

# 영일만구 해수의 광학적 특성

韓 相 復

서울대학교 해양학과

## SOME OPTICAL PROPERTIES AT THE MOUTH OF YEONG-IL BAY

*Sangbok D. Hahn*

Dept. of Oceanography, Seoul National University

### ABSTRACT

Relative light intensity was observed with underwater illuminometer (Cs Photoelectric cell, glass window) at the mouth of Yeong-il Bay, and relative vertical clearness and extinction coefficient were calculated from the relative light intensity data. Relationship between extinction coefficient and transparency in this region is also shown.

### I. 머릿말

바닷물의 광학적 특성을 조사 연구하는 것은 해양 물리화적인 견지에서 뿐만 아니라 해양 생물학 또는 해양 지질학 분야에서도 꼭 필요하다. 특별히 해양의 기초 생산에서는 수중 광선이 절대적인 필요 요건으로 되어 있으며 해수의 소산계수가 변화되는 것을 가지고 환경 오염을 비교 검토할 수 있다 (Ochakovsky, 1966; Jerlov, 1968).

본 연구는 교통부 수로국에서 1971년 4월에서 6월에 걸친 영일만 및 부근 일대 해양 관측시에 수중 조도계를 제작하여 1971년 5월 6일에 영일만 입구의 9개 관측점에서 조사한 것을 분석하였다.

우리나라 연안이나 근해에서는 아직까지 해수의 광학적인 특성을 가지고 수괴의 분석이나 해황을 설명한 일이 없으며 앞으로 가동될 포항 종합제철 공장이 영일만의 잠재적인 오염원이 될 수 있으므로 이 공장의 가동 전에 영일만에서의 해양 광학적인 조사를 하여 이 해역에서 오염 문제를 연구할 때의 기초적인 자료로 제공 하고자 한다.

Fig. 1은 영일만 입구의 관측점 위치와 영일만의 수심을 나타내며 등 수심선은 1964년 수로국

발행 해도 No. 132에 의거하여 작도 하였다.

### II. 방 법

Cesium 광전관 두 개를 사용한 수중 조도계를 제작하여 태양 광선의 수중 투과도를 표면에 대한 상대적인 강도( ${}_0I_z$ )로 나타냈다. 같은 성능을 가진 두개의 광전관 중에서 하나는 표면에서의 강도( ${}_1I_0$ )를 측정하기 위해서 계기에 부착하였으며 다른 하나는 수심 Z m에서의 강도( ${}_2I_z$ )를 측정하려고 수중자를 만들어 방압과 방수조치를 취했다.

그리고 두 광전관의 회로를 연결하여 수중자가 표면에 있을 때 즉  ${}_1I_0 = {}_2I_0$ 일때 표시침이 100을 가리키며 수중자를 광선과 차단 시켰을 때 0을 가리키도록 했다. Window는 1.5 mm의 평판 소다 유리를 썼고 안쪽면을 고운 Sand paper로 마멸하여 반투명이 되도록 하였다.

해수의 수심에 대한 맑은 정도( ${}_pR_z$ )는 표면에서 1 m 깊이까지의 Water column에 대한 상대적인 값으로 구하였으며 소산계수( $K_p$ )는 표면을 중심으로 계산하였다. 수심(Z)은 0 m에서 10 m까지 1 m 간격으로 변화시켰다. 위의 값들에 대한 수식은 다음과 같다.

$${}_0I_z = \frac{{}_2I_z}{{}_1I_0} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

