

閉鎖循環システムを用いたズワイガニゾエア期の飼育

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 岳男, 藤本, 宏, 山田, 達哉, 高橋, 庸一, 山本, 義久 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014817

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



閉鎖循環システムを用いたズワイガニゾエア期の飼育

山本岳男^{*1}・藤本 宏^{*1}・山田達哉^{*1}・高橋庸一^{*1}・山本義久^{*2}

(*1 小浜栽培漁業センター, *2 屋島栽培漁業センター)

小浜栽培漁業センターでは、1984年からズワイガニの種苗生産試験に取り組んでおり、ゾエア期の飼育条件として飼育適水温¹⁾、餌料の系列²⁾と栄養強化手法³⁾、幼生の強制浮上方法⁴⁾および細菌感染症防除⁴⁾の必要性を明らかにしてきた。これらの成果により、2003年以降はメガロバまで数万尾単位の安定した量産が可能となった⁵⁾。しかし、現時点では、疾病防除の手法としてズワイガニでは認可されていないニフルスチレン酸ナトリウム⁶⁾（以下、NFS-Na）を実験的に用いている段階である。

そこで本試験は、薬剤に頼らない飼育手法の開発を目的として、外部からの新水が極めて少なく疾病等のリスクが軽減されることから、マダイ⁷⁾やトラフグ⁸⁾で使用実績のある閉鎖循環飼育システムを用いた飼育方法を検討した。また、閉鎖循環式の飼育で水中に残留してゾエアに影響すると考えられるアンモニア態窒素（以下、 $\text{NH}_3\text{-N}$ ）の毒性についても検討した。

材料と方法

アンモニアの毒性 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は、ガザミの24時間半数致死濃度である $4 \sim 8 \text{ mg} / \ell^{(9)}$ を目安に、0 (対照区)、1, 3, 6 および $9 \text{ mg} / \ell$ の5試験区とし、各区とも3ロットを設けた。試験期間は5日間とした。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 溶液は滅菌海水に工業用塩化アンモニウム(有効濃度99.5%。セントラル硝子)を溶解して作成した。飼育容器には1ℓの蓋付き透明ボトルを使用し、各容器にはふ化ゾエアを50尾ずつ収容した。飼育水温は温度勾配恒温器(MTI-202; EYELA)を用いて $14^\circ\text{C}^{(1)}$ で管理した。試験期間中は無換水、無給餌とし、試験開始時と終了時に $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度を測定(DR/2400; HACH)した。生残尾数は、毎日死亡個体をピペットで取り除いて収容尾数から引いて計数し、さらに試験終了時に全数取り上げて実数計数した。

