

## 光陽灣의 堆積環境에 관한 研究

朴 龍 安 · 李 昌 靉 · 崔 振 燮

서울대학교 海洋學科

### Sedimentary Environments of the Gwangyang Bay, Southern Coast of Korea

Yong Ahn Park, Chang-Bok Lee and Jin Hyuk Choi

Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151

**要約:** 반폐쇄적 지형과 하천수의 유입 및 증조차 환경으로 특징지어지는 광양만은 삼각주, 조간대, 조하대, 수로 등 4가지의 상이한 환경특성을 갖는다.

광양만의 표층퇴적물 분포는 서쪽의 세립질 퇴적물이 우세한 저에너지 환경과 동쪽의 조립질 퇴적물이 우세한 고에너지 환경으로 크게 양분된다. 이것은 다시 섬진삼각주를 중심으로한 사질퇴적상, 만 서부의 저에너지 환경에 발달한 니질퇴적상, 이 두 환경의 접이적 환경에 분포하는 혼합질퇴적상 및 여수만쪽 입구에서 노랑해협으로 이어지는 주 수로에 발달하는 역질퇴적상 등으로 세분된다.

**Abstract:** The Gwangyang Bay, southern coast of Korea, is characterized by its semi-enclosed basin morphology and mesotidal regime. The Seomjin River, in particular, has a complex delta depositional system at its mouth, which has approximately 44km<sup>2</sup> in the total surface area.

Various sedimentary environments, such as delta, intertidal flat, subtidal zone and major tidal channels are recognized based on sediment facies and depositional regime. However, the essential intertidal flat environments are developed mainly in the western parts of the bay which is generally low in energy, i.e., tidal current and wave action.

#### I. 序 論

現世海浸에 依한 沈水海岸으로서 복잡한 海岸線을 갖는 韓半島의 西·南海岸에는 많은 灣과 河口가 分布하고 있으며, 대조차(macro-tidal) 및 증조차(meso-tidal)의 環境特性으로 인하여 海岸線을 따라서는 넓은 潮間帶 堆積層이 발달하고 있다. 한편, 韓半島를 排水하는 河川系는 대부분이 西·南海岸을 통하여 黃海와 南海로 流出되며, 그 河口에는 海岸의 地形, 河川의 堆積物 流出量, 그리고 地域의 動的 에너지 條件等에 따라 湄 하구(estuary)나 삼각주(delta)가 形成되어지고, 다양한 堆積環境과 특징적인 堆積相들이 分布한다.

비교적 많은 研究들이 이제까지 京畿灣, 牙山灣, 가로림灣, 錦江河口 및 沿岸, 가막양灣, 鎮海灣等 西·南海岸을 대상으로 하여 堆積物의

原稿接受 1984年 4月 18日

分布 및 移動, 粘土鑛物 및 重鑛物, 金屬元素, 微古生物 등을 研究하여 왔으나, 地域의 環境 要因의 차이와 研究內容의 다양함으로 해서 서로 다른 堆積環境과 堆積相을 비교하고 그 特性을 규정하는 일은 비교적 어려웠다.

本 研究에서는 비교적 限定된 環境條件 하에서 灣內의 地形과 動的 에너지 分布에 따라 다양한 堆積環境들이 존재하는 全南 光陽灣을 대상으로 하여, 그곳에 分布하는 表層堆積物 特性과 堆積環境을 구분하고, 각각의 特徵의인 堆積相을 규정하는 것을 目的으로 한다. 본 研究는 한국과학재단의 연구비 지원에 의하여 이루어졌다.

#### II. 研究地域의 地形 및 水理環境

光陽灣은 韓半島 남해안의 중앙부에 위치하고 있으며, 북쪽으로 부터는 섬진강과 수어천이 流入하고, 남쪽으로는 여수灣을 거쳐서 그리고 등

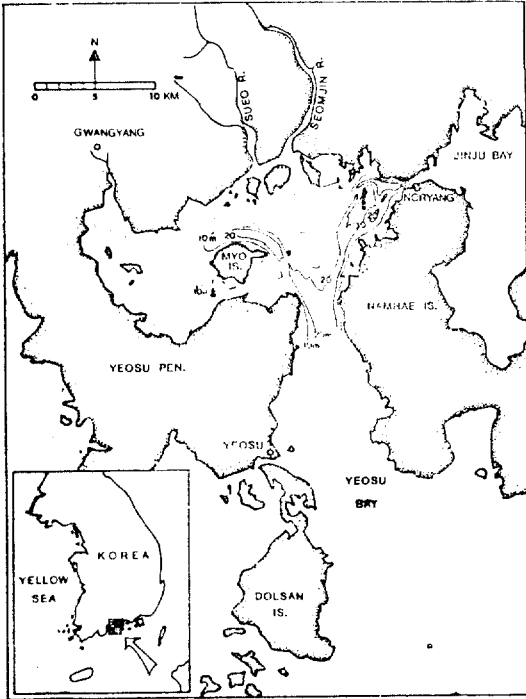


Fig. 1. Index map showing the study area.

