

IV 広原 I・II 遺跡出土遺物の岩石学的分析

長野県霧ヶ峰地域における広原遺跡群出土の 黒曜石製石器の原産地解析

岡田 祥光^{1*}・土屋 美徳²

要 旨

広原遺跡出土の黒曜石製石器に関する原産地解析を、蛍光X線分析法を用いて実施した。この解析を実施するために、まず、霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の試料についての定量分析を、波長分散型蛍光X線分析装置(WD-XRF)を用いて実施した。結果、この地域における黒曜石原産地は、12種の元素組成グループに分類可能であることが明らかとなった。そして、これと同じ分析手法(破壊法)を用いて、広原遺跡出土の黒曜石製石器40点についての定量分析を実施した。結果、これらは合計7種の組成グループに一致することが明らかとなった。エネルギー分散型蛍光X線分析装置(ED-XRF)を用いた定性分析はWD-XRFを用いた定量分析よりも迅速で、しかも非破壊で黒曜石製石器を分析するのに適している。ここでは、定量分析により元素組成グループに分けられた個体試料を用いて定性分析を実施した。結果を望月(1997)で示されている産地判別図にプロットすると、定量分析で示された12種類の元素組成グループは定性分析によっても、おおよそ分類が可能であることが明らかとなった。さらに、定量分析を行った40点の黒曜石製石器についても定性分析を行った。結果、定量分析結果との比較から、この手法による分類結果の信頼度は約85%であると見積られた。これらの結果を踏まえ、広原1遺跡から出土の689点についての黒曜石製石器の定性分析を実施し、414点(60%)については、なんらかの組成グループに分類することができた。その他の275点(40%)については分類結果を得ることができなかった。そもそも望月(1997)で示されている定性分析結果に基づいた産地判別図は、関東・中部地域の黒曜石原産地(中部高地・神津島・箱根・天城・高高山)の原産地を特定するために作られたものである。よって、霧ヶ峰地域内における細かな黒曜石原産地を特定するならば、この地域の黒曜石原産地に特化した判別法により元素組成に基づく原産地解析を実施していくことが望まれる。

キーワード：黒曜石原産地、黒曜石製石器、原産地解析、蛍光X線分析装置、広原遺跡群、霧ヶ峰地域

1. はじめに

黒曜石製石器の原産地解析(推定)は、考古学的な発掘調査による石器の採取と記録に始まり、これらを蛍光X線分析装置などによる機器分析にかけることによって、元素の含有率などの分析値を得る。一方で、地質学的な野外調査により幾つもの黒曜石の産地(原産地)を探し出し、そこで採取できる原石試料を、同じく蛍光X線分析装置などの機器分析にかけることによって元素の含有率などを求め、それらをデータベース化する。最終的に石器の分析値とデータベース化し

た様々な地域の原石試料の分析値を照合し、石器の分析値に最も近い原石試料を探し出し、その原石試料が採取された地点が石器の原産地であると解析していく。すなわち、石器の原産地解析とは石器の原材料(石材)となった黒曜石が産出する地点や地域を推定していくことにある。ここでは、原産地の推定や特定のためのデータ解析のことを「原産地解析」と呼ぶことにする。

先史時代において霧ヶ峰地域の黒曜石は良質な石器石材として関東地方や北陸地方に広く流通したとされる(例えば、堤, 2011)。また、関東・中部地域における主要な黒曜石原産地である神津島・高高山・天城・

1 長崎大学教育学部地学教室

2 明治大学黒曜石研究センター

* 責任著者：岡田祥光 (geosuda@nagasaki-u.ac.jp)

箱根とともに、石器石材にまつわる資源利用と社会について地球規模の気候変動などの自然科学と絡めた議論や解析が盛んに実施されつつある（例えば、池谷、2009；島田、2015）。このような研究において、石器石材の獲得現場である「原産地」の資源開発や環境が具体的にどのようなものであったかという基礎情報は非常に重要である。

広原遺跡群は、黒曜石原産地内に位置する先史時代の遺跡である（島田ほか、2016）。ここで実施しようとする黒曜石製石器の原産地解析は、原産地がマクロ的に霧ヶ峰であるか否かということを目指すのではなく、具体的に霧ヶ峰地域内のどの地点から採取された石材かという「原産地の地点」を可能な限り特定していく。そして、2011年から2014年の調査において確認された黒曜石原産地のデータベースを用い、まず波長分散型蛍光X線分析装置（WD-XRF）による石器の定量分析結果（破壊法）に基づいた原産地解析の手法と結果について報告し、この結果を踏まえた上でエネルギー分散型蛍光X線分析装置（ED-XRF）による定性分析結果（非破壊法）に基づいた原産地解析の有効性と結果について報告する。

