エゾアワビの生態学的研究—Ⅲ— 女川湾付近におけるエゾアワビの生産構造の解析

酒 井 誠 一

(1962 年 6 月 1 日受理)

ECOLOGICAL STUDIES ON THE ABALONE, *HALIOTIS* *DISCUS HANNAI* INO—III. STUDY ON THE MECHANISM OF PRODUCTION OF THE ABALONE IN THE REGION OF ONAGAWA BAY.

Seiichi SAKAI*

Annual fluctuation in catches of abalones in northern part of Japan is quite significant. The present study has been made to search the cause of fluctuation in the production of abalones.

The results are as follows:

(1) The annual fluctuation in the growth of the abalone is considered to be no significant correlation with the environmental factors such as the temperature and salinity of water.

(2) The said fluctuation shows a high correlation with the amount of catch of sea-weed. Especially, it is recognized that it has a significant and positive correlation with the amount of catch of *Undaria pinnatifida*, a brown sea-weed favorite food for abalone, as shown in Table 8.

(3) The annual fluctuation in the amount of catch of the abalone is parallel to that of the growth of the abalone.

(4) It has already been reported by the author¹⁾ that *U. pinnatifida* and *Laminaria* are the most suitable food for *H. discus hannai*. Presuming from these facts, it is easily conceivable that the production of abalones is influenced by the production of sea-weed, especially by that of the brown-algae such as *U. pinnatifida* or *Laminaria*.

(5) That the fluctuation in production of *U. pinnatifida* is closely related with the variation of the Kurile current, commonly called "Oyashio", has already been reported by the author⁶⁾. In consequence, it is assumed that the production of the brown-algae like *U. pinnatifida* being influenced by the condition of "Oyashio", furthermore, the production of the brown-algae becomes the main factor affecting on the production of the abalone.

アワビ類の生産高にはいちじるしい年変動が認められる。しかしながら、その生産の変動や変動の原因についての解析はほとんど試みられていない。

本研究は、アワビの食性(第1報)¹⁾ならびに年輪形成に関する実験的研究³⁾を基礎として、アワビ漁場における生産の動態および生産に関連する生態的諸要因を解析するために行なわれたものである。

(1) エゾアワビの成長と環境要因との関係

材料および方法

アワビの成長度の調査の材料は、宮城県女川町出島および牡鹿町泊漁場において、それぞれ、1953 年 11 月と 1957 年 11 月に漁獲されたものの中から無作為に抽出して用いた。

* 東北大学農学部付属女川水産研究実験所 (Onagawa Fish. Res. Inst., Fac. of Agr., Tohoku Univ.)

Fig. 1. Diagram showing the measuring points of shell of abalone, *Haliotis discus hannai*.

L_n ...shell length,
 l_n ...growth in each age.

平均値から、この漁場においては殻長は2年にして4.7cm、4年で8.4cm、5年にしてようやく漁業調整規則による制限殻長9cmに達することが推察される。この殻長は猪野⁵⁾が宮城県志津川産のエゾアワビについて推定した結果とほぼ一致している。

Table 1. Shell length* by age of the abalone collected from the coast of Izushima, Miyagi Prefecture.

Year class	Age	No. of abalones measured	Shell length in mm						
			L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
1949	4	55	29.9	52.1	73.6	88.1			
1948	5	79	28.4	44.0	67.7	86.1	96.2		
1947	6	36	29.3	46.9	63.6	82.3	95.8	102.4	
1946	7	8	27.6	46.2	63.6	79.0	92.0	99.5	105.9
1946~1944	4~7	178	28.8	47.3	67.1	83.9	94.7	100.9	105.9

* See Fig. 1.

Fig. 2. Growth of abalone at the coast of Izushima, Miyagi Prefecture.

