

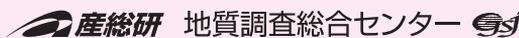
恵山火山地質図

GEOLOGICAL MAP OF ESAN VOLCANO

1:20,000

三浦大助*・古川竜太**・荒井健一***

MIURA Daisuke, FURUKAWA Ryuta and ARAI Ken'ichi



GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN, AIST

2022



写真解説

西側から見た恵山山頂溶岩ドーム（左）とスカイ沢山溶岩ドーム（右）。

Esan-summit Lava Dome (left) and Sukaizawa-yama Lava Dome (right) viewed from west.

* 大阪府立大学理学系研究科（産業技術総合研究所外来研究員）

** 活断層・火山研究部門

*** アジア航測株式会社（産業技術総合研究所外来研究員）

1. はじめに

恵山火山は、西南北海道、渡島半島の東端に位置する複合火山体であり、現在も活発な噴気活動が見られる活火山である(気象庁, 2013; 図1). Miura *et al.* (2013) は恵山火山をEsan Volcanic Complexと呼び、過去50,000年間に5つのマグマ噴火活動期があり、直方輝石及び単斜輝石斑晶を多く含む安山岩及びデイサイトの溶岩ドームと火砕堆積物で構成されることを明らかにした。恵山火山において、最も高頻度と考えられる噴火堆積物は、大規模なマグマ噴火ではなく、小規模噴火の堆積物である。火口近傍の火山体上には、完新世の小規模噴火堆積物が数多く残されている。西暦1846年及び1874年は小規模な噴火が生じ、降灰があったとされる。1846年の噴火ではラハール(火山泥流)による人的被害も報告されている。また1764, 1845, 1857, 1876, 1962年には噴気の活発化や硫黄の燃焼が報告されている(勝井ほか, 1983; 恵山町史編纂室, 2007)。2010年以降は、恵山の山頂付近を対象として、気象庁の地震及び地殻変動等の観測網が整備された。また、地質調査から、小規模噴火堆積物が、現在の居住地域付近まで到達したことも判明している。本地域は多くの旅行者や登山者が訪れる観光地であることから、その防災対策上も火山地質図の作成は急務であった。ここでは、恵山火山の特徴を理解するため、完新世の活動だけでなく、後期更新世の最近5万年前以降の噴火活動史を解説する。

2. 恵山火山の概要

2.1 地形

恵山火山は、山頂標高(41°48'17"N, 141°9'58"E, 標高618 m)と周囲の複数のピークで代表される山群で構成され(図1)、その地形的要素は溶岩ドーム(溶岩円頂丘)、火砕物台地、火山麓扇状地、段丘である(勝井ほか, 1983)。溶岩ドームは、北西側から時計回りに、海向山、北外輪山、御崎、恵山山頂、スカイ沢山、南外輪山、楯山であり、いずれも明瞭な溶岩ドーム地形を示す。海向山、楯山、南外輪山及び御崎は、比較的なめらかな表面地形を有するが、恵山山頂、北外輪山は起伏の多い表面形態を示し、スカイ沢山は南側に開いた大きな崩壊壁を伴う。火砕物台地は、いわゆる火口原と呼ばれる、溶岩ドーム群に取り囲まれた中央の平坦面、恵山山頂北東麓の緩傾斜平坦面、古武井～柏野地区にかけて、溶岩ドーム群南麓の緩傾斜平坦面が認められる。勝井ほか(1983)は、海向山及び楯山の西麓の地形面も他と同様に「火砕物台地」と呼んだが、この地域は他の火砕物台地と異なり、侵食開析及び地すべりによる丘状の尾根や谷が発達し、微起伏が著しい特徴を持つ。火山麓扇状地は、海向山及び北外輪山北麓の扇状地が明瞭である。段丘は、南西側に海成中位段丘(中川, 1961)と沖積低地が発達する。火山体は、東側と南側で直接海岸線に接しており急峻な斜面が海面下に続いている(図2)。

2.2 基盤

恵山火山の下位に露出する基盤は、中新世古武井層の頁岩、絵紙山層の火山砕屑岩及び凝灰質砂岩、木直層の安山岩溶岩及び火山角礫岩

(安藤, 1974; 勝井ほか, 1983), 更新世地すべり及び岩屑なだれ堆積物、海成段丘堆積物(中川, 1961), 及び銭亀-女那川テフラ(山縣ほか, 1989; 町田・新井, 2003)である。北西側に更新世の恵山丸山火山噴出物が近接して分布する(庄司・高橋, 1967; 藤原・国府谷, 1969)。

海向山及び楯山西麓の「火砕物台地」(勝井ほか, 1983)は、地すべり及び岩屑なだれ堆積物からなる。山体東側の御崎溶岩の下位には、南に急傾斜した堆積面を持つ地すべり及び岩屑なだれ堆積物(ブロック相)が分布する。後期更新世の海成中位段丘堆積物には、砂とシルト層に挟まれた降下軽石層とその再堆積相が認められるが、給源火山は不明である。

恵山丸山火山は、恵山火山の北方に近接する唯一の火山であり、複数の溶岩流と火山砕屑物からなる(庄谷・高橋, 1967; 藤原・国府谷, 1969)。恵山丸山火山の東部溶岩におけるK-Ar年代は、およそ20万年前である(産総研地質調査総合センター, 2013)。この更新世の火山の南東縁は、恵山火山の北西麓に隣接しているが、恵山火山の溶岩ドーム群とは対照的に、侵食が進んでいること、地形的に想定される噴出中心は現在の恵山丸山付近であること、活動時期が15万年ほど隔たることから、恵山火山とは独立した火山と考えられる。

銭亀-女那川テフラは、函館沖海底の銭亀カルデラに由来する降下火砕堆積物で、4万5千～5万年前の広域鍵層テフラである(町田・新井, 2003)。恵山火山の降下火山灰は、いずれも銭亀-女那川テフラの上位にあり、銭亀-女那川テフラは、恵山火山の山体を覆っていないことから、恵山火山の活動は、銭亀-女那川テフラより新しいと考えられる(Miura *et al.*, 2013)。

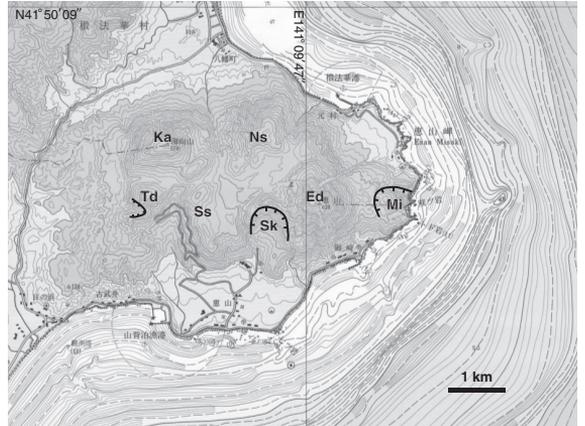


図2: 恵山火山周辺の海底地形。等深線(実線)は10 m間隔。基図に海底地形図「恵山岬」(海上保安庁, 1981)を使用(Miura *et al.*, 2013を改変)。
Fig.2 Bathymetry of Esan Volcano and surrounding area by 1:50,000 bathymetric chart 6372-5「Esan-Misaki」(Japan Coast Guard, 1981) modified from Miura *et al.* (2013).

