

섬진강 유역의 하성 퇴적층에 관한 연구

유 환 수¹ · 조 석 희² · 고 영 구³

¹전남대학교 자연과학대학 지구환경과학부, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300

²전남과학고등학교, 520-820 전남 나주시 금촌면 오강리 185-6

³전남대학교 사범대학 지구과학교육과, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300

Fluvial Deposits Distributed along the Seomjin River

Hoan-Su You¹ · Seok-Hee Cho² · Yeong-Koo Koh³

¹Faculty of Earth Systems and Environmental Science, Chonnam National University,
Kwangju 500-757, Korea

²Chonnam Science High school, Naju, Chonnam, 520-820, Korea

³Department of Earth Science Education, Chonnam National University,
Kwangju 500-757, Korea

Abstract: The Quaternary coarse-grained sandy sediments are distributed along the channels of Seomjin River. The fluvial sediments were sedimentologically studied in horizontal and vertical distributions. To analyze depositional environments and facies changes in the sediments, sediment sampling from river mouth to upper stream and descriptive approaches to the sediment profiles outcropped near Kurye were carried out. The sediments along the stream lines of the river are assigned to very coarse to coarse sand in grain size. The sediment grains are widely scattered in sorting and moderately sorted in average. For skewness and kurtosis, the sediments ranges from very fine to very coarse skewed and from very leptokurtic to extremely leptokurtic states, respectively. The sediments are divided into slightly gravelly sand, gravelly sand and sandy gravel in sediment type. The grain shape in the sandy sediments are dominant in equant and tabular forms showing wide varieties. The sandy sediments are mostly poorly sorted and are highly variable in surface texture with SEM. Some smaller grains in the sediments ordinarily show polished surfaces. Of those grains, quartz ones are commonly angular to surrounded. On the basis of facies changes and sedimentary structures, outcropped fluvial sediment profiles in Kurye are classified into xGyS, mGyS, gGyS, xSM, xS, mS, mGyM, IgM in facies. These eight facies are reformed as facies assemblage I and II. The facies assemblage I and II are interpreted as the products of the channel deposits in braided stream and flood plain ones besides channels, respectively. The change facies assemblage I with facies assemblage II imply that depositional environments had been migrated from braided stream to flood plain ones.

Key words: Seomjin River, depositional environments, sandy sediments, facies, channel, flood plain

요약: 섬진강 하안에는 신생대 제4기의 사질을 주로 하는 조립질 퇴적물이 주로 퇴적되어 있다. 이들 하성 퇴적물의 퇴적학적 특징을 수평적, 수직적으로 조사하였다. 퇴적물의 수평적 분포를 알아보기 위하여 강의 하구에서 상류까지 사질 퇴적물의 시료를 채취하는 한편, 구례 부근의 유역에 분포하는 하성퇴적층의 퇴적단면을 기재하고 퇴적물에 대한 퇴적학적 연구를 수행하여 퇴적환경을 규명하고 그 변화상을 추적하였다. 섬진강 퇴적물의 입도분포는 극조립사(very coarse sand)에서 조립사(coarse sand)에 해당한다. 분급도는 매우 범위가 넓은 다양한 분포를 보이고 있으며 평균적으로 보통 정도의 분급(moderately sorted)으로 나타난다. 퇴적물의 왜도는 강한 양성왜도(very fine skewed)에서 강한 음성왜도(very coarse skewed)에 이르기까지 광역적인 분포를 보인다. 침도는 극단적으로 편향된(very leptokurtic to extremely leptokurtic) 상태에 해당한다. 전체적인 퇴적물의 유형은 미량의 역 함유 사, 역질 사 및 사질 역에 해당한다. 섬진강에 퇴적된 사질 퇴적물의 입자 모양은 구형과 판상의 형태를 가지고 있고, 입자의 크기에 따라 변화가 다소 심하게 나타났다. 섬진강에 분포하는 사질 퇴적물의 원마도는 불량한 편이었다. 전자 현미경으로 관찰한 입자의 표면 조직은 입자 형태에 따라 변화가 심하였다. 크기가 작은 입자의 경우 표면이 잘 연마되어 있으며 석영 입자는 각상과 아원상까지 여러 형태를 보여준다. 구례 부근에서 강 주변의 하성퇴적층의 퇴적 단면을 기재하면서 퇴적상의 변화와 퇴적구조의 특징을 조사하여, 이 지역에서 나타난 퇴적상을 xGyS, mGyS, gGyS, xSM, xS, mS, mGyM, IgM 등 8개 퇴적상으로 구분하였다. 이들 퇴적상들은 2개의 퇴적상조합으로 구분된다. 퇴적상조합 I은 망상 하천의 하도 퇴적물로 추정되며, 상부의 퇴적상조합 II는 하도 주변의 범람원 퇴적물로 추정된다. 하부의 퇴적상조합 I이 상부의 퇴적상조합 II로 변하게 되는 환경 변화는 퇴적상조합 I을 퇴적시켰던 망상 하천의 하도가 이동하여 가면서 그 곳이 하천 주변의 범람원으로 변한 것으로 추정된다

주요어: 섬진강, 퇴적환경, 사질퇴적물, 퇴적상, 하도, 범람원

서론

섬진강은 전라남·북도의 동부를 관통하여 전라남도 와 경상남도의 경계 부근을 지나 남해의 광양만으로 유입되는 총 연장 212km의 강이다. 이 강은 전반적으로 강의 폭이 협소하고 하상의 저변에는 사질 퇴적물이 퇴적되고 장소에 따라서는 암반이 노출되는 곳이 나타나기도 한다. 섬진강의 유로를 따른 주변의 지질은 주로 영남육괴에 해당하는 선캄브리아기의 변성암류가 주를 이루고 일부 중생대 쥐라기의 화강암류, 백악기의 경상 누층군에 대비되는 화산쇄설성 퇴적물을 함유하는 퇴적암류 그리고 백악기에 형성된 불국사 화강암과 화산암류 등을 비롯한 화성암류가 분포하고 있다(Fig. 1, 한국자원연구소, 1997).

섬진강은 영산강이나 낙동강의 경우에서처럼 유로를 따라 넓은 저평지가 전개되는 경우가 거의 없고 하구언이나 제방 등의 인공이 별로 가해지지 않은 특징적인

환경을 이루고 있다. 따라서 본 연구에서는 유로를 따라 분포하는 사질퇴적물을 주로 하는 하성퇴적층에 대한 퇴적학적 연구를 수행하는 한편, 이 강의 유로 중에서도 선캄브리아기의 변성암류가 높은 산지를 이루고 있는 구례 부근의 유역에 분포하는 하성퇴적층의 퇴적 단면을 기재하여, 섬진강의 퇴적환경을 규명하고 그 변화상을 추적하려 시도하였다.

연구방법

시료 채취

구례 부근의 섬진강 유역에 분포하는 신생대 제4기 퇴적층의 퇴적환경과 변화상을 살펴보기 위해 구례 부근을 흐르는 섬진강 본류, 지류인 보성강, 오수천, 요천, 옥과천 등을 포함하는 본류의 지류 유역의 하성퇴적층에서 수 km 마다 강의 곡류 형태에 유의하여 32개소의

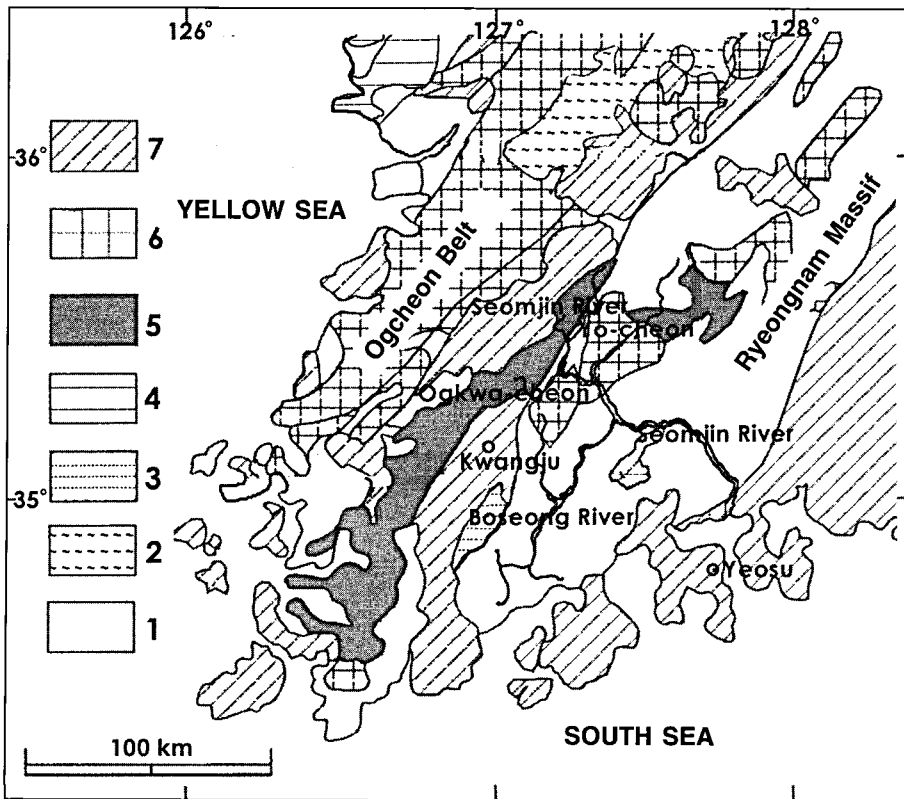


Fig. 1. Regional geologic map.

