

# 日光白根及び三岳火山地質図

## GEOLOGICAL MAP OF NIKKO-SHIRANE AND MITSUDAKE VOLCANOES

1:25,000

草野有紀<sup>1\*</sup>・及川輝樹<sup>1</sup>・石塚吉浩<sup>1</sup>・石塚 治<sup>1</sup>・山元孝広<sup>1</sup>  
KUSANO Yuki<sup>1\*</sup>, OIKAWA Teruki<sup>1</sup>, ISHIZUKA Yoshihiro<sup>1</sup>,  
ISHIZUKA Osamu<sup>1</sup> and YAMAMOTO Takahiro<sup>1</sup>

産総研 地質調査総合センター 

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN, AIST

2022



### 写真解説

五色山から望む白根山と五色沼。白根山山頂部は約3000年前の白根山溶岩に覆われる。2016年9月撮影。  
View of Mt. Shirane and Goshikinuma Pond from Mt. Goshiki. Summit of Mt. Shirane is covered by Shiranesan Lava erupted 3000 years ago. Photo taken on September 2016.

<sup>1</sup> 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

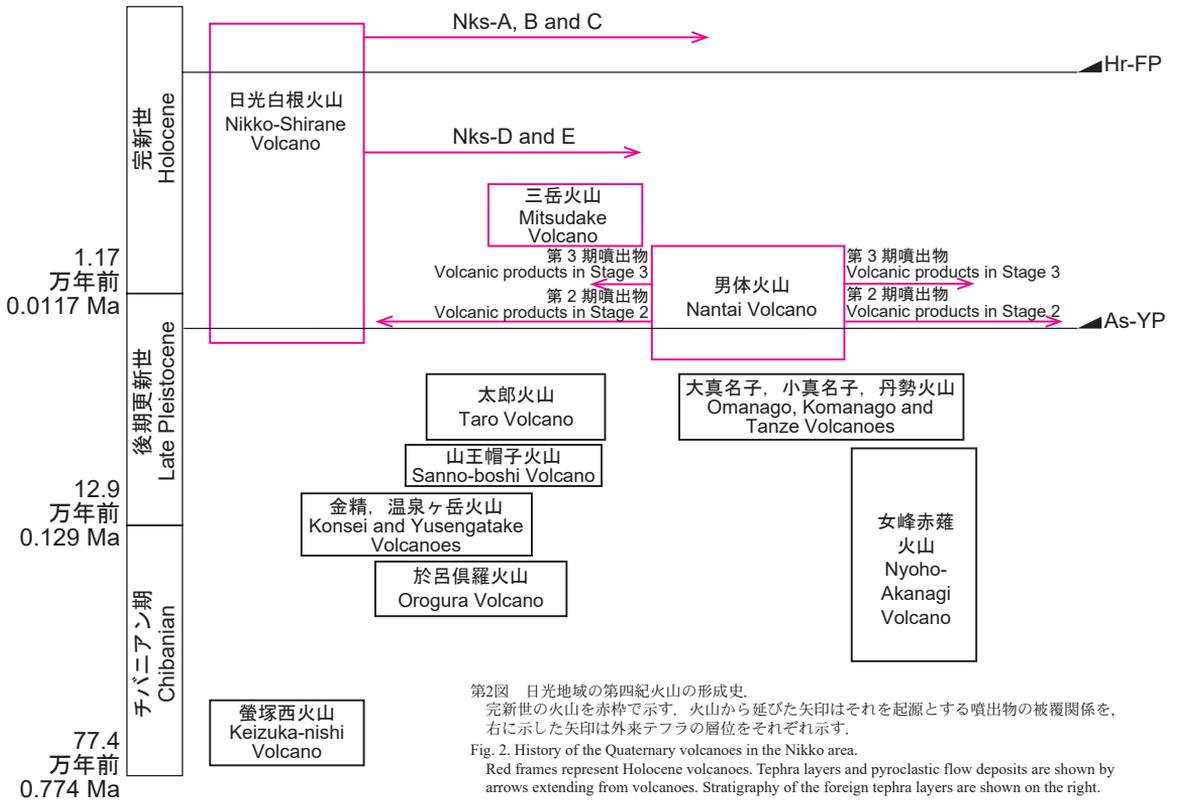
<sup>1</sup> Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan

\* Corresponding author



西  
West

東  
East



第2図 日光地域の第四紀火山の形成史。

完新世の火山を赤枠で示す。火山から伸びた矢印はそれを起源とする噴出物の被覆関係を、右に示した矢印は外来テフラの層位をそれぞれ示す。

Fig. 2. History of the Quaternary volcanoes in the Nikko area.

Red frames represent Holocene volcanoes. Tephra layers and pyroclastic flow deposits are shown by arrows extending from volcanoes. Stratigraphy of the foreign tephra layers are shown on the right.

湖溶岩の体積は1.35 km<sup>3</sup> DRE (岩石換算)である。刈込湖溶岩の東端には、径70 mの火口様地形が2つ存在し、その周囲に火口周辺堆積物と考えられる不淘汰な角礫岩層が確認されることから、溶岩の流出後も水蒸気噴火があったことがわかる。刈込湖溶岩の中央部には径150 mの火口状の窪地が2つ、南端には、径60 mの火口状の窪地が1つあるが、火口周辺堆積物については未確認である。

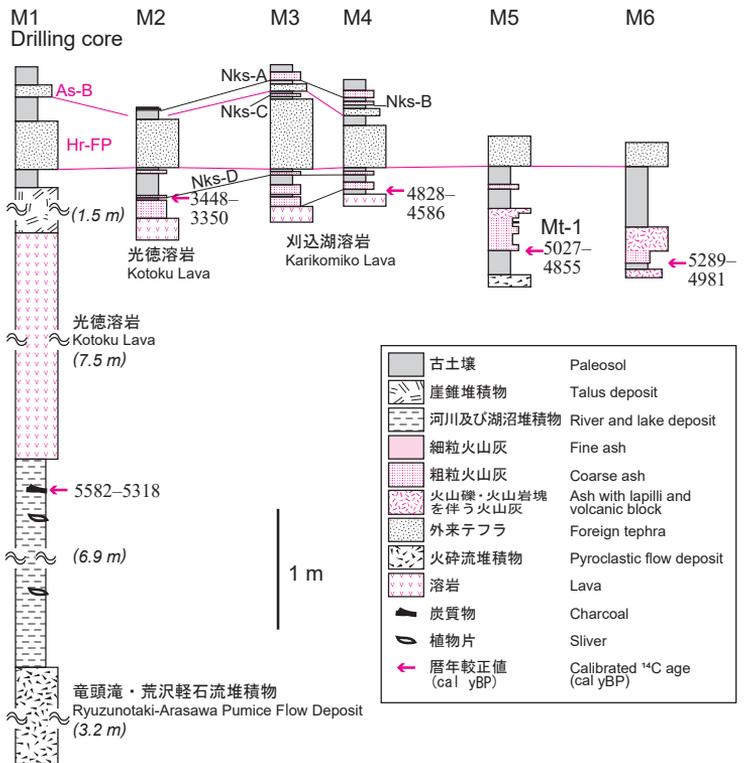
光徳溶岩を直接覆う古土壌と、下位の河川堆積物に含まれる炭化植物片の<sup>14</sup>C年代値により、光徳溶岩の噴出年代は5.6~3.5千年前に制約される(図3のM1及びM2地点)。体積は0.63 km<sup>3</sup> DREである。光徳溶岩は、地形的に刈込湖溶岩を覆う。しかしながら光徳溶岩と刈込湖溶岩との間には明瞭な時間間隙は確認されておらず、一連の噴出物の可能性もある。刈込湖溶岩、光徳溶岩とも、岩質は安山岩~デイサイトである。

