

南部北上山地氷上花崗岩のK-Ar年代

柴田 賢* 内海 茂*

K-Ar Ages of the Hikami Granite, Southern Kitakami Mountains

Ken SHIBATA and Shigeru UCHIUMI

Abstract

K-Ar ages have been determined on eleven minerals separated from the Hikami granite, the Tsubonosawa gneiss, and a granite boulder from the Devonian Ono Formation. Chloritized biotites from the Ono type of the Hikami granite yield K-Ar ages of 188 and 230 m.y., and micas from the Hinokami-yama type of the granite and the associated Tsubonosawa gneiss yield K-Ar ages between 107 and 115 m.y. All the micas of the younger ages have been recrystallized and rejuvenated by the intrusion of the Cretaceous Kesengawa granite. The Ono type rocks may have been less affected thermally by the Cretaceous granite than the Hinokami-yama type.

Hornblendes from the Hikami granite yield K-Ar ages of 332 and 272 m.y., proving that hornblende is more resistant to the thermal effect than biotite with respect to K-Ar age. The 332 m.y. age is nearly equal to the Rb-Sr whole-rock age of 339 m.y. and confirms that the Hikami granite intruded in late Devonian-early Carboniferous. Chlorite from the granite boulder yields an age of 295 m.y., which is nearly comparable to the age of granite intrusion.

The Hikami granite represents one of the middle Paleozoic plutonic rocks in the Japanese Islands, and has probably been much related with the tectonic development of the southern Kitakami mountains.

1. はじめに

南部北上山地の氷上山^{ひかみさん}を中心に分布する氷上花崗岩は、本邦古期花崗岩の一つである。この花崗岩はシルルーデボン系と密接な関係を持ち、壺の沢片麻岩を捕獲岩状に含み、さらにいちじるしい変質作用・ミロナイト化作用をこうむっているなどの点で、北上山地ではきわめて特異な岩体である。

氷上花崗岩と周囲の古生層との関係はきわめて複雑であるため、花崗岩の貫入時代をはっきりと定めることは困難であったが、貫入時期は二疊紀あるいはそれ以降という考え方が支配的であった。しかし最近村田ほか(1974)は氷上花崗岩とこれに接するシルルーデボン系の関係をくわしく検討した結果、氷上花崗岩は先シルルーデボン紀基盤であるという見解を発表した。

氷上花崗岩の鉱物年代は、いちじるしい不一致年代(discordant age)を示すが、これは主として白亜紀花崗岩の影響によるものとみなされ、鉱物年代測定によって

は貫入の時期を正確に求めることは困難であろうと考えられてきた。しかし筆者の一人柴田は角閃石のK-Ar年代およびRb-Sr全岩年代の結果から、氷上花崗岩の貫入の時代はデボン紀後期～石炭紀初期と結論した(柴田, 1973; SHIBATA, 1974)。今回、氷上花崗岩の鉱物年代の岩体内での変化の様子、鉱物間での年代の相違など、いわゆる不一致年代のパターンをより詳細に知る目的でK-Ar年代測定を行い、さらに氷上花崗岩に関係のある岩石若干についても年代測定を試みたので、ここにその結果を報告し、若干の考察を試みる。

この研究にあたり、本所野沢保技官・吉田尚技官・片田正人技官から試料採取に際して御援助を賜わり、さらに種々の御教示をいただいた。また同所中川忠夫技官には試料調製に際して御協力をいただいた。これらの方々へ厚く御礼申し上げる。

2. 地質概要

氷上花崗岩は岩手県大船渡市と陸前高田市にまたがって分布する、東西7km、南北約14kmのほぼ楕円形の

*技術部

岩体である (Fig. 1). この岩体はその地質学的・岩石学的特異性から、これまでに数多くの研究がなされてきた (渡辺, 1950; 鈴木, 1952, 1958; 加納, 1954, 1955; SHIBATA and OKADA, 1955; ISHII et al., 1960; 村田ほか, 1974). これらのうち岩石学的に最も詳しい研究は ISHII et al. (1960) によるものであり、彼らは岩体を氷上山型と大野型に区分した。氷上山型は岩体のほぼ $\frac{2}{3}$ を占め中

