

大连湾赤潮生物——赤潮异弯藻*

郭玉洁

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

提要 于1985, 1986和1987三年的夏季在辽宁省大连湾采集赤潮生物——赤潮异弯藻, 以相差显微镜和扫描电镜进行了形态观察和分类研究; 同时述及其分类沿革及至今仍存在的争议, 结合本种在大连湾的生态特点简要地综述了其在世界上的分布、生理宗、昼夜垂直移动、营养摄取以及细胞分裂周期和种群繁殖等。结果表明, 在温带近海夏、秋季赤潮异弯藻的生长率最高, 冬季休眠于海底; 温度是限制其复苏的主要因子。本种昼夜都能摄取营养, 生态效益较高是其易于形成赤潮的动力。海水中的N, Fe和Mn的含量是影响本种赤潮发生的营养因子。

关键词 大连湾 赤潮 赤潮异弯藻

1985, 1986及1987三年的夏季(6—8月)分别出现持续7d左右并遍及全部大连湾的大规模红棕色赤潮, 其优势种为赤潮异弯藻。其中杂有少量原甲藻(*Prorocentrum* spp.)、中缢虫(*Mesodinium* sp.)及骨条藻(*Skeletonema costatum*)¹⁾。鉴于赤潮异弯藻个体很小又易变形, 较难辨认, 又因该种在国内尚属首次记录, 在国外该种分类的资料也很少, 并且至今仍存在争议, 故对该种进行了详细的分类研究及生态观察, 以为赤潮机理研究提供参考。

1 材料与方 法

主要依据1986年7月9—13日大雨后, 采自大连湾西部和西北部甜水套贻贝养殖区的赤潮异弯藻 [*Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada] 标本。采集站位见图1。

在现场进行活体观察和固定后, 以相差油浸系显微镜(LM)观察、拍照、绘图。为用扫描电镜(日立, H500型)进行整体观察, 又将标本清洗, 经临界点干燥处理后喷镀(SEM)。

2 种的描述及分类沿革

赤潮异弯藻 [*Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada, 1968], (图2, 图版 I: 1—4)。

Hada, 1968, *Bull. Suzugamine Women's College, Nat. Sci.*, no. 4, p. 5.

Syn. *Entomosigma akashiwo* Hada, *Ibid*, no. 13 (1967), p. 9, fig. 12a, b.

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第2278号。国家自然科学基金会资助, 9389008号。

本项研究承王惠卿高级工程师提供标本及赤潮现场有关记录; 日本国高野秀昭和渡边信两位教授寄赠羽田良禾教授关于赤潮异弯藻的原始定名文献和有关资料; 本所电镜室的大力协助: 均此一并志谢。

收稿日期: 1993年6月8日; 接受日期: 1993年10月6日。

1) 大连市环境监测中心、辽宁省大连海洋渔业总公司监测站, 1990, 大连湾海域赤潮生物与生态特征研究。(油印本)

藻体为单细胞,浮游生活。细胞体由周质膜包被,无细胞壁,故细胞形状变化很大,见

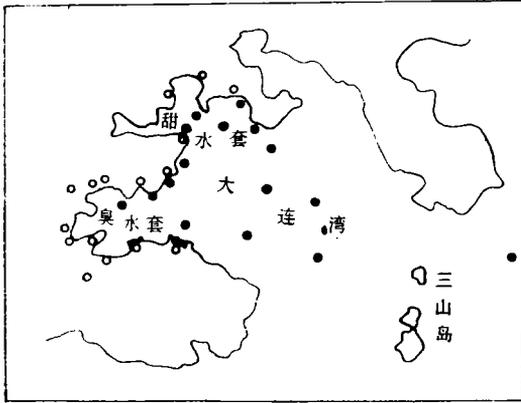


图 1 大连湾 ($121^{\circ}35' - 121^{\circ}51'E$, $38^{\circ}54' - 39^{\circ}09'N$) 赤潮观测站位

Fig. 1 Observation stations of red tide in the Dalian Bight, Liaoning Province

● 调查站; ○ 排污口。

状色素体(图 2a—d), 各色素体内均含一蛋白核。无眼点, 有许多无色透明的油粒。以细胞二分裂进行繁殖。

在扫描电镜下, 除上述在相差显微镜下所见到的特征外, 还更清楚地观察到本种仅有细胞膜而无细胞壁, 无横沟, 两条不等长的鞭毛自细胞腹面凹陷处底部的两个孔中生处。细胞内为一大空腔, 内有原生质及细胞核, 近细胞表面有大盘状色素体(图版 I: 1)。

