

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450269

研究課題名(和文)アカガレイ仔稚魚の輸送過程と餌生物環境評価による卓越年級群発生機構の解明

研究課題名(英文) Occurrence mechanism of strong-year classes in flathead flounder *Hippoglossoides dubius* by the assessment of transport process and prey abundance for larvae and juveniles

研究代表者

高津 哲也 (Takatsu, Tetsuya)

北海道大学・水産科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：50241378

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：噴火湾においてアカガレイ仔稚魚の輸送・着底過程を検証した。2013年5月のFMTネットでは、浮遊期後半の仔魚が室蘭周辺海域で採集されたが、2014-2015年には採集されなかった。2013年級群はその後強勢年級群となったため、北西の季節風によって発達し、大型浮遊仔魚の取り込んだ室蘭沖の時計回りの渦の消長が加入量変動を生じさせていることが考えられた。一方、2013-2015年8-11月の着底トロールネットでは、着底稚魚は採集できず、着底場所は特定できなかった。

研究成果の概要(英文)：To clarify the occurrence mechanism of strong-year classes in flathead flounder *Hippoglossoides dubius*, transport process of pelagic larvae and juveniles and settled area of juveniles were investigated in Funka Bay and its vicinity in 2013-2015 FY. In May 2013, late pelagic stage larvae were collected with MOHT- and FMT-nets around the area off Muroran City located at the north-east end of the bay, but no larva was collected in 2014-2015. It might be important for the recruitment success in the 2013 year-class that the clockwise vortex off Muroran captured the larvae was retained by the predominantly northwesterly winds. In this vortex, suitable water temperature (4.1-5.6 degrees Celsius) and prey abundance were observed for larval growth. In contrast in August-December through 2013-2015, no settled juvenile was collected on the sea floor with an otter trawl net in and out of the bay with <98-m and 95-354-m bottom depths, respectively.

研究分野：水圏生産科学

キーワード：アカガレイ 仔魚 稚魚 着底 輸送 噴火湾

1. 研究開始当初の背景

(1) 海産魚類の資源量変動は主に、卵・仔魚・稚魚といったいわゆる「初期生活期」に生じる。北海道噴火湾に生息するアカガレイ *Hippoglossoides dubius* に関してもこれまでに、不漁年と豊漁年の漁獲量比は最大 13 倍に達し、近年では卓越年級群が 1980, 1983, 1989, 1991, 1995, 2003, 2008 年に発生している(高津, 2004; Kimura, Takahashi, Takatsu *et al.*, 2004; 高津ほか, 2012)。Nakatani, Maeda, Sugimoto, Takatsu, Takahashi (2002) は、産卵期である冬季の水温と卓越年級群発生年の関係を比較し、1989, 1991, 1995 年は共通して高水温であったため、仔魚の活動性が高められて摂餌に成功し、卓越年級群が発生したと考えた。しかし後続の 2003, 2008 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って矛盾が生じた。

(2) 一方、磯田ほか(1998)は噴火湾におけるスケウダラ *Gadus chalcogrammus* の卵の吹送流による輸送過程の研究の中で、1980, 1983, 1991 年は北西の季節風が強く、年級群強度も高かったことを指摘し、吹送流によって湾外に形成される産卵場から湾内へ卵が多く輸送されたためと考えた。ところがアカガレイの産卵場は湾内であり、スケウダラとは地理的に異なるにもかかわらず、これらのスケウダラ卓越発生年にはアカガレイも卓越年級群が発生していた。申請者らはその卓越発生要因として、アカガレイとスケウダラが同所的に生息する仔魚期の後半から着底期までの輸送過程に注目し、スケウダラの稚魚の着底は、湾外水深 100 m 帯を中心とするため、アカガレイも同様の水深帯へ輸送されると生残率が高くなるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

アカガレイの卓越年級群は、浮遊仔稚魚の生残に適した着底場への受動的輸送と、着底期前後の餌である尾虫類の高豊度によって生じることを明らかにする。本研究は従来の研究をさらに発展させ、研究対象を稚魚期まで拡大させることで、漁獲量変動が激しいアカガレイの資源量変動予測を、簡便な CTD 観測と餌生物採集のみで推定可能とするものである。

3. 研究の方法

(1) 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浮遊仔稚魚のプランクトンネット採集(12~4月)・MOHT・FMT ネット採集(4~7月)、着底稚魚の小型オッターロールネット採集(8~12月)と海洋環境調査を、2013年4月から2015年12月まで、ほぼ毎月実施した。観測地点ではCTDによって水温・塩分等を計測し、バンドン採

水器を用いて各層で採水し、0.04 mm 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 45 cm 目合い 0.10 mm の NORAPC ネットの鉛直曳きで動物プランクトンを採集した。

