

南韓의 地構造運動과 金屬鑛床

申 柄 雨*

Geotectonic Movements and Metal Ore Deposits in South Korea

Shin, Byung Woo

Abstract

From the point of view of geological history, the land of South Korea is regarded as the subject of processes of the changes in formations of several geological blocks such as Kyonggi massif, Yeongnam massif, Taebaegsan basin, Kyungsang basin and so on. Through the long period of geological chronology, the present topography and geotectonics have been formed by the complicate interactions of epirogenetic movements, magmatism, orogenesis, differential vertical movements, metamorphism and sedimentation.

The reason of the crust movements mentioned above, is supposed that the Pacific and West Pacific plate have subducted directly or indirectly into the East Asia plate. This fact can be endorsed by the results of the studies on the heat flow, gravity anomaly, absolute age dating, tectonic lineation, lithofacies and the temperature of hot spring in South Korea.

The formations of metal ore deposits as well as other geological processes can be determined by the mechanical control of the plates and be divided into several systematic patterns. The investigation of about 110 metal mines in South Korea shows the following results.

- (1) Plate boundary volcanic type is about 28%
- (2) Plate boundary plutonic type is about 44%
- (3) Intraplate sedimentary type is about 26%
- (4) Intraplate magmatic type is about 2%

1. 序 論

過去에는 鑛床의 生成을 regional tectonics 나 geosynclinal cycle 에만 主로 關聯시켜서 論하였으나 2.3 年前부터는 一步 前進해서 Plate tectonics 理論에까지 연관시켜 研究하게 되었다.

Earhart¹, Sawkins² 등은 이미 이러한 立場에서 黃

化鑛床을 分類한바 있으며 1972년에 東京에서 열린 AIME-MMIJ Joint meeting 時에도 學者들간에 이 問題가 많이 論議되었다.

그러나 우리나라에 있어서는 이러한 分類는 아직 試圖된바 없으므로 本人은 今般 Sawkins의 研究를 參考로 하여 南韓의 構造運動과 金屬鑛床을 Plate tectonics 와 關聯시켜서 몇개의 體系的인 pattern 으로 區分하고 그 分布와 特性에 對해서 研究하였다.

*漢陽大學校 教授, 工博

2. Plate tectonics 理論

2-1. 歷 史

1912年 Wegener가 大陸漂移說을 主張한 後 그 概念은 1928年 Holmes의 對流說을 거쳐 海洋底擴大論. 으로 까지 發展되어 1967年에 이르러서는 드디어 Pichon, Morgen⁴, Parker 等에 의해서 이 Plate tectonics 理論이 提唱되었다. 이 理論은 그 後 地熱流調查⁵, 深 海堆積層의 掘鑿. 등으로 더욱 確立되었다. 그러나 Belousov⁷ 等은 아직도 反對하고 있다. 우리나라에서 는李大聲⁸, 朴柄權, 金瑞雲⁹ 等이 이에 대해서 論한 바 있고 1972년에는 Workman¹⁰이 우리나라의 中生代 花崗岩을 地構造的立場에서 論한바 있으며 그밖에 李商萬¹¹, 朴柄權, 都日圭¹² 等이 發表한바 있다.

2-2 Plate 와 地尙斜區分

1968年은 Morgan⁴은 上部 mantle 과 岩石圈을 合한 plate 를 Fig. 1 과 같이 地球上에 12個를 생각하였고 그것들이 asthenosphere 라고 稱하는 潤滑帶 위를 움직 임으로 그 境界面에서 Fig. 2 와 같이 모든 造山運動 이나 火成作用이 일어난다고 하였다. 이 Plate 의 두께

는 海洋에서는 50~100 km 이고 大陸에서는 200 km 쯤 된다고 하였으며 oceanic ridge, transform fault, oceanic trench 등이 plate 들의 境界가 된다고 하였다. 그리고 Workman 은 이 plate 와 關聯시켜서 造山運動을 다음 과 같이 5個의 型으로 分類하였다.

1. Orogenesis of plate source

A) in oceanic arc (Mid-Atlantic type)

B) within the continents (U. S. Cordilleran type)

2. Orogenesis at plate sinks

C) within oceanic crust at both plate margins (Island Arc type)

D) with oceanic crust at one plate margin and continental crust at the other (Andean type)

E) with continental crust at both plate margins (Himalayan type)

그리고 堀越毅¹³는 造山運動을 大陸地殼과 海洋地殼間에 생긴 Cordilleran type 과 大陸地殼과 大陸地殼間에 서 생긴 衝突型(Collision type)으로 二分하였다.

Caledonia, Alps 等의 造山運動은 衝突型이며 日本은 主로 Cordilleran type 가 많다고 한다. 西南 日本內에 서도 秋吉, 佐川, 四萬十造山運動 等은 Cordilleran

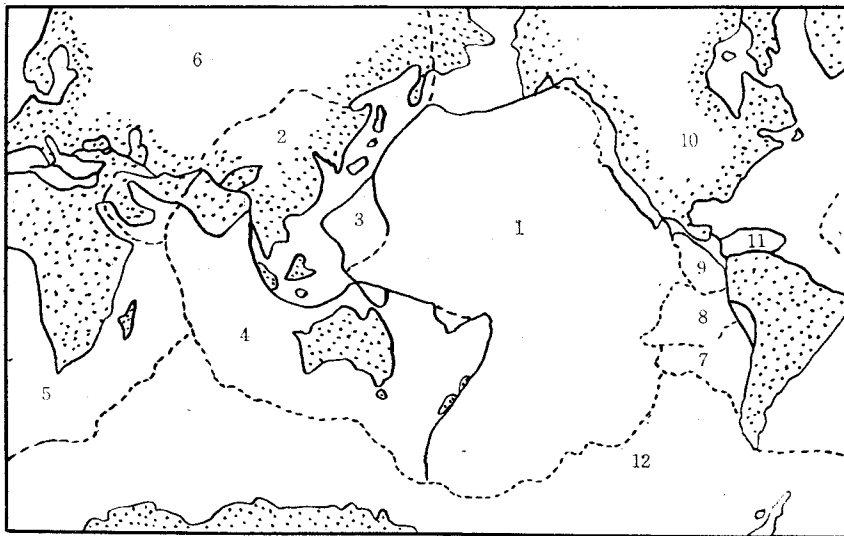


Fig. 1. Plate boundaries (after, Morgan 1968)

.....Accreting plate margins
 ——Consuming plate margins

- | | | |
|------------------------|---------------------|--|
| 1. Pacific plate | 2. East Asia plate | 3. West Pacific plate (Philippine plate) |
| 4. Indian plate | 5. African plate | 6. European Asian plate |
| 7. Juan Ferandez plate | 8. Nasca plate | 9. Cocos plate |
| 10. American plate | 11. Caribbean plate | 12. Antarctic plate |

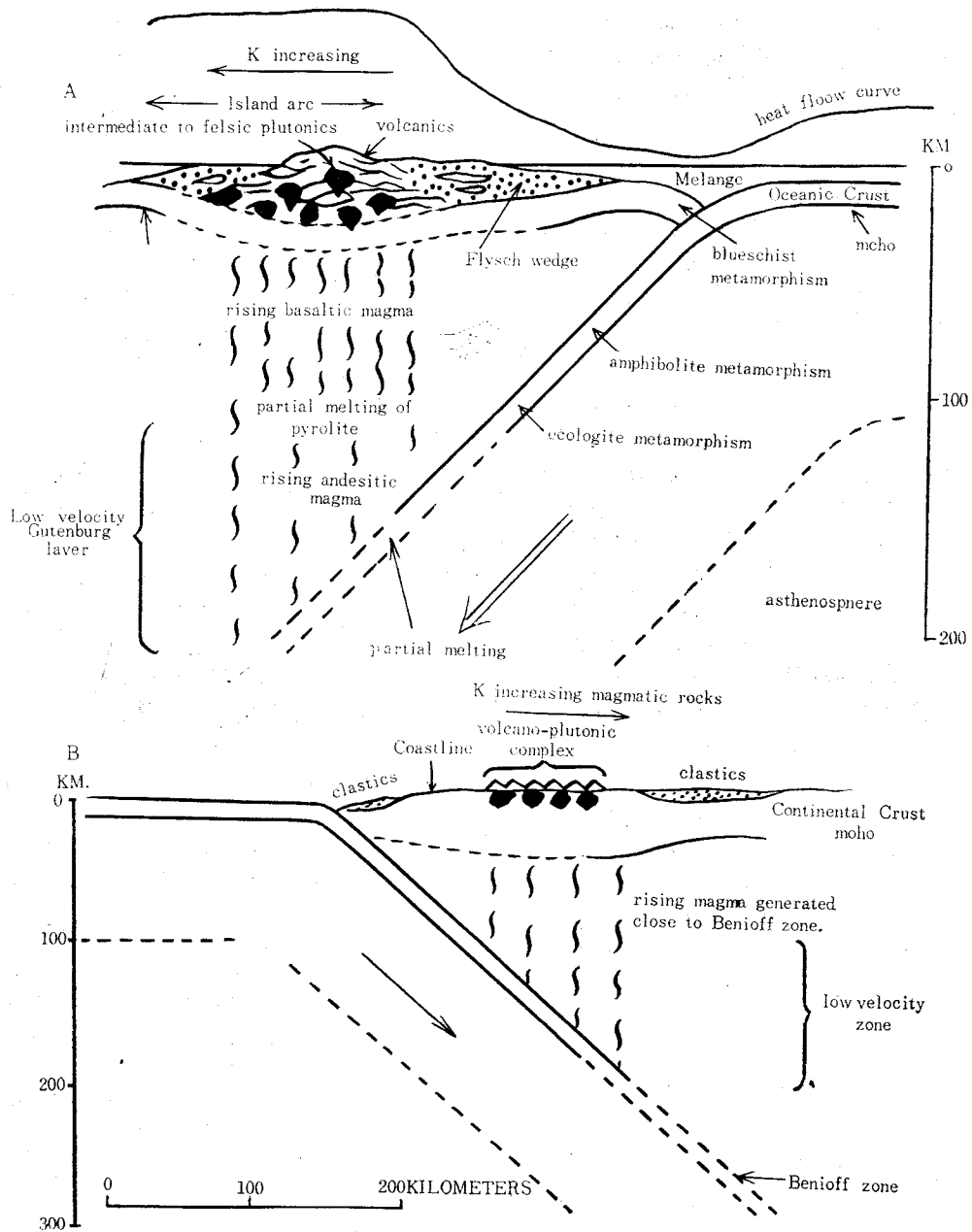


Fig 2A. : Diagrammatic representation of inferred structure and process taking place in a subduction-related oceanic island-arc system; no vertical exaggeration; note that distance from trench to volcano-plutonic complex in island arc is in excess of 100 km; modified from Dewey.

B. : Diagrammatic representation of inferred structure and processes taking place at a subduction-related continental margin; modified from Hamilton.

type 이고 北海道의 日高運動은 衝突型이다. 이 두 型은 複合的으로는 일어날 수도 있다. 또 1972年 Sawkins 등은 大洋地殼으로 덮인 plate와 大陸地殼으로 덮인 plate로 二大分하고 그것들이 여하히 subduction하느냐에 따라서 各種造山運動의 型이 결정되며 鑛床生成도 그 支配를 받는다고 하였다. 그리고 Michell, Bell¹⁴ 등은 geosyncline도 Island-arc type, Japan sea type, Mediterranean type, Andean type 등으로 區分하였다.

2-3. 火山運動과 Plate

Plate tectonics에 의하면 地球上에서 甚한 火山活動이 있는 곳은 大洋中央海嶺과 Benioff帶上이며 前者를 海嶺型的 火山活動, 後者를 前線型的 火山活動이라고 한다.