쪽으로는 노랑해협과 晉州灣을 거쳐서 외해인 南海와 연결되어 있다(Fig. 1). 만의 남서부와 남동부에 각각 자리잡고 있는 여수반도와 南海島로 인하여 光陽灣은 반폐쇄적 地形을 가지며, 灣內에는 猫島, 金湖島, 太仁島 등을 위시한 이십여개의 크고 작은 섬들이 散在해 있다. 灣은 동서 방향으로 길쭉하며 그 面積은 약 230km<sup>2</sup>에 달한다.

水深은 灣의 서쪽과 북쪽이 얇아서 대체적으로 5m 이하이며, 동쪽의 노랑해협에서 남동쪽의 여수만쪽 입구로 이어지는 부분이 깊어 20m 이상의 水深을 갖는다. 만의 중앙부에 위치한 猫島의 북쪽과 남쪽도 10m 이상의 水深을 보여 주어 여수만을 통하여 유입된 潮流가 灣內에 進入하는 水路를 형성한다(Fig. 1).

光陽灣의 潮汐은 1일 2회潮인 半日週潮이며, 조석주기에 따라 왕복성의 潮流가 흐른다. 潮差는 중조차 범위에 속하여, 平均大潮期를 기준하여 여수만에서 290cm, 猫島 동측의 지진도에서 320cm, 그리고 灣 서측의 撞島에서 335cm로서, 灣 內部로 들어갈수록 점차 증가한다. 한편, 섬진강 河口에서의 平均大潮差는 260cm, 노랑해협

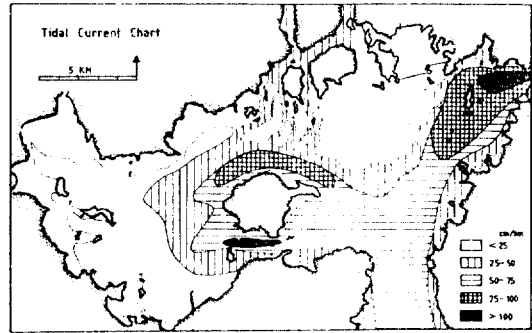


Fig. 2. Tidal current energy in the Gwangyang Bay (based on maximum velocity during mean spring tide; modified after Pohang Iron & Steel Co., Ltd., 1982)

동측에서는 300cm이다(건설부, 1973 : 포항종합제철, 1982). 灣內의 潮流에너지 分布는 地形的 要因에 크게 영향을 받으며, 전반적으로 灣의 서쪽으로 가면서 감소하는 추세를 보여준다(Fig. 2).

光陽灣으로 流入하는 河川들은 蟾津江을 비롯하여 水魚川, 東川, 西川 등이 있으나 蟾津江을 제외하고는 모두 그 길이와 流域面積이 극히 작아서 그 排水量은 무시할 수 있다. 길이 225km에 流域面積 4,896km<sup>2</sup>를 갖는 蟾津江의 排水量은 1975~1980년 사이의 관측자료에 의하면(건설부, 수문조사 연보, 1975, 1976, 1979, 1980.) 年間 約 5.8~8.7×10<sup>8</sup>톤으로서, 평균적으로 매 초 約 23톤의 河川水가 섬진강을 통하여 光陽灣으로 流入된다.

### III. 材料 및 方法

本 研究에는 1981년 11월 8~10일과 1982년 4월 4~6일의 2차에 걸친 野外調査 및 試料採取 기간중에 採取되어진 섬진삼각주의 표면을 비롯한 光陽灣內의 潮間帶 堆積物 94個와 灣底 堆積物 66個, 總 160個의 表層堆積物 試料가 使用되어졌다. 한편, 灣內의 潮流에너지 分布 및 浮遊堆積物 資料는 1981년 11월 8~10일, 1982년 3월 16~18일, 1982년 4월 24~25일의 3차에 걸친 野外관측 結果와 건설부(1973) 및 浦項綜合製鐵株式會社(1982)의 資料들을 綜合하였다.

