

タラバガニの標識死亡と標識発見率について*

竹下 貢二・藤田 蘊・川崎 正和
(遠洋水産研究所)

On the tagging mortality and recovery efficiency for king crabs

Koji TAKESHITA, Hitoshi FUJITA and Seiwa KAWASAKI
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

Tagging mortality for king crabs, *Paralithodes camtschatica* (TILESIUS), was investigated by holding experiments in the fishing grounds in the eastern Bering Sea and Okhotsk Sea, in 1967 and 1968. Results can be summarized as follows:

1. No significant differences were found between the mortality curves of non-tagged crabs (as controls) and the crabs with short-term tags and long-term tags, indicating negligible mortality from the tagging operation (Table 1, Figs. 1 and 2).

The initial mortality after release of both tangle net and trawl net caught crabs would be low, based on losses in the first five days (less than 2%) of the holding experiments.

Shedding of tags during the holding period was seldom observed—none in the short-term tagged crabs and only 2 of 120 long-term tagged crabs.

2. Crabs held for a period of 30 days or more suffered high mortality which was thought to be caused by the artificial conditions of the holding in cages particularly the lack of food.

The incidence of infection from the collection and tagging procedures would not appear over long period of time, when adequate tagging techniques were used and weak crabs were discarded.

In 1967, tag recovery experiments were also conducted aboard the factory motherships to derive a percentage recovery, that could be used to estimate recovery efficiency or reporting efficiency for the entire king crab fishery including catcher boats and motherships. Results can be summarized as follows:

1. Differences were found in the percentage recovery of the short-term tags depending on tag color. The percentage recovery was highest with blue and green tags (88.6% on an average), lower with red tags (72.7%), and lowest with yellow and white tags (59.1%). The percentage recovery for the long-term tags was nearly the same regardless of color (37.3% on an average), and considerably lower than for the short-term tags (Table 2 and Plate I).

2. Recovery efficiency for the entire fishery was derived as follows:

Since recaptures come from both the catcher boats and the processing plant aboard the motherships, the recovery efficiency r for the entire fishery can be written as:

* 1973年10月31日受理 遠洋水産研究所業績 第114号

$$r = \{kN + b(1-k)N\} / N \dots\dots\dots (1)$$

where, N : Total recaptures.

k : Percentage recovery of the catcher boats.

b : Percentage recovery of the motherships, as estimated in Table 2.

The value of k in formula (1) was calculated from actual recovery data in the eastern Okhotsk Sea fishery (Table 3 and Plate I) for the years 1960-1967 as follows :

$$kN = c \cdot b(1-k)N \text{ or } k = c \cdot b(1-k) \dots\dots\dots (2)$$

where, c : Ratio of recoveries by the catcher boats to recoveries by the motherships, determined as 23.4 for the short-term tags and 13.5 for the long-term tags.

Substituting the values k and b thus obtained into formula (1), values of r were 0.995 for the green short-term tags and 0.896 for the long-term tags.

標識放流試験により資源特性値を推定する際に、導入される誤差の原因は種種考えられるが、標識による死亡、標識票の脱落および再捕個体の発見報告漏れなどによる標識損耗も、誤差原因としては重要なものとみられる。タラバガニにおいては、長期標識法における初期死亡や標識の脱落について、すでにいくつかの研究があるが、標識放流の有効性を高めるためには、さらに研究を進め、標識損耗に関する基礎知見の充実を計る必要があると考えられた。このため本研究においては、タラバガニの標識放流試験に常用されている長期標識法ならびに短期標識法による標識死亡について止蓄実験を行なうとともに、また、それら両法による標識ガニの再捕発見についても標識混入実験にもとづく検討を行なった。

止蓄実験は、1967年調査船北鳳丸（カムチャッカ半島西岸沖合）および1968年母船大日丸（東部ベーリング海）により、標識混入実験は、1967年母船大日丸（東部ベーリング海）および母船星洋丸（カムチャッカ半島西岸沖合）によって行なわれた。実験に協力いただいた船団関係者各位ならびに調査船乗組員一同に深く感謝する。また遠洋水産研究所北洋資源部長藪田洋一博士には原稿の校閲を頂いた。記して謝意を表する。

