

ホタルイカの皮膚発光器の観察

稲村 修*・近藤紀巳**・大森清孝**

Observations on minute photophores of the firefly squid, *Watasenia scintillans*

Osamu INAMURA*, Toshimi KONDOH** and Kiyotaka OHMORI**

Firefly Squid, *Watasenia scintillans* has at least three types of photophores, each type having its own structure. They occur in the fourth pair of arms, in the ventral part of eyes, and over the whole body.

We observed photophores in the latter area with the aid of a dissecting microscope and lamp (artificial light). The photophores were numerous and minute. They were divided into three sizes and had at least two colors, blue and green. Blue photophores were observed in all the three types, but green photophores were observed only in the smallest type. We couldn't observe a gradational color change between blue and green. The number of whole minute photophores was 842–1055 in the male and 950–1123 in the female. The ratio of green photophores was 10.7–17.8% in the male and 9.8–15.3% in the female. On the mantle, photophores were distributed from the ventral region to the dorsal region, and their number decreased by degrees. Photophores in the distal region lied sideways. In the photographic observations of bioluminescence from minute photophores, we found a green light mixed with a blue light, and sometimes only a green light.

はじめに

ホタルイカ *Watasenia scintillans* (BERRY) はホタルイカモドキ科に属し、外套長が雄で40–55mm、雌で55–70mm位の小型のイカで、日本近海に広く生息している。富山湾では古くから漁業の対象とされ、毎年3月から6月にかけて産卵のために接岸してくる群れを主に定置網で漁獲している。この産卵群はほとんどが雌で雄はごくわずかしは見られない。

また、ホタルイカは発光することでも知られ、渡瀬 (1905) 以来、多くの発光に関する報告がある。ホタルイカの発光器は、その構造から3種に分けられ、それぞれ1) 腕発光器、2) 眼発光器、3) 皮膚発光器と呼ばれている (KISHITANI, 1928)。それぞれの発光器の特徴や発光の様子等については、1) 腕発光器は第4腕の先端に3個ずつある大型の発光器で、刺激をうけると強い光を

放ち、表面を完全に覆うことのできる濃褐色の色素を持つ。2) 眼発光器は眼球の腹面に縦に一列にならぶ5個の発光器で、色は白く真珠のようであり発光は弱い。

3) 皮膚発光器は外套膜と頭部の腹面および漏斗の腹側両面と第3、4の両腕に分布する。その大きさに多少の差があるが、形状・構造は同じく、腕発光器より白く弱い発光をすると報告されている (佐々木, 1913)。

1987年の春、筆者のうちの近藤と大森がホタルイカの観察の際、皮膚発光器の色が青色と緑色の二色あるのを発見した。それまで皮膚発光器の色については、「黄草色」 (松野, 1913)、あるいは「始めは藤紫或は紺青なれど次第に変色して緑色を帯びる」 (佐々木, 1913) とあるのみであった。そこで実態を明らかにするために皮膚発光器の観察を行なった。また、ホタルイカの発光状態の観察と写真撮影も行い、二、三の知見を得たので報告する。

* 魚津水族館 Uozu Aquarium, Uozu, Toyama 937.

** 飛騨自然史学会 Hida Natural History Society, Takayama, Gifu 506.

原稿受付 1990年9月9日 横須賀市博物館業績 第408号

キーワード: 色, 発光器, ホタルイカ Key words: color, photophore, *Watasenia scintillans*

材料および方法

生きたホタルイカを入手できるのは、3月の中頃から6月の初旬にかけての期間であり、観察には魚津市沖の三和定置網より採集された個体を使用した。早朝、定置網から生きたまま採集したホタルイカを水槽内で水温6～12℃で飼育した。水槽内では徐々に弱るので、健康な状態で飼育できるのは3日間ほどである。今回の観察にはその日の朝に採集した個体を用いた。発光器の観察には雌雄の個体を用いたが、発光状態の写真撮影には雌個体のみを用いた。

発光器の観察は双眼実体顕微鏡下で、落射式の照明を用いた。発光器の大きさは接眼マイクロメーターを用い40倍で測定した。発光状態の観察・写真撮影は、暗闇のなかでまず目を慣らし、その後健康な個体を海水中から取り出し、腹面を上にして発光するのを待つ方法で行なった。写真撮影は、絞り f5.6で、120～180秒間露光した。フィルムはフジクローム ASA400と ASA1600を用いた。