また、年度によっても成長はいちじるしく異なる。成長の年変動については、Table 2 にもとづいてさらに成長度の年令別平均値を100として、これに対する各年度の年令別の相対成長度を求めると、Table 3

アワビの成長度は、高山⁴⁾の方法にならつて年令査定を行ない、年令別の殻長 (L_n) の値を測定して求めた (Fig. 1)。

成長度の年変動を解析する場合は査定した年令から逆算してアワビの発生年度を推定し、各年の成長 (l_n) を測定した。アワビは巻貝である関係上、殻長 (L_n) の年々の変化と各年の殻の成長 (l_n) とは一致しないので、成長度の変動を解析する場合各年の殻の成長 (l_n) を測るべきであると考えたためである。成長は年により、また、年令によつて異なるので、各年の殻の成長 (l_n) の測定値を求め、この平均値からの各年度における年令別の成長の偏差の百分率を求めて (Table 3) 成長の年変動傾向をしらべ、環境要因との関係について解析した。

海況については東北大学農学部付属女川水産研究実験所の定置観測資料を用いて検討した。

結果

女川町出島におけるエゾアワビ *Haliotis discus hannai* INO の年令別の殻長は Table 1 および Fig. 2 に示した。これによれば、アワビの成長は発生年度による差がかなり大きく、一般に発生年度の新しいものほど成長がやや優つている傾向がみられた。これら4群の平均

年令と成長との関係は Fig. 2 の成長曲線の傾向からも生後4年までは成長は速やかで、その後は次第にゆるやかになることが推察される。さらに、年令と成長との関係を吟味するために各年の成長 (l_n) を測定し、発生年度別にまとめて Table 2 および Fig. 3 に示した。成長は年令によつてかなり差が認められる。これら4群の平均値を求めてみると、1年目には28.8mm、2年目には31.8mm、3年目には36.1mm、また4年目には33.1mm 伸長し、2~4年の間にいちじるしい成長の行なわれることがうかがわれる。

Table 2. Shell growth* of the abalone in each age at the coast of Izushima.

Year class	Age	No. of abalones measured	Growth in the every age (mm)						
			l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7
1946	7	5	27.8	30.6	34.8	31.2	25.6	22.0	17.6
1947	6	18	29.4	30.5	30.2	37.4	26.8	17.1	—
1948	5	27	27.8	27.2	43.2	34.9	22.8	—	—
1949	4	23	30.0	38.8	36.3	28.9	—	—	—
Mean			28.8	31.8	36.1	33.1	25.1	19.6	17.6

* See Fig. 1.

および Fig. 4 に示したようになる。示した年度は、年輪形成に関する研究³⁾ によつて明らかとなつたように、エゾアワビの年輪が9月頃形成される関係で、9月から翌年の9月までの期間である。これらの図表からも明らかのように、1947年から1953年までの7年間に於いては、エゾアワビの成長にはかなりいぢるしい年変動がみとめられた。すなわち、1947年から1950年までの4年間と1953年は平均値以下で、ことに1950年と1953年の両年はそれぞれ91.9% および88.6%の成長度を示し、成長はきわめて悪かつた。これに反し、1951年と1952年の両年はそれぞれ

Fig. 3. Shell growth (l_n) in each age of the abalone collected from the coast of Izushima. l_n : See Fig. 1.**Table 3.** Annual fluctuation of the growth in each age of the abalone shell collected from the coast of Izushima. Growth is shown in % compared with the mean growth of successive years.

Period	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	Mean
1947*	96.5 %						96.5
1948	102.1	96.2 %					99.2
1949	96.5	95.9	96.4 %				96.3
1950	104.2	85.5	83.7	94.3 %			91.9
1951		122.0	119.7	113.0	102.0 %		114.2
1952			100.5	105.4	106.8	112.8 %	106.8
1953				87.3	90.8	87.7 %	88.6
Mean	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

* Sept. 1946~Sept. 1947.

114.2% と 106.8% の成長度を示し、ことに1951年は成長がもつとも良好であつた。

この漁場には数十種類にもおよぶ多くの種類の海藻が生育している。このうち、量的にもまた、質的にもエゾアワビの餌料として注目しなければならぬ海藻としては、ワカメ、ホソメコンブ、ホンダワラ類、ヒジキなどの褐藻類を初めとして、餌料価値はこれら褐藻類より劣るが、アカハダ類、アカバギンナンソウ、マツノリ、フノリ、ツノマタ、テングサなどの紅藻類

Fig. 4. Annual change of the relative growth* of abalone (x---x), amount of catch of *Undaria pinnatifida* (O---O) and mean water temperature (Δ---Δ) at the coast of Izushima. *See Table 3.

