケンサキイカの漁獲特性を把握し、CPUE 標準化により資源密度以外の要因を取り除き、より精度の高い資源変動傾向を把握する必要がある。

本県筑前海区のケンサキイカは主にたる流し漁業を含むいかつり漁業で漁獲されており、1982年から夜いかつり漁業と昼いかつり漁業に加え、たる流し漁業による漁獲が始まり⁵⁾、特に主要漁協ではその漁獲割合が高くなっている。たる流し漁業では、図1のように直径30cm 程度の発泡スチロール製の尺玉（タル）に6本程度のいか針を付けたテグスを取り付け、海底付近に垂下する漁具を用いる。1隻あたり20個程度の漁具を約100m の間隔で順次投入し、約1時間潮に流して操業する。全ての漁具の投入が終わると最初に投入した漁具から引き上げ、掛かったイカを外して再び漁具を投入する。この一連の

作業を1日に6～8回繰り返す。漁具は回次あたり約1時間波に揺られるが、その揺れがケンサキイカの漁獲に影響していることが経験的に知られている。

本報告では、たる流し漁業におけるケンサキイカの漁獲特性把握のため、漁業者が記帳した操業日誌及び水温、波高などの海況データを用い、ケンサキイカの CPUE に影響を及ぼす海洋環境要因について検討した。また、波による漁具の揺れ及び漁獲への影響についても検討した。

方 法

本県筑前海区に來遊するケンサキイカは、春季成熟群、夏季成熟群、秋季未熟群の3群の存在が知られている⁶⁾。本研究では春季及び夏季成熟群を対象に、漁獲尾数及び漁獲量と海洋環境要因との関係、波高とたる流し漁具の挙動との関係を検討した。各々の使用データ及び解析方法は次のとおりとした。

1. 漁獲尾数と海洋環境要因との関係

たる流し漁業における操業回次ごとのケンサキイカ漁獲尾数と海洋環境要因との関係を、操業データ及び海況データを用いて検討した。

（1）解析に用いたデータ

操業データは、協力漁業者1名が2019年4月13日～8月9日に記帳した操業1回次及び最終回次の緯度経度、操業回次ごとの開始、終了時刻と漁獲尾数を用いた。各

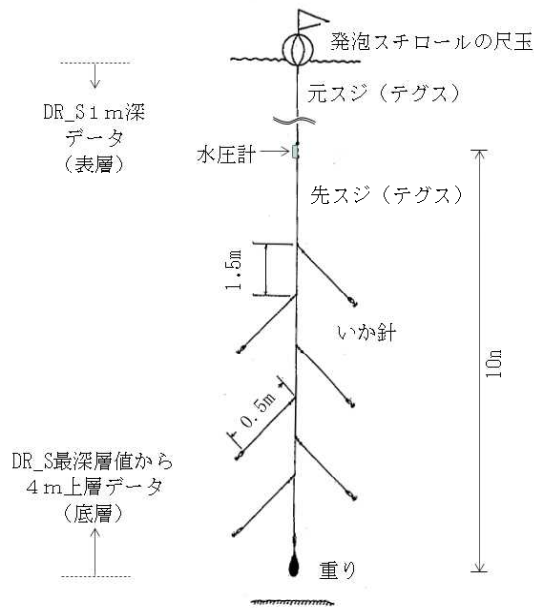


図1 たる流し漁業の漁具及び観測機器設置位置

操業回次の操業位置は、1回次及び最終回次の緯度経度を各操業回次の開始時刻と終了時刻の中間時刻で按分して求めた。

海況データとして、九州大学応用力学研究所が開発、運用している海況予測モデル DREAMS_Squid(水平300mメッシュ、深度2～4m 間隔、1時間間隔、以下、DR_S)に観測データを同化した再解析値から、操業回次の位置と時刻に最も近い水温、塩分及び潮流の東西、南北成分を抽出した。さらに、流向、流速を東西、南北成分から算出した。このうち解析には、タルが潮流等の影響を受ける層として1m 深（以下、表層）、たる流し漁業がケンサキイカを狙う底層として DR_S の最深層値から概ね4m 上層（以下、底層）のデータを使用した。

