

韓國南部의 白堊紀末 以後의 火成活動과 鑛化作用에 對한 板構造論의 適用性 研究(I)†

閔庚德*, 金玉準*, 尹碩奎*, 李大聲*, 朱承煥**

Applicability of plate tectonics to the post-late Cretaceous igneous activities and mineralization in the southern part of South Korea(I)†

Kyung Duck Min*, Ok Joon Kim*, Suckew Yun*, Dai Sung Lee*, Sung Whan Joo**

Abstract: Petrochemical, K-Ar dating, S and Rb/Sr isotopes, metallogenic zoning, paleomagnetic and geotectonic studies of the Gyongsang basin were carried out to examine applicability of plate tectonics to the post-late Cretaceous igneous activity and metallogeny in the southeastern part of Korean Peninsula. The results obtained are as follows:

1. Bulgugsa granitic rocks range from granite to adamellite, whose Q-Ab-Or triangular diagram indicates that the depth and pressure at which the magma consolidated increase from coast to inland varying from 6 km, 0.5-3.3 kb in the coastal area to 17 km, 0.5-10 kb in the inland area.
2. The volcanic rocks in Gyongsang basin range from andesitic to basaltic rocks, and the basaltic rocks are generally tholeiitic in the coastal area and alkali basalt in the inland area.
3. The volcanic rocks of the area have the initial ratio of Sr^{87}/Sr^{86} varying from 0.706 to 0.707 which suggests a continental origin; the ratio of Rb/Sr changing from 0.079-0.157 in the coastal area to 0.021-0.034 in the inland area suggests that the volcanism is getting younger toward coastal side, which may indicate a retreat in stage of differentiation if they were derived from a same magma. The K_2O/SiO_2 (60%) increases from about 1.0 in the coastal area to about 3.0 in the inland area, which may suggest an increase in depth of the Benioff zone, if existed, toward inland side.
4. The K-Ar ages of volcanic rocks were measured to be 79.4 m.y. near Daegu, and 61.7 m.y. near Busan indicating a southeastward decrease in age. The ages of plutonic rocks also decrease toward the same direction with 73 m.y. near Daegu, and 58 m.y. near Busan, so that the volcanism predated the plutonism by 6 m.y. in the continental interior and 4 m.y. along the coast. Such igneous activities provide a positive evidence for an applicability of plate tectonics to this area.
5. Sulfur isotope analyses of sulfide minerals from 8 mines revealed that these deposits were genetically connected with the spacially associated igneous rocks showing relatively narrow range of $\delta^{34}S$ values (-0.9‰ to +7.5‰ except for +13.3 from Mulgum Mine). A sequence of metallogenic zones from the coast to the inland is delineated to be in the order of Fe-Cu zone, Cu-Pb-Zn zone, and W-Mo zone. A few porphyry type copper deposits are found in the Fe-Cu zone. These two facts enable the sequence to be comparable with that of Andean type in South America.
6. The VGP's of Cretaceous and post Cretaceous rocks from Korea are located near the ones (71° N, 180° E and 90° N, 110° E) obtained from continents of northern hemisphere. This suggests that the Korean peninsula has been stable tectonically since Cretaceous, belonging to the Eurasian continent.
7. Different polar wandering path between Korean peninsula and Japanese islands delineates that there has been some relative movement between them.
8. The variational feature of declination of NRM toward northwestern inland side from southeastern

† 本 研究는 1980年度 韓國科學財團 研究費의 支援에 依한 것임.

* 延世大學校地質學科 ** 韓國動力資源研究所

extremity of Korean peninsula suggests that the age of rocks becomes older toward inland side.

9. The geological structure(mainly faults) and trends of lineaments interpreted from the Landsat imagery reveal that NNE-, NWW- and NEE-trends are predominant in the decreasing order of intensity.

10. The NNE-trending structures were originated by tensional and/or compressional forces, the directions of which were parallel and perpendicular respectively to the subduction boundary of the Kula plate during about 90 m.y. B.P. The NWW-trending structures were originated as shear fractures by the same compressional forces. The NEE-trending structures are considered to be originated as tension fractures parallel to the subduction boundary of the Kula plate during about 70 m.y. B.P. when Japanese islands had drifted toward southeast leaving the Sea of Japan behind. It was clearly demonstrated by many authors that the drifting of Japanese islands was accompanied with a rotational movement of a clock-wise direction, so that it is inferred that subduction boundary had changed from NNE- to NEE-direction.

A number of facts and features mentioned above provide a suite of positive evidences enabling application of plate tectonics to the late Cretaceous-early Tertiary igneous activity and metallogeny in the area.

Synthesizing these facts, an arc-trench system of continental margin-type is adopted by reconstructing paleogeographic models for the evolution of Korean peninsula and Japan islands.

The models involve an extension mechanism behind the arc(proto-Japan), by which proto-Japan as of northeastern continuation of Gyongsang zone has been drifted rotationally toward southeast. The zone of igneous activity has also been migrated from the inland in late-Cretaceous to the peninsula margin and southwestern Japan in Tertiary.

1. 序 論

韓半島에 있어 中生代末의 白堊紀 中葉에서 始作하여 아마도 古第三紀까지 계속되었던 것으로 알려진 地殼變動은 佛國寺 地殼變動이다. 이 地殼變動에 隨伴하여 初期에는 火山活動이 活潑하여 여러종류의 火山岩을 噴出 乃至 貫入시켰고 뒤이어 佛國寺 花崗岩으로 알려진 深成岩의 侵入이 있었다. 이 같은 火成作用은 거의 慶尙盆地와 이에 隣接한 도서지방에 局限되어 있었던 것으로 알려져 있으며 이는 유럽의 Alpine Orogeny의 後期 Phase에 해당하며 北美의 Laramide Orogeny에 對比되는 것으로 알려져 있다.

이같은 地殼變動에 隨伴하여 慶尙盆地에는 鑛化作用이 活潑하여 철, 동, 연, 아연, 금, 중석, 모리브덴등의 鑛床이 널리 分布할 뿐 아니라 近來에 이르러 plate의 subduction zone과 관련되는 porphyry copper나 molybden 鑛床도 알려지게 되었다. 이 地域의 地質構造의 特性은 北北東 方向의 斷層들이 優勢하게 發達하여 여러개가 平行分布하며 그 轉移나 落差도 비교적 큰 것으로 알려지고 있다. 뿐만 아니라 이같은 地帶에는 높은 熱流量을 보이고 있다.

과거 慶尙盆地內의 火山活動을 岩石化學의 및 그 生成時期에 關하여 研究한 바는 있었으나 이들을 地構造의 見지에서 연구한 바는 없었다.

本 研究者들은 위에서 指摘한 現狀들이 소위 板構造

論의 見지에서 解析할수 있을 것이 아닌가 하여 本 研究에 着手하게 된 것이다.

1974年 Uyeda와 Miyashiro가 東海의 벌어짐과 日本의 南쪽으로의 移動에 關한 論文을 發表한후 여러사람들에 의하여 韓國의 地質을 板構造論的 見地에서 說明하였다. 그러나 그 全部가 추상적인 추리에 불과하였고 事實에 입각한 것은 거의 없었다고 하여도 과언은 아니다.

本 研究의 目的은 慶尙盆地의 地質과 鑛化作用및 構造등이 過去에 있었을 것으로 推測되는 板構造運動과 어떠한 關係가 있었는가 하는 점을 밝혀보려고 하는데 있으며 이를 達成하기 위하여 다음과 같은 분야에 重點을 두고 研究하였다.

(가) 地域의 白堊紀 火成岩類의 地化學의 研究를 거쳐 이들 岩類와 板構造運動에 따르는 火山岩類의 分布 model과 비교하고, (나) 火成岩類의 연령측정에 의한 時代와 同位元素 研究에 의한 生成條件을 밝히며, (다) 慶尙盆地內의 火山岩과 堆積岩의 古地磁氣를 研究하여 板構造論的 見地에서 本 韓半島의 移動 여부를 검토하고, (라) 本 地域의 鑛化帶의 帶狀分布를 板構造運動과 비교하고 아울러 火成岩類의 Rb/Sr 同位元素와 硫化鑛物의 硫黃同位元素 研究로 鑛液生成條件을 糾明하였고 (마) 本 地域에 分布하는 斷層群과 線狀構造의 成因을 地形양판의 沈降帶의 移動과 關聯하여 解析하였다.

이같은 研究를 위하여 白堊紀 岩石을 研究對象으로

하고 모든 sample 들을 東南海岸(釜山 附近)에서 北北西方向으로 內陸쪽(大邱 附近)으로 가면서 적절히 채취하였다. 모든 자료처리와 측정은 延世大學校에서 이루어졌으나, 岩石年齡測定 및 Rb/Sr 同位元素分析은 資源開發研究所와 Italy Pisa大學에서, 古地磁氣測定은 日本 京都大學에 研究組員을 파견하여 이루어졌고, 硫黃同位元素分析은 日本 나고야 大學에 유학생인 金奎漢 碩士에게 위촉하여 完成하였다.

本 研究를 가능케 하여준 韓國科學財團에 감사드리며 研究에 協力하여준 資源開發研究所, 日本京都大學과 나고야大學의 여러분, Italy Pisa大學의 Fararra 教授에게 감사드리며 아울러 시설을 活用케 하여준데 감사 드리는 바이다.

2. 慶尙盆地內的 火成岩類

2.1 地質概要

여기에서 慶尙盆地라 함은 所謂 慶尙主盆地를 지칭하며 本 研究는 주로 이 區域에 국한해서 수행되었다 (Fig. 1).

이 慶尙主盆地는 白堊紀初에서 末期에 이르는 地層과 火成岩類로 된 慶尙系가 主軸을 이루며, 東海岸을 따라 第三紀의 地層이 소규모로 散在한다.

慶尙系는 주로 陸成層과 火山岩 및 深成岩類로 構成되었으며 이를 過去 Tateiwa (1924, 1929)는 下部로부터 上部로 향하여 洛東統, 新羅統 및 佛國寺統으로 3大分한 바 있다.

洛東統: 洛東統은 本 盆地의 最下部層으로 盆地의 西側沿邊에서 先慶尙系에 속하는 變成岩類와 花崗岩類를 不整合으로 덮으며 帶狀으로 露出되어 있다. 이같은 洛東統의 帶狀分布에 對하여 장기홍(1977)은 하나의 谷盆(trough)을 생각하여 이를 “洛東谷盆” 이라고 命名하였으며, 洛東統의 地層은 이 谷盆에 限定해서 堆積하였고 新羅統이 널리 分布하는 區域에는 發達되지 않는 것으로 생각한 바 있다. 洛東統은 岩相에 따라 下部層으로부터 洛東層, 霞山洞層, 晉州層 및 漆谷層으로 나누어지며 서로 整合의이며 각각 特徵있는 岩相을 나타낸다.

洛東層은 주로 암회색의 砂岩, 세일, 礫岩의 호층으로 構成되며 그 층후는 840~2100m에 이르고, 간혹 燧石, 燧石類, 燧石類 化石과 性軟體動物化石을 포함하고 있다.

霞山洞層은 주로 赭色의 泥岩, 세일, 礫岩으로 構成되었고 그 층후는 700~1400m로 추산된다.

晉州層은 주로 암회색의 礫質砂岩, 砂質세일로 構成되며 赭色層을 포함하지 않는 것이 特徵이며, 그 층후는 750~1200m 정도이다.

漆谷層은 주로 赤紫色, 暗紫色, 紅褐色, 灰色의 세일과 泥岩으로 構成되나 礫質砂岩과 礫岩, 赭色의 集塊凝灰岩의 박층을 夾在하며 그 층후는 550~950m이다.

新羅統: 新羅統은 Tateiwa(1924, 1929)에 의하여 慶尙盆地 東北部에서 下部層으로부터 新羅礫岩, 鶴峯玢岩, 大邱層, 探藥山玢岩層, 乾川里層 및 朱砂山玢岩層으로 區分했다. 그후 여러학자들에 의하여 지역마다 세분된 지층명을 사용하여 왔으며, 大邱層을 咸安層과 半月層 및 慈仁層의 下部로(慶山圖幅), 鎮東層(현풍圖幅), 태양동층(梁山圖幅), 울산층(방어진圖幅), 咸安層과 鎮東層의 一部(馬山, 金海, 鎮東, 梁山, 清道圖幅), 咸安層, 半月層, 松內洞層(손치무등, 1969) 등으로 對比하였다. 그외에 乾川里層, 朱砂山玢岩層에 對해서도 같은 변화가 있으며 鶴峯玢岩層, 探藥山玢岩層은 지역적인 분포를 보여 缺層된 지역이 많으며, 八龍山層 또는 紫陽山層으로 命名된 凝灰岩, 集塊岩等を 榆川, 密陽, 金海, 馬山圖幅에 기재한 바 있다. 또한 岩石分析結果 鶴峯玢岩層은 玢岩이 아니고 玄武岩으로 보아야 하며 朱砂山玢岩을 流紋岩質 및 珪長岩質 이어야 하는 등 많은 改變이 要請된다. 以上과 같이 多樣한 지역적 층서의 異質性을 종합하려는 試圖가 손치무(1969)와 장기홍(1977) 등에 의해서 이루어진 바 있으나, 이에 대해서는 아직 提案段階에 있어 이를 先적으로 받아드리기는 어려우므로 여기에서는 從前의 층서를 따르기로 한다.

新羅礫岩層은 주로 礫岩이며 이에 砂岩質과 泥岩質 地層이 夾在한다. 礫은 10cm 以上에서 30cm 에 달하는 粒径을 가진 것이 있고 礫質은 花崗片麻岩, 花崗岩, 玢岩, 호운펠스, 玄武岩 및 安山岩 等이며, 층후는 200~600m로 변한다.

鶴峯玄武岩은 大邱부근에서는 新羅礫岩層을 덮고 있으며 最少 4개의 分類岩相을 볼 수 있다. 부분적으로 集塊岩組織을 나타내며 산화되어 전체가 붉은 색을 띠며 그 두께는 약 400m로 추정된다.

大邱層은 赭色, 黃褐色 또는 暗灰色의 泥岩, 세일, 砂岩으로 되었고, 赭色을 띠는 것이 下部에 특히 많다. 上部는 暗灰色層이 현저하며, 그 층후는 약 2000m에 달한다. 드물게 회색석회암의 薄層(0.5m 以下の 두께)을 夾在한다. 澱痕과 乾裂이 각 층군을 통해서 잘 나타난다.

探藥山安山岩層은 그 下部는 玄武岩내지 安山岩質로서 噴出岩相 또는 hyaloclastite 로서 잘 나타나며 岩色은 暗灰色이다. 上部로 감에 따라 火山性礫岩(volcanic conglomerate)과 火山性集塊岩으로 漸移한다. 이의 上部는 暗灰色 또는 灰綠色의 세일과 泥岩에 의해서 덮

이며, 그 층후는 200~500 m 로 변한다.

乾川里層은 採藥山安山岩層을 덮으며 주로 暗灰色의 세일, 泥岩, 砂岩으로 構成되고 30 cm 以下の 灰色石灰岩을 挾在하기도 하며 그 층후는 800 m 정도이다.

八龍山凝灰岩은 馬山, 靈山 및 淸道圖幅에서 記載되었으며 鎭東圖幅에서는 首陽山凝灰岩이라고 命名한 地層에 對比되는 것으로 綠灰色凝灰岩과 集塊岩 및 세일로 構成되며 朱砂山安山岩의 貫入을 받은 곳도 있다 그 두께는 120~150 m 이다.

朱砂山安山岩質岩은 安山岩質岩石을 주로하며 그 組織이 多樣하여 斑狀角礫質凝灰岩 또는 分岩類相을 띤다. 一般的으로 上部로 감에 따라 石英斑岩, 珪長岩 및 流紋岩 등의 산성암질로 漸移하며 그 두께는 100 m 에 달하고 있다.

雲門寺酸性火山岩類는 유천圖幅의 東北部에 있는 雲門山地域을 표식지로 하여 慈仁, 毛良, 靈山, 彥陽, 密陽에서 記述한 酸性火山岩類로서 石英安山岩, 流文石英安山岩, 石英安山斑岩, 珪長斑岩, 流文岩 등으로 구분되며 그 厚는 900 m 로 추정되고 있다.

佛國寺統: 層序上 佛國寺統은 新羅統위에 놓이는 火成岩으로 이를 나눠 佛國寺층군이라고 명명한 바 있으나, 이들은 어느 것이나 貫入岩體로서 층군으로 구분할 수는 없어 여기서는 酸性深成岩類를 통합하여 佛國寺花崗岩類로, 이들을 貫入한 脈岩類를 묶어 佛國寺酸性脈岩類라고 부른다.

(가) 佛國寺花崗岩類: 主로 花崗閃綠岩과 花崗岩類이며 慶尙盆地內 全域에 걸쳐 分布한다. 이들은 年代測定에 의한 地質時代에 의하여 몇가지 帶로 나눌 수 있다. 部分에 따라 閃綠岩質이다.

(나) 佛國寺酸性脈岩類: 全域에 걸쳐서 소규모의 岩體로 분포하여 기존암층을 貫入하였다.

위에서 論한 地質을 要約하면 Table 1 과 같다.

2.2 火成岩類

本 地域에 分布하는 噴出岩類는 岩質과 地質時代에 따라 다음의 4가지로 分帶된다.

학봉현무암 79.2 m.y.

채약산안산암류

주사산안산암류 77.3~61.7 m.y.

운문사산성화산암류

貫入岩類는 岩質과 地質時代에 따라 다음의 3 가지로 分帶된다.

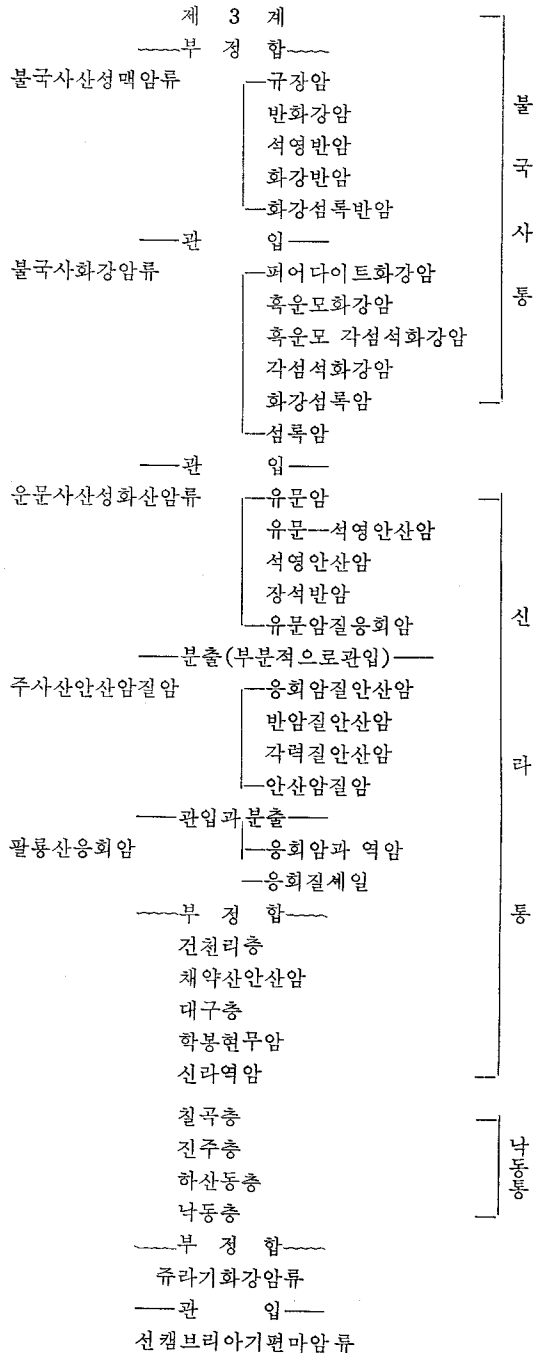
섬록암

화강암류 { 115~90 m.y.: middle Cretaceous
90~70 m.y.: upper Cretaceous
70~m.y. 以下: uppermost Cretaceous-

Paleogene

산성맥암류

Table 1. Stratigraphic classification of Gyongsang prope basin



火山岩類 :

鶴峰玄武岩 : 本 岩은 大邱북방에 분포하며 大邱層 下

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice to ensure transparency and accountability.

