

## 石詰め型生簀「養殖礁」と陸上屋内水槽における クロアワビの比較養殖

滝尾健二<sup>1</sup>・安藤和人<sup>2</sup>・川辺勝俊<sup>3</sup>・駒澤一朗<sup>2</sup>・杉野 隆<sup>4</sup>・有馬孝和<sup>1</sup>

### Difference of growth and recovery of disk abalone *Haliotis discus discus* breeding between in the cage at natural waters and indoor tank

Kenji TAKIO, Kazuto ANDO, Katsutoshi KAWABE, Ichiro KOMAZAWA,  
Takashi SUGINO and Takakazu ARIMA

著者らは、伊豆諸島に適した新たなアワビ類養殖技法の開発を目的として、伊豆大島差木地漁港内に造成した開放性の人工礁にクロアワビ稚貝を放流し、これに配合飼料を給餌しながら育成する粗放的な養殖を試みた。その結果、回収率および成長の面で、天然海域に稚貝を放流した場合に対する優位性は認められなかった(滝尾ら 2009a)。

そこで今回は、天然石を詰めた閉鎖性の生簀(以下「養殖礁」と称する)を用い、配合飼料を給餌しながら天然海域でのクロアワビ稚貝の養殖を行い、陸上屋内水槽での養成との比較を行ったので報告する。

#### 材料と方法

**実験区の設定** 実験は、漁港内の海底に設置した養

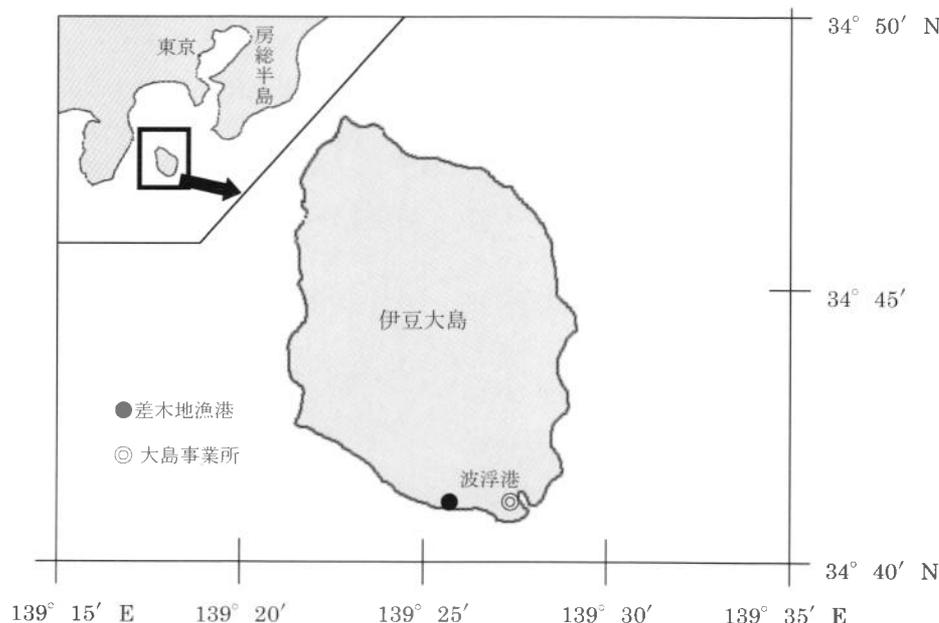


図1 伊豆大島および差木地漁港、大島事業所の位置

- 1 東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所 〒100-0212 東京都大島町波浮港18
- 2 東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所 〒100-1511 東京都八丈町三根4222
- 3 東京都小笠原水産センター 〒100-2101 東京都小笠原村父島清瀬
- 4 東京都葛西臨海水族園 〒134-8587 東京都江戸川区臨海町6-2-3

