■立山カルデラの形成と深層崩壊の歴史 — 鳶泥と国見泥 —

History of Tateyama Caldera and the Deep-seated Landslides : Tombidoro and Kunimidoro

野崎 保* Tamotsu NOZAKI / 野崎技術士事務所 Nozaki EG Consulting

菊川 茂 Shigeru KIKUKAWA / 立山カルデラ砂防博物館 Tateyama Caldera Sabo Museum

キーワード：立山カルデラ，深層崩壊，鳶泥，国見泥

Key words : Tateyama Caldera, Deep-seated landslide, Tombidoro, Kunimidoro

1. はじめに

筆者等はこれまで当学会の研究発表会等において立山カルデラの地形地質について報告してきたが^{3)~4)}，ここでは1858年の飛越地震による大鳶崩れについて再検討すると共に，主に多枝原と松尾谷周辺の地形地質状況について報告する。そして，今後の課題や取り組み方針について述べる。立山の地質に関しては原山他⁵⁾の詳細な研究報告があり，1858年の飛越地震を誘因とする大鳶崩れに関しても町田⁶⁾を代表とし様々な研究成果がある。しかしながら，立山カルデラの成因や発生機構に至っては端緒についたばかりであり，地形地質的な観点からの十分な検討はなされていない。

そこで，筆者等はまず空中写真判読と既往の資料を参考に，カルデラ内およびその周辺地域の地形地質状況を把握し，要点と考えられる箇所を実地に検証してきた。そして，立山カルデラ内では大鳶崩れだけではなく，過去にも巨大な深層崩壊や深層地すべりが繰り返し発生しており，それが侵食カルデラ形成の主要因であるという結論を得た。さらに，筆者等は現地調査においてカルデラ内における跡津川断層と考えられる断層露頭を発見した。この跡津川断層沿いでは基盤岩である花崗岩類の岩体内において幅広い熱水変質帯が形成されており，それに伴う基盤岩の劣化および地質構造が深層崩壊の素因になっていると考えるに至った。

図ー1 立山カルデラ地域の地形判読図 基図は国土地理院発行1/25000「立山」を使用した。

Fig. 1 Topographical interpretation map in and around Tateyama Caldera

* 連絡著者 / corresponding author
〒212-0025 川崎市幸区古川町186-1
Furukawa 186-1, Saiwai Kawasaki Kanagawa, 212-0025 Japan

図-2 立山カルデラの地形および調査地点位置図 (国土地理院発行1/25000地形図「立山」)

★黒星は粘土鉱物のX線分析試料採取位置を示す

Fig. 2 Map of topography and investigation sites (black stars show sampling points for X-ray analysis)

これまでの調査では、まだ古い深層崩壊の発生時代や発生機構を十分に解明する段階に至っていない。そこで、まず大鳶崩れについての既往の研究成果について再検討を行うと共に、湯川上流部に分布する国見泥¹⁾や国見地すべり¹⁾について報告する。そして、現時点における作業仮説も含めて立山カルデラの形成に大きく関与したと考えられる深層崩壊あるいは深層地すべりの発生機構について若干の考察をする。

2. 地形地質概況

立山カルデラの調査を開始するに当たって、まず既往資料を参考に空中写真判読による地形地質解析を行い図-1を作成した。それに基づいて現地での検証を行ってきた。判読に用いた写真はその精度や対策による地形改変を考慮して1977年に撮影されたものを基本とした。

カルデラ内は中央北寄りを湯川が東から西に流下して

いる。侵食カルデラの形成に関与して注目されるのは、南西部の多枝原谷を中心とした凹地（以下多枝原凹地と呼ぶ）と松尾谷源頭部の大崩壊跡およびその下方に広がる台地（松尾平）である（図-2）。前者は、その南東部において大鳶崩れが発生し、多枝原凹地は鳶泥と称される崩壊土砂で覆われている。大鳶崩れの発生箇所付近や鳶泥の堆積地内では現在も表層崩壊が継続している。松尾谷源頭部の大崩壊跡はかつて爆裂火口と考えられていたが、近年の調査では深層崩壊によることが明らかにされており⁵⁾、その下方に広がる台地は主に岩屑流堆積物によって形成されたものである。筆者等はこの堆積物を国見泥¹⁾と呼称した。この崩壊跡の東側には御歌面⁷⁾と称される緩斜面があり（図-2）、この面を頭部とする巨大地すべり地形が判読される。筆者等はこれを国見地すべり¹⁾と呼称した。この他に湯川と水谷の間にあって、松尾峠の南西方に独立峰を有する山塊は、古い移動体の

