

令和元年6月21日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07844

研究課題名(和文)ケンサキイカの食性は漁場・漁期・漁法で異なる

研究課題名(英文) Opportunistic feeding habit of swordtip squid *Uroteuthis edulis* by areas, seasons and capture methods

研究代表者

松下 吉樹 (MATSUSHITA, Yoshiki)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(水産)・教授

研究者番号：30372072

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：東シナ海から日本海西部において底びき網、定置網、灯光利用イカ釣りにより715個体のケンサキイカを採集した。漁法、漁場(東シナ海南部、北部、玄界灘)、水深(50 mを境に深浅)別に空胃率、共食い率を一般化線形モデルによりロジスティック解析を行ったところ、空胃率はすべてのパラメータに対して有意であった。一方、共食い率は漁法と関連が深く、底びき網で共食い率が高い傾向を示した。ケンサキイカの胃内から魚類28種、その他の生物5種がみられ、もっとも多く観察されたのはカタクチイワシで全体の22%、次いでケンサキイカ(15%)、キヒナゴ(11%)の順であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イカ類は鋭い口器を用いて餌を食べるため、検鏡による胃内容物の観察、特定は難しく、西日本における重要なイカ資源であるケンサキイカの食性については少数の地域で定性的な観察結果の報告しか無かった。本研究により、広い水域においてケンサキイカの食性が詳細に明らかになった。そして餌生物の中には水産重要種で高次捕食者でもあるブリ、マハタ、クエ、マルソウダ、ヒラソウダ、トラフグが含まれたことも初めて示された。しかしこれらの観察数は少なかった。

研究成果の概要(英文)：We collected 715 individuals of swordtip squid *Uroteuthis edulis* from fisheries that used towed gear, setnet and jig fishing with artificial light in the East China Seas and the western part of the Sea of Japan. Their stomach contents were analyzed by DNA base sequencing. We also analyzed ratios of empty stomach and cannibalization by using the GLM logistic analysis. The empty stomach ratio was influenced by areas, depths and fishing methods while the cannibalization ratio was influenced by the fishing methods. From the stomach content analysis by DNA base sequencing, we identified 28 fish species and 5 invertebrates. The most observed species was Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (22%), followed by swordtip squid (15%) and banded blue sprat *Spratelloides gracilis* (11%). In addition, high commercial value species including tiger puffer *Takifugu rubripes* and yellowtail *Seriola quinqueradiata* were found.

研究分野：漁業生産工学

キーワード：ケンサキイカ 漁法 餌生物 空胃率 共食い DNA分析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ケンサキイカ *Uroteuthis edulis* は小型の魚類、甲殻類 (大型動物プランクトン、カニ類)、軟体類 (タコやケンサキイカ、スルメイカ *Todarodes pacificus* の幼生) を捕食し、これらのうち、魚類を捕食している個体が最も多いことが報告されている (水産総合研究センター Web: <http://snf.fra.affrc.go.jp/sakana/>)。しかしこれまでの研究は定性的な分析にとどまるものが多く、摂餌量の推定や生育段階や時期、海域による食性の違いまでを詳細に網羅した研究は見当たらない。

多くの水産有用種の資源の減少が過剰漁獲や気候変動の影響を受けて減少する中、頭足類、特にツツイカ類の漁獲量は 1950 年代以降、上昇の一途を辿っている (Piatkowski et al., 2001)。こうした漁獲量の上昇は需要の増加も一因であるが、漁業により減少した他の水産資源の生態的地位をイカ類が占めたとの報告もある (Balguerías et al., 2000)。ツツイカ類の生態系における競合の優位性は、ツツイカ類が漁場生態系の多様な生物を餌として広く利用していることに関連していると考えられる。特に頭足類は共食いを行うことでもよく知られており (Ibanez and Keyl, 2010)、スルメイカの胃内容物の約 10% は共食いであった (Okutani, 1962) などの報告がある。一方、対馬海峡の夜間釣り漁業において本研究の主対象とするケンサキイカの胃内容物を研究代表者らの研究グループが予備的に調べたところ、約 30% のケンサキイカが共食いを行っていた。この高い共食いの割合がどのような要因に起因するか明らかにすることは、ケンサキイカ資源の変動を解明する上での重要であると考えられる。

