灯 火 漁 業 の 研 究—Ⅳ.

サンマ棒受網法について

今 村 豊

(1961 年 3 月 20 日受理)

STUDIES ON THE FISHERIES OPERATING WITH AID
OF LURING LIGHT—IV.STUDY ON THE FISHERY OPERATING THE STICK HELD DIP
NET WITH AID OF LURING LIGHT FOR SAURY.

Yutaka IMAMURA*

In Japan, saury has been caught by stick held dip net from September to December, in the coastal sea areas of the Pacific. The process of the capture of fish with stick held dip net is divided into the following three orders according to the kinds of fishing lights. First of all, saury is gathered to around of starboard being lured by fishing lights which is equipped at starboard. Generally this light is named as gathering light and composed of 13—30 white globes of 500 W.

Secondly, saury is removed to port side from starboard where fish has been grouping by the action of fish light which is set at port, usually this light is called as guiding light and composed of 3—7 white globes of 500 W.

Last of all, saury is lured into the net setting in advance into the water with aid of light, usually this light is called as catching light and composed of 3—6 red colour globes of 500 W. (These data concerning the composition of fishing lights were supplied from saury fishing boats in Chiba prefecture in 1955) The results of this study will be described as follows; Let C is the intensity of illumination in candle power the quantity of saury gathered to starboard is proportionate to $C^{1/2-1/4}$ of gathering light.

When the ratio of the candle power of guiding light to that gathering light is half and less, saury is lured most effectively to port from starboard.

The most suitable numbers of catching light to make saury lure into the net is composing 5—6 and less red colour globes.

サンマは戦前は専ら流網にて漁獲され、戦後は灯火利用の棒受網で漁獲されるようになった。サンマの漁獲量も昭和 9—11 年を 100 とすれば昭和 30 年には 2800 という値で示されるように増加した。これは主として漁法の違いによるものと判断してよいであろう。そこで、著者はサンマ漁業における灯火の効用について調べた。

(I) サンマ漁船は主として 100 トン未満のものが使用され、各船は集魚舷（一般に右舷）におもに白色灯を数本の灯竿に一斉に点灯し、海面を照射しながら静かに航走しつつ広い範囲から多くのサンマを集めるように努める。魚は灯火を追って右舷側に集まり、船について泳ぐようになる。 C cd の点光源が海面上 h_m にあるばあい、鉛直下方から θ の方向に海面に入射して φ の方向に $k\theta$ 、一部分が屈折して光の強さが $1m$ ごとに μ の割合で減少すると、その海水の屈折率 n の中を r_m だけ進んだ点の明るさは、次のように示される。

* 東京水産大学 (Tokyo Univ, Fish., Minato-ku, Tokyo, Japan).
(印刷費負担)

Table 1. The Saury quantity, were caught by fishing-boats of Chiba prefecture in 1955.