可能性が指摘される。カルデラ外になるが、有峰トンネル西坑口付近下方にも比較的規模の大きな地すべり地形が認められる(図-1, 図-2参照)。

カルデラ内の基盤岩は花崗閃緑岩を主とする深成岩類であり、東部一帯にはこれを被って立山火山第1a活動期の湯川谷火山岩類が広く分布し、稜線部には第1b期以降の火山岩類が分布する⁵⁾。湯川上流部の国見泥を含む古い崩積土の一部や左岸側支流源頭部の湯川谷火山岩類は第4期の火山活動に伴う硫気変質を受けている³⁾。なお、筆者等はカルデラ内ほぼ中央部の湯川河岸(図-2)においてNE走向の横ずれ断層露頭を確認しており、跡津川断層のカルデラ内への延長部と考えている。

3. カルデラ内における深層崩壊

3.1 大鳶崩れと多枝原地すべり

3.1.1 大鳶崩れの発生状況と鳶泥

ここでは、筆者らの調査による新たな知見や解釈について記述する。鳶泥の表層部は安山岩の礫や岩塊を主とし花崗閃緑岩礫を含むが(写真-1), 多枝原凹地内で2011年に実施された砂防ダム建設のために2地点で実施されたボーリング調査(図-2)のコア観察により地表から10~15m付近以深では花崗閃緑岩の礫が多くなることを確認している。

嶋本・飯田⁸⁾に掲載されている「芦峯仁右衛門報告書」には旧3月10日(新暦4月23日)の地すべりダム決壊直後の視察記録として次のような記事がある。「…湯川筋之義ハ南縁小池山・熊倒レ余程下ヨリ崩落チ、大鳶山頭ヨリ式、三步通崩落、小鳶山ハ過半余モ崩レ…」この記事や地形判読結果から、大鳶崩れは当時の小鳶山付近を中心とし、多枝原凹地の東縁となる金山谷付近を境に崩落し雪混じりの岩屑流となって流下したと考えられる。しかし、多枝原凹地西縁部には横に連なる地すべり地形(図-1)が連続しており、岩屑流によって形成された地形とは考え難いので、この地すべりは地震発生時より

写真-1 岩塊を含む鳶泥の露頭
Photo 1 Tombidoro including big boulders

遅れて発生したものであり、富山平野を襲った第2回目の洪水の誘因となった可能性もある。すなわち、以下のような根拠に基づいて、筆者等はこの地すべり崩土もカルデラ内に残る鳶泥の一部と解釈した。南縁小池山(絵図では小地山)とあるのは、立山大鳶崩見取絵図『杉本文書』⁹⁾によると、その北側に真川に合流する沢が描かれており、位置関係から多枝原池の真西にある沢がこれに当たる。この沢は源頭部が欠けていることから、小池山は現在の多枝原池付近にあったと考えることができる。「安政大地震大鳶山小鳶山々崩大水淀見取絵図『杉本文書』⁹⁾」には、小鳶山の西麓付近に「水溜、狩込三ツ位」という記載があり、位置や規模から現在の多枝原池と考えられる。この水溜は「越中立山異変之図『中島文庫』⁹⁾」などその他の絵図にも大鳶崩れに伴って形成されたように描かれている。多枝原凹地西縁部は中央部より高い位置に平坦面があることから町田⁶⁾は大鳶崩れ以前の地形としているが、明らかな地すべり地形であり、ほぼ同時期に形成されたものと考えて矛盾はない。また、この多枝原池を中心とするすり鉢型の深い凹地(図-2参照)はミニカルデラとも言える地形を呈している。その下方斜面の地すべり地形と合わせて見た場合は、地震に起因する典型的な深層崩壊であり、侵蝕カルデラの形成機構を暗示するものである。カルデラ外になるが、熊倒レという山は、多くの古絵図⁸⁾に描かれており、前述のように有峰トンネル西方にあって、これも凸地形の山体が地震動によって地すべりを生じたものと考えられる(図-1, 図-2参照)。