殖礁区、およびこれと比較するための陸上屋内水槽区で並行して行なった。

養殖礁は、伊豆大島南部に位置する差木地漁港(図1)内に設置した。設置場所は、同漁港のコンクリート岸壁から約2m離れた砂地の海底(水深約3m)で、滝尾ら(2009b)と同じ仕様の養殖礁を1基設置した(図2)。また、海底への設置は、クレーンを用いておこない、設置後、礁内に差木地漁港内海底の長径約20~30cm大の転石を詰めた。養殖礁周辺環境については、滝尾ら(2009a)に記述した。なお、陸上屋内水槽は、伊豆大島波浮港に隣接する東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所(以下大島事業所と記す)内のFRP製流水水槽(アースKF-250 L218×W65×H16.5cm, 実容積0.23m<sup>3</sup>, 換水量125回転/日)を使用した。

**供試貝** 供試貝は、東京都栽培漁業センターにおいて2000年11月および2001年11月に人工採苗し、2002年8月までは同センター内の巡流水槽で、以降2002年11月の実験開始までは大島事業所内のFRP製流水水槽で養成したクロアワビ1歳貝および2歳貝を用いた。

**養成方法** 各実験区に用いたクロアワビ供試貝の選別と測定は2002年11月5日に行い、同日を実験開始日とした。供試貝の放養数は、養殖礁区が1歳貝(平均殻長23.4mm, 平均体重2.0g)と2歳貝(平均殻長43.4mm, 平均体重10.9g)各々280個体とした。また、陸上屋内水槽区は1歳貝(平均殻長23.5mm, 平均体重1.9g)と2歳貝(平均殻長43.3mm, 平均体重11.3g)各々33個体とした(表1, 2)。なお、米山ら(1989)にならい、全ての供試貝の呼吸孔にはステンレス製の針金を結び、これに年齢群別に異なった色のビニールチューブを付けて、年齢が容易に識別できるようにした。供試貝は、測定後、大島事業所内のFRP製流水水槽へ戻し、15日後の11月20日に各実験区へ放養



図2 養殖礁の水中写真

した。また、陸上屋内水槽区の供試貝は、波型シェルター(外寸L50×W36cm, 厚さ0.3cm)を沈めたトリカルネット製のカゴ(L50.5×W39.5×H13cm, 目合7.5mm, 水深9cm)内で養成した。なお、供試貝の収容密度は、養殖礁区、陸上屋内水槽区ともにカゴ底面積に対し331個/m<sup>2</sup>とした。

養殖礁区へは、週3回(月, 水, 金曜日)配合飼料(日本農産あわび3号N)を与えた。日間給餌量は、2002年11月5日から2003年2月17日までは実験開始時の供試貝総重量の約5.0%に相当する180g, 2月18日以降は後述の測定結果をふまえ、270~360gの範囲で調整した(表3)。給餌は滝尾ら(2009b)と同様、陸上からおこない、養殖礁の蓋とコンクリート岸壁を結んだガイドロープに通した筒状ネットを介して、養殖礁内部に投入した。

陸上屋内水槽区への給餌も週3回(月, 水, 金曜日)行い、養殖礁区に使用したのと同じ配合飼料を、次の給餌日に残餌が出るように飽食させた。なお、陸上屋内水槽区では、週に3回清掃した。

**測定方法** 供試貝の測定は、養殖礁区、陸上屋内水槽区ともに約1~4ヶ月ごとに合計16回おこなった。測定日は表1, 2に示すとおりで、原則として両実験区とも同日におこなった。測定項目は、実験開始時と終了時は殻長と体重、その他の測定日は殻長のみとした。養殖礁区では無作為に選んだ50個体、陸上屋内水槽区では全個体の殻長を測定して、測定後は速やかに各実験区へ戻した。また、実験開始から210日目の2003年6月3日、395日目の12月5日には生残個体数を調べた。

