

# 日本 相模灣에서의 海水의 光學的 性質

梁 龍 林

釜山水産大學 漁業學科

(1987년 2월 3일 수리)

## Optical Properties of Sea Water in Sagami Bay, Japan

Yong-Rhim YANG

Department of Fishing Technology, National Fisheries University of Pusan,  
Nam-gu, Pusan, 608 Korea

(Received February 3, 1987)

Optical properties of sea water were studied in the Sagami Bay, Japan, based on the data obtained from six oceanographic stations in June, 1985.

The observation of surface irradiance and underwater irradiance of sea water for eight kind of wavelengths (378, 422, 481, 513, 570, 621, 653, 677 nm) of sun light was conducted using the underwater irradiator (Isigawa # SR-8).

The mean attenuation coefficient of the sea water was appeared to be 0.165 (0.051~0.644) and the attenuation coefficient of the sea water for wavelength appeared such as 0.121 for 378 nm, 0.105 for 422 nm, 0.097 for 481 nm, 0.099 for 513 nm, 0.138 for 570 nm, 0.253 for 621 nm, 0.258 for 653 nm, 0.253 for 677 nm.

The transparency was 12.9 m (7.2~18 m), water color was 6.8 (5~10) in the study area and the sun altitude was 70.79° (57.44°~78.42°).

The relationship between attenuation coefficient ( $K$ ) and transparency ( $D$ ) was  $K=2.87/D$  (1.06/ $D$ ~5.48/ $D$ ).

The rates of light penetration for eight kind of wavelenths (378, 422, 481, 513, 570, 621, 653, 677 nm) were computed with reference to the surface light intensity respectively. The mean rate of light penetration in proportion to depths were 77.93% (52.52~94.06%) in 1 m layer, 35.46% (4.00~73.64%) in 5 m layer, 18.71% (0.24~54.23%) in 10 m layer and 7.00% (0.007~27.58%) in 20 m layer.

The rate of light penetration at the transparency layer with reference to the surface light intensity was shown as 13.02% (0.42~34.78%).

### 緒 論

海洋光學分野의 研究는 透明度, 水色, 濁度, 懸濁物質의 量, 水塊構造, 海中에서의 下方向 및 上方向 照度分布, 太陽 energy, chlorophyll 濃度, DSL 層 등이 主대상이 되고 있다.

이들 分野의 研究들을 海峽別로 보면, 外洋에 대

해서는 Jerlov (1951)를 비롯하여 Duntley (1963), Matsuike (1969, 1973), Kampa (1970), Smith *et al* (1973), Matsuike and Morinaga (1977), Yang (1977a, b), Matsuike *et al* (1979) 등이 발표한 바 있고, 外國의 沿岸 및 內灣에 대해서는 Sasaki *et al.* (1975), Morel (1978), Okami *et al* (1982), Kishino *et al* (1984), Sugihara *et al* (1984, 1985), Mats-

uike *et al* (1985), Yang and Matsuike (1985), Yang (1986), Yang and Morinaga (1986) 등이 발표한 바 있으며, 韓國 沿近海에 대해서는 Uda (1934, 1936), Hahn (1968), Lim (1975), Yang (1975, 1976, 1978a, b, 1980, 1981, 1982a, b) 등이 보고한 바 있다.

本 稿에서는 日本 相模灣에서의 透明度, 水色, 太陽光의 8가지 波長에 대한 海水의 光束消散係數 및 海中透過率 등을 제시함으로써 海洋光學分野에 기여하고자 한다.

끝으로 본 研究를 위하여 도움을 주신 東京水産大學 海洋環境工學科 環境測定工學講座의 松生 洽 先生, 高橋 正 先生, 森永 勤 先生, 測定 및 資料分析에 협조해준 大學院生 平岡 尊宏, 大友 啓一, 足立 久美子 諸氏에게 感謝의 意를 表합니다.

### 材料 및 方法

본 조사는 1985년 6월에 日本 東京灣入口에 위치한 館山에서 大島에 이르는 相模灣의 6개 관측점에서 太陽光의 8가지 波長에 대한 海水의 表面照度 및 水深別 水中照度, 水色, 透明度, 太陽高度 등을 관측하였다. 관측 선박은 東京水産大學 練習船 青鷹丸 (210 ton)을 사용하였으며, 관측점의 위치는 Fig. 1과 같다.

