

## 北西太平洋에서의 海水의 光學的 性質

梁 龍 林\*

## OPTICAL PROPERTIES OF SEA WATER IN THE NORTHWEST PACIFIC

Yong Rhim YANG\*

Optical properties were studied in the Northwest Pacific near Kamchatka Peninsula based on ten oceanographic stations from September 20 to 24, 1976.

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

The absorption coefficient for red color in the area ranged from 0.178 to 0.376 (mean 0.278): the Secchi-disc depth in the area ranged from 9 to 12 meters (mean 10.6 meters). The relationship between absorption coefficient ( $m$ ) and transparency depth ( $D$ ) was  $m=3.347/D$ .

The rates of light penetration for red color at three different depths are computed with reference to the surface light intensity.

The mean rates of light penetration were 16.36% (6.45~23.5%), 3.65% (1.38~7.31%) and 0.276% (0.048~0.647%) at the depths of 5 m, 10 m, and 20 m, respectively.

## 서 론

북태평양 및 Bering해는 저서어족중의 하나인 명태의 어획이 가장 많은 해역이며, 우리나라에서는 1960년대 후반기 부터 부산 수산대학 실습선에 의한 시험조업을 필두로 본 해역에 trawl어선의 출어로 많은 어획을 올린 주요한 해역이다.

특히 Kamchatka 근해는 우리나라에서 거리도 가깝고 어자원이 풍부하나, 1977년 3월 소련의 경제수역선포로 인하여 조업 및 해양조사가 불가능하게 된 해역이다.

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

본 연구에서는 본 해역의 해수의 광학적 성질을 조사하여 해수의 흡수계수, 투명도 및 빛의 투과율등을 제시함으로써 새로운 어업의 개발, 새어장의 개척 및 해양광학의 기초자료를 제공하는데 기여하고자 한다.

## 자료 및 방법

본 조사는 1976년 9월 20일 부터 24일 사이에 북서태평양 Kamchatka 근해의 10개 관측점에서 해수의 표면조도 및 수중조도, 태양고도, 플랑크톤의 함량, 기온 및 표층수온, 투명도 등을 관측하였다.

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

해수의 표면조도 및 수중조도 측정은 Rigo-submarine illuminometer (Type 2501-A)에 filter V-R-60 (Transmission; 600~620 nm, Transmittivity; 3.8%)를 부착시켜, 수심 0~40 m층에서 1 m의 간격

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

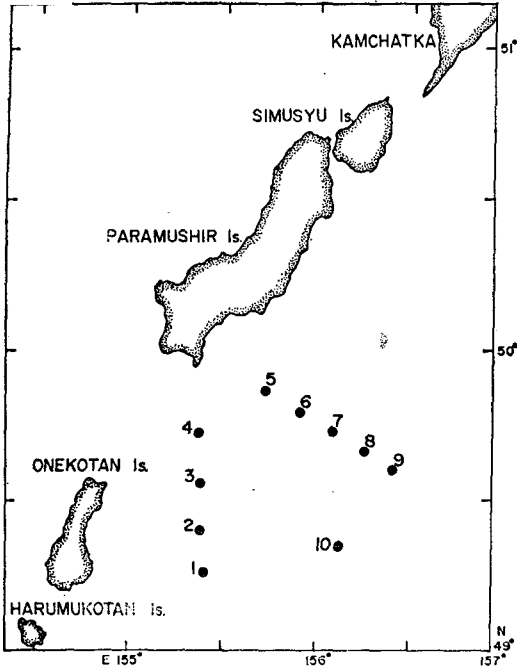


Fig. 1. The stations of optical observations in the Northwestern Pacific.

으로 수중조도를 측정하였으며, 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 천측력(태양저위)과 계산고도방위자료 (H. O. 214 Table)를 이용하여 산출하였다.

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

투명도는 직경 30 cm의 백색 투명도판을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 투명도와 동물성 플랑크톤의 함량

북서태평양 Kamchatka 근해의 10개 관측점에서 조사한 투명도는 Fig. 2와 같다.

