

表 2 黒曜石製石器の定量分析結果

Table 2. Result of WD-XRF analysis for selected obsidian artifacts

Round	HP-1	HP-2	HP-1	HP-1	HP-2	HP-2	HP-2	HP-1	HP-2	HP-2
Area	TP-2	EA-1	TP-2	TP-2	EA-1	EA-1	EA-1	TP-3	EA-2	EA-1
Artifact	No.38	No.46	No.47	No.57	No.86	No.141	No.149	No.157	No.181	No.189
Appearance	ob3	ob5: madara	ob1	ob4	ob2	ob15	ob12	ob6	ob7	ob7
<i>in wt.%</i>										
SiO <sub>2</sub>	76.61	76.87	76.81	76.64	76.68	76.09	76.70	76.62	76.41	76.75
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.17	0.07	0.07	0.07	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.65	12.64	12.72	12.61	12.73	12.81	12.72	12.59	12.64	12.65
T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.68	0.68	0.71	0.68	0.68	0.98	0.69	0.68	0.68	0.69
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10
MgO	0.06	0.06	0.07	0.07	0.05	0.15	0.05	0.06	0.07	0.07
CaO	0.49	0.49	0.53	0.50	0.49	0.73	0.50	0.50	0.49	0.50
Na <sub>2</sub> O	4.00	3.73	3.91	3.92	3.83	3.78	3.91	3.98	4.02	3.93
K <sub>2</sub> O	4.59	5.00	4.70	4.70	4.76	4.71	4.74	4.61	4.60	4.76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
total	99.26	99.65	99.63	99.30	99.40	99.50	99.47	99.21	99.09	99.53
<i>in ppm</i>										
Zn	27.2	27.1	27.8	27.3	27.2	36.2	28.2	28.1	27.6	26.8
Rb	272	274	273	274	272	146	271	271	273	275
Sr	7.6	7.6	11.0	7.0	7.7	82.2	8.5	7.5	7.9	8.0
Y	44.8	44.6	45.0	44.4	44.8	25.3	44.1	44.6	44.1	44.9
Zr	88.4	87.2	89.5	88.1	88.0	131	87.5	89.7	87.1	89.0
Nb	15.3	15.8	15.6	15.6	16.0	8.4	16.5	15.1	16.0	14.9
Th	26.0	27.1	27.2	26.2	26.9	12.3	28.6	26.3	27.2	27.6
Group	MT	MT	H	MT	MT	O	MT	MT	MT	MT
Reliability	very high	very high	high	very high	very high	moderate	very high	very high	very high	very high
Round	HP-2	HP-2	HP-2	HP-2	HP-2	HP-2	HP-2	HP-2	HP-2	HP-3
Area	EA-1	EA-1	EA-1	EA-2	EA-1	EA-1	EA-1	EA-2	EA-2	EA-2
Artifact	No.210	No.232	No.289	No.325	No.347	No.395	No.493	No.901	No.1321	No.1414
Appearance	ob11	ob10	ob8	ob2	ob9	ob13	ob6	ob11	ob7	ob12
<i>in wt.%</i>										
SiO <sub>2</sub>	76.24	76.58	76.59	76.45	76.06	76.51	76.63	76.05	76.31	76.64
TiO <sub>2</sub>	0.09	0.08	0.06	0.08	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.72	12.66	12.68	12.73	12.59	12.69	12.63	12.70	12.63	12.66
T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.75	0.70	0.76	0.69	0.76	0.69	0.70	0.76	0.64	0.68
MnO	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.07	0.10
MgO	0.10	0.07	0.04	0.06	0.06	0.05	0.08	0.08	0.08	0.06
CaO	0.56	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.58	0.48	0.50
Na <sub>2</sub> O	3.96	3.88	4.03	3.69	3.87	3.96	3.96	3.96	3.89	3.85
K <sub>2</sub> O	4.64	4.78	4.61	5.06	4.80	4.66	4.61	4.57	4.64	4.83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
total	99.16	99.37	99.40	99.36	98.81	99.23	99.29	98.89	98.87	99.41
<i>in ppm</i>										
Zn	27.4	27.8	27.6	26.7	27.4	27.4	26.9	27.2	24.5	27.4
Rb	266	274	306	277	305	276	274	265	139	272
Sr	16.0	9.9	6.9	10.0	6.3	8.9	9.0	19.9	41.2	8.4
Y	43.9	44.0	46.3	44.7	45.6	45.1	43.5	44.4	26.0	45.3
Zr	90.1	90.3	90.4	90.2	90.4	89.8	90.0	90.9	77.9	88.9
Nb	15.6	16.0	17.3	15.9	16.9	15.3	15.6	14.0	8.5	15.2
Th	25.0	26.6	30.4	25.5	28.8	27.0	26.3	25.3	9.7	26.6
Group	H	H	nd	MT	nd	MT	H, MT	nd	HH	MT
Reliability	moderate	high	nd	very high	nd	very high	high	nd	very high	very high

表 2 (続き)  
Table 2. (continued)

Round	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3
Area	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2
Artifact	No.1556	No.1581	No.1688	No.1691	No.1965	No.1970	No.2014	No.2147	No.2181	No.2247
Appearance	ob5: madara	ob9	ob5: moya	ob8	ob12	ob5: moya	ob3	ob11	ob14	ob3
<i>in wt.%</i>										
SiO <sub>2</sub>	76.52	76.37	76.71	76.17	76.52	76.55	76.77	75.89	76.07	76.60
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.10	0.09	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.59	12.59	12.59	12.66	12.60	12.66	12.62	12.80	12.54	12.67
T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.69	0.64	0.67	0.75	0.68	0.69	0.68	0.79	0.79	0.68
MnO	0.10	0.07	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
MgO	0.06	0.09	0.06	0.04	0.08	0.07	0.06	0.10	0.09	0.06
CaO	0.50	0.48	0.49	0.50	0.50	0.50	0.49	0.63	0.56	0.50
Na <sub>2</sub> O	4.03	3.94	3.99	4.04	3.99	3.97	4.04	3.99	3.83	3.96
K <sub>2</sub> O	4.60	4.61	4.61	4.53	4.61	4.69	4.73	4.55	4.70	4.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
total	99.16	98.89	99.31	98.87	99.16	99.30	99.57	98.96	98.76	99.28
<i>in ppm</i>										
Zn	25.9	23.3	26.2	26.2	27.7	26.8	24.3	28.7	27.4	27.0
Rb	272	140	272	327	273	275	283	261	235	271
Sr	8.4	41.3	7.0	6.0	7.3	9.3	6.9	26.4	17.0	7.4
Y	45.9	26.3	45.0	50.8	45.3	44.7	46.9	42.8	34.9	44.8
Zr	89.0	75.2	88.7	84.2	87.9	88.2	89.4	92.6	97.2	88.2
Nb	15.5	8.6	15.4	18.5	16.3	15.2	16.6	15.2	12.1	15.9
Th	26.3	9.0	26.7	31.2	26.0	27.1	25.9	25.6	24.2	26.5
Group	MT	HH	MT	W	MT	MT	MT	K	B	MT
Reliability	high	very high	very high	high	very high	very high	very high	moderate	high	very high
Round	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3	HP-3
Area	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2	EA-2
Artifact	No.2273	No.2359	No.2442	No.2610	No.2623	No.2642	No.2863	No.2945	No.2954	No.2964
Appearance	ob4	ob1	ob10	ob4	ob3	ob5: madara	ob7	ob7	ob7	ob15
<i>in wt.%</i>										
SiO <sub>2</sub>	76.48	76.64	76.46	76.50	76.62	76.53	76.24	76.22	76.52	76.33
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.07	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.65	12.72	12.67	12.59	12.65	12.73	12.63	12.64	12.78	12.56
T-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.68	0.74	0.70	0.68	0.67	0.78	0.64	0.67	0.69	0.64
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07	0.07	0.10	0.07
MgO	0.07	0.08	0.07	0.05	0.07	0.10	0.09	0.09	0.05	0.08
CaO	0.50	0.54	0.51	0.50	0.49	0.55	0.48	0.50	0.51	0.49
Na <sub>2</sub> O	3.95	4.01	3.92	3.99	3.99	4.00	3.83	3.89	3.97	3.93
K <sub>2</sub> O	4.63	4.59	4.65	4.61	4.62	4.62	4.71	4.62	4.62	4.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
total	99.14	99.51	99.18	99.09	99.30	99.49	98.81	98.82	99.33	98.82
<i>in ppm</i>										
Zn	26.3	28.1	27.7	27.6	26.7	27.6	25.7	25.0	26.8	24.3
Rb	272	271	271	272	270	271	139	139	273	139
Sr	8.1	13.7	10.0	8.8	8.1	12.7	41.6	42.7	9.5	41.0
Y	44.3	44.3	45.1	44.8	44.8	44.5	26.5	26.6	45.0	27.5
Zr	87.6	90.9	88.7	88.9	89.0	93.7	76.6	75.7	88.5	76.5
Nb	15.7	15.9	15.2	15.0	16.2	14.9	8.4	8.9	16.7	9.0
Th	26.0	27.6	27.0	25.1	26.2	26.5	9.4	9.4	26.6	9.7
Group	MT	H	H	MT	MT	H	HH	HH	MT	HH
Reliability	very high	high	high	high	very high	high	very high	high	very high	very high

らの距離が0.3以内のものでも基準点からの距離が短いほど解析結果の信頼性が高い（分析値が近い）と言える。よって、距離が0.1以内のものを「(信頼性がvery high)」、距離が0.1～0.2のものを「high」、距離が0.2～0.3のものを「moderate」として得られた結果の信頼性を3段階で示すこととした。これらの手法に基づいて得られた石器の化学的な分類結果(chemical group)を表2に示す。

抽出した石器40点の分析値を図3の散布図にプロットすると判別不能となったものは3点あり、遺物No.289(EA-1)、遺物No.347(EA-1)、遺物No.901(EA-2)であった。遺物No.289と遺物No.347は、散布図上ではグループMTの基準点に最も近く距離がそれぞれ0.40と0.32で組成的にはRbとThの含有率がグループMTのものよりもやや高い傾向が見られる(表2)。一方、遺物No.901はグループHの基準値に最も近く距離は0.35で組成的にはSrの含有率がグループHよりもやや高い傾向がみられる(表2)。

また、これら判別不能となった石器は神津島、冷山、妻草峠の黒曜石と元素組成が大きく傾向が異なり、全体的には霧ヶ峰地域の黒曜石と同じ化学的特徴を示す。さらに石質分類の結果から見ても、これらは霧ヶ峰地域を原産地したものという判断は可能であろう。その他の判別可能であった石器の分類結果を見ると(図3)、グループMTに相当するものが21点、グループHに相当するものが6点、グループHHに相当するものが5点、グループB、W、K、Oに相当するものがそれぞれ1点ずつと、大きく7つの化学的なグループに分けられた。また表1と表2に示す定量分析値の数値自体を比較してもこれらの結果は妥当と判断できる。

以上のことから、定量分析を行った石器40点の原産地解析からは少なくとも7つの異なった石器石材の獲得地点があったと想定される。時代とともにどのようにこの獲得地が変遷していくかを知るにはさらに多量の石器の原産地解析が必要であるが、WD-XRFを用いた定量分析法で採取した全ての石器を分析するのは、非常に多くの労力と時間を要する。このため、実質的にはED-XRFを用いた定性分析法(非破壊分析)で石器の全点を目指した原産地解析を実施することとし、この手法で得られる結果の信頼性についてはWD-XRFで得られた結果と比較することで評価した。

### 3. エネルギー分散型蛍光X線分析装置による定性分析

#### 3-1 定性分析に基づいた原産地解析の手法

ここで述べる定性分析値とは、一次X線を試料に照射しそこから得られる特性X線(蛍光X線)の強度をある一定時間測定した積分強度(単位:カウント)として表した数値のことである。各元素の特性X線の測定強度は、各元素の含有率(濃度)とおおよそ比例関係にあるがマトリックス元素による吸収励起効果、また測定線によっては他元素の特性X線との重なり効果が含まれる。そのため、定性分析では測定線ごとの相対的な強度比を求めることはできるが元素の含有率で表せられる定量分析値との直接的な比較はできない。

さらに、測定強度は同じ試料であっても試料の凹凸などの形状や厚さによって変化し、測定面が均一な厚さで平坦な面を持っていない限り再現性の高い測定強度を得ることは困難である。とはいえ、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(ED-XRF)を用いた定性分析では、高いエネルギー効率で効率的な石器の非破壊分析ができる。ここでは、望月(1997)で示されている手法を参考に広原遺跡群から出土した黒曜石製石器の原産地解析を実施することとした。分析は明治大学黒曜石研究センター設置のED-XRF(JEOL JSX-3100II)を用いて実施した。

望月(1997)では測定線としてRb-K $\alpha$ 、Sr-K $\alpha$ 、Y-K $\alpha$ 、Zr-K $\alpha$ 、Mn-K $\alpha$ 、Fe-K $\alpha$ 、K-K $\alpha$ を用い、縦軸の値vs. 横軸の値を、 $\log(\text{Fe}/\text{K})$  vs. Sr分率( $\text{Sr}^*=100 \times \text{Sr}/(\text{Rb}+\text{Sr}+\text{Y}+\text{Zr})$ )、 $100 \times \text{Mn}/\text{Fe}$  vs. Rb分率( $\text{Rb}^*=100 \times \text{Rb}/(\text{Rb}+\text{Sr}+\text{Y}+\text{Zr})$ )とした2つの産地判別図が提唱されている。なお、これら測定線の強度には吸収励起効果と重なり線の効果が含まれるためプロットの位置の違いが元素濃度の違いとして直接的に反映されている訳ではない。ただし、この手法の一番の利点は黒曜石製石器を非破壊で分析することを前提に、エネルギーの近い測定線(Rb-K $\alpha$ 、Sr-K $\alpha$ 、Y-K $\alpha$ 、Zr-K $\alpha$ )を横軸に用い水和層の影響の少ない重元素の測定線の比を横軸と縦軸に取ることで、試料の形状や厚さの違いによる横軸と縦軸の値(プロット位置)の変化(分散)を小さくするよう工夫されている。

北海道白滝産の黒曜石(obstd-1: Suda, 2012)を用

いて試料の形状や厚みの違いにより、実際に判別図上でどの程度の分散を示すか確認した。ここでは測定面を変えながら平面研磨面 (slab) を 14 回、破断面 (flake) を 11 回測定しそれぞれの散布図における横軸と縦軸の値の平均値、誤差 ( $2\sigma$ )、変動係数 ( $CV=2\sigma/\text{Average}$ ) を算出した。いずれの値も破断面を測定した場合に比べ平面研磨面を測定した場合の方が誤差や変動係数の値が小さくなり、最終的な  $\text{Sr}^*$ 、 $\log(\text{Fe}/\text{K})$ 、 $\text{Rb}^*$ 、 $100\times\text{Mn}/\text{Fe}$  の平均値と誤差 (CV) は、それぞれ  $9.81\pm 1.23$  (12.5%)、 $0.18\pm 0.01$  (7.3%)、 $47.9\pm 2.4$  (5.0%)、 $2.86\pm 0.49$  (17.1%) となった。理論的には測定線の元素の濃度によって、誤差や変動係数も変化すると予想されるが、ここではいずれの判別図上においても一つのプロットには obstd-1 の繰り返し測定により得られた値と同じ誤差 ( $\pm 2\sigma$ ) が生じるものとし、黒曜石製石器の原産地解析を実施していくこととした。

また、定量分析においては基準点からの距離が近いものほど元素組成が近いものと判断できるが、定性分析における誤差はあくまでも偶然誤差であり、この誤差の範囲内においては基準点からの距離で得られた結果の信頼性を直接的に表すことはできない。

### 3-2 原産地試料の定性分析

WD-XRF による定量分析を実施する際に黒曜石の原産地試料は 2 つ以上に分割し、1 つは粉砕し定量分析を実施するためのもの、残りは固体の状態 ED-XRF による定性分析を実施するためのものとして保管した。ここでは図 2 や図 3 に示す化学的なグループの分類に用いた原産地試料を切断研磨し、それを測定面として ED-XRF による定性分析を実施した。なおグループ K (小深沢) に相当する固体試料は異地性のものしか入手できなかったため試料 Hm-2-127-1 をこのグループの基準試料として使用することとした。

望月 (1997) による判別図上にこれら試料の分析値をプロットした。すると定量分析値に基づいた化学的な 12 のグループは  $\log(\text{Fe}/\text{K})$  vs.  $\text{Sr}^*$  の散布図よりも  $100\times\text{Mn}/\text{Fe}$  vs.  $\text{Rb}^*$  の散布図によって、誤差の範囲でより効果的に分離することができる。また、原産地試料のプロットは  $100\times\text{Mn}/\text{Fe}$  vs.  $\text{Rb}^*$  の散布図では基準点からの誤差範囲に全て収まるが、 $\log(\text{Fe}/\text{K})$  vs.  $\text{Sr}^*$  の散布図ではその誤差を超えてプロットされるものが幾

つか見られる (図 4)。すなわち、霧ヶ峰地域の黒曜石原産地の試料は  $100\times\text{Mn}/\text{Fe}$  vs.  $\text{Rb}^*$  の散布図に基づいて効果的に化学的なグループに分類することができる。ここではこの散布図を用いて定性分析に基づいた黒曜石製石器の原産地解析を実施することとした。また、図 5 に示す通り散布図の横軸と縦軸の値の桁数と数値幅を揃えるため、縦軸を 5 倍 ( $500\times\text{Mn}/\text{Fe}$ ) にし、誤差 ( $\pm 2\sigma$ ) は縦軸と横軸ともに 2.4 と定め、化学的なグループの基準点はグループごとの試料の平均値として定めた。この散布図上におけるそれぞれの基準点の値は、以下に示す通りである。

BHU: ブドウ沢下流左岸・本沢・ウツギ沢・牧ヶ沢 ( $X=34.8$ ,  $Y=29.0$ )

MT: 東餅屋・鷹山 ( $X=57.9$ ,  $Y=61.2$ )

BH: ブドウ沢・本沢尾根 ( $X=50.5$ ,  $Y=38.2$ )

H: 本沢中流右岸 ( $X=58.4$ ,  $Y=48.6$ )

T: ツチャ沢右岸 ( $X=50.1$ ,  $Y=41.2$ )

W: 和田峠南 ( $X=62.1$ ,  $Y=46.2$ )

B: ブドウ沢左岸 ( $X=55.0$ ,  $Y=46.4$ )

HH: 星ヶ塔・星ヶ台 ( $X=41.4$ ,  $Y=46.2$ )

M: 高松沢右岸 ( $X=39.4$ ,  $Y=30.8$ )

FS: 古峠・三ノ又沢 ( $X=62.5$ ,  $Y=49.4$ )

O: 牧ヶ沢 ( $X=29.9$ ,  $Y=31.8$ )

K: 小深沢 ( $X=55.6$ ,  $Y=51.1$ )

KS: 神津島 ( $X=22.1$ ,  $Y=33.2$ )

MK: 麦草峠 ( $X=24.6$ ,  $Y=18.9$ )

TS: 冷山 ( $X=25.8$ ,  $Y=18.9$ )

### 3-3 定性分析に基づいた黒曜石製石器の原産地解析

ED-XRF による黒曜石製石器の非破壊での定性分析は、可能な限り水和層の発達していない新鮮な平面を測定した。測定値は図 5 と図 6 の散布図にプロットし、分析した石器がまずどの化学的なグループに相当するか判別しその結果を踏まえ図 1 からそれらの原産地の地点を推定した。

定性分析に基づいた石器の原産地解析は、広原 I 遺跡 (EA-1; TP-1; TP-2) から出土した黒曜石製石器の全点 (689 点) について行った。なお、ここでは広原 I 遺跡 (EA-1)、広原 II 遺跡 (EA-2) から出土の 40 点の石器について (表 2)、WD-XRF による定量分析と ED-XRF による定性分析、それぞれの手法による原産地解析結

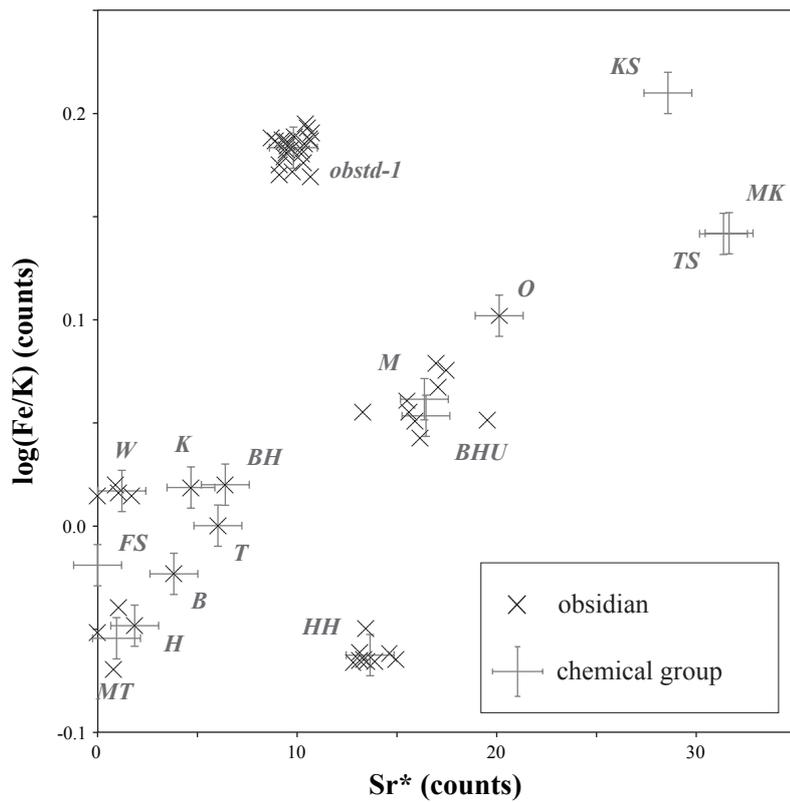
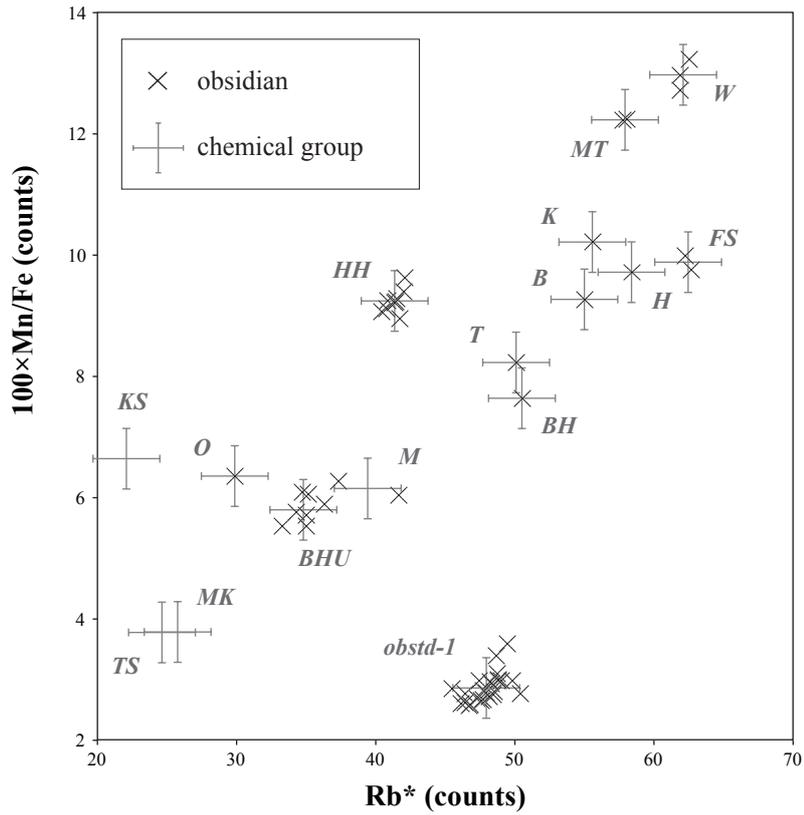


図4 望月(1997)の判別図に基づく霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の化学的分類  
 Fig. 4. Chemical classification of obsidian sources in the Kirigamine area based on Mochizuki (1997) diagram

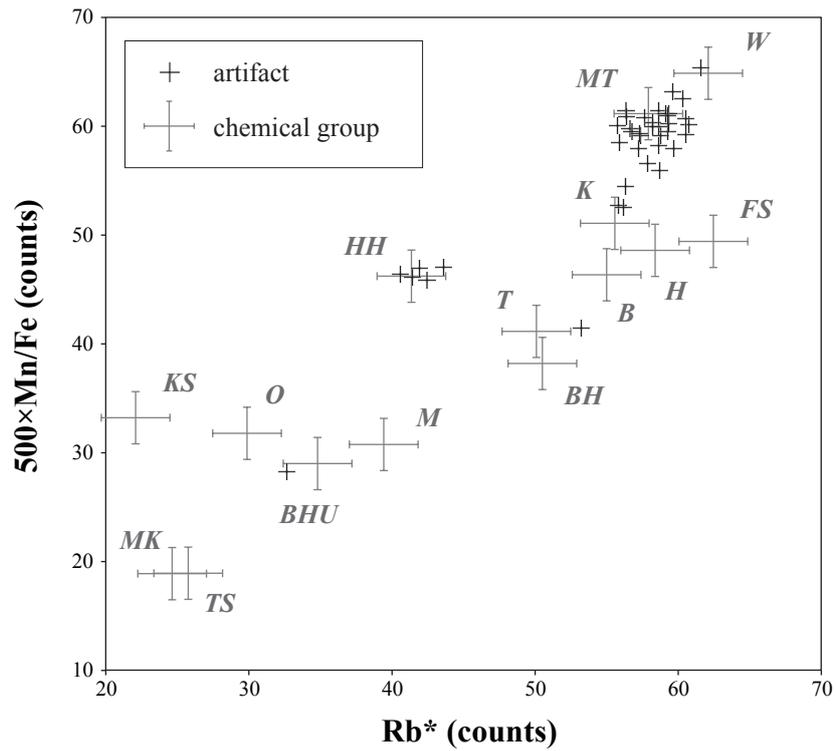


図5 定性分析結果に基づいた黒曜石製石器（定量分析を実施した40点を抜粋）の化学的分類  
 Fig. 5. Diagram showing chemical classification of representative obsidian artifacts (N=40) based on ED-XRF analysis

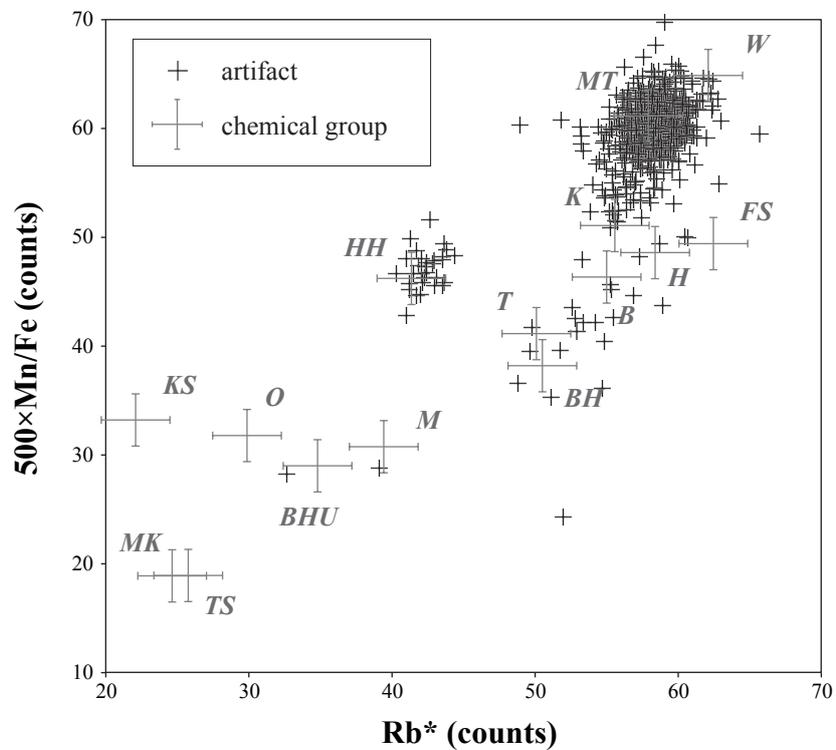


図6 定性分析結果に基づいた黒曜石製石器（広原I遺跡）の化学的分類  
 Fig. 6. Diagrams showing chemical classification of obsidian artifacts from the Hiroppara site I

果を比較し、定性分析による黒曜石製石器の原産地解析の手法の信頼性について評価した。

これら 40 点の石器の定性分析値をプロットした散布図 (500×Mn/Fe vs. Rb\*) を図 5 に示す。そして、この散布図に基づいて判別された化学的な分類結果 (chemical group) と定量分析により得られた結果を表 3 に比較する。定量分析で分類結果が得られた石器は 37 点で全体の 93% に対し、定性分析で分類結果が得られた石器は 26 点で全体の 65% であった。これら定性分析で得られた結果のうち定量分析と同じ結果となった石器は 22 点 (85%) で、4 点の石器については

異なった結果が得られた。

定量分析に基づいた分類結果と不一致だった 4 点の石器のうち遺物 No.232 (HP-2; EA-1) と遺物 No.2642 (HP-3; EA-2) はいずれも定量分析による結果はグループ H であるが、定性分析ではグループ MT であった。また、遺物 No.141 (HP-2; EA-1) は定量分析ではグループ O であるが、定性分析ではグループ BHU となった。さらに、遺物 No.901 (HP-2; EA-2) は、定量分析では判別不能 (nd) であるが定性分析ではグループ K になった。

これらのグループは、いずれも Sr の含有率で区別す

表 3 定量分析と定性分析に基づいた石器の化学的分類結果の比較

Table 3. Results of chemical classification of representative obsidian artifacts based on WD-XRF and ED-XRF analyses

Round	Area	Artifact	Chemical group		Round	Area	Artifact	Chemical group	
			ED-XRF	WD-XRF				ED-XRF	WD-XRF
HP-1	TP-2	No.38	MT	MT	HP-3	EA-2	No.1556	nd	MT
HP-2	EA-1	No.46	nd	MT	HP-3	EA-2	No.1581	HH	HH
HP-1	TP-2	No.47	nd	H	HP-3	EA-2	No.1688	MT	MT
HP-1	TP-2	No.57	nd	MT	HP-3	EA-2	No.1691	W	W
HP-2	EA-1	No.86	nd	MT	HP-3	EA-2	No.1965	nd	MT
HP-2	EA-1	No.141	BHU	O	HP-3	EA-2	No.1970	MT	MT
HP-2	EA-1	No.149	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2014	MT	MT
HP-1	TP-3	No.157	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2147	K	K
HP-2	EA-2	No.181	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2181	nd	K
HP-2	EA-1	No.189	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2247	nd	MT
HP-2	EA-1	No.210	nd	H	HP-3	EA-2	No.2273	MT	MT
HP-2	EA-1	No.232	MT	H	HP-3	EA-2	No.2359	nd	H
HP-2	EA-1	No.289	nd	nd	HP-3	EA-2	No.2442	nd	H
HP-2	EA-2	No.325	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2610	MT	MT
HP-2	EA-1	No.347	nd	nd	HP-3	EA-2	No.2623	MT	MT
HP-2	EA-1	No.395	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2642	MT	H
HP-2	EA-1	No.493	nd	H, MT	HP-3	EA-2	No.2863	HH	HH
HP-2	EA-2	No.901	K	nd	HP-3	EA-2	No.2945	HH	HH
HP-2	EA-2	No.1321	HH	HH	HP-3	EA-2	No.2954	MT	MT
HP-3	EA-2	No.1414	MT	MT	HP-3	EA-2	No.2964	HH	HH

ることができ表1や表2でこれらのSrの含有率を確認する限り定量分析による結果に間違いはない。例えば、グループHとグループMTのSrの含有率の基準値(平均値)はそれぞれ11.4 ppm, 7.5 ppmであり、一方、遺物No.232(HP-2; EA-1)と遺物No.2642(HP-3; EA-2)のSrの含有率はそれぞれ10.5 ppmと12.2 ppmである。すなわち、これら石器は組成的にはグループHに相当するものである。

以上のことからED-XRFを用いた定性分析に基づく石器の原産地解析においては、約65%の確率でなんらかの原産地の地点を推定することができる。ただし、その結果に関する信頼性は85%程度で少なくとも上記のグループ間で予期せぬトラブルが起きる可能性がある。

広原I遺跡から出土の黒曜石製石器の定性分析値を図6の散布図上に示す。さらに、これらの化学的な分類結果(chemical group)を表4に示す。広原I遺跡から出土の黒曜石製石器では、689点中その60%に相当する414点において化学的な分類結果を得ることができた。そして、測定した石器はグループMTに相当するものが最も卓越するという結果が得られた。これらの結果に基づいた考古学的な解析や議論については別項で述べる。

#### 4. 定性分析に基づいた原産地解析についての 今後の課題

ここで用いた望月(1997)による判別図はあくまでも中部・関東地域における主要な黒曜石原産地(中部高地・神津島・箱根・天城・高原山)を区別するためのものである。すなわち、黒曜石原産地内における細かな地点を特定していくためにはそれぞれの原産地に適した手法や判別図を用いる必要がある。隅田ほか(2016)では、ED-XRFを用いた半定量分析による隠岐島後の黒曜石原産地に最適な判別図を示している。また、図2や図3で示した定量分析値による判別図は霧ヶ峰地域の原産地の地点を区別するために最適化したものと言える。

残されている広原II遺跡から出土の黒曜石製石器の原産地解析を、ED-XRFを用いて実施する際にはどのような判別図を用いて効果的に原産地の地点を区別し

ていくことができるか、WD-XRFによる定量分析結果に基づいて改めて検討して実施していくことが望まれる。

#### 引用文献

- 池谷信之 2009『黒曜石考古学 原産地推定が明らかにする社会構造とその変化』309p., 東京, 新泉社
- Imai, N., Terashima, S., Itoh S. and Ando, A. 1995 1994 compilation values for GSJ reference samples, "Igneous rock series". *Geochemical Journal* 29: 91-95.
- 望月明彦 1997「蛍光X線分析による中部・関東地域の黒曜石産地の判別」『X線分析の進歩』28: 157-168
- 及川 穰・隅田祥光・高村優花・灘 友佳・野村堯弘・藤原 唯・望月 暁・田原弘章・梶浦由佳・松尾真里帆 2016「長野県霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の研究—長和町男女倉北地区, ツチャ沢地区と下諏訪町星ヶ台地区の踏査成果と遺跡・遺跡群の認識に関する考察—」『資源環境と人類』6: 印刷中
- 及川 穰・隅田祥光・宮坂 清・今田賢治・川井優也・河内俊介・角原寛俊・藤川 翔・高村優花・灘 友佳・野村堯弘・藤原 唯 2015「長野県霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の踏査報告(2) —長和町男女倉南地区と下諏訪町星ヶ台地区—」『資源環境と人類』5: 117-136
- 及川 穰・宮坂 清・隅田祥光・堀 恭介・今田賢治・川井優也・河内俊介・角原寛俊・藤川 翔 2014「長野県下諏訪町和田峠西黒曜石原産地の調査報告」『資源環境と人類』4: 83-94
- 及川 穰・宮坂 清・池谷信之・隅田祥光・橋詰 潤・堀 恭介・矢頭 翔 2013「霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の踏査報告—下諏訪町和田峠西と長和町土屋橋東—」『資源環境と人類』3: 77-94
- 下諏訪教育委員会 2008『長野県下諏訪町黒曜石原産地遺跡分布調査報告書II—星ヶ塔遺跡—』95p., 長野
- 島田和高 2015「上部旧石器時代における中部高地黒曜石原産地の土地利用変化」『第四紀研究』54: 219-234
- 島田和高・橋詰 潤・会田 進・中村由克・早田 勉・隅田祥光・及川 穰・土屋美穂 2016「III 広原

遺跡群の発掘調査」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）2016 『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集1（本報告書），明治大学黒曜石研究センター

Suda, Y. 2012 Chemical analysis of obsidian by Wave Length-dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry: application to nondestructive analysis of archeological obsidian artifacts. *Natural Resource Environment and Humans* 2: 1-14.

