

2018年に宮城県中部海域で発生したギンザケ養殖開始直後のへい死

本庄 美穂^{*1}・菊田 拓実^{*2}・熊谷 明^{*1}

Mortality of farmed Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) at the start of marine aquaculture in the central Miyagi Prefecture waters in 2018

Miho HONJO^{*1}, Takumi KIKUTA²⁾, Akira KUMAGAI^{*1}

キーワード：2018年，中部海域，ギンザケ養殖，へい死，高水温

国内におけるギンザケ養殖は1975年に宮城県志津川湾で初めて開始され，現在石巻市から南三陸町の各海域で養殖が行われている。生産量は全国1位を誇り，本県の重要な養殖業となっている。ギンザケは淡水の内水面養魚場で約10ヶ月間育成された後，海面飼育適正水温である17℃以下になる11月上・中旬頃におよそ150gサイズで海面に搬入される¹⁾。例年，海面搬入直後は1～2件の魚病診断を依頼されるが，ほとんどの場合病原体は検出されず，へい死はすぐに収束する。しかし，2018年は中部海域の各養殖場で海面搬入直後から1ヶ月以上にわたりへい死が継続し，魚病診断の依頼が相次いだ。本稿ではへい死状況と魚病及び水温との関係について考察し，へい死の原因について推察した。

材料と方法

1 魚病診断

2018年11月上旬から翌年3月に中部海域（石巻市，女川町）の各養殖場から合計34件の魚病診断の依頼があったが，北部海域（南三陸町）からはなかった。検体の外部および内部症状を観察した後，細菌検査とウイルス検査を行った。細菌検査では，海面搬入直後の11月～12月には淡水由来の病原体を分離するための培地（AOAE培地，TSA培地）と海水由来の病原体のための培地（海水サイトファグ培地，2%NaCl入りTSA培地）を使用し，1月以降の検査では後者のみ使用した。各個

体について，腎臓から無菌的に釣菌し，各培地に画線塗抹後，AOAE培地は15℃で7日間，それ以外は20℃で5日間培養した。細菌性腎臓病（BKD）については，腎臓に腫脹や白色結節の症状が確認された場合に，患部をスライドガラスに塗抹しグラム染色した後，生物顕微鏡（×1,000）でグラム陽性短桿菌の有無を確認した。

5件の検査では，Takano *et al.*²⁾の方法により，脾臓からRNAを抽出し，赤血球封入体症候群（EIBS）のPCR検査を行った。さらに，2件の検査では腎臓および脾臓を材料としウイルス分離を試みた。両組織のホモジネート（MEM-2で100倍希釈）を0.45 μmフィルターで濾過除菌し，EPC細胞とCHSE-214細胞に100 μL接種した後，15℃で14日間培養し，CPEの有無を観察した。ウイルスが分離された場合（CPE陽性）は，内水面水産試験場でギンザケ稚魚に対して分離したウイルスを用いて実験感染を行った。分離ウイルス0.1mlを，対照区では同量のリン酸緩衝生理食塩水（PBS）をギンザケ各10尾に腹腔注射し，地下水（14.9～15.3℃）のかけ流しによって16日間飼育し，死亡の有無を観察した。試験中は飽食給餌とした。

2 漁場別のへい死状況と水温

県内の海面ギンザケ養殖業者61名（中部49名，北部12名）のうち4割強にあたる28名（中部20名，北部8名）について，生簀ごとに搬入日，搬入尾数，種苗搬入日～12月末までの日間へい死亡率及び累積へい死亡率を求

^{*1}水産技術総合センター，^{*2}農政部農山漁村なりわい課

めた。日間へい死率は、(その日にへい死した尾数)/(その日の生簀内の魚の尾数)×100 で算出した。調査は、中部では石巻市鮎川浜 (A)、女川町塚浜 (B)、同横浦 (C)、同竹浦 (D)、同尾浦 (E)、同出島 (F)、同御前浜 (G)、同指ヶ浜 (H)、石巻市雄勝町 (I) の9ヵ所 75 生簀、北部では南三陸町戸倉 (J)、同志津川 (K) の2ヵ所 31 生簀で行った (図1)。また、ギンザケ養殖業者が測定した生簀の水温に加え、中部 (江島) と北部 (歌津) の定点水温 (宮城県が測定) 及び一般社団法人漁業情報サービスセンター (JAFIC) の海水温の衛星画像から水温の影響を検討した。