그리고 後造山性인 花崗岩類活動을 隨伴하는 火山活動은 深成型이라고 한다¹⁵. 海嶺型은 海洋地殼自體가 Plate를 타고 造山帶에 들어가는 것이며 火山岩類는 tholeiite가 주로 K₂O가 적다¹⁴. 이 型은 火山岩을 碎屑岩이 덮고 있으면 互層을 이루지 않고 下部深成岩相에 移化한다¹⁵. 前線型은 Benioff帶에 發生하며 化學成分은 非對稱的이고 火山岩과 碎屑岩은 互層을 이룬다. 地熱流量은 火山前線에서 內側으로 急激히 上昇하며 negative Bouguer anomaly는 海溝에 平行한다. 深成型은 花崗岩質 magma의 噴出相이며 化學組成은 SiO₂가 많고 深岩相으로 移化한다. Cordilleran type의 造山運動은 먼저 海溝의 生成에서 시작하여 海洋地殼은 Benioff帶를 만들면서 大陸地殼 밑으로 들어가 下部 約 130 km에 達하면 magma를 發生하여 前線型的 火山活動이 시작된다. Benioff帶의 活動이 停止하면 前線型的 火山活動은 衰退하여 그 대신 深成型的 火山活動이 시작된다. 다음에 海溝을 堆積이 시작된 後 廣域 成作用으로 끝난다. 이때 海溝兩側에 있는 Bouguer anomaly가 낮은 地帶는 隆起한다.

高溫低壓變成帶와 低溫高壓變成帶는 對를 이루며 一般的으로 前者는 大陸側에 後者는 大洋側에 位置한다^{16,17}. 衝突型的 造山運動은 Benioff帶의 靜止가 大陸地殼과 大陸地殼의 衝突로 생기며 海溝의 埋積은 堆積物과 大陸地殼에 의해서 이루어진다.

2-4. 鑛床生成과 Plate

鑛床의 成因이 되는 鑛液의 起源이 magmatic인가 또는 meteoric, juvenile, connate, sea water中 어느 것인가가 現在 地化學的으로 많이 論議되고 있으나 이러한 鑛液에 의한 모든 鑛床의 成因이 火成作用(magmatic differentiation)과 密接한 關係가 있는 것은 두말할 것도 없다. 한편 火成作用 造山運動等은 Plate tectonics에 의해 說明될 수 있으므로 鑛床生成을 비롯하여 鑛

床學의 많은 命題들이 Plate tectonic environments와 結付시켜 研究하므로서 解決될 수 있는 것이다. 다시 말하면 petrographic province, metallogenic province, dynamics of lithospheric plate motion의 三者가 緊密不可分の 關係에 있다고 思料된다.

一般的으로 鑛床은 貫入당한 母岩의 金屬含有量이나 magma의 分化晶出過程에 있어서의 dynamics에 의해 지배되나 그 以外에 Plate tectonics과 關聯되는 regional geochemical anomaly도 큰 關係가 있는 것이다. 卽 大洋底에 운반된 金屬의 地化學的 anomaly部分이 subduction하면 그 上部에 鑛床이 生成되기도하며 또 金屬을 包含한 anomalous mantle部分에 subduction함으로서 생긴 magma가 上昇하면 그로 因해서 鑛床이 만들어 지기도 한다.

이러한 成因에 대해서는 Armstrong, Kraskof¹⁸, Sinha and Hart¹⁹ 등이 弧狀列島의 火山岩을 研究함으로써 證明되었다. 例를 들면 Kuroko type 鑛床은 convergent plate boundary에 있어서 海水와 calc-alkaline magma가 相互作用함으로서 生成된 것이고²⁰ 많은 greenstone type의 金屬鑛床도 역시 convergent plate boundary에서의 濃縮過程으로 만들어진 것이 判明되었다²¹.

南韓의 金屬鑛床들은 그 生成時期로 보아서 Pre-Cambria紀, 中生代~第三紀初, 第三紀以後 등으로 區分될 수 있는데 그 成因은 大部分이 花崗片麻岩, 花崗岩, 그리고 이들과 關係되는 火成岩類와 直接 또는 間接的으로 關係를 갖고 있다. 그러므로 Sawkins의 理論을 適應해서 Plate tectonics와 關聯시켜 分類할 수 있다고 본다. 이것에 對해서는 第5章에서 詳細히 論하겠 다.

3. Plate tectonics 로 본 南韓의 構造的特徵

3-1. 序 言

지금까지 알려진 南韓의 地質, 地質構造, 造山運動의 原因을 南韓의 構造的特徵과 岩石相 其他 地球物理學의 해석에 Plate tectonics의 理論을 결부시켜 說明하고자 한다.

勿論 이러한 試圖는 現단계에서는 대단히 어려운 일이나 日本이나 中國과도 對比하면서 우선 主로 沃川地向斜地帶와 慶尙盆地에 나타난 特徵과 韓國全體에 걸쳐서 나타난 現在까지의 증거를 說明하여 結論을 내리려고 한다.

먼저 韓國全體에 걸친 몇가지 特徵을 열거하겠다.

3-2. 韓國全體의 特徵

1. 韓國에는 構造線의 方向이 NS~N40°E(Sinian direction)인 것이 44% 이상에 달하며 N55°~65°W (Korean direction or Pyongan direction)인 것이 12%에 달한다⁴².

이들 두 方向間의 角은 대략 直角을 이루고 있는 것으로 보아서 NW 方向의 壓縮力에 의한 rectangular rupture로 생각된다.

그러나 Korean direction인 것이 Sinian direction인 것을 切斷하고 있는것도 있어 生成時機에 差異가 있는 것도 있다.

이 두 方向外에도 NS, WNW, ENE 方向인것도 있으며 大陸緣邊에 褶曲構造와 관련한 mosaic 구조형태를 이루고 있다. 南韓의 地形이나 海岸線이 이러한 構造線과 密接한 關係가 있다는 것은 이미 기술한바 있다. 이 構造線은 正斷層, 逆斷層, 走向轉移斷層, overthrust, 褶曲軸 등으로 그 中에서도 正斷層이 가장 많다. 이러한 構造線은 물론 壓縮力關係도 있고 差別 垂直運動에 의한 張力關係도 많으나 역시 주로 NW 方向의 壓力이 가장 우세했다고 본다. Korean direction의 延長이 西方日本孤와 Rhykyu 孤의 方向으로 연속되며, 그것은 또 Darwin rise 方向과 거의 일치하고

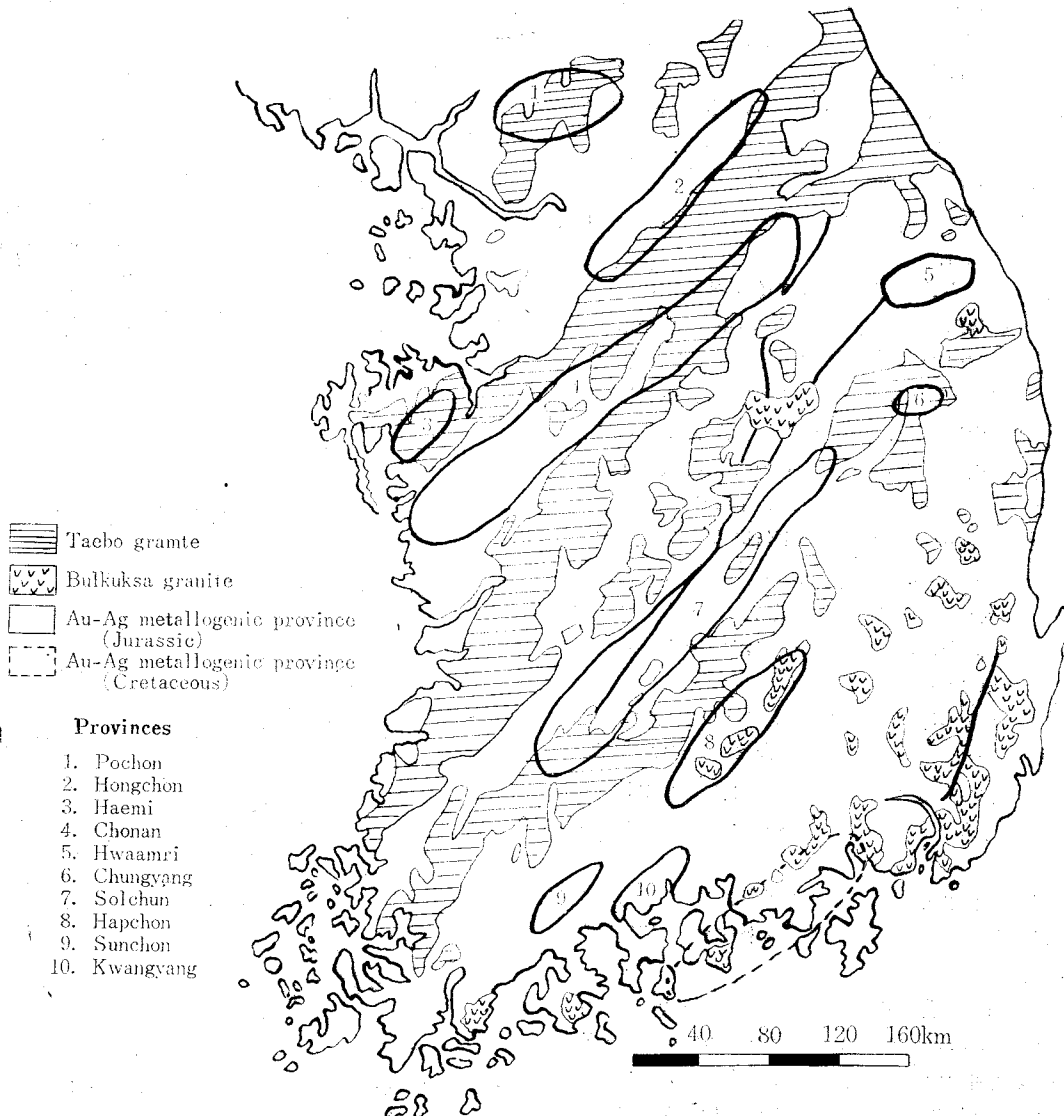


Fig. 3. Distribution map of granites and gold-silver metallogenic provinces in south Korea (after Kim, O. J., 1970)

있다는 점은 注目할만 한 事實이다.

Workman¹⁰은 韓國의 中生代 造山運動의 자극력이 上向 擴張의이며 orthogeosynclinal sedimentation 이 없고, 高角의 正斷層이 많으며, upright fold 가 많다는 理由等을 들어서 plate source orogenesis 라고 發表한 바 있다.

2. 韓國의 西海岸은 沈降하고 있으나 全體的으로는 隆起現象을 나타내며 그 隆起速度는 北側보다 南側이 더 크다.

朴柄權⁹에 依하면 지난 4,000年 동안 西海岸은 約 1.5m 沈降되었다고 하며 이것은 比較的 安定한 北美東海岸(4,000年間 3~6m)에 比較하면 훨씬 적다. 卽 西海岸도 示差의 隆起를 하고 있는 것이다. 이 點에 대해서 1972年 朴柄權, 金瑞雲은 California 灣이나 紅海같이 太平洋 Plate 가 日本列島下部로 subduction 한 關係로 나타나는 壓縮應力에 起因한다고 하였다.

또 이에 대해서 Dewey, Bird⁴³ 등은 이는 太平洋 mantle 內의 對流運動이 아니라 東海의 海底擴張關係라고 主張하였다.

3. 北韓에는 Trias. 紀, 沃川地向斜帶에는 Jura. 紀, 그 보다 南部에는 白堊紀, 西南日本에는 白堊紀末에서 古第三紀의 花崗岩類가 分布한다. 또 火山岩類도 앞에서 記述한 바와같이 中國에서는 Jura 後期, 韓國에서는 白堊紀中期~後期, 日本에서는 白堊紀 後期~古第三紀로 火山活動의 中心이 大陸中心에서 大洋側으로 移動되었다. 또 地殼變動도 北에서 南으로 移動하였다. 卽 太白山盆地에서 慶尙盆地, 湖南盆地로, 그리고 南西日本에서의 造山運動도 秋吉, 佐川, 四萬十, Misuho 等 역시 北에서 南으로 移動하였다. 이러한 현상은 Canada 에서도 Krough, Davis⁴⁴ 등이 인정하였으며 Plate 의 migration 으로 생각된다.