2. 波長分散型蛍光X線分析装置による定量分析

2-1 定量分析に基づいた原産地解析の手法

ここで言う定量分析値とは、測定した試料中に含まれる元素の含有率をwt.%やppmで示した値のことである。この定量分析値を用いて、原産地解析を実施する場合、まず原産地の試料をこの定量分析値に基づいて分類する。すなわち、誤差の範囲内で類似した元素組成を持つもの同士をひとまとめにし、A、B、C、Dなどのグループに分類（chemical group）する。

一方、遺跡から出土した黒曜石製石器からも定量分析値を求め、その値が原産地試料でグループ分けしたA～Dのどれに相当するものか、それともいずれのグループにも相当しないものであるかを解析する。最終的に、例えば定量分析値からある石器がAのグループに相当するものと判断されれば、その石器は地図上でAが産出する地点や地域を原産地とするという結果を示す。

分析を行った黒曜石には原地性のものと異地性のもの

が含まれる。原地性のものは人為的な攪乱の影響がほとんどないものと判断されるが、異地性のものは近現代も含めた人為的な攪乱の影響を受けている可能性がある。すなわち、最終的な原産地の地点を特定していく段階においては、原地性と異地性とは「原産地としての確実性」が大きく異なる。つまり、石器の原産地解析において原地性と異地性の試料の地点を同じように扱った場合、考古学的に全く意味の無い原産地と意味のある原産地を同じレベルで扱ってしまう可能性がある。

そこで、「異地性の試料は、原地性の試料に由来する」ことを前提とし、それを検証したうえで定量分析値による元素組成に基づいたグループ分類は原地性の試料を基準に実施することとした。また、異地性の試料の原産地よりも原地性試料の方が原産地としての確実性が高い。さらに、同じ原地性の試料の原産地でも石器を伴った原産地の方が確実性の高い原産地として認知することとした（図1）。

2-2 原産地試料の定量分析

黒曜石原産地試料の定量分析値を表1に示す。定量分析は明治大学黒曜石研究センター所有の波長分散型蛍光X線分析装置（Rigaku PrimusII+）を用いて実施した。分析法は岡田・土屋（2015）に従い、原石試料を分割、粉砕のち融剤と混ぜ合わせ、高周波溶融装置を用いてガラスビード化して実施した。

定量分析値による元素組成に基づいたグループ分けを実施するために、原地性試料の定量分析値をSrの含有率に対する各元素の含有率の分散を示す散布図にプロットした。その結果、原地性の試料は元素組成により大きく11のグループ（chemical group）に分類されることが示された。そこで、これらグループの元素組成を一つの図で示すために、SrとSrに対し正の相関を示すTiとZrの含有率を横軸に、一方Srに対し負の相関を示すRb、Y、Nb、Thの含有率を縦軸に示した散布図を作成した（図2）。

ただし、これら元素の含有率をそのままプロットしては、散布図上の重みが元素によって大きく異なる。例えば分析した試料中のRbの含有率は140～338ppmに対しThでは7.7～31.6ppmであり、最小値から最大値までの変化の割合はThの方が大きいもの

