

활멸치 漁場에서의 海水의 光學的 性質

梁 龍 林*

OPTICAL PROPERTIES OF SEA WATER IN THE FISHING GROUND
OF ANCHOVY

Yong-Rhim YANG*

Optical properties were studied at the fishing ground of anchovy in the southern part of Korea based on seven oceanographic stations from May to August and November to December, 1977.

Submarine daylight intensity was measured at intervals of 1 m depth in the upper 30 m layer by the underwater luxmeter (Toshiba # 9).

The absorption coefficient of the sea water ranged from 0.066 to 0.619 (mean 0.21) for six months.

The transparency ranged from 2.6 to 16 meters (mean 8.4 m). The relationship between absorption coefficient (κ) and transparency (D) was $\kappa=1.70/D$. The mean water color in this area was 4.8 (3~10) in Forel scales.

The rates of light penetration for daylight at four different depths were computed with reference to the surface light intensity. The mean rates of light penetration were 69.38% (25.45~88.10%), 30.35% (4.38~59.46%), 12.53% (0.75~33.51%), 5.7%(0.18~20.27%) at depths of 1, 5, 10 and 15 m respectively.

緒 論

한국 연안에서 어획되는 멸치어획고는 연간 5~8 %이며, 그 주어장은 한국 남해안의 경남 일원을 중심으로 한 해역이다. 이 해역은 해안선이 복잡할 뿐만 아니라 수산자원과 어업의 형태가 다양한 해역으로서 해수의 환경 요인도 복잡할 것으로 간주된다.

의양수의 광학적 성질에 대한 연구(Jerlov, 1951; Duntley, 1963; Kampa, 1970; Smith *et al.*, 1973)은 많이 발표 되었고, 우리나라 연근해에 대한 연구(Uda, 1934, 1936; Hahn, 1968; Lim, 1975; Yang, 1975, 1976, 1978a, 1978b)도 다소 발표된바 있으나, 본 해역에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

특히 본 해역은 우리나라 2대강인 낙동강과 섬진강에서 유입되는 하천수와 남해안에 산재하고 있는 공업단지 및 도시등의 영향으로 인하여 해수의 광학적 성질이 복잡하게 전개 될 것으로 생각되어, 본고에서는 본 해역의 해수의 광학적 성질을 조사하여 해수의 吸收係數, 透明度, 水色 및 太陽光線의 海中透過率 등을 제시 함으로서 활멸치의 생활환경 및 양식업에의 이용과 해양광학의 기초자료를 제공하는 데 기여하고자 한다.

材料 및 方法

본 조사는 1977년 5월부터 8월 사이와 11월에서 12개월까지의 6개월간 매월 한국 남해안의 활멸치

* 釜山水産大學 漁業學科, Dept. of Fishing Technology, National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601-01 Korea

어장을 중심으로 한 7개 관측점에서 해수의 表面照度 및 水中照度, 太陽高度, 水色, 透明度 등을 관측하였다.

관측선박은 부산수산대학 실습선 관악산 1호(240톤급)와 자산호(20톤급)를 사용하였으며, 관측점의 위치는 Fig. 1과 같다.

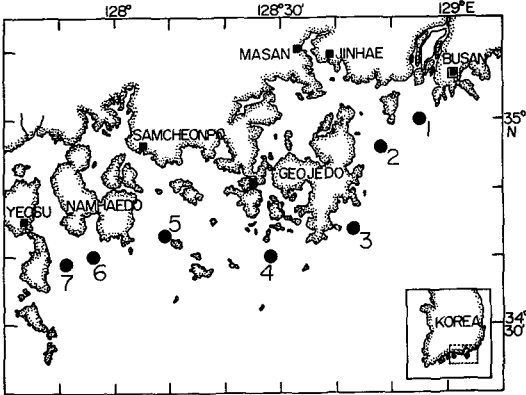


Fig. 1. The stations for optical observation.

해수의 表面照度는 Toshiba #5호형 조도계를 사용하였으며, 水中照度는 Toshiba #9호형 수중조도계를 사용하여 수심 0~30m층에서 1m의 간격으로 측정하였으며, 海水의 吸收係數는 관측된 수심별 水中照度を Lambert의 방정식 $I = I_0 e^{-Kz}$ 에 대입하여 구하고, 吸收係數가 서로 다른 범위를 선정하고, 表面照도에 대한 수심별 水中照도의 백분율을 산출하여 태양광선의 海中透過率을 조사하였다.

