

3. 火山灰編年学によるナウマンゾウ化石の層位およびその年代の検討

The age of *Palaeoloxodon naumanni* from Churui-Bansei, Hokkaido, Japan, based on tephrastatigraphy

早田 勉*

Tsutomu Soda

1. はじめに

北海道には数多くの第四紀火山が分布している。その多くは過去に活発な噴火活動を行い、膨大な数量のテフラを噴出してきた。この地域のテフラについては、土壌学の分野を中心に日本列島でもかなり早い段階から調査が始められ（浦上ほか, 1933）、代表的なテフラの諸特徴や分布に関する総括的研究も行われてきた（北海道火山灰命名委員会, 1979, Arai *et al.*, 1986; 町田・新井; 1992, 2003 など）。その結果、この地域では、テフラを過去の時空指標として利用する火山灰編年学がさまざまな研究で実施されている。

この方法により幕別町忠類ナウマンゾウ産出地点におけるナウマンゾウ化石およびゾウの足跡の産出層位やその年代の把握に関しても重要な資料を提供できることから、現地においてテフラ層などの層相を記載するとともに、採取した試料についてテフラに関する室内分析を行った。

2. ナウマンゾウ化石産出地点におけるテフラの研究史と分析の目的

ナウマンゾウ化石産出地点では、1969（昭和44）年10月に行われた予備的な第一次発掘調査の報告段階で、ナウマンゾウの化石産出層準を含む水成堆積物を覆うローム層で有色鉱物の多い火山灰が、また最上部の腐植質堆積物でも1667（寛文7）年に樽前火山から噴出した樽前bテフラ（Ta-b, 山田, 1958 など）が発見されていた（十勝団体研究会, 1971a）。また、1970（昭和45）年6月の第二次発掘調査の際には、最上位の泥炭（腐植質粘土）層を覆う火山灰層（軽石）がみつげられている（十勝団体研究会, 1971b）。さらに、松井ほか（1978）は、第一泥炭層の直上に上札内降下軽石堆積物（Kpfa, 春日井ほか, 1978）、その上位の相保島礫層の下部に大樹降下軽石堆積物（Tpfa, 春日井ほか, 1978）の2層のテフラ層を記載した。

1990（平成2）年の調査の際には、ナウマンゾウ化石の産出層位より上位に、当時約11万年前と考えられていたクツチャロ羽幌テフラ（Kc-Hb, Okumura, 1988, 約11.5～12万年前; 町田・新井, 2003）が認められた。その結果、それまで10万年前前後（十勝団体研究会, 1971b, 1978）とも、30万年前前後（小山内ほか, 1971）とも言われてい

たナウマンゾウ化石包含層の年代について、花粉分析結果との関係から約12万年前後とする説が出された（赤松ほか, 1990; 赤松・奥村, 1996）。

比較的最近では、第一泥炭層の直上にKc-Hb、そのすぐ上位に約8.5～8.9万年前の阿蘇4テフラ（Aso-4, 町田ほか, 1985; 町田・新井, 2003）の堆積が認められるとする報告も行われた（山口ほか, 2003）。この報告によれば、KpfaとTpfaがそれぞれToyaとAso-4に対比されるらしい。ただし、それらの同定・対比の根拠は不明である。

そこで、これまでに報告されたナウマンゾウ化石産出層準および今回の調査で検出されたゾウの足跡の層位と年代を明らかにする目的で、赤松ほか（1990）、赤松・奥村（1996）、山口ほか（2003）によるKc-Hbなどの広域テフラの同定の検証と、層相の詳細な観察によるそれらの下位のテフラ層およびテフラ濃集層の検出さらに指標テフラとの同定を実施した。

3. 調査で認められたテフラの層相および岩相について

(1) H 19-1 断面（露頭柱状掘削面）

ナウマンゾウ化石産出地点の全体の地質層序を確認できたH 19-1断面（露頭柱状掘削面）では、断面観察やテフラ検出分析により8層準にテフラ層や特徴的なテフラ粒子を認めることができた。それらの特徴は下位より次のとおりである。なお、試料番号は上のものより下位へ順につけた（廣瀬・大津, 2010）。

試料20：桃色の凝灰質シルト層（層厚0.3 cm）。

試料18：若干桃色がかった白色粗粒火山灰層（層厚5 cm）。

試料17：ガラス質白色細粒火山灰層（層厚6 cm）。

試料9：黄灰色粗粒火山灰層（層厚6 cm）。

試料8：灰色シルト質砂層中に含まれる白色細粒軽石（最大径2 mm）。

試料6：インボリューションにより変形を受けた黄色粗粒火山灰層（層厚3 cm）。

試料4：黄褐色土中に多く含まれる粗粒火山灰。

試料1：黄灰色粗粒火山灰層（レンズ状、最大層厚4 cm）。

(2) H 19-3 断面（露頭柱状掘削面脇）

H 19-1断面（露頭柱状掘削面）に近いH 19-3断面では、

*火山灰考古学研究所

Institute of tephrochronology for Nature and History

H 19-1 断面の試料 18~17 前後の堆積物中にテフラ質堆積物を多く確認できた。それらの特徴は次のとおりである。

試料 5：桃色粗粒火山灰層（層厚 2 cm）。

試料 4：白色軽石を比較的多く含む白色粗粒火山灰層（層厚 1 cm，軽石の最大径 4 mm）。試料 5 の桃色粗粒火山灰層との間には、褐色砂質シルトの薄層（層厚 0.3 cm）が挟まれる。

試料 3：白色軽石を含みやや褐色がかかった桃色粗粒火山灰層（層厚 2 cm，軽石の最大径 3 mm）。

試料 2：ガラス質白色細粒火山灰層（層厚 12 cm）。

試料 1：若干桃色がかかった白色細粒火山灰層（レンズ状，最大層厚 2 cm）。

(3) 深掘トレンチ (H 20-1 断面)

深掘トレンチ (H 20-1 断面) の観察では、肉眼で観察できるテフラ層およびテフラ粒子は認められなかった。

4. テフラ検出分析および火山ガラス比分析

(1) 分析試料と分析方法

断面観察で認められたテフラ層およびテフラ粒子の包含層のうち、特徴的なテフラ粒子を含む可能性のある堆積物について、地層境界にかからないよう基本的に厚さ 5 cm ごとに試料を設定採取し、最初に簡易的なテフラ検出分析を実施した。さらに、火山ガラス比分析を行った後、重鉱物を比較的多く含む試料を対象に重鉱物組成分析を行った。分析の手順は次のとおりである。

- 1) 砂分を多く含む比較的精粒の堆積物について 10 g，細粒の堆積物について 15 g を秤量。
- 2) 超音波洗浄処理により泥分を除去。
- 3) 80℃ で恒温乾燥。
- 4) 実体顕微鏡下でテフラ粒子の量や特徴，鉱物のおおよその組み合わせを把握（テフラ検出分析）。
- 5) 分析篩により 1/4~1/8 mm および 1/8~1/16 mm の粒子を篩別。
- 6) 1/4~1/8 mm の粒子 500 粒について偏光顕微鏡下で観察し、火山ガラスの色調形態別比率と重鉱物の含有率を求める（火山ガラス比分析）。
- 7) とくに重鉱物の含有率が 5% を超える試料について、偏光顕微鏡下で重鉱物 250 粒子を観察して重鉱物組成を求める（重鉱物組成分析）。

(2) 分析結果

1) テフラ検出分析

テフラ検出分析の結果を第 3-1 表に示す。H 19-1 断面では、試料 42~37，試料 20 と試料 10 を除く試料 21 より上位で火山ガラスが検出された。また、試料 31~27 および試料 19 で角閃石がごく少量ながら認められた。

