

浦項 및 장기盆地에 대한 古地磁氣, 層序 및 構造研究;
火山岩類의 K-Ar 年代*

李鉉具** · 文熙壽*** · 閔庚德*** · 金仁洙****
尹惠洙** · 板谷徹丸*****

Paleomagnetism, Stratigraphy and Geologic Structure of the
Tertiary Pohang and Changgi Basins; K-Ar Ages
for the Volcanic Rocks

Hyun Koo Lee**, Hi-Soo Moon***, Kyung Duck Min***, In-Soo Kim****
Hyesu Yun** and Tetsumaru Itaya*****

ABSTRACT: The Tertiary basins in Korea have widely been studied by numerous researchers producing individual results in sedimentology, paleontology, stratigraphy, volcanic petrology and structural geology, but interdisciplinary studies, inter-basin analysis and basin-forming process have not been carried out yet.

Major work of this study is to elucidate evidences obtained from different parts of a basin as well as different Tertiary basins (Pohang, Changgi, Eoil, Haseo and Ulsan basins) in order to build up the correlation between the basins, and an overall picture of the basin architecture and evolution in Korea.

According to the paleontologic evidences the geologic age of the Pohang marine basin is dated to be late Lower Miocene to Middle Miocene, whereas other non-marine basins are older as being either Early Miocene or Oligocene (Lee, 1975, 1978; Bong, 1984; Chun, 1982; Choi et al., 1984; Yun et al., 1990; Yoon, 1982). However, detailed ages of the Tertiary sediments, and their correlations in a basin and between basins are still controversial, since the basins are separated from each other, sedimentary sequence is disturbed and intruded by volcanic rocks, and non-marine sediments are not fossiliferous to be correlated. Therefore, in this work radiometric, magnetostratigraphic, and biostratigraphic data was integrated for the refinement of chronostratigraphy and synopsis of stratigraphy of Tertiary basins of Korea.

A total of 21 samples including 10 basaltic, 2 porphyritic, and 9 andesitic rocks from 4 basins were collected for the K-Ar dating of whole rock method. The obtained age can be grouped as follows: $14.8 \pm 0.4 \sim 15.2 \pm 0.4$ Ma, $19.9 \pm 0.5 \sim 22.1 \pm 0.7$ Ma, $18.0 \pm 1.1 \sim 20.4 \pm 0.5$ Ma, and $14.6 \pm 0.7 \sim 21.1 \pm 0.5$ Ma. Stratigraphically they mostly fall into the range of Lower Miocene to Mid Miocene. The oldest volcanic rock recorded is a basalt (911213-6) with the age of 22.05 ± 0.67 Ma near Sangjeong-ri in the Changgi (or Janggi) basin and presumed to be formed in the Early Miocene, when Changgi Conglomerate began to deposit. The youngest one (911214-9) is a basalt of 14.64 ± 0.66 Ma in the Haseo basin. This means the intrusive and extrusive rocks are not a product of sudden volcanic activity of short duration as previously accepted but of successive processes lasting relatively long period of 8 or 9 Ma. The radiometric age of the volcanic rocks is not randomly distributed but varies systematically with basins and localities. It becomes generally younger to the south, namely from the Changgi basin to the Haseo basin.

The rocks in the Changgi basin are dated to be from 19.92 ± 0.47 to 22.05 ± 0.67 Ma. With exception of only one locality in the Geumgwangdong they all formed before 20 Ma B.P. The Eoil basalt by Tateiwa in the Eoil basin are dated to be from 20.44 ± 0.47 to 18.35 ± 0.62 Ma and they are younger than those in the Changgi basin by 2~4 Ma. Specifically, basaltic rocks in the sedimentary and volcanic sequences of the Eoil basin can be well compared to the sequence of associated sedimentary rocks. Generally they become younger to the stratigraphically upper part. Among the basin, the Haseo basin is characterized by the youngest volcanic rocks. The basalt (911214-7) which crops out in Jeongja-ri, Gangdong-myon, Ulsan-gun is 16.22 ± 0.75 Ma and the other one (911214-9) in coastal area, Jujon-dong, Ulsan is 14.64 ± 0.66 Ma old.

The radiometric data are positively collaborated with the results of paleomagnetic study, pull-apart basin model and East Sea spreading theory. Especially, the successively changing age of Eoil basalts are in accordance with successively changing degree of rotation

In detail, following results are discussed.

Firstly, the porphyritic rocks previously known as Cretaceous basement (911213-2, 911214-1) show the age of 43.73 ± 1.05 및 49.58 ± 1.13 Ma(Eocene) confirms the results of Jin et al. (1988). This means sequential volcanic activity from Cretaceous up to Lower Tertiary.

Secondly, intrusive andesitic rocks in the Pohang basin, which are dated to be 21.8 ± 2.8 Ma (Jin et al., 1988) are found out to be 15 Ma old in coincidence with the age of host strata of 16.5 Ma.

Thirdly, The Quaternary basalt (911213-5 and 911213-6) of Tateiwa(1924) is not homogeneous regarding formation age and petrological characteristics. The basalt in the Changgi basin show the age of 19.92 ± 0.47 and 22.05 ± 0.67 (Miocene). The basalt (911213-8) in Sangjond-ri, which intruded Nultaeri Trachytic Tuff is dated to be 20.55 ± 0.50 Ma, which means Changgi Group is older than this age. The Yeonil Basalt, which Tateiwa described as Quaternary one shows different age ranging from Lower Miocene to Upper Miocene(cf. Jin et al., 1988; sample no. 93-33: 10.20 ± 0.30 Ma). Therefore, the Yeonil Quarternary basalt should be revised and divided into different geologic epochs.

Fourthly, Yeonil basalt of Tateiwa (1926) in the Eoil basin is correlated to the Yeonil basalt in the Changgi basin. Yoon (1989) intergrated both basalts as Eoil basaltic andesitic volcanic rocks or Eoil basalt (Yoon et al., 1991), and placed uppermost unit of the Changgi Group. As mentioned above the so-called Quarternary basalt in the Eoil basin are not extruded or intruded simultaneously, but differentiatedly (14 Ma~25 Ma) so that they can not be classified as one unit.

Fifthly, the Yongdong-ri formation of the Pomgogri Group is intruded by the Eoil basalt (911214-3) of 18.35~0.62 Ma age. Therefore, the deposition of the Pomgogri Group is completed before this age. Referring petrological characteristics, occurrences, paleomagnetic data, and relationship to other Eoil basalts, it is most provable that this basalt is younger than two others. That means the Pomgogri Group is underlain by the Changgi Group.

Sixthly, mineral composition of the basalts and andesitic rocks from the 4 basins show different ground mass and phenocryst. In volcanic rocks in the Pohang basin, phenocrysts are pyroxene and a small amount of biotite. Those of the Changgi basin is predominant by Labradorite, in the Eoil by bytownite-anorthite and a small amount pyroxene.

序 言

南韓의 第3紀層은 東海岸을 따라 小規模로 分布한다. 第3紀 堆積地는 分布位置와 그 堆積物 特性에 따라 浦項盆地, 장기盆地, 魚日盆地, 下西盆地와 蔚山盆地로 나누어지는데 이들은 각각 浦港, 장기, 魚日 또는 甘浦, 下西 그리고 蔚山을 中心으로 發達되어 있다. 學者에 따라서는 浦項盆地를 除外한 나머지 盆地들을 陽南盆地로 命名하기도 하였으나(Yoon, 1986) 本 研究에서는 Tateiwa (1924)와 Kim (1970)의 것을 따르기로 한다. 장기盆地는 比較的 여러 學者들에 의해 쓰여졌으나(Yoon, 1986) 具體的으로 定意가 되지않았는데 本 論文에서는 南쪽 魚日盆地와 dacitic岩類에 의해 分離되어 있는 장기에서 烏川 一帶에

* 본 연구는 학술진흥재단의 '91 자유공모과제 연구비와 전략 광물자원 연구센터의 부분 지원에 의해 이루어진 것임.

** 충남대학교 지질학과(Dept. of Geology, Chungnam Nat. Univ., Daejeon 305-764, Korea)

*** 연세대학교 지질학과(Dept. of Geology, Yonsei Univ., Seoul 120-749, Korea)

**** 부산대학교 지질학과(Dept. of Geology, Pusan Nat. Univ., Pusan 609-735, Korea)

***** 오카야마이과대학 히루젠연구소(Hiruzen Research Institute, Okayama Univ. of Science, 1-1 Ridai-cho, Okayama, 700 Japan)

分布되어있는 堆積岩類와 火山岩類의 堆積盆地를 指稱하고자 한다. 下西盆地는 慶州郡 陽南面 下西里에 發達하며 白堊紀 岩石에 의해 分離된 것을 意味한다. 이들 第3紀 堆積層들은 地理的으로는 隣接한 地域에 位置하나 盆地가 서로 分離되어 있을 뿐만아니라, 梁山斷層과 이에 隨伴되는 大·小規模의 斷層群들에 의하여 切斷되었으며, 第3紀의 下部層群은 岩相의 水平的 變化가 심한 火山起源의 堆積物로 主로 構成되어 盆地間의 層序對比에서 많은 論難이 있다.