ケンサキイカは夏から秋にかけて対馬海峡、日本海西部海域で漁業の対象とされる。そしてこの漁期と漁場は、クロマグロ *Thunnus orientalis* 未成魚が漁獲される漁期・漁場と重なる (濱崎・永井, 1991)。クロマグロ若齢魚は灯光に蝟集するイワシ類の捕食を目的として夜間イカ釣り漁船付近に集まって、ケンサキイカの餌生物となっている可能性がある。こうした水産重要種の地理的分布が重なる特定の時期に両種の相互作用を確認することは、両種の資源管理上、重要である。

- Piatkowski U., GJ Pierce, M Morais da Cunha. 2001. Impact of cephalopods in the food chain and their interaction with the environment and fisheries: an overview. *Fish. Res.* 52: 5-10
- Balguerías, E., M.E. Quintero, C.L. Hernández-González. 2000. The origin of the Saharan Bank cephalopod fishery. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 15-23
- Ibanez, C.M., Keyl, F. 2010. Cannibalism in cephalopods. *Rev Fish Biol Fisheries*, 20:123-136
- Okutani, T. 1962. Diet of the common squid *Ommastrephes sloani pacificus* landed around Ito port, Shizuoka Prefecture. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 32:41-47
- 濱崎清一, 永井達樹. 1991. 日本海西部から東シナ海中部におけるクロマグロ未成魚の分布と回遊. *水産海洋研究*, 59: 398-408.

2. 研究の目的

本研究は異なる時期・時刻と場所に異なる漁法で漁獲されたケンサキイカが摂餌していた生物種をできるだけ多く明らかにして、ケンサキイカの食性を詳細に報告することを目的とする。これまでの研究代表者らの研究成果から、ケンサキイカは集魚灯の周辺では、光源に蝟集して分布密度が高まった生物を日和見的に捕食する機会が増加することが示唆された。そこで光を使用しない漁業 (定置網、底びき網等) で漁獲したケンサキイカの採集も積極的に行い、ケンサキイカの成長と時空間分布の違いも考慮しながら集魚灯下で採集されたケンサキイカの食性と比較する。また、マグロ類など重要な水産資源の捕食が一般的に起こるものなのか、そして集魚灯の影響を受けるものなのか、採集数を増加させて検証を行う。

3. 研究の方法

(1) 試料の採集

2013-2015 年度基盤研究 (C) 「人工光影響下におけるツツイカ目イカ類の摂餌集群説の検証」

における採集も含め、表 1 と図 1 に示した様々な時空間レベル（異なる漁場，水深，時期，漁業種類）において 715 個体のケンサキイカを採集した。ただし時期についてはケンサキイカの漁期（夏から秋）の間に限られた。

表 1. ケンサキイカ採集日，場所，漁法と採集数，空胃率および共食い率

| 年 | 月 | 日 | 漁法 | 漁場 | 採集数 | 空胃率 | 共食い率 |
|------|---|-------|----------|---------|-----|-----|------|
| 2014 | 9 | 19 | 夜間イカ釣り | 香岐西部 | 25 | 72% | 43% |
| 2014 | 9 | 28 | 2 そうびき | 男女群島沖合 | 21 | 71% | 0% |
| 2015 | 8 | 6-7 | 夜間イカ釣り | 香岐西部 | 211 | 73% | 10% |
| 2015 | 9 | 19 | 2 そうびき | 男女群島沖合 | 21 | 81% | 50% |
| 2016 | 8 | 8-9 | 夜間イカ釣り | 香岐西部 | 56 | 61% | 0% |
| 2016 | 8 | 18-19 | 2 そうびき | 男女群島沖合 | 33 | 79% | 100% |
| 2016 | 9 | 5-6 | 夜間イカ釣り | 香岐西部 | 94 | 69% | 8% |
| 2017 | 6 | 5 | 定置網 | 山口県沿岸 | 23 | 70% | 0% |
| 2017 | 7 | 2 | 夜間イカ釣り | トカラ列島周辺 | 6 | 33% | 0% |
| 2017 | 7 | 22-26 | 夜間イカ釣り | EEZ境界 | 58 | 84% | 14% |
| 2017 | 8 | 1 | 夜間イカ釣り | 五島北部 | 94 | 41% | 0% |
| 2017 | 8 | 1 | 夜間イカ釣り | 五島南部 | 23 | 61% | 0% |
| 2017 | 8 | 2 | オッタートロール | 男女群島沖合 | 50 | 82% | 80% |

