総合地質　第5巻　第1号　71-80ページ　2021年10月
General Geology, Vol. 5, No. 1, 71-80, October 2021

＜論　説＞

古倶知安湖の検証－その２－：北海道倶知安町の上部更新統真狩別層の ^{14}C 年代値，火山灰，花粉および珪藻の分析

嵯峨山 積[1) 2)]・星野 フサ[1) 3)]・井島 行夫[4)]・近藤 玲介[5)]・
関根 達夫[1)]・小田桐 亮[6)]・宮入 陽介[5)]・横山 祐典[5)]

Investigation of the Paleo-Lake Kutchan (part 2): ^{14}C dating, volcanic ash, pollen and diatom analyses of the late Pleistocene Makkaribetsu Formation in the Kutchan, Hokkaido, Japan

Tsumoru Sagayama[1) 2)], Fusa Hoshino[1) 3)], Yukio Izima[4)], Reisuke Kondo[5)], Tatsuo Sekine[1)], Ryo Odagiri[6)], Yosuke Miyairi[5)] and Yusuke Yokoyama[5)]

2021年6月23日受付
2021年8月1日受理

1) 北海道総合地質学研究センター　〒069-0834　江別市文京台東町18番地の12　嵯峨山気付
Hokkaido Research Center of Geology, c/o Sagayama, Ebetsu 069-0834, Japan
2) アースサイエンス株式会社　〒001-0039　札幌市北区北39条西3丁目2-1
Earth Science Co. Ltd., Sapporo, 001-0039, Japan
3) 北海道大学総合博物館（植物ボランティア）〒060-0810　札幌市北区北10条西8丁目
Hokkaido University Museum, Sapporo, 060-0810, Japan
4) 〒061-1132 北広島市北進町3丁目4番地10
Hokushin 3-4, Kitahiroshima 061-1132, Japan
5) 東京大学大気海洋研究所　〒277-8564　柏市柏の葉5-1-5
Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, Kashinoha 5-1-5, Kashiwa 277-8564, Japan
6) 倶知安風土館　〒044-0006　倶知安町北6条東7丁目3
Kutchan Museum of Natural History, Kutchan 044-0006, Japan

Corresponding author: T. Sagayama, tsaga@hrcg.jp

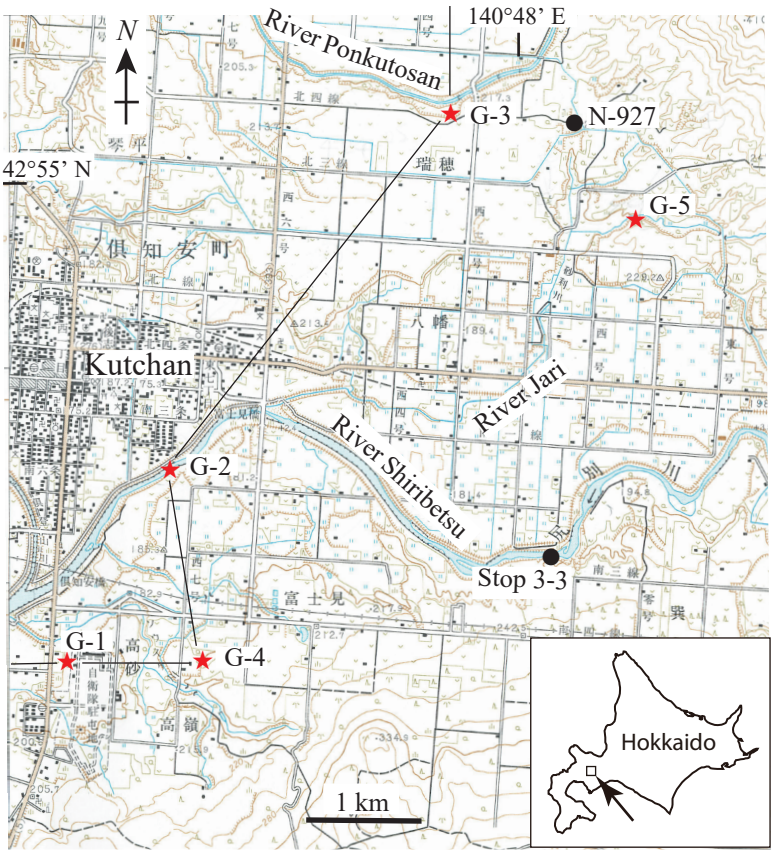
Keywords: Paleo-Lake, Kutchan, ^{14}C dating, volcanic ash, pollen, diatom, late Pleistocene, Kutchan, Hokkaido

要旨

古倶知安湖の存在を検証するために，2020年に真狩別層より採取した地質試料について ^{14}C 年代測定と火山灰，花粉および珪藻の分析を行った．^{14}C 年代値は48,050-46,750 cal BP，45,750-45,000 cal BP および44,500-43,750 cal BP が得られた．火山灰分析では，成分は火山ガラスがほぼ80%を占め，支笏軽石流堆積物の再堆積物と推定した．花粉分析ではA～Eの花粉帯を区分し，約3,280年間はやや冷涼で乾性な気候が安定的に推移したと推定した．珪藻分析から，浮遊性淡水生種の多産により流れの静かな湖沼と，付着性淡水生種の多産により比較的流れがあった堆積環境を想像した．今回測定した ^{14}C 年代値は羊蹄山の崩壊（約3.8万年前）よりも古いことから，同崩壊は古倶知安湖出現の原因とは考えられず，他の地質現象を推定する必要がある．

はじめに

蝦夷富士とも称される羊蹄山（標高1,898 m）の周辺に分布する第四系には，淡水生珪藻土が胚胎することが古くから報告されている．喜茂別町では，純度の高い珪藻土が産出し，堆積当時は湖沼が存在したと推定され（河島・素木，1941a, b），土居・長谷川（1956）は留寿都層（長尾・佐々，1933）堆積当時には，尻別川沿いなどに浅い湖沼が広がっていたとしている．羊蹄山麓グループ（1958）は真狩別層の下部付近には層厚10 m以上の縞模様粘土層が存在し，その当時は倶知安付近に湖沼が広がっていたと述べている．藤原（1964）によ



