

海水의 光學的 性質에 關한 研究(Ⅳ)

—韓國 南海岸—

梁 龍 林*

Optical Properties of Sea Water(Ⅳ)

—Coastal waters of southern part of Korea—

Yong Rhim YANG*

Abstract

Optical properties were studied in the costal waters of the southern part of Korea based on twenty oceanographic stations from 1st to 9th February, 1977.

Submarine daylight intensity was measured by using an underwater luxmeter (*Toshiba* No.9). Daylight intensity in the upper 30m depth layer was measured at 1m depth interval.

The absorption coefficient of the sea water in the area ranged from 0.101 to 2.539 (mean 0.578). The Secchi-disc depth in the area ranged from 0.8 to 13 meters (mean 5.33 meters). The relationship between absorption coefficient (κ) and transparency (D) was $\kappa=1.704/D$. The mean water color in the area was 5.75 (3-9) in Forel scales.

The rates of light penetration for daylight at 1m layer in the area ranged from 13.18 to 82.05% and the mean was 59.56%, while the rate at 5m layer ranged from 0.007 to 46.1% and the mean was 18.47%.

서 論

삼면의 바다로 둘러싸인 우리나라에서 남해안은 해안선이 가장 복잡할 뿐만 아니라 수산자원도 다양하고 풍부하며, 본 해역의 해수의 환경요인도 복잡하여 해역에 따라 여러가지 양식업이 성형되고 있으며 어업의 형태도 다양한 해역으로서 수산업에서 가장 주요한 해역이라 할 수 있겠다.

외양수의 광학적 성질에 대한 연구(Duntley, 1963; Jerlor, 1951; Kampa, 1970; 川名, 1972; Smith *et*

al, 1973)는 많이 발표되었고, 우리나라 연근해에 대한 연구(Uda, 1934, 1936; Hahn, 1968; Lim, 1975; Yang, 1975, 1976)도 다소 발표된바 있으나, 본 해역에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

특히 본 해역은 우리나라 2대강에서 유입되는 하천수와 남해안에 산재하고있는 공업단지 및 도시 등의 영향으로 해수의 광학적 성질이 복잡하게 전개될 것으로 생각되어, 본고에서는 본 해역의 해수의 광학적 성질을 조사하여 해수의 흡수계수, 투명도, 수색 및 빛의 해중투과율 등을 제시함으로써 집어

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

등어업 및 양식업에의 이용과 해양광학의 기초자료를 제공하는데 기여하고자 한다.

본 연구를 위하여 관측을 도와준 본교 증식학과 조교 박 경양씨에게 감사의 뜻을 표한다.

자료 및 방법

본 조사는 1977년 2월 1일부터 9일 사이에 부산에서 전라남도 노화도에 이르는 20개 관측점에서 해수의 표면 조도 및 수중조도, 태양고도, 투명도, 수색 등을 관측하였다.

관측선박은 240톤급 부산수산대학 실습선 관악산 1호를 사용하였으며 관측점의 위치는 Fig. 1과 같다.

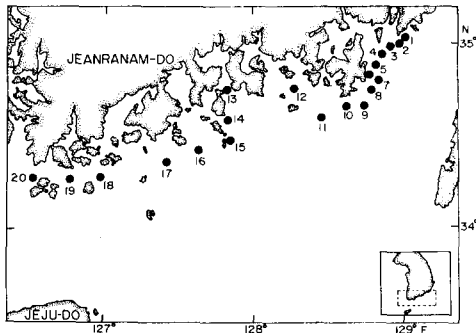


Fig. 1. The stations of optical observation in the southern part of Korea.

해수의 표면조도 측정은 Toshiba No. 5호형 조도계를 사용하였으며, 수중조도는 Toshiba No. 9호형 수중조도계를 사용하여 수심 0~30m층에서 1m의 간격으로 수중조도를 측정하였으며, 해수의 흡수계수는 관측된 수심별 수중조도로서 구하고, 흡수계수가 서로 다른 범위를 선정하고, 표면조도에 대한 수심별 해중조도의 백분율을 산출하여 태양광선의 해중투과율을 조사하였다.