結 果

1 魚病診断

月別の依頼数は11月が10件、12月が1件、2月が11件、3月が12件の合計34件であった (表1)。2月～3月の依頼は全て11月～12月の海面搬入後にへい死が多くなった生簀で、その後へい死尾数は減少したものの完全にへい死が止まらず、診断依頼があったものである。

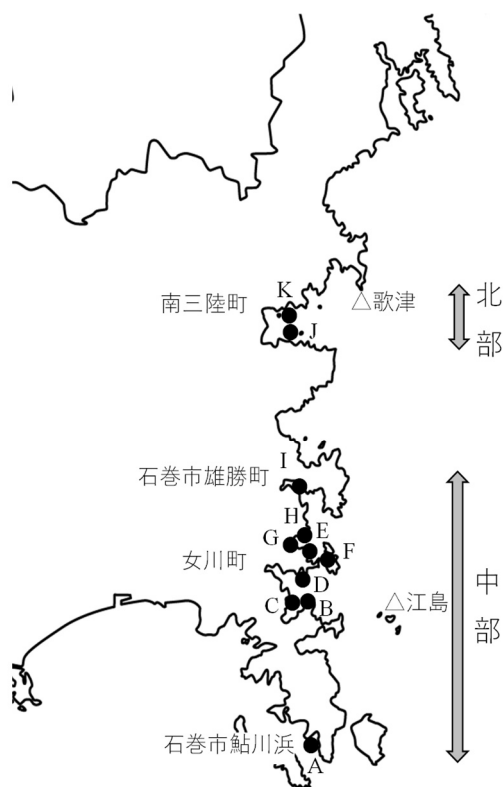


図1 各漁場 (●) と定点水温 (△) の位置

11月～12月の検査では、症状は吻端や体側のスレ、発赤や眼球の潰れや内出血、腸管発赤が見られ、重篤なものでは体側の筋肉や吻端の骨が露出していた (図2)。

細菌検査ではいずれも病原体は分離されず、BKDの症状も確認されなかった。EIBSのPCR検査を4件で実施したところ、3件で一部陽性になったが、肝臓の黄土色化や貧血等のEIBSに特徴的な症状は確認されなかった。また、ウイルス分離を2件で行ったところ、伝染性脾臓壊死症 (IPN) ウイルスが分離された。11月に行った1件目の検査では3検体 (3～4尾プール) 全てで分離され、2件目の検査では3検体のうち1検体で分離された。1件目に分離されたウイルスを使って実験感染を行ったところ、試験区、対照区ともに死亡はなかった。分離されたIPNウイルスはギンザケ稚魚に対して病原性は認められず、海面での死亡原因とは考えられなかった。

翌年2月～3月の魚病診断では、23件のうち15件で平均魚体重が150g以下、4件で150～200g範囲内と全体的に小型で痩せた魚が多かった。細菌検査の結果ではいずれも病原体は分離されず、1件で肝臓の黄土色化が見られたが、EIBSのPCR検査は陰性であった。他に1件で腎臓の腫脹と白色結節がみられ、1個体の腎臓からグラム陽性短桿菌が確認され、BKDと診断された。他の個体では菌は確認されなかった。



図2 へい死魚の症状

表 1 魚病検査の概要

診断月	No.	平均魚体重 (g)	検査尾数 (尾)	細菌検査		ウイルス検査	
				細菌分離	BKD	ウイルス分離	EIBS(PCR)
11	1	109	10	—	—		+(7/10)
	2	146	10	—	—		+(1/3)※
	3	163	4	—	—		—
	4	162	10	—	—		
	5	147	10	—	—	IPN+(3/3)※	
	6	131	6	—	—		
	7	116	10	—	—		
	8	144	27	—	—		
	9	129	6	—	—		
	10	119	6	計99	—		
12	11	121	10	—	—	IPN+(1/3)※	+(2/3)※
2	12	150	6	—	—		
	13	758	5	—	—		
	14	112	5	—	—		
	15	117	5	—	—		
	16	97	5	—	—		
	17	100	5	—	—		
	18	116	5	—	—		
	19	183	5	—	—		
	20	132	5	—	—		
	21	142	5	—	—		
	22	534	5	計56	—		—
3	23	411	5	—	—		
	24	102	5	—	—		
	25	124	5	—	—		
	26	110	5	—	—		
	27	79	4	—	—		
	28	111	5	—	—		
	29	90	5	—	—		
	30	184	5	—	+(1/5)		
	31	341	5	—	—		
	32	127	5	—	—		
	33	172	5	—	—		
	34	157	5	計59	—		
合計	34	—	224	—(0/34)※※	+(1/34)※※	IPN +(2/2)※※	+(3/5)※※

