

日本海

リサーチ & トピックス

2012年 8 月 第11号



博多港に停泊中の博多～釜山間の国際フェリー「ニューかめりあ」

編集 日本海区水産研究所



独立行政法人
水産総合研究センター

目 次

国際フェリーからの目視観測による対馬海峡の大型クラゲ分布 井口直樹・北島 聡 (資源環境部・生物生産グループ) 井桁庸介・渡邊達郎 (資源環境部・海洋動態グループ) 加藤 修 (資源環境部長)	3
給餌量によりS型, L型ワムシの生産効率の改善は可能か 小磯雅彦 (資源生産部 資源増殖グループ)	6
放置した精子の受精能力は保持できるか —サケ精子の劣化試験から— 北口裕一・戸叶 恒・水澤亮馬・福澤博明・飯田真也 (資源管理部)	9

表紙の解説

博多港に停泊中の博多～釜山間の国際フェリー「ニューかめりあ」

長さ170m, 総トン数2万トン, 速力23.5ノット。

「ニューかめりあ」の協力のもと, 対馬海峡を横断する大型クラゲ(エチゼンクラゲ)目視調査を2006年から現在まで行っている。この調査は日本海に流入する大型クラゲの分布状況を把握することにより, 大型クラゲの出現予測精度を向上させることを目的としている。

国際フェリーからの目視観測による 対馬海峡の大型クラゲ分布

井口直樹・北島 聡（資源環境部・生物生産グループ）
井桁庸介・渡邊達郎（資源環境部・海洋動態グループ）
加藤 修（資源環境部長）

はじめに

大型クラゲ（エチゼンクラゲ，写真1）は，傘径が2m近くに達することもある大型の根口クラゲである。本種は渤海から東シナ海北部にかけて分布しており，1900年代には時折（1920，1958，1995年など）日本海でも大量に出現していた。しかしながら2002年以降になると頻繁に夏～初冬に大量出現するようになり，定置網漁業などに大きな被害を与えている。

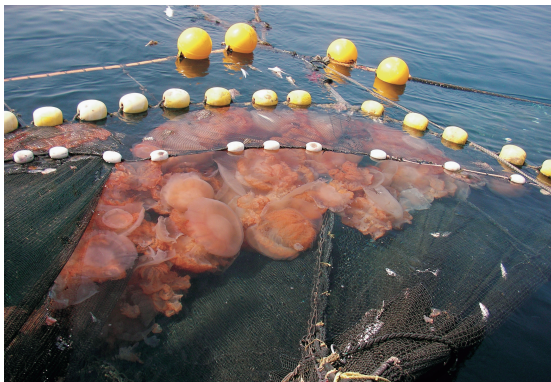


写真1 定置網に入網した大量の大型クラゲ

これらの大型クラゲは海流により黄海，東シナ海北部から対馬海峡を通り日本海へ輸送された個体であるため（Uye 2008），大量出現は，まず黄海，東シナ海北部で大型クラゲが大量に発生すること，そして海流により大量の個体が対馬海峡を通り日本海へ輸送される条件が重なった時に生じると考えられている。大型クラゲの詳しい発生水域は依然として不明であるが中国，韓国沿岸と想定されており，発生直後の量を調査することは難しい。一方，日本海への入口である対馬海峡の大型クラゲ分布を詳しく把握できれば，日本海沿岸各地への大型クラゲの到達日を予測して，漁業被害軽減のため有効に対策を講じることが可能となる（図1）。

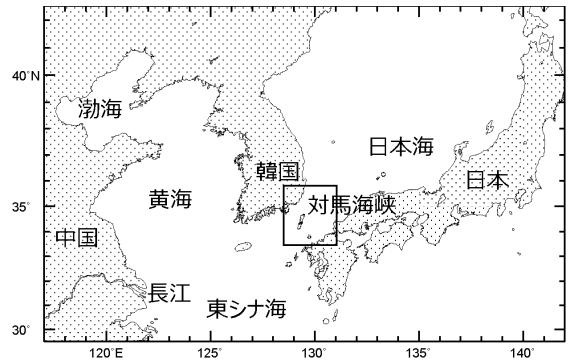


図1 対馬海峡の位置

本研究では，対馬海峡を横断する定期フェリーから大型クラゲの目視観測を実施した。フェリー目視観測は簡単な機材で短期間に行えることから，広範囲な分布把握や調査頻度を高めるのに適しており，フェリー目視によるクラゲ分布調査はアイリッシュ海（Bastian et al. 2011）や黄海，東シナ海でも行われている。