H 19-3 断面では、試料 5 にスポンジ状に発泡した比較的精粒の白色軽石型ガラスがとくに多く含まれており、細粒の斜方輝石も比較的目的立つ。試料 4 と試料 3 では軽石を認める

ことができた。試料 4 に含まれる軽石は白色（最大径 4.3 mm）や淡褐色（最大径 2.1 mm）で、いずれも繊維状やスポンジ状に発泡している。白色の軽石には光沢をもつものも含まれている。試料 3 に含まれる軽石は、白色（最大径 3.1 mm）で繊維状やスポンジ状に発泡している。白色の軽石には光沢をもつものが含まれている。全体として、この地点で採取された試料には、白色、透明、淡褐色、褐色の火山ガラスが多く含まれており、重鉱物として斜方輝石が多い。試料 2 では白色や透明の軽石型ガラスがとくに多い。

深掘地点では、試料 51 と試料 29 を除く試料 53~試料 11，試料 1 で火山ガラスを認めることができたがその量は少ない。また、これらの試料の多くに角閃石が少量含まれているほか、斜方輝石や黒雲母を含むものもある。

2) 火山ガラス比分析・重鉱物組成分析

テフラ粒子のおおよその内訳を第 3-2 表に、火山ガラス比と重鉱物組成の結果をダイアグラムにして第 3-1~3-3 図に、その内訳を第 3-3 表と第 3-4 表に示す。

H 19-1 断面では、テフラ層として認められた試料 18 で軽鉱物の比率が高く、火山ガラスのそれはさほど高くない（5.2%）。火山ガラスは、比率が高い順に繊維束状軽石型（2.4%）、無色透明のバブル型（1.8%）、スポンジ状軽石型（0.6%）、淡褐色のバブル型および中間型（各 0.2%）である。この試料に含まれる重鉱物は比較的多く、比率が高い順に斜方輝石（68.8%）、単斜輝石（20.0%）、不透明鉱物（以下おもに磁鉄鉱，10.4%）である。

試料 17 では火山ガラスの比率がとくに高く、重鉱物のそれは非常に低い（0.2% 程度）。火山ガラスは、比率が高い順に繊維束状軽石型（57.4%）、中間型（12.4%）、無色透明のバブル型（8.0%）、スポンジ状軽石型（0.2%）である。それより上位の火山ガラスの量比や形態色調組成をみると、試料 14 にかけて試料 17 のテフラ層に含まれる火山ガラスが混在しているようにみえる。

試料 6 では、比率が高い順に繊維束状軽石型（2.8%）、中間型（1.2%）、スポンジ状軽石型（0.6%）、無色透明および淡褐色のバブル型（各 0.2%）が含まれている。また、重鉱物としては斜方輝石（75.2%）、単斜輝石（12.8%）、不透明鉱物（10.0%）、カンラン石（0.8%）、角閃石（0.4%）が含まれており、試料 9 と同じような重鉱物の組み合わせが認められた。なお、試料 7 と試料 6 からは、ごく少量ながら淡褐色の薄手のバブル型ガラスが検出された（各 0.2%）。

試料 1 には、比率が高い順にスポンジ状軽石型（3.0%）および繊維束状の軽石型（0.4%）が含まれている。重鉱物としては、不透明鉱物（39.2%）、斜方輝石（38.4%）、単斜輝石（21.6%）が認められる。

テフラ層以外では、試料 42~37 と試料 29~20 で火山ガラスがごく少量ずつ認められた。そのうち、試料 20 では火山ガラスと重鉱物の比率がそれぞれ 1.2% で、上下の試料よりわずかながら高い傾向を示す。火山ガラスとしては、中間型や繊維束状のガラスが認められる（1.0% および 0.2%）。また、重鉱物としては、角閃石（1.0%）や斜方輝石（0.2%）が含まれている。角閃石には色調が薄いカミングトン閃石も

分析地点	試料	軽石・スコリア			火山ガラス			重鉱物	β石英
		量	色調	最大径	量	形態	色調		
H19-1 断面	1				****	pm (sp, fb)	y-wh, wh	opx, cpx	
	2				***	pm (fb)	cl	opx, am, cpx	○
	3				**	pm (fb)	cl	opx, am, cpx	○
	4				*	pm (sp)	g-wh, wh	opx, cpx, am	
	5				**	pm(sp, fb)>bw	cl, pb	opx, cpx	○
	6				**	pm (fb, sp)	pb, wh	opx, cpx, (am)	
	7				(*)	pm (fb, sp)	pb, cl	(opx, am)	
	8				(*)	pm (fb)	cl	(am)	
	9				***	pm (fb) >bw	cl, wh, pb	opx, cpx	○
	10							opx	
	13				*	pm (fb) >bw	cl>pb	(opx, am)	
	14				**	pm (fb) >bw	cl, pb	opx, am	○
	15				**	pm (fb) >bw	cl, pb	opx, cpx	
	16				***	pm (fb)>sp	cl>br	opx, cpx	
	17				****	pm (fb)>sp	cl>wh		
	18				***	pm(sp, fb)>bw	cl>pb, br	opx, cpx	
	19				(*)	pm (fb)	cl	(am)	○
	20							am, (opx)	
	21				(*)	pm (fb)	cl		
	23							(am)	
	26								
	27							(am)	○
29							(opx, am)	○	
31							(am)		
33								○	
35									
37				*	pm (fb) >bw	wh		○	
39				(*)	bw	cl		○	
41				*	pm (fb) >bw	cl	(am, opx)	○	
42				*	bw, pm (fb)	cl, pb	(opx)		
H19-3 断面	1				****	pm (fb)	cl	opx, (cpx, am)	
	2				****	pm (fb)>sp	cl, wh		
	3	**	wh	3.1	****	pm (fb, sp) >bw	wh, cl, pb, br	opx, (cpx)	
	4	**	wh>pb	4.3, 2.1	****	pm (fb, sp) >bw	wh, cl, pb, br	opx, cpx	
	5				****	pm (sp)	wh	opx, cpx	
H20-1 断面	1				*	pm	cl	(am)	○
	3							(opx)	○
	5								○
	7							(opx, am)	○
	11				*	bw, pm (fb)	pb, cl	(opx)	
	12				*	pm (fb)	cl	(am, opx)	○
	13				*	bw, pm (fb)	cl, pb	(am, opx)	○
	15				*	bw	cl>br	(am, opx, bi)	○
	19				*	bw	cl	(am)	○
	21				*	bw	cl	(am, opx)	○
	21'				(*)	pm (fb)	br	(am)	○
	22				(*)	bw, pm (fb)	cl	(am, opx)	
	25				(*)	bw	cl	(am)	
	29							(am, opx, bi)	○
	35				*	bw, pm (fb)	cl	(opx, zr)	
	39				*	bw, pm (fb)	cl	(am, opx)	○
	41				*	bw, pm (fb)	cl	(am, opx)	○
	43				*	bw	cl	(am)	○
47				(*)	bw	cl	(am, opx)	○	
51							(am)	○	
53				*	bw, pm (fb)	cl	(am, opx)		

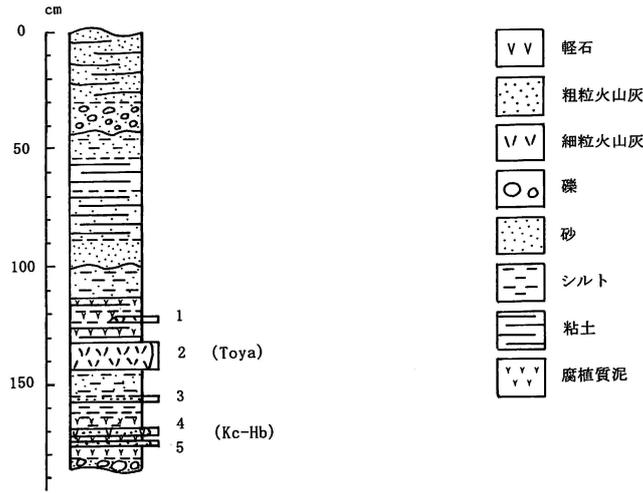
第3-1表 テフラ検出分析結果.

