

득량만의 조석주기 및 계절변동에 따른 투명도의 변동특성

이병걸* · 조규대** · 최용규***

*제주대학교 해양토목공학과, **부경대학교 해양학과, ***국립수산진흥원 서해연구소
(1996년 9월 2일 접수)

The Transparency Variation according to Tidal and Seasonal Variation in Deukryang Bay, 1995 and 1996

Byung - Gul LEE, Kyu - Dae CHO, Yong - Kyu CHOI

*Dept. of Ocean Civil Engineering, Cheju University,

**Dept. of Oceanography, Pukyung University,

***National Fisheries Research and Development Agency, Namhae Branch

(Received September 2, 1996)

Abstract

The temporal variations of the transparency with water temperature, salinity and density during spring-neap tidal cycle of spring, summer, autumn and winter time were investigated at 34 stations using observation data in Deukryang Bay, Korea, in 1995. It was found that the transparency was depended on spread of tidal currents and vertical stratification of water. The depth of transparency during neap tide was deeper than that of spring tide. The value of transparency in summer was the largest among four seasons. We concluded that the vertical stratification intensity of water mass and tidal current in the bay are the most important factor of the horizontal and vertical distribution of transparency.

서 론

연구 대상해역인 득량만(Fig. 1)은 한국남해안에 위치하는 만으로, 면적은 약 374km², 평균수심은 약 7.5m인 반폐쇄적만으로 입구부가 3개로 구성되어 있는 지형적 특성을 가진다. 따라서 이러한 만의 반폐쇄성으로 인하여, 만내의 부유 퇴적물은 외해로부터 유입되거나 주변의 육상에서 유입되기 보다는, 만내 저층에서 재부유되는 양이 많을 것으로 사료된다. 즉 조류에 의한 퇴적물의 재부유

가 야기될 가능성이 높을 것으로 사료된다. 특히, 공·이(1994)의 연구에 따르면 득량만 퇴적물은 조류의 유속에 의하여 퇴적물의 부유이동과 침전 작용이 거듭되며, 또한 계절적인 수괴의 물리적인 특성과 퇴적물의 분포특성 사이에 밀접한 관계가 있을 수 있음을 보고한 바 있다. Lee(1994)는 득량만의 수괴특성은 대조기와 소조기때의 유속의 세기에 의하여 크게 좌우됨을 밝힘으로써 이로 인한 부유퇴적물의 변동 가능성을 제시하고 있다.

