

1.5 カルデラ形成噴火堆積物のマグマ体積量

【実施内容】

カルデラ形成を伴う大規模噴火の噴出量は、火山の活動履歴情報の基本データであり、マグマ噴出量時間階段図の高精度化、長期的噴火予測のためにも重要である。しかしながら、既存の大規模噴火の噴出量の積算については、(1)大規模火砕流堆積物の復元分布図が精度良く再現できていない、(2)噴出量推定方法が著者により大きく異なる、(3)大規模噴火に伴う降下テフラの分布の再現が不十分、(4)降下テフラの噴出量推定の手法により数倍から数桁の誤差が含まれるという問題点がある。そこで、始良カルデラ起源の入戸火砕流堆積物(30 ka)、十和田カルデラ起源の毛馬内火砕流堆積物(西暦 915 年頃)を対象に、既存文献、ボーリングデータ等を元に、精度良く大規模火砕流堆積物の復元分布図を作成の上、層厚を復元し、高精度に噴出量を算出した。

【研究成果】

(1) 文献情報

始良入戸火砕流堆積物の既存研究

入戸火砕流堆積物をもたらした噴火（始良火砕噴火）では、下位より、大隅降下軽石、垂水火砕流堆積物、妻屋火砕流堆積物、亀割坂角礫層、入戸火砕流堆積物、及び広域テフラである始良 Tn テフラ（AT）をもたらした。

①入戸火砕流堆積物

入戸火砕流堆積物の体積に関する既往知見として、Aramaki and Ui (1966), Aramaki (1984), 宮地 (1987), 上野 (2003) 及び Ueno (2004) が挙げられる。

Aramaki and Ui (1966) によれば、入戸火砕流堆積物の体積は 150 km³ 以上と見積もられているが、体積の算出に係る具体的な根拠等は記載されていない。

Aramaki (1984)によれば、陸域に分布する入戸火砕流堆積物の体積は 250km³ と見積もられている。この体積は、火砕流堆積物の分布域を層厚 0 m～40 m, 40 m～100 m, 100 m 以上の 3 地域に区分し、それぞれの地域の面積と層厚を乗じた体積を合算したものである（表 1.5-1）。

表1.5-1. 入戸火砕流堆積物の体積（Aramaki, 1984）

	Thickness, m	Area, km ²	Volume, km ³	d , 10 ⁶ kg m ⁻³	Mass, 10 ¹² kg
Ito pyroclastic flow (land part only)	>100 40-100 <40	341.0 1394.3 3712.2	42.5 92.3 115.1		
Aira-Tn ash [Machida and Arai, 1976]			50		
Subtotal		(5447.5)	300	1.1	330
Tsumaya pyroclastic flow (land part only)	30 (avg.)	443.3	13.3	1.1	15
Osumi pumice fall [Kobayashi et al., 1983]			98	0.7	69
Total			411		414

宮地（1987）は、南九州各地で個別に命名された火砕流堆積物を同定・対比し、現在の入戸火砕流堆積物に相当する始良2火砕流堆積物を定義した。そして、この分布面積を 5,050 km²、平均層厚を 40 m と推定し、体積を 202 km³ と見積もった（図 1.5-1）。

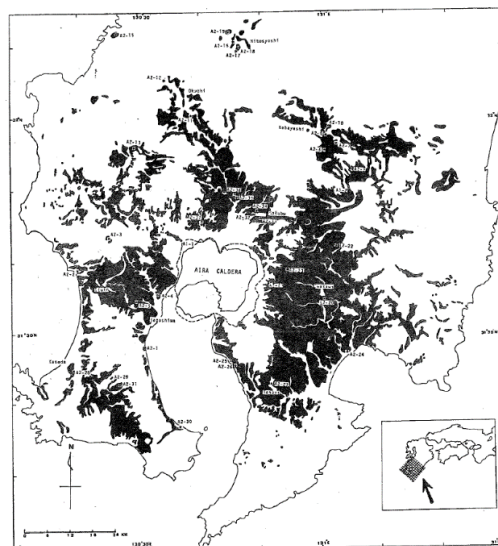


Fig. 2. Distribution and sampling sites of the Aira pyroclastic flow deposit.

Pyroclastic flows	Thickness (Average) (m)	Area (Km ²)	Volume (Km ³)
AIRA 2	40	5050	202
ASO 4	50	3550	178
ATA	30	4860	146
UPPER KAKUTO	30	3100	93
LOWER KAKUTO	10 ?	3100 ?	31 ?
GOINO	40 ?	870 ?	35 ?

図 1.5-1. 入戸火砕流堆積物の分布と現存体積（宮地，1987）

※図中の始良火砕流は、現在の入戸火砕流・妻屋火砕流・垂水火砕流を含み、始良2火砕流が現在の入戸火砕流に相当する

これらの知見に対して、上野（2003）及び Ueno（2004）は入戸火砕流堆積物の復元体積を検討している。上野（2003）によれば、陸域における入戸火砕流堆積物の到達距離である約 70 km を海域にも適用し、海域における火砕流堆積物の層厚を平均 20 m と仮定することによって、現在の海域に流入した入戸火砕流堆積物の体積を 96 km³ と見積もった。また、

表1.5-2. 既存研究による各火砕流堆積物の体積整理表

始良カルデラ						十和田カルデラ	
入戸火砕流堆積物		妻屋火砕流堆積物		垂水火砕流堆積物		毛馬内火砕流堆積物	
体積 (km ³)	手法；引用	体積 (km ³)	手法；引用	体積 (km ³)	手法；引用	体積 (km ³)	手法；引用
>150	根拠等未記載； Aramaki and Ui (1966)	>6	根拠等未記載； Aramaki and Ui (1966)	>1	500mメッシュ毎に層厚を推定（現存体積）； 福島・小林（2000）	0.1	根拠等未記載； 町田ほか（1981）
250	層厚に応じて陸域の分布域を3領域に区分し、区分ごとの面積と層厚をもとに算出； Aramaki（1984）	13.3	陸域の分布面積と平均層厚で算出； Aramaki（1984）	>30	鹿児島湾内を南北20kmにわたり埋めたと仮定した復元体積（手法は同上）； 福島・小林（2000）	約5	根拠等未記載； Hayakawa (1985)
202	陸域の平均層厚と分布面積から算出； 宮地（1987）					2.5	分割した3地域の分布面積と平均層厚から算出； 広井ほか（2015）
96	現在の海域に堆積した体積を、流走距離70km、平均層厚20mとして算出； 上野（2003）						
420	海域・侵食を考慮した復元体積； Ueno（2004）						

Ueno (2004) は、現在の海域に堆積した部分に加え、陸域においても侵食によって失われた部分の火砕流堆積物を考慮することによって、噴火直後の復元体積を約 420 km³ とした (表 1.5-2).

② 妻屋火砕流堆積物

妻屋火砕流堆積物の体積は, Aramaki and Ui (1966) によれば 6 km³ 以上, Aramaki (1984) によれば 13.3 km³ と見積られている. Aramaki and Ui (1966) には, 体積の算出に係る具体的な根拠等は記載されていないが, Aramaki (1984) には, 陸域に現存する分布面積を 443.3 km², 平均層厚を 30 m として算出したことが記載されている (図 1.5-2; 表 1.5-2).

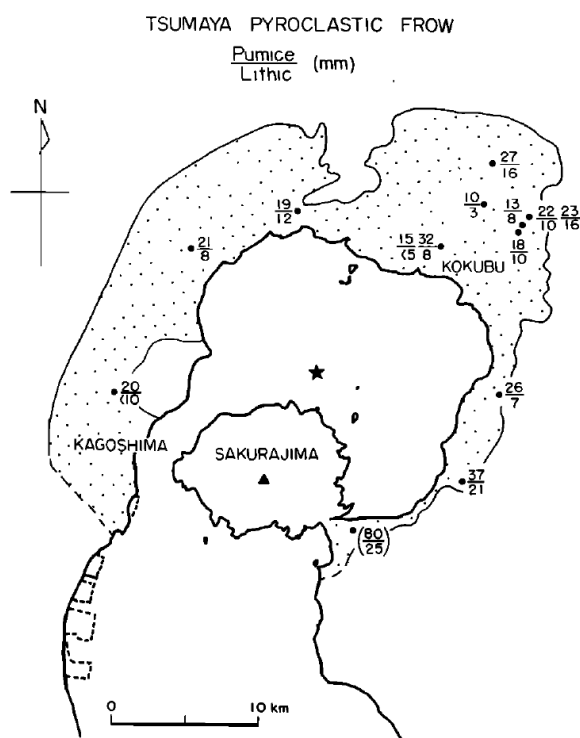


図 1.5-2 妻屋火砕流堆積物の分布範囲 (Aramaki, 1984)

図中の数値は軽石(分子)と岩片(分母)の最大平均粒径,
三角形は大隅降下軽石と妻屋火砕流の給源, 星印は入戸火砕流と亀割坂角礫岩の給源を示す.

③ 垂水火砕流堆積物

垂水火砕流堆積物の体積は, 福島・小林 (2000) によれば, 現存体積が 1 km³ 以上 (面積 35 km² 以上), 復元体積が 30 km³ 以上 (面積 100 km² 以上) と見積もられている (表 1.5-2). 現存体積は, 垂水地域を 500 m メッシュに分割し, 各メッシュにおける層厚に基づき算出されている. また, 復元体積は, 鹿児島湾を南北 20 km にわたって埋め立てたと仮定することによって算出されている (表 1.5-2).

十和田毛馬内火砕流堆積物の既存研究

毛馬内火砕流堆積物をもたらした噴火（十和田平安噴火）は、下位より、大湯火砕堆積物 1 ～ 3，毛馬内火砕流堆積物，及び十和田 a 広域テフラに区分できる。

毛馬内火砕流堆積物の体積に関する既往知見として、町田ほか（1981）、Hayakawa（1985）及び広井ほか（2015）等が挙げられる。

町田ほか（1981）によれば、毛馬内火砕流堆積物の体積は 0.1 km^3 とされているが、体積の算出に係る具体的な根拠等は記載されていない（表1.5-2）。

Hayakawa（1985）によれば、毛馬内火砕流堆積物の体積は約 5 km^3 とされているが、火砕流堆積物の確認地点及び分布範囲が示されているのみで、体積の算出に係る具体的な根拠等は記載されていない（表1.5-2）。

広井ほか（2015）によれば、毛馬内火砕流堆積物の体積は 2.5 km^3 とされている。この体積の算出には、毛馬内火砕流堆積物の分布域における平均層厚を地域毎に求め、これに面積を乗じて算出したとされている。しかし、具体的な数値の記載はなく、図示された領域より外側の分布は考慮していないとされている（図1.5-3,表1.5-2）。

また、十和田平安噴火に関連して、毛馬内火砕流堆積物を起源とするラハール堆積物が、十和田カルデラ南西斜面を流下する大湯川・米代川沿いに広く分布するが（例えば、内藤,1996, 矢口, 2016）、ラハール堆積物の体積に係る知見はない。

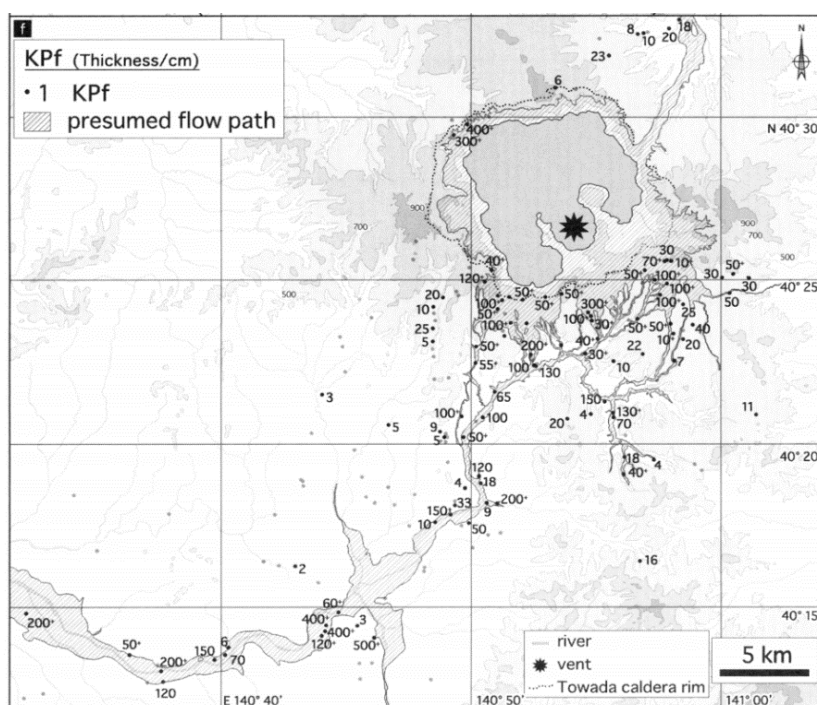


Fig. 6. Isopach (a, c), isopleth (b), and distribution (c, d, f) maps for all units of the Heian eruption deposits. Numerals show the thickness of tephra in centimeter. A part of thickness data for OYU-1 and OYU-3 is quoted from Hayakawa (1985) for reference. (a) OYU-1. Double circle points are outcrops that intra-plinian flow ash layers within OYU-1 are observed. (b) isopleth map of OYU-1. (c) OYU-2a, 4, and S. (d) OYU-2b. (e) OYU-3. (f) KPf.