一連의 古地磁氣學的 研究와 이들 盆地의 發達過程을 研究한 結果들은 (金仁洙, 강희철, 1989; 金仁洙, 1990, 1992) 約 15.81 ± 4.10 Ma 前에 形成된 岩石의 殘留磁氣 方向이 地理上의 南北方向으로부터 平均 約 55° 時計方向으로 回轉된 事實을 發見하고, 이러한 回轉運動과 이 地域에 活潑하였던 火山活動은 東海의 南北方向의 擴張으로부터 起因되는 것으로 解釋하고 있다. 韓宗煥 등 (1986, 1987, 1988, 1989)은 第3紀盆地의 形成을 梁山斷層의 wrench性 斷層運動과 兄山江 南部地域에 있었던 火山活動에 의하여 發達되기 始作한 pull-apart 盆地로 解釋하고 있다.

그 밖의 많은 生物學的 研究結果들 (Lee, 1975, 1978;

Bong, 1984; 全希永, 1982; Choi et al., 1984; Yun et al., 1990; Yoon, 1982) 또한 이들 堆積岩類 및 火山岩類의 地質時代를 下部마이오세에서 上部마이오세에 該當된다고 밝힌 바 있다. 그러나 이들 堆積層의 地質時代가 마이오세로 糾明되었음에도 不拘하고, 隔離된 盆地사이에서의 地層의 對比나 이들의 全般的인 層序에 대해서는 아직도 統一된 見解가 없으며, 論難이 繼續되고 있다. 浦港, 장기, 魚日 및 蔚山盆地에서의 많은 古生物學的 研究는 이들의 堆積時期 (지질시대)의 大體의 上限과 下限을 設定하는데 크게 寄與하였으나 絶對年齡에 대한 情報를 提供하는데는 未洽하였다. 最近 梁山斷層 東部に 形成된 第3紀盆地의 形成過程을 研究하면서 (韓宗煥 등, 1987, 1988; 金仁洙, 1990, 1992; Yun et al., 1991; 庚庚德 등, 1991), 이와 關係된 火山活動의 時期 糾明은 解決되어야 할 매우 重要한 課題가 되었다.

이들 火山岩類 및 火山起源-堆積岩類의 絶對年齡 測定은 위에서 言及한 地構造的 觀點에서 뿐만 아니라 盆地內 堆積岩類의 層序問題를 解決하는데도 매우 重要하다. 이러한 觀點에서 이미 陳明植 등 (1988), Lee and Pouclet (1989) 및 Kim et al. (1986)에 의한 研究가 遂行된 바 있으며, 그 結果 最近까지 第4期 玄武岩으로 報告되었던 玄武岩들 즉, 所謂 延日玄武岩은 第4期의 火山活動의 結果로 噴出된 것이 아니라, 마이오세初의 噴出物과 마이오세 末의 噴出時期를 달리하는 것으로 報告되었다. 이러한 資料와 解釋은 本 域에서의 層序設定을 위한 매우 重要한 客觀的인 情報를 提供하는 것이다. 第3紀盆地 특히 非海性 장기, 魚日 및 下西盆地에서 生層序結果의 未備로 各 盆地內에서의 各 地層의 地質年代와 層序設定에 아직 疑問點이 많을 뿐만아니라 盆地間 對比에서도 많은 論難이 提起되고있다. 多幸히 非海性盆地의 堆積岩石들이 多量의 火山岩과 相互 結付되어 있으므로 絶對年齡測定資料를 通하여 이러한 問題를 相當部分 解決할 수 있으리라 期待하여 絶對年齡 測定을 通한 地質時代 把握 및 層序分帶를 위한 기초자료를 수집하고자 하였다. 단지 恒常 生層序 및 野外地質調査資料와 絶對年齡測定資料의 連繫가 必須的이었다. 또한 絶對年齡 測定資料의 誤差를 줄이는 것이 큰 關鍵이라 생각되어 本 研究에서는 年代測定의 信賴性을 높이기 위하여 한 研究者가 한 研究所에서 한 機械를 使用하여 同時에 試料를 分析하므로 測定의 信憑性을 높일 뿐만아니라 試料採取에서부터 處理, 分析, 資料解釋에까지 一貫性을 維持하였다.

이러한 觀點에서 第3紀層의 層序解釋에 關鍵이 될 수

있는 火山岩類 주로 玄武岩類 등을 選定하여 K-Ar 全岩 分析方法에 의하여 이들의 絶對年齡을 測定하고 既 報告된 資料와 綜合함으로써 火山活動의 時期를 糾明하고, 古地磁氣 및 古生物學的 研究結果를 綜合하여 第3紀層 層序 確立에 重要한 問題가 되고 있는 몇 개 層의 層序上 位置를 밝히고자 하는 것이 本 研究의 目的이다.

試料準備 및 分析方法

絶對年齡測定을 위한 試料들은 第3紀層 分布地域에서 火山岩類를 對象으로 하여 玄武岩 10個, 斑岩類 2個, 安山岩質岩 9個 총 21개 試料를 採取하였다. 이번 分析에 利用된 試料의 採取位置 및 岩石의 종류는 Fig. 1 과 Table 1에 표기한 바와 같다. Table 1에 인용된 대부분의 層序名은 Tateiwa (1924)의 層序名을 사용하였다. 이번 試料 採取시에는 이미 연구된 결과 (陳明植 등, 1988 등)와 測定된 자료비교를 위하여 몇 개의 試料는 동일한 지점을 선택하였다. 현장 지질조사시, 試料採取 位置를 선정할 때에는 風化變質이나 熱水變質을 받지 않은 신선한 露頭를 선택하였으며, 本 연구과제의 일부인 古磁氣 연구를 위한 試料 採取位置를 감안하여 試料를 선택하였다.

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 各 盆地別 火山岩類는 斑晶을 이루는 구성광물과 조직은 전반적으로 거의 유사하나 서로 약간의 차이가 있음이 인지되었다. 즉, 浦港盆地內에 발달하는 玄武岩류는 대체로 基質의 입도가 微晶質 내지 隱微晶質로 되어있다. 基質은 斜長石, 輝石, 黑雲母 및 不透明鑛物로 구성되어 있고, 斑晶은 주로 輝石과 소량의 黑雲母 등으로 구성되어 있다 (Fig. 2-A).

장기盆地內에 발달하는 火山岩類는 대체로 基質의 입도는 미정질이고 斜長石, 輝石과 不透明鑛物로 구성되어 있으며 斑晶은 주로 斜長石으로 이루어져 있다 (Fig. 2-B). 斜長石은 라브라도라이트에 해당된다. 관찰되는 조직은 斑狀石理, 果帶構造 등이 관찰된다.

魚日盆地內에 분포하는 玄武岩들은 다른 지역의 火山岩들과 달리 橄欖石이 산출된다는 점과 輝石의 산출이 많다는 점이다. 基質의 입도는 粗立質내지 미정질로 되어 있고 斜長石, 輝石과 소량의 橄欖石 및 不透明鑛物로 구성된다. 斑晶은 주로 斜長石이고 소량으로 輝石이 관찰된다 (Fig. 2-C). 斜長石은 비토나이트에서 아노사이트에 해당된다.

