

## クロアワビ養殖手法による適正収容密度

秋本 恒基・佐藤 博之・後川 龍男  
 (研究部)

Reasonable Accommodation Density by Young Abalone, *Haliotis discus*, Culture Technique

Tsuneki AKIMOTO, Hiroyuki SATO\*<sup>1</sup> and Tatsuo USHIROKAWA\*<sup>2</sup>  
 (Research Department)

福岡県におけるアワビの栽培漁業は1981年から始まり、開始当初からクロアワビを中心に福岡県栽培漁業公社で種苗を生産し、漁業者自ら放流されてきた。しかし、西日本各地で発症した筋萎縮症<sup>1,5)</sup>により、クロアワビ種苗の生産が不安定となった。県栽培漁業公社の柴田ら<sup>6)</sup>が導入した紫外線照射海水を用いた生産手法により、本邦で初めて健全なクロアワビ種苗の量産化に成功し、直接放流用種苗を安定して供給できるようになった。これにより大型なクロアワビ種苗の生産が可能になり新たに養殖用種苗として供給にめどがたつた。クロアワビの養殖試験については過去に内場ら<sup>7)</sup>が海上筏での飼育試験を、また宮内ら<sup>8)</sup>が陸上での飼育試験を実施しているが適正収容密度に関する知見は少ない。本報では手法別、殻長別の適正収容密度を求め養殖経費についても試算したので報告する。

### 方 法

#### 1. 陸上養殖技術開発

福岡県栽培漁業公社で生産したクロアワビ種苗を用いて、黒色塩化ビニル製の板をスリット状に並べた附着器をネットロン製の飼育カゴ(底面積0.47m<sup>2</sup>)に入れ、水槽は2トン角形水槽で1つの水槽に4区の試験区を設置した。飼育水は紫外線照射海水を用い、給水量は12回転/日とした。餌料は配合飼料を夏季は週2回、冬季は週5回、飽食量を給餌した。殻長の測定は1~2カ月に1度、各試験区から任意に50個体を採取し殻長を測定した。飼育密度別の成長を比較するために平均殻長35.4±3.1mm

表1 陸上養殖の飼育目標と実施対象

年齢	飼育開始殻長 (cm)	飼育期間 (day)	目標サイズ (cm)	日間成長 (μm/day)	実施対象
1	3	300	4.0	33	栽培公社
2	4	300	6.0	67	栽培公社
3	6	210	6.5	24	漁業者

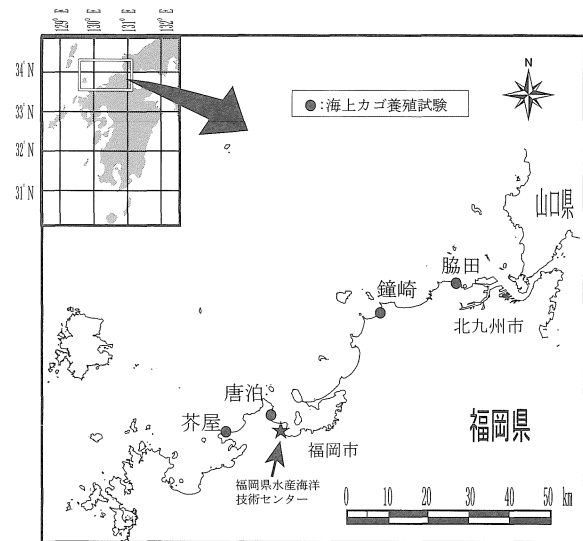


図1 調査の位置図

の1歳貝の飼育試験は'02年6月25日から'03年3月3日まで4,000, 3,200, 2,000, 1,000個/m<sup>2</sup>の4試験区とした。平均殻長41.7±3.3mmの2歳貝の飼育試験は'03年6月3日から'04年4月8日まで1,500, 1,200, 900, 600, 500, 300, 200, 100個/m<sup>2</sup>の8試験区とした。平均殻長62.6±3.5mmの3歳貝の飼育試験は'05年6月13日から'06年2月16日まで1,500, 1,200, 900, 600, 500, 300, 250個/m<sup>2</sup>の7試験区とした。飼育目標は栽培漁業公社での直接放流種苗の生産に合わせ1歳の3月までに殻長

