

## 한강 유역과 경기만 퇴적환경의 연계성

오재경\* · 방기영<sup>1</sup>

인하대학교 해양과학과, <sup>1</sup>지오시스템리서치(주)

### Sedimentologic Linkage of depositional environments of Han River and Kyunggi Bay, Korea

JEA-KYUNG OH AND KI-YOUNG BANG<sup>1</sup>

Department of Ocean Science, In-ha University, Incheon 402-751, Korea

<sup>1</sup>GeoSystem Research Co., 7301, Dongil Techno Town 7th, Kyunggi-do, Anyang 431-716, Korea

한강 유역에서 하천과 하구-만의 퇴적환경의 연계성과 한강본류의 퇴적환경의 변화를 연구하기 위해, 250여 점의 표층퇴적물과 70여 점의 부유퇴적물과 수리학적 자료를 분석하였다. 연구지역은 신곡수중보를 기준으로 두 가지 환경(하천, 하구-만)으로 구분할 수 있다. 남한강과 북한강에는 역질 퇴적상이, 한강 본류는 사질과 실트질 퇴적상이 우세하게 분포하였다. 한강 본류 지역은 신곡수중보에 의한 제한적인 퇴적물 이동과 에너지 환경에 의해 퇴적환경의 변화가 발생하였다. 하구-만 환경에 있어서, 수로와 외해 지역에는 상대적으로 조립한 퇴적물이 우세한 반면에, 연안지역은 세립하고 분급도가 불량한 퇴적물이 우세하게 분포하였다. 하천과 하구-만의 연계성은 인공 구조물에 의한 흐름의 제한에 의해서 영향받기 때문에, 평수기에 각 하천은 개별적인 퇴적환경을 나타내며, 하천과 하구-만의 연계적인 퇴적환경은 조석에 영향을 받고, 하구-만의 전이적인 지역은 하천 방향으로 이동한다. 그러나, 풍수기에 각 하천은 하천 유량의 증가에 의해, 연계적인 퇴적환경을 나타내며, 하천-하구-만의 각각의 전이지역은 외해방향으로 이동함을 시사한다. 보다 자세한 연구를 위해서는 신곡수중보 하류의 하구지역에 대하여 남북한 공동연구가 필요하다.

In order to understand the relationship of depositional environment between fluvial and estuarine-embayment in Han River system, including depositional change in main Han River, more than 250 bottom sediment and 70 suspended sediment were analyzed with hydrologic data. Based on the previous data, the study area can be divided into two environment(fluvial and estuarine-embayment) by Singok underwater dam. The gravelly facies occurs in the South and North Han Rivers and sandy and silty facies occupies in the main Han River. Depositional environment of main Han River changed mainly because of limited sediment transport and hydrological condition. In the estuarine-embayment environment, coarse-grained sediments are dominant in tidal channel and offshore whereas fine and poorly sorted sediments are observed in coastal area. During moderate period, relationship between fluvial-estuarine-embayment system is discontinuous because of flow restriction by artificial construction such as dam and underwater dam, so that each river system characterizes the individual environment. Fluvial and estuarine system is influenced by tide and, thus, transition zone of estuarine-embayment system moves landward. During flooding period, however, each river system is integrated as continuous depositional system by high discharge and, thus, transition zone of fluvial-estuarine-embayment system moves seaward. For further detailed systems about the lower Singok under-water dam, joint research of South-North Korea should be necessary.

**Key words:** Han River, Kyunggi Bay, relationship between fluvial-estuarine-embayment system, transition zone, artificial construction, sediment transport

## 서 론

하천은 육상 기원의 퇴적물을 육지에서 해양으로 이동시키는 일차적인 운반자로 해양 퇴적 환경에 커다란 영향을 미친다. 이러

한 하천의 인위적인 개발에 의한 수리환경의 변화는 퇴적환경의 변화와 이어지며, 궁극적으로 인접한 하구-만 퇴적환경의 변화를 초래한다. 유량의 우세한 영향을 받는 하천은 하류 지역으로 이동할수록 퇴적상과 입도가 세립해지는 형태를 나타내며, 상대적으로 세립한 퇴적물은 해수와 담수가 혼합되는 하구지역까지 이동되고, 하구내의 순환작용(Bowden, 1967; Nichols and Poor, 1967; Dyer,

\*Corresponding author: jkoh@inha.ac.kr

1973; Nichols and Biggs, 1985)을 거쳐, 하구내에 퇴적되거나 외해 지역으로 이동된다.

1982년부터 시작된 한강 종합개발사업 이후, 한강 지역에서는 홍수시 상류와 지천으로부터 유입된 퇴적물에 의해 합류부의 하상 상승이 초래되었다(한강관리사업소, 2001). 이로 인해, 수질의 악화가 가중되었으며, 선박의 안전 운행에 지장을 초래하였다. 이에 서울시는 한강 저수로의 안정상태를 유지하고 주변환경의 오염을 방지하기 위하여 1987년부터 지속적인 준설을 실시하고 있다. 또한 염하수로와 석모수로를 통해, 한강과 연결되어 있는 경기만은 간척사업과 방조제 건설 사업, 항만, 공항, 발전소, 공업단지 등의 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 거의 10여 년 동안 시행된 수 많은 간척사업 등에 의해 영흥도와 용유도 부근, 시화호, 송도지역 해안선의 상당부분이 많이 변화하였다.

한강과 경기만에 대한 지질·퇴적학적 연구는 크게 하천, 하천-하구, 하구-만 지역으로 세분화할 수 있다. 하천 지역에서는 퇴적물과 지형에 대한 연구(박, 1968; 소와 이, 1974; 정, 1975; 임, 1989; 박, 1990), 하천-하구 지역에서는 퇴적환경과 점토광물에 관한 연구(장, 1989; 오, 1989; 박, 1990; 장과 오, 1991; 박과 오, 1991; 백, 1991; 전, 1991; 오, 1995; 문 등, 1997), 그리고 하구-만 지역에서는 해저지층과 지질 및 퇴적물에 관한 연구(오, 1982; 장 등, 1981; 송, 1992; Lee *et al.*, 1992; 방 등, 1994; 이 등, 1998) 등이 수행되어 왔다. 그러나, 한강 유역 특히 남한강과 북한강의 퇴적학적 조사는 매우 미흡 할 뿐만 아니라, 경기만 남부 지역에

대한 퇴적학적 조사연구 또한 부족한 실정이며, 이러한 국내의 연구는 각각의 개별적인 환경을 다루거나, 인접한 두 환경의 상호작용에 국한되어 있다. 영국에서는 해양과 육지의 상호작용에 대한 연구(LOIS; Land Ocean Interaction Study)가 1993년부터 진행되어, 하천-하구-연안을 중심으로 하천과 하구의 퇴적물 이동과 수리 작용과 수질에 대한 조사가 이루어졌으며(Wikinson *et al.*, 1997), 이러한 연구를 통해 연계적인 환경에서의 상호작용에 대한 이해의 폭을 넓히게 되었다.

그러므로 본 연구의 목적은 남한강과 북한강을 포함하는 한강 유역 및 경기만 남부 지역의 전반적인 퇴적환경을 파악하여, 한강 유역-한강하구-경기만으로 이어지는 퇴적환경의 연계성을 연구할 뿐만 아니라 경기만에 직접적으로 영향을 주는 한강 본류의 퇴적환경의 변화를 이해하는데 있다.

연구지역

연구 지역은 북위 37°00'~38°00', 동경 126°00'~128°30' 내에 동강에서부터 임포대교에 이르는 남한강, 춘천댐부터 북한강철교에 이르는 북한강, 팔당댐에서부터 신곡 수중보에 이르는 한강 본류, 그리고 북으로는 영종도, 장봉도, 남으로는 대산항에 이르는 경기만 지역이다(Fig. 1). 본 연구 지역의 지질은 한반도의 지체구조 중 경기육괴에 해당되는 지역으로 경기변성암복합체 및 춘천누층군과 연천계의 변성퇴적암 및 주라기의 심성암류가 주로 분

