

대 · 소조기변동에 따른 득량만내의 부유퇴적물의 변동 및 분포특성

이병걸* · 공영세** · 조규대***

제주대학교 해양토목공학과** · 부경대학교 응용지질학과**

부경대학교 해양학과

(1996년 5월 10일 접수)

The Variations of SMC During Tidal Cycle in Deukryang Bay, Korea

Byung-Gul LEE*, Young-Sae KONG**, Kyu-Dae CHO

**Dept. of Ocean Civil Engineering, Cheju Nat. Unive. 690-756, Korea*

***Dept. of Applied Geology, Pukyong Univ. 608-737, Korea*

****Dept. of Oceanography, Pukyong Univ. 608-737, Korea*

(Manuscript received 10 May 1996)

The temporal variations of the suspended material concentration (SMC) during spring-neap tidal cycle was investigated at more than 30 stations in Deukryang Bay, Korea, in 1 and 23 July, 1992. The averaged total SMC in spring tide was two times more than those in neap tide. It can be explained that the strong tidal current in spring tide disturbed bottom waters and induced higher SMC in the bay. The areal distributions of SMC for the surface and the bottom layers in the bay shows much different patterns during spring and neap tidal cycle. We concluded that the vertical stratification intensity of water mass is important factor of the horizontal distribution of SMC in the bay.

Key words : spring-neap tidal cycle, SMC, tidal current.

1. 서 론

연안역에서 부유퇴적물의 분포와 이동양상에 관한 정보는 저질의 성질과 변동특성을 예측하는데 매우 중요하다. 특히 연안역의 양식장 형성이나 구조물의 설치시에는 반드시 밝혀져야 할 과제이다 (Veerayya and Muralinath, 1994). 이러한 부유 퇴적물의 이동은 외해역의 경우는 주로 대규모 해류의 영향을 많이 받으나, 연안역의 경우는 주로 조류의 영향을 많이 받는다 (Malikides et al., 1989). 특히 연안역에서도 수심이 얕은 천해역의 경우 조

류의 세기와 수심에 의하여 부유퇴적물의 이동 및 분포특성이 많은 영향을 받을 수 있다. 우리나라의 경우 Chough et al. (1991)이 한국남해 연안역의 부유 퇴적물의 이동이 주로 조류와 쓰시만난류의 영향을 많이 받는다는 연구를 한 바 있다. 이외에도 Park and Khim (1990)가 우리나라 대륙붕역의 퇴적물의 분포특성과 그 기원에 대하여 논하였다. 그러나 이러한 연구는 주로 남해 연안역으로서 조류보다는 해류의 영향을 직접적으로 많이 받는 해역에 대하여 연구를 하여왔다. 그러나 Kang and Cho (1982)의 연구에 따르면 육지에 가까운 만이나

해안일 수록 해류보다는 조류의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

본 연구의 대상해역인 득량만 (Fig. 1)은 한국남해안에 위치하는 만으로, 면적은 약 374 i, 평균수심은 약 7.5 m인 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 재부유가 야기될 가능성이 높을 것으로 사료된다. 특히, 공·이 (1994)의 연구에 따르면 득량만 퇴적물은 조류의 유속에 의하여 퇴적물의 부유이동과 침전 작용이 거둬지며, 또한 계절적인 수괴의 물리적인 특성과 퇴적물의 분포특성 사이에 밀접한 관계가 있음을 보고한 바 있다. Lee (1994)는 득량만의 수괴특성은 대조기와 소조기때의 유속의 세기에 의하여 크게 좌우됨을 밝힘으로써 이로 인한 부유퇴적물의 변동 가능성을 제시하고 있다.

본 연구에서는 이러한 대·소조기의 유속의 변동에 따른 득량만내의 부유 퇴적물의 수평 및 연직분포가 어떻게 변동하며, 또한 표·저층의 부유 퇴적물의 양이 어떻게 변동하는가를 살펴보고자 한다.