図 1.5-3. 毛馬内火砕流堆積物の分布（広井ほか，2015）

文献・資料等の収集

入戸火砕流堆積物及び毛馬内火砕流堆積物の分布や層厚等に関する情報を取得するため、学術文献、地質図などの文献情報、ボーリングデータや地質分布が格納されているデータベースを収集した。

また、体積の算出にあたり必要となる地形モデルを作成するために、現在の地形・水深データについても収集した。

入戸火砕流堆積物の文献情報

入戸火砕流堆積物を対象とした情報の収集では、同時期に入戸火砕流に先行して噴出・堆積した妻屋火砕流堆積物、垂水火砕流堆積物、大隅軽石のほか、入戸火砕流堆積物の二次堆積物の分布情報が記載されている可能性がある文献・資料も収集した（なお、本調査では、便宜上、始良Tnテフラを除いて、始良カルデラにおける約3万年前の一連の噴火を始良火砕噴火と呼び、本調査の対象となる始良火砕噴火で噴出された堆積物を総称して始良火砕噴火堆積物と呼称する）。

その上で、文献情報については、記載内容を確認し、抽出対象となる分布情報や溶結度等に関する情報が確認できたものに整理番号を付し、資料の種類（柱状図、平面図、断面図、文章記述）を整理した。

使用した文献資料を表1.5-3、地質図類を表1.5-4、ボーリング等のデータベースを表1.5-5、地形・水深データを表1.5-6に示す。

表1.5-3. 情報抽出対象文献リスト（入戸火砕流堆積物）

整理番号	著者	発行年	タイトル	雑誌・出版社	巻	号	頁	資料の種類			
								柱状図	平面図	断面図	記述
rf_it_001	福島大輔, 小林哲夫	2000	大隅降下軽石に伴う垂水火砕流の発生・堆積様式	火山	45	4	225-240	●			
rf_it_002	上野龍之	2007	入戸火砕流堆積物に認められる石質岩片濃集部の特徴と形成機構	日本大学文学部自然科学研究所研究紀要 第2部 地球システム科学		42	129-147	●			
rf_it_003	上野龍之	2016	始良カルデラ妻屋火砕流堆積物の特徴、噴出量と給源	火山	61	3	533-544	●			
rf_it_004	横山勝三	2000	入戸火砕流堆積物の分布北限	火山	45	4	209-216		●		
rf_it_005	上野龍之	2001	火山灰粒子組成の側方・垂直変化から見た入戸火砕流の堆積機構	火山	46	5	257-268	●			
rf_it_006	香川 淳, 大塚裕之	2000	鹿児島湾北岸地域、中期更新世 国分層群の層序と火山- 構造性イベント堆積物	地質学雑誌	106		762-782		●	●	
rf_it_007	河合小百合, 三宅康幸	1999	始良Tnテフラの粒度・鉱物組成：広域テフラの地域的変異の一例	地質学雑誌	105		597-608				●
rf_it_008	西山賢一, 長岡信治	2013	溶結凝灰岩の風化による岩石物性の変化	徳島大学総合科学部自然科学研究	27	4	59-70		●		
rf_it_009	奥野 充, 長岡信治, 福島大輔, 成尾英仁, 森脇 広, 小林哲夫	2000	始良カルデラ東壁にみられる最近10万年間のテフラ	火山	45		41-46	●			
rf_it_010	佐藤 亮, 大木公彦, 古澤 明, 廣瀬重紀子	2000	鹿児島湾北西部沿岸地域に分布する上部新生界の層位学的研究	鹿児島大学理学部紀要	33		69-87	●			
rf_it_011	周藤正史, 宇都浩三, 味喜大介, 石原和弘, 巽 好幸	2000	始良カルデラ周縁部に分布する火山岩のK - Ar年代測定-爆発的な始良火砕噴火以前の火山活動史-	京都大学防災研究所年報	43		15-35		●		
rf_it_012	池田晃子, 奥野 充, 中村俊夫, 筒井正明, 小林哲夫	1995	南九州, 始良カルデラ起源の大隅降下軽石と入戸火砕流中の炭化樹木の加速器質量分析法による14C年代	第四紀研究	34	5	377-379				●
rf_it_013	長岡信治, 奥野 充, 新井房夫	2001	10万～ 3万年前の始良カルデラ火山のテフラ層序と噴火史	地質学雑誌	107		432-450	●			
rf_it_014	中野真帆, 大木公彦	2013	鹿児島市最北部思川流域の凝灰岩部層に関する一考察	鹿児島大学理学部紀要	46		25-36	●			
rf_it_015	知識正和, 富田克利, 田中朋一, 河野元治	1992	鹿児島県薩摩町市比野地域の入戸火砕流堆積物中の変質鉱物	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学	25		31-43	●			

表 1.5-3 (続き). 情報抽出対象文献リスト (入戸火砕流堆積物)

整理番号	著者	発行年	タイトル	雑誌・出版社	巻	号	頁	資料の種類			
								柱状図	平面図	断面図	記述
rf_it_033	大塚裕之, 西井上剛資	1980	鹿児島湾北部沿岸地域の第四系	鹿児島大学理学部紀要 地学・生物学	13		35-76	●		●	
rf_it_034	横山勝三	2003	シラス学 九州南部の巨大火砕流堆積物	古今書院			177p	●	●	●	
rf_it_035	Aramaki, S.	1984	Formation of the Aira Caldera, southern Kyushu, ~22,000 years ago	Journal of Geophysical Research	89	B 1030	8485-8501		●		
rf_it_036	Kobayashi, T. Hayakawa, Y. Aramaki, S.	1983	Thickness and Grain-size Distribution of the Osumi Pumice Fall Deposit from the Aira Caldera	Bull. Volcanol. Soc. Japan	28		129-139	●	●		
rf_it_037	Miyachi, M.	1983	Contribution of zircon fission-track ages to stratigraphic studies in southern Kyushu, Japan.	J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.	78		170-181		●		
rf_it_038	Nagaoka, S.	1988	The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima bay, southern Kyushu, Japan	Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University	23		49-122	●			
rf_it_039	宮地六美	1972	鹿児島県出水市の火砕流堆積物	九州大学教養部地学研究報告	17		35-41	●			
rf_it_040	宮地六美	1980	鹿児島県阿久根地域の火砕流堆積物	九州大学教養部地学研究報告	21		1-6		●		
rf_it_041	長岡信治	1996	加久藤カルデラ湖（加久藤盆地）に流入した阿多火砕流と入戸火砕流－火砕流の水中堆積と霧島火山の溶岩流による変形－	第四紀露頭集－日本のテフラ			304-304		●	●	
rf_it_042	福島大輔	2015	始良火砕噴火の推移とマグマの発泡プロセス	月刊地球	37		252-258	●			
rf_it_043	Aramaki, S. Ui, T.	1966	The Aira and Ata pyroclastic flow and related caldera and depressions in southern Kyushu, Japan	Bull. Volcanol.	29		29-48		●		
rf_it_044	Yokoyama, S.	1999	Rapid formation of river terraces in non-welded ignimbrite along the Hishida River, Kyushu, Japan	Geomorphology	30	3	291-304	●			
rf_it_045	長岡信治	1986	後期更新世における宮崎平野の地形発達	第四紀研究	25	3	139-163		●	●	
情報なし	青木龍一郎, 大山洋一	2006	沖積低地に伏する入戸火砕流堆積物	全地連「技術e-フォーラム2006」名古屋			38				

表1.5-4. 情報抽出対象地質図類リスト (入戸火砕流堆積物)

整理番号	著者	発行年	タイトル
map_ito_001	遠藤秀典, 鈴木祐一郎	1986	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「妻及び高鍋地域の地質」
map_ito_002	伊原敬之助	1931	7万5千分の1地質図幅 「伊集院」
map_ito_003	伊原敬之助	1931	7万5千分の1地質図幅 「鹿児島」
map_ito_004	伊原敬之助	1933	7万5千分の1地質図幅 「加世田」
map_ito_005	神戸信和, 大沢 穰	1963	5万分の1地質図幅 「西方」・同説明書
map_ito_006	川辺禎久, 阪口圭一	2005	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「開聞岳地域の地質」
map_ito_007	木野義人	1959	5万分の1地質図幅 「日向青島」・同説明書
map_ito_008	木野義人	1959	5万分の1地質図幅 「都井岬」・同説明書
map_ito_009	木野義人	1959	5万分の1地質図幅 「飲肥」・同説明書
map_ito_010	木野義人, 影山邦夫, 奥村公男, 遠藤秀典, 福田 理, 横山勝三	1984	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「宮崎地域の地質」
map_ito_011	木野義人, 太田良平	1976	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「野尻地域の地質」
map_ito_012	木野義人, 太田良平	1977	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「都城地域の地質」
map_ito_013	川辺禎久, 阪口圭一, 斎藤 真, 駒澤正夫, 山崎俊嗣	2004	20万分の1地質図幅 「開聞岳及び黒島の一部」
map_ito_015	野沢 保, 太田良平	1967	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「内之浦地域の地質」
map_ito_016	太田良平	1964	5万分の1地質図幅 「垂水」・同説明書
map_ito_017	太田良平	1967	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「加治木地域の地質」
map_ito_018	太田良平	1971	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「川内地域の地質」
map_ito_019	太田良平	1971	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「羽島地域の地質」

map_ito_019	太田良平, 河内洋佑	1965	5万分の1地質図幅 「鹿屋」・同説明書
map_ito_020	太田良平, 木野義人	1965	5万分の1地質図幅 「志布志」・同説明書
map_ito_021	斎藤 眞, 阪口圭一, 駒澤正夫	1997	20万分の1地質図幅 「宮崎」
map_ito_022	斎藤 眞, 佐藤喜男, 横山勝三	1994	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「末吉地域の地質」
map_ito_023	沢村孝之助	1957	5万分の1地質図幅 「国分」・同説明書
map_ito_024	沢村孝之助, 松井和典	1958	5万分の1地質図幅 「霧島山」・同説明書
map_ito_025	利光誠一, 尾崎正紀, 川辺禎久, 川上俊介, 駒澤正夫, 山崎俊嗣	2004	20万分の1地質図幅 「甌島及び黒島」
map_ito_026	宇都浩三, 阪口圭一, 寺岡易司, 岡村公男, 駒澤正夫	1997	20万分の1地質図幅 「鹿児島」
map_ito_027	斎藤 眞, 宝田晋治, 利光誠一, 水野清秀, 宮崎一博, 星住英夫, 濱崎聡志, 阪口圭一, 大野哲二, 村田泰章	2010	20万分の1地質図幅 「八代及び野母崎の一部」
map_ito_028	原 英俊, 木村克己 内藤一樹	2009	地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 「村所地域の地質」
map_ito_029	木村克己, 巖谷敏光 三村弘二, 佐藤喜男 佐藤岱生, 鈴木祐一郎 坂巻幸雄	1991	地域地質研究報告 「尾鈴山地域の地質」