目視観測の方法

目視観測は2006～2011年の夏から秋にかけて2週間毎（年8～12回）にフェリー「ニューかめりあ」に乗船して実施した（図2）。

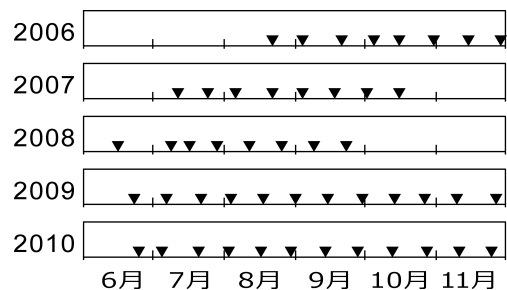


図2 各年の目視観測実施日

フェリー「ニューかめりあ」およびその先代フェリー「かめりあ」では，船底の超音波多層流向流速計を用いて航路上の流れが詳しく調べられ

てきた (Takikawa et al. 2005など)。このため、フェリー「ニューかめりあ」から目視をすることは、大型クラゲの目視結果と流れとの関係の分析を行う上で大きな有利性がある。フェリーは博多～釜山間の約210kmを時速約40kmで一日一往復しており、目視可能な昼の便 (博多12:30発、釜山18:00着) を利用した (図3)。

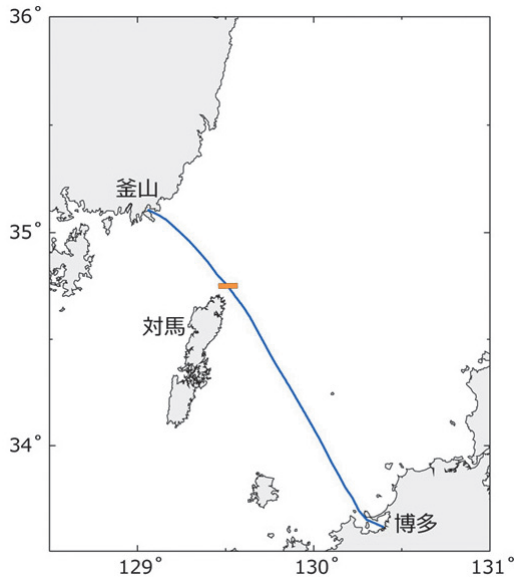


図3 「ニューかめりあ」航路図, オレンジ色で示した部分を対馬の位置とした。

2名の調査員が30分交代で海面20mの高さから目視し、舷側から15m幅を通過するクラゲを10分毎に集計した。GPSでフェリーの位置情報を取得し (図4), 10分間に進んだ距離から10,000㎡当たりの分布密度を計算した。



図4 フェリー「ニューかめりあ」, 客室テラス (黄色い丸) から目視。

対馬海峡を通過する大型クラゲは、ある程度大きく成長しており、体も透明でなくピンク～茶色なため裸眼で充分確認可能である。更に精度を増すために、雨、強風の場合は目視観測を延期し、光の海面反射の影響を避けるため、太陽を背にした位置から観測を行った。

また、目視観測の間隔は2週間であり、大型クラゲの初出現日を正確に把握するうえでは調査頻度が不足している。そこで対馬南端の豆岐崎定置網に初めて大型クラゲが入網した日を漁業情報サービスセンターの大型クラゲ出現情報から得て、対馬海峡での大型クラゲ初出現の指標とした。

大型クラゲ分布の傾向

大型クラゲの年間目視総数は2008年の出現無しから2009年の11,141個体まで大きく変化した (表1)。このような大型クラゲの大量出現やその変動についての原因は、現在のところ明らかになっていない。

