

# 全南 寶城江 流域에 分布하는 重砂鑛床의 地質 및 選鑛에 關한 研究

崔 榮 天\*

## A Study on the Geology and Ore Dressing of Heavy Mineral Placer Deposits along the Boseong River, Jeonranamdo.

Young Cheon Choi\*

**Abstract:** The surveyed Boseong river, flows from south to north crossing Boseong gun Mirukg myon, Nodong myon, Yuleo myon, Bognae myon, Mundeog myon, and Seungju gun Nam myon, Jeonranam do.

The geology of the surveyed area consists of age-unknown composite gneiss and schist, crystalline chlorite gneiss, porphyroblastic gneiss and granite gneiss, and metasediments of Myon Bong formation and Seoglogri formation. These metamorphic rocks are intruded by cretaceous biotite granite, granodiorite, and quartz diorite.

The heavy sands occur in Quarternary alluvium and colluvium.

The composition of the river bed is sand 60%, gravel 30%, and clay 10%.

The gravel content of the river bed decreases as the increases.

The average depth of auger boring is 0.87 m.

The average heavy mineral composition of the heavy sand is monazite 6.83%, zircon 4.88%, ilmenite 11.36%, magnetite 8.36% and garnet 4.84%.

The best heavy minerals separation procedure would be primary treatment of the sand by humphrey spiral and table, and retreatment of the table concentrate by magnetic separator.

The minimum economically feasible capacity of gravity and magnetic separation plant would be 500 ton/hr when only the heavy minerals are recovered but it may be reduced to 100 ton/hr. capacity, if gravels and sands are added to the valuable products.

### I. 序 論

原子科學의 비약적인 發展과 더불어 톨륨도 核燃料 代替資源으로서 大端히 重要的 比重을 차지하고 있으며 우리나라의 톨륨資源鑛物은 monazite 이며 砂礫鑛床(沖積層)에 賦存되어 있다.

우리나라의 砂礫鑛床에서 産出되는 有用鑛物은 砂金 砂鐵(錳鐵鑛, 磁鐵鑛) 등을 비롯하여 稀土類源의 monazite, xenotime, fergusonite, 티탄늄源의 ilmenite 와 rutile, 지르코늄源의 zircon, columbite 등이 있으나 이들 중에서 monazite, ilmenite 와 zircon 이 量的으로 가장 많고, 地域적으로 광범위하게 分布되어 있다. 今後 重砂鑛業도 企業대상이 될 것으로 보아 筆者는 이들중 monazite 와 zircon, ilmenite 에 對하여 增점적으

로 實驗 및 研究를 하게 되었다.

monazite 와 zircon 은 톨륨과 지르코늄의 原料鑛物인 점에서 大端히 重要하다고 본다.

今般 調査 研究 對象地域으로 選定한 寶城江 流域은 重砂鑛床으로서는 國內에서 代表的인 富鑛帶地域이라 할수 있다.

本域의 位置는 全南 寶城郡 노동면 斗峯里를 最上流로 하여 下流는 昇州郡 松光面 一帶에 이른다.

寶城江의 總延長은 80 km 이며, 沖積層의 平均 幅은 750 m 로서 比較的 넓은 沖積層(砂鑛層)을 形成하고 있다.

選鑛 方法은 一般的으로 널리 活用되어지고 있는 比重 및 磁力選鑛 工程에 依하여 一段階 作業으로서 重砂를 回收하고 二段階 作業으로 比重選鑛, 磁力選鑛 工程을 통한 各 有用鑛物 精鑛을 濃縮 回收하여 品位

\*尙志大學 資源學科

및 回收率을 決定하였다.

2. 地形 및 地質

2.1. 地形

本城은 小白山脈의 南西部에 位置하며 地形은 侵蝕 過程에 있어 老年期에 該當한다.

地形은 地質構造와 岩石의 分布에 따라서 그 樣相을 달리하고 있다. 卽 古期 片麻岩類 地帶는 陵丘狀의 地

形을 이루고 있는데 대해서 變成堆積層과 舍炭層 地帶는 比較的 險한 絕壁과 急한 山斜面을 이루고 있다.

丘陵狀의 古期 片麻岩類 地帶는 山頂이 侵蝕으로 因해서 등글고 開析作用(dissection)에 依해서 많은 곳에 凹凸 地形을 이루고 있다.

寶城江을 中心으로 兩側의 山系는 海拔 324.6m(文德面 德時里)에서 上流地域 石湖里 草岩山 564m에 달하는 比較的 낮은 山岳이 砂鑛地帶의 주변부 兩側에