三岳火山に由来する厚層35 cmのテフラ層(三岳1降下火砕堆積物: Mt-1)は、東側の潤沼で確認された。Mt-1の構成物は主に細粒火山灰であるが、最上部は径1~3 cmの発泡したスコリア及び岩片である。下位の古土壌の<sup>14</sup>C年代値が5.0~5.3千年前であることから、三岳火山形成期には溶岩流だけでなく火砕物を降下させるような噴火も伴ったと考えられる。

#### 4. 日光白根火山

##### 4. 1. 地形

日光白根火山は、中生代の奥日流紋岩類及び中新世の鬼怒川流紋岩類を基盤として、チバニアン期の蜚塚西火山を一部覆って発達した小型の複成火山で、東西5 km、南北4 kmの広がりを持つ。主峰である関東最高峰の白根山(奥白根山: 2,578 m)のほか、火山体北東部に座禅山(2,317 m)、西部に蜚塚山(1,885 m)が位置する。周辺の第四紀火山と比べて溶岩ロープの形状



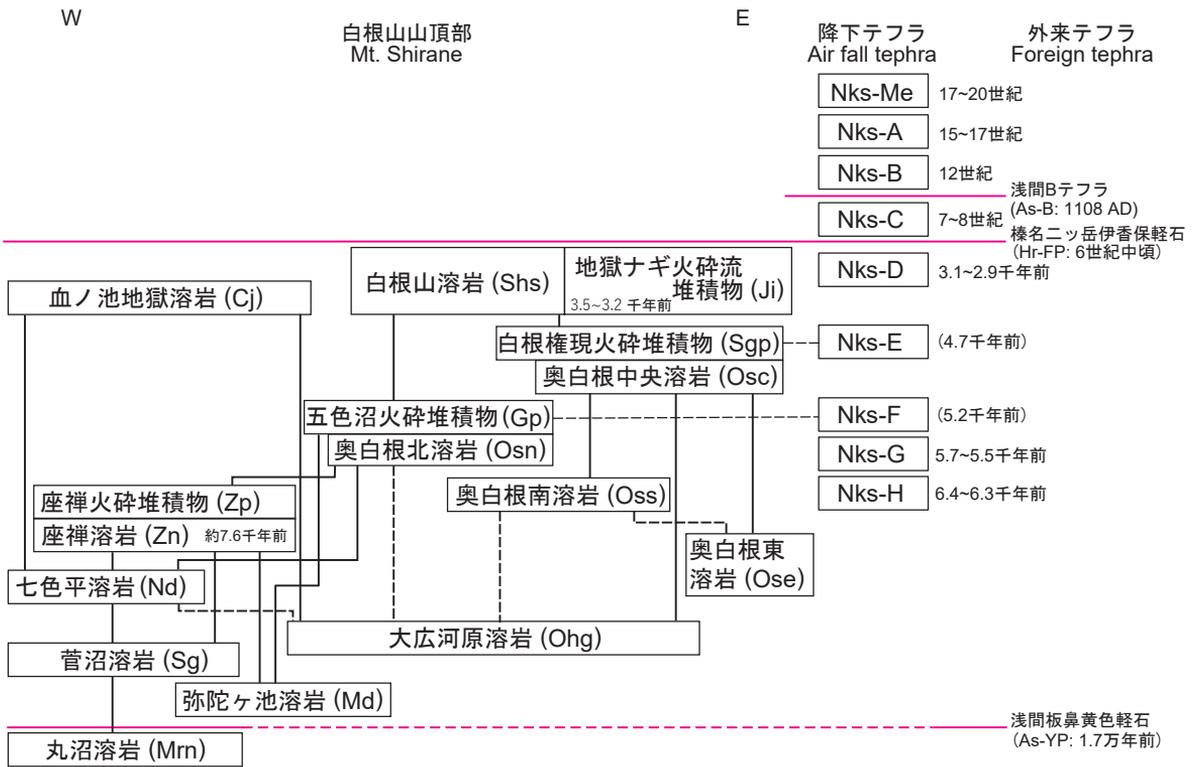
第3図 三岳火山周辺の柱状図。

柱状図位置M1~M6は地質図に示す。赤矢印は暦年校正した<sup>14</sup>C年代値を測定した層位。

Fig. 3. Columnar sections and age constraints around Mitsudake Volcano.

Localities of the stratigraphic sections M1 to M6 are shown on the geological map.

Red arrows with the calibrated <sup>14</sup>C ages are shown on the right.



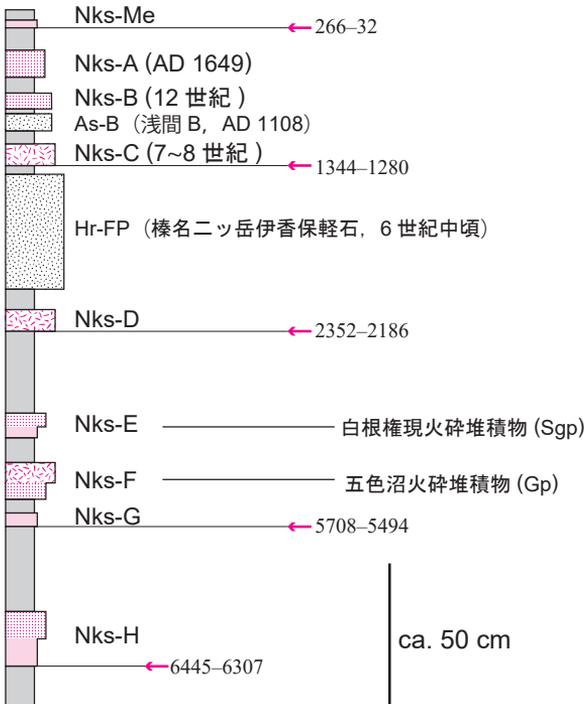
第5図 日光白根火山の層序関係図。

日光白根火山の噴出物は新称または再定義。太い縦線で結ばれた地質ユニットは被覆が確認されている関係を、破線は被覆が推定される関係を表す。日光白根火山の<sup>14</sup>C年代値は本研究、外来テフラ名は町田・新井（2003）による。古土壌の堆積速度から見積もった年代を括弧に示す。

Fig. 5. Stratigraphic relationships of geologic units of Nikko-Shirane Volcano.