なお、2004年10月21日に伊豆大島に接近した台風23号による波浪の影響で、大量の砂が養殖礁周辺に堆積した。これにより、養殖礁が海底から約30cmの高さまで埋没したため、10月25日に生残個体および死殻を回収して、大島事業所内水槽へ収容し、11月2日に生残貝の殻長、体重と、死殻の殻長を測定して実験を終了した。

**実験区内の環境** 水温は、養殖礁区についてはメモリー式の水温計(アレック電子社製 compact-CT)、陸上屋内水槽区はデジタル温度計(村山電気 Handy Thermo D-54)を用いて測定した。また、供試貝の測定日には目視観察により養殖礁内における生物の生息状況を確認した。

## 結果

各測定日における生残個体数、生残率および供試貝

表1 クロアワビ1歳貝の測定日ごとの生残率, 平均殻長, 平均体重

測定年月日	養殖礁区				陸上屋内水槽区			
	個体数	生残率 (%)	平均殻長 ±標準偏差 (mm)	平均体重 ±標準偏差 (g)	個体数	生残率 (%)	平均殻長 ±標準偏差 (mm)	平均体重 ±標準偏差 (g)
2002.11. 5	280	100.0	23.4 ± 2.5	2.0 ± 0.7	33	100.0	23.5 ± 1.9	1.9 ± 0.4
2002.12.18			27.5 ± 2.9				25.8 ± 2.6	
※ 2003. 1.20, ※※ 1.31			※※ 33.6 ± 2.8				※ 27.9 ± 3.0	
2003. 2.17			35.5 ± 3.1				29.4 ± 3.2	
2003. 3.18			40.2 ± 4.2				31.3 ± 3.6	
2003. 4.23			46.9 ± 4.0				33.9 ± 4.0	
2003. 6. 3	219	78.2	50.7 ± 4.8		33	100.0	36.9 ± 4.5	
2003. 7.23			54.3 ± 4.6				38.1 ± 4.5	
2003. 9.25			56.6 ± 5.7				39.9 ± 5.3	
2003.11. 5			58.5 ± 4.9				40.7 ± 5.5	
2003.12. 5	202	72.1	58.6 ± 5.1		31	93.9	41.5 ± 5.7	
2004. 1.20			62.7 ± 5.2				44.1 ± 6.2	
2004. 3. 3			67.6 ± 4.9				46.1 ± 6.7	
2004. 4. 9			68.9 ± 6.0				48.8 ± 7.3	
2004. 8.11			73.1 ± 7.6				52.1 ± 7.7	
2004.11. 2	48	17.1	73.9 ± 4.5	52.3 ± 10.0	27	81.8	53.4 ± 6.3	20.4 ± 6.2

※, ※※養殖礁区は2003年1月20日, 陸上屋内水槽区は2003年1月31日における測定値

表2 クロアワビ2歳貝の測定日ごとの生残率, 平均殻長, 平均体重

測定年月日	養殖礁区				陸上屋内水槽区			
	個体数	生残率 (%)	平均殻長 ±標準偏差 (mm)	平均体重 ±標準偏差 (g)	個体数	生残率 (%)	平均殻長 ±標準偏差 (mm)	平均体重 ±標準偏差 (g)
2002.11. 5	280	100.0	43.4 ± 3.1	10.9 ± 2.4	33	100.0	43.3 ± 3.9	11.3 ± 2.6
2002.12.18			45.3 ± 3.6				45.3 ± 3.1	
2003. 1.20, ※ 1.31			※※ 50.2 ± 3.9				※ 48.4 ± 3.6	
2003. 2.17			53.9 ± 4.9				50.3 ± 4.0	
2003. 3.18			57.1 ± 5.9				52.0 ± 4.4	
2003. 4.23			62.3 ± 5.6				54.0 ± 4.8	
2003. 6. 3	241	86.1	65.5 ± 7.7		30	90.9	56.4 ± 5.0	
2003. 7.23			66.4 ± 7.1				57.7 ± 5.0	
2003. 9.25			67.9 ± 7.2				59.1 ± 5.2	
2003.11. 5			69.9 ± 6.2				59.8 ± 4.6	
2003.12. 5	224	80.0	70.9 ± 7.0		28	84.8	60.1 ± 5.1	
2004. 1.20			72.4 ± 6.3				62.3 ± 4.5	
2004. 3. 3			76.7 ± 7.5				64.0 ± 5.0	
2004. 4. 9			80.5 ± 7.3				66.4 ± 5.3	
2004. 8.11			85.2 ± 6.2				69.2 ± 6.0	
2004.11. 2	40	14.3	82.2 ± 6.8	77.3 ± 18.9	27	81.8	69.9 ± 4.5	42.6 ± 7.1