央部・西部・南部に分布する。岩体は一般に片麻状構造を呈し、主として花崗閃緑岩～トータル岩¹⁾からなる。氷上山型は西部で壺の沢片麻岩と呼ばれる特異な変成岩を捕獲岩状に含んでいる (SUZUKI, 1956). これは黒雲母片麻岩と少量の角閃岩からなり、一部の岩石には紅柱石や珪線石などの特徴的な変成鉱物が含まれている。氷上

1) 岩石名は IUGS SUBCOMMISSION (1973) に従った。

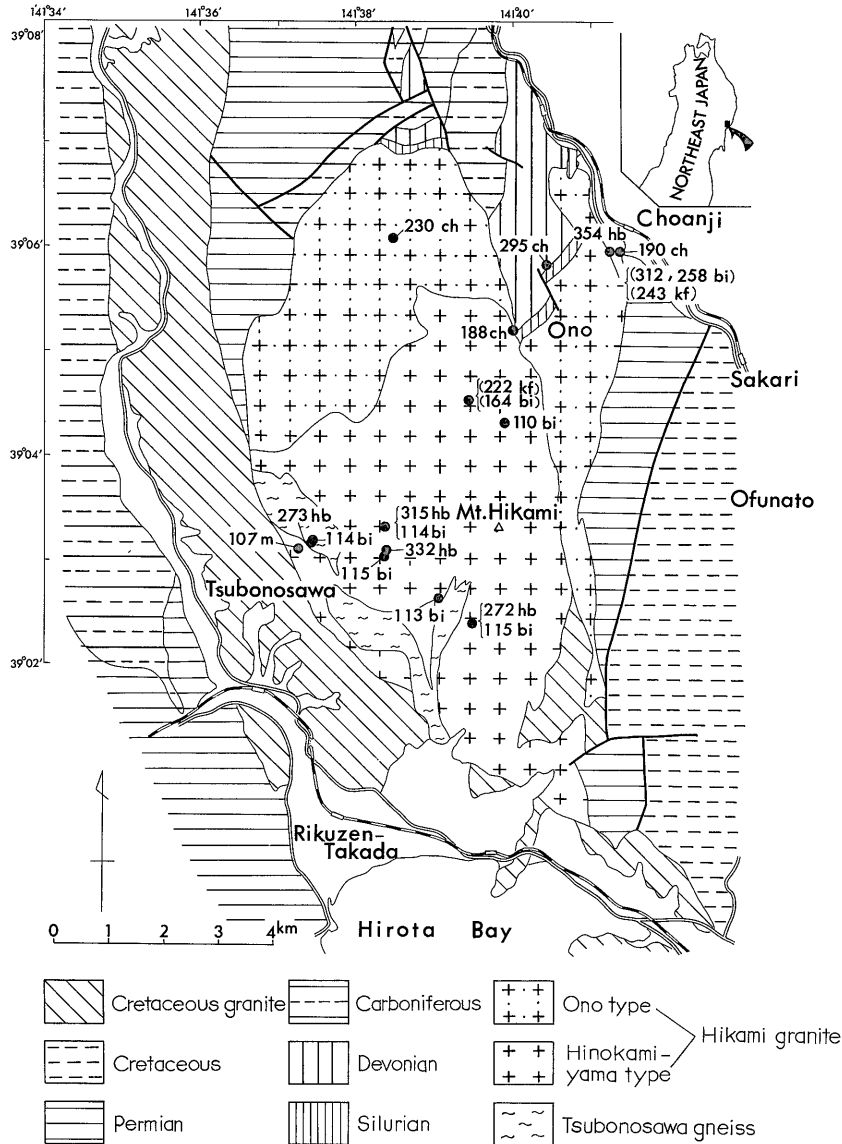


Fig. 1 Geological map of the Hikami granite and surrounding area showing sample localities and K-Ar mineral ages. The map is slightly modified from ISHII et al. (1960), Fig. 1. Ages in parentheses are from KAWANO and UEDA (1964) and MURATA et al. (1974). bi: biotite, ch: chlorite, m: muscovite, hb: hornblende, kf: K-feldspar.

