

榮山江流域 堆積層의 垂直的·空間的 發達 研究

은고요나* · 유환수* · 김등주**

*전남대학교 자연과학대학 해양학과

**광주전남발전연구원

A Vertical and Spatial Study of Sediment Deposits Developing Along Yeongsan River

Ge Yeo Na Eun*, Hoan Su You* and Dong-Ju Kim**

*Department of Oceanography, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

**Kwangju-Chonnam Development Institute, Kwangju 502-202, Korea

Abstract: For the scientific and systematic study of sediment deposits along Yeongsan river, total 13 core samples were taken from Yeongsan river. The thickness of sediment deposits is 22.0 m at YS 1, 20.0 m YS 2, 18.5 m YS 3, 12.0 m YS 4, 3.0 m YS 5, 5.5 m YS 7, 3.0 m YS 8, 5.9 m YS 9, 5.0 m YS 10 on main stream of Yeongsan river. The thickness of deposit is increasing from upstream to downstream. The composition of sediments dominates sandy gravel on the upstream and the lower part on the downstream, and mud deposits of 11 m~16 m thick on the upper part of on the downstream(YS 1, YS 2, and YS 3). Contents of organic carbon and calcium carbonates occur being contrary to each other toward upstream. The content of organic carbon increases upstream, that of calcium carbonates decreases. According to size analysis of sediment, the content of gravel increases and mud decreases from downstream to upstream. Sediment deposits can be divided into two types whether gravel is or not. But this boundary is clear in the downstream(YS 1~YS 4) but is vague in the upstream. The result of this study could be provided engineering, environment, and architecture with geological background as the essential basis.

Key words: core samples, grain-size analysis, sediment deposits

요 약: 영산강 유역을 따라 형성되어 있는 퇴적층에 관해 과학적·체계적인 연구를 위해 영산강을 따라 13개 지점에서 시추가 수행되었다. 퇴적층은 가장 하류에 위치한 YS 1에서 22.0 m, YS 2에서 20.0 m, YS 3에서 18.5 m, YS 4에서 12.0 m, YS 5에서 3.0 m, YS 7에서 5.5 m, YS 8에서 3.0 m, YS 9에서 5.9 m, 그리고 가장 상류인 YS 10에서 5.0 m까지 발달하고 있다. 퇴적층의 성분별 특성은 YS 4를 경계로 상류지역은 거의 사질을 포함한 자갈층이 우세하며, 하류지역인 YS 1~YS 3에서는 11 m~16 m 정도의 두꺼운 니질층이 층의 상부에 형성되어 있고 하부에 사질층과 사질층 아래에 자갈을 포함한 사질층이 연속적으로 나타나고 있다. 시추공별 유기탄소의 평균함량은 YS 1에서 가장 낮은 0.5%인 반면 상류로 갈수록 점차적으로 증가하여 YS 8에서 최대인 0.9%이다. 반면에 탄산염은 YS 2에서 14.2%로 가장 높고, YS 9에서 가장 낮은 2.8%이다. 결과적으로 유기탄소와 탄산염 함량의 공간적인 변화는 서로 상반적인 경향으로 나타난다. 입도분석 결과에 의하면, 강 상류지역에 퇴적층은 상대적으로 자갈의 함유량이 많은(48.8%~14.1%) 반면 니질은 감소하고, 하류쪽으로 갈수록 자갈의 함유량이 적어지고 니질의 양이 증가하고 있다. 퇴적층의 성분별 공간적인 분포는 입도와 퇴적물 특성에 따라 자갈을 포함하고 있는 층과 포함하지 않고 있는 두개의 층으로 대분될 수 있는데, 이러한 층의 경계는 YS 1~YS 4까지는 뚜렷하지만 상류지역의 퇴적층에서는 나타나지 않거나 모호하다.

주요어: 시추코어, 입도분석, 퇴적층

序 論

우리나라의 크고 작은 강과 하천들을 포함한 4대강 유역은 산업화 및 도시화 등에 의해 환경파괴는 가속화되고, 다양한 종류의 많은 오염원이 수계로 유입되고 있다. 오늘날 수질악화, 용수부족현상, 생태계 파괴, 자연환경 파괴 등에 의한 피해는 심각하여 사회적·경제적으로 큰 물의를 야기하고 있는 실정이다.

이에 따라 최근 정부 및 지방자치단체들은 강과 하천을 보호와 효율적으로 활용할 수 있는 계획들이 세워지고 있다. 또한 많은 전문가와 단체들은 강과 하천을 중심으로 다양한 연구활동들이 이루어지고 있다(환경부, 1996; 전라남도, 1996; 광주직할시, 1996; 서울시정개발연구원, 1994; 남동개발연구원, 1994 등).

인구급증과 도시화·산업화의 급진전 등에 의해 하천을 중심으로 발생하는 환경문제는 대부분 생물

· 생태와 수질 등에 치중되어 있을 뿐만 아니라 정부의 정책 및 연구 활동 또한 대부분 종합적인 환경정책, 수질 및 생태계, 하상정비 및 홍수 등에 국한되어 있어 강 유역을 따라 형성되어 있는 퇴적층에 관한 과학적·체계적 연구는 상대적으로 매우 빈약한 실정이다. 이것은 시추의 어려움과 이에 수반되는 비용, 그리고 그의 중요성에 대한 인식 부족때문으로 사료된다.

강유역을 따라 형성되어 있는 퇴적층들은 마지막 빙기이후로 해수면의 상승과 더불어 육지로부터 침식된 퇴적물이 이동되어 형성된 것으로 주로 저지대인 하류부근에서 두꺼운 퇴적층을 형성하고 있다. 따라서 본 연구는 한반도의 남서쪽에 위치한 영산강유역을 따라 형성되어 있는 제 4기 퇴적층을 대상으로 퇴적학적인 연구를 시도하였다.

연구목적은 영산강 수계를 따라 발달하고 있는 퇴적층의 발달심도를 파악하고, 퇴적층의 특성 및 유기탄소와 탄산염 함량을 수직적·공간적으로 비교·분석함으로써 퇴적층의 특성을 공간적·수직적으로 이해하고자 하였다. 연구결과는 영산강 유역의 집중적인 이용과 개발에 따라 야기될 수 있는 환경문제, 대단위 건축 및 토목공사, 그리고 강 유역의 합리적인 이용과 개발 등에 유용한 기초자료로 제공될 수 있을 것이다.

榮山江流域의 水文學的 特性

영산강은 한반도 남서쪽에 위치한 우리나라의 4대 강 중의 하나로 전라남도 담양군 용면 용추산에서 발원하여 북북동-남남서방향으로 흐르면서 크고 작은 지류들이 합쳐져 영산호로 유입되어 서해로 흘러들고 있다. 강 본류를 중심으로 하천의 북쪽지역에서 합류하는 황룡강, 문평천, 고막원천, 함평천 등은 북동-남서 혹은 북-남방향, 그리고 남쪽지역에서 합류되는 오례천, 증암천, 광주천, 지석천, 영암천 등은 남동-북서 혹은 동-서방향으로 발달하고 있다. 영산강 수계의 특징은 담양댐하류에서 증암천 합류지점과 각 지류들의 상류지역에서는 망상하도가 발달하고, 증암천 합류지

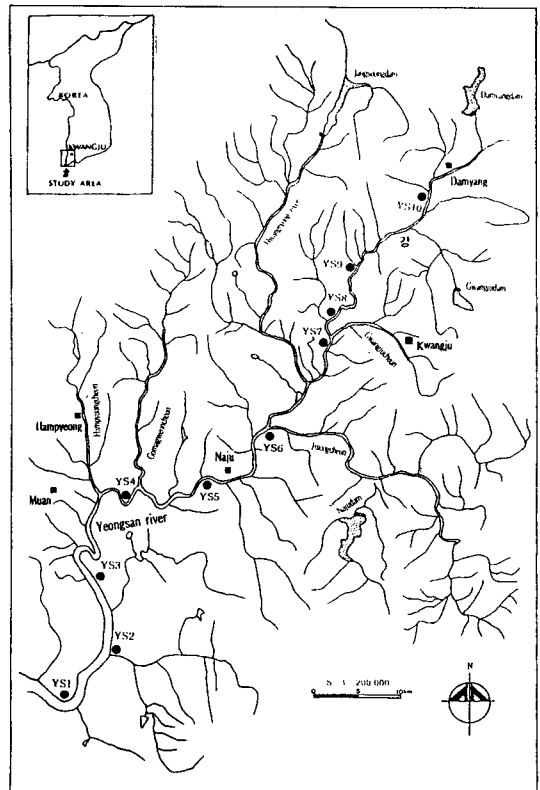


Fig. 1. Core sampling location and fluvial system of Yeongsan river.