****: とくに多い, ***: 多い, **: 中程度, *: 少ない, (*): とくに少ない. 最大径の単位は, mm.

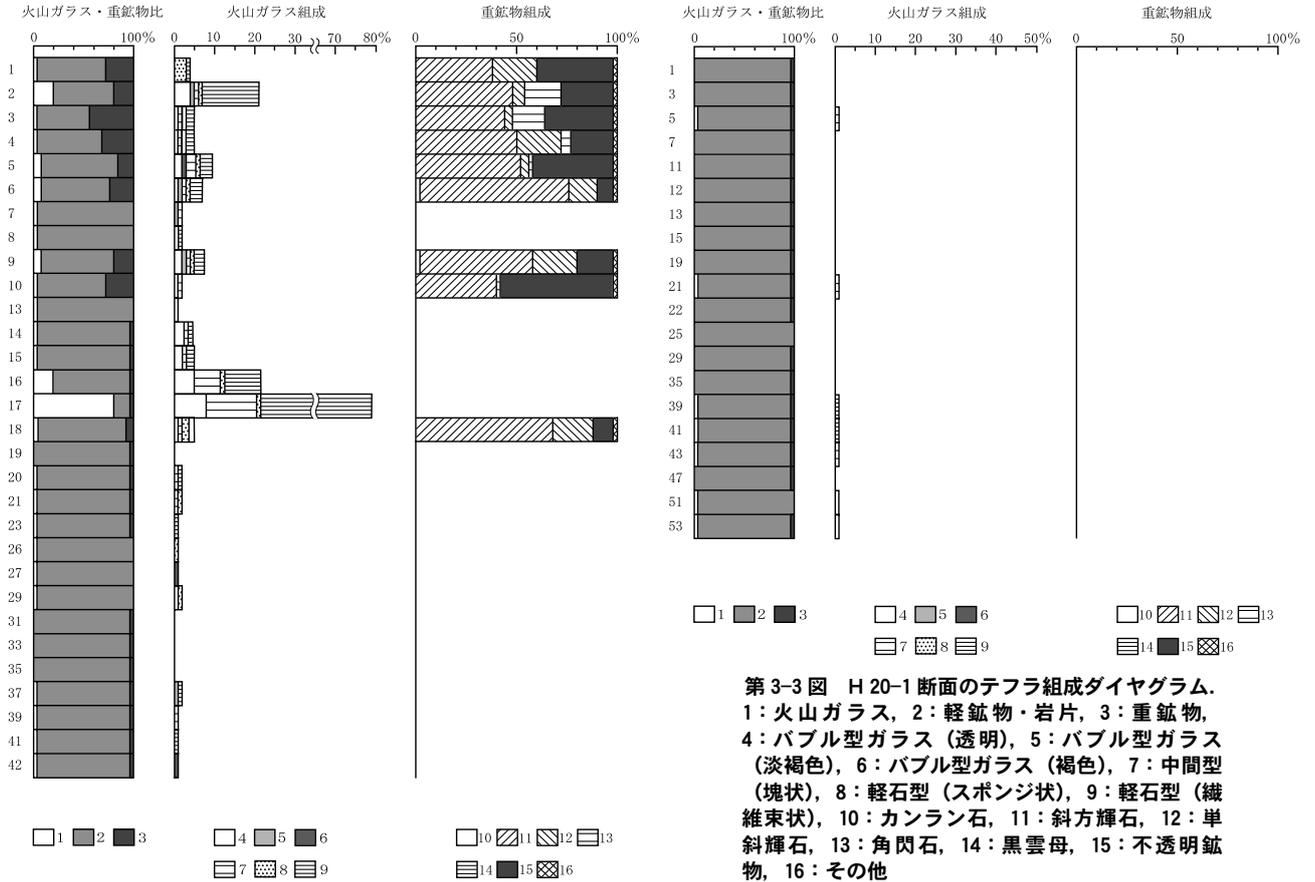
bw: バブル型, pm: 軽石型. sp: スポンジ状, fb: 繊維束状, cl: 無色透明, wh: 白色, y-wh: 黄白色, g-wh: 灰白色, gr: 灰色, pb: 淡褐色, br: 褐色. 重鉱物は鉄鉱物など不透明鉱物を除く. opx: 斜方輝石, cpx: 単斜輝石, am: 角閃石, bi: 黒雲母, zr: ジルコン. 鉱物の () は量が非常に少ないことを示す.

地点名	試料	火山ガラス	重鉱物	その他	合計
H 19-1 断面	1	17	140	343	500
	2	97	91	312	500
	3	20	215	265	500
	4	18	153	329	500
	5	40	77	383	500
	6	25	114	361	500
	7	2	5	493	500
	8	2	1	497	500
	9	30	92	378	500
	10	3	133	364	500
	13	1	3	496	500
	14	19	18	463	500
	15	23	14	463	500
	16	103	17	380	500
	17	390	1	109	500
	18	17	50	433	500
	19	0	1	499	500
	20	6	6	498	500
	21	2	1	497	500
	23	1	2	497	500
	26	1	0	499	500
	27	1	0	499	500
29	2	2	496	500	
31	0	3	497	500	
33	0	1	499	500	
35	0	1	499	500	
37	1	1	498	500	
39	1	1	498	500	
41	1	1	498	500	
42	1	1	498	500	
H 19-3 断面	1	13	13	474	500
	2	413	1	86	500
	3	254	7	239	500
	4	46	67	387	500
	5	5	65	430	500
H 20-1 断面	1	0	1	499	500
	3	0	2	498	500
	5	1	1	498	500
	7	0	4	496	500
	11	0	3	497	500
	12	0	2	498	500
	13	0	3	497	500
	15	0	3	497	500
	19	0	1	499	500
	21	1	1	498	500
	22	0	1	499	500
	25	0	0	500	500
	29	0	3	497	500
	35	0	1	499	500
	39	1	1	498	500
	41	1	4	495	500
	43	1	2	497	500
47	0	1	499	500	
51	1	0	499	500	
53	1	1	498	500	

第3-2表 テフラ粒子の内訳。(数字は粒子数)



第3-1図 ナウマンゾウ化石産出地点H 19-3断面の柱状図。
数字はテフラ分析試料の番号



第3-2図 H 19-1断面のテフラ組成ダイヤグラム。
1: 火山ガラス, 2: 軽鉱物・岩片, 3: 重鉱物, 4: バブル型ガラス (透明), 5: バブル型ガラス (淡褐色), 6: バブル型ガラス (褐色), 7: 中間型 (塊状), 8: 軽石型 (スポンジ状), 9: 軽石型 (繊維束状), 10: カンラン石, 11: 斜方輝石, 12: 単斜輝石, 13: 角閃石, 14: 黒雲母, 15: 不透明鉱物, 16: その他

第3-3図 H 20-1断面のテフラ組成ダイヤグラム。
1: 火山ガラス, 2: 軽鉱物・岩片, 3: 重鉱物, 4: バブル型ガラス (透明), 5: バブル型ガラス (淡褐色), 6: バブル型ガラス (褐色), 7: 中間型 (塊状), 8: 軽石型 (スポンジ状), 9: 軽石型 (繊維束状), 10: カンラン石, 11: 斜方輝石, 12: 単斜輝石, 13: 角閃石, 14: 黒雲母, 15: 不透明鉱物, 16: その他