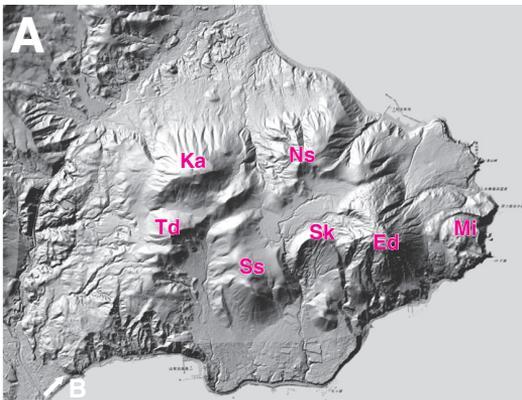


図1: 恵山火山の地形。
(A) 国土地理院地図陰影起伏図に地形名を投影。東から時計回りに Mi: 御崎, Ed: 恵山山頂, Sk: スカイ沢山, Ss: 南外輪山, Td: 楯山, Ka: 海向山, Ns: 北外輪山。
(B) 南西側海岸からの眺望(恵山岬) (Miura *et al.*, 2013を改変)。

Fig.1 Topography of Esan Volcano.

(A) Vertical view of shaded-relief map outputted from the Geospatial Information Authority of Japan, MLIT, Japan. Topographically peaked edifices are abbreviated as Mi: Misaki, Ed: Esan Summit, Sk: Sukaizawa-yama, Ss: Minami-gairinzan, Td: Todoyama, Ka: Kaiko-zan, and Ns: Kita-gairinzan.
(B) Horizontal view from the southwestern shore (modified from Miura *et al.*, 2013).



2.3 恵山火山の研究史の概要

恵山火山の地質を検討した Miura *et al.* (2013) は、層序と¹⁴C年代値を基に、その活動期を5つに区分した。気象庁 (2013) は、日本の火山 (第3版) (産総研地質調査総合センター, 2013) を基に、恵山火山の完新世噴火イベントを記述している。しかし、完新世の噴出物については、溶岩ドームと火砕流堆積物を除き、小規模な噴火堆積物が主であることから、十分な情報が得られていなかった。Miura *et al.* (2019) は、トレンチ調査を行い、完新世の詳細な噴出物層序と噴火年代を明らかにした。

3. 恵山火山の形成史

およそ5万年前以降に生じた噴火活動では、溶岩ドーム、降下火山灰堆積物、火砕流堆積物、及びそれらの再堆積物が認められる (Miura *et al.*, 2013)。成層火山やカルデラ等の基礎となる火山体を伴わず、溶岩ドームと関連する火砕堆積物が、直接基盤を覆って分布する。7つの溶岩ドームはSiO₂量57~67 wt%の安山岩からデイサイトで、それらの溶岩が内成的に成長してドームを生じた。また、溶岩ドームの頂部及び山麓部には、火砕堆積物が分布する。溶岩ドームと火砕堆積物の層序及び岩石学的性質の対比から、5回の噴火活動期に区分された (Miura *et al.*, 2013)。既往研究との混乱を避けるため、後期更新世の活動を古い順に更新世活動期4から1 (約4.3万年前, 約3.8万年前, 約3.3万年前, 約3.1万年前, 完新世の活動を完新世活動期 (約8.5千年前以降) とする。

3.1 溶岩ドームと火砕堆積物

溶岩ドームは、海向山 (Ka), 北外輪山 (Ns), 南外輪山 (Ss), 殿山 (Td), スカイ沢山 (Sk), 恵山山頂 (Ed), 御崎 (Mi) と呼ばれる (図1)。これらの形状はプレー型溶岩ドーム (Blake, 1990) に分類できる (図3)。

火砕堆積物は、古い順に火砕堆積物 4, 3, 2, 1 (EsHD4, EsHD3, EsHD2, EsHD1), 及び完新世の元村火砕堆積物 (EsMP; 安藤, 1974; 勝井ほか, 1983; 恵山火山防災協議会, 2001) という、5層準の火砕堆積物が明らかとなっている。これらの火砕堆積物は、溶岩ドームの山麓に、またはドームを直接覆って分布しており、次の種類の堆積物が確認されている: (1) 火山岩塊火山灰流堆積物 (Block and ash flow deposit), (2) 火砕サージ堆積物, (3) 降下火山灰, (4) 弾道放出物及び降下石質岩片 (爆発角礫), (5) 岩屑なだれ堆積物, (6) ラハール堆積物。降下火山灰堆積物は、恵山火山の周りで広く分布している (図5)。5つの主要な降下テフラ層があり、5つの噴火活動期と対比され、更新統は、褐色古土壌の間に、完新統は黒色古土壌の間に、それぞれテフラ層として見つか。以下、噴火活動期毎に、溶岩ドームと火砕堆積物を記述する。

3.2 更新世活動期4

海向山溶岩ドーム (Ka)

海向山溶岩ドームは恵山火山の北西部にあり、北外輪山 (Ns) 及び殿山 (Td) 溶岩ドームに隣接する。海向山溶岩ドームは、地形的に滑らかな表面形状を持ち突起地形に乏しい、角閃石含有単斜輝石直方輝石安

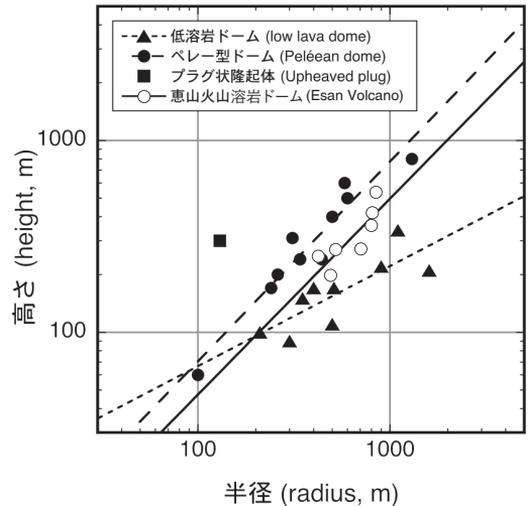


図3: 恵山火山の溶岩ドーム形状 (Miura *et al.*, 2013 を改変)。黒三角, 黒丸, 黒四角点は Blake (1990) による。

Fig.3 Plot of height versus radius for lava domes modified from Miura *et al.* (2013). Open circle shows the lava domes of Esan Volcano. Solid-triangle, -circle and -square plots are taken from Blake (1990).

山岩である (SiO₂量59~61 wt% : 図4)。海向山溶岩ドームの体積は $2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ (緻密岩石相当体積, 以下DREと略す) と推計される (表1)。**火砕堆積物 4 (EsHD4)**

火砕堆積物 4 (以下, EsHD4) は、海向山溶岩ドームの山麓や北西側の扇状地に分布する。EsHD4は主に火砕流堆積物 (火山岩塊火山灰流堆積物と火砕サージ堆積物) と降下火山灰で構成される。EsHD4の本質物質は、角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩である (SiO₂量59~60 wt% : 図4)。これらの特徴は、海向山溶岩ドームと良く一致し、分布の特徴からも、EsHD4が海向山溶岩ドームに由来することが示唆される。EsHD4の降下火山灰の分布は限定的で、海向山の南東麓で厚さ最大4 cmである。火山灰の構成物は、火山ガラス (最大4%) 及び結晶 (最大51%) で、苦鉄質結晶は、直方輝石>>単斜輝石>角閃石の順に多く含まれる。EsHD4降下火山灰の火山ガラス屈折率の最濃値は約1.500である。EsHD4の体積は、 $5.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DRE) と推計される (表1)。

3.3 更新世活動期3

北外輪山溶岩ドーム (Ns)

北外輪山溶岩ドームは、恵山火山の北東部にあり、海向山溶岩ドームに隣接している。北外輪山溶岩ドームの上面は、複数の高まりからなり、岩石は石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイトである (SiO₂量57~64 wt% : 図4)。体積は $2.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ (DRE) と推計される (表1)。