Workman 도 南韓에서의 數次에 걸친 週期的 火成作用을 mantle convection 에 있어서의 地熱流增加에 依한 것이라고 하였으며 plate source 自體도 北에서 太平洋 basin 쪽으로 migration 한 것이라고 說明한 바 있다.

4. Fig. 3 과 같이 Au, Ag 鑛床도 역시 NE 方向으로 帶狀分布를 하며 Mo 鑛床도 西南日本과 連續性을 나타낸다.

卽 過去에는 金銀鑛床을 schistose granite, long granite, round-granite, granite-free region 等과 關聯시켜서 4 가지 型으로 區分하였는데 金玉準은 이것을 Jura 紀 卽 大寶花崗岩과, 白堊紀 卽 佛國寺花崗岩과 關聯한 두 型으로 區分하여 그것들을 Plot 한 結果 全

部가 東南~西南方向인 Sinian direction 으로 배열하고 있다는 것을 알았으며 大同紀末에 있었던 syntectonic granite 에 수반된 것이 大部分이라고 結論진 바 있다.

南韓南部의 Mo 鑛床들은 西南日本의 飛驒帶, 三群帶等에 分布한 Mo 鑛床들과 그 成因等이 類似하며 그의 連續이라고 思料된다¹³.

이러한 事實 等도 南韓에서의 火成活動이 NE 方向으로 Plate 가 運動함으로서 이루어졌다는 것을 示唆하며 또 日本의 佐川造山運動과 密接한 關聯이 있음을 指示해 주고 있다.

3-3. 慶尙盆地的 特徵

慶尙盆地的 層序나 構造에도 다음과 같은 特徵이 있다.

1. 卽 慶尙盆地는 晋州運動, 大邱運動, 密陽運動, 英陽運動 等 여러 地殼運動으로 層序의 碎屑層과 火山岩頭等이 互層을 이루고 있으며 molasse basin 이다. 그리고 蔚山斷層, 密陽斷層, 慶山斷層 等 많은 斷層과 背斜, 向斜가 NE 方向으로 發達하고 있다. 岩石은 第3章에서도 記述한바와 같이 各種 堆積岩과 流紋岩, 安山岩, 石英斑岩, 石英安山岩, 花崗岩, 花崗閃綠岩等으로 되어있는데 이것은 Fig. 4 과 같이 西南日本

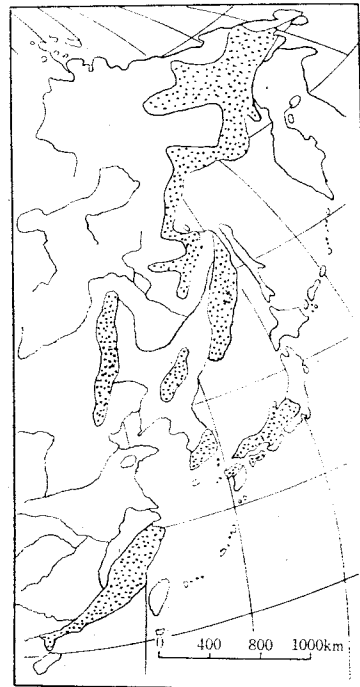


Fig. 4. Map showing distribution of Late-Mesozoic volcanic rocks in East-Asia (After Yamada, N. T. 1966)

의 岩石들과 類似하다⁴⁵.

이러한 點으로 보아 慶尙盆地는 古第三紀까지는 西南日本과 連結되어 있는 것으로 생각되며 古第三紀以後에 西南日本이 南進해서 分離되고 日本海가 탄생된 것이다.

特記할 것은 火山岩中 Fig. 5 과 같이 流紋岩은 西南日本에 많고 安山岩이나 玄武岩은 慶尙分地에 많다⁴⁶. 이것은 慶尙盆地在 西南日本보다 plate boundary의 內側에 있었다는 것을 暗示하며 其他 plate의 角度, 速度, 壽命 等の 差異에 依해서 造山輪廻에 差異가 생긴 것으로 생각된다.

2. 地熱流가 東海岸이나 慶尙盆地 地域에서 상당히 높다.

卽 Ueda 나 Vacquier⁴⁷는 東海岸이 地熱流가 2~3.01 H. F. U. 라고 하였으며 後 韓國地質調査所發表를 보면 Fig. 6 과 같이⁴⁸ 慶尙盆地 地域이 平均 2.13~2.33 H. F. U. 이다.

이것은 Pre-Cambrian shield의 平均値가 0.92~1.2 H. F. U. 이고 世界의 他地域의 平均値가 1.2~1.5 H. F. U.^{49,50}임과 比較하면 相當히 높다. 이러한 地熱流는 東海의 spreading line 에 따른 上昇 magma 에 起因하거나⁵¹ 或은 radioactivity, shear strain, subduction lithosphere의 adiabatic compression⁵²에 依한 것이나 여기서는 地域流가 높은 地域이 主로 東西隅이고 西南

이나 北쪽으로 가면 적어진다는 點과 radioactivity, shear strain 과는 거의 關聯이 없는 것으로 보아서 plate의 subduction에 依한 것이라고 判斷된다. 이것은 西南日本의 秋吉, 佐川 造山輪廻와 火山岩類의 分布등을 對比하므로써 더욱 確認할 수 있다. 또한 Fig. 7 과 같이 溫泉의 泉溫도 慶尙盆地와 佛國寺花崗岩地域이 높다⁵³. 沃川地向斜에서의 特徵에 對해서는 좀더 具體的으로 考察하고자 한다.

3. 岩石相이 北으로 갈에 따라 tholeiite, high-alumina, alkali series 로 되고 K量이 增加한다. table 1 은 南韓에 分布한 安山岩과 玄武岩에 包含된 알칼리의 含有量이다^{55,56}.

이 表에서 알 수 있는 바와 같이 K₂O는 1%내지 1.92%, Na₂O는 2.62~4.03% 며 日本것과 比較하여 볼때 K₂O는 약 3~4 배가 많고 Hawaii 에 比한다면 5 배정도가 풍부하다⁵⁷. 그리도 Na₂O도 日本것에 比해서 약 1%, Hawaii 것과는 약 0.5%가 많다. 卽 alkali의 함유량이 日本것보다는 월등하게 많으나 Mason(1967)이 발표한 大陸性 alkali 玄武岩에 포함된 KO₂와 Na₂O의 양(K₂O=1.5%, Na₂O=3.3%)에 比較하면 큰 差異가 없다. 요는 alkali의 含有量으로 보아서는 西南日本 보다 subduction zone에서 훨씬 遠距離에 있는 것을 暗示하고 있다.

Alumina의 平均含有量도 18.4%여서 世界各地의 平

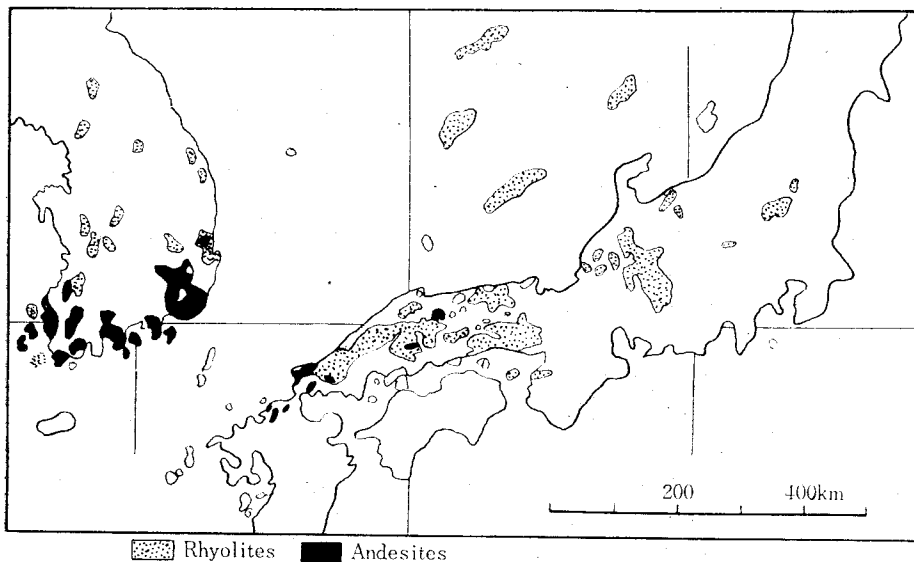
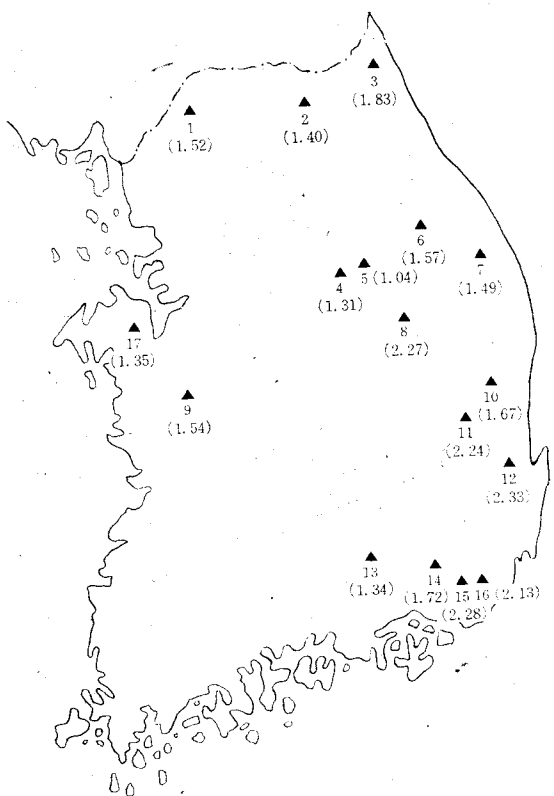


Fig. 5. Map showing distribution of volcanic rocks (Cretaceous) in Korea and West-South Japan (After Yamada, N. T. 1966)



1. Pochon
2. Hongchon
3. Yanyang
4. Chungju
5. Dongyang (talcmine)
6. Sinyemi
7. Uljin
8. Bongmyong
9. Kubong
10. Yeonhwa
11. Yongyang
12. Pohang
13. Kunbuk
14. Kuryong
15. Mulkum
16. Cholma
17. Sochon

Fig. 6. Heat flow in South Korea (cal/cm² sec)
(After Chang, J. J. and Kim, K. H. 1970)

1. Leechon
2. Doksan
3. Doko
4. Onyang
5. Suanbo
6. Baekam
7. Dongrae
8. Haeundae
9. Makumsan
10. Yusong
11. Choksan
12. Osaek

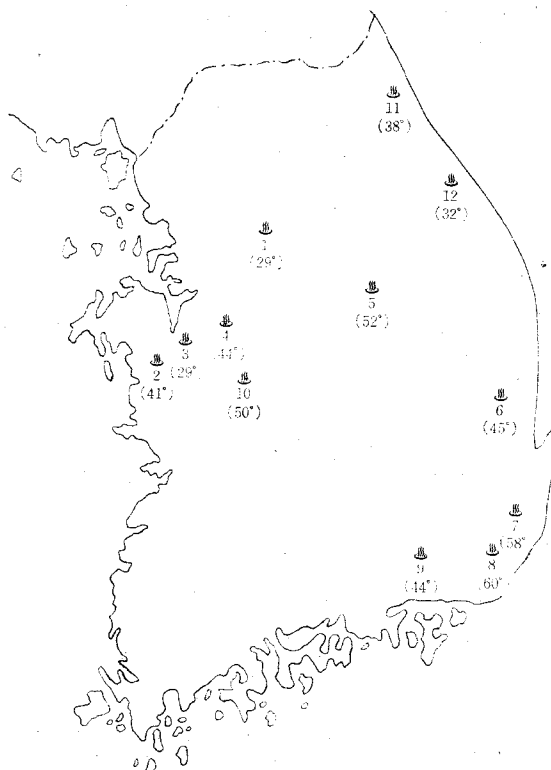


Fig. 7. Map showing distribution of hot springs in south Korea

Table 1. Alkali Contents in Andesite and Basalt

| | | Andesite | K ₂ O | Na ₂ O | |
|----------|---------------|----------|------------------|-------------------|------|
| Jaejudo | Western part | | 1.73 | 3.68 | |
| | " | | 1.02 | 3.62 | |
| | " | | 1.92 | 4.02 | |
| | Southern part | | 1.63 | 3.82 | |
| | Northern " | | 1.62 | 3.53 | |
| | Kyungnam | Milyang | | 1.73 | 3.75 |
| | | " | | 1.68 | 3.57 |
| | | Eonyang | | 1.85 | 3.92 |
| Kyongsan | | | 1.90 | 4.03 | |
| | " | | 1.75 | 3.85 | |
| | | Basalt | K ₂ O | Na ₂ O | |
| Jaejudo | Western part | | 1.15 | 2.62 | |
| | Southern part | | 1.42 | 3.08 | |
| | " | | 1.56 | 3.67 | |
| | Eastern part | | 1.01 | 2.95 | |
| | Haara Mt | | 1.01 | 3.79 | |

均量 1.78~18.7%에 비교하면 역시 相當히 많다.