地点名	試料	bw(cl)	bw(pb)	bw(br)	md	pm(sp)	pm(fb)	その他	合計
H 19-1 断面	1	0	0	0	0	15	2	483	500
	2	20	1	0	6	1	69	403	500
	3	5	0	0	4	1	10	480	500
	4	1	0	0	2	4	11	482	500
	5	10	0	1	12	2	15	460	500
	6	1	1	0	6	3	14	475	500
	7	0	1	0	1	0	0	498	500
	8	1	0	0	0	0	1	498	500
	9	11	1	0	4	1	13	470	500
	10	1	0	0	2	0	0	497	500
	13	1	0	0	0	0	0	499	500
	14	12	0	0	2	0	5	481	500
	15	11	0	0	3	0	9	477	500
	16	24	0	0	32	1	46	397	500
	17	40	0	0	62	1	287	110	500
	18	1	0	0	1	7	8	483	500
	19	0	0	0	0	0	0	500	500
	20	0	0	0	5	0	1	494	500
	21	0	0	0	1	1	0	498	500
	23	0	0	0	0	0	1	499	500
	26	0	0	0	0	1	0	499	500
	27	0	0	1	0	0	0	499	500
	29	1	0	0	0	1	0	498	500
	31	0	0	0	0	0	0	500	500
33	0	0	0	0	0	0	500	500	
35	0	0	0	0	0	0	500	500	
37	0	1	0	0	0	1	498	500	
39	0	0	0	1	0	0	499	500	
41	0	0	0	0	0	1	499	500	
42	0	0	1	0	0	0	499	500	
H 19-3 断面	1	5	0	0	1	1	6	487	500
	2	17	2	0	103	16	275	87	500
	3	69	1	0	11	7	166	246	500
	4	10	1	0	1	6	28	454	500
	5	0	0	0	0	4	1	495	500
H 20-1 断面	1	0	0	0	0	0	0	500	500
	3	0	0	0	0	0	0	500	500
	5	0	0	0	1	0	0	499	500
	7	0	0	0	0	0	0	500	500
	11	0	0	0	0	0	0	500	500
	12	0	0	0	0	0	0	500	500
	13	0	0	0	0	0	0	500	500
	15	0	0	0	0	0	0	500	500
	19	0	0	0	0	0	0	500	500
	21	0	0	0	1	0	0	499	500
	22	0	0	0	1	0	0	499	500
	25	0	0	0	0	0	0	500	500
	29	0	0	0	0	0	0	500	500
	35	0	0	0	0	0	0	500	500
	39	0	0	0	0	0	1	499	500
	41	0	0	0	0	0	1	499	500
	43	0	0	0	1	0	0	499	500
47	0	0	0	0	0	0	500	500	
51	1	0	0	0	0	0	499	500	
53	1	0	0	0	0	0	499	500	

第3-3表 火山ガラス比分析結果.

bw : バブル型, pm : 軽石型, md : 中間型, pm : 軽石型, cl : 無色透明, pb : 淡褐色, br : 褐色, sp : スポンジ状, fb : 繊維束状. 数字は粒子数.

地点名	試料	ol	opx	cpx	am	bi	opq	その他	合計
H 19-1 断面	1	0	96	54	0	0	98	2	250
	2	0	118	15	45	0	69	3	250
	3	0	107	14	40	0	86	3	250
	4	0	125	54	9	0	59	3	250
	5	0	130	8	6	0	104	2	250
	6	2	188	32	1	0	25	2	250
	9	1	145	55	0	0	44	5	250
	10	0	101	0	1	0	146	2	250
	18	0	172	50	0	0	26	2	250
H 19-3 断面	1	0	216	2	2	0	28	2	250
	4	0	178	9	1	0	59	3	250
	5	0	205	19	0	0	24	2	250

第3-4表 重鉱物組成分析結果.

ol : カンラン石, opx : 斜方輝石, cpx : 単斜輝石, am : 角閃石, bi : 黒雲母, opq : 不透明鉱物. 数字は粒子数.

認められる.

さらに上位では, 試料9, 試料5, 試料3で火山ガラスの比率が比較的高く, 試料10および試料9, 試料6~1で重鉱物の比率が高い傾向にある. そのうち, 試料9には, 比率が高い順に繊維束状軽石型 (2.6%), 無色透明のバブル型 (2.2%), 中間型 (2.2%), 淡褐色のバブル型およびスポンジ状軽石型 (各0.2%) が含まれており, 重鉱物としては斜方輝石 (58.0%), 単斜輝石 (22.0%), 不透明鉱物 (17.6%), カンラン石 (0.4%) が認められる.

それより上位では, 試料4で不透明鉱物以外の重鉱物の比率が高い. この試料には, 比率が高い順に繊維束状軽石型 (2.2%), スポンジ状軽石型 (0.8%), 中間型 (0.4%), 無色透明のバブル型 (0.2%) が含まれている. また, 重鉱物としては斜方輝石 (50.0%), 不透明鉱物 (23.6%), 単斜輝石 (21.6%), 角閃石 (3.6%) が含まれている.

試料3や試料2では, 角閃石の比率がより高くなる. 試料3には, 比率が高い順に繊維束状軽石型 (2.0%), 無色透明のバブル型 (1.0%), 中間型 (0.8%), スポンジ状軽石型 (0.2%) が含まれている. また, 重鉱物としては斜方輝石 (42.8%), 不透明鉱物 (34.4%), 角閃石 (16.0%), 単斜輝石 (5.6%) が含まれている. 一方, 試料2では火山ガラスの比率が増加する. この試料には, 比率が高い順に繊維束状の構造が発達した軽石型 (13.8%), 無色透明のバブル型 (4.0%), 中間型 (1.2%), スポンジ状軽石型および淡褐色のバブル型 (各0.2%) が含まれている. また, 重鉱物としては斜方輝石 (47.2%), 不透明鉱物 (27.6%), 角閃石 (18.0%), 単斜輝石 (6.0%) が含まれている.

H 19-3 断面では, いずれの試料からも火山ガラスを検出できた. それらのうち, 試料5と試料4でのその比率はさほど高くない. 試料5では, スポンジ状や繊維束状に発泡した軽石型ガラスが少量含まれている (0.8%, 0.2%). 試料4には, 比率が高い順に繊維束状軽石型 (2.6%), 透明のバブル型 (2.0%), スポンジ状軽石型 (1.2%), 淡褐色のバブル型および中間型 (各0.2%) が含まれている. この試料と試料3では火山ガラスの構成がよく似ている. 試料3では, 比率が高い順に繊維束状軽石型 (33.2%), 透明のバブル型 (13.8%), 中間型 (2.2%), スポンジ状軽石型 (1.4%),

淡褐色のバブル型 (0.2%) が認められる. 試料2ではとくに火山ガラスの比率が高く (82.6%), 繊維束状軽石型 (55.0%), 中間型 (20.6%), 透明のバブル型 (3.4%), スポンジ状軽石型 (3.2%), 淡褐色のバブル型 (0.4%) が認められる. 一方, その上位の試料1での火山ガラスは少なく, 比率が高い順に繊維束状軽石型 (1.2%), 透明のバブル型 (1.0%), 中間型およびスポンジ状軽石型 (各0.2%) が含まれている.

H 20-1 断面では, 試料53~51, 試料43~39, 試料21'および21, 試料5で, 火山ガラスがごく少量ずつ認められた. 火山ガラスは, 無色透明のバブル型や中間型, そして繊維束状軽石型などである.

