

# 東海 北東海域에서의 海水의 光學的 性質

梁 龍 林\*

## OPTICAL PROPERTIES OF SEA WATER IN THE JAPAN SEA

Yong Rhim YANG\*

Optical properties were studied in the Japan Sea based on the optical observations in nine oceanographic stations from September 28 to October 2, 1976.

Submarine light intensity was measured by using a submarine illuminometer (RIGO, Type:2501-A); equipped with a filter(RIGO, Type:V-R-60, wavelength: 600-620nm). In the upper 40 m depth layer light intensity was measured at 1 m depth interval.

The absorption coefficient for red color in the area ranged from 0.142 to 0.323 (mean 0.232); the Secchi-disc depth in the area ranged from 15 to 23 meters (mean 19.8 meters). The relationship between absorption coefficient ( $m$ ) and transparency depth ( $D$ ) was  $m=4.93/D$ .

The rates of light penetration for red color at three different depths are computed with reference to the surface light intensity. At the depths of 5 m, 10 m and 20 m, the rates of light penetration were 23.11%(15-34.2%), 6.49%(3.04-12%) and 0.698%(0.113-1.27%) respectively.

### 서 론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라에서 동해는 가장 수심이 깊고 해수가 맑아 외양수의 성질을 많이 지니고 있는 해역이며 수산업에서도 주요한 해역이다.

외양수의 광학적 성질에 대한 연구(Duntley, 1963; Jerlov, 1951; Kamp, 1970; 川名, 1972; Smith *et al.*, 1973)는 많이 발표되어 있고, 우리나라 인근해에 대한 연구(Hahn, 1968; Lim, 1975; Yang, 1975, 1976)도 다소 발표되었으나 본조사해역에 대한 연구는 극히 적은 실정이다.

특히 동해는 집어등을 이용하여 우리나라 어획고의 제3위를 차지하는 오징어 어업의 주 어장으로써 그해역이 점차로 연안에서 멀어지고, 어선의 대형화와 기계화물 도모하고 있는 실정인데, 그중 집어등이 소모하는 전력도 막대하여 집어등의 효율적인 이용이 에너지의 절약은 물론 어획고를 높이는 데 주요한 역할을 할 것으로 기대되어, 본고에서는 본 조사해역의 해수의 광학적 성질을 조사하여 해수의 흡수계수, 투명도 및 빛의 투과율 등을 제시함으로써 집어등 어업에서의 보다 효율적인 집어등의 이용과 해양광학의 기초

자료를 제공하는데 기여하고자 한다.

### 자료 및 방법

본 조사는 1976년 9월 부터 10월 사이에 독도에서 북해도에 이르는 9개 관측점에서 해수의 표면조도 및 수중조도, 태양고도, 플랑크톤의 함량, 투명도 등을 관측하였다.

관측선박은 1,130톤급 부산수산대학 실습선 오대산호를 사용하였으며, 관측점의 위치는 Fig. 1과 같다.

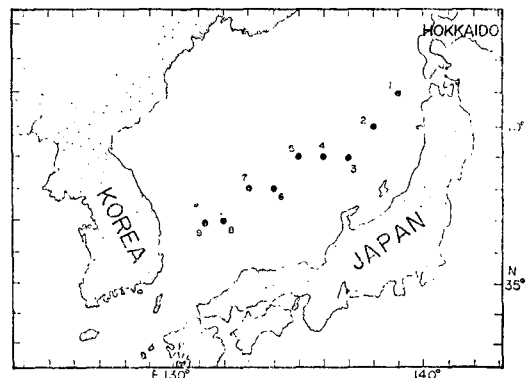


Fig. 1. The stations of optical observations in the Japan Sea.

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

해수의 표면조도 및 수중조도의 측정은 Rigo-submarine illuminometer(Type 2501-A)에 Filter V-R-60(Transmission; 600~620nm, Transmittivity; 3.8%)를 부착시켜, 수심 0~40m층에서 1m의 간격으로 수중조도를 측정하였다.

해수의 흡수계수는 관측된 수심별 수중조도로서 구하고, 흡수계수가 서로 다른 범위를 선정하고, 표면조도에 대한 수심별 수중조도의 백분율을 산출하여 투과율을 조사하였다.

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

동물성 플랑크톤의 함량조사는 각 조사지점에서 망목 0.33mm(망지 GG54)의 원추형 채집망(직경 30cm, 길이 90cm)을 수심 30m와 60m층에서부터 각각 표층까지 0.8~1m/sec의 속도로 수직인망하여 채집하였으며, 플랑크톤의 배수용적은 Graduated cylinder에 24시간 침전시켜 침전량을 측정하여, 수심 0~30m, 0~60m, 30~60m층의 플랑크톤의 함량을 산출하였다.