점에서 고막원천 합류지점까지는 모식적인 곡류하도가 발달하고 있으나 고막원천 합류지점 하류는 산지와 구릉이 하도에 연접하여 곡류의 발달이 미약하다 (김, 1993). 영산강의 주요지류는 오례천, 증암천, 광주천, 황룡강, 지석천, 문평천, 고막원천, 함평천 그리고 영암천 등과 같은 크고 작은 지류들이 합쳐져 본류를 이루고 있다. 영산강은 유로연장 약 115 km, 유역면적 $2.8 \times 10^3 \text{ km}^2$, 유출량 $1.6 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{y}$ 하상구배 1/600~1/9,000, 유출계수 0.57, 하상계수가 682이며, 직사각형의 수지상 하계망 형태이다 (Fig. 1; Table 1).

Table 1. The comparison of four rivers of Korean peninsula

River	Han ¹⁾	Nakdong ²⁾	Keum ¹⁾	Yeongsan ¹⁾
Length (km)	488	530	401	115
Drainage area (km ²)	2.6×10^4	2.4×10^4	1.0×10^4	2.8×10^3
Volume discharge (m ³ /y)	800	-	200	52
River discharge (m ³ /y)	25×10^9	15×10^9	6.4×10^9	1.6×10^9
River bed gradient ³⁾	1/1,800~1/17,000	1/1,100~1/10,000	1/800~1/10,000	1/600~1/9,000
Coe. of river regime ³⁾	0.57	0.49	0.49	0.57
Runoff coefficient ³⁾	393	372	300	682

¹⁾Schubel et al. (1986). ²⁾Kim and Lee (1980). ³⁾수자원공사 (1992).

試料採取 및 研究方法

퇴적층 연구를 위해 시추는 한국자원연구소의 시추팀에 의해 STP방법에 의해 영산강 본류를 따라 10개 지역에서 수행되었다(Fig. 1, Table 2). 위치선정은 영산강 본류를 중심으로 퇴적층이 주위보다 두꺼운 지역이라 판단되는 위치였고, 시료채취시 가능한 퇴적물의 교란을 막기 위해 약 1.0 m 간격으로 퇴적물을 회수하였다. 회수된 퇴적층은 약 50 cm 간격으로 subsampling함과 동시에 현장에서 퇴적층의 특징들을 자세히 기재하였다. 시추된 퇴적물 중 YS 10은 거의 자갈로 구성되어 있어, 입도분석 등이 불필요하다는 판단하에 실험을 배제하고 퇴적층의 주요 특징들을 기재 하였다.

입도분석을 위해 9개지역에서 106개의 준비된 시료는 입자들의 원활한 확산을 위해 먼저 유기물을 제거한 후, Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 방법에 따라 63 μm 이상의 입자에 대해서는 4 Φ 의 표준체를 사용한 체질(sieving), 63 μm 이하의 입자는 Stokes'law의 침전속도에 의한 피펫방법(pipetting)이 이용되었고, 이때 입자들의 응집작용을 방해하는 확산제로는 칼콘(NaPO_3)이 사용되었다. 1 Φ 간격으로 선별된 시료들을 중량비로 환산하여 Folk(1968)와 McBride(1971)의 방법에 따라 통계처리 및 누적분포곡선을 그린 후 Folk and Ward(1957)의 수식을 이용하여 퇴적물의 조직매개변수를 산출하였다.

탄산염 분석을 위해 준비된 106개의 건조된 시료를 화학분석용 저울을 이용하여 1 g의 분말시료를 정확히 측정후, 250 ml 비이커에 넣고 6% HCl을 첨가하였다. 탄산염과 염산의 반응작용이 끝난후 무게차이를 이용하여 백분율로 환산하였다. 유기탄소 분석은 산화제로 1N의 일정량의 potassium dichromate($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)와 황산 혼합용액을 약 1g의 분말시료에 첨가하여 시료중의 유기탄소는 산화시키고, 남은 산화제의 양을 ferrous ammonium sulfate($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)

로 정량하는 역적정법에 의해 함량을 구하였다(Strickland and Parsons, 1972). 유기탄소 측정은 10개의 시추중에서 YS 5, YS 9, YS 10을 제외한 나머지 시추지점에서 총 82개의 시료가 분석되었다.

結 果

시추공별 퇴적층의 발달과 특성

시추는 영산강 본류를 따라 10개 지역에서 수행되었고, 시추심도는 3.0 m에서 23.0 m에 이르기까지 다양하지만 퇴적층의 실질적인 두께는 1.6 m에서 21.0 m이다. 시추는 YS 6을 제외한 모든 위치에서 기반암까지 이루어 졌다. 퇴적층 두께는 상류에서 하류로 갈수록 두꺼워지며, 퇴적물의 구성물질은 기반암 부근에서 거의 조립질 사질과 자갈퇴적층로 구성되어 있다. 강 하류인 YS 1과 YS 2에서 패각이 존재하고, 특히 YS 2에서는 많은 양의 패각층이 협재되어 있다. 퇴적층은 주변지표로부터 풍화작용을 받아 침식된 퇴적물이 운반되어 형성되는 것으로 가장 중요한 요인은 유수작용으로 강우와 같은 기후적인 영향에 크게 의존적이다(Branson et al., 1952).

퇴적층을 구성하는 퇴적물의 수직적인 변화양상은 영산강 유역의 하류와 상류로 구분될 수 있다. 강하류 퇴적층의 상부층은 패각을 포함하거나 거의 균질한 니질로 구성되어 있고, 하부층은 사질 혹은 자갈들을 포함한 사질퇴적층으로 이루어져 있는 반면에 강상류 퇴적층은 거의 자갈들을 포함하고 있는 사질내지 자갈층으로 구성되어 있다. 각 시추공별 퇴적층의 특성은 다음과 같다.

YS 1: 시추위치중 가장 하류에 위치하고 있는 YS 1의 시추 심도는 가장 깊은 23 m로서 기반암은 22.0 m, 풍하대에서 나타나는 마사토는 21.0 m에서 포착되었다. 0.0 m~16.4 m 사이는 패각파편을 포함한 니질층이고, 16.5 m 깊이에서 사질이 패각과 더불어 출현되고 있다.

Table 2. The coring location of sediment deposits

Coring No.	Coring depth (m)	Coring location	Basement rock
YS 1	23.0	Chonnam Muan	sedimentary rock
YS 2	21.5	Chonnam Naju	igneous rock
YS 3	19.0	Chonnam Naju	igneous rock
YS 4	13.5	Chonnam Hampyeong	metamorphic rock
YS 5	4.0	Chonnam Naju	sedimentary rock
YS 6	4.0	Chonnam Naju	metamorphic rock
YS 7	6.0	Kwangju Kwangan	metamorphic rock
YS 8	4.5	Kwangju Seogu	metamorphic rock
YS 9	6.5	Kwangju Bukgu	metamorphic rock
YS 10	6.5	Chonnam Damyang	metamorphic rock

입도분석을 통한 퇴적물의 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토이며, 각각의 평균 함유량은 1.4%, 19.9%, 52.7%, 26.0%로 전체적으로 실트질이 우세한 니질이다. 평균입도는 5.8Φ, 분급도 1.9Φ, 왜도 0.3 Φ, 첨도 0.9Φ로 Gale and Hoare(1991)의 분류에 따르면 각각은 medium silt, poorly sorted, very fine-skewed, mesokurtic이다. 삼각도에 의한 퇴적상은 자갈을 포함하는 gravelly muddy sand, 자갈을 포함하지 않은 silt, mud, sandy mud, muddy sand, sand의 6개상으로 분류된다. 퇴적상의 변화는 표층에서 심도가 깊어질수록 실트-니질-사질로의 점이적인 이동을 보이고 있다. 퇴적층의 구분은 16.4 m~17.4 m 사이에 1.0 m 정도의 층을 경계로 뚜렷한 차이를 보여주며, 1.0 m 정도의 층에서 나타난 입도의 불규칙적인 큰 변동은 퇴적당시 환경변화가 그만큼 컸었다는 것을 암시하고 있다고 볼 수 있다. 유기탄소 함유량은 평균 0.45%로 수직적 경향은 대체적으로 큰 변동을 보이지 않지만 상대적으로 사질층보다는 니질층에서는 대체로 약간 높게 나타나고 있다. 탄산염 함유량은 최고 14.92%에서 1.96%의 큰 변동범위를 가지며, 평균은 9.92%이다. 표층에서는 평균 이하이지만 하부쪽으로 갈수록 점진적으로 증가와 감소를 반복하는 변동을 보이면서 15.0 m에서 14.62%로서 큰 증가보여주는데 이것은 15.0 m 부근의 퇴적물 성분이 점토질로서 바로 밑에 모래층이 나타나기 시작하는 위치이다. 17.2 m를 경계로는 니질과 패각이 사라지고 사질이 나타나면서 탄산염 함유량은 급격한 감소를 보여주고 있다. 패각이 사라지는 깊이에서 하부쪽으로 갈수록 탄산염의 함유량은 계속 감소하여 21.0 m 부근에서 최소치를 나타내고 있다(Fig. 2).