5. 火山ガラスおよび鉱物の屈折率測定

(1) 測定試料と測定方法

火山ガラスで特徴づけられるテフラのうち, とくにナウマンゾウ化石やゾウの足跡の検出層準の層位や年代の検討に関係する11点について, 粒径1/8~1/16 mmの火山ガラスの屈折率 (n) の測定を行った. また, H 19-1 断面の試料20では火山ガラスのほかに角閃石, H 19-3 断面の試料5については, >1/4 mmの軽石と斜方輝石を実体顕微鏡下でピックアップし, それぞれを軽く粉砕して屈折率を測定した. 測定は, 首都大学東京都市環境学部地理学教室の大石雅之博士および村田昌則氏により, 温度変化型屈折率測定装置 (京都フィッション・トラック社製 RIMS 2000) をもちいて実施された.

(2) 測定結果

屈折率測定の結果を第3-5~3-7表に示す. H 19-1 断面の試料42に含まれる火山ガラス (2粒子) の屈折率 (n) は, 1.498-1.499である. 試料37に含まれる火山ガラス (2粒子) および試料21に含まれる火山ガラス (1粒子) の屈折率 (n) は, 1.500である. 試料20に含まれる火山ガラス (20粒子) の屈折率 (n) は1.498-1.500で, 角閃石 (50粒子) の屈折率 (n₂) は1.669-1.686である. これは詳しくみると, 1.669-1.677と1.679-1.686のbi-modalな値

屈折率	H 19-1 断面					H 19-3 断面		H 20-1 断面			
	試料 17	試料 18	試料 20	試料 21	試料 37	試料 42	試料 4	試料 5	試料 21	試料 41	試料 53
1.4845 ≤ nd < 1.4855											
1.4855 ≤ nd < 1.4865											
1.4865 ≤ nd < 1.4875											
1.4875 ≤ nd < 1.4885											
1.4885 ≤ nd < 1.4895									3		
1.4895 ≤ nd < 1.4905										1	1
1.4905 ≤ nd < 1.4915										1	
1.4915 ≤ nd < 1.4925										1	
1.4925 ≤ nd < 1.4935											
1.4935 ≤ nd < 1.4945											
1.4945 ≤ nd < 1.4955											
1.4955 ≤ nd < 1.4965										1	
1.4965 ≤ nd < 1.4975	25										1
1.4975 ≤ nd < 1.4985	15		5			1					
1.4985 ≤ nd < 1.4995			9			1					
1.4995 ≤ nd < 1.5005			6	1	2						
1.5005 ≤ nd < 1.5015											
1.5015 ≤ nd < 1.5025											
1.5025 ≤ nd < 1.5035											
1.5035 ≤ nd < 1.5045		11					1				
1.5045 ≤ nd < 1.5055		13					6				
1.5055 ≤ nd < 1.5065		4					19				
1.5065 ≤ nd < 1.5075		2					13	15			
1.5075 ≤ nd < 1.5085							1	15			
1.5085 ≤ nd < 1.5095											
1.5095 ≤ nd < 1.5105											
1.5105 ≤ nd < 1.5115											
range	1.497 1.498	1.504 1.507	1.498 1.500	1.500	1.500	1.498 1.499	1.504 1.508	1.507 1.509	1.490	1.490 1.496	1.490 1.497

第3-5表 火山ガラスの屈折率測定結果。(数字は粒子数)

屈折率	①地点	屈折率	②地点
	試料 20		試料 4
1.6595 ≤ nd < 1.6605		1.6995 ≤ nd < 1.7005	
1.6605 ≤ nd < 1.6615		1.7005 ≤ nd < 1.7015	
1.6615 ≤ nd < 1.6625		1.7015 ≤ nd < 1.7025	
1.6625 ≤ nd < 1.6635		1.7025 ≤ nd < 1.7035	1
1.6635 ≤ nd < 1.6645		1.7035 ≤ nd < 1.7045	
1.6645 ≤ nd < 1.6655		1.7045 ≤ nd < 1.7055	2
1.6655 ≤ nd < 1.6665		1.7055 ≤ nd < 1.7065	18
1.6665 ≤ nd < 1.6675		1.7065 ≤ nd < 1.7075	16
1.6675 ≤ nd < 1.6685		1.7075 ≤ nd < 1.7085	3
1.6685 ≤ nd < 1.6695	2	1.7085 ≤ nd < 1.7095	
1.6695 ≤ nd < 1.6705	2	1.7095 ≤ nd < 1.7105	
1.6705 ≤ nd < 1.6715	4	1.7105 ≤ nd < 1.7115	
1.6715 ≤ nd < 1.6725	8	1.7115 ≤ nd < 1.7125	
1.6725 ≤ nd < 1.6735	3	1.7125 ≤ nd < 1.7135	
1.6735 ≤ nd < 1.6745	7		
1.6745 ≤ nd < 1.6755	2		
1.6755 ≤ nd < 1.6765	3		
1.6765 ≤ nd < 1.6775	1		
1.6775 ≤ nd < 1.6785			
1.6785 ≤ nd < 1.6795	1		
1.6795 ≤ nd < 1.6805	2		
1.6805 ≤ nd < 1.6815	1		
1.6815 ≤ nd < 1.6825	3		
1.6825 ≤ nd < 1.6835	2		
1.6835 ≤ nd < 1.6845	5		
1.6845 ≤ nd < 1.6855	3		
1.6855 ≤ nd < 1.6865	1		
1.6865 ≤ nd < 1.6875			
1.6875 ≤ nd < 1.6885			
1.6885 ≤ nd < 1.6895			
1.6895 ≤ nd < 1.6905			
	1.669		1.703
	1.686		1.708
		range	
	(1.669)		
	1.677		
	1.679		
	1.686		

第3-6表 H 19-1 断面における角閃石の屈折率測定結果。
(数字は粒子数)

第3-7表 H 19-3 断面における斜方輝石の屈折率測定結果。
(数字は粒子数)

からなる。試料 18 に含まれる火山ガラス (30 粒子) の屈折率 (n) は、1.504-1.507 である。試料 17 に含まれる火山ガラス (40 粒子) の屈折率 (n) は、1.497-1.498 である。

H 19-3 断面の試料 5 に含まれる火山ガラス (30 粒子) の屈折率 (n) は、1.507-1.509 である。また、試料 4 の火山ガラス (40 粒子) と斜方輝石 (40 粒子) の屈折率 (n, γ) は、それぞれ 1.504-1.508 と 1.703-1.708 である。

H 20-1 断面の試料 53 に含まれる火山ガラス (2 粒子) の屈折率は、1.490 と 1.497 である。試料 41 に含まれる火山ガラス (4 粒子) の屈折率は、1.490-1.492 (3 粒子) と 1.496 (1 粒子) である。さらに、試料 21 に含まれる火山ガラス (3 粒子) の屈折率は 1.490 である。

6. 火山ガラスの主成分化学組成分析

(1) 分析試料と分析方法

屈折率測定対象試料のうち、H 19-1 断面の試料 17 に含まれる火山ガラスと H 19-3 断面の試料 4 に含まれる軽石の火山ガラスについて、波長分散型電子プローブ X 線マイクロアナライザー (WDS 型 EPMA) により主成分化学組成分析を実施した。分析に使用した機器は山形大学理学