即 西南日本과 地殼變動의 時期에 있어서는 密接한 關係가 있으나 subduction zone 과의 距離에 있어서는 差異가 尙히 있음을 알 수 있다.

3-4. 結 言

以上 說明한 바와같은 諸特徵으로

1. 中生代以後의 南韓의 造山運動. 西太平洋 Plate 緣邊部에 있는 작은 Plate 가 慶尙盆地下部로 subduction 하는 Cordilleran type 라는 것을 알 수 있다.

이것은 特히 西南日本의 造山輪廻와 比較하여 볼 때 秋吉, 佐川運動 等과 密接한 關係가 있는 것을 알 수 있다. 秋吉, 佐川運動은 共히 Cordilleran type 이며 前者는 石炭紀前期~Permian 紀에 있었고 後者는 石炭紀中紀~古第三期에 일어났다.

三波川變成岩의 岩石年令이 100~70m. y. 秋吉造山帶의 深成岩의 年令이 240m. y. 佛國寺 花崗岩의 年令이 68~112m. y. 인 것을 보면 南韓의 Cordilleran type 의 造山運動은 主로 日本의 佐川造山運動과 對比된다고 생각된다.

古代地質은 韓國과 日本사이에 현저한 break 가 있으나 古生代以後의 南韓의 地質이나 地構造運動은 西南日本과 類似한 點이 많다.

2. Plate 의 migration 이 北에서 南으로 있었다.

3-2 에서 說明한 바와 같이 南韓의 造山運動, 花崗岩의 貫入 其他 日本과의 對比에 依해서 포제와 같은

事實을 認定할 수 있다.

4. Plate tectonics 로 본 沃川地尙斜

4-1. 序 言

沃川地尙斜(Okcheon geosynclinal zone)란 말은 小林 貞一이 처음으로 쓰기 시작하였으며 井上, 中村, 松下, 孫致武⁵⁶ 金玉準⁶⁹等 여러 學者들이 이 地域에 對해서 研究한바 있으며 最近에는 李大聲^{27, 59}이 그 岩石相, 構造 等に 對해서 詳細히 論한바 있다.

沃川地尙斜의 北西側은 江陵, 原州, 群山을 連結하는 線에서 南東側은 三陟, 丹陽, 鎭安, 木浦를 연결하는 線에 이르는 幅이 約 60~80 km 部分을 말하며 大端히 複雜한 地質로 되어 있어 아직까지 不明한 問題가 많이 남아있다. 여기서는 Plate tectonics 와 關聯되는 部門 即 層序, 地質構造, 重力異常等에 對해서만 說明하겠다.

4-2. 層序學의 特徵

堆積相의 週期성을 나타낸다. 即, Belousov 의 概念을 適用하면 香山里層, 文周里層은 輪廻初期의 low terrigenous sequence 에 倉里層과 三斤里層은 中期 limestone sequence 에, 黃江里統은 二期輪廻 初期에 부합되는 upper terrigenous sequence 에 해당되며 이들은 中央隆起部로부터의 礫을 포함한다. 二期中葉에 해당되는 lagoonal sequence 나 末期의 molasse sequence 는 이 地域에서는 發見되지 않는다⁶⁰. 北東部の 非變成區는 Pre-Cambria 系를 不整合으로 덮은 古生代 堆積層으로 되어 있고 南西部의 變成岩區는 沃川系 即 綠色片岩, 千枚岩 및 角閃岩, 西東部の 混成岩區는 片狀花崗岩中에 古生代堆積岩의 殘留物이 들어있다. 即 中間帶의 南西쪽으로 감에 따라 漸次로 火山岩帶로 移化되며 南東 margin 에는 安山岩帶가 發達하고 있다. 西南端에는 中生代の 沈降으로 形成된 榮山江 trough 가 있다. 여기는 上部白堊紀 火成碎屑層과 堆積岩으로 되어 있다. 다음은 沃川系의 層序이다.

Hwanggangri Formation

Pebble bearing phyllitic and/or calcareous rocks

Changri Group

Majeonri Formation

Shale, limestone, alternation of shale and limestone, meta volcanics

Changri Formation

Black slate, limestone and phyllite, graphite phyllite

Munjuri Formation

Phyllite, grey chlorite schist
 Daehyangsan Group
 Daehyangsan quartzite
 Hyangsani dolomite
 Gyemyeongsan Formation
 Biotite-quartzose gneiss, mica schists, limestone

4-3. 地質構造學的 考察

1. 地質構造上으로 볼 때 Fig. 8 와 같이²⁵ NNE 方向으로 많은 背斜, 向斜, overthrust 등이 發達하고 있으며 部分的으로 覆瓦構造를 이루고 있다. NW 帶, 中間帶, SE 帶의 三構造區로 區分되며 NW 帶에는 沃川 thrust 와 rift zone 이 있고 대단히 복잡한 構造를 한다. 中間代에는 黃江里, 平昌, 丹陽等 많은 thrust 가 存在한다. 이들 斷層들의 走向은 NE~N30°E, 傾斜는 거의 垂直이며 走向移轉斷層도 存在한다. 碎屑層이 많으며 上昇되기 以前에 층계 帶狀으로 堆積作用이 있었다. 南西쪽은 Volcanic region 으로 移化되며 深成 및 火山活動이 심했던 典型的인 造山帶라고 말할 수 있다. SE 帶에는 긴 走向斷層이 있으며 片麻岩化作用, anatexic granitization 을 받고 있다. 심하게 褶曲되어 있으며 高度로 流動的인 帶이다. 以上과 같이 沃川地 向斜帶에는 全體의으로 볼 때 構造運動의 週期性이 認定되며 下降과 上昇이 반복되고 地向斜의 migration 이 北에서 南으로 또 東에서 西로 있었으며 Jura 紀와 白堊紀의 二次에 걸친 火成活動으로 沃川系地層의 兩側에 中央隆起帶 地向斜가 配置되었다. 또한 陸塊境界에는 永同地溝과 公州地溝가 形成되었다. 古地向斜區(變成區)와 新地向斜區(非變成區)의 境界는 아직 未詳이며 金玉準은 thrust 로 생각하였고, Kobayashi⁶¹는 原岩石相의 연속을 認定하였으며, 李大聲²⁷은 anticlinorium 가 北東으로 plunge 하여 점점 멀리 北東으로 감에 따라 逆斷層, overthrust 로 發展되었다고 解釋하고 있다.

2. 變成相이 兩陸塊가 低壓中~高溫變成相을 한 데 對해서 沃川變成區는 中壓低溫型이다¹¹. 卽 兩陸塊는 變成相에 있어서 類似하여 大部分이 角閃岩相을 한다. 變成相의 方向은 構造線과 일치하며 鑛物成分은 cordierite, sillimanite 를 包含하나 kyanite, staurolite 가 없어 低壓中~高溫變成相이다. 이것에 對해서 沃川變成區는 Fig. 9 과 같이 그中央部에 綠色片岩相이 우세하고 그 外部로 감에 따라 變成度는 增加되며 綠色片岩, 角閃岩漸移相, 角閃岩相으로 移化한다.

混成岩區에서는 主로 角閃岩相이다. 綠色片岩은 chlorite, muscovite, sodafelspar, stilpnomelane, actinolite, phlogopite 등으로 構成된다. 本變成帶의

變成軸의 方向은 역시 北東方向이다. 花崗岩化作用은 兩陸塊지역에 比하여 弱하다. 以上 構成鑛物의 特異性으로 보아 中壓低溫型에 들어간다. 1972 區 朴柄權, 蘇七燮⁶²은 沃川系의 南東部가 綠色片岩相이고 北西部가 角閃岩相이라고 한 金亨植⁶³의 研究結果와 沃川變成帶가 中壓變成相이고 京畿變成帶가 低壓變成相이라는 李商萬¹¹의 發表를 基礎로 하여 沃川系가 古期弧狀列島라고 主張하였다.

그러나 그 後 李商萬은 Zwart⁶⁴의 主張과 變成相研究로 綠色片岩相은 低溫性일뿐 壓力에 對한 指針이 안된다는 理由로 Barrovian 型的 廣域變成作用으로 이 變成帶가 形成되었다고 主張하여 朴柄權, 蘇七燮의 主張을 否定한 바 있다. 그러나 actinolite schist 가 tholeiite basalt 의 化學組成과 대단히 恰似한 곳도 있는 것으로 보아서¹¹ 本人은 역시 이 지대의 綠色片岩은 鹽基性~石灰質起源의 高溫型으로 본다.

4-4. 地球物理學的 考察

Table 2, Fig. 10 와 같이 重力이 negative anomaly 를 나타낸 곳이 많고 그 分布도 역시 北東方向으로 帶狀을 띠며 地熱流量이 中間值이다. 慶尙盆地區와는 反對이다.

이것은 大寶花崗岩의 分布 및 花崗岩化作用이 影響도 있겠으나 Fig. 10 과 같이 이러한 岩石分布와는 關聯없이(-)인 場所가 많이 發見된다.

그리고 그 分布가 構造線方向과 大개 一致함으로 Plate tectonics 에 있어서의 trench 와 關聯된 것으로 해석된다. 地熱流는 1.08~1.84 H. F. U. 로 中間值이며 이 點도 Workman 의 Plate source 型 造山運動임을 보충 證明하고 있다.

