米国産アワビの移植と発生および成長について

渋井 正

(1971 年 9 月 9 日受理)

Studies on the Transplantation of Red Abalone
and its Growth and Development

Tadashi SHIBUI*

Red abalones *Haliotis rufescens* which in the coastal waters of California were transplanted to Mohne Inlet, Miyagi pref. and the investigations concerning their growth and early development were carried out. The results are summarized as follows.

1. Growth and gonadal maturation of the transplanted red abalone, *H. rufescens* were vigorous at a water temperature within the range of 14~20°C.

The spawning season of this species in Mohne Inlet was during late June and middle July.

2. With temperature stimulation measures the writer succeeded in the induction of spawning artificially. The early development of this species was almost the same as the Japanese abalones except in shell color. Beyond shell lengths of about one centimeter, the young shells grew and metamorphosed into the characteristic form of this species.

3. The growth rate of the youngs of the red abalone was almost the same as that of the Japanese abalone, *H. discus hannai*. However, in the case of the red abalone, the spawning season was initiated earlier than that of the Japanese abalone.

Therefore, considerable good results of rearing may be expected with the introduction of this species.

アカアワビ *Haliotis rufescens* はアメリカ合衆国, カリフォルニア州の Cape San Martin から Morro Bay にかけて多く産出されており, 年間の総生産は約 100 万ポンドでアメリカ合衆国では第一位の生産量である。Cox¹⁾によれば, 棲息の水深は干潮付近から 540 フィートにおよぶが, 主に 20 から 50 フィートの深さに多い。この種はアワビ属のうちでは世界最大のもので 11 インチ以上に達する。殻の縁が鮮やかな赤紅色であるところからアカアワビ (Red abalone) と呼ばれている。1966 年 3 月アカアワビ 36 個を Calif. Dept. Fish and Game から日本に空輸した。これらを宮城県舞根湾で飼育し, 成貝の成長, 生殖巣の成熟, 産卵, 発生および稚貝の成長について知見を得たので報告する。

実験材料と方法

運搬方法 1966 年 3 月 8 日カリフォルニアから空輸された殻長 11~19 cm のアカアワビ 36 個が実験地舞根湾の財団法人かき研究所に到着した (Fig. 1)。発送から到着までの推定時間は 45 時間とみなされた。輸送箱は耐水ペニヤ製で, 大きさは 40×100×30 cm であった。内部は 10 小室に区切られ, 各室には約 10 cm 間隔で通気孔 (直径 10 mm) が穿つてあった。そして各小室には海水を浸みこませたガーゼとともに, それぞれ 1 個体のアカアワビが収容されていた。

* 岩手県水産試験場 (Iwate Prefectural Fisheries Experimental Station, Miyako-shi, Iwate, Japan)
(印刷費負担)

Fig. 1. Map showing the location of the Oyster Research Institute, Mohne Laboratory.

3°C 高く、夜間では 1.5~2.0°C 位低くなり、タンク内の昼夜の水温変化の幅を湾内水のそれよりも 3~4°C 大きくすることができる。

稚貝の飼育 産卵後 4 日目には附着珪藻 *Nitzschia laevis* が附着したコレクター（ポリエチレン製波板: 23×23 cm）をアカアワビの浮游幼生が収容されているポリエチレンタンクの底部に敷き、あるいはタンクの中層に垂下して初期匍匐稚貝を採苗した。採苗後約 10 日目頃からはタンク内に自然発生した附着珪藻類を摂餌させた。また殻長約 10 mm に達したアカアワビ稚貝に対してはアオサ *Ulva* sp. とコンブを投与した。