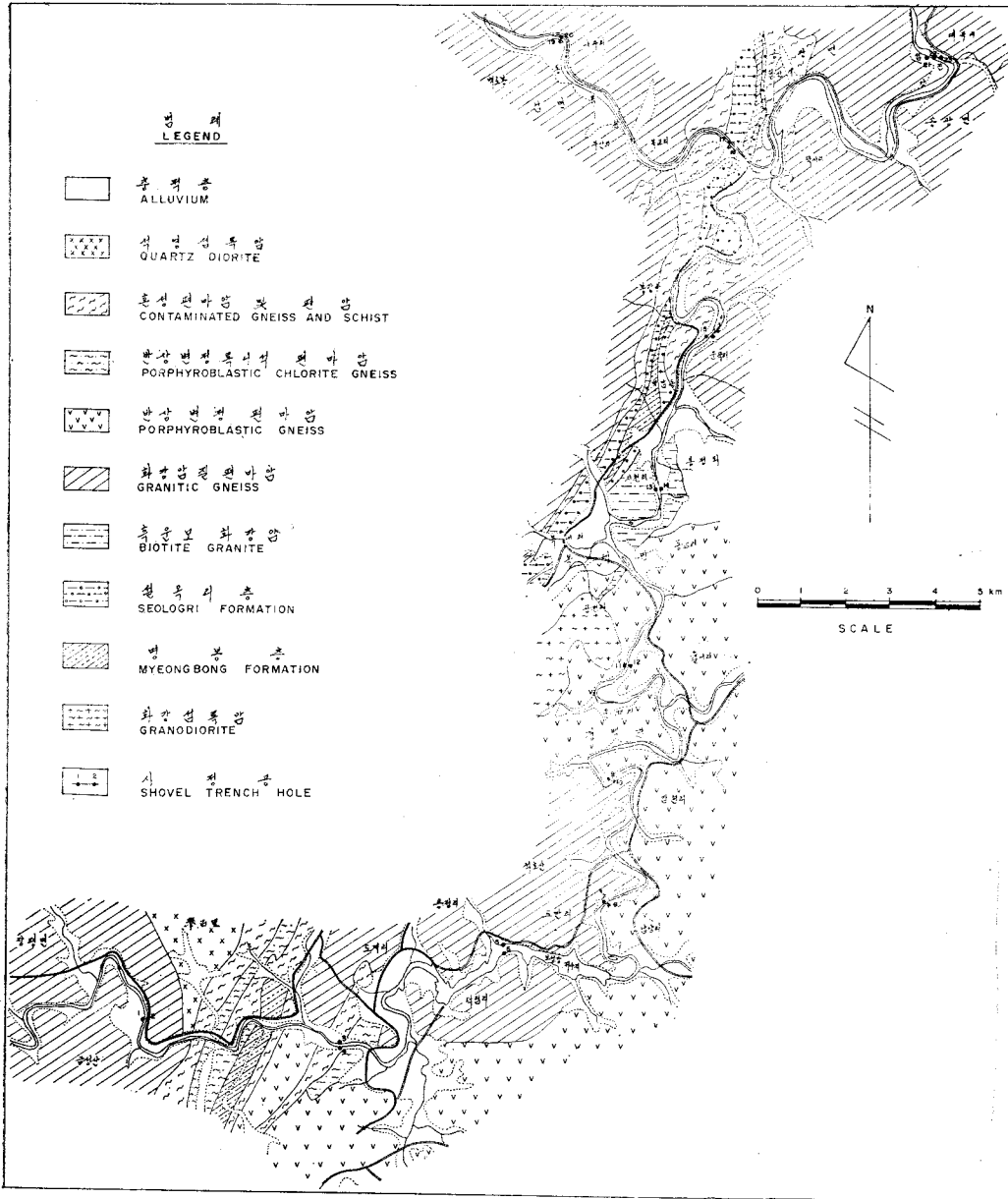


Fig.1 보성강 유역 중사광 시경 위치 및 지질도  
Map showing the geology and test well sites of heavy mineral placer deposits along the Boseong River

位置하고 있다.

寶城江은 水量이 豊富하며 標高 110m 以上을 흐르고 있으므로 得稔川과 近接한 地帶(龍山里一帶)에 堤防을 쌓아 本域東側의 干拓平野의 灌溉用水로 利用하고 있으며, 落差를 利用하여 水力 發電所도 建設되어 있다.

2.2. 地質

一帶의 地質은 大體의으로 下記 地質系統과 같다.

新 生 代	第 四 紀	{ 沖積層 }	第 四 系	不 整 合	
中 生 代	白 堊 紀	{ 黑雲母花崗岩 石英閃綠岩 花崗閃綠岩 }	佛 國 寺 統	貫 入	
古 生 代	{ 鳴鳳層 不整合 雪玉里層 不整合 }		平 安 系		
時 代 未 詳					
					混成片麻岩 및 片岩
					斑狀變晶綠泥石片麻岩
					斑狀變晶片麻岩 ~關係不明~ 花崗岩質片麻岩

**花崗岩質片麻岩 (Granitic gneiss):** 本 岩은 寶城郡 福內面 北側 寶城江을 따라 昇州郡 松光面 和順郡 南面에 이르기까지 兩側에 광범위하게 分布되어 있다.

本 岩은 本域의 片麻岩類中에서 花崗岩化作用의 程度가 가장 높은 것으로서 花崗岩과 매우 類似하다. 그러나 野外에서 本 岩體를 觀察하여 보면 本 岩은 主로 石英, 長石, 黑雲母, 白雲母等の 鑛物로 構成되어 있고, 花崗岩質 構造를 보여주고 있지만 黑雲母가 한곳에 群集되어 있는것과 起源岩의 殘留物인 泥質내지 砂質岩 그리고 雲母片岩, 角閃石片岩等이 殘存되어 있으며, 메타텍틱片麻岩으로 漸移할수록 片麻岩構造를 보여주는 점으로 花崗岩과 區別할수 있다.

斑狀變晶片麻岩과는 斑狀變晶이 없는 점으로 區別되고 變成堆積層과의 接境部에서 볼 수 있고 混成片麻岩과 片理의 發達이 不良하고 綠泥石을 거의 包含하고 있지 않는 점으로 區別할수 있다.

本 岩은 風化에 弱하여 高地와 丘陵地帶에서는 石英의 小粒을 除外하고는 大概 赤色の 土壤으로 化하여 있고 起源岩의 殘留物은 風化에 對한 저항력이 强하다.

**斑狀變晶片麻岩(Porphyroblastic gneiss);** 本 岩은 寶城郡 福內面에서 부터 調査地域의 上流, 椴木면, 미덕면 寶城邑 一帶에 主로 分布되어 있다.

本 岩은 本域의 中央部 一帶에 花崗岩과 花崗閃綠岩 같은 深成岩類와 外 여러 地域에서 페그마타이트, 斑岩, 玢岩 蛇紋岩等과 같은 脈岩類에 依해 貫入되어 있다.

本 岩을 野外에서 觀察하면 粗粒의 花崗岩質片麻岩 바탕에 微斜長石의 斑狀變晶이 있는것이 特徵이다. 片理의 發達은 全體의으로 顯著하지 못하며 變成堆積層에 가까워 질수록 大體로 良好한 편이다. 本 岩은 長石 成分이 많아 風化에 매우 弱하다. 風化面의 斜長石은 大體로 白色이고, 微斜長石은 灰色이다. 土壤은 淡赤色을 띄운다.

