The Geological Society of Japan

地質学論集　第22号　27－37ページ，1983年3月

八重山変成岩類の変成分帯とK－Ar年代

西　村　祐二郎*・松　原　　康**・中　村　栄　三***

Zonation and K－Ar ages of the Yaeyama metamorphic rocks, Ryukyu Islands

Yujiro NISHIMURA*, Yasushi MATSUBARA** and Eizo NAKAMURA***

Abstract The Yaeyama metamorphic rocks crop out on the islands of Ishigaki, Taketomi, Kayama, Kohama and Iriomote, southern Ryukyu. The metamorphic terrain is divided into four zones on the basis of mineral paragenesis. In zone I, fine-grained white mica and chlorite are scatterered in the matrix of pelitic and psammitic rocks. Zone II is characterizied by the pumpellyite-glaucophane assemblage in basic schists and metagabbros. Lawsonite and stilpnomelane are also stable in the zone. Zone III is marked by the disappearance of pumpellyite and lawsonite, the glaucophane-epidote assemblage becoming diagnostic. Zone IV is characterized by the appearance of subcalcic amphiboles in basic schists and of garnet in pelitic schists. Glaucophane and actinolite are still stable in the basic schists of zone IV.

Zone I coincides with the whole of the Fusaki Formation, and zones II, III and IV are comprised in the Tomuru Formation. Zone I is in fault contact with zone II, while the boundary surfaces between zones II, III and IV are nearly parallel to the bedding schistosity. The grade of metamorphism increases from the lower toward the upper stratigraphic horizon in the Tomuru Formation. Thus, it is evident that the assemblages recognized in the Tomuru Formation has been due to a progressive metamorphism and that this corresponds to the high-pressure type. However, it has not been setteled whether zone I represens the lowest grade part of the progressive metamorphism.

K－Ar age determination has been carried out on four white micas separated from the pelitic and basic schists of zones II, III and IV in Ishigaki-jima. The ages obtained range from 159 to 175 Ma, which are similar to the previously reported data (K－Ar＝177 Ma and Rb－Sr＝202 Ma in the same specimen). The age cluster of the Yaeyama metamorphic rocks is older than that of the Sanbagawa, the Nagasaki and the Yuli metamorphic rocks, but is identical with the younger ages obtained from the Sangun metamorphic rocks.

Several amphiboles are also analyzed and preliminarily discussed.

ま　え　が　き

八重山変成岩類は南琉球八重山諸島（Fig. 1）に散点的に分布する時代未詳の変成岩類を包括する名称として，木崎・高安（1975）によって命名されたものである．岩相的には，藍閃石片岩で特徴づけられる結晶片岩及び変斑れい岩からなるトムル層と，変成度の低い砕屑岩類からなる富崎層に区分されている（FOSTER, 1965；白尾ほか，1976）．

* 山口大学教養部地学教室．Institute of Earth Sciences, Faculty of Liberal Arts, Yamaguchi University, Yamaguchi 753.
** 山口大学理学部地質学鉱物科学教室．Institute of Geology and Mineralogical Sciences, Faculty of Science, Yamaguchi University, Yamaguchi 753.
*** Department of Geology, University of Toronto, Toronto, Ontario M5S 1A1, Canada.

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

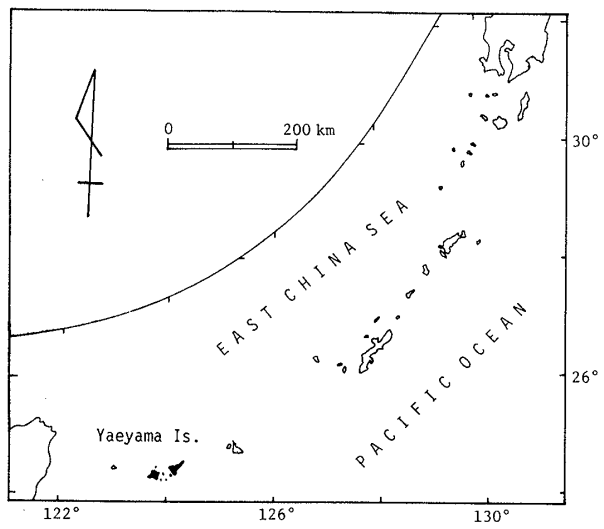

Fig. 1. Location of the Yaeyama Islands.

藍閃石片岩を含む変成岩類が石垣島をはじめ西表島，小浜島，嘉弥真島などの八重山諸島に広く出現することは，すでに1800年代の中期から後期には知られていた（賀田，1855；小藤，1897；黒岩，1899；YOSHIWARA, 1901）．黒岩（1899）は藍閃石片岩が石垣島に産出することを最初に報告した．しかし，その岩石学的記載は西表島と小浜島に産するものがYOSHII（1935）によってなされ，その後石垣島産のものがSCHÜRMANN（1958）やFOSTER（1965）によってなされてきた．パンペリー石はFOSTER（1965）によって，リーベック閃石とエジリンはHASHIMOTO（1974）によって，ローソン石は木崎・渡辺（1977）によって，またサブカルシック角閃石は筆者らによって，それぞれ石垣島から発見され，記載されてきた．一方，変成岩分布域の大まかな変成分帯及び藍閃石片岩の生成条件の解析は黒田・宮城（1967）や松本（1971）によって試みられ，変成岩類の変形様式や変成史は木崎・渡辺（1977）と渡辺・木崎（1978）によって解析されてきた．また，石垣島北東部トムル崎の泥質片岩中の白雲母のK－Ar及びRb－Sr年代は，同一試料ではあるがそれぞれ178 Maと202 Maが得られている（SHIBATA *et al.*, 1968, 1972）．このように，八重山変成岩類に関する研究は古くから行われてきたにもかかわらず，断片的なものが多く，その情報量はわが国の主要変成帯に比べてはるかに少ない．

しかしながら，南海の小島に散在する八重山変成岩類はその岩石学的特異性と地体構造論的立場から，その帰属問題をめぐってこれまでにも多くの議論がなされてきた．古くは三波川帯の延長（黒岩，1899；小西，1965など）とみなされていたが，その後九州西端の長崎変成岩類と台湾の変成岩類をつなぐ変成帯（都城，1965，1973；黒田・宮城，1967）を構成するとみなされたり，三郡帯の延長あるいは全く別の独自の変成帯（木崎・高安，1975；木崎，1976；木崎・渡辺，1977）である可能性も指摘された．したがって八重山変成岩類の岩石学的性質は，藍閃変成作用自身の岩石学的問題であるばかりではなく，琉球列島の帯状構造の意味や琉球列島の成立を考察する際にも，基本的に重要な一つの鍵を握っていると考えられるのである．そのためにこの小論では，変成分帯とK－Ar年代を主軸にして，八重山変成岩類分布域全体の岩石学的性質を記載し，今後の議論の素材としたい．

