

# 釜山一圓 沿岸海濱砂의 堆積學의 研究

李 裕 大\* 崔 光 善\*

## Sedimentological Study of Littoral Beach Sand in Busan Area, South Korea

You Dae Lee · Kwang Sun Choi

**Abstract:** This report deals with the sedimentological study of the littoral sand of beaches in the Busan area. The purpose of this report is to know the grain size, mineralogical composition, heavy mineral and clay mineral of the beach sands, and gravity measurements of the Nagdong River Deltas.

- 1) As a whole, the littoral sand of the beaches are composed of uniformly medium grained, moderately sorted and nearly symmetrical. The barrier sand of the Nagdong Estuary is composed of fine grained, well sorted and nearly symmetrical.
- 2) The littoral sand of the beaches is transported by saltation and rolling. The barrier sand of the Nagdong Estuary is transported by suspension and saltation.
- 3) In the littoral sand of the beaches, the ratio of feldspar to quartz is 1:2.31 and in the barrier sand of the Nagdong Estuary 1:1.40.
- 4) The content of heavy mineral of samples ranges from 0.54 to 3.87%. The principal heavy minerals are hornblende, pyroxene, epidote, garnet, leucosene, zircon, apatite, magnetite, hematite and ilmenite with minor accessories of rutile and olivine.
- 5) The x-ray diffraction analysis of the clay mineral informs the existence of quartz, feldspar, kaolinite and montmorillonite. The montmorillonite is considered to have been derived from the alteration of acidic volcanic rocks.
- 6) To determine the depositional structure of the Nagdong Estuary, Gravity measurements were made. Free air anomaly ranges from 14.5 mgal to 33.5 mgal and Bouguer anomaly ranges from 14.3 to 23.5 mgal and both are closely related to the topography. According to the interpreted layer structure, the upper layer composing sand, silt and clay, the intermediate layer composing sand with gravel, the lower layer composing weathered and soft rock, and bed rock composing hornfels or andesite.
- 7) The depositional environments of the study, the littoral area is dominated by the marine environment and the Nagdong Estuary by the mixed environment.

### 1. 序 論

本 研究는 釜山市 송정에서 洛東江 河口에 까지 이르는 沿岸地域에 分布한 海濱砂의 堆積學의 研究로서 調査 地域에서 採取한 127개 試料를 粒度分析, 鑛物分析, X-線 回折分析을 實施하여 本域의 海洋 및 河口의 地質環境을 糾明하였다. .

그중 洛東江 河口는 韓半島에서 有一하게 三角洲와 砂洲의 發達이 良好한 곳으로 이들은 上流 全域에서 流入되는 土砂가 堆積되어 形成되었고 同時에 波浪과

潮流에 因하여 侵蝕되어 끊임없이 그 形態가 變하고 있다. 이와 같은 砂洲를 中心으로 堆積物의 粒度分布와 鑛物을 分析하여 이의 堆積作用과 堆積環境을 檢討 하였고 崔光善은 三角洲의 層厚를 測定코저 流速도와 礫지도를 가로 질러 重力測定을 實施하였다.

近來 洛東江河口의 開發을 爲하여 海洋開發研究所 研究陣에 依하여 洛東江 河口의 現生 堆積學의 調查 研究<sup>1)</sup>와 産業基地開發公社에서 洛東江河口堰基礎地質 調査<sup>2)</sup>가 遂行된 바 있다.

本 研究의 結果는 釜山 一圓 沿岸의 海洋地質學의 基礎研究로서 沿岸 및 洛東江 河口 開發에 必要한 資料가 될 것이다.

\*釜山大學校 地球科學教育科

## 2. 概 要

### 2-1 地形 및 地質

本域은 韓半島의 南海岸과 東海岸이 交叉되는 곳에 位置하며 座標상으로는 東經 128°50'~129°15', 北緯 35°02'~35°12'에 該當된다.

山系는 韓半島의 碇山맥의 南端部가 對해협에 接하면서 陵線의 一部가 本域의 北東部에서 長山(634 m)과 積기반도를 형성하고 南部에서는 영도, 安南半島 및 두송半島가 海蝕崖를 이루면서 바다와 面해있다.

水系는 本域의 中央部를 흐르는 수영강이 南流하고 金海平野에는 洛東江이 南海로 흐르면서 廣大한 三角洲를 形成하므로 本域은 山系와 平野가 서로 합친 復合地形을 이루고 있다.

本域에 分布한 地質은 慶尙上 部 新羅統의 堆積岩類와 이를 貫入한 白堊紀의 半深成岩類, 花崗岩類 및 火山噴出岩과 第四紀層으로 構成된다.

堆積岩類는 火成岩類에 比하여 이의 分布가 弱勢이며 하단, 두송半島, 송도 및 영도 等地에 소규모로 散在한다. 構成岩石은 綠, 赤色세일과 砂岩, 호른펠스(Hornfels), 礫岩, 角礫岩 및 凝灰岩等이다.

火成岩類는 安山岩質岩과 火山岩類가 本域에 넓게 分布하고 있으며 白堊紀末의 火成 活動에 수반하여 貫入한 深成岩類가 곳곳에 分布한다. 深成岩類는 주로 黑雲母花崗岩 및 角閃石花崗岩과 같은 酸成岩類와 소규모의 斑禰岩이 發達하고 있다.

本域의 地質構造는 NNE-SSW 方向의 垂直斷層들이 平行配列하고 있다. 本域의 地質은 Fig.1 과 같다.

### 2-2 沿岸地域

本域은 東便의 송정에서 광안리를 거쳐 西便의 다대포까지에 이르는 海岸으로 波浪과 潮汐의 影響을 받는 海洋地質環境이 支配하는 곳이다.

송정은 對해협에 接해 있어서 항상 강한 沿岸流가 흘러 漂砂가 海岸에 퇴적되어 平均幅 30 m 延長 1 km의 海濱砂를 形成하고 있다.

광안리는 海濱砂의 幅이 40~50 m, 延長 2 km, 海底傾斜 1/40 정도인 비교적 平坦한 海岸으로 地形上으로는 동백半島와 기장半島에 둘러싸여 있다. 波浪은 SW, S, SE 방향이 優勢하며 波高는 大部分 0.1~0.5 m 이나 強風일때는 그 이상의 것도 觀測되었다. 潮流는 外海에서 NE 방향으로 흐르다가 동백半島 南端의 近海에서 ESE 方向으로 轉換하여 約 0.20~0.35 m/sec의 流速으로 흐른다<sup>3)</sup>.

本域 海濱砂의 起源은 수영만으로 流入하는 수영강과 춘천강이 運搬하는 土砂로서 潮干帶에 分布된 모래의 平均粒度는 1φ 定度이며 海底에는 1.5φ 內外이다.

海濱砂의 鑛物組成은 平均 石英 64%, 長石 26%, 重鑛物 및 貝殼 8%을 차지한다.

다대포 海岸은 洛東江의 影響을 直接 強하게 받는 混成堆積環境으로 넓은 海濱이 발달하는데 平均幅 200 m, 延長 2 km, 海岸傾斜는 거의 평탄하게 바다로 뻗어 있다<sup>4)</sup>.

沿岸地域은 여름철 태풍으로 인하여 海濱砂가 大量 消失되는 경우가 있는데 예를 들면, 송도지역은 대부분의 모래가 사라지고 자갈만 남아있는 상태이다.

해운대 역시 潮流 및 其他 外力에 依하여 東便에서 西便으로 漂砂가 移動하면서, 海濱의 面積이 감소되는

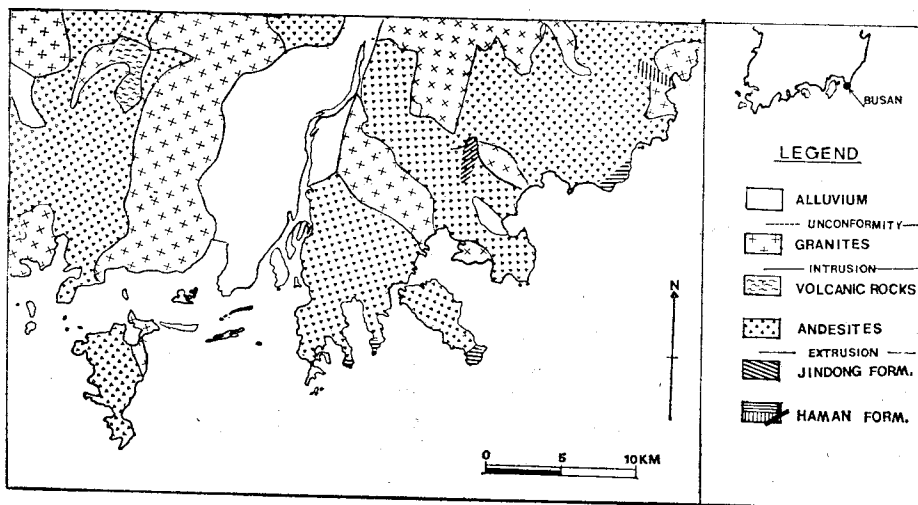


Fig. 1 Geological map of Busan area (1 : 25,000)

추세이며, 해마다 다른 곳에서 모래를 運搬해 와서 砂場을 덮고 있는 실정이므로 本研究에서는 嵩도와 海운대 地域은 除外하였다.

