

十和田火山の噴火履歴とマグマ組成の変遷

概略：十和田火山はデイサイト～流紋岩質マグマの爆発的噴火が卓越するカルデラ火山である。その噴火履歴はほぼ確立されており、マグマ噴出量積算階段図の精度も高い。カルデラを形成したVEI6噴火は約3.6万年前と約1.57万年前に起きている。カルデラ形成直後にマグマ供給系が更新されたが、その後、再びデイサイト～流紋岩質マグマによる爆発的な噴火が繰り返されるようになった。その頻度は、最近1万年間で6回であり、最新のマグマ噴火は平安時代の西暦915年に起きている。

本火山は、東北地方北部にある一辺が約11 kmのほぼ正方形をなすカルデラ火山である。このカルデラ（十和田カルデラ）の南東部には後カルデラ期に形成された小型のカルデラ（中湖火口）が位置しており、二重のカルデラ地形が特徴的である。最新の西暦915年噴火をエピソードA、約6万年前の奥瀬火砕流噴火をエピソードQとする噴火層序が、これまでに確立されている（Hayakawa, 1985; 工藤, 2023; 表1）。このうち、エピソードN（約3.6万年前）とL（約1.57万年前）の2回の火砕流噴火、すなわち大不動火砕流（17.9 DRE km³）と八戸火砕流（20.3 DRE km³）のデイサイト～流紋岩質マグマの噴出で十和田カルデラが形成された。後カルデラ期の火山活動はエピソードLの直後から高頻度で繰り返され、最近1万年間では6回の安山岩～流紋岩質のマグマ噴火が起きている。エピソードAの西暦915年噴火では、2.3 DRE km³のデイサイト～流紋岩質マグマが中湖火口から噴出し、エピソードの末期に噴出した毛馬内火砕流は火口から20 km前後の距離に到達している。

マグマ噴出量階段図では、十和田カルデラを形成したエピソードL以降の高いマグマ噴出率とは対照的に、エピソードL-N間とエピソードN大不動火砕流噴火直前のマグマ噴出率は低調である（図1）。すなわち、VEI6クラスの巨大噴火の前には、明瞭な噴火活動の低下が確認できる。また、本カルデラ噴出物化学組成の時間変化をみると、エピソードQとPの間で大きな変動があり、Zr/Th比の低下やSr同位体比の上昇が顕著である（図2）。これはマグマ供給系の変化により地殻由来のデイサイト～流紋岩質マグマに富むようになったことを意味している（Yamamoto et al., 2018）。特に高いSr同位体比は、マントル由来物質だけでは説明不可能である。その一方で、エピソードNに向けマグマ噴出率が低下したことは、地殻由来マグマが地下に蓄積し続けたことを意味している。また、エピソードL直後に化学組成の急激な変化が認められ、Zr/Th比の上昇やSr同位体比の低下が起きており、これはエピソードLで地殻由来デイサイト～流紋岩質マグマ溜まりが空になり、後カルデラ期の最初にマグマ供給系が一旦リセットされ、苦鉄質マグマの噴出が卓越したことを意味している。その後、再びZr/Th比の低下やSr同位体比の上昇が始まって近年の噴火へと至っているが、これはエピソードL・Nとは異なる地殻由来マグマの生成が再び始まったことを意味している。この傾向は最新のエピソードAでも同じであり、今後も地殻由来デイサイト～流紋岩質マグマの活動が継続するものと考えられる。