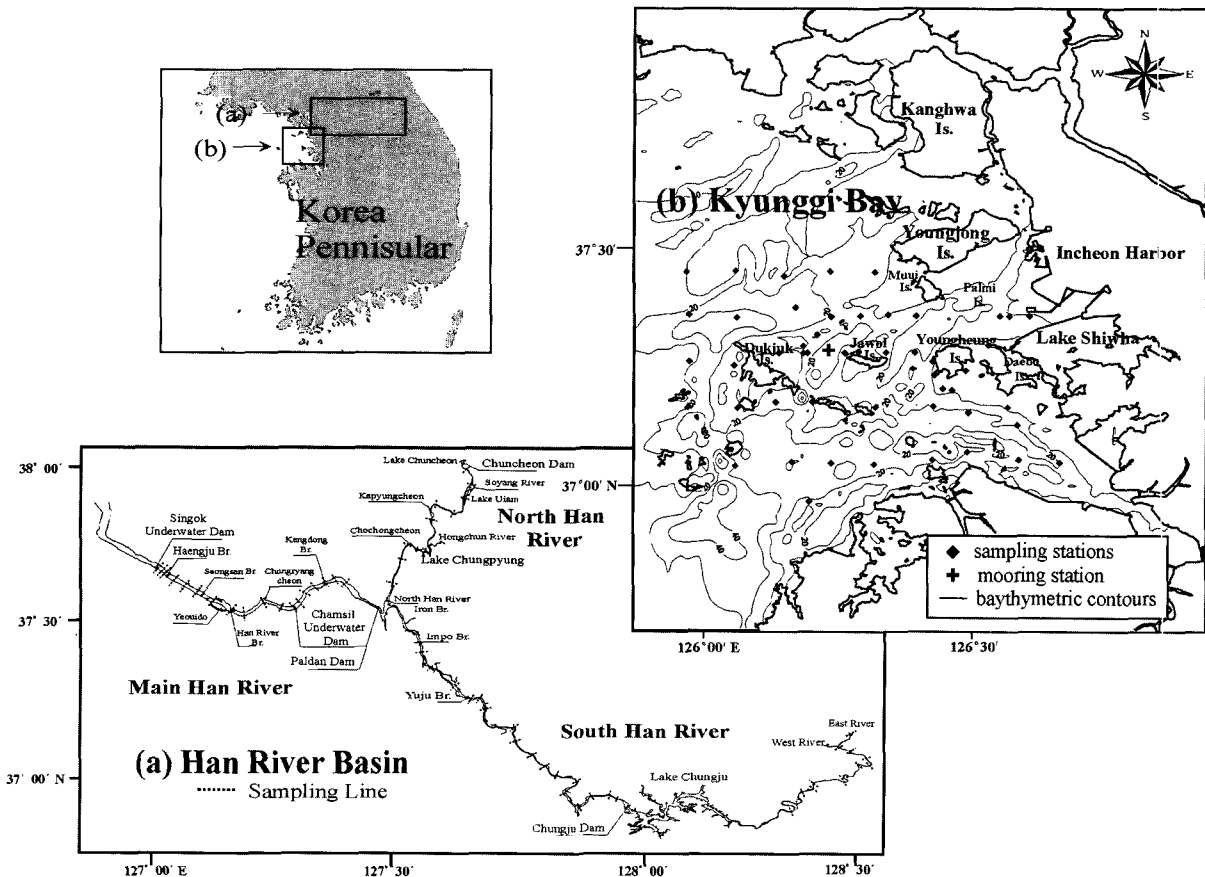


Fig. 1. Map showing the study area.

포한다(한국자원연구소, 1999).

하천환경(fluvial environment)에 해당되는 한강유역은 한반도 중앙부에 위치하고 있으며, 유역 면적 34,473 km<sup>2</sup>(임진강 유역 8,455 km<sup>2</sup>, 북한지역 8,455 km<sup>2</sup>포함), 유로연장 481.7 km, 유역평균폭 55.8 km인 남한 제1의 하천이다. 하천형상은 수지상(dendritic)과 선형(fanshape)이 혼합된 복합상(multiple type)유역으로 전 국토 면적의 약 23%를 차지한다. 한강 유역은 전반적인 골재채취와 상류 댐에 의한 유량 및 유사량에 의해서 하상 기복이 심하게 나타나며, 계절적인 유량의 변화에 크게 영향을 받는다. 한강 본류에서 경기만으로 유입되는 연평균 유량과 퇴적물량은 각각 2.5×10<sup>10</sup> m<sup>3</sup>, 1.25×10<sup>6</sup>~7.5×10<sup>4</sup> ton으로 나타나지만, 여름철 홍수, 조류 및 상류에 인위적인 댐 건설에 의해 계절적으로 변화가 심하다(Suk, 1989).

하구-만 환경(estuary-bay environment)에 해당되는 경기만은 한강 하천수의 유입에 영향을 받는 조차 5 m 이상의 대조차 하구역으로 연안 및 섬 주위로 조간대가 넓게 형성된 반폐쇄성 리아스식 지형이다. 경기만의 평균 수심은 20 m 내외이며, 인천외항 남서 방향으로 완만하게 깊어지는 경향이 있고 팔미도에서 만의 경계인 무의도와 영흥도 부근이 약 30 m로 가장 깊은 수심분포를 보인다. 많은 대소의 섬들 사이에 조수로(tidal channel)가 북동-남서 방향으로 10~30 m의 수심으로 발달하였다. 해저지형은 남-북 또는 남동-북서 방향으로 흐르는 왕복성의 강한 조류의 작용으로 사퇴(sand bar)가 조류방향과 평행하게 분포하며 그 사이로 해저 골이 형성되어 있다.

재료 및 방법

하천 유량, 조석과 조류 등 수리적 자료에 대하여, 기존자료(김, 1987; 대한조선공사, 1986, 1987; 장, 1989; 장과 오, 1991; 임, 1999; 건설교통부, 1998, 2000, 2001, 2002)와 측정자료를 종합 분석하였다.

남한강에서 평수기와 풍수기 이후로 나누어 2000년 5월과 9월에 각각 83개, 34개의 시료를 채취하였으며, 북한강에서는 동년 9

월에 총 22개의 시료를 채취하였다. 한강 본류에서 2001년 5월에 총 45개의 시료를 채취하였으며, Niskin 채수기를 이용하여 강의 중앙에서 저층과 표층의 부유퇴적물을 채취하였다. 경기만 지역은 2000년 6월과 11월, 그리고 2001년 3월에 걸쳐 총 63개의 시료를 채취하였으며, 2001년 5월에 영흥도와 자월도 사이의 서수로에서 한 조석 주기 동안 표층, 중층, 저층의 유속과 부유퇴적물 함량을 연속 관측하였다.

부유퇴적물의 농도는 채수 시료를 폴리에틸렌 병에 냉운으로 보관하였다가 실험실로 운반하여 진공펌프로 미리 완전히 건조시킨 후 무게를 측정된 여과지(GF/C filter)에 여과시킨 후 이를 다시 건조시켜 무게 측정 후 mg/l 단위로 나타내었다(McCave, 1979).

연구지역간의 비교를 위해, 선별적으로 나타나는 자갈 크기의 조립질 퇴적물(-2 φ 이하)을 제외한 표층퇴적물을 분석하였다. 입도 분석은 HCl과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 탄산염과 유기물을 제거한 후, 증류수를 이용한 희석을 통해 용해성 염분을 제거하였다. 전처리된 시료는 습식체질을 통해 4 φ 이하의 조립질 시료와 5 φ 이상의 세립질 시료로 분리하였다. 4 φ 이하의 조립질 시료는 진탕기(Ro-tap sieve shaker)를 이용하여 1 φ 간격으로 분석하였으며, 5 φ 이상의 세립질 시료는 SediGraph 5100을 이용하여 분석하였다. 분석된 입도 자료는 입도 누적확률분포 곡선상에 나타내고 Folk and Ward(1957)의 Graphic Method를 통해 퇴적물의 조직변수를 구하였다.

결 과

수리적 특성

한강 유역에서는 전반적으로 강수량이 집중된 7, 8, 9월에 가장 큰 유량을 나타내는데, 남한강의 경우 계절적으로 유량의 변화가 상대적으로 크게 나타났다(Fig. 2). 이는 북한강의 경우 화천, 춘천, 의암, 청평댐에 의해서, 한강의 경우 팔당댐, 잠실수중보, 신곡수중보에 의해서, 풍수기 이후에도 안정된 수위가 유지되는 반면, 남한강의 경우 충주댐만이 위치하고 있어 상대적으로 구조물이 적어 강수량이 하천의 유량에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다.

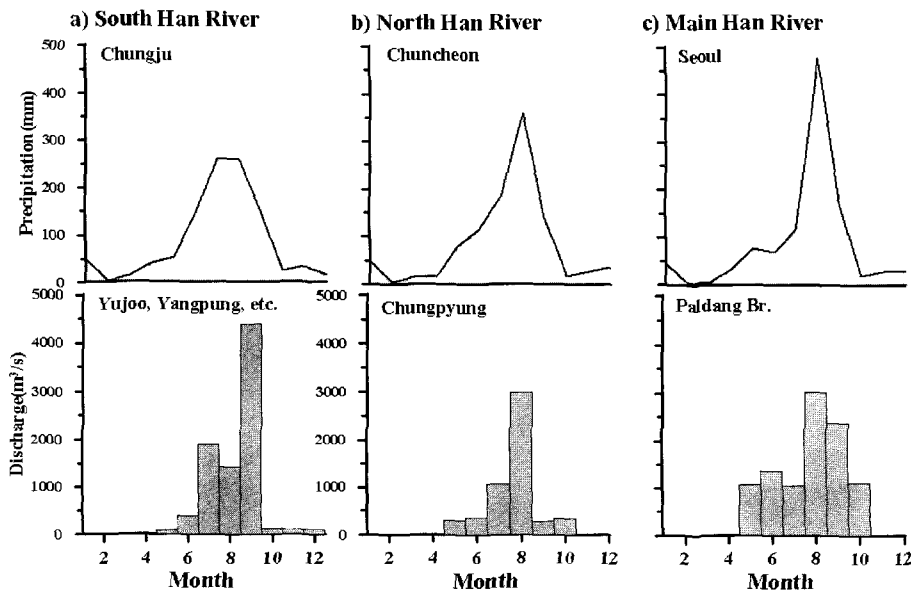


Fig. 2. Monthly average precipitation and discharge of Han River basins. \*Data from MOCT (1998; 2000; 2001; 2002).

**Table 1.** Characteristics of Tide (Shin, 2001)

Location		Spring range (cm)	Mean range (cm)	Neap range (cm)	Tide factor*
Han River	Han River Bridge	66.8	37.0	7.2	0.43
	Upper Singok Underwater dam	55.7	31.8	7.9	0.51
	Lower Singok Underwater dam	202.5	153.4	104.2	0.33
Kyunggido Walgoz		536.9	406.9	276.9	0.19
Inchon Harbor		799.1	572.3	345.6	0.18

\*F=(H'+Ho)/(Hm+Hs)

H': amplitude of K<sub>1</sub> constituent

Ho: amplitude of O<sub>1</sub> constituent

Hm: amplitude of M<sub>2</sub> constituent

Hs: amplitude of S<sub>2</sub> constituent

F=0.00~0.25: semidiurnal tide

F=0.25~1.50: mixed-mainly semidiurnal tide

F=1.50~3.00: mixed-mainly diurnal tide

F>3.00: diurnal tide

연구지역에서 조석현상은 신곡수중보 건설 이후 자료(대한조선공사, 1986, 1987; 김, 1987; 신, 2001)를 종합하면, 외해에서 한강 상류로 이동할수록 조차가 감소하고 조석형태수(tide factor)가 증가하는 전형적인 하구형 조석현상이 나타나며(Table 1), 잠실수중보 상류에서는 조석현상이 나타나지 않는다. 신곡수중보 상류에서는 조차가 급격하게 감소하지만, 반류현상이 창조세력과 가세하여 발생하는 수면 상승 효과에 의해 한강대교 지점에서 다시 조차가 증가하는 형태를 보여준다(대한조선공사, 1987).

