大峰火砕流堆積物：北アルプス形成史研究の ための一指標テフラ

町 田 洋* 山 崎 晴 雄**
新 井 房 夫*** 藤 原 治****

Omíne Pyroclastic Flow Deposits:
A marker tephra for the study of evolution of the Japan Northern Alps

Hiroshi MACHIDA*, Haruo YAMAZAKI**
Fusao ARAI*** and Osamu FUJIWARA****

I. はじめに

従来テフラは保存条件がよい平野部や海底また火山山麓などで地形地質の研究に用いられることが多かったが、侵食の激しい山地の地形発達の研究にも有用な場合がある。日本の山地のうち北アルプスとその周辺は、大規模火砕流を含む火山噴出物が多いため研究が進む可能性を多分に秘めている地域である。この報告では、この問題を検討する上の一つの材料として、更新世前期の、北アルプス起源と考えられる大峰テフラについての基礎資料を提示する。なおここでいうテフラとは、溶結の有無を問わず火砕流堆積物や降下物などすべての火山碎屑物を含む術語とする。一般にテフラで山地地形発達を論じようとするには、次のような条件を必要とする。1) 山地周辺部に、その山地から侵食・運搬され、かつ山地の形成過程を反映する堆積物がよく発達し、その中に指標とな

るテフラが挟まっていること。テフラは一般に広域分布をするので、対比・同定を通じて、噴出年代などさまざまな情報を知ることができる。2) 山地内にそのテフラに覆われる谷や平坦面、あるいはテフラをきる古い地形面などが保存されていること。この条件は、北アルプスのように溶結凝灰岩が各所に分布する場合には満たされると思われる。

ここで主対象とする松本盆地東方の大峰丘陵は、2本の断層に挟まれた大峰帯と呼ばれる挟長な地帯で、北アルプス起源の扇状地性堆積物を主な構成物とし、これまでも北アルプスの隆起史や糸魚川-静岡構造線の活動史を考察する上で注目されてきた地域であった（たとえば、小林・平林、1952；町田、1979；小坂、1991）。最近その堆積物中に介在する火砕流堆積物について、他の地域のテフラとの対比が報告された（長橋、1995；長橋ほか、1996；吉川ほか、1996）。本稿ではその中に

* [redacted]

** 東京都立大学理学部地理学教室

*** [redacted]

**** 動力炉・核燃料開発事業団東濃地科学センター

* [redacted]

** Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

*** [redacted]

**** Tono Geoscience Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

介在するテフラのうち、とくに上位を占める大峰火砕流堆積物の特性、年代、対比および給源問題を考察する。

II. 松本盆地東方大峰丘陵をつくる大峰累層とその間に介在するテフラ

長野県池田町会染・中島の県道沿いには、著しく変位した大峰累層の大露頭がある(図1)。この累層は砂礫層と少なくとも3枚の火砕流堆積物の互層である(図1)。これら火砕流堆積物のうち下部の2枚は長橋ほか(1996)によって詳しく記載された結果、高山地域の丹生川火砕流堆積物(Nyg)と恵比須峠火砕流堆積物(Ebs)に相当することが確かめられた。本稿で焦点を当てる火砕流堆積物は、それらより上位の厚層をなすもので、岡本ほか(1975)に従い大峰火砕流堆積物(Omn)と呼ぶ。

1) 大峰火砕流堆積物(Omn)

〈特性〉

これは大峰累層の最上部を占め、大峰山地の尾根(小林, 1953の大峰面群)をつくる、2枚のユニットからなり厚さ100 mに達する溶結凝灰岩で、大峰型石英安山岩、略して大峰型、あるいは大峰溶岩などと呼ばれたものである(小林・平林, 1952; 平林, 1996)。なおこれは加藤・佐藤(1983)の大峰累層社部層最上部を占めるもので、また加藤ほか(1989)の大塩火砕流堆積物にも相当する。上下2枚のユニットは、中間に非溶結部を挟むことで識別されるが、その間に土壌などの堆積間隙を示す証拠はないし、また岩石記載的性質もほとんど変わらないので、一連の火砕流堆積物とみなされる。これに伴うプリニアンテフラは認められない。本テフラ層の火山ガラスの屈折率