2. The second section outlines the various methods used for data collection and analysis. It details how primary and secondary data are gathered, processed, and interpreted to provide meaningful insights into the market trends and consumer behavior.

3. The third part of the report focuses on the financial performance of the organization over the past year. It includes a detailed breakdown of revenue, expenses, and profit margins, along with a comparison to industry benchmarks to assess competitive positioning.

4. The fourth section addresses the challenges faced by the company in the current market environment. It identifies key risks such as economic volatility, technological disruption, and changing regulatory requirements, and proposes strategic measures to mitigate these risks.

5. The final part of the document provides a comprehensive overview of the company's future outlook. It discusses the long-term goals, strategic initiatives, and investment opportunities that will drive sustainable growth and innovation in the coming years.

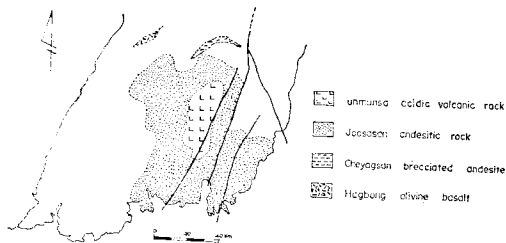


Fig. 2 Zonation of volcanic rocks in Gyongsang proper basin based on rock types

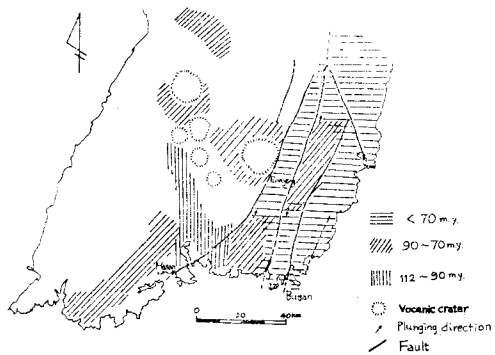


Fig. 3 Zonation of plutonic rocks in Gyongsang proper basin based on radiometric ages

部에 4개의 熔岩類로서 夾在되어 있다. 本 岩은 岩綠色 내지 暗褐色을 띄며 斑狀組織을 보이며 部分에 따라 杏仁狀組織을 보이기도 하고 局部的으로는 集塊岩의 樣相을 띤다. 主成分鑛物은 斜長石(An₄₄₋₄₇), 橄欖石 및 輝石이고 泥綠石, 黑雲母, 티탄석을 隨伴하며 斑晶鑛物은 주로 斜長石과 橄欖石이다.

採藥山安山岩: 本 岩은 永川南部 採藥山부근에 분포하며 주로 角礫質安山岩과 凝灰質岩으로 構成되어 있고 下部에는 약간의 黑色 또는 赤褐色 세일 및 火山岩質礫岩이 포함되어 있다. 本 岩은 大邱層을 整合的으로 피복하며 乾川里層에 의해 整合的으로 피복된다. 本 岩은 斑狀組織과 hyalopilitic 組織을 보이며 바탕의 대부분이 유리질인 점으로 보아 結晶時 급냉한 것으로 사료된다.

本 岩의 主成分鑛物은 斜長石, 一般輝石, 角閃石, 綠泥石, 不透明鑛物 및 유리질物質이고 黑雲母, 石英, 絹雲母, 티탄석이 隨伴된다. 本 岩은 대부분 角礫이 포함되는 安山岩이므로 角礫質安山岩이라 명명된다.

朱砂山安山岩質岩類: 本 岩은 本地域에 걸쳐 넓게 분포하며 岩相이 주로 塊狀인 部分으로 構成되고 角礫質인 部分, 斑狀組織인 部分 및 凝灰岩質인 部分이 隨

伴된다. 本 岩은 八龍山凝灰岩을 貫入하거나 噴出피복하는 暗綠色 내지 暗褐色岩으로 대체로 輝石, 角閃石 등의 斑晶을 包含하고 있다.

本 岩類의 貫入 또는 噴出時期는 K-Ar 질대년령에 의하여 77.3~61.7 m.y. 로서 적어도 몇차례에 걸쳐 噴出된 것으로 사료된다. 本 岩의 主成分鑛物은 斜長石, 輝石, 角閃石이고 副成分鑛物은 綠泥石, 燐灰石, 黃鐵石 등으로 構成되며 斜長石은 An 31~37이나 드물게 An 55~61 인 경우도 있다. 本 岩類는 대부분 安山岩으로 볼 수 있으나 部分的으로 An 含量이 높고 玄武岩質을 나타내는 部分이 주로 下部에 있다.

雲門寺酸性火山岩類: 本 岩類는 慈仁圖幅 東南部, 榆川圖幅 東部, 毛良圖幅 西部 및 密陽圖幅 中部 및 梁山圖幅內에 分布하며 石英安山岩, 流紋石英安山岩, 噴出硅長斑岩, 유리질斑岩, 流紋岩質凝灰岩으로 構成되어 있다. 本 岩類는 各 岩相들이 相互 漸移의이며 모두 朱砂山安山岩質岩類를 貫入한다. 本 岩類는 보통 회백색 내지 담회색을 띤나 곳에 따라 적갈색, 담홍색 및 암회색을 나타내는 치밀한 塊狀岩이며 斑狀組織을 보이기도 한다. 構成鑛物은 주로 石英, 알카리長石, 斜長石, 유리질物質이며 少量의 磁鐵石, 角閃石, 저어콘 등이 나타나고 石英과 長石들이 斑晶으로 들어있어 斑狀組織을 보인다.

深成岩類:

閃綠類岩: 本 岩類는 慶尙主盆地 北東部에서 彥陽—梁山斷層 以西地域의 大邱層內에 소규모의 岩脈이나 岩株狀의 産出狀態를 가지며 주로 花崗岩과 安山岩類의 接觸部 부근과 安山岩 內部에 發達分布한다. 構成鑛物은 斜長石, 角閃石, 黑雲母이고 輝石, 石英, 磁鐵石 등이 隨伴되며 等粒質半自形 粒狀組織을 갖는다.

花崗岩類: 本 城의 白堊紀 내지 第三紀의 花崗岩類는 黑雲母花崗岩, 角閃石黑雲母花崗岩, 角閃石花崗岩 및 퍼어다이트花崗岩으로 區分된다. 이를 絕對年齡에 의한 貫入時期로 分帶하면 크게 1) 115~90 m.y., 2) 90~70 m.y., 3) 68~41 m.y.의 3가지 群으로 나눌 수 있다 (이윤중, 1980).

115~90 m.y. 岩類는 本 城 西部와 南部인 鎮海—馬山—靈山—大邱에 이르는 地域에 分布하며 角閃石黑雲母, 花崗閃綠岩으로서, 南部에서는 角閃石이 黑雲母보다 우세하며 北으로 갈수록 黑雲母가 增加하는 傾向이 있다.

90~70 m.y. 岩類는 本 城 北東部인 甘浦—毛良—彥陽—梁山 等지와 中央部인 榆川—慈仁 等지에 넓게 分布하며 花崗閃綠岩 내지 아다멜라이트이다. 花崗閃綠岩과 아다멜라이트는 서로 漸移의이며 前者는 灰色中粒

Table 2. Chemical composition and CIPW norm values of Gyongsand volcanic rocks

Rock Type	Hagbong Basalt			Chusasan Andesite						Chaeyagsan Andesite		Chusasan Andesite	
	803313	8011504	803311	R-27	R-31	R-33	R-34	R-62	R-65	803406	803407	803517	803511
sample no.													
SiO ₂	45.53	44.97	45.66	53.70	44.85	55.20	48.66	51.36	50.32	55.44	54.92	54.65	61.56
Al ₂ O ₃	17.35	18.34	18.25	20.30	18.91	20.06	18.45	26.65	21.17	19.62	20.83	19.82	19.87
FeO	5.14	5.14	4.11	3.82	3.79	3.96	4.70	1.62	5.28	2.79	0.59	4.39	0.88
Fe ₂ O ₃	4.61	6.06	7.27	2.08	4.07	1.40	5.38	1.03	2.78	3.80	6.18	2.01	4.18
CaO	9.29	8.09	8.88	4.28	20.11	8.45	6.67	6.87	8.79	4.41	1.92	7.01	4.41
MgO	10.28	7.63	6.16	2.95	5.18	2.87	5.18	1.22	4.82	1.26	1.74	3.09	0.78
TiO ₂	1.33	1.13	1.23	1.09	1.17	0.86	0.074	0.93	1.17	1.82	1.56	1.06	0.66
P ₂ O ₅	0.062	0.277	0.284	0.151	0.057	0.089	0.089	0.082	0.163	0.042	0.038	0.432	0.173
MnO	0.114	0.062	0.082	0.096	0.023	0.014	0.99	0.021	0.091	0.057	0.072	0.025	0.067
SO ₃	0.041	0.012	0.015	0.031	0.017	0.038	0.080	0.031	0.021	0.010	0.014	0.007	0.008
K ₂ O	1.16	0.59	0.52	0.54	0.08	2.45	6.15	2.70	0.41	1.43	1.30	1.15	1.35
Na ₂ O	3.61	2.63	2.38	6.76	0.81	3.97	0.53	6.11	2.90	6.83	6.63	5.00	3.95
H ₂ O ⁺	0.97	3.40	3.87	2.41	0.25	0.17	2.40	0.82	1.65	1.80	2.39	0.57	1.37
H ₂ O ⁻	0.31	1.51	1.15	0.68	0.26	0.27	0.63	0.41	0.33	0.63	1.22	0.32	0.54
total	99.79	99.84	99.86	99.68	99.57	99.80	99.97	99.93	99.79	99.93	99.79	99.92	99.79
Q	—	—	3.30	3.24	0.96	0.60	—	—	4.32	—	6.72	—	22.84
or	—	—	3.34	2.78	0.56	15.01	36.70	46.90	2.22	8.34	7.23	7.23	8.34
ab	15.20	22.01	19.91	56.11	6.81	33.54	4.19	—	24.63	57.64	56.07	42.44	33.54
an	27.80	36.70	37.53	20.57	47.82	29.47	29.75	33.36	42.53	18.63	3.89	27.80	21.13
ne	8.24	—	—	—	—	—	—	8.24	—	—	—	—	—
Lc	—	—	—	—	—	—	—	4.12	—	—	—	—	—
di	Wo	7.66	0.70	2.09	—	16.24	5.88	0.81	—	—	1.39	—	2.55
	En	5.70	0.50	1.80	—	12.50	2.90	0.70	—	—	1.20	—	2.20
	Fs	1.19	0.11	—	—	1.98	1.72	0.26	—	—	—	—	—
hy	En	—	15.40	3.30	1.40	—	4.30	9.80	—	12.80	1.20	4.40	5.50
	Fs	—	1.80	—	4.62	—	3.30	2.77	—	5.54	—	—	—
ol	Fo	3.37	2.24	—	—	—	1.75	2.17	—	0.56	—	—	—
	Fa	14.40	0.82	—	—	—	0.72	0.51	—	—	—	—	—
mt	4.41	8.82	9.98	4.18	6.03	2.09	7.89	1.39	4.18	3.94	—	3.02	1.16
il	0.15	2.13	2.28	2.13	2.28	1.67	0.15	1.67	2.28	3.50	1.37	2.13	1.37
ap	—	0.67	0.67	0.34	1.34	0.34	0.34	0.34	0.34	—	1.01	0.34	0.34
tn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.16	—	—
hm	—	—	0.32	—	—	—	—	—	—	1.12	6.24	—	3.36
c	—	—	—	1.12	—	—	—	—	1.53	0.41	—	7.14	—
Wo	—	—	—	—	3.94	—	—	—	—	—	—	—	—
D. I.	30.67	25.35	26.55	63.13	8.33	49.15	40.89	59.26	31.17	65.98	70.68	49.67	64.38

質이고 後者は 灰白色 내지 淡紅色을 띠는 中粒 또는 細粒質岩이다.

68~41 m.y. 岩類는 本 域 東部와 東南部에 分布하며

古第三紀 팔레오統에 貫入한 岩體로서 1), 2)群의 花崗岩도 있다. 本 岩類는 細粒質이 우세하나 때로는 中粒을 보이기도 하는 花崗閃綠岩 내지 아라펠라이트로서

石英斑岩, 長石斑岩, 花崗斑岩 等으로 漸移的인 變化를 한다. 本 岩類는 一般的으로 微紋狀構造를 볼 수 있으며 곳에 따라 마이아로리틱組織을 나타내고 카리長石에 의해 淡紅色을 띤다.

酸性脈岩類: 本 岩類는 主로 花崗斑岩과 珪長岩으로 構成되며 半花崗岩, 石英斑岩 및 長石斑岩이 隨伴되고 이들 相互間에 漸移的인 變化가 보이며 本 域의 各地에서 소규모의 岩柱狀이나 脈狀 貫入體로서 나타난다.

3. 火成岩類의 岩石化學의 特徵

本 地域의 火成岩類中 中性 내지 鹽基性 火山岩類 13개에 대해서 主成分元素를 分析하여 CIPW Norm 值와 함께 Table 2에 나타내었다. 또한 大邱에서 부터 釜山에 걸쳐 線上으로 시료를 채취하여 SiO₂, K₂O 및 Na₂O 含量을 分析하여 Table 3과 같은 結果를 얻었다. 分析方法은 SiO₂, Al₂O₃, FeO, CaO, MgO 및 SO₃에 對해서는 濕式分析으로, K₂O와 Na₂O는 A.A. 器機分析으로, TiO₂ 및 P₂O₃는 比色法으로 이루어 졌다.

本 地域의 火山岩類中 一部 中性 및 酸性岩類에 대해서 차문성(1976)과 박영진(1980)의 分析資料를 引用하였으며, 深性岩類에 대해서는 이윤중(1980), 차문성(1976), 박배영(1980) 및 이상만(1972)의 資料를 引用하였다. 또한 全般的인 化學的 特性과 隣接地域과의 比較研究를 위하여 Harumoto (1970)의 울릉도 分析值, Aoki (1958, 1970)의 Iki 섬 分析值 및 원종관(1976)의 제주도 分析資料를 引用하였다.

3.1 岩石分帶別 化學組成

火山岩類: 慶尙主盆地內에 分布하는 火山岩類에 대한 主要化學造成을 岩石分帶別로 比較하여 보면 Table 4와 같이 要約할 수 있다.

Table 4에서 보는 바와 같이 鶴峰玄武岩은 다른 岩石들에 비해 SiO₂, Al₂O₃ 및 Alkali가 비교적 낮고 TiO₂, FeO*, CaO, MgO가 높으며, 이어서 採葉山安山岩, 朱砂山安山岩類 및 雲門寺酸性火山岩類로 갈수록 이와는 반대현상이 나타난다. 여기서 朱砂山安山岩類의 化學造成은 鹽基性 내지 一部는 酸性에 해당되는 多様な

Table 3. Chemical composition of volcanic rocks between Busan and Daegu

Sample	SiO ₂ (%)	K ₂ O(%)	Na ₂ O(%)
80-313	45.54	1.16	3.61
R-21	62.14	2.85	3.58
R-22	63.04	3.15	3.70
R-23	64.98	3.00	4.41
R-24	47.90	0.85	2.98
R-25	59.36	2.50	3.98
R-26	59.56	0.11	7.25
R-27	57.88	0.47	6.10
R-28	45.16	2.49	3.54
R-29	56.34	2.68	3.38
R-30	59.28	1.95	4.70
R-31	47.06	0.08	0.70
R-32	60.20	5.00	0.34
R-33	57.38	1.90	3.28
R-34	49.74	1.60	2.20
R-61	50.90	0.95	2.52
R-62	53.18	2.20	4.51
R-63	57.22	2.25	2.92
R-64	55.76	0.65	6.30
R-65	53.74	0.41	2.90
R-66	55.26	2.60	3.65
R-67	67.44	2.79	3.30
R-68	66.80	3.80	3.10
R-69	67.82	2.50	5.08
R-70	49.48	1.58	3.20
R-119	49.50	1.58	2.09

Based on these data, K₂O/SiO₂ ratios of samples were calculated and plotted on Figure 23 (Chap. 7).

樣相을 보인다.

이들 火山岩類의 Norm 鑛物을 根據로 Streikisen의 分類法을 適用하면 Fig. 4와 같이 Q와 K-F의 比率는 最高 3:2 정도로서 酸性岩에 가까울수록 알카리의 含量이 높아지는 傾向을 보이는데 이는 마그마分化和 關聯된 것으로 思料된다.

Table 4. Composition of volcanic rocks among zones

암석분대	성분	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	CaO	MgO	Alkali	Symbol
학봉현무암		44.9-45.6	1.1-1.3	17.3-18.3	9.3-10.6	8.0-9.3	6.1-10.2	2.9-4.8	●
채약산안산암		54.9-55.4	1.5-1.8	19.6-20.8	6.1-6.2	1.9-4.4	1.2-1.8	7.9-8.3	◆
주사산안산암류		44.8-61.5	0.05-1.2	18.4-26.6	2.5-9.5	4.2-20.1	0.6-5.1	0.6-8.8	●
운문산산성화산암류**		63.9-78.2	0.08-0.25	12.9-17.8	0.8-5.5	0.3-2.1	0.1-0.5	4.3-7.5	○

*total FeO

**차문성(1976)의 화학분석치에서 인용하였음

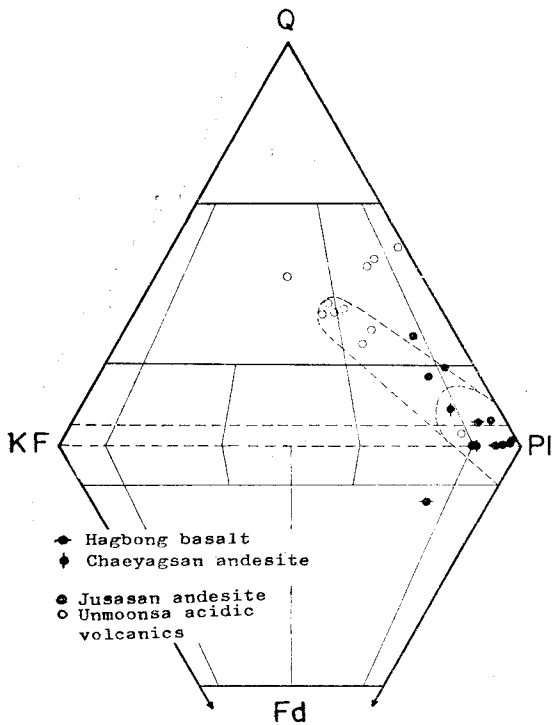


Fig. 4 Normative Q-KT-P Idiagram of streckeisen's classification of Gyongsang volcanic rocks

Fig. 5는 마그마의 地殼과의 同化정도를 보여주는 그림으로서 鶴峰玄武岩의 A 成分含量이 가장 적어 同化 정도가 가장 적고, 반면에 採藥山安山岩類의 A 成分의

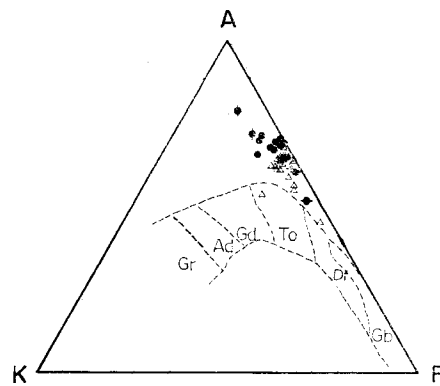


Fig. 5 AKF diagram comparing with the world averages of igneous rocks from the data of Nockolds(1954) (after Lee 1977). Gb:Gabbro. Di: Diorite. To: Tonalite, Gd: Granodiorite, Ad:adamellite, Gr:Granite

Table 5. Compositional correlation of granitic rocks among zones

성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	Na ₂ O+K ₂ O
암석분대				
퍼어다이트 화강암	65.1-72.1	11.1-17.5	1.9-5.6	6.3-8.9
불국사 화강암류	66.3-74.8	13.6-18.1	0.6-6.4	3.2-9.1
적 3기 화강암류	67.1-72.8	14.9-15.7	1.4-3.1	7.8-8.8
산성맥암류	70.7-76.2	13.3-16.8	1.1-4.2	6.3-8.4

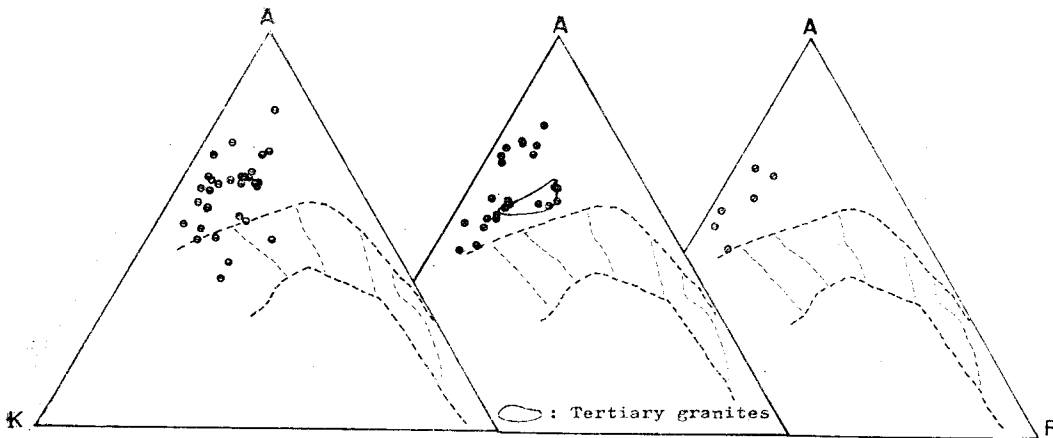


Fig. 6 AKF diahram granitic rocks in Gyongsang proper basin
left side: Perthite granite, middle :Bulgugsa granite. right side: Acidic dikes, ○: Tertiary granites. The boundaries of dashed line are the same as those of Figure 5.