2. 해양관측 및 자료분석

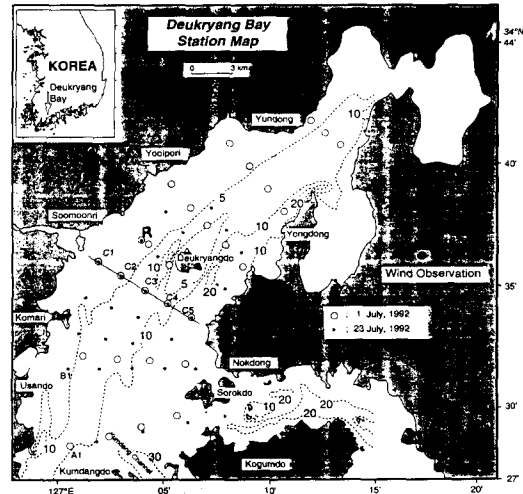


Fig. 1. Bathymetric chart for the study area with location of sampling stations.

본 연구에 사용된 관측자료의 정점은 약 30여개로 대조기인 1992년 7월1일과 소조기인 1992년 7월23일에 각각 관측을 실시하였다 (Fig. 1). 관측항목은 부유물총량 (total suspended material)이며, 동시에 관측된 정선 C-line의 5개 정점에서의 수온, 염분, 밀도와 유속자료는 Lee and Rho (1993)의 결과를 이용하였으며, 기상관측자료는 Lee (1994)의 연구 결과를 이용하였다. 그리고 조위변동은 수로국 (1992)에서 제시한 녹동검조소에서 예측된 조위값을 이용하였다. 부유 퇴적물은 반돈채수기를 표층 (해

Table 1. Averaged suspended sediment amount (mg/l) for all stations in Deukryang Bay. () indicated total station number.

Periods	Unit : mg/l	
	1 July, 1992	23 July, 1992
Layer	Spring Tide	Neap Tide
Concentration of Surface	164 (24)	10.5 (18)
Concentration of Bottom	22.0 (22)	8.8 (13)
Aberaged Concentratin of Surface and bottom	38.4	19.3

면하 1m)과 저층(저면위 1m)에서 각각 1리터씩 채수하여 분석하였다.

3. 자료분석 결과

Table 1은 각 정점별 표층과 저층에서 각각 관측된 부유물의 총량을 합한 후 전체 정점으로 나누어서 구한 평균치를 나타낸 것이다. 여기서 괄호 내의 숫자는 총 정점수를 나타낸 것이다.

Table 1의 평균 부유물량을 살펴보면 대조기의 경우 표층이 16.4 mg/l이고, 저층이 22.0 mg/l인데 비해 소조기의 경우 표층이 10.5 mg/l이고 저층이 8.8 mg/l여서 대조기때의 평균부유물의 양이 소조기에 비하여 높음을 알 수 있다. 특히 소조기의 경우 표층의 평균 부유물의 양이 저층보다 높은 특성이 있음이 주목된다. 그리고 표·저층 평균농도의 합을 보면 대조기때는 38.4 mg/l이고, 소조기때는 19.3 mg/l로 대조기가 소조기보다 약 2배정도 높음을 알 수 있다.

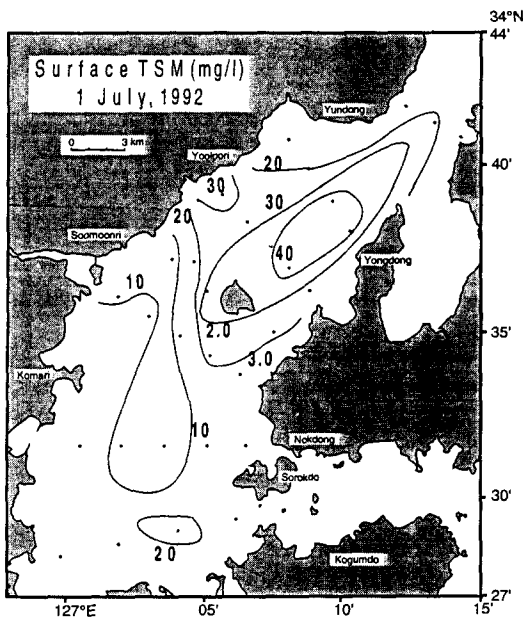


Fig. 2. Suspended material distribution of spring tide: surface.

