

## 군산해역 미세-점착성 퇴적물 침강속도의 계절적 변화 해석 Analysis on Seasonal Variation of Settling Velocity of Fine-Cohesive Sediments in Kunsan Coast

황규남<sup>1</sup> · 천민철<sup>2</sup>

Kyu-Nam Hwang<sup>1</sup>, Mincheol Cheon<sup>2</sup>

### 1. 서 론

대부분의 하구역에 널리 분포되어 있는 미세-점착성 퇴적물은 과다 침식 혹은 과다 퇴적으로 인한 해안 침식 및 항로 매몰 등의 문제와 독성 물질과의 용이한 결합 및 수체 내 태양광 투과능 저하 등으로 인한 환경 오염 문제 등을 야기한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 특히 하구에서의 미세-점착성 퇴적물의 과다 퇴적으로 인한 항로 매몰 현상은 최근 금강하구에 위치한 군산해역을 비롯하여 낙동강, 섬진강 등의 여러 하구에서 그 문제점이 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 따라서, 이러한 하구에서의 항로 매몰 문제 해결을 위하여, 미세-점착성 퇴적물의 이동 특성에 관한 연구는 시급한 실정이며, 그 이동 특성을 구성하는 여러 기구들 중에서도 특히 침강속도에 대한 정량적 산정은 퇴적물 이동 특성의 규명을 위해 가장 기초적이고 중요한 선결 과제이다.

사질성 퇴적물과는 달리 미세-점착성 퇴적물의 침강특성은 입경의 함수로 주어지는 Stokes 식으로 표현될 수 없으며, 입자간의 응집 현상에 의해 크게 영향을 받는다. 한편, 입자간의 응집을 지배하는 주요 인자 중의 하나는 개개의 입자가 갖는 고유 크기의 점착력이며, 이 점착력은 입경분포, 유기물 함량, 광물질 구성성분, 양이온 전도율 등으로 묘사되는 퇴적물 자체의 기본특성(혹은 물리·화학적 특성)에 의해 지배되므로(Mehra, 1986), 미세-점착성 퇴적물의 침강특성은 퇴적물 자체의 기본특성에 의해 큰 영향을 받는다고 할 수 있다.

일반적으로 각 하구에서의 퇴적물 자체의 기본특성은 "site-specific", 즉 각기 다르므로, 그 침강특성 또한 "site-specific"하다고 할 수 있다. 또한 한 하구내에서도 퇴적물 자체의 기본특성은 지점별로, 계절별로 크게 변화할 수 있으므로, 이에 따른 침강특성의 변화도 가능하다.

과거 황(2000)은 실내실험을 통하여 새만금 해역 퇴적물의 침강속도를 산정하고 타 지역 퇴적물의 침강속도와 정량적으로 비교·분석하여 침강속도가 지역적으로 큰 차이를 나타냄을 보인 바가 있으며, 또한 최근 황 등(2002)은 군산해역 내에서의 미세-점착성 퇴적물 침강속도의 지역적인 변화를 분석한 바 있다.

본 연구에서는 군산해역 미세-점착성 퇴적물의 침강특성의 계절적 변화 여부를 조사·분석하고자 한다. 이러한 목적을 위하여 군산해역 내의 동일 지점에서 미세-점착성 퇴적물의 표본시료가 계절별로 3회에 걸쳐 채취되었으며, 채취된 표본시료에 대해 침강실험과 기본특성 조사실험이 수행되었다. 앞서 언급한 바와 같이 미세-점착성 퇴적물의 침강특성은 퇴적물 자체의 기본특성에 의해 큰 영향을 받으므로, 본 연구에서 침강특성의 계절적 변화는 퇴적물 자체의 기본특성과 연계하여 조사·분석된다.

### 2. 현장 표본 시료 채취

군산 해역 미세-점착성 퇴적물의 계절별 물리·화학적 특성(기본특성) 분석 및 침강속도 산정을 위하

<sup>1</sup> 전북대학교 토목환경공학부 · 공학연구원 공업기술연구센터 조교수

<sup>2</sup> 전북대학교 공과대학 토목환경공학부 석사과정

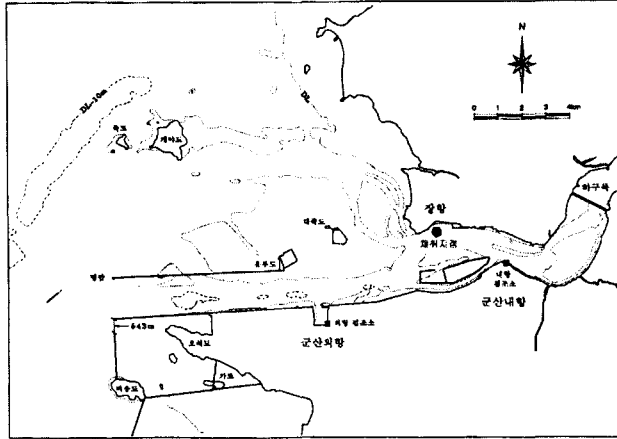


Fig. 1. 군산해역 퇴적물 표본시료 채취지점.