地点・試料・テフラ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	備考
H 19-1 断面・試料 17	79.04	0.00	12.27	0.93	0.13	0.07	0.37	4.24	2.96	0.00	
	78.74	0.07	12.21	0.80	0.06	0.01	0.37	4.43	3.29	0.03	
	79.23	0.04	12.27	0.99	0.11	0.03	0.41	4.28	2.63	0.01	
	78.86	0.05	12.36	0.71	0.18	0.02	0.39	4.37	3.04	0.02	
	79.42	0.05	12.48	0.90	0.15	0.06	0.39	4.10	2.36	0.09	
	78.95	0.11	12.56	0.97	0.05	0.06	0.35	3.97	2.94	0.03	
	78.90	0.04	12.42	0.82	0.02	0.01	0.41	4.54	2.84	0.00	
	78.38	0.06	12.45	0.90	0.08	0.01	0.36	4.42	3.28	0.07	
	78.57	0.10	12.16	1.13	0.16	0.02	0.43	4.62	2.81	0.00	
	平均	78.90	0.06	12.35	0.91	0.10	0.03	0.39	4.33	2.91	0.03
標準偏差	0.32	0.03	0.13	0.12	0.06	0.02	0.03	0.21	0.29	0.03	
	80.32	0.08	12.15	1.14	0.05	0.03	0.62	2.95	2.62	0.03	
	77.51	0.00	12.25	0.89	0.03	0.00	0.41	4.93	3.96	0.03	
H 19-3 断面・試料 4	79.71	0.28	11.82	1.59	0.11	0.28	1.41	3.00	1.80	0.00	
	79.44	0.39	11.86	1.37	0.00	0.23	1.42	3.50	1.78	0.01	
	79.15	0.27	11.86	1.49	0.13	0.31	1.49	3.41	1.87	0.01	
	79.27	0.38	11.74	1.40	0.11	0.28	1.34	3.46	1.97	0.06	
	79.17	0.35	11.82	1.45	0.04	0.37	1.34	3.47	1.86	0.13	
	79.45	0.37	11.82	1.43	0.06	0.30	1.38	3.36	1.83	0.00	
	79.41	0.36	11.78	1.47	0.13	0.28	1.28	3.48	1.72	0.09	
	79.49	0.32	11.76	1.57	0.04	0.30	1.33	3.45	1.71	0.03	
	79.41	0.40	11.75	1.61	0.05	0.32	1.30	3.24	1.91	0.01	
	79.14	0.32	11.91	1.40	0.08	0.29	1.43	3.50	1.94	0.00	
平均	79.36	0.34	11.81	1.48	0.08	0.29	1.37	3.39	1.84	0.03	クッチャロ系
標準偏差	0.18	0.04	0.06	0.09	0.04	0.04	0.06	0.16	0.09	0.04	
	79.73	0.29	11.81	1.46	0.18	0.30	1.42	2.75	2.01	0.05	(Na 溶脱)
	80.17	0.32	11.89	1.45	0.05	0.27	1.40	2.63	1.82	0.00	(Na 溶脱)
伊達・洞爺 (Toya)	79.24	0.06	12.50	0.96	0.08	0.03	0.37	4.28	2.48		町田ほか (1987)
厚真・洞爺 (Toya)	78.90	0.06	12.73	1.01	0.10	0.04	0.40	4.24	2.51		町田ほか (1987)
広尾・洞爺 (Toya)	79.02	0.06	12.70	0.97	0.09	0.05	0.40	4.19	2.52		町田ほか (1987)
浦幌・洞爺 (Toya)	78.81	0.05	12.80	1.01	0.11	0.04	0.39	4.29	2.50		町田ほか (1987)
音根内川・クッチャロ 4 (Kc-4)	78.09	0.39	11.99	1.62	0.08	0.31	1.45	4.33	1.77		Okumura(1988)
濤沸・クッチャロ 4 (Kc-4)	78.19	0.34	11.88	1.53	0.08	0.31	1.49	4.36	1.94		Okumura(1988)
東釧路・クッチャロ 4 (Kc-4)	78.30	0.40	12.04	1.51	0.10	0.31	1.41	4.21	1.68		Okumura(1988)
羽幌・クッチャロ羽幌 (Kc-Hb)	78.86	0.40	12.14	1.54	0.11	0.32	1.45	3.53	1.60		Okumura(1988)
羽幌・クッチャロ羽幌 (Kc-Hb)	78.67	0.38	12.12	1.52	0.11	0.32	1.50	3.75	1.61		Okumura(1988)

第3-8表 火山ガラスの主成分化学組成分析結果。
無水に換算。分析は、八木浩司山形大学教授による。使用機器は、山形大学理学部 WDS 型 EPMA。

部の日本電子 JXA 8600 MWDS 型 EPMA で、加速電圧 15 kV、照射電流 0.01 μ A、ビーム径 10 μ m の条件下で分析が行われた。また、補正には oxide ZAF 法を用いた。分析は、山形大学地域教育文化学部八木浩司教授と山形大学理学部伴 雅雄准教授による。

(2) 分析結果

主成分化学組成分析の結果を第 3-8 表に示す。H 19-1 断面の試料 17 で分析対象とした 11 粒子のうち 9 粒子の主成分化学組成はよく似た傾向を示す。2 粒子については、それぞれ 9 粒子とは若干異なる傾向が伺える。一方、H 19-3 断面の試料 4 に含まれる軽石のガラス部のうち、10 粒子は主成分化学組成上似たような特徴を示す。

7. 考察

(1) 洞爺テフラ (Toya) の発見とクッチャロ羽幌テフラ (Kc-Hb) の確認

野外で認められたテフラ層のうち、H 19-1 断面の試料 17 が採取されたテフラ層は、ガラス質白色細粒火山灰層であること、繊維束状に発泡した軽石型ガラスに富むこと、火山ガラスの屈折率の値が低いこと (n : 1.497-1.498)、さらに高シリカで、TiO₂、MgO、FeO* に乏しいこと、K₂O に対して Na₂O が多いなどの火山ガラスの主成分化学組成の特徴などから、約 11.2~11.5 万年前 (MIS 5d) に洞爺カルデラから噴出した洞爺テフラ (Toya, 町田ほか, 1987; 町田・新井, 2003) に同定される。

H 19-1 断面において Toya の下位から採取されたテフラ層 (試料 18) に含まれる火山ガラスの屈折率 (n : 1.504-1.507) は、道東での記載値 (n : 1.502-1.504, 町田・新井, 2003) より高いものの、十勝地方の火山ガラスの値 (n : 1.507-1.508)、バブル型ガラスを含むこと、さらに有色の火山ガラスを含むこと、そして斜方輝石と単斜輝石に富むことなどから、Kc-Hb に同定される可能性が高い。Kc-Hb の発生に関係したクッチャロ軽石流 IV (KP IV, 勝井・佐藤, 1963) に含まれる火山ガラスの屈折率 (n) が 1.502-1.506 とされていることをみると、道東に降灰する Kc-Hb のその range は実際にはより広いといえる。いずれにしても、このテフラ層は、層位や層相からも本地点において前回の調査で Kc-Hb と報告されたテフラ層に相当する。

ところで、H 19-3 断面では、H 19-1 断面の Kc-Hb とほぼ同じ層準に、間に褐色砂質シルト層を挟んで、桃色粗粒火山灰層 (試料 5) と、白色軽石を比較的多く含む白色粗粒火山灰層 (試料 4) が異なる層位にある。従来の研究によると、Kc-Hb に近接した層準にあるテフラは、Kc-Hb の下位にあるクッチャロ 4 テフラ (Kc-4, 奥村, 1991; 町田・新井, 2003 など) で、これら 2 つのテフラは同一噴火輪廻にあるとされている。そのことから、これら近接する層準にある 2 つのテフラは、下位が Kc-4 で、上位は Kc-Hb と考えられる。しかしながら、現地におけるメンバー間での討論では、上位のテフラ層が Kc-Hb とすると、粒度が粗い点で本地域で従来認識されている Kc-Hb の特徴と異なるという意