Table 2. Principal Facts at Gravity Stations

| No. | Latitude North | Longitude East | Free Air Anomaly (m gal) | Bouguer Anomaly (m gal) |
|-----|----------------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 35° 11.10 | 126 42.70 | 15.8 | -0.8 |
| 2 | " 18.80 | 24.00 | 34.1 | -7.8 |
| 3 | " 37.00 | 43.50 | 1.0 | -2.0 |
| 4 | " 48.10 | 54.90 | 5.0 | -2.7 |
| 5 | 17.40 | 127 4.50 | 20.1 | -3.6 |
| 6 | 19.00 | 26.20 | 13.7 | -13.8 |
| 7 | 26.90 | 20.00 | 0.5 | -19.0 |
| 8 | 27.12 | 10.60 | 36.7 | -43.2 |
| 9 | 33.80 | 39.90 | 63.3 | -38.8 |
| 10 | 35.40 | 29.30 | 73.5 | -26.5 |
| 11 | 41.10 | 41.20 | 17.5 | -33.5 |
| 12 | 50.00 | 15.40 | 31.3 | -26.1 |
| 13 | 56.30 | 54.70 | 56.3 | -36.8 |

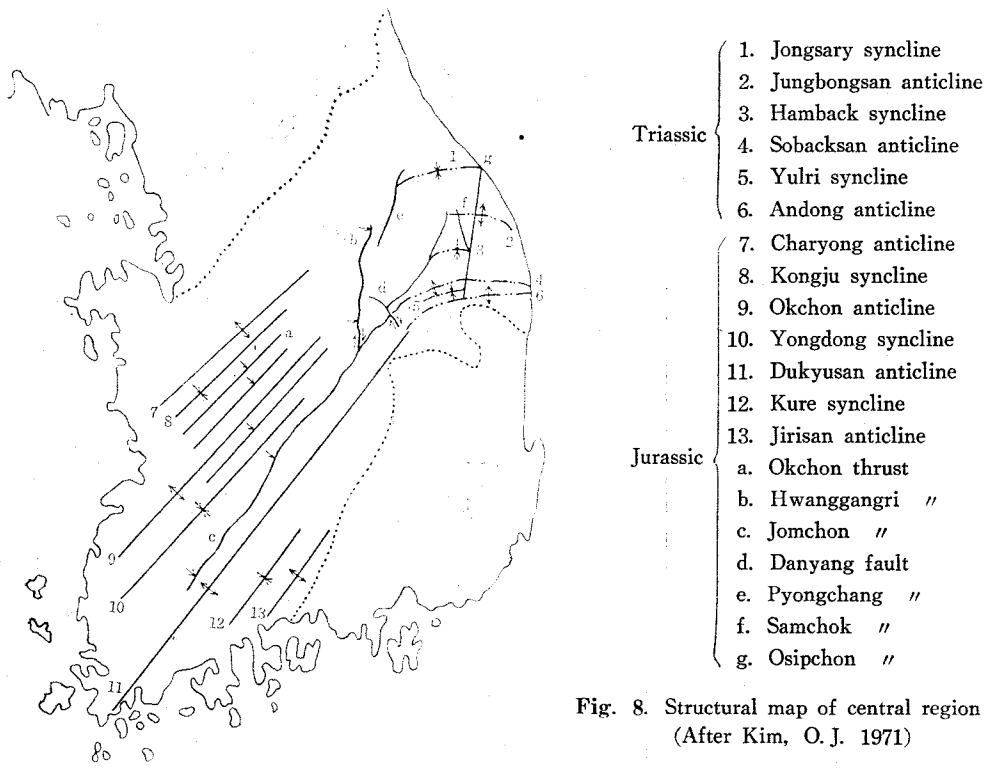


Fig. 8. Structural map of central region of Korea (After Kim, O. J. 1971)

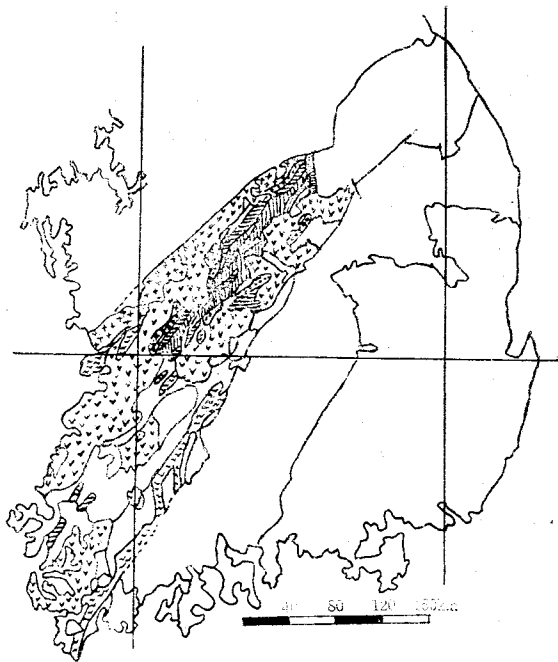
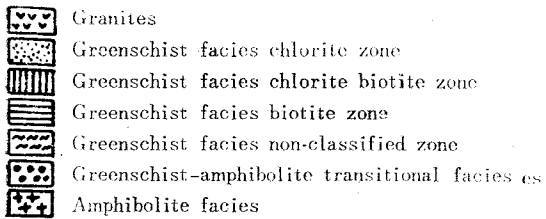


Fig. 9. Zone of metamorphic facies in the Okcheon metamorphic belt (after Lee, S. M. 1973)

| No. | Latitude North | Longitude East | Free Air Anomaly (m gal) | Bouguer Anomaly (m gal) |
|-----|----------------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| 14 | 36 3.60 | 41.50 | 42.8 | -28.0 |
| 15 | 15.70 | 13.80 | 4.0 | -3.7 |
| 16 | 33.10 | 55.30 | 29.6 | -16.1 |
| 17 | 37 49.50 | 20.40 | 22.0 | -17.2 |
| 18 | 54.90 | 53.60 | 32.3 | -23.3 |
| 19 | 57.50 | 31.60 | 22.6 | -22.8 |
| 20 | 36 47.50 | 128 17.20 | 70.2 | -3.0 |
| 21 | 55.20 | 18.80 | 12.0 | -23.0 |
| 22 | 37 5.20 | 30.70 | 10.1 | -11.2 |
| 23 | 8.00 | 59.30 | 96.0 | -11.7 |
| 24 | 16.50 | 13.20 | 42.6 | -35.0 |
| 25 | 26.00 | 4.80 | 25.1 | -21.3 |
| 26 | 38.40 | 33.20 | 61.0 | -24.4 |
| 27 | 38 0.90 | 23.10 | 46.2 | -14.3 |
| 28 | 1.30 | 11.20 | 65.6 | -20.5 |
| 29 | 13.20 | 2.40 | 37.3 | -18.5 |
| 30 | 18.80 | 11.00 | 68.6 | -7.2 |

1. 沃川地向斜帶는 Collision type 의 plate 運動으로 만들어졌다고 推測된다. 卽 京畿陸塊와 嶺南陸塊의 두 지각으로 덮인 plate 가 접근 一部分가 subduction 하면서 衝突한 것이며 그 後 深成型 火成作用이 일어나 廣域 變成된 것이다.

이 運動은 古生代부터 始作하여 Jura 紀의 大寶花崗岩 분출로 끝난 것으로 추측된다.

朴柄權, 蘇七燮⁶²의 弧狀列島型이라는 것은 沃川地向斜 兩側에 Pre-Cambria 의 두 陸塊가 存在한다는 點, 變成相에 差異가 있다는 點, trench 前線은 地熱流가 높아야 하는데 그렇지 않다는 點 등으로 모순이 많다.

그리고 李商萬¹¹의 down buckling 가 東起西沈關係라고 沃川帶生成을 論한 것도 一理가 있으나 造山運動이 plate boundary 의 mobile belt 에서 일어난다는 點, 그리고 지금까지 設明한 沃川地向斜의 岩石相과 構造相 其他 本地帶가 中國 山江安盆地와 Siberia 를 連結하는 帶의 一部分라는 點을 고려할 때 plate margin 部에 있어서의 陸塊의 衝突로 보는 것이 타당하다고 본다.

요는 韓國은 古生代에서 Jura 紀에 Collision type 의 造山運動이 일어나 沃川地向斜帶가 生成된 後 Cordilleran type 의 造山運動이 中生代以後 繼續 일어나서 佛國寺 花崗岩을 비롯한 慶尙盆地의 火成活動이 있었던 것으로 思料된다.

5. Plate tectonics 로 본 南韓의 金屬鑛床

5-1. 序 言

鑛床이 structural control 을 받는다는 것은 이미 알려진 事實이지만 Plate tectonics 에 依해서 鑛床을 分類하고 鑛床의 生成을 論한 것은 極히 最近의 일이다.

卽 1967年 Hamilton, Myer⁶⁵ 등이 黃化鑛床의 生成을 論하면서 그것이 convergent plate boundary 의 subduction 과 關聯된 것을 지적한 바 있으며 1966년에는 Hatherton, Dickinton⁶⁶ 등이 K 量, Sr 同位元素組成 등을 研究하여 이러한 事實을 確認하였다.

1970년에는 Dewey, Horsefield,⁷⁷ 1972년에는 Sawkins 등이 역시 黃化鑛床과 Plate tectonics 에 對하여 發表했다.

5-2. 金屬鑛床과 Plate tectonics

鑛床의 分布 特히 黃化鑛床의 分布나 成因을 1970年頃 부터는 Plate tectonics 와 關聯시켜 論하고 있으며 近來 地球物理的, 地球化學的 調査가 發達됨에 따라 더욱 이러한 研究가 活發해지고 있다. Sawkins⁶⁸는 1972年 黃化鑛床을 Plate tectonic regimes 에 의해서 論하였는데 그 基準은 plate 의 subduction 으로 成形된

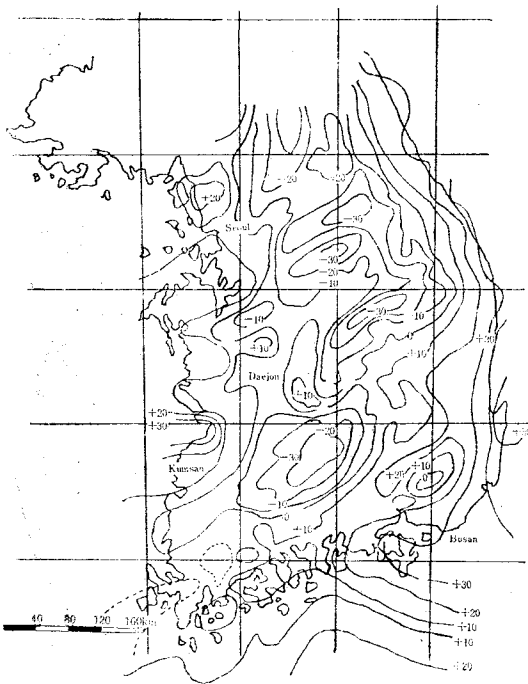


Fig. 10. Bouguer anomaly in South Korea

4-5. 結 言

以上과 같은 諸點을 考慮할 때 다음과 같은 結論을 내릴 수 있다.

magma 나 火成作用이 如何한 環境과 條件下에서 鑛床을 生成시키느냐, 그리고 그 位置는 Plate의 어느 部分이나, 鑛液의 根源은 무엇이나 等에 의해서 論하였다. 筆者는 이러한 Sawkins의 主張을 기초로하여 이

것을 綜合檢討해서 다음 Table 3와 같이 分類하여 보았다. 그리고 이 分類表를 基準으로 하여 南韓의 金屬鑛床을 分類했다.

Table 3. Relation of Metallogenesis and Plate Tectonics

| Type | Subdivision | Origin | Country rock, Ore Deposits | Distribution |
|--------------------------------|----------------------------------|--|---|--|
| Convergent plate boundary type | Submarine-volcanic (Kuroko type) | Interaction of metal rich solution of magmatic origin with sea water | Andesite or felsic pyroclastics. Rhyolite. Conformable massive deposits | Japan, Philippine |
| | Volcanic | Post-magmatic upper crustal origin | Andesite or felsic pyroclastes. Rhyolite. Fissure filling deposits | Philippine, New foundland, Norway |
| | Plutonic(Cordilleran type) | Magmatic hydrothermal solution. Subupper crustal origin | Calc-alkaline intrusives Fissure-filling deposits Disseminative deposits Zonal distribution | Peru. Chile, Andes. Canada, Central America Japan, Circum-Pacific island |
| Intra-plate type | Stratiform | Sedimentary | Shale-Sandstone, Conglomerate etc. Sedimentary deposits Metasomatic deposits | Alpine, Kuferschiefer |
| | Mississippi valley | Telemagmatic Highly saline brine | Limestone, (Carbonate rock) Sedimentary deposits Metasomatic deposits | Canada Mississippi-valley England |
| | Magmatic | Mafic intrusion | Mafic intrusion Lopolithic shape | Sudbury Canada South-Africa |
| Divergent plate boundary type | Spreading-center ridge | Hot brine pool | Pillow basalt | Cyplus |

5-3. 南韓의 金屬鑛床分類

Sawkins의 理論을 근거로 하여 南韓의 110個^{69,70}.^{71,72} 鑛床들을 分類하면

1. Plate boundary volcanic type
2. Plate boundary plutonic type
3. Intraplate sedimentary type
4. Intraplate magmatic type

로 區分할 수 있으며 日本에서 많이 볼 수 있는 kuroko type나 spreading center type는 없다.