지금까지의 연구는 득량만의 해수 물리적 특성

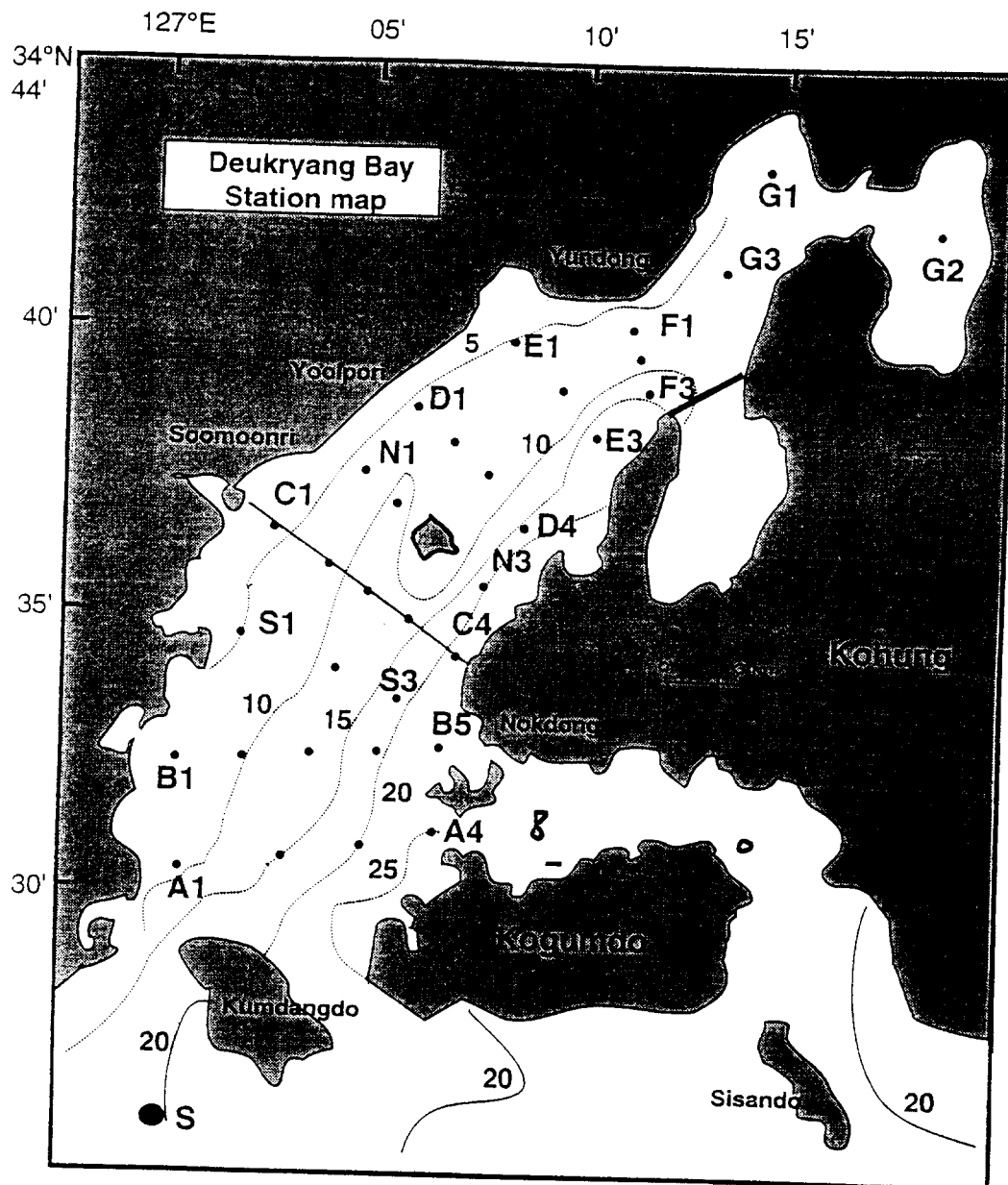


Fig. 1. Bathymetric chart for the study area with location of sampling stations.

과 퇴적물의 특성이 하계 혹은 동계 등으로 단편적인 연구가 이루어져 왔다. 이는 지속적인 관측의 어려움과 공동연구의 어려움 때문인것으로 사료된다.

일반적으로 이러한 부유퇴적물의 양에 의하여 결정되는 투명도는 수괴의 특성을 분류하는데

어서 수온 및 염분에 비하여 그 성격이 비교적 뚜렷하게 나타나며, 관측이 수온, 염분, 밀도, 유속등에 비해 비교적 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있다. 특히 해수와 담수가 만나는 하구역 등에서는 투명도의 차이가 뚜렷히 나타나, 투명도를 이용할 경우 수괴의 전선형태등을 밝힐 수 있다. 일반적으로 연

안역에서는 투명도는 부유퇴적물과 해수의 물리적인 변동특성과도 밀접한 관계가 있다(Takeoka, 1987).

본 연구에서는 이러한 투명도를 4계절에 걸쳐 조석주기에 따라 관측함으로써 계절별 조석주기별 투명도의 변동 특성을 파악하고, 그 변동 원인을 조석, 조류, 수온, 염분, 밀도자료를 이용하여 규명하고자 한다.

관측자료

본 연구에 사용된 투명도 관측자료의 정점은 34개로 1995년 춘계인 4월 27일(대조기)과 5월 5일(소조기), 하계인 7월 28일(대조기)와 8월 5일(소조기), 추계인 10월 27일(대조기)와 11월 3일(소조기), 1996년 동계인 1월 27일(소조기)와 2월 3일(대조기)때의 투명도를 관측하였다. 그리고 조류는 녹동에서 예측된 수로국에서 발간한 조석표(수로국 1995, 1996)의 자료를 사용하였고, 수온, 염분, 밀도는 각 계절별 대조기때의 C-line(Fig. 1)에서 연직적으로 관측된 수온, 염분, 밀도를 사용

하였다. 투명도는 직경 30cm세키원판을 이용하였고, 수온, 염분, 밀도는 전자기유속계(ECM-12)와 CTD(Sea-Bird 사)를 이용하여 관측하였다.

투명도의 조석주기별 및 계절별 변동

Fig. 2는 춘계때 대·소조기의 투명도(세키원판 가지거리)를 나타내고 있다. 대조기때의 투명도는 만 전반에 걸쳐 약 1m 내외인 반면 소조기때는 2m 내외로, 대조기에 비하여 투명도가 약 1m나 높게 나타났다. 그리고 투명도의 분포특성은 수심이 깊은 곳은 좋고 수심이 얇은 곳은 나쁘게 나타났다.

Fig. 3은 하계때 대·소조기의 투명도를 나타내고 있다. 대조기때의 투명도는 수심이 깊은 동측은 약 5m로 나타났으며, 서측은 약 2m로 낮게 나타났다. 그리고 하계의 투명도도 소조기가 대조기보다 약 1m 정도 높음을 알 수 있다. 이상의 결과를 보면 전반적으로 하계의 투명도가 춘계의 투명도보다 약 2배 이상 높게 나타났다.