止蓄実験からみたタラバガニの標識死亡について

1967年および1968年の東部ベーリング海ならびにカムチャッカ半島西岸沖合のタラバガニ漁場において止蓄実験を行ない、その結果にもとづいてタラバガニの標識死亡に関する検討を行なった。

材料および方法

供試材料には、刺網および底曳網によって採集されたタラバガニを用い、下記の方法によって標識ならびに止蓄を行なった。

標識方法：タラバガニの標識には、カニが脱皮するまで有効な短期標識 (Fig. 1, A) と、脱皮後も標識が有効な長期標識 (Fig. 1, B) とがあり、この研究でもこれら2種の標識について検討を行なった。

短期標識は、通常標識紐を甲殻または歩脚に穿孔貫通するか、或いはまきつけ、これによつて標識票を結付する方法で行なわれている。これらのうち、標識紐を第三步脚の長節基部にまきつけて付票する方法を採用した (Fig. 1, A 参照)。また長期標識については、一般に行なわれているようにカニの頭胸部と腹部との接続部にあたる筋組織 (isthmus) に、湾曲した針を用いて標識紐を貫通し、これによって標識票を結付する方法を用いた (Fig. 1, C および D)。

標識紐は外径 1.5 mm、内径 1.0 mm の軟質の塩化ビニールチューブで、長期標識に用いる針はこのチューブに差込んで使用する。標識票は両端を円く整形した矩形の塩化ビニール板で、長さ 23 mm 幅 8 mm 厚さ 1 mm のものである (Fig. 1, C 参照)。これら標識紐および標識票は、近年の標識放流試験に使用され

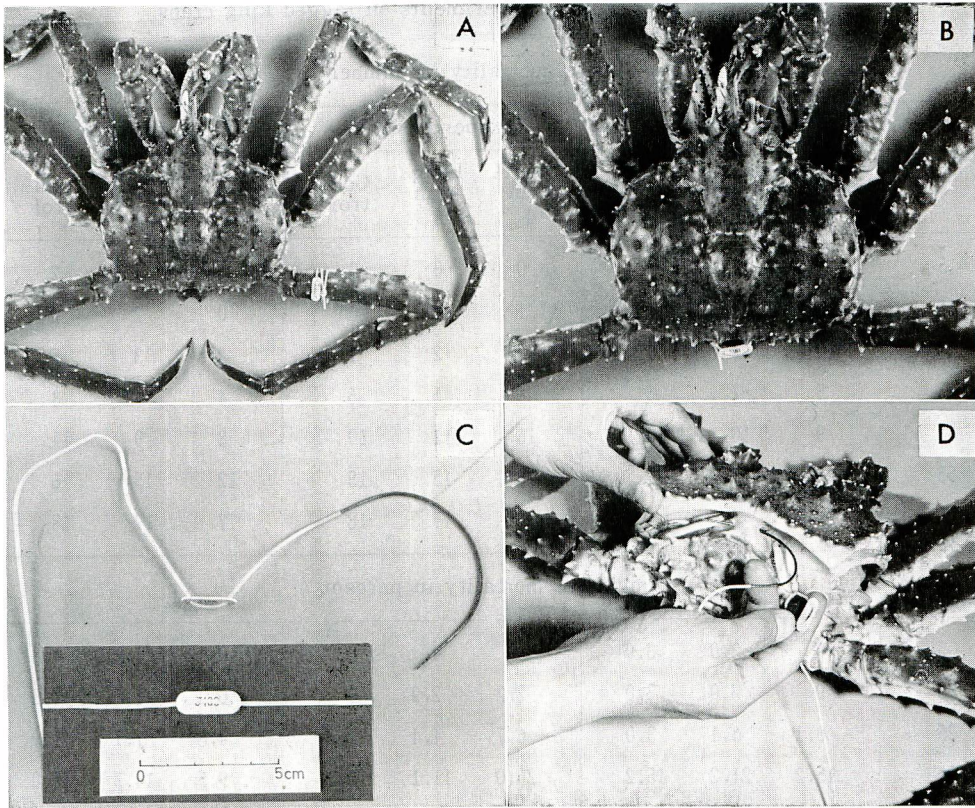


Fig. 1. Tagging methods for king crab.

