

マツカワの漁港内における海面養殖技術開発試験事業

鈴木亮・中山凌・伊藤文雄¹・伊藤竜太²・松山誠³

目 的

マツカワ養殖を県内に広く普及するため、これまでの陸上養殖技術を応用し海面における養殖技術を開発するとともに、種苗コストの低減を目的とした養殖に特化した種苗を作出する。

材料と方法

1. 種苗の早期生産技術開発

(1) 早期生産種苗の作出

効率的なマツカワ養殖を行うには、平均体重 7g 以上から開始する必要がある、そのためには種苗の作出に 120 日以上を要することが分かっている。¹⁾ 本試験では養殖用マツカワ種苗の生産期間を 120 日から 90 日まで短縮することを目指し、以下の方法で試験を行った。

1) 種苗生産（生物餌料期間）

種苗生産期間は生物餌料であるシオミズツボワムシ及びアルテミアの給餌を終え、95%以上の個体が配合飼料を摂餌している 50 日齢前後まで¹⁾とした。

① 飼育環境

ふ化した仔魚は FRP 製角型 1.5t 水槽で飼育した。過密を避けるため、28 日齢時に FRP 製円型 10t 水槽へ移動した。

飼育水は調温海水を掛け流して飼育した。換水率は 0 日齢から 17 日齢までは 70%/日、18 日齢から 25 日齢までは 80%/日、26 日齢から取上げまでを 90%/日と成長に合わせ換水率を高めていった。毎朝 9 時頃に飼育水槽内の水温を測定した。飼育水温は収容時に 10.7℃であったものを、8 日齢までの間に 3℃昇温させ、9 日齢から取上げまでは概ね 14℃で管理した。2 日齢から 30 日齢前後まで、仔魚の壁面への衝突によるへい死軽減のため、飼育水槽に冷蔵高度不飽和脂肪酸強化濃縮淡水クロレラ（クロレラ工業(株)製：ハイグレード生クロレラ V12（以下、HG 生クロ））を添加した。

マツカワ仔魚は 18 日齢前後から比重が急激に大きくなり、水槽底面へ沈下することが知られている²⁾。沈下した個体は摂餌不良や底面の汚れなどにより大量へい死の要因となることから、沈下防止のため、エアレーションの通気量を沈下の状態に合わせて調整した。取上げ時に、重量法により生残尾数を算出した。

② 生物餌料

表 1-1 に生物餌料の栄養強化方法、表 1-2 に生物餌料の栄養強化量、表 2 に種苗生産期間における生物餌料の給餌量を示した。

生物餌料として、シオミズツボワムシ L 型奄美株（以下、ワムシ）を、アルテミアは北米ソルトレイク産（(株)北村：アフロディテ）を使用した。

粗放連続培養で培養したワムシを給餌前日に必要量収穫し、200L アルテミアふ化槽に収容した。その後、表 1-1 および表 1-2 に示した方法により、アミ類を主原料としてアスタキサンチン、ドコサヘキサエン酸及びエイコサペンタエン酸を強化したインディペプラス（サイエンティック(株)：以下、インディペ）を用いて一次強化し、翌日の給餌 30 分前に前日の半分量で二次強化を行った。また、微細藻類ヘマトコッカス・プルビアリス（*Haematococcus pluvialis*）から抽出した高濃度なアスタキサンチンを強化できるインディペプラス RM（サイエンティック(株)：以下、インディペ RM）を、二次強化時にインディペと併せて強化してから給餌した。各強化剤は必要量を 14℃調温海水 3L に入れ、ハンドミキサーで 3 分間攪拌してから添加

¹ 龍飛ヒラメ養殖生産組合 ² 小泊漁業協同組合 ³ 佐井村漁業協同組合

した。

マツカワ仔魚はふ化後しばらくは浮遊しているが、3 日齢頃から一度沈降し、その後浮上して開口するため、ワムシの給餌は浮上が確認された 4 日齢から開始した。給餌頻度は午前と午後に 1 回ずつとした。

アルテミアは、乾燥卵を 28℃ の 80% 海水に収容し 45 時間かけてふ化させ、給餌前日に必要量を収穫し、表 1-1 および表 1-2 に示した方法によりインディペ及びインディペ RM で一次強化を行い、翌日の給餌 2 時間前に前日の半分量のインディペで二次強化を行ってから給餌した。ワムシと同様、各強化剤は必要量を 14℃ 調温海水に入れ、ハンドミキサーで 3 分間攪拌し添加した。給餌頻度は、午前と午後それぞれ 1 回ずつとした。

