

短 報

巨石の天然記念物「岩神の飛石」の起源について

佐藤興平

気象庁 気象大学校：〒277-0852 千葉県柏市旭町 7-4-81

要旨：前橋市内の岩神社には、1938年に国の天然記念物に指定された安山岩の巨大岩塊がある。この岩塊の起源については指定当初から諸説があり、現在も完全には解明されていないが、供給源として赤城火山もしくは浅間火山が想定されている。ここでは、赤城山と浅間山の火山岩のストロンチウム同位体組成が明確に異なることから、岩塊のストロンチウム同位体比を測定することによって起源を特定できる可能性があることを指摘する。

キーワード：天然記念物、岩神の飛石、前橋、群馬、安山岩、流れ山、泥流、赤城山、浅間山、Sr 同位体、脇水鐵五郎

Source of a large andesite block, a natural monument at Iwagami in Maebashi, central Japan

SATO Kohei

Meteorological College, Japan Meteorological Agency: Asahi 7-4-81, Kashiwa, Chiba 277-0852, Japan

Abstract: A large andesite block at Iwagami in Maebashi was designated as a natural monument in 1938, because of its large size and isolated occurrence in the surrounding flat area. Source of this block has been enigmatic for many years. The block is likely to have been derived from Akagi or Asama volcanoes by mudflow. The two possibilities may be discriminated by strontium isotope analysis of the block because volcanic rocks of the two volcanoes show remarkably different strontium isotope composition.

Key Words: Natural monument, Iwagami, Maebashi, Gunma, andesite, hummocky hill, mudflow, Akagi volcano, Asama volcano, Sr isotope, WAKIMIZU Tetsugorou

1. はじめに

前橋气象台近くの岩神社には、天然記念物に指定された安山岩の巨岩がある(図1, 2)。これは群馬県内にある国指定の地質系天然記念物7件のひとつで、長野原町の「川原湯岩脈」(1934年指定)や利根村(現沼田市利根町)の「吹割溪ならびに吹割瀑」(1936年指定)に次いで1938年に指定されたものである(佐藤, 1992)。神社の現在の住居表示は昭和町となっているが、指定時には神社を中心とする岩神町が前橋市北西端部の広い範囲を占めていた(註1)。当時の前橋市全図(1934年前橋市役所編纂発行)によると、神社の周辺には田畑が広がっていたから、その中にそびえ立つ巨岩の迫力は現在の比ではなかったと思われる。平坦な前橋台地に孤立して存在する高さ10mに及ぶこの巨岩は、古くから不思議がられ、また不気味がられてもきたようである。巨岩を背負うかのように建てられた社殿も、自然を畏れ安泰を願う人びとの気持ちの表れだった



