

청록레이저의 해수에 대한 감쇄율 조사
(Attenuation of B-G Laser Beam by Sea Water)

남 성 모* 강 애 남 오 철 한

경북대학교 물리학과

I. 서론

해저통신과 해저개발을 위해서 청록색레이저의 기초조사를 한 바 있다.⁽¹⁾⁽²⁾ 해수는 빛을 흡수하거나 산란하기 때문에 최대 투과거리 영역을 제한하게 된다.⁽³⁾ 따라서 해수에 대한 빛의 흡수와 산란이 감쇄율을 결정한다. 이 감쇄율은 해수의 종류나 사용한 빛의 파장에 따라서 달라진다. 특히 해저창(빛이 가장 잘 투과하는 파장)이 청록색 영역(430-550nm)에 있기 때문에 청록레이저의 해수에 대한 감쇄율을 측정하지 않으면 안된다. 이것과 비교하기 위하여 순수한 물에 대한 감쇄율도 측정하였다.

II. 레이저와 해저창

해수를 통한 레이저강도의 감쇄는 다음과 같이 지수함수적으로 나타난다.

$$I = I_0 e^{-kx}$$

여기서 x 는 해수깊이(m), k 는 감쇄율(m^{-1}), I 는 입사강도 또는 조사량(irradiance, w/m^2)이다. 레이저는 집중된 광선을 방출하므로 에너지 손실은 주로 선택적 흡수와 산란에 기인한다.

해수중에는 부유하는 입자들이 많기때문에 이들과 충돌에 의한 산란감쇄를 일으키고 다중간섭에 의하여 레이저 비임의 공간 간섭성(spatial coherence)을 줄이게 된다.

그러므로 해수에 대한 레이저강도의 감쇄율 $k = \beta + \sigma$ 로 나타난다. 여기서 β 는 흡수에 의한 감쇄율이고 σ 는

산란에 의한 감쇄율이다. 그러나 레이저의 해저창은 주로 흡수율에 의하고 산란은 해수에 나타나는 큰 입자의 크기(1-100 μ)때문에 파장에 크게 의존하지 않는다. 따라서 해저창은 순수한 물에서는 대개 430-530nm에 있고 해수의 경우는 조금 장파장 쪽 470-550nm 사이에 있다.

III. 실험방법

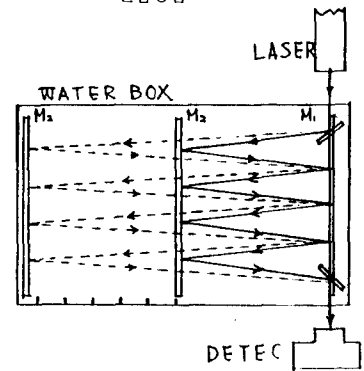


Fig.1. Experimental arrangement

Fig.1.은 해수를 담아서 청록레이저에 대한 감쇄율을 측정하는 장치이다. 80X80cm의 투명 아크릴 상자내에 마주보는 두 면에 표면반사 거울을 설치하고 레이저 비임의 입사각을 조절함으로써 반사회수를 조절할 수 있고 따라서 투과거리를 조절할 수 있다. 여기서 거울은 Alcoating을 하였으며, 레이저는 Ar이온 레이저이고 detector & power meter이다. 해수는 비교적 오염

이 되지 않은 영덕지방의 해안수를 채취하였다.

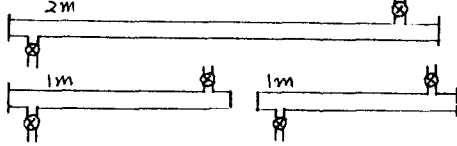


Fig.2. Water tube for attenuation measurement.

Alcoating을 한 거울은 장시간 사용하면 해수에 대하여 번질을 하기 때문에 Fig.2와 같은 긴 유리관을 만들어 측정하였다. 길이는 1m짜리 2개, 2m짜리 2개를 제작하여 이들을 적당히 조합하므로써 1m에서 6m까지 m단위로 변화 시킬 수 있다. 그리고 순수한 물에 대한 감쇄율을 측정하여 비교하기 위하여 증류수로서도 실험하였다.

IV. 실험결과 및 검토

표1은 Ar이온 레이저의 파장에 대한 투과광의 거리변화에 따른 강도변화를 측정한 결과이다.

표1. Ar이온레이저의 파장. 거리에 따른 투과광강도

파장(nm)	0m	0.8m	1.6m	2.4m	3.2m	4m
457.9	3.8	2.57	1.71	1.17	0.77	0.62
476.5	3.8	2.89	1.98	1.28	0.96	0.81
488.0	3.8	2.81	2.08	1.42	1.06	0.85
496.5	3.8	2.96	2.05	1.23	1.15	0.88
501.7	3.8	2.73	1.99	1.87	1.22	0.81
514.5	3.8	2.84	2.13	1.73	1.32	0.86

거울 사이의 간격을 0.8m로 하여 이것을 단위로 거리를 변화시켰으며, Ar이온 레이저가 비교적 강력한 출력으로 발생하는 파장 6종에 대해서 측정한 결과이다. 레이저의 출력은 파장에 따라 다르나 모두 출발점에서 3.8mw로 일정한 강도로 조정하였다. 이들의 강도의 비를 log를 취하여 그래프를 그리면 Fig.3과 같다. 직선식은 모두 $\log(I/I_0) = -kx$ 형태로 나타나고 이 직선들의 기울기가 감쇄율이 된다.