堆積物 試料의 粒度分析은 Ingram(1971) 및 Galehouse(1971)의 方法에 따라 체질분석과 珪

것 방법으로 행하였고, 그 결과는 Folk and Ward (1957) 및 Folk(1968)의 방법에 따라 統計 처리되었다. 砂質堆積物의 鑛物成分은 細砂를 主로 主로 主로(비중 2.89)으로 처리하여 重鑛物과 輕鑛物로 구분한 후, 輕鑛物은 Bailey and Stevens (1960)의 착색법으로 그리고 重鑛物은 偏光顯微鏡으로 감정하였다. 粘土鑛物은 2 $\mu$ m 이하의 퇴적물을 피펫방법으로 분리한 후 Rigaku 2037型 X-線 회절분석기로 분석하였다.

IV. 結果 및 考察

IV-1. 光陽灣의 堆積環境 區分

光陽灣에서 區分될 수 있는 堆積環境은 크게 三角洲(delta), 潮間帶(intertidal flat), 潮下帶(subtidal zone) 및 水路(channel)의 4가지가 있다(Fig. 3). 이들의 分布는 灣內 潮流에너지의 분포양상, 河川水 및 河川 基원 퇴적물의 量 및 特性 그리고 地形的 要因사이의 相互作用에 의하여 결정되어진다.

IV-1-1. 삼각주

蟾津江과 水魚川을 통하여 주로 밀집(bed-load)으로 운반되어진 하천기원의 粗粒質 堆積物은 이들 두 하천의 河口에 바로 퇴적되어 蟾津삼각주를 형성한다. 삼각주 표면에는 복잡한 分流系(distributary system)가 발달하여 河川水 및 堆積物의 流出路가 된다.

섬진삼각주에서는 삼각주의 특징적인 上部層(topset), 前面層(foreset), 基底層(bottomset)을

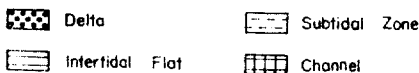
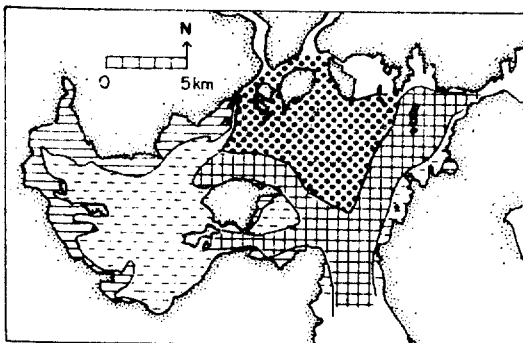


Fig. 3. Areal distribution of 4 major sedimentary environments in the Gwangyang Bay.

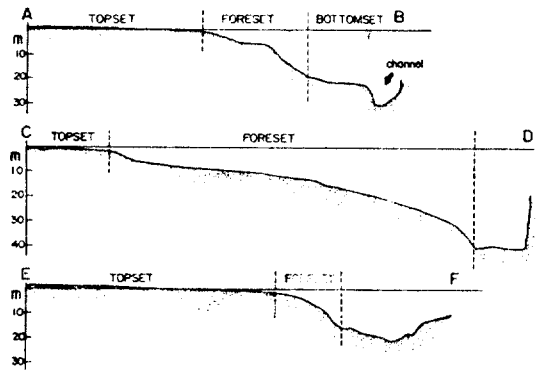
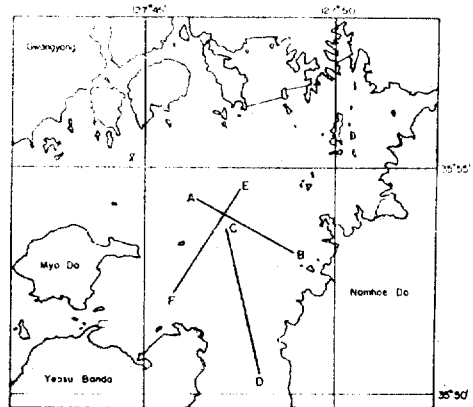


Fig. 4. Areal view and profiles of the Seomjin Delta. Vertical exagg.  $\times 30$  in profile.