(2) 実験室では海洋観測結果に基づく海洋構造の解析を行い、アカガレイの卵・仔魚・稚魚の同定・抽出、仔魚の発育段階区分と体長計測を行い、一部の仔魚は礫石耳石による日周輪解析を行い、日齢査定と成長速度の推定を行った。また 2007~2012 年級群の 6 つの年級群についても、プランクトンネットで採集された卵と仔魚の豊度の関係を解析に加えた。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

(1) 2013 年 5 月には FMT ネットで標準体長 10.7 ~ 16.5 mm の眼球移動中の浮遊仔魚が湾内で 5 個体、湾外で 3 個体いずれも室蘭周辺水域で採集され、湾外への流出個体の存在が初めて確認された。うち湾外水深 120 m 地点の沿岸親潮中の 1.58 (水深 30 m 層水温)で採集された 1 個体を除いて、他は沿岸親潮から昇温した 4.1 ~ 5.6 を示した水塊中で採集された。一方、8 月の湾内 98 m 以浅と 11 月の湾外水深 95 ~ 354 m での着底トロール採集では、着底稚魚は 1 個体も採集されなかった。この 2013 年級群はその 2 年後の 2015 年 10 月に、オッターロール採集で 2 歳魚として比較的高い豊度(全年級群のうち個体数で 19.2%)として採集されたことから、今後卓越年級群となる可能性が高い。

(2) 2014~2015 年の大型仔魚と着底稚魚を対象とした調査では、5~7 月の FMT ネット調査から 8~12 月までの着底トロールネット調査のいずれでも、1 個体も採集されなかった。

(3) 12~4 月の 80cm 口径プランクトンネット採集では、12 月と 4 月には仔魚は殆ど採集されず、1~3 月に多く採集された。2007~2015 年級群のアカガレイ卵との浮遊仔魚の間には、出現ピーク期の密度がほぼ比例する関係を示したことから、摂餌開始期の生残率は、その後の生残率の年変動に比べて相対的に小さいか、衰弱した仔魚も混じっているために、加入量変動を評価するにはやや正確性に欠く可能性がある。一方、2013 年 3 月は他の年と比べてやや発育の進んだ脊索屈曲直前の仔魚の割合が高く、その密度はその後卓越年級群となった 2008 年級群よりも 1 桁高かった。

(4) 卵・仔魚の輸送過程を解明するために、飼育実験により比重変化を測定した。卵期は一貫して飼育海水および野外の海水密度よりも低比重を示し、他魚種にみられるような孵化直前の高比重化による沈降は確認できなかった。卵黄嚢仔魚は高比重化による沈降傾向を示したが、その後摂餌開始期には野外の海水比重と同程度の比重にまで回復し、遊泳による生息水深の選択が容易であった。仔魚はその後発育に伴って比重が増したが、野外では着底せずに中層域で採集されたことから、仔魚期後半には自然沈降に逆らって能動的な浮上遊泳を行うことを解明した。

(5) 飼育実験により、受精から孵化までの日数および仔魚期の期間を推定した。50%孵化までの日数は12の6.5日間から3で24日間まで幅があった。仔魚の発育が停止する生物学的零度は0.4と推定され、他魚種に比べて低水温でも生息可能だった。さらに水温区を細かく設定し、孵化仔魚を一定水温(1, 4, 6, 9, 12)で飼育した結果、9, 12区では高成長を示し、耳石輪紋は1日1輪形成されたが、1, 4区では低成長・低生残率であり、耳石輪紋は不明瞭であった。近年の噴火湾で仔魚期前半の個体が採集される時期の水温は4以下と低く、耳石輪紋が計数不能な場合が多かった。従って低水温環境は、仔魚の生残率を低下させる要因の一つであり、従来からの冬季高水温年に卓越年級群が発生しやすいと考えられる「高水温仮説」を支持する結果が得られた。

(6) 本研究では稚魚の着底場所は特定できなかった。しかし2013年3月に脊索屈曲直前の仔魚の密度が2014~2015年に比べて高かったことや、2013年のみ5月に眼球移動中の浮遊仔魚が採集され、2013年級群はその後、強勢の年級群となった。従って、3~5月の水塊配置と大型浮遊仔魚の空間分布が、加入量の年変動と密接な関係を持つものと推定した。噴火湾では冬季から春季に北西寄りの強い季節風が吹く事が多く、この風によって吹送流が生じ、湾内には2つの渦が生じる。南側の渦は反時計回りの渦で、一部は渡島半島沿いに湾外へ流出する流れと分岐する。一方、北側室蘭寄りに形成される時計回りの渦は沖合から次第に接近する沿岸親潮と接し、顕著な湾外への流出はなく、南側の渦に比べて長期間にわたり室蘭にごく近い湾口部から湾内北部にかけて滞留する。2013年3~5月は、2014~2015年の同時期に比べて北西寄りの風が強かった事から(気象庁, 2016)、アカガレイ仔魚は、この北側の渦に取り込まれることで散逸を防ぎつつ、沿岸親潮と吹送流によって供給される冷水性尾虫類 *Oikopleura labradoriensis* を捕食し、成長が期待される 4