※3～4尾ずつプールして3検体で実施

※※ (陽性になった検査数/全検査数)

2 漁場別のへい死状況と水温

種苗搬入日～12 月末までの生簀ごとの累積へい死率を図3に示した。北部 (J, K) では累積へい死率は 6.1% 以下と低かったが、中部 (A～I) では 2.7～40.0% (平均 15.3%) と幅があり、高いへい死率を示した生簀もみられた。特に鮎川 (A)、塚浜 (B)、横浦 (C)、尾浦 (E)、出島 (F) では累積へい死率が 20%を超える生簀が確認された。

中部海域の各生簀への種苗搬入は 10 月 29 日から 11 月 22 日まで行われていた。図4に搬入日 (搬入が複数回にわたる場合は 1 回目の月日) 毎の累積へい死率を示した。10 月末までに搬入された生簀では累積へい死率が 20%以上と全体的に高かった。その後 11 月 15 日までに搬入した生簀では累積へい死率は 2.7～38.7%とばらつきが大きかったが、11 月 16 日以降に搬入した生簀ではへい死率は 10%前後と低い傾向を示した。

累積へい死率が高かった 4 生簀 (へい死率 34.2～40.0%) のへい死状況をみると (図5)、いずれも搬入直後にへい死が発生しており、10 月末から搬入を開始した生簀①と 11 月 9 日から搬入した生簀②ではへい死のピークが搬入直後と 11 月中旬にみられた。一方、生簀③は 11 月 15 日から、生簀④は 11 月 14 日から搬入を開始しており、両生簀ともその直後に日間へい死率が最も高くなり、特に生簀③では 13.9%と高い値を示した。生簀③ではその後すぐに減少したが、生簀④はしばらくへい死が継続し、12 月になってから徐々に減少した。生簀の水温は 11 月 16 日に 18.4～18.5℃と高い値を示しており、4 生簀ともその時点もしくは直後にへい死が最も多かった。

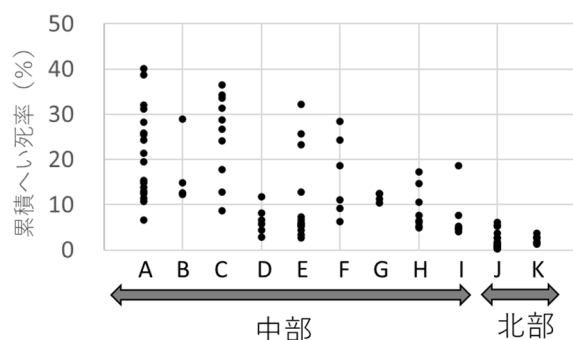


図3 漁場別の各生簀の累積へい死率

次に、北部と中部ではほぼ同時期に同じ種苗が搬入され、同じ餌を給餌した生簀のへい死状況を比較した (図6)。中部①および中部②の生簀では、図5に示した生簀①、②と同様に、海面搬入直後のへい死が一旦減少した後、11月中下旬に再びへい死が増え、12月末においても完全に収束しなかった。生簀の水温は、搬入日 (11/5～11/9) は 17.0～17.8℃と海面飼育適正水温 (17℃) より少し高かったが、その後 11 月 14 日に 16.5℃と 17℃を下回った。しかし、翌日から再び上昇して、11 月 17 日には 18.3℃となり、その直後からへい死が再び増加した。一方、北部の養殖場では同じ種苗が搬入された 2カ所の生簀とも、搬入直後に若干へい死したが、その後はほとんどへい死が確認されなかった。生簀の水温は 11 月 15 日に 17℃を下回り、その後は順調に下降した。このように、中部海域で種苗搬入から約 50 日間慢性的に死亡した生簀と同じ種苗が搬入された北部の 2カ所の生簀ではほとんどへい死がなかった。

