

# 報 文

551.763 : 553.612(521.85)

## 山口県阿武地域白亜系の層序および地質構造

—阿武地区ろう石鉱床の研究 その1—

神 谷 雅 晴\*

### **Stratigraphy and Geologic Structure of the Cretaceous Volcanics in the Abu District, Yamaguchi Prefecture, Japan —Study of “Roseki” Deposits in the Abu District (part 1)—**

Masaharu KAMITANI

#### Abstract

It is the purpose of the present study to clarify the stratigraphy and the geologic structure in the Abu district, the northeastern part of Yamaguchi Prefecture, where is one of the “Roseki” provinces in Japan. There are many “Roseki” deposits characterized by the association of abundant andalusite. The district is covered mainly with the Fukuga formation of the Abu group, consisting of the volcanic rocks and the clastic sediments of Upper Cretaceous.

The Fukuga formation comprises terrigenous volcanics and clastic sediments, and unconformably overlies the Kanmon and the Shūnan groups, both belonging to the Cretaceous in age. The formation is divided into three members, such as the Kanai andesite, the Kiyodani, and the Mitsugadake rhyolite, in ascending order. The maximum thickness of the formation is estimated at about 1,800 m.

The Kanai andesite member, consisting mainly of augite andesite lava and its tuff, unconformably overlies the Kanmon and the Shūnan groups.

The Kiyodani member is divided into two parts. In the lower part of the member, the rhyolitic tuffs are predominant, and the upper part, on the other hand, is characterized by clastic sediments which are composed of tuffaceous sandstone, shale, and conglomerate.

The Mitsugadake rhyolite member consisting of rhyolite lava, tuffs, and welded tuff, is 800 to 1,100 m thick and the individual cooling unit in the rhyolite welded tuff is 70 to 100 m in thickness.

The Kanmon group, the Shūnan group, and the Fukuga formation are intruded by the biotite granite. Therefore, the contact metamorphism is observed as a halo surrounding the biotite granite stock. The metamorphosed rocks are composed of hornblende-biotite-plagioclase hornfels, actinolite-epidote-biotite-plagioclase hornfels, andalusite-biotite-muscovite-orthoclase hornfels, biotite-muscovite hornfels, and biotite hornfels. The original rocks of the hornblende-biotite-plagioclase hornfels and the actinolite-epidote-biotite-plagioclase hornfels are andesite and its tuffs of the Kanai andesite member, and those of the andalusite-biotite-muscovite-orthoclase hornfels and the biotite-muscovite hornfels are the Shūnan group and the Kiyodani member.

In many places, the Fukuga formation, especially tuffaceous sandstone bed of the Kiyodani member, has been altered strongly by hydrothermal solution. The hydrothermally

\* 中国出張所

altered rocks are divided into three zones, namely, andalusite-pyrophyllite, pyrophyllite-sericite, and sericite zones. From the distribution and the occurrence, it is supposed that the hydrothermal alteration took place after the deposition of the Mitsugadake member.

Judging from the strikes and the dips of the Kiyodani member and the rhyolite welded tuff of the Mitsugadake rhyolite member, it is clear that the Fukuga formation of the Abu group has a semi-basin structure being open to the east.

Two sets of faults, trending northeast and northwest, are found in this district. The northeast trend faults are of high angle, and some of them which seems to have major displacement are associated with a fractured zone above 50 m in width, while, the northwest trend ones have minor displacement being cut by the northeast trend faults.

## 1. 緒 言

山口県の中部から北部, さらに, 島根県の西部にかけて, 中生代白亜紀の火山岩類が広く分布する. 阿武地域は山口県の北部に位置し, 地域の大半は白亜紀の火山岩類によって占められる. この火山岩類中に工業原料鉱物資源として重要な「ろう石」鉱床が多数賦存することはよく知られている. しかも, 阿武地域のろう石の主成分鉱物が紅柱石であることは, 三石や庄原など代表的な鉱床のそれがパイロフィライトあるいはカオリナイトであるのに比べて特異なタイプといえる.

この地域のろう石鉱床に関するこれまでの調査研究は, 後述するように, 資源利用の立場からのものが多く, また, その対象も単一の鉱床とその付近にのみ限定されていた. したがって, この地域全般の鉱床・熱水変質帯の地質的位置, 変質作用の差異とそれをもたらした変質作用の性格などについて, 十分な検討は行なわれなかった.

ろう石鉱床の成因研究には, その鉱床区の広域的な地質層序・構造を正確に把握することがまず必要である. それによって, ろう石鉱床の地質的位置, 熱水変質作用の時期を明確にすることができるとともに, 変質作用の性質, とくに, 熱水溶液および変質帯の原岩の化学組成をより正確に推定することが可能となる.

この研究に使用した地形図は 1 万分の 1 地形図 (2 万 5 千分の 1, 櫃島・越ヶ浜・宇田・長門広瀬の引伸し) と技術部岡重文・桂島茂両技官による木与周辺の地形図 (5 千分の 1) および磯・橋本・桂島各技官による宇久鉱山周辺の地形図 (2 千分の 1) である.

謝辞 阿武地域の野外調査にさいして, 桑野鉱業株松田篤氏, 共立鉱業株安藤俊雄, 同雅章両氏ならびに各鉱業所の職員の方々から, 多くの援助と便宜をはかっていただいた.

室内研究において, 地質調査所中国出張所植田芳郎・

東元定雄の両技官から, また, 鉱床部石原舜三技官からも有益な討論と助言を得た. さらに, 山口大学村上允英教授から, 白亜紀火成活動に関して示唆に富んだ助言をいただいた.

化学分析は技術部川野昌樹技官により, また, 多くの岩石薄片は中国出張所藤本アヤ子技官によって作成された.

この機会に, 以上の方々に深く感謝する.

## これまでの研究

阿武地域に関する全般的な地質図および地質の記載として 7 万 5 千分の 1, 須佐図幅 (村山, 1930) および津和野図幅 (宮本, 1952) がある. その中で, 新白亜紀の酸性火山岩類は石英斑岩あるいは流紋岩として一括された. 広島・山口・九州の各大学の研究者による山口県地質図 (20 万分の 1), 同説明書 (1954) ではそれまでの知識の集約をおこない, 白亜系を関門層群, 八幡層, 流紋岩類などに区分した. これとほぼ同時期頃から, 村上 (1953, 57, 60, 67 など) によって, 中国西部の白亜紀および第三紀火成活動の研究が進められた. 村上はこれまで一括されていた新白亜紀~古第三紀の火山岩類を周南・阿武・田万川の各層群に区分するとともに, 阿武層群をさらに篠目・舞谷・江舟および福賀の各層群に細分した. その後, 山口大学が中心となってまとめた 5 万分の 1 山口県地質図 (1968) のうち, とくに, 須佐・徳佐中・萩・長門峡・仙崎などの図幅は, 主として村上による研究成果の総まとめである.

1960 年以降は, 全国的な規模で中生代末火成活動に関する多くの研究が進歩した. 西南日本内帯後期中生代火成活動研究グループ (1967) による後期中生代火山岩層の層序と対比, それらの噴出機構, 構造発達史などの総括が行なわれた.

一方, この地域のろう石鉱床の調査研究は 1950 年以降に行なわれた. 原口・尾崎 (1951) は宇久鉱床の産状と

鉱量について調査し、時津・上野 (1958) は山口県下ろう石鉱床調査の一環として、この地域の鉱床の分布、産状、鉱物組成などを概括した。また、田阪・神谷 (1963, 64) による鉱床・変質帯の産状、鉱石の品質に関する記載がある。光田 (1958) は宇久鉱床の粘土質脈中から長周期粘土鉱物をみいだしている。

木野崎 (1963) は中国地方のろう石鉱床の成因に関する研究と総括を行ない、主要な鉱床は火山岩層のほぼ同一層準に胚胎されることを明らかにした。その中で、阿武地域の鉱床中の紅柱石・石英を主成分とするろう石は、花崗岩貫入による熱変成作用の疑いがあることを指摘した。岩生 (1969) は宇久ろう石鉱床の熱水変質作用が凝灰岩層の背斜軸に沿って行なわれたと考え、背斜軸を中心とした、鉱物組み合わせによる累帯配列を明らかにした。

## 2. 地質および層序の概要

この地域の地質は主として中生代白亜紀の関門層群・周南層群および阿武層群とこれらを貫く花崗岩によって構成される。

関門層群は松本 (1951) により命名され、下部は非海成堆積物を主とする脇野亜層群、上部は安山岩の活動によって特徴づけられる下関亜層群に区分された。下関亜層群の標式地である下関付近の層序と構造は植田 (1957) により、西中国・北九州の関門層群については長谷 (1958, 60) により詳細な研究がなされた。

阿武地域の関門層群は黒色頁岩層、変質安山岩層および礫岩層を主とする地層からなり、新白亜紀の周南層群および阿武層群の基盤を構成する。黒色頁岩層は脇野亜層群に、後二者はそれぞれ下関亜層群北彦島層および筋ヶ浜層に対比される。

周南層群および阿武層群は村上 (1967) により命名された。周南層群は八幡層 (MATSUMOTO, 1954) に対比される。この地域では、関門層群を不整合に覆う流紋岩類が、地域の西部および北部に小分布をなしており、阿武層群に被覆される。

阿武層群は村上 (1965) により、さらに福賀・篠目・舞谷・江舟の各累層に分けられた。阿武層群は西南日本内帯後期中生代火成活動研究グループ (1967) によって、中国地方中部の高田流紋岩類 (吉田, 1961)、近畿西部の相生層群 (岸田・弘原海, 1967)、中部地方の濃飛流紋岩類 (河田ほか, 1961; 山田ほか, 1971) とほぼ同時期の火成活動とされ、新白亜紀ギリヤーク世に対比された。なお、この地域東部の笹尾付近の凝灰質砂岩頁岩の互層から産出した植物化石は *Otozomites* cfr. *bechei* BRONG

と同定されている (高橋, 1958)。

この地域の大半を占める阿武層群福賀累層は関門層群を不整合に覆っており、厚さは1,800m以上に達している。福賀累層は下位から上位にむかって、金井安山岩層・木与谷層・三ヶ岳流紋岩層とほぼ整合的に累重する。金井安山岩層は輝石安山岩を主とする。木与谷層は、流紋岩質凝灰岩を主とする下部と陸水堆積物を主とした上部からなる。三ヶ岳流紋岩層では流紋岩溶岩の噴出にはじまり、流紋岩凝灰岩、さらに厚い流紋岩溶結凝灰岩の堆積が行なわれた。

以上の各層を貫く火成岩類として、黒雲母花崗岩が地域の北側の海岸線に沿って露出するほか、石英斑岩、玢岩などの小規模な岩脈群がある。黒雲母花崗岩は主に福賀累層に対して、著しい接触変成作用を与えている。

玄武岩は第四紀洪積世の活動 (1954, 山口県) と考えられ、この地域の周辺部に、小規模な台地状をなして分布する。

## 3. 地質各説

### 3.1 関門層群

関門層群は山口県西部から北九州にかけて分布しており、その層序および構造は HASE (1960) により明らかにされている。阿武地域に分布する関門層群についての詳しい調査研究はなされていない。