太陽高度의 측정은 관측시각과 관측점의 위치를 조사하여 천측력(태양적위)과 계산고도방위자료(H. O. 214 Table)를 이용하여 산출하였다.

水色은 Forel 수색계를 제작 사용하였으며, 透明度는 직경 30cm의 백색 투명도판을 사용하였다.

結果 및 考察

1. 透明度와 水色

활멸치 어장의 7개 관측점에서 조사기간중(5~8월, 11~12월)에 관측된 透明度는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같고, 水色은 Table 1에 나타났다.

조사기간중에 관측된 透明度는 최소 2.6m(St. 1, 12월), 최대 16m(St. 6, 8월)였고, 平均透明度는 8.4m로서 부산근해의 3.8m, 4.71m (Yang, 1975,

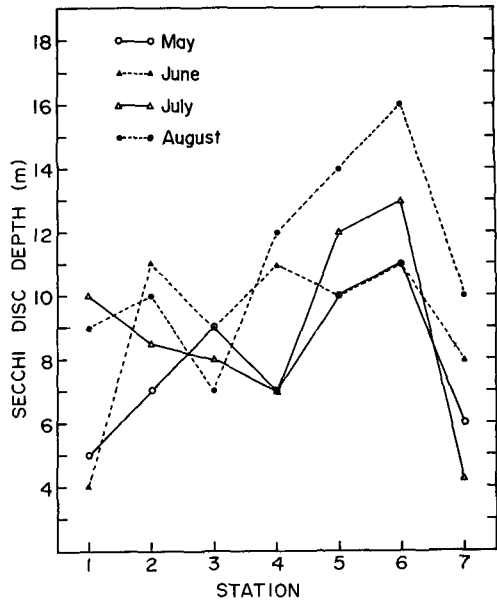


Fig. 2. Visibility depth of Secchi disc at the stations (May to August).

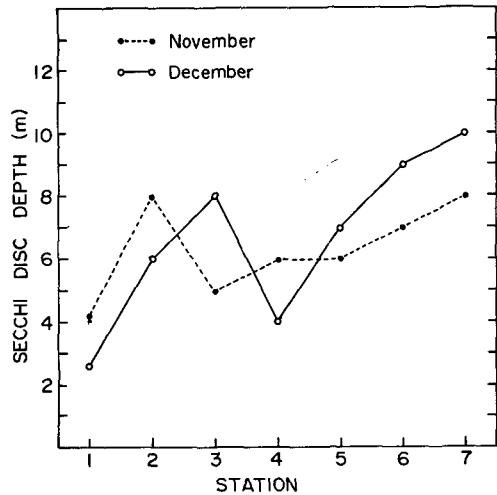


Fig. 3. Visibility depth of Secchi disc at the stations (November to December).

1976)와 한국 남해안의 5.33m(Yang, 1978a)보다 높았으며, 동해 북동해역의 19.8m(Yang, 1977a) 및 북서태평양의 10.6m(Yang, 1977b)와 제주도 근해의 15.83m(Yang, 1978b)보다 낮았다.

조사지점별로는 낙동강 하구인 St. 1의 平均透明度가 5.8m로서 가장 낮았으며 다음이 St. 3이 7.7m였고, 남해도의 남쪽에 위치한 St. 6이 11.2m로 가장 높았으며 다음이 St. 5가 9.8m였다.