隅田祥光・稲田陽介・亀井淳志・及川 穰 2016 「島根県隠岐道後における黒曜石の全岩化学組成～黒曜

石製石器の原産地解析システムの構築に向けて～」『資源環境と人類』6：印刷中

隅田祥光・土屋美穂 2015 「長野県霧ヶ峰地域における黒曜石原産地試料の元素分析と広原遺跡群の黒曜石製石器の原産地解析（予報）」『資源環境と人類』5: 65-82

鷹山遺跡群調査団 2015 『黒曜石原産地遺跡群鷹山遺跡群 VII. 長野県小県郡長和町鷹山遺跡群 2007～2012 年度報告調査—史跡整備に伴う星糞峠黒曜石原産地遺跡第2号採掘址の調査—』157p., 長野

堤 隆 2011 『旧石器時代』127p., 東京，河出書房新社

表4 定性分析に基づいた広原I遺跡(EA-1; TP-1; TP-2)における黒曜石製石器の化学的分類結果

Table 4. Results of chemical classification of obsidian artifacts (EA-1; TP-1; TP-2) based on ED-XRF analysis

Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group
HP-1	TP-2	No.1	MT	HP-1	TP-2	No.69	MT	HP-2	EA-1	No.27	nd
HP-1	TP-2	No.2	MT	HP-1	TP-2	No.70	MT	HP-2	EA-1	No.28	MT
HP-1	TP-2	No.3	W	HP-1	TP-2	No.71	MT	HP-2	EA-1	No.29	nd
HP-1	TP-2	No.4	nd	HP-1	TP-2	No.72	nd	HP-2	EA-1	No.30	nd
HP-1	TP-2	No.5	MT	HP-1	TP-2	No.73	nd	HP-2	EA-1	No.31	MT
HP-1	TP-2	No.6	MT	HP-1	TP-2	No.74	MT	HP-2	EA-1	No.32	MT
HP-1	TP-2	No.7	nd	HP-1	TP-2	No.75	MT	HP-2	EA-1	No.33	MT
HP-1	TP-2	No.8	nd	HP-1	TP-2	No.76	MT	HP-2	EA-1	No.34	nd
HP-1	TP-2	No.9	K	HP-1	TP-2	No.77	nd	HP-2	EA-1	No.35	MT
HP-1	TP-2	No.10	MT	HP-1	TP-2	No.78	MT	HP-2	EA-1	No.36	nd
HP-1	TP-2	No.11	W	HP-1	TP-2	No.79	HH	HP-2	EA-1	No.37	nd
HP-1	TP-2	No.12	MT	HP-1	TP-2	No.80	MT	HP-2	EA-1	No.38	nd
HP-1	TP-2	No.13	MT	HP-1	TP-2	No.81	nd	HP-2	EA-1	No.39	nd
HP-1	TP-2	No.14	MT	HP-1	TP-2	No.82	nd	HP-2	EA-1	No.40	MT
HP-1	TP-2	No.15	K	HP-1	TP-2	No.83	nd	HP-2	EA-1	No.41	nd
HP-1	TP-2	No.16	HH	HP-1	TP-2	No.84	MT	HP-2	EA-1	No.45	MT
HP-1	TP-2	No.17	MT	HP-1	TP-2	No.85	MT	HP-2	EA-1	No.46	MT
HP-1	TP-2	No.20	MT	HP-1	TP-2	No.86	nd	HP-2	EA-1	No.47	nd
HP-1	TP-2	No.21	nd	HP-1	TP-2	No.87	nd	HP-2	EA-1	No.48	nd
HP-1	TP-2	No.22	MT	HP-1	TP-2	No.88	MT	HP-2	EA-1	No.49	nd
HP-1	TP-2	No.23	MT	HP-1	TP-2	No.89	MT	HP-2	EA-1	No.50	MT
HP-1	TP-2	No.24	MT	HP-1	TP-2	No.90	MT	HP-2	EA-1	No.51	nd
HP-1	TP-2	No.25	MT	HP-1	TP-2	No.91	MT	HP-2	EA-1	No.52	MT
HP-1	TP-2	No.26	nd	HP-1	TP-2	No.92	MT	HP-2	EA-1	No.53	nd
HP-1	TP-2	No.27	MT	HP-1	TP-2	No.93	MT	HP-2	EA-1	No.54	nd
HP-1	TP-2	No.28	MT	HP-1	TP-2	No.94	MT	HP-2	EA-1	No.55	MT
HP-1	TP-2	No.30	B	HP-1	TP-2	No.95	nd	HP-2	EA-1	No.56	nd
HP-1	TP-2	No.31	W	HP-1	TP-2	No.96	MT	HP-2	EA-1	No.57	nd
HP-1	TP-2	No.32	nd	HP-1	TP-2	No.97	MT	HP-2	EA-1	No.58	nd
HP-1	TP-2	No.33	MT	HP-1	TP-2	No.98	MT	HP-2	EA-1	No.59	W
HP-1	TP-2	No.34	MT	HP-1	TP-2	No.99	MT	HP-2	EA-1	No.60	nd
HP-1	TP-2	No.35	MT	HP-1	TP-2	No.100	MT	HP-2	EA-1	No.61	W
HP-1	TP-2	No.36	MT	HP-1	TP-2	No.101	nd	HP-2	EA-1	No.62	MT
HP-1	TP-2	No.37	MT	HP-1	TP-2	No.102	MT	HP-2	EA-1	No.63	MT
HP-1	TP-2	No.38	MT	HP-1	TP-2	No.103	MT	HP-2	EA-1	No.64	MT
HP-1	TP-2	No.39	MT	HP-1	TP-2	No.104	nd	HP-2	EA-1	No.65	MT
HP-1	TP-2	No.40	nd	HP-1	TP-2	No.105	MT	HP-2	EA-1	No.66	MT
HP-1	TP-2	No.41	MT	HP-1	TP-2	No.106	nd	HP-2	EA-1	No.67	nd
HP-1	TP-2	No.42	nd	HP-1	TP-2	No.107	MT	HP-2	EA-1	No.68	nd
HP-1	TP-2	No.43	nd	HP-1	TP-2	No.108	MT	HP-2	EA-1	No.69	nd
HP-1	TP-2	No.44	MT	HP-1	TP-2	No.109	nd	HP-2	EA-1	No.70	nd
HP-1	TP-2	No.45	nd	HP-1	TP-2	No.110	MT	HP-2	EA-1	No.71	MT
HP-1	TP-2	No.46	nd	HP-1	TP-2	No.111	nd	HP-2	EA-1	No.72	MT
HP-1	TP-2	No.47	nd	HP-1	TP-2	No.112	nd	HP-2	EA-1	No.73	MT
HP-1	TP-2	No.48	MT	HP-1	TP-2	No.113	nd	HP-2	EA-1	No.74	T
HP-1	TP-2	No.49	MT	HP-1	TP-2	No.114	nd	HP-2	EA-1	No.75	nd
HP-1	TP-2	No.50	W	HP-1	TP-2	No.115	nd	HP-2	EA-1	No.76	MT
HP-1	TP-2	No.51	nd	HP-1	TP-2	No.116	MT	HP-2	EA-1	No.77	nd
HP-1	TP-2	No.52	nd	HP-1	TP-2	No.117	nd	HP-2	EA-1	No.78	nd
HP-1	TP-2	No.53	MT	HP-1	TP-2	No.118	nd	HP-2	EA-1	No.79	nd
HP-1	TP-2	No.54	MT	HP-1	TP-2	No.119	MT	HP-2	EA-1	No.80-1	MT
HP-1	TP-2	No.55	nd	HP-1	TP-2	No.120	MT	HP-2	EA-1	No.80-2	MT
HP-1	TP-2	No.56	nd	HP-1	TP-2	No.121	nd	HP-2	EA-1	No.81	MT
HP-1	TP-2	No.57	nd	HP-1	TP-2	No.122	nd	HP-2	EA-1	No.82	MT
HP-1	TP-2	No.58	MT	HP-1	TP-2	No.123	MT	HP-2	EA-1	No.83	MT
HP-1	TP-2	No.59	K	HP-1	TP-2	No.124	nd	HP-2	EA-1	No.84	MT
HP-1	TP-2	No.60	MT	HP-2	EA-1	No.3	MT	HP-2	EA-1	No.85	nd
HP-1	TP-2	No.61	HH	HP-2	EA-1	No.8	W	HP-2	EA-1	No.86	MT
HP-1	TP-2	No.62	nd	HP-2	EA-1	No.9	K	HP-2	EA-1	No.87	nd
HP-1	TP-2	No.63	nd	HP-2	EA-1	No.21	nd	HP-2	EA-1	No.88	HH
HP-1	TP-2	No.64	MT	HP-2	EA-1	No.22	MT	HP-2	EA-1	No.89	HH
HP-1	TP-2	No.65	W	HP-2	EA-1	No.23	MT	HP-2	EA-1	No.90	MT
HP-1	TP-2	No.66	MT	HP-2	EA-1	No.24	MT	HP-2	EA-1	No.91	MT
HP-1	TP-2	No.67	nd	HP-2	EA-1	No.25	nd	HP-2	EA-1	No.92	nd
HP-1	TP-2	No.68	MT	HP-2	EA-1	No.26	nd	HP-2	EA-1	No.93	nd

表 4 (続き)  
Table 4. (continued)

Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group
HP-2	EA-1	No.94	MT	HP-2	EA-1	No.162	nd	HP-2	EA-1	No.231	nd
HP-2	EA-1	No.95	nd	HP-2	EA-1	No.163	BH, T	HP-2	EA-1	No.232	MT
HP-2	EA-1	No.96	nd	HP-2	EA-1	No.164	MT	HP-2	EA-1	No.233	nd
HP-2	EA-1	No.97	MT	HP-2	EA-1	No.165	MT	HP-2	EA-1	No.235	MT
HP-2	EA-1	No.98	MT	HP-2	EA-1	No.166	MT	HP-2	EA-1	No.236	MT
HP-2	EA-1	No.99	MT	HP-2	EA-1	No.167	MT	HP-2	EA-1	No.237	MT
HP-2	EA-1	No.100	MT	HP-2	EA-1	No.168	nd	HP-2	EA-1	No.238	nd
HP-2	EA-1	No.101	HH	HP-2	EA-1	No.169	HH	HP-2	EA-1	No.239	MT
HP-2	EA-1	No.102	nd	HP-2	EA-1	No.170	MT	HP-2	EA-1	No.240	MT
HP-2	EA-1	No.103	MT	HP-2	EA-1	No.171	nd	HP-2	EA-1	No.241	MT
HP-2	EA-1	No.104	nd	HP-2	EA-1	No.172	nd	HP-2	EA-1	No.242	MT
HP-2	EA-1	No.105	MT	HP-2	EA-1	No.173	MT	HP-2	EA-1	No.243	MT
HP-2	EA-1	No.106	nd	HP-2	EA-1	No.174	MT	HP-2	EA-1	No.244	nd
HP-2	EA-1	No.107	nd	HP-2	EA-1	No.175	MT	HP-2	EA-1	No.245	nd
HP-2	EA-1	No.108	MT	HP-2	EA-1	No.176	B	HP-2	EA-1	No.246	MT
HP-2	EA-1	No.109	nd	HP-2	EA-1	No.177	MT	HP-2	EA-1	No.247	nd
HP-2	EA-1	No.110	nd	HP-2	EA-1	No.178	MT	HP-2	EA-1	No.248	MT
HP-2	EA-1	No.111	W	HP-2	EA-1	No.179	MT	HP-2	EA-1	No.249	MT
HP-2	EA-1	No.112	MT	HP-2	EA-1	No.180	nd	HP-2	EA-1	No.250	MT
HP-2	EA-1	No.113	nd	HP-2	EA-1	No.181	nd	HP-2	EA-1	No.251	MT
HP-2	EA-1	No.114	MT	HP-2	EA-1	No.185	HH	HP-2	EA-1	No.252	nd
HP-2	EA-1	No.115	nd	HP-2	EA-1	No.186	MT	HP-2	EA-1	No.253	nd
HP-2	EA-1	No.116	MT	HP-2	EA-1	No.187	MT	HP-2	EA-1	No.254	MT
HP-2	EA-1	No.117	nd	HP-2	EA-1	No.188	MT	HP-2	EA-1	No.255	MT
HP-2	EA-1	No.118	K	HP-2	EA-1	No.189	MT	HP-2	EA-1	No.256	MT
HP-2	EA-1	No.119	MT	HP-2	EA-1	No.190	FS	HP-2	EA-1	No.257	MT
HP-2	EA-1	No.120	MT	HP-2	EA-1	No.191	nd	HP-2	EA-1	No.258	MT
HP-2	EA-1	No.121	nd	HP-2	EA-1	No.192	FS	HP-2	EA-1	No.259	MT
HP-2	EA-1	No.122	MT	HP-2	EA-1	No.193	MT	HP-2	EA-1	No.260	nd
HP-2	EA-1	No.123	nd	HP-2	EA-1	No.194	nd	HP-2	EA-1	No.263	nd
HP-2	EA-1	No.124	MT	HP-2	EA-1	No.195	MT	HP-2	EA-1	No.264	nd
HP-2	EA-1	No.125	MT	HP-2	EA-1	No.196	MT	HP-2	EA-1	No.265	MT
HP-2	EA-1	No.126	nd	HP-2	EA-1	No.197	nd	HP-2	EA-1	No.266	MT
HP-2	EA-1	No.127	nd	HP-2	EA-1	No.198	MT	HP-2	EA-1	No.267	nd
HP-2	EA-1	No.128	MT	HP-2	EA-1	No.199	MT	HP-2	EA-1	No.268	MT
HP-2	EA-1	No.129	H	HP-2	EA-1	No.200	nd	HP-2	EA-1	No.269	W
HP-2	EA-1	No.130	MT	HP-2	EA-1	No.201	HH	HP-2	EA-1	No.270	nd
HP-2	EA-1	No.131	nd	HP-2	EA-1	No.202	MT	HP-2	EA-1	No.271	nd
HP-2	EA-1	No.132	nd	HP-2	EA-1	No.203	MT	HP-2	EA-1	No.272	nd
HP-2	EA-1	No.133	MT	HP-2	EA-1	No.204	MT	HP-2	EA-1	No.273	nd
HP-2	EA-1	No.134	MT	HP-2	EA-1	No.205	MT	HP-2	EA-1	No.274	nd
HP-2	EA-1	No.135	MT	HP-2	EA-1	No.206	nd	HP-2	EA-1	No.275	nd
HP-2	EA-1	No.136	MT	HP-2	EA-1	No.207	MT	HP-2	EA-1	No.276	MT
HP-2	EA-1	No.137	nd	HP-2	EA-1	No.208	nd	HP-2	EA-1	No.277	MT
HP-2	EA-1	No.138	MT	HP-2	EA-1	No.209	MT	HP-2	EA-1	No.278	MT
HP-2	EA-1	No.139	MT	HP-2	EA-1	No.210	nd	HP-2	EA-1	No.279	MT
HP-2	EA-1	No.140	MT	HP-2	EA-1	No.211	K	HP-2	EA-1	No.280	MT
HP-2	EA-1	No.141	BHU	HP-2	EA-1	No.212	MT	HP-2	EA-1	No.281	nd
HP-2	EA-1	No.142	MT	HP-2	EA-1	No.213	MT	HP-2	EA-1	No.282	nd
HP-2	EA-1	No.143	MT	HP-2	EA-1	No.214	nd	HP-2	EA-1	No.283	MT
HP-2	EA-1	No.144	nd	HP-2	EA-1	No.215	MT	HP-2	EA-1	No.284	nd
HP-2	EA-1	No.145	MT	HP-2	EA-1	No.216	MT	HP-2	EA-1	No.285	MT
HP-2	EA-1	No.146	MT	HP-2	EA-1	No.217	nd	HP-2	EA-1	No.286	nd
HP-2	EA-1	No.147	nd	HP-2	EA-1	No.218	nd	HP-2	EA-1	No.287	MT
HP-2	EA-1	No.148	nd	HP-2	EA-1	No.220	nd	HP-2	EA-1	No.288	nd
HP-2	EA-1	No.149	MT	HP-2	EA-1	No.221	nd	HP-2	EA-1	No.289	nd
HP-2	EA-1	No.150	MT	HP-2	EA-1	No.222	MT	HP-2	EA-1	No.290	MT
HP-2	EA-1	No.154	nd	HP-2	EA-1	No.223	MT	HP-2	EA-1	No.291	nd
HP-2	EA-1	No.155	nd	HP-2	EA-1	No.224	nd	HP-2	EA-1	No.292	MT
HP-2	EA-1	No.156	nd	HP-2	EA-1	No.225	MT	HP-2	EA-1	No.293	MT
HP-2	EA-1	No.157	nd	HP-2	EA-1	No.226	MT	HP-2	EA-1	No.294	MT
HP-2	EA-1	No.158	nd	HP-2	EA-1	No.227	nd	HP-2	EA-1	No.295	MT
HP-2	EA-1	No.159	MT	HP-2	EA-1	No.228	nd	HP-2	EA-1	No.296	nd
HP-2	EA-1	No.160	MT	HP-2	EA-1	No.229	nd	HP-2	EA-1	No.297	nd
HP-2	EA-1	No.161	W	HP-2	EA-1	No.230	nd	HP-2	EA-1	No.299	nd

表4 (続き)  
Table 4. (continued)

Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group
HP-2	EA-1	No.300	nd	HP-2	EA-1	No.365	nd	HP-2	EA-1	No.431	nd
HP-2	EA-1	No.301	nd	HP-2	EA-1	No.366	MT	HP-2	EA-1	No.432	nd
HP-2	EA-1	No.302	MT	HP-2	EA-1	No.367	nd	HP-2	EA-1	No.433	MT
HP-2	EA-1	No.303	MT	HP-2	EA-1	No.368	MT	HP-2	EA-1	No.434	MT
HP-2	EA-1	No.304	nd	HP-2	EA-1	No.369	MT	HP-2	EA-1	No.435	nd
HP-2	EA-1	No.305	MT	HP-2	EA-1	No.370	nd	HP-2	EA-1	No.436	MT
HP-2	EA-1	No.306	nd	HP-2	EA-1	No.371	MT	HP-2	EA-1	No.437	K
HP-2	EA-1	No.307	nd	HP-2	EA-1	No.372	MT	HP-2	EA-1	No.438	MT
HP-2	EA-1	No.308	W	HP-2	EA-1	No.373	nd	HP-2	EA-1	No.439	nd
HP-2	EA-1	No.309	MT	HP-2	EA-1	No.374	MT	HP-2	EA-1	No.440	nd
HP-2	EA-1	No.310	MT	HP-2	EA-1	No.375	nd	HP-2	EA-1	No.441	MT
HP-2	EA-1	No.311	W	HP-2	EA-1	No.376	nd	HP-2	EA-1	No.442	nd
HP-2	EA-1	No.312	MT	HP-2	EA-1	No.377	MT	HP-2	EA-1	No.443	nd
HP-2	EA-1	No.313	MT	HP-2	EA-1	No.379	nd	HP-2	EA-1	No.444	MT
HP-2	EA-1	No.314	MT	HP-2	EA-1	No.380	MT	HP-2	EA-1	No.445	MT
HP-2	EA-1	No.315	W	HP-2	EA-1	No.381	MT	HP-2	EA-1	No.446	MT
HP-2	EA-1	No.316	nd	HP-2	EA-1	No.382	MT	HP-2	EA-1	No.447	MT
HP-2	EA-1	No.317	MT	HP-2	EA-1	No.383	nd	HP-2	EA-1	No.448	MT
HP-2	EA-1	No.318	nd	HP-2	EA-1	No.384	MT	HP-2	EA-1	No.449	nd
HP-2	EA-1	No.319	MT	HP-2	EA-1	No.385	MT	HP-2	EA-1	No.450	MT
HP-2	EA-1	No.320	MT	HP-2	EA-1	No.386	MT	HP-2	EA-1	No.451	MT
HP-2	EA-1	No.321	W	HP-2	EA-1	No.387	MT	HP-2	EA-1	No.452	K
HP-2	EA-1	No.322	nd	HP-2	EA-1	No.388	nd	HP-2	EA-1	No.453	nd
HP-2	EA-1	No.323	MT	HP-2	EA-1	No.389	MT	HP-2	EA-1	No.454	nd
HP-2	EA-1	No.324	nd	HP-2	EA-1	No.390	MT	HP-2	EA-1	No.455	MT
HP-2	EA-1	No.325	MT	HP-2	EA-1	No.392	MT	HP-2	EA-1	No.456	nd
HP-2	EA-1	No.326	nd	HP-2	EA-1	No.393	MT	HP-2	EA-1	No.457	MT
HP-2	EA-1	No.327	MT	HP-2	EA-1	No.394	MT	HP-2	EA-1	No.458	MT
HP-2	EA-1	No.328	nd	HP-2	EA-1	No.395	MT	HP-2	EA-1	No.459	nd
HP-2	EA-1	No.329	MT	HP-2	EA-1	No.396	MT	HP-2	EA-1	No.460	nd
HP-2	EA-1	No.330	MT	HP-2	EA-1	No.397	nd	HP-2	EA-1	No.461	MT
HP-2	EA-1	No.331	MT	HP-2	EA-1	No.398	nd	HP-2	EA-1	No.462	nd
HP-2	EA-1	No.332	nd	HP-2	EA-1	No.399-1	nd	HP-2	EA-1	No.463	nd
HP-2	EA-1	No.333	nd	HP-2	EA-1	No.399-2	K	HP-2	EA-1	No.464	nd
HP-2	EA-1	No.334	nd	HP-2	EA-1	No.400	MT	HP-2	EA-1	No.465	MT
HP-2	EA-1	No.335	nd	HP-2	EA-1	No.401	MT	HP-2	EA-1	No.466	MT
HP-2	EA-1	No.336	nd	HP-2	EA-1	No.402	nd	HP-2	EA-1	No.467	MT
HP-2	EA-1	No.337	nd	HP-2	EA-1	No.403	MT	HP-2	EA-1	No.468	MT
HP-2	EA-1	No.338	nd	HP-2	EA-1	No.404	nd	HP-2	EA-1	No.469	MT
HP-2	EA-1	No.339	nd	HP-2	EA-1	No.405	nd	HP-2	EA-1	No.470	MT
HP-2	EA-1	No.340	MT	HP-2	EA-1	No.406	HH	HP-2	EA-1	No.471	MT
HP-2	EA-1	No.341	MT	HP-2	EA-1	No.407	MT	HP-2	EA-1	No.472	MT
HP-2	EA-1	No.342	MT	HP-2	EA-1	No.408	nd	HP-2	EA-1	No.473	nd
HP-2	EA-1	No.343	H	HP-2	EA-1	No.409	nd	HP-2	EA-1	No.474	nd
HP-2	EA-1	No.344	nd	HP-2	EA-1	No.410	BH	HP-2	EA-1	No.475	nd
HP-2	EA-1	No.345	K	HP-2	EA-1	No.411	MT	HP-2	EA-1	No.476	nd
HP-2	EA-1	No.346	MT	HP-2	EA-1	No.412	nd	HP-2	EA-1	No.477	MT
HP-2	EA-1	No.347	nd	HP-2	EA-1	No.413	nd	HP-2	EA-1	No.478	HH
HP-2	EA-1	No.348	MT	HP-2	EA-1	No.414	MT	HP-2	EA-1	No.479	nd
HP-2	EA-1	No.349	MT	HP-2	EA-1	No.415	MT	HP-2	EA-1	No.480	nd
HP-2	EA-1	No.350	W	HP-2	EA-1	No.416	nd	HP-2	EA-1	No.481	MT
HP-2	EA-1	No.351	MT	HP-2	EA-1	No.417	MT	HP-2	EA-1	No.482	nd
HP-2	EA-1	No.352	MT	HP-2	EA-1	No.418	nd	HP-2	EA-1	No.483	HH
HP-2	EA-1	No.353	nd	HP-2	EA-1	No.419	MT	HP-2	EA-1	No.484	nd
HP-2	EA-1	No.354	MT	HP-2	EA-1	No.420	nd	HP-2	EA-1	No.485	MT
HP-2	EA-1	No.355	nd	HP-2	EA-1	No.421	nd	HP-2	EA-1	No.486	nd
HP-2	EA-1	No.356	HH	HP-2	EA-1	No.422	MT	HP-2	EA-1	No.487	MT
HP-2	EA-1	No.357	MT	HP-2	EA-1	No.423	nd	HP-2	EA-1	No.488	MT
HP-2	EA-1	No.358	MT	HP-2	EA-1	No.424	nd	HP-2	EA-1	No.489	nd
HP-2	EA-1	No.359	MT	HP-2	EA-1	No.425	MT	HP-2	EA-1	No.490	MT
HP-2	EA-1	No.360	MT	HP-2	EA-1	No.426	nd	HP-2	EA-1	No.491	MT
HP-2	EA-1	No.361	MT	HP-2	EA-1	No.427	MT	HP-2	EA-1	No.492	nd
HP-2	EA-1	No.362	MT	HP-2	EA-1	No.428	MT	HP-2	EA-1	No.493	nd
HP-2	EA-1	No.363	nd	HP-2	EA-1	No.429	nd	HP-2	EA-1	No.494	nd
HP-2	EA-1	No.364	MT	HP-2	EA-1	No.430	MT	HP-2	EA-1	No.495	nd

表 4 (続き)  
Table 4. (continued)

Round	Area	Artifact	Group	Round	Area	Artifact	Group
HP-2	EA-1	No.496	MT	HP-2	EA-1	No.563	nd
HP-2	EA-1	No.497	nd	HP-2	EA-1	No.564	nd
HP-2	EA-1	No.498	MT	HP-2	EA-1	No.565	nd
HP-2	EA-1	No.499	nd	HP-2	EA-1	No.566	nd
HP-2	EA-1	No.500	nd	HP-2	EA-1	No.567	MT
HP-2	EA-1	No.501	nd	HP-2	EA-1	No.568	nd
HP-2	EA-1	No.502	MT	HP-2	EA-1	No.569	nd
HP-2	EA-1	No.503	nd	HP-2	EA-1	No.570	nd
HP-2	EA-1	No.504	nd	HP-2	EA-1	No.571	MT
HP-2	EA-1	No.505	MT	HP-2	EA-1	No.573	MT
HP-2	EA-1	No.506	MT	HP-2	EA-1	No.574	MT
HP-2	EA-1	No.507	K	HP-2	EA-1	No.575	nd
HP-2	EA-1	No.508	HH	HP-2	EA-1	No.576	MT
HP-2	EA-1	No.509	nd	HP-2	EA-1	No.577	W
HP-2	EA-1	No.510	MT	HP-2	EA-1	No.578	MT
HP-2	EA-1	No.511	nd	HP-2	EA-1	No.579	nd
HP-2	EA-1	No.512	nd	HP-2	EA-1	No.580	nd
HP-2	EA-1	No.514	BH, T	HP-2	EA-1	No.581	MT
HP-2	EA-1	No.515	HH	HP-2	EA-1	No.582	MT
HP-2	EA-1	No.516	MT	HP-2	EA-1	No.583	MT
HP-2	EA-1	No.517	HH	HP-2	EA-1	No.584	nd
HP-2	EA-1	No.518	MT	HP-2	EA-1	No.585	nd
HP-2	EA-1	No.519	nd	HP-2	EA-1	No.586	MT
HP-2	EA-1	No.520	MT	HP-2	EA-1	No.587	MT
HP-2	EA-1	No.521	MT	HP-2	EA-1	No.588	MT
HP-2	EA-1	No.522	B	HP-2	EA-1	No.589	MT
HP-2	EA-1	No.523	HH	HP-2	EA-1	No.590	nd
HP-2	EA-1	No.524	HH	HP-2	EA-1	No.591	MT
HP-2	EA-1	No.525	MT	HP-2	EA-1	No.592	nd
HP-2	EA-1	No.526	nd	HP-2	EA-1	No.593	MT
HP-2	EA-1	No.528	MT	HP-2	EA-1	No.594	MT
HP-2	EA-1	No.529	nd	HP-2	EA-1	No.595	MT
HP-2	EA-1	No.530	M	HP-2	EA-1	No.596	nd
HP-2	EA-1	No.531	nd	HP-2	EA-1	No.597	MT
HP-2	EA-1	No.532	nd	HP-2	EA-1	No.598	nd
HP-2	EA-1	No.533	nd	HP-2	EA-1	No.599	nd
HP-2	EA-1	No.534	MT	HP-2	EA-1	No.600	nd
HP-2	EA-1	No.535	MT	HP-2	EA-1	No.601	MT
HP-2	EA-1	No.536	MT	HP-2	EA-1	No.602	MT
HP-2	EA-1	No.537	MT				
HP-2	EA-1	No.538	HH				
HP-2	EA-1	No.539	nd				
HP-2	EA-1	No.540	MT				
HP-2	EA-1	No.541	MT				
HP-2	EA-1	No.542	nd				
HP-2	EA-1	No.543	nd				
HP-2	EA-1	No.544	MT				
HP-2	EA-1	No.545	MT				
HP-2	EA-1	No.546	MT				
HP-2	EA-1	No.547	nd				
HP-2	EA-1	No.548	HH				
HP-2	EA-1	No.549	nd				
HP-2	EA-1	No.550	MT				
HP-2	EA-1	No.551	nd				
HP-2	EA-1	No.552	MT				
HP-2	EA-1	No.553	MT				
HP-2	EA-1	No.554	MT				
HP-2	EA-1	No.555	MT				
HP-2	EA-1	No.556	MT				
HP-2	EA-1	No.557	MT				
HP-2	EA-1	No.558	MT				
HP-2	EA-1	No.559	MT				
HP-2	EA-1	No.560	nd				
HP-2	EA-1	No.561	HH				
HP-2	EA-1	No.562	MT				

# The provenance of obsidian artifacts from the Hiroppara site group (Kirigamine, central Japan)

Yoshimitsu Suda <sup>1\*</sup>, Moho Tsuchiya <sup>2</sup>

With this presentation we report on the obsidian sourcing analysis we conducted on the obsidian artifacts from the Hiroppara site group. The Hiroppara site group is located in Kirigamine, one of the most important and best-known obsidian source areas in central Japan. The results of the quantitative analysis by means of WD-XRF (destructive method) indicate that obsidian sources in this area are geochemically classified into 12 types. The geochemistry of these types is characterized by the variations of Sr + Ti + Zr versus Rb + Nb + Th contents. On the basis of this geochemical characterization, we analyzed obsidian artifacts from the Hiroppara site I and II using the destructive procedure. The number of analyzed artifacts amounted to 40 samples in total, which were geochemically classified into 6 chemical groups by the variation of Sr + Ti + Zr and Rb + Nb + Th contents. The qualitative analysis conducted using the ED-XRF method is a more preferred way of performing provenance analysis on obsidian artifacts, as it is a non-destructive procedure. Therefore, we decided to conduct qualitative analysis on 30 specimens from obsidian sources that would also be analyzed using the quantitative analysis. The results were plotted on a Mochizuki (1997) diagram. In total 12 types of geochemical groups that were identified by the quantitative analysis appear on this diagram. Moreover, the validity of the geochemical classification of the qualitative method is estimated to be 85% when compared with the results from quantitative analysis of the 40 obsidian artifacts. On the basis of these results, we conducted the qualitative analysis of 689 obsidian artifacts recovered from the excavation of the Hiroppara site I. We performed the geochemical classification on 414 obsidian artifacts (60%), while the rest of the artifacts (40%) remain unclassified due to analytical reasons. The Mochizuki (1997) diagram is specialized in the identification of the wider region of obsidian sources in the Kanto-chubu region: Chubukochi (including Kirigamine), Kozushima, Hakone, Amagi and Takaharayama. Therefore, if we are to perform provenance analyses on obsidian artifacts from Kirigamine, we must propose a new method of classification designed specifically for the obsidian sources of this area.

Keywords: obsidian sources; obsidian artifacts; provenance studies; X-ray fluorescence spectrometer; Hiroppara site group; Kirigamine.

---

1 Department of Geology, Nagasaki University

2 Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

\* Corresponding author: Yoshimitsu Suda (geosuda@nagasaki-u.ac.jp)

# 広原遺跡群に持ち込まれた 非黒曜石の石器石材

中村 由克<sup>1\*</sup>

## 要 旨

黒曜石原産地における旧石器時代遺跡において、非黒曜石石材の石器や剥片は大変少ないが、多くの遺跡でよく発見される。これらの非黒曜石石材は、先史人類が黒曜石原産地に持ち込んだものであり、この地域に入る前にいた場所の情報を供給するものである。透閃石岩や珪質凝灰質頁岩のような多くの非黒曜石石材は、広原遺跡群より北側の地域に共通するものである。とりわけ、透閃石岩は野尻湖遺跡群を中心に秋田から石川まで広がる石材である。それゆえ、広原遺跡群にいた人たちは日本海沿岸域と関係があったことが推定される。

キーワード：石器石材，非黒曜石，透閃石岩，旧石器

## 1. はじめに

黒曜石原産地遺跡では当然ではあるが、黒曜石が大量に使用される一方、黒曜石以外の石材も数は少ないながら、多くの遺跡でその存在が確認されている。黒曜石の陰に隠れて、これらの非黒曜石石材は従来、それほど注目されることは少なかった。しかし、これらの石材は黒曜石原産地遺跡にいた人類集団が保有していたものであり、そこに到達する以前に立ち寄った石材原産地の情報を今に伝える貴重な資料でもある。本報告は、広原遺跡群出土の非黒曜石石材の記載を中心とし、わかるものはそれらの原産地情報についても触れる。このような石材が持つ情報から、旧石器人類の移動実態の一端に近づくことができれば幸いである。

## 2. 研究方法

実体顕微鏡は、ニコン SMZ745T で補助レンズをつけて 20 倍～100 倍で検鏡・観察し、写真撮影はマイクロネット社製のスーパーシステムをつけたデジカメ・

ニコン J2 を使用した。比重測定は水中に石器を木綿糸でつるすアルキメデス法により、磁性テストは外形 8mm の皿穴付の強力なネオジム磁石を 10cm の糸につるしたものを近づけて、磁石に引き付けられる力の強さの程度を弱い方から順に 1-, 1+, 2, 3 という 4 段階に区分した。帯磁率計は Kappameter KT-6 を使用し、単位は  $\times 10^{-5}$ SI ユニットである (中村, 2013a)。

## 3. 非黒曜石石材の概要 (表 1)

広原 I 遺跡では、非黒曜石石材は出土していない。

広原 II 遺跡では、非黒曜石石材は 28 点出土している。2a 層では、チャート 8 点、安山岩 4 点、アレナイト質砂岩、凝灰質頁岩、頁岩 (古)、玉髓の各 1 点がある。2b 層では、無斑晶質安山岩 1 点、顕晶質安山岩 1 点、細粒砂岩の接合資料 1 個体 (両刃礫器 1 点、刃部調整剥片 2 点) がある。3 層では、凝灰岩が 2 点ある。4a 層と TP-3 の 4 層では、珪質凝灰質頁岩と凝灰質頁岩が各 1 点、4b 層では透閃石岩 1 点がある。

1 明治大学黒曜石研究センター (〒 386-0601 長野県小県郡長和町大門 3670-8)

\* 責任著者：中村由克 (naka-m@opal.plala.or.jp)

表 1 広原遺跡群出土の非黒曜石石材の点数

Table 1. The number of non-obsidian raw materials from the Hiroppara sites

Layer	Hiroppara site II									Total
	CL	TR	SH-T	CH	TU	AN	SA-F	SA-A	SH-P	
	Chalcedony	Tremolite rock	Tuffaceous shale	Chert	Acidic tuff	Andesite	Fine-grained sandstone	Arenite sandstone	Shale (older)	
1				1						1
2a	1		1	8		4		1	1	16
2b						2	3			5
3					2					2
4a			2			1				3
4b		1								1
total	1	1	3	9	2	7	3	1	1	28

#### 4. 非黒曜石石材の記載 (表 2, 図 1 ~ 3)

チャート：チャートの色調をもとにした分類では、灰色のものが7点、赤褐色のものとまだらのものが各1点ある。1層が1点、2a層が8点の9点がある。

灰色チャートは3点の写真を示す(図 1-1 ~ 4)。No.1 (図 1-1・2; EA-2-63) は、オリーブ灰色で節理を含まず、脂肪光沢があり、やや透明感がある良質のチャートである。放散虫化石を含む。No.2 (図 1-3; 西区一括) は緑灰色で節理をわずかに含むが、弱い脂肪光沢があり、透明感がある良質のチャートである。No.3 (図 1-4; EA-2-371) は灰色で節理を含まず、弱い脂肪光沢があり、透明感がある良質のチャートである。概して灰色チャートは節理がきわめて少なく構造運動をあまりうけてなく、粒子がきわめて細粒で透明感をもつ点で続成作用の過程で熱を多く受けていない特徴を有する。すなわち、概して初生的なチャートの特徴を残した良質な石材である。上ノ原遺跡第5次(中村, 2008)のCH-16, CH-19に類似する。

赤褐色チャート No.4 (図 1-5・6; EA-2-196) は、にぶい赤褐色で節理を多く含む。放散虫化石を含む。節理を多く含む点で奈川赤褐色チャート(中村, 2008, 2013 b)とは異なる。

灰-赤褐色まだらチャート No.5 (図 1-7・8; EA-2-351) は、青灰色と暗赤褐色の部分が斑状になったチャートである。節理を含まず、脂肪光沢があり、透明感がある良質のチャートである。上ノ原遺跡第5次のCH-14に類似する。

珪質凝灰質頁岩：4a層に1点ある。No.6 (図 1-9・10; EA-2-1237) は、灰白色系の細粒なタイプで、軽石を含む酸性火山灰由来のものである。光沢はない。富山市野沢遺跡 C2 (中村, 2011a) および上ノ原遺跡

第5次のSH-21に類似する。

酸性凝灰岩：3層に2点ある。No.7 (図 2-11・12; EA-2-800+949) は淡黄色で、細粒の流紋岩質の凝灰岩である。有色鉱物は目立たない。上ノ原遺跡第2次(中村・岩瀬, 2008)のTU-10, TU-16に類似する。

細粒砂岩：2b層に3点が接合する資料が得られている。No.8 (図 2-13・14; EA-2-1825) は灰色で、極細粒の砂岩である。節理は含まず、風化面には小さな黄鉄鉱が溶解した穴がみられることから、中新世の泥岩～砂岩が接触熱変質を受けたものと思われる。

アレナイト質砂岩：No.9 (図 2-15; EA-2-1539) は長石粒子を多く石英を含み、基質が少ないアレナイト質の砂岩である。

頁岩(古)：No.10 (図 2-16; EA-2-1696) は灰色で、節理を含む頁岩である。弱く接触熱変質を受けている。

玉髓：No.11 (図 2-17・18; EA-2-191) は灰白色で、透明感がやや少なく白色の挟在物が少し含まれる白色玉髓である。

無斑晶質安山岩：2b層に2点ある。No.12 (図 2-19・20; EA-2-511) はオリーブ黒色で、無斑晶質の安山岩である。微細な輝石類、斜長石などの斑晶をわずかに含む。帯磁率は  $382 \times 10^{-5}$  SI ユニットである。

透閃石岩：4b層に石斧1点がある。No.13 (図 3-21 ~ 24; EA-2-2550) は灰白色で、細粒型白色系のD2である。極細粒で乳白色からやや黄色がかった部分と少し透明感がある透閃石結晶を含む部分がある。また、部分的には極細粒の黒色結晶が含まれる。これは少し磁性があり、スピネル等の鉄鉱物の可能性がある。比重は2.85である。

表2 非黒曜石石材の遺物リスト 付・参考資料

Table 2. List of non-obsidian lithic tools from the Hiroppara site II  
Upper Palaeolithic stone axes made of tremolite rock D2 from other regions are added (No. 14-19).

