HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	噴火湾におけるアカガレイ卵・仔稚魚の時空間分布と生残率の年変動［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	鈴木, 孝太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第13092号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70012
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kota_Suzuki_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）　　氏名：鈴木　孝太

学 位 論 文 題 目

噴火湾におけるアカガレイ卵・仔稚魚の時空間分布と生残率の年変動

【目的】

アカガレイ *Hippoglossoides dubius* は，金華山以北の太平洋岸，オホーツク海，日本海に分布し，重要な漁業資源のひとつである。噴火湾では主に底刺網で漁獲されており，豊漁年と不漁年の漁獲量比は 7 倍に達する。この漁獲量の変動は主に卓越年級群の発生を反映している。一般に，海産魚類は初期生活期の死亡率が高いため，卓越年級群発生機構の解明には初期生残過程を明らかにする必要がある。初期生残に関わる仮説として，生残に不適切な水域に輸送されることによって生じる死亡，すなわち“輸送仮説”や，仔魚の出現時期と高い餌生物密度の生じる時期の重複の程度によって，加入量が決まると考える“マッチ・ミスマッチ仮説”，水中照度が餌の発見率を制限すると考える“照度仮説”，雌親の年齢や栄養状態が，産み出される卵の状態を通じて仔魚の生残率に影響を及ぼすと考える“母親効果仮説”などが提唱されている。また噴火湾のアカガレイの卓越年級群発生機構について，噴火湾の水温では高水温ほど仔魚の活動性が高まるため，1–3 月の卵・仔魚期に相対的に高水温を経験することを必要条件とする“水温仮説”が提唱されている。しかしこの仮説の提唱後，2003, 2008, 2013 年級群は高水温を経験せずに卓越年級群になっており，高水温以外にも卓越年級群発生要因があると推定される。

また噴火湾に生息するアカガレイは，主に 1–3 月に湾内奥部の水深 30 m 前後の水域に接岸して産卵し，卵および発育初期の仔魚は湾内に広く分布することが知られている。しかし，脊索屈曲期以降の仔魚はほとんど採集されず，底生生活へ移行する時期や場所は未詳である。また鉛直分布や輸送に大きく影響を及ぼすと考えられる卵・仔魚の発生・発育に伴う比重変化などに関する知見はない。

本研究では，飼育実験によりアカガレイの卵発生速度と水温の関係，発生・発育に伴う比重変化を，野外調査によって卵期から着底期までの時空間分布を明らかにし，卵・仔魚の輸送過程を考察した。またアカガレイの生残率の年変動とそれが生じる要因について検討し，卓越年級群発生機構の解明を試みた。

【材料と方法】

仔稚魚の発育段階を卵黄嚢仔魚期（Y 期），屈曲前前期（EP 期），屈曲前後期（LP 期），屈曲中前期（EF 期），屈曲中後期（LF 期），眼球移動前期（EEM 期），眼球移動後期（LEM 期），稚魚期（J 期）の 8 段階に区分した。

1. アカガレイ卵・仔稚魚期の比重変化および卵発生速度と水温の関係

噴火湾で採集され，道総研栽培水試で養成されたアカガレイを親魚とし，乾導法で人工授精を行い，卵・仔稚魚を得た。標本が異なる密度の海水中で浮上するか沈降するかを観察することで比重を測定した。1, 3, 6, 9, 12°C で飼育した個体を毎日観察し，発生・発育段階および日数を記録した。

2. プランクトンネットで採集されたアカガレイ卵・仔魚の時空間分布

アカガレイ卵・仔魚の時空間分布を明らかにするために，前年 12 月から 4 月に練習船うしお丸でアカガレイの卵・仔魚を 80 cm 口径のプランクトンネットの鉛直曳きで採集した。卵・仔魚の密度は 1 m^2 当たりの個体数で表した。調査期間中の風向・風速データを気象庁 HP から取得し，湾内に吹送流を生じさせる北西成分に分解し，各月前・後半の平均値を算出した。各調査地点では，CTD を用いて水温と塩分を測定し，海水密度を求め，水温 3°C 以下，塩分 33.0–33.3 以下の沿岸親潮を判別した。

3. フレームトロールネット（以下，FMT ネット）で採集されたアカガレイ仔魚およびオッタートロールネットで採集された着底仔稚魚の時空間分布

発育の比較的進んだ仔魚は 2013 年 5, 6 月，2014 年 5–7 月，2015 年 4–6 月，2016–2017 年 4–5 月にうしお丸を用いて，FMT ネットの傾斜曳きで採集し，密度は 1 m^3 当たりの個体数で表した。着底仔稚魚は，5 月から翌年 2 月に幼魚用オッタートロールネットの着底曳きで採集し，密度は 10,000 m^2 当たりの個体数で表した。

4. アカガレイの生残率の推定とその変動要因の推定法

2013–2017 年級群の卵から EP 期, EP 期から LP 期の生残率の指標として, 個体数密度の対数比を算出した。仔魚の餌生物となる動物プランクトンは 6 L 型バンドン採水器と網目開口部 40 μm のハンドネットで採集し，密度は 1 L 当たりの個体数で表した。アカガレイ成魚は 8–10 月にオッタートロールネットの着底曳きで採集し，その耳石から推定した年齢と単位時間当たりの採集尾数を親魚量の指標とした。また 1985 年から 2012 年までの同トロール採集データを引用した。