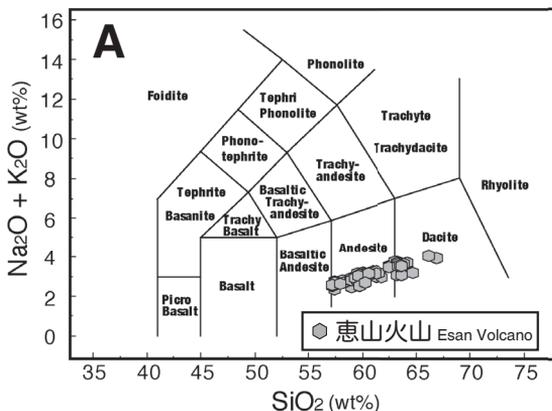
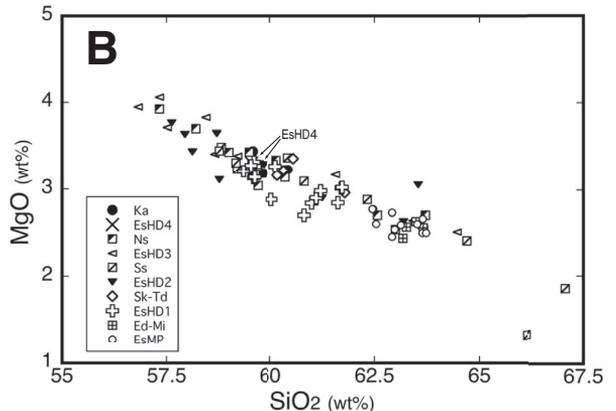


図4: 恵山火山噴出物の全岩化学組成 (Miura *et al.*, 2013 を改変)。

(A) SiO₂-Na₂O+K₂O図。Le Bas *et al.* (1986)の区分と恵山火山の岩石を表示。(B) SiO₂-MgO図。Bの凡例では各溶岩ドームと火砕物を区分した。

Fig.4 Geochemical characteristics of the eruptive products from Esan Volcano after Miura *et al.* (2013).

(A) Total alkali-silica classification plot (Le Bas *et al.*, 1986). Symbol indicates the data of the Esan. (B) Plot of SiO₂ versus MgO. Symbols indicate each juvenile rocks from the lava domes and pyroclastic deposits.



火砕堆積物 3 (EsHD3)

火砕堆積物 3 (以下, EsHD3) は, 主に北外輪山溶岩ドーム山麓及び北東側の扇状地に分布する火砕流堆積物(火山岩塊火山灰流堆積物及び火砕サージ堆積物)と降下火山灰からなる。EsHD3の本質物質は, 石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩及びデイサイトである(SiO_2 量57~65 wt% : 図4)。分布と岩石の特徴から, EsHD3は北外輪山溶岩ドームに由来することが示唆される。体積は, $3.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DRE)と推計される(表1)。

EsHD3の降下火山灰は, 粒度の違いから上部と下部に細分され, これらの間に明瞭な休止期間を示す証拠は認められない。上部は, 最大厚さ45 cmの結晶に富む淡緑色火山灰である。粒子構成は, 火山ガラスを最大5%, 等量の直方輝石と角閃石, 及び少量の単斜輝石を合計最大30%程度含む。下部は, 最大厚さ10 cmで, 結晶が豊富な淡緑色降下火山灰である。火山ガラスを最大20%, 直方輝石, 単斜輝石及び微量の角閃石を合計最大55%含む。下部の火山ガラス屈折率は1.510~1.520で, EsHD2に類似する(Miura *et al.*, 2013)。EsHD3の降下火山灰の等層厚線は北外輪山溶岩ドーム付近に収束する(図5D)。

3.4 更新世活動期2

南外輪山溶岩ドーム (Ss)

南外輪山溶岩ドームは, スカイ沢山溶岩ドームの西側に隣接する2つの岩体である(図1)。南外輪山溶岩ドームの上面は, 北外輪山溶岩ドームと比べて平滑で, 側面は急勾配を示す。南外輪山溶岩ドームは, 石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイトからなる(SiO_2 量58~67 wt% : 図4)。体積は $1.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DRE)と推計される(表1)。

火砕堆積物 2 (EsHD2)

火砕堆積物 2 (以下, EsHD2) は, 南外輪山溶岩ドーム山麓及び南側の扇状地に分布する(図1)。EsHD2は, 火砕流堆積物(火山岩塊火山灰流堆積物と火砕サージ堆積物), 岩屑なだれ堆積物, 及び降下火山灰で構成される。EsHD2の体積は, $2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DRE)と推計される(表1)。

EsHD2の本質物質は, 石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩及びデイサイトである(SiO_2 量57~64 wt% : 図4)。火砕物の岩相, 分布及び岩石学的特徴は, EsHD2が南外輪山溶岩ドームに由来することを示唆する。

EsHD2の降下火山灰は, 最大層厚35 cmの結晶に富む褐色火山灰である。粗~中粒砂サイズの結晶に富む上部, 細粒~極細粒砂サイズの火山ガラスが卓越する下部に細分される。上部の構成粒子は, 火山ガラス(最大24%), 結晶(最大60%)が主体であり, 苦鉄質結晶の存在量は, 直方輝石>>単斜輝石である。EsHD2の火山ガラス屈折率は, 最大値が1.510~1.520の範囲である(Miura *et al.*, 2013)。下部は, 厚さ10 cm以下の火山ガラスに富む淡褐色火山灰であるが, 出現は限定的である。上部の火山ガラス組成は, 北海道駒ヶ岳火山の先史時代の組成に近く, 北海道駒ヶ岳降下火砕堆積物(Ko-i)に対比される可能性がある。すなわち, 恵山火山の更新世活動期2と北海道駒ヶ岳火山のKo-i噴火の時間間隔は地質学的に極めて短期間である可能性がある(図5C)。

岩屑なだれ堆積物 (EsHD2DB) は, 南外輪山溶岩ドームの崩壊壁を源とし, その麓に流れ山地形を作っている。

3.5 更新世活動期1

椋山溶岩ドーム (Td)

椋山溶岩ドームは, 南外輪山溶岩ドームの北西にあり, 海向山溶岩ドームの南端に隣接する。椋山溶岩ドームには, 西向き大きな馬蹄型崩壊壁が認められる。岩石は, 石英含有角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩である(SiO_2 量60~61 wt% : 図4)。体積は $5.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ (DRE)と推計される(表1)。

スカイ沢山溶岩ドーム (Sk)

スカイ沢山溶岩ドームは, 恵山山頂溶岩ドームの西端に隣接する。石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩からなる(SiO_2 量60~62 wt% : 図4)。体積は $4.7 \times 10^7 \text{ m}^3$ (DRE)と推計される(表1)。椋山, 御崎各溶岩ドームと同様に, 馬蹄型崩壊壁を持ち, 南側に分布する岩屑なだ

