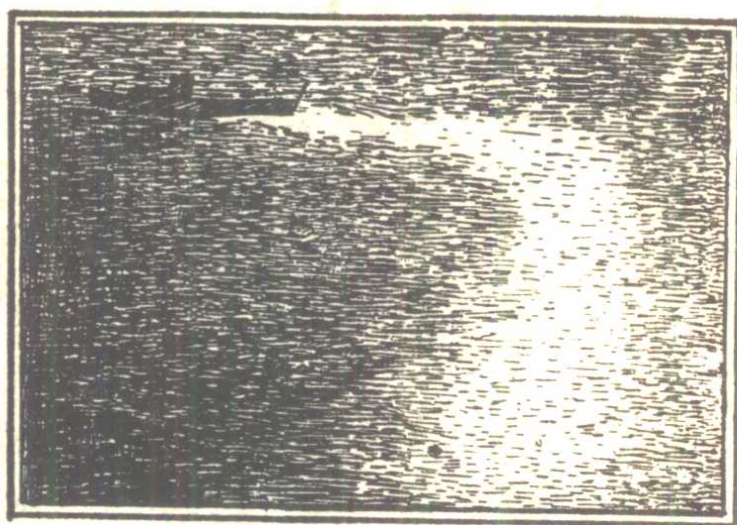


海的发光

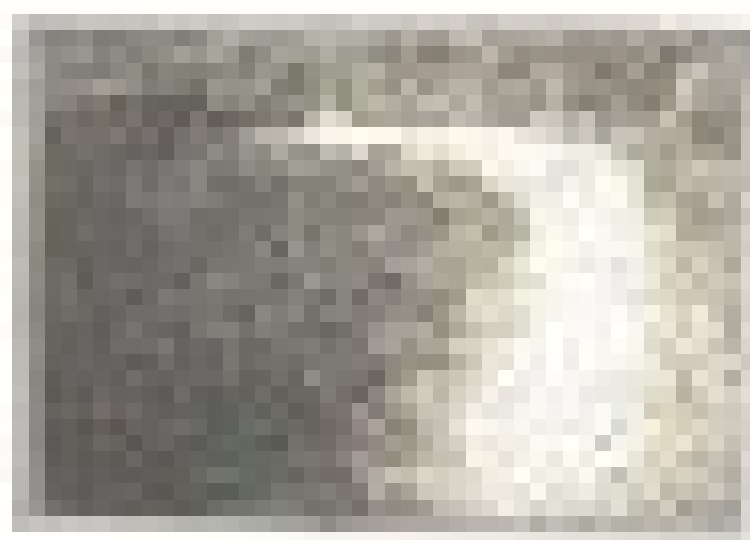
Н. И. 塔拉索夫著



科学出版社

磷的发光

中国科学院化学研究所



中国科学院化学研究所

海 的 發 光

(海 火)

Н. И. 塔拉索夫 著

何 志 輝 譯

科 学 出 版 社

1 9 6 0

Н. И. ТАРАСОВ
СВЕЧЕНИЕ МОРЯ
ИЗД. АН СССР 1956

內 容 簡 介

本书概括了现有的有关海洋生物发光现象的各种各样材料，并作了深入的科学分析。其内容包括海火(海的发光)现象的描述以及在航运、渔业和国防上的意义，海火的海洋光学的作用，海火和海水运动的关系、观察方法和地理分布，发光的海洋生物及发光的实质。

本书可作为航海、渔业工作者以及海洋学工作者的参考资料。

海 的 发 光 (海火)

[苏] Н. И. 塔拉斯夫 著
何志辉 译

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

1960 年 7 月第 一 版

1960 年 7 月第一次印刷

(京) 0001—4,500

书号: 2243 字数: 165,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 6 插页: 6

定价: 0.98 元

中 譯 本 序 言

在中华人民共和国的海水里,从渤海湾的北端到台湾、和西沙羣島等一带的海水里,广泛地分布着发光的海生有机体。在北方,只有微小的、大部分是微生物和低等生物能够发光,而且它們通常只是在夏末到秋初的期間里才是丰富的;可是,在刚才講到的广大的海面的南方,通常整年不仅有微小而結構简单的有机体在发光,而且也有結構复杂的动物有机体在发光。