YS 2: 시추심도는 21.5 m로서 표층에서 14.4 m까지의 퇴적층은 니질과 패각층이 교대로 연구지역에서 가장 풍부하게 패각층이 나타나며, 14.5 m부터 사질이 나타나기 시작하여 15.5 m를 경계로 하부 퇴적층은 패각을 포함한 사질층이며, 19.0 m 이하에서는 자갈층이 나타나고 기반암은 20.0 m에서 보여주고 있다.

퇴적물의 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토로 각각의 평균 함유량은 1.4%, 19.9%, 52.7%, 26.0%이며, 전체적으로 실트질이 우세한 니질로 구성되어 있다. 평균입도는 5.8, 분급도는 1.9, 왜도는 0.3, 첨도는 0.9로서 각각은 medium silt, poorly sorted, very fine-skewed, mesokurtic이다. 퇴적상은 자갈을 포함한 sandy mud, muddy sand, gravelly muddy sand, 자갈을 포함하지 않은 silt, mud, sandy mud, silty sand, muddy sand, silty sand의 7가지로서 연구지역에서 가장 다양한 퇴적상을 보여준다. 유기탄소 함유량은

0.88%에서 0.38%로 평균은 0.57%이며, 함량은 표층에서 퇴적층의 중앙부근인 9.0 m까지 점진적으로 증가하고, 9.1 m에서 하부쪽으로 갈수록 감소하고 있다. 탄산염은 23.18%에서 2.09%로 평균은 14.20%이며 수직적인 변동 범위가 크게 나타난다. 표층에서는 상대적으로 함량이 적지만, 표층에서 약 4.8 m까지는 심도가 증가함에 따라 급격한 증가를 보여 4.8 m에서 최고치인 23.18%이며, 15.0 m까지는 증·감의 변동을 보이면서 감소하는 경향을 나타내고, 기반암 부근에서는 현저히 감소하여 최소치를 보여준다(Fig. 3).

YS 3: 시추깊이는 19.0 m로 사질은 11.1 m, 기반암은 18.5 m에서 나타난다. 퇴적층은 YS 1과 YS 2와 다르게 패각층이 존재하지 않고 퇴적층의 두께 또한 얇아지며, 상대적으로 사질층이 두꺼워졌다.

퇴적물의 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토로 각각의 평균 함유량은 4.0%, 17.4%, 54.4%, 23.2%이며 실트질이 거의 55%에 이르는 전체적으로 점토질이 우세한 실트질이다. 평균입도는 5.9, 분급도는 1.7, 왜도는 0.2, 첨도는 1.0로서 각각은 medium silt, poorly sorted, fine-skewed, mesokurtic이다. 퇴적상은 자갈을 포함하는 muddy gravel과 gravelly sand, 자갈을 포함하지 않은 silt, mud, sandy silt, muddy sand로 표층에서 하부쪽으로 갈수록 삼각도의 하부에서 상부로 이동됨으로서 니질에서 사질로 변화되고 있다. 유기탄소는 0.74%에서 0.39%로 평균은 0.56%로 함량은 표층에서 깊이가 깊어짐에 따라 소폭의 변동을 하면서 점진적으로 증가하여 퇴적물의 구성성분이 니질에서 사질로 변화되는 11.6 m에서 최대치를 보여주고, 11.6 m에서 심도가 증가함에 따라 감소하고 있다. 탄산염은 14.04%에서 2.56%로 평균은 9.65%로 함량은 11.0 m를 경계로 니질로 구성된 상부층에서는 10.0% 이상으로 높고, 사질로 구성된 하부층에서는 7.0% 이하로 낮게 나타나고 있다(Fig. 4).

YS 4: 지류인 고막원천이 합류하고 함평천이 합류되기 전의 지점으로 시추심도는 13.5 m로 퇴적층은 6.2 m를 경계로 상부층의 유기물질이 풍부한 니질층과 하부층의 자갈이 우세한 사질층으로 분류될 수 있다.

퇴적물 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토로 각각의 평균 함유량은 7.1%, 17.7%, 51.6%, 23.6%이며, 실트질이 거의 52%에 이르는 점토질이 우세한 실트질이다. 평균입도는 5.4, 분급도는 1.7, 왜도는 0.03, 첨도는 1.0로서 각각은 medium silt, poorly sorted, nearly symmetrical, mesokurtic이다. 퇴적층은 6.2 m를 경계로 상부층과 하부층의 뚜렷한 변화양상을 보여주고 있고 퇴적상은 자갈을 포함한 gravelly muddy sand와 자갈을 포함하지 않은 silt, mud, sand로 분

류된다. 유기탄소 함량은 0.86%에서 0.57%로 표층에서 2.0 m까지는 증가하다 감소하며, 심도가 증가함에 따라 다시 증가하는 경향을 보인다. 탄산염 함량은 12.08%~2.48%로 평균은 7.84%이다. 탄산염은 유기탄소 함량과 반대로 표층에서 감소하다 2.0 m를 경계로 급격하게 증가하고, 다시 6.0 m까지는 점진적으로 감소하다 6.0 m와 6.5 m 사이에서 급격하게 적어지

고 있다. 이러한 경계는 니질의 퇴적층에서 사질로 변화되는 곳이며, 그 이상의 깊이에서 기반암에 이르기까지 거의 일정하다(Fig. 5).

YS 5: 고막원천과 지석천사이로 심도는 4.0 m이며, 퇴적층 두께는 3.0 m로서 거의 자갈층이다. 퇴적층의 구성성분은 니질이 거의 존재하지 않고 사질과 자갈로 이루어져 있다. 퇴적물의 구성성분은 자갈, 모