환멸치 漁場에서의 海水의 光學的 性質

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

Station	Month	Depth(m)	Absorption coefficient	Water color	Solar altitude	Irradiance at transparency layer(%)
1	May	0-20	0.345	6	53.65°	17.32
	June	0-4	0.430	7	64.74°	18.06
		4-20	0.066			
	July	0-20	0.184	4	24.84°	14.52
	Aug.	0-20	0.189	5	32.48°	17.91
	Nov.	0-20	0.384	7	28.74°	17.35
	Dec.	0-7	0.619	10	30.47°	18.82
7-20		0.172				
2	May	0-30	0.231	5	74.77°	19.55
	June	0-7	0.194	4	76.15°	16.00
		7-30	0.106			
	July	0-11	0.205	4	10.33°	10.90
		11-30	0.147			
	Aug.	0-30	0.175	4	52.30°	16.22
	Nov.	0-30	0.211	4	21.83°	16.13
Dec.	0-11	0.268	5	32.44°	19.40	
	11-30	0.158				
3	May	0-30	0.182	4	58.99°	18.87
	June	0-8	0.179	4	77.41°	20.71
		8-30	0.146			
	July	0-30	0.219	5	36.65°	17.74
	Aug.	0-30	0.225	5	4.94°	7.69
	Nov.	0-6	0.362	4	7.67°	7.10
		6-30	0.173			
Dec.	0-11	0.199	6	26.87°	18.56	
	11-30	0.168				
4	May	0-30	0.241	5	33.13°	18.25
	June	0-30	0.161	4	58.8°	17.11
	July	0-30	0.245	5	60.74°	17.74
	Aug.	0-30	0.143	4	32.39°	17.78
	Nov.	0-30	0.281	5	5.21°	6.96
	Dec.	0-5	0.419	5	5.41°	7.09
		5-30	0.211			
5	May	0-28	0.158	4	19.54°	17.74
	June	0-28	0.183	4	36.7°	16.07
	July	0-28	0.164	4	74.66°	13.77
	Aug.	0-28	0.136	4	55.72°	14.41
	Nov.	0-28	0.264	5	4.22°	7.60
	Dec.	0-7	0.249	4	30.82°	16.10
		7-28	0.176			
6	May	0-25	0.148	4	44.93°	18.60
	June	0-5	0.158	4	23.85°	23.48
		5-25	0.089			
		0-25	0.131	4	63.89°	17.63
	Aug.	0-25	0.097	3	68.18°	18.38
	Nov.	0-25	0.220	5	18.09°	18.25
	Dec.	0-5	0.252	5	32.42°	14.86
5-25		0.167				
7	May	0-16	0.271	5	53°	18.55
	June	0-16	0.206	5	13.4°	15.00
	July	0-16	0.427	6	56.76°	15.40
	Aug.	0-16	0.162	4	54.2°	18.97
	Nov.	0-16	0.187	7	33.52°	22.22
	Dec.	0-16	0.186	4	30.12°	14.81

월별로는 11월의 平均透明度가 6.3 m로서 가장 낮았으며 다음이 12월(6.7 m), 5월(7.9 m), 7월(9 m), 6월(9.1 m)순이며, 8월이 11.4 m로서 가장 높았다.

한편, 水色은 최소 3 (St. 6, 8월), 최대 10 (St. 1, 12월)이었고, 平均水色은 4.8로서 충무근해의 6.6 (Lim, 1975) 및 한국 남해안의 5.75 (Yang, 1975)보다 높았으며, 제주도 근해의 3.375 (Yang, 1978b)보다 낮았다.

조사지점별로는 St. 5 및 6의 平均水色이 4.2로서 가장 높았으며, St. 1이 6.5로서 가장 낮았으며 다음이 St. 7이 5.2였는데, 이것은 St. 1과 St. 7이 낙동강과 섬진강에서 유입되는 하천수의 영향을 가장 많이 받기 때문이라고 생각된다.

월별로는 8월의 平均水色이 4.1로서 가장 높았으며 다음이 6월과 7월(4.6), 5월(4.7), 11월(5.3) 순이며 12월이 5.6으로서 가장 낮았다.

2. 海水의 吸收係數

본 조사해역의 7개 관측점에서 조사된 吸收係數는 Table 1과 같다.

조사기간중에 관측된 해수의 吸收係數는 최소 0.066(St. 1, 6월, 4~20 m층), 최대 0.619(St. 1, 12월, 0~7 m층)였고, 平均吸收係數는 0.21로서 부산근해의 0.413, 0.355(Yang, 1975, 1976) 및 한국 남해안의 0.578(Yang, 1978a)보다 적었으며, 제주도 근해의 0.112(Yang, 1978b)보다 컸는데, 이것은 본 조사해역의 平均透明度와 平均水色이 부산근해 및 한국 남해안 보다 높았고, 제주도 근해 보다는 낮았기 때문이라고 생각된다.

조사지점별로 볼때, St. 6의 平均吸收係數가 0.15로서 가장 적었으며 다음이 St. 5가 0.18이었고, 낙동강 하구에 위치한 St. 1이 0.26으로서 가장 컸으며 다음이 St. 7이 0.24였는데, St. 1은 낙동강, St. 7은 섬진강에서 유입되는 하천수의 영향을 가장 많이 받기 때문이라고 생각되며, St. 5 및 6은 하천수 및 도시폐수의 영향을 적게 받기 때문이라고 생각된다.

월별로는 6월의 平均吸收係數가 0.15로서 가장 적었으며 다음이 8월(0.16), 7월과 12월(0.22), 5월(0.23)순이며 11월이 0.25로서 가장 컸다.

