

## 岡山県久米郡坪井地域の三郡変成岩類の残存火成鉱物

李 青 一\*・柴 田 次 夫\*\*・光 野 千 春\*\*

\* 河北地質学院 (1982年6月~1984年5月迄研究生として岡山大学理学部に在籍)

\*\* 岡山大学理学部地学教室

(1984年1月17日受付)

### I はじめに

新しい時代の火山岩類はそれらが形成された地質学的造構環境に特徴的な岩石学的性質を持っていることは良く知られている。近年、オフィオライトの成因についての関心の高まりとともに、古い時代の火山岩類についても新しい時代の火山岩類とその岩石学的性質を対応させることによって、その生成の場を探ろうとする多くの研究がなされてきた(例えば、Coleman, 1977)。中国地方古生界のいわゆる緑色岩類についてもすでにこのような観点にたったいくつかの研究がなされており、中国地方古生代火山活動の岩石学的特質の時空的变化を把握するうえで重要であろう(西村他, 1977; 長谷・西村, 1979)。筆者等は岡山県久米郡久米町坪井鉱床周辺に分布する三郡変成岩類のうち主として塩基性岩類の原岩の岩石学的性質を明らかにするために残存火成鉱物についての検討を行なったので、その結果を報告する。

当地域の地質調査に際しては、久米郡久米町坪井上の山下亭氏、久米郡旭町打木沢の今井守氏に種々御世話になった。岡山大学理学部地学教室杉田宗満講師には地質構造解析に関して御指導いただいた。同技官藤原博氏には薄片の製作、齊藤俊明氏には製図をしていただいた。また、本論文投稿について、岡山大学温泉研究所本間弘次教授、田崎耕市助教授に御尽力いただいた。

野外調査の費用の一部は文部省科学研究費を使用した。

ここに関係各位に対し、厚く御礼申し上げる次第である。

### II 地質概要

坪井地域は大部分三郡変成岩類よりなるが、域内東北部には岩株状の花崗閃緑岩が変成岩中に貫入し、接触変成作用を及ぼしている。当地域中央部にアルカリ玄武岩の小貫入岩体が見られるほか、域内北部の国道沿いには新第三系備北層群の礫岩・砂岩・頁岩互層が変成岩類・花崗閃緑岩を不整合におおって分布している。また、当

地域には凝灰岩起源の三郡塩基性片岩中に別子型の層状含銅硫化鉄鉱床である坪井鉱床が胚胎する。坪井鉱床及びその周辺に分布する結晶片岩類については、光野(1953, 1959, 1960, 1963)による地質学的岩石記載学的研究がある。

三郡変成岩類は下位より 1) 泥質片岩・珪質片岩互層, 2) 変角閃石輝岩, 3) 砂質片岩, 4) 泥質片岩, 5) 塩基性片岩を主体とし泥質片岩を挟在する地層, 6) 泥質片岩・珪質片岩互層, 7) 砂質片岩, 8) 泥質片岩・珪質片岩, 9) 塩基性片岩, 10) 酸性片岩の順に重なり、全体の厚さはほぼ1300mに達する。

1) は単層の厚さは2~5mmの泥質片岩・珪質片岩の互層よりなる。この互層の下限付近(坪井下)に変角閃石輝岩の小露頭がみられる。この変角閃石輝岩は新第三系に不整合におおわれているため、層序的位置は不明であるが、本地域に分布する結晶片岩層の最下位にくるものと考えられる。

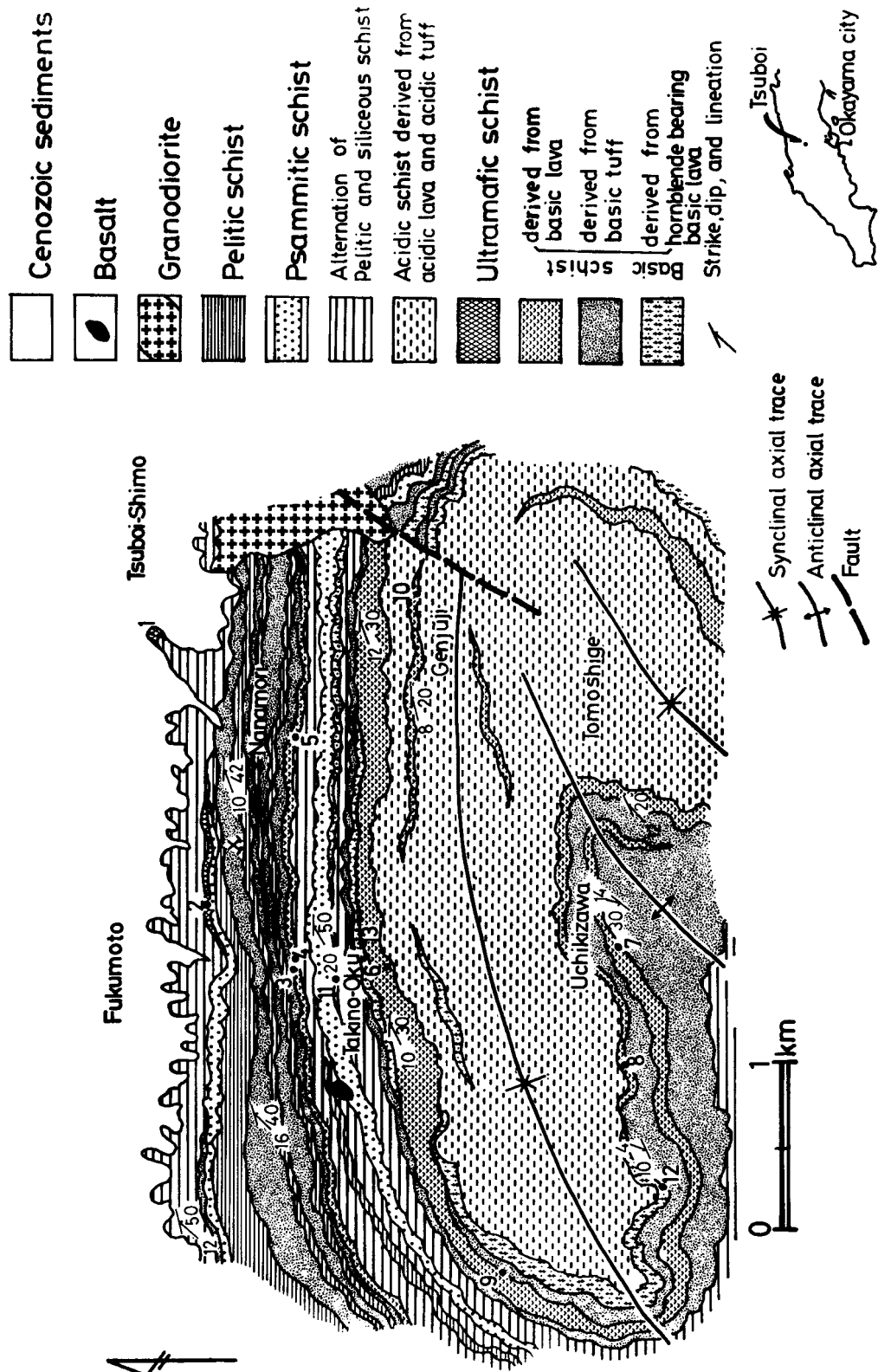
2) の変角閃石輝岩は坪井鉱床北部にみられ、厚さ約10mを示す。福本西部の同一層準には凝灰岩源の塩基性片岩層がみられるが、両者の関係は不明である。