볼 수 있다. 上部層은 경사도 약 0.1% 내외의 아주 평탄한 표면을 갖고 있으며 前面層은 약 0.9~1.4%의 비교적 완만한 勾配의 傾斜를 보여준다(Fig. 4). 前面層의 발달은 특히 남쪽 방향의 여수만쪽으로 현저하며, 남동 및 남서쪽의 노량水路와 묘도北水路 쪽으로는 소규모로 발달한다. 基底層은 光陽灣의 地形的 특성에 따라 극히 제한된 규모로 보여지며, 남동쪽으로는 노량水路, 그리고 남서쪽으로는 묘도北水路로 직접 이어진다.

섬진삼각주의 총 面積은 약 44km<sup>2</sup>로서 그 대부분은 上部層으로 구성되어 있고, 前面層의 면적은 약 10km<sup>2</sup>에 불과하다. 上部層의 起伏은 河口에 散在한 섬들과 分流系를 이루는 水路에 의해 나타나며 前面層에는 地域에 따라 수심 6~7m의 곳에서 평탄한 臺地(terrace)가 발달되어 있다.

IV-1-2. 조간대

光陽灣內의 潮間帶 堆積環境은 低에너지 域인 서부 및 서북부의 海안선을 따라서 주로 분포하고 있다. 平均滿潮線의 육지쪽으로는 礫質 혹은 砂質의 海積이 소규모로 발달하며 대부분 海岸浸蝕에서 기원한 퇴적물로 구성되어 있다. 平均滿潮線에서 平均干潮線에 이르는 潮間帶의 폭은 약 1km 내외이며, 쉘트 및 점토의 細粒質堆積物이 우세하다. 潮間帶 堆積物의 粒度는 海안선으로부터 바다쪽으로 가면서 대체로 점차적인 감소를 보이다가 간조선 부근에서는 다시 증가하는 경향을 보인다. 이와같은 현상은 海안침식으로 인한 조립질 퇴적물이 海안선에서 멀어질수록 점차 감소하는 반면 潮流에 의해 운반되는 부유퇴적물은 육지쪽으로 가면서 더욱 세립의 입자를 퇴적시킨다는 사실로서(Van Straaten and Kuenen, 1958) 설명되어질 수 있을 것이다. 한편, 潮間帶의 砂質堆積物의 粒度特性이 삼각주에서의 입도분석 결과와 다른 것은(Fig. 5), 이 두 환경에 分布하는 砂質堆積物의 根源과 堆積作用에 있어서의 차이를 나타냄으로서, 潮間帶 砂質堆積物에 海岸浸蝕 物質의 重要性을 間接적으로 나타낸다.

N-1-3. 조하대

平均干潮線으로부터 바다쪽으로는 海底는 항상 바닷물에 잠겨 있으며, 水路를 제외하곤起伏이 없는 평탄한 海底面을 보여준다. 海岸浸蝕기원의 粗粒質 物質의 유입과 퇴적현상은 거의

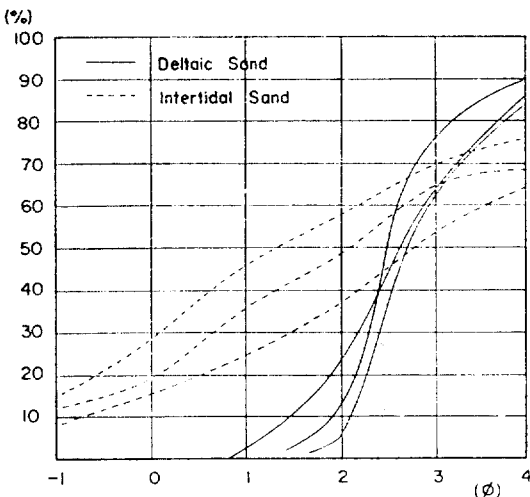


Fig. 5. Difference in cumulative curve patterns between deltaic and intertidal sands.

없으며 憩流(slack)時 海水中 浮遊物質의 침전이 이 環境에서 가장 우세한 堆積作用이다. 光陽灣 内部에서는 주로 灣의 서부에 넓게 분포한다.

潮下帶의 細粒質 堆積物과 潮間帶 細粒質堆積物의 粒度누적曲線의 양상은 서로 다르다(Fig. 6). Riviere(1952, 1960)의 分類에 따르면, 潮下帶의 세립질 퇴적물은 parabolic~logarithmic facies의 特性을 나타내며, 潮間帶의 세립질 퇴적물은 logarithmic facies에 속한다. 이러한 차이는 潮間帶에 분포하는 세립질 퇴적물이 조하대의 그것보다 粒度進化(granulometric evolution)를 더 겪은데에 기인하는 것으로 해석된다.