2018 年 10 月～11 月の定点水温は、江島 (中部) も歌津 (北部) も平年より 1℃以上高く推移し、江島では 11 月初めに 19.1℃と高い値を示した。その後下降したが、11 月 11 日 (17.5℃) から 14 日 (19.6℃) には 3 日間で約 2℃急上昇し、その後 17℃を下回ったのは 11 月 21 日以降であった (図7)。一方、歌津 (北部) では、江島と同様に平年より高く推移したものの順調に下降した。2018 年 11 月 14 日の海水温の衛星画像をみると、暖水塊が宮城県中部沿岸に接岸しており、付近には 20℃の等温線が確認された (図8)。前年同期の衛星画像では宮城県沿岸への暖水塊の接岸は見られず、江島の水温は 14.8℃と 2018 年と比べて約 5℃低かった。

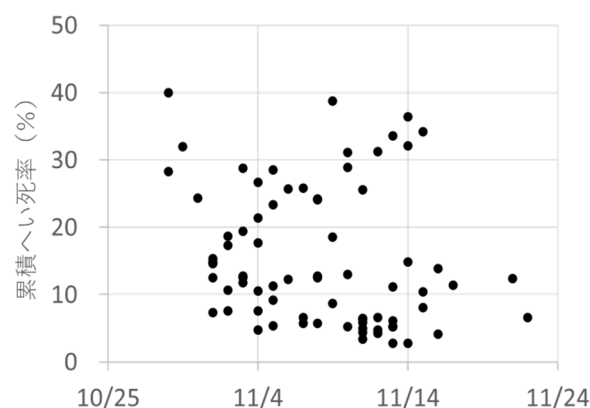


図4 中部海域の各生簀の海面搬入日毎の累積へい死率

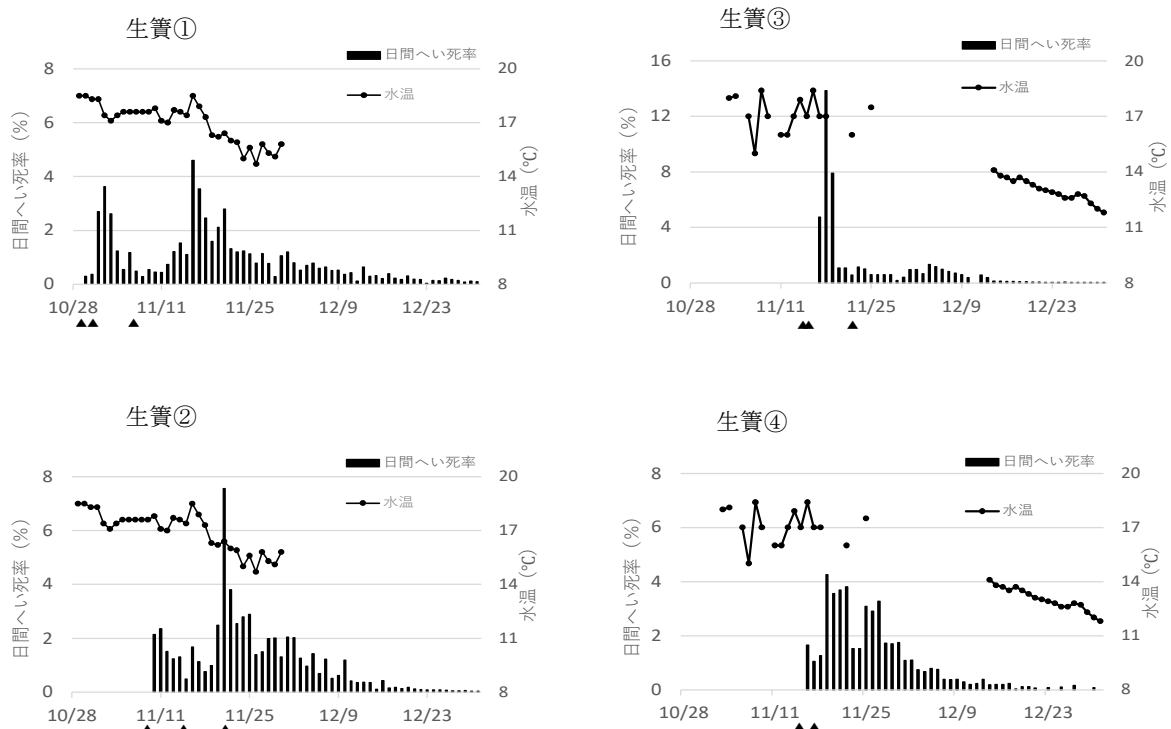


図5 累積へい死率の高かった4生簀の日間へい死率と生簀の水温の推移 (▲は種苗搬入日)

