

## 支笏カルデラ形成噴火のマグマ体積

山元孝広

地質調査総合センター活断層・火山研究部門

Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST

Takahiro Yamamoto (2016). Volume of erupted magma during the Shikotsu caldera-formation, Hokkaido, Japan. *Open-File Report of the Geological Survey of Japan, AIST*, no.xxx, p.1-xx.

### 1. はじめに

カルデラ形成を伴う巨大噴火は、 $100\text{km}^3$ を超えるマグマが一気に地表に噴出することにより、噴出物は火砕流となって流走し広範囲に地表を破壊、噴出源には直径  $10\text{km}$  を超える陥没地形が形成される現象である。最近 10 万年間に国内では、屈斜路・支笏・十和田・阿蘇・始良・鬼界カルデラで巨大火山噴火が発生しており（町田・新井，2003），低頻度ではあるものの、火山活動の長期評価においては無視できないものである。将来の巨大噴火に備えるためには、これらの巨大噴火事例で具体的にどのようなことが起きたのかを定量的に理解しておくまず求められよう。特にカルデラ形成に関与したマグマの噴出量は、現象を理解する上での最も重要な基本パラメータであるものの、その算出には不確実性が多いのが現状である。そこで、支笏カルデラを形成した約 4 万年前の支笏火砕流について、等層厚線図を既存文献から作成し噴出量を算定し直して既報値との比較を行った。さらにこの火砕流に先行した支笏第 1 降下軽石堆積物については粒径分布の距離相関と等層厚線分布をもちいて降灰シミュレーションコード **Tephra2** による数値計算を行い、その体積を算出した。なお、本報告は、原子力規制庁からの受託研究において実施した「平成 27 年度原子力施設等防災対策等委託費（火山影響評価に係る技術的知見の整備）」の成果の一部である。また、文献収集や体積計測、数値計算については、アジア航測株式会社に外注している。

### 2. 支笏火砕流堆積物のマグマ体積

支笏火砕流堆積物の分布範囲と層厚に関する情報を、ボーリング資料や地域地質調査報告等の文献から抽出した。分布範囲を東～南方，西方，北方の 3 つのエリアに区分したうえで、層厚分布から火砕流堆積物の堆積量を算出した。

#### 2.1 文献資料収集

支笏火砕流堆積物の堆積量算出のために収集した資料は、地質調査関連資料を表 2.1、公共工事ボーリング資料を表 2.2 に、学術雑誌等を表 2.3 に示している。

表 2.1 収集資料 1 (地域地質調査報告等)

資料名	発行・調査機関	発行年	備考
国営農地再編整備事業計画地区 千歳地区表層地質調査報告書	北海道立地下資源調査所	1998	
北海道水理地質図幅説明書 第8号 札幌」	北海道立地下資源調査所	1964	
札幌周辺の地盤と地下水	北海道立地下資源調査所	1965	北海道水理地質図幅説明書 別冊
北海道水理地質図幅説明書 第13号 苫小牧・室蘭」	北海道立地下資源調査所	1963	
北海道地盤地質図 No.1 札幌」	北海道立地下資源調査所	1974	
北海道地盤地質図 No.2 野幌」	北海道立地下資源調査所	1980	
支笏周辺地下水調査報告	北海道立地下資源調査所	1974	
石狩低地帯の深井戸検層図集	北海道立地下資源調査所	1969	地下資源調査所報告第39号
支笏湖周辺地域の地質・鉱床	北海道立地下資源調査所	1981	地下資源調査所報告第52号
北海道市町村の地熱・温泉ボーリングデータ集	北海道地質研究所	2004	
北海道市町村の地熱・温泉ボーリング -地域エネルギー開発利用施設整備事業-	北海道立地下資源調査所	1995	
西胆振地域の地質と地熱資源	北海道立地下資源調査所	1988	地下資源調査所報告第19号
北海道の地熱・温泉 B) 西南北海道北部	北海道立地下資源調査所	1977	地下資源調査所報告第4号
5万分の1地質図幅及び同説明書 千歳」	地質調査所	1980	
5万分の1地質図幅及び同説明書 恵庭」	北海道開発庁	1959	
5万分の1地質図幅及び同説明書 苫小牧」	北海道開発庁	1959	
5万分の1地質図幅及び同説明書 樽前山」	北海道開発庁	1957	
5万分の1地質図幅及び同説明書 江別」	北海道立地下資源調査所	1971	
5万分の1地質図幅及び同説明書 石山」	北海道立地下資源調査所	1956	
5万分の1地質図幅及び同説明書 札幌」	北海道立地下資源調査所	1956	
5万分の1地質図幅及び同説明書 白老」	北海道立地下資源調査所	1953	
5万分の1地質図幅及び同説明書 牡浜珠」	北海道開発庁	1954	
5万分の1地質図幅及び同説明書 穂森警」	地質調査所	1954	
5万分の1地質図幅及び同説明書 登別温泉」	北海道立地下資源調査所	1953	

表 2.2 収集資料 2 (公共工事ボーリング資料)

資料名	発行・調査機関	発行年	備考
北海道大学ボーリング調査資料	北海道大学		発注者より提供 2014-2015年で2箇所
千歳川放水路関連ボーリング資料	北海道開発局千歳川河川事務所		内部資料. 昭和60年度 ～平成8年度のボーリン グ柱状図集
北海道縦貫自動車道 苫小牧-千歳) 泉沢地 区土質調査報告書	日本道路公団札幌建設局苫小牧工事事務 所, 明治コンサルタント株式会社札幌支店	1974	NEXCO 東日本資料
北海道縦貫自動車道 苫小牧-千歳) 糸井～ 植苗地区) 第1次土質調査調査報告書	日本道路公団札幌建設局苫小牧工事事務 所	1975	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 登別-苫小牧) 白老中地区土 質調査報告書	日本道路公団札幌建設局登別工事事務 所, 基礎地盤コンサルタンツ株式会社	1980	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 苫小牧-千歳) 高丘-明野第2 次土質調査統括報告書	日本道路公団札幌建設局苫小牧工事事務 所, 株式会社ダイヤコンサルタント札幌支店	1976	NEXCO 東日本資料
高岳西工事土質調査報告書	竹中土木・菱中工業共同企業体東建地質 調査株式会社	1979	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 苫小牧～千歳) 錦岡～高丘第 2次土質調査統括報告書	日本道路公団札幌建設局苫小牧工事事務 所, 東建地質調査株式会社	1976	NEXCO 東日本資料
北海道縦貫自動車道 登別～苫小牧) 香川町 ～飛生地区概略土質調査調査報告書	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	1973	NEXCO 東日本資料
北海道縦貫自動車道 登別～苫小牧) 飛生～ 糸井地区概略土質調査調査報告書	日本道路公団札幌支所苫小牧工事事務 所, サンコーコンサルタント株式会社	1973	NEXCO 東日本資料
北海道縦貫自動車道 虻田～登別) 伊達～登 別地区概略土質調査調査統括報告書	日本道路公団札幌建設局登別工事事務 所, 川崎地質株式会社	1982	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 登別-苫小牧) 竹浦地区土質 調査-試験報告書-	北海道土質コンサルタント株式会社	1978	NEXCO 東日本資料
昭和57年度北海道縦貫自動車道 虻田-登 別) 虻田地区土質調査報告書	日本道路公団札幌建設局登別工事事務 所, 東建地質調査株式会社	1982	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 登別-苫小牧) 錦岡地区第2次 土質調査報告書	日本道路公団札幌支所苫小牧工事事務 所, 株式会社応用地質調査事務所	1978	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 登別-苫小牧) 樽前地区第2次 土質調査	関東基礎設計株式会社	1979	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 登別-苫小牧) 白老東地区第2 次土質調査報告書	日本道路公団札幌支所登別工事事務所サ ンコーコンサルタント株式会社	1976	NEXCO 東日本資料
道央自動車道 登別-苫小牧) 錦岡地区第2次 土質調査報告書	日本道路公団札幌支所苫小牧工事事務 所, 株式会社 応用地質調査事務所	1978	NEXCO 東日本資料
道央自動車道札幌内工事土質調査試験結果報 告書	日本道路公団札幌建設局登別工事事務所	1981	NEXCO 東日本資料

表 2.3 収集資料 3 (学術雑誌等)

著者名	発行年	資料名	雑誌・刊行物名, No 等
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
土居繁雄, 小山内熙	1956	いわゆる支笏泥熔岩について 西南北海道東部地域の地質 第2報	地質学雑誌 62 (724), 1-7
石狩低地帯研究会	1965	石狩平野における支笏降下軽石堆積物の14C年代－日本の第四紀層の14C年代－	地球科学 81,12
近藤務,五十嵐八枝子,吉田充夫,井上俊和,平信行,山崎正道,岡村聡,前田寿嗣,嵯峨山積,菅原誠,国分公貴,安井賢	1996	石狩低地帯最南部地下の第四系－特に最終間氷期の相対的海水準変化の検討－	地質学雑誌 102 (4), 312-329
春日井昭,藤田亮,細川貢四朗,岡村聡,佐藤博之,矢野牧夫	1980	南部石狩低地帯の後期更新世のテフラ－斜方輝石の屈折率とMg-Fe比との比較研究－	地球科学 34 (1),1-15
勝井義雄	1958	支笏降下軽石堆積物中の化石林について	地質学雑誌 64 (755)
勝井義雄	1959	支笏降下軽石堆積物について－特に支笏カルデラ形成直前の活動について－	火山 第2集4 (1),33-48
勝井義雄, 村瀬勉	1960	支笏火山の活動にかんする2・3の考察	地質学雑誌 66 (781), 631-638
木村方一,外崎徳二,赤松守雄,北川芳男,吉田充夫,亀井節夫	1983	北海道石狩平野・野幌丘陵からの前期－中期更新世哺乳動物化石群の発見－	地球科学 37 (3),162-177
熊野純男	1970	支笏溶結凝灰岩の年令－日本の第四紀層の14C年代－	地球科学 24, 148-149
宮坂瑞穂,中川光弘,長谷龍一	2015	北海道南西部・支笏火山先カルデラ噴出物(社台火砕流)に関する岩石的研究:カルデラ形成噴出物との比較	日本地球惑星科学連合大会予稿集 SVC47-P13
中山敦智,石垣達也,石井次郎,山崎哲良	1989	西南北海道倶多楽火山地域の支笏火砕堆積物	地球科学 43 (2),106-111
岡孝雄	2007	石狩低地帯中部,長沼低地の地下地質と第四紀末テクトニクス	北海道立地質研究所報告 (78), 95-148
嵯峨山積	1977	野幌丘陵南部竹山周辺の鮮新－洪積統の層序について－	地下資源調査所報告 (49), 81-88
宝田 晋治, Riehl James R	2002	北海道駒ヶ岳 1929 年火砕流・支笏火砕流の堆積構造と流動・堆積機構	日本火山学会講演予稿集 2002 (2), 28
宝田 晋治, Riehl James R	2004	支笏火砕流の堆積構造と流動・堆積機構	日本火山学会講演予稿集 2004, 139
富島千晴,中川光弘	2015	カルデラ南方の支笏カルデラ形成噴火堆積物のテフラ層序:特に構成物解析からみた噴火推移について	日本地球惑星科学連合大会予稿集 SVC47-P14
山縣耕太郎	1994	支笏およびクッタラ火山のテフラクロノロジー	地学雑誌 103 (3),268-285
山縣耕太郎	2000	支笏火山40ka噴火の規模に関する検討	上越教育大学研究紀要 19,445-460
山岸宏光,香河正人	1978	豊平川流域の河岸段丘－そのテフラによる検討－	地下資源調査所報告 .50,173-184

## 2.2 層厚分布に関する情報の抽出

前項で収集した文献資料から、支笏火砕流堆積物の層厚を読み取れるデータを抽出し、その位置を地図上にプロットした(図 2.1)。データ数は合計で 351 地点である。各地点の層厚データは、一覧表(表 2.4)として整理するとともに、位置情報、層厚、引用資料等の情報を付加して GIS データとして整理し、各地点の層厚分布を図示している(図 2.2-2.9)。図 2.1 では山縣(2000)をもとに支笏火砕流堆積物の分布範囲を黄線示しているが、文献より抽出した層厚情報の分布には偏りがある。支笏カルデラの近傍や西方では、層厚情報がほとんどない。一方、カルデラ東方の千歳市街周辺や苫小牧、札幌周辺では地域地質調査や公共工事ボーリング等により、層厚情報が多し。カルデラ近傍から遠方までの層厚情報が得られた地域は、カルデラ東方のみである。

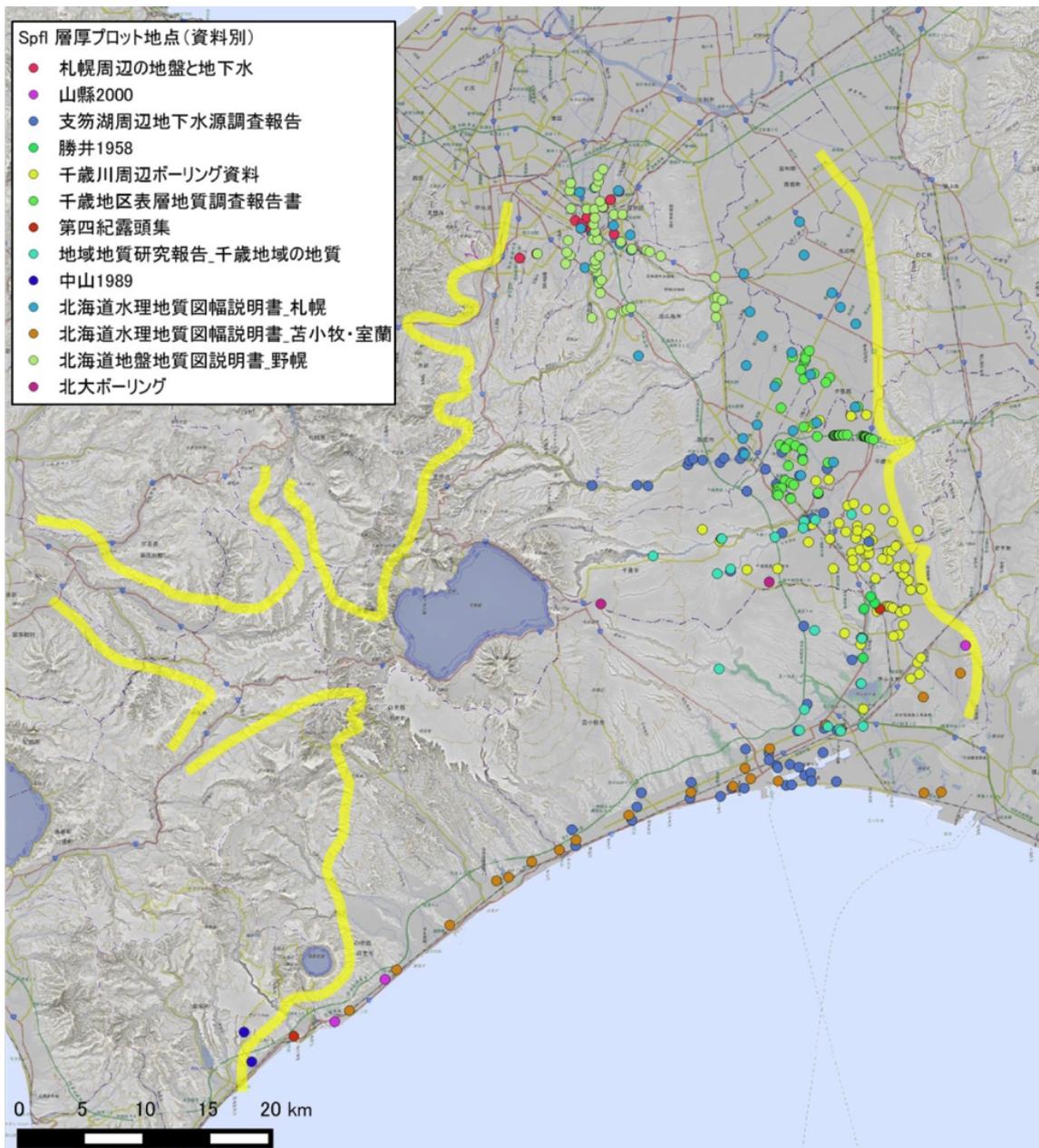


図 2.1 支笏火砕流堆積物の層厚抽出箇所の分布

表 2.4 支笏火砕流堆積物の層厚一覧表

経度	緯度	Spfl層厚 (m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.45389	42.76028	96.4	北海道大学ボーリング調査資料	H26
141.61743	42.77719	84.7	北海道大学ボーリング調査資料	H27
141.20019	42.45648	10.0	山縣2000	5
141.24834	42.48740	30.0	山縣2000	6
141.80861	42.73221	0.8	山縣2000	7
141.16077	42.44552	2.0	第四紀露頭集	HK-25
141.72505	42.75823	7.0	第四紀露頭集	WS-7-1
141.70918	42.72273	7.0	勝井1958	A
141.70987	42.75834	6.4	勝井1958	B
141.72002	42.76239	4.8	勝井1958	D
141.71606	42.76715	5.7	勝井1958	C
141.12034	42.42669	0.1	中山1989	1
141.11252	42.44806	0.4	中山1989	2
141.42533	43.03707	4.7	札幌周辺の地盤と地下水	140
141.43208	43.03184	9.3	札幌周辺の地盤と地下水	142
141.44102	43.02971	14.0	札幌周辺の地盤と地下水	147
141.46336	43.02756	19.8	札幌周辺の地盤と地下水	156
141.47041	43.02141	14.0	札幌周辺の地盤と地下水	157
141.48020	43.01612	7.0	札幌周辺の地盤と地下水	158
141.37131	43.00949	32.6	札幌周辺の地盤と地下水	102
141.38788	43.01277	9.3	札幌周辺の地盤と地下水	105
141.43222	43.03485	11.6	札幌周辺の地盤と地下水	143
141.43661	43.03940	15.1	札幌周辺の地盤と地下水	144
141.45260	43.04679	20.9	札幌周辺の地盤と地下水	151
141.45937	43.05224	23.3	札幌周辺の地盤と地下水	153
141.46782	43.05832	15.1	札幌周辺の地盤と地下水	304
141.70882	42.79987	13.8	千歳川周辺ボーリング資料	A-1
141.71133	42.79987	11.5	千歳川周辺ボーリング資料	A-2
141.71271	42.80042	11.5	千歳川周辺ボーリング資料	A-3
141.71077	42.79737	12.1	千歳川周辺ボーリング資料	B-1
141.71271	42.79765	11.4	千歳川周辺ボーリング資料	B-2
141.71438	42.79820	10.6	千歳川周辺ボーリング資料	B-3
141.73161	42.76014	6.0	千歳川周辺ボーリング資料	D-1
141.73327	42.76014	7.3	千歳川周辺ボーリング資料	D-2
141.73494	42.75986	10.6	千歳川周辺ボーリング資料	D-3
141.75272	42.77903	12.9	千歳川周辺ボーリング資料	4-3
141.75272	42.77903	11.8	千歳川周辺ボーリング資料	4-3'
141.73272	42.80001	22.5	千歳川周辺ボーリング資料	4-2
141.70271	42.81793	31.6	千歳川周辺ボーリング資料	4-1'
141.73272	42.80001	21.4	千歳川周辺ボーリング資料	4-2'
141.71510	42.81606	30.5	千歳川周辺ボーリング資料	5-1
141.74677	42.78373	17.0	千歳川周辺ボーリング資料	5-2
141.71155	42.81187	20.5	千歳川周辺ボーリング資料	5-4
141.69774	42.79856	24.5	千歳川周辺ボーリング資料	5-5
141.74894	42.78984	16.7	千歳川周辺ボーリング資料	5-6
141.76394	42.77320	9.0	千歳川周辺ボーリング資料	5-7
141.74911	42.75775	10.5	千歳川周辺ボーリング資料	5-9
141.70138	42.80926	19.6	千歳川周辺ボーリング資料	5-10
141.73299	42.79376	18.3	千歳川周辺ボーリング資料	6-3
141.74661	42.78348	14.6	千歳川周辺ボーリング資料	6-5-P
141.73772	42.75903	12.7	千歳川周辺ボーリング資料	6-7-P
141.73772	42.75903	11.6	千歳川周辺ボーリング資料	6-7-T
141.72716	42.79431	17.1	千歳川周辺ボーリング資料	6-1-S
141.73613	42.80023	17.7	千歳川周辺ボーリング資料	6-2-T1