波高データは、気象庁が公開している沿岸代表点の波浪推定値のうち、玄界灘（N34° 15′，E130° 00′）の午前9時の有義波高データを用いた。

（2）解析方法

統計解析パッケージ R（Ver.3.5.2）の一般化線形モデル（GLM 関数）を用いて解析した。今回の操業データには、ケンサキイカが獲れないゼロキャッチデータは存在しなかった。

一般化線形モデルとして、式1のとおり漁獲尾数を応答変数に、月、水温（表層、底層）、塩分（表層、底層）、流速（表層、底層）、流向区分（表層、底層）、有義波高を説明変数としたフルモデルを作成した。流向区分は真方位° から90° ごとに4分割した流向区分 A～D のカテゴリカル変数とした。漁獲尾数は正の整数であるため、誤差構造は負の二項分布を仮定した⁷⁾。フルモデルから

MuMIn パッケージの Dredge 関数を用いて総当たり法により赤池情報量規準（AIC）が最小となる最良モデルを選択した。

（式1）

$$\text{漁獲尾数} = \text{月} + \text{表層水温} + \text{底層水温} + \text{表層塩分} + \text{底層塩分} + \text{表層流速} + \text{底層流速} + \text{表層流向区分} + \text{底層流向区分} + \text{有義波高} + \text{offset}(\log(\text{操業回次}))$$

2. たる流し漁具の挙動と波高との関係

操業中のたる流し漁具の挙動と波高との関係を、深度データ及び波高データを用いて検討した。

深度は、協力漁業者1名が2020年4月9日～6月18日に図1のとおり漁具の最下部から約10m の位置（以下、下部）に水圧計（JFE アドバンテック社製 DEF12-D20）を取り付け1分間隔で観測した。取得した海中の深度データから漁具投入及び回収中など深度が急激に変化するデータを除き、深度がほぼ一定になる時刻を操業中と判断した。

波高データは、国土交通省港湾局によって観測され、港湾空港技術研究所で処理された全国港湾海洋波浪情報網のうち、玄界灘（N33° 56′ 02″，E130° 28′ 05″）の2020年4～6月の有義波高データ（速報値）から操業時間帯の値を抽出し操業回次ごとに平均したものをを用いた。

3. 漁獲量と波高との関係

たる流し漁業におけるケンサキイカの漁獲量と波高との関係を、操業日誌データ及び波高データを用いて検討した。

操業日誌データは、漁業者46名が2007～2019年の4～8月に記帳した1日あたりの漁獲量及び緯度経度2分メッシュの漁区に区分された操業場所のデータ（計4,782件）を用いた。

波高データには、気象庁が沿岸波浪数値予報モデルから計算した有義波高 GPV（0.05° メッシュ）を用いた。解析では、操業した漁区の中心の緯度経度に最も近い午前9時のデータを使用した。

結 果

1. 漁獲尾数と海洋環境要因との関係

今回の解析に用いた操業データの操業場所を図2、月別漁場別の操業回数を図3に示す。漁場は、4～8月の沖ノ島以南の漁場（以下、漁場 A）と4、5月の沖ノ島以北の漁場（以下、漁場 B）に大別された。全データ計255

