ホッコクアカエビ籠の浸漬日数と漁獲量

井 上 実

(1981 年 1 月 7 日受理)

Relation between the Catch and Period of Immersion
for the Pots of Pink Shrimp

Makoto INOUE*

In the shrimp pot fishery, depending on the weather at sea and sea conditions the pots are left on the sea bed from a couple of days to over 10 days. An interesting matter for thought is whether the catch will increase in proportion to an increase in the period of immersion for the shrimp pots.

This paper deals with the case of the pink shrimp *Pandalus borealis* and a compilation of 7 years' data acquired from shrimp pot boats operating in the Japan Sea is analysed here. There seems to be no direct relationship between the catch and period of immersion, although the difference in the catch for the pots set and left for 1 day and the pots set and left for 2 or more days appears to be significant. This phenomenon is closely understood in the case of the larger shrimps that entered the pots in greater numbers when compared to the smaller shrimps.

The results from this analysis and the results from the laboratory experiments were compared and further studied.

籠漁業では主として海況や天候の条件により操業ができずに、籠を数日間、あるいは 10 数日間も海底に放置することがある。このような場合、籠の設置日数の増加に伴ない漁獲量も増加するかどうかは興味のある問題である。

本報告ではその問題を確かめるため、ホッコクアカエビ *Pandalus borealis* (以下、アカエビと称す) を対象とする籠漁船の漁獲量を解析して調べた。更に、その解析の結果をアカエビについて行った水槽実験による入籠、出籠行動と照合しながら考案した。

I. 漁獲資料解析

資料 漁獲資料は石川県羽咋郡西海漁業協同組合所属の第 1 太紋丸 (10t)、第 2 太紋丸 (18t) による 1970 ~ 1976 年の 7 年間の漁業日誌である。

漁具 籠の構造、寸法は Fig. 1 のようで、網地はポリプロピレン 12 本、網目は 12 節 (2.8 cm) である。1 連の幹縄 2200m に 150 個の籠を着けるが、石川県の漁業規則により 1 隻の 1 回の操業は 4 連までである。4 連のうち投籠した日が同じでも天候などの事情により揚籠する日が異なる連がある。餌は冷凍エニシを 1 籠に 2 尾着ける。

漁場 操業区域は Fig. 2 のようで水深 300 m までに限定されている。漁場は岩礁近くの砂泥地が多く、平坦な所よりも斜面で凹凸のある方が良いようである。

漁獲量 漁業日誌には連単位の漁獲物の重量 (kg) が銘柄別 (抱卵エビ・大・中・小型) に記載されているので、これから 1 籠当たりの尾数を推定した。したがって、本研究に用いた 1 籠当たりの漁獲尾数は 1 籠ごとに入ったエビの尾数の平均値ではないので正確ではないが、巨視的な漁獲傾向を示す指数としては有効であろう。

漁獲物 西海漁協所属のエビ籠漁船は 1975 年には 19 隻であり、その主な漁獲物はアカエビとバイ *Babylonia japonica* で、ズワイガニ *Chionoecetes opilio*、その他の種類のエビである。

アカエビの漁獲物中最小の個体は体長 7~8 cm (眼球より尾先端まで) で、それ以下のものは網目を脱出するという。ここでいう大型は体長 12 cm 以上、中型は 9~12 cm、小型は 9 cm 以下で、抱卵エビは大型と同体長である。大型は 1 kg で 60 尾、中型は 130 尾、小型は 200 尾として計算した。

結 果

Table 1 は 1 籠当たり漁獲尾数を年度別設置日数別

* 東京水産大学漁法学講座 (Laboratory of Fishing Methodology, Tokyo University of Fisheries, 5-7, Konan-4, Minato-ku, Tokyo 108).