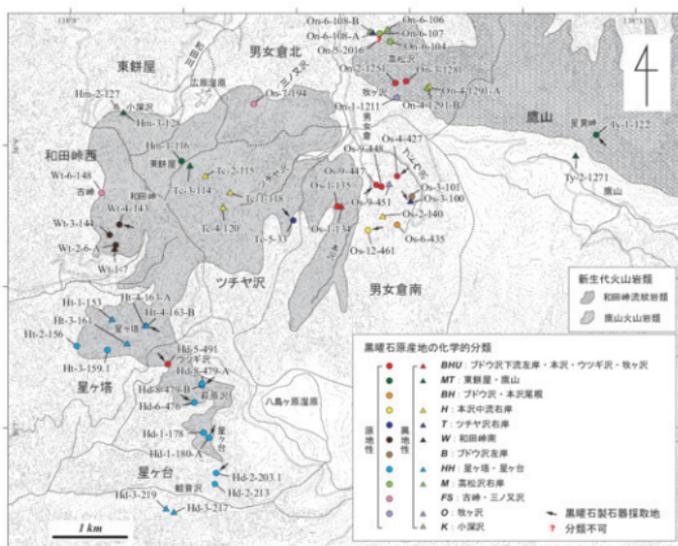
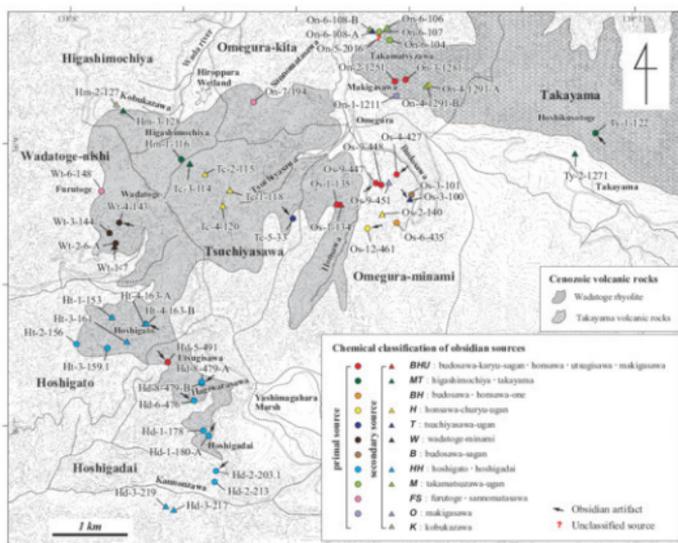


図1 長野県霧ヶ峰地域における各化学的グループの黒曜石原産地の地点分布
 Fig. 1. Map showing geochemical distribution of obsidian sources in Kirigamine, central Japan

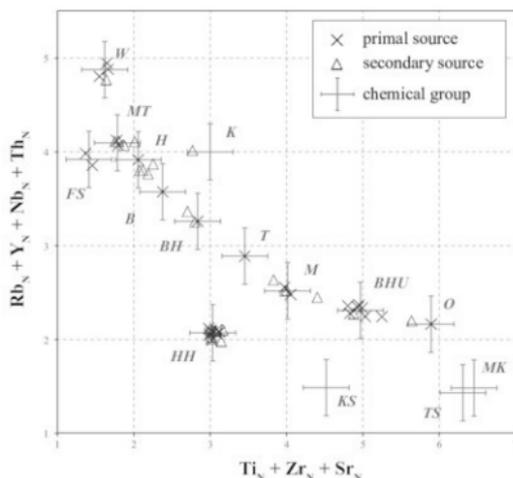


図2 黒曜石原産地における現地性 (primal source) と異地性 (secondary source) の試料の元素組成の比較
 Fig. 2. Diagram showing chemical comparison between obsidian from primal source and those from secondary source

の数字の差はRbの方が大きく、散布図における元素の重みはRbの方が約10倍大きくなる。よって、ここでは霧ヶ峰地域の小深沢(旧採石場)の黒曜石(図1)を用いて定められた地球化学標準試料(産業技術総合研究所発行)であるJR-1の推奨値(Imai et al., 1995)で各元素の含有率を規格化し、散布図に示される元素の重みをできるだけ均一化した。

原産地試料の定量分析値はグループごとに平均値を算出し、それらを基準値とした。これらの値を散布図上に示すと、いずれのグループも試料間の分散は基準値(基準点)からの距離0.3の範囲内である。そして、各グループの名称は試料採取地点の地名を参考に以下の記号で示すこととした。なお、括弧内に示す数値は図2におけるそれぞれのグループの基準点の値(横軸: X, 縦軸: Y)である。

- BHU: ブドウ沢下流左岸・本沢・ウツギ沢・牧ヶ沢 (X=4.97, Y=2.31)
- MT: 東餅屋・嵐山 (X=1.78, Y=4.10)
- BH: ブドウ沢・本沢尾根 (X=3.45, Y=2.89)
- H: 本沢中流右岸 (X=2.06, Y=3.92)
- T: ツチャ沢右岸 (X=2.84, Y=3.26)
- W: 和田峠南 (X=1.62, Y=4.88)

- B: ブドウ沢左岸 (X=2.38, Y=3.57)
- HH: 星ヶ塔・星ヶ台 (X=3.03, Y=2.07)
- M: 高松沢右岸 (X=4.01, Y=2.52)
- FS: 古峠・三ノ又沢 (X=1.41, Y=3.92)
- O: 牧ヶ沢 (X=5.89, Y=2.16)

続いて、異地性試料の定量分析値を同じ散布図上にプロットし、これらの試料が原地性の試料に由来したのか確認した(図2)。表1にこれらの試料の分類結果(chemical group)を示す。すると、24試料中2試料(試料番号: On-5-2601-1, Hm-2-127-1)が基準点からの距離が0.3の範囲を超えてプロットされた。