Perpendicular bold lines show an observed covering relationship, and dashed lines show an estimated covering relationship of geologic units.

<sup>14</sup>C ages of Nikko-Shirane Volcano are from this study, and foreign tephra ID are from Machida and Arai (2003). Stratigraphic ages are bracketed.



第6図 日光白根火山周辺の降下テフラの模式柱状図。凡例は第3図と同じ。

Fig. 6. Schematic section of tephra fall around Nikko-Shirane Volcano.

Legend is the same as Fig. 3.

が地形から明瞭に読み取れる。微地形の保存が良い溶岩が多い。東側には、鬼怒川流紋岩類からなる五色山（2,379 m）と前白根山（2,373 m）との間に五色沼が、北側には丸沼・大尻沼及び菅沼などの堰止湖が形成されている。白根山山頂部では複数の火口が西北西-東南東方向に配列している（第4図a~d及びe~h）。座禪山山頂には直径200 m 深さ60 m のすり鉢状火口が存在する。白根山山頂部から西北西方向には顕著な谷が刻まれており、それは大広河原・小広河原を通して仁下又沢となり、白根温泉の下流付近で丸沼から流出する小川と合流する。小川は片品村鎌田付近で片品川に合流する。

#### 4. 2. 活動史

日光白根火山の山体は、12ユニットの溶岩及び3層の火砕堆積物、1層の火砕流堆積物からなる（第5図）。これらの火山体構成物はすべて、6世紀中頃（Okuno *et al.*, 2019）の榛名ニッ岳伊香保軽石（Hr-FP）に覆われる。また、Hr-FPよりも下位に5層、上位に4層の日光白根火山起源の降下テフラが確認される（第6図）。したがって本報告では、日光白根火山の活動史を、溶岩を噴出する活動が主である2万年~1.4千年前（6世紀）と、テフラを放出する活動を繰り返す7世紀~現在の、2つの期間に分けて記述する。なお、火山体構成物の名称は佐々木ほか（1993）及び高橋ほか（1995）と重複するものもあるが、本研究で再定義する。

日光白根火山の噴出中心は、火口地形が認められる白根山山頂部、座禪山山頂部及びその周辺、血ノ池地獄周辺の3つの地域に大きく分けられる。白根山及び座禪山山頂部には複数の火口地形が認められる（第4図）。血ノ池地獄周辺には顕著な凹地などの火口地形は認められないが、溶岩の微地形から血ノ池地獄溶岩の噴出中心はその周辺であったことがわかる。以下に示すように、最近7.6千年間では3つの地域の中で白根山山頂部が最も活動的である。

#### 2 万年前~6 世紀までの活動

最下位の丸沼溶岩（Mrn）は崖錐堆積物を挟んで鬼怒川流紋岩類を覆う溶岩流で、本溶岩直上の古土壌に浅間板鼻黄色軽石（As-YP）が含まれる。As-YPは1.7万年前の男体今市テフラの下位に位置している

(山元, 2013) ことから、日光白根火山は2万年前頃には活動を開始していたと推定される。丸沼溶岩は丸沼東岸及び日光白根火山最西端に露出する、少なくとも2つの安山岩溶岩ロープからなる溶岩流であるが、噴出中心は不明である。丸沼高原スキー場周辺の溶岩ロープは、側端崖が明瞭に確認される。本溶岩流は丸沼高原スキー場近くのボーリングコアで層厚が86 m あることが確認され、体積は0.21 km<sup>3</sup> DREと見積もられる。丸沼溶岩から座禅溶岩噴出までの約1万年間には、少なくとも4ユニットの溶岩(弥陀ヶ池溶岩(Md)、菅沼溶岩(Sg)、大広河原溶岩(Ohg)、七色平溶岩(Nd))を噴出した。これら4ユニットの合計体積は1.0 km<sup>3</sup> DREである。

座禅山は、座禅溶岩(Zn)と、溶岩を覆う座禅火砕堆積物(Zp)により構成される。座禅溶岩は、座禅山山頂付近から北方へ流下した厚い安山岩溶岩流で、基盤の鬼怒川流紋岩類や、火山体を構成する弥陀ヶ池溶岩、菅沼溶岩、七色平溶岩を覆う。本溶岩と下位の鬼怒川流紋岩類との間の古土壌からは7.6 kaの年代値が、本溶岩を被覆する古土壌からは5.7 kaの年代値が得られている。座禅溶岩直下の古土壌の<sup>14</sup>C年代値より、座禅溶岩の噴出年代は約7.6千年前と考えられる。座禅溶岩の噴出に続いて、冷却節理をもつ発泡の悪い火山岩塊からなる座禅火砕堆積物を放出し、山頂に火口(第4図の約1万年前)を形成した。座禅溶岩と座禅火砕堆積物の合計体積は0.23 km<sup>3</sup> DREである。

座禅溶岩及び座禅火砕堆積物と同時期に噴出した日光白根火山起源のテフラは2層ある。6.4~6.3千年前の日光白根H降下火砕堆積物(Nks-H)は、ブルカノ式噴火に特徴的な灰色で細~中粒砂サイズの火山灰層として白根山及び座禅山の東方約3 kmに確認され、下位にはやや細粒な黄白色火山灰層を伴う。5.7~5.5千年前の日光白根G降下火砕堆積物(Nks-G)は、黄白色で粘土質な火山灰層で、座禅溶岩を覆う。どちらも径1 mm以下の構成物として本質物と考えられる淡色~暗色の発泡した新鮮なガラス質粒子を含むが、火山体を構成する地質ユニットとの対比は不明である(第5, 6図)。

奥白根東溶岩(Ose)は、白根火山体の東部に分布するデイサイト溶岩流である。現在の白根山山頂付近から流出したと推定される。同様に白根山山頂付近から流出したと考えられる大広河原溶岩との層序関係は確認できないが、分布高度から大広河原溶岩よりも新しいと判断した。体積は0.02 km<sup>3</sup> DREである。奥白根南溶岩(Oss)は、白根山の南部から流出したと推定される。デイサイト~流紋岩溶岩ドームである。大広河原溶岩及び奥白根東溶岩よりも溶岩微地形が明瞭であることから、奥白根東溶岩よりも新しいと判断した。奥白根南溶岩は、日光白根火山の溶岩の中で最もSiO<sub>2</sub>に富む。体積は0.04 km<sup>3</sup> DREである。

