

韓國 南海에서의 海水의 光學的 性質

梁 龍 林*

Optical Properties of Sea Water in the Southern Sea of Korea

Yong-rhim YANG*

Optical properties of sea water were studied in the southern sea of Korea, based on ten oceanographic stations in July, 1980.

Submarine daylight intensity was measured at intervals of 5 m depth in the upper 70 m layer by using the underwater irradiator (Kahlsico # 268 WA 360).

The mean absorption coefficients of the sea water were shown as 0.102 (0.066~0.137), 0.119 (0.069~0.154), 0.091 (0.054~0.123), and 0.095 (0.056~0.129) for clear, red, green, and blue color respectively.

The transparency ranged from 13 to 25 meters (mean 17.1 m). The mean water color in this area was 3.9 (3-5) in Forel scales.

The relation between absorption coefficient (κ) and transparency (D) was $\kappa=1.71/D$, $\kappa=2.01/D$, $\kappa=1.52/D$, and $\kappa=1.60/D$ for clear, red, green, and blue color respectively.

The rates of light penetration for clear, red, green, and blue color in four different depths were computed with reference to the surface light intensity respectively. The mean rates of light penetration in proportion to depths were as follows;

clear : 57.3% (5 m), 20.82% (15 m), 5.16% (30 m), 0.94% (50 m).

red : 52.2% (5 m), 15.99% (15 m), 2.99% (30 m), 0.39% (50 m).

green: 60.9% (5 m), 24.51% (15 m), 7.11% (30 m), 1.56% (50 m).

blue : 59.4% (5 m), 22.92% (15 m), 6.09% (30 m), 1.29% (50 m).

緒 論

한국 남해안은 한반도의 남쪽에 위치하고 있으며 섬들이 많아 多島海라고도 불리워지며, 暖流系인 Kuroshio 海流의 영향을 받고 있는 해역이다. 이 해역은 回遊性 및 定着性 魚族이 풍부하여 集魚燈을 이용하는 機船旋網漁業을 비롯하여 權現網漁業, 機船底引網漁業, 定置網漁業 및 養殖漁業 등이 성행되고 있는 해역으로서 水産業 및 海洋學의 면에서 중요

한 해역이다.

外洋水의 광학적 성질에 대한 연구 (Jerlov, 1951; Duntley, 1963; Kampa, 1970; Smith *et al.*, 1972; Yang, 1977a, 1977b)는 많이 발표 되었고, 우리나라 沿岸海에 대한 연구 (Uda, 1934, 1936; Hahn, 1963; Lim, 1975; Yang, 1975, 1976, 1978a, 1978b, 1980, 1981)도 다소 발표된바 있다.

본 해역의 環境要因에 대한 연구는 다소 발표된 바 있으나, 주로 水溫, 鹽分, 海流, 溶存酸素 등을 더

* 釜山水産大學 : National Fisheries University of Busan

상으로 조사된 것이며, 光에 대한 연구는 거의 보고된 바 없는 실정이다.

특히 본 해역은 낙동강과 섬진강에서 유입되는 하천수와 남해안에 산재하고 있는 공업단지 및 도시 등의 영향으로 인하여 해수의 광학적 성질이 복잡하게 전개 될 것으로 생각된다.

본고에서는 본 해역의 透明度, 水色, 太陽光의 4가지 色에 대한 해수의 吸收係數 및 海中透過率 등을 제시함으로써 集魚燈漁業에 있어서의 보다 효율적인 集魚燈의 이용과 海洋光學의 기초자료를 제공하는데 기여하고자 한다.

材料 및 方法

본 조사는 1980년 7월에 부산에서 제주도에 이르는 10개 관측점에서 海水의 表面照度 및 水中照度, 太陽高度, 水色, 透明度 등을 관측하였다.

관측선박은 부산수산대학 실습선 관악산 1호(240톤급)를 사용하였으며, 관측점의 위치는 Fig.1과 같다.