2-3 洛東江 河口

洛東江은 南韓 第一의 長江으로 總流路 延長 約 500 km, 流域面積 23,650 km<sup>2</sup> 로 下流에는 穀倉地帶인 金海 平野를 이룬다. 水系는 樹枝狀으로 分布하며 大部分의 支流는 東西方向으로 흘러와서 南流하는 本流에 流入된다. 이와 같은 水系는 本域의 岩石 分布와 地質構造에 密接한 관련이 있다.

洛東江의 年間 運搬土砂量은 約 400 噸/km<sup>2</sup> 이고 全流域에서 河口로 운반되는 量은 每年 1000만 噸 以上으로 推定된다. 이러한 莫大한 土砂量은 波浪과 潮汐의 영향으로 擴散되면서 典型的인 三角洲와 새로운 砂洲를 계속 形成한다.

一般的으로 큰 江 河口의 堆積環境은 大端히 復雜한 여러가지 要因들이 複合되어 있어서 이들의 綜合的인 研究 檢討가 필요하다. 重要한 要因으로서는 운반된 土砂의 起源岩, 浸蝕과 運搬作用, 氣候와 降雨量, 流速과 堆積, 波浪과 潮流이다.

洛東江 流域의 地質은 主로 中生代 白堊紀에 堆積된 堆積岩類, 이를 貫入 또는 噴出한 火成岩類와 第四紀 層으로 構成되었다.

1981年 流速도에서 試錐한 結果 海水準 -48~-60 m地點에서 岩石破碎帶가 確認되었고, 그 上部에 砂質層, 砂質粘土層, 細粒砂質層의 順으로 堆積된 것이 알려졌다<sup>5)</sup>.

本域 一圓의 氣候는 內陸地方에서는 低溫乾燥한 大陸性氣候의 支配를 받고 河口는 海洋性氣候의 영향으로 온난습윤하여 6月에는 900 mm 以上の 降雨量을 볼수 있다.

潮流는 半日週潮型이며 大潮時 셜물때의 流速은 1~104 cm/sec 로 變하고 밀물때는 大略 20cm/sec 以上이다. 小潮時 셜물때의 流速은 1~504 cm/sec 로 變化幅이 크며 밀물때의 流速은 70~90 cm/sec 이다<sup>6)</sup>.

河口의 地質環境은 上流에서는 河成堆積環境이 支配하다가 漸次 下流로 내려오면서 河口에서는 海水와 淡水가 서로 合流되는 浸水地域으로 混成堆積環境을 이룬다.

퇴적물은 長거리를 運搬되는 途中 磨耗되면서 좋은 圓磨度를 가지며 跳躍 및 浮遊狀態로 운반되다가 流速이 현저히 감소되는 河口에 퇴적되면서 새로운 砂洲를 形成한다.

3. 內容 및 方法

3-1 地質調查

1981年 9月부터 1982年 10月까지 5차례에 걸쳐 釜山一圓의 海岸地域과 洛東江河口 流域의 地表 調査를 實施하였다. 海濱砂 試料採取는 小型 선박을 使用하여 干潮時에 各 潮干帶의 海濱과 砂洲를 가로질러 採取하였으며 아울러 堆積樣相을 관찰하였다. 試料 採取地點은 Fig.2와 같다.

3-2 粒度分析

各 試料中 100~150 g을 澤하여 증류수로서 鹽分을 除去하고 乾燥器에 넣어 約 40°C에서 24時間 말린 후 4φ 以上の 모래를 0.5φ 간격의 체로서 체진동기를 使用하여 粒度 分析하고 4φ 이하의 細粒質物은 X-線 回折 分析을 하였다.

粗度分析 結果는 數量的으로 統計處理하였고 다음과 같은 Folk와 Ward(1964)의 計算公式을 使用하였다<sup>7)</sup>.

Median (中央直)  $Md = \phi 50$

Graphic Mean (平均值) :  $M_2 = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$

Inclusive Graphic Standard Deviation (分級度) :

$$\sigma_1 = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$$

Inclusive Graphic Skewness (對稱度) :

$$SK_1 = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

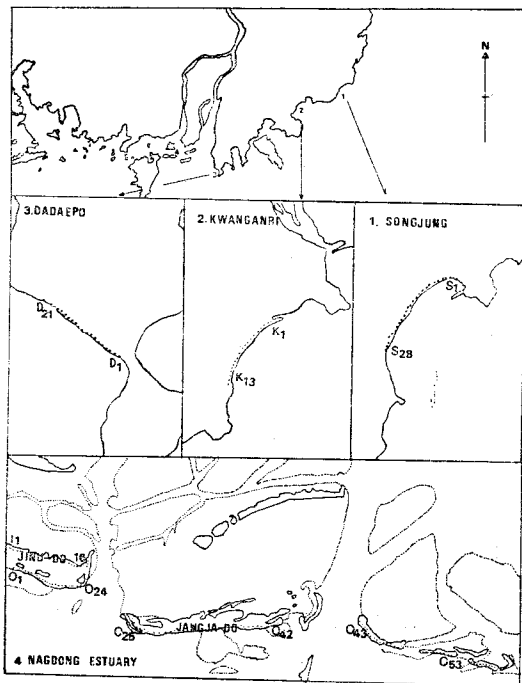


Fig. 2 Study area and sampling sites (1 : 50,000)

Graphic Kuntosis (尖度) :

$$KG = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

### 3-3 鑛物分析

各試料中 2~3 $\phi$ 의 砂質 堆積物 3g을 택하여 Bromoform 重液(S.G.=2.82)으로 輕鑛物과 重鑛物을 分離한 後 Accton으로 씻은 다음 약 40°C에서 乾燥시켰다.

이들의 광물組成比를 求하기 爲하여 約 1,000個의 粒子를 Slide glass 위에 놓고 이 試料의 薄片을 현미경하에서 700~800個의 鑛物粒子를 鑑別하여 百分率을 求하고 重鑛物은 편광현미경하에서 관찰하여 各 鑛物含量 比率에 比重을 곱하여 무게 百分率을 計算하였다.

### 3-4 X-線 回折分析

粘土鑛物 試料는 송정과 다대포의 沿岸地域에서 2個, 洛東江 河口에서 1個를 택하여 自然狀態下에서 乾燥시킨 후 X-線 回折分析의 粉末法을 利用하였다. X-線 回折分析器機는 phillipse 제를 使用하였다. 實驗條件은 40 kv, 2 mA 에서 divergence slit 와 Scatter slit 는 1°, receiving slit 는 0.1 mm로 하였으며 Scanning speed 는 2°/min, Chart speed 는 20 mm/min 로 했고  $Cu\alpha$ 의 特性波長 1.5418 Å, Ni-filter 를 使用하였다. 2 $\theta$  는 5°-60°, Rate Metter Setting(RMS)은 4(400CPS), time constant 는 4 초로 하였다.

### 3-5 重力測定

1982年 2月 24~25日 兩日間에 洛東江 河口 堆積層의 層厚를 求하고자 北緯 35° 05' 30"~35° 07' 30", 經緯 128° 53' 30"~128° 58' 30" 地域인 부산시 하단동에서 을숙도와 명지도를 거쳐서 경남 김해군 녹산면까지의 地域을 重力 測定하였다.

重力測定에 使用된 重力計는 Scintrix CG-2G 이며 重力基準點은 1981年 國立地理院에서 부산대학교내에 設置한 基準點을 利用하였다.

## 4. 結果 및 考察

### 4-1 沿岸地域

本域은 부산시의 東便과 中央에 位置하며 대한해협과 接하는 곳으로 彎曲된 海岸線을 보여준다. 海岸傾斜는 송정이 가장 急하고 광안리, 다대포의 順으로 완만하다. 海濱砂의 試料는 最低 干潮時 潮干帶를 가로 질러 100 m 간격으로 송정 26개, 광안리 13개, 다대포 19개, 總計 58個를 採取하였다.

#### 4-1-1 粒度分析

粒度分析을 한 結果 各 地域의 分析值는 다음과 같다.

#### 4-1-1-1 平均值

粒度의 代表值中 粒度를 가장 잘 표현할 수 있는 것 은 平均值이다. 송정은 1.29~2.23 $\phi$ (평균 1.72 $\phi$ ), 광안리는 0.63~1.63 $\phi$ (평균 1.36 $\phi$ )로 中粒砂이다. 洛東江의 영향을 받는 다대포는 1.98~2.52 $\phi$ (평균 2.3 $\phi$ )로 細粒砂이다.