図1. 「岩神の飛石」。

2016年1月, 武者 巖氏撮影。

のではなかろうか。

この巨岩が何故ここにあるのか、これは今も完全には解き明かされていない謎である。現地には群馬県と前橋市の

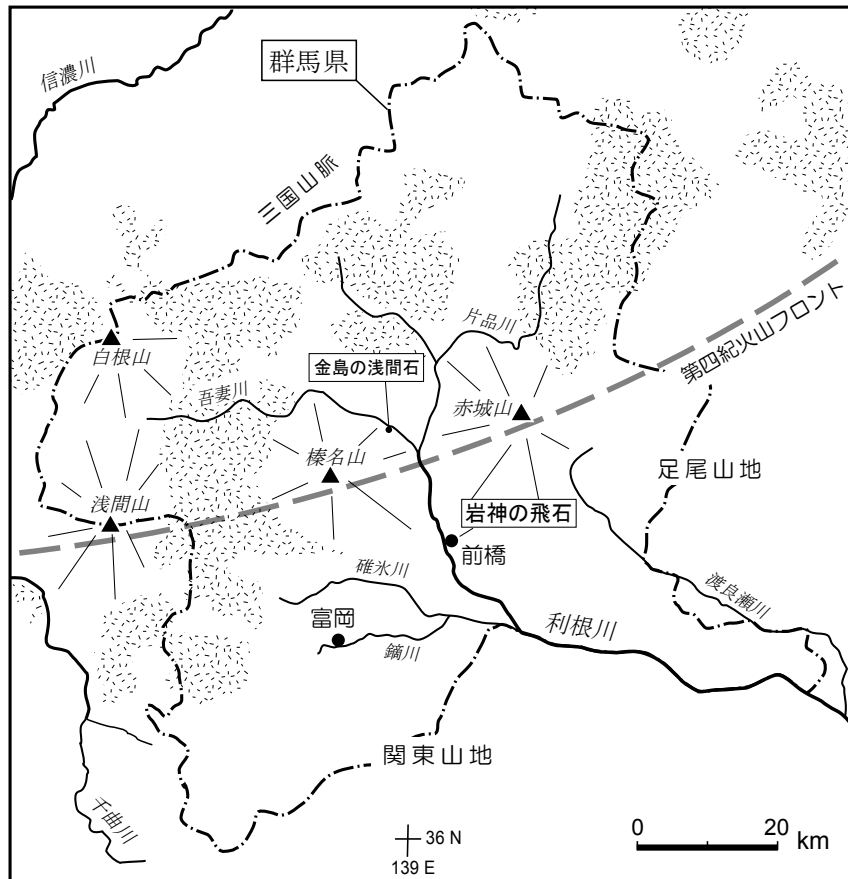


図2. 群馬県内の巨石の天然記念物と活火山。

三角形は活火山（気象庁HP）、網目は中新世－鮮新世火山岩類（地質調査所，1992）。「金島の浅間石」は、1783年（天明3年）に大噴火を起こした浅間山から泥流（天明泥流）によって運ばれてきた安山岩の巨大岩塊であり、1952年に群馬県の天然記念物に指定された（佐藤，1992）。渋川市川島の吾妻川右岸（川の南側）にあり、上越新幹線の橋脚が立ち並ぶ付近の畑の中にも類似の岩塊が見られる。

教育委員会による解説板があり、赤城山が崩れて流れ出した岩塊が後に浅間山起源の泥流で運ばれてきたという趣旨の説明が書かれている。もともと赤城山にあった岩塊が2度も大移動したという訳である。一方で、この巨岩は遙か離れた浅間山から2.4万年余り前の山体崩壊に伴う泥流で運ばれて来たという意見もある（吉田・須貝，2006；早川，2010）。この巨岩の起源は赤城山なのか、浅間山なのか、この問題を解き明かすことは、郷土の自然史解明という学術的な意義だけでなく、長期的な火山防災の視点からも重要な課題と思われる。ここでは、天然記念物指定以前から様々な見解があった「岩神の飛石」の起源を特定できる可能性のある同位体地球化学的な手法を提案したい。

2. 天然記念物「岩神の飛石」

天然記念物の指定に関わる文書は文化庁に保管されている。筆者は文化審議会文化財分科会の天然記念物委員会の委員に委嘱され（2006-2015年）、様々な申請案件の審議に関わる傍ら、「岩神の飛石」指定時の資料に接する機会に恵まれた。その資料の中には、文化庁の文化財データベースの記述「輝石安山岩ノ巨石數十個相重ナリテ高サ約一〇メートルノ一小丘ヲナス 先史時代ニ赤城火山ヨリ流出シ

タル火山泥流中ノ「流レ山」の残存セルモノナリ」の基になったと思われる手書きの報告書が含まれていた。表題は「岩神ノ飛石ノ系統ニ関スル調査」となっている。執筆者は明記されていないが、脇水鐵五郎が関わった可能性が高い。脇水（1867-1942）は明治から昭和にかけて活躍した地質・土壌学者で、鉱物学から地理学や応用地質学まで多方面にわたる著書を残している。東京大学農学部教授を退官後は天然記念物の指定に協力したことで知られる（脇水，1936）。閲覧した資料には当時の前橋市長や群馬県知事から文部大臣に宛てた公文書も含まれており、それらの記述からみて、脇水が「岩神の飛石」の調査を委託されたと推定される（註2）。上記の報告書も彼自身が執筆した可能性があるが、断定はできないので、以下で内容を紹介する場合は括弧付きの「報告書」を用いることにする。

この「報告書」は冒頭で、「岩神の飛石」の起源について、(1) 利根川上流から流下したという説、(2) 浅間山から飛来したという説、(3) 氷河運搬説などを紹介した後、野外調査の結果や岩石の外観と斑晶鉱物の特徴などを基にして、この巨岩は赤城山からもたらされたと結論している。判断の基準としては、赤みを帯びた岩石の外観と角閃石斑晶の存在を重視しており、類似の岩塊の分布を北東方の赤城山中腹まで追跡している。「報告書」に添付された縮尺