白根山の北側には、大広河原溶岩、七色平溶岩、座禅溶岩に囲まれる範囲に安山岩溶岩流である奥白根北溶岩(Osn)が噴出し、これを覆って五色沼火砕堆積物(Gp)からなる五色沼火砕丘が形成された。奥白根北溶岩と前述の奥白根南溶岩との直接の被覆関係は確認できないが、分布高度からより新しいと判断した。五色沼火砕丘は白根山の北側のみ露出する。本火砕堆積物は冷却節理をもつ発泡の悪い安山岩火山岩塊からなり、これと同質の火山礫・火山灰からなる日光白根F降下火砕堆積物(Nks-F)に対比される。Nks-Fは座禅溶岩を覆うテフラで、上位に向かって細粒火山灰から火山礫・火山岩塊を伴う細~中粒砂サイズの灰色火山灰へと層相が変化する。Nks-Fの年代値と噴出物の特徴から、五色沼火砕丘は5.2千年前のブルカノ式噴火で形成されたと考えられる。体積は、奥白根北溶岩が0.04 km<sup>3</sup> DRE、五色沼火砕堆積物が0.003 km<sup>3</sup> DREである。

その後、現在の白根山山頂付近を噴出中心として奥白根中央溶岩(Osc)と白根権現火砕堆積物(Sgp)からなる白根権現火砕丘が形成された。奥白根中央溶岩は、山頂を挟んで南西と北東~東に主に2枚のロープを形成した溶岩流である。白根権現火砕丘は現在の白根山山頂のやや南に中心をもち、北側を白根山溶岩に覆われた、円錐型の火砕丘として存在する。埋積された2つの火口(第4図火口i及びj)をもつ。白根権現火砕堆積物は放射状節理をもつ発泡の悪い火山岩塊からなり、これと同質の火山礫・火山灰からなる日光白根E降下火砕堆積物(Nks-E)に対比される。Nks-Eは、上位に向かって細粒火山灰から灰色の粗粒火山灰へと層相が変化する。Nks-Eの年代値及び噴出物の特徴から、白根権現火砕丘は、4.7千年前のブルカノ式噴火によって形成されたと考えられる。Nks-Eの8 cm等厚層線を地質図に示す。白根山山頂から南東にある観測点で得られたボーリングコアにおいて、白根権現火砕堆積物と下位の奥白根中央溶岩の間が細粒火山灰質であること、Nks-Eの層相が漸变的に変化することから、これら2つの噴出物は、地質学的に明瞭な時間間隙を持たない一連の噴火によって形

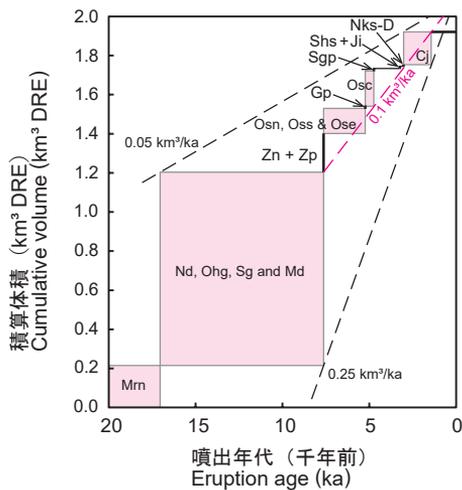
成されたと考えられる。体積は、奥白根中央溶岩が0.19 km<sup>3</sup> DRE、白根権現火砕堆積物は10<sup>5</sup> km<sup>3</sup> DRE、Nks-Eが0.013 km<sup>3</sup> DREである。

白根山溶岩(Shs)は、白根山山頂の北~西側斜面に分布する安山岩~デイサイト溶岩で、日光白根火山の最も新しい溶岩ドームである。白根山の山頂西側の大広河原に延びる谷沿いには、層厚7 m以上の地獄ナギ火砕流堆積物(Ji)が確認された。本火砕流堆積物は非溶結の火山岩塊火山灰流堆積物で、随伴するサージ堆積物中には炭化木片を複数含む、高温で流下し定置した特徴を示す。また、火山岩塊は発泡が悪く、放射状冷却節理が発達するものもある。本火砕流堆積物中の火山岩塊の、かんらん石斑晶に乏しい特徴や全岩化学組成は白根山溶岩に類似し、白根権現火砕堆積物とはやや異なる。また、炭化木片の<sup>14</sup>C年代値は3.5~3.2千年前であることから、白根山溶岩及び地獄ナギ火砕流堆積物の形成年代も同時期であることを示す。白根山溶岩と地獄ナギ火砕流堆積物の合計体積は0.005 km<sup>3</sup> DREである。

白根山溶岩とほぼ同時期のテフラとして、日光白根D降下火砕堆積物(Nks-D)も認められる。Nks-DはHr-FPの下位に層厚約10 cmの古土壌を介して確認される火山灰層で、白根山の近傍ではやや発泡した安山岩火山岩塊を含む。Nks-Dの8 cm等厚層線を地質図に示す。Nks-D直下の古土壌の<sup>14</sup>C年代が3.1~2.9千年前を示すことから、本テフラは白根山溶岩の流出後に噴出したと考えられる。体積は0.013 km<sup>3</sup> DREである。

血ノ池地獄周辺を噴出中心とする血ノ池地獄溶岩(Cj)は、日光白根火山の中で最も溶岩微地形の保存が良い溶岩流であるが、正確な噴火年代は不明である。本溶岩は古土壌とHr-FPから上位のテフラに被覆され、Nks-Dに覆われることが確認されないことから、Nks-Dとほぼ同時期かそれ以降の、3~1.4千年前に噴出したと考えられる。噴出体積は0.17 km<sup>3</sup> DREである。

以上の結果をまとめると、日光白根火山は最近7.6千年間に、少なくとも300~1500年に1回の頻度でマグマ噴火を発生していることになる。平均マグマ噴出率は、0.1 km<sup>3</sup> DRE/千年となり、噴出率の低下傾向は認められない(第7図)。

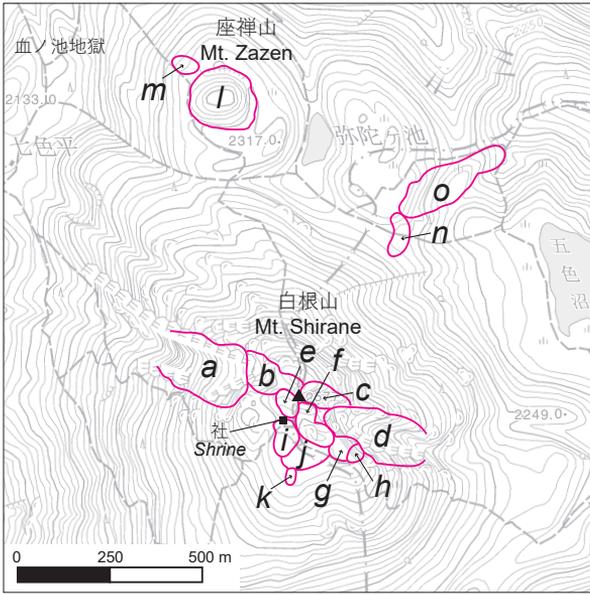


第7図 日光白根火山の噴出量階段図  
Fig. 7. Cumulative volume diagram of Nikko-Shirane Volcano.

