

長野県和田村第三紀石英閃緑岩中のペグマタイトと K-Ar 年代

柴田 賢* 青木 正博** 河内 晋平*** 山崎 哲良**** 小林 哲夫***

Description and K-Ar Age of Pegmatite in the Tertiary Quartzdiorite from Wada-mura, Nagano Prefecture, Central Japan

Ken SHIBATA, Masahiro AOKI, Shimpei KAWACHI,
Tetsuyoshi YAMAZAKI and Tetsuo KOBAYASHI

Abstract

The distribution and rock facies of quartzdiorite masses in the vicinity of Lake Suwa were reviewed, and a newly found pegmatite within the Wada mass was mineralogically described. Further, K-Ar age determinations were made on biotite and orthoclase from the pegmatite.

The pegmatite is composed of quartz, orthoclase (Or 75.4, Ab 22.9, An 1.8 mol%), albite (Ab 97.4, An 1.3, Or 1.3 mol%), andesine (Ab 69.3, An 23.8, Or 6.9 mol%), biotite and hornblende, associated with minor amounts of stilbite, ilmenite, pyrite, chlorite and montmorillonite.

K-Ar ages of biotite and orthoclase from the pegmatite are 7.3 and 7.0 m.y. respectively, indicating that the pegmatite was formed in the late Miocene.

1. ま え が き

中部日本の諏訪湖周辺から北東にのびるいわゆるムラサメ帯(フォッサ・マグナ研究グループ, 1958)には, 主として緑色凝灰岩類中に侵入した, 多数の花こう閃緑岩-石英閃緑岩体の存在が知られている。これらのうち, とくに諏訪湖周辺に分布する岩体の全てあるいは一部については, 古くは本間(1931)によって検討が加えられ, また最近では沢村・大和(1953), 小林(1955, 1957), 長野県地学会(1962), 飯島ほか(1963), 河野・植田(1966), 相馬(1967), UTADA(1973), 諏訪教育会(1975)などによってさまざまな分野から研究されてきた。

山崎ほか(1976)は, これらのうちの1つ(和田岩体)から, 石英・正長石¹⁾・黒雲母・角閃石などからなる顕著なペグマタイト部を新たに発見, 報告している。この

報告では, この地域の石英閃緑岩体の分布・岩相などを概観(主として河内・山崎・小林が分担)し, とくに和田岩体中のペグマタイト鉱物の特徴(分担: 青木)と, 新たに決定された K-Ar 年代(分担: 柴田)についてのべる。

発表に当たり, 御指導と御討議をいただいた東京大学湊秀雄教授, 北海道大学橋本誠二教授, 島根大学小林英夫教授, 地質調査所矢島淳吉技官に厚く御礼申し上げます。また, 野外調査について御教示いただいた東海大学第四高等学校武藤千年校長, 薄片を製作していただいた北海道大学渡辺家隆氏, 現地での宿泊について多大の御便宜をいただいた和田村の佐藤かけを氏に厚く御礼申し上げます。年代測定実験には地質調査所内海茂技官の御援助をいただいた。