山型の南西縁は白亜紀気仙川花崗岩の貫入を受けて接触変成作用をこうむっており、例えば黒雲母は比較的新鮮で細粒の集合体と化している。

大野型は氷上山崗岩体の東部および北部に分布し、一般に片状構造はなく、主として花崗閃緑岩質であり、特に東部ではミロナイト化がいちじるしい。大野型の中には細かい格子状曹長石を含む曹長石花崗岩と呼ばれるべき岩石が存在することは注目値する。この種の岩石は大野層下部の花崗岩礫中に存在することが報告されている(村田ほか, 1974)。

氷上山崗岩は氷上山型・大野型ともにプロトクラステック構造を呈し、黒雲母の緑泥石化、斜長石の曹長石化などの変質を受けているが、これらの変質は特に大野型でいちじるしい。

氷上山崗岩はシルル系から二疊系の地層に接しているが、これらにははっきりした接触変成作用を与えておらず、さらに両者の接触関係はきわめて複雑であり、この点が氷上山崗岩の時代について諸説が唱えられた理由である。加納(1955)は花崗岩体の構造と周囲の古生層の構造とが調和的であることから、氷上山崗岩の貫入の時期を二疊紀中期と考えた。ISHII et al. (1960)は両者の接触地点の観察から大野型の貫入の時期は二疊紀以降と考えた。一方、大久保(1950)、小貫(1969)、湊ほか(1973 a, b)は野外の観察から氷上山崗岩はシルル-デボン系に貫入しているとした。われわれも最近大野の近くで氷上山崗岩が明瞭にデボン系に貫入している露頭を発見した(野沢ほか, 1975)。一方村田ほか(1974)は長安寺西方くさやみ沢におけるシルル系川内層の基底部のアーコース砂岩と下位の大野型花崗岩との関係、大野層下部中の花崗岩礫の存在、およびこれらの碎屑物が大野型花崗岩と岩石学的に一致することから、氷上山崗岩は先シルル紀基盤岩とみなした。

氷上山崗岩の年代測定は河野・植田(1964)によって初めて行われ、黒雲母で164 m. y., カリ長石で 222 m. y. という年代が報告された。その後柴田(1973)は角閃石で354, 315 m. y., 黒雲母で114, 115, 190 m. y. という K-Ar年代を報告し、特に角閃石の年代は後の時代の花崗岩貫入などによる熱的影響を受けにくいことを考慮して、354 m. y. という年代は氷上山崗岩の貫入の時代を示すものと推定した。さらに SHIBATA (1974)は Rb-Sr 全岩法を氷上山崗岩に適用し、339 m. y. というアイソクロン年代を得、貫入の時代はデボン紀後期~石炭紀初期であることを裏づけた。これらのほかに村田ほか(1974)も黒雲母で312, 258 m. y., カリ長石で 243 m. y. という年代を報告している。

3. 測定試料と測定方法

K-Ar 年代測定に用いた氷上山崗岩および関連岩石試料の採取位置は Fig. 1 に年代とともに示してあり、さらに Table 1 に緯度・経度によって示してある。氷上山崗岩については6個の岩石試料から分離した7個の鉱物について、壺の沢片麻岩については3個の岩石から分離した鉱物について測定を行った。さらに大野層下部の花崗岩礫から分離した黒雲母1個についても測定を試みた。

K-Ar 年代測定は岩石から分離した鉱物について実施した。鉱物中のアルゴンの抽出・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、チタンスポンジと酸化銅でガスを精製した。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用方式で行った。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 $\lambda_{\beta}=4.72 \times 10^{-10}/y$, $\lambda_{\alpha}=0.584 \times 10^{-10}/y$, $^{40}K/K=0.0119 \text{ atom\%}$ である。年代についての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、1 σ の値として示した。

4. 測定結果

氷上山崗岩および関連岩石の鉱物 K-Ar年代を Table 1 と Fig. 1 に示した。Table 1 には参考のため柴田(1973)による5個の鉱物年代も合せて示してある。また Fig. 1 には河野・植田(1964)、村田ほか(1974)の年代も示してある。

