

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20580189

研究課題名（和文） アカガレイ仔魚生残に関する乱流・照度仮説の検証

研究課題名（英文） Verification of the turbulence and light-intensity hypotheses on larval survival of flathead flounder

研究代表者

高津 哲也（TAKATSU TETSUYA）

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授

研究者番号：50241378

研究成果の概要（和文）：

アカガレイ仔魚は、孵化直後から継続的に成長の速い個体ほど生残しやすい傾向を示し、2007-2011年級群のうち、2007年級群は高水温を経験し成長率が高かった。しかし最も成長率が低かった2008年級群がその後卓越年級群となった。成長率は全体として乱流強度の指標となる風速が増すとわずかに高くなっていたが、餌であるかいあいし類ノープリウスの密度や水温、全日射量とは明瞭な関係はみられなかった。卓越年級群の発生は、摂餌開始期の摂餌の成否や成長率よりもむしろ、浮遊期以後の生残過程によって強く影響を受けているのかもしれない。

研究成果の概要（英文）：

Faster-growing larvae of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* in the initial feeding stage showed higher survival rate than slower-growing ones within cohort in Funka Bay, Hokkaido. The larvae of 2007 year-class that experienced warm-water-temperature condition showed the fastest growth in 2007-2011 year-classes. Contrary to expectations, the 2008 year-class that showed slowest-growing in larval stage became a strong year class in mature stage. Growth rate in the initial feeding stage was weakly correlated with wind speed as a turbulence indicator however did not with water temperature, global solar radiation, or density of copepod nauplii as principal prey for flathead flounder larvae. Match-mismatch and growth-mortality hypotheses in initial feeding stage have some degree of validity but are insufficient to explain the variability seen in recruitment. The survival in later stage may determine the recruitment success.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：生態・仔魚・鉛直分布・食性・成長率・卓越年級群・照度・水温

1. 研究開始当初の背景

北海道噴火湾のアカガレイ *Hippoglossoides dubius* は、刺網漁業による主要漁獲対象種の一つであるが、漁獲量の年変動が大きく（最大約13倍）、その原因は漁獲量の平均89%を「卓越年級群」が占めているためである。当海域のアカガレイの卓越年級群は、近年では1980年、1983年、1989年、1991年、1995年、2003年に発生しており、1989年、1991年、1995年級群は産卵期である冬季が高水温であったため、高水温が仔魚の活動性を高めた結果摂餌に成功し、卓越年級群が発生したものと考えられてきた。しかし2003年級群は低水温年であったにもかかわらず卓越年級群となり、この「高水温仮説」は当てはまらない可能性が生じていた。

ところで乱流（非定常性を持つ流れ）は、餌密度がさほど高くなくても仔魚と餌生物の遭遇確率を上昇させて、摂餌率を高める可能性がある。また水中照度も餌発見率を左右し、晴天が続くと捕食量を増大させる可能性がある。しかしこれまで多くの魚類で、この「乱流仮説」や「照度仮説」に基づく摂餌開始期の摂餌の成否は検証されてこなかった。

2. 研究の目的

対馬暖流系の水塊と親潮系水が交互に流入して水温変化の年変動が大きい噴火湾において、海洋構造や水温・乱流・照度・餌生物密度・アカガレイ仔魚の摂餌状況・鉛直分布・成長率等を総合的に調査し、本種の卓越年級群の発生機構の解明と予測技術の開発を試みた。

3. 研究の方法

北海道大学水産学部附属練習船うしお丸（179トン）を用いて、北海道噴火湾においてアカガレイ仔魚のプランクトンネット採集と海洋環境調査を、2008年12月から2011年4月に、合計23回実施した。また卓越年級群発生状況を明らかにするために、2008-2011年8月にはアカガレイの成魚および未成魚を着底トロール網で採集した。

アカガレイ卵・仔魚は口径80cmのプランクトンネットの水平曳きと鉛直曳き、口径56cmのMTDネットの水平同時各層曳で採集した。観測地点ではCTDと光量子計によって水温・塩分・光量子束密度等を計測した。またバンドン採水器を用いて各層で採水し、40 μ m目合いのハンドネットで濾過して仔魚の餌生物を採集した。また発育が比較的進んだ仔魚の餌生物の採集のために、口径45cm目合い100 μ mのNORAPCネットの鉛直曳きで動物プランクトンを採集した。