経度	緯度	Spf層厚(m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.74161	42.80431	12.3	千歳川周辺ボーリング資料	6-3-T2
141.76166	42.81495	2.3	千歳川周辺ボーリング資料	6-5-P
141.59564	42.78587	101.2	千歳川周辺ボーリング資料	6-8-T2
141.62545	42.78676	71.3	千歳川周辺ボーリング資料	6-9-T1
141.69935	42.78817	18.0	千歳川周辺ボーリング資料	6-12-T2
141.71074	42.78867	11.4	千歳川周辺ボーリング資料	6-13-P
141.72244	42.75653	3.8	千歳川周辺ボーリング資料	6-16
141.74022	42.80353	13.2	千歳川周辺ボーリング資料	6-21-o1-1
141.56909	42.80637	11.6	千歳川周辺ボーリング資料	6-22-o1-1
141.55192	42.81470	83.1	千歳川周辺ボーリング資料	6-7-T2
141.67952	42.78714	34.2	千歳川周辺ボーリング資料	6-11-P
141.71074	42.78867	11.4	千歳川周辺ボーリング資料	6-13-S
141.65529	42.80617	42.8	千歳川周辺ボーリング資料	7-2-P
141.67618	42.80859	42.9	千歳川周辺ボーリング資料	7-3-P
141.70299	42.81459	19.0	千歳川周辺ボーリング資料	7-4T
141.73711	42.82131	7.4	千歳川周辺ボーリング資料	7-5-P
141.65837	42.81870	33.5	千歳川周辺ボーリング資料	7-6-P
141.68488	42.82006	30.3	千歳川周辺ボーリング資料	7-8-P
141.71155	42.83001	19.7	千歳川周辺ボーリング資料	7-9-P
141.70544	42.80101	14.0	千歳川周辺ボーリング資料	7-10-P
141.69171	42.81381	32.8	千歳川周辺ボーリング資料	7-11-P
141.72872	42.83029	31.7	千歳川周辺ボーリング資料	7-12-P
141.70669	42.73239	7.6	千歳川周辺ボーリング資料	7-15-P
141.74383	42.73958	4.7	千歳川周辺ボーリング資料	7-18-S
141.74827	42.74681	9.6	千歳川周辺ボーリング資料	7-19-S
141.76578	42.77264	6.5	千歳川周辺ボーリング資料	7-21S
141.75522	42.77209	10.7	千歳川周辺ボーリング資料	7-22S
141.74761	42.78350	16.1	千歳川周辺ボーリング資料	7-28
141.69099	42.74042	8.6	千歳川周辺ボーリング資料	7-14-P
141.65373	42.88916	19.0	千歳川周辺ボーリング資料	8-3-P
141.66513	42.89421	14.6	千歳川周辺ボーリング資料	8-4-P
141.69588	42.89738	15.2	千歳川周辺ボーリング資料	8-6-P
141.71085	42.89835	9.8	千歳川周辺ボーリング資料	8-7-P
141.66218	42.85032	33.0	千歳川周辺ボーリング資料	8-9-P
141.67468	42.85140	27.6	千歳川周辺ボーリング資料	8-10-P
141.70974	42.68588	19.0	千歳川周辺ボーリング資料	8-12-P
141.69327	42.83265	22.2	千歳川周辺ボーリング資料	8-15-S
141.71327	42.80348	13.5	千歳川周辺ボーリング資料	8-16-S
141.74244	42.78820	18.4	千歳川周辺ボーリング資料	8-17-P
141.74522	42.75597	9.0	千歳川周辺ボーリング資料	8-18-P
141.76216	42.71958	0.7	千歳川周辺ボーリング資料	8-19-S
141.69910	42.83404	17.0	千歳川周辺ボーリング資料	8-20-S
141.71716	42.80792	17.3	千歳川周辺ボーリング資料	8-21-S
141.74966	42.78820	16.5	千歳川周辺ボーリング資料	8-22-S
141.75050	42.75764	6.5	千歳川周辺ボーリング資料	8-23-S
141.76550	42.72319	1.0	千歳川周辺ボーリング資料	8-24-S
141.75558	42.70805	2.9	千歳川周辺ボーリング資料	8-27-P
141.76391	42.71139	3.2	千歳川周辺ボーリング資料	8-28-P
141.69835	42.79337	22.1	千歳川周辺ボーリング資料	8-37-P
141.72077	42.78023	6.4	千歳川周辺ボーリング資料	8-39-P
141.73855	42.73861	9.3	千歳川周辺ボーリング資料	8-45-P
141.44417	42.84564	40.0	支笏湖周辺地下水調査報告	1
141.48792	42.84627	69.2	支笏湖周辺地下水調査報告	2
141.49858	42.84568	113.8	支笏湖周辺地下水調査報告	3
141.53732	42.86133	66.2	支笏湖周辺地下水調査報告	4
141.53882	42.86457	70.8	支笏湖周辺地下水調査報告	5
141.54232	42.86564	64.6	支笏湖周辺地下水調査報告	6

経度	緯度	Spfl層厚 (m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.55150	42.86465	62.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	7
141.56866	42.86311	66.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	8
141.57237	42.86637	69.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	9
141.59091	42.87081	54.6	支笏湖周辺地下水源調査報告	11
141.58829	42.86609	66.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	12
141.59487	42.84252	80.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	14
141.61286	42.85852	52.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	15
141.62360	42.84777	55.4	支笏湖周辺地下水源調査報告	16
141.62522	42.84452	56.9	支笏湖周辺地下水源調査報告	17
141.63728	42.83782	46.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	18
141.63740	42.84892	50.8	支笏湖周辺地下水源調査報告	19
141.64609	42.85401	44.6	支笏湖周辺地下水源調査報告	20
141.64880	42.86671	32.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	21
141.64777	42.87361	30.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	22
141.67299	42.85926	16.9	支笏湖周辺地下水源調査報告	23
141.66452	42.84119	27.7	支笏湖周辺地下水源調査報告	24
141.57029	42.80815	63.1	支笏湖周辺地下水源調査報告	25
141.62949	42.81271	85.4	支笏湖周辺地下水源調査報告	27
141.65011	42.81665	44.6	支笏湖周辺地下水源調査報告	29
141.65219	42.82192	38.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	30
141.65919	42.82363	39.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	31
141.66989	42.82736	27.7	支笏湖周辺地下水源調査報告	32
141.71412	42.80680	24.6	支笏湖周辺地下水源調査報告	34
141.57963	42.78470	82.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	40
141.65120	42.74550	32.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	42
141.70727	42.73732	10.8	支笏湖周辺地下水源調査報告	43
141.69846	42.72128	12.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	45
141.70707	42.70418	15.4	支笏湖周辺地下水源調査報告	47
141.42775	42.59695	60.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	51
141.43152	42.58543	55.4	支笏湖周辺地下水源調査報告	52
141.48603	42.60415	40.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	53
141.49068	42.61387	55.4	支笏湖周辺地下水源調査報告	55
141.49479	42.62413	30.8	支笏湖周辺地下水源調査報告	56
141.54202	42.62040	39.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	57
141.54303	42.63190	38.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	58
141.57170	42.62202	38.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	59
141.58257	42.62805	23.1	支笏湖周辺地下水源調査報告	60
141.59466	42.62799	16.9	支笏湖周辺地下水源調査報告	61
141.59566	42.65625	87.7	支笏湖周辺地下水源調査報告	64
141.61836	42.65383	16.9	支笏湖周辺地下水源調査報告	65
141.61849	42.64856	21.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	66
141.62596	42.64446	18.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	68
141.62686	42.64297	16.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	69
141.63516	42.63034	9.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	70
141.64066	42.63072	13.8	支笏湖周辺地下水源調査報告	71
141.63880	42.64547	13.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	72
141.64757	42.64353	11.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	73
141.65319	42.63768	7.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	74
141.65907	42.63954	10.0	支笏湖周辺地下水源調査報告	75
141.67077	42.65422	7.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	76
141.64601	42.66978	13.1	支笏湖周辺地下水源調査報告	77
141.65520	42.68907	44.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	78
141.67188	42.67166	6.9	支笏湖周辺地下水源調査報告	79
141.68433	42.67023	6.2	支笏湖周辺地下水源調査報告	80
141.68392	42.63331	12.3	支笏湖周辺地下水源調査報告	83
141.62889	42.87089	41.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	101
141.65979	42.63345	18.5	支笏湖周辺地下水源調査報告	102

経度	緯度	Spfl層厚 (m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.69700	42.82642	29.2	地域地質研究報告 千歳地域の地質	12
141.65090	42.82121	24.6	地域地質研究報告 千歳地域の地質	9
141.64998	42.81628	29.2	地域地質研究報告 千歳地域の地質	10
141.62262	42.80959	43.1	地域地質研究報告 千歳地域の地質	8
141.66183	42.82224	18.5	地域地質研究報告 千歳地域の地質	11
141.70782	42.73675	6.2	地域地質研究報告 千歳地域の地質	17
141.70746	42.70423	8.5	地域地質研究報告 千歳地域の地質	22
141.67541	42.67301	4.6	地域地質研究報告 千歳地域の地質	26
141.68653	42.67120	4.6	地域地質研究報告 千歳地域の地質	27
141.68788	42.66983	3.1	地域地質研究報告 千歳地域の地質	28
141.70958	42.67335	13.1	地域地質研究報告 千歳地域の地質	29
141.64790	42.67015	7.7	地域地質研究報告 千歳地域の地質	25
141.65252	42.68529	27.7	地域地質研究報告 千歳地域の地質	24
141.56686	42.78284	48.4	地域地質研究報告 千歳地域の地質	4
141.57967	42.78634	50.8	地域地質研究報告 千歳地域の地質	5
141.50422	42.79528	50.0	地域地質研究報告 千歳地域の地質	1
141.57094	42.80812	38.5	地域地質研究報告 千歳地域の地質	3
141.56933	42.71405	43.1	地域地質研究報告 千歳地域の地質	19
141.66179	42.74241	20.0	地域地質研究報告 千歳地域の地質	16
141.65148	42.94157	18.5	千歳地区表層地質調査報告書	MN-a-12
141.64958	42.93563	11.8	千歳地区表層地質調査報告書	MN-a-19
141.65093	42.93759	10.9	千歳地区表層地質調査報告書	MN-a-20
141.65104	42.93904	12.6	千歳地区表層地質調査報告書	MN-a-21
141.64653	42.93065	17.6	千歳地区表層地質調査報告書	MN-a-24
141.64955	42.92390	17.6	千歳地区表層地質調査報告書	MN-a-26
141.67473	42.92507	5.3	千歳地区表層地質調査報告書	MN-n-8
141.67115	42.92151	12.4	千歳地区表層地質調査報告書	MN-n-9
141.62766	42.90296	2.6	千歳地区表層地質調査報告書	OT-a-5
141.66309	42.88250	22.9	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-54
141.67910	42.88318	17.4	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-59
141.67956	42.88322	15.4	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-61
141.67988	42.88338	15.0	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-62
141.68089	42.88328	13.2	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-63
141.68186	42.88330	7.1	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-64
141.68338	42.88343	10.3	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-65
141.68393	42.88343	12.9	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-66
141.68448	42.88349	12.6	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-67
141.68481	42.88352	12.6	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-68
141.68803	42.88367	9.7	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-70
141.68858	42.88367	10.9	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-71
141.69226	42.88385	5.3	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-73
141.70669	42.88312	5.6	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-78
141.70852	42.88284	8.8	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-81
141.70880	42.88277	8.5	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-86
141.70917	42.88273	9.1	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-87
141.70985	42.88256	9.4	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-88
141.71036	42.88249	9.1	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-89
141.71128	42.88228	9.7	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-91
141.71343	42.88156	7.9	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-93
141.71389	42.88169	8.2	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-94
141.71440	42.88155	7.9	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-95
141.71471	42.88111	8.8	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-98
141.71783	42.88058	3.2	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-99
141.62679	42.87614	10.0	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-112
141.63313	42.87520	9.7	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-114
141.63395	42.87499	10.6	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-116

経度	緯度	Spfl層厚(m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.63614	42.87748	8.8	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-117
141.64196	42.87579	10.0	千歳地区表層地質調査報告書	OT-c-121
141.62324	42.92080	29.4	千歳地区表層地質調査報告書	EW-01
141.63823	42.93981	16.3	千歳地区表層地質調査報告書	EW-03
141.65470	42.94435	16.3	千歳地区表層地質調査報告書	NN-01
141.65953	42.92789	14.0	千歳地区表層地質調査報告書	NN-04
141.65998	42.89175	23.3	千歳地区表層地質調査報告書	NN-05
141.70252	42.90425	9.3	千歳地区表層地質調査報告書	NN-06
141.64979	42.88938	7.0	千歳地区表層地質調査報告書	CT-02
141.63203	42.87357	32.6	千歳地区表層地質調査報告書	CT-03
141.64856	42.87272	25.6	千歳地区表層地質調査報告書	CT-04
141.64917	42.86525	14.0	千歳地区表層地質調査報告書	CT-05
141.67380	42.86369	23.3	千歳地区表層地質調査報告書	CT-06
141.63526	42.86116	34.9	千歳地区表層地質調査報告書	CT-07
141.63203	42.85048	48.8	千歳地区表層地質調査報告書	CT-08
141.63764	42.84890	39.5	千歳地区表層地質調査報告書	CT-09
141.64053	42.84748	23.3	千歳地区表層地質調査報告書	CT-10
141.62500	42.84549	27.9	千歳地区表層地質調査報告書	CT-11
141.62628	42.84530	46.5	千歳地区表層地質調査報告書	CT-13
141.62884	42.84508	46.5	千歳地区表層地質調査報告書	CT-14
141.62424	42.84184	51.2	千歳地区表層地質調査報告書	CT-16
141.62413	42.84016	34.9	千歳地区表層地質調査報告書	CT-19
141.62557	42.83990	30.2	千歳地区表層地質調査報告書	CT-20
141.63764	42.83743	40.7	千歳地区表層地質調査報告書	CT-21
141.66433	42.84146	23.3	千歳地区表層地質調査報告書	CT-22
141.66422	42.84196	25.6	千歳地区表層地質調査報告書	CT-23
141.64435	43.03746	7.7	北海道水理地質図幅説明書 札幌	78
141.64896	43.01341	13.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	81
141.67643	42.98623	13.1	北海道水理地質図幅説明書 札幌	86
141.68478	42.97595	13.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	87
141.69996	42.96400	10.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	88
141.59237	42.86936	86.9	北海道水理地質図幅説明書 札幌	101
141.63948	42.88647	49.2	北海道水理地質図幅説明書 札幌	102
141.66239	42.89255	40.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	103
141.69992	42.90393	18.5	北海道水理地質図幅説明書 札幌	104
141.43076	43.03154	13.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	134
141.44280	43.02747	20.0	北海道水理地質図幅説明書 札幌	133
141.46928	43.02032	24.6	北海道水理地質図幅説明書 札幌	132
141.48018	43.01581	10.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	131
141.59020	42.99958	15.6	北海道水理地質図幅説明書 札幌	84
141.59655	42.97215	16.3	北海道水理地質図幅説明書 札幌	90
141.60906	42.95466	18.1	北海道水理地質図幅説明書 札幌	91
141.63767	42.94299	20.6	北海道水理地質図幅説明書 札幌	93
141.59333	42.93345	28.1	北海道水理地質図幅説明書 札幌	94
141.65613	42.92720	17.5	北海道水理地質図幅説明書 札幌	96
141.62140	42.91851	16.3	北海道水理地質図幅説明書 札幌	97
141.60448	42.89067	15.0	北海道水理地質図幅説明書 札幌	99
141.64735	42.85429	17.5	北海道水理地質図幅説明書 札幌	105
141.67900	42.86397	33.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	106
141.48819	42.93970	13.1	北海道水理地質図幅説明書 札幌	112
141.44843	42.99430	30.0	北海道水理地質図幅説明書 札幌	121
141.46720	43.05888	15.0	北海道水理地質図幅説明書 札幌	127
141.46265	43.03360	13.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	129
141.47904	43.02700	6.9	北海道水理地質図幅説明書 札幌	130
141.44366	43.06080	15.0	北海道水理地質図幅説明書 札幌	157

経度	緯度	Spfl層厚(m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.42920	43.05752	6.9	北海道水理地質図幅説明書 札幌	156
141.43515	43.00301	10.0	北海道水理地質図幅説明書 札幌	136
141.59069	42.88059	13.8	北海道水理地質図幅説明書 札幌	100
141.58373	42.62944	36.9	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	63
141.59526	42.64243	26.2	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	56
141.61916	42.65682	30.8	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	54
141.67354	42.67419	15.4	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	50
141.68831	42.67122	9.2	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	49
141.76788	42.69475	4.6	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	18
141.70862	42.73721	18.5	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	10
141.21429	42.46457	9.2	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	81
141.25937	42.49446	33.8	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	80
141.31039	42.52715	29.2	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	77
141.35520	42.55946	18.5	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	74
141.36699	42.56216	36.9	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	73
141.38919	42.57363	36.9	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	72
141.41586	42.58223	15.4	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	70
141.43191	42.58955	33.8	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	69
141.48286	42.60779	18.5	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	67
141.54305	42.62482	29.2	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	65
141.60090	42.63494	30.8	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	60
141.62753	42.63338	23.1	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	52
141.76908	42.62552	10.8	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	40
141.78586	42.62616	4.6	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	39
141.80385	42.71210	4.6	北海道水理地質図幅説明書 苫小牧・室蘭	16
141.42088	43.04563	3.8	北海道地盤地質図説明書 野幌	61
141.43628	43.04530	15.4	北海道地盤地質図説明書 野幌	65
141.44393	43.04520	16.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	67
141.45197	43.04707	16.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	72
141.46290	43.04161	16.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	73
141.47129	43.04178	15.4	北海道地盤地質図説明書 野幌	74
141.38859	43.01274	6.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	85
141.41842	43.02264	4.6	北海道地盤地質図説明書 野幌	93
141.44239	43.02350	9.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	95
141.44728	43.02341	23.8	北海道地盤地質図説明書 野幌	104
141.46994	43.02197	13.8	北海道地盤地質図説明書 野幌	107
141.48087	43.01679	6.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	108
141.49506	43.01605	9.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	112
141.49828	43.01495	6.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	114
141.50913	43.01193	7.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	115
141.44245	42.96696	4.6	北海道地盤地質図説明書 野幌	130
141.46153	42.96959	24.6	北海道地盤地質図説明書 野幌	131
141.47361	42.97177	6.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	132
141.47639	42.97298	4.6	北海道地盤地質図説明書 野幌	133
141.48045	42.97425	4.6	北海道地盤地質図説明書 野幌	134
141.56184	42.98179	3.1	北海道地盤地質図説明書 野幌	146
141.56443	42.98225	7.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	148
141.56356	42.96812	5.4	北海道地盤地質図説明書 野幌	144
141.56307	42.97536	7.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	145
141.56244	42.99700	6.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	119
141.45041	42.98492	18.5	北海道地盤地質図説明書 野幌	96
141.44899	42.99209	16.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	97
141.45140	42.99425	29.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	98
141.44674	43.00015	26.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	99
141.44409	43.00321	27.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	100
141.44595	43.00529	27.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	101

経度	緯度	Spfl層厚 (m)	データ引用資料	箇所番号 (資料毎)
141.44500	43.00831	26.9	北海道地盤地質図説明書 野幌	102
141.44927	43.01160	26.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	103
141.44474	43.02934	10.0	北海道地盤地質図説明書 野幌	105
141.44307	43.03435	11.5	北海道地盤地質図説明書 野幌	106
141.44430	43.03908	13.8	北海道地盤地質図説明書 野幌	66
141.44932	43.05103	15.4	北海道地盤地質図説明書 野幌	68
141.44511	43.06133	9.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	69
141.44758	43.06551	13.8	北海道地盤地質図説明書 野幌	70
141.44711	43.06960	9.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	71
141.45198	43.07422	3.1	北海道地盤地質図説明書 野幌	38
141.41628	43.00585	6.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	90
141.42056	43.01178	7.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	91
141.41735	43.01402	9.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	92
141.41950	43.05865	7.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	62
141.42046	43.06406	7.7	北海道地盤地質図説明書 野幌	63
141.56959	42.98050	9.2	北海道地盤地質図説明書 野幌	149

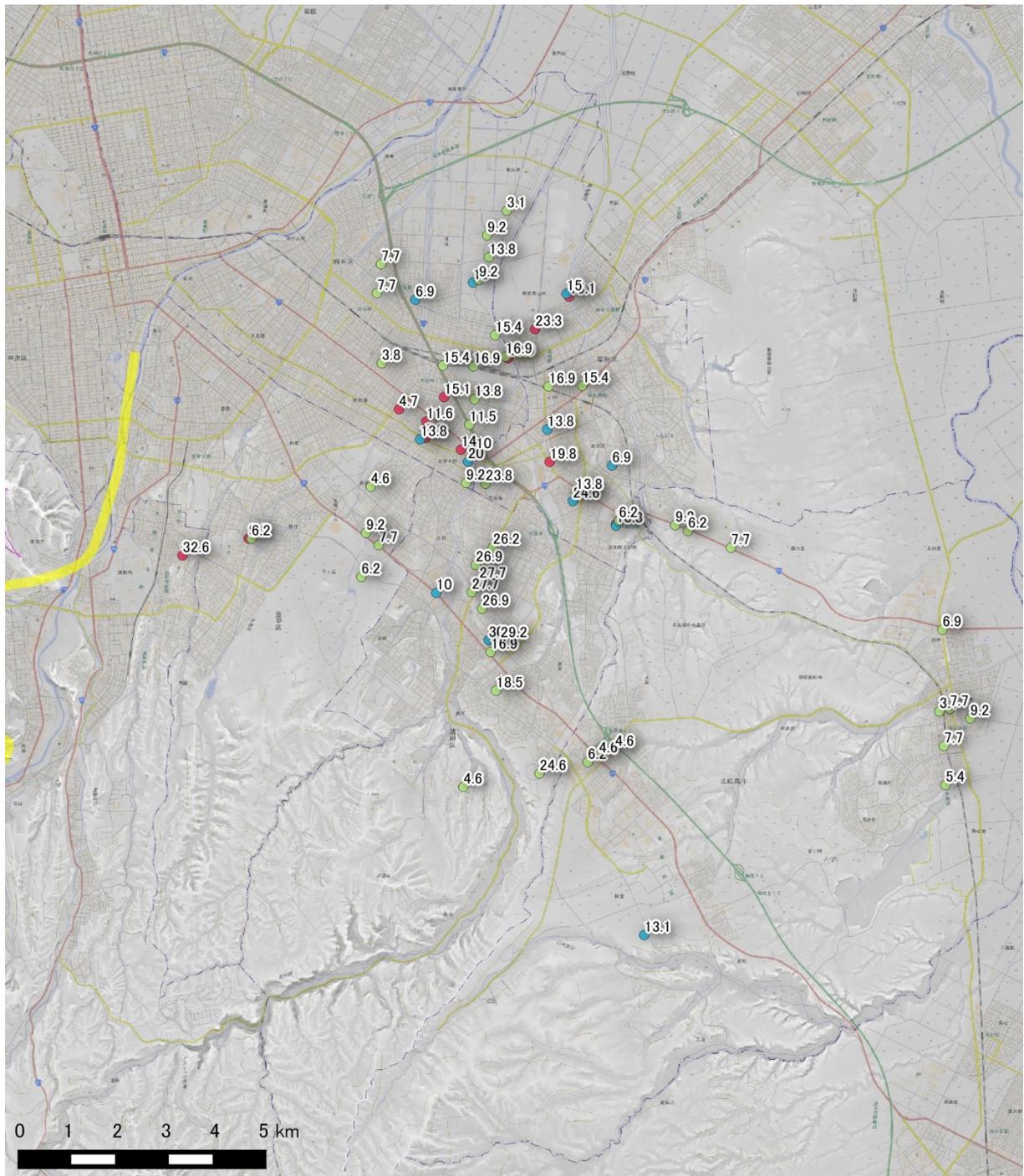


図 2.2 支笏火砕流堆積物の層厚分布 1 (札幌周辺)