表 1-1. 生物餌料の栄養強化方法

餌料種類	シオミズツボワムシ		アルテミア	
強化水温 (°C)	14		20	
インディベ (アスタキサンチン強化)				
一次強化時刻	16:00		16:00	
一次強化量	表3-2参照			
二次強化時刻	翌8:30		翌8:30	
二次強化量	一次強化 の半分量		一次強化 の半分量	
強化時間 (h)	17	22. 5	18. 5	22. 5
インディベ ^{RM} (高濃度アスタキサンチン強化)				
強化時刻	翌8:30		16:00	
強化量	インディベ総強化量の10分の1		インディベ総強化量の10分の1	
強化時間 (h)	0. 5	4	18. 5	22. 5
給餌時刻 (午前・午後)	翌9: 00	翌13: 00	翌10:30	翌14:30

* 強化剤正式名称

インディペ：インディペプラス インディペRM：インディペプラスRM

表 1-2. 生物餌料の栄養強化量

餌料種類	シオミズツボワムシ			アルテミア			シオミズツボワムシ・アルテミア
強化剤	インディペ			インディペ			インディペRM
必要量 (千万個体)	培養水量 (L)	一次強化量 (g)	必要量 (万個体)	培養水量 (L)	一次強化量 (g)		強化量 (g)
1.0-2.0	100	15	<1500	100	20		
2.0-3.0	100	20	1500-2000	200	30		
3.0-4.0	200	30	2000-2500	200	40		
4.0-5.0	200	50	2500-3000	300	50		
5.0-6.0	200	55	3000-3500	300	60		
			3500-4000	400	70		
			4000-4500	500	80		
			4500-5000	500	90		

* 強化剤正式名称

インディペ：インディペプラス インディペRM：インディペプラスRM

表 2. 種苗生産期間における生物餌料の給餌量

区分	生産回次		1			
	収容尾数		25,000			
	水槽規模 (t)		1.5			
生物餌料種類	L型ワムシ(奄美株)		アルテミア (ソルトレイク産)			
総給餌量 (億個体)	4.6		2.2			
1日当りの給餌密度 (個体/ml)						
平均給餌密度	12		5			
最大給餌密度	13		11			
最小給餌密度	7		1			
強化剤使用量 (g)						
[インディペ：インディペRM]	759	：	76	891	：	89
給餌期間 (日齢)	4—28		25—50			

* 強化剤正式名称

インディペ：インディペプラス インディペRM：インディペプラスRM

③ 配合飼料

表 3 に種苗生産期間における配合飼料の給餌量を示した。

配合飼料はアンブローズ 100・200・400・600(フィード・ワン㈱)を使用し、成長に合わせ粒径を大きくした。アルテミア給餌開始から 37 日齢までは手撒きで 1-3 回/日、それ以降 50 日齢までは自動給餌器を用いて 6-9 回/日の頻度で給餌した。

表 3. 種苗生産期間における配合飼料の給餌量

区分	生産回次		1	
	推定尾数(尾)		16,000	
配合飼料種類	アンブローズ 100	アンブローズ 200	アンブローズ 400	アンブローズ 600
(粒径: mm)	(0.08-0.23)	(0.23-0.42)	(0.42-0.65)	(0.65-1.00)
給餌方法	手まき給餌		自動給餌	
給餌期間(日齢)	29-37		37-50	
給餌回数(回/日)	1-3		6-9	
給餌量(g)	11	377	400	100
総給餌量(g)	888			

2) 中間育成(配合飼料期間)

表 4 に中間育成期間における配合飼料の給餌量を示した。

種苗生産で得られた稚魚を FRP 製円型 10t 水槽で飼育した。61 日齢で試験用として 5 千尾を選別し、中間育成に用いた。飼育水は 14℃ 調温海水を掛流して、濾過海水の水温が 14℃ となった 59 日齢以降は濾過海水を掛流して管理した。換水率は飼育開始時を 100%/日とし、成長とともに徐々に 400%/日まであげた。

給餌方法について、給餌量は従来試験¹⁾の 1.2 倍量となる 120% 給餌とし、配合飼料はアンブローズ 400・600・800・EP-d1(フィード・ワン㈱)を使用し、成長に合わせ粒径を大きくしていった。90 日齢より 18 時から 24 時までの 6 時間、ハロゲンランプを用いて夜間の給餌(以下、夜間給餌)を行った(図 1)。配合飼料は自動給餌器を用いて 9 回/日、夜間給餌開始後は 12 回/日の頻度で給餌した。