태양고도의 측정은 관측점의 위치와 시각을 조사하여 천측력(태양적위)과 계산고도방위각표(H. O. 214 Table)를 이용하여 산출하였다.

수색은 Forel 수색계를 제작 사용하였으며, 투명도는 직경 30cm의 백색 투명도판을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 투명도와 수색

한국 남해안의 20개 관측점에서 조사한 투명도와 수색은 Fig. 2와 같다.

조사기간인 1977년 2월 1일부터 9일 사이에 관측

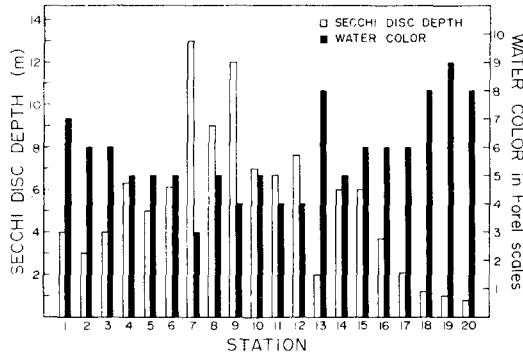


Fig. 2. Observations of Secchi-disc depth and water color.

된 투명도는 최소 0.8m(St. 20), 최대 13m(St. 7)였고, 평균투명도는 5.33m로서 부산근해의 3.8m, 4.71m (Yang, 1975, 1976)와 충무근해의 4.3m (Lim, 1975)보다 높았으며, 동해 북동해역의 19.8m(Yang, 1977)와 북서태평양의 10.6m(Yang, 1977)보다 낮았다. 이것은 본 관측점들이 부산근해 및 충무근해보다 연안에서 멀리 떨어져 있고, 수심이 깊어 연안수의 영향을 적게 받고 있어 투명도가 높게 나타났다고 생각된다. 반대로 동해 및 북서태평양 보다는 연안에 가까우며 수심이 얇아 연안수의 영향을 많이 받기 때문에 투명도가 낮게 나타났다고 생각된다.

본 조사지점들을 대략 거제도근해(St. 1~12), 소리도근해(St. 13~17), 완도근해(St. 18~20)로 나누어 볼때, 평균투명도는 거제도근해가 6.975m(3~13m)로서 가장 높았으며, 소리도근해가 3.96m(2~6m)로 다음이고, 완도근해가 1m(0.8~1.2m)로서 가장 낮았다.

수색은 St. 7이 3으로서 가장 높았고, St. 19가 9로서 가장 낮았으며, 평균수색은 5.75로서 충무근해의 6.6(Lin, 1975)보다 높았다. 해역별 평균수색은 거제도근해가 4.92(3~7)로서 가장 높았고, 소리도근해가 6.2(5~8)로서 다음이고, 완도근해가 8.33(8~9)로서 가장 낮았다. 이것은 투명도 차이와 혼탁해수의 유입의 다소에 기인한다고 생각된다.

2. 해수의 흡수계수

본 조사해역의 20개 관측점에서 조사한 해수의 흡수계수는 Table 1.과 같다.

본 조사기간에 관측된 해수의 흡수계수는 최소 0.101(St. 7, 7~30m층), 최대 2.539 (St. 20, 1~30m층)였고, 0~30m층의 평균흡수계수는 0.578로서 부산

海水의 光學的 性質에 關한 研究(IV)