Date	Rank of fishing-boat (Ton)	Numbers of operating boat	Operating days of boats			Sum quantity of catch (kg)	Catch per one day by one boat	
			Sum days	Days per one boat	%		Catch (kg)	%
Sept. 12~14	10~19	15	17	1.13	100	144,670	8,510	100
	20~29	26	29	1.11	98	274,125	9,452	111
	30~39	8	9	1.12	99	48,750	4,527	53
	40~49	3	4	1.33	118	58,125	14,531	171
	50~80	14	21	1.50	133	336,750	16,035	188
15~19	10~19	18	28	1.56	100	190,500	6,803	100
	20~29	29	43	1.48	95	322,875	7,508	110
	30~39	11	18	1.64	105	208,875	11,604	171
	40~49	2	2	1.00	64	37,500	18,750	276
	50~80	16	22	1.37	88	380,250	17,284	254
20~24	10~19	19	26	1.37	100	376,500	14,480	100
	20~29	35	70	2.00	146	1,206,375	17,233	119
	30~39	11	22	2.00	146	512,625	23,301	161
	40~49	3	6	2.00	146	114,375	19,062	131
	50~80	18	36	2.00	146	881,625	24,489	169
25~29	10~19	23	46	2.00	100	592,500	12,880	100
	20~29	34	61	1.79	90	945,750	15,504	119
	30~39	11	22	2.00	100	416,250	18,920	147
	40~49	3	8	2.67	134	135,000	16,875	131
	50~80	17	42	2.47	124	774,375	18,437	143
Sept. 30 ~Oct. 4	10~19	19	29	1.53	100	252,375	8,702	100
	20~29	30	48	1.60	105	649,125	13,523	155
	30~39	9	17	1.89	124	358,125	21,066	243
	40~49	4	8	2.00	131	163,125	20,390	234
	50~80	16	23	1.44	94	693,000	30,130	345
Oct. 5~9	10~19	23	40	1.74	100	353,250	8,831	100
	20~29	33	56	1.70	98	173,625	3,100	35
	30~39	10	23	2.30	135	255,750	11,119	126
	40~49	4	9	2.25	129	95,625	10,625	119
	50~80	18	33	1.83	105	437,625	13,261	150
10~14	10~19	27	43	1.59	100	544,125	12,654	100
	20~29	33	63	1.91	120	1,095,375	17,386	137
	30~39	11	23	2.00	126	427,875	18,603	147
	40~49	3	7	2.33	147	148,875	21,267	168
	50~80	15	27	1.80	113	536,250	19,860	157
15~19	10~19	27	60	2.22	100	786,000	13,100	100
	20~29	34	85	2.50	113	1,203,000	14,152	108
	30~39	11	32	2.90	131	430,500	13,453	103
	40~49	3	7	2.83	127	121,875	17,410	133
	50~80	14	33	2.36	106	579,950	17,574	134
20~24	10~19	26	37	1.42	100	151,125	4,084	100
	20~29	28	58	2.07	146	372,750	6,426	157
	30~39	11	19	1.73	122	115,500	6,078	149
	40~49	3	8	2.67	188	58,125	7,265	128
	50~80	14	30	2.14	151	390,375	13,012	319
25~29	10~19	28	55	1.96	100	528,750	9,613	100
	20~29	35	76	2.17	111	949,125	12,488	137
	30~39	10	19	1.90	97	320,625	16,875	175
	40~49	4	7	1.75	89	78,000	11,143	116
	50~80	16	29	1.81	92	440,625	15,193	158
Oct. 30 ~Nov. 3	10~19	20	27	1.35	100	229,770	8,510	100
	20~29	29	51	1.76	130	434,010	8,510	100
	30~39	10	24	2.40	178	313,760	13,073	153
	40~49	4	7	1.75	130	86,950	12,421	146
	50~80	15	30	2.00	148	109,020	20,301	238
Nov. 4~8	10~19	26	66	2.54	100	591,260	8,958	100
	20~29	37	90	2.43	96	928,145	10,313	115
	30~39	10	28	2.80	110	336,700	12,025	134
	40~49	3	11	3.67	144	149,850	13,623	152
	50~80	18	43	2.39	94	819,550	19,059	213

$$I = \frac{k_0 e^{-\mu r}}{\left[\frac{\cos \varphi}{\cos^2 \theta} + \frac{r}{h_m} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \varphi} \right] \left[\frac{1}{\cos \theta} + \frac{r}{h_m} \right]} \cdot \frac{C}{h^2} \quad \frac{I}{C} \cdot h^2 = 10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ で } \mu \text{ の値が } 0.3 \sim 0.15 \text{ の}$$

範囲内では同じ照度の点の軌跡はおよそ相似であることが示されるので、このていどの照度をもつ海面下の空間の体積は光源直下の深さの3乗に比例することになる。したがって、集魚の段階における光源の強さ、 C の影響は、 $I = \frac{k_0 e^{-\mu r}}{\left(1 + \frac{r}{h_m}\right)^2 h^2} \cdot C$ すなわち $(nh+r)^2 e^{\mu r} = \frac{k_0 n^2 C}{I}$ を満足する r の値の2乗で測ること

ができる。Table 1 に示した各級の漁船について述べれば、右舷の集魚灯には光が大空に向わないように平らな傘をつける。集魚灯は 500 W の白色電球 12~30 箇所を用いる。これをおおまかに点光源として扱うと 500 W 1 球の燭光は 830 cd であるので、傘で光束を 1/2 にしほれば、 $C = \{2 \times (2.5 \sim 1.0)\} \times 10^4 \text{ cd}$ であり、 $h = 1.5 \text{ m}$ とすれば $I = \frac{5 \sim 2}{(1.5)^2} + (1 \sim 10^{-2}) = 2 \sim 0.01 \text{ lux}$ で、おそらく、サンマを光源に向わせる明るさは 10^{-2} lux 以上の明るさとみてよいであろう。サンマを光に向わせる照度の光源直下における深さ r の2乗に比例する面積内のサンマは航走中の船の集魚灯に引きよせられるとみてよいであろう。