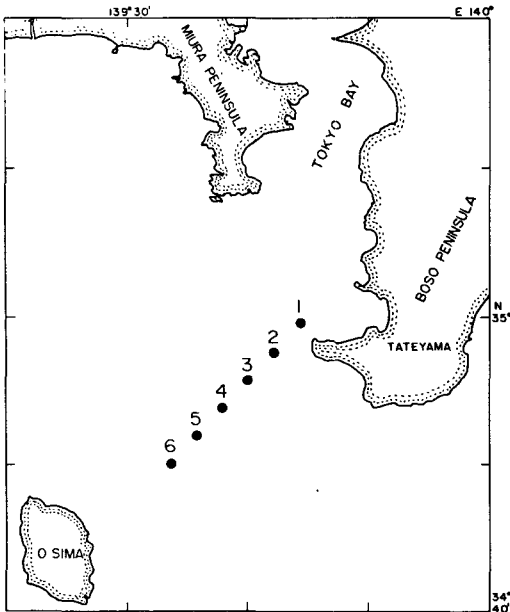


Fig. 1. The station for optical observation.

海水의 水中照度는 八色水中照度計 (石川 SR-8)를 사용하여 各層의 下方向照度를 水上照度와 동시에 측정하였는데, 八色水中照度計는 干涉 filter를 부착하여 8가지 波長이 378, 422, 481, 513, 570, 621, 653, 677 nm로 되어 있으며 半值幅은 각각 10 nm이다.

8가지 波長의 光에 대한 海水의 消散係數는 관측된 수심별 水中照度를 Lambert의 방정식  $Y=Y_0 \exp(-Kx)$ 에 대입하여 구하고, 消散係數가 서로 다른 범위를 선정하고, 表面照度에 대한 수심별 水中照度の 백분율을 산출하여 각 波長에 대한 太陽光의 海中透過率 및 透明度層에서의 海中透過率을 조사하였다.

太陽高度는 觀測時刻과 位置를 조사하여 天測歷 (太陽赤緯)과 計算高度方位角表 (H.O. 214 table)를 이용하여 산출하였다.

水色은 Forel 水色計로, 透明度는 직경 30 cm의 白色 透明度板을 이용하여 조사하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 透明度와 水色

東京灣入口에서 大島에 이르는 相模灣의 6개 관측점에서 조사된 透明度와 水色은 Fig. 2와 같다.

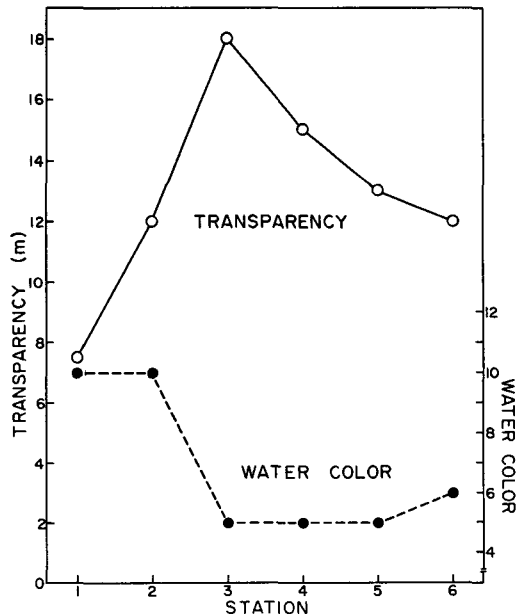


Fig. 2. Transparency and water color.