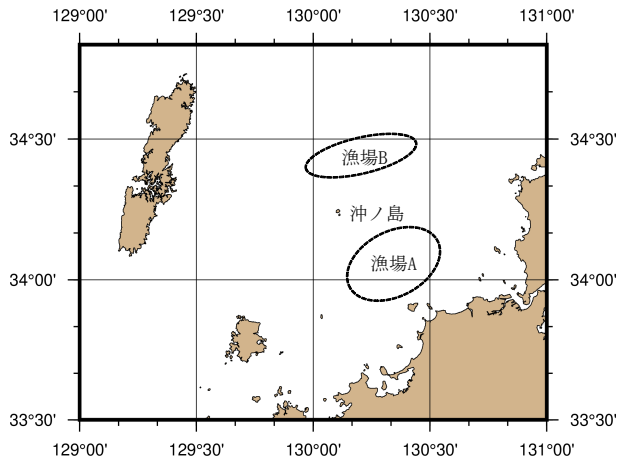


図2 操業場所

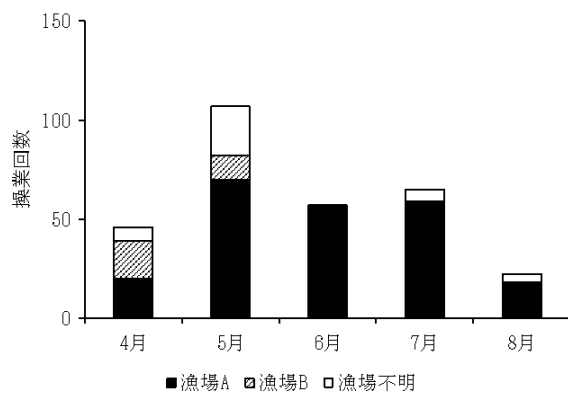


図3 月別漁場別操業回数

件のうち、漁場 A のデータが224件と約9割を占めたことから、今回の解析では漁場 A のデータを用いた。操業回次別の開始時刻及び件数を表1に示す。1日当たりの操業回数は2～9回で、午前4～5時に操業を開始し、遅くとも13～14時に終了していた。

操業及び海況データを用いて一般化線形モデルによる解析を行った結果、フルモデルの説明変数のうち、月、表層水温、底層水温、表層塩分、底層塩分で多重共線性が認められたことから、底層水温、表層流速、底層流速、表層流向区分、底層流向区分、有義波高を変数とするモデルを作成した。総当たり法により選択された最良モデルの変数は、式2のとおり底層水温、表層流速、底層流向区分、有義波高であった。最良モデルの変数は、表2のとおり *Intercept*、底層流向区分 B、底層流向区分 C を除き有意であった。

(式2)

$$\text{漁獲尾数} = \text{底層水温} + \text{表層流速} + \text{底層流向区分} + \text{有義波高} + \text{offset}(\log(\text{操業回次}))$$

最良モデルから各説明変数を除いたモデルと最良モデルの AIC の差 (以下、 ΔAIC) を表3に示す。 ΔAIC は、

表1 操業回次別操業開始時刻及び件数

時刻	操業回次								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4:00 ～ 5:00	32	1							
5:00 ～ 6:00	5	4							
6:00 ～ 7:00		30	5						
7:00 ～ 8:00		2	29	5					
8:00 ～ 9:00			3	23	7				
9:00 ～ 10:00				7	19	5			
10:00 ～ 11:00						16	4		
11:00 ～ 12:00						5	6	2	1
12:00 ～ 13:00							2	2	
13:00 ～ 14:00							1	2	
計	37	37	37	35	32	26	13	6	1

表2 最良モデル説明変数の偏回帰係数及び標準誤差

	偏回帰係数	標準誤差	P
<i>Intercept</i>	-0.66	0.45	0.14
底層水温	0.16	0.03	<0.01
表層流速	-0.76	0.42	<0.1
底層流向区分B	0.16	0.29	0.60
底層流向区分C	-0.40	0.28	0.15
底層流向区分D	-0.38	0.11	<0.01
有義波高	0.81	0.16	<0.01

表3 説明変数及び ΔAIC

説明変数	ΔAIC
底層水温	38
表層流速	1
底層流向区分	6
有義波高	21

底層水温、有義波高、底層流向区分、表層流速の順で大きく、特に底層水温、有義波高が大きかった。なお、最良モデルでは多重共線性、線形性に問題はなかった。

0.1℃ごとに区分した底層水温とその区分内の漁獲尾数との関係を図4に示す。底層水温は15.2～21.4℃、漁獲尾数は2.5～42尾/回次であった。漁獲尾数と底層水温の相関係数は0.607となり、正の相関がみられた。(無相関検定 $p < 0.01$, $n = 34$)

0.1m ごとに区分した有義波高とその区分内の漁獲尾数との関係を図5に示す。有義波高は0～1.6m、漁獲尾数は5～34尾/回次であった。漁獲尾数と有義波高の相関係数は0.673となり、正の相関がみられた。(無相関検定 $p < 0.05$, $n = 13$)

