

## 해수의 광학적 성질에 관한 연구(Ⅱ)

—부산근해의 동계 및 춘계 변화—

양 용 립\*

### Optical Properties of Sea Water(Ⅱ)

—Variation in the Coastal Sea Water near Busan in Winter and Spring—

Yong Rhim YANG\*

#### Abstract

The optical properties of the sea water were studied by use of underwater photometers in the coastal waters of Busan, from December 1975 to May 1976.

The absorption coefficient of the sea water in the area ranged from 0.223 to 0.901 and the mean was 0.355. Maximum value of monthly mean was 0.454 in December, while the minimum was 0.301 in January.

The transparency in winter was higher than that in spring and the mean was 4.7 meters.

The relation between absorption coefficient ( $m$ ) and transparency ( $D$ ) was  $m=1.67/D$ .

The rate of light penetration at 5 m-layer in the area ranged from 1.73 to 24.09 percent and the mean was 13.63 percent, while the rate at 10 m-layer ranged from 0.067 to 8.05 percent and the mean was 2.95 percent.

#### 서 론

의양해수의 광학적 성질에 대한 연구는 여러 학자들(Duntley, 1963; Jerlov, 1951, 1968; Waterman and Wesell, 1956)에 의해 발표되었으며, 우리나라 연근해에 대해서는 주로 투명도와 수색에 대한 연구(Uda, 1936; Hahn, 1968; Lim, 1975)로서 해수의 상층에 대한 조사였고, 저층에 대한 연구(Yang, 1975)는 극히 적다.

연안수는 강우량, 하천수의 유입, 도시 및 공장폐수 등으로 해수의 광학적 성질은 복잡하게 변한다. 특히 부산 근해는 서쪽에 낙동강이 있고, 동북쪽에 수영강이 위치하고, 그 중앙에 도시 및 공장들이 위치하고 있어서 해수의 광학적 성질은 복잡하게 전개될 것으로 생각된다.

본고에서는 부산근해의 연안수의 광학적 성질을 하계 및 추계(Yang, 1975)에 이어, 동계 및 춘계에 걸쳐 조사하고, 빛의 투과율을 제시함으로써 집어등어업 및 양식업에의 이용과 해양광학의 기초자료를 제공하는데 기여하고자 한다.

#### 자료 및 방법

본 조사는 1975년 12월 부터 1976년 5월 사이에 부산 근해의 수영만 및 부산항 부근의 8개 관측점에서 월별로 해수의 표면조도 및 수중조도, 태양고도, 투명도 등을 관측하였다.

관측선박은 20톤급 자산호를 사용하였으며 관측점의 위치는 Fig.1과 같다.

\*부산수산대학, National Fisheries University of Busan.

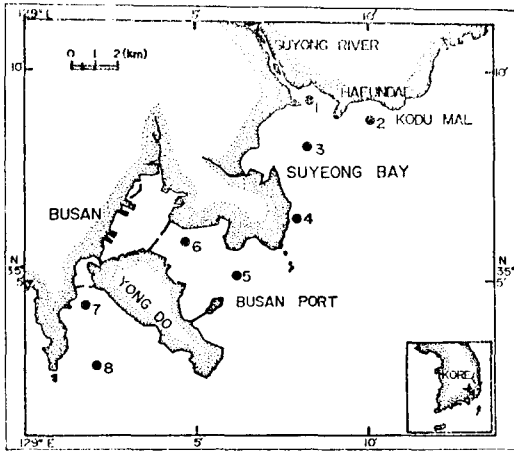


Fig. 1 Stations of observation in Suyeong Bay and Busan Harbor.

해수의 표면조도의 측정은 Toshiba의 No. 5호형 조도계를 사용하였으며, 수중조도는 Toshiba의 No. 9호형 수중조도계를 사용하여 수심 1m의 간격으로 측정하였고, 측정수심범위는 0~20m이다.

흡수계수는 판측된 수심별 수중조도로서 구하고, 흡수계수가 서로 다른 범위를 선정하고, 표면조도에 대한 수심별 수중조도의 백분율을 산출하여 두파율을 조사하였다.

태양고도의 측정은 sextant로서 현장에서 직접 측정하였고, 한편 판측시각 및 위치를 조사하여 천측력(태양적위)과 계산고도방위자료(H.O. 214 Table)에 의하여 태양고도를 산출하여 sextant에 의한 측정값과 비교 선정하였다.