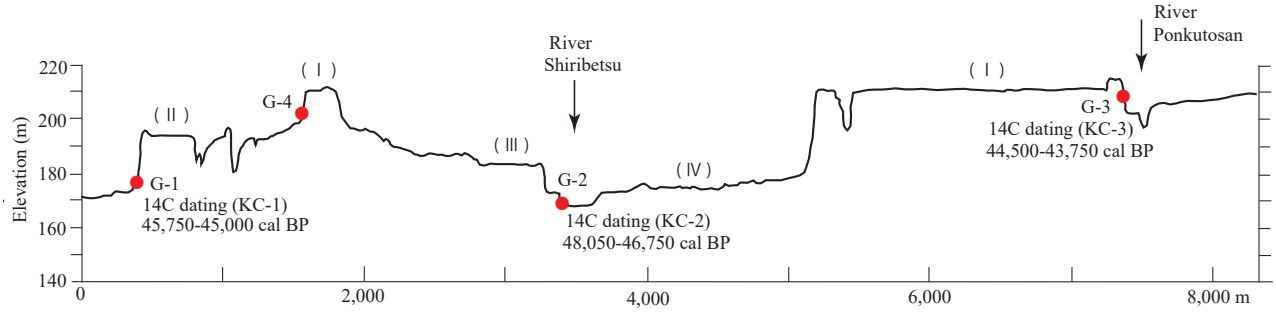
第１図　真狩別層の露頭位置

基図は国土地理院発行の５万分の１地形図「倶知安」である．実線は第２図の断面線を示す．N-927 は小元（1971）の ^{14}C 年代測定位置で，Stop 3-3 は Nakagawa et al.（2016）の露頭位置である．

Fig. 1　Location of the outcrops of the Makkaribetsu Formation in the Kutchan. 50,000-scale topographic maps of the Kutchan quadranges (Geospatial Information Authority of Japan) are used. N-927 shows ^{14}C dating point by Omoto (1971) and Stop 3-3 indicates outcrop site of Nakagawa et al. (2016).

れば，留寿都村泉川の珪藻土は留寿都層を不整合におおう真狩別層（長尾・佐々，1933）の下部に胚胎し，藤原（1976）は真狩村や喜茂別町留産の珪藻土の生成環境を淡水湖としている．前田（2012）は羊蹄山北西麓に縞状粘土の露頭を認め，堆積当時の倶知安盆地は湖で，その原因として約 45,000 年前の羊蹄山の大崩壊の可能性を示唆している．命名者は不明ながら湖は「古倶知安湖」とされ，矢吹（2016）は羊蹄山の大規模崩壊により尻別川が堰き止められて縄文時代早期から前期に同湖が出現したとしている．

この様に，羊蹄山周辺には淡水成の珪藻土が分布し，第四系の留寿都層と真狩別層が堆積した時代の異なる２つの湖が存在した可能性がある．この内の古い湖は留寿都層堆積時で，洞爺火砕流（約 11.3 万年前）の直後とされ（小元，1971），新しい湖は真狩別層堆積時である．これらの湖の詳細な形成時代や成因ついては十分解明されておらず，嵯峨山ほか（2020）は古倶知安湖の形成時代や広がりなどを検証するために，真狩別層について珪藻と花粉の微化石分析を試み，湖成層の存在を確認した．今回，2020 年の野外調査で真狩別層より採取した地質試料について，放射性炭素年代（以下，^{14}C 年代）測定と火山灰，花粉および珪藻の分析を行い，地質年代や堆積環境が明らかになったので報告する．

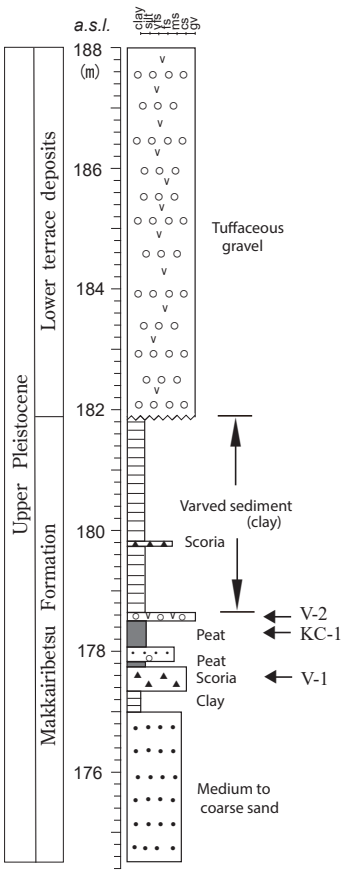


第２図　地形断面と ^{14}C 年代値

断面線は第１図に，^{14}C 年代値は第１表に示す．

Fig. 2　Topographic section and ^{14}C dating

Section line is shown in Fig. 1, and ^{14}C dating is in Table 1.



第３図　倶知安町市街南の露頭 G-1 の地質柱状図と試料採取点
嵯峨山ほか（2020）を基に作成. KC-1 は ^{14}C 年代測定, V-1 および V-2 は火山灰分析の試料採層準である.
Fig. 3 Geologic columnar of the outcrop G-1.
This figure is drawn fom Sagayama et al. (2020). KC-1: ^{14}C dating sample, V-1 and V-2: volcanic ash analysis samples-

地形面と地質露頭

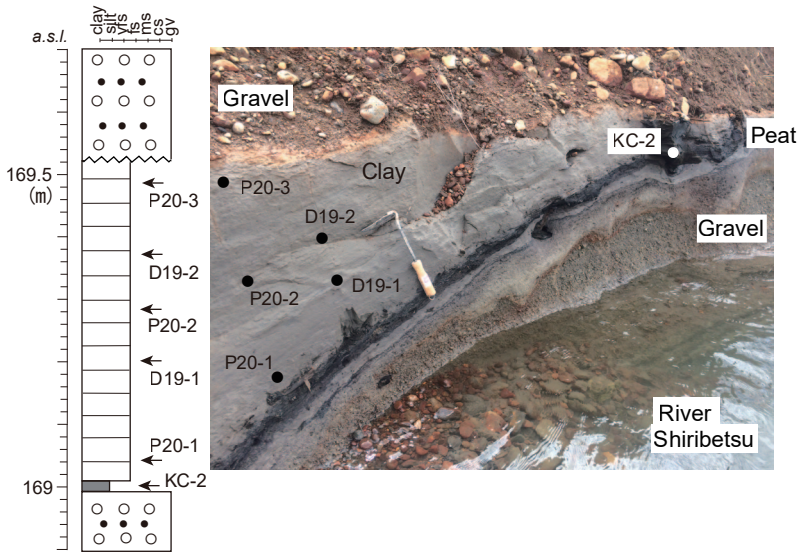
2020 年に調査した地質露頭は G-1，G-2，G-3，G-4 および G-5 の５つである（第１図）．以下に地形面と各露頭の堆積状況，試料採取について述べる．

