本邦産火成岩の K-A dating (III)

—阿武隈山地の花崗岩類—

K-A dating on the igneous rocks in Japan (III)

—Granitic rocks in Abukuma massif—

河野 義礼 (Yoshinori Kawano)*

植田 良夫 (Yoshio Ueda)*

Abstract: K-A dating on seventeen samples of granitic rocks, one pegmatitic vein in hornblende gabbro and one epidote-amphibolite from the Abukuma massif were carried out. As a result, maximum and minimum values of granitic rocks show 107×10^6 years and 87×10^6 years respectively, and these ages of emplacement of granitic rocks are broadly divided into two periods 90×10^6 and 100×10^6 years. On the other hand, formerly the ages of intrusion of granitic rocks in the Abukuma massif have been geologically divided into two main periods younger and older. But the results of K-A dating of this time do not accord well with the former geological observations, and even the reverse cases are recognized indicating the minor time difference of these emplacements. It is clarified that the granitic rocks of the Abukuma massif are emplaced in later Cretaceous and younger than that of Kitakami massif about 20×10^6 years on the average. K-A dating on metamorphic rock from the northern Abukuma by muscovite minerals shows 300×10^6 years; this indicates that the metamorphism would have occurred older than Carboniferous age at least.

緒 言

筆者等はさきに K-A 法による北上山地花崗岩類の年代測定結果を報告し (河野・植田 1965), 北上山地の酸性深成火成活動が主として下部白堊紀の後期におこなわれたことを明らかにした。東北地方にあつて古くから北上山地とともに本邦の重要な 1 地質区となつてゐる阿武隈山地についても, その大半を構成する酸性深成岩類の絶対年代を知ることは, 北上山地のみならず本邦における他地域の酸性深成岩類の火成活動との関連性において重要なことは論を俟たない。

阿武隈山地の大半が少量の塩基性乃至超塩基性の深成岩類を伴う酸性深成火成岩類よりなり極めて小地域に種々の変成岩類, 古生層, 中生層及び第三紀層並びに第三紀火山岩類が分布することは周知のことである。この大半を構成する花崗岩類については古くから多くの人々によつて研究がなされてきた。日立地方については渡辺万次郎 (1920, 1921), 黒田吉益 (1951), 黒田吉益・山田晴雄 (1954), 御斉所・竹貫地方では牛来正夫 (1944

* 東北大学理学部岩石鉱物鉱床学教室

(昭和 40 年 7 月 20 日受理)

a, b), 小倉義雄 (1956), 北部阿武隈 地域では 渡辺岩井 (1952, 1954), 渡辺岩井・外崎与之・牛来正夫 (1953), 大野勝次・砥川隆二・渡辺岩井・柴田秀賢 (1953) の研究のほか, 火成活動については渡辺岩井・牛来正夫・黒田吉益・大野勝次・砥川隆二 (1955), 牛来正夫 (1958), 岩石学的には柴田秀賢・岡田滋 (1955), 柴田秀賢・岡田滋・石川秀雄 (1960), 柴田秀賢 (1956, 1958, 1961, 1962), 千藤忠昌 (1959), 大野勝次 (1954) の研究等がある。又佐々木次郎 (1926), 太奏康光 (1929), 加納良彦・山口文之助 (1928), 畑普 (1938), 飯盛武夫 (1941), 早瀬—— (1961~1962), Miller, J・紫藤文子・坂野昇平・上田誠也 (1961) 等により花崗岩類及びpegmatite中の鉱物について U-Pb, U-Th, Rb-Sr, K-A 法等種々の方法でその絶対年代の測定がおこなわれている。

尚試料採集に際しては地質調査所仙台支所の高橋兵一氏に多大の御援助をいただいた。厚く御礼申上げる。

深成火成作用に関する従来の見解

阿武隈山地の火成岩類に関しては阿武隈研究グループ* の共同研究によつて詳細な地質図の作製, 進入時代区分がなされて, 火成作用の大貌が明らかにされた。牛来正夫 (1958) は深成岩類の貫入順序を次表の如く区分した。