含量이 높아 同化를 심하게 받았음을 가르킨다. 이러한 樣相은 慶尙主盆地內의 火山岩類가 全般的으로 大陸地殼物質과 同化되었음을 보여주고 있다.

深性岩類 및 酸性脈岩類: 深性岩類의 化學造成은 이윤중(1980), 박배영(1980) 및 차문성(1976)의 分析值를 利用하여 岩石分帶別로 大表的인 化學成分을 要約하면 다음 Table 5와 같다.

Table 5에서 보는 바와 같이 SiO_2 를 비롯한 化學成分들이 岩石分帶別로 일정한 범위를 가진 경향을 나타낸다. 퍼어다이트화강암류는 비교적 적은 SiO_2 함량을 가지며 酸性脈岩類쪽으로 갈수록 SiO_2 함량이 증가될 수 있다.

Fig. 6의 AKF diagram을 살펴보면, 全 岩石分帶가 A 成分의 함량이 전반적으로 높으므로 大陸地殼과의

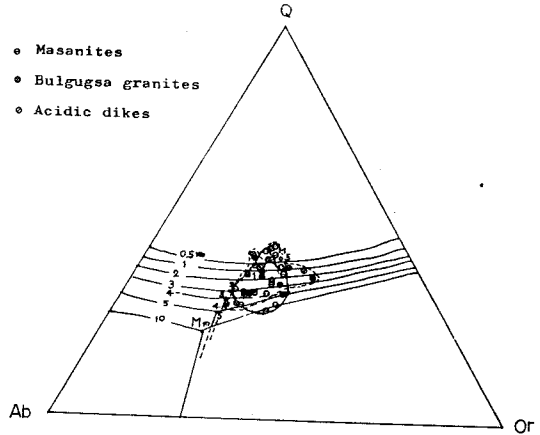


Fig. 7 Normative Q-Ab-Or (the sum is 80% or more) diagram of granitic rocks in Gyeongsang proper basin.

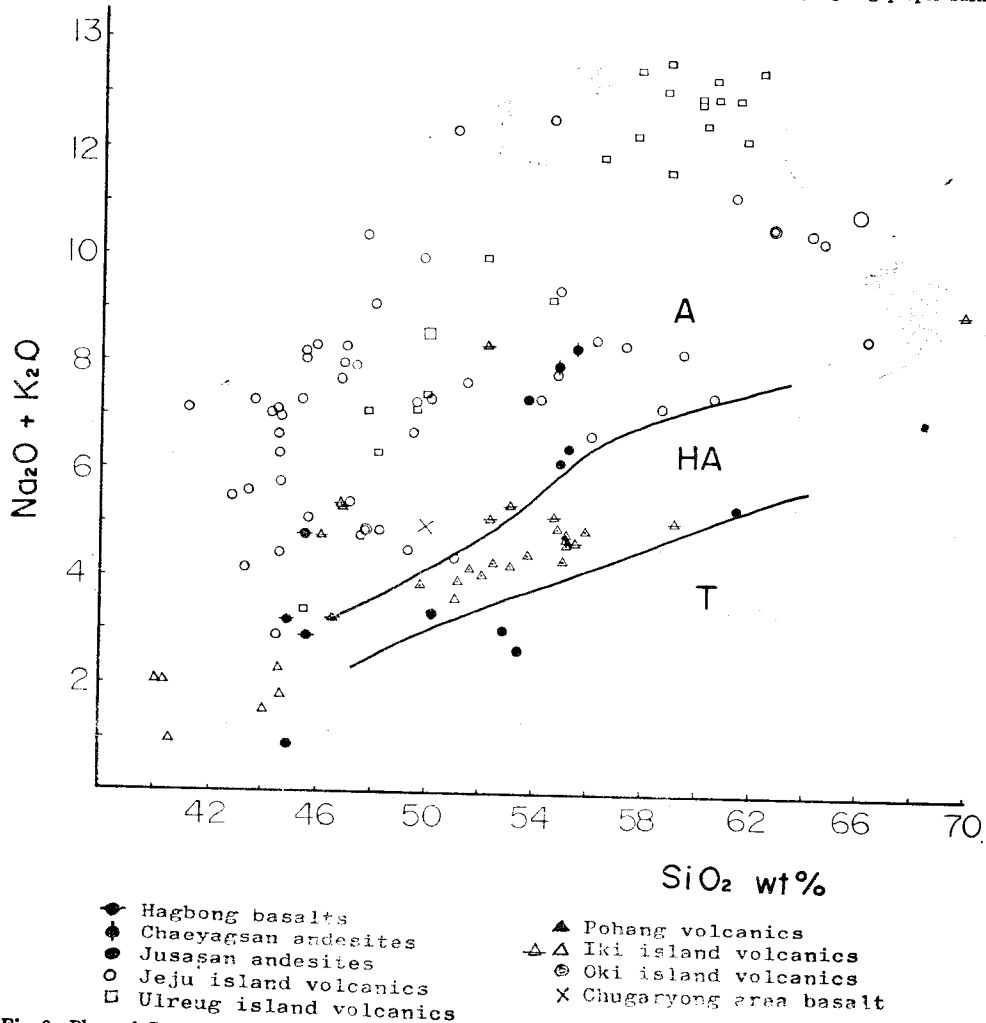


Fig. 8 Plots of Gyeongsang and related volcanic rocks on the alkalis versus silica diagram (after Kuno, 1966)
A: Alkali olivine basalt, HA: High alumina basalt, T: Tholeiitic basalt

同화가 많음을 보여준다.

또한 퍼어다이트花崗岩類쪽 보다는 酸性脈岩類에서 K의含量이 많아 後者쪽이 分化後期産物임을 類推할 수 있다.

本 岩類들의 貫入條件을 Q-Ab-Or diagram (Fig. 7)에 비추어 보면, 대체적으로 퍼어다이트花崗岩類가 가장 높은 壓力을 나타내고, 佛國寺花崗岩類는 보다 낮은 壓力, 酸性脈岩類는 가장 낮아 0.5 Kb 정도를 보여준다.

3.2 火成岩類의 全般的인 化學的 特徵

本 地域의 火山岩類 마그마 系列을 살펴보기 위하여 Kuno(1966)의 (Na₂O+K₂O)—SiO₂ diagram에 根據하여 살펴보면 Fig. 8과 같이 나타난다.

鶴峰玄武岩과 採藥山安山岩類는 alkali basalt series의 特性을 보이며 朱砂山安山岩類는 알카리玄武岩系列에서 부터 tholeiitic basalt series 까지 全般에 걸치는 값을 보여준다.

隣接地域과의 關聯性을 살펴보면 울릉도, 제주도 및 추가령지구의 中性 내지 鹽基性火山岩類는 모두 알카

리玄武岩系列로 나타나는 반면, 포항의 第三紀 火山岩類와 日本의 Iki 및 Oki 섬의 火山岩類는 대부분 高알루미나玄武岩系列(high alumina basalt)에 속하며 一部 알카리玄武岩系列도 나타난다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 제한된 SiO₂量에 대한 Al₂O₃—alkalies diagram도 같은 樣相으로 나타난다.

3.1.에서 이미 提示한 Fig. 5의 AKF 圖에서 이들 火山岩類는 포항이나 日本의 Iki 섬보다도 Al₂O₃가 높으므로 大陸地殼物質과의 同화가 현저히 이루어졌음을 나타내 준다.

Fig. 10의 AFM diagram에서도 本 域의 火成岩類가 세계의 칼카알카리系列(CA)을 따르고 있으며, 또한 火山岩類와 深性岩類가 같은 傾向을 보이는 것은 이들의 마그마가 同一起源이며, 酸素分壓이 비교적 높은 條件下에서 이루어진 마그마로 볼 수 있다. 이러한 條件은 水分含量이 풍부한 狀態 즉 堆積岩類와의 同化等으로 說明된다.

따라서 慶尙主盆地內에 分布하는 火成岩類는 大陸沿邊과 같은 곳에서 大陸地殼과 密接히 關聯된 地域에서

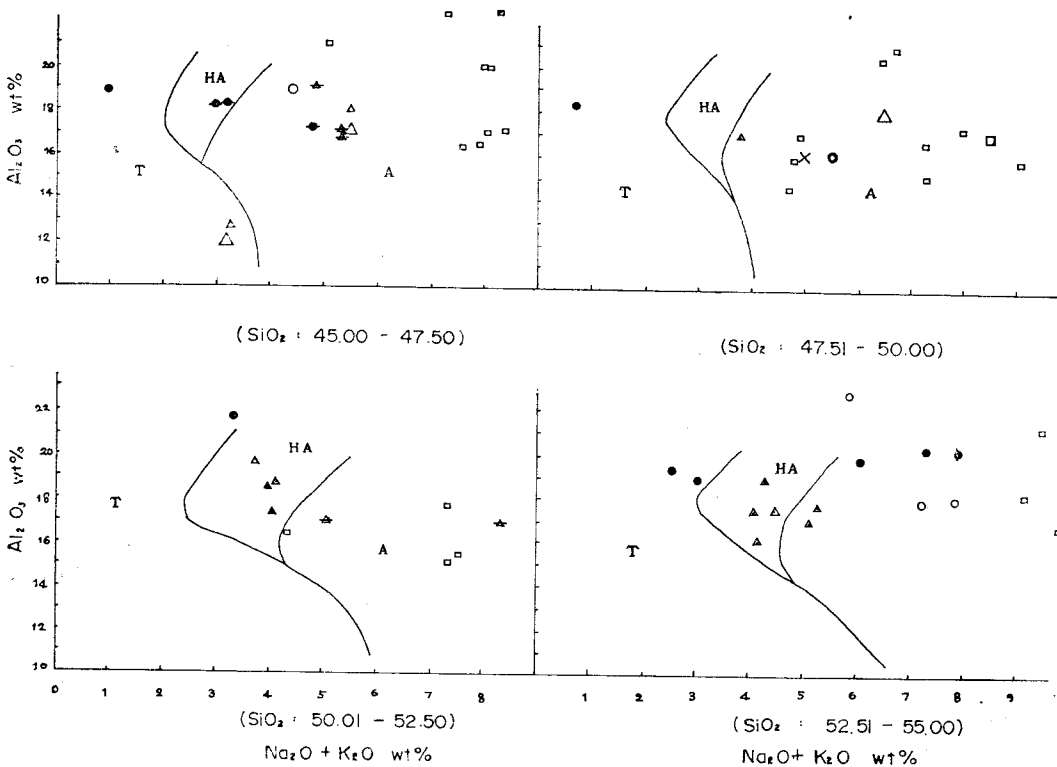


Fig.9 Plots of Gyongsang volcanic rocks and related rocks on Al₂O₃ versus alkalies (proposed by Kuno, 1966)

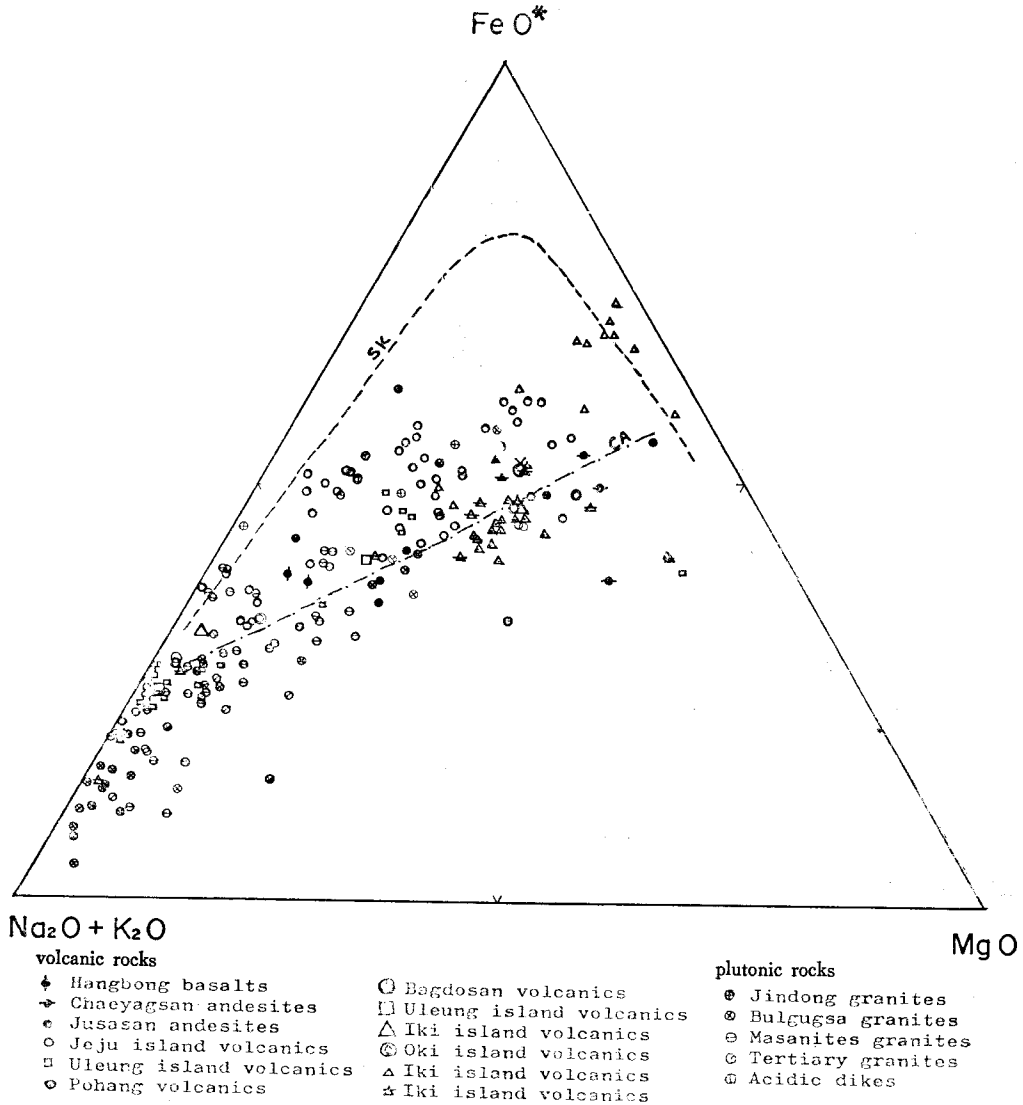


Fig10. AFM diagram in Gyongsang igneous rocks and related volcanic rocks
SK: Skaergaard trend, CA: world average of calc-alkali rock series

噴出 또는 貫入된 樣相이라 할 수 있다.

4. 火成岩類의 年代

4.1 火山岩類의 年代測定

試料採取: 本 地域의 廣域地質構造線인 NE 방향을 橫斷하여 釜山—大邱를 잇는 NW 방향으로 試料採取線을 定하였다.

K-Ar 年代測定을 實施한 試料는 大邱北쪽 鶴峰玄武岩(313)을 起點으로 하여 慶山—淸道—楸川—密美—梁山等地를 거쳐 松程里의 輝石玄武岩(119)를 終點으로

한 總 8個이다. 梁山斷層을 中心으로 西쪽 密陽斷層과 東쪽 東萊斷層과의 사이는 深性岩의 浸한 貫入을 받아 火山岩類의 變質이 浸할 것으로 보아 이 部分에서의 試料採取를 保留하였다. K-Ar 年代를 測定한 試料들은 火成岩體로 부터 되도록 떨어진 位置에서 採取하였으며 顯微鏡觀察로 비교적 變質이 덜된 것을 골랐다. 이들은 完全化學分析을 하였으며 whole rock의 粉末로서 이태리의 Pisa 大學에 보내져 K와 Ar의 分析과 K-Ar 年代가 計算되었는데 그 結果는 Table 6과 같다.

Table 6. K-Ar ages of basaltic-andesitic rocks between Busan and Daegu

Sample no	K %	ml Ar ⁴⁰ /gr K10 ⁻⁴	⁴⁰ Ar _r %	Age m.y. (whole rock)
119	1.28	2.49	72	61.7±3.1
65	0.34	2.597	22	64.2±3.2
62	2.10	2.648	58	65.4±3.3
34	1.33	2.661	75	65.8±3.3
33	1.48	2.334	59	57.8±2.9
31	0.064	3.139	6	77.3±3.8
27	0.48	3.024	26	74.5±3.7
313	0.84	3.224	53	79.4±4.0

Samples are arranged in the order from Busan (coast) toward Daegu (inland). Note a general increase in age from coast (sample 119) to continental interior (sample 313).

Rock names:

- 119: Porphyritic augite basalt
- 33: Hornblende andesite
- 65: Hornblende andeste
- 31: Hornblende andesite
- 62: Porphyritic biotite andesite
- 27: Porphyritic propyritized andesite
- 34: Porphyritic augite basalt
- 313: Olivine basalt

K-Ar age determinations were done at Pisa university by Prof. Ferrara and his co-workers.

各試料의 岩石名은 Table. 6에 表示한 바와 같은데 8個의 試料中 3個가 玄武岩이고 나머지는 安山岩이다. 各試料의 年代는 Fig. 11에서 보는 바와 같이 大邱에서 密陽斷層까지는 79.4 m.y.에서 65.8 m.y.로 白堊紀末에 해당하나 東萊斷層 동쪽에서 부터는 65.4 m.y.에서 61.7 m.y.로 나타나 白堊紀末에서 第三紀初로 젊어졌음

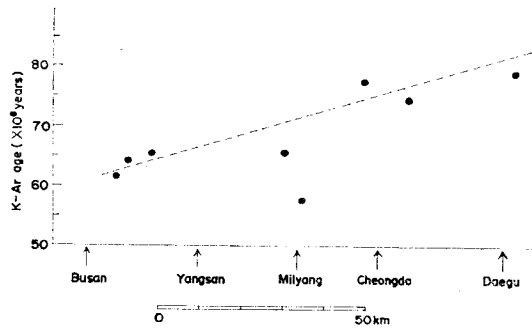


Fig. 11 Increase in K-Ar age of andesitic aodes from Busan (coast) toward Daegu (inland)

을 보여준다. 뿐만 아니라 이들 값을 Fig. 11에서와 같이 釜山(海岸)으로 부터 大邱(內陸)쪽으로 향하여 試料와 試料사이의 相對的 距離를 횡축으로 하여 적어보면 대체로 內陸으로 향하여 岩石年代가 늘어짐을 보여준다. 단지 密陽斷層 西쪽에서 한 試料만 57.8 m.y.로 나타나 이단적으로 젊은데 이 점에 대해서는 앞으로 다른 試料를 採取하여 再確認하는 研究가 뒤따라야 할 것이다.