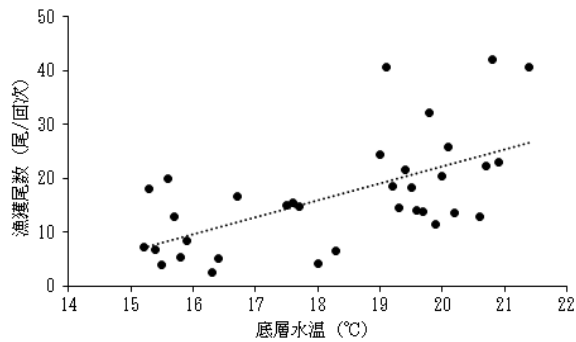


図4 底層水温と漁獲尾数の関係

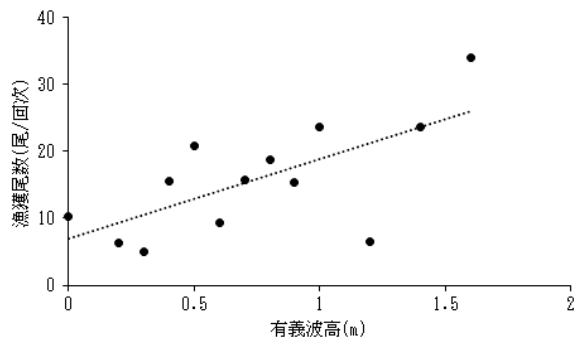


図5 有義波高と漁獲尾数の関係

2. たる流し漁具の挙動と波高との関係

各操業回次のうち、有義波高が最大であった2020年5月21日の1回次（有義波高2.2m）と最小であった2020年6月4日の3回次（同0.2m）における下部の深度の推移を図6に示す。5月21日の下部の深度は50.6～53.1m、6月4日の下部の深度は79.4～80.0mの範囲で推移した。

各操業回次における下部深度の最大値と最小値の差（以下、変動幅）と有義波高との関係を図7に示す。変動差は0.1～2.7m、有義波高は0.2～2.2mであった。変動幅と有義波高の相関係数は0.736となり、正の相関がみられた（無相関検定 $p < 0.01$, $n = 87$ ）。

3. 漁獲量と波高との関係

0.1mごとに区分した有義波高とその区分内の漁獲量との関係を図8に示す。漁獲量は7～31kg/日、有義波高は0～3.1mであった。漁獲量は、有義波高0mで最も少なく7kg/日、有義波高2mで最も多く31kg/日であった。有義波高1.6mまでは7～29kg/日となり、漁獲量と有義波高との相関係数は0.794となり正の相関がみられた（無相関検定 $p < 0.01$, $n = 17$ ）。有義波高が1.7m以上では12～31kg/日となり、ばらつきが大きくなった（無相関検定 有意差なし, $n = 14$ ）。