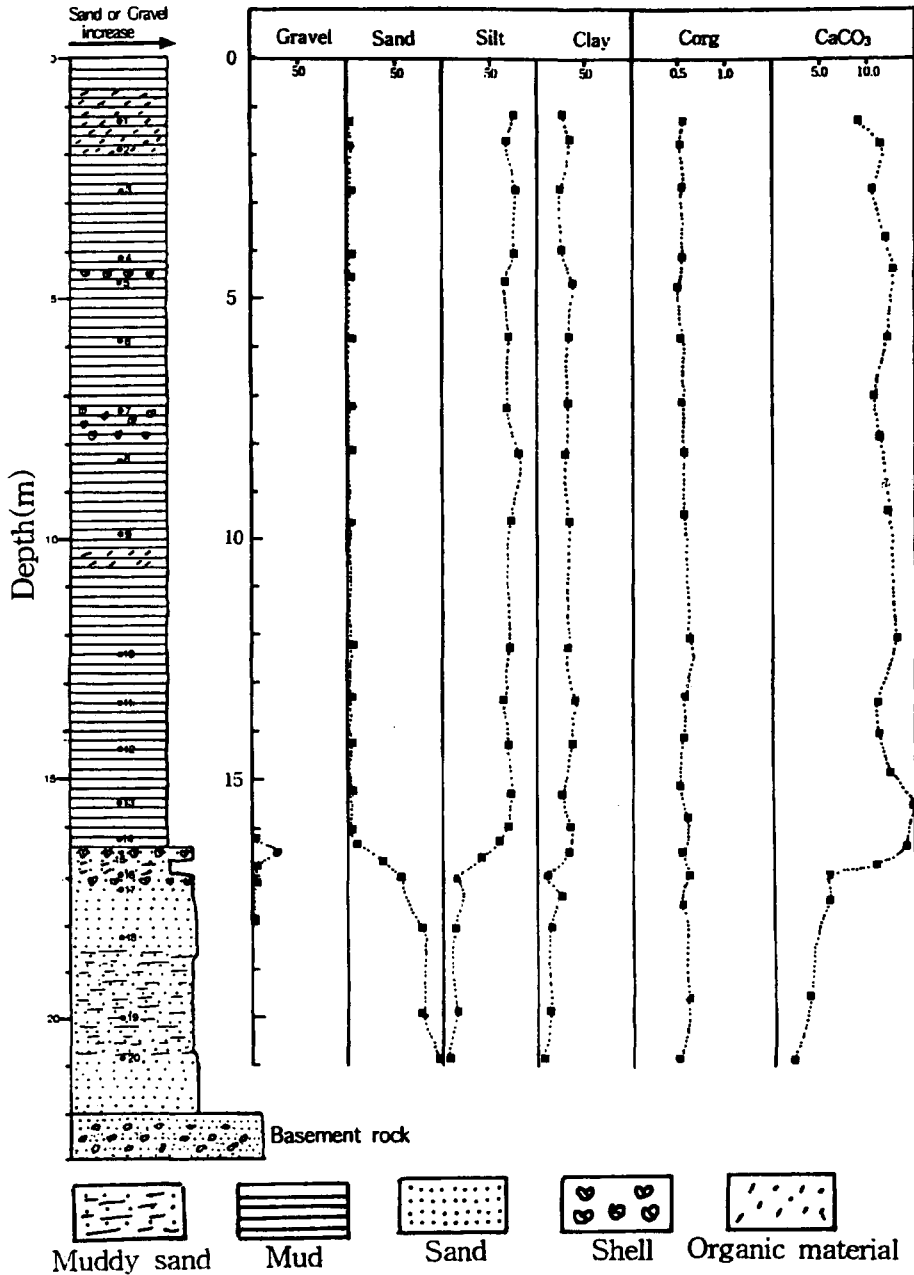


Fig. 2. The vertical characteristics of sediment deposits at YS 1.

래, 실트, 점토로 평균 함유량은 48.8%, 44.6%, 3.3%, 3.4%이며 자갈과 모래의 함량이 93%에 이르고 있다. 반면에 실트와 점토는 거의 7%이하로 YS 1~YS 4의 퇴적층과는 다르게 자갈과 모래가 교호적으로 증감을 하고 있다(Fig. 5). 평균입도는 -0.7, 분급도는 2.2, 왜도는 0.5, 그리고 침도는 2.0으로 각각 very coarse sand, very poorly sorted, very fine-skewed, very leptokurtic이다. 퇴적상은 gravelly muddy sand, gravelly sand, muddy sandy gravel로 분류된다. 유기탄소 함량은 퇴적층이 거의 사질의 자갈층으로 이루어져 있어 생략하였고, 탄산염 함량은 사질층을 대상으로 수행되었다. 탄산염 함량은 4.88%~2.26%의 범위가

고, 평균은 3.38%로 표층에서 하부로 갈수록 점진적으로 감소하고 있다(Fig. 5).

YS 6: 연구지역에서 유일하게 기반암까지 시추가 이루어지지 않은 지역으로 시추심도는 4.0 m로 표층과 하부층에 자갈층이 존재하고 있다. 퇴적물 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토로 각각의 평균은 16.3%, 56.4%, 19.6%, 7.7%이며, 사질이 거의 57%에 이르는 전체적으로 자갈이 우세한 사질이다. 평균입도는 2.1, 분급도는 2.5, 왜도는 0.5, 그리고 침도는 1.5로서 각각은 medium sand, poorly sorted, nearly symmetrical, very leptokurtic이다. 퇴적상은 자갈을 포함하는 muddy sand, gravelly muddy sand, muddy

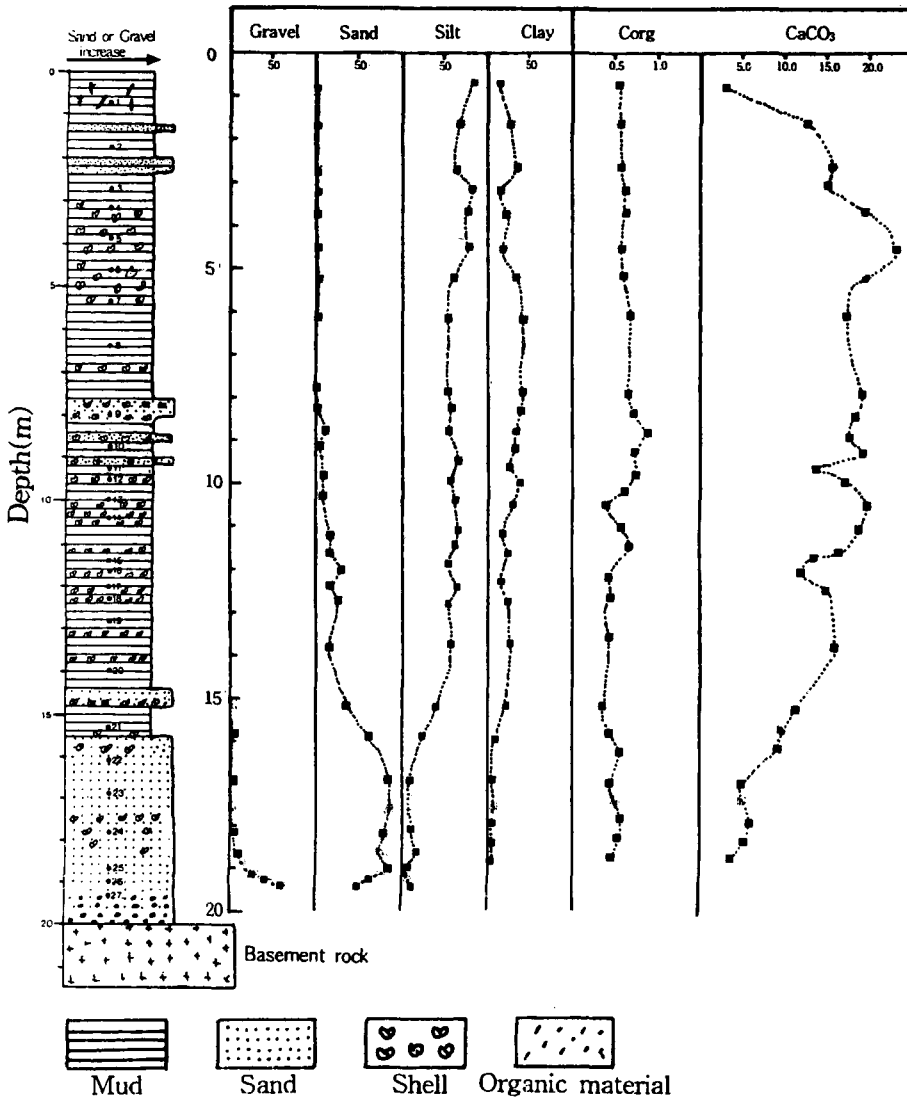


Fig. 3. The vertical characteristics of sediment deposits at YS 2.

sandy gravel과 자갈을 포함하지 않은 sandy silt, silty sand이다. 유기탄소 함량은 0.87%~0.32%로 평균은 0.73%이다. 탄산염은 7.48%에서 3.37%로 평균은 4.40%이며, 표층에서 하부로 갈수록 감소하다 2.8 m를 경계로 갑자기 증가하다 떨어져 기반암에 이르기까지 점차적으로 감소하여 제일 하부층에서 최소치인 2.33%를 보인다(Fig. 6).