第 1 表

南部阿武隈	中・北部阿武隈の主部	中・北部阿武隈の東縁部
第三紀層	第三紀層	第三紀層
		双葉上部白堊紀層
新期進入岩類 { 灰色花崗岩 花崗閃緑岩	複雲母花崗岩 灰色花崗岩 淡紅色花崗岩 } pegmatite	各種脈岩類 灰色花崗岩 淡紅色花崗岩 花崗閃緑岩 蛇紋岩・斑禰岩
		相馬上部ジュラ紀層
古期進入岩類 { 後期 { 花崗閃緑岩 斑禰岩-閃緑岩 早期 { 圧碎花崗岩・変文象斑岩 変蛇紋岩・変輝緑岩	花崗閃緑岩 斑禰岩-閃緑岩	花崗閃緑岩
日立古生層		八茎相馬古生層
御音所一竹貫変成岩類		八茎・山上変成岩類

* 牛来正夫・渡辺岩井・黒田吉益・大野勝次・砥川隆二・柴田秀賢・外崎与之・飯田真吾・堀越和衛・星野弘・倉林三郎・佐藤敏彦・小倉義雄・青木紀夫・山田晴雄

牛来は次に示す資料,即ち(1) 古期進入岩類の示すS字状構造が新期進入岩類のNNW-SSE 方向に切られており,これが北上山地のものと類似性をもっている。(2) 古期進入岩類の早期相に属する日立地方の圧碎花崗岩類と北上山地の氷上型花崗岩との類似性。(3) 富田達 (1954) のジルコン法による年代値,から古期進入岩類の地質時代を古生代末期ないし中生代初期頃と推定した。

また牛来は新期進入岩類の地質時代を双葉上部白堊紀層中にこの礫が多数包有されていることと,この火成作用の後期を代表する脈岩類の1部が相馬上部ジュラ紀層を貫いているが双葉上部白堊紀層中には全く見られないことなどの資料から白堊紀初期~中期頃の進入と推定した。

柴田秀賢 (1958) は花崗岩類の貫入時代を二疊系中部,三疊系,白堊系中部,白堊系上部の4期に区分した。柴田の二疊系中部のものは大体牛来の古期進入岩類早期のものに,三疊系のものは古期進入岩類後期のものに,また白堊系中部上部のものは新期進入岩類に夫々相当するものと考えてよからう。

従来の絶対年代測定値

阿武隈山地の火成岩類について今日迄に報告された絶対年代測定値には次の如きものがある。

第 2 表

	産 地	岩 石	鉱 物	方 法	Age × 10 ⁶ Y
Sasaki, J (1926)	石 川	Pegmatite	monazite	He	90
Kano, Y. <i>et al</i> (1928)	石 川	Pegmatite	ishikawaite	He	72
	"	"	"	Pb	127
	"	"	samaraskite	He	81
	"	"	monazite	He	74
Hata, S. (1938)	飯 坂	Pegmatite	yttrialite	Fb. U, Th	131
Iimori, T. (1941)	飯 坂	Pegmatite	uraninite	Pb. U, Th	103
Miller, J. <i>et al</i> (1961)	福島県石 城郡遠野 町折松北 方 1 km	Hornblen- de-biotite diorite	biotite	K-A	95
	福島県東 白川郡古 殿大久田	"	"	K-A	102
Aldrich, L. T. <i>et al</i> (1962)	石 川 山	Pegmatite	biotite	Rb-Sr	115
	"	"	"	K-A	80

測 定 試 料

測定試料は阿武隈山地の全地域から花崗岩類 17 個, 角閃石斑礫岩中の pegmatitic vein 1 個を選び, これらについて何れも黒雲母による K-A 年代測定をおこなった。従来進入時期に2時期が考えられている花崗岩類の採集には, 新期のものによる熱変成作用の

第1図 阿武隈山地における花崗岩類採集位置とその K-A 年代

- 1 新期花崗岩類
- 2 古期花崗岩類
- 3 閃緑岩-斑岩
- 4 超塩基性岩類
- 5 竹貫式結晶片岩
- 6 御斎所式結晶片岩
- 7 下部石炭系-デボン系

影響を考慮してなるべくその分布の中心部から採集するように努めた。第1図、第3表に測定試料の採取位置と測定値を掲げた。

また相馬市西方のいわゆる山上緑色変成岩中の緑簾石角閃岩中には白雲母-緑簾石角閃岩の薄層が夾在する。この変成作用の時代を知るために白雲母による年代測定を試みた。その結果をも併せ記述する。