Fig. 4는 추계때 대·소조기의 투명도를 나타내고 있다. 추계의 경우도 춘계와 마찬가지로 대조기

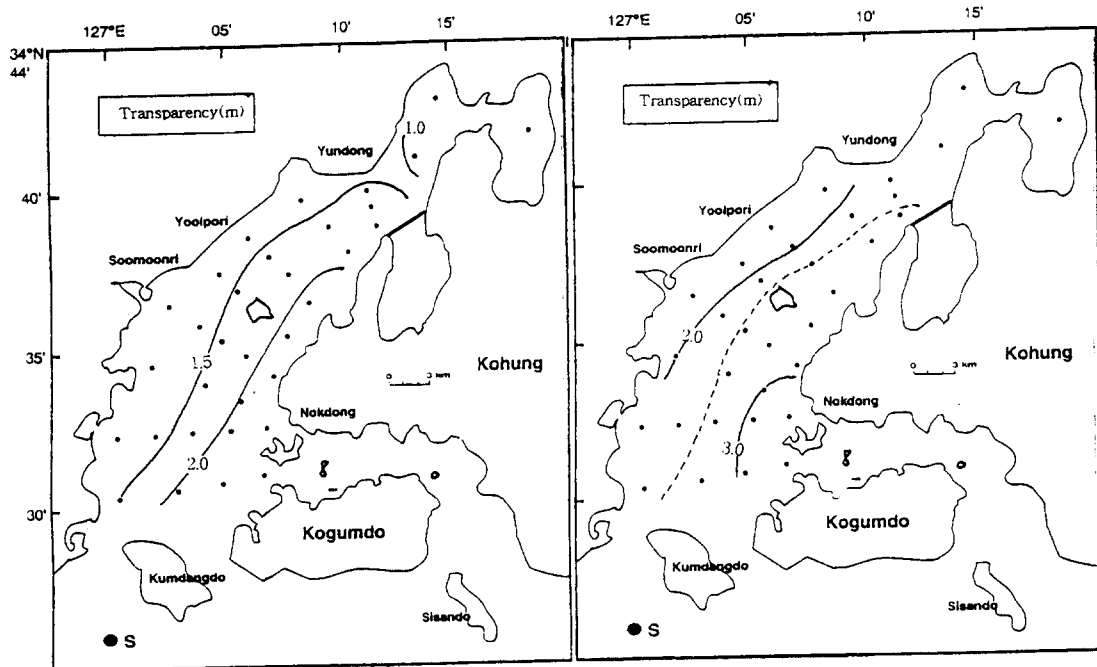


Fig. 2. Transparency in spring tide(left figure) and neap tide(right figure) in April and May, 1995.

특량만의 조석주기 및 계절변동에 따른 투명도의 변동특성

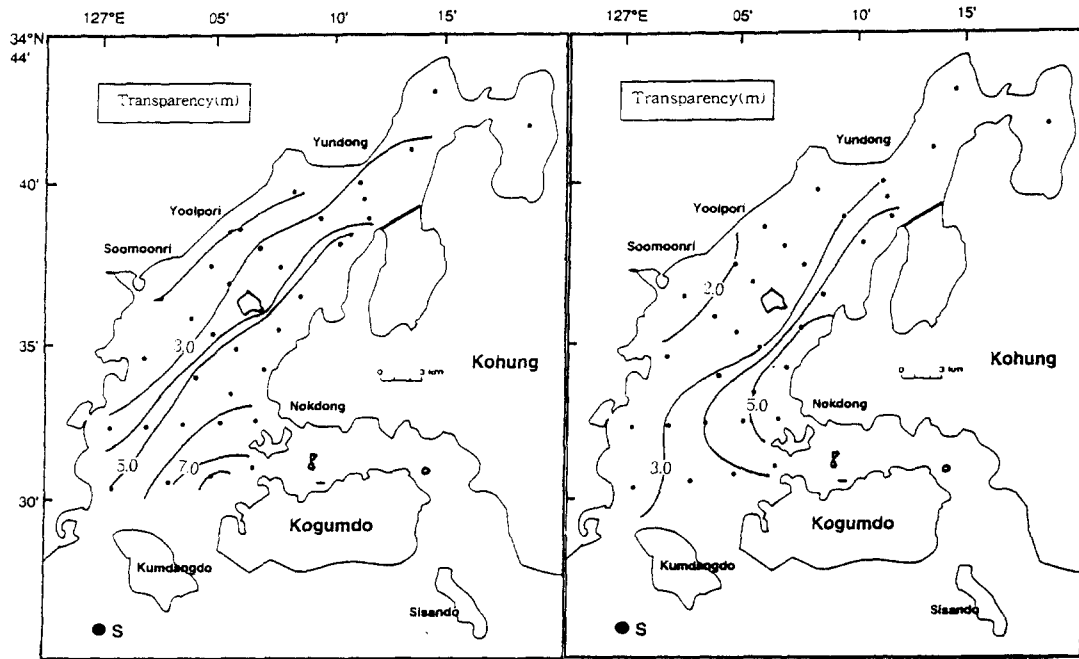


Fig. 3. Transparency in spring tide(left figure) and neap tide(right figure) in July and August, 1995.