YS 7: 광주천이 합류된 지역으로 시추깊이는 6.0 m이지만 퇴적층은 4.5 m의 두께이다(Fig. 5). 퇴적물의 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토로 각각의 평균 함유량은 14.1%, 49.7%, 22.9%, 13.3%이며, 사질이 거의 50%에 이르는 전체적으로 실트질이 우세한

사질이다. 평균입도는 3.2, 분급도는 2.8, 왜도는 0.4, 첨도는 1.5로 각각은 fine sand, very poorly sorted, very fine-skewed, very leptokurtic이다. 퇴적상은 gravelly muddy sand, lightly sandy mud, lightly muddy sand, muddy sandy gravel의 4가지 상으로 분류된다. 유기탄소 함량은 0.89%에서 0.80%로 평균은 0.85%이며, 다른 지역보다 상대적으로 높게 나타나며 수직적인 변동이 다른 지역에 비해 적고 거의 일정하다. 탄산염은 8.10%에서 1.60%로 평균은 4.45%이며 상대적으로 다른 지역에 비해 낮게 나타난다. 특히 1.5 m~3.5 m 사이에 균질한(homogeneous) 사질층에서는 최소인 1.60%이다(Fig. 6).

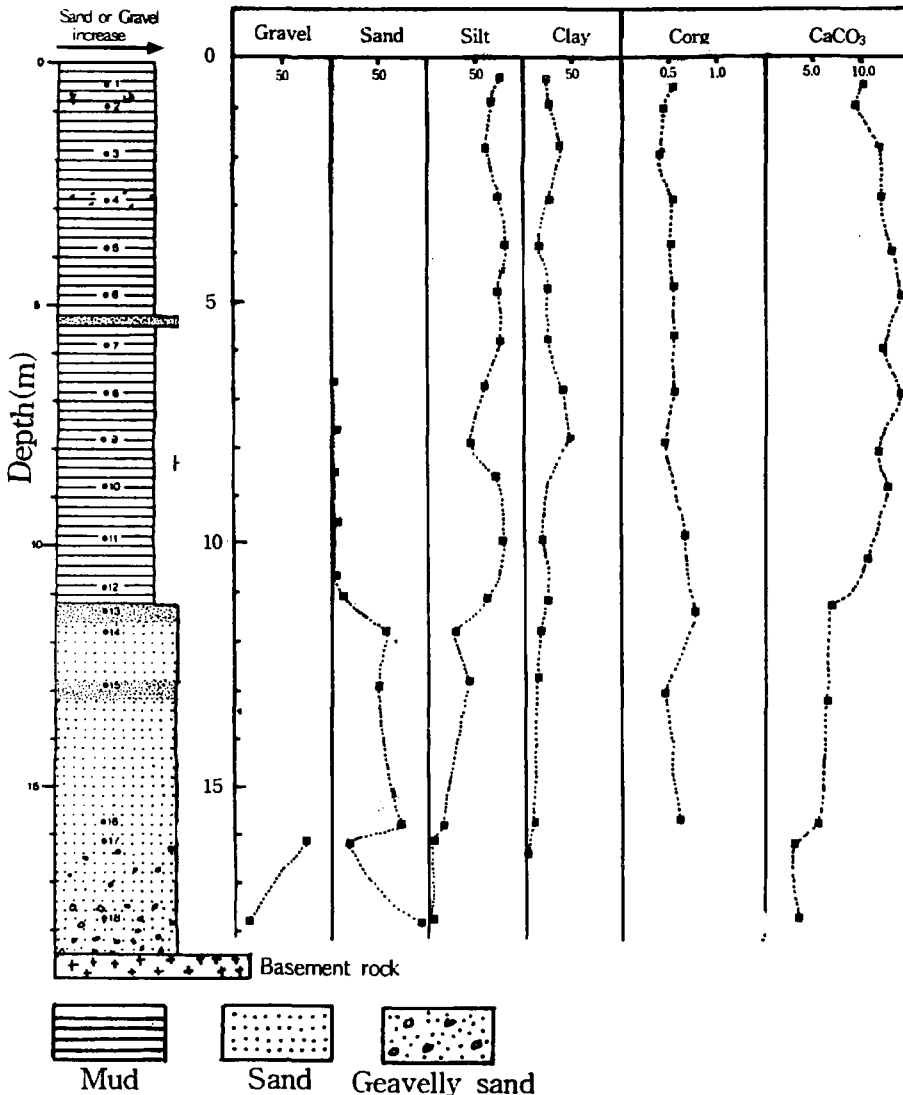


Fig. 4. The vertical characteristics of sediment deposits at YS 3.

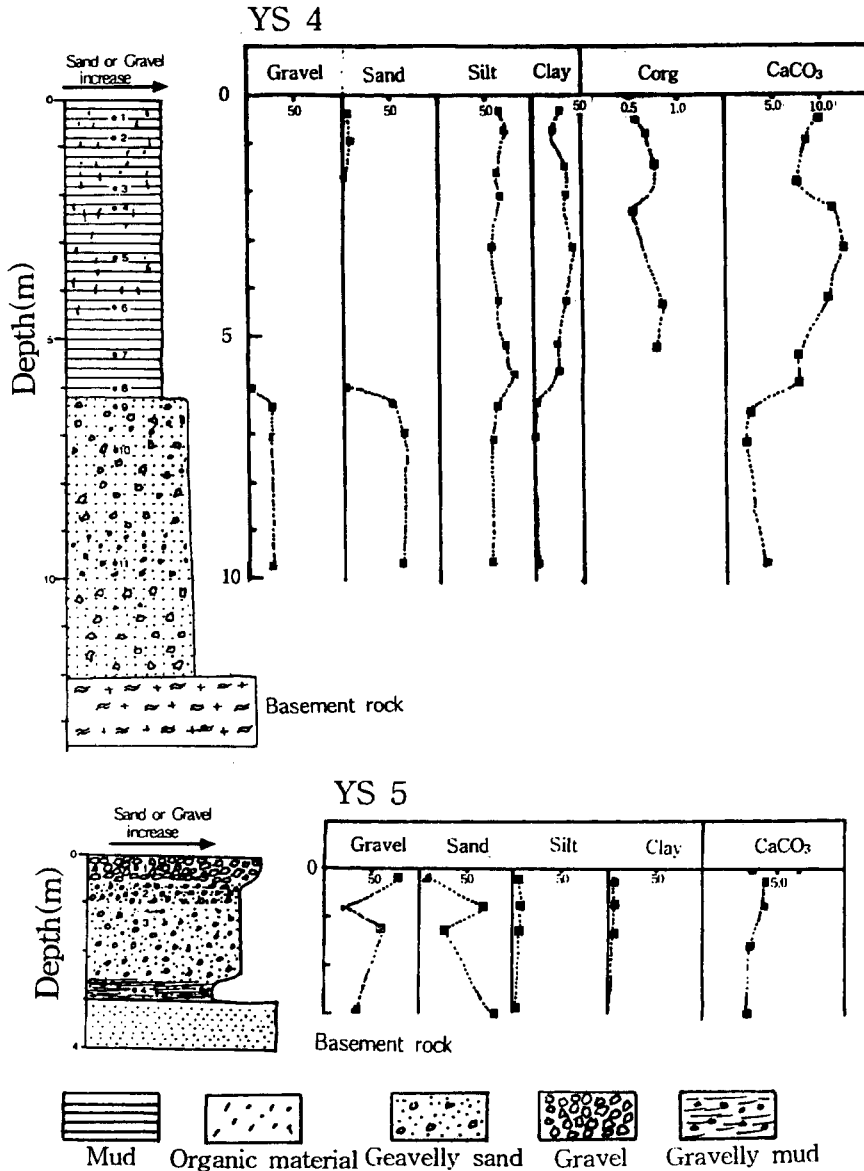


Fig. 5. The vertical characteristics of sediment deposits at YS 4~YS 5.

YS 8: 광주천이 합류하기 전의 위치로서 시추깊이는 4.5 m이며, 퇴적물 구성성분은 자갈, 모래, 실트 및 점토로 각각의 평균함량은 30.1%, 51.0%, 11.7%, 7.2%로서 사질이 거의 51%에 이르는 전체적으로 자갈이 우세한 사질층이다. 평균입도는 1.1, 분급도는 2.6, 왜도는 0.4, 그리고 침도는 1.7로 각각은 coarse sand, very poorly sorted, very fine-skewed, very leptokurtic이다. 퇴적상은 gravelly muddy sand, lightly sandy mud, lightly muddy sand, muddy sandy gravel의 4가지 상으로 분류된다. 유기탄소 함량은 표층을

제외한 퇴적층에서 자갈을 많이 포함하고 있어 표층에서만 수행되었는데 0.90%로 매우 높게 나타났다. 탄산염 분석은 수직적으로 6개의 퇴적층에서 수행되었고, 함량은 6.13%에서 0.71%로 평균은 3.00%이다. 탄산염 함량은 표층에서 1.4 m 정도까지는 최고치인 6.13%까지 증가하고 있으나 그 이상의 깊이에서는 갑자기 감소하고 있다(Fig. 6).

