

宗谷海峡周辺日本海およびオホーツク海で採集された若魚期のホッケ(資料)

守田航大^{*1}, 黒川大智¹, 鈴木祐太郎², 板谷和彦²

¹北海道立総合研究機構稚内水産試験場, ²北海道立総合研究機構函館水産試験場

Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in young fish caught in the Sea of Japan and Okhotsk Sea around the Soya Strait (Note)

KODAI MORITA^{*1}, DAICHI KUROKAWA¹, YUTARO SUZUKI² and KAZUHIKO ITAYA²

¹ Wakkanai Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido, 097-0001*,

² Hakodate Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Hakodate, Hokkaido, 040-0051, Japan*

キーワード: *Pleurogrammus azonus*, 初期生活, 道北群, 表層生活期, 若魚

ホッケ *Pleurogrammus azonus* は北海道周辺から本州日本海側で漁獲される水産資源である。このうち後志地方以北の日本海やオホーツク海の北海道沿岸から沖合にかけて分布するホッケは道北群と呼ばれる(高嶋・星野, 2010)。ホッケ道北群は主に底建網などの沿岸漁業や沖合底びき網漁業によって漁獲され、漁獲量は1990年代前半から2000年代後半にかけて概ね10万トンを超えていたが、2009年以降減少し、2015–2017年は1.6万トン前後まで減少した(中央水産試験場ら, 2022)。漁獲量減少の要因は、再生産成功率が低い年が頻発して加入が低迷したことに加え、未成魚(0歳魚)主体の漁獲により産卵親魚量(以下、親魚量)が減少した結果、資源量が減少したことにあると考えられている(高嶋, 2012; 中央水産試験場ら, 2022)。このような状況に対し、2012年以降、本資源を漁獲する主要漁業において漁獲量や漁獲努力量を自主的に規制し、親魚量の確保を目的とした資源管理措置が実施されてきた(中央水産試験場ら, 2022)。この資源管理措置に加え、2017年級、2019年級といった高豊度の年級群が加入したことで近年の資源量や漁獲量は増加傾向にある。しかし、2019年級以降、高豊度な年級群は確認されておらず、楽観できる資源状況ではないため、引き続き親魚量を確保する取り組みが必要とされている(中央水産試験場ら, 2022)。

ホッケ道北群の産卵期は9–12月で、12–1月頃に孵化した仔魚(全長10–30 mm)は産卵場付近の表層に分布し、2–4月には日本海およびオホーツク海の沖合に分布を

げる(ホッケ研究グループ, 1983)。体長4–16 cmに成長すると、分布はさらに北方へ広がり、この時期の個体は体色に青みを帯び、成長の過程でその後の着底生活期の体色に特徴的な唐草模様が見られる(辻崎・石垣, 1957; ホッケ研究グループ, 1983)。10–12月頃になると着底生活へ移行し、体長20 cm程度の0歳魚が宗谷海峡やオホーツク海周辺の大陸棚で漁獲加入する(ホッケ研究グループ, 1983)。成熟率は、雌では産卵期前の体長に依存するため、年変動があるが、1歳は約50–100%、2歳以降は100%とされる(Takashima *et al.*, 2016; 坂口ら, 2018)。本資源は沖合底びき網漁業による漁獲の割合が高く、その中でも0–1歳未成魚が漁獲の主体である(中央水産試験場ら, 2022)。ホッケ道北群の特徴として、着底生活に移行した直後の0歳魚から漁獲対象になることから、漁獲加入前の表層生活期における豊度を把握できれば、その豊度に応じて漁獲抑制の強度を事前に計画でき、より効果的な資源管理措置を実施できると期待される。

一般に魚類は初期生活期における減耗の大きさがその後の資源変動に大きく影響することから(Anderson, 1988)、初期生活史とこの時期の生残に影響する要因を明らかにすることは年級群豊度を推定するうえで重要な課題である。ホッケ道北群の仔稚魚期(体長10–40 mm)については稚魚ネットによる採集調査が2013年以降毎年2月と4月に日本海とオホーツク海で実施されてきた(鈴木, 2014 <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/o7u1kr00000gdf0.pdf>, 2023年3月14日, 以下URL省略)。こ