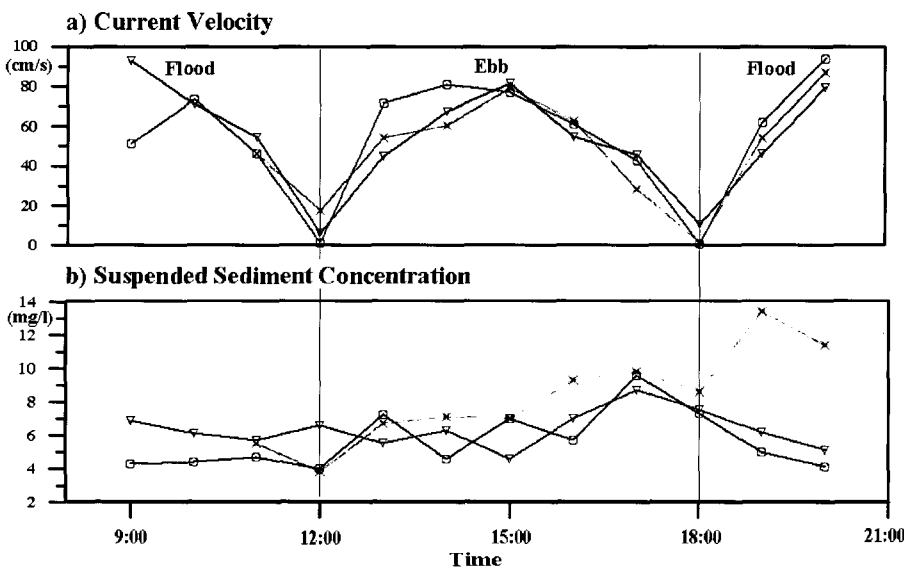
한강 본류의 유속은 상류에 위치하는 팔당댐의 방류량, 각 지점의 유입량과 경기만으로부터 유입되는 조석의 상대적인 강도에 의해서 좌우되는데, 평수기에는 주로 조석에 영향을 받으며, 풍수기에는 방류량과 지점의 유입량에 의해서 영향을 받는다(장, 1989). 경기만 외해 자일도에서 평수기인 5월에 측정된 자료에 의하면, 창조류의 최강유속이 93.0 cm/sec, 낙조류의 최강유속이 81.7 cm/sec로 나타났으며 부유 퇴적물의 평균 농도는 창조시 6.63 mg/l, 낙조시 7.19 mg/l로 나타났는데, 유속은 창조와 낙조의 대칭적인 분포를 보였으나 부유 퇴적물의 농도는 시간적 변화의 경향성을 보이지 않았다(Fig. 3). 그러나 한강 하구에서 경기만에 이르는 지역을 대

으로 확인한 결과 한강하구에서 경기만으로 이동할수록 조류비가 감소하여 낙조류의 특성이 감소하며, 부유퇴적물의 농도 또한 뚜렷이 감소하는 경향을 나타낸다(Table 2).

염분 분포는 신곡수중보를 기점으로 뚜렷하게 구별되는데, 신곡수중보가 준공된 후 조석에 의한 상류 방향으로의 염분 전과가 더욱 감소하여, 잠실수중보 하류 지점에서는 염분 침투를 확인할 수 없다(장과 오, 1991). 평수기에는 한강 하구에서 경기만으로 이동할수록 담수의 영향이 감소하므로, 염분은 높은 값과 작은 변이로, 풍수기에는 상대적으로 낮은 염분과 큰 변이를 나타냈으며, 해수와 담수의 수직 혼합작용이 활발하여, 하구만의 특징을 복합적으로 나타냈다(Fig. 4).

**표층퇴적물의 조성분포**

남·북한강: 남한강은 평수기의 경우 전반적으로 강의 수로가 노출되는 역상 하천(gravel-bed river)의 형태를 나타내지만, 풍수기 이후에는 통수단면적의 증가로 대부분의 수로와 제방이 물에 잠긴 형태를 나타낸다. 평수기의 남한강은 상류로 갈수록 자갈과 모래가 증가하는 경향을 나타내는데, 특히 사행천(meandering

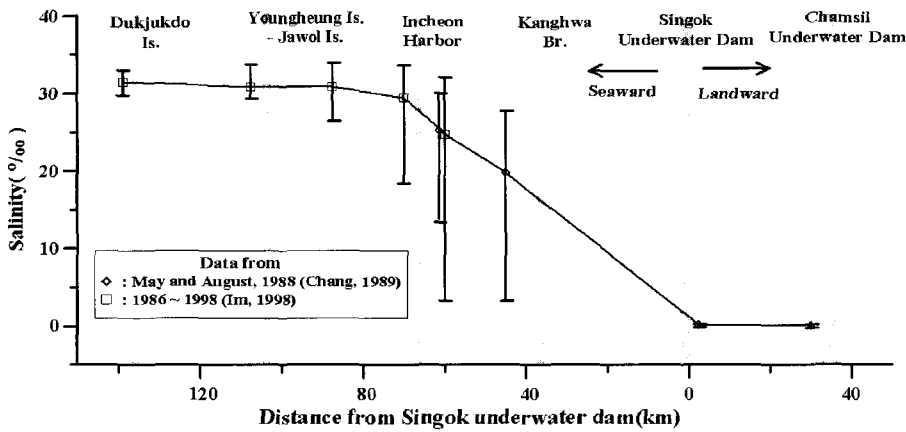


**Fig. 3.** Current velocity and suspended sediment concentration at the mooring station (▽: surface, ○: middle, ×: bottom).

**Table 2.** Maximum surface current velocity, current ratio(Ebb/Flood) and mean suspended sediment concentration(MSSC) in Han River estuary(modified after Chang, 1989).

Location	Seungsu-Yungdong		Singok underwater dam		Kanghwa Br.		Se-o Is.		Chawol Is.*	
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High
Flood (m/s)	-	-	-	-	>1.23	>1.0	>1.00	0.66	0.82	-
Ebb (m/s)	0.12	0.53	0.17	0.49	1.57	1.4	1.37	1.07	0.93	-
Current Ratio	-	-	-	-	<1.28	<1.4	<1.37	1.62	1.13	-
MSSC (mg/l)	16.85	10.45	31.5	10.75	599	644.15	199	244.15	6.65	-

<Low discharge: May, 1988; High discharge: Aug, 1988; \*: May, 2000>



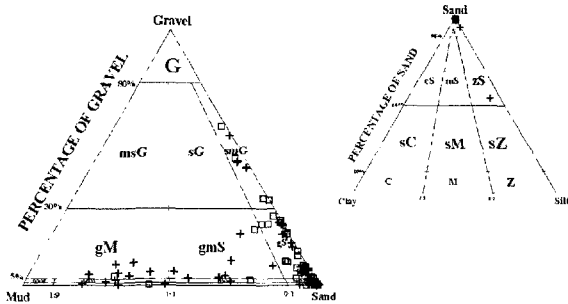
**Fig. 4.** Salinity variation in Han River Estuary and Kyunggi Bay.

stream)의 모래톱(point bar) 지점과 충주댐 직하부(Fig. 1)에는 자갈이 가장 우세하게 분포한다. 펄(실트와 점토) 조성은 충주댐 하류 부와 충주호 직상부에 부분적으로 분포를 보이지만, 전반적으로 소량만을 나타내며, 전체 퇴적물의 80% 이상에서 50% 이상의 모래(sand) 조성을 나타낸다. 풍수기 이후에는 상대적으로 자갈과 모래가 증가하는 경향을 나타내지만, 평수기에는 자갈, 모래와 펄

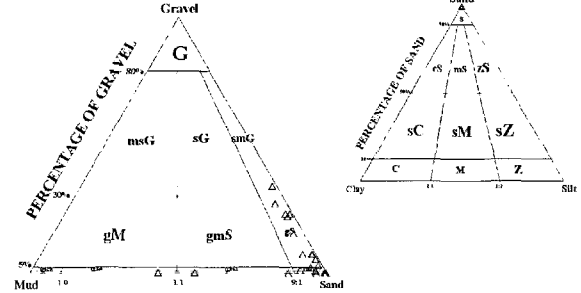
의 혼합 퇴적상이 충주댐 하류부에 나타나며, 전반적으로 역사질의 퇴적상이 우세한 분포를 보인다(Fig. 5).