3-50cm, 円礫は5-10cm) とその間を埋める火山灰質基質の割合は4対6程度である。供給源からもたらされたとみられる火山岩角礫の多くはガラス質な複輝石安山岩であって、基質の重鉱物も紫蘇輝石・普通輝石・磁鉄鉱が主体で角閃石はほとんど含まれていないという。このような岩石・鉱物の特徴が浅間火山の噴出物に似ていることから、前橋泥流は浅間火山で発生した応桑泥流に対比される可能性が高いという。新井(1993)は前橋泥流と応桑泥流は同一のものと断定している。

「岩神の飛石」は前橋台地の平坦面に孤立して存在する。岩塊の基底部は台地表層部を構成する広瀬川砂礫層に埋められているが、その下位の前橋泥流堆積物まで達していると予想されるという(新井, 1971)。岩塊と泥流堆積物との接触関係を確認したという報告はないが、両者が近接して存在することは、成因的にも両者が密接に関係していた可能性を示す。前橋泥流が浅間火山起源だとすれば、「岩神の飛石」も浅間火山からもたらされたと考えるのが自然である。「岩神の飛石」の様な巨岩が遙か離れた浅間山から長距離運ばれてきたとする説は受け入れにくいかも知れないが、火山泥流が巨岩を運搬する力を持っていることは、群馬県指定の天然記念物である「金島の浅間石」(図2; 佐藤, 1992, p.27) や国内外の火山災害時の経験からも知られているので、「岩神の飛石」が浅間火山起源である可能性は否定できない。しかし「報告書」は、浅間山には「岩神の飛石」と同質の岩石がないとして、「浅間火山起源説」を否定している。浅間山には本当に「岩神の飛石」の供給源と見なされる岩石はないのであろうか。

浅間山は主に複輝石安山岩からなり、角閃石が産するのは仏岩溶岩流と小浅間山溶岩円頂丘などのデイサイトに限られる(Aramaki, 1963; 荒牧, 1968)。前橋泥流に対応するとされる応桑泥流は、火山活動初期の山体である黒斑山の水蒸気爆発で発生したと考えられるが(例えば、荒牧, 1968, p.15)、黒斑山も複輝石安山岩からなり角閃石は含まれない(Aramaki, 1963; 荒牧, 1968)。角閃石の存在を重視する限り、「岩神の飛石」の起源を黒斑山に求めることは、やはり困難である。こうして、岩石の外観と斑晶鉱物に着目した「報告書」の結論と、前橋泥流と「岩神の飛石」との密接な産状から想定される「浅間火山起源説」とは相容れないことになる。これはどのように説明したらよいのであろうか。

「岩神の飛石」の起源について新井(1971)は、「浅間火山起源説」は採用せず、赤城火山起源の流れ山が前橋泥流で2次的に移動したという「赤城火山起源2段階流下説」とも称すべきシナリオを提案した。これが現地の解説版に

書かれている説明文の基になったと思われる。新井(1971)は利根川上流の板東橋付近に分布する流れ山の一部に「岩神の飛石」と似た岩相をもつところを見出し、それが泥流に押し流されて現在地まで来たと推定した。この岩石は噴火口近くで溶結した溶岩餅集塊岩で(註5)、かつてはカルデラ形成前の赤城火山の火口付近にあったと考えたのである。彼が供給源と想定したこの流れ山は、「報告書」も調べており、岩相が違うとして起源からは除外されている。どちらが正しいのか現地調査で検証する必要があるが(註6)、矛盾が解消したかに見える「2段階説」にも問題が残っていることを指摘しておかなければならない。それは「岩神の飛石」が単一の岩塊ではなく、文化庁データベースの記述「巨石数十個相重ナリテ高サ約一〇メートルノ一小丘ヲナス」にもあるように、複数の角張った岩塊が組み合ったかのように重なり合った状態で存在するからである(図1)。流れ山の内部で割れ目を介して巨岩が相接するという産状が観察されることはあるが、そのような岩塊の集合体が再流動の過程で分散もせず、泥流中の異質岩塊や基質が隙間に混入することもなく、重なり合っただけの孤立した岩塊群となるだろうかという疑問はぬぐいきれないのである(註7)。