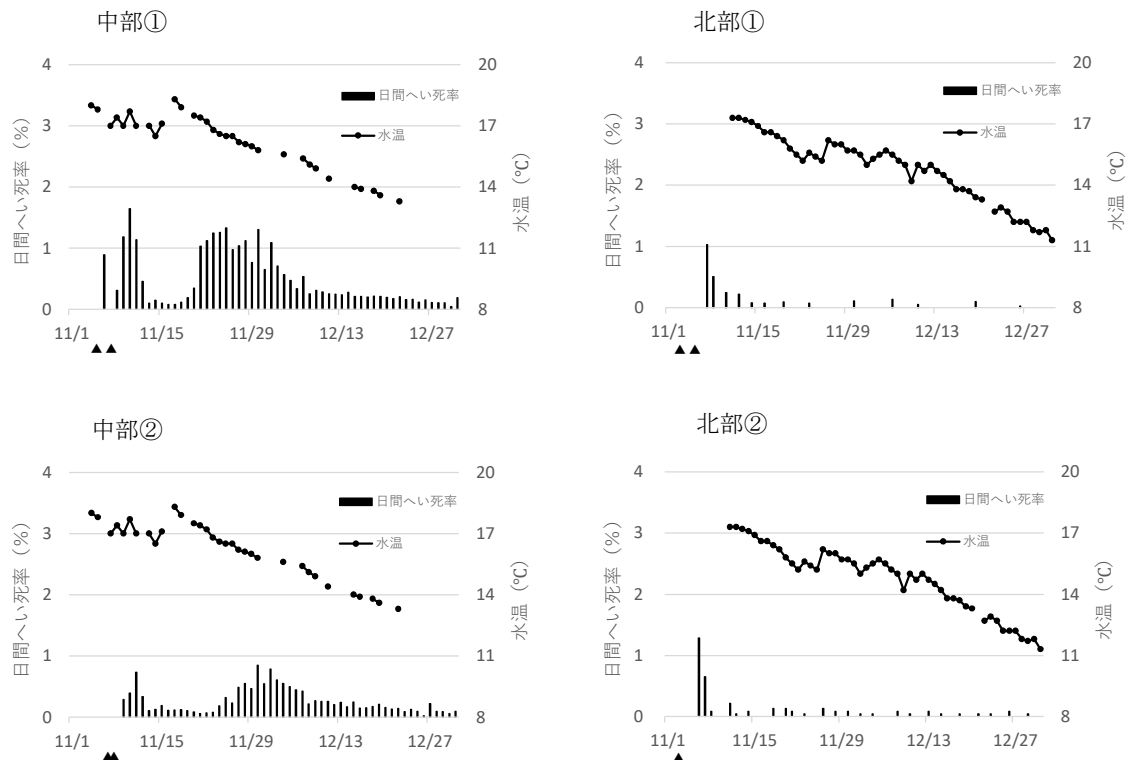


図6 同じ種苗を搬入した中部(左)と北部(右)の生簀の日間へい死率と生簀の水温の推移 (▲は種苗搬入日)