**斑狀變晶綠泥石片麻岩(Porphyroblastic chlorite gneiss);** 本 岩은 福內面 福內里에서 부터 시작하여 南側 方向으로 寶城江을 中心으로 西側으로 미덕면을 거쳐 寶城邑에 이르기 까지 南北 方向으로 分布하고 있다.

本 岩은 變成堆積層의 最下位 岩石으로서 斑狀變晶片麻岩에 接하는 部分에 發達하는 岩石이며, 斑狀變晶片麻岩의 主有色鑛物이 黑雲母인데 비하여 本 岩石은 綠泥石이다. 片理는 매우 잘 發達되어 있으며, 綠泥石을 主로하는 鑛物과 石英 長石을 主로하는 無色鑛物이 交互되어 帶狀構造를 보여 준다.

**混成片麻岩 및 片岩(Contaminated gneiss & schist);** 本 岩은 調査 地域의 最下流에 屬하고 昇州郡 松光面에서부터 寶城江을 中心으로 福內面 福內里까지 兩側에 主로 分布하고 있으며, 本 岩은 다시 最上流 寶城邑 北方 3 km 노동면 一帶에서는 南北方向으로 分布하고 있다.

本 岩은 斑狀變晶綠泥石片麻岩 및 雪玉里層과 漸移關係로 나타내고 있는바 鳴鳳層上部에서 主로 雪玉里層 그리고 下部에서는 斑狀變晶綠泥石片麻岩과 漸變된다. 이들은 各各 漸移 關係임은 勿論이다.

構成岩石은 主로 微細한 縞狀構造를 보여주는 片麻岩이나 이밖에도 뚜렷한 縞狀構造를 갖는 注入片麻岩 또는 滑石片岩의 薄層도 若干 挾在한다. 有色 鑛物帶보다도 無色 鑛物帶(大部分長石)가 우세하여 風化된 本 岩은 거의 灰白色이며 間或 本 岩이 高嶺土化되어 있는 곳을 볼 수 있다.

**雪玉里層(Seolgrri Formation);** 本 岩層은 變成堆積層의 上位에 屬하는 岩層으로서 鳴鳳層에 依해 不整合으로 被覆당하고 있으며 福內里를 中心으로 大概 北北東 내지 南南西方向으로 寶城 圖幅 一部에 까지 帶狀으로 分布되어 있다.

本 岩層은 本域의 變成岩類中에서 程度가 가장 낮은 것이며 本域의 變成트렌드(metamorphic trend)는 本 岩層의 走向方向과 大體로 垂直이다. 미덕면 은곡 附近

에서 分布되어 있다.

本 岩은 主로 白雲母와 絹雲母로 되어있어 白色내지 灰白色을 띄고 있으나 그 外 大部分의 地域은 綠色 또는 暗綠色을 띄고 있다. 本 岩層은 風化에 매우 強하며 普通높은 山과 絕壁을 이루기 때문에 野外에서 쉽게 判別된다.

**鳴鳳層(Mycong bong Formation);** 本 岩은 福內里를 中心으로 北北東 및 南南西 方向으로 길게 分布되어 있다.

本 岩層은 下部 片岩層(雪玉里層)을 不整合으로 ครอบคลุม하며 變質度가 매우 낮은 堆積岩層이다. 本 岩層은 礫岩, 粗粒, 中粒 또는 細粒의 黑色砂岩, 長石質砂岩, 石英質砂岩, 礫質砂岩, 黑色내지 暗灰色세일, 暗綠세일 無煙炭炭質세일 등으로 되어 있다.

層序의 發達狀況은 地域적으로 相異하지만 全體的으로 層序가 잘 發達되어 있다.

**花崗閃綠岩(Granodiorite);** 本 岩은 福內里를 中心으로 하여 大體로 北東 및 南西 方向으로 分布形態를 보여 주며, 本 岩은 黑雲母花崗岩에 部分的으로 둘러싸여 있다. 本 岩은 南方 東橋里에서 玢岩의 岩脈에 依해 貫入되고 있다.

岩體의 中心部分은 大概 粗粒質이고 주변부로 갈수록 中粒質, 細粒質로 化한다.

構成鑛物은 斜長石, 角閃石, 黑雲母, 石英, 方解石, 磁鐵石 등으로 되어 있다.

**石英閃綠岩(Quartz Diorite);** 本 岩의 分布地는 舉石里 附近에서 斑晶黑雲母花崗岩과 같이 貫入 한 것으로 花崗岩의 주변을 싸고있고 花崗岩質片麻岩과 混成片麻岩 및 片岩等을 貫入하고 있다.

本 岩은 肉眠으로 長石과 黑雲母로 된 中粒質岩이며 치밀한 岩石으로서 新鮮한 露頭로 볼 수 있다. 鏡下에서 等粒完晶質 구조를 나타내며, 主要 組織鑛物은 斜長石, 黑雲母, 그리고 이들 鑛物들 사이를 메운 微粒子的 石英을 볼 수 있다. 副成分鑛物은 少量의 輝石, 角閃石, 磁鐵石, 褐鐵石을 볼 수 있다.

**黑雲母花崗岩(Biotite Granite);** 本 岩은 上記 石英閃綠岩과 같이 片麻岩類를 貫入하고 있는 石英閃綠岩을 後에 貫入한 것이 아닌가 보인다.

本 岩은 肉眠으로 經 5mm×2mm 程度의 巨晶 淡紅色長石結晶을 볼 수 있고 有色鑛物인 黑雲母는 적어 우백질을 정하는 岩相이다. 石英은 長石 斑晶 사이사에서 볼 수 있다.

### 3. 重砂 鑛床

鑛業의 見地에서 볼 때 砂礫鑛床(第四紀沖積層)은

地形條件과 그 形態에 따라 分類할 수가 있으나 大別하면 河成砂礫床(漂砂礫床)과 海岸砂礫로 分類하고 있다.

