

从鱼类的发光谈

几种发光鱼类的仔、稚鱼在东海的分布

吴光宗

(中国科学院海洋研究所)

在我国辽阔富饶的东海水域，蕴藏着极为丰富的海洋鱼类资源。几千年来我国渔民通过捕捞实践，对栖息在近岸浅海区的大黄鱼、小黄鱼、带鱼、鲷鱼、鲈鱼、鲳鱼、鲱鱼、鳀鱼等重要经济鱼类的生活习性积累了丰富的知识和生产经验。解放以来，新中国的海洋渔业工作者和海洋科学工作者，经过艰苦的努力，也曾对此作了理论上的总结和提高。随着生产的发展，生产和科研活动已逐渐向远海和外海扩展，一些大洋、洄游性的中、上层鱼类如：金枪鱼类、旗鱼和麒麟等鱼类资源，亦正日益被人们所重视而加以开发利用。然而，对分布在东海水域中的另一生态类型的大洋性、中上层和深海小型的发光鱼类，迄今却还未引起人们应有的注意。

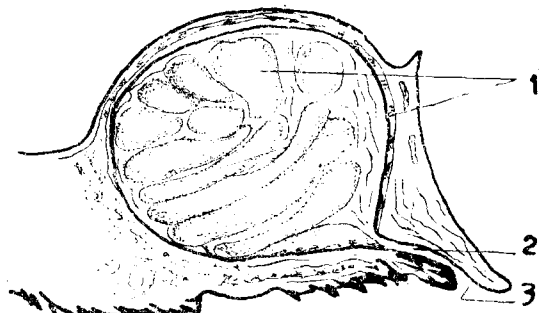
发光鱼类不仅因其独特的“发光”生理生态特性和国防有着较密切的关系，而且对鱼类资源本身也是人类动物性蛋白质营养的来源之一。如用来制作美味的酱油原料的七星鱼即为发光鱼类的一种。加之在海洋能量物质循环中，它们又是不可忽视的链锁之一，因而它们在海洋生物中，直接或间接地起着重要的作用。

发光鱼类和其它发电、发声鱼类一样，因其独特的形态、解剖学和生理生态学的特性，在鱼类学的研究中被作为独特的生态“类群”，并进行对其生态学和分布特征的研究。

早在十九世纪的初期，国外的一些学者，便发现了某些鱼类具有“发光”的这一特殊现象。(李造：1820年；范仑西尼斯：1828年)但当时仅仅是从鱼类组织学的角度出发，加以实验和研究，并确立了至今仍在应用的“发光胞”(或者称“光点”、“发光点”、“发光器官”：Photophore)这一专用名词。从此，发

光鱼类的研究，便从不同的学科角度出发，不断地深入。曾先后对板鳃类中的角鲨、发光棘鲨、黑光棘鲨 (*Spinax niger*)、盲电鳗 (*Benthobatis moresbyi*)；鳎鱼科中的加洲鳎鱼 (*Porichthys notatus*)；巨口鱼亚目中的星衫鱼、银飘鱼 (*Argyrops ocellatus*)；奇光鱼科中的光脸鱼、奇光鱼、隐皮鱼 (*Kegtophaneron* spp.)；原口鱼 (*Maurollicus pennantii*)；棘口鱼 (*Echiostoma etenoharba*)；灯笼鱼科 (*Myctophidae*) 中的大部份种类以及其他的30—40个科、属、种进行了研究。对鱼类的“发光”这一现象作了初步的解释。目前已知的发光鱼类有百余种，它们的发光方式、发光器的形状、数量的多少、分布的位置等各不相同。同时，不同的种类所发出的光的色彩和强度，也有明显的差异，所有这些区别成为对它们进行种与种之间的主要分类依据之一。