1, Precambrian rocks; 2, Ogcheon Group; 3, Paleozoic sediments; 4, Jurassic sediments; 5, Mesozoic foliated granite; 6, Jurassic granite; 7, Cretaceous rocks, modified after KILER, 1997.

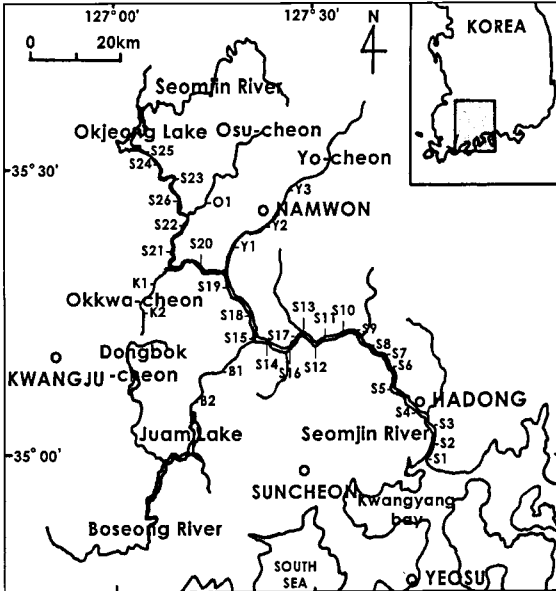


Fig. 2. Sampling location map.

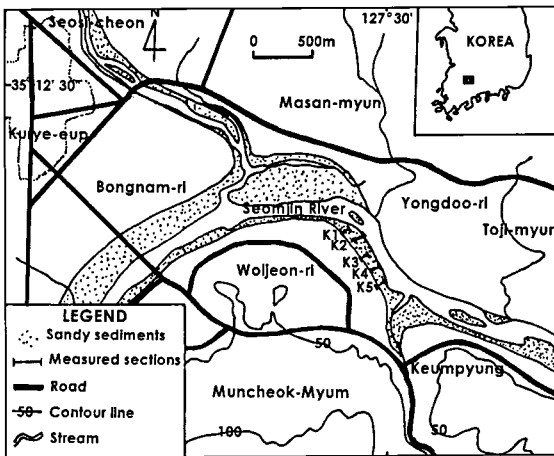


Fig. 3. Location map of measured sections in the Kurye area.

정점에서 모래를 위주로 하는 사질퇴적물을 채취하였다(Fig. 2). 구례 지역에서는 강 주변에 잘 노출되고 있는 하성퇴적층의 퇴적 단면을 기재하여 퇴적상의 변화와 퇴적구조의 특징을 조사하였다.

퇴적 단면 기재와 사질퇴적물의 입도분포

섬진강 유역에 분포하는 제4기 하성퇴적층의 하상을 따라 분포하는 퇴적물에 대해서는 그 입도별 분포상을

조사하였다. 입도분석은 먼저 과산화수소수(H_2O_2)와 0.1N의 염산으로 처리해 유기물과 탄산염을 제거하였다. 처리가 끝난 시료는 ϕ 별로 정리한 체 세트를 이용하여 진탕기(Ro-tap shaker)로 진탕시켜 입도 별 중량을 산출하였다. 중량이 측정된 자료는 그래프 방법에 의해 누적분포곡선을 작도하여 Folk and Ward(1957)의 방법에 의해 평균 입도(Mz), 분급도(σ), 왜도(SK_1) 그리고 첨도(K_G) 등의 조직매개변수들을 구하였다. 퇴적물의 유형은 입자들의 크기는 사실이 주를 이루고 역질이 혼재되는 특성상, Folk et al.(1970) 등에 의한 자갈을 포함하는 퇴적물 분류법을 적용하였다. 퇴적물 입자 중의 미세구조를 관찰하기 위해서는 사질 퇴적물 중에서 석영립을 선별하여 금(Au)으로 진공 증착시켜 주사전자 현미경 하에서 관찰을 시도하였다.

섬진강 주변에 층상으로 노출되는 퇴적층의 층준에 따른 수직적 및 수평적 퇴적상의 변화를 살펴보기 위해 구례군 문척면 일대에 노출되고 있는 하성퇴적층들의 퇴적 단면을 기재하였다. 조사 지역은 강 주변의 퇴적물이 하상보다 높아 강물에 의한 침식이 진행되어 그 단면이 잘 드러나 있는 위치를 선정하였다. 이들 단면들 중에서 층후가 얇고 수평적 연장성이 양호한 단면들의 경우는 전체적인 노출면을 대상으로 관찰하였으며 두터운 층후를 가지는 경우에는 주상도를 작성하여 기재하였다. 이들 단면들은 대부분 층의 지지 정도가 매우 낮아 약간의 외력에도 퇴적물이 하부로 이동되어 혼입·피복되는 등 층준에 따른 직접적인 시료채취가 어려워, 노두에서 관찰되는 퇴적층의 특성을 Guido(1992)에 의해 제안된 유형에 따라 퇴적상을 구분하고 층의 변화상을 추적하였으며 퇴적층 중에 나타나는 연흔과 사층리 등의 퇴적구조 등도 같이 기술하였다(Fig. 3).

연구결과

섬진강의 유로를 따라 퇴적된 하성 퇴적층의 특성과 분포상을 알아보기 위해, 하구에서 상류 쪽으로 거슬러 올라가면서 특징을 조사하였다. 전체적으로 섬진강은 유속이 빠르지 않은 하구와 수중보가 설치된 장소 등에서는 모래를 주로 하는 사질 퇴적물이, 중류와 상류 등의 상대적으로 유속이 빠른 장소들에서는 사질에 역질이 혼재되는 조립질 퇴적물이 우세하다. 강의 하구에서 구례 남동부 인근까지는 유로를 따라 단애가 많고 국

부적으로 사주나 소규모의 하중도가 있다. 이 부근 역질 퇴적물들의 경우는 전반적으로 원마도가 양호하다. 역들은 주로 선캠브리아기의 여러 가지 편마암들로 구성된다. 하상이나 유역의 사질 퇴적층에서는 유수연흔(current ripple)이 잘 관찰된다. 유로의 굴곡도는 비교적 심한 편이다. 구례읍 부근에서 보성강과 합류하는 곳까지의 유역에서는 역질과 사질 퇴적물이 주를 이루며 자갈의 원마도는 비교적 양호하다. 그러나 곳에 따라서는 원마도가 아원상이나 아각상에 해당하는 불량한 경우도 있다.

유로는 굴곡이 비교적 심한 편이며 곳에 따라 급류를 이루는 여울(pool)이 전개된다. 강 하구 일대와는 달리 이 부근의 유역에서는 거의 사주가 없다. 보성강과의 합류 지점 부근에서 섬진강이 지천인 요천과 합류하는 남원 부근까지는 사질과 역질 퇴적층이 주를 이루고 있으며 역질 퇴적물 중의 역들은 하류에 비해 원마도가 상대적으로 불량하다. 섬진강에 퇴적된 사질 퇴적물의 입자 모양은 경하에서 주로 구형과 신장된 타원형 형태가 많다. 그러나 입자의 크기에 따라 입자의 외형은 변화가 심하다. 입자들이 세립화 할수록 구형이 우세하나 조립질 입자들은 자주 신장된 타원형을 보이기도 한다. 사질 퇴적물 중의 뚜렷한 방향성을 가지고 있지 않은 석영립들은 대부분 구형이며 비교적 큰 결정을 유지하는 장석편들이 신장된 타원형으로 관찰된다. 이는 장석립들이 분명한 벽개면을 보유하는 것으로 이해될 수 있으며 상류로 갈수록 신장된 타원형을 보이는 입자들이 증가하는 것은 퇴적물의 이송거리의 감소에 따른 장석립들의 함유량 증가와 관계된다. 섬진강에 분포하는 사질 퇴적물의 원마도는 아각상(subangular)에서 원상(rounded)으로 원마도가 다소 낮으며 유로상의 위치에 따라 원마도가 다양하게 나타난다. 원마도의 다양성은 유로의 굴곡도가 심하고 유속의 변화가 심해, 위치에 따른 원마도 역시 변화가 심하게 나타나는 것으로 생각된다.