\*<sup>1</sup> 福岡県水産林務部漁政課

\*<sup>2</sup> 福岡県水産林務部水産振興課

表2 海上カゴ養殖試験の試験区設定

試験項目	場所	試験期間 (日)	飼育密度 (個/m <sup>2</sup> )	飼育開始時殻長 (mm)	餌料種類	垂下方法	
密度試験	唐泊漁港内	2004/11/17 ~ 2005/6/3	300	62.8	天然海藻	筏 (水深2 m)	
			200	62.8	天然海藻	筏 (水深2 m)	
			100	62.8	天然海藻	筏 (水深2 m)	
		2005/12/26 ~ 2006/4/25	120	300	68.9	天然海藻	筏 (水深2 m)
			300	50.6	天然海藻	延縄 (水深3 m)	
			251	200	53.7	天然海藻	延縄 (水深3 m)
	脇田漁港沖波止内	2003/10/28 ~ 2004/7/5	150	53.5	天然海藻	延縄 (水深3 m)	
			270	62.8	天然海藻	延縄 (水深2-4m)	
			210	62.8	天然海藻	延縄 (水深2-4m)	
	芥屋沖波止内	2004/11/25 ~ 2005/6/3	190	195	62.8	天然海藻	延縄 (水深2-4m)
			195	62.8	天然海藻	延縄 (水深2-4m)	
			400	68.7	天然海藻	延縄 (水深2-4m)	
	2005/12/26 ~ 2006/4/25	120	200	68.7	天然海藻	延縄 (水深2-4m)	
		200	68.7	天然海藻	延縄 (水深2-4m)		
		200	68.7	天然海藻	延縄 (水深2-4m)		
鐘崎漁港内	2005/12/20 ~ 2006/6/2	164	200	64.2	天然海藻	筏 (水深2 m)	
餌料試験	脇田漁港沖波止内	2004/1/26 ~ 2004/7/5	161	150	63.3	天然海藻	延縄 (水深3 m)
			150	63.0	配合飼料	延縄 (水深3 m)	
越夏試験	脇田漁港沖波止内	2003/2/4 ~ 2003/10/28	266	500	36.5	天然海藻	延縄 (水深3 m)
			250	37.1	天然海藻	延縄 (水深3 m)	

表3 陸上養殖試験結果

アワビ 年齢 (歳)	試験期間 (日)	飼育密度 (個/m <sup>2</sup> )	飼育開始 時殻長 (mm)	終了時 殻長 (mm)	成長差 (mm)	日間成長 ( $\mu$ m/day)	生残率 (%)	
1	2002/6/25 ~ 2003/3/19	267	4,000	34.7	42.0	7.3	27.5	-
		3,200	37.2	42.1	4.9	18.3	-	
		2,000	33.9	45.1	11.1	41.7	-	
		1,000	33.9	49.0	15.0	56.4	-	
2	2003/6/3 ~ 2004/4/8	310	1,500	42.4	60.2	17.8	57.3	99
		1,200	41.0	58.1	17.1	55.3	99	
		900	41.5	62.1	20.5	66.3	99	
		600	41.8	61.3	19.6	63.2	100	
		500	42.8	64.1	21.3	68.6	100	
		300	43.0	69.6	26.6	85.8	98	
		200	42.3	67.6	25.3	81.5	100	
100	43.4	68.5	25.0	80.8	96			
3	2005/6/13 ~ 2006/2/16	248	1,500	62.1	64.8	2.8	11.2	57
		1,200	61.5	65.6	4.1	16.6	66	
		900	62.2	64.9	2.7	11.1	70	
		600	63.2	65.4	2.2	8.7	74	
		500	62.8	68.2	5.4	21.8	96	
		300	62.8	74.1	11.2	45.2	92	
250	64.2	71.8	7.6	30.6	89			

