

ホタルイカ及び動物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比による日本海食物網解析

山崎奈津実(富山大学 大学院理工学教育部(理学))

1. はじめに

ホタルイカは、世界中で日本列島周辺の海域にのみ生育し、日本海全域、太平洋土佐湾以北の太平洋側及びオホーツク海に広く分布している(Sasaki, 1929; 沖山, 1978; 奥谷ら, 1987). ホタルイカの寿命は約 1 年とされ、日本海においては春に沿岸域(水深約 200m 地点)に集まり産卵を行う。過去の調査により日本海の主な産卵域は、隠岐島西側の海域、若狭湾を中心とする日本海西南海域及び富山湾の三か所であることがわかっている。沿岸表層で生み出された卵や孵化した稚イカは、日本海表層を流れる対馬暖流によって北へ流され日本海中央部で成長し、翌春産卵の為再び沿岸域へ戻るとされる(林, 1995). 産卵のため接岸する雌親は日本海において重要な水産資源となっており、春の富山湾における漁獲量の上位を占める。このように豊富な資源量を有し日本海を広く回遊するホタルイカは、日本海の物質循環を考える上で重要な種と考えられる。しかし、ホタルイカの成長海域や回遊経路に関しては、ほとんどわかっていない。過去の研究では、林(1995)が富山湾と山陰・若狭沖で漁獲されたホタルイカの外套長が異なることを報告しており、富山湾と山陰・若狭沖で群れに違いがあることも考えられる。また、春に山陰沖の水温が高いと翌年の富山湾における漁獲量が多くなることから(南條・内山, 2009), 山陰・若狭湾生まれのホタルイカが富山湾で漁獲されるホタルイカの供給源になっていることも考えられる。本研究では、長期的な餌源を反映する炭素・窒素安定同位体比を用いて、ホタルイカが成長・回遊する海域の餌料環境の違いを検討することで、日本海におけるホタルイカの回遊機構や食物網の解明を目的とした。

2. 研究試料

ホタルイカは、2011 年及び 2013 年に富山県富山市四方で定置網により漁獲されたものと兵庫県浜坂町で底引き網により漁獲されたものを試料として用い、外套長、湿重量を測定し、性別などを記録した。性別は、頸部に植え付けられる精莖の有無と卵の有無で判断した。2011 年の試料に関しては、外套膜を凍結乾燥させた後、乳鉢で粉末状にすり潰して同位体比測定用の試料とした。海域の沈降粒子は、2009 年 12 月から 2010 年 3 月にかけてセジメントトラップ(SMC7S-500, 日油技研株式会社)を魚津市の沖合(深度 550m)に設置し、5%ホルマリン溶液(濾過海水により希釈)で満たしたカップに採取したものを試料とした。燃焼処理(450°C, 2 時間)を施した GF/F フィルターに、500µm メッシュのフルイにかけて動物プランクトン等を除去した沈降粒子を濾過した後、超純水を通して脱塩した。その後凍結乾燥、1N 塩酸添加による炭酸カルシウムの除去、恒温

槽(60°C)での再乾燥を経て同位体測定用試料とした。海藻は、魚津市及び氷見市の沿岸において2010年6~10月に採取したものを試料とした。表面の付着物をブラシですり落とした後、1N塩酸を添加、超純水での洗浄、凍結乾燥を経て同位体測定用試料とした。同位体比測定用試料は、ガラス管に真空封管してマッフル炉でガス化させた後、真空ガラスラインにてCO₂、N₂ガスを分取した。分取したCO₂、N₂ガスの炭素・窒素安定同位体比の測定には、質量分析計(PRISM-IRMS, Micromass社製)を用いた。また日本海における餌環境の水平的な評価を行うため、長崎大学水産学部附属練習船「長崎丸」による航海(NN359次航海, 2012/9/29-2012/10/10)によって水試料を採取し、栄養塩(硝酸, 亜硝酸, アンモニア, リン酸, ケイ酸)及びクロロフィルa量を測定した。栄養塩測定は富山県環境科学センターに分析を依頼した。硝酸, 亜硝酸は水質自動分析装置(TRAACS2000, BLAN-LUEBEE社製)により分析を行い、アンモニア, リン酸, ケイ酸は水質自動分析装置(AUTO ANALYZER QuAAtro2-HR, BL-TEC社製)により分析した。クロロフィル試料は、0.7mmのGF/Fガラス繊維フィルター(Whatman社製)に捕集し、DMF(N,N-dimethylformamide, 7ml)により抽出した。クロロフィルaは、Welshmeyer法により蛍光光度計(Turner Designs 10-AU Fluorometer, Turner社製)を用いて測定を行った。またホタルイカの餌と考えられる動物プランクトンを採取し、種ごとに分取して凍結乾燥を行った。同位体比測定は、今後行う予定である。クロロフィルaと栄養塩の結果に関しても、動物プランクトンの同位体比結果とあわせて今後考察を深める予定である。