$(nh+r)^2 e^{\mu r} = \frac{k_0 n^2 C}{I}$ を微分して、 r に対して nh を省略すると、 $(2+\mu r) \cdot \frac{dr}{r} = \frac{dC}{C}$ 。したがって、 $2 \frac{dr}{r} = \frac{2}{2+\mu r} \cdot \frac{dC}{C}$ すなわち、一般に、集魚灯の効果は光源の光力 C の $\frac{2}{2+\mu r}$ 乗に比例することになる。 $\mu = 0.1$ の海では、サンマを集魚灯に向わせる照度を 4 lux とすると $(1.33 \times 1.5 + r)^2 e^{0.1r} = \frac{(1.33)^2 \times 2 \times (12 \sim 30) 830}{4}$ から、 $r \div 30 \text{ m}$ で $\frac{2}{2+\mu r} \div \frac{2}{5}$ 。このばあいには1隻1日の漁獲量は光力 $C^{2/5}$ に比例する。ところがサンマを光源に向かわせる照度が $4 \times 10^{-2} \text{ lux}$ とすると $\mu = 0.1$ の海では、 $(1.33 \times 1.5 + r)^2 e^{0.1r} = \frac{(1.33)^2 \times 2 \times (12 \sim 30) 830}{4 \times 10^{-2}}$ から $r \div 55 \text{ m}$ で $\frac{2}{2+\mu r} \div \frac{1}{4}$ だから、1隻1日の漁獲量は $C^{1/4}$ に比例することになる。

(II) 千葉県水産試験所が昭和 30 年 9 月 12 日から 12 月 8 日までに出漁した県下のサンマ漁船から聴取した日々の漁獲量をもとにして、著者は漁船をトン数別に5日ごとの1隻1日平均漁獲量を求めて、Table 1 を作成した。右舷の集魚灯に用いられる電球数、1日1隻平均漁獲量ともに10~19トン級を基準にして、トン数別に指数値をもとめ、1隻平均の操業日数が10~19トン級の80~120%、80%以下および

Table 2. Geometrical mean of ratio of quantity, cat ch per one boat and one day for quantity of catch by boat of rank 10~19 tons.

Date	Ratio Rank of fishing boat (Ton)	80~120%				80% and less				120% and more			
		20~29	30~39	40~49	50~80	20~29	30~39	40~49	50~80	20~29	30~39	40~49	50~80
Sept. 12~14		111	53	171									188
15~19		110	171		254			276					
20~24										119	161	131	169
25~29		119	147									131	143
Sept. 30~Oct. 4		155			345						243	234	
Oct. 5~9		35			150						126	119	
10~14		137			157						147	168	
15~19		108			134						103	133	
20~24										157	149	128	319
25~29		137	175	166	158					100	153	146	238
Oct. 30~Nov. 3												152	
Nov. 4~8		115	134		213								
G. M.		107.1	115.5	140.8	184.9			276		123.2	149.6	146.1	202.7

* 80~120%, 80% and less, 120% and more was meant the operating days per one boat for the operating days (100%) of rank 10~19 tons.

Fig. 1. The relation, between the ratio of illumination strength and the saury catch per one day by one boat.

X....Strength of illumination. (the ratio was meant for boat of 10~19 tons.)

Y....Geometrical mean of ratio of quantity, catch per boat-day of rank 10~19 tons.

○....80~120%, the operating days per boat-day for the operating days (100%) of rank 10~19 tons.

×....80% and less, for the operating days (100%) of rank 10~19 tons.

●....120% and more, for the operating days (100%) of rank 10~19 tons.

られる電球 (500 W) とを比較すると, Table 4~7 でみられるように, 漁獲がやや多い船は特に少ない船にくらべて, 電球の使用数は同じだが, 網が幾分, 大きくなっている。漁獲が特に多い船は, やや多い船にくらべて電球の使用数が多く, 網も大きなものが用いられていること, および, 漁獲が特に少ない船とやや多い船とでは, トン数とともに集魚用の電球数が増しても網はいくらか大きくないのに, 漁獲が特に多い船ではトン数とともに集魚用電球を増すことは同じだが, 10~19, 50~80 トン級にくらべて, 20~29, 30~39 トン級はかなり大きな網を用いていることがわかる。

(Ⅲ) 集魚灯によつて右舷側に集まつたサンマを, 網を用いる左舷側に移すのは, 左舷の誘導灯を点灯し

Table 3. Illumination strength of fish gathering light.