3 cm, 2歳の3月までに殻長4 cmそして満3歳で殻長約6 cmに設定した。このため養殖用種苗として殻長約6 cmで出荷するには2歳の成長停滞期までに約6 cmに成長させる必要がある。よって年齢別の日間成長は表1のとおりとなる。目標となる年齢別の日間成長をもとに得られた飼育密度から飼育開始時の殻長との近似式を求め適正収容密度とした。

## 2. 海上カゴ養殖技術開発

蓋付のプラスチック籠 (0.4×0.5×0.3m; 約0.2m<sup>2</sup>) を用い, 付着器は1カゴ当たり雨樋を2~4枚設置した。調査点は図1に示す地点に表2に示す試験区を設定して実施した。飼育管理は漁業者が10日に1回程度の割合で

給餌やカゴの洗浄等を実施した。測定は1~2カ月に1度の割合で任意に採取して殻長測定と生残個体数を確認した。飼育開始時の殻長と適正収容密度の関係は, 日間成長30  $\mu$  m/day以上となった試験区の結果から求めた飼育密度として示した。

餌料は天然海藻を主体として, 餌料試験で用いた配合飼料はコスモ総合開発(株)社製アワビ配合飼料B3型を2~10日に1回を目安に給餌した。

## 3. アワビ養殖の生産経費試算

新たに施設を整備し養殖を実施した場合の生産経費試算を養殖種苗受入個数を年間12,000個と仮定して, 陸上養殖と海上カゴ延縄養殖手法で試算した。種苗単価は試