하상에서 사주는 거의 전개되지 않으며 퇴적물 내에 함유되는 일부 역들은 부근의 고지에서 직접 유래된 것으로 보이는 매우 원마도가 불량한 상태로 분포한다. 남원에서 전북 오수 부근을 흐르는 섬진강 상류에 해당하는 유역에서는 하천의 폭이 협소하고 유량이 적으며 분급과 원마도가 매우 불량한 역질 퇴적물이 우세하다. 곳에 따라서는 유로 부근까지 식생이 밀집되고 토양과

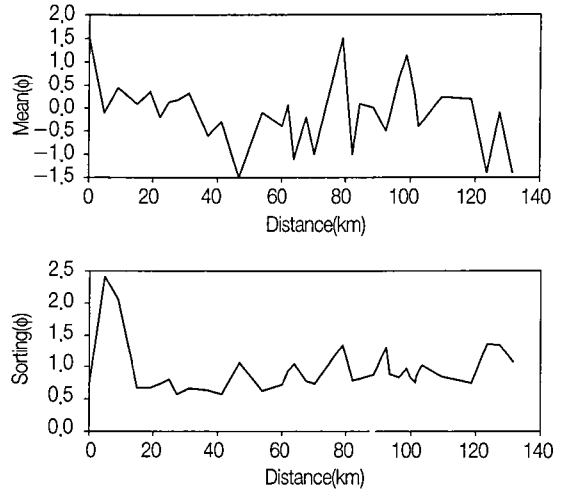


Fig. 4. Variations of mean grain size and sorting of the sediments in the Seomjin River(from Hadong to Okjeong).

퇴적물이 혼재되기도 하며 유속이 빠른 곳에서는 하식작용의 결과 형성된 기반암이 하상에 노출된다. 섬진강의 상류에 합류하는 옥곡천에서도 하천의 폭은 협소하며 뜯어내기 작용을 받은 기반암이 노출된 하상이 전개된다. 동측에서 합류하는 요천에서는 국부적으로 하천의 흐름이 여러 가닥으로 분지되거나 다시 합쳐지는 망상하천(braided stream) 형태가 관찰된다.

섬진강에 분포하는 사질 퇴적물의 구성 입자들은 실제현미경 하에서 관찰할 때, 석영의 함량이 상대적으로 높고 장석류와 암편들이 일부 나타난다. 이들 광물 외에도 자철석이나 티탄 철석들이 관찰되기도 한다. 하류쪽으로 갈수록 석영의 함량은 증가하는 것으로 보이나 전체적으로 그 출현 정도는 매우 불규칙하다. 상류에서는 일부 위치들에서 암편들이 빈번히 관찰된다.

입도분포

섬진강에서 사질 퇴적물의 입도분포는 평균입도로 보아 $-1.00 \sim 1.52\phi$ 범위여서 극조립사에서 중립사에 해당한다. 분급도는 $0.57 \sim 2.41\phi$ 로 매우 범위가 넓어 다소 양호한 분급에서 매우 불량한 분급의 범위이다. 평균 분급도는 0.95ϕ 이다. 이처럼 사질을 주로 하는 조립질 퇴적물이 우세하게 분포하고 분급도도 불량한 것은 비교적 빠른 유속을 가지는 하상퇴적물의 특성이다. 퇴적물의 왜도는 $-1.40 \sim 1.22$ 까지 매우 광범위해서 극단적

Table 1. Textural parameters of fluvial sediments of the Seomjin River.

Sample No	Gravel(%)	Sand(%)	Mud(%)	Mean(Mz;φ)	Sort(σ)	Skew(SK _J)	Kurt(K _G)	Sed. type
S1	0.11	99.37	0.52	1.52	0.71	0.03	4.38	(g)S
S2	47.96	44.51	7.53	-0.10	2.41	0.47	1.84	sG
S3	28.77	67.73	3.50	0.44	2.06	-0.10	2.02	gS
S4	4.15	95.84	0.01	0.009	0.67	-1.40	6.29	(g)S
S5	0.99	98.95	0.05	0.36	0.67	0.73	6.15	(g)S
S6	7.73	92.22	0.05	-0.20	0.73	0.00	5.34	gS
S7	6.48	93.51	0.01	0.13	0.80	-0.30	3.56	gS
S8	3.02	96.97	0.01	0.17	0.57	-0.80	3.78	(g)S
S9	2.30	97.67	0.03	0.32	0.66	-0.20	4.48	(g)S
S10	20.86	79.14	0.00	-0.60	0.63	-0.50	4.37	gS
S11	8.19	91.79	0.02	-0.30	0.57	0.15	4.51	gS
S12	64.52	35.48	0.00	-1.50	1.06	0.54	2.08	sG
S13	3.87	96.07	0.06	-0.10	0.62	0.67	5.72	(g)S
S14	14.20	85.80	0.00	-0.40	0.72	-0.50	3.77	gS
S15	12.76	87.22	0.02	0.06	0.94	-0.30	3.30	gS
S16	52.32	47.67	0.01	-1.10	1.04	0.32	2.74	sG
S17	11.34	88.63	0.03	-0.02	0.77	0.35	3.72	gS
S18	45.98	54.02	2.25	1.50	1.34	-0.10	3.35	(g)S
S19	3.34	94.41	2.25	1.50	1.34	-0.20	3.35	(g)S
S20	49.57	50.33	0.09	-1.00	0.78	0.48	6.18	sG
S21	3.27	96.15	0.58	1.13	0.97	-1.10	6.93	(g)S
S22	23.73	75.99	0.28	-0.04	1.05	0.05	4.44	gS
S23	5.23	94.70	0.07	0.19	0.74	-0.60	5.66	gS
S26	66.14	33.46	0.40	-1.40	1.36	1.22	4.24	sG
S24	26.17	73.78	0.05	-0.10	1.34	-0.20	2.27	gS
S25	65.68	34.25	0.07	-1.40	1.07	0.85	3.68	sG
B1	4.62	95.29	0.09	0.09	0.81	0.91	6.18	(g)S
B2	32.91	66.85	0.24	-0.50	1.30	0.27	3.03	sG
K1	1.56	98.15	0.29	0.65	0.83	0.43	4.62	(g)S
K2	0.19	99.62	0.19	0.83	0.84	0.39	3.60	(g)S
Y1	11.46	88.48	0.06	0.00	0.87	-0.10	3.67	gS
Y2	15.84	84.15	0.01	-0.20	0.88	0.61	5.03	gS
Y3	4.81	95.16	0.03	0.26	0.75	-0.20	4.27	(g)S
Avg				-0.07	0.95	0.09	4.26	

인 음성왜도에서 극단적인 양성왜도인 very coarse skewed에서 very fine skewed에 이른다. 평균 왜도는 0.09이다. 첨도는 2.0~6.0 정도로 집중도가 높은 very leptokurtic에서 extremely leptokurtic에 해당한다 (Table 1, Fig. 4).

연구지역에서 퇴적물의 입도변화는 입도가 불규칙하게 매우 큰 폭으로 변동되기는 하나, 전체적으로는 섬진강의 하구에서 상류 쪽으로 갈수록 입자 크기가 점차 증가하면서 하류에서는 조립사가 퇴적되고 중류 및 상류로 갈수록 극조립사가 우세하다. 그러나 옥곡천을 비롯한 일부 유로들에서는 입자의 크기 변화가 불규칙하

다. 이런 점에서, 섬진강의 사질 퇴적물의 입도는 하구로부터의 거리보다는 퇴적물이 퇴적되는 장소를 흐르는 하천의 굴곡 정도나 지형 등과 관련된 것으로 생각된다. 유로를 따른 퇴적물의 입도별 함량분포는, 거의가 특정 입도 구간에 편중되는 단일모드(unimodal)이다.