하서盆地를 구성하는 火山岩類는 安山岩質岩과 玄武岩質岩으로 나뉘어진다. 安山岩은 基質이 미정질내지 은미

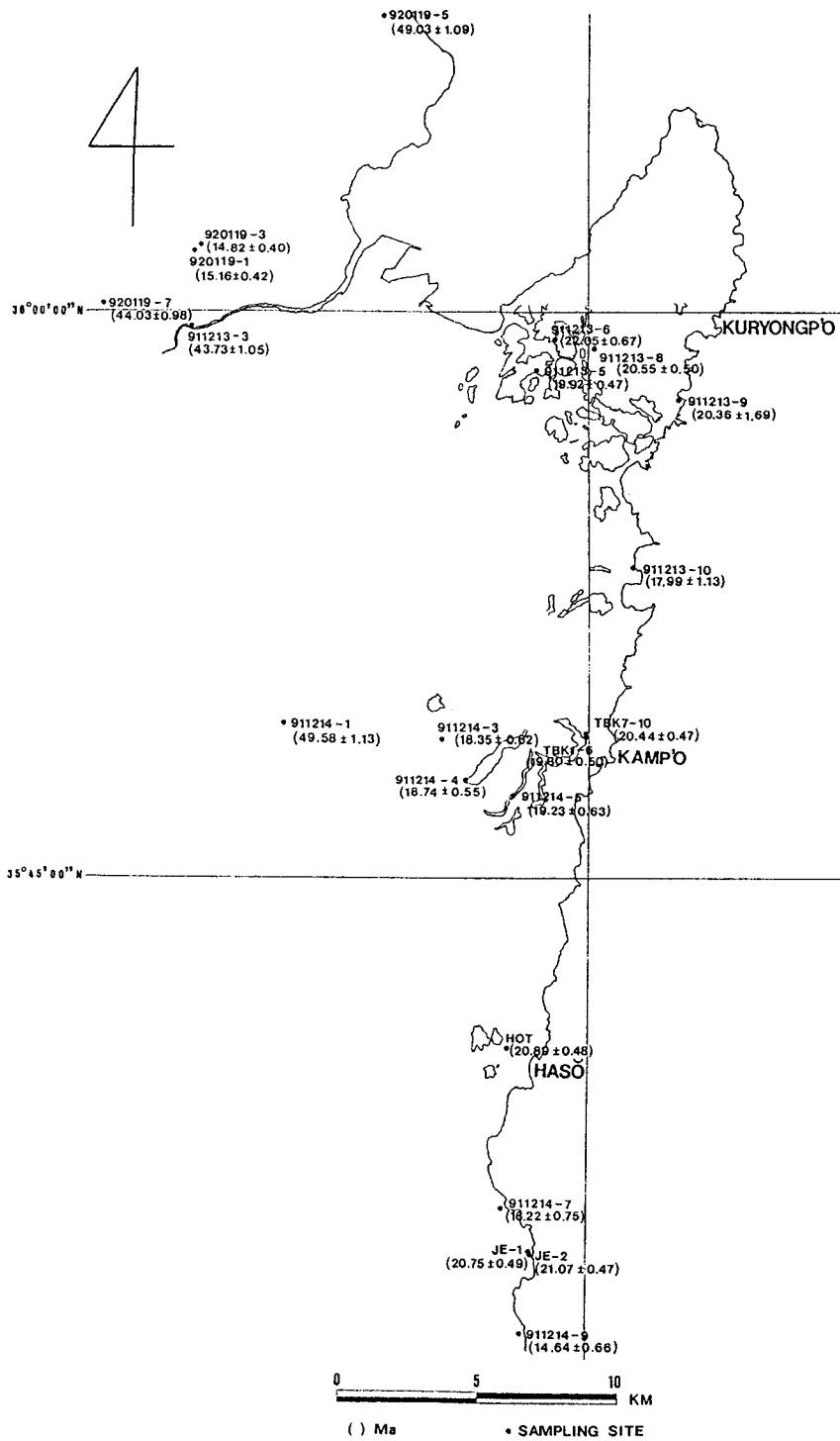


Fig. 1. Map showing sampling localities, numbers and K-Ar ages in parenthesis (unit: Ma). Detailed position and corresponding stratigraphic name of each sample is listed in Table 1. Geologic boundary represents the Yonil Basalt and Eoil Basalt by Tateiwa (1924).

Table 1. Sample details with stratigraphic unit, lithology, and phenocryst minerals.

Sample No.	Stratigraphic unit*	Rock*	Phenocryst** Minerals	Locality
Pohang basin				
911213-3	Cretaceous, hornblende-quartz-feldspar felsophyre	andesite		35°59'12"N 129°17'48"E
920119-1	Quaternary, Yeonil basalt	basalt	Px>>Bt	36°01'24"N 129°17'54"E
920119-3	Quaternary, Yeonil basalt	basalt	Px>>Bt	36°01'36"N 129°18'12"E
920119-5	Cretaceous, Liparite	liparite		36°07'42"N 129°23'48"E
920119-7	Cretaceous, Felsite	felsite		36°00'12"N 129°15'06"E
Changgi(Janggi) basin				
911213-5	Quaternary, Yeonil basalt	basalt	Pl>>Px	35°58'18"N 129°28'54"E
911213-6	Quaternary, Yeonil basalt	basalt	Pl=Px	35°59'06"N 129°29'30"E
911213-8	Quaternary, Yeonil basalt(dyke)	basalt	Pl>>Px	35°58'48"N 129°30'24"E
911213-9	Tertiary, Changgi Group Guryongpo Andesite	andesite	Pl>Px	35°57'30"N 129°33'18"E
eoil basin				
911213-10	Quaternary, Yeonil basalt(dule)	basalt	Pl>Px>>Ol	35°53'06"N 129°31'30"E
911214-1	Cretaceous, Hornblende-quartz-feldspar felsophyre	porphyry	Qz, Pl>>Bt	35°49'12"N 129°20'30"E
911214-3	Quaternary, Yeonil basalt	basalt	Pl>>Px	35°48'48"N 129°25'30"E
911214-4	Tertiary, Changgi Group, Eoil basalt	basalt	Pl	35°47'42"N 129°26'18"E
911214-5	Tertiary, Changgi Group, Eoil basalt	basalt	Pl>Px	35°47'12"N 129°27'42"E
TBK1-6	Tertiary, Changgi Group, Eoil basalt	basalt	Pl>>Px	35°48'48"N 129°29'42"E
TBK7-10	Tertiary, Changgi Group, Eoil basalt	basalt	Pl>>Px	35°48'48"N 129°29'42"E
Haseo basin				
911214-7	Tertiary, Changgi Group, Haseori Andesite and It's Tuff	basalt	Pl>Px>>Ol	35°36'42"N 129°26'54"E
911214-9	Tertiary, Yeonil Group Ulsan Formation	basalt	Pl>>Px	35°33'42"N 129°27'24"E
JE-1		andesite	Pl>>Px	35°35'30"N 129°27'54"E
JE-2		andesite	Pl>>Px	35°35'30"N 129°27'54"E
HOT	Quaternary, Yeonil basalt	basalt	Pl>>Px	35°40'48"N 129°27'18"E

* Stratigraphic unit and rock name by Tateiwa (1926). ** Bt; biotite, Ol; olivine, Pl; plagioclase, Px; pyroxene, and Qz; quartz by this study.

정질이고 斜長石, 輝石, 黑雲母 및 不透明鑛物로 구성되어 있고 斑晶은 주로 斜長石이나 소량으로 輝石類가 관찰된다. 斜長石은 라브라도라이트에서 비토나이트에 해당된다. 관찰되는 조직은 斑狀石理이다 (JE-2). 玄武岩質岩은 基質이 粗立質내지 미정질이고 斜長石, 輝石類, 橄欖岩 및 不透明鑛物로 구성되어 있고 斑晶은 주로 斜長石과 소량의 輝石類로 구성된다 (Fig. 2-D). 斜長石은 라브라도라이트에서 비토나이트에 해당된다. 관찰되는 조직은 斑狀石理, 累帶構造, 행인상구조 및 유상구조등이다.

이와같이 현미경하에서 관찰된 試料는 실내에서 다음과 같은 방법으로 K-Ar 測定용 試料를 제작하였다. 岩石試料는 먼저 사방 약 10 cm, 두께를 1~3 mm 정도의 슬라

이스로 만들어 한장한장 조심스럽게 큰 입자의 石英, 斜長石 斑晶이나 외래의 包獲岩 등을 핸드픽킹으로 제거시켰다. 이것을 최절구에서 분쇄하여 60~80 mesh 크기로 sieving 하였는데, 이때 매 試料마다 sieve net를 교환하고 알콜로 깨끗이 세척하였다. 이 試料를 물로 粘土粉이 없어질 때까지 세척하고, 다시 이온교환수로 ultrasonic cleaner에서 試料면의 불순물을 제거한후 電氣오븐 내에서 건조시켰다. 이를 말굽자석으로 強磁性鑛物를 제거하고 나서 마그네틱 分離器를 이용한 磁氣分離法으로 石基와 斑晶으로된 火山岩 試料의 斑晶을 제거시켰다. 海岸에서 採取한 試料일 경우는 3일 동안 90°C로 hot plate 상에서 이온교환수를 갈아주면서 鹽分除去 작업을 실시하였다. 그

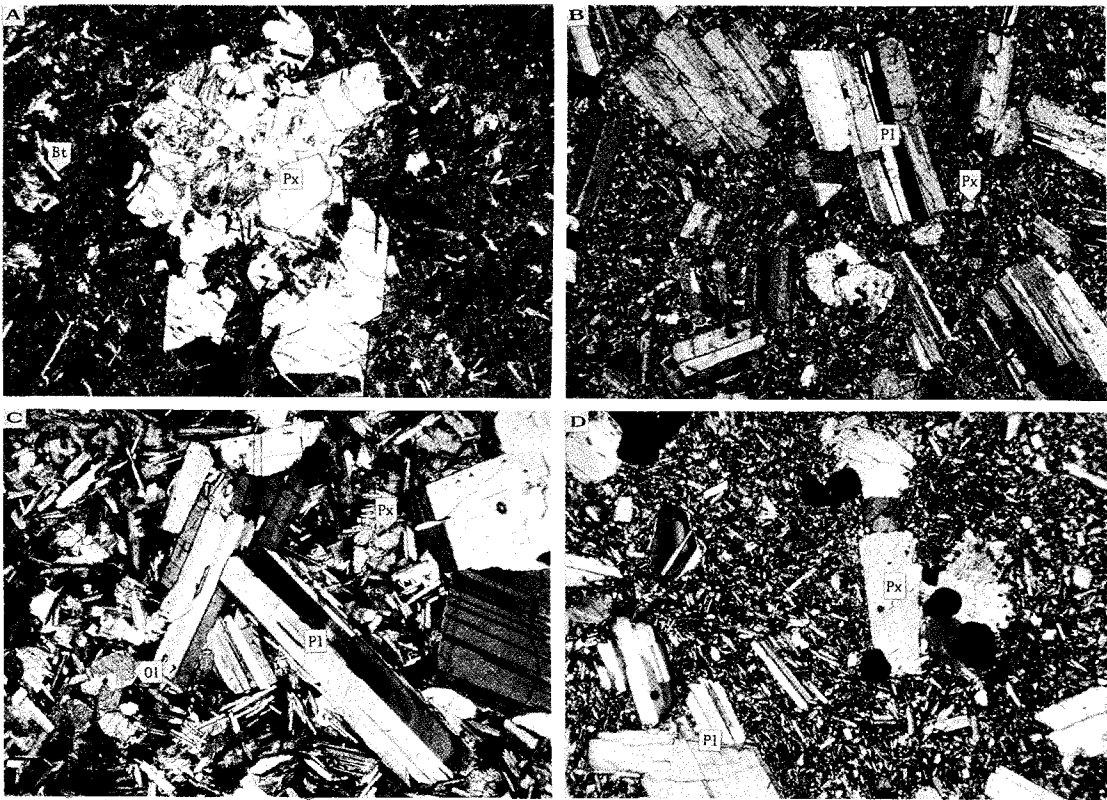


Fig. 2. Microphotographs of volcanic rocks distributed in the Tertiary basin. A; Basalt (920119-1) from the Pohang basin showing large phenocryst of pyroxene (Px) with relatively small grains of biotites (Bt) in a glass matrix. B; Basalt (911213-9) from the Changgi basin consist of laths of Plagioclase (Pl) as a large zoned phenocryst and grains of pyroxene. C; Basalt (911214-4) from the Eoil basin consist of phenocrysts of plagioclase, pyroxene and olivine (Ol). D; Basalt (911214-7) from the Haseo basin made up of laths of pyroxene and plagioclase.