結果と考察

1. 成貝の生残、成長および成熟 舞根湾に到着した成貝は 1966 年 3 月中に約 50% が斃死した。これは輸送途上の気温、湿度、長時間などの影響によるものと考えられる。特に湿度を保つためのガーゼの水分が多すぎたためと思われた。その後も水温が 23°C 以上の時期、特に 1967 年 7 月の産卵後に多く斃死した。これは夏期の高水温と産卵後の母貝の生理的な関係によるものと思われる。また水温 10°C 以下の時期にも、高水温期よりは少ないが、若干の斃死が認められた。その他 MACGINITIE²⁾ が報告しているように、ボーリング・スポンジ *Cliona celata californiana* によって斃死したと思われる個体が 3~4 個認められた。成貝の成長は到着後 15 ヶ月で最高 15 mm、最低 3 mm の殻長の増加が認められ、一般に小型の固体の方が良い成長を示した。このように一般に成長が良好でなかった理由としては、主に水温条件によるものと理解されるが、餌料としてコンブのみを投与したことも関係しているのかも知れない。アカアワビの生殖巣の成熟は 13~20°C の時期に旺盛で、成熟が旺盛になりはじめる 13°C という水温は、エゾアワビ *Haliotis discus hannai* の場合の 10°C 内外よりもやや高いように思われた。1967 年 7 月中に生残個体 12 個のうち、雌雄それぞれ 1 個体は産卵誘発タンク内で放卵放精を行なった。他の 8 個体は飼育容器内で舞根湾海中に自然産卵を行なった。残りの 2 個体は産卵せず越冬した。以上産卵誘発タンクおよび筏から垂下された飼育容器内で自然産卵を行なった個体の生殖巣の成熟と産卵期および移植された個体の斃死について舞根湾の水温とともに Fig. 2 に要約して示した。図中の生殖巣の成熟度の表示は次の式によつた。

$$\frac{\text{各時期の生殖巣中央部の厚さ}}{\text{産卵直前の生殖巣中央部の厚さ}} \times 100$$

飼育期間中の成貝の殻長 (L , cm) と体重 (W_t , g) の関係は $W_t = 0.098L^{3.15}$ で、エゾアワビに関する中島³⁾ の $W_t = 0.14L^{3.0}$ および酒井⁴⁾ の $W_t = 0.13L^{3.01}$ と比較すると、エゾアワビの場合よりも殻長に対する体重の比率がやや高い値を示した。

Fig. 2. Mortality, gonadal maturation and spawning season of the transplanted *H. rufescens*, in relation to the seasonal changes of the water temperature in Mohne Inlet.

Fig. 3. Relationship between the fluctuation of water temperature and the spawning of *H. rufescens*.

—•—•— Water temperature in Mohne Inlet
 — Water temperature in spawning tank

くで、稚貝は成貝よりも長楕円形であり、成長にともなつて殻高の示す割合が小さくなり幾分扁平な殻形となる。次にアカアワビ成貝および稚貝の殻色と餌料の関係を Table 2 に示した。この結果によれば成貝が珪藻類を常食とした場合には、殻色はにぶい赤れんが色を呈し、コンブのみを常食した場合には褐色を呈した。一方稚貝がアオサのみを常食とした場合には、殻色は白色または白みがかつた緑色を呈し、*Navicula* sp. や珪藻類を常食とした場合には紅褐色またはにぶい赤れんが色を呈する個体群 (A グループ) と、にぶい緑色または緑色を呈する個体群 (B グループ) が個体数において約 1 対 1 の割合で出現した。1 腹の仔でありながら、しかも同じ方法および珪藻類で飼育したにもかかわらず、このように 2 系統の殻色を呈する個体群が出現した理由については明らかにすることが出来なかつた。しかしこの理由の一つの可能性としては、実験に使用した親貝が STEARNS⁷⁾ が報告しているアカアワビと緑色の殻色を呈する *Haliotis assimilis* または暗緑色の殻色を呈する *Haliotis corrugata* との交配種であつたのかも知れない。アカアワビ稚貝の成長と生残率についてはエゾアワビの場合と比較しながら Fig. 5 に示した。アカアワビの生残率はエゾアワビのそれよりも劣つたが、成長に関してはエゾアワビのそれよりも良好な結果が得られた。これらの事柄は