유로별 위치에 따른 퇴적물의 분급도는 전기한 바와 같이 매우 산포된다. 하구 부근에서는 강 어귀의 일부 정점들에서 큰 편차를 보이며 매우 분급이 불량하다. 중류에서도 분급도는 불규칙한 변화를 보이며 전체적으로 0.5~1.0φ 정도의 다소 양호한 분급에서 중간 정도 분급을 보인다. 상류로 갈수록 분급도는 불량해져서 최

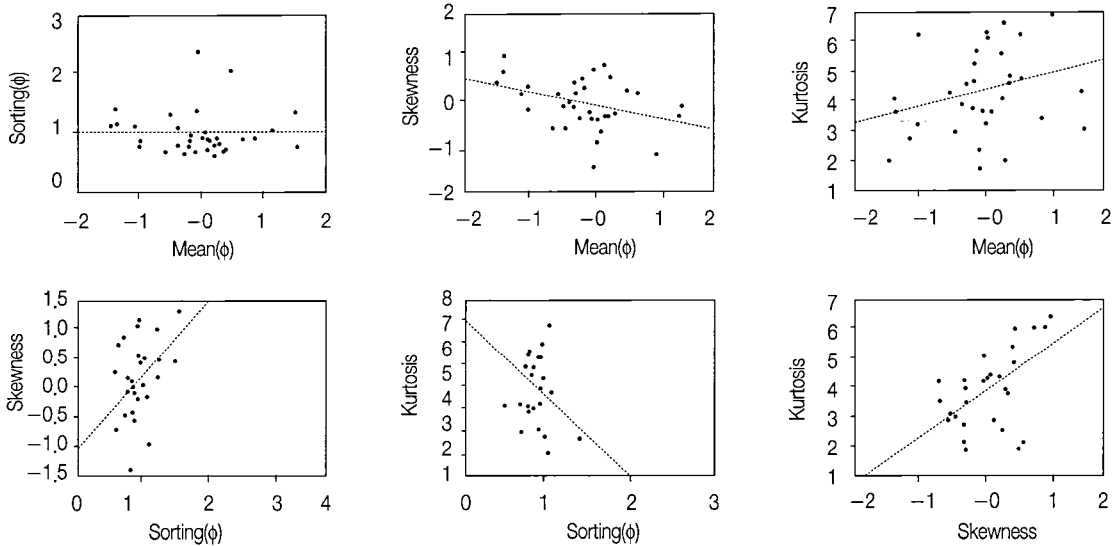


Fig. 5. Pair diagrams among each textural parameters.

상류 부근에서는 1.3 ϕ 이상의 불량한 분급을 나타낸다. 이와 같은 분급도로 보아 섬진강의 유로를 따른 퇴적물의 분급도는 편차가 크기는 하나 상류에서 하류로 가면서 분급이 다소 양호해진다. 그러나 강 하구 부근에서의 매우 변화가 심하고 불량한 분급도는 섬진강 하구의 지형적인 영향이나 해수의 운동과의 관련성을 고려하여야 할 것으로 생각된다.

퇴적물의 왜도 역시 그 변화가 다소 불규칙하며 하류에서 상류로 뚜렷한 변화는 없었다. 왜도의 유로별 변화는 하류와 상류에서는 음과 양의 왜도치가 서로 교호하는 특성이 강한 반면 중류는 약간 양의 왜도 쪽으로 편향되면서 변화폭도 축소된다. 전체적인 왜도로 보아 섬진강의 퇴적물은 하성퇴적물의 특성을 가지나 그 변화폭이 상당히 불규칙한 것은 유로의 굴곡 정도와 유로가 통과하는 장소들의 지형의 변화와 관계되는 것으로 생각된다. 특히 일부 구간에서 음의 왜도가 강한 것은, 퇴적 시 상대적으로 일부 조립질 입자들이 세립질 부분 내로 유입되어 형성된 조립질 꼬리(coarse tailing) 부분과 관련된 것으로 보인다. 첨도의 유로에 따른 변화는 불규칙하며 전반적으로 입도별 편향 정도가 높다.

이들 하성퇴적물의 퇴적매개변수들간의 상관 정도를 알아보기 위해 퇴적물의 평균입도, 분급도, 왜도 및 첨도들 간의 값을 비교하였다(Fig. 5). 그 결과 평균입도와 분급, 왜도 그리고 첨도치는 전체적으로 분산되어 분명

한 상관관계를 확인하기 어려웠으며 평균입도와 왜도는 미약한 부(-)의 상관관계를 나타낸다. 분급도와 왜도 그리고 첨도와와의 관계를 살펴보면 역시 분산도가 높아 분명한 상관관계를 이루고 있다고는 볼 수 없었으나 분급과 왜도는 미약한 정(+)의 관계 그리고 분급도와 첨도는 미약한 부(-)의 상관관계가 성립되고 있는 것으로 보인다. 왜도와 첨도와의 사이에는 상관관계가 성립되지 않는 것으로 나타났다. 이와 같이 퇴적물들의 조직매개변수들 사이의 상관 관계가 분명한 상태를 보이지 않고 분산되어 나타나는 것은 섬진강의 유로 상의 위치에 따라 퇴적물들의 조직 특성이 다르고 유로의 변화에 따른 퇴적상이 다양하게 변화하는 등의 요인들이 영향을 미쳐 단일한 특성을 나타내기는 어려운 때문으로 해석된다.

섬진강의 유로에 따른 퇴적물들의 퇴적 유형을 구분하기 위해 입도별 중량비를 구하여 Folk *et al.*(1970)에 의한 방법에 따라 삼각도에 도시하여 퇴적물들의 분류를 행하였다. 그 결과 이들 하성퇴적물들은 사질이 우세한 미량의 역 함유 사(g)S, 역질 사(gs) 그리고 사질 역(sG) 등의 세 퇴적상으로 구분되었다(Table 1, Fig. 6). 이들 퇴적물 유형들의 분포는 상류에서는 역을 많이 함유하는 사질 역과 역질 사가 우세하나 하류로 가면서 미량의 역 함유 사가 우세해진다. 퇴적물 유형의 이러한 불규칙성이 현저히 드러나는 정점들로는 구례

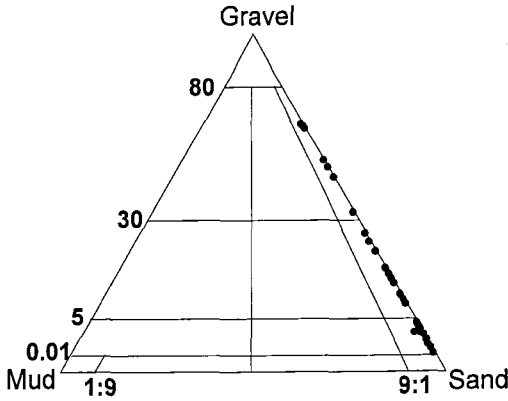


Fig. 6. Triangular diagram showing sediment types(Folllk et al., 1970).

부근의 섬진강 중류 부근에 해당하는 장소들을 들 수 있는데 이들 위치들에서는 평균 입도의 변화가 크며 퇴적물의 유형들도 미량의 역 함유 사로부터 사질 역 까지 크게 변화하고 있다. 이러한 현상은 유로의 곡률이 커지면서 유속의 변화가 커져 퇴적물의 이동과 퇴적의

변화가 큰 곡류천의 특성에 기인한 것으로 생각되어진다. 그러나 일부 지류들인 요천과 옥과천 등에서는 유로 상의 위치와 퇴적물들의 유형과 어떤 경향성을 가진다고 보기는 어려웠다.

퇴적물 입자의 표면 조직

퇴적물 입자의 표면조직은 입자의 종류에 따라 변화가 심하다. 석영입자들은 특정한 방향성을 가지지 않으며 대체적으로 각상에서 아각상의 형태가 우세하게 분포한다. 반면에 구형에서 난형의 부드러운 운곡을 보이며 "V"자형의 홈이 크기를 달리하여 표면에 산재되는 특성을 가지는 석영 입자들도 빈번히 관찰된다. 일부 입자들에서는 이러한 홈 외에도 상당히 크게 패인 흔적이 나타나기도 한다(Fig. 7). 후자와 같은 석영립들의 경우는 Hodel et al.(1988)에 의하면 중간에서 고 에너지의 수성환경(subaqueous environments)을 지시하는 것으로 알려지고 있다. 장석 입자들의 경우도 아원상에서 긴 타원형 등의 운곡을 가지며 다양한 홈들이 보이기도 하나 외형은 원마도가 매우 편차가 크게 나타나고 대부

Table 2. Descriptions and interpretations of sedimentary facies.