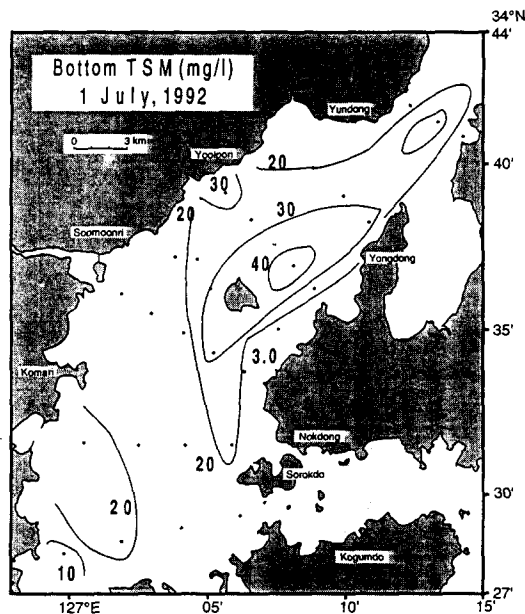


Fig. 3. Suspended material distribution of spring tide: near bottom.

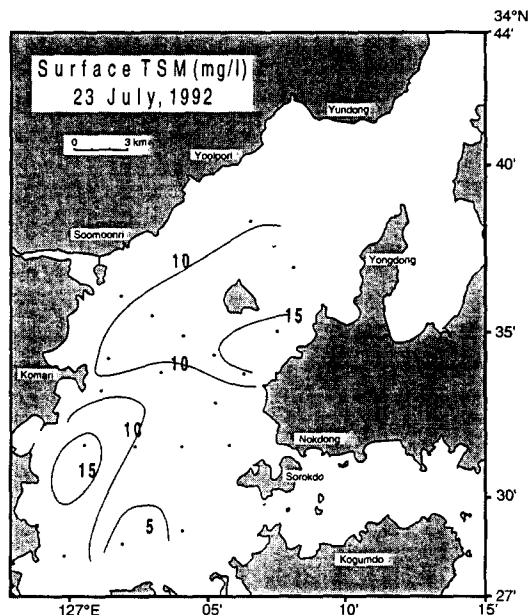


Fig. 4. Suspended material distribution of neap tide: surface.

대·소조기, 표·저층에 대하여 이들 정점들에서 관측된 각 부유물의 양의 공간적분포를 Fig. 2, 3, 4, 5에 나타내었다. Fig. 2와 3은 대조기때의 표층

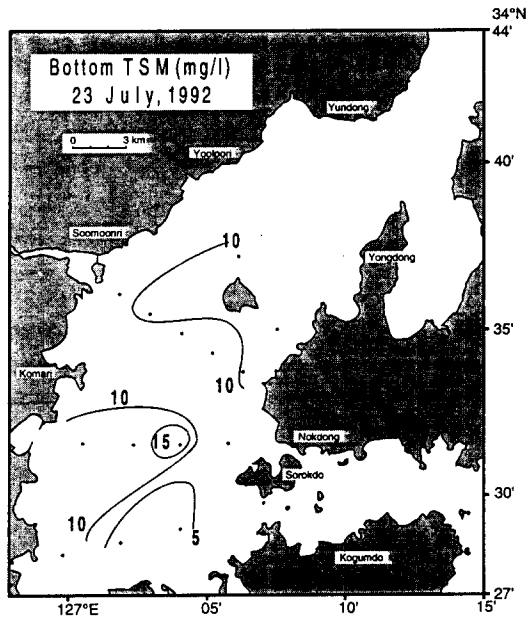


Fig. 5. Suspended material distribution of neap tide: near bottom.