Table 4. Relation between annual fluctuation of growth of the abalone, catches of sea-weeds and mean water temperature at the coast of Izushima.

Year	Annual fluctuation of growth of abalone	Catches of sea-weeds					Water temperature
		<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria religiosa</i>	<i>Hizikia fusiforme</i>	<i>Chondrus ocellatus</i>	Total	
1947	96.5 %	41,200 kg	3,000 kg	2,200 kg	370 kg	46,770 kg	13.7°C
1948	99.2	45,000	3,000	3,200	490	51,690	14.5
1949	96.3	18,000	1,900	2,700	670	23,270	14.3
1950	91.9	34,500	1,700	4,400	750	41,350	14.6
1951	114.2	95,600	1,500	5,200	940	103,240	13.5
1952	106.4	54,800	1,700	2,800	1,120	60,420	14.0
1953	88.6	46,500	1,500	3,200	560	51,760	13.6
Mean	99.0	47,942	2,043	3,386	700	54,070	14.0
Correlation coefficient		+0.782*	-0.129	+0.414	+0.638	+0.783*	-0.329

Fig. 5. Amount of catch of the sea-weeds and mean water temperature plotted against relative growth of abalone at the coast of Izushima.

やアナアオサ、アオノリ類、ヒトエダサ類、シオダサ類などの緑藻類が挙げられる。これらのうち、有用藻類の漁獲高は Table 4 に示したように、年産約 23~103 トンであつて年変動がいちじるしい。1947 年から 1953 年までの 7 年間の年平均漁獲高は約 54 トンである。1947 年から 1950 年までの 4 年間で 1953 年は漁獲が少なく、平均値以下であつた。これに反し、1951 年と 1952 年の両年はきわめて漁獲量が多く平年作以上を示した。その最高、最低は 1951 年と 1949 年の 103 トンおよび 23 トンであつた。すなわち、海藻の漁獲高の年変動とエゾアワビの成長の年変動には平行関係がみられる。その相関は Table 4 および Fig. 5 に示したとおりである。エゾアワビの成長は、冬から夏にかけていちじるしい。また、海藻の繁茂期はやはり冬から夏にかけてであり、採取期は春から夏の期間である。したがって、アワビの前年の 9 月~当年の 9 月の成長と当年の海藻の漁獲量を対比することが妥当と考えられる。

アワビの成長度と海藻類の総漁獲高との相関係数は +0.783 で有意性 (危険率 5%) が認められる。しかも、これらの海藻類のうち、その餌料価値、産額 (総漁獲高の 88.7%) あるいはまたエゾアワビの生育環境との関係などからもワカメが最も重要な藻類であるが、ワカメの漁獲高とエゾアワビの成長の年変動との相関係数は +0.782 で有意性 (危険率 5%) が認められる。

ホソメコンブ、ヒジキおよびソノマタ類は漁獲高も少なく、アワビの成長と相関係数はそれぞれ -0.129, +0.414 および +0.638 でいずれも有意性は認められない。

水温の年平均値とエゾアワビの成長の年変動との関係は $r = -0.329$ で有意性は認められない。しかも、第 1 報¹⁾ でのべたように、エゾアワビの成長は水温 20°C 位までは高いほど良好であることが飼育実験によつて明らかであるので、この場合水温がエゾアワビの成長の年変動の支配的要因であるとは考えられない。

また、アワビの成長と降水量や塩分などの年変動傾向との関係についても検討を行なつたが、相関係数はそれぞれ -0.554 と -0.415 でいずれも有意性は認められなかつた。これはエゾアワビの棲息環境は陸水の影響を直接被りにくい外洋性の岩礁地帯であることによつても当然推察されることである。

牡鹿町泊漁場においては Table 5 および Fig. 6 のように、93.0% (1954 年度) を最低とし、104.8%

Table 5. Annual fluctuation of the growth in each age of the abalone shell collected from the coast of Tomari, Miyagi Prefecture. Growth is shown in % compared with the mean growth of successive years in each age.