#### 4-1-1-2 分級度

本域 海濱砂의 分級度는 Folk 와 Ward의 區分에 依하면 송정 0.64~1.04 $\phi$ (평균 0.84 $\phi$ ), 광안리 0.60~1.03 $\phi$ (평균 0.83 $\phi$ )로 moderately sorted 이고 다대포는 0.43~0.66 $\phi$ (평균 0.54 $\phi$ )로 moderately well sorted 하다. 다대포에서 볼 수 있는 良好한 分級度는 波浪과 潮流의 영향과 堆積物이 浮遊狀態로 運搬된 것으로 생각된다. 分級度와 平均值와의 關係는 Fig.3에 나타나 있는데 分級度가 良好할수록 粒度의 크기가 減少하는 傾向을 보인다.

#### 4-1-1-3 對稱度

粒度頻度曲線이 나타나는 對稱度는 堆積環境을 區分하는 重要한 尺度로서 認定되고 있다. 對稱的인 曲線은  $Sk_1=0$ , 細粒質物이 優勢한 更線은  $Sk_1>0$ , 粗粒質物이 優勢한 曲線은  $Sk_1<0$ 이다. 따라서 對稱度の 값이 0으로 부터 멀어질수록 漸漸 非對稱的인 曲線으로

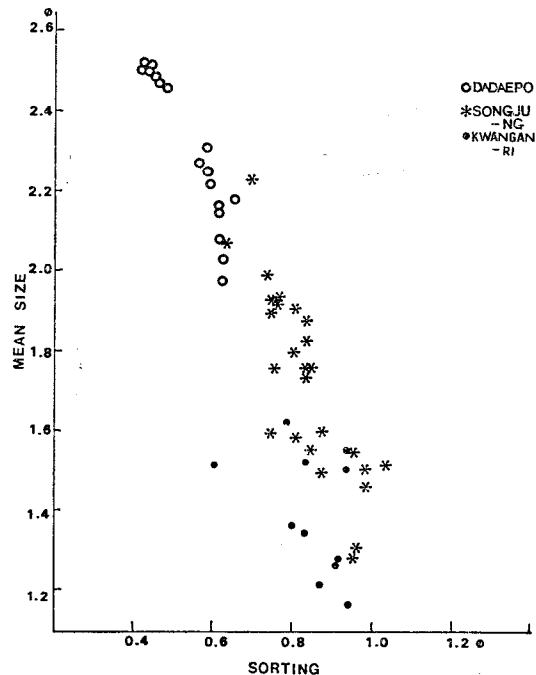


Fig. 3 Relationship between sorting and mean size of the littoral sand of beaches.

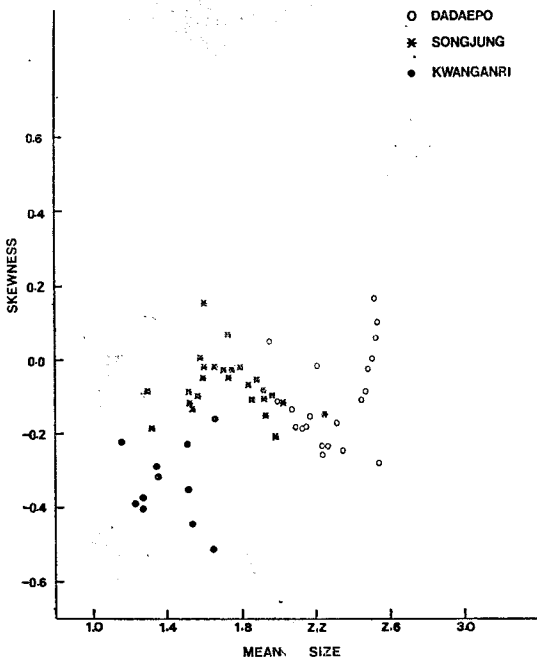


Fig. 4 Relationship between skewness and mean size of littoral sand of beaches

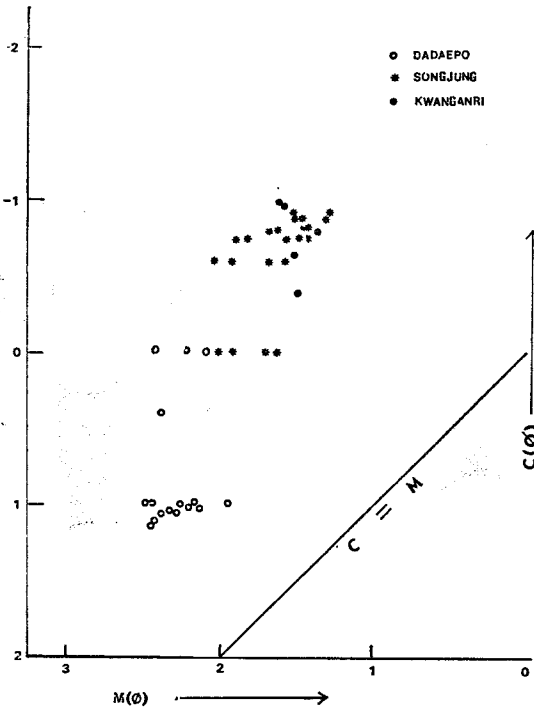


Fig. 5 CM plot of samples of the littoral sand of beaches (After Passega 1964).

나타난다.

本域 海濱砂의 對稱度는 송정  $-0.21 \sim 0.15$ (평균  $-0.07$ ), 광안리  $0.16 \sim -0.04$ (평균  $-0.31$ ), 다대포  $-0.28 \sim 0.07$ (평균  $-0.11$ )로 모두 negative skewed 이다.

對稱度와 粒度의 平均値와의 關係는 Fig.4 에 표시하였다.

4-1-1-4 尖度

Folk(1966)와 Friedman(1967)<sup>9)</sup>에 의한 堆積環境의 解析은 堆積物의 粒度分布와 密接한 關係가 있다.

本域 海○砂의 尖度는 송정  $0.65 \sim 1.20$ (평균  $0.97$ ), 광안리  $0.55 \sim 1.54$ (평균  $1.00$ ), 다대포  $0.74 \sim 1.26$ (평균  $1.00$ )로 모두 mesokurtic 이다.

4-1-2 堆積物의 運搬

Passega(1964)<sup>9)</sup>는 CM diagram 을 만들어 堆積物의 運搬過程과 堆積環境을 解析하였다. 송정과 광안리의 海濱砂는 CM diagram 에 依하면 跳躍(saltation)과 구르기(rolling)로 運搬되었고 다대포의 것은 浮遊(suspension) 및 跳躍狀態로 運搬되었다(Fig.5).

Visher(1969)<sup>10)</sup>는 堆積物 運搬의 形態를 粒度 累積分布 曲線으로 나타내었는데 송정과 광안리는 主로 跳躍狀態이고 약간의 구르기다. 다대포는 主로 浮遊狀態이고, 그 다음으로 跳躍狀態로 運搬되었는데, 이는 CM pattern 과 一致한다(Fig.6).

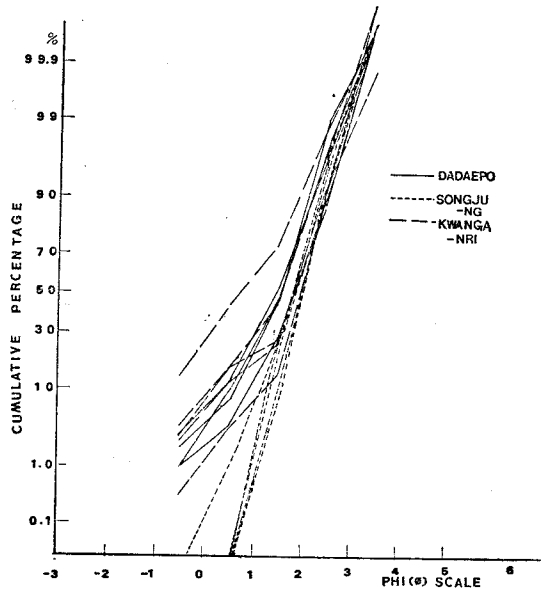


Fig. 6 Cumulative curves showing size distribution of the littoral sand of beaches.

4-1-3 鑛物分析

本域 海濱에서 55個의 試料를 選擇하여 2.0~3.0φ의 海濱砂를 현미경하에서 粒子를 세어서 各 構成鑛物의 百分率을 求하였다. 長石類는 K-長石과 Na-Ca 長石을 識別하고 試料를 불화수소로 處理한 후 Sodium cobaltinitride(Hutchison, 1974)<sup>12)</sup>로서 着色하여 鑑別하였다.

本域의 海濱砂는 主로 石英과 長石으로 構成되어 있는데 各 海濱砂의 鑛物成分은 다음과 같다.

4-1-3-1 石英

가장 많은 比率을 차지한 石英은 송정 67~72%(평균 69%), 광안리 52~69%(평균 64%), 다대포 56~65%(평균 61%)이다. 송정이 石英의 比率이 가장 높으며 長石과 石英의 比率은 송정(1:2.45), 광안리(1:2.44), 다대포(1:1.64)이다.