※, ※※養殖礁区は2003年1月20日, 陸上屋内水槽区は2003年1月31日における測定値

表3 養殖礁区および陸上屋内水槽区への配合飼料の日間給餌量

期間	給餌量 (g)	
	養殖礁区	陸上屋内水槽区
2002.11. 5 - 2003. 2.17	180	飽食量
2003. 2.18 - 2003. 6. 3	270	〃
2003. 6. 4 - 2003.11. 5	360	〃
2003.11. 6 - 2003.12. 5	317	〃
2003.12. 6 - 2004. 3. 3	313	〃
2004. 3. 4 - 2004. 4. 9	321	〃
2004. 4.10 - 2004.11. 2	283	〃

の平均殻長, 平均体重を表1, 2に示した。

**生残率** 1歳貝: 養殖礁区および陸上屋内水槽区の生残個体数, 生残率は, 実験開始210日目では, それぞれ219個体, 78.2%および33個体, 100%であった。395日目では, それぞれ202個体, 72.1%および31個体, 93.9%であった。また, 720日目の2004年10月25日には, 台風23号の影響で養殖礁内に堆積した砂を手作業により除去しながら供試貝の回収作業をおこない, 95個の死貝殻と48個体の生残貝を回収した。

実験終了時の728日目の生残個体数、生残率はそれぞれ48個体、17.1%および27個体、81.8%であった。

2歳貝：養殖礁区および陸上屋内水槽区の生残個体数、生残率は、実験開始210日目では、それぞれ241個体、86.1%および30個体、90.9%であった。395日目では、それぞれ224個体、80.0%および28個体、84.8%であった。720日目には、1歳貝同様に供試貝の回収作業をおこない、123個の死貝殻と40個体の生残貝を回収した。実験終了時の728日目の生残個体数、生残率はそれぞれ40個体、14.3%および27個体、81.8%であった。

**殻長の推移** 各測定日における供試貝の平均殻長を表1、2に示した。

1歳貝：養殖礁区および陸上屋内水槽区の供試貝の平均殻長は、実験開始時は、前者23.4mm、後者23.5mmであり、両区間に有意差は認められなかった( $t$ 検定,  $p > 0.05$ )。しかし、2002年12月18日以降実験終了時まで、養殖礁区の平均殻長は陸上屋内水槽区を有意に上回り( $t$ 検定,  $p < 0.01$ )。実験終了時には、養殖礁区73.9mm、陸上屋内水槽区53.4mmと、実験開始からの成長量(養殖礁区50.5mm、陸上屋内水槽区29.9mm)で前者が後者の約1.7倍であった。また、720日目に養殖礁区より回収した死貝殻の平均殻長は、74.8mmであった。

2歳貝：養殖礁区および陸上屋内水槽区の供試貝の平均殻長は、実験開始時には、前者43.4mm、後者43.3mmであり、両区間に有意差は認められなかった( $t$ 検定,  $p > 0.05$ )。しかし、2003年1月20日以降、実験終了時までの期間では、養殖礁区の平均殻長は陸上