Hada (1967) 在日本濑户内海发现此种标本, 定名为 *Entomosigma akashiwo* Hada; 1968 年又易名为 *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada, 但至今尚有争议, 例如 Loeblich III 等(1977)认为, Genus *Heterosigma* 应为 *Chattonella* 属的同物异名; Cox (1980) 则认为, 建立 *Heterosigma* 属的依据尚不充足。本文参考近年来日本学者的意见, 以赤潮异弯藻 [*Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada] 的种名(属于 Raphidophyceae 纲)进行讨论。

此外, 有人曾将本种误认为黄藻门的金色滑盘藻 (*Olisthodiscus luteus* Carter), 两者的外部形态在普通显微镜下的确不易区别, 但其运动方式明显不同。金色滑盘藻为滑

图 2。藻体一般略呈椭圆形, 长约 $15\mu\text{m}$, 宽约 $10\mu\text{m}$, 厚度变化大。细胞腹部略凹, 在细胞一端近体长的 $1/4 - 1/3$ 处(个别标本在 $1/2$ 处)生一短沟状的斜凹陷, 自此凹陷的底部生出两条不等长的鞭毛, 长者约为细胞长度的 1.3 倍, 短者为其 $0.7 - 0.8$ 倍。藻体活动时, 此两鞭毛略呈直线状伸出, 长者伸向体前方, 短者曳于体后(图 2a, b, c; 图版 I: 2), 藻体则以此呈直线形伸出的两鞭毛为轴, 旋转游动前进。标本固定后, 此两鞭毛常弯曲(图版 I: 4)或与细胞长轴垂直伸出(图版 I: 1)。细胞核略呈圆形, 位于细胞中部(图 2a)。在每个细胞的近细胞膜处, 约有 $8 - 20$ 个棕黄色的大盘

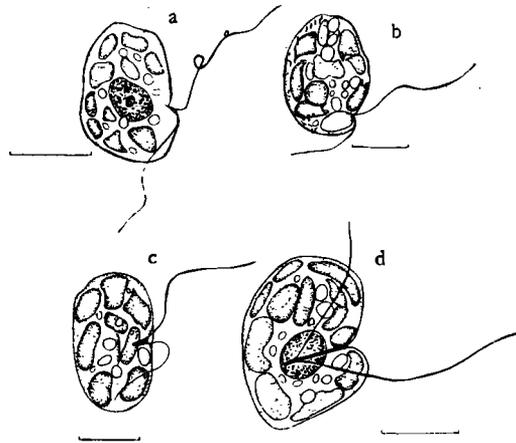


图 2 赤潮异弯藻的侧面观 (LM; 各标线比例 = $10\mu\text{m}$)

Fig. 2 Lateral views of *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada (a, b, c. The flagella of the active cells; d. The oblique depression and the flagella of the cell; LM, the bar = $10\mu\text{m}$)

a, b, c. 藻体运动时鞭毛的状态; d. 表示细胞中部的斜凹陷及鞭毛。

动前进,而赤潮异弯藻则呈螺旋状游动前进。

3 生态、生理特点

在大连湾,本种盛生于初夏大雨后(表层水温为 22℃左右,盐度在 25—29),尤其在湾西部甜水套及臭水套一带大量繁殖,形成赤潮,其最高密度达 72×10^4 cell/ml (海水中叶绿素 *a* 含量为 63mg/m³, 1986 年 6 月末—7 月初),水色由茶褐色变为红褐色直到棕红色,赤潮持续约 7d。

在日本沿岸,本种也是习见的赤潮生物(Watabe et al., 1982),其中以在濑户内海的出现率最高,1983 年一年内共出现 9 次由本种形成的赤潮,一般出现于 6—7 月和 10—12 月(水温约为 20℃,盐度在 10—30)(小野, 1988)。此外在美国罗德岛那刺干塞特湾(Narragansett Bay)也出现过以 *Olithodiscus luteus* 种名报道的本种赤潮。根据培养实验研究结果,采自上述各地的藻株的生理特点不完全一致,它们可能属于不同的生理宗(Watabe et al., 1982)。

赤潮异弯藻在昼、夜明暗交替前的 1—2h 内,在水体中进行上、下垂直移动;中午在表层水中;夜间在底层。昼夜均能摄取营养,故较主要靠白昼摄取营养的藻类(如硅藻)取得更高的生态效益和具形成赤潮的危机(畑野等, 1983; Watabe et al., 1988; 小野, 1988)。