투명도는 직경 30cm의 투명도판을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 해수의 흡수계수

동계에서 춘계에 걸쳐 8개 관측점에서 조사한 해수의 흡수계수는 Fig. 2와 Table 1과 같다.

조사 기간인 1975년 12월부터 1976년 5월 까지 관측된 해수의 흡수계수는 최소 0.223(3월 0~18m층), 최대 0.901(5월 0~3m층)이었고, 평균흡수계수는 0.355로서 이 지역의 하계 및 추계의 0.413(Yang, 1975)보다 작았다.

자 조사지점별로는 부산항 입구의 St. 6이 평균흡수계수가 0.49로서 가장 컸으며, 다음이 수영강 입구의 St. 1이 0.412이고, St. 2가 0.299로서 가장 작았다.

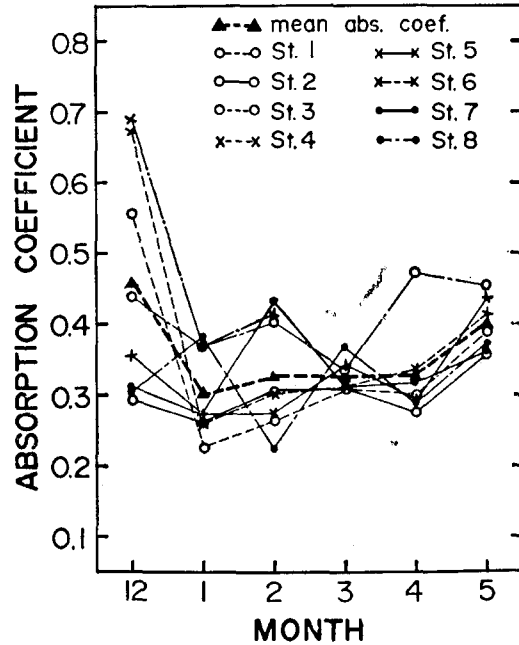


Fig. 2. Monthly variation of absorption coefficient.

월별로는 동계인 12월이 평균 흡수계수가 0.454로서 가장 컸으며, 1월이 0.301로서 가장 작았다. 계절별로는 춘계의 평균흡수계수가 0.35로서 동계의 0.34 보다 약간 컸다.

특히 평균흡수계수가 가장 큰 St. 6과 St. 1은 연간 도시 및 공장폐수가 다양 유입되는 것이 큰 원인이라고 볼 수 있다. 한편 해운대 해수욕장인 St. 2의 흡수계수가 가장 적은 것은 연안 오염수의 영향을 가장 적게 받고 있기 때문이라고 간주되며 또한 이 지점만이 조사기간중에 항상 상층과 하층의 흡수계수가 서로 다른 층을 이루었으며 하층 보다 상층의 흡수계수가 컸다.

본 조사지점을 대략 수영만의 수영강 입구지역(St. 1, 3), 부산항 입구지역(St. 5, 6)과 남항 입구지역(St. 7, 8)으로 크게 나누어 볼때, 부산항 입구지역의 평균흡수계수가 가장 컸으며, 수영강 입구지역이 다음이고, 남항 입구지역이 가장 작았는데 이것은 하계 및 추계의 조사(Yang, 1975)와 비교할 때 수영강 입구가 부산항 입구의 평균흡수계수 보다 오히려 적었다. 이것은 강우량이 적은 계절에 도시 및 공장폐수가 부산항으로 유입되는 양이 많기 때문이라고 간주되며 또 부산항내의 혼탁해수가 부산항 입구쪽으로 유출되는 양이 많은데 기인한다.

해수의 광학적 성질에 관한 연구

Table 1. Absorption coefficient and Solar altitude of sea water at each stations.