한편, 6월에는 St. 1, 2, 3, 6이 7월에 St. 2, 11월에 St. 3, 12월에는 St. 1, 2, 3, 4, 5, 6등이 상층과 하층의 吸收係數가 서로 다른층을 이루었으며, 하층보다 상층의 吸收係數가 더 컸다.

透明度 D 와 海水의 吸收係數 κ 와의 관계는 $\kappa =$

$1.7/D$ (Poole and Atkins, 1926)인데, 본 조사해역도 $\kappa = 1.70/D$ 로서 부산근해의 $\kappa = 1.67/D$ (Yang, 1976) 및 한국 남해안의 $\kappa = 1.704/D$ (Yang, 1978a)와 제주도 근해의 $\kappa = 1.706/D$ (Yang, 1978b)과 근사한 값을 나타냈다.

3. 太陽高度와 太陽光線의 透過率

한국 남해안의 활렬치 어장을 중심으로 한 7개 관측점에서 관측된 太陽高度는 최소 4.22°(St. 5, 11월), 최대 77.41°(St. 3, 6월)였고, 平均太陽高度는 38.69°였다(Table 1).

본 조사해역의 7개 관측점에서 조사된 태양광선의 海中透過率은 Fig. 4와 같다.

조사기간중에 관측된 태양광선의 平均海中透過率은 수심 1 m층에서 表面光의 69.38%(25.45~88.1%), 5 m층에서는 30.35%(4.38~59.46%), 10 m층에서는 12.53%(0.75~33.51%), 15 m층에서는 5.7%(0.18~20.27%)로서 부산근해 (Yang, 1975, 1976) 및 한국 남해안 (Yang, 1978a) 보다 많은 透過率을 나타냈고, 제주도 근해(Yang, 1978b)보다는 적은 透過率을 나타냈다.

조사지점별 태양광선의 平均透過率은 수심 1 m층에서 최소가 St. 4(61.54%), 최대가 St. 6(78.77%)이었고, 5 m층에서는 최소가 St. 1(21.34%), 최대가 St. 6(42.32%)이 었으며, 10 m층에서는 최소가 St. 1(7.86%), 최대가 St. 6(21.43%)이 었으며, 15 m층에서는 최소가 St. 1(3.57%), 최대가 St. 6(11.55%)으로서 St. 6의 平均透過率이 전수심에 걸쳐 가장 많았는데, 이것은 St. 6의 平均透明度와 平均水色이 가장 높았고 平均吸收係數가 가장 적었기 때문이라고 생각된다.

월별로는 11월의 平均透過率(1 m층에서 52.87%, 5 m층에서 19.55%, 10 m층에서 6.39%, 15 m층에서 2.22%)이 진 관측수심에 걸쳐 가장 적으며, 8월의 平均透過率(1 m층에서 75.46%, 5 m층에서 41.37%, 10 m층에서 19.2%, 15 m층에서 9.47%)이 전 수심에 걸쳐 가장 많았는데, 이것은 11월의 平均透明度 및 水色이 가장 낮고 平均吸收係數가 가장 컸기 때문이라고 생각된다.

빛의 水中透過率은 太陽高度와 관계(Cox and Munk, 1956; Sasaki et al., 1962)가 있어, 7월에 관측된 太陽高度가 가장 적은 St. 2(10.33°)와 큰 St. 4(60.74°)를 비교하면, St. 2의 透過率이 수심 1 m층에