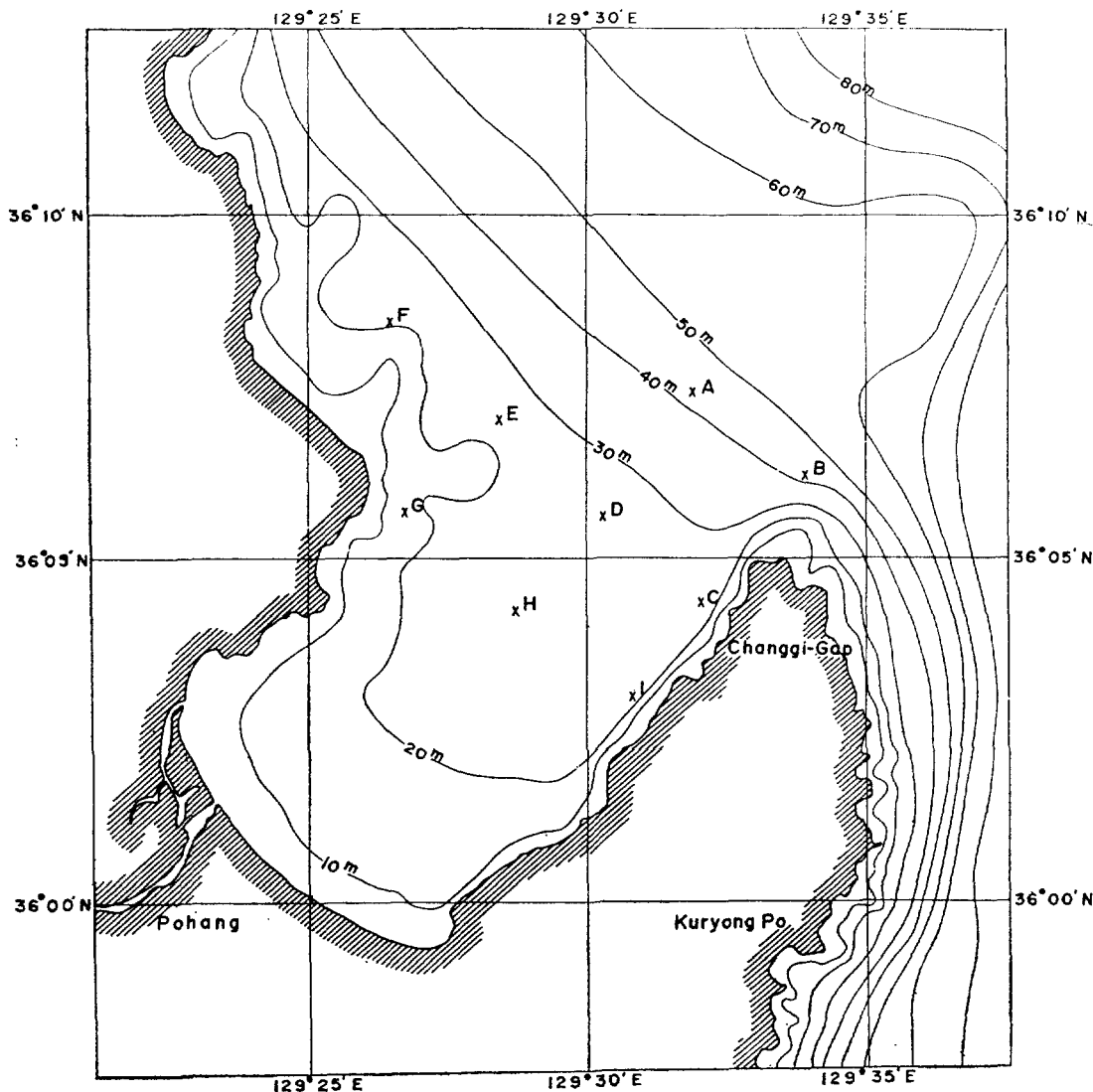


Fig. 1. Location of stations in the Yeong-il Bay.

$$R_x = \frac{I_x}{I_0} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$I_x = \left( \frac{I_1}{I_0} \right)^2 \times 100$$

$$K_x = \frac{1}{Z} \ln \frac{I_0}{I_x} \dots\dots\dots(3)$$

한편 투명도(T)는 Secchi disc에 의하여 측정하였다.