日本 相模灣에서의 海水의 光學的 性質

조사기간인 1985년 6월에 관측된 透明度는 최소 7.2 m (St.1), 최대 18 m (St.3)였고, 平均透明度는 12.9 m로서 釜山近海의 3.8 m, 4.7 m (Yang, 1975, 1976), 北西太平洋의 10.6 m (Yang, 1977b), 韓國南海沿岸의 5.3 m (Yang, 1978a), 활멸치 漁場의 8.4 m (Yang, 1980), 日本東京灣入口의 7.2 m (Yang and Matsuike, 1985), 7 m (Yang, 1986) 및 東京灣内の 5 m (Yang and Morinaga, 1986)보다는 높았으며, 東海 北東海域의 19.8 m (Yang, 1977a), 濟州道近海의 15.8 m (Yang, 1978b), 濟州道北西海域의 16.1 m (Yang, 1981), 大韓海峽의 18.3 m (Yang, 1982a) 및 韓國南海의 17.1 m (Yang, 1982b)보다는 낮았다. 조사 지점별로는 St.3, 4 (中央쪽)의 透明度가 St.1, 2 (灣入口쪽) 및 St.5, 6 (大島쪽)보다 높았다.

水色은 최소 5 (St.3, 4, 5), 최대 10 (St.1, 2)였고, 平均水色은 6.8로서 충무근해의 6.6 (Lim, 1975)와는 비슷하였고 韓國南海沿岸의 5.8 (Yang, 1978a), 濟州道近海의 3.4 (Yang, 1978b), 활멸치 漁場의 4.8 (Yang, 1980), 濟州道北西海域의 4.3 (Yang, 1981), 大韓海峽의 3.5 (Yang, 1982a) 및 韓國南海의 3.9 (Yang, 1982b)보다 낮았으며, 東京灣入口의 9 (Yang and Matsuike, 1985), 10 (Yang, 1986) 및 東京灣内の 10.2 (Yang and Morinaga, 1986)보다는 높았다. 조사 지점별로는 St.1, 2 (灣入口쪽)의 水色이 다른 지점보다 낮았다.

2. 海水의 消散係數

본 조사 해역의 6 개 관측점에서 조사된 太陽光線

의 8가지 波長에 대한 海水의 消散係數는 Table 1과 같다.

조사 기간중에 관측된 海水의 消散係數는 최소 0.061 (St.3, 0~15 m層, 481 nm), 최대 0.644 (St.2, 0~6 m層, 677 nm)였고, 平均消散係數는 0.166으로서 釜山近海의 0.413, 0.355 (Yang, 1975, 1976), 韓國南海沿岸의 0.578 (Yang, 1978a), 활멸치 漁場의 0.210 (Yang, 1980), 東京灣入口의 0.300 (Yang and Matsuike, 1985), 0.245 (Yang, 1986) 및 東京灣内の 0.335 (Yang and Morinaga, 1986)보다는 작았으며, 濟州道近海의 0.112 (Yang, 1978b), 濟州道北西海域의 0.106 (Yang, 1981), 大韓海峽의 0.098 (Yang, 1982a) 및 韓國南海의 0.102 (Yang, 1982b) 보다는 컸다.

波長別 海水의 平均消散係數는 481 nm 가 0.097 (0.061~0.312)로서 가장 작았고 다음이 513 nm 가 0.099 (0.064~0.299), 422 nm 가 0.105 (0.071~0.359), 378 nm 가 0.121 (0.063~0.423), 570 nm 가 0.138 (0.099~0.299), 621 nm 가 0.253 (0.135~0.514), 677 nm 가 0.253 (0.079~0.644), 653 nm 가 0.258 (0.078~0.604)의 順으로 크게 나타났는데 波長에 따른 消散係數의 차이가 뚜렷하였다. 조사 지점별로는 St.3의 平均消散係數가 0.139로써 가장 작았고 다음이 St.4의 0.144, St.5의 0.152, St.6의 0.157, St.2의 0.168, St.1의 0.232의 順으로 컸는데 이것은 透明度와 水色이 높은 지점에서는 海水의 消散係數가 작았고, 낮은 지점에서는 消散係數가 크게 나타나 海水의 消散係數는 透明度 및 水色과 밀접한

Table 1. Spectral irradiance attenuation coefficients (K)