3) の砂質片岩は細粒ないし中粒の砂質片岩で、厚さ約50mである。

5) の泥質片岩を挟在する塩基性片岩は、大部分凝灰岩源のもので、この中に厚さ1~10cmの泥質片岩を多数挟在し、最下限の塩基性片岩層中に坪井鉱床が胚胎する。また最上位の塩基性片岩は単斜輝石の残晶を有する熔岩源の塩基性片岩(厚さ20m)が分布する。

7) の砂質片岩層は中~粗粒のグレイワッケ質のもので、この中に厚さ10mの酸性凝灰岩源の結晶片岩の薄層が2~3層挟在する。この砂質片岩層の上位には厚さ20mの角閃石の残晶を有する熔岩及び火砕岩源の結晶片岩が重なる。

9) の塩基性片岩層は下位より凝灰岩源の結晶片岩、角閃石の残晶を有する熔岩源の結晶片岩、単斜輝石の残晶を有する熔岩源の結晶片岩、凝灰岩源の結晶片岩、角閃石の残晶を有する熔岩及び火砕岩源の結晶片岩の順に



第1图 岡山県久米郡坪井地域地質図

地名：Tsuboi-Shimo 坪井下，Nanamori 七森，Genjuji 幻住寺，Tomoshige 友重，Uchikizawa 打木沢，Fukumoto 福本，Takino-Oku 滝奥。

重なり、全体の厚さは180mである。

10) の酸性片岩は大部分凝灰岩源のものよりなるが、一部熔岩源のものを挟在するほか、単斜輝石や角閃石の残晶を有する熔岩源の塩基性片岩層(厚さ20m)及び火砕岩源結晶片岩を挟在する。

坪井地域に分布する三郡変成岩類中には0.1~1 mの波長を有する小褶曲構造が発達するが、域内北半部では走向ほぼE-W、傾斜10°~50°Sを示す。しかし南半部の滝の奥・打木沢・友重付近では、ENE-WSW方向の軸を有する向斜構造・背斜構造の繰り返しが見られる。

また、この地域にみられる線構造は、層面・片理面(S<sub>1</sub>)と細密劈開(S<sub>2</sub>)との交線、および剪断褶曲軸よりなり、それらの方向はS60°~80°Wで、落しは8°~20°を示し、前述の褶曲軸の方向とはほぼ一致する。

光野(1981, 1983)は、中国地方東部に分布する塩基性片岩層を下部石炭系真庭層群のものとペルム系舞鶴層群のものに分け、真庭層群の層序を下部・中部・上部に区分した。このうち中部層は塩基性片岩層を主体とする地層で、泥質片岩・砂質片岩を挟在し、上限に酸性片岩層が重なることを説明した。

中国地方に分布する中部層は、このほか阿哲石灰岩地域、岡山県上房郡皆部地域、真庭郡勝山北郡の神庭地域に分布している。これらの地域ではいづれも塩基性片岩の上位に整合関係で厚い石灰岩層が重なるが、坪井地域では石灰岩層は分布しておらず、坪井地域の塩基性片岩の累層が上記他地域の塩基性片岩層と同一層準のものか、あるいは他地域のものより多少下位のものか現在のところ未解決である。

### Ⅲ 塩基性岩類の岩石記載

当地域の三郡変成岩類の再結晶度は層序的に上位から下位にむかってより進んでおり、また片理や劈開(Crenulation cleavage)もより発達する。しかし、再結晶作用は完全でなく部分的に原岩の構成鉱物や岩石組織を残していることが多い。したがって、このような鏡下で観察される残存鉱物や残存岩石組織及び野外での露頭観察に基づいて、三郡変成岩類の原岩を推定することが可能である。当調査地域の残存鉱物をともなう塩基性岩類の原岩は塩基性熔岩、火砕岩、角閃石輝岩に大別される。以下これらについて簡単に記載する。

塩基性熔岩を原岩とする岩石は肉眼的には緑色ないし暗緑色を示し、ほぼ塊状で緻密な岩石である。明瞭な枕状構造や急冷相は観察されないが、羽毛状単斜輝石や針状斜長石の発達によって示される急冷組織が観察されることがある。残存鉱物として確認されるものは単斜輝石と斜長石で、斜長石は白雲母やパンペリー石の微小な結

晶によって置換され仮像としてのみ確認される。再結晶の進んだ岩石では残存鉱物として単斜輝石のみが存在する場合が多い。このような単斜輝石は他形等次元状(0.1~0.2mm)で、変成鉱物に取り囲まれて独立して存在し原岩の組織は不明である。EPMA分析によると結晶粒の周縁部が中心部よりFe/Mg比でより増大しているとは限らず、現在の結晶粒はより大きな結晶の一部であった可能性がある。残存鉱物として単斜輝石と斜長石が認められる場合には、これらはサブオフィティック状に集合していることが多い。半自形柱状で粒度は0.05~0.2mmである。このような組織は再結晶作用や変形作用のために岩石の一部に断片的にのみ認められる。したがって、原岩が微集球状組織を示すものであるのか、それとも比較的粗粒のサブオフィティック組織を示すものであるのか明確ではない。しかし、検鏡した試料の多くに比較的普遍的に観察されることを考えると、原岩がサブオフィティック組織を示す岩石であった可能性が強いであろう。塩基性熔岩を原岩とする岩石には緑褐色普通角閃石を残存結晶としてともなうものがある。緑褐色普通角閃石は半自形短柱状で、粒度は約0.3mmである。この岩石には残存単斜輝石は観察されない。普通角閃石はほぼ均質に分布し、原岩の組織は半自形粒状であったと考えられる。一般に塩基性熔岩源の変成岩の残存鉱物の含有量は5~15%で、残りの部分はパンペリー石・緑泥石・ステイルブノメレーン・緑レン石・アクチノ閃石・白雲母・曹長石・石英・チタン石等の変成鉱物によって占められる。単斜輝石や緑褐色普通角閃石には割れ目・劈開や周縁部にそってアクチノ閃石を生じていることが普通に観察される。