- A) Crab with short-term tag.
- B) Crab with long-term tag.
- C) Tag with poly-vinylchloride plastic tube, and needle for attaching long-term tag.
- D) Attaching long-term tag to the isthmus—the fleshy connecting tissue between the posterior portion of the carapace and the abdomen.

ている標準的なものである。

止蓄方法：供試材料は、刺網や底曳網で採集された甲殻幅 130～200 mm の成体雄ガニで、それらの平均甲殻幅は西カムチャッカでは約 145 mm、東部ベーリング海では約 180 mm である。

止蓄には、カニ漁業で用いられている円錐台型のカゴ（底面直径 1.5 m 高さ 0.6 m 上面直径 0.8 m）を使用し、供試個体として短期、長期の標識ガニと非標識ガニを同数（2～3 尾）ずつ収容した後、水深約 50～70 m の海底に設置した。それらのカゴは設置後 5 日目およびその後は原則として各 10 日目毎に引上げ、供試個体の観察と生死の判別を行なった。

結果と考察

止蓄結果にもとづいて、標識取付操作によるタラバガニの死亡や標識後の初期死亡について検討を行ない、標識放流のための基礎知識を明らかにした。

標識取付操作によるカニの死亡：標識取付操作によるタラバガニの死亡を明らかにするため、止蓄日数の経

Table 1. Results of holding experiments on tagged king crabs.

Cumulative mortality in number ¹⁾									
Days of holding	Experiment 1			Experiment 2			Experiment 3		
	Short-term tag	Long-term tag	Control	Short-term tag	Long-term tag	Control	Short-term tag	Long-term tag	Control
5	0	1	1	0	0	0	0	2	2
15	0	1	1	1	1	0	0	2	2
25	2	2	1	3	2	1	2	3	5
35	5	7	5	9	5	6	4	6	8
45	9	10	10	16	11	10	8	9	11
55	12	13	14	18	15	15	12	15	16
65				20	17	18	17	17	18
Cumulative mortality in percent									
5	0	3.0	3.0	0	0	0	0	4.8	4.8
15	0	3.0	3.0	2.2	2.2	0	0	4.8	4.8
25	6.1	6.1	3.0	6.7	4.4	2.2	4.8	7.1	11.9
35	15.2	21.2	15.2	20.0	11.1	13.3	9.5	14.3	19.0
45	27.3	30.3	30.3	35.6	24.4	22.2	19.0	21.4	26.2
55	36.4	39.4	42.4	40.0	33.3	33.3	28.6	35.7	38.1
65				44.4	37.8	40.0	40.5	40.5	42.9
Number of crabs held	33	33	33	45	45	45	42	42	42
Date of collection	Apr. 11, 1967			May 24, 1967			May 18, 1968		
Location	56°—40' N 161°—09' W			56°—22' N 155°—20' E			56°—30' N 155°—07' E		
Collection gear	Tangle-net			Trawl-net			Trawl-net		

1) Excludes crabs that shed their tags. Only one tag was shed by crabs with long-term tag after 35 days in Experiment 1 and one tag after 15 days by crabs in Experiment 2.

過に伴う死亡個体の出現傾向を、非標識群と短期ならびに長期標識群との間で比較した。

死亡個体の出現傾向については、止蓄開始当初の5日間およびその後各10日間毎の各期に至る累積死亡率によって示し (Table 1), これに関する群間の差異を、各期の累積死亡率の信頼限界 (信頼度60%; 計算図表, 小河原 他, 1954による) を用いて検討した (Fig. 2)。

それによると、止蓄期間中における短期ならびに長期標識群の各期の累積死亡率が、非標識群のそれよりも有意に高いとはみられない。したがって、各期の累積死亡率によって示される傾向、すなわち止蓄後約30日間