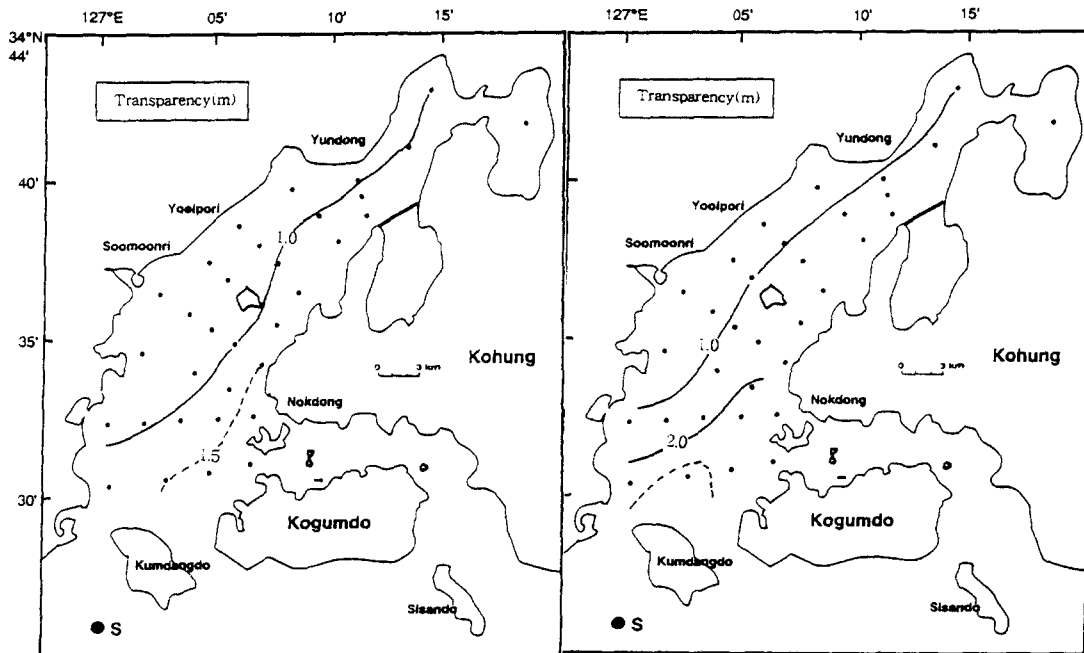


Fig. 4. Transparency in spring tide(left figure) and neap tide(right figure) in October and November, 1995.

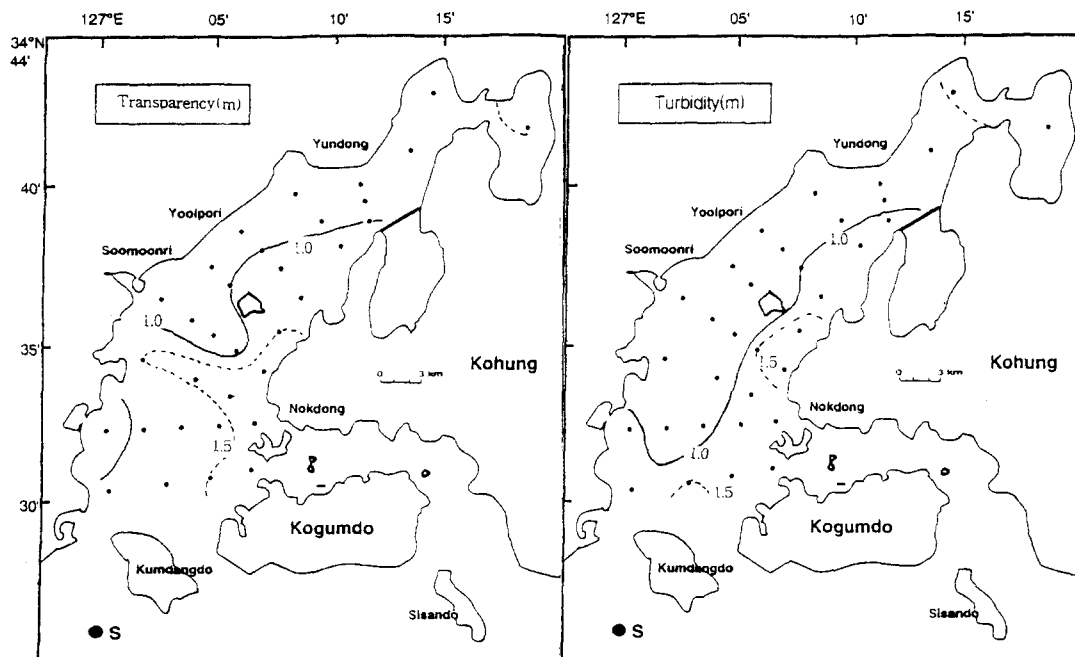


Fig. 5. Transparency in spring tide(left figure) and neap tide(right figure) in January and February, 1996.