地質の概要

八重山変成岩類は石垣島で全島にわたって最も広く露出している．そのほかでは，西表島北東部（ウ離島を含む）の一部，小浜島の北半部，嘉弥真島のほとんど全域及び竹富島の一部に分布しているにすぎない（Fig. 4）．これらの島々の変成岩類の分布と周囲の地質の大要は，すでにYOSHIWARA（1901）によって20万分の1のカラー刷り地質図に示されており，HANZAWA（1935）によってその層序学的基礎が築かれた．

1 石垣島

石垣島の地質はFOSTER（1965）及び白尾ほか（1976）によって詳細に調査されている．彼らの地質図に基づいて，筆者らの調査資料を加えて改変したのがFig. 2である．本島の基盤をなす八重山変成岩類は石垣層群と呼ばれ，下位のトムル層と上位の富崎層に区分されている．これらは，始新世以降の宮良層・野底層・大浜層及び沖積層によって不整合に覆われ，於茂登山を中心とする中新世の花崗岩質岩石（カリ長石のK－Ar年代＝21Ma，河野・植田，1966）に貫かれている．

トムル層は本島の北東部（平野－伊原間），中央部（富野－カーラ岳）及び西部（崎枝－大崎）の3地区に分布する．構成岩石は全体としては塩基性片岩（緑色片岩及び青色片岩）を主とし，それに泥質片岩と少量の珪質片岩を夾在する．また，一部の限られた地区には変斑れい岩と少量の超苦鉄質岩を特徴的に随伴している．変斑れい岩は石垣島だけではなく，後で述べる西表島，小浜島及び嘉弥真島のトムル層相当層中にも出現することが，今度明らかとなった．変斑れい岩の性質は八重山変成岩類を考える上で，重要な要素の一つになるであろう．

塩基性片岩はほとんど完全に再結晶作用が進み，鏡下では源岩の鉱物や組織をとどめていない．しかし，枕状溶岩・ピローブレッチャー・ハイアロクラスタイトなどの形態や

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

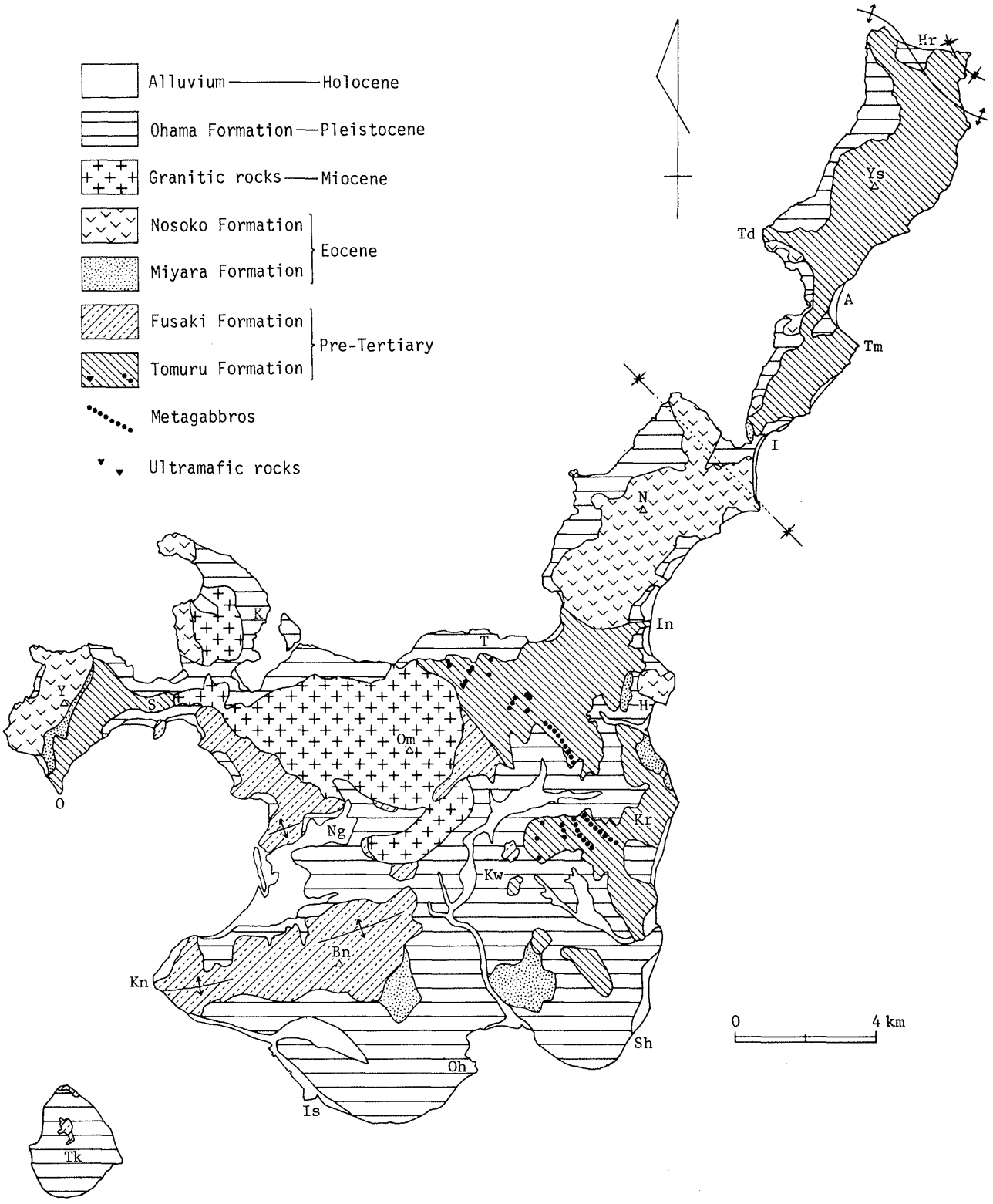

Fig. 2. Geological sketch map of Ishigaki-jima (Modified from FOSTER, 1965 and SHIRAO *et al.*, 1976). Dike rocks and faults are omitted.
A : Akaishi, Bn : Banna-dake, H : Hoshino, Hr : Hirano, I : Ibaruma, In : Inoda, Is : Ishigaki, K : Kabira, Kn : Kannon-zaki, Kr : Kara-dake, Kw : Kawahara, N : Nosoko-dake, Ng : Nagura, O : O-saki, Oh : Ohama, Om : Omoto-yama, S : Sakieda, Sh : Shiraho, T : Tomino, Td : Tadefu-saki, Tk : Taketomi-jima, Tm : Tomuru-saki, Y : Yarabu-dake, Ys : Yasura-yama.

