

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K15309

研究課題名（和文）繁殖特性の地域個体群間比較によるヤリイカ個体群変動要因の解明

研究課題名（英文）Environmental influence on reproductive traits in coastal squid and the association with population fluctuation

研究代表者

岩田 容子 (Iwata, Yoko)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：60431342

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：海洋環境変動に対し異なる個体群変動パターンを示すヤリイカ・ケンサキイカの複数の地域個体群間で、繁殖特性の詳細を比較することにより、物理的的海洋環境が繁殖特性にどのように影響するか、またどのような繁殖特性が本種の個体群動態に強く影響しているかを調べた。その結果、異なる地域や孵化時期により、成長率や成熟年齢・成熟特性（成熟サイズ・産卵数・卵サイズ）が変化することが明らかになった。南北の地域個体群間でそれらを比較したことにより、個体群間で交流がある可能性が強く示唆された。また2種間で水温に対する繁殖特性の応答を比較した結果、暖水種と冷水種で反対の応答を示し、その変化が資源量に影響していると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イカ類は短寿命で成長が速く、環境変化に対し資源量が大きく変動することが知られる。本研究は、南北二つのケンサキイカ個体群で生活史特性を比較することにより、異なる海洋環境がどのように生活史特性に影響するかを明らかにした。これにより、過去に観察された環境変化に対する中長期的な資源変動パターンを理解し、将来の気候変化に対する沿岸性イカ類の応答予測に役立つことが期待される。また、南北の地域個体群間で交流がある可能性が高いことが示された。広域に生息し、交流のある複数の地域個体群（メタ個体群）を形成する種では、幅広い環境変化を経験すると考えられるため、分布域全体での環境応答を理解することが重要である。

研究成果の概要（英文）：Reproductive traits of coastal squids (mostly one-year life span) are influenced by environmental changes, which might lead to resource fluctuation. In this study, we analyzed the reproductive traits in two coastal squid species (*Heterololigo bleekeri* and *Photololigo edulis*) and the association with the resource fluctuation. The results showed that different environmental conditions caused by season and geography affected on various life history traits such as mature body size, fecundity and egg size. Seasonal similarity of life history traits and the hatching period between north and south populations suggested possible population connectivity. In addition, comparison of the life history traits between cold-water (*H. bleekeri*) and warm-water (*P. edulis*) species showed opposite response toward water temperature, and it might explain the resource fluctuation of those species.

研究分野：海洋資源生態学

キーワード：海洋生態学 資源生態学 イカ 生活史 繁殖生態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

生物の体サイズ・成熟齢・産卵数といった生活史形質は、進化の過程において、それぞれが暮らす物理的・生物的環境とその安定性に応じて内的自然増加率を最大化するよう最適化されたものである。温暖化のように人間活動によって急速に生息環境が変化したり、漁獲によって死亡率が大きく変動した場合、本来最適であった形質が最適でなくなり、内的自然増加率が下がる可能性が考えられる。そのため、生物資源を持続的に利用するにあたり、その対象種の生活史特性を十分に理解することは不可欠である。

海洋環境は、数十年スケールで大きく変動し、それに伴って海洋生物の個体群サイズも大きく変動することが知られている。例として、海洋環境が寒冷であった1980年代にはマイワシが非常に高い漁獲量を誇っていたが、90年代に温暖期へ変化したことに応じて漁獲量が激減し、一方で温暖期にはカタクチイワシの漁獲量が増加した魚種交代現象が挙げられる。このような中長期的な海洋生態系変動はレジームシフトと呼ばれている。