Station No.	Depth (m)	Wavelength (nm)							
		378	422	481	513	570	621	653	677
1	0-10	0.423	0.359	0.312	0.272	0.299	0.514	0.604	0.603
	10-20	0.192	0.179	0.169	0.162	0.175	0.281	0.349	0.295
	20-40	0.137	0.118	0.117	0.110	0.117	0.145	0.182	0.198
2	0-6	0.334	0.255	0.218	0.245	0.260	0.454	0.507	0.644
	6-20	0.120	0.086	0.077	0.087	0.117	0.301	0.370	0.270
	20-40	0.063	0.075	0.076	0.072	0.099	0.135	0.145	0.154
3	0-15	0.080	0.074	0.061	0.071	0.123	0.316	0.322	0.330
	15-40	0.092	0.079	0.074	0.080	0.104	0.202	0.197	0.128
4	0-10	0.080	0.075	0.065	0.067	0.173	0.295	0.361	0.382
	10-40	0.104	0.091	0.083	0.086	0.105	0.168	0.230	0.172
5	0-20	0.123	0.100	0.095	0.102	0.173	0.407	0.350	0.379
	20-40	0.077	0.071	0.065	0.064	0.101	0.153	0.097	0.079
6	0-20	0.108	0.092	0.088	0.103	0.195	0.355	0.340	0.380
	20-40	0.084	0.075	0.068	0.070	0.102	0.204	0.078	0.163

관계를 나타냈다.

한편 모든 관측점에서 上層과 下層의 消散係數가 서로 다른 層을 이루었는데, St.1, 2는 3개의 層을, St.3, 4, 5, 6은 2개의 層을 각각 이루었으며 St.3, 4의 4개의 短波長 (378, 422, 481, 513 nm)을 제외하고는 下層보다 上層의 消散係數가 더 컸다.

透明度  $D$ 와 海水의 消散係數  $K$ 와의 관계는 自然光에 대해서는  $K=1.7/D$  (Poole and Atkins, 1929)인데, 본 해역에서 조사된 太陽光의 8가지 波長에 대해서는 平均  $K=2.87/D$ 로써 自然光에 대해서 조사된 釜山近海의  $K=1.57/D$ ,  $K=1.67/D$  (Yang, 1975, 1976), 韓國南海沿岸의  $K=1.70/D$  (Yang, 1978a), 濟州道近海의  $K=1.71/D$  (Yang, 1978b) 및 활멸치漁場의  $K=1.70/D$  (Yang, 1980)보다는 훨씬 컸으며, 8가지 波長에 대하여 조사한 東京灣入口의  $K=2.61/D$  (Yang and Matsuike, 1985),  $K=2.63/D$  (Yang, 1986), 東京灣內의  $K=2.22/D$  (Yang and Morinaga, 1986)보다는 다소 큰 경향을 나타냈다. 波長別로는 481 nm 가  $K=1.43/D$ 로써 가장 작았으며 다음이 513 nm 가  $K=1.50/D$ , 422 nm 가  $K=1.62/D$ , 378 nm 가  $K=1.93/D$ , 570 nm 가  $K=2.25/D$ , 621 nm 가  $K=4.51/D$ , 653 nm 가  $K=4.77/D$ , 677 nm 가  $K=4.92/D$ 의 順으로 크게 나타났는데 波長에 따른 차가 대단히 컸다. 조사 지점별로는 外洋쪽인 St.6이  $K=2.49/D$ 로써 가장 작았으며 다음이 St.4 가  $K=2.52/D$ , St.5가  $K=2.81/D$ , St.3이  $K=2.94/D$ , St.1이  $K=3.17/D$ , St.2가  $K=3.26/D$ 의 順으로 크게 나타나 조사 지점별 차이도 다소 있었다.

### 3. 太陽高度와 光의 海中透過率

본 相模灣의 6개 관측점에서 관측된 太陽高度는 최소 57.44°(St.1), 최대 78.42°(St.5)였고 平均太陽高度는 70.79°였다(Table 2).

조사 기간중에 조사된 太陽光의 8가지 波長에 대

한 下方向水中照度の 波長別 垂直分布는 Fig.3과 같고, 下方向水中照度の 透過率 spectrum 은 Fig.4와 같다.