この地域の関門層群は脇野亜層群に対比される頁岩層、下関亜層群に対比される変質安山岩層および礫岩層からなる。これらは、主にこの地域の西縁に分布する。

#### 3.1.1 脇野亜層群

脇野亜層群はこの地域の南西端に小分布する。黒色頁岩を主とし、砂岩および細礫岩の薄層を挟有するほか、ときに、赤色頁岩を伴っている。本層の厚さは約250mと推定される。本層は周南層群により不整合に覆われ、下関亜層群とはNE-SW系の断層で接している。本層は岩相から関門層群脇野亜層群上部若宮層に対比される。

#### 3.1.2 下関亜層群

下関亜層群は北彦島層と筋ヶ浜層とからなり、地域の西縁に分布する。北彦島層に対比される変質安山岩は安山岩質凝灰岩を主とする。

本岩は青緑あるいはやや赤紫色を帯びた暗青色を呈し、塊状、無層理である。鏡下では、全般的に著しい変質作用を受けており、多量の緑泥石・緑簾石・炭酸塩鉱物などを生じている。斑晶状の中性長石や普通角閃石はほぼ完全に分解している。

北彦島層中には、とくに奈古北方付近では、全般に多量の黄鉄鉱が鉱染する。なかでも、東光寺北、高田北東

周辺では、黄鉄鉱とともに、黄銅鉱・閃亜鉛鉱などの硫化鉱物が、著しく緑泥石化を受けた安山岩質凝灰岩中の割れ目に沿って小脈状ないしは網状に濃集している。昭和初期および昭和20年頃に、これらの鉱物を目的とした探査および坑内採掘が行なわれた。

筋ヶ浜層は北彦島層を整合的に覆い、周南層群および阿武層群福賀累層に不整合に被覆される。本層は円磨度のやや良好な円礫ないし亜円礫からなる礫岩層を主とし、砂岩、頁岩および赤色頁岩層を伴う。時には、それらと互層する。礫は中礫ないし細礫が多く、礫種は古生層源のチャート・粘板岩・砂岩のほか、下関亜層群に由来するとみられる変質安山岩・玢岩・赤色頁岩など多種である。

本層は奈古南方で最も厚く、層厚約300mと推定される。

### 3.2 周南層群

流紋岩質結晶凝灰岩を主とし火山礫凝灰岩および同質溶岩からなり、当地域南部に広く分布するほか地域北部に小分布する。この流紋岩類は下関亜層群筋ヶ浜層の変質安山岩および脇野亜層群の頁岩層を不整合に覆い、阿武層群福賀累層に被覆されるところから、田床山火山岩類(村上, 1965, 69)に対比される。

流紋岩質凝灰岩類の外観は淡灰ないし淡黄緑色で、塊状、無層理である。同質溶岩は流理構造が著しい。

鏡下では流紋岩質結晶凝灰岩は、径1~2mmの破片状の石英・カリ長石および斜長石の結晶を主とするが、石英以外は一般にセリサイト化を受けている。マトリックスもほぼ同様で、ごく微細なセリサイトおよび石英とからなっている。

### 3.3 阿武層群

阿武層群は福賀・篠目・舞谷・江舟の各累層に分けられた。そのなかで福賀累層は阿武から須佐付近にかけて広く分布しており、その層厚は2,000~3,000mと推定された(村上, 1969)。

筆者はこの地域における阿武層群福賀累層の層序を明らかにした(第1表)。すなわち、福賀累層は下位から上位にむかい、金井安山岩層・木与谷層・三ヶ岳流紋岩層が整合的に累重する。本累層の層厚は最大約1,800mと推定される。しかし、三ヶ岳流紋岩層上部の溶結凝灰岩の上限は、この地域内では確認できない。村上(1969)によれば、三ヶ岳流紋岩層に相当する田平流紋岩および三原流紋岩は最大層厚約1,000mで、さらに流紋岩溶岩を主とした大井流紋岩(厚さ約350m)に覆われる。したがって、福賀累層の厚さは大井流紋岩を含めると約2,150mとなる。

#### 3.3.1 金井安山岩層

金井安山岩層(村上, 1969)は阿武層群福賀累層の最下部を構成する。

本層は輝石安山岩と同質凝灰岩類を主とし、輝石・角閃石安山岩を伴う。また、本層の上部には石英安山岩質凝灰岩が挟有される。本層は阿武地域の外縁部に沿い、ほぼ連続して分布する。木与からつづらにかけて分布する本層は安山岩質凝灰岩を主とするが、黒雲母花崗岩の貫入により著しい接触変成作用を受けている。一方、地域西部の遠岳付近から南東方に連続する本層は、輝石安山岩質溶岩・集塊岩・角礫凝灰岩からなり、上部には輝石・角閃石安山岩および同質凝灰岩を伴う。一般的にプロピライト化を受けている。国木山付近での本層の厚さは約300mに達する。

本岩の外観は暗青ないし青緑色を呈し、一般に塊状であるが、細粒な凝灰質岩ではときに葉理が認められる。

鏡下では、単斜輝石および普通角閃石はことごとく変質して、緑泥石・緑簾石などを生じている。中性長石も緑簾石・セリサイトに変質する。ごくまれに、斑晶状の石英が認められる。石基は、一般にpilotaxiticであるが、ときにhyaloophitic textureを示すことがある。石基の変質も斑晶鉱物と同様で、緑泥石・緑簾石・セリサイト・石英・不透明鉱物などを生じている。

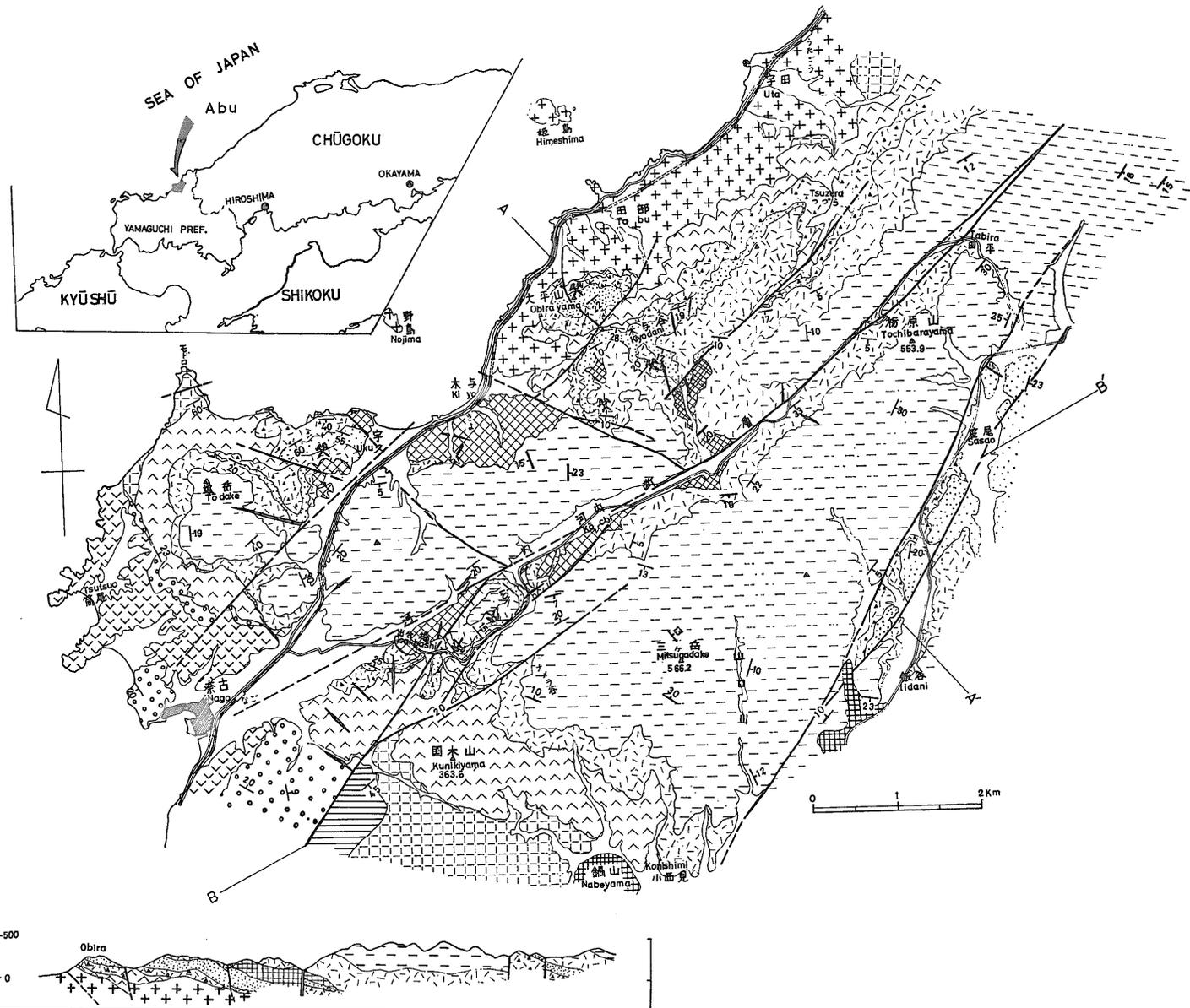
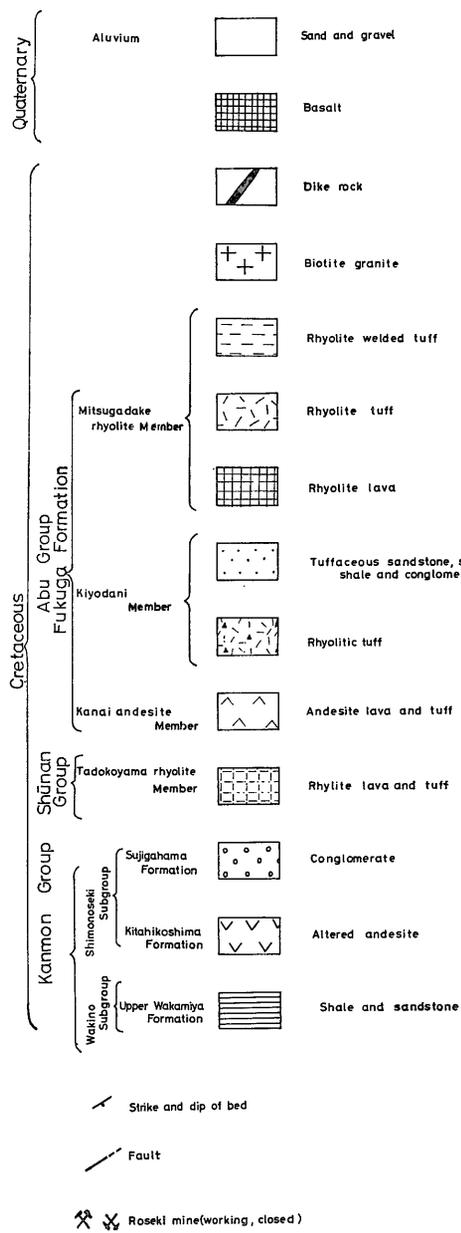
#### 3.3.2 木与谷層