中国的水兵,尤其是漁民,在实践上清楚地知道海水发光現象(海火),在航海方面和更多的是在漁业方面习惯地利用了这种現象。

由于实际的应用,值得进行全部海区的海的发光的研究工作。本书著者还不知道中国科学家們在这方面的著作。如果已經有这方面的著作,那末他将感到高兴,而且将因获得各种有关这些著作、有关中国水域的海的发光方面的报导而表示感謝。希望著者所选择的資料,他所提出的方法,能够对他的中国的同行們有所效益,而且还能建立起中国和著者的祖国間一种科学上联系;由于中文譯本的出版,这个希望也就因此在著者面前获得証实。

著者乐意采用中国科学出版社的亲切的建議,使他在1956年版本的基础上进行增补和修正;而且还因在这个中譯本里添进著者的另一本在1956年出版的“海洋生物的发光”(Живой свет моря)一书里的原著插图而致謝意。

Н. И. Тарасов

(Н. И. 塔拉索夫)

1957年9月于莫斯科海洋研究所

序 言

为了叙述海火(海的发光)*现象的实际意义,引起从事海洋研究的生物学家和水文物理学家以及捕鱼工业的工作者和海员对这种现象的注意,为了创立和说明海火的观察方法,首先必须概括一下现有的关于这一种触目的自然现象的各种各样十分零碎的資料。

著者见过下列三部主要的綜合报告: Г. Ф. Гаузе (G.F. Gause, 1941) 的“論活质的光学活动”, В. Л. Левшина(1951)的“光激发光”和 Pringsheim(1951)的“論螢光和发光”,但所有这些报告中都没有談到海火。在 В. Л. Левшина 的专論中曾提到发光的海洋动物。Harvey (1940, 1952)关于生物发光的著作几乎没有把海火看作自然现象来討論。在 M. Curie(1946) 和 Vles(1946) 的論著中极簡短地并且仅从生物化学和能的观点上說明生物的发光。自从 Ehrenberg(1834)的著作問世以来,还没有发表过一本关于海火的概括性著作。現在仅有若干簡短的关于海火的总结,作为自然地理和水文光学现象列入祖国的海洋学教科书中 (Зубов, 1938; Березкин, 1947; Жуковский, 1953; Истошин, 1953 等) 以及作为生物学现象列入水生生物学教程中 (Зернов, 1934, 1949; Тарасов, 1943)。

С. О. Макаров(1894) 在他著名的作品“勇士和太平洋”一书的引論中写道:“概括无论如何不会过早——它可以基于大量的观察,也可以建立在少量較可靠或不大可靠的基础上,但概括总是有利于綜覽和核对业已作过的观察,它还可以正确地指出进一步的观察途径。不及时概括,我們可能有白白浪费許多年时间的危险”

* 我国海上劳动人民把海洋生物的发光称为海火——譯注

目 录

中譯本序言.....	i
序 言.....	ii
第一章 海火是生物水文光学现象.....	1
第二章 海火的实际意义.....	9
第三章 海火现象的描述.....	27
第四章 海火的光学方面.....	37
第五章 海火和海水运动的关系.....	47
第六章 观察方法.....	72
第七章 海火的地理分布.....	85
第八章 海洋生物发光的实质.....	91
第九章 发光的海洋生物.....	104
結尾語.....	176
参考文献.....	177

第一章 海火是生物水文光学现象

“有些早先被认为稀罕的、看起来似乎是无意义的怪事的现象，逐渐地将获得技术上的重要性。这种情形在过去的科学技术史上常有，将来肯定地还会有。”

——С.И.Вавилов:“论热光和冷光”——

“生物水文光学”这一概念，系 А. А. Гершун (1939) 所提出并发展的更广泛的概念——“水文光学”的一部分。我们从较狭的实用观点来理解生物水文光学，虽然我们也考虑到类如浮游植物和水底植物的光合作用和生物水文光学有着直接关系，但是在本书中我们只研究在航运上和与海洋有关的技术上有直接意义，因而构成海洋技术生物学 (Тарасов, 1943, 1951, 1952, 1953) 内容的那些方面。生物水文光学的内容如下表所列。