海水의 表面照度 및 水中照度는 Underwater Irradiometer (Kahlsico # 268 WA 360)를 사용하여 수심 0~70 m 중에서 5m의 간격으로 4가지 色(Clear; 400~720 nm, Red; 600~700 nm, Green; 475~600 nm, Blue; 400~475 nm)에 대하여 각각 측정하였으며, 각 色光에 대한 海水의 吸收係數는 관측된 수심별 水中照度를 Lambert의 방정식 $I = I_0 e^{-Kz}$ 에 대입하여 구하고, 吸收係數가 서로 다른 범위를

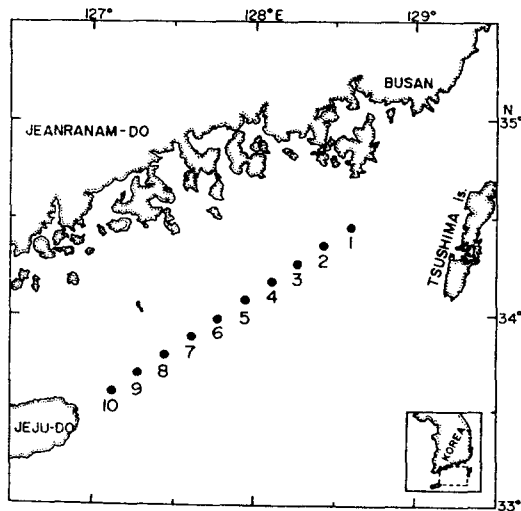


Fig.1. The stations for optical observation.

선정하고, 表面照度에 대한 수심별 水中照度의 백분율을 산출하여 각 色光별 太陽光의 海中透過率을 조사하였다.

太陽高度는 관측시각과 관측점의 위치를 조사하여 천측력(태양적위)과 계산고도방위각표 (H.O. 214 Table)를 이용하여 산출하였다.

水色은 Forel 水色計를 제작 사용하였으며, 透明度는 직경 30 cm의 백색 투명도판을 사용하였다.

結果 및 考察

1. 透明度와 水色

한국 남해의 10개 관측점에서 조사된 透明度와 水色은 Fig.2와 같다.

조사기간인 1980년 7월에 관측된 透明度는 최소 13 m (St.1), 최대 25 m (St.4)였고, 平均透明度는 17.1 m로서 부산근해의 3.8 m, 4.71 m (Yang, 1975, 1976), 북서태평양의 10.6 m (Yang, 1977b), 한국 남해연안의 5.33 m (Yang, 1978a), 제주도근해의 15.83 m (Yang, 1978b), 활렬치 어장의 8.4 m (Yang, 1980) 및 제주도 북서해역의 16.1 m (Yang, 1981)보다 높았으며, 동해 북동해역의 19.8 m (Yang, 1977a)보다는 낮았다.

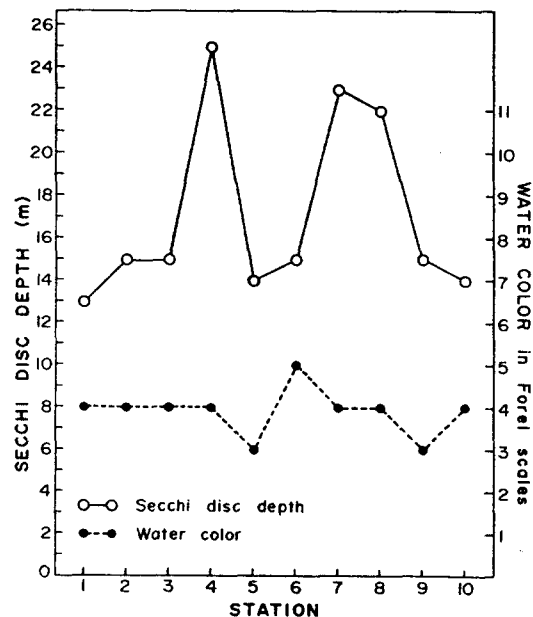


Fig.2. Observation of Secchi-disc depth and water color.

韓國 南海에서의 海水의 光學的 性質

조사지점별로는 St. 4, 7, 8, 의 透明度가 현저히 높았으나 다른 지점들은 거의 비슷하였다. 이것은 본 조사해역이 연안수와 외양수의 혼합이 복잡하게 일어나기 때문이라고 생각된다.

한편, 水色은 최소 3, 최대 5였고, 平均水色은 3.9로서 충무근해의 6.6 (Lim, 1975), 한국 남해연안의 5.75 (Yang, 1978a), 활멸치 어장의 4.8 (Yang, 1980) 및 제주도 북서해역의 4.3 (Yang, 1981)보다 높았으며, 제주도 근해의 3.4 (Yang, 1978b)보다는 낮았다. 조사지점별로 보면 3 지점 (St. 5, 6, 9)을 제외하고는 水色이 3으로 일정하였다.