図 1. 夜間給餌の様子

表 4. 中間育成期の配合飼料給餌量

区分	生産回次		中間育成	
	収容尾数(尾)		5,000	
配合飼料種類	アンブローズ 400	アンブローズ 600	アンブローズ 800	アンブローズ EP-d1
(粒径: mm)	(0.42-0.65)	(0.65-1.00)	(0.82-1.35)	(1.3)
給餌方法	自動給餌			
給餌回数(回/日)	9-12			
給餌期間(日齢)	51-55	52-62	54-62	63-97
給餌量(g)	150	850	8,450	4,550
総給餌量(g)	14,000			

(2) 早期生産種苗の成長特性

早期生産種苗の成長特性を把握するため、竜飛、小泊、佐井地区において、(社)青森県栽培漁業振興協会で通常生産(120日)した種苗と成長の比較を行った。7-8月の水温が20℃を超える期間は魚体への負担軽減のため、魚体測定を行わなかった。

(3) 効率的な養殖技術開発

これまでの試験¹⁾を継続し、事業規模の陸上養殖施設での成長特性を解明する。2021年7月に竜飛地区の陸上養殖施設へ搬送した2021年産養殖用種苗(平均体重7.49g)を、出荷目標である800gに達するまで飼育を行った。飼育は配合飼料(フィード・ワン株:鱒EPせせらぎ)を成長に合わせ粒径を大きくした。給餌頻度は1日2回とし、日間給餌率を2018年産魚と同等として給餌を行った(図2)。

成長に合わせ適宜分槽及び選別を行った。また、原則給餌前に、飼育水の水温計測を行い、月1回無作為に30尾をサンプリングして全長及び体重の測定を行った。へい死魚は全てカウントし、生残率を算出した。

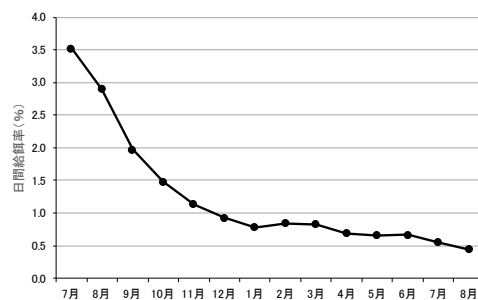


図2. 養殖マツカワの日間給餌率
(2018年産)

2. 海面養殖技術の開発

(1) 養殖環境モニタリング調査

漁港内での養殖可能性の検討のため、佐井漁港水深2.5mの水温、溶存酸素を1週間に1回の頻度で計測した。

結果と考察

1. 種苗の早期生産技術開発

(1) 早期生産種苗の作出

1) 種苗生産(生物餌料期間)

表5に種苗生産結果、図3に種苗生産期間中における飼育水槽内の水温の推移を示した。

ふ化仔魚2.5万尾を用いて種苗生産を行い50日齢で1.5万尾を取り上げた。生残率は60.0%と、2021年産の73.5%を下回る結果となった。その原因として、27日齢から35日齢まで発生が確認された腹部膨満症(図4)が挙げられる。2022年種苗生産期における飼育水槽内の水温は、10日齢以降は14℃台であったが、16日齢から27日齢まで14.6-15.1℃に上昇し、2021年に比べ1℃程高かった。腹部膨満症の発生が確認された27日齢以降に、調温海水の設定水温を下げたところ、34日齢以降は一時的に14℃台後半となったが、概ね14℃台で推移した。

腹部膨満症の原因の一つとして、飼育水にガスが溶存したことに起因するガス病がある。しかし、ガス病の防止策として脱気槽を設置しており、飼育水は脱気槽内部の活性炭によって微細な気泡を除去してから用いていた。このため、16日齢から27日齢間の水温が例年より高く推移しており、ガスが溶け出し易い状況であったとは言え発生要因としては考え難い。もう一つの原因として、ビブリオ属細菌によるものが考えられる³⁾。ビブリオ属細菌は常在菌であり、水温10



図4. 腹部膨満症のマツカワ稚魚
(27日齢)