2. 産卵と初期発生および稚貝の成長 産卵誘

発タンク内の水温が午前 10 時の 20°C から 1 時約 1°C の勾配で上昇し、午後 2 時頃水温が 23.5°C に達した時、まず雄個体の放精が始まり、続いて 20 分後には放卵が始まり約 30 分間断続的に行なわれた (Fig. 3)。精子の顕微鏡的観察によれば水温 20°C 前後で最も活発に運動するのが認められた。得られた総卵数は約 35 万粒で、そのうち受精した卵は 37.1% で約 13 万粒であつた。この受精卵から約 500 個の初期匍匐稚貝が得られた。卵黄の直径は 180 μ で、卵膜を含めた卵径は 220 μ であつた。卵は薄い緑色の部分と黄褐色の部分とからなり、前者はやがて外胚葉となり後者は内胚葉に分化した。受精卵は水温 15°C と 21°C に保つて発生経過を観察した。水温 15°C の場合には原腸期から奇型が出現し、孵化した担輪子も幼殻形成が行なわれずに斃死した。水温 21°C の場合には正常な発生を行ない、3 ヶ月後には呼水孔 8 個を有する殻長 6.5 mm の稚貝となり、上足触角は 20 対を越えた。アカアワビの発生経過を日本産の他種アワビの場合と比較すると Table 1 のごとくである。Cox¹⁾ が推察している如く、初期発生の段階では日本産アワビ属との形態的な差はほとんど認められなかつた。しかしアカアワビの場合には殻長が約 10 mm に達すると上足部に黒色素が多く認められるようになり、この種の特徴的な上足触角の形と数は成貝と近似し、一見して日本産アワビ属と区別出来る程度に変態した。稚貝および成貝の殻長 (L)、殻幅 (W) および殻高 (H) の関係を二枚貝⁵⁾ やアワビ⁶⁾ の殻形の特徴を示す指標となる三角座標 ($L/L+W+H \times 100$, $W/L+W+H \times 100$, $H/L+W+H \times 100$) で示せば Fig. 4 の如

Table 1. Embryological comparison between *H. discus hannai*, *H. rufescens*, *H. discus*, *H. sieboldii*, and *H. gigantea*.

Species		<i>H. discus hannai</i>	<i>H. rufescens</i>	<i>H. discus</i>	<i>H. sieboldii</i>	<i>H. gigantea</i>
References		Shibui '66	Shibui '67	Ino '52	Ino '52	Murayama '35
Form of egg and larvae	Diameter of egg (mm)	0.22*	0.22	0.23	0.28	0.27
	Size of larval shell (mm)	0.27*	0.28	0.29	0.29	0.36
	Apical tuft	exist	exist	exist	exist	none
	Pedal setae	none	none	?	exist	?
	Ciliary lobe	2	2	2	2	?
Development	Trochophore (hrs.)	9	10	14	15	14
	Hatching (hrs.)	10	14	20	18	21
	(Water temp. °C)	22~23	20~22	16~17	16~18	16~18
	Torsion (hrs.)	24~25	27~30	45~46	35	40~43
	Appearance of eyes and cephalic tentacles (days)	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5
	Creeping stage (days)	4~7	4~6	6~10	4~7	7~10
	Appearance of peristmal shell (days)	5~7	6~7	10~11	10	10
	Appearance of 1st respiratory pore (shell length, mm)	2.0~2.2	1.8~2.2	2.3~2.5	?	?
	Appearance of epipodes (days)	3	4	5	4	28

* Data from Kikuchi '63

Fig. 4. Diagram showing the changes of shell form according to the growth of *H. rufescens*.