发光鱼类虽然种类繁多，发光器的位置又是多种多样，但它们的发光机理，归纳起来不外乎有两大类型：其一是由于发光细菌的共栖而发光；其二是鱼体的本体发光。如鲷科 (*Serranidae*)、鳎科 (*Leiognathidae*)、囊咽鱼科 (*Saccopharngidae*)、光天竺鲷科 (*Acropomatidae*) 等中的某些鱼类的发光，即属于共栖性发光细菌的发光类型。它们的“光点”是发光细菌共栖在鱼体的深处腺状结构的空腔中，即称之为“内部发光腺”。腺体本身分布有许许多多的血管，旁边布有色素细胞，腺体由一个管孔开口于体壁与海水相通，有时腺体内可以向体外分泌出一种液状“颗粒”——发光细菌(图1)。发光鱼类的这种发光细菌，可以从鱼体上提取出来加以活体培



软头鳕的发光器(切片)

图1 1) 生光小管 2) 导管 3) 开孔
(引自: Hameda)

养。这类鱼的发光特点是：光度在较长的时间内一直是保持不变的。光受着鱼体上的“间接

投射器”(即半透明的遮板)的肌肉组织活动以及色素细胞的收缩与扩张所控制，而时闪时蔽。但当鱼体死亡之后，这些发光的细菌还依然能继续发光。有人测定光脸鱼所发出光的强度约为0.0024 烛光。(Steche;

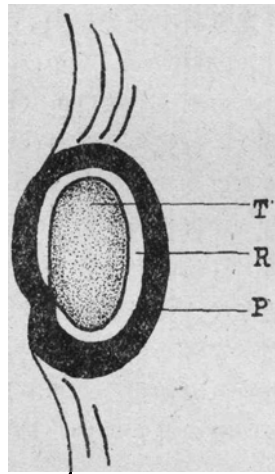


图2 (a) *Diaphus* spp. 眼下鼻部腹侧发光器：P. 黑色素，R. 反射器，T. 透明组织。

(模式：引自 A. FRASER-BRUNNER)

1909.)
另一种类型则是本文中提及的鱼类的本体发光。这些鱼类的发光特

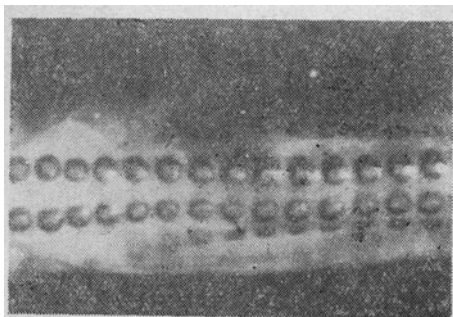


图2 (b) 钻光鱼 (*Vinciguerria nimb-aria*) 腹部四行发光器。

点：在鱼体上没有共栖性发光细菌的存在。而是在鱼体表皮的下方，深入到真皮组织的内部，埋藏着许多微细的发光细胞，成群的发光细胞被反射器和黑色素细胞层所包围，发光细胞的直径可达到100微米(图2.a.b)。所发出光的色彩也因种而异，有的象磷光似的兰光；有的呈现出淡(微)红色；有的光是青绿色等等。这