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

産状がしばしば良く保存されているので，海底火山噴出物に由来することは明らかである．変斑れい岩は富野と白保を結ぶ線上付近に，周囲の結晶片岩の構造に調和的なNW－SE方向に伸びる幅の狭い数枚の岩体として産出している（Fig. 2）．肉眼的には青灰色～暗緑色を示す塊状堅硬な岩石である．鏡下では，パンペリー石や藍閃石などの変成鉱物が大半を占めるが，部分的には常に残留鉱物（単斜輝石，緑色～褐色角閃石）や残留組織が観察される．富野南方の谷には，蛇紋石化したダナイトの小岩体が2層準に認められる（Fig. 2）．なお，木崎（1976）はハルツバージャイトが転石として産出することを報告している．

トムル層の片理面は層理面と平行に発達している．北東部地区では，北端の一部で小規模な背斜・向斜構造を示すが，全体的にはNW－SE系の走向を示しSWに30°±傾斜している．ところが中央部地区では，南西端の一部で小規模な背斜・向斜構造を示すが，全体的にはNW－SE系のゆるやかな波曲を示す走向でNEに45°±傾斜している．後で述べる変成分帯や再結晶の程度を勘案すると，両地区の変成岩類は野底層の下に広く連続的に存在し，全体として一つの大きな複向斜構造を形成している可能性が強い．その軸は伊原間の南西1～2kmのところに存在するものと推定される．したがって層序的には，中央部地区の南西部側が最下位層となり，北東方向に進むにつれて次第に上位の層準が出現し，野底層に覆われている部分が最上位層に相当するであろう．このかくれた最上位層の大部分は，伊原間以北に北翼として，再び露出しているとみることができる．上記の平均的な走向・傾斜から，トムル層の層厚を単純に計算すると，中央部地区が3,500m，北東部地区が5,000mになる．微褶曲や断層などを考慮に入れても，全層厚は5,000m（中央部2,000m，北東部3,000m）前後に達するものと考えられる．また，西部地区の片理面はNW－SE系でSWに20°±の緩傾斜が卓越するが，前の2地区に比べて変化に富む．この地区は断層により，かなり大きな変位を生じているものとみなされる．

富崎層は石垣島の中央部から南西部にかけて散在し，トムル層とは断層あるいは衝上断層の関係で接する．弱変成の層状チャート・泥質岩・砂質岩を主とし，礫質泥岩・結晶質石灰岩を伴う．層理面の走向は，変化に富むがE－W性のものが多く，トムル層のそれとは調和的でない．従来，トムル層と富崎層は古生層起源とみなされ，一括して石垣層群あるいは八重山変成岩類と呼ばれてきた．しかし，両層には岩相・構造・変形様式及び変成度などの点でかなりの相違が認められ，その起源や形成史に新たな問題が生じている（木崎・渡辺，1977；渡辺・木崎，1978）．コノドントや放散虫などの化石の発見が望まれる．

2 その他の島々

西表島北東端の野原崎周辺とその東方の小さな島（ウ離島）の狭小な範囲に，塩基性片岩，泥質片岩，珪質片岩，変斑れい岩が出現している．片理面の走向はNE－SWないしE－Wを示し，NWないしNに50°±傾斜している．変斑れい岩は分布域の西部及びウ離島に多く認められる．西表島の地質については，松本（1971），SAITO *et al.*（1973），荒木・中川（1978）を参照されたい．

小浜島では北部の舟崎からアカヤ崎にかけて，塩基性片岩，泥質片岩，珪質片岩，変斑れい岩が帯状に分布している．片理面の走向・傾斜は，かなり乱れているが，NNW－SSE・E20°±とWNW－ESE・S40°±のものが多い．変斑れい岩は分布域の西部に顕著に発達している．本島の地質は篠田・木崎（1976）を参照されたい．

小浜島の北東に浮ぶ嘉弥真島は周囲約2.5km，標高31m以下の美しい無人島である．島のほとんど大部分は泥質片岩と変斑れい岩で構成され，少量の塩基性片岩と珪質片岩を伴う。片理面の走向・傾斜50点のπ図はポイントマキシマムを示し，WNW・S20°±を中心とする同斜構造を形成している．変斑れい岩は幅200mの岩体として，島の中央部を横断している．

以上三つの島々の変成岩類は，その構造方向が変化に富むものの，岩相内容が著しく共通し，かなりの量の変斑れい岩を伴うという大きな特徴を指摘することができる．このような岩石構成は，石垣島中央部の富野と白保を結ぶ線上付近に発達する変斑れい岩を伴う層準（Fig. 2）の岩相内容に類似しているので，トムル層の下位層に対比するのが妥当であると考えられる．

また，竹富島には中央部と北端に極少量の層状チャートを主とする富崎層相当層が露出している．

変成分帯

八重山変成岩類は，塩基性岩と泥質岩中に認められる特徴的な変成鉱物及びその組合せに基づいて，4帯に区分することができる（Fig. 3）．検鏡した薄片は，石垣島で600枚，その他の島々で150枚である．I帯は富崎層に相当し，II・III・IV帯がトムル層に相当する．再結晶度及び結晶の粒度も，I帯からIV帯にかけて増大している．各帯の分布と主要な鉱物組合せをFig. 4とTable 1に示す．なお，石垣島の花崗岩質岩石による接触変成作用は幅約500mにわたって認められるが，これについては省略する．

I帯は泥質岩や砂質岩に微細な白雲母と緑泥石が普遍的に散在するほか，粗粒砂質岩にパンペリー石らしい鉱物が

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

しばしば認められる．しかし，これは細粒すぎて正確に同定することができない．本帯には塩基性の岩石が全く出現しないので，変成作用の詳細を解析するのが困難である．

	Zone	I	II	III	IV
Basic Rocks	Albite				
	Chlorite				
	Pumpellyite	----?---			
	Lawsonite				
	Epidote				
	Actinolite				
	Subcal. amph.				
	Glaucophane				
	Stilpnomelane			--	
	White mica				
Pelitic Rocks	Albite				
	Chlorite				
	White mica				
	Lawsonite		-------		
	Epidote		-------	-------	--------
	Garnet				
	Quartz				

Fig. 3. Mineralogical variations of basic and pelitic metamorphic rocks in the Yaeyama Islands.