2. 石英閃緑岩体の特徴の概観

第1図に石英閃緑岩類の分布を示す。これらは図のように主たる分布域によって, 松本・美が原・糸里・落合・和田・下諏訪・茅野・大泉山・小泉山・その他の各

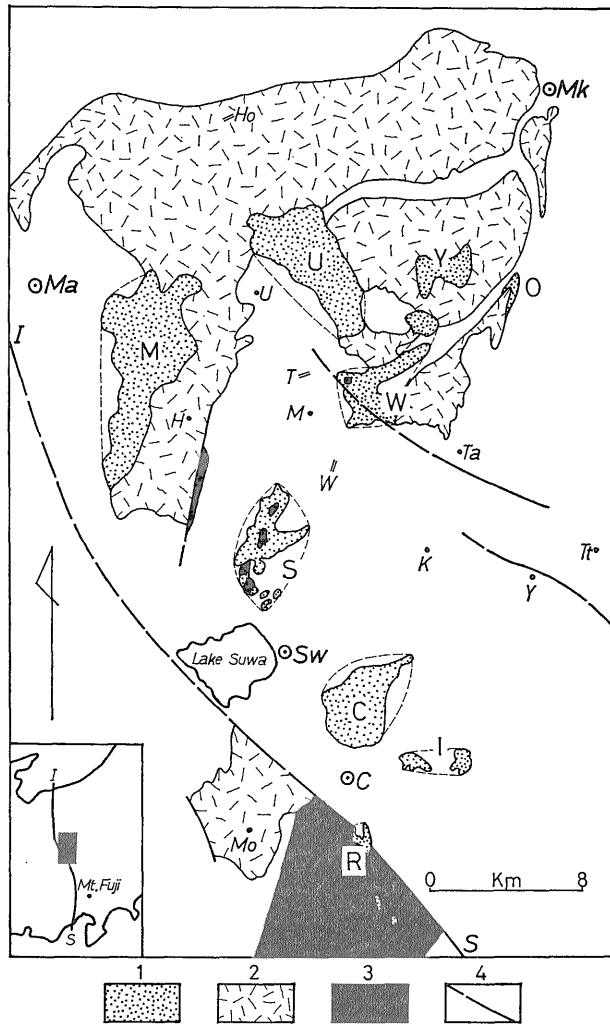
* 技術部

** 東京大学教養学部

*** 北海道大学理学部

**** 東海大学第四高等学校(札幌市南区南の沢)

1) マイクロクリンと記載したが訂正する。



1: 石英閃緑岩類 2: 緑色凝灰岩類 3: 三波川変成岩類 4: (推定) 断層
 M: 松本岩体 U: 美ヶ原岩体 Y: 余里岩体 O: 落合岩体 W: 和田岩体 (黒丸はペグマタイト脈産地) S: 下諏訪岩体 C: 茅野岩体 I: 大泉山-小泉山岩体 R: その他の岩体
 I-S: 糸魚川-静岡線 Ma: 松本市 Mk: 丸子町 Sw: 諏訪市 C: 茅野市 Ho: 保福寺峠 U: 美ヶ原 T: 那岐 H: 鉢伏山 M: 三峯山 W: 和田峠 Ta: 鷹山 Tt: 蓼科山 K: 霧ヶ峯 Y: 八子ヶ峯 Mo: 守屋山

第1図 石英閃緑岩類分布図

岩体に9分される。これらの岩体の大きさ・主岩相・随伴岩相などの特徴を、まとめて第1表に示す。表示のように、これらの岩体の主岩相は花こう閃緑岩・石英閃緑岩・閃緑岩・輝緑岩などからなり、随伴岩相としては閃緑岩・ひん岩・輝緑岩・プロピライト・流紋岩・ドレライトなどを伴う。これら主岩相と随伴岩相とは、互いに密接に伴いあい、野外においてせまい範囲内で相互に漸移しあっている。このような特徴は、すでに UTADA (1973) によって指摘されているように、これらの岩体が、

volcano-plutonic complex をなしていることを示している。これらの岩体中から、和田岩体で見出されたようなペグマタイトは、まだみつかっていない。

3. 和田岩体とペグマタイト鉱物

和田岩体は和田村上和田付近から美ヶ原にいたる野々入川沿い、男女倉口および接待の上部にかけて、3×6 kmの北東にのびた形を示して分布する岩体である。第2表に、主として山崎ほか (1976) による和田峠付近の火山

第1表 石英閃緑岩類の特徴

岩体名 (記号)	大きさ (km)	主 岩 相	随 伴 岩 相	メ モ
松本岩体 (M)	5×12	中ないし粗粒 花こう閃緑岩 - 角閃石黒雲母 石英閃緑岩	角閃石閃緑岩 ひん岩	塩基性捕かく岩に富む
美ガ原岩体 (U)	4×8	中ないし粗粒 角閃石黒雲母花こう閃緑岩 - 石英閃緑岩	ひん岩	塩基性捕かく岩に富む
余里岩体 (Y)	2×3	細粒 角閃石石英閃緑岩	輝緑岩 プロピライト	主岩相の一部, 岩脈を形成
落合岩体 (O)	0.8×2	細ないし中粒 石英閃緑岩 - 角閃石閃緑岩	輝緑岩 流紋岩	主岩相の一部, 岩脈を形成
和田岩体 (W)	3×6	細ないし粗粒 黒雲母花こう閃緑岩 - 角閃石石英閃緑岩	輝緑岩・ドレライト ひん岩・プロピライト	ペグマタイト {7.3 m.y. (黒雲母) イト脈 {7.0 m.y. (正長石) 8.6 m.y. (男女倉口)}
下諏訪岩体 (S)	2×7 ほか	細ないし中粒 黒雲母花こう閃緑岩 - 石英閃緑岩	輝緑岩 ひん岩 プロピライト	—
茅野岩体 (C)	4×5	細ないし粗粒 角閃石黒雲母花こう閃緑岩	—	8.5 m.y. アブライト脈を伴う
大泉山 - 小泉山岩体 (I)	0.14×2	細粒・輝緑岩	石英閃緑岩	—
その他の岩体 (R)	0.1×1.6 ほか	中ないし粗粒 黒雲母花こう閃緑岩	—	—