に示したもので、Table 2 は年度別籠設置日数の頻度である。Table 2 によると、設置日数が 12 日以上は極めて少ないので、12 日以内を調査対象とした。

Table 1 によると、どの年についても設置日数が増加するに伴い漁獲尾数が増加する傾向は見られない。7 年間の平均値についても同様である。

ただ、設置日数 1 日と 2 日の 1 籠当り漁獲尾数を 1971～1976 年について検定をすると、危険率 1% で有意の差がある。しかし、設置日数 2 日と 3 日の 1 籠当り漁獲尾数では差がない。また、設置日数 1 日の平均漁獲尾数と 2 日以後 12 日までの設置日数による漁獲尾数の平均値 (Table 1, 右欄) を比較すると、前者は 6.6 尾、後者は 11.7 尾で、後者は前者の 1.7 倍となる。したがっ

Fig. 1. Construction of a pink shrimp pot.
(Unit is cm)

て、Table 1 から明らかになったことは、設置日数が 1 日ではアカエビの入籠は十分ではなく設置日数を増した方が良いが、2 日目以後になると設置日数の増加による漁獲の増加は期待できないということである。

この問題に関し、太紋丸の船主からの聴取りによると、設置日数の増加に伴う漁獲の増加は明らかでなく、強いて挙げるなら体長の大きいエビが漁獲の主体の場合にその関係が認められるという。この点を漁獲資料により確かめるために、漁場、漁期などの条件がほぼ同じとみなされる資料、すなわち 4 連の投籠日が同じで揚籠日が連により異なる資料を選び出し、それらについて、設

Fig. 2. Fishing area of pink shrimp boats in Ishikawa prefecture. Fishing area is a part shown with oblique lines.

Table 1. Number of shrimps caught per pot during each period of immersion between 1970-1976

Period of immersion in days	Year							
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Average
1	—	7.8	11.2	4.6	6.6	4.5	5.0	6.6
2	5.7	9.6	16.7	9.6	15.6	12.0	6.8	10.8
3	12.1	12.4	16.5	8.4	13.1	9.6	6.7	11.3
4	11.2	12.5	16.8	12.0	14.6	16.5	9.8	13.3
5	7.1	10.6	19.0	13.0	12.2	11.2	4.9	11.1
6	7.1	11.0	15.9	12.1	13.5	7.2	—	11.1
7	11.0	15.9	16.1	15.4	14.3	9.9	6.9	12.7
8	9.8	12.9	14.0	19.6	6.0	—	—	12.5
9	4.6	14.7	13.1	13.2	9.0	6.0	—	10.2
10	9.3	20.9	21.5	16.9	4.8	—	—	14.7
11	9.5	14.9	7.9	30.8	—	—	—	15.8
12	6.6	—	—	32.5	—	—	3.0	14.3
13	—	15.7	3.9	—	—	10.2	—	—
14	—	—	14.4	—	5.2	—	—	—
15	—	15.0	10.8	—	4.6	—	—	—

Table 2. Frequency of the periods of immersion for the pots during 1970-1976

Period of immersion in days	Year						
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1	—	4	13	7	15	4	11
2	2	23	24	13	30	29	13
3	10	20	26	11	25	14	3
4	11	15	21	21	8	3	9
5	4	8	22	14	5	10	3
6	4	9	16	11	1	1	2
7	3	4	7	5	5	7	3
8	4	7	4	9	1	0	—
9	3	2	13	6	1	1	—
10	4	2	2	1	1	—	1
11	4	3	6	3	—	—	—
12	1	0	—	1	—	—	1
13	—	1	1	—	—	2	—
14	—	—	1	—	1	—	—
15	—	1	1	—	2	—	—

Table 3. Comparison of the number of shrimps caught per pot between pots immersed for 1 day and pots immersed for 2 or more days