の調査ではホッケ仔稚魚の経年的な採集個体数をモニタリングするだけでなく、得られた標本について生物測定や耳石日周輪による日齢解析を行い、初期生残機構の解明と年級群豊度推定に向けた知見の蓄積が進められている(鈴木, 2014; 鈴木, 2017 <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>, 2023年3月14日, 以下URL省略)。一方、体長40 mmを超えた仔稚魚期以降の表層生活期(本報ではこれを仔稚魚に対し、若魚と呼ぶ)については、1952-1956年に日本海とオホーツク海で稚魚ネットやたも網による採集例(辻崎・石垣, 1957)や1973-1976年8月下旬から9月に北緯48-54度のオホーツク海で表層流し網による採集例(島崎・久新, 1982)があるものの、その生態や分布特性については断片的な知見に限られている。漁獲加入前の年級群豊度推定には、表層生活期のどの時点で減耗が起こるのか、さらにどのような個体が生残し資源として寄与するのか、またこれらを決定する要因を明らかにする必要がある。以上から、ホッケ道北群に対するより効果的な資源管理方策の実施には、表層生活期の中でも仔稚魚期に対して生態情報が不足している若魚期の情報を収集する必要がある。

本報では、カイト式トロールネットおよびリングネットを用いてホッケ若魚の採集を試み、得られた標本の特徴について記載することで、ホッケ道北群の若魚期における生態解明に向けた基礎資料として提示する。

試料及び方法

2022年6月21日-23日に日本海3点、オホーツク海4点の合計7調査点で、稚内水産試験場所属の試験調査船北洋丸(266トン)によりホッケ若魚の採集および海洋観測を実施した(表1, 図1)。

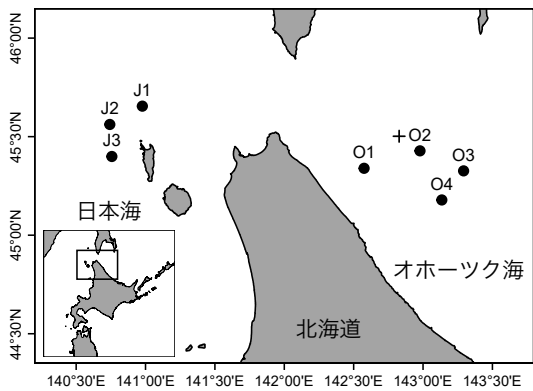


図1 2022年6月21日-23日に実施した調査船調査の調査点
●: トロールネット, リングネット曳網位置 (O2を除く), 海洋観測実施位置, +: O2のリングネット曳網位置

表1 2022年6月21日-23日に実施した調査船調査の調査点と調査実施項目

調査点	緯度	経度	トロールネット	リングネット	海洋観測
J1	45°39'N	140°59'E	+	+	+
J2	45°34'N	140°45'E	+	+	+
J3	45°24'N	140°45'E	+	+	+
O1	45°20'N	142°35'E	+	+	+
O2	45°26'N	142°59'E	+		+
	45°30'N	142°50'E		+	
O3	45°20'N	143°18'E	+	+	+
O4	45°11'N	143°08'E	+	+	+

+ : 調査実施

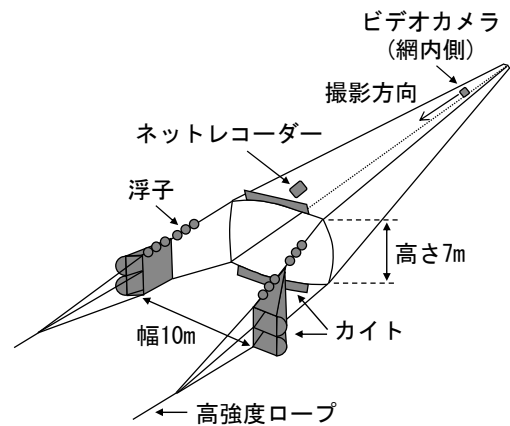


図2 調査に用いたトロールネットの概要

カイト式トロールネット(ニチモウ社製LC-Ω型, 網口設計寸法: 高さ7 m, 幅10 m, コッドエンド目合15 mm)(以下, トロールネットとする)(図2)は, トロールワープ(鋼製18 mm)の先に高強度ロープ(ニチモウ社製MEGATON-X 16 mm)を300 m連結して(以降, これら全体をワープと呼ぶ)昼間に曳網した。船速は2-3 ktとし, 網口上部に取り付けたネットレコーダー(古野電気社製TE-155)によりリアルタイムで曳網深度を確認・記録(10秒毎)し(図2), 10 m層, 20 m層および30 m層の3層を目安にワープ長を調整した。ネットレコーダーの受信感度が悪く, 深度の確認が困難であった場合は, 経験的に得られているワープ長と曳網深度の関係からワープ長をそれぞれ10 m層: 200 m, 20 m層: 300 m, 30 m層: 400 mとした。深層から順に曳網し, 各層の曳網時間は10分間とした。コッドエンド前端の上部に網口方向を観察する向きに小型デジタルビデオカメラ(GoPro社製HERO3+またはHERO6, 300 m耐圧アルミハウジング装着)を取り付け(図2), 投網時を起点としてホッケが確認されるまでの経過時間とネットレコーダーで記録した曳網深度に対応する時刻を照合し, ホッケが入網した深