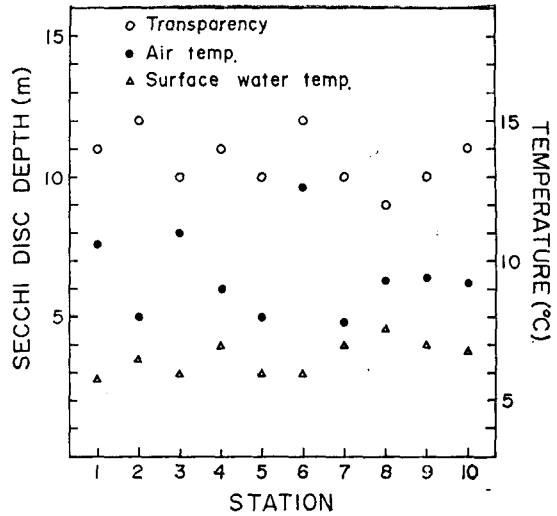


Fig. 2. Observations of Secchi-disc depth, air temperature and surface water temperature.

조사기간인 1976년 9월 20일 부터 24일 사이에 관측된 투명도는 최소 9 m(St. 8), 최대 12 m(St. 2, 6)였고, 평균 투명도는 10.6 m로서 부산근해의 3.8 m, 4.71 m (Yang, 1975, 1976)와 충무근해의 4.3 m(Lim, 1975)보다 훨씬 높았으며, 동해 북동해역의 19.8 m(Yang, 1977)보다 낮았다. 이것은 본 관측점들이 연안에서 멀리 떨어져 있고 수심이 깊어 연안수의 영향을 적게 받고 있어 한국근해보다 높게 나타났으며, 동해보다는 플랑크톤의 함량이 많고 수심이 얇아 투명도가 낮게 나타났다고 생각된다.

본 10개 관측지점에서 조사된 평균기온은 9.49°C (7.8~12.6°C)였고, 평균표층 수온은 6.58°C(5.8~7.6°C)였는데 전관측지점의 기온이 수온보다 높았다(Fig. 2).

본 조사지점인 10개 관측점에서 조사한 동물성 플랑크톤함량은 Fig. 3과 같다.

조사 전 수심인 0~60 m층의 플랑크톤함량은 최소 2.833 cc/m<sup>3</sup>(St. 4), 최대 8.909 cc/m<sup>3</sup> (St. 6)였고, 평균플랑크톤함량은 5.12 cc/m<sup>3</sup>으로서 동해의 1.521 cc/m<sup>3</sup> (Yang, 1977)보다 훨씬 많았으며, 전 관측지점을 통하여 상층(0~30 m층)의 플랑크톤함량이 저층(30~60 m층)보다 많았다. 상층인 수심 0~30 m층의 평균 플랑크톤함량이 9.656 cc/m<sup>3</sup>으로서 저층인 수심 30~60 m층의 평균함량인 2.677 cc/m<sup>3</sup>보다 많았고, 동해의 1.748 cc/m<sup>3</sup> (0~30 m층), 1.296 cc/m<sup>3</sup> (30~60 m층) (Yang, 1977)보다 많았는데, 본 조사해역이 동해 북동해역보다 어장으로서의 각광을 받을 수 있는 해역

이라고 생각된다.

투명도와 플랑크톤함량과의 관계는 일반적으로 산출할 수 없었으나 플랑크톤함량이 많은 해역이 투명도가 다소 낮은 값을 보이는 경향이 있었다.

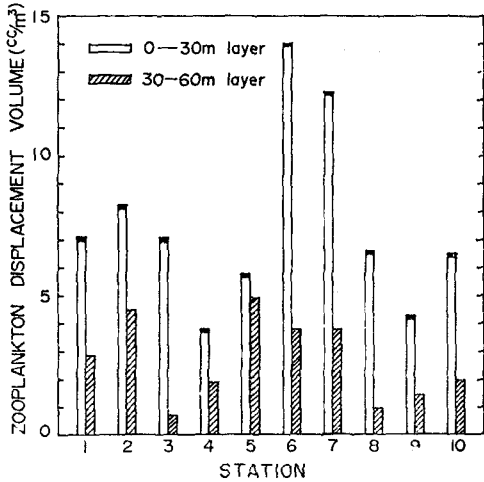


Fig. 3. Zooplankton displacement volume.

### 2. 해수의 흡수계수

본 조사해역의 10개 관측점에서 조사한 태양광선의 적색광 (600~620 nm)에 대한 해수의 흡수계수는 Table 1과 같다.