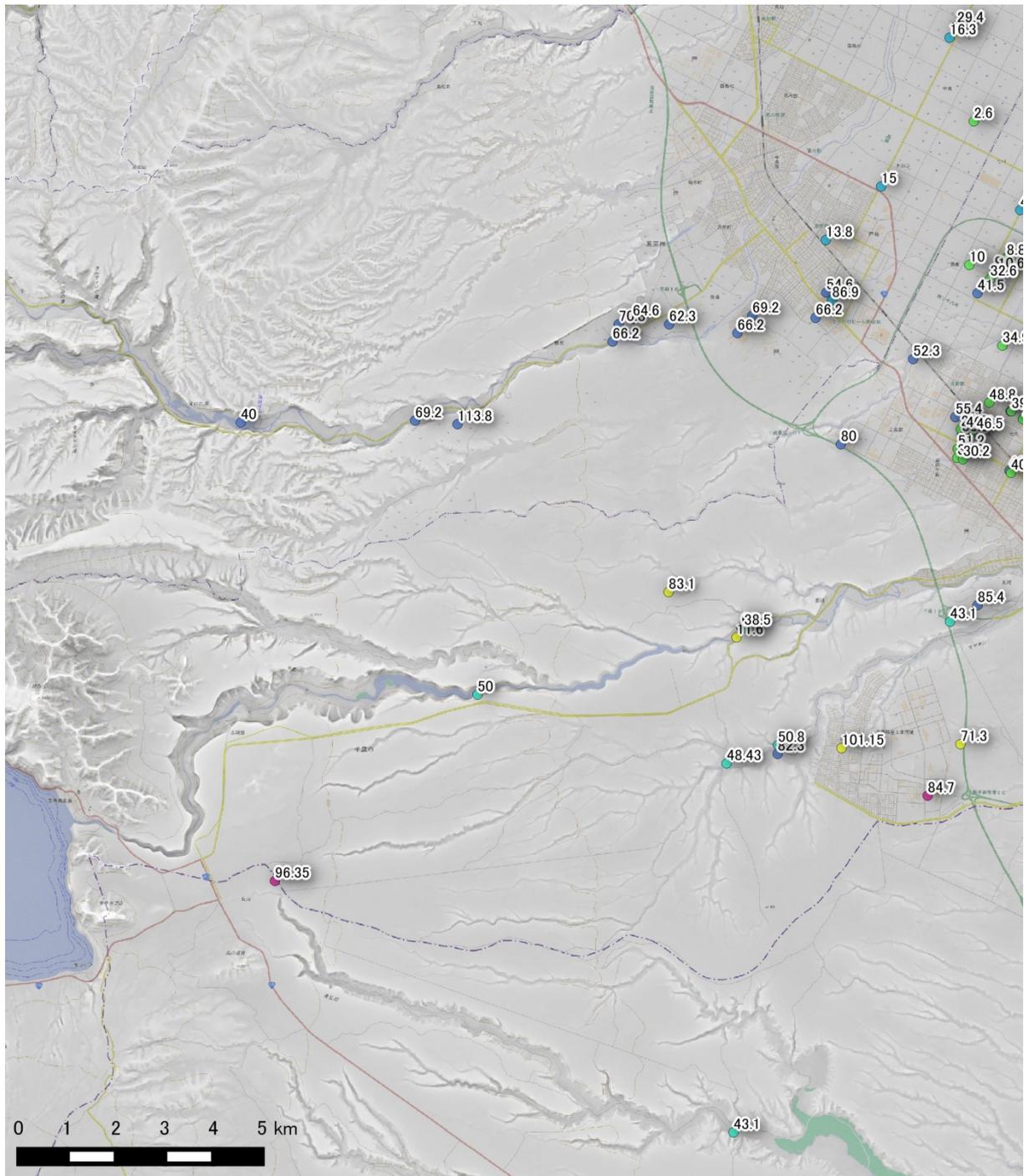


図 2.3 支笏火砕流堆積物の層厚分布 2 (千歳川上流域)

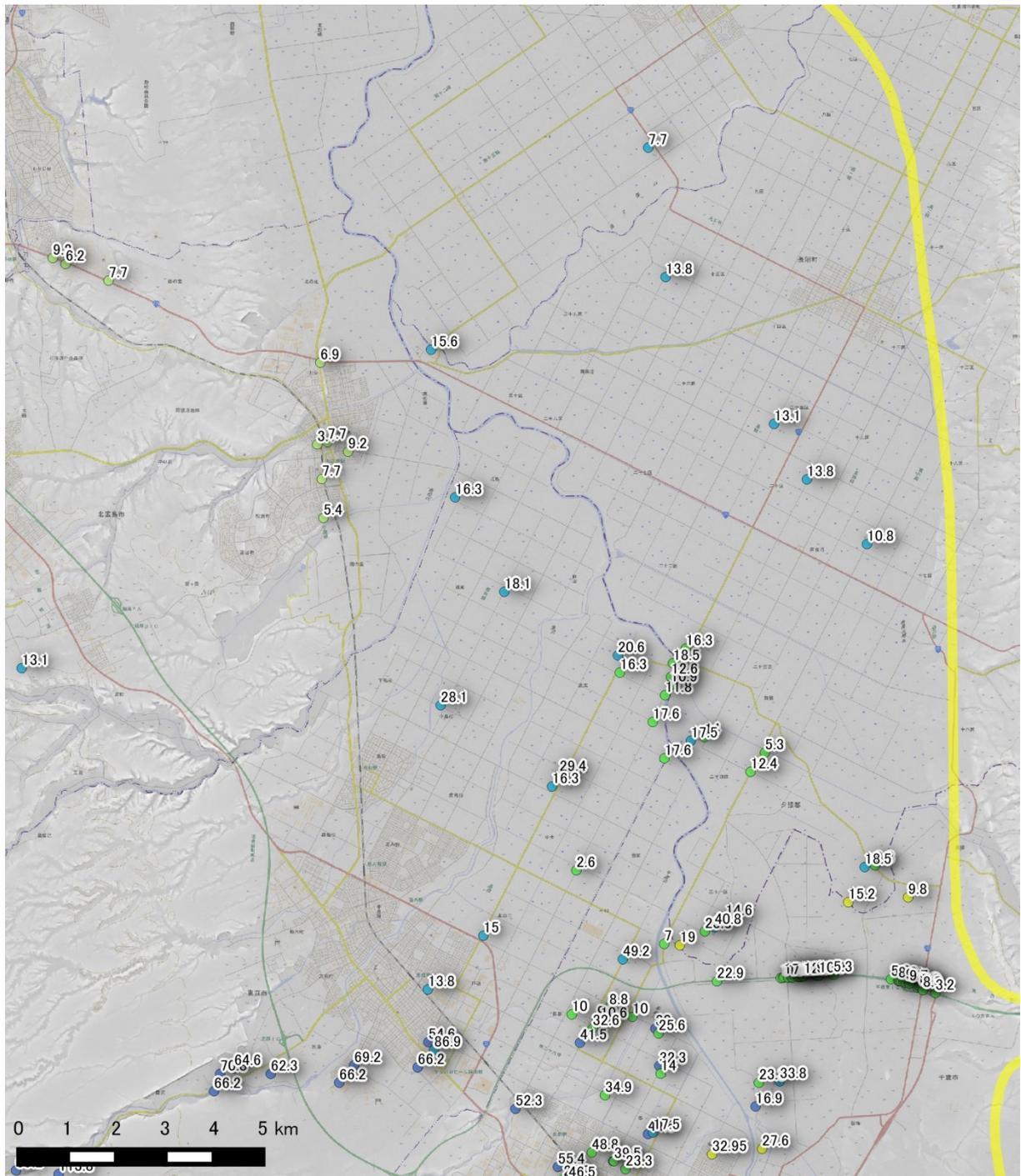


図 2.4 支笏火砕流堆積物の層厚分布 3 (北広島周辺)

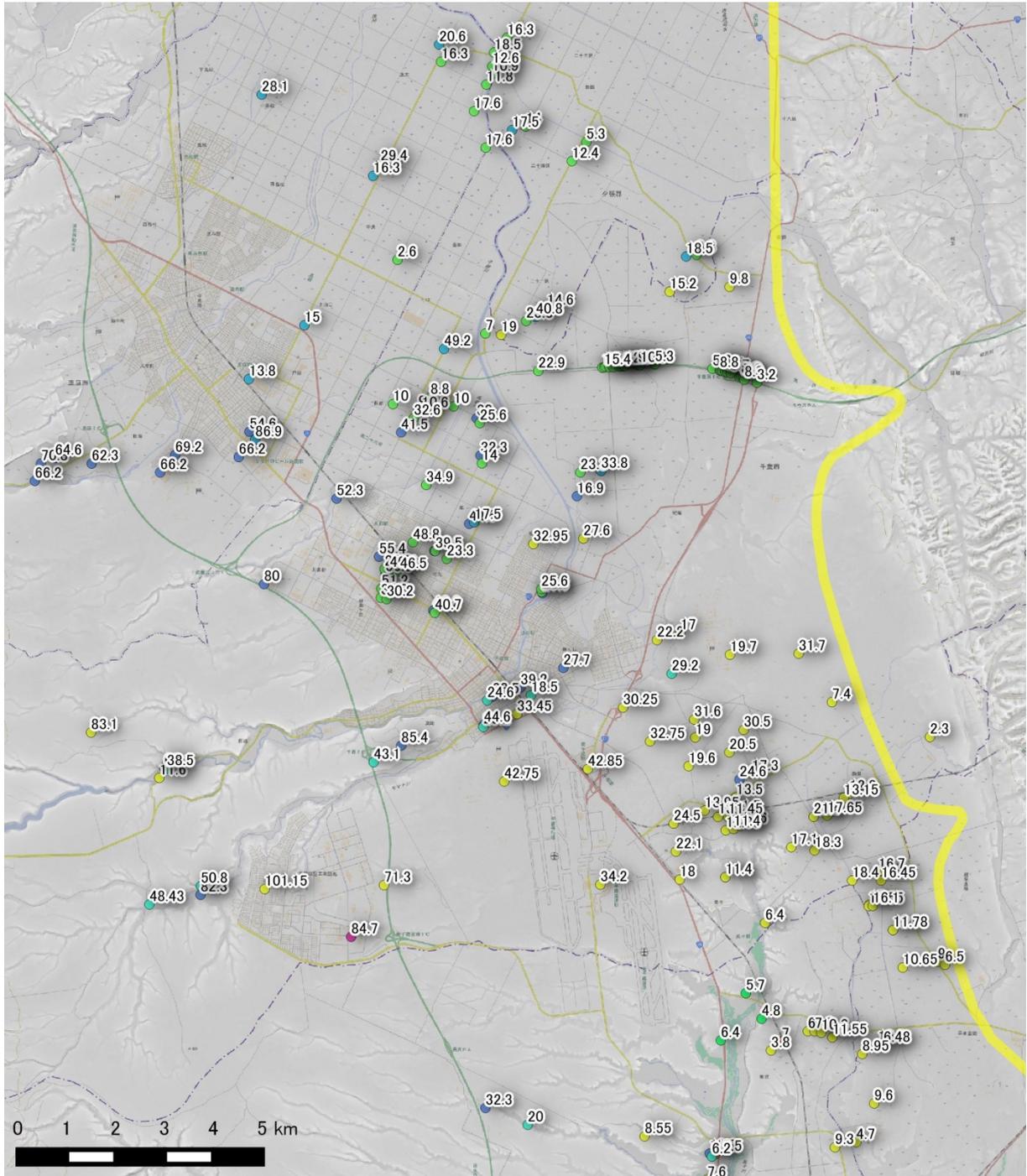


図 2.5 支笏火砕流堆積物の層厚分布 4 (千歳周辺)

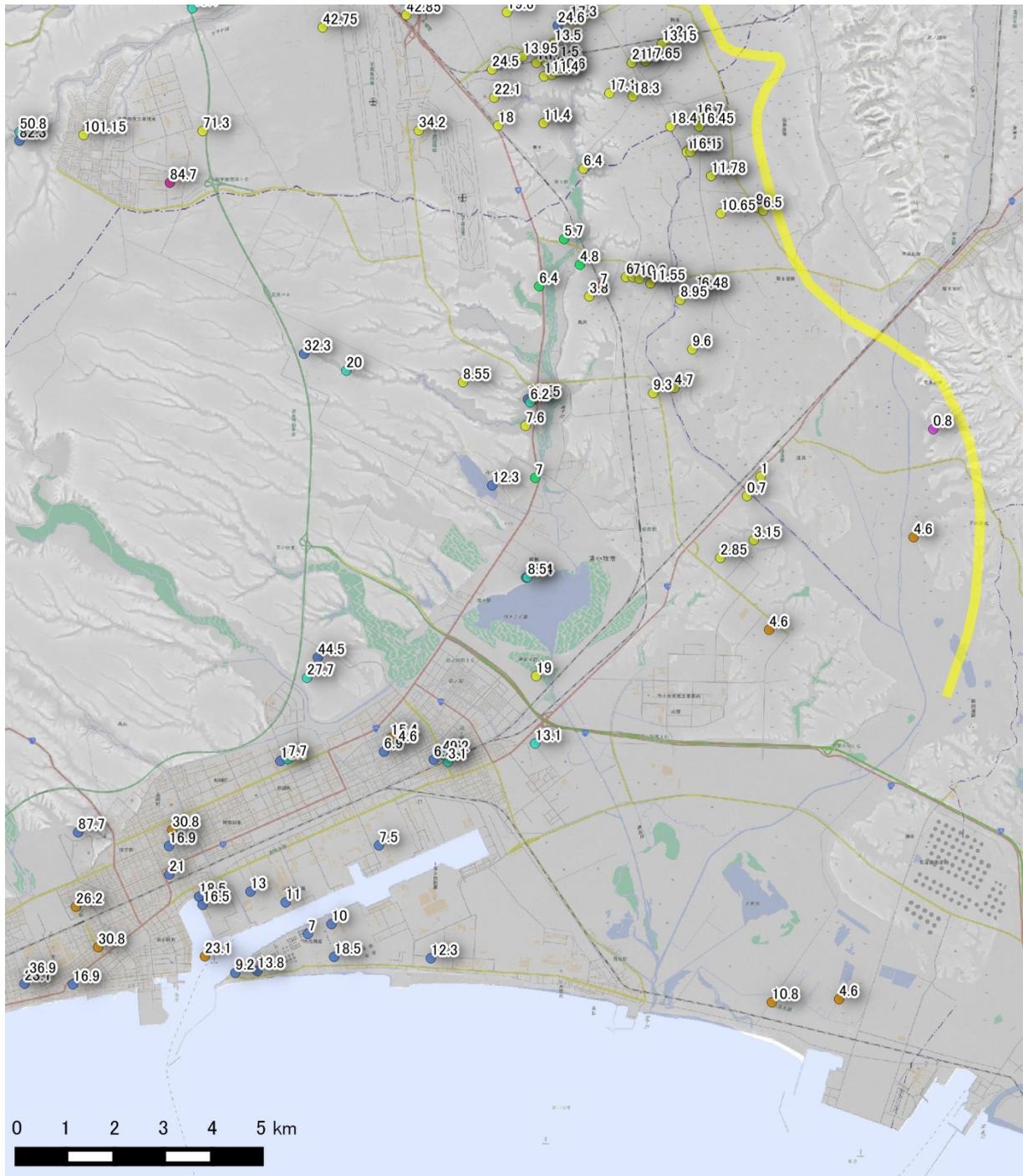


図 2.6 支笏火砕流堆積物の層厚分布 5 (苫小牧東部)

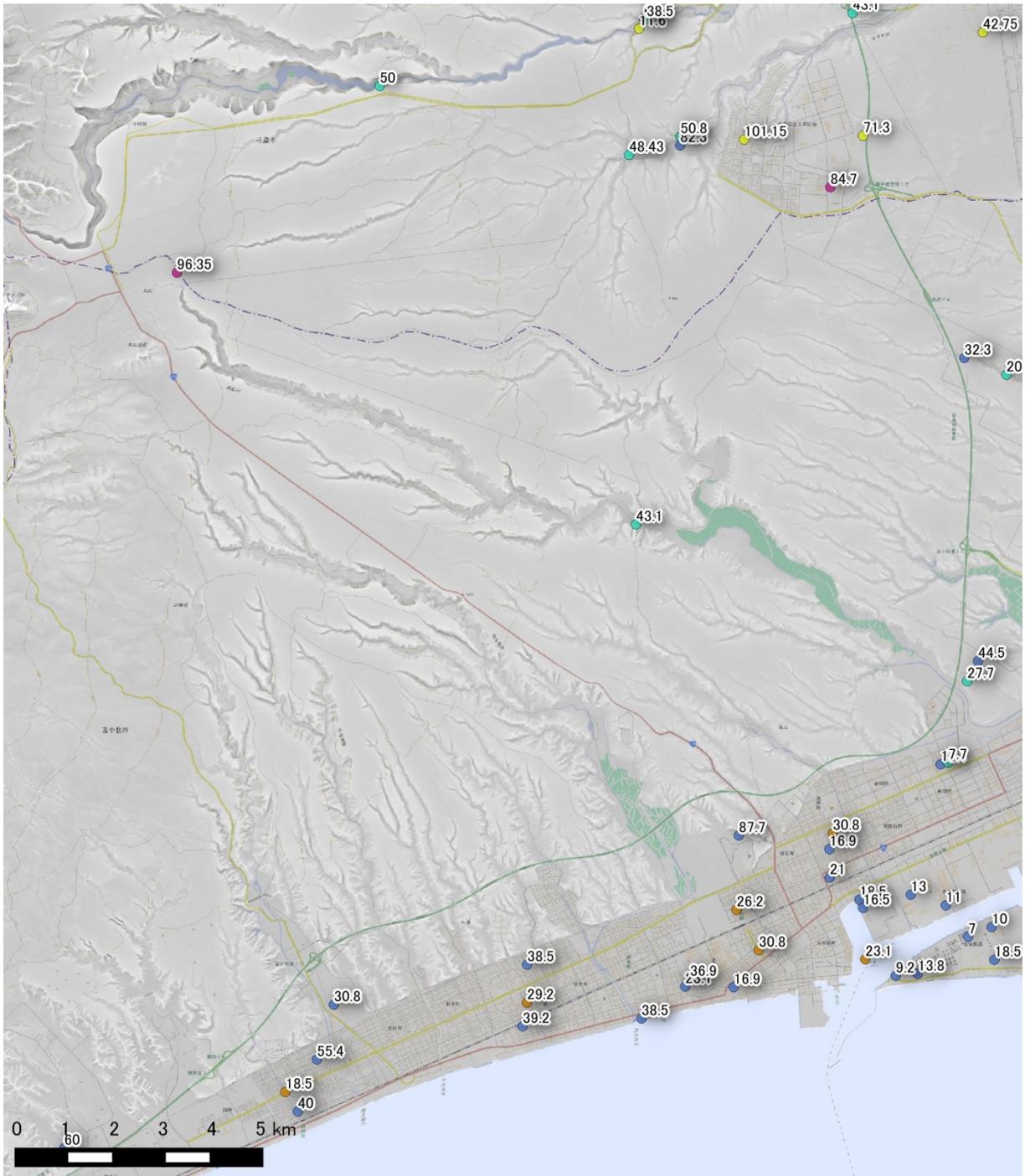


図 2.7 支笏火砕流堆積物の層厚分布 6 (苫小牧西部)