度を推定した。トロールネット曳網後、CTD (Sea-Bird社製SBE 9 plus) により最大深度100 mまで水温 (1 m毎平均) を測定した。表面水温はバケツ採水により、棒状温度計で測定した。

リングネット (口径1.3 m, 網口から3 mの目合2 mm, その後方1.5 mの目合0.335 mm) はトロールネットおよび海洋観測と同様の位置 (調査点O2を除く) で夜間に船速2 ktで表層を10分間曳網した。

得られたホッケ標本は99%エタノール固定または冷凍で研究室に持ち帰り、標準体長 (mm) (以下、体長)、体

重 (g) を測定し、生殖腺を観察して雌雄を判別した。エタノール固定標本は収縮により測定が困難であったため、30分間程度、水に浸透させた後、測定した。胃内容物が明瞭に確認された個体について、胃内容物を実体顕微鏡下で観察し、外部形態に基づき餌生物の種を判別した。

結果

7調査点のうち日本海のJ1, J2, J3, オホーツク海のO4の4調査点で合計18個体のホッケが採集された (表2,

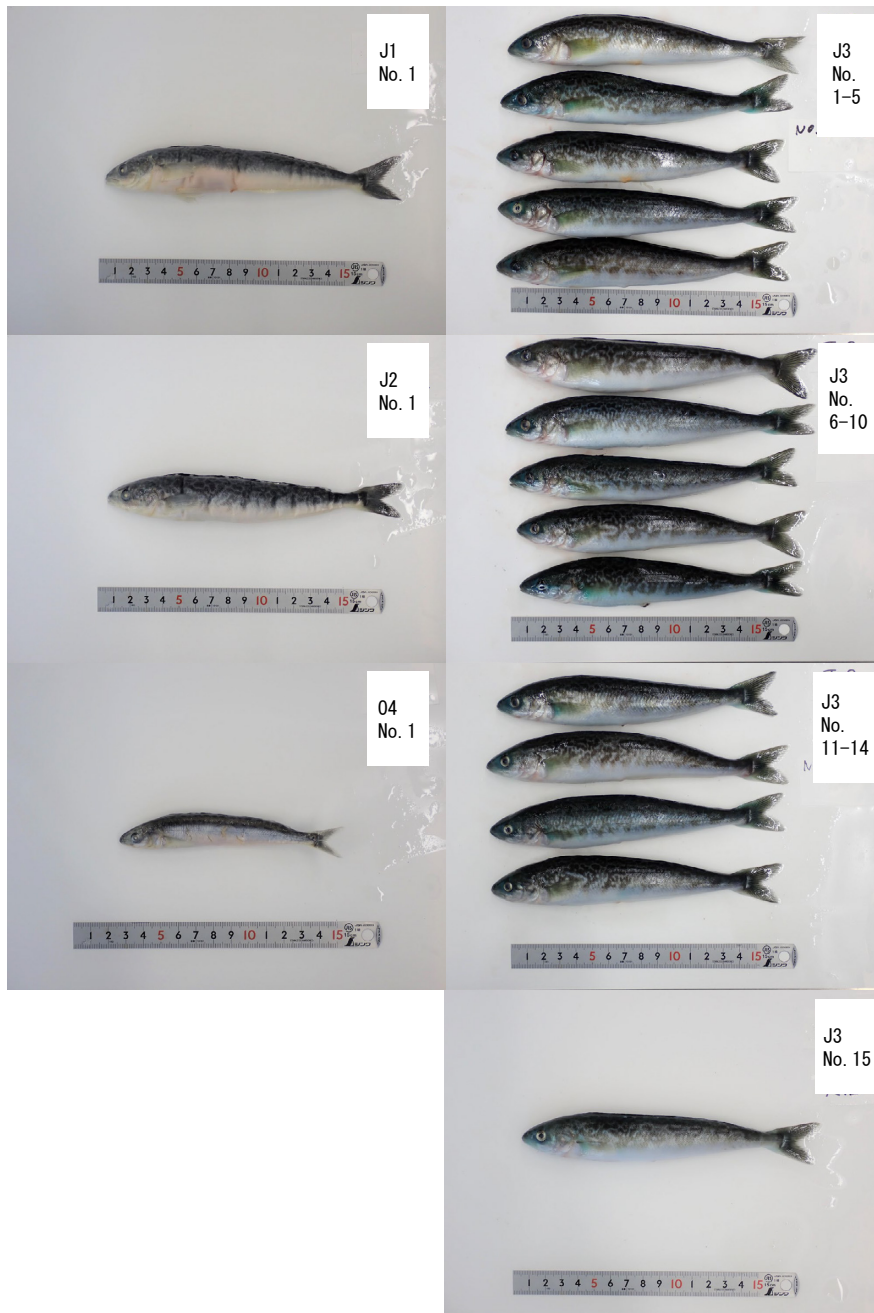


図3 採集されたホッケ

図中のキャプションは調査点および個体番号 (複数個体の場合は上から昇順) を示し、これらは表2と対応する。

表2 採集されたホッケ若魚の生物測定結果

調査点	漁具	保存方法	No.	性別	標準体長 (mm)	体重 (g)
J1	トロールネット	エタノール	1	雌	155	42
J2	トロールネット	エタノール	1	雄	153	38
			2	雌	147	46
			3	雄	148	47
			4	雄	149	50
			5	雌	154	50
			6	雄	159	54