火砕岩は灰緑色~暗灰色を呈し、1cmにおよぶピロタキシティック組織を示す岩片や結晶片の仮像が認められる。このような仮像の間を細粒の結晶が埋め著しく不均質な粒度を示す。緑色普通角閃石は半自形短柱状で周縁部や劈開に沿って無色アクチノ閃石が生じている。長径が1cm程度のレンズ状に集合している場合も観察される。変成鉱物は熔岩源の岩石に観察されるものとほぼ同様であるが、それらに比較して石英・斜長石の含有量が多く組成的には安山岩質の岩石である可能性が高い。

変角閃石輝岩は緑色~暗緑色を呈し、片状~塊状である。他形の単斜輝石と淡緑褐色普通角閃石の残存鉱物が観察される。普通角閃石は単斜輝石の周縁部に形成されていることが多い。これらの結晶は破断され割れ目や周囲よりアクチノ閃石に変化している。残存鉱物の粒度は1~3mmで肉眼的にも認めることができる。これら残存鉱物の粒間を主としてパンペリー石・緑泥石が埋めている。おそらく完晶質他形粒状の岩石であったであろうと

第1-1表 残存単斜輝石の代表的な EPMA 分析値

| 採集位置                           | 1      |        | 3      |        | 5     |       |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
|                                | C      | R      | G      | G      | C     | R     |
| SiO <sub>2</sub>               | 50.91  | 50.93  | 52.63  | 52.44  | 52.20 | 51.92 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.36   | 0.35   | 0.02   | 0.03   | 0.60  | 0.86  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.98   | 4.43   | 0.18   | 0.44   | 3.06  | 1.69  |
| FeO*                           | 5.77   | 6.00   | 13.73  | 14.73  | 6.71  | 8.12  |
| MnO                            | 0.13   | 0.16   | 0.46   | 0.64   | 0.18  | 0.21  |
| MgO                            | 14.73  | 14.17  | 9.18   | 8.76   | 17.10 | 18.31 |
| CaO                            | 22.04  | 23.80  | 24.25  | 23.56  | 19.57 | 18.40 |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.25   | 0.23   | 0.25   | 0.19   | 0.26  | 0.21  |
| 計                              | 100.17 | 100.07 | 100.70 | 100.79 | 99.68 | 99.72 |
| 0 = 6                          |        |        |        |        |       |       |
| Si                             | 1.866  | 1.884  | 2.006  | 2.003  | 1.919 | 1.919 |
| Al                             | 0.258  | 0.193  | 0.008  | 0.020  | 0.133 | 0.074 |
| Ti                             | 0.010  | 0.010  | 0.001  | 0.001  | 0.017 | 0.024 |
| Fe                             | 0.177  | 0.186  | 0.438  | 0.471  | 0.206 | 0.251 |
| Mn                             | 0.004  | 0.005  | 0.015  | 0.021  | 0.006 | 0.007 |
| Mg                             | 0.805  | 0.781  | 0.522  | 0.499  | 0.937 | 1.009 |
| Ca                             | 0.866  | 0.943  | 0.990  | 0.964  | 0.771 | 0.729 |
| Na                             | 0.018  | 0.016  | 0.018  | 0.014  | 0.019 | 0.015 |
| Ca                             | 46.8   | 49.4   | 50.8   | 49.8   | 40.3  | 36.7  |
| Mg                             | 43.6   | 40.9   | 26.7   | 25.8   | 48.9  | 50.7  |
| Fe                             | 9.6    | 9.7    | 22.5   | 24.4   | 10.8  | 12.6  |

FeO\* は FeO として求めた全鉄量である。

採集位置の番号は坪井地域地質図(第1図)の番号に対応する。Cは結晶粒中心部の分析値, Rは同周縁部の分析値, Gは石基輝石の分析値であることを意味する。1と2:変角閃石輝岩の単斜輝石, 3~10:熔岩源塩基性片岩の単斜輝石, N1:新見市方谷の熔岩源塩基性片岩の単斜輝石。

推定される。原岩の構成鉱物がほとんど単斜輝石と普通角閃石のみよりなるものから約30%の斜長石仮像を持つものまでが観察され、角閃石斑レイ岩から角閃石輝岩の間で原岩の構成鉱物の容量比は変化するものであろうと推定されるが、小岩体として調査地域内に点在し、露頭もよくないこともあって周囲の岩層との関係も明確でない。

#### IV 残存火成鉱物の化学組成

検鏡した当調査地域の塩基性岩類のなかから残存鉱物を含む試料13個を選び、EPMA (JXA733型) により分

析をおこなった。また、比較のため新見市方谷に分布する塩基性熔岩源の三郡変成岩一試料の残存単斜輝石についても検討した。標準試料として、Na・Kについては天然長石、その他の元素については合成単純酸化物を使用し、加速電圧 15 KV、ビーム径 2~3 μm、試料電流 0.01~0.02 μA で測定した。補正計算は Nakamura・Kushiro (1970) の α ファクターを用いて Bence・Albee 法によりおこなった (Bence・Albee, 1968)。単斜輝石と普通角閃石の代表的な分析値を第1表と第2表に示す。