ヤリイカ類は沿岸漁業重要種であり、寿命が約一年で主に繁殖期に沿岸の浅い海域に産卵のために訪れた群れが漁獲されていることから、漁業活動が個体群動態に与える影響は強い(Iwata et al. 2010)。ヤリイカの漁獲量は1990年以降激減しており、海水温の中長期変動に同調して個体群サイズが大きく変動する可能性が指摘されている(Tian 2007)。90年代以降の温暖期には、日本海南部個体群の漁獲量が激減した一方、本種の主たる漁場である日本海北部個体群では特に分布の北限となる北海道で漁獲が増加した。太平洋側では、同様に90年代以降の温暖期になると太平洋南部個体群の漁獲量は減少し、太平洋北部個体群の漁獲量は増加した。しかし、日本海側に比べ、変化量は比較的小さい。一方、ケンサキイカは日本海南部が主な漁場であり、90年代以降の温暖期には漁獲量が減少している。このことから海洋のレジームシフトに応じた個体群サイズの応答は、種や地域個体群によって異なることが示されている(Tian et al. 2013)。

申請者はこれまでほとんどわかっていなかった日本のヤリイカの繁殖生態について、主に北日本個体群を用いて調べてきた。その結果、ヤリイカの雄には、大型成熟雄と小型成熟雄がみられ、異なる繁殖行動をとること、生殖腺重量や精莖サイズ、精子サイズや精子の生理的特性など、様々な繁殖形質において顕著な種内二型があること(Iwata et al. 2005, Iwata & Sakurai 2007, Iwata et al. 2011 他)、雌の成熟サイズや生殖腺重量などの繁殖特性には多型はみられないことが明らかになってきた。しかし、ヤリイカの他の個体群ではほとんど研究が行なわれていないため、一地域個体群を用いた研究では、その種を持つ繁殖形質が個体群変動にどのように影響しているかを明らかにすることは困難である。また、個体群動態に直接的に影響すると考えられる、孕卵数や卵サイズといった雌の繁殖特性に関する情報は非常に限られていた。

2. 研究の目的

本研究は、ラージスケールな海洋環境変動に対し異なる個体群変動パターンを示すヤリイカ・ケンサキイカの複数の地域個体群間で、繁殖特性の詳細を比較することにより、物理的環境や個体群サイズが繁殖特性にどのように影響するか、またどのような繁殖特性が本種の個体群動態に強く影響しているかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

地域個体群間の生活史特性の違いを明らかにすることを目的とし、ヤリイカ北日本個体群は、2017年から2019年繁殖期間中毎月、青森県において漁獲物から標本を採集した。南日本個体群の標本は本研究期間中漁獲が少なく、安定的に入手困難であった。しかし、2017年は比較的温暖であったのに対し、2019年は比較的寒冷、2018年はその中間であったことから、北日本個体群を用いて年間比較を行うことにより、環境条件の違いが生活史特性に与える影響を検討した。

また、ケンサキイカ北部個体群として2017年5月から2019年3月まで毎月対馬から標本を採集した。南部個体群は2017年から台湾北部において、産卵ピークである春と秋に採集した。得られた標本を用い、外套長・体重・外套重量・生殖腺重量・成熟度を測定した。

ヤリイカ・ケンサキイカが含まれるヤリイカ類には、大型ペア雄と小型スニーカー雄という雄の繁殖戦略二型が存在することから、精子塊の形態によって雄の繁殖戦略を判定した(Iwata & Sakurai 2007)。また、平衡石に形成される日周輪の数を用いて日齢を推定し、漁獲にから逆算することにより孵化時期を推定した。雌は卵巣から孕卵数と卵径サイズ頻度分布を調べ、輸卵管に排卵された成熟卵の数とサイズを測定した。

4. 研究成果

(1) 生活史特性の季節変異

通年、対馬で採集されたケンサキイカを孵化した季節間で比較すると、冬春に孵化した雌は夏秋に孵化した個体より成長速度が速かった(図1)。また、夏に孵化した雌は他の時期より繁殖力が高く、大きな成熟卵を持っていた。生活史特性は台湾より対馬で大きな季節変化が見られた(図2)。年間の水温差は対馬で約15度、台湾で約10度であり、台湾はより安定した環境であることから、生活史特性には季節によって違いが見られないと考えられた。

また、冬季に対馬で採集されるケンサキイカは、雌は成熟割合が低い一方、雄は小型で成熟している個体が多く見られ、それらは全てスニーカー雄型であった。夏季には大型のペア雄型の成熟雄の割合が増加した。