試料 On-5-2601-1 は、グループMの基準点に最も近くその距離は0.39である。この試料が位置している地図上の地点の近隣にはグループMに相当する原地性の試料(On-6-104, -107)が分布し(図1)、Rb, Sr, Y, Zr以外の元素の含有率はこのグループMの範囲内にプロットされた。よって、同じグループとして評価できる距離0.3の範囲を超えているがこの異地性の試料は、近隣の原地性の試料に由来している可能性が高い。

一方、試料 Hm-2-127-1 はいずれのグループからも大きく外れた領域にプロットされ、一番近いBの基準点からの距離は0.59でありBのグループとして分類す

表 1 黒曜石原産地試料の位置と定量分析結果

Table 1. GPS coordinates and results of WD-XRF analysis of obsidian from primary and secondary sources

Sample No.	Hd-1-178-1	Hd-1-180A-1	Hd-2-213-1	Hd-2-203-1-1	Hd-5-491-1	Hd-6-476-1	Hd-8-479A-1	Hd-8-479B-1	Hm-1-116-1	H-2-156-1
Lat. (N°)	36.11607	36.11542	36.10979	36.11115	36.12436	36.1196	36.12183	36.12183	36.14851	36.12651
Long. (E°)	138.15337	138.15395	138.15489	138.15517	138.14814	138.15146	138.15298	138.15298	138.14994	138.13451
Occurrence	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (outcrop)	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (outcrop)	primary (surface)
Appearance	ob9	ob3	ob7: usumirajo	ob3	ob7: seturajo	ob7: seturajo	ob3	ob1	ob3	ob7: seturajo
<i>in wt. %</i>										
SiO ₂	77.12	76.82	75.94	77.04	76.96	77.03	77.15	77.31	76.28	75.98
TiO ₂	0.09	0.10	0.09	0.09	0.15	0.10	0.10	0.09	0.07	0.09
Al ₂ O ₃	12.63	12.69	12.57	12.66	12.67	12.67	12.66	12.70	12.56	12.56
T-Fe ₂ O ₃	0.64	0.64	0.64	0.64	0.91	0.64	0.64	0.65	0.68	0.64
MnO	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.10	0.07
MgO	0.09	0.09	0.08	0.09	0.12	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08
CaO	0.49	0.49	0.48	0.49	0.69	0.49	0.49	0.50	0.49	0.48
Na ₂ O	4.02	3.98	3.97	4.00	3.76	3.98	3.96	3.97	3.92	3.94
K ₂ O	4.72	4.75	4.66	4.74	4.80	4.65	4.74	4.68	4.90	4.67
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
total	99.88	99.65	98.51	99.83	100.15	99.73	99.93	100.08	99.08	98.53
<i>in ppm</i>										
Zn	23.8	23.9	23.0	22.1	32.2	24.2	23.7	23.9	25.6	22.7
Rb	142	142	140	142	157	141	140	140	280	141
Se	41.2	41.1	41.0	41.5	69.3	42.1	41.1	41.0	7.9	42.0
Y	26.9	28.2	28.2	27.5	24.8	26.6	26.7	26.6	44.7	27.2
Zr	77.0	76.5	75.8	76.6	121	77.3	76.6	76.9	88.8	76.4
Nb	9.6	8.6	9.4	9.3	9.4	8.9	9.2	8.7	16.3	8.3
Th	7.7	8.7	8.9	8.8	15.9	9.6	9.7	9.1	24.8	8.0
Group	IB1	IB1	IB1	IB1	BHU	IB1	IB1	IB1	MT	IB1
<hr/>										
Sample No.	H-3-159-1-1	On-1-1211-1	On-2-1251-1	On-3-1281-1	On-6-104-1	On-6-107-1	On-7-194-1	Os-1-135-1	Os-12-461-1	Os-3-101-1
Lat. (N°)	36.12577	36.15623	36.15818	36.15828	36.16297	36.16394	36.15566	36.14314	36.14024	36.14434
Long. (E°)	138.13866	138.18152	138.1814	138.18303	138.18038	138.17905	138.16061	138.17283	138.17726	138.18379
Occurrence	primary (outcrop)	primary (outcrop)	primary (outcrop)	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (outcrop)	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)
Appearance	ob3	ob11	ob11	ob11	ob7: seturajo	ob7: kaijo	ob11	ob11	ob8	ob7: usumirajo
<i>in wt. %</i>										
SiO ₂	76.23	76.21	76.06	76.40	77.03	77.11	76.14	76.21	77.04	76.39
TiO ₂	0.09	0.17	0.15	0.15	0.13	0.13	0.07	0.15	0.08	0.09
Al ₂ O ₃	12.59	12.81	12.67	12.60	12.58	12.62	12.61	12.61	12.59	12.57
T-Fe ₂ O ₃	0.63	0.98	0.90	0.91	0.88	0.88	0.79	0.92	0.77	0.79
MnO	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.10	0.07	0.09	0.09
MgO	0.09	0.15	0.13	0.13	0.11	0.12	0.05	0.13	0.06	0.07
CaO	0.48	0.73	0.68	0.68	0.66	0.65	0.50	0.68	0.54	0.55
Na ₂ O	4.00	3.91	3.63	3.83	3.75	3.72	4.00	3.72	3.68	3.72
K ₂ O	4.70	4.71	5.06	4.83	4.84	4.82	4.79	4.94	5.16	5.14
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
total	98.89	99.76	99.37	99.62	100.07	100.14	99.06	99.45	100.02	99.42
<i>in ppm</i>										
Zn	22.5	34.9	31.3	30.2	27.6	28.8	25.1	30.8	25.7	25.6
Rb	141	148	161	162	175	174	278	166	263	251
Se	41.8	86.4	69.2	66.5	50.6	52.6	2.1	65.7	11.4	17.5
Y	28.0	24.9	25.6	25.1	25.9	26.3	39.5	24.9	39.5	36.9
Zr	76.6	139	120	119	106	107	74.6	119	93.9	95.9
Nb	9.0	8.7	9.5	8.6	9.7	9.4	14.3	8.8	14.8	13.0
Th	8.7	12.5	14.1	14.2	17.9	16.2	25.8	15.7	28.1	24.9
Group	IB1	O	BHU	BHU	M	M	FS	BHU	H	B