町田⁶⁾は鳶泥の体積を $4.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ と算出し、後に最小値として $2.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ を提示している¹⁰⁾。その後、Ouchi and Mizuyama¹¹⁾は、多枝原谷や水谷の露頭観察結果等から鳶泥の下位には古い崩積土が埋積されていると解釈し、 $1.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ と算出している。ただし、常願寺川の唐谷合流点付近より下流部の量は重要でないとして含めていない。しかし、藤井他¹²⁾は、常願寺川扇状地の扇頂から河口まで総量を $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ と算出している。筆者等は鳶泥の体積について検討していないが、後述のように確かに鳶泥の下位には古い岩盤地すべりによるものと考えられる岩塊を主体とする崩土や土石流堆積物等がある。また、筆者等の検証ではOuchi and Mizuyamaによって鳶泥とされたものにもまだ鳶泥以前の堆積物が含まれているようであり、多枝原凹地から水谷付近にかけての鳶泥の量はさらに少なくなる可能性もある。したがって、藤井他の算出量を合わせると、鳶泥の総体積は $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 余りということになるであろう。

3.1.2 鳶泥の下に埋没する多枝原地すべり

2008年に立山砂防事務所によって旧立山温泉付近で深度95mのボーリング調査¹³⁾が実施された(図-1~4参照)。図-3に示すように、筆者らのコア観察結果では鳶泥と判定される砂礫層は表層を除く深度18.4mまでである。それ以深では深度90.8mまで湯川谷火山岩類の岩相をな

す岩盤様のコアが採取されている。90.8m~94.7m間は、下部にシルト層があるが、締まりの良い角礫を主体とする土砂である。それ以深は花崗閃緑岩の岩片である。

鳶泥の下位にそれ以前の土砂や火山岩類が分布していることは既に指摘されている¹¹⁾。ボーリング調査結果はこれを裏付けており、18.4m~90.8m間の火山岩類は異地性のものであって、古い岩盤地すべりによる移動体と考えられる。なお、18.4~46.2m間は鳶泥に含まれる巨

大岩塊の可能性も否定はできないものの、26.2mまでが風化帯であることや近接河床部の地層の年代測定結果が鳶泥より古いことから、その可能性は低い(図-4 参照)。深度76.1m~90.8m間の角礫化した溶岩は、硫黄変質や酸化を受けていることから、もとは地下水飽和帯よりも上位にあったことを示している。しかし、この地層は現在120度~150度に達する熱水帯内にあることが明らかにされている¹³⁾。つまり、現在の位置条件で硫黄変質や酸

図-3 ボーリング柱状図 (21-1地点)

Fig. 3 Geological column of 21-1 drilling test

図-4 旧立山温泉付近の推定地質断面図 (21-1孔はボーリング調査地点)

Fig. 4 Geological section through 21-1 drilling site near the former Tateyama hot-spring

化変質を受けたとは考えられない。角礫化した熔岩と上位の火山岩との境界に粘土層を介在することや下位には土砂状の斜面堆積物があることから、これらの火山岩類は古い岩盤地すべりによる移動体に違いないが、岩相の相違等から一度だけのものではないと考えられる。また、多枝原凹地の周囲には基盤の花崗閃緑岩がかなり高位標高にまで分布している一方で、深度18.4m以深の火山岩類は、本来の湯川谷火山岩類の分布位置とは300m程も低い位置に分布することもこれを裏付けている。ただ、下位に古い斜面堆積物が確認されていることから、これらの岩盤地すべり発生前に、すでに凹地が形成されていたことになる。ここではこれらの地すべり崩土を一括して多枝原地すべりと呼ぶことにする。発生時代については不明であるが、現在のところ後述する国見泥の時代に対応するものと考えている。