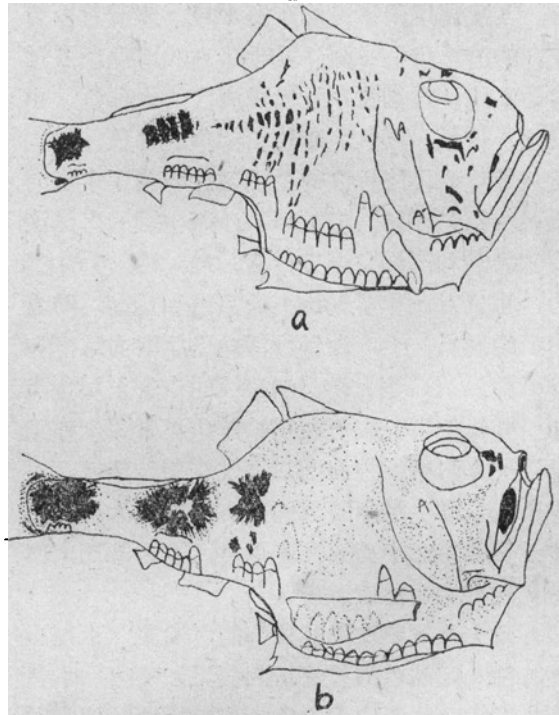


图3 (*Argyropelecus hemigymnus*) 发光器在白天(a)和夜晚(b)的发光形状。

(转引自: Badcock)

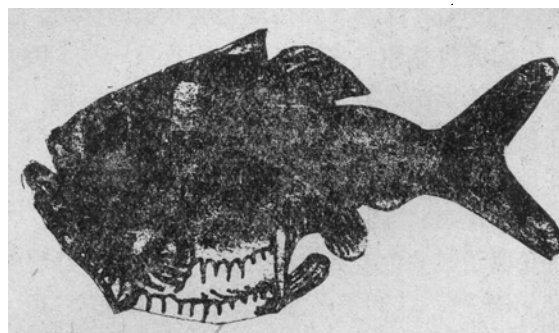


图4 银飘鱼 (*Argyrolepecus olfersi*) 用自己的光所拍摄的照片，其轮廓为后填绘的。

(转引自: 盘维尔生和木龙脱维尔)

种光在相距 3—4 米远时可以看到。发光细胞上布有很多神经，显然，发光细胞是受着鱼体的神经系统及体内激素的制约，所以，发光细胞的闪光是非常迅速的。

本体发光的鱼类，其发光细胞在白天和夜晚发出光的强度是不同的（图 3）。但发光鱼类的光于夜晚时显得极为清晰（图 4）。当发光鱼类死亡之后，发光细胞也就随之停止其生理活性而不再发光了。

本体发光的鱼类目前已知的有：板鳃类中的发光棘鲨、黑光棘鲨和盲电鳗等，此外绝大多数本体发光的鱼类是属于巨口亚目（Stomiatoidea）和灯笼鱼科（Myctophidae）中的种类。总之，发光鱼类不管其种类是多么繁多，发光的方式是多么复杂，其发光类型，却不外乎这样两种。

发光鱼类，正如前面提及的，不仅不同的种类其发光器的排列方式、分布位置、数目的多少、光的色彩和强度有所差异。而且，即使是同一种、同一尾鱼体上，也可以分布有不同形状的发光细胞。同样，在同一科内的鱼类中，它们的“发光器”也各个不一，其中可以从最复杂的“灯形”发光器到单纯的一群发光“细胞”。因而分类学者从这一特点出发，作为对发光鱼类的分类依据。但是，每一个种类（甚至同种中的雄体和雌体）都具有本身特定的发光“模式”，这种特定的发光模式用以区别雄、雌个体和其他种类。发光鱼类的发光器

分布在鱼体的各个部位。有的分布在眼的上、下方；前方或后方；有的在鼻部的背侧或腹侧；有的分布在鳃盖或鳃盖条上；有的在胸鳍、腹鳍和臀鳍基上；有的分布在尾鳍基上；也有的深入体内消化管或肛门的附近。甚至有的分布在舌上、眼球以及牙齿上。如新灯笼鱼（*Neoscopelus* spp.）

发光器有的排列成行，有的则是组成各种花样，形状多种。为便于将各部位的发光器加以区别，故把不同部位的发光器以“符号”标记出来：例如眼上发光器（Su_o）；眼下发光器（So）；鼻部背侧发光器（Dn）；胸部发光器（Po）；腹部的以（VO）表示；臀鳍前部和后部的分别以（AO_a）和（AO_p）表示；臀鳍上部的以（SAO）表示；尾鳍前部发光器则用（Pre）表示等等。发光鱼类早期阶段的仔、稚鱼，基于它们还处在早期变态的时期，所以它们的发光器出现的还很不完全（图 5）。随着仔、稚鱼的发育和生长，发光器则不断地完善。但是各个部位发光器出现的早或迟，以及出现的先后次序等，因种类的不同亦是有所差别的。