～28℃で活動できることから、例年より水温が高く推移していたこと、換水率を上げ適飼育水温に戻して以降は発生が収束したことから、発生原因の一つと考えられる。

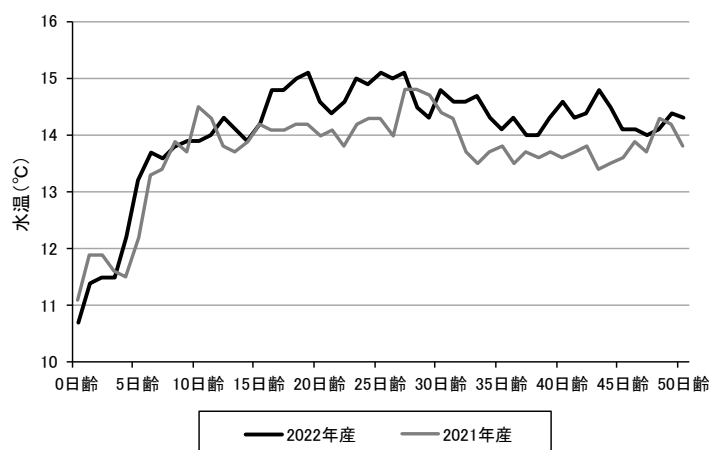


図 3. 種苗生産期間中における飼育水槽の水温推移

表 5. 種苗生産結果

生産年	ふ化仔魚の収容					取上げた稚魚			
	ふ化日	水槽規模	平均全長 (mm)	尾数 (千尾)	強化剤 (略称)	飼育期間 (日齢)	平均全長 (mm)	尾数 (千尾)	生残率 (%)
2022	2022/3/25	角型1.5t×1基 円型10t×1基	5.56 [5.51-5.63]	25.0	インディペ ⁺ インディペRM	50	16.3 [15.8-16.6]	15.0	60.0
2021	2021/3/11-14	角型1t×1基 角型1.5t×2基 円型5t×1基 円型10t×2基	5.74 [5.56-5.96]	82.0	インディペ ⁺ インディペRM	50	16.0 [15.8-16.3]	60.3	73.5

* 強化剤正式名称
インディペ：インディペプラス インディペRM：インディペプラスRM

2) 中間育成（配合飼料期間）

目標としていた飼育期間 90 日で平均体重 7g に対し、2022 年産の飼育結果は 90 日目で平均全長 69.2mm、平均体重 5.1g と、目標体重を下回っていた。この結果を受け、1 日の給餌量を増やすため夜間給餌を行ったところ、97 日目で平均全長 77.6mm、平均体重 7.6g となった。目標としていた 90 日より 7 日遅いものの、目標サイズに達するまでの期間を 23 日短縮することができた。給餌量については 2021 年産の給餌量 2.13g/尾に対し、2022 年産は 2.68g/尾と 125%であった。

餌料費については餌料単価が高い時期の残餌が出たことで、3.2 円/尾（前年比 201%）と増額した。光熱費及び人件費については、飼育密度および水槽規模の違いから単純に比較はできないが、飼育日数の短縮により低減が図られるものと考えられた。夜間給餌を行ってからの 1 日あたりの増重量は、それまでの 0.161g/日と比べ、0.357g/日と 2 倍になっていた。

今後、夜間給餌を念頭に適正な給餌率の検討、開始を配合飼料種に切り替わってから実施するなど、1 日あたりの給餌量の増加および給餌タイミングの改善を行うことで、育成期間の短縮および餌料費の低減が可能と考えられる。

(2) 早期生産種苗の成長特性

図 5 に竜飛地区の平均体重の推移、図 6 に小泊地区の平均体重の推移、図 7 に佐井地区の平均体重の推

移を示した。

早期生産種苗の成長は2023年2月末現在で、竜飛地区では平均全長260.2mm、平均体重288.4g、小泊地区では平均全長214.8mm、平均体重164.9g、佐井地区では平均全長229.1mm、平均体重210.8gであった。約7か月間の飼育ではあるが、早期生産種苗は通常生産種苗と比べ同等もしくはやや良い成長であったことから、早期に生産したマツカワ養殖用種苗を用いても、これまでと同様な養殖が可能であることが示唆された。