第1—2表 残存単斜輝石の代表的な EPMA 分析値

| 採集位置                           | 6     |       | 7     |       | 10    |       | NI    |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | C     | R     | C     | R     | C     | R     | C     | R     |
| SiO <sub>2</sub>               | 52.18 | 52.08 | 51.24 | 51.66 | 51.36 | 52.75 | 49.02 | 49.27 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.38  | 0.38  | 0.59  | 0.78  | 0.72  | 0.46  | 1.01  | 1.02  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.50  | 3.40  | 3.79  | 3.80  | 3.15  | 1.27  | 6.11  | 5.71  |
| FeO*                           | 4.49  | 4.57  | 6.80  | 7.23  | 8.43  | 10.06 | 7.08  | 7.27  |
| MnO                            | 0.13  | 0.14  | 0.18  | 0.20  | 0.19  | 0.31  | 0.13  | 0.13  |
| MgO                            | 17.05 | 16.94 | 17.12 | 17.13 | 16.30 | 18.29 | 14.68 | 14.70 |
| CaO                            | 21.61 | 21.47 | 19.29 | 18.75 | 19.24 | 16.28 | 21.66 | 21.62 |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.22  | 0.23  | 0.22  | 0.23  | 0.21  | 0.18  | 0.22  | 0.23  |
| 計                              | 99.56 | 99.21 | 99.23 | 99.78 | 99.60 | 99.60 | 99.91 | 99.95 |
| 0 = 6                          |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Si                             | 1.912 | 1.915 | 1.894 | 1.898 | 1.911 | 1.954 | 1.819 | 1.829 |
| Al                             | 0.151 | 0.147 | 0.165 | 0.165 | 0.138 | 0.055 | 0.267 | 0.250 |
| Ti                             | 0.010 | 0.011 | 0.016 | 0.022 | 0.020 | 0.010 | 0.028 | 0.028 |
| Fe                             | 0.138 | 0.141 | 0.210 | 0.222 | 0.262 | 0.312 | 0.220 | 0.226 |
| Mn                             | 0.004 | 0.004 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.010 | 0.004 | 0.004 |
| Mg                             | 0.931 | 0.929 | 0.943 | 0.938 | 0.902 | 1.010 | 0.812 | 0.813 |
| Ca                             | 0.848 | 0.846 | 0.764 | 0.738 | 0.765 | 0.646 | 0.861 | 0.860 |
| Na                             | 0.016 | 0.016 | 0.016 | 0.016 | 0.015 | 0.013 | 0.016 | 0.017 |
| Ca                             | 44.2  | 44.1  | 39.9  | 38.9  | 39.7  | 32.8  | 45.5  | 45.3  |
| Mg                             | 48.6  | 48.5  | 49.2  | 49.4  | 46.7  | 51.3  | 42.9  | 42.8  |
| Fe                             | 7.2   | 7.4   | 10.9  | 11.7  | 13.6  | 15.9  | 11.6  | 11.9  |

第2表 残存普通角閃石の代表的な EPMA 分析値

| 採集位置                           | 1     | 13    | 11    | 12    | 採集位置             | 1     | 13    | 11    | 12    |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 42.08 | 42.52 | 46.54 | 45.76 | 0 = 23           |       |       |       |       |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.39  | 2.89  | 1.14  | 0.68  | Si               | 6.096 | 6.318 | 6.929 | 6.828 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.19 | 10.81 | 6.74  | 9.08  | AlVI             | 0.690 | 0.211 | 0.112 | 0.425 |
| FeO*                           | 8.46  | 16.18 | 15.21 | 15.60 | AlIV             | 1.904 | 1.682 | 1.071 | 1.172 |
| MnO                            | 0.12  | 0.56  | 0.38  | 0.36  | Ti               | 0.151 | 0.323 | 0.128 | 0.076 |
| MgO                            | 14.60 | 11.50 | 12.85 | 11.71 | Fe <sup>3+</sup> | 0.266 | 0.698 | 0.313 | 0.343 |
| CaO                            | 12.42 | 10.38 | 12.09 | 10.88 | Fe <sup>2+</sup> | 0.759 | 1.313 | 1.581 | 1.603 |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.53  | 1.68  | 1.24  | 1.32  | Mn               | 0.015 | 0.071 | 0.048 | 0.046 |
| K <sub>2</sub> O               | 0.06  | 0.08  | 0.57  | 1.03  | Mg               | 3.152 | 2.547 | 2.851 | 2.604 |
| 計                              | 96.85 | 96.60 | 96.76 | 96.42 | Ca               | 1.928 | 1.653 | 1.929 | 1.739 |
|                                |       |       |       |       | Na               | 0.711 | 0.484 | 0.358 | 0.382 |
|                                |       |       |       |       | K                | 0.011 | 0.015 | 0.108 | 0.196 |