見が出された。

そこで、下位のテフラ層について火山ガラス比分析、重鉍物組成分析、火山ガラスの屈折率測定、上位のテフラ層についてさらに斜方輝石の屈折率測定とさらに火山ガラスの主成分化学組成分析を加えて検討を行った。その結果、いずれにもクッチャロ系のテフラ粒子が多く含まれていることが明らかになった。

本地点周辺には、Kc-Hb 以外のクッチャロ系テフラとして、Kc-Hb より火山ガラスの屈折率が高い新生テフラ (Sns) と仮称されたものが Kc-Hb の下位にあるとされている (中村・平川, 2001)。ナウマンゾウ化石産出地点でも Sns が降灰している可能性があるため、筆者らはその記載露頭での Sns の確認と試料採取を試みたが、Sns を認めることができなかった。したがって、ここでは H 19-3 断面の試料 5 の採取されたテフラ層が Sns であるか否かについて層相から詳しく言及できない。

現段階では、下位の桃色細粒火山灰層 (試料 5) を含めて側方への連続がさほど良くないこと、間の堆積物の層厚が非常に薄く、実際にそれぞれが単独の噴火活動に伴う降下テフラ層であるかどうかまだ不明な点が多い。ただし、試料 5 と試料 4 では、層相のほか、含まれる火山ガラスの形態組成や火山ガラスの屈折率などで特徴が一部異なる。また、前者の屈折率がやや高いことは、Sns の屈折率特性と似ている。今後、周辺でのこれらのテフラ層に関する調査分析が必要ではあるが、後述するようにその下位より Kc-Hb に由来するテフラ粒子が検出されないことから、現段階では①断面の試料 18 の層準が Kc-Hb の降灰層準にほぼ相当すると考えられる。仮にこの層準に Sns が混在しているとしても、Sns, Kc-Hb, Toya の降灰がいずれも MIS 5d と考えられていることから、この層準付近は MIS 5d の可能性が非常に高い。

(2) Kc-Hb より下位のテフラとナウマンゾウ化石産出層準の層位

H 19-1 断面およびその後の調査で作成された深掘地点において、Kc-Hb と考えられる火山灰層の下位の多くの試料から、ごくわずかながら火山ガラスを検出できた。その屈折率 (n) は 1.490-1.500 で、Kc-Hb のそれ (1.502-1.506, 支笏・羊蹄・石狩・十勝での値は 1.507-1.508; 町田・新井, 2003) より明らかに低い。また、Sns の火山ガラスの屈折率特性は Kc-Hb より明らかに高いと報告されていることから (中村・平川, 2001)、Sns に由来する可能性はさらに低い。

中村ほか (2000) および中村・平川 (2001) によれば、本地点に比較的近い広尾町野塚で Sns の下位にバブル型ガラスを含む野塚テフラ (NzP, MIS 6: 中村ほか, 2000)、また広尾町新生では Sns の下位に軽石型あるいは塊状に近い平板状の火山ガラスを含む厚真 4 テフラ (Aafa 4, 春日井ほか, 1980; 町田・新井, 2003, MIS 5d: 中村・平川, 2001) が検出されているらしい。火山ガラスの屈折率 (n) は、NzP が 1.498-1.504 (modal range: 1.502-1.504, 中村ほか, 2000)、Aafa 4 は 1.497-1.498 (町田・新井, 2003) あるいは 1.498-1.500 (中村・平川, 2001) であ

る。また、NzPには普通角閃石 ($n_2: 1.666-1.671$), 斜方輝石 ($\gamma: 1.712-1.713$), β 石英, Aafa 4には斜方輝石 ($\gamma: 1.719-1.722$), 普通角閃石 ($n_2: 1.674-1.684$), カミングトン閃石が含まれている(中村ほか, 2000; 中村・平川, 2001)。

H 19-1 断面の試料 20 では, 火山ガラスの比率がやや高く (1.2%), 中間型 (0.8%), 透明のバブル型 (0.2%), 繊維束状軽石型 (0.2%) が認められる。また, 上下の試料と比較してカミングトン閃石や普通角閃石, さらに斜方輝石などの重鉱物の比率がわずかに高く (1.2%), この試料より下位ではカミングトン閃石はほとんど検出されない。さらに, 火山ガラス (n) と角閃石 (n_2) の屈折率が, それぞれ 1.498-1.500 と 1.669-1.686 である。これらのことから, ここに Aafa 4 の降灰層準のある可能性が非常に高いと推定される。

なお, Aafa 4 より下位のテフラに関する情報は多くないが, H 19-1 断面でゾウの足跡が検出された層位の低位よりバブル型ガラスが検出され, その中には屈折率 (n) が 1.500 のものが含まれている。わずかながら斜方輝石や角閃石さらに β 石英が含まれていることを合わせると, これらについては NzP に由来する可能性がある。

したがって, ナウマンゾウの化石が検出されたと推定されている第三泥炭層およびゾウの足跡が検出された層準は MIS 5d に降灰した Kc-Hb より下位であり, さらに Aafa 4 より下位の可能性が非常に高いと考えられる。そして, MIS 6 に降灰した NzP より上位の可能性が指摘される。

(3) Toya より上位のテフラについて

今回の分析に際しては, 断面観察から本地点にほかにも多くのテフラの降灰層準がありそうなることが明らかになった。

試料 9 が採取された黄灰色粗粒火山灰層は, 繊維束状に発泡した透明や白色の軽石型ガラスが多く含まれている。重鉱物としては, 斜方輝石や単斜輝石が認められる。ほかに, 褐色の中間型ガラスや淡褐色のバブル型ガラスもごく少量ながら含まれている。なお, 同様の有色バブル型ガラスは試料 13 でも認められる。これらは, クッタラ火山あるいは支笏火山に由来する可能性がある。

試料 6 が採取された黄色粗粒火山灰層には, スポンジ状や繊維束状に発泡した淡褐色や透明の軽石型ガラスが比較的多く含まれる。重鉱物としては, 斜方輝石や単斜輝石が認められる。このテフラについては, クッタラ火山あるいは支笏火山に由来する可能性がある。

なお, H 19-1 断面の試料 7 や試料 6 にごく少量認められる薄手の淡褐色のバブル型ガラスについては, Aso-4 に由来する可能性がある。したがって, これらの試料の採取層準については, 少なくとも Aso-4 より上位かも知れない。

試料 4 が採取された粗粒火山灰を多く含む黄褐色土中には, スポンジ状に発泡した灰白色や白色の軽石型ガラスが少量含まれている。重鉱物としては, 斜方輝石, 単斜輝石, 角閃石などが認められる。これらのテフラ粒子は, その特徴から約 4.7~5.1 万年前以前 (^{14}C 年代) にクッタラ火山から噴出したクッタラ第 3 テフラ (Kt-3, 山縣, 1994; 加藤ほ

か, 1995; 町田・新井, 2003) に由来するようと思われる。

試料 3 が採取された黄褐色土中には, 繊維束状軽石型ガラスや, 透明のバブル型, 中間型, スポンジ状軽石型ガラスが含まれている (4%)。重鉱物の比率はかなり高く (43.0%), 斜方輝石, 角閃石, 単斜輝石などが認められる。この試料には, 約 4.5 万年前以前 (^{14}C 年代) に津軽海峡海底に位置する銭亀沢火山から噴出した銭亀女那川テフラ (Z-M, 山縣ほか, 1989; 町田・新井, 2003) や, 約 4.3 万年前以前 (^{14}C 年代) にクッタラ火山から噴出したクッタラ第 1 テフラ (Kt-1, 山縣, 1994) に由来するテフラ粒子が混在すると思われる。