2. 海水의 吸收係數

본 조사해역의 10개 관측점에서 조사된 太陽光線의 4 가지 색에 대한 吸收係數는 Table 1과 같다.

조사기간중에 관측된 각 色光별 海水의 吸收係數는, 白色光(400~720 nm)의 경우, 최소 0.056 (St. 10 30~70 m층), 최대 0.137 (St. 1, 0~70 m층)이었고 平均吸收係數는 0.102로서 부산근해의 0.413, 0.355 (Yang, 1975, 1976), 남해연안의 0.578 (Yang, 1978a), 제주도 근해의 0.112 (Yang, 1978b), 활멸치 어장의 0.210 (Yang, 1980) 및 제주도 북서해역의 0.106 (Yang, 1981)보다 적었는데, 이것은 본 해역의 平均透明度가 다른 해역보다 높았고, 연안에서 멀리 떨어져 연안수의 영향을 적게 받기 때문이라고 생각된다.

赤色光(600~700 nm)의 경우에는 최소 0.069 (St. 10, 30~70 m 층), 최대 0.154 (St. 1, 0~70 m 층)였고, 平均吸收係數는 0.119로서 동해 북동해역의 0.232 (Yang, 1977a) 및 북서태평양의 0.278 (Yang, 1977b)보다 훨씬 적었는데, 이것은 본 해역에 비해 타 해역이 더 좁은 파장 범위(600~620 nm)에서 조사되었기 때문이라고 생각된다.

綠色光(475~600 nm)은 최소 0.054 (St. 10, 30~70 m 층), 최대 0.123 (St. 1, 0~70 m 층)이었고 平均吸收係數는 0.091로서 제주도 북서해역의 0.089 (Yang, 1981)보다 컸다.

靑色光(400~475 nm)은 최소 0.056 (St. 10, 30~70 m층), 최대 0.129 (St. 1, 0~70 m층)였고 平均吸收係數는 0.095로서 제주도 북서해역의 0.097 (Yang, 1981)보다 적었다.

조사지점별로 볼때, 10개 관측점의 吸收係數는 모두 赤色光이 가장 컸으며 다음이 白色光, 靑色光,

Table 1. Absorption coefficient of the sea water, irradiance at transparency layer and sun altitude

St.	Color	Depth(m)	κ	P(%)	θ
1	Clear	0-70	0.137	16	42.39°
	Red	0-70	0.154	12.5	
	Green	0-70	0.123	19	
	Blue	0-70	0.127	18	
2	Clear	0-70	0.127	14.5	53.20°
	Red	0-70	0.142	11.5	
	Green	0-70	0.122	15.8	
	Blue	0-70	0.125	15	
3	Clear	0-70	0.132	13.5	69.36°
	Red	0-70	0.152	19	
	Green	0-70	0.122	15.6	
	Blue	0-70	0.129	14	
4	Clear	0-70	0.077	14.2	75.49°
	Red	0-70	0.095	9	
	Green	0-70	0.068	18	
	Blue	0-70	0.072	16	
5	Clear	0-70	0.092	26.5	65.10°
	Red	0-70	0.106	22	
	Green	0-70	0.082	30.5	
	Blue	0-70	0.087	28.8	
6	Clear	0-70	0.105	19.5	47.88°
	Red	0-70	0.124	15	
	Green	0-70	0.093	28.5	
	Blue	0-70	0.098	21.8	
7	Clear	0-70	0.077	15	29.50°
	Red	0-70	0.096	10	
	Green	0-70	0.068	18.8	
	Blue	0-70	0.071	17.3	
8	Clear	0-70	0.078	17.5	49.85°
	Red	0-70	0.097	11.3	
	Green	0-70	0.069	21	
	Blue	0-70	0.072	20	
9	Clear	0-70	0.116	17.2	68.45°
	Red	0-70	0.124	15	
	Green	0-70	0.094	24	
	Blue	0-70	0.099	22	
10	Clear	0-30 30-70	0.103 0.066	23	77.18°
	Red	0-30 30-70	0.129 0.069	16	
	Green	0-30 30-70	0.089 0.054	28	
	Blue	0-30 30-70	0.096 0.056	25.5	

κ : Absorption coefficient

P: Irradiance at transparency layer

θ : Sun altitude

綠色光의 순으로 작게 나타났으며, St. 1의 吸收係數가 가장 컸고, St. 4가 가장 작게 나타났다. 한편, St. 10만이 상층과 하층의 吸收係數가 서로 다른층을 이루었으며, 하층보다 상층의 吸收係數가 더 컸다.