活動期	噴火エピソード (Hayakawa, 1985)	噴出物	マグマ種類	噴火様式	年代 (ka)	年代値	引用	体積 (DRE km ³)	VEI	引用
後カルデラ 成層火山・ 溶岩ドーム (後カルデラ 期)	A	十和田Aテフラ			1.04	AD915	*1	2.3	5	*8
		毛馬内火砕流	流紋岩～ デイサイト	火砕流		1090±100yBP	*1	1.8		
		大湯3軽石	—	降下軽石		1470±100yBP	*1	0.04		
		大湯2火山灰	—	降下火山灰, 火砕サージ		1280±90yBP	*2	0.21		
		大湯1軽石	流紋岩	降下軽石				0.21		
	B	十和田Bテフラ			2.7	2550±20yBP	*3	0.4	5	*8
		惣部火山灰 迷ヶ平軽石	流紋岩 流紋岩	降下火山灰 降下軽石		3000yBP	*1	0.32 0.04		
	C	十和田Cテフラ			5.9	5390±140yBP	*1	2.5	5	*8
		宇樽部火山灰	デイサイト	火砕サージ, 降下火山灰		3920±140~	*2	0.59		
		金ヶ沢軽石	デイサイト	降下軽石		6550±170yBP		0.32		
	D'	御倉山溶岩 十和田D'テフラ 戸来火山灰	デイサイト	溶岩ドーム形成 マグマ水蒸気噴火: 降下火山灰	7.5	6670±25yBP	*3	0.32	4	*8
						6000yBP	*1			
	D	十和田Dテフラ			8.2	6830±25yBP	*3	0.16	4	*8
		小国軽石	デイサイト	降下軽石, 降下火山灰		7420±25yBP 7000yBP	*3 *1			
E	十和田Eテフラ			9.2	8370±170yBP		0.5	5	*8	
	貝守火山灰 南部軽石	デイサイト	降下火山灰 ブリニー式噴火: 降下軽石		8600±250yBP 8110±30yBP	*4	0.15 0.39			
F	十和田Fテフラ			10.2	8110±30yBP		0.4	4	*8	
	椀山火山灰 夏坂スコリア	安山岩 安山岩	降下火山灰, スコリア 降下スコリア		10,500yBP 10.2cal ka	*4	0.14 0.23			
G	十和田Fテフラ 新郷軽石	デイサイト	降下軽石	11	9330±35yBP 9970±35yBP	*4	0.1	4	*8	
H-K	二の倉テフラ群 中山崎溶岩	玄武岩質 安山岩	降下スコリア, 降下火山灰 溶岩流	11.7~15.7		*1	4.42		*8	
十和田 カルデラ (カルデラ 形成期)	L	十和田Lテフラ	デイサイト	水蒸気ブリニー式噴火: 火砕流, 降下火山灰, 軽石	15.7	13,000yBP	*1	20	6	*8
		八戸火砕流	～流紋岩			12,700±260yBP	*2	16		
		十和田八戸 (HP)						4.3		
	M	雲井火砕流と関連テフラ	流紋岩	降下軽石, 降下火山灰	21	17,730±70yBP 17,390±60yBP	*5 *7	2.86	5	*8
	N	十和田Nテフラ			36	31,936±210yBP	*9	17.9	6	*8
		大不動火砕流 十和田切田 (KR) : ビスケット1 (BP1)	流紋岩	火砕流, 降下軽石, 降下火山灰		25,850±1360yBP	*2	16 1.9		
	O	十和田合同 (GP)	流紋岩	降下軽石, 降下火山灰	54		*8	1.1	5	*8
P'	T-25テフラ		マグマ水蒸気噴火: 降下火山灰	55		*8	0.18	4	*8	
P	十和田キビダゴ (KB)	—	降下軽石, 降下火山岩片	58		*6	0.84	5	*8	
Q	奥瀬火砕流, 十和田レッドパミス (RP)	安山岩	スコリア流, 降下スコリア, 降下軽石	61		*6	5.58	6	*8	

引用文献

- *1 : Hayakawa, Y. (1985): Pyroclastic geology of Towada Volcano. Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, 60, 507-592.
- *2 : 中川久夫, 中馬教允, 石田琢二, 松山 力, 七崎 修, 生出慶司, 大池昭二, 高橋 一 (1972) : 東北大学理学部地質学古生物學教室研究邦文報告. 73, 7-18.
- *3 : 工藤 崇, 佐々木 寿 (2007) : 十和田火山後カルデラ期噴出物の高精度噴火史編年. 地学雑誌, 116, 653-663.
- *4 : 工藤 崇 (2008) : 十和田火山, 噴火エピソードE及びG噴出物の放射性炭素年代. 火山, 53, 193-199.
- *5 : 工藤 崇, 小林 淳 (2013) : 十和田火山, 先カルデラ期～カルデラ形成期テフラの放射年代測定. 地質調査所研究報告, 64, 305-311.
- *6 : Ito, K., Tamura, T., Kudo, T., Tsukamoto, S. (2017) Optically stimulated luminescence dating of Late Pleistocene tephric loess intercalated with Towada tephra layers in northeastern Japan. Quaternary International 456, 154-162.
- *7 : 工藤 崇 (2022) 十和田火山, 噴火エピソードMの噴出物層序と噴火推移. 地質学雑誌, 128, 109-127.
- *8 : 工藤 崇 (2023) 十和田火山の積算マグマ噴出量階段図. 地質調査研究報告, 74, 133-153.
- *9 : 小岩直人・芝 正敏・葛西優貴 (2007) 青森県屏風山砂丘地帯, 館岡層中の十和田大不動テフラのAMS14C年代. 第四紀研究, 46, 437-441.