第２図に露頭 G-1 から G-3 までの地形断面を示す．平坦面は標高の高い方から G-3 や G-4 付近の Ⅰ面（標高 210 m 前後），G-1 頂上の Ⅱ面（190 m 前後），G-2 横の Ⅲ面（185 m 前後），尻別川右岸の Ⅳ面（170 ～ 175 m）の４つが認められる．Ⅰ面は，後に述べる様に 41,000 y.BP 前後（許ほか，2001）とされる支笏軽石流堆積物（以下，Spfl と称す）の再堆積による面で，時代は約 41,000 年前直後である．Ⅱ面とⅢ面は，Ⅰ面以降の湖水の低下と共に形成された面で，時代はⅠ面とⅣ面の間であるものの詳細は不明である．Ⅳ面は倶知安市街が位置する沖積面で，時代は縄文海進高頂期の 6,000 年前後である．

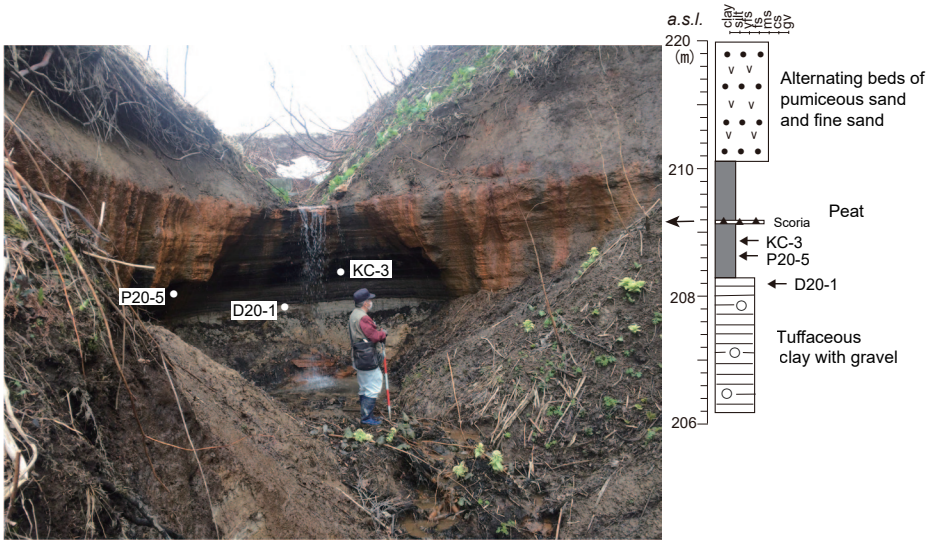
露頭 G-1　倶知安町市街の約３ km 南に位置し，嵯峨山ほか（2020）で報告していることから堆積状況は省略する．^{14}C 年代測定用の試料 KC-1（木片）はスコリア（層厚 40 cm）直上にある泥炭の標高約 178.3 m から採取した．火山灰分析用の V-1 は上記のスコリアから，同じく V-2 は比高 2.6 m 付近の層厚 10 ～ 20 cm の軽石堆積物からそれぞれ採取した（第３図）．

露頭 G-2　尻別川左岸に位置し（北緯 42° 53′ 36.73″，東経 140° 45′ 44.12″），全体の厚さは約 4.5 m で，標高は 169 m である．下位より砂礫，泥炭および粘土がほぼ一連に堆積し，それらを不整合で氾濫原堆積物の砂礫がおおう．最下位は最大径３ cm の礫が混じる砂礫で，厚さは 0.5 m である．泥炭が５～ 10 cm と厚さを変え挟在する．本泥炭から ^{14}C 年代測定の試料 KC-2（木片）を採取した．粘土は灰白色で弱い縞状を呈する．厚さは 0.5 m で，走向・傾斜は N 45° E・10° N である．本粘土から花粉分析用試料の P20-1, P20-2 および P20-3 を，珪藻分析の試料 D19-1 と D19-2 をそれぞれ採取した．最上位の砂礫は，最大径 10 cm の礫を有し，厚さは約 4 m である（第４図）．

露頭 G-3　ポンクトサン川左岸に位置し（北緯 42° 55′ 18.55″，東経 140° 47′ 34.40″），標高は 210 m 前後である．下位より厚さ約 1.5 m の凝灰質粘土，スコリア薄層を挟在する厚さ 1.85 m の泥炭，厚さ約３ m の軽石質



第４図　尻別川左岸の露頭 G-2 と試料採取点
KC-2 は ^{14}C 年代測定，P20-1 ～ P20-3 は花粉分析，D19-1 と D19-2 は珪藻分析の試料採層準である．
Fig. 4 Outcrop G-2 of the late Pleistocene sediments at the River Shiribetsu.
KC-2: ^{14}C dating sample, P20-1 to P20-3: pollen analysis samples, D19-1 and D19-2: diatom analysis samples.

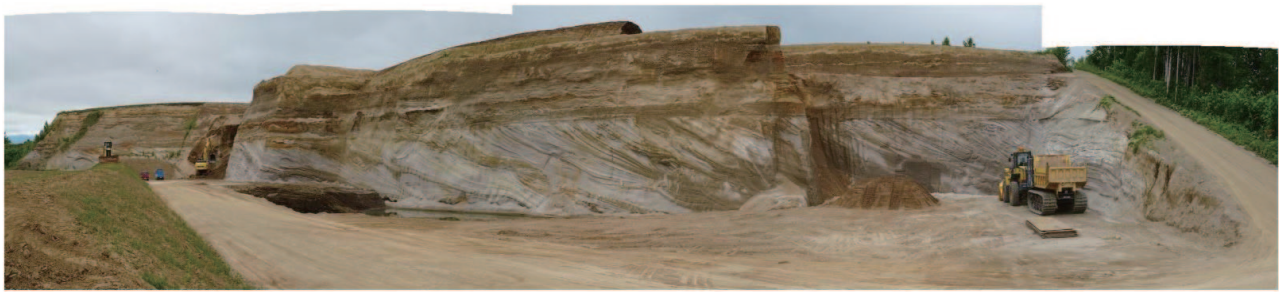


第５図　ポンクトサン川左岸の露頭 G-3 と試料採取点

KC-3 は ^{14}C 年代測定，P20-5 は花粉分析，D20-1 は珪藻分析の試料採取点である．

Fig. 5　Outcrop G-3 of the late Pleistocene sediments at the River Ponkutosan, from which samples are corrected for ^{14}C dating, pollen and diatom analyses.

KC-3: ^{14}C dating sample, P20-5: pollen analysis sample, D20-1: diatom analysis sample.



第６図　羊蹄山北麓の土取場（露頭 G-4）

Fig. 6　Outcrop G-4 of the late Pleistocene sediments at the northern foot of the Mt. Yotei, from which samples are corrected for volcanic ash analysis.