부유물과 저층부유물의 분포특성을 보인 것이다. 이 그림들을 살펴보면, 대체로 득량만의 중심부에 위치한 득량도를 기준으로 북쪽은 농도가 30~40 mg/l로 다른 해역에 비해 높은 농도값을 보여 주는 반면 득량도 남쪽은 10~20 mg/l로 낮은 값을 보여 준다. 그리고 표·저층부유물의 전반적인 분포특성이 매우 유사함을 알 수 있다. 즉 최대 부유물의 값을 나타내는 정점이 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. Figs. 4와 5는 소조기때의 표층과 저층퇴적물의 분포특성을 보여준다. 이 그림을 보면 전반적으로 대조기에 비해 부유퇴적물이 10 mg/l내외로 낮은 농도값을 보여 주고 있다. 그리고 분포특성을 보면 득량도 아래에서는 10~20 mg/l로 높은값을 나타내는 반면 득량도의 북쪽은 10 mg/l이하의 낮은값을 나타내고 있다. 따라서 소조기동안의 부유물의 양과 분포양상이 상당히 다름을 알 수 있다.

4. 고찰

1992년 7월 1~2일 (대조기)와 92년 7월23일 (소

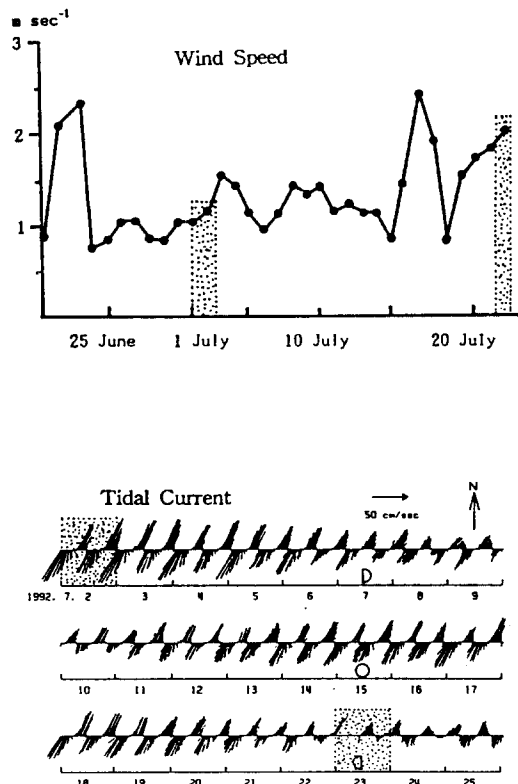


Fig. 6. Wind speed and tidal current velocity from 1 July to 25 July, 1992 (after Lee and Rho, 1993; Lee, 1994).

조기)의 부유 퇴적물의 양적인 변동을 살펴보면, 대조기의 경우 표·저층의 평균부유물 총량은 각각 16.4 mg/l와 22.0 mg/l로 나타났으며, 소조기의 경우 10.5 mg/l와 8.8 mg/l로 평균 부유물의 총량이 대조기때의 부유물의 총량이 소조기때의 평균 부유물의 총량에 비해 약 2배 정도 많음을 알 수 있다. 이러한 결과는 대조기때의 조류유속의 세기나 바람에 의해서 발생된 해류에 기인된 것으로 사료된다. 왜냐하면 부유퇴적물의 부유특성은 연안의 경우 해류 유속의 세기에 의하여 좌우되는 것으로 알려져 있다 (Sherwood et al., 1994). 따라서 이 기간동안의 조류의 특성과 바람의 세기에 기인된 해류의 특성을 파악하는 것이 중요할 것이다. 이 기간동안에 관측된 해류 vector도 (Lee and Rho, 1992)와 득량만 주변의 고흥기상대에서 관측된 바람의 세기 (Lee, 1994)를 Fig. 6에 나타내었다. 이 그