重砂鑛床은 普通 Sand 나 Gravel 과 같이 沖積堆積層 中에 有用하고 比重이 큰 鑛物의 粒子가 含有되어 있는 砂礫層을 칭한다. 이 重鑛物이 含有되어 있는 砂礫層은 稼行價値가 있어야하며 砂金이 가장 重要하고 白金이나 錫石等은 沖積層에서 產出되나 國內에서는 產出 및 稼行한 例가 없다.

近來에는 이 砂礫層에서 產出되는 Monazite, Zircon, Ilmenite 等 여러가지 重要한 鑛物은 主로 이 砂礫層에 依存하고 있어 外國에서는 크게 開發하고 있다.

砂礫層을 形成하는데는 다음과 같은 條件이 作用한다고 본다.

① 基盤岩을 구성하고 있는 鑛物의 各 粒子가 侵蝕의 進化로 風化가 促進되고, ② 風化의 結果 岩石이 磨滅되어 鑛物의 各 粒子가 母岩에서 離脫되고, ③ 離脫된 鑛物의 粒子中 가벼운것은 急速히 流失되고 무거운 것은 徐徐히 流水 其他 物理的 作用으로 因하여 運搬되어가는 途中 淘汰되면서 堆積하는것 등을 말할 수 있다.

砂礫層中 重砂의 分布狀態는 不規則하다. 金이나 白金은 基盤岩 바로 上部나 基底部層中에 濃集되는 傾向이 있으나 이것보다 가벼운 重砂는 大體로 地表部에서 存在하며 重力으로 因하여 基盤部로 濃集되어가는 傾向이 있다. 重砂는 河床全面에 걸쳐서 均一하게 賦存하는 것이 아니고 같은 流路이면서 地形 條件에 따라서 그 賦存狀態에 차이가 생긴다. 重砂는 流水의 量과 큰 關係가 있는 고로 큰 洪水있을 때에 多量의 重砂(重鑛物)가 運搬되고 流量이 적어서 水勢가 減退되면 重鑛物의 運搬이 中止된다. 重砂를 多量 含有한 層과 少量 또는 전혀 含有하지 않은 層(不毛層)과의 互層으로 되어 있는곳이 많으며 이러한 現象은 河川 上流에서 더 뚜렷하게 나타난다.

河川의 流路를 變更하였을 때는 現在의 流路가 반드시 富鑛帶가 아니며 우리나라의 重砂源이되는 河川은 大部分이 直線的이고 流路 變更이 그리 없었으므로 이런 現象은 별로 없다.

今般 中絶적으로 研究 대상이 된 Monazite, Zircon 및 Ilmenite 의 重砂鑛床은 大部分이 鑛床周圍의 母岩이 花崗岩質片麻岩, 斑狀變晶片麻岩, 斑狀變晶綠泥石廳麻岩, 混成片麻岩 및 片岩, 雪玉里層, 鳴鳳層, 花崗閃綠岩, 石英閃綠岩, 黑雲母花崗岩이 大部分으로서 根源岩이 쉽게 風化流失되어 一定한 河床에 堆積됨으로서 이루어진 鑛床으로 생각할 수 있으며 母岩中에 造岩鑛物(副成分鑛物)로 微量 含有되어 있던 Monazite와

Zircon의 比重이 比較的 무거워 쉽게 分級(Sorting)되어 兩者가 함께 一定한 帶를 形成할수 있는 것이다.

今般 調查地域은 寶城江流域이며 沖積層의 幅은 平均 750 m 이고, 길이는 약 60 km 이다.

沖積層 河床에는 3 cm 내지 10 cm의 破碎된 Semi-round한 礫(Gravel)이 多量含有 및 散在되어 있는것을 볼 수 있다.

이러한 現象은 寶城江의 勾配가 他地域에 比較하여 急하므로 流速에 가벼운 Sand(輕鑛物)는 多量 流失되었기 때문에 比重이 무거운 重鑛物과 Gravel 만이 殘留하게 됨으로 河床에 많은 Gravel과 重鑛物을 볼 수 있다. 大部分의 Gravel은 混成片麻岩 및 片岩, 變成石英斑岩, 斑狀變晶質片麻岩, 花崗岩質片麻岩이며, 白堊紀에 屬할 것으로 보이는 黑雲母花崗岩, granodiorite, quartz 등의 gravel과 稀少하게 赤色の 礫岩을 볼 수 있다.

河床은 대략 모래 60%, 자갈 30%, 점토 10%의 비율로 구성되어 있으며, 重砂鑛物로서 Ilmenite, magnetite, garnet, biotite 白雲母 등이 散在되어 있는것을 肉眼으로 識別할수 있다.

#### 4. 砂鑛調查

##### 4.1. 野外調查

重砂鑛床 調查를 大別하면 試錐調查 方法 및 試井調查方法 두가지로 區分할 수 있다.

現在까지 研究所 및 各企業體에서 使用한 試錐機는 Empier 試錐機와 Hand Auger 뿐이다.

Empier 試錐機는 人力 또는 馬力에 의하여 回轉 및 打擊을 加하여 試錐調查하는 Rotary式 試錐機이다.

이 試錐機는 주로 內陸地方의 砂金 및 重砂鑛調查에 使用되어 왔다.

Hand Auger의 Drill Casing의 길이는 Empier 試錐機(5 f')와 同一하며 Casing의 直徑이 2 inch로서 上記한 Empier 試錐機보다 作業人員이 2名으로서 所要 經費가 적게 든다.

Auger Boring의 短點은 砂礫層中 Gravel의 多量出現時는 試錐가 大體的으로 不可能하므로 주로 海岸 砂鑛床에 使用되고 있다.

沖積層內 重砂層에서는 地表上部에서 基盤岩까지 큰 變動이 없이 均一하게 重砂가 分布되므로 地表上에서 約 1.5 m 內外의 깊이까지의 調查에는 Shovel trench 方法이 많이 利用되고 있다.

그러나 砂金鑛 調查에서는 基盤岩(Bed Rock)까지 調查가 要하므로 試井調查로는 不適當하다고 본다.