表 1.5-5. データ収集対象としたデータベース一覧（入戸火砕流堆積物）

整理番号	データベース名	ダウンロード元	収集期間
db_ito_001	国土地盤情報検索サイト Kunijiban	http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/	2016年10月～12月
db_ito_002	GeoStetion	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html	2016年10月～12月
db_ito_003	かごしま地盤情報閲覧 システム	http://www.kago-kengi.or.jp/ (トップページから「地盤情報データ」に進む)	2016年10月～12月
db_ito_004	シームレス地質図	https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html	2016年9月

表 1.5-6. 地形データ作成のために収集したデータ一覧（入戸火砕流堆積物）

対象領域 など	データ名	ダウンロード元／ 発行元	範囲／種類		収集期間/ 発行年
陸域	基盤地図情報数値標高 モデル（10mメッシュ）	http://www.gsi.go.jp /kiban/	1 次 メッシュ コード	4928, 4929, 4930, 4 931, 7828, 4829, 4 830, 4831.5728, 47 29, 4730, 4731.562 9, 4630, 4631.5529, 4530, 4531	2016年9月
海域	海底地形デジタルデー タM7000シリーズ	日本水路協会	海域番号	M7003	2015年03月
				M7008	2015年03月
				M701.5	2009年06月

				M7018	201. 5年01月
				M7019	2008年04月
				M7024	2009年06月
その他	基盤地図情報 基本項目 (水崖線, 海岸線)	http://www. gsi. go. jp /kiban/	1 次 メッシュ コード	4928, 4929, 4930, 4 931, 7828, 4829, 4 830, 4831.5728, 47 29, 4730, 4731.562 9, 4630, 4631.5529, 4530, 4531	2016年11月

毛馬内火砕流堆積物の文献情報

毛馬内火砕流堆積物は、その噴出に先行して大湯軽石層が噴出・堆積したこと、毛馬内火砕流堆積物を母材とするラハール堆積物が十和田カルデラから南西方向に流下する大湯川、米代川沿いに分布することが知られており、これらの分布情報が記載されている可能性がある文献・資料を収集した。その上で、十和田Aテフラを除く十和田平安噴火堆積物の上面及び下面高度並びに層厚の情報が含まれている資料に整理番号を付し、情報の種類（柱状図、平面図、断面図、文章記述）を整理した。

収集した学術文献のリストを表1.5-7、地質図類を表1.5-8、ボーリング等のデータベースを表1.5-9、地形・水深データについては表1.5-10に示す。

表1.5-7. 情報抽出収集対象文献リスト（毛馬内火砕流堆積物）

整理番号	著者	発行年	タイトル	雑誌・出版社	巻	号	頁	資料の種類			
								柱状図	平面図	断面図	記述
rf_km_001	赤石和幸	1999	十和田火山, 毛馬内火砕流に伴う火山泥流堆積物中から平安時代の埋没家屋の発見	地質学雑誌	105	12	xxiii-xxiv				●
rf_km_002	第四紀露頭集編集委員会編	1996	第四紀露頭集－日本のテフラ	日本第四紀学会			352p			●	
rf_km_003	Hayakawa, Y.	1985	Pyroclastic geology of Towada Volcano	Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo	60		507-592	●	●		
rf_km_004	大池昭二	1972	十和田火山東麓における 完新世テフラの編年	第四紀研究	11	4	228-235	●			
rf_km_005	大池昭二, 中川久夫	1979	三戸地域広域農業開発基本調査 地形並びに表層地質調査報告書	東北農政局計画部				●			
rf_km_006	久利美和, 栗田 敬	1999	十和田火山後カルデラ期の 降下火砕物の推移	地質調査所月報	50	11	699-710	●			
rf_km_007	高橋正樹	1999	東北の火山－フィールドガイド 日本の火山(4)－	築地書館	4		7-22	●			
rf_km_008	小野映介, 片岡香子 海津正倫, 里口保文	2012	十和田AD915噴火後のラハールが及ぼした津軽平野中部の堆積環境への影響	第四紀研究	51	6	317-330	●			
rf_km_009	広井良美, 宮本 毅 田中倫久	2015	十和田火山平安噴火(噴火エピソードA)の噴出物層序及び噴火推移の再検討	火山	60	2	187-209	●	●		
rf_km_010	松浦旅人, 植木岳雪	2008	十和田火山平安噴火で生じた火砕流の定置温度および冷却過程	地学雑誌	117	5	889-893	●			
rf_km_011	大池昭二, 庄子貞雄	1974	十和田b降下火山灰の14C年代－日本の第四紀層の14C年代(96)－	地球科学	28	3	99-100	●			
rf_km_014	工藤 崇, 奥野 充 大場 司, 北出優喜 中村俊夫	2000	北八甲田火山群, 地獄沼起源の噴火堆積物－噴火様式・規模・年代－	火山	45	6	315-322	●			
rf_km_015	工藤 崇	2010	十和田火山, 御倉山溶岩ドームの形成時期と噴火推移	火山	55	2	89-107	●			
rf_km_016	工藤 崇, 奥野 充 中村俊夫	2003	北八甲田火山群における最近6000年間の噴火活動史	地質学雑誌	109	3	151-165	●			
rf_km_017	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	5	653-663	●			
rf_km_018	内藤博夫	1966	秋田県鷹巣盆地の地形発達史	地理学評論	36	11	655-667	●			

表1.5-7 (続き). 情報抽出収集対象文献リスト (毛馬内火砕流堆積物)

整理番号	著者	発行年	タイトル	雑誌・出版社	巻	号	頁	資料の種類			
								柱状図	平面図	断面図	記述
rf_km_019	町田 洋, 新井房夫 森脇 広	1981	日本海を渡ってきたテフラ	科学	51		562-569	●			
rf_km_022	松山 力, 大池昭二	1986	十和田火山噴出物と火山活動	十和田科学博物館		4	1-64	●			
rf_km_024	内藤博夫	1966	秋田県米代川流域の第四紀火山砕屑物と 段丘地形	地理学評論	39	7	463-484	●			
rf_km_025	矢口裕之	2016	八郎太郎伝説からみた十和田aテフラの噴火 とその災害	群馬県埋蔵文化財調査事 業団研究紀要	34		85-100				●
rf_km_026	大池昭二	1972	十和田火山東麓における完新世テフラ の編年	第四紀研究	11	4	228-235	●			
rf_km_027	松浦旅人, 沢田順弘 三瓶良和, 宮本 毅 谷口宏充	2004	十和田aテフラの噴出過程と火砕流定置温度 の見積もり	地理学会発表要旨集	66		195	●			
rf_km_028	青森県埋蔵文化調査 センター	2009	前川遺跡	青森県埋蔵文化財保護セ ンター (編)			10-15 269-373				●

表1.5-8. 情報抽出対象地質図類リスト (毛馬内火砕流堆積物)

整理番号	著者	発行年	タイトル
map_km_001	平山次郎, 上村不二雄	1985	地域地質研究報告5万分の1地質図幅「鱒ヶ沢地域の地質」
map_km_002	平山次郎, 角 清愛	1963	5 万分の 1 地質図幅説明書「鷹巣」
map_km_003	工藤 崇	2005	地域地質研究報告5万分の1地質図幅「十和田地域の地質」
map_km_004	盛谷智之	1968	地域地質研究報告5万分の1図幅「深浦地域の地質」
map_km_005	村岡洋文, 長谷敏和	1992	地域地質研究報告5万分の1地質図幅「黒石地域の地質」
map_km_006	長森英明, 宝田晋治, 吾妻 崇	2013	地域地質研究報告5万分の1地質図幅「青森西部地域の地質」
map_km_007	大沢 穠・鯨岡 明, 栗田泰夫	1985	地域地質研究報告5万分の1地質図幅「羽後浜田の地質」
map_km_008	大沢 穠	1961	5 万分の 1 地質図幅説明書「岩館」
map_km_009	大沢 穠	1962	5 万分の 1 地質図幅説明書「弘前」
map_km_010	大沢 穠, 鯨岡 明, 栗田泰夫, 高安泰助, 平山次郎	1985	地域地質研究報告5万分の1図幅「森岳地域の地質」
map_km_011	大沢 穠, 土谷信之, 角 清愛	1983	地域地質研究報告5万分の1図幅「中浜地域の地質」
map_km_012	大沢 穠, 池辺 穠, 平山次郎, 栗田泰夫, 高安泰助	1984	地域地質研究報告5万分の1図幅「能代地域の地質」
map_km_013	大沢 穠, 平山次郎	1970	地域地質研究報告5万分の1図幅「五所川原地域の地質」
map_km_01.5	角 清愛, 大沢 穠, 平山次郎	1962	5 万分の 1 地質図幅説明書「太良鉱山」
map_km_015	角 清愛, 盛谷智之	1973	地域地質研究報告5万分の1図幅「米内沢地域の地質」
map_km_016	村岡洋文, 高倉伸一	1988	10万分の1 八甲田地熱地域地質図説明書
map_km_017	宝田晋治, 村岡洋文, 駒澤正夫	2004	地域地質研究報告5万分の1地質図幅「八甲田山地域の地質」
map_km_018	鎌田耕太郎, 秦 光男 久保和也, 坂本 亨	1991	20万分の1 地質図幅「八戸」

表1.5-9. データ収集対象としたデータベース一覧（毛馬内火砕流堆積物）

整理番号	データベース名	ダウンロード元
db_km_001	国土地盤情報検索サイト Kunijiban	http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/
db_km_002	みちのくGIDAS	https://tkkweb02.tohokuck.jp/
db_km_003	GeoStation	http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html
db_km_004	シームレス地質図	https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html

表1.5-10. 地形データ作成のために収集したデータ一覧（毛馬内火砕流堆積物）

対象領域	データ名	ダウンロード元／ 発行元	範囲		収集期間/ 発行年
陸域	基盤地図情報数値標高 モデル (10mメッシュ)	http://www.gsi.go.jp/kiban/	1次 メッシュ コード	6139, 61.50, 61.5 1, 6039, 6040, 60 41	2016年9月
海域	海底地形デジタルデー タM7000シリーズ	日本水路協会	海域番号	M7005	2015年03月
				M7006	2009年11月
				M7010	2008年04月

(2) 入戸火砕流堆積物の体積推定

入戸火砕流堆積物について、収集した情報に基づき、現存分布図を作成した上で、堆積直後の復元分布図を作成した。また、復元分布上面、現存分布上面、堆積物基底面の断面図を作成した。さらに、それらの情報に基づき、現存体積と復元体積を算出した（妻屋火砕流堆積物、垂水火砕流堆積物含む）。

収集データの整理

収集した始良火砕噴火堆積物に関する情報について、露頭・ボーリングデータのように地図上に点としてその位置が示されている点情報を抽出し分布情報整理表に整理するとともに、GISにポイント形式のデータとして格納した点データを作成した。また、平面図などの平面分布情報から分布域を抽出しGISにポリゴン形式のデータとして格納した面データを作成した。さらに、地形・水深データから現在の地形モデルを作成した。

堆積物の区分

本調査では、始良火砕噴火堆積物を、層位及び溶結度の観点から、始良火砕噴火堆積物に関する情報を表1.5-11のとおり11に区分した。

表1.5-11. 分布情報整理表における始良火砕噴火堆積物の区分

入戸火砕流堆積物二次堆積物		
入戸火砕流堆積物 溶結区分なし	入戸火砕流堆積物非溶結部①	
	入戸火砕流堆積物弱溶結部①	入戸火砕流堆積物溶結部 (溶結度区分なし)
	入戸火砕流堆積物強溶結部	
	入戸火砕流堆積物弱溶結部②	
	入戸火砕流堆積物非溶結部③	
垂水火砕流堆積物		妻屋火砕流堆積物
大隅軽石層		

分布情報整理表の作成

始良火砕噴火堆積物に関する点情報について、分布高度及び層厚に関する情報を抽出し、それらのデータの信頼性（以下、確度と呼称する）とともに分布情報整理表に整理した。

以下に、分布情報整理表に登録した情報とその確度区分について述べる。

分布情報整理表に登録した情報

①位置情報

始良火砕噴火堆積物の確認地点の緯度経度が明示されている場合にはその値を抽出・整理した。また、位置図として示されている場合は、GIS上に格納したうえで、当該地点の緯度・経度（UTM：N52帯（JGD2011）のX,Y座標）を読み取り、分布情報整理表に整理した。標高の読み取りについては、後述する地形データを利用した。