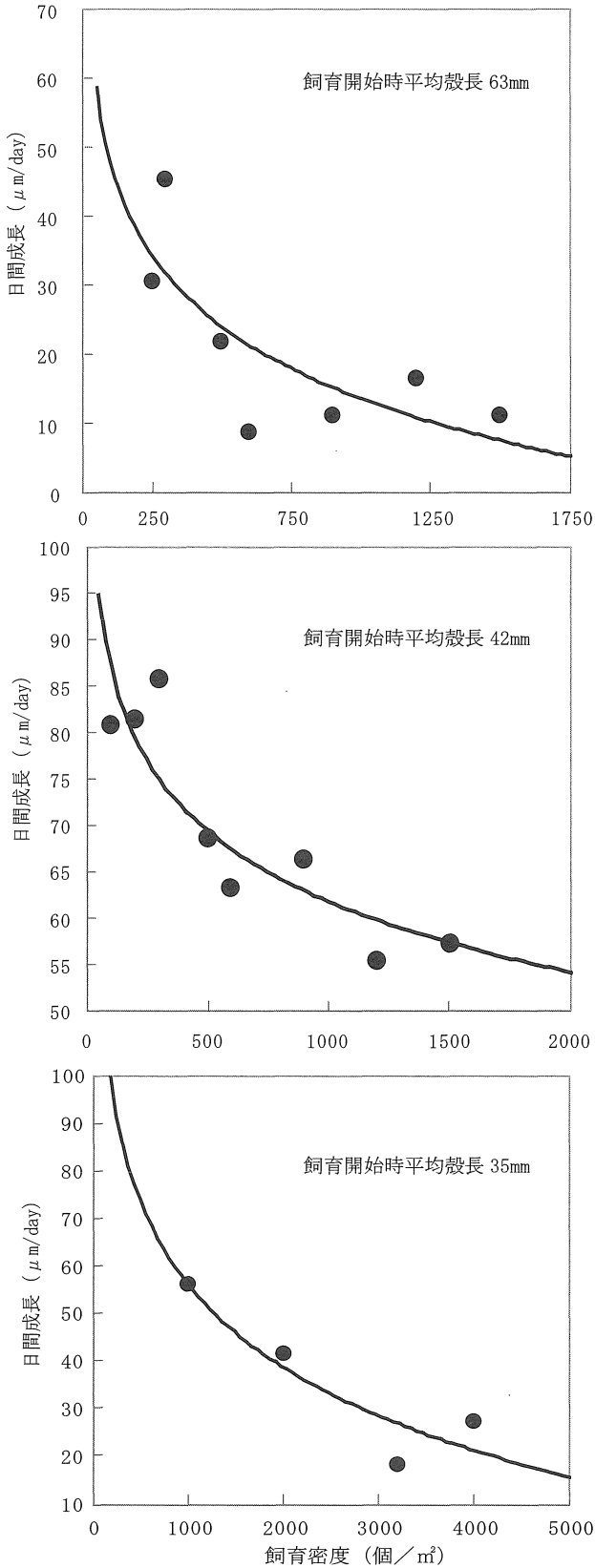


図2 飼育密度と日間成長の関係

販売単価を用いた。陸上養殖施設及び海上カゴ延縄養殖施設の耐用年数はそれぞれ10年及び5年として減価償却費を算出した。

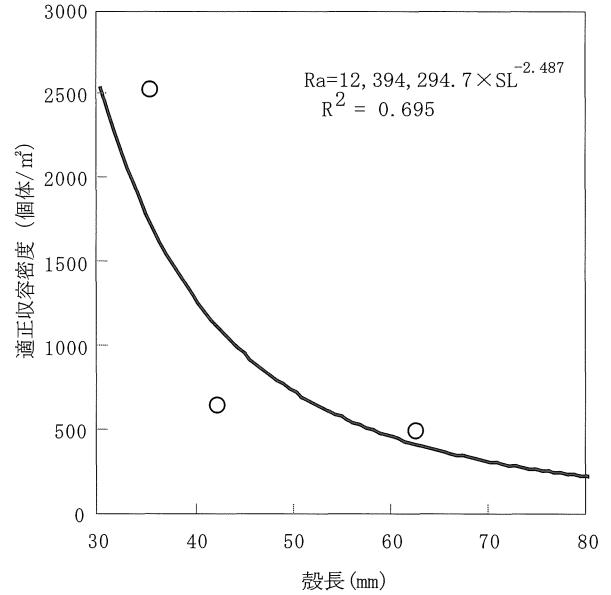


図3 陸上飼育における飼育開始時殻長と適正収容密度の関係

表4 陸上飼育における飼育開始時殻長と適正収容密度

飼育開始時殻長 (mm)	適正収容密度 (個体/m <sup>2</sup> )
35	1,790
40	1,290
45	960
50	740
55	580
60	470
65	380
70	320

## 結果

### 1. 陸上養殖技術開発

各年齢別の試験結果を表3に示した。飼育密度と日間成長の関係を図2に示した。各年齢に表1で示した飼育目標とする日間成長を当てはめると、殻長35mm（1歳貝）、42mm（2歳貝）及び63mm（3歳貝）の適正収容密度は1,650、750、650 個/m<sup>2</sup>となった。この値から飼育開始時殻長と適正収容密度の関係を図3及び表4に示した。陸上水槽による飼育開始時殻長と適正収容密度の関係式は、

$$Ra = 12,394,294.7 \times SL^{-2.487}$$

Ra: 適正収容密度 (個体/m<sup>2</sup>)

SL: 飼育開始時殻長(mm)