No.	Rock name	Artifact no.	Color	Munsel system	Magnetic test	Magnetic susceptibility	Gloss levels	Remarks
1	Grayish chert	EA-2 63						Similar to Uenohara(5) CH-19
2	Grayish chert	EA-2 west	Greenish gray	10GY6/1	1-	1	2	
3	Grayish chert	EA-2 371						Similar to Uenohara(5) CH-19
4	Reddish-brown chert	EA-2 196	Dull reddish brown	7.5R4/3	1-	2	1	
5	Gray and reddish-brown chert	EA-2 351	Bluish gray and dark reddish brown	5PB5/1 7.5R3/2	1-	2	5	Similar to Uenohara(5) CH-14
6	Siliceous tuffaceous shale	EA-2 1237	Light gray	7.5Y7/2	1-	4.5	1	Similar to Uenohara(5) SH-21 Nozawa C2
7	Acidic tuff	EA-2 800+949	Light yellow	2.5Y8/3	1-	3	1	Similar to Uenohara(2) TU-10,16 Ryrite
8	Fine-grained sandstone	EA-2 1825	Gray	5Y5/1	1-	6.5	1	
9	Arenite sandstone	EA-2 1539	Brown	7.5Y4/4	1-	5	1	
10	Shale (older)	EA-2 1696	Gray	7.5Y4/1	1-	2	1	
11	Chalcedony	EA-2 191	Light gray	7.5Y4/4	1-	1	2	
12	Aphyric andesite	EA-2 511	Olive black	5Y3/1	3	1	1	
13	Tremolite rock D2	EA-2 2550	Light gray	5Y7/2	1+	15.3	1.5	Specific gravity: 2.85
14	Tremolite rock D2	Hinatabayashi B No.14	Light bluish gray		1-	7.0		Specific gravity: 2.82
15	Tremolite rock D2	Hinatabayashi B No.25	Yellowish gray-bluish gray		1-	5.4		Specific gravity: 2.73
16	Tremolite rock D2	Hinatabayashi B No.30	Yellowish gray-light bluish gray		1-	6.2		Specific gravity: 2.88
17	Tremolite rock D2	Hinatabayashi B No.35	Yellowish gray-dark bluish gray		1-	5.7		Specific gravity: 2.73
18	Tremolite rock D2	Jizouden No.2154	Light greenish gray		1-	11.5		Specific gravity: 2.78
19	Tremolite rock D2	Yokohari-maekubo No.263	Light greenish gray		1+	3.0		Specific gravity: 2.80

## 5. 推定される剥片石器の石材原産地

灰色チャートと灰-赤褐色まだらチャートは初生的な特徴を示すもので、良質な石材である。このタイプのチャートは北アルプスの美濃帯の中でも沢渡コンプレックスの境峠より西側（梓川支流の奈川、大野川などの流域）に比較的多く分布するものである（中村，2008）。この礫は梓川－犀川－千曲川流域に多く流下しており、長径5 cm以上の礫は長野県栄村付近まで分布するが、このように品質のいいチャートは河川礫でも多くはない。赤褐色チャートも美濃帯の可能性が考えられる。

珪質凝灰質頁岩は中新世のものと推定され、富山県野沢遺跡と信濃町上ノ原遺跡（第5次）でも確認されている。これに近い石材は新潟県北越・中越に産地があり、その方面が有力であるが、石川県医王山累層分布域にも類似したものがある可能性があるため検討が必要である。

酸性凝灰岩は信濃町上ノ原遺跡（第2次）に類例がみられる。日本海側（十日町付近などの中越地域？）の石材と推定される。

細粒砂岩は中新世のものと推定され、佐久地方の内山層

中に類似のものが分布するが、一般的な岩相であるので、現時点では産地を特定できない。

アレナイト質砂岩、頁岩（古）は中生代の美濃帯、秩父帯などに由来する可能性があり、北アルプスか関東山地、赤石山脈などに原岩があり、そこから流下する河川で礫が採集可能である。

無斑晶質安山岩 No.12 は無斑晶質ではあるがやや粗い感じがする岩相である。あまりガラス質でない外観である。黒色ち密でガラス質なものは、長野・新潟県境の関田山地、群馬・長野県境の八風山、群馬県の武尊岳などに原産地があるが、それらとは外観が異なる。鷹山川にはこれと岩質が近い無斑晶質安山岩があり、その可能性もある。

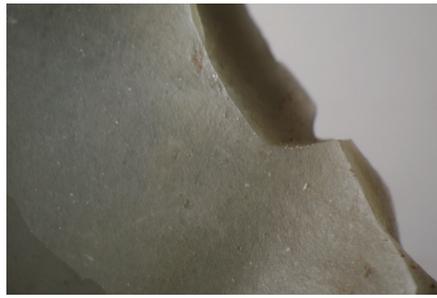
## 6. 広原II遺跡の透閃石岩製石斧の存在の意義

本遺跡局部磨製石斧の透閃石岩は、白色細粒型、D2タイプのものである。この石材に近い岩質のものは、野尻湖遺跡群に多い（中村，2011b，2015）。日向林B遺跡のNo.14（図3-25）、No.25（図3-26）、No.30（図3-27）、No.35（図3-28）は典型的な岩質のものである。

既報告資料としては、全国で約800点と推定される



1 Grayish chert, No.1: EA2-63, ×80



2 No.1: EA2-63, ×20



No.1: EA2-63



3 Grayish chert, No.2: EA2 west area, ×40



4 Grayish chert, No.3: EA2-371, ×20



No.2: EA2



No.3: EA2-371



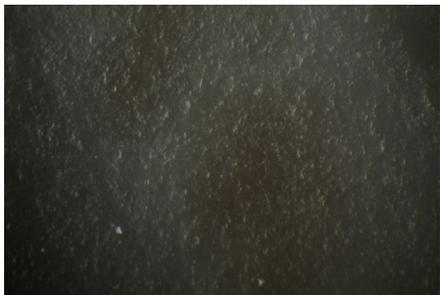
5 Reddish brown chert, No.4: EA2-196, ×80



6 No.4: EA2-196, ×20



No.4: EA2-196



7 Gray and reddish brown chert, No.5, ×80



8 No.5: EA2-351, ×40



No.5: EA2-351



9 Siliceous tuffaceous shale, No.6, ×100



10 No.6: EA2-1237, ×20



No.6: EA2-1237

図1 広原Ⅱ遺跡の石器石材写真1

Fig. 1. Microphotographs of lithic raw materials from the Hiroppara site II (1)



11 Acidic tuff, No.7: EA2-800+949, ×100



12 No.7: EA2-800+949, ×20



No.7: EA2-800+949



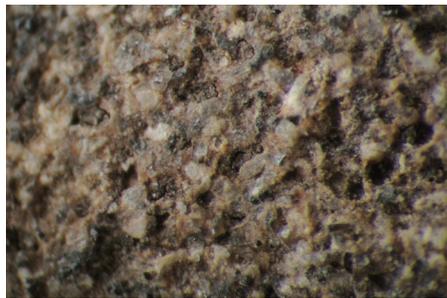
13 Fine sandstone, No.8: EA2-1825, ×80



14 No.8: EA2-1825, ×20



No.8: EA2-1825



15 Arenite sandstone, No.9: EA2-1539, ×100



16 Shale (older), No.10 : EA2-1696, ×40



No.9

No.10



17 Chalcedony, No. 11: EA2-191, ×80



18 No.11: EA2-191, ×20



No.11: EA2-191



19 Aphyric andesite, No.12: EA2-511, ×60



20 No.12: EA2-511, ×40



No.12: EA2-511

図2 広原Ⅱ遺跡の石器石材写真2

Fig. 2. Microphotographs of lithic raw materials from the Hiroppara site II (2)



21 Tremolite rock D2, No.13: EA2-2550, ×80



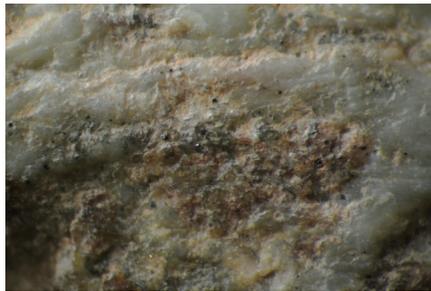
22 No13: EA2-2550, ×40



No13: EA2-2550



23 No13: EA2-2550, ×20



24 No13: EA2-2550, ×20

RELATED SITES



25 Tremolite rock D2, Hinatabayashi B site, No.14, scale B



26 D2, Hinatabayashi B site, No.25, scale A



No.14

No.25



27 D2, Hinatabayashi B site, No.30, scale C



28 D2, Hinatabayashi B site, No.35, scale C



No.30

No.35



29 D2, Jizouden site, No.2154, scale C



30 D2, Yokohari-maekubo site, No.263, scale D



Jizouden

Yokohari-maekubo

図3 透閃石岩製石斧の石材写真

Fig. 3. Microphotographs of edge-ground stone axes of tremolite rock D2

旧石器時代石斧のうち、透閃石岩製石斧は217点が確認されている。秋田、岩手、新潟、富山、石川、群馬、山梨、長野、愛知の各県の49遺跡で出土した石斧281点の77.2%を占める。すなわち、透閃石岩製石斧は野尻湖遺跡群周辺地域と富山地域を中心に、日本海沿岸沿いを中心に南北500kmの範囲(図4)に分布している(中村, 2015)。

一方で、この石材は内陸地方には群馬県古城遺跡、山梨県横針前久保遺跡(図3-30)、長野県茶臼山遺跡、広原II遺跡、および飯田市竹佐中原遺跡、愛知県上品野遺跡にまで分布するが、それ以上太平洋側には分布しない。長野県南部から沼津市を中心とする中部・関東地方には、緑色岩・緑色片岩や緑色凝灰岩を素材とする石斧が主に分布するが、それらのタイプの石斧は、野尻湖遺跡群などには及んでいない。野尻湖遺跡群には信州産黒曜石、特に和田峠系と諏訪系が多く出土しているが、信州産以外の黒曜石は後期旧石器時代前半期には見られないようである(谷ほか, 2013; 島田, 2015)。

これらのことから、日本海沿岸域を移動領域とした透閃石岩製石斧をもった集団は、信州黒曜石原産地までは来ていたこと、関東・中部を領域とする緑色岩・緑色片岩や緑色凝灰岩製石斧をもつ集団は、野尻湖遺跡群には来ていなかったことが推測される。すなわち、後期旧石器時代前半期には、日本海側と太平洋側に大きく分かれた移動領域が既に存在していたことを示唆していると考えたい。

図3で紹介した7点の透閃石岩は、比重が2.73~2.88と、ほかの透閃石岩タイプに比べて比重が小さいものが主流である。石斧石材の透閃石岩の比重平均は、B0が3.00、A1、A2、B、Cが2.91~2.94と2.91以上の大きな比重であること(中村, 2015)が特徴である。それに対してDタイプとしたものは2.82であり、0.1の違いがある<sup>1)</sup>。また、D2タイプは秋田県秋田市地藏田遺跡(図3-29)、群馬県安中市古城遺跡、石川県白山市久保ドウ遺跡などの比較的遠いところまで遺物が分布することも特徴である。

透閃石岩の原産地は新潟-長野-富山県境にあたる青海-蓮華地域である。このなかに蛇紋岩類を含む超苦鉄質岩の分布地が①姫川本流ぞい地域、②青海地域、③大所川上流と朝日岳地域、④八方尾根北方地域の4

か所にいられている。透閃石岩はこの中でも特に②と④に多い。野尻湖遺跡群の日向林B遺跡の局部磨製石斧の素材礫の観察からは、長径15~20cm以上の表面に凹凸面を残した円~亜円礫の大礫を用いていたと推定されており、この形状の透閃石岩礫が産する姫川水系の最上流にあたる長野県白馬村の松川から小谷村の姫川河床が石斧の素材礫の供給地だったと考えられている(中村, 2015)。この採集地推定ができたのは、透閃石岩のA、B、Cタイプが中心であるが、D2タイプのものは比較的小さな楕円形の扁平な円礫(日向林B遺跡No.46, 48, 49, 59)が素材となっている可能性が強く、このような礫は姫川や青海川のより下流域の礫の形状を示唆している。また、このタイプの透閃石岩サンプルはほとんど発見できていないので、広原第II遺跡の透閃石岩の素材礫採集地の特定は今後の課題である。

野尻湖遺跡群は後期旧石器時代前半期の透閃石岩製



図4 北陸原産と推定される透閃石製石斧の分布  
Fig. 4. Distribution of the Upper Palaeolithic edge-ground stone axes made of tremolite rock originated from Hokuriku region

石斧の仕上げ加工の場所だったと推定している(中村, 2015)が, その石材の局部磨製石斧が広原遺跡群に出土した意義は大きい。これまで見てきた非黒曜石の剥片石器石材では, チャート, 珪質凝灰質頁岩, 酸性凝灰岩, 玉髓などが野尻湖遺跡群の上ノ原遺跡などの石器石材の細分タイプと共通するものである。これらの石材はいずれも広原遺跡群より北方の長野県北部から日本海沿岸域に原産地が求められるものである。一方, 和田峠を越えた長野県南部や太平洋側地域とつながる石材は顕著ではない。後期旧石器時代の前半期と後半期では石材移動・流通の仕方が変化したことが推定されるが, 今のところ広原遺跡群出土の非黒曜石石材からみる限り, 日本海側に向かう北方への移動ルートが色濃く認められる。

## 謝辞

本報告に関わる調査研究では, 以下の機関にご協力いただいた。秋田市教育委員会, 長野県立歴史館, 北杜市教育委員会, 山梨県立考古博物館。記して感謝する次第である。

なお, 本報告は平成23~27年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「ヒト-資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築」(研究代表: 小野 昭), および平成26・27年度科学研究費助成事業研究スタート支援「後期旧石器時代前半期の石器石材の移動に関する地質学的研究」(研究代表: 中村由克)の支援による研究成果の一部である。

## 注

1) 透閃石岩 D2 は最初に糸魚川市フォッサマグナミュージアム宮島宏氏に分析走査電子顕微鏡による鉱物鑑定をしていただいた時に, なかなか安定したデータが出ずに緑泥石岩と判定されたものであった(中村, 2010)。その後, 再度, 宮島宏氏と台湾中央研究院飯塚義之氏に分析していただいて, D2 も透閃石岩であることが確定したものであった(中村,

2011b)。ただし, ほかのタイプと比較して透閃石岩 2.99, 緑閃石 3.0~3.4 という比重理想値より比重が若干小さい理由は, 緑泥石などの軽い鉱物の微細粒子がほかのタイプより多く混じっていることが原因と推定される。

## 引用文献

- 中村由克 2008 「上ノ原遺跡の石器石材とその原産地・採集地の推定」中村・森先編『上ノ原遺跡(第5次・県道地点)発掘調査報告書』pp.199-231., 信濃町教育委員会
- 中村由克 2010 「野尻湖遺跡群における石斧石材の再検討」『日本考古学協会第76回総会発表要旨』126-127
- 中村由克 2011a 「旧石器時代北陸の石材環境」『考古学ジャーナル』610: 7-10
- 中村由克 2011b 「旧石器時代における石斧の石材鑑定」『野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告』19: 31-54
- 中村由克 2013a 「富山県境 A 遺跡における縄文時代磨製石斧の石材利用」『野尻湖ナウマンゾウ博物館研究報告』21: 9-28
- 中村由克 2013b 「チャート製石器石材の原産地と採集地の推定法」『日本第四紀学会講演要旨集』43: 46-47
- 中村由克 2015 「後期旧石器時代における透閃石岩製石斧のひろがり」『旧石器研究』11: 65-78
- 中村由克・岩瀬 彬 2008 『上ノ原遺跡(第2次・町道地点)発掘調査報告書』75p., 信濃町教育委員会
- 島田和高 2015 「上部旧石器時代における中部高地黒曜石原産地の土地利用変化」『第四紀研究』54: 219-234
- 谷 和隆・塚原秀之・鶴田典昭・中島 透・橋詰 潤・羽生敏郎・前田一也・村田弘之・山科 哲 2013 「中部地方の黒曜石原産地分析資料」『日本考古学協会2013年度長野大会研究発表資料集』63-174

# Non-obsidian raw materials brought into the Hiroppara site group

Yoshikatsu Nakamura <sup>1\*</sup>

In the obsidian source area of the Central Highlands of Japan, the amount of non-obsidian lithic tools and flakes from prehistoric sites are usually very rare, although not uncommon. These non-obsidian raw materials, which prehistoric people brought into Central Highlands, provide us with significant clues as to where the group had traveled through before arriving at the source area. This study examines the provenance of non-obsidian raw materials found in the Hiroppara site I and II. One of our most interesting finds was an edge-ground stone axe discovered at the Hiroppara site II made on tremolite rock. Non-obsidian raw materials including tremolite rock and siliceous tuffaceous shale were usually used for lithic production in a region distant from Hiroppara, more than 100 km to the north. In particular, the intensive use of tremolite rock has been documented at the Nojiri-ko (Lake Nojiri) site group, Nagano Prefecture, with a wide distribution area extending from Akita Prefecture, Tohoku region to Ishikawa Prefecture, Hokuriku region. Therefore, the existence of tremolite rock at Hiroppara strongly suggests that the Upper Palaeolithic people who inhabited the Hiroppara site II had close ties with the coastal region of the Sea of Japan.

Keywords: lithic raw materials; obsidian source; non-obsidian lithics; tremolite rock; Palaeolithic.

---

<sup>1</sup> Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

\* Corresponding author: Yoshikatsu Nakamura (naka-m@opal.plala.or.jp)

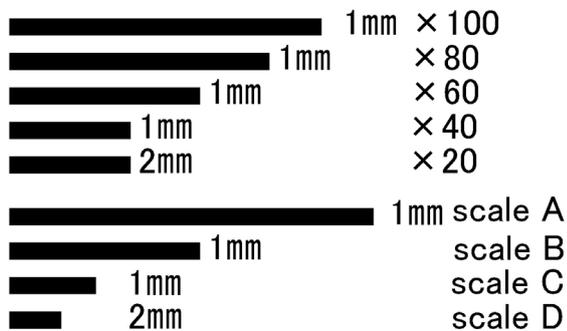


図 1 ~ 3 の顕微鏡写真の縮尺 (石器写真の縮尺は不同)

Scales for microphotographs of Fig. 1-3

## V 広原湿原および周辺陸域の古環境調査



# 長野県長和町，広原湿原および 周辺陸域におけるボーリング調査報告

公文 富士夫<sup>1\*</sup>

## 要 旨

長和町，和田峠の北に位置する広原湿原とその周辺で，旧石器時代から縄文時代にかけての遺跡周辺の環境変遷を解明するために，トレンチ調査と学術ボーリング調査を行った。広原湿原には，少なくとも最終氷期の3万年前以降の崖錐性堆積物と泥炭質堆積物が断続的に分布する。3万年前～1.7万年前には，崖錐性堆積物が主体で，間欠的に河川成砂層や有機質な礫質粘土が発達する。1.7万年前以降ではおもに泥炭層が堆積しているが，砂層の層準も認められる。周辺の丘にはローム層中に旧石器遺跡が点在する。その2カ所で掘削した10 mの深さのボーリングコア試料には，表層から2～4 mほどの厚さのローム層とその下位に安山岩質の火山砕屑物層が見られた。ローム層には浅間板鼻黄色テフラ（As-YP）と始良-Tn テフラ（AT）が確認され，ローム層の下底は6，7万年前になると推定される。下位の火山砕屑物は第四紀前期の霧ヶ峰火山岩類に相当すると考えられる。広原地域は，3万年前から1.2万年前の氷期にはイチゴツナギ亜科の草本を主体とした高山帯の荒れ地的環境にあり，凹地には小規模な流れや土壌の集積があった。ただし，その末期にはカンバ属花粉の増加があり，樹木の回復が推定される。1.2万年前以降では，周辺には針葉樹と落葉広葉樹の混交林が広がり，現在の湿地域には，凹凸のある緩斜面に断続的に湿地が形成されてきた。

キーワード：広原湿原，泥炭層，最終氷期，旧石器時代，ローム層，縄文時代

## 1. 地形と地質概要

調査地は，長和町東餅屋の北東1 kmに位置する広原湿原と湿原に隣接する丘である（図1）。広原湿原は，和田峠から和田川にそって500 mほど下った位置の右岸側にある浅い支谷の奥に見られる。面積は約1.5haと小さく，平均標高は1400 m程度で，湿原の中央部を北に伸びる浅い谷に向かって緩やかに傾斜する（図1）。その南東側には，和田峠付近の標高1600 m地点から北北西に伸びる支尾根があり，広原湿原付近では1500 m程度まで標高を減じている。その支尾根の北西側に広原湿原が位置する。

調査地域は，地質学的には第四紀の霧ヶ峰火山岩類の分布域にあたり，それが基盤を構成する。新版長野県地質図 Ver.1（新版長野県地質図作成委員会，2010）によれば，広原湿原付近を境に北側には安山岩質な火

砕岩類を主体とする第四紀前期の地層（q1va）が，南側に流紋岩質溶岩を主とする第四紀前期の地層（Q1vr）が分布するとされる。露頭が限られるため，実際の境界位置の詳細は地表踏査では判明しがたい。

湿原には数mの厚さの泥炭質堆積物が分布しており（酒井，1996），花粉組成から湿原は完新世以降に形成されたものと考えられていた。また，周辺山地の緩斜面には厚さ数mの粘土質の赤褐色ローム層が堆積しており，その上位に黒色の有機質土層（クロボク土）が発達する。

## 2. トレンチおよびボーリング試料の岩相記載

広原湿原の東部の2カ所（TR-1，2）で2011年にトレンチ調査を行い，2012年と2013年に湿原および周辺の陸域の計3カ所（HB-1～3）でボーリング調査を

1 信州大学理学部

\* 責任著者：公文富士夫（shkumon@shinshu-u.ac.jp）

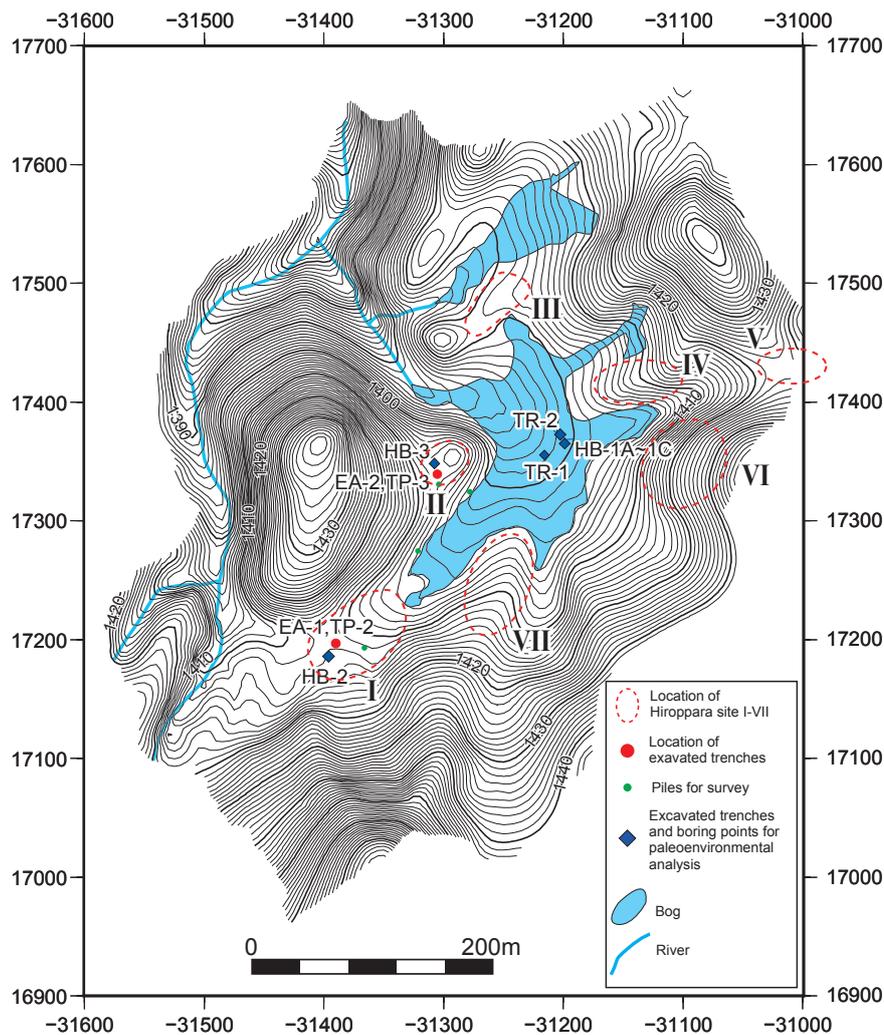


図1 広原湿原周辺の地形図と調査位置 (島田ほか, 2016)

Fig. 1. Topographic map of Hiroppara bog showing study sites (after Shimada et al. 2016)

表1 調査位置の緯度・経度一覧

Table 1. Location of the study sites

行った (図1, 表1). HB-1 サイトは TR-2 トレンチの東寄り数m付近で, 3 孔の掘削を行い, それぞれで泥炭層の下底に達する 3~4 m の長さの柱状試料を採取した. HB-2 サイトは, 西から東に向かって湿原へ流れ込む幅広い谷の最上流部 (分水界) に当たる位置にあり, そこで地表から深度 10 m までボーリングを行った. HB-3 サイトは, 湿原の北西部に位置する小さな山体 (広原小丘) から東に張り出した丘の上であり, 深度 10 m までボーリングが行われた. 以下にそれぞれの岩相層序を記載する

## 2-1 広原湿原のトレンチ調査結果

TR-1 トレンチ (北緯 36°09' 21.4", 東経 138° 09' 11.0") では深度 100 cm まで手掘り掘削した. 表層か

Site	Latitude ( N )	Longitude ( E )	remarks
TR-1NE	36°09' 21.42476"	138°09' 11.00538"	northeast corner
TR-1SW	36°09' 21.38796"	138°09' 10.99145"	southeast corner
TR-2 NE	36°09' 21.8588"	138°09' 11.59969"	northeast corner
TR-2 SE	36°09' 21.82313"	138°09' 11.59979"	southeast corner
HB-1A	36°09' 21.78723"	138°09' 11.66927"	
HB-1B	36°09' 21.76389"	138°09' 11.67905"	
HB-1C	36°09' 21.73553"	138°09' 11.67662"	
HB-2	36°09' 15.95293"	138°09' 03.89334"	beside EA-1 site
HB-3	36°09' 20.99521"	138°09' 07.42021"	beside EA-2 site

ら深度 60 cm ほどまでは黒褐色の泥炭であり, それ以深では, 灰白色の礫混じりの粘土層となる (図2). 礫混じりで強く固着した粘土のため, 100 cm 以深の掘削が困難であった.

TR-2 トレンチ (北緯 36°09' 21.8", 東経 138° 09' 11.6") では, 深度 3 m 余まで掘削が行われ, 東側の南

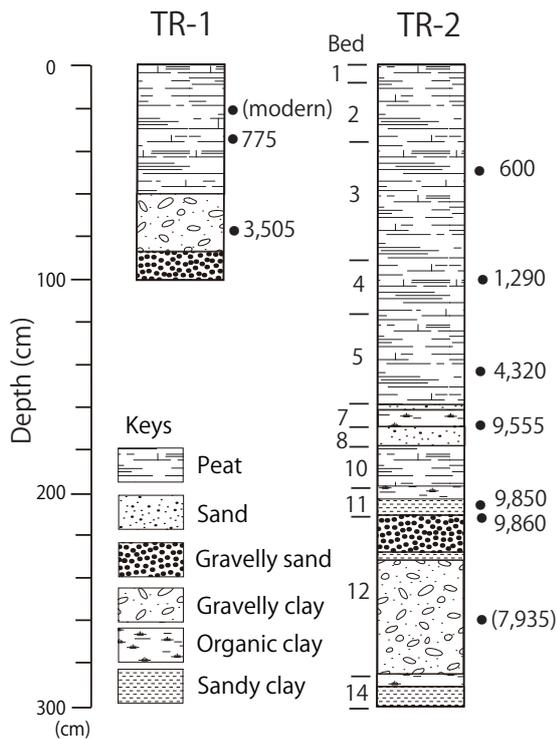


図2 広原湿原のトレンチ調査にもとづく堆積物柱状図  
TR-2 柱状図の左側の数字は図4に区別した土層の番号を示す。  
Fig. 2. Columnar sections of the sediments along the trench sites in the Hiroppara bog  
Number beside TR-2 column is the bed classification shown in Fig.4.

北断面と北側の東西断面を詳しく観察することができた(図3)。構成物や色調の相違から、14層の土層区分がなされている(図2, 4)。深度1.6 m付近までは泥炭層であるが、色調と泥炭の分解度の相違から第1層から第5層に細分される。第6～9層は砂質～礫質な堆積物であり、一部は東側へ薄くなって尖滅する。第10・11層は泥炭質であり、第10層は西方への連続性が悪い。第12～14層は礫～砂混じりの灰白色粘土で、間欠的に暗色の有機質粘土層をはさむ。これらの堆積層の厚さは、図4に示されているように水平的な変化に富む。

東壁で連続的に採取された古環境分析用試料の観察に基づいて作成した柱状図を図2に示したが、岩相の水平方向での変化があり、必ずしもすべて地層の特徴を代表しているわけではない。地表面には現在の植生があり、その直下から深度159 cm付近までは黒褐色の泥炭質堆積物を主とするが、トレンチ断面で認めら

れた第1～5層に対応する色調変化が認められる。深度159 cm～178 cmでは褐色の砂層・有機質シルト・砂質粘土が発達する。深度178 cm～210 cmでは再び泥炭質となる。深度211 cm～300 cmでは、灰白色の礫混じり粘土と砂層があり、間欠的・レンズ状に褐色の泥炭質粘土層を挟む。なお、図2の柱状図にはトレンチ観察で認定された土層区分との関係も示した。

## 2-2 湿原のボーリング調査結果

HB-1 サイト(図1: 北緯36°09' 21.8", 東経138°09' 11.7")では、1 mほどずらしながら3孔でボーリングをおこない、それぞれ3～4 m長のコア試料(HB-1A～1C)が採取された(図5)。

最初のコア試料(コア試料A)は、地下の岩質把握が困難な状況下での掘削であったため何度か繰り返して掘削をおこなった結果、約1 mの長さで採取された5本のコア試料には重複があることが岩相の特徴から確認された。そのため表2に示したような対応関係を認定して、このコア試料を代表させる部分を選び出して合成し、「標準層序」として設定した。その複合させた標準層序が図5のHB-1Aに示されている。

コア試料Aの標準層序(図5)では、深度0～122.5 cmまでが暗褐色～褐黒色の泥炭であり、深度122.5～126.5 cmには灰褐色の砂質泥炭～砂層、126.5～128.5 cmに暗灰色のシルト質粘土、128.5～136.5 cmに黒灰色の有機質粘土、136.5～145.5 cmに火山ガラスに富んだ灰白色のシルト～細粒砂層が、

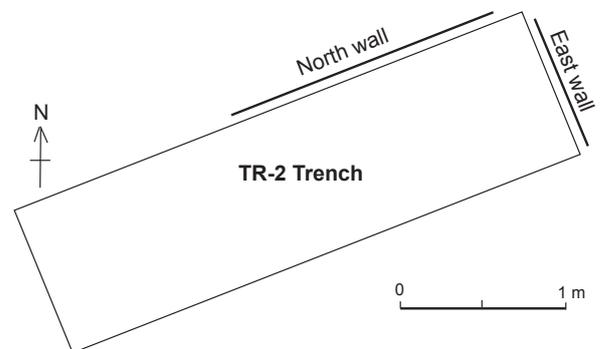


図3 広原湿原のTR-2 トレンチ調査で記載された断面図の配置  
Fig.3. Location map of cross sections from the TR-2 trench shown in Fig.4

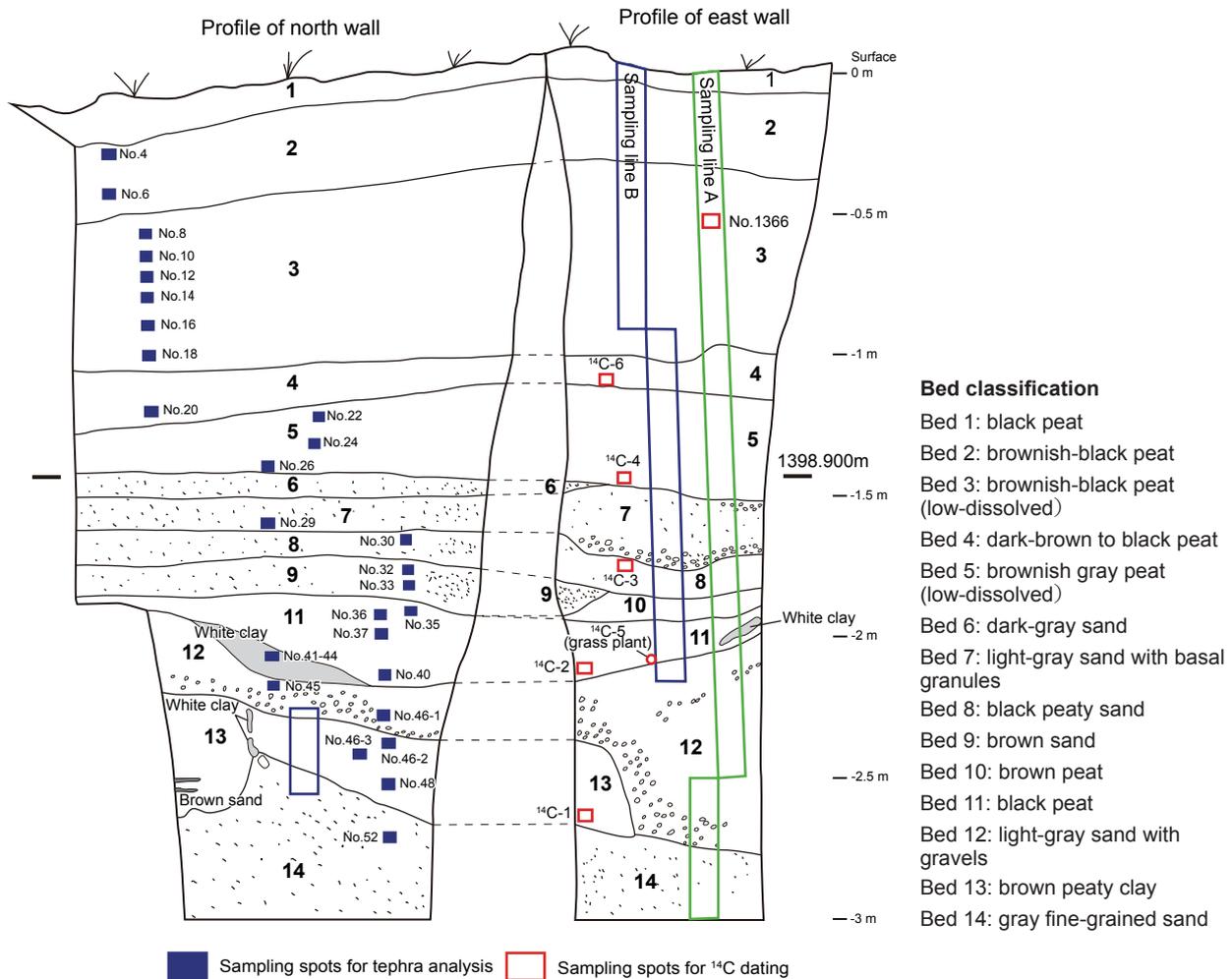


図4 広原湿原のTR-2トレンチ調査の断面図  
東壁の柱状の線A, Bはそれぞれ古環境(A)とテフラ(B)分析用の試料の連続的採取位置を示す。

Fig. 4. Cross sections of the TR-2 trench in the Hiroppara bog  
Sampling line A and B indicate continuous sampling positions for environment (A) and tephra (B) analyses.