生物水文光学的划分

I. 生物对光的阻碍:

- a) 散射,
- b) 生源浮悬物和溶解有机质对光的吸收。

II. 生物光:

- a) 细菌(弥漫性光),
- b) 原生动物和大多数无脊椎动物 (由于非条件反射而发出的闪烁性光),
- в) 头足类和鱼类 (由于条件反射而发光)。

III. 光对于水中生活现象的影响:

- a) 植物的光合作用,
- b) 动物的行为,
- в) 生物光对于发光动物的意义,
- г) 光的伤害和致死作用。

附注 生物水文光学的第三部分是水生生物学的一部分，但与海洋技术生物学没有直接关系。

海中光学现象取賴于浮悬物 (сестон) 的数量和质量; 所謂浮悬物系指包括生物(浮游生物)和生物殘余物 (浮尸——триптон) 在內的水中浮悬質粒的总体。

在光学上, 浮游生物起着双重作用。白天它加强光在水中的散射因而減低了透明度, 但夜間有时 (在某些地点) 由于本身的发光而增强海面的亮度。当浮游生物大量繁殖时, 由于散射和吸收光线掩蔽了水中的目标, 而阻碍視綫的观察, 但在每日或每年的黑暗時間, 浮游生物則由于发光而暴露出水中的目标。由此可見, 在白天浮游生物起着消极的光学作用(几乎全是掩蔽作用), 在夜間, 发光的浮游生物具有积极作用; 其中矽藻和藍藻主要上起消极作用, 发光的鞭毛虫类的甲藻(包括夜光虫, 参閱图 1, 2, 3, 4) 則起着积极作用。甲藻还常常引起海中的“水花”(цветение), 这特別是在暖水中。在生物水文光学上海水中的溶解有机質也起着消极作用(見前表), 对于这一問題有不少研究者曾作过研究, 我們不想在这里多談。

夜間发光的浮游生物在日間和沒有发光能力的浮游生物一样, 也散射和吸收光。所以浮游生物的消极光学意义远較易見且較为熟知的海火现象更为重要。由于限制了光向海洋深处的透射, 浮游生物也限制了上层水中的光合作用, 在其生命活动和腐解