St. No.	Date	Depth (m)	Absorp. coeff.	Solar altitude	St. No.	Date	Depth (m)	Absorp. coeff.	Solar altitude
1	Dec. 21	0-10	0.438	26°	2	Dec. 21	0-4 4-15	0.341 0.276	22°
	Jan. 25	0-10	0.368	30°		Jan. 25	0-6 6-15	0.308 0.228	27°
	Feb. 23	0-10	0.402	40°		Feb. 23	0-6 6-15	0.327 0.285	35°
	Mar. 31	0-3 3-10	0.412 0.305	38°		Mar. 31	0-6 6-15	0.351 0.277	52°
	Apr. 28	0-10	0.472	57°		Apr. 28	0-5 5-15	0.318 0.254	50°
	May 24	0-3 3-10	0.901 0.263	52°		May 24	0-7 7-15	0.403 0.314	48°
3	Dec. 21	0-15	0.555	30°	4	Dec. 21	0-20	0.673	31°
	Jan. 25	0-15	0.224	34°		Jan. 25	0-4 4-20	0.294 0.248	35°
	Feb. 23	0-15	0.262	38°		Feb. 23	0-20	0.298	45°
	Mar. 31	0-6 6-15	0.343 0.288	47°		Mar. 31	0-20	0.312	58°
	Apr. 28	0-15	0.297	67°		Apr. 28	0-20	0.336	69°
	Mar. 24	0-15	0.388	68°		May 24	0-6 6-20	0.525 0.369	70°
5	Dec. 21	0-6 6-18	0.416 0.328	32°	6	Dec. 21	0-7 7-12	0.771 0.549	30°
	Jan. 25	0-8 8-18	0.249 0.292	36°		Jan. 25	0-4 4-12	0.292 0.412	35°
	Feb. 23	0-18	0.275	45°		Feb. 23	0-5 5-12	0.480 0.360	44°
	Mar. 31	0-8 8-18	0.321 0.357	59°					
	Apr. 28	0-18	0.289	69°					
	May 24	0-5 5-18	0.682 0.336	76°					
7	Dec. 21	0-15	0.313	27°	8	Dec. 21	0-4 4-18	0.373 0.289	25°
	Jan. 25	0-15	0.272	32°		Jan. 25	0-18	0.383	30°
	Feb. 23	0-15	0.432	34°		Feb. 23	0-18	0.223	38°
	Mar. 31	0-15	0.315	43°		Mar. 31	0-18	0.366	49°
	Apr. 28	0-15	0.319	49°		Apr. 28	0-18	0.289	52°
	May 24	0-5 5-15	0.469 0.317	50°		May 24	0-8 8-18	0.414 0.339	61°

2. 투명도

부산 근해의 8개 관측점에서 1975년 12월부터 1976년 5월 사이에 조사한 투명도는 Fig. 3과 같다.

각 조사지점별로 봄때 부산항 입구인 St. 6이 평균투명도가 3.27m로서 가장 낮고, St. 8이 5.30m로서 가장 높았으며, 월별로는 5월이 3.47m로서 가장 낮고, 4월이 6.07m로서 가장 높고, 조사기간중 평균투명도는 4.71m로서 이지역의 하계 및 추계의 평균투명도인 3.8m(Yang, 1975)와 충무부근의 4.3m(Lim, 1975)

보다 높았다.

계절별로는 동계의 평균투명도가 4.85m로서 추계의 4.78m와 비슷하였다. 지역별로는 부산항 입구(St. 5, 6)의 평균투명도가 가장 낮으며, 수영강입구(S. t1, 3)가 다음이고, 남항 입구지역(St. 7, 8)이 가장 높았는데, 이 지역의 하계 및 추계의 투명도와 비교하면 수영강입구의 평균투명도가 부산항 입구보다 오히려 높았다. 이것은 흡수계수의 경우와 동일하게 강우량이 적은 계절에는 부산항 입구지역이 도시 및 공장폐수의 영향을 가장 많이 받고 있기 때문이며, 남항 입구지역의 평균