そこで、再び天然記念物指定時の見解を記述した「報告書」に戻り、その「赤城火山起源説」の内容を詳しく検討してみよう。前項で紹介したように、「報告書」は「岩神の飛石」とそれに関連した岩塊群が、赤城山頂の地蔵岳付近から南西方向の山麓に向かって流下したと推定している。その根拠は角閃石を含む同質の岩塊を追跡して地蔵岳に至ったことにある(図3)。赤城火山の活動は後期になると噴出物に角閃石が含まれるようになる(守屋, 1968)。地蔵岳は活動最末期の噴出物からなり、角閃石を含んでいるのである。「報告書」は岩塊群が泥流で流下したとしているが、古くは成因の良く分からない大規模な土砂移動に対して泥流という用語が使われたので、現在の用語で言えば岩屑なだれのような流れであったのかも知れない。そのような泥流が実在したという確証はないが、「報告書」が発生地点と想定した場所の名称を採って仮に「地獄谷泥流」と呼ぶことにしよう。この泥流はいつ発生したのであろうか。守屋(1993)によると、地蔵岳など中央火口丘の形成は2万年ほど前であるという。赤城山麓の一部では、既に旧石器時代の人びとが住み始めていた時代である。もしこの「地獄谷泥流」が20000年前に発生したのだとすると、現在の前橋付近は浅間火山に由来する応桑泥流(前橋泥流)の4000年余後に再び泥流に襲われたことになる。このような想定は前橋泥流の上位に「岩神の飛石」が存在する

ことと矛盾しない。

“地獄谷泥流”の証拠は残っているだろうか。既に述べたように「岩神の飛石」の基底には広瀬川礫層が堆積している。直近の前橋気象台構内で掘られた試錘の結果を見ると（新井，1971，p.31の第13図のK），6m余りの礫層の下は前橋泥流となっていて，特異な泥流堆積物は記録されていない。しかし礫層の存在は，前橋泥流の堆積後その上を旧利根川が流下した段階があったことを示す。広瀬川礫層堆積前に，旧利根川の浸食作用で，赤城火山由来の泥流堆積物や前橋泥流の表層部が失われたという可能性はないだろうか。「報告書」は，確認できた「岩神の飛石」の類似岩塊12カ所のうち5カ所で泥流堆積物が認められたとしている。産状の詳細は記載されていないが，このうち4カ所は細ヶ澤川上流の富士見村で，1カ所が前橋台地の橘村であったという。当時から既に採掘などで改変を受けた例が多かったとされているので，今となっては検証が難しいと思われるが，再調査によって泥流の実態解明の手掛かりが得られるかも知れない。

ところで，守屋（1993）による「2万年ほど前」という年代に含まれる誤差によっては，上記の“地獄谷泥流”と前橋泥流の前後関係が微妙になってくる可能性もある。新井（1971，p.46）は，「赤城火山は上部ローム層堆積初期の約25000年前に全ての噴火活動を終了していた」と指摘している。仮に“地獄谷泥流”が25000年前に発生したのだとすると，現在の前橋付近はまず赤城火山起源の泥流に襲われ，引き続いて浅間火山起源の泥流に襲われたことになる。この場合，“岩神の飛石”は前橋泥流が埋め残した泥流丘の一部か，あるいは新井（1971）が提案したようなメカニズムで2次的に移動して来た岩塊群ということになる。ただし，新井（1971）には，前橋泥流の直前に別の泥流が存在したことをうかがわせるような記述は見出されない（註8）。

このように，“岩神の飛石”が赤城火山起源であったとしても，山体のどこから，いつ，どのようにして運ばれてきたのかが問題となる。検討すべき課題は多く，解決は容易ではないと思われるが，“岩神の飛石”の謎の解明に向けた研究が望まれる。

4. 「岩神の飛石」の起源判定の手掛かり：Sr同位体組成

「岩神の飛石」の起源に関する前項までの論述は，岩石の特徴と類似岩塊の分布および前橋泥流との関係という岩石学的あるいは地質学的な観察に基づいて書かれた資料を

読み解いてみたものである。しかし残念ながら，これら既存資料だけで起源について確定的な結論を下すことは難しく，更に調査・研究を重ねる必要があることが確認された。そこで，これまでとは独立な手法で起源の問題を解く糸口はないものか考えてみた。例えば，岩石の微量成分の量比や同位体比といった地球化学的な指標に着目して火山の性格付けができれば，孤立して存在する火山岩塊でも，供給源の手掛かりが得られるかも知れない。「岩神の飛石」に関しては，ストロンチウム（Sr）の同位体組成に着目すれば，岩塊移動の時期やメカニズムは別としても，少なくとも赤城起源なのか浅間起源なのかは比較的容易に判定できる見込みがあることに気づいた。この項ではその手法を論じてみよう。