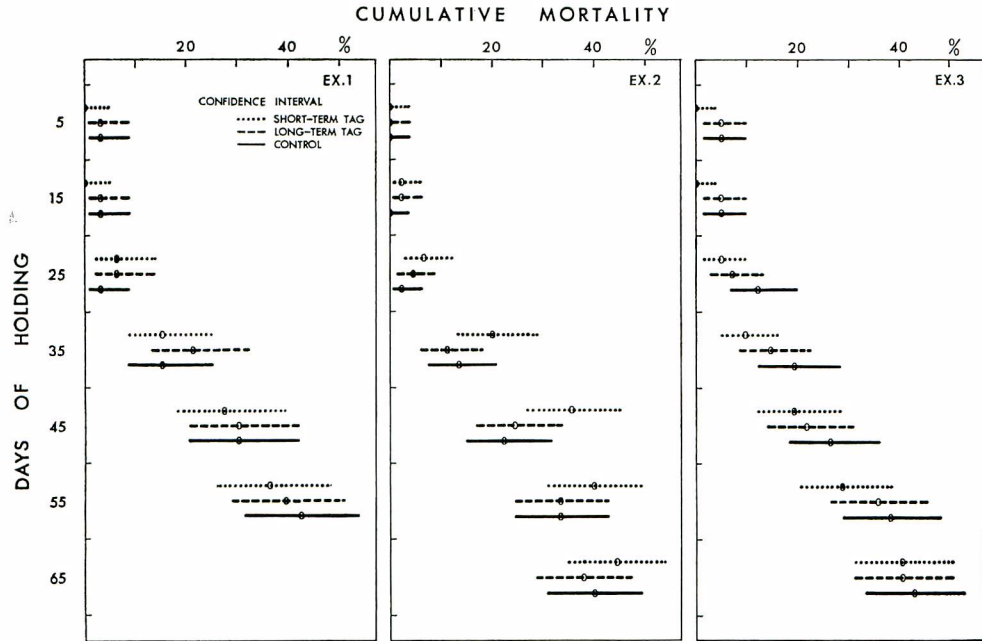


Fig. 2. Cumulative mortality of controls, short-term tagged and long-term tagged king crabs in three holding experiments (see Table 1) : 60% confidence limits, 4% significance level in one-sided test, were read on the nomograph (OGAWARA et al., 1954).

は死亡が少なく、それ以後継続して多くの死亡個体が出現する傾向に、群間の差異はないと判断された。

この止蓄においては標識取付操作を除くと、標識群と非標識群に対して加えた操作は全く同じであるから、上記の結果は、止蓄期間中において標識取付操作に起因するカニの死亡が無視し得る程度であることを示すものと考えられた。

止蓄後の初期死亡：前記の結果によると、止蓄タラバガニの死亡は標識取付操作以外の原因によるものとみられる。これについては、長期間の止蓄がカニの死亡原因となる可能性が考慮されるので、止蓄の影響が極めて少ないと考えられる止蓄後短期間の死亡率について検討を行ない、標識タラバガニの死亡の程度を評価するための基礎資料とした。

止蓄の結果によると、刺網採集によるカニの止蓄開始当初5日間の死亡率は2.0%（供試99個体中、死亡2個体）で、底曳網採集による場合は1.5%（供試261個体中、死亡4個体）であった。また、これに止蓄15日目までの結果を加えても、刺網採集の場合は2.0%で変わりなく、底曳網採集の場合にも2.3%でほとんど変わらない。

長期止蓄の影響が極めて少ないと考えられる止蓄初期の死亡は、標識放流時に起り得るであろう死亡を意味するものと思われるが、上記の結果は、その死亡率が極めて低いことを示唆するものであると考え、かつ、採集漁具による死亡の差はほとんどないものと推察した。ほぼ同様の知見が既往の研究においても得られており、カニかごおよび底曳網で採集されたカニの止蓄結果から（採集漁具の種類については著者に直接確認した）、長期標識における初期死亡率は1%に達しないことが報告されている（HAYES, 1963）。