풍수기 이후의 북한강은 90% 이상의 퇴적물에서 자갈과 모래가 70% 이상의 조성을 나타냈다. 청평호(Fig. 1)에서는 50% 이상의 펄 조성을 나타냈는데, 이는 상류에서 청평호 부근에서 단면적이 증가로 인한 유속의 감소로 세립한 퇴적물이 퇴적되었기 때문

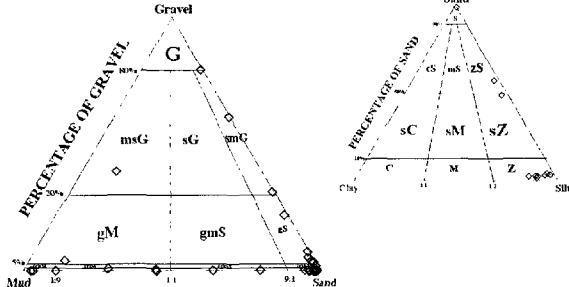
**a. South Han River : moderated(+ ) and after flooding period(□)**



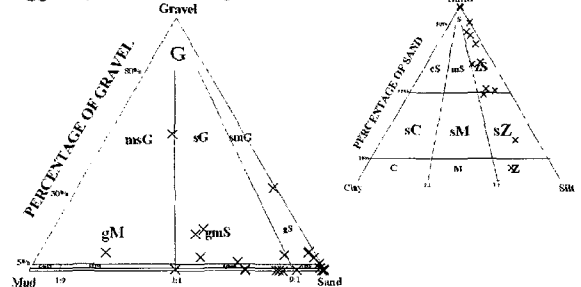
**b. North Han River : after flooding period**



**c. Main Han River : moderated period**



**d. Kyunggi Bay : moderated period**



**Fig. 5.** Ternary diagrams of total surface sediments of Han River and Kyunggi Bay (Folk, 1968).

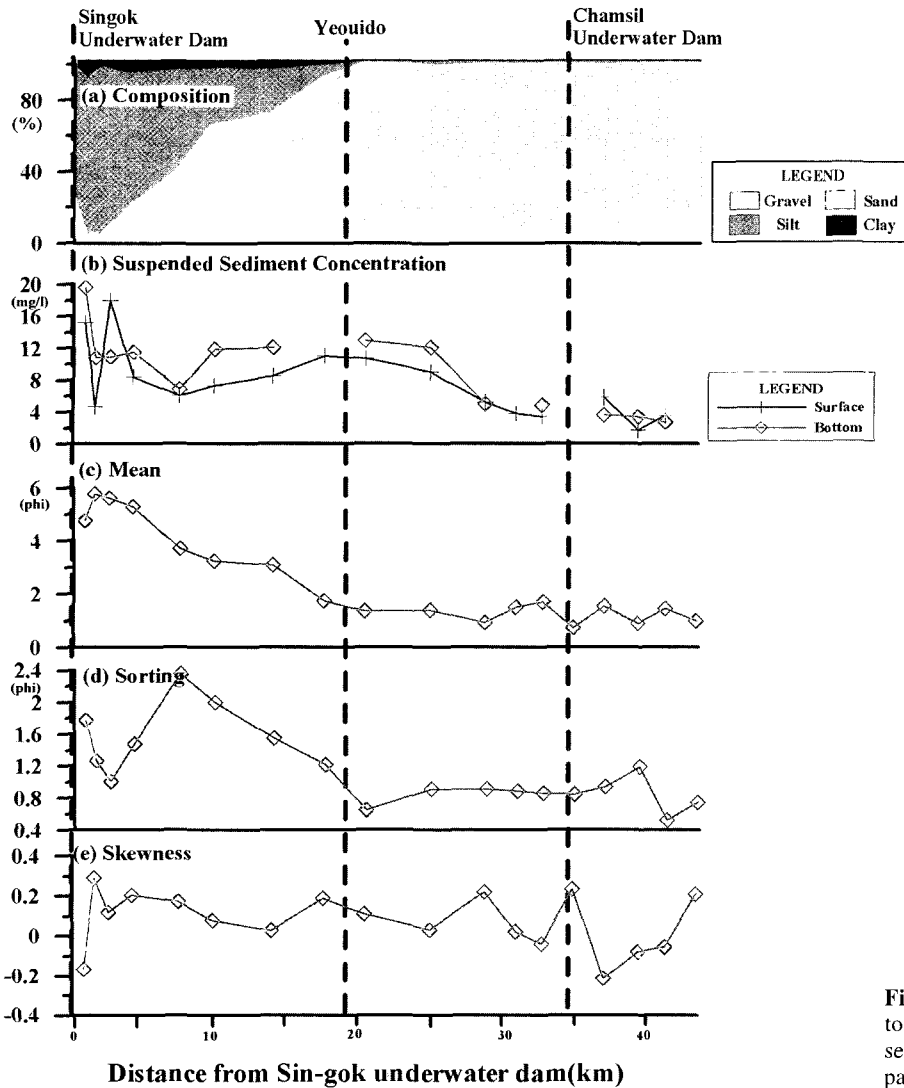


Fig. 6. Cross-sectional variation of bottom sediments composition, suspended sediment concentration and textural parameters in the main Han River.

으로 판단된다. 전반적으로 역질사의 퇴적상이 우세하게 분포하며 (Fig. 5), 자갈, 모래와 펄의 혼합 퇴적상이 산재하고 있다.

**한강 분류:** 자갈은 한강 분류 전구간에 산재하며, 잠실수중보 직상부와 직하부에 30% 내외의 조성을 나타낸다(Fig. 6a). 모래는 여의도 상류 지역에 60~95%의 분포로 우세하게 분포하지만, 하류 지역에는 감소하는 경향을 나타낸다. 펄은 여의도 하류지역에서부터 증가하는 경향이 나타나, 신곡수중보 하부에서 90% 이상의 분포를 보인다. 퇴적상은 상류 지역부터 여의도까지는 역사질 퇴적상이 우세하게 분포하지만, 여의도부터 신곡수중보까지는 자갈, 모래와 펄의 혼합퇴적상에서 실트질 퇴적상으로 변화하는 경향을 나타낸다. 부유퇴적물의 농도는 유속에 관계되며(McCave, 1970), 수중보 사이에 상대적으로 높은 유속이 나타나기 때문에 (한강관리사업소, 2001), 상대적으로 높은 부유 퇴적물 농도(10.9 mg/l)를 나타냈다(Fig. 6b). 신곡수중보 하류부에서는 하천수의 차단에 의해 상대적으로 작은 유속을 갖는데고 불구하고, 높은 부유 퇴적물 농도를 나타냈는데, 이는 낮은 수심에서의 선박의 유동에 의한 미세립 퇴적물의 fluff 층(Maa and Lee, 1997) 형성에 의한 것으로 생각된다(Fig. 6b).

**경기만 지역:** 표층퇴적물의 조성은 자갈(0.0~79.6%), 모래(1.2~99.4%), 그리고, 펄(0.1~92.3%) 등의 다양한 분포를 보이고 있다(Fig. 7). 자갈은 영흥도 남부 지역에 우세하게 분포하며, 전구간에서는 5% 이하의 조성을 나타낸다(Fig. 7a). 모래는 외해와 남부로 갈수록 증가하는 경향을 갖으며, 남부 지역에서는 90% 이상의 조성을 나타낸다(Fig. 7b). 펄은 북동방향과 연안으로 이동할수록 증가하는 분포를 나타내며, 대부도 북부 지역과 영흥도 우측에서 50% 이상의 조성을 나타낸다(Fig. 7c). 퇴적상은 사질역(sG)에서 실트(Z)까지 다양한 분포를 나타내는데(Fig. 5), 연안지역은 상대적으로 다양한 퇴적상을 나타내며, 외해로 갈수록 사질퇴적상이 우세하게 분포한다(Fig. 8).

**표층 퇴적물 조직변수의 분포**

**남·북한강:** 평균입도(Mz)는 다양한 분포(-1.04~7.02 φ)를 나타내는데, 대체적으로 평균기에는 2 φ 내외의 분포를 나타내며, 풍수기에 이후에 상대적으로 조립한 1 φ 내외의 분포를 나타낸다(Table 3). 평균기의 충주호 하류 부근과 풍수기의 청평호에 펄을 다량으로 함유한 6 φ 내외의 퇴적물이 분포하며, 풍수기 이후에

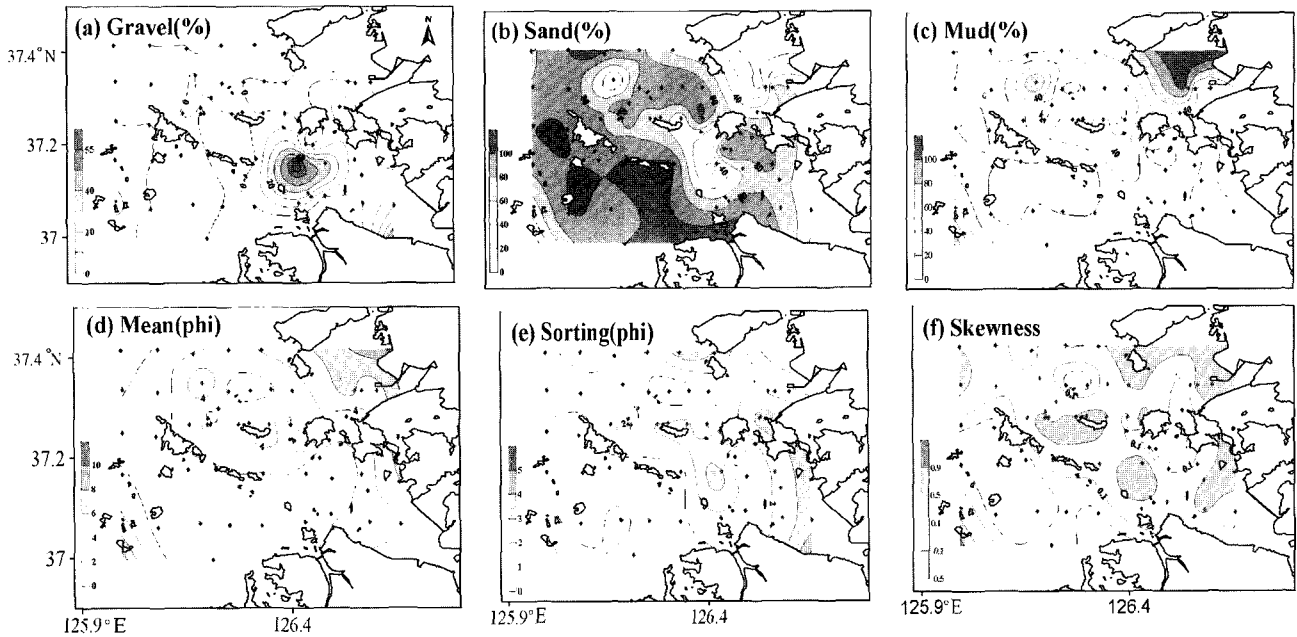


Fig. 7. Distribution of composition and textural parameters of bottom sediments in Kyunggi Bay.