である。

### 2. 海上カゴ養殖技術開発

海上養殖の飼育条件別試験結果を表5に示した。海上養殖では配合給餌区を除き生残率が6割以上であった。

表5 海上カゴ養殖試験の試験結果

試験項目	場所	試験期間 (日)	飼育密度 (個/m <sup>2</sup> )	餌料種類	飼育開始時 殻長 (mm)	終了時 殻長 (mm)	成長差 (mm)	日間成長 (μm/day)	生残率 (%)	
密度試験	唐泊漁港内	2004/11/17 ~ 2005/6/3	198	300	天然海藻	62.8	64.8	2.0	7.5	72
			200	62.8		66.1	3.3	12.5	93	
			100	62.8		67.6	4.8	18.2	95	
		2005/12/26 ~ 2006/4/25	120	300	天然海藻	68.9	69.1	0.2	0.8	100
			300	50.6	61.9	11.3	42.5	93		
			200	53.7	62.4	8.7	32.7	-		
	脇田漁港沖波止内	2003/10/28 ~ 2004/7/5	251	300	天然海藻	53.5	65.4	11.9	44.7	89
			200	62.8	64.7	1.9	7.1	89		
			150	62.8	68.4	5.6	21.1	67		
	芥屋沖波止内	2004/11/25 ~ 2005/6/3	190	195	天然海藻	62.8	70.7	7.9	29.7	80
			195	62.8	72.2	9.4	35.3	92		
			270	62.8	64.7	1.9	7.1	89		
2005/12/26 ~ 2006/4/25		120	400	天然海藻	68.7	68.6	-0.1	-0.4	92	
		200	68.7	69.2	0.5	1.9	98			
		200	68.7	69.7	1.0	3.8	100			
鐘崎漁港内	2005/12/20 ~ 2006/6/2	164	200	天然海藻	64.2	77.6	13.4	50.4	97	
餌料試験	脇田漁港沖波止内	2004/1/26 ~ 2004/7/5	161	150	天然海藻	63.3	67.5	4.2	15.8	76
			150	配合飼料	63.0	71.9	8.9	33.5	32	
越夏試験	脇田漁港沖波止内	2003/2/4 ~ 2003/10/28	266	500	天然海藻	36.5	50.8	14.3	53.8	64
			250	37.1	56.3	19.2	72.2	91		

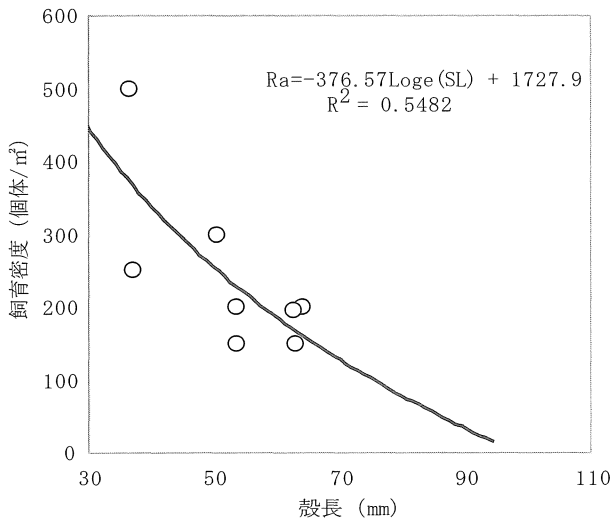


図4 海上カゴ養殖における飼育開始時殻長と飼育密度の関係

表6 海上カゴ養殖における飼育開始時殻長と適正収容密度

飼育開始時殻長 (mm)	適正収容密度 (個体/m <sup>2</sup> )
30	450
35	390
40	340
45	290
50	250
55	220
60	190
65	160
70	130

飼育開始時の平均殻長が50mm以上で最長251日間飼育した試験区でも生残率は8割以上と高かった。成長が不良であった試験区においても4月までは高い生残率を維持した。また、唐泊漁港内で'04年に飼育試験を実施した期間中に*K.mikimotoi*が発生しアワビの摂餌は不調

表7 始時殻長と適正収容密度

	陸上養殖	海上養殖
種苗代 (12000個)	2,285,714	2,285,714
餌料代	525,000	180,000
電気代	259,200	0
設備減価償却費	2,245,400 *1	520,000 *2
合計	5,315,314	2,985,714
1個当たりの原価 (人件費なし)	443	249
種苗原価比	2.11	1.18
人件費 (200万円/人・年)	7,315,314	4,805,714
1個当たりの原価 (人件費含む)	610	400
種苗原価比	2.90	1.91
養殖手法単価比較	1.52	1.00

\*1耐用年数10年

\*2耐用年数5年

であったが、飼育密度が200個/m<sup>2</sup>以下では9割以上の生残であった。

餌料試験では生残率が天然海藻給餌区の76%に対して配合飼料給餌区では32%であった。配合飼料の給餌量が多く、飼育カゴ内に長期間堆積し腐敗したことによって飼育環境が悪化し、斃死が高かったものと推察された。