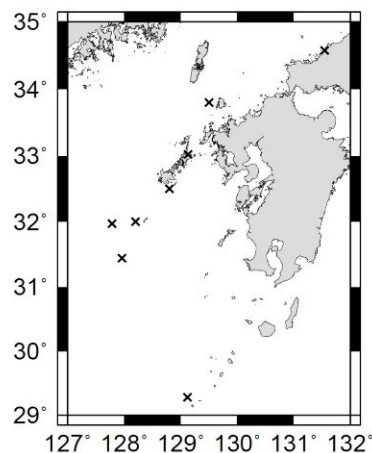


図 1. ケンサキイカ採集水域（図中の x の付近）

ケンサキイカの胃内容物は摂餌後の時間経過にともない急速に消化が進むことがこれまでの研究からわかっているため、胃内容物の採集はいずれも研究代表者が乗船して実施した。漁獲したケンサキイカは外套背長と体重を計測・記録した後に速やかに解剖して、胃内容物を摘出した。胃内容物は EDTA 溶液に浸漬して DNA 分解酵素による分解を防ぎ、冷蔵あるいは凍結保存処理を行い、研究室へと持ち帰った。

(2) 胃内容物の分析

採集した胃内容物は研究室で解凍後に検鏡を行い、餌生物の体や組織の残存状況を把握、記録した。そして胃内容物が確認された試料を以降の分析に供した。この作業より、調査（同時期に同じ漁業で採集されたサンプル群）ごとの空胃率（空胃の個体数 / 全採集個体数）を算出した。

胃内容物より全 DNA を精製し、無脊椎動物および脊椎動物の 16S rDNA を増幅するユニバーサルプライマーにより標的 DNA 断片を増幅・精製した。これら DNA 断片の塩基配列を個別に解析することで、種同定を行った。また、複数種の混在により塩基配列解析が出来ない増幅 DNA 断片について、リアルタイム PCR の解離曲線解析による、生物種数算出法の開発を試みた。

(3) 空胃率と共食い率に影響する要因の評価

本研究ではケンサキイカの空胃率と共食い率（ケンサキイカが胃内で特定された個体数 / 胃内の餌生物が特定された個体数）が採集した漁場と水深情報，採集日時，漁獲方法により異なると考えた。すなわち，ケンサキイカそれぞれの胃内容物は 2 値変数（有無）で表され，調査 i における空胃率を p_{si} とすると，

$$\text{logit}(p_{si}) = \ln(p_{si}/(1 - p_{si})) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i}$$

で表現できる。ここで x_{1i} は調査 i の漁場， x_{2i} は漁獲された水深， x_{3i} は漁法を示す。 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ は求めるべきパラメータである。

同様に調査 i における共食い率を p_{ci} とするとこれは，

$$\text{logit}(p_{ci}) = \ln(p_{ci}/(1 - p_{ci})) = \alpha' + \beta'_1 x_{1i} + \beta'_2 x_{2i} + \beta'_3 x_{3i}$$

で表現できる。説明変数とパラメータは(1)式と同様である。

説明変数はすべてカテゴリ変数として、漁場は「東シナ海南部(トカラ列島周辺)」、「東シナ海(男女群島沖合, EEZ 境界, 五島南部)」、「玄界灘(吉岐西部, 山口県沿岸, 五島北部)」の3種類に、漁獲された水深は水深 50m を境に「深」、「浅」の2種類に、漁法は「夜間イカ釣り」、「定置網」、「曳網(2そうびき, オッターロール)」の3種類に分類した。

以上、空胃率と共食い率のモデルのパラメータを一般化線形モデル解析(GLM)の一つであるロジスティック解析により求めた。分析には統計解析ソフトウェア R の MASS パッケージを用い、上記の漁場、水深、漁法のうち、1つの説明変数だけを考慮したモデルから2つ、そしてすべての説明変数を含めたモデルまでを当てはめ、これらのうち AIC(赤池の情報量基準)が最小となったモデルを最適なモデルとして採用した。

4. 研究成果

(1) ケンサキイカの胃内容物

採集したケンサキイカ 715 個体のうち、胃内容物が確認された個体は 224 個体で全体の空胃率は 67% であった。そのうち 135 個体の胃内容物の DNA 断片の塩基配列を解析して、90 個体の胃内容物の生物種を特定した。このうち 14 個体の胃内容物はケンサキイカであった(表 1、全体の共食い率 16%)。残りの 45 個体の胃内容物は DNA 断片が十分に増幅しないなど、種の特定ができなかった。また、複数種が混在する DNA 断片をリアルタイム PCR の解離曲線解析に供して、生物種数の推定を試みたが、2種類以上の混在は確認出来たが生物種数を算出することができず本研究では1個体の胃内容物から複数種を一度に特定することはできなかった。