閉鎖循環飼育システムの作製 閉鎖循環飼育システム
の模式図を図1に示した。システム⁷⁾は、飼育水槽

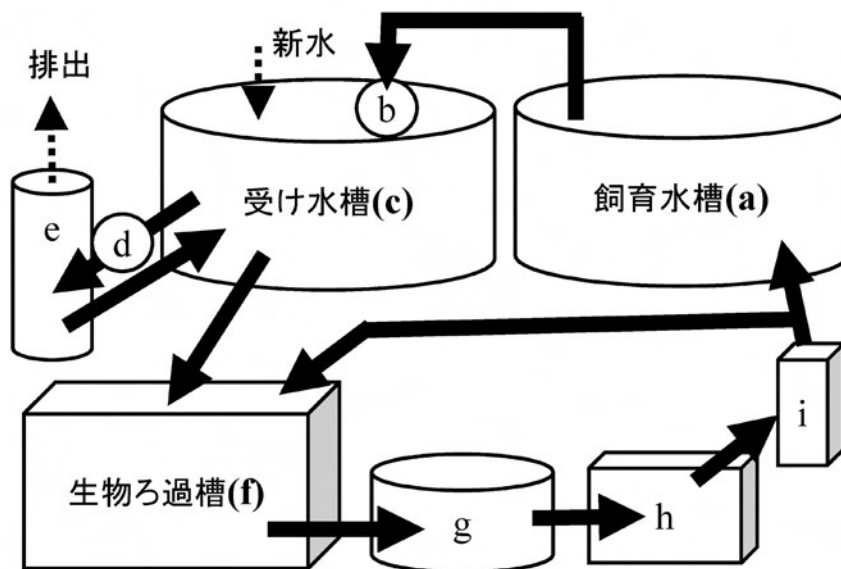


図1 閉鎖循環飼育システムの模式図

矢印は海水の流れを示す。

- 1) 飼育水槽 (a: 500 l) からの排水は、ナイロンネット (b: 目合い $63\mu\text{m}$) で残餌を回収して受け水槽 (c: 1 kl) へ。
- 2) 水中の汚濁物は、受け水槽から自給式ポンプ (d: 400W, 流量 120 l/分) で泡沫分離装置 (e) へ循環させて除去。
- 3) 受け水槽の海水は、生物ろ過槽 (f: 400 l) で硝化後、生物ろ過槽の受け水槽 (g), 海水冷加温ユニット (h), 紫外線殺菌装置 (i) を経由し、一部は飼育水槽へ注水され、残りは再度生物ろ過槽 (f) へ戻る。
- 4) 蒸発および泡沫分離装置 (e) からの排出で減少した水量は、受け水槽への注水により補充される。

(容量500ℓ), 受け水槽 (容量1ℓ), 泡沫分離装置 (400W 自給式ポンプで循環水量120ℓ/分; 栄和商事), 生物ろ過槽 (容量400ℓ), 生物ろ過槽の受け水槽 (容量180ℓ), 海水冷加温ユニット (200W 自給式ポンプ, 3kW 電気ヒーター内蔵, 冷却能力2,800kcal/時; 栄和商事) および紫外線殺菌装置 (フロンライザ2DL; 千代田工販) で構成される。生物ろ過槽には, ろ材として多孔質ソフトセラミック (フィルテック) およびサンゴ砂 (粒径約2~5mm) を容量200ℓずつ使用した。

ろ材の熟成 硝化細菌を増殖させるため, 2007年9月17日からろ材の熟成を開始した。熟成には閉鎖循環飼育システムの生物ろ過槽, 生物ろ過槽の受け水槽および海水冷加温ユニットを使用し, 生物ろ過槽の循環率は110回転/日とした。生物ろ過槽には, 硝化細菌の増殖を促進させるため塩化アンモニウムを10g/日添加した。水温は効率的に硝化細菌を増殖させるため, 熟成開始から95日目までは25℃とし, その後1℃/日の割合で低下して104日目以降はゾエア期の飼育水温である14℃¹⁾とした。なお, ろ材は, 熟成開始105日目に生物ろ過槽に塩化アンモニウムを60g添加してNH₃-N濃度が27.1mg/ℓから10時間後に0.3mg/ℓまで減少し, 十分な硝化能力が得られたのを確認後, 試験に使用した。

ふ化幼生の確保 試験に使用したふ化ゾエアは, 石川県漁協西海支所から購入した抱卵雌ガニから得た。親ガニの養成方法は既報¹⁰⁾に準じ, 飼育水槽は4ℓFRP水槽で, 水温は3℃とし, 餌には冷凍のアサリとオキアミを与えた。ふ化したゾエアは親ガニ養成水槽からオーバーフローで500ℓFRP水槽に設置したポリエチレンネット (目合い150目, 直径30cm, 深さ20cmの円柱形) に24時間かけて回収して, 浮上個体のみを使用した。

試験区の設定と試験期間 試験区は, 循環区, 流水区および対照区として薬浴区の3区設けた。循環区は閉鎖循環飼育システムを使用して薬浴を行わず, 流水区はろ過海水の掛け流し状態で薬浴なしとした。薬浴区は掛け流し状態でNFS-Na (有効濃度10%。水産用ニフルスチレン酸10%散「KMK」; 川崎三鷹製薬) を2mg/ℓ/週で添加した。試験は2008年と2009年に2回ずつ合計4回行い (試験1~4), 試験開始は, 試験1が2008年1月29日, 試験2が同3月4日, 試験3が2009年2月5日, 試験4が同3月6日とした。試験期間は, 非薬浴では第2齢ゾエア脱皮時にほぼ全滅する^{4,5)}ことから, 試験1~3では全数が第2齢ゾエアに脱皮するまでとした。試験4では全数がメガロバに脱皮するまでとし, 試験1~3の結果から生残状況が著しく悪い流水区は設けなかった。