发光鱼类所发出来的光，对鱼体本身来说又有哪些生物学意义呢？从发现鱼类的“发光”这一现象以来，直到今天，人们对于鱼类发光的生物学意义，还只是处在臆测的阶段，很难做出正确而肯定的回答。但是普遍认为发光鱼类的“光”是为吸引食饵，用以捕捉食物

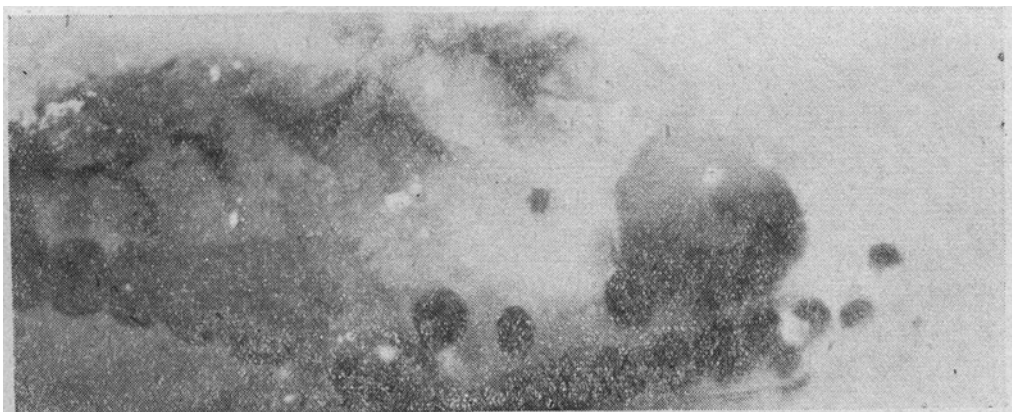


图 5 角口鱼属（*Gonostoma* sp）的稚鱼的眼下和鳃盖条发光器

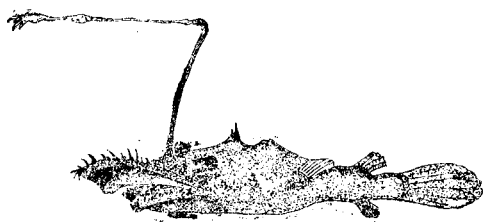


图6 *Lasiognathus Saccostoma* 第一背鳍衍化成的发光引诱鬚

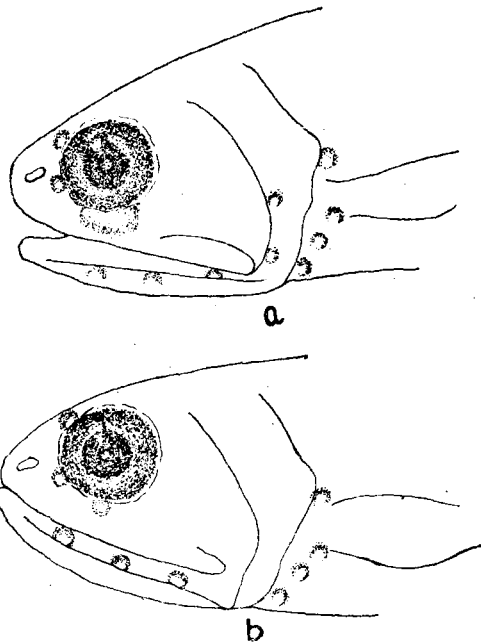


图7 *Diaphus* sp. 的雄体(a)和雌体(b)头部发光器的差异
(引自: A.FRASER-BRUNNER)