3.2 国見地すべりと国見泥

松尾谷源頭部大崩壊跡の東側、国見岳直下に御歌面⁷⁾と称される緩斜面があり、その南西下方にも規模はやや小さいが、湯川方向に向かう明瞭な崩壊跡がある。二つの崩壊跡の接点となる稜線部には明瞭な段差や独立峰がある(図-1, 図-2 参照)。こうした状況から、御歌面を頭部とし松尾谷と国見谷に挟まれる尾根地形の部分は、全体が古い地すべり地形であり、これが国見地すべりである。実際にその末端斜面である新湯対岸の湯川右岸には巨大な岩塊を含む崩積土が露出している(写真-2)。元の規模は、おそらく幅、延長共に2 km余りで、最深部は現在の松尾谷の深さや基盤岩の分布位置等から300 m以上と推定され、体積は大まかに $7 \sim 8 \times 10^8 \text{ m}^3$ と算出される。

国見泥は一般に砂礫状を呈するが、直径数10mに達する巨大な岩塊を含んでいる(写真-3)。上流部では湯川谷火山岩類起源の礫を主体とするが、下流部ではカルデラ壁上部から山頂部にかけて分布する火砕流堆積物や

安山岩溶岩起源のものが主体となる。本層は硫黄変質とその後の酸化により赤褐色化しているところが多く、脈状に粘土化した部分も見られる。地形的に見て国見地すべりの一部が崩壊し、岩屑流となって流下したものと考えられる。分布規模は多枝原凹地より上流側だけで幅約1.2km、延長2.0km程である。2011年に実施されたボーリング調査結果から少なくとも現溪床下20m程度まで分布することは確実であり、最大層厚は100mを越えている⁵⁾。したがって、元の体積は堆積面を残す上流部だけでも $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 程度と算出される。松尾谷両岸の平坦部は背後にある急崖の二次崩壊による堆積物で広く被われている。さらに右岸の松尾平は湿地となっており、筆者等によるオーガーボーリング調査の結果、表層は1.0m程度以下の薄い腐植土で被われていることも明らかにしている。

国見地すべりと国見泥の発生時代については、未だ決め手となるような証拠が得られていない。しかし、地形開析の程度や下流にある栗巣野段丘が2~3万年前に常願寺川本流の河道閉塞によって形成されたものと推定されており^{14), 15)}、国見泥の発生が原因したものと推定される。この問題については、現在放射性炭素C¹⁴を用いた年代測定などを実施し検討中であり、いずれ明らかにしていく予定である。

4. 立山カルデラの形成と深層崩壊

現在では立山カルデラは侵食カルデラとされているが、その発生機構について詳しく調査検討された資料は見あたらない。筆者等は過去の事変解析や堆積物の性状、分布、時代区分などを行うことによって、深層崩壊がその主要因であるとの結論を得るに至った。そして、深層崩壊の素因は跡津川断層の北縁周辺における3期に及ぶ熱水変質や硫黄変質にあると考えている。未だ調査検討中の課題も多く、作業仮説の域をでないところもあるが、

写真-2 国見地すべりの露頭(新湯対岸直下流, 湯川谷火山岩類の岩塊を含む)

Photo2 Outcrop of Kunimi landslide-debris underlain by debris flow deposit and grano-diorite

写真-3 国見泥の層相(松尾谷合流点直下流右岸, 傾動した巨大岩塊を含む)

Photo3 Outcrop of Kunimidoro including gigantic boulders tilted toward the mountain side