砂・細砂互層が累重する．この内の粘土から珪藻分析用試料 D20-1 を，泥炭のほぼ中央部から ^{14}C 年代測定の試料 KC-3（木片）と花粉分析用試料の P20-5 をそれぞれ採取した（第５図）．

露頭 G-4　羊蹄山北麓に位置し（北緯 42° 52′ 44.28″，東経 140° 45′ 57.98″），露頭 G-1 の 1.2 km 東方の土取場で，作業場面の標高は 199 m である．火山灰と軽石からなり，前置層とその上に頂置層が認められる．斜層理を呈する淘汰不良な堆積物で，層厚は約 15 m である．軽石は大きさ 4 cm 以下でやや円磨されている．火山灰分析用の V-3 は作業場面より約 1 m 上で採取した（第６図）．

露頭 G-5　砂利川左岸に位置（北緯 42° 54′ 49.60″，東経 140° 48′ 43.83″）する旧土取場で，標高は 208 m である．最下位は厚さ 10 m ＋の火山灰・軽石混じり砂礫で，その上位に厚さ 5 cm の凝灰質粘土が認められる．本粘土から珪藻分析用試料 D20-2 を採取した．最上位は厚さ 10 m の火山灰・軽石混じり砂礫で，礫径は 5 cm 以下である．本砂礫は下位の砂礫にくらべて固結度が低い（第７図）．

測定と分析の方法

^{14}C 年代測定

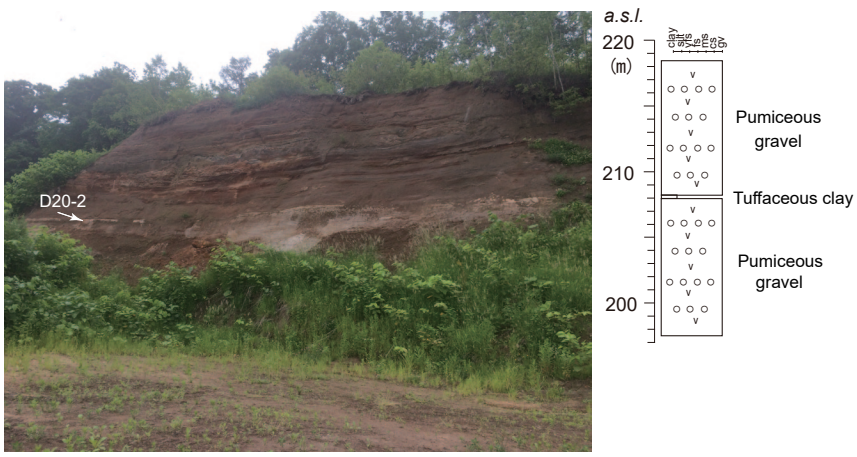
泥炭中の木片を酸 - アルカリ - 酸処理した後，真空ラインを用いてグラファイトを精製した．AMS^{14}C 年代測定は東京大学大気海洋研究所高解像度環境解析研究センターのシングルステージ加速器質量分析装置により行い，得られた AMS^{14}C 年代値は IntCal13（Reimer et al., 2013）を用いて暦年較正を行った．

火山灰分析

軽石や火山灰を水洗いした後，約 60 ℃で乾燥し，粒径 0.125 ～ 0.063 mm の火山ガラス，斜長石，斜方輝石，単斜輝石，角閃石および岩片に区分して，鉱物組成を明らかにした．火山ガラスの形態は町田・新井（2003）の分類による．

花粉分析

分析方法は星野（1990，1994）とほぼ同じである．すなわち，約 2 cc の試料を薬品処理した後，グリセリンゼリーでスライドグラス上に封入し，光学顕微鏡の 1,000 倍下でプレパラート中の花粉と胞子を 100 個になるまで数えた．結果は米倉（2012）の植物の系統進化



第７図　砂利川沿いの旧土取場跡（露頭 G-5）と試料採取点
D20-2：珪藻分析用試料の採取点.

Fig. 7　Outcrop G-5 of the late Pleistocene sediments at the River Jari, from which samples are corrected for diatom analysis.
D20-2: diatom analysis sample.

を考慮して表示した.

珪藻分析

試料は粘土やシルトである．プレパラート作成や珪藻の同定･解析の方法は嵯峨山ほか（2010）とほぼ同様で，1,000 倍の生物光学顕微鏡で 1 試料につき 100 個体を目途に同定し，海生種，海～汽水生種，汽水生種，汽～淡水生種および淡水生種に区分した．更に堆積当時の塩分濃度の目安となる塩分指数（嵯峨山，2018）を求めた.

測定と分析の結果

^{14}C 年代測定

測定用試料は倶知安町市街の約 3 km 南の露頭 G-1 から採取した KC-1（第 2 図，標高 178.3 m），尻別川沿いの露頭 G-2 から採取した KC-2（第 3 図，標高 169 m），ポンクトサン川左岸の露頭 G-3 から採取した KC-3（第 4 図，標高 208.9 m）で，いずれも木片である．測定結果は KC-1 が 45,750-45,000 cal BP（42,042±385 yr BP），KC-2 は 48,050-46,750 cal BP（44,175±472 yr BP），KC-3 は 44,500-43,750 cal BP（40,578±336 yr BP）である（第 1 表）.

火山灰分析

分析用試料は G-1 から採取した V-1 と V-2（第 3 図），露頭 G-4 から採取した V-3（第 6 図）である．V-1 はスコリアで, 火山ガラスが 3.5 %（bw: 3.0 %, pm: 0.5 %）と少なく，軽鉱物が 44.0 %，重鉱物が 8.0 %，岩片および風化粒が 44.5 %である．この内の重鉱物では斜方輝石が 56.3 %，単斜輝石が 25.0 %，角閃石が 18.7 %である．V-2 は火山灰および軽石で，火山ガラスが 50.5 %（bw: 25.0 %，pm: 25.5 %），軽鉱物が 19.0 %，重鉱物が 3.5 %，岩片および風化粒が 27.0 %である．この内の重鉱物では斜方輝石が 42.8 %，角閃石が 57.2 % である．V-3 は火山灰および軽石で，火山ガラスが 79 %（bw: 34.5 %, pm: 44.5 %），軽鉱物が 5.5 %，岩片および風化粒が 15.5 %である（第 2 表）.

花粉分析

分析に用いたのは露頭 G-2 から採取した P20-1，P20-2 および P20-3（第 4 図）と，露頭 G-3 の P20-5（第 5 図）の合計 4 試料である.

P20-1 では *Picea*（トウヒ属アカエゾマツ，エゾマツ）が 74 %，*Abies*（モミ属トドマツ）が 24 % を占め，P20-2 では *Picea* が 84 %，*Abies* が 9 % である．P20-3 では *Picea* が 85 %，*Abies* が 8 % である．P20-5 では *Picea* が 57 %，*Pinus (Hap.)*（ハイマツ）は 5 % である．*Larix*（カラマツ属グイマツ）9 % の出現が特筆される．1 %であるものの *Quercus*（コナラ属）も認められる（第 3 表）.