飼育方法 飼育水槽として500ℓの透明ポリカーボネート水槽を各区1基使用し, ふ化ゾエアの収容数は各区5,000尾 (収容密度10尾/ℓ) とした。飼育水温は14℃¹⁾, 飼育水槽の換水率は1.5回転/日, 通気は水槽底の中央1ヶ所からエアストーンで行い, 通気量は600ml/分とした。幼生を強制浮遊させるため攪拌機を1回転/分⁴⁾で使用した。餌料として第1齢ゾエア期には栄養強化したL型ワムシ小浜株を10個体/mlと未強化の北米産アルテミアを0.5個体/mlの密度で併用し, 第2齢ゾエア期には栄養強化ワムシ10個体/mlと栄養強化アルテミア1個体/mlを併用して与えた²⁾。飼育水槽にはナンノクロロプシス (細胞密度100億細胞/ml。マリーナフレッシュ; マリーナバイオ) を飼育開始時に50ml添加し, その後は100万細胞/mlの密度で毎日添加した。

ワムシの栄養強化には500ℓのアルテミアふ化槽を用い, 水温16℃でユニホースからの強通気と6ℓ/分の酸素通気 (オージネーター600; 近畿酸素) を行った。ワムシの強化密度は1,000個体/ml以下で, ナンノクロロプシス500ml/ℓで24時間の強化を行い, 給餌前にDHA 14ml/ℓ (DHA70G; 日本科学飼料) とEPA28ml/ℓ (EPA28G; 日本科学飼料) で18時間の強化を行った³⁾。アルテミアは水温28℃, 24時間でふ化させた後, 水温22℃でマリンオメガ (2ℓ/ℓ。日清マリンテック) とパワッシュA (80ml/ℓ。オリエンタル酵母工業) で24時間の強化を行った。

環境測定 飼育環境として, 水温とpH (HM-20P, 東亜 DKK) を毎日測定した。三態窒素濃度としてNH₃-N, 亜硝酸態窒素 (NO₂-N) および硝酸態窒素 (NO₃-N) について, 試験1と2では毎日, 試験3と4では週に2回測定した (DR/2400; HACH)。

生残数の推定 生残尾数の推定は, 5日毎に浮上尾数と沈下尾数を合計して求めた。浮上個体は透明の亚克力パイプ (φ30mm) で水槽の5箇所から合計約2ℓを採水し, 容量法で計数した。沈下個体は水槽底面に記した2.5cm角のマス目を目印にして75マス (5×5マス×3カ所) に分布する幼生を亚克力パイプ採集し, 底面積 (約0.75m²) との比で計数した。なお, 試験終了時には生残個体を実数計数した。

結 果

アンモニアの毒性 毒性試験の結果を表1に示した。NH₃-N濃度1~9mg/ℓで5日間飼育したふ化ゾエアの生残率は, いずれの区も94%以上で対照区に比べて生残率の低下はなく (χ^2 検定, $p>0.05$), 9mg/ℓ以下の濃度でNH₃-Nに対する毒性は見られなかった。

表1 ズワイガニのふ化ゾエアに対するアンモニア態窒素5日間の毒性

試験区		NH ₃ -N濃度(mg/l)		供試尾数 (尾)	生残率 (%)
		開始時	終了時		
対照区	1	0.00	0.00	50	94.0
	2	0.00	0.00	50	100.0
	3	0.00	0.00	50	98.0
1mg/L区	1	0.96	0.99	50	100.0
	2	0.97	0.95	50	100.0
	3	0.95	1.04	50	100.0
3mg/L区	1	3.20	3.20	50	100.0
	2	3.20	3.10	50	96.0
	3	3.30	3.30	50	100.0
6mg/L区	1	6.70	6.20	50	98.0
	2	6.50	6.20	50	98.0
	3	6.60	6.00	50	100.0
9mg/L区	1	9.70	9.10	50	100.0
	2	9.70	9.30	50	96.0
	3	9.70	9.00	50	94.0

*各試験区のロット間および試験区間の生残率に有意差無し($p>0.05$, χ^2 検定)