ここではこうした深層崩壊およびカルデラ形成のメカニズムについて考察する。

4.1 多枝原凹地の形成

Sato *et al.*¹⁶⁾は、カルデラ内の表流水の化学分析結果から、泥谷と多枝原谷の上部は火山ガスによる激しい風化作用を受けて母岩の強度が著しく低下しており、このことが大鷲崩れを起こした原因と結論づけている。この化学分析結果は過去の資料¹⁷⁾とも整合しており、筆者等多枝原凹地内やその周辺での表流水の電気伝導度・PH・水温測定をすることによって追認した。立山砂防事務所の調査報告書^{18), 19)}にも山頂部周辺の安山岩は粘土化が著しいと記されており、1964年には多枝原谷の源頭部において大規模な地すべり性崩壊が発生し、268万m³に及ぶ土砂流出のあったことが報告されている。この地すべり性崩壊は硫気変質した湯川谷火山岩類と下位の花崗閃緑岩との境界付近にすべり面を有するものである。したがって、大鷲山付近の崩壊については、こうした変質劣化に起因するものである可能性は否定できない。しかし、前述のように、より大きく崩壊したのは小鷲山である。その正確な位置は必ずしも明らかではないものの、大鷲崩れによって形成されたとされる多枝原凹地南縁の急崖や稜線部に分布する多枝原溶岩およびその下位にある花崗閃緑岩は比較的新鮮であり、過去の調査でも硫気変質の報告はない。水質分析の結果を見ると、多枝原・

泥谷・兎谷の化学成分は、Ca-SO₄型であり、総イオン濃度が高いのに対して、西側の谷では表流水も湧水もCa-HCO₃型であって、溶存成分が極めて少ない(図-5)。また、前出の報告書¹⁹⁾によれば、泥谷の右岸1600m付近では熱湯が流れ、金山谷の右岸1650m付近には噴気孔があるという記載がある。しかし、このような温泉水が湧き出しているのは、NW方向の小断層群に沿って延びる金山谷からその延長上の多枝原谷源頭部にかけての高標高部と旧立山温泉や新湯などのようにNE方向の跡津川断層沿いのみである。すなわち、大鷲崩れの主要部と考えられる花崗閃緑岩内での熱水の吹き出しや噴気の形跡はない。なお、旧立山温泉付近の水質はNa-HCO₃型であり、多枝原谷や泥谷の水質とは明らかに異なっている。これは前者の母岩が花崗閃緑岩であり、後者の母岩が湯川谷火山岩類およびその硫気変質部であることによるものと考えられる。

多枝原谷中流部で花崗閃緑岩体内に見られた大規模な変質帯(図-6)と金山谷の湯川谷火山岩類基底部で採取した粘土のX線分析を行った。前者からはスメクタイト・緑泥石・カオリンの粘土鉱物の他、石英・長石・方解石が検出された。後者からはイライト/スメクタイト混合層鉱物・緑泥石の他、石英・長石が検出された。また、湯川谷沿いの硫気変質帯内で採取した粘土からは上記の変質鉱物に加えてパイライトとクリストバライト

図-5 カルデラ内における表流水の化学成分分布図 (Sato *et al.*, 2008)¹⁶⁾
Fig. 5 Spatial distribution of the surface water chemistry in Tateyama Caldera

図一 6 花崗閃緑岩内の熱水変質帯 (多枝原谷中流部)
Fig.6 Sketch map and photo of hydrothermal alteration zone in grano-diorite at the mid-stream of Dashi-haradani

が検出された。このことは3期にわたる変質作用がほとんど同一箇所でも重複していることを示すものと思われる。しかし、肉眼的には多枝原凹地内の花崗岩閃緑岩体内において硫黄変質の兆候は認められない。

上述のように、多枝原谷の中流部では西方に緩く傾斜する大規模な熱水変質帯を確認しており、有峰トンネルの資料²⁰⁾でも熱水変質による広範な劣化が報告されている。したがって、多枝原凹地でも基盤岩が広範に劣化しており、それが大崩れだけでなく、それ以前の崩壊の原因となっていることは明らかである。そして、多枝原(ダシハラ)は土砂流出を意味するものと考えられている²¹⁾。ただ、ボーリング調査等から推定される多枝原地すべりに関しては、湯川谷火山岩類自体の自変質作用による緑色変質や基盤岩との境界面の粘土化など別な要因が加わっているものと考えられる。カルデラ内での3期にわたる変質作用については報告済みであるが²³⁾、その詳細と深層崩壊の素因についてもいずれ報告する予定である。