次に各測定試料の産状と岩質を簡単に説明する。

G-153 (白石大町) : 宮城県白石市新屋敷部落北東 500m (古期)

稍淡黄色を帯びた加里長石が斑晶状に散点する粗粒角閃石-黒雲母アダメロ岩で極めて弱い片状組織を持つ。加里長石は microcline perthite で有色鉱物中角閃石の量は黒雲母に比べ 1/3 以下である。副成分鉱物としては磁鉄鉱、チタナイト、ジルコンの他に長さ 1mm 以上に達する褐簾石が屢々見られ、これが黒雲母、角閃石中に包まれた場合には多色暈が顕著である。

G-154 (丸森山田) : 宮城県伊具郡丸森町山田部落東 700m 阿武隈川河岸

片理構造の極めて顕著な粗粒角閃石-黒雲母石英閃緑岩で多数の黒色捕獲岩を包有し岩相変化が極めて著しい。阿武隈川河岸の露頭では本岩石を明かに G-153 類似岩石が岩脈状に貫いている。本岩石も黒雲母は角閃石より多量で褐簾石も存在する。

G-145 (飯野町) : 福島県伊達郡飯野町胡桃作阿武隈川河岸 (古期)

片理構造の顕著な粗粒優黒質黒雲母一角閃石石英閃緑岩で岩相変化が極めて著しい。

G-143 (津島) : 福島県双葉郡浪江町津島北西 2km (古期)

中粒の角閃石-黒雲母花崗閃緑岩で片理組織は見られない。加里長石は microcline perthite である。本岩中にも褐簾石が珍らしくない。

G-142 (塩堤) : 福島県双葉郡津島村塩堤部落神社下 (古期)

第 3 表 阿武隈山地花崗岩類の K-A dating

番号	試料番号	試料名	産地	岩型
1	G-153	白石大町	宮城県白石市大町	粗粒角閃石-黒雲母アダメロ岩
2	G-154	丸森山田	" 伊具郡丸森町	粗粒角閃石-黒雲母石英閃緑岩
3	G-145	飯野町	福島県伊達郡飯野町	粗粒黒雲母一角閃石石英閃緑岩
4	G-143	津島	" 双葉郡浪江町	中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩
5	G-142	塩堤	" 双葉郡津島村	細粒黒雲母アダメロ岩
6	G-158	山上	" 相馬市山上	粗粒片麻状黒雲母一角閃石花崗閃緑岩
7	G-141	屋曾根	" 双葉郡津島村	中粒黒雲母アダメロ岩
8	Gb-134	移岳	" 田村郡船引町	石英-斜長石-黒雲母ベグマタイト脈
9	G-132	三春	" 田村郡三春町	中粒角閃石-黒雲母石英閃緑岩
10	G-135	常葉	" 田村郡常葉町	中粒角閃石-黒雲母石英閃緑岩
11	G-125	五枚沢	" 双葉郡富岡町	中粒角閃石-黒雲母石英閃緑岩
12	G-130	行定	" 田村郡小野新町	中粒角閃石-黒雲母石英閃緑岩
13	G-129	山下	" 石城郡川前村	中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩
14	G-24	母畑No.1	" 石川郡石川町	中粒黒雲母花崗閃緑岩
15	G-25	母畑No.2	" 石川郡石川町	中粒片状角閃石-黒雲母石英閃緑岩
16	G-122	石川	" 石川郡石川町	中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩
17	G-124	薄ノ木	" 東白川郡竹貫村	細粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩
18	G-46	日立	茨城県日立市梨久保部落	中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩
19	S-159	山上変成岩	福島県相馬市山上	白雲母-緑簾石角閃岩

細粒の黒雲母アダメロ岩で、加里長石は perthitic texture が顕著である。

G-158 (山上) : 福島県相馬市山上須萱部落西 2km

粗粒片麻状黒雲母一角閃石花崗閃緑岩で山上圧砕花崗岩と称されているものである。鏡下では有色鉱物は殆ど緑泥石に変わり僅かに黒雲母、角閃石が残存しているが熱変成による再結晶作用の証跡は認められない。牛来は圧砕構造を protoclastic なものとし、本岩石は熱水性変質を受けた浅所侵入性のものといっている。柴田秀賢は本岩が化学成分や岩石学的に北上山地の氷上山花崗岩に類似することからこの侵入時期を二畳系と推定した。