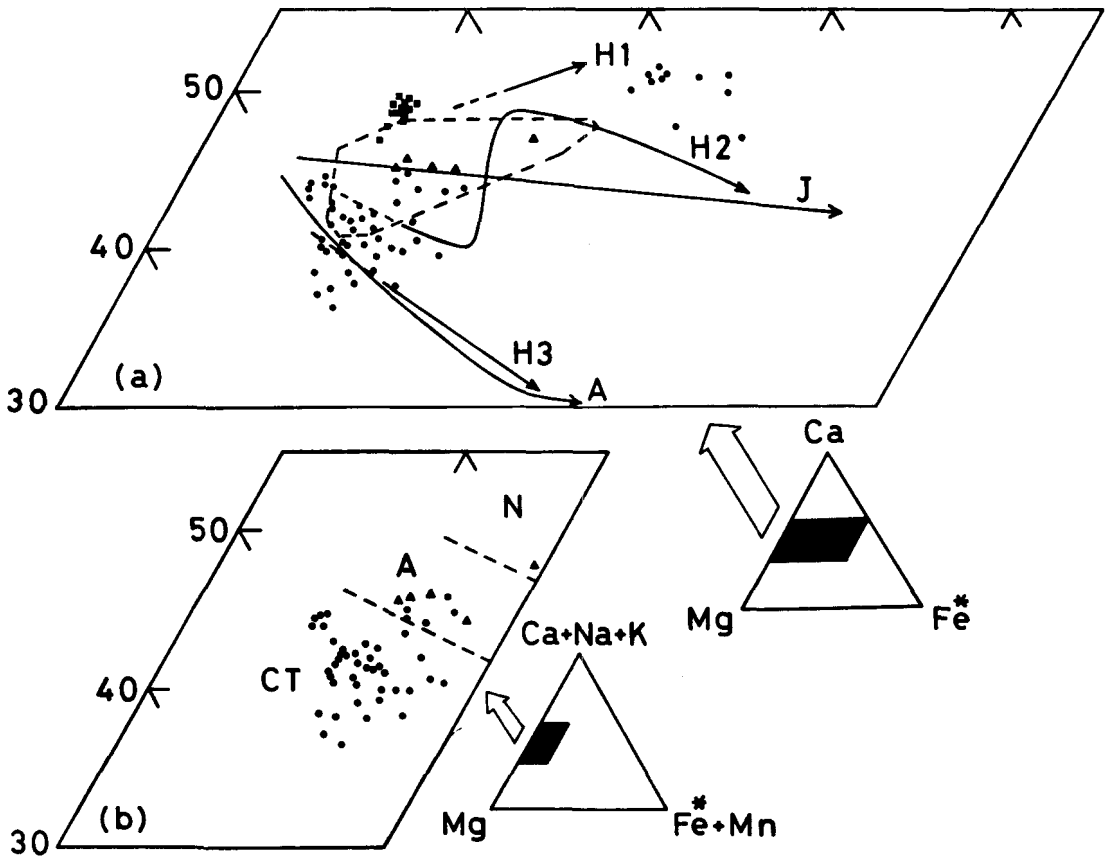
FeO\* は FeO として求めた全鉄量である。

Fe<sup>3+</sup> は Papike 他 (1974) の方法によって全鉄量より推定した中間値である。1: 変角閃石輝岩の普通角閃石, 13: 熔岩源結晶片岩の普通角閃石, 11と12: 火砕岩源結晶片岩の普通角閃石。

1) 単斜輝石

塩基性熔岩源の岩石に残存する単斜輝石は組成的には透輝石・Mgに富む普通輝石である(第2-a図)。前述したように残存単斜輝石は周縁部にむかってFeに富むという通常の累帯構造を示さない場合がしばしば存在する。したがって、第2-a図には残存単斜輝石の結晶粒の中心部についての分析値のみを図示してある。熔岩源の岩石中の単斜輝石の大部分は分化の初期の段階でFe/Mg比の増加とともにCaが減少するという典型的な非アルカリ岩系晶出経路をたどる。

しかし、第1図の3と4の地点より採集された岩石中の羽毛状石基輝石はこの傾向より著しくはずれ、サーライト質組成の輝石である。これらの輝石中の $Al_2O_3$ 含有量は約0.20~5.00重量%であり、FeOの増加とともに減少する傾向がある(第4-a図)。また $TiO_2$ の含有量は0~1.0重量%の範囲を示し、 $Al_2O_3$ と類似の挙動を示す。 $Na_2O$ については著しい変化は認められず、およそ0.20重量%の濃度を示す。角閃石斑レイ岩中の単斜輝石は組成的には透輝石である(第2-a図)。この輝石は高い濃度の $Al_2O_3$ 含有量を示すが、それに比較して