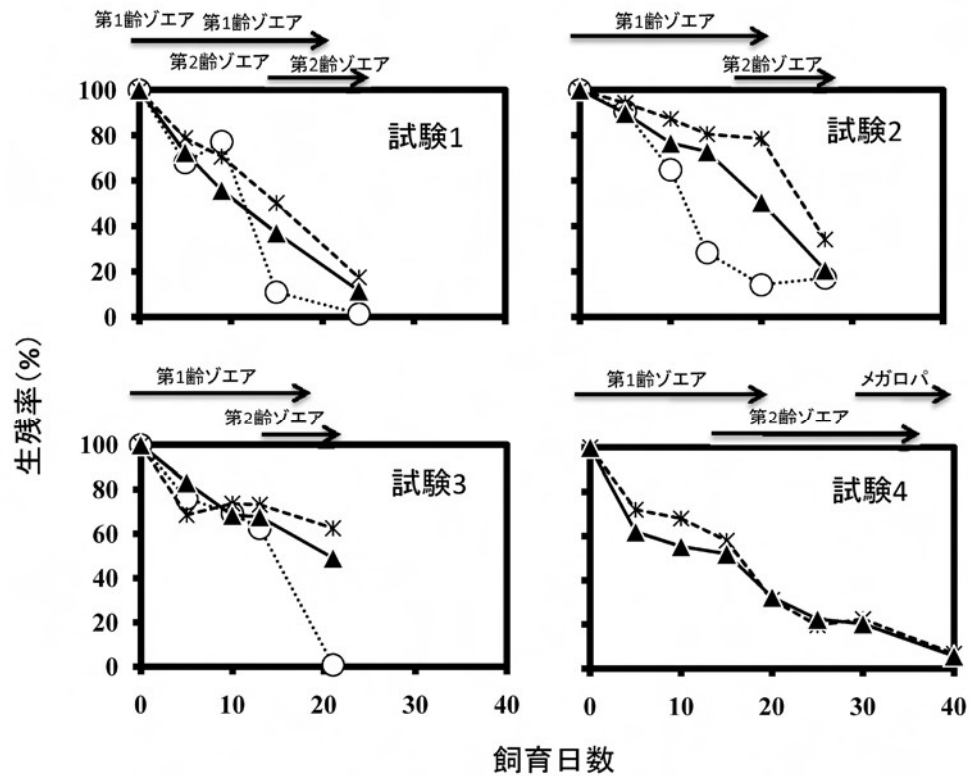


図2 ズワイガニゾエア期の種苗生産試験における生残率の推移

図の矢印は、各齢期の出現期間を示す。

○流水区 *薬浴区 ▲循環区

表2 500ℓ水槽を用いたズワイガニゾエア期の種苗生産試験の結果概要

試験 No.	試験区	Z ₁ 収容尾数(尾)	試験期間 (日)	飼育水温(℃)		生残尾数(尾)		生残率(%)		
				平均±SD	範囲	Z ₂	M	Z ₁ ~Z ₂	Z ₁ ~M	Z ₂ ~M
1	流水区	5,000	24	13.5±0.2	13.2~13.9	73	-	1.5	-	-
	薬浴区	5,000	24	14.1±0.3	13.6~14.5	872	-	17.4	-	-
	循環区	5,000	24	14.0±0.3	13.3~14.7	576	-	11.5	-	-
2	流水区	5,000	27	13.6±0.4	13.0~14.6	858	-	17.2	-	-
	薬浴区	5,000	27	13.7±0.3	13.0~14.1	1,706	-	34.1	-	-
	循環区	5,000	27	13.9±0.4	12.7~14.6	1,034	-	20.7	-	-
3	流水区	5,100	21	13.5±0.4	12.6~14.2	45	-	0.9	-	-
	薬浴区	5,200	21	13.7±0.2	13.5~14.4	3,106	-	59.7	-	-
	循環区	5,300	21	13.8±0.4	13.4~15.0	2,511	-	47.4	-	-
4	薬浴区	5,000	40	13.7±0.6	12.1~15.7	1,560	335	31.2	6.7	21.5
	循環区	5,000	40	13.4±0.4	13.4~15.6	1,620	287	32.4	5.7	17.7