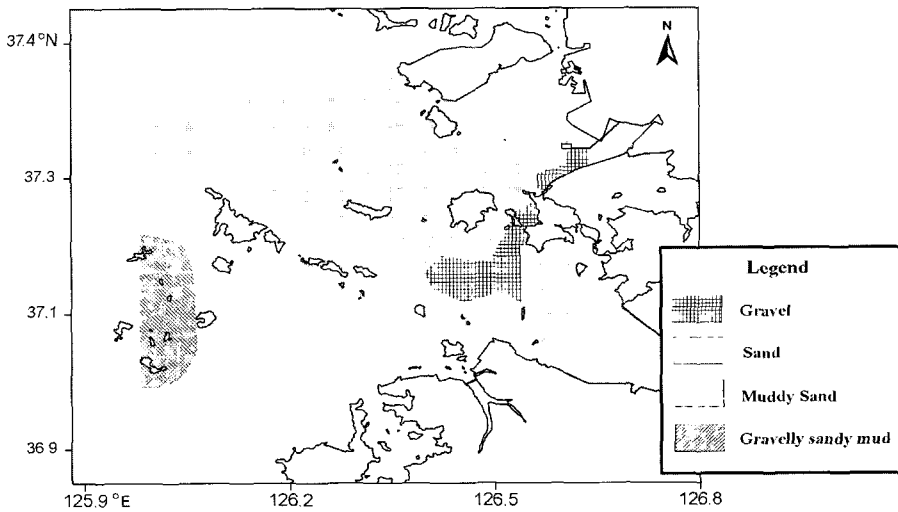


Fig. 8. Distribution of the bottom sediments in Kyunggi Bay.

입도가 조립해는 경향을 나타냈다.

분급도(So)는 moderately sorted에서 extremely poorly sorted의 분포(0.54~4.61  $\phi$ )를 나타내며, 풍수기 이후에 상대적으로 양호한 분급도를 나타낸다. 왜도(Sk)는 strongly coarse-skewed에서 strongly fine-skewed의 분포(-0.71~0.74)를 나타내며, 풍수기 이후에 상대적으로 양의 왜도값을 나타낸다(Table 3). 침도( $K_0$ )는 very platykurtic에서 very leptokurtic(0.51~1.99)의 분포를 보인다(Table 3). 전반적으로 남한강과 북한강의 표층퇴적물의 조직변수는 공간적 분포의 경향을 보이지 않는다.

**한강분류:** 여의도 하류로 갈수록 6  $\phi$  내외의 입도를, 상류로 갈수록 1  $\phi$  내외의 입도를 나타낸다(Fig. 6c). 분급도는 moderately well sorted에서 very poorly sorted의 분포(0.52~3.60  $\phi$ )를 나타내며(Table 3), 하류로 갈수록 불량해지는 경향을 나타낸다(Fig. 6d). 왜도는 strongly coarse-skewed에서 strongly fine-skewed의 분

포(-0.43~0.65)를 나타내며, 공간적인 분포의 경향을 나타내지 않는다(Fig. 6e). 침도는 very platykurtic에서 very leptokurtic의 분포(0.64~2.55)를 나타낸다(Table 3).

**경기만 지역:** 평균입도는 0.04~6.52  $\phi$ 의 분포를 나타내며, 북동 방향으로 갈수록 세립해지는 경향을 나타낸다(Fig. 7d). 분급도는 well sorted에서 very poorly sorted의 분포(0.45~3.52  $\phi$ )를 나타내며(Fig. 7e), 왜도는 coarse-skewed에서 strongly fine-skewed의 분포(-0.26~0.83)를 나타내는데(Fig. 7f), 북동 방향으로 갈수록 양호한 분급도와 음의 왜도를 나타낸다. 침도는 0.62~3.2의 범위로 very platykurtic에서 extremely leptokurtic의 다양한 분포를 나타낸다(Table 3).

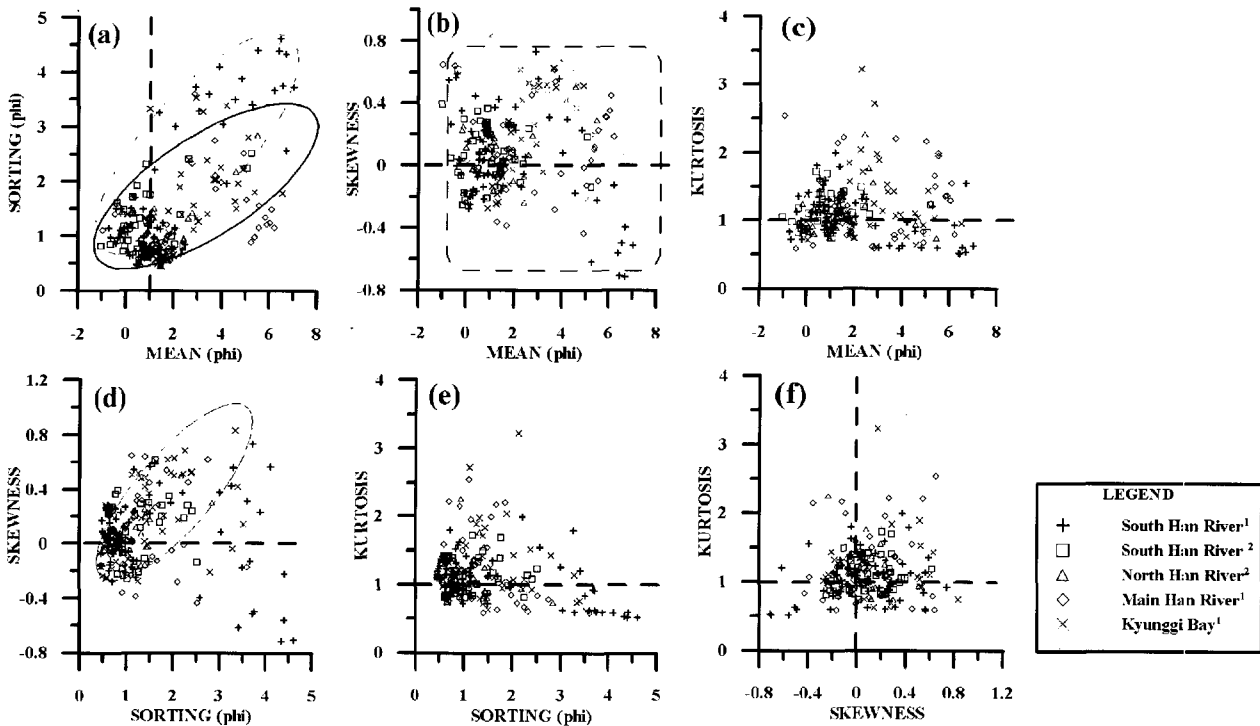
**조직변수의 상관관계**

남한강 풍수기의 경우, 평균입도와 분급도의 상관관계를 보면,

**Table 3.** Textural parameters of environments in the Han River Basin and the Kyunggi Bay.

Environments			Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
Fluvial	South Han River <sup>a</sup>	Av.	1.71	1.56	0.04	1.05
		Range	-0.73~7.02	-0.45~0.4	-0.71~0.74	1.99~0.51
	South Han River <sup>b</sup>	Av.	0.93	1.18	0.10	1.12
		Range	-1.04~5.05	-0.54~2.52	-0.26~0.62	0.74~1.72
	North Han River <sup>b</sup>	Av.	1.50	1.27	0.08	1.10
		Range	-0.18~5.48	0.56~2.84	-0.24~0.51	0.74~2.26
	Main Han River <sup>a</sup>	Av.	2.74	1.24	0.09	1.22
		Range	-0.97~6.21	0.51~3.60	-0.43~0.65	0.59~2.55
Estuarine - Embayment	Kyunggi Bay <sup>a</sup>	Av.	2.55	1.43	0.21	1.22
		Range	0.04~6.52	0.45~3.52	-0.28~0.83	0.62~3.22

a: sample in flooding period  
 b: sampled in moderated period



**Fig. 9.** Bivariate scatterplots of textural parameters of total surface sediments (1: moderate period, 2: after flooding period).

평균입도는 대부분  $-1 \sim 2 \phi$  사이에 위치하며, 평균입도가 증가할수록 분급도가 불량해지는 양상을 나타낸다(Fig. 9a). 그리고 평균입도와 왜도의 상관관계에 있어서는 넓게 분산된 분포를 나타낸다(Fig. 9b). 이는 다양한 에너지 환경 즉, 풍수기의 유량 증가와 간헐적인 바람, 강수시 유수작용 등의 복합적인 영향에 의한 것으로 사료된다. 남한강 풍수기 이후의 경우, 풍수기에 비해 입도, 분급도, 왜도가 전반적으로 집중되는 경향을 나타내는데, 이는 유량 증가로 인한 단일 기원의 고 에너지 환경에 의한 것으로 생각된다(Fig. 9). 북한강은 전반적으로 풍수기 이후의 남한강과 유사한 분포를 나타낸다(Fig. 9). 한강 분류는 조직변수의 상관관계 있어서, 뚜렷한 경향을 보이지 않고 넓게 분포되어 있어, 남한강과 북한강에 비해, 상대적으로 복합적인 퇴적환경에 영향을 받고 있음을 시사한다(Fig. 9).