模式地は阿武町木与の木与谷および宇久鉱山周辺である。木与谷層の下部では流紋岩質凝灰岩が優勢であるのに対し、上部に近づくにつれて陸水堆積物が多くなる。

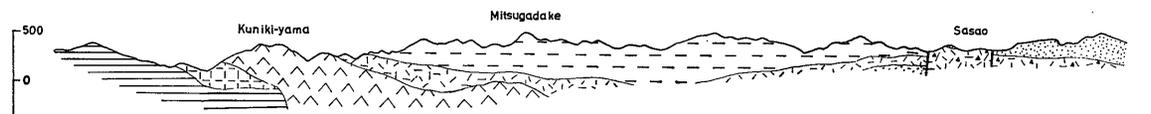
第2図は宇久鉱山露天採掘切羽周辺における木与谷層(上部)の模式柱状図である。凝灰質砂岩を主とし、凝灰質シルト岩・同頁岩および同細礫岩の互層からなるが、しばしば、流紋岩質凝灰岩を挟有する。流紋岩質凝灰岩は下部に近づくにつれて多くなる。一般的に著しい熱水変質作用を受けている。また、黒雲母花崗岩に近接した部分では接触変成岩となる。第3図は共立奈古鉱山から木与谷に至る道路切削にみられる木与谷層である。ここでは凝灰質砂岩および同頁岩を主とし流紋岩質凝灰岩を伴う。本層は宇久鉱山付近と同様に、一般的に熱水変質作用が著しいが、その弱い部分では級化層理およびクロスラミナを認める。

木与谷層は最大400mの厚さを有する。本層は、木与谷・宇久・笹尾付近で厚く、地域の西部および南部では非常に薄くなるか、あるいは欠除する。

以上述べたことから、木与谷層の下部では流紋岩質の火山活動が著しかったが、その上部になると次第に弱まり、ほとんど休止状態となったと考えられる。したがっ



A — A'



B — B'

第1図 阿武地域の地質および断面図  
Geological map and profile of the Abu district.

第1表 阿武地域白亜紀層の対比表

Correlation of the Cretaceous formation in Abu district.

		萩市附近(長谷,1960) Hagi-city and its vicinity (Hase, 1960)		阿武地域(神谷,1973) Abu district (Kamitani, 1973)		阿武須佐地域(村上,1969) Abu-Susa district (Murakami, 1969)		
新 白 亜 紀	Upper Cretaceous	深成岩類 Plutonic rocks		黒雲母花崗岩 Biotite granite		花崗岩類 Granites		
		阿武 群 層	福賀 層 群	花崗岩類 Granites	三ヶ岳 流紋岩層 Mitsugadake rhyolite M. 1100m	流紋岩溶結凝灰岩 Rhyolite welded tuff	大井流紋岩 Ōi rhyolite	
						流紋岩凝灰岩 Rhyolite tuff		田平流紋岩及び三原流紋岩 Tabira and Mihara rhyolite
						流紋岩溶岩 Rhyolite lava		木床山流紋岩 Kidokoyama rhyolite
						凝灰質砂岩頁岩 Tuffaceous sandstone and shale		白須山流紋岩 Shirasuyama rhyolite
						凝灰岩 Rhyolite tuff		凝灰質砂岩頁岩層 Tuffaceous sandstone and shale
		周南層群 Shunan group	八幡層 Yahata F.	金井安山岩層 300m Kanai andesite M.	飯ノ浦流紋岩 Inoura rhyolite			
				田床山流紋岩層 Tadokoyama rhyolite M.	金井安山岩 Kanai andesite			
		古 白 亜 紀	Lower Cretaceous	関門 群 層	下関 層 群 Shimonoseki subgroup	筋ヶ浜層 Sujigahama F.	塩浜層 Shiohama F.	
						北彦島層 Kitahikoshima F.		筋ヶ浜層 Sujigahama F.
塩浜層 Shiohama F.	北彦島層 Kitahikoshima F.							
上部若宮層 Upper Wakamiya F.	上部若宮層 Upper Wakamiya F.							

て、福賀層金井安山岩層から木与谷層下部は安山岩～流紋岩のほぼ一連の火山活動によるものであり、三ヶ岳流紋岩層の大規模な噴出活動までの間に若干の静穏期があり、陸水堆積物(木与谷層上部)が堆積した。

鏡下では、流紋岩質凝灰岩は鋭角をもつ破片状のカリ長石・斜長石および石英と少量の黒雲母、まれに角閃石を斑晶とする。やや扁平化した軽石片は、ほとんどの場合細粒のセリサイトの集合体に変質する。ほかに、類質岩片および安山岩・頁岩などの異質岩片がしばしば認められる。

凝灰質砂岩は淘汰不良の石英が最も多く、カリ長石・斜長石などは比較的僅少である(Pl. 4-1)。扁平化した軽石片やマトリックスはセリサイトなどの粘土鉱物を生じる。凝灰質シルト岩や同質頁岩(Pl. 4-2)の中にも小さ

な軽石片が多い。

凝灰質礫岩は宇久鉦山露天切羽上段ベンチ、および西方の道路切割、共立奈古鉦山1号露天下部、日ノ丸奈古鉦山ガガラ谷鉦床下方などにおいて認められる。いずれも、厚さ数10 cm程度の薄層で、連続性に乏しい。礫は径2 cm以下の流紋岩質の細礫を主とするが、ときに、安山岩・頁岩などの礫を含んでいる。

凝灰質砂岩およびシルト岩の化学組成は第2表(3)(4)(5)に示される。SiO<sub>2</sub>に富み、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgOなどに乏しく、同表(1)(2)の流紋岩類に類似する。

### 3.3.3 三ヶ岳流紋岩層

本層は下部の流紋岩溶岩、中部の流紋岩凝灰岩、上部の流紋岩溶結凝灰岩によって構成される。層厚は最大1,100 mとみられるが、流紋岩溶結凝灰岩の上限が不明

のため、なお厚くなる可能性がある。

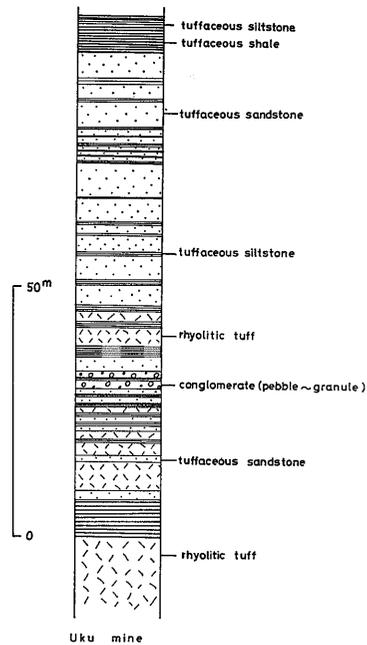
三ヶ岳流紋岩層はこの地域の半分以上を占めて分布し、なかでも溶結凝灰岩は本層を特徴づけるとともに鍵層としても有効である。

流紋岩溶岩

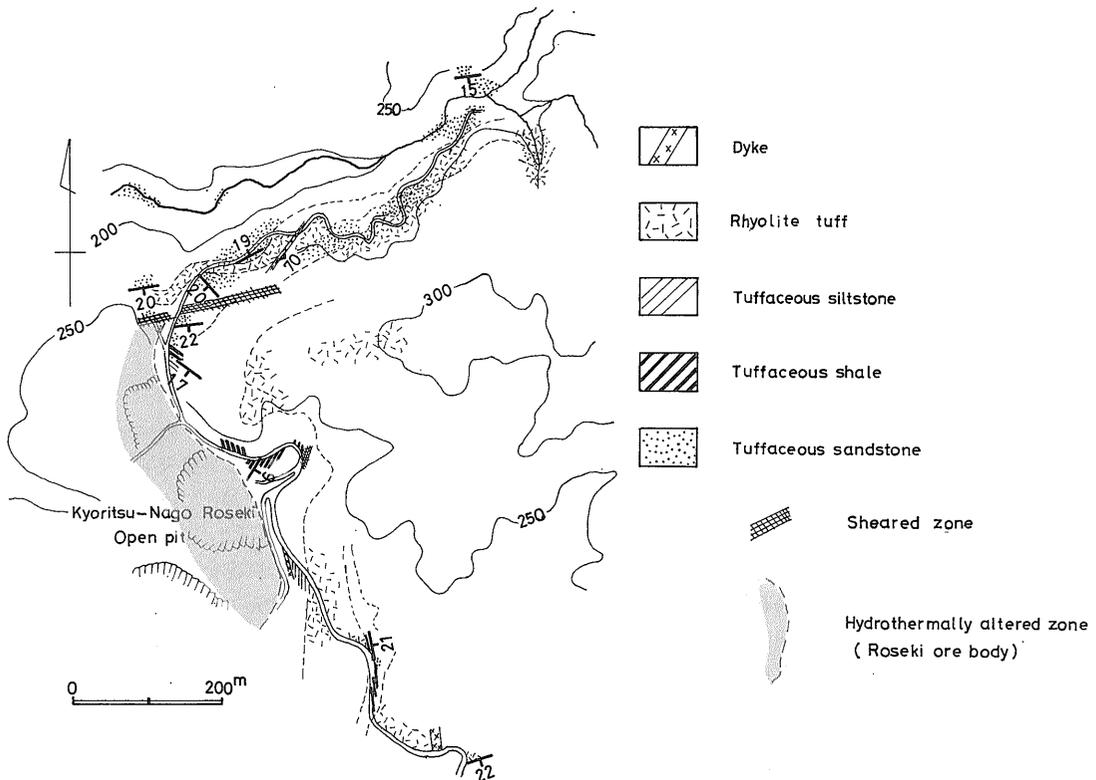
模式地は木与西方の国道 191 号線と山陰本線が交叉する海岸付近である。本岩の分布は木与西方付近を主とし、周辺部では急激に尖滅する。岩体中心部での厚さは約 300m と推定される。

本岩の外観は淡灰ないし淡青灰色で、一般に顕著な流理構造がみられる (Pl. 3-1)。石英の斑晶は少なく、また小さい (径 1~2 mm)。斜長石は淡い肉紅色を呈する。カリ長石および黒雲母は少量である。

鏡下では、自形の斜長石と融蝕の著しい石英および黒雲母の斑晶が主で、ごく少量のカリ長石、まれには角閃石を認める。石基はきわめて細粒、珪長質 (石英とカリ



第 2 図 木与谷層上部の模式柱状図 →  
Idealized columnar section of upper part of the Kiyodani member.



第 3 図 共立奈古鉱山東部付近のルートマップ  
Route map of the eastern part of the Kyoritsu-Nago Roseki mine.