여섯개 관측점에서 조사된 太陽光의 平均海中透過率은 수심 1 m 層에서 表面光의 77.93%(52.52~94.06%), 5 m 層에서 35.46%(4.00~73.64%), 10 m 層에서 18.71%(0.24~54.23%), 20 m 層에서 7.00%(0.007~27.58%)로써 東京灣入口 (Yang and Matsuike, 1985; Yang, 1986) 및 東京灣內 (Yang and Morinaga 1986)보다는 많은 透過率을 나타냈는데 이것은 본 조사 해역이 다른 海域에 비해 透明度와 水色이 높고 海水의 消散係數가 적었기 때문이라고 생각된다. 波長別로 볼때, 481 nm 의 透過率이 가장 많았고 다음이 513 nm, 422 nm, 378 nm, 570 nm, 621 nm, 653 nm 의 順이었고 677 nm 의 透過率이 가장 적었다. 조사 지점별로는, St.3의 透過率이 가장 많았고 다음이 St.4, St.6, St.5, St.2, St.1의 順으로 적게 나타났다.

光의 海中透過率은 太陽高度 (Cox and Munk, 1956; Sasaki *et al*, 1962) 및 海水의 消散係數 (Clarke, 1936, 1941)와 밀접한 관계가 있어, 海中透過率은 太陽高度에 비례하고 海水의 消散係數에 반비례하는데, 消散係數가 가장 적고 太陽高度가 71.62°인 St.3 (0~15 m 層의 消散係數 0.172, 15~40 m 層 0.120)과 消散係數와 太陽高度가 각각 St.3보다 다소 큰 St.5 (0~20 m 層의 消散係數 0.216, 20~40 m 層 0.088)에서의 太陽光線의 海中透過率을 비교하면, St.5보다 St.3의 透過率이 더 많았는데 이것은 太陽高度보다 海水의 消散係數가 光의 海中透過率에 더 많은 영향을 미치기 때문이라고 생각된다.

透明度層에서의 太陽光의 8가지 波長에 대한 海中透過率은 Table 2와 같은데, 平均透過率은 表面光의 13.02%(0.42~34.78%)로써 韓國南海沿岸의 17.77% (Yang, 1978a), 濟州道近海의 14.45% (Yang,

Table 2. Penetration rate of surface irradiance in the transparency layer ( $D$ ) and sun altitude

Station No.	Depth (m)	Wavelength (nm)								Sun altitude
		378	422	481	513	570	621	653	677	
1	7.5	4.19	6.77	9.63	13.00	10.62	2.12	1.08	1.09	57.44°
2	12	6.58	12.89	17.00	13.67	10.41	1.08	0.52	0.42	65.40°
3	18	22.86	26.01	31.98	27.14	11.57	0.48	0.44	0.48	71.62°
4	15	26.71	30.09	34.47	33.31	10.22	2.26	0.86	0.93	77.17°
5	13	20.21	27.25	29.08	26.55	10.55	0.50	1.06	0.72	78.42°
6	12	27.36	33.15	34.78	29.05	9.63	1.41	1.69	1.05	74.69°