Rank of fishing boat (Ton)	Globe (W)	Number of globe	%
10~19	500	13	100
20~29	"	19	146
30~39	"	23	177
40~49	"	26	200
50~80	"	29	223

120% 以上に別けて, 1 日 1 隻平均漁獲量指数の幾何平均を計算して, 光の指数に対してプロットすると, Table 2 および Fig. 1 のようになる。これで見ると, 1 隻平均操業日数が, 20 トン以上の漁船では 10~19 トン級の船にくらべて多く, 操業日数が多いばあいには, 少ないばあいよりも単位漁獲量の指数値が高いことおよび 1 隻平均操業日数があまり変わらないばあいには, 単位漁獲量が光力 C の, 10~49 トン級では $1/4 \sim 1/2$ 乗に比例するが, 50~80 トン級では, この傾向から期待されるよりも単位漁獲量ははなはだしく多いことがわかる。トン数別に操業 1 日平均漁獲量が特に多い船, やや, 多い船および特に少ない船を抜き出して, 網の大きさ, 集魚灯, 誘導灯および捕獲灯 (漁獲灯ともいう) に用い

Table 4. Detail of the fish-catching, in 10~19 tons.

Boat size	Good catch	Ordinary catch	Poor catch
	18 tons	16 tons	17.6 tons
Catch, per {one day one boat	12.843 kg	11.276 kg	6.490 kg
Net	19m×21m	19m×20m	23m×18m
Gathering light	500 W×15	500 W×12	500 W×12
Guiding light	500 W×5	500 W×5	500 W×5
Catching light (Red)	500 W×4	500 W×4	500 W×3
Candela of gathering light	12.450 cd	9.960 cd	9.960 cd
$C^{1/3}$ (C)	23.2	21.5	21.5
Catch/ $C^{1/3}$	554	524	302

Table 5. Detail of the fish-catching, in 20~29 tons.

Boat size	Good catch	Ordinary catch	Poor catch
	27 tons	25.4 tons	25.1 tons
Catch, per {one day one boat	15.087 kg	12.966 kg	8.585 kg
Net	38m×22m	20m×20m	20m×20m
Gathering light	500 W×21	500 W×18	500 W×18
Guiding light	500 W×9	500 W×5	500 W×5
Catching light (Red)	500 W×4	500 W×6	500 W×6
Candela of gathering light $C^{1/3}$ (C)	17.430 cd 25.9	14.940 cd 24.6	14.940 cd 24.6
Catch/ $C^{1/3}$	582	527	348

Table 6. Detail of the fish-catching, in 30~39 tons.

Boat size	Good catch	Ordinary catch	Poor catch
	37 tons	32.5 tons	33 tons
Catch, per {one day one boat	17.837 kg	15.742 kg	11.675 kg
Net	45m×44m	22m×20m	21m×18m
Gathering light	500 W×30	500 W×20	500 W×20
Guiding light	500 W×3	500 W×5	500 W×5
Catching light (Red)	500 W×5	500 W×4	500 W×4
Candela of gathering light $C^{1/3}$ (C)	24.900 cd 29.2	18.260 cd 25.5	16.600 cd 25.5
Catch/ $C^{1/3}$	611	617	458

Table 7. Detail of the fish-catching, in 50~80 tons.

Boat size	Good catch	Ordinary catch	Poor catch
	67 tons	66 tons	74 tons
Catch, per {one day one boat	23.907 kg	20.907 kg	11.884 kg
Net	21.4m×21m	24m×22m	22m×20m
Gathering light	500 W×30	500 W×24	500 W×24
Guiding light	500 W×6	500 W×8	500 W×9
Catching light (Red)	500 W×6	500 W×6	500 W×6
Candela of gathering light $C^{1/3}$ (C)	24.900 cd 29.2	19.920 cd 27.1	19.920 cd 27.1
Catch/ $C^{1/3}$	797	771	439

て、右舷の集魚灯を順に消灯する。集魚灯に集まつて、一度舷側に近く浮上したサンマは、やがて集魚灯の光力が強いほど、遠く深く船をはなれて落付くようになる。サンマの游泳水深の照度を誘導灯（左舷側）の照野でも集魚灯の照野と同じにすることと、集魚灯に対する船の影に投下される網が誘導灯によつて照し出されないことが、サンマ誘導の要件である。誘導灯から 18m ぐらいの外側に投網すると、網丈が 20m ぐらいあるばあいには、屈折角 $\varphi \leq 42^\circ$ 、したがつて入射角 $\theta \leq 63^\circ$ であることが必要だから、誘導灯とし