G-141 (屋曾根) : 福島県双葉郡津島村屋曾根部落西 1.5km (新期)

本試料は稍細粒であるが G-153 に酷似し淡黄色の加里長石を斑晶状にもつ中粒の黒雲母アダメロ岩で加里長石は microcline perthite である。本岩石中にも褐簾石が認められる。

G-134 (移岳) : 福島県田村郡船引町移ヶ岳山頂南西 700m (古期)

移ヶ岳山頂南西の角閃石斑礫岩の採石場では斑礫岩中に幅 2~3cm の不規則な白色 pegmatitic vein が認められる。この細脈は石英、斜長石、黒雲母より成り、黒雲母は径 15mm に達する自形結晶をしている。本細脈は角閃石斑礫岩の残骸固結物とも思われるので黒雲母により絶対年代の測定をおこなった。

G-132 (三春) : 福島県田村郡三春町三春駅北東 1km (新期)

自形結晶の黒雲母一角閃石をもつ中粒の角閃石-黒雲母石英閃緑岩で本試料中にも鏡下で褐簾石が認められる。

G-135 (常葉) : 福島県田村郡常葉町役場南東 1km (古期)

中粒の角閃石-黒雲母石英閃緑岩で僅かに片理構造が認められる。鏡下では微細なチタナイトが少々多く見られる。

G-125 (五枚沢) : 福島県双葉郡富岡町五枚沢部落東 2km (新期)

$$\lambda_{\alpha}=0.585 \times 10^{-10}\text{yr}^{-1}, \lambda_{\beta}=4.72 \times 10^{-10}\text{yr}^{-1}$$

従来の 新・古	測定鉱物	分析 番号	試料 重量	K%	$^{36}\text{A}/^{38}\text{A}$	$^{40}\text{Ar}/^{38}\text{A}$	$^{40}\text{Ar}/^{38}\text{A}$	$^{40}\text{A}/^{40}\text{K}$	空気補 正值%	年代× 10 ⁶ 年
古	黒雲母	163	1.0084	7.16	0.00024	1.18890	1.11588	0.005413	5.98	91
古	"	160	1.0097	7.25	0.00031	1.68371	1.58942	0.005313	5.45	89
古	"	127	1.0177	7.48	0.00041	1.37927	1.25593	0.005367	8.80	90
古	"	132	1.1037	6.94	0.00029	1.76979	1.68142	0.005701	4.85	95
古	"	136	1.0290	6.84	0.00035	1.86161	1.75548	0.006023	5.57	100
新	"	166	0.6348	3.64	0.00038	0.60755	0.49254	0.005426	18.51	91
新	"	131	1.0898	6.86	0.00028	1.64555	1.56014	0.005490	5.04	92
新	"	164	0.7671	5.50	0.00078	1.11325	0.87984	0.005167	20.74	87
新	"	129	1.0089	7.21	0.00016	1.28551	1.23617	0.005355	3.68	90
新	"	128	1.0171	7.47	0.00048	1.82557	1.68096	0.005383	7.78	90
新	"	121	1.0135	6.41	0.00030	1.42678	1.33372	0.006442	6.22	107
新	"	126	1.0346	8.08	0.00041	1.59045	1.46483	0.005885	7.63	98
新	"	148	0.9806	7.14	0.00024	1.28875	1.21573	0.005523	5.51	93
新	"	"	1.5358	7.17	0.00018	1.12762	1.07315	0.00606	4.72	101
新	"	"	1.0158	4.91	0.00015	0.49692	0.45133	0.00616	8.94	103
古	"	118	1.0504	7.47	0.00062	1.66559	1.47781	0.006258	11.02	104
古	"	130	1.0340	7.24	0.00038	1.75241	1.63740	0.005307	6.42	89
古	"	165	1.2258	4.23	0.00031	0.99278	0.89904	0.005434	9.24	90
	白雲母	161	1.0581	5.76	0.00048	3.87309	3.72903	0.018957	3.67	300