なお、断面図が示されている場合には、断面線上に測定点を設け、その点における層厚・分布高度を読み取り、分布情報整理表に入力した。また、図の縮尺などの影響により、緯度・経度の精度が低い場合には、高度の値が著しく変化するため、収集データから除外した。

② 相対高度

始良火砕噴火堆積物の上面高度及び下面高度が、該当地点の地表面を基準として相対高度で示されており、絶対標高の基準となる地表面の標高が明示されていない場合（例えば、孔口標高が示されていないボーリング柱状図など）には、上面高度及び下面高度を抽出し、分布情報整理表の相対高度の上限及び下限としてその値を入力した。

③ 標高

始良火砕噴火堆積物の上面高度及び下面高度が絶対標高で示されているデータについては、その標高を抽出し、分布情報整理表の標高の上限及び下限としてその値を入力した。また、①及び②のデータから絶対標高に換算した値も分布情報整理表に入力した。なお、後者は地形データをもとに標高値を与えるため、位置図の図法や縮尺の違いに伴う誤差、地形データの精度に起因して、標高の精度が前者に対して劣ることから、後述するデータの確度により分類した。

④ 層厚

始良火砕噴火堆積物の層厚データが示されている場合にはその値を抽出し、分布情報整理表の層厚に入力した。また、③で整理したデータのうち、上面高度と下面高度が揃っている地点については、上限高度と下限高度に基づき、層厚を算出し分布情報整理表に入力した。

⑤ 溶結度

抽出対象の文献に溶結度の記載があるものについては、非溶結、弱溶結、強溶結に区分して、①～④のデータを分布情報整理表に整理した。

データの確度

点情報の確度を次に示す基準で分類し、分布情報整理表に入力した。

A：抽出対象の文献に数値が明記されているもの

B：抽出対象の文献における図面からの読取値

C：抽出対象の文献における図面からの読取値のうち精度を欠くもの

（縮尺が小さい、具体的な数字が記載されていないなどの理由によりBに比べ誤差が大きいもの）

D：抽出対象の文献中に具体的な地層名の記述が無く層相記載から判断したもの

（土質柱状図等の場合など）

UC：柱状図等に火砕流堆積物の一部の層準のみが示されており、本来の上面、下面を捉えていないもの

UC-：周辺の火砕流堆積物の分布を考慮し、土質区分の表現から読み替えたもの

点データの作成

上述したデータを属性情報として格納したポイントデータを作成し、点データとした。

平面分布情報の整理

文献に示された始良火砕噴火堆積物の分布図を、QGISのジオリファレンスツールを用いて、UTM N52帯 (JGD2011) で投影した上で、大隅軽石層を除いた始良火砕噴火堆積物の分布域をトレースし、面データを作成した。

また、シームレス地質図については、後期更新世 (Q3) の火山岩類 (非アルカリ火砕流堆積物) が示されている範囲について、20万分の1及び5万分の1地質図幅を参照し、入戸火砕流堆積物の記載があることを確認したうえで抽出した。また、二次堆積物については、シームレス地質図における後期更新世 (Q3) の海成または非海成堆積岩類が示されている範囲について、20万分の1及び5万分の1地質図幅を参照し、入戸火砕流堆積物の二次堆積物に相当すると考えられる記述がある範囲、またはその分布領域に連続する範囲を抽出し面データとした。

現在の地形データの作成

上述した始良火砕噴火堆積物の位置情報に基づく絶対標高への換算や、現存する火砕流堆積物の上面高度を把握するための基図として、現在の地形データを作成した (図1.5-4)。現在の地形データの作成には、表1.5-6に示した基盤国土情報10 mメッシュ標高、海域のデータとして海底地形デジタルデータ (M7000シリーズ) を使用し、次の手順で作成した。

① 陸域のデータ作成

- ・基盤地図情報10 mメッシュ標高モデルより、緯度、経度、標高の3列のテキストファイルを作成した。
- ・緯度及び経度を、Proj 4 (<http://proj4.org/>) を用いて、JGD2011 UTM N52帯 : EPSG6689に変換した。
- ・GMT (THE GENERIC MAPPINGTOOLS : <http://www.soest.hawaii.edu/gmt/>) に含まれる、XYZ2GRDコマンドを用いて、メッシュの解像度を10 mに設定して、netcdf形式のデータに変換した。
- ・GDAL (Geospatial Data Abstraction Library: <http://www.gdal.org/>) に含まれる、「gdal_translate」コマンドを用いて、GEOTIFF形式に変換した。

② 海域のデータ作成

- ・海底地形デジタルデータをArcGISで読み込み、ポイント形式のshpファイルを作成した。
- ・作成したshpファイルをArcGISの「Topo to Raster」ツールを用いて補間し、解像度250 mメッシュでラスタデータ化したうえで、ArcGISの「Resample」ツールで10 mメッシュに変換した。

③ 陸域と海域の統合

- ・ArcGISの「Mosaic」ツールを用いて、②で作成した海域のGeoTiffをターゲットとして、①で作成した陸域のGeoTiffを解像度10 mで結合した。

現存分布図の作成

整理した点データ，及びGISデータ化した平面分布情報に基づき，現存分布図を作成した．作成した入戸火砕流堆積物の現存分布図を図1.5-4に示す．以下に，現存分布図に示した点データ及び面データについて述べる．

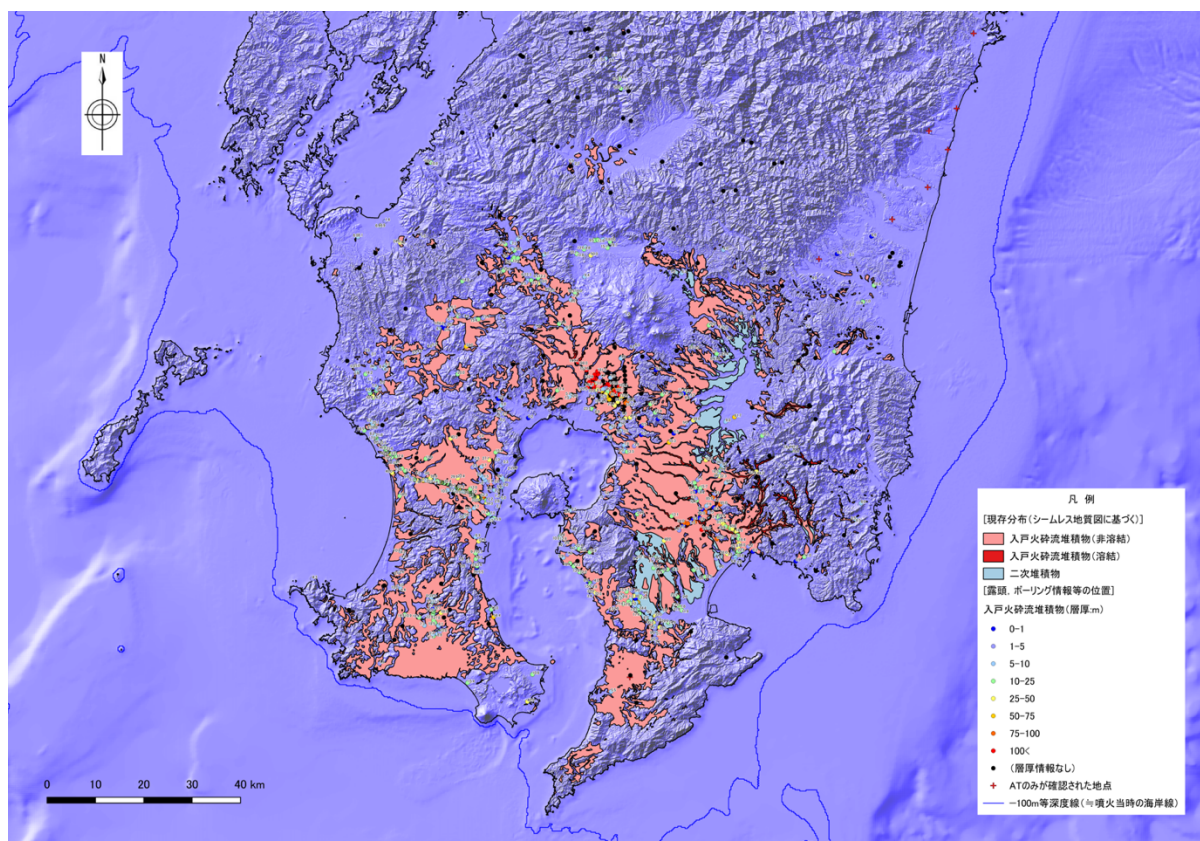


図1.5-4 入戸火砕流堆積物の現存分布

①点データ

分布情報整理表に整理したデータについて，上面高度，下面高度，層厚を属性情報とする点データを作成し，GIS上でその位置を表示した．

層厚に関して，入戸火砕流堆積物の上面高度及び下面高度を算出可能な地点については両者の高度差，層厚情報のみが得られている場合には入戸火砕流堆積物に相当する層準（非溶結＋溶結部）の層厚の合計値を算出し，入戸火砕流堆積物の層厚とした．

なお，ボーリングの孔底が入戸火砕流堆積物の基底に到達していないなどの理由で，上面及び下面の高度が把握されていないデータについては，把握できている上限高度及び下限高度を，入戸火砕流堆積物の上面及び下面高度として取り扱った．

②面データ

平面分布情報のうち、文献に示された平面図から抽出した面データには、互いに類似した平面形を示しながら位置が若干ずれているものが複数存在した。これらの面データについて、シームレス地質図から抽出した面データ、地質図幅、及び現在の地形データを比較したところ、文献から作成した面データは、シームレス地質図にくらべて、入戸火砕流堆積物で構成されると考えられる地形面や、浸食により入戸火砕流堆積物が失われていると考えられる谷筋などとの位置関係に矛盾があるものが多かった。これは、文献に示されている平面図には、分布域と分布域外の境界が明確に示されていないものが多いこと、縮尺が小さくトレースする際の誤差が大きいこと、投影法の違いによる歪みが完全には除去できないことが原因と考えられる。そのため、シームレス地質図に示された、入戸火砕流堆積物及び二次堆積物の平面分布情報を現状分布として取り扱った。

復元分布図の作成

入戸火砕流堆積物の復元分布図の作成では、はじめに陸域の復元分布図を作成したうえで、海域の層厚分布を復元し、最後にカルデラ内を復元した。以下に、復元分布図の作成方法と結果を述べる。

復元分布図の作成方法

陸域の復元分布図は、入戸火砕流堆積物の堆積直後の堆積原面を現存分布に基づく接峰面とみなし、入戸火砕流堆積物の到達可能性範囲において、その接峰面が、入戸火砕流堆積物の基底面よりも高い地域を入戸火砕流堆積物の復元分布域とし、両者の高度の差を入戸火砕流堆積物の復元層厚とした。一方、海域の復元分布は、陸域の層厚分布から、沿岸域における層厚情報を抽出し、外挿することにより推定した。

なお、接峰面を作成する際のメッシュサイズは、500 m、1 km、5 kmの3種類、各メッシュを代表する標高値を、最大値、平均値、最小値の3通り設定し、メッシュサイズ3通り×標高値3通りの計9ケースについて検討を行った。

復元分布図の作成に用いた基底面高度分布図の作成方法を①、到達可能性範囲（到達限界）の推定方法を②、陸域の復元分布図の作成方法を③、海域の復元分布図の作成方法を④、カルデラ内の処理方法を⑤に述べる。

① 基底面高度分布図の作成

入戸火砕流堆積物の現存・復元体積の算出に必要な火砕流の基底面高度分布図（すなわち大隅軽石層、妻屋火砕流堆積物及び垂水火砕流堆積物の堆積後、かつ入戸火砕流堆積物の堆積直前の地形）を作成した（図 1.5-5）。