珪藻分析

分析用試料は，露頭 G-2 から採取した D19-1 と D19-2（第 4 図），露頭 G-3 から採取した D20-1（第 5 図），露頭 G-5 から採取した D20-2（第 7 図），藤原

第 1 表　放射性炭素年代測定一覧
Table 1　Radiometric carbon dating.

Outcrop name	Sample name	Above sea level (m)	Materials	radio carbon age (y BP)	(cal BP) 1σ range	(cal BP) 2σ range
G-3	KC-3	208.9	Wood	40,578± 336	44,500 - 43,750	44,850 - 43,350
G-2	KC-2	169	Wood	44,175± 472	48,050 - 46,750	48,650 - 46,250
G-1	KC-1	178.3	Wood	42,042± 385	45,750 - 45,000	46,150 - 44,650

第２表　火山灰分析一覧

Table 2 Volcanic ash analysis

All mineral component (%)　(Total count: 200)

Outcrop name	Sample name	Materials	Volcanic glass bw	Volcanic glass pm	Light mineral	Heavy mineral	Rock fragment and weathering particle
G-1	V-2	Ash & pumice	25.0	25.5	19.0	3.5	27.0

Heavy mineral component (%)

Orthopyroxene	Clinopyroxene	Amphibole	Iron mineral
42.8	0.0	57.2	0.0

All mineral component (%)　(Total count: 200)

Outcrop name	Sample name	Materials	Volcanic glass bw	Volcanic glass pm	Light mineral	Heavy mineral	Rock fragment and weathering particle
G-1	V-1	Scoria	3.0	0.5	44.0	8.0	44.5

Heavy mineral component (%)

Orthopyroxene	Clinopyroxene	Amphibole	Iron mineral
56.3	25.0	18.7	0.0

All mineral component (%)　(Total count: 200)

Outcrop name	Sample name	Materials	Volcanic glass bw	Volcanic glass pm	Light mineral	Heavy mineral	Rock fragment and weathering particle
G-4	V-3	Ash & pumice	34.5	44.5	5.5	0.0	15.5

Heavy mineral component (%)

Orthopyroxene	Clinopyroxene	Amphibole	Iron mineral
0.0	0.0	0.0	0.0

第３表　花粉分析一覧

Table 3　Pollen fossils yielded from the late Pleistocene sediments.

		Outcrop name	Sample number	*Sphagnum*	LYCOPODIACEAE	Trilete spore	Monolete spore	*Abies*	*Larix*	*Picea*	*Pinus* (*Hap.*)	*Tsuga*	CYPERACEAE	POACEAE	RANUNCULACEAE	*Thalictrum*	*Sanguisorba*	*Ulmus*	*Fagus*	*Quercus*	*Myrica gale*	*Alnus*	*Betula*	*Corylus*	CARYOPHYLLACEAE	ERICACEAE	*Menyanthes*	ASTERACEAE	*Artemicia*	*Cirsium*	APIACEAE	Total count number	Pollen zone
This report		G-3	P20-5					8	9	57	5		14							1		1	2	1			2					100	E
Sagayama et al., 2020	A	G-1	P14	1	4	4	18	1		48	7			3		1			1		1	2	7		1	1						100	D
			P9				2	7		86			1									3	1									100	
	B		P6	1	2		1	4		29			35	2		2						4	15						1	2	2	100	C
	C		P4				2	6		48	2		8	1	1	7						2	4					7	2	10		100	
			P2		2		1	4		29	2	1	35	3	2		7					3	3					4	4			100	
This report		G-2	P20-3		1		3	8		85								1				1	1									100	B
			P20-2		1			9		84	1											1	4									100	
			P20-1					24		74												2										100	A

Order of plant name is by Yonekura (2012)

哲夫氏より提供していただいた真狩村泉（Izm），留寿都村泉川（Imw），喜茂別町留産（Rsn）の各試料である．D19-1 では湖沼沼沢湿地指標種群（千葉・澤井，2014）の浮遊性淡水生種の *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Simonsen が 59 % と多産し，付着性淡水生種の *Fragilaria pinnata* Ehr. が 11 %，中～下流性河川指標種群（安藤，1990）で付着性淡水生種の *Achnanthes lanseolata* Breb. が 10 % である．D19-2 では *A. ambigua* が 43 %，*F. pinnata.* が 11 %，*A. lanceolata* が 7 % で D1 と同様な産出状況を示す．D20-1 では付着性淡水生種の *Fragilaria arcus* var. *recta* Cleve が 15 %，*A. lanceolata* が 9 %，付着性淡水生種の *Diatoma mesodon* (Ehr.) Kütz が 8 % である．D20-2 では付着性汽～淡水生種の *Rhoparodia gibberula* (Ehr.) O. Müll. が 17 %，沼沢湿地付着生種群（安藤，1990）の *Pinnularia viridis* (Nitzsch.) Ehr. が 12 %，同じく淡水生種の *Pinnularia gibba* Ehr. が 11 %，付着性淡水生種の *Cymbella silensiaca* Bleisch が 10 % である．Izm では *A. ambigua* が 87 % と多産する．Imw では付着性淡水生種の *Gomphonema parvulm* (Kütz.) Grun. が 23 %，付着性淡水生種の *Meridion circulare* var. *constricta* (Ralfs) Van Heurck が 8 %，*A. lanceolata* や *Cymbella silensiaca*，付着性淡水生種の *Fragilaria exigua* Grun. のそれぞれが 7 % である．Rsn では付着性淡水生種の *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehr.) Grun. が 81 % と多産する（第４表）．塩分指数（嵯峨山，2018）はいずれも 1.94 以下で淡水環境を示す．

第４表　珪藻分析一覧

Table 4　Diatom fossils yielded from the late Pleistocene sediments.