片理構造は認められず有色鉱物に富んだ中粒の角閃石—黒雲母石英閃緑岩である。

G-130 (行定) : 福島県田村郡小野新町行定石切場 (古期)

肉眼的にも微小なチタナイトを多数持つ中粒の角閃石—黒雲母石英閃緑岩で片理構造は殆ど認められない。

G-129 (山下谷) : 福島県石城郡川前村山下谷部落西 1km (古期)

弱い片理構造をもつ中粒の角閃石—黒雲母花崗閃緑岩で、加里長石は鏡下で極めて鮮明な microcline texture を示す。

G-24 (母畑 No.1) : 福島県石川郡石川町煙石西 1.5km (新期)

中粒の黒雲母花崗閃緑岩で片理構造は全く認められない。本試料の測定値は既に報告した (河野・植田, 1964)。

G-25 (母畑 No.2) : 福島県石川郡石川町木戸内部落北 700m (古期)

片理構造の極めて著しい優黒質中粒の角閃石—黒雲母石英閃緑岩で本試料の測定値も既に報告した。

G-122 (石川) : 福島県石川郡石川町猫啼東 500m (古期)

岩相変化が極めて著しい中粒の角閃石—黒雲母花崗閃緑岩で片理構造は明瞭である。黒色捕獲岩が極めて多い。鏡下では myrmekite texture を示すものがある。

G-124 (薄ノ木) : 福島県東白川郡竹貫村薄ノ木部落東 1km (古期)

微弱な片理構造を示す細粒の含白雲母、角閃石—黒雲母花崗閃緑岩で斑晶状に加里長石を持つ。加里長石は microcline で、褐簾石もかなり含み、また myrmekite 構造も認められる。

G-46 (日立) : 茨城県日立鉾山入四間 (古期)

中粒角閃石—黒雲母花崗閃緑岩。本試料はその測定値を既に報告したものであるが (河野・植田 1964) その後抽出装置のポンプ系を水銀拡散ポンプに改変したため再吟味の必要性を生じたので再測定をおこなった。その測定値をここに改めて報告する。

S-159 (山上変成岩) : 福島県相馬市山上郵便局西 500m

白雲母—緑簾石角閃岩本試料は前述した如く緑簾石角閃岩中に夾在する薄層で阿武隈山地の花崗岩類とは一応切り離して報告すべきであるが、山上変成岩類の変成時期が極めて興味ある問題であり、新鮮な試料が得られたのでその測定結果を合わせ報告する次第である。

測定結果

第1図、第2図、第3表に掲げた如く阿武隈山地花崗岩類 18 試料の測定結果はいずれも白堊紀後期の前半に相当する測定値を示した。野外においては確かに新旧の別が観察される場合もあるが、従来新旧 2 期に区分された地域から採集した試料の測定結果では新期のものが却つて古い値を示したものが多い。

従来言われているような地質学的新旧の別は存在するであろうが、その差が極めて僅小である為 (1) 測定誤差 (2) 岩体内部の固結速度の差 (3) 試料の新鮮度 (河野・植田, 1965) 等によつて逆の結果が出たとも考えられる。花崗岩類における片理構造の有無が造構造運動と深成作用の関連性を示すものとすれば、阿武隈における両作用の時間的間隙

第 2 図 Kulp(1961) の geologic time scale における
阿武隈山地花崗岩類の K-A 年代

は極めて短かつたと云える。このことは北上山地の花崗岩類（氷上山花崗岩類は別にして）についても言えることである。

第 1 図、第 3 表に見られる如く阿武隈山地の花崗岩類の測定値は 最小値 87×10^6 年と 最大値 107×10^6 年との間にありその絶対年代は大別して略 90×10^6 年と 100×10^6 年の両時期に区分される。そして 18 試料の測定値に関する限りでは中央部に古いものが限られている。Gb-134 移ヶ岳の試料は測定試料中最も若い値を示した。移ヶ岳の角閃石斑瀾岩は恐らく塩基性岩類と花崗岩類との作用により生成したものであろう。その pegmatitic vein 中の biotite の測定値は妥当な値と思われる。G-158 の山上圧碎花崗岩はさほど新鮮な試料ではなかつたが磁力選鉱—重液選鉱—タッピング等の方法により黒雲母を濃集して測定しその結果が他地域のものと非常に近似した値を示したのでここに報告した。より新鮮な試料が得られれば再測定を行つて改めて報告したい。