Age	1	2	3	4	5	Mean
Period of growth						
Nov, 1951~Oct. 1952	100.7 %					100.7
1952~ 1953	102.2	107.3				104.8
1953~ 1954	97.4	93.2	88.4			93.0
1954~ 1955	99.3	99.4	100.2	110.8		102.4
1955~ 1956		100.5	102.2	101.3	106.9	102.2
1956~ 1957			111.2	87.9	93.1	97.4
Mean	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

(1953 年度) を最高とする年変動を示している。ワカメの漁獲高においても同じような変動傾向がみられ、その相関係数は +0.965 (危険率 1%) を示す。

(2) エゾアワビの生産と環境 要因との関係

アワビの生産性の解析は、前記出島における資料が入手できなかったため、出島に近接する女川町江島および牡鹿町泊漁業協同組合の生産資料を用いて行なった。これらの漁業協同組合では、アワビと海藻類はすべて共同出荷する関係上、正確な生産資料の入手が比較的容易であつた。

女川町江島漁場における 1950 年から 1960 年に至る 11 年間のエゾアワビとワカメの漁獲状況は Table 6 に示した。エゾアワビの漁獲高は年間約 9,700~49,800 kg で漁船 1 隻 1 日当たり平均 15~31 kg を漁獲している。しかしながら、総漁獲高や漁船 1 隻 1 日当りの漁獲高はその漁場におけるアワビの資源量の年変動傾向を推定するための指標としては適切なものとはいえない。なんとすれば、漁業者や市場の経済状況、採取時期あるいはまた、天候などの諸条件によつて操業時間が一定していないからである。それゆえ、資源量の年変動傾向を表わす一応の指標として、操業時間をも考慮し、漁船 1 隻 1 時間当りの漁獲高に換算して、これ

Table 6. Amounts of catch of the abalone and *Undaria pinnatifida* at the coast of Enoshima, Miyagi Prefecture.

Year	Mean W.T. °C	Abalone					<i>U. pinnatifida</i>
		Total catches	No. of fishing-boat	Days fished	Catch (kg/day/boat)	Catch per unit effort (kg/boat·h)	Total catches
1950	14.46	13,575 kg	649	20	20.92	3.41	48,964 kg
1951	13.90	43,931	1,515	59	29.00	4.13	98,194
1952	13.46	49,849	2,016	43	24.73	3.79	39,409
1953	13.65	40,129	1,443	34	27.81	4.28	41,175
1954	14.53	9,664	552	12	17.51	2.63	0
1955	14.13	19,774	720	19	27.42	4.01	44,438
1956	13.79	35,580	1,149	30	30.97	4.39	54,075
1957	13.87	35,917	1,820	25	19.73	2.82	26,958
1958	13.91	18,997	1,015	32	18.72	2.88	30,513
1959	14.99	30,615	1,312	34	23.33	3.51	39,082
1960	14.95	18,011	930	28	14.86	2.29	35,763
Mean	14.14	28,728	1,192	30	23.18	3.47	41,688

Fig. 6. Catch of abalone per unit effort (kg/boat·hr.) (●—●), amount of catch of *U. pinnatifida* (○—○) and relative growth of abalone (×—×) at the coast of Tomari, Miyagi Prefecture.

Fig. 7. Catch of the abalone per unit effort (kg/buat-hr.) (●—●), amount of catch of *U. pinnatifida* (○—○) and the mean of annual water temperature (△---△) at the coast of Enoshima, Miyagi Prefecture.

を単位漁獲高として表示した (Table 6)。

江島におけるエゾアワビの単位漁獲高は 1956 年度における 4.39 kg を最高とし、1960 年度の 2.29 kg を最低とする年変動が認められた (Table 6, Fig. 7)。

一方、泊漁場においては、Table 7 に示したように、アワビの総漁獲高は年産約 10,000~18,000 kg、単位漁獲高は 3.34 kg (1954 年度)~4.99 kg (1953 年度) で江島漁場と同様、いちじるしい年変動が認められる。

Table 7. Amounts of catch of the abalone and *U. pinnatifida* at the coast of Tomari.