Year	Date of setting pots	Periods of immersion of pots			Size of shrimps caught*2	Catch ratio*3 A to B or C ● Below 1.7 times ○ Up to 1.7 times
		A 1 day	B 2 days	C*1 3-12 days		
1970	Oct. 9	4.8		8.4	L, Sp	○
	Dec. 9	6.0		13.2	L, Sp	○
	29	4.8		10.8	Sp	○
1973	Jan. 20	6.6	7.2		Sp, S	●
		4.8	6.3		Sp, M	●
		3.6	6.5		Sp, S	○
		5.4	14.3	26.0	Sp, L	○
	Feb. 3	4.8	10.4		Sp, L	○
		3.0		11.7	L, Sp	○
	Mar. 11	3.9		9.1	L, Sp	○
1974	Feb. 14	4.4		15.0	L, Sp	○
	Aug. 1	16.5		18.0	M, L	●
	12	12.0		13.5	M, L, Sp	●
	22	9.0		9.0	M, L, S, Sp	●
1976	Mar. 11	1.5		2.5	L, S	○
1977	July 13	10.4	13.7		Sp, L, M, S	●
	Aug. 22	22.1	23.8		S, M, Sp	●
	Oct. 1	13.6	14.4		M, Sp	●
	2	6.0		13.5	Sp	○

*1 The number of shrimps caught during the immersion of 3-12 days' period indicates the catch at a certain point. There appears to be no difference in the catch during the different periods.

*2 SP: spanner, L: large, M: medium, S: small, The order shown in the table is according to the size composition of the catch for the pots.

*3 1.7 indicates the ratio of the catch obtained from the pots immersed for single day to that obtained from the pots for a period of 2-12 days.

置日数1日と2日および3日から12日までをまとめた1連ごとの1籠当り漁獲尾数を比較した (Table 3)。

すでに設置日数1日と2~12日との漁獲比は1.7倍と計算されているので、これを基準に Table 3 をみると、設置日数1日の漁獲尾数に対し設置日数2日および3~12日の漁獲尾数が1.7倍以上のものは19の資料中11例で、そのうち9例は抱卵エビと大型エビを主な漁獲物としている。一方、1.7倍以下の7例のすべては小・中型エビが大型エビ (以下、抱卵エビを含む) に混ざって漁獲されている。

次に、設置日数2日と3日および4~12日の漁獲尾数を比較した (Table 4)。この表では設置日数2日の漁獲尾数が3日および4~12日の設置日数の漁獲尾数より1.7倍以上増加している例は極めて少なく、18例中4例に過ぎない。これは前述のように、籠の設置が2日に及ぶと漁獲量はほぼ平衡状態に達するからであるが、1.7倍を超えた4例についてみると、その漁獲物は何れも大型の銘柄であり、Table 3 と同じ結果である。

Table 3, 4 の結果から、大型エビでは中・小型エビよりも明瞭に設置日数1日と2日あるいはそれ以上で漁獲に差があることが認められた。これは体長によりアカエビの入籠出籠の行動に違いがあるからであろうが詳細は不明である。この点については水槽実験によるアカエビの行動観察によりある程度解明されるものと思われる。

II. 水槽実験

著者は水槽実験を1978年2月と1979年3月に行ない、初年度の結果はすでに他誌に報告したり。次年度の研究は未発表であり、本研究と関連するアカエビの行動観察も多少取扱われているので、ここでは兩年度の実験のうち、本題と関連する事項のみを記述し考察の参考にした。

実験方法

実験エビ 実験に用いたアカエビは新潟県佐渡郡水津漁業協同組合の漁船により漁獲したもので、新潟県栽培漁業センターの水槽で飼育したものである。1978年は約160尾、1979年は約250尾であった。飼育水槽のアカエビは日中は殆んど静止状態を保つが、日没時から数尾が浮上したり、また水底でも特に大型のエビ10数尾がやや活発に動くのが観察された。

実験に用いたアカエビは兩年を通じ、体長6.5~13.6 cm、頭胸甲長16.9~27.2 mmであったが、1978年度は小型が、1979年度は大型のエビが多かった。実験期間は1978年は2月15~19日、1979年は3月12~16日で、飼育時の海水温は6.5~7.7°C、実験期間中の死亡は兩年とも極めて少なく、1日1~2尾で、飼育状態は良好であった。