Fig.7에서 表示한 바와 같이 石英과 粒度의 平均値와의 關係는 石英量이 增加하면 平均値는 커지는 경향을 보인다.

4-1-3-2 長石

長石은 K-長石과 Na-Ca 長石으로 區分하였다. K長石은 송정 17~23%(평균 20%), 광안리 10~19%(평균 16%), 다대포 20~29%(평균 25%)이고, Na-Ca 長石

은 송정 4~12%(평균 8%), 광안리 6~15%(평균 10%) 다대포 8~17%(평균 12%)이다.

이중 다대포가 長石의 含有比率이 가장 높다. Fig.8에서 보는 바와 같이 長石과 粒度의 平均値와의 關係는 長石量이 增加하면 粒度의 平均値는 작아진다.

4-1-3-3 重鑛物과 貝殼片

重鑛物 分析은 다음에 詳細히 記述하기로 하고 여기서는 各地域의 含量 比率만을 記載한다. 송정 0.54~1.96%(평균 1.31%), 광안리(평균 1.5%), 다대포 0.68%~3.87%(평균 2%)로 다대포가 重鑛物의 比率이 가장 높다.

貝殼片은 地域에 따라 그 含量이 다른데 特히 廣安里의 海濱砂에 많다. 그 밖에 粘土鑛物은 다대포에 많다.

4-2 洛東江 河口

本域에서는 上流로 부터 運搬된 土砂가 波浪과 沿岸 潮流 等の 相互作用에 依하여 堆積되고 한편으로는 浸蝕도 일어난다. 이와 같은 河口의 堆積環境을 淸明하기 爲하여 오랜 期間 계속적인 研究가 必要하다. 本 研究에서는 主로 砂洲를 中心으로 堆積作用을 調査하였으므로 堆積物의 粒度와 鑛物分析, 粘土鑛物과 重鑛

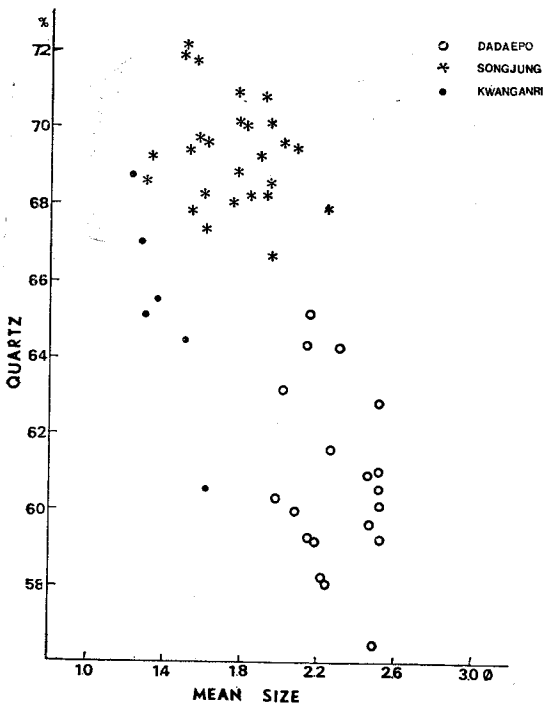


Fig. 7 Relationship between mean size and amount of quartz in the littoral sand of beaches.

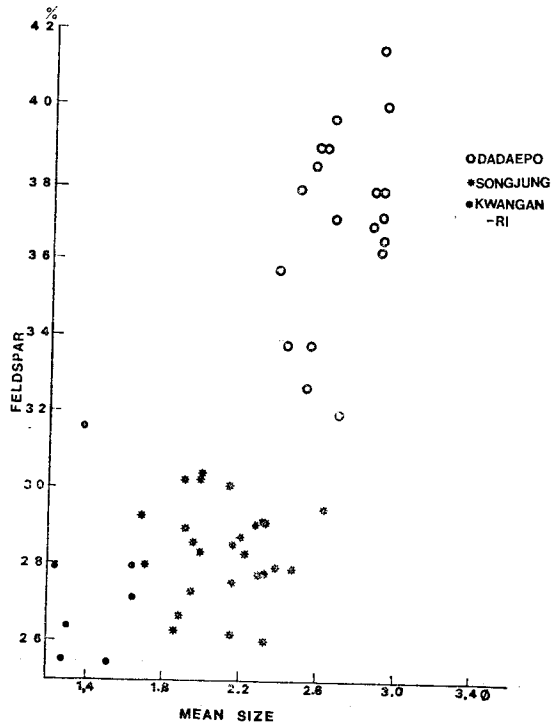


Fig. 8 Relationship between the mean size of the sand and the amount of feldspar in the littoral sand of beaches.

物 研究를 통하여 堆積作用의 諸要因을 糾明하였다.  
 本 研究를 爲한 試料는 장자도에서 29個, 진우도에서 40個를 採取하였다.

4-2-1 粒度分析

本域의 砂洲 堆積物을 粒度分析한 結果는 다음과 같다.

4-2-1-1 平均值

洛東江 河口에 堆積되는 砂洲 堆積物의 粒度 平均值는 장자도 1.81~2.03  $\phi$ (평균 1.89  $\phi$ ), 진우도 外海濱 1.01~2.13  $\phi$ (평균 1.96  $\phi$ ), 진우도 內海濱 1.90~2.37  $\phi$ (평균 2.21  $\phi$ )로 細粒砂이다. 장자도와 진우도 外海濱의 粒度는 內海濱의 粒度보다는 粗粒質이다.

4-2-1-2 分級度

分級度는 장자도 0.33~0.62  $\phi$ (평균 0.48  $\phi$ ) 진우도 外海濱 0.25~0.66  $\phi$  평균(0.37  $\phi$ ) 진우도 內海濱 0.31~0.57  $\phi$ (평균 0.47  $\phi$ )로 分級度가 좋다. 대체로 진우도 外海濱은 波浪과 潮流의 影響으로 內海濱보다는 分級度가 더 良好하다.

分級度와 粒度의 平均值와의 關係는 Fig.9에 나타내었는데 變化幅이 좁은 것을 볼 수 있다.

4-2-1-3 對稱度

對稱度는 장자도 -0.10~0.24(평균 -0.02) 진우도 外海濱 -0.09~0.44(평균 0.02) 진우도 內海濱 -0.32~0.20(평균 0.09)로 nearly symmetrical하다. 對稱度

와 粒度의 平均值와의 關係는 Fig.10에 表示한 바와 같다.

4-2-1-4 尖度

尖度는 장자도 1.00~1.37(평균 1.11) 진우도 外海濱 0.62~1.37(평균 1.07), 진우도 內海濱 1.04~1.47(평균 1.23)로 Mcsokurtic~Loptokurtic이다.

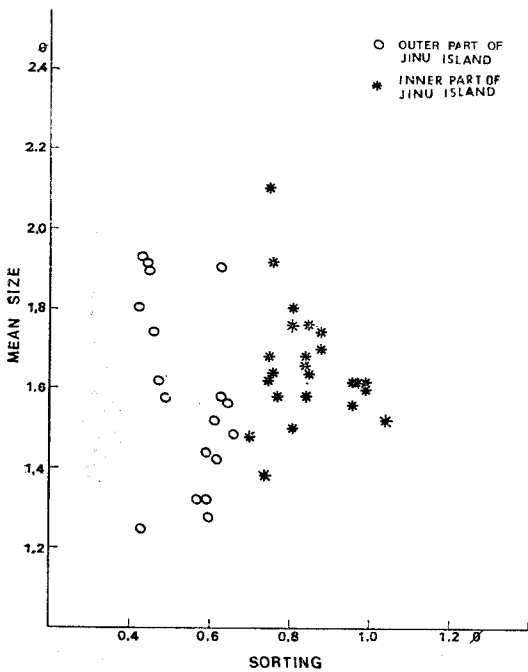


Fig. 9 Relationship between sorting and mean size of sand barrier in Nagdong River Estuary.