を超える水温に保たれる渦の中で成長し、高い生残率を維持するものと考えられた。

(7) 以上より、アカガレイの卓越年級群の発生には、「冬季高水温による浮遊期前半の生残率向上」と「吹送流によって発達する室蘭沖水塊への仔魚の取り込みとその渦の規模・消長」のいずれかあるいは両方を満たした年に卓越年級群が発生するものと考えられた。

<引用文献>

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, 58:165-177 (2011).

磯田 豊、清水 学、上岡 敦、松尾康弘、大谷清隆、中谷敏邦：北海道南部太平洋海域におけるスケトウダラの資源量変動に係わる海洋環境の経年変化．水産海洋研究, 62:1-11 (1998)．

Kimura, M., T. Takahashi, T. Takatsu, T. Nakatani, T. Maeda: Effects of hypoxia on principal prey and growth of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* in Funka Bay, Japan. Fish. Sci., 70:537-545 (2004).

気象庁「過去の気象データの検索, 3ヶ月ごとの値: 室蘭, 2013~2015年3~5月」<http://www.data.jma.go.jp/> (2016年5月15日参照)

T. Nakatani, T. Maeda, K. Sugimoto, T. Takatsu, T. Takahashi. Possible causes of annual change in the year class strength of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* (Pisces, Pleuronectiformes) in Funka Bay, Hokkaido. Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr., 66:216-223 (2002).

高津哲也：カレイ類の年級群強度の経年変化とその要因．月刊海洋, 36:761-765 (2004)．

高津哲也・亀井佳彦・稲垣祐太：噴火湾における底生魚類資源と漁場環境に関する研究 底生魚類の資源変動．水産学術研究・改良補助事業報告(平成23年度), 公益財団法人北水協会, 26-41 (2012)．

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 13 件)

Y. Inagaki, T. Takatsu, T. Uenoyama, N. Yoneda, S. Yokoyama, Y. Kamei, N. Kobayashi, T. Takahashi. Effects of hypoxia on the feeding intensity and somatic condition of the blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* in Funka Bay, Japan. Fish. Sci., 査読有, 81(4): 687-698 (2015). DOI:10.1007/s12562-015-0894-3

Y. Kano, T. Takatsu, Y. Hashimoto, Y. Inagaki, T. Nakatani. Annual variation in otolith increment widths of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) larvae in Funka Bay, Hokkaido, Japan. Fish. Oceanogr., 査読有, 24(4): 325-334 (2015). DOI:10.1111/fog.12111

N. Hioki, K. Kuma, Y. Morita, D. Miura, A. Ooki, S. Tanaka, H. Onishi, T. Takatsu, N. Kobayashi, Y. Kamei. Regeneration dynamics of iron and nutrients from bay sediment into bottom water of Funka Bay, Japan. J. Oceanogr., 査読有, 71: 703-714 (2015). DOI:10.1007/s10872-015-0312-6

Y. Kobayashi, T. Takatsu, H. Yamaguchi, M. Joh. Comparisons of diet and nutritional condition in *Pseudopleuronectes herzensteini* juveniles between two nursery grounds off northern Hokkaido, Japan. Fish. Sci., 査読有, 81(3): 463-472 (2015). DOI:10.1007/s12562-015-0860-0

H. Tsukagoshi, K. Takeda, T. Kariya, T. Ozaki, T. Takatsu, S. Abe. Genetic variation and population structure of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* and cresthead flounder *P. schrenki* in Japan inferred from mitochondrial DNA analysis. Biochemical Systematics and Ecology, 査読有, 58: 274-280 (2015). DOI:10.1016/j.bse.2014.12.011

高津哲也, 中屋光裕, 鈴木孝太, 稲垣祐太. 噴火湾と陸奥湾におけるカレイ類とマダラの漁獲量の変化とその要因. 水産海洋研究, 査読無, 78(4): 342-343 (2015). <http://www.jsfo.jp/sympo/pdf/2015/s150306.pdf>

Y. Hiraoka, T. Takatsu, Y. Ando. Individual variations in fatty acid composition and concentration as indicators of the nutritional condition of wild pothead flounder larvae. Mar. Biol., 査読有, 161: 1615-1625 (2014). DOI:10.1007/s00227-014-2445-3

Y. Inagaki, T. Takatsu, M. Kimura, Y. Kano, T. Takahashi, Y. Kamei, N. Kobayashi, T. Maeda. Improved growth of flathead flounder *Hippoglossoides dubius* in hypoxic waters in Funka Bay, Japan. Fish. Sci., 査読有, 80: 725-734 (2014). DOI:10.1007/s12562-014-0761-7