長石)である(Pl. 5-1)。一般に球顆がみられる。変質鉱物として、少量のセリサイト・緑泥石・緑簾石・不透明鉱物が散点する。本岩はこの地域の金井安山岩層・木与谷層の岩石に比べ概して新鮮である。

本岩の化学組成は第2表(1)に示される。溶結凝灰岩の本質レンズ(2)に比べ、 $Al_2O_3$ が多く、 $SiO_2$ は少ない。濃飛流紋岩(山田ほか, 1971)に比較してCaOとMgOの極端な減少、 $K_2O$ の増加は本岩の弱いセリサイト化によるのかもしれない。

#### 流紋岩凝灰岩

模式地は河内部落から南または南東へ向かう谷である。本岩は木与谷層および流紋岩溶岩を整合的に覆うが、地域の南では金井安山岩層を直接被覆する。火山礫凝灰岩および結晶凝灰岩を主とするが、局部的に凝灰質泥岩や同質砂岩などの薄層を挟有する。厚さは、最大約200 mである。

外観は淡灰ないし淡青灰色を呈し、塊状で一般に無層理である。本岩中には、流紋岩溶岩と同様に、淡い肉紅色の斜長石の斑晶が特徴的である。石英および有色鉱物は比較的少量である。

鏡下では、角張った破片状の斜長石・石英・カリ長石とごく少量の黒雲母からなる。軽石片および外来の岩片もやや多い。軽石はレンズ状に扁平化している。しばしば変質してセリサイトの集合体を生じている。

#### 流紋岩溶結凝灰岩

模式地は阿武町と福栄村との境界付近である。なかでも、ナメラ谷および山口川に沿う林道切羽に好露出がみられる。本岩はこの地域の福賀累層の最上位を占め、しかも最も広く分布する。厚さは三ヶ岳(標高566.2 m)の東側付近で最も厚く、約600 mと推定される。しかし、上限が不明であるので、さらに厚くなると思われる。

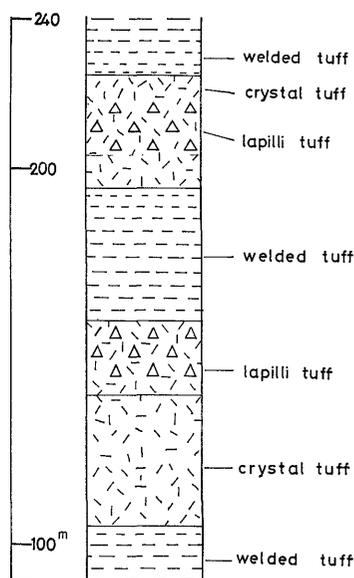
本岩は一般に強く溶結し、扁平な本質レンズ(小野, 1965)が多量に含まれる。扁平となった本質レンズは平行に配列する。それによって、葉理面が非常に明瞭となる。したがって、流紋岩溶結凝灰岩の構造を知ることができる。

本岩の層厚が600 m以上であることは前述した。この厚さは、単一の火砕流による堆積ではなく、少なくとも5~6回の噴出・堆積の結果であろうと推測される。第4図は出合橋から三ヶ岳北方の熊野山林道とそれから南向きのナメラ谷における、ほぼ連続した露頭からの模式柱状図である。この露頭のみからでも、3枚のcooling unitが確認される。各cooling unitの中心は強く溶結しているのに対し、それらの境界付近はほとんど非溶結の

火山礫凝灰岩や結晶凝灰岩に移化する。他の地点では、しばしば凝灰質泥岩・同砂岩あるいは火山礫岩からなる薄層が挟有される。一つのcooling unitの厚さは、おおむね70~80 m程度である。しかし、本岩層の上部へ近づくにつれて、1 cooling unitの厚さは増し、100 mに達することもある。

本岩の外観は灰~暗灰~黝黒色を呈し、きわめて緻密である。一般に、扁平な本質レンズの断続的な平行配列によるEutaxitic textureがみられ、葉理が明瞭である。黝黒色・黒曜石様の外観を示すものでは、たとえ、多量の本質レンズが含まれていたとしても、基地の部分との区別が困難である。本質レンズは、通常、暗灰~黝黒色で、その大きさは全く不定である。すなわち、肉眼で辛うじて識別できるものから、長径10数cm、厚さ4~5 cmに至る大型のものまでである。

鏡下では、本岩は一般に強く溶結する(Pl. 5-2, 6-1)。斑晶の斜長石・カリ長石・石英はいずれも角張った破片状を示し、少量伴われる黒雲母はしばしば屈曲形を呈する。異質岩片は下部に多く、上部では減少する。基地は完全に脱ガラス化して珪長質(主にカリ長石と石英の集合体)となる。本質レンズ中には、ほぼ自形の斜長石(1~2 mm)および融蝕された石英の斑晶がみられ、石基はごく細粒の珪長質(石英とカリ長石)で(Pl. 6-2)、



第4図 流紋岩溶結凝灰岩(三ヶ岳流紋岩層)

下部の模式柱状図

Columnar section of lower part of rhyolite welded tuff, Mitsugadake rhyolite member.

微細なセリサイトを生じている。球顆もしばしば認められる。

本岩の化学組成は第2表(2)に示される。分析試料は黝黒色で緻密な大型の本質レンズである。流紋岩溶岩(第2表(1))に比べ、SiO<sub>2</sub>に富み、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>Oなどが減少している。

### 3.4 貫入岩類

関門層群、阿武層群などを貫く火成岩類としては黒雲母花崗岩および石英斑岩・玢岩などの岩脈がある。

#### 3.4.1 黒雲母花崗岩

本岩は、阿武地域北部の海岸線に沿って露出し、さらに、地域北東方の惣郷付近まで連続する。野島および姫島が花崗岩で、宇田島が玄武岩からなることから、本岩は長径約10 km、短径約4 kmの楕円形をなす岩株状岩体と考えられる。

本岩は、岩体の中心部により近いところでは、完晶質、中粒で、ときにやや不均質となる。また、岩体の周辺部では細粒優白質岩・斑状花崗岩・アプライト質岩に漸移し、いわゆる周縁相を形成する。周縁相の部分では一般に黒雲母・斜長石が減少し、白雲母・カリ長石が増加する(第3表)。

岩体の西にあたる宇久北方の海岸からモドロ岬にかけて、多量の捕獲岩(径1~3 m)が認められる。捕獲岩は細粒石英閃緑岩質である。

ペグマタイトは本岩体の周縁部に普遍的に認められる。一般に小規模であり、最大のものでも長径が5~6 m程度である。ペグマタイトは石英・カリ長石・白雲母の巨晶からなる。ときに、葉片状の輝水鉛鉱が晶出する。輝水鉛鉱は熱水性石英脈中にも伴われることがある。宇久北方海岸では、そのような輝水鉛鉱を目的とした探鉱坑道が3カ所に設けられている。

鏡下では、自形ないし半自形の斜長石(34~40%)、半自形ないし他形の石英(30~36%)、ほとんど他形のカリ長石(23~29%)、および黒雲母を主成分鉱物とする。一般に色指数は低く4~10である(第3表)。副成分鉱物としてはジルコン・燐灰石・不透明鉱物(主として磁鉄鉱)などである。

斜長石は灰曹長石で、アルバイト双晶をなし、比較的粗粒な結晶では累帯構造がみられる。ほとんどの場合、ごく少量のセリサイト、カオリナイトなどの細粒の粘土鉱物を生じる。石英は他鉱物の粒間をうめる。結晶の中心付近には液体包有物が多い。また、カリ長石中に液滴状の小粒をなした、グラフィック組織がみられる。カリ長石は一般に斜長石に比べ新鮮である。微パーサイト構造がしばしばみられる。岩体の周縁相の部分からの薄片

第2表 福賀累層の火山岩および碎屑岩の化学組成  
Chemical composition of the volcanic and the clastic rocks from the Fukuga formation.

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	72.72	77.94	74.64	75.42	79.34
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.06	0.18	0.19	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.08	12.18	13.28	13.62	11.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00	0.60	0.80	1.36	0.52
FeO	0.22	0.18	0.72	0.29	0.36
MnO	—	—	—	—	—
MgO	0.07	0.04	0.27	0.21	0.28
CaO	0.46	0.15	0.97	0.13	0.15
Na <sub>2</sub> O	3.78	2.74	3.50	3.59	3.32
K <sub>2</sub> O	5.46	4.85	3.54	3.66	2.68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O+	0.82	0.67	1.54	0.92	1.10
H <sub>2</sub> O-	0.30	0.42	0.20	0.48	0.24
Total	99.99	99.83	99.64	99.87	99.68
il	0.15	0.11			
ap	—	—			
mg	0.48	0.43			
hm	0.67	0.30			
or	32.27	28.66			
ab	31.99	23.19			
an	2.29	0.74			
c	2.11	2.15			
wo	—	—			
en	0.17	0.10			
fs	—	—			
qz	28.74	43.06			
Total	98.87	98.74			

1; rhyolite lava  
2; rhyolite welded tuff  
3; tuffaceous sandstone  
4; ditto  
5; tuffaceous siltstone

では、白雲母はカリ長石と密接に伴う。多くの場合、白雲母はカリ長石のへき開に沿って成長している(Pl. 7-1)。黒雲母はZ≡Y=暗褐色を示す。自形ないし半自形の黒雲母中にはジルコン・燐灰石などが包有される。

第3表、第5・6図はモード組成の測定結果である。試料数7のうち、4コは岩体の中心に近いもので、残り3コは周縁相を示す部分からのものである。周縁相では斜長石が中心部に比べ、10%の減少、カリ長石の9%の増加、色指数の低下がみられる。第5図はモード組成をプロットしたQ-Pl-Kf図である。

本岩体は周南層群および阿武層群福賀累層中に貫入して、それらに著しい接触変成作用を及ぼしている。その貫入接触面は宇久北方海岸からモドロ岬にかけてよく観察される。一般に、接触面の走向はほぼE-W、傾斜15~

20° Sである。そのほかの地点においても、同様の傾向を有する。

中国地方の花崗岩類を小島(1964)は因美花崗岩体、広島花崗岩体および中央深成岩群に区分し、そのうち、広島花崗岩体はペグマタイト、アプライト、塩基性包有物などに富むことを指摘している。また、石原(1966, 71, 73)は Mo-W 鉱床区と花崗岩岩石区に関して、花崗岩中の  $Fe^3/Fe^2$ , Na/K 比は Mo 鉱床区の花崗岩が W 鉱床区のそれより高く、揮発性成分の量も多量で、岩体周辺の接触熱水変質もより著しく、 $RH_2O$  が高かった可能性があると考えた。一方、阿武地域周辺部の花崗岩類の絶対年代測定の結果(河野・植田, 1966)は、いわゆる広島花崗岩類の頻度分布(野沢, 1970)に一致している。

以上述べたように、地理的分布、岩相、絶対年代測定の結果などから、本岩体は、いわゆる広島花崗岩に属するものと考えられる。しかし、本岩体の分化傾向、変質ハロ(後述)、さらにこの地域の層序および地質構造などから、その貫入、固結の場所はかなり浅所であったと推定される。また、貫入の時期は、阿武層群福賀累層の堆積後、おそらく、あまり時間的な間隙はなかったものと思われる。

### 3.4.2 岩脈類

黒雲母花崗岩の貫入にひきつづき、関門層群、阿武層群などを貫いて、石英斑岩および玢岩からなる岩脈群がある。岩脈の貫入方向には NE-SW 性・NW-SE 性および N-S 性がある。