表 1 (続き)
Table 1. (continued)

Sample No.	Os-4-427-1	Os-6-435-1	Os-9-447-1	Os-9-448-1	Tc-5-33-1	Ty-1-122-1	Wt-2-6A-1	Wt-3-144-1	Wt-4-143-1	Wt-6-148-1
Lat. (N°)	36.14673	36.14091	36.14585	36.1457	36.14142	36.15185	36.13848	36.13976	36.1409	36.14493
Long. (E°)	138.18153	138.18175	138.17858	138.17881	138.1662	138.21092	138.14002	138.13916	138.14072	138.13815
Occurrence	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (surface)	primary (outcrop)	primary (outcrop)	primary (outcrop)	primary (surface)	primary (surface)
Appearance	ob11	ob7: setsurajo	ob11	ob11	ob7: ususumajo	ob3	ob15	ob15	ob9	ob8 or 9
<i>in wt. %</i>										
SiO ₂	76.62	76.90	76.71	76.75	76.74	76.68	76.12	76.09	76.27	76.44
TiO ₂	0.16	0.12	0.15	0.15	0.10	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06
Al ₂ O ₃	12.66	12.63	12.65	12.65	12.64	12.68	12.64	12.62	12.66	12.57
T-Fe ₂ O ₃	0.93	0.85	0.92	0.91	0.82	0.68	0.75	0.75	0.76	0.80
MnO	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.11	0.12	0.10
MgO	0.14	0.11	0.13	0.12	0.09	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06
CaO	0.71	0.62	0.70	0.70	0.59	0.49	0.49	0.49	0.50	0.50
Na ₂ O	3.81	3.81	3.78	3.77	3.78	4.07	4.09	4.09	4.10	3.43
K ₂ O	4.74	4.84	4.76	4.80	4.99	4.67	4.61	4.59	4.58	5.60
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
total	99.86	99.97	99.89	99.94	99.84	99.51	98.93	98.86	99.11	99.57
<i>in ppm</i>										
Zn	32.9	27.3	30.8	31.6	26.4	24.8	25.4	25.9	25.7	24.3
Rb	152	200	156	157	229	280	333	335	338	283
Sr	74.0	39.2	71.2	70.3	27.8	7.1	6.4	7.2	6.6	1.6
Y	23.9	29.2	24.6	23.9	33.3	46.6	52.0	52.4	52.4	41.3
Zr	126	102	123	122	97.5	89.4	87.4	86.9	87.3	76.8
Nb	9.2	11.2	8.6	9.2	12.6	16.0	18.6	19.3	19.7	14.9
Th	13.9	19.6	14.2	15.9	21.6	25.5	30.5	30.9	31.6	26.6
Group	BHU	BH	BHU	BHU	T	MT	W	W	W	FS
<hr/>										
Sample No.	Hd-3-217-1	Hd-3-219-1	Hm-2-127-1	Hm-3-128-1	Hl-1-153-1	Hl-3-161-1	Hl-4-163A-1	Hl-4-163B-1	On-4-1291A-1	On-4-1291B-1
Lat. (N°)	36.10631	36.10679	36.15502	36.15424	36.12951	36.12652	36.1289	36.1289	36.15768	36.15768
Long. (E°)	138.14898	138.14793	138.14037	138.14124	138.13985	138.14218	138.14452	138.14452	138.18631	138.18631
Occurrence	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary
Appearance	ob7: usuhakusumajo	ob7: usuhakusumajo	ob4	ob7: setsurajo	ob7: setsurajo	ob3	ob3 or 7	ob15	ob4	ob4
<i>in wt. %</i>										
SiO ₂	77.89	77.36	76.35	76.34	76.46	76.74	76.05	76.28	76.51	77.26
TiO ₂	0.10	0.10	0.10	0.07	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.13
Al ₂ O ₃	12.89	12.74	12.83	12.58	12.63	12.60	12.58	12.61	12.62	12.59