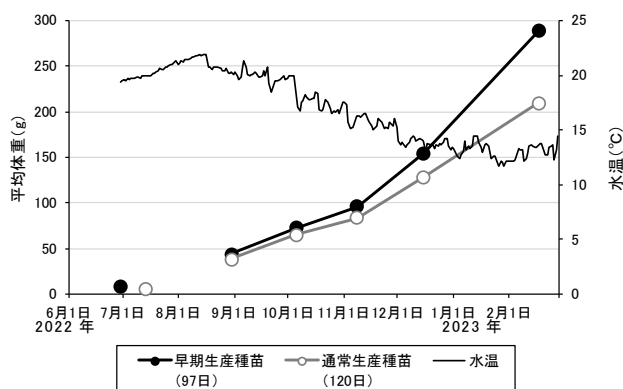


図 5. 竜飛地区における平均体重の推移

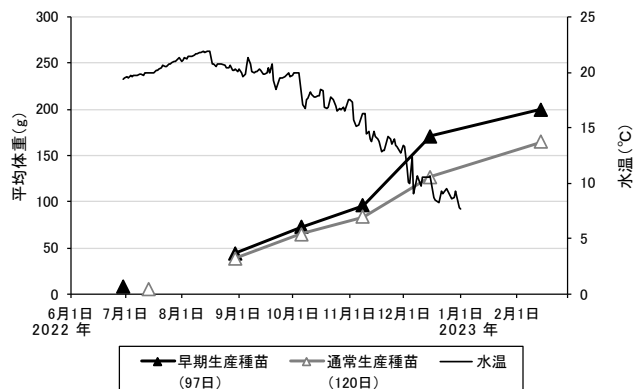


図 6. 小泊地区における平均体重の推移

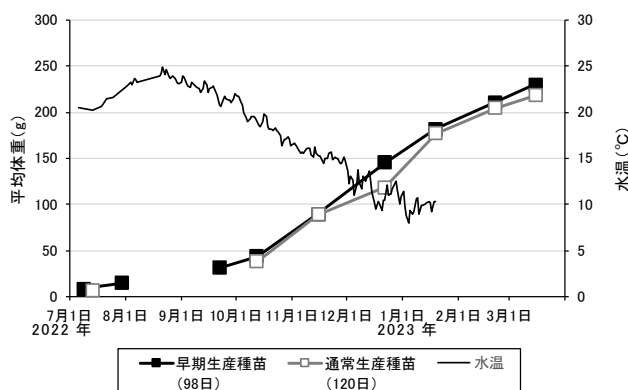


図 7. 佐井地区における平均体重の推移

(3) 効率的な養殖技術開発

図 8 に竜飛地区における 2021 年産の平均全長の推移、図 9 に竜飛地区における 2021 年産の平均体重の推移、図 10 に竜飛地区における 2021 年産の平均肥満度の推移を示した。

竜飛地区における 2021 年産の生残率は 98.3% で、出荷目標サイズ 800g になるまでに要した養殖期間は、1 年 3 か月間であった。出荷目標に達した時点でのサイズは、平均全長 389.1mm、平均体重 836.1g、平均肥満度 14.2% であった。これまでと同様に養殖を開始してから全長及び体重は順調に成長していたが、肥満度については成長とともに頭打ちもしくは低下する傾向にあった。養殖期間が 1 年 5 か月であった 2019 年産と比べると、給

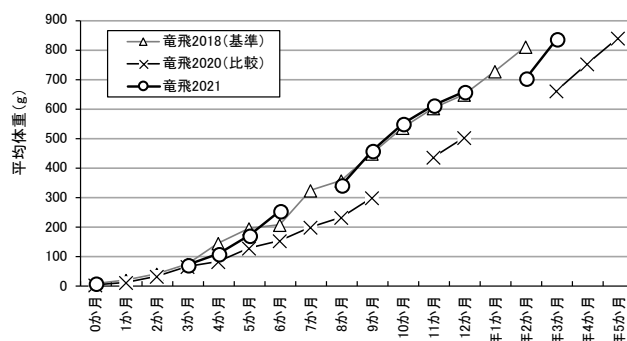


図 8. 竜飛地区における 2021 年産魚の平均体重の推移

餌率を 2018 年産と同等にしたことにより養殖期間を 2 か月間早くすることが出来たが、2018 年産を基準とすると 1 か月遅い結果となった。養殖期間が 1 か月延びた原因として、2018 年産の試験時の飼育尾数は 900 尾であったのに対し、2021 年産は 1 万尾と約 10 倍量の飼育尾数であったことが考えられた。よって、事業規模でマツカワを養殖した場合の養殖期間は 1 年 3 か月を要するものと考えられた。