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

St.	Date	Depth (m)	Absor. coeff.	solar alt.	Irradiance at transparency layer (%)
1.	Feb. 9	0-7 7-23	0.407 0.495	25.48°	17.84
2.	Feb. 9	0-7 7-29	0.515 0.449	28.91°	20.
3.	Feb. 9	0-5 5-26	0.412 0.337	31.93°	17.87
4.	Feb. 9	0-7 7-30	0.246 0.205	35.11°	20.7
5.	Feb. 9	0-7 7-30	0.323 0.234	38.75°	17.24
6.	Feb. 9	0-7 7-30	0.311 0.204	40.27°	14.3
7.	Feb. 1	0-7 7-30	0.142 0.101	27.25°	18.3
8.	Feb. 9	0-30	0.164	40.36°	21.7
9.	Feb. 1	0-7 7-30	0.152 0.102	16.7°	16.96
10.	Feb. 9	0-5 5-30	0.262 0.191	38.22°	20.
11.	Feb. 9	0-7 7-30	0.245 0.199	31.01°	18.4
12.	Feb. 9	0-5 5-30	0.323 0.176	22.39°	17.5
13.	Feb. 8	0-17	1.009	19.8°	11.7
14.	Feb. 8	0-7 7-15	0.275 0.382	30.13°	17.74
15.	Feb. 8	0-30	0.304	36.33°	17.14
16.	Feb. 8	0-21	0.418	40.85°	14
17.	Feb. 8	0-29	0.811	39.89°	24.5
18.	Feb. 8	0-3 3-30	1.62 1.263	18.34°	15.2
19.	Feb. 7	0-30	1.887	26.97°	13.18
20.	Feb. 6	0-30	2.539	28.13°	18.5

근해의 0.413, 0.355 (Yang, 1975, 1976)보다 컸는데, 이것은 본 조사지점 중 서해의 영향을 가장 많이 받는 완도근해의 3관측점(St. 18, 19, 20)의 흡수계수가 너무 크기 때문이며, 이 3관측점을 제외한 평균흡수계수(0.344)는 부산근해보다 작았다.

해역별로 볼때 거제도근해의 평균흡수계수가 0.248 (0.111~0.468)로서 가장 작았으며, 소리도근해가 0.575(0.304~1.009)로서 다음이고, 완도근해가 1.908(1.299~2.539)로서 가장 컸다.

조사지점별로 볼때 거제도근해는 낙동강하구(St. 1, 2, 3)의 흡수계수가 컸으며, 거제도 동남쪽(St. 7, 8, 9)의 흡수계수가 작았는데, 이것은 낙동강에서 유입되는 하천수 및 도시폐수의 다량 유입 때문이라고 생각되며, 소리도근해는 광양만 입구인 St. 13의 흡수

계수가 가장 컸으며, 소리도 부근의 St. 15가 가장 작았는데, 이것은 섬진강 및 여수부근의 도시폐수의 유입에 기인한다고 생각되며, 완도근해는 서해에 가까운 St. 20의 흡수계수가 가장 컸으며 서해에서 멀어짐에 따라 점차로 흡수계수가 작게 나타났는데, 이것은 서해의 혼탁해수가 남해로 유입되는것이 주 원인이라고 생각되며, 투명도가 낮고 수색이 낮은 관측지점들의 흡수계수가 크게 나타났다.

한편 본 20개 관측지점중에서 13개 관측지점이 상층과 하층의 흡수계수가 서로 다른층을 이루었으며 하층보다 상층의 흡수계수가 더 컸다.

투명도 D 와 해수의 흡수계수 κ 와의 관계는 $\kappa = 1.7/D$ (Poole and Atkins, 1929)인데, 본 조사해역은 $\kappa = 1.704/D$ 로서 부산근해의 $\kappa = 1.57/D$, $\kappa = 1.67/D$ (Yang, 1975, 1976)과 근사한 값을 나타냈다.

3. 태양고도와 태양광선의 투과율

한국 남해안의 20개 관측점에서 1977년 2월 1일부터 9일 사이에 조사된 태양광선의 투과율은 Fig. 3과 같다.

조사기간중에 관측된 태양고도는 최소 16.7°, 최대 40.85°였고 평균태양고도는 30.84°였다. (Table 1).