			7	雄	157	54
			8	雌	151	41
			9	雄	153	47
			10	雄	147	43
			11	雄	145	42
			12	雌	157	51
			13	雌	155	50
			14	雌	153	49
	リングネット		15	雄	155	49
O4	トロールネット	エタノール	1	雄	110	13

図3)。体長は110-159 mm, 体重は13-54 gの範囲にあった(表2, 図3)。日本海で採集された個体の体長は平均152 mmで, オホーツク海で採集された個体の体長は110 mmであり, 体長に海域差が見られた。採集された個体は鈴木(2014)および鈴木(2017)が示す仔稚魚と比較して体長が十分に大きく, 表層生活期において成長の過程で出現するとされる模様が体色に見られた(図3)。生殖腺は雌雄で明瞭な違いが確認され, 雌雄判別が可能であった。J1のNo.1(体長155 mm)から種判別可能な胃内容物が得られ, 餌生物は全てツノナシオキアミ *Euphausia pacifica* であった。これ以外の個体では空胃であったか, 種判別が可能な胃内容物が得られなかった。

ホッケの採集があった4調査点の全てで, トロールネットに装着したカメラによりホッケが撮影された(図4)。い

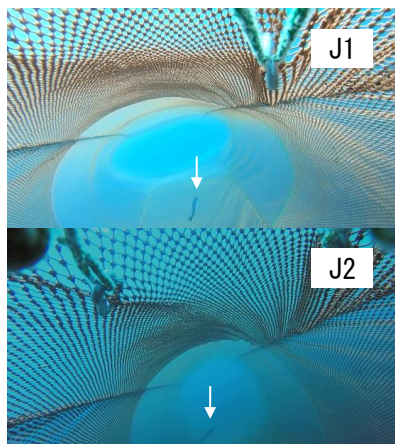


図4 トロールネットに装着したカメラで撮影されたホッケの例
図中のキャプションは調査点名を, 矢印は撮影されたホッケを示す。

ずれの調査点においてもホッケは複数回確認されたが, 網口方向(撮影方向)からホッケが出現する様子が最初に確認され, これ以降は視野の外から出現した。視野の外から出現した際のホッケはトロールネットと並走また