145.5 ~ 185.5 cm には厚さ数 cm の有機質粘土層を2層挟む褐黒色の泥炭層が認められた。その下位には、深度185.5 cm と192 cm に褐色の砂薄層を2層挟む暗灰色の有機質粘土、暗灰色の礫混り砂、灰褐色~灰白色の礫質粘土、暗灰色の有機質粘土などが重なる。なお、最下部の340 ~ 380 cm は、礫の集合物だけという見かけを持つので、掘削時に基質部分が泥水で洗い出されていて、本来の岩相を表していない可能性がある。

第2~3のコア試料(HB-1B, 1C)は、最上部から深度140 ~ 150 cm 付近まで泥炭層が発達し、その下位には火山ガラスに富んだ灰白色のシルト~細粒砂層が挟まれる。この火山灰質層の下位には30 ~ 40 cm の厚さの泥炭~有機質粘土があり、さらに下位には

砂質粘土、礫質砂層、礫質粘土がつづいて重なっており、有機質粘土も挟まれる。これらの岩相の重なりは、HB-1A と類似している。

3本のボーリング試料は、個々の層の色調や層厚、層相に多少の差異があるが、類似した岩相の重なりを示す。年代測定や各種の分析はHB-1A コアに集中しているため、広原湿原のボーリング試料は、コア試料HB-1A の「標準層序」で代表させることにした。

### 2-3 発掘サイトのボーリング試料

HB-2 およびHB-3 サイト(図1)で採取されたボーリング試料の岩相柱状図を図6に示す。

HB-2 コアでは、表層から深度45 cm までは黒色の有機質土壌(いわゆるクロボク土)であり、その下位

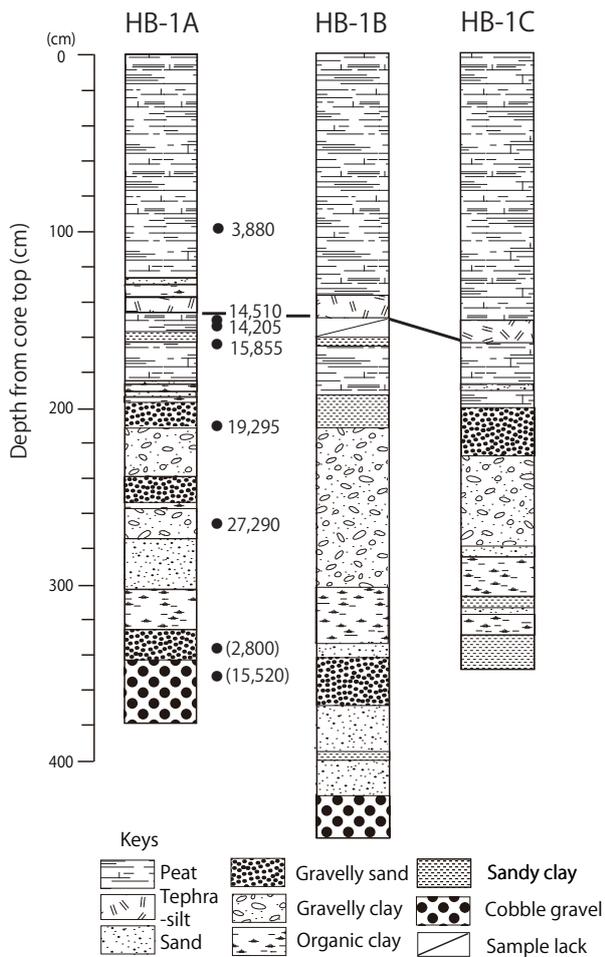


図5 広原湿原から採取したボーリングコア試料の岩相柱状図  
Fig. 5. Columnar sections of the drilled sediment cores from the Hiroppara bog

表2 HB-1A コア試料における各セクションの深度を標準層序の深度に対応づける計算式

Table 2. Convertible formulas from the core section depth to that of the composite columnar section in the HB-1A cores

Section no.	core length (cm)	depth used for the standard section (cm)	depth in each section (cm)	Standard depth (cm) from the core top
1	96.5	0 - 96.5	a	= a
2	95.7	0 - 89.1	b	= b + 96.5
3	99	55.8 - 62.5	c	= c - 55.8 + 185.6
4	97.6	14.6 - 97.6	d	= d - 14.6 + 192.3
5	99	0 - 99.0	e	= e + 275.3

では明暗の縞を示して漸移的に黄褐色の粘土質堆積物（いわゆるローム層）に変わり、それが深度199 cmまで連続する。その下に厚さ50 cmほどの褐色砂層があり、さらに暗赤褐色に風化した凝灰岩、凝灰質角礫岩が掘削下限の深度10 mまで分布する。間欠的に大き

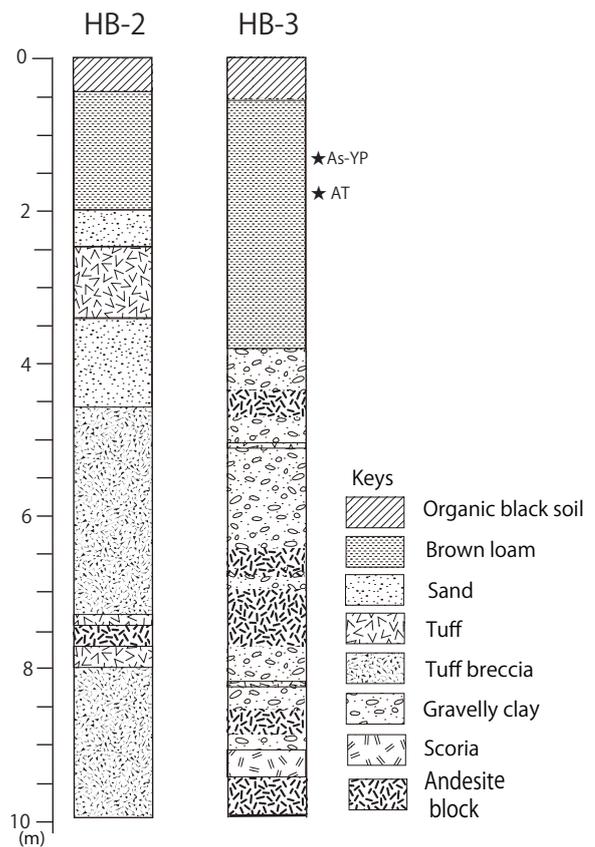


図6 発掘サイト (EA-1, 2) に隣接したボーリングコア試料の岩相柱状図

As-YP: 浅間板鼻黄色テフラ, AT: 始良-Tn テフラ.

Fig. 6. Columnar sections of the drilled cores (HB-2 and HB-3) beside the EA-1 and EA-2 sites

As-YP: Asama-Itahana yellow tephra, AT: Aira-Tn tephra.

な安山岩塊が挟まる。

HB-3 コアでも HB-2 と類似した岩相の重なりを示している。表層から深度50 cmほどまでが黒色の有機質土壌（クロボク土）であり、その下に10 cmほどの漸移帯があって、深度385 cmまで黄褐色の粘土質堆積物（ローム層）が続く。さらに深度3.85～4.5 mは礫混じりの砂質粘土層である。深度4.5～10 mでは、礫質粘土、砂層、凝灰岩、スコリア層などが発達し、全体として締りのよい堆積物である。安山岩岩塊がしばしば挟まれる。

### 3. 広原湿原堆積物とボーリングコア試料の物性など

重点的な研究対象とした TR-2 トレンチ、HB-1A コアおよび HB-3 コア上部については、含水率、含砂率、

全炭素量・全窒素量の測定を1 cm または2 cm ごと、もしくは2 cm おきの深度間隔でおこなった。これらは物性の指標でもあり、層序単位の認定にも有用である。

なお、含水率は採取時に測定した湿重量と105°Cで12時間乾燥後の重量差を含水量と見なし、もとの湿重量で除した値(%)である。含砂率は、乾燥させた試料を秤量し、過酸化水素水で分解させ、さらに超音波洗浄器で粘土成分を分散させて、湿式篩いで目開き62 μm 以上の篩に残った総粒子の乾燥重量を元試料の乾燥重量で除した比率である。全炭素量(TC)と全窒素量(TN)は、乾燥試料を瑪瑙乳鉢で粉碎した後、5~

30 mg の試料を分取して、元素分析装置(サーモサイエンス社製Flash2000)で含有量を測定したものである。希塩酸で炭酸塩鉱物を溶かす前処理をしていないが、腐植酸が普遍的な湿原環境の堆積物の中では、TCの大部分は有機物に由来するものと考えられる。なお、窒素量には無機態の窒素が含まれている。

### 3-1 TR-2 トレンチ

TR-2 トレンチの古環境解析用の試料についての含水率および全炭素・窒素量の層序的変動を図7に示す。

含水率は、最上部で90%ほどであり、深度35 cm

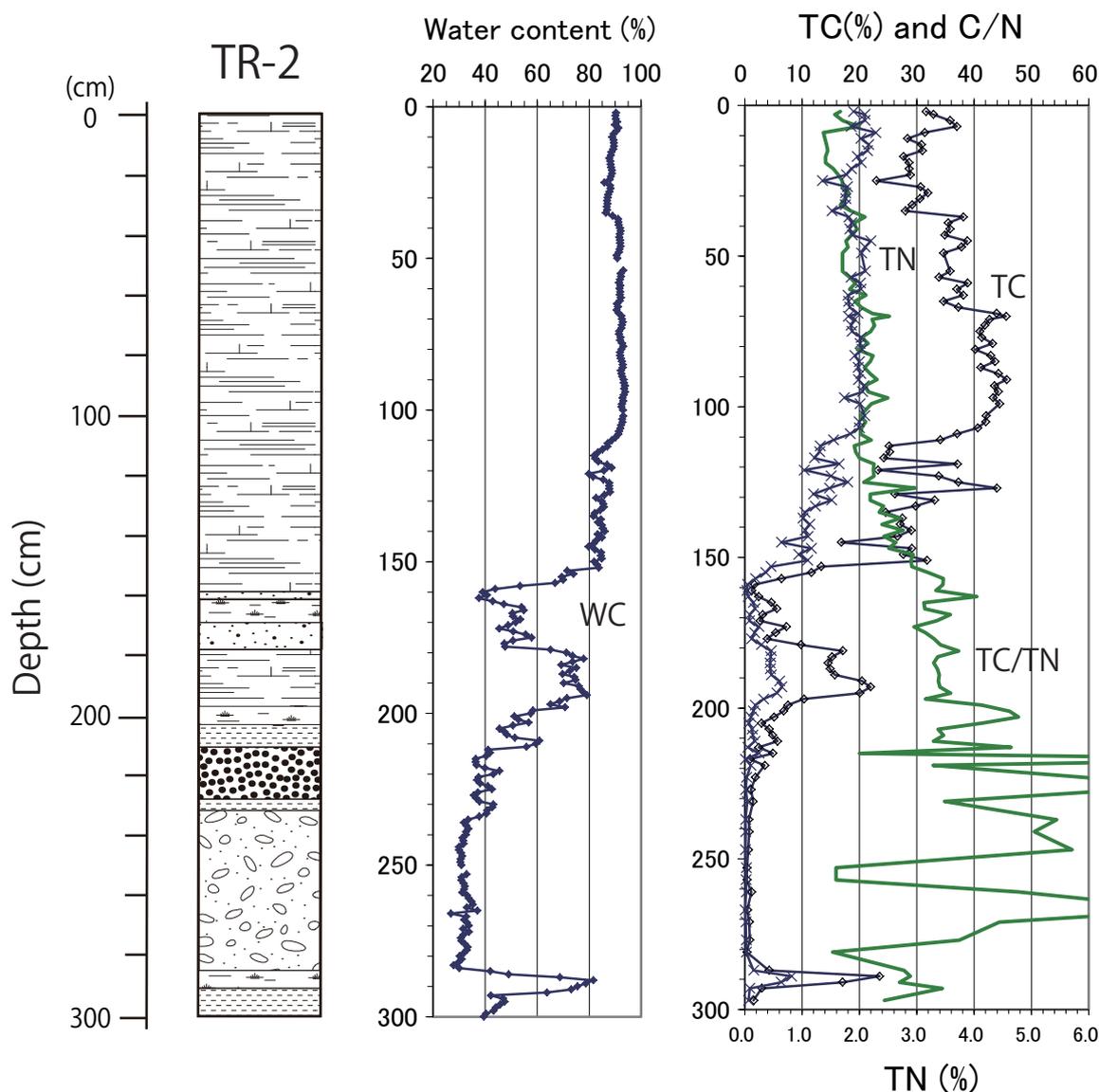


図7 TR-2 トレンチにおける堆積物の含水率(WC)、全炭素含有量(TC)、全窒素含有量(TN)などの層序変化

Fig. 7. Physical and chemical features of the sediments from the TR-2 trench, Hiroppara bog

WC: water content, TC: total carbon content. TN: total nitrogen content, TC/TN: weight ratio of TN to TC.

付近まで漸減して85%程度になる。ところが、深度35 cmで一且増加して、その後深度110 cmまで90%ほどではほぼ一定の値を保つ。深度110～150 cmでは85%から80%の間で小刻みに変動し、全体としては85%から80%へ漸減する。深度150 cmから160 cmにかけて80%から40%まで急減するが、この極小値は深度160cm付近の砂層に対応する。深度165 cm付近で50%程度に増加し、深度180 cm付近までは60～45%の範囲で増減を繰り返す。深度180～200 cmでは80～70%の高い含水率を示し、泥炭質という堆積物の特徴と一致する。深度200cmから210 cmにかけて70%から40%まで急減した後、210～232 cm付近では40%前後の含水率で変動を繰り返す。深度232～285 cmでは30-35%の低い含水率を安定して示し、礫質粘土という岩質に対応している。深度285～295 cmでは最大で80%を越える高い含水率を示す。これは有機質粘土という岩相に対応している。深度295 cm以下は砂質粘土で、45-45%の含水率である。これらの含水率の変動には、深度の増加とともに減少するという圧密作用の影響も軽微に認められるが、おもには堆積相に対応した物性の違いが反映しているものと考えられる。

全炭素量(TC)と窒素量(TN)は並行して変動するので、一緒に述べる。TCは、最上部で30～35%ほどであるが、深度10～30 cmでは30%以下にやや低下し、その後は徐々に増加して深度100 cm付近で40%を越える値になる。TNは深度20～40 cmで0.2%ほど少なくなるところを除けば、2%前後の高い値を示す。両者ともに深度110 cm付近で急減し、TCは25%、TNは1.3%まで低下する。深度110～150 cmではTCは25～40%、TNは1.0～1.8%の幅で大きな変動を示し、深度150 cmから160 cmにかけてそれぞれ数%以下の値になる。深度160～180 cmでは、TCは10%以下、TNは0.3%以下の範囲で軽微な増減が認められる。深度180～198 cmではTCは20%前後、TNは0.5%前後の値を持ち、やや高い値が回復する。その下位では両者は再び急減して、数%(0.数%)以下になる。深度222 cm以下ではTC、TNともに0%に近い低値となり、深度285 cm付近までその状態が続く。深度285～295 cmでは30%をこえるTC含有率と0.8%を越えるTN含有率があるが、295 cm以深

では再度小さい値に戻る。

TCに対するTNの比(C/N比)は、有機物の起源を示す指標としてしばしば用いられている(例えば、Meyers, 1997; Sampei and Matsumoto, 2001)。TR-2トレンチのC/N比は、15～40ほどの試料が大部分であり、陸上植物を起源とする有機物が主体であることを示している。一方、全体としてみると、下位ほどC/N比が高くなっていることが読み取れる。これは、下部の試料ほど古いので、タンパク質などの窒素と結びつく有機化合物の優先的な分解が進行していることを示唆する。なお、最下部の大きな変動は、窒素含有量の極端な低下に伴う測定値のバラツキと考えられる。

### 3-2 HB-1A コア

含水率は、表層から深度100 cmまでは95～85%の高い値を安定的に示すが、深度20～30 cmおよび80～110 cm付近がやや低い値をもつ(図8)。深度110 cmから120 cmにかけて徐々に70%程度まで低下した後、急激に低下して深度125 cm付近で40%程度になる。間に50%になる層準を挟むが、含水率の低い状態は深度145 cmまで続き、その下位では80%を越える含水率に回復する。深度145～185 cmは80%程度の高い含水率が卓越するが、深度156～162 cm付近には60%程度の相対的に低い含水率の砂質粘土層が挟まる。深度185 cmから深度195 cmにかけて80%から40%まで段階的に含水率が低下するが、途中の2つの谷は砂薄層に対応する。深度195～340 cmでは40%から20%の間の低い含水率を示し、間欠的にやや高い含水率(40%前後)と低い含水率(25%前後)の層準が挟まる。深度340 cm以下は試料の保存状態が悪かったので、信頼できる値ではない。

深度0～100 cmでは、TCは30～60%の間でゆっくりと増減を繰り返す。TNはTCの変動とほぼ同調して、2%から3%の間で緩やかに変動する。TCは深度100 cmから急減し、深度126 cm付近では5%以下となる。同時にTNも激減し0.5%以下の低い値を示す。深度146 cm付近から185 cmではTCは40～10%の範囲で大きく変動するが、平均的な含有率は高い。TNも0.5～1.5%の範囲で同じように大きく変動する。深度186 cm付近でTCとTNがごく低い値をとった後、

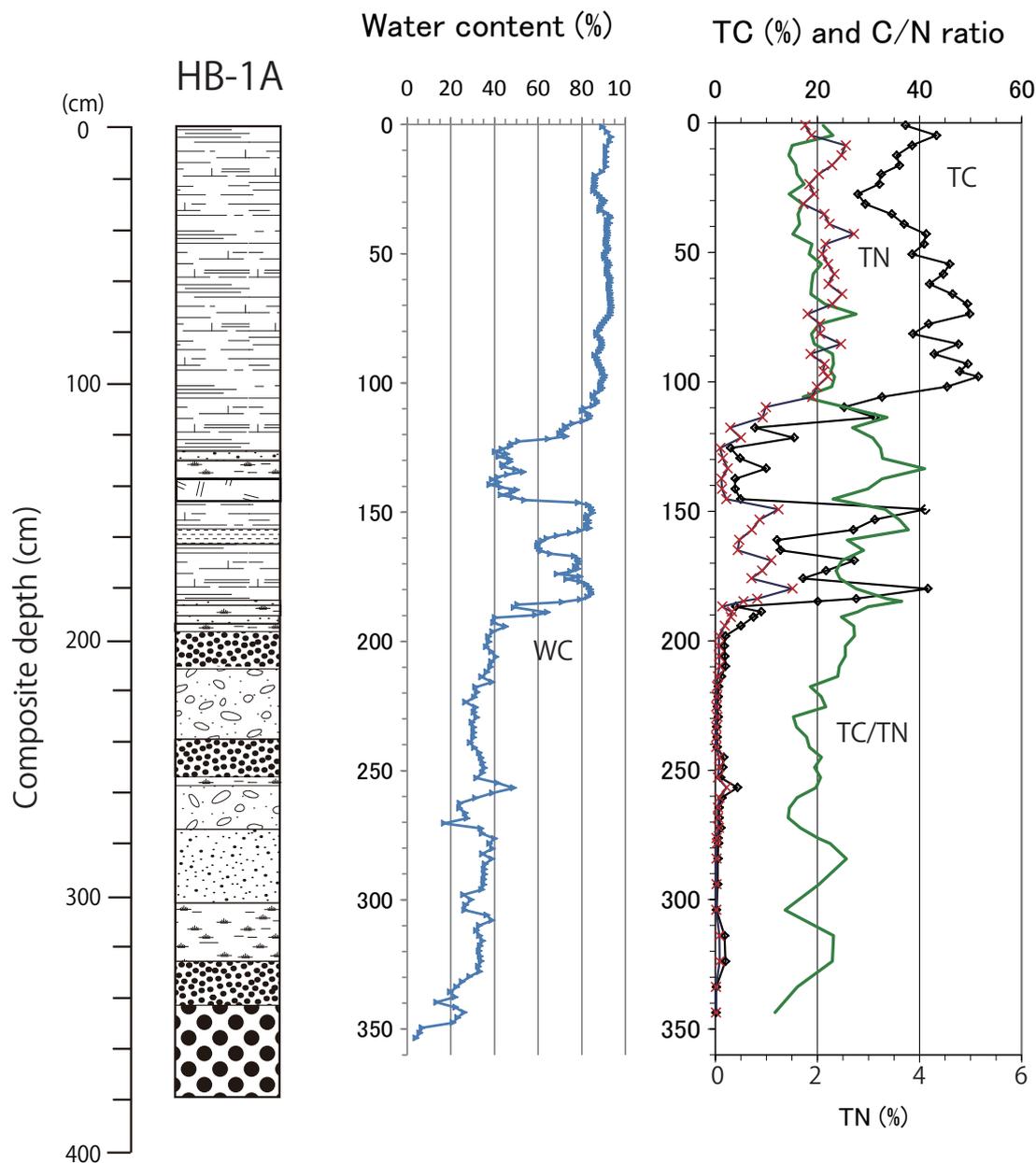


図8 HB-1A コア試料の含水率 (WC), 全炭素含有量 (TC), 全窒素含有量 (TN) などの層序変化  
 Fig. 8. Physical and chemical features of the sediment core (HB-1A) from the Hiroppara bog  
 WC: water content, TC: total carbon content. TN: total nitrogen content, TC/TN: weight ratio of TN to TC.

深度 198 cm まで TC が 10 ~ 5 %, TN が 0.5 ~ 0.3 % とやや増加する。深度 198 cm 以深, 深度 340 cm 付近までは, TC は数%以下, TN は 0. 数%以下の低い値で推移するが, 間欠的に (深度 250 ~ 260 cm, 310 ~ 320 cm) TC, TN の微増が認められる。

C/N 比は表層で 20 程であり, 深度 10 cm から深度 100 cm にかけて 15 から 22 程度に漸増する。深度 100 cm から 200 cm 付近まででは, 25 ~ 40 の範囲で大きな変動を示す。深度 200 ~ 340 cm では, 15 ~ 25 の範囲で不規則に変動する。

### 3-3 HB-3 コア上部

HB-3 コア試料の上部 4 m ほどの岩相柱状図, 含水率と含砂率, さらにその上部 1.8 m ほどについて炭素・窒素の含有量を測定した結果を図 9 に示す。なお, 最上部の 10 cm ほどと深度 100 ~ 105 cm はコア採取時に掘削土や表土との混合が確認されたので, 以下の記載では無視をする。

最上部 50 cm ほどは, 黒色の有機質土壌でいわゆるクロボクである。深度 50 cm から 60 cm にかけては徐々

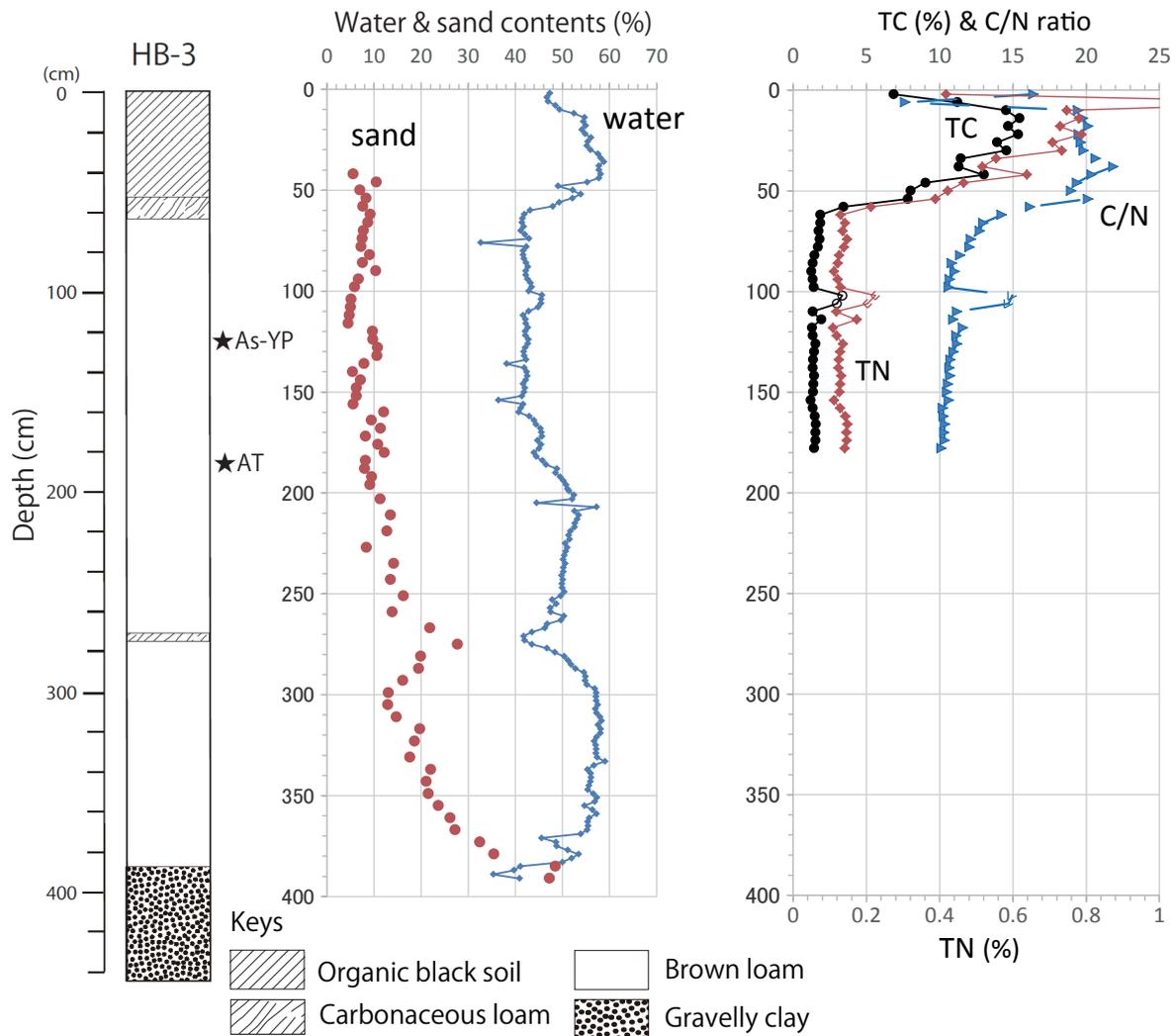


図9 発掘サイト EA-2 沿いの HB-3 コア最上部の物性および含砂率変動

Fig. 9. Physical and chemical features of the upper part of the sediment core HB-3 beside the EA-2 site, west to the Hiroppara bog

water: water content, sand: sand content, TC: total carbon content. TN: total nitrogen content, C/N: weight ratio of TN to TC.

に黒さが薄れ、明るい褐色のローム層に漸移する。クロボク土層では、10～15%の全炭素量、0.4～0.8%の全窒素量があり、C/N比は20前後の値を示す。含水率は、表層の46%から深度50 cm付近での58%程度まで、下位へ向かって漸増するが、これは降水直後の偶然的な特徴と考えられる。深度50～60 cmの漸移部で、これらの指標はいずれも急減する。なお、含砂率は深度40 cm以下でしか測定していないが10%前後の値を示す。

深度60～385 cmは、見かけ上ほぼ均質な明褐色～橙色(7.5YR5/6～6/8:標準土色帖)のローム層である。所々に岩石片や軽石粒子が散在し、黒曜石片が確認されることもある。深度271～275 cmにはやや黒

みを帯びた層準が認められる。深度385～394 cmは暗灰褐色の礫混じり砂質粘土層であり、含水率は深度60～150 cmで約40%とほぼ一定で、深度200 cmにかけて漸増し、200～260 cmで50%前後であり、その下位では低く、270 cm付近で40%に近い極小値をとる。さらに下位で高い含水率が回復し、深度300～370 cmで55%以上の高い値を保ち、深度370～394 cmでは、変動が大きいものの、下位ほど含水率が低い。これらの含水率の大部分はクロボク層下部の含水率よりも小さく、また、後述する含砂率と負の相関をもつ層準もある。この層準は空気で満たされた空隙と水とが共存する通気帯(vadose zone)にあたるものと考えられる。

含砂率は、深度 60～200 cm では 13% と少なく、また小さな範囲で変動している。深度 200～350 cm ではほとんどが 10% 以上であり、深度 270 cm 付近では 30% に近いピークも見られる。深度 305～385 cm では下位ほど含砂率が高く、最下部では 35% を越える。深度 385 cm 以深では礫が混じり、含砂率は 40% を越えている。

全炭素量 (TC)・窒素量 (TN) は深度 50～60 cm で急減し、その下位では、TC は 1～2%、TN は 0.1～0.2% の範囲で、ほぼ安定した値を示す。なお、深度 100～110 cm 付近の試料には表土との混合の影響がある。分析は深度 180 cm までしか行っていない。

#### 4. 広原湿原とその周辺に見られる第四紀堆積物の年代層序学的枠組み

##### 4-1 広原湿原のトレンチ堆積物

第四紀後期の堆積物の検討においては、 $^{14}\text{C}$  年代測定値が不可欠であり、その情報が多い上位層から順次検討する。

広原湿原の TR-1 トレンチおよび TR-2 トレンチには、表 3 に示したような  $^{14}\text{C}$  放射年代測定値が報告されている (工藤, 2016)。それらにもとづいて、堆積物の深度と年代の関係を図 10 に示した。なお、2012 年に試料を採取したので、地表面を -62 y.B.P. (AD 1950 を基準) とした。また、泥炭地であり、地表から 1 m 以上の深さまで根が伸びている様子がトレンチ断面で観察されるので、生々しい特徴をもつ試料の年代測定値は深度-年代関係の検討から除外するのが適当と考えた (図 10 において × 印で示した)。

TR-1 トレンチでは 3 試料の測定値があるが、その最上部の値は「現在」となっている。地表面に近い深度なので、試料が現生の植物根であった可能性もあり、それを除外した。最下部にあたる灰白色の礫質粘土では、横倒し状態に埋もれた材が 3,500 年前の年代を示した。それら 2 つの年代値とその深度、および地表面とを直線で近似させると、TR-1 として示した直線となるが、それは泥炭層の年代の大まかな指標と見なすべきものであろう。

TR-2 トレンチには比較的多数の  $^{14}\text{C}$  年代測定値がある (表 3 : 工藤, 2016)。深度と年代の関係にはバラ

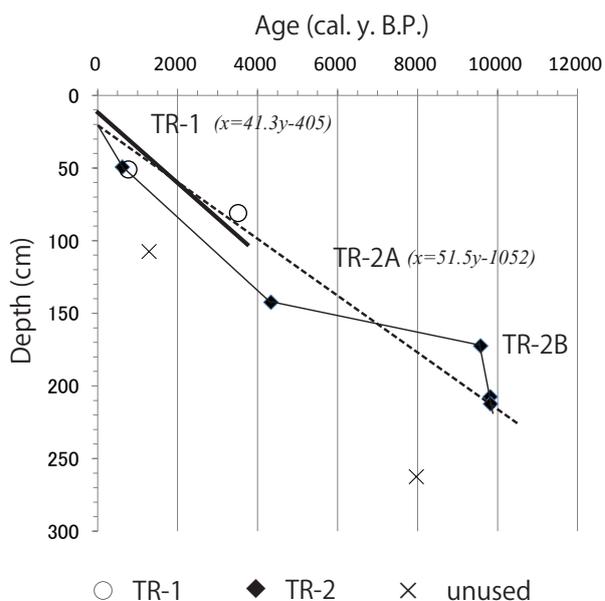


図 10 トレンチ調査で調べた湿原堆積物の年代モデル  
Fig. 10. Age model for the sediments from the TR-2 trench in the Hiroppara bog.

ツキが大きい (図 10)。これらの堆積速度のバラツキは堆積環境の変化に起因するものと考えられるが、巨視的には岩相を均質と見なして、破線で近似することができる (図 10, TR-2A の破線)。このことによって、大まかな年代枠組みを把握することができるが、個々の層準の年代の信頼性という点では、不十分なものにならざるをえない。

それを改善する方法として、信頼できる測定値間を直線で結び、全体としては折れ線で表した深度-年代を求めることである。これには基準となる年代値間での堆積速度が一定という仮定がなされている。また、深度 142 cm から 172 cm までの間が極端に小さい堆積速度となることの説明が求められる。

一方、層相の異なる堆積物ごとに深度の異なる複数の年代基準があれば、それぞれで堆積速度を求めて、深度を年代に変換する方法も想定される。そのために必要な年代資料は必ずしも十分に得られていないが、深度 49.5 cm と 107.7 cm の年代資料で一組の、深度 142.5, 172.5 および 207.5 cm の年代資料でもう一組の深度-年代関係を得ることもできる。

##### 4-2 ボーリング試料 HB-1A の年代資料

前述のように採取コアを対比して組み立てた「模式層序」の深度と  $^{14}\text{C}$  年代測定値 (表 4 : 工藤, 2016)

表3 広原湿原のトレンチ調査で採取された試料の<sup>14</sup>C年代測定値一覧  
工藤(2016)より簡略化して引用.

Table 3. <sup>14</sup>C dates of the sediment from the TR-2 trench in Hiroppara bog  
After Kudo (2016).

Sampling Loc.	Sample no.	average depth (cm)	materials	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	measured <sup>14</sup> C date	Calibrated dates (cal yr BP $\pm 2\sigma$ )			remarks (confidence %)
						from	to	Median	
TR-1	25cm	25	grass	-27.31	-280	-	-	-	Modern
	50cm	50	wood	-28.1	870	800	730	775	(87.8%)
	81cm	81	wood	-30.12	3,275	3,565	3,450	3,505	(95.4%)
TR-2	no.1366 (49-50cm)	49.5	grass	-26.99	590	645	585	600	(71%)
	<sup>14</sup> C-6 (105-110cm)	107.5	grass	-28.21	1,360	1,305	1,265	1,290	(95.4%)
	<sup>14</sup> C-4 (140-145cm)	142.5	wood	-28.51	3,875	4,415	4,240	4,320	(95.45%)
	<sup>14</sup> C-3 (170-175cm)	172.5	wood	-27.67	8,605	9,630	9,525	9,555	(95.46%)
	<sup>14</sup> C-5 (205-210cm)	207.5	wood	-30.1	8,810	9,940	9,690	9,850	(87.8%)
	<sup>14</sup> C-2 (210-215cm)	212.5	wood	-32.38	8,815	9,945	9,695	9,860	(85.5%)
	<sup>14</sup> C-1 (260-265cm)	262.5	grass	-28.24	7,110	8,005	7,920	7,935	(73.4%)

表4 広原湿原におけるボーリング試料HB-1Aコアの<sup>14</sup>C年代測定値一覧

Table 4. <sup>14</sup>C dates of the sediment core HB-1A from the Hiroppara bog  
After Kudo (2016).