結果解析:

火成活動의 移動: 慶尙主盆地內의 火山岩類의 K-Ar 年代가 釜山으로부터 大邱方面으로 향하여 점차로 늙어진다는 事實은 이 區間을 橫斷하여 解析해 볼 때, 이 盆地內에서의 火山活動이 內陸地方에서 79 m.y.前에 일어났으나 東南쪽으로 移動하여, 海岸가에서는 61 m.y. 前에 活動이 끝났음을 意味한다. 이 事實은 最小한 慶尙主

Table 7. Radiometric ages of granitic rocks between Busan and Daegu

Sample no in source	Locality	Rock name	Age (m.y.)	Method	Author
J-26	Songjeong-ri	Hb-Bi Adamellite	58	K-Ar Biotite	Y.J.Lee(1980)
J-32	NW Dongrae	Hb-br-Bi Adamellite	63	K-Ar w.r.	"
J-36	SE Yangsan	Cum-br-Bi Adamellite	85	K-Ar w.r.	"
Y-39	S Eongyang	Bi Adamellite	63	K-Ar s.m.	"
Y-1	SW Yangsan	Leuco Granite	71	K-Feldspar	O.J.Kim(1971)
J-35	N Yeoungsan	Hb-br-Bi Adamellite	71	K-Ar w.r.	"
Y-27	NW Eongyang	Bi Adamellite	74	K-Ar Biotite	"
Yu	Yucheon		75	Rb-Sr w.r.	M.S.Jin(1980)
62(P-1)	W Palgongsan	Bi Granite	73	K-Ar feldspar	O.J.Kim(1971)
J-2	E Palgongsan	Hb-Bi-Adamellite	82	Biotite	Y.J.Lee(1980)

Granitic rocks in this table were chosen so as to compare with adjoining basaltic-andesitic rocks (in Table) in age relations, Abbreviations; Hb: Hornblende, Bi: Biotite, br: bearing, Cum: Cummingtonite, w.r.: whole rock, s.m.: Salic mineral.

Table 8. Age comparison of volcanic rocks and adjoining or related plutonic rocks between Busan and Daegu

	Sample no	Age(m.y.)	Rock type	Locality
Volcanic Plutonic	119	61.7	Por. Au Basalt	Songjeong-ri
	J-26	58	Hb-Bi Adam.	Songjeong-ri
	65/62	64.2/65.4	Hb And/Hb And	Kijang
	g-32/1A-36	63/85	Hb-br-Bi Adam/ Cum-br-Bi Adam	NW Dongrae/ SE Yangsan
	—	—	—	—
	Y-39/Y-1	63/71	Bi Adam/Leuco Granite	Gimhae/Yangsan
	34/33	658/578	Por Au Basalt/Hb And	E Milyang
	Y-27	74	Bi Adam	NW Eongyang
	31	77.3	Hb And	Cheongdo
	Yu	75	Bi-Hb Granite	N.Yucheon
27	78.5	Por-Prop And	Cheongdo	
—	—	—	—	
313	79.4	Ol Basalt	N.Daegu	
62/J-2	73/82	Bi Granite/ Hb-Bi Adam	W.Palgongsan/ E.Palgongan	

Sample numbers were adopted from original sources (Table 7)

—: stands for no data available, Adam: Adamellite, And: Andesite.

盆地內에서의 火山活動은 전면적으로 동시에 일어난 것이 아니고 內陸으로 부터 海岸으로 向하여 점차 移動하였음을 시사한다. 이러한 火成活動의 漸移의 移動現象은 地殼下部에서의 마그마生成帶의 移動을 뜻하는 것으로서, 韓國東南部에 對한 板構造論의 解析의 可能性을 提供하는 것인데 具體的인 論議는 7章에서 하기로 한다.

4.2. 貫入岩(花崗岩質岩)類의 年代

既存資料의 選別: 慶尙盆地內의 火成岩類의 K-Ar 年代測定은 金玉準(1971), 李正煥(1971)과 朱承煥(1971)等에 의한 12個와 李倫鍾(1980)에 의한 36個에 의한 것이 있다. 이들 중 今番 K-Ar 年代가 測定된 火山岩類와 隣接 또는 關聯된 岩體들에 대한 것을 選別 專用하였다. 이들은 Table 7에 列擧한 바와 같이 K-Ar 年齡이 58 m.y.인 松程里의 角閃石黑雲母 아다메라이트(李倫鍾, 1980)를 爲始하여 彥陽附近의 63 m.y. 인 黑雲母 아다메라이트(李倫鍾, 1980)을 거쳐 八公山 西部의 73 m.y. 인 黑雲母花崗岩(金玉準, 1971)에 이르는 都合 10個의 測定值이다. 이들 測定值는 大部分이 黑雲母 또는 whole rock의 K-Ar 年代이나, 楡川花崗岩(75 m.y.) 團은 whole rock의 Rb-Sr 年代이다(진명식, 1980).

이들 貫入岩類의 年代는 釜山으로 부터 大邱방면으로 向하여 비교해 보면 海岸가에서 부터 內陸地域을 向하여 점차 늘어지고 있음을 알 수 있다.

그러나 火山岩의 경우와 같이 單一勾配를 나타내지는 않고 간간히 隕신 늙은 岩體들이 있는데 특히 傾動으로 北측이 上昇되었다고 解析되는 梁山斷層과 東萊斷層 사이의 block에서 (Fig. 12 參照) 85 m.y.인 높은 값을 보여주고 있다(李倫鍾, 1980).

火山岩類의 年代比較: 以上 10個 貫入岩의 年代值를 直接接觸되어 있거나 地史的으로 關聯되었다고 보는 火山岩類의 年代值와를 地域別로 各各을 작으로 묶어서 (Table 8) 比較해 보면 대체로 深性岩類의 값이 火山岩類의 그것보다 약간씩 낮아지고 있다.

즉 松程里附近에서의 斑狀輝石玄武岩의 噴出時期는 61.7 m.y. 前인데 대해, 이를 貫入한 角閃石黑雲母아다메라이트의 貫入時期는 58 m.y. 以前으로 3.7 m.y. 뒤떨어졌으며 (Table 8 첫째줄 參照), 楡川—昌寧間에서 角閃石安山岩의 噴出은 77.3 m.y. 前에 일어났는데 이에 接觸된 黑雲母角閃石花崗岩의 貫入은 이보다 2.3 m.y.가 뒤떨어진 75 m.y. 前에 있었다(Table 8 다섯째 줄 參照).

Fig. 12 는 Table 8의 火山岩類와 貫入岩類의 年代比較資料를 圖示한 것인데 이는 다음과 같은 사실을 보여주고 있다.

(가) 慶尙主盆地內에서의 火山活動은 大邱附近에서 79.4 m.y.(中生代末)前에 始作되어 東南쪽으로 移動하였으며 61.7m.y.(第三紀初)前에는 松程附近에 到達하였

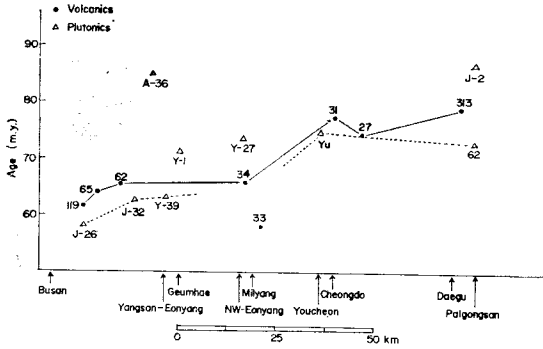


Fig. 12 Age comparison of volcanic rocks and adjoining or related plutonic rocks between Busan and Daegu

다.

(나) 이와 關聯된 深性岩類의 貫入은 時間的으로 약 간 뒤떨어졌는데 大邱北쪽에서 73 m.y. 以前에 始作되어 역시 東南쪽으로 移動하여 58 m.y. 以前에는 松程附近에 이르렀다. 즉 深性岩類의 貫入은 火山岩類의 噴出보다 內陸에서는 約 6 m.y., 海岸地帶에서는 約 4 m.y. 뒤떨어졌다.

(다) 鹽基性-中性岩類의 噴出과 이에 뒤따른 深性岩類의 貫入은 一定한 時間的 間隔을 두고 쌍을 이루어 相反적으로 內陸地方에서 海岸地帶로 移動하였다.

(라) 一般的으로 火山岩類의 固結이 貫入岩類의 그것보다 앞섰으나 內陸地域의 貫入岩의 時期(例: 楡川花崗岩의 74 m.y.)가 海岸地帶의 火山岩의 時期(例: 松程玄武岩의 61.7 m.y.)보다 앞선다.

(마) 梁山斷層과 東萊斷層間의 貫入岩體의 年代가 異端的으로 크게 나타난 것은 이 斷層塊가 傾動으로 上昇하였거나 東北에서 西南쪽으로 水平移動하였음에 起因된다고 解析되며 이로 미루어 火成活動時期의 一般勾配가 後에 있었던 斷層運動으로 一部 攪亂되었을 可能性을 考慮할 수 있다.

5. 板構造運動과 鑛化作用

Metallogeny 를 板構造論에 의해 解析하는데는 鑛化帶의 形成이 convergent plate boundary 에 關聯되어 있는가 아니면 divergent plate boundary 에 이루어졌는가를 區分해서 考慮할 수 있다. 前者의 例로서는 Benioff zone 에 隣接한 大陸沿邊이나 火山列島에서 보는 斑岩銅鑛(例: Sillitoe, 1972) 또는 Kuroko(例: Lambert and Sato, 1974)를 들 수 있으며 海低火山帶 兩側에서 發見되는 舍金屬堆積物이나(例: Dymond et al., 1973), 大陸內部 rift structure 에 따라 부존되는 혹종의 初生鑛床(例: Kutina, 1972)은 後者의 例이다.

5.1. 鑛化帶의 帶狀分布

우리나라의 鑛床區分布圖에 關해서는 일찌기 Kevin (1960)에 의해 發表된 것이 있고 그후 Kim, O.J. (1971)에 의해 全國의 鑛床區와 生成期에 對한 區分이 發表되었으며 地質調査所에서는 手査에 걸쳐(例: 1966, 1974, 1977) 所屬의 鑛床分布圖를 作成하였으나 아직 說明書가 붙은 公式發刊文은 나오지 않은 것 같다.

本 研究의 主要 對象地가 釜山-大邱間의 慶尙主盆地인 점에 비추어 우선 이 구간에 대해 上記한 既存資料와 大韓鑛業振興公社의 韓國의 鑛床(1968)을 參酌하여 Fig. 13 과 같은 分布圖를 作成하였다.

이 分布圖는 火成起源의 初生金屬鑛床만을 對象으로 했으며 鑛量의 규모를 參酌하여 記號의 크기로 이를 代表시켰으나 鑛床의 成因의 類型을 區分하지는 않았다. 이 地帶는 일찌기 우리나라의 主要 銅鑛床地帶로 알려진 바 있으며 Kim, O.J.(1971)에 의하면 白堊紀末 내지 第三紀初의 銅鑛帶가 南東部(東萊, 日光)와 西南部(郡北, 咸安)에 그리고 同時期의 鐵鑛帶(金海, 울산)가 이들 사이에 挾在되어 있으며 鉛, 亞鉛帶가 西部銅鑛帶와 重複되어 北쪽으로 퍼져가고 있다. 本 分布圖에서도 이와 큰 差異는 없으나 上記 鉛, 亞鉛帶의 東北바깥쪽으로 텅스텐, 모리브덴帶를 表示함으로서 海岸地帶로 부터 內陸으로 向하여 다음과 같은 帶狀分布의 順序를 確實하게 하였다(Fig. 13).

- A: Fe-Cu 帶
- B: Cu-Pb-Zn 帶
- C: W-Mo 帶

그리고 梁山斷層에 의한 東側 block의 外見上 南方 移動을 參酌하여 (Sillitoe, 1978)이 斷層을 사이에 둔 東西兩側의 各 鑛化帶의 變位關係를 考慮하였다. 釜山-大邱間의 鑛床區는 上記한 바와 같이 3分帶로 細分할 수 있는데, 鑛床의 규모나 生産實績을 考慮하면 이 地帶를 크게 銅, 鐵鑛帶로 代表시킬 수 있을 것이다 (Fig. 14).

이것을 하나의 銅, 鐵鑛帶로 간주하고 大邱 西北쪽으로 넓게 分布된 鉛, 亞鉛帶를 第二의 鑛化帶로 보고 慶尙主盆地의 北側 沿邊에서 太白山鑛化帶에 이르기까지의 先白堊紀 岩體들을 部分的으로 貫入한 白堊紀以後의 小貫入體와 關聯된 텅스텐, 모리브덴(金)鑛床群을 第三의 鑛化帶로 간주할 수도 있을 것이다.

5.2. 斑岩銅鑛床

記述한 바와 같이 斑岩銅鑛床은 convergent plate boundary 에 生成되는 代表的인 鑛床型의 하나인데 우리나라에도 上記한 慶尙 銅鑛帶內에 一部 斑岩銅鑛床의 類型이 銅店(金玉準, 金奎漢, 1974), 甘浦(Sillitoe,

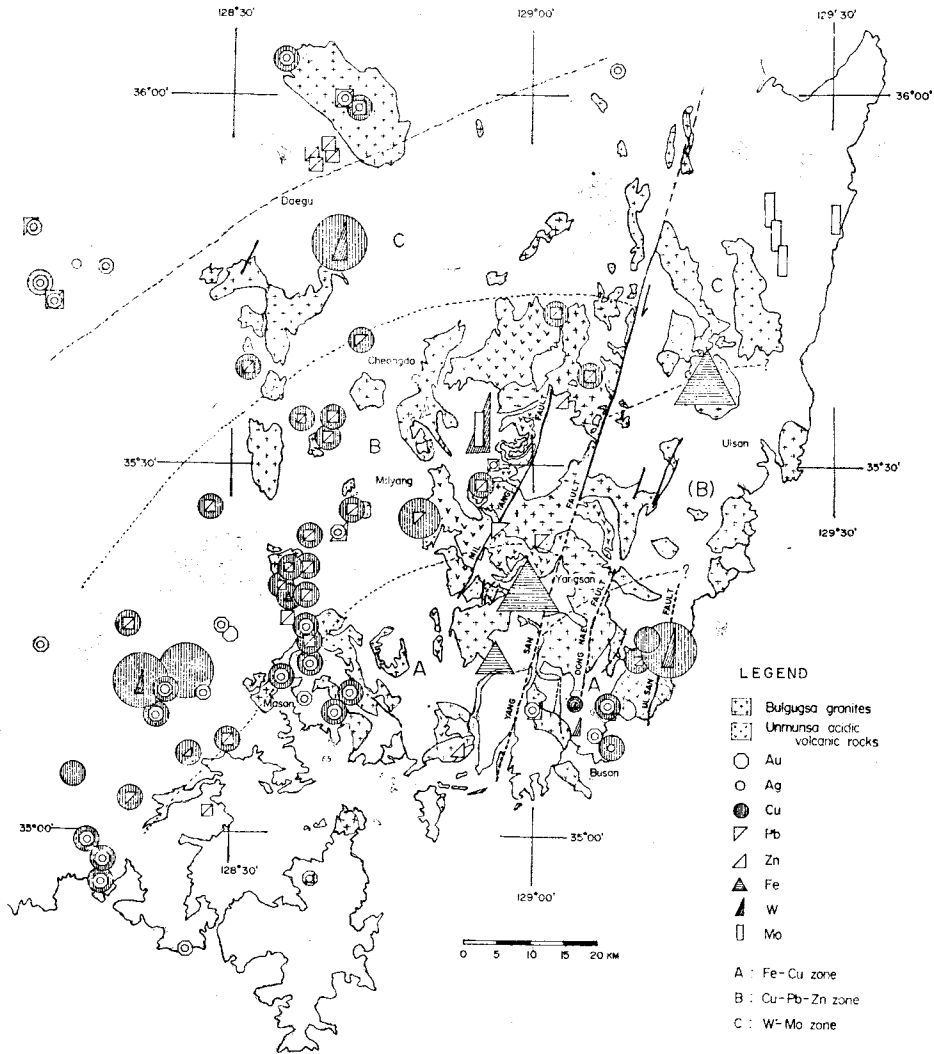


Fig. 13 Distribution map of metallic ore deposits in southeastern Gyeongsang basin

1978) 等地에 그리고 斑岩모리브덴 類型이 慶州, 彦陽, 삼장(Sillitoe, 1980) 等地에 알려져 있다. Sillitoe(1980) 에 의하면 이들 斑岩銅모리브덴鑛床은 孤立된 花崗閃綠岩 岩株內에 카리珪酸鹽化, 絹雲母化, 프로피라이트 化 등의 熱水變質이 隨伴되었거나(銅店), 花崗閃綠岩의 貫入을 받은 流紋岩質 火山岩體內에 망상 또는 산 稜상으로 나타나거나(甘浦), 流紋岩質 또는 아다메라이트質 貫入岩體內에 微弱하게 나타나기도 한다(慶州, 密陽, 삼장).

5.3. 鑛化作用의 板構造論의 解析

以上 간단히 記載한 바와 같이 우리나라 東南部의 白堊紀以後 火成活動에 關聯된 鑛化帶가 帶狀分布를

보이며 특히 斑岩銅모리브덴型 鑛床이 나타난다는 事實은 이 地帶에 對한 板構造論의 解析의 肯定的 可能性을 주는 것으로서 다음과 같은 南美 안데스에서 樹立된 모델(Sillitoe, 1976)에 對比할 수 있다.