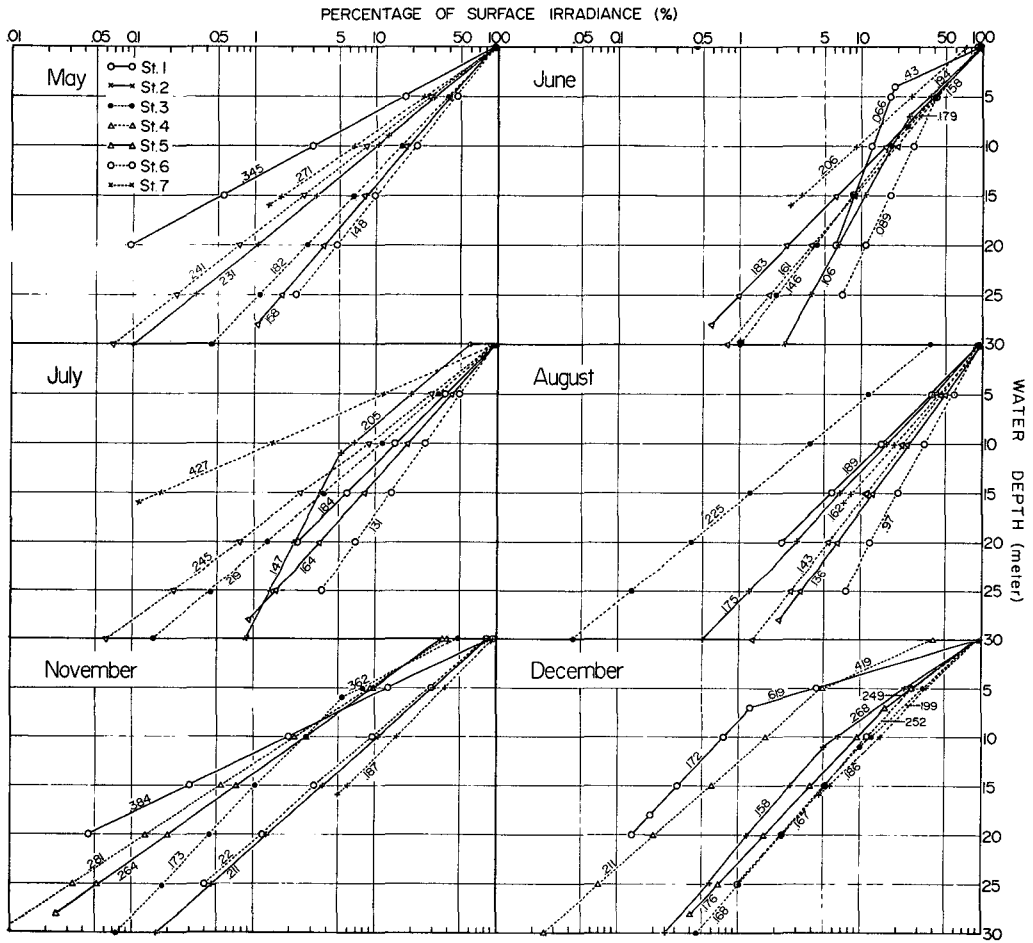


Fig. 4. Vertical distribution of downward irradiance of surface irradiance at the stations.

서 表面光의 49.13%, 5 m층에서 19.13%, 10 m층에서 6.74%, 15 m층에서 3.57%, 20 m층에서 2.13%, 30 m층에서 0.86%였고, St. 4는 수심 1 m층에서 表面光의 77.42%, 5 m층에서 29.03%, 10 m층에서 8.87%, 15 m층에서 2.45%, 20 m층에서 0.77%, 30 m층에서 0.06%의 透過率을 보여, 수심 0~13 m층에서의 透過率은 St. 4가 많았으나, 13 m층 이하에서는 St. 2의 透過率이 오히려 많았다(Fig. 4, July). 이것은 St. 4의 太陽高度가 컸기 때문에 상층에서의 透過率이 많았으나, 하층에서는 수심이 깊어짐에 따라 透明度와 水色이 높고 吸收係數가 적은 St. 2의 透過率이 많았다고 생각된다.

또, 빛의 水中透過率은 吸收係數와 밀접한 관계

(Clark, 1936, 1941)가 있어, 12월에 조사된 吸收係數가 최소인 St. 7(0.186)과 최대인 St. 1(0.619; 0~7 m층, 0.176; 7~20 m층)을 비교하면, St. 7의 海中透過率 (1 m층에서 77.77%, 5 m층에서 35.19%, 10 m층에서 14.81%, 15 m층에서 5.74%)이 St. 1의 透過率(1 m층에서 51.25%, 5 m층에서 4.38%, 10 m층에서 0.75%, 15 m층에서 0.31%)보다 전 관측수심에 걸쳐 透過率이 많았는데, 이것은 St. 7의 吸收係數가 적었기 때문이라고 생각되며 太陽高度의 차이보다 吸收係數의 차이가 빛의 水中透過에 더 많은 영향을 미친다고 생각된다.

한편, 7개 관측점에서 조사기간중에 조사된 透明度層에서의 태양광선의 海中透過率은 최소가 表面光의

6.96%(St. 4, 11월), 최대가 23.48%(St. 6, 6월),
 였고 平均透過率은 16.18%로서 한국 남해안의 17.7
 7%(Yang, 1977)보다 작았으며, 제주도 근해의 14.4
 5%(Yang, 1978b)보다 많았다.