表1 年別の目視総数

年	観測数	目視総数
2006	8	7,227
2007	8	848
2008	8	0
2009	12	11,141
2010	12	105

目視総数が多かった2006, 2007, 2009年では、夏に対馬海峡で初めて大型クラゲが確認された直後にその年の最大密度 (1回の観測の平均分布密度2.0～16.7個体/10,000㎡) を示し、すぐに減少した後、10月頃に量的には少ないが再び増加する傾向が見られた (図5)。一方、目視総数が少なかった2010年は夏の出現ピークは見られず、秋に少量の個体 (最大0.2個体/10,000㎡) が観察された。

おわりに

2006, 2007, 2009年に日本海では大型クラゲによる大きな漁業被害が発生しており、目視調査による目視総数と漁業被害の発生状況は密接に対応していた。国際フェリーを用いた目視観測は、日本海に流入する大型クラゲの多寡を的確に把握できるため、出現のピークがある夏の対馬海峡での出現状況を調査することにより、日本海への大型クラゲ流入の量的傾向の把握が可能である。

また、大型クラゲによる漁業被害を軽減するため、日本海区水産研究所では本フェリー目視調査やその他の調査結果を基に、日本海の流れを再現・予測する数値シミュレーションモデル（日本海海況予測システム：JADE）を用いた大型クラゲの分布・移動予測計算を実施している。

なお目視調査の結果は毎観測終了後にWebサイトで公開されている。ここでは紹介しきれなかった最新の結果や他のフェリー目視調査結果なども掲載しているのでぜひご覧いただきたい (http://jsnfr.fra.affrc.go.jp/Kurage/kurage_top.html)。

【引用文献】

Bastian T., Haberin D., Purcell J. E., Hays G. C., Davenport J., McAllen R., Doyle T. K., 2011: Large-scale sampling reveals the spatio-temporal distributions of the jellyfish *Aurelia aurita* and *Cyanea capillata* in the Irish Sea. *Marine Biology*, 158, 2639-2652.

Takikawa T., Yoon J., Cho K., 2005: The Tsushima Warm Current through Tsushima Straits estimated from ferryboat ADCP data. *Journal of Physical Oceanography*, 35, 1154-1168.

Uye S., 2008: Blooms of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai*: a threat to the fisheries sustainability of the East Asian Marginal Seas. *Plankton and Benthos Research*, 3, 125-131.

Yoon W. D., Yang J., Shim M. B., Kang H., 2008: Physical processes influencing the occurrence of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) around Jeju Island, Korea. *Journal of Plankton Research*, 30, 251-260.