石垣島中央部～南西部と竹富島の一部に露出する富崎層の弱変成岩に相当する．

II帯は塩基性片岩にパンペリー石－藍閃石の組合せを特徴とし，ローソン石やスチルプノメレンをしばしば伴う．泥質片岩は白雲母－緑泥石－曹長石－石英－炭質物からなるが，まれにローソン石を含むものも出現している．ローソン石は石垣島の白保北西約2kmの地点で発見され，木崎・渡辺（1977）と渡辺・木崎（1978）によって初めて報告された．しかし，筆者らはさらに白保北方約3kmと4km，カーラ岳南西約1kmと北東約1km，星野南西約1km及び小浜島の舟崎西方約1kmの各地点からも出現することを確認している（Fig. 4）．今後さらに産出地点の増加が期待される．カーラ岳東麓には，リーベック閃石－エジリン－石英片岩も出現している（HASHIMOTO, 1974）．この帯には変斑れい岩が特徴的に産出し，塩基性片岩とほとんど同様な変成鉱物の組合せを示していることも大きな特徴である（Table 1）．II帯は，石垣島中央部地区のうちその南西側の下位層準に相当し，西表島・小浜島・嘉弥真島にも分布している．なお，石垣島西部地区の崎枝付近に本帯が出現しうる可能性もあるが，露出が悪いためまだ確定していない．I帯との境界は石垣島の中央部でのみ認められるが，それは断層あるいは衝上断層の関係で接している．

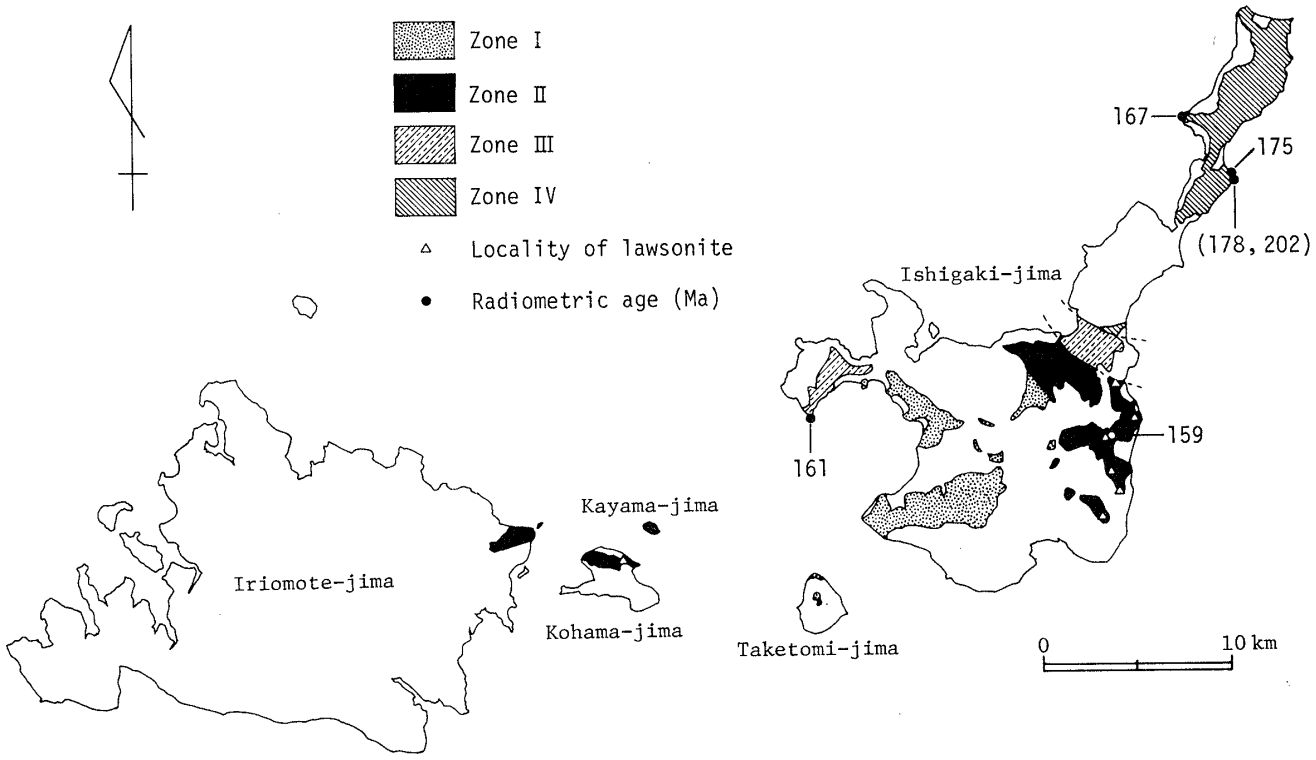

Fig. 4. Areal distribution of metamorphic zones and radiometric ages in the Yaeyama Islands. The data in parenthsis are quoted from SHIBTA *et al.* (1968, 1972).

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

Table 1. Mineral assemblages in each zone of the Yaeyama Islands.