Year	Mean W.T. °C	Abalone					<i>U. pinnatifida</i>
		Total catches	No. of fishing boat	Days fished	Catch (kg/day/boat)	Catch per unit effort (kg/boat/h)	Total catches
1952	13.46	10,020 ^{kg}	364	7	27.53	4.46	26,325 ^{kg}
1953	13.65	17,809	538	9	33.10	4.99	41,396
1954	14.53	12,476	519	9	24.04	3.34	2,194
1955	14.13	10,365	441	8	23.50	3.67	29,678
1956	13.79	13,406	414	7	32.38	4.61	23,359
Mean	13.91	12,815	455	8	28.11	4.21	24,590

泊漁場については、前記のように、成長の年変動についても調査したが、単位漁獲高の年変動とほとんどが同じような傾向が認められた。その相関係数は +0.778 (Table 8) で、個体の成長量が生産量の増加に大きな割合を占めていることを示している。

年平均水温とアワビの単位漁獲高との関係は Table 8, Fig. 8 および Fig. 9 に示した。これによれば、江島および泊においてはそれぞれ -0.554 (危険率 5~10%) および -0.881 (危険率 5%) の相関々係

Table 8. Correlation coefficient between respective two annual fluctuations in the various factors.

Locality	Factors		Period	Correlation coefficient	Significance
	I	II			
Izushima	Growth of abalone	Amount of catch of sea-weed	1947~1953	+0.782	0.05>*
	"	Water temperature	"	-0.329	0.50<
Enoshima	Catch of abalone per unit effort (kg/boat-h)	Amount of catch of <i>U. pinnatifida</i>	1950~1960	+0.641	0.05>*
	"	Annual mean water temperature	"	-0.554	0.05<
Tomari	Growth of abalone	Catch of abalone per unit effort (kg/boat-h)	1952~1956	+0.778	0.20>
	"	Amount of catch of <i>U. pinnatifida</i>	"	+0.965	0.01>**
	Catch of abalone per unit effort (kg/boat-h)	"	"	+0.763	0.20>
	Growth of abalone	Annual mean water temperature	1952~1957	-0.687	0.10>
	Catch of abalone per unit effort (kg/boat-h)	"	1952~1956	-0.881	0.05>*

Fig. 8. Catch of the abalone per unit effort plotted against amount of catch of *U. pinnatifida* and the annual water temperature at the coast of Enoshima, Miyagi Prefecture.

が認められたが、この関係はあとで詳しくのべるように、ワカメの豊凶と水温との関係を考慮に入れるとむしろ当然の現象であり、また、前記食性に関する飼育実験¹⁾の結果からも、この場合水温を支配的要因とは考え難い。

つぎに、エゾアワビの生産と餌料との関係についてのべる。

餌料藻類としてはワカメは、前記出島漁場においてエゾアワビの成長の支配的要因であることが明らかにされていることではあり、また、これらの漁場においても海藻類の生産高のほとんど大部分を占めているので、ワカメとエゾアワビの生産関係を Table 6, Table 7 および Fig. 8, Fig. 9 に示した。

江島においてはエゾアワビの単位漁獲高とワカメの漁獲高では +0.641 (危険率 5%) の有意な相関を示している。一方、泊においては +0.763 (危険率 10~20%) の相関を示した。

かように、ワカメの生産はエゾアワビの成長や生産量ときわめて高い有意な相関を示し、餌料藻類の生産がエゾアワビの生産にきわめて重要な役割を果していることが明らかとなつた。

考 察

エゾアワビの餌料として、ワカメやコンブのような褐藻類がもつとも適しており、エゾアワビの成長は水温 20°C 位までは水温の高いほどよいことが著者の実験によつて明らかとなつて¹⁾いる。また、女川付近におけるワカメの豊凶と海況との関係についてもしらべられている⁶⁾。それによれば、ワカメの生産は芽胞体の成長期 (12~5 月) の水温と有意な高い逆相関を示す。すなわち、出島、江島および泊においてはそれぞれ -0.739 (危険率 1%), -0.807 (危険率 1%) および -0.837 (危険率 5%) の有意な相関が認められる。しかしながら、木下⁷⁾はワカメ芽胞体の発生の適温は 10~20°C、また、斎藤⁸⁾は配偶体の成熟、芽胞体の発芽、成長の適温は 20~10°C、最適温は 17°C 以下であることを報告している。したがつて、この場合、成長期の水温が直接ワカメの豊凶に関係しているものとは考え難い。原田⁹⁾が茨城県沿岸におけるワカメの