表中の輝緑岩は、輝石・石灰質斜長石からなる完晶質オフィティック組織の岩石。
メモ欄の数字は K-Ar 年代。

第2表 和田峠付近火山岩類の層序

時 代	層 序 (層厚 m)	火成岩類・同位体年代など
第四紀 洪積世	霧ガ峯火山岩類 (300+)	0.71-1.35 m.y. ¹⁾ 1.20-1.58 m.y. ²⁾ (塩嶺・美ガ原安山岩)
	和田峠火山岩類 (400)	
	美ガ原-鷹山火山岩類 (900)	
新第三紀	八丁倉沢層 (300)	鷹山断層
	仏岩火砕岩 (150+)	石英閃緑岩類
第三紀 中新世	小滝山火山岩類 (500)	和田岩体 (唐沢石英閃緑岩) { 7.3 m.y. ³⁾ 7.0 m.y. ⁴⁾ } 仙道沢口ペグマタイト 8.6 m.y. ³⁾ 男女倉口 茅野岩体 8.5 m.y. ³⁾
	松沢緑色凝灰岩類 (600+)	

- 1) 黒曜石のフィッシュン・トラック年代
- 2) 安山岩 (全岩) の K-Ar 年代
- 3) 黒雲母の K-Ar 年代
- 4) 正長石の K-Ar 年代

岩類の層序を示す。表中の松沢緑色凝灰岩類と小滝火山岩類は、長野県地学会 (1962) では、グリーン・タフ相である守屋果層あるいは内村果層とほぼ同時代と考えられる地層である。この和田岩体 (山崎ほか (1976) の唐沢石英閃緑岩) は、これらを買き、一部では接触変成を与えている。この表にはまた、参考のため、和田岩体男女倉口および茅野岩体 (河野・植田, 1969), 塩嶺—美が原安山岩 (MOMOSE et al., 1966; 兼岡・小嶋, 1970) および和田峠火山岩類 (KANEOKA, 1969; 鈴木, 1969; KANEOKA and SUZUKI, 1970; 鈴木, 1970; SUZUKI, 1970) などの同位体年代をも示した。

この岩体の南部には、北西—南東方向に鷹山断層が走り (第 1 図参照)、断層線付近では多数の破碎帯が発達しており、風化がはげしい。岩石は灰ないし暗灰色、ときに桃色、細ないし粗粒の黒雲母花こう閃緑岩—角閃石石英閃緑岩からなり、ところによって黒色細粒の輝緑岩・ドレライト、暗緑色細粒のひん岩やプロピライトに移化している。粗粒岩の角閃石は 1 cm を超える。岩体全体をつうじて、暗色楕円形のオートリスが普遍的に含まれており、ときに径 20 cm に達する。黄鉄鉱染は強弱はあるが各地で認められる。ここでとくに、ペグマタイト鉱物が見出された和田川沿いでは、粗粒の黒雲母花こう閃緑岩中に、幅 4 m までのアプライト脈 (走向・傾斜は EW・N50°, N45°W・直立など) 多数が発達している。なお、河野・植田 (1966) は、この岩体の南東部・男女倉口の試料から 8.6 m.y. という K-Ar 年代を報告している。

ペグマタイト鉱物は、和田川の上流・仙道沢の入口から約 50 m 下流 (第 1 図黒丸地点, 36°10'38"N, 138°09'29"E)・左岸の崩壊部中から見出された (山崎ほか, 1976)。この付近の母岩は、主として角閃石黒雲母石英閃緑岩からなり、せまい範囲で暗緑灰色細粒の完晶質プロピライトまで岩相が変化している。ペグマタイト鉱物採集地点すぐ横には、幅 1 m, 走向・傾斜 N60°E・S20°のアプライト脈があり、石英・アンデシン・アルバイトなどからなり、モンモリロナイトを伴う。しかし、Plate (後述) に示したような大型の黒雲母などからなる脈部そのものは、露頭としてはまだ見出されていない。このため、母岩から脈部への移行の様子を直接観察することはできないが、この地点での転石による観察では、1) 石英閃緑岩からシャープにペグマタイト脈に移行している場合; 2) 幅約 20 cm の範囲で 80% (容量) 以上、5 mm 大の角閃石 (残り約 20% は斜長石・石英および極微量の黄鉄鉱など) からなる岩石を形成し、ついで、脈側に向かってまた次第に斜長石量が増加し、角閃石と斜長石