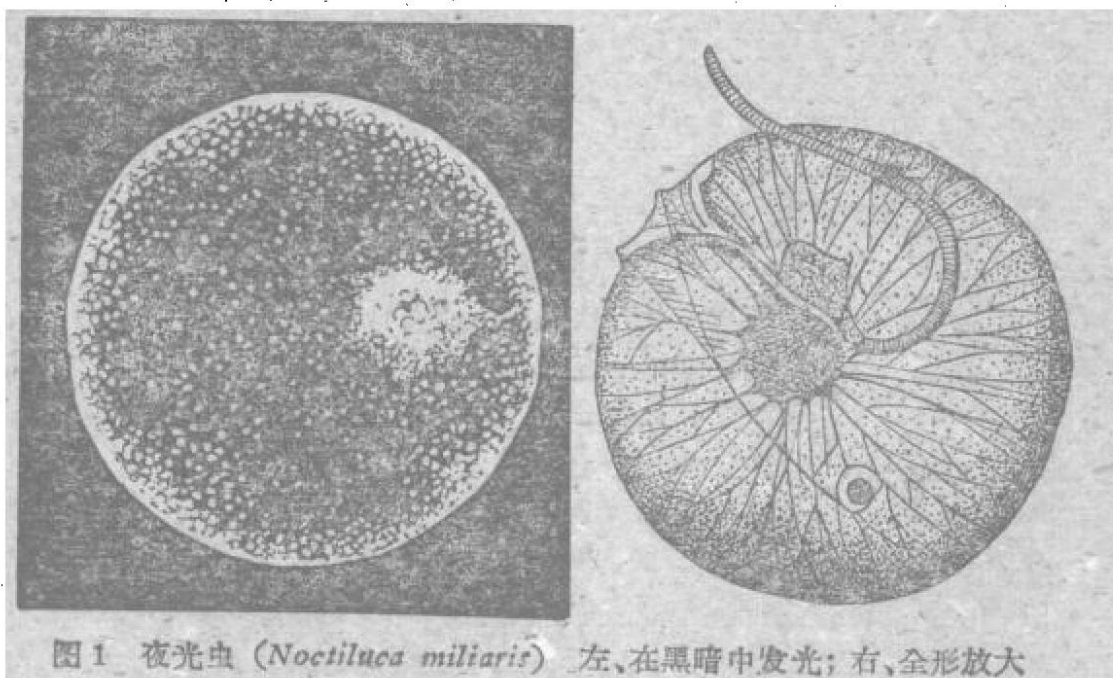


图 1 夜光虫 (*Noctiluca miliaris*) 左、在黑暗中发光; 右、全形放大

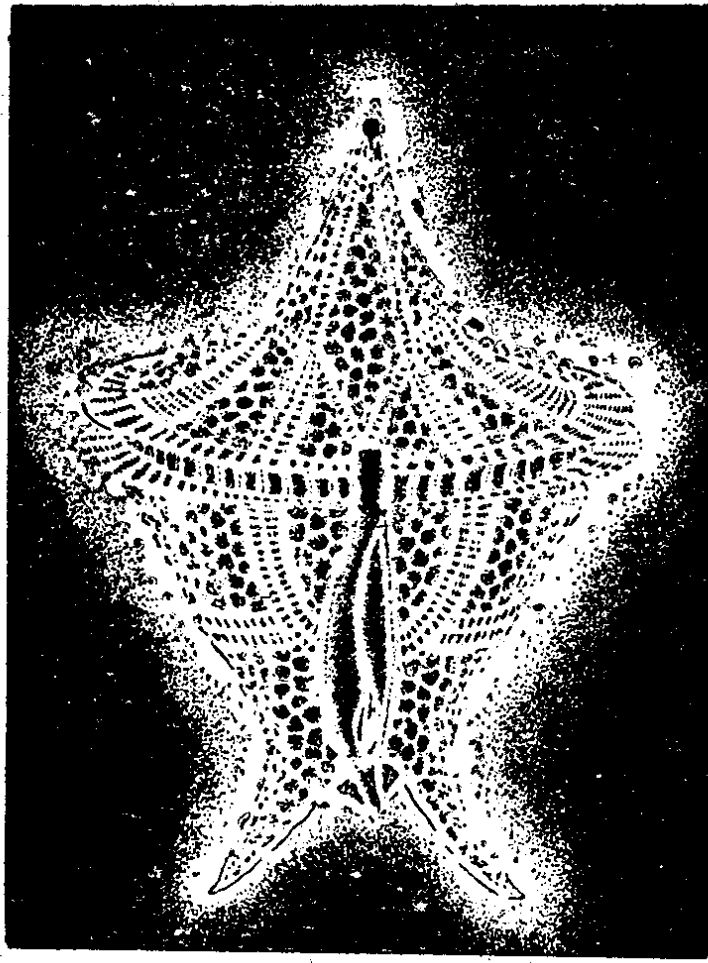


图2 多甲藻 (*Peridinium*) 在黑暗中发光

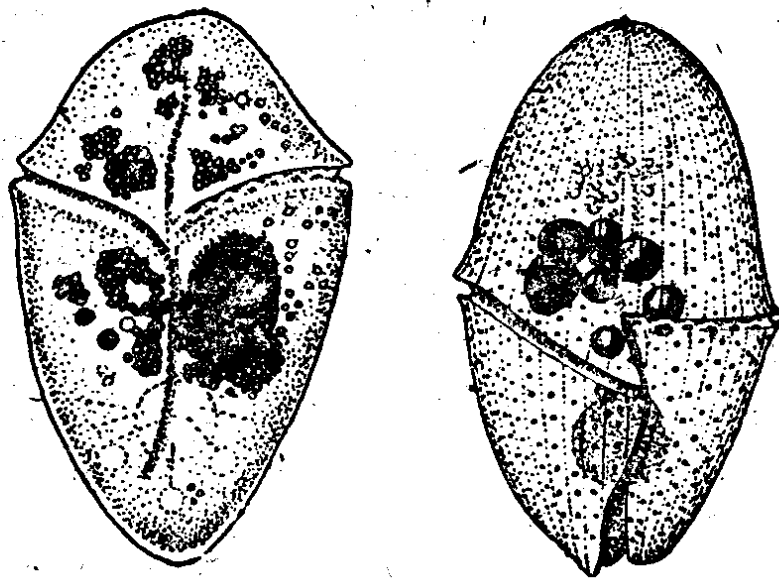


图3 裸沟鞭虫 (*Gymnodinium*)

