

胶州湾两个站的海水透明度和水下照度 周年观测资料的初步分析*

潘友联

(中国科学院海洋研究所)

提要 在1984—1985年胶州湾海洋初级生产力调查期间,作者观测了两个测站海水透明度和水下照度。结果表明,入射可见光中,平均有37.8%被海表面反射掉;垂直消化系数(λ_{0-9})与透明度的关系为: $\lambda_{0-9} = \frac{1.19}{D_s}$ 。真光层的下限深度: $D_{1\%} = 3.49D_s$,即 $D_{1\%} = \frac{4.13}{\lambda}$ 。赛克圆盘可见下限深度处的照度平均是海表面照度的20.39%。

海水透明度反映了海水的混浊程度,也反映了光在海水中传播的衰减速度。因此,它在海流分析、水质检测和海洋初级生产力的研究中具有重要意义。

本文根据在胶州湾进行的初级生产力的调查资料,分析了其中的水下照度和海水透明度的数据,旨在研究各水层消光系数,找出真光层深层与透明度的关系式及其可信度。

一、仪器和方法

本工作使用上海嘉定学联仪表厂生产的JD-IA-2DSH型水下照度计,该仪器带有两个探头,其中一个为水下探头,另一个为校正探头。

作者在胶州湾口附近选择了两个站,每次观测时将水下探头放入水中,观测0m、1m、2m、3m、5m、7m、9m等深度的照度,每次读数时,根据校正探头同步记录海表面照度,同时用赛克圆盘观测在海水中的可见下限深度。

二、海表面的反射作用

阳光从空气射入海水中时,有一部分被海

气表面反射掉,其反射率与太阳高度呈负相关,还与水色、海表面的平静程度以及天空的云量等有关。我们在胶州湾进行的58次观测发现平均有37.8%的可见光被海表面反射掉,最高达64.37%,最低也达20%。这一结果比Poole和Atkins(1929)在英吉利海峡等海域所作的观测及估算偏高,这可能是由于两地的地理位置及其光学因素的不同所引起的。

表1中列出了不同时间的入射率,入射率大多在60—70%。1984年10月的入射率最高(71.43—80.00%),而且两个站的结果很接近;2—3月份的入射率比较低。从全年平均结果来看,两个站的结果几乎一致(表1)。

三、光线在海水中的垂直 衰减与海水透明度

由于海水以及其中的悬浮物质的吸收和散射作用,太阳光线在海水中传播时,符合朗伯-比尔定律(Lambert-Beer's Law)。根据

*本工作承蒙导师曾呈奎、郭玉洁的热心指导;陈开曜、朱继平老师给予热忱帮助,谨此致谢。

表 1 海水中太阳光的人射率
Tab. 1 Transmissivity of sun light into sea water

观测日期 (年.月.日)	1 号 站 ¹⁾				2 号 站 ²⁾			
	观测时间	海表面光强	表层光强	入射率	观测时间	海表面光强	表层光强	入射率
	(时:分)	(KLux)	(KLux)	(%)	(时:分)	(KLux)	(KLux)	(%)
1984. 5.14					11:00	108	45	41.67
5.15	9:15	14	8.5	60.70				
6.10	10:00	89	60	67.42	11:00	95	64	67.40
6.11	9:20	86	56	65.12	9:45	88	60	68.20
7.4	9:40	94	72	76.60	10:45	102	66	64.71
7.5	9:50	90	54	60.00	10:30	36	22	61.11
8.5	10:00	74	40	54.05	11:00	84	52	61.90
8.6	10:00	42	30	71.43	10:30	86	54	62.79
9.7	10:00	60	44	73.33	11:00	72	52.4	72.78
9.14	9:30	78	40	51.28	10:30	54	28	51.85
9.15	9:15	72	46	63.89	9:45	74	42	56.76
10.4	10:10	70	54	77.14	11:25	45	36	80.00
10.5	9:45	70	50	71.43	10:15	70	56	80.00
11.3	12:45	52	28	53.85	13:30	46	26	56.52
11.5	9:15	42	26	61.90				
11.6	10:10	50	30	60.00	9:10	40	26	65.00
11.7	9:25	28	18	64.29	9:00	12	7	58.33
12.20	10:30	26	16	61.54	9:40	34	22	64.71
1985. 1.5	11:20	44	30	68.18	11:55	18	13	72.22
1.6	11:00	42	25	59.52	11:10	42	32	76.19
2.2	10:25	60	32	53.33	9:30	42	22	52.38
2.3	9:30	52	30	57.69	9:00	40	22	55.00
2.7	11:30	70	36	51.43	10:40	54	34	62.96
2.8	10:50	95	54	56.84	10:30	8.7	3.1	35.63
3.18	10:30	60	34	56.70	9:30	20	8.9	44.50
3.19	9:45	68	44	64.71	9:15	54	36	66.70
4.15	9:30	68	46	67.60	10:20	48	30	62.50
4.16	9:30	80	56	70.00	9:10	70	44	62.86
5.28	14:50	20	12	60.00	14:00	30	16	53.33
5.29	14:35	84	60	71.43	14:07	74	42	56.76
平 均				63.15				61.24
总 平 均								62.21

