

濟州島 北西海域에서의 海水의 光學的 性質

梁 龍 林*

Optical Properties of Sea Water in the Northwestern Waters of Jeju Island

Yong-Rhim YANG*

Optical properties of sea water were studied in the northwestern water of Jeju Island, based on seven 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 appeared as 0.106(0.084—0.152), 0.135(0.106—0.184), 0.089(0.069—0.130), and 0.097(0.073—0.136) for clear, red, green, and blue color respectively.

The transparency ranged from 11 to 19 meters(mean 16.1 m). The mean water color in this area was 4.3(3—5) in Forel scales.

The relation between absorption coefficient(κ) and transparency(D) was $\kappa=1.66/D$, $\kappa=2.12/D$, $\kappa=1.38/D$, and $\kappa=1.51/D$ 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 : 56.57%(5 m), 20.54%(15 m), 4.60%(30 m), 0.68%(50 m).
- red : 50.14%(5 m), 14.29%(15 m), 2.37%(30 m), 0.23%(50 m).
- green : 62.29%(5 m), 26.43%(15 m), 7.74%(30 m), 1.56%(50 m).
- blue : 59.29%(5 m), 23.43%(15 m), 6.10%(30 m), 1.08%(50 m).

緒 論

濟州島 北西海域은 우리나라 西海의 南端에 위치하고 있으며, Kuroshio해류와 황해 냉수대의 영향을 받고 있는 해역으로서, 이 해역은 어업자원이 풍부하여 집어등을 이용한 기선선망어업을 비롯하여 안강망어업, 자망어업 등이 성행되고 있어 수산업 및 해양학적인 면에서도 중요하다.

외양수의 광학적 성질에 대한 연구(Jerlov, 1951; Duntley, 1963; Kampa, 1970; Smith *et al.*, 1973; Yang, 1977a, 1977b)는 많이 발표 되었고, 우리나라 연근해에 대한 연구(Uda, 1934, 1936; Hahn, 1968; Lim, 1975; Yang, 1975, 1976, 1978a, 1978b, 1980)는 다소 발표된 바 있다.

그런데, 본 해역에 대해서는 海沈, 流動, 暖水塊 등의 연구(Rho, 1974; Rho and Chung, 1975)는 발표된 바 있으나, 해수의 광학적 성질에 대한 연구보고는

*釜山水產大學校; National Fisheries University of Busan.

거의 없는 실정이다.

본고에서는 본 조사해역의 주요성을 감안하여, 이 해역의 透明度, 水色, 자연광의 4가지 색에 대한 海水의 吸收係數 및 海中透過率 등을 제시 함으로써 집어 등 어업에서의 보다 효율적인 집어등의 이용과 해양광학의 기초자료를 제공하는데 기여하고자 한다.

材料 및 方法

본 조사는 1980년 7월에 제주도에서 소록산도에 이르는 7개 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.

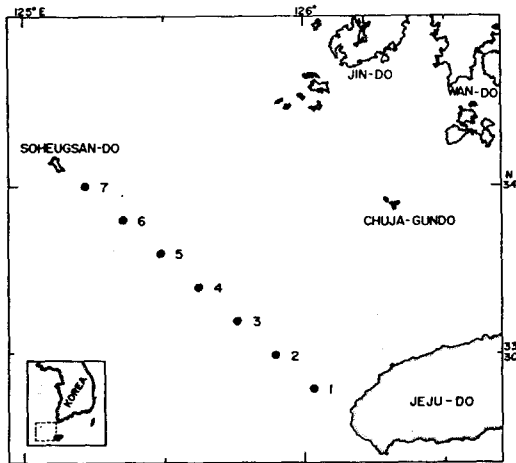


Fig. 1. The stations for optical observation.

海水의 表面照度 및 水中照度は Underwater Irradiometer (Kahlsico #268WA360)를 사용하여 수심 0~70 m 층에서 5 m의 간격으로 4가지 색(Clear; 400~720 nm, Red; 630~700 nm, Green; 475~600 nm, Blue; 400~475 nm)에 대하여 각각 측정하였으며, 각 색光에 대한 海水의 吸收係數는 관측된 수심별 水中照度を Lambert의 방정식 $I=I_0e^{-kx}$ 에 대입하여 구하고, 吸收係數가 서로 다른 범위를 선정하고, 表面照도에 대한 수심별 水中照度の 백분율을 산출하여 각 색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

제주도 북서해역의 7개 관측점에서 조사된 透明度와 水色은 Fig.2와 같다.