III. 결 과

수심 1 m에서 수중 광선의 세기는 표면에 대하여 평균 96%정도이다. 영일만구의 외측 관측점

들인 A, B, D, E, F에서는 평균 97%를 나타내고 내측 관측점들인 C, G, H, I에서는 평균 94%의 값을 가진다. 수심 10 m에서는 평균 65%로 감소하는데 만구의 외측에서는 73%이고 내측에서는 54%로 나타난다.

투명도와 동일한 수심에서는 평균적으로 표면의 81%에 해당하는 강도를 보이며 관측점 D에서는 가장 큰 값으로 83%를, 관측점 H에서는 가장 작은 값인 78%가 된다.

Table 1은 각 관측점에서 수중 광선의 상대적인 세기를 나타내며 이 값들은 광전관-2의 수

Table 1. Relative light intensity ( $0I_r$  %) in the Yeong-il Bay.

St. / Depth	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	97	98	94	96	97	96	95	94	93
2	94	95	90	92	94	93	89	89	87
3	91	93	85	90	91	90	84	83	80
4	89	90	79	87	88	87	79	78	75
5	87	88	74	83	85	85	74	73	70
6	84	86	70	80	82	82	70	69	65
7	82	85	65	77	80	80	66	65	61
8	80	82	62	75	77	77	62	61	57
9	78	80	58	72	75	75	58	57	54
10	76	78	55	69	72	72	55	54	50

중자를 연직으로 내렸을 때와 올렸을 때 각기 측정된 것의 평균치이다. 여기서 고덕체는 투명도와 같은 수심에서의 값을 표시한다.

해수의 연직적인 맑은 정도는 관측점 A, C, D, F, I에서 1 m 깊이보다 10 m 깊이에서 더 맑은 현상을 나타내고 있으며, B, E, G에서는 이와 반대 현상을 보인다. 관측점 H에서는 균일한 상태를 나타낸다.

각 관측점에서의  ${}_pR_r$ 는 Table 2와 같으며,  ${}_pR_r > 100$ 일 때는 1 m 깊이의 해수보다 맑은 상태를 나타내고,  ${}_pR_r < 100$  일 때는 반대의 현상을 나타낸다. 한편 해수의 수평면적인 맑은 정도는 관측점 B에서 가장 크고 I에서 가장 작다.

해수중에서 광선의 소산계수는 평균  $0.045 \text{ m}^{-1}$

로 각 수심에서의 평균치는 거의 일정하다. 가장 작은 값은 관측점 B의 1 m 깊이에서  $0.02020 \text{ m}^{-1}$  이고 가장 큰 값은 I의  $0.07253 \text{ m}^{-1}$ 이다. Table 3은 각 관측에서의 수심에 따른 소산계수를 나타낸다.

소산계수(K)와 투명도(T)는 서로 역함수 관계를 가지며 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$K = \frac{0.214}{T} \dots\dots\dots(4)$$

각 관측점의 1 m 깊이에서의 소산계수( $K_1$ )와 투명도의 관계는 Fig. 2와 같으며 평균 투명도인 5 m에서도 위의 식이 성립된다.

Table 2. Relative vertical clearness ( ${}_pR_r$  %) in the Yeong-il Bay.

St. / Depth	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	99	102	100	100	101	99	100	100
3	100	99	102	102	100	102	98	100	100
4	100	98	101	102	99	102	98	100	100
5	101	98	101	101	99	104	96	100	100
6	101	97	101	103	99	105	95	100	100
7	101	98	102	103	99	107	94	100	102
8	103	96	102	104	99	107	94	100	102
9	103	96	102	104	99	109	92	100	104
10	103	95	102	103	97	107	92	100	104

Table 3. Extinction Coefficient ( $10^5 K_z \text{ m}^{-1}$ ) in the Yeong-il Bay.