태양광선의 수심별 평균투과율은 수심 1m층에서 표면광의 59.56%(13.18~82.05%), 5m층에서 18.47%(0.007~46.1%) 나타냈는데, 이것을 조사해역별로 볼때, 거제도근해(St. 1~12)가 수심 1m층에서 표면광의 70.97%(59.41~82.05%), 5m층에서 25.45%(6.67~46.1%), 10m층에서 10.19%(0.67~26%), 15m층에서 4.68%(0.072~15.1%)였으며, 소리도근해(St. 13~17)가 수심 1m층에서 표면광의 58.95%(32.98~76.19%), 5m층에서 12.79%(0.59~25%), 10m층에서 2.13%(0.004~5.14%)였으며, 완도근해(St. 18~20)는 수심 1m층에서 표면광의 15.94%(13.18~21.25%), 5m층에서 0.0277%(0.007~0.067%)로서, 거제도근해의 평균투과율이 가장 많았고, 다음이 소리도근해였고, 완도근해가 가장 적은 평균투과율을 보였다. 이것은 거제도 근해 및 소리도근해의 평균투명도가 완도근해보다 6.975배 및 3.96배 높았고, 평균흡수계수가 7.69배 및 3.32배나 작았기 때문이다.

빛의 투과율은 태양고도와 관계(Cox and Munk, 1956; Sasaki *et al.*, 1962; Boden, 1961)가 있어

梁 龍 林

태양고도가 최소인 St. 9(16.7°)와 최대인 St. 16(40.85°)에서의 태양광선의 투과율을 비교하면, St. 9가 수심 1m층에서 표면광의 67.61%, 5m에서 36.6%, 10m층에서 20%, 20m층에서 7.39%, 30m층에서 2.61%의 투과율을 나타낸데 비해, St. 16은 수심 1m층에서 표면광의 64.08%, 5m층에서 12.02%, 10m에서 1.46%로서 St. 9보다 전수심에 걸쳐 작은 투과율을 보였는데, 이것은 St. 16의 흡수계수가 3.66배나 크고 투명도가 3.5배나 낮기 때문이다.

또 빛의 투과율은 해수의 흡수계수와 관저(Clark, 1936, 1941)가 있어, 흡수계수가 최소인 St. 7과 최대인 St. 20에서의 태양광선의 투과율을 비교하면, St. 7이 수심 1m층에서 표면광의 80%, 5m층에서 46.1%, 10m층에서 26%, 20m층에서 9%, 30m층에

서 3.2%인데 비해, St. 20은 수심 1m층에서 표면광의 13.38%, 5m층에서 0.007%로서, St. 7보다 훨씬 적은 투과율을 나타냈는데, 이것은 태양고도의 차이보다 흡수계수의 차이가 많기 때문이라고 생각하며, 해수층의 빛의 투과율은 해수의 흡수계수가 가장 큰 영향을 미친다고 생각 할 수 있다.

조사기간중 20개 관측점에서 조사된 투명도층에서의 태양광선의 투과율은 최소가 표면광의 11.2%, 최대가 24.5%였고, 평균투과율은 17.77%였으며, 해역별 투명도층에서의 평균투과율은 거제도 근해가 표면광의 18.38%(14.3~21.5%)였고, 소리도근해가 18.12%(11.2~24.5%), 완도근해가 14.73%(10.5~20.5%)로 나타났다.