透明度 D 와 海水의 吸收係數 κ 와의 관계는 自然光에서는 $\kappa=1.7/D$ (Poole and Atkins, 1929)인데, 본 해역에서는 白色光의 경우 $\kappa D=1.71$ (1.29~1.98)로서 부산근해의 1.67 (Yang, 1976), 남해연안의 1.704 (Yang, 1978a), 제주도 근해의 1.705 (Yang, 1978b) 및 활렬치어장의 1.70 (Yang, 1980)과 근사한 값을 나타냈다.

赤色光은 $\kappa D=2.01$ (1.48~2.38), 綠色光은 $\kappa D=1.52$ (1.15~1.83), 靑色光은 $\kappa D=1.60$ (1.22~1.94)로서 제주도 북서해역의 2.12, 1.38, 1.51 (Yang, 1981)보다 赤色光의 경우만이 다소 적었다.

3. 太陽高度와 太陽光線의 透過率

한국 남해의 10개 관측점에서 관측된 太陽高度는 최소 29.50°, 최대 77.18° 였고, 平均太陽高度는 57.94° 였다 (Table 1).

본 조사해역의 10개 관측점에서 조사된 4가지 色光에 대한 수심별 태양광선의 海中透過率은 Fig. 3과 같다.

조사기간중에 관측된 각 色光별 平均透過率은 白色光(400~720 nm)의 경우 수심 5 m층에서 表面光의 57.3% (48~66%), 15 m층에서 20.82% (12~30.5%), 30 m층에서는 5.16% (1.55~10%), 50 m층에서는 0.94% (0.1~2.1%)로서 부산근해 (Yang, 1976), 남해연안 (Yang, 1978a), 제주도 근해 (Yang, 1978b), 활렬치어장 (Yang, 1980) 및 제주도 북서해역 (Yang, 1981)보다 많은 透過率을 나타냈는데 이것은 본 조사해역이 다른 해역에 비해 平均透明度가 높고 吸收係數가 적었기 때문이라고 생각된다.

赤色光(600~700 nm)의 경우에는 수심 5 m층에서는 表面光의 52.2% (43~60%), 15 m층에서 15.99% (9.2~23%), 30 m층에서 2.99% (0.9~5.6%), 50 m층에서는 0.39% (0.042~0.85%)로서 동해 북동해역 (Yang, 1977a) 및 북서태평양 (Yang, 1977b)보다 많은 透過率을 나타냈는데 이것은 조사 파장 범위의 차이로 인한 吸收係數가 적었기 때문이라고 생각된다.

綠色光(475~600 nm)은 수심 5 m층에서 表面光의 60.9% (52~69%), 15 m층에서 24.51% (14.6~34.8%), 30 m층에서 7.11% (2.4~13%), 50 m층에서는

1.56% (0.2~3.3%)로서 제주도 북서해역 (Yang, 1981)보다 다소 적은 透過率을 각각 나타냈다.

靑色光(400~475 nm)은 수심 5 m층에서 表面光의 59.4% (51~68%), 15 m층에서 22.92% (13.8~32.5%), 30 m층에서 6.09% (2~11%), 50 m층에서는 1.29% (0.155~2.7%)로서 제주도 북서해역 (Yang, 1981)과 거의 비슷한 透過率을 각각 나타냈다.

色光별로 볼때, 太陽光의 平均海中透過率은 綠色光이 가장 많았고, 다음이 靑色光, 白色光, 赤色光의 순으로 적게 나타났다.

조사지점별로 볼때, 4가지 色光에 대하여 모두 St. 4의 海中透過率이 가장 많았으며 다음이 St. 8이 였고, St. 1의 透過率이 가장 적었으며 St. 3이 다음으로 적었는데 이것은 St. 4의 透明度가 가장 높았고 吸收係數가 적었기 때문이며, St. 1은 透明度가 가장 낮고 吸收係數가 컸기 때문이라고 생각된다.