St. Dpth	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	3,046	2,020	6,188	4,082	3,046	4,082	5,129	6,188	7,253
2	3,094	2,565	5,268	4,169	3,094	3,629	5,827	5,827	6,963
3	3,144	2,419	5,417	3,512	3,144	3,512	5,812	6,211	7,438
4	2,913	2,634	5,893	3,482	3,196	3,482	5,893	6,212	7,192
5	2,785	2,557	6,022	3,727	3,250	3,250	6,022	6,294	7,133
6	2,906	2,514	5,945	3,719	3,308	3,308	5,945	6,184	7,180
7	2,835	2,322	6,154	3,734	3,188	3,188	5,936	6,154	7,061
8	2,789	2,481	5,975	3,596	3,267	3,267	5,975	6,179	7,026
9	2,761	2,479	6,053	3,650	3,196	3,196	6,053	6,246	6,847
10	2,744	2,485	5,978	3,711	3,285	3,285	5,978	6,162	6,931

## IV. 논 의

영일만 입구에서 수중 광선의 투과도는 530 m $\mu$ 의 파장을 가진 청록색 광선이 맑은 대양수에서의 투과도(Sverdrup, *et al.*, 1961)와 같다. 이것은 영일만 입구의 해수는 보통 연안수와는 달리 대양수처럼 맑은 것을 의미하며 Cesium 광전관을 써서 제작한 수중 조도계의 특성에 의해서 가장 투과력이 강한 청록색 광선만이 광전관을 작동시키는 것으로 설명된다. 태양광선의 투과도는 수심에 대한 지수함수로 나타나기 때문에 (Neumann and Pierson, 1966), Table 1에서 보는 바와 같이 1 m에서는 편차가 5%이지만 수심이 깊어짐에 따라 편차도 급격히 커져서 10 m에서는 28%에 이른다. 관측점 A, B, D, E, F 등에서 광선의 수중 강도가 C, H, I에서보다 큰 것은 이들의 수심이 상대적으로 깊으며 해저 퇴적물이 모래 또는 자갈로 되어 있어서 (Ross, *et al.*, 1971) 부유물이 상대적으로 적게 포함되어 있는 것으로 사료된다.

관측 당시의 물리, 기상, 화학적인 환경 요소들은 "영일만 및 부근 일대 해양관측 결과 보고서" (수로국, 1971)에 수록되어 있으며 만내 관측점 3, 4, …… 10, 11이 Fig. 1의 관측점 A, B, …… H, I에 해당한다. 4월 21일의 1차 관측과 5월 21일의 3차 관측시에는 20 m 깊이에서 수온의 급격한 강하 현상이 일어나고 용존 산소량이나 수소는 농도도 떨어져서 동해 고유수의 유입이 있는 것으로 믿어지나 수중 조도 관측 당일인 5월 6일

의 2차 관측시에는 동해 고유수의 유입은 없는 것으로 해석된다. 설령 동해 고유수의 유입이었다 하더라도 수심 10 m 까지는 이 영향이 못 미치고 또 수온이나 염분도에 의해서 수중 광선의 강도가 변하는 것은 거의 무시될 수 있으므로 (Jerlov, 1968) 동해 고유수 자체가 어떤 영향을 준다고 믿기는 어렵다. 다만 영양염이 비교적 풍부한 수괴의 유입으로 부유생물의 밀도가 커지고 이들의 수직운동에 의해서 표층에까지 영향을 미칠 수는 있으나 소산계수가 적게 나타난 것으로 보아 부유생물이 극히 적은 것으로 간주된다. 관측 당시에 Euphausiid의 밀집군이 간혹 육안으로도 관찰되었으나 이런 현상에 의한 것은 배제하여 관측을 시행했다. 영일만에서의 측류는 20 cm/sec 미만이며 유향도 불규칙적으로 나타나고 (홍승명, 1972) 조석차도 작으므로 만내에서 해수의 심한 유동은 크게 일어날 수 없을 것이므로 표층수는 높은 투과도를 가지는 것으로 생각된다.