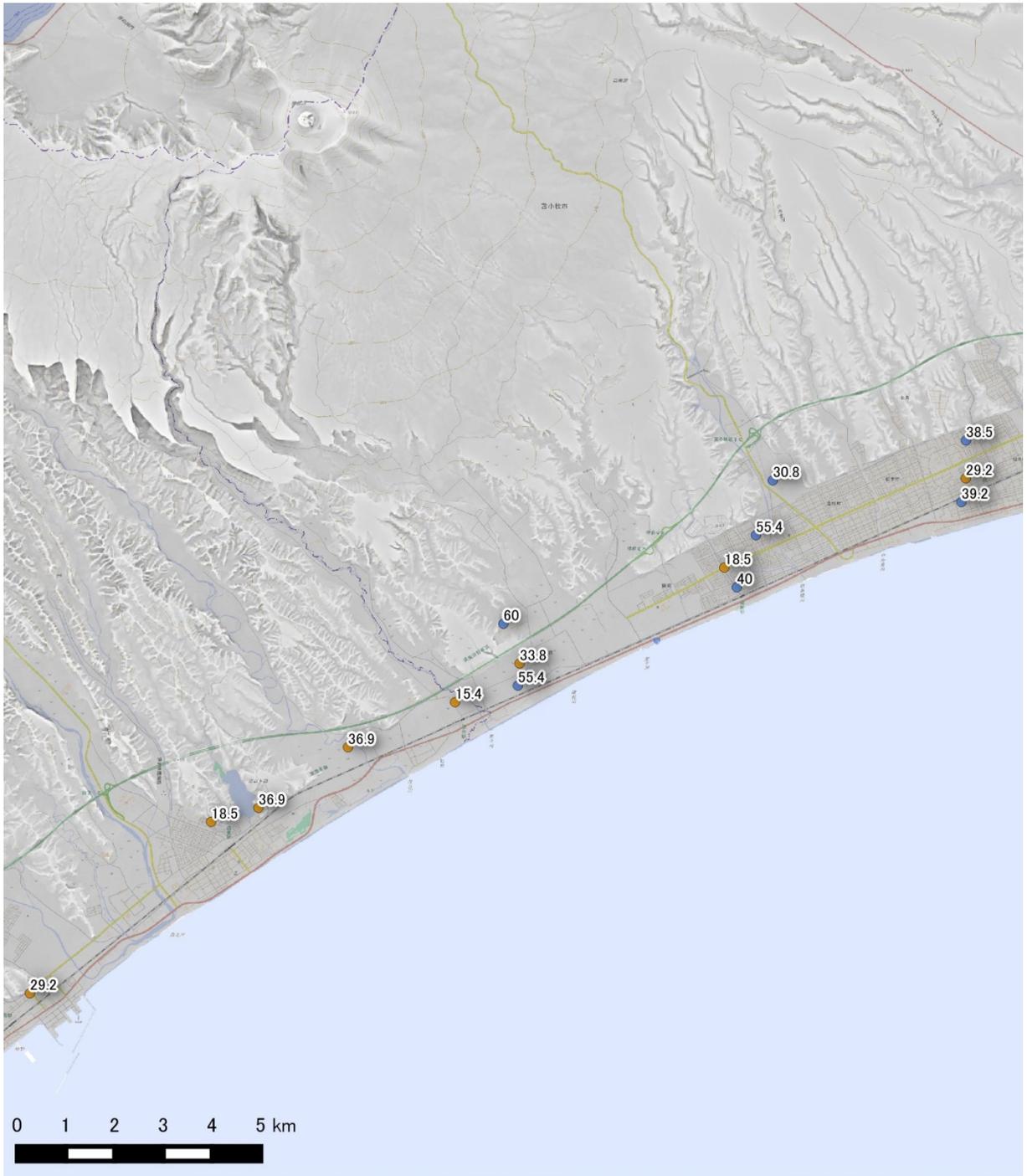


図 2.8 支笏火砕流堆積物の層厚分布 7 (白老周辺)

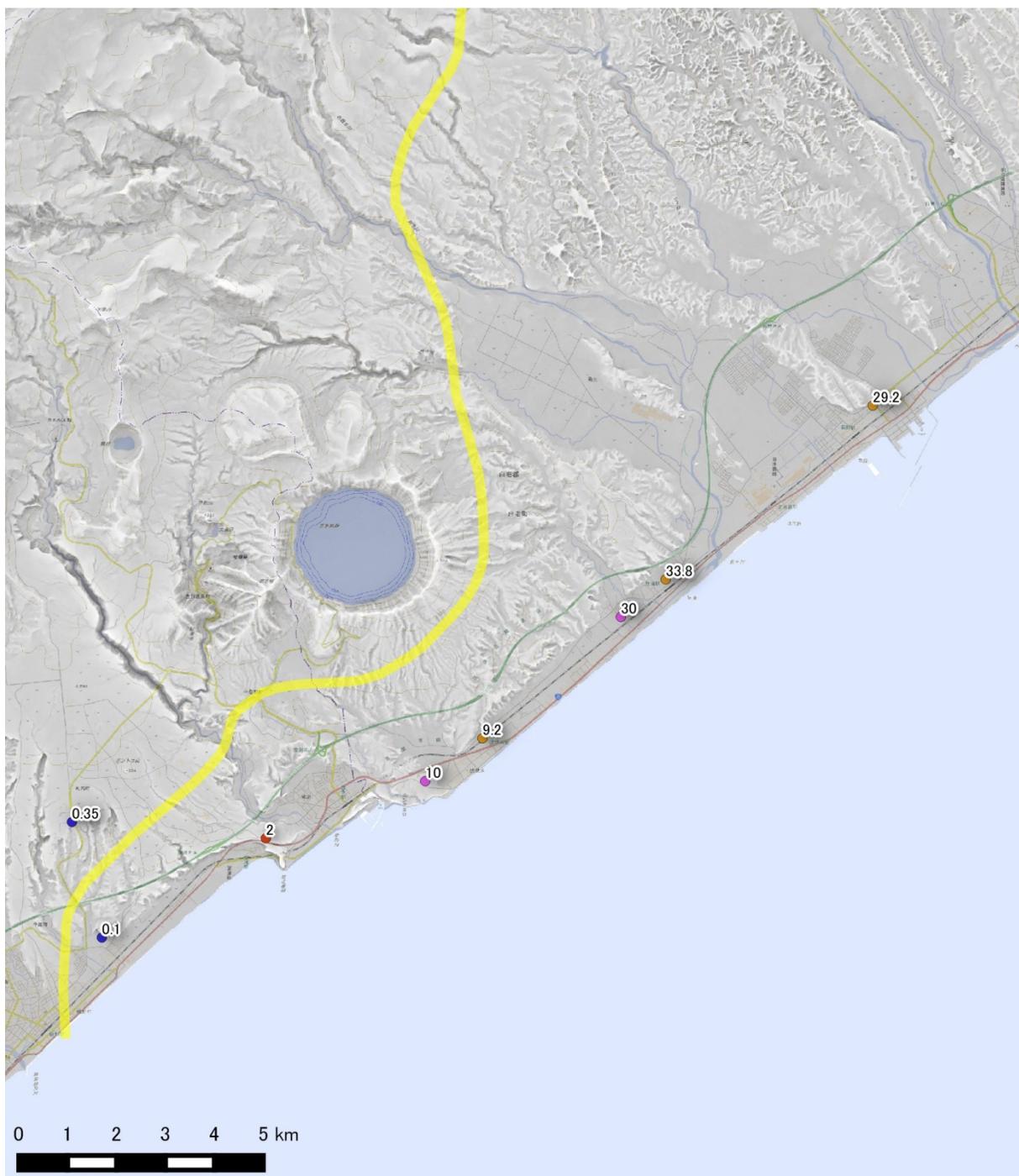


図 2.9 支笏火砕流堆積物の層厚分布 8 (倶多楽湖周辺)

### 2.3 算出範囲の区分設定

火砕流堆積物の堆積量を算出するため、火砕流堆積物の流下方向や層厚情報の粗密から分布域を、①東～南方、②西方、③北方の3つのエリアに区分して、エリアごとに層厚を推定した(図2.10)。東～南方エリアでは、火砕流堆積物は面的に分布傾向するのに対して西方エリアと北方エリアでは火砕流堆積物は谷沿いを流下しており堆積傾向が異なっている。

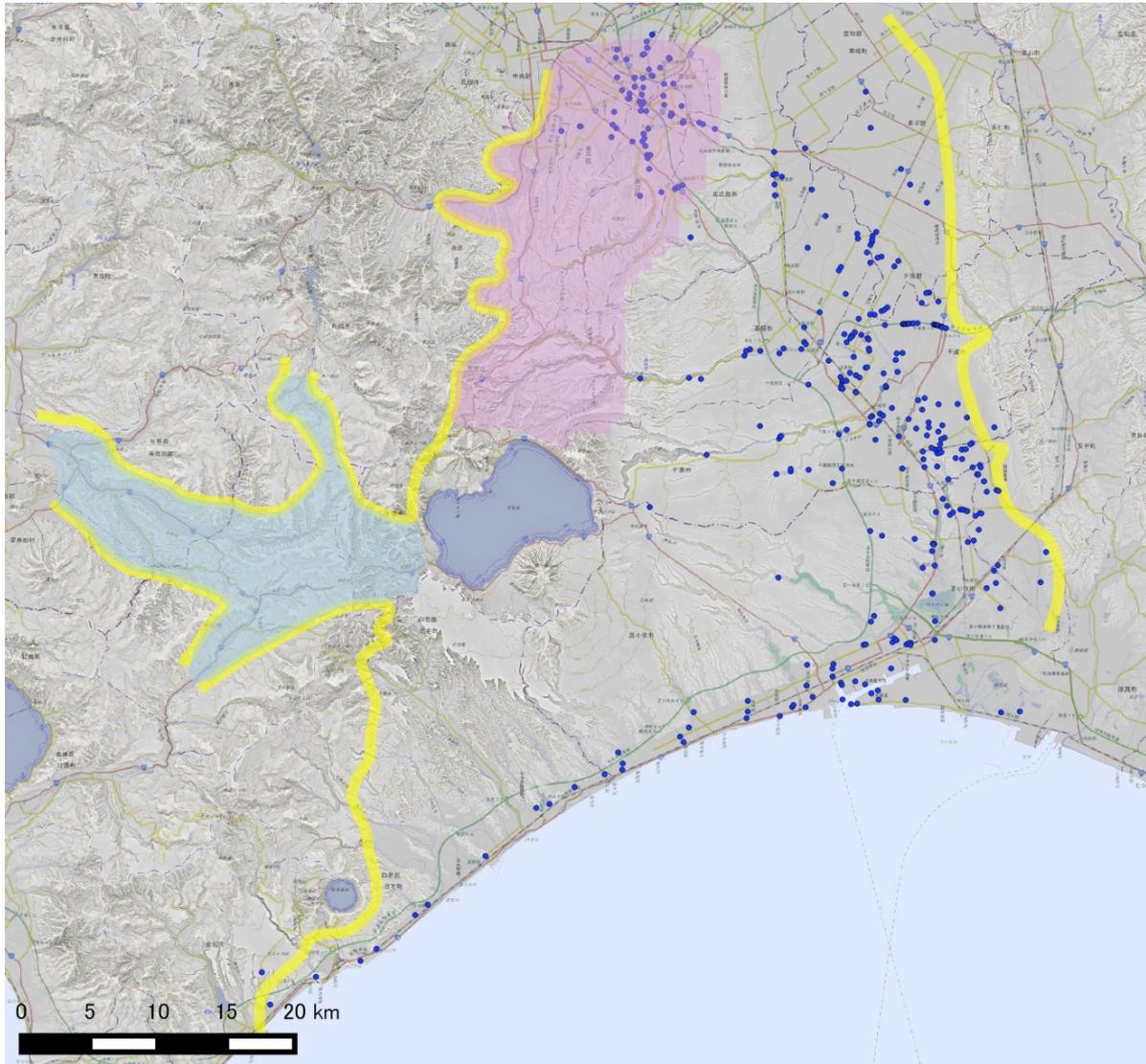


図 2.10 算出範囲の区分(ピンク部が北方エリア, 水色部が西方エリア, 残りが東～南方エリア)

### 2.4 東～南方地域の堆積量

東～南方地域のうち、特にカルデラ東方ではボーリング調査等が多く実施されており、層厚情報が得られている。そこで、カルデラの近傍から遠方まで連続的に層厚情報が得られている千歳川周辺のエリアを対象に層厚の分布傾向を解析し(図2.11)、解析結果を東～南方全域に反映することで、堆積量を算出した。北海道大学が平成26～27年度に実施した2地点は、水平距離で約14km離れているのに対し、層厚の減少は約10mである。従って、火口近傍の層厚データは限ら

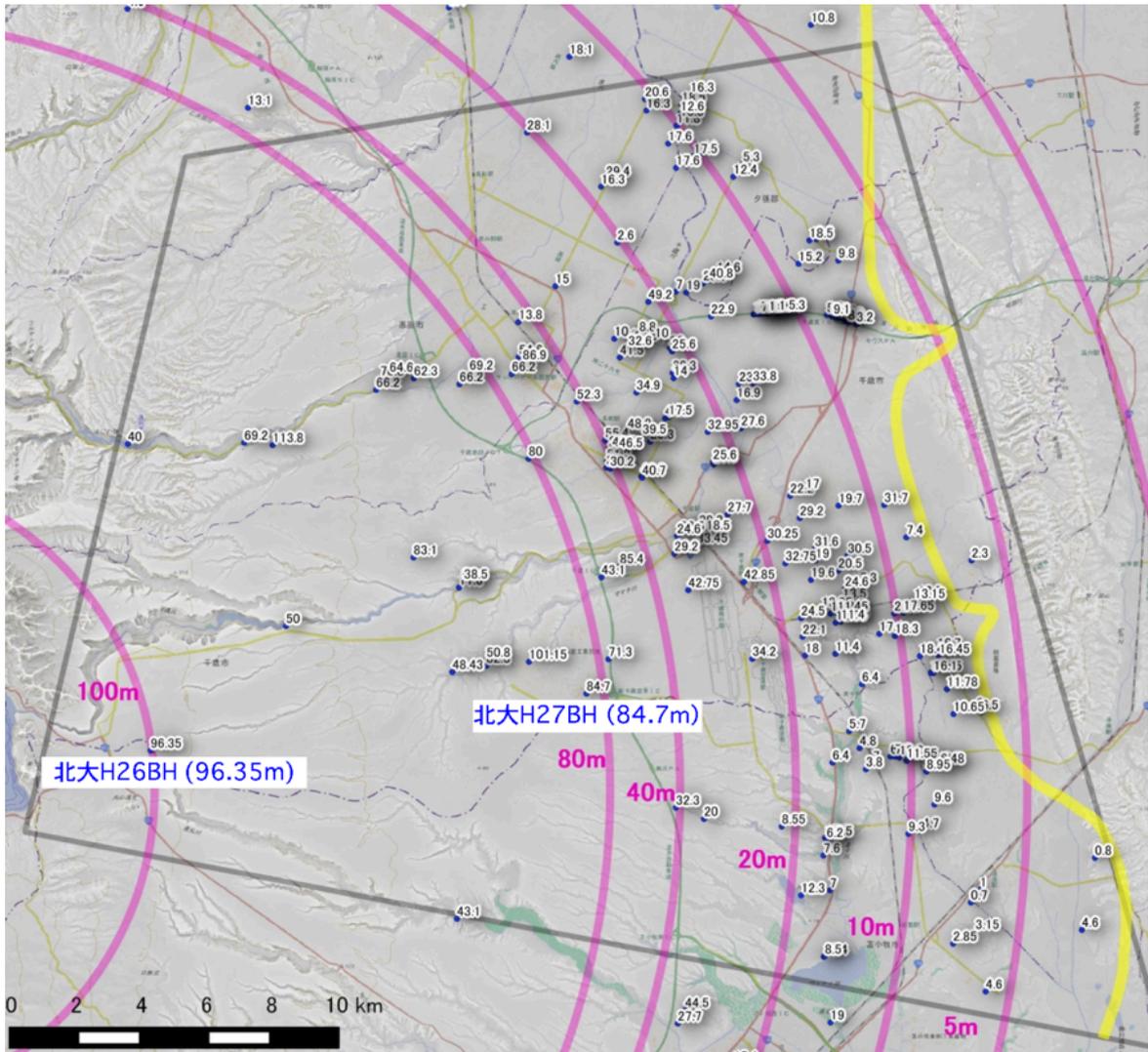


図 2.11 距離と層厚の関係から推定した火砕流堆積物の等層厚線図

れているものの、全体の傾向として近傍～24km 付近では火口からの距離に応じた層厚の減少は小さく、24km～遠方では層厚の減少が大きいことがわかる。

図 2.11 に示す解析エリア内の層厚情報について、カルデラ中心 (141.33339E, 42.74822N) からの距離と火砕流堆積物の層厚の関係を図 2.12 にプロットした。カルデラ近傍では火砕流堆積物の層厚情報が限られていることから、北海道大学のボーリング調査の2地点の情報をもとに、カルデラ中心からの距離 10km で層厚 100m、火口からの距離 24km で層厚 80m と仮定し、直線近似とする。一方、カルデラ中心からの距離 24km 以遠のプロットをもとに層厚変化を指数近似とする。そして、カルデラ中心からの距離に応じた火砕流堆積物の層厚を設定するため、東～南方地域を 1km のグリッドに分割し、設定した近似式をもとに、カルデラ中心とグリッドの中心座標の距離から、各グリッドの層厚を設定した (図 2.13)。南方の現在の海域については、噴火時の 4 万年前は氷期であったため、東方と同様に乾陸上に堆積したものと考えている。グリッドごとに設定した層厚から算出した東～南地域の支笏火砕流堆積物のみかけ堆積は、105.7km<sup>3</sup>である。

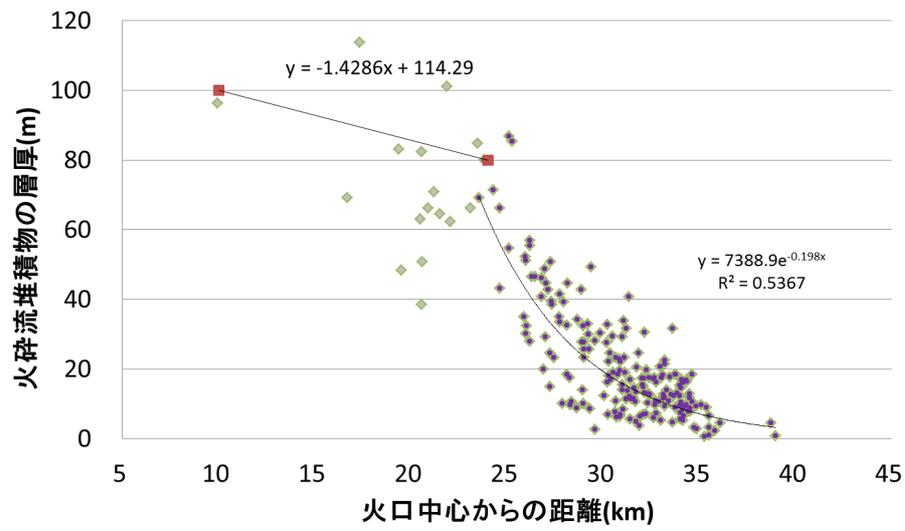


図 2.12 千歳周辺における距離と火砕流堆積物層厚の関係と近似式

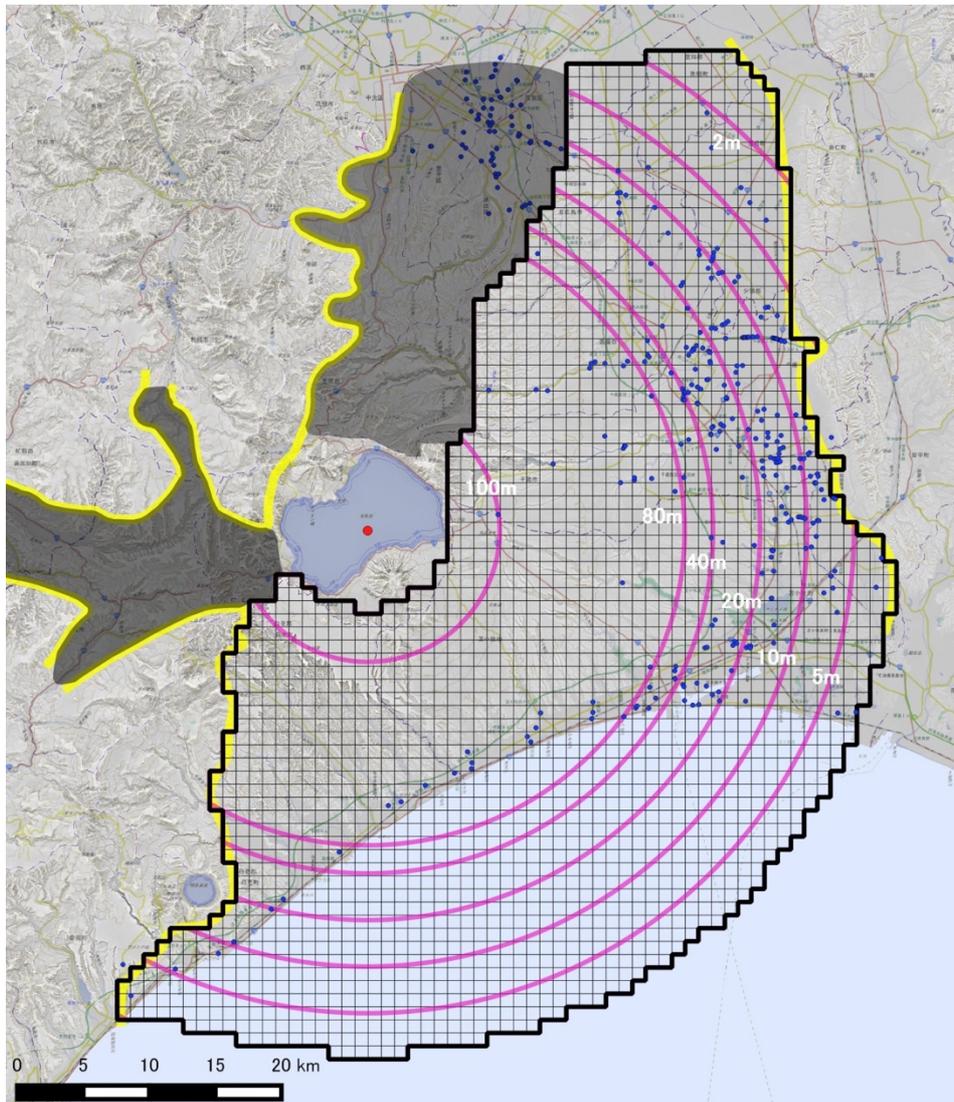


図 2.13 東～南方地域の堆積算出範囲(1km グリッド)と等層厚線図

## 2.5 西方地域の堆積量

カルデラの西方地域では、正確な位置がわかる層厚情報が得られていないため、地域地質図幅の記載や地形などから支笏火砕流堆積物の層厚を推定した。5万分の1地質図幅及び同説明書「<sup>そうけいしゅ</sup>壮溪珠」(北海道開発庁, 1954)には、支笏火山噴出物は「支笏泥溶岩(Tm)」として記載されており、カルデラ近傍で最大100m、長流川上流では40m、愛地付近では20~25m、新大滝駅北東で20~30m、オエロン信号所東方では10~20mで、他の地域では10m以下とされている。この情報をもとに層厚情報をプロットし、等層厚線図を作成している(図2.14)。