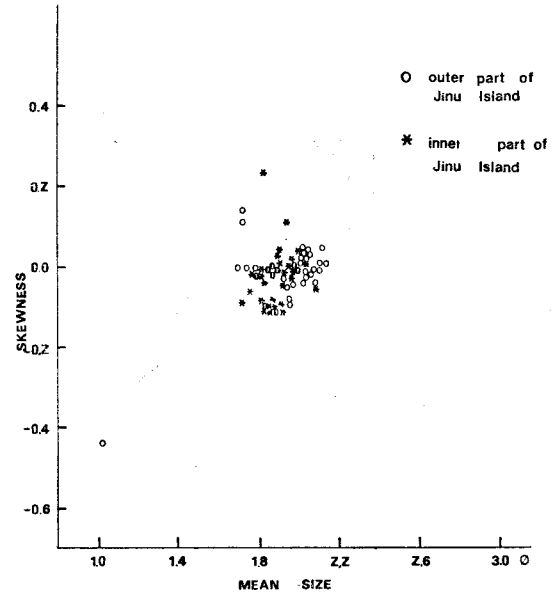


Fig. 10 Relationship between skewness and mean size of the sand barrier in the Nagdong River Estuary

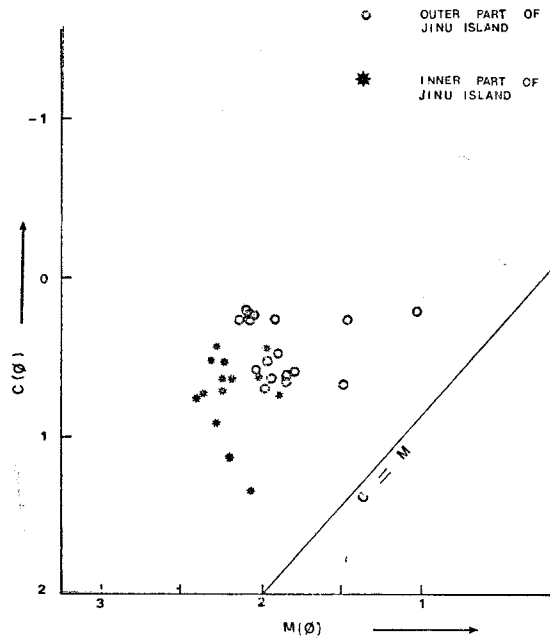


Fig. 11 CM plot samples of the sand barrier in the Nagdong River Estuary.

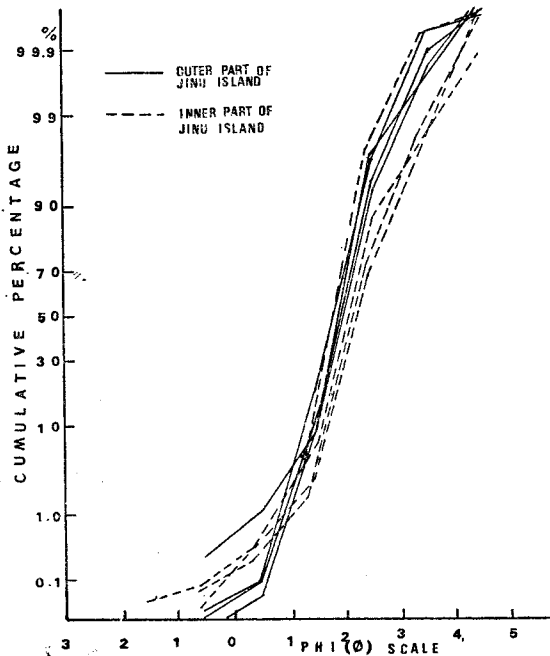


Fig. 12 Cumulative curves showing size distribution of the barrier sand in the Nagdong River Estuary.

4-2-2 堆積物の 운반

河成과 海成環境이 交叉하는 洛東江 河口的 砂洲 堆積物은 CM diagram 에 依하면 주로 浮遊 및 跳躍狀態로 運搬된 것으로 나타난다 (Fig.11), Visher의 堆積物 運搬 實驗에 依하면 堆積物은 거의 浮遊狀態로 運搬되었으므로 上記한 CM diagram 과 一致한다. (Fig.12)

4-2-3 鑛物分析

各 砂洲의 堆積物中 代表되는 시료 10個를 選定하여 各 構成鑛物의 組成比를 다음과 같이 求하였다.

4-2-3-1 石英

海成環境의 影響을 받는 砂洲의 外海와 混成環境의 影響하에 있는 砂洲의 內灣은 모두 비슷한 石英의 比率을 보이는데 그 값은 50~57% (평균 54%)이다. Fig. 13에 표시한 바와 같이 石英과 粒度의 平均値와의 關係를 보면 石英量의 增減에 關係없이 平均値는 거의 一定하다.

4-2-3-2 長石

長石은 K-長石과 Na-Ca 長石으로 區分하였고 K-長石의 比率은 23~25% (평균 24%)이고 Na-Ca 長石은 11~16% (평균 14%)로 沿岸地域보다 長石의 含有比率이 높다. 이와 같은 理由는 運搬過程과 關係가 있는데 즉 많은 量의 細粒堆積物이 浮遊狀態로 運搬되게 때문이다. Fig.14에서 보는 바와 같이 長石과 粒度의

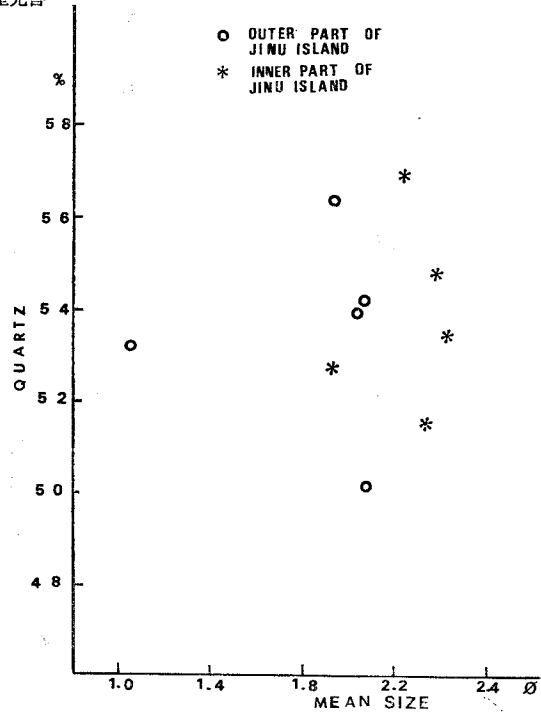


Fig. 13 Relationship between the mean size of the sand and the amount of quartz of the sand barrier in the Nagdong River Estuary.

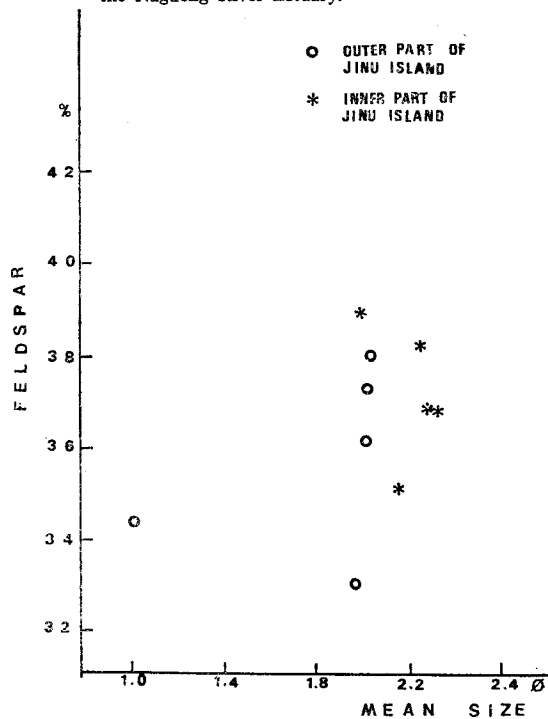


Fig. 14 Relationship between the mean size of the sand and the amount of feldspar of the sand barrier in the Nagdong River Estuary.



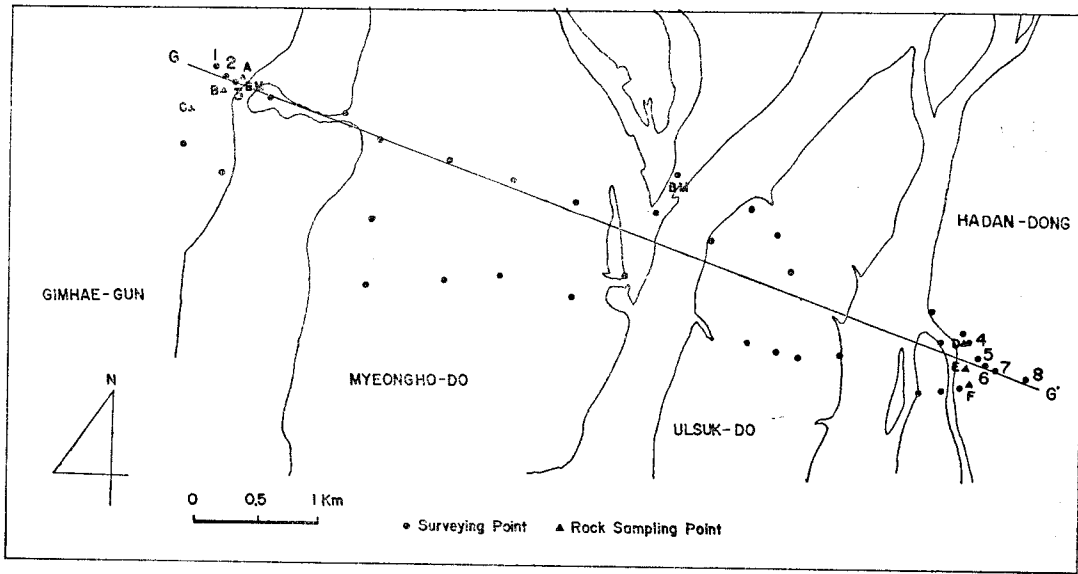


Fig. 15 Gravity surveying area

平均值와의 關係는 長石量의 增減에 關係없이 平均值는 一定하다.