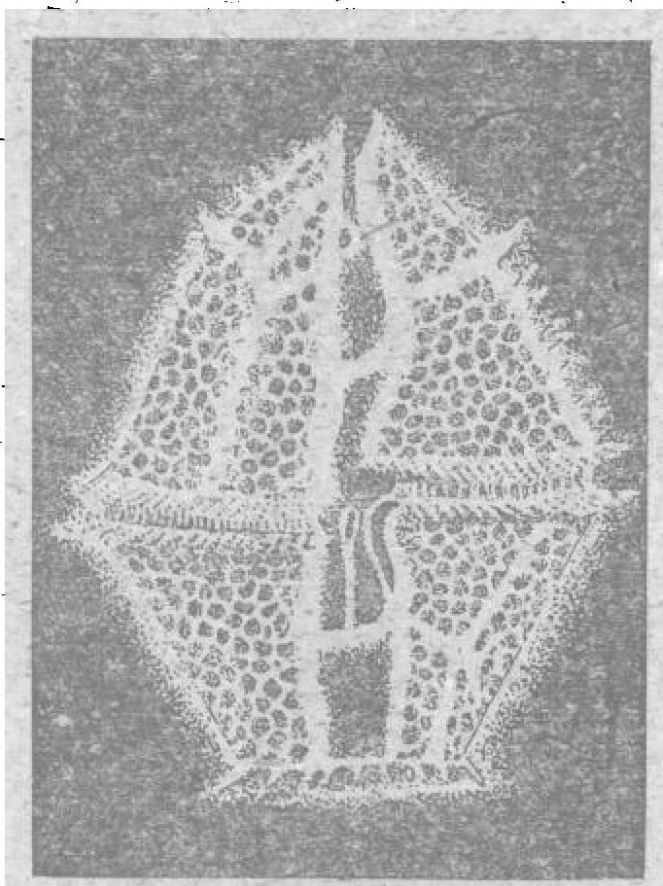


图4 赤潮鞭虫(*Gonyaulax*)在黑暗中发光

过程中,还可改变生源气体和生源盐类的分布。此外,浮游生物不仅能改变着海色,并且由于镇制和变更波动以及参与泡沫的形成和稳定,而改变着海面的性质。

可以认为,目力可见的海火现象应较“水花”(狭义的)常见些,因为这种显著的发光现象只需要较低的、在自然界较常遇到的生物密度¹⁾。

发光生物在系统分类上比较能引起“水花”的生物远为多样多式。发光生物行动

物性营养,它们不需要大多数形成“水花”的生物大量发展时所必要的溶于水中的生源物质(氮、磷、矽的化合物)。

在比较少有的情形下,我们可以见到在分类组成上很贫乏的单纯的浮游生物。这样单纯的浮游生物通常在数量上可能极为丰富——这就是“水花”或与其相近的状况。但是通常在每一次采集的浮游生物中,都可同时遇到几十种不同比例和不同浓度的动物和植物。

能发光的浮游生物的种类较少,并且这些种类的代表通常数量并不多。但是当浮游生物中发光生物的数量多到足以压倒其余的组分时,发光和不发光生物的身体都开始散射和吸收生物光。我们曾在 Harvey(1940) 的著作中见到与此类似的提示。该著者在计算一种细菌的辐射时,进行了培养液中发光细菌吸收光线的

1) 这个看法为浮游生物学家的多年经验所证实。他们都知道,用福尔摩林固定的显著发光的标本,在以后用显微镜的定量研究时,原来只含有为数不多的发光浮游生物(Allen, 1941, 1946 a, b)。

修正。还没有那一个考察队(甚至是仅研究水文物理、水文化学和采集浮游生物的)有过把浮游生物的数量和种类组成和水文光学现象(透明度、水色和发光)联系起来的企图,就用这一个简单的理由就可说明这一现象尚未被研究过。确实的,我们也知道有过个别的这样的对照试验,但这些试验主要上是为了探寻浮游生物的高额生物量。

然而,据我们所知道的,还没有人研究过在白天(联系着光合作用)和黑夜(联系着海火)各种浮游生物羣落间的相互关系的问题。在这样的研究中最好不仅考虑各种浮游生物出现的频率和百分比,还应该考虑到它们对光的吸收和折射的光学特性,它们的着色和着色强度等等。