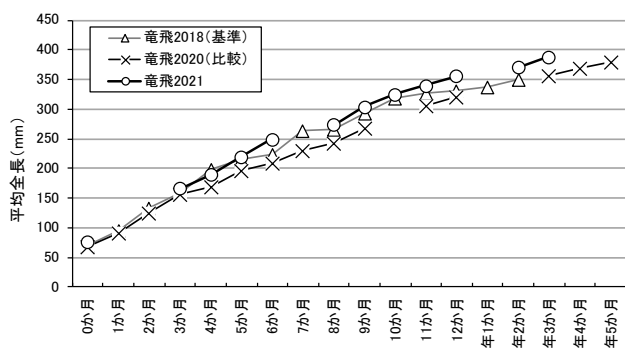


図 9. 竜飛地区における 2021 年産魚の平均全長の推移

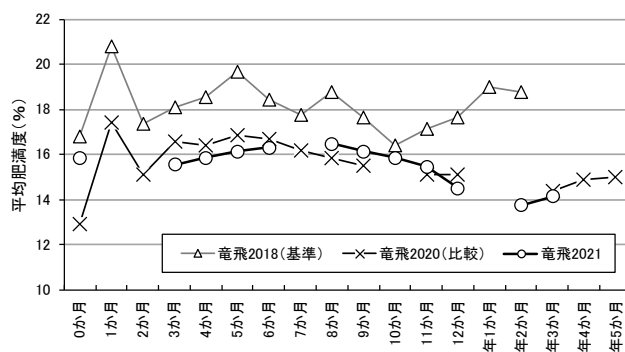


図 10. 竜飛地区における 2021 年産魚の平均肥満度の推移

2. 海面養殖技術の開発

(1) 養殖環境モニタリング調査

図 11 に漁港内の水温の推移、図 12 に漁港内の溶存酸素量の推移を示した。

佐井漁港内の水温は最低 14.5℃から最高 24.9℃（2022 年 8 月）を記録した。溶存酸素量については、1-5 月は 8 mg/L 以上、6 月以降は 8 mg/L 以下、最低は 10 月に記録した 5.4 mg/L と、常に水産用水基準 4.3 mg/L（内湾夏季底層）を上回っていた。水温について、水温 25℃以上であっても養殖期間 1 年 2 か月で出荷サイズ 800g 以上に成長し、かつ生残率は 80%と、マツカワの養殖が可能であることが分かっている¹⁾。このため、漁港内でのマツカワ養殖は環境面では可能であると考えられた。しかし、断片的なデータであることから、引き続き漁港内の環境モニタリング調査を実施する必要がある。

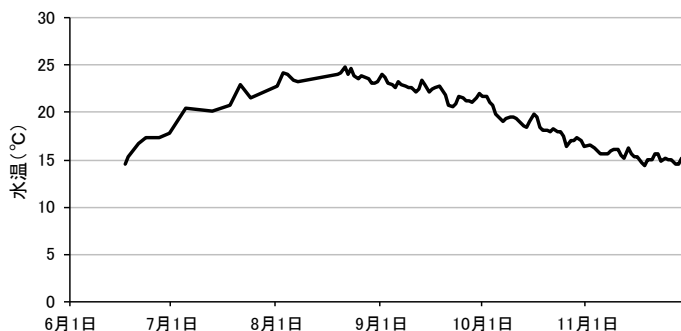


図 11. 佐井漁港内の水温の推移

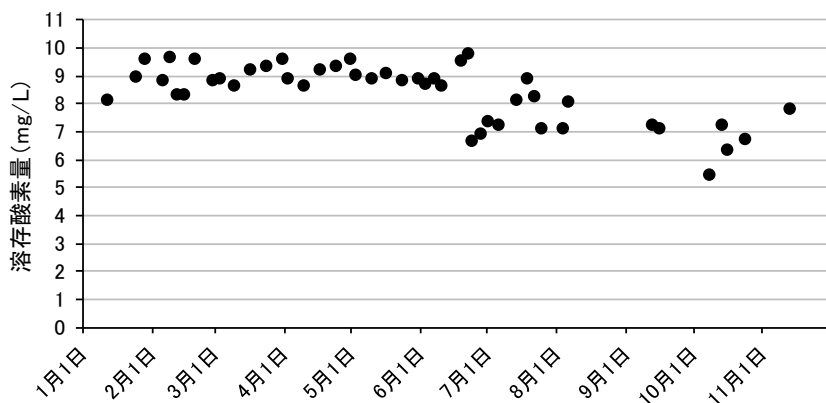


図 12. 佐井漁港内の溶存酸素量の推移

文 献

- 1) 鈴木亮・村松里美・高田偲帆・伊藤文雄・伊藤竜太（2022）マツカワの養殖技術開発事業．青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 2021 年度, 336-353.
- 2) 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状（2005）．北海道立水産試験場．
- 3) 中丸克也・中井敏博（2017）ビブリオ病．魚病研究, 52(3), 120-125.