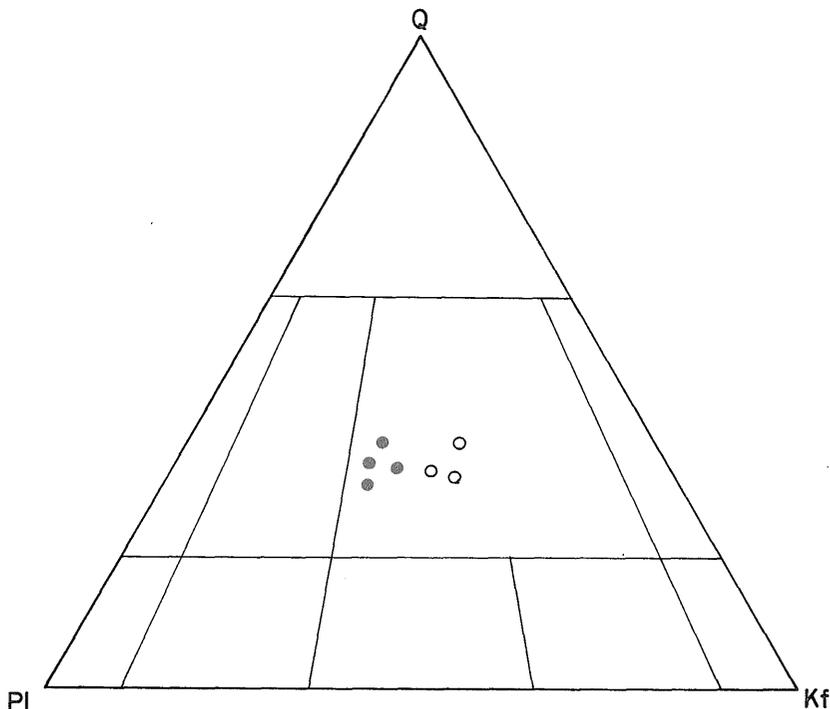
石英斑岩は、きわめて粗粒の石英およびカリ長石の斑晶と細粒珪長質の石基からなる。岩脈の規模は幅10m、延長約300mを最大とし、一般に、小規模である。玢岩は石英斑岩より小規模であり、変質を強く受けている。

### 3.5 接触変成岩

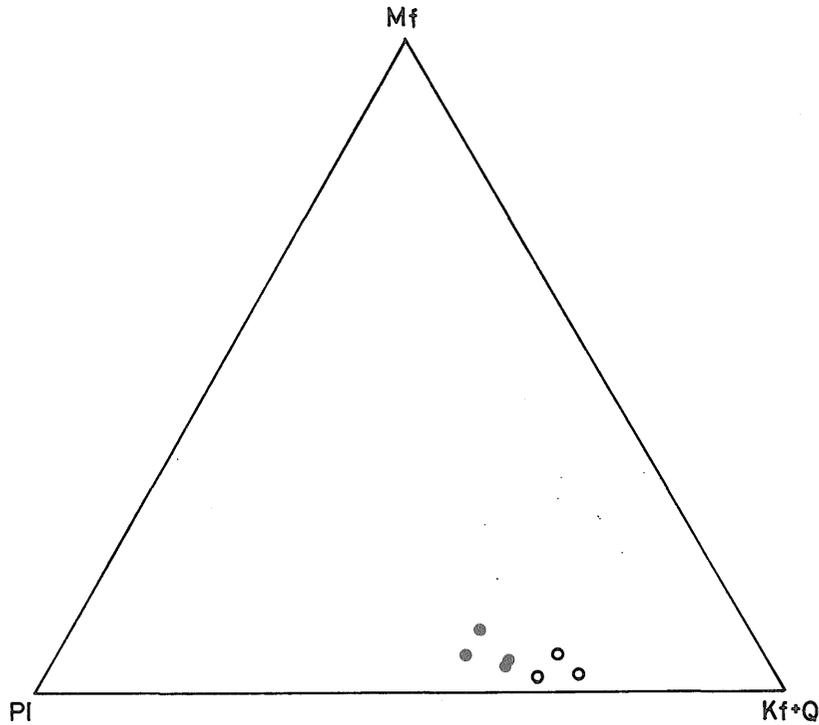
黒雲母花崗岩の貫入によって、白亜紀火山岩類、とくに、周南層群および阿武層群福賀累層は強い接触変成作用を受けている。

この地域にみられる接触変成相は、都城(1965)による角閃岩相および角閃岩相紅柱石亜相をはじめとする。輝石ホルンフェルス相はみられない。

福賀累層金井安山岩層は黒雲母花崗岩との接触部付近で、角閃石—黒雲母—斜長石ホルンフェルス(Pl. 8-1)に、それより少し離れて角閃石—緑簾石—黒雲母—斜長石ホルンフェルスに、さらに離れてアクチノ閃石—緑簾石—黒雲母—斜長石ホルンフェルスへと移化する。これ



第5図 黒雲母花崗岩の斜長石—カリウム長石—石英容量比  
 Modal composition of plagioclase, potash feldspar and quartz in the biotite granite.  
 Open circle: marginal phase, Solid circle: main phase



第6図 黒雲母花崗岩の斜長石—カリウム長石+石英—苦鉄鉱物容量比

Modal composition of plagioclase, potash feldspar plus quartz and mafic minerals in the biotite granite.

Symbols: same as Fig. 5

第3表 阿武地域の黒雲母花崗岩の鉱物容量比

Modal composition of the biotite granite in the Abu district.

	Sample No.	Pl	Kf	Qz	Bt	Mus	Others	Color index
Main phase	72617	34.8	28.8	32.2	3.2		0.6	3.8
	72818	39.4	25.4	29.4	5.6		0.2	5.8
	72818-B	35.7	23.4	31.0	9.5		0.4	9.9
	72814	33.9	25.1	36.1	4.3		0.5	4.8
Marginal phase	50804-A	31.2	33.9	32.1	1.7	1.1	tr	1.7
	50804-C	25.5	35.0	36.4	1.4	1.4	0.2	1.6
	50907	27.0	36.5	30.5	6.0		tr	6.0

らの変成相は花崗岩体から、おおよそ150m以内に認められる。

一方、木与谷層の下部および周南層群は花崗岩との接触部付近で紅柱石—黒雲母—白雲母(正長石)ホルンフェルスに、そして黒雲母—白雲母ホルンフェルス(Pl. 7-2)へ移化する。この変成帯の範囲は花崗岩から150~200m以内と推定される。

普通角閃石は斑状変晶あるいは短柱状をなす、最大

0.5 × 0.6 mm の結晶である。Z=青緑色、Y=黄緑、X=淡黄緑色を呈する。斑状変晶中には斜長石・黒雲母が包有される。

アクチノ閃石は長柱状ないし針状結晶で、しばしば集合体をなしている。多色性は一般に弱く、Z=黄緑、X= Y=淡黄緑色を呈する。

緑簾石はピスタサイトで、斜長石の relict 中に、磁鉄鉱・普通角閃石などと共存することが多い。

黒雲母は概して微細 (0.01 ~ 0.03 mm) な結晶で、しばしば集合体をなす。Z ≡ Y = 淡褐色またはやや緑色を帯びた褐色を呈する。一般に磁鉄鉱を伴うとともに燐灰石などを包有する。

斜長石は曹長石ないし中性長石で、径 0.05 × 0.02 mm 程度の微細な結晶が多い。正長石も一般にごく細粒で、石英とともにモザイク組織をなす。

紅柱石は斑状変晶あるいは粒状ないし小斑点状を示す。斑状変晶は径 1 ~ 2 mm に成長しており、一般に石英・正長石などの細かい粒状結晶を包有する。紅柱石は多くの場合、そのへき開に沿ってカオリナイトおよび白雲母により交代される。いわゆる空晶石はみいだされない。

### 3.6 熱水変質岩

熱水変質岩は阿武層群福賀累層を構成する岩石が熱水による変質作用を受けたもので、一般に多くの粘土鉱物を生じている。

熱水変質岩を構成する鉱物は紅柱石・パイロフィライト・カオリナイト・ダイアスポア・コランダム・白雲母・セリサイト・黄鉄鉱・赤鉄鉱などを主とするが、ほかに、局部的あるいはごく微量随伴される鉱物としてはトバズ・デュモルチエライト・燐灰石・ルチルなどがある。

熱水変質帯は主要な鉱物組合せから、次のように区分することができる。また、その分布は第7図に示される。

紅柱石—パイロフィライト帯は黒雲母花崗岩体に近接した木与谷層中に限られて賦存し、いわゆるろう石鉱床として稼行される。パイロフィライト—セリサイト帯は木与谷層および金井安山岩層のごく一部に、層状あるいは脈状に生成されている。セリサイト帯は三ヶ岳流紋岩層中の溶岩を除く全ての地層中に生成される。セリサイト帯は紅柱石—パイロフィライト帯およびパイロフィライト—セリサイト帯の周辺に、それらと漸移関係をもって形成される。また、独立したセリサイト帯は断層あるいは破砕帯に沿って形成されることが多い。

以上のように、熱水変質作用は福賀累層のほとんど全般に及んでいる。最も著しい変質作用が木与谷層中の陸水堆積層に限定されていることは、成因上注目すべきである。変質作用の時期は三ヶ岳流紋岩層の溶結凝灰岩が部分的に著しいセリサイト化を蒙っていること、同凝灰岩も弱線に沿ってセリサイト化が認められることなどから、少なくとも福賀累層の堆積後であろう。また、高温で安定な鉱物組合せは花崗岩体に近い木与谷層中に限って見られ、変質作用と花崗岩との密接な関係を暗示す

る。

なお、ろう石鉱床、変質帯の産状、変質作用の性格、成因については第2報以後で触れる。

## 4. 地質構造

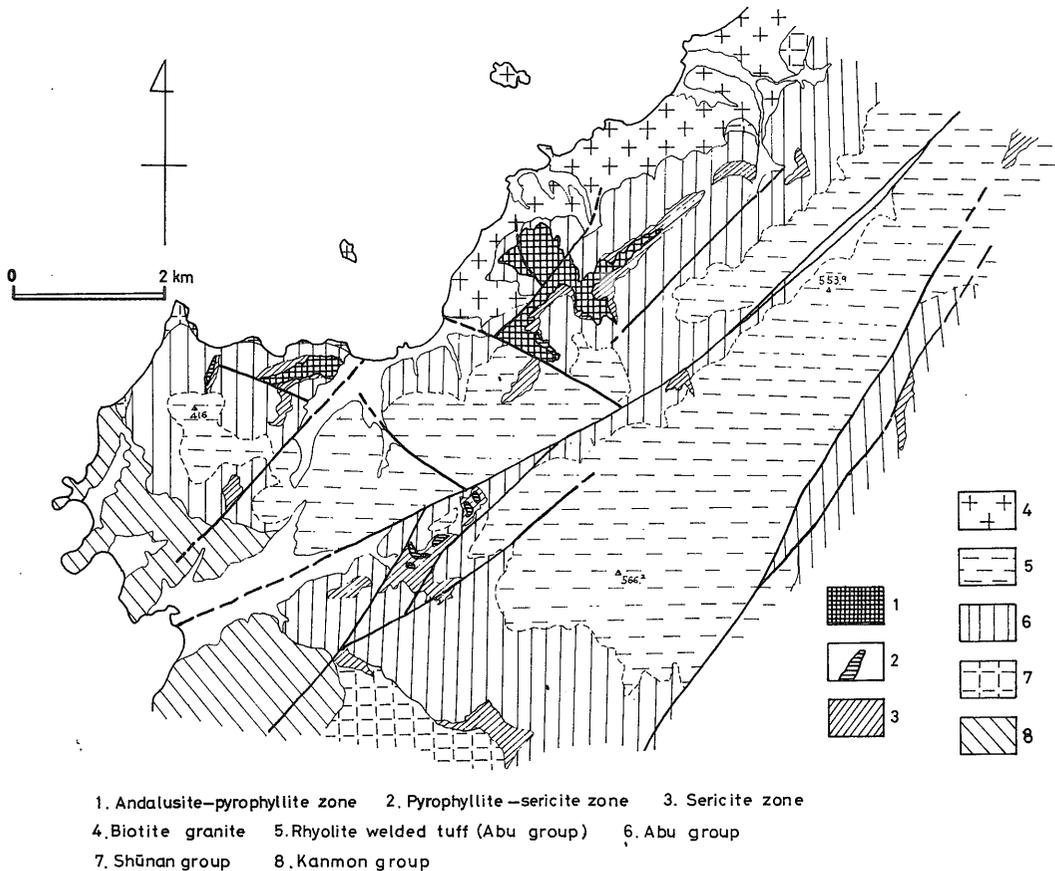
関門層群は、萩市周辺部において、一般走向 NEE、同じ方向の軸をもち、緩い褶曲構造を示す (長谷, 1958) が、阿武地域の関門層群は、山口県西部に広く分布する同層群から独立して小分布し、その構造も異なっている。阿武地域の筒尾付近の北彦島層は方向のNW伸びを示し、同方向を軸とした、ゆるい背斜構造を有するものと思われる。北彦島層を覆う筋ヶ浜層はその背斜軸の東西両側に分布する。