Z. I	Ps. R.	Chlorite Pumpellyite(?)-chlorite
Zone II	Basic Schists	Lawsonite-pumpellyite-glaucophane-chlorite Lawsonite-epidote-chlorite Lawsonite-chlorite Pumpellyite-glaucophane-chlorite Pumpellyite-glaucophane-actinolite-chlorite Pumpellyite-glaucophane-epidote-chlorite Pumpellyite-actinolite-chlorite Pumpellyite-actinolite-epidote-chlorite Pumpellyite-epidote-chlorite Pumpellyite-chlorite Glaucophane-actinolite-epidote-chlorite Glaucophane-epidote-chlorite Actinolite-epidote-chlorite Actinolite-chlorite Epidote-chlorite
	Metagabbros	Pumpellyite-glaucophane-chlorite Pumpellyite-glaucophane-actinolite-chlorite Pumpellyite-glaucophane-epidote-chlorite Pumpellyite-actinolite-chlorite Pumpellyite-actinolite-epidote-chlorite Pumpellyite-chlorite Glaucophane-actinolite-epidote-chlorite Glaucophane-epidote-chlorite
Zone III	Bas. Sch.	Glaucophane-actinolite-epidote-chlorite Glaucophane-epidote-chlorite Actinolite-epidote-chlorite Epidote-chlorite
Zone IV	Bas. Sch.	Glaucophane-epidote-chlorite Subcalcic amphibole-epidote-chlorite Actinolite-epidote-chlorite Epidote-chlorite

± quartz, albite, white mica, stilpnomelane, calcite, sphene, apatite, tourmaline and opaque minerals.

III帯は塩基性片岩にパンペリー石が消滅して，藍閃石－緑れん石の組合せを示す．粒度もII帯よりは粗粒となる．泥質片岩は白雲母－緑泥石－曹長石－石英－炭質物の組合せを示す．本帯は石垣島中央部地区の北東側の中位層準に相当し，西部地区の大部分もこれに属する．II帯との境界は星野南方と富野東方を結ぶ線上にあり，周囲の結晶片岩の層面片理の方向と平行している．

IV帯は塩基性片岩にサブカルシック角閃石（後述）が出現し始めることを特徴とし，サブカルシック角閃石－緑れん石，藍閃石－緑れん石，緑閃石－緑れん石の組合せが混在して出現している．泥質片岩にはざくろ石が出現し始めるが，黒雲母は産出していない．結晶粒は最も粗粒となるが，典型的な曹長石の斑状変晶（点紋）の出現には至っていない．本帯は石垣島の北東部地区の全域と中央部地区の北東端の一部に露出し，層序的にはトムル層の上位層準に相当する．III帯との境界は伊野田西方にあり，周囲の結晶片岩の層面片理の方向に平行的であると考えられる(Fig. 4)．

石垣島中央部と北東部のトムル層は野底層など新期の地層群によって部分的に覆われているが，その分布は地下で連続するものであり，また断層による多少の変位はあると考えられるものの，大局的には一大複向斜構造を形成していることはすでに指摘した．変成分帯の結果はII帯からIII帯を経てIV帯に至る変化が，一連の累進変成作用によることを示唆している．また，それらの帯境界が層面片理面に平行的であることより，その変成度は見掛けの層序的下位より上位へ向けて累進的に上昇していることが指摘できる．石垣島西部地区のIII帯や西表島・小浜島・嘉弥真島のII帯の分布様式は，断層による変位や大きな褶曲構造などに支配されていると考えられるが，その具体的な規制内容は不明である．なお，I帯とII・III・IV帯との関係，すなわち前者が後者の累進変成作用の低温側に相当するかどうかという問題は，八重山変成岩類の形成史を考える上で極めて重要である．今回の調査研究では積極的な証拠が得られておらず，その変成論的関係は依然として不明である．しかしながら，I帯とII帯の接触関係，変成・変形様式及び岩相などを総合的に判断すると，筆者らはむしろ否定的な見方に傾いている．

角閃石類

各帯の変成鉱物に関する鉱物学的研究は未完であるが，角閃石類については変成分帯との関連上簡単な記載をしておく必要がある．石垣島のトムル層すなわちII・III・IV帯には藍閃石と緑閃石が普遍的に出現しているが，IV帯ではさらにZの軸色が青緑色を示すサブカルシック角閃石が出現し始める．ここではサブカルシック角閃石（subcalcic amphiboles）を組成的にCaが1.0から1.5までのものとし，さらにSiが7.2±以下のものをサブカルシックホルンブレンド（subcalcic hornblende）またはバロワ閃石（barroisite），Siが7.2±以上のものをサブカルシック緑閃石（subcalcic actinolite）または藍閃石質緑閃石（glaucophanitic actinolite）に分類して使用することにする．

藍閃石は各帯の塩基性片岩ではほとんどすべてがb＝Zのクロス閃石として出現するが，II帯の変斑れい岩にはb＝Yの藍閃石プロパーが出現する可能性がある．II・III帯

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

では藍閃石と緑閃石が1枚の薄片でしばしば共存している．Ⅳ帯では1枚の薄片中にそれらの共存は認められないが，角閃石類の累帯構造がしばしば観察される．それは核が常に緑閃石であり，その周縁をクロス閃石あるいはサブカルシック角閃石が取囲んでいる．それらのEPMA分析の1例をTable 2に示す．

しかし，Ⅳ帯の角閃石類は鏡下では均質な1相の鉱物として産出する場合の方が多い．このような角閃石類をアイソダイナミックセパレーターとクレリチ氏重液で完全に分離し，湿式分析を行った（Table 3）．分析した藍閃石はすべてクロス閃石に相当するが，Ⅲ帯のものはⅣ帯のものに比べてややリーベック閃石成分に富む傾向を示す（Fig.5）．

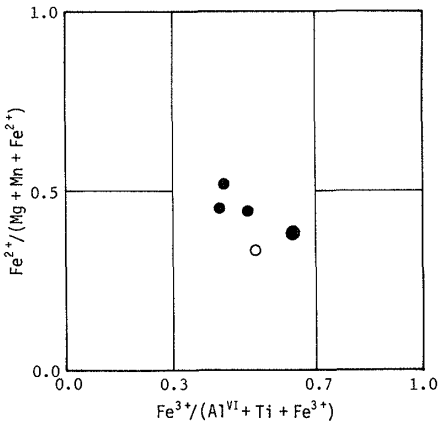

Fig. 5. Composition field of alkali amphiboles from Ishigaki-jima. The large and small circles represent crossites from zone Ⅲ and zone Ⅳ, respectively. The open symbol shows EPMA analysis.

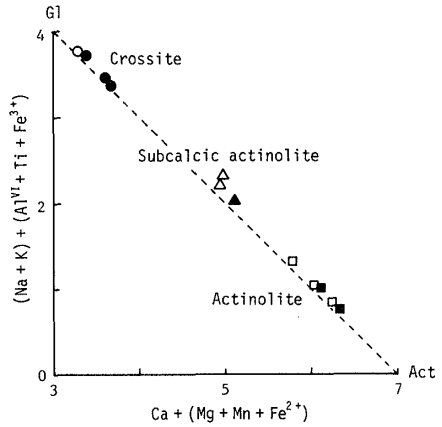

Fig. 6. Composition relation of amphiboles in zone Ⅳ of Ishigaki-jima. The open and solid symbols represent EPMA and wet-chemical analyses, respectively.