屋内水槽区を有意に上回り( $t$ 検定,  $p < 0.01$ )。実験終了時には、養殖礁区82.2mm、陸上屋内水槽区69.9mmと、実験開始からの成長量(養殖礁区38.8mm、陸上屋内水槽区26.6mm)は前者が後者の約1.5倍であった。また、2004年10月25、26日に養殖礁区より回収した死貝殻の平均殻長は、84.7mmであった。

なお、供試貝の貝殻の成長部分は、養殖礁区は褐色であったのに対し陸上屋内水槽区は緑色であり、実験区間で違いが認められた。

**体重の推移** 1歳貝：養殖礁区および陸上屋内水槽区の平均体重は、実験開始時には前者2.0g、後者1.9gであり、両区間に有意差は認められなかった( $t$ 検定,  $p > 0.05$ )。しかし、実験終了時には、養殖礁区52.3g、陸上屋内水槽区20.4gであり、有意差が認められた( $t$ 検定,  $p < 0.01$ )。実験開始からの増重量(養殖礁区50.3g、陸上屋内水槽区18.5g)は前者が後者の約2.7倍であった。

2歳貝：養殖礁区、および陸上屋内水槽区の平均体重は、実験開始時には、前者10.9g、後者11.3gであり、両区間に有意差は認められなかった( $t$ 検定,  $p > 0.05$ )。しかし、実験終了時には、養殖礁区77.3g、陸上屋内水槽区42.6gであり、有意差が認められ( $t$ 検定,  $p < 0.01$ )。実験開始からの増重量(養殖礁区66.4g、陸上屋内水槽区31.3g)は前者が後者の約2.1倍であった。

**水温および養殖礁内で確認された生物** 実験期間中の水温の推移を図3に示した。養殖礁区の最低水温は2004年2月中旬に観測された13.5℃、最高水温は2004年9月中旬に観測された27.1℃、平均水温

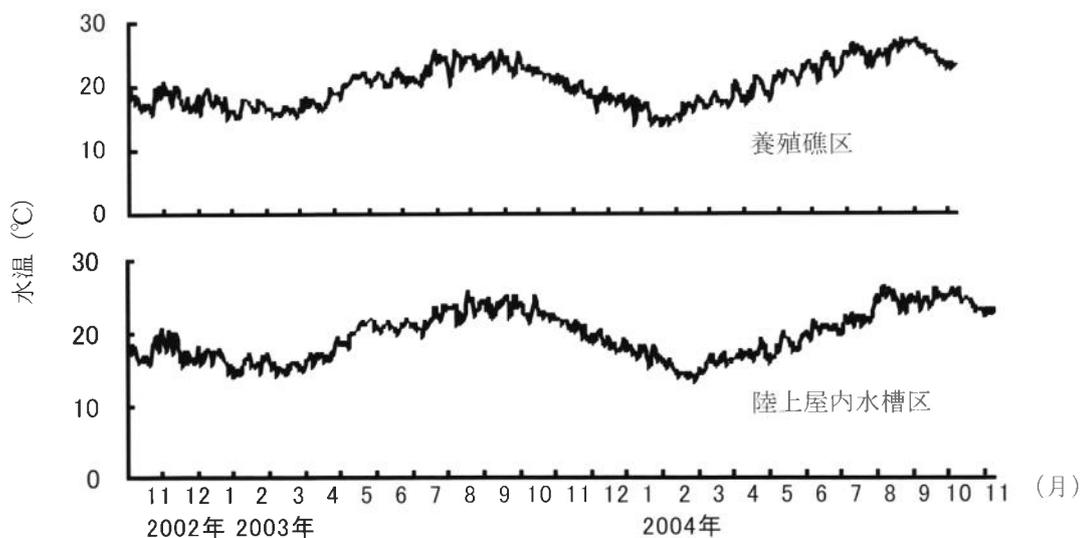


図3 各実験区水温の推移

は20.0℃であった。一方、陸上屋内水槽区の最低水温は2004年2月下旬に観測された13.5℃、最高水温は2004年8月上旬に観測された26.4℃、平均水温は19.6℃であった。また、養殖礁区内で観察された主な生物は、マナマコ *Stichopus japonica*、ヤツデヒトデ *Coscinasterias acutispina*、ウニ類、イボニシ *Thais clavigera*、シヨウジンガニ *Plagusia dentipes*、ワタリガニ科の一種、ヤドカリ類、サラサエビ類であった。