実験方法 用いた水槽は直径3 m、高さ1 m、容量

Table 4. Comparison of the number of shrimps caught per pot between pots immersed for 2 days and pots immersed for 3 or more days

Year	Date of setting pots	Periods of immersion of pots			Size of shrimps caught	Catch ratio A to B or C ● Below 1.7 times ○ Up to 1.7 times
		A 2 days	B 3 days	C 3-12 days		
1970	June 15	12.0		2.6	L, Sp, M	●
	Oct. 2	7.2		12.6	Sp, L	○
		6.0		12.0	Sp	○
		19.5		12.6	S, Sp	●
1973	Jan. 29	15.1		27.2	Sp, L	○
1974	June 30	18.0	22.5		M, Sp, L	●
	Aug. 2	12.0	14.2		M, Sp, L	●
	9	18.0	11.2		M, Sp, L	●
	20	13.5	10.5		M, S, L	●
	23	5.2		5.2	Sp, M, L, S	●
1975	Aug. 3	9.0		9.7	M, S, Sp	●
	12	15.5		15.0	M, S, Sp, L	●
1977	Jan. 27	6.1		6.6	Sp, S	●
	Feb. 16	1.3	10.4		L, Sp	○
	June 12	22.1		17.0	S, Sp, L, M	●
	Aug. 21	16.9	22.1		S, Sp, M, L	●
	25	36.9		28.6	Sp, L, M, S	●
	Oct. 12	7.2		10.8	Sp, S	●

Fig. 3. Model of a pink shrimp pot.
(Unit is cm)

5t の水槽と、直径 1m、高さ 1m の 0.8t 水槽で、その中に実物籠または模型籠を入れ、入籠・出籠行動を観察した。

結 果

入籠行動 模型籠（網目 14 節，網口直径 9 cm）を実験水槽に入れ、籠のなかに餌のある場合と無い場合について入籠尾数を比較した。これは著者ら⁹⁾が淡水産スジエビ *Palaemon pancerdens* を用いた実験で、籠に餌が無くとも入籠することを観察し、それはスジエビの走触性に依存するものと考察したが、アカエビでも同じことがいえるかどうかを調べるためであった。1978 年の実験では水槽中のエビの存在量は約 100 尾で殆んど小型であり、餌は冷凍サバであった。有餌籠には 16:00～翌日 08:00 に 9 尾入ったが、無餌籠には夜間に 1 尾入っただけであった。1979 年の実験では実験水槽のエビの存在量を 40 尾（殆んど大型）とし、無餌籠だけについて調べた結果、10 尾が入籠した。兩年ともエビの飼育状態は良好であり、健康状態や運動量に違いがあるとは思われず、兩年の実験結果の違いは小型と大型エビの走触性の相違に起因するように考えられる。

脱籠行動 同型の模型籠（網目 14 節）に体長 6.5～11 cm のアカエビ 15 尾および 30 尾を人為的に入れ、14:00～翌日 09:30 のエビの脱出行動を観測した（1978 年度実験）。網目 14 節（2.32 cm）は新潟県の漁業規則で定められた大きさで、小型のエビには脱出可能な目合と思われる。

観測時間中に 15 尾入れた籠からは 12 尾が脱出し、30 尾入れた籠からは 24 尾が脱出したが、この観測によって次のことが明らかになった。1) 籠内のアカエビは仲間相互の干渉や反発により活動が高まり脱出を誘発すること。その際、小型のエビには大型のエビの威嚇を避けるような浮上的な動きが加わること。2) 籠を降ろす時と揚げる時、エビの脱出行動が生じ易いこと。3) 模型籠では漏斗の長さが短いため、網口から脱出しやすいこと。4) 網目 14 節は体長 6～9 cm の小型のエビにと

っても簡単に抜け出せる目合ではなく、網口の方が脱出し易いことなどであった。

次に実物籠（網目 14 節，網口 9 cm）を 5t 水槽に設置し、籠の中にあらかじめ人為的に入れる尾数を 30、35、45 尾と変えて脱籠の過程を観察した（1979 年度実験）。