結 果

1) 顕微鏡による観察

皮膚発光器数 皮膚に分布する発光器の数を外套、吻、頭部、第3腕、第4腕別に、雄6個体、雌9個体で計数し(Table 1)、平均値を算出した。発光器の総数は、雄で842～1055個(平均944個)、雌で950～1123個(平均1061個)と雄で少なく雌で多い傾向がみられた。

大きさ 皮膚発光器はその大きさによって、大型・中型・小型とおおまかに3グループに分けられ、それぞれの直径は0.23mm, 0.18mm, 0.15mmであった。

色 皮膚発光器の色は、濃淡の違いはあるが青色をしているものが多く、なかに緑色の発光器が見られた(Fig. 4)。この緑色の発光器は直径が0.15mmの最も小さい発光器のグループにしか見られず、中形・大型のものにはなかった。皮膚発光器の総数の中で緑色の発光器が占める割合は雄が10.7～17.8% (平均14.8%)、雌が9.8～15.3% (平均13.3%)で雌雄差はみられない。この発光器の色は時間がたつと色が暗くなったり、薄いオレンジ色が発光器の上面に現われるのは観察されたが、青色から緑色、又は緑色から青色に変化するのは見られなかった。

分布 緑色の発光器は、皮膚発光器の分布する各部位でみられ、分布の規則性は特に認められない。吻における皮膚発光器は吻の腹面と側面に分布していた。Fig. 1に吻の背面(頭部側)を切開した状態での分布図を示した。皮膚発光器の分布は発光器の大きさととらわれずにみると、左右でおおまかな対称をなすが、緑色の発光器では

Table 1 Number of the photophores of *W. scintillans*.

Date	Sex	Color	Mantle	Funnel	Head	3rd arms	4th arms	Total
(1989)								
4. 26	♀	B	562	56	133	12	94	857
		G	61	5	18	0	9	93
		T	623	61	151	12	103	950
4. 27	♀	B	575	51	147	10	98	881
		D	110	10	19	0	16	155
		T	685	61	166	10	114	1036
5. 11	♀	B	572	59	164	12	113	920
		G	81	15	29	0	16	141
		T	653	74	193	12	129	1061
5. 22	♀	B	570	56	168	12	100	906
		G	84	11	24	0	13	132
		T	654	67	192	12	113	1038
5. 25	♀	B	599	56	183	12	100	950
		G	88	6	20	1	16	131
		T	687	62	203	13	116	1081
5. 27	♀	B	651	51	168	12	105	951
		G	104	16	37	0	15	172
		T	719	67	205	12	120	1123
5. 29	♀	B	591	60	172	12	113	948
		G	89	18	26	0	14	147
		T	680	78	198	12	127	1095
5. 31	♀	B	590	58	165	13	104	930
		G	90	13	34	0	21	158
		T	680	71	199	13	125	1088
6. 5	♀	B	588	56	169	13	105	931
		G	99	10	25	0	11	145
		T	687	66	194	13	116	1076
5. 3	♂	B	514	52	157	12	97	832
		G	53	8	24	0	15	100
		T	567	60	181	12	112	932
6. 1	♂	B	558	54	159	14	101	886
		G	107	10	28	0	24	169
		T	665	64	187	14	125	1055
6. 2	♂	B	490	47	147	12	91	787
		G	84	13	32	0	18	147
		T	574	60	179	12	109	934
(1990) 5. 3	♂	B	495	53	160	12	96	816
		G	75	8	26	0	11	120
		T	570	61	186	12	107	936
5. 3	♂	B	502	53	155	11	92	813
		G	95	10	24	1	20	150
		T	597	63	179	12	112	963
5. 6	♂	B	424	41	135	11	81	692
		G	90	9	30	1	20	150
		T	514	50	165	12	101	842

B: blue, G: green, T: total

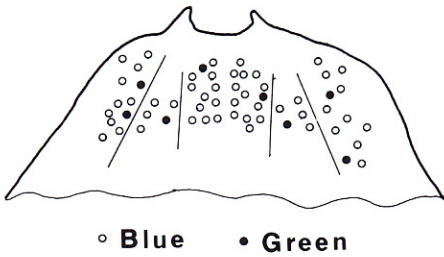


Fig. 1 Distribution of photophores lying at the funnel. Funnel is cutted on the middle of its back.