ケンサキイカの胃内からは魚類 28 種、その他の生物 5 種が特定され、もっとも多く観察されたのはカタクチイワシで全体の 22%、次いでケンサキイカ(15%)、キビナゴ(11%)の順であった。ロジスティック解析における漁場と漁法区分ごとに特定種とその数を表 2 に示す。カタクチイワシは東シナ海の 50 m 以浅と玄界灘における夜間イカ釣りで採集された試料から複数見つかった。これはカタクチイワシが餌生物として海域に多く生息していることに加えて、人工光に蟻集する性質を有することが影響していると考えられる。ケンサキイカは東シナ海の底びき網で、キビナゴは東シナ海 50 m 以浅で漁獲された試料から多く見つかった。キビナゴは島しょ部の浅海で人工光に蟻集することが知られているので、東シナ海の浅海域でカタクチイワシと同じようにケンサキイカに捕食されたものと考えられる。一方、玄界灘、特に吉岐西部海域における夜間イカ釣りで採集された試料からは水産重要種で高次捕食者でもあるブリ、マハタ、クエ、マルソウダ、ヒラソウダ、トラフグが特定された。これらの水産重要種がケンサキイカに捕食されている実態が明らかになったが、その観察数は全体の 1 割程度であった(90 個体中 10 個体)ことから、ケンサキイカの捕食によるこれらの水産資源への影響は限定的であると考えられた。

表 2. 胃内容物から特定された魚種とその数

| | 東シナ海 | | 玄界灘 | |
|---------|---------------|--------------------|---------------|-------------------|
| | 50 m 以浅 釣り | 50 m 以深 釣り 底びき網 | 50 m 以浅 釣り | 50 m 以深 定置網 釣り |
| カタクチイワシ | 2 | | 10 | 8 |
| ケンサキイカ | | 1 | 8 | 4 |
| キビナゴ | 9 | | | |
| ウルメイワシ | | | | 2 |
| ワニギス | | 1 | | 3 |
| キシエビ | 1 | | 3 | |
| ブリ | | | | 3 |
| トラフグ | | | | 3 |
| ウチワフグ | | | | 2 |

その他、クエ、マハタ、マアジ、マイワシ、マサバ、カイワリ、ヒラソウダ、マルソウダ、ホソトビウオ、ホウボウ、ヒメジ、トラギス、ハダカエソ、オキイワシ、ヒイラギ、ヒレアナゴ、メフグ、ナマス、サイウオ、スミクイウオ、スルメイカ、ミミイカ、マツバダコ、ヤスリモジガイが 1 個体ずつ特定された。

(2) 空胃率と共食い率に影響する要因の評価

ロジスティック解析の結果、空胃率は地域、水深、漁法のすべてのパラメータに対して有意であった。これはケンサキイカが場所や季節ごとに入手しやすい餌生物を捕食する日和見的な

食性を示すことを示唆したと考えた(表3)。ただし、東シナ海の南北でこの関係は有意では無く、東シナ海と玄界灘では異なり、玄界灘で空胃率が高くなる傾向がみられた。また、漁法については定置網とその他の漁法(底びき網、夜間イカ釣り)の間で違いが見られた。ただし表1からは各資料における空胃率には明確な傾向やその違いが認められないので、漁法の違いは東シナ海と玄界灘の関係を重複して示している可能性がある。

次に共食い率は漁法に対して有意で、底びき網で共食い率が高い傾向を示した(表4)。これはコッドエンドに集約されたケンサキイカが揚網までの間に同種に噛みつき、胃内容物となった可能性が高いことが考えられる。このような傾向は定置網で採集したケンサキイカの胃内容物からも想像された。すなわちこれらの胃内容物からは定置網の主要水揚げ種であるマアジ、マサバ、マイワシ、ウルメイワシが特定され、定置網の漁獲時に網の包囲容積が狭められたときにケンサキイカが同時に漁獲されたこれらの魚種を摂食した可能性が考えられる。