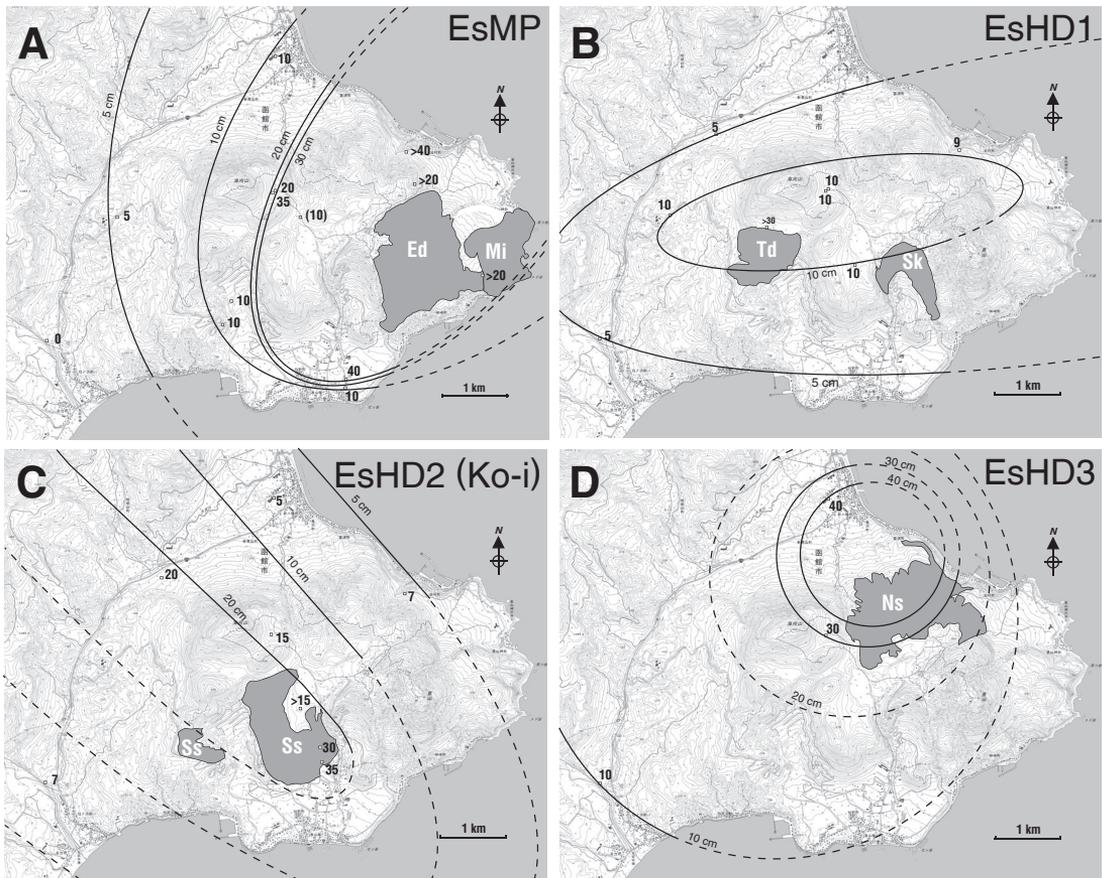


図5: 主要な降下火砕噴出物の等層厚線図。(A) EsMP。(B) EsHD1。(C) EsHD2 (Ko-i)。(D) EsHD3 (Miura *et al.*, 2013を改変)。

Fig.5 Isochron maps for the ash-fall deposits from Esan Volcano. (A) EsMP. (B) EsHD1. (C) EsHD2 (Ko-i). (D) EsHD3, modified from Miura *et al.* (2013).

れ堆積物 (EsHD1DB) の体積は $4.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DRE) である。この堆積物は EsHD1 火砕流堆積物に覆われることから、溶岩ドームの成長中に崩壊が起こり、その後、火砕流が堆積したものと考えられる。

火砕堆積物 1 (EsHD1)

火砕堆積物 1 (以下, EsHD1) は、椴山及びスカイ沢山溶岩ドームの山麓や南側の扇状地に分布する (図1)。EsHD1 は、火砕流堆積物 (火山岩塊火山灰流堆積物と火砕サージ堆積物)、岩屑なだれ堆積物、ラハール堆積物、及び降下火山灰で構成される。EsHD1 の体積は、 $7.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推計される (表1)。EsHD1 の本質物質は、石英含有角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩及びデイサイトである (SiO_2 量 59~62 wt% : 図4)。分布と岩石記載及び化学組成の特徴から、EsHD1 の給源は椴山及びスカイ沢山溶岩ドームに求められる。北海道駒ヶ岳降下火砕堆積物 (Ko-h : 約 20 ka : 吉本ほか, 2008) が EsHD1 の火砕流堆積物を覆うことから、EsHD1 の噴火は 20 ka 以前である。

EsHD1 降下火山灰は、最大層厚 10 cm の結晶片に豊富に淡緑色火山灰である。構成粒子は、火山ガラスに乏しく (最大 10%)、等量の直方輝石と角閃石、及び単斜輝石を合計 53% 含む。EsHD1 の火山ガラス屈折率の最濃値は 1.500 である。EsHD1 降下火山灰の等層厚線は、その給源が椴山及びスカイ沢山溶岩ドーム周辺であることを示す (図5B)。

3.6 完新世活動期

恵山山頂溶岩ドーム (Ed)

恵山火山の最高標高点を中心とする溶岩ドームを恵山山頂溶岩ドームと呼ぶ。藤原・国府谷 (1969) の恵山第3溶岩、安藤 (1974)、勝井ほか (1983) の恵山山頂丘溶岩に相当するが、火山名と重複するため新称とする。御崎及びスカイ沢山両溶岩ドームの間に位置する。恵山山頂溶岩ドームの北東側は、安藤 (1974) の水無溶岩を含む。岩石は、石英含有単斜輝石直方輝石デイサイト (SiO_2 量 63~64 wt% : 図4)、御崎溶岩ドームの組成と極めて良く類似する。恵山山頂溶岩ドームの体積は $4.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ (DRE) と推計され (表1)、恵山火山で最大である。恵山山頂溶岩ドームの基部は、南側山麓で中新世の安山岩溶岩とシルト岩からなる基盤を直接覆うのが確認できる。

御崎溶岩ドーム (Mi)

御崎溶岩ドームは、地形的に恵山山頂溶岩ドームよりも若く、太平洋と津軽海峡に面した東端部に位置する。御崎溶岩ドームは、安藤 (1974) の恵山岬溶岩を含む。岩石は、石英含有単斜輝石直方輝石デイサイトからなる (SiO_2 量 63~64 wt% : 図4)。体積は $7.7 \times 10^7 \text{ m}^3$ (DRE) と推計される (表1)。

地形判読で、溶岩ドーム頂部に南東向きの馬蹄型崩壊壁が見られることから、溶岩ドーム形成中に崩壊が起こり、ヘルメット型の溶岩ドームが、その崩壊壁を埋積したことが読み取れる。海底地形図 (海上保安庁, 1981) では、御崎溶岩ドームに面した海底斜面の勾配は一様であることから、崩壊は陸上部分に限られ、小規模である可能性が高い。

表1 : 溶岩ドームと火砕物の推定噴出量と年代値 (Miura *et al.*, 2013 を改変)。年代校正に IntCal04 (Reimer *et al.*, 2004) 及び IntCal09 (Reimer *et al.*, 2009) を使用。
Table 1 Summary of the stratigraphic units, eruptive volumes, and ages of Esan Volcano (modified from Miura *et al.*, 2013). Calibration programs of IntCal04 (Reimer *et al.*, 2004) and IntCal09 (Reimer *et al.*, 2009) were adopted for radiocarbon datings.

| 活動期 Eruptive stage | 溶岩ドーム* Lava dome* | 火砕堆積物 Pyroclastics | 直径 (m) Diameter, m | 厚さ/高さ (m) Thickness/height, m | 噴出量** (DRE***, m ³) Volume** (DRE***, m ³) | ¹⁴ C年代 (1σ) Libby's age (yBP) | 校正年代 (1σ) Calibrated age (cal yBP) | 備考 Remarks |
|--------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|---|---|---------------------------------------|--|
| 完新世活動期 Holocene | Mi | | 1,370 | 270 | 7.7E+07 | | | Ko-g (約6,800年前) に覆われる。 Overlap by Ko-g (6.8 ka) |
| | | EsMP | - | 10 | 5.0E+06 | 7,855±25 | 8,620±30 | IntCal04により校正。 Calibrated by IntCal04 |
| 更新世活動期1 Pleistocene 1 | | EsHD1 | - | 5 | 7.9E+06 | 26,440±160 | 31,080±100 | IntCal09により校正。 Calibrated by IntCal09 |
| | Sk | | 1,267 | 249 | 4.7E+07 | - | - | |
| 更新世活動期2 Pleistocene 2 | Td | | 1,221 | 198 | 5.0E+07 | - | - | |
| | | EsHD2 | - | 3 | 2.4E+05 | 29,130±120 | 33,740±350 | IntCal09により校正。 Calibrated by IntCal09 |
| 更新世活動期3 Pleistocene 3 | Ss | | 1,744 | 272 | 1.5E+08 | - | - | |
| | | EsHD3 | - | 10 | 3.0E+06 | - | 39,950~36,500 | EsHD1/EsHD4間の堆積速度から内挿。 Assumed by deposition rate between EsHD1 and EsHD4 |
| 更新世活動期4 Pleistocene 4 | Ns | | 2,096 | 361 | 2.4E+08 | - | - | |
| | | EsHD4 | - | 10 | 5.4E+06 | 39,140±220 | 43,290±260 | IntCal09により校正。 Calibrated by IntCal09 |
| | Ka | | 1,928 | 420 | 2.9E+08 | - | - | |