30 尾の籠では 16:00～翌日 08:00 に 7 尾が脱出し 23 尾が残り、35 尾の籠では 10 尾が脱出し 25 尾が残り、45 尾の籠では 15 尾が脱出し 30 尾が残った。この観測は籠には物理的最大収容量を下廻り、生物学的要素の加味された飽和収容量の存在を指摘した MILLER³⁾ や井上²⁾ の実験にならったものである。この結果から 1 晩の浸漬に限って言えば、実物籠の飽和収容量は平均体長 13 cm の大型のアカエビでは餌の無い場合は約 20～30 尾と推定される。しかし、この値は餌の効果や漁場における分布密度により変化するものであろう。

1979 年度の実験ではこの他、14 節目目の模型籠により、網口をふさいだ籠とそのままの籠について、人為的にそれぞれ 20 尾を入れて脱出行動を観察した。網口のある籠から脱出する個体は時間経過とともに増加し、籠内尾数が 10 尾のところで脱出はなくなり安定した。一方、網口のない籠からは脱出する個体は全くなかった。1978 年度の模型籠では 14 節の網目を抜けて脱出する個体がしばしば観察された。この違いは、実験供試エビの体長組成によるものであろう。すなわち、頭胸甲長で 1978 年度は平均 21.8 mm、1979 年度は 24.5 mm と約 2.7 mm の差があり、これは体長では約 4 cm の差であり、この体長差が影響したものと考えられる。

考 察

漁獲資料の解析により得られた結果を纏めると、1) アカエビ籠では設置日数と漁獲量との比例関係は認められないこと、2) 設置 1 日と 2 日との漁獲尾数では明瞭な差があり、籠の設置は 1 日では漁獲に十分でないこと、3) 漁獲の主体が大型エビの場合、主体が小・中型エビの場合に比べ、2) の関係は更に明瞭に認められることであった。

上記の結果を説明する仮説として考えられることは、1) 籠には飽和収容量があり、アカエビの漁獲が一定に達すると、それ以上は入らなくなる。2) 餌の誘引効果の持続性は 1 日で消滅するものではないが、2 日以上経つと微弱になる。3) 籠に入ったアカエビは脱籠する個体が多く、入籠・出籠の差引による残留エビの数は時間経過に伴って増加しない。4) 大型と小型のエビでは入籠、出籠行動に違いがあることである。

1) の籠の飽和収容量については MILLER³⁾ が *Cancer productus* について、井上²⁾ はスジエビについ

て、その存在の可能性を認め、何れも計算上の物理的収容量をはるかに下回る低値であると述べ、その低値の原因として MILLER はなわばり争いを、井上らはなわばり争いとはっきり言えないまでも個体の周囲に一定の空間を占有しようとする spacing 行動をあげており MILLER は大型のカニが籠に留まる優位性を指摘している。本研究の水槽観察でも模型籠に多数のアカエビを人為的に入れたときに、最終的に留まるのは大型のエビであることが観察された。このことは後述するように、大型エビと小型エビの脱籠行動上の大きな相違点といえる。なお、水槽実験から実物籠の飽和収容量は最大約 30 尾と見積られたが、この値が Table 1 に示された 1 籠当り漁獲尾数の最大値 32.5 尾に近似していることが、飽和収容量の存在を容認し、更には設置日数と漁獲量の無関係に関与しているかどうかは今後の研究課題である。

2) の餌の効果の持続性について検討する資料は乏しい。しかし、水槽実験によると、小型のアカエビは入籠のしぐみにスジエビにみられる走触性は余り認められなかったことから、入籠における餌の誘引性の依存度は極めて高いものと考えられる。水槽観察によると、籠内のアカエビでは餌を食べている個体は極くわずかで、大半は網地につかまっている。更に漁業者からの聴取りでも、漁場では籠内の餌は余り食い荒らされていないので、餌の誘引性は味より匂いによるものと考えられる。何れにせよ、餌の効果が設置日数とともに減退することは考えられるが、最大の漁獲をあげる設置 2 日目をピークに減退するかどうかは明らかでない。