大量矽藻或者主要为浮游植物的其他不发光浮游生物,能够纯光学地遮盖海火。当不发光生物(例如矽藻)引起海的“水花”时,即使在表层之下有多量发光生物存在,也难望夜间有海火出现。因为当水花(如矽藻水花)繁盛地发展时,不仅阻碍了同在上层的其他浮游生物的发展,在夜间还掩盖了可能有发光生物存在的下一层水中所发的光。象这样的情况是肯定会存在的。

上层的浮游生物对于下层的照度的影响,因而也对下层的浮游生物有了影响,可能有不同的方式。例如,根据我们的观察,在黑海当明朗的月夜,哲鏢水蚤(*Calanus*)在其昼夜垂直移动中没有到达水的表层。无疑的,强烈的海火也能起着和月光相同的作用。相反的情形下,表层的矽藻水花由于遮暗了深层水,可引起这些哲鏢水蚤较接近表层,甚至会缩短了它们向深处移动的途程,因为这时它们所习惯的最小照度是在较浅之处(Николаев, 1950:6)。与此相似的,照度的改变对于浮游生物分布的影响的例子,也可以在 Moore (1909) 的著作中见到。无疑地还可能有这样的情况,即深层生物在夜间受到生物光的吸引而升到上层来。特别是 Dahlgren (1915)曾在烏德斯-霍拉地区发现过这种情况,该地秋季当甲藻类中的角甲藻(*Ceratium*)最大量发展时,水面明亮地闪闪发光。

在实验室条件下发光细菌所发的光,足够供叶绿素进行着有

碳水化合物的光合作用;但是我們只能設想:在暗淡的中层水中海洋生物的发光,能使光合作用的下限稍向深处移动。可以推想,当存在海火所特有的长波光时,紅藻能进行显著的光合作用,因为紅藻是栖息在最深处的藻类。但这一假定需要通过核对。綠藻由海火而产生光合作用的可能极微 (Ивлев, 1940; Исаченко, 1951b; Haxo and Blinks, 1950)。

在近岸水的浮游生物中,一般以矽藻为主,外海則以甲藻为主。这是因为近岸水层的混合比較強烈,因而上层水中的营养盐类的含量比較高。这也就意味着,在近岸产生矽藻“水花”的可能性比較大,在远岸由甲藻产生海火的可能性比較大;在近岸海区,甲藻較少达到可引起水花的数量。例外的情况是温带的水文夏季,这时海水上层营养盐类被消耗尽,甲藻乃取代矽藻而繁殖起来。

有一个值得注意的細节应当指出,即当大型的呈針狀的根管矽藻(*Rhizosolenia*)形成水花时,海水就带有特殊的絲狀光彩,因而从水面反射出的光被強烈地偏化了。在这种情形下,常不容易把海火和月光、船舶的灯光以及灯塔的火光分別出来。象这样的因根管矽藻引起的迴光現象,我們在里海和亚速海曾經見到。

在文献中很少关于海火年变过程的直接資料,因为我們对于浮游生物的周年觀測还进行得不多,并且某些发光浮游生物由于形小、对于魚类的餌料价值較低,又不具生物地理学和生态学上的特征,常未被人們所注意。我們就不知道,許多种甲藻究竟是恆定发光呢还是仅在一定的水文条件下才发光。

我們也不能完全确定,同一种发光生物的所有后代,特别是它的不同宗(小种, race),是否都保持着发光能力。

发光細菌当然被浮游生物学家完全忽略了,而微生物学家直到現在,通常也仅进行一些主要是在海上的考察工作以及少有的一些移殖;甚至連一个沿岸点也沒有作过定期的細菌种属觀測。

問題在于,浮游生物的年变过程,在不同年份可能有所不同,因而某一海区典型的年循环情况不可能在一、二年的觀測中研究出来。因此,根据这样短期的資料,不可能有把握地預測,在某一

月,或者更准确一些說某一月的某一句,是否有海火发生。

Allen (1934, 1941) 在水文情况极复杂多变的海区,根据多年来从南加利福尼亚港每日采集的浮游生物标本查明,沒有两个年份其浮游生物发展情况是相似的,并且这样的发展周期可能超过一年。