本 研究에서 Empier 試錐調查方法은 調查 장비등의

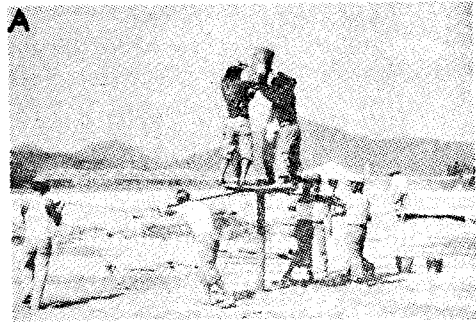


Photo. 1 Empier 試錐에 의한 探查(A. B)



Photo. 2 Hand Auger 試錐에 의한 探查

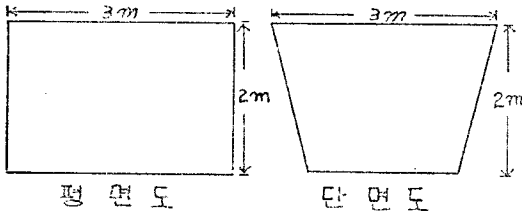


Fig. 2. Plan and profile of shovel trenched part

問題로 實施하지 못하였고 上記한 試井 및 Auger Boring에 의하여 23個所에서 平均 0.87m 深度까지의 試料를 採取 室內實驗을 通하여 大體의인 重鑛物의 賦存狀況이 把握되었고 選鑛試驗을 實施하였다.

4.2. 室內實驗

① 現場에서 採取한 試料를 Dry oven에서 充分히 건조시킨 후 그중 100g의 試料를 取하고 Sieving에 의하여 1mm 以上되는 原砂를 제거 시킨후,

② Panning(比重選鑛)하여 1次的으로 大部分의 輕鑛物(石英, 長石, 其他)을 제거한후 이를 건조시켜 比

重 2.9인 重液(Bromoform)을 使用하여 輕鑛物과 重鑛物을 分離한 다음,

③ 이 重砂를 Aceton으로 세척하여 건조 秤量후 原砂中 重砂品位를 計算하였다.

④ 上記한 ③에서 一次 회수한 重砂中 磁鐵鑛 品位는 磁力 400~700 gauss의 磁場자석으로 磁鐵鑛을 단체 分離시켜 計算하였으며,

⑤ 磁鐵鑛을 分離 제거한후 나머지 重砂鑛物 粒子 300여개를 현미경하에서 Counting하여 各 鑛物別 品位를 計算하였다.

이와같이 여러과정을 거치는동안 오차가 있을 것을 우려하여 100g의 많은 試料를 처리하였지만 Panning(比重選鑛)의 오차도 약간 있을 것으로 생각되며 重砂의 기준도 Bromoform 비중액으로 선별된 2.9 以上되는 것을 重鑛物로 취급하였다. 그러므로 重砂中 녹염석, 운모(류코신) 其他 不純物이 많아질 것으로 생각된다.

그러나 比重이 크고 비교적 특징이 있는 磁鐵鑛, 타

Table 1. 寶城江流域重砂鑛調查結果

NO	시취공번호	심도 (m)	원사중량 (%)	중사중 광물별 비율(%)					其他
				Monazite	Zircon	Ilmenite	Magnetite	Garnet	
1	S-1	1.2	1.13	8.40	5.60	11.20	6.62	2.50	65.38
2	S-2	0.5	1.05	5.29	3.27	9.14	3.76	8.25	70.29
3	S-3	0.8	1.60	8.61	5.74	13.36	4.29	3.83	63.17
4	S-4	1.3	1.25	9.01	7.21	14.42	9.85	5.42	54.10
5	S-5	1.2	1.00	7.97	6.20	13.29	11.38	3.54	57.62
6	S-6	0.7	1.48	4.71	3.29	8.25	4.61	7.20	71.94
7	S-7	0.5	0.90	6.20	4.43	11.51	11.43	2.66	63.77
8	S-8	1.4	1.70	7.38	4.61	11.99	7.74	2.77	65.51
9	S-9	0.7	1.50	7.32	5.49	12.81	8.49	4.57	61.32
10	S-10	1.6	1.13	6.95	4.27	10.79	6.91	3.00	68.12
11	S-11	0.8	1.40	7.58	3.79	13.26	5.31	2.84	69.12
12	S-12	1.1	1.32	9.00	6.30	10.80	9.93	2.70	61.20
13	S-13	0.7	1.18	5.68	3.79	12.31	5.32	4.73	68.17
14	S-14	0.9	1.00	5.23	4.36	12.21	12.79	3.49	61.92
15	S-15	1.2	1.03	6.46	5.54	11.07	7.72	4.61	64.60
16	S-16	0.6	1.43	4.74	6.64	13.29	5.10	4.74	64.9
17	S-17	0.4	1.25	8.15	5.23	11.02	8.19	10.47	56.94
18	S-18	0.9	1.30	7.62	4.57	10.14	5.11	8.93	63.63
19	S-19	0.7	1.19	5.63	4.07	9.27	11.05	3.64	66.34
20	S-20	1.3	1.36	6.09	4.35	9.58	12.93	3.48	63.57
21	S-21	0.8	1.19	5.17	4.30	10.33	13.89	4.30	62.01
22	S-22	0.5	1.00	5.95	4.23	11.05	15.02	3.40	60.35
23	S-23	0.3	0.90	7.81	5.03	9.12	4.80	10.15	63.00
계	23공	0.87	1.23	6.83	4.88	11.36	8.36	4.84	63.73

탄철광, 저콘, Monazite 및 석류석등 有用鑛物은 될수 있는한 精確을 기하하였으므로 오차의 한계는 적을 것으로 생각된다.

4.3 試驗結果 綜合

本域 寶城江流域의 試井 및 Auger Boring 調査 實驗 結果 重砂品位 및 鑛物別 조성비율은 Table 1과 같다.