また、大型エビでは餌の無い籠にも入ることが水槽実験から知られているので、餌の効果の減退による入籠への影響は小型エビより少ないことが考えられ、このことが大型エビでは籠の設置日数に伴い漁獲も増加することの原因になるとも思われる。

3) の脱籠エビの行動については次のように考察した。14 節網目の模型籠からでは小型のエビでも網目よりも網口からの脱出が多かった。小池ら⁹⁾と小島ら⁹⁾によると、漁場においてアカエビの 12~14 節の網目からの脱出は相当数に及ぶようであるから、網口と網目から脱出する個体数はかなり多いであろう。したがって、時間経過に伴って漁獲が増加しない原因として、脱籠個体を考慮に入れるのは当然であろう。

この考えに基づくと、資料解析の結果の 3) については、大型エビと小型エビでは脱籠行動の違いも考えるべきであろう。一つには物理的には大型エビの網目からの脱出が困難であること、同時に網口からの脱出も小型エビよりも少ないことがあろう。前者については網目の選択性からみて当然であるが、後者については網口は大きいので大型エビでも脱出できる余裕は十分にある。それ

にもかかわらず籠に留まる大型エビの割合の多いのは、大型エビの spacing 行動の優位性によるのであろう。漁業日誌によると単一銘柄のエビだけが漁獲されることは稀で、多くは各銘柄の混獲である。したがって、籠内の個体密度が増大した際には、大型エビは小型エビに対し干渉し、小型エビの逃避を促進させることになり、その結果として籠に小型エビの残留が少なく、大型エビの残留が多くなる原因になるであろう。

以上、漁獲資料解析の結果を水槽実験の結果から考えられる 4 つの仮説で検討したが、その仮説の何れが正しいのか、また、その何れの仮説によるのかは明らかでない。おそらくこれらが互いに絡み合っており、考察の冒頭に挙げた結果を招来したものであろう。

要 約

ホッコクアカエビ籠の漁獲資料により籠の設置日数と漁獲尾数との関係を調べ、その結果推定されたアカエビの行動を水槽実験の観察結果と照合して考察した。

1) 巨視的には設置日数と漁獲尾数には比例関係はない。ただ、設置日数 1 日と 2 日以上では漁獲尾数には明瞭な差があった。

2) 設置日数 1 日と 2 日以上での漁獲差は大型エビが漁獲の主体の場合は、小・中型エビが主体の場合に比べ、一層明瞭であった。

3) 水槽実験によれば籠内では大型エビと小・中型エビの間には干渉があり、それにより小・中型エビの脱籠行動は活発化する。その際は網目ばかりでなく、網口からも脱出する。このことは 2) と関連をもつであろう。

謝 辞

本研究に当たり貴重な漁業日誌をお貸し下さった石川県羽咋郡西海漁業協同組合長川辺茂氏、水槽実験の機会を与えて下さった新潟県栽培漁業センター所長坂井英生氏、水槽実験に協力して下さいた同所加藤和範氏、及び東京水産大学漁法学講座助教授小倉通男博士、同助手有元貴文氏に深謝する。

なお、本研究の経費の一部は昭和 51~53 年度文部省科学研究費によって行われた。ここに記して謝意を表す。

文 献

- 1) 井上 実・小倉通男・有元貴文：日仏海洋学会誌，16，64-71 (1978)。
- 2) 井上 実・有元貴文・S. VADHANAKUL：日仏海洋学会誌，15，15-60 (1977)。
- 3) R.J. MILLER: *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 38, 338-345 (1978)。

- 4) Edward T. HALL: かくれた次元 (日高敏隆・佐藤信行訳), みすず書房, 東京, 1973, pp. 13-24.
- 5) 小池 篤・石戸谷博範: 東水大研報, **65**, 23-33 (1978).
- 6) 小島伊織・依田 孝: 北海道立水試報, No. 9, 46-55 (1968).