や斑晶鉱物組成、斜方輝石の最大屈折率などの特性は次のようである。

下部ユニットの非溶結部

軽石型火山ガラス $n=1.500-1.501$

斑晶鉱物: 黒雲母, 斜方輝石いずれもごく微量, 石英

上部ユニットの非溶結部

軽石型火山ガラス $n=1.499-1.500$

斑晶鉱物: 黒雲母, ごく微量の斜方輝石; 細粒の岩片を含む

$\text{opx } \gamma = 1.739-1.743$

このように本テフラは、量は少ないがFeに富むopxを含む黒雲母流紋岩質という特色をもつ。

〈噴出年代〉

本テフラの噴出年代については、山田ほか(1985)によって $2.0 \pm 0.2 \text{ Ma}$; $2.4 \pm 0.2 \text{ Ma}$ と全岩 K-Ar 放射年代が測定され、鮮新世の噴出物と考えられた。しかしそれは下位の恵比須峠火砕流堆積物(鷹狩山火砕流堆積物Ⅱ)の推定年代(1.75 Ma: 吉川ほか, 1996)とは逆転するという問題を提供したことになる。

そこで、新たに試料を採取し、全岩 K-Ar 法によって測定された値を示す(表1)。

この値は本テフラ相当と考えられた溶結凝灰岩の古地磁気特性が逆向きであること(田中・平林, 1964)とも調和的であり、かつ下位の層位にあるテフラ Ebs の推定年代とも調和する。しかし、3枚の火砕流堆積物を挟む砂礫層の厚さと各火砕流堆積物の放射年代とは比例関係にない。すなわち Ebs を基準とすると、層位的には Nyg (後述のように 2 Ma より古いとされる)は Ebs に近く、Omn は離れている(図1)。砂礫の供給が一定なら、Nyg も Omn も年代測定値より新しいのかも

表 1 大峰火砕流堆積物の全岩 K-Ar 年代。

Potassium (wt%)	Rad. argon 40 (10^{-8} ccSTP/g)	K-Ar age (Ma)	Non Rad. Ar (%)
3.581 ± 0.072	22.9 ± 1.3	1.65 ± 0.10	76.0
	23.6 ± 1.4	1.69 ± 0.11	78.2

採取地点: 長野県池田町中島。試料: 上部ユニットの強溶結部。採取者: 町田 洋。
測定者: 岡山理科大学蒜山地質年代研究所。

図 1 (A) 大峰丘陵南部の地形図 (2.5 万分の 1 地形図信濃池田).
矢印が本文でのべる大露頭の位置.
(B) 大露頭の地質断面図. ×印が年代測定用試料を採取した地点.

知れない。また山田ほか (1985) も述べているように、全岩 K-Ar 年代は、より古い溶結凝灰岩片の混入の影響を受けている可能性がある。したがって Omn の真の年代は 1.65 Ma より若い可能性がある。

〈噴出源〉

このテフラの噴出源については、この大峰帯内と推定する論説 (本間, 1931; 小坂, 1991) と次のように他の地域とみる考えがある。岡本ほか

(1975), 佐藤・加藤 (1984) は、含まれる岩片の種類から松本盆地より西方の北アルプス内に給源を推定した。また 平林 (1996) も、この大峰丘陵内の鷹狩三山から供給された可能性はあるものの、最近では西側の山地に給源がある可能性が強いと述べている。事実、松本盆地内や北アルプス東縁には、類似した溶結凝灰岩が点々と分布する (平林, 1996)。堆積物中の異質岩片に北アルプス起源の礫が混入すること、かつ鷹狩山周辺に火道

表 2 房総半島上総層群と越後魚沼層群における 1Ma~1.75Ma の
黒雲母含有珪長質テフラ.

テフラ	火山ガラス	斑晶鉱物	引用文献・注
房総半島上総層群			
O22	pm n=1.502-1.504	bi, opx ; opx $\gamma < 1.738$	魚沼 Ka に似る
O26	pm n=1.499-1.501	bi, am, opx	里口 (1995)
Kd16	pm n=1.498-1.500	bi, opx, ho ; opx $\gamma = 1.705-1.725$	
Kd24	bw, pm n=1.498-1.501	bi	里口 (1995)
Kd25	pm, bw n=1.499-1.500	bi, opx	
越後魚沼層群			
Ka (貝の川)	pm n=1.502-1.504	(bi, opx) ; opx $\gamma < 1.73$	
SK100	pm n=1.499-1.501	bi, (opx, al) ; opx $\gamma = 1.739-1.755$	
SK110	pm n=1.499-1.501	bi, (opx, ho) ; opx $\gamma = 1.738-1.742$	

bw : バブル型火山ガラス, pm : 軽石型火山ガラス, opx : 斜方輝石, am, ho : 角閃石,
bi : 黒雲母, qt : 石英, al : 褐れん石, ()内の鉱物はごく少量.