N-1-4. 수로

光陽灣의 主潮流路는 남동쪽의 여수만쪽 入口로부터 북동쪽의 노량해협으로 이어지는 노량水路와 묘도 북쪽으로 이어지는 묘도 北水路 및 남쪽으로 이어지는 묘도 南水路이다. 묘도 北水路는 묘도의 북서부에서부터는 수심이 약 5~6m로 급격히 감소하면서 灣을 가로질러 서쪽 방향으로 뻗어있다. 한편, 蟾津江과 水魚川을 통하여 流入되는 河水는 섬진삼각주의 表面에 발달한 여러 갈래의 分流들을 통하여 묘도 北水路로 배출되어진다. 水路底에 分布하는 堆積物은 대체로 粗粒質이며 粘土質 成分의 含量이 낮다. 노량水路와 묘도 北水路의 일부에는 地域적으로 礫質堆積物이 分布한다.

N-2. 表層堆積相의 分布 및 特性

N-2-1. 堆積物의 粒度分布

光陽灣에 分布하는 表層堆積相은 灣內 潮流에

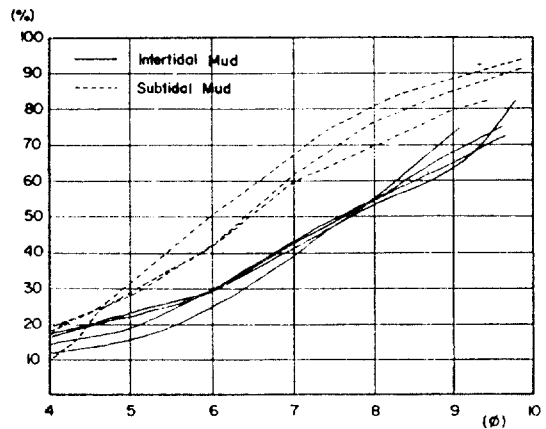


Fig. 6. Difference in cumulative curve patterns between intertidal and subtidal muds.

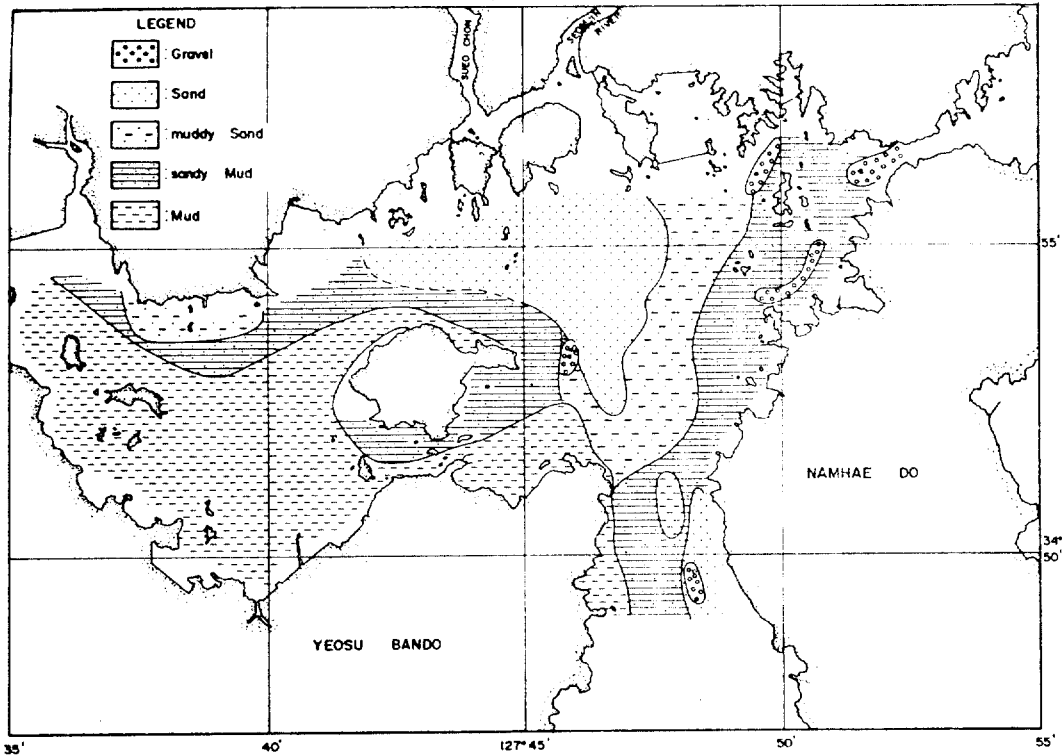


Fig. 7. Surface sedimentary facies of the Gwangyang Bay.