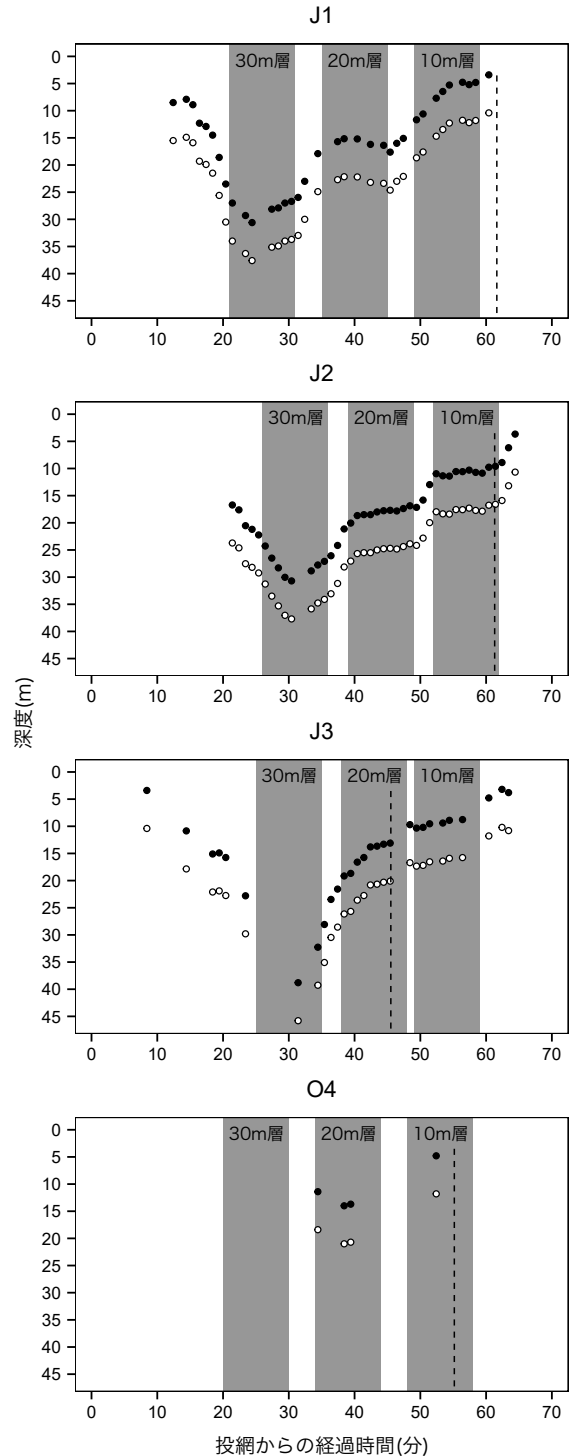


図5 トロールネット曳網深度とホッケが入網するまでの経過時間
●: ネットモニターによる網口上部深度(60秒平均), ○: 網高が設計上の7 mで曳網したと仮定した場合の網口下部深度, 破線: ホッケ入網時, 灰色網掛: 各層曳網時