氷上山崗岩については黒雲母3個の K-Ar年代は115, 110, 188 m. y., 白雲母の年代は 107 m. y., 角閃石2個の年代は332, 272 m. y. である。このように氷上山崗岩の鉱物年代はきわめていちじるしい不一致年代(discordant age)を示しており、このことはすでに河野・植田(1964)、柴田(1973)、村田ほか(1974)によって指摘されたとおりである。

壺の沢片麻岩については、角閃石で 273 m. y., 黒雲母で 114, 113 m. y. という結果が得られた。また長安寺西方の笹の平におけるデボン系大野層下部の花崗岩礫から分離した、緑泥石化した黒雲母の年代は 295 m. y. である。

5. 考察

氷上山崗岩 氷上山崗岩の鉱物 K-Ar年代は前述のようにきわめて discordant である。氷上山崗岩はその西縁にて白亜紀気仙川花崗岩による貫入を受け、接触面から少なくとも 4 km 以内は明らかに接触変成作用をこう

Table 1 K-Ar ages of minerals from the Hikami granite and related rocks.

| Sample No. | Rock type and locality* | Mineral | K ₂ O (%) | ⁴⁰ Ar rad (10 ⁻⁶ ccSTP/g) | Atmo-spheric ⁴⁰ Ar (%) | Age (m. y.) |
|---------------------------|---|--------------------|----------------------|---|-----------------------------------|-------------|
| Hikami granite | | | | | | |
| 1103 | muscovite granite (H) 03-08, 37-19 | muscovite | 8.67 | 31.5 | 24.5 | 107± 4 |
| 1110 | biotite-hornblende diorite (H) 03-08, 38-24 | hornblende | 0.427 | 5.12 | 54.7 | 332±15 |
| 1113 | hornblende-biotite tonalite (H) 02-24, 39-32 | hornblende | 1.69, 1.69 | 15.1 | 33.1 | 272± 9 |
| | | biotite | 7.17, 7.14 | 27.9 | 40.8 | 115± 4 |
| 1211 | biotite (chlorite) granodiorite (O) 06-06, 38-25 | biotite (chlorite) | 0.985 | 7.95 | 47.7 | 230± 9 |
| ON-7 | biotite-albite granite (H) 04-25, 40-53 | biotite | 6.62 | 24.2 | 31.5 | 108± 4 |
| | | | | 25.0 | 43.8 | 111± 4 |
| | | | | | | 110±3 |
| KD-16B | biotite (chlorite) tonalite (O) 05-07, 40-03 | biotite (chlorite) | 1.10 | 7.19 | 39.0 | 188± 7 |
| 72K-579 | biotite-hornblende granodiorite (O) 05-58, 41-14 | hornblende | 0.595, 0.592 | 7.63 | 27.9 | 353 |
| | | | | 7.67 | 42.6 | 355 |
| | | | | | | 354±9** |
| 72K-580 | hornblende-biotite (chlorite) granodiorite (O) 05-59, 41-19 | biotite (chlorite) | 0.812, 0.832 | 5.51 | 28.7 | 192 |
| | | | | 5.36 | 33.2 | 187 |
| | | | | | | 190±5** |
| 71K-258 | hornblende-biotite tonalite (H) 03-21, 38-21 | hornblende | 1.19, 1.18 | 13.7 | 37.6 | 320 |
| | | | | 13.2 | 21.1 | 309 |
| | | biotite | 7.97, 7.98 | 31.0 | 32.8 | 114±4** |
| | | | | | | 315±8** |
| 71K-257 | biotite tonalite (H) 03-04, 38-21 | biotite | 8.51 | 33.4 | 28.3 | 115±4** |
| Tsubonosawa gneiss | | | | | | |
| 1105B | amphibolite 03-13, 37-27 | hornblende | 0.488 | 4.74 | 34.6 | 273±10 |
| 1106 | biotite-plagioclase-quartz gneiss 03-13, 37-29 | biotite | 8.21 | 31.9 | 23.6 | 114± 4 |
| 1112B | biotite-plagioclase-quartz gneiss 02-43, 39-06 | biotite | 8.91 | 34.1 | 13.9 | 113± 4 |
| Granite boulder | | | | | | |
| 1208A | biotite (chlorite)-albite granite boulder 05-49, 40-29 | biotite (chlorite) | 0.130 | 1.37 | 83.2 | 295±35 |

* Rock name is after IUGS SUBCOMMISSION (1973). locality is shown by latitude and longitude excluding 39°N and 141°E, e.g., 03-08, 37-19: 39°03'08"N, 141°37'19"E.