基底面高度分布図は、入戸火砕流堆積物及びそれ以降に堆積した地層が分布する地域について、点情報及び周辺の地形・地質からの推定した入戸火砕流堆積物の基底面高度、始良火砕噴火発生当時の海岸線（≒現在の水深-100 m の等深度線）などのデータから補間することにより作成した。

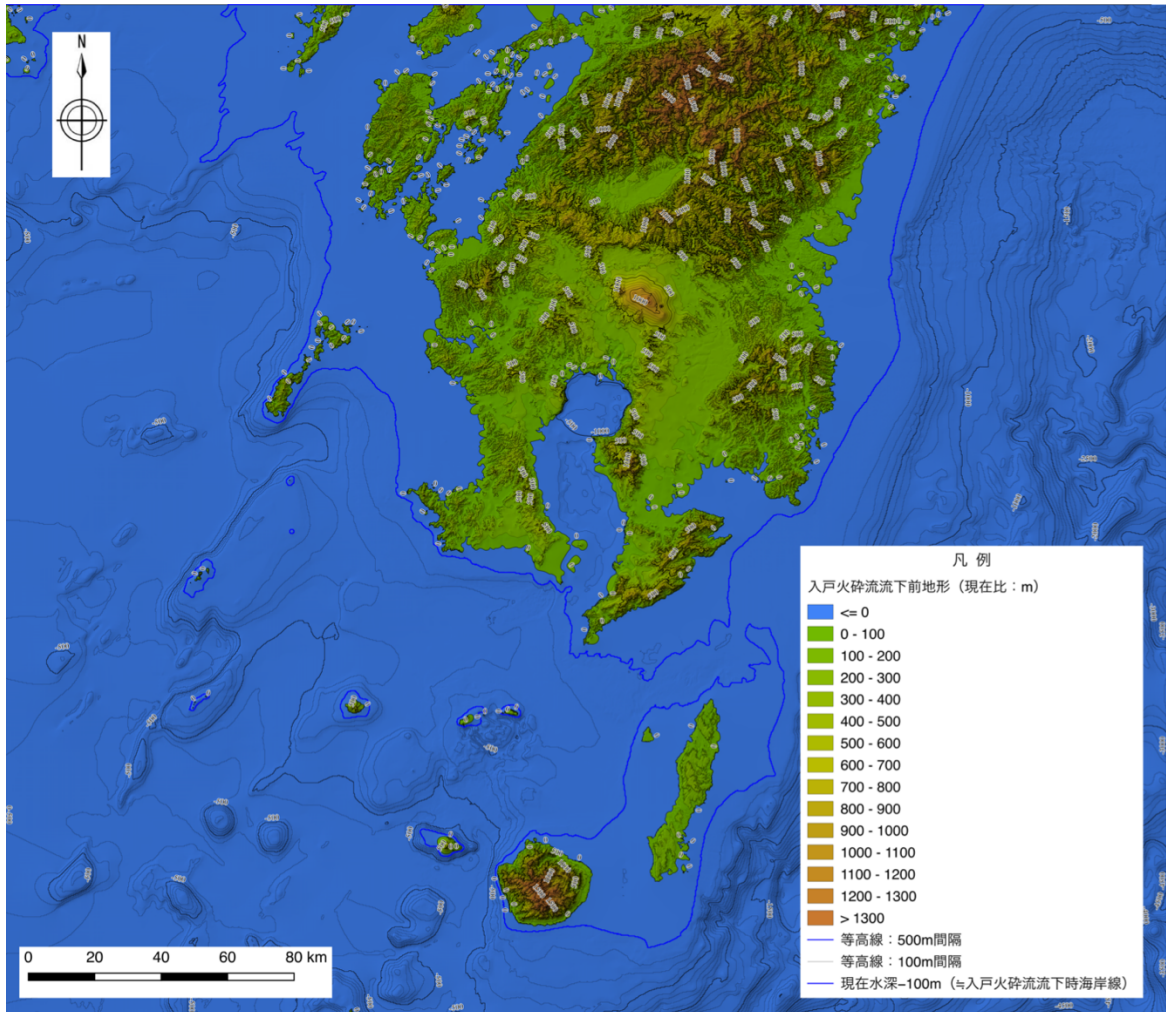


図 1.5-5. 基底面高度分布データ

また、カルデラ内部については、Miyamachi. et al. (2013) の知見（図 1.5-6）を参考に、地震波速度が $2.3 \sim 2.8 \text{ km/s}$ の領域の下限を入戸火砕流堆積物の基底面と仮定し、カルデラ周辺の火砕流基底面高度から外挿されるカルデラ内の標高を、 1 km 鉛直下方へ下げた位置に基底面を想定した。なお、カルデラの領域については、カルデラ形成後の海食といった浸食の影響を考慮し、小林ほか（2013）に示されたカルデラリム（図 1.5-7）と現在の海岸線に内接する領域とした。

使用したデータを次のA～G、作成手順のフロー図を図 1.5-8 に示す。

A：現在の地形データ

B：分布情報整理表から抽出した入戸火砕流堆積物の基底面高度

（妻屋火砕流堆積物、垂水火砕流堆積物、大隅軽石層の上面から算出した値を含む）

C：シームレス地質図より抽出した、入戸火砕流堆積前の地質と入戸火砕流堆積物より新しい地質が接する地点を示すデータ（入戸火砕流堆積物よりも古い地質の分布領域を抽出したポリゴンデータ）

D：基盤地図情報の水涯線データ

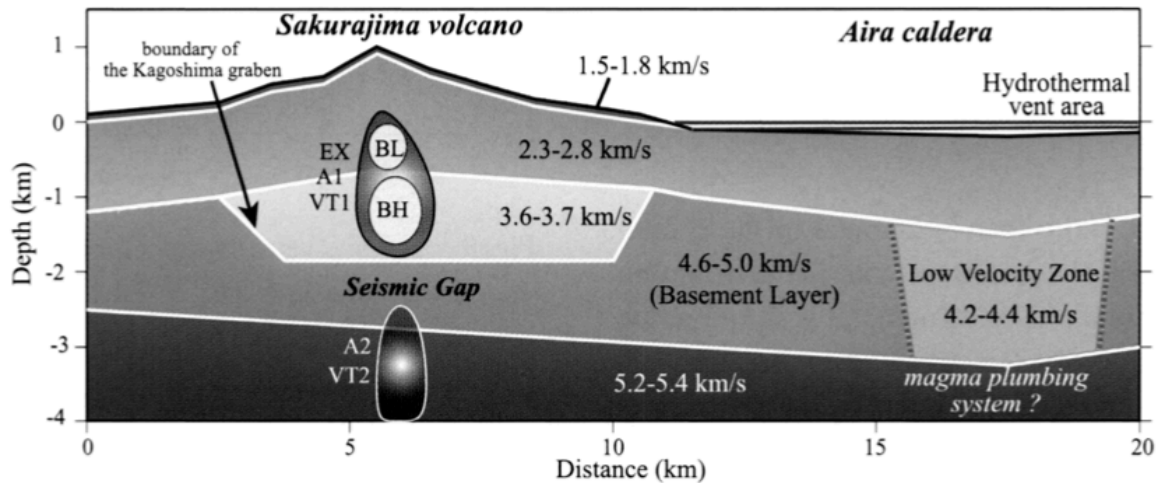


図 1.5-6. 桜島及び始良カルデラの浅部地震波速度構造 (Miyamachi et al, 2013)

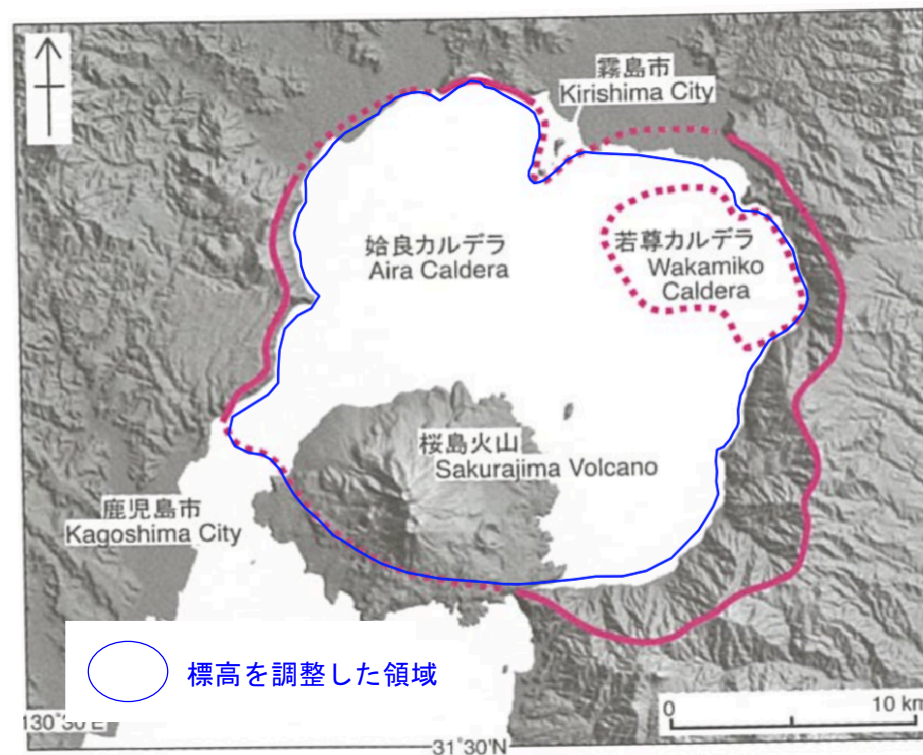


図 1.5-7. 基底標高を調整した領域 (小林ほか (2013) に一部加筆)

E : 入戸火砕流堆積物の分布及び分布域周辺の地形を考慮して任意に分布下限を与えたポイントデータ

F : 現在の水深-100 m (≡入戸火砕流流下時の海水準) 以深の50 m間隔の等深度線

② 到達可能性範囲（到達限界）の検討（エナジーコーン解析）

入戸火砕流堆積物の到達可能性範囲（到達限界）を推定することを目的として、エナジーコーン解析を実施した。

現存分布図より、始良カルデラからみた地形的な障害の背後側にも入戸火砕流堆積物の分布が認められることから、回り込みを考慮することとし、作成した現存分布図（図1.5-4）における最遠点（図1.5-9中のA）及び入戸火砕流堆積物が分布していない地域（図1.5-9中のB, C, D, E）, ATのみが確認され入戸火砕流堆積物が確認されていない地域の分布（図1.5-9中のF）を再現できるように、方向によって異なる噴煙柱崩壊高度（Hc）及び等価摩擦係数（H/L）を設定した。設定したHc及びH/Lの設定値を表1.5-12に示す。

一方で、八代平野方向の分布域については、より始良カルデラ寄りの入戸火砕流堆積物や人吉盆地北方の分布域との類似性を確保した場合、Hc及びH/Lを調整しても、現存する分布域を超えて過剰に到達可能性範囲（到達限界）が広がる傾向が見られたため、人吉盆地北方の現存分布を考慮して分布限界の位置を調整した。また、海域では、陸域と同様の周りこみが発生したか否かの情報は得られないため、陸域での地形的障害の背後に当たる海域を到達可能性範囲から除外して、到達限界を設定した（表1.5-12）。