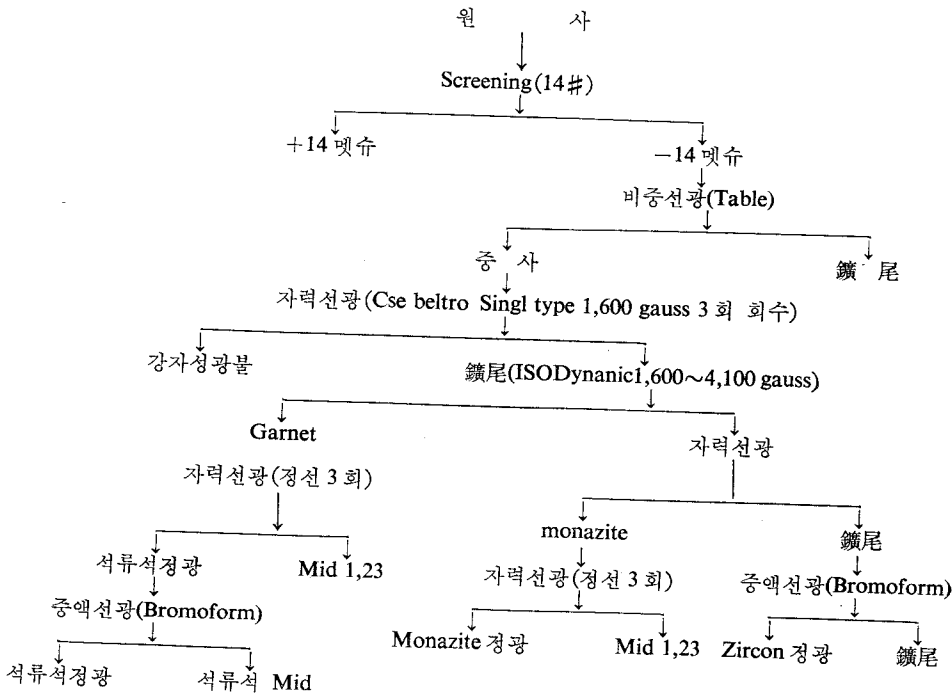
5. 選鑛試驗

5.1 試驗方法의 概要

重砂 鑛業도 다른 鑛業에서와 마찬가지로 풍부한 鑛量의 확보가 先행되어야 한다. 그러나 脈狀鑛床이나 石炭鑛等은 그 鑛床의 규모와 형태에 따라서 探鑛상에 기술적인 여러 문제가 있는 반면 重砂鑛業에서는 探鑛상의 문제는 장비만 허용하면 큰 어려움이 없으며 原

砂를 一次的으로 選鑛하는 것도 물에의한 比重選鑛이 主가되므로 큰 문제가 안된다. 그러나 一次 選鑛에서 生産된 重砂는 아무리 精밀한 工程을 거쳤다 하여도 完全한 單體 分離가 불가능하여 여러가지 鑛物의 混合體 밖에 生産해 내지 못한다. 이 混合 鑛物은 그대로는 利用 가치가 없을뿐 아니라 各 鑛物의 用途에 있어서 高度한 순수성을 요구하기 때문에 각기 그 특성에 따른 工程에 의해 各 單體 鑛物로 分離 精鍊해야 된다. 우리나라의 重砂 鑛物中 主要한 것은 砂金을 위시하여 Monazite, Zircon, Ilmenite 이고 그의 經濟性은 Monazite는  $ThO_2$  5~10%와  $Ce_2O_3$  25~35% 以上과 Ilmenite는  $TiO_2$  50% 以上, Zircon은 95% 以上の 品位를 갖추어야 한다.

重砂를 選別 試驗하는 工程度는 다음과 같다.



原砂를 처리하여 重砂中 各 鑛物의 精鑛을 生産하는 데는 다음의 두 종류의 선광방법이 있다.

첫째, 比重에 의해 選別하는 방법과

둘째, 磁性에 의해 選別하는 방법이다. 重砂鑛物의 比重은 大體的으로 3.4~5.6 까지이며 녹염석이 3.4로 가장 比重이 작은편이고 다음은 석류석이다. 따라서 이러한 重砂鑛物을 比重 2.65인 石英과 比重선광함이 選鑛方法에서 가능하게 된다. 또한 重砂中 各 鑛物은 그 磁性의 强度가 상이하기 때문에 磁力選鑛을 통

하여 各 鑛物의 精鑛을 生産함이 가능하다. 磁鐵鑛이 磁性이 가장 強하고 다음으로는 ilmenite, 석류석, 녹염석 monazite 순으로 된다. 石英과 zircon은 실제 선광 작업에 있어서는 非磁性이다. 磁性에 있어서 녹염석과 monazite는 別로 차이가 없으므로 重砂中에 많은 녹염석이 불순물로 함유(20-30%)되기 때문에 高品位의 monazite 精鑛을 얻기는 곤란하다. 原砂鑛物은 보통 28 mesh의 Screen을 통과함으로써 比重選鑛함에 앞서 篩分할 必要가 있다. 重砂鑛物의 比重은 녹염석, 석류-

석을 제외하고는 거의 같으므로 比重選鑛만을 통하여 高品位 Ilmenite 精鑛과 Monazite 精鑛의 生産이 不可能하기 때문에 첫째 比重選鑛을 통하여 原砂를 처리하여 重砂를 回收하고 농축된, 重砂를 磁力選鑛을 통하여 Ilmenite 와 Monazite 의 精鑛을 生産하도록 하는 것이 원칙이다. 원래 磁機 選鑛機의 處理용량은 “Humphrey spiral”이나 “Table”과 같은 比重 選鑛機에 比하여 능률이 低下됨으로 가능한 比重選鑛을 통하여 高品位 Ilmenite 및 Monazite 精鑛을 回收하도록 하여야 한다. 原鑛을 處理하여 石英을 包含하지 않은 重砂 部分만을 농축시키는 作業은 주로 “Humphrey spiral”로 하고 磁力選鑛의 給鑛이 되는 比重選鑛을 최종 精鑛의 Ilmenite 의 品位를 回上시키기 위하여 “Humphrey spiral”로 生産된 重砂를 다시 “Wilfley table”과 “Humphrey spiral”로 各各 別度 處理하여 兩者의 選別 效果를 比較하여 보는것이 좋다.