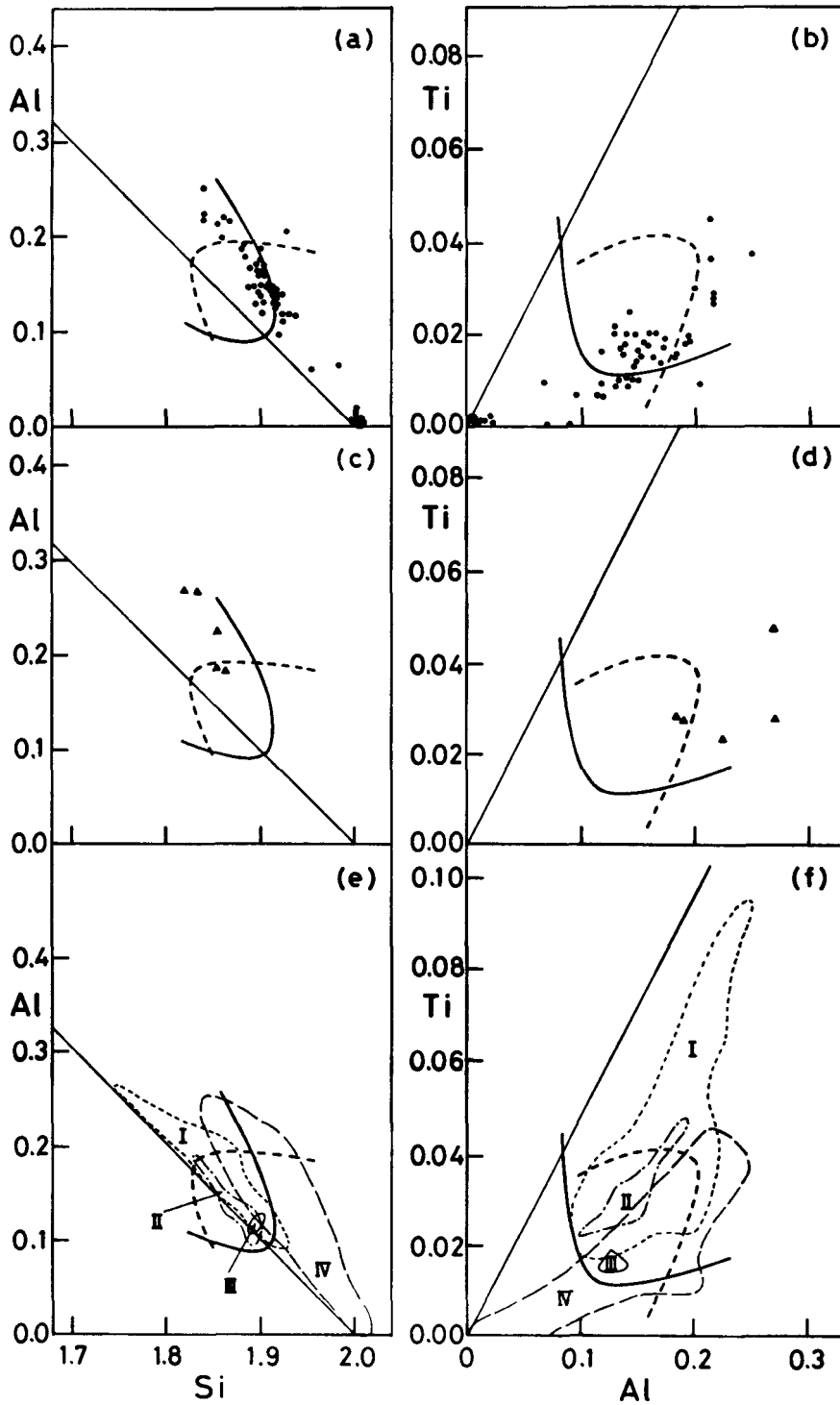


第2図 (a) 残存単斜輝石のCa-Mg-Fe\* 図

Fe\* は  $Fe^{2+}$  として求めた全鉄量。黒四角印：坪井地域変角閃石輝岩の単斜輝石，黒丸印：坪井地域熔岩源塩基性片岩の単斜輝石，黒三角印：新見市方谷熔岩源塩基性片岩の単斜輝石。ハワイ火山岩の単斜輝石の組成変化が H1 (含ネフェリン岩系)・H2 (アルカリ岩系)・H3 (ソレライト系) の矢印で示されている (Fodor 他, 1975)。J は日本のアルカリ岩系の組成変化 (Aoki, 1964)，A は深海性ソレライトの単斜輝石の組成変化 (Schweitzer 他, 1979) をそれぞれ示す。破線で囲まれた領域は島根県益田地域，山口県錦町地域，岡山県北房町地域の残存単斜輝石の組成範囲を示す (長谷・西村, 1979)。

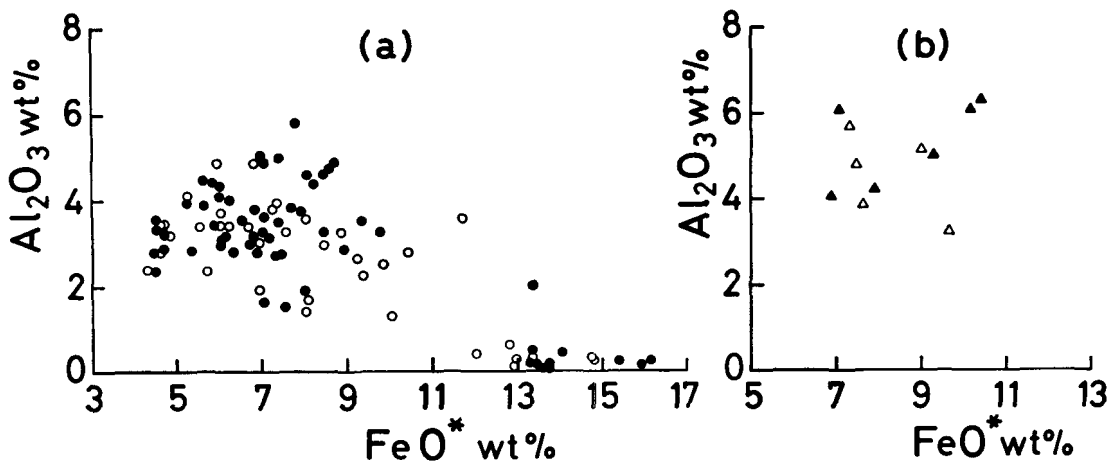
(b) 残存単斜輝石の (Ca+Na+K)-Mg-(Fe\*+Mn) 図

破線で分けられた三つの領域は LeBas (1962) による過アルカリ岩系 (N)，アルカリ岩系 (A)，非アルカリ岩系 (CT) に対応する。その他の記号は(a)図と同様である。



第3図 残存単斜輝石のAlとSiおよびTiとAlの含有量の関係

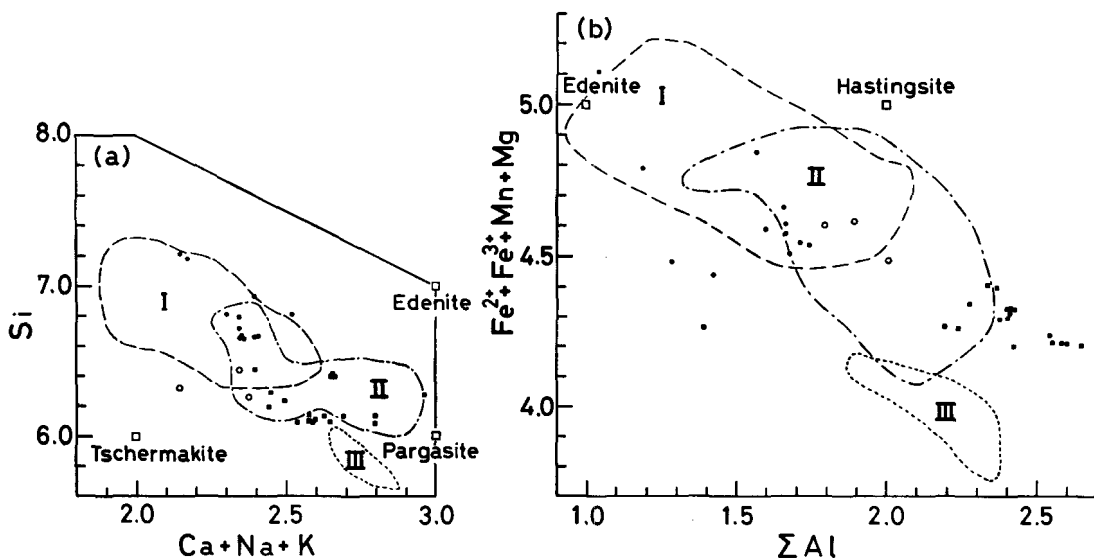
実線と破線の領域は丸山(1976)によるアルカリ岩系・ソレライト系の単斜輝石の組成範囲を示す。  
 (a)と(b): 坪井地域熔岩源塩基性片岩の単斜輝石, (c)と(d): 新見市方谷熔岩源塩基性片岩の単斜輝石, (e)と(f): 三郡変成帯他地域残存単斜輝石との比較. それぞれの領域は島根県益田地域(I), 岡山県北房町地域(II), 山口県錦町地域(III) (以上長谷・西村, 1979による), 坪井地域(IV)である.