阿武隈山地の花崗岩類の絶対年代を北上山地のものに比べれば平均して略 20×10^6 年若いことが判明した。

第 2 表に掲げた種々の方法による測定値と筆者等の測定値を比較しても大体に於て近似した値が得られている。

山上変成作用の時代

阿武隈山地における広域変成岩類は南部の日立、中部の御斉所、竹貫、八茎及び北部の山上地域にその分布が知られている。日立変成岩類と御斉所—竹貫変成岩類については古くから多くの人々により詳しい研究がなされてきた。

北部相馬市地域の地質については岩井淳一 (1932)、岡野 寛 (1941) らが研究をおこない相馬古生層として次表の如き層序区分がなされている。

第 4 表

地 質 時 代	層 序
後期二疊紀～ 中期二疊紀	弓 折 沢 層 大 芦 層
前期二疊紀	上 野 層
前期石炭紀	立 石 層 真 野 層
後期デボン紀	合 ノ 沢 層
先後期デボン 紀(シルル紀?)	松 ケ 平 層

渡正雄 (1955) は石炭系鬼丸統 (相馬地方の立石層) 下に不整合が存在し、未変成立石層下部に変成岩類が存在することを早くから指摘していた。

相馬市西方に分布する山上変成岩類はその主体が緑色変成岩類より成り、松ヶ平層群中の塩基性緑色岩の変成相と考えられている。この変成岩類中で高変成度のものは緑簾石角閃岩であつて、所謂阿武隈主部変成作用 (都城秋穂, 1959) と異つた作用下の変成帯に属することは都城 (1959)、牛来 (1958) らが指摘している通りである。この変成岩類を三波川変成帯の東北方延長と推定する人々もあり、変成時代についても種々の見解がおこなわれている。

山上郵便局西方の道路は路幅拡張中で、新鮮な試料が容易に入手できる。露岩は緑簾石角閃岩が主であつて、所により柘榴石、白雲母を含む。この白雲母を試料として K-A 法による年代測定をおこなつた結果 300×10^6 年の値が得られた。一般に K-A 法で変成岩類の絶対年代を測定する場合には最終的な変成作用の時期を示すものがある。この値は Kulp (1961) の time scale で石炭系 ($280 \times 10^6 \sim 345 \times 10^6$ 年) の後半に相当する。このような古い値は阿武隈は勿論三波川帯のものについても未だ報告がない。北上山地には母体層群、鶯ノ木変成岩類 (小貫義男・蟹沢聡史・斎藤靖二 1965) 等古い層準に属する変成岩類の存在が知られており、これらと山上変成岩類との関連性が興味あるので、ここに報告した次第である。

引 用 文 献

Aldrich, L. T., S. R. Hart, I. Hayase, G. L. Davis, G. R. Tilton, B. R.