이유는 알곤 測定시 質量分析計 중에 鹽素 ($H35Cl$, $H37Cl$) 가 들어가 試料의 알곤 피크와 염소의 피크 ($^{36}Ar-H^{35}Cl$, $^{36}Ar-H^{37}Cl$)가 중첩되어 정확한 알곤의 피크를 얻는데 방해가 되기 때문이다.

이와같은 試料에 대하여 X-線 回折分析器 (XRD)를 이용하여 試料處理前과 後의 분리정도를 확인하여 불순물이 완전히 제거되었음을 확인한 후, K-Ar 年代測定용으로 사용하였다.

칼륨 (K)의 測定은 상기의 試料 일부를 agate mortar 에서 더욱 미세하게 마쇄하여 분말상으로 만들어 原子吸收分析法에 의해 測定하였다. 測定하는 양은 약 50 mg 내지 약 100 mg을 초산 (HNO_3)과 불화수소산 (HF)으로 가열분해한 후 증발건조시켰다. 그 후 회염산 (HCl)으로 용해시켜 적당한 농도로 증류수를 넣어 희석시킨 다음, 공존성분의 간섭제어에는 2000 ppm의 Cs를 사용하였다. 測定은 2회 이상 실시하여 재현성 여부를 확인한 다음

그들 평균값을 K양으로 계산하였다. 分析 정도는 相對誤差로서 2% 이하이다. 알곤 (Ar)의 測定은 質量分析計 내에서 약 48시간 동안 180~200°C 에서 진공배기 시키면서 예비 가열시키므로서 試料표면에 흡착되어있는 대기알곤을 제거시킨 다음 장치전체를 실온까지 냉각 시켰다. 그 후 알곤의 background가 충분히 내려온 것을 확인하고 약 1600°C 에서 試料중의 가스를 가열 추출한 후 그 가스의 정제와 스파이크혼입을 실시한 동위체 희석법으로 그 동위체비를 測定하므로서 年代를 구하였다. 標準試料로서는 대기알곤을 사용하였으며 試料의 가스함유량에 따라 대기의 알곤가스양을 조정하고 그 가스양을 測定하였다. 이것은, 試料를 測定할 때마다 매일 실시하여 장치의 안정성을 확인함과 동시에 장치의 질량차별효과정수를 구하여 試料의 가스양과 같은 가스양에서의 값을 年代計算에 사용했다.

測定에 사용한 機器는 日本 岡山理科學大學에 설치되어

Table 2. K-Ar whole rock age data for the volcanic rocks distributed in the Tertiary basin.

Sample No.	Rock	K Wt.%	Rad. ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ ccSTP/g)	Age (Ma)	Non-rad. (%)
Pohang basin					
911213-3	Andesite	1.54±0.03	263.80±3.59	43.73±1.05	25.9
920119-1	Andesite	2.55±0.05	150.53±2.89	15.16±0.42	43.2
920119-3	Andesite	2.79±0.06	161.02±3.00	14.82±0.40	39.6
920119-5	Liparite	4.84±0.10	933.64±9.70	49.03±1.09	3.5
920119-7	Felsite	4.03±0.08	696.28±7.32	44.03±0.98	5.0
Changgi(Janggi) basin					
911213-5	Andesite	1.32±0.03	102.92±1.32	19.92±0.47	20.2
911213-6	Basalt	2.45±0.05	211.20±4.90	22.05±0.67	50.9
911213-8	Basaltic-andesite	1.18±0.02	94.54±1.32	20.55±0.50	25.7
911213-9	Basalt	0.72±0.02	57.52±4.48	20.36±1.69	81.4
Eoil basin					
911213-10	Basalt	0.49±0.01	34.58±2.08	17.99±1.13	77.4
911214-1	Andesite	1.41±0.03	275.03±3.12	49.58±1.13	12.7
911214-3	Basalt	0.95±0.03	68.05±1.11	18.35±0.62	35.6
911214-4	Basalt	0.57±0.01	42.60±0.89	18.74±0.55	45.7
911214-5	Basalt	0.77±0.02	57.46±0.76	19.23±0.63	23.5
TBK1-6	Basalt	0.65±0.01	49.09±0.84	19.30±0.50	34.7
TBK7-10	Basalt	3.36±0.07	267.62±3.06	20.44±0.47	12.1
Haseo basin					
911214-7	Basalt	0.58±0.02	36.73±1.30	16.22±0.75	65.0
911214-9	Basalt	1.11±0.02	63.32±2.55	14.64±0.66	68.3
JE-1	Andesite	1.52±0.03	123.04±1.52	20.75±0.49	17.6
JE-2	Andesite	1.92±0.04	157.56±1.85	21.07±0.47	13.9
HOT	Andesite	2.03±0.04	165.62±1.98	20.89±0.48	14.9

있는 原子吸光分析計와 質量分析器를 이용했으며, 分析方法, 計算方法등은 Nagao et al. (1984)과 Nagao and Itaya (1988)가 제시한 방법에 따라 수행되었다.

본 연구지역의 浦港, 장기, 魚日 및 下西盆地에 分布하는 火山岩類에 대한 年代測定 結果는 Table 2와 같다.

研究地域의 層序와 地質時代

第3紀盆地의 基盤

浦項, 장기, 魚日 및 下西盆地의 基盤岩은 堆積岩類, 火山岩類와 花崗岩類로서, Tateiwa (1924)에 따라 最近까지 白堊紀의 것으로 看做되었다. Reedman and Um (1975)은 "Geology of Korea"에서 第3紀 堆積層群의 分布圖를 만들면서 說明없이 이들 白堊紀 火山岩類의 一部를 第3紀 火山岩類로 地質圖에 記載한 바 있다. 그러나 最近 陳明植 등 (1988)과 Lee and Pouclet (1988)의 研究結果 Tateiwa가 斑岩類로 命名한 岩石은 實際로 凝灰岩類이며, 이들의 賦석트랙법 및 K-Ar 全岩法에 의한 年齡測定 結

果는 50~55 Ma로서 팔레오세에서 에오세에 噴出된 것으로 報告하였다.

第3紀層의 層序

白堊紀 後記나 新生代 初期의 基盤岩위에 發達한 第3紀層은 堆積岩과 火山岩類로 構成되어 있는데 火山岩類는 主로 玄武岩과 安山岩類이며 이에 隨伴되는 多様な 凝灰岩類로 構成되어 있다. 堆積岩類는 海成 및 陸成 礫岩, 砂岩 및 堆岩으로 構成되어 있으며, 陸成 堆積岩은 火山起源의 堆積岩類와 火山岩類가 互層을 이루면서 產出된다.

層序學的으로 Tateiwa (1924)는 第3紀層을 장기통과 不整合으로 그 上部에 놓여 있다고 생각하는 延日統으로 나누어 延日統 아래에 하나의 層群, 延日層群을 두고 장기통에는 두 개의 層群 즉, 장기層群과 凡谷里層群을 두었다. 장기통은 火山活動에 隨伴된 火山岩 및 火山碎屑岩類를 包含하는데 反하여, 延日統에서는 火山岩類가 產出되지 않는다. Tateiwa는 延日層群을 川北礫岩과 延日세일로 장기통의 장기層群과 凡谷里層群은 두 개의 地域 즉

甘浦-魚日地域(魚日盆地)과 장기-金光洞地域(장기盆地)에 따라 몇 개의 층으로 區分하고 서로 對比시켰다.

엄상호 등 (1963)은 延日세일을 다시 5개의 층으로 細分하였다. 以後 김봉균 (1965, 1970)과 Yoon (1975)은 이들 地層의 定義와 境界線을 修訂하여 存續시켰으나, 最近에 Yun (1986)은 川北礫岩위 4개의 上部層中 2個는 鶴田과 斗湖層이 構造的으로 反覆 露出되었거나 實際로 區分이 不可能한 地層임을 主張하며 浦項盆地에서 全部 3個의 層을 提案하였다. 初期의 研究者들이 延日層群을 區分한 主要한 基準中의 하나가 岩色이었는데 最近에 이들 堆積岩類의 岩色은 地表面에 露出된 後 風化作用에 의해 顯著한 變化를 받으며 特定 微化石의 產出頻도 큰 影響을 받는다는 事實이 定量的으로 糾明되어 (Moon et al., 1990), Yun (1986)의 地層區分을 補完하는 資料가 되었다. 浦項盆地에서 東西로 發達되는 斷層의 構造的 規制를 받아 同一한 化石群의 產出이 南北方向으로 延長되지 못하고 斷絶된다는 研究結果를 내어 (Yun et al., 1991) 盆地形成過程과 浦項盆地에서의 構造와 層序解釋에 새로운 觀點을 提供하고 있다. Tateiwa는 延日層群과 장기層群의 關係를 不整合으로 보고 이들 不整合面이 迎日郡 烏川邑 世界洞과 光明洞 一帶에 露出된 것으로 調査하였으나 最近에 이들 浦項盆地와 장기盆地는 烏川地域에서 斷層으로 接觸하는 것이 밝혀졌다 (閔庚德 등, 1991; Yun et al., 1991).