エナジーコーン解析に基づいて設定した到達可能性範囲（到達限界）を図1.5-10に示す。

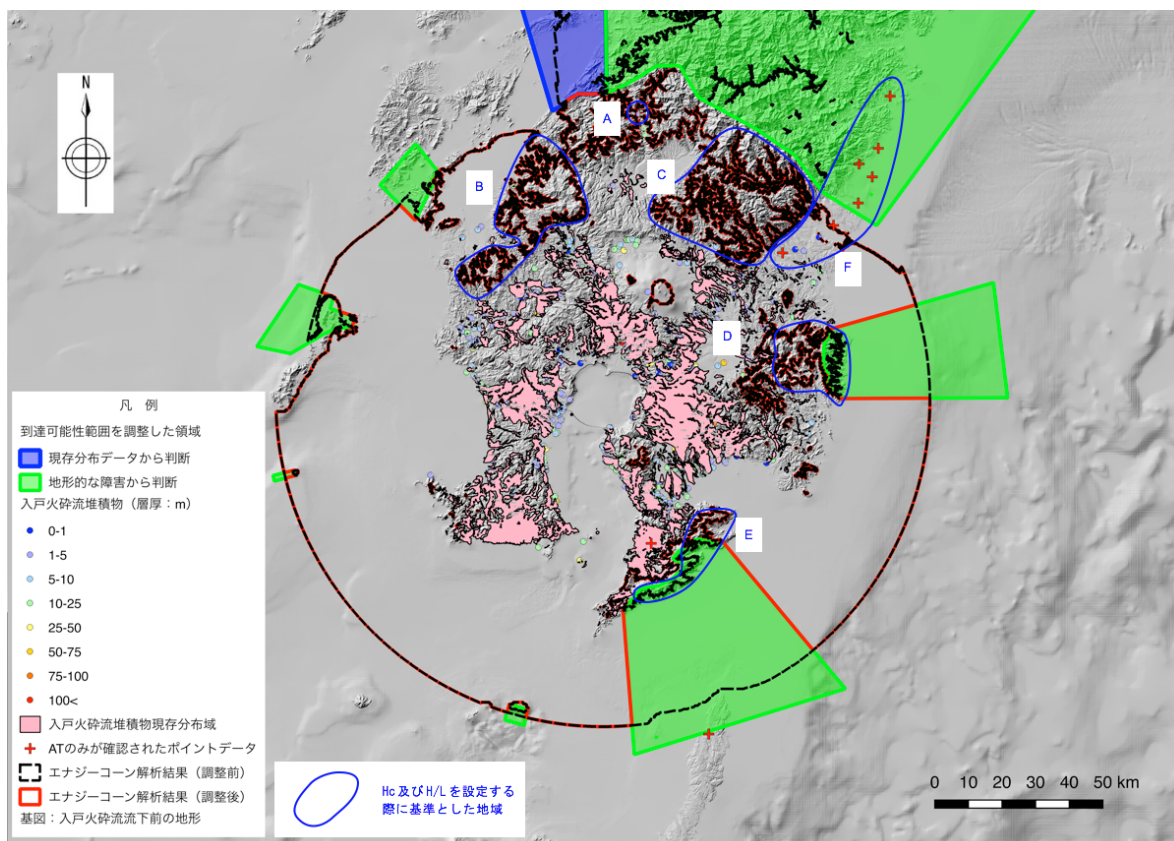


図 1.5-9. 到達可能性範囲（到達限界）を調整した地域

表1.5-12 Hc及びH/Lの設定

角度毎のH/Lと噴煙柱崩壊高度

区分(度)※			H/L	噴煙柱 崩壊高度 (m)	
0	～	44.0	0.01182000	1050.00	※設定値
44.0	～	45.0	0.01115500	1068.75	
45.0	～	50.0	0.01022375	1087.50	
50.0	～	55.0	0.00929250	1106.25	
55.0	～	60.0	0.00836125	1125.00	
60.0	～	65.0	0.00743000	1143.75	
65.0	～	70.0	0.00649875	1162.50	
70.0	～	75.0	0.00556750	1181.25	
75.0	～	95.0	0.00650000	1200.00	
95.0	～	96.0	0.00743125	1193.75	※設定値
96.0	～	96.5	0.00836250	1187.50	
96.5	～	97.0	0.00929375	1181.25	
97.0	～	97.5	0.01022500	1175.00	
97.5	～	98.0	0.01115625	1168.75	
98.0	～	98.5	0.01208750	1162.50	
98.5	～	99.0	0.01301875	1156.25	
99.0	～	175.0	0.01395000	1150.00	
175.0	～	175.5	0.01375636	1140.91	※設定値
175.5	～	176	0.01356273	1131.82	
176.0	～	176.5	0.01336909	1122.73	
176.5	～	177	0.01317545	1113.64	
177.0	～	177.5	0.01298182	1104.55	
177.5	～	178	0.01278818	1095.45	
178.0	～	178.5	0.01259455	1086.36	
178.5	～	179	0.01240091	1077.27	
179.0	～	179.5	0.01220727	1068.18	
179.5	～	180	0.01201364	1059.09	※設定値
180.0	～	360	0.01182000	1050.00	

※ 給源(始良カルデラ X:661220.553, Y:3501049.292, Z:0)から真東を0度とし、
反時計回りに設定

注)噴煙柱崩壊高度及びH/Lの設定値の間では、各パラメータを漸移的に変化させた。

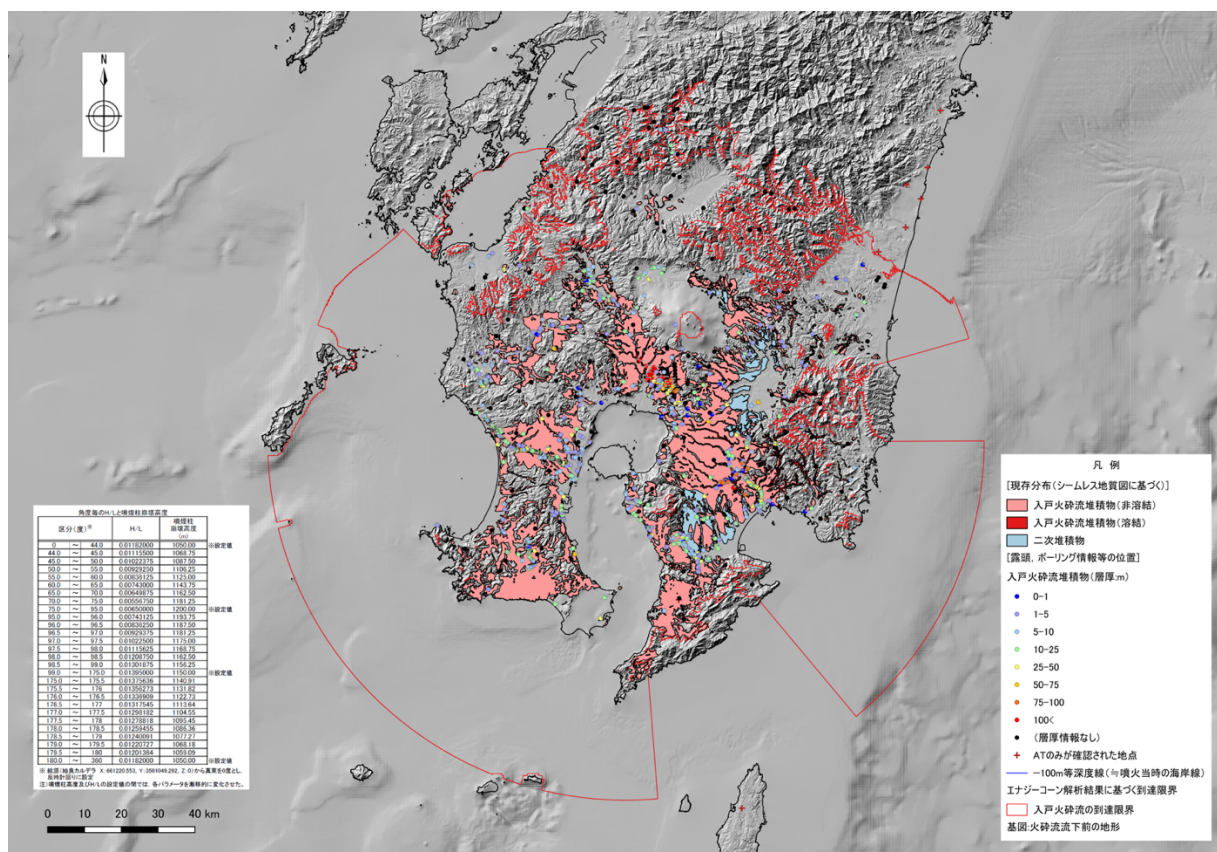


図 1.5-10. 入戸火砕流堆積物の到達限界

③ 陸域における復元分布図の作成

本調査では、浸食の影響を受けていない入戸火砕流堆積物の上面を接峰面とみなした。

陸域における入戸火砕流堆積物上面とした接峰面の作成について、使用したデータ及び処理方法、また復元層厚分布データの作成方法を以下に述べる。

1) 溶結部の情報の整理

後述するメッシュごとの標高データの作成では、溶結部の分布及び溶結度、密度の情報を必要とすることから、これら情報について以下の通り整理した。溶結部の分布域に関する面データは、地質図幅及び横山（2003）に限られ、露頭・ボーリングデータなどから得られた点データは、わずかである（図 1.5-11）。また地質図幅に示された溶結部の分布は、横山（2003）に概ね包含されることから、溶結部の分布域は横山（2003）を基本とすることとした。また、溶結部の全体層厚に対する割合及び溶結部の密度については、横山（2003）によれば、溶結部の密度は妙見、小鹿野、入戸で 2.0 g/cm^3 以上であるほかは、 1.7 g/cm^3 を超えないとされる（図 1.5-12 参照）。また、非溶結部の密度は図 1.5-12 に示された柱状図のうち、郡田、入戸を除く 6 地点で 1.0 g/cm^3 程度と読み取ることができる。したがって、本調査では、非溶結部の密度を 1.0 g/cm^3 、弱溶結部の密度を 1.7 g/cm^3 、強溶結部の密度を 2.0 g/cm^3 とした。また、各地点の柱状図より、溶結部の厚さが全体層厚の 30% 程度であることから、特に溶結部の層厚情報が得られない場合には、便宜的に全層厚の 30% を溶結部とすることとした。

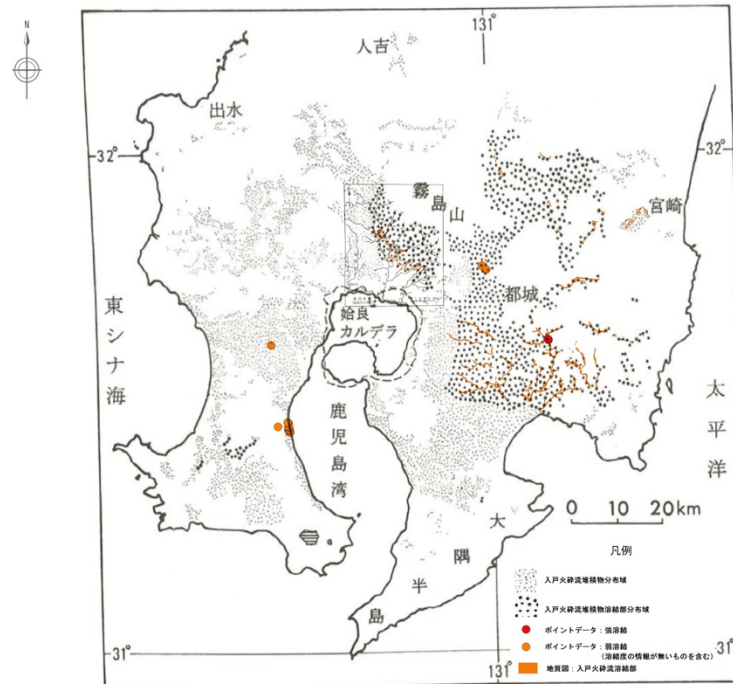


図17 入戸火砕流堆積物の分布域における溶結部の発達地域（横山，1972を一部修正）
破線は始良カルデラの輪郭。小さな打点部はシラスの分布地。大きな打点部は溶結部の発達地域。