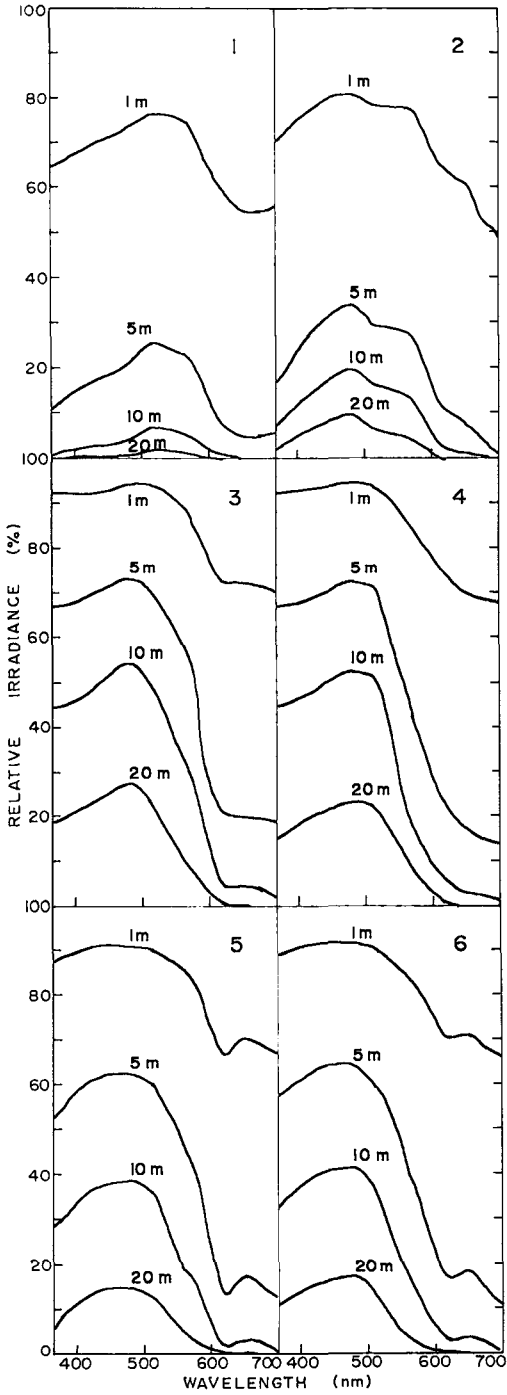


Fig. 3. Vertical distribution rate (%) of downward irradiance at different wavelength.  
 1: 378 nm, 2: 422 nm, 3: 481 nm, 4: 513 nm,  
 5: 570 nm, 6: 621 nm, 7: 653 nm, 8: 677 nm.

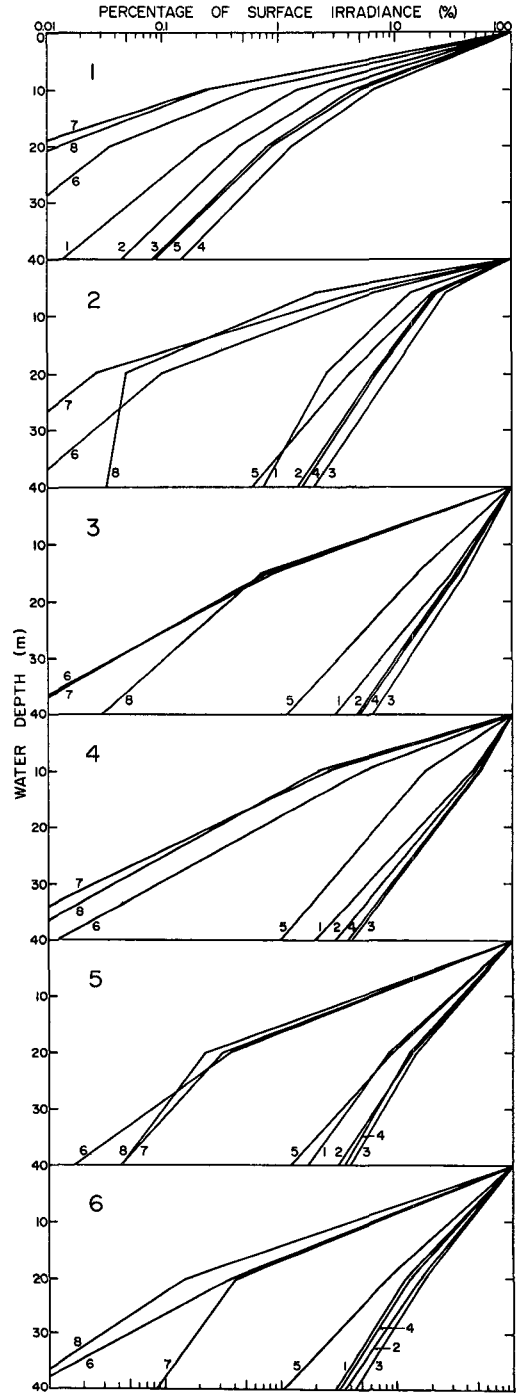


Fig. 4. Relative spectral irradiance distribution of downward irradiance and different depth.