【結果】

1. アカガレイ卵・仔稚魚期の比重変化および卵発生速度と水温の関係

卵の比重（1.0206–1.0245）は全発生段階を通じて，1–3 月の噴火湾の全層の海水密度（1.0257–1.0267 g/cm^3）より小さかった。一方，仔魚は Y 期には海水密度より比重が大きく（1.0327±0.00013），EP 期の比重（1.0270±0.00188）は海水密度と有意差がなかったが（一元配置の分散分析，p<0.001），その後は常に比重が上回った。受精から卵のふ化までの日数（1, 3, 6, 9, 12°C: それぞれ 22, 12, 6, 3, 3 日），ふ化から卵黄吸収完了までの日数（1, 3, 6, 9, 12°C: それぞれ 35, 25, 16, 10, 7 日）は高水温ほど短かった。

2. プランクトンネットで採集されたアカガレイ卵・仔魚の時空間分布

卵は全調査期間，湾内に出現した。仔魚は全調査年の 1–4 月と 2014 年 12 月に，ほぼ湾内全域に出現した。採集された仔魚はほとんど LP 期までの発育段階だった。卵・仔魚ともに塩分 33.0 以下の沿岸親潮流入地点で密度が低い傾向を示した。風速の北西成分の平均値に，年による有意差はなかった（二元配置の分散分析，p=0.025）。

3. FMT ネットで採集されたアカガレイ仔魚およびオッタートロールネットで採集された着底仔稚魚の時空間分布

発育後期（EF 期以降）の仔魚は，2013, 2016, 2017 年 4–5 月に湾内中央部より北側で多く採集された。着底仔稚魚（LEM 期, J 期）も同年の 5 月以降，発育後期の仔魚と同様に，湾内中央部より北側で多く採集された。また過去の知見と同様に，湾東部に低塩分水が収束していた。

4. 噴火湾アカガレイの資源加入量の変動要因と予測方法

2013–2017 年級群の卵から EP 期までの個体数密度の対数比には年による有意差はみられなかった（一元配置の分散分析，p=0.42）。一方，EP 期から LP 期までの個体数密度の対数比の年変動は大きく（2013 年：−1.56±0.946, 2014 年：−4.16±2.802, 2015 年：−4.26±2.783, 2016 年：−1.64±1.012, 2017 年：−3.90±2.837），2013, 2016 年に高く, 2014, 2015 年に低く, 2017 年は中間の値を示した。EP 期から LP 期に仔魚が経験した水温は 2016, 2017 年に高かった。しかし 2013, 2016, 2017 年の餌生物密度，全天日射量，風速の北西成分は 2014, 2015 年と比べて，高いといった特徴は示さなかった。雌親魚の加重平均年齢は 2017 年級群が最も高く（9.0 歳），2013, 2015, 2016 年級群が中間の値を示し（それぞれ 8.2, 7.8, 7.9 歳），2014 年級群が低かった（7.3 歳）。

【考察】

卵と発育初期の仔魚の分布中心は湾内にあり, 発育後期の仔魚および着底後の仔稚魚は湾内中心部から北側に偏って分布していた。また沿岸親潮の流入地点で卵・仔魚の密度が低かったことから, 過去の研究と同様に，湾外からの移入はほとんどないと推定した。沿岸親潮の流入に伴い，湾内水は湾口部南側から流出することから，卵・仔魚が湾内へ滞留するためには，既往知見で明らかにされている冬の季節風である北西風によって生じる噴火湾内の 2 つの渦のうち，北側に生じる時計回りの渦と，同既往の湾東部に収束する低塩分水内で生じる時計回りの渦が大きな役割を果たすものと考えた。

EP 期から LP 期の個体数密度の対数比には年変動が認められたが, この年変動は“マッチ・ミスマッチ仮説”, “照度仮説”では説明できなかった。一方，2016, 2017 年の 1–3 月の湾内の水温は高く推移し，5 月に発育の進んだ浮遊仔魚が FMT ネットで採集されたことから，“水温仮説”を支持する結果となった。しかし，低水温だった 2013 年に卓越年級群が発生した原因は説明できなかった。

2003, 2008, 2013 年級群は低水温年であったにもかかわらず，雌親魚が相対的に高齢・大型であったため，卓越年級群になったと推定した。つまり高齢・大型雌親は生残率の高い大型卵を産卵すると考える“母親効果仮説”が当てはまるのであろう。

本研究は噴火湾のアカガレイの卓越年級群発生は“水温仮説”あるいは“母親効果”もしくはその両方によって説明できることを明らかにした。今後，アカガレイの資源を持続的に利用していくためには，高齢魚まで一定水準の資源量を取り残すことが必要である。また高齢雌親魚は産卵期の早期に産卵する傾向があることから，禁漁期を現在の 2 月より早めることも有効な資源保護の手段と考えられた。