実験室では海洋構造の解析を行い、卵仔魚の同定・抽出、仔魚の発育段階区分と体長計測を行い、一部の仔魚は消化管内容物の同

定・計数・サイズ計測を行い、さらに礫石耳石による日周輪解析を行い、孵化サイズ、日齢査定、成長率の推定を行った。また2007-2008年に採集した仔魚の耳石も解析に加え、2007-2011年級群の5つの年級群について仔魚期の成長率と加入量指数の関係を検討した。成魚・未成魚は性判別と全長、体重、生殖腺の測定、耳石による年齢査定を行った。

4. 研究成果

アカガレイ卵は表層に多く出現したが、仔魚は23回の採集のうち17回で15m層で最高の密度を示し、加重平均分布水深は15-31mの範囲を示し、卵よりも深かった。卵と仔魚出現の盛期はそれぞれ1月中旬から2月、1月下旬から3月中旬であった。

摂餌開始期のアカガレイ仔魚は、かいあし類ノープリウスを多く捕食し（個体数組成で42-100%）、中でも比較的小型な *Oithona similis* を多く捕食した。層別に仔魚のノープリウスに対する摂餌強度を比較すると、仔魚が高密度に生息した水深15-30m層で高く（6.4-13.6個体/仔魚）、表層（3.1-3.9個体/仔魚）や45m層（1.3-6.4個体/仔魚）では低かった。光量子束密度は水深の増加と共に低下し、水深10m前後で多くの仔魚で摂餌が制限されはじめる $1.0\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下に低下し、水深45m前後で仔魚の摂餌限界と考えられている $0.1\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に達した。次に20-40m層で採集された摂餌開始期仔魚の摂餌強度を時期や採集地点別に比較すると、高水温ほど高かったが、環境中のノープリウス密度や全天日射量、乱流の指標となる風速の変化とは明瞭な関係は示さなかった。水温は表層に近いほど低く、特に沿岸親潮が流入すると急速に低下したため、この水塊の流入が遅い年には高水温による高い摂餌強度が維持されるものと考えられた。

一方、発育が進んだアカガレイ仔魚は、次第に尾虫類 *Oikopleura* 属に対する摂餌を強め、特に沿岸親潮とともに密度を増す *Oikopleura labradoriensis* を多く捕食していた。特にこの尾虫類に対する捕食は、代替の餌となるかいあし類コペポダイトを捕食している状態よりも空胃率が低いため、仔魚にとって捕食しやすい重要な餌と考えられた。沿岸親潮の流入は、摂餌開始期仔魚には低水温による飢餓をもたらす負の効果がある一方、発育が進んだ仔魚にとっては *O. labradoriensis* に対する摂餌の成功をもたらす正の効果をもつといえる。

2011年8月に採集されたアカガレイ成魚・未成魚の年齢組成は、卓越年級群である2003年級群（個体数で34%）と2008年級群（27%）が相対的に高い割合を占め、2004年級群（24%）も比較的高く、他の年級群は6.4%以

下であった。

孵化直後仔魚のラピラス耳石孵化輪は、2003年に発生した卓越年級群が産卵群に加わって成魚群が若齢・小型化した2009年に急激に小型化した。2007-2009年級群の耳石日周輪は、産卵終期が近づくにつれて平均輪紋幅が広くなり、採集時に高齢な仔魚ほど孵化直後から輪紋幅が広く、継続的に成長の速い個体ほど生残しやすい傾向が認められた。また2007-2011年級群の孵化直後仔魚の採集前3日間平均輪紋幅は、成魚豊度と仔魚密度から推定した加入成功指数 $\ln(RPS)$ が高い年に広がった。しかし、卵密度と仔魚密度から推定した短期的な全減少係数 Z とは明瞭な関係を示さなかった。この採集前3日間輪紋幅は、風速との間に傾きがわずかに正の回帰関係を示し ($r^2=0.015$)、風によって励起される乱流が成長率を高める効果が認められたが、ノープリウス密度や水温、全天日射量とは明瞭な関係は示さなかった。全体として、これらの環境変化に伴う短期的な成長率の変動効果はごくわずかであった。