がほぼ 50% ずつとなったところで、長さ・幅ともに約 1 cm の角閃石帯をへだてて、やや大型 (厚さ 1 cm・幅 5 cm) の黒雲母・正長石・石英などからなるペグマタイト脈に移行している場合; 3) 2) にのべた角閃石に富む部分から、ほとんど斜長石 (アンデシン) のみからなり、ごく少量の正長石・黄鉄鉱と束沸石を伴う、幅 30 cm, 中粒の優白岩を形成している場合、などがある。この場合は、さらに内側に、より大型のペグマタイト鉱物が形成されていると考えられる。なお、今回の年代決定は、黒雲母については上述 2) のやや大型の試料で、正長石については崖錐状堆積物中から採集した巨晶によって行われた。

4. 鉱物の同定・分析法および K-Ar 年代の測定法

ペグマタイト産諸鉱物の同定は、主として X 線粉末法により、補助手段として化学分析を行い、裏付けとした。分析操作の概要は、サンプルの粗碎→手選→微粉末化→X線による同定と不純物のチェック、という順序で行った。

次に、珪酸塩鉱物は粉末を 3 分し、

サンプル 1: $H_2SO_4 \cdot HF$ により分解後、原子吸光法で $CaO \cdot MgO \cdot MnO \cdot Fe_2O_3$ (total Fe) $\cdot Al_2O_3$ 、炎光法で $Na_2O \cdot K_2O$ 、比色法で TiO_2 を定量。

サンプル 2: Na_2CO_3 とともに融解後、脱水重量法で SiO_2 を定量。

サンプル 3: 熱天秤により $H_2O^+ \cdot H_2O^-$ を定量。

イルメナイトは、硫酸水素カリで融解し硫酸酸性溶液として、比色法で $TiO_2 \cdot SiO_2$ を、原子吸光法で $MgO \cdot MnO \cdot Fe_2O_3$ (total Fe) $\cdot Na_2O \cdot K_2O \cdot CaO \cdot Al_2O_3$ を定量した。

使用装置は島津 MAF 原子吸光・炎光分析装置、島津ボシエロムスペクトロニック 20 比色計、島津 DT 20 B 熱天秤である。

K-Ar 年代測定はペグマタイトから分離、精製した黒雲母および正長石について実施した。鉱物中のアルゴン抽出・精製は石英・パイレックスガラス製の高真空装置内で行い、試料を約 1,300°C で 20 分間加熱、チタンスポンジでガスを精製した。アルゴン同位体比の測定は Reynolds 型質量分析計を用いて静作動方式で行った。カリウムの定量は原子吸光法によった。

年代の計算に用いた定数は、 $\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10}/y$, $\lambda_e = 0.584 \times 10^{-10}/y$, $^{40}K/K = 0.0119$ atom % である。年代に伴う誤差は、カリウムとアルゴンの定量に伴う誤差にもとづいて推定されたもので、 1σ の値として示した。

5. ペグマタイト鉱物の特徴

採集したペグマタイト産鉱物の特徴は以下のとおりである。

石英：乳白色，半透明，正長石の間隙をうめて多産。一部は晶洞中に小自形を呈する。なお，前者の石英中の包有物の充填温度の測定値は 310-320°C である (山崎ほか，1976)。

正長石：淡紅灰色または白色，最も多量，塊りとして最大のものは径 50 cm，結晶面またはへき開面の大きさは最大 5×20 cm に達する (Plate)。化学成分 (mol %，以下同じ。分析法は前述) は，Or 75.4・Ab 22.9・An 1.8。なお，この正長石のごく一部に，小型のレンズ状あるいは網状に特徴ある青い閃光を呈する部分が認められる。その部分の化学成分は，Or 69.3・Ab 30.7・An 0.0。石英との文象構造は見出されていない。

アルバイト：白色，正長石の間隙をうめ，あるいは石英・正長石中の晶洞に産する。化学成分は，Ab 97.4・An 1.3・Or 1.3。

アンデシン：白色，ペグマタイト脈の縁辺部で正長石と共生。化学成分は，Ab 69.3・An 23.8・Or 6.9。

黒雲母：石英・正長石とともに多産。黒色・六角板状の自形あるいは核に正長石を含んで特徴ある三角錐をなすことが多い (Plate 参照)。単結晶として最大のものは長径 20 cm。