Table 1. The seasonal and tidal variations of transparency in Deukryang Bay in 1995

	춘 계		하 계		추 계		동 계	
	대조기	소조기	대조기	소조기	대조기	소조기	대조기	소조기
투명도 평균 수심(m)	1.38	1.42	3.24	4.22	1.7	2.4	0.95	1.08

때가 소조기때보다 투명도가 약 1 m로 낮았다. 즉 대조기때는 만 전체가 약 1~2m였으며, 소조기때는 약 2~3m이었다.

Fig. 5는 동계때 대·소조기의 투명도를 나타내고 있다. 대조기때는 투명도가 전반적으로 1 m 내외로 4계절중 가장 투명도가 낮았다. 그리고 수평적으로도 투명도의 값이 거의 비슷한 값을 보여주고 있다. 소조기때도 대조기와 유사한 분포특성을 보이나 전반적으로 비슷한 양상을 보여주고 있다.

특량만에서 투명도의 분포에 대한 결과를 정량적으로 평가하기 위하여 대·소조기와 계절별 투명도의 평균치를 각각 계산하여 Table 1에 나타내었다. 그 결과 전계절에 걸쳐 대조기보다 소조기때가 투명도가 높음을 알 수 있다. 그리고 계절로는 하계가 가장 투명도가 높고 동계가 가장 낮아서 하계가 동계보다 투명도가 거의 3~4배 정도 높음을

알 수 있다.

수온, 염분, 밀도의 계절별 변동

Fig. 6은 C-line의 연직단면을 따라 춘계때의 수온, 염분, 밀도구조를 보여주고 있다. 수온은 전반적으로 15℃로 연직적으로 거의 혼합된 형태를 보여주고 있다. 염분은 약 33.4PSU로 상하층의 염분이 거의 같은 값을 가진다. 밀도는 수온, 염분과 거의 같은 구조를 보여주고 있으나, 수심이 깊은쪽에 약한 밀도성층구조가 나타나고 전반적으로 σ_t 가 25 내외의 값을 보여주고 있다.

Fig. 7은 C-line의 연직단면을 따라 하계때의 수온, 염분, 밀도구조를 보여주고 있다. 춘계에 비하여 수온이 높아 27℃로 연직적으로 성층이 발달되어 있음을 알 수 있다. 염분을 보면 약간의 전염

특량만의 조석주기 및 계절변동에 따른 투명도의 변동특성

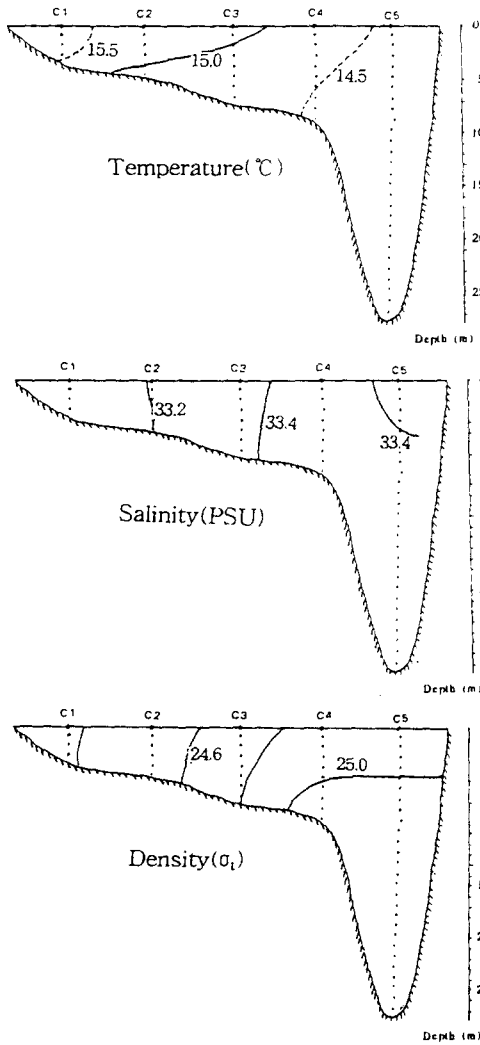


Fig. 6. Vertical temperature, salinity, density distributions along section C - line in April, 1995.