- Doe, and H. Baadsgaard (1961~1962), Radioactive ages of rocks, Annual Rep. Director, Depart. Terrestrial Mag., Carnegie Inst. Washington year book, 61, 234~239.
- 牛来正夫 (1944a), 南部阿武隈高原御齊所竹貫地方産深成岩類の岩石学的研究, 東京文理大地鉱教室研究報告, 1, 30~40.
- Gorai, M. (1944b), Petrological study on the plutonic rocks of Gosaisho-Takanuki District, southern Abukuma Plateau, Mem. Fac. Sci. Kyūshū Imp. Univ., Ser. D, 2, 239~321.
- 牛来正夫 (1958), 阿武隈高原の変成作用と深成作用, 鈴木醇教授還暦記念論文集, 74~87.
- Hata, S. (1938), Yttrialite from Iisaka, Japan, Scientific paper of Inst. Phy. Chem. Research, 34, 455~459.
- Iimori, T. (1941), The microgranular uraninite from Iisaka and its geologic age, Scientific paper of Inst. Phy. Chem. Research, 39, 208~210.
- 岩井淳一 (1932), 福島県相馬地方の層序について, 東北大卒論.
- Kano, Y. and B. Yamaguchi (1928), The helium contents and the ages of Japanese radioactive minerals occurring in Ishikawa district, Bull. Chem. Soc. Jap., 3, 244~252.
- Kawano, Y. and Y. Ueda (1964), K-A dating on the igneous rocks in Japan (I), Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser III, 9, 99~122.
- Kawano, Y. and Y. Ueda (1965), K-A dating on the igneous rocks in Japan (II), -granitic rocks in Kitakami massif-, Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III, 9, 199~215.
- 黒田吉益 (1951), 日立地方の所謂圧砕性花崗岩及び角閃片麻岩について, 地質雑, 57, 135~142.
- 黒田吉益・山田晴雄 (1954), 日立鉱山笹目鉱体付近に見られる石英閃緑岩の二・三の変成現象について, 東京教育大地鉱教室研究報告, 3, 185~195.
- Kulp, J. L. (1961), Geologic time scale, Science, 133, 1105~1114.
- Miller, J., F. Shido, S. Banno and S. Uyeda (1961), New data on the age of orogeny and metamorphism in Japan, Jap. Jour. Geol. Geography, 32, 145~151.
- Minato, M. (1955), Zur Stratigraphischen Lücke der Prä-Onimaru Serie, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., 9, 31~39.
- 都城秋穂 (1959), 阿武隈・領家および三波川変成帯, 地質雑, 65, 624~637.
- 岡野 寛 (1941), 福島県相馬郡中村町西方の古生層について, 東北大卒論
- 小倉義雄 (1956), 南部阿武隈竹貫地方にみられる角閃岩化作用, 地質雑, 62, 609~621.
- 大野勝次・砥川隆二・渡辺岩井・柴田秀賢 (1953), 北部阿武隈高原東南地域の地質, 東京教育大地鉱教室研究報告, 2, 79~89.
- 大野 勝次 (1954), 阿武隈高原産花崗岩類中の斜長石双晶, 東京教育大地鉱教室研究報

告, 3, 181~183.

小貫義男・蟹沢聡史・斎藤靖二 (1965), UMP 連絡紙 4, A-zone, 地質構造部門
佐々木次郎 (1927), 本邦産鉍物のヘリウムの含有量に就いて, 日本化学会誌, 48, 119
~122.

Sendo, T. (1958), On the granitic rocks of Mt. Otakine and its adjacent district
in the Abukuma massif, Japan, Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser III, 6, 57
~167.

Shibata, H. and S. Okada (1955), Chemical composition of Japanese granitic
rocks in regard to petrographic provinces, Part II. -principal elements-,
Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 31, 141~161.

Shibata, H. (1956), Chemical composition of Japanese granitic rocks in
regard to petrographic provinces, Part IV-petrographic provinces of eastern
Japan-, Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 41, 1~23.

柴田秀賢 (1958), 阿武隈山地の花崗岩類, 鈴木醇教授還暦記念論文集, 244~252.

Shibata, H., S. Okada and H. Ishikawa (1960), Chemical composition of
Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces, Part VIII,-
principal elements- Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 59, 71~94.

Shibata, H. (1961), Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard
to petrographic provinces, Part IX, -Normative minerals-, Sci. Rep. Tokyo
Kyoiku Daigaku, Sec. C, 71, 19~31.

Shibata, H. (1962), Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard
to petrographic provinces, Part X, -petrographic provinces of Japan-,
Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 72, 33~47.

渡辺岩井 (1952), 北部阿武隈高原における細粒塩基性岩の花崗岩化作用, 地質雑, 58,
165~176.

渡辺岩井・外崎与之・牛来正夫 (1953), 北部阿武隈高原東北地域の地質, 東京教育大地鉍
教室研究報告, 2, 69~78.

渡辺岩井 (1954), 阿武隈高原における花崗岩ベグマタイトと花崗岩類との関係について,
資源研究業績, 669, 68~78.

渡辺岩井・牛来正夫・黒田吉益・大野勝次・砥川隆二 (1955), 阿武隈高原の火成活動, 地球
科学, 24, 1~11.

渡辺万次郎 (1920, 1921), 日立鉍山附近の火成岩と其鉍床に対する関係に就いて, 地質
雑, 27, 441~450, 27, 477~486, 28, 1~15.