림을 보면 바람의 경우 전반적으로 1~2 m/sec의 분포로 관측기간동안에 크게 변하지 않고 있으며, 더구나 부유퇴적물의 양이 적은 소조기때의 바람의 세기가 부유퇴적물의 양이 많은 대조기때의 바람의 세기보다 강하여, 약 2 m/sec로 대조기때보다 약 2배정도 강함을 알 수 있다. 따라서 관측기간동안의 바람의 세기에 의하여 발달된 해류가 부유퇴적물의 분포 및 재부유 특성에 큰 영향을 미

치지 않았을 것으로 사료된다. 그러나 이해 비해 조류유속의 경우 대·소조기동안 전반적으로 10~50 cm/sec로 변동을 하고 있으며, 대조기때의 유속이 약 40 cm/sec로 소조기때의 유속 약 15 cm/sec보다 약 2배이상 강함을 알 수 있다. 그리고 수로국(1992)에서 발간된 조위값을 보면, 대조기인 7월 1일에는 조차가 약 400 cm인 반면 소조기인 7월 23일에는 조차가 150 cm로, 조차도 2배 이상임을 알

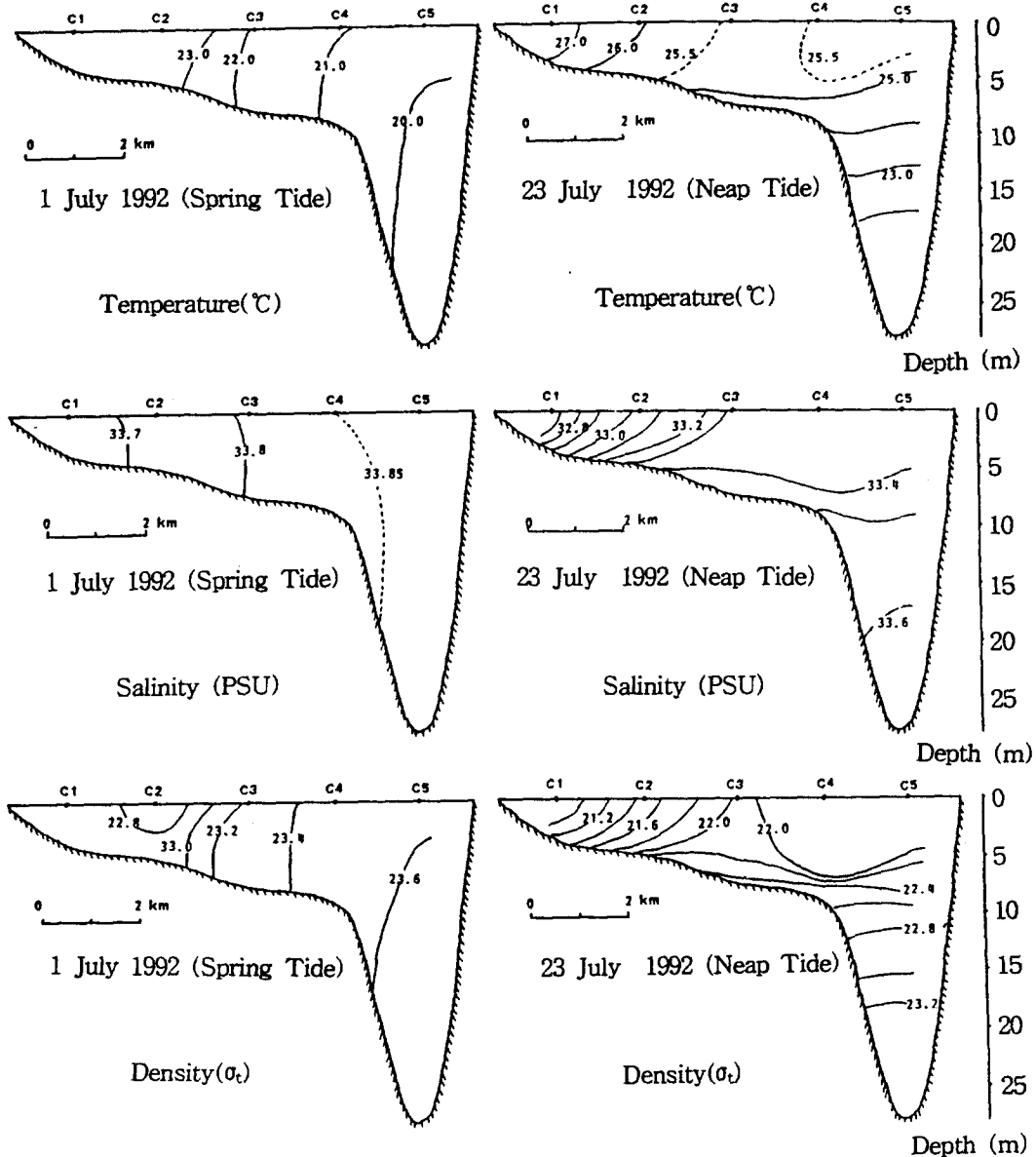


Fig. 7. Vertical temperature, salinity, density distributions along section C-line in 1 July (Spring tide) and 23 July (Neap tide), 1992 (after Lee and Rho, 1993; Lee, 1994).

수 있다. 따라서 부유퇴적물의 재 부유특성량 및 이동량은 조류의 세기에 의하여 크게 좌우 될 수 있음을 알 수 있다. 특히 부유 퇴적물이 수괴의 이동에 의하여 결정된다고 가정하면, 아래의 Simpson & Hunter (1974)가 제시한 단위수주내 수괴운동의 정도를 파악하는 위치에너지의 시간별 에너지를 구해보면, 대·소조기변동에 따른 유속에너지를 보다 명백히 파악할 수 있다. 식 (1)은 이들이 제시한 식으로, 에너지의 시간변화율은 유속의 세제곱에 비례함을 알 수 있다. 따라서 이식으로 대·소조기 기간동안의 유속에 따른 에너지를 계산해 보면, 유속이 2배 이상 차이가 나므로, 에너지 차이는 약 10배정도 이다 (Simpson & Hunter, 1974).