Facies	Description	Interpretation
Facies xGyS : cross-stratified gravelly sand	Cross-bedded gravelly sand; matrix-supported gravel; very coarse to medium sand matrix; subrounded gravels	Migration of gravel or sand bars (Heim and Walker, 1977; Harms et al., 1982)
Facies mGyS : massive gravelly sand	Massive gravelly sand; matrix-supported gravel; coarse to medium sand matrix; partly stratified and cross-bedded; subrounded gravels	Deposition from debris flows(Shultz, 1984; Costa, 1988; Chough et al, 1995)
Facies gGyS : graded gravelly sand	Normal graded gravelly Sand; matrix-supported gravel; very coarse to medium sand matrix; rounded to subrounded gravels	Deposition from debris flows(Shultz, 1984; Costa, 1988; Chough, et al, 1995)
Facies xSM : cross-stratified sand-mud couplet	Cross-bedded sand and mud; normal gray; medium to very fine sand	Deposits of floodplain (Chough et al, 1995)
Facies xS : cross-stratified sand	Cross-bedded sand; coarse to medium sand;partly gravel bearing sand	Migration of 2-D sandy dunes, sandy bar (Harms et al., 1982; Maizels, 1993; Chough et al, 1995)
Facies mS : massive sand	Massive sand; coarse to medium sand; light to normal gray; partly gravel bearing sand	Rapid deposition from sand-laden flows (Todd, 1989; Maizels, 1993; Chough et al, 1995)
Facies mGyM : massive gravelly sand	Massive gravelly mud; silt-mud matrix; subrounded gravels	Deposition from debris flows (Chough et al, 1995)
Facies lgM : laminated to graded mud	Massive mud; yellowish to normal gray; partly ripple	Deposits of floodplain (Chough et al, 1995)

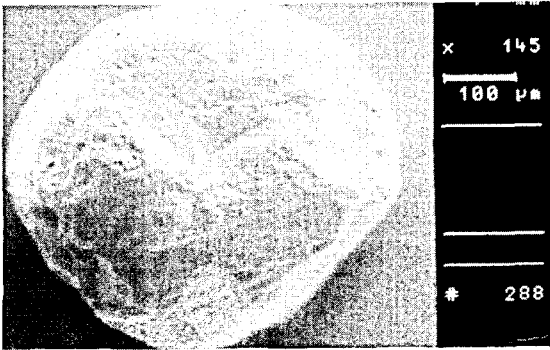


Fig. 7. Surface features on quartz grain.

분 벽개면이 분명히 인지될 정도여서 석영 입자들과는 구분되는 특징을 가진다. 이러한 여러 형태를 가지는 입자들이 공존하는 특성상, 이들 퇴적물들은 변화가 많은 퇴적환경적 요인을 시사한다.

퇴적단면의 특성

퇴적상 구분

퇴적상을 구분하기 위해서, 연구 지역에서 퇴적단면이 잘 노출된 장소 중 5개소(K1, K2, K3, K4, K5)를 선정하였다(Fig. 3). 이 중, K1과 K2는 수평적 층준의 연장성은 비교적 양호하나 수직적인 층후가 수 m 이하여서 층의 노출면 전체를 대상으로 기재를 행하였으며 층후가 비교적 두껍게 나타나는 나머지 세 단면에서는 층준의 변화에 따른 퇴적상 변화를 단면도로 작성하였다. 그리고 각 지점의 퇴적 단면의 주상도를 작성하면서 퇴적상의 변화에 유의하였다. 퇴적단면에서 퇴적상의 구분은 Guido(1992)에 의해 제안된 분류를 변화시켜 적용하였다.

이 지역에서 나타난 퇴적상은 xGyS, mGyS, gGyS, xSM, xS, mS, mGyM, IgM 등 8개 퇴적상으로 구분되었다(Table 2).

K1의 퇴적 단면은 전체 높이가 4.3m로 하부로 부터 상부로 괴상 역질 모래층, 1.8m 두께의 곡사층리, 평상 사층리 모래층, 잔류 역을 포함한 역질 모래층, 평상 사층리층, 곡사층리, 평행층이 혼재된 역질 모래층으로 구성되어 있다(Fig. 8). 하부의 괴상 역질 모래층은 아각 내지 아원상의 역들이 불규칙하게 퇴적되어 있으며, 그 위의 사층리 모래층은 조립질 내지 중립질의 모래로 하

부에 소규모의 곡사층리가 있고 그 위에 1.2~1.8m 두께의 평상 사층리가 뚜렷하다. 이 층에서 나타나는 사층리는 전면층의 경사각이 24°~33°로 거의 일정하나 일부에서는 경사가 하부 층준으로 가면서 수평면에 접근하여 10° 정도로 완만해져 접선형태를 보이게 된다. 이 층은 수평적으로 두께가 많은 변화를 보이고 일부에서는 켜기 모양을 보인다. 사층리 세트의 윗면은 2차 침식 및 재동에 의해 평탄화 되어 있으며 그 위에는 자갈이 잔류 퇴적물(lag deposits)로 혼재되는 한편, 평상 사층리층, 곡사층리, 평행층 등이 전개되기도 한다. 이 장소에서 사층리의 전면층에서의 경사각은 매우 적어 거의 수평에 가깝다.

K2의 퇴적 단면은 K1 퇴적 단면에서 직각으로 절개된 단면으로 하도를 역과 모래들이 충전하여 초생달 모양의 형태를 한 소규모 하도 충전구조가 나타난다(Fig. 9). 이 구조는 다양하게 분지된 작은 하도에 퇴적물이 충전된 것으로 하부의 중심 부근에서는 잔자갈 크기의 역과 조립사가 렌즈상으로 배열하고 있다. 이 곳에서는 중립질 모래가 기질을 이루고 있으며 불명료한 사층리가 전개된다. 이러한 퇴적구조상의 특성은 하도의 크기와 상태에 따라 살펴보면, 지반의 침하가 거의 없는 경우의 수평적인 하도 이동에서 형성되며, 밀집이 우세한 하도로 추정해 볼 수 있다(조 등, 1995).

K3의 퇴적 단면은 K1 퇴적단면에서 하도변을 따라 남측으로 약 150m 거리에 노출되는 퇴적층으로 현재의 하도로부터는 약 80m 거리를 두고 있다(Fig. 10). 이 단면은 사층리를 가지는 역질 모래층이 지배적이며 괴상 역질 모래층과 괴상 니질층, 사층리 모래 니질층이 소규모로 협재하고 있다. 사층리는 거의 평상 사층리이며, 상부 침식면과 전면층에 자갈이 잔류 퇴적물(lag deposits)로 남아있다. K4의 퇴적 단면은 K3 퇴적단면에서 남측으로 90m 정도 떨어져 있으며, 이 단면은 괴상 역질 모래층이 우세하고 괴상 모래층과 괴상의 역질 니질층이 일부 협재된다(Fig. 11). K3과 K4의 퇴적층은 사층리의 형태와 역질 잔류 퇴적물 등의 퇴적 시 유수의 수량 변화가 큰 경우에 나타나는 사질 망상하천의 하도 퇴적물로 밀집이 우세한 하도 최적층으로 생각된다(조 등, 1995; Allen, 1965, 1970; Walker and Cant, 1984).