너지 分布(Fig. 2)와 대체로 일치하는 傾向이며 모도들을 중심으로 西部의 細粒質 堆積相과 東部の 粗粒質 堆積相으로 크게 양상을 달리하고 있다. 이것을 다시 세분해 보면, 섬진삼각주를 중심으로한 砂質堆積相(sand facies), 灣 西部의 低에너지 環境에 발달한 泥質堆積相(mud facies), 이 두 환경의 중간지역인 漸移의 環境에 분포하는 混合質堆積相(mixed facies), 그리고 여수만 쪽 入口에서 노랑海峽으로 이어지는 主水路를 따라 비연속적으로 발달한 礫質堆積相(gravel facies) 등으로 그 分布傾向은 다양하다(Fig. 7).

堆積物중의 砂質堆積物( $>62.5\mu\text{m}$ ) 함량은 섬진삼각주에서 가장 높아 평균 85%를 이루며 灣의 서쪽으로 가면서 점차로 감소한다. 主水路인 노랑水路에서는 50~70%의 비교적 높은 砂質堆積物 함량이 보인다. 粘土質堆積物( $<4\mu\text{m}$ )의 분포양상은 砂質堆積物과 정반대의 양상을 보여 주어 灣 西部에서 가장 높아 전체퇴적물의 40% 이상이 粘土質로 구성되며, 섬진삼각주쪽으로 가면서 그 함량이 감소하여 삼각주 퇴적물에서는

평균 5% 정도로 낮아진다(Fig. 8).

堆積物의 分級度는 灣 전체의 퇴적물이 대체로 不良하다. 堆積環境별로 보면 섬진삼각주의 퇴적물이 灣內에서는 가장 좋은 分級度를 보여 주어 Inclusive Graphic Standard Deviation( $\sigma_I$ ) 값이 평균 1.48 $\phi$ 이며 또한, 일부의 삼각주퇴적물에서는 0.5 $\phi$  이하의 well-sorted 범주에 속하

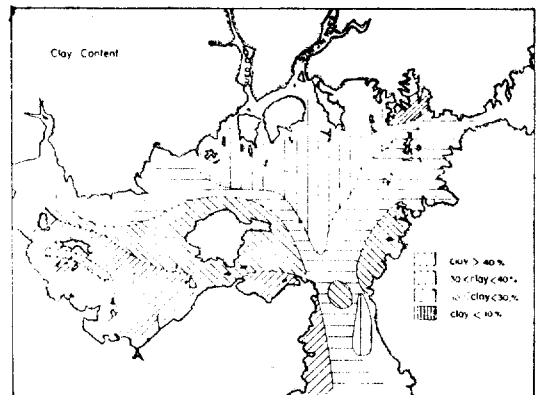


Fig. 8. Distribution of the clay content in the surface sediments of the Gwangyang Bay.

Table 1. Mean textural properties of each sedimentary environment in the Gwangyang Bay

Sedimentary environment		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Mean size $Mz (\phi)$	Sorting $\sigma_1 (\phi)$
Seomjin delta		85	10	5	2.9	1.5
Intertidal	Sand flat	70	15	15	3.3	3.2
	Mud flat	14	41	45	7.7	2.6
	Total Av.	32	33	35	6.3	2.8
Subtidal except channel		19	54	27	5.2	2.0

는 경우도 있다. 潮下帶의 堆積物은  $\sigma_1$ 값이 평균 2.0 $\phi$ , 그리고 潮間帶는 2.8 $\phi$ 로서 堆積物의 分級作用이 가장 불량하다(표 1).