を示す証拠もないことから, 本テフラの給源は北アルプス内にあるとみるべきであろう。大峰丘陵の尾根部に南北約 20 km にわたって分布する本火砕流堆積物の厚さや含まれる軽石の粒度は, 大町市街地東方から北方数 km の区間で最大となる。したがって大町に比較的近接し, かつその西方の現在の箆川谷, または高瀬川流域か, あるいは遠くみると立山火山あたりが給源であった可能性がある。一方, 富山平野一帯の呉羽山層中に介在する谷口火砕流堆積物は, 本層と層位や岩石記載的性質がかなり似ている (表 3)。そしてその給源は立山火山方面かと考えられた (Machida *et al.*, 1992)。両者の異同や給源は今後慎重に検討する必要がある。

〈遠隔地のテフラとの対比〉

このように本層は北アルプス起源テフラの中で著大なものの一つと考えられるので, これより東方に流れるとともに, 噴火と同時に舞い上がった火山灰は遠方にも飛散し, 種々の地域で見出される可能性が高い。もしそれができれば広域的な第四紀層序の中で上記の噴出年代を検討できることになる。この意味からまず検討を要するのは, 房総半島の上総層群と越後魚沼層群中のガラス質テ

フラである。Omn は, 上述のように 1.75 Ma より若く, 1 Ma より多分古いと思われるので, 上総層群については黄和田 38 火山灰 (Kd38) と大田代 7 火山灰 (O7) との間, また魚沼層群では, 上総層群の Kd38 と O7 に対比されるテフラ (辻又川火山灰と小木火山灰: 富田・黒川, 1994) の間の層準で, このテフラに似て黒雲母斑晶を多く含む珪長質火山ガラス (繊維状によく発泡した軽石型ガラス) に富むもの (上総層群については, 杉原の未公表資料と里口, 1995; 魚沼層群については柳沢ほか, 1985 を参照) の特性を挙げると, 表 2 のようである。なお引用したもの以外は筆者らが採取, 測定したデータである。

上記テフラ群の中では, 魚沼層群中の SK 110 が, 斑晶組み合わせ, 火山ガラス・斜方輝石の屈折率の点で Omn にほぼ一致する。また上総層群中では斑晶組み合わせ, 火山ガラスの屈折率, さらに火山ガラスの粒度がやや粗粒の点などを総合すると, Kd25 が Omn に対比されるテフラの有力候補であろうが, Omn に特徴的な高い屈折率の opx が確認できなかったのも, 問題は残る。今後火山ガラスの化学組成上の特性を求めて総合的に判断すべきであろう。

表 3 北アルプス起源と考えられる更新世前期～鮮新世後期の火砕流堆積物。

テフラ名	噴出源	種類	岩石記載的特性	分布	対比可能な遠隔テフラ	噴出年代	年代の文献
谷口	立山?	pfl	bi, (opx); qt pm, bw n=1.497-1.499 opx γ = 1.745-1.752	富山平野		R	
大峰	?	pfl	*bi, (opx, [qt]) pm n= 1.499-1.501 opx γ = 1.739-1.743	大峰丘陵	SK110, Kd25?	R ; 1.65Ma (K-Ar)	本稿
恵比須峠	?	pfa, pfl	*(opx, ho, [qt]) pm, bw n=1.500-1.503 opx γ = 1.747-1.757	高山東方, 大峰丘陵	Kd38, Fkd, Tzm	R ; ca. 1.75Ma	長橋 (1995) 長橋ほか (1996) 吉川ほか (1996)
丹生川	穂高岳周辺 (Harayama, 1992)	pfl	*opx, cpx bw n= 1.499-1.501 opx γ = 1.716-1.719	高山東方, 松本盆地南部, 大峰丘陵		R; 2.7 $\pm$ 0.3Ma (FT), 2.3 $\pm$ 0.1 ; 2.5 $\pm$ 0.2Ma (K-Ar)	山田ほか (1985) 長橋 (1995) 長橋ほか (1996)
大洞	?	pfl	(opx, cpx, ho) pm bw n=1.498-1.500	高山東方		3.1 $\pm$ 0.2Ma (FT)	山田ほか (1985)