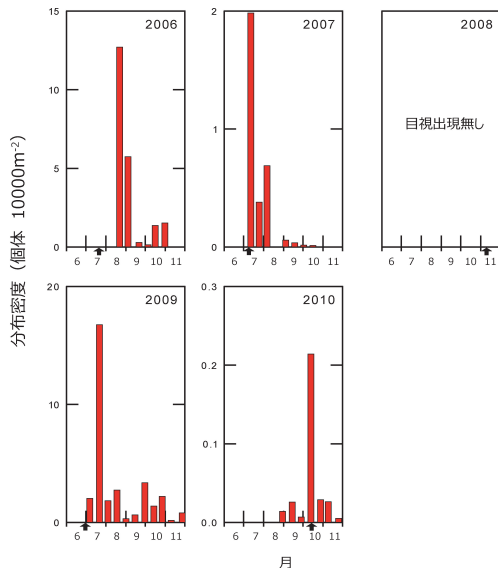


図5 観測毎の平均分布密度の季節変化。対馬南端の豆酸崎定置網にはじめて大型クラゲが入網した日を矢印で示した。グラフのスケールは年によってそれぞれ異なる。

対馬海峡での夏の出現ピークは、長江起源淡水の移動との密接な関係が指摘されている (Yoon et al. 2008など)。

水平分布をみると、対馬海峡西水道～対馬北東沖で密度が高かった (図6)。

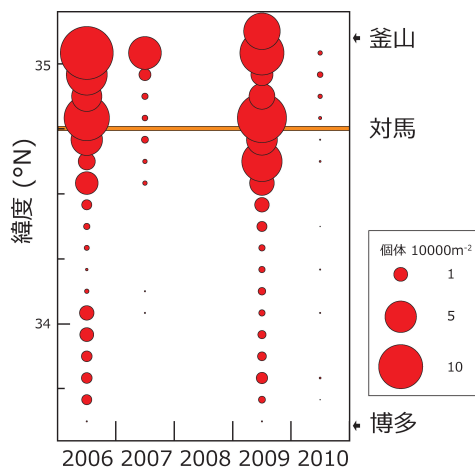


図6 緯度で示した年間平均の水平分布

対馬海峡西水道には対馬暖流主流域が分布しており、西水道における高密度域は対馬暖流によって日本海へ輸送されている大型クラゲを捉えたものと考えられる。一方、対馬北東沖の高密度域は、対馬の北東海域で形成される渦の影響を受けて、当海域に大型クラゲが滞留して高密度に分布した状況を反映したものだと考えられる (Takikawa et al. 2005)。

給餌量によりS型、L型ワムシの生産効率の改善は可能か

小磯雅彦（資源生産部 資源増殖グループ）

はじめに

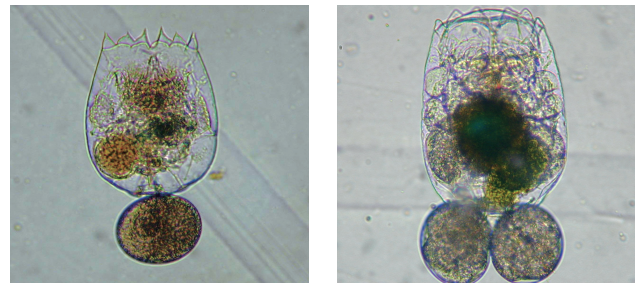
ワムシは、大きさが0.1~0.3mmの動物プランクトンで、海産魚の種苗生産において卵からふ化した仔魚に最初に与える必要不可欠な餌料である。ワムシの大量培養では、優れた培養用餌料や培養方式等が開発され普及したことで、培養の安定化に関する技術はほぼ確立されつつある。しかし、残された重要課題の1つである生産コストの低減につながる“生産効率の改善”に関する技術開発は遅れている。ワムシ培養では人件費を除いた経費の中で培養用餌料費が大部分を占めるため、生産効率の改善にはいかに少ない給餌量でより多くのワムシを生産できるかが重要なポイントとなる。

生産効率に関しては、餌料からワムシへの窒素転換効率が給餌量により19~27%の範囲で変化することが報告されている（Aoki and Hino 1996）。また、ワムシの培養用餌料については、従来はナンクロブシスやパン酵母、濃縮淡水クロレラ等が利用されていたが、近年はその中でも濃縮淡水クロレラが容易に入手できて使い勝手が良いことや品質が安定していること等から主餌料になりつつある（小磯 2007）。本稿では、市販の濃縮淡水クロレラの給餌量を変えてS型ワムシとL型ワムシを培養し、各培養での日間増殖率や給餌量あたりのワムシ生産率、生産コストをそれぞれ算出して、給餌量によるワムシの生産効率の改善の可能性を検討したので、それらの結果を紹介する。

異なる給餌量での培養実験

実験には、近年の種苗生産現場で主に利用されているS型ワムシ八重山株（携卵個体の背甲

長：185±9μm）とL型ワムシ奄美株（同：258±15μm）を用いた（写真1）。培養は、500L水槽を用いて水温25℃で、塩分26psuの条件で3日間の植え継ぎ式で行った。濃縮淡水クロレラの給餌量は、ワムシ1億個体に対してS型八重山株が0.1~0.6L/日の6段階、L型奄美株が0.3~1.0L/日の8段階とした。給餌はチューブ式定量ポンプを用いて連続的に行った。各培養での日間増殖率や給餌量あたりのワムシ生産率、生産コストを求めて比較検討した。なお、日間増殖率は、（前日からの増加ワムシ数）/（前日のワムシ数）×100で求めた。給餌量あたりのワムシ生産率は、各培養でのワムシ虫体や卵、給餌した濃縮淡水クロレラの乾物重量（表1）をそれぞれ求め、（純生産量の乾物重量）/（総給餌量の乾物重量）で算出した。一方、生産コストは、ワムシ1億個体生産に要する餌料費を指標として、濃縮淡水クロレラの単価（1L=575円）に基づき、（総給餌量の金額）/（純生産数（億単位））で算出した。