表3. 空胃率に関連する要因のロジスティック解析結果

| | 推定値 | 標準誤差 | z値 | p値 |
|--------|-------|------|-------|-------|
| 切片 | -1.65 | 0.29 | -5.70 | <0.01 |
| 地域 | | | | |
| 東シナ海南部 | 1.2 | 0.92 | 1.31 | 0.19 |
| 玄界灘 | 0.87 | 0.29 | 2.96 | <0.01 |
| 水深 | | | | |
| 50 m以浅 | 1.13 | 0.22 | 5.17 | <0.01 |
| 漁法 | | | | |
| 定置網 | -1.19 | 0.49 | -2.40 | 0.02 |
| 底びき網 | 0.31 | 0.36 | 0.85 | 0.40 |

AIC=33.73, df=683

表4. 共食い率に関連する要因のロジスティック解析結果

| | 推定値 | 標準誤差 | z値 | p値 |
|------|--------|---------|-------|-------|
| 切片 | -2.38 | 0.43 | -5.58 | <0.01 |
| 漁法 | | | | |
| 定置網 | -15.18 | 1769.26 | -0.01 | 0.99 |
| 底びき網 | 2.67 | 0.69 | 3.88 | <0.01 |

AIC=66.25, df=87

漁場と漁法、時期別に得られた空胃率と共食い率は図2のような関係を示した。空胃率が60%程度までの地域・漁法では胃内容物の観察からは共食いはみられなかった。一方、空胃率が60%を超えて空胃の個体が占める割合が高くなるにつれて、共食いが多く確認される地域・漁法が増えていった。こうした関係は、餌生物が少ない状態なので空胃率が高く共食いをを行う、あるいは空胃率が高まるとケンサキイカの採餌行動が活発化して共食いが起こるなどの理由が想像できる。

以上、これまで知見がわずかであったケンサキイカの食性を種レベルで明らかにすることができた。ケンサキイカはおそらく生息範囲近くで多く生息し、捕食しやすい生物を日和見的に接触していることが胃内容物のDNA分析結果から想像された。そうした餌生物の中には水産重要種も複数確認されたが、必ずしも多数ではなかった。ケンサキイカの空胃率は東シナ海と玄界灘で採集された試料で異なり、この空胃率の高低が同種の共食い率と関係することを明らかにした。ただし、定置網で得られた試料は玄界灘のものだけ、底びき網の試料は東シナ海のものだけで、食性の相違を地理的な要因と漁法による技術的な要因であるかを切り分けるためには試料が不足していたと考えられる。今後はこれらの足りない試料を補完して、本研究で確立した分析、解析を行うことで本研究で得られた結果をより確かなものにしてゆきたい。

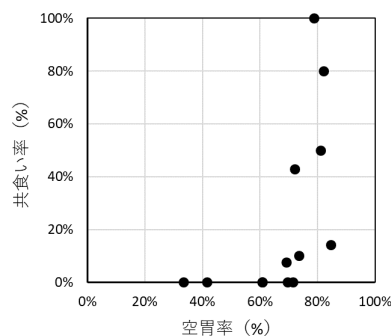


図2. ケンサキイカの空胃率と共食い率の関係.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- (1) 舩田大作, 甲斐修也, 松下吉樹: LED 集魚灯試験から推定されたケンサキイカ *Photololigo edulis* とスルメイカ *Todarodes pacificus* の操業時に必要とされる消費電力の違い, 日本水産学会誌, 83, 148-155(2017) (査読有)
- (2) 松下吉樹: 漁業技術としての光, 照明学会誌, 100, 483 ~ 487(2016) (査読無)

〔学会発表〕(計 3 件)

- (1) Yoshiki Matsushita, Jungmo Jung : Fuel saving through gear modification; A case study in the pair-trawl fishery in Japan, Annual meeting of The Korean Society of Fisheries Technologies (2017)
- (2) Jungmo Jung, Yoshiki Matsushita, Yoritake Kajikawa, Yuki Takahashi, Takeshi Sakai : Gear modification for fuel saving in towed gear fisheries, JSFS International Symposium "Fisheries Science for Future Generations" (2017)
- (3) 舩田大作・松下吉樹 : 定置網漁獲動向と漁場環境の影響, 平成 29 年度 日本水産学会春季大会 (2017)

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 菅 向志郎

ローマ字氏名 : SUGA, Koushirou

所属研究機関名 : 長崎大学

部局名 : 水産・環境科学総合研究科 (水産)

職名 : 准教授

研究者番号 (8 桁) : 60569185

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。