이 試驗을 통하여 多量의 選鑛産物이 生産되는데 일일이 各 産物의 品位를 化學分析 한다면 많은 時間이

所要되므로 Ilmenite 와 Monazite 같은 各 鑛物의 含有量을 알기 위하여 磁性에 의한 分離와 현미경을 鏡용하여 鑛物의 品位를 결정하였다.

5.2 原砂의 性質

試料의 性質 : 採取한 全 試料는 총 600kg 으로 篩分하여 자갈및 굵은모래 等 重砂가 含有되어 있지 않은 +20mesh 部分의 篩上 産物은 除去하고 -20mesh 部分의 篩下 産物만을 試驗用 試料로 한바 原砂中 重砂含有比는 0.83% 이며 重砂中에 含有되어 있는 有用鑛物은 magnetite, ilmenite, monazite, zircon, garnet 이고 其他 스만 광물로는 biotite, muscovite hornblend, eoidote, pyroxene, hematite, chlorite, rock fragment 와 quartz 內에 ilmenite 가 intergrowth 된 硅砂가 含有되어 있었다.

試驗에 사용된 試料(-20 mesh 部分) 中 重砂 含有率은 Table 2. 과 같고, 重砂中 各 鑛物의 함유율은 Table 3.에 原砂中 各 有用鑛物 함유율은 Table 4.와 같다.

篩分試驗 : 本 試驗은 Screen 에 의한 分粒試驗으로서

Table 2. 試驗 試料中 重砂함유률

원사 重砂 (%)	중 률 (%)	-20mesh 에 대한 重砂함유비 (%)			試驗 試料에 대한 各 鑛物含有比(-20mesh) (%)					
		重 量 比	重 含 有 比	유 용 광 물 함 유 비	Magnetite	Ilmenite	Monazite	Zircon	Garnet	others
0.85	47.3	2	0.87	0.14	0.27	0.21	0.13	0.12	0.91	

Table 3. 重砂中 各 鑛物 含有率

Magnetite (%)	Ilmenite (%)	Monazite (%)	Zircon (%)	Garnet (%)	others (%)	Total (%)
7.95	14.99	11.66	7.50	6.74	51.21	100.00

Table 4. 原砂中 各 有用鑛物 含有比

Magnetite (%)	Ilmenite (%)	Monazite (%)	Zircon (%)	Garnet (%)	Total (%)
0.07	0.12	0.10	0.06	0.06	0.41

原砂中에 含有되는 重砂鑛의 粒度에 對한 分布率을 알아보고자 행한 試驗으로 試料의 性質에서도 언급한 바와 같이 重砂鑛物이 含有되고 있지 않은 자갈 및 굵은 모래를 一次로 篩分에 의하여 제거하고 -20mesh 部分의 試料에 對하여 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150 및 200 mesh screen(Dia 8") 및 RoToP sieve shaker 를 使用하여 乾式 篩分試驗을 한 다음 各 粒度別 産物을 比重액 (bromoform, 2.87~2.89)을 使用하여 粒度別 重砂 含有比率을 알아 보았으며 그 結果는 다음 Table.5 및 Fig. 3과 같았다.

磁力 選鑛 : 比重選鑛에 의하여 농축회수된 重砂精鑛은 그 比重이 3.4-5.5 정도로 비슷하기 때문에 各 性別 分離는 비중선광법에 의하여 各 광물별 정광 산물을 生産할때 品位 및 회수율을 검토하기 위하여 실시 하였다. 試驗은 앞의 Humphrey spiral 및 concentrating table 을 併用한 비중선광법에 의하여 농축회수된 혼합 정광을 시료로 하여 hand magnet 로 magnetite를 回收한 다음 Isodynamic magntic separator 를 使用하여 ilmenite 는 side slope 20°, 0.2~0.5A, garnet 은 side slope 20° 05~0.7 A, monazite 는 side slope 5° 1.2~



Table 5. 粒度 試驗 結果

粒度 (mesh)	중량비 (%)		중사함유비 (%)		중사분포율 (%)	
	unit	cumulative	unit	Cumulative	unit	Cumulative
- 20~- 28	26.55	26.55	0.90	0.24	13.40	13.40
- 28~- 35	14.86	41.41	1.20	0.42	10.00	23.40
- 35~- 48	18.76	60.17	1.50	0.70	15.80	39.20
- 48~- 65	15.58	75.75	2.83	1.14	24.80	64.00
- 65~-100	9.08	84.83	3.25	1.43	16.50	80.50
-100~-150	5.24	90.07	4.50	1.66	13.20	93.70
-140~-200	3.37	93.80	2.90	1.77	6.00	99.40
-200	6.20	100.00	0.10	1.78	0.30	100.00
Total	100.00		17.18		100.00	