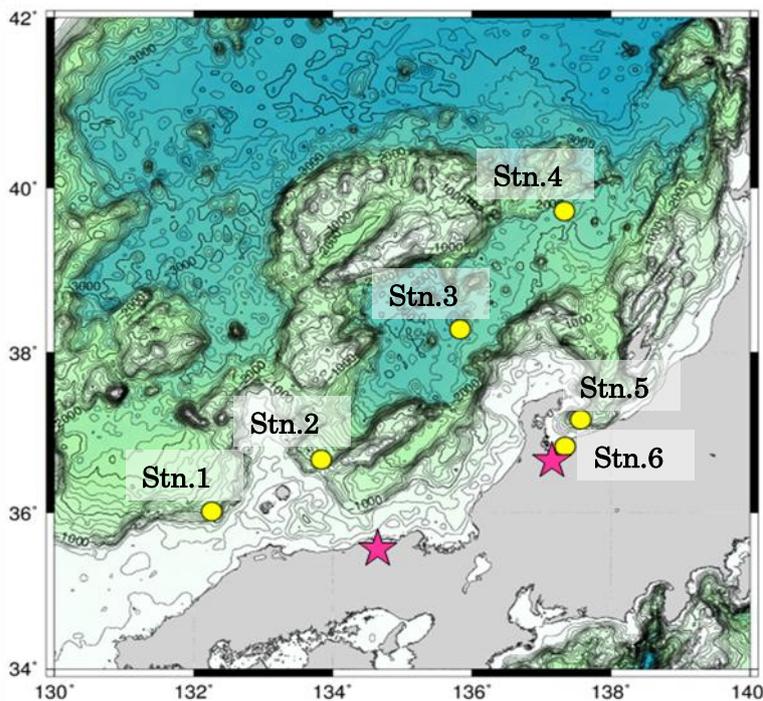


図1. ○:動物プランクトン, 栄養塩, クロロフィル試料採取地点(2012/9-10) ☆:ホタルイカ試料を購入した市場(2011/3-6, 2013/2-3)

3. 結果と考察

2011年、2013年に富山湾と兵庫沖の両海域において採集された雌のホタルイカは、採取日が遅くなるのに伴い外套長及び湿重量平均値が大きくなる傾向がみられた。2013年においては早期来遊群が入手できたので計測したところ、富山湾と浜坂沖の両海域において2月6日から2月27日までは外套長及び湿重量が比較的緩やかに増加していたが、2月27日から3月14日にかけては大きく増加した。今後もホタルイカの外套長及び湿重量の測定を続け、増減幅の同調がみられるか調査する予定である。一方、2013年に兵庫沖で採取された雄のホタルイカに関しては、採取日が遅くなるのに伴う外套長及び湿重量平均値の顕著な増加傾向はみられなかった。さらに、富山湾と兵庫沖で採取されたホタルイカを比較すると、雌及び雄の両個体においていずれの採取日においても、外套長と湿重量の平均値は富山湾産の方が兵庫沖産よりも大きいという結果になった。これらの結果より、雌のホタルイカは採取日が遅くなるのに伴って体サイズ及び重量は成長するが、雄のホタルイカにおいては採取日に伴う顕著な変化がみられないことがわかった。また従前では兵庫沖産と富山湾産ホタルイカの体サイズ及び湿重量の比較において雌個体を用いることが多かったが、今回は1度だけ雄個体を比較したところ、雄個体においても富山湾産の方が兵庫沖産よりも大きいことがわかった。また、今まで2月の早期来遊群について兵庫沖産と富山湾産ホタルイカの体サイズ及び湿重量を比較したデータはあまりなかったが、今回の結果より2月でも富山湾産ホタルイカは兵庫沖産ホタルイカよりも外套長及び湿重量が大きいことがわかった。