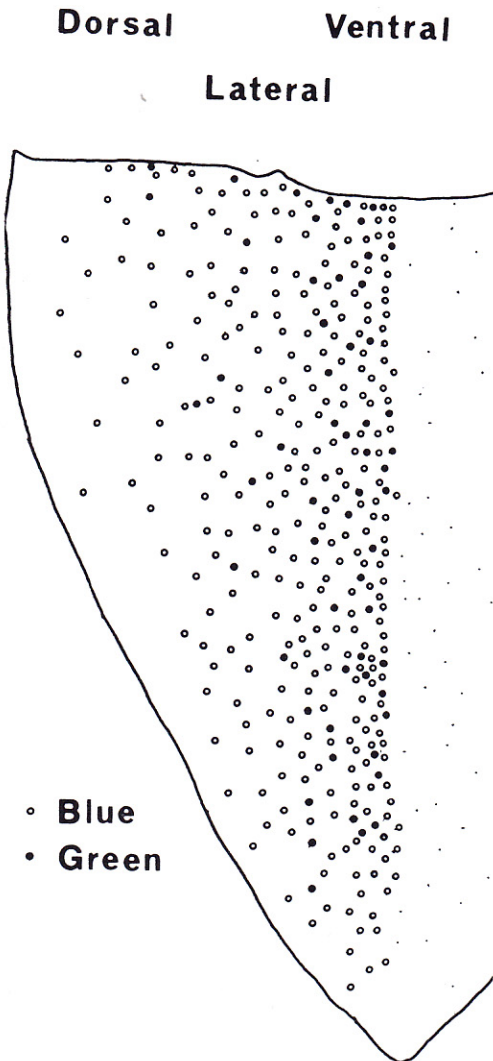


Fig. 2 Distribution of photophores on the mantle. Mantle is cutted on the middle of the back.

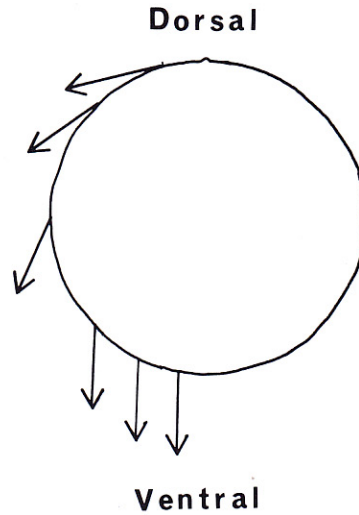


Fig. 3 Direction of photophores on a cross-section of the mantle.

何の関係も見られなかった。

外套膜における分布 外套膜における皮膚発光器の分布を Fig. 2 に示した。外套膜を背面の正中線にそって切り開いた状態の右半分である。発光器は腹面では密で、側面にいくに従い徐々に疎となり、まばらではあるが背面にまで分布している。背面では正中線から左右に3～5 mm ほど離れた位置まで分布していた。

向き 外套膜に分布する皮膚発光器の向きについては、それぞれに分布する位置によりほぼ決まった方向を向いており、発光器自体が動いて向きを変えるのは見られなかった。外套膜の前後では発光器の向きに大きな違いは見られないが、腹面から側面、そして背面と発光器の向きは異なる。Fig. 3 は外套膜上の発光器の向きを外套の横断面で示してある。腹面では体の下方向に向いているが、側面から背面にかけ徐々に向きは変わり、背面では体の横方向に向いていた。

2) 発光状態について

暗闇の中で海水から取り出したホタルイカの発光状態は、はじめ腕発光器のみを強く光らせているが長くは続かなかった。その後、しばらくしてから皮膚発光器が光りだした。その状況は、まずホタルイカの体全体がうすうすと光って見え、徐々に光は強くなり、それと同時に発光器ひとつひとつの光がはっきりと浮き上がって見えた。その後、徐々に光が弱くなり消えていったが、発光時間や状態は個体によって異なり、発光しない場合もあった。肉眼でみる発光器の色は一様であった。

3) 写真撮影

発光状態の撮影は暗闇のなかで皮膚発光が強くなったところを見計らって行なった。生きたホタルイカは動くので、発光された光は不定形の点になって写っていた (Fig. 5)。その色は青色のものが多く、それに混じって緑色のものもあった。また中には緑色のみが写っている写真もあった。