*印は大峰丘陵におけるデータ。pfl: 火砕流堆積物, pfa: 降下テフラ, R: 逆帯磁

なお、これら Omn の対比候補になるテフラについては、次のようなジルコンのフィッシュントラック年代が報告されている。魚沼層群 SK 110: 1.87 $\pm$ 0.35 Ma, 2.0 $\pm$ 0.2 Ma, 2.31 $\pm$ 0.30 Ma (村松, 1983), また上総層群 Kd 25: 1.6 $\pm$ 0.2 Ma (Kasuya, 1990), 1.94 $\pm$ 0.12 Ma (原・楡井, 1990), 1.29 $\pm$ 0.07 Ma (渡辺・檀原, 1996)。

2) 恵比須峠火砕流堆積物 (Ebs)

池田町中島の大露頭では、Omn の下位には東方へ著しく傾いた厚さ 70～80 m の砂礫層（一部シルト層）がある。その下位にある、厚さ 10～15 m の火砕流堆積物は、長橋ほか (1996) によって鷹狩山凝灰岩層 II と呼ばれ、岩石記載の性質から高山地域の恵比須峠火砕流堆積物 (Ebs) に対比されたものである。対比の基準となった種々の岩石記載の性質の中で特筆すべきは、きわめて類例の少ない高屈折率の斜方輝石を含む点である (表 3)。吉川ほか (1996) によると、これに対比される遠隔地のテフラは、近畿地方の福田火山灰 Fkd, 東海地方の嘉例川火山灰, 房総の Kd38 火

山灰, 魚沼の辻又川火山灰 Tzm など、第三紀第四紀境界の直上、Olduvai subchron の直上に位置し、噴出年代は約 1.75 Ma と考えられている。わが国の第四紀前期テフラの中では、第 1 級の広域指標テフラの一つである。

3) 丹生川火砕流堆積物 (Nyg)

上と同じ露頭で Ebs より下位には厚さ約 5 m の砂礫層を挟んで、厚さ 10 m 余りの火砕流堆積物がある。これは長橋ほか (1996) により鷹狩山凝灰岩層 I と呼ばれ、高山地域の丹生川火砕流堆積物 (Nyg) に対比された。北アルプス起源のテフラの中では珍しく、輝石デイサイト質のテフラ (表 3) である。その噴出年代は、これまで 2.7～2.3 Ma などの K-Ar, FT 年代測定値が報告された (表 3: 山田ほか, 1985)。しかし大峰地域では、上述のように Ebs にかなり近い層位にある。これは高山地域でも同様である。したがって、これらの年代値はやや古いように思われる。今後より高純度の試料について年代測定が必要であろう。また遠隔地で本テフラに対比されるものの発見に

つとめ、その層位・年代を検討する必要がある。

この火砕流堆積物は、厚さ、粒度の点からみると、Omnより遠方からもたらされたと考えられる。また池田町から北方へ行くにつれ厚さ、粒度ともに減少するので、西南方から流入してきたと推定される。これはHarayama (1992) がNygの給源を穂高岳周辺に推定したと矛盾しない。

III. 大峰丘陵の火砕流堆積物からみた 地形発達に関する諸問題

1) 北アルプスの隆起

大峰丘陵において上記3枚の火砕流堆積物を挟む砂礫層は、岩質から明らかに大部分北アルプス起源の扇状地性堆積物である。ことにOmnとEbsとの間の砂礫層中には、粒径が50 cm以上の礫は少なくないので、この時期に北アルプスは高く隆起していたと考えられる。一方大町市松崎ではNygの下位と思われる層準で、粒径4 mに達する巨礫が見出される。小坂(1991)によると、これらの火砕流堆積物を含む大峰累層の中部層は粗大な礫の存在で特色づけられ、かつ大峰丘陵南部の大穴山部層中にある七五掛凝灰岩(加藤・佐藤, 1983)の上位からも粗大な礫が現われるという。この部層は加藤・佐藤(1983)ではOmnの上位を占めるとされたが、小坂(1991)により大峰累層より古いとされた。このような所見は、北アルプスの急速な隆起はNyg噴火以前にすでに始まっていたことを示唆する。いつ頃から隆起が開始したかは、古い火砕流堆積物の層位・年代と上下の砂礫層についての研究を要する。

大峰火砕流の給源が北アルプスにあったとなると、その給源火道をみつけたり、当時の谷底や火口またはカルデラを埋めた堆積物基底の高度分布などを求めることは、このテフラを用いて北アルプスの隆起・侵食史を考察する場合に重要な課題である。この点に関し、白沢天狗流紋岩(火砕流堆積物: 石沢, 1982)は注目される。これはかつて大峰丘陵に分布するテフラとの異同が論議されたものである。この堆積物について記載された斑晶組み合わせ、Feに富む斑晶などの特徴は、大峰丘陵のテフラのうち、EbsかOmnに当たる可