안데스 : | Fe | (Au-Cu | Ag-Pb-Zn | Sn-Mo |
(태평양측) (內陸側)

韓國 : | Fe-Cu | Cu-Pb-Zn | W-Wo |
(東海側) (內陸側)

즉 海岸地帶로 부터 안데스의 Fe帶와 韓國의 Fe-Cu帶가, 안데스의 (Au)-Cu帶와 Ag-Pb-Zn을 습친 것과 韓國의 Cu-Pb-Zn帶가, 그리고 안데스의 Sn-Mo帶가 韓國의 W-Mo帶가 대체로 對比될 수 있음을 알 수 있다. 그리고 (가) 안데스에서의 이와같은 帶狀分布

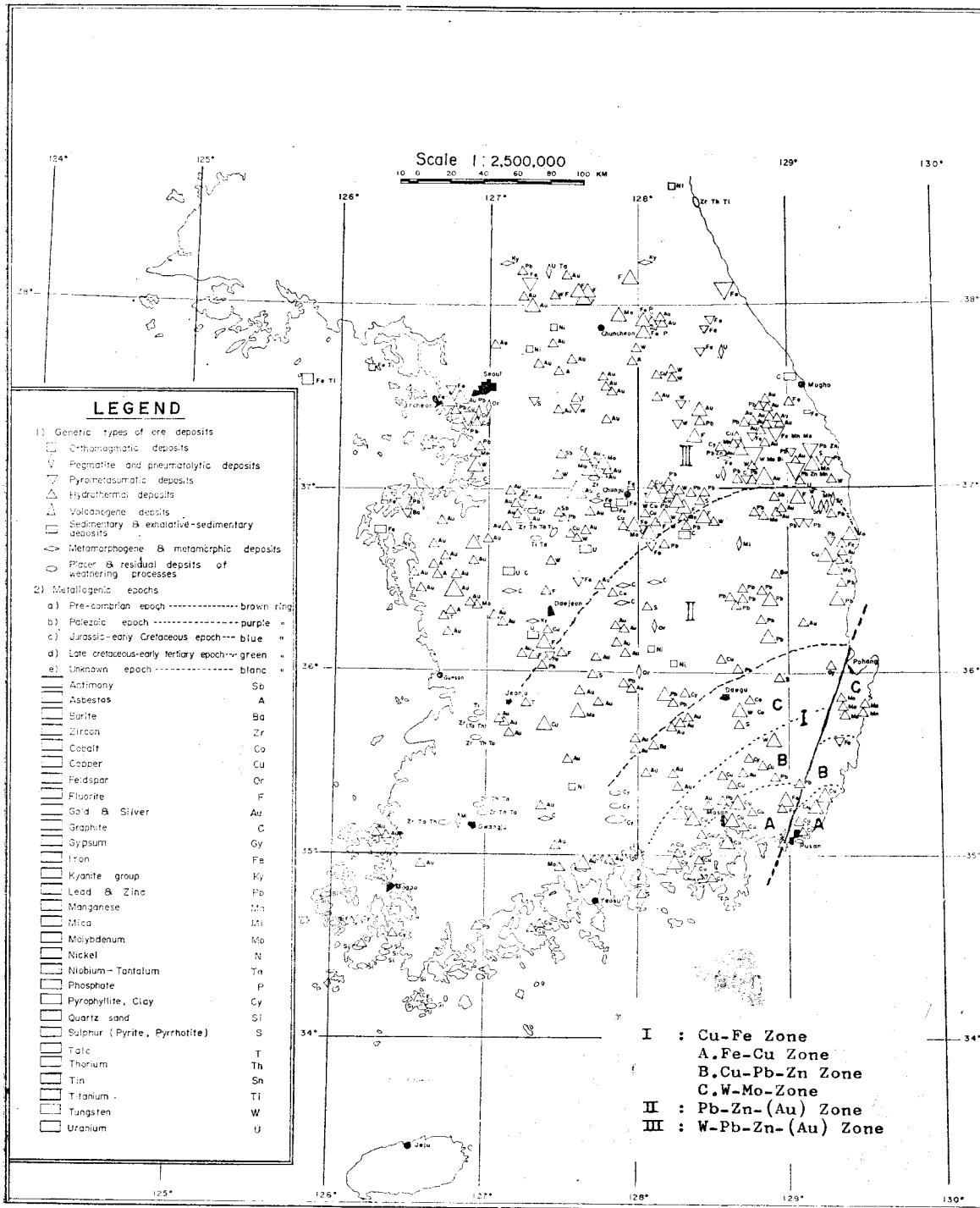


Fig. 14 Metallogenic zoning of southeastern Korea, compiled based on the metallogenic map by KIGAM(1974)

는 太平洋側으로 부터의 Benioff zone 의 계속적인 Subduction 에 의한 石灰-알카리火成活動과 이에 隨伴된 鑛化帶 形成이었고, (나) 안데스의 Cu zone 은 斑岩銅鑛으로 特徵지어 있는 점에 비추어, 우리나라 東南部에 있어서의 記述한 바와 같은 (가)鑛化帶의 帶狀分布와 (나)斑岩銅鑛床의 形成도 역시 中生代末내지 第三紀初에 걸친 太平洋側으로 부터의 海低地殼의 Subduction (例 ; Segawa and Oshima, 1975)에 의한 石灰-알카리火成活動과 이에 隨伴된 鑛化帶의 帶狀分布로 解析할 수 있을 것이다. 단지 안데스에서는 大陸沿邊에 對한 一方의인 Subduction 으로 始終했고 주로 造山作用이 隨伴되었을 뿐이나, 우리나라의 경우는 Back arc 地帶에서의 현저한 lateral extention 과 marginal sea (東海)의 形成이 뒤따랐는데 이에 대한 論議는 7章에서 다루기로 한다.

5.4. 硫黃同位元素와 鑛床의 成因

以上에서 論議한 바와 같이 慶尙盆地內의 鑛化帶가 板構造論의 帶狀配列을 이룸으로서 이들 鑛化帶의 形成이 Benioff zone 으로 부터 地殼上部로 향한 安山岩質마그마의 形成과 火成活動에 關聯되었으리라는 蓋然性을 是認할 수는 있을 것이나, 이들 鑛床이 마그마 起源이라는 具體의인 證據를 얻을 必要가 있다. 그 하나의 手段이 이들 鑛床의 硫化鑛物이 지니는 硫黃同位元素의 特性을 研究하는 것이다.

試料採取와 同位元素 分析: 試料를 採取한 鑛山은 Table 9에서 보는 바와 같이 北으로 부터 南으로

Table 9. $\delta^{34}S$ values of sulfide minerals from metallic ore deposits between Busan and Daegu

Mine	Mineral	$\delta^{34}S$ (‰ as of CDT standard)	Type of Deposit
Dalseong	Chalcopyrite	+5.0	Breccia pipe
Cheongdo	Sphalerite	+4.8	Vein
Kukjeon	Sphalerite	+7.5	Skarn
	Chalcopyrite	+6.5	
Milyang	Pyrite	+4.3	
	Sphalerite	+4.2	Quartz vein
	Cha'opyrite	+4.4	
Mulgum	Pyrite	+13.3	Skarn
	Chalcopyrite	+9.4	
Ilkwong	Chalcopyrite	+0.0	Breccia pipe
	Pyrrhotite	-0.9	
Yongho	Pyrite	+0.0	Fissure filling
	Chalcopyrite	+2.0	
Dongjeom	Pyrite	+4.6	Porphyry copper

Analyses were done at Nagoya University, Japan by K.H. Kim

向하여 達城, 淮道, 國津, 密陽, 物金, 日光, 응호, 銅店等 8個 鑛山이며 採取試料中 硫黃同位元素의 分析이 可能했던 것은 黃鐵石, 閃亞鉛石, 黃銅石 및 磁流鐵石이었으며 方鉛石은 너무나 취약하여 미분화됨으로서 단체분리가 어려워 分析이 이루어지지 못했 다.

分析된 $\delta^{34}S$ 値는 Table 9 와 Fig. 15에서 보는 바와 같이 物金鑛山의 경우(黃鐵石+13.3%, 黃銅石+9.4%)를 除外하면 대체로 -0.9‰에서 +7‰에 이르는 비교적 좁은 範圍를 나타낸다.

그리고 개개의 鑛床에 있어서의 相異한 鑛物사이의 $\delta^{34}S$ 値의 벌어지는 範圍는 物金(+5.9‰)을 除外하고는 용호(+2.0‰), 國津(+2.0‰), 密陽(+0.1‰)等 매우 좁게 나타난다(Fig. 15).

結果 解析: 鑛床의 成因科明을 위한 硫黃 同位元素의 解析은 대체로 좁은 範圍內의 $\delta^{34}S$ 値를 갖는 鑛床은 마그마 起源이고 +, 一兩側에 걸쳐 넓은 範圍의 $\delta^{34}S$ 値를 보이는 鑛床은 堆積起源 (例 : Jensen, 1959, 1967)으로 看做되었다. 물론 最近에는 火成鑛床의 경우도 비교적 넓은 $\delta^{34}S$ 値를 보이는 것이 있는가 하면 (例 : Fig. 16의 Mogul), 마그마起源이 아닌 硫黃에서 도 비교적 좁은 範圍의 $\delta^{34}S$ 値 (例 : Fig. 16의 Kuroko)를 나타낸다는 理論이 있음을 參酌하더라도 Fig. 16에서 보는 바와 같이 慶尙主盆地에서의 硫化鑛物의 $\delta^{34}S$ 値의 變動範圍가 Providencia 나 Black Hills 와 같은 火

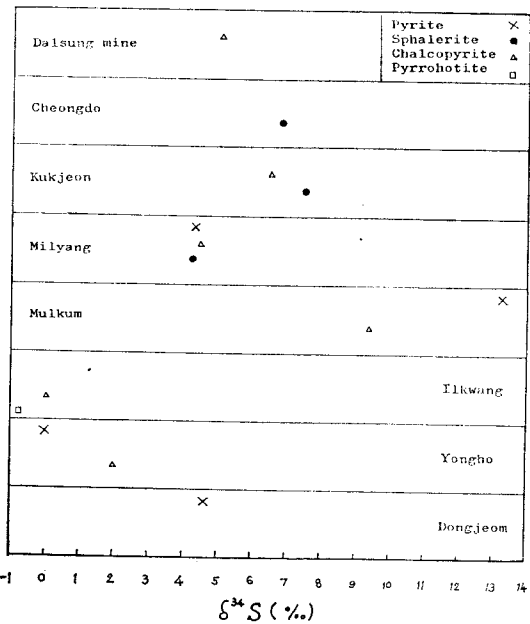


Fig. 15 $\delta^{34}S$ values of sulfide minerals from metallic ore deposits between Busan and Daegu.

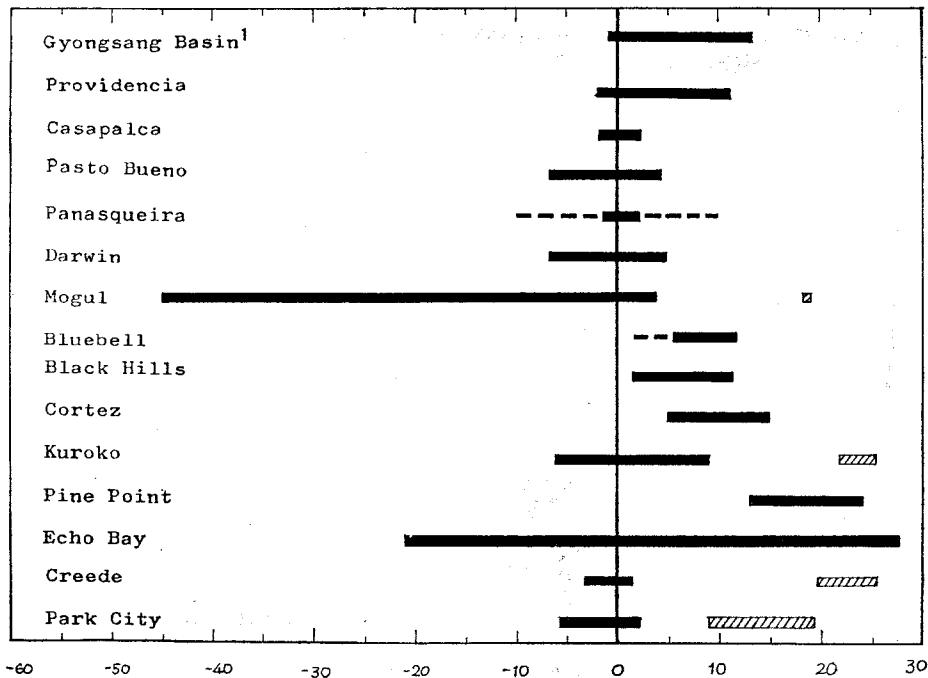


Fig 16. Range of $\delta^{34}\text{S}$ values of sulfides from metallic ore deposits (endogenic) from Gyongsang basin between Busan and Daegu, in comparison with other metallic deposits (Rye and Ohmoto, 1974). ■ Sulfides; ▨ Sulfates; --- Late stage. 1 refers to ore deposits in Gyongsang basin.

成鑛床의 變動範圍과 比較될 수 있음을 알 수 있다. 그러나 一部 鑛床(物金, 국전等)에서 비교적 넓은 값을 보이는 것은 가령 Ohmoto(1972)가指摘한 바와 같이 $\delta^{34}\text{S}$ 値는 鑛床形成時의 物理化學的 條件, 例를들어 PH, fO_2 等에 의해서도 현저한 影響을 받는다는 事實에 비추어 이들에 대해서는 별도의 原因이 추궁될 수 있을 것이다. 따라서 이를 慶尙主盆地內의 硫化鑛床의 成因은 白堊紀末—第三紀初의 火成活動에 직접 연결되었다고 볼 수 있다.

6. 殘留磁氣 測定과 古地磁氣 研究

6.1. 岩石試料 採取와 標品試料의 準備

古地磁氣 研究를 위한 岩石試料를 採取한 場所는 大邱地方과 普州地方이다(Fig. 1). 普州地方에서는 霞山洞層의 砂岩, 普州層의 砂岩, 漆谷層의 赤色세일에서, 大邱地方에서는 鶴峰火山岩層의 玄武岩, 楡川層群의 安山岩에서 岩石試料를 採取하였다. 採取地點의 精確한 位置는 緯度와 經度로 Table 10에 記載되었다.

採取한 岩石試料中 偏光顯微 鏡調査를 통하여 變質이나 風化정도가 비교적 낮은 양호한 岩石試料만을 골라서 殘留磁氣測定을 위한 標品(直徑 2.45cm, 높이 2.45

cm의 圓筒形크기)을 만드는데 使用하였다. 古地磁氣 研究를 위한 岩石試料 採取方法에는 簡易試錐機(portable drilling machine)을 使用하여 野外에서 直接 코어(core)를 採取하는 方法과 함마와 징을 利用하여 相當한 크기의 岩石試料를 野外에서 採取하여 試錐機를 使用하여 코어를 만드는데 2가지 方法이 있다. 本 研究에서는 클리노 켈퍼스, 트라이포드 (Collinson, et al, 1967), 함마 그리고 징을 使用하는 岩石試料 採取方法을 썼다. 岩石試料 採取와 標品試料의 準備節次는 아래와 같으며 標品試料의 準備는 日本 京都大學의 地質學 鑛物學教室의 器機를 利用하여 實施하였다.

(가) 豫定된 岩石試料 採取地點에서 露頭의 發達狀態를 살핀 다음, 적절한 採取場所를 選擇한다. 가능한 變質과 風化를 받지 않은 岩石을 골라서 一次磁氣(primary magnetization)을 갖는 岩石을 採取하였으며 採取가 용이하도록 層理面, 節理 等과 같은 構造線을 利用하였다.

(나) 採取岩石이 속한 岩體가 斷層等에 의한 tilting의 影響을 받았는지의 여부를 살피서 이에 의한 誤差를 없애도록 하였다. 특히 火山岩에서는 岩體가 傾斜일 때가 많아 이점에 各별한 注意를 기울였다.

Table 10. Paleomagnetic result of Cretaceous rocks from Kyongsang basin in Korea

Specimen No.	Rock	Sampling Location		N	Age
		Lat. (°N)	Long. (°E)		
M-2	Hasandong Fm. (Sandstone)	35.17	128.03	20	Cretaceous
M-3	Jinju Fm. (Sandstone)	35.16	128.10	7+24	Cretaceous
M-4	Chilgok Fm. (Red Shale)	35.17	128.16	27	Cretaceous
M-5	Hagbong Member(Basalt)	35.89	129.03	6	79±4 m.y
M-7	Yuchon Group (Andesite)	35.72	128.74	22	Cretaceous

Level of Demag.	NRM		α_{95}	K	VGP		dp	dm	p(°N)
	Dec.	Inc.			Lat. (°N)	Long. (°E)			
300 Oe	18.8	58.8	7.5	19.8	74.5	196.1	8.3	11.2	39.6
150°C, 300 Oe	53.1	60.1	7.5	12.9	48.4	193.2	8.6	11.4	41.0
200 Oe	27.8	58.7	1.9	210.8	67.5	198.8	2.1	2.8	47.6
300 Oe	6.6	66.3	5.1	142.8	76.3	147.3	8.4	8.4	48.8
200 Oe	20.8	57.7	19.4	3.5	73.2	203.6	20.9	28.5	38.4

N: Total number of specimens used to calculate the mean
 α_{95} : 95% Confidence angle about the mean direction
 K: Fisher's precision parameter
 dp, dm, : Semi-axes of ovals of 95% confidence
 P: Paleo-latitude

(다) 一般의 岩石試料 採取時 方向決定에서 約 2~3°의 오차가 생기는 것으로 알려져 있어 (Irving, 1964), 되도록 많은 岩石試料를 採取하여 採取誤差 (collection error)를 줄였다. 本 究研에서는 各 地點마다 7個以上の 岩石試料를 採取하였다.

(라) 層理修正 (bedding correction)을 위해 採取한 地點에서 원래 地層의 走向과 傾斜를 測定하였다. 堆積岩 地層의 走向과 傾斜는 비교적 精確하게 그 값을 測 수 있었으나, 火山岩의 경우에는 堆積岩과의 直接的인 接觸面을 발견하지 못하여 層理修正이 不可能하였다.

(마) 15×7×7cm 크기로 採取한 岩石試料를 담을수 있는 直六面體의 플라스틱 容器에 試料를 넣어 化學粘土 (chemical clay)와 트라이포드 (tripod: 野外에서 岩石試料를 採取할 때 使用한 것과 똑같은 間隔의 것이어야 한다). 그리고 水準器를 利用하여 採取岩石에 表示되어 있는 方向이 包含된 面이 水平이 되도록 位置시켜 알맞게 반죽된 石膏를 容器에 부어 採取岩石를 固定시킨다.

(바) 石膏가 굳은後 容器에서 떼어내어 2.54 cm 直徑의 試錐機를 써서 1個의 採取岩石에서 3~4個의 코어를 만들어 냈다. 一部 단단한 岩石에서 코어를 만들어 낼 때 코어表面에 생긴 약간의 금속흔적을 發見할 수 있었는데 이 痕迹이 殘留磁氣의 方向에 影響을 끼

쓰는지의 여부는 밝혀내지 못하였다. 그후 絶斷機를 利用하여 코어를 약 2.54 cm 정도의 間隔으로 잘라내었다. 總 標品數는 107個이며 各 地點에서의 標品數는 Table 10에 記載되었다.

(사) 一般의 岩石試料採取에서 부터 2.54 cm 直徑, 2.54 cm 높이의 標品試料를 만들어 내기까지에는 여러번에 걸친 方向表示의 移動으로 인해 平均 3~5°의 誤差가 發生하는 것으로 알려져 있으며 (Irving, 1964) 本 究研에서는 이를 最大限 줄이도록 勞力하였다.

6.2. 消磁實驗 (Demagnetization)

岩石이 갖고 있는 自然殘留磁氣 成分中에는 岩石이 生成될 당시에 얻은 一次磁氣와 生成된 以後 測定할 때까지에 이르는 동안 여러가지 物理的 化學的 過程에 의하여 생긴 二次磁氣가 있다. 대체로 一次磁氣成分은 安定되고 堅固하나, 二次磁氣成分은 微弱하고 不安定하다. 그러나 變成作用에 의한 化學的 殘留磁氣에는 비교적 安定된 二次磁氣를 갖는 경우가 상당히 많다. 古地磁氣 究研에는 一次的인 安定된 殘留磁氣를 必要로 하며 이는 消磁實驗을 통하여 二次的인 成分을 除去시킴으로서 可能하다. 消磁實驗의 方法에는 熱消磁實驗과 交流磁場消磁實驗의 두가지가 있다. 本 究研에서는 이 두가지 方法을 모두 適用하였으며, 특히 代表標品試料 (pilot specimen)를 測定할 때는 두 方法

의 消磁實驗에서 나타난 結果에 의해 最適의 消磁條件을 決定하였는데 이는 아래와 같다.

- (가) 震山洞層 : 300 Oe의 交流磁場消磁
- (나) 晋州層 : 300 Oe의 交流磁場消磁 (24個 標品)와 150°C의 熱消磁 (7個 標品)
- (다) 漆谷層 : 消磁實驗이 必要없음
- (라) 鶴峰層 : 300 Oe의 交流磁場消磁
- (마) 榆川層群 : 200 Oe의 交流磁場消磁

6.3. 殘留磁氣 測定과 統計處理

自然殘留磁氣 測定: 殘留磁氣의 方向과 強度 測定에는 Astatic magnetometer와 Spinner magnetometer의 두 가지 基本測定器가 使用되고 있는데 本 研究에서는 Spinner magnetometer를 使用하였으며 機種은 美國 Tele-dyne 會社製 SSM-1A 型으로 日本 京都大學 地質鑛物學教室의 機器를 使用하였다. Spinner magnetometer는 Astatic magnetometer에 비해 迅速하고, 보다 正確하게 測定할 수 있을 뿐만 아니라, 標品試料를 回轉시키므로써 標品試料가 갖는 不均質性에 의한 影響을 줄일 수가 있다. 本 研究에 使用된 Spinner magnetometer는 回轉軸에 直角되는 平面上에 位置하는 殘留磁氣의 成分을 測定할 수 있는 機械로써 1個의 標品試料를 回轉軸에 對해 3차례 位置를 移動시켜 測定하는 3-spin method를 使用하였다. 그러나 보다 精密한 測定을 위해서는 6-spin method가 要求되어 진다. Astatic magnet-

ometer와 마찬가지로 測定하려는 標品試料의 磁化強度가 1×10^{-7} emu cm^{-3} 보다 작을 때는 測定이 매우 힘들었으며 따라서 많은 時間을 必要로 하였다.