魚日과 장기盆地에서 Yoon (1982, 1986)은 地層分類와 層序 設定의 여러 면에서 Tateiwa와 觀點을 달리하였다. 그는 最近에 Tateiwa의 下部 장기層群과 上部 凡谷里層群을 再定義하고 層序를 下部 凡谷里, 上部 장기層群으로 順序를 바꾸었다 (Yoon, 1986, 1989, 1991). 또한 魚日層內에 挾在되는 玄武岩과 延日玄武岩을 묶어 魚日玄武岩質-安山岩質 火山岩類로 區分하고 이들을 장기層群의 最上位로 놓았다. 장기層群, 魚日層의 上位에 該當되며 唯一한 海成起源인 松田層을 延日層群의 下部에 對比시켰다 (尹統, 1976). 한편 Lee and Pouclet (1988)는 凡谷里層群의 凝灰岩과 dacite의 K-Ar 年齡을 根據로 凡谷里層群의 일부는 장기층군의 눌래리조면암질응회암층과 대비시켰으며 이들의 상부는 魚日層의 上位地層으로 해석하고 있다.

第3紀盆地的 地質學的 年齡

이들 第3紀層을 對象으로 많은 古生物學的 研究가 수행되어 地質時代推定이 이루어졌다 (Lee, 1975, 1978;

Bong, 1984; 全希永, 1982; Choi et al., 1984; Yun et al., 1990; Yoon, 1982; Yun, 1986). 이들 研究結果에 의하면 海成 浦項盆地의 堆積層의 生成時期는 마이오세인데 初期의 研究에서는 대체로 中부에서 상부 마이오세로 보고 있으나 最近에 들어와서는 有孔蟲의 再檢討, 有機質과 石灰質 微化石의 研究結果에 힘입어 점차 late Lower Miocene - middle Middle Miocene으로 생각하는 見解가 優勢하다 (Kim, W.H. 1990; Yun et al., 1991; Yi, 1992).

陸成 장기層群 및 魚日堆積層에서는 比較的 化石產出이 貧困하나 큰 植物, 花粉孢子와 軟體動物化石에 의해 올리고世로 보는 見解와 初期 마이오세로 看做하는 것으로 나누어져 있다. 이와 같이 絶對年齡 推定에서 다소 差異가 있으나 장기통이 延日統보다는 오래 되었다는데는 意見を 같이하고 있다 (Bong, 1985; Yamanoi, 1992). Tateiwa (1924)와 전희영 (1982)은 큰 식물화석을 근거로 장기層群의 나이를 올리고세, Huzioka (1972)는 대형 植物化石, Takahashi and Kim (1979)는 花粉, 孢子化石에 의해 장기層群을 초기 마이오세로 추정하고 있다. 松田層은 多量の 軟體動物, 有孔蟲, 瓦편모충類를 根據로 初期 中部 마이오세 (early Middle Miocene)로 看做되어 延日層群의 下部, 川北礫岩層과 對比되고 있다 (Yoon, 1976; Yun et al., 1989). 非海成盆地에서는 古生物 資料와 더불어 第3紀 火山岩類에 대한 絶對年齡測定 研究結果 (陳明植 등, 1988; Lee and Pouclet, 1989; Kim et al., 1986)가 이들의 生成時期를 限定시키는데 重要한 情報를 提供하였다.

討 議

慶尙系 斑岩類 및 第4紀 延日玄武岩의 存在와 層序上의 位置

K-Ar 年齡測定結果는 Table 2에 綜合한 바와 같다. 測定된 火山岩類의 絶對年齡은 過去 慶尙系의 斑岩類로 알려졌던 慶州郡 延日邑 柳江里 浦項-慶州 國道邊과 慶州市 黃龍洞 慶州-甘浦 國道邊에서 採取한 試料 (911213-3, 911214-1)들이 43.73±1.05 및 49.58±1.13 Ma로 第3紀 初인 에오세로 밝혀져 과거 陳明植 등 (1988)과 Lee and Pouclet (1988)의 研究結果와 一致하고 있다. 이들은 本地域 第3紀 岩類로서는 最初의 것들로서 實際로 이들은 斑岩類가 아니라 大部分이 鎔結凝灰岩類에 該當된다. 陳明植 등 (1988)의 研究結果는 이들 過去 慶尙系의 백악기의 火山岩類로 알려졌던 岩石들의 年齡이 最古 58 Ma

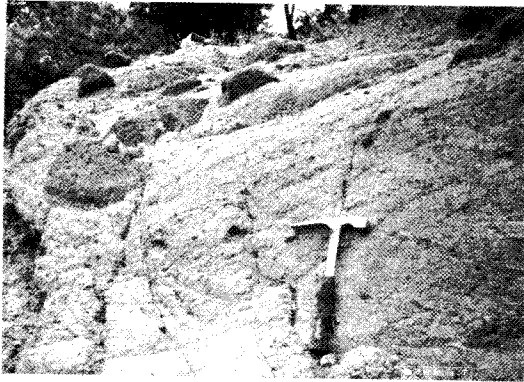


Fig. 3. Tuff crops out in Eoil Formation at Rodongri containing various size of basalt fragments showing well developed vesicular texture.

까지 報告되고 있는데, 이 地域에서의 마이오세의 火山活動이 廣範圍하게 있었으며, 이들 後期 마이오세의 火山活動이 에오세로 나타난 岩類들에 熱的 影響을 미쳤을 可能性을 排除하기가 어렵다. 이러한 점을 考慮한다면 實際로 이들 火山岩類의 生成時期는 에오세로 局限되기 보다는 白堊紀에서부터 에오세까지 繼續된 火山活動의 結果로 形成된 岩類일 可能性을 排除하기가 어렵다. 그러한 後期 火山活動에 의한 熱 影響에 기인한 Ar 損失을 고려 하지 않는다면 浦項 및 장기盆地 등의 基盤岩을 이루는 많은 岩石들은 第3紀초 에오세의 岩類들이며, 이들은 좀 더 젊은 올리고세-마이오세의 堆積岩類에 의해 不整合關係로 被覆되어 있거나 에오세-마이오세 火山岩類에 의해 貫入 또는 被覆되어 있다.

이들 에오세의 火山岩類를 除外하고 나머지 試料들의 絕對年齡 測定結果는 東海面 上政里에서 產出되는 玄武岩 (911213-6)의 22.05 ± 0.67 Ma에서 試料採取 位置上으로 最南端에 該當하는 蔚山市 東區 朱田洞 海岸의 玄武岩 (911214-9)의 14.64 ± 0.66 Ma로서 이들의 地質時代는 初期 마이오세에서 中期 마이오세에 該當 된다. 특히 이들 중 Tateiwa (1924)에 의하여 第4紀 延日玄武岩으로 記載된 것들, 즉 迎日郡 東海面 金光里의 採石場과 上政里의 영 일산업 뒤 채석장에서 採取한 試料들 (911213-5와 911213-6)의 絕對年齡은 각기 19.92 ± 0.47 과 22.05 ± 0.67 로서 모두 初期 마이오세에 該當된다. 이러한 初期 내지는 中期 마이오세 年齡은 既存 研究結果 (陳明植 등, 1988; Lee and Pouclet, 1988)와 同一한 結果를 보여주는 것이다. 또한 上政里의 訥臺里 組面岩質凝灰岩 (실제로는 流紋岩質 凝灰岩에 該當)을 貫入한 脈狀玄武岩 (911213-8)의 年齡은

20.55 ± 0.50 Ma로서 장기盆地에서의 장기層群의 時代的인 下限이 이보다는 前期임을 알 수 있다.

陳明植 등 (1988)은 慶州郡 陽北面 호암부락에서 產出되는 玄武岩 試料 (試料番號 93-33)의 경우 10.20 ± 0.30 Ma로서 後期 마이오세의 新期火山活動에 의한 產物로 區分하고 있다. Lee and Pouclet (1988)는 6 Ma의 玄武岩脈을 記載하고 있다. 이러한 10 Ma를 前後한 新期火山活動이 魚日盆地나 장기盆地에서 있었다면 실제로 Table 2에 나타난 것보다 더 젊은 露頭들이 發見될 可能性이 있다. 이러한 사실을 감안한다고 하더라도 第4紀 延日玄武岩으로 記載되었던 장기盆地의 迎日郡 東海面 地域과 魚日盆地의 甘浦地域에서 採取된 試料들의 年齡이 모두 다 마이오세 年齡인 것으로 나타났으므로 第4紀 延日玄武岩이란 地層名은 마땅히 없어야 할 것이다. 이들은 產出狀態로 보아 장기層群의 堆積과 거의 같은 時期의 火山活動에 의한 火山岩類로 取扱되어야 할 것이다.