T-Fe ₂ O ₃	0.65	0.66	0.80	0.68	0.64	0.64	0.63	0.64	0.78	0.86
MnO	0.07	0.07	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07
MgO	0.09	0.08	0.10	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.10
CaO	0.49	0.50	0.63	0.50	0.48	0.49	0.48	0.48	0.54	0.64
Na ₂ O	3.97	3.95	4.04	4.04	3.98	4.00	3.98	4.00	3.95	3.73
K ₂ O	4.72	4.75	4.62	4.68	4.69	4.63	4.69	4.67	4.84	4.84
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
total	100.89	100.23	99.59	99.06	99.13	99.36	98.66	98.93	99.49	100.23
<i>in ppm</i>										
Zn	23.0	24.1	26.5	26.4	22.6	23.8	23.1	24.1	25.9	28.1
Rb	143	142	270	278	143	140	140	141	265	184
Sr	42.7	42.6	26.9	10.1	41.4	40.6	41.4	41.8	13.1	46.7
Y	28.2	26.5	44.9	46.0	27.5	26.5	27.9	27.3	39.8	26.2
Zr	79.4	77.6	93.7	89.0	77.7	77.0	76.2	77.1	94.2	105
Nb	9.4	7.8	15.9	15.5	7.9	9.1	9.6	8.7	14.0	9.9
Th	8.2	8.9	24.9	25.6	8.7	9.7	8.6	8.2	26.2	18.5
Group	BHU	BHU	K	MT	BHU	BHU	BHU	BHU	H	M

表 1 (続き)
Table 1. (continued)

Sample No.	Os-5- 2001-1	Os-6- 106-1	Os-6- 108A-1	Os-6- 108B-1	Os-1- 134-1	Os-2- 140-1	Os-3- 100-1	Os-9- 451-1	Te-1- 118-1	Te-2- 115-1
Lat. (N°)	36.16331	36.16413	36.16399	36.16399	36.14335	36.14181	36.14372	36.14552	36.14483	36.14671
Long. (E°)	138.17858	138.17967	138.178	138.178	138.17346	138.1796	138.18361	138.18039	138.15708	138.15334
Occurrence	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary	secondary
Appearance	ob7? usunumijo	ob7? seturijo	ob7? usunumijo	ob11	ob11	ob7? seturijo	ob7? usunumijo	ob1	ob3?	ob8
<i>in wt.%</i>										
SiO ₂	77.03	77.03	76.57	76.49	76.53	76.36	76.92	76.51	75.51	75.76
TiO ₂	0.14	0.13	0.10	0.13	0.15	0.08	0.10	0.17	0.08	0.08
Al ₂ O ₃	12.60	12.55	12.63	12.58	12.65	12.61	12.56	12.72	12.55	12.55
T-Fe ₂ O ₃	0.89	0.88	0.81	0.88	0.91	0.78	0.82	0.95	0.72	0.70
MnO	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.09	0.08	0.07	0.09	0.10
MgO	0.12	0.12	0.08	0.11	0.13	0.06	0.09	0.13	0.08	0.07
CaO	0.67	0.65	0.58	0.66	0.69	0.54	0.59	0.72	0.55	0.52
Na ₂ O	3.74	3.72	3.84	3.69	3.73	3.89	3.71	3.84	4.00	4.00
K ₂ O	4.81	4.84	4.89	4.99	4.77	4.90	4.98	4.70	4.64	4.63
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
total	100.09	100.01	99.59	99.61	99.65	99.32	99.86	99.83	98.23	98.42
<i>in ppm</i>										
Zn	28.7	28.4	26.5	27.7	31.7	25.5	26.1	32.4	26.6	26.3
Rb	169	179	235	178	156	261	224	150	261	275
Se	58.1	51.0	23.9	51.5	67.3	11.5	26.9	79.8	17.7	11.3
Y	24.7	25.1	34.5	26.1	24.6	39.0	33.2	23.3	43.1	45.5
Zr	114	105	97.5	106	121	95.2	96.8	136	91.9	89.5
Nb	9.1	9.3	12.7	9.6	8.6	14.5	12.0	7.8	15.1	15.9
Th	17.4	17.6	22.9	16.7	15.0	26.1	23.1	15.8	24.4	26.5
Group	nd	M	T	M	BHU	H	T	O	H	H