K5의 퇴적 단면은 K3 퇴적단면에서 하안을 따라 남쪽으로 50m 정도 거리에 노출되는 퇴적층으로 현 하도

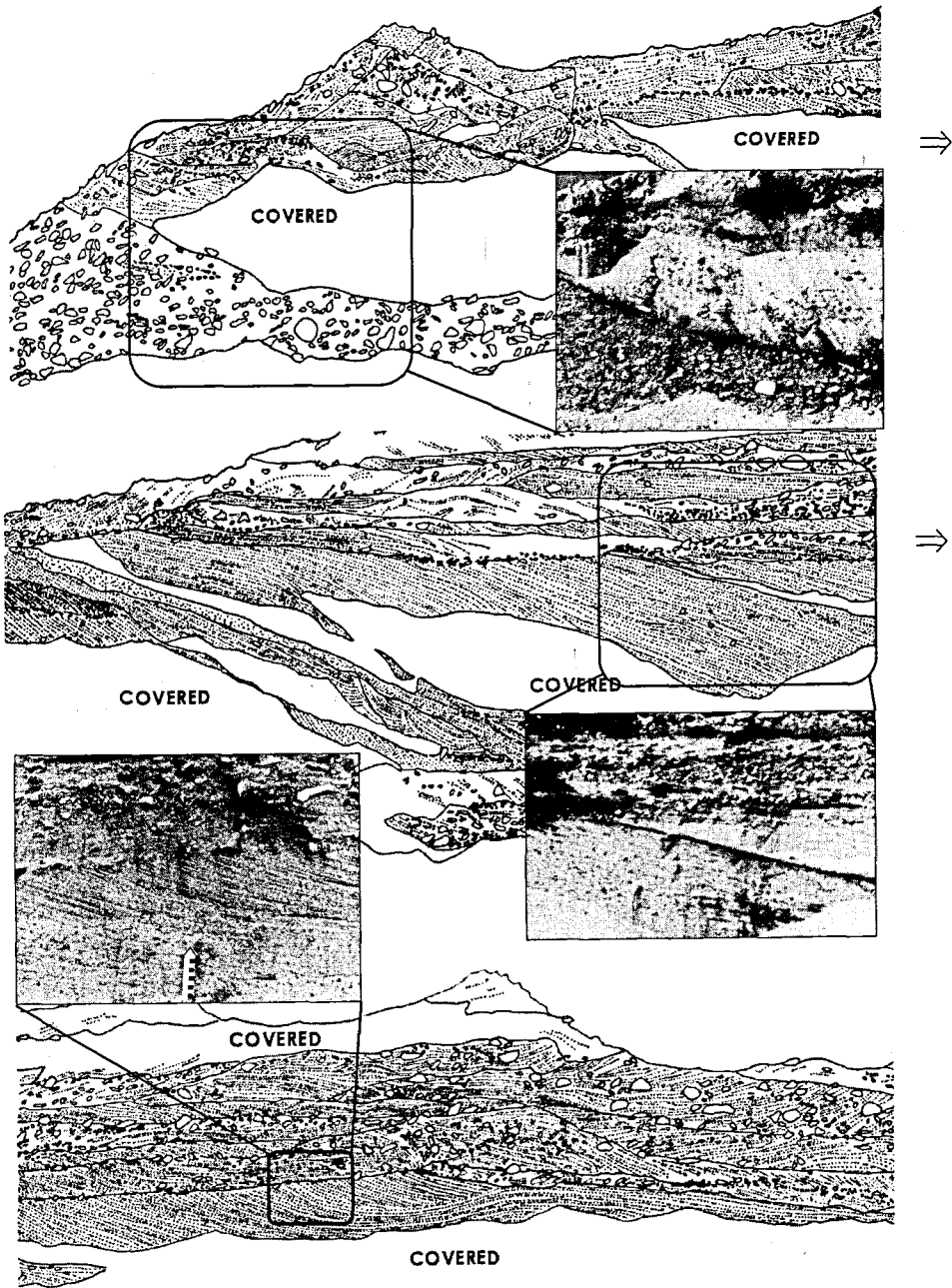


Fig. 8. Line drawing of part of section K1(for location, see Fig. 3) which occurs various dipping cross-stratification.

로부터 대략 20m 정도 거리에 위치하고 있다(Fig. 12). 이 단면은 피상 니질층이 우세하며 사층리를 가지는 모래층과 피상 모래층이 일부 협재된다. 니질층 사이에 협재된 사층리 보유 모래층에 있어서 사층리의 형태는 전면층의 기울기가 7~10°로 일정한 기울기를 가지는

사층리이다. 이 사층리를 형성하는 모래는 중립사 내지 극세립사에 해당한다. 사층리를 이루는 퇴적층의 층후는 약 10~20cm 이고 수평적인 변화가 거의 관찰되지 않는다. 경우에 따라서는 사층리의 기저층과 표면층 사이에 위치하는 전면층이 모두 하부 층준의 층리면에 거

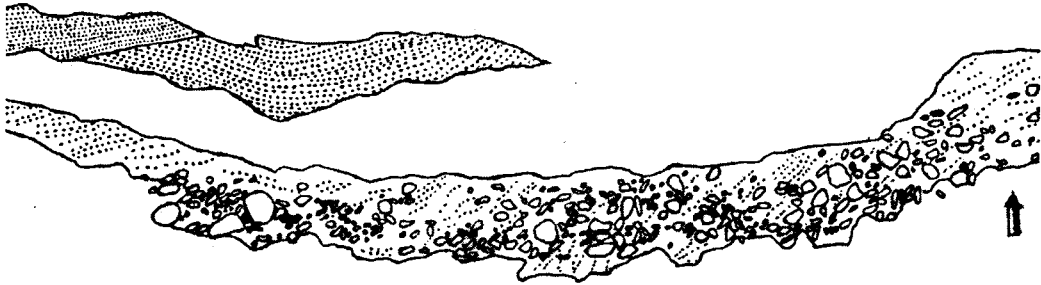


Fig. 9. Line drawing of part of section K2(for location, see Fig. 3) which occurs dipping cross-stratification and -fill structure.

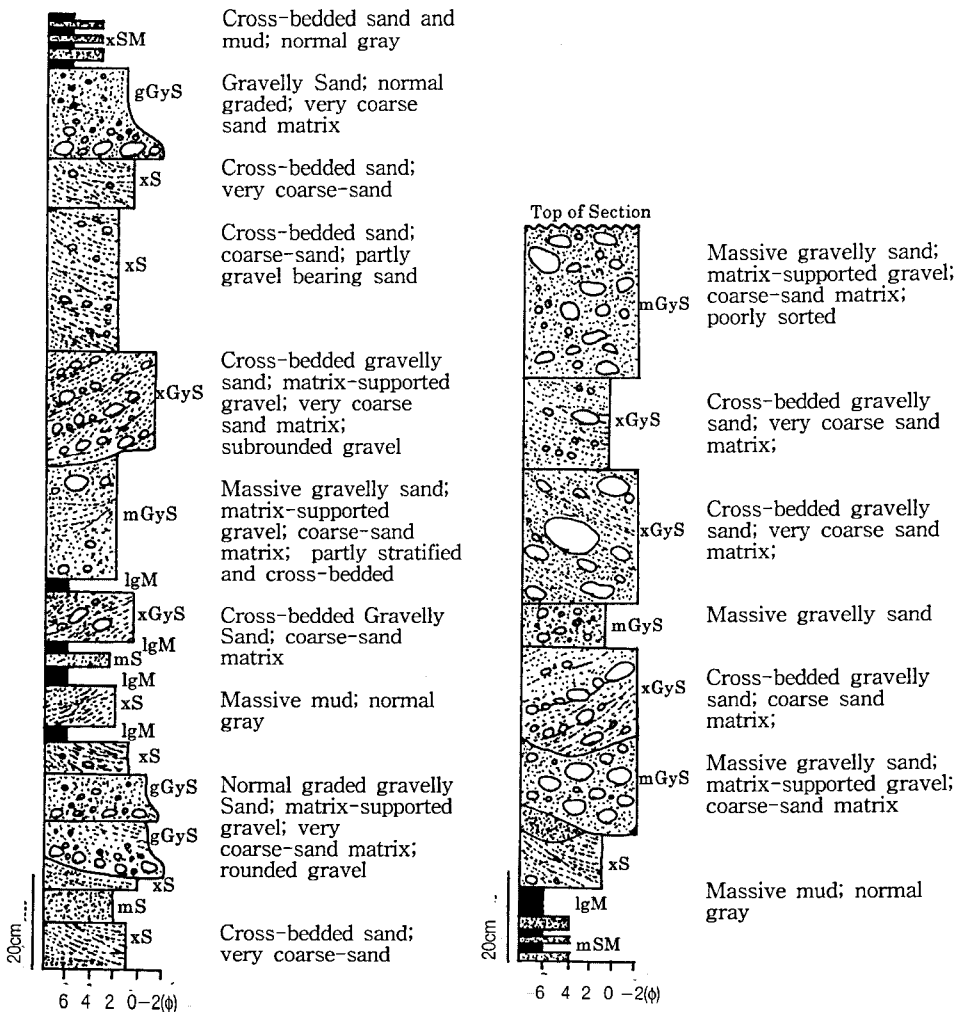


Fig. 10. Columnar Section of K3 in Kurye(in ascending order). For location, see Fig. 3.

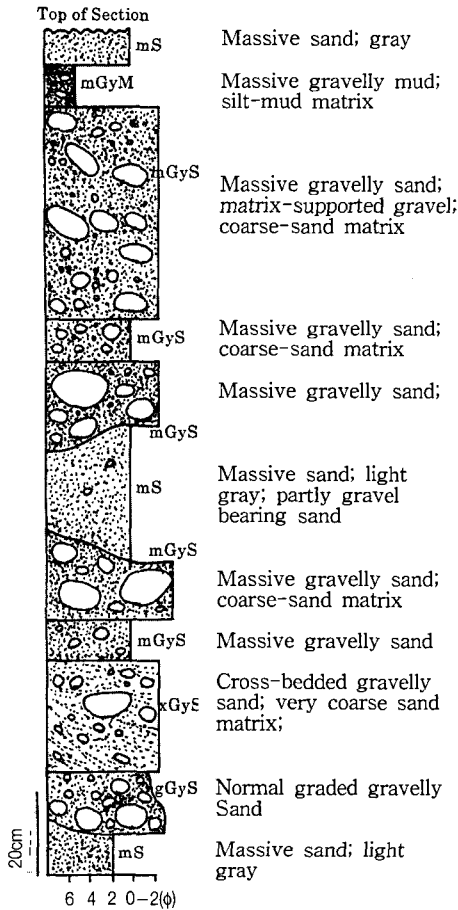


Fig. 11. Columnar section of K4(in ascending order). For location, see Fig. 3.