H: Hinokami-yama type, O: Ono type.

** Results from SHIBATA (1973).

むっている (ISHII et al., 1960). このため接触面に近い所での黒雲母は比較的新鮮な細粒の集合体となっている。また一部の岩石に含まれる白雲母も接触変成による産物かもしれない。したがってこれらの雲母の年代は当然気仙川花崗岩の年代にほぼ等しいことが予想される。事実、気仙川花崗岩に近い氷上山型の黒雲母 4 個の年代は 110~115 m. y. であり、これらは気仙川花崗岩の黒雲母年代 112 m. y. (河野・植田, 1965) に等しい。また白雲母の 107 m. y. という年代も上記年代にほぼ等しい。

氷上山花崗岩の雲母の Rb-Sr 年代については、SHIBATA (1974) により上述の白雲母にて 109 m. y. (試料 1103), 黒雲母にて 113 m. y. (71 K-258) という年代が求められているが、これらの年代はそれぞれの K-Ar 年代 107 m. y.,

114 m. y. に一致する。このように氷上山花崗岩の Rb-Sr の雲母年代は K-Ar 年代と同じように気仙川花崗岩による若がりを受けている。

氷上山型花崗岩のうち ON-7 は東部の大野型に近い所からの試料であるが、この黒雲母も 110 m. y. という若い年代を持っており、西部の岩石と同様に白亜紀花崗岩の熱的影響を受けている。

Fig. 2 に黒雲母の K-Ar 年代と K₂O 含有量との関係を示したが、110~115 m. y. の年代を示す氷上山型の黒雲母はいずれも K₂O 含有量が 6% 以上と高く、これは白亜紀花崗岩による接触変成作用により再結晶したためと考えられる。しかし氷上山型の黒雲母の中には 164 m. y. とやや古い年代を示すものもある (河野・植田, 1964)。

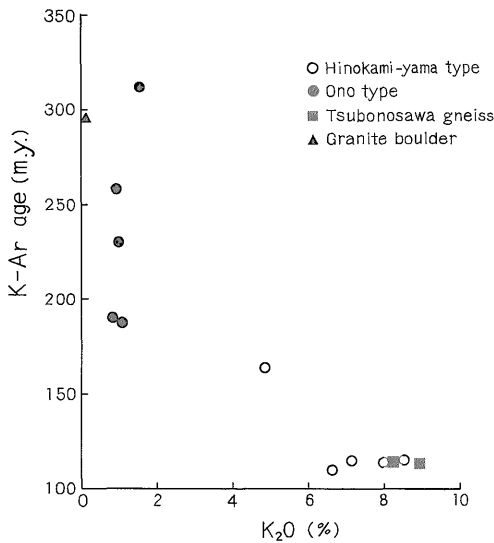


Fig. 2 K-Ar age vs. K_2O content for biotites from the Hikami granite and related rocks. Age results by KAWANO and UEDA (1964) and MURATA et al. (1974) are included.

これに対して、東部および北部の大野型花崗岩の黒雲母は緑泥石化がいちじるしく、測定された黒雲母の K_2O 含有量は1%前後と低いが、その年代は188, 190, 230 m. y. と大きく、村田ほか (1974) も312, 258 m. y. と大きい年代を報告している (Fig. 2)。このように大野型の緑泥石化した黒雲母の年代が、氷上山型に比較して古いのはおそらく白亜紀花崗岩の熱的影響の受け方が少なかったためと考えられる。また緑泥石の中には花崗岩貫入の年代 (Rb-Sr 全岩法による 339 m. y.) に近い 312 m. y. という古い年代を持つものもあることから考えて、黒雲母の緑泥石化は ISHII et al. (1960) も指摘したように花崗岩が形成されたと同時にその直後に起こった初生変質作用によるものと推定される。したがって大野型の黒雲母年代に差があるのは白亜紀花崗岩の熱的影響のちがいはるものと解釈される。