Sample No.	Te-3- 114-1	Te-4- 120-1	Ty-2- 1271-1	Wi-1- 7-1	KS	MK	TS	JR-1
Lat. (N°)	36.14796	36.14275	36.14917	36.13792	-	36.05755	36.04475	36.15392
Long. (E°)	138.15098	138.15615	138.20767	138.13995	-	138.35805	138.31786	138.14162
Occurrence	secondary	secondary	secondary	secondary	-	primary (outcrop)	primary (outcrop)	-
Appearance	ob7? usunumijo	ob3	ob3	ob7? seturijo	-	-	-	-
<i>in wt.%</i>								
SiO ₂	76.41	75.76	76.59	76.02	77.55	77.16	76.55	75.60
TiO ₂	0.07	0.08	0.07	0.06	0.13	0.16	0.15	0.11
Al ₂ O ₃	12.58	12.55	12.63	12.58	12.71	12.45	12.55	12.86
T-Fe ₂ O ₃	0.68	0.78	0.68	0.75	0.84	0.93	0.91	0.89
MnO	0.10	0.09	0.10	0.11	0.07	0.05	0.05	0.10
MgO	0.06	0.06	0.06	0.05	0.17	0.14	0.15	0.12
CaO	0.49	0.54	0.49	0.50	0.81	0.75	0.73	0.67
Na ₂ O	4.06	3.90	4.00	4.07	4.37	3.90	3.93	4.03
K ₂ O	4.67	4.74	4.83	4.61	3.29	4.20	4.21	4.42
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02
total	99.13	98.51	99.46	98.76	99.97	99.76	99.05	98.82
<i>in ppm</i>								
Zn	25.7	25.7	25.5	24.2	24.1	31.2	29.6	30.7
Rb	280	261	281	324	68.7	103	108	258
Se	6.9	14.8	8.1	6.1	75.1	116	115	29.2
Y	46.7	39.1	46.2	50.9	25.7	16.7	16.7	45.2
Zr	88.1	95.2	88.8	88.2	76.6	103	101	100
Nb	16.0	13.9	15.6	18.6	7.3	6.6	6.1	15.2
Th	25.2	26.1	26.1	31.2	4.6	7.5	6.5	26.8
Group	MT	H	HBI	W	-	-	-	-

ることはできない。しかし、プロットの位置は規格化に用いたJR-1の値に近くそこからの距離は0.23である。この標準試料JR-1の産出地点である小深沢の旧採石場(図1)は、かつては岩脈状の露頭があったとされるが、埋め戻しによりもはや露頭からの直接的な試料採取ができず、この地点における原産地試料は表層や河床に落ちていた異地性の礫である。よって、JR-1の組成を示す点(X=3.00, Y=4.00; 図2)からの距離が0.3以内にプロットされるものについては、新たにK:小深沢というグループを設定していくこととした。すなわち、試料Hm-2-127-1は小深沢にあったかつての露頭由来のものとして判断した。

さらに、霧ヶ峰地域の黒曜石原産地試料の元素組成と比較するため麦草峠(MK: X=6.46, Y=1.48)、冷山(TS: X=6.31, Y=1.43)、神津島(KS: X=4.52, Y=1.49)の黒曜石原産地の試料を定量分析し、原産地解析のための原石試料のデータベースに加えた。これら試料の定量分析値は表1に示す通りである。