4-2-3-3 重鑛物과 粘土鑛物

重鑛物의 分布는 砂洲와 海濱에서 0.68~3.87% (평균 2%)로 연안지역보다 비교적 높은 比率이다. 그 理由는 砂洲附近에서는 海水와 강물이 만나 混濁流가 形成하여 一次의로 比重이 큰 重鑛物이 퇴적되어 濃集되기 때문이다.

東洛江 上流로부터 河口로 運搬되어 오는 粘土鑛物은 거의 浮遊狀態로 運搬되므로 砂洲의 堆積物中에는 많은 量의 粘土鑛物이 包含되어 있다. 이의 研究는 X-線 回折分析에서 다루기로 한다.

4-2-4 重力測定 및 解析

洛東江 河口의 堆積層의 層厚를 알아보기 위하여 1982年 2月 24~15日 兩日間 釜山市 西區 下端洞에서 乙淑島와 鳴旨島를 가로질러 慶南 金海郡 菘山面까지 38個 地點의 重力을 測定, 解析하였다 (Fig. 15).

重力基準點은 1981年 國立地理院에서 設置한 釜山大學校基準點을 利用하였으며 重力測定地點의 標高는 本地域內에 設置되어 있는 2個의 2等水準點을 基準으로 Paulin Precision Altimeter 를 使用하여 測定하였다.

4-2-4-1 密度測定

密度測定은 野外에서 採取한 岩石 試料를 利用한 密度測定과 重力測定資料를 利用한 密度計算을 並行하였다.

密度測定을 위한 岩石 試料의 採取 地點은 Fig. 15의

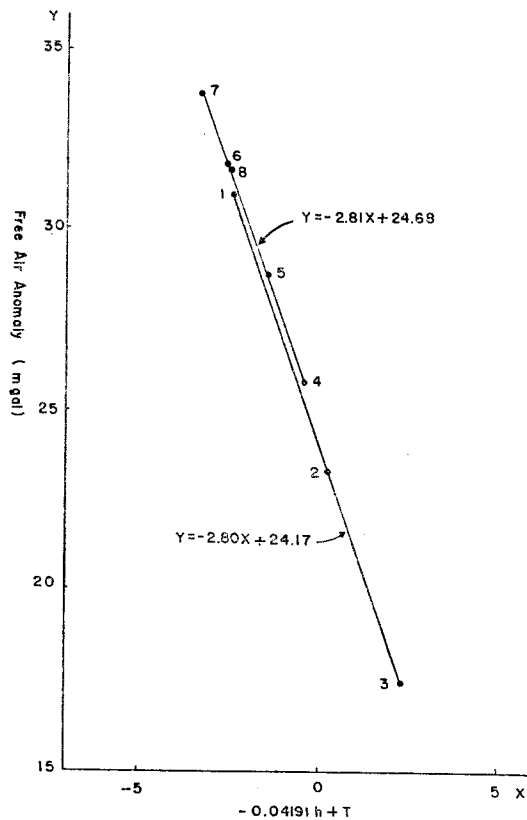


Fig. 16 Density estimation by Parasnis method

Table 1. Density Estimation.

Sample No	A	B	C	D	E	F	Mean Density
Rock name	Hornfels	Hornfels	Hornfels	Andesite	Andesite	Andesite	
Density ( $g/cm^3$ )	2.80	2.80	2.81	2.76	2.79	2.78	2.79

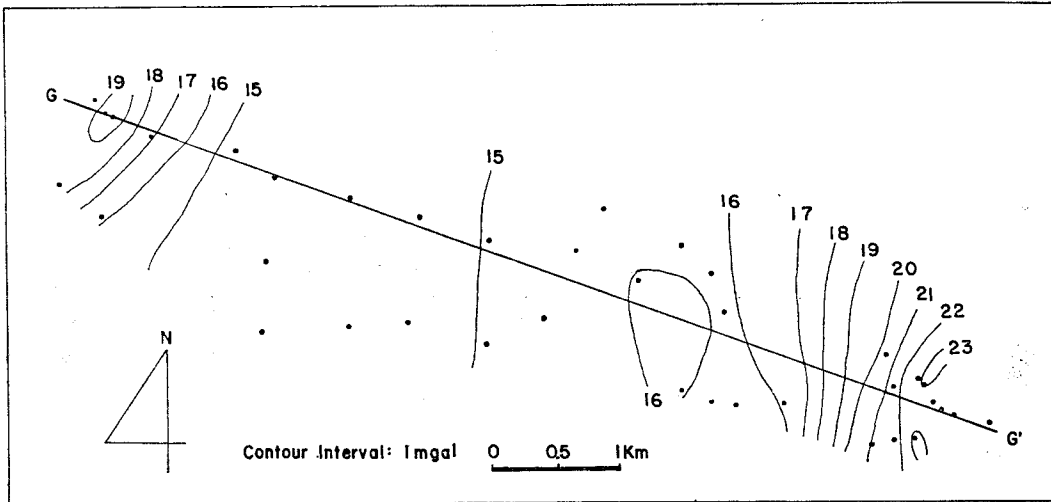


Fig. 17 Bouguer anomaly map

A, B, C, D, E, F의 6個 地點이며, 結果는 表 1과 같다.

重力測定資料를 利用한 密度計算은 그림 15의 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 地點의 重力值를 使用하였으며, Paransis method 에 의한 結果는 그림 16과 같다.

以上の 두 結果를 比較하여 보면 密度値는  $2.80 g/cm^3$  으로 잘 一致하고 있어 本地域의 基盤岩의 平均密度는  $2.80 g/cm^3$  값을 利用하였다.

#### 4-2-4-2 重力補正 및 重力異常

標準重力은 GRS 1967을 使用하였으며 다음과 같다.

$g_\phi = 978,031.85 (1 + 0.005278895 \sin^2 \phi + 0.000023462 \sin^4 \phi)$  mgal

潮汐補正은 理論潮汐值를 計算하여 補正하였으며, 地形補正은 Hammer chart 및 Computer 를 利用하여 各測定點에서 半徑 10 km 까지 補正하였다.

以上の 結果에 의한 Bouguer 異常圖는 그림 17과 같다.

本地域에서의 Bouguer 異常은 最低 14.3 mgal 에서 最高 23.5 mgal 사이의 값을 나타내며, 地形과 매우 恰似하게 나타나는데 이는 本地域의 東, 西 兩端의 高地에 비해 中央의 低地가 密度가 작은 物質로 되어 있음을 나타내 준다. 또한 本域의 東便에 비해 西便의

Table 2. Density Contrast.

Layer	Density ( $g/cm^3$ )	Density contrast ( $g/cm^3$ )
Sand, silt and clay	1.5	-1.3
Gravel	2.0	-0.8
Weathered and soft rock	2.4	-0.4
Bed rock	2.8	0

Bouguer 異常値가 낮게 나타남은 이 地域이 東에서 西로 가면서 약  $-0.5 mgal/km$ 의 regional gravity의 變化가 있음을 나타내 준다.

#### 4-2-4-3 解析 및 結果

Fig. 15 및 Fig. 17의 斷面 G-G'에 따른 Bouguer 異常 斷面을 利用하여 作成된 Residual gravity profile은 Fig. 18-A와 같다. Residual gravity는 最大  $-5.4 mgal$ 의 차가 있으며 이를 解析하기 위한 各層의 區分 및 密度差는 試錐資料를 利用하였다. 試錐資料에 의해 4個層으로 區分된 結果는 表 2와 같다.