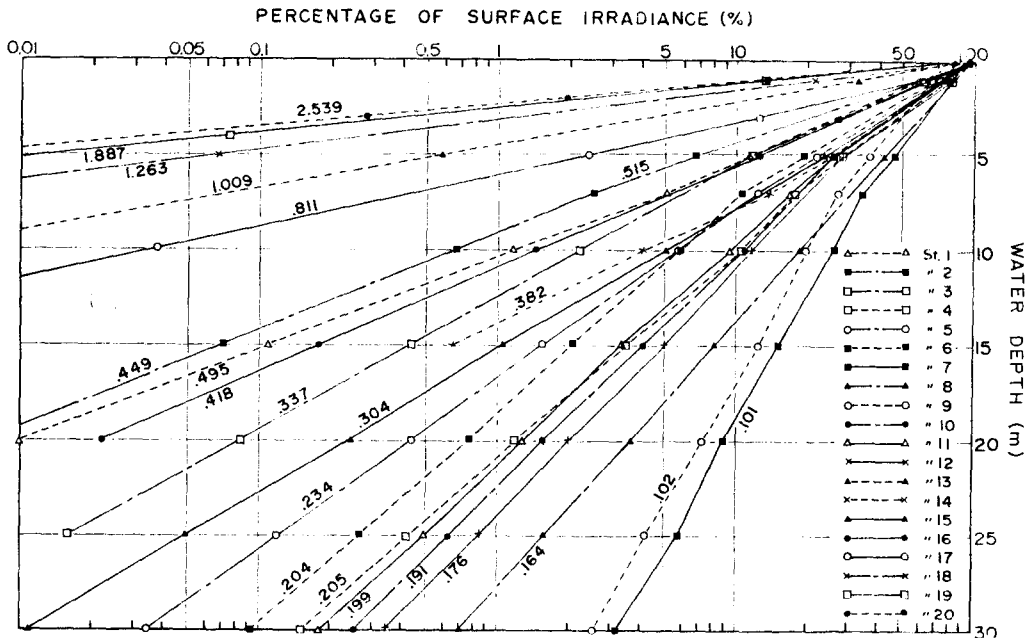


Fig. 3. Vertical distribution of downward irradiance in percent of surface irradiance at the stations.

요 약

1977년 2월 1일 부터 9일 사이에 부산에서 전라남도 노화도에 이르는 한국 남해안의 20개 관측점에서 투명도, 수색, 태양고도, 태양광선에 대한 수심별 수중조도 등을 조사하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 조사해역의 평균투명도는 5.335m(0.8~13m)로 나타났다.
2. 관측된 평균수색은 5.75(3~9)였다'

3. 해수의 흡수계수는 거제도근해가 0.111~0.468(평균 0.248)이였고, 소리도근해가 0.304~1.009(평균 0.057)였고, 완도근해가 1.28~2.539(평균 1.908)였으며, 수심 0~30m층에서의 평균흡수계수는 0.578(0.101~2.539)였다.

4. 해수의 흡수계수 κ 와 투명도 D 와의 관계는 $\kappa = 1.704/D$ 로 나타났다.

5. 태양광선의 해중투과율은 수심 1m층에서 표면광의 13.18~82.05%(평균 59.56%), 5m층에서 0.07~46.1%(평균 18.47%)였으며, 거제도 근해가 투

海水의 光學的 性質에 關한 研究(IV)

과율이 가장 많았고, 다음이 소리도근해였으며, 완도근해가 가장 적은 투과율을 나타냈다.

6. 두명도층에서의 태양광선의 해중평균투과율은 17.77%(11.2~24.5%)로 나타났다.

문 헌

- Boden, B.R. (1951) : Twilight irradiance in the sea. I. U. G. G. Monography 10, 96-101.
- Clarke, G.L. (1936): The reflection and absorption of daylight at the surface of ocean. J. Opt. Soc. Am. 26(3), 111-120.
- _____ (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(2), 55-62.
- Jerlov, N.G. (1951) : Optical studies of ocean water. Rept. Swedish Deep-Sea Expedition 3, 1-59.
- Kamp, E.M. (1970) : Underwater daylight measurements in the Sea of Cortez. Deep-Sea Res. 17, 271-280.
- 川名吉一郎 (1972): 海中照度に及ばず散亂光の影響. 北大水産會報 23(2), 82-93.
- Lim, D.B. (1975) : On the optical properties of coastal water near Chungmu. Bull. Tongyeong Fish. Jr. Coll. 10, 13-20.
- Poole, H.H. and W.R.G. Atkins (1929) : Photo-electric 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 (1962b): On the instrument for measuring angular distribution of underwater radiance. Jap. 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 waters in May and June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. Sta. 5, 57-190.
- _____ (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.
- _____ (1976): Optical properties of sea water (II). *ibid*. 12(1), 7-12.
- _____ (1977) : Optical properties of sea water in the Japan Sea. Bull. Korean Fish. Soc. 10(3), 173-177.
- _____ (1977): Optical properties of sea water in the Northwest Pacific. *ibid*. 10(4), 237-241.