Z₁:第1齡ゾエア, Z₂:第2齡ゾエア, M:メガロバ

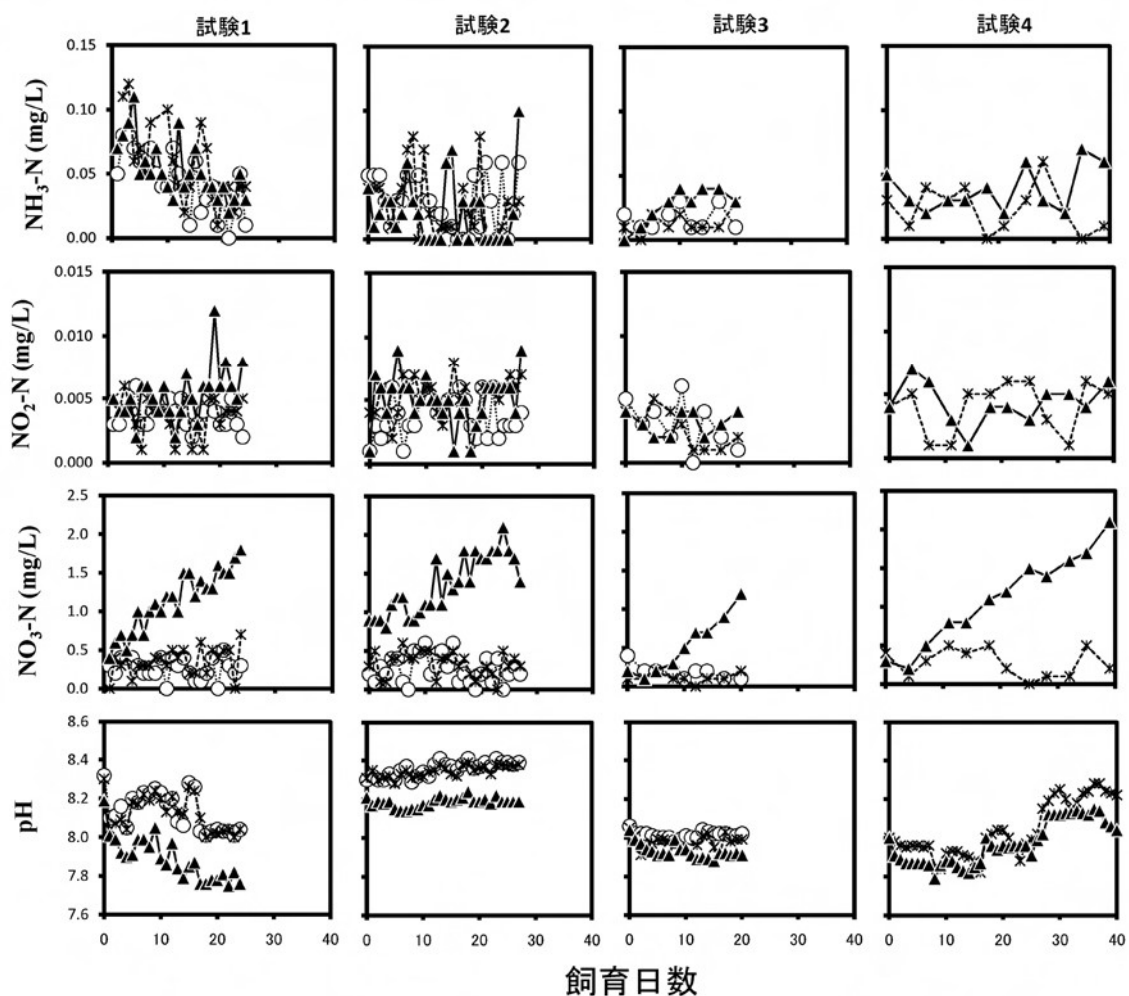


図3 500ℓ水槽を用いたズワイガニゾエア期の種苗生産試験における三態窒素濃度およびpHの推移
○流水区 *薬浴区 ▲循環区

種苗生産試験 試験1～4の結果を表2と図2に示した。全個体が第2齢ゾエアおよびメガロパに脱皮した時点の生残率(表2)は、試験1～3で薬浴区(17～60%)>循環区(11～47%)>流水区(1～17%)、試験4で循環区(32%)≒薬浴区(31%)となり、循環区で薬浴区に次ぐ高い生残が得られた。メガロパの生残率(試験4)は薬浴区(7%)≒循環区(6%)であった。循環区におけるゾエアの減耗(図2)は流水区と比較すると緩やかで、両区の生残には試験開始14～15日目以降(試験1, 2)、または21日目以降(試験3)に顕著な差が見られた。一方、循環区の生残を薬浴区と比較すると、試験1～4ともに循環区が薬浴区より低く推移することがほとんどであったが減耗傾向に顕著な違いは見られなかった。