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

여기서 α 는 비례상수이다.

따라서 대조기의 유속에너지가 소조기의 유속에너지에 비해 약 10배 정도 크므로, 이로 인한 에너지의 변동이 득량만의 퇴적물의 양 및 분포양상에 영향을 많이 줄 것으로 보인다.

또한 Fig. 2, 3과 4, 5를 비교해 보면, 표·저층간의 수평적인 퇴적물의 대·소조기때의 분포특성이 매우 다르게 나타났을 뿐만 아니라 Table 1에 나타난바와 같이 소조기때의 표층 부유퇴적물의 양이 저층보다 높게 나타났는데, 이러한 것들은 하계에 발달되는 연직 성층의 구조와 매우 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다. 이러한 점을 고찰해 보기위하여 Fig. 1의 C-line을 중심으로 대·소조기변동에 따른 수온, 염분, 밀도의 연직단면도를 Fig. 7에 나타내었다 (Lee and Rho, 1993). 이 그림을 살펴보면 대조기의 경우 표층과 저층간의 수온, 염분, 밀도의 연직 등치선이 거의 수직으로 나타나 있는 반면 소조기의 경우 하계 성층의 대표적인 형태로 성층이 잘 발달되어 있음을 알 수 있다. 따라서 대조기의 경우 표층과 저층의 수괴가 잘 혼합되어 있는 반면 소조기의 경우 하층의 수괴가 잘 혼합이 되지 않는 성층구조를 가지고 있음을 알 수 있다. 즉 부유퇴적물의 이동이 수괴의 이동과 밀접

한 관계가 있다면, 성층이 발달된 소조기동안에는 성층으로 인하여 수괴의 연직적인 운동이 제한될 수 있으므로, 이로 인하여 표·저층의 퇴적물의 분포특성이 대조기에 비하여 많이 달라질 수 있다. 따라서 이러한 대·소조기 동안의 수괴의 연직구조변동이 표·저층간의 퇴적물의 분포특성에 많은 영향을 줌으로써, 부유 퇴적물의 공간적인 분포가 대·소조기동안에 차이가 발생되게 된 것으로 보인다.