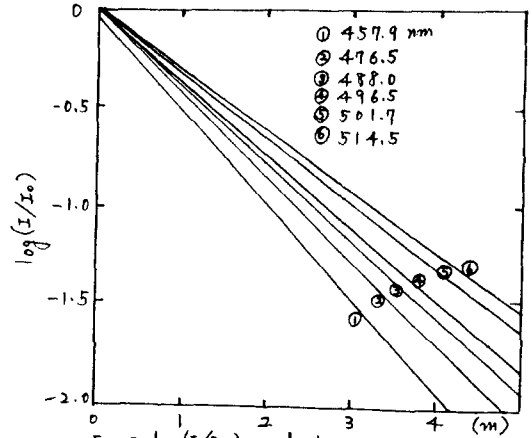


Fig.3 log(I/I₀) vs distance

파장이 증가함에 따라서 직선의 기울기가 완만해지고 따라서 감쇄율이 감소함을 나타낸다. 파장에 따른 감쇄율을 표2에 나타내었다.

표2. 파장에 따른 감쇄율

파장(nm)	감쇄율(m ⁻¹)
457.9	0.4551
476.5	0.4085
488.0	0.3833
496.5	0.3755
501.7	0.3649
514.5	0.3549

표2를 그래프로 나타내면 Fig.4와 같다. 파장에 따라서 감쇄율이 감소하고 최소치를 나타내는 파장이 530nm로 추정된다. 해수는 비교적 오염이 되지 않은 동해안 영덕지방의 해안에서 취수한 것이므로 해안수의 흡수와 산란을 합한 값과 대략 일치한다. (1)(3)

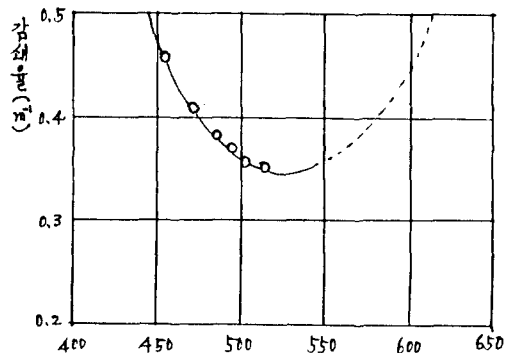


Fig. 4 해수의 파장에 따른 감쇄율 변화

Fig.5는 해수와 증류수를 보통의 분광흡수광도계로서 측정된 결과이다. 이 장치는 흡광도($\log I_0/I$)와 투과율을 동시에 읽을 수 있게 되어있다. 증류수를 필터시키지 않았으므로 해수와 거의 비슷한 모양으로 나타났는데 다 같이 투과창을 515nm부근이며 해수가 증류수보다 약간 장파장 쪽으로 치우쳐 있다. 증류수는 불순물 입자가 많아서 필터해서 실험하여야 한다.

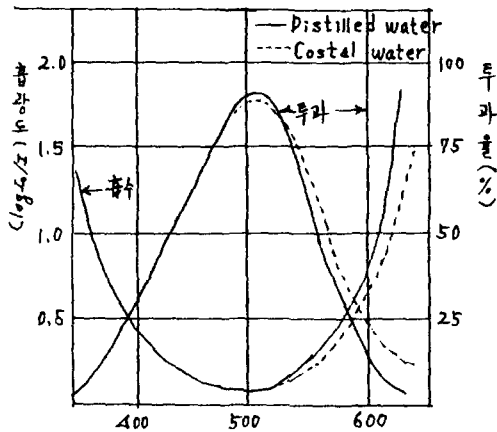


Fig.5 분광흡수광도계로서 측정된 흡광도·투과도

분광흡수광도계는 광원자체가 백열전구이고 이것을 분광하여 사용하기 때문에 흡수율이나 투과율 측정에서 부정확하다. 따라서 레이저의 결과와 일치하지 않으나 해저창은 거의 비슷한 값을 나타낸다.

V. 결 론

동해안 영덕지방의 연안해수는 Ar레이저에 대하여 감쇄율이 0.455에서 0.355(m^{-1}) 범위내에 있으며 해저창은 530 nm에서 최소치를 가진다.

해수는 증류수보다 흡수율이 크고 투과율이 낮다. 그리고 전반적으로 장파장 쪽으로 치우쳐 있다.

참고문헌

- (1) D.P. Juyal, Def. Sci. J. 34-1, 57 (1970)
- (2) 오철한, 경북대 교육연구지 30집, 143(1980)
- (3) E.O. Hulburt, J. of OSA, 35-11, 698 (1945)