この検討に用いた止蓄結果は、いずれも約30日以降に多くの死亡個体が継続して出現することを示してい

る。しかしながら、筆者等の他の研究において少数例ではあるが、水槽内に収容したカニを、投餌することによって長期間順調に飼育し得ることが確認され^{*}、さらに水族館における飼育例にも同様の結果がみられる^{**}。これらの点からみて、長期止蓄におけるタラバガニの死亡は上記の止蓄初期の死亡とは異なり、止蓄そのものによる影響が極めて強いと思われ、特に止蓄期間における無投餌がカニの死亡に大きく作用したと考えられた。

ま と め

タラバガニの標識死亡に関する止蓄実験は、刺網および底曳網により採集されたカニのうち、外見上活力があると判断された個体を用いて行なわれた。したがって、そのようなカニを用いて標識放流を行なった場合、放流初期の死亡率としては、止蓄実験における初期の死亡率に近似した低い値を期待し得るものと考えられる。また、長期間飼育の可能性を示す他の実験、飼育例からみて、採集から放流までの全操作の影響が、放流初期以降における標識ガニの死亡の原因となる可能性は極めて少ないであろうと推察した。

なお、止蓄期間中の標識の脱落は、短期標識にはなくて、長期標識において2尾(120尾中)にみられたのみであった。しかも、脱落個体の標識取付部位が切れていたことから、その脱落の原因は、標識が止蓄カゴに纏絡したことによるものではないかと考えられ、このことは、実際の標識放流における標識の脱落率が極めて小さいものであろうことを示している。

標識混入実験からみた再捕タラバガニの発見率について

1967年、カムチャッカ半島西岸沖合ならびに東部ベーリング海のタラバガニ漁場に出漁したカニ母船上において、標識混入実験を行ない、母船式タラバガニ漁業における再捕標識ガニの発見率について究明した。

母船式タラバガニ漁業においては、主としてカニ刺網が用いられ、この揚網は小型漁艇(川崎船)によって行なわれる。刺網に纏絡したカニは、漁艇上で網から外され、船艙に集積された後母船に運ばれる。何隻かの漁艇から母船に移された漁獲物は、母船甲板上に山積みされた後1尾づつ人手によって脱甲(頭胸部の甲殻を腹部や内臓とともにとり除くこと)され、その後缶詰の製造工程に入るから、再捕標識ガニはまず漁艇上で発見され、ついで母船上における漁獲物の処理の過程で発見される。

本研究においては、上記の漁艇上および母船上を含む全体の発見率に関する検討を行なった。この混入実験の直接の目的は、母船上の発見率に関する推定値を得ることであり、それについて下記の方法により試験を行なった。

材料および方法

供試材料には、刺網によって漁獲された商業寸法のタラバガニを用い、下記の方法によって標識タラバガニの発見に関する標識混入実験を行なった。

標識ガニの混入方法：実験は漁艇が母船を離れて揚網に向う際、標識票を携行し、揚網漁獲されるカニから定められた数の供試個体を取り出して標識する。この実験標識個体は、漁獲物中に偏らないように混入され、漁艇の船艙内に集積された。漁撈を終えた漁艇が母船に帰着した際、実験標識個体を含む漁獲物は母船上に移され甲板に一時山積みされた後、脱甲以降の処理をうけるが、その過程で作業員により標識個体の発見が行なわれる。母船に付属する漁艇は通常10隻であるが、実験個体の混入については各漁艇がほぼ同数を受持ち、漁獲物中における実験個体の分布が偏らないよう注意した。また、発見者の標識ガニに対する慣れを防ぐため

* 1972年7月、西カムチャッカ産の雌雄タラバガニ7尾を、流水式水槽(現地一北海道)および低温湿潤箱(北海道一九州)により輸送した。これらを九州大学水産実験所において、約3箇月間、投餌(タイラギ、アジなど)飼育し、生態観察を行なった(九州大学、松浦修平および筆者等、未発表)。