Outcrop name		G-2		G-3	G-5	Fujiwara's sample		
Name of species / Geologic sample	Ecol.	D19-1	D19-2	D20-1	D20-2	Izm	Imw	Rsn
Achnanthes lanceolata Bréb.	F	10	7	9	2	1	7	
Amphora libyca Ehr.	F		1	1	2			
Aulacoseira ambigua (Grun.) Simonsen	F	59	43	2		87	2	
A. granulata (Ehr.) Simonsen	F						2	
Cocconeis placentula var. *euglypta* (Ehr.) Cleve	F	1	5	3				
Cyclotella comta (Ehr.) Kütz.	F		3					
C. stelligera Cleve & Grun.	F	5						
Cymbella naviculiformis Auerswald	F		1	2	2			
C. silensiaca Bleisch	F	1	3	4	10		7	
C. tumida (Bréb.) Van Heurek	F		1	2	1			
C. turgida (Greg.) Cleve	F		1					
Diatoma hyemalis (Roth) Heiberg	F			6	1			
D. mesodon (Ehr.) Kütz.	F	1		8		1		
Diploneis elliptica (Kütz.) Grun.	F			1	8			
Epithemia adnata (Kütz.) Bréb.	F		1				1	5
E. sorex Kütz.	F							2
Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills	F		1		3		5	
E. gracialis Meister	F			3	5		3	
Fragilaria arcus var. *recta* Cleve	F		4	15				
F. bicapitata Mayer	F					1		
F. brevistriata Grun.	F				2		1	
F. capucina var. *vaucheriae* Kütz.	F	2	2	6				1
F. construens (Ehr.) Grun.	F	1	2					
F. construens var. *venter* (Ehr.) Grun.	F				1	4	5	81
F. exigua Grun.	F					2	7	
F. leptostauron (Ehr.) Hust.	F	1						
F. pinnata Ehr.	F	11	11	2	3			1
Frustulia vulgaris Thwaites	F				1			3
Gomphonema angustatum (Kütz.) Rabh.	F				1			
G. minuta (Agardh) Agardh	F		1					
G. parvulum (Kütz.) Grun.	F		4	1			23	
G. truncatum Ehr.	F	1						
Hanzschia amphioxys (Ehr.) W. Smith	B-F				1		2	
Meridion circulare (Graville) Agardh	F			1		3		
M. circulare var. *constricta* (Ralfs) Van Heurck	F		1	1	2		8	
Navicula contenta Grun.	F			1				
N. cryptocephala Kütz.	F			1				
N. eidrigiana Carter	B				1			
N. elginensis (Greg.) Ralfs	F				3			
N. halophila (Grun.) Cleve	F			2				
N. lanceolata (C. Ag.) Cleve	B-F			1				
N. meniscula Schumann	F			1	1			
N. minima Grun.	F						1	
N. oppugnata Hust.	F			1				
N. pupula Kütz.	F	1					5	
N. stroemii Hust.	F			9				
N. ventralis Krasske	F	2						
Neidium ampliatum (Ehr.) Krammer	F			1	1			
Nitzschia amphibia Grun.	F							1
N. linealis W. Smith	F			1				
N. palea (Kütz.) W. Smith	F		1	1				
Pinnularia borealis Ehr.	F		1	3	1		1	
P. gibba Ehr.	F			1	11		4	
P. ignobilis (Krasske) Cleve-Euler	F						6	
P. nodosa (Ehr.) W. Smith	F				5			
P. pulchra Østrup	F						1	
P. subcapitata (Ehr.) Greg.	F			3			4	
P. viridis (Nitzsch.) Ehr.	F			1	12		5	
Reimeria sinuata (Greg.) Koc. et Stoerm	F	1	1	1				
Rhopalodia gibba (Ehr.) O. Müll.	F	1						
R. gibberula (Ehr.) O. Müll.	B-F			1	17			
Stauroneis lapidicola Petersen	F			1				
S. smithii Grun.	F		1					
Surirella angusta Kütz.	F			1				
S. robusta Ehr.	F		1					
Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.	F	2	3	2	3			6
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	F					1		
Total valves counted		100	100	100	100	100	100	100
(×5)	M	0	0	0	0	0	0	0
(×4)	M-B	0	0	0	0	0	0	0
(×3)	B	0	0	0	1	0	0	0
(×2)	B-F	0	0	2	18	0	2	0
(×1)	F	100	100	98	81	100	98	100
Total		100	100	100	100	100	100	100
Index (mean value)		1.00	1.00	1.02	1.20	1.00	1.02	1.00

考　察

露頭 G-1 の縞状堆積物の地層の走向・傾斜は N 80° W・3° N（嵯峨山ほか，2020）で，露頭 G-2 の走向・傾斜は N 45° E・10° N であることから，地層はほぼ水平に堆積していると考えられ，標高の比較から，露頭 G-1 は同 G-2 より上位に位置する．更に，露頭 G-4 はより上位に位置し，最上位は露頭 G-3 である．今回，明らかになった ^{14}C 年代値（1 σ）は G-2 が最も古く（ca 47,400 cal BP），次に G-1（ca 45,375 cal BP）で，最も若い値は G-3（ca 44,125 cal BP）となり，前に述べた露頭の上下関係（第 2 図）と矛盾しない．なお，露頭 G-3 の約 1.1 km 東方（N-927, 第 1 図）では小元（1971）により泥炭の ^{14}C 年代値 37,300±2,200 yr BP が報告されている．

露頭 G-4 の堆積物は火山灰や軽石からなり，淘汰不良で，軽石はやや円磨されていることから水の作用で堆積したと考えられる．試料 V-3 の火山灰分析では，成分は火山ガラスがほぼ 80% を占める．調査域周辺では火山灰の鉱物分析報告が存在しないことから，大津ほか（2002）のを参考にした．それによれば，Spfl（別名，支笏火砕流）や約 11.3 万年前噴出（町田・新井，2003）の洞爺火山灰が多くの火山ガラスを含んでおり，このいずれかに相当すると考える．Spfl の年代は 41,000 y.BP 前後とされ（許ほか，2001），これを年代補正すると ca 44,700 cal BP で，G-1（KC-1；約 45,375 年前）と G-3（KC-3；約 44,125 年前）の ^{14}C 値のほぼ中間を示す．すなわち，露頭 G-4 の地層は Spfl の再堆積物で，標高がより高い露頭 G-3 の泥炭は Spfl 再堆積の直後に形成されたと考えられる．Nakagawa et al.（2016）は，尻別川沿いの露頭（Stop 3-3，第 1 図）は Spfl の再堆積物で，Spfl が噴出した当時は倶知安周辺は湖であったとしており，露頭 G-4 の地層は Spfl の再堆積物とする考えと一致する．その他の V-1 と V-2 は 4 万年以前の火山灰であることから，柏原ほか（1976）による完新世の火山灰との対比は不可能である．一方，中川ほか（2018）では羊蹄火山のテフラの鉱物組成を述べており，Goto et al.（2020）は羊蹄山の 10 km 南東方の尻別岳の火山活動を明らかにしている．今後，これら山体からの噴出物と V-1 や V-2 との対比が必要と考える．

花粉分析の結果から，2020 年の結果も含め，花粉帯は下位より A ～ E に区分される（第 3 表）．すなわち，今回，露頭 G-2 と G-3 を新たに加えたことで，嵯峨山ほか（2020）の C 帯と B 帯は本報告では C 帯として一括し，同じく A 帯は本報告の D 帯に変更した．