測定 data에 對한 統計處理: 各 標品試料에서 測定된 偏角과 伏角으로부터 이들의 平均偏角(Dm)과 平均伏角(Im)을 求하면, 이는 岩石試料 採取地點에서의 殘留磁氣의 平均方向이 된다. 이들 平均값을 求하는 統計處理는 Fisher의 統計解析(Fisher, 1953)方法을 利用하였으며 그 結果를 Table 10에 記載하였고, 또한 Fig. 17에 圖示하였다. 다음으로 本 研究에서 測定한 結果 뿐만 아니라 지금까지 우리나라 岩石에 對해 測定한 殘留磁氣 方向을 모두 圖示한 것이 Fig. 18이다.

6.4. 古地磁氣 研究

極의 位置: 平均伏角과 平均偏角으로부터 極의 位置는 간단히 求해지며 그 結果는 Fig. 19와 같다. 이들을 토대로 하여 地質時代에 따른 韓半島에서의 極의 移動(pole path)을 圖示한 것이 Fig. 20이다. Fig. 20에는 日本에서 研究된 日本列島에서의 極의 移動도 圖示하였다.

殘留磁氣의 平均偏角을 各 岩石試料의 採取地點마다 圖示하면 Fig. 21과 같으며 이로부터 平均偏角의 變化를 韓半島의 西南端에서 부터 北西方向의 內陸쪽으로 가면서 考察해 보면 榆川層群 岩石의 경우 試料番號 9는 18.5°E, M-7은 20.8°E, 10은 21.4°E이다.

解析 및 結果: 慶尙主盆地內의 堆積岩과 火成岩에서 測定한 極의 位置와 韓半島 일원과 日本列島 岩石에서 이미 求한 極의 位置를 綜合分析하여 極의 移動과 位

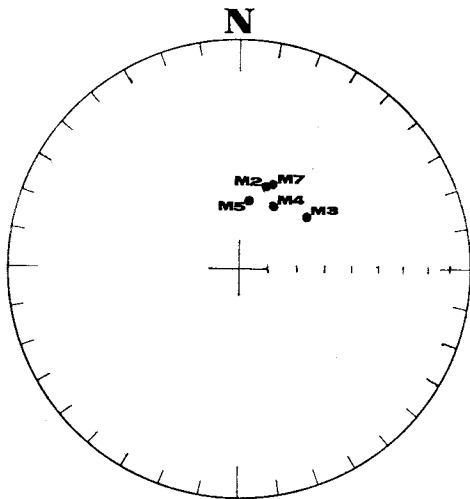


Fig 17. Site-mean direction of the NRM from Cretaceous rocks listed in Table 10.
 Symbols: M2; Hasandong formation
 M3; Jinju formation
 M4; Chilgog formation
 M5; Hagbong volcanic member
 M7; Yuchon group

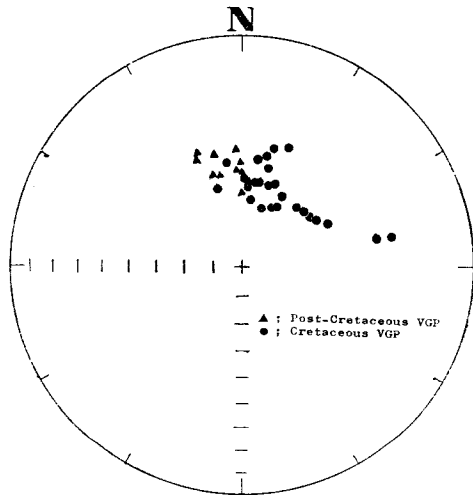


Fig 18. Site-mean direction of NRM from post-Cretaceous and Cretaceous rocks in Korea reported up to date.

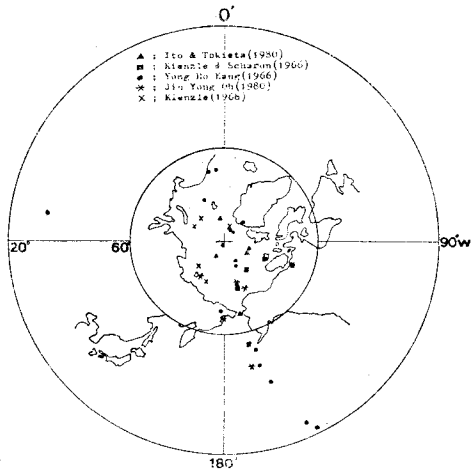


Fig. 19 Post-Cretaceous and Cretaceous VGP in Korea reported up to date

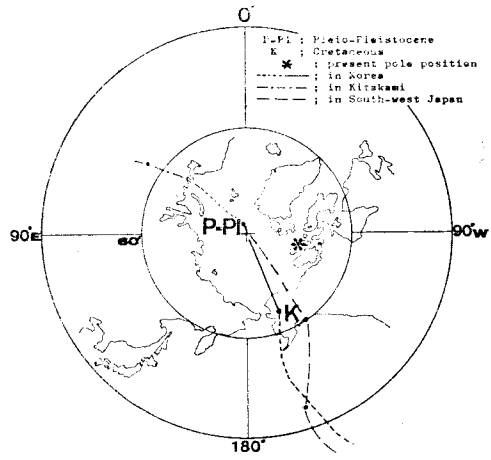


Fig. 20 The polar wandering path obtained by using all the paleomagnetic results in Korea, Kitakami and southwest Japan (modified after Sasajima, 1980)

置에 따른 平均偏角의 變化를 求하고 이를 考察 解析한 結果는 아래에 같다.

(가) 慶尙主盆地 岩石에서의 極의 位置는 韓半島 일원의 白堊紀 岩石에서 求한 極의 位置와 잘 一致하고 있다.

(나) 慶尙主盆地의 下部層인 霞山洞層으로 부터 上部 層인 楡川層群에 이르기까지의 各各의 殘留磁氣의 方向은 거의 一定하다. 이는 白堊紀 동안 慶尙主盆地가 地構造의 으로 비교적 安定된 狀態를 維持했었기 때문 인 것으로 解析된다.

(다) 慶尙主盆地를 包含한 韓半島 일원의 白堊紀 및 新生代 岩石에 對한 極의 位置는 北半球 大陸의 白堊紀 및 新生代 岩石의 極의 位置 (71°N, 180°E와 90°N, 180°E) 附近에 各各 位置한다. 이와같은 점으로 미루어 볼 때 우리나라는 유라시아 大陸에 속해 있으면서 白堊紀 이래 地構造의 으로 安定狀態를 維持해 왔다고 思慮된다.

(라) 우리나라에서의 極의 位置 移動과 日本列島에서 的 移動과는 서로 相異한 經路를 보이고 있는데 이는 우리나라와 日本列島와의 相對的 移動으로 解析되 어진다(第 7章 Fig. 23, Fig. 24 參照)

(마) 韓半島의 東南端에서 北西方向의 內陸쪽으로 가면서 나타나는 殘留磁氣의 平均偏角의 變化樣相을 地質時代에 따른 極의 位置의 移動經路와 關聯하여 考察한 結果, 岩石의 年代가 內陸쪽으로 가면서 늙어지 고 있음을 類推할 수 있다.

7. 火成活動과 地殼運動의 板構造論의 解析

7.1. 地質構造

慶尙盆地의 細分: 南韓에 있어 白堊紀 堆積岩類와 火山岩類가 넓게 分布하고 있는 地域은 慶尙盆地와 忠北 영동地域에서 全南 西海岸에 이르는 地域이다. 金玉準(1974)은 前者를 慶尙主盆地(proper basin)와 英陽 盆地로 區分하였고, 後者를 沃川帶內의 慶尙陷沒帶(Kyongsang trough in Okchon zone)라고 하였다. 또 한 金玉準(1980)은 後者를 다시 영동—광주陷沒帶로 부르게 되었다. 장기홍(1977)은 慶尙主盆地를 WNW 方向을 보이는 所謂 八公山線을 境界로 하여 北의 義城盆地와 南의 楡川盆地로 細分한 바 있다. 그러나 여기서는 慶尙盆地, 義城盆地와 英陽盆地로 區分하는 것 이 더 合理的이라는 點을 指摘하여 두고져 한다.

本 研究의 對象地域은 至今 細分한 바에 의하면 慶尙 盆地에 屬하며 그 中에서도 그 東南端에 該當하는 좁은 地域에 屬하고 있다.

地質構造: 本地域에 있어서 가장 뚜렷한 地質構造는 NNE-SSW로 뻗고 있는 斷層들의 發達이다. 이들은 대체로 서로 平行羅列할 뿐 아니라 서로 隣接하여 發達하고 있다. 그 中 가장 代表的인 것이 落東江下流에서 梁山, 彥陽, 慶州를 거쳐 江口 南쪽에서 東海로 빠지는 梁山斷層과 東萊에서 蔚山에 이르러 NNW의 後期斷層에 끊기는 東萊斷層이다. 梁山斷層은 그의 東南 block이 SW로 約 30 km 移動한 走向移動斷層이라고 보기도 하고, 梁山斷層과 東萊斷層사이의 block이 相

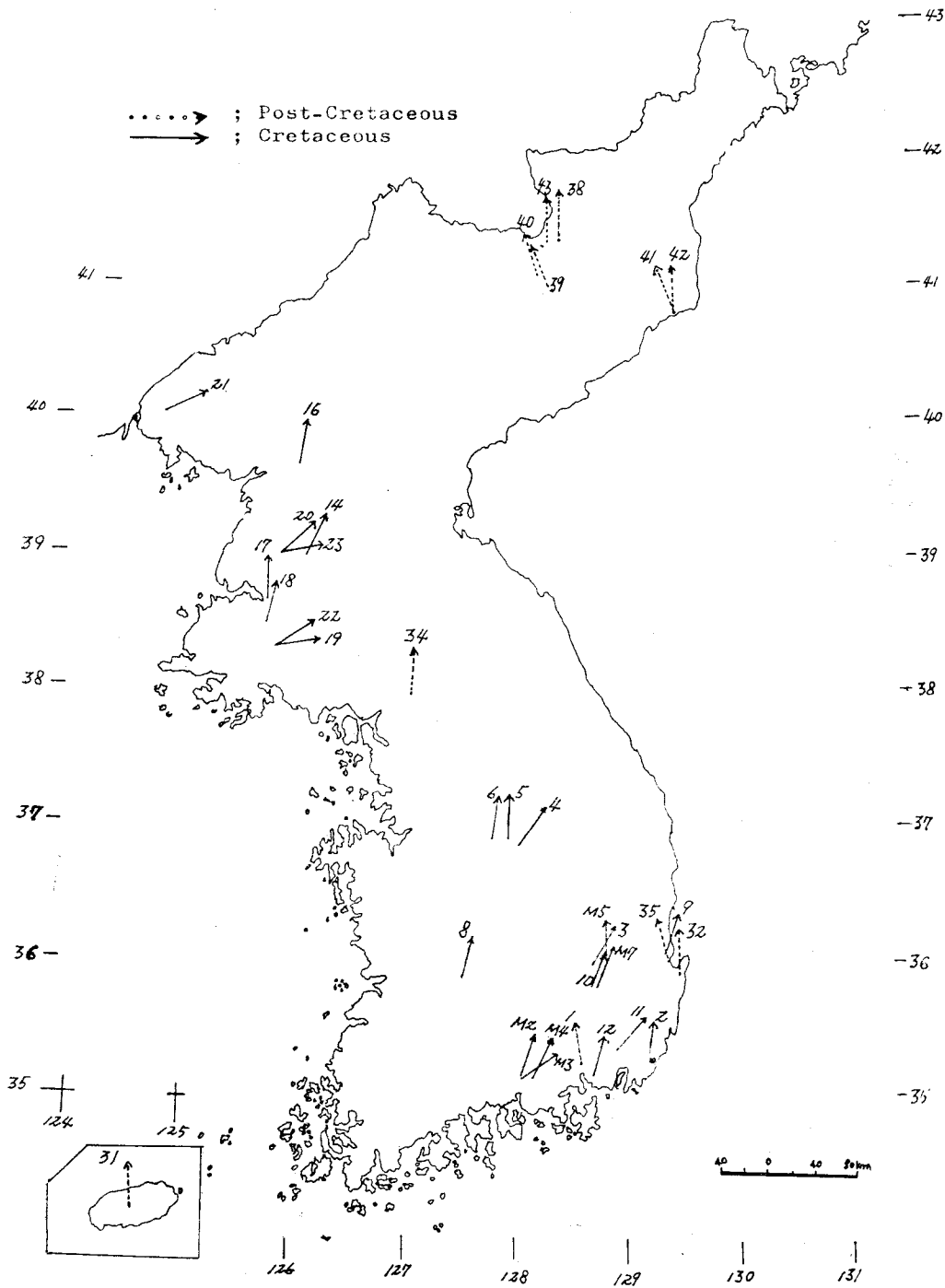


Fig. 21 Directions of NRM for Post-Cretaceous and Cretaceous rocks from Korea reported up to date.

當히 上昇(約 1000 m 以上) 한 것으로 推測되며, 兩 斷層은 hinge fault 로 이 block 의 北部는 上昇하고 南部는 沈降한 것으로 생각된다.

또한 本 域에는 WNW 方向의 斷層이 우세하다고 主張하는 사람들도 있고 또한 本 研究對象 以北에서는 이 方向의 斷層이 確認된 바도 있다. 앞에서 八公山線 이라고 한 것도 이 方向의 斷層線이라고 하기도 하며 慶州 西南에서 慶山에 이르는 所謂 朱砂山火山岩類가 分布하는 方向(後期の 慶尙盆地的 warping 에 의하여 現在는 약간 變位되어 있음)도 이와 거의 平行한 方向을 나타내고 있다. 以外에는 그다지 顯저한 地質構造는 別로 없는 것 같다.

Landsat 影像의 解析에 依한 線構造線 : Landsat 影像을 解析한 강필중(1979)에 依하면 慶尙盆地內에서 가장 顯저한 線構造線(lineament)의 方向은 N 10~30°E, N50~60°E 와 N80~90°W 이라고 한다. 김성균(1979)도 慶尙盆地內에 WNW-ESE 와 NNE 내지 NE 方向의 線構造線이 顯저하다는 點을 指摘하고 있다.

강필중이 指摘한 N10~30°E와 N80~90°W 方向과 김성균이 指摘한 NNE 또는 NE 와 WNW 方向의 線構造線은 各已 梁山斷層과 東來斷層으로 代表되는 方向과 八公山線과 朱砂山火山岩의 分布方向과 一致하고 있는 것으로 보인다.

地質構造와 線構造線의 統合 : 本 域의 地質構造와 線構造線을 地構造적으로 解析하기 위하여 7.1.에서 說明한 方向들을 3大 groups 로 묶고 편의상 그들을 다음과 같은 記號로 代表하기로 한다.

(가) NNE 方向線 : 梁山斷層, 東萊斷層, N10~30°E(강필중)과 NE(김성균)을 代表하는 方向

(나) WNW 方向線 : 八公山線, 朱砂山線, N80~90°W(강필중)과 WNW(김성균)을 代表하는 方向

(다) NEE 方向線 : 강필중의 N50~60°E 를 代表하는 方向

地質構造와 線構造線의 解析 :

(가) 基般構造의 反映說 : 김성균(1979)은 大寶造山運動에 의하여 形成된 NNE 方向과 松林變動에 依하여 이루어진 WNW 方向이 慶尙盆地的 basement structure 이고 이들이 後期の 慶尙地層群에 反映된 것이라고 하였다.

(나) Plate tectonism 에 依한 解析 : 이들 地質構造와 線構造線을 plate tectonism 의 觀點에서 解析하면 다음과 같이 要約된다.

(1) NNE 方向線 : Uyeda와 Miyashiro 가 指摘한 바와 같이 白堊紀 中葉인 約 90 m.y. 以前에는 日本列島가 亞細亞大陸에 隣接하여 있었고 Kula plate 가 大陸밑으

로 沈降하면서 Kula-Pacific ridge 가 이들 大陸沿邊部에 따라 沈降하기 始作했다. 이 때의 subduction zone 의 方向은 대체로 NNE 方向이었을 것이다. 이에 따라 大陸沿邊部에는 張力에 依하여 地殼이 얇아지고, tension crack 이나 fault 가 形成되며 甚한 火山作用이 일어났을 것이다. 이 部分에는 tension 이 主要한 役割을 하였겠지만 大陸沿邊部에는 同時に compression도 큰 影響을 미쳤을 것으로 보인다. 따라서 慶尙盆地內의 NNE 方向의 斷層이나 lineament 는 張力이나 壓縮力에 依하여 形成된 것이고 이는 그 當時 Kula plate 의 subduction zone 의 方向과 一致하였을 것으로 풀이된다.

(2) WNW 方向線 : Kula plate 가 沈降함에 따라서 張力外에도 壓縮力도 作用하였다면 이 compression 의 方向은 NNE 方向과 直角인 方向이 될 것이다. Subduction zone 의 方向을 N30°~40°E 로 보면 compression 의 方向은 N50~60°W 方向이 된다. 이 方向의 compression 에 對하여 WNW 方向 卽 N80~90°W 方向은 shear fracture 로서 나타나는 方向이 되는 것이다. 따라서 NNE 方向과 WNW 方向은 Kula plate 의 沈降에 따라 形成된 構造線을 代表하며 그 形成時期도 同一한 것으로 解析된다.

(3) NEE 方向線 : 白堊紀末에 가까워지면서 (約 70 m.y.) Kula-Pacific ridge 가 緩傾斜로 亞細亞大陸 밑으로 沈降하여 東海가 벌어지기 始作하고 日本列島가 東南으로 移動하게 되었다고 Uyeda와 Miyashiro는 指摘하고 있다.

이 運動은 回轉運動(rotational movement)을 수반하여 日本本土의 東部가 西部에 比하여 더욱 南東쪽으로 움직였다고 본다. 따라서 Kula-Pacific ridge 가 沈降한 뒤 이에 따른 Pacific plate의 subduction zone 의 方向은 東으로 回轉하게 되어 原來의 NNE 方向에서 NEE 方向으로 점차 바뀌었을 것이다. 이 方向은 日本의 現在의 南海海溝의 方向과 거의 一致한다고 본다.

따라서 慶尙盆地內의 NEE 方向線은 後期の Pacific plate의 沈降帶의 方向과 一致하며 이에 따라 形成된 tension crack 으로 간주되며 이 方向의 構造線이 열세인 것은 Pacific plate 의 沈降帶가 韓半島에서 이미 멀리 移動하여 떨어져 간 때문이라고 본다. 日本의 Median tectonic line 은 우리의 NEE 方向線과 同時に 同一過程에 依하여 形成되었을 것으로 추리되지만 위에서 말한 日本列島의 移動에 따라 오늘날에는 거의 EW 에 가까운 NEE 의 方向을 보이게 된 것이라고 본다.

7.2. 地殼運動과 板構造모델

亞細亞大陸沿邊에 있어서의 韓半島와 日本列島를 包含한 地帶에 對한 板構造論의 解析은 近來 몇몇 學者들(例: 박명권, 김서운, 1971; 이상만, 1974; Uyeda and Miyashiro, 1974)에 의해 試圖되었음은 이미 序論에서 言及한바 있다.

地殼運動의 證據: 本 研究에서는 이미 各章에서 記述한 바와 같이

(가) 慶尙主盆地를 中心으로한 火成岩類의 岩石化學

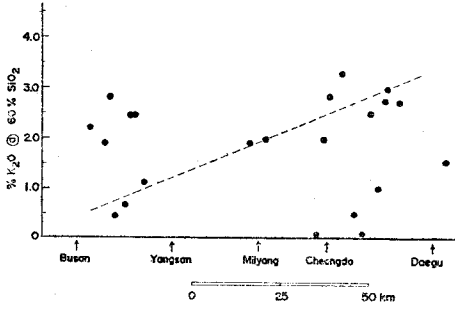


Fig. 22 Increase in $K_2O/60\% SiO_2$ of andesitic rocks from Busan (coast) toward Daegu (inland). See Table 3 on p.19 for analytical data from which this diagram was constructed. Data points away from the main trend are mostly from altered samples.