** 小樽市立水族館における例、オホーツク海産の雌雄タラバガニ30尾を開放式水槽で4月から飼育し展示に供しており、飼育後約60日間に死亡はなかった(同水族館、多賀正人氏の通信による情報、1973年)。

Table 2. Results of tag recovery experiments on the king crab motherships¹⁾

Tag color	Number of trials Number of crabs tagged in a trial	Short-term tag				Percent. recovery and Confidence limits ²⁾	Long-term tag				Percent. recovery and Confidence limits ²⁾
		17	1	1	Total		17	1	1	Total	
		1	2	3			1	2	3		
Red	Number tagged	17	2	3	22	72.7	17	2	3	22	40.9
	Number recovered	12	2	2	16	60.8—83.3	6	1	2	9	26.6—55.0
Yellow	Number tagged	17	2	3	22	59.1	17	2	3	22	40.9
	Number recovered	10	1	2	13	45.2—71.3	8	1	0	9	26.6—55.0
Green	Number tagged	17	2	3	22	86.4	17	2	3	22	36.4
	Number recovered	14	2	3	19	77.8—94.6	7	0	1	8	22.2—50.1
Blue	Number tagged	17	2	3	22	90.9	17	2	3	22	36.4
	Number recovered	15	2	3	20	83.7—98.8	6	1	1	8	22.2—50.1
White	Number tagged	17	2	3	22	59.1	17	2	3	22	31.8
	Number recovered	10	1	2	13	45.2—71.3	6	1	0	7	18.1—45.2
Average catch in a trial (thousands of crabs)		6.4	3.2	4.9			6.4	3.2	4.9		

1) Results of experiments in the Bering Sea (April 21—July 5) and the Okhotsk Sea fishery (May 26—June 16) were combined.

2) 60% confidence limits were read on the nomograph (OGAWARA et al., 1954).

タラバガニの標識死亡と標識発見率について

に、実験の試行間隔を3日以上とし、さらに同種標識票を用いた同一標識法による標識ガニの1回の混入尾数を3尾以下にとどめた。母船上における発見の大部分は脱甲する場所においてなされ、それ以後の処理過程においては稀にしか発見されない。脱甲の作業を行なう人員は通常20~30名程度である。また、日本のタラバガニ標識放流試験の歴史は長く、カニ漁業に従事する者はすべて標識ガニが再捕されることを熟知するとともに、その発見についての関心およびその報告に関する意識は極めて高い。したがって、日本の母船式タラバガニ漁業において、再捕標識ガニが発見された場合は必ず報告されるものと考えた。

標識票および標識法：標識票および標識紐の材質、形状ならびに大きさは前記のとおりであるが (Fig. 1, C 参照)、標識票の色の種類として過去において多用された赤、黄、緑、青および白色の5種を用い、標識紐としては無色透明のものを使用した (Plate I)。

結果と考察

混入実験結果にもとづき、標識法と標識票の色別に母船上の発見率を推定した。また、これらの推定値と、過去に行なわれた標識放流試験結果とを総合して検討し、漁艇上での発見を含む母船式タラバガニ漁業全体における再捕標識ガニの発見率の推定を試みた。

母船上の発見率：混入実験結果によると、短期標識の発見率については標識票の色による差が認められ、用いた5色のうち、青と緑の発見率が白と黄のそれに比べて明らかに高く、赤の発見率はこの両者の中間の値を示した。一方、長期標識における発見率においては、標識票の色による差は認められなかった (Table 2)。

この実験は少数の個体を供試して繰返し行ない、なお前記のとおり作為的な発見がないよう充分配慮されているから、その結果、得られた発見率の確度は高いものと考えた。したがって母船上の再捕標識ガニの発見率も極めてこれに近似したものであると考え、上記の結果を用いて短期標識における発見率を、緑と青についてはその平均の88.6%、赤については72.7%、白および黄については59.1%とした。また長期標識の発見率は、各色ともそれらの平均の37.3%とした。

再捕標識ガニの発見率：母船上の発見率に関する上記の推定結果と過去の再捕資料にもとづき、漁艇を含む全体の発見率を次のようにして推定した。

すなわち、実際の再捕標識ガニの尾数を N 、漁艇上での発見率を k 、母船上の発見率を b とすると、全体の発

Table 3. Relationship between recoveries by catcher boats and those by motherships from recovery data of tagging experiments in the eastern Okhotsk Sea in 1960—1967.