다음에 각 type에 對해서 詳細히 說明하겠다.

1. Plate boundary volcanic type

110個 鑛山을 調査한 結果 Table 4과 같이 約 28%인 30個 鑛床이 이 type에 속한다. 地質時代의으로는

白堊紀末에서 第三紀初에 속하며 Fig 11와 같이 慶尙火山帶에 密集되어 있고 Cu鑛이 主며 母岩은 安山岩, 流紋岩等이다. 이 type에 속하는 九龍, 勿禁, 日光等의 S³²/S³⁴를 調査해본 結果 Fig 14과 같이 5~0%이어서 그 幅이 比較的 넓어 Dechow, Jensen⁷³, Amstrong⁷⁴等이 主張한 理論에 一致한다.

外國에서는 Philippine, Northern California, New-foundland, Norway, Arizona 等에 이러한 type가 많이 발달하고 있다^{75,76}.

2. Plate boundary plutonic type

110個 鑛山中 約 44%인 48個 鑛山이 이 type에 속하며 熱水液에 의한 fissure-filling vein이 大部分이다.

地殼上部의 一次的인 熱水液과 meteoritic origin

Table 4. Plate Boundary Volcanic Type

| No. | Mine | Metallogenic period | Country rock | Ore deposits | Mineral commodities |
|-----|----------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1 | Dongsung (Kyungnam) | Cretaceous (Kyungsang system) | Andesite | Fissure-filling | Cu, Au, Ag |
| 2 | Kuryong (") | " | Masanite Andesite | Hydrothermal | " |
| 3 | Kusam (") | " | Chert, Andesite | Fissure-filling | Cu, Pb, Zn |
| 4 | Sinhung (") | " | Andesite | " | " |
| 5 | Samsan (") | " | " | " | Cu |
| 6 | Kyongsan (Kyungbuk) | Cretaceous (Kyungsang) | Andesite, Tuff | Fracture-filling | " |
| 7 | Samrang (") | " | Tuff, Agglomerate | Fissure-filling | " |
| 8 | Kyongbong (Kyungnam) | " | Andesite | " | " |
| 9 | Sungryong (") | Cretaceous (Kyungsang system) | Metamorphosed Andesite | Fault filling | " |
| 10 | Kwanggu (") | " | " | Fissure-filling | " |
| 11 | Cholma (") | Late Cretaceous Early Tertiary | Andesite, Volcanic rock | Fault-filling Fissure-filling | " |
| 12 | Ilkwang (") | Cretaceous | Tuffaceous rock | Fissure-filling | Au, Ag, Cu |
| 13 | Haman (") | " | Hornfels | " | " |
| 14 | Masan (") | Late Cretaceous Early Tertiary | Andesite, Volcanic rock | Fault-filling Fissure-filling | Pb, Zn |
| 15 | Kimhae (") | " | " | " | Fe |
| 16 | Mulkum (") | " | " | Fissure-filling | " |
| 17 | Dalsung (Kyungbuk) | " | Andesite, Porphyrite | " | Au, Ag, |
| 18 | Kyonju (Kyungnam) | Late Cretaceous Early Tertiary | Rhyolite, Slate | Fissure-filling | Mn |
| 19 | Kangsuk (") | Late Cretaceous Early Tertiary | Andesite | Fissure filling | Cu |
| 20 | Kosong (") | " | " | " | " |
| 21 | Doedok (") | " | " | " | " |
| 22 | Mudung (Chungnam) | Cretaceous | Lava | " | Au, Ag |
| 23 | Bupyong (Kyonggi) | Jurassic | Rhyolite | " | Au, Ag, Cu, Pt |
| 24 | Tongyung (Kyungnam) | Late Cretaceous Early Tertiary | Andesite, Volcanic rock | Fault-filling Fissure- " | Cu |
| 25 | Maeri (") | Cretaceous (Kyungsang) | Andesite Porphyry | Fissure-filling | Fe (magnetite) |
| 26 | Dongrae (") | " | Andesite | Net work vein | " |
| 27 | Sonchi (") | " | Andesite, Hornfels | Fissure-filling | " |
| 28 | Kyongnam (") | " | Andesite | Hydrothermal | " |
| 29 | Sungchi (") | Cretaceous | " | Net work vein | " |
| 30 | Busan (") | Cretaceous (Kyungsang) | " | Fault-filling | " |

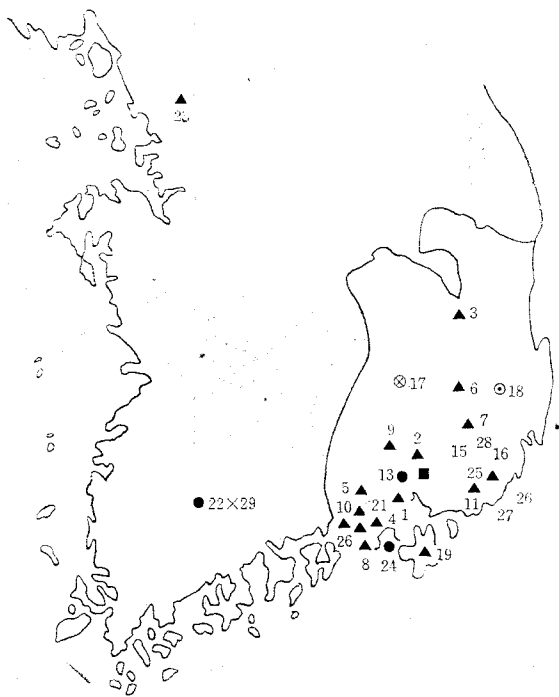
南韓의 地構造運動과 金屬鑛床

water 가 습하는 後期過程에서 生成된 것으로 思料되며 zonal distribution 을 한다.

南北 America 의 Cordilleran 地方에 代表的으로 發達하고 있기 때문에 Cordilleran type 라고도 부른다.

主要한 特徵은 calc-alkali felsic intrusives 와 時間的으로나 空間的으로 密接히 關聯되며 熱水液의 影響으로 生成되⁷⁸ 鑛石이 silicate 로 된 host rock 의 空間을 充填하거나, carbonate host rock 를 交代하고 있으며 Sr 同位元素值가 meteoritic standard 에 가깝다는 點들이다.

Alps, Himalaya, 環太平洋地域의 中生代와 新生代의 黃化鑛床은 大部分이 이 型에 속하며 隆起하고 있는 Island-arc 와 造山帶에서 많이 볼 수 있다.



▲ Cu ● Au, Ag ■ Pb, Zn × Fe ⊙ W, Mo ⊖ Mn

Fig. 11. Map showing distribution of mine of plate boundary volcanic type

Pre-Cambrian shield 에서는 이 型이 잘 나타나지 않으나, green stone belts 에서 간혹 나타난다⁸⁰.

Prophyry copper 鑛床도 Cordilleran deposits 의 Sub-class 라고 할 수 있다.

南韓에서 이 型에 속한 鑛山들을 plot 해 보면 Fig. 12 과 같으며 主로 沃川地尙斜, 大寶花崗岩, 佛國寺花崗岩地帶에 많고 母岩은 granite, granodiorite, porphyry 등이 大部分이다.

時代的으로는 Jura 紀~白堊紀에 속하며 W, Mo, Cu, Au, Ag, Pb, Zn 등 各種鑛床을 成形하고 있다.

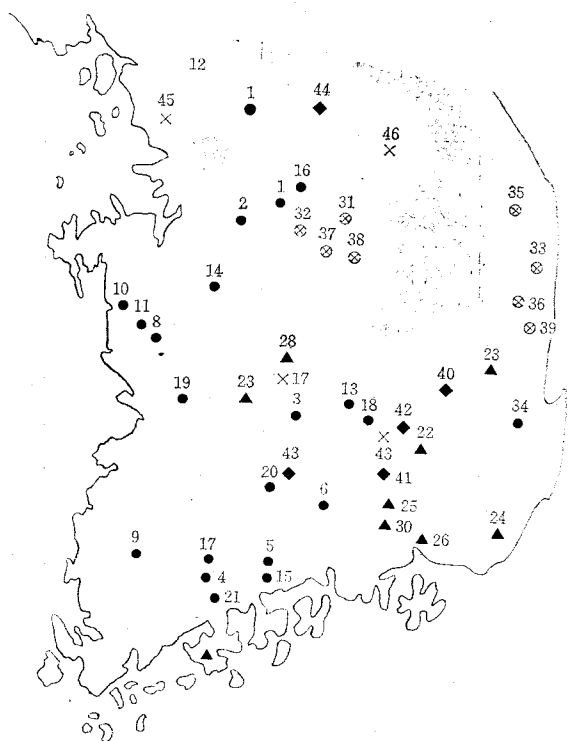
銅店, 無極의 黃銅石, 方鉛石의 S³²/S³⁴ 를 調査해 본바 0~1% -2~-1%로 Gillette, Day⁸², Qvirt⁸³ 등이 主張한 바와같이 S 同位元素值의 幅이 大端히 좁다.

3. Intraplate sedimentary type

110 個鑛山中 Table 6 과 같이 26%에 해당되는 27 個鑛山이 이 type 에 속하며 이것을 plot 한바 Fig 13 과 같다.

a) Stratiform type

이 型은 粘板岩, 세일, 砂岩, 礫岩 등을 母岩으로 하며⁸¹ subduction orogenic belt 의 内部에 만들어지거나 隆起하는 大陸 plate 內에 만들어진다. Kupferschiefer, Zambiau, White pine 등의 銅鑛山이 이 型에 속한다^{85,86}. 이 型의 銅鑛床의 根源에 對해서는 여러가지



▲ Cu ● Au, Ag ◆ Pb, Zn × Mn ⊙ W, Mo ⊖ Mn

Fig. 12. Map showing distribution of mine of plate boundary plutonic type

Table 5. Plate Boundary Plutonic Type

| No. | Mine | Metallogenic period | Country rock | Ore deposits | Mineral commodities |
|-----|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------|
| 1 | Hongchon (Kangwon) | Trissic-Early Cretaceous | Granite Schist, Gneiss | Fissure-filling | Au, Ag |
| 2 | Chonan (Chungnam) | " | " | " | " |
| 3 | Sulchon (") | " | " | " | " |
| 4 | Sunchon (Jonnam) | " | " | " | " |
| 5 | Kwangyang (") | " | " | " | " |
| 6 | Hapchon (") | " | " | " | " |
| 7 | Mukug (Chungbuk) | Pre-Cambrian | Granite-gneiss Granite | " | " |
| 8 | Kubong (Chungnam) | " | Granite-gneiss, Schist | " | " |
| 9 | Dokum (Jonnam) | " | Felsic Porphyry | Fracture-filling | " |
| 10 | Kyolsong (Chungnam) | " | Augen gneiss | " | " |
| 11 | Kumkok (") | " | Hornblende-schist | " | " |
| 12 | Samchong (Kyunggi) | " | Crystalline schist | " | " |
| 13 | Samhwangak (Chungbuk) | " | Granite-gneiss | " | " |
| 14 | Sinbeung (Chungnam) | Jurassic~ Cretaceous | Granite | " | " |
| 15 | Okman (") | Cretaceous | Granite, Gneiss, Porphyry | " | " |
| 16 | Yenju (Kyunggi) | " | Granite | " | " |
| 17 | Mujang (Chungnam) | Pre-Cambrian | Granite, Gneiss | " | " |
| 18 | Wolyu (Chungbuk) | Cretaceous | Quartz-porphyry | Fissure-filling | " |
| 19 | Imchon (Chungnam) | Pre-Cambrian | Granite-gneiss. Granite | " | " |
| 20 | Palgong (Jonbuk) | Pre-Cambrian | Granite-gneiss | Fissure-filling | Au, Ag |
| 21 | Chongwol (Jonnam) | " | Porphyroblastic gneiss. | " | " |
| 22 | Dongjom (Kyungnam) | Middle-Cretaceous | Granite-diorite, Quartz-porphyry | " | " |
| 23 | Dopyong (") | " | Felsite, Porphyry | " | " |
| 24 | Ilkwang (") | " | Granite-diorite, Diorite | " | " |
| 25 | Masan (") | " | Chert, Granite-diorite | " | " |
| 26 | Kaya (") | " | Granite-gneiss, Felsite | " | " |
| 27 | Nokdong (Jonnam) | " | Daedo-granite | " | " |
| 28 | Sambo (Chungbuk) | Late-Jurassic Early-Cretaceous | Gneiss | " | " |
| 29 | Subok (Chungnam) | Cambrian | Quartz-porphyry | " | " |
| 30 | Haman (Kyongnam) | Cretaceous | Granite, Diorite | " | " |
| 31 | Yuchon (Kangwon) | Late-Jurassic Early-Cretaceous | Daebo-granite | " | W, Mo |
| 32 | Daehwa (Chungbuk) | " | " | " | " |
| 33 | Pyonghae (Kungbuk) | " | " | " | " |
| 34 | Kochang (") | " | " | " | " |
| 35 | Ulchin (") | " | " | " | " |