## 7世紀以降の噴火

6世紀中頃のHr-FP降下以後、日光白根火山は、4層のテフラを噴出した(第6図)。これらは白根山山頂周辺のピット掘削調査によって確認されたテフラで、白根山山頂付近が給源であることが指摘できる。下位の3層は灰白色~黄白色の粘土質降下火砕堆積物を主体とし、本質物と考えられる砂サイズで未変質の発泡したガラス質粒子が含まれることから、マグマ水蒸気噴火によるテフラであったと考えられる(草野・石塚, 2020; 草野ほか, 2021)。最上位の1層には本質物が確認されないことから、水蒸気噴火によるテフラと考えられる。

日光白根C降下火砕堆積物(Nks-C)は、白根山山頂周辺に層厚70 cm前後で分布する。火山岩塊及び火山礫を含む火山灰層である。Nks-Cの50 cmの等厚層線を地質図に示す。下位の古土壌の<sup>14</sup>C年代値より、その噴火年代は7世紀中頃~8世紀初頭と考えられる。最近1.4



第4図 白根山山頂付近の火口分布。

赤線は火口縁、a~oは本文中の火口名(新称)を示す。火口aは1873年及び1889~90年噴火の火口。火口e, fは1649年噴火の火口。火口b~dは7~8世紀及び12世紀の火口の可能性がある。火口i, jは白根権現火砕堆積物の火口。基図は北海道地図株式会社GISMAP® 25000R+を利用。

Fig. 4. Distribution of the craters around the summit of Mt. Shirane.

Individual crater rims are outlined in red and identified with letters (a to o). Crater a formed by 1873 eruption and was the eruptive center of 1889-90 eruption. Crater e and f formed by 1649 eruption. Crater b-d probably formed by 7-8<sup>th</sup> century and 12<sup>th</sup> century eruptions. Crater i and j formed by the eruption of Shirane-gongen Pyroclastic Deposit. This map uses GISMAP® 25000R+ by Hokkaido-Chizu Co., Ltd..

千年間の降下テフラ中、白根山山頂周辺における層厚が最も厚いため、Nks-Cテフラの噴火規模が最も大きいと考えられる。

日光白根B降下火砕堆積物(Nks-B)は、白根山山頂周辺に層厚1~10 cmで分布する、含火山礫火山灰層である。ごく薄い古土壌を挟んで1108年の浅間Bテフラ(As-B)を覆うことから、12世紀頃の噴出物であると考えられる。

日光白根A降下火砕堆積物(Nks-A)は、日光白根~三岳火山周辺~戦場ヶ原にかけての広範囲に、地表から5~10 cm下の、Hr-FP及びAs-Bよりも上位の土壌中に確認される噴出物である。現在の戦場ヶ原において、地表から10 cmほどの深度に最大層厚20 cmの灰白色の粘土質降下火砕物層として認められる。16 cm及び8 cmの等層厚線を地質図に示す。白根山山頂から1 km以内では、最大層厚35 cm、平均最大粒径20 cmの火山岩塊を含む火山灰層として認められる。直下の古土壌の<sup>14</sup>C年代値より、15~17世紀の噴出物であると考えられ、古記録の記述と年代値、分布範囲及び層厚が整合的であることから、1649年噴火の噴出物であると考えられる(草野ほか, 2021)。テフラの総噴出量は、 $2 \times 10^7 \sim 3 \times 10^7 \text{ m}^3$ であり、VEI (Newhall and Self, 1982) 3の規模と見積もられる。またNks-A中には、本質物と考えられる砂サイズのガラス質で新鮮な発泡した粒子が含まれるため、噴火様式はマグマ水蒸気噴火であると考えられる(草野ほか, 2021)。Nks-Aを噴出した1649年の噴火推移については、歴史記録に基づいて次節で述べる。

日光白根Me降下火砕堆積物(Nks-Me)は白根山山頂付近で層厚15 cm、山頂西側の数地点において層厚1~2 cmの1層の火山灰層として確認できる。草野・石塚(2020)で報告した地点ではNks-Meが確認されなかったが、直下の古土壌の<sup>14</sup>C年代値が17~20世紀の間であること、草野ほか(2021)ではNks-Aの上位に確認されること、歴史時代の噴火記録から、明治時代の噴出物であると考えられる。なお、Nks-Meが明治年間の3回の噴火(第1表)のうち、どの噴火によって形成されたかは明らかでない。個々の噴火のテフラの総噴出量は、概算で $10^6 \text{ m}^3$ オーダーと見積もられ、VEI 1の規模の噴火であったと考えられる。

白根山山頂部に存在する複数の火口(第4図の火口a~k)のうち、白根山山頂の表面に明瞭に形成されており、江戸時代及び明治時代の火口(次節に記載)よりも古い火口b~dが、Nks-CまたはNks-Bの火口であった可能性が高い。

#### 4. 3. 歴史時代の噴火

日光白根火山の確かな噴火記録は、江戸時代の1649年と明治年間の1873, 1889, 1890年の噴火記録である(第1表)。また、噴火には至らなかったが、噴気活動の発生が1872, 1952年に知られている。いずれも人的被害の記録はないが、噴火に伴って火口から水(湯)があふれ出て発生する火口噴出(溢流)型ラハールによる土砂移動や河川の増水、降灰などの現象が発生している。これらの噴火について、1649年噴火の推移については草野ほか(2021)、明治以降のものは及川(2021)に基づきまとめる。なお、かつて9世紀や1625年に噴火した記録が残るとされていたが(震災豫防調査会, 1918)、これらの噴火記録は誤記でない神社の官位授与・昇官のみが記された記録なので、噴火記録とはしない。