考 察

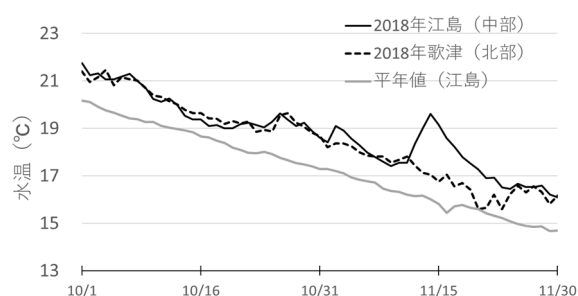
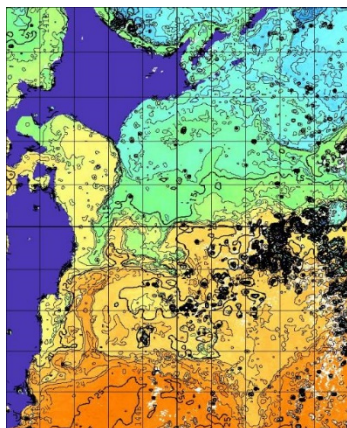


図 7 2018 年 10 月～11 月における定点水温の推移
(午後 3 時観測) ※みやぎ水産 NAVI より

<2018 年>



<2017 年>

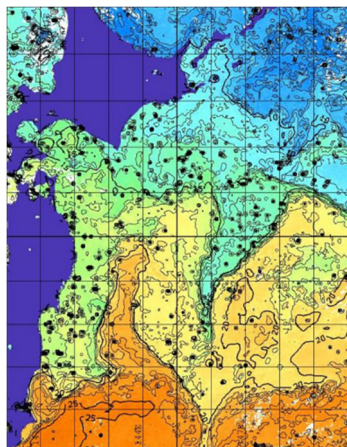


図 8 2018 年及び 2017 年 11 月 14 日の衛星
NOAA/AVHRR による 1 週間合成画像の
比較 ※JAFIC より

11月～12月の魚病検査では、細菌は検出されなかったが、一部でEIBSとIPNウイルスが検出された。EIBSは内水面と海面で発生するギンザケのウイルス病である³⁾。淡水での実験感染では、生残魚の体内で感染80日後にもウイルスが検出されており、回復した魚体内に長期間ウイルスが残る可能性が指摘されている⁴⁾。今回、EIBSウイルスが検出されたギンザケではEIBSの症状は確認されず、水温はEIBSの発症水温（15℃以下）⁵⁾より高い状況であった。これらのことから、内水面養魚場で感染したウイルスが体内に残っていて、PCRで検出されたと推測され、今回のへい死には関与していないと考えられる。また、IPNについては、国内での本病の発生は1970年代をピークに、その後は発生件数が減少し、現在では問題となっていないこと⁶⁾と、今回分離されたウイルスは実験感染でギンザケに対する病原性は認められなかったことから、へい死には関与していないと考えられる。さらに、3月に1個体で確認されたBKDも、症例の少なさから今回のへい死の原因ではないと考えられる。また、2～3月に魚病診断を行った魚は全体的に小型で痩せており、海面移行時にうまく海水適応できなかった個体が摂餌不良となり、慢性的に死亡したために2～3月になっても完全にへい死が止まらなかったと考えられた。

へい死は北部の生簀では少なかったが、中部では大量へい死した生簀が広範囲で確認された。暖水塊が宮城県沿岸に接岸していた11月中旬に江島定点では一時水温が20℃近くまで急上昇し、この直後に中部のギンザケ養殖場ではへい死率が増加した。江島の水温が17℃以下になったのは、例年より約20日遅い11月20日過ぎで、その前に大部分の生簀で種苗搬入は終了していた。

以上より、今回のへい死は魚病検査の結果から病気が原因とは考えられず、平年より高く水温が推移したことに加え、暖水塊の影響で一時的に水温が急上昇したことが原因と考えられた。ギンザケ種苗の海面搬入は、水温が17℃以下になり、さらに搬入後も水温が順調に下降することが見込まれるタイミングで行うことが重要であり、この時期の暖水塊の張り出し等の海況情報に注意する必要がある。また、水温が一時的に上昇した際には搬入を延期する等の対策も必要と考えられた。