角閃石：緑黒色，鏡下で緑色，単結晶として最長 6 cm に達する。既述 3) の優白岩に接する角閃石帯の角閃石の化学成分を第 3 表に示す。化学成分から推して普通角閃石と同定してよいであろう。

第 3 表 角閃石の化学成分

(分析: 青木)

wt %			
SiO ₂	44.30	Si	6.44
TiO ₂	2.62	Al	1.56
Al ₂ O ₃	9.49	Al	0.07
Fe ₂ O ₃	11.10	Ti	0.29
MnO	0.48	Fe ⁺² , Fe ⁺³	1.21
MgO	13.82	Mn	0.06
CaO	12.70	Mg	2.99
Na ₂ O	1.47	Ca	1.98
K ₂ O	0.59	K	0.11
H ₂ O ⁺	2.60	Na	0.41
H ₂ O ⁻	0.41	OH	2.92 ¹⁾
Total	99.58		

1) 角閃石として多すぎるのは多少風化しているためであろう。

束沸石：白ないし淡褐色，正長石・石英中に細脈を形成。既述 3) の優白岩中のものは，透明な淡黄色を呈し，放射状の小集合体をなす。化学成分は Ca の端成分に近い。

イルメナイト：黒色，亜金属光沢，角閃石に伴う。化学成分を第 4 表に示す。

第 4 表 イルメナイトの化学成分

(分析: 青木)

TiO ₂	47.00 wt %
FeO ¹⁾	42.60
MnO	2.73
MgO	1.07
SiO ₂ ²⁾	5.50
Total	98.90

1) 全鉄を Fe₂O₃ として求め，FeO に換算

2) 石英

黄鉄鉱：黄色，金属光沢，小結晶として角閃石に富む部分および晶洞などに散在。

緑泥石：淡緑色，つよい光沢を示す。アルバイトとともに石英・正長石中の晶洞に産出。

モンモリロナイト：淡桃色，正長石中の晶洞に産出。なお，以上のほか，この付近の石英閃緑岩の孔隙中には α-石英，節理面沿いには菱沸石 (無色透明，自形)，黄鉄鉱・磁硫鉄鉱などが認められる。

6. 年代測定結果の考察

和田岩体で発見されたペグマタイトの K-Ar 年代測定結果を第 5 表に示した。黒雲母の年代は 7.3±0.6 m.y.，

第 5 表 和田村産ペグマタイトの K-Ar 年代

鉱物	K ₂ O (%)	⁴⁰ Ar rad (10 ⁻⁶ cc (STP/g))	大気アルゴン混入率 (%)	年代 (m.y.)
黒雲母	9.01, 9.17	2.19	75.9	7.3±0.6
正長石	12.94, 12.65	2.98	64.2	7.0±0.4

正長石のそれは 7.0±0.4 m.y. である。深成岩中のカリ長石の K-Ar 年代は，共存する黒雲母の年代より若い場合が多いといわれる (例えば WETHERILL et al., 1955)。今回の測定結果もその傾向を示している。しかし，測定誤差を考慮すると，2つの年代 7.3 m.y. と 7.0 m.y. との間に有意の差があるとはいいがたい。

DALRYMPLE and LANPHERE (1969) は 95% の信頼度をもって 2つの年代値の間に有意の差があるというためには，みかけの年代差が次の式で表わされる Critical Value より大きくならなければならないとしている。

$$C.V. = 1.96 \left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} \right)^{1/2}$$

ここで、 σ_1, σ_2 は2つの年代値の標準偏差、 n_1, n_2 は測定回数である。これを今回の測定結果にあてはめると、C.V. は20% となり、2つの年代値の間に1.5 m.y. 以上の差がないと、95% の信頼度をもって有意の差があるとはいえないことになる。いずれにせよ、黒雲母と正長石の年代の間には有意の差は認められないといえる。

河野・植田 (1966) はこのペグマタイトが発見された和田岩体の南東部の岩石について 8.6 m.y.、また茅野岩体について 8.5 m.y. という黒雲母の K-Ar 年代を報告している。ペグマタイトはおそらく和田岩体の最末期に形成されたものであろうから、ペグマタイト鉱物の年代が石英閃緑岩の黒雲母年代よりやや若いのは一応うなづける。そこで、ペグマタイトと石英閃緑岩の年代との間に有意の差があるかどうかをたしかめるため、前述の C.V. を計算してみた。ペグマタイトを2回測定したことにしてその年代を 7.2 m.y. とし、年代誤差を 7% としてみると、C.V. は 17%、すなわち約 1.4 m.y. となり、かろうじて、95% の信頼度をもって有意の差があるといえることになる。