A 帯は露頭 G-2 の最下部から得られた P20-1 試料が該当する．*Picea* が 74 %, *Abies* が 24 % を占め, *Alnus*（ハンノキ属ミヤマハンノキ）も加わる．B 帯は露頭 G-2 の P20-2 と P20-3 の 2 試料が該当する．P20-2 で *Picea* が 84 %，*Abies* が 9 % である．P20-3 で *Picea* が 85 %，*Abies* が 8 % である．*Betula*（カバノキ属）も加わる．C 帯は露頭 G-1 の P2，P4, および P6 の 3 試料が該当する．CYPERACEAE（カヤツリグサ科）がスパイク的な出現を示し 35% となる．*Picea* は本帯中部で 48% となり，*Betula* は最上部で 15% に増加する．草本類の *Thalictrum*（カラマツソウ属）が 7%，*Cirsium*（アザミ属）が 10%，*Sanguisorba*（ワレモコウ属）が 7% 産出する部分もある．D 帯は露頭 G-1 の P-9 と P-14 の 2 試料が該当する．*Picea* が本帯下部で 86% と多いが，上部では Monolete spore（オシダ類のような単条溝型胞子）や *Pinus*（*Hap*.）（五葉松型），そして *Betula* が増加する．E 帯は露頭 G-3 の P20-5 が該当する．P20-5 では *Picea* が 57 %，*Pinus (Hap.)* は 5 % である．*Larix* 9 % の出現が特筆される．1 % であるものの *Quercus* も認められる．（第 3 表）．

今回得られた花粉分析の結果からは常緑針葉樹 *Picea* の優勢な古環境が推定される．^{14}C 年代値で明らかにされた期間は，やや冷涼で乾性な気候条件下で立地が安定的に推移していたことが考えられる．この常緑針葉樹は現在，中山峠に近い部分や手稲山の山頂に近い部分を取り巻いている．花粉帯 C では CYPERACEAE の拡大期があり草原の広がり（冷涼化）を示唆している．花粉帯 E における *Larix* と *Pinus (Hap*.) の出現は乾性，冷涼化が一段と進んだことを物語っており，長期間に渡って落葉広葉樹の拡大を許さない環境が羊蹄山の北側に存在していたことになる．

珪藻分析では，露頭 G-2 の粘土（D19-1 および D19-2）からは湖沼沼沢湿地指標種群の浮遊性淡水生種 *Aulacoseira ambigua* が多産し（第 4 表），堆積環境は *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz が多産した G-1 の縞状堆積物と同様な流れの静かな湖沼と考えられ，G-2 から G-1 にかけてはほぼ一連の堆積環境であったと推定される．一方，露頭 G-3 と G-5 の粘土からは浮遊性種は少なく，ほとんどが付着性淡水生種で，比較的流れがあった堆積環境が想像される．次に，参考として分析した藤原の試料について述べる．Izm からは G-2 の粘土と同様に *A. ambigua* が多産し，Imw や Rsn からは付着性淡水生種が多く産する．藤原（1964）は，留寿都村泉川での珪藻土は真狩別層下部に相当すると述べており，Imw がその一部と考える．また，藤原（1976）の第 1 表では真狩・留産地区の珪藻土は真狩別層とされており，

Izm と Rsn がこれらの地質試料と考える．以上から，倶知安町で確認した浮遊性種 *A. ambigua* を多産する地層は，羊蹄山の南の真狩村にも分布している可能性が考えられ，湖の広がりを推定する上でも重要と思われる．

古倶知安湖の成因については，前田（2012）や矢吹（2016）は羊蹄山の大規模崩壊により尻別川が堰き止められたと述べている．前者では大規模崩壊の発生は約 45,000 年前としているが，その根拠については書かれていない．一方，後者では湖の形成時代は縄文時代早期から前期とされている．上澤・中川（2009）は羊蹄山西麓に分布する羊蹄岩屑なだれ堆積物は支笏火砕流（約 4.1 万年前）の再堆積物を不整合でおおっているか崩壊ブロックとして取り込んでいるため，同なだれ堆積物は支笏火砕流の後に形成されたと述べている．更に上澤ほか（2016）は，約 5 万年前に始まった羊蹄山の火山活動では 2 回の山体崩壊が発生し，この内の古い方は約 3.8 万年前としている．

今回の検討では，最も古い ^{14}C 年代値は露頭 G-2 の湖沼性堆積物直下の泥炭（KC-2）が示す 48,050-46,750 cal BP（44,175±472 yr BP）で，古倶知安湖は本年代より更に前の時代に形成されていたことになる．このため，羊蹄山の崩壊（約 3.8 万年前）は古倶知安湖出現の原因とは考えられず，他の地質現象を推定する必要がある．なお，中川・星住（2010）では，「岩屑なだれ堆積物が支笏火砕流をおおう（上澤・中川，2009）」とは逆の「岩屑なだれ堆積物を支笏火砕流がおおう」とされている．支笏火砕流（4.1 万年前）と岩屑なだれ堆積物（3.8 万年前）の年代値を考慮すると，中川・星住（2010）の根拠についての再検討が必要と考える．

おわりに

古倶知安湖の存在は以前から知られていたものの，詳細は不明であった．湖の時代，形成や消滅の成因，範囲などを明らかにすることは，地質学的意義の他，郷土の成り立ちを探求する上で有用と考える．火山灰分析は諸事情から鉱物組成のみの掲載となったが，今後，ガラス屈折率や化学組成データについて検討する予定である．本文の要約は以下の通りである．

古倶知安湖の存在検証のために，2020 年に真狩別層より地質試料を採取し，^{14}C 年代測定，火山灰，花粉および珪藻の分析を行った．^{14}C 年代値は 48,050-46,750 cal BP から 44,500-43,750 cal BP であった．火山灰分析からは，支笏軽石流堆積物の再堆積と推定できた．花粉分析から，やや冷涼で乾性な気候で安定的に推移していたことが明らかになった．珪藻分析では，流れの静かな湖沼と比較的流れがあった堆積環境が想像された．羊蹄山の崩壊（約 3.8 万年前）は古倶知安湖出現の原因とは考えられず，他の地質現象を推定する必要がある．

謝　辞

元北海道立地下資源調査所の藤原哲夫博士より珪藻土試料を提供していただきました．北海道大学総合博物館資料部研究員の春木雅寛博士は花粉分析の結果について示唆に富んだ多くの助言を与えてくださった．井上　隆氏（元八千代エンジニヤリング株式会社）からは，粗稿を読んでいただき貴重な指摘と意見をいただきました．岡村　聡氏（北海道土質試験協同組合，北海道総合地質学研究センター）より査読いただき，火山灰分析も含めて多くの指摘や貴重な意見をいただきました．「総合地質」編集委員長の宮下純夫氏からは文章表現についてご意見をいただきました．珪藻分析は北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園の施設を利用して行いました．記して感謝申し上げます．

引用文献

安藤一男，1990，淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用．東北地理，**42**，73 － 88.