각 조사지점별로 볼때, St. 4가 透明度層에서의 平均透過率이 表面光의 14.16%로서 가장 적었고, St. 6
 이 18.53%로 가장 많았다.

월별로는 11월이 13.66%로 가장 적었으며, 7월
 (15.39%), 12월(15.66%), 8월(15.90%), 6월(18.0
 6%), 5월(18.41%)의 순으로 透明度層에서의 平均透過率이 많았다.

要 約

1977년 5월 부터 8월 사이와 11월에서 12월까지의
 6개월간 매월 한국 남해안의 활렬치어장을 중심으로
 한 7개 관측점에서 透明度, 水色, 太陽高度, 태양광
 선에 대한 해수의 表面照度 및 수심별 海中照度 등
 을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 조사해역의 平均透明度는 8.4 m(2.6~16 m)
 였고, 월별 平均透明度는 8월(11.4 m), 6월(9.1 m),
 7월(9 m), 5월(7.9m), 12월(6.7 m), 11월(6.3 m) 순
 으로 낮게 나타났다.

2. 平均水色은 4.8(3~10)이었고, 월별 平均水色
 은 8월(4.1), 6월과 7월(4.6), 5월(4.7), 11월(5.3),
 12월(5.6) 순으로 낮게 나타났다.

3. 해수의 平均吸收係數는 0.21(0.066~0.619)이
 였고, 월별 平均吸收係數는 11월(0.25), 5월(0.23),
 7월과 12월(0.22), 8월(0.16), 6월(0.15)순으로 적
 게 나타났다.

4. 해수의 吸收係數 κ 와 透明度 D 와의 관계는 $\kappa=$
 $1.70/D$ 로 나타났다.

5. 태양광선의 平均海中透過率은 수심 1 m층에서
 表面光의 69.38%(25.45~88.1%), 5 m층에서는 30.
 35%(4.38~59.46%), 10 m층에서는 12.53%(0.75~
 33.51%), 15 m층에서는 5.7%(0.18~20.27%)의 透
 過率을 보였다.

6. 透明度層에서의 태양광선의 平均透過率은 表面
 光의 16.18%(6.96~23.48%)로 나타났다.

文 献

Clarke, G. L. (1936): The reflection and
 absorption of daylight at the surface of
 ocean. J. Opt. Soc. Am. 26(3), 111-120.

Clarke, G. L. (1941): Observations on transpa-
 rency 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, 55-62.

Jerlov, N. G. (1951): Optical studies of ocean
 water. Rept. Swedish Deep-Sea Exped-
 ition 3, 1-59.

Kampa, E. M. (1970) : Underwater daylight
 measurements in the sea of Cortez. Deep-
 Sea Res. 17, 271-280.

Lim, D. B. (1975): On the optical properties of
 coastal water near Chungmu. Bull. Tong-
 Yeong Fish. Jr. Coll. 10, 13-20.

Poole, H. H. and W. R. G. Atkins(1929) :
 Photoelectric measurements of submarine
 illumination throughout the year. J. Mar.
 Biol. Ass. U. K. 16, 297-324.

Sasaki, T., S. Watanabe, G. Oshiba, N. Oka-
 mi and M. Kajihara(1962): On the instr-
 ument 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
 Ocnog. 18(2), 189-199.

Uda, M. (1934): The results of simultaneous
 oceanographical investigations in the Japan
 Sea and its adjacent water in May and
 June, 1932. J. Imp. Fish. Exp. Stha.
 5, 57-190.

Uda, M. (1936): Result of simultaneous ocean-
 ographic investigations in the Japan Sea
 and its adjacent waters during October
 and November, 1933. *ibid.* 7, 51-151,

활멸치 漁場에서의 海水의 光學的 性質

- Yang, Y. R. (1975): Optical properties of sea water(I). Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 11, 8-14.
- Yang, Y. R. (1976): Optical properties of sea water(II). *ibid.* 12, 7-12.
- Yang, Y. R. (1977a): Optical properties of sea water in the Japan Sea. Bull. Korean Fish. Soc. 10, 173-177.
- Yang, Y. R. (1977b): Optical properties of sea water in the Northwest Pacific. *ibid.* 10, 237-241.
- Yang, Y. R. (1978a): Optical properties of sea water (IV). Bull. Korean Fish. Tech. 14, 37-41.
- Yang, Y. R. (1978b): Optical properties of sea water in the sea near Jeju-do. Bull. Nat. Fish. Univ. Busan, 18, 31-35.