図4には赤城山と浅間山に加えて，榛名山・八ヶ岳および富士山の火山岩について得られている同位体組成（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比）のデータ範囲を示した。八ヶ岳と富士山はフォッサマグナ中央部から伊豆半島に至る地帯の火山列を代表する例として示したものである。それぞれの火山について活動の新旧各ステージをカバーするように選ばれた試料が測定されており，図4はSr同位体組成で各火山の特徴を描き出したものと見なされる。この図で明らかな様に，赤城山と浅間山の火山岩のSr同位体組成は全く異なり， $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比がかけ離れている。赤城山の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は，西隣に位置する榛名山と比べても明瞭に高く，変化幅も大きい。赤城山は日本の第四紀火山の中でも最も高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比をもつ火山のひとつなのである。ここでは成因の詳細に

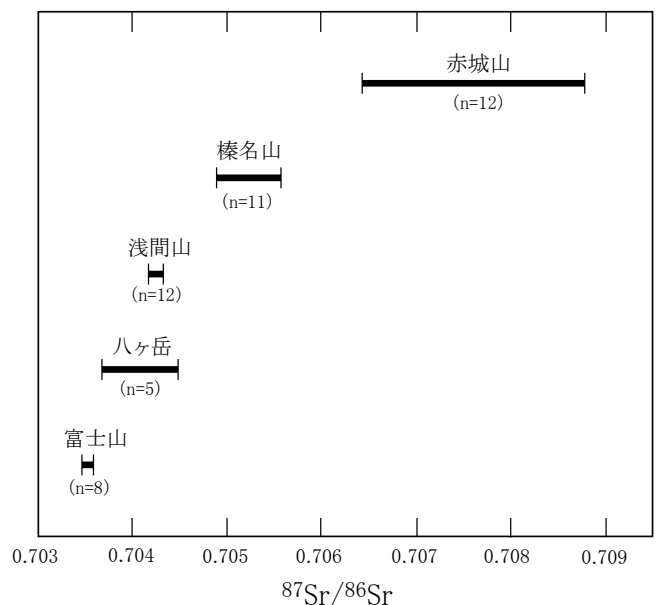


図4. 赤城山・榛名山・浅間山の火山岩のSr同位体組成。比較のため八ヶ岳と富士山のデータ範囲も示す。データ範囲の下の数値は測定された試料数。出典は Notsu et al. (1985, 1987)。

は立ち入らないが、高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比をもつ地殻物質が赤城火山をつくったマグマの形成に関与したためと考えられる(註9)。

赤城山に対して、浅間山は八ヶ岳や富士山に近い低い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比で特徴付けられる。図に示した12個の試料の中には、黒斑山の安山岩も3個含まれており、浅間火山の活動時期による $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の変化は小さいとみてよい。前橋泥流の起源は、この黒斑山として残っている古期火山体の崩壊により発生したとみられている(例えば、荒牧, 1968; 早川, 2010)。したがって、「岩神の飛石」の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定することによって、起源が赤城火山なのか浅間火山なのかは比較的容易に判定できると期待される。

5. まとめ

前橋市街地に孤立して存在する巨石の天然記念物「岩神の飛石」は、1938年の指定当初から起源について諸説があった。指定時の学術的位置づけを知るため指定関連文書を調べると、詳細な調査結果をまとめた「報告書」から、起源は赤城火山と考えられていたことが分かった。その後、浅間火山由来の泥流で2次的に流されて来たとか、浅間火山から直接流下して来たという説も登場し、起源に関する見解は依然として多様なままである。「岩神の飛石」の起源を特定することは、学術的に重要なだけでなく、火山防災に関わる課題にも直結するので、供給源の火山を特定するためSrの同位体比測定という手法を提案した。その検討結果に加え、巨岩を移動させたとみられる泥流の発生時期やメカニズムを解明できれば、「岩神の飛石」の起源だけでなく、前橋台地の成り立ちに関する理解が更に深まると期待される。