YS 9: 전 퇴적층에서 자갈을 포함하고 있는 사질층으로 시추심도는 6.5 m이지만 퇴적층의 두께는 5.9 m이다(Fig. 6). 퇴적물의 구성성분은 자갈, 모래, 실트

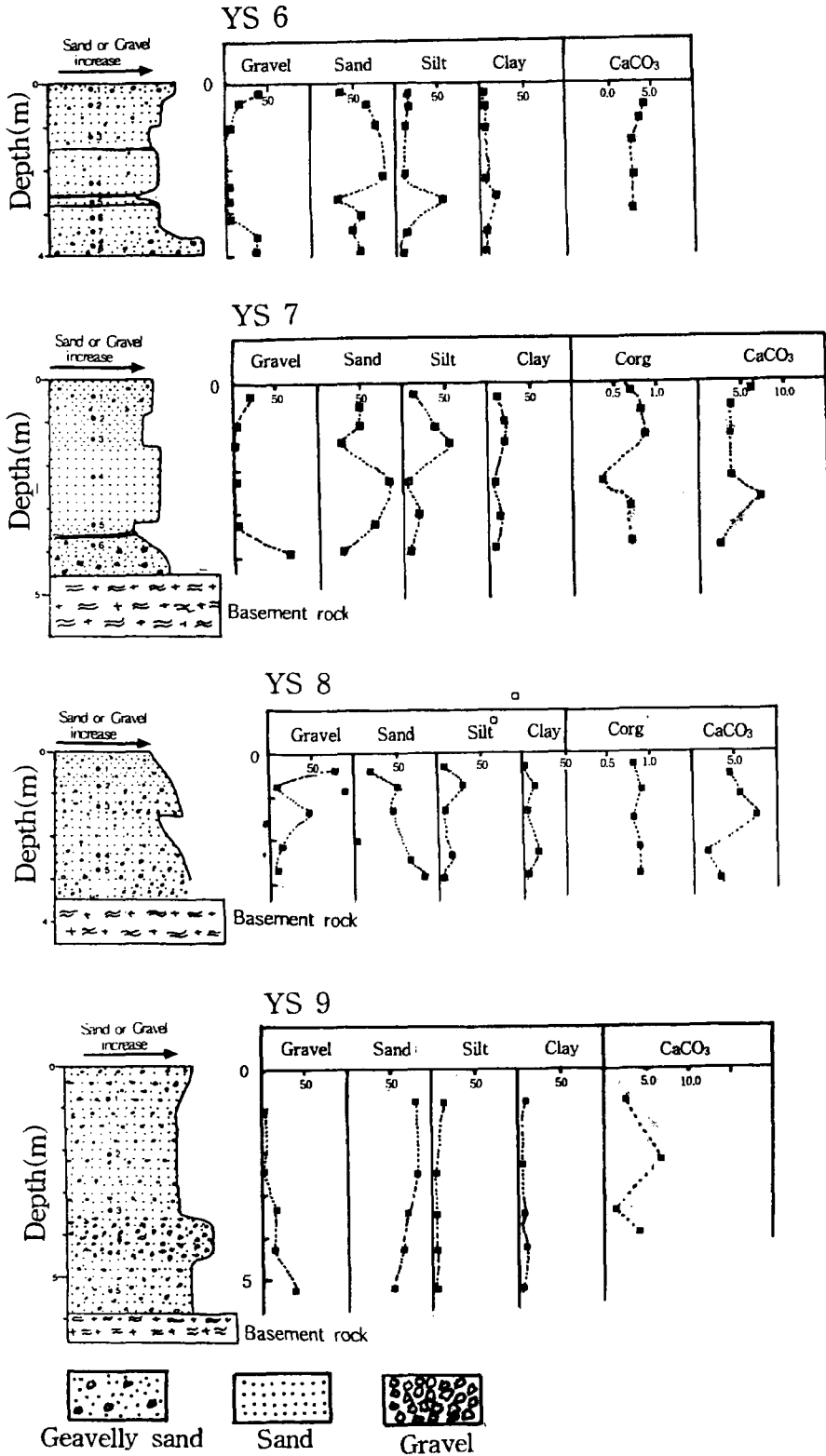


Fig. 6. The vertical characteristics of sediment deposits at YS 6~YS 9.

및 점토로 각각의 평균함량은 15.6%, 70.0%, 7.1%, 7.3%로서 사질이 70%에 이르는 전체적으로 자갈이 우세한 사질이다. 평균입도는 1.2, 분급도는 2.6, 왜도는 0.4, 첨도는 1.6로서 각각은 coarse sand, very poorly sorted, very fine-skewed, very leptokurtic이다. 퇴적상은 muddy sand, gravelly muddy sand, muddy sandy gravel의 3가지 상이다. 유기탄소 함량은 전 퇴적층이 자갈층으로 이루어져 있어 수행되지 않았으며, 탄산염은 자갈을 제외한 사질과 세립질을 대상으로 5개의 퇴적층에서 수행되었는데 함량은 4.74%에서 1.53%로 평균은 2.80%로서 다른 지역에 비해 상대적으로 매우 낮게 나타나고 있다(Fig. 6).

YS 10: 10개소의 시추 위치중 가장 상류지역이며, 시추심도는 6.5 미지만 퇴적층의 두께는 5.0 m로 전 퇴적층에서 자갈을 포함하고 있다. 표층에서 0.4 m까지는 실트와 자갈을 포함하는 세립질 사질이며, 표층을 제외한 전 퇴적층에서 자갈을 포함하고 있는 사질층과 사질의 자갈층으로 이루어져 있다. 0.4 m~2.0 m까지는 점이적으로 입도가 증가하고 있고, 상부의 실트를 포함한 세립질이나 조립질의 사질층이다. 2.0 m를 경계로 4.8 m까지는 자갈을 함유하고 있는 중립내지 조립의 사질층으로 이루어져 있다. 퇴적층의 입도분석과 유기탄소 및 탄산염함량 측정은 전 퇴적층이 자갈을 함유하고 있어 수행되지 않았다.

퇴적물의 공간적인 특성 및 분포

영산강 유역을 따라 발달하고 있는 퇴적층 두께는 3.1 m~22.0 m로 상류에서 하류로 갈수록 두꺼워지며, 하류부근에서 가장 두꺼운 퇴적층이 형성되어 있다. YS 9와 YS 10을 제외한 퇴적물의 분석에 의한 입도별 성분은 상류지역의 퇴적층에서 자갈의 함유량이 상대적으로 많고 하류로 갈수록 자갈의 함유량이 적어지며 실트와 점토질이 합쳐진 니질의 양이 증가하고 있다. 가장 하류에 위치하고 있는 YS 1의 퇴적층에 포함된 자갈의 함량 평균은 1.4%를 점하고 있으나 YS 2에서 3.0%, YS 3에서 4.9%, YS 4에서 7.1%, YS 5에서 48.8%, YS 6에서 16.3%, YS 7에서 14.1%, YS 8에서 30.1%, YS 9에서 15.6%이다. 사질 성분은 하류에서 상류로 갈수록 증가하지만 특히 YS 4를 경계로 상류지역에서 현저한 증가를 보여주고 있다. 실트질은 YS 4까지 함량이 거의 50% 정도이지만 YS 4를 경계로 상류지역에서는 현저히 감소하고 있으며, 점토질 함량은 입도별 구성성분 중 가장 적은 변동을 나타내며 상류로 갈수록 감소하는 경향을 보여주고 있다. 전체적으로 자갈과 사질의 함량은 하류에서 상류로 갈수록 증가하는 반면에 실트와 점토질은 상대적으로 감소하고 있는 경향이다(Table 3, Fig. 7).

연구지역의 퇴적층은 입도 및 성분특성에 따라 층의 구분이 YS 1~YS 4까지는 뚜렷하지만 상류지역에

Table 3. Spatial distribution of sediment composition along Yeongsan river.