4.2 国見地すべりの発生と山体崩壊

国見地すべりの存在は、過去には指摘されていなかったものであり、今のところその根拠は地形的なものによるところが大きい。しかし、前述のように、新湯の対岸付近には基盤岩である花崗閃緑岩あるいは古い砂礫層を被って、岩塊を含む厚い崩積土の露頭が確認できる。原山他⁵⁾によれば、この位置に分布する湯川谷火山岩類は、基盤岩を被って緩く湯川方向に傾斜している。また、金山谷では基盤岩との境界に高塑性の粘土を確認しており、こうした地質条件が巨大な岩盤地すべりの素因になったものと考えられる。前述のように、国見泥は国見地すべりの移動体の一部が二次的に崩壊して堆積したものであると考えられる。今のところこの崩壊は下流域にある栗巣野段丘の形成に関与していると考えられるが、筆者の一人菊川はこの栗巣野段丘を被う火山灰ATを確認している。栗巣野段丘の形成期を藤井・金子¹⁵⁾は約2万年前としている。しかし、その後ATの年代は2.5万年前後に更新されたことや周辺の露頭では追認できないのでこのATは再堆積したものと考えられることから、国見泥の発生は3万年程度前の出来事であろうと推定される。なお、栗巣野より上流の常願寺川沿いには約6万年前から10万年前頃に真川湖が形成されていたことがわかっており²²⁾、栗巣野段丘の形成期はそれより新しいものであることは確実である。

Ouchi and Mizuyama¹¹⁾は、鳶泥の範囲を詳しく調査し、多枝原谷下流部・泥鰯池周辺・水谷等の露頭において、鳶泥より締まりが良く、それより古いと考えられる不淘汰な礫層を確認している。多枝原谷に関しては、他にも同様な指摘がある¹⁸⁾。これらは上述した多枝原地すべりの存在を裏付けるものと思われるが、一部は国見泥の可能性もあり、両者が同時発生したことも考えられる。

ここでは跡津川断層について記述しなかったが、これも深層崩壊の発生機構に加えて今後の検討課題である。

5. まとめ

筆者等の研究により、立山カルデラ内では過去に巨大な深層地すべりや深層崩壊が繰り返し発生していることが明らかになってきた。その初生的深層崩壊は、松尾谷源頭部の崩壊跡や現在の多枝原池を取り巻く鍋底状の地形(侵食カルデラの原型とも言える)に代表されるようなものであったろうと考えられる。そして、多枝原凹地は、そうした初生的巨大崩壊によって形成されたカルデラ壁が、大崩れを含め大小の崩壊を繰り返してきたことによって現在のような形に発展したものであることは想像に難くない。その素因となったのは、跡津川断層北縁部で生じた3期にわたる変質作用に起因するものであり、こうした変質作用は現在もカルデラ内の一部において継続中である。特に、第1期目の基盤岩内の変質作用は跡津川断層に沿ってカルデラの外にまで及ぶ広範なものであり、多枝原凹地の形成に大きく関与した可能性が

高い。また、国見地すべりや国見泥の発生は、こうした基盤岩内の広域変質に加えて、立山火山活動の初期に発生した自変質作用に関係するものであり、湯川谷火山岩類の基底部に及ぶ深層地すべりあるいは崩壊と考えられる。さらに、現在も山頂部などで進行中の硫黄変質はカルデラの形成にかかわる巨大深層崩壊には直接的には関与していないものと考えられるが、カルデラ内に多量の土砂流出を発生させる大きな要因の一つとなっている。

謝 辞

本稿をまとめるに当たり、富山大学名誉教授藤井昭二博士、同理学部教授酒井英男博士には立山カルデラの地質に関してご教授ご指導頂いた。国道交通省北陸地方整備局立山砂防事務所からはボーリングコア観察のご許可を頂くと共に、調査資料の提供をいただいた。日本応用地質学会の第2期地すべりの初生に関する研究小委員会のメンバーの方々には、現地視察やコア観察から貴重なご意見を頂いた。株式会社アーキジオの岩木雅文氏、陰地章仁氏、細野真弓氏（現NTCコンサツタンツ株式会社）には現地調査にご協力頂いた。また、中野啓二氏には温泉や変質作用についてご教授頂いた。ここに記して感謝の意を表すしだいである。