#### 1649(慶安二)年噴火

噴火は、1649年9月13日午前7~9時頃に白根山山頂で発生し、その時山麓では激しい震動を感じた。噴火により周囲の山々や東側の戦場ヶ原に多量の火山灰を降下させた。この噴火により山頂に長径200 mほどの火口が形成され(第4図の火口e, f)、記録によると噴火は数日間続いた。10月20日には火口付近までの登山記録が残るので、その時点では主な噴火活動は終了していたと考えられる。

#### 1872~1873(明治五~六)年の活動

1649年の噴火以降、噴火記録のなかった日光白根火山は、長い間噴気・噴煙活動も認められない状態であった。明治年間の1872年5月14, 15日から、山頂西側の幅270 m、長さ360 mほどの大きさの火口(第4図の火口a)から噴気が立ち上るようになった。これ以降の噴火は、この西側火口から発生している。その後、噴気活動以外は特別な現象はなかったが、1873年3月12日午後1時頃から鳴動が発生し、午後3時頃に噴火が発生した。この噴火により、東側の日光市花石町で6時間余りの間、降灰があったことが記録されている。また、噴火直後に火口噴出型ラハールが発生し、仁下又沢、小川、片品川を流れ下った。このラハールによって運ばれた堆積物で、現在の沼田市利根町追員あたりまでの小川と片品川の河床は平坦に埋め立てられたと記録に残る。さらに下流の埼玉県下の利根川においても、川の濁りや多数の魚の死骸が認められている。

#### 1889~1890(明治22~23)年の活動

1889年12月5日夜明け頃に噴火した。噴火の30分余りに東側山麓で鳴動が感じられたという。戦場ヶ原付近で層厚約6 mmの降灰が認められ、日光市街地や今市にも降灰した。火口噴出型ラハールも発生し、午後6時頃より片品川の水が濁ったが、その規模は1873年のものより小規模であった。顕著なラハール堆積物は仁下又沢と小川の合流点まで認められ、小川を一時堰き止めた。その後、1890年8月22日午前11時頃にも噴火し、降灰や火口噴出型ラハールが発生した。南風であったため、降灰は山麓の居住地域では認められなかった。また、火口噴出型ラハールも小川などで増水が認められる程度で、1889年のものより小規模であった。その後、1890年10~12月に山麓でたびたび鳴動を感じたとの記録を最後に、この時期の活動の記録は残されていない。

#### 1952(昭和27)年の活動

1952年7月頃より西側の片品川鎌田から白根山山頂付近の噴気が見えるようになった。9月には山麓で鳴動が聞こえ、特に25日には強かった。なお、現在の日光白根火山では、小規模なものも含めて噴気孔や噴煙活動は存在しない。

### 5. 噴出物の岩石学的特徴

#### 5. 1. 三岳火山

三岳火山の噴出物は、 $\text{SiO}_2 = 59 \sim 68 \text{ wt.}\%$ 、安山岩からデイサイトまでの組成範囲を持つ(第8図)。斑晶鉱物として斜長石、単斜輝石、直方輝石、普通角閃石、不透明鉱物が普遍的に存在し、石英やかんらん石を含むことがある。刈込湖溶岩は黒雲母斑晶を稀に含む。刈込湖溶岩は $\text{SiO}_2 = 60 \sim 68 \text{ wt.}\%$ 、光徳溶岩は $\text{SiO}_2 = 59 \sim 67 \text{ wt.}\%$ の組成範囲を持ち、光徳溶岩のほうが若干低い $\text{SiO}_2$ 量を示す。 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 変化図ではほぼ直線的な変化を示す。

#### 5. 2. 日光白根火山

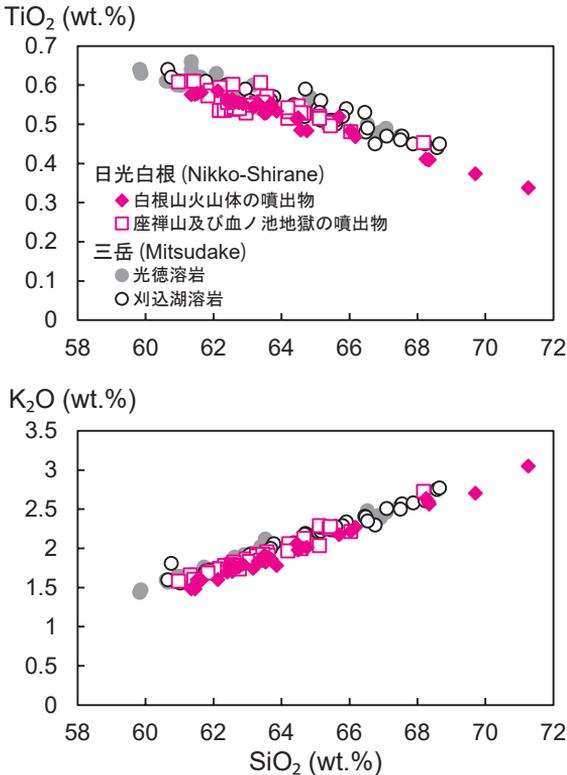
日光白根火山の噴出物は、 $\text{SiO}_2 = 60 \sim 71 \text{ wt.}\%$ 、安山岩から流紋岩までの広い組成範囲を持つ(第2表)。斑晶鉱物として斜長石、単斜輝石、直方輝石、普通角閃石、不透明鉱物が普遍的に存在し、その他石

英やかんらん石を含むことが多い。デイサイト及び流紋岩中には、黒雲母斑晶を含むこともある。一部の噴出物は安山岩や流紋岩の限られた組成幅をもつものの、ほとんどの噴出物で、 $\text{SiO}_2 = 61 \sim 68 \text{ wt.}\%$ と広い組成範囲を示す。

活動期を通じて組成幅に顕著な変化は見られず、 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 変化図でほぼ直線的に増加する。全岩化学組成は三岳火山の噴出物とほぼ重複するが、日光白根火山の噴出物はわずかに $\text{TiO}_2$ 量に乏しい。

## 6. 最近の火山活動

1952年の噴気発生以降は、日光白根火山下で1993~1995年と2001年に地震活動が活発化し、2011年の東北地方太平洋沖地震後にも地震活動が活発化した（気象庁、2013）。



第8図 日光白根及び三岳火山噴出物の $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 及び $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 変化図（苦鉄質包有物を除く）。三岳火山の全岩化学組成は、本研究の4試料に加えて佐々木ほか（1993）及び高橋ほか（2017）のデータも用いた。

Fig. 8.  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$  and  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  diagrams of volcanic products from Nikko-Shirane and Mitsudake Volcanoes (without mafic inclusions). Whole rock compositions of Mitsudake Volcano from this study (four samples), Sasaki et al. (1993) and Takahashi et al. (2017) are also included.