等層厚線図で囲まれるエリアごとに、面積と平均層厚(最大層厚を100mとする)を乗じて、西方地域の火砕流堆積物のみかけ堆積を算出すると、11.1 km<sup>3</sup>となる(表2.5)。

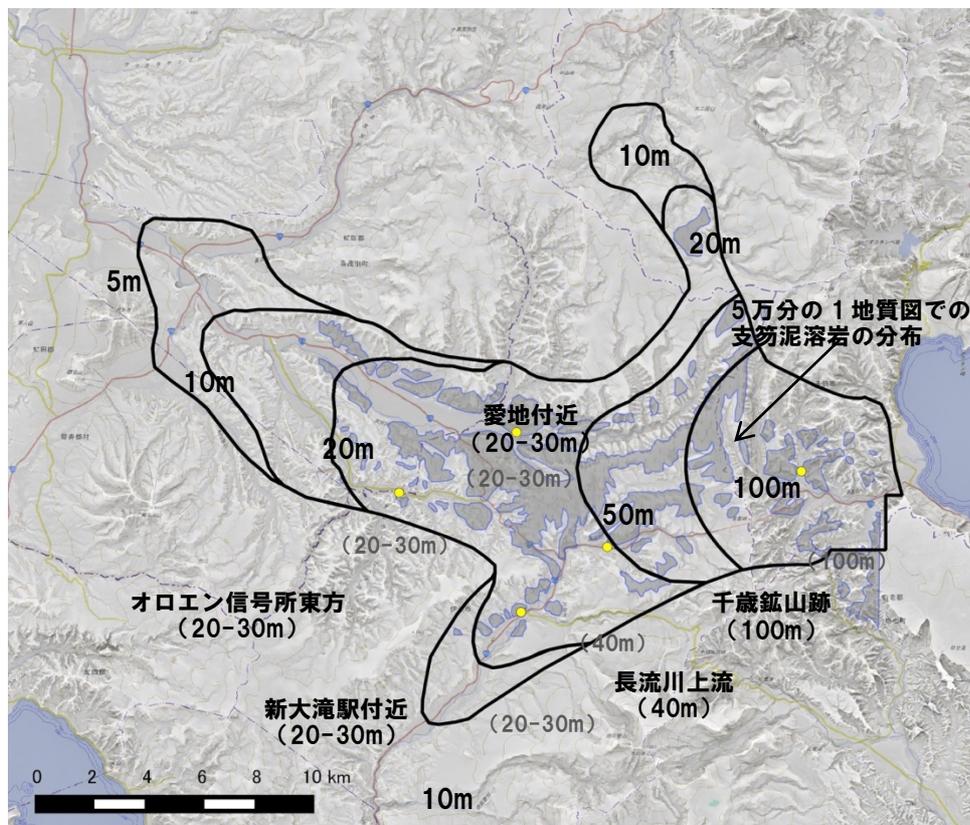


図 2.14 西方地域の支笏火砕流堆積物の層厚分布

表 2.5 西方地域の支笏火砕流堆積物の堆積量

エリア区分	面積(km <sup>2</sup> )	平均層厚(m)	みかけ堆積量(km <sup>3</sup> )
W100	45.5	100	4.6
W50	31.4	75	2.4
W20	92.2	35	3.2
W10	49.9	15	0.7
W5	24.2	7.5	0.2
計	<b>243.3</b>	<b>45.5</b>	<b><u>11.1</u></b>

## 2.6 北方地域の堆積量

カルデラ北方地域(札幌方向)では、札幌市街近郊ではボーリングデータが比較的多いものの、火口近傍から中流域にかけては、層厚情報がほとんどない。そのため、地域地質図幅の断面図や地形などから支笏火砕流堆積物の層厚を推定した。北方地域は、「5万分の1地質図幅及び同説明書「樽前山」(北海道開発庁, 1957)、「石山」(北海道立地下資源調査所, 1956)、「札幌」(北海道立地下資源調査所, 1956)のエリアに該当する。これらの地質図幅では、支笏火砕流堆積物に相当する噴出物として「支笏溶結凝灰岩」・「豊平浮石部層」の記述がある。これらをもとに支笏火砕流堆積物の層厚情報をプロットし、等層厚線図を作成している(図 2.15)。

等層厚線図で囲まれるエリアごとに、面積と平均層厚(最大層厚を 200 m とする)を乗じて、北方地域の火砕流堆積物のみかけ堆積を算出すると、 $32.2 \text{ km}^3$ となる(表 2.6)。

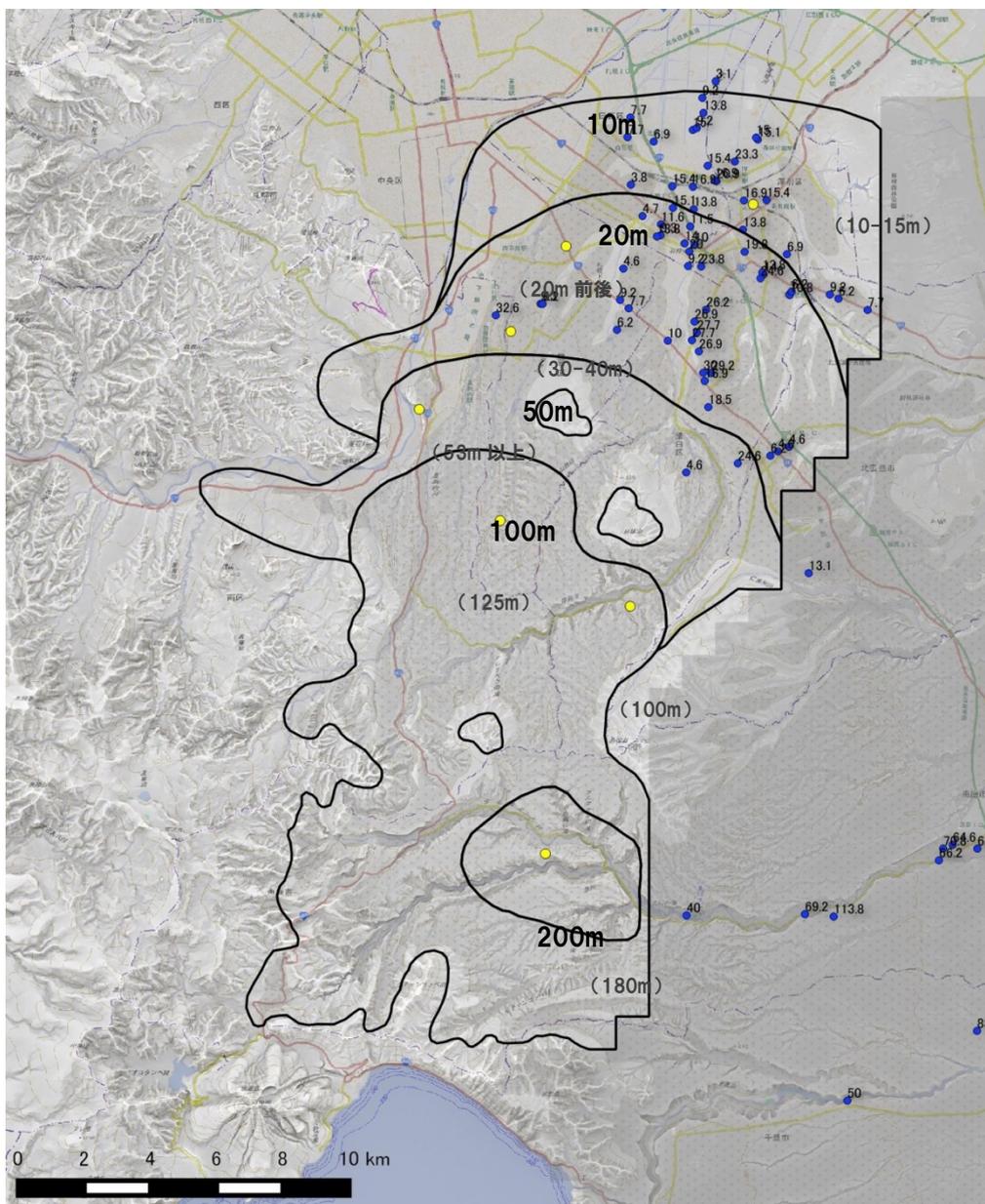


図 2.15 北方地域の支笏火砕流堆積物の層厚分布

表 2.6 北方地域の支笏火砕流堆積物の堆積量

エリア区分	面積(km <sup>2</sup> )	平均層厚(m)	みかけ堆積量(km <sup>3</sup> )
N200	17.8	200	3.6
N100	140.9	150	21.1
N50	57.5	75	4.3
N20	69.9	35	2.4
N10	53.4	15	0.8
計	<b>339.4</b>	<b>95.0</b>	<b>32.2</b>

## 2.7 支笏火砕流堆積物の DRE 体積量

東方～南方域では、カルデラ中心からの距離と支笏火砕流溶結部の層厚の関係をみると、火口から 30 km 付近までは溶結部が存在していることがわかる (図 2.16)。各ボーリングデータにおいて、火砕流堆積物全体のうち溶結部が占める層厚の比率を算出し、火口からの距離との関係を確認した (図 2.17)。溶結部が存在する範囲では、中心からの距離との相関は顕著でない。

従って、東方～南方域に分布する支笏火砕流堆積物の溶結/非溶結の比率は、カルデラ近傍から 30km では溶結部が 40%、非溶結部が 60%とし、30km よりも遠方ではすべて非溶結とする。

西方域では千歳鉱山跡周辺で、溶結部の存在が記載されている。一方、西方地域の中流～下流域では溶結部はなく、すべて非溶結である。従って、西方地域に分布する支笏火砕流堆積物の溶結/非溶結の比率は、等層厚線 50m より上流では溶結部が 50%、非溶結部が 50%とし、下流側では全て非溶結とする。

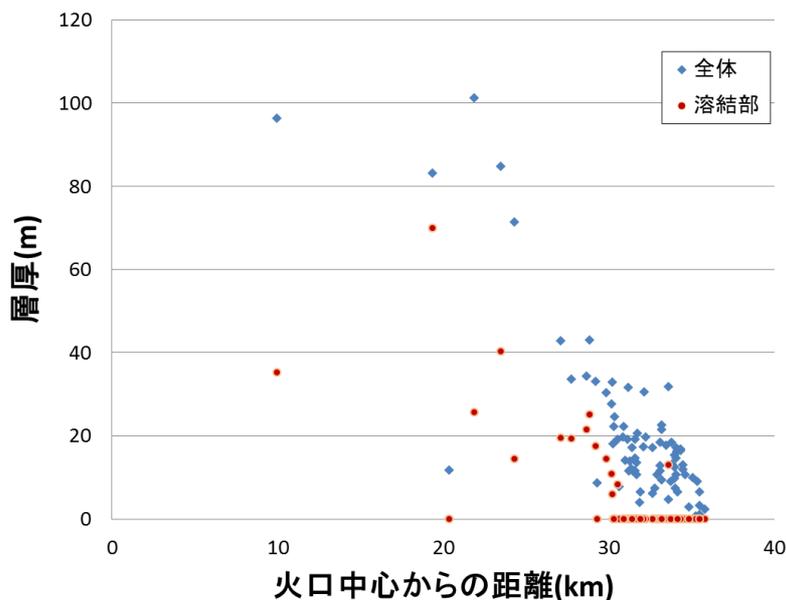


図 2.16 火口からの距離と溶結部層厚

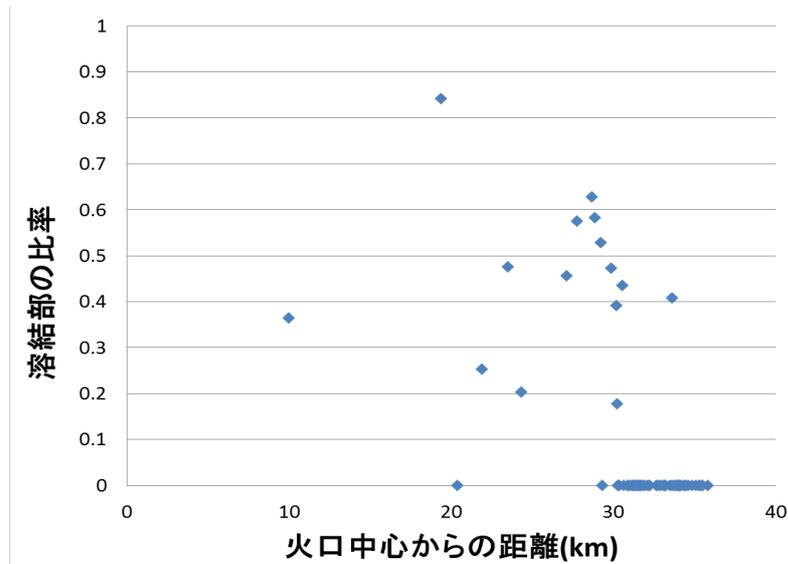


図 2.17 火口からの距離と溶結比率

表 2.7 支笏火砕流堆積物の DRE 体積

	みかけ体積 (km <sup>3</sup> )			DRE 体積 (km <sup>3</sup> )		
	非溶結	溶結	(計)	非溶結	溶結	(計)
東～南方	66.6	38.8	105.4	34.6	21.7	56.4
西方	7.6	3.5	11.1	4.0	1.9	5.9
北方	16.9	15.4	32.2	8.8	8.6	17.4
(計)	91.0	57.7	148.7	47.3	32.3	<b>79.6</b>

北方地域では、溶結した支笏火砕流堆積物（支笏溶結凝灰岩）が広く分布しており、札幌軟石として石材に用いられている。支笏溶結凝灰岩の層厚は、漁川流域では、130 m 以上、厚別川流域では 25～30 m であって、大きく見るとこの地域の北部に向かって薄くなる（北海道開発庁，1956）。また、札幌圏幅地域では、支笏溶結凝灰岩は確認されず、豊平浮石層（非溶結層）が直接野幌層を覆っている（北海道開発庁，1956）。従って、北方地域に分布する支笏火砕流堆積物の溶結/非溶結の比率は、等層厚線 200m の範囲では溶結部 75%、非溶結部 25%、等層厚線 100～50m では溶結部 50%、非溶結部 50%、等層厚線 50m より下流側では全て非溶結とする。

非溶結部の密度は、勝井・村瀬(1960)の軽石流堆積物の平均比重 1.3 g/cm<sup>3</sup> と仮定する。一方、溶結部の密度は、宝田・Riehle(2004)が支笏湖畔近傍で測定した溶結部の密度測定結果の中間的な値である 1.4g/cm<sup>3</sup> と仮定する。算出したみかけ体積、溶結/非溶結の比率および火砕流堆積物の密度から、溶岩換算(2.5 g/cm<sup>3</sup>)体積を算出すると支笏火砕流堆積物の総 DRE 体積は 79.6 km<sup>3</sup> で、ほぼ 80 km<sup>3</sup> となる（表 2.7）。

### 3. 支笏第1降下軽石堆積物の噴出量算出

#### 3.1 堆積物の分布状況

支笏第1降下軽石堆積物（以下、Spfa1と記す）は、支笏堆積物の直下にあるプリニー式噴火の降下火砕物である。その分布は、山縣（2000）、町田・新井（2003）、勝井（1959）などにおいて示されている（図3.1、表3.2）。いずれも、偏西風に支配されて東南東方向に分布軸をもつものとしており、層厚400cm以上となるのは火口から約50km以内、層厚200cm以上となるのは火口から約100km以内、層厚100cm以上となるのは火口から約140km以内、層厚50cm以上となるのは火口から約190km以内となる。

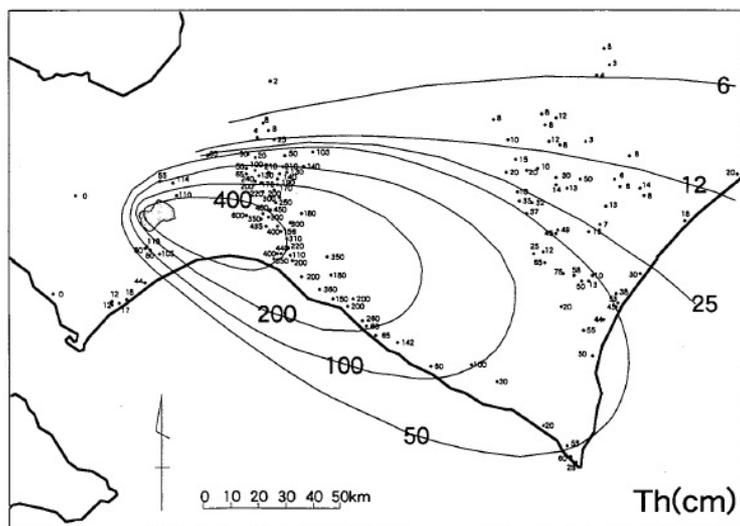


図 3.1 山縣(2000)による Spfa1 の等層厚線図

表 3.1 既往研究による層厚とカルデラ中心からの距離の関係

	距離				
	層厚 400cm	層厚 300cm	層厚 200cm	層厚 100cm	層厚 50cm
山縣 (2000)	50km	-	100km	135km	185km
町田・新井 (1992)	61km	77km	113km	147km	191km (層厚 60cm)
勝井 (1959)	48km	62km	96km	148km	189km

表 3.2 粒度分析試料一覧

地点番号	地名	緯度 (m)	経度 (m)	距離 (km)	層厚 (cm)	試料数
150513-1	北海道苫小牧市字美沢	559135.31	4735178.88	32	400以上	5
150513-2	北海道勇払郡厚真町字厚和	569982.72	4718802.20	45	300以上	3
150513-3	北海道沙流郡日高町富川東三丁目	689346.92	4657627.92	65	320	4
150514-1	北海道幌泉郡えりも町字庶野	689323.27	4657652.80	179	60	2
150605-2	北海道新冠郡新冠町字西泊津	609247.50	4690593.06	92	130	2

### 3.2 堆積物の粒径分布

Spfa1 の粒径分布を決定するため 5 地点で合計 16 試料を採取し (表 3.2), ふるい試験による測定を実施した. 各地点とも上下方向で顕著な粒径の変化は確認できなかったため, 各地点における全ての試料の合計値の算術平均をその地点の代表平均粒径としている (表 3.3). この代表平均粒径とカルデラ中心からの距離の関係を図 3.2 に示す. 距離と平均粒径は, 概ね比例関係にあり, 距離が大きくなるほど, 平均粒径は小さくなる.

表 3.2 粒度試験結果

地点番号	粒度試験結果による 粒度分布範囲( $\phi$ )		平均粒径 $\mu(\phi)$	偏差 $\sigma$
	最大粒径	最小粒径		
150513-1	-5.0	3.0	-1.29	1.62
150513-2	-4.5	3.0	-0.96	1.30
150513-3	-4.5	3.0	-0.27	1.26
150514-1	-2.0	3.0	1.76	0.57
150605-2	-3.0	3.0	0.32	1.00

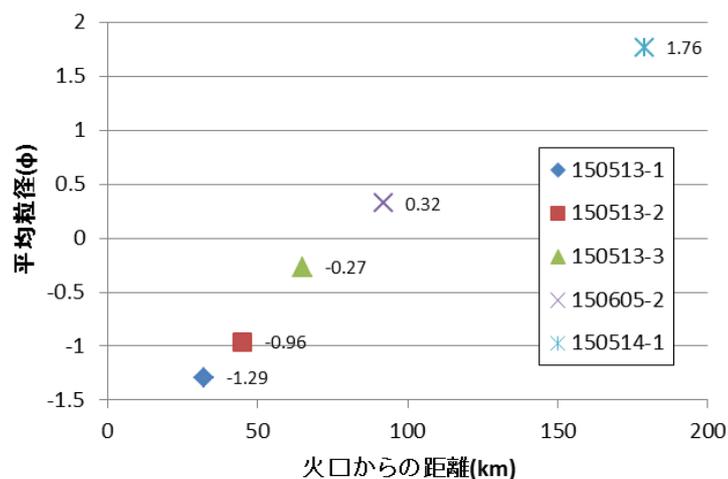


図 3.2 カルデラ中心からの距離と代表平均粒径の関係

### 3.3 Tephra2 による再現計算

再現計算は移流拡散モデルに基づいた降灰シミュレーションのプログラムである Tephra2 を用いた (Bonadonna et al., 2005). 計算にはインプットデータとして噴煙柱パラメータ, 座標データ, 高度別風向風速データが必要となり, アウトプットとしてグリッドの単位面積あたりの降灰量 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) と粒度組成が得られる.