周南層群は地域内に点々と小分布するが、その構造は詳らかでない。

阿武層群福賀累層は金井安山岩層の分布および木与谷層ならびに三ヶ岳流紋岩層 (とくに流紋岩溶結凝灰岩) の構造から、おおむね東へ開いた半盆状構造をもつことが明らかとなった。すなわち、福賀累層を構成する各部層の走向・傾斜は、北部から中部にかけて、NE-SW, 5 ~ 30°S, 中部から南部では NW-SE, 10 ~ 30°N を示す。なかでも、流紋岩溶結凝灰岩の構造は福賀累層の中~下部層の構造を反映したもので、鍵層としても有効である。福賀累層は単調に半盆状構造の内側へ向かって傾斜するものではなく、各所に、NE-SW 方向の軸をもつ、ゆるやかな隆起部が認められる。たとえば、つづら付近からSW方向へ延びた金井安山岩層の盛り上り、さらに、河内付近でも同様な構造がみられる。このようなところでは、木与谷層が薄くなる。おそらく、堆積時の地形を反映したものであろう。

阿武地域にみられる断層系は NE-SW 系および NW-SE 系が卓越する。NW-SE 系断層群は、一般にその規模が小さく、したがって、この断層による地層の転移も少ない。また、石英斑岩・玢岩などの岩脈類をしばしば伴う。一方、NE-SW 系断層群は、非常に大きな破砕帯を伴うとともに、阿武層群に対して大きな転移をもたらしている。この断層群は NW-SE 系を切っており、比較的新しい時期のものであろう。NE 方向の linearment は地形図にも非常に顕著に現われており、この付近の規模の大きい谷の方向に反映される。

NE-SW 系断層群のうち、地域のほぼ中央を縦断する河内断層 (田平—河内—奈古) は、最も規模が大きい。この断層に伴う破砕帯は柵原山の北の県道切割 (Pl. 3-2) で幅 100m 以上である。また、河内から共立奈古鉱山へ至る鉱山専用道路の切割でも同様な規模の破砕帯が認め



第7図 熱水変質帯分布図  
 Distribution of the hydrothermally altered zone.

られる。

NE-SW 系は、地域の東部の笹尾・飯谷間でもみられるほか、数本を認める。一般に、急角度の傾斜を有し、断層の北側の地層を陥没させている。この断層により、福賀累層がくり返して現われる。

### 5. ま と め

1. 阿武地域には関門層群および周南層群を基盤として、阿武層群福賀累層が広く分布する。福賀累層は金井安山岩層・木与谷層および三ヶ岳流紋岩層からなり、最大層厚は1,800mである。

2. 金井安山岩層は輝石安山岩溶岩および同凝灰岩を主とし、層厚は約300mに達する。

3. 木与谷層は、下部では流紋岩質凝灰岩が優勢であり、上部では凝灰質砂岩および同質頁岩を主とする陸水堆積物が卓越する。層厚は約400mである。

4. 木与谷層、とくにその上部は、火山活動の比較的静穏な時期の陸水堆積物である。これは安山岩～流紋岩の一連の噴出と三ヶ岳流紋岩層の大規模な噴出・堆積との間に火山活動の若干の休止期があったことを意味するものであろう。

5. 三ヶ岳流紋岩層は流紋岩溶岩・同凝灰岩および溶結凝灰岩からなり、その層厚は1,100m以上に達する。

6. 流紋岩溶結凝灰岩の厚さは600m以上と推定され、福賀累層中最も厚く、分布も広い。したがって、鍵層としても有効である。全般に、強く溶結し、多量の本質レンズを含み、葉理が明瞭である。本層中の1 cooling unit が70~100mの厚さをもっているところから、少なくとも、数回の噴出・堆積が行なわれたものであろう。

7. 福賀累層は東へ大きく開いた半盆状構造をなすことが明らかとなった。しかし、部分的には金井安山岩層にいくつかの起伏がみられ、木与谷層および三ヶ岳流紋

岩層の堆積構造に反映されている。

8. 福賀累層はNE-SW 断層群によって切られ、いずれも、各断層の北西側の地層が大きく陥没する。

9. 黒雲母花崗岩は福賀累層の堆積後、おそらく、あまり時間的間隙のない時期に貫入したものであろう。岩体周縁部ではカリ長石・白雲母の増加、著しいペグマタイトの生成、接触変成作用による変成鉱物の組み合わせ、被貫入岩との関係などから、この岩体の貫入・固結の場所はかなり浅いものと推定される。

10. 黒雲母花崗岩の貫入によって、顕著な接触変成帯が形成された。周南層群の流紋岩質凝灰岩および木与谷層は角閃岩相紅柱石垂相をはじめとしたホルンフェルスに、また、金井安山岩層は角閃岩相をはじめとしたホルンフェルスとなっている。

11. 熱水変質作用の時期は、変質帯の分布・産状などから、福賀累層の堆積後と推定される。熱水変質岩は、その鉱物組み合わせによって分帯される。主要な変質帯(紅柱石-パイロフィライト帯)は木与谷層の陸水堆積物が交代されたもので、本層中のみに賦存している。

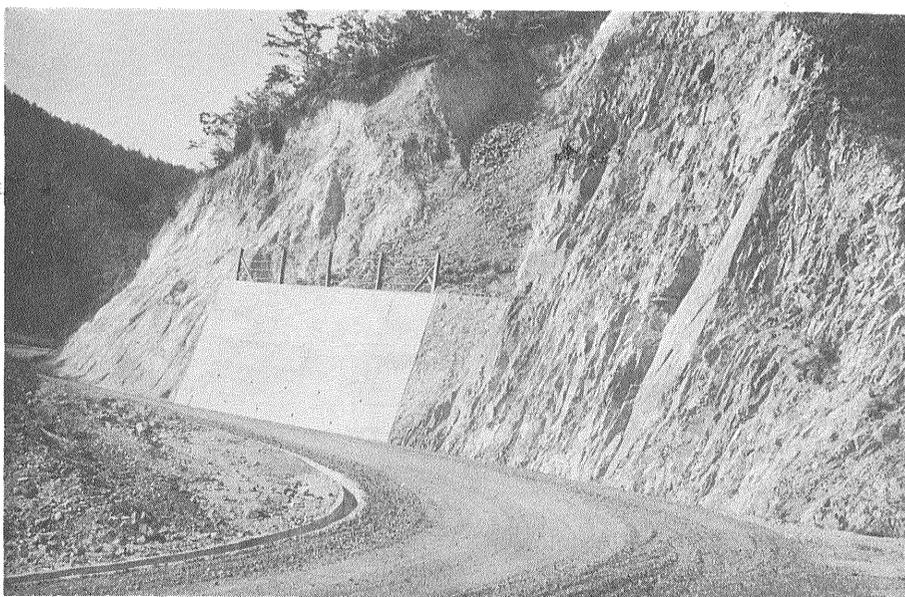
#### 参 考 文 献

- 荒牧重雄 (1957) : Pyroclastic flow の分類. 火山, 第2集, vol. 1, p. 47 ~ 51.
- 原口九万・尾崎次男 (1951) : 山口県阿武郡宇久嶺石鉱床調査報告. 地調月報, vol. 2, no. 1, p. 36 ~ 40.
- 長谷 晃 (1958) : 西中国・北九州の後期中生界の層序と構造. 広島地質学研究所報告, vol. 6, p. 1 ~ 50.
- HASE, A. (1960) : The Late Mesozoic formations and their molluscan fossils in West Chūgoku and North Kyūshū, *Jour. Sci. Hiroshima Univ., Ser. C*, vol. 3, no. 2, p. 281 ~ 342.
- 石原舜三 (1966) : 島根県東部の花崗岩類とモリブデン鉱床の地質的位置. 地質学雑誌, vol. 72, no. 12, p. 553 ~ 571.
- ISHIHARA, S. (1971) : Modal and chemical composition of the granitic rocks related to the major molybdenum and tungsten deposits in the inner zone of southwest Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 77, no. 7, p. 441 ~ 452.
- 石原舜三 (1973) : Mo-W 鉱床区と花崗岩岩石区. 鉱山地質, vol. 23, p. 13 ~ 32.
- 岩生周一 (1950) : 山口県宇田郷名振鉱山の蠟石鉱床について. 地調月報, vol. 1, no. 1, p. 1 ~ 7.
- IWAO, S. and UDAGAWA, S. (1969) : Pyrophyllite and "Roseki" clays. *The clays of Japan*, p. 71 ~ 88.
- 神谷雅晴 (1971) : 山口県阿武地区ろう石鉱床の研究—とくに共立奈古ろう石鉱山付近の地質と鉱床について. 地学関係5学会連合学術大会講演要旨集, p. 119
- (1972) : 山口県阿武地区宇久ろう石鉱山の變質作用 (演旨). 地調月報, vol. 23, no. 10, p. 57.
- 河田清雄ほか4 (1961) : 中央アルプスとその西域の地質. その2 : 濃飛流紋岩類. 地球科学, 54号, p. 20 ~ 31.
- KAWADA, K. (1971) : Geology and petrology of the Nōhi rhyolites, with special reference to those along the Hida river. *Rept. Geol. Surv. Japan*, no. 243, p. 1 ~ 49.
- 河野義礼・植田良夫 (1966) : 本邦産火成岩の K-Ar dating (V)—西南日本の花崗岩類一. 岩石鉱物鉱床学会誌, vol. 56, no. 5, p. 191 ~ 206.
- 木野崎吉郎 (1963) : 中国地方のろう石鉱床概論. 広島地質学研究所報告, vol. 12, p. 1 ~ 35.
- 岸田孝蔵・弘原海清 (1967) : 姫路酸性岩類の火山層序—近畿の後期中生代火成岩類の研究. 柴田秀賢教授退官記念論文集, p. 241 ~ 255.
- 小島丈児 (1964) : 深成岩類. 広島県地質図説明書, 広島県, p. 87 ~ 101.
- 松本達郎 (1951) : 蝦夷層群と関門層群. 地質学雑誌, vol. 57, no. 666, p. 235 ~ 244.
- MATSUMOTO, T. (Editor, 1954) : *The Cretaceous system in the Japanese Islands*. p. 175 ~ 176, The Japan Society for the promotion of Science, Ueno, Tokyo.
- MITSUDA, T. (1958) : Long spacing clay mineral from the Uku mine, Yamaguchi prefecture, *Japan. Miner. Jour.*, vol. 2, no. 3, p. 169 ~ 179.
- 宮本弘道 (1952) : 7万5千分の1地質図幅「津和野」同説明書. 地質調査所.
- 都城秋穂 (1965) : 変成岩と変成帯. p. 247 ~ 327. 岩波書店.