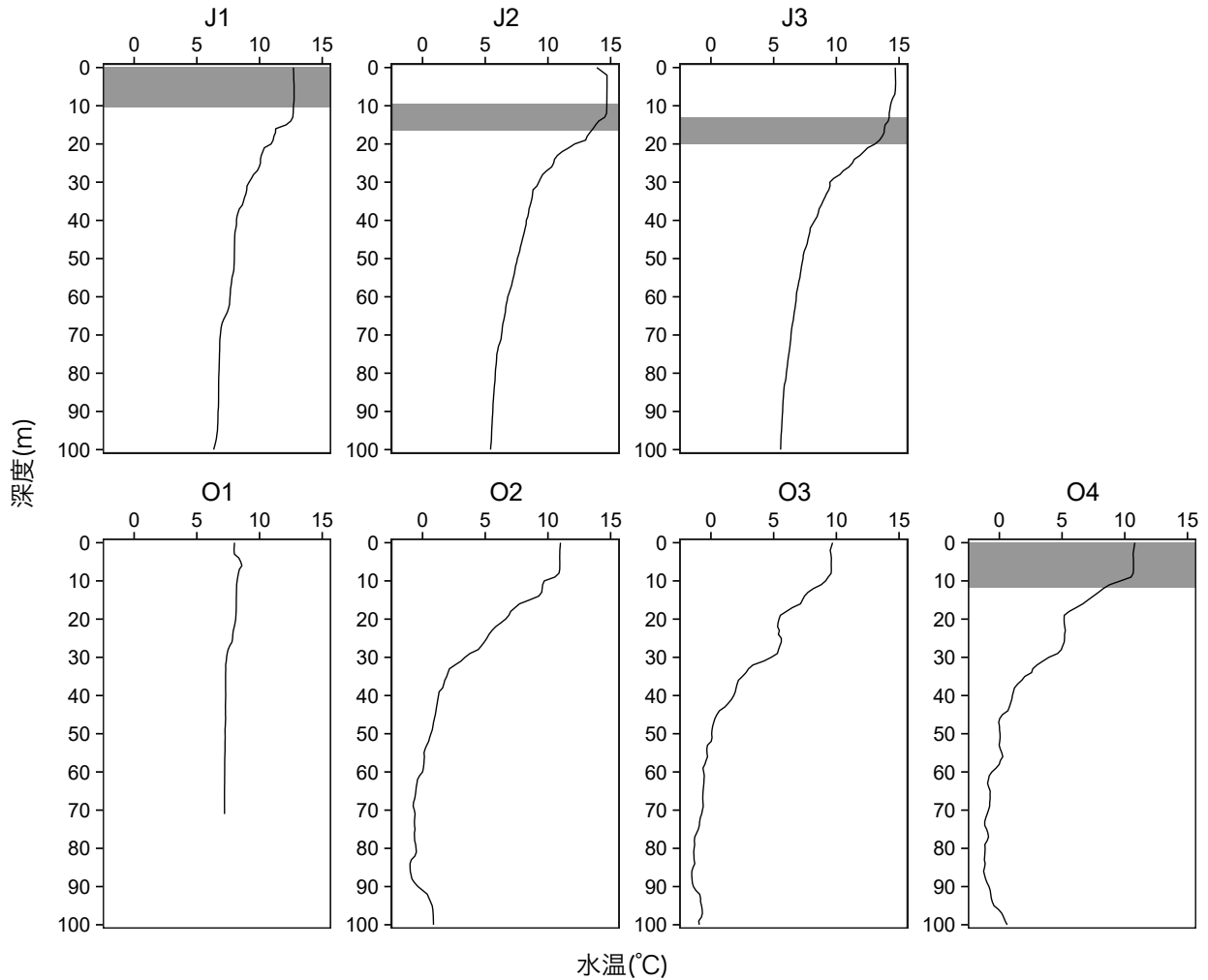


図6 CTD観測による鉛直水温分布
 灰色網掛：ホッケが入網したと推定された深度帯

はコッドエンド側から網口方向へ遊泳していたことから、ホッケが最初に確認された時点を入網したタイミングと見なした。J3では照度や透明度の影響によりトロールネットで採集された14個体全てを確認できなかったが、最初にホッケが出現した際に10個体確認された。これ以降、網口方向からホッケが出現する様子が見られなかったことから、この時点で全14個体が入網したと仮定した。J1, J2, J3, O4でそれぞれ投網から61分40秒前後、61分20秒前後、45分30秒前後、55分10秒前後にホッケが入網し、これらはそれぞれ10 m層曳網後の揚網時、10 m層曳網時、10 m層曳網時、20 m層曳網時に相当した(図5)。ネットレコーダーから得たホッケ入網時の網口上部の深度はJ2とJ3でそれぞれ9.6 m、13.1 mであり、トロールネットは設計上の網高が7 mであることから、この網高で曳網していたと仮定すると網口下部の深度はそれぞれ16.6 m、20.1 mと推定された(図5)。J1とO4では、網口上部の深度がそれぞれ3.4 m(推定網口下部深度10.4 m)、4.8 m(推

定網口下部深度11.8 m)と記録されたのを最後に以降のデータが欠測し、ホッケが入網したのはデータ欠測時であった。

海洋観測の結果、日本海の3調査点の表面水温は12.7–14.7℃であり、表面から深度15–20 m付近までの水温は同様であったが、これ以深では大きく水温が低下し、躍層が形成されていた(図6)。オホーツク海の4調査点の表面水温は8.0–10.8℃であり、表面から深度10 mまで水温は同様であった(図6)。O1では鉛直的には大きな水温の変化は見られなかったが、これ以外の調査点では10 m以深で水温が大きく低下し、躍層が形成されていた。

考察

本調査で表層において採集されたホッケは体長が仔稚魚期(10–40 mm)よりも十分に大きく、表層生活期の成長の過程で現れる模様が見られたことから、仔稚

魚期を過ぎた若魚期の個体と判断した。

ホッケ道北群の分布範囲である後志地方以北の日本海では本調査と同時期の6月にホッケ若魚の採集例があり、1952-1955年に香深沖で定置網、岩内沖（西微北70海里）でサンマ流し網、積丹沖（北西100海里）でたも網により採集され、体長は94-185 mmであった（辻崎・石垣, 1957）。オホーツク海では、6月は1954年に網走沖（北30-40海里）で稚魚ネットにより体長23-68 mm、7月以降においては、1955年7月にウルップ島沖（北60-100海里）で稚魚ネットおよびたも網により全長134-179 mm（辻崎・石垣, 1957）、1973-1976年8月下旬から9月に北緯48-54度で表層流し網により体長120-240 mmの個体が採集された例がある（島崎・久新, 1982）。本調査で採集されたホッケの体長は先行研究で報告された範囲内にあり、当該時期における平均的な個体であると考えられる。ただし、6月にオホーツク海で採集された個体について、先行研究では体長23-68 mmと報告されているが（辻崎・石垣, 1957）、本調査では1個体のみの採集結果であるものの、体長110 mmであり先行研究より体長が大きかった（表2, 図3）。