..... 11~13 mm in shell length
 ——— 11~14 cm "
 - - - - 14~19 cm "
 S. L. Shell length
 S. W. Shell width
 S. H. Shell height

産卵期の相違よるためということも一つの理由として考えられるが、高水温や低水温に対する稚貝の抵抗性の差異によることも考えられる。すなわちアカアワビ稚貝は水温 22°C 以上で死亡率が比較的高く、10°C 以下の低水温でも比較的成長が良好であった。以上の事柄を考え合わせるとこの種は比較的低温の海域、例えば日本の場合には東北地方および北海道の太平洋沿岸などに適する種類であろうと考えられる。また LEIGHTON⁸⁾によれば、カリフォルニア沿岸に棲息するアカアワビの主な餌料海藻は *Nereocystis lutekeana* および *Nacrocystis* sp. などの褐藻類であるが、著者の実験結果によればコンブのみを与えた場合でもほぼ正常な生殖巣の成熟を促すことが出来たし、また稚貝の食性についてもアオサよりもコンブを好んで摂餌したので餌料海藻の面からも前述の海域における棲息は無理がないように思われる。アワビ属に関しては産卵抑制または冬期間の加温処理などによつて産卵期を比較的自由にコントロール出来るようになった現在、わが国の

Table 2. Relation between diet and shell color of *H. rufescens*.

Abalone stage	Food algae			
	Diatoms	<i>Navicula</i> sp.	<i>Ulva</i> sp.	<i>Laminaria</i> sp.
Adult	dull brick-red	—	—	brown
Young	dull brick-red or reddish brown	reddish brown	white or whitish green	—
	dull green	dull green or green	white or whitish green	—

Fig. 5. Seasonal change of water temperature in Mohne Inlet. Growth and survival rate of the young abalones, *H. discus hannai* and *H. rufescens*.

○---○, ○—○, Survival rate and shell length of *H. rufescens*
 ●---●, ●—●, Ditto, *H. discus hannai*

3. アカアワビの稚貝は夏期の高水温期に比較的死亡率が高く、10°C以下の低水温期にはエゾアワビ稚貝の成長よりもやや良好であつた。以上の結果から日本沿岸における棲息の適地は東北地方および北海道の太平洋沿岸であろうと推論した。

本研究を行なうに当り終始御指導を戴いたかき研究所所長故今井丈夫博士、有益な御助言と御援助を戴いた東南アジア漁業センター次長猪野峻博士、日本水産資源保護協会、カリフォルニア州 Fish and Gameの方々に感謝の意を表します。

文 献

- 1) K. W. Cox: *Fish Bull.*, **118**, 13~28 (1962).
- 2) G. E. MacGINITIE and M. MacGINITIE: *Natural history of marine animals*, 473 pp., McGraw Hill Book Co., New York (1949).
- 3) 中島将行・西川精一・林 忠彦: 水産増殖資料, 北海道水産部, **1**, 1~11 (1956).
- 4) 酒井誠一: 本誌, **28**, 901~902 (1962).
- 5) T. IMAI and S. SAKAI: *Tohoku J. Agr. Res.*, **12**, 125~171 (1961).
- 6) 猪野 峻: 本誌, **5**, 175~176 (1936).
- 7) R. E. C. STEARNS: *Calif. Acad. Sci.*, **3**, 361 (1867).
- 8) D. L. LEIGHTON: Master's thesis, 61 pp., Leach. Univ. Calif. Los Angeles (1959).

アワビ属と外国産アワビ属との交配などによる品種改良等についても今後さらに研究の要があろう。

要 約

1966年3月カリフォルニア沿岸で採捕された殻長11~19 cmのアカアワビ *Haliotis rufescens* を宮城県舞根湾で飼育し、成長や発生についての研究を行なつた。

1. 移植されたアカアワビは水温13~20°Cの範囲で成長および生殖巣の成熟が旺盛であつた。また産卵期は6月下旬(17°C)から7月中旬(19°C)であつた。

2. 温度刺激法によつて産卵誘発に成功し、浮游幼生と匍匐稚貝の発生経過を明らかにすることが出来た。初期発生は日本産アワビ属とほとんど同じであつたが、稚貝の殻長が約10 mmに達するとアカアワビ特有の形に変態した。