1978b) 및 활멸치漁場의 16.18%(Yang, 1980)보다는 적었고, 東京灣入口의 9.91%(Yang and Matsuike, 1985), 10.39%(Yang, 1986) 및 東京灣内の 10.39%(Yang and Morinaga, 1986)보다는 많았다. 波長別로는 677 nm 가 0.78%로써 가장 적었으며 다음이 653 nm 가 0.94%, 621 nm 가 1.30%, 570 nm 가 10.50%, 378 nm 가 17.98%, 422 nm 가 22.69%, 513 nm 가 23.78%, 481 nm 가 26.14%의 順으로 많이 나타났다. 조사 지점별로는 東京灣入口쪽의 St.1의 透過率이 6.06%로써 가장 적었으며 다음이 St.2의 7.82%, St.5의 14.49%, St.3의 15.12%, St.6의 17.26%, St.4의 17.35%의 順으로 많이 透過되어 조사 지점별 차이도 다소 있었다.

要 約

東京灣入口에서 大島에 이르는 海域에서의 海水의 光學的 性質을 조사하기 위하여, 1985년 6월에 6개 관측점에서 透明度, 水色, 太陽高度, 太陽光의 8가지 波長(378, 422, 481, 513, 570, 621, 653, 677 nm)에 대한 海水의 表面照度 및 水深別 水中照度 등을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 조사 해역의 透明度는 12.9 m (7.2~18 m)였고, 水色은 6.8 (5~10)였다.

2. 海水의 平均消散係數는 0.166 (0.061~0.644)였고, 波長別로는 481 nm 가 0.097, 513 nm 가 0.099, 422 nm 가 0.105, 378 nm 가 0.121, 570 nm 가 0.138, 621 및 677 nm 가 0.253, 653 nm 가 0.258 순으로 크게 나타났으며 波長에 따른 차이가 뚜렷했다.

3. 海水의 消散係數  $K$ 와 透明度  $D$ 와의 관계는  $K=2.87/D$  ( $1.06/D \sim 5.48/D$ )였다.

4. 太陽高度는 70.79°(57.44°~78.42°)로 나타났다.

5. 太陽光線의 表面光에 대한 平均海中透過率은 水深 1 m 層에서 77.93%, 5 m 層에서 35.46%, 10 m 層에서 18.71%, 20 m 層에서 7.00%로 나타났다.

6. 透明度層에서의 太陽光의 海中透過率은 表面光의 13.02%(0.42~34.78%)였고, 波長別로는 677 nm 가 0.78%, 653 nm 가 0.94%, 621 nm 가 1.30%, 570 nm 가 10.50%, 378 nm 가 17.98%, 422 nm 가 22.69%, 513 nm 가 23.78%, 481 nm 가 26.14% 순으로 많이 나타났으며 波長에 따른 차이가 많았다.

Clarke, G. L. 1936. The reflection and absorption of daylight at the surface of ocean. J. Opt. Soc. Am. 26, 111—120.

Clarke, G. L. 1941. Observations on transparency in the southwestern section of the North Atlantic Ocean. J. Mar. Res. 4, 210—221.

Cox, C. and W. Munk. 1956. Slopes of the sea surface deduced from photographs of sun glitter. Bull. Scripps Inst. Oceanog. Univ. Calif. 6, 401—488.

Duntley, S. O. 1963. Light in the sea. J. Opt. Soc. Am. 53, 214—233.

Hahn, S. 1968. The relationship between the water color and the transparency in the seas around Korea. Oceanol. Soc. Korea 3, 55—62.

Jerlov, N. G. 1951. Optical studies of ocean water. Rept. Swedish Deep-Sea Expedition 3, 1—59.

Kampa, E. M. 1970. Underwater daylight measurements in the sea of Cortez. Deep Sea Res. 17, 271—280.

Kishino, M., Charles R. Booth and N. Okami. 1984. Underwater radiant energy absorbed by phytoplankton, detritus, dissolved organic matter and pure water. Limnol. Oceanogr. 29, 340—349.

Lim, D. B. 1975. On the optical properties of coastal water near Chungmu. Bull. Tong Yeong Fish. Jr. Coll. 10, 13—20.

Matsuike, K. 1969. The optical characteristics of the water in the three oceans. (Ⅲ). J. Oceanog. Soc. Japan, 25, 81—90.