前述の先行研究（辻崎・石垣, 1957; 島崎・久新, 1982）はいずれも夜間におけるホッケ若魚の採集例である。したがって、本調査のトロールネットによる採集例は当該時期のホッケ若魚の昼間における分布について新たな知見を与えるものである。トロールネットにホッケ若魚が入網した深度が欠測であったJ1とO4における入網深度について検討した。J1におけるホッケ若魚の入網時は、10 m層を曳網した後の揚網中であり、この時の網口深度は経時的に浅くなると考えるのが妥当であることから、入網時の直前に記録された網口下部深度である10.4 mより浅層で入網したと考えられる。同様にO4では10 m層曳網時に入網し、他調査点の10 m層の曳網深度を見ると概ね安定しており、曳網深度が深くなる方向への変化は見られなかったことから（図5）、O4での入網深度は10 m層で記録されたホッケ若魚入網時以外の深度である4.8-11.8 mと同程度またはそれ以上と推察される。各調査点のホッケ若魚入網深度と鉛直水温分布を比較すると、ホッケ若魚が入網した深度はいずれの調査点においても海面から水温躍層上部までの範囲であった（図6）。表層生活期のホッケに特徴的な青色の体色は、浮魚類と同様に捕食者に対する保護色と考えられており、辻崎・石垣（1957）はその体色からホッケ若魚は昼間においても表層付近を遊泳していると推察している。また、島崎・久新（1982）は水温躍層が顕著に形成されている海域でホッケ若魚が採集されたことから、躍層が浅い表層を遊泳していると推察している。昼間に実施された本調査により得られたホッケ若魚の分布深度帯はこれらと一致する。

ホッケ若魚が採集された調査点の海面から躍層上部までの水温は、日本海では12-15℃、オホーツク海では10-11℃であった（図6）。同時期におけるホッケ若魚の分布水温に関する知見は無いが、8月下旬から9月に北緯48-54度のオホーツク海で採集された海域における躍層上部の水温は12-15℃であった（島崎・久新, 1982）。この水温と本調査の水温には大きな乖離が無いことから、ホッケ若魚の分布水温は概ね10-15℃と推察される。

先行研究において、日本海で採集された体長100-140 mmのホッケ若魚がオキアミ類を主体に捕食していた報告がある（石垣・中道, 1958）。本調査において日本海で採集された体長155 mmの個体もオキアミ類を捕食していたことから、体長100-150 mm程度のホッケ若魚ではオキアミ類が主要な餌生物である可能性がある。

本調査は単年かつ標本数も多くないため、ホッケ道北群における若魚期の生態を解明するには今後さらなる調査が必要となる。本調査で採集された個体は日本海とオホーツク海の採集海域で体長に差が見られたほか、オホーツク海では過去の同海域の採集例と比較して体長差が見られた。この体長差はホッケ道北群における若魚期の生態を理解するうえで興味深い点であり、体長差が生じる要因の解明は今後の重要な課題となり得る。この要因を解明するには生物標本の採集が不可欠である。

若魚期の標本採集については、本報で明らかにした海洋環境に依存するホッケ若魚の分布特性を考慮して調査点を設定することに加え、より効率的な採集方法の検討が求められる。本調査では昼間に実施したトロールネットの曳網速度を2-3 ktとしたが、入網したホッケ若魚は即座にコッドエンド側へ流されるのではなく、網口方向へ遊泳する様子が映像で確認された。したがって、トロールネットによる採集を試みる場合、ホッケ若魚の遊泳力に対応するため、曳網速度を上げることによって採集効率が高くなることを見込まれる。また、深度10-20 m付近に形成された水温躍層上部で浅くホッケ若魚の分布が確認されたことから、深度0-20 mを一度に曳網できる漁具として浮魚類の採集に利用されているオッター式トロールネット（Ueno *et al.*, 2003; 稲川, 2017）を用いることも効率良くホッケ若魚を採集する方法の一つとして考えられる。さらに、先行研究や本調査のリングネットでも採集があったように夜間は昼間よりも表層域を遊泳し、分布深度が限定される可能性があることから、トロールネットより小型であるが作業効率が良い、かつリングネットより網口が大きく採集効率が良いと考えられるフレームトロールネット（Itaya *et al.*, 2007）を夜間に多くの調査点で曳網することも有効な手段として挙げられる。