各試験区における飼育環境(表2)は、試験4では自然水温が高かったために飼育水温が16℃近くまで上昇したが、試験1～4ともに当初の計画通り平均14℃を維持できた。試験1～4の三態窒素濃度およびpHの推移を図3に示した。循環区のNH₃-NとNO₂-N濃度はほぼ一定で流水区および薬浴区と顕著な違いは見られず、NH₃-N濃度は0.12mg/ℓ以下と低い値であった。循環区のNO₃-N濃度とpHは流水区および薬浴区と異なり、NO₃-N濃度は飼育日数の経過に伴い上昇傾向を示し、pHは試験期間を通じて低くかった。

考 察

本試験では、飼育試験に先立ってゾエアへのNH₃-N耐性を調べたが、NH₃-N濃度9mg/ℓでもゾエアの生存に影響がないことが判った。閉鎖循環式飼育システムはマダイ⁷⁾やトラフグ⁸⁾の飼育に用いられているが、飼育生物に有害なNH₃-NおよびNO₂-N濃度は流水飼育よりも高く、さらにpHが低下することが知られている。しかし、本試験の循環飼育ではNH₃-N、NO₂-N濃度ともに顕著な増加は見られず、またpHについても最も低下した試験1の循環区でも生残は薬浴区と顕著な差がなかったことから、水温が低く摂餌量も少ないズワイガニの循環飼育では、飼育環境はゾエアの生残に悪影響を及ぼす範囲はないと考えられた。

安定したゾエア期の飼育には、ビブリオ属細菌への感染防除¹¹⁾のためNFS-Naの添加が不可欠であったが^{4,5)}、本試験で用いた閉鎖循環飼育システムでは、第2齢ゾエアまでNFS-Na添加に次ぐ生残が得られた。また、第2齢ゾエア期以降でも、生残向上の効果が得られる可能性が示された。このことから、閉鎖循環飼育はズワイガニ種苗生産の手法として有効である

と考えられ、今後さらに検討を進めたい。

文 献

- 1) 小金隆之・浜崎活幸・野上欣也(2005)ズワイガニ幼生の生残と発育日数に及ぼす水温の影響. 日水誌, 71, 161-164.
- 2) 小金隆之・團 重樹・浜崎活幸(2010)ズワイガニ幼生の生残と脱皮・成長に及ぼす餌料密度と餌料系列の影響. 水産増殖, 58, 357-362.
- 3) 小金隆之・團 重樹・浜崎活幸(2009)ズワイガニ幼生の生残と脱皮・成長に及ぼすn-3高度不飽和脂肪酸の影響. 日水誌, 75, 1004-1010.
- 4) 小金隆之・浜崎活幸・團 重樹(2007)ズワイガニ種苗生産における飼育水の攪拌と薬浴による生残率の向上. 日水誌, 73, 226-232.
- 5) Kogane T, S Dan, and K Hamasaki (2007) Improvement of larval rearing technique for mass seed production of snow crab *Chionoecetes opilio*. Fish. Sci., 73, 851-861.
- 6) 農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課(2009)水産用医薬品の使用について第22報.
- 7) 鴨志田正晃・山崎英樹・山本義久(2006)閉鎖循環システムを用いたマダイの種苗生産. 栽培技研, 33, 67-76.
- 8) 荒井大介・小金隆之・西郷晃一(2009)閉鎖循環飼育システムを用いたトラフグ種苗生産での低塩分条件の有効性. 栽培漁業センター技報, 9, 24-26.
- 9) 安信秀樹・永山博敏・檉 秀隆(2001)pH9.25で飼育した時のガザミ幼生の生残に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 49, 181-184.
- 10) 森田哲男・野上欣也(2003)養成環境下におけるズワイガニ雌ガニの産卵とふ化. 栽培技研, 31, 5-9.
- 11) 森田哲男・小金隆之(2005)ズワイガニ種苗生産試験における薬浴による飼育水の細菌数の動態. 栽培漁業センター技報, 3, 57-60.