Release Year	Tag color	Total recoveries ¹⁾	Recoveries by catcher boats (I)	Recoveries by motherships (II)	Ratio ²⁾ (I)/(II)
1960	Red	232	216	16	13.5
1961	White	520	481	39	12.3
1962	Green	287	263	24	11.0
1963	Yellow	192	185	7	26.4
1964	Blue	215	200	15	13.3
1965	Red	111	105	6	17.5
1966	Green	2,026	1,943	83	23.4

1) From long-term tagging in 1960—'65 and short-term tagging in 1966. Recoveries combined for the years up to 1967.

2) Ratio of recoveries by catcher boats to recoveries by motherships is tentatively obtained as 13.5 for long-term tag, mean of the values 1960 through 1965 excluding exceptional value in 1963.

見率 r は

$$r = \frac{kN + b(1-k)N}{N} = k + b(1-k) \dots \dots \dots (1)$$

によって示される。

漁艇上の発見率 k は直接推定されていないが、過去の再捕資料により、母船上の発見数 $b(1-k)N$ に対する漁艇上の発見数 kN の比 c が求められるので、この c と母船上の発見率 b によって次のようにして推定できる。

$$kN = c \cdot b(1-k)N \quad \text{または} \quad k = c \cdot b(1-k) \dots \dots \dots (2)$$

発見数の比 c は、1960年～1967年のカムチャッカ半島西岸沖合における再捕について各年の放流群別に求め (Table 3), これにもとづき、短期標識の c については1966年 (緑) の値23.4を用い、長期標識の c については1960年～1965年 (1963年を除く) の各年の平均値13.5を用いた。

母船上の発見率 b は、緑色の短期標識が0.886、長期標識が0.373であるから、これらの b と上記の c を (2) 式に適用して漁艇上の発見率 k を求め、この k を (1) 式に適用して全体の発見率 r を推定した結果、短期標識 (緑) については0.995、長期標識については0.896が得られた。

ま と め

以上によると、母船式タラバガニ漁業における再捕標識ガニの全発見率は、緑色の短期標識においては100%に近い。他方、短期標識に比べて母船上の発見率が極めて低い長期標識においてさえも、ほぼ90%と試算された。短期標識のうち白や黄色については全発見率の計算ができなかったが、上記の結果からみて、それらの全発見率は少なくとも長期標識の90%を超える高い値を期待し得ると考えた。

一方、長期標識においては、標準寸法と異なる大きさの標識票が過去において実際に使用されている (Plate I 参照)。このうち、標準寸法より小型の標識については今後検討の必要があるが、より大型の標識票については少なくとも90%、或いはそれ以上の発見率が期待できると思われる。

文 献

- 1) GRAY, G. W. JR. 1964 : Tag loss during ecdysis by king crab, *Paralithodes camtschatica* (Tilesius), Trans. Ame. Fish. Soc., 93 (3).
- 2) ————— 1965 : Tags for marking king crabs, Progressive Fish-Culturist, Oct., 1965.
- 3) HAYES, M. L. 1963 : King crab tagging methods in Alaska, ICNAF, Spec. Publ., 4.
- 4) JANSSEN, J. F. JR. and J. A. APLIN 1945 : The effect of internal tags upon sardines, Calif. Div. of Fish and Game, Fish Bull., 61.
- 5) 小河原正己・小沢 正・戸松喜一 1951 : 出現確率の信頼限界計算図表, 日本気象学会誌, 29 (6).
- 6) ————— 1954 : 出現確率の信頼限界計算図表, 気象と統計, 4 (5~6), 附録.
- 7) ROUNSEFELL, G. A. 1963 : Marking fish and invertebrates, Fishery Leaflet, 549, U. S. Fish and Wildl. Ser.
- 8) 佐藤 栄・日向野孝一 1939 : 標識放流に関する一資料, 北水試事業旬報, 436.