M. Joh, M. Nakaya, N. Yoshida, T. Takatsu. Interannual growth differences and growth-selective survival in larvae and juveniles of marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 査読有, 494: 267-279 (2013). DOI:10.3354/meps10509

小林直人, 磯田 豊, 高津哲也, 木村 修, 亀井佳彦. 噴火湾湾口沖を通過する急潮(3) 数値モデル実験 II. 海と空, 査読有, 88(3): 57-63 (2013). http://www.umitosora.org/umisora_pdf/vol8_8_3_6.pdf

岩川浩大, 高橋豊美, 高津哲也, 稲垣祐太, 中谷敏邦, 前田辰昭. 北海道噴火湾におけるアカガレイ *Hippoglossoides dubius* の成長様式. 日本水産学会誌, 査読有, 79(1): 10-19 (2013). DOI:org/10.2331/suisan.79.10

他査読有 1 編, 査読なし 1 編

〔学会発表〕(計 8 件)

田村純一, 高津哲也, 鈴木孝太, 中屋光裕. 北海道噴火湾におけるアカガレイ卵径の経時変動. 平成 28 年度日本水産学会春季大会, 2016 年 03 月 26 ~ 30 日, 「東京海洋大学品川キャンパス(東京都, 港区)」

田村純一, 鈴木孝太, 中屋光裕, 梶原慧太郎, 佐藤義崇, 折野和樹, 高津哲也. 噴火湾におけるアカガレイ卵径の季節・年変動. 2015 年度水産海洋学会発表大会, 2015 年 10 月 09 ~ 12 日, 「釧路市観光国際交流センター(北海道, 釧路市)」

中屋光裕、鈴木孝太、高津哲也、城 幹昌、松田泰平、アカガレイ仔稚魚の成長と耳石輪紋形成の関係、2015 年度水産海洋学会発表大会、2015 年 10 月 09 ~ 12 日、「釧路市観光国際交流センター（北海道、釧路市）」

高津哲也、中屋光裕、鈴木孝太、稲垣祐太、噴火湾と陸奥湾におけるカレイ類とマダラの漁獲量の変化とその要因、第 45 回北洋研究シンポジウム 北海道周辺海域における最近の気象・海洋環境変化と海洋生物の動向、2015 年 03 月 06 ~ 07 日、「国際水産・海洋総合研究センター（北海道、函館市）」

鈴木孝太、中屋光裕、松田泰平、柳 海均、高津哲也、噴火湾におけるアカガレイ卵仔稚の輸送過程の把握 卵仔稚の比重、平成 26 年度日本水産学会秋季大会、2014 年 09 月 19 ~ 22 日、「九州大学箱崎キャンパス（福岡県、福岡市）」

高津哲也、稲垣祐太、前田辰昭、鈴木孝太、小林由紀、中屋光裕、噴火湾におけるアカガレイ資源量の経年変化、平成 26 年度日本水産学会春季大会、2014 年 03 月 27 ~ 31 日、「北海道大学函館キャンパス（北海道、函館市）」

稲垣祐太、亀井佳彦、小林直人、高橋豊美、高津哲也、噴火湾における底生魚類豊度の経年変化、平成 26 年度日本水産学会春季大会、2014 年 03 月 27 ~ 31 日、「北海道大学函館キャンパス（北海道、函館市）」

稲垣祐太、高津哲也、木村賢史、鹿野陽太、高橋豊美、亀井佳彦、小林直人、前田辰昭、貧酸素環境におけるアカガレイ *Hippoglossoides dubius* の成長・栄養状態の向上、平成 25 年度日本海洋学会秋季大会（招待講演）2013 年 09 月 17 ~ 21 日、「北海道大学札幌キャンパス（北海道、札幌市）」

〔図書〕（計 1 件）

中屋光裕、高津哲也、星 直樹、磯田 豊、小林直人、大和田真紀、ほか、五稜出版社、「練習船による水産科学・海洋環境科学実習（おしよる丸教科書編纂委員会編）」、2016、275（24-36、184-193、201-204、257-270）

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

星 直樹 (HOSHI, NAOKI)
北海道大学・水産学部・助教
研究者番号：50604485

中屋 光裕 (NAKAYA, MITSUHIRO)
北海道大学・水産学部・特任助教
研究者番号：80604313

(3) 連携研究者

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

(4) 研究協力者

稲垣 祐太 (INAGAKI, YUTA)
鹿野 陽太 (KANO, YOTA)
中谷 敏邦 (NAKATANI, TOSHIKUNI)
鈴木 孝太 (SUZUKI, KOTA)
田村 純一 (TAMURA, JUN'ICHI)