第4図 残存単斜輝石の  $Al_2O_3$  と  $FeO^*$  含有量の関係

$FeO^*$  は  $FeO$  として求めた全鉄量。

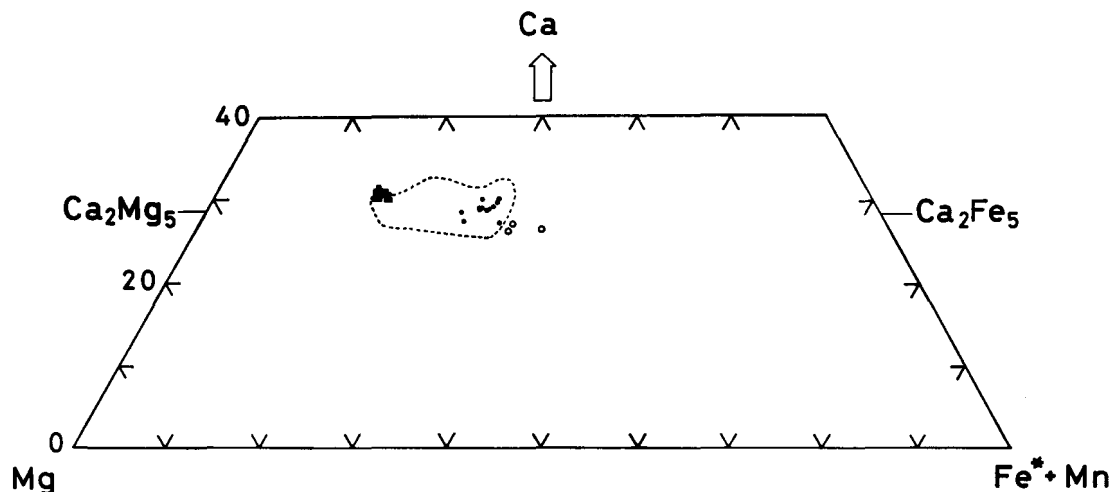
(a) 坪井地域熔岩源塩基性片岩の単斜輝石。黒丸印—結晶粒中心部の分析値，白丸印—同周縁部の分析値。(b) 新見市方谷熔岩源塩基性片岩の単斜輝石。黒三角印—結晶粒中心部の分析値，白三角印—同周縁部の分析値。



第5図 (a) 残存普通角閃石の  $Si-(Ca+Na+K)$  図，(b) 残存普通角閃石の  $(Fe^{2+}+Fe^{3+}+Mn+Mg)-\Sigma Al$  図

黒四角印—変角閃石輝岩の角閃石，白丸印—熔岩源結晶片岩の角閃石，黒丸印—火砕岩源結晶片岩の角閃石。Ewart (1982) による造山帯玄武岩 (I)，玄武岩質安山岩および安山岩 (II)，石英安山岩および流紋岩 (III) の斑晶角閃石の組成領域を示す。





第6図 残存普通角閃石の Ca-Mg-(Fe\*+Mn) 図

記号は第5図と同様である。点線で示された組成領域は造山帯玄武岩・安山岩の斑晶角閃石の組成範囲を示す (Ewart, 1982)。

TiO<sub>2</sub> 含有量は著しく低い (第1表)。

新見市方谷の塩基性熔岩源片岩の輝石は Fe/Mg 比において坪井地域の熔岩源岩の輝石と同様であるが、相対的に Ca に富み、サーライト質である。またこれらの輝石は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiO<sub>2</sub> により富んでいる (第3図・第1表)。

残存単斜輝石の化学組成より母岩のマグマ系列を推定するために坪井地域と新見市方谷の塩基性熔岩中の単斜輝石を LeBas (1962) の (Ca+Na+K)-Mg-(Fe\*+Mn) 図 (第2-b図)・丸山 (1966) の Al-Si 図 (第3図)・高沢・平野 (1977) の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO\* 図 (第4図) に図示した。このような図に基づいてマグマ系列を推定する場合の問題点や適用範囲については高沢・平野 (1977) が詳しく論じている。高沢・平野 (1977) は多量に蓄積した単斜輝石のデータを検討し、Kushiro (1960)・LeBas (1962) などによって示された輝石の化学組成とマグマ系列の関係は著しく高圧・高温で形成されたものを除いた通常の塩基性岩石中の単斜輝石について充分多数検討すれば普遍的に認められることを示した。

坪井地域の塩基性岩中の輝石に関しては著しく高沢・平野の条件からはずれてはいないであろう。しかし、新見市方谷の試料については信頼ある結論をえるに十分な分析個数があるとは言えないであろう。

第2-b図・第3-a~d図に示されるように坪井地域の塩基性熔岩中の単斜輝石は一部アルカリ岩系の領域

に分布するが、大部分はアルカリ岩系と非アルカリ岩系の重なり合う領域から・非アルカリ岩系の領域に分布し、非アルカリ岩系のマグマから晶出したのであろうと推定される。この推定はこれらの輝石の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量が FeO\* % の増加とともに減少するという非アルカリ岩系の輝石の特徴を示すことから裏づけられる (第4図; 高沢・平野, 1977)。また、新見市方谷の輝石は全体としてアルカリ岩系に属する可能性が強いことを示唆している。

## 2) 普通角閃石

坪井地域の塩基性熔岩・火砕岩・角閃石斑レイ岩中の残存角閃石は組成的に普通角閃石に属する (第2表)。塩基性熔岩中の緑褐色普通角閃石は火砕岩中の緑色普通角閃石より TiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富む傾向が認められるが、他の性質については両者の間に大きな差異はない (第2表・第5図・第6図)。一方、角閃石斑レイ岩中の淡緑褐色角閃石は比較的 Na<sub>2</sub>O・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・MgO に富み、パーガサイト成分を多く固溶している。

火成岩中の普通角閃石の Si-Al の関係が母岩の SiO<sub>2</sub> 含有量とともに規則的に変化するとは良く知られている。第5図には Ewart (1982) による第三紀以降の造山帯火山岩の普通角閃石の組成とそれが含まれる火山岩の全岩組成との関係も示してある。坪井地域の熔岩・火砕岩中普通角閃石は主として領域 I と II が重なる部分に図示され、これらの角閃石は造山帯中性マグマから由来した角閃石と類似する。

## V 考察とまとめ

西村他 (1977), 西村他 (1979), 長谷・西村 (1979) は三郡一中国帯に分布する古生界の火山岩類の産状や層序・岩相の対比関係の総括を試みるとともに玄武岩質岩石の全岩化学組成や残存単斜輝石の組成について岩石学的検討を行なった。その結果、古生界玄武岩質岩石はその産状・火成岩系列に関して次の三つのグループに区分されるとした。すなわち、1) 三郡変成岩系プロパー中の玄武岩質岩石 (大部分はアルカリ岩系)、2)、中央非変成岩帯中の台地石灰岩基底部に発達する玄武岩質岩石 (アルカリ岩系)、3) 舞鶴帯、上郡帯およびその西方延長に分布する二疊紀前期～中期の玄武岩質岩石 (ソレアイト系) である。三郡変成岩系プロパーの塩基性火山活動は石炭紀前期ないしデボン紀に対比され、三郡～中国帯の卓越する二回の塩基性火山活動は前期がアルカリ岩系に、後期がソレアイト系によって特徴づけられるとした (西村他, 1977)。