千葉　崇・澤井祐紀，2014，環境指標種群の再検討と更新．Diatom（日本珪藻学会誌），**30**，17 － 30.

土居繁雄・長谷川 潔，1956，5 万分の 1 地質図幅「倶知安」及び同説明書．札幌 - 第 28 号，北海道開発庁，47 p.

藤原哲夫，1964，留寿都村泉川付近の珪藻土．地下資源調査所報告，**32**，79 － 80.

藤原哲夫，1976，北海道における珪藻土資源．地下資源調査所報告，**48**，123 － 127.

Goto, Y., Miyoshi, M., Danhara, T. and Tomiya, A., 2020, Evolution of the Quaternary silicic volcanic complex of Shiribetsu, Hokkaido, Japan: an example of ignimbrite shield volcanoes in an island arc setting. International Journal of Earth Sciences, https://doi.org/10.1007/s00531-020-01906-9.

許　成基・山崎　誠・佐高裕之・中川昌巳・秋山泰祐・平野令緒，2001，支笏火山噴出層年代の再検討．地球科学，**55**，145 － 156.

星野フサ，1990，花粉化石は何個数えればよいか？　春日井昭教授退官記念論文集，93 － 96.

星野フサ，1994，わく法による現存植生と表層堆積花粉の関連性について一石狩平野西部月ケ湖南西岸の場合一．日本花粉学会会誌，**40**，25 － 37.

柏原　信・広瀬保志・香川正人・菅　恵一・春日井 昭・山岸一夫，1976，羊蹄火山のテフラ－降下軽石・スコリア堆積物とその ^{14}C 年代について－．第四紀研究，**15**，75 － 86.

河島千尋・素木洋一，1941a，本邦産珪藻土及び其工業的應用に關する基礎的研究（第４報）；本邦に於ける珪藻土鑛床の地理的分布，産出状況及び珪藻殻の顕微鏡観察に就いて（1）．大日本窯業協會雑誌，**49**，209 － 222.

河島千尋・素木洋一，1941b，本邦産珪藻土及び其工業的應用に關する基礎的研究（第６報）；各地珪藻土鑛床（樺太及び北海道地方）の現地調査に就いて（1）．大日本窯業協會雑誌，**49**，350 － 358.

町田　洋・新井房夫，2003，新編火山灰アトラス–日本列島とその周辺．東京大学出版会，336 p.

前田寿嗣，2012，行ってみよう！道央の地形と地質．北海道新聞社，147 p.

長尾　巧・佐々保雄，1933，北海道西南部の新生代層と最近の地史（1）．地質雑，**40**，555 － 577.

中川光弘・星住リベカ，2010，羊蹄火山．日本地方地質誌 1「北海道地方」，朝倉書店，302 － 303.

Nakagawa, H., Miura, D., Uesawa, S. and Amma-Miyasaka, M., 2016, Calderas and active volcanoes in southwestern Hokkaido, Japan. IWCC 6 Excursion Guide Book, 33 p.

中川光弘・宮坂瑞穂・三浦大助・上澤真平，2018，西南北海道，石狩低地帯におけるテフラ層序学：支笏－洞爺火山地域の噴火履歴．地質雑，**124**，473 － 489.

大津　直・田近　淳・廣瀬　亘・岡崎紀俊・石丸　聡，2002，当別断層および南方延長部－活断層図とその解説－．北海道活断層図 No.4，北海道，109p.

小元久仁夫，1971，留寿都層の堆積年代と倶知安湖盆の消失．東北地理，**23**，165.

Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Haflidason H, Hajdas I, Hatté C, Heaton TJ, Hoffmann DL, Hogg AG, Hughen KA, Kaiser KF, Kromer B, Manning SW, Niu M, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Staff RA, Turney CSM and van der Plicht J , 2013, IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. Radiocarbon, **55**, 1869–1887.

嵯峨山 積，2018，汽水湖の塩分濃度と湖底堆積物の珪藻遺骸群集から求めた塩分指数の関係．Diatom（日本珪藻学会誌），**34**，1 － 7.

嵯峨山 積・関根達夫・星野フサ，2020，古倶知安湖の検証：北海道倶知安町の後期更新世堆積物の微化石分析．総合地質，**4**，1 － 7.

嵯峨山 積・外崎徳二・近藤　務・岡村　聡・佐藤公則，2010，北海道石狩平野の上部更新統～完新統の層序と古環境．地質雑，**116**，13 － 26.

上澤真平・中川光弘，2009，西南北海道，羊蹄火山の最近約５万年間テフラ層序：古羊蹄火山起原テフラの発見と岩屑なだれの発生時期．日本火山学会講演要旨集，42.

上澤真平・中川光弘・江草匡倫・梅津　茜，2016，西南北海道，羊蹄火山の噴火活動史とマグマ変遷．日本地質学会第 123 年学術大会講演要旨，65.

矢吹俊男，2016，倶知安二万年史－増補改訂版－．倶知安郷土研究会・倶知安風土館，44 p.

米倉浩司, 2012, 日本維管束植物目録．邑田　仁監修, 北隆館, 379 p.

羊蹄山麓グループ，1958，倶知安盆地のおいたち．郷土の科学，**19**，13 － 15.

Abstract

To investigate the Paleo-Lake Kutchan, which was situated in the Kutchan area during the late Pleistocene, analyses of geologic samples were carried out using radiocarbon dating, volcanic ash, pollen and diatom analyses. The samples originate from the late Pleistocene sediments that outcrop in the Kutchan area.

Radiocarbon dating indicates 48,050-46,750 cal BP in the G-2 geologic outcrop, 45,750-45,000 cal BP in the G-1 and 44,500-43,750 cal BP in the G-3. Volcanic ash analysis shows that the sample from the G-4 geologic outcrop is a redeposit of the Shikotsu Pumice Flow deposits. The results of pollen analysis in the G-2 and G-3 geologic outcrops reveal 5 pollen zones, A to E, and estimate that the area experienced lower temperatures and drier air when compared with the present day. Diatom analysis indicates considerable planktonic freshwater species yielded from the G-2 geologic outcrop and epiphytic freshwater species yielded primarily from the G-3 and G-5 outcrops.

The authors believe that the lake was born before ca 48 ka, the oldest dating in this paper, and the debris avalanche of the Yotei in ca 38 ka did not cause the lake's genesis. To fully understand this late Pleistocene lake's beginning, additional data regarding other geologic phenomena is required.