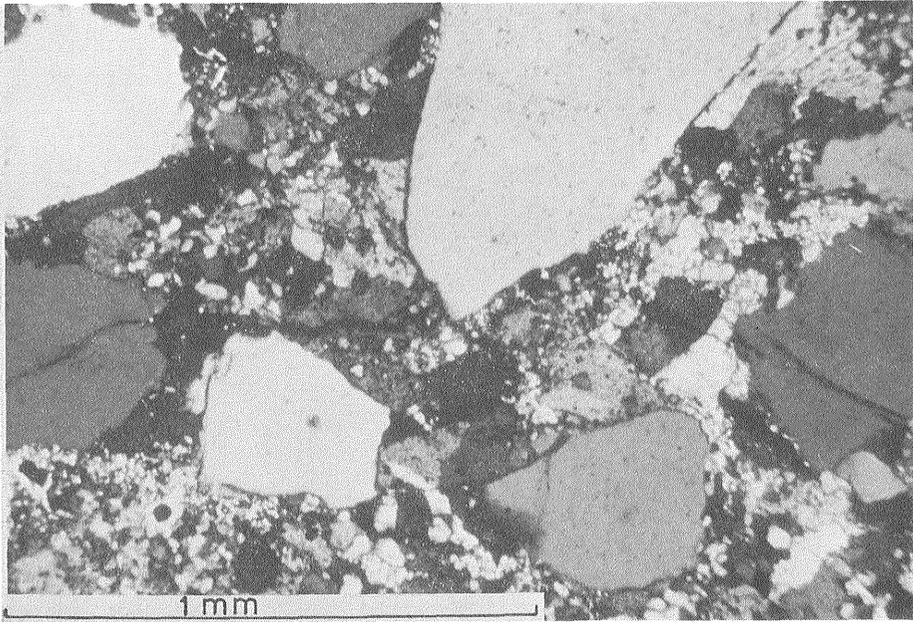
- 村上允英 (1953) : 中国西部における新第三紀深成岩類. 岩石鉱物鉱床学会誌, vol. 37, p. 223 ~ 229.
- (1960) : 中国西部における白亜紀および第三紀火成活動. 山口大理科報告, vol. 11, p. 22 ~ 117.
- ・西野英之 (1967) : 中国西部における後期中生代酸性岩類の火山層序学的研究(II). 山口大理科報告, vol. 17, p. 18 ~ 23.
- (1969) : 山口県西部における後期中生代酸性火山岩類および貫入火成岩類. 日本原子力学会, 第8回資源探査現地検討会予稿集, p. 9 ~ 12.
- 村山賢一 (1930) : 7万5千分の1地質図幅「須佐」同説明書. 40p., 地質調査所.
- 野沢 保 (1970) : 後期白亜紀酸性岩の同位元素年令: 1970年における総括と覚え書き. 地質学雑誌, vol. 76, no. 10, p. 493 ~ 518.
- 小野晃司 (1965) : 阿蘇カルデラ東部の地質. 地質学雑誌, vol. 71, no. 842, p. 541 ~ 553.
- 西南日本内帯後期中生代火成活動研究グループ (1967) : 西南日本内帯における後期中生代の火成活動と構造発達史. 地団研専報, 第13号, 50p.
- SMITH, R. L. (1960): Ash flows. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 71, p. 795 ~ 842.
- 高橋英太郎 (1958) : 山口県福賀層産 Otozamites. 地質学雑誌, vol. 64, no. 750, p. 163.
- 田阪明一・神谷雅晴 (1964) : 山口県阿武郡阿武町地内のろう石鉱床. 中国地方の工業用鉱物資源, 第3輯, p. 58 ~ 77.
- 時津孝人・上野三義 (1958) : 山口県阿武郡・佐波郡下ろう石鉱床調査報告. 地調月報, vol. 9, no. 2, p. 17 ~ 26.
- 植田芳郎 (1957) : 下関市の地質, 特に関門層群の地質と構造について. 地質学雑誌, vol. 63, no. 736, p. 26 ~ 34.
- 山田直利ほか2 (1971) : 火砕流堆積物としての濃飛流紋岩. 地球科学, 25巻, 2・3号, p. 53 ~ 88.
- 山口県 (1954) : 山口県地質図 (20万分の1) 同説明書.
- (1968) : 山口県地質図 (5万分の1).
- 吉田博直 (1961) : 中国地方中部の後期中生代の火成活動. 広島大地学研究報告, 8号, p. 1 ~ 39.



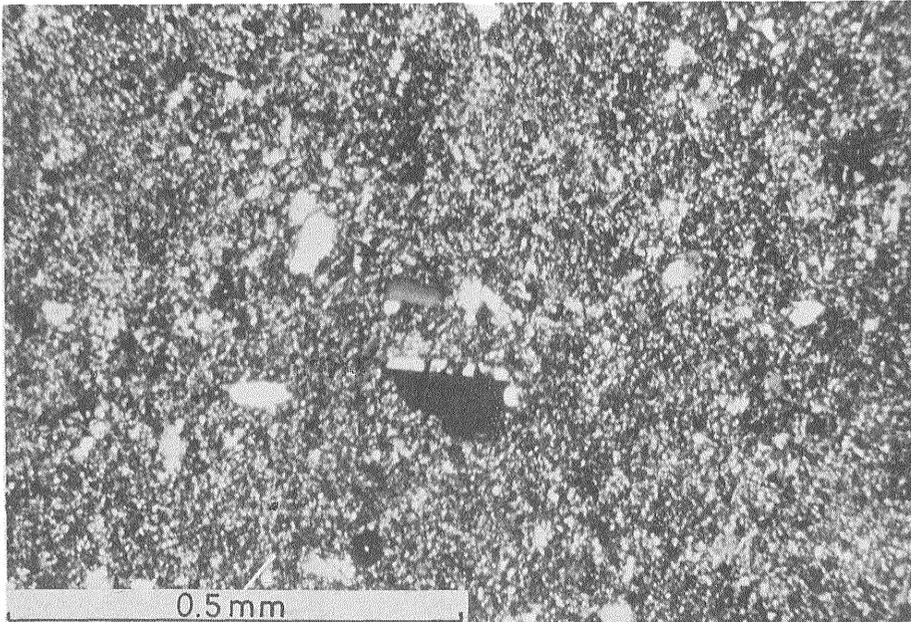
1. 流紋岩溶岩（三ヶ岳流紋岩層）の流理構造  
Flow structure of rhyolite lave (Mitsugadake rhyolite member) at Kabutozaka.



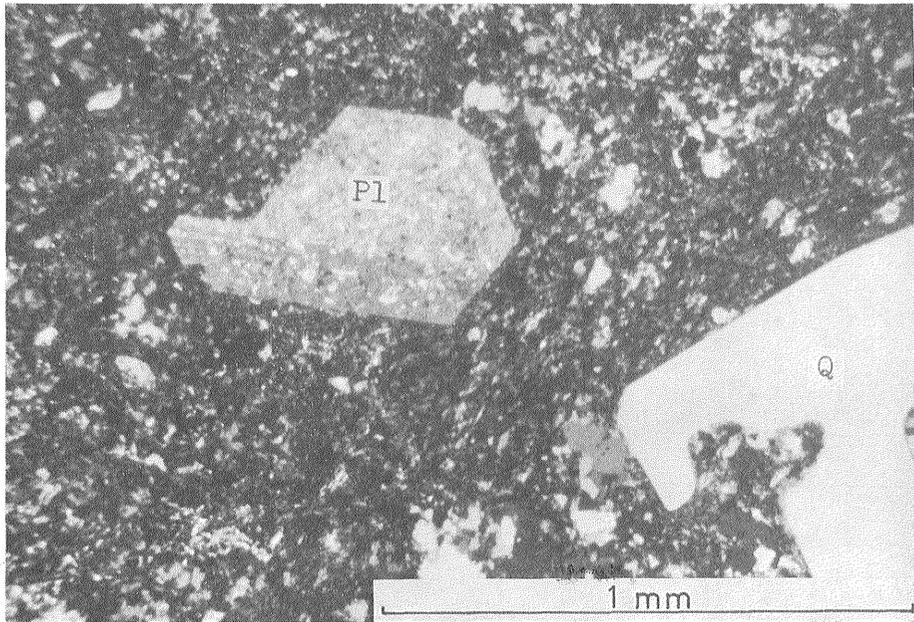
2. 破砕帯を伴う河内断層 県道から北東方向を望む  
Kochi-fault with the sheared zone. Looking northeastward at the prefectural road.



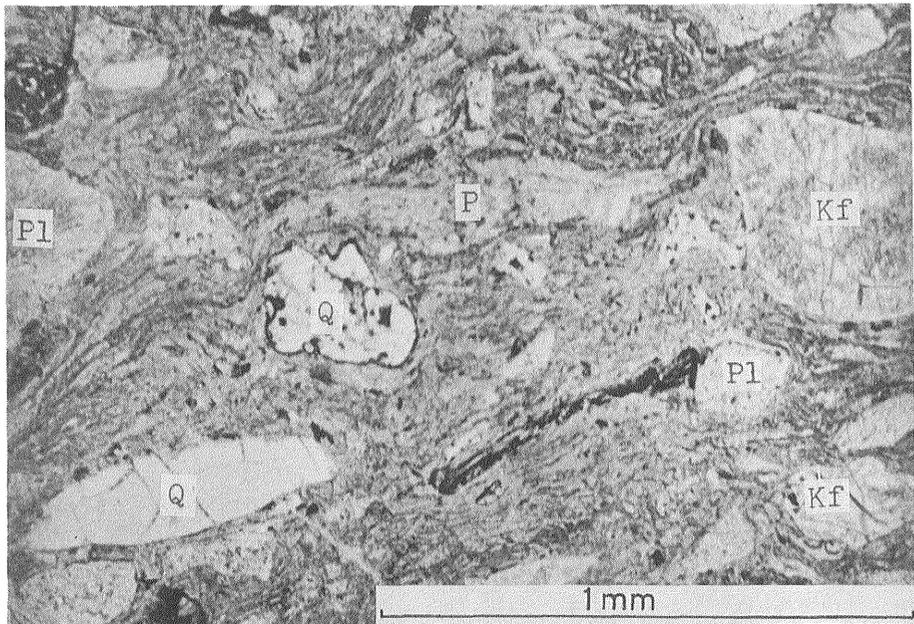
1. 熱水変質を受けた木与谷層の凝灰質砂岩  
Hydrothermally altered tuffaceous sandstone of the Kiyodani member. Crossed nicols.