和田岩体は、この地域の他の石英閃緑岩体と同じく、volcano-plutonic complex をなしているとみられるから、深成岩に属する部分でも比較的浅所に貫入・固結したものと推定される。したがって求められたペグマタイト鉱物の K-Ar 年代は、そのままペグマタイト形成の時代を示すものと判断してよからう。

ところで、ペグマタイト鉱物の 7.3 m.y.、7.0 m.y. という年代は IKEBE et al. (1972) の新第三紀の Time-Scale (中新世: 23-6 m.y.) によれば、中新世末期ということになる。和田岩体は松沢緑色凝灰岩類を貫き、これに熱変成を与えている。そして仏岩火砕岩、八丁倉沢層、美が原-鷹山火山岩類などによって不整合におおわれている。松沢緑色凝灰岩類は守屋累層あるいは内村累層 (長野県地学会, 1962) とほぼ同時代の地層であり、その時代は中新世前期から中期に属している。八丁倉沢層は鮮新世あるいは第四紀とみられるが確かな証拠はない。美が原-鷹山火山岩類については、1.20-1.58 m.y. という K-Ar 年代測定結果がある (MOMOSE et al., 1966)。以上の事実は今回測定されたペグマタイトの K-Ar 年代と矛盾するものではない。

今回の K-Ar 年代測定値は、池辺ほか (1973) による小川期に相当する。石英閃緑岩類の貫入時期については、従来別所期・小川期の2つの考えがあった。前者は

小林 (1957)・歌代ほか (1958) に代表される。彼らは青木累層基底の礫岩中に緑色火山岩起源の礫が存在することから、後背地の隆起・削はくを想定し、この別所期末期の褶曲運動にともなって石英閃緑岩類が貫入したと考えた。とくに小林はひん岩類の野外観察から、変動時の貫入を重視し、この一連の運動にたいして“別所フェーズ”と命名した。なお小川累層を貫くひん岩類については、岩質が異なることから新期のものと考えている。

一方、後者の例としては、古くは本間 (1931) の考えがある。彼は石英閃緑岩体・小貫入岩体 (別所期以前の地層を貫く酸性の石英斑岩・ひん岩類) それに小川累層中の酸性噴出物を一体のものとしてとらえ、小川期貫入と考えた。なお、やや塩基性のひん岩類は、別所期よりも新期の地層中に多く、酸性のものとは区別し、柵期の塩基性の活動に対応させている。杉山ほか (1973) は、従来の標準層序に疑問をいだき、再定義しなおしたが、石英閃緑岩類の貫入時期については本間と同じ論拠から小川期としている。このようにとらえれば、得られた K-Ar 年代は池辺ほか (1973) の小川期と一致することになる。

ところで今までの議論では、ひん岩類のとらえ方にあいまいな点がある。北部フォッサ・マグナではひん岩類は大局的にみると石英閃緑岩類の周辺部に分布しており、本間の指摘した岩質上の差異をこえて、石英閃緑岩類の浅所相として考えてもよいように思われる。この地域のひん岩類の研究は少なく、火山-深成活動の一部としてとらえた岩石学的研究としては本間 (1931) がある。そのほかには、林ほか (1956)・歌代ほか (1958, 1959) などがある。

いずれにしても、石英閃緑岩類との関連でとらえたひん岩類の地質学的・岩石学的な研究と同位体年代測定が必要とされる。石英閃緑岩類の貫入は構造発達史上重要な問題であり、今後は“別所フェーズ”の内容をふくめて、より総合的に検討されねばならないだろう。

7. ま と め

中部日本の諏訪湖周辺に分布する石英閃緑岩類の分布と岩相の特徴を概観 (第1図・第1表) し、和田岩体で発見されたペグマタイト中の鉱物 (Plate) について記載した。さらに K-Ar 年代を決定した。

- 1: ペグマタイト中の鉱物は、石英・正長石 (Or 75.4・Ab 22.9・An 1.8, mol%, 以下同じ)・アルパイト (Ab 97.4・An 1.3・Or 1.3)・アンデシン (Ab 69.3・An 23.8・Or 6.9)・黒雲母・角閃石 (化学成分第3表) などを主とし、東沸石・イルメナイ