确实的,在文献中有些資料指出,例如那不勒斯湾在本世紀的第十四年浮游生物发展的年循环和第十二年末到第十三年初所发现的循环情况相符合 (Indelli, 1944)。这样的符合可能是由于地中海,特别是上述海湾中水文情况的确定稳定性所致。

在 Н. В. Морозова-Водяницкая (1948) 的著作中,曾提供了关于发光浮游生物年分布的最完滿的材料。作者指出,在黑海一年四季均可出現海火,但以秋季最为強烈而长久。С. А. Зернов (1913) 曾指出 1909 年也有同样的情况。在 1946—1947 年 Н. В. Морозова-Водяницкая 曾发现海火延长到冬季的月份(12月、1月)。她认为,在有水底植物的地带,也就是說主要为近岸的浅水地带,发光細菌可借食腐屑而繁殖。正如 А. А. Егорова (1929) 所指出的,因为这些細菌中也有暖水性种类,也有冷水性种类。因此在这个地带几乎每年都可能出現海火,而且在碎浪和拍岸水中腐屑(更准确說就是植物和部分动物的浮尸)特別多的水面綫附近,海火尤其強烈。

Н. В. Морозова-Водяницкая 写道,在早先发生过海的“水花”的地点,也就是在富有有机质的水中,可能发生強烈的細菌发光。此外她认为,在港湾和外海的沿岸地带,产生海火的主要原因是夜光虫和其他甲藻的大量繁殖。对于未被冲淡的海区,这样的說法是不能使人贊同的。

同时,必須強調指出:进行考察性或定期性观察入海河流的河口和河口前区域的海火現象,有着特別的好处。同时間采取浮游生物标本和进行微生物分析,可以最后断定,究竟在这些水中有没有細菌发光。

早在 1830 年, Michaelis 曾指出,在基尔港的不同地点,海火

状况各有不同。据我们的看法,这种地方性差异的可能原因,也许不仅是发光浮游生物种类组成上的变化,并且包括了形成不同的光学前提的其余悬浮粒含量的不一致。比如说, Michaelis 记载在该港的中部有各别的、大火点状的明亮海火。在水深且未被冲淡的地点出现最明亮的海火;而在淤泥底的浅水区,海火呈乳白色;在深度不大、水被冲淡的淤泥底的浅湾(小基尔港)也出现“乳状”海火。我们可以设想,“乳状”海火的产生不仅由于发光细菌的繁殖,还由于小型甲藻和水中悬浮的微粒对于光的散射。悬浮物极多时,甲藻和浮悬粒有可能多次冲撞,这类冲撞也能引起海火。

照度的变化在浮游动物的垂直混合中起着主要作用。这一点 B. Г. Богоров (1938, 1940a; 1940b; 1941) 曾不止一次地指出。正如这些著者已查明的,浮游生物在趋光或背光迴游中要穿过在其途程中所遇到的、具有不同的(有时对该迴游者不利的)温度和盐度的几个水层。

B. Г. Богоров 还发现,在两极的夏季,例如在巴伦支海,某些浮游甲壳类(其中包括发光的橈脚类的 *Metridia longa*) 上下升降着以使昼夜間周围水中的照度保持一致。既然巴伦支海在昼夜間出现大规模有节奏的水团垂直混合(内波),那么浮游生物要想尽量保持在一定的光照条件下,就必须昼夜間分处于不同来源,具有不同物理化学标志的水中。在这种情形下,生物不得不主动地进行着上下移动,以抵抗水的垂直混合,保持所需要的光照标准。

波动阻碍月光向海洋深处透射,但它又机械地刺激上层水中浮游生物的发光;当浮游生物有足够的数量时,下层水中月光的消耗就象得到弥补似的。在这样照度下,夜間上升的浮游动物可能不达到水面,而停留在若干深度处。

若干种发光生物大致可以在低盐度(8—12‰)水中存活甚至繁殖,但是在这样水中它们失掉发光能力。

如果这一判断是正确的,那么对于资料中某些种浮游生物(如甲藻类)的发光能力說法的矛盾就易于理解了。这样的资料通常都属于对不同海区或极为不同的水文条件下,同一种类生物的研究。