第2表 噴出物の全岩化学組成

Table 2 Whole rock chemical compositions of volcanic products from Nikko-Shirane and Mitsudake Volcanoes.

Location no.	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12					13					14					15				
	Keizuka-nishi		Mrn			Sg		Nd			Zn		Ohg			Oss		Osn			Gp		Osc			Sgp		Cj			Shs		Kk			Kt																																							
Unit name	Kw	Mrn	Sg	Nd	Zn	Ohg	Oss	Osn	Gp	Osc	Sgp	Cj	Shs	Kk	Kt																																																												
$\text{SiO}_2$ (wt.%)	59.78	63.60	63.57	64.57	62.95	68.24	68.32	62.86	62.45	64.56	61.45	63.27	63.53	61.91	63.41																																																												
$\text{TiO}_2$	0.71	0.54	0.57	0.53	0.53	0.41	0.41	0.55	0.55	0.48	0.58	0.55	0.54	0.58	0.54																																																												
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16.85	16.21	16.00	16.02	15.99	14.96	15.01	15.87	15.92	15.84	16.60	16.03	16.09	16.31	15.76																																																												
FeO*	7.09	5.72	5.86	5.37	6.02	4.11	4.09	6.17	6.31	5.40	6.51	5.90	5.72	6.45	5.98																																																												
MnO	0.13	0.11	0.12	0.11	0.12	0.09	0.09	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12																																																												
MgO	3.89	2.85	2.91	2.52	3.31	1.83	1.84	3.40	3.46	2.78	3.69	2.94	3.01	3.50	3.17																																																												
CaO	7.25	5.94	5.92	5.67	6.28	4.48	4.43	6.27	6.37	5.73	6.70	6.18	6.05	6.56	6.07																																																												
$\text{Na}_2\text{O}$	2.83	3.00	2.97	3.10	2.85	3.16	3.13	2.86	2.93	3.01	2.74	3.00	3.00	2.74	2.91																																																												
$\text{K}_2\text{O}$	1.33	1.91	1.96	1.99	1.86	2.64	2.59	1.80	1.78	2.00	1.48	1.90	1.82	1.72	1.94																																																												
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.15	0.10	0.11	0.10	0.10	0.08	0.08	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11																																																												

FeO\* は全鉄をFeOとして換算したものの、データはすべてXRFで測定し、無水100%で示した。地質ユニットの略号は地質図を参照。

\* total iron calculated as FeO. All data analyzed by XRF and calculated on anhydrous. Unit names refer to the geological map.

## 7. 火山防災上の注意点

日光白根火山は、2022年現在、気象庁により24時間の監視が行われている。また、2016年12月から「噴火警戒レベル」が運用されている。本火山地質図から示唆される、火山防災上で留意すべきと思われる事項を以下に述べる。

### 7. 1. 三岳火山

三岳火山では溶岩ドームが形成されたが、歴史記録や現在の山体に顕著な噴気は認められず、少なくともここ数百年程度の火山活動は低調であるといえる。三岳火山は小真名子や山王帽子火山のような、日光地域に複数存在する単成火山的な活動である公算が大きく、三岳自体が再噴火する可能性は低いとみられる。ただし、周辺に新たに別の単成火山が出現する可能性はある。

### 7. 2. 日光白根火山

日光白根火山の噴火活動について、過去の噴火のパターンから今後考えられるのは、頻度の高い順に 1) 明治時代のような水蒸気噴火と火口噴出型ラハールの発生、2) 1649年噴火、7~8世紀及び12世紀の噴火のようなマグマ水蒸気噴火、3) 溶岩の噴出及び火砕物降下に至る規模大きいマグマ噴火、である。

噴火のパターン1と2は、白根山の山頂周辺を火口として発生すると考えられる。最近1.4千年間に同様の活動が繰り返し発生しているため、将来も噴火する可能性が最も高い。噴火は数か月~1年程度の間で、複数回発生する場合もある。個々の噴火の規模は、水蒸気噴火の場合VEIスケールで1~2、マグマ水蒸気噴火の場合は3程度であると考えられる。

噴火のパターン1の特徴を、詳しい記録の残る明治年間の噴火からまとめると、その推移は以下ようになる。①噴煙活動の活発化、②噴火直前に鳴動、③噴火により火砕物の降下と火口噴出型ラハールの発生。噴火の前後に噴気活動が認められない時期があること、現在の日光白根火山には噴気孔や噴煙などは認められないことから、噴気・噴煙活動の発生は、火山活動活発化の重要な指標となる。

噴火のパターン1及び2が発生した場合は、白根山近傍で径数十 cm の岩片が火口から放出されると想定されるため、山頂から半径1 km の範囲にある白根山、座禅山、弥陀ヶ池、五色沼周辺などは非常に危険である。山麓では白根山の東~南東に位置する戦場ヶ原で降灰の可能性が高く、季節や天候によっては日光市街、北側の福島県や西側の片品村へも降灰する可能性がある。また、厚く堆積した噴出物が数年に渡って土石流の原因となる可能性もある。

片品村側では、火口噴出型ラハールを直接の原因とした災害に特に注意する必要がある。白根温泉周辺は川幅が狭いため、水位が急激に上昇し被害が発生する可能性が高い。融雪や降雨時に発生するとラハールの規模が大きくなり、被害も大きくなる可能性もある。

噴火のパターン3で新たにマグマ噴火が起こる場合、溶岩流出または火砕物をつくるブルカノ式噴火及びそれらに伴う火砕流の発生に注意が必要である。日光白根火山は最近7.6千年間に、3つの噴出中心（白根山及び座禅山山頂部と血ノ池地獄周辺）で安山岩~デイサイトの溶岩流出とテフラの噴出を繰り返している。白根山山頂部ばかりでなく、より幹線道路に近い血ノ池地獄周辺からマグマ噴火が発生する場合も考慮しておく必要がある。

第1表 歴史時代の噴火及び異常現象の記録

Table 1 List of historical eruption and volcanic activities of Nikko-Shirane Volcano.