투명도는 직경 30cm의 백색 투명도판을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 투명도와 동물성 플랑크톤의 함량

동해 북동해역의 9개 관측점에서 조사한 투명도는 Fig. 2와 같다.

조사시간인 1976년 9월부터 10월 사이에 관측된 투명도는 최소 15m(St. 6), 최대 23m(St. 8)였고, 평균투명도는 19.8m로서 부산근해의 3.8m(Yang, 1975)와 4.71m(Yang, 1976) 및 충무근해의 4.3m (Lim, 1975)보다 훨씬 높았다. 이것은 관측점들이 연안에서 멀리 떨어져 있고, 수심이 깊어 연안수의 영향을 적게 받고 있으며, 강우량이 적은 계절이어서 투명도가 더욱 높게 나타났다고 생각된다.

본 조사지점인 9개 관측점에서 조사한 동물성 플랑크톤의 함량은 Fig. 3과 같다.

조사 전수심인 0~60m층의 플랑크톤의 함량은 최소 1.133cc/m<sup>3</sup>(St. 8), 최대 2.125cc/m<sup>3</sup>(St. 7)였고, 평균플랑크톤함량은 1.521cc/m<sup>3</sup>였는데, 상층인 수심 0~30m층의 평균플랑크톤의 함량이 1.748cc/m<sup>3</sup>로서 저층인 수심 30~60m층의 평균함량인 1.296cc/m<sup>3</sup>보다 많았으며, 투명도와 플랑크톤의 함량과의 관계를 일률적으로 산출할 수 없었다.

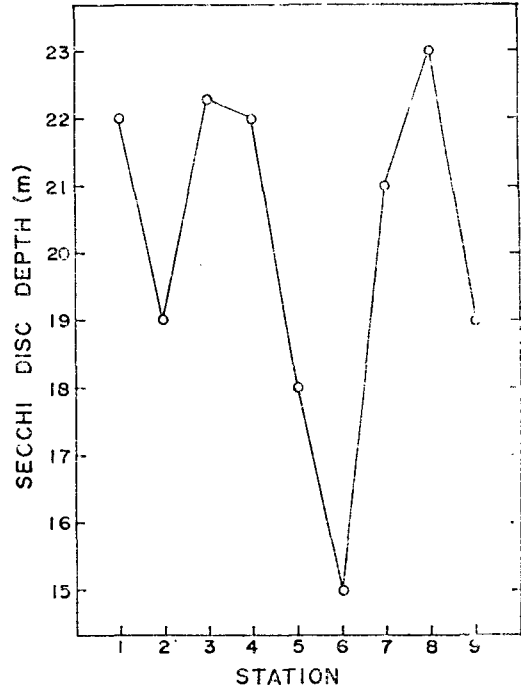


Fig. 2. Secchi-disc observations.

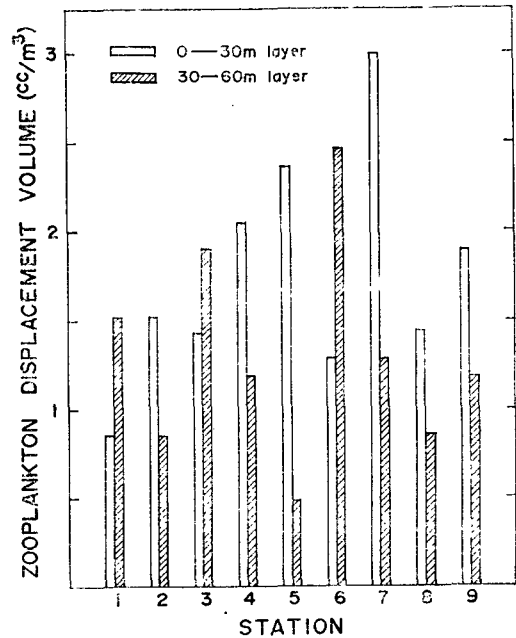


Fig. 3. Zooplankton displacement volume.

2. 해수의 흡수계수

본 조사해역의 9개 관측점에서 조사한 태양광선의 적색광(600~620nm)에 대한 해수의 흡수계수는 Table 1과 같다.

조사기관인 1976년 9월부터 10월 사이에 관측된 적색광에 대한 해수의 흡수계수는 최소 0.142(St. 9 14~40m층), 최대 0.323(St. 6 1~40m층)이었고, 평균흡수계수는 0.232로서 대서양 북부의 Sargasso Sea의 0.082(Clarke, 1935)보다 2.8배나 컸으며, Gulf of Maine의 0.28(Clarke, 1935)보다 작았다.