빛의 水中透過率은 太陽高度 (Cox and Munk, 1956; Sasaki *et al.*, 1962) 및 吸收係數 (Clark, 1936, 1941)와 밀접한 관계가 있는데, 본 조사지점중 太陽高度가 가장 크고 吸收係數가 상층과 하층이 서로 다른 St. 10 (77.18°, 0~30 m층 0.103, 30~70 m층 0.066)과 太陽高度가 가장 적은 St. 7 (29.5°, 0.036)의 海中透過率을 비교하면 상층에서는 太陽高度가 큰 St. 10의 透過率이 많았으나 하층(수심 4 m 이상)에서는 St. 7의 透過率이 더 많았다. 이것은 St. 7의 吸收係數가 적었기 때문이라고 생각되며, 太陽高度보다 吸收係數가 빛의 水中透過에 더 많은 영향을 미친다고 생각된다.

한편, 透明度層에서의 太陽光의 平均海中透過率은 白色光이 表面光의 17.67% (13.3~26.5)로서 제주도 근해의 14.45% (Yang, 1978b) 및 활렬치어장의 16.18% (Yang, 1980)보다 다소 많았으며, 남해연안의 17.77% (Yang, 1978a) 및 제주도 북서해역의 18.29% (Yang, 1981)보다는 다소 적었다.

赤色光은 13.23% (9~22%), 綠色光은 21.92% (15.6~30.5%), 靑色光은 19.84% (14~28.8%)로서 제주도 북서해역의 12.4%, 24.3%, 21.21% (Yang, 1981)보다 赤色光의 경우에만 透過率이 더 많았다.