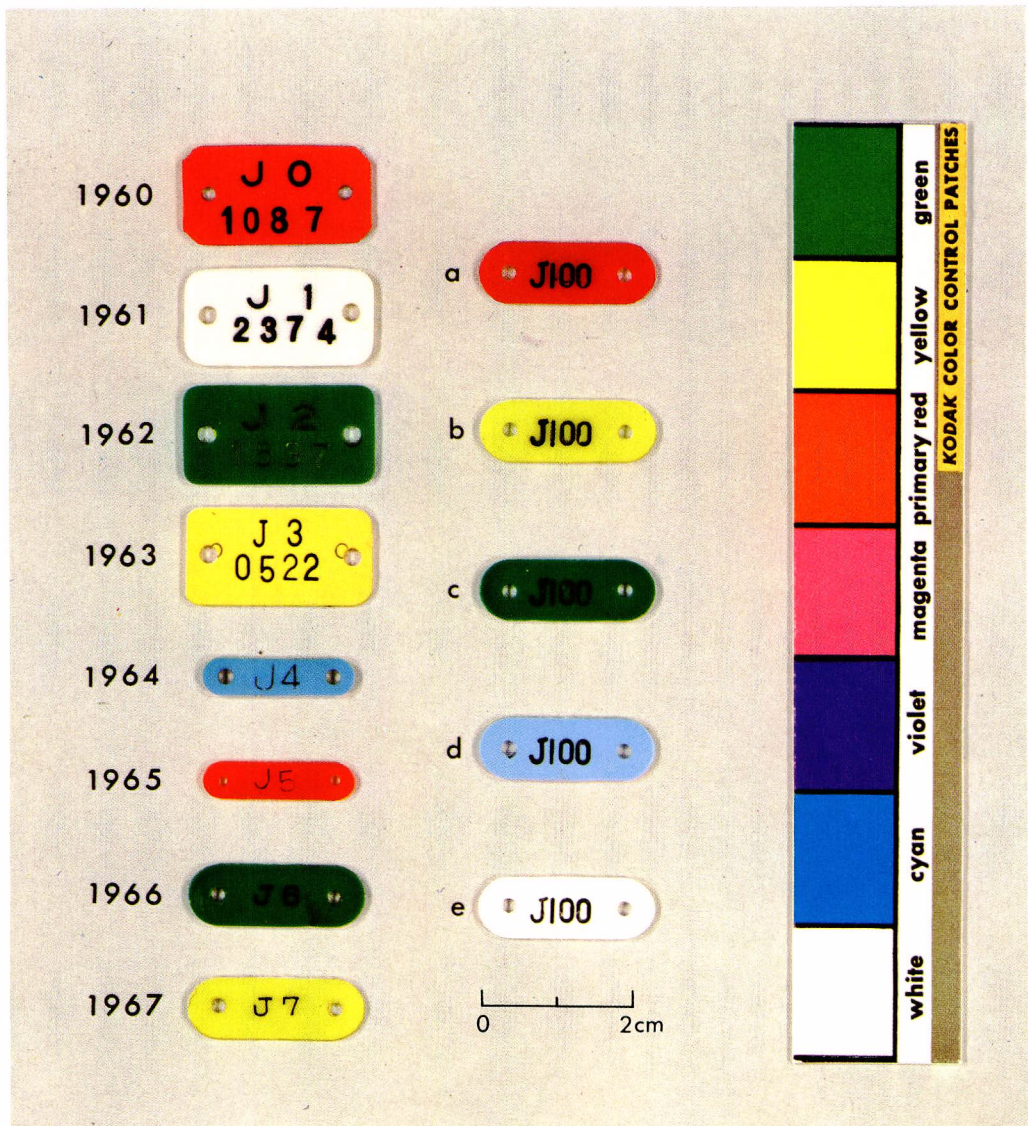


Plate I. Tags used for tagging experiments in the Okhotsk Sea, 1960 – 1967 (left) and for recovery experiments in 1967 (right, a – e)