경기만 지역은 평균입도와 분급도의 상관관계에 있어서, 넓게 분산된 분포를 나타낸다(Fig. 9a). 연안지역은 상대적으로 세립한 입도와 불량한 분급도를 나타내는데, 이는 다양한 입도의 퇴적물이 조류에 의해 재 분포되기 때문이다. 중앙의 수로 지역의 사질 퇴적물은 상대적으로 양호한 분급를 나타내는데, 이는  $2 \phi$  내외의 사질은 수층 운동에 의한 유동성이 높아 같은 입도의 입자들끼리 집적되는 경향이 있어 양호한 분급도가 나타나기 때문이다(McLaren and Bowles, 1985). 분급도가 불량해질수록 양의 왜도를 나타내는데, 이는 수로 지역의 사질 퇴적상을 중심으로 외해와 연안으로 갈수록 양의 왜도와 분급도가 불량해짐을 시사한다(Fig. 9d).

**퇴적기작**

표층 퇴적물의 이동과 퇴적 기작을 알아보기 위하여 Passega(1957)



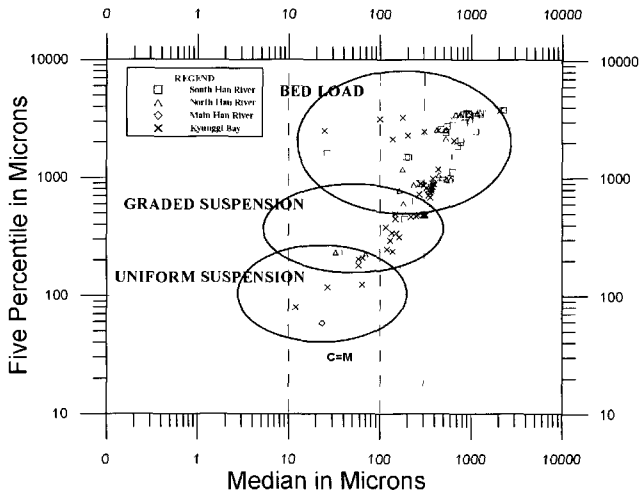


Fig. 10. C-M (coarse five percentile vs. median) diagram showing three pattern of sediment transport mode (Passega, 1957).

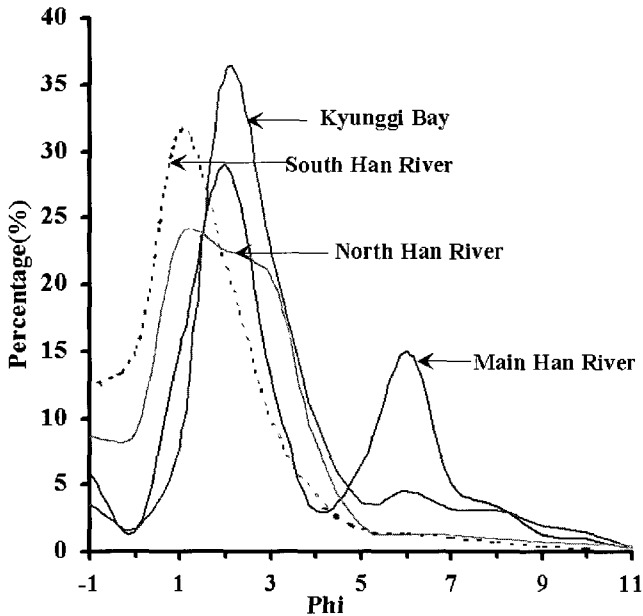


Fig. 11. Frequency curves of average values showing bimodal distribution in main Han River and unimodal in the others.

의 C-M 도를 이용하였다(Fig. 10). 남한강과 북한강은 주로 밀집 이동(bedload)으로 운반되고 있다. 한강 본류는 주로 밀집이동과 지속부유(uniform suspension)로 운반되므로, 입도가 상대적으로 조립한 중류와 상류 지역에서는 밀집이동으로, 입도가 상대적으로 세립한 하류 지역에서는 지속부유로 이동됨을 시사한다. 한강유역 퇴적물의 입도별 평균치를 빈도곡선으로 나타내면(Fig. 11), 하천의 흐름에 지배적인 영향을 받는 남한강과 북한강은 경우 단일모드(unimodal)로 1  $\phi$  내외에 집중되는 형태를 보이며, 한강 본류는 2  $\phi$ 와 6  $\phi$ 의 이중모드(bimodal)를 나타내는데, 이는 남한강과 북한강의 퇴적물은 주로 밀집의 단일모드에 의해서, 한강 본류의 퇴적물은 밀집과 부유의 이중모드로 이동됨을 나타낸다.

경기만 지역은 하천의 영향과 조류의 왕복 작용에 의해 밀집이

동, 점이부유(graded suspension), 지속적 부유의 복합적인 운반작용으로 이동되어 퇴적된다. 경기만 지역 퇴적물의 입도별 평균치를 빈도곡선으로 나타내면(Fig. 11), 단일모드로 2  $\phi$ 에 집중되어 나타나므로, 조류에 의해서 가장 큰 영향을 받음을 시사한다.

### 토 의

연구지역은 수리적 특성에 따라 하천환경과 하구-만 환경으로 구분되는데, 하천은 인위적인 개발의 정도에 따라서, 만 환경은 수로와 연안의 인접정도에 따라서 퇴적환경의 차이를 보여주고 있다.

#### 하천 환경(남한강, 북한강, 한강본류)

남한강과 북한강은 퇴적상이나 조직변수에 있어서 뚜렷한 분포를 보이지 않으나, 전반적으로 모래와 역질사의 퇴적상이 우세하며, 빈도곡선과 C-M에 의하면, 단일 에너지 기원인 유량에 의해서 가장 큰 영향을 받고 있음을 나타낸다.

한강 본류는 연구결과에 의해서, 상류(팔당댐-여의도), 하류(여의도-잠실수중보)의 2지역으로 구분할 수 있다(Fig. 12). 상류에서 하류로 이동할수록 퇴적상은 역질사-모래-실트의 형태로 변화하며, 상대적으로 세립한 입도와, 불량한 분급도와 양의 왜도 값을 나타낸다. 이는 하류로 진행할수록 신곡수중보에 의해서 에너지가 감소하며, 하천수 뿐만 중조와 대조사이에 유입되는 조류의 복합적인 수리 작용에 영향을 받기 때문으로 판단된다.

**한강 본류의 퇴적환경 변화:** 한강 본류 지역의 입도분포를 개발전의 평수기 자료(오, 1985)와 비교할 때(Table 4), 개발 후 잠실수중보 직하부와 신곡수중보 직상부에서는 입도가 세립해지는 경향을 보이지만, 사이 구간에서는 조립해지는 경향을 나타낸다. 이는 양 수중보 사이의 지속적인 흐름에 의해 부유물이 발생하고 수중보 인접지역에서의 유속 감소에 의한 퇴적에 의한 것으로 생각된다.

한강 본류 지역의 입도분포를 개발 직후 풍수기의 자료(장, 1989)와 비교하면, 입도는 과거에 비해 세립한 특징을 나타내지만 상대적으로 양호한 분급도와 음의 왜도를 나타낸다(Table 5). 상대적으로 양호한 분급과 음으로 치우친 왜도는 고에너지 환경을 나타내는 것이지만 유량에 의해서 가장 큰 영향을 받는 하천인 한강에서 평수기의 자료가 풍수기의 자료보다 고 에너지 환경을 나타내고 있는데, 이는 개발 후 양 수중보에 의한 제한적 에너지 환경과 제한적 퇴적물 이동에 의한 것으로, 풍수기에 유량 증가에 의해서 하류 방향으로의 퇴적물 이동이 활발하게 이루어지지만 이동되어 퇴적된 퇴적물이 평수기에 보존되어, 퇴적 당시의 에너지 환경을 나타내는 것이다. 즉, 한강 본류의 퇴적환경은 저 에너지 환경이 장기간 지속되는 평수기 보다 고 에너지 환경이 단기간 지속되는 풍수기에 집중적으로 영향을 받으며, 퇴적물의 유입이 제한되어있는 신곡 수중보와 팔당댐 사이의 퇴적물은 신곡수중보가 준공된 이후 지속적으로 이러한 영향을 받았다고 할 수 있다. 하천에서의 부유퇴적물의 입도는 강수와 바람에 의해 영향을 받으며, 평수기 하천 수심이 얕아졌을 때, 강한 바람에 의해 조립한 입자의 침식과 재부유가 발생하기도 한다(Xu, 1999). 하지만 한강 본류의 경우 양 수중보에 의해 평수기에 일정한 수심이 유지되므로, 상대적으로 바람에 의한 영향이 감소하여, 세립한 입자만이 재