Sample no.	depth on the standard column (cm)	materials	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	measured <sup>14</sup> C date	Calibrated dates (cal yr BP $\pm 2\sigma$ )			remarks (confidence %)
					from	to	Median	
HMR-1(Sec.2, 2cm)	98.5	woods	-27.8	3,575	3,930	3,830	3,880	(91.5%)
HMR-2(Sec.2, 55cm)	150.5	woods	-25.83	12,420	14,830	14,190	14,510	(95.4%)
no.155(Sec.2, 54-55cm)	151.0	wood	-25.13	12,280	14,430	14,040	14,205	(95.4%)
HMR-3(Sec.2, 67cm)	163.5	wood	-25.09	13,190	16,025	15,690	15,855	(95.4%)
281cm(Sec.3, 84cm)	208.6*	wood	-24.97	15,980	19,490	19,100	19,295	(95.4%)
391cm(Sec.4, 91cm)	267.8	wood	-29.97	22,940	27,480	27,085	27,290	(95.4%)
no.461(Sec.5, 61cm)	336.3	grass	-28.22	2,700	2,850	2,755	2,800	(95.4%)
HMR-4(Sec.5, 78cm)	353.8	wood	-24.45	12,980	15,725	15,305	15,520	(95.4%)

\* out of standard column

を図11に示した。ただし、深度208.6cmとした年代試料は「標準層序」の重なりに組み込まなかった部分のコア試料から得たものであるが、対応すると推定される標準深度で示した。なお、最下部の2点の試料は、測定された年代値が深度に対して逆転しているだけでなく、試料が草本の根のような有機物であることから、若い試料の混合と考えて年代基準には採用しなかった。

深度と<sup>14</sup>C年代測定値との関係にはある程度のバラツキがみられるが、岩相を巨視的に一様とみなして、一つの破線で近似することも可能である。図11に示した直線Aがそれにあたり、その傾きが示す平均堆積速度は、0.93 cm/100年となる。この場合には、大きく見た年代枠組みを想定するには有効であるが、個々の層準の正確な年代推定は困難である。

この弱点を補うために、Yoshida et al. (2016)が採用したように、信頼できる年代測定値と深度との関係を折れ線でつなぎ(折れ線B)、深度と年代の関係を把握することも可能である。この場合にも基準点間の連続性と堆積速度が一定であることが仮定されている。

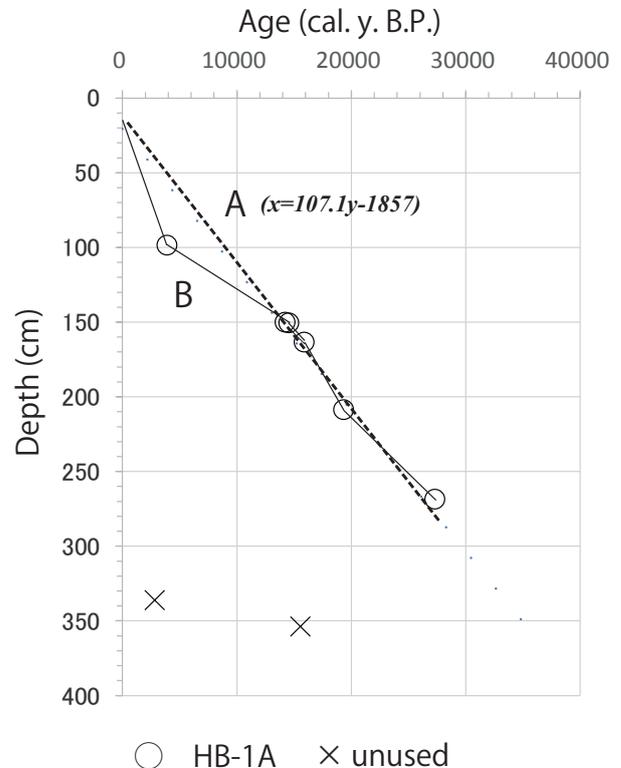


図11 広原湿原から採取されたHB-1Aコアの標準層序に対する年代モデル

Fig. 11. Age model for the composite core HB-1A from the Hiroppara bog

一方、深度 126 cm を境に、その上位は泥炭層であり、下位では砂質堆積物や礫質堆積物が頻繁に挟まるといふ堆積相の相違を考慮すると、深度 126 cm を境に堆積速度が異なると考えることも可能である。具体的には、コアトップと深度 98.2 cm の年代値をひとつの直線で近似し、その堆積速度を深度 126 cm まで外挿する。また、深度 126 cm 以下でも深度と年代値の関係を別の直線で近似する。この年代モデルでもそれぞれの範囲での堆積の連続性と堆積速度一定を仮定している。

#### 4-3 発掘サイトのボーリングコア

HB-2, 3 コアでは  $^{14}\text{C}$  年代測定値が得られてない。これは陸上掘削地に分布するローム層中では  $^{14}\text{C}$  年代測定に適した有機物試料が得がたいためである。別の年代指標としては指標テフラが考えられるが、視認できるテフラ層はコア試料に認められない。

早田 (2016) のテフラ分析の結果によれば、HB-3 コアの深度 120 ~ 125cm に 1.5 ~ 1.6 万年前の浅間板鼻黄色テフラ (As-YP) (町田・新井, 2003) が、深度 180 ~ 185 cm に 3 万年前の始良-丹沢テフラ (AT) (町田・新井, 2003; Smith et al., 2013) が確認されている。また、HB-3 コアに隣接する発掘サイト (EA-2) でも地表からの深度 2 m ほどの位置のローム層中に AT テフラに由来する火山ガラスの濃集が認められている (早田, 2016)。この発掘地では AT 層準の直下に局部磨製石斧を含む旧石器遺物の層準があり (島田ほか, 2016)、その炭化物の年代は 3.1 ~ 3.06 万年前を示すので、HB-3 コアの年代資料と整合的である。堆積速度を一定と仮定すると、HB-3 コアの深度 3.85 m にあたる、黄褐色ローム層の下底は 6, 7 万年前と推定できる。

一方、その下位に分布する火山性碎屑物を主とする堆積物は、安山岩岩塊や同質凝灰岩質碎屑物を多く含むことから、新版長野県地質図で、三峯火山の活動に由来する第四紀前期火山碎屑物 (q1va) とされているもの (新版長野県地質図作成委員会, 2010) に相当すると考えられる。

HB-2 コア試料については、直接にその年代を示す試料は得られていないが、ローム層とその下位の火山碎屑物の重なりは HB-3 コアとよく似た層相を示すので、それぞれほぼ同じ時代の堆積物と推定される。

## 5. まとめ

2011 年から 2013 年にかけて、広原湿原とその周辺において実施したトレンチ掘削調査と学術ボーリングの結果を、地層の重なりやコア試料の記載を中心として報告した。広原湿原では、約 3 万年以上前から緩斜面上に湿原や草原、荒れ地の状態が断続的に続いてきたと考えられる。また、隣接する小丘の緩斜面には 6, 7 万年前から風成のロームが堆積したと推定される。そのローム層の下位に三峯火山由来の火山碎屑物層 (第四紀前期) を確認できた。

今回実施した掘削調査の試料を用いた各種の分析はすでに報告され、もしくは本報告書に掲載されている。おもなものは、湿原のトレンチ試料を用いた珪酸体分析 (佐瀬ほか, 2013, 2015)、珪藻分析 (千葉ほか, 2013) および花粉分析 (吉田ほか, 2016)、コア試料 HB-1A についての珪酸体分析 (佐瀬ほか, 2014; 佐瀬・細野, 2016) と花粉分析 (Yoshida et al., 2016; 吉田ほか, 2016) がある。個別の資料に基づく古環境の復元についてはそれらの成果を参照していただきたい。

### 謝辞

本学術調査に当たっては、長和町、東信森林管理署、上小地方事務所林務課、明治大学黒耀石研究センター職員、発掘調査の協力者一同から多大な協力を得た。記して感謝の意を表します。

### 引用文献

- 千葉 崇・公文富士夫・小野 昭 2013 「完新世後期の広原湿原における古環境変遷」『資源環境と人類』3: 21-29.
- 工藤雄一郎 2016 「広原湿原および広原 II 遺跡における放射性炭素年代測定」小野昭・島田和高・橋詰潤・吉田明弘・公文富士夫編『長野県中部高地における先史時代人類誌 広原遺跡群第 1 次～第 3 次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒耀石研究センター
- 町田 洋・新井房夫 2003 『新編 火山灰アトラス』336p. 東京大学出版会
- Meyers, P.A. 1997 Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry* 27: 213-250.

- 酒井潤一 1996 「男女倉付近の黒耀石と上部更新統」  
和田村教育委員会編『和田村の黒耀石をめぐる課題  
—原産地遺跡分布調査を終えて—』: 4-17
- 佐瀬 隆・細野 衛・公文富士夫 2013 「長野県長和町,  
広原湿原地域におけるササ類の地史的動態と黒ボク  
土層生成史」『資源環境と人類』5: 1-18
- 佐瀬 隆・細野 衛・公文富士夫 2015 「長野県長和町,  
広原湿原堆積層および隣接陸域土壌層の植物珪酸体  
記録による植生履歴」『資源環境と人類』3: 65-75
- 佐瀬 隆・細野 衛 2016 「長野県長和町, 広原湿原  
と周辺陸域の植物珪酸体分析—イネ科植物相の地史  
的動態からみた MIS3 以降の古環境変遷—」小野昭・  
島田和高・橋詰潤・吉田明弘・公文富士夫編『長野  
県中部高地における先史時代人類誌 広原遺跡群第  
1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒  
耀石研究センター
- Sampei, K. and Matsumoto, E. 2001 C/N ratios in a sediment  
core from Nakaumi Lagoon, southwest Japan: usefulness  
as an organic source indicator. *Geochemical Journal* 35:  
189-205.
- 島田和高・橋詰潤・会田進・中村由克・早田勉・  
隅田祥光・及川穰・土屋美穂 2016 「III 広原  
遺跡群の発掘調査」小野昭・島田和高・橋詰潤・  
吉田明弘・公文富士夫(編)『長野県中部高地にお  
ける先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調  
査報告書—』明治大学黒耀石研究センター資料・報  
告集1(本報告書), 明治大学黒耀石研究センター
- 新版長野県地質図作成委員会 2010『新版長野県地質  
図 Ver.1』[http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/  
kenkyu/chishitsu/chishitsuzu.html](http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/chishitsu/chishitsuzu.html)
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Ramsey, C.B.,  
Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T.,  
Suigetsu 2006 Project members. 2013 Identification and  
correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06  
sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers  
for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic  
records across the last 150 ka. *Quaternary Science Re-  
views* 67: 121-137.
- 早田 勉 2016 「広原湿原および広原 I・II 遺跡にお  
けるテフラ分析」小野昭・島田和高・橋詰潤・吉田  
明弘・公文富士夫編『長野県中部高地における先史  
時代人類誌 広原遺跡群第1次～第3次調査報告書』  
(本報告書), 明治大学黒耀石研究センター
- Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J. and Ono, A.  
2016 Impact of landscape changes on obsidian exploita-  
tion since the Palaeolithic in the central highland of Japan.  
*Vegetation History and Archaeobotany* 25: 45-55.
- 吉田明弘・叶内敦子・神谷千穂 2016 「長野県広原湿  
原における花粉分析と微粒炭分析からみた過去3万  
年間の植生変遷と気候変動」小野昭・島田和高・橋  
詰潤・吉田明弘・公文富士夫編『長野県中部高地に  
おける先史時代人類誌 広原遺跡群第1次～第3次  
調査報告書』(本報告書), 明治大学黒耀石研究セン  
ター

# Drilling for late Quaternary sediments in and around the Hiroppara bog in Nagawa Town, Nagano Prefecture, Central Japan

Fujio Kumon<sup>1\*</sup>

Trench excavation and scientific drilling were performed in and around the Hiroppara bog to reconstruct the palaeoenvironment of the central highlands of Japan during the late Palaeolithic and Jomon periods. The lower parts of the sediment cores taken from central Hiroppara bog consist mainly of grayish gravelly sediments and organic clay, and they date from the period 30 ka to 17 ka. The vegetation during this period was alpine badland with meadow grass on a gentle slope. On the contrary, the upper part of the core consists mainly of black peat with sandy sediments, dating from 17 ka to the present indicating that wetland environments were dominant at the time. The vegetation around the bog became *Betula* forest at first, transforming into a mixed forest of subalpine conifers and deciduous broad-leaved trees from 12 ka onwards. Brown loam sediments of a few meters in thickness covered the gentle slopes around the bog since ~70 ka ago. Palaeolithic archaeological sites were discovered in the upper loam bed.

Key words: Hiroppara bog; Palaeolithic period; Jomon period; peat; loam; Last Glacial.

---

<sup>1</sup> Faculty of Science, Shinshu University

\* Corresponding author: Fujio Kumon (shkumon@shinshu-u.ac.jp)

# 広原湿原および広原Ⅱ遺跡における 放射性炭素年代測定

工藤 雄一郎<sup>1\*</sup>

## 要 旨

広原湿原のトレンチ TR-1 と TR-2, ボーリングコアの HB-1A, 広原Ⅱ遺跡の試料について合計 19 点の放射性炭素年代測定を実施した。TR-1 では深度 81 cm で  $3275 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (3565 ~ 3450 cal BP) であり, 最終氷期の良好な堆積物は得られなかった。TR-2 では, 深度 49 ~ 50 cm の泥炭層で  $590 \pm 15$   $^{14}\text{C}$  BP (645 ~ 540 cal BP, 1305 ~ 1410 cal AD), 深度 140 ~ 145 cm の褐色泥炭で  $3875 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (4415 ~ 4240 cal BP) で縄文時代後期前葉に相当する年代を得た。深度 170 cm ~ 210 cm 前後の泥炭質砂層および泥炭層は  $8605 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  BP (9630 ~ 9525 cal BP) ~  $8815 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  BP (10120 ~ 9695 cal BP) であり, 縄文時代早期前葉から中葉に相当する年代であった。HB-1A では, 深度 98.5 cm の泥炭層で  $3575 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (3965 ~ 3830 cal BP) であり, 縄文時代後期中葉に相当する年代を得た。深度 150 cm 付近の泥炭層では  $12420 \pm 40$   $^{14}\text{C}$  BP (14830 ~ 14190 cal BP) ~  $13190 \pm 35$   $^{14}\text{C}$  BP (16025 ~ 15690 cal BP, HMR-3, 深度 163.5cm) の年代が得られ, 後期旧石器時代の終末から縄文時代草創期に相当する年代であった。深度 208.6 cm の有機質砂層では  $15980 \pm 45$   $^{14}\text{C}$  BP (19490 ~ 19100 cal BP) が得られ, 後期旧石器時代後半期の尖頭石器群から細石刃石器群の初期の年代に近い。深度 268.7 cm の砂礫層では  $22940 \pm 70$   $^{14}\text{C}$  BP (27480 ~ 27085 cal BP) の年代が得られ, 後期旧石器時代後半期前葉に相当する。広原Ⅱ遺跡の EA-2 で局部磨製石斧の出土地点付近で採取された炭化材の年代は,  $26550 \pm 90$   $^{14}\text{C}$  BP (31020 ~ 30625 cal BP) であった。これは, 後期旧石器時代前半期に相当する年代であった。

キーワード：広原湿原, 広原Ⅱ遺跡, 放射性炭素年代測定, 縄文時代, 後期旧石器時代, 最終氷期

## 1. はじめに

これまで広原湿原の堆積物では, 2011 年度に発掘した広原湿原の TR-1 および TR-2 トレンチ, 2012 年度に採取したボーリングコア HB-1A から合計で 18 点の放射性炭素年代測定を実施した。また, 広原Ⅱ遺跡 EA-2 の 4b 層で採取した炭化材 1 点についての放射性炭素年代測定を実施した。本稿ではその結果について報告し, それらの年代的な位置づけについて検討する。

## 2. 試料

### 2-1 TR-1

2011 年度に調査された湿原中央部に設定された試掘

トレンチである。100 cm ほど掘り下げたが, 泥炭層が薄いため調査を終了した (公文, 2016)。TR-1 では深度-25 cm, 深度-50 cm, 深度-80 cm の 3 つの層準からブロックで堆積物を採取し, 水洗選別によって測定用の試料を抽出した。-25 cm の試料は草本植物, その他は木材片である。

### 2-2 TR-2

2011 年度に調査された湿原中央部に設定されたトレンチで, TR-1 の北東約 20 m の位置にある。地表から約 300 cm 掘り下げ, 良好な泥炭層の堆積を確認した。年代測定試料は, 4 層 (黒褐色~黒色泥炭層, 深度 105 ~ 110 cm,  $^{14}\text{C}$ -6), 5 層 (灰褐色泥炭層, 深度 140 ~ 145 cm,  $^{14}\text{C}$ -4), 8 層 (黒色泥炭質砂層, 深

1 国立歴史民俗博物館

\* 責任著者：工藤雄一郎 (kudo@rekihaku.ac.jp)

度 170 ~ 175 cm, <sup>14</sup>C-3), 11 層 (黒色泥炭層, 深度 210 ~ 215 cm, <sup>14</sup>C-2), 13 層 (灰白色小粒砂層, 深度 260 ~ 265 cm, <sup>14</sup>C-1) から計 5 点のブロックサンプルを採取した。また, 11 層からは壁面に露出していた材 1 点を採取した (深度 205 ~ 210 cm : <sup>14</sup>C-5) (図 1)。また, 「古環境分析サンプル」として L 字アングルで採取した堆積物のうち, 49 ~ 50 cm の部分を千葉崇が切り出し, 工藤に送付した (No. 1366)。

### 2-3 HB-1A

広原湿原の TR-2 に隣接する地点で 2012 年度に採取した, 4 m 超のボーリングコア試料である (公文, 2014, 2016)。このコアから公文富士夫が No. 155, 281 cm,

391 cm, No. 461 の 4 点の試料を採取し, 工藤に送付した。その後, 古環境グループの議論の下, 新たに HMR-1, HMR-2, HMR-3, HMR-4 の 4 点の試料が採取され, 工藤に試料を送付した。

### 2-4 広原 II 遺跡

試料は広原湿原の西側丘陵部に位置する広原 II 遺跡 EA-2 の 4b 層で採取された炭化材であり, (島田ほか, 2016), 明治大学黒耀石研究センターが発掘調査時に取り上げて乾燥保存していた資料である。同じ層準のすぐ近くの位置からは局部磨製石斧が出土しており, その周辺で採取された。同センターから国立歴史民俗博物館に送付された資料を工藤が受け取った。試料番号は <sup>14</sup>C-5

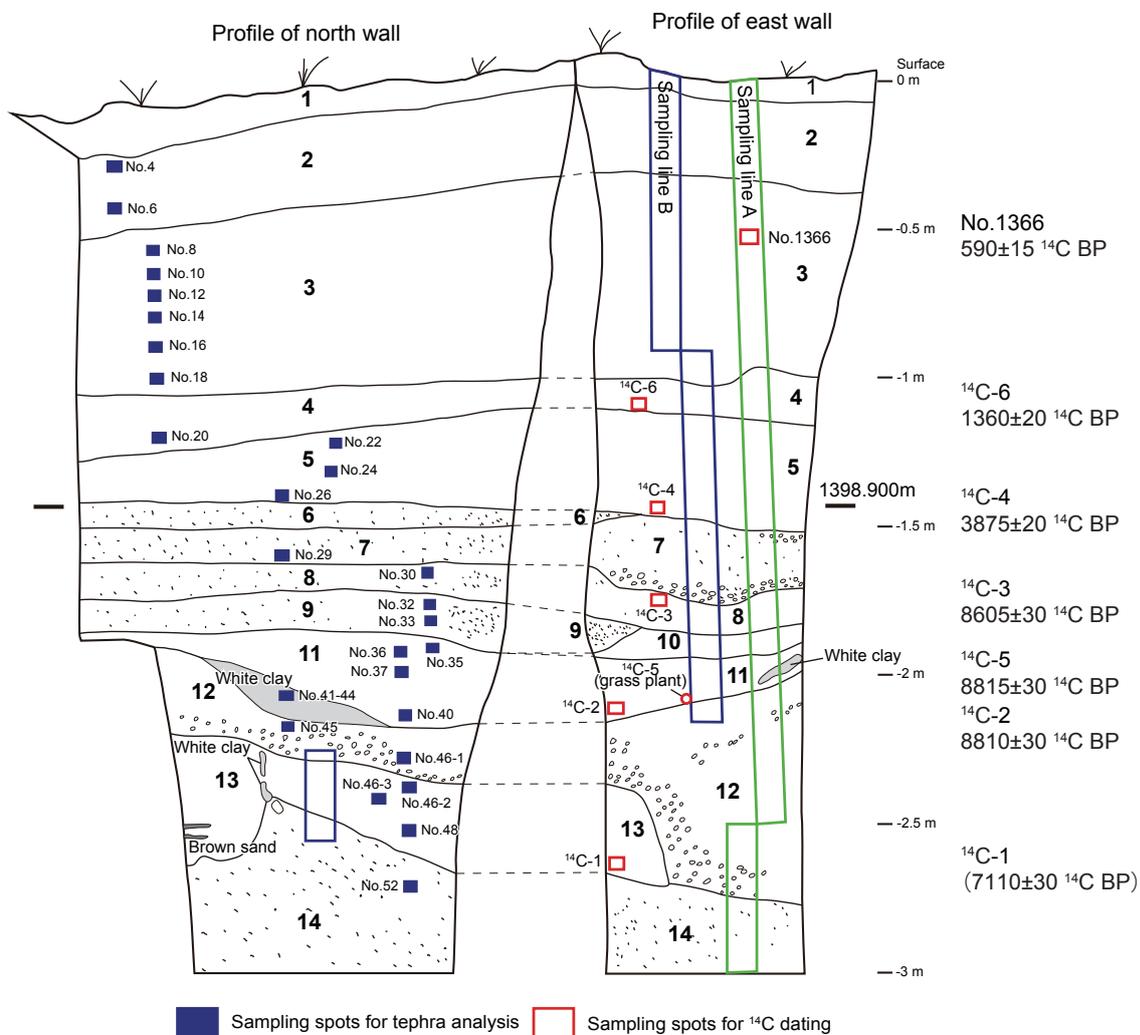


図 1 広原湿原 TR-2 の断面図および放射性炭素年代測定試料の採取位置  
東壁の柱状の線 A, B はそれぞれ古環境 (A) とテフラ (B) 分析用の試料の連続的採取位置を示す。

Fig. 1. Profile of the Hiroppara bog TR-2 and sampling spots for the radiocarbon dating  
Sampling line A and B indicate continuous sampling positions for environment (A) and tephra (B) analyses.

として取り上げられたものであるが、TR-2の試料番号と重複するため、筆者の試料管理番号を用いて2015-016とした。

### 3. 分析方法

TR-1, TR-2の堆積物試料は工藤が現地で採取し、国立歴史民俗博物館年代測定資料実験室において水洗選別を行い、分析用試料を抽出した。TR-2の45～50cmの試料も同様に工藤が水洗選別を行い、草本植物片を採取した。すべての試料は秤量した後、実体顕微鏡下で写真撮影を行い、また可能な限り混入物を除去したのち、蒸留水による洗浄をおこなった。次に、埋蔵中に生成・混入したフミン酸や炭酸塩などを溶解・除去するため、酸-アルカリ-酸(AAA)処理を行った。アルカリ処理は、0.005～0.1 mol/lもしくは1.2 mol/lの水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液により、室温～80°Cの処理を行った(吉田, 2004)。AAA処理後の試料は乾燥後、秤量した。

乾燥したAAA処理済の試料のCO<sub>2</sub>化からグラフアイト化までは(株)パレオ・ラボに委託し、加速器質量分析計(パレオ・ラボ, コンパクトAMS: NEC製1.5SDH)を用いて<sup>14</sup>C濃度を測定した。得られた<sup>14</sup>C濃度について同位体分別効果の補正を行った後、放射性炭素年代、暦年代を算出した。

### 4. 測定結果と若干の考察

放射性炭素年代測定結果を表1に示した。得られた放射性炭素年代はOxCal4.2(Ramsey, 2009)を用いてIntCal13(Reimer et al., 2013)の較正曲線を使用して較正した。表1には較正年代の確率分布の2σの範囲を示した。また、得られた年代と、考古学的な時期区分の年代(工藤, 2012)との対比を行った。以下に記す較正年代は2σの全範囲を示している。

#### 4-1 TR-1 (図2)

TR-1トレンチから採取した試料の年代は、深度25

表1 広原湿原および広原II遺跡における放射性炭素年代測定試料と測定結果

Table 1. List of samples and results of radiocarbon dating for the Hiroppara bog and the Hiroppara site II

Location	Sample name	Sample	Depth	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C date (yr BP $\pm 1\sigma$ )	Calibrated date (cal yr BP $\pm 2\sigma$ ) (%)	$\mu$ (cal yr BP)	Labo code	Remarks		
TR-1	25cm	Glass	25cm	-	-27.31 $\pm$ 0.15	-280 $\pm$ 15	-	-	PLD-19328	-	
TR-1	50cm	Wood	50cm	-	-28.10 $\pm$ 0.15	870 $\pm$ 20	900 - 870 800 - 730	7.6 87.8	775	PLD-19329	-
TR-1	81cm	Wood	81cm	-	-30.12 $\pm$ 0.16	3275 $\pm$ 20	3565 - 3450	95.4	3505	PLD-19330	-
TR-2	No.1366	Glass	49～50cm	-	-26.99 $\pm$ 0.15	590 $\pm$ 15	645 - 585 565 - 540	71.0 24.4	600	PLD-21769	-
TR-2	<sup>14</sup> C-6	Glass	105～110m	-	-28.21 $\pm$ 0.14	1360 $\pm$ 20	1305 - 1265	95.4	1290	PLD-19187	-
TR-2	<sup>14</sup> C-4	Wood (branch)	140～145cm	-	-28.51 $\pm$ 0.14	3875 $\pm$ 20	4415 - 4240	95.4	4320	PLD-19185	-
TR-2	<sup>14</sup> C-3	Wood (branch)	170～175cm	-	-27.67 $\pm$ 0.16	8605 $\pm$ 30	9630 - 9525	95.4	9555	PLD-19184	-
TR-2	<sup>14</sup> C-2	Wood	210～215cm	-	-32.38 $\pm$ 0.12	8815 $\pm$ 30	10120 - 10060 10005 - 9990 9945 - 9695	9.2 0.7 85.5	9860	PLD-19183	-
TR-2	<sup>14</sup> C-5	Wood	205～210cm	-	-30.10 $\pm$ 0.13	8810 $\pm$ 30	10120 - 10065 10005 - 9995 9940 - 9690	7.3 0.3 87.8	9850	PLD-19186	-
TR-2	<sup>14</sup> C-1	Glass	260～265cm	-	-28.24 $\pm$ 0.17	7110 $\pm$ 30	8005 - 7920 7905 - 7860	73.4 22.0	7935	PLD-19182	-
HB-1A	HMR-1	Wood	98.5cm	Sec2,2cm	-27.80 $\pm$ 0.11	3575 $\pm$ 20	3965 - 3945 3930 - 3830	3.9 91.5	3880	PLD-23961	-
HB-1A	HMR-2	Wood	150.5cm	Sec2,54-55cm	-25.83 $\pm$ 0.21	12420 $\pm$ 40	14830 - 14190	95.4	14510	PLD-23962	-
HB-1A	no.155	Wood (branch)	150cm	Sec2,55cm	-25.13 $\pm$ 0.12	12280 $\pm$ 35	14430 - 14040	95.4	14205	PDL-22991	same sample with HMR-2?
HB-1A	HMR-3	Wood	163.5cm	Sec2,67cm	-25.09 $\pm$ 0.13	13190 $\pm$ 35	16025 - 15690	95.4	15855	PLD-23963	-
HB-1A	281cm	Wood	208.6cm	Sec3,84cm	-24.97 $\pm$ 0.14	15980 $\pm$ 45	19490 - 19100	95.4	19295	PLD-23965	-
HB-1A	391cm	Wood	268.7cm	Sec4,91cm	-29.97 $\pm$ 0.12	22940 $\pm$ 70	27480 - 27085	95.4	27290	PLD-22993	-
HB-1A	no.461	Grass plant (stem)	336.3cm	Sec5,61cm	-28.22 $\pm$ 0.14	2700 $\pm$ 25	2850 - 2755	95.4	2800	PLD-22993	inconsistency between age and depth
HB-1A	HMR-4	Wood	353.8cm	Sec5,78.5cm	-24.45 $\pm$ 0.10	12980 $\pm$ 40	15725 - 15305	95.4	15520	PLD-23964	inconsistency between age and depth
Hiroppara II	2015-016	Charcoal	EA-2 west	Layer 4b around edge- ground stone adze	-26.12 $\pm$ 0.12	26550 $\pm$ 90	31020 - 30625	95.4	30825	PLD-29280	-

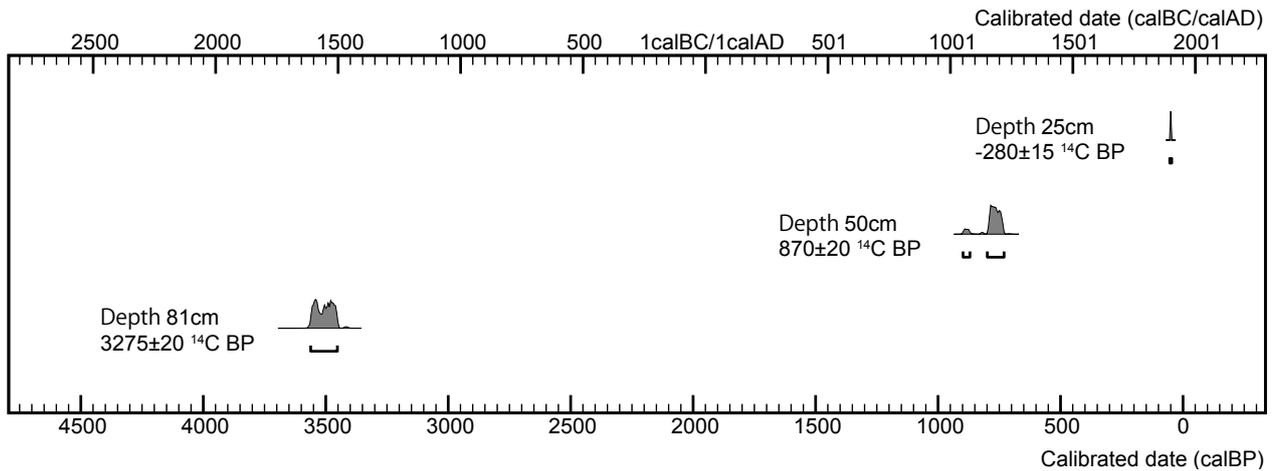


図2 広原湿原 TR-1 における放射性炭素年代測定結果  
Fig. 2. Results of radiocarbon dating of the Hiroppara bog TR-1

cm で  $-280 \pm 15$   $^{14}\text{C}$  BP であり、較正曲線範囲外であった。試料は現代の草本植物の根等の可能性が高い。深度 50 cm は  $870 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (900 ~ 730 cal BP, 1050 ~ 1220 cal AD) であり、おおよそ 12 世紀後半の年代であった。深度 81 cm で  $3275 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (3565 ~ 3450 cal BP) であり、縄文時代後期後葉に相当する年代であった。

以上のように、TR-2 では深度 81 cm でも縄文時代後期後葉までしか到達しておらず、最終氷期の良好な堆積物は得られなかった。

#### 4-2 TR-2 (図1, 図3)

次に、TR-2 について上位の堆積物から見ていきたい。まず、TR-2 の L 字アングルから採取した試料から採取した泥炭層 (深度 49 ~ 50 cm, No. 1366) から、 $590 \pm 15$   $^{14}\text{C}$  BP (645 ~ 540 cal BP, 1305 ~ 1410 cal AD) の測定結果を得た。この年代は、おおよそ鎌倉時代の終わりから室町時代にかけての時期に相当する。

TR-2 トレンチの堆積物には、深度 150 cm ~ 170 cm にある砂層を挟んで上下で大きな不整合があると考えられ、砂層の上位の褐色泥炭 (深度 140 ~ 145 cm, TR-2  $^{14}\text{C}$ -4) は  $3875 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (4415 ~ 4240 cal BP) で縄文時代後期前葉に相当する年代であった。この褐色泥炭は、広原湿原周辺における縄文時代後期前葉から後葉の古環境を知る上で重要な層準である。一方、砂層の下位にある、深度 170 cm ~ 180 cm 前後

の泥炭質砂層と、さらにその下位にある深度 190 ~ 210 cm 前後の黒色泥炭層は、 $8605 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  BP (9630 ~ 9525 cal BP) ~  $8815 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  BP (10120 ~ 9695 cal BP) で 3 点の測定結果が良く一致した。これは、縄文時代早期前葉から中葉に相当する年代である。縄文時代早期の押型文土器も広原 II 遺跡 TP-3・EA-2 で確認されており、深度 170 ~ 210 cm 前後の泥炭層の試料はおおよそこの時期の古環境を示すものとして捉えられる。なお、TR-2 の測定試料は最も古いもので  $8815 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  BP (TR-2  $^{14}\text{C}$ -2) であり、地表下約 2 m でも最終氷期までは届いていないことがわかった。深度 260 ~ 265 cm で採取した褐色腐植土層の堆積物ブロックを洗い出し、草本質の試料を測定に用いたが ( $^{14}\text{C}$ -1,  $7110 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  BP, 7950 cal BP 前後)、上位の試料の年代と逆転している。これは上位からの混入など、試料自体に問題があった可能性が考えられる。ただし、植物珪酸体の分析では、TR-2 の最下部が MIS2 に相当すると指摘されており (佐瀬・細野, 2014)、明確な年代は得られていないが、最下部は最終氷期に届いている可能性があることを指摘しておく。

#### 4-3 HB-1A (図4)

2012 年度に掘削した広原湿原のボーリングコアである HB-1A は深度 3.7 m ほどで基盤に到達している。これまで HB-1A では合計で 8 点の年代測定結果を得た。深度 98.5 cm で泥炭層から採取した木材片は  $3575 \pm 20$   $^{14}\text{C}$  BP (3965 ~ 3830 cal BP) であり、縄文時代後期

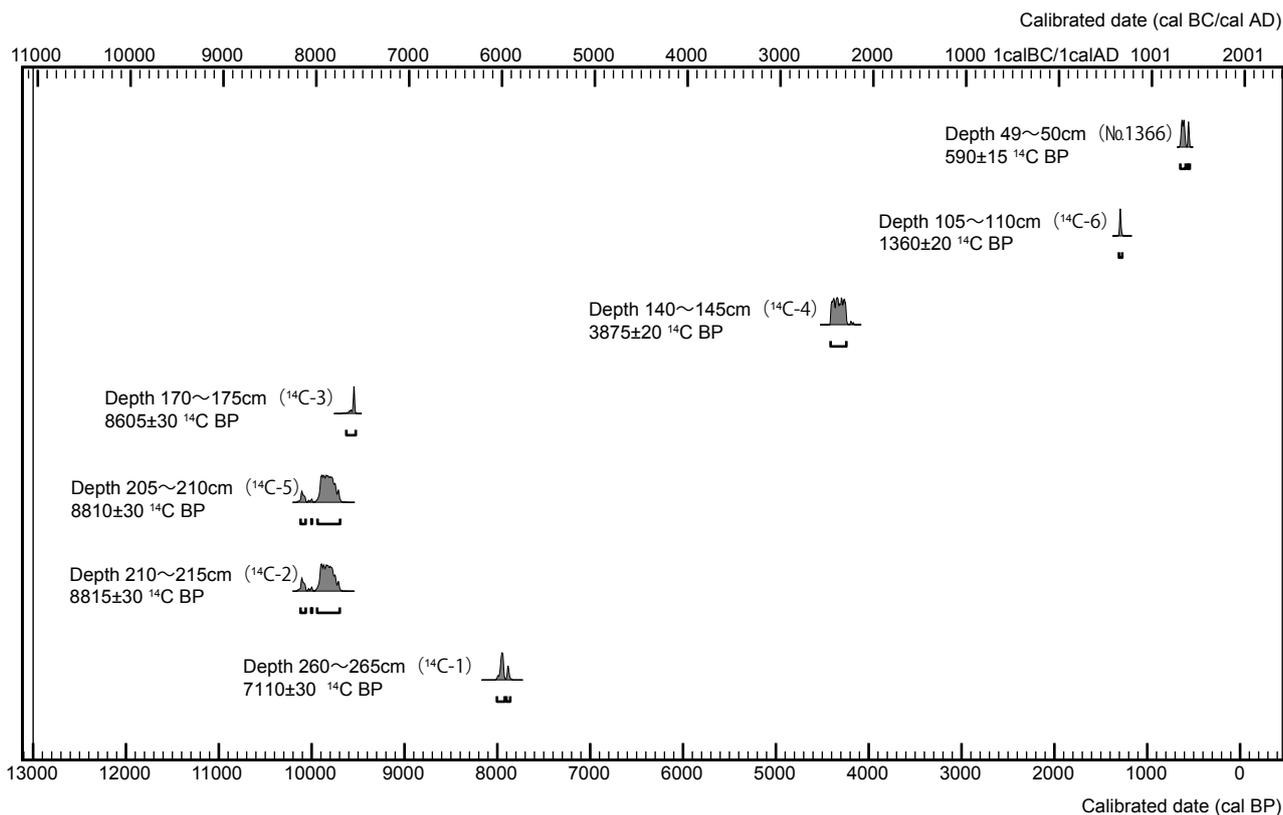


図3 広原湿原 TR-2 における放射性炭素年代測定結果  
 Fig. 3. Results of radiocarbon dating of the Hiroppara bog TR-2

中葉に相当する年代である。この泥炭層は TR-2 の深度 120 ~ 150 cm 付近にあった褐色泥炭の年代や、TR-1 の深度 81 cm の泥炭の年代とも近いことから、同一時期に堆積した泥炭層と考えられる。

HB-1A の深度 140 cm 付近には砂層があり、その砂層の下位の泥炭では 12420 ± 40 <sup>14</sup>C BP (14830 ~ 14190 cal BP, HMR-2, 深度 150.5 cm), 12280 ± 35 <sup>14</sup>C BP (14430 ~ 14040 cal BP, 深度 150 cm), 13190 ± 35 <sup>14</sup>C BP (16025 ~ 15690 cal BP, HMR-3, 深度 163.5 cm) の年代が得られた。これは後期旧石器時代の終末から縄文時代草創期の隆起線土器の時期に相当する年代である。