さらに2013年に兵庫沖で採取されたホタルイカにおいて雄雌割合を調査した結果、2月6日では雄の割合が全個体の60%を超えており、雄個体の方が多かった。しかし1週間後の2月14日では雄の割合が全個体の40%とやや雌の方が多くなり、その後も採取日が遅くなるのに伴い雄の割合が減少及び雌の割合が増加する結果となった。この結果より、2月の早い時期においては雄個体の方が雌個体より多いが、雄雌割合は1カ月という短期間において著しく変化し、雌個体の方が雄個体より多くなることがわかった。

以上より、富山湾産及び兵庫沖産は共に2月の時点で雄の成長は止まっており、富山湾産の方が兵庫沖産より大きいことが明らかになった。雌では、富山湾産及び兵庫沖産は共に2月の時点から3月にかけて成長しており、大きさは雄と同様に富山湾産の方が兵庫沖産より大きいことが明らかになった。つまり、雄は2月ごろで死亡している可能性が示唆される結果であった。また、早期来遊群の時点で富山湾産の方が兵庫沖産より大きいことから、大型になるホタルイカが富山湾に産卵のため来遊する可能性が考えられたが、詳細については更なる解明が必要である。

炭素・窒素安定同位体比測定結果から、富山湾と兵庫沖で採取されたホタルイカの同位体比は採取地域による差がみられず、近い値を示した。このことから、産地の異なるホタルイカでも近い海域で生育するか、同位体特性が一様である異なる生育域で生息していた可能性が考えられた。炭素・窒素安定同位体比は捕食—被食の関係において生物

間で変動することが知られており、食物連鎖に沿って炭素同位体比は約 1‰、窒素同位体比は約 3.4‰上昇することが報告されていることから、炭素同位体比からは食物源を、窒素同位体比からは栄養段階を推定することが可能となる(Minagawa and Wada,1984 ; Vander Zanden and Rasmussen, 2001). 植物プランクトンは $\delta^{13}\text{C}$ =約-25~-20‰(Coplen *et al.*,2002), $\delta^{15}\text{N}$ =3~10‰(Altabet,M.A.and Francois,R,1994 ; Voss,M., Dippner, J.W. and Montoya, J.P,2000)であることが報告されており、今回の同位体測定結果より沈降粒子は $\delta^{13}\text{C}$ (平均値)=-20.57‰, $\delta^{15}\text{N}$ (平均値)=4.90‰であったことから沈降粒子は基礎生産者の値として妥当であると考え、沈降粒子を植物プランクトンの値として考察を進める. 基礎生産者である植物プランクトン及び海藻は $\delta^{15}\text{N}$ (平均値)=4.62‰, ホタルイカは $\delta^{15}\text{N}$ (平均値)=11.12‰であることから、ホタルイカは二次消費者であることが推測された. また、同じ食物連鎖系列を示す傾き 3.4 の直線を用いると、ホタルイカと沈降粒子の同位体比はこの同一直線状に位置することがみとれた. この結果からホタルイカは海藻ではなく、植物プランクトンに依存した食物網に位置することが推測された.

4. まとめ

- ・雌雄共に、2月から3月において富山湾のホタルイカは兵庫沖のホタルイカより体サイズ及び重量が大きい
- ・富山湾及び兵庫沖の雌ホタルイカは、採取日が遅くなるのに伴って外套長と湿重量が大きくなる
- ・2月初旬は雌より雄の割合が高いが、採取日に伴って雄の割合が減少し雌の割合が高くなった
- ・富山湾と兵庫沖で採取されたホタルイカの同位体比は採取地域による差がみられず、近い値を示した
- ・ホタルイカは植物プランクトンを起点とする食物網の二次消費者に位置する

5. 今後

今後はホタルイカの餌である動物プランクトンの炭素・窒素安定同位体比を測定し、クロロフィル及び栄養塩の測定データとあわせて考察を行い、日本海における食物網を広範囲に比較する. また、2月の早い時期から採取したホタルイカの同位体比も測定し、各採取時期及び地域における同位体比を比較する予定である.