Table 2. EPMA analyses of zoned amphiboles in zone Ⅳ of Ishigaki-jima.

No.	1		2		3	
	rim	core	rim	core	rim	core
SiO_2	54.48	52.45	49.79	52.15	51.02	53.24
TiO_2	0.06	0.02	0.19	0.11	0.11	0.02
Al_2O_3	7.25	3.23	6.19	3.19	6.27	2.60
FeO*	17.03	15.07	18.57	16.32	16.31	14.14
MnO	0.23	0.42	0.32	0.33	0.34	0.32
MgO	9.16	13.64	10.41	12.81	12.14	15.47
CaO	2.35	10.49	8.04	10.41	7.19	10.90
Na_2O	6.42	1.13	2.98	1.75	4.01	1.31
K_2O	0.09	0.11	0.22	0.20	0.16	0.13
Total	97.07	96.56	96.71	97.27	97.55	98.13
Fe_2O_3	9.85	2.46	8.31	5.83	7.01	5.65
FeO	8.16	12.85	11.09	11.07	10.01	9.05
Total	98.05	96.80	97.54	97.85	98.26	98.69
Atomic ratios						
Si	7.712	7.671	7.299	7.577	7.351	7.586
Al^{IV}	0.288	0.329	0.701	0.423	0.649	0.414
Al^{VI}	0.922	0.228	0.368	0.124	0.416	0.023
Ti	0.007	0.003	0.021	0.012	0.012	0.003
Fe^{3+}	1.049	0.271	0.917	0.638	0.759	0.606
Fe^{2+}	0.967	1.572	1.360	1.345	1.206	1.079
Mn	0.027	0.052	0.040	0.041	0.041	0.039
Mg	1.933	2.973	2.274	2.774	2.607	3.285
Ca	0.356	1.644	1.263	1.620	1.110	1.664
Na	1.763	0.320	0.847	0.492	1.120	0.361
K	0.017	0.021	0.041	0.037	0.029	0.024
Total	15.021	15.084	15.131	15.083	15.300	15.084

Analyst: A. MINAMI

* is total iron as FeO. The amphibole formulas are calculated on the basis of the total number of cations determined by wet-chemical analyses (Table 3).

1. Zoned crossite(rim)-actinolite(core) composite grain from crossite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (78220-15). About 1.5 km NE of Ibaruma.
2. Zoned subcalcic actinolite(rim)-actinolite (core) composite grain from subcalcic actinolite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (78218-4). About 2.5 km NE of Akaishi. The zoned amphiboles are very scarce and almost all amphiboles are chemically homogeneous in this rock: The homogeneous ones were separated and analyzed by wet method (column No. 5 in Table 3).
3. Zoned subcalcic actinolite(rim)-actinolite (core) composite grain from subcalcic actinolite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (78220-20). About 1.5 km NE of Ibaruma.

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

サブカルシック角閃石は，湿式分析とEPMA分析で，Ca＝1.110～1.263，Si＝7.299～7.488を示すサブカルシック緑閃石に相当する．鏡下ではさらにZの軸色が濃い青緑色を示すものもしばしば認められるが，まだ分析を行っていない．これらはバロワ閃石に相当するものと考えられる．Ⅳ帯に出現する3種類の角閃石類の組成領域をFig. 6に示す．

なお，八重山変成岩類の塩基性変成岩に藍閃石が出現するかしないかは，母岩の組成とくに$Fe_2O_3/FeO+Fe_2O_3$と$MgO/MgO+FeO+Fe_2O_3$の比に支配されていることが，すでに黒田・宮城（1967）と松本（1971）によって指摘されている．

K－Ar年代

石垣島のⅡ・Ⅲ・Ⅳ帯からの代表的な泥質片岩各1試料とⅣ帯の塩基性片岩1試料の計4試料中の白雲母について，東北大学理学部岩鉱教室植田研究室の分析機を使用して，中村がK－Ar年代の測定を行った．測定試料はほとんど完全に分離された80～150メッシュの白雲母を使用した．なお，Ⅰ帯の岩石は細粒すぎて，白雲母の分離ができなかった．

測定結果はTable 4とFig. 4に示されるように，159Ma～175Maを示し，ジュラ紀中期～後期の時代にあたる．これ

Table 3. Chemical compositions of amphiboles from Ishigaki-jima.

No.	1	2	3	4	5	6	7
Zone	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
SiO_2	54.72	54.37	53.80	54.91	50.97	53.74	52.83
TiO_2	0.24	0.32	0.25	0.29	0.31	0.17	0.13
Al_2O_3	4.62	6.73	6.84	6.22	5.36	2.98	3.68
Fe_2O_3	10.45	6.78	7.17	8.89	6.04	1.39	2.27
FeO	9.90	12.11	13.59	11.17	13.13	11.56	13.14
MnO	0.18	0.22	0.22	0.14	0.28	0.26	0.25
MgO	9.10	8.17	7.02	7.90	10.07	14.52	12.92
CaO	2.44	2.83	2.70	1.78	7.97	11.48	10.78
Na_2O	6.09	5.84	5.96	6.55	3.01	1.06	1.47
K_2O	0.15	0.14	0.10	0.09	0.25	0.13	0.18
H_2O+	2.13	2.28	2.00	2.24	2.24	2.24	2.36
H_2O-	0.22	0.09	0.11	0.10	0.08	0.07	0.10
P_2O_5	0.01	0.02	tr.	tr.	tr.	0.02	0.01
Total	100.25	99.90	99.76	100.28	99.71	99.62	100.12
Atomic ratios (O = 23, anhydrous basis)							
Si	7.848	7.813	7.787	7.852	7.488	7.749	7.668
Al^{IV}	0.152	0.187	0.213	0.148	0.512	0.251	0.332
Al^{VI}	0.629	0.953	0.954	0.900	0.417	0.255	0.298
Ti	0.026	0.035	0.027	0.031	0.035	0.018	0.014
Fe^{3+}	1.127	0.734	0.781	0.957	0.667	0.151	0.248
Fe^{2+}	1.188	1.455	1.645	1.336	1.613	1.394	1.595
Mn	0.022	0.027	0.027	0.017	0.034	0.032	0.031
Mg	1.945	1.750	1.514	1.683	2.205	3.120	2.794
Ca	0.375	0.436	0.418	0.272	1.255	1.774	1.676
Na	1.694	1.627	1.673	1.816	0.858	0.296	0.413
K	0.028	0.026	0.019	0.017	0.048	0.024	0.033
Total	15.034	15.043	15.058	15.029	15.132	15.064	15.102