本 重力測定地域은 東, 西 兩端의 岩石露頭가 나타나는 高地를 除外한 全 地域이 標高 5 m 이하이며 平均 2.5 m로 거의 平坦한 地域이며, 地表面에서 基盤岩

Table 3. Residual and Calculated gravity

Point number	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Residual Gravity (mgal)	-1.3	-2.8	-4.5	-4.9	-5.3	-5.4	-5.3	-5.0	-5.4	-5.0	-3.4	-2.1	-1.4
Calculated Gravity (mgal)	-1.3	-2.8	-4.5	-4.9	-5.3	-5.4	-5.3	-5.0	-5.4	-4.9	-3.4	-2.1	-1.3
Thickness (m)	Sand, silt and clay (upper layer)												
	20	35	45	50	55	55	55	50	55	50	40	30	20
	Gravel (Intermediate layer)												
	5	20	45	50	50	55	50	50	55	50	25	10	5
Weathered and soft rock (Lower layer)													
	5	15	30	30	35	35	35	35	35	30	25	10	5

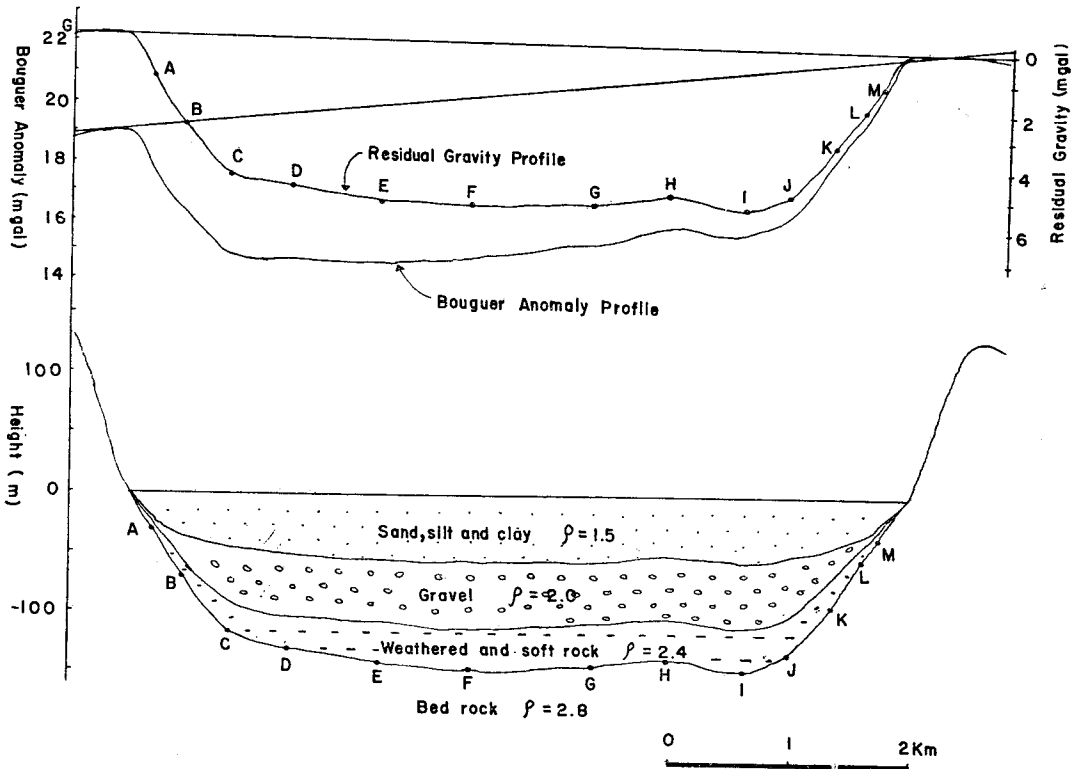


Fig. 18 (A) Bouguer anomaly and residual gravity profile (upper)  
(B) Computed cross sectional structure (lower)

까지의 最大깊이는 約 150m 인데 비해 東, 西 兩端幅이 約 6km로 前者의 約 40배이므로 各層들을 無限板狀構造로 假定하여 解析하였다.

또한 本域內의 試錐資料에 의해 基盤岩까지 確認된 點은 Fig. 18-A의 L地點이며, G, H, I, J, K地點은 各 最上層인 silt and clay 層의 層厚가 確認된 點이다.

以上の 假定과 資料로써 Fig. 18-A의 A에서 M까지 13個 地點에서 重力을 利用한 各層의 層厚를 計算한 結果는 Table 3와 같으며, 이에 의한 Cross sectional structure는 Fig. 18-B와 같다.

### 4-3. 重鑛物 分析

本 研究 地域에서 採取된 試料中 代表되는 6個의 試料를 偏光顯微鏡하에서 重鑛物을 檢査한 結果 角閃石, 輝石, 磁鐵石, 일메나이트, 녹력석, 백티탄석, 석류석, 지르콘, 인회석, 갈철석 등이 主 構成鑛物을 이루고 루틸, 감람석 등의 副隨鑛物이 微量 包含되어 이들 重鑛物의 構成比는 Table 4와 같다.

이와 같이 重鑛物의 種類는 비교적 다양한데 그 理由는 本域一圓에 넓게 分布하는 火成岩類가 그 起源岩으로 생각된다. 特히 洛東江 流域에 分布하는 岩相이

Table 4. Percentage of heavy mineral contents in the study area

Sample No	Nagdong River Estuary			Littoral zone		
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
Hb	14.21	13.60	14.03	17.78	17.29	20.15
Py	13.29	14.97	14.87	10.25	14.10	11.94
Mg	13.75	12.02	13.80	9.03	10.64	10.04
Il	11.06	12.29	10.94	8.71	10.93	11.44
Leu	10.24	12.16	13.33	7.54	5.28	9.36
Ep	11.29	10.75	9.07	12.65	9.23	9.35
Ga	9.77	10.19	6.92	10.42	8.27	7.24
Zi	3.62	3.40	4.72	6.36	4.15	4.01
He	3.23	2.72	3.97	6.27	5.19	3.27
Ap	3.18	3.58	3.75	4.83	5.64	3.20
Ru	1.06	1.50	—	2.69	3.02	2.68
Ol	0.45	0.41	0.55	0.20	0.16	1.07
Others	4.21	2.48	4.09	4.29	6.11	6.24

Abbreviaton

Hb; Hornblende    Leu; Leucoxene    He; Hematite  
 Py; Pyroxene    Ep; Epidote    Ap; Apatite  
 Mg; Magnetite    Ca; Garnet    Ru; Rutile  
 Il; Ilmenite    Zi; Zircon    Ol; Olivine

嶺南地塊를 形成하는 變成堆積岩과 花崗片麻岩, 堆積岩, 火成岩類의 安山岩, 凝灰岩, 花崗岩等으로 構成되어 있다.

重鑛物의 含量은 沿岸地域(송정)의 해변사가 0.54~1.96%(평균 1.31%)이고 洛東江 河口의 砂洲가 0.68~3.87%(평균 2%)로 송정의 값보다 조금 높다. 一般的으로 重鑛物 分布는 沿岸地域에서는 潮流의 流速과 方向에 支配的인 影響을 받고 洛東江 河口에서는 강물의 流速과 바람의 影響에 따라서 달라진다.

洛東江 河口에서는 대마등, 남빈등, 새등, 나무섬 등의 砂洲에서 높은 重鑛物 含量을 보여 주는데 이는 海水와 강물의 合流때문이라고 해석된다.

重鑛物中 감정된 磁性鑛物은 磁鐵石 일메나이트등인데 約 27%로 높은 比率을 보이는 까닭은 慶南 一圓에 發達하는 Cu-Pb-Fe 鑛床의 影響에 基因된다고 본다. 特히 洛東江 河口 附近의 물금鑛山이 磁性鑛物의 含量을 增大시키는 要因으로 생각된다.

4-4 粘土鑛物 研究

本域의 송정, 다대포, 洛東江 河口에서 各 各 1個씩 粘土鑛物 試料를 採取하여 X-線 回折分析을 實施하였다(Fig.19).

바다의 影響을 많이 받는 송정은 波浪과 潮流에 依하여 거의 粘土鑛物이 除去되어 微量의 montmorillonite

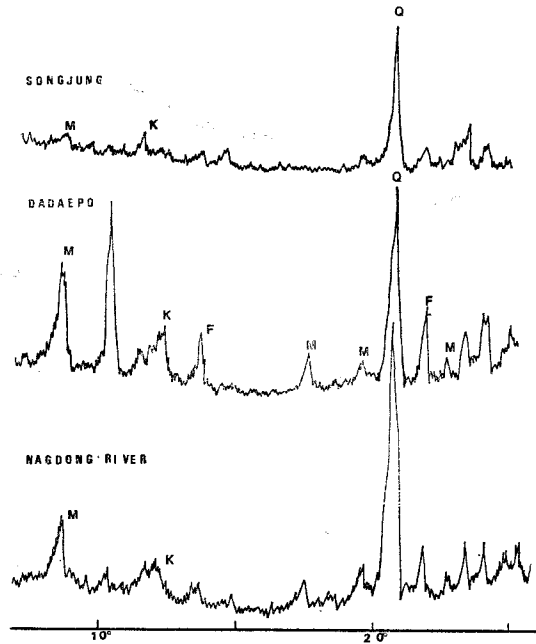


Fig. 19 X-ray diffraction pattern of the littoral sand of beaches(Song jung, Dadaepo) and Nagdong River Estuary.

와 高령토(Kaolinite)만 볼 수 있다.

洛東江의 下流인 다대포와 하구는 上流로 부터 浮遊狀態로 運搬되어 온 堆積物이므로 石英, 長石, 高령토 및 montmorillonite가 包含되어 있다.

Cailler 과 Henin(1963)에 依하면 montmorillonite는 酸性 火山岩의 變質物로 부터 由來된다고 하므로 洛東江 河口一圓에 分布한 火成岩類가 그 起源岩으로 생각된다.