謝辞

文化庁記念物課の本間 暁主任文化財調査官は、「岩神の飛石」の天然記念物指定時の資料閲覧の便宜を図ってくださった。武者設計事務所(前橋市)の武者 巖氏は、「岩神の飛石」の現況を撮影してくださった。また、群馬の火山と火山岩に詳しい大島 治氏は、赤城・浅間の両火山について多くのことをご教示下さるとともに、粗稿を読み貴重な助言をくださった。神奈川県温泉地学研究所前所長の吉田明夫氏と査読の労を執られた文化庁記念物課の主任文化財調査官であった桂 雄三氏も粗稿に対して貴重な助言を下された。以上の皆様に深謝します。

<註>

註1)「岩神の飛石」の天然記念物指定当時の住居表示は、指定に関する公文書の記述によると、「前橋市岩神町岩南402番地」であった。

註2)脇水鐵五郎は文部省から依頼されて指導や助言を行う立場であったのかも知れないが、公文書の一部に「脇水囑託の実査済」という文言が見られることから、脇水自身が現地を調査したことは確かと思われる。「報告書」も彼が書いたと考えられるが、仮にそうではなかったとしても、「岩神の飛石」の斑晶鉱物を調べて類似岩塊の分布と産状を詳しく記載し、赤城火山の活動史にも言及した高水準かつ充実した内容からみて、執筆者が火山にも詳しい地形・地質研究者であったことは間違いない。脇水は1907年に、「岩神の飛石」と同じ年に天然記念物に指定された「上野村亀甲石産地」に関する調査報告を書いており(脇水, 1907)、1936年の地質学会における講演では、貴重な露頭や岩石・鉱物を天然記念物に指定して保存することを呼びかけている(脇水, 1936)。

註3)敷島公園の「お艶ヶ岩」も申請に向けて調査したらしく測量図が残っている。何故か最終的には指定に至らなかったらしい。

註4)「報告書」の中では、「流れ山」ではなく「流れ丘」という用語が使われている。今では「流れ山」がよく使われるが、規模からすれば「流れ丘」の方が妥当かも知れない。本稿では引用の文脈で「泥流丘」という用語も用いた。

註5)筆者はかつて既存の資料を基に「岩神の飛石」を溶結凝灰岩と紹介したが(佐藤, 1992)、実際には吹き上げられた溶岩や岩塊が火口近くに降り積もって溶結した火砕岩の一種とも考えられ(新井, 1971)、一部に層状構造も認められる。このような火砕岩をアグルチネートという。試料を採って確認したいところであるが、指定物件の現状変更にあたるので許可なしにはできない。天然記念物委員会の委員であった筆者もそのような検討はしていない。このため本稿の岩石や鉱物の記述は指定時の「報告書」に書かれた岩石・鉱物名を踏襲している。

註6)『前橋市史』の「地形・地質」の解説の中で新井(1971)

は、「岩神の飛石」の岩質を複輝石安山岩とし、角閃石は記載していない。天然記念物は許可なく採取できないので、同一岩種と判断した「お艶ヶ岩」から顕微鏡観察用試料を採取したのかも知れないが、採取地点は明記されていない。あるいは角閃石が少量なので記述を省いたのかも知れないが、一方で「報告書」には角閃石の量や鑑定方法が記述されていない。執筆の時代や目的が異なる2つの資料の比較には限界があるとは言え、両者の記述の不調和は気にかかる。しかし、今となつては執筆者に聞くという術はなく、実体解明のためには、然るべき手続きを経て、現地調査を行い確認する以外にない。この点は「岩神の飛石」の起源を探る上で重要な検証項目のひとつであるが、本稿では「報告書」の記述を軸に問題点の整理を試みた。なお、新井(1971)の後に書かれた新井(1993)は「岩神の飛石」に触れておらず、近年の“浅間火山起源説”(吉田・須貝, 2006; 早川, 2010)には、根拠となる詳しい岩石学的証拠が示されていない。

註7)「岩神の飛石」が形成時の状態を保持しているとは、もちろん考えられない。形成後に風化浸食を受け、人的な改変も受けているであろう。「報告書」には、泥流丘の中には石材として採掘されてしまった例も認められると記述されている。「岩神の飛石」も、周囲の小岩塊は持ち去られ、移動不能な巨岩だけが残されているのかも知れない。巨岩に鑿を入れようとしたら血が流れたという伝説は、石を持ち去ろうとする動きに対して、これを押し止めようとする動きがあったことを示唆する。本稿では、昔の技術では移動不能な巨岩は、元の状態を留めていると推定した。