第3紀盆地의 堆積時期 및 火山岩類의 層序設定上的 問題點

玄武岩類는 絕對年齡 測定이 可能한 岩類일 뿐 만 아니라, 이를 基準으로하여 上下位 地層에 대한 時代를 考察할 수 있어 이 地域에서 玄武岩類의 時代 糾明은 本域의 層序設定에 매우 중요하다. 위에서 言及한 바와 같이 이들 玄武岩類의 噴出時期는 22.05 ± 0.67 에서 14.64 ± 0.66 Ma로서 마이오세의 火山活動에 의한 火山岩類이다. 따라서 本 研究에서의 絕對年齡 測定結果들과 既存 研究結果들 (陳明植 등, 1988; Lee and Pouclet, 1988; Kim et al., 1986)을 綜合하면 本 域에서 玄武岩 및 安山岩類를 噴出した 火山活動은 初期 마이오세부터 後期 마이오세의 약 8~9백만년이란 오랜 期間동안의 것이다. 이 火山岩類들은 그 기간동안의 盆地發達過程에 따라 堆積된 礫岩, 砂岩, 셰일 및 凝灰岩 등 多樣한 堆積岩類와 함께 盆地내에 分布된다. 한편 일부학자들은 Tateiwa (1926)에 의하여 命名된 魚日 및 장기盆地 등에 分布하는 延日玄武岩과 魚日盆地의 魚日玄武岩을 묶어서 魚日玄武岩質-安山岩質 火山岩類 (Yoon, 1986) 혹은 魚日玄武岩 (尹銑 등, 1991)으로 記載하고 이를 장기層群의 上位層으로 設定하고 있다. 이렇게 噴出時期가 다른 火山岩類들을 層序上的 하나의 單位로 區分한 것이나, 이를 장기層群의 上位層으로 設定한 것은 모두 옳바르지 못하다. 앞서 설명한 바와 같이 이들 火山岩類의 噴出時期는 약 8~9백만년이란 오랜 기간동안

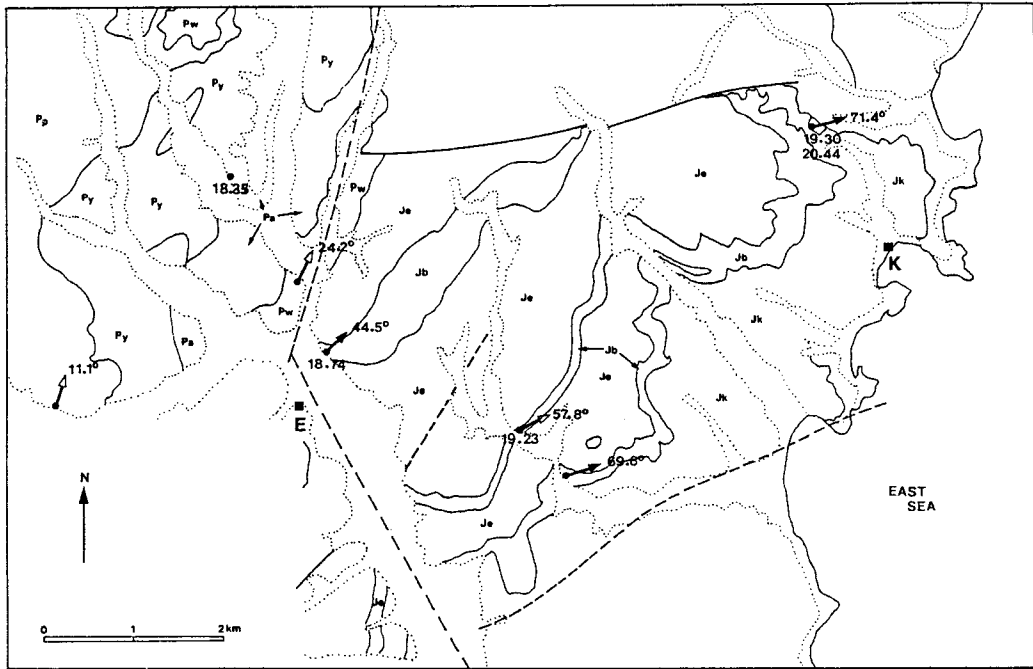


Fig. 4. Summary of K-Ar ages and palaeomagnetic directions in the Eoil basin. Note the systematic westward decrease of the K-Ar age and the rotation angle of remnant magnetization direction. This implies westward younging of strata in this region. K-Ar ages: in Ma, Black arrows: normal magnetization, White arrows: magnetization, K: Kampo, E: Eoil, Changgi Group: Jk (Kampo Conglomerate), Jb (Eoil Basalt), Je (Eoil Formation), Pomgogri Group: Pw (Waupri Andesitic Tuff), Pa (Andongri Conglomerate), Py (Yongdongri Tuff), and Pp (Pomgogri Andesite and Its Tuff).

안의 火山活動의 結果이며, 대부분의 玄武岩類들은 噴出岩으로서 堆積岩層 사이사이에 挾在되어 나타나고 있기 때문이다. 이를 一括해서 한 層序 單位로 묶는 것은 問題點이 있으며 矛盾되는 일이다. 따라서, 이들 火山岩類들은 分布地域에 따라 區分記載되어야 할 것이며 이들의 形成時期는 이들의 產出狀態나 絕對年齡測定結果로 보아 장기層群의 最下層이 堆積될 當時인 올리고世 말부터 장기層群의 最上位의 堆積層群이 形成되는 마이오世 末까지 斷續으로 계속된 火山活動의 結果임을 알 수 있다.

장기層群의 比較의 下位에 挾在되는 구룡포 북동지역의 화산암류의 연령이 23 Ma이며 (Kim et al., 1986), 본 연구에서 측정된 시료 중 가장 오래된 영일군 동해면 상정리의 시료 (911212-6)의 연령이 22 Ma로서 이들보다 하위인 장기층군의 기저역암인 장기역암은 아마도 올리고世 末에 堆積이 始作된 것으로 보인다. 만약 凡谷里層群이 장기層群의 下位라면 이들의 堆積時期는 반드시 적어도 初期올리고世 또는 그 以前이어야 한다. 장기層群과 凡谷里層群과의 時代的 先後關係는 아직 論難이 되고 있으나,

構造의 觀點外에도 古生物學的인 檢討가 뒷바침 되어야 되리라고 본다. Lee and Pouclet (1988)는 범곡리층군에서 산출되는 dacite (YB-36과 YB-33)의 연령이 각기 22.4와 ~ 17.0 Ma로 보고하고 있으며, 전술한 바와 같이 범곡리층군은 어일분지에서 어일층보다 층서적으로 상·하위 지층을 모두 갖고 있다는 것이다. 실제로 후자 (YB-33)의 경우는 17 Ma로서 어일현무암들 (TBK7-10, TBK1-6, 911214-5, 911214-4)보다는 모두 후기인 것을 알 수 있다. 만약 이들 凡谷里層群의 地層으로부터 中期마이오世의 化石群이 產出된다면 凡谷里層群이 장기層群보다 下位일 가능성은 매우 稀薄하다. 魚日盆地에서는 凡谷里層群인 龍洞里層을 貫入噴出한 玄武岩 (911214-3)의 時期가 18.35 ± 0.62 Ma로서 龍洞里層의 堆積時期는 이 보다는 以前에 堆積作用이 終熄되었음을 알 수 있다.

延日層群의 堆積時期는 장기層群의 堆積岩類보다는 後期이나, 鶴田層 下部와 川北礫岩을 貫入한 達田貯水池 附近의 玄武岩들 (920119-3, 920129-1)의 年齡이 15 Ma 인점으로 보아 延日層群의 堆積은 적어도 15 Ma 以前에

始作되었을 것이다. 이들 玄武岩류의 기 報告된 年齡測定 結果들은 진명식 등 (1988)의 19 Ma와 本研究 및 Sawada (1988)의 結果가 15 Ma의 서로 다른 結果가 報告된 바 있다. 그러나 이들의 年齡測定結果는 後者の 境遇가 生層序 研究結果와 잘 一致된다. 浦項盆地의 堆積時期는 16.7±12 Ma이며, 川北礫岩과 鶴田層 下部의 超微化石 研究 結果에 의하면 *Helicosphaera amplianpera* Zone (NN4, CN3/CN4-boundary)의 上部인 16.7±16 Ma이며, 瓦편모층類의 結果로는 late Lower Miocene에 該當하고 (Yun et al., 1990; Yi, 1992), 기타 유공충, 규조류 등 고생물학적 연구결과 (Kim, 1965; You, 1983; Lee et al., 1991)들을 종합하여도 이들의 퇴적시기는 17~12 Ma에 해당되므로 絶對年齡測定 結果 중 15 Ma가 生層序 結果와 잘 一致되고 있다.

古地磁氣 및 盆地發達史의 側面에서의 考察

앞서에서 說明한 바와 같이 魚日盆地內의 玄武岩質 岩石에 對한 K-Ar 年齡測定 結果는 魚日盆地의 層序解釋에 重要한 端緒를 提供하고 있다. Tateiwa (1924)는 甘浦礫岩을 基底로하며 魚日層 및 魚日玄武岩의 交互地層인 장기層群이 魚日盆地의 下部를 이루고 凡谷里層群이 이를 不整合으로 덮는다고 하였다. 한편 尹銑 (1988)은 장기層群과 凡谷里層群의 上下關係를 이와 反對되게 解釋하였으며 아울러 魚日層내에 나타나는 玄武岩類 (魚日玄武岩)는 장기層群 堆積以後에 廣域的으로 貫入한 것이라고 主張하였다. 그러나 本 K-Ar 年齡測定 研究結果는 장기層群이 下位에 놓이고 그 위를 凡谷里層群이 덮는 Tateiwa의 見解에 잘 附合되는 것으로 나타나고 있으며, 또한 魚日層內의 玄武岩類들은 魚日層 堆積과 同時期에 間歇的으로 噴出되면서 挾在된 것임을 指示하고 있다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 盆地의 東南部에는 장기層群의 最下位層인 甘浦礫岩이 分布되어 있고 그 위를 第1 玄武岩類가 噴出被覆하고 있다. 甘浦邑 북쪽 천불사 계곡 貯水池위 露頭에서의 이 玄武岩類 (TBK1-6)의 K-Ar 年齡는 19.30±0.50 Ma이며 貯水池 옆 露頭的 玄武岩 (TBK7-10)의 年齡은 20.44±0.47 Ma이다. 甘浦에서 동쪽으로 慶州를 向하는 4番國道를 따라가면 샷가봉과 魯洞里 入口사이의 성읍 河床에 제 2의 多孔質 玄武岩類가 噴出 되어있다.