1) 1号站位于120°14.60' E, 36°04.00' N, 水深25m;

2) 2号站位于120°16.54' E, 36°04.46' N, 水深10m; 下同。

表2 海水透明度与消化系数
Tab. 2 Transparency of sea water and extinction coefficient

观测日期 (年.月.日)	1 号 站				2 号 站			
	D_s (m)	相对照度 (%)	λ_{0-9} (1/m)	$D_s\lambda_{0-9}$	D_s (m)	相对照度 (%)	λ_{0-9} (1/m)	$D_s\lambda_{0-9}$
1984. 5.14	2.2	13.04			2.0	16.70		
5.15	2.0	23.33	0.478	0.956				
6.10	1.8	30.30	0.543	0.977	2.0	25.57	0.486	0.972
6.11	1.8	16.99	0.747	1.345	2.0	19.29	0.589	1.178
7.4	1.9	15.27	0.645	1.226	2.5	23.89	0.445	1.113
7.5	2.5	11.92	0.620	1.550	2.2	22.11	0.502	1.104
8.5	2.0	24.84	0.434	0.868	2.1	27.21	0.416	0.874
8.6	2.4	26.74	0.406	0.974	2.7	21.49	0.427	1.153
9.7	3.1	20.88	0.432	1.339	2.0	29.73	0.485	0.970
9.14	2.8	28.36	0.390	1.092	2.0	18.38	0.623	1.246
9.15	3.1	15.99	0.425	1.318	2.5	18.78	0.556	1.390
10.4	1.8	33.15	0.500	0.900	2.0	38.50	0.451	0.902
10.5	2.1	24.67	0.531	1.115	1.85	34.43	0.533	0.986
11.3	4.5	18.19	0.288	1.296	3.3	20.04	0.285	0.941
11.5	4.2	15.46	0.333	1.399				
11.6	3.5	17.22	0.327	1.145	3.2	19.17	0.351	1.123
11.7	3.2	24.42	0.321	1.027	3.5	19.96	0.343	1.201
12.20	3.2	16.91	0.375	1.200	2.7	15.49	0.522	1.409
1985. 1.5	3.0	22.73	0.319	0.957	3.7	23.50	0.317	1.173
1.6	3.9	16.94	0.328	1.279	3.3	20.83	0.436	1.439
2.2	5.1	10.57	0.297	1.515	4.5	12.09	0.323	1.454
2.3	4.9	12.33	0.290	1.421	4.2	12.46	0.343	1.441
2.7	2.6	15.79	0.512	1.331	2.5	18.27	0.610	1.525
2.8	2.3	27.29	0.510	1.173	2.2	12.86	0.662	1.456
3.18	3.0	24.07	0.317	0.951	2.8	11.89	0.433	1.212
3.19	3.5	17.19	0.420	1.470	2.9	21.07	0.500	1.450
4.15	3.8	16.03	0.354	1.345	2.9	19.40	0.333	0.966
4.16	3.1	20.56	0.345	1.070	3.0	15.70	0.391	1.173
5.28	5.0	17.50	0.239	1.195	4.0	29.00	0.231	0.924
5.29	5.5	16.67	0.249	1.370	6.0	19.44	0.199	1.194
平均	3.1	19.85	0.413	1.200	2.9	20.99	0.437	1.184
总平均					3.0	20.39	0.424	1.190

这一定律, 可以按下式求出各层的垂直消光系数:

$$\lambda_{z_0-z} = \frac{L_n P_{z_0} - L_n P_z}{z - z_0} \quad (1)$$

式中, P_{z_0} 和 P_z 分别是 z_0 和 z 处相当于海表面入射光照度的百分率(相对照度)。由此求得深度 z_0 到 z 处的垂直消光系数 λ_{z_0-z} 。