以上より、本報が今後の研究を立案する基礎情報とし

て活用され、ホッケ道北群における若魚期の知見の蓄積に加え、仔稚魚期の知見と併せて漁獲加入前である表層生活期の生態が解明されることにより効果的な資源管理措置の実施につながると期待される。

謝 辞

調査を実施していただいた試験調査船北洋丸の長谷川秀喜船長をはじめ乗組員の皆様、トロールネットの取り扱いについてご指導いただいたニチモウの南条俊明氏、調査へご協力いただいた稚内水産試験場の堀本高矩氏、さけます・内水面水産試験場の下田和孝氏、原稿執筆に際しご助言いただいた中央水産試験場の有馬大地氏、佐藤政俊氏をはじめとする稚内水産試験場職員の皆様に感謝申し上げます。本報の調査および解析は、経常研究「ホッケ道北系群の若魚期の定量調査にむけた採集方法の確立」により実施された。

引用文献

- Anderson JT. A review of size dependent survival during pre-recruit stages of fishes in relation to recruitment. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 1988 ; 8 : 55-66.
- 中央水産試験場, 稚内水産試験場, 網走水産試験場. ホッケ道央日本海～オホーツク海海域. 2022年度北海道周辺海域における主要魚種の資源評価. 道総研水産研究本部, 余市. 2022 ; 94-120.
- Cushing DH. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.* 1990 ; 26 : 249-293.
- ホッケ研究グループ. 9.北海道周辺海域のホッケの分布, 回遊. 「最近のホッケの調査研究」北海道立水産試験場ホッケ研究グループ, 余市. 1983 ; 44-59.
- 稲川亮. サンマを対象とした北辰丸による表中層トロール網調査. 第65回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 東北区水産研究所, 八戸. 2017 ; 173-181.
- 石垣富夫, 中道克夫. ホッケの研究 (VI) 一行動, 食性および棲息条件一. 北水試月報 1958 ; 15 : 4-13.
- Itaya K, Fujimori Y, Shimizu S, Komatsu T, Miura T. Effect of towing speed and net mouth size on catch efficiency in framed midwater trawls. *Fish. Sci.* 2007 ; 73 : 1007-1016.
- 坂口健司, 鈴木祐太郎, 秦安史, 浅見大樹, 高嶋孝寛. 2018北海道北部海域に分布するホッケの資源量減少にともなう体サイズの変化とその親魚量への影響. 北海道立水産試験場研究報告 2018 ; 93 : 51-57.
- 島崎健二・久新健一郎. オホーツク海に出現するホッケ幼魚群. 北大水産彙報 1982 ; 33 : 229-239.
- 鈴木祐太郎. ホッケ仔稚魚の耳石日周輪について. 試験研究は今 2014 ; 775. https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/o7_u1_kr000000_gdf0.pdf
- 鈴木祐太郎. 2017年に北海道沖合で採集されたホッケ仔稚魚について. 試験研究は今 2017 ; 833. <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>
- 高嶋孝寛・星野昇. 資源生態的特徴および資源評価の方法・問題点. 「技術資料No.6 北海道周辺におけるホッケの資源と漁業 一資源評価の高度化にむけて一」北海道立中央水産試験場, 余市. 2010 ; 1-9.
- 高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の衰退と今後の展望. 北水試だより 2012 ; 85 : 1-6.
- Takashima T, Okada N, Asami H, Hoshino N, Shida O, Miyashita K. Maturation process and reproductive biology of female Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in the Sea of Japan, off the west coast of Hokkaido. *Fish. Sci.* 2016 ; 82 : 225-240.
- 辻崎久輝, 石垣富夫. ホッケの研究 (V) 一生育段階とその習性一. 北水試月報 1957 ; 14 : 503-511.
- Ueno Y, Suyama S, Kurita Y, Kumazawa T. Design and operation methods of a mid-water trawl for quantitative sampling of a surface pelagic fish, Pacific saury (*Cololabis saira*). *Fish. Res.* 2004 ; 66 : 3-17.