Table 1. Absorption coefficient of the sea water, and solar altitude at each station

St.	Date	Depth (m)	Absor. coeff.	Solar alt.
1	Sept. 20	0-40	0.277	22.92°
2	Sept. 20	1-40	0.291	10.55.
3	Sept. 23	1-40	0.376	31.77°
4	Sept. 23	1-40	0.358	23.32°
5	Sept. 23	0-12 12-40	0.33 0.17	5.13°
6	Sept. 24	1-40	0.263	33.75°
7	Sept. 24	1-12 12-40	0.353 0.198	27.12°
8	Sept. 24	1-10 10-40	0.357 0.192	21.78°
9	Sept. 24	1-40	0.302	10.45°
10	Sept. 24	1-15 15-40	0.274 0.178	37.58°

본 조사기간중에 관측된 적색광에 대한 해수의 흡수

계수는 최소 0.178 (St. 10, 15~40 m층), 최대 0.376 (St. 3, 1~40 m층)이었고 평균흡수계수는 0.278로서 동해 북동해역의 0.232(Yang, 1977)보다 다소 컸는데, 이것은 동해의 평균투명도가 19.8 m로서 본 조사해역보다 높기 때문이다.

각 조사지점별로 볼 때, Onkotan섬 가까이있는 St. 3이 흡수계수가 0.376으로서 가장 컸으며, 다음이 St. 4가 0.358이었고, 연안에서 가장 멀리 떨어진 St. 10이 0.214로서 가장 작았다. 한편 St. 5, 7, 8, 10만이 상층과 하층의 흡수계수가 서로 다른층을 이루었으며, 하층보다 상층의 흡수계수가 더 컸다.

해수의 흡수계수는 적색 및 등색광에서 가장 큰데, 본 조사해역에서의 적색광에 대한 흡수계수가 비교적 적게 나타났것은, 투명도가 높고 붉은색을 띤 동물성 플랑크톤의 함량이 많기 때문이라고 생각된다.

투명도 D와 적색광에 대한 해수의 흡수계수 m와의 관계는  $m=3.347/D$ 로서 동해 북동해역의  $m=4.93/D$  (Yang, 1977)보다 작게 나타났다.

### 3. 태양고도와 태양광선의 투과율

북서태평양 Kamchatka 근해의 10개 관측점에서 1976년 9월에 조사한 태양광선의 적색광 (600~620 nm)에 대한 투과율은 Fig. 4와 같다.

조사기간중에 관측된 태양고도는 최소 5.13°, 최대 37.58°였고, 평균태양고도는 22.44°였다(Table 1).

태양광선의 적색광에 대한 수심별 평균투과율은 수심 1 m층에서 표면광의 59.57%(36.9~73.1%), 5 m층에서 16.36%(6.45~23.5%), 10 m층에서 3.65%(1.38~7.31%), 15 m층에서 0.915%(0.317~1.85%), 20 m에서 0.276%(0.048~0.647%), 25 m층에서 0.099%, 30 m층에서 0.044%로서 동해 북동해역의 같은 수심에서의 투과율(Yang, 1977)보다 적은 투과율을 보였는데, 이것은 본 조사해역의 태양고도와 흡수계수가 큰데 기인한다고 생각된다.

빛의 투과율은 태양고도와 밀접한 관계(Cox and Munk, 1956; Sasaki et al., 1962; Boden, 1961)가 있는데, 태양고도가 최소인 St. 5와 최대인 St. 10에서의 태양광선의 적색광에 대한 투과율을 비교하면, St. 5(5.13°)가 수심 1 m층에서 표면광의 36.9%, 10 m층에서 1.38%, 20 m층에서 0.184%인데 비해, St. 10(37.58°)은 수심 1 m층에서 표면광의 70.6%, 10 m층에서 5.88%, 20 m층에서 0.647%로서 St. 10의 투과율이 St. 5의 투과율 보다 전 수심에 걸쳐 많았는데, 이것은 St. 10이 태양고도가 크고 투명도가 높고, 흡수계수가 작기 때문이다.

또 빛의 투과율은 해수의 흡수계수와 관계(Clark, 1936, 1941)하는데, 흡수계수가 최소인 St. 10과 최대인 St. 3을 비교하면, St. 10의 투과율이 St. 3의 투과율 보다 진 수심에 걸쳐 많았으며 수심 15 m층 이하에서는 더 많은 차이를 나타냈는데, 이것은 St. 10의 투명도가 낮고 태양고도가 크며 흡수계수가 작은데 기인하며, 수심 15 m층 이하에서는 흡수계수의 차가 더 크기 때

문이다.