考 察

従来、ホタルイカの皮膚発光器の数について雌雄差が指摘されていたが (佐々木, 1913), 本観察結果によれば有意に雌の方が雄よりも多くの発光器を持つとは言えない。

ホタルイカの皮膚発光器の発光の生態的意義については、YOUNG and ROPER (1976) がホタルイカの近縁種 *Abraliopsis* sp. を使った実験で観察した“背景への溶けこみ (countershading)” が最も重要な機能といわれている。つまり、海水面からおおよそ 650–800 m くらいの薄明層付近に分布するイカ類に限らず、発光器をもつ魚類や甲殻類は、海面上からの太陽光線を背景にするとときに発光器を点燈し、暗夜は消燈して背景に溶けこむということである (奥谷, 1980)。ホタルイカの発光器が背面にまで分布していること、そしてその方向が体の側方に向いていることは、側方からも“背景への溶けこみ”を行うための適応と考えられる。

KITO *et al.* (1988) は、皮膚発光器を大きさで色から 3 つのタイプにわけ、large photophore, green-yellow photophore, blue photophore と呼んでいる。また、YOUNG and ARNOLD (1982) はホタルイカに近縁種の *Abralia trigonura* において、皮膚発光器に 3 タイプがあり、そのうちのひとつのタイプでは、緑色と青色の 2 色があり、温度などの条件によって緑色から青色へ、またその逆の変化も起こると報告している。さらに YOUNG (1988) は、ホタルイカについても発光器の構造から皮膚発光器を 3 つのタイプにわけ、そのうちの filtered photophores と呼ぶタイプでは、2 層あるフィルターの間にある色素胞がスライドすることで、フィルターが 2 色をもつことを指摘している。今回の観察でみられた大きさによる 3 つのタイプとの対応は分からないが、観察中に *A. trigonura* で見られたような青色と緑色との相互への変色は見られず、発光器の色は安定していた。

また、発光状態を撮影した写真に青色のほかに緑色の

光が写っており、皮膚発光器から発光される光にも 2 色あると思われる。KITO *et al.* (1988) も写真の観察から青色と黄緑色の光が発していると推測しており、今回の写真観察で見られた青色と緑色の光は同様の結果と思われる。この緑色の光は、その数や分布状態から、顕微鏡下で見られる緑色の発光器から発せられたと推測できる。

謝 辞

この観察を行なうにあたり富山県水産試験場の土井捷三郎、林清志の両氏および名古屋港水族館の堀井直二郎氏には文献の紹介と有益な助言を頂いたの得心からお礼申し上げる。また、本報告をまとめるに当たって文献の紹介と御教示を頂いた東京水産大学教授奥谷喬司博士と大阪大学教授鬼頭勇次博士、そして御校閲の労を賜った元横須賀市博物館の羽根田彌太博士に深謝します。

引用文献

- KISHITANI, T., 1928. On the luminous organs of *Watasenia scintillans*. *Annot. Zool., Jap.*, **11**: 353–361.
- KITO, Y., SEIDOU, M., MATSUI, S., HIRAKI, K., MICHINOMAE, M., TOKUYAMA, A., SEKIYA, N. and YOSHIMURA, K. 1988. Molecular physiology of retinal proteins. *Yamada science of foundations*, **21**: 285–290.
- 松野助吉 1913. はたるいか調査第一報. 大正元年度富山県水産講習所報告: 193–202.
- 奥谷喬司 1980. ホタルイカモドキ科の分類と生態(2). 海洋と生物, **2**(4): 278–282.
- 佐々木望 1913. 蛸いカの生態. 動物学雑誌, **25**(302): 581–590.
- 渡瀬庄三郎 1905. ホタルイカ *Watasenia scintillans* の発光器. 動物学雑誌, **17**(200): 119–123.
- YOUNG, R.E. 1988. Photophore structure and evolution within the Euprymata (Cephalopoda). *The Mollusca*, **12**: 241–251.
- YOUNG, R.E. and ARNOLD, J.M. 1982. The functional morphology of a ventral photophore from the mesopelagic squid, *Abralia trigonura*. *Malacologia*, **23**(1): 135–163.
- YOUNG, R.E. and ROPER, C.F.E. 1976. Bioluminescent countershading in midwater animals: evidence from living squid. *Science*, **191**: 1046–1048.