引用文献

- 1) 野崎保・米谷正広・菊川茂 (2009): 鳶泥と国見泥 (予報) - 立山カルデラ内の巨大崩壊堆積物 -, 第48回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 178-179.
- 2) 野崎保・米谷正広・菊川茂 (2009): 立山カルデラと巨大崩壊の成因に関する問題点, 日本応用地質学会平成21年度研究発表会講演論文集, pp. 11-12.
- 3) 野崎保・陰地章仁・菊川茂 (2010): 鳶泥と国見泥 (第二報) - 立山カルデラ内の崩壊と変質作用 -, 第49回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 37-38.
- 4) 野崎保・菊川茂 (2011): 鳶泥と国見泥 (第三報) - 立山カルデラでの古期巨大崩壊 -, 第50回日本地すべり学会研究発表会講演集, p. 29.
- 5) 原山智・高橋浩・中野俊・菊谷愛彦・駒澤正夫 (2000): 立山地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分 1 地質図幅), 地質調査所, 218p.
- 6) 町田洋 (1962): 荒廃河川における侵蝕過程 - 常願寺川の場合 -, 地理学評論, Vol. 35, No. 4, pp. 1-18.
- 7) 赤羽久忠・竹内章・山本茂・國香正稔・朴木英治 (2000): 立山カルデラ - 新湯・砂防と跡津川断層, 日本地質学会第108年学術大見学旅行案内書, pp. 117-135.
- 8) 嶋本隆一・飯田肇 (2000): “大鳶崩れ” に関わる災害絵図作製に関する一考察, 立山カルデラ研究紀要第1号, pp. 17-26.
- 9) 立山カルデラ砂防博物館 (1998): 越中立山大鳶崩れ, 安政五年大地震大洪水の古絵図集成.
- 10) 町田洋 (1984): 巨大崩壊, 岩屑流と河床変動, 地形, Vol. 5, No. 3, pp. 155-178.
- 11) Ouchi S. and Mizuyama T. (1989): Volume and Movement of Tombi Landslide in 1858, Japan, 地形, Vol. 10, No. 1, pp. 27-51.
- 12) 藤井昭二・中村俊夫・酒谷幸彦・高橋裕史・工藤裕之・山野秀一 (2011): 常願寺川扇状地の形成と災害についての2, 3の知見, 立山カルデラ紀要第12号, pp. 1-10.
- 13) 立山砂防事務所 (2010): 立山カルデラ内堆積土砂調査作業報告書 (明治コンサルタント株式会社)
- 14) 菊川茂 (1999): 2 万年前の立山カルデラは湖? 博物館だより第54号, p. 4.
- 15) 藤井昭二・金子一夫 (1999): 称名滝の後退速度 - 称名川, 真川, 常願寺川の侵蝕立 -, 富山県「立山博物館」研究紀要, 第6号, pp. 85-90.
- 16) Sato Y., Kometani M., Satake H. (2008): Geochemistry of surface water in Tateyama Caldera, northern central Japan. - its relation to large-scale landslides -, Proceedings of 36th IAH Congress, Oct. 2008 Toyama, Japan. Integrating Groundwater Science and Human Well-being.
- 17) 朴木英治・赤羽久忠・山本茂・金山昌一 (2000): 立山カルデラ内の温泉および湯川の主要様成成分組成 - 湯川のイオン組成に対する温泉と支流の役割 -, 立山カルデラ研究紀要第1号, pp. 1-7.
- 18) 建設省北陸地方建設局立山砂防工事事務所 (1973): 常願寺川流域崩壊地調査報告書 (総括編).
- 19) 建設省北陸地方建設局立山砂防工事事務所 (1978): 昭和53年度多枝原平原頭部地質及び湧水調査報告書.
- 20) 建設省北陸地方建設局立山砂防工事事務所 (1986): 有峰トンネル変状調査報告書.
- 21) 高野靖彦 (2007): 立山温泉の名称をめぐって, 立山カルデラ砂防博物館, 博物館だより第34号「研究と解説」, p. 2.
- 22) 菊川茂・藤井昭二・山本茂 (2005): 古真川湖の誕生と消滅, 立山カルデラ研究紀要No. 6, pp. 11-25.

(原稿受付2011年11月22日, 原稿受理2012年3月27日)