5. 요약 및 결론

대·소조기변동에 따른 하계 득량만의 부유 퇴적물의 변동특성을 알아보기 위하여 1992년 7월 1일 (대조기)와 7월 23일 (소조기)때의 부유퇴적물의 변동과 조류, 바람, 수온, 염분, 밀도변동과의 관계를 살펴보았다. 그 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1) 득량만내의 대조기와 소조기때의 평균 부유 퇴적물의 양적인 차이가 약 2배로 나타났으며, 이러한 결과는 바람과 같은 기상적인 요인보다 조류에 의하여 결정됨을 알 수 있었다.

2) 득량만내의 대조기와 소조기때의 표·저층간의 부유 퇴적물의 평균적인 차이를 보면, 대조기때는 저층 부유 퇴적물의 양이 표층보다 높은 반면 소조기때는 표층이 저층보다 높은값을 보여 주고 있다.

3) 득량만내의 대조기와 소조기때의 표·저층 퇴적물의 평균적인양을 보면, 대조기의 경우 표·저층의 퇴적물의 분포양상이 비슷한 경향을 보여주는 반면 소조기의 경우 표·저층의 퇴적물의 양이 대조기에 비하여 다른 양상을 보여주는데, 이는 유속이 약한 소조기에 수괴의 연직성층의 발달로 인하여 표·저층간의 퇴적물의 분포양상이 다르게 나타난 것으로 보인다.

따라서 득량만의 부유 퇴적물의 변동양상은 대·소조기에 따른 조석주기에 의하여 양적인 변동과 분포양상이 상당히 달라지고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 1992, 94년도 부경대학교 해양산업개발연구소의 연구지원금에 의하여 수행되었다.

참 고 문 헌

- 공영세 · 이병걸, 1994. 득량만의 퇴적물 및 부유물 특성. 한국해양학회지, 29 (3), 269~277.
- 조석표, 1992, 수로국, 1, 250 pp.
- Chough, S.K., Lee,H.J. and S.J.Han, 1991. Sedimentological and geotechnical properties of fine-grained sediments in part of the South Sea, Korea. *Continental Shelf Research*, Vol.11 (2), 183~195.
- Park, Y.A. and B.K. Kim, 1990. Clay minerals of the recent fine-grained sediments on the Korean continental shelves. *Continental Shelf Research*, Vol.10 (12), 1179~1191.
- Kang, H.J. and S. K. Cho, 1982. Gamak bay, southern coast of Korea: sedimentation on a tide-dominated rocky embayment. *Marine Geology.*, 48: 197~214.
- 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,

145 pp.

- Lee,J.C. and H.K.Rho, 1993. Physical feature of the multidisciplinary oceanographic studies in Deukryang Bay, Korea. In: *Proceedings of FOID '93, The Second International Conference on Fisheries and Ocean Industrial Development for Productivity Enhancement of the Coastal Waters*, National Fisheries University of Pusan, 55~66.
- Malikides, M., Harris, P.T. and P.M.Tate, 1989. Sediment transport and flow over sand waves in a non-rectilinear tidal environment: Bass Strait, Australia. *Continental Shelf Research*, Vol.9 (3), 203~221.
- Sherwood, C.R., Bytan, B., Cacchione, D.E., Draken, D.E., Gross,T.F., Sternberg, R.W., Wiberg, P.L. and A.J.Williams, 1994. Sediment-transport events on the Northern California continental shelf during 1990~1991 stress experiment. *Continental Shelf Research*, Vol.14 (10,11), 1063~1099.
- Simpson, J. H. and J. R. Hunter (1974): Fronts in Irish Sea. *Nature*, 250, 404~406.
- Veerayya, M and A. S. Muralinath, 1994. Sediment movement on the continental shelf off bombay, India. *Continental Shelf Research*, Vol.14 (15), 1689~1700.