| No. | Mine | Metallogenic period | Country rock | Ore deposits | Mineral commodities |
|-----|------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 36 | Changsu (//) | Cretaceous | Granite | Fissure filling | W |
| 37 | Dansan (Chungbuk) | Pre-Cambrian | Granite-gneiss | " | " |
| 38 | Samduk (Chungbuk) | Cretaceous | Granite | " | " |
| 39 | Samyul sobo (Kyungbuk) | " | " | " | W, Mo |
| 40 | Kunwi (//) | Cretaceous | Granite | " | Pb, Zn |
| 41 | Namsun (Kyungnam) | " | Granite-diorite | " | " |
| 42 | Darak (Kyungbuk) | Pre-Cambrian | Granite, Granite diorite | " | " |
| 43 | Yongdae (Jonbuk) | " | Granite | " | " |
| 44 | Sukdam (Kangwon) | " | Granite gneiss | " | " |
| 45 | Kyoungin (Kyunggi) | " | Gneiss | Concentration | " |
| 46 | Sewon (Kangwon) | " | Porphyroblastic gneiss | Fissure-filling | Fe |
| 47 | Okchon (Chungbuk) | Pre-Cambrian | Granite Quartz porphyry | Metasomatic Quartz vein | Fe |
| 48 | Okdo (Kyungbuk) | Cretaceous | Granite | | " |

問題가 많으며 層序의인 제약이나 母岩의 交代作用을 별로 볼 수 없는 것으로 보아서 host rock 와 同時 또는 그것보다 조금 늦게 形成된 것으로 思料된다.

magma 와 上記한 堆積岩들과의 接觸交代鑛床은 疎 밀하게 해석하면 이 型에 包含하기 困難하나 불가불 母岩에 重點을 두어 여기에 포함시켰으므로 sub-stratiform type 라고 말하는 것이 옳다고 본다. 12個鑛山이 여기에 속하며 大部分이 沃川地向斜, 京畿, 嶺南陸塊 內에 分布한다.

S^{32}/S^{34} 의 變動은 Dechow 와 Jensen⁷³이 지적한 바와 같이 그 幅이 相當히 넓으며 忠州鑛山의 黃銅石과 方鉛石을 分析한 결과 Fig 14 과 같이 各各 -38~0.5%, 4.0~1.5%이었다.

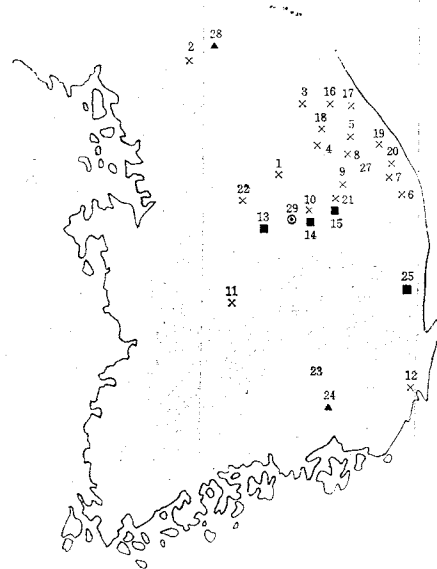
b) Mississippi valley type

主로 Pre-Cambrian shield를 덮고 있는 carbonate rock 속에 이 型의 鑛床들이 존재하며 美의 內陸에 많고 Canada의 Pine point 鑛床, 英國의 Pennine 銅鑛床⁸⁷들도 이 型에 속한다.

Fluid inclusion 研究로 이 型의 鑛床들은 比較的低溫의 saline brine 및 alkaline magmatic rock 와 밀접한 關係가 있는 것으로 알려져 있다^{88,89}.

우리나라의 110個 金屬鑛床中 約 15個 鑛山이 이 型에 屬하며 地質時代는 大部分이 Pre-Cambrian 이나 Cambrian 紀에 속하고 母岩은 石灰石이며 京畿, 嶺南陸塊와 沃川地向斜에 分布하고 있다. S^{32}/S^{34} 의 變動은 Jensen⁹⁰과 Salomon⁹¹ 등이 지적한 바와 같이 그 幅이 相當히 넓다. Pb, Zn, Cu, Fe 鑛床들이 이 型에

속한다.



× Fe ■ Pb, Zn ○ W, Mo ● Cu ▲ Ni, Co

Fig. 13. Map showing distribution of mine of intraplate sedimentary type and intraplate magmatic type.

Table 6. Intraplate Sedimentary Type

Mississippi valley type (1~15)
Stratiform (16~27)

| No. | Mine | Metallogenic period | Country rock | Ore deposits | Mineral commodities |
|-----|-----------------------|-------------------------------|------------------|--|---------------------|
| 1 | Susan (Chungbuk) | Cambrian | Limestone | Sedimentary origin (Limonite deposits) | Fe |
| 2 | Pochon (Kangwon) | " | Calcareous rock | Contact metamorphic | " |
| 3 | Jongson (") | Jura-Early Cretaceous | Limestone | Sedimentary origin | " |
| 4 | Okdong (") | Permian | " | Sedimentary origin, Residual | " |
| 5 | Samhwa (") | Cambrian (Josun system) | " | Metamorphic | " |
| 6 | Kusari (") | " (") | " | Sedimentary origin | " |
| 7 | Munung (") | Cambrian | " | Ore bed | " |
| 8 | Dongnam (") | " | " | Metamorphic | " |
| 9 | Keodo (") | " | Limestone Shale | Sedimentary origin | " |
| 10 | Uam (") | Cambrian-Ordovician | Limestone | Metasomatic | Fe |
| 11 | Muju (Jonbuk) | Cambrian | " | Contact metamorphic | " |
| 12 | Ulsan (Kyungnam) | " | " | Sedimentary origin | " |
| 13 | Boksu (Chungbuk) | Cambrian (Josun system) | " | Fissure-filling | " |
| 14 | Jesamok (") | " | " | Metasomatic | " |
| 15 | Yongkok (") | Cambrian (Pyung an system) | " | " | Pb, Zn |
| 16 | Daegok (Kangwon) | " | Shale. Sandstone | Ore bed | " |
| 17 | Yulgok (") | " | " | " | " |
| 18 | Yongwol (") | Paleozoic | Slate, Sandstone | " | " |
| 19 | Samchok (Kangwon) | Paleozoic | Slate. Sandstone | Sedimentary origin + Dynamo-metamorphic | Fe |
| 20 | Subok (Kng) (") | Cambrian | " | Sedimentary origin | " |
| 21 | Sosan (Chungnam) | Pre-Cambrian | Meta-Sediments | Sedimentary origin + Dynamo— metamorphic | " |
| 22 | Chungju (Chungbuk) | " | Meta-Sediments | " | " |
| 23 | Samjong (Kyungnam) | " | " | " | " |
| 24 | Kunbuk (") | " | " | " | " |
| 25 | Yongdok (Kyungbuk) | " | " | " | " |
| 26 | Koljiri (Kangwon) | Cambrian (Josun System) | Shale | Fissure-filling | Au, Ag |
| 27 | Suryu (") | " | " | " | " |

Table 7. Intraplate magmatic type

| | | | | | |
|----|------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------|--------|
| 28 | Kumhwa (Kangwon) | Jura~Early Cretaceous | Basic rock | Magmatic differentiation | Ni, Co |
| 29 | Wolak (Chungbuk) | " | Basic Intrusive rock | " | " |

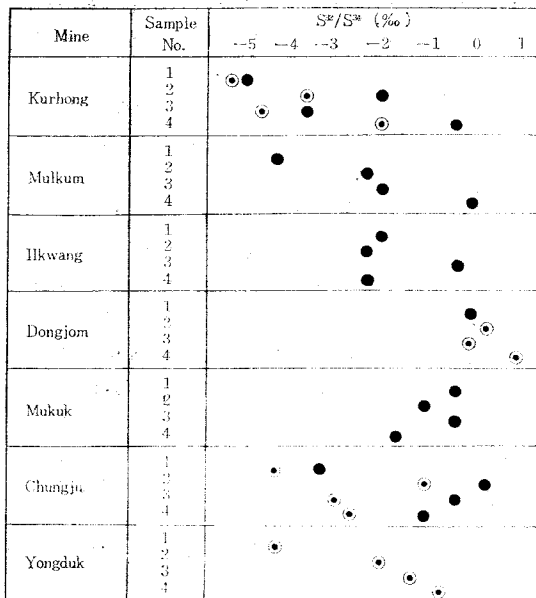


Fig. 14. S³²/S³⁴ values of the co-existing sulphide minerals

●.....Chalcopyrite ⊙.....sphalerite

4. Intraplate magmatic type

美國 Sadbury 鑛山, 南 Africa 의 Bushveld, Canada 의 Marbridge Ni 鑛山들이 이 型에 속하며⁹² greenstone belt 에 있어서 mafic~ultramafic volcanism 으로 생성된 것으로 미루어보아 내려가는 lithospheric plate 의 위의 部分이 部分的으로 溶融되면서 이 型의 鑛床들이 生成된 것으로 思料된다. 그러나 대로는 ultramafic flow 의 底部에도 나온다. 우리나라에서는 江原道金化 Ni 鑛山과 忠北月岳 Ni, Co 鑛山들이 이 型에 속하며 盆盤狀을 이루는 鹽基性岩石을 母岩으로 하고 있다. Table 7 와 같이 전체의 2%을 占한다.

南韓의 stratiform type 나 Mississippi valley type 는 Sawkins 가 分類한 定義와는 多少 差異가 있으며 成因보다도 不得已 母岩에 重點을 두었을 여기서 添記한다.

다음 Fig. 14 과 Table 8 은 南韓의 몇個 金屬鑛山 卽 九龍, 勿禁, 日光, 銅店, 無極, 忠州, 盆德寺에서 採取한 黃化鑛物의 S³²/S³⁴를 測定한 것이다.