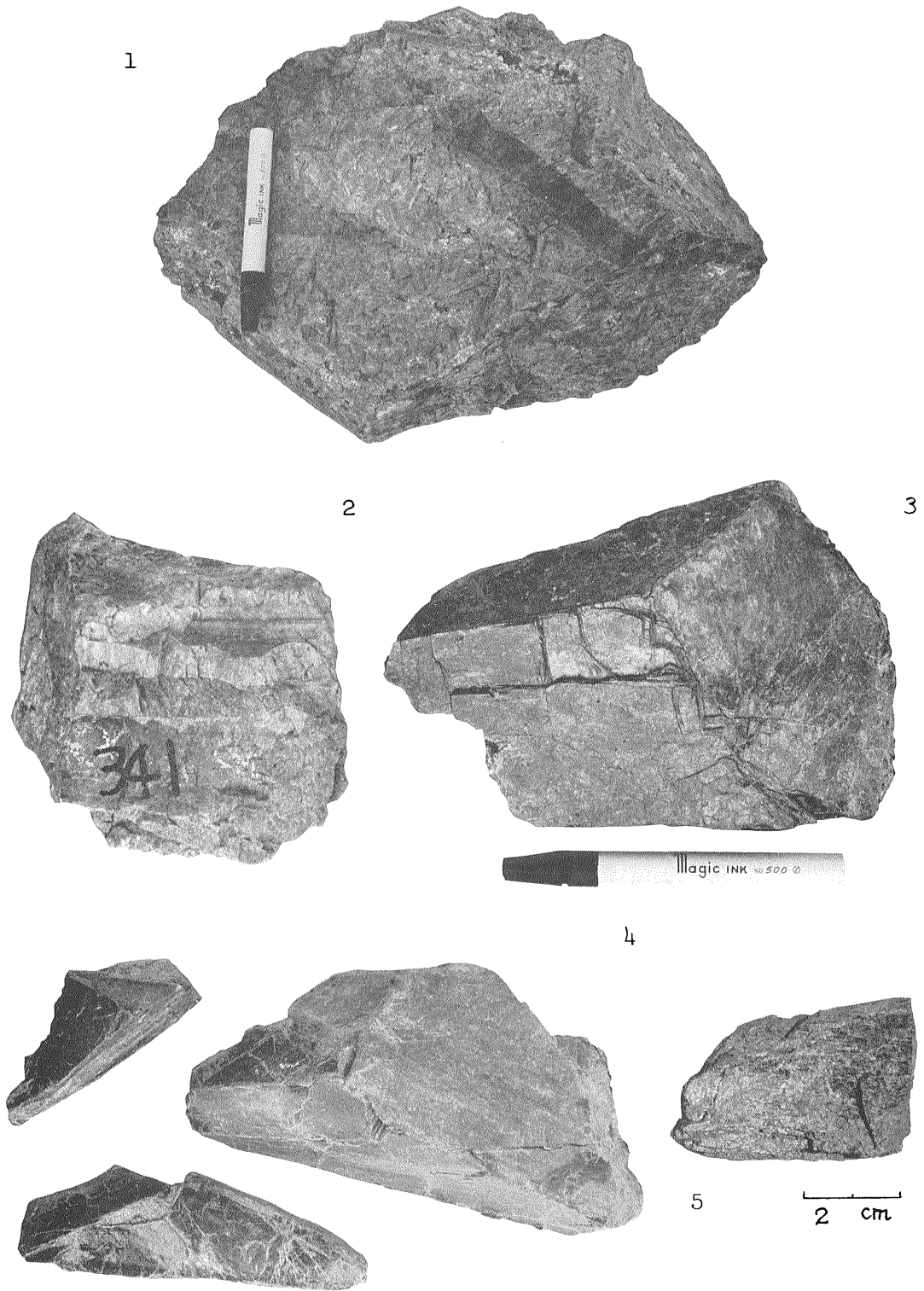
- ト (化学成分第 4 表)・黄鉄鉱・緑泥石・モンモリロナイトなどを少量伴う。
- 2: ペグマタイトの黒雲母と正長石の K-Ar 年代は、7.3 m.y. と 7.0 m.y. であり、ペグマタイトが中新世末期に形成されたことを示す。
- 文 献
- DALRYMPLE, G. B. and LANPHERE, M. A. (1969) *Potassium-argon dating*. 258 p., Freeman, San Francisco.
- フォッサ・マグナ研究グループ (1958) フォッサ・マグナの構造的意義。地球科学, no. 37, p. 29-33.
- 林 等・伊佐早晋・新田義信・水品静雄・山岸いくま・歌代 勤 (1956) 信州, 別所・青木地方の地質。地質雑, vol. 62, p. 388.
- 本間不二男 (1931) 信濃中部地質誌, 209 p., 信濃教育会上田小縣部会。
- 飯島南海夫・山岸いくま・甲田三男・石和一夫 (1963) 上田小縣誌, 第四巻, 自然編・地質。上田小縣教育会, p. 61-252.
- IKEBE, N., TAKAYANAGI, Y., CHIJI, M. and CHINZEI, K. (1972) Neogene biostratigraphy and radiometric time scale of Japan—An attempt at intercontinental correlation. *Pacific Geology*, vol. 4, p. 39-78.
- 池辺展生・高柳洋吉・千地万造・鎮西清高・池辺穰・中世古幸次郎・柴田 賢 (1973) 日本新第三系対比試案。地質学論集, no. 8, p. 215-219.
- KANEOKA, I. (1969) The use of obsidian for K-Ar dating. *Mass. Spectr.*, vol. 17, p. 514-521.
- and SUZUKI, M. (1970) K-Ar and fission track ages of some obsidians from Japan. *Jour. Geol. Soc. Jap.*, vol. 76, p. 309-313.
- 兼岡一郎・小嶋 稔 (1970) 日本の火山岩の放射性元素年代。火山, 2 集, vol. 15, p. 10-21.
- 河野義礼・植田良夫 (1966) 本邦産火成岩の K-A dating (IV)——東北日本の花崗岩類——。岩鉱, vol. 56, p. 41-55.
- 小林国夫 (1955) 長野県諏訪湖西方鉢伏山付近の地質。長野県地質調査報告, p. 155-171.
- (1957) フォッサ・マグナ地域の構造発達史。44 p., 地団研松本支部。
- MOMOSE, K., KOBAYASHI, K., YAMADA, T., OZIMA, M. and KANEOKA, I. (1966) Radiometric age of lava flows of the Enrei formations in central Japan (1). *Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, vol. 1, p. 93-96.