(2)生活史特性の地理的変異

海域別でみると、ケンサキイカ南部個体群(台湾)は北部個体群(対馬)より早く成長し小型で成熟することが明らかとなった。これは、台湾周辺海域の平均水温が対馬より高いためだと考えられた。

(3)地域個体群交流の可能性

ケンサキイカについて二海域で同時期の生活史特性を比較することにより、個体群間の交流を検討した。ケンサキイカの繁殖特性(卵巣内の卵母細胞と輸卵管内の成熟卵特性)は季節・海域によって変化しており、対馬で採集された秋に孵化した群の繁殖特性は台湾個体群と近いことが示された(図2)。しかし、秋には対馬では成熟個体がみられなかったことから、秋に対馬で産卵・孵化はしていないと考えられる。また、台湾で春の産卵ピークに出現した個体群は同じように秋に生まれ、繁殖特性も対馬の秋孵化群と類似していた。そこで、対馬でみられた秋孵化群は、台湾の個体群と同海域で孵化して、対馬まで移動して産卵している可能性が高いと考えられた。

(4)生活史特性の環境応答の種間比較

沿岸性ヤリイカ類2種(ヤリイカ・ケンサキイカ)において、環境条件(水温)と繁殖特性の関係を調べたところ、寒冷な北日本に多く分布するヤリイカでは、温暖なほど、卵巣内の卵細胞は小さくて数は多い、排卵された成熟卵は大きい、一回あたりの産卵数は少ないという傾向がみられた。一方、温暖な南日本に多く分布するケンサキイカでは、温暖なほど、卵巣内の卵細胞は大きくて数は少ない、排卵された成熟卵は小さい、一回あたりの産卵数は多いという傾向がみられた。このことより、冷水種のヤリイカと暖水種のケンサキイカでは、水温上昇に対し繁殖特性は真逆の応答を示すことが明らかとなった。しかし、その応答の法則性は同じであることから、近縁種で同じ生理的メカニズムによって、繁殖パラメーターが決定されていると考えられる。温暖期におけるヤリイカの漁獲量の増加には産卵数の増加が、ケンサキイカの漁獲量の減少には産卵数の減少が影響している可能性が示唆された。

近年イカ類の世界的な資源量は増加しており、またイカ類の水産資源としての重要性も世界的に高まっている。イカ類は短寿命で成長が速く、環境変化に対し柔軟に反応することで、資源量が増加していると考えられる。しかし、海洋環境条件に対するイカ類の生活史特性の反応についてはよくわかっていない。本研究は、同じ時期に南北二つのケンサキイカ個体群に着目し南北の個体群の生活史特性を比較することにより、異なる海洋環境がどのように生活史特性に影響するかを明らかにした。これにより、過去に観察された環境変化に対する中長期的な資源変動パターンの違いを理解し、将来の気候変化に対する沿岸性イカ類の反応を予測することに役立つことが期待される。また、南北の地域個体群間で集団に交流がある可能性が高いことが示された。広域に生息し、互いに交流のある複数の地域個体群(メタ個体群)を形成する種では、幅広い環境変化を経験すると考えられるため、分布域全体での環境反応を理解することが重要である。

<引用文献>

- Iwata et al. Is commercial harvesting of spawning aggregations sustainable? -The reproductive status of the squid *Loligo bleekeri*. Fish Res, 102: 286-290, 2010
- Tian. Long-term changes in the relative abundance and distribution of spear squid, *Loligo bleekeri*, in relation to sea water temperature in the south-western Japan Sea during the last three decades. GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences, 3, 27-46, 2007
- Iwata et al. Dependence of paternity rates on alternative reproductive behaviors in the squid *Loligo bleekeri*. MarEcolProgSer, 298: 219-228, 2005
- Iwata & Sakurai. Threshold dimorphism in ejaculate characteristics in the squid *Loligo bleekeri*. MarEcolProgSer, 298: 219-228, 2007
- Iwata et al. Why small males have big sperm: dimorphic squid sperm linked to alternative mating behaviours. BMCevolBiol, 11: 236, 2011
- Tian et al. Synchrony in the abundance trend of spear squid *Loligo bleekeri* in the Japan Sea and the Pacific Ocean with special reference to the latitudinal differences in response to the climate regime shift. ICES J Mar Sci, 70: 968-979, 2013