영일만의 해수가 광학적으로 균일한 매질이라면  $\mu R_z$ 가 수심 Z에 관계없이 100%를 나타내겠지만 실제에 있어서 8% 이내의 폭을 가지고 변화하고 있는데 이의 원인으로 수온이나 염분도, 용존 산소량, 수소이온 농도 등의 물리 화학적인 요소에 의한 영향은 뚜렷이 밝힐 수 없었고, 각 관측점에서의 퇴적물 입도 분석 결과 (Ross, *et al.*, 1971)를 가지고도 설명이 부족하다.

관측점 B에서는 소산계수가 제일 작고 투명도가 큰 대신 관측점 I에서는 반대로 소산계수가

제일 크고 투명도가 작아서 좋은 역함수 관계를 가지기 때문에 이 성질을 이용하여 취급이 간편한 Secchi disc를 가지고 투명도를 측정하여 대략적인 소산계수를 계산할 수 있을 것으로 사료된다.

해수중에서 소산계수는 흡수계수와 산란계수의 합으로 이루어 지는데 (Jerlov, 1968) 앞으로 영일만이 오염 될 경우 부유물질에 의한 산란계수의 증가 때문에 소산계수가 높아질 것으로 기대되며 일정한 시간 간격을 가지고 동일한 수중 조도계를 써서 소산계수를 구하면 오염의 좋은 지침이 될 것으로 사료된다. 본 연구의 조사자료는 영일만이 오염되기 이전의 5월 초순 자료로 매년 이때 동일한 수중 조도계로 소산계수를 계산할 때 오염도를 조사하는 기본값으로 쓸 수 있

으며 앞으로 소산계수의 변화와 부유물질의 정량적인 관계를 밝히고자 한다.

### V. 맺 는 말

Cesium 광전관을 써서 제작한 수중 조도계로 1971년 5월 6일에 영일만 입구에서 조사한 것을 요약하면 다음과 같다.

1. 수심 1 m에서 수중 광선의 세기는 표면에 대하여 평균 96%이고 투명도와 동일한 수심에서는 표면의 81%에 해당하는 강도를 보인다.
2. 해수의 연직적인 맑은 정도는 관측점 A, C, D, F, I에서 1 m 깊이 보다 10 m에서 더 맑은 현상을 나타내며 B, E, G에서는 이와 반대 현상을 보인다.