Analyst: Y. NISHIMURA

1. Crossite from crossite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (79316-9). About 750 m NE of O-saki.
2. Crossite from crossite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (79319-5). Tadefu-saki.
3. Crossite from crossite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (79319-8). Tadefu-saki. The white mica was used in K－Ar dating and shown in column No. 3 in Table 4.
4. Crossite from crossite-epidote-chlorite-albite schist (79319-16). About 1.5 km NW of Hirano.
5. Subcalcic actinolite from subcalcic actinolite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (78218-4). About 2.5 km NE of Akaishi. Trace amounts of zoned amphiboles are locally found. They were also analyzed by EPMA method and shown in column No. 2 in Table 2.
6. Actinolite from actinolite-epidote-chlorite-white mica-albite schist (79318-5). About 1.5 km NE of Ibaruma.
7. Actinolite from actinolite-epidote-chlorite-calcite-albite schist (79318-6). About 1.5 km NE of Ibaruma.

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

Table 4. K－Ar ages of white micas from the Yaeyama metamorphic rocks.

No.	Specimen No.	Zone	Mineral	Sample wt.(g)	K(%)	$^{40}Ar^{R}/^{40}K$	Air contamination (%)	Age (Ma)
1	79320-3	II	White mica	1.0166	9.07	0.009666	3.88	159
2	79316-16	III	White mica	0.9979	6.96	0.009798	3.07	161
3	79319-8	IV	White mica	1.1177	8.43	0.010876	0.77	167
4	79314-1	IV	White mica	0.9881	7.52	0.010702	4.15	175

Analyst: E. NAKAMURA

1. Pelitic schist (white mica-chlorite-albite-quartz-carbonaceous material-apatite) from about 1.2 km SW of Kara-dake.
2. Pelitic schist (white mica-chlorite-albite-quartz-carbonaceous material-apatite) from O-saki.
3. Basic schist (crossite-epidote-chlorite-white mica-albite-quartz-sphene-opaque minerals) from Tadefu-saki. The crossite was analyzed and shown in column No. 3 in Table 3.
4. Pelitic schist (white mica-chlorite-garnet-albite-quartz-carbonaceous material-apatite) from Tomuru-saki.

らはSHIBATA *et al.* (1968, 1972) がトムル崎に産するIV帯の泥質片岩中の白雲母で測定した値（K－Ar＝178 Ma, Rb－Sr＝202 Ma, 同一試料）にほぼ対応している．なお僅少差ではあるが，II帯からIII帯を経てIV帯へと年代値が少しずつ古くなっていることも興味深い．

年代計算に用いた定数は $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}\,yr^{-1}$, $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10}\,yr^{-1}$, $^{40}K/K = 1.167 \times 10^{-4}$, $^{40}Ar^{R}$：radiogenic argon 40 である（STEIGER & JÄGER, 1977）．なお，小論に引用した放射年代値は，新しい壊変定数（STEIGER & JÄGER, 1977）に基づいて，再計算した値を使用している（松本・柴田，1977；柴田ほか，1979）．

あ と が き

石垣島を中心とする八重山変成岩類の変成作用について，これまでに得られた概要を報告した．現在研究途上であるので，詳しい議論は差し控えるが，２・３の点を指摘しておきたい．八重山変成岩類の全分布域は，特徴的な変成鉱物及びその組合せに基づいて，４帯に分帯された（Figs. 3, 4）．I帯は富崎層に相当し，II・III・IV帯がトムル層に相当するが，この両者が累進変成作用によるものかどうかは未解決である．しかし，トムル層のII・III・IV帯は累進変成作用による産物であり，その相系列が典型的な高圧中間群（MIYASHIRO, 1961）あるいは高圧型変成作用（MIYASHIRO, 1973）に相当することは明らかである．また，II帯からIII帯を経てIV帯に至る累進的変化が層序関係とは逆相関の関係にあり，層序的に下位から上位へ向けて変成度が上昇していることはとくに重要であろう．このような性質は三波川帯のそれに類似し，三郡帯や長崎変成岩類の性

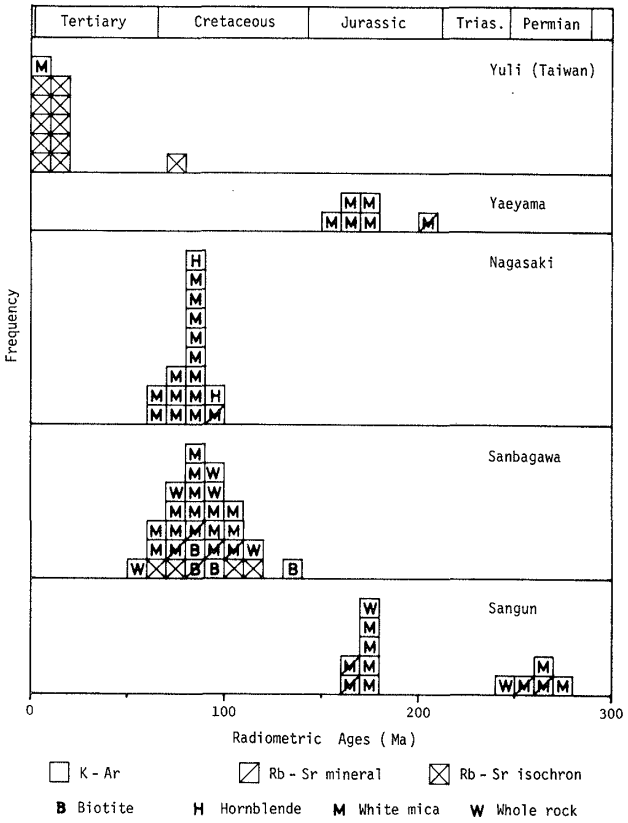

Fig. 7. Frequency distribution of radiometric ages for the high-pressure metamorphic rocks from Southwest Japan and Taiwan. All cited ages are recalculated using the standard set of decay constants recommended by the IUGS Subcommission on Geochronology (STEIGER & JÄGER, 1977).