今回の Spfa1 の再現計算での入力パラメータは, 表 3.3 のとおり構成されている.

表 3.3 Tephra2 による再現計算で用いるパラメータ

項目		単位	設定方法
PLUME_HEIGHT	噴煙柱高度	m	勝井・村瀬(1960)、山縣(2000)および日本の圏界面高度を参考に設定
ERUPTION_MASS	総噴出物量	kg	勝井・村瀬(1960)、山縣(2000)を参考に設定
MAX_GRAINSIZE	最大粒径	$\phi$	粒度試験結果を参考に設定
MIN_GRAINSIZE	最小粒径	$\phi$	
MEDIAN_GRAINSIZE	平均粒径	$\phi$	
STD_GRAINSIZE	粒径の標準偏差	$\phi$	
VENT_EASTING	火口位置	m	現在のカルデラの中心として設定
VENT_NORTHING	火口位置	m	現在のカルデラの中心として設定
VENT_ELEVATION	火口標高	m	現在のカルデラ周辺の標高より設定
EDDY_CONST	みかけ渦拡散係数	-	既往研究を基に設定
DIFFUSION_COEFFICIENT	拡散係数	-	既往研究を参考に設定
FALL_TIME_THRESHOLD	落下時間	秒	既往研究を基に設定
LITHIC_DENSITY	岩片密度	kg/m <sup>3</sup>	既往研究を基に設定
PUMICE_DENSITY	軽石密度	kg/m <sup>3</sup>	既往研究を基に設定
COL_STEPS	放出間隔	-	萬年(2013)より設定
PLUME_RATIO	放出区間	-	既往研究を基に設定

: 今回の検討の中で、数値を変化させたもの

### (1) 噴煙柱高度

Spfa1 の噴煙柱高度は、山縣 (2000)、真下ほか (1999)、勝井・村瀬 (1960) などにより検討されている。山縣 (2000) は、Carey and Sparks (1986) のモデルに基づき、最大岩片粒径分布から噴煙柱高度を約 50km と推定した。真下ほか (1999) も、Carey and Sparks (1986) のモデルに基づき、噴煙柱高度を約 37km と推定した。勝井・村瀬 (1960) は、Spfa1 の直径 1cm 以上の軽石の粒度分布から、噴煙の高さは少なくとも 45km であるとしている。一方、噴煙柱高度が圏界面付近に達すると、粒子が強い偏西風に乗ることによってより遠方まで到達する。日本の圏界面高度は、冬期で高度 10,000m 程度、夏期で 16,000m 程度である。なお、風データとして後述する札幌管区気象台の高層気象データの計測値は、およそ高度 23,000m までとなっている。本検討では、勝井・村瀬 (1960) および山縣 (2000) の推定値を参考にするとともに、圏界面高度程度の噴煙柱高度を用いて感度分析を行った。

### (2) 総噴出物量

Spfa1 の噴出量は、山縣 (2000)、勝井・村瀬 (1960)、町田・新井 (2003) などにより検討さ

れている。山縣（2000）は、Walker（1980）の結晶法に基づき総質量を  $5.617 \times 10^{13} \text{kg}$ （総体積  $140 \text{km}^3$ ，堆積密度  $0.4 \text{g/cm}^3$ ）としている。勝井・村瀬（1960）は、Spfa1の分布，層厚，見かけの比重に基づき，カルデラ形成直前の活動による降下軽石堆積物の量を  $1.25 \times 10^{13} \text{kg}$  としている（体積  $25 \text{km}^3$ ，平均比重 0.5）。町田・新井（2003）は，勝井・村瀬（1960）に準じた値としている。本検討では，勝井・村瀬（1960）および山縣（2000）の推定値を参考にするとともに，粒度データや噴煙柱高度を変化させて粒度分布を再現したうえで，総噴出物量を設定した。

### (3) 粒度データ

Tephra2 に使用する粒度パラメータは，粒径の範囲，平均粒径，粒度分布の偏差を  $\phi$  スケールで設定する。粒度試験結果により得られた平均粒径  $\mu$ ，偏差  $\sigma$  および粒度分布範囲は，表 3.2 のとおりである。この結果を参考として，粒度パラメータを設定する。すなわち，粒度試験結果による平均粒径と偏差から，粒度分布範囲を推定し，粒度データの組み合わせケースを設定した（表 3.4）。このとき，平均粒径と偏差から算出される粒度分布範囲内に，粒度試験結果による  $-5\phi \sim 3\phi$  を含まない場合には，組み合わせケースから除外している。

### (4) 火口位置

火口位置は，現在のカルデラの中心として設定した。噴火当時の火口標高は不明であるため，周辺の標高より  $1,500 \text{m}$  と設定した。

### (5) 密度データ

Tephra2 では， $-7\phi$  よりも大きい粒子はすべて岩片と仮定されて計算され，岩片密度の設定値が採用される（萬年,2013）。Spfa1 は軽石が主体であることから， $-7\phi$  よりも大きな粒子も軽石として扱うために，岩片密度を軽石密度と同じ値に設定した。岩片密度および軽石密度は，勝井・村瀬（1960）より  $500 \text{kg/m}^3$  を設定した。

### (6) その他条件

V-Hub (<https://vhub.org/>) のオンラインシミュレーションモデルのサンプルデータや，Supporting Docs にある「Tephra2 Users Manual」の事例等を参考に，その他のパラメータを設定した。

#### 1) Eddy Const（みかけ渦拡散係数）

Bonadonna et al. (2005) などの既往設定値を参考に，0.04 を設定した。

#### 2) DIFFUSION\_COEFFICIENT（拡散係数）

拡散係数が大きいと風速が大きくても同心円上に分布するようになり，拡散係数が小さいと風向方向に直線上に分布するようになる。既往設定値としては，以下の値が採用されている。噴出量が多いほど大きな値が用いられる傾向が伺える。既往設定値を参考に  $100,000$  として検証するとともに，分布範囲を再現できる値として設定した。

#### 3) FALLTIME\_THREFOOLD（落下時間）

既往設定値を参考に， $100,000$  を設定した。

表 3.4 粒度データの組み合わせケース

ケース	平均粒径 $\mu(\phi)$	偏差 $\sigma$	最大粒径( $\phi$ ) ( $\mu-2\sigma$ )	最小粒径( $\phi$ ) ( $\mu+2\sigma$ )
-	-2	1	-4	0
-	-2	2	-6	2
1	-2	3	-8	4
2	-2	4	-10	6
3	-2	5	-12	8
-	-1.5	1	-3.5	0.5
-	-1.5	2	-5.5	2.5
4	-1.5	3	-7.5	4.5
5	-1.5	4	-9.5	6.5
6	-1.5	5	-11.5	8.5
-	-1	1	-3	1
-	-1	2	-5	3
7	-1	3	-7	5
8	-1	4	-9	7
9	-1	5	-11	9
-	-0.5	1	-2.5	1.5
-	-0.5	2	-4.5	3.5
10	-0.5	3	-6.5	5.5
11	-0.5	4	-8.5	7.5
12	-0.5	5	-10.5	9.5
-	0	1	-2	2
-	0	2	-4	4
13	0	3	-6	6
14	0	4	-8	8
15	0	5	-10	10
-	0.5	1	-1.5	2.5
-	0.5	2	-3.5	4.5
16	0.5	3	-5.5	6.5
17	0.5	4	-7.5	8.5
18	0.5	5	-9.5	10.5
-	1	1	-1	3
-	1	2	-3	5
-	1	3	-5	7
19	1	4	-7	9
20	1	5	-9	11
-	1.5	1	-0.5	3.5
-	1.5	2	-2.5	5.5
-	1.5	3	-4.5	7.5
21	1.5	4	-6.5	9.5
22	1.5	5	-8.5	11.5

※灰色塗りつぶしは、粒度試験結果に基づき計算の組み合わせケースから除外

#### 4) COL\_STEPS (放出間隔)

萬年 (2013) を参考に、 $\Delta h$  が 100m 程度となるように設定した。

#### (7) 風データ

シミュレーションに用いる風の条件は、支笏湖直近の高層気象観測地点である札幌管区気象台の 1981~2010 年高層気象データを解析し、再現計算に適した値を用いることとした。高層気象

データは、9時と21時のものがある。図3.3に9時および21時の年平均の合成風大きさと合成風風向を示す。いずれの時間も、合成風の最大の大きさ32m/s程度（ジオポテンシャル高度11740m程度）、概ね西よりの風であり、106mまでと20,500m以上でやや南よりとなる。Spfa1の分布軸は東南東であることを踏まえて、ここでは西向きの風の傾向が強い21時のデータを採用することとした。21時の月別の風速は、高度12,000m程度で最も大きい（図3.4）。また、4月と9月は年平均に近似した値、5～8月で年平均よりも小さい値、1～2月および10～12月で年平均よりも大きい値となる傾向にある。Tephra2の計算にあたり、高度10,000～20,000m間において風速が最も大きい11月の高層気象データを使用して感度分析を行った。

### (8) 地形データ

地形データは、国土数値情報標高・傾斜度3次メッシュデータ（平成23年度、国土交通省国土政策局国土情報課）を用いて作成した。1kmメッシュデータのままでは、計算用としてはグリッド間隔が細かすぎるため、計算に使用する地形データとして5kmグリッドを作成した。5kmグリッドの標高値は、1kmメッシュデータの平均標高値をGISソフトで補間した値とした。

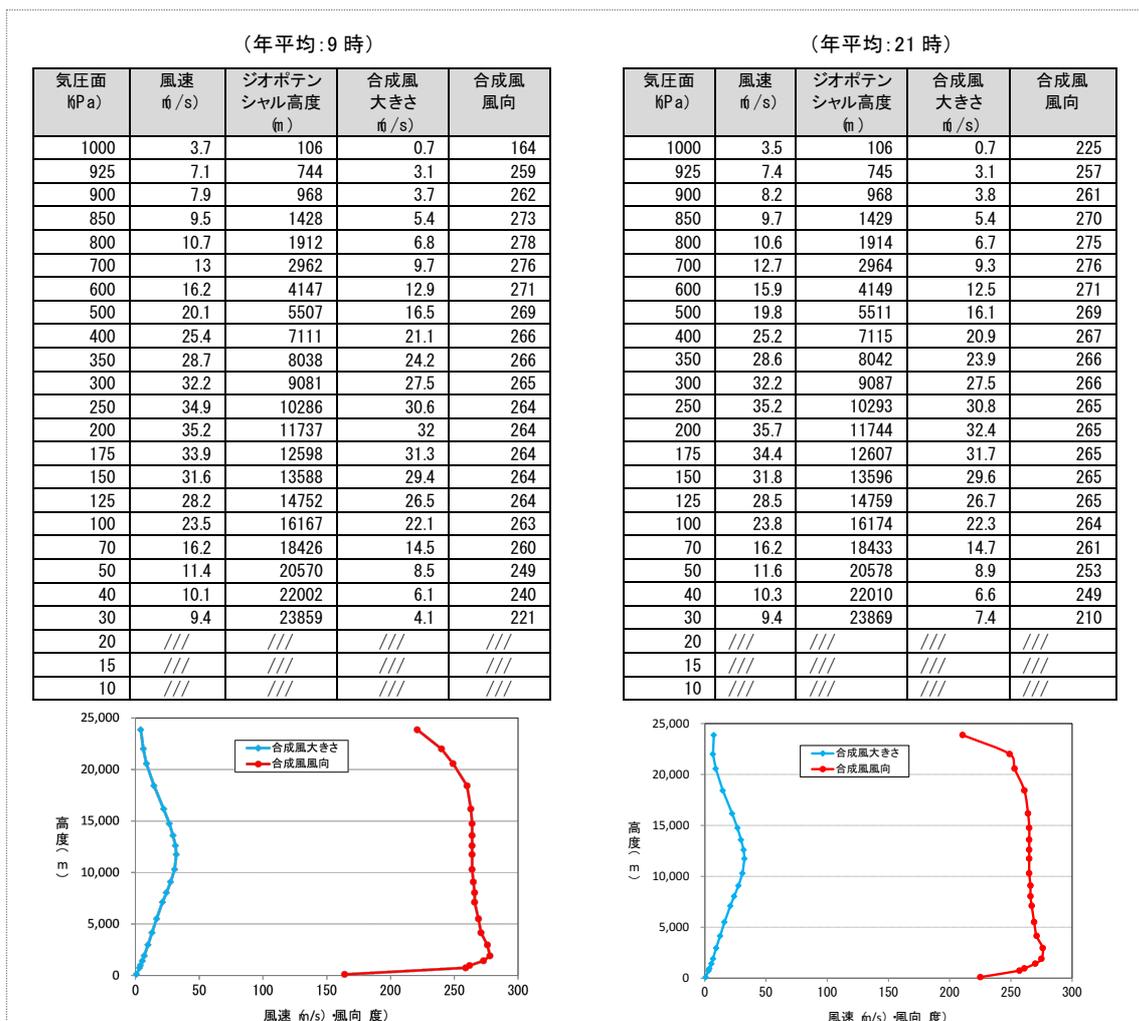


図 3.3 年平均の合成風大きさと合成風風向（左：9時、右：21時）

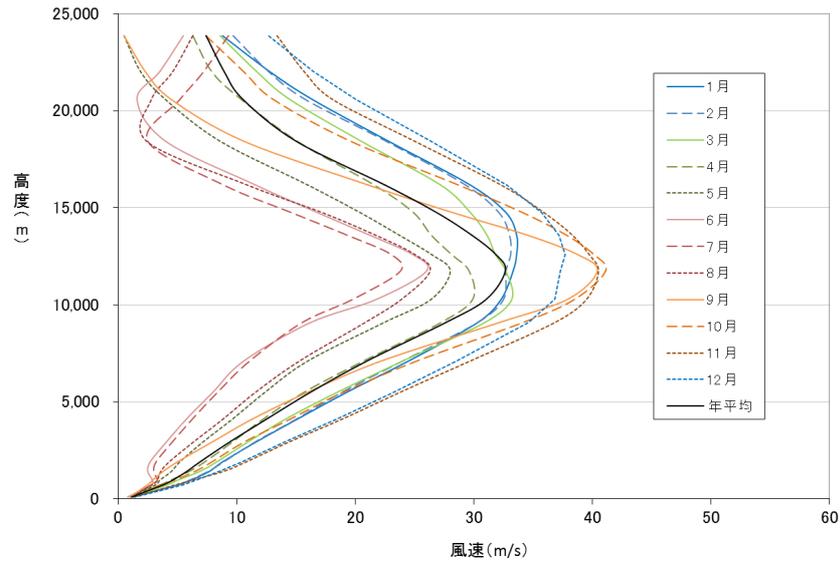


図 3.4 札幌管区気象台における 1981~2010 年の月別合成風風速(21 時)

### 3.4 再現計算の実施

再現計算は、図 3.5 に示すフローによって行った。

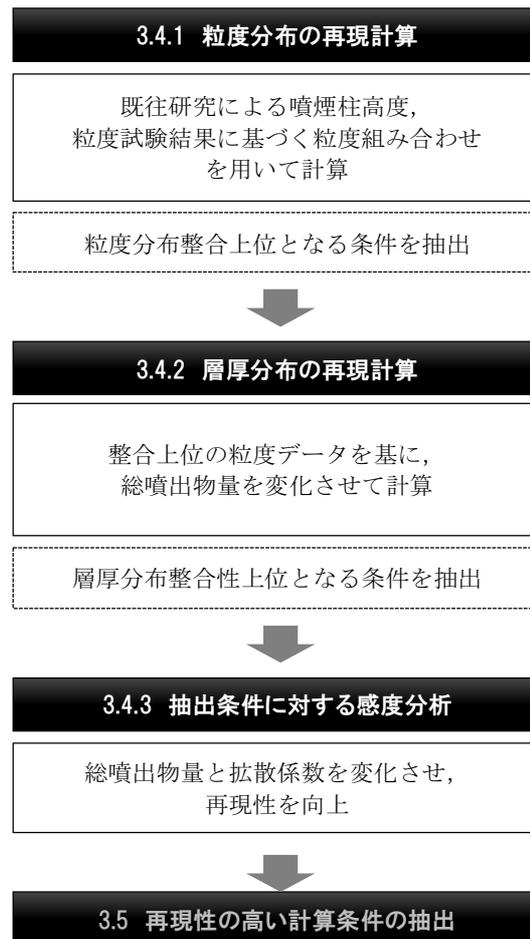


図 3.5 再現性の高い計算条件の抽出フロー

### 3.4.1 粒度分布の再現計算

粒度試験実施地点における粒度分布と、計算結果との比較にあたっては、Tephra2 計算結果の Spfa1 分布主軸上において、火口から粒度試験実施地点間の距離と等距離にあるメッシュを抽出

表 3.5 粒度分布再現計算ケース

粒度データ組み合わせ:23パターン				噴煙柱高度(m) :6パターン
平均粒径 $\mu$ ( $\phi$ )	偏差 $\sigma$	最大粒径 $\mu-2\sigma(\phi)$	最小粒径 $\mu-2\sigma(\phi)$	
-2	3	-11	4	①11500 ②16500 ③21500 ④31500 ⑤46500:勝井・村瀬(1960)の値 ⑥51500:山縣(2000)の値  ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの
-2	4	-14	6	
-1.5	3	-10.5	4.5	
-1.5	4	-13.5	6.5	
-1	2	-7	3	
-1	3	-10	5	
-1	4	-13	7	
-0.5	2	-6.5	3.5	
-0.5	3	-9.5	5.5	
-0.5	4	-12.5	7.5	
0	2	-6	4	
0	3	-9	6	
0	4	-12	8	
0.5	2	-5.5	4.5	
0.5	3	-8.5	6.5	
0.5	4	-11.5	8.5	
1	2	-5	5	
1	3	-8	7	
1	4	-11	9	
1.5	3	-7.5	7.5	
1.5	4	-10.5	9.5	
2	3	-7	8	
2	4	-10	10	

表 3.6 粒度分布の整合性が高いケースの計算条件

計算ケース	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの	噴出量 (kg)	最大粒径 ( $\phi$ )	最小粒径 ( $\phi$ )	平均粒径 ( $\phi$ )	偏差
Case12	11500	2.50E+13	-10.5	9.5	-0.5	5
Case15	11500	2.50E+13	-10	10	0	5
Case31	13500	2.50E+13	-11	9	-1	5
Case34	13500	2.50E+13	-10.5	9.5	-0.5	5
Case50	16500	2.50E+13	-11.5	8.5	-1.5	5
Case53	16500	2.50E+13	-11	9	-1	5
Case69	21500	2.50E+13	-12	8	-2	5
Case72	21500	2.50E+13	-11.5	8.5	-1.5	5
Case91	31500	2.50E+13	-12	8	-2	5
Case113	46500	2.50E+13	-12	8	-2	5
Case135	51500	2.50E+13	-12	8	-2	5

※Case113 および Case135 は、提示した他のケースよりも整合性が低いが、噴煙柱高度 46,500m と 51,500m の計算結果の参考として提示した

した。抽出したメッシュにおける計算結果を各地点の粒度試験結果と比較し、整合性の高いものを抽出している。噴煙柱高度を勝井・村瀬（1960）および山縣（2000）による推定値および圏界面高度程度に設定し、「粒度データ」で設定したパラメータを組み合わせる感度分析を行った。表 3.5 に示した計算ケースのうち、粒度試験結果と整合性が最も高いものの計算条件を表 3.6 と図 3.5 に示す。いずれのケースも偏差は 5 となる。Spfa1 において粒度分布の整合性を高めるためには、噴煙柱高度が高いケースほど、平均粒径を大きくする必要があると考えられる。ただし、図 3.7 の噴煙柱高度と平均粒径の関係に示されるように、噴煙柱高度 25,000m 以上で無風としているので、平均粒径はほぼ横ばいになる。