図 1.5-11. 入戸火砕流堆積物の溶結部の分布（横山（2003）に一部加筆）

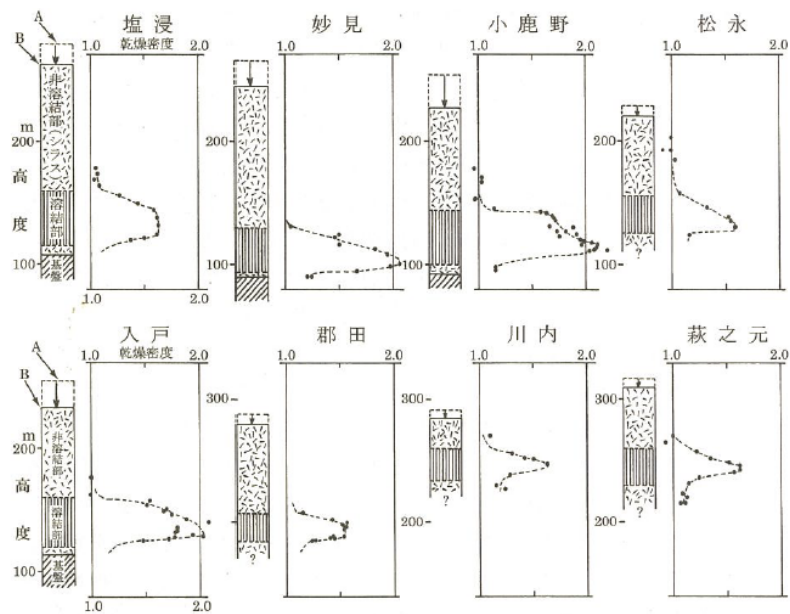


図 1.5-12. 溶結部の密度（横山，2003）

2)接峰面作成に使用するデータの処理

接峰面の作成には、各メッシュの標高値と到達限界の標高値データを使用した。接峰面は、前述の通りメッシュサイズを 500 m, 1 km, 5 km の 3 種類作成し、それぞれで現在の地形モデル

及び点データに含まれる入戸火砕流堆積物の上面高度から、各メッシュ内の標高値の最大値、平均値、最小値を算出し、計9通りのデータを作成した。

なお、標高値は上述した溶結に関する情報に基づき、溶結度、溶結部の割合、溶結部の密度から、非溶結状態から溶結部が形成されることによって発生した標高の低下量を復元した状態での標高値を算出した。

メッシュごとの標高値データの作成フローを図 1.5-13、到達限界における標高データの作成フローを図 1.5-1.5 に示す。

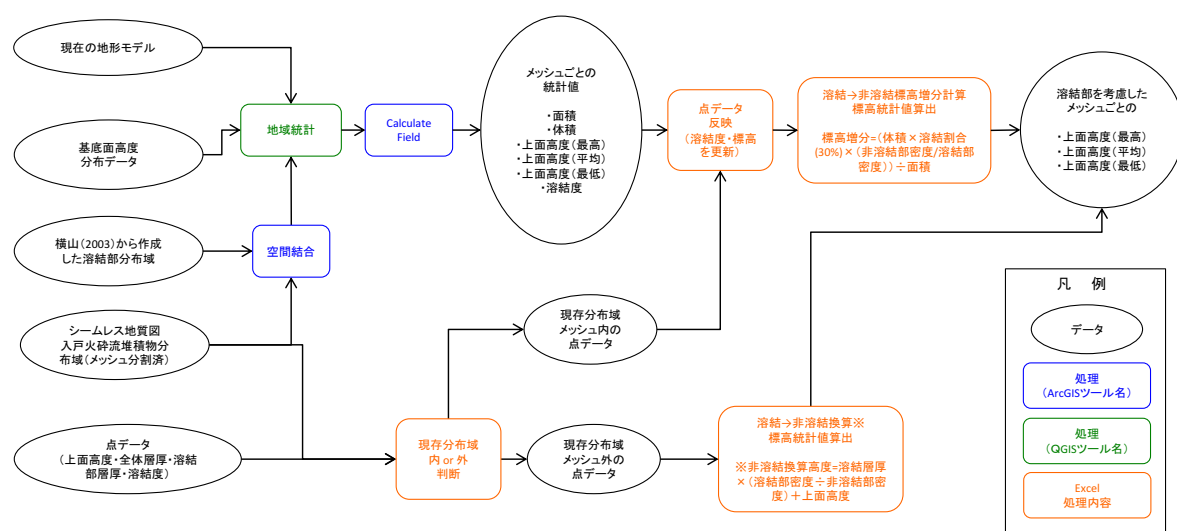


図 1.5-13. メッシュごとの標高値の算出フロー

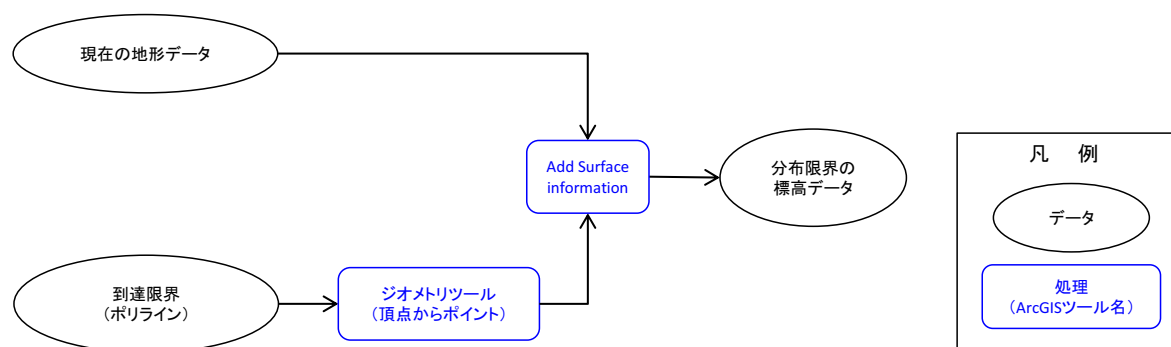


図 1.5-1.5. 到達限界における標高データ作成フロー

3) 接峰面の作成

陸域の火砕流堆積物の上面高度を示すデータとして、2)で作成したデータを、内挿補間することにより、接峰面図を作成した。図 1.5-15 に作成フローを示す。

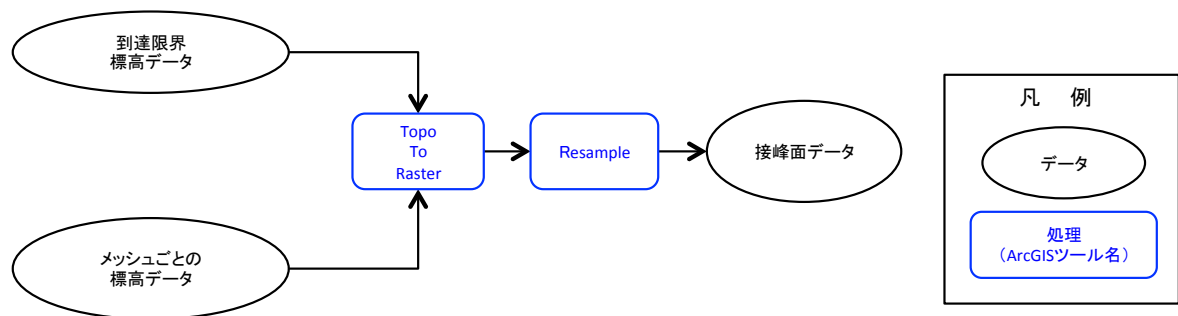


図 1.5-15. 接峰面データの作成フロー

4) 復元層厚分布図の作成

層厚分布図の作成では、3)で作成した接峰面の高度が、1)で作成した基底面高度よりも高く、2)で作成した入戸火砕流堆積物の到達限界に内包される領域を入戸火砕流堆積物の復元分布域とみなし、その範囲内における接峰面の高度と基底面高度の差を分布層厚データとして抽出することにより、復元層厚分布図を作成した。図 1.5-16 に、作成フローを示す。

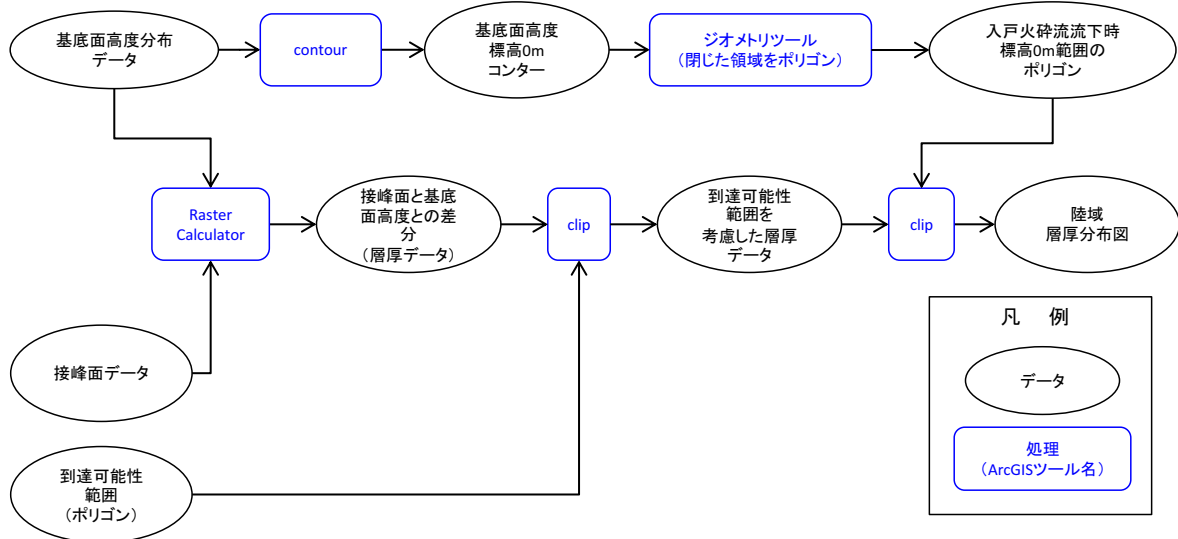


図 1.5-16. 陸域の層厚分布図作成フロー

5) 火砕流堆積域端部の処理

4)で作成した陸域の層厚分布図では、八代平野南方（分布限界北端付近）、大隅半島西部、大隅半島東部の3地域における層厚が、過剰に厚い結果となった（図1.5-18）。これらは、いずれの地域も高度が大きく変化する地形境界を含んでいることから、メッシュ内での接峰面の最高標高と堆積物基底面の最低標高の差が過剰に大きく評価されたものと考えられる。

そこで、現存分布の情報に基づいて、3地域の標高を次のように調整することとした。

- ・八代平野南方：当該地域の東方に分布する入戸火砕流堆積物の平均値 4.5 m に調整することとした。
- ・大隅半島西部：層厚が過剰に評価される地点が、鹿児島湾に面した崖の脚部にあたる地域である。大隅半島には同様の条件の点情報がないことから、対岸の点情報における入戸火砕流堆積物の層厚 40 m に調整することとした。
- ・大隅半島東部：大隅半島において最も近い点情報における入戸火砕流堆積物の層厚 5.5 m に調整することとした。