氷上山花崗岩の角閃石の K-Ar 年代は332, 272, 354, 315 m. y. であり、雲母の年代と比べて明らかに古い年代を示す。角閃石は一般に Ar 保持率が高く、その K-Ar 年代は後の時代の熱的影響を受けにくいとされている。一例をあげれば、HART (1964) は米国コロラド州の Front Range にて、1,200~1,600 m. y. の年代を持つ先カンブリア時代の変成岩に、径約2マイルの大きさの54 m. y. のモンゾニ岩が貫入している地域で、接触面からの距離に応じて鉱物年代が変化する状態を研究し、特に角閃石は100フィート離れると元の年代を保っていることを示

した。年代に対する熱的影響のなくなる距離は、貫入岩体の大きさにいちじるしく左右されると思われるが、K-Ar 年代について角閃石が雲母に比べて熱的影響による若がりを受けしていない例は他にもいくつか知られている。

そこで氷上山花崗岩の角閃石の年代について考察してみると、Fig. 1 でわかるように東部大野型72K-579で354 m. y. という最も古い年代が得られているが、測定数が少ないことなどもあって気仙川花崗岩からの距離に応じて古くなるといった傾向は認められない。しかし、接触面に最も近い壺の沢片麻岩の角閃石 (1105 B) の年代が273 m. y. であることから、角閃石の年代が白亜紀花崗岩によりいちじるしく低下したとは考えがたい。さらに71 K-258, 1113の315, 272 m. y. の年代を持つ角閃石試料には少量 (3%以下) の若い黒雲母が混入しており、角閃石のみの年代はこれよりやや古くなる可能性もある。いずれにせよ角閃石の K-Ar 年代の場所による変化はあまり大きくないといえることができる。

ところで、最も古い角閃石年代354 m. y. は SHIBATA (1974) によって得られた Rb-Sr 全岩アイソクロン年代 339 ± 12 m. y. よりやや古い。この339 m. y. は花崗岩貫入の時期を明確に表わすものと解釈されるので、角閃石の年代がこれより古いということは考えにくいことである。しかし339 m. y. という年代は ^{87}Rb の λ_β として $1.47 \times 10^{-11}/y$ を使用して求めた値であり、これを一般に広く使用されている $1.39 \times 10^{-11}/y$ にて計算しなおすと年代は359 m. y. になる。また最近の国際地質年代学会議 (1974年8月、パリ) の際に開かれた Subcommission on Geochronology 委員会では、最も確からしい ^{87}Rb λ_β の値として $1.42 \times 10^{-11}/y$ が提案されたが、その値によれば351 m. y. となり、角閃石の354 m. y. の値にきわめて近いものとなる。このことは、氷上山花崗岩の貫入時代がデボン紀後期~石炭紀初期であることをさらに裏づけるものとして重要な意味を持っている。

以上の事実からみて、氷上山花崗岩は先シルル紀基盤岩とは考えがたいが、東北日本の地質構造発達史上重要な役割を果たした基盤岩類の一つであったことには変りがない。氷上山花崗岩はまた西南日本の黒瀬川構造帯における三滝花崗岩の377 m. y. (Rb-Sr 黒雲母-全岩年代, 石坂 (1972)), 八代花崗岩の333 m. y. (Rb-Sr 全岩年代, NONDA (1973), $\lambda = 1.47 \times 10^{-11}/y$ にて再計算), 長門構造帯の台花崗岩の372 m. y. (Rb-Sr 雲母-全岩年代, 石坂 (1974)) などの年代に近い。これら構造帯の花崗岩類は岩石学的に類似した特徴を持っている。阿武隈山地においても花崗岩のあるものは350 m. y. 前後の Rb-Sr 全岩

年代を持っているらしい(丸山, 1972). これらのことは、古生代中期に日本列島各地に深成作用が起こったことを明確に物語っており、氷上山崗岩もその一環をなすものである。