用的。例如大洋性深海发光的鮫鱈鱼类 (Ceratoidae), 它们的第一背鳍分离出一个引诱鬚, 可以照明周围的环境, 也可以作为假饵用来引诱其他的海洋生物, 借以捕捉它们。(图6) 又如黑光棘鲨, 当有生物体接近它的腹部和口的时候, 就会被它发出的光所照亮, 突然的闪光致使被捕捉的对象停顿片刻, 在刹那间即可张口摄捕。光的另一个作用是用来防卫“敌人”的攻击, 以突然的闪光来使掠食者迷惑, 从而自己乘机逃避。有人认为光的防御作用比其攻击作用更为重要。鱼体所发出光的第三个作用是吸引配偶者。因为在大洋的中层和深层, 是光线非常微弱的“微光区”或者是“无

光区”, 然而, 每一种发光鱼类根据其雌、雄个体特定的发光模式, 借以用来彼此认辨配偶的信号(图7), 达到找寻自己的配偶的作用。总之, 对于发光鱼类所发出的光的作用, 还有待于进一步的研究和讨论。

对发光鱼类的研究, 已广泛引起世界各国鱼类学者的关注, 然而在我国目前还尚未开展。而对发光鱼类的仔稚鱼的研究工作, 亦仅仅是处在调查阶段。为此, 在开展海洋鱼类的科学研究工作中, 对这一生态类型的鱼类应作进一步的探讨。

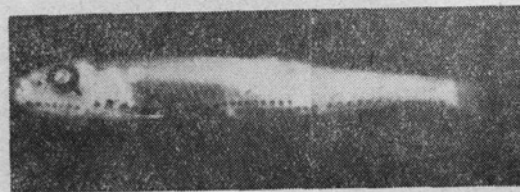
作者仅就1975—1978年间的四次东海海域调查(下面是在我国东海陆缘海域采到的发光鱼类的早期变态时期部份标本的一组显微照片)所采获的浮性鱼卵和仔、稚鱼的标本, 经过初步的分析, 整理出隶属发光的鱼类就有四个科、十五个属、廿二个种(其中有七个鉴定到属)。在这些发光种类中, 有些属于大洋性深海发光种类, 有些则属于小型中上层



大西洋灯笼鱼 *Diogenichtys atlanticus* 的仔鱼形态



星光鱼属 *Argyropelecus* spp 的稚鱼形态



钻光鱼 *Vinciguerria nimbaria* 的稚鱼形态

发光种类。其中除七星鱼外，绝大部份是我国过去未曾记载过的。它们是灯笼鱼科中的：粗鳞灯笼鱼 (*Myctophum asperum*)、闪光灯笼鱼 (*Myctophum nitidulum*)、安芬灯笼鱼 (*Myctophum offline*)、神鳃灯笼鱼 (*Diaphus theta*)、柳氏戴芬鱼 (*Diaphus lutkeni*)、多光灯笼鱼 (*Ceratoscopelus townsendi*)、七星鱼 (*Benthosema pterota*)、大西洋灯笼鱼 (*Diogenichthys atlanticus*)、巴氏灯笼鱼 (*Gonichthys barnesi*)、无鬚灯笼鱼 (*Diogenichthys panurgus*) 以及 *Myctophum obtusirostris*。钻光鱼科中的钻光鱼 (*Vinciguerrria nimbaria*)、*Maurolucus*

japonicus 和 *Pollichthys maui*。角口鱼属 (*Gonostoma* spp.)、园罩鱼属 (*Cyclothone* spp.)。星光鱼科中的星光鱼属 (*Argyropelecus* spp.) 以及 (*Valenciemellus tripunctulatus*)。巨口鱼科中的巨口鱼属 (*Stomias* spp.) 和 *Benthalbella* spp. 的仔、稚鱼等。这些小型中上层和大洋性深海发光鱼类的仔、稚鱼的采获和记录，填补了我国鱼类区系分布研究的空白。并对我国东海海域的发光鱼类的生态学的研究工作积累了资料。