越夏試験では飼育密度が250個体/m<sup>2</sup>であれば9割以上の生残があり、周年飼育が可能であることがわかった。

海上養殖における飼育開始殻長と適正収容密度の関係を図4及び表6に示した。海上養殖における飼育開始殻長と適正収容密度の関係式は、

$$Ra = -376.57 \log_e(SL) + 1,727.9$$

Ra: 適正収容密度 (個体/m<sup>2</sup>)

SL: 飼育開始時殻長 (mm)

である。飼育開始時の平均殻長が60mmの種苗で飼育開始した場合は、飼育密度190個/m<sup>2</sup>が適正収容密度となり、6ヵ月間で平均殻長が約5mm伸長し、重量で1.3

倍程度に成長すると推定された。

### 3. アワビ養殖の生産経費試算

養殖方法別の年間生産経費試算を表7に示した。陸上養殖は海上養殖に比べて餌料代や設備の減価償却費が高く、販売単価に換算して約1.5倍程度のコストがかかった。

陸上養殖では種苗の原価比を算出したところ人件費を含めない場合でも約2倍、含めると3倍近いコストがかかった。

海上養殖では同様に人件費を含めない場合で約1.2倍、含めると2倍近いコストであったが、陸上養殖に比べ2/3程度であった。

## 考 察

本県栽培漁業公社では殻長30mmと40mmの放流用種苗を生産しており、30mm種苗出荷後は順次収容密度を調整し1年後に40mm放流種苗として、さらに翌年の11～12月（3歳貝）には平均殻長55mm以上の養殖用種苗の出荷を生産スケジュールとしている。本県でのクロアワビ養殖種苗の供給は、1年ローテーションで生産と販売を完結でき、養殖業者は最小限の施設で養殖ができるように殻長55mm以上の大型種苗としている。

陸上飼育による飼育密度を宮内ら<sup>8)</sup>は殻長70mmサイズの飼育密度で625～700個/㎡としており、500個/㎡では低すぎると述べている。しかし漁業者が飼育する場合は管理が煩雑になりやすいため、安全性を考慮して生残率を最優先にして可能な限り低密度で飼育ことが望ましいものと思われる。今回得られた結果から、栽培漁業公社出荷時の平均殻長が55mmならば飼育開始時の適正飼育密度は陸上養殖の場合580個/㎡、海上養殖の場合220個/㎡となる。陸上養殖は海上養殖に比べ2.6倍の密度で飼育可能であり生産効率は高いが、斃死のリスクも高い。斃死や出荷等により飼育密度が著しく異なると殻長差が顕著になるので、商品としての規格の均一化を考慮すると均等に密度調整できれば理想的である。成長に伴い徐々に飼育密度を低下させるのが望ましいが、選別作業が繁雑になるため出荷時に飼育密度が一定になるように心がけるとよい。陸上養殖では給水及びエアレーション等のハード面でのトラブルにより斃死する危険性が高く、停電等による緊急時に対応できるバックアップ体制も必要である。陸上養殖施設は飼育水を循環させる施設が多いが、アワビの飼育は残餌や排泄物により飼育環境が悪化しやすいため、流水飼育を基本とし他魚種との混用も避けたい。

海上養殖の場合は飼育管理の作業が海上となるので、陸上養殖よりも作業性が劣るが、設備投資は安価でトラブル等による斃死のリスクが少ない。また、広い養殖面積を確保しやすい利点を利用して、可能な限り低密度で飼育することにより斃死のリスクを最小限に抑え、夏季でも成長と高い生残を期待できる。餌料は海藻を主体とした方が配合飼料よりも給餌頻度を少なくでき、飼育環境を良好に保つことが可能である。天然海藻の採集は藻場を荒廃させることがないように留意することが重要で、計画的な餌料系列の確保が必要である。特に天然ワカメの入手が困難な時期の餌料確保が重要である。養殖規模によってはワカメやコンブ等のアワビ餌料となる海藻の養殖も視野に入れる必要がある。配合飼料は内場ら<sup>7)</sup>も示すとおり高い成長が期待されるが、特に高水温期には配合飼料の腐敗や形状の維持から、毎日の飽食量給餌が望ましい。配合飼料の給餌は飼育環境の悪化を招き斃死率を高める可能性があるため、海藻給餌に比べ適正に給餌量を調整して給餌し、カゴ内に残餌が残らないようにすることが重要である。