* : 溶岩ドーム略称はMi : 御崎, Ed : 恵山山頂, Sk : スカイ沢山, Td : 椴山, Ss : 南外輪山, Ns : 北外輪山, Ka : 海向山
Lava dome; Mi: Misaki; Ed: Esan-summit; Sk: Sukaizawa-yama; Td: Todayama; Ss: Minami-gairinzan; Ns: Kita-gairinzan; Ka: Kaikozan

** : 噴出量に降下火砕堆積物の体積を含みます。Volume for pyroclastic deposit does not include pyroclastic fall deposit.

*** : 緻密岩石相当体積は溶岩2,600kg/m³、火砕堆積物1,500kg/m³として換算。Dense Rock Equivalent is assumed with density ρ=2,600 kg/m³ for lava and 1,500 kg/m³ for pyroclastic deposit.

元村火砕堆積物 (EsMP)

元村火砕堆積物 (以下, EsMP) は、恵山火山で最も広く分布する、完新世マグマ噴火の火砕堆積物である。主に恵山山頂溶岩ドームの北東麓から南麓まで広く分布し、一部の谷埋め火砕流堆積物は溶結している。岩相は火砕流堆積物 (火山岩塊火山灰流堆積物、軽石を含む火山岩塊火山灰流堆積物、軽石流堆積物及び火砕サージ堆積物)、降下火山灰堆積物、ラハール堆積物が観察される。EsMPは、安藤 (1974) の元村火砕流堆積物、御崎火砕流堆積物及び七ツ岩軽石流堆積物を合わせたものに相当する (勝井ほか, 1983)。EsMPの体積は、 $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ (DRE) である (表1)。EsMPの本質物質は、石英含有単斜輝石直方輝石安山岩及びデイサイトである (SiO_2 量 62~64 wt% : 図4)。分布と岩石学的特徴から、EsMPは恵山山頂及び御崎両溶岩ドームに由来する火砕堆積物である。

EsMP降下火山灰は、最大厚さ 40 cm の淡褐色火山灰であり、完新世に形成された黒色土壌及び古土壌中に挟在する (Miura *et al.*, 2019)。構成粒子は火山ガラスが最大 35%、結晶が最大 47% であり、直方輝石が単斜輝石より多い。火山ガラス屈折率の最濃値は 1.495~1.505 である。EsMP降下火山灰の等層厚線は、恵山山頂及び御崎溶岩ドーム付近に収斂するが、等層厚線がやや西側に偏向するのは火砕流の灰神楽からの供給が示唆される (図5A)。

恵山山頂及び御崎溶岩ドームの層位関係

恵山山頂溶岩ドームの東麓では、御崎溶岩ドームが、EsMP火砕流堆積物を直接覆い、北海道駒ヶ岳降下火砕堆積物 (Ko-g : 約 6千8百年前; 奥野ほか, 1999; 吉本ほか, 2008) に覆われる。更に、EsMPの火砕流堆積物が御崎溶岩ドームの上面を覆っている。これらの層位関係から、御崎溶岩ドームは、恵山山頂溶岩ドームと同時期に噴出したと考えられる。

3.7 活動期の年代

溶岩ドームと火砕堆積物の対比、火砕堆積物の層位関係と¹⁴C年代によって、恵山火山のマグマ噴火は、5つの活動期からなることと、その時空変遷が明らかとなった (表1)。各活動期では、溶岩ドームと火砕物を噴出する場所、すなわち火道位置が移動することが、特徴となっている (図6)。各活動期の噴出年代は、¹⁴C年代から更新世活動期4 : 約4万4千~4万3千年前; 更新世活動期2 : 約3万4千~3万3千年前; 更新世活動期1 : 約3万1千年前; 完新世活動期約8千6百年前以降、とまとめられる (表1)。これらの年代値は、層位関係と整合することから¹⁴C年代測定は実施されていない。テフラ間の古土壌の堆積速度は、EsHD2とEsHD1間は約14,000 year/cm、EsHD4とEsHD2の間は約7,000 year/cmとなり、前者の値を外挿するとEsHD3の年代は39,950 cal yBPに、後者の値を内挿すると36,500 cal yBP。2つの平均値は38,230 cal yBPとなった (Miura *et al.*, 2013)。これら噴火年代と噴出量から求められた階段図を示す (図7)。

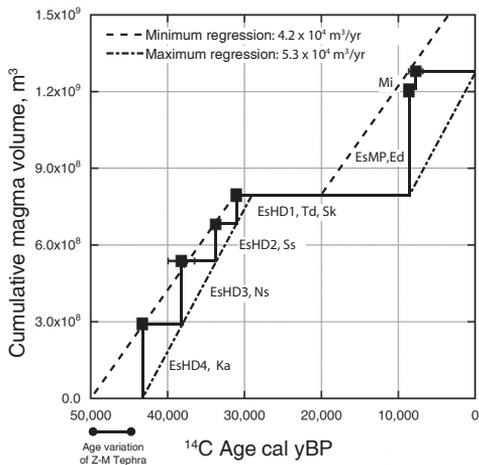


図7：恵山火山におけるマグマ噴火の累積噴出量ダイアグラム (Miura *et al.*, 2013 を改変)。銭亀-女那川テフラ (Z-M) の噴出年代は層位 (Sp-1 直下：町田・新井, 2003) と、¹⁴C年代値 (Amma-Miyasaka *et al.*, 2020) から推定した範囲。

Fig.7 Cumulative magma discharge in the past 43,000 years of the Esan volcano (modified from Miura *et al.*, 2013). The eruption age for Zenigame-Menagawa Tephra (Z-M) was estimated both from the stratigraphic order for Z-M to Sp-1 tephtras (Machida and Arai, 2003) and ¹⁴C age of Sp-1 (Amma-Miyasaka *et al.*, 2020).

4. 噴出物の岩石学的特徴

溶岩ドームを構成する岩石の全岩化学組成は、幅広い範囲のSiO₂量を示し、海向山 (Ka)：59～61 wt% (以下同じ)、北外輪山 (Ns)：57～64、南外輪山 (Ss)：58～67、殿山：60～61、スカイ沢山：60～62、恵山山頂：63～64、御崎：63～64である (図4)。溶岩ドーム毎のSiO₂の組成範囲は、海向山、殿山、スカイ沢山の各溶岩ドームは、安山岩組成で互いに類似した化学組成を持ち、恵山山頂と御崎溶岩ドームはデイサイトで、化学組成はほぼ等しい。北外輪山及び南外輪山溶岩ドームは、他の溶岩ドームとは対照的に幅広いSiO₂量を示す。

5. 完新世の小規模噴火

5.1 完新世小規模噴火の活動史

完新世活動期のEsMP、恵山山頂及び御崎溶岩ドームを形成した噴火の前後には、溶岩ドームの形成を伴うマグマ噴火と比較して、溶岩の流出等を伴わない比較的小さい噴火によると考えられる堆積物が複数認められている (Miura *et al.*, 2013; 2019)。本稿では、Miura *et al.* (2019) の層序を基に、恵山山頂、御崎溶岩ドーム及びEsMP火砕堆積物を除いて、約1万1千年前のEs-mからEs-1874まで、15層準の噴火堆積物を再定義する (図8)。これら噴火イベント層準は、有意な時間間隙を示唆する古土壌の挟在を証拠に区分した。但し、火砕流堆積物に挟在する黒色細粒炭質物層は、火山灰層が作る低角の斜交葉理に沿って挟在しており、火砕流が以前の噴火で炭化した木片を取り込んだものと解釈した。小規模噴火の堆積物は、更新世のマグマ噴火堆積物にも随伴して僅かに認められる。堆積物に顕著な本質岩片を含まないことから、溶岩ドームの浸食・解体に関連する小規模な噴火があったと考えられる。