这些发光鱼类的仔、稚鱼在东海陆架区的分布与它们的生态习性是密切相关的。由于发光鱼类多属于暖水性的种类，所以在世界各大

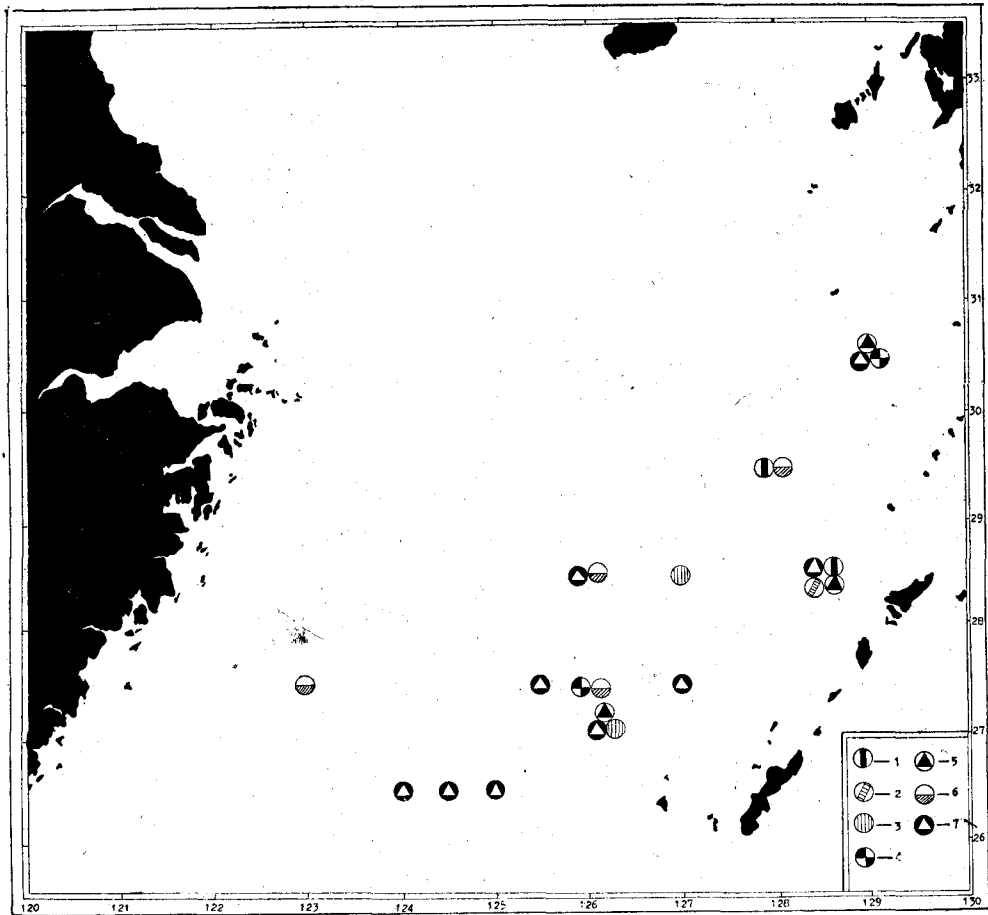


图8 灯笼鱼科中几种发光种类的仔、稚鱼在东海陆架区的分布

- 1): 粗鳞灯笼鱼 *Myctophum asperum*. 2): 闪光灯笼鱼 *Myctophum nitidulum*.
 3): *Myctophum obtusirostris*. 4): 无鬚灯笼鱼 *Diogenichthys panurgus*. 5): 大西洋灯笼鱼 *Diogenichthys atlanticus*. 6): 多光灯笼鱼 *Ceratoscopelus townsendi*.
 7): 巴氏灯笼鱼 *Gonichthys barnesi*.