4-5. 堆積環境

本域은 海成環境의 影響을 주로 받는 송정, 광안리, 다대포의 沿岸地域과 混成環境이 優勢한 洛東江 河口地域으로 大別된다.

4-5-1 沿岸地域

沿岸地域의 堆積環境은 陸地와 바다의 影響을 받는 海岸地域에 發達한다. 송정, 광안리 및 다대포 海岸에 堆積된 現生 堆積物인 海濱砂는 主로 潮干帶에 分布하며 다대포를 除外하고는 좁은 幅으로 길게 帶狀으로 놓여 있다.

一般的으로 本域의 海濱堆積物은 中粒質 내지 細粒質 모래로 構成되어 있으며 圓磨度는 well rounded 하고 分級이 良好하다. 海濱의 斷面을 보면 粗粒質이 優勢한 송정은 海濱이 좁고 傾斜가 急하고 細粒質 堆積物이 分布한 다대포는 海濱이 넓고 傾斜가 거의 완만

하다.

海濱砂의 根源은 가까운 地域의 基盤岩이 根源이 되며 河口에 依하여 運搬된 堆積物이 바다로 流入되면 波浪과 沿岸流에 依하여 海岸에 堆積된다. 이와 같이 堆積物은 沿岸海流에 依해 海岸에 平行하게 運搬되는 데 이 때 밀짐 (bed load)의 상태로 移動한다.

本域의 海濱砂에서 層理와 연층등의 堆積構造가 잘 發達되어 있는 곳은 다대포이다.

#### 4-5-2 洛東江 河口

洛東江은 부산시 하단 上流 約 3 km 地點에서 일송도와 을숙도에 依해 두 갈래의 水路로 갈라져서 간사지를 통하여 바다로 流入된다. 河口의 三角洲는 總面積 約 130 km<sup>2</sup>이며 그 前方에 놓인 간사지는 진우도, 새등, 남빈등, 대마등, 나무섬등의 砂洲에 依하여 바다와 分離되어 海岸線을 따라 約 12 km의 延長으로 넓게 分布하고 있다. 干潟地는 주로 陸成堆積物인 실트와 粘土로 構成되어 있는데 이들은 雨期中에 洛東江에 依하여 漂砂가 浮遊狀態로 運搬되어 堆積된 것이다. 바다와 面해 있는 砂洲는 分級도와 圓磨도가 매우 좋은 細粒砂로 構成되어 있으며 砂洲의 形態는 波浪, 潮汐, 海流, 河川의 流量 堆積物의 運搬量等에 依해 계속 변하고 있다.

河口의 堆積環境은 上流의 河成環境에서 海水와 淡水가 서로 合流하는 河口의 混成環境으로 轉換하고 海洋과 接해 있는 砂洲의 外海에서는 海洋環境의 支配下에 있다.

### 5. 結 論

本 研究는 부산 일원 沿岸 海濱砂와 洛東江河口의 堆積物에 關한 研究 및 堆積環境을 科明하기 爲한 基礎 研究이다.

本 研究에서는 堆積物의 粒度分析, 鑛物分析, 重鑛物分析, 粘土鑛物研究 및 重力測定 등 여러 方法으로 研究를 進行하였으며 그 結果는 다음과 같다.

1. 堆積物의 粒度分析 結果 沿岸地域은 平均值 1.79φ, 分級度 0.73φ, 對稱度 0.16, 尖度 1.13이다. 이와 같이 洛東江 河口가 沿岸地域보다는 粒度가 細粒質이고 分級도가 더 良好한데 이는 堆積環境의 差異에 依한 것으로 생각된다.

2. 堆積物의 鑛物成分은 沿岸地域이 石英 65%, K-長石 20%, Na-Ca 長石 10%, 重鑛物 1.66%, 粘土鑛物 및 貝殼類 3% 內外이다. 洛東江 河口는 石英 54%, K-長石 24%, Na-Ca 長石 14%, 重鑛物 2.0%, 粘土鑛物 및 有機物 6%이다.

長石과 石英의 比는 沿岸地域 1:2.31이고 洛東江 河

口는 1:1.40로서 沿岸地域보다 長石 比率이 더 높다. 이는 洛東江에 依하여 多量의 粘土鑛物이 浮遊狀態로 運搬되어 堆積되기 때문이라고 본다.

3. 重鑛物의 構成成分은 磁性鑛物인 磁鐵石, 褐鐵石, 일메나이트와 非磁性鑛物인 角閃石, 輝石, 綠簾石, 백티탄석, 柘榴石, 지르콘, 鱗灰石, 橄欖石 등이다. 重鑛物의 含量은 洛東江 河口가 沿岸地域보다 높는데 이는 洛東江 流域에 分布하는 火成岩類와 Cu-Pb-Fe 鑛床의 影響으로 생각된다.

4. 粘土鑛物의 X-線 回折分析 結果는 石英, 長石, 고령토, montmorillonite 가 나타났는데 montmorillonite는 酸性火山岩類의 變質物로 부터 由來되므로 이의 根源岩은 本域 一圓에 넓게 分布한 火成岩類로 생각된다.

5. 을숙도와 명지에서 實施한 重力測定의 結果를 보면 三角洲의 上部層은 모래, 실트 및 粘土(clay)의 交互層으로 層厚 55±5m, 中部層은 모래와 자갈(gravel)의 混合層으로 層厚 55±10m, 下部層은 風化된 軟弱岩石層(weathered and soft rock)으로 層厚 35±10m, 基盤岩은 地表에서 145±20m 深度에서 新鮮한 安山岩 또는 호운펠스가 나타날 것으로 생각된다.

6. 本域의 堆積環境은 沿岸地域이 海成環境의 影響을 크게 받아 波浪과 潮流에 依하여 隣近의 모래가 밀집으로 운반되어 海岸에 堆積되었다. 洛東江 河口는 바다와 강물이 마주치는 混成環境으로 堆積物은 洛東江에 依하여 浮遊 및 跳躍狀態로 運搬되어 河口에 쌓이면서 새로운 三角洲와 砂洲를 계속 形成하면서 發達하고 있다.

7. 沿岸과 河口의 堆積環境과 堆積現狀은 오랜 기간 持續적으로 調查研究되어야만 正確한 結果를 얻을 수 있으므로 앞으로 長期的인 綜合研究計劃을 樹立하여 多方面으로 週期的인 調査를 實施하므로써 보다 能率的인 研究가 隨行되어야 할 것으로 본다.

† 본 논문은 1981년도 한국과학재단 학술연구조성비의 支援에 依하여 研究된 것임.

### 參 考 文 獻

1. 송무영외(1978), 洛東江 河口 現生堆積學的 調查研究, 海洋開發研究所.
2. 韓國動力資源研究所 金海圖幅說明書(1/5만).
3. 양운도(1977), 波와 흐름이 共存하는 海濱海岸의 變形에 關한 調查研究(1), 大韓土木 學會論文集 25권 2호, p. 95-101.
4. 이유대의(1982), 釜山 多大浦 地域의 海濱砂에 對한 研究 釜山大 自然論文集 34集 p. 391-397.
5. 産業基地開發公社 洛東江 河口堰 基礎地質調查報告

- 書(1981).
6. 최상외(1970), 洛東江河口 地域의 해태 魚場 開發에 관한 研究, 科學技術處研究開發報告書 R-70-25-F, p. 52.
  7. Folk R.L. & Ward W.C.(1957), Brazos Rivers bar: A study in the significance of grain size parameters, Jour. Sed. Petrol., Tulsa Okla., vol. 27, No. 1, p. 325-354.
  8. Friedman G.M.(1967), Dynamic process and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands, Jour. Sed. Petrol., Tulsa Okla., v. 37, p. 327-357-354.
  9. Passega R.(1964), Grain size representation by C.M. patterns as a geologic tool, Jour. Sed. Petrol., Tulsa Okla., v. 34, Na 4, p. 830-847.
  10. Visher G. S.(1969), Grain size distribution and depositional processes, Jour. Sed. Petrol., Tulsa Okla, v. 39, Na 3, p. 1074-1106.
  11. Hutchison, C. S.(1974), Laboratory Handbook of Petrographic Techniques, John Wiley & Sons. Inc.
  12. Clark S. P.(1966), Handbook of Physical Constant, Geol. Soc. Am. Inc.
  13. Telford W. M., Geldart L. P.(1976), Sheriff R. E., keys D. A., Applied Geophysics, Cambridge Univ. press.
  14. Ballantyne E. J., Campell D. L., Mentemeiel S. H., Wiggins R.(1981), Manual of Geophysical Handcalculator programs, S.E. G.
  15. Bolt A. B.(1973), Methods in Computational physics, v. 13, Academic Press.
  16. Nettleton L. L.(1976), Gravity & Magnetism in Oil prospecting. Mc Graw-Hill 11, Inc.