Es-m火砕堆積物 (旧称Es-0を再定義)

Es-m火砕堆積物は、厚さ15 cm、中～細礫の黄褐色で緻密な火山礫を含む、中～細粒砂サイズ火山灰からなる降下火山灰である。トレンチ調査地点A (図8) においてのみ堆積物が見つかっている (Miura *et al.*, 2019)。黒色古土壌の最下部に挟在し、上位のEsMP火砕流堆積物との間には、厚さ16 cmの古土壌が発達する。すなわちEs-m火砕堆積物は、EsMP噴火に先行する、完新世初頭の噴出物である。直下の古土壌から11,610～11,260 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-l火砕堆積物 (新称)

Es-l火砕堆積物は、火口原の西側から北麓の八幡川沿いで層厚50～110 cmを示し、数cm厚の細粒砂サイズ黄褐色～灰白色降下火山灰と、数cm厚の火砕流堆積物が互層をなす。付着物質の析出による「カタ」様の固結が認められる。火山豆石を多く含む。EsMP噴火の後に最初に生じた小規模噴火の堆積物である。

Es-k火砕堆積物 (新称)

Es-k火砕堆積物は、火口原東側からタカノス沢沿いで、厚さ6～8 cmの極細粒砂サイズの黄褐色降下火山灰である。粗粒砂サイズの結晶を含む、厚さ10～15 cmの黒色古土壌を挟んで、Ko-f降下火砕堆積物 (約6千3百年前；奥野ほか, 1999) を覆う。

Es-j火砕堆積物 (旧称Es-1aを再定義)

Es-j火砕堆積物は、火口原東側からタカノス沢沿いで、厚さ3 cmの細粒砂サイズ黄褐色降下火山灰、及び厚さ17～48 cmの灰色火砕流堆積物からなる。緻密な岩塊を含む無層理塊状相と、低角の斜交葉理を持つ細粒火山灰の火砕サージ相をもつ。直下の古土壌から5,650～5,590 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-i火砕堆積物 (旧称Es-1bを再定義)

Es-i火砕堆積物は、火口原東側～タカノス沢沿いで、厚さ3 cmの細粒黄褐色降下火山灰、及び厚さ50～270 cmの灰色火砕流堆積物からなる。火砕流堆積物は緻密な火山岩塊を含む無層理塊状相と、低角の斜交葉理を持つ細粒火山灰の火砕サージ相をもつ。

Es-h火砕堆積物 (旧称Es-1cを再定義)

Es-h火砕堆積物は、火口原東側からタカノス沢沿いで、厚さ20～45 cmの黄褐色～灰色火砕流堆積物である。緻密な火山岩塊を含む塊状の基質支持相である。

Es-g火砕堆積物 (旧称Es-2を再定義)

Es-g火砕堆積物は、火口原～南麓で、厚さ5～20 cmの極細～細粒灰白色降下火山灰である。降下火山灰直下の黒色古土壌から4,570～4,420 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-f火砕堆積物 (旧称Es-3aを再定義)

Es-f火砕堆積物は、南麓で厚さ3～20 cmの細粒黄褐色降下火山灰、東麓の恵山岬で厚さ25 cmの茶褐色火砕流堆積物からなる (地点C：41°49'1"N, 141°10'55"E)。降下火山灰は火山灰の偽礫や緻密な火山礫を含む。南麓の降下火山灰直下の古土壌から3,840～3,700 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-e火砕堆積物 (旧称Es-3bを再定義)

Es-e火砕堆積物は、恵山山頂溶岩ドームの東麓及び南麓で厚さ3～10 cmの細粒黄褐色降下火山灰、及び灰白色火砕流堆積物からなり、黄褐色ラハール堆積物を伴う。火砕流及びラハール堆積物は火口原に分布する。直下の古土壌から3,210～3,010 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-d火砕堆積物 (旧称Es-3c, 3dを再定義)

Es-d火砕堆積物は、恵山山頂溶岩ドームの南麓で厚さ3～20 cmの細粒黄褐色降下火山灰、及び厚さ50～70 cmの灰白色火砕流堆積物からなる。火砕流堆積物は緻密な火山岩塊を含む無層理塊状相と、低角の斜交葉理を持つ細粒火山灰からなる火砕サージ相からなる。降下火山灰直下の古土壌から2,920～2,780 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-c火砕堆積物 (旧称Es-3eを再定義)

Es-c火砕堆積物は、火口原～恵山山頂溶岩ドーム南麓で厚さ5～10 cmの極細～細粒黄褐色降下火山灰と、恵山山頂溶岩ドーム東麓の恵山岬で厚さ75 cmに達し、低角の斜交葉理を示す細粒な灰白色火砕流堆積物からなり、黄褐色ラハール堆積物を伴う (地点C)。降下火山灰は恵山山頂から南西2 kmの地点 (図8B) で、緻密な火山岩塊及び火山礫を含み、インバクト構造を有することから、火口からの弾道放出物と考えられる (Miura *et al.*, 2019)。降下火山灰直下の黒色古土壌から2,680～2,350 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-b火砕堆積物 (新称)

Es-b火砕堆積物は、火口原西部から八幡川にかけて、厚さ5～10 cmの極細～細粒黄褐色降下火山灰である。厚さ2 cmの黒色古土壌を挟んで白頭山一苦小牧火山灰 (B-Tm) に覆われることから、約1,100年前頃に噴出したものと考えられる。

Es-a火砕堆積物 (旧称Es-4を再定義)

Es-a火砕堆積物は、火口原から東麓及び南麓の火砕物台地上で厚さ5～10 cmの中～細粒黄褐色降下火山灰、東麓の火砕物台地上で、厚さ60 cm以上の中～細粒灰白色火砕流堆積物からなり、白頭山一苦小牧火山灰 (B-Tm) を覆う (地点D：41°48'45"N, 141°10'19"E)。火砕流堆積物は低角の斜交葉理を持ち、炭質物片を多量に含む。降下火山灰直下の黒色古土壌から920～800 cal yBPの¹⁴C年代が得られている。

Es-1846火砕堆積物 (旧称Es-5を再定義)

Es-1846火砕堆積物は、恵山山頂溶岩ドーム東麓の火砕物台地上で厚さ10～15 cmの中～細粒黄褐色降下火山灰、及び厚さ50 cmの中～細粒灰白色火砕流堆積物で、厚さ5 mのラハール堆積物 (弘化泥流：勝井ほか, 1983；田近, 2006) を伴う。火砕流堆積物は低角の斜交葉理を示す火山灰からなり、炭質物片を多量に含む。北海道駒ヶ岳降下火砕堆積物 (Ko-d) を覆う (地点E：41°48'53"N, 141°10'34"E)。田近 (2006) は、文献による1846年7月当時の元村地区の被害状況と、弘化泥流堆

積物の空間的不一致を指摘し、他の泥流、土石流が元村地区に達した可能性を指摘した。

Es-1874火砕堆積物（旧称Es-6を再定義）

Es-1874火砕堆積物は、噴火堆積物が保存されている最新の噴火とされている（勝井ほか，1983）。地質調査では、Es-1874火砕堆積物と考えられる厚さ5cmの粗粒黄褐色降下火山灰が、恵山山頂溶岩ドーム東麓で、局所的に認められ、下位のEs-1846火砕堆積物を直接覆う。