坪井地域の塩基性熔岩源の岩石中の残存単斜輝石は非アルカリ岩系の性質を示しており、また普通角閃石を含む塩基性～中性の熔岩、火砕岩、酸性凝灰岩の活動が見られる。このような当地域の火山岩類の特質は他地域三郡変成岩系プロパーの火山岩類の性質とは著しく様相を異にしている。

第2-a図・第3-e, f図に長谷・西村 (1979) によって報告された三郡変成岩系プロパーの残存単斜輝石の組成範囲が坪井地域のものとともに示してある。これまでに残存単斜輝石の検討が行なわれている三郡変成岩系プロパーの地域は島根県益田地域・山口県錦町地域・岡山県北房町地域である。第3-e, f図より明らかなように山口県錦町地域・岡山県北房町地域についてはこれらがアルカリ岩系に属すると断定できるかどうかについてはなお検討の余地がある。しかしながら、三郡変成岩系プロパーの玄武岩質岩石の火成岩系列には多様性が存在することは明らかである。三郡帯におけるこのようなマグマ系列の多様性は地向斜火山活動の異なった時相を反映しているのか、それとも同時期火山活動の空間的違いを反映しているのかといった問題は今後に残された興味ある課題であろう。

## 文 献

- AOKI, K. (1964): Clinopyroxenes from alkaline rocks of Japan. *Amer. Mineral.* **49**, 1199-1223.
- BENCE, A.E. and ALBEE, A.L. (1968): Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *J. Geol.* **76**, 382-403.
- COLEMAN, R.G. (1977): *Ophiolites*. Minerals and Rocks v.12, Springer, Berlin.
- EWART, A. (1982): The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In *Andesites* (R. S. Thorpe, ed.), Wiley, New York, pp. 25-95.
- FODOR, R.V., KEIL, K., and BUNCH, T.E. (1975): Contributions to the mineral chemistry of Hawaiian rocks. IV. Pyroxenes in rocks from Haleakala and West Maui volcanoes, Maui, Hawaii. *Contrib. Mineral. Petrol.* **50**, 173-195.
- 長谷 晃・西村祐二郎 (1979): 中国地方の緑色岩類. *地質学雑誌*, **85**, 4 01-412.
- KUSHIRO, I. (1960): Si-Al relation in clinopyroxenes from igneous rocks. *Amer. J. Sci.* **528**, 548-554.
- LEBAS, M. J. (1962): The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. *Amer. J. Sci.* **260**, 267-288.
- 丸山茂徳 (1976): 四国東部秩父帯中の沢谷緑色岩コンプレックスの化学的性質. *地質学雑誌*, **82**, 183-187.
- 光野千春 (1953): 岡山県久米郡坪井鉾床付近の地質及び鉾床一とくに岩石及び鉾床の形態について. *広大地研報*, No. **3**, 43-59.
- 光野千春 (1959): 中国地方東部の三郡変成帯概報. *地質学雑誌*, **65**, 41-65.
- 光野千春 (1960): 中国地方東部の三郡変成帯におけるキースラーガーの型式. *地質学雑誌*. **66**, 212-228.
- MITSUNO, C. (1963): Zur Kenntnis des Oberpaläozoikums in Östlichen Chugoku, Südwest-Japan. *Geol. Rep. Hiroshima Univ. Ser. C*, **12**, 419-443.
- 光野千春 (1981): 中国東部・近畿地方西部の古生層中に分布するキースラーガーと火山層序について. 日本キースラーガーの鉾床学的研究 (兼平慶一郎代表総研報告書).
- 光野千春 (1983): 中国地方東部の古期岩類及び層状鉾床の構造地質学的・鉾床地質学的研究 (科研一般C研究成果報告書).
- NAKAMURA, Y. and KUSHIRO, I. (1970): Compositional relations of coexisting orthopyroxene, pigeonite and augite in a tholeiitic andesite from Hakone volcano. *Contrib. Mineral. Petrol.* **26**, 265-275.
- 西村祐二郎・井上 保・山本博達 (1977): 三郡帯, と

くに層序と変成作用について. 秀敬編三波川帯, 広大出版研究会, pp. 257-282.

西村祐二郎・長谷 晃・沖村雄二・桑田美穂子 (1979): 帝釈台とその周辺の古生代緑色岩類. 地質学雑誌, **85**, 413-426.

PAPIKE, J.J., CAMERON, K.L., and BALDWIN, K. (1974): Amphiboles and pyroxenes: Characterization of other than quadrilateral components and estimates of ferric iron from microprobe data. Geol. Soc. Amer. Abstr. Programs, **6**, 1053-1054.

SCHWEITZER, E.L., PAPIKE, J.J., and BENICE, A.E. (1979): Statistical analysis of clinopyroxenes from deep-sea basalts. Amer. Mineral. **64**, 501-503.

高沢耕一・平野英雄 (1977): Ca-輝石中の  $Al_2O_3$  量と母岩のマグマ系との関係についての考察. 地質学雑誌, **83**, 583-594.

### RELICT IGNEOUS MINERALS OF THE SANGUN METAMORPHIC ROCKS OF THE TSUBOI DISTRICT, OKAYAMA PREFECTURE

LI Qing-Yi, Tsugio SHIBATA, and Chiharu MITSUNO

*Abstract*: The Sangun metamorphic rocks of the Maniwa Group are well developed in the Tsuboi district, Okayama Prefecture. These metamorphic rocks consist mainly of psammitic and pelitic sedimentary rocks and lavas and pyroclastics of basic to acidic compositions that recrystallized during the Sangun low-grade regional metamorphism. The metamorphic rocks in this district underwent to a considerable extent a mineralogical and textural transformation, but still preserve in parts their original, mineralogical and textural features. Unaltered, relict clinopyroxenes and hornblendes are commonly observed in the metamorphic rocks derived from basic lavas and intermediate pyroclastics. Microprobe analyses of these relict minerals suggest that their host rocks were probably derivatives of magma(s) with a non-alkaline affinity.