여 표본 시료가 채취되었다. 군산 해역 내 동일 지점에서 하계(2001년 8월 12일), 추계(동년 11월 20일) 그리고 동계(2002년 2월 8일)시에 시료가 채취되었으며, 침강 실험을 위한 해수 또한 동일 채취 지점에서 채취되었다. 군산해역 내 퇴적물 시료 채취 지점의 위치는 Fig. 1에 주어진다.

### 3. 물리·화학적 특성 실험

군산해역에서 계절별로 채취된 퇴적물 표본시료에 대하여 물리·화학적 특성 분석을 위한 실험이 수행되었다. 물리·화학적 특성 조사로써 수행된 실험은 입경 분포, 유기물 함량, 광물질 구성 성분 분석 실험의 3가지이다. 현재, 하계와 추계에 채취된 표본시료에 대해서만 실험이 완료된 상태이며, 동계에 채취된 시료에 대해서는 아직 실험 중에 있다. 본 논문에서는 하계와 추계시의 퇴적물 시료에 대한 물리·화학적 특성 분석 결과만이 제시되며, 추후 학술발표회에서는 동계시 퇴적물의 실험결과를 포함한 모든 분석 결과가 제시될 예정이다.

#### 3.1 입경분포

입경분포 분석은 ASTM(American Society for Testing and Materials, 1987)이 제시한 방법에 따라 체 분석과 비중계 분석을 병행하여 수행되었으며 분석 결과는 Fig. 2와 Table 1에 주어진다.

Fig. 2와 Table 1로부터 알 수 있듯이 군산해역 퇴적물의 평균입경은 하계시가 50.3 $\mu$ m, 추계시가 30.7 $\mu$ m 로써 추계시의 퇴적물이 하계시의 퇴적물에 비해 좀더 세립질로 구성되어 있는 것으로 나타났다. 해양판

경공정시험방법(국립수산진흥원, 1997)의 분류기준에 따라 점착성 퇴적물로 구분되는 실트(4 $\mu$ m<d<62 $\mu$ m)와 점토(d<4 $\mu$ m)의 함유량 또한 하계시와 추계시가 각각 65%와 78%로 추계시의 퇴적물이 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 입경 분포의 차이는 하계시 강우량의 증가로 인하여 급강 하구둑을 통한 방류량 및 방류빈도의 증가로부터 비롯된 것으로 여겨진다.

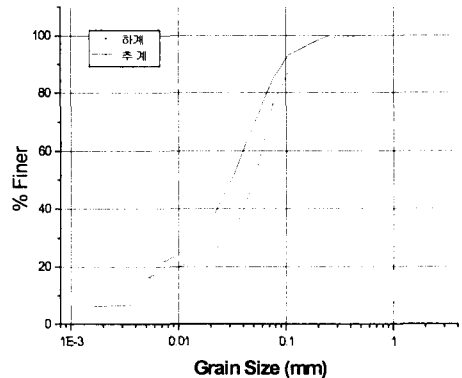


Fig. 2. 입경분포 곡선.

Table 1. 입경특성

채취 시기	d <sub>25</sub> ( $\mu$ m)	d <sub>50</sub> ( $\mu$ m)	d <sub>75</sub> ( $\mu$ m)	실트와 점토의 함유량(%)
하계	18.7	50.3	74.1	65
추계	9.8	30.7	58	78

### 3.2 유기물 함량

유기물 함량 측정실험은 해양환경공정시험방법(국립수산진흥원, 1997)에 제시된 강열감량법으로 수행되었다.

분석결과에 따르면, 하계시와 추계시 퇴적물의 유기물 함량은 각각 3.77%와 2.66%로써, 하계시 퇴적물이 좀 더 많은 유기물을 포함하고 있는 것으로 나타났다. 이는 하계시 해수 온도의 상승에 따른 영향으로 추정된다.

### 3.3 광물질 구성

광물질 구성성분 분석은 전북대학교 공동시험소가 보유하고 있는 RIGAKU사의 D/MAX-2500 X-ray 회절분석기를 이용하여 수행되었다.