각 조사지점별로 볼때 독도 동북방의 St. 6이 흡수계수가 0.323으로서 가장 컸으며, 다음이 St. 4가 0.261였고, St. 7이 0.182로서 가장 작았다. 한편 St. 1, 5, 7, 9만이 상층과 하층의 흡수계수가 서로 다른층을 이루었으며 하층보다 상층의 흡수계수가 더 컸다.

해수의 흡수계수는 적색광과 등색광에서 가장 큰데, 본조사해역에서의 적색광에 대한 해수의 흡수계수가 적게 나타난것은 이 해역이 투명도가 높고 현탁물의 존재가 적은 외양수이기 때문이라고 생각된다.

투명도 D와 적색광에 대한 해수의 흡수계수  $m$ 와의 관계는  $m \approx 4.93/D$ 로 나타났다.

Table 1. Absorption coefficient of the sea water and solar altitude at each station (1976)

St.	Date	Depth (m)	Absorp. coeff.	Solar alt.
1	Sept. 28	1-7	0.242	46.05°
	〃	7-40	0.212	〃
2	Sept. 28	1-40	0.248	sunset
3	Sept. 29	1-40	0.228	sunrise
4	Sept. 29	0-40	0.261	44.97°
5	Sept. 29	0-14	0.273	28.13°
	〃	14-40	0.174	〃
6	Sept. 30	1-40	0.323	14.03°
7	Sept. 30	0-12	0.262	48.07°
	〃	12-40	0.148	〃
8	Oct. 2	1-40	0.252	49.4°
9	Oct. 2	0-14	0.301	32.47°
	〃	14-40	0.142	〃

3. 태양고도와 태양광선의 투과율

동해 북동해역의 9개 관측점에서 1976년 9월부터 10

월 사이에 조사한 태양광선의 적색광(600~620nm)에 대한 투과율은 Fig. 4와 같다.

조사기간중에 관측된 태양고도(St. 2, 3은 제외)는 최소 14.03°(St. 6), 최대 49.4°였고, 평균태양고도는 37.59°였다(Table 1).

수심별 평균투과율은 수심 1m층에서 표면광의 62.7%, 5m층에서 23.1%, 10m층에서 6.49%, 15m층에서 1.99%, 20m층에서 0.7%, 25m층에서 0.26%, 30m층에서 0.118%의 투과율을 각각 나타냈는데, 부산근해에서의 가시광선에 대한 평균투과율이 5m층에서 13.63%와 10m층의 2.95%(Yang, 1976)보다 높은 투과율을 보였는데, 이것은 본 조사해역의 평균투명도가 부산근해보다 4.2배나 높고 흡수계수가 작을때 기인한다고 생각되며, 이 해역에 백색집어등을 사용하면 더 효율적인 광선의 투과율을 기대할 수 있다.

빛의 투과율은 태양고도와 밀접한 관계(Cox and Munk, 1956; Sasaki et al., 1962; Boden, 1961)가 있는데, 태양고도가 최소인 St. 6과 최대인 St. 8에서의 태양광선의 적색광에 대한 투과율을 비교하면, St. 6(14.03°)이 수심 1m층에서 표면광의 55.9%, 10m층에서 3.04%, 20m층에서 0.113%인데 비해, St. 8(49.4°)은 수심 1m층에서 78.9%, 10m층에서 12%, 20m층에서 1.05%의 투과율을 보였는데, 이것은 St. 6이 St. 8보다 태양고도의 차는 물론 흡수계수가 크고 투명도가 낮기 때문에 전수심에 걸쳐 투과율이 작았다.

빛의 투과율은 해수의 흡수계수와 밀접한 관계(Clark, 1936, 1941)가 있는데, 흡수계수가 최소인 St. 7과 최대인 St. 6을 비교하면 투과율의 경향이 상층(0~12m층)에서 보다 저층(12m층 이하)에서 많은 차이를 나타냈는데, 이것은 저층에서의 흡수계수 차가 상층보다 크기 때문이며, 전반적으로 St. 6의 투과율이 작게 나타난것은 St. 6의 투명도와 태양고도가 St. 7보다 낮고 흡수계수가 크기 때문이다.

동물성 플랑크톤의 함량과 투과율과의 관계를 일률적으로 산출할 수 없었다.

본 조사해역의 투명도층에서의 적색광의 투과율은 최소 0.33%, 최대 1.1%였고, 평균투과율은 0.602%로 나타났다.

이상의 결과들을 참조하면 투명도가 높고 해수의 흡수계수가 작은 해역이 집어등어업에서 빛의 효과를 더 많이 기대할 수 있으며, 본 조사해역이 오징어어업의 주어장으로서 우리나라 다른 어느 해역보다 집어등어업이 효과적이라고 생각된다.