壺の沢片麻岩 壺の沢片麻岩については黒雲母で 114, 113 m. y., 角閃石で 273 m. y. という年代が得られた。この片麻岩ではすでに Rb-Sr 全岩法で 334 ± 18 m. y. という年代が求められており (SHIBATA, 1974), これが氷上山崗岩の全岩年代 339 m. y. にほぼ等しいことから、花崗岩貫入により片麻岩全体が Sr 同位体の均質化を受けたものと解釈された。したがって壺の沢片麻岩の鉱物年代も本来ならば氷上山崗岩と同じになるはずである。しかし壺の沢片麻岩は氷上山崗岩の南西部、気仙川花崗岩に近い地域に分布しているため、その影響で若がりを受けていることが予想される。実際に片麻岩の黒雲母年代は気仙川花崗岩のそれにほぼ等しい。しかし角閃石の年代は 273 m. y. とかなり古い値を示し、氷上山崗岩の場合と同様に気仙川花崗岩の熱的影響をそれほどいぢるしく受けてはいない。

花崗岩礫 長安寺西方笹の平のデボン系大野層下部に含まれる花崗岩礫の緑泥石年代は 295 m. y. である。大野層下部の花崗岩礫については古くから注目されてきたが、これを碎屑岩とみなすか、貫入岩とみなすかについては意見が分かれていた。大久保(1950), 小貫(1969), 湊ほか(1973b) はこれらの岩片を脈状圧碎貫入岩体とみなしたが、三上(1971) はこれを碎屑岩と考え、村田ほか(1974) も層序学的・岩石学的研究からこれを碎屑岩とみなし、さらに花崗岩礫が岩石学的に氷上山崗岩の大野型に対比できることを指摘した。このことは村田ほか(1974) により氷上山崗岩が先シルル紀基盤であることの証拠の一つとして重要視された。もしこの花崗岩礫が実際に碎屑岩であれば、その年代はデボン紀あるいはそれ以前ということになる。SHIBATA (1974) はこの花崗岩礫数個の Rb-Sr 全岩分析を行ったが、アイソクロン年代を求めることはできなかった。そしてそれは花崗岩礫が堆積過程を経ているために、Rb-Sr に関して閉じた系でなかったためと考えた。

花崗岩礫の緑泥石について求められた 295 m. y. という年代は、何らかの地質学的事変を示すものとは考えにくい。少なくとも氷上山崗岩の貫入時代に近い年代であるという点では注目に値する。いずれにせよこの花崗岩礫は堆積過程の間に変質・変成作用をこうむっているものと思われるので、信頼のおける岩石形成の年代を求めることはきわめて困難である。しかしこの花崗岩礫の年代は北上山地の基盤問題の解明、氷上山崗岩との関係

などの点できわめて重要な意味を持っているものと考えられるので、今後の検討が望まれる。

6. ま と め

1. 氷上山崗岩 6 個、壺の沢片麻岩 3 個、大野層下部の花崗岩礫 1 個から分離した 11 個の鉱物につき K-Ar 年代を測定し、氷上山崗岩の雲母にて 107~230 m. y., 角閃石にて 332, 272 m. y., 壺の沢片麻岩の黒雲母で 114, 113 m. y., 角閃石で 273 m. y., さらに花崗岩礫の緑泥石化した黒雲母で 295 m. y. の年代を得た。

2. 氷上山型および壺の沢片麻岩の雲母の年代は 107~115 m. y. であり、白亜紀気仙川花崗岩の貫入による熱的影響を受けて完全に若がりしている。黒雲母が比較的新鮮な (K_2O 含有量は 6% 以上) 細粒集合体として産することも再結晶作用の証拠であろう。これに対して大野型の緑泥石化した黒雲母はその K_2O 含有量が 1% 前後と低いが、その K-Ar 年代は 188, 230 m. y. で氷上山型より古い。これはおそらく白亜紀花崗岩の影響の受け方が少なかったためと考えられる。

3. 氷上山崗岩の角閃石の K-Ar 年代は明らかに黒雲母年代よりも古く、白亜紀花崗岩の熱的影響による年代低下は少なかったものと推定される。特に古い年代 332 m. y. は Rb-Sr 全岩年代 339 m. y. に近く、氷上山崗岩はデボン紀後期~石炭紀初期に貫入したことを裏づけるものである。

4. 氷上山崗岩は古生代中期に日本列島各所に起こった深成作用の一つをなすもので、東北日本の地質構造発達史上重要な役割を果たした基盤岩である。

(受付: 1975. 1. 10日; 受理: 1975. 3. 1日)