韓國 南海에서의 海水의 光學的 性質

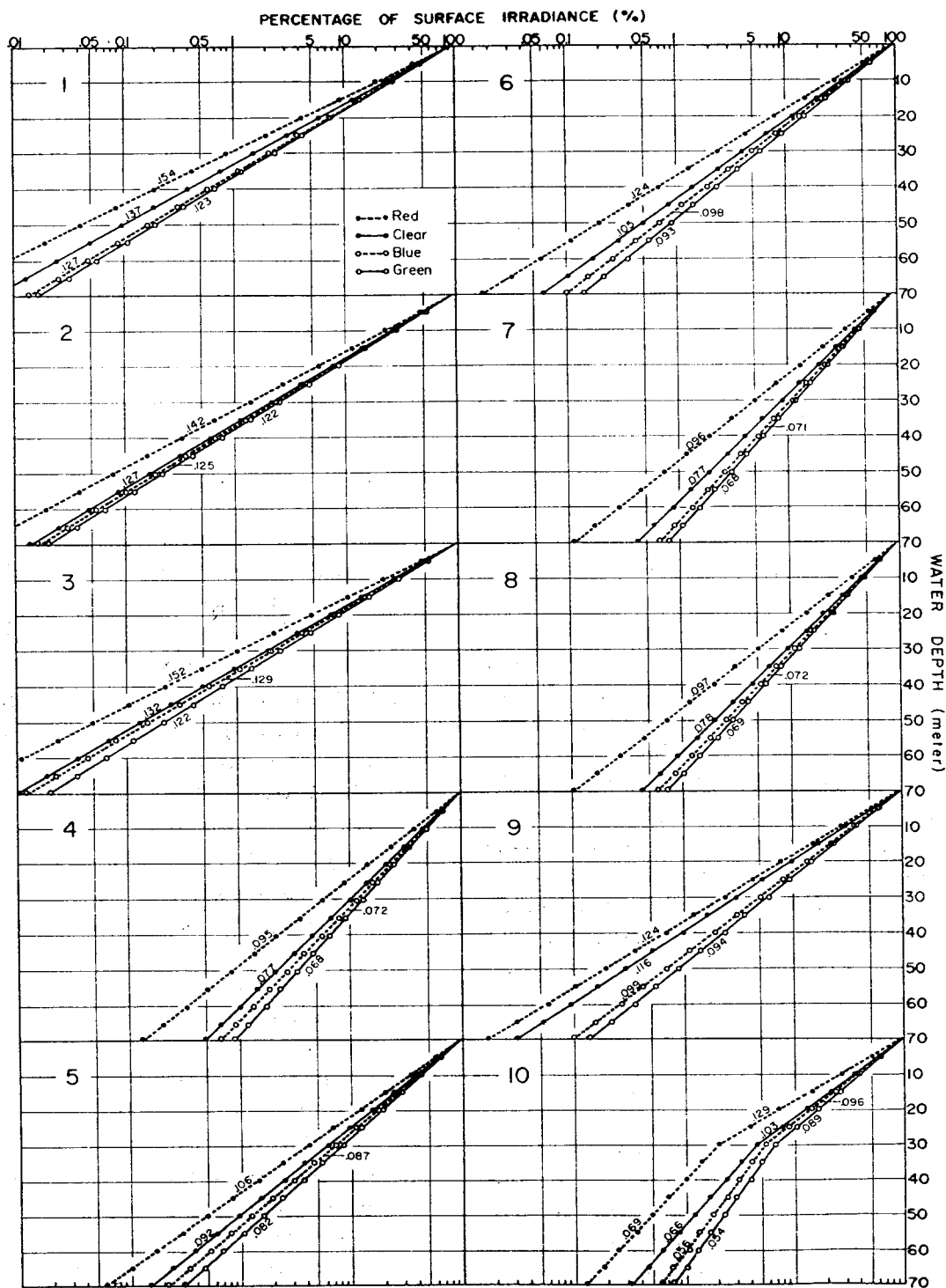


Fig. 3. Vertical distribution of downward irradiance of surface irradiance at the stations (Clear: 400-720 nm; Red: 600-700 nm; Green: 475-600 nm; Blue: 400-475 nm).

要 約

韓國 南海에서의 海水의 光學的 性質을 조사하기 위하여, 1980년 7월에 부산에서 제주도에 이르는 10개 관측점에서 透明度, 水色, 太陽光의 4가지色 (Clear; 400~720 nm, Red; 600~700 nm, Green; 475~600 nm, Blue; 400~475 nm)에 대한 海水의 表面照度 및 水中照度 등을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 조사해역의 平均透明度는 17.1 m (13~25 m) 였고, 平均水色은 3.9 (3~5)였다.

2. 海水의 平均吸收係數는 赤色光이 0.119 (0.069~0.154), 白色光이 0.102 (0.066~0.137), 青色光이 0.095 (0.056~0.129), 綠色光이 0.091 (0.054~0.123) 순으로 적게 나타났다.

3. 海水의 吸收係數 κ 와 透明度 D 와의 관계는 赤色光이 $\kappa=2.01/D$, 白色光이 $\kappa=1.71/D$, 青色光이 $\kappa=1.60/D$, 綠色光이 $\kappa=1.52/D$ 순으로 적게 나타났다.

4. 太陽光線의 表面光에 대한 平均海中透過率은 綠色光(수심 5 m층에서 60.9%, 15 m층에서 24.51%, 30 m층에서 7.11%, 50 m층에서 1.56%), 青色光(수심 5 m층에서 59.4%, 15 m층에서 22.92%, 30 m층에서 6.09%, 50 m층에서 1.29%), 白色光(수심 5 m층에서 57.3%, 15 m층에서 20.82%, 30 m층에서 5.16%, 50 m층에서 0.94%), 赤色光(수심 5 m층에서 52.2%, 15 m층에서 15.99%, 30 m층에서 2.99%, 50 m층에서 0.39%)의 순으로 적게 나타났다.

5. 透明度層에서의 太陽光의 海中透過率은 綠色光이 表面光의 21.92% (15.6~30.5%), 青色光이 19.84% (14~28.8%), 白色光이 17.67% (13.3~26.5%), 赤色光이 13.23% (9~22%)의 순으로 적게 나타났다.

文 獻

Clarke, G. L. (1936): The reflection and absorption of daylight at the surface of ocean. *J. Opt. Soc. Am.* 26(3), 111-120.
 Clarke, G. L. (1941): Observations on transparency in the southwestern section of the North Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.* 4(1), 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. Q. (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.
 Lim, D. B. (1975): On the optical properties of coastal water near Chungmu. *Bull. Tong-Yeong Fish. Jr. Coll.* 10, 13-20.
 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., 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(2), 189-199.
 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.

韓國 南海에서의 海水의 光學的 性質

- 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.
- Yong, Y. R. (1980): Optical properties of sea water in the fishing ground of anchovy. Bull. Korean Fish. Soc. 13(3), 95-101.
- Yang, Y. R. (1981): Optical properties of sea water in the northwestern waters of Jeju Island. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 17(Ⅱ), 53-58.