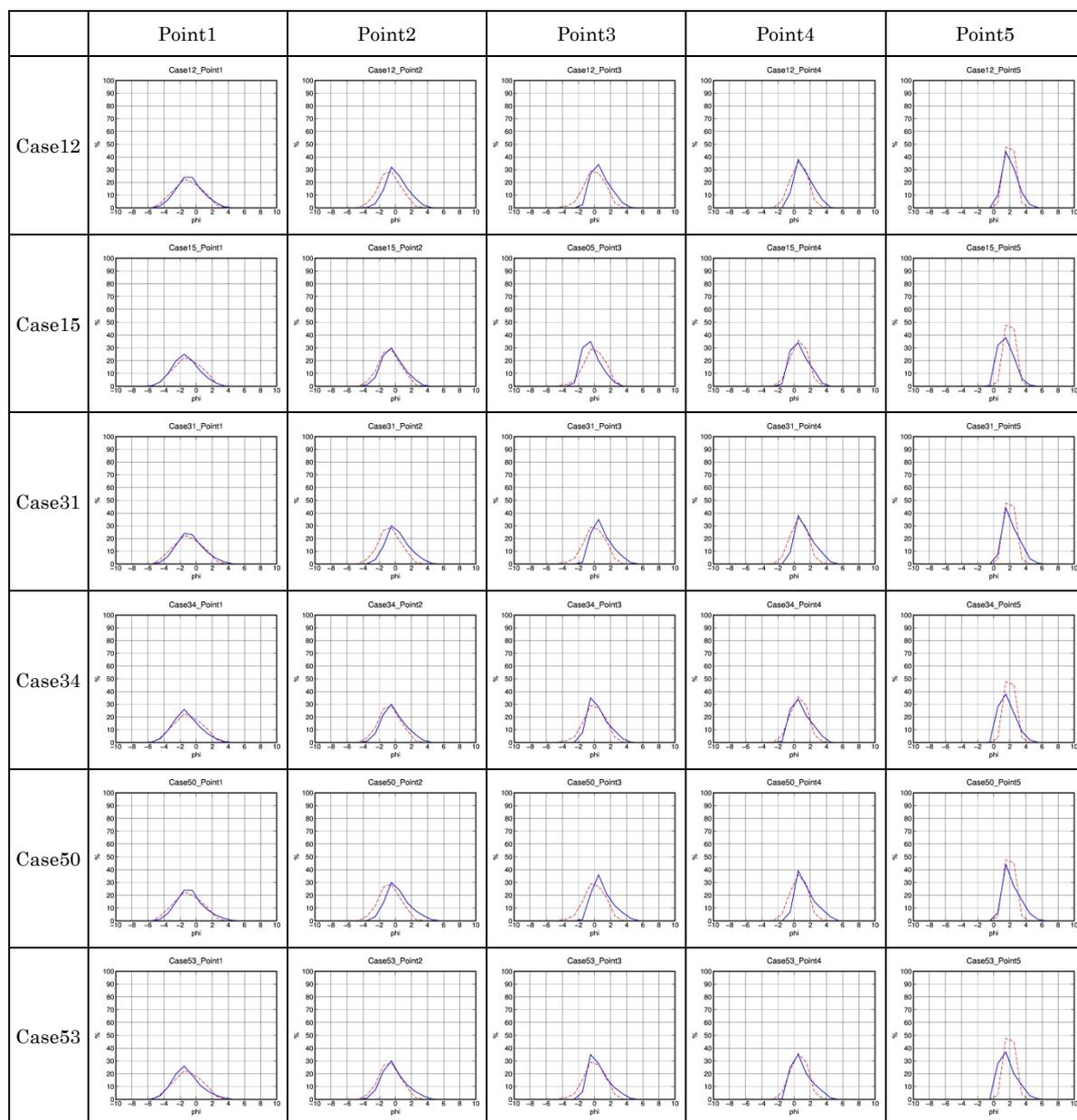


図 3.6 粒度分布の整合性が高いケース

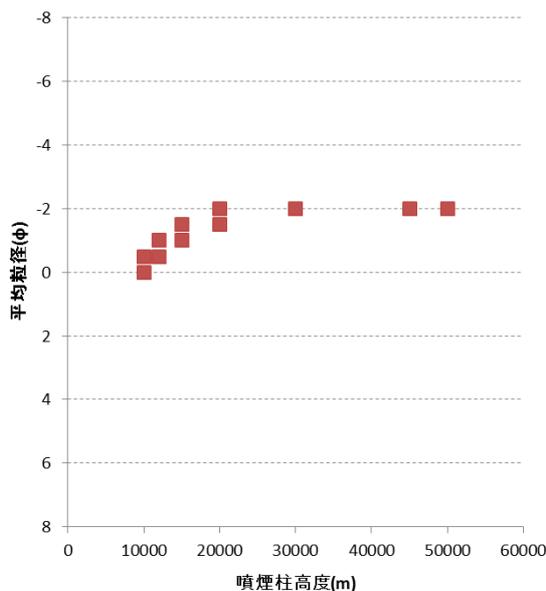


図 3.7 整合性が高いケースにおける噴煙柱高度と平均粒径の関係

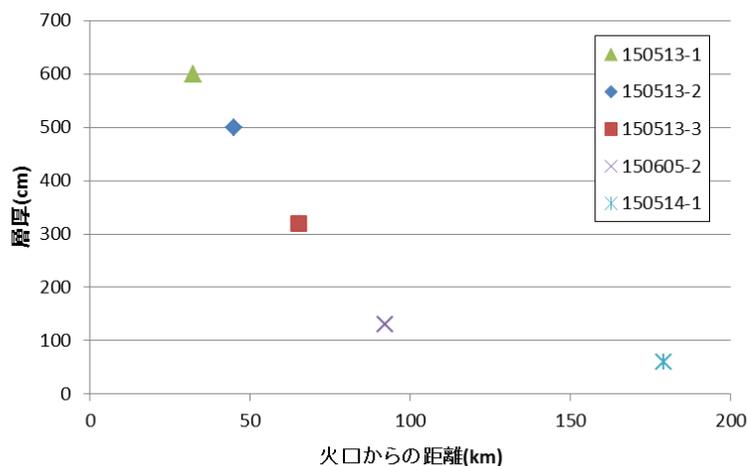


図 3.8 火口からの距離と層厚の関係

### 3.4.2 層厚分布の再現計算

粒度分布の再現計算結果を用いて、層厚分布の再現計算を行った。計算結果の比較は、粒度試験実施地点における層厚（表 3.2）に対して行っている。なお、降下火砕物の底面が確認できていない 150513-2 地点については、近傍 1km で確認される最大の層厚 500m を設定した（図 3.8）。また、最もカルデラに近い 150513-1 地点では、下限不明でかつ上面を火砕流に削剥されていることから、比較のために仮に 600m としたものの、その層厚は比較の下限として扱う必要がある。

粒度分布再現計算で抽出した噴煙柱高度および粒度組み合わせと、山縣（2000）を参考に設定した総噴出物量を組み合わせで感度分析を行った。表 3.7 の条件による計算結果を図 3.9, 3.10, 3.11 に示している。計算結果において層厚 1m 以上となる範囲が、町田・新井（2003）によって

示される 1m 等層厚線に到達するケースは、総噴出物量 10E+13kg 程度以上としたときである。なお、この時の火口からの距離と層厚の関係は、図 3.12, 3.13, 3.14 に示すとおりである。実績と計算結果との違いが少ない上位のものは、総噴出物量 8E+13kg 以上かつ、噴煙柱高度 21,500m 以下としたときである。ただし、総噴出物量が 10E+13kg 程度を超えると、最も近い比較点である火口から約 32km 地点の層厚が 10m 程度以上となり、現状とは大きく異なる結果となった。

表 3.7 層厚分布再現計算ケース

噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の 高さに、火口標高とし て設定した 1500m を 加えたもの	最大粒径 (φ)	最小粒径 (φ)	平均粒径 (φ)	偏差	総噴出物量 (kg)
11500	-10.5	9.5	-0.5	5	①4.0E+13 ②5.617E+13 : 山縣(2000)の値 ③8.0E+13 ④10.0E+13
11500	-10	10	0	5	
13500	-11	9	-1	5	
13500	-10.5	9.5	-0.5	5	
16500	-11.5	8.5	-1.5	5	
16500	-11	9	-1	5	
21500	-12	8	-2	5	
21500	-11.5	8.5	-1.5	5	
31500	-12	8	-2	5	

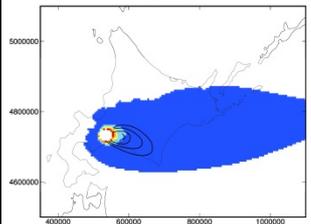
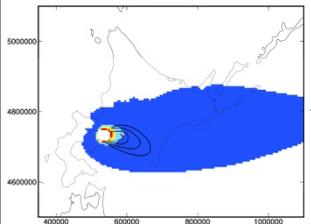
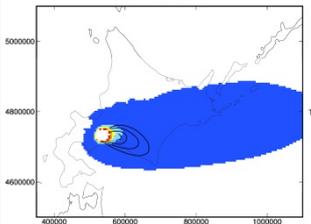
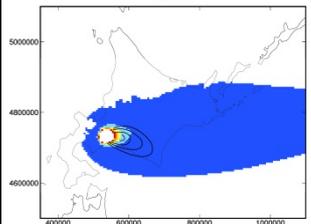
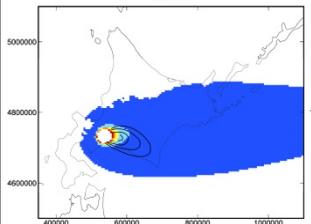
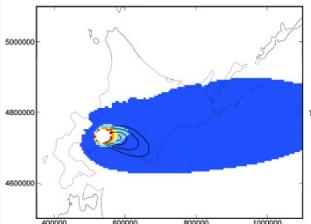
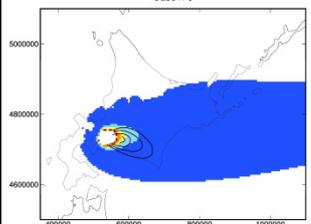
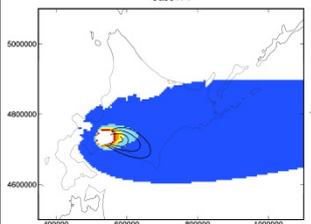
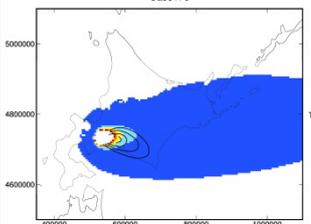
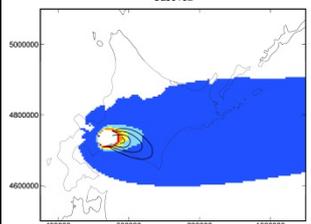
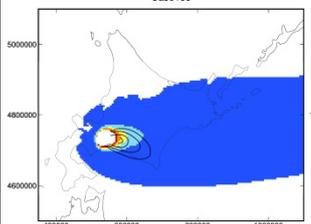
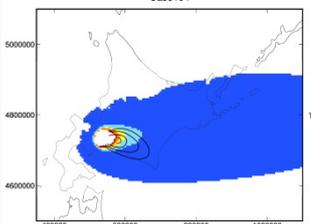
総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度(m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	11500	11500	13500
4.0 E+13	Case155 	Case156 	Case157 
5.617 E+13	Case164 	Case165 	Case166 
8.0 E+13	Case173 	Case174 	Case175 
10 E+13	Case182 	Case183 	Case184 
最大粒径 (φ)	-10.5	-10	-11
最小粒径 (φ)	9.5	10	9
平均粒径 (φ)	-0.5	0	-1
偏差	5	5	5

図 3.9 計算結果(噴煙柱高度 11,500~13,500m)

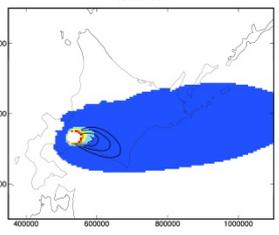
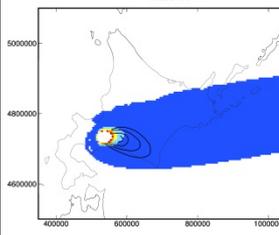
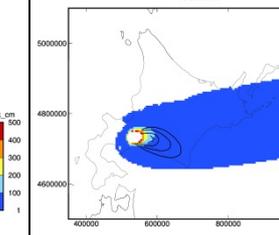
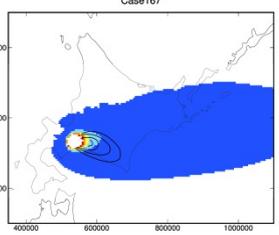
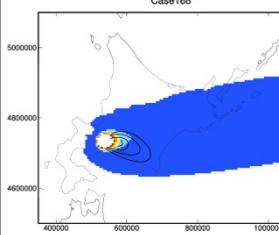
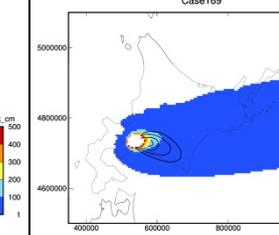
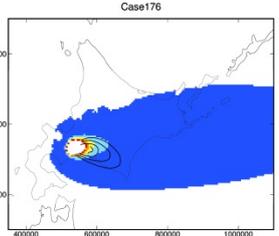
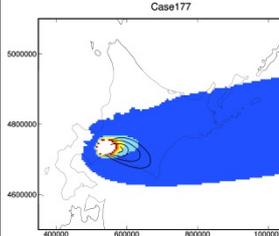
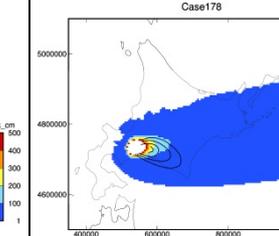
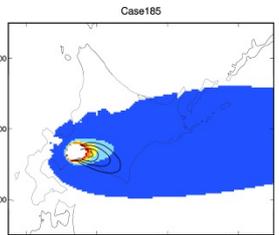
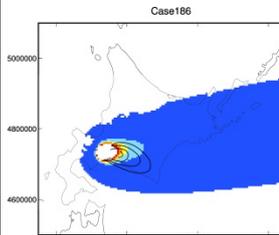
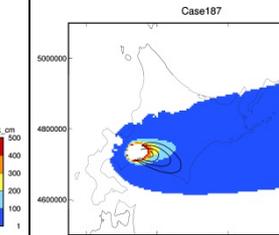
総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度(m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500mを加えたもの		
	13500	16500	16500
4.0 E+13	Case158 	Case159 	Case160 
5.617 E+13	Case167 	Case168 	Case169 
8.0 E+13	Case176 	Case177 	Case178 
10 E+13	Case185 	Case186 	Case187 
最大粒径 (φ)	-10.5	-11.5	-11
最小粒径 (φ)	9.5	8.5	9
平均粒径 (φ)	-0.5	-1.5	-1
偏差	5	5	5

図 3.10 計算結果(噴煙柱高度 13,500~16,500m)

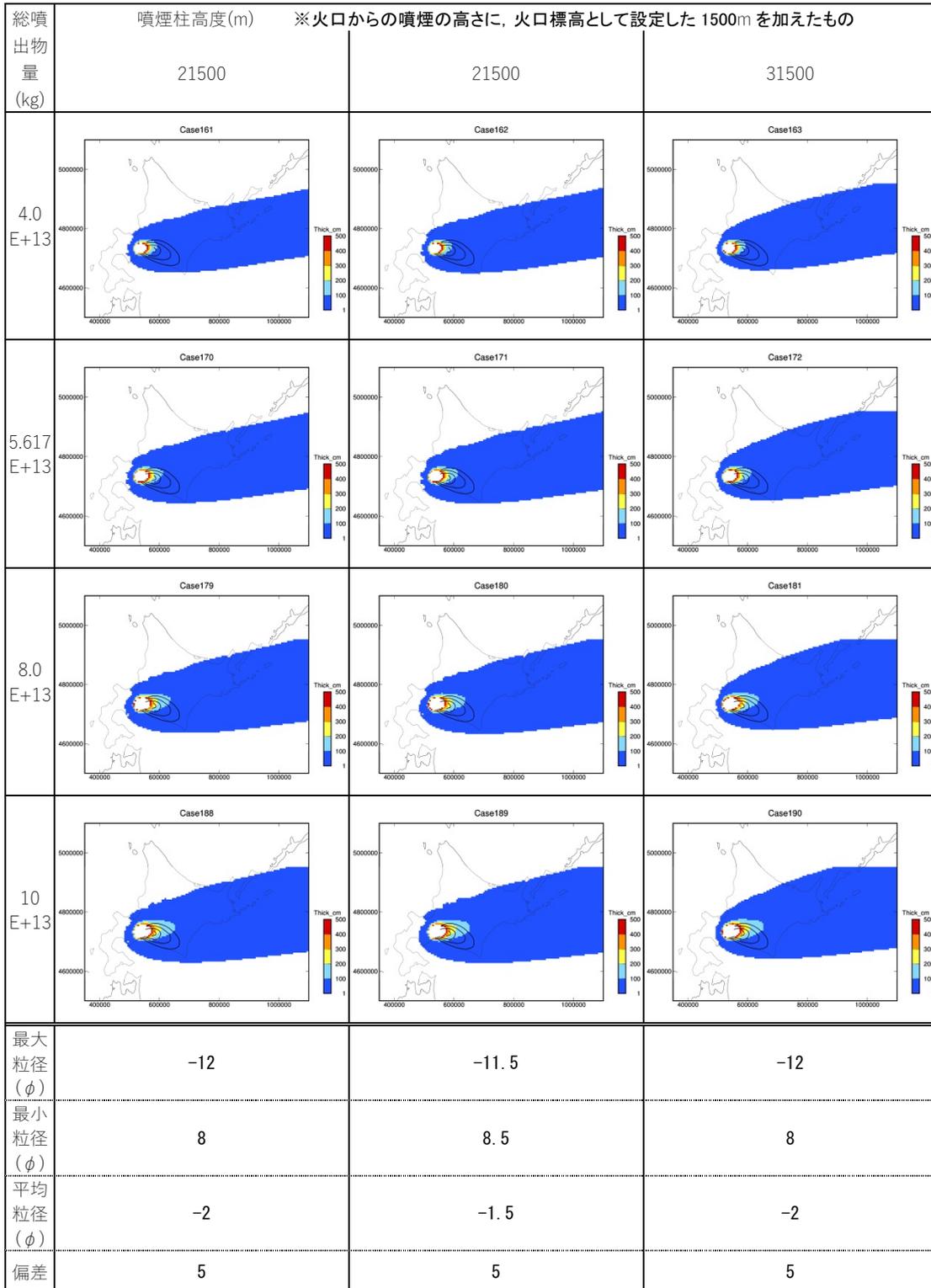


図 3.11 計算結果(噴煙柱高度 21,500~31,500m)

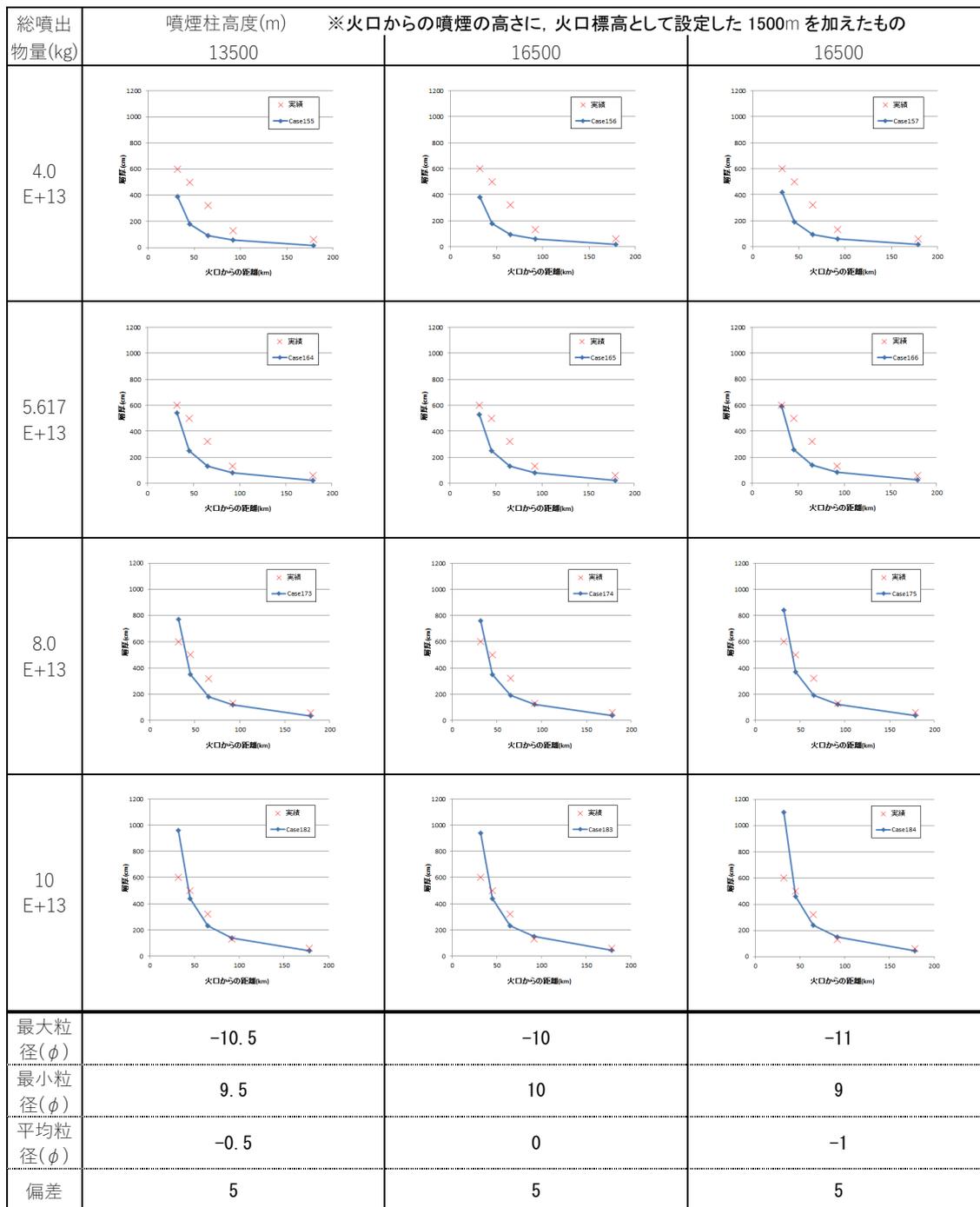


図 3.12 火口からの距離と層厚の関係(噴煙柱高度 11,500~13,500m)