의 수평으로 접하는 상태를 보여 S자 형태의 전면층이 나타나는 사층리이다. 각 사층리의 층들은 거의 평행하게 전개되며 상부 첨가(vertical accretion) 형의 성장형태를 보인다. 이 퇴적 단면의 니질층의 일부에서는 등정연흔 사엽층리(climbing ripple cross lamination)가 존재한다. 이 등정연흔 사엽층리는 니질층 사이의 세립질 내지 극세립질 모래층에서 잘 나타난다. 등정연흔의 파장은 약 40cm이며 형태 지수는 10 내외로, 비교적 평행하게 굴곡된 모양이다. 연흔의 정부는 완만한 경사로 위쪽으로 상승하며 등정각(climbing angle)은 약 50° 정도이다. 이러한 퇴적 구조는 퇴적물의 공급이 매우 많을 때 생성되는 것으로 알려지고 있다(조 등, 1995).

퇴적상 조합

본 연구에서 조사한 섬진강 하성 퇴적물 단면의 전개로 보아 크게 퇴적환경을 시사하는 두 개의 퇴적상 조합으로 재구성될 수 있다. 퇴적상조합 I(facies assemblage I)은 괴상 역질모래층, 경사진 역질 모래층, 점이 역질 모래층과 같은 비교적 입자가 큰 퇴적층들이 특징적으로 잘 나타나며, 하부에 약간의 자갈들이 함유된 것이 특징이다. 퇴적상조합 II(facies assemblage II)는 실트 함유 점토층, 사층리 모래층, 평행층리 모래층과 같은 세립질 퇴적층이 특징적으로 나타나며, 층의 두께가 비교적 얇고 입도도 매우 세립질이다. 퇴적상조합 I은 주로 역질 모래이며 상부층은 모래와 실트의 호층으로 나타난다. 역질 모래층은 조립 내지 중립질의 모래가 기질을 이루며 아원상의 자갈들이 소량 혼재된다. 이 자갈들은 모래 속에 부유하는 상태(float)처럼 되어 있으며 이 자갈들은 대부분 편마암으로 구성되어 주변의 선캄브리아기의 변성암류에서 주로 기원된 것으로 생각된다. 이들 퇴적 단면들에서는 사층리가 잘 나타나고 있으며 층의 두께와 형태의 측방변화가 매우 심한 상변화(facis change)를 보인다. 이는 과거 섬진강 상류에 위치했던 망상 하천에서 하도 퇴적물이 집적된 형태로 추정된다. 각 층들의 두께는 50 내지 100cm 정도로 나타나고 상부 층인 모래와 실트층은 그 두께가 비교적 얇아 10 내지 50cm로 나타난다. 최하부의 역질 모래층은 퇴적 구조 및 퇴적물의 입도 등을 고려할 때, 홍수 등의 빠른 유속 하에서 하도 중심 부근에서 집적된 퇴적물로 추정된다. 그 위의 사층리를 이루는 모래층은 하도 측면에 형성된 넓은 범위의 사주 퇴적물로 생각되는데 유속이 비교적 빠르고 조립 내지 중립질의 모래가 퇴적된 것으로 보아 유속이 다소 빠르고 퇴적물의 공급이 약간 증가했던 시기에 이루어졌던 것으로 생각된다. 그 위의 역질 모래층은 퇴적면과 침식면의 구분이 상당히 불분명하고 층들이 복잡한 접촉을 하는 한편 자갈의 함량이 상당히 많은 특성으로 보아 망상 하천을 구성하는 지류 퇴적층으로 해석된다. 퇴적상조합 II는 실트 함유 니질층, 사층리 모래층, 평행층리 모래층 등의 세립질 퇴적층의 전개로 보아 하도 주변에 형성된 범람원 퇴적물로 해석할 수 있다(조 등, 1995; Allen, 1965, 1970; Walker and Cant, 1984).

하부의 퇴적상조합 I이 퇴적상조합 II로 천이하게 되

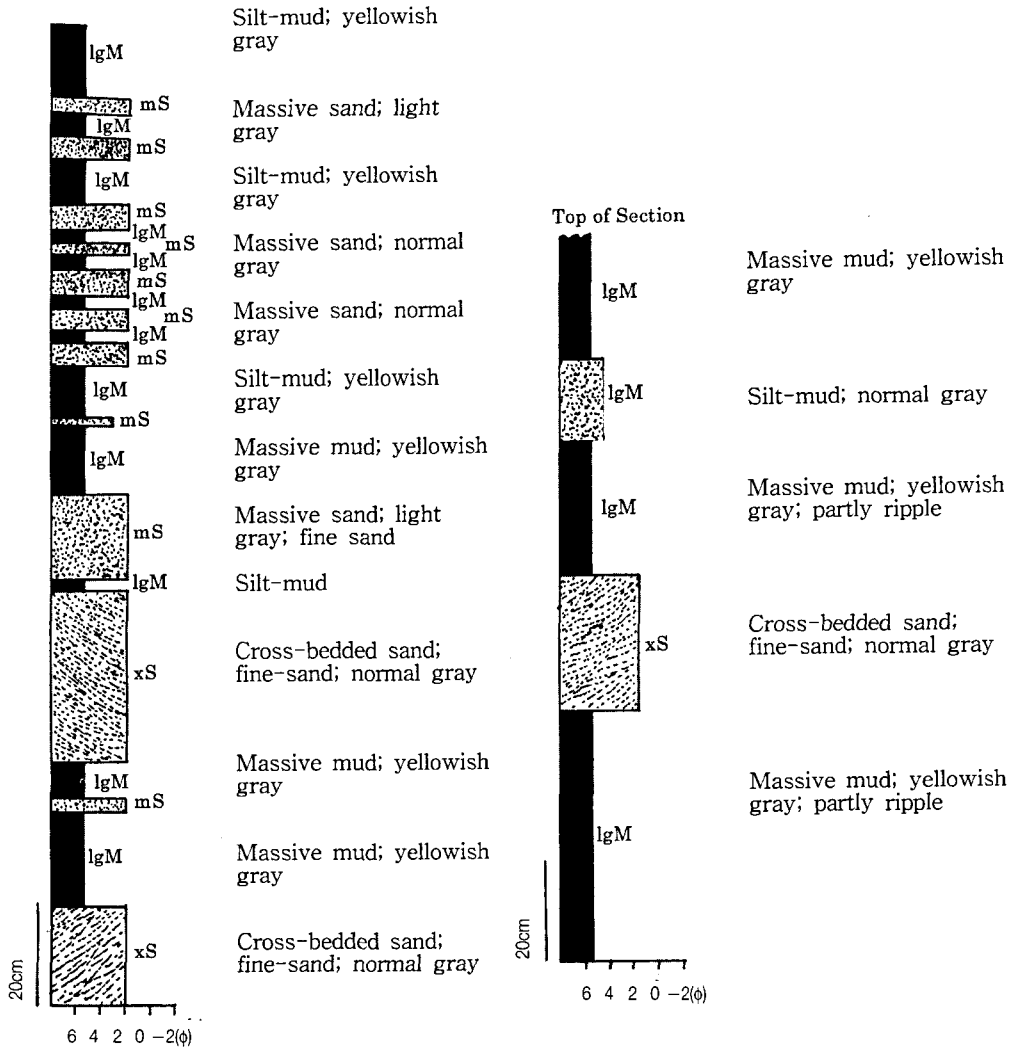


Fig. 12. Columnar sections of K3 in Kurye(in ascending order). For location, see Fig. 3.

는 변화는 퇴적상조합 I을 퇴적시켰던 망상 하천의 하도가 이동해 가면서 하천 주변의 범람원으로 이화하였던 것으로 추정된다. 따라서 조사지역 섬진강의 과거 하도 위치는 강의 폭이 넓고 유량의 변화가 크며 사행 정도가 현재보다 더 커서 하도의 이동이 용이해 점차 현재의 하도쪽으로 이동했던 것으로 추정된다.

고찰

섬진강의 유로를 따라 전개되는 조립질 모래를 주로 하고 역들이 혼재되는 하성퇴적물들의 분포를 살펴보

면 하구 부근을 제외하고는 분급도는 하류 쪽으로 다소 양호해지는 특성을 보이며 평균 입도는 중류 부근까지는 세립화 하는 경향을 인지할 수 있다. 그러나 평균 입도, 분급, 왜도 등을 비롯한 조직매개변수들의 유로에 따른 위치별 변화폭이 매우 크고 불규칙한 분포를 하고 있다. 이러한 현상은 섬진강의 유로를 따른 굴곡이나 주변 지형의 영향 등에 의한 유속 등의 변화가 상당히 크게 나타난 것에 기인한 것으로 생각된다. 왜도와 분급도를 그래프 상에 도시하여 비교하면 이들 퇴적물은 다수의 퇴적물들이 하성퇴적환경에 해당하는 것으로 보여진다. 그러나 음의 왜도의 빈번한 출현, 사질 퇴적

Table 3. Characteristics and interpretations of facies assemblages.