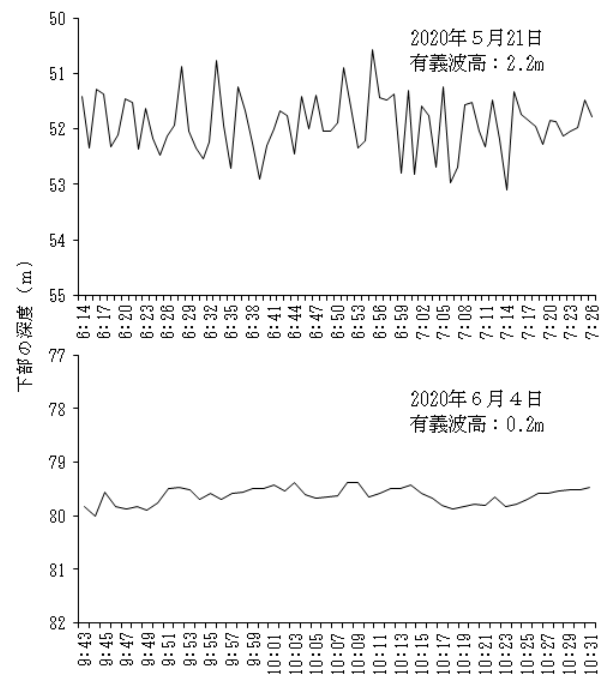


図6 下部の深度の推移

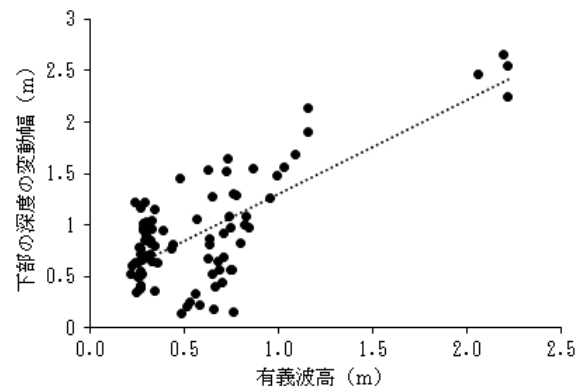


図7 下部の深度の変動幅と有義波高との関係

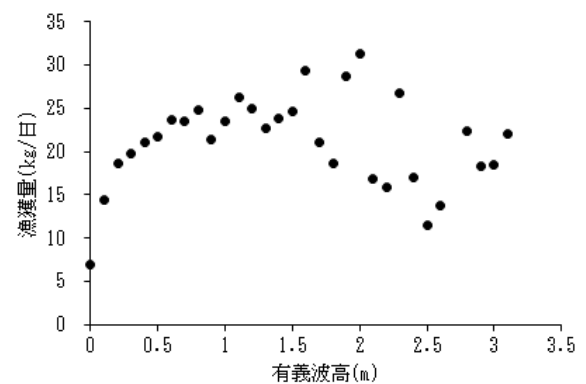


図8 有義波高と漁獲量の関係

考 察

一般化線形モデルによる解析の結果、漁獲尾数に大きな影響を与える変数として底層水温と有義波高が選択された。

底層水温と漁獲尾数の関係をみると、4～8月の漁場 A では底層水温に比例して漁獲尾数が増加した。筑前海区におけるケンサキイカは、6～8月にかけて沖合から沿岸域まで広く分布するが、次第に沿岸域への来遊が少なくなり9月以降はみられなくなる⁸⁾。また、ケンサキイカが漁獲される水温範囲は18～24℃であり、20℃付近が盛漁期の水温である⁹⁾。漁場 A は、水深40～80m の沿岸域で4～8月にかけて底層水温が上昇する海域であり、底層水温の上昇に伴いケンサキイカが漁場に来遊したと考えられる。本研究では、漁場 A で水温が上昇する期間（4～8月）のみ解析を行ったが、CPUE 標準化により年変動をみる場合は、底層水温の長期的な変動を考慮する必要がある。

有義波高と漁獲尾数の関係をみると、有義波高が高くなると漁獲尾数も多くなった。たる流し漁業では、漁具を約1時間潮に流して操業するため、漁具は操業中に波浪の影響を受けている。また、下部の深度の変動幅と有義波高の関係をみると、有義波高が高くなると下部の深度の変動幅も大きくなった。テグスといか針を結ぶ糸の長さは約50cm であることから、漁具の動きが有義波高に比例して大きくなることにより、いか針が大きく動くと考えられる。イカ釣り機に最も重要なことは釣糸を引く速度に変化をつけて、釣り針を餌の動きのようにみせるシャクリ機能である¹⁰⁾。このことから、有義波高に比例していか針の動きが大きくなり、シャクリのような機能が働くことにより漁獲尾数が増加したのと考えられた。

図8で示した有義波高と漁獲量との関係をみると、有義波高と漁獲尾数との関係（図5）と同様に有義波高が～1.6m の間は有義波高が高くなると漁獲量も多くなった。一方、有義波高が1.7m 以上になると漁獲量のばらつきが大きくなり、漁獲量は有義波高0～1.6m のときより少なくなることがあった。操業日誌データは、複数の漁業者が記帳したものであるため、漁船の規模により波高が高くなると操業を中止して帰港する漁業者が含まれ、1日あたりの漁獲量が少なくなることが考えられる。アカイカ釣りにおける釣り落としと船体動揺との関係では、風の時には船体の動揺が相対的に大きい位置の脱落率が相対的に低くなるが、時化の時には船体の動揺が大きい船首尾で脱落率が極端に高まる場合がある¹¹⁾。また、ア