Matsuike, K. 1973. A study on optical nature in oceanic waters. La mer 11, 1—44.

Matsuike, K. and T. Morinaga. 1977. Beam attenuation and particlesize distribution in the Kuroshio area. *ibid.* 15, 82—93.

Matsuike, K., Y. Nakamura and M. Haga. 1979. Aerial and submarine spectral solar energy distributions and optical characteristics of the waters in Bering Sea during summer. *ibid.* 17, 1—10.

Morel, A. 1978. Available, usable and stored radiant energy in relation to marine photosynthesis.

- Deep-Sea Research. 25, 673—688.
- Okami, N., M. Kishino, S. Sugihara, N. Takematsu and S. Unoki. 1982. Analysis of ocean color spectra(Ⅲ), J. Oceanog. Soc. Japan, 38, 362—372.
- Poole, H. H. and W. R. G. Atkins. 1929. Photoelectric measurements of submarine illumination throughout the year. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 16, 297—324.
- Sasaki, T., K. Matsuike, K. Inoue, T. Takahashi, I. Kosuga, T. Morinaga, Y. Ikeda, T. Koike, J. Takeuchi and M. Kitaguchi. 1975. Oceanographic survey of the waters off Motobu peninsula and in Nago bay. La mer 13, 113—133.
- Sasaki, T., S. Watanabe, G. Oshiba, N. Okami and M. Kajihara. 1962. On the instrument for measuring angular distribution of underwater radiance. Bull. Jap. Soc. Sci, Fish. 28, 489—496.
- Smith, R. C., J. E. Tyler and C. R. Goldman. 1973. Optical properties and color of Lake Tahoe and Crater Lake. Limnol. and Oceanog. 18, 189—199.
- Sugihara, S., M. Kishino and N. Okami. 1984. Contribution of raman scattering to upward irradiance in the sea. J. Oceanog. Soc. Japan. 40, 397—404.
- Sugihara, S., M. Kishino and N. Okami. 1985. Correlation of chlorophyll concentration and suspended solids with near-surface upward irradiance within Landsat bands 4, 5 and 6. *ibid.* 41, 81—88.
- Uda, M. 1934. The results of simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjacent water in May and June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. Stha. 5, 57—190.
- Uda, M. 1936. Result of simultaneous oceanographic investigations in the Japan Sea and its adjacent waters during October and November, 1933. *ibid.* 7, 51—151.
- Yang, Y. R. 1975. Optical properties of sea water (I). Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 11, 8—14.
- Yang, Y. R. 1976. Optical properties of sea water (II). *ibid.* 12, 7—12.
- Yang, Y. R. 1977a. Optical properties of sea water in the Japan Sea. Bull. Korean Fish. Soc. 10, 173—177.
- Yang, Y. R. 1977b. Optical properties of sea water in the Northwest Pacific, *ibid.* 10, 237—241.
- Yang, Y. R. 1978a. Optical properties of sea water (IV). Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 14, 37—41.
- Yang, Y. R. 1978b. Optical properties of sea water in the sea near Jeju-do. Bull. Nat. Fish. Univ. Busan, 18, 31—35.
- Yang, Y. R. 1980. Optical properties of sea water in the fishing ground of anchovy. Bull. Korean Fish. Soc. 13, 95—101.
- Yang, Y. R. 1981. Optical properties of sea water in the northwestern waters of Jeju Island. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 17, 53—58.
- Yang, Y. R. 1982a. Optical properties of sea water in the western channel of the Korea strait. Bull, Korean Fish. Soc. 15, 171—177.
- Yang, Y. R. 1982b. Optical properties of sea water in the southern sea of Korea. *ibid.* 18, 63—69.
- Yang, Y. R. and K. Matsuike 1985. Optical properties of sea water. Entrance of Tokyo Bay, Japan (1). *ibid.* 21, 105—111.
- Yang, Y. R. 1986. Optical properties of sea water. Entrance of Tokyo Bay, Japan(2). *ibid.* 22(2), 16—21.
- Yang, Y. R. and T. Morinaga 1986. Optical properties of sea water in Tokyo Bay. Bull. Korean Fish. Soc. 19, 234—240.