회절분석기로부터 도출된 diffractogram의 예로써, 하계시에 채취된 퇴적물의 diffractogram이 Fig. 3에 주어져지며, 하계 및 추계시의 퇴적물 시료에 대한 광물질 구성성분 분석결과는 Table 2에 주어진다.

Table 2에 주어진 결과에 비추어, 광물질 구성 성분은 입경분포 및 유기물 함량과 마찬가지로 계절적 영향을 받는 것으로 나타났으나, 그 변화의 폭은 그다지 크지 않은 것으로 여겨진다.

Table 2. 군산해역 점착성 퇴적물의 광물질 구성

순위	하계	추계
1	석영(quartz)	석영(quartz)
2	일라이트(illite)	미사장석(albite)
3	고령토(kaolinite)	일라이트(illite)
4	미사장석(albite)	고령토(kaolinite) 녹니석(chlorite)

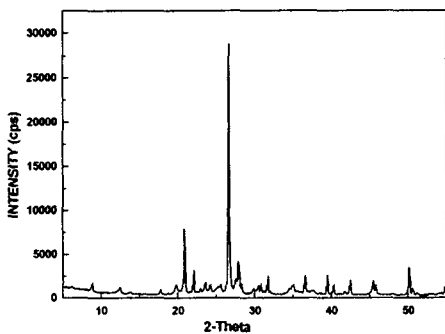


Fig. 3. 하계시 퇴적물의 x-ray diffractogram.

## 4. 침강실험

### 4.1 실험 방법

본 연구에서 침강실험은 Lott(1987)와 Ross (1988)가 사용한 것과 동일한 크기의 특수 제작된 침강수주(settling column)를 이용하여 multi-depth 부유사 농도 채취방법으로 이루어졌으며, 각 부유사 농도에서의 침강속도는 침강수주에서의 시간과 높이에 따른 농도변화 측정값들에 Ross(1987)가 개발한 침강속도 산정 수치프로그램을 적용하여 결정되었다. 침강수주의 설계단면, 침강실험 과정 및 Ross(1988)의 수치모형을 이용한 침강속도 산정 방법 등에 대한 자세한 사항은 황(2000)에 주어진다.

### 4.2 결과 및 분석

하계 및 추계시에 채취된 각각의 군산해역 점착성 퇴적물에 대한 침강속도 산정 결과는 각기 Fig. 4와 5에 주어진다.

점착성 퇴적물의 침강속도 분포는 부유사 농도가 증가함에 따라 침강속도가 증가하는 응집침강영역과 반대로 부유사 농도가 증가함에 따라 침강속도가 감소하는 간섭침강영역으로 구분될 수 있다. 응집침강과 간섭침강 영역에서의 침강속도에 대한 전형적인 표현식은 Krone 식(1962)과 Kynch 식(1952)으로, 그 각각은 식(1)과 (2)와 같다.

$$W_s = k_1 C^\alpha \quad (1)$$

$$W_s = W_{s0} [1 - k_2 (C - C_2)]^\beta \quad (2)$$

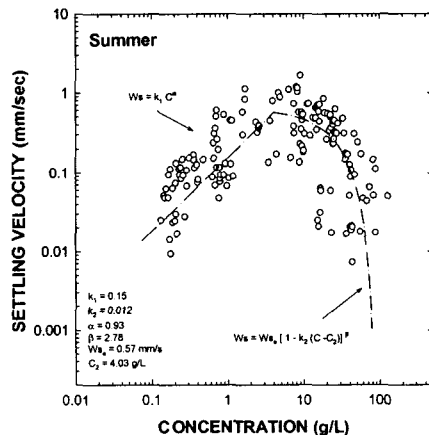


Fig. 4. 하계시 퇴적물의 침강속도 곡선.

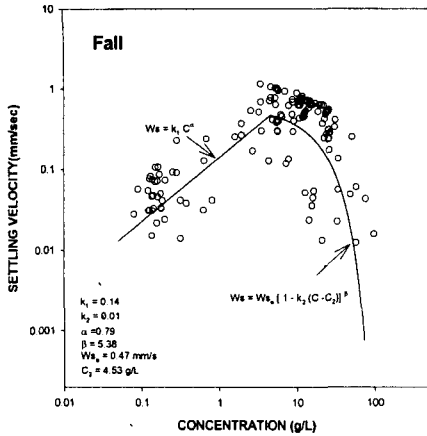


Fig. 5. 추계시 퇴적물의 침강속도 곡선.