(下转52页)

为止。最后把各点相连。如果变量是正态分布，那末各点的连线应该基本上是一条直线**，否则就不是正态分布。从图四的结果看出，本例样品内的变量属于正态分布。

上述作图完成之后，接着就可以估计平均值和标准差 σ 。作法是先从纵座标50%这一点引出水平线与直线AB相交于C，再由C点向横座标轴作垂线，交于M点。M点即为平均数。从图上可以估计出，样品平均值 \bar{X} （即M）大约为1.405厘米。

得出平均数的估计值后，再作标准差的估计。从正态分布曲线的知识知道，离开平均数单侧一倍标准差以外的变量，它们的出现频率是15.87%（见图三）。如果从纵座标15.87%处作一条水平线，则交AB线于F点，由F点向下作垂线交横轴于S点，这个S点就是平均

数减去一倍标准差的地方。从图上看这个地方的数值大概是1.358，把平均数（ $\bar{X} = 1.405$ ）减去这个数字，剩下的差值（即图四中加括号的一段）就是一倍标准差值。亦即 $S;D = 1.405 - 1.358 = 0.047$ 厘米。由正态概率纸求出的结果与前述两种简捷算法的结果是比较接近的。

正态概率纸的优点是：1. 利用它可以立刻估计出变量是否属于正态分布；2. 可以推估样品的平均数和标准差；3. 有直观效果，操作也比较方便，只要作图准确，取得的估值也是比较精确的。

** 一般认为，由于样品的随机波动，图内各点不一定完全在一条直线上，这种偏差是允许的，但是中间点离直线的偏差不能太大，否则就可能不是正态分布。

（上接43页）

洋的热带和亚热带的深海海域200—500米的中层水域，或者在陆架边缘的深水中皆有分布。这种分布规律，是受着太平洋南、北赤道流的控制和影响，所分布的海域往往又是高温，高盐的深水海域。也有个别的种类如鲛鲛亚目中的一些种类，则分布在低温、高盐、低压的500—2,500米的深海“微光区”和“无光区”。然而在我国东海海域，发光鱼类的仔、稚鱼，除七星鱼在东海近岸和外海广泛分布外，其余绝大部分种类仅出现在东海外海的陆缘区，极少在近海出现。这一分布特点，明显地表明它们是在受着北赤道流的影响，随其黑潮暖流在东海外海自西南向东北的流径过程中，而进入东海的陆架边缘，黑潮暖流所控制的高温（多在26.0℃以上）、高盐（34.00‰左右）的深水（200米水深以上）的黑潮区域。同时，这些发光鱼类在夜间作着垂直移动。当在海上考察，夜间作业时，用浮游生物网垂直拖取和表层挂流网表层拖取时，不仅能采获到比白天采获量大得多的仔鱼和稚鱼样品，而且用手抄网亦能采到它们的幼鱼或成鱼。发光鱼类在东

海陆架区生态分布的这一特殊规律性，是东海海域里其他任何鱼类所没有的。（图8）

总之，在我国广阔的东海海域，不仅蕴藏着多种重要的经济鱼类资源，而且也分布着种类繁多的发光鱼类。但是有些大洋性深海底层的发光种类，还有待我们今后进一步的调查、补充和研究。

参 考 文 献

- 1) 孙继仁：1977.
中国近海（南海粤西海区）仔、稚鱼的研究。
全国海洋综合调查报告。十册十二章。
- 2) 费鸿年译：1963.
勃朗编著：鱼类生理学 下册，1957年出版。科学出版社。
- 3) Norman, J.R., 1951.
A. History of Fishes
- 4) Badcock, J., 1969.
Colour Variation in Two Mesopelagic Fishes and its Correlation With Ambient Light Conditions.
Nature, Vol. 221.
- 5) Karl, F.L., et al., 1977.
Ichthyology. (2nd Edi)
John Wiley & Sons.