第二章 海火的实际意义

有两种人类活动与生物水文光学,特别是与海火,有着直接关系,这就是海运和捕鱼业。此外海洋学家当研究海水运动时,也可利用海火(参阅第五章)。

海火在海运上的意义

海火不仅映出夜間的海景,并且为领航員指出最重要的目标和地点。至于海火对船只駕駛員的不良影响,也是大家所熟知的。这首先是,当海火十分明亮时,可能减低夜間視力的敏銳度;其次,它会轉移駕駛員和瞭望者的注意力。后一种情况特别是当火花状海火和个别大型生物发光时。第三个不良的影响是,当发生海火时,駕駛員会以为自己看到了碎浪和浅滩,而实际上这并不存在。显然地,海火常被許多人在夜間幻覺中記述为浅滩。下面我们举出几个例子(“海洋观察者”,1924—1939)。

1928年9月9日,“塔姆帕”号(Тампа)輪船在北緯 $5^{\circ}54'$ 东經 $80^{\circ}48'$ 处,发现航路前方有一个与周围海面显然不同的乳白色的三角形水区。4小时后輪船駛进这个水区时,四周海水都作乳白色。这时水面好象遮盖着一层发光浮沫。有一个直径約5米的斑状水区中,整齐地拥挤着发光小球。經過2小时以后,輪船重新处于普通海水之中。船上的船員还没有完全相信自己所見的,就开始进行測深工作。

1909年8月11日到12日夜間3时,“安姆布利亚”号(Амбрия)輪船在駛向科伦坡的航綫上,发现水平綫的东南部有亮光,这时距灯塔应当发光的时间尚有2小时。起初船員认为这是較預期为早发现的城市和港湾的灯光。由于水流使船只偏向而偏于航路的一側,以后看清楚才觉得火光过于延长,应该是其他原因引起的。过了10分鐘,光亮急剧增強,水中出現一条从东北伸向西南的很长

的发光带,同时在輪船附近光由光带向北大为加强。这一切給人一种印象,好象船只正走入暗礁中,同时船侧发光浪头的响声和水流接触处激浪的声音也予人以这样的幻觉。天空籠罩着稠黑的积云和海面以及几乎和海面同样光亮的甲板的廻光成鮮明的对照。同时3—4 哩长的发光带也改变了它的形状。这时使人好象看到一个正被猛烈的拍岸浪冲击而发亮的高陡的白堊悬崖。时而在亮光的后面看到一条长带状的黑影,远看去象低洼的陆地,近前一看原来就是不发光的水带。逐渐地这种壮丽的现象完全消失,只在西北方余留微弱的光輝。3 小时 45 分以后,微弱的光輝也消失了。此后海火还繼續着,但没有先前那样强烈。

把浪头上海火的閃光当作浅滩上的激浪是不足为奇的。即在最新的“紅海航海指南”(1950)中,也公正地指出这种錯誤的可能性。

曾被小帆船发现的一些伪浅滩,在印度洋和太平洋被称做“維德日亚斯”(Виджас)的,无疑地是由于发光生物的聚集而产生的;形成伪浅滩的发光生物不仅在浅水处聚集,常常还在很深之处聚集。

在水平綫附近云彩对海火的反照,曾多次成为領航員的障碍。他們不知道这是什么?究竟是火災还是照耀明亮的港口或远处的探照灯? 1942 年美国艦队第一次航行日本时,曾被夜間水平綫上开曠海面的閃光引起頗大的困惑。以后才知道,这不是日本艦队的火光,甚至也不是日本艦队行驶时产生的海火,而只是波浪中海火的閃光 (Cant, 1943)。

“捷伊茨朗德”号 (Дейчланд) 潛水艇的艇长(“潛水艇的行程”, 1917) 当穿过墨西哥湾流时,曾遇到强烈的海火。他写道:“海火强烈地阻碍对四周的瞭望,它有时直接迷惑和刺激眼睛;由于漆黑中海面的不断閃爍,使得視力变为模糊。这种情况是极为不利的,因为現在我們正駛入許多航綫交錯的区域,在这种区域中行駛需要加倍地小心。”捷伊茨朗德号潛水艇那个时候是处在开曠的大西洋,在那里所要担心的只是与輪船的撞碰。而如果海火是发生于岩礁众多、船只往来頻繁的在航海上情况复杂的沿岸区域,