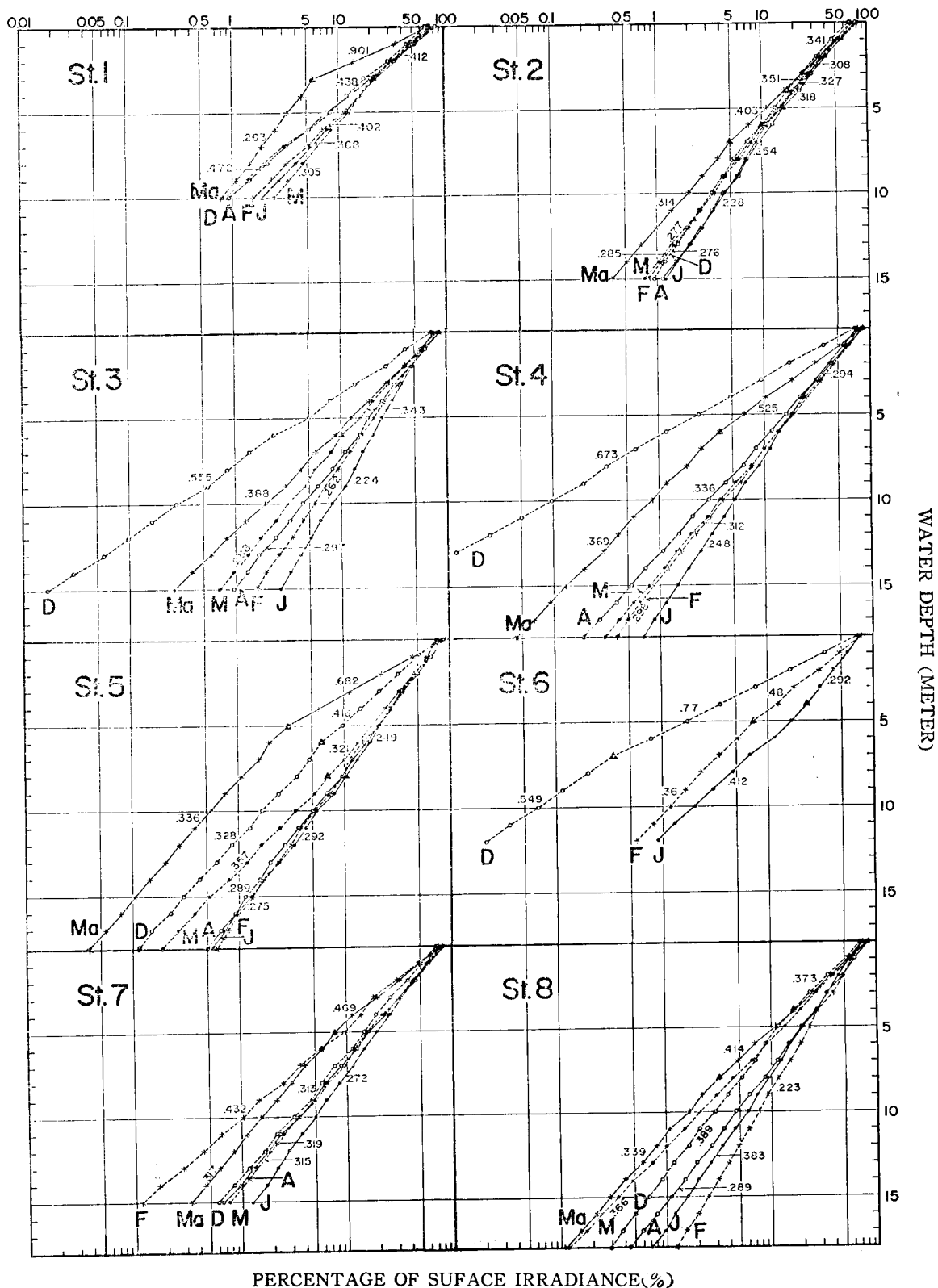


Fig. 4. Vertical distribution of downward irradiance in per cent of surface irradiance at each stations. (D; Dec., J; Jan., F; Feb., M; Mar., A; Apr., Ma; May.)

투명도가 가장 높은 것은 이 영향을 적게 받고 있기 때문이다.

투명도  $D$ 와 흡수계수  $m$ 와의 관계는  $m=1.67/D$ 로서 하계 및 추계의 결과  $m=1.57/D$ 보다 크게 나타났다.

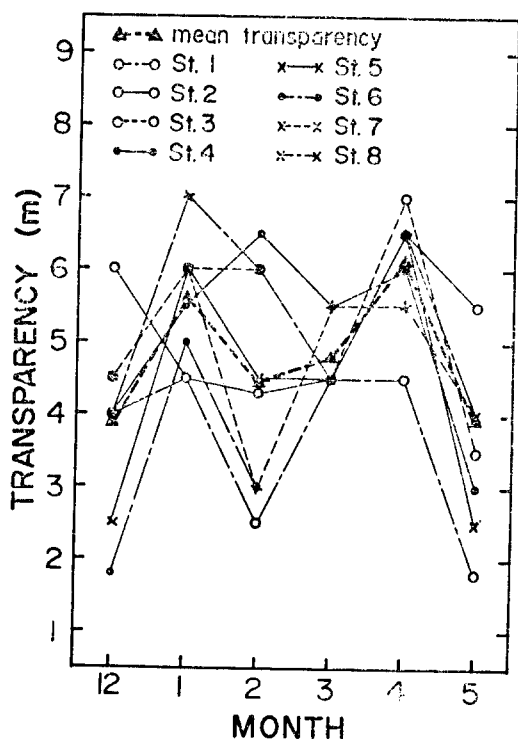


Fig. 3. Monthly variation of transparency.