Composition (%)	YS 1	YS 2	YS 3	YS 4	YS 5	YS 6	YS 7	YS 8	YS 9
Gravel	1.4	3.0	4.9	7.1	48.8	16.3	14.1	30.1	15.6
Sand	19.9	25.2	17.4	17.7	44.6	56.4	49.7	51.0	70.0
Silt	52.7	49.1	54.5	51.6	3.3	19.6	22.9	11.7	7.1
Clay	26.0	22.7	23.2	23.6	3.4	7.7	13.3	7.2	7.3

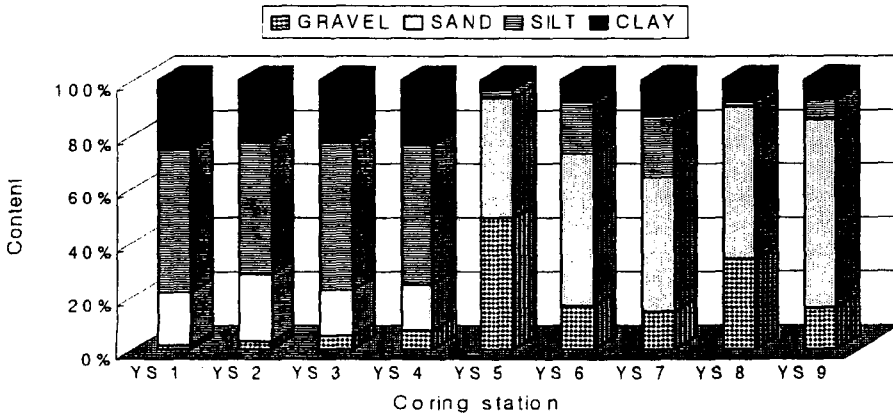


Fig. 7. A chart showing the spatial distribution of sediment composition.

서는 상당히 모호해진다. 즉 전체적으로 자갈을 포함하는 층과 포함하고 있지 않은 층으로 구분될 수 있다. 자갈을 포함하고 있지 않은 퇴적물은 사질의 현저한 증가를 보여주는 층과 그렇지 않은 층이 있는데 이러한 퇴적층은 YS 2와 YS 3에서 나타난다. 또한 실트와 점토질의 현저한 감소를 보이는 퇴적층이 YS 2에 나타난다. 위와 같은 퇴적층을 구분하는 또 다른 특징으로는 퇴적물을 구성하고 있는 패각의 존재이다. 생물체의 존재는 그 당시의 퇴적환경을 잘 반영해 주고 있기 때문에 그의 잔유물인 패각층은 유용한 환경의 지시자이다. 패각층의 산출은 가장 하류에 위치한 YS 1의 4.3 m~4.6 m와 7.8 m~8.0 m 사이에 복족류를 포함한 패각들이 출현되었고, 또한 사질층인 16.4 m~16.6 m와 17.0 m~17.2 m 사이에서 다량의 패각층들이 협재되어 있었다. 패각층이 가장 많이 나타나는 YS 2에서는 얇은 층들이 협재되어 나타났고, 이층에 존재하고 있는 패각들은 YS 1에 비해 크기가 상대적으로 매우 크다. 특히 이층에 나타나고 있는 패각들은 굴(oyster)을 포함한 패각층으로 퇴적될 당시의 환경을 잘 반영해 주고 있다. 이와 같이 YS 1과 YS 2에 나타난 패각층들은 YS 3에서부터 출현되지 않고 있다.

유기탄소와 탄산염 함량의 공간적인 변화는 서로 상반되는 경향으로 나타나고 있다. 즉 유기탄소 함량은 강의 하류인 YS 1에서 가장 낮은 0.54%인 반면에 상류로 갈수록 점차적으로 증가하는 경향을 보이고 있어 최대값은 분석된 시료중 가장 상류에 위치하고 있는 YS 8에서 0.9%에 이르고 있다. 유기탄소 함량은 YS 1부터 YS 3까지는 거의 일정하지만 YS 3에서부터 점진적으로 증가하여 상류지역인 YS 8에서 가장 높은 함량을 보여준다. 유기탄소는 생물체에 근원을 두고 있어 보편적으로 생물학적 활동이 왕성한 사질보다는 니질에서 높게 나타난다. 그러나 연구지역

에서 유기탄소는 니질층으로 구성된 하류지역보다 사질층으로 이루어진 상류지역에서 높게 나타나고 있는데, 이것은 상류지역에 퇴적층이 상대적으로 얇고 생물체의 유입이 용이하기 때문으로 사료된다. 탄산염 함량은 이와 반대로 강의 하류부근에서 상대적으로 높고, 상류에서 매우 낮게 나타난다. 시추위치에 따른 탄산염 함량의 평균은 YS 2에서 14.20%로 가장 높고, 가장 상류지역인 YS 9에서 가장 낮은 2.80%이다. 탄산염 함량은 대체로 강의 하류부분에서 높게 나타나며, YS 5를 경계로 상류지역에서는 5% 이하로 거의 일정하다. 특히 평균적으로 가장 높은 YS 2는 패각의 함량이 상대적으로 다른 지역에 비해 많이 포함되어져 있는 지역이다. 탄산염 함량은 퇴적물 입도가 증가함에 따라서 감소하지만 유기탄소의 경우는 입도와 큰 관련성이 없는 것으로 사료된다(Fig. 8).

討 議

토지이용과 개발을 하기 위한 건축 및 토목공사 등에 있어서 지질학적 연구 및 조사는 필수적으로 이해해야 할 부분이다. 지질학적 연구는 최근 연약지반의 활용 등에 있어서 매우 중요하며, 대단위 개발 사업 및 환경 등에서도 기본적인 자료로 활용되고 있지만 그의 중요성은 크게 인식되지 못하는 듯하다. 퇴적층 연구는 토지이용 계획과 개발에 있어서 매우 중요한 정보를 제공하지만 지금까지 그의 중요성은 정책 입안자들에 의해 거의 이해되지 못했으며, 많은 지질학자들도 이들의 사회적인 영향을 인식하지 못하고 있는 실정이다(De Mulder and Hageman, 1989). 따라서 본 연구는 영산강유역을 따라 형성되어 있는 퇴적층을 수직적 · 공간적인 분석을 통해 이들의 기초자료로 활용되고자 하는 의도로서 연구되었다.

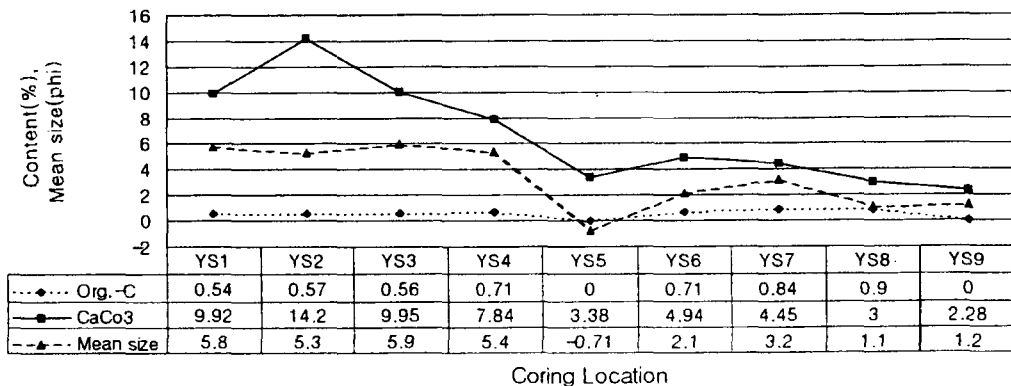


Fig. 8. The comparison of mean grain size and organic carbon and calcium carbonates.