S型八重山株

L型奄美株

写真1 実験に供試したS型八重山株とL型奄美株

給餌量によりワムシの生産効率の改善は可能

日間増殖率は、両ワムシ共に給餌量の増加に伴って高くなり、S型八重山株では0.6L/日給餌

区が133.0%，L型奄美株では0.7L～0.9L/日給餌区が88.4～99.6%に達した（図1）。給餌量あたりのワムシ生産率は，S型八重山株では0.3L/日と0.4L/日の給餌区が0.39と0.42（100gの餌料で42gのワムシが生産される），L型奄美株では0.5L/日～1.0L/日の給餌区が0.25～0.31（最高値は0.7L/日給餌区の0.31）と高かった（図2）。一方，ワムシ1億個体生産に要する餌料費は，S型八重山株では0.1L～0.5L/日の給餌区が204～245円（最安値は0.4L/日給餌区の204円），L型奄美株では0.5L～0.9L/日給餌区が458～526円（最安値は0.8L/日給餌区の458円）と安価であった（図3）。

今回の実験条件では，給餌量によってS型八重山株ならびにL型奄美株共に，給餌量あたりのワ

ムシ生産率や生産コストが変化することがわかった（図2，3）。日間増殖率はS型，L型ワムシ共に給餌量の増加に応じて高くなったが，給餌量あたりのワムシ生産率や生産コストに優れる給餌量は，そのようにはならず，S型八重山では0.4L/日，L型奄美株では0.7L/日または0.8L/日とやや低い給餌量であった。種苗生産現場では，高増殖率を得るために高い給餌率でワムシ培養が行われることがあるが，その培養でのワムシ生産率や生産コストが優れているとはかぎらない可能性が示された。人間では腹八分目が理想的と言われているが，ワムシの場合もワムシ生産率や生産コストの改善にはこのことが当てはまるかもしれない。なお，今回，広範囲の給餌量においてワムシ増殖が認められたことから，ワムシには給餌量の

表1 S型八重山株，L型奄美株，濃縮淡水クロレラの乾物重量

		乾物重量
S型八重山株	卵	0.084～0.091 μg
	ワムシ虫体	0.161～0.170 μg
L型奄美株	卵	0.148～0.163 μg
	ワムシ虫体	0.251～0.276 μg
濃縮淡水クロレラ（1 mL）		0.143～0.147g