深度 208.6 cm の有機質砂層では 15980 ± 45 <sup>14</sup>C BP (19490 ~ 19100 cal BP) が得られた。これは後期旧石器時代後半期の尖頭器石器群から細石刃石器群の初期の年代に近い。また、深度 268.7 cm の砂礫層中の木材では 22940 ± 70 <sup>14</sup>C BP (27480 ~ 27085 cal BP) の年代が得られた。これは後期旧石器時代後半期前葉に相当し、立川ロームIV層下部からV層の石器群の年代に近い。これらの年代が確かであれば、ボーリング

コア HB-1A には最終氷期最寒冷期の堆積物が含まれていることになる。これらの層準の花粉分析結果は、当時の古環境とヒトによる黒曜石原産地の開発との関係を明らかにしていく上で、今後重要な資料となるだろう。

なお、最下部付近から採取された草本の茎（試料 No. 461）は、測定前から上位からの混入が予測されていたが、同一層準で代替となる植物遺体が含まれていなかったことから、予備的に測定した試料である。得られた年代は 2700 ± 25 <sup>14</sup>C BP (2800 cal BP 前後) と極めて新しい年代であった。このことは、広原湿原に生育していた草本質の植物の茎や根が、かなり深い深度まで侵入していることを示しており、これらの試料は広原湿原においては年代測定試料として不適当であることを再確認する結果となった。

深度 353.8 cm の木材の試料 (HMR-4) は 12980 ± 40 <sup>14</sup>C BP (15725 ~ 15305 cal BP) であり、深度と年代が矛盾している。これは、深度 150 cm 前後の堆積物から得られた木材の放射性炭素年代と良く一致している。この年代がどのような意味を持つのか、ボー

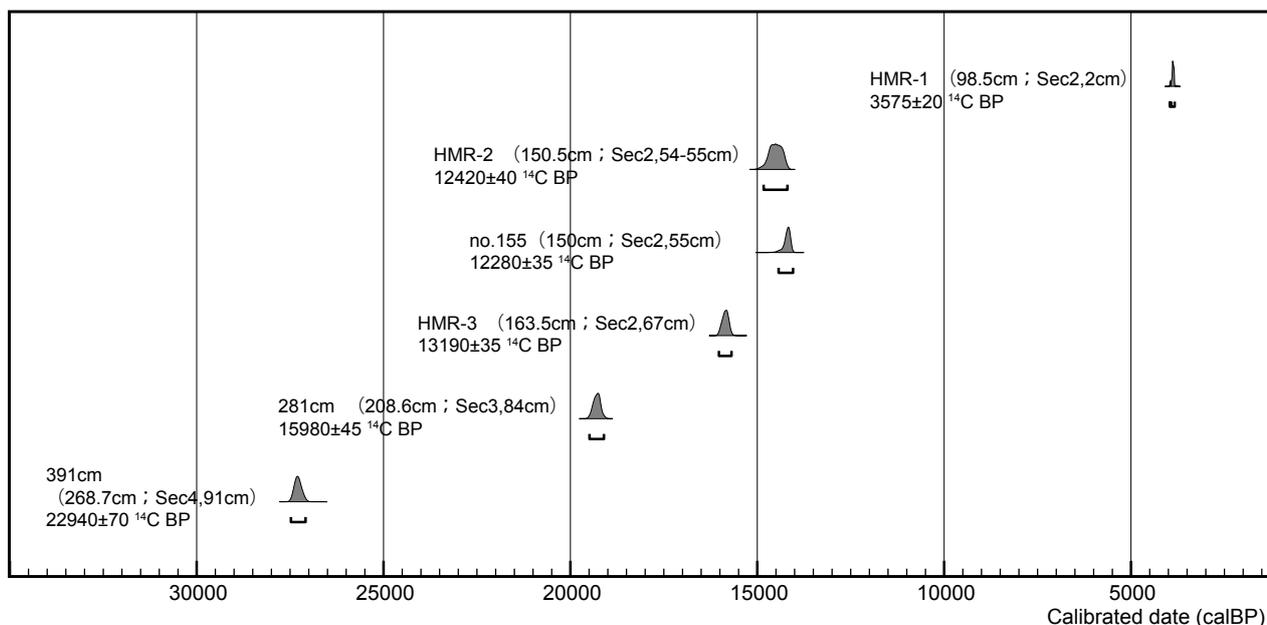


図4 広原湿原ボーリングコア HB-1A における放射性炭素年代測定結果  
 Fig. 4. Results of radiocarbon dating of the HB-1A boring core from the Hiroppara bog

リング掘削時に試料の落ち込みなどの何らかのサンプルリングエラーがあった可能性がないのかについては、今後追加試料の測定を行うことで解決していきたいと考えている。

#### 4-4 広原II遺跡 (図5)

広原II遺跡のEA-2で局部磨製石斧の出土地点付近で採取された炭化材の年代は、26550±90 <sup>14</sup>C BP (31020 ~ 30625 cal BP)であった。これは、後期旧石器時代前半期に相当する年代である。この時期の石器群の年代測定事例が少ないが立川ロームのVI層段階の石器群の年代に近いと考えられる。なお、始良Tn火山灰(AT)については、最近福井県の水月湖の堆積物によっても年代が求められており、30009±189 cal BPとされている (Smith et al., 2013) (図5)。広原第II遺跡のEA-2で採取された炭化材はAT直下の時期のもと考えて良いだろう。出土した局部磨製石斧の年代観からみるとやや新しい印象があり、局部磨製石斧の年代を示すものかどうかについては、今後、出土層準と出土石器の詳細な検討が必要であろう。

#### 引用文献

工藤雄一郎 2012『旧石器・縄文時代の環境文化史—高精度放射性炭素年代測定と考古学—』, 376p., 新

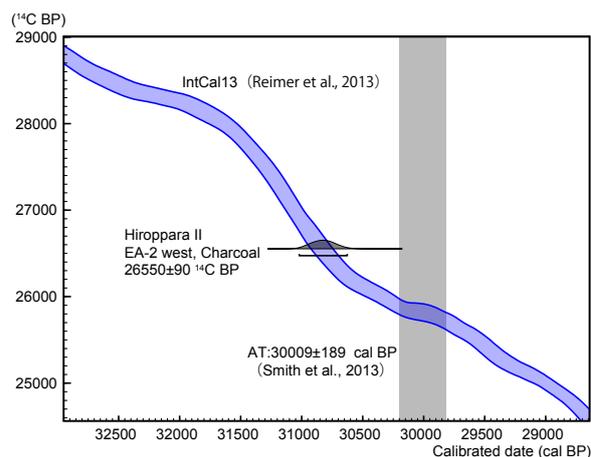


図5 広原第II遺跡における放射性炭素年代測定結果  
 Fig. 5. Results of radiocarbon dating of the Hiroppara II site

泉社

公文富士夫 2014「長野県長和町、広原湿原とその周辺の学術ボーリングの結果について」『ヒト-資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築 2013年度公開研究集会 要旨集』, p.18., 明治大学黒耀石研究センター

公文富士夫 2016「長野県長和町、広原湿原および周辺陸域におけるボーリング調査報告」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫 (編) 2016『長野県中部高地における先史時代人類誌—

- 広原遺跡群第1次～第3次調査報告書一』明治大学黒耀石研究センター資料・報告集1（本報告書），明治大学黒耀石研究センター
- Reimer P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliadason, H., Hajdas, I, Hatt, C., Heaton, T.J., Hogg, A. G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D.A., Scott, E. M., Southon, J.R., Turney, C. S. M., and van der Plicht, J. 2013 IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal BP. *Radiocarbon* 55-4: 1869-1887.
- Ramsey, B. C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51-1: 337-360.
- 佐瀬 隆・細野 衛 2014「広原湿原堆積層と周辺域土壌の植物珪酸体記録」『ヒト-資源環境系の歴史的変遷に基づく先史時代人類誌の構築 2013年度公開研究集会 要旨集』, pp.24-29., 明治大学黒耀石研究センター
- 研究センター
- 島田和高・橋詰 潤・会田 進・中村由克・早田 勉・隅田祥光・土屋美穂・及川 穰 2016「III 広原遺跡群の発掘調査」小野 昭・島田和高・橋詰 潤・吉田明弘・公文富士夫（編）『長野県中部高地における先史時代人類誌—広原遺跡群第1次～第3次調査報告書一』明治大学黒耀石研究センター資料・報告集1（本報告書），明治大学黒耀石研究センター
- Smith, V.C., R. A. Staff, S. P. E. Blockley, C. B. Ramsey, T. Nakagawa, D. E. Mark, K. Takemura, T. Danhara 2013 Identification and Correlation of Visible Tephra in the Lake Suigetsu SG06 Sedimentary Archive, Japan: Chronostratigraphic Markers for Synchronising of East Asian/West Pacific Palaeoclimatic Records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews* 67: 121-137.
- 吉田邦夫 2004「火炎土器に付着した炭化物の放射性炭素年代」新潟県立博物館編『火炎土器の研究』, pp.17-36., 同成社

## Radiocarbon dating of the Hiroppara Bog and the Hiroppara site II

Yuichiro Kudo <sup>1\*</sup>

Radiocarbon dating was performed on 19 samples from the Hiroppara bog (Trench TR-1, TR-2 and Boring core HB-1A) and the Hiroppara site II. For TR-1 the results show that the layer at 81cm depth dates to  $3275 \pm 20$  <sup>14</sup>C BP (3565-3450 cal BP) and also that no Last Glacial sediment was available in the trench. With regard to TR-2, a sample from 49-50 cm depth was dated to  $590 \pm 15$  <sup>14</sup>C BP (645-540 cal BP, 1350-1340 cal AD), and another from 140-145 cm in depth dates to  $3875 \pm 20$  <sup>14</sup>C BP (4415-4240 cal BP). The sediment from 140-145 cm therefore belongs to the Late Jomon period. The chronology for the samples coming from 170-210 cm ranges from  $8605 \pm 30$  <sup>14</sup>C BP (9630-9525 cal BP) to  $8815 \pm 30$  <sup>14</sup>C BP (10,120-9695 cal BP). These belong to the early and middle phase of the Initial Jomon period. In the case of HB-1A, a sample from 98.5 cm was dated to  $3575 \pm 20$  <sup>14</sup>C BP (3965-3830 cal BP), coinciding with the middle phase of Late Jomon period. Samples from 150 cm date to  $12420 \pm 40$  <sup>14</sup>C BP (14,830-14,190 cal BP), and 163.5 cm date to  $13,190 \pm 35$  <sup>14</sup>C BP (16,025-15,690 cal BP). These dates range from the final phase of the Upper Palaeolithic to the Incipient Jomon period. The sample from 208.6 cm dates to  $15980 \pm 45$  <sup>14</sup>C BP (19,490-19,100 cal BP), and therefore belongs to the point industry phase and the early microblade industry phase of the late Upper Palaeolithic. The sample from 268.7 cm dates to  $22,940 \pm 70$  <sup>14</sup>C BP (27,480-27,085 cal BP), which is during the late Upper Palaeolithic. A charcoal sample collected from the vicinity of an edge-ground stone adze at the Hiroppara site II was dated to  $26,550 \pm 90$  <sup>14</sup>C BP (31020-30625 cal BP), which places it to the Early Upper Palaeolithic.

Key words: Hiroppara bog; Hiroppara site II; radiocarbon dating; Palaeolithic; Jomon; Last Glacial.

---

1 National Museum of Japanese History

\* Corresponding author: Yuichiro Kudo (kudo@rekihaku.ac.jp)

# 長野県広原湿原における花粉分析と 微粒炭分析からみた 過去3万年間の植生変遷と気候変動

吉田 明弘<sup>1\*</sup>・叶内 敦子<sup>2</sup>・神谷 千穂<sup>2</sup>

## 要 旨

長野県長和町広原湿原における湿原堆積物の花粉分析と微粒炭分析を行い、過去3万年間における中部高地の植生変遷と気候変動を明らかにした。約30～17 ka cal BPには、気候の寒冷化によって森林限界が標高1,000～1,400 mに低下しており、中部高地ではハイマツ低木林や草原、裸地などの高山植生が広がっていた。約17 ka cal BPになると、晩氷期の温暖化によって森林限界は上昇し、中部高地で森林化が始まった。約17～11.2 ka cal BPには、カバノキ属と亜寒帯性針葉樹の混交林が広原湿原周辺を覆った。また、ヤンガードリアス寒冷化イベント（12.4～11.7 ka cal BP）の影響により、中部高地では約13～11 ka cal BPに一時的な森林限界の低下が生じた。その後、約11.2～2.9 ka cal BPには安定した温暖な気候下でコナラ亜属を主体とする冷温帯性落葉広葉樹林が広がった。約2.9～0.7 ka cal BPには、山火事の攪乱によってツガ属やモミ属、スギ属などの温帯性針葉樹が拡大した。約0.7 ka cal BP～AD1918年の中部高地では森林への人為的な干渉の増大し、アカマツ二次林が拡大した。AD1918年以降には植林事業により、湿原周辺の森林はカラマツ植林となった。

キーワード：花粉分析、微粒炭分析、広原湿原、中部日本

## 1. はじめに

長野県霧ヶ峰や八ヶ岳を中心とした中部高地周辺では、これまで多くの花粉分析結果が報告され、最終氷期以降の植生変遷や気候変動が議論されてきた（Hori, 1957；Tsukada, 1967；Morita, 1985；安間ほか, 1990；竹岡, 1991；津田, 1991；酒井・国信, 1993；叶内・杉原, 2007；大嶋ほか, 2007など）。とくに、津田（1990）は長野県入笠山の大阿原湿原（標高1,800 m）における樹木花粉と非樹木花粉の比率から、最終氷期には高標高部でも森林が存在していた可能性を指摘した。しかし、近年における様々な古気候指標は、最終氷期極相期の日本列島には年平均気温が約7°Cも低下していたと推定されている（安田・成田, 1981；安田, 1983；阪口, 1989など）。これを基にして、最終氷期

極相期における中部高地の垂直的な植生帯の変動量を計算すると、大阿原湿原周辺には森林が存在していたとは考え難い。

一般に、山岳地域では上昇・下降気流が生じ、風によって運搬される花粉化石の比率だけで森林の有無を推測することは困難である（守田, 1984, 2004）。そのため、守田（2004）は、花粉分析から森林の有無の推定する場合には、1）高山帯のみに生育する特徴的な花粉化石の産出状況、2）花粉濃度／花粉堆積量などの複数の指標に基づいた議論を組み合わせる必要があると指摘している。したがって、中部高地における最終氷期以降の植生変遷については未だ不明な点が多く残されており、定量的な花粉分析に基づいた植生復元やそれに基づいた気候変動の解明が必要である。

中部高地は、旧石器時代から黒曜石産地として人類活

1 鹿児島大学法文学部

2 明治大学黒曜石研究センター

\* 責任著者：吉田明弘 (yoshi.akitan@gmail.com)

動が活発に行われた地域でもある。中部高地の広原湿原（標高 1,400 m）周辺では、旧石器時代からの多数の遺跡群が点在しており（Shimada, 2012）、最終氷期以降の人類活動の基盤となった植生変遷や気候変動を解明できる可能性がある。これまで広原湿原では、酒井・国信（1993）と酒井（1996）により湿原堆積物の花粉分析結果が報告されている。しかしながら、 $^{14}\text{C}$  年代測定やテフラ年代に基づいた湿原堆積物の年代軸は得られておらず、詳細時系列に沿った植生変遷や気候変動の解明はなされていない。

本研究では、この中部高地の広原湿原から得られた過去 3 万年間の連続的な堆積物について花粉分析を行った。なお、広原湿原で採取された HB-1A コアの花粉分析結果とそれに基づいた最終氷期以降の森林植生と人類活動の関係史については、すでに Yoshida et al. (2016) で報告した。そこで、本稿では広原湿原のトレンチから採取された TR2 地点の花粉分析結果を加え、過去 3 万年前以降の広原湿原周辺における植生変遷と気候変動について考察する。

## 2. 調査地の概観

長野県広原湿原（標高 1,400m, 36°9'21"N, 138°9'10"E）は和田川に流入する支谷に形成された湿原である。この湿原は、黒曜石の原産地である中部高地に位置しており（Kannari et al., 2014）、その標高は広原遺跡群（標高 1,400 m）や鷹山遺跡群（標高 1,500m）などの旧石器時代から縄文時代の主要な遺跡群とほぼ同じである（Shimada, 2012）（図 1）。このことは、広原湿原における花粉分析データが、中部高地における旧石器時代以降の人類活動に影響を与えた植生変遷および気候変動を記録している可能性があることを示している。

広原湿原周辺の地質は、第四紀前期の流紋岩質火山岩によって特徴づけられる（地質調査総合センター, 2014）。広原湿原の西側には、巨大な地すべり土塊が分布していることから、この土塊によって谷が閉塞されたことで泥炭湿原が形成されたものと推測される（図 1）。湿原周辺の斜面には、直径約 30～50 cm の角礫から構成される岩塊流が散在し、いくつかのガリーが

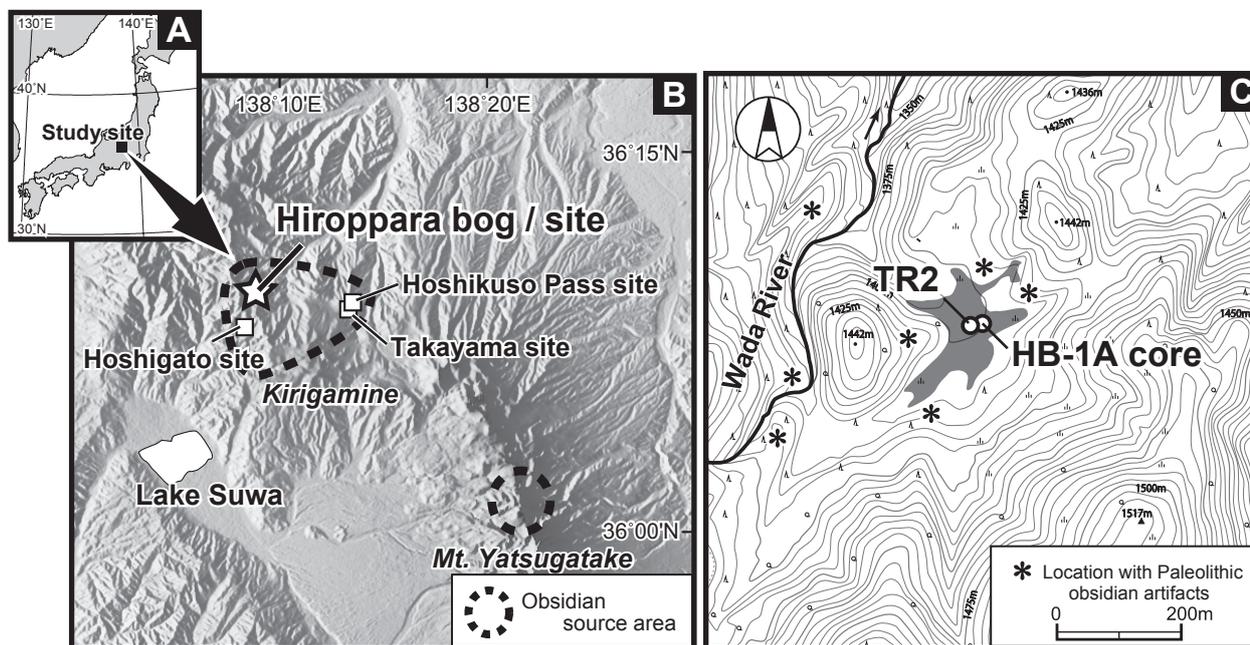


図 1 (A) 調査地の位置, (B) 中部高地における主要な黒曜石の原産地と旧石器・縄文遺跡群, (C) 広原湿原における試料採取地点の位置と地形学的・考古学的な概観  
Yoshida et al. (2016) を引用した。

Fig. 1. (A) Location of the study site within Japanese archipelago, (B) major obsidian source areas and archaeological sites during the Paleolithic and Jomon periods in central highland, Japan, (C) trench and drilling sites at the Hiroppara bog with geomorphological and archaeological setting in local scale

The figure is after Yoshida et al. (2016).

湿原内に流入している。

この地域の自然植生は、ミズナラ *Quercus crispula* やクマシデ *Carpinus japonica* などの冷温帯性落葉広葉樹林が標高約 1,500m までを覆っている（宮脇編，1987；柴田，1994）。標高約 1,500～2,500 m までには、オオシラビソ *Abies mariesii* やシラベ *A. veitchii*，トウヒ *Picea jezoensis* var. *hondoensis* などの亜高山帯性針葉樹林が分布しており，標高 2,500 m 以上はハイマツ *Pinus pumila* やササ類，砂礫地などからなる高山帯が形成されている。この地域における現在の森林限界は標高 2,500 m 付近であり，その標高は周氷河環境の下限とほぼ一致する。本来であれば，広原湿原の周辺は冷温帯性落葉広葉樹林に覆われているが，AD1918 年の植林事業によりカラマツ林が覆っている。

### 3. 試料と方法

花粉分析の試料には，2011 年に広原湿原で掘削された TR2 地点のトレンチ，2012 年に機械ボーリングが行われた HB-1A 地点のボーリングコア試料を用いた（図 1）。各地点における花粉分析は TR2 地点では叶内敦子と神谷千穂，HB-1A 地点では吉田明弘が担当した。各地点における花粉分析の試料と処理方法は以下の通りである。

#### 3-1 TR-2 地点における花粉分析

花粉分析には，TR2 地点のトレンチ壁面から採取された堆積物（TR-2B）最上部（深度 3～4 cm）から深度 300 cm まで，10 cm 間隔で厚さ約 1 cm の試料を切り分けた。また，深度 154～185 cm までは泥炭の状態が良好であるため，約 5 cm 間隔で切り分けし，合計 34 試料を採取した。

花粉分析の試料は KOH-ZnCl<sub>2</sub>（比重 1.90）-アセトリシス法により処理を行い，試料の残渣をグリセリンゼリーで封入した。検鏡は，200 倍または 400 倍の光学顕微鏡下で行った。花粉・孢子化石の計数には，樹木花粉（Arboreal Pollen, AP；高木花粉と低木花粉を合計したもの）を 400 個以上としたが，試料に含まれる化石花粉が十分ではない層位では，樹木花粉 200 個以上を同定・計数した。さらに花粉化石の含有量が少ない場合には，カバーガラス 1 面分を検鏡した。な

お，ハンノキ属 *Alnus* が多量に検出されると花粉組成を歪めることがあるため，非樹木花粉（Non-Arboreal Pollen; NAP）とした。シダ孢子は単条溝型孢子と三条溝型孢子 Trilete fern spore に形態分類したが，コケスギラン *Selaginella Selaginoides* は別に計数した。

花粉組成図は AP の総数を基数として，樹木花粉と非樹木花粉，シダ孢子の各分類群を百分率で示した（図 2）。形態による識別が困難な花粉分類群はハイフンで結んで示した。図中には，樹木花粉数が 400 個以上の試料については黒，400 個未満の試料についてはグレー，100 個未満の試料については出現花粉・孢子を + で示した。樹木花粉と非樹木花粉，シダ孢子の比率は，花粉・孢子化石総数を基数として，各要素の比率を求めた。

植物珪酸体分析試料（TR-2C）の下部における花粉分析を行ったが，花粉・孢子化石が少なかった。そのため，本報告では，参考として花粉組成図に示す。

#### 3-2 HB-1A 地点における花粉分析と微粒炭分析

花粉分析の試料には，HB-1A 地点より採取されたボーリングコア（以下，HB-1A コアと略す）から，約 2～4 cm 毎にキューブ状（厚さ：1.2 cm，堆積：2.44 cm<sup>3</sup>）の 88 試料を採取した（図 3）。各試料には，花粉濃度（grains/cm<sup>3</sup>）と花粉堆積量（grains/cm<sup>2</sup>/year）を計算するために，英国製プラスチックマーカー（Palynospheres, 22.6 μm マーカー濃度：1.63 ± 0.08 × 10<sup>4</sup> 粒/ml, 45.5 μm マーカー濃度：7.84 ± 0.37 × 10<sup>3</sup> 粒/ml）を 1.0 から 0.5ml 加えた。試料の処理は，10% KOH 溶液によりフミン酸の除去と泥化をし，約 250 μm メッシュの金網によって物理的ろ過を施した。そして，10% HCl 溶液によりカルシウムを除去した後，比重 1.68～1.70 の ZnCl<sub>2</sub> 飽和溶液を用いて比重分離を行った。抽出した試料は，アセトリシス混合液によってセルロースを溶解し，塩基性フクシンを用いて染色した。試料の残渣はグリセリンゼリーにて封入し，プレパラートを作成した。

花粉・孢子化石の同定作業は，250～600 倍の光学顕微鏡下において高木花粉が 300 個に達するまで行った。この間に出現した低木花粉，草本花粉，シダ類孢子を同定・計数した。出現率は，高木花粉はこの総和を基数として，その他の非高木花粉である低木花粉，草本花粉，シダ類孢子はすべての花粉・孢子化石の総

和を基数として百分率で示した。なお、花粉生産性が高く、湿地林を形成するハンノキ属 *Alnus* は高木花粉から除外した。この作業に加え、この地域における山火事の頻度を検出するために、微粒炭 (10 ~ 250  $\mu$  m) を計数した。花粉分析の結果は、高木花粉のクラスター分析の結果に基づいて局地花粉帯 (以後、「花粉帯」または「帯」と略す) に区分した (CONISS ; Grimm, 1987)。

花粉流入量は、森林域と非森林域を区分する上で重要なパラメーターとなる (Faegri and Iversen, 1989)。しかし、調査地によって自然条件 (風向や風量、植生、地形など) が異なるため、森林域と非森林域を区分する閾値の設定は困難とされている。前述のように、広原湿原周辺における自然植生は 1918 年までに伐採され、カラマツ林が一斉に植林された。すなわち、20 世紀初頭の広原湿原周辺は一時的に非森林域であったと推測される。広原湿原におけるカラマツ属の花粉化石の急増は 1918 年以降を示し、その層準における高木花粉の花粉流入量 (PART; pollen accumulation ratio for tree) は、森林域と非森林域を判別する重要な閾値である。また、広原湿原の堆積物には大きな不整合は認められず、堆積速度も安定的であることから、年代モデルによる花粉流入量への影響は少ないと推測される。後述するが、カラマツ属の出現が開始する HR-P2 層準における高木花粉の堆積量を森林域 (高値) と非森林域 (低値) を判別する閾値とした。

#### 4. 分析結果

以下に、TR2 地点と HB-1 地点における各種分析の結果について述べる。

##### 4-1 TR2 地点の花粉分析

図 2 に TR2 地点における花粉組成図を示す。この地点では、深度 289 ~ 290 cm の試料を除き、深度 229 ~ 230 cm より下位の試料では花粉・胞子化石がほとんど検出されなかった。主要な樹木花粉の出現傾向を基に、下位より TR2-1 ~ 5 の 5 花粉帯に区分した。なお、樹木花粉の総数が 200 個以上の試料は、花粉の出現率がほぼ安定していると仮定した。花粉帯の深度は、分析試料の下限と上限深度で示した。以下は、各花粉

帯の特徴について述べる。

TR2-1 帯 (深度 220 ~ 194.5 cm) : 落葉広葉樹のクマシデ属 *Carpinus* の比率が高く、ツツジ科 Ericaceae も低率であるが、連続して出現する。針葉樹はツガ属 *Tsuga* が多く、下部ではマツ属 *Pinus*、モミ属 *Abies* の出現率がやや高い。非樹木花粉ではイネ科 Gramineae、カヤツリグサ科 Cyperaceae、ヨモギ属 *Artemisia* が 10 ~ 20% 出現する。シダ胞子では、単条溝型シダ類胞子 *Monolete fern spore* の比率が高く、下部でコケスギラン胞子 *Selaginella Selaginoides* も高率で出現する。花粉・胞子総出現率では樹木花粉が 50% 以下である。

TR2-2 帯 (深度 194.5 ~ 154.5 cm) : 落葉広葉樹のコナラ亜属 *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* とクマシデ属が主要素で、ブナ属 *Fagus* とクリ属-シイ属 *Castanea-Castanopsis* は低率であるが、連続的に出現する。針葉樹の花粉化石は連続して出現するが、10% 以下である。非樹木花粉の組成は前帯とほぼ同様である。シダ類胞子ではコケスギランが低率ではあるが、連続して出現する。花粉・胞子化石の総出現率は樹木花粉の比率が 50% 前後になる。

TR2-3 帯 (深度 154.5 ~ 84.5 cm) : コナラ亜属とクマシデ属、その他の落葉広葉樹類が優占する。一方、針葉樹の花粉化石の出現率はおおむね減少する。非樹木花粉のハンノキ属は、本帯での出現率が最も高い。シダ類胞子は前帯より減少し、コケスギラン胞子は出現しなくなる。花粉・胞子総出現率の変動が大きい。

TR2-4 帯 (深度 84.5 ~ 24.5 cm) : コナラ亜属、クマシデ属、カバノキ属 *Betula* などの落葉広葉樹の花粉化石が優占し、モミ属やツガ属、トウヒ属 *Picea* などの針葉樹の花粉化石の出現が増加する。非高木花粉ではハンノキ属の出現率が減少する。シダ類胞子では、単条溝型シダ類胞子が高出現率となる。花粉・胞子総出現率ではシダ類胞子の比率が高く、樹木花粉は 30% 程度に低下する。

TR2-5 帯 (深度 20 ~ 3 cm) : マツ属が優占し、ツガ属やモミ属、トウヒ属などの針葉樹の花粉化石がこれに随伴する。落葉広葉樹の花粉化石は低率になる。非樹木花粉とシダ類胞子も減少する。

##### 4-2 HB-1A 地点の花粉分析と微粒炭分析

###### 4-2-1 HB-1A 地点の花粉組成

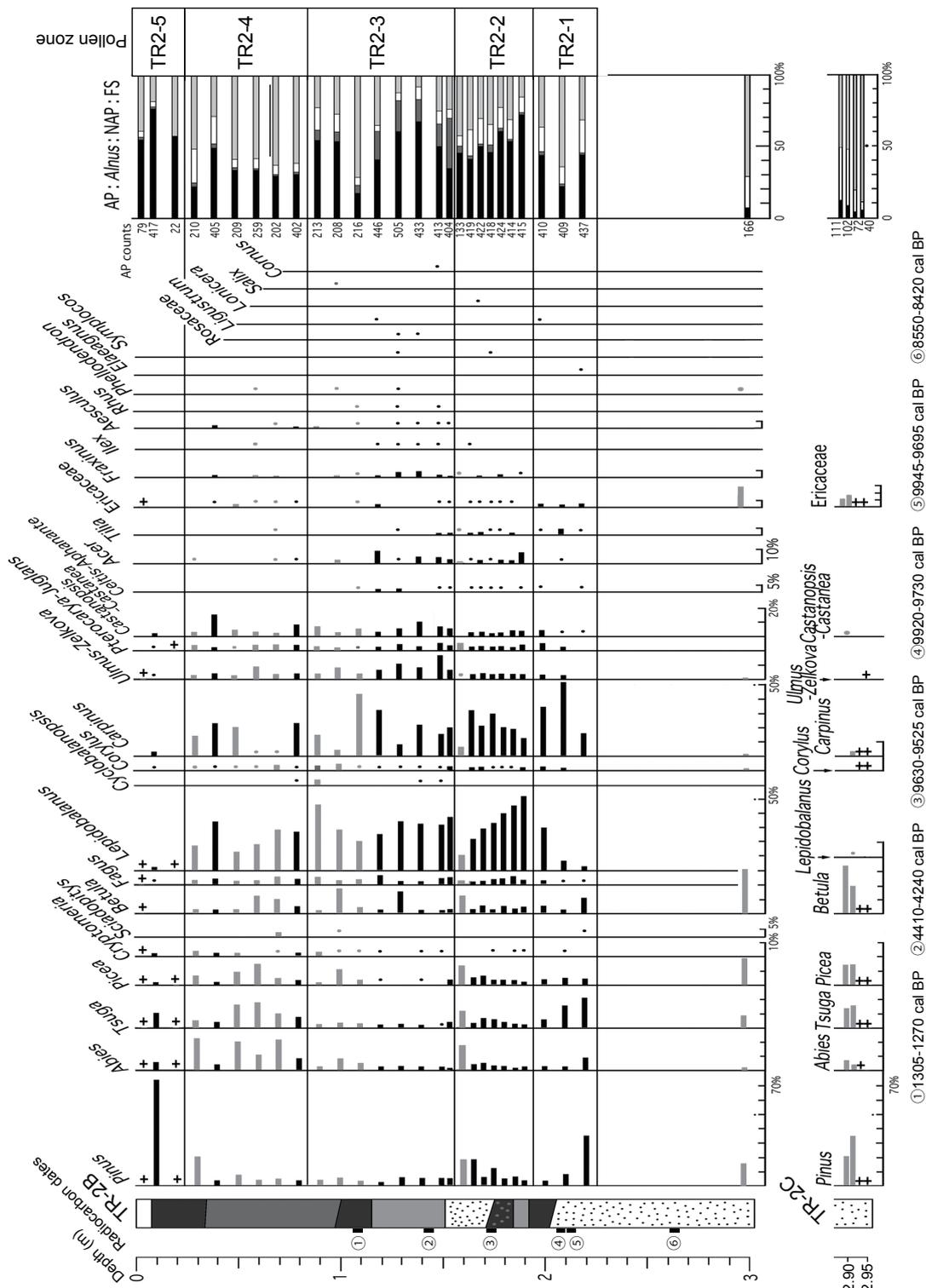


図2 広原湿原におけるTR2地点の花粉組成図

黒と灰色は、それぞれAP個数が400個以上と400～100個の層準を示す。プラス(+)はAP個数が100個未満の層準である。点は1%以下を示す。

Fig. 2. Diagram of pollen percentage at TR2 site, Hiroppara bog

Black and gray bars show that total of AP in the sample were counted over 400 and between 400 to 100 grains, respectively. Plus marks represent that total of AP were counted under 100 grains in the sample. Circles indicate percentages < 1%.



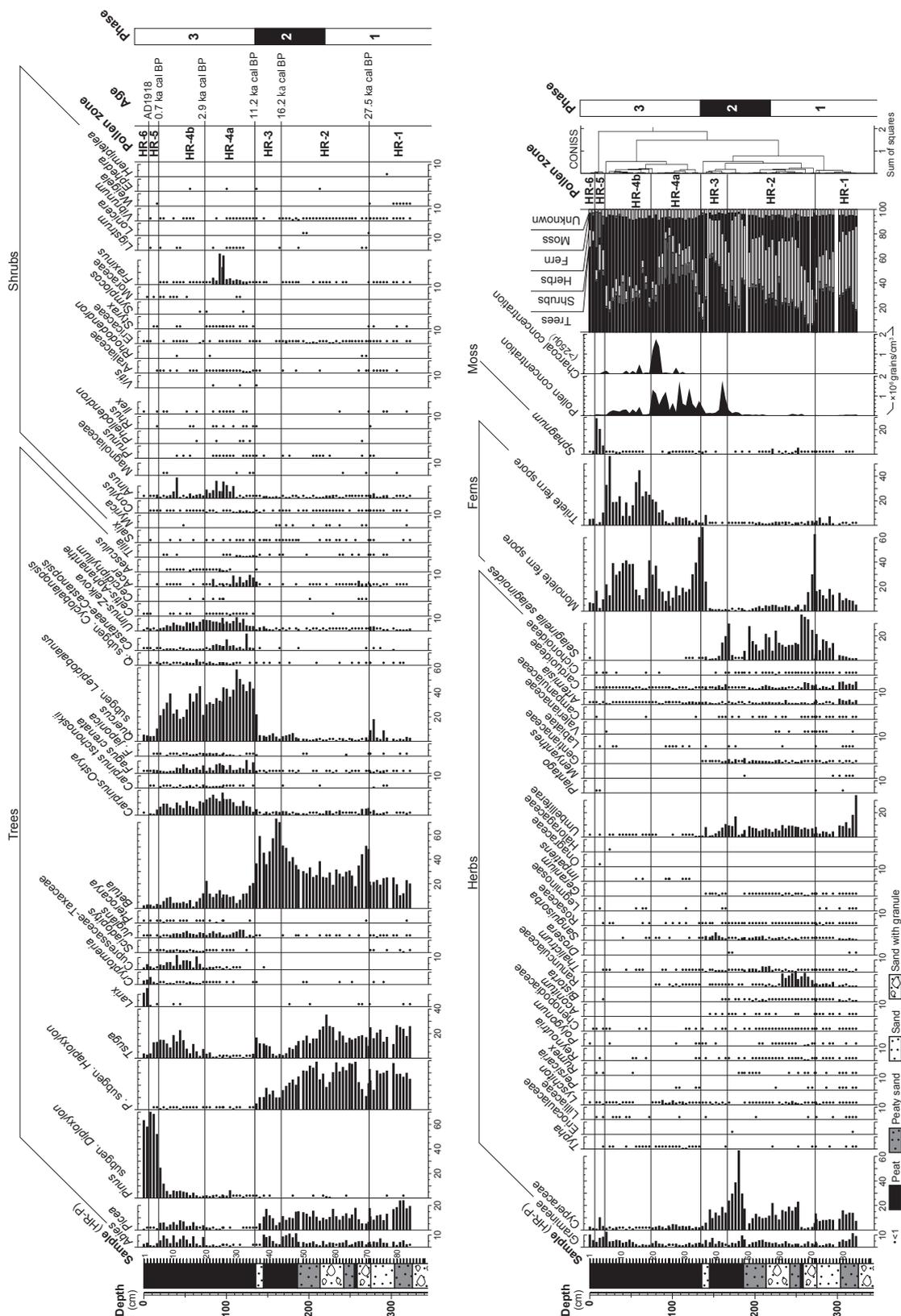


図3 広原湿原におけるHB-1A地点の花粉組成図  
 点は1%以下を示す。Yoshida et al. (2016) を引用した。  
 Fig. 3. Diagram of pollen percentage and charcoal concentration at HB-1A site, Hiroppara bog  
 Circles indicate percentages < 1%. The figure is after Yoshida et al. (2016).