試料 2 が採取された褐色土では火山ガラスの比率が高く (19.4%), とくに繊維束状の構造が発達した特徴的な軽石型ガラスが多く含まれる (13.8%)。重鉱物としては, 斜方輝石, 角閃石, 単斜輝石などが含まれている。火山ガラスの形態や重鉱物の組み合わせなどから, この試料には約 4~4.5 万年前に支笏カルデラから噴出した支笏第 1 テフラ (Spfa-1, 勝井, 1959; 曾屋・佐藤, 1980; 北海道火山灰命名委員会, 1979; 町田・新井, 2003 など) の粒子が多く含まれていると考えられる。

試料 1 が採取された黄灰色粗粒火山灰層 (層厚 4 cm) には, スポンジ状や繊維束状に発泡した黄白色や白色の軽石型ガラスが多く含まれる。重鉱物としては, 斜方輝石や単斜輝石が多く認められる。その特徴から Ta-b に由来する可能性が考えられよう。

8. まとめ

1990 (平成 2) 年の調査の際に報告された Kc-Hb については, 全体として水流などによる攪乱をうけていることが多いものの, 残存状態の良い地点での層相, 火山ガラスの形態および色調, 重鉱物組成, 火山ガラスの屈折率, さらに低位より似たようなテフラ粒子が検出されないことなどから, 既存研究のとおり Kc-Hb の降灰層準に相当すると考えられる。したがって, それらの低位のナウマンゾウ化石の産出層準である第三泥炭層や, ゾウの足跡の検出層準は Kc-Hb より下位と考えられる。

今回は, さらにその低位から厚真 4 テフラ (Aafa 4, MIS 5d) に由来すると思われるテフラ粒子の濃集層準を検出できた。このことから, ナウマンゾウ化石の産出層準 (第三泥炭層) および今回の調査で検出されたゾウの足跡の層位と年代は, Aafa 4 より下位と考えられる。また, 同定精度はさほど高くないものの, それらの低位より野塚テフラ (NzP, MIS 6) に由来する可能性のある火山ガラスや鉱物も検出された。以上のことから, 現段階ではナウマンゾウ化石やゾウの足跡の層位は MIS 6~5d と推定される。

謝辞

奥村晃史広島大学文学部教授および山縣耕太郎上越教育大学教育学部准教授には, 現地でテフラの層相や特徴についてご教示いただいた。鈴木毅彦首都大学東京都市環境学部准教

授には屈折率測定をお願いし、大石雅之博士ならびに村田昌則氏に測定いただいた。また、八木浩司山形大学地域教育文化学部教授ならびに伴 雅雄山形大学理学部准教授にはEPMAによる火山ガラスの主成分化学組成分析を実施いただいた。北海道立地質研究所の大津 直博士ならびに廣瀬 亘博士には十勝地方におけるテフラ研究の問題点などについて、産業技術総合研究所活断層・地震研究センターの吾妻 崇博士には同研究所の地質調査の成果を紹介いただいた。さらに、滋賀県立琵琶湖博物館の里口保文博士には草稿を呼んで不備な点をご指摘いただいた。ここに記して御礼申し上げます。

引用文献

- 赤松守雄・山田悟郎・渡邊直人・江郷雅樹・奥村晃史, 1990, 北海道忠類ナウマン象の包含層年代と古植生. 日本地質学会北海道支部報, 創刊号, 37-40.
- 赤松守雄・奥村晃史, 1996, 十勝平野忠類におけるナウマン象化石産出地点. 日本第四紀学会編「第四紀露頭集-日本のテフラ」, 119.
- Arai, F., Machida, H., Okumura, K., Miyauchi, T., Soda, T. and Yamagata, K., 1986, Catalog for late Quaternary marker-tephras in Japan II-tephras occurring in northeast Honshu and Hokkaido-. Geogr. Rept. Tokyo Metropol. Univ., 21, 223-250.
- 廣瀬 亘・大津 直, 2010, 周辺の地形・地質からみた産出地点の位置づけ. 化石研究会誌, 特別号 no. 4, 11-12.
- 北海道火山灰命名委員会, 1979, 北海道火山灰分布図.
- 春日井昭・秋葉 力・近堂祐弘・小坂利幸・松井 愈・松澤逸巳・佐藤博之, 1978, 降下堆積物. 地団研専報「十勝平野」, no. 22, 193-214.
- 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テフラ-斜方輝石の屈折率とMg-Fe比の比較研究-. 地球科学, 34, 1-15.
- 加藤茂弘・山縣耕太郎・奥村晃史, 1995, 支笏・クッタラ火山両火山起源のテフラに関する加速器質量分析法による¹⁴C年代. 第四紀研究, 34, 309-313.
- 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, 4, 33-48.
- 勝井義雄・佐藤博之, 1963, 5万分の1地質図幅「藻琴山」および同説明書. 北海道開発庁, 42p.
- 町田 洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス-日本列島とその周辺. 276p, 東京大学出版会.
- 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. 336p, 東京大学出版会.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢, 1985, 阿蘇4火山灰-分布の広域性と後期更新世示標層としての意義-. 火山, 30, 49-70.
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史, 1987, 北日本を広く覆う洞爺火山灰. 第四紀研究, 26, 129-145.
- 松井 愈・小坂利幸・秋葉 力・春日井昭・星野フサ・紺谷吉弘, 1978, ビラオトリ層. 地団研専報「十勝平野」, no. 22, 186-192.
- 中村有吾・平川一臣・岩崎正吾・澤柿教伸, 2000, 十勝平野および日高山脈におけるテフラ-とくに氷河堆積物中のテフラの同定-. 第四紀研究, 39, 33-44.
- 中村有吾・平川一臣, 2001, 十勝平野南部における酸素同位体比ステージ5, 7, 9のテフラ. 第四紀研究, 40, 373-384.
- Okumura, K., 1988, Recurrence of large pyroclastic flow and innovation of volcanic activity in eastern Hokkaido, Japan. Proceeding of Kagoshima International Conference on Volcanoes. 518-521.
- 奥村晃史, 1991, 北海道地方の第四紀テフラ. 第四紀研究, 30, 379-390.
- 小山内照・三谷勝利・魚住 悟・松下勝秀・松波武男・中村定男・重山 武, 1971, ナウマン象化石第三次発掘調査研究報告 忠類におけるゾウ化石包含層の地質. 北海道開拓記念館報告, no.1, 53-70.
- 曾屋竜典・佐藤博之, 1980, 「千歳地域の地質」. 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 92p, 地質調査所, つくば.
- 十勝団体研究会, 1971a, ナウマン象化石第一次発掘調査研究報告. 北海道開拓記念館報告, no.1, 3-7.
- 十勝団体研究会, 1971b, ナウマン象化石第二次発掘調査研究報告 ナウマン象化石産出地点付近の地質概要および化石包含層の特性. 北海道開拓記念館調査報告, no.1, 16-26.
- 十勝団体研究会編, 1978, 地団研専報「十勝平野」, no. 22, 433p.
- 浦上啓太郎・山田 忍・長沼祐二郎, 1933, 北海道に於ける火山灰に関する調査. 1. 火山, 1, No. 3, 44-60.
- 山田 忍, 1958, 火山噴出物の堆積状態から見た沖積世における北海道火山の火山活動に関する研究. 地団研専報, 8, 40p.
- 山縣耕太郎, 1994, 支笏火山およびクッタラ火山のテフロクロロジー. 地学雑, 103, 268-285.
- 山縣耕太郎・町田 洋・新井房夫, 1989, 銭亀-女那川テフラ: 津軽海峡函館沖から噴出した後期更新世のテフラ. 地理評, 62, 195-207.
- 山口昇一・佐藤博之・松井 愈, 2003, 忠類地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 68p, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, つくば.