能性を否定しない。いずれにしても本堆積物は、加藤ほか(1989)の記載をみると、山地の谷間を厚く埋め、基底または側壁に非溶結部を伴う、噴出中心がごく近いことを示唆する火砕流堆積物と思われる。また葉理構造の傾斜は岩体西部で垂直に近いという。これは堆積後西側が隆起するように著しく変位したことを示唆する。

2) 中山断層・松本盆地東縁断層の活動と地形

大峰丘陵の東を限る中山-小谷断層は、大峰累層など鮮新-更新統と別所層・青木層などの中新統とを境するもので、大峰累層の堆積状況と礫種構成、地質構造などからみて、その堆積時には東側上がりの隆起運動を伴って活発に活動していたが、現在は活動を止めた断層であると考えられる。一方、西を限る松本盆地東縁断層は、沖積面も明確に変位させているので、糸魚川-静岡構造線の現在の活動を反映したA級活断層である(Une, 1985; 小口, 1990)。これは中山断層より後に活動を始め、その結果北アルプスの東に広がっていた大峰累層の堆積盆を東側隆起の断層運動で分断した。このような構造は、鮮新世以降のフォッサマグナ西縁において、中山断層から松本盆地東縁断層への断層活動の場の移動と、それに伴う堆積盆の西方への移動があったことを示すものである。2本の断層に挟まれた大峰累層・小谷累層は、軸が東方に寄った向斜構造をなす(小坂, 1991)。西側の松本盆地東縁断層寄りでは、大峰累層は著しい東傾斜、東方では中山断層のため引きずられたとみられる西傾斜をなす。断層活動が移動した時期、移動プロセス、およびその原因の解明は未だ不十分で、これらの断層と北アルプスの隆起との関連も含めて未解決の問題が多数残されている。しかし、上記構造運動の変化プロセスや変動量は、大峰累層や松本盆地を埋める更新統の編年および堆積環境や分布高度の把握から復元することが可能である。大峰累層中に挟まれる鮮新世～更新世テフラの層序と編年・対比は上記の復元を行なう上で最も重要な鍵となるだろう。

3) 大峰面

大峰丘陵の尾根部は海拔1,000～900 mの緩斜面をなし、小林(1953)による侵食平坦面、大峰

面群の標式地である。この尾根部は、厚い大峰火砕流の溶結部が cap rock をなし、しかも東へ傾く場所では層すべりを起して、いたるところに地すべり地形を発達させ平坦度を増したものである。中山断層の東側にもつづく海拔 1,000~700 m の大峰面は、明らかに Omn 流下堆積後中山断層が活動をやめて断層が西に移動した後に形成されたものである。

IV. まとめと今後の問題

1) 大峰丘陵頂部にある大峰火砕流堆積物 (Omn) は北アルプスの火山起源と考えられる大規模火砕流噴火の産物である。まだその給源の位置は突き止められていないが、予想される噴出物の大きな体積からみて噴出中心にはカルデラができた筈である。その痕跡を北アルプスで捜すことは将来の課題である。

2) Omn の全岩 K-Ar 年代は、下位にある恵比須峠火砕流堆積物 (およびその co-ignimbrite ash) の年代論と矛盾しない値、約 1.65 Ma が得られた。しかし層序についての所見や Omn に古い溶結凝灰岩片が混入する可能性があることからみると、真の噴出年代はこれより新しい可能性がある。

3) Omn は大峰丘陵にとどまらず遠方に流下し、また同時にテフラが降下したことは当然予想される。遠隔地において Omn に対比される可能性のつよいテフラはまず魚沼層群の SK110 である。また上総層群の Kd25 も対比候補の一つである。今後多面的な特性記載につとめ、対比の確度を高める必要がある。それは第四紀前期の編年問題や Omn の真の年代推定に寄与する。

4) Omn 堆積以前の大峰丘陵は、北アルプスからの砂礫の堆積盆地としての松本盆地の一部であり、盆地東縁は中山-小谷断層であったことは明らかである。現在の松本盆地東縁断層は Omn 堆積の後これが西方へ移動したものである。

5) 北アルプスの隆起史を考察する上で大峰丘陵を構成する堆積岩の岩相変化は重要である。テフラを基準とした大峰丘陵の層序と砂礫層の層相変化からみると、北アルプスの著しい隆起は丹生