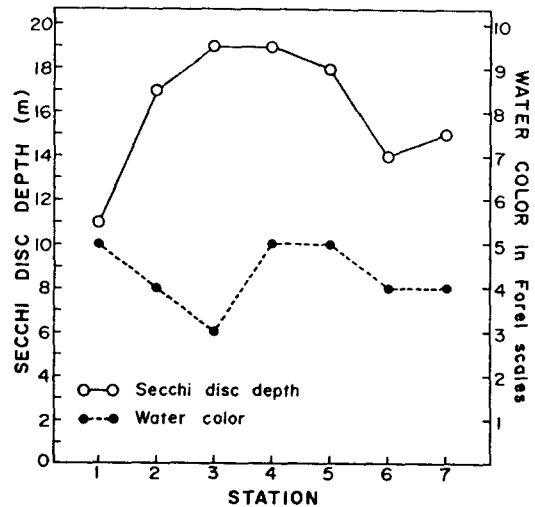


Fig. 2 Observation of Secchi-disc depth and water color.

조사기간인 1980년 7월에 관측된 透明度는 최소 11m (St.1), 최대 19m (St. 3,4)였고, 平均透明度는 16.1 m로서 한국 남해연안의 5.33 m (Yang, 1978a), 제주도 근해의 15.83 m (Yang, 1978b) 및 활렬치 어장의 8.4 m (Yang, 1980)보다 높았으며, 동해 북동해역의 19.8 m (Yang, 1977a)보다는 낮았다.

조사지점별로는 두 섬 부근 (St. 1, 6, 7)의 透明度가 낮았으며, 중앙부 (St. 2, 3, 4, 5)는 높았다.

한편, 水色은 최소 3, 최대 5였고, 平均水色은 4.3으로서 충무근해의 6.6 (Lim, 1975), 남해안의 5.75 (Yang, 1978 a) 및 활렬치 어장의 4.8 (Yang, 1980)보다 높았으며, 제주도 근해의 3.4 (Yang, 1978b)보다는 낮았다.

2. 海水의 吸收係數

본 조사해역의 7개 관측점에서 조사한 太陽光線의 4가지 색에 대한 吸收係數는 Table 1과 같다.

조사기간중에 관측된 각 색光별 海水의 吸收係數는, 白色光(400~720 nm)의 경우, 최소 0.084, 최대 0.152였고, 平均吸收係數는 0.106으로서 부산근해의 0.413, 0.355 (Yang, 1975, 1976), 남해연안의 0.578 (Yang,

濟州島 北西海域에서의 海水의 光學的 性質

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

| Station | Color | Depth (m) | Absorption coefficient | Irradiance at transparency layer (%) | Sun altitude |
|---------|-------|-----------|------------------------|--------------------------------------|--------------|
| 1 | Clear | 0-70 | 0.152 | 18.0 | 55.96° |
| | Red | 0-70 | 0.184 | 12.5 | |
| | Green | 0-70 | 0.130 | 24.0 | |
| | Blue | 0-70 | 0.136 | 22.0 | |
| 2 | Clear | 0-70 | 0.093 | 19.5 | 69.37° |
| | Red | 0-70 | 0.109 | 15.0 | |
| | Green | 0-70 | 0.073 | 28.0 | |
| | Blue | 0-70 | 0.083 | 23.3 | |
| 3 | Clear | 0-70 | 0.084 | 20.0 | 76.99° |
| | Red | 0-70 | 0.106 | 13.2 | |
| | Green | 0-70 | 0.069 | 26.5 | |
| | Blue | 0-70 | 0.073 | 24.0 | |
| 4 | Clear | 0-70 | 0.097 | 15.5 | 67.83° |
| | Red | 0-70 | 0.118 | 10.3 | |
| | Green | 0-70 | 0.084 | 20.0 | |
| | Blue | 0-70 | 0.092 | 17.3 | |
| 5 | Clear | 0-70 | 0.096 | 17.0 | 51.52° |
| | Red | 0-70 | 0.154 | 10.3 | |
| | Green | 0-70 | 0.077 | 23.8 | |
| | Blue | 0-70 | 0.083 | 21.3 | |
| 6 | Clear | 0-70 | 0.112 | 20.0 | 41.10° |
| | Red | 0-70 | 0.146 | 12.0 | |
| | Green | 0-70 | 0.093 | 25.8 | |
| | Blue | 0-70 | 0.105 | 21.6 | |
| 7 | Clear | 0-70 | 0.109 | 18.0 | 30.04° |
| | Red | 0-70 | 0.128 | 13.5 | |
| | Green | 0-70 | 0.095 | 22.0 | |
| | Blue | 0-70 | 0.106 | 19.0 | |

1978a), 제주도 근해의 0.112 (Yang, 1978b) 및 활렬치 어장의 0.210 (Yang, 1980)보다 적었는데, 이것은 본 조사해역의 平均透明度가 다른 해역보다 높았고, 연안에서 멀리 떨어져, 연안수의 영향을 적게 받고 있기 때문이라고 생각된다.