アワビ養殖は陸上養殖の場合、海上養殖と比べ生産コストが高いため飼育数量が少ないほど、生産コストが割高になる。年間1万2千個の生産では人件費を考慮しなくても生産原価は2倍以上になるため、アワビ単独飼育施設での採算性は厳しいものと思われる。よってアワビ陸上飼育施設を整備する場合は、他の魚種と兼用できる飼育施設またはストックヤードとしても利用できるように設計すべきである。海上養殖は陸上養殖に比べ施設投資に係る経費が安価であり、養殖手法としては導入しやすい方法である。アワビ養殖を実施する上では生産コストを考慮して、売り手が販売価格の設定可能な販売先の確保が重要であり、販売予定数量から採算性を考慮して的確な養殖手法を選択が重要である。

## 要 約

- 1) 陸上水槽による飼育開始時殻長と適正収容密度の関係式は、 $Ra=12,394,294.7 \times SL^{-2.487}$   
 Ra: 適正収容密度 (個体/㎡)  
 SL: 飼育開始時殻長(mm)  
 である。関係式から飼育開始時の殻長が50mm, 60mm, 70mmの適正収容密度はそれぞれ740, 470, 320個/㎡が適正である。
- 2) 海上養殖における飼育開始時殻長と適正飼育密度の関係式は、 $Ra=-376.57 \log_e(SL)+1727.9$   
 Ra: 適正収容密度 (個体/㎡)  
 SL: 飼育開始時殻長(mm)

である。飼育開始時の平均殻長が50mm,60mm,70mmの適正飼育密度はそれぞれ250, 190, 130個/m<sup>2</sup>が適正である。

- 3) 陸上養殖は海上養殖に比べ餌料代や設備の減価償却費が高く、販売単価に換算して約1.5倍程度のコストがかかった。生産コストから種苗原価比は人件費と含めない場合で陸上養殖で2.1倍、海上養殖で1.2倍程度となった。
- 4) アワビ養殖を実施する上では、売り手が販売価格の設定可能な販売先を確保し、販売予定数量から採算性を考慮して的確な養殖手法を選択することが重要である。

## 文 献

- 1) 中津川俊雄：クロアワビの筋萎縮症に関する研究。京都府海産研究論文, 5, 61(2000).
- 2) 中津川俊雄・畑井喜司雄・窪田三郎：筋萎縮症を伴うアワビ稚貝の病理組織学所見。魚病研究, 23(3), 7-14(1988).
- 3) 桃山和夫・中津川俊雄・由良野範義：アワビ属稚貝の筋萎縮症による大量死。魚病研究, 34(1), 7-14(1999).
- 4) 中津川俊雄・岡部三雄・室賀清邦：クロアワビ筋萎縮症の水平感染。魚病研究, 35(1), 11-14(2000).
- 5) 岡田一宏・西村守央・河村 剛：クロアワビ当歳貝の隔離飼育による筋萎縮症の予防。水産増殖, 48(4), 657-663(2000).
- 6) 柴田利治・筑紫康博・中本 崇・渡辺健二・永島孝之：給水の紫外線消毒によるクロアワビ筋萎縮症の予防。水産増殖, 50(2), 227-232(2002).
- 7) 内場澄夫・山本千裕：クロアワビの養殖基礎試験。福岡水試報,93-102(1980)
- 8) 宮内正幸・柴田利治・永島孝之：60mm以上の大型クロアワビの生産。福岡水技研報, 16, 41-49(2006)