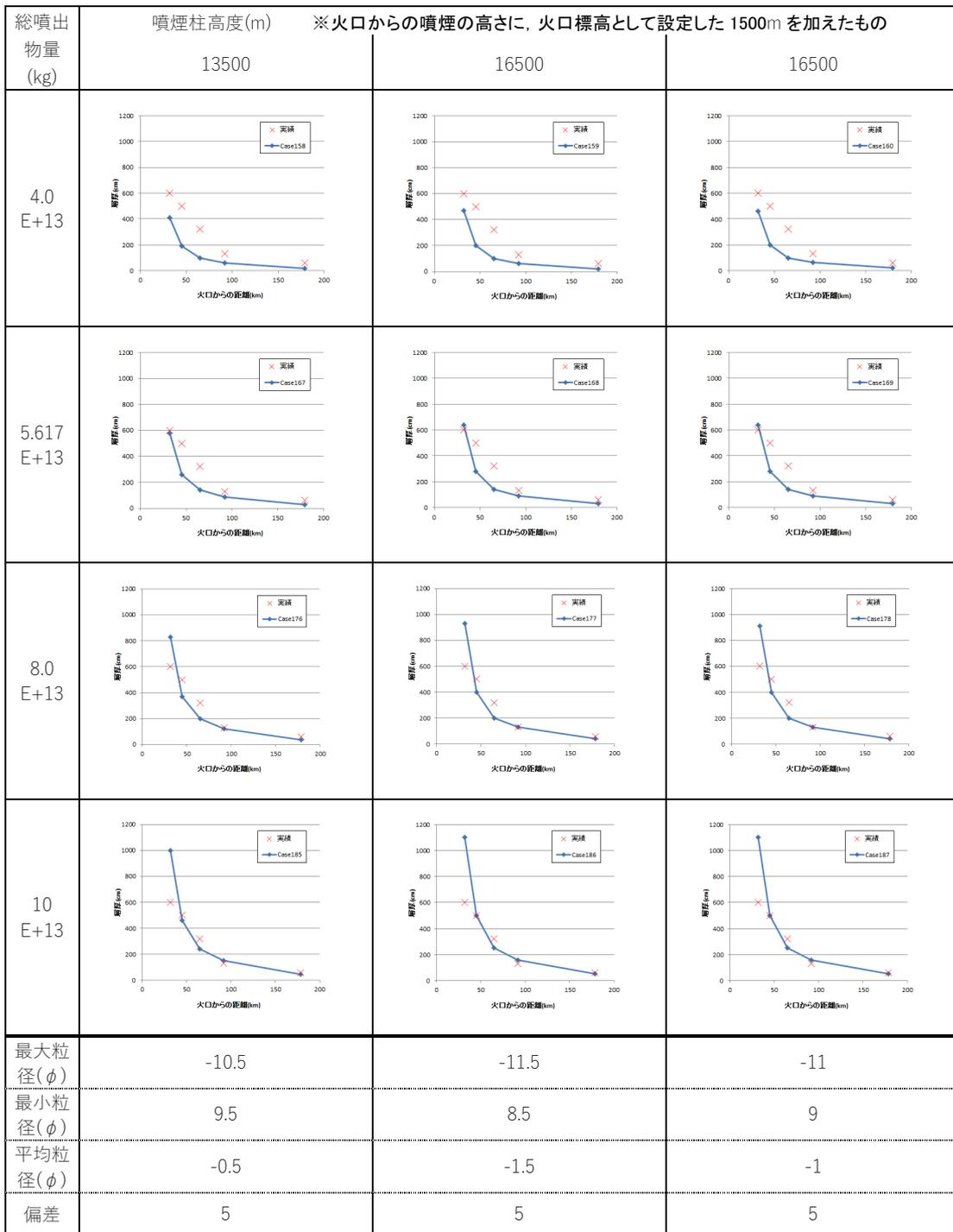


図 3.13 火口からの距離と層厚の関係(噴煙柱高度 13,500~16,500m)

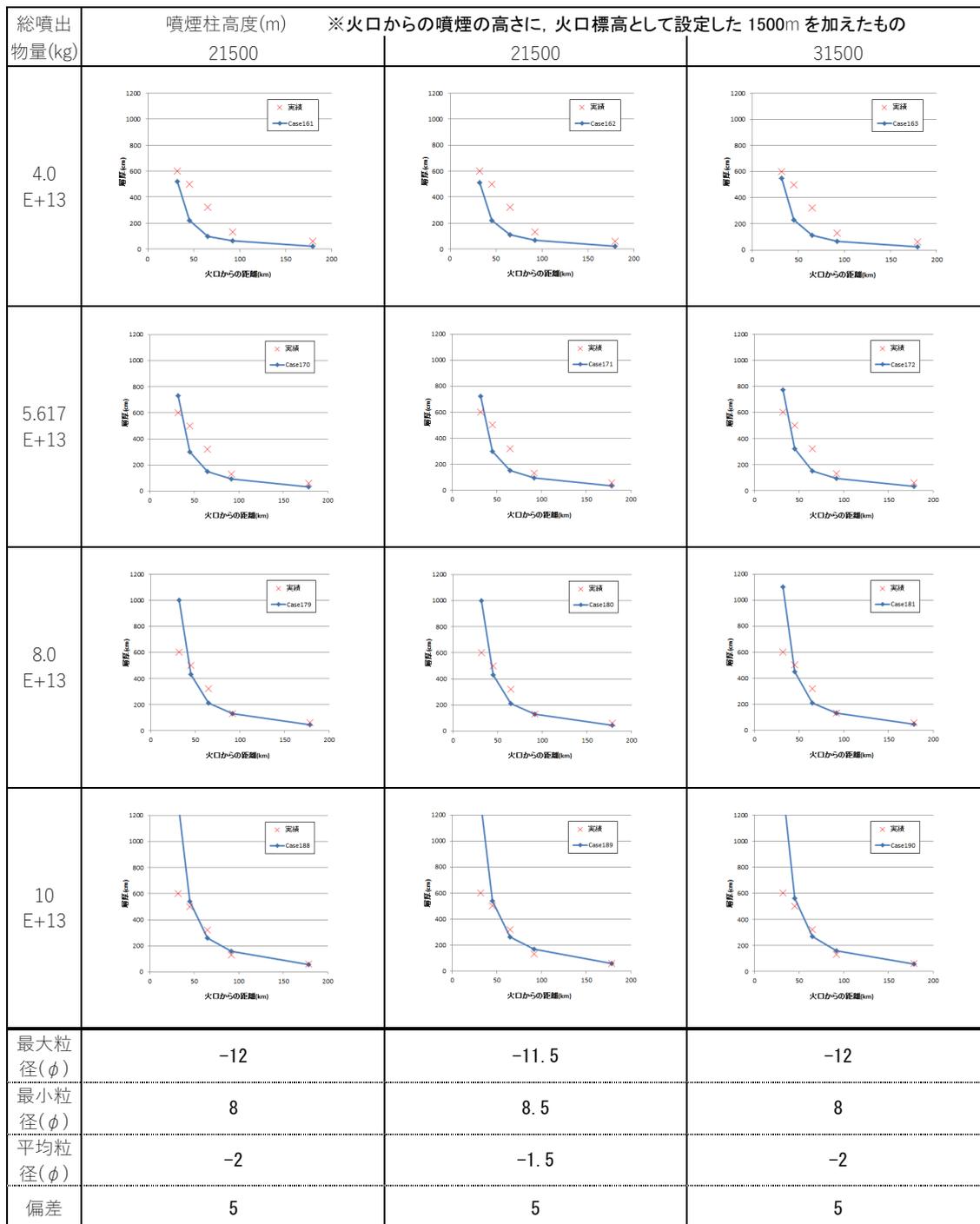


図 3.14 火口からの距離と層厚の関係(噴煙柱高度 21,500~31,500m)

### 3.4.3 抽出条件に対する感度分析

これまでの計算で用いていた拡散係数は 100,000 である。次に、実績に近い分布を再現するため、表 3.8 のように拡散係数を再設定した。結果のうち比較の実績との違いの少ない場合の計算結果を図 3.15, 3.16 に、火口からの距離と層厚の関係は、図 3.17, 3.18 に示すとおりである。拡散係数を 75,000 とした場合、層厚 1m 以上を示す距離が長くなる。一方、拡散係数を 150,000 とした場合は、層厚 1m 以上の範囲は火口から同心円状に広がり、到達距離が短くなる。また、層厚は全体的に薄くなる。

表 3.8 計算ケース

噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙 の高さに、火口標 高として設定した 1500mを加えたも の	最大粒径 (φ)	最小粒径 (φ)	平均粒径 (φ)	偏差	総噴出物量 (kg)	拡散係数
11500	-10.5	9.5	-0.5	5	①5.617E+13 ②8E+13 ③12E+13	①75000 ②150000
11500	-10	10	0	5		
13500	-11	9	-1	5		
13500	-10.5	9.5	-0.5	5		
16500	-11.5	8.5	-1.5	5		
16500	-11	9	-1	5		
21500	-12	8	-2	5		
21500	-11.5	8.5	-1.5	5		

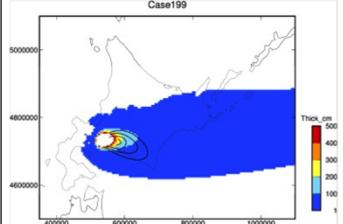
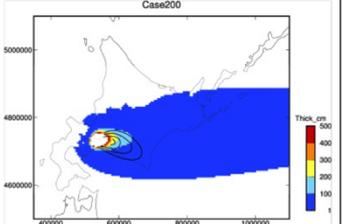
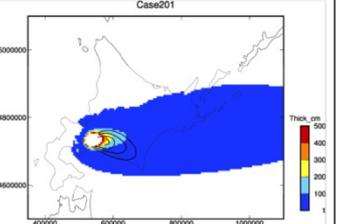
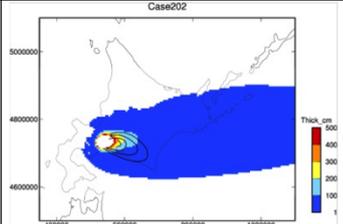
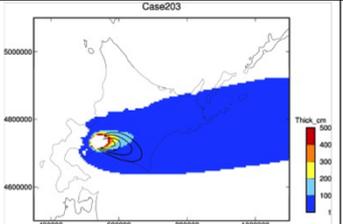
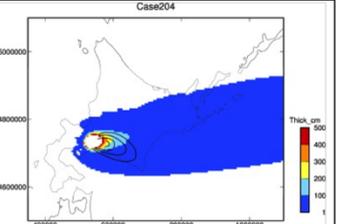
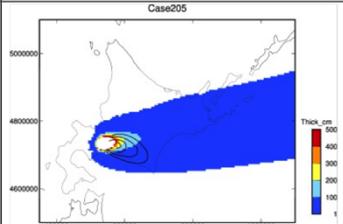
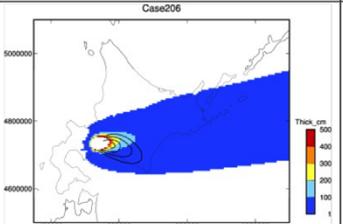
総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	11500	11500	13500
8 E+13			
最大粒径 (φ)	-10.5	-10	-11
最小粒径 (φ)	9.5	10	9
平均粒径 (φ)	-0.5	0	-1
偏差	5	5	5
8 E+13	13500	16500	16500
			
最大粒径 (φ)	-10.5	-11.5	-11
最小粒径 (φ)	9.5	8.5	9
平均粒径 (φ)	-0.5	-1.5	-1
偏差	5	5	5
8 E+13	21500	21500	
			
最大粒径 (φ)	-12	-11.5	
最小粒径 (φ)	8	8.5	
平均粒径 (φ)	-2	-1.5	
偏差	5	5	

図 3.15 計算結果(噴出物量 8E+13kg, 拡散係数 75,000)

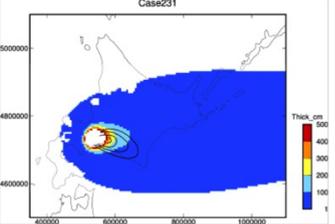
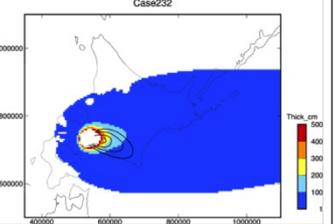
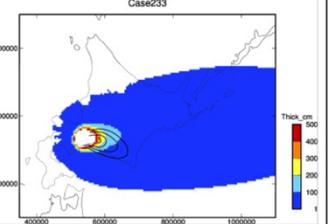
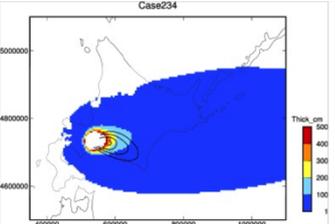
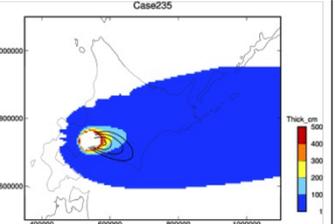
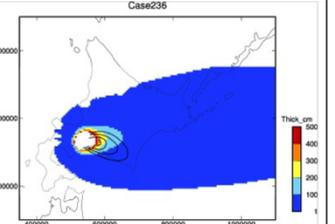
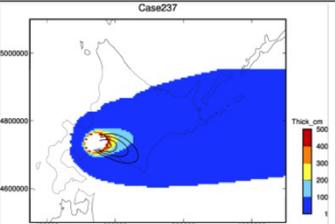
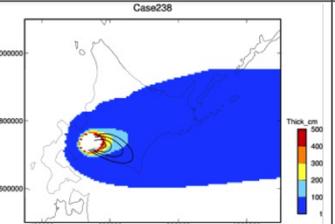
総噴出 物量 (kg)	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	11500	11500	13500
12 E+13			
最大粒 径 (φ)	-10.5	-10	-11
最小粒 径 (φ)	9.5	10	9
平均粒 径 (φ)	-0.5	0	-1
偏差	5	5	5
12 E+13			
	最大粒 径 (φ)	-10.5	-11.5
最小粒 径 (φ)	9.5	8.5	9
平均粒 径 (φ)	-0.5	-1.5	-1
偏差	5	5	5
12 E+13			
	最大粒 径 (φ)	-12	-11.5
最小粒 径 (φ)	8	8.5	
平均粒 径 (φ)	-2	-1.5	
偏差	5	5	

図 3.16 計算結果(噴出物量 12E+13kg, 拡散係数 150,000)

総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	11500	11500	13500
8 E+13			
最大粒径 (φ)	-10.5	-10	-11
最小粒径 (φ)	9.5	10	9
平均粒径 (φ)	-0.5	0	-1
偏差	5	5	5

総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	13500	16500	16500
8 E+13			
最大粒径 (φ)	-10.5	-11.5	-11
最小粒径 (φ)	9.5	8.5	9
平均粒径 (φ)	-0.5	-1.5	-1
偏差	5	5	5

総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	21500	21500	
8 E+13			
最大粒径 (φ)	-12	-11.5	
最小粒径 (φ)	8	8.5	
平均粒径 (φ)	-2	-1.5	
偏差	5	5	

図 3.17 火口からの距離と層厚の関係(噴出物量 8E+13kg, 拡散係数 75,000)

総噴出物量 (kg)	噴煙柱高度 (m) ※火口からの噴煙の高さに、火口標高として設定した 1500m を加えたもの		
	11500	11500	13500
12 E+13			
最大粒径 ( $\phi$ )	-10.5	-10	-11
最小粒径 ( $\phi$ )	9.5	10	9
平均粒径 ( $\phi$ )	-0.5	0	-1
偏差	5	5	5
	13500	16500	16500
12 E+13			
最大粒径 ( $\phi$ )	-10.5	-11.5	-11
最小粒径 ( $\phi$ )	9.5	8.5	9
平均粒径 ( $\phi$ )	-0.5	-1.5	-1
偏差	5	5	5
	21500	21500	
12 E+13			
最大粒径 ( $\phi$ )	-12	-11.5	
最小粒径 ( $\phi$ )	8	8.5	
平均粒径 ( $\phi$ )	-2	-1.5	
偏差	5	5	

図 3.18 火口からの距離と層厚の関係(噴出物量 12E+13kg, 拡散係数 150,000)

表 3.9 実績層厚と計算層厚の最小二乗誤差の小さいケース

計算ケース	噴煙柱 高度 (m)	噴出量 (kg)	拡散係数	層厚					最小二乗 誤差
				32km 地点	45km 地点	65km 地点	92km 地点	179km 地点	
Case233	13500	1.20E+14	150000	1100	500	250	150	46	37.1
Case187	16500	1.00E+14	100000	1100	500	250	160	52	38.3
Case186	16500	1.00E+14	100000	1200	500	250	160	50	38.4
Case234	13500	1.20E+14	150000	1100	500	250	160	47	38.6

### 3.5 支笏第1降下軽石堆積物の噴出量算出

札幌管区気象台の11月平均の高層気象データと堆積物の粒度データを使用した今回の計算では、噴煙柱高度は13,500~16,500m（火口の標高1,500mを含む）、総噴出量は1.0E+14~1.2E+14kgのケースで計算層厚と実際の堆積物層厚の最小二乗誤差が小さくなり、再現性の高い結果が得られた（表3.9）。軽石の密度500kg/m<sup>3</sup>とすると、堆積物のみかけ体積200~240km<sup>3</sup>となる。また、溶岩換算（2500kg/m<sup>3</sup>）とするとDRE体積40~48km<sup>3</sup>である。このみかけ体積は、山縣（2000）による140km<sup>3</sup>や勝井・村瀬（1960）による90~100km<sup>3</sup>よりも大きな値となっている。

## 4. まとめ

支笏火砕流堆積物の分布範囲と層厚に関する351地点の情報を、ボーリング資料や地域地質調査報告等の文献から抽出した。火砕流堆積物の流下方向や層厚情報の粗密から、火砕流堆積物の分布域を3つに区分し、分布域ごとに層厚分布を推定して、みかけ堆積量を算出した。さらに、分布域ごとに火砕流堆積物の溶結部/非溶結部の比率を推定し、溶岩換算(DRE)堆積量を算出した。支笏火砕流堆積物の総堆積量は、みかけ堆積量約150km<sup>3</sup>、DRE堆積量約80km<sup>3</sup>である。

支笏火砕流堆積物の噴出量は、山縣（2000）では225km<sup>3</sup>と見積もられている。これは、カルデラ東側の中心角45°の扇形範囲の体積28km<sup>3</sup>を8倍して算出された数値である。カルデラの北西方および南西方向に火砕流堆積物は分布していないことから、過大な見積りである可能性が指摘されていた。本検討で算出した支笏火砕流堆積物のみかけ堆積量は約150km<sup>3</sup>であり、山縣（2000）の値のおよそ3分の2の体積となった。

支笏第1降下軽石堆積物の噴出量を算出するため、既往のTphra2解析事例や粒度試験結果を踏まえ、238ケースのTephra2による分布再現計算を実施した。実績の堆積厚や粒度分布が最も類似しているケースを最適再現計算ケースとして抽出し、みかけ堆積量200~240km<sup>3</sup>、DRE堆積量40~48km<sup>3</sup>（1.2E+14kg、軽石密度500kg/m<sup>3</sup>）を得た。

## 参考文献

Bonadonna, C., Connor, C.B., Houghton, B.F., Connor, L., Byrne, M., Laing, A. and Hincks, T. (2005) Probabilistic modeling of tephra dispersion : hazard assessment of a multiphase

- rhyolitic eruption at Tarawera, New Zealand. Jour. Geophys. Res., 110, B03203.
- Carey, S. and Sparks, R.S.J. (1986) Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption column. Bull. Volcanol., 48, 109-125.
- 北海道開発庁 (1954) 5 万分の 1 地質図幅及び同説明書「<sup>そうけいしゅ</sup>壮溪珠」
- 北海道開発庁 (1956) 5 万分の 1 地質図幅及び同説明書「石山」
- 北海道開発庁 (1956) 5 万分の 1 地質図幅及び同説明書「札幌」
- 北海道開発庁 (1957) 5 万分の 1 地質図幅及び同説明書「樽前山」
- 勝井義雄 (1959) 支笏降下軽石堆積物について, 特に支笏カルデラ形成直前の活動について. 火山, 第 2 集, 2, 33-48.
- 勝井義雄・村瀬 勉 (1960) 支笏火山の活動にかんする 2・3 の考察. 地質雑, 66, 631-638.
- 町田洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336 p.
- 萬年一剛 (2013) 降下火山灰シミュレーションコード Tephra2 の理論と現状--第四紀学での利用を視野に--. 第四紀研究, 52, 173-187.
- 真下博和・鎌田桂子・佐藤博明 (1999) 支笏降下軽石 (Spfa 1) の噴火. 日本火山学会講演予稿集 1999(2), 97.
- Walker, G.P.L. (1980) The Taupo Pumice: product of most powerful known (ultraplinian) eruption? Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 8, 69-94.
- 山縣耕太郎 (2000) 支笏火山 40ka 噴火の規模に関する検討. 上越教育大学研究紀要, 19, n 445-460.