表1 十和田カルデラの噴火履歴

後カルデラ期の御門石溶岩は、年代未確定のため除いている。ka = 千年前; yBP = 年前 (1950年基点)。

十和田火山

積算噴出量 (km³)

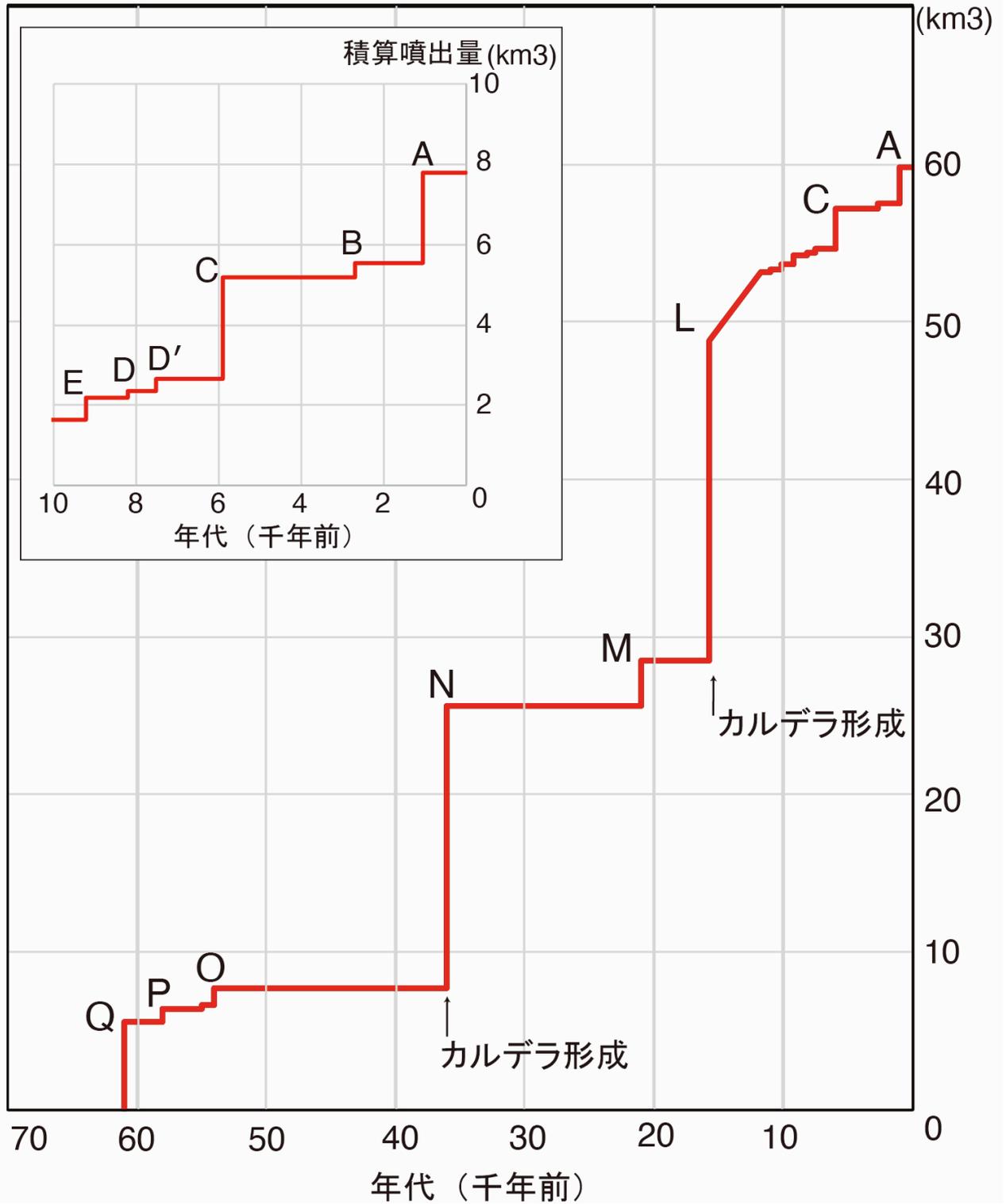


図1 十和田火山の噴出量時間積算図

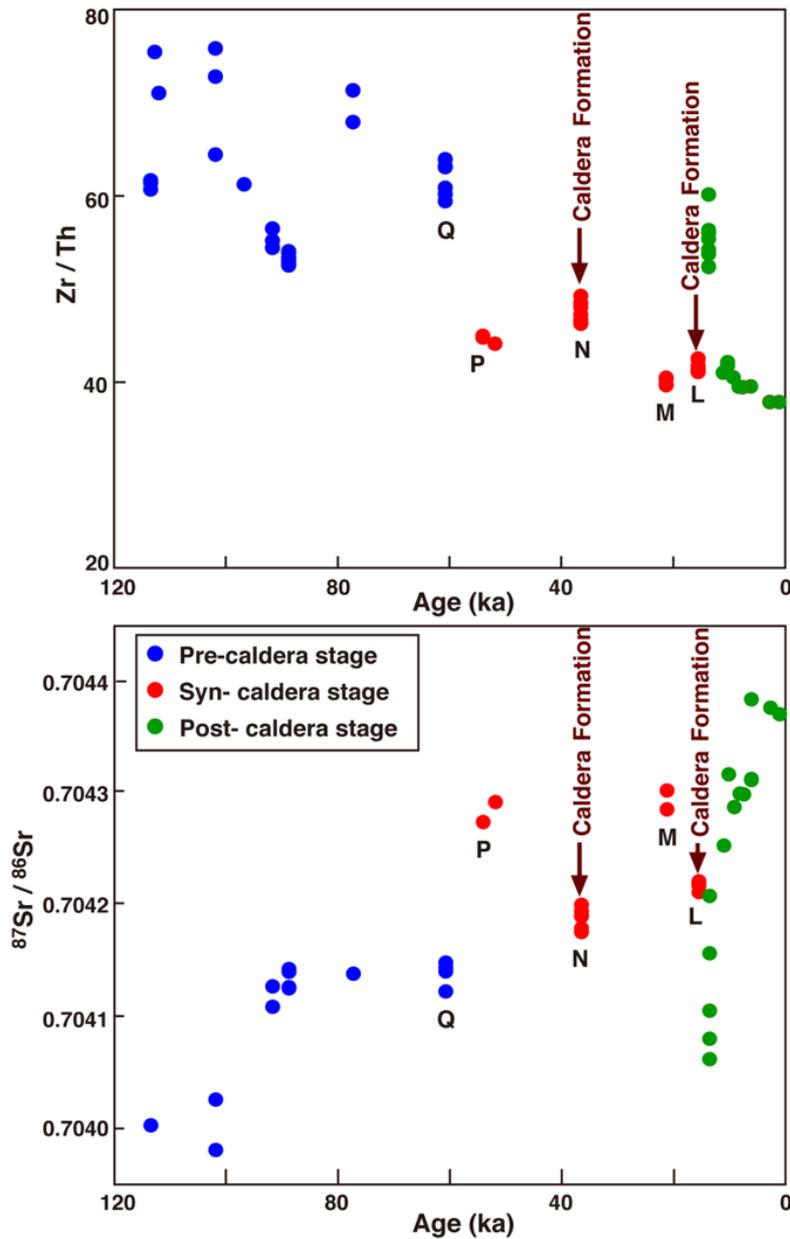


図3 十和田火山噴出物の全岩化学組成の時間変化。

ka は千年前。カルデラ形成噴火 N に先行して、噴火エピソード P から噴出物の化学組成が大きく変化している。また、カルデラ形成噴火 L 直後のも噴出物化学組成の大きな変化があり、L マグマ溜まりは空になったと考えられる (Yamamoto et al., 2018)。

引用文献

Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic Geology of Towada Volcano. 東京大学地震研究所彙報 60, 507-592.
 工藤 崇 (2023) 十和田火山の積算マグマ噴出量階段図. 地質調査研究報告, 74, 133-153.
 Yamamoto, T., Kudo, T. and Ishizuka, O. (2018) Temporal variations in volumetric magma eruption rates of Quaternary volcanoes in Japan. *Earth, Planets and Space*, 70. Doi: 10.1186/s40623-018-0849-x