이 露頭 (911214-5)의 K-Ar 年齡는 19.23±0.63 Ma으로써 앞서의 玄武岩類보다 다소 젊다. 더욱 서쪽으로 魚日을 지나 臥邑里 入口에 이르면 도로변에서 魚日層을

噴出被覆하는 柱狀節理가 잘 發達된 제 3의 玄武岩露頭 (911214-4)를 만나게 되는데 이의 年齡는 더욱 젊은 18.74±0.55 Ma이다. 이상의 玄武岩類들은 장기層群에 挾在된 것들이며 이곳에서 보다 서쪽과 북서쪽의 露頭들은 凡谷里層을 貫入噴出한 것들이다. 이 露頭에서 북서쪽으로 直線距離 約 2km 地點인 불석광산의 山堆에는 凡谷里層群의 一員인 龍洞里 凝灰岩을 貫入噴出한 玄武岩類 (911214-3)가 露出되어있는데 이의 K-Ar 年齡는 가장 젊은 18.35±0.62 Ma이다. 年齡의 差異들이 微小하기는 하나 이와같이 盆地의 東便에서 西便으로 감에따라 玄武岩의 年齡이 體系的으로 젊어지며, 東便에서 西便으로 上位가 되는 一般的인 堆積地層의 配列狀態로 보아 凡谷里層群이 장기層群의 上位에 놓이는 것임을 알 수 있다.

臥邑里 능골과 무아골 사이에서는 凝灰岩內에 噴出狀의 多孔質 玄武岩礫을 多量含有하고 있는것이 觀察되며 (Fig. 3), 그 외에도 魚日層內의 곳곳에서 이러한 것을 觀察할 수 있다. 寫眞에 (Fig. 3) 提示된 多孔質 玄武岩礫은 앞서 거론한 청골 河上에 露出된 多孔質玄武岩과 同一한 岩狀의 것인데 이러한 礫들이 청골 玄武岩을 被覆하는 堆積層 (魚日層)內에서 豊富히 나타나고 있는 事實은 이 魚日層을 비롯한 장기層群의 모든 堆積層들이 堆積된 以後에 最終的으로 玄武岩類가 貫入하였다는 主張을 否定하는 것이다. 이 밖에도 이들 岩類들은 噴出에 따른 특징적인 產出상인 lava toe를 형성하고 있으며 (甘浦邑 魯洞里 露頭), 玄武岩과의 下部接觸面에서의 下位地層의 酸化帶위를 被覆한 證據가 觀察되고, 이들의 分布狀態가 地層을 絶斷하지 않고 層理面을 따라 分布되는 產出狀으로부터 이들이 噴出 岩임을 알 수 있다. 이들 玄武岩類들은 곳에따라 脈狀의 貫入岩體로 產出되며, 特히 海岸을 따라 玄武岩脈이 잘 觀察되는 것은 사실이나, 堆積岩中에 挾在되는 比較的 큰 규모의 岩體는 대부분이 噴出岩類이다. 陳明植 등 (1988)과 최위찬 등 (1990) 魚日圖幅 調査者들도 本 研究者들과 같은 見解를 밝힌 바 있다.

물론, 凡谷里層群을 貫入噴出한 玄武岩의 年齡이 장기層群보다 젊다는 사실 自體만으로 凡谷里層群이 장기層群의 上位에 놓인다고 斷定할 수는 없다. 그러나 金仁洙와 강희철 (1989)에 의하여 報告된 魚日盆地에서의 殘留磁氣 研究結果를 보면 이러한 層序把握이 옳음을 알 수 있다 (Fig. 4). 즉, Fig. 4에 圖示된 바와 같이 盆地의 동쪽에서 서쪽으로 갈수록 殘留磁氣의 偏向角이 體系的으로 減少함이 나타난다. 이는 먼저 生成된 地層의 殘留磁氣가 더 많이 回轉되었다는 것을 뜻하는 것으로서 東便의 地層이

西便의 地層보다 古期의 것임을 보이는 것이다. 이는 凡谷里層群이 장기層群의 上位가 된다는 것을 뜻하는 것이며 또한 앞절에서 K-Ar 年齡測定 結果로부터 主張했던 事實 즉, 西에서 東으로 갈수록 地層年齡이 젊다는 主張을 뒷받침하는 것이다.

한편, 魚日玄武岩의 露頭들에서 어떤 곳은 正磁化 (검은머리 화살표), 어떤 곳은 逆磁化 (흰머리 화살표)로 나타나고 있는데 이러한 事實로 모든 魚日玄武岩의 噴出이 同時期가 아니라는 證據가 될 수 있다.

아직 K-Ar 研究와 古地磁氣研究를 위한 試料 採取點의 數가 完全치 못하며 一部地點의 試料들에 대해서는 研究와 實驗이 進行되고 있는 狀況이므로 성급한 結論은 注意하여야 될 것이나 本報의 K-Ar 年齡測定 結果들을 綜合하여 볼 때 눈에 띄는 또 하나의 事實이 있다. 이는 九龍浦에서부터 研究地域 南端의 蔚山市 朱田洞에 이룸에 따라서 海岸地域에 露出된 玄武岩의 年齡이 體系的으로 젊어진다. 즉, 북으로부터 浦項과 九龍浦사이 白日嶺의 噴出玄武岩 22.05 ± 0.67 Ma, 九龍浦邑 西界의 貫入玄武岩 20.55 ± 0.50 Ma, 金光洞 채석장의 19.92 ± 0.47 Ma들의 露頭가 北端의 한 그룹을 이루고 있고 南으로 九龍浦邑 南部 長吉里에서 20.36 ± 1.69 Ma, 더욱 南으로 迎日郡 只杏面 新倉里 창암에서 17.99 ± 1.13 Ma, 그 남쪽의 蔚山郡 江東面 亭子里에서 16.22 ± 0.75 Ma, 最南端의 蔚山市 朱田洞에서 가장 젊은 14.84 ± 0.88 Ma의 年齡이 나타난다. 酸性 凝灰岩이나 安山岩은 地殼에 張力이 作用되는 初期段階에서도 噴出이 可能한 反面 玄武岩의 噴出은 보다 깊은 地殼龜裂의 證據임을 勘案한다면, 이러한 玄武岩噴出活動의 北에서 南으로의 轉移는 東海岸 第3紀盆地的의 發達이 北에서 南으로 전과, 進行되었다는 假說 (金仁洙, 1990 a, b)에 附合되는 것으로 보인다. 다른 機會에 論議하기로 하겠으나 이러한 盆地發達の 모델은 東海의 南部擴張에 따르는 右向剪斷力 (dextral simple shear)의 結果이며, 斷層線의 屈曲으로부터 裂開盆地 (pull-apart basin)가 生成된다는 Crowell (1974)이나 韓宗煥 등 (1987)에 의한 古典的 裂開盆地모델과는 區別된다.

한편 방금 論議한 九龍浦로부터 蔚山 사이地域에서 K-Ar 年齡 研究가 이루어진 玄武岩露頭들에 대해서 金仁洙, 강희철 (1989)과 閔庚德 (1992)의 殘留磁氣 研究結果들을 綜合 考察하여 보았으나 地域에 따른 體系的인 磁化方向의 變化는 드러나지 않았다. 단지 九龍浦邑 長吉里 以北의 4個 露頭 (19.92~22.05 Ma)가 共通적으로 逆磁化되어 있는 것으로 나타나는데 이것이 어떠한 意味를 가지는지는

아직 不明하며 研究되어야 할 課題中的 하나이다.

사 사

본 연구는 한국학술진흥재단의 '91 자유공모과제 연구비에 의해서 수행되었으며, K-Ar 연령 측정은 전략광물 자원연구센터의 연구비 지원에 의해서 수행되었음을 밝히고 이에 감사드린다. 또한 연대측정을 위한 시료준비를 도와준 충남대 대학원 김상중군과 도면 작성을 도와준 연세대 윤소정양에게도 감사한다.