各サンプルの乾物重量は105℃-24時間で求めた。

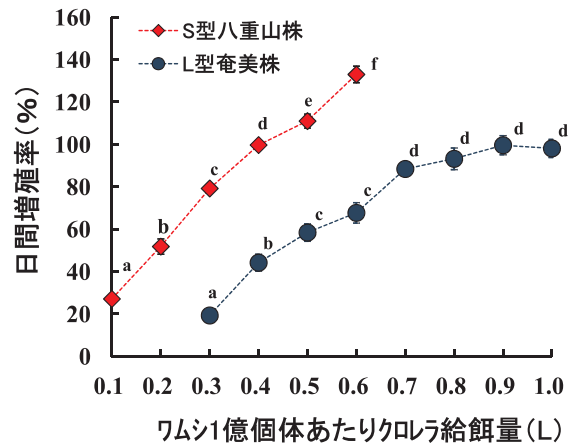


図1 異なる給餌量でのS型，L型ワムシの日間増殖率

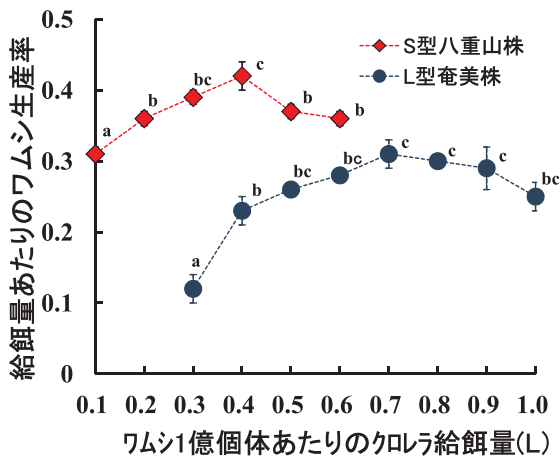


図2 S型，L型ワムシの給餌量あたりのワムシ生産率

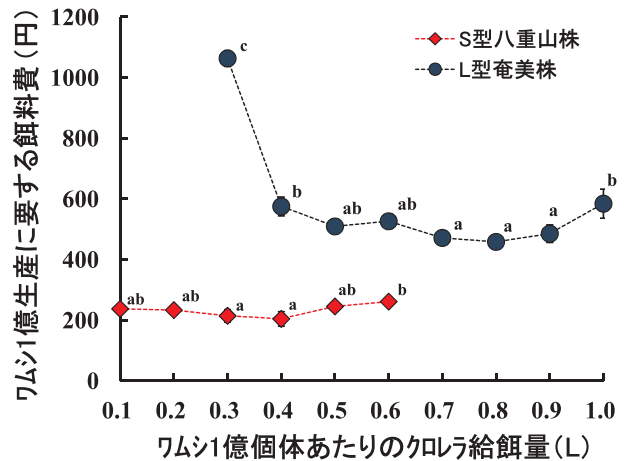


図3 S型，L型ワムシの1億個体生産に要する餌料費

多寡に対応する高性能な増殖調整機能があると推測される。この機能があることで、多少不適當な給餌量でもワムシは自身の増殖能を調整することでそれなりに増殖して培養が成立しているのではないかと想像される。

S型ワムシとL型ワムシの生産効率の違い

今回の培養条件下では、給餌量あたりのワムシ生産率がS型八重山株（最高値：0.42）はL型奄美株（同：0.31）より優れることがわかった。このことはS型八重山株がL型奄美株よりも培養水中に無駄に捨てられる有機物量が少なく、培養水の水質悪化が起これにくいことを意味している。一般的に、種苗生産現場ではS型ワムシはL型ワムシよりも培養しやすいことが経験的に知られているが、これには本実験で示された両ワムシの給餌量あたりのワムシ生産率の差違も関与しているかもしれない。また、生産コストは、ワムシ虫体や卵の乾物重量がS型八重山株はL型奄美株の約60%に留まり（表1）小さいこともあって、ワムシ1億個体生産に要する餌料費もS型八重山株はL型奄美株の約40%と安価であった。しかし、L型ワムシはS型ワムシにはない低温耐性やサイズの（栄養価も含む）な利点があるため、対象魚種や培養設備等によってはL型ワムシを選択することになる。この時に、L型ワムシは、S型ワムシより生産効率がやや劣ること、水質悪化が起これやすいこと、生産コストがかかること等を理解した上で培養を行う必要がある。

おわりに

ワムシは給餌した餌料以外も培養課程で発生する細菌等の微生物も食べるため（宇城，日野1989），本実験では微生物の影響をできる限り除くために3日間の短期間で実験を行った。培養日数が長期にわたる連続培養等では，細菌等の微生物が給餌量あたりのワムシ生産率や生産コストに影響を及ぼす可能性もあるため，その点への配慮も必要である。現在，ワムシ培養技術では，量的確保を目的とした安定化培養技術はほぼ確立されつつある。今後は，種苗生産現場から切望されている，給餌量あたりのワムシ生産率や生産コストに重点を置いた培養技術や，従来とは異なる形質（サイズや増殖能）を備えたワムシの作出技術，さらには微生物を含めた培養環境の制御や環境保全等に有効と思われる閉鎖循環式の培養技術等の開発に取り組み，ワムシ培養技術の高度化を進めなければならない。

【引用文献】

- Aoki S. and Hino A.,1996 : Nitrogen flow in chemostat culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Fisheries Science, 62, 8-14.
- 小磯雅彦, 2007 : ワムシ培養に関するアンケート調査結果 (2006年度). 栽培技研, 35, 63-71.
- 宇城正和, 日野明德, 1989 : シオミズツボワムシの微生物捕食とその意義. 海洋, 22, 20-27.