カイカが疑似餌を捕捉するときの巻き上げ速度が速いときは触腕で、遅いときは触腕以外で疑似餌に掛かる傾向があることが報告されている¹²⁾。このことから、有義波高1.7m 以上の条件では、いか針の動きが大きくなることや速くなることにより、ケンサキイカの漁獲に悪影響を与えている可能性が考えられた。

今回の解析により、たる流し漁業では有義波高が漁獲尾数に大きく影響することが示唆されたことから、漁業種類によっては、波浪による漁具の挙動や船体の揺れがCPUE 標準化の際に密度効果以外の重要な要因になると考えられる。今後は、複数の漁業者の操業データを利用してデータ数を増やし、解析の精度を向上させる必要がある。

たる流し漁業では対象となるケンサキイカ以外にブリ類、ハタ類などの魚類も混獲される。魚類はいか針に掛かったケンサキイカを捕食することもあるが、直接いか針に掛かることもあり、魚種により掛かりやすいいか針の動きがあると考えられる。いか針の動きは波高以外に内部波など潮流の影響も受けると考えられることから、よりケンサキイカの選択性を高めるためには、潮流等の影響も考慮した針の動きと漁獲尾数との関係の把握が必要である。この関係解明により、波高が低いときでもいか針が動く効率的な漁具の開発も期待される。

謝 辞

本論文の執筆にあたり操業データを提供していただいた宗像漁業協同組合の桑村勝士代表理事組合長及び長年にわたり操業日誌の記帳に協力して頂いた漁業者の皆様へ感謝の意を表す。また、本報告の解析にあたり、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所大下誠二副部長には有益な御助言を頂き感謝の意を表す。

文 献

- 1) 依田 真里, 高橋 素光. 平成29 (2017) 年度ケンサキイカ日本海・東シナ海系群の資源評価. 平成29年度我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価・TAC 種以外）第3分冊, 水産庁増殖推進部, 東京. 2018 ; 2110-2125.
- 2) ケンサキイカ共同研究報告書. ケンサキイカ研究会, 2019;55-76.
- 3) 庄野 宏. CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究 2004 ; 68 (2) : 106-120.

- 4) 金元保之, 柴田泰宙. 島根県沿岸におけるケンサキイカの CPUE に影響を与える要因の検討と将来予測. 日本水産学会誌 2020 ; **86** (5) : 371-385.
- 5) 秋元 聡. 筑前海におけるケンサキイカ資源と利用実態. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1992 ; **18** : 7-11.
- 6) 山田 英明, 小川嘉彦, 森脇晋平, 岡島義和. 日本海西部沿岸域におけるケンサキイカ・ブドウイカの生物学的特性. 日本海西部沿岸に生息する“シロイカ“(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書 1986 ; (1) : 29-50.
- 7) 下野 嘉子. 特集 統計解析(再?)入門 R を用いた一般化線形モデル(回帰係数編): カウントデータを例に. 雑草研究 2010 ; **55** (4) : 287-294.
- 8) 古田 久典. 筑前海におけるケンサキイカについて. 昭和48年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告 1975 ; 83-91.
- 9) 古田 久典. 筑前海におけるケンサキイカについて一漁場と分布一. 昭和49年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告 1976 ; 50-56.
- 10) 浜出 雄三. イカを騙す秘訣ー自動イカ釣り機の開発. 「イカの春秋」(奥谷喬司編著)成山堂書店, 東京. 1995 ; 207-215.
- 11) 山下 秀幸, 黒坂 浩平, 越智 洋介, 小河 道夫. アカイカ釣りにおける釣り落としと船体動揺との関係. 日本水産学会誌 2008 ; **74** (4) : 697-699.
- 12) 黒坂 浩平, 山下 秀幸, 越智 洋介, 小河 道夫, 赤松 友成, 稲田 博史, 渡部 俊広. 自動イカ釣り機の釣具ライン巻き上げ速度がアカイカの擬餌針捕捉行動に及ぼす影響. 日本水産学会誌 2009 ; **75** (1) : 83-85.