での電球には深い傘をかぶせて、光束を $\frac{2\pi(1-\cos\theta)}{4\pi} \leq \frac{1}{2} \times (1-0.45) \leq \frac{1}{4}$ にしぼることになる。したがって、このばあい誘導灯に用いられる電球数は集魚灯に用いられる（光束を $1/2$ にしぼる傘をつけた）電球数の $1/2$ 以下にすることが必要である。ところが Table 4~7 をみると、誘導灯の電球数が集魚灯の電球数に対して、 $1/4$ 以下のばあいに漁獲が多く、 $1/4$ 以上のばあいに漁獲が少ないこと、および 30 トン未満の船ではすべて $\frac{1}{2\sim4}$ 、30 トン以上の船では $\frac{1}{3\sim10}$ であるので、どの船でも一応、誘導の要件にはかなっていることがわかる。

(IV) 投下した網を引き上げる前に、まず赤色の捕獲灯を点灯して、次いで白色の誘導灯を消灯する。このようにして集められたサンマを網に収まるくらいに濃縮する。また同時にサンマを浮上させる。10 lux ぐらいの明るさのところに集まっているサンマを 10m より浅い層に浮上させるには、赤色灯に対して $\mu = 0.18$ の海では、捕獲灯の光力は $(1.33 \times 1.5 + 10)^2 \cdot e^{0.18 \times 10} \times \frac{20}{(1.33)^2} \doteq 10.4 \times 10^3 \text{ cd}$ よりも小さくなくてはならぬ。（白色光の 10 lux と赤色光の 20 lux とはサンマに同じ明るさを感じさせるとして）。ところが赤色球を透過する光を $1/2$ として誘導灯と同じ型の傘が用いられるので、電球 1 箇の光度は、 $\frac{1}{2} \times 4 \times 830 = 1,660 \text{ cd}$ であるので捕獲灯に用いられる赤色電球は $\frac{10.4 \times 10^3}{16.6 \times 10^2} \doteq 6$ 。すなわち 6 箇を最大とすることになる。Table 4~7 でみると 10~19 トン級の赤色電球は 3~4 箇、20~29 トン級、30~39 トン級の赤色電球は 4~6 箇であり、50~80 トン級の赤色電球はすべて 6 箇であることがわかる。これで見ると、集魚灯の光力に対して誘導灯の光力が 30 トン未満の船では、すでに述べたことより、強きにすぎ、誘導灯の光力に対して、捕獲灯の光力が 20 トン未満の船では弱すぎるようである。したがって、折角、集魚灯によつて集められたサンマの内漁獲されるものは小型船ほど少ないということになる。このようなことの結果、1 日 1 隻当り漁獲量 $\propto (\text{集魚灯の光力})^n$ としたとき、 n の値が (10~19) トン級~(20~49) トン級で $1/4 \sim 1/2$ であるのに 50~80 トン級の船では $3/4$ になつたものと考えられる。

結 び

以上要するに、右舷側に用いられる集魚用の電灯の全体としての光力が強いほど、ほぼ光力の $1/3$ 乗に比例してサンマが集められるが、集まつたサンマを捕獲するために左舷側に誘導して、投下された網にサンマがおどろくことなく、右舷から左舷側にうつるためには、左舷の誘導灯を点灯して右舷の集魚灯を消す、集魚用電球に用いる傘よりも、さらに一段と深い、照野を $1/4$ にしぼるくらいの傘を誘導用の電球に用い、しかも誘導灯の光源としては、集魚灯の光源にくらべて、電球の数を $1/4$ 以下にとどめる必要がある。さらに左舷側に誘導されたサンマを網に収容するためにサンマを 10m 以浅に浮上させ、落付かせるように赤色灯を点じ誘導灯を消すが、これは誘導灯の光源に用いられたと同じ傘をつけた赤色灯 5~6 箇をもつて捕獲灯とすることが望ましい。誘導灯の光力が強すぎたり、捕獲灯の光力が弱すぎると折角集めたサンマの一部を失うおそれがある。そこで光力の弱い船は単独で強い光の船から離れて操業するのが賢明であろう。光の強い船は弱い光の船の操業をおびやすおそれが生まれる。サンマを集めるに足る明るさは、およそ $(1.1 \sim 0.45) 10^{-2} \text{ lux}$ ぐらいであるから、いたずらに集魚灯の光を強めることの是非はおのずから明らかである。

終りにのぞみ、いろいろ御教示をいただいた東京水産大学名誉教授、田内森三郎博士に厚くお礼を申し上げる。