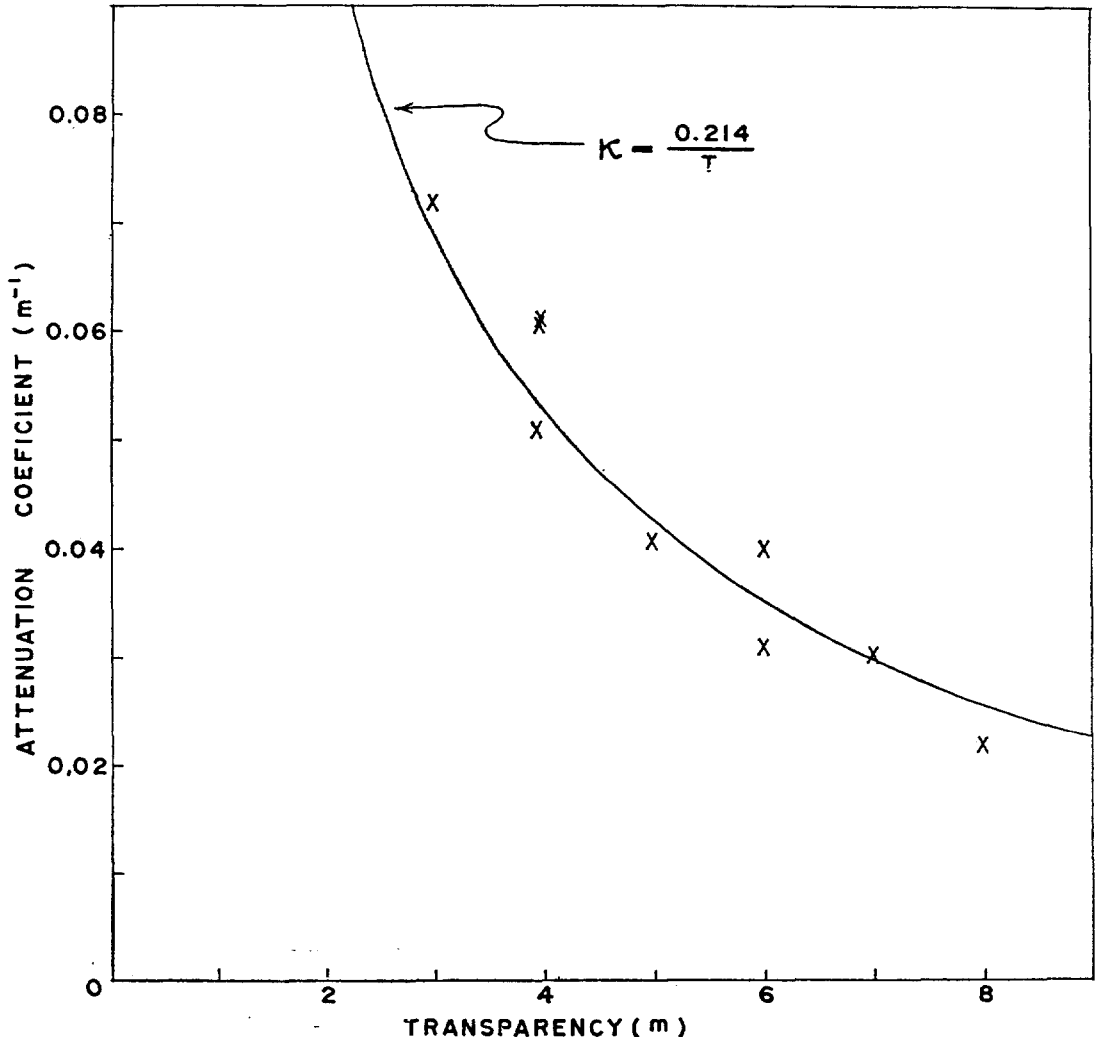


Fig. 2. The relationship between extinction coefficient (K) and transparency (T).

3. 해수 중에서 광선의 소산계수는 평균  $0.045 \text{ m}^{-1}$ 이며 Secchi disc에 의한 투명도와 역함수 관계를 가진다.

## VI. 사 의

수중 조도계의 제작을 맡아주신 국립 공업연구소 전자연구실의 김영택 선생님과 영일만에서의 선상관측에 여러가지 편의를 제공해 주신 수로국 해양과의 홍승명 선생님과 추교승 선생님께 깊이 감사를 드리며 그림을 그려주신 국립지질 광물연구소의 박종천씨에게도 고마운 뜻을 표한다.

## 참 고 문 헌

- 수로국, 1971. 영일만 및 부근 일대 해양관측결과보고서, 수로국, 90pp.
- 홍승명, 1972. 춘기 영일만의 해조류 개황, 수로연보 1971, 7-15.
- Jerlov, N.G., 1968. *Optical Oceanography*, Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 194 pp.
- Neumann, G. and W.J. Pierson, Jr., 1966, *Principles of Physical Oceanography*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 545 pp.
- Ochakovsky, Yu. E., 1960. On the dependence of the total attenuation coefficient upon suspensions in the sea. *U.S. Dept. Comm., Joint Publ. Res. Ser.*, Rept.,36(816): 16-24.
- Ross, C.M., P.B. Loomis, and E.V. Kelly, 1971. *A Summary of Sediment Size, Composition and Chemistry of 67 Grabs from Korea, May, 1971(Suro III)*, Lab. Item 423, U.S. Naval Oceano. Office, Washington (Unpublished manuscript).
- Sverdrup, H.U., M.W. Johnson and R.H. Fleming, 1961. *The Oceans. Their Physics, Chemistry and General Biology*, Charles E. Tuttle Co., Tokyo (Modern Asia Edition), 1, 087 pp.