한편, 潮間帶 堆積物은 地域的으로 砂質堆積物이 우세한 sand flat과 泥質堆積物이 우세한 mud flat으로 區分이 가능하며, 두 경우 共히 堆積物의 分級度는 아주 不良하나 sand flat이 mud flat보다 더욱 不良한 것은 京畿灣(KORDI, 1981), 牙山灣(정공수, 1978; KORDI, 1982) 일대에 분포한 潮間帶 環境의 경우와 대조적이다. 光陽灣의 경우 潮間帶 堆積層의 粗粒物質이 주로 海안 浸蝕으로 起源하며, 또한 堆積物의 分級作用에 가장 큰 기여를 하는 波浪의 作用이 地形的 여건 때문에 극히 제한되어져 있기 때문인 것으로 설명되어진다.

N-2-2. 堆積物의 鑛物成分

光陽灣 表層堆積物中 砂質堆積物을 구성하는 鑛物은 주로 石英, 長石, 雲母, 그리고 약간의 重鑛物들로 되어있다. 細砂(2~3 $\phi$ )에서의 平均 含量은 石英 53%, 長石 39%, 重鑛物 3%, 그리고 기타광물 5%이다. 石英의 含量은 45~59%의 범위에서 변화하나 地域的인 변화의 경향은 볼 수 없다. 長石에 있어서는 알칼리長石이 8.6~19.1%의 범위, 그리고 斜長石이 18.0~28.7%의 범위에서 변화하여 斜長石이 알칼리長石보다 平均 약 1.7배 높은 含量을 나타낸다. 알칼리長石/斜長石의 比는 地域的으로 變하며, 섬진삼각주와 灣의 南西部 潮間帶 堆積物에서 낮고 여수만쪽의 수로 부근에서 높다(Fig. 9).

斜長石 含量이 알칼리長石 보다 높은 것은 그 安定性의 立場에서 보면 特異한 것으로 보여질 수 있겠으나(Folk, 1968) 蟾津江 集水域의 비교적 심한 起伏(高度 400m 以上 23%, 200m 以上

61% : 産業基地開發公社, 1974)과 光陽灣 砂質 堆積物에 海안浸蝕의 역할, 그리고 비교적 낮은 石英의 含量 등을 고려하면 이들 堆積物의 風化·浸蝕의 역사가 짧음을 示唆해주고 있다. 한편 알칼리長石/斜長石 比의 地域的 변화는 光陽灣 砂質堆積物의 根源地가 二元的임을 보여주어, 蟾津江 및 海안浸蝕에 依한 砂粒외에 여수만 쪽 으로부터 潮流에 依해 운반되어 들어오는 砂質 堆積物의 존재를 생각해 볼 수도 있다.

重鑛物은 주로 角閃石群, 綠簾石群이 가장 많아 전체의 70% 이상을 구성하며, 輝石群과 不透明鑛物들이 각각 約 10% 内外로 존재한다. 角閃石群에서는 hornblende가 가장 풍부하여 전체 중광물의 約 40%를 구성하며, 그 외에 actinolite, tremolite가 소량 존재한다. 綠簾石群鑛物로서는 epidote가 가장 많아 전체 重鑛物의 약 25%를 구성하며, zoisite, clinozoisite 등도 소량씩 출현한다. 輝石群의 광물로서는 augite와 hypersthene이 대부분을 이룬다. 이들 이외에 극히 소

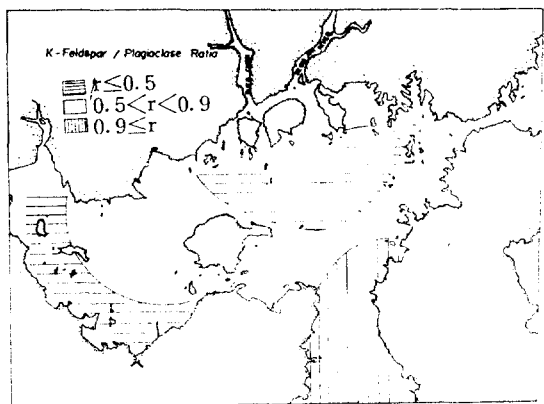


Fig. 9. Distribution of K-feldspar/plagioclase ratio in the surface sediments of the Gwangyang Bay.

량씩 출현하는 重鑛物들을 그 대체적인 함량순서로 열거하면 garnet, sillimanite, tourmaline, rutile, zircon, andalusite, kyanite 等이다. 重鑛物함량의 灣內 地域에 따른 변화양상은 발견할 수 없었으며, 전체적인 組成은 變成岩 起源을 示唆하는 것으로 보여진다.