以上の調整を行うための手順のフロー図を図 1.5-17 に示す。

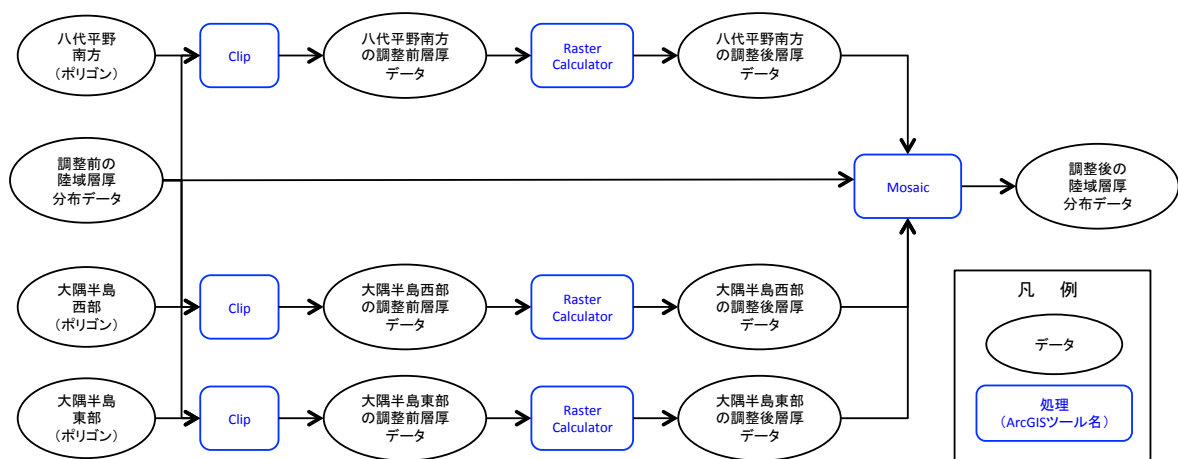


図 1.5-17. 陸域の層厚分布調整フロー

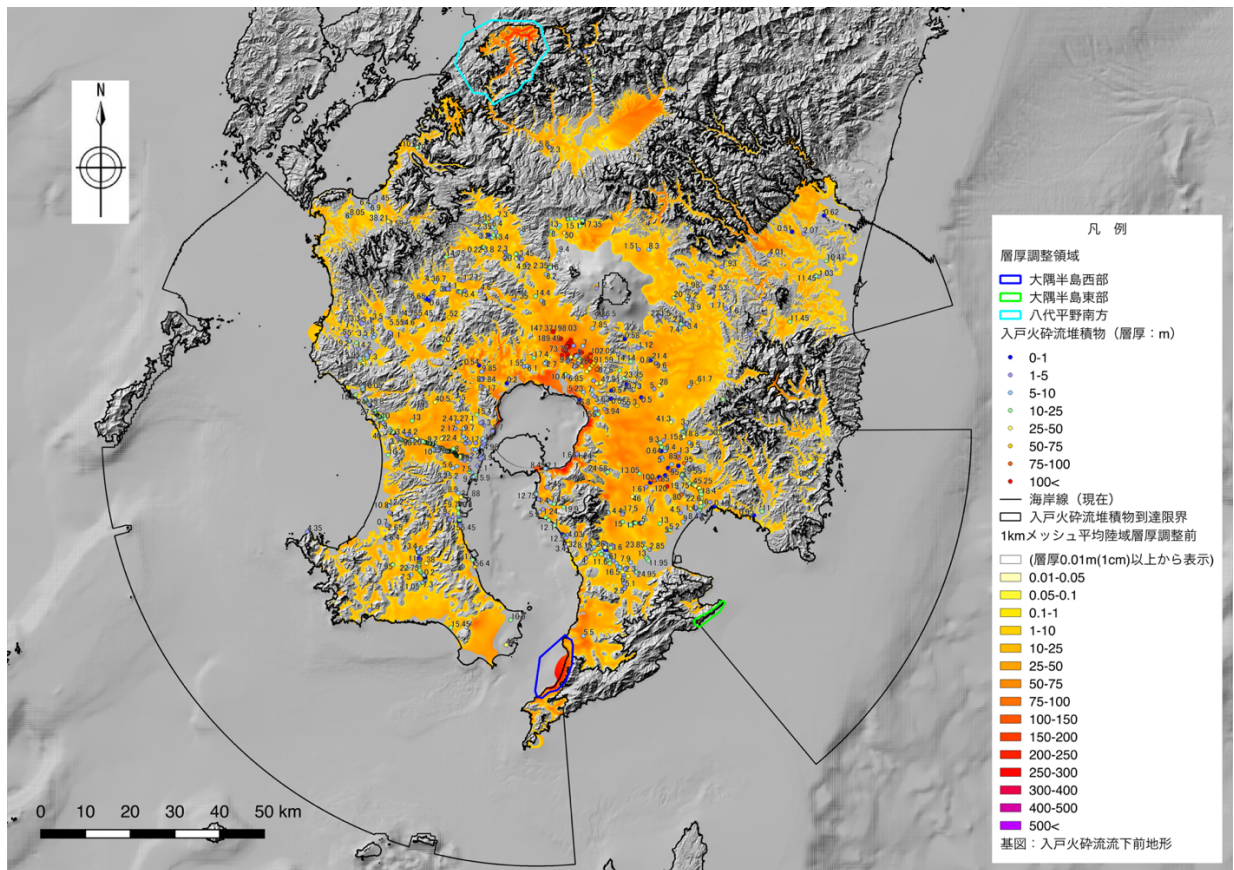


図 1.5-18. 陸域の層厚調整領域

④ 海域における復元分布図の作成

海域における層厚分布は、陸域の層厚分布から沿岸域の層厚分布データを抽出し、それを入戸火砕流堆積物の到達限界まで外挿することにより作成した。また、入戸火砕流堆積物の到達可能性範囲から地形的な障害の影響を考慮して到達可能性範囲から除外した領域についても、火砕流堆積物が回り込んで分布することを考慮することとした。以下に、海域における復元層厚分布図の作成方法を述べる。

1) 沿岸部の層厚データの取得

陸域の層厚情報を取得するために、陸域の復元分布図から、基底面高度分布図の標高 0 m 等高線に沿って、層厚情報を取得した。データ取得フローを図 1.5-19 に示す。

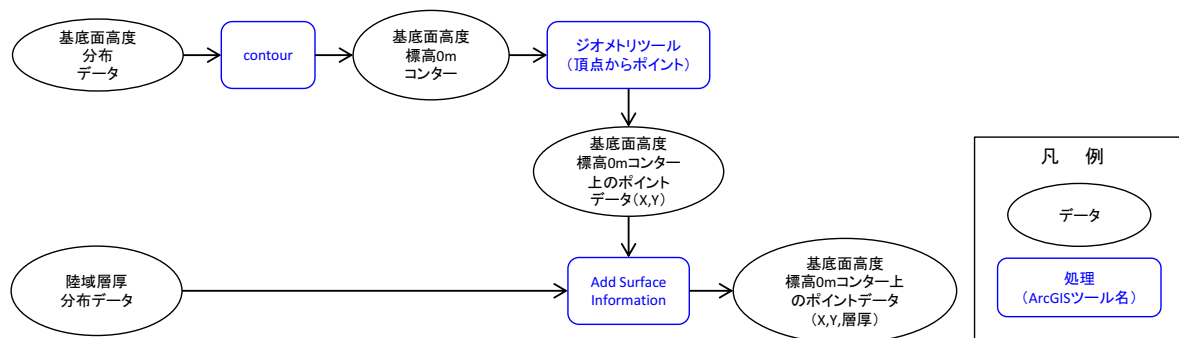


図 1.5-19. 沿岸域の層厚データ取得フロー

2) 分布限界データの作成

分布限界データは沿岸の層厚分布を海域に外挿する際に、層厚が 0 m となる地点を規定することを目的として作成した。データの作成フローを図 1.5-20 に示す。

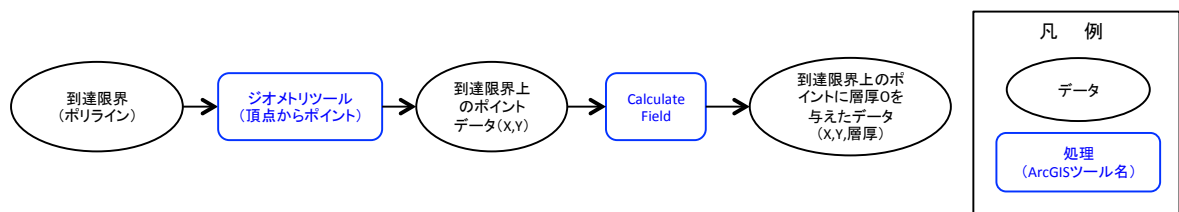


図 1.5-20. 分布限界データの作成フロー

3) 海域の層厚分布の算出

海域層厚は、海域のポイント「A」について、分布限界までとの距離を「D1」、及び最も近い陸域の層厚データとの距離「D2」、その層厚を「T1」とした場合、当該ポイントからの距離が $D2 \times \sqrt{3}$ (=D3) 以内の層厚データを抽出し、それぞれの層厚データを分布限界まで距離に応じて按分した場合のポイント「A」における層厚を下式より算出し、その平均値を当該地点の層厚とした。処理の流れをフロー図として図1.5-21に示す。

$$T1 \times (D1 / (D1 + D3))$$

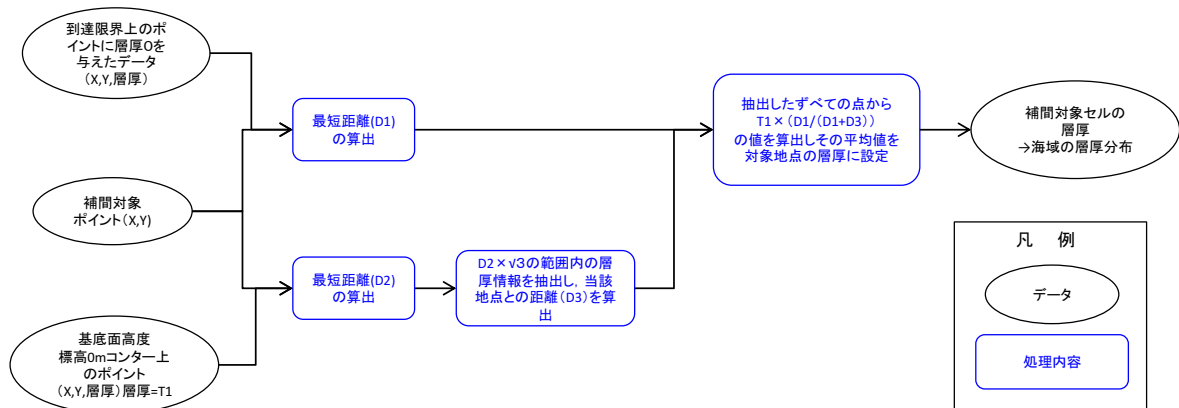


図 1.5-21. 海域の層厚分布推定の流れ

⑤ カルデラ内の処理

宇都ほか（1999）によれば、桜島におけるボーリングデータ（掘進長 381 m；孔口標高 62 m）において、少なくとも深度 200 m までは入戸火砕流堆積物が認められないこと、また若尊カルデラの最深部の深度が約 200 m であることから、入戸火砕流堆積物の堆積直後のカルデラ内の最高標高が-200 m であったと仮定した。そこで、上述した海域の層厚分布のうちカルデラ内の層厚を基底面高度に一旦加え、カルデラ内の最高標高値を算出したうえで、その地点の標高が-200 m 程度になるように調整した。作業の流れをフロー図として図 1.5-22 に示す。

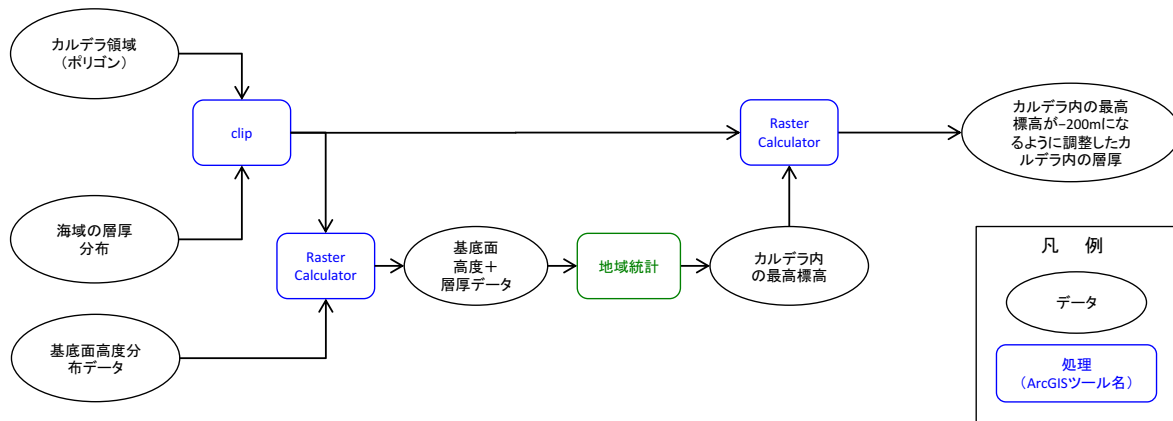


図 1.5-22. カルデラ部の層厚算出フロー

層厚分布・断面図の作成結果

① 層厚分布図

前節に述べた方法を用いて、入戸火砕流堆積物の層厚分布図を作成した。500 m, 1 km, 5 km のメッシュサイズについて、最大・平均・最小値から作成した層厚分布図を図 1.5-23a～i に示す。

また、復元分布図について接峰面を作成した際のメッシュサイズに応じて、メッシュごとに復元層厚の平均値を算出した。5 km のケースを図 1.5-24a～c に示す。