図3にHB-1Aコアから得られた花粉組成図を示す。花粉分析の結果から、花粉化石では84分類群、孢子化石は4分類群を同定した。高木花粉のクラスター分析の結果を基に、下位より6花粉帯(HB)に区分した。さらに、HB-4帯はaとbの2亜帯に細分した。以下は、各花粉帯の特徴について述べる。

HB-1帯(深度326.0～73.0 cm)：マツ属単維管束亜属 *Pinus* subgen. *Haploxyylon* が38～16%、ツガ属が26～11%、トウヒ属が24～8%と、針葉樹花粉が優占する。落葉広葉樹ではカバノキ属が最大で25.4%と安定的な出現率となり、コナラ亜属は本帯上部で急増するが目立つ。草本花粉およびシダ類胞子は全体的に高率である。とくに、コケスギランが上部に向かって増加傾向である。

HB-2帯(深度326.0～166.5 cm)：カバノキ属が最大51%と高率で、マツ属単維管束亜属やトウヒ属、ツガ属は上部に向かって減少傾向を示す。また、落葉広葉樹の花粉化石は低率であり、上部でコナラ亜属がわずかに増加するのが目立つ。草本花粉とシダ類胞子では、コケスギランが最大で37%と高率となり、カヤツリグサ科とキンポウゲ科 *Ranunculaceae* が下部で増加する。

HB-3帯(深度166.5～134.5 cm)：カバノキ属が下部で最大73.2%となる。前帯で優占していたカバノキ属と針葉樹は上部に向かって減少傾向を示す。コケスギランとセリ科 *Umbelliferae* が下部で減少する。カヤツリグサ科は上部に向かって減少する。単条型胞子が最上部にて急激に増加し、最大で71%となる。

HB-4帯(深度134.5～18.0 cm)：コナラ亜属が18.5～60%と優占する。クマシデ属-アサダ属 *Carpinus-Ostrya* とニレ属-ケヤキ属 *Ulmus-Zelkova* はそれぞれ最大で16.7%と11.4%となる。草本花粉の割合は低率である。シダ類胞子は高率となる。なお、本帯は4aと4bの2つの亜帯に細分される。HR-4a帯(深度134.5～74.0 cm)では亜寒帯性針葉樹の花粉化石は低出現率であり、HR-4b帯(深度74.0～18.0 cm)ではツガ属が22.9%、スギ属 *Cryptomeria* が10.8%、モミ属が9.7%と温帯性針葉樹の増加が目立つ。

HB-5帯(深度18.0～6.0 cm)：マツ属複維管束亜属 *Pinus* subgen. *Diploxyylon* が最大で70.5%と高率を示す。一方、コナラ亜属は著しく減少する。ミズゴケ

*Sphagnum* が最上部で29.3%となる。

HB-6帯(深度6.0～0 cm)：カラマツ属 *Larix* が11.4～15.2%と急激に増加する。前帯で優占したマツ属複維管束亜属は最大で63.7%と依然として高率である。

#### 4-2-2 HB-1A地点の高木花粉と微粒炭の年間堆積量

図4にPARTとMCARを示す。HR-2帯ではカラマツ属が出現し、さらにHR-P2試料ではPARTの急激な減少が認められたことから、AD1918年以降の広原湿原周辺における森林伐採とカラマツの植林を示している。したがって、湿原周辺における過去の森林域と非森林域を判別する重要な閾値として、本研究ではHR-P2試料のPART値を用いた。

過去3万年間における広原湿原のPARTは著しく変動しており(図4)、約20 ka cal BP以前のPARTは閾値を大きく下回る。約20～17 ka cal BPには急激に増加し、約17～14 ka cal BPには閾値を大きく上回るようになる。約13～11 ka cal BPにPART値の一時のカつ急減が認められる。その後、約11 ka cal BP以降のPART値は、約3 ka cal BP以降の僅かな減少を除けば、継続的に閾値を超える。また、微粒炭の年間堆積量(MCAR)の変動はPARTのものと一致する(図4)。すなわち、約30～20 ka cal BPには微粒炭は全く検出されない。約20 ka cal BP以降のMCAR値は増加し、約13～11 ka cal BPに一時的な減少が検出された。

## 5. 考察

### 5-1 局地花粉帯の設定

各地点における花粉帯の特徴から、広原湿原における局地花粉帯HR-1～6を設定した(図5)。なお、各花粉帯の年代は、湿原堆積物が連続的に採取でき、Yoshida et al. (2016)によって年代モデルが示されたHB-1Aコアの堆積速度を基にして求めた。HB-1Aコアのみに認められ、針葉樹花粉とカバノキ属の出現する花粉帯HB-1をHR-1帯(約30.0～27.5 ka cal BP)、カバノキ属の優占と針葉樹花粉の出現から花粉帯HB-2をHR-2帯(約27.5～16.2 ka cal BP)、カバノキ属の高率と針葉樹花粉の減少で特徴づけられる花粉帯HB-3をHR-3帯(約16.2～11.2 ka cal BP)とした。コナラ亜属の急増と落葉広葉樹花粉の優占から花

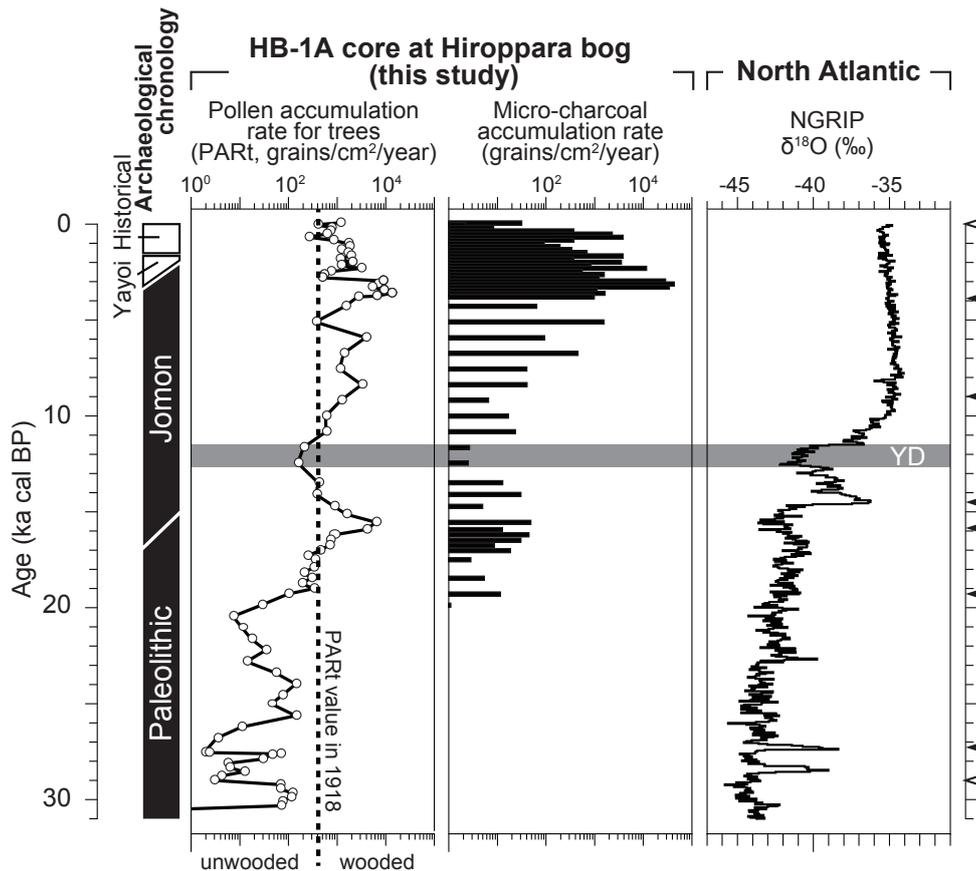


図4 広原湿原におけるHB-1A地点の高木花粉と微粒炭の年間堆積量

灰色部分は晩氷期における再寒冷化イベントを示す。黒と白の三角形は、それぞれ較正年代と地域的な花粉スペクトルによる年代値を示す。NGRIPの酸素同位体変動曲線はAnderson et al. (2004)に基づいた。ヤンガードリアス寒冷化イベント(12.4～11.7 ka cal BP, Stuiver and Grootes, 2000)。Yoshida et al. (2016)に加筆した。

Fig. 4. Accumulation rates for tree pollen and micro-charcoal at HB-1A site, Hiroppara bog

Gray shading shows a cold reversal event during the Last Glacial Termination. Black and white triangles show age-control points determined by calibrated ages and regional pollen spectra, respectively. Oxygen isotope curve in NGRIP is modified from Anderson et al. (2004). YD; Younger Dryas event (12.4-11.7 ka cal BP, Stuiver and Grootes, 2000). The figure is modified from Yoshida et al. (2016).

粉帯TR2-1～3とHB-4aをHR-4a帯(約11.2～2.9ka cal BP)とし、モミ属やツガ属、スギ属などの温帯性針葉樹の花粉化石の出現から花粉帯TR-4とHB-4bをHR-4b帯(約2.9～0.7ka cal BP)とした。また、マツ属複雑管束亜属の急増と優占から花粉帯TR-5とHB-5をHR-5帯(約0.7ka cal BP～AD1918年)、カラマツ属の増加から花粉帯HB-6をHR-6帯(AD1918年～現在)とした。

## 5-2 年代値と花粉組成からみた広原湿原堆積物の最下部における年代推定

広原湿原の花粉分析データは、最終氷期以降の中部

高地における植生変遷を記録していた(図2・3)。佐瀬ほか(2015)は、HB-1Aコアに始良Tn火山灰(AT)に類似したバブルウォール型火山ガラスが検出されることから、コア最下部の年代がMIS3(>30ka cal BP)まで遡るとしている。しかしながら、コア試料の最下部では<sup>14</sup>C年代測定やテフラによる年代値は得られておらず、コア試料には一次堆積物としてのテフラ層や火山ガラス濃集層は認められていない。また、佐瀬ほか(2015)では、火山ガラスの屈折率や密度などは示されていない。さらに、ATの降灰年代を約26～29ka cal BPとされているが、最新データでは29～30ka cal BPとして見直しがなされている。例えば、Miyairi

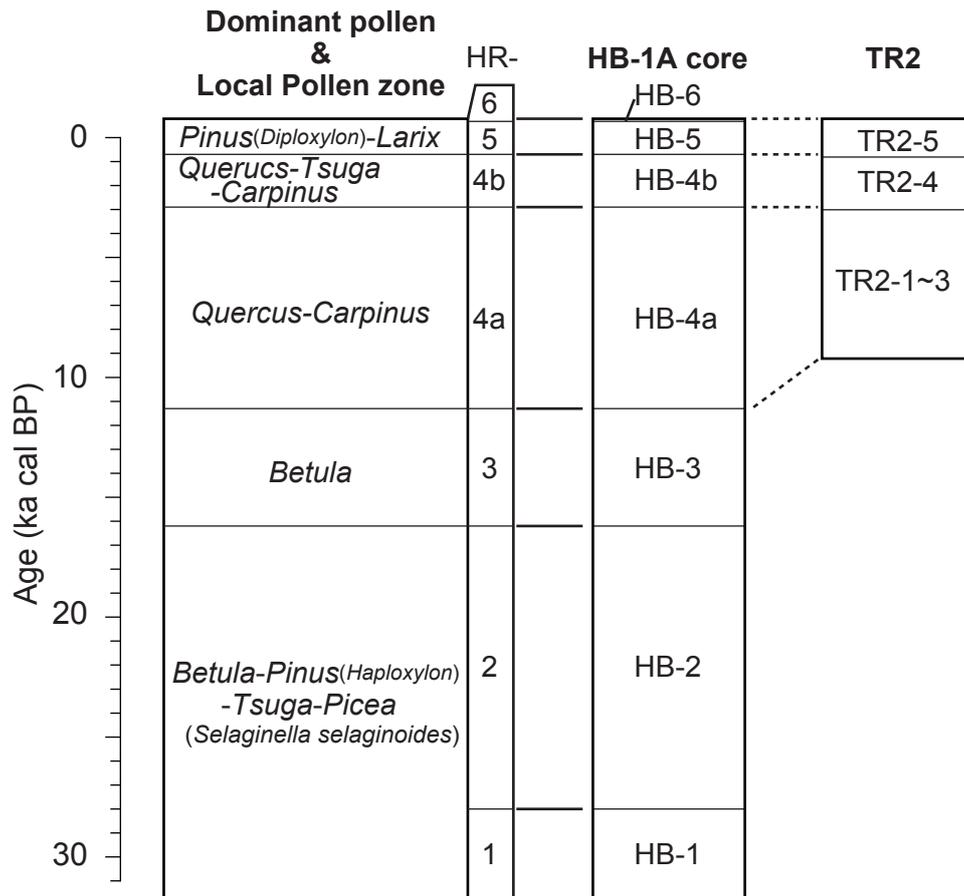


図5 広原湿原における局地花粉帯の設定  
Fig. 5. Establishment of local pollen zones at Hiroppara bog

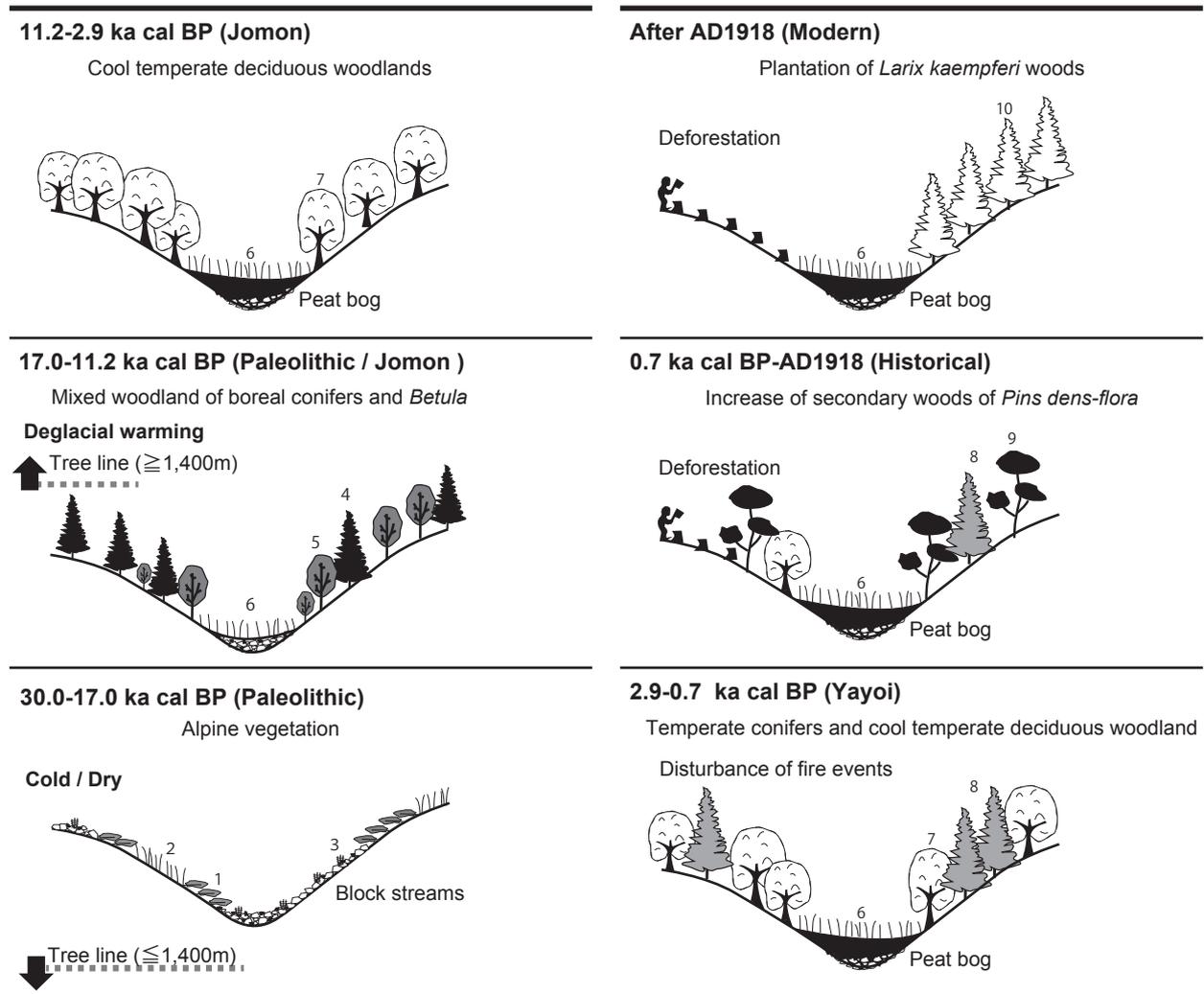
et al. (2004) は九州南部の入戸火砕流堆積物の直下における炭化物について AMS<sup>14</sup>C 年代測定を行い、AT の降灰年代を約 29ka cal BP と指摘している。Smith et al. (2013) は、福井県水月湖の年縞堆積物の計測から、AT の降灰年代を 30.009±189 SG062012 ka BP と報告している。

HB-1A コアでは、長野県野尻湖でも認められる約 27～29 ka cal BP (AT 降灰後の湖沼堆積物) におけるコナラ亜属の花化石の増加が検出される (Kudo and Kumon, 2012)。これらの結果を総合的に解釈すると、バブルウォール型火山ガラスが AT に由来する可能性はあるが、年代値や堆積相から見ても、広原湿原のコア試料に含まれる火山ガラスは二次堆積物である。したがって、広原湿原の花化石分析データは、少なくとも AT 降灰年代前後である約 3 万年前まで遡ることができるものと推定される。

### 5-3 過去 3 万年間の中部高地における植生変遷と気候変動

#### 5-3-1 約 3～2 万年前における高山帯の植生景観

HR-1 帯期 (約 30～27.5 ka cal BP) と HR-2 帯期 (約 27.5～16.2 ka cal BP) には、カバノキ属とマツ属単維管束亜属が優占する (図 3)。これにツガ属やトウヒ属、モミ属などの針葉樹の花化石が伴う。那須ほか (1999) や Noshiro et al. (2004) は、長野県軽井沢の埋没林における大型植物化石から、林床にハイマツが覆っていたことを指摘している。この時期におけるマツ属単維管束亜属の花化石はハイマツに由来する可能性が高い。一方、30～20 ka cal BP における HB-1A コアの PART は閾値を大きく下回る (図 4)。さらに、この時期には高山帯の草原や岩塊斜面に生育するコケスギランの胞子化石が多量に産出した。したがって、約 30～20 ka cal BP の広原湿原周辺は高山帯に位置しており、ハイマツや高山草原、裸地が覆ってい



1. Siberian dwarf pine 2. Alpine meadows 3. Spikemoss 4. Boreal conifers (*Picea*, *Abies*, *Tsuga* etc.)  
 5. *Betula* 6. Marsh meadows (Cyperaceae, Gramineae etc.) 7. Deciduous oak and Japanese hornbeam  
 8. Temperate conifers (*Tsuga*, *Abies*, *Cryptomeria* etc.) 9. Japanese red pine 10. Larch

図6 旧石器時代以降の中部高地における植生変遷と気候変動の模式図

Yoshida et al. (2016) を加筆した。

Fig. 6. Models for vegetation and climate changes since the Palaeolithic period in central highland, Japan

The figure is modified from Yoshida et al. (2016).

たものと考えられる (図6)。

津田 (1990) は、長野県入笠山の大阿原湿原 (標高 1,800 m) における高木花粉と非高木花粉の比率から、最終氷期には高標高部でも森林が存在していた可能性を指摘している。しかし、最終氷期極相期 (LGM, 約 23 ~ 19 ka cal BP; Clark and Mix, 2002) における広原湿原の高山帯の植生景観は、中部日本の様々な古環境データから支持される。例えば、中央アルプスにおける化石周氷河地形は、最終氷期極相期の森林

限界が標高 1,000m 付近まで低下したことを示している (柳町, 1987; 小疇, 1988)。長野県野辺山高原の矢出川遺跡 (標高 1,400 m) における花粉分析データは、最終氷期極相期に森林が消滅し、ハシバミ属の低木林と高山草原が広がっていたことを示している (安田, 1981, 1982)。したがって、約 30 ~ 20ka cal BP には気候の寒冷化に伴い、広原湿原周辺の森林限界は約 1,000 ~ 1,400m に低下していたと考えられる (図6)。

### 5-3-2 約2～1.1万年前の温暖化による森林限界の上昇と再寒冷化イベント

HR-3帯期（約16.2～11.2 ka cal BP）ではカバノキ属が高率を示し、これにマツ属単維管束亜属やトウヒ属、ツガ属が随伴する（図3）。さらに、HR-2帯期の半ばまで高率であったコケスギランの孢子化石はHR-3帯期になると著しく減少する。これら広原湿原の花粉分析データは、晩氷期になり（約18～8 ka cal BP）、世界的に気候が温暖化したことで、中部高地の森林植生が劇的に変化したことを示している。HB-1AコアのPARTは約20 ka cal BP以降になると閾値と同等となり、約17～14 ka cal BPには閾値を大きく上回るようになる（図4）。すなわち、森林限界は約20 ka cal BPには標高1,400m付近に達し、約17～14 ka cal BP以降にはカバノキ属と亜高山帯性のトウヒ属やツガ属を主とする針葉樹の混交林が広原湿原周辺を覆ったものと考えられる（図6）。また、福井県水月湖の花粉分析データは、約15～14 ka cal BPに落葉広葉樹林の拡大を示している。したがって、広原湿原周辺における17 ka cal BP以降の森林化は局所的なものではなく、北半球の気候変動の影響を受けたものである。

約13～11 ka cal BPになると、PART値は閾値を下回り、この時期に中部高地の森林限界が一時的に低下した可能性が高い（図4）。この時期の東アジアにおける多くの古気候データには、北大西洋地域のヤングドリアス（YD；12.4～11.7ka cal BP；Stuiver and Grootes, 2000）と一致する再寒冷化イベントが記録されている。（Yoshida and Takeuti, 2009）。例えば、中国南部Hulu Caveの石筍を用いた高時間分解の酸素同位体比変動は、YDの影響により東アジアモンスーンの弱体化が生じ、夏季の降水量が減少したことを記録している（Wang et al., 2001）。福井県水月湖の年縞堆積物における花粉組成に基づく定量的な気候復元は、12.3～11.2 ka cal BPに小規模な再寒冷化イベントが生じたことを示している（Nakagawa et al., 2003, 2005, 2006）。このように広原湿原周辺の森林限界の一時的な低下時期は、東アジアの古気候データと一致しており、ヤングドリアス寒冷化イベントに対比される可能性が高い。

### 5-3-3 約1.1万年前以降の落葉広葉樹林と人間活動の影響

HR-4帯期（約11.2～0.7 ka cal BP）はコナラ亜属とクマシデ属を主とする落葉広葉樹の花粉化石の高率で特徴づけられる（図2・3）。完新世の開始（約11.7 ka cal BP, Walker et al., 2009）はHR-4a帯期の初頭におけるコナラ亜属の急増に示されている。この時期のPART値の変動は安定的であり、継続的に閾値を上回る（図4）。このことから、完新世の広原湿原周辺では森林が継続的に覆い、約11.2 ka cal BPに晩氷期の終焉に伴ってカバノキ属と亜高山帯性針葉樹の混交林からコナラ亜属を主体とする冷温帯性落葉広葉樹林へと急速に変化したと考えられる（図6）。またHR-4a帯期におけるコナラ亜属の優占林は、完新世初頭～中期の温暖期を示している可能性がある。

HR-4b帯期（約2.9～0.7 ka cal BP）にはスギ属や温帯性のツガ属、トウヒ属などの針葉樹の花粉化石が増加する。この時期になると大量の微粒炭が検出され、広原湿原周辺において山火事が発生した可能性が高い。一般に、完新世後期での温帯性針葉樹林の拡大は、気候の冷涼化・湿潤化を示すものと考えられてきた（Tsukada, 1988）。しかし、山火事の発生頻度は、気候の温暖化と乾燥化との関係性が指摘されている（Bowman et al., 2009）。すなわち、温帯性針葉樹林の拡大期が示す冷涼化・湿潤化は、山火事の増加が示す気候の温暖化・乾燥化と大きく矛盾している。広原湿原におけるMCARの変動は、温帯性針葉樹の花粉化石の増加期よりも僅かに先行する（図4）。すなわち、温帯性針葉樹林の拡大の原因は、気候の冷涼化・湿潤化ではなく、山火事による攪乱が増加した可能性がある（図6）。

HR-5帯期（約0.7 ka cal BP～AD1918年）にはマツ属複維管束亜属の花粉化石が高率となる（図2・3）。その後、HR-6帯期（AD1918年以降）には、カラマツ属の花粉化石の増加が見られ、AD1918年のカラマツ植林に由来するものと考えられる（図6）。完新世後期におけるマツ属複維管束亜属の花粉化石の急増は、日本全国の花粉分析データで認められ、人間活動による森林伐採が生じ、アカマツ二次林が拡大したものと考えられる（Tsukada, 1988; Sasaki and Takehara, 2011, 2012; 吉田・鈴木, 2013）。約0.7 ka cal BP以降のPART値は不安定になり、完新世初頭や中期よりも

低くなる(図4)。したがって、広原湿原周辺の森林は、建築資材や木炭の生産のために、継続的に伐採されたと考えられる(図6)。

## 6. 結 論

長野県広原湿原の堆積物における花粉分析と微粒炭分析から、過去3万年前以降の中部高地の植生変遷と気候変動が明らかとなった。すなわち、約30~20 ka cal BPには最終氷期の寒冷化により森林限界が低下し、中部高地ではハイマツや草原、裸地などの高山帯の植生景観が広がっていた。約20~11.2 ka cal BPには、晩氷期における温暖化によって森林限界が上昇し、カバノキ属と亜高山帯針葉樹の混交林に覆われるようになった。約11.2~2.9 ka cal BPには、最終氷期の終焉による急激な温暖化によって、コナラ亜属やクマシデ属を主体とする冷温帯性針葉樹林となった。約2.9~0.7 ka cal BPにはスギ属やツガ属、トウヒ属などの温帯性針葉樹林が分布を拡大し、約0.7 ka cal BP~AD1918年には森林への人為的干渉によるアカマツ二次林が増加した。その後、AD1918年以降には森林伐採が盛んに行われ、広原湿原の周辺ではカラマツ植林となった。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、東北大学植物園の大山幹成博士には中部日本の古環境について有益なご助言を頂いた。また、明治大学黒耀石研究センターのスタッフの皆さんには様々な支援をして頂いた。本研究は平成22~27年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S1101020, 研究代表者:小野 昭)の研究費によって支援された。

## 引用文献

Andersen, K. K., Azuma, N., Barnola, J. M., Bigler, M., Biscaye, P., Caillon, N., Chappellaz, J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Fischer, H., Flückiger, J., Fritzsche, D., Fujii, Y., Goto-Azuma, K., Grönvold, K., Gundestrup, N. S., Hansson, M., Huber, C., Hvidberg, C. S., Johnsen, S. J., Jonsell, U., Jouzel, J., Kipfstuhl, S., Landais,

A., Leuenberger, M., Lorrain, R., Masson-Delmotte, V., Miller, H., Motoyama, H., Narita, H., Popp, T., Rasmussen, S. O., Raynaud, D., Rothlisberger, R., Ruth, U., Samyn D., Schwander, J., Shoji, H., Siggard-Andersen, M. L., Steffensen, J. P., Stocker, T., Sveinbjörnsdóttir, A. E., Svensson, A., Takata, M., Tison, J. L., Thorsteinsson, Th., Watanabe, O., Wilhelms, F. and White, J. W. C. 2004 High-resolution record of northern hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature* 431 (#7005): 147-151. doi:10.1038/nature02805

安間 恵・長岡正利・丹羽俊二・関本勝久・吉川昌伸・藤根 久 1990 「諏訪湖湖底の構造調査と環境地質」『地質学論集』36: 179-194

Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., Harrison, S. P., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Marston, J. B., Moritz, M. A., Prentice, I. C., Roos, C. I., Scott, A. C., Swetnam, T. W., van der Werf, G. R. and Pyne, S. J. 2009 Fire in the earth system. *Science* 324 (#5926): 481-484. doi: 10.1126/science.1163886

Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51 (1): 337-360.

Clark, P. U. and Mix, A. C. 2002. Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews* 21 (1-3): 1-7.

Fægri, K. and Iversen, J. 1989 In: Fægri, K., Kaland, P. E., Krzwinsli, K. (Eds.), *Textbook of pollen analysis*. 4th ed. The Blackburn press, New Jersey.

Grimm, E., C. 1987 CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum squares. *Computers & Geosciences* 13 (1): 13-35.

Hori, S. 1957 Pollen analytical studies on bogs central Japan, with special reference to the climatic changes in the alluvial age. *The Japanese Journal of Botany* 16: 102-127.

Japan Meteorological Agency. 2014 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> [19 May 2014]

叶内敦子・杉原重夫 2007 「長野県霧ヶ峰、八島ヶ原湿原堆積物の花粉分析」『環境史と人類』1: 123-133

- Kannari, T., Nagai, M. and Sugihara, S. 2014 The effectiveness of elemental intensity ratios for sourcing obsidian artefacts using energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry: a case study from Japan. In: Ono, A., Glascock, M. D., Kuzmin, Y. V., Suda, Y. (eds.) *Methodological issues for characterisation and provenance studies of obsidian in northeast Asia*, (BAR International Series 2620). Archaeopress, Oxford, pp 47-66.
- 小嶋 尚 1988 「第四紀後半の日本の山地の地形形成環境」『第四紀研究』26 (3): 255-263
- Kudo, Y. and Kumon, F., 2012. Paleolithic cultures of MIS3 to MIS1 in relation to climate changes in the central Japanese islands. *Quaternary International* 248: 22-31. doi:10.1016/j.quaint.2011.02.016
- 宮脇 昭編著 1987 『日本植生誌6 中部』, 604p., 至文堂, 東京
- Miyairi, Y., Yoshida, K., Miyazaki, Y., Matsuzaki, H. and Kaneoka, I. 2004 Improved  $^{14}\text{C}$  dating of a tephra layer (AT tephra, Japan) using AMS on selected organic fraction. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 223-224: 555-559 doi: 10.1016/j.nimb.2004.04.103
- 守田益宗 1984 「東北地方の垂高山帯における表層花粉と植生の関係について」『第四紀研究』23 (3): 197-208
- Morita, Y. 1985 Pollen diagrams of some peat moors in the subalpine zone in the Shinshu District, Japan. *Ecological Review* 20: 301-307.
- 守田益宗 2004 「北海道東端ユルリ島における表層堆積物の花粉スペクトル」『植生史研究』13 (1): 3-12
- 那須浩郎・百原 新・沖津 進 1999 「軽井沢の化石蕨苔類群集から復元した晩氷期針葉樹林の分布立地」『植生史研究』7(2): 71-80
- Nakagawa, T., Kitagawa, H., Yasuda, Y., Tarasov, P. E., Nishida, K., Gotanda, K., Sawai, Y. and Yangtze River Civilization Program Members, 2003. Asynchronous climate changes in the North Atlantic and Japan during the Last Termination. *Science* 299 (#5607): 688-691. doi: 10.1126/science.1078235
- Nakagawa, T., Kitagawa, H., Yasuda, Y., Tarasov, P. E., Gotanda, K. and Sawai, Y. 2005 Pollen/event stratigraphy of the varved sediment of Lake Suigetsu, central Japan from 15,701 to 10,217 SG vyr BP (Suigetsu varve years before present): description, interpretation, and correlation with other region. *Quaternary Science Reviews* 24 (14-15): 1691-1701. doi:10.1016/j.quascirev.2004.06.022
- Nakagawa, T., Tarasov, P. E., Kitagawa, H., Yasuda, Y. and Gotanda, K. 2006 Seasonally specific responses of the East Asian monsoon to deglacial climate changes. *Geology* 34: 521-524. doi: 10.1130/G21764.1
- Noshiro, S., Suzuki, M., Tsuji, S. 2004 Latest Pleistocene forests buried by Asama tephra in the Minami-Karuizawa basin, central Japan. *Japanese Journal of Historical Botany* 13 (1): 13-23.
- 大嶋秀明・徳永重元・下川浩一・水野清秀・山崎晴雄 1997 「長野県諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集とその対比」『第四紀研究』36 (3): 165-182
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kormer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W. Richards, D. A., E Scott, M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55: 1869-1887
- 阪口 豊 1989 「尾瀬ヶ原の自然史」中央公論社, 東京
- 酒井潤一・国信ゆかり 1993 「溶岩台地湿原の花粉化石」男女倉遺跡群分布調査団編『長野県黒耀石原産地遺跡分布調査報告書(和田峠・男女倉谷) III』: 30-34, 和田村教育委員会
- 酒井潤一 1996 「男女倉付近の黒耀石と上部更新統」男女倉遺跡群分布調査団編『和田村の黒耀石をめぐる課題-原産地遺跡分布調査を終えて-』: 4-17, 和田村教育委員会
- Sasaki, N. and Takahara, H. 2011 Late Holocene human impact on the vegetation around Mizorogaike pond in northern Kyoto basin, Japan: a comparison of pollen and charcoal records with archaeological and historical data. *Journal of Archaeological Science* 38 (6): 1199-1208. doi:10.1016/j.jas.2010.12.013
- Sasaki, N. and Takahara, H. 2012 Fire and human impact on

- the vegetation of the western Tamba Highlands, Kyoto, Japan during the late Holocene. *Quaternary International* 254: 3-11. doi 10.1016/qua.2010.12.003
- 佐瀬 隆・細野 衛・公文富士夫 2015 「長野県長和町, 広原湿原地域におけるササ類の地史的動態と黒ボク土層生成史」『資源環境と人類』5: 1-18
- 柴田 治 1994 「八ヶ岳の植生」『Urban Kubota』33: 54-57
- Shimada, K. 2012 From gathering to mining: Prehistoric human activities around obsidian sources in central Japan. *Archeometriai Műhely* 4 : 229-245.
- Stuiver, M. and Grootes, P. M. 2000 GISP2 oxygen isotope ratios. *Quaternary Research* 53 (3): 277-284.
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members. 2013 Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronizing of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews* 67: 121-137 doi: 10.1016/j.quascirev.2013.01.026
- 竹岡政治 1991 「長野県上伊那郡大阿原湿原の花粉分析」『京都府立大学農学部演習林報告』35: 35-39
- 地質調査総合センター 2014 <https://gbank.gsj.jp/geonavi/> [19 May 2014]
- 津田美弥子 1990 「長野県入笠山大阿原湿原堆積物の花粉分析」『第四紀研究』29 (5): 439-446
- Tsukada, M. 1967 Vegetation and climate around 10,000 B. P. in central Japan. *American Journal of Science* 265: 562-585.
- Tsukada, M. 1988 Glacial and Holocene vegetation history-20 ky to present III.4 Japan. In: Huntley, B., Webb III, T. (Eds.), *Vegetation History*. pp.459-518., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J. P., Gibbard, P., Hoek W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R. and Schwander, J. 2009 Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science* 24 (1): 3-17. doi: 10.1002/jqs.1227
- Wang, Y. J., Cheng, H., Edwards, R. L. , An, Z. S. , Wu, J. Y., Chen, C. C. and Dorale, J. A. 2001 A high-resolution absolute-dated Late Pleistocene monsoon record from Hulu Cave, China. *Science* 294: 2345-2348. doi: 10.1126/science.1064618
- 柳町 治 1987 「氷河・周氷河地形からみた中部日本における最終氷期の気候」『第四紀研究』25 (4): 295-303
- 安田喜憲 1981 「長野県矢出川遺跡群の古環境復元報告 (1)」明治大学考古学教室編『報告・野辺山シンポジウム 1980』: 13-26
- 安田喜憲 1982 「長野県矢出川遺跡群の古環境復元報告 (2)」明治大学考古学教室編『報告・野辺山シンポジウム 1981』: 50-60
- 安田喜憲・成田健一 1981 「日本列島における最終氷期の植生図復元への一資料」『地理学評論』54 (7): 369-381
- 安田喜憲 1983 「堆積物の各種分析からみた最終氷期以降の気候変動」『気象研究ノート』147: 613-626
- Yoshida, A. and Takeuti, S. 2009 Quantitative reconstruction of palaeoclimate from pollen profiles in northeastern Japan and the timing of a cold reversal event during the last termination. *Journal of Quaternary Science* 24 (8): 1006-1015. doi: 10.1002/jqs.1284
- 吉田明弘・鈴木三男 2013 「宮城県多賀城跡の高精度植生復元からみた古代の森林伐採と地形形成への影響」『季刊地理学』64 (4): 155-172
- Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J. and Ono, A. 2016 Impact of landscape changes on obsidian exploitation since the Palaeolithic in the central highland of Japan. *Vegetation History and Archaeobotany*, 25: 45-55.