光陽灣 堆積物에 함유된 粘土鑛物은 illite, kaolinite, chlorite 및 smectite로 구성되어져 있으며, 그중 illite가 점토광물 전체의 약 57%로서 가장 풍부하며, kaolinite와 chlorite는 각각 약 21%씩이며, smectite는 1%미만으로 극히 적다.

#### IV-3. 細粒質 堆積物의 供給

섬진강 河口에서 1981년 11월 8~10일 사이에 관측된 표층수의 부유물질 함량은 平均 약 4.65 mg/l이며, 이 관측치를 기준하여 섬진강을 통한 부유퇴적물 流出量을 계산하면 年間 約 3,000~4,000톤에 해당된다. 이 값은 灣內 1m<sup>2</sup>당 연간 약 17g의 퇴적물 공급에 해당하며, 비록 夏季 장마기 동안의 퇴적물 유입량이 관측치보다 훨씬 크리라는 점을 고려해도 灣內에 넓게 분포하는 泥質堆積物의 발달을 설명하기에는 충분치 않다.

한편, 건설부(1973) 및 포항중합제철(1982)의 시추자료에 의하면 光陽灣의 現世海浸 이후 퇴적된 estuarine 퇴적층의 두께는 섬진삼각주에서 10~30m, 모도 서부 조하대에서 약 5~20m이며, 섬진삼각주의 경우 상부의 평균 약 10m 두께를 가진 砂質堆積層 하부에는 silty clay 및 clayey silt의 堆積層이 두껍게 발달한다.

이상과 같은 資料들을 綜合해보면 光陽灣內에 發達한 泥質堆積物의 상당한 양은 外海로 부터 공급되었다고 할 수 있다.

#### V. 結 論

光陽灣의 堆積環境은 삼각주, 조간대, 조하대 및 수로의 4범주로 나눌 수 있으며, 각각의 環境은 堆積作用과 堆積物의 組織에 있어 固有한 特性을 나타낸다. 이러한 特性은 堆積物의 供給, 灣內의 動的에너지 分布 및 地形의 3要因에 依하여 결정된다.

灣內의 表層堆積物은 砂質堆積相, 泥質堆積相, 混合質堆積相 및 礫質堆積相의 4 堆積相으로 區分된다. 이들 堆積相의 分布는 灣內의 堆

積環境과 밀접히 연관되어 있다.

表層堆積物의 粒度와 鑛物成分의 分布樣相은 光陽灣에 供給되는 堆積物의 根源이 河川, 外海 및 海안浸蝕입을 示唆한다.

#### 參 考 文 獻

- 건설부, 1973, 여수·광양지역 수심측량 및 지층탐사 보고서
- 건설부, 1975, 1976, 1979, 1980, 수문조사연보.
- 산업기지개발공사, 1974, 한국 하천 조사서.
- 정공수, 1978, 남양만 남부조간대 퇴적환경의 퇴적학적 특성에 관하여, 서울대학교 이학석사 학위논문.
- 포항 중합제철주식회사, 1982, 광양만 수리모형 실험 및 해양조사 보고서.
- 한국과학기술원 해양연구소(KORDI), 1981, 연안환경도 작성연구(경기만: 해양지질분야).
- 한국과학기술원 해양연구소(KORDI), 1982, 연안환경도 작성연구(아산만: 해양지질분야).
- Bailey, E.H. and R.E. Stevens, 1960, Selective staining of K-feldspar and plagioclase on rock slabs and thin sections. *Am. Mineralogists*, 45: 1020-1026.
- Folk, R.L., 1968, Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's, Austin, Texas.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957, Brazos river; a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Petrology*, 27:3-27.
- Galehouse, J.S., 1971, Sedimentation analysis. In: Carver, R.E.ed., *Procedures in sedimentary petrology*, Wiley-Interscience.
- Ingram, R.L., 1971, Sieve analysis. In: Carver, R. E., ed., *Procedures in sedimentary petrology*, Wiley-Interscience.
- Van Straaten, L.M.J.U. and Ph. H. Kuenen, 1958, Tidal action as a cause of clay accumulation. *J. Sed. Petrology*, 28:406-413.
- Rivière, A., 1952, Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles (Indices caractéristiques et interprétation géologique. Notion de faciès granulométriques). *Bull. Soc. géol. France*, Paris, Série 6, t. II, 155-167.
- Rivière, A., 1960, Généralisation de la méthode des "faciès granulométrique". Par extension de la notion d'indice d'évolution. Détermination de celui-ci. *C. r. Acad. Sci.*, Paris, t. 250: 2917-2919.