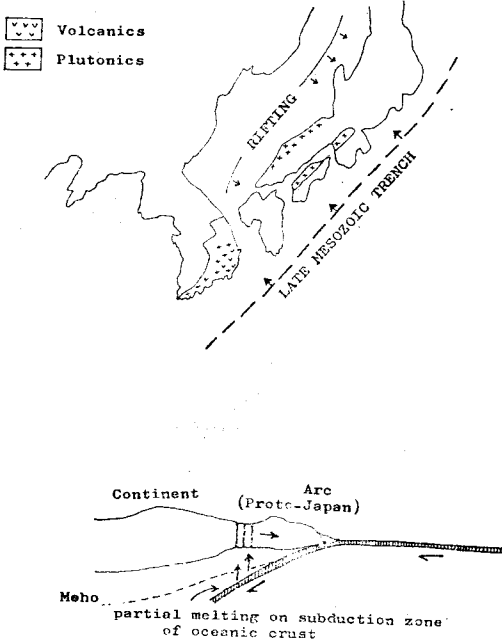


Fig. 23 Late Mesozoic paleogeography of Korea and Japan. Note an extension mechanism in back-arc area where a marginal sea initiates to open.

的 特히 Fig. 22에서 보는 바와 같이 K_2O/SiO_2 (60%基準)比는 海岸地帶로 부터 內陸方面으로 向해 增加하고 있으며 이는 Benioff zone 까지의 두께가 增加함을 가 르킨다(例: Hatherton and Dickinson, 1969).

(나) 火成岩類의 K-Ar 또는 Rb-Sr 年代의 海岸地帶로 부터 內陸方面으로 向한 漸移的인 增加.

(다) 上記 火成岩類와 成因의 由로 連結되는 初生鐵化帶의 海岸地帶로 부터 內陸方面을 向한 안데스式 配列.

(라) 地質構造 및 線構造線의 方向性.

(마) 後述하는 Rb-Sr 同位元素의 特性을 包含한 岩石化學의 特徵과 마그마 起源의 解析.

等의 諸般 事實이 이 地帶에 對한 板構造論의 解析의 可能性을 肯定的으로 뒷받침 함을 알 수 있다.

板構造運動의 모델: 上記한 事實中 火成岩類의 時期가 內陸地方에 있어서의 中生代 後期로부터 海岸地帶에 있어서의 第三期 初葉으로 옮겨졌다는 點은 Benioff zone의 melting 과 마그마의 上昇帶가 海岸(trench) 쪽으로 移動한 것을 뜻하며 이는 Arc 배후地帶에서의 地殼擴張에 基因하는 것으로 解析된다. 그리고 이 擴張은 繼續되는 마그마의 上昇에 依한 地殼의 accretion 에 연유한 것으로 보인다.

卽 Fig. 23에 모식적으로 圖示한 바와 같이 中生代

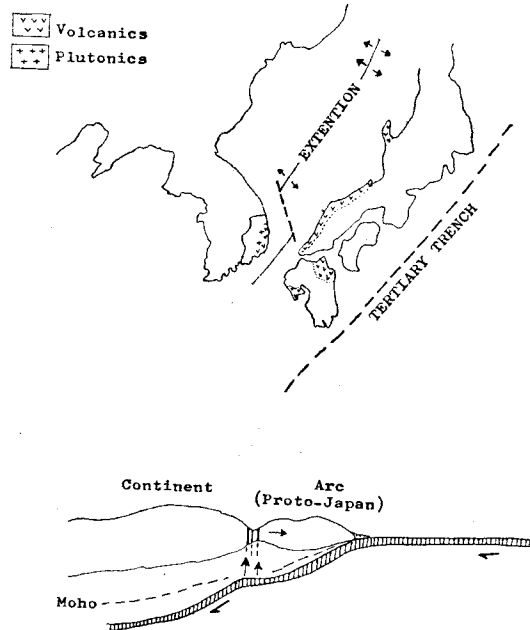


Fig. 24. Tertiary paleogeography of Korea and Japan. Note the southeastern migration of proto-Japan caused by proceeding of back-arc extension. Tertiary volcanism has also migrated from southeastern margin of Korea to southwestern Japan.

後半期에는 原始日本이 韓半島 東側 慶尙主盆地의 東北연장 方向으로 지금의 西南日本이 位置했고 兩地帶를 西南方向으로 달리는 火成活動이 進行되었고, 이 火山弧의 배후地帶가 地殼擴張으로 인해 벌어지고 東海가 열리기 始作하였다.

原始日本의 東南移動은 繼續되어 第三期 初에는 지금의 九州北部와 西南日本 北側沿邊이 韓半島 東南端에서 멀어지기 始作했고 Fig. 24에서 보는 바와 같이 火成活動은 第三期 初에는 韓半島의 東南端을 지나 그 以後에는 主로 西南日本으로 移動하였다.

鎳化帶의 帶狀分布와 板構造: 記述한 바와 같이 慶尙盆地 全般에 걸친 鎳化帶의 안테스식 配列順序는 이 地帶에 對한 板構造論의 解析을 뒷받침 해주는 또 하나의 事實로서 Fig. 25에 概略의인 모델을 提示하였다

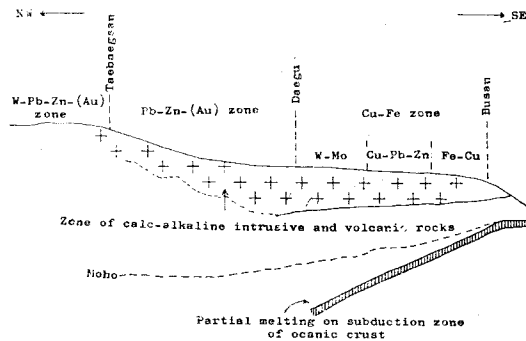


Fig. 25 A schematic representation of the generalized sequence of metallogenic zones across Gyeongsang basin related to Late Cretaceous-Early Tertiary igneous activity.

이 모델에서는 記述한 바와 같이 $K_2O/SiO_2(60\%)$ 比가 內陸地帶를 向해 增加하는 事實을 土臺로 地殼의 두께가 內陸을 向해 漸移的으로 증가한다는 事實을 示하였다. 鎳化帶의 안테스식 配列, 다시 말해 海岸地帶로부터 內陸으로 向해 鐵·銅鎳帶, 鉛·亞鉛鎳帶 그리고 텅스텐·몰리브덴 鎳帶의 順序로 配列되는 原因은 이들 金屬의 熔融溫度의 차이 때문으로 解析되는데 (Sillitoe, 1978), 熔融點이 가장 높은 텅스텐·몰리브덴은 가장 두꺼운 地殼 밑에서 熔融되어 마그마와 더불어 上昇하게 되고, 熔融點이 가장 낮은 銅, 鐵은 가장 얇은 地殼 밑에서 熔融되어 上昇하는 데 기인된다고 풀이된다.

7.3. 마그마의 生成과 定置

慶尙主盆地內 火成岩類는 2.2.에서와 같이 分帶하여 볼 때 다음과 같은 問題들을 考慮하는 것이 本節의 主眼點이라고 생각된다.

(가) 本域 火成岩類의 初生마그마의 生成位置.

(나) 火山岩類와 深成岩類의 起源的인 親連關係.

(다) 深成岩體가 定置된 깊이

火成岩類의 初生마그마의 生成位置: 本域 初生마그마의 發生位置를 判斷하는데 도움이 되는 方法은 鹽基性 내지 中性火山岩類의 Sr의 初生值(initial ratio), $^{87}Sr/^{86}Sr$ 및 K/Rb ratio를 利用하는 것이다. 本 研究에서 $^{87}Sr/^{86}Sr$, Rb(ppm), Sr(ppm) 및 K(%)을 測定한 試料는 總 10個로서 Table 11과 같다.

Table 11. $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios and Rb, Sr and K contents of volcanic rocks in Gyeongsang basin.

Sample No	Location	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb/Sr	K (汝)
313	Toward Daegu	0.7079	15.62	608	0.026	1.06
24		0.7078	15.6	753	0.021	0.85
27		0.7076	10.63	311.4	0.034	0.54
31		0.7074	6.57	209.9	0.031	0.08
28		0.7067	62.1	717.0	0.087	2.49
34	Eonyang area	0.7069	45.57	290.4	0.157	1.60
61	Toward Busan	0.7067	33.4	734	0.046	0.95
62		0.7063	55.2	635.9	0.087	2.20
65		0.7075	16.9	569.0	0.030	0.65
119		0.7115	41.0	522	0.070	1.58

$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比의 初生值는 Table 11에서 보는 바와 같이 試料 119番을 除外하고는 全體的으로 0.706~0.707로서 大邱側 보다는 釜山側이 약간 낮은 값을 보인다. Faure(1972)에 의하면 island arc는 平均 0.70437이고 continent는 0.70577인 것과 比較하여 볼 때, 慶尙盆地의 火山岩類는 continent에서 형성된 것으로 思料된다.

한편 Table 11과 같이 初生值가 一般的으로 높은 것은 마그마의 起源이 tholeiite 質이나 alkali olivine basalt 質이라도 慶尙盆地까지 도달하기 위하여 古期變成岩帶와 慶尙系 陸成累層을 通過하는 동안에 陸成層의 堆積物과의 混化에 그 原因이 있을 것으로 생각된다. 慶尙盆地內 火成岩類가 堆積岩과 어느 정도 混成되었을 可能性은 Fig.5에서도 나타나고 있다.

Rb(ppm)-Sr(ppm) 圖 (Fig. 26)에서 試料 313, 24, 65, 61, 119, 62 및 28은 대체로 同一區域에 集中되나 試料 31, 27 및 34는 Sr의 量이 얼마간 減少된 區域에 떨어진다.

Fig. 26에서 注目되는 것은 慶尙盆地內의 試料點의 대부분이 (7個이기는 하나) 西南日本內帶의 Misasa層

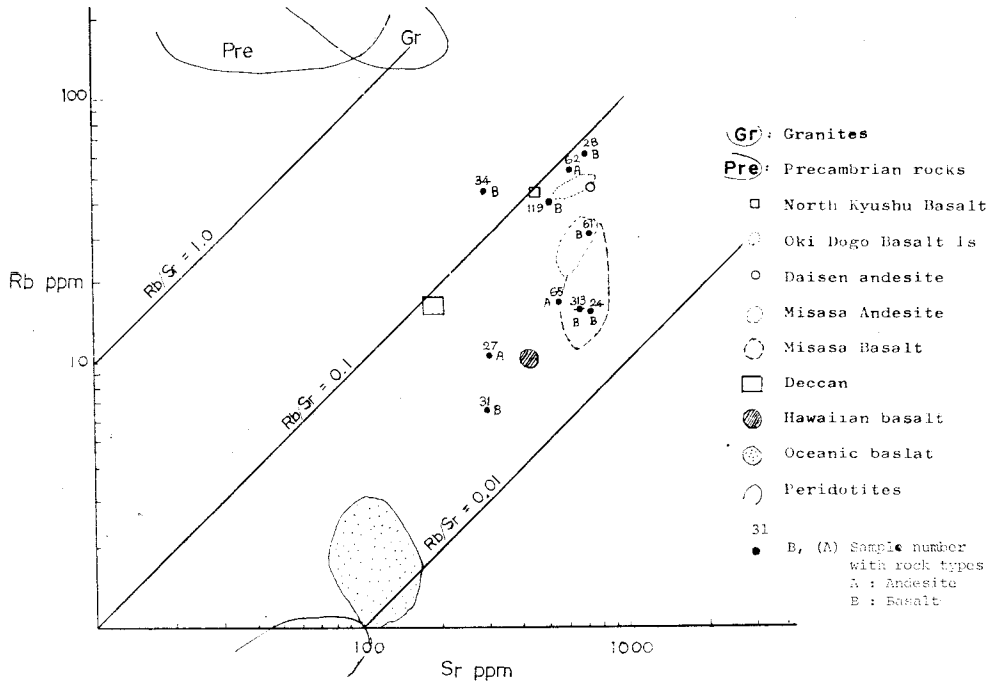


Fig. 26 Plots of Rb versus Sr in Gyongsang proper basin (Kurazawa, 1970)

(三朝層) 中の 火山岩類 (玄武岩과 安山岩) 및 Oki-Dogo (隱岐後島) 의 알카리玄武岩의 값들과重複된다.

일반적으로 마그마內的 Rb의 含量은 分化의 정도에 따라 좌우된다. 그것은 Rb의 이온半徑이 커서 (Rb^+ 1.47Å) 마그마固結過程에서 殘留液內에 농집되기 때문이다. 慶尙盆地的 Rb/Sr 比는 0.021~0.157이며 이들은 다음과 같이 3가지로 區分된다.

Rb/Sr	Group	Sample No
0.021~0.034	Toward Daegu	24, 313, 65, 31, 27
0.157	Eonyang area	34
0.079~0.087	Toward Busan	119, 62, 28, 61

즉 Rb의 含量은 마그마分化末期에서 농집되므로 大邱側의 火山岩들 보다 釜山側 그리고 中心部에서 分化 정도가 進展된 마그마가 噴出된 것으로 思料된다. 이를 同一 마그마에서 起源된 것으로 본다면 大邱側이 釜山側보다 古期噴出岩에 속한다고 볼 수 있다.

한편 Fig. 27의 K(%)–Rb(ppm)圖에서도 慶尙盆地 岩石의 K/Rb 比는 100내지 1000 範圍에 있으며 이는 마그마의 K/Rb에 의한 fractionation trend인 MT(main trend)線 (Shaw, 1968)과 比較할때 같은 방향성을 띠

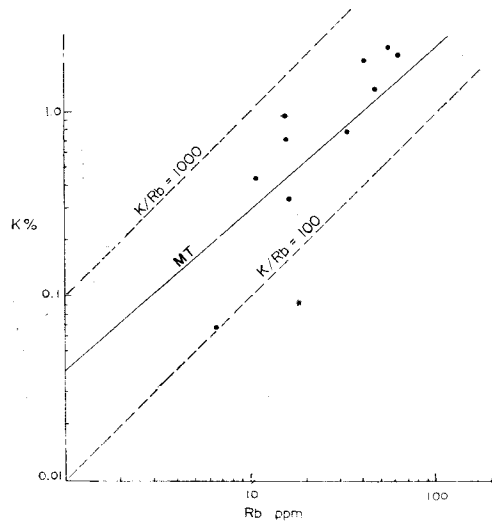


Fig. 27 Plots of K versus Rb in Gyongsang volcanic rocks MT=main trend (Shaw, 1968)

므로, 本 岩類가 fractionation과 密接한 關聯性을 가짐을 알 수 있다. 또한 비교적 높은 K/Rb 값을 보이는 것은 深部起源으로서 下部地殼 내지 上部맨틀 起源임을 가르킨다.

火山岩類 마그마와 深成岩類 마그마와의 關係: 이 關係를 糾明하는 데는 地質分布와 年齡에 根據한 考察과

化學成分의 同質性을 考慮하는 두가지 側面을 생각할 수 있다.

地質分布는 Fig.1에서와 같으며 火山岩類와 深成岩層과 關係가 대체로 다음과 같다.

(가) 서로 隣接하는 安山岩質岩石과 花崗岩과의 絶對年齡을 比較하면 安山岩質岩(主로 朱砂山安山岩類)은 花崗岩보다 대개의 경우 앞선다.

(나) 楡川地域 等에서는 安山岩質火山岩이 넓게 分布하고 이를 雲門寺酸性火山岩이 덮고 이들을 後期에 花崗岩類가 貫入하였음을 볼 수 있다. 좋은 例로서 楡川圖幅東部 삼양리를 中心으로한 곳을 들 수 있다. 이는 소위 火山-深成作用(volcano-plutonism) 關係를 提示한다. 化學成分上으로 이들은 서로 關聯되어 있다. 一例를 들면 Fig. 10에서 慶尙盆地의 火成岩類는 世界 矽-알카리岩系列을 따르고 있으며 Skaergaard 貫入體의 分化過程과는 關係가 멀다. 이는 本域의 마그마가 어느 정도 地殼物質(여기서는 주로 變成岩과 堆積岩類)과 混和가 이루어 졌음을 가르킨다. 이같은 關係는 玄武岩, 安山岩, 酸性火山岩의 系列을 보이며 Fig. 10에서 花崗岩類의 資料點과 완전히 중첩된다. 그외의 여러 化學成分에 의한 diagram에서도 같은 關係가 維持된다.

以上을 종합하여 慶尙盆地의 火成活動은 西北에서 東南으로 移動하면서 일어났으며 各各의 경우 初期에서 中期까지는 鹽基性熔岩類噴出에서 中性熔岩을 거쳐 酸性熔岩類噴出에 이르는 격렬한 火山活動이 있었고 이들 各 地域마다 약간의 時間差를 두면서 深成岩類의 定置가 뒤달았다.

深成岩體가 定置된 깊이 問題 : 이 問題는 Tuttle 과 Bowen(1958)에 의한 노름 Ab-Or-Quartz 三角圖에 의해서 推理된다. 차문성(1976), 이윤중(1980) 및 박배영(1980)의 花崗岩類의 노름值에 의해서 $Ab+Or+Qz > 80$ 인 것만으로 表示한 Fig. 7에 의하면 다음과 같이 마그마의 定置깊이를 提示할 수 있다.

岩石(地域)	貫入位置 의 PH ₂ O (Kb)	貫入 당시 의 깊이 (Km)	平均깊이 (Km)
花崗岩 및 花崗閃綠岩 (馬山地域)	10-0.5	33-1.6	<17.3
花崗岩 및 花崗閃綠岩 (彥陽地域)	4.5-0.5	14.8-1.6	<9.2
花崗岩類 (釜山地區)	3.2-0.5	10.5-1.6	<6.0

西에서 東側으로 감에따라 花崗岩質 마그마의 定置 깊이는 平均 17 km에서 6 km로 減少함을 알 수 있다.

1.6 km 깊이의 部分은 대개 環狀 岩脈狀을 이루는 淺部 貫入體이다.

8. 結 論

위에서 討論한 研究結果를 綜合하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

(가) 慶尙盆地에 分布한 佛國寺花崗岩類는 granite乃至 adamellite 이다. 이들의 Norm 값에 의한 Q-Ab-Or 圖에서 볼 때 釜山附近의 것은 深度 6 km, 壓力 0.5~3.3 kb, 馬山附近의 것은 17 km, 0.5~10 kb, 彥陽附近은 9.6 km, 0.5~4.5 kb 로서 대체로 西北쪽으로 向하여 固化深度가 增加하는 傾向이 있다.

(나) 慶尙盆地에 分布하는 火山岩類는 安山岩質岩類와 玄武岩質岩類로 大分되는데 釜山附近에는 前者가, 大邱附近에는 後者가 優勢하게 分布하고 있다. 釜山附近의 玄武岩은 tholeiitic basalt 에, 大邱地方의 것은 alkali basalt 에 해당하고 安山岩質岩類는 다같이 alkali 性이다.

(다) 이들 火山岩類의 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr의 初生값은 대체로 0.706~0.707 로서 大陸性起源임을 나타내고, Rb/Sr 값은 釜山附近의 것이 0.079~0.157, 大邱附近의 것이 0.021~0.034 로서 同一 마그마起源으로 볼때 分化過程의 立場에서 推理하면 大邱쪽 岩石이 古期에, 釜山쪽의 것이 新期에 속하고 있음을 나타낸다. 이들 火山岩類의 K₂O/SiO₂(60%)의 값은 釜山附近에서는 1.0 內外, 密陽附近에서는 약 2.0, 그리고 大邱附近에서는 약 3.0 內外를 나타내므로써 海岸地帶에서 內陸쪽으로 向하여 增加추세를 명확히 부여주고 있는데, 이는 Benioff zone 까지의 두께가 內陸을 向하여 增大하는 것을 의미한다

(라) 火山岩類의 K-Ar 年代測定 結果는 大邱附近에서 79.4 m.y., 密陽附近에서 65.8 m.y. 釜山附近에서 61.7 m.y.로 나타남으로서 白堊紀末에 內陸에서 일어난 火山活動이 第三紀初에는 海岸으로 移動했음을 가르킨다. 또한 貫入岩類의 K-Ar 年代는 大邱附近에서 73 m.y. 梁山附近에서 71 m.y. 釜山附近에서 58 m.y.로 나타나므로써 火山岩類보다 內陸에서는 약 6 m.y., 海岸地帶에서는 약 4 m.y. 뒤떨어졌다. 韓半島 東南部에 있어서의 中生代末-第三紀初에 이와같은 火成活動의 東南方向으로의 移動은 本地域에 對한 板構造論의 解析의 근거가 되며 back-arc 地帶에서의 地殼擴張이 있었다는 증거를 提示하는 것이다.

