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

産総研 地質調査総合センター

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）

GEOLOGICAL MAP OF VOLCANOES 21　ESAN VOLCANO

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 tephras in the Shikotsu-Toya volcanic field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in southwestern Hokkaido. *Quaternal 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.
恵山火山防災会議協議会編 (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，南茅部市史山災史，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　俊彦編 (1983)　恵山，火山地質・噴火史・活動の現況及び防災対策，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., Toshida, 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 volcaniclastic ejecta along the southern apron of the Esan volcanic complex, Japan. *Journal of Disaster Research*,**14**,755–765, doi:10.20965/jdr.2019.p0755.
武者金正 (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・青木亮宏・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^{14}C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.
佐藤央教・小菅正裕・渡邉和俊 (2001)　恵山・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/zisin1948.54.3_397.
札幌管区気象台 (2006)　恵山，火山動態観測資料（平成17年11月）.
産総研地質調査総合センター (2013) C3ア恵山丸山，200万分の1地質編集図「日本の火山（第3版）」解説書，14p.
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，29p.
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.
鈴法華村 (1989)　鈴法華村史，ぎょうせい，1354p.
山縣耕太郎・町田　洋・新井房夫 (1989) 鈴鹿–女鹿川テフラ：津軽海峡南部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/grj1984a62.3_195.
吉本充宏・宮坂瑞穂・高橋　良・中川光弘・吉田邦夫 (2008)　北海道駒ヶ岳小沢，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 Kaikozan (Ka), Kato- 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 SiO_2. 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 × 10^4 m^3/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 areas 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 © 産総研
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

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溶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．火山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徴候が報告されている（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客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，山頂標高点（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る（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，鞍山であり，いずれも明瞭な溶岩ドーム地形を示す．海向山，鞍山，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，海向山及び鞍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，中新世古武井層の貫岩，鈴鹿山層の火山砕屑岩及び凝灰質砂岩，木古内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)，及び鈴鹿–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 (正司・高橋, 1967；藤原・国府谷, 1969)．

海向山及び鞍山西麓の「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．

鈴鹿–女那川テフラは，南部沖海底の鈴鹿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，いずれも鈴鹿–女那川テフラの上位にあり，鈴鹿–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，鈴鹿–女那川テフラより新しいと考えられる (Miura *et al.*, 2013)．

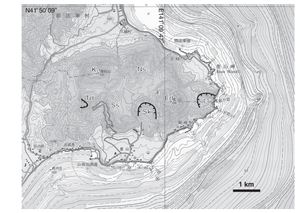

図2：恵山火山周辺の海底地形．等深線（実線）は10 m間隔．基図に海底地形図「恵山岬」(海上保安庁, 1981) を使用 (Miura *et al.*, 2013を改変).
Fig.2 Bathymetry of Esan Volcano and surrounding area by 1:50,000 bathymetric chart 6372-5"Esan-Misaki"(Japan Coast Guard, 1981) modified from Miura *et al.* (2013).

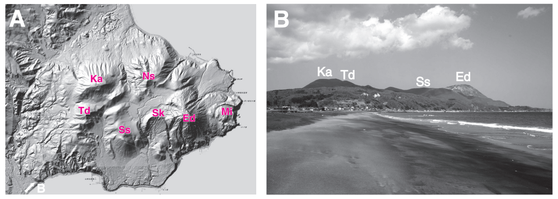

図1：恵山火山の地形.
(A) 国土地理院地図陰影起伏図に地形名を投影．東から時計回りに Mi: 御崎，Ed: 恵山山頂，Sk: スカイ沢山，Ss: 南外輪山，Td: 鞍山，Ka: 海向山，Ns: 北外輪山.
(B) 南西側海岸からの眺望 (Miura *et al.*, 2013を改変).
Fig.1 Topography of Esan Volcano.
(A) Vertical view of shaded-relief map outputted from the Geospatial Information Authority of Japan, MLIT, Japan. Topographically 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^{14}C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SiO_2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たため，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)，鞍山 (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層厚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る．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) 及び鞍山 (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山岩である (SiO_2量59～61 wt%：図4)．海向山溶岩ドームの体積は 2.9×10^8 m^3 (厳密岩石相当体積，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 (SiO_2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頻値は約1.500である．EsHD4の体積は，5.4×10^8 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である (SiO_2量57～64 wt%：図4)．体積は2.4×10^8 m^3 (DRE) と推計される (表1)．

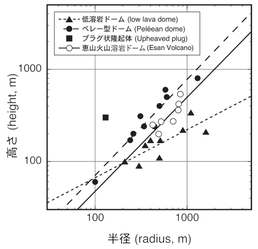

図3：恵山火山の溶岩ドーム形状 (Miura *et al.*, 2013を改変).
黒三角, 黒丸, 黒四角点はBlake (1990)による.
Fig.3 Plot of height versus radius for lava domes modified from Miura *et al.* (2013). Open circle shows the lava domes of Esan Volcano. Solid triangle, -circle and -square plots are taken from Blake (1990).