放置した精子の受精能力は保持できるか —サケ精子の劣化試験から—

北口裕一・戸叶 恒^{*1}・水澤亮馬・福澤博明^{*2}・飯田真也（資源管理部）

はじめに

本州日本海側のサケの人工増殖施設（ふ化場）では採卵室が狭くスペースが少ないため、親魚が屋外で放置され、採卵から採精までに時間を要することが多く、浮上率（供試卵に対する浮上した稚魚数の割合）が悪化している現状が見られる。

このことは、河川を横断して鉄、木材、竹および、塩化ビニールの格子で仕切って遡上してきた親魚を採捕する一括採捕より、日本海側の河川に多い投網や引っ掛け針で採捕する個人採捕の方が顕著である。

そこでさけます調査普及グループでは、体内に放置した精液と卵子を受精した場合（平間、平間ら 2009）、成熟卵を体外に出して放置した場合と成熟卵に精液を混ぜた卵を放置した場合（北口 2010）、サケ親魚を採捕した場所で採卵・媒精して卵を河川水で洗浄・吸水した場合（北口 2011）、それぞれにおいて、浮上率が90%以上を保持できたことから、親魚、卵、精子の取り扱いについて助言を行ってきた。しかし、これらの例では最長の放置時間は240分でそれ以上の場合の影響については不明であった。また現地ではさらなる時間延長につながる方法や作業の能率化の要望があり、体外に精子を放置した場合の浮上率がどのくらい保持できるかを検討した。

精子の劣化を調べる

2011年11月25日、新潟県村上市三面川サケ捕獲場で採捕され、目視と触感により成熟魚と判断された親魚を用いた。これらの親魚から精子を採取し、5.6~6.7℃の常温下に0分、30分、60分、120分、240分および360分放置し、放置時間毎に雌を取り上げて採取した卵にそれぞれ受精を行った。また、放置時間毎の室温を測定した。受精卵は吸

水後にふ化室に運搬して、湧水を注水している増収型アトキンス式ふ化槽に収容した。収容した供試卵は、浮上するまで定期的に死卵、死亡魚および、奇形魚を計数しながら除去し、実験終了時には浮上魚を計数して、浮上率と奇形率（供試卵に対する奇形魚の割合）を求めて比較した。

体外に出した精子はどのくらい長持ちするか

実験中の室温と浮上率を図1に示した。室温は、放置時間0分で5.6℃、放置時間360分で6.7℃であり、1.1℃上昇した。浮上率は、放置時間60分で97.9%、120分で98.5%、240分で97.2%、360分で92.8%になった。なお、放置時間0分および、30分の試験区の浮上率は、ふ化槽内の水回りの偏りから窒息死亡を引き起こしたため、除外した（図1）。

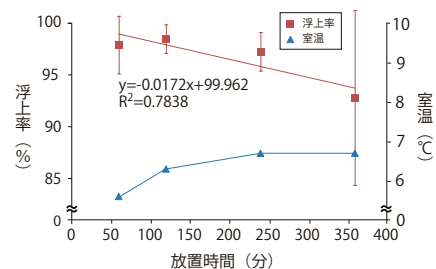


図1 放置時間に伴う室温と浮上率の変化

放置時間毎の減耗は供試卵に対する眼点が観察できない死卵の割合（以下、発眼前死卵率と記す）が0.5%から6.4%、供試卵に対する眼点が観察できる死卵の割合（以下、発眼後死卵率と記す）が0.3%から1.6%、供試卵に対する卵膜から頭部又は体側の一部を露出させてふ化の途上で死亡した割合（以下、ふ化途上死亡率と記す）が0.0%から0.2%、供試卵に対する仔魚で死亡した割合（以下、仔魚死亡率と記す）が0.0%から0.4%の範囲であった（図2）。