### 考 察

養殖礁区の生残率は、210日目では1歳貝78.2%、2歳貝86.1%、395日目では1歳貝72.1%、2歳貝80.0%、728日目では1歳貝17.1%、2歳貝14.3%であり、1歳貝、2歳貝ともに395日目以降に急激な減耗が認められた。一方、陸上屋内水槽区は、210日目では1歳貝100%、2歳貝90.9%、395日目では1歳貝93.9%、2歳貝84.8%、728日目では1歳貝81.8%、2歳貝81.8%であり、1歳貝、2歳貝ともに全調査日において養殖礁区と比較して生残率が高く、急激な減耗も認められなかった。

両実験区間の水温環境に大きな差が認められなかったことから、養殖礁における供試貝の減耗要因としては次のようなことが考えられた。すなわち、実験期間中養殖礁内部にアワビ類の食害生物として知られるヤツデヒトデとイシガニ類（青森県ら1990、増殖場造成指針作成委員会1983）が頻繁に観察されたことから、これらによる食害が一因となっている可能性が示唆される。また、養殖礁の蓋の一部に目合い29mmのトリカルネットを使用したことから、供試貝がこの部分から養殖礁外へ逸脱した可能性もある。なお、395日目から728日目にかけての減耗が多かった理由としては、2004年10月21日に台風23号が接近した際に、養殖礁内に大量に堆積した砂の影響と考えられる。

養殖礁区および陸上屋内水槽区の平均殻長については、実験開始時には有意差が認められなかったが、1歳貝は43日目以降、2歳貝は76日目以降、有意差が認められ、実験期間中における養殖礁区の成長量は陸上屋内水槽区に対して、1歳貝が約1.7倍、2歳貝が約1.5倍と大きな差が認められた。平均体重については、実験開始時には有意差が認められなかったものの、実験終了時には有意差が認められ、実験期間中における養殖礁区の増重量は陸上屋内水槽区に対して、1歳貝が約2.7倍、2歳貝が約2.1倍と殻長同様に大差が認められた。したがって、今回の養殖礁を用いたクロアワビの養成法は、陸上屋内水槽による養成法に対し

て成長面で大きな優位性が認められた。

養殖礁区と陸上屋内水槽区の成長量に大きな差が生じた要因としては、飼育環境の違いが考えられた。すなわち、陸上屋内水槽区では、清掃等による急激な環境変化が頻繁に起き、この際ストレスが成長に影響した可能性がある。餌料環境に関しては、今回、供試貝の貝殻の成長部分は、養殖礁区が褐色であったのに対し、陸上屋内水槽区は緑色であったことから、両実験区での餌料環境の違いが影響したものと考えられる。しかし、養殖礁区の供試貝が配合飼料以外に何をどの程度摂餌していたのか、また、餌料環境の違いが両実験区の成長差にどう影響したのかということについては不明である。

著者不詳(1999a)、著者不詳(1999b)、著者不詳(2001)、小田切(2005)、竹下(2004)、上田(2003)らによれば、養殖アワビは、殻長約70mm程度に育つと、“一口アワビ”などと称され、出荷対象となるという。今回、養殖礁で育成した1歳貝が平均殻長70mmを超えたのは、521日目から645日目の間であった。また、2歳貝が平均殻長70mmを超えたのは、365日目から395日目の間であった。これらのことから、伊豆大島において、採卵後約1年および約2年のクロアワビ稚貝を今回の養殖礁で養殖した場合、平均殻長が、いわゆる“一口アワビ”の大きさに達するのに必要な期間は、前者で約1.5年、後者で約1年と考えられる。