영산강 유역을 따라 형성되어 있는 퇴적층에 관한 체계적이고 과학적인 연구를 수행하여 2가지 측면의 큰 의의를 가질 것으로 사료된다. 첫 번째는 영산강 유역을 따라 형성되어 있는 퇴적물의 구성성분과 특성연구를 통하여 사회·경제발전을 위한 토지이용 계획이나 개발에 기본적인 정보를 제공할 수 있으며, 두 번째로는 퇴적층의 수직적이고 공간적인 분포를 파악함으로써 환경정책을 입안하는데 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

영산강 유역을 따라 발달하고 있는 퇴적층은 YS 4를 경계로 상부지역은 거의 사질을 포함한 자갈층이며, 하류지역인 YS 1~YS 3에서는 약 11 m~16 m 정도의 두꺼운 니질층이 상부에 존재하고, 그의 하부에는 사질층과 사질층아래에 자갈을 포함한 사질층이 나타나고 있다. 영산강 유역의 퇴적층 발달은 상류의 3.0 m에서 하류의 22.0 m에 이르는 두께로 형성되어 있으며, 특히 고막원천이 영산강본류로 합류된 YS 4를 경계로 하류에서는 12.0 m~22.0 m, 상류에서는 상대적으로 얇은 6.0 m~3.0 m 정도로 발달하고 있다. 김(1993)에 의해 인용된 농업홍공사의 결과에 따르면, 영산강 유역의 총적층 발달은 상류지역인 담양지역에서 5.0 m 내외, 황룡강의 합류지점이 최대 12.0 m, 죽산지역이 최대 18.6 m, 그리고 하구부근에서 최대 20.0 m로 보고되어 있다. 그러나 시추결과 강의 하류부근에서 총적층의 두께가 이보다 더 두껍게 발달하고 있었다. 또한 이러한 퇴적층의 두께는 우리나라에서 가장 긴 낙동강하구에서 형성된 퇴적층이 51.0 m 보다 두껍다는 것(unpublished)을 고려할 때 영산강 하류의 퇴적층은 이에 절반도 미치지 못하는 두께로 발달하고 있다.

Schumm(1977)은 이상적인 하천수계모델(idealized fluvial system)을 물과 퇴적물의 근원지인 배수지(drainage basin), 물과 퇴적물의 통로(transfer), 그리고 퇴적(deposition)환경으로 분류하였다. 따라서 본 연구에서는 Schumm의 분류에 근거하여 영산강의 하천의 배수지환경을 ZONE 1, 퇴적물의 통로를 ZONE 2, 퇴적환경을 ZONE 3으로 구분하였다. 위와 같은 분류는 퇴적물물 구성성분에 따른 것으로 ZONE 2의 퇴적물 통로에 해당되는 환경을 분류하기는 애매하지만 ZONE 3은 퇴적층이 12.0 m 이상이 퇴적되어 있는 YS 1, YS 2, YS 3, YS 4, ZONE 1은 YS 8, YS 9, YS 10, 그리고 나머지는 ZONE 2로 나눌 수 있다. 그러나 YS 7은 광주천이, 그리고 YS 6은 황룡강과 지석천이 합류되고 있어 ZONE 1과 ZONE 2, ZONE 2와 ZONE 3의 경계를 구분하는데에는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 지류 및

지천의 분포, 퇴적층 발달, 강의 굴곡 등을 고려하여 강의 상류라 할 수 있는 ZONE 1을 YS 6~YS 10, 중류로 언급할 수 있는 ZONE 2를 YS 4와 YS 5, 그리고 하류인 ZONE 3을 YS 1~YS 3까지로 구별할 수 있다. 그러나 퇴적물의 구성성분과 패각의 특징들을 고려한 퇴적환경은 YS 1, YS 2, YS 3는 유사하지만 YS 2에서 가장 많은 패각층이 협재되어 있으며, YS 4에서는 패각이 거의 나타나지 않아 ZONE 3에서 제외시켰다.

結 論

영산강 유역을 따라 발달하고 있는 퇴적층에 관한 연구를 위해 본류를 따라 10개 지역에서 기반암까지(YS 6 제외) 시추한 퇴적층의 발달과 특성, 퇴적물의 구성성분과 특성을 수직적·공간적으로 분석한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 영산강 유역을 따라 발달하고 있는 퇴적층은 가장 하류에 위치하고 있는 YS 1에서 22.0 m, YS 2에서 20.0 m, YS 3에서 18.5 m, YS 4에서 12.0 m, YS 5에서 3.0 m, YS 7에서 5.5 m, YS 8에서 3.0 m, YS 9에서 5.9 m, YS 10에서 5.0 m까지 발달하고 있다.
2. 퇴적층은 YS 4를 경계로 상류지역에서 사질을 포함한 자갈층이 우세하며, 하류지역인 YS 1~YS 3에서는 약 11 m~16 m 정도의 두꺼운 니질층이 층의 상부에 존재하고, 하부에는 사질층과 사질층아래에 자갈을 포함한 사질층이 나타나고 있다. 입도에 따른 공간적인 특징과 분포는 강 상류의 퇴적층은 자갈의 함유량이 상대적으로 많은(48.8%~14.1%) 반면 니질은 감소하고, 하류쪽으로 갈수록 자갈의 함유량이 적어지며(YS 1에서 1.4%), 실트와 점토질이 함쳐진 니질의 양이 증가하고 있다.
3. 유기탄소와 탄산염 함량의 공간적인 변화는 서로 상반되는 경향으로 나타나고 있다. 즉 유기탄소 함량은 강의 하류인 YS 1에서 가장 낮은 0.54%의 평균 값을 가진 반면에 상류로 갈수록 점차적으로 증가하여 YS 8에서는 최대인 0.9%이다. 반면 탄산염은 강의 하류부근인 YS 2에서 14.20%로 가장 높고, 상류지역인 YS 9에서 2.80%로 가장 낮다.
4. 영산강유역의 환경은 퇴적물의 근원지인 배수지(drainage basin), 물과 퇴적물의 통로(transfer), 그리고 퇴적(deposition)환경으로 분류할 때 ZONE 1, ZONE 2, ZONE 3로 구분할 수 있으며, ZONE 1은 상류지역으로 YS 8, YS 9, YS 10, ZONE 2는 중류지역으로 YS 4와 YS 5, ZONE 3는 하류지역으로 YS 1, YS 2, YS 3이다.

참고문헌

- 광주광역시, 1996, 영산강수질관리 종합대책수립에 관한 연구, 409.
- 김종일, 1993, 영산강 하도변화에 관한 지형학적 연구, 전남대학교 대학원 박사학위논문, 160.
- 남동개발연구원, 1994, 낙동강 상수원수 수질개선방안, 148.
- 수자원공사, 1992, 전국하천조사서.
- 시정개발연구원, 1994, 한강 수질관리 효율화 방안 연구, 271.
- 전라남도, 1996, 영산강 수질개선 종합대책수립에 관한 연구, 668.
- 환경부, 1996, 유엔환경개발회의 「의제21」국가실천계획, 369.
- Branson, E. B. and Tarr W. A., 1952, Introduction to Geology. McGraw-Hill book company, Inc., 492.
- De Mulder, F. J. and Hageman, B. P., 1989, Applied Quaternary Research., A. A. Balkema Publishers, 185.
- Folk, R. L. and Ward, W. C., 1957, Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameter, J. Sed. Petro., 27, 3-27.
- Folk, R. L., 1968, Petrology of Sedimentary Rock, Hemphill's, 170.
- Gale, S. J. and Hoare, P. G., 1991, Quaternary Sediments; Petrographic Methods for the Study of Lithified Rocks. Belhaven Press, 323.
- Galehouse, J. S., 1971, Sedimentation analysis. In: Procedures in Sedimentary Petrology edited by Carver, R. E., Wiley-Interscience, 69-94.
- Ingram, R. L., 1971, Sieve analysis, In: Procedures in Sedimentary Petrology edited by Carver, R. E., Wiley-Interscience, 49-68.
- Kim, W. H. and Lee, H. H., 1980. Sediment transport and deposition in the Noakdong Estuary, Korea. J. Geol. Soc. Korea, 16, 180-188.
- McBride, E. F., 1971, Mathematical treatment of size distribution data, In: Procedures in Sedimentary Petrology edited by Carver, R. E., Wiley-Interscience, 109-127.
- Owen, L. A., 1994, Global geology and world development(Ed. Unwin, P. T. H., Atlas of World Development), John Wily & Sons Ltd., 40-41.
- Schubel, J. R., Shen, H. T. and Park, M. J., 1986. Comparative analysis of estuaries bordering the Yellow Sea. In: Estuarine Variability edited by Wolfe, D. A., Academic Press, INC., 43-62.
- Schumm, S. A., 1977, The fluvial system. John Wiley & Sons Inc., 2-6.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R., 1972, A Practical Handbook of Seawater Analysis, Fish. Res. Board of Canada, 310.

1997년 10월 25일 원고 접수