한편 선박에 설치할 집어등과 집어등의 설치방법에

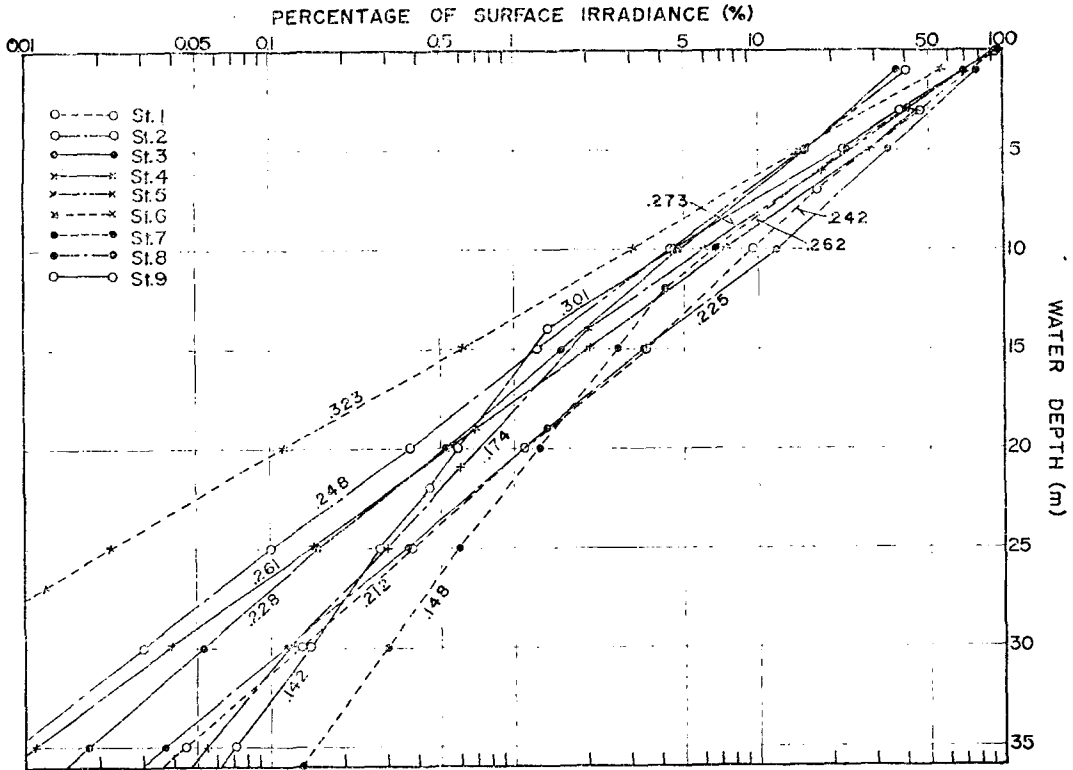


Fig. 4. Vertical distribution of downward irradiance in percent of surface irradiance at each station (wavelength : 600-620nm).

따른 수중조도분포를 조사연구함으로써 에너지의 이득 및 효율적인 집어등의 이용과 어획량을 높이는 데 기여할 것으로 생각된다.

요 약

1976년 9월부터 10월 사이에 동해 북동해역 9개 관측점에서 투명도, 태양광선의 적색광(파장: 600~620 nm)에 대한 수심별 수중조도와 태양고도 등을 조사하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 조사해역의 평균투명도는 19.8m(15~23m)로 나타났다.
2. 태양광선의 적색광에 대한 해수의 흡수계수는 0.142~0.323(평균 0.232)였다.
3. 적색광에 대한 해수의 흡수계수  $m$ 와 투명도  $D$ 와의 관계는  $m=4.93 / D$ 로 나타났다.
4. 적색광의 수중투과율은 수심 5m층에서 표면광의 15~34.2%(평균 23.11%), 수심 10m층에서는 3.04~

12%(평균 6.49%)였고, 수심 20m층에서는 0.113~1.27%(평균 0.698%)로 나타났다.

문 헌

Boden, B. P. (1951) : Twilight irradiance in the sea. I. U. G. G. Monography 10, 96-101.  
 Clarke, G. L. (1935) : The penetration of the red, green and violet components of daylight into Atlantic waters. J. O. S. A. 25(3), 84-91.  
 \_\_\_\_\_ (1963) : 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), 221-210.  
 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.
- Kampa, E. M. (1970) : Underwater daylight measurements in the Sea of Cortez. Deep-Sea Res. 17, 271-280.
- 川名吉一郎(1972) : 海中照度に及ぼす散亂光の影響. 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.
- 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. Oceanogr. 18(2), 189-199.
- R. O. K. Hydrographic Office : Nautical Almanac. 1976, 191-193.
- U. S Navy Hydrographic Office : Table of computed altitude and azimuth. 4, 176-236; 5, 2-29.
- 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, 7-12.