以上のことから、今回の養殖礁を用いて、クロアワビ稚貝を、配合飼料を給餌しながら養成した場合、陸上屋内養殖と比較して生残率は劣るものの、出荷までの養成期間が大幅に短縮できる可能性があると考えられた。今後は、台風時における礁内への砂の浸入対策の検討、および高密度な飼育や餌料コスト削減の可能性についても実験を行い、養殖礁を用いたアワビ類養殖技術の実用化をすすめていきたい。また、そのためには、養殖礁内における供試貝の配合飼料やその他の餌料の利用状況を明らかにするとともに、クロアワビ以外のアワビ類の飼育実験をおこない、養殖適種を検討することも必要である。

### 要 約

伊豆大島差木地漁港内において、天然石を詰めた閉鎖型の生簀「養殖礁」(外寸:L160×W160×H50cm)を用いて、クロアワビ稚貝(1歳貝および2歳貝)を、配合飼料を給餌しながら約2年間養殖した。また、比較のため、陸上屋内水槽を用いて同様の養殖を行った。養殖礁区の殻長成長量は、陸上屋内水槽区

に対して、1歳貝で1.7倍、2歳貝で約1.5倍優った。このことから、養殖礁を用いたアワビ養殖は陸上養殖と比較して、出荷サイズまでの飼育期間の大幅な短縮が期待できる。

キーワード：クロアワビ、比較養殖、養殖礁、陸上屋内水槽

### 謝 辞

本研究の実施にあたり、東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所の職員各位には、潜水作業および測定作業にご助力をいただいた。また、東京都栽培漁業センター職員の方々には、供試貝の準備について多大なご協力をいただいた。これらの方々には心よりお礼申し上げます。さらに、本論文をまとめるにあたり、有益な助言をいただいた、元東京都島しょ農林水産総合センター振興企画室の加藤憲司氏に厚くお礼を申し上げます。

### 文 献

- 青森県・岩手県・秋田県・神奈川県・福岡県、1990. アワビ種苗放流マニュアル，秋田県水産振興センター，秋田：pp. 39-50.
- 著者不詳，1999a. アワビとナマコの共生による複合養殖の可能性，養殖，36（3）：98-101.
- 著者不詳，1999b. 安定生産に自信，活路拓いたエゾアワビの陸上養殖事業，養殖，36（7）：30-33.
- 著者不詳，2001. 安全性・品質をPRし，特産化を目指す，密度を抑え成長率の増大量産化に賭ける，養殖，38（9）：82-85.
- 小田切啓太，2005. 観光事業に関わって学ぶ「観光客はお客様」，漁村，71（2）：16-24.
- 竹下和彦，2004. 海藻栽培による環境改善とアワビ養殖に取り組んで，漁村，70（6）
- 滝尾健二・安藤和人・駒澤一郎・杉野隆・有馬孝和，2009a. 伊豆大島差木地漁港内におけるクロアワビ粗放的養殖試験，東京都水産海洋研究報告，（3）：1-8.
- 滝尾健二・安藤和人・川辺勝俊・駒澤一郎・有馬孝和，2009b. 伊豆大島差木地漁港内における石詰め型生簀「養殖礁」によるクロアワビおよびメガイアワビの養殖試験，東京都水産海洋研究報告，（3）：7-12.
- 上田隆司，2003. アワビ養殖の企業化を目指して，漁村，69（1）：16-23.
- 米山純夫・斉藤実・堤清樹・河西一彦・江川紳一郎，1989. 伊豆大島におけるメガイアワビの季節成長，水産増殖，37（2）：147-154.
- 増殖場造成指針作成委員会，1983. 増殖場造成指針，全国沿岸漁業振興開発協会，東京：pp. 65-79.