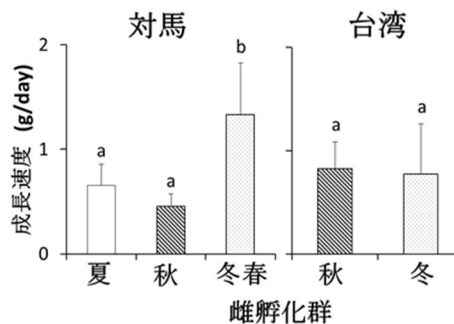


図1. 対馬と台湾各雌孵化群の成長速度

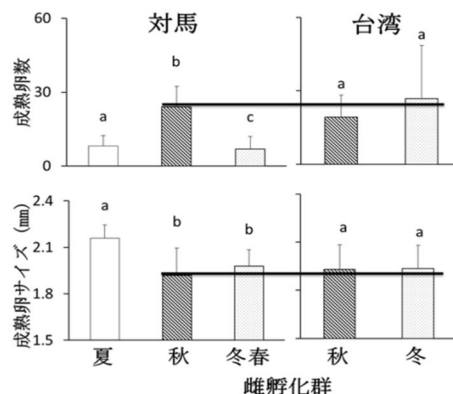


図2. 対馬と台湾個体群成熟卵特性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yoko Iwata, Warwick H.H. Sauer, Noriyosi Sato, Paul W. Shaw	4. 巻 84
2. 論文標題 Spermatophore dimorphism in the chokka squid <i>Loligo reynaudii</i> associated with alternative mating tactics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Molluscan Studies	6. 最初と最後の頁 157-162
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/mollus/eyy002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Noriyosi Sato, Yoko Iwata, Paul W. Shaw, Warwick H.H. Sauer	4. 巻 85
2. 論文標題 Whole spermatangia within the seminal receptacle of female chokka squid (<i>Loligo reynaudii</i> d'Orbigny, 1839-1841)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Molluscan Studies	6. 最初と最後の頁 172-176
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/mollus/eyy059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jose E.A.R. Marian, Ligia H. Apostolico, Chuan-Chin Chiao, Roger T. Hanlon, Noritaka Hirohashi, Yoko Iwata, Jennifer Mather, Noriyosi Sato, Paul W. Shaw	4. 巻 10
2. 論文標題 Male alternative reproductive tactics and associated evolution of anatomical characteristics in loliginid Squid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 1281
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2019.01281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 岩田容子, Yumeng Pang
2. 発表標題 ケンサキイカ雄二型の出現パターンに見られる季節変化
3. 学会等名 平成30年度スルメイカ資源評価会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩田容子, Yumeng Pang
2. 発表標題 ケンサキイカ雄の成熟特性に見られる季節変化
3. 学会等名 第一回イカ・タコ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yumeng Pang, Chih-Shin Chen, Yoko Iwata
2. 発表標題 Seasonal comparison on biological traits of female swordtip squid (<i>Photololigo edulis</i>) between Japan and Taiwan
3. 学会等名 第一回イカ・タコ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yumeng Pang, Chih-Shin Chen, Yoko Iwata
2. 発表標題 Seasonal comparison of female reproductive traits in swordtip squid (<i>Photololigo edulis</i>) among different geographical populations
3. 学会等名 Cephalopod International Advisory Council Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩田容子・Pang Yumeng・渡邊良朗
2. 発表標題 ケンサキイカにみられる小型成熟雄
3. 学会等名 平成29年度スルメイカ資源評価協議会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yumeng Pang, Chin-Shin Chen, Tomohiko Kawamura, Yoko Iwata
2. 発表標題 Environmental effects on reproductive traits in cold/warm-water squids: implications on catch fluctuation
3. 学会等名 PICES-2019 Annual meeting
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----