註8)新井(1993, p.39)には前橋泥流と前橋砂礫層の境界部の観察結果が書かれている、ボーリング調査や大規模工事で、地表露頭では観察できない両層の境界部に、厚さ数m以下のシルト・粘土層が観察されたという。これが局所的な地層ではないとすると、堆積環境など周辺環境の激変を示唆すると考えられるが、成因に関する記述はなく、この変化が赤城火山の活動に関係していたのかも分からない。もし「報告書」が想定したような“地獄谷泥流”やそれに相当する岩塊の流下現象が実在しなかったのだとすると、理解しにくい点はあるが、新井(1971)の“2段階説”は残された選択肢として合理性を帯びてくる。ただしその場合、「報告書」が記載した類似岩塊とは何であったのか、

新井(1971)が供給源と考えた橋山周辺の流れ山群はいつどのようにして流下したのか、あるいは流れ山の一部分が現在の岩神神社まで到達したという可能性はないのか、などの疑問の解明が求められよう。もし「岩神の飛石」が前橋泥流の少し前に赤城火山から流下した流れ山であったとすると、岩神の地は旧利根川の扇状地だったので、その後の浸食作用で関連する記録が失われているかも知れない。また、侵食も加わってきた起伏のある地形が前橋泥流で埋め立てられて平滑化し、泥流以前の記録が見えにくくなっているかも知れない。これらは今のところ想像の域を出ないが、「岩神の飛石」の成因によっては、前橋台地の成り立ちは現在の理解よりも複雑なものになる可能性がある。しかし仮にそうであったとしても、前橋台地形成史の中で前橋泥流が最も重要な位置を占める地層であることに変わりはないであろう。この点に関して、前橋にある群馬大学で長年にわたって火山噴出物の研究を続けた新井(1925-2004)は、『前橋市史』の中に次のような一文を残している。「浅間山は現在もさかんな活動を続けている活火山であり、24000年前の過去に、一瞬のうちに前橋を埋めつくしたような火山泥流が今後再び流出しないという保証は一つもないことを忘れてはならない(新井, 1971, p.48).」

註9) Sr 同位体データを引用した論文の著者は、高い $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比をもつ地殻物質はフィリピン海プレートの沈み込みによってもたらされたとしているが、筆者は赤城火山の下の地殻の関与が重要であったと考えている。

文 献

- 新井房夫(1971):地形・地質、『前橋市史』第1巻,第1編「自然」,第2章,8-66.
- 新井房夫(1993):上州の火山噴火の歴史.新井房夫編「火山灰考古学」,古今書院,30-53.
- Aramaki, S. (1963): Geology of Asama volcano. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec.2*, **14**, 229-448.
- 荒牧重雄(1968):浅間火山の地質.地団研専報(14),45pp.
- 地質調査所(1992):100万分の1日本地質図,第3版,地質調査所.
- 早川由紀夫(2010):浅間山の噴火地図.NPO法人あさま北軽スタイル発行.
- 守屋以智雄(1968):赤城火山の地形及び地質.前橋営林局,65pp.
- 守屋以智雄(1993):赤城火山の生い立ちと将来の噴火.新井房夫編「火山灰考古学」,古今書院,173-193.
- Notsu, K., Kita, I. and Yamaguchi, T. (1985): Mantle contamination under Akagi volcano, Japan, as inferred from combined Sr-O isotope relationships. *Geophys. Res. Lett.*, **12**, 365-368.

- Notsu, K., Aramaki, S., Oshima, O. and Kobayashi, Y. (1987): Two overlapping plates subducting beneath central Japan as revealed by strontium isotope data. *Jour. Volc. Geotherm. Res.*, **32**, 195-207.
- 佐藤興平 (1992) : 関東地方の天然記念物, 地質ニュース, (453), 25-37.
- 脇水鐵五郎 (1907) : 秩父の亀甲石. 地学雑誌, **19**, 733-738.
- 脇水鐵五郎 (1936) : 地質鉱物関係の天然記念物. 地質雑, **43**, 386-387.
- 吉田英嗣・須貝俊彦 (2006) : 24,000年前の浅間火山大規模山体崩壊に由来する流れ山地形の特徴. 地学雑誌, **115**, 638-646.