### 3. 태양고도와 태양광선의 투과율

부산근해의 8개 관측점에서 1975년 12월부터 1976년 5월 사이에 조사한 태양광선의 투과율은 Fig. 4와 같다.

조사기간 중에 관측된 태양고도는 최소 22°(12월), 최대 76°(5월)였고, 평균은 44°였다. (Table 1)

빛의 투과율은 태양고도와 밀접한 관계(Cox and Munk, 1956; Sasaki et al. 1962; Boden, 1961)가 있는데, 태양고도가 최소인 St. 2(12월)와 최대인 St. 5(5월)에서의 태양광선의 투과율을 비교하면 St. 2(22°)가 수심 5m층에서 13.2%, 10m층에서 3.32%였고, St. 5(76°)는 수심 5m층에서 2.94%, 10m층에서 0.55%로서 St. 5가 투과율이 적었는데, 이것은 흡수계수가 크고 투명도가 낮는데 기인한다.

투과율의 월별분포를 보면 1월이 가장 크고 2, 4, 3, 12, 5월 순으로 작아지며, 흡수계수가 크고 투명도가 낮은 춘계에 비해 동계가 수중에서의 빛의 효과를 더 기대할 수 있어서, 집어등어업 및 양식어업에서 수중에서의 빛의 효과를 기대할 수 있다고 생각된다.

투과율은 대체로 계절에 따라 많은 차이를 보이나 St. 2가 계절에 따른 변화가 작았다.

빛의 투과율은 흡수계수가 갈수록 줄어들고 있는데 (Clark, 1936, 1941), 관측치 중에서 흡수계수가 가장 큰 St. 1의 5월의 흡수계수가 0.901인데 이때 수심 5m층에서 표면광의 3.3% 밖에 투과되지 않는데 비해, 흡수계수가 가장 작은 St. 8의 2월의 흡수계수가 0.223인 경우, 같은 수심에서 표면광의 23.1%의 높은 투과율을 보였다.

수심 5m층에서의 표면광의 투과율은 최소 1.73%, 최대 24.09%였고, 평균투과율은 표면광의 13.63%였으며, 수심 10m층에서는 최소 0.067%, 최대 8.05%로서 평균투과율은 표면광의 2.95%밖에 되지 않았다.

이상의 결과를 참조하여, 거시적이거나 투명도만을 측정하며 집어등어업 및 양식어업에서 수중에서의 빛의 효과를 추정할 수 있다.

## 요 약

1975년 12월부터 1976년 5월 사이에 수영만 및 부산항 부근 연안수의 광학적 성질을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 부산근해의 흡수계수는 0.223~0.901(평균 0.355)이었고, 월별 평균흡수계수는 12월이 최대(0.454), 1월이 최소(0.301)였다. 지역별 평균흡수계수는 부산항 입구, 수영만, 남항 입구 순으로 작았다.
2. 평균투명도는 4.7m로 7m를 넘지 못했으며 춘계에 비해 동계가 높았다.
3. 흡수계수  $m$ 과 투명도  $D$ 와의 관계는  $m=1.67/D$ 로 나타났다.
4. 태양광선의 투과율은 수심 5m에서 표면광의 1.73~24.09%(평균 13.63%)였고, 수심 10m에서는 표면광의 0.067~8.05%(평균 2.95%)였다.

## 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 day light at the surface of Ocean. J. Opt. Soc. Am. 26(3), 111—120,
- 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.
- Jerlov, N.G. (1968): Optical oceanography. Elsevier Publ. Co. Amsterdam, 147. pp.
- Lim, D.B. (1975): On the optical properties of coastal water near Chungmu. Bull. Tong-yeong 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.
- R. O. K. Hydrographic office(1976): Nautical almanac. 90—232.
- Uda, M. (1936): Results of simultaneous oceanographic investigations in the Japan sea and its adjacent waters during October and November, 1933. J. Imp. Fish. Exp. Stha. Japan 7, 51—151.
- U. S. Navy Hydrographic office; Tables of computed altitude and azimuth. N, 133—158.
- Waterman, T. H. and W. E. Wesell(1956): Quantitative effect of the sun's position on submarine light polarization. J. Mar. Res. 15, 149—169.
- Yang, Y. R. (1975): Optical properties of sea water(I). Bull. Korean Fish. Tech. Soc, 11, 8—14.