여기서  $W_{s0}$  는 최대침강속도,  $C_2$  는 침강속도가 최대가 될 때의 부유사 농도이며  $k_1$  은 퇴적물의 구성성분과 흐름조건에 따라 변화하는 비례상수이다. 또한 비례상수  $k_2$  는  $w_s = 0$  일 경우에  $C_2$  에 대한 상대 부유사 농도의 역수를 의미한다(Hwang and Mehta, 1989). Fig.에 보여지듯이 하계시에 채취된 군산해역 점착성 퇴적물의  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $W_{s0}$ ,  $C_2$  값은 각각 0.15, 0.012, 0.93, 2.78, 0.57, 4.03 이며, 추계시에 채취된 퇴적물의 경우에는 각각 0.14, 0.01, 0.79, 5.38, 0.47, 4.53으로 나타났다. 침강속도  $W_s$  와 부유사 농도  $C$  는 각각 mm/sec와 g/L 단위로 주어진다.

하계 및 추계시에 채취된 퇴적물의 침강속도 곡선의 비교는 Fig. 6에 주어진다. Fig. 6에서 보여지는 바와 같이 하계 및 추계시에 군산해역 미세-점착성 퇴적물은 거의 유사한 침강속도분포를 가지며, 다만 간섭침강 영역에서 하계시 퇴적물이 좀 더 큰 침강속도를 갖는 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

앞서 언급한 바와 같이 본 연구의 목적은 1차적으로 군산해역 미세-점착성 퇴적물의 침강특성과 기본특성의 계절적 변화 여부를 각각 조사·분석하는 것이고, 2차적으로는 두 특성을 연계 해석하여 서로간의 상관관계를 살펴보는 것이다. 현재, 하계와 추계에 채취된 표본시료에 대해서만 실험이 완료된 상태이며, 동계에 채취된 시료에 대해서는 아직 실험·분석 중에 있다. 따라서 본 논문에서는 계절별 특성 변

화에 대한 분석결과가 충분히 체계적으로 제시되지 못한 상태이나, 추후 학술발표회에서는 동계시 채취된 퇴적물에 대한 분석결과를 포함하여 종합적으로 제시될 수 있을 것이다.

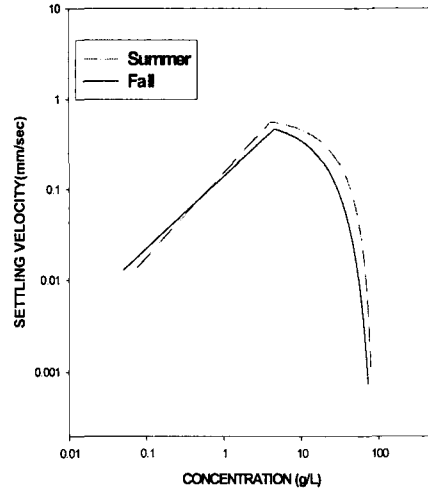


Fig. 6. 하계 및 추계시 퇴적물의 침강속도 곡선 비교.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구( 과제번호: R05-2001-000-01343-0)지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

- 국립수산진흥원, 1997. 해양환경공정시험방법, 연구보고서, 한국해양학회.
- 황규남, 2000. 새만금 갯벌퇴적물의 침강속도 산정을 위한 실험적 연구, 대한토목학회 논문집 20(2-B): 277-286.
- 황규남, 천민철, 2002. 군산해역 미세-점착성 퇴적물 침강속도의 지엽적 변화 해석, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 1111-1116.
- American Society for Testing and Materials, 1987. Annual Book of A.S.T.M. Standards, Vol. 4, No. 8, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Hwang, K.-N. and Mehta, A.J., 1989. Fine-sediment erodibility in Lake Okeechobee Florida, UFL/COEL-89/019, Coastal and Oceanographic

- Engineering Dept., UF, Gainesville, Florida.
- Krone, R.B., 1962. Flume studies of the transport of sediment in estuarial shoaling process, Final Report, Hydraulic Engineering Laboratory and Sanitary Engineering Research Laboratory, UC, Berkeley, California.
- Kynch, G.J., 1952. A theory of sedimentation, Transactions of the Faraday Society, Vol. 48, pp. 166-176.
- Lott, J.W., 1987. Laboratory study on the behavior of turbidity current in a closed-end channel, M.S. Thesis, Univ. of Florida, Gainesville, FL.
- Mehta, A.J., 1986. Characterization of cohesive sediment properties and transport processes in estuaries, Estuarine Cohesive Sediment Dynamics, A.J. Mehta ed., Springer-Verlag, Berlin, pp. 290-325.
- Ross, M.A., 1988. Cohesive sediments in estuarine environment, Ph.D. Dissertation, Univ. of Florida, Gainesville, FL.