文 献

- HART, S. R. (1964) The petrology and isotopic-mineral age relations of a contact zone in the Front Range, Colorado. *Jour. Geol.*, vol. 72, p. 493-525.
- ISHII, K., SENDO, T., UEDA, Y. and YAMASHITA, Y. (1960) Granitic rocks of the Hinokamiyama district, southeastern Kitakami massif. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. III*, vol. 6, p. 439-485.
- 石坂恭一 (1972) 黒瀬川構造帯の火成岩・変成岩の Rb-Sr 年代. *地質雑*, vol. 78, p. 569-575.
- (1974) 日本列島の古期岩類—特に黒瀬川構造帯に産する岩石—の地質年代について. 1974年度地球化学討論会講演要旨集,

- p. 9-10.
- IUGS SUBCOMMISSION (1973) Plutonic rocks—Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*, vol. 18, no. 10, p. 26-30.
- 加納 博 (1954) 北上中軸帯における花崗岩類と堆積岩類の構造的関係 (I). *地質雑*, vol. 60, p. 241-254.
- (1955) 北上中軸帯における花崗岩類と堆積岩類の構造的関係 (II). *地質雑*, vol. 61, p. 124-139.
- 河野義礼・植田良夫 (1964) 本邦火成岩の K-A dating (I). *岩鉱*, vol. 51, p. 127-148.
- ・——— (1965) 本邦火成岩の K-A dating (II)—北上山地の花崗岩類. *岩鉱*, vol. 53, p. 143-154.
- 丸山孝彦 (1972) 南部阿武隈高原・御齊所～竹貫地方に分布する花崗岩の年代について. *MAGMA*, no. 31, p. 9-13.
- 三上貴彦 (1971) 南部北上山地日頃市地方古生層砂岩の予察的研究. *地質学論集*, no. 6, p. 33-37.
- 湊 正雄・崔 東竜・岡部幸彦 (1973a) 北上山地におけるシルリア紀化石の新産地. *地質雑*, vol. 79, p. 47.
- ・橋本誠二・舟橋三男・許 成基・崔 東竜・田沢純一 (1973b) 氷上花崗岩とその周辺の断層. 杉山隆二編, 中央構造線, 東海大出版会, p. 263-270.
- 村田正文・蟹沢聡史・植田良夫・武田信従 (1974) 北上山地シルル系基底と先シルル系花崗岩体. *地質雑*, vol. 80, p. 475-486.
- NOHDA, S. (1973) Rb-Sr dating of the Yatsushiro granite and gneiss, Kyushu, Japan. *Earth Planet. Sci. Letters*, vol. 20, p. 140-144.
- 野沢 保・吉田 尚・片田正人・柴田 賢 (1975) デボン系をつらぬく氷上花崗岩. *地質雑* (投稿中).
- 大久保雅弘 (1950) 岩手県気仙郡日頃市村のゴトランド・デボン両系について. *地質雑*, vol. 56, p. 345-350.
- 小貫義男 (1969) 北上山地地質誌. 東北大地古研邦報, no. 69, p. 1-239.
- SHIBATA, H. and OKADA, S. (1955) Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces, Part 2. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku Sec. C*, vol. 4, p. 141-161.
- 柴田 賢 (1973) 氷上花崗岩および薄衣花崗岩礫の K-Ar 年代. *地質雑*, vol. 79, p. 705-707.
- SHIBATA, K. (1974) Rb-Sr geochronology of the Hikami granite, Kitakami mountains, Japan. *Geochem. J.*, vol. 8, p. 193-207.
- 鈴木淑夫 (1952) 北上山地南部高田町附近の花崗閃緑岩の構造について. *地質雑*, vol. 58, p. 1-16.
- SUZUKI, Y. (1956) On the occurrence of the so-called Tsubonosawa gneiss in the Kitakami district, Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. IV*, vol. 9, p. 337-350.
- 鈴木淑夫 (1958) 北上山地の酸性深成岩. 鈴木醇教授還暦記念論文集, p. 316-324.
- 渡辺万次郎 (1950) 北上山地の火成活動. *地団研専報*, no. 4, p. 1-23.