赤潮异弯藻一般在黑暗中分裂,一夜分裂两次,有明显的周期性。藻体在进入黑暗期的第 3—4h 和第 8—9h 各出现一个细胞核的分裂高峰。在第 5—6h 和白昼,细胞核处于休止状态(小野, 1988)。

在温带近岸,水温的季节性差异很大。从冬季到早春(底层水温在 15℃以下),本种常集结成静止的细胞团,极少向水中释放能动的营养细胞。其后随水温上升,其营养细胞的释放率渐增大。5 月底以后(底层水温 > 15—25℃),其释放率不再受水温限制,可达 85%—100%。在日本大阪湾,在水温为 21—27℃的 7—10 月,曾出现 5 次由本种形成的赤潮(Yamochi, 1984)。因此在营养及光照适宜的温带近岸水域,温度是限制本种群繁殖的关键性因子。

从营养的角度看,大连湾海水的富营养化(总无机氮=0.566mg/L,磷酸盐-磷=0.025 mg/L),显然是赤潮发生的主要诱因。经赤潮生物的大量消耗,营养盐含量大大降低,尤其是总无机氮竟降为赤潮发生前的 1/3(磷酸盐-磷下降为 0.020mg/L);及至赤潮消失,海水中的营养盐含量则又恢复到赤潮发生前的水平。而铁及锰含量的变化却相反,在赤潮中它们分别为 0.242mg/L 和 0.134mg/L,赤潮消失后分别下降至 0.150mg/L 和 0.057 mg/L。因此,大连湾海水中的氮、铁、锰的含量都是本种赤潮发生的主要限制因子,同时根据这些营养盐类在赤潮前后的变化说明大连湾海水中铁和锰的递补率都远逊于氮和磷。在日本大阪湾海水中络合铁的含量也是限制赤潮异弯藻生长的主要营养因子。雨季入海径流量增大,使湾内络合铁含量增加,促成本种赤潮爆发(Yamochi, 1983)。

4 结语

在大连湾,1985,1986 及 1987 年,连续三年的夏季大雨后均发生持续 7d 左右的、大规模的棕红色赤潮。经 LM 及 SEM 观察研究,形成赤潮的生物为在我国首次记录的赤潮异弯藻 [*Heterosigma akashiwo* (Hada)Hada]。在本文中除对赤潮异弯藻的形态及习性

进行讨论外,还根据它在大连湾的生态特点,结合其在日本濑户内海等的报道归纳出:本种在温带近海底层水温 $>15-20^{\circ}\text{C}$ (表层为 22°C 左右,盐度在 $25-29$)的夏季大量繁殖,分裂率高(一夜分裂两次)和昼夜均能摄取营养等生态优势是其易于形成赤潮的动力。大连湾海水富营养化是促成本种赤潮的主要环境诱因,尤其是海水中氮、铁、锰的含量都明显地影响大连湾中赤潮异弯藻的繁殖。

主 要 参 考 文 献

- 小野知足,1988,播磨灘にすはる赤潮生物の細胞周期と群生長速度,香川県赤潮研究所研究報告,3:5-67, pl.1-3.
- 畑野智司、原慶明、高橋正征,1983,赤潮鞭毛藻 *Heterosigma akashiwo* の鉛直移動習性に対する光照射と營養物質の影響に関する預報, *Jap. J. Phycol.*, 31(4): 263-269.
- Cox, E. R., 1980, *Phytoflagellates*, Elsevier North Holland, Inc. (New York), pp. 473.
- Hada, Y., 1967, Protozoan plankton of the Inland Sea, Seto Naikai Pt I. The Mastigophora, *Bull. Suzugamine Women's College Nat. Sci.*, 13:9.
- Hada, Y., 1968, Protozoan plankton of the Inland Sea, Seto Naikai Pt III: The Mastigophora and Sarocodina, *Bull. Suzugamine Women's College Nat. Sci.*, 14:3-5.
- Loeblich III, A. R. and Fine, K. E., 1977, Marine chloromonads: more widely distributed in neritic environments than previously thought, *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 90(2):388-399.
- Watabe, M. et al., 1982, Effects of physicochemical factors and nutrients on the growth of *Heterosigma akashiwo* Hada from Osaka Bay, Japan, *Jap. Phycol.*, 30(4):279-288.
- Watabe, M., Kohata, K. and Kunugi, M., 1988, Phosphate accumulation and metabolism by *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae) during diel vertical migration in a stratified microcosm, *J. Phycol.*, 24(1):22-28.
- Yamochi, S., 1983, Mechanisms for outbreak of *Heterosigma akashiwo* red tide in Osaka Bay, Japan Pt I. Nutrient factors involved in controlling the growth of *Heterosigma akashiwo* Hada, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 39:310-316.
- Yamochi, S., 1984, Mechanisms for outbreak of *Heterosigma akashiwo* red tide in Osaka Bay, Japan, Pt III. Reslease of vegetative cells from bottom mud, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 40:343-348.