産卵親魚が比較的高齢で仔魚も高い水温を経験した2007年級群は、孵化直後に限定しても5つの年級群内で最も高い成長率を示したが、卓越年級群にはならなかった。むしろ孵化直後の平均輪紋幅は最も狭かった2008年級群がその後卓越年級群となった。以上の結果から、浮遊仔魚期には成長率選択的な生残が存在し、高水温年には摂餌成功率も高く成長率も高まるが、卓越年級群の発生には直接結びついていなかった。水中照度は仔魚の鉛直分布や摂餌強度には影響を及ぼすが成長率にはほとんど影響を与えず、乱流も摂餌強度にはほとんど影響を及ぼさず、成長率をわずかに高める効果のみ示した。噴火湾のアカガレイの卓越年級群の発生は、摂餌開始期の摂餌の成否や成長率よりもむしろ、浮遊期以後の生残過程によって強く影響を受けているのかもしれない。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 小林直人、磯田 豊、小林雅行、佐藤千鶴、木村 修、山口秀一、高津哲也、アナ・ルイザ・ロザ、噴火湾湾口沖を通過する急潮 (1) データ解析、海と空、査読有、(印刷中)。
- ② Y. Inagaki, T. Takatsu, Y. Ashida, T. Takahashi, Annual changes in macrobenthos abundance in Funka Bay, Japan. Fish. Sci., 査読有、78(3): 647-659 (2012).
DOI 10.1007/s12562-012-0493-5

- ③ 橋本雄太郎、前田晃子、大野雄介、鹿野陽太、高津哲也、噴火湾におけるアカガレイおよびイシガレイ仔魚の食性—尾虫類 *Oikopleura* の餌生物としての重要性—、日本プランクトン学会報、査読有、58(2): 165-177 (2011)。
- ④ 米田典子、高橋豊美、高津哲也、北海道噴火湾におけるヒレグロの年齢と成長、水産増殖、査読有、58: 11-16 (2010).
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aquaculturesci/58/1/58_1_11/_pdf

[学会発表] (計7件)

- ① 福井翔太郎、高津哲也、大野雄介、前田晃子、鹿野陽太、中谷敏邦、前田辰昭、アカガレイ摂餌開始期仔魚の耳石輪紋幅の年変動、日本水産学会春季大会、2012年3月29日、東京海洋大学品川キャンパス、東京都港区
- ② 吉村志穂、磯田 豊、小林直人、荘司堅也、太田紗生、有田駿、河野航平、方暁蓉、津軽海峡で観測された内部波の時空間変化、日本海洋学会春季大会、2012年3月29日、筑波大学、つくば市
- ③ 有田駿、磯田 豊、工藤 勲、日周潮汐に同期した宗谷暖流の2週間変動、日本海洋学会春季大会、2012年3月28日、筑波大学、つくば市
- ④ 橋本雄太郎、中谷敏邦、前田晃子、大野雄介、鹿野陽太、高津哲也、噴火湾における異体類2種仔魚の餌生物としての尾虫類 *Oikopleura* spp. の役割、日本水産学会春季大会、2011年3月30日、東京海洋大学品川キャンパス、東京都港区、震災で中止されたが講演要旨集は発行済み
- ⑤ 稲垣祐太、高橋豊美、蘆田雄毅、高津哲也、噴火湾におけるマクロベントス密度の経年変化、日本水産学会春季大会、2011年3月30日、東京海洋大学品川キャンパス、東京都港区、震災で中止されたが講演要旨集は発行済み
- ⑥ 大野雄介、高津哲也、前田晃子、高橋豊美、平岡優子、松田泰平、噴火湾におけるアカガレイ仔魚の成長様式、日本水産学会春季大会、2010年3月28日、日本大学生物資源科学部、神奈川県
- ⑦ 前田晃子、中谷敏邦、大野雄介、高津哲也、北海道噴火湾におけるアカガレイ仔魚の食性、日本水産学会春季大会、2009年3月29日、東京海洋大学品川キャンパス、東京都港区

〔その他〕(計1件)

学会賞

- ① 2012年3月、第10回日本プランクトン学会論文賞(Best Paper Award of the Plankton Society of Japan)、「橋本雄太郎、前田晃子、大野雄介、鹿野陽太、高津哲也、噴火湾におけるアカガレイおよびイシガレイ仔魚の食性－尾虫類 *Oikopleura* の餌生物としての重要性－、日本プランクトン学会報、58(2): 165-177 (2011)」、(年間1件のみ選出)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高津 哲也 (TAKATSU TETSUYA)
北海道大学・大学院水産科学研究院・教授
研究者番号: 50241378

(2) 研究分担者

磯田 豊 (ISODA YUTAKA)
北海道大学・大学院水産科学研究院・准教授
研究者番号: 10193393

小林 直人 (KOBAYASHI NAOTO)
北海道大学・水産学部・助教
研究者番号: 00250506