5-4. 結 言

南韓의 金屬鑛山 約 110 個를 Plate tectonics 에 의하여 分類하고 그 分布를 調査한 바 慶尙盆地에는 大部分이 plate boundary volcanic type 가 많고 plate boundary plutonic type 는 京畿, 嶺南陸塊地區나 沃川地尙斜地區, 그리고 intraplate sedimentary type 는 沃川地尙斜의 東北地區에 많음을 알 수 있다. 本人의 이

Table 8. S³²/S³⁴ Values of Sulphide Minerals

| Mine | Sample No | S ³² /S ³⁴ (‰) |
|----------|-----------------|--------------------------------------|
| Kuhong | CP ₁ | -4.8 |
| | CP ₂ | -2.2 |
| | CP ₃ | -3.6 |
| | CP ₄ | -0.5 |
| | SP ₁ | -5.3 |
| | SP ₂ | -3.7 |
| | SP ₃ | -4.6 |
| | SP ₄ | -2.1 |
| Dongjom | SP ₃ | +0.1 |
| | SP ₄ | +0.9 |
| | SP ₁ | -0.3 |
| | SP ₂ | +0.4 |
| Mugug | CP ₁ | -1.1 |
| | CP ₂ | -1.5 |
| | CP ₃ | -1.2 |
| | CP ₄ | -2.0 |
| Mulgum | CP ₁ | -4.3 |
| | CP ₂ | -2.5 |
| | CP ₃ | -2.1 |
| | CP ₄ | -0.3 |
| Ilkwang | CP ₁ | -3.8 |
| | CP ₂ | -4.3 |
| | CP ₃ | -2.8 |
| | CP ₄ | -0.5 |
| Chungju | SP ₁ | -4.1 |
| | SP ₂ | -1.8 |
| | SP ₃ | -2.6 |
| | SP ₄ | -2.3 |
| | CP ₁ | -3.6 |
| | CP ₂ | +0.3 |
| | CP ₃ | -0.8 |
| | CP ₄ | -1.5 |
| Youngduk | SP ₁ | -4.1 |
| | SP ₂ | -1.7 |
| | SP ₃ | -1.5 |
| | SP ₄ | -0.1 |

CP : Chalcopyrite

SP : Sphalerite

러한 分類試圖는 主로 母岩과 成因을 基準으로 하였으며 數個鑛山에 對해서만 S³²/S³⁴分析을 하였으므로 더욱 確實한 結論을 얻으려면 앞으로 全體鑛山에 對해서 fluid inclusion, Se/S, S³²/S³⁴, Na/K 등의 調査와 많

은 암석들의 age-dating 이 必要할 것이다.

8. 結 論

1. 南韓의 地質區를 京畿, 嶺南 兩陸塊區, 沃川地向斜區, 慶尙盆地區, 第三系區로 大分할 수 있다.
2. 이것을 造山運動으로 區分하면
 - a) Plate margin 에 있어서의 小 plate 의 接近에 의하 陸塊의 衝突.
 - b) 西太平洋 Plate 의 影響을 받은 Cordilleran type (Plate source type)의 造山運動(中生代 以後에 있었다).
 - c) 北에서 南으로 plate 의 migration⁹³.

3. 이러한 地構造運動은 地熱流, 重力值, 構造線, 岩石相, age dating, 溫泉의 分布 등에서 推測할 수 있다.

4. Plate tectonics 에 依해서 南韓의 金屬鑛床(Au, ag, Cu, Pb, Zn, Fe, W. Mo) 約 110 個를 分類해보면
 - Plate boundary volcanic type 가 約 28%
 - Plate boundary plutonic type 가 約 44%
 - Intraplate sedimentary type 中 statiform type 가 約 11%
 - sub-Mississippi valley type 가 約 15%
 - Intraplate magmatic type 가 約 2%였다.

參 考 文 獻

1. Earhart, R. L. Internat Mineralog Assoc.—Internat Assoc, Genesis of ore deposits, Tokyo-kyoto 1970, proc. 310 (1971)
2. Sawkins, F. J. Sulphide ore deposits in relation to plate tectonics, Jour. Geol. 80 377 (1972)
3. Hess, H. H.; History of the ocean basin in petrologic studies; a volume in honor of A. F. Buddington, Geol. Soc. Amer. 599 (1962)
4. Pichon, X. L.; Gravity Field over the Atlantic Ocean Jour. Geophy. Res. 73, 3661 (1968)
5. Oxburgh, E. R and Turcotte, D. L.; The thermal structure of island arcs, Geol. Soc. Amer. Bull. 81, 1665 (1970)
6. Maxwell, A. E. Von Horgen, R. P. Hsü, K. J. Andrews, T. E. Saito, T. Percival, S. F. Milow, J. E. and Doyce R. E.; Deep sea drifting in the south Atlantic, Science, 108, 1047 (1970)
7. Bclousov, V. V.; Interrelations between the earth's crust and upper mantle, American Geophysical Union geophysical monograph 13 (1969)
- 8.李大聲; 大洋底의 起源 地質學總會紹介發表(1967)
9. 朴炳權, 金瑞雲; 韓半島의 地殼變動에 關하여, 嶺山地質 4, 39 (1971)
10. Workman, D. R.; The tectonic setting of the mesozoic granite of Korea, 地質學會誌 8:67 (1972)
11. 李商萬; 우리나라의 變成相 및 變成相系와의 관련성연구, 地質學會誌 9, 11 (1973)
12. 朴炳權, 都日圭; 韓半島에 分布된 中生代花崗岩質 底盤의 新지구구조론적 考察, 地質學會誌 9, 140 (1973)
13. 堀越毅; 日本列島の造山帶と plate, 科學 42, 665 (1972)
14. Michell and Bell; Continental margin geosynclines and Ocean floor spreading, Jour. of C. T. 77 (1967)
15. Coleman, R. G; Plate tectonic emplacement of Upper mantle peridotites along continental edges, Jour. Geophys. Res. 76 1212(1971)
16. Miyashiro, A; Orogeny, regional metamorphism and magmatism in the Japanese islands, Jour. Petrology 2 277 (1961)
17. Amstrong, R. L; Earth and Planetary, Sci. Letters. 71 225 (1971)
18. Kran skof, V. B; The source of ore metals Geochem. et. Cosmochin Acta. 35, 643 (1971).
42. 南基榮; 1/25萬 기북지도에 나타난 韓半島의 地體構造, 地質學會誌 6, 53 (1970)
43. Dewey, J. F. and Bird, J. M; Lithosphere plate continental margin tectonics and the evolution of Appalachian orogen. Bull. Geol. Soc. Amer. 81, 1031 (1970)
44. Krough, T. E. and Davis, G. L. Zircon U-Pb ages of Archean metavolcanic rocks in the Canadian shield. Geophys. Lab. Washington, Ann. Rep. 241 (1971)
45. 金玉準; 南韓의 金銀鑛床區, 嶺山地質 3, 163 (1970)
46. 山田直列; 西南日本及びその周邊地區における後期中生代火成活動の性格 地球化學 85, 53, (1966)
47. 上田誠也; 海洋底擴大陸と plate tectonics 地質學雜誌 2, 75 (1972)
48. 장정진, 김규호 공영세; 韓國의 地熱添量, 地球物理化學探査報告 4, 30 (1970)
49. Bullard, E. C; The interior of the earth, in the Earth as a planet. Univ of chicago press(1954)
50. Lee, W. H. K. and Macdonald, G. J. F; The global variation of terrestrial heat flow. Jour. Geophys Res 68 (1973)
51. Dietz, R.; Continental and Ocean basin evolution by spreading of the sea floor, Nature, 190 (1961)

52. Minear, J. W and Toksoz, M. N.; Thermal regime of a downgoing slab and new global tectonics, Jour. Geophys. Res. 75, 1397 (1970)
53. 申柄雨, 崔承一; 南韓溫泉水의 特性과 溫陽溫泉의 帶水性試驗結果에 對하여, 地質學會誌 9, 161 (1973)
54. Kuno, H.; High alumina basalt, Jour. petrology. 1, 121 (1960)
55. Lee, S. M.; Volcanic rocks in Cheju island 地質學會誌 2, 1 (1960)
56. 김찬국, 김무송; 제주도 火山岩의 化學組成연구 地球物理化學探査報告 4, 187(1970)
57. Daly, R. A. Volcanism and petrogenesis as illustrated in the Hawaiian island. Geol. Soc. Amer Bull. 55 136 (1944)
58. 孫致武; 沃川層群의 地質時代의 關한 討論, Jour. Korean. Inst. Mining Geol. 3, 4. (1971)
59. 李大聲; 沃川地向斜에서 밝혀진 몇가지 地質學的 증거, 鑛振通卷 14, 16 (1969).
60. 尹碩奎; 沃川地向斜의 進化와 鑛化作用, 鑛山地質 4, 87 (1971)
61. 小林貞一; 江原道石灰岩炭地帶의 地質と其의 述隣との關係, 東亞地質鑛山誌 1, 3 (1952)
62. Bak, B. K. and so C. S.; The Okcheon system in the central part of southern korean peninsula as Ancient island arc. Jour. Geol. Soci. Korea 8 188 (1972)
63. 金亨植; 韓國西南部一帶의 廣域變成作用에 關하여, 地質학회지 6, 97 (1970)
64. Zwart, H. J. Corvalen, J. and James, N. L. Ascheme of metamorphic facies for catagraphic representation of regional metamorphic belts IUGG. Geol. News letter 57 (1967)
65. Hamilton, W. and Myers, B. W; The nature of batholiths. U. S. Geol. Survey prof, paper; 554-C, (1967)
66. Hatherton, T. and Dickinson, W. E. The relationship between andesite volcanism and seismicity in Indonesia. the Lesser Antilles and other island arcs. Jour. Geophys. Res 74 5301 (1969)
67. Dewery, J. F. and Horsfield, D plate tectonics, orogeny and continental growth Nature, 225, 521 (1970)
68. Sawkins, F. J. sulphide ore deposits in relation to plate tectonics, Jour. Geol. Soc. Korea 80, 377 (1972)
69. 金玉準, 남한의 광상생성시기와 광상구, 지질학회지, 7, 37 (1971)
70. 申柄雨, 李在容; 河床堆積物에 의한 地化學的探査, 鑛山地質 6, 19 (1973) 71. 1, 2. (1968)
72. 國立鑛業研究所; 稼行鑛山現況報告書 4 (1972)
73. Dechow, E. and Jensen, M. L. Sulphur isotopes of some central African sulphide deposits: Eoon. Geology, 60 894 (1965)
74. Armstrong, R. L; Isotopic and chemical constrains on models of magma genesis in volcanic arcs. Earth and planetary sci letter 12, 132 (1972)
75. Bryner, L; Ore deposits in of the philippines.
76. Anderson, C. A.; Massive sulphide deposits and volcanism.
77. Sheppard, S. M. F; andalor T, H. P; Hydrogen and oxygen isotope ratios in nunerals from porphgry copper deposits.
78. Gillury, J.; Plate tectonics and magmatic evolution.
79. Sillitoc, R. H. Geol, Soc. Amer. Bull, 83 (1972)
80. Forgnson, S. H.; The relationship of mineralization to stratigraphy in the porcupine and Red Lake areas, Ontario.
81. Gunnig, H. C.; Tectonic history and mineral deposits of Western Cordillera
82. Gillete, B. J. and Day, H. W. Potassium-argon ages of igneous intrsive rocks of Peru.
83. Quirt, S. Clark, A. H.; Potassium-argon ages of porphyry coppor deposits in northern and central Chile.
84. Heyz, A. V.; Some aspects of genesis of stratiform lead-zinc fluorite barite deposits in the United States.
85. Deans, T; The kupfenshiefer and the associated lead-zinc mineralization in the permian of Siberia, Germany and Poland.
86. Campbell, N; Tectonics, reefs and stratiform lead-zinc deposits of the Pine point area, Canada.
87. Dunham, K. C.; Neptunish concepts in ore genesis.
88. Hall, W. E. and Frieden I; Compositions of fluid inclusions Cave-in Rock fluorite district, Illinous, and upper Mississippi vally zinc-lead district.
89. Roedder, E. Environment of deposition of stratiform (Mississippi-Valley type) ore deposits, from studies of fluid inclusions
90. Jensen, M. I.; Biogeochemistry of sulphur isotopes.
91. Salmon, H. Rafter, T. A. and Dunkan K. C. Sulphur and oxygen isotope studies in the northern Pennine in relation to ore genesis.
92. Souch, B. N. and Podolskey, T. Sulphide ore of Sudburg: their paticular relationship to a distinctive inclusion-bearing facies of the nickel irruptive.
93. 申柄雨; 南韓의 造構運動과 金屬鑛床