Fig. 9. Relations between respective two factors in catch of abalone per unit effort, catch of *U. pinnatifida*, growth of abalone and water temperature at the coast of Tomari.

生産関係について指摘しているように、芽胞体の成熟期における低水温がワカメの流失枯死を多少遅らせるため、収量が多くなるということも一応考えられるが、この場合、水温は親潮系水と黒潮系水の指標と考え、両系水に含まれる栄養塩類の多寡がワカメの生産を左右しているものと考えるのが妥当のように思われる。

Fig. 10. Annual fluctuation of the water temperature in the growing season (December to May) of sporophyte of *U. pinnatifida* at 8 stations in the northern Japan.

ビの成長および生産と環境要因との関係について解析を行なった。

エゾアワビの成長や生産量は年による変動がきわめていじりしい。これらの年変動は水温や塩分などの環境要因とは有意な相関が認められないが、海藻類の漁獲高とくにワカメの漁獲高とは Table 8 に示したように、有意な正の相関関係が認められる。ワカメやコンブ類はエゾアワビの最適餌料であり¹⁾、また、これらの褐藻類とエゾアワビの生育する場所が全く一致している²⁾。これらの結果から推察するに、エゾアワビの生産は餌料藻類とくにワカメやコンブなどのような褐藻類の生産によつて左右されているものと考えられる。

ワカメの生産の動態は、すでに報告したように(酒井³⁾)、親潮系水の消長に関連のあることがたしかめられている。したがつて、第一次的には親潮の消長によつてワカメのような植生の海藻類の生産が左右され、さらには、海藻類の消長がエゾアワビの生産の主要な要因となり、その生産に主要な役割を果しているものと推察される。

文 献

- 1) 酒井誠一: 本誌, 28, 8 (1962).
- 2) ———: —, 28, 8 (1962).
- 3) SAKAI, S.: *Tohoku Jour. Agric. Res.*, 11, 239~244 (1960).
- 4) 高山活夫: 水産研究誌, 35, 99~100 (1940).
- 5) 猪野 峻: 東海区水産研究所研究報告, 5, 1~102 (1952).
- 6) 酒井誠一: 日本水産学会東北支部会報, 10, 36~41 (1959).
- 7) 木下虎一郎: コンブとワカメの増殖に関する研究(北方出版社), (1949).
- 8) 斎藤雄之助: 本誌, 22, 229~239 (1956).
- 9) 原田和民: 茨城水試試験報告, 132~133 (1957).

したがつて、エゾアワビの成長や生産量の変動性の統計的解析と実験的に得られた結果を総合してみると、エゾアワビの生産は暖寒両流の消長に基因するものと推察される。すなわち、第一次的には暖寒両流の消長によつてワカメのような植生の海藻類の生産が左右され、さらには、海藻類の生産がアワビの生産の主要な要因となり、アワビの生産に重要な役割を果しているものと考えられる。しかもこのような関係は Fig. 10 に示した北日本太平洋岸各地の水温の年変動傾向からみて、女川付近のみならず、北は銚崎から南は那珂湊に至る太平洋岸において普遍的な現象のように推察される。

終りに臨み、本研究に御教示を賜わつた東北大学今井丈夫教授、佐藤隆平助教授、御校閲を賜わつた加藤陸奥雄教授ならびに御協力をいただいた女川水産研究実験所の職員に厚く御礼申し上げます。

本研究の費用の一部は文部省科学研究費によつた。

要 約

アワビの食性(第1報)¹⁾ならびに年輪形成に関する実験的研究を基礎として、宮城県女川湾付近におけるエゾアワ