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

質とは逆である．これに対してトムル層の放射年代値は，西南日本と台湾の高圧型変成帯の放射年代値のうち三郡帯の若い年代群（NISHIMURA *et al.*, 1983）に類似しているが，三波川変成岩類，長崎変成岩類及び台湾の玉里帯の変成岩類（YEN & ROSENBLUM, 1964；JAHN & LIOU, 1977）の年代群よりははるかに古い（Fig. 7）．八重山変成岩類の帰属問題は変成岩類自身の研究を深めるとともに，より総合的な立場からの検討が必要であると考えられる．

稿を終るにあたり，八重山変成岩類について有益なご教示をいただいた琉球大学木崎甲子郎教授と茨城大学橋本光男教授，ならびに台湾の変成岩類についてお教えいただいた国立中央大学顔　滄波教授に深甚の謝意を表する．また，琉球大学藤井安氏は現地での密林中の調査に協力され，岩石試料の一部を供与された．広島大学南朝生氏にはEPMA分析をお願いした．民宿明石荘の安里周勝氏ご夫妻には現地で調査上の便宜を計っていただいた．これらの方々にも厚くお礼申し上げる．なお，研究費の一部に文部省科学研究費（課題番号454282）を使用した．ここに記して，当局に感謝の意を表明する．

文　献

荒木　裕・中川久夫，1978：西表島の八重山層群．琉球列島の地質学研究，**3**，53－60．

FOSTER, H. L., 1965：Geology of Ishigaki-shima, Ryûkyû-rettô. *Prof. Pap. U.S. Geol. Surv.*, 399－A, 1－119.

HANZAWA, S., 1935：Topography and geology of the Riukiu Islands. *Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ.*, 〔II〕, **17**, 1－61.

HASHIMOTO, M., 1974：Riebeckite-aegirine-quartz schist of Ishigaki-shima. *Mem. Natn. Sci. Mus. Tokyo,* no. 7, 19－24.

JAHN, B. M. and LIOU, J. G., 1977：Age and geochemical constraints of glaucophane schists of Taiwan. *Memoir Geol. Soc. China,* no 2, 129－140.

賀田貞一，1855：沖縄宮古八重山紀行．東京地学協会報告，no. 5，3－46．

河野義礼・植田良夫，1966：本邦産火成岩のK－A dating (V)－西南日本の花崗岩類－．岩鉱，**56**，191－211．

木崎甲子郎，1976：対話「琉球列島の地質」－帯状構造論をめぐって－．海洋科学，**9**，7－12．

――――・高安克己，1975：琉球列島の成立．海洋科学，**8**，50－56．

――――・渡辺暉夫，1977：琉球弧の変成帯，とくに八重山変成岩類について．秀　敬編：三波川帯，広島大出版研究会，283－288．

小西健二，1965：琉球列島（南西諸島）の構造区分．地質雑，**71**，437－457．

小藤文次郎，1897：琉球弧嶋の地質構造．地質雑，**5**，1－12．

黒田吉益・宮城宏之，1967：沖縄，石垣島の変成岩類．柴田秀賢教授退官記念論文集，148－152．

黒岩　恒，1899：石垣島(1)・(2)．地質雑，**6**，283－289；307－311．

松本達郎・柴田　賢，1977：顕生時代の年代尺度．科学，**47**，404－412．

松本徰夫，1971：八重山群島西表島の変成岩類．松下久道教授記念論文集，49－55．

MIYASHIRO, A., 1961：Evolution of metamorphic belts. *Jour. Petrol.*, **2**, 277－311.

都城秋穂，1965：変成岩と変成帯．458p.，岩波書店，東京．

MIYASHIRO, A., 1973：*Metamorphism and metamorphic belts.* 492p., George Allen & Unwin, London.

NISHIMURA, Y., NAKAMURA, E. and HARA, I., 1983：K－Ar ages of Sangun metamorphic rocks in Yamaguchi Prefecture and their geologic significance. *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **78**, 11－20.

SAITO, Y., TIBA, T. and MIYAGI, H., 1973：Geology of Iriomote-jima, Ryukyu Islands. *Mem. Natn. Sci. Mus. Tokyo,* no. 6, 9－22.

SCHÜRMANN, H. M. E., 1958：The geology of the glaucophane rocks in Taiwan, India, Iraq and New Caledonia. *Geol. Mijinb.*, **20**, 133－145.

SHIBATA, K., KONISHI, K. and NOZAWA, T., 1968：K-Ar age of muscovite from crystalline schist of the northern Ishigaki-shima, Ryukyu Islands. *Bull. Geol. Surv. Japan,* **19**, 529－533.

柴田　賢・WANLESS, R. K.・加納　博・吉田　尚・野沢保・猪木幸男・小西健二，1972：日本列島の2，3のいわゆる基盤岩類のRb－Sr年令．地調月報，**23**，505－510．

――――・内海　茂・中川忠夫，1979：K－Ar年代測定結果－1．地調月報，**30**，675－686．

篠田良明・木崎甲子郎，1976：八重山群島，小浜島の地質．琉球列島の地質学研究，**1**，37－42．

白尾元理・土井宣夫・中川久夫，1976：琉球列島石垣島の地質について．琉球列島の地質学研究，**1**，21－33．

STEIGER, R. H. and JÄGER, E., 1977：Subcommission on geochronology：convention on the use of decay

NII-Electronic Library Service

The Geological Society of Japan

constants in geo- and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Letts.*, **36**, 359－362.

渡辺暉夫・木崎甲子郎, 1978：石垣島八重山変成岩類の変形・変成史概報. 琉球列島の地質学研究, **3**, 11－17.

YEN, T. P. and ROSENBLUM, S., 1964：Potassium-argon ages of micas from the Tananao schist terrane of Taiwan － A preliminary report. *Proc. Geol. Soc. China,* no 7, 80－81.

YOSHIWARA, S., 1901：Geologic structure of the Riukiu (Loochoo) curve, and its relation to the northern part of Formosa. *Jour. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo,* **16**, 1－67.

YOSSII, M., 1935：On some glaucophane-rocks from the Ryûkyû archipelago. *Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ.,* [II], **16**, 225－248.

NII-Electronic Library Service