2.0 A 에서 試驗하였으며, zircon 과 其他 非磁性 鑛物 은 磁力選鑛法에 의하여는 回收가 곤란하므로 다시 concentrating table 을 使用하여 分離 回收하였다. 試驗結果는 표 5 에 기재하였다.

5.3. 試驗 結果 檢討

① 本 選鑛試驗에 提供된 寶城江流域의 原砂에 對한

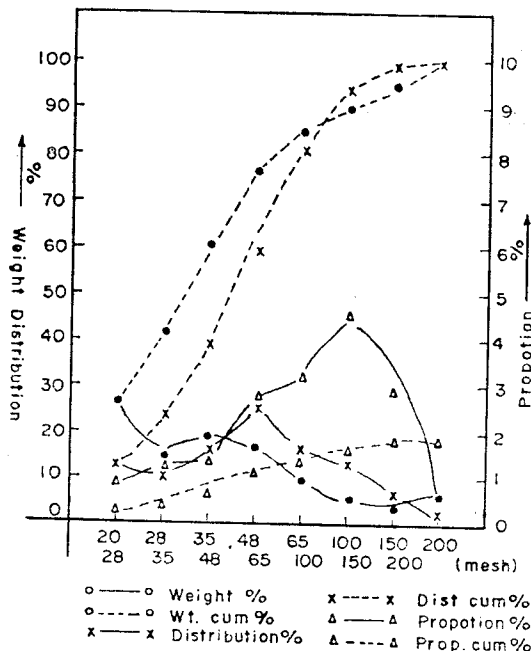


Fig.3 Result of sizing test on -20mesh portion

Table 6. 磁力 選鑛에 의한 試驗結果

Products	Wt. %	Mineralogic Analysis %	Distribution %	Humphrey & Table Conc %	Remarks
Magnetite	8.37	91.00	92.88	8.20	Magnetite: Hand magnet
Ilmenite	16.20	88.00	78.23	18.20	Ilmenite: {Side Slope: 20° 0.2~0.5 Ampere
Monazite	12.60	65.60	59.04	14.00	Monazite: {Side Slope: 5° 1.2~2.0 Ampere
Zircon	5.60	95.10	65.74	8.10	Zircon: {stroke; 280 Dip; 4°
Garnet	8.40	84.20	93.06	7.60	
Total	51.17	83.12	75.84	56.10	

重砂의 含有比는 0.83%이며 同 重砂中에 選別 回收코 자하는 有用鑛物의 含有比는 0.41 % 정도이었다. 實際 試驗用試料로 조제된 -20 mesh 部分의 原砂中 重砂含有比는 1.78%이고, 이중 有用鑛物의 比는 0.87%이었다.

② 分粒 試驗結果에서 알수있는 바와같이 原砂의 粒度는 比重選鑛(Table 및 Humphrey Spiral) 給鑛에 適當한 粒度의 -20~+100 mesh 가 84.83%로 大部分이나 選別 效果가 좋지 않은 가는 粒度(-100 mesh 以下)도 15.17%나 되었다.

本 調査地域의 모래(重砂含量 0.83%, 有用鑛物의 含有比 0.4%를 Dredge로 處理後 重砂만을 產品對象으로 比重 및 磁力選鑛 工程을 적용 處理時 400t/hr (조사연구보고 제 7호 P87. 원사 ton 당 49원 수익일 경우) 이

上 處理할 수 있는 규모이어야 개발성이 있을 것으로 思料된다.

6. 結 論

(1) 本 調査地域은 行政區域上 全南 昇州郡 南面, 寶城郡 文德面, 福內面, 栗於面, 노동면, 미려면一帶에 位置하고 있으며, 流路는 大體의으로 南에서 北流한다.

(2) 一帶의 地質은 白堊紀의 黑雲母花崗岩, 花崗閃綠岩, 石英閃綠岩과 鳴鳳層, 雪玉里層, 時代未詳의 古期片麻岩類에 屬하는 混成片麻岩 및 片岩, 斑狀變晶綠泥石片麻岩, 斑狀變晶片麻岩, 花崗岩質片麻岩으로 構成되어 있다.

(3) 試錐를 通하여 深度別 品位의 變化는 없으나 河床에 比하여 下部로 進行함에 따라 gravel의 含量이

감소되는 현상을 확인할 수 있었다.

(4) 鑛床은 第四紀의 沖積層에 胚胎된 砂礫鑛床으로서 河床은 大體的으로 sand 60%, gravel 30%, clay 10%의 比率로 構成되어 있다.

(4) 調査地域의 試井 및 Auger Boring의 平均 深度는 0.87 m이며, 重砂中 重鑛物의 平均品位는 monazite 6.83%, zircon 4.88%, ilmenite 11.36%, magnetite 8.36%, garnet 4.84%이다.

(5) 調査地域의 河川砂를 Humphrey-spiral 및 Table을 併用工程에 依하여 濃縮한후 磁力選鑛機를 使用하

여 鑛物別로 分離 回收한다면 產品化生産은 可能할 것이다.

(6) 또 이 地域의 모래(重砂含量 0.83% 有用鑛物의 含有比 0.4%)를 Dredge로 處理한후 重砂單獨만을 產品對象으로하여 比重 및 磁力選鑛 工程을 적용하여 처리할 경우 400t/hr 이상 처리할 수 있는 규모가 되어야 개발성이 있는 것으로 나타난다.

(7) 重砂는 물론 Gravel 및 Sand를 產品對象으로 처리 生産할 경우에는 100t/hr 정도에서도 개발성이 가능할 것으로 사료된다.

## 7. 參 考 文 獻

- Averill, C.V (1946 Placer mining for gold in cali ornia.  
Eoin, H.M (1969) Monual beach mining practice.  
Griffith, S.V (1960) Aluvial prospecting and mining.  
Judson, S. H. (1948) Spiral concentration mining World, Sep.  
김원조 (1971) Placer deposite in Korea. 지질광상 조사 연구보고. 제15호.  
노해룡, 안중성(1958) 일반적인 Monazite 선광 시험고찰. 제련 시험 보고 제 1 호.  
박병철(1973) 티탄철 자원과 그 이용에 관한 연구. 지질광상 조사연구보고 제23호.  
박병철, 이정구(1968) 한국의 Monazite 광상. 지질광상 조사 연구보고서 제10호.  
손치무(1959) 모나자이트의 근원암에 대한 연구. 지질광상 조사보고 제 3 호.  
이상만(1966) 福內地質圖幅.  
이정구, 조명승, 민충기(1979) 보성강 하류지역 중사광상 및 개발성 연구. 조사연구보고 제 7 호, 자원개발 연구소.  
이정구, 조명승(1980) 보성강 상류지역 중사 광상 및 개발성 연구. 자원개발연구소.  
최영천(1976) 한국산 중사광에서 관한 연구. 고려대학교 교육대학원 석사학위 논문.  
황인걸(1968) 寶城地質圖幅.