참고문헌

- 金仁洙 (1990) 古地磁氣學의 자료에 의한 東海의 성인과 양산단층의 운동. 1989년도 전국대학 기초과학연구소 지구과학분야 학술심포지움 발표논문집, p. 35-41.
- 金仁洙 (1992) 새로운 동해의 성인 모델과 양산단층계의 주향이동운동. 지질학회지, 28권, p. 84-109.
- 金仁洙, 강희철 (1989) 魚日盆地 일대에 분포하는 제 3기층에 대한 古磁氣學의 研究. 지질학회지, 25권, p. 273-293.
- 閔庚德 (1992) 韓半島 신생대 및 중생대 암류에 대한 古地磁氣 연구. '91 목적기초연구 제1차 중간보고서(KOSEF 91-06-00-02), 한국과학재단.
- 閔庚德, 尹惠洙, 文熙壽, 李鉉具, 이대하 (1990) 電氣비저항探査에 의한 浦港盆地와 장기盆地의 경계구명. 광산지질, 23권, p. 171-175.
- 閔庚德, 尹惠洙, 文熙壽, 李鉉具, 金仁洙 (1992) 浦港 및 장기盆地에 대한 古地磁氣, 層序 및 구조 연구; 重力探査에 의한 湧해 및 형산강지역의 지질구조. 광산지질, 25권, 제3호 (인쇄중).
- 윤선, 장기홍, 유환수, 이영길 (1991) 韓半島 남부의 제 3기 盆地 발달사. 광산지질, 24권, p. 301-308.
- 全希永 (1982) 浦港지역에 분포하는 신제 3기층군의 고식물군 연구. 한국동력자원연구소, 조사연구보고, 제 14호, p. 7-23.
- 陳明植, 김성재, 신성천 (1988) K-Ar 및 칠타트랙법에 의한 浦港-감포일대 火山岩類의 岩石年齡 測定연구. 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-87-27, p. 51-88.
- 韓宗煥, 郭英勳, 孫晉潭 (1986) 한국 동남부지역 제 3기 堆積盆地內的 지체구조 발달 및 堆積環境 연구. 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-86-(B)-8, 76p.
- 韓宗煥, 郭英勳, 孫晉潭, 孫炳國 (1987) 한국 동남부지역 제 3기 堆積盆地內的 지체구조 발달 및 堆積環境 연구. 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-86-2-(B)-4, 109p.
- 韓宗煥, 郭英勳, 孫晉潭, 鄭泰振, 孫炳國 (1988) 한국 동남부지역 제 3기 堆積盆地內的 지체구조 발달 및 堆積環境 연구 (III). 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-87-(B)-4, 75p.
- 韓宗煥, 金弘烈, 孫炳國, 李鎬錫, 金鶴周, 權錫基, 郭英勳, 孫晉潭, 吳在鎬, 鄭泰振 (1989) 한국 동남부지역 제 3기 堆積盆地內的 지체구조 발달 및 堆積環境 연구 (IV). 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-88-(B)-8, 107p.
- Bong, P.Y. (1984) Paeontology of the Neogene strata in the Pohang sedimentary basin. Ph.D. thesis, Seoul National Univ., 239p.
- Choi, D.K., Bong, P.Y. and Kim, B.K. (1984) Tasmanitids

- from Idong and Pohang (Miocene) Formations for Korea. *Jour. Soc. Korea*, v. 20, p. 215-221.
- Crowell, J.C. (1974) Origin of late Cenozoic basins in southern California. In: Dickinson, W.R. (ed.), *Tectonics and Sedimentation*. Soc. Econ. Paleont. Mineral, Spec. Publ., v. 22, p. 190-204.
- Huzioka, K. (1972) The Tertiary floras of Korea. *J. Mining College of Akida Univer.*, Ser. A, v. 5(1), p. 1-83.
- Kim, B.K. (1965) The stratigraphic and paleontologic studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang area, Korea. *Jour. SNU Sci. Tech. Ser.*, v. 15, p. 32-121
- Kim, B.K. (1970) A study on the Neogene Tertiary deposits in Korea. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v. 6, p. 77-96
- Kim, B.K. (1979) Correlation of Miocene deposits in Southeastern Korea. *Memoir Geol. Soc. China*, v. 3, p. 93-101
- Kim, B.K., Noda, H. and Yoon, S. (1974) Molluscan fossils from the Miocene Eoil formation, Gampo and Ulsan districts, southeastern side of Korea. *Trans. Proc. Paleontol. Soc. Japan*, N.S., no. 93, 266-285, p. 38-39.
- Kim, K.H., Won, J.K., Matsuda, J., Nagao, K. and Lee, M.W. (1986) Paleomagnetism and K-Ar age of volcanic rocks for Guryongpo area, Korea. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 19, p. 231-237.
- Kim, W.H. (1990) Significance of Early to Middle Miocene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the E-core in the Pohang basin, Korea. *J. Paleontol. Soc., Korea*, v. 6(2), p. 144-164
- Lee, J.S. and Pouclet, A. (1988) Le volcanisme n og ne de Pohang (SE Cor e), nouvelles contraintes g ochronologiques pour l'ouverture de la Mer du Japon. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t.307, S rie II, p. 1405-1411.
- Lee, Y.G. (1975) Neogene diatoms of Pohang and Gampo area, Kyeongsangbugdo, Korea. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v. 11, p. 99-114
- Lee, Y.G. (1978) Diatom flora of the middle part of the Yeonil Group, in the vicinity of Cheongha, Gyengsangbug-do, Korea. *Res. Rev. Kyungbuk Natl' Univ.*, v. 25, p. 215-222
- Lee, Y.G., You, H.S. and Koh, Y.G. (1991) Biostratigraphy and paleoenvironment of Yon: 1 Group in Pohang area. *J. Paleontol. Soc., Korea*, v. 7, p. 32-62.
- Moon, H.S., Yun, H., Min, K.D., Lee, H.K. and Lee, J.C. (1990) Variations of clay mineral assemblage, colour, and microfossil abundance in the Tertiary sediments from the Pohang area during chemical weathering. *J. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 23, p. 143-155.
- Nagao, K. and Itaya, T. (1988) K-Ar age determination. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 29, p. 5-21 (in Japanese with English abstract).
- Nagao, K., Nishido, H., Itaya, T. and Ogata, K. (1984) K-Ar age determination method. *Bull. Hiruzen Res. Inst.*, no. 9, p.19-38 (in Japanese with English abstract).
- Takahasi, K. and Kim, B.K. (1979) Palynology of the Miocene formation in the Youngill bay district, Korea. *Palaeontographica B*, v. 170, p. 1-80.
- Tateiwa, I. (1924) Geological atlas of Chosen: no. 2. Enrichi-Kyuroho and Choyo Sheet. Chosen Geol. Survey.
- Yamanoi, Tohru (1992) The Palyno-flora of early Middle Miocene sediments in the Pohang and Yangnam basins, Korea. *Centenary of Japanese Micropaleontology*, p. 473-480
- Yi, S. (1992) Miocene calcareous nannoplankton from the Pohang basin, Korea. Ph.D. thesis, Chungnam National Univer., 119p.
- Yoon, S. (1975) Geology and Paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang District, Korea. Part I. Geology. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v. 11, p. 187-214.
- Yoon, S. (1976) Geology and paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang District, Korea. Part II. Geology. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v. 12, p. 63-78.
- Yoon, S. (1982) Tertiary stratigraphy of the Eoil Basin, Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 18, p. 173-180.
- Yoon, S. (1986) Tectonic history of the Tertiary Pohang and Yangnam basins, Korea. *Essays in Geology Professor Nobu Kitamura Commemorative Volume*, p. 637-644.
- Yoon, S. (1989) Tertiary stratigraphy of the southern Korean peninsula. *Proc. Intern. Symposium on Pacific Neogene Continental and Marine Events, IGCP-246 Nanjing Univ. Press.*, p. 195-207.
- Yoon, S. (1991) Geologic events of the Tertiary and Pohang basins, Korea with a remark on the origin of the Yamato basin of the Japan sea. *Saito Ho-on Kai Spec. Pub.*, no. 3, p. 303-309.
- You, H.S. (1983) The biostratigraphy of the Neogene Tertiary deposits, Korea. Ph.D. Thesis, Seoul Nat. Univ. 182p.
- Yun, H. (1986) Emended stratigraphy of the Miocene formations in the Pohang basin, part 1. *J. Paeont. Soc. Korea*, v. 2, p. 54-69.
- Yun, H., Min, K.D., Moon, H.S., Lee, H.K. and Yi, S.S. (1991) Biostratigraphic, chemostratigraphic, and tephrochronological study for the correlation of Tertiary formations in southern part of Korea: Regional tectonics and its stratigraphical implication in the Pohang Basin. *J. Paleont. Soc. Korea*, v. 7, p. 1-12.
- Yun, H., Paik, K.H. and Chang, S.K. (1989) Paleoecology of the Eoil basin based on the organic and calcareous microfossils. *J. Paleont.Soc., Korea*, v. 5, p.65-90.
- Yun, H., Paik, K.H., Chang, S.K. and Yi, S. (1990) Microfossil assemblages from the Bomun area. *J. Paeont. Soc. Korea*, v. 6, p. 1-63.

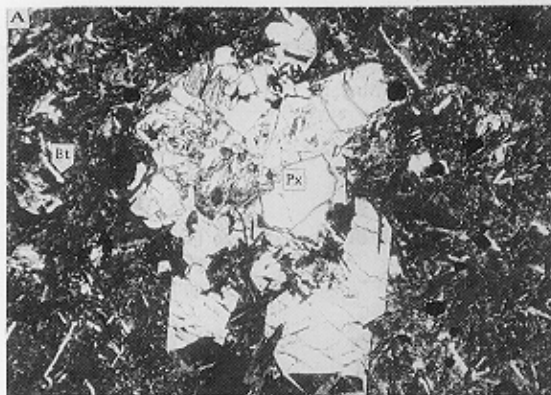


Fig. 9. Microphotographs of volcanic rocks distributed in the Tostons basin. A: Basalt (020110-1) from the Bohang