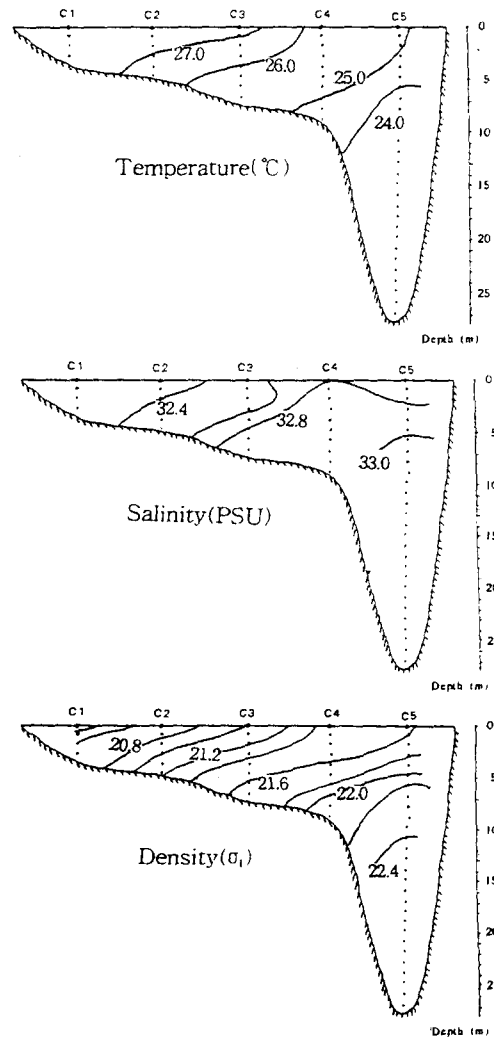


Fig. 7. Vertical temperature, salinity, density distributions along section C - line in July, 1995.

화되어 약 33PSU내외의 값을 나타내고 있다. 그리고 연직적으로는 약간의 성층이 발달되어 있다. 밀도구조를 살펴보면 춘계에 비하여 성층이 상대적으로 발달되어 있으며, 밀도값 σ_t 가 22 내외로 4 계절중 가장 낮은값을 나타내고 있다.

Fig. 8은 C-line의 연직단면을 따라 추계때의 수온, 염분, 밀도구조를 보여주고 있다. 수온은 전반적으로 18℃로 연직 및 수평적으로 거의 혼합된 형태를 보여주고 있다. 염분은 약 33PSU이며 수온과 비슷하게 거의 수평 및 연직적으로 거의 혼합

된 형태를 보여주고 있다. 밀도 σ_t 가 23.8로 수평 및 연직적으로 거의 같은 값을 나타내고 있다.

Fig. 9는 C-line의 연직단면을 따라 동계때의 수온, 염분, 밀도구조를 보여주고 있다. 수온은 전반적으로 5℃보다 낮으며, 수심이 얇은쪽은 약 2℃보다 낮은값을 보이는 반면 수심이 깊은 쪽은 5℃보다 높은값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 수온으로 수괴의 구조를 보면 연직적으로는 잘 혼합된 형태를 보이고 있으나 수평적으로는 분리된 것을 알 수 있다. 염분 대체적으로 약 33PSU

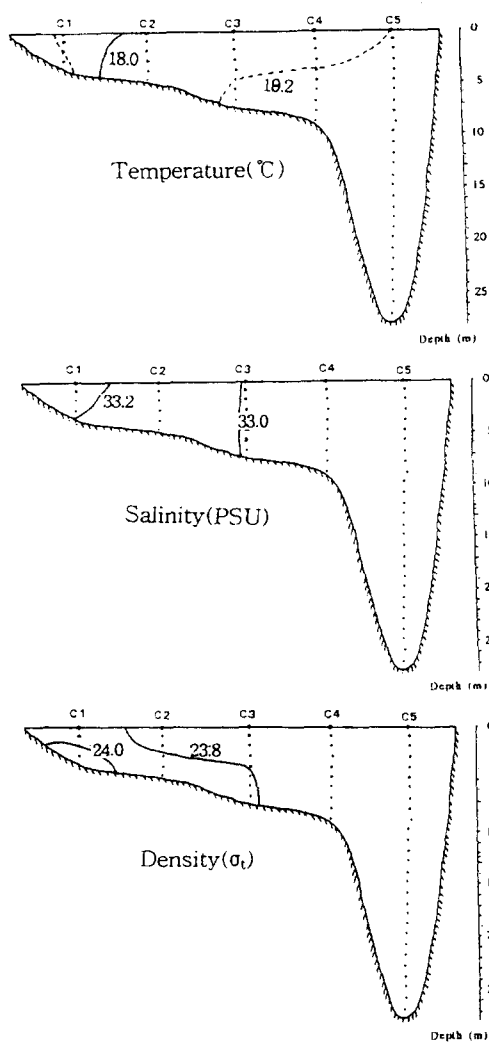


Fig. 8. Vertical temperature, salinity, density distributions along section C-line in October, 1995.

내외이며 수온과 달리 수평적으로 비슷한값을 가지는 반면 연직적으로 약한 성층형태를 보여주고 있다. 밀도 σ_t 가 26으로 4 계절중 가장 높게 나타났으며, 수심이 낮은쪽은 연직적으로 잘 혼합된 형태를 보여주고 있으나 수심이 깊은쪽은 약간의 성층 형태를 보여주고 있다.