ギンザケは自然界では春にスモルトで降海するが、100 g 以上の魚は秋でもスモルト化しており、海水への適応力を有している。そのため、直接海水に収容しても

ほとんど死ぬことはない。しかし、淡水の種苗生産地から海面生簀までの数時間の輸送や淡水と海水との温度差、そして淡水から海水への浸透圧変化と海水馴致中に魚が受けるストレスは大きい。そのストレスを軽減するため、1980年代までは4～5日かけて海水馴致を行っていたが、その後、徐々に簡略な方法へと変遷した⁷⁾ 1990年代には海水馴致試験に基づき、魚へのストレスが少ない合理的な方法として2泊3日の適正海水馴致スケジュールが開発された⁸⁾。その後、さらに簡略化され、東日本大震災以降は30分～1時間かけて海水馴致をする方法が一般的になり、海面搬入直後は多少へい死がみられるが、この方法でもこれまで大きな問題は発生しなかった。しかし、今回一部の生簀で長期間のへい死が問題になったことにより、高水温条件においては現在の海水馴致の方法では、十分に馴致できない可能性が示唆された。

2017年8月以降、黒潮続流の暖水が三陸沖まで北上するようになり⁹⁾、宮城県沿岸の海水温は平年より高く推移することが多くなっている。地球温暖化の影響が今後ますます懸念されており、海水馴致に与える水温の影響について検討が必要である。さらに、沿岸水温の上昇によって、種苗の海面搬入時期が遅くなるとともに養殖終了時期が早まり、海面での養殖期間が短くなる可能性が考えられる。大型種苗の導入等の養殖方法の再検討、高成長、高水温耐性魚の育種等、新たな検討課題への対応が求められる。

要 約

- 1) 2018年11月に宮城県中部海域において海面搬入した直後から養殖ギンザケのへい死が発生した。
- 2) 中部海域の各養殖場のへい死事例について、合計34件の魚病検査を行ったが、病原体はほとんど検出されず、魚病が原因によるへい死ではないと考えられた。
- 3) これらの事例では、種苗搬入直後にへい死が発生しており、海面搬入の時期によっては、一旦収まった後、11月中旬に生簀の水温が18℃以上まで急上昇した直後に再び増加した。その後減少したが、12月末においても完全に収束しなかった。
- 4) 中部海域の水温は平年より高く推移したことに加え、11月中旬に暖水塊の接岸により、一時急上昇し、へい死はこの影響によるものと考えられた。
- 5) 宮城県沿岸の海水温は平年より高く推移することが多くなっており、今後、海水馴致に与える水温の影響について検討する必要がある。

謝 辞

ギンザケ養殖業者や関係者の皆様には貴重なデータを提供していただき、厚くお礼申し上げます。また本研究推進にご協力いただいた宮城県水産技術総合センター職員一同に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 佐々木良朗 (1989) 岐路に立つギンザケ養殖 (下) 種卵および種苗の供給動向. 養殖, **26** (12), 60-63
- 2) Takano, T., A. Nawata, T. Sakai, T. Matsuyama, T. Ito, J. Kurita, S. Terashima, M. Yasuike, Y. Nakamura, A. Fujiwara, A. Kumagai and C. Nakayasu (2016) Full-genome sequencing and confirmation of the causative agent of erythrocytic inclusion body syndrome in coho salmon identifies a new type of Piscine orthoreovirus. PLoS ONE, **11**, e0165424
- 3) 岡本信明・高橋清孝・熊谷 明・柴崎弘之・舞田正志・田中真・J.S.Rohovec・池田彌生 (1992) 本邦淡水養殖ギンザケにおけるEIBSの発生. 魚病研究, **27** (4), 207-212
- 4) 熊谷 明・松山知正・坂井貴光・本庄美穂・高野倫一 (2024) PRV-2に実験感染したギンザケにおけるウイルス量と抗体価の推移. 魚病研究, **59** (2), 80-83
- 5) 福田穎穂 (2004) 赤血球封入体症候群. 若林 久嗣・室賀 清邦編, 魚介類の感染症・寄生虫病, 57-60, 東京, 恒星社厚生閣, 424pp.
- 6) 佐野元彦・岡本信明 (2017) 総説 伝染性腭臓壊死症. 魚病研究, **52** (4), 177-180
- 7) 熊谷 明 (2019) ギンザケにおけるストレスの小さい海水馴致方式の開発, 養殖ビジネス2019年臨時増刊号, 88-91

- 8) 高橋清孝（1992）ギンザケ海水馴致手法の再検討，日本水産学会東北支部会報，**42**，21-23
- 9) 矢野泰隆・謝 旭暉・谷津明彦・渡邊一功（2024）黒潮大蛇行の南下と黒潮続流の北上および海況への影響．黒潮の資源海洋研究，**25**，