赤色光(600~700 nm)의 경우에는 최소 0.106, 최대 0.184였고, 平均吸收係數가 0.135로서 동해 북동해역의 0.232 (Yang, 1977a) 및 북서태평양의 0.278 (Yang, 1977b)보다 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 0.069, 최대 0.130이었고

平均吸收係數는 0.089였으며, 青色光(400~475 nm)은 최소 0.073, 최대 0.136이었고 平均吸收係數는 0.097였다.

조사지점별로 볼때, 7개 관측점의 吸收係數는 모두 赤色光이 가장 컸으며 다음이 白色光, 青色光, 綠色光의 순으로 작게 나타났으며, St. 1의 吸收係數가 가장 컸고, St. 3이 가장 작게 나타났다.

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 $\kappa D=1.66(1.57\sim 1.84)$ 으로서 부산근해의 1.67 (Yang, 1976) 남해연안의 1.704 (Yang, 1978a), 제주도 근해의 1.706 (Yang, 1978b) 및 활렬치 어장의 1.70 (Yang, 1980)과 거의 근사한 값을 나타냈다. 赤色光은 $\kappa D=2.12(1.85\sim 2.77)$ 로서 동해 북동해역의 4.93 (Yang, 1977a) 및 북서태평양의 3.35 (Yang, 1977b)보다 적었는데 이것은 조사 파장 범위의 차이 때문이라고 생각된다.

綠色光은 $\kappa D=1.38(1.24\sim 1.59)$ 로서 가장 적었고, 青色光은 $\kappa D=1.51(1.39\sim 1.75)$ 로서 다음이었다.

3. 太陽高度와 太陽光線의 透過率

제주도 북서해역의 7개 관측점에서 관측된 太陽高度는 최소 30.04°, 최대 77.99°였고, 平均太陽高度는 56.12°였다 (Table 1).

본 조사해역에서 조사된 4가지 色光에 대한 수심별 太陽光線의 海中透過率은 Fig. 3과 같다.

조사기간중에 관측된 각 色光별 平均海中透過率은, 白色光(400~720 nm)의 경우, 수심 5 m층에서 表面光의 56.57% (45~64%), 15 m층에서 20.54% (10~28%), 30 m층에서 4.60% (1~8%), 50 m층에서 0.68% (0.045~1.5%)로서 부산 근해 (Yang, 1976), 남해연안 (Yang, 1978a), 제주도 근해 (Yang, 1978b) 및 활렬치 어장 (Yang, 1980)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 m층에서 表面光의 50.14% (38~58%), 15 m층에서 14.29% (6~20%), 30 m에서 2.37% (0.36~3.7%), 50 m층에서 0.23% (0.01~0.5%)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 62.29% (52~69%), 15 m층에서 26.43% (14~35%),

濟州島 北西海域에서의 海水의 光學的 性質

赤色光은 12.4%(10.3~15)로서 가장 적었으며, 綠色光이 24.3%(20~25.8)로서 가장 많았으며, 靑色光이 21.21%(17.3~24)로서 다음으로 많았다.

要 約

濟州島 北西海域에서의 海水의 光學的 性質을 조사하기 위하여, 1980년 7월에 제주도에서 소흑산도에 이르는 7개 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 16.1 m(11~19 m)였고, 平均水色은 4.3(3~5)였다.
2. 海水의 平均吸收係數는 赤色光이 0.135(0.106~0.184), 白色光이 0.106(0.084~0.152), 靑色光이 0.097(0.073~0.136), 綠色光이 0.089(0.069~0.130) 순으로 적게 나타났다.
3. 海水의 吸收係數 κ 와 透明度 D 와의 관계는 赤色光이 $\kappa=2.12/D$, 白色光이 $\kappa=1.66/D$, 靑色光이 $\kappa=1.51/D$, 綠色光이 $\kappa=1.38/D$ 순으로 작게 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 62.29%, 15 m층에서 26.43%, 30 m층에서 7.74%, 50 m층에서 1.56%), 靑色光(수심 5 m층에서 59.29%, 15 m층에서 23.43%, 30 m층에서 6.10%, 50 m층에서 1.08%), 白色光(수심 5 m층에서 56.57%, 15 m층에서 20.54%, 30 m층에서 4.60%, 50 m층에서 0.68%), 赤色光(수심 5 m층에서 50.14%, 15 m층에서 14.29%, 30 m층에서 2.37%, 50 m층에서 0.23%)의 순으로 적게 나타났다.
5. 透明度層에서의 太陽光의 平均海中透過率은 綠色光이 表面光의 24.3%(20~25.8%), 靑色光이 21.21%(17.3~24%), 白色光이 18.29%(15.5~20%), 赤色光이 12.4%(10.3~15%)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.
 Rho, H. K. (1974): On the warm water mass in the western waters of Jeju Island. Rep. Res. Fish. 6, 19-30.
 Rho, H. K., K. H. Chung (1975): On the oceanic conditions of Channel of Jeju in summer. Rep. Res. Fish. 7, 13-20.
 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.

梁 龍 林

- 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(3), 95—101.