조석의 계절별 변동특성

Fig. 10은 관측기간동안의 계절별 조석(조위)의

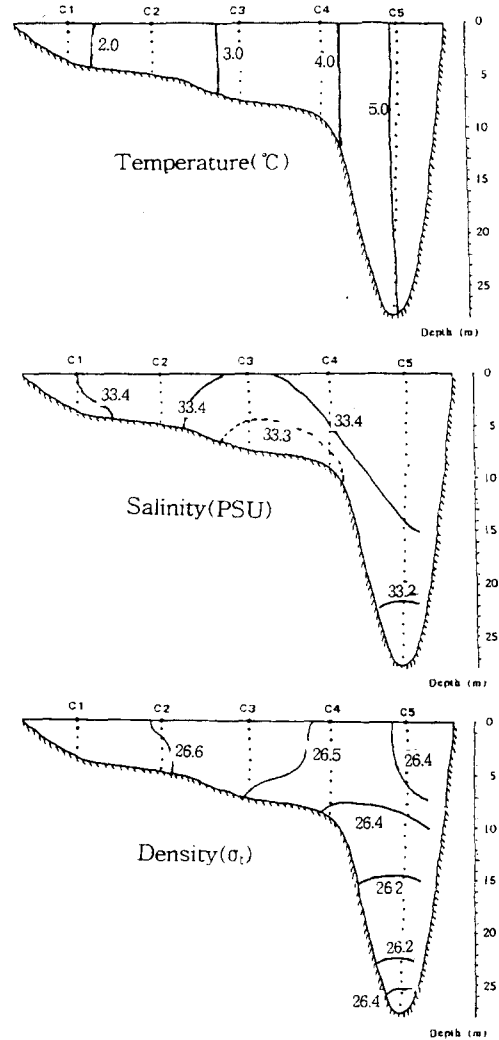


Fig. 9. Vertical temperature, salinity, density distributions along section C-line in February, 1996.

변동특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 보면 대조기때의 조위의 높이는 전계절에 걸쳐 거의 4 m인 반면 소조기때는 2~3m로서 대조기때의 진폭이 소조기때의 진폭의 약 2배 정도 크를 알 수 있다. 이러한 조위의 변동은 만내의 유속변화를 야기시키게 되며 이러한 대·소조기 동안의 유속값의 변동치는 Fig. 11(Lee, 1994)에 나타난 바와 같이 유속도 대·소조기에 따라서 거의 2배이상차이가 남을 알 수 있다. 따라서 이러한 유속의 변동은 투명도에 직접 영향을 주는 저층 부유물질의 이동에 많

독량만의 조석주기 및 계절변동에 따른 투명도의 변동특성

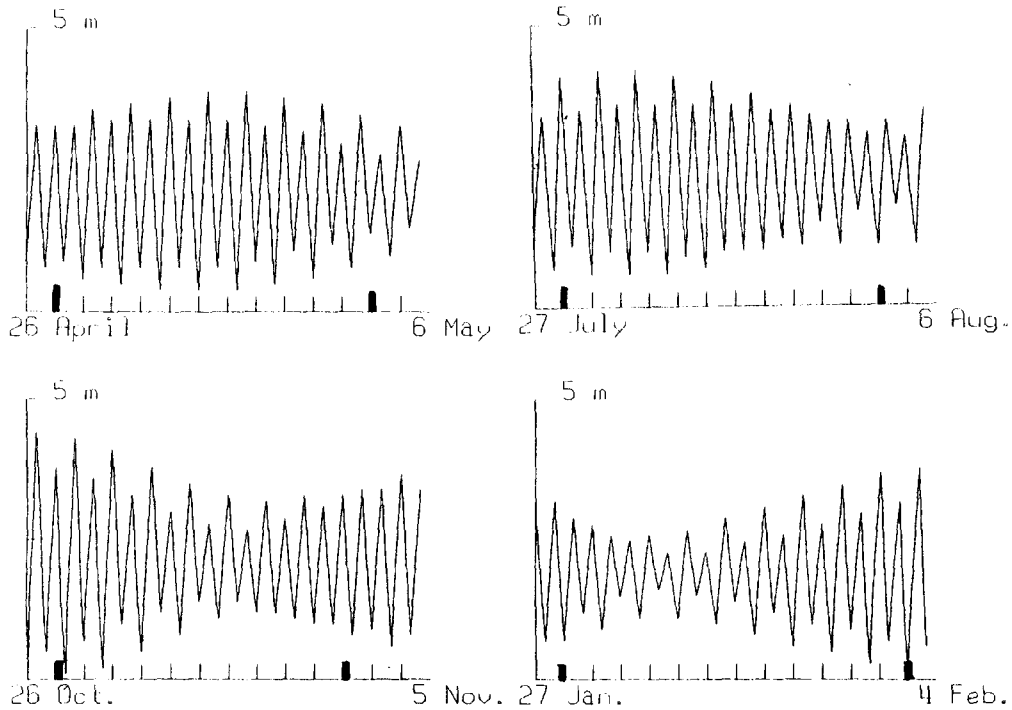


Fig. 10. Tidal Elevation of Observation Periods in 1995 and 1996.