동물성 플랑크톤의 함량과 투과율과의 관계를 일괄적으로 산출 할 수 없었다.

본 조사해역의 투명도층에서의 적색광의 투과율은 최소 1.38%, 최대 4.48%였고, 평균투과율은 2.91%로 나타났다.

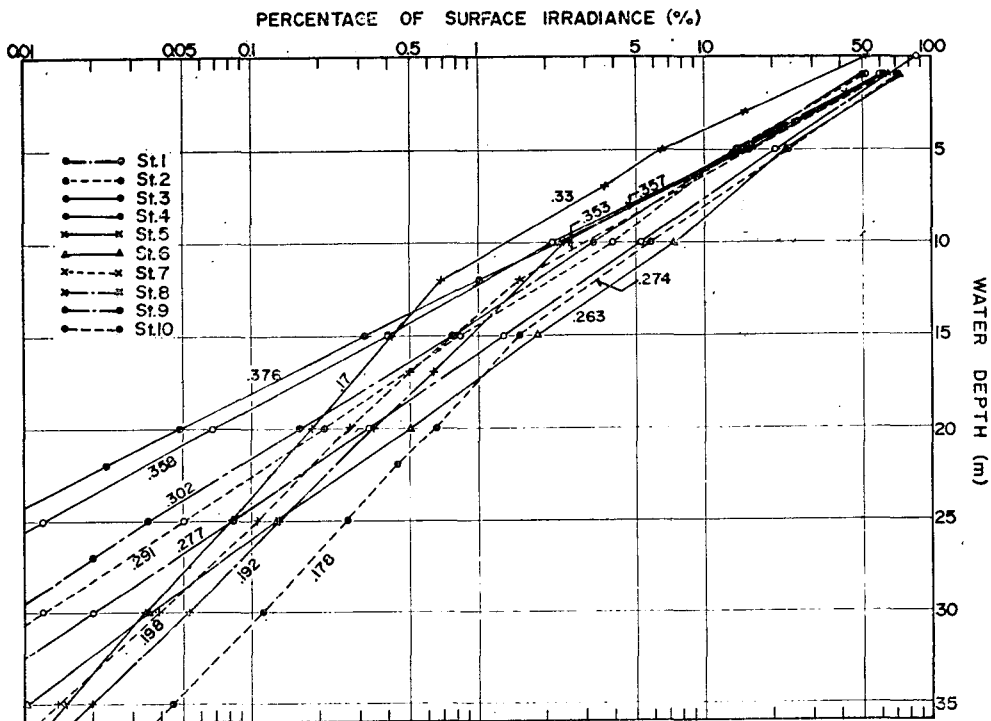


Fig. 4. Vertical distribution of downward irradiance of surface irradiance at the stations (wave length: 600-620 nm).

요 약

1976년 9월 20일 부터 24일 사이에 북서태평양 Kamchatka 근해에서 투명도, 태양광선의 적색광(파장: 600~620 nm)에 대한 표면조도 및 수심별 수중조도와 태양고도, 기온 및 표층수온 등을 조사한 결과를 요약 하면 다음과 같다.

1. 본 조사해역의 평균투명도는 10.6 m(9~12 m)로 나타났다.
2. 태양광선의 적색광에 대한 해수의 흡수계수는 0.178~0.376(평균 0.278)였다.
3. 적색광에 대한 해수의 흡수계수  $m$ 와 투명도  $D$ 와의 관계는  $m=3.347/D$ 로 나타났다.

4. 관측된 평균기온은 9.49°C(7.8~12.6°C)였고, 평균표층수온은 6.58°C(5.8~7.6°C)로 나타났다.

5. 태양광선의 적색광에 대한 수중투과율은 수심 5 m층에서 표면광의 6.45~23.5%(평균 16.36%), 수심 10 m층에서는 1.38~7.31%(평균 3.65%)였고, 수심 20 m층에서는 0.048~0.647%(평균 0.276%)로 나타났다.

문 헌

Boden, B. P. (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(1955): 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 (1962b) : 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.
- 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.