川火砕流堆積以前から始まっていた。一方北アルプス内で Omn を始めとした諸火砕流堆積物の認定とその変位の研究は未解決で、山地の隆起史を語るには明らかにすべき課題である。

文 献

- 原 雄・楡井 久 (1990): 黄和田層下部のフィッシュントラック年代. 地質学雑誌, **96**, 397-400.
- Harayama, S. (1992): Youngest exposed granitoid pluton on Earth. *Geology*, **20**, 657-660.
- 平林照雄 (1996): 白馬村の地形・地質. 白馬の歩み (白馬村誌) 第一巻 自然環境編. 長野県白馬村, 1-159.
- 本間不二男 (1931): 信濃中部地質誌. 古今書院, 331 p.
- 石沢一吉 (1982): 北アルプス鹿島槍ヶ岳-烏帽子岳付近の火成岩類の地質. 地質学雑誌, **88**, 215-230.
- Kasuya, M. (1990): Fission-track ages of tuff layers related to the Pliocene-Pleistocene boundary on the Boso Peninsula, Japan. *Quaternary Research*, **33**, 86-93.
- 加藤碩一・佐藤岱生 (1983): 信濃池田地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 93p.
- 加藤碩一・佐藤岱生・三村弘二・滝沢文教 (1989): 大町地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 111 p.
- 小林国夫 (1953): フォッサマグナ西部における洪積世侵食面群. 地理学評論, **26**, 291-307.
- 小林国夫・平林照雄 (1952): フォッサマグナ西部のいわゆる大峰火山と第四紀区分について (演旨), 地質学雑誌, **58**, 293.
- 小坂共栄 (1991): 大峰帯の地質とフォッサマグナ発達史における意義. 信州大学理学部紀要, **26**, 75-140.
- 町田 洋 (1979): 信濃川上流と姫川の自然と歴史. 松本砂防のあゆみ第1編, 建設省松本砂防工事事務所, 1-77.
- Machida, H., Fujii, S. and Okumura, K. (1992): *Quaternary tephrochronology of Mount Tateyama and adjacent areas*. Guidebook for the INQUA-COT field workshop, 18 p.
- 村松敏雄 (1983): 魚沼層群のフィッシュントラック年代. 魚沼層群, 地団研専報, **26**, 63-66.
- 長橋良隆 (1995): 岐阜県高山盆地の鮮新世~中期更新世火山碎屑物一層序および記載岩石学的特徴一. 地球科学, **49**, 109-124.
- 長橋良隆・小坂共栄・日比伸子 (1996): 岐阜県・長野県に分布する後期鮮新世の大規模火砕流堆積物とその対比一丹生川火砕流堆積物・恵比須峠火砕流堆積物とその相当層の例一. 地球科学, **50**, 29-42.
- 小口 高 (1990): 松本盆地中部における活断層の垂直変位速度. 活断層研究, **8**, 15-21.
- 岡本一男・三村弘二・小林国夫 (1975): 長野県大町市付近の大峰火砕流. 火山, **19**, 164-165.
- 佐藤岱生・加藤碩一 (1984): 長野県大峰累層中の有明

- 花崗岩岩片. 日本鉱物学会・日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会 昭和59年秋期連合学術講演要旨集, 157.
- 里口保文 (1995): 上総層群中・下部層の火山灰層序. 地質学雑誌, **101**, 767-782.
- 田中邦雄・平林照雄 (1964): 犀川流域の地質 (その二). 信州大学教育学部研究論集, **15**, 21-36.
- 富田裕子・黒川勝巳 (1994): 大阪ピンク火山灰と新潟地域の小木火山灰の対比. 地球科学, **48**, 467-476.
- Une, H. (1985): On the tectonic landforms in the northwestern part of the Nagano Prefecture, central Japan. *Bull. Geog. Surv. Inst.*, **29**, 88-101.
- 渡辺真人・檀原 徹 (1996): 房総半島上総層群のフィッシュントラック年代. 地質学雑誌, **102**, 545-556.
- 山田直利・加藤碩一・小野晃司・岩田 修 (1985): 北アルプス周辺地域の鮮新世-更新世珪長質火山岩類の年代. 地質調査所月報, **36**, 539-549.
- 柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也・加藤碩一 (1985): 小千谷地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 177 p.
- 吉川周作・里口保文・長橋良隆 (1996): 第三紀・第四紀境界層準の広域火山灰層—福田・辻又川・Kd38火山灰層—. 地質学雑誌, **102**, 258-270.