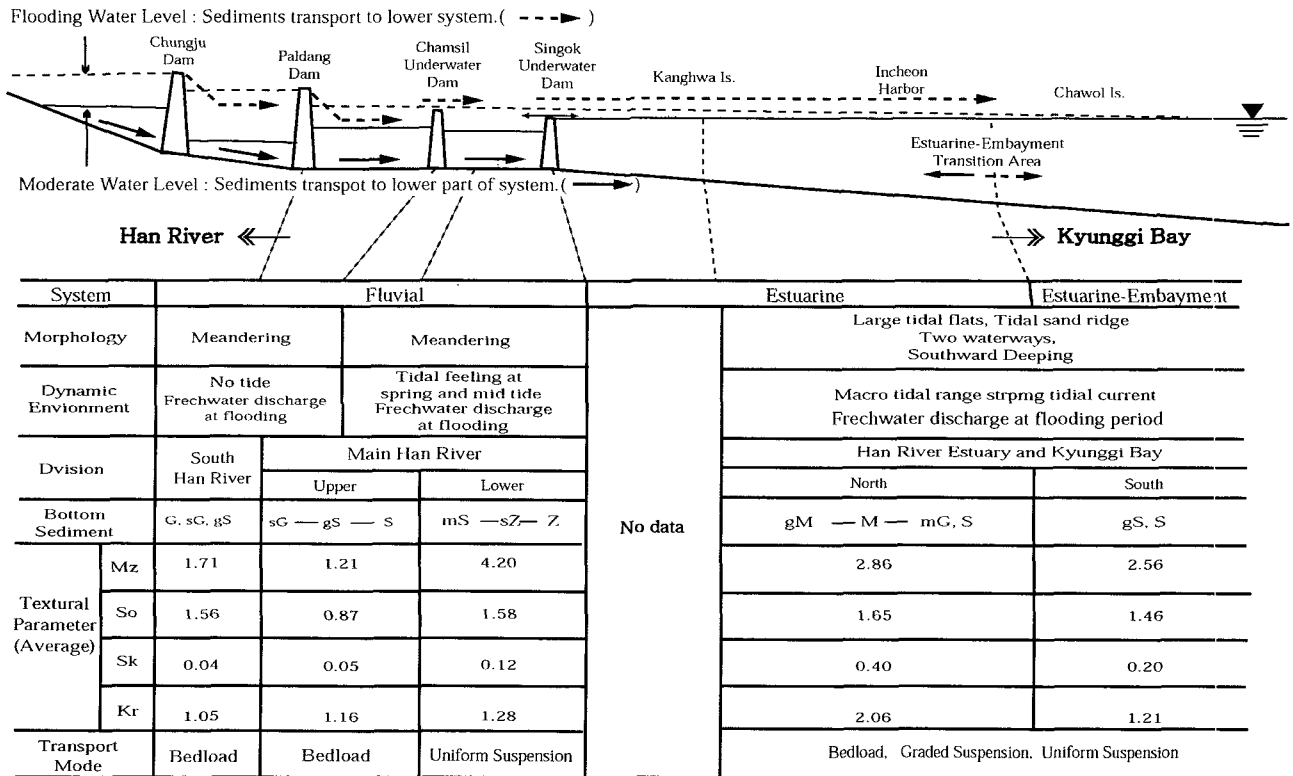


Fig. 12. Schematic representative of different depositional system along the Han River Estuary and Kyunggi Bay at moderate and flooding period(modified after Chang and Oh, 1991).

Table 4. Mean size of the bottom sediment in the Han River before and after Sinok underwater dam construction

Year	Chamsil Br.	Dongho Br.	Panpo Br.	Seongsan Br.	Nanji	Haengju Br.
1985*	0.81	1.92	3.20	4.95	4.92	1.96
2001	1.50	1.39	1.36	1.65	4.88	5.60

\*Data from Oh (1985)

부유되는 것으로 생각된다.

하구 환경

하구 환경은 크게 2지역으로 구분 할 수 있다(Fig. 12); (1) 신곡수중보 하류에서 강화도 북부지역, (2) 염하수호와 석모수호를 포함한 강화도 북부와 영종도 사이의 지역. 신곡수중보 하류에서 강화도 북부지역까지는 군사적인 제한에 의해, 자료가 전무한 상태이다. 염하수호와 석모수호를 포함한 강화도 북부와 영종도 사이의 지역에 있어서, 염하수호, 석모수호 그리고 섬 사이에는 사질 퇴적상이 우세하며, 수호와 조간대의 전이적 환경에서는 사니질혼합퇴적상이 분포한다(장, 1989). 경기만 북부 주수로 해역의

퇴적상은 대부분 실트질사로 나타나지만, 염하수호 부근의 일부 수심이 깊고 조류가 강한 곳에서는 역질사와 모래가 우세하게 나타나며, 전반적으로 외해에서 연안으로 갈수록 실트질사에서 사질 실트로 변화하는 경향을 나타낸다(Lee et al., 1992; 이 등, 1998). 조석이 우세하고 조류가 강하게 작용하는 경기만 상부에 있어서 조류에 의한 퇴적과 재부유의 반복(Postma, 1967; Officer, 1981)에 의한 지속적인 왕복 운동 끝에 세립한 퇴적물이 염하수호와 인천항 사이의 지역에 퇴적되고 상대적으로 적은 양만이 경기만 중남부로 유출된다. 그러므로 상대적으로 조립한 실트는 북부 연안에 퇴적되고 점토는 남부까지 이동하여 하구의 수리적 특성에 따

Table 5. Comparison of textural parameters of Main Han River bottom sediments after Singok underwaterdam construction

Year	Division	Mean (Phi)	Sorting (Phi)	Skewness	Kurtosis
1988 <sup>a</sup> / 2001 <sup>b</sup>	Paldang dam - Chamsil underwater dam	1.03/1.19	1.28/0.91	0.16/0.01	1.37/1.32
	Chamsil underwater dam -Yeouido	1.37/1.53	1.65/0.90	0.31/0.14	2.58/1.18
	Yeouido - Singok underwater dam	3.02/4.56	1.70/1.64	0.40/0.11	1.90/1.20
	Average	2.21/2.74	1.63/1.24	0.34/0.09	2.07/1.22

a: sample in flooding period (Chang, 1989)

b: sampled in moderated period

라 재 분포된다(박과 오, 1991). 장기적인 퇴적물 이동의 분포는 잔차류에 의해 중요한 영향을 받고 있는데, 본 지역의 잔차류 또한 염화수소에서 인천항 부근으로 유입되고, 인천항과 영종도 사이에서 유입된 잔차류와 함께 강화도와 영종도 사이를 통해서 외해로 유출되므로(이 1972; 봉, 1978; 김, 1990; 수로국, 1996; 임, 1999), 퇴적물의 분포 경향을 반영하고 있다. 이 뿐 만 아니라 염분의 변화 또한 강화대교와 인천항 사이에서 큰 변이를 나타낸다. 그러므로 염화수도와 영종도 사이의 지역에서 하구의 퇴적작용이 활발하게 이루어지고 있다고 할 수 있다.

**만 환경**

영종도 남부는 염분의 변화에 있어서 인천항 북부에 비해 상대적으로 적은 변이를 나타내어(Fig. 4), 담수 유입에 의한 해수의 희석 정도가 낮은 만의 환경을 나타낸다. 본 지역은 중앙 수로 지역에서 연안으로 갈수록 모래에서 니질사 또는 역니질사로 변화하는 퇴적상을 나타냈으며(Fig. 8), 하류 방향으로 이동할수록 니질사에서 모래로의 퇴적상의 변화, 펄 조성의 감소, 그리고 입도의 조립화 경향을 나타낸다(Fig. 7c). 경기만은 지형적인 요인에 의해 조간대, 수로, 조류성사퇴로 구분되며, 영종도 남부 경기만 지역에는 왕복성조류에 의한 사질퇴적물의 이동으로 조류방향과 대체로 일치하는 조류성사퇴가 불연속적으로 발달해 있다(최와 박, 1992; 방 등, 1994). 이는 하구의 순환과정을 거친 하천 기원의 미세립 퇴적물의 일부만이 영종도 남부까지 유출될 뿐 경기만 중남부 지역에 해양 기원의 사질 퇴적물이 우세하게 분포한다고 할 수 있으며, 이러한 남부지역에서의 해양 기원 퇴적물의 우세는 박(1990)의 연구에서 제시되었다.

**하천-하구-만 퇴적환경: 퇴적환경의 연계성**

한강 유역은 댐이나 수중보에 의해, 다른 환경과 단절된 상태에서 조립질 퇴적물의 이동의 제한과 부유 퇴적물의 퇴적으로 인해 퇴적환경의 변화가 초래되었을 뿐만 아니라 각 유역마다 개별적인 하천 퇴적환경이 형성되어 각 유역의 연계성이 단절되었다(Fig. 12). 한강 유역의 경우 풍수시 유량의 증가로 인해 퇴적물이 하류로 이동하지만, 댐과 같은 구조물에 의해 밀집이동으로 운반되는 조립질 퇴적물은 이동을 멈추며, 부유이동으로 운반되는 세립한 니질 퇴적물만이 댐 방류시 하류로 이동하게 된다(Fig. 12). 한강 분류 퇴적물의 실트 함량은 하류로 갈수록 증가하는 경향을 나타내는데, 이는 상류의 퇴적물이 하류로 이동되어, 신곡수중보 상류부에서 상대적으로 조립한 실트 이상의 퇴적물은 퇴적되고, 점토 이하의 퇴적물은 계속적으로 부유하기 때문이다. 결과적으로 경기만의 조차가 중조 이상일 때, 점토 이하의 퇴적물만이 하구지역으로 유출되어 퇴적되므로 하구지역에서 상대적으로 세립한 입도를 나타낸다(Fig. 12). 풍수기에는 통수단면적의 증가로 더 많은 양의 부유퇴적물이 외해로 이동되며, 상대적 조립한 모래와 실트까지 이동되므로, 풍수기에 부유퇴적물의 점토 조성이 감소하는 경향을 나타낸다(백, 1992). 하구에 있어서 하천에서 공급되는 부유물질의 양이 외해에서 공급되는 부유물질의 양보다 많으며(장 등, 1981), 한강하구 및 경기만에서의 부유물질 농도는 담수의 유입이 많은 풍수기에 더 높게 나타나므로(김 등, 1999; 장과 오, 1991; 백, 1991), 이때 하천-하구-만 퇴적작용이 활발하고, 하구-만의 전이지

역이 외해 쪽으로 이동할 것이라 판단된다. 풍수기에 하천으로부터 유입되는 퇴적물에 의해, 하구의 퇴적물의 이동과 퇴적양상에도 변화가 발생하고(Nichols, 1977; Perez et al., 2000), 방대한 하천 유량의 영향으로 인해 하천 방향으로의 염분의 유입이 감소하며, 육상 기원의 퇴적물이 대륙붕까지 이동된다(Meade, 1969). 즉, 한강과 경기만에 있어서 하천-하구-만의 퇴적환경의 연계성은 하천의 유량과 조차 그리고 인공 구조물에 의해 결정되며, 개별적인 환경간의 경계지역은 풍수기에는 외해로, 평수기에는 하천 지역으로 이동되며, 북한강과 남한강은 개별적인 퇴적환경을 갖는다. 하지만 한강 하구에 대한 체계적인 연구를 위해서는 예성강과 임진강을 포함한 신곡수중보 하류의 하구역에 대한 퇴적학적 조사가 반드시 수행되어야 할 것으로 판단된다.