発生年月日*	活動	出典(主要なもの)
1649年9月13日 (慶安二年八月七日)	噴火, 鳴動, 降下火砕物	日光山満願寺勝成院堂社建立記
1872年5月14・15日以降 (明治五年四月八, 九日以降)	噴気発生, 鳴動	公文録(明治五年・第九十八巻)
1873年3月12日 (明治6年)	噴火, 鳴動, 降下火砕物, 火口噴出型ラハール	公文録(明治六年・第百十七巻)
1889年12月5日 (明治22年)	噴火, 鳴動, 降灰 火口噴出型ラハール	官報1935号, 官報1936号, 官報1942号
1890年8月22日 (明治23年)	噴火, 鳴動, 降灰 火口噴出型ラハール	官報2152号, 官報2155号
1890年10~12月 (明治23年)	鳴動	官報2252号
1952年7~9月 (昭和27年)	噴気発生, 鳴動	気象要覧 第637号

\* 旧暦は漢数字, 太陽暦はアラビア数字で示す。

### 謝 辞

環境省関東地方環境事務所日光国立公園環境事務所, 林野庁関東森林管理局日光森林管理署, 栃木県日光市, 群馬県利根郡片品村及び日本製紙総合開発株式会社丸沼高原事業部の皆様には, 当該地域の立入及び試料採取許可をいただいた。日本製紙総合開発株式会社丸沼高原事業部所有のボーリングコアを見せていただいた。記して感謝申し上げます。

### 引用文献

石崎寿男・森田考美・岡村裕子・小池一馬・宮本亜里沙・及川輝樹 (2014) 男体火山の最近17000年間の噴火史. 火山, **59**, 185–206.  
 気象庁編 (2013) 41. 日光白根山. 日本活火山総覧 (第4版), 気象庁, 619–629.  
 草野有紀・石塚吉浩 (2020) トレンチ調査に基づく日光白根火山1400年間の噴火履歴. 地質調査研究報告, **71**, 1–18.  
 草野有紀・及川輝樹・石塚吉浩 (2021) 日光白根火山1649年噴火の復元. 火山, **66**, 327–346.  
 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 東京, 337p.  
 Newhall, C. and Self, S. (1982) The Volcanic Explosivity Index (VEI): An Estimate of Explosive Magnitude for Historical Volcanism. *Journal of Geophysical Research*, **87**, 1231–1238.  
 及川輝樹 (2021) 日光白根火山の噴火記録集. 地質調査総合センター研究資料集, no. 723, 18p.  
 奥野 充・守屋以智雄・中村俊夫 (1994) 那須茶臼岳, 高原山, 日光白根山の最近6000年間の噴火頻度. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **5**, 207–216.  
 Okuno, M., Nakamura, T., Sakamoto, M., Yatsuzuka, S., Oikawa, T., Geshi, N., Hoshino, Y. and Takahashi, T. (2019) Eruption age of the Haruna Futatsudake Pumice (Hr-FP), central Japan, by radiocarbon wiggle matching with special reference to a <sup>14</sup>C dataset developed from a Japanese tree. *Quaternary International*, **527**, 29–33.  
 齋藤 譲 (1899) 日光火山彙地質調査報文. 震災豫防調査会報告, **27**, 12–78.  
 佐々木 実・橋野 剛・村上 浩 (1993) 日光火山群, 日光白根火山および三ツ岳火山の地質と岩石. 弘前大学理科報告, **40**, 101–117.  
 震災豫防調査会 (1918) 日本噴火志 (上編). 震災豫防調査会報告, **86**, 236p.  
 高橋正樹・小堀容子・矢島有紀子 (1995) 日光白根火山下マグマ供給システムの岩石学的モデル. 月刊地球, **17**, 113–119.  
 高橋正樹・吉田 剛・五十嵐俊成・金丸龍夫 (2009) 日光男体火山噴出物の全岩化学組成とマグマ供給システム. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **44**, 63–120.  
 高橋正樹・関根英正・矢島有紀子・金丸龍夫 (2017) 日光火山日光浴岩ドーム群の全岩主化学組成—分析データ205個の総括—. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **52**, 135–179.  
 山口 靖・高倉伸一 (1988) 南会津地熱地質編図地域南西部の地質. 昭和62年度サンシャイン計画研究開発成果中間報告書「国土地熱資源評価技術に関する研究」, 地質調査所, 65–77.

山元孝広 (2013) 栃木—茨城地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化. 地質調査研究報告, **64**, 251–304.  
 山崎正男 (1958) 日光火山群. 地球科学, **36**, 27–35.

### Geology of Nikko-Shirane and Mitsudake Volcanoes

The Nikko area is located in the southern part of the Northeast Japan arc, where more than a dozen Quaternary volcanoes have formed over the area of about 30 km from east to west and 15 km from north to south. Among them, Nikko-Shirane, Mitsudake and Nantai Volcanoes erupted in the Holocene, and only Nikko-Shirane Volcano has a historical record of eruptions.

Mitsudake Volcano consists of monogenetic lava domes with andesitic to dacitic compositions. The domes have been built on Ryuzunotaki-Arasawa Pumice Flow Deposit, which erupted at 17 ka from Nantai Volcano, until 3.5 ka. Mitsudake Volcano consists of Karikomiko Lava, Kotoku Lava and a related tephra layer (Mt-1).

Nikko-Shirane Volcano is an andesitic to rhyolitic composite volcano made up of 12 lava flows and some pyroclastic deposits. It has three eruptive centers at the summits of Mt. Shirane (or Mt. Oku-Shirane: peak 2,578 m) and Mt. Zazen (2,317 m), and around Chinoikejigoku. Eruptions at Nikko-Shirane Volcano started around 20 ka, as indicated by the oldest Marunuma Lava which is covered by a paleosol including Asama-Itahana-Yellow pumice (As-YP). Mt. Zazen consists of Zazen Lava and Zazen Pyroclastic Deposit, which erupted at around 7.6 ka. A bowl crater 200 m in diameter was formed at the summit at the end of Zazen pyroclastic eruption. Mt. Shirane consists of Ohirogawara Lava, Okushirane-higashi Lava, Okushirane-minami Lava, Okushirane-kita Lava, Goshikinuma Pyroclastic Deposit, Okushirane-chuo Lava, Shirane-gongen Pyroclastic Deposit, Shiranesan Lava and Jigokunagi Pyroclastic Flow Deposit. The latest Shiranesan Lava covers the summit of Mt. Shirane, and was erupted at 3.5–3.2 ka with Jigokunagi Pyroclastic Flow. Chinoikejigoku Lava was likely erupted during 2.9–1.4 ka.

Since 1.4 ka, the volcanic activity of Nikko-Shirane Volcano is characterized by the repetition of phreatomagmatic and phreatic eruptions. The largest eruption in the record was a phreatomagmatic eruption in 1649 with VEI scale: 3. The related pyroclastic fall deposit (Nks-A) is preserved in Senjogahara with a maximum thickness of 20 cm. Eruptions in 1873 and 1889–90 were phreatic eruptions with VEI: 1–2 and the corresponding lahars were sourced from the crater on the western side of Mt. Shirane, which flowed down through Shirane Hot Spring and Katashina River to Tone River.

令和 4 年 8 月 30 日発行

著作権所有・発行者

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7

https://www.gsj.jp/inquiries/

AIST22-G14024