硫黄噴出物

1845、1857、1876、1962年には硫黄の燃焼現象が報告されている（勝井ほか，1983；恵山町史編纂室，2007）。恵山山頂溶岩ドームの、2つの爆裂火口（X、Y火口）内部の噴気地帯には、噴気孔周辺に飛散した硫黄噴出物が認められるが、噴出物の年代を特定できないことから地質図上では省略した。

5. 2 完新世小規模噴火の規模と様式

完新世の小規模噴火堆積物として認定した15の火砕堆積物において、恵山火山の全域に及ぶ規模のものは認められない。恵山山頂溶岩ドームの爆裂火口群を想定火口とした場合、半径3kmの円内に、これら堆積物の確認地点がほぼ取まり、降下火山灰の最大層厚は20cm以下である。一方で、Es-g、-k、-m火砕堆積物を除き、火砕流堆積物が、各イベント層準で確認されている。東麓、南麓、北麓のいずれの方向にも、山麓の集落付近まで達する火砕流堆積物が確認された。小規模噴火において、火山灰の降下は普遍的であり、かつ火砕流を発生する場合が多いことが特徴である。

6. 最近の活動状況

恵山山頂溶岩ドームには、西側の爆裂火口内を始め、数カ所に硫黄鉱床が存在した。硫黄は火薬等の原料資源として、1763年に採掘が始まり、その翌年、1764年には、「硫黄気発動して工夷多く死亡せり」（「福山秘府」；「蝦夷旧聞」；榎法華村，1989）との記録がある。1845、1857、1876、1962年には噴気の活発化と硫黄の燃焼現象が報告されている（勝井ほか，1983）。

弘化3年（1846年）の噴火（Es-1846）では、大雨のため山崩れが発生し、山麓の人家が流亡したとされる（「大日本地震史料」；武者，1943）。田近（2006）はこれらの記述を再検討し、局地的な地震とそれに続く山鳴りを伴う水蒸気噴火により降灰及びラハールが発生し、一部では、豪雨による斜面崩壊、土石流が発生した可能性があると結論した。

明治7年（1874年）の噴火（Es-1874）では、明治7年6月8日午後6時頃から、恵山山頂溶岩ドームの爆裂火口で、轟音を伴って激しい発炎がおり、爆発のようにみえたという（「開拓史日誌」；勝井ほか，1983）。恐らく噴気活動が急に活発化し、ごく小規模な水蒸気爆発がおこったのであろう。この活動は約8時間後には終息した。

7. 火山活動の監視体制

恵山火山の常時観測は、気象庁が担っている。恵山山頂溶岩ドームの爆裂火口を想定火口とし、地震計（3カ所、広帯域地震計を含む）、傾斜計（2カ所）、空振計（1カ所）、GNSS（1カ所）、監視カメラ（2カ所）を設置し、火山活動の監視・観測を行っている。また、2016年3月23日14時00分発表の噴火予報（恵山）により、恵山に噴火警戒レベルの運用が開始された。

広域地震観測網による浅部の地震活動及び深部低周波地震活動（1997年10月～2012年6月）では、恵山の南西側と北西側で深部低周波地震が起こっていることが判明している（佐鯉ほか，2001）。恵山山頂溶岩ドームの爆裂火口付近の機動観測（2005年7月24日～11月18日）では、海拔深さ0～1km付近で発生する、火山性地震が観測されている（札幌管区気象台，2006）。

8. 火山防災上の注意点

恵山火山において、現在も活発な噴気や地震活動が継続しているのは、完新世活動期の火山体付近のみであり（図6）、完新世の小規模噴火はいずれも完新世活動期が継続している結果と考えられる。今後も完新世活動期が継続するならば、恵山山頂溶岩ドームの爆裂火口付近は最も噴火の発生しやすい場所であり、最も発生しやすい噴火様式は小規模噴火である。小規模噴火では降下火山灰をもたらすだけでなく、火砕流やラハールを伴う例が多い。過去の噴出物の到達域は、現在の居住地域に近接しているため、防災対策の立案においては過去の事例

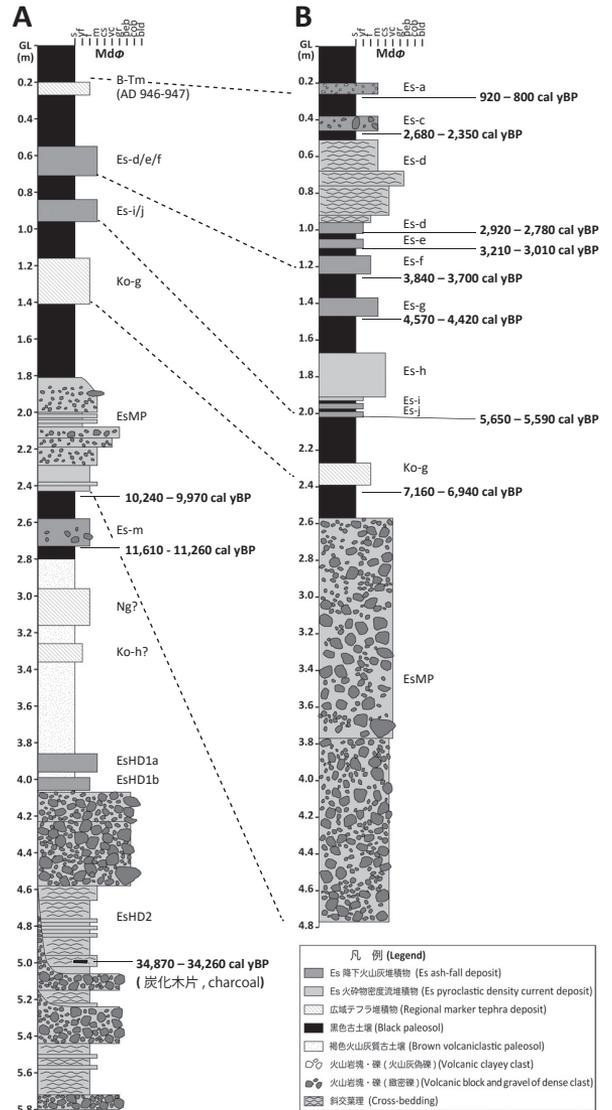


図8：南麓トレンチ調査による噴出物の柱状図と¹⁴C年代値（Miura *et al.*, 2019を改変）。中央粒径（Md_φ）は見かけ値。他火山由来の火山灰層：B-Tm（白頭山火山起源）、Ko-g、Ko-h（北海道駒ヶ岳火山起源）、Ng（濁川火山起源）。Fig.8 Stratigraphic sections at the trench log sites A and B (modified from Miura *et al.*, 2019). Md_φ is an approximate mean diameter. Ex situ volcanic ash layers are shown as: B-Tm from Baegdusan Volcano (North Korea/China); Ko-g and Ko-h from Hokkaido-Komagatake Volcano; Ng from Nigorikawa Volcano.