(마) 本域에 分布된 初生金屬鑛床群은 그들의 硫黃同位元素分析值가 비교적 좁은 範圍의 δ³⁴S 值를 보임으로서 이들이 관계 火成岩類와 成因의으로 연결되었음을 알수있다. 그리고 이들 鑛床群은 비교적 뚜렷한

帶狀分布를 보이는데 海岸地帶로 부터 內陸으로 향하여 鐵·銅鑛化帶, 銅·鉛亞鉛鑛化帶 및 텅스텐·몰리브덴鑛化帶의 順으로 배열되며 銅鑛化帶內에는 斑岩銅의 類形이 발견된다. 鑛化帶의 이와같은 配列狀態와 斑岩銅의 存在는 안네스식 모델과의 對比를 可能케 한다.

(바) 慶尙盆地를 包含한 韓半島 일원의 白堊紀 및 新生代 岩石에서 구한 地磁氣의 極의 位置는 北半島大陸에서 구한 白堊紀 및 新生代 岩石에서 구한 極의 位置(71°N 180°E와 90°N, 180°E) 부근에 각각 位置한다. 이로서 우리나라는 유라시아 大陸에 속해 있으면서 白堊紀 이래 地構造의 安定相態를 維持해 왔다고 思料된다.

(사) 우리나라에서의 地磁氣의 極의 位置移動과 日本列島에서의 移動과는 서로 相異한 經路를 보이고 있는데 이는 우리나라와 日本列島와의 相對移動으로 解析되어 진다.

(아) 韓半島의 東南端에서 北西方向의 內陸쪽으로 가면서 나타나는 殘留磁氣의 平均偏角의 變化樣相을 地質時代에 따른 極의 位置의 移動經路와 관련하여 考察한 結果 岩石의 年代가 內陸쪽으로 가면서 늙어지고 있음을 類推할 수 있다.

(자) 慶尙盆地에 發達하는 斷層을 包含한 地質構造와 Landsat 影像의 解析에 의한 lineament를 綜合하면 그 強度의 強弱의 順으로 NNE, NWW 및 NEE 方向이 顯著하다.

(차) NNE 方向의 構造는 90 m.y. 前에 Kula plate가 大陸緣邊部에 沈降하던 subduction boundary에 편향하여 形成된 tension 또는 compression에 의한 斷層帶로 解析되고, NWW 方向은 이때에 미쳤던 compression에 의한 shear fracture로 解析된다. NEE 方向의 構造는 約 70 m.y. 때 Kula-Pacific plate가 大陸緣邊部에 沈降하는 日本섬이 회전운동을 하면서 東南으로 移動하게되어 原來의 Subduction boundary가 NNE에서 NEE 方向으로 變位한뒤에 이에 平行하게 形成된 tension crack으로 解析된다.

以上에서 列擧한 事實들은 本地域에 대한 板構造論的 解析의 可能性을 肯定的으로 뒷받침하며, 韓半島 東南部에 있어서의 白堊紀末—第三紀初에 걸친 地構造運動으로서 하나의 大陸沿邊型 arc-trench system의 모델을 考慮할 수 있게 한다. 즉 白堊紀後半에 慶尙盆地의 東北連續帶였던 原始日本이 arc 배후의 地殼擴張에 의해 大陸으로 부터 分離되면서 東南方向으로 移動하였고 이에 따라 太平洋側의 trench가 같은 方向으로 移動되었으며, 慶尙盆地內의 火成活動도 白堊紀末에서 東南쪽으로 移動하여 第三紀初에는 韓半島 東南端에 이르

렀으며 그後 日本으로 移動되었다.

참 고 문 헌

- 국립지질광물연구소(1973) 한국지질도(1:250,000)
- 김옥준(1971) 남한의 신기 화강암류의 관입시기와 지각변동, 광산지질, v. 4, no. 1, p. 1-10.
- 김옥준, 김규한(1974) 동점광산의 붉은동 광체의 성인에 관한연구, 광산지질, v. 7. no. 4, p. 157-174.
- 김옥준, 정봉일, 엄상호, 장기홍, 박봉순, 강필중(1980) 한반도의 지진지체구조 분석에 관한연구, 과학기술처, p. 1-59.
- 대한광업진흥공사(1968) 한국의 광상, 제1호, p. 363.
- 민경덕, 이선희(1979) 구면조화해석에 의한 한반도내의 지구자기장의 분포에 관한연구, 광산지질, v.12, no. 2, p. 95-104.
- 박배영(1980) 마산부근의 화강암류—그의 화학성분 변화를 중심으로, 지질학회지, v. 16, no. 3, p. 135-148.
- 박명권, 김서문(1971) 韓半島의 新期 地殼運動에 關하여, 광산지질, v.4, no.1, p. 39-43.
- 박영진(1980) 慶南 梁山—機長間 安山岩質岩類의 岩石化學 및 變質作用, 延世大學校大學院 碩士 論文, 54 pp.
- 박창고, L. Scharon, J. K. Kinenzle (1966) 8~5와 8~15 항공자력이상대에서의 백악기암석의 이상잔류자기, 지질광상조사연구보고, 제19호, p. 85-106
- 손치무(1969) 한국의 지각변동에 관하여, 지질학회지 v. 5, no. 3, p. 167-210.
- 손치무(1969) 우리나라에서의 백악기의 화성활동에 관하여, 지질학회지, v. 5, no. 4, p. 259-267.
- 오진용(1980) 한국 동남부에 분포하는 백악기 암석에 대한 고지자기 연구, 연세대학교 대학원 석사논문, 56 pp.
- 원종관(1976) 제주도 화산암류의 암석화학적 연구, 지질학회지, v. 12, p. 217-226
- 원종관, 강필중, 이상현(1978) 경상분지의 구조해석과 Igneous pluton에 관한연구, 지질학회지, v. 14, no. 3, p. 79-92.
- 원종관(1980) 한반도에서의 제 4기 화산활동에 관한연구—한탄강지역과 영일지역, 한국과학재단.
- 이상만(1966) 제주도의 화산암류, 지질학회지, v. 2, no. 2, p.1-7.
- 이상만(1972) 경상분지내의 화강암류와 광화작용, 손치무교수 회갑논문집, p. 195-220.
- 이상만(1974) 한반도의 지체구조상의 위치, 플레이트 구조와 관련하여, 지질학회지, v. 10, no. 1, p. 25-36

- 이윤중, 植田良夫(1976) 한국 경상남도 언양도폭 및 북서 울산도폭 지역산 화강암질암의 K-Ar 연대, 광산지질, v. 9, no. 3, p.127-134.
- 이윤중(1980) 언양 및 울산지역 화강암류의 암석화학적 연구, 광산지질 v. 13, no. 2, p. 69-79.
- 이정환외(1971) 한국 선캠브리아 암석의 방사능에 의한 연령측정, 지질광상, 제17호, p.12-19.
- 자원개발연구소(1964-1978) 한국지질도(1:50,000), 구미, 현풍, 경산, 자인, 모량, 창녕, 청도, 유천, 언양, 영산, 밀양, 양산, 방어진, 마산, 김해, 동래 월내.
- 장기홍(1970) 경상북도에 있어서에 상부중생대의 지질(I), 지질학회지, v. 6, no. 1, p. -12.
- 장기홍(1975), 한반도 동남부의 백악계층서, 지질학회지, v. 11, no. 1, p. 1-23.
- 장기홍(1977) 경상분지 상부 중생계의층서 퇴적 및 지구조, 지질학회지 v. 13, no. 2, p.76-90.
- 주승환(1971) K-Ar 법에 의한 K₂O 분석연구보고, 지질광상, 제17호, p. 22-31.
- 진명식, 서면자료, 자원개발연구소.
- 차문성(1976) 부산지역의 불국사 산성화강암류의 암석학적 연구, 광산지질, v. 9, no. 2, p. 85-106.
- Aoki, K. (1958) Petrology of alkali rocks from Iki island and Higashi-Matsuura district, Japan (일어), 火山, 2집, p. 1-6.
- Aoki, K.(1970) Kaersutite-bearing inclusions, Iki island, Japan, Contr. Mineral and Petrol., v.25, p. 270-283.
- Chang, C. C., H. K. Kim and Y. S. Kang (1970) Heat flow in Korea, Rept. Geop. and Geochem. Expl., Geol. Survey of Korea, v. 4, no. 1, p. 30-37.
- Collinson, D. W., K. M. Creer and S. K. Runcorn (1967) Methods in paleomagnetism, Elsevier Pub. Co.
- Duchesne, J. C. and D. Demaiffe(1978) Trace elements and anorthosite gneiss, Earth and Planetary Science Letter, v. 38, p. 249-272.
- Dymond, J. et al(1973) Origin of metalliferous sediments from the Pacific ocean, GSA Bull., v. 84, p. 3355-3372.
- Faure, G. (1972) Principles of isotope geology, John Wiley & Sons, p. 114-117.
- Fisher, R. A. (1953) Dispersion on *M* sphere, Proc. R. Soc. London, A217, p. 295-305.
- Fletcher, C. J. N. and C. C. Rundle (1977) Age of mineralization at Sannae and Ilkwang Mines, Gyongsang basin, ROK, J. Geol. Soc. Korea, v. 13, p. 71-75.
- Kang, Pil-Chong (1979), Geological analysis of Landsat imagery of South Korea (I), J. Geol. Soc. Korea, v. 15, no.2, p. 109-126.
- Kang, Young Ho (1966) Paleomagnetic studies on the Cenozoic and Mesozoic Rocks in Choseon. Geol. and Geography, No. 1, in Sci. Inform. of Rep. Korea, vol. 3, no. 6, p. 17-21.
- Kuno, H. (1966) Lateral variation of basaltic magma type across continental margin & island arcs, Bull. Volcanol., Ser. 2, v. 29, p. 195-222.
- Geol. Survey Korea (1966, 1977) Metallogenic map of Korea (1:1,000,000), Unpub.
- Geol. Survey Korea(1974) Metallogenic map of Korea (1:2,500,000) Unpub.
- Harumoto, Atsuo (1970) Volcanic rocks and associated rocks of Utsuryoto Island (Japan sea), Memorial ed. of Prof. Harumoto, p. 1-29.
- Hatherton, T. and W. R. Dickinson(1969) The relationship between andesitic volcanism and seismicity in Indonesia, the Lesser Antilles, and other island arcs, JGR., p. 5301-5310.
- Irving, E. (1964) Paleomagnetism and its application to geological and geophysical problems, John Wiley & Sons.
- Ito, H. and K. Tokieda(1980) An interpretation of paleomagnetic results from Cretaceous Granites in South Korea, J. Geomag. Geoelectr., v. 32, p. 275-284.
- Jensen, M. L. (1959) Sulfur isotopes and hydrothermal mineral deposit, Econ. Geol., v. 54, p. 324-394.
- Jensen, M. L. (1967) Sulfur isotope and mineral genesis, Chap. 3 in Barnes, H. I., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, N. Y., Holt, Rinehart and Winston, Inc., p. 143-165.
- Kevin, B. (1960) Ore mineral zones related to granite in South Korea, Geol. Surv. Korea Bull. no. 4, p. 141-147.
- Kienzle, J. K. (1968) Paleomagnetism of Plio-Pleistocene volcanic rocks from South Korea and studies of the Earths ancient magnetic field, Ph. D. thesis, Washington Univ.
- Kienzle, J. K. and L. Scharon(1966) Paleomagnetic

- comparison of Cretaceous rocks from South Korea and Mesozoic rocks of Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, v. 18, p. 413-416.
- Kim, O. J. (1971) Metallogenic epochs and provinces of South Korea, *J. Geol. Soc. Korea*, v. 7, no. 1, p. 37-59.
- Kim, S. K. (1979) Analysis of lineaments extracted from Landsat images of the Korean peninsula, *J. Earth Sci., Nagoya Univ.*, v. 26/27.
- Kobayashi, T. (1953) *Geology of South Korea*, Tokyo Univ.
- Kurazawa, K. (1970), 동위체지질학(일어), 라이스사 발행.
- Kutina, J. (1972) Regulations in the distribution of hypogene mineralization along rift structures, *Proc. 24th Int. Geol. Cong., Montreal, Sec. 4*, p. 65-73.
- Lambert, I. B. and T. Sato (1974) The Kuroko deposits: their features and metallogenesis, *Econ. Geol.*, v. 65, p. 1215-1236.
- Lee, D. S. (1977) Chemical composition of petrographic assemblages of igneous and related rocks in South Korea, *J. Kor. Inst. Mining Geol.*, v. 10, no. 2, p. 75-92.
- McElhinny, M. W. (1973) *Paleomagnetism and plate tectonics*, Cambridge Univ. Press.
- Muraoka, Y. and H. Hase (1980) 함몰칼데라에 유래하는 환상지형구조의 평가(일어), *지질뉴스*, p. 7-29.
- Nagao, T. and J. Nishikawa(1980) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios and their source materials of the volcanic rocks from the Pliocene Misasa group in San'in district, *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, v. 75, p. 343-352.
- Ohmoto, H. (1972) Systematics of Sulfur and Carbon isotope in hydrothermal ore deposits, *Econ. Geol.*, v.67, p. 551-578.
- Park, B. K. and S. W. Kim (1971) Recent tectonism in the Korean peninsula and sea floor spreading, *J. Kor Inst. Mining Geol.*, v. 4, no. 1, p. 39-43.
- Park, B. K. and C. S. So (1972) The Ogcheon system in the central part of southern Korean peninsula as an ancient island arc, *J. Geol. Soc. Korea*, v. 8, no. 4,
- Reedman, A. J. and S. H. Um(1975) *Geology of Korea*, KIGAM.
- Rye, R. O. and H. Ohmoto (1974) Sulfur and Carbon isotopes and ore genesis, A review, *Econ. Geol.* v. 69, p. 826-842.
- Sasajima, S.(1980) Pre-Neogene paleomagnetism of Japanese Islands and vicinities, Dep't of Geol. and Mineralogy, Kyoto Univ.
- Segawa, J. and S. Oshima(1975) Buried Mesozoic volcanic plutonic fronts of the northwestern Pacific island areas and their tectonic implications, *Nature*, v. 256, no. 5512, p. 15-19.
- Shaw, D. M. (1968) A review of K/Rb fractionation trends by covariance analysis, *Geochem. Cosmochim. Acta* 32, pp. 573.
- Sillitoe, R.H. (1972) Relation of metal province in Western America to subduction of oceanic lithosphere, *GSA Bull.*, v. 83, p. 813-818.
- Sillitoe, R.H. (1976) Andean mineralization: A model for the metallogeny of convergent plate margins: *Geol. Assoc. Canada spec. paper* 14, p. 59-99.
- Sillitoe, R. H. (1978) Exploration for porphyry copper and molybdenum deposits in Southern Korea: Unpub. report to KIGAM, p. 28.
- Sillitoe, R. H. (1980) Evidence for porphyry-type mineralization in Southern Korea: Unpub. manuscript at Royal School of Mines, England, p. 18.
- Tateiwa, I. (1976) 한국-일본열도지대 지질구조 논고(일어), *도쿄대학출판회*, p. 84-97.
- Tuttle, O. F. and N. L. Bowen (1958) Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$, *GSA Memoir* 74.
- Uyeda, S. and K. Horai(1964) Terrestrial heat flow in Japan, *JGR*, v. 69, p. 2121-2141.
- Uyeda, S. and A. Miyashiro(1974) Plate tectonics and the Japanese island: A synthesis, *GSA Bull.*, v. 85, no. 7.
- Workman, D. R. (1972) The tectonic setting of the Mesozoic granites of Korea, *J. Geol. Soc. Korea*, v. 8, no. 2, p. 969-976.

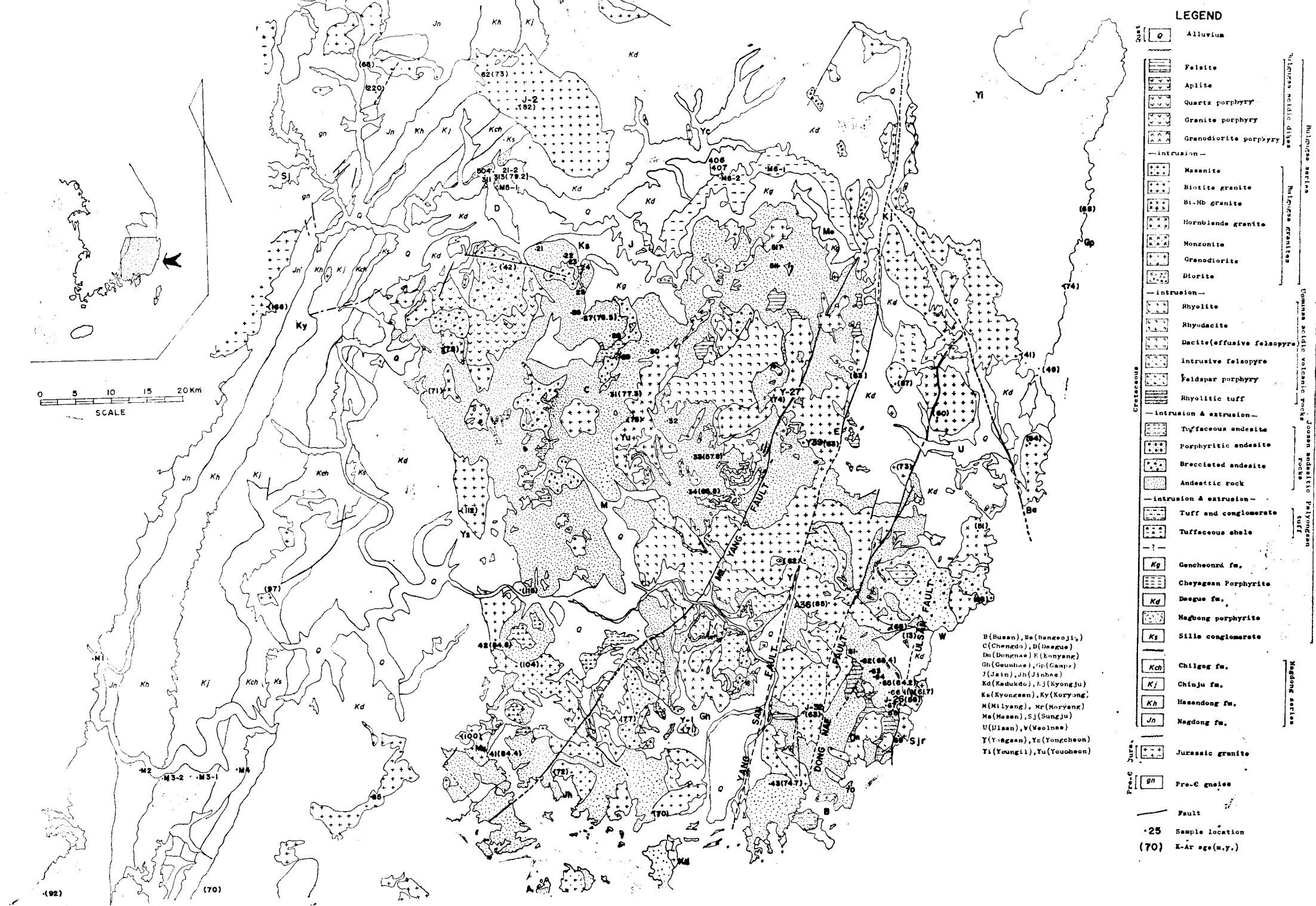


Fig. 1 Geologic map of Gyongsang proper basin with K-Ar and Rb-Sr ages of Igneous rocks