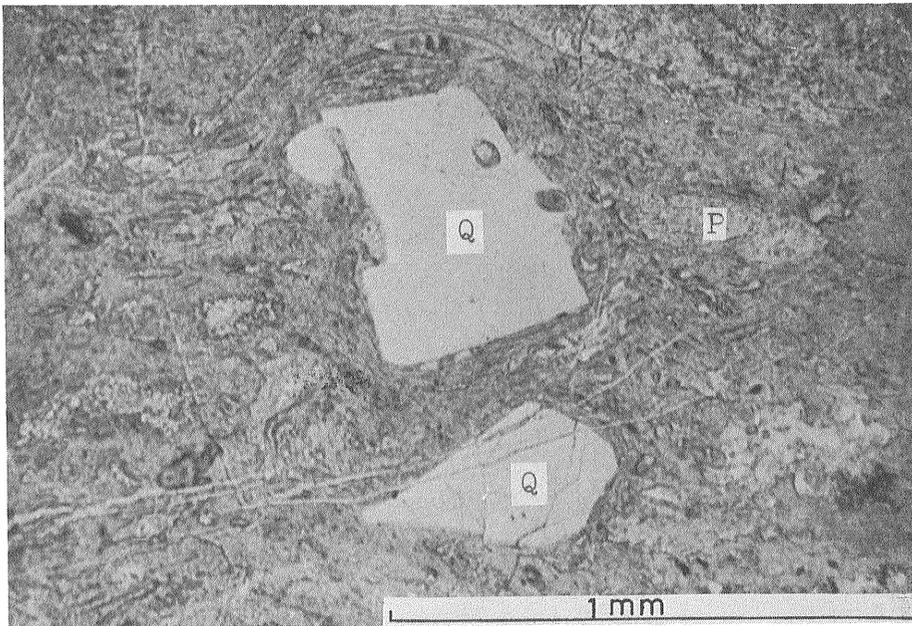
2. 木与谷層の凝灰質頁岩  
Tuffaceous shale of the Kiyodani member. Crossed nicols.



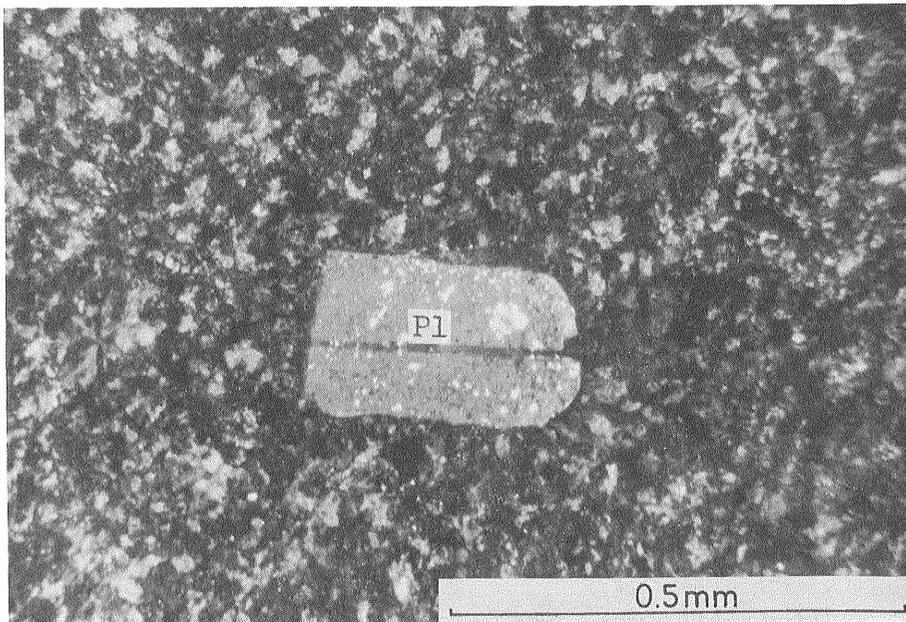
1. 三ヶ岳流紋岩層の流紋岩溶岩  
Rhyolite lava of the Mitsugadake rhyolite member. Crossed nicols.



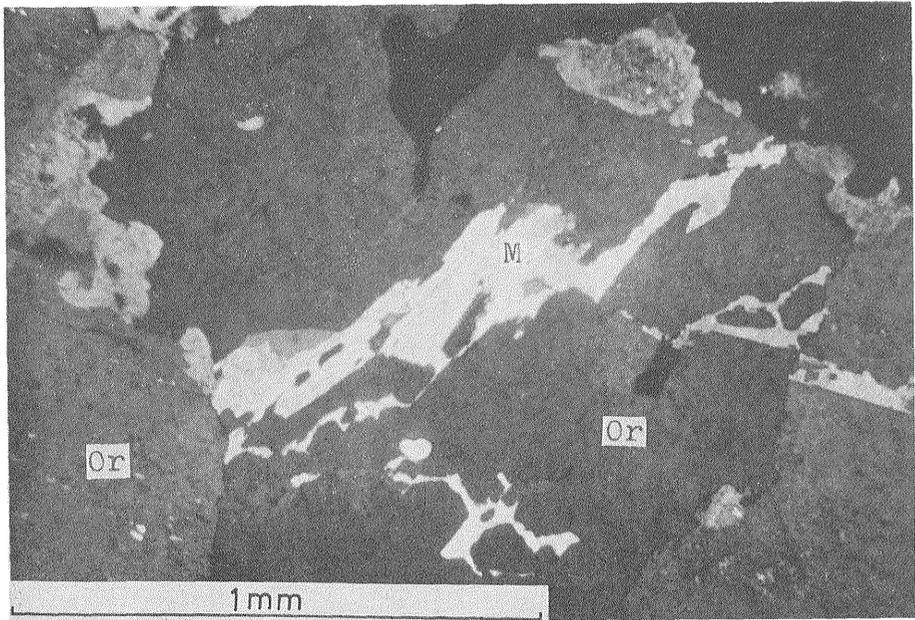
2. 三ヶ岳流紋岩層の流紋岩溶結凝灰岩 ガラス破片は強く溶結される  
Rhyolite welded tuff of the Mitsugadake rhyolite member. Glass shards are strongly welded.  
Single nicol. Kf: potassium feldspar, Pl: plagioclase, Q: quartz. P: pumice.



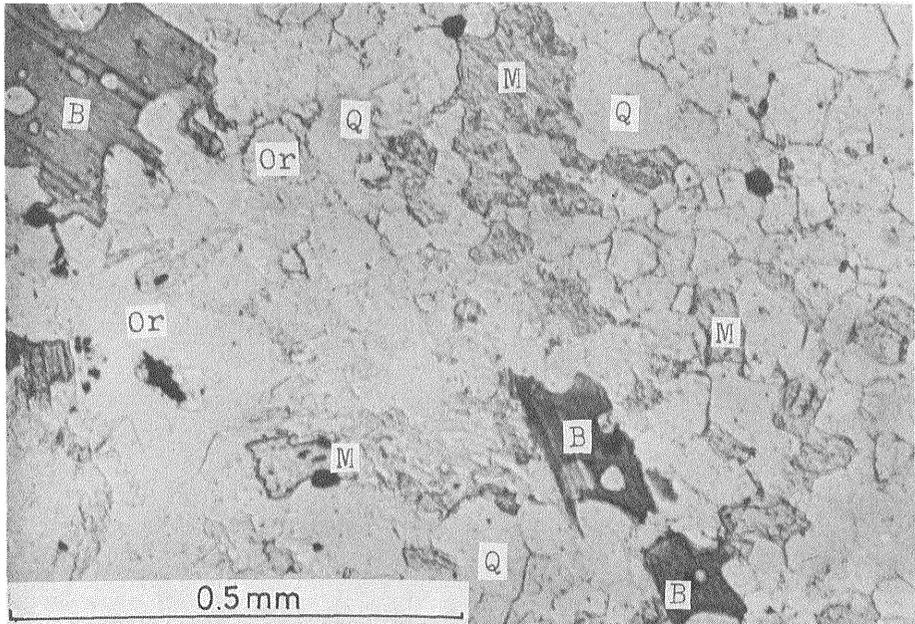
1. 三ヶ岳流紋岩層の流紋岩溶結凝灰岩  
Rhyolite welded tuff of the Mitsugadake rhyolite member. Single nicol.



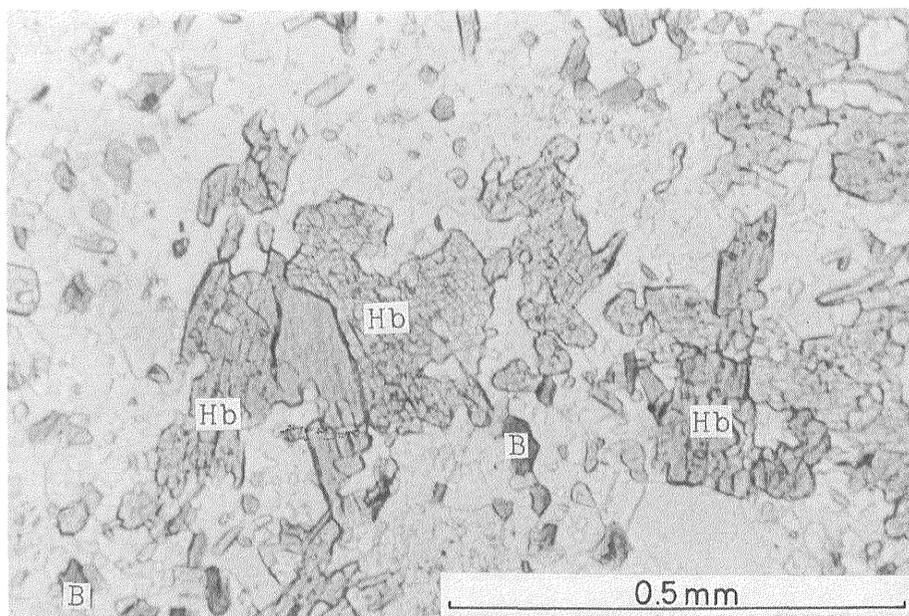
2. 流紋岩溶結凝灰岩の軽石中の斜長石斑晶 石基は完全に脱ガラス化している  
Plagioclase phenocryst in pumice of the rhyolite welded tuff.  
Matrix is perfectly devitrified. Crossd nicols.



1. 黒雲母花崗岩の正長石中に生じた白黒母  
Muscovite occurred in orthoclase of the biotite granite. Crossed nicols.



2. 周南層群中の黒雲母—白雲母—正長石ホルンフェルス  
Biotite-muscovite-orthoclase hornfels in the Shunan group. Single nicol.  
B: biotite, M: muscovite, Or: orthoclase, Q: quartz.



1. 福賀累層金井安山岩層中の角閃石—黒雲母—斜長石ホルンフェルス  
Hornblende-biotite-plagioclase hornfels in the Kanai andesite member  
of the Fukuga formation. Single nicol. B: biotite, Hb: hornblende.