	Facies Assemblage I	Facies Assemblage II
Dominant Facies	mGyS, xGyS, mS, xS	lgM, xS
Minor Facies	mGyM, gGyS, xSM, lgM	mS
Geometry	Massive or cross-bedded gravelly sand; sheet-like beds, wedge-shaped or lenticular sand beds	Sheet-like bed, wedge-shaped bed of sand and mud
Interpretation	Streams mixed with sandy braided ones	Floodplain

물 내의 매우 원만한 유곡을 보유하며 고 에너지 수성 환경을 지시하는 것으로 추정되는 석영립들의 존재 및 니질 퇴적물들의 상대적으로 낮은 함량 등에서 섬진강은 유속과 유량의 변화가 큰 퇴적환경임을 시사하는 것으로 생각된다.

구례군 문척면 일대에서 관찰된 하성퇴적층의 퇴적 단면에서도 사질에 역질퇴적물이 혼재되고 방향이 서로 다른 사층리 등이 관찰되는 것은 이전 퇴적물에서의 유속이나 유량의 변화와 관계되는 것으로 여겨진다. 이들 단면들은 퇴적층의 특징에 따라 중립사에서 조립사를 주로 하는 사질 퇴적물에 역질이 포함되는 퇴적상조합 I과 세립사에 니질 퇴적층이 협재되는 퇴적상조합 II로 구분되었다. 이중 퇴적상조합 I은 전술한 것처럼 하도로 보이는 침식면 위에 역질의 잔류퇴적물과 역을 포함하기도 하는 사주 기원의 조립의 사질퇴적층이 사층리를 이루고 있는 등의 특성상 사행천의 상부에 형성되는 망상하천의 하도 퇴적층(channel deposits)이나 사주(sand bar)를 이루었던 것으로 보인다(조 등, 1995, Walker and Cant, 1984). 또한 퇴적상조합 II는 상대적으로 입도가 세립화하면서 망상하천에서 사행천으로 이화해 가는 과정에서 홍수에 기인한 자연제방의 붕괴 등과 관련한 범람원 퇴적층으로 해석될 수 있다. 이 경우 니질을 주로 하는 퇴적층의 전개로 보아 뜬짐의 양은 그리 많지 않았을 것으로 추정되며 유로의 변화 시에 잘록목(neck)의 붕괴보다는 유로의 도랑 잘림(chute cut-off)이 더 우세했을 가능성이 있다(조 등, 1995, Allen, 1965, 1970, Walker and Cant, 1984).

이상의 특징들을 종합해 보면 섬진강의 퇴적환경은 지형이나 유로의 굴곡 정도와 관계되어 상당히 유속과 유량의 변화가 심한 경우로 볼 수 있으며 저평지를 관류하는 자유곡류형의 사행천과는 다소 구별되는 특성을 지닌다고 볼 수 있다. 퇴적단면에서의 관찰에 따르

면 섬진강의 흐름은 과거에는 현재와는 다소 달라서 사행의 정도가 보다 컸을 것이며 보다 고에너지의 퇴적환경이 조성되었을 가능성이 있다.

결론

섬진강의 유로를 따라 분포하는 사질 퇴적물의 입도는 극조립사에서 조립사에 해당한다. 분급도는 다양하며 평균적으로 보통 정도의 분급을 나타낸다. 왜도는 음과 양이 교호하는 광역적인 분포를 하며 첨도는 편향된 상태이다. 퇴적물의 수평적 분포상은 미량의 역 함유 사, 역질 사 및 사질 역에 해당한다. 왜도와 분급도의 비교는 섬진강의 하성퇴적층이 하성환경에 해당하는 것으로 나타났다. 퇴적물 내의 입자들의 산출상태와 변화의 폭이 매우 큰 조직매개변수들의 특성상 이러한 현상은 섬진강의 유로를 따른 굴곡이나 주변 지형의 영향 등에 의한 유속 등의 변화가 상당히 크게 나타난 것에 기인한 것으로 생각된다.

구례 지역에서 퇴적단면을 조사한 결과는 모두 8종의 퇴적상을 구분할 수 있었으며 그 종류는 xGyS, mGyS, gGyS, xSM, xS, mS, mGyM, lgM으로 나타났다. 이들 퇴적상들은 다시 2개의 퇴적상조합으로 나누어진 다. 퇴적상조합 I은 망상 하천의 하도 퇴적물로 추정되며, 상부의 퇴적상조합 II는 범람원 퇴적물로 추정된다. 하부의 퇴적상조합 I이 상부의 퇴적상조합 II로 천이하는 변화는 퇴적상조합 I을 형성시켰던 망상 하천의 하도가 이동되면서 하천 주변의 범람원으로 이화한 것으로 추정된다.

이상의 퇴적환경적인 특성들을 바탕으로 섬진강은 지형이나 유로의 굴곡 정도와 관계되어 유속과 유량의 변화가 상당히 심하게 나타나는 강으로 볼 수 있으며 평탄한 유역을 흘러 가는 일반적인 의미의 사행천과는

다소 다른 특성을 지니는 하천으로 생각된다. 퇴적단면에서의 퇴적층의 전개를 보아 과거 섬진강의 흐름은 현재와는 다소의 차이를 보이는데 유로의 굴곡 정도와 사행의 전개가 보다 심했을 것이며 고에너지의 퇴적환경이 이루어졌을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 한국자원연구소, 1997, 광주 지질도폭 설명서(1 : 250,000), 13-15
- 조성권, 이철우, 손영관, 황인걸, 1995, 퇴적학, 도서출판 우성, 512 p.
- Allen, J. R. L., 1965, A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments, *Sedimentol.*, 5, 98-191
- Allen, J. R. L., 1970, A quantitative model of grain size and sedimentary structures in lateral deposits, *Geol. Jour.*, 7, 129-146
- Costa, J. E., 1988, Rheologic, geomorphic, and sedimentologic differentiation of water flood hyperconcentrated flows, and debris flows, In: V.R. Baker, R. C. Krfhel and P. C. Patton, eds., *Flood Geomorphology*. Wiley, New York, 113-122
- Folk, R. L. and Ward, W. C., 1957, Brazos River Bar: a study in the significance of grain-size parameters, *Jour. Sed. Petrol.*, 27, 3-26
- Folk R. L., Andrews, P. B., and Lewis, D. W., 1970, Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand, *New Zealand Jour. Geol. Geophy.*, 13, 937-968
- Guido G., 1992, Subaqueous sediment gravity flow deposits: Practical criteria for their field description and classification, *Sedimentol.*, 39, 423-454.
- Harms, J. C., Southard, J. B., Spearing, D. R., and Wankel, R. G., 1982, Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences, *SEPM Short Collrse* 2, 161.,
- Heim, F. J. and Walker, R. G., 1977, Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided Kicking Horse River, British Columbia. *Can. f. Earth Sci.*, 14, 562-571
- Hodel, K. L., Reimnitz, E., and Barnes, P. W., 1988, Microtextures of quartz grains from modern terrestrial and subaqueous environments, north slope of Alaska, *Jour. Sed. Pet.*, 58, 24-32
- Jo. H. R., Rhee, C. W., and Chough, S. K., 1997, Distinctive characteristics of a streamflow-dominated alluvial fan deposit : Sanghori area, Kyongsang Basin, *Sed. Geol.*, 110, 51-79.
- Maizels, J., 1993, Lithofacies variations within sandur deposits: the role of runoff regime, flow dynamics and sediment supply characteristics. *Sediment. Geol.*, 85, 299-725.
- Reading H. D., 1986, *Sedimentary environments and facies*, Blackwell Scientific Publications
- Rhee. C. W. Jo, H. R., and Chough, S.K., 1997, The Northeastern part of the Cretaceous Kyongsang Basin: Allostratigraphy and architectural elements.
- Roger G. W., 1992, *Facies Models*, Geological Association of Canada
- Shultz, A. W., 1984, Subaerial debris-flow deposition in the Upper Paleozoic Cutler Formation, western Colorado, *Jour. Sediment. Petrol.*, 54, 759-772.
- Todd, S. P., 1989, Stream-driven, high-density gravelly traction carpets: possible deposits in the Trabeg Conglomerate Formation, SW Ireland and theoretical considerations of their origin. *Sedimentology*, 36, 513-530.
- Walker, R. G., 1984. General introduction : facies, facies sequences and facies models. In R. G. Walker(ed), *Facies Models*, 2nd edn. Geol. Asia, Canada Reprint Ser., 1, 1-9.
- Walker, R. G. and Cant, D. J., 1984, Sandy fluvial systems, In Walker, R. G.(ed.), *Facies models* 2nd. ed., Geoscience Canada Reprints Ser. 1, 71-90

2000년 3월 3일 원고 접수

2000년 4월 14일 원고 채택