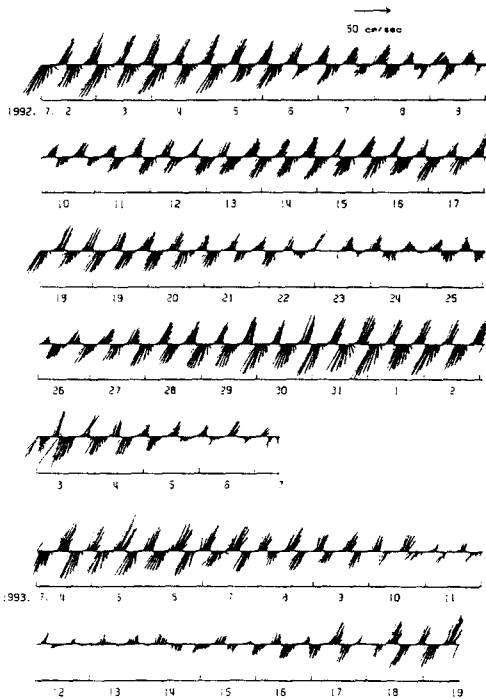


Fig. 11. Tidal current velocity from 1 July to 7 August, 1992 and 3 July to 19 July, 1993 (after Lee, 1994).

은 변동을 야기시킬 수 있을 것으로 사료된다.

고 찰

지금까지 관측된 조석주기별 및 계절별 투명도, 수온, 염분, 밀도, 조위, 조류변동을 살펴본 결과 조석주기별로는 투명도는 대조기가 소조기에 비하여 낮게 나타났다. 계절별로는 여름이 투명도가 가장 높고, 겨울이 가장 낮게 나타났으며, 봄과 가을은 거의 비슷하게 나타났다.

조석주기에 의한 투명도의 차이는 조위변동에 따른 조류의 유속에 의하여 발생하는 저면 전단응력이 저층에 작용함으로써 이로인해 저층부유물질의 재부상에 의하여 나타난 것으로 사료된다. 이러한 대소조기의 유속의 차이는 Fig. 11에 나타나 있는 Lee(1994)의 관측결과에도 잘 나타나 있음을 알 수 있다. 그리고 수괴의 연직혼합을 일으키는 연직혼합에너지는 일반적으로 아래의 식(1)과 같이 유속의 3배에 비례하는 것으로 알려져 있다 (Simpson & Hunter, 1974).

Table 2. The seasonal stratification variations in Deukryang Bay in 1995

	춘 계	하 계	추 계	동 계
성층의 세기 (kg m ⁻³)	0.01	0.04	0.0	0.0

$$\frac{dE_T}{dt} \propto \alpha U^3 \quad (1)$$

여기서 α 는 비례상수, E_T 는 연직혼합에너지, U 는 유속, t 는 시간을 나타낸다.

따라서 이러한 혼합에너지의 세기에 의하여 저층퇴적물의 재부상으로 인하여 투명도에 변화가 나타난 것으로 사료된다.

계절에 따른 투명도의 차이는 계절에 따른 상하층간의 수괴의 혼합정도에 따라 투명도가 달라지는 것으로 사료된다. 이를 확인하기 위하여 C-line을 따라 상하층간의 성층정도를 다음의 식(2)을 이용하여 계산한 후 Table 2에 나타내었다.

$$S = \frac{\partial \sigma_t}{\partial z} \quad (2)$$

여기서 σ_t 는 밀도를 나타내고 z 는 수심을 나타낸다.

Table 2의 결과를 보면 투명도가 가장 높은 하계가 성층의 정도가 가장 강하며, 성층의 정도가 낮은 추계와 동계는 성층이 파괴되어 연직혼합이 잘된 성층의 중립이 나타나 있다. 이상의 결과를 미루어 보아서 투명도의 계절적변동은 수괴의 연직

혼합을 나타내는 성층의 정도에 의하여 결정됨을 잘 알 수 있다.

사 사

이 연구는 1995년도 과학재단지정 부경대학교 해양산업개발연구소의 연구지원금에 의하여 수행되었다.

참고문헌

- 1) 공영세 · 이병걸, 1994. 득량만의 퇴적물 및 부유물 특성. 한국해양학회지, Vol. 29(3), pp.269~277.
- 2) 수로국, 1995. 조석표. 제1권, p. 250.
- 3) 수로국, 1996. 조석표. 제1권, p. 250.
- 4) 이병걸, 공영세, 조규대(1996) : 대 · 소조기변동에 따른 득량만내의 부유퇴적물의 변동 및 분포특성, 한국환경과학회, 인쇄중.
- 5) Lee, B. G., 1994. A study of physical oceanographic characteristics of Deukryang Bay using numerical and analytical models in summer. Thesis, National Fisheries University of Pusan, p. 145.
- 6) Simpson, J. H. and J. R. Hunter(1974) : Fronts in Irish Sea. Nature, 250, 404 - 406.
- 7) Takeoka, Hidetaka. 1987. Distribution and seasonal variation of the transparency in the Seto Inland Sea. Ehime Univ. pp. 15~27.(in Japanese).