を十分考慮する必要がある。マグマ噴火の発生頻度は小規模噴火に比べて低いが、恵山火山の活動は溶岩ドームの成長とそれに伴う火砕噴火の発生が特徴であり、そのような噴火発生した場合は、噴火の継続時間が数ヶ月から数年に及ぶ可能性がある。前回のマグマ噴火から既に8,500年以上が経過していることから、マグマ噴火の可能性は中長期的視野に入れておく必要がある。

恵山火山では、火山観測機器の設置以降に噴火が発生していないことから、観測によって、予兆となる火山現象を捉え、適切な警告を発することが確実ではない。小規模噴火の場合は、前兆が捉えられても、警告の発令が間に合わない可能性もあることから、避難準備等の事前対策を講じる必要がある。恵山火山では、2016年3月より運用開始された噴火警戒レベルの特徴として、火山活動が高まっている場合は、レベル2（火口周辺規制）からレベル4（避難準備）に一定飛びにレベルを上げることになっている。このような運用の工夫も、恵山火山の噴火特性に基づいて想定されたものである。噴火危機時の具体的対応については、自治体が公表する防災情報に詳述されている。

謝 辞

本火山地質図作成にあたり、現地調査では高田倫義・谷内 元(当時北海道大学)、檜山森林管理署、渡島総合振興局東部森林室、並びに同保健環境部環境生活課、以上の関係諸氏の協力を受けた。

引用文献

- Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S. and Furukawa, R. (2020) Stratigraphy and chronology of silicic tephtras in the Shikotsu-Toya volcanic field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in southwestern Hokkaido. *Quaternary International*, **562**, 58–75, doi:10.1016/j.quaint.2019.11.019.
- 安藤重幸 (1974) 恵山火山の地質と岩石. 岩鉱, **69**, 302–312.
- Blake, S. (1990) Viscoplastic model of lava domes. in Fink, J., ed., *Lava Flows and Domes: International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI) Proceedings in Volcanology 2*, Heidelberg, Germany, Springer-Verlag, 88–126.
- 恵山火山防災協議会編 (2001) 恵山火山防災ハンドブック. 18p.
- 恵山町史編纂室 (2007) 恵山町史. 函館市恵山支所, 1477p.
- 藤原哲夫・国府谷盛明 (1969) 5万分の1地質図幅「恵山」説明書. 北海道立地下資源調査所, 62p.
- 海上保安庁 (1981) 1/50,000海底地形図No.6372-5恵山岬.
- 勝井義雄・横山 泉・岡田 弘・坪 俊彰編 (1983) 恵山, 火山地質・噴火史・活動の現状及び防災対策. 北海道における火山に関する研究報告書第9編, 北海道防災会議, 99p.
- 気象庁編 (2013) 19. 恵山. 日本活火山総覧 (第4版), 306–316.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B.A. (1986) Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, **27**, 745–750, doi:10.1093/petrology/27.3.745.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編：日本火山灰アトラス. 東京大学出版会, 336p.
- Miura, D., Arai, K., Tshida, T., Ochiai, T., Tanaka, M. and Iida, T. (2013) Eruption history, conduit migration, and steady discharge of magma for the past 50,000 yr at Esan volcanic complex, northern Japan. *Geological Society of America Bulletin*, **125**, 1503–1519, doi: 10.1130/B30732.1, Data Repository item 2013225.
- Miura, D., Furukawa, R. and Arai, K. (2019) Late Pleistocene–Holocene volcanoclastic ejecta along the southern apron of the Esan volcanic complex, Japan. *Journal of Disaster Research*, **14**, 755–765, doi:10.20965/jdr.2019.p0755.
- 武者金吉 (1943) 増訂大日本地震史料第3巻 (1784–1847年). 文部省震災予防評議会, 933p.
- 中川久夫 (1961) 北海道恵山付近の段丘. 第四紀研究, **2**, 9–14.
- 奥野 充・吉本充宏・荒井健一・中村俊夫・宇井忠英・和田恵治 (1999) 北海道駒ヶ岳, Ko-f テフラの加速器¹⁴C年代. 地質学雑誌, **105**, 364–369. doi:10.5575/geosoc.105.364.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C. J. H., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G. S., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Bronk Ramsey, C., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2004) IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, **46**, 1029–1058.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2009) IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51**, 1111–1150.
- 佐鯉央教・小菅正裕・渡邊和俊 (2001) 恐山・恵山周辺で発生した深部低周波地震の波形の特徴と発生機構. 地震第2輯, **54**, 397–414. doi:10.4294/zisin.1948.54.3_397.
- 札幌管区気象台 (2006) 恵山. 火山活動解説資料 (平成17年11月).
- 産総研地質調査総合センター (2013) C37恵山丸山. 200万分の1地質図集「日本の火山 (第3版)」解説書, 14p.

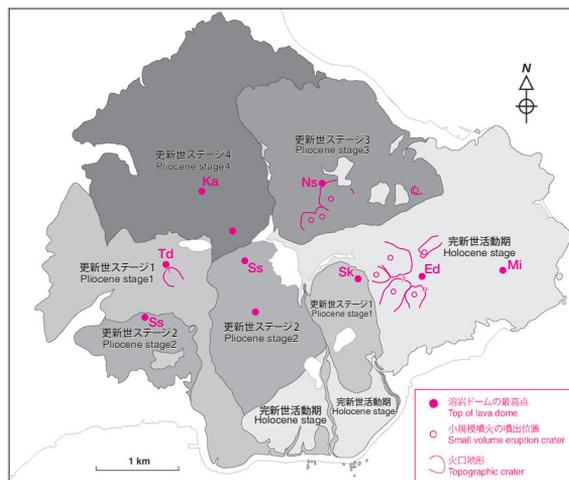


図6：恵山火山における噴出中心の変遷。溶岩ドームについては顕著な高まりを噴出中心として示す。小規模噴火の火山口は地形的な中心と火山縁を示した。Fig.6 Spatial distribution of eruptive center in past 43,000 years of Esan Volcano. Eruptive centers of each lava dome is represented by the summit of the edifice.

- 庄谷幸夫・高橋功二 (1967) 5万分の1地質図幅「尾札部」説明書. 北海道開発庁, 20p.
- 田近 淳 (2006) 1846年 (弘化3年) 恵山山崩れに関する資料. 北海道立地質研究所報告, no.77, 95–99.
- 楢法華村 (1989) 楢法華村史. ぎょうせい, 1354p.
- 山縣耕太郎・町田 洋・新井房夫 (1989) 銭亀-女那川テフラ：津軽海峡函館沖から噴出した後期更新世のテフラ. 地理学評論Ser.A, **62**, 195–207, doi:10.4157/grj1984a.62.3_195.
- 吉本充宏・宮坂瑞穂・高橋 良・中川光弘・吉田邦夫 (2008) 北海道駒ヶ岳火山, 先歴史時代噴火活動史の再検討. 地質学雑誌, **114**, 336–347, doi:10.5575/geosoc.114.336.

Geology of Esan Volcano

Esan Volcano is an active polygenetic volcano composed of seven lava domes with accompanying pyroclastic ejecta. This volcano is located at the southeastern edge of Oshima Peninsula, Southwest Hokkaido and at the northern part of the volcanic front in the Northeast Japan Arc. The lava domes were endogenously grown on the basement rocks without any preceding eruptive edifices; these are the Kaikozen (Ka), Kita- and Minami-Gairinzan (Ns and Ss), Todoyama (Td), Sukaizawa-yama (Sk), Esan-summit (Ed) and Misaki (Mi) lava domes. Each dome was produced by intermediate to silicic magmas with 57–67 wt% of SiO₂. Five pyroclastic units of EsHD4, 3, 2, 1 and EsMP, cover the aprons of these lava domes. The spatial and temporal relationships of the domes and the pyroclastic units have been determined in order to constrain the eruptive sequence of Esan Volcano. Long-term discharge rate of the Esan magma are 4.2–5.3 × 10⁴ m³/year. A dormancy of magma supply is suggested between 31 ka and 8.6 ka. The eruption of the volcano was reawaken from a minor phreatic eruption at ca. 11 thousand years before prior to the major magmatic eruption of EsMP at ca. 86 hundred years before. The large number of explosion ejecta in Holocene occur around volcanic aprons of the edifice. At least 15 eruption events are identified by the presence of paleosol imparted by a certain dormant period. These eruption deposits are named as Es-m, l, k, j, i, h, g, f, e, d, c, b, a, 1846, and 1874 in ascending order. These are composed of units in pyroclastic fall, pyroclastic flow and lahar deposits. The dispersal area of eruptive deposits varies temporally without migration of their source crater assumed. The presence of these Holocene ejecta in this area implies a potential threat owing to its close proximity to inhabited areas.

令和4年3月25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/

AIST21-G14023

Geological Survey of Japan, AIST © 2022