STUDIES ON *HETEROSIGMA AKASHIWO* (HADA) HADA IN THE DALIAN BIGHT, LIAONING, CHINA

Guo Yujie

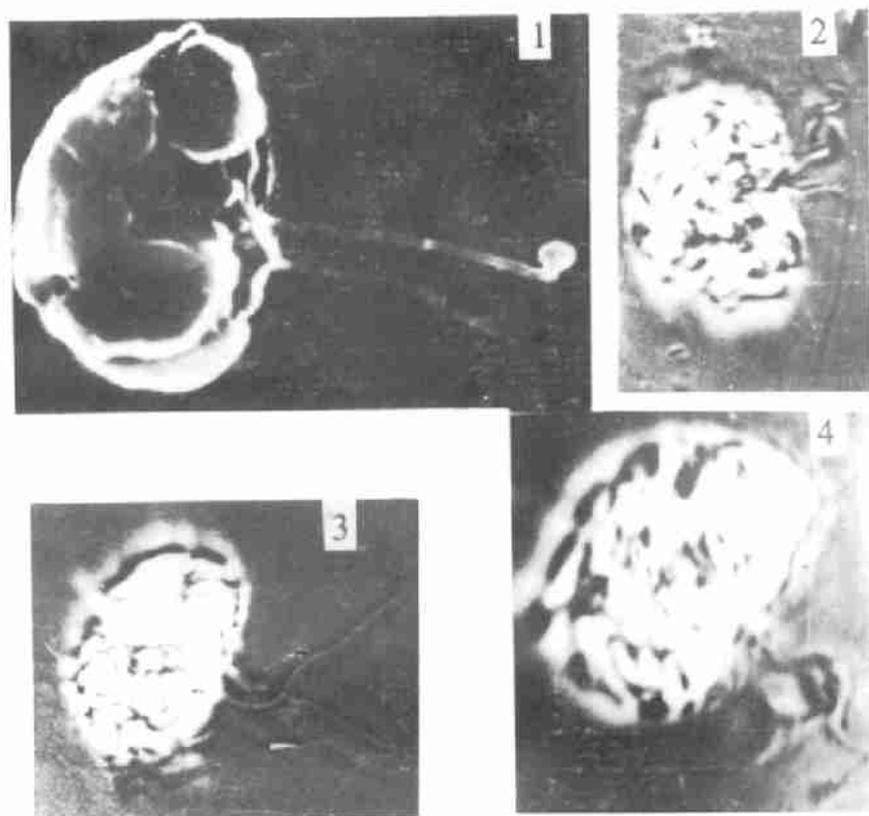
(*Institute of Oceanology, academia Sinica, Qingdao 266071*)

ABSTRACT

In the summers (June—August) of 1985, 1986 and 1987, a large in scale brownish-red bloom of *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada species newly recorded from China Seas appeared and lasted for about 7 days respectively in the Dalian Bight. This paper discusses the morphology, classification, recent controversy on the systematic taxonomy of the *H. akashiwo* (Hada) Hada, ecologic characteristics, and the environmental factors (nutrients, temperature, salinity, etc.) that directly or indirectly came red tide of this species here.

In the temperate neritic region, the *H. akashiwo* (Hada) Hada lie dormant in the sea bottom mud during the winter, when the temperature of the bottom seawater increases over 15°C (the surface water in the Dalian Bight is about 22°C and 25—29 in salinity), it revives and reaches the highest growth rate from summer to autumn, so the temperature is the main limiting factor for the revival of *H. akashiwo*, it could take up the nutrients containing in the seawater from the day-time to night, so the red tide of *H. akashiwo* appears more often than that of the algae which only absorb the nutrients in the day-time, such as the diatoms. In the seawater of the Dalian Bight, the contents of N, Fe, and Mn are the nutrient factors affecting the occurrence of red tide of *H. akashiwo* (Hada) Hada.

Key words Dalian Bight (Liaoning, China) Red tide *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada



图版 1 赤潮异弯藻

Plate 1 *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada

1, 3, 4. 藻体静止时, 鞭毛垂直于藻体长轴 (1. $\times 25\ 000$, SEM; 3. $\times 25\ 000$ LM; 4. $\times 1\ 500$, LM); 2. 细胞运动时鞭毛垂直于藻体长轴 ($\times 2\ 000$, LM)。