- 長野県地学会 (1962) 20 万分の 1 長野県地質図説明書。78 p., 内外地図。
- 沢村孝之助・大和栄次郎 (1953) 5 万分の 1 地質図幅説明書「諏訪」。45 p., 地質調査所。
- 相馬恒雄 (1967) 諏訪湖北部の地質と岩石——特に守屋変成岩と第三紀深成岩について——。富山大教育紀要, no. 15, p. 91-100.
- 杉山隆二・渡辺晃二・矢口良一・小野 和行 (1973) 長野県鹿教湯温泉周辺の新第三系と変質作用。地質学論集, no. 9, p. 203-213.
- 諏訪教育会 (1975) 諏訪の自然誌, 地質編, 531 p., 信教印刷。
- 鈴木正男 (1969) フィッショントラック法による黒曜石の噴出年代とウラン濃度の測定 (第 I 報)——石器時代黒曜石製石器の原産地推定に関する基礎的研究——。第四紀研究, vol. 8, p. 123-130.
- (1970) フィッショントラック法による黒曜石の噴出年代とウラン濃度の測定 (第 II 報)——本州中部, 伊豆諸島産出の黒曜石について——。第四紀研究, vol. 9, p. 1-6.
- SUZUKI, M. (1970) Fission track ages and uranium contents of obsidians. *J. Anthrop. Soc. Nippon*, vol. 78, p. 50-58.
- UTADA, M. (1973) The types of alteration in the Neogene sediments relating to the intrusion of volcano-plutonic complexes in Japan. *Sci. Papers Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo*, vol. 23, p. 167-216.
- 歌代 勤 (1955) 信州・内村地域。日本地質学会 62 年総会演旨, 地質雑, vol. 61, p. 313-314.
- ・稲葉 明・林 等・山岸いくま (1958) フォッサマグナ帯における内村地域の堆積作用と造構運動。新生代の研究, no. 26, p. 16-23.
- ・————・————・高野武男・小林忠夫・渡辺 勇 (1959) 長野県内村地方の進入岩類について——フォッサマグナ内村団地研究, その IV——。新潟大教育高田研究

紀要, no. 4, p. 118-131.

WETHERILL, G. W., ALDRICH, L. T. and DAVIS,
G. L. (1955) Ar^{40}/K^{40} ratios of feldspars
and micas from the same rock. *Geochim.*
Cosmochim. Acta, vol. 8, p. 171-172.

山崎哲良・小林哲夫・河内晋平(1976) 長野県和田
峠付近の地質と岩石. 地質雑, vol. 82, p.
127-137.

(受付: 1976年2月19日; 受理: 1976年3月13日)



採集されたペグマタイト鉱物
1・2: マイクロクリン 3・4: 黒雲母 5: 角閃石 なお、2-4 は同一縮尺