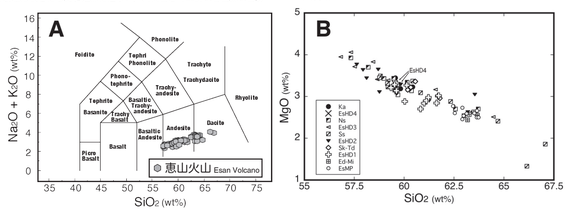

図4：恵山火山噴出物の全岩化学組成 (Miura *et al.*, 2013を改変).
(A) SiO_2 – Na_2O + K_2O図．Le Bas *et al.* (1986)の区分と恵山火山の岩石を表示．(B) SiO_2 – MgO図．Bの凡例ではSiO2 – MgO図．Bの凡例では各溶岩ドームと火砕物を区分した．
Fig.4 Geochemical characteristics of the eruptive products from Esan Volcano after Miura *et al.* (2013).
(A) Total alkali–silica classification plot (Le Bas *et al.*, 1986). Symbol indicates the data of the Esan. (B) Plot of SiO_2 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，3.0×10^8 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の結晶に富む淡褐色火山灰である．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，側面は急斜面を示す．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1.5×10^8 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，2.4×10^8 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，最頻値が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

椴山溶岩ドーム（Td）

椴山溶岩ドームは，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．椴山溶岩ドームには，西向きの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5.0×10^8 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4.7×10^8 m^3 (DRE) と推計される (表1)．椴山，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

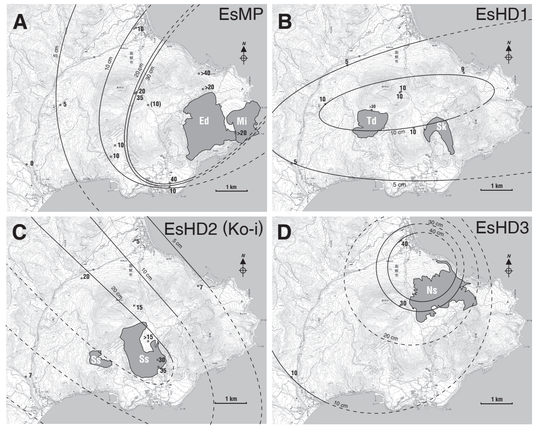

図5：主要な降下火砕噴出物の等層厚線図．(A) EsMP，(B) EsHD1，(C) EsHD2 (Ko-i)，(D) EsHD3 (Miura *et al.*, 2013を改変).
Fig.5 Isopach maps for the ash-fall deposits from Esan Volcano. (A) EsMP. (B) EsHD1. (C) EsHD2 (Ko-i). (D) EsHD3, modified from Miura *et al.* (2013).

れ堆積物 (EsHD1DB) の体積は4.0×10^8 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，7.9×10^8 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)．分布と岩石起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．北海道駒ヶ岳砂原下火砕堆積物 (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の結晶片に豊む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頻値は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．勝井ほか (1983) は恵山山頂溶岩，安藤 (1974)，勝井ほか (1983) の恵山円頂溶岩に相当するが，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で (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4.0×10^8 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7.7×10^8 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 dating.

活動期 Eruptive stage	溶岩ドーム* Lava dome*	火砕堆積物 EsMP	火砕堆積物 EsHD	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)	較正年代 (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. Overlain by Ko-g (6.8 ka)
		EsMP			70	5.0E+06	7,855±25	8,620±30	EsHD4に覆われる. Calibrated by IntCal04
	Ed			2,504	538	4.0E+08	-	-	
			EsHD1		5	7.9E+06	26,440±160	31,080±100	EsHD1が覆う. Calibrated by IntCal09
更新世活動期1 Pleistocene 1	Sk			1,267	249	4.7E+07	-	-	
	Td			1,221	198	5.0E+07	-	-	
更新世活動期2 Pleistocene 2		EsHD2		-	3	2.4E+05	29,130±120	33,740±350	IntCal09とEsHD1が覆う. Calibrated by IntCal09
	Ss			1,744	272	1.5E+08	-	-	
更新世活動期3 Pleistocene 3		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
	Ns			2,096	361	2.4E+08	-	-	
更新世活動期4 Pleistocene 4		EsHD4		-	10	5.4E+06	39,140±220	43,290±260	EsHD1が覆う. Calibrated by IntCal09
	Ka			1,928	420	2.9E+08	-	-	

* : 溶岩ドーム鞍移ほか (1989)．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: Todoyama; Ss: Minami-gairinzan; Ns: Kita-gairinzan; Ka: Kaikozan
** : 噴出量に降下火砕堆積物の体積を含ます．Volume for pyroclastic deposit does not include pyroclastic fall deposit.
*** : 厳密岩石相当体積は密度2,600kg/m^3，火砕堆積物1,500 kg/m^3として換算．Dense Rock Equivalent is assumed with density ρ=2,600 kg/m^3 for lava and 1,500 kg/m^3 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セッリ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，5.0×10^8 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る．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頻値は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束するが，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