**요약 및 결론**

- 1) 남한강과 북한강에서는 역사질의 퇴적상이, 한강 본류에서는 실트와 역사질 퇴적상이 우세하게 나타나는데, 각각의 하천환경은 평수기에 인공 구조물에 의해서 개별적인 퇴적환경을 갖으며, 풍수기에는 선별적인 미세립 퇴적물 이동이 발생한 것으로 생각된다.
- 2) 한강 본류는 양 수중보에 의한 퇴적물의 공급과 수리적인 환경의 제한에 의해서 퇴적환경의 변화가 초래되었으며, 신곡수중보 직상부에 다량의 실트가 퇴적되었다.
- 3) 경기만은 북부에서 남부로 이동할수록 조립해지는 입도를 나타내며, 연안지역은 세립한 입도와 불량한 분급도를 나타낸다. 북부에서 남부로 이동할수록 점토질 입자의 조성이 감소하므로, 하구-만의 전이적인 퇴적환경을 나타냈다.
- 4) 하천-하구-만 퇴적환경 연계성은 하천 유량, 조석, 인공 구조물의 가장 큰 영향을 받으며, 풍수기에는 외해 방향으로, 평수기에는 하천 방향으로 각각의 환경의 전이지역이 이동한다.
- 5) 한강과 경기만 지역에 대한 퇴적환경의 상세한 연계성 규명을 위해서는 조사 자료가 매우 부족한 신곡수중보 하류의 하구 지역 및 임진강과 예성강에 대한 남·북한 공동 연구가 요구된다.

**사 사**

본 연구는 한국학술진흥재단 선도연구자지원(과제번호 KRF-99-041-H00014)의 지원하에 수행되었으며 이에 사의를 표한다. 그리고 금병철 대학원생의 협조에 감사드리며 본 논문의 자상한 심사를 해주신 심사위원께 감사드립니다.

**참고문헌**

건설교통부, 1998. 북한강, 안성천 유역 유량측정보고서, 건설교통부 한강홍수통제소, 97 pp.  
 건설교통부, 2000. 한강(하류) 및 임진강 유역 유량 측정 보고서, 건설교통부 한강홍수통제소, 115 pp.  
 건설교통부, 2001. 한국수문조사연보(우량편), 건설교통부, 798 pp.  
 건설교통부, 2002. 남한강 유역 유량 측정 보고서, 건설교통부 한강홍수통제소, 107 pp.  
 김나영, 김기현, 박경, 1999. 서해 경기만에서 주요 수질변수들의 분포특성. 지구과학회지, 5: 564-579 pp.

- 김재경, 1987. 한강종합개발사업공사 보고서. 대한토목학회지, **2**: 36-51.
- 김철민, 1978. 경기만 해저지층구조에 대하여. 광산지질학회지, **3**: 109-114.
- 대한조선공사(KSEC). 1986; 1987. 한강수로측량 용역보고서. 한강관리사업소.
- 문지원, 문희수, 송윤구, 이규호, 1997. 영종도 비고화 퇴적물의 점토광물 조성 및 기원에 관한 연구. 환경지질학회지, **6**: 531-541.
- 박용안, 1968. 한강하류의 현생퇴적물에 대한 고찰. 대한지질학회지, **4**: 122-130.
- 박정기, 1990. 한강하구역에서의 점토광물에 대한 연구. 인하대학교 대학원 박사학위논문, 59 pp.
- 박정기, 오재경, 1991. 한강하구 및 경기만에서의 점토광물에 대한 연구. 한국해양학회지, **4**: 313-323.
- 박희두, 1990. 남한강 중·상류 분지의 지형연구. 동국대학교 대학원 박사학위논문, 157 pp.
- 방호기, 이호영, 장정해, 이치원, 오재경, 1994. 경기만에 발달한 조류성사퇴의 역사 및 특성. 한국해양학회지, **3**: 278-286.
- 백정운, 1991. 부유퇴적물 이동량에 따른 한강하구 염하수로의 퇴적작용에 관한 연구. 인하대 석사학위논문, 68 pp.
- 소철섭, 이기형, 1974. 한강유역의 현생퇴적물에 관한 연구. 광산지질학회지, **3**: 87-100.
- 송성문, 1992. 경기만 남동 해역에서의 표층퇴적물에 대한 퇴적학적 연구. 인하대 석사학위논문, 48 pp.
- 신영재, 2001. 평수시 한강과 임진강에서의 조석전과 특성연구. 서울대학교 대학원 석사 학위논문, 55 pp.
- 오재경, 1982. 경기만 주변에서 1차적 퇴적구조와 조직의 조사에 의한 퇴적환경적 연구. 한국과학기술재단 보고서. 12 pp.
- 오재경, 1985. 한강종합개발 이전의 한강하구에서 퇴적환경과 광물 자원에 관한 연구. 한국과학기술재단 보고서.
- 오재경, 1989. 한강개발 이전 한강하구와 경기만에서의 퇴적환경. 황해연구, **2**: 13-20.
- 오재경, 1995. 한강 하구 염하수로에서 부유퇴적물의 퇴적작용. 한국지구과학회지, **1**: 20-29.
- 이종현, 이정석, 김범수, 이창복, 고철환, 1998. 경기만 퇴적물의 중금속 분포 특성. 한국해양학회지, 바다, **3**: 103-111.
- 유홍룡, 한상준, 홍기훈, 이희준, 신동혁, 안충현, 이경국, 윤호일, 제종길, 지상범, 석봉출, 홍제상, 1989. 한국 서·남해연안 조간대의 종합 조사연구 (1). 한국해양연구소, BSPG00073-227-5, 239 pp.
- 임창주, 1989. 남한강의 하안단구에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위 논문, 139 pp.
- 임효혁, 1999. 경기만에서 수치모델링을 이용한 한강수 유입 연구. 인하대학교 석사학위 논문, 56 pp.
- 장순근, 이창복, 석봉출, 정태몽, 유홍룡, 김성열, 이경신, 1981. 연안환경도 작성연구(경기만:해양지질분야), BSPE00029-52-5, 226 pp.
- 장현도, 1989. 한강종합개발 이후 한강하구 및 경기만에서 퇴적환경의 변화. 인하대 이학석사 학위논문, 82 pp.
- 장현도, 오재경, 1991. 한강종합개발 이후 한강하구 및 경기만의 퇴적환경. 한국해양학회지, **1**: 13-23 pp.
- 전승송, 1991. 한강하구 염하수로 주변에서의 퇴적학적 연구, 인하대 석사학위논문, 46 pp.
- 정봉일, 1975. 남한 충적층의 통계학적 지질연구. 광산지질학회지, **3**: 125-134
- 한강관리사업소, 2001. 한강 수로 조사 용역 보고서, 서울특별시, 329 pp.
- 한국자원연구소, 1999. 서울-남천점 지질도폭 설명서, 64 pp.
- Bowden, K.F., 1967. Circulation and diffusion. In:G.H.Lauff(ed.). Estuaries. *Am. Assoc. Adv. Sci.*, pp. 15-36.
- Dyer, K.R., 1973. Estuaries: Aphysical introduction. John Wiley, 140 pp.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's, 140 pp.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameter. *J. Sed. Pet.*, **27**: 3-27.
- Lee, C.B., H.R. Yoo and K.S. Park, 1992. Distribution and properties of intertidal surface sediments of Kyeonggi Bay, west coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **27**: 277-289.
- Maa, J.P.-Y., Lee, C.-H., 1997. Variation of the Resuspension Coefficients in the Lower Chesapeake Bay. *J. Coastal Re. Spec. Iss.* **25**, 63-74.
- McLaren, P. and Bowles D., 1985. The effects of sediment transport on grain size distribution. *J. Sed. Pet.*, **4**: 457-470.
- McCave, I.N., 1979. Suspended sediment. In: K.R.Dyer, ed., "Estuarine hydrography and sedimentation". Cambridge Univ. Press, 131-185.
- Meade, R. H., 1969. Landward transport of bottom sediments in estuaries of the Atlantic Coastal Plain.
- Nichols, M.M. and Poor, G., 1967. Sediment transport in a coastal plain estuary. *J. Sed. Pet.*, **14**: 222-234.
- Nichols, M.M., 1977. Response and recovery of an estuary following a river flood. *J. Sed. Pet.*, **47**: 1171-1186.
- Nichols, M.M. and Biggs, R.B., 1985. Estuaries. In: R.A.Davis, Jr.(ed.). Coastal sedimentary environments(2nd. ed.). Spring-Verlag; 77-186.
- Officer, C.B., 1981. Physical dynamics of estuarine suspended sediments. *Mar. Geol.*, **40**: 1-14.
- Passega, R., 1957, Texture as characteristics of clastic deposition. *Am. A.P.G.*, **41**: 1952-1984.
- Perez, B.C., Day, J.W., Jr., Rouse, L.J., Shaw, R.F., Wang, M., 2000. Influence of Atchafalaya River Discharge and Winter Frontal Passage on Suspended Sediment Concentration and Flux in Fourleague Bay, Louisiana. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **50**: 271-290.
- Postma, H., 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: G.H.Lauff(ed.). Estuaries. *Am. Assoc. Adv. Sci.* pp. 158-179.
- Wilkinson, W.B., Leeks, G.J.L., Morris, A., Walling, D.E., 1997. Rivers and coastal research in the Land Ocean Interaction Study. *Sci. Total Environ.*, **194/195**: 5-14.
- Xu, Jiongxin, 1999., Grain-size characteristics of suspended sediment in the Yellow River, China. *Catena*, **38**: 243-263.

2002년 10월 29일 원고접수

2003년 6월 4일 수정본 채택

담당편집위원: 강효진