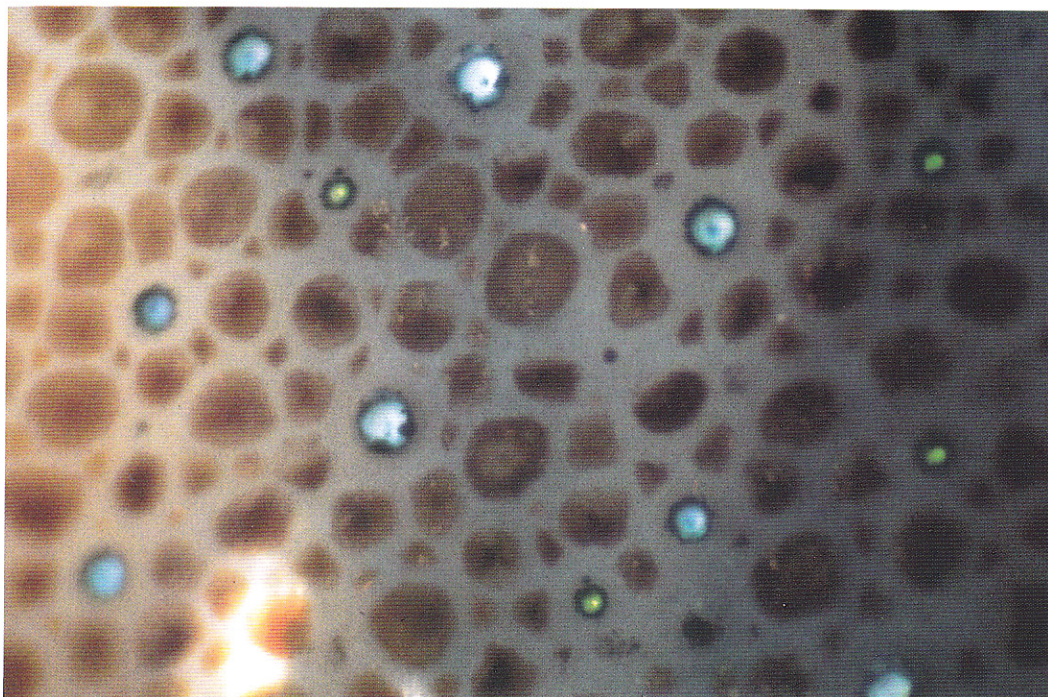


Fig. 4 Photophores lying at the mantle of *Watasenia scintillans*. Picture is taken under artificial light.

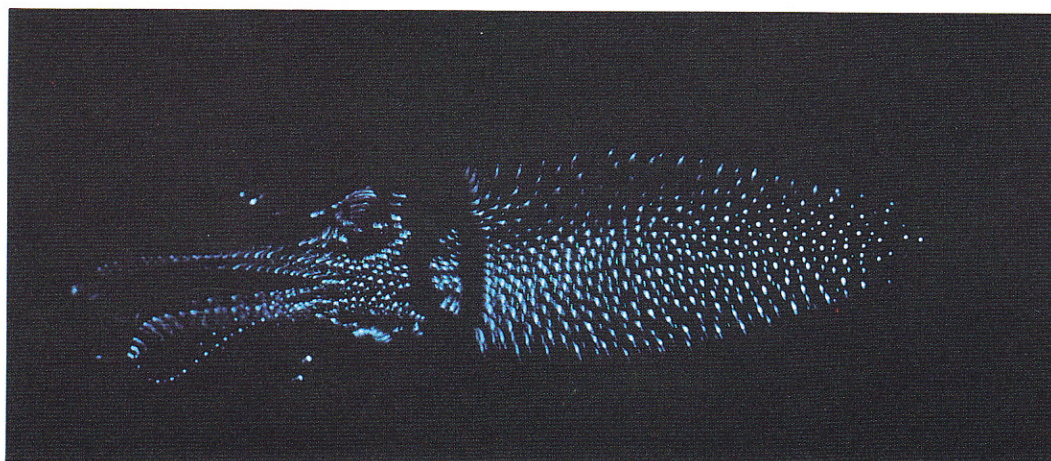


Fig. 5 Emitted light from minute photophores lying ventral surface of the whole body of *Watasenia scintillans*.