※1 現：北海道区水産研究所さけます資源部 ※2 現：水産庁増殖推進部栽培養殖課

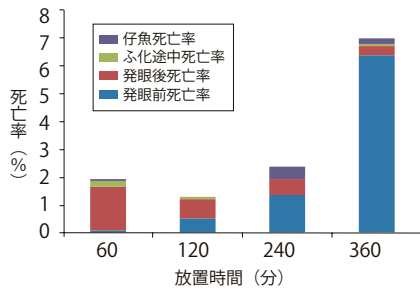


図2 放置時間別の死亡率の変化

そのなかでも発眼前死亡率に関しては、放置時間が長くなるにつれて、高くなる傾向が見られた(図3)。

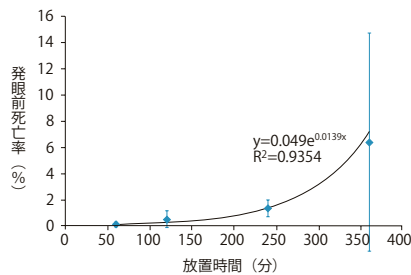


図3 放置時間と発眼前死亡率との関係

なお、発眼前死亡率が240分から360分にかけて急増しているが、この間の水温の変化はほとんど無いことから、精子の放置時間が発眼前死亡率の増加の原因と考えられる。

奇形率は0.20から0.41%で、放置時間との関連は見いだせなかった。特に多い奇形魚は発育が遅い個体であり0.09%、次いで、腹部に体液の貯溜が見られる個体で0.04%であった。なお、ふ化槽へ収容してから浮上までの水温は13.3~12.6℃であった。

精子の扱い方の提言

放置時間が長くなるにつれて、発眼前死亡率が高くなる傾向がみられ、放置時間240分までは1.3%以下だが、360分では6.4%となった。しかし、いずれの実験区においても平均浮上率は92.8%以上であり、技術開発の高位水準値と考えられる90%を上回った。高橋ら(2010)は、240分までは高い浮上率を保持できると報告しているが、さらに360分まで90%以上保持できることが確認できた。しかし、奇形については、発生割合は低

いものの、120分以上放置した場合に増加する傾向があることから、長時間の放置は避けるべきであろう。

おわりに

本実験は、精子の温度が比較的低い条件で行ったため、本州の早い産卵時期の高気温の場合には放置時間を短くする必要があるかもしれない。また、精子を分けて入れたプラスチック製の皿が浅いことや精子の量が少量だったことから、放置時は十分に酸素が供給されていたと考えられた。しかし、精子を大きな入れ物に入れて常温下に放置する場合には、酸素が十分に精子に行き渡らず酸素欠乏になることが懸念される。今後は、それぞれの場所に適した方法の検討や、さらなる時間延長のために、採捕場からふ化場への運搬時間について調べることも必要である。

今回の調査に対し、三面川鮭産漁業協同組合の須貝組合長、佐藤ふ化場長並びに職員の皆様に実験場所の提供や実験に多大なるご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を申し上げる。

【引用文献】

- 平間美信, 2009: オスを大事に扱えば受精成績は上がる - サケ精子の劣化試験から - . 日本海リサーチ&トピックス, 第4号, 10-11
- 平間美信, 宮内康幸, 戸叶恒, 清水勝, 2009: メスを冷やせば受精能力は保持できる - サケ卵の劣化試験から - . 日本海リサーチ&トピックス, 第5号, 10-11
- 北口裕一, 2010: 卵を出せば受精能力は保持できるのか - サケ卵の劣化試験から - . 日本海リサーチ&トピックス, 第7号, 12-13
- 高橋悟, 戸叶恒, 高橋史久, 伴真俊, 2010: 人工授精作業におけるサケ親魚や精子・卵の放置時間が仔魚の浮上率に与える影響. 水産技術, 2(2), 91-98
- 北口裕一, 2011: 河川水を利用することで、受精能力は保持できるのか - サケ卵の劣化試験から - . 日本海リサーチ&トピックス, 第9号, 3-4

編集後記

暑い中にも少しずつ秋の気配が感じられるようになってきましたが、皆様いかがお過ごしでしょうか。

今号では、昨年度の日本海区水産研究所における研究成果と、シリーズでお伝えしているサケの受精率向上のための取り組みについてご紹介しました。今年は、昨年、一昨年に比べると大型クラゲの出現量が多いようです。大型クラゲについては、今号に掲載したフェリーによる目視調査と、調査船によるネット採集などの調査で分布状況の把握を行っています。これらの調査と日本海海況予測システム（JADE）を用いた予測技術を組み合わせ、沿岸域での出現状況をより高精度で迅速に予測することで被害が軽減できるよう、日本海区水産研究所はこれからも研究開発に邁進していく所存です。

（日本海区水産研究所業務推進課長）

発行：独立行政法人水産総合研究センター

編集：独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所
〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22
電話：025-228-0451(代) FAX：025-224-0950
<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/>