# Vegetation history and climate change during the past 30,000 years from pollen and micro-charcoal records at Hiroppara bog, Central Japan

Akihiro Yoshida<sup>1\*</sup>, Atsuko Kanauchi<sup>2</sup>, Chiho Kamiya<sup>2</sup>

We have reconstructed vegetation and climate changes covering the last 30,000 years at the central highland in Japan, using the well-dated pollen and micro-charcoal records from the Hiroppara bog. The pollen and micro-charcoal records at the site show that alpine vegetation, such as patches of *Pinus pumila* (dwarf Siberian pine) and alpine meadows with rocky areas surrounded the site during ca. 30-17 ka cal BP. At ca. 17 ka cal BP the growth of woodland began due to a rise of alpine tree line elevation corresponding to the deglacial warming. The pollen record at the sites shows that mixed woodland consisting of *Betula* (birch) and boreal conifers covered the area during ca. 17-11.2 ka cal BP. At ca. 13-11 ka cal BP the alpine tree line in this region descended temporarily which can be attributed to the sudden cooling of the Younger Dryas event (12.4-11.7 ka cal BP). Dense mixed oak woodland flourished under warm climate during 11.2-2.9 ka cal BP. The temperate conifers expanded during ca. 2.9-0.7, and it is likely they were frequently disturbed by fire events. During ca. 0.7 ka cal BP-AD1918, secondary woods of *Pinus densflora* (Japanese red pine) increased as a result of extensive human activity. After AD1918 *Larix kaempferi* (larch) were planted in the area.

Keywords: pollen; micro-charcoal; Hiroppara bog; central Japan.

---

1 Faculty of Law, Economics and Humanities, Kagoshima University

2 Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

\* Corresponding author: Akihiro Yoshida (yoshy.akitan@gmail.com)

# 長野県長和町，広原湿原と周辺陸域の 植物珪酸体分析

— イネ科植物相の地史的動態からみた MIS3 以降の古環境変遷 —

佐瀬 隆<sup>1\*</sup>・細野 衛<sup>2</sup>

## 要 旨

霧ヶ峰高原の西方の標高 1400 m 付近の山地帯に位置する広原湿原の堆積層と隣接陸域の土壌層の植物珪酸体分析を行い、イネ科植物相の地史的動態から海洋酸素同位体ステージ (MIS) 3 以降の古環境の変遷を論じた。MIS3 の広原湿原周辺はイチゴツナギ亜科、ササ、ヌマガヤなどからなるイネ科植物相が成立する亜高山帯にあって、湿原域では有機質層を挟みながら砂礫泥が堆積し、陸域では植被の点在する準裸地的環境が卓越した。MIS2 はササが希薄でイチゴツナギ亜科が極めて優勢なイネ科植物相が成立する亜高山帯上部～高山帯にあり、湿原域では砂礫泥の堆積が卓越する状況から泥炭の堆積が卓越する状況へ変化し、陸域では植被に乏しい裸地的環境に推移した。MIS1 に入り、広原湿原域は山地帯へ移行し、湿原域では低層湿原的環境から中間湿原的環境へ移り変わる中、泥炭が堆積し、一方、陸域ではササと非タケ亜科イネ科植物が拮抗する草原的植生の下で黒ボク土層が生成を開始した。ササ類は MIS3 でミヤコザサ節を主体としたが、MIS2 では極めて希薄となり、MIS1 になってチマキザサ節が優勢となったことから、現在、100 cm 近い最大積雪深を見る広原湿原周辺地域は、MIS3 において最大積雪深が 50 cm を満たさず、MIS2 ではさらに寡雪になったことが推定される。

キーワード：広原湿原，イネ科植物相，完新世，黒ボク土層，最終氷期，植物珪酸体，ササ類

## 1. はじめに

広原湿原は中山道和田峠から北北東へ 1.4 km ほど離れた標高 1400 m 付近に位置する。その周辺には幾つもの遺跡が分布し、それらは総称して「広原遺跡群」と呼ばれる（橋詰ほか，2013；島田ほか，2014，2016）。これらの遺跡を残した人類活動と当時の環境の相互関係を解明するために「広原（ひろっばら）湿原および周辺遺跡に関する考古・古環境調査」（小野ほか編，2016）が、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 23 年～平成 27 年）「ヒト—資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築」（研究代表者：小野昭）の一環として実施されてきた。本稿は、その調査において採取された湿原堆積層と隣接

陸域土壌層について行った植物珪酸体分析（細野ほか，2013；佐瀬ほか，2013，2015）をまとめたものである。

## 2. 調査地域の植生と気候の概要

広原湿原は広原小丘側から対面側に向かい 100～150%の勾配でせり上がり，“傾斜湿原”の様相を呈する（図 1）。湿原には 5 つの谷（便宜的に南西の谷から反時計回りに Val. 1～Val. 5 と呼ぶ：図 1）の流入が見られるがいずれも平時に地上の水流は認められず、伏流水が湿原を涵養していると考えられる。涵養水は湿原の北西部で集まり明瞭な地上流となって広原小丘と湿原北面の鞍部状せり出部間の狭窄域（流出口を Dr. と呼ぶ：図 1）から急勾配で流下して和田川に

1 北方ファイトリス研究室

2 東京自然史研究機構

\* 責任著者：佐瀬 隆 (saze@opal.plala.or.jp)

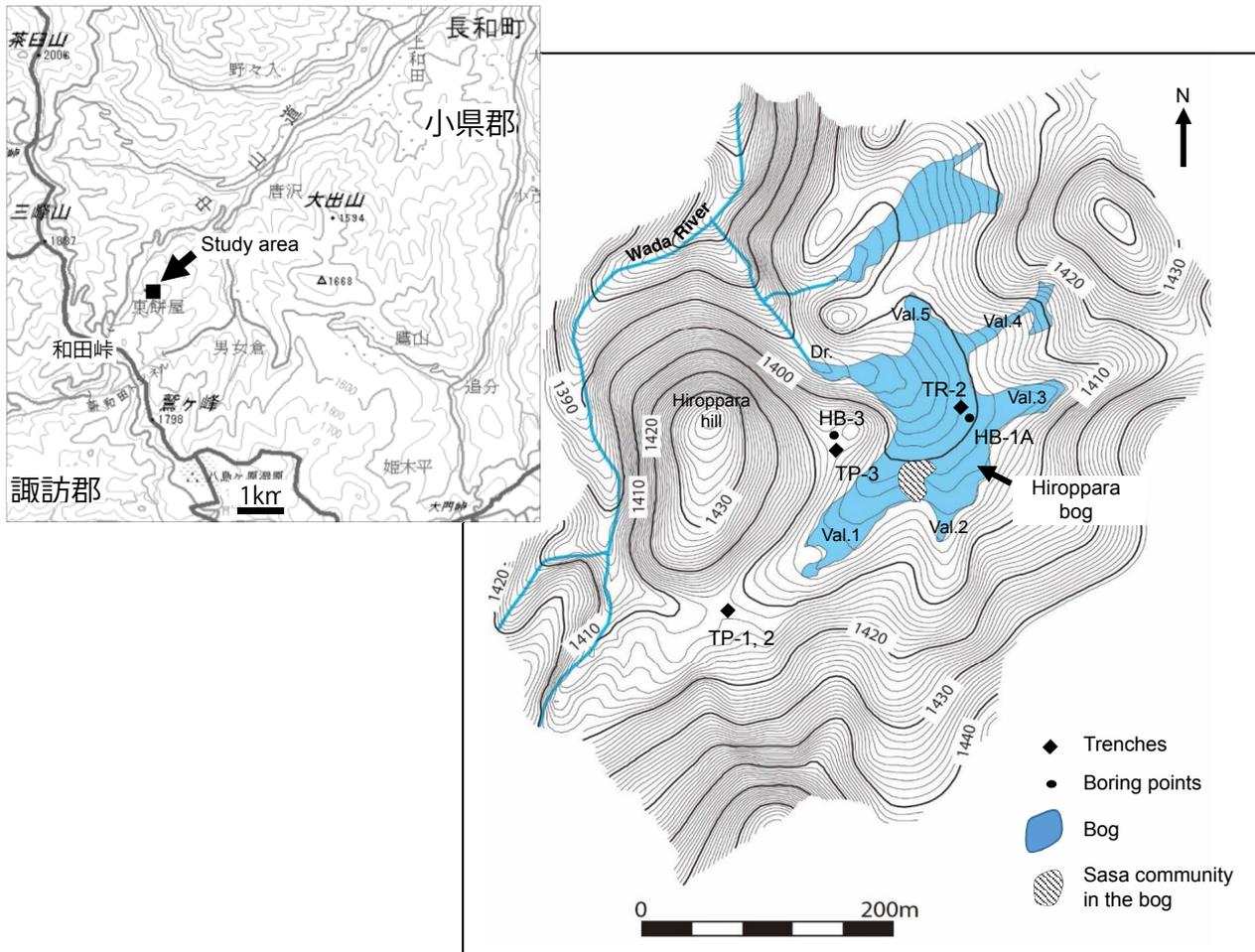


図1 広原湿原の位置 (島田ほか, 2016 と国土地理院ホームページ://www/gsi/go/jp をもとに作成)  
 Fig. 1. Location of the Hiroppara bog (after Shimada et al., 2016 and the Japanese GSI website://www/gsi/go/jp)

合流する。

広原湿原を取り囲む陸域ではカラマツ *Larix kaempferi* を主とした植林地で、ミズナラ *Quercus crispula*, ハリギリ *Kalopanax septemlobus* などの落葉広葉樹が混在し、その林床にはクマイザサ *Sasa senanensis* (チマキザサ節 *Eusasa*) が優占している (佐瀬ほか, 2013)。長野県中部における植生の垂直分布は、760～1600 m が山地帯 (落葉広葉樹林), 1600～2400 m が亜高山帯 (針葉樹林), そして2400 m 以上が高山帯に区分され (宮脇編著, 1985), これに従えば, 調査地域は山地帯上部に位置し, その自然植生はミズナラなどからなる落葉広葉樹林と推定される。

広原湿原には, ヌマガヤ *Moliniopsis japonica*, イワノガリヤス *Calamagrostis langsdorffii*, ヨシ *Phragmites australis*, ミカズキグサ *Rhynchospora alba*, エゾアブラガヤ *Scirpus asiaticus*, カサスゲ *Carex dispalata*, ヒメシ

ダ *Thelypteris palustris*, ミズゴケ類 *Sphagnum spp.* などからなる草本群落内にシラカバ *Betula platyphylla*, ノリウツギ *Hydrangea paniculata*, ズミ *Malus toringo* などの樹木類が散在する。初夏のころの湿原はカサスゲなどのスゲ類に一面被われるが, 夏から秋にかけてはヌマガヤ, イワノガリヤスが優勢となり, ミズゴケ類やヨシの優占する状況は認められない。このような相観から広原湿原では中間湿原の植生が卓越していると考えられる。なお, 湿原の南域 (Val. 1 と Val. 2 の間) には, 隣接陸域からの土砂流入に伴うクマイザサの進入が認められる (図1の斜線部)。

ここで, 植物珪酸体分析の主たる対象となるイネ科植物の分布について触れておく。霧ヶ峰におけるイネ科植物の分布調査によると, 山地帯で草原状に優占するススキ *Miscanthus sinensis* は標高が上がるにつれて減少し, 亜高山帯ではイチゴツナギ亜科 Pooideae ノガリ

ヤス属 *Calamagrostis* (イワノガリヤスなど) が優占するようになる (西村ほか, 1997). イチゴツナギ亜科は寒冷な気候に適応進化したイネ科植物群で, イネ科植物相に占めるその割合は, 緯度が高くなるほど, また標高が高くなるほど増加し, 亜寒帯 (亜高山帯) 上部以上では, イネ科植物相はほとんどイチゴツナギ亜科ばかりとなる (Hartly, 1973). したがって, 霧ヶ峰で確認されるイネ科の垂直分布はイネ科植物の一般的な分布に対応しているといえる. なお, 霧ヶ峰に分布するササは, ササ属のチマキザサ節とミヤコザサ節 *Crassinodi*, スズタケ属 *Sasamorpha* で, ササ属チシマザサ節 *Macrochlamys* は認められない (鈴木ほか, 1981). ササの分布は積雪環境に関係して, ミヤコザサ節は最大積雪深 50 cm 以下, それ以上ではチマキザサ節, チシマザサ節が優勢となり, またスズタケ属は同 75 cm 以下の地域に見られる (鈴木, 1978). 霧ヶ峰の八島ヶ原湿原付近で 70 cm 程の最大積雪深が観察されている (田口・細田, 2009) が, これは, ササ属ミヤコザサ節, チマキザサ節そしてスズタケ属が混在する分布状況に対応しているといえよう. ところで, ササの地理的分布の北限は亜寒帯に位置するサハリン中部のシュミット線, 中部千島のケトイ島にあり, 垂直的にも地理的分布の北限に相当する亜高山帯上部まで分布が見られる. 熱帯を起源とするササが亜寒帯や亜高山帯でも生育できるのは, 積雪の保護により厳冬の寒さをしのげるからである.

以上のことは, 湿原におけるイネ科の構成についてもいえる. 先に記したように, 山地帯の広原湿原ではイチゴツナギ亜科のイワノガリヤスなどの他, ダンチク亜科のヌマガヤ, ヨシが生育している. 同様な状況は亜高山帯下部の八島ヶ原湿原 (標高 1600 m), 同中部の車山湿原 (標高 1800 m) でも見られる. これより標高が高い亜高山帯上部以上の湿原は霧ヶ峰にはないので, 北アルプス立山の亜高山帯上部に位置する室堂平 (標高 2,400 m) の資料 (吉井, 1988) を見てみると, イチゴツナギ亜科コメススキの記載はあるが, ヌマガヤやヨシはない. また, 北海道の湿原資料 (橘ほか, 1998; 橘, 2006; 佐藤, 2007 など) でも, 亜高山帯上部以上にはイチゴツナギ亜科以外のヨシ, ヌマガヤを含むイネ科の記載を見出だせない. したがって, 亜高山帯上部以上に位置する湿原のイネ科植物相はイチ

ゴツナギ亜科でほとんど占められ, 亜高山帯中部以下の湿原で普通に見られるヨシ, ヌマガヤは亜高山帯上部以上では少なくとも群落を構成することはないといえるだろう.

広原湿原 (北緯 36 度 9 分, 東経 138 度 9 分, 標高 1400 m 地点) のメッシュ気候値 (気象庁, 2002) は年平均気温 6.3 °C で, これは北海道旭川 (6.4 °C) にほぼ同じで, 稚内 (6.8 °C) よりやや低く, 根室 (5.9 °C) よりやや高い. また, メッシュ気候値から求めた温量指数 (WI) は 53.6 °C・月で, これは旭川 (60.7 °C・月) より小さく, 稚内 (55.3 °C・月) とほぼ同じ, また根室 (45.3 °C・月) より大きい. したがって, 広原湿原地域の温量環境は北海道北部・東部に似ているといえるが, ススキの草原が成立する広原湿原地域はイネ科植物の分布的観点からは北海道南部に類似している. なお, 霧ヶ峰の最大積雪深の観測値として八島ヶ原湿原付近で 70 cm 余が知られる (田口・細田, 2009). 広原湿原における積雪深の観測値はないが, クマイザサの優勢な植生状況から八島ヶ原湿原域を上回る最大積雪深が予想される.

### 3. 分析試料

#### 3-1 湿原堆積層

分析に供したのは, 湿原のほぼ中央部に掘られた調査トレンチ 2 (TR-2: 図 1) の東壁面から古環境分析用に L 字アングル法で採取された長さ 300 cm の柱状試料 (C 列試料: 公文, 2016) と TR-2 の東南角から 2 m ほど離れた地点で機械ボーリング (HB-1A: 図 1) により得られた長さ 350 cm のコアである.

##### 3-1-1 TR-2

柱状試料は, 泥炭が卓越する上部 (地表~深度 160 cm: 基本層序 (公文, 2016. 以下同様) の 1~5 層に相当), 泥炭と砂泥が互層する中部 (深度 160~213 cm: 基本層序の 7・8・10・11 層に相当), 砂が卓越する下部 (深度 213~300 cm: 基本層序の 12・14 層に相当) に大きく分かれる (図 2). なお, 中部の最下部 (深度 204~213cm) は上位の暗灰黄色泥 (TR-2 セクション図の白粘土) と下位の暗オリーブ褐色有機質泥からなる. 年代値として, 深度 50 cm (基本層序の 3 層上部) で ca. 0.6 ka cal BP, 深度 143cm (基本

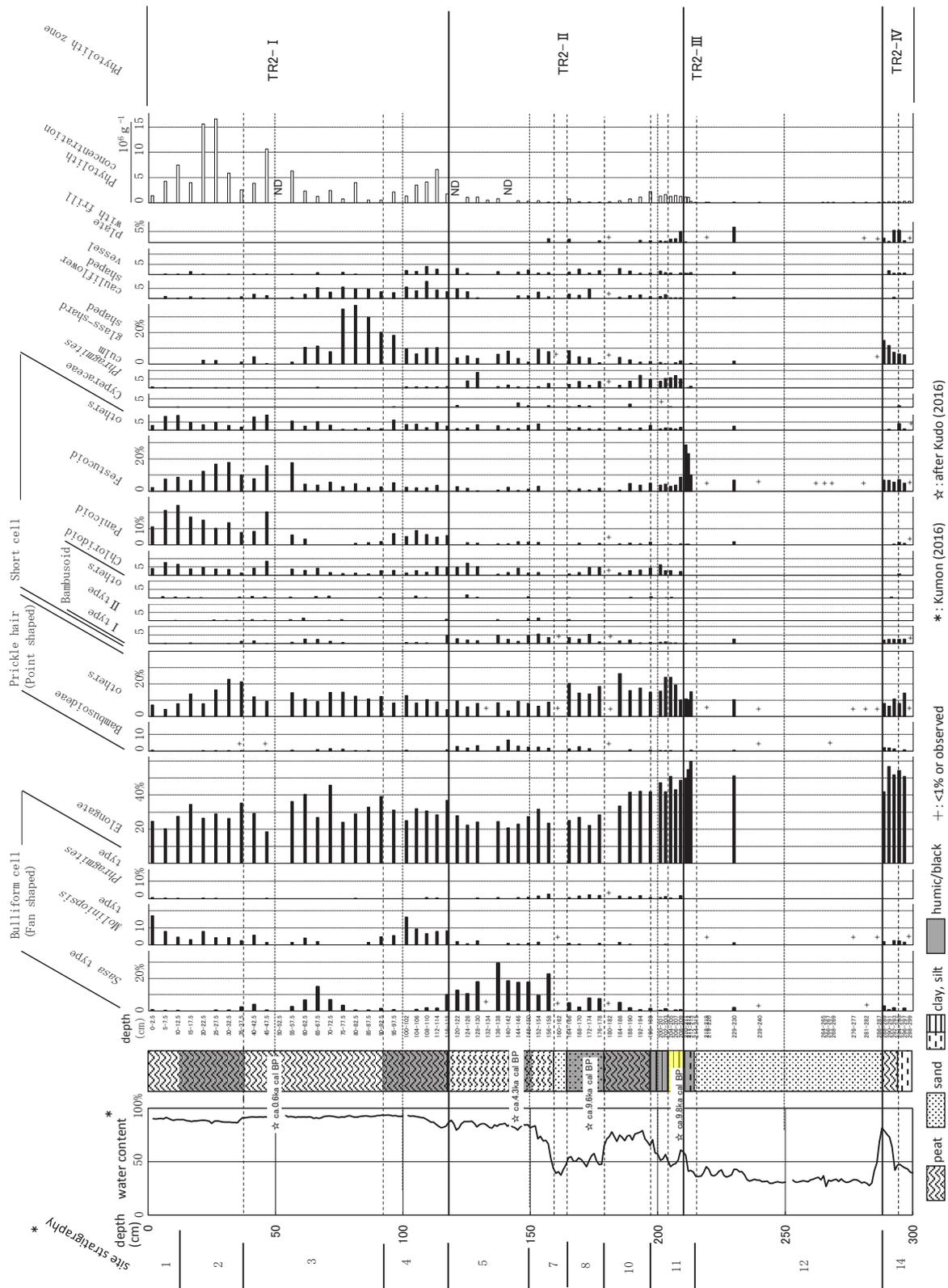


図2 トレンチ 2 (TR-2) の植物珪酸体組成図 (佐瀬ほか, 2013 をもとに作成)  
 Fig. 2. Opal phytolith diagram of the east section at the TR-2 trench, Hiroppara bog (after Sase et al. 2013)

層序の5層最下部)で ca. 4.3 ka cal BP, 深度173cm(基本層序の8層最上部)で ca. 9.6 ka cal BP, 深度208 cm(基本層序の11層最下部)で ca. 9.8 ka cal BPが得られている(工藤, 2016). 分析には層相に応じて厚さ1~2.5 cmの厚さで切り出して用いた.

### 3-1-2 HB-1A

ボーリングコアは, 泥炭が卓越する上部(地表~深度186 cm)と砂礫泥の無機物粒子が卓越する下部(深度186~350 cm)に大きく分かれる(図4). 泥炭が卓越する同コア上中部は深度137~146 cmに一次テフラ様を呈する淡黄色シルト(公文, 2016の“火山ガラスに富んだ灰白色のシルト~細砂層”に相当)を挟む. 一方, オレンジ色の砂層から始まる下部にはところどころに有機質の砂礫層や泥層が挟まる. 年代値としては, 深度99 cmで ca. 3.9 ka cal BP, 深度150cmで ca. 14 ka cal BP, 深度164 cmで ca. 16 ka cal BP, 深度269 cmで ca. 27 ka cal BPが得られている(工藤, 2016). なお, 深度274 cm(試料S4-96)の珪酸体分

析プレパラート(粒径画分0.1~0.01 mm)でBW型薄平板状火山ガラスの検出極大が認められた(図4). この検出極大を認めた直上の深度269 cmの年代が ca. 27 ka cal BPであることから, この火山ガラスは始良Tnテフラ(AT:28~30 ka, 町田・新井, 2011)である可能性が高い. 早田(2016)の粒径画分1/4~1/8mmの分析でも深度268~279cmでBW型薄平板状火山ガラスが連続的に検出されることを認めATの混在を指摘している. 分析には古環境分析用(花粉, 珪藻, 植物珪酸体)として原則4 cm間隔で分取された試料を用いたが, 砂などの無機物粒子が卓越する下半部では適宜間引いて実施した.

### 3-2 隣接陸域

分析に供したのは, 広原小丘の南に位置する広原I遺跡で掘られた深さ160 cmの試掘坑1(TP-1), 深さ245 cmの試掘坑2(TP-2: 図1)と小丘から湿原側へ張り出した鞍部に位置するII遺跡内に掘られた深さ

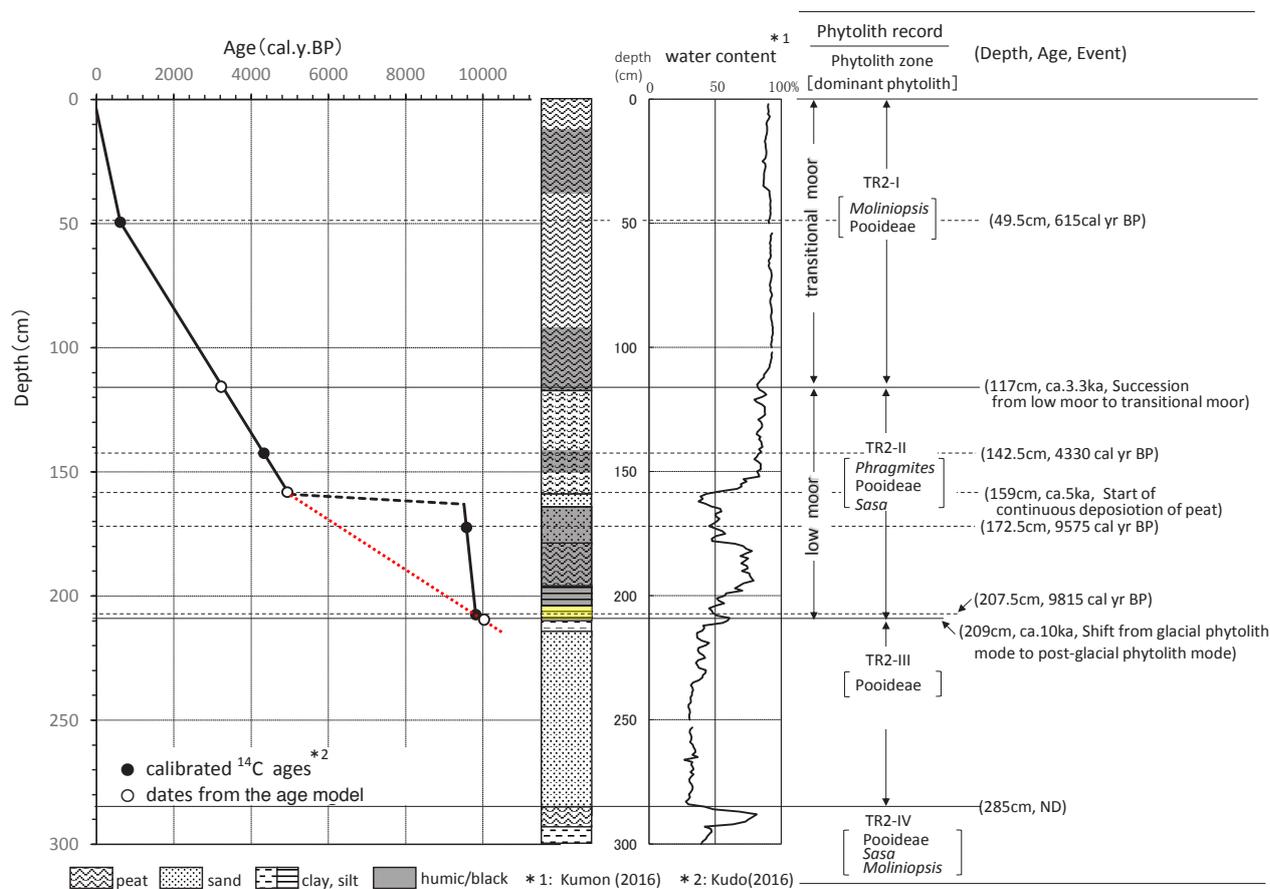


図3 トレンチ2 (TR-2) の植物珪酸体帯の年代

Fig. 3. Ages of regional opal phytolith zones of TR-2 trench, Hiroppara bog

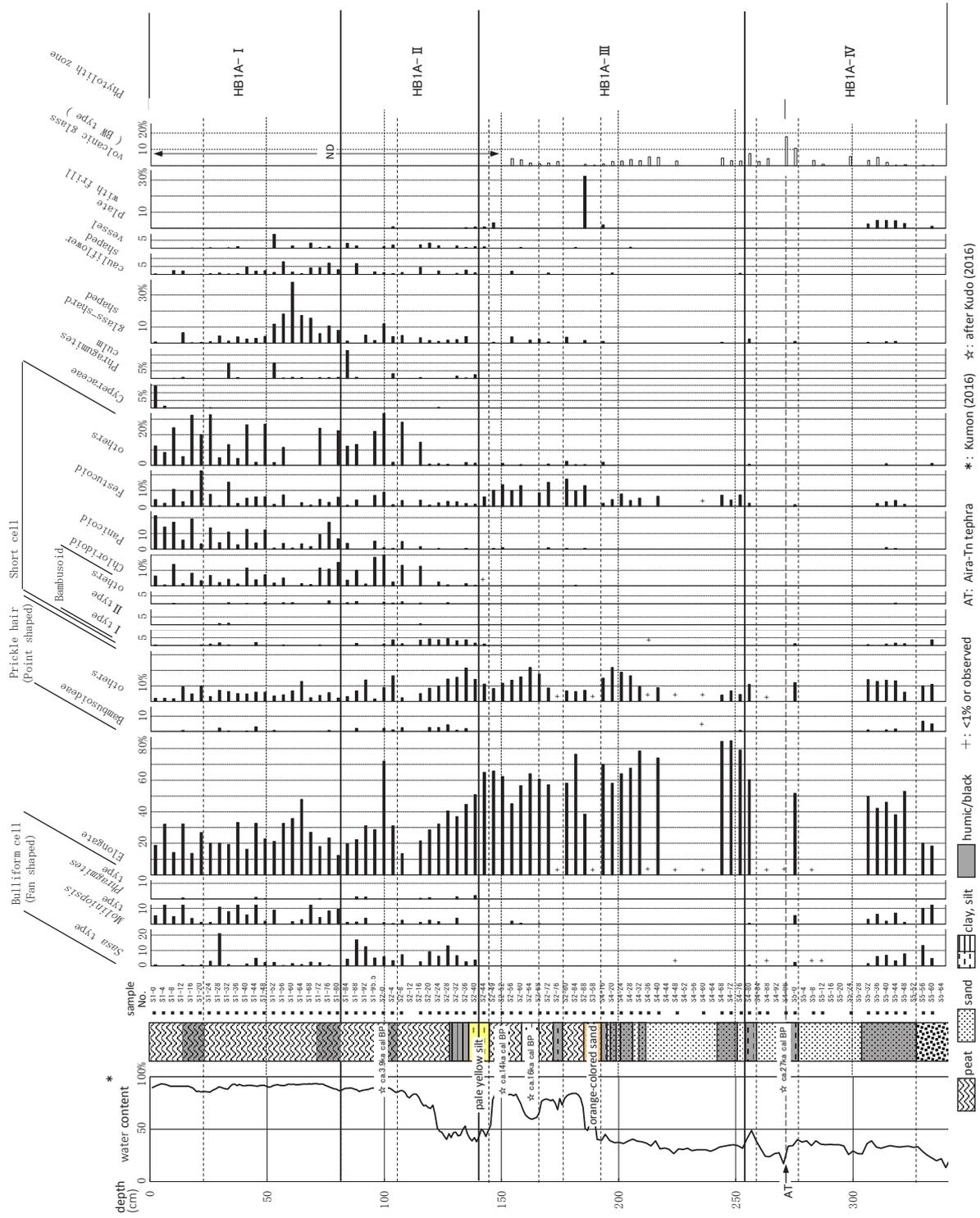


図 4 HB-1A コアの植物珪酸体組成図 (佐瀬ほか, 2015 をもとに作成)  
 Fig. 4. Opal phytolith diagram of the HB-1A core from Hiroppara bog (after Sase et al. 2015) □

300 cm の試掘抗 3 (TP-3: 図 1) の土壌層, そして, 第 II 遺跡で機械ボーリングにより得られた長さ 390 cm の土壌コア (HB-3: 図 1) である. なお, TP-1 (佐瀬ほか, 2013) については, TP-2 に準じるものとして本稿では省略する.

### 3-2-1 TP-2

土壌層は, 黒色を基調とする上部土層 (地表~深度 60 cm) と褐色を基調とする下部土層 (深度 60~245 cm) に二分される (図 6). 上部土層は地表~深度 15 cm が TP-2 の基本層序 (島田ほか, 2016: 図 4.1-B, 以下引用同様) の 1 層 (縄文時代遺物の包含層), 深度 15~60 cm が基本層序の 2 層 (縄文時代遺物と後期旧石器時代遺物の包含層) に相当する. 一方, 下部土層は, 深度 60~100 cm が TP-2 の基本層序の 3 層 (縄文時代遺物と後期旧石器時代遺物の包含層), 深度 100~190 cm が基本層序の 4 層 (後期旧石器時代遺物の包含層), 深度 190~225 cm が基本層序の 5 層, そ

して深度 225~245 cm が基本層序の 6 層 (後期旧石器時代遺物の包含層) に相当する. なお, 深度 220 cm 付近 (TP-2 の基本層序の 5 層下部) に AT が狭在する. 分析用試料は 5 cm 間隔で採取した.

### 3-2-2 TP-3

土壌層は, 黒色を基調とする上部土層 (地表~深度 80 cm) と褐色を基調とする下部土層 (深度 80~300 cm) に二分される (図 7). 上部土層は地表~深度 20 m が TP-3 の基本土層 (島田ほか, 2016: 図 5.1-F, 以下引用同様) の 1 層, 深度 20~80 cm が基本層序の 2 層 (縄文時代遺物の包含層) に相当する. 下部土層は, 深度 80~170 cm が TP-3 の基本層序の 4 層 (後期旧石器時代遺物包含層), 深度 170~190 cm が基本層序の 5 層, 深度 190~235 cm が基本層序の 6 層, 深度 235~270 cm が基本層序の 7 層, そして深度 270~300 cm が基本層序の 8 層に相当する. なお, 深度 140 cm 付近 (TP-3 の基本層序の 4 層) に AT 起源ガラス

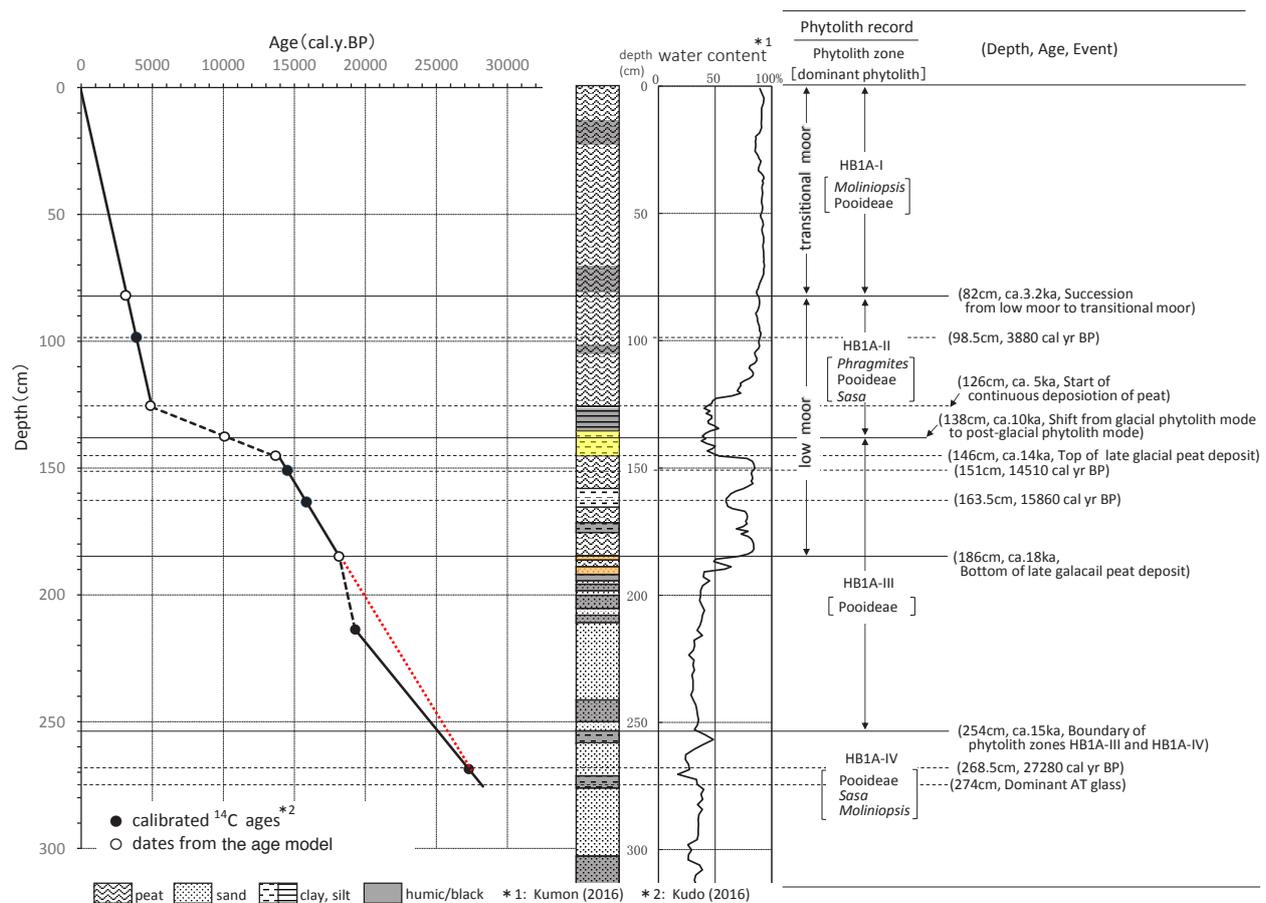


図 5 HB-1A コアの植物珪酸体帯の年代

Fig. 5. Ages of regional opal phytolith zones of the HB-1A core, Hiroppara bog