从表2可见, 这两个站位海水中赛克圆盘的可见下限深度平均为3.0m, 此处的照度平均

是海表面照度的20.39%，这与费尊乐（1984）在渤海测得的结果很接近^{〔1〕}。然而，如表2所示，赛克圆盘可见下限处的相对照度百分比变化较大，这主要是海-气表面效应所引起的，海表面的平静程度，以及海面的反射作用都会有所影响。如果用一根长管子穿过水面观测赛克圆盘的可见下限，消除一部分表面效应，这一结果可能就相对稳定一些。

四、真光层与海水透明度

一般把光强为海表面照度1%的深度定为真光层的深度，植物的生态学补偿深度也位于此^{〔2〕}。在这以上的水层中，植物的光合作用大于呼吸作用。海洋初级生产力所指的就是真光层中的植物生产，所以Cadée和Hegemen（1974）提出按下式计算海洋初级生产力：

$$P = \frac{P_1 \cdot E \cdot L}{2}$$

式中，E就是真光层的深度（D_{1%}）。由此可见，真光层深度对海洋初级生产力的研究具有重要的意义。真光层深度与透明度显著相关，见图1。

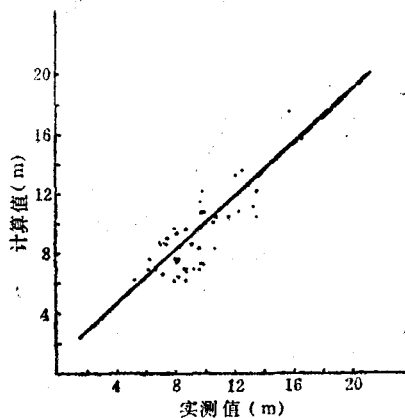


图1 真光层深度（D_{1%}）与海水透明度（D_s）的相关性
Fig.1 Correlation between the depth of euphotic zone (D_{1%}) and transparency of sea water (D_s)

如上所述，太阳光射达海面时，平均有62.21%进入海水中，那么，根据朗伯-比尔定

律，真光层的深度为：

$$D_{1\%} = \frac{4.13}{\lambda} \quad (2)$$

式中，D_{1%}为真光层深度，λ为垂直消光系数，即λ₀₋₉。

由式（2）得：

$$D_{1\%} = 3.49D_s \quad (3)$$

式（3）的计算结果与我们实测的平均值（D_{1%}/D_s = 3.636）非常接近，用式（3）计算的结果与我们的实测结果也基本一致（见图2）。

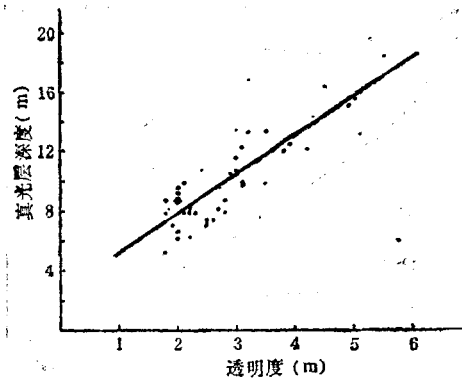


图2 真光层深度按式（3）求得的计算值（Y）与实测值（X）的比较

Fig.2 Contrast between depth of euphotic zone (X) and its calculation (Y) according to formula (3)

在有条件的情况下，现场测定垂直消光系数和真光层深度比较准确。一般用赛克圆盘测得海水透明度，从而计算真光层深度是可取的。

主要参考文献

- 〔1〕 费尊乐，1984。近海水域漫衰减系数的估算。黄渤海海洋 2（1）：26—29。
- 〔2〕 Jerlov. N. G., 1976. *Marine Optics*. Elsevier Scientific Publishing Company. pp. 195—202.

AN ANALYSIS OF ANNUAL OBSERVATION DATA ON TRANSPARENCY
AND SUBMARINE ILLUMINANCE AT TWO STATIONS IN
JIAOZHOU BAY

Pan Youlian

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

Abstract

We observed the Secchi disc depth and submarine illuminance during the investigation of primary productivity in Jiaozhou Bay in 1984-1985. The results indicate that the reflection loss by sea surface of the sun light is 37.8% on an average and the vertical extinction coefficient $\lambda_{0-9} = \frac{1.19}{D_s}$, where D_s represents the depth of Secchi disc; and the lower limit depth of euphotic zone $D_{1\%} = 3.49D_s$, that is to say, $D_{1\%} = \frac{4.13}{\lambda}$. The illuminance at the Secchi disc depth is 20.39% of that on sea surface on the average. This value approaches to that observed in Bohai Sea (Fei Zunle, 1984).