2-3 化学的なグループごとの黒曜石原産地の産状

化学的な分類に基づいたグループごとの黒曜石原産地の地点や産状(図1)を及川ほか(2013, 2014, 2015, 2016)で述べられている内容とともに以下にまとめる。

グループBHU: このグループに相当する黒曜石が産出する地点は、星ヶ台のウツギ沢(Hd-5-491)から本沢中流左岸(Os-1-134, -135)・下流右岸(Os-9-447, -448, Os-4-427)、教ヶ沢(On-2-1251, On-3-1281)と広範囲に及ぶ。Os-1-134以外の地点からはいずれも原地性の黒曜石が採取される。またOs-9-447とHd-5-491の地点からはしばしば黒曜石製石器が見つかるが、それらの石質は原石の黒曜石の石質とは明らかに異なっている。

グループMT: このグループに相当する原地性の黒曜石は、東餅屋の採石場(場内露頭: Hm-1-116)と鷹山の星ヶ峠(Ty-1-122)に産する。東餅屋の採石場内は、人為的に大きく崩されもはや石器は見当たらないが、地理的には広原遺跡群(広原湿原)の直上に位置した大きな原産地であると言える。星ヶ峠には先史時代の採掘場があり、ここで採取される石器については鷹山遺跡群調査団(2015)などで詳細に報告されている。

異地性の黒曜石は小深沢の旧採石場(Hm-3-128)、ツチャ沢の左岸の上流(Tc-3-114)、星ヶ峠の南斜面(Ty-2-1271)で採取される。小深沢の旧採石場で採取した試料は表層点にしていた礫であり、これらは外部から持ち込まれた埋め戻しのための土砂に含まれた可能性が高い。ツチャ沢の左岸の上流のものは、東餅屋の採石場の直下に位置し、ここから流出した土砂に紛れ込んでいた礫である可能性が高い。星ヶ峠の南斜面で採取されるものは、産状や位置関係からその直上にある原地性の黒曜石から流出したものと想定される。

グループBH: このグループに相当する原地性の黒曜石は、ブドウ沢左岸の尾根沿いから本沢の右岸にかけて原地性のものとして産する(Os-6-435)。この地点において石器は見られない。

グループH: このグループに相当する黒曜石が産出する地点はツチャ沢左岸(Tc-1-118, -2-115, -4-120)、本沢右岸(Os-2-140, -12-461)、高松沢上流(On-4-1291-A)と広範囲に及ぶ。これらのうち原地性の黒曜石が産する地点は本沢中流右岸(Os-12-461)である。ここには斜面一帯に大量の黒曜石礫が集中して分布し、それらと同質の多量の石器を伴う。

グループT: このグループに相当する原地性の黒曜石はツチャ沢右岸(Tc-5-33)に産する。ここでは、斜面一帯に礫が集中して分布し同質の石器も数多く見られる。異地性の黒曜石はブドウ沢左岸(Os-3-100)や高松沢下流(On-6-108-A)に産し、これら地域においても多くの黒曜石製石器が見られるが、しばしば原石の石質とは異なっている。

グループW: このグループに相当する黒曜石はいずれも和田峠南(Wt-1-7, -2-6-A, -3-144, -4-143)に集中して産する。なおWt-2-6-Aは坑内の露頭から採取したものである。Wt-4-143には原石と同質の石器が見られる。

グループB: このグループに相当する黒曜石は、ブドウ沢左岸の尾根(Os-3-101)に産する。この地点においては、しばしば原石と同質または異質の石器が見られる。

グループHH: このグループに相当する原地性・異地性の黒曜石は、いずれも星ヶ塔(Ht-1-153, -2-156, -3-159.1, -3-161, -4-163-A, -B)・星ヶ台(Hd-1-178, -1-180-A, -2-203.1, -2-213, -3-217, -3-219, -6-

476, -8-479-A, -6-479-B) に産する、屋ヶ台・屋ヶ塔地域における黒曜石は、ウツギ沢における原地性の原産地 (Hd-5-491) 以外は全てこの組成グループに相当し、採掘址や遺跡が多く分布している (下諏訪教育委員会, 2008)。

グループ M: このグループに相当する原地性・異地性の黒曜石はいずれも男女倉の高松沢の上流 (On-4-1291-B) と下流 (On-6-104, -6-106, -6-107, -6-108-B) に分布し、これら地域には同質または異質の石器が多量に見られる。

グループ FS: このグループに相当する原地性の黒曜石は古峠 (Wt-6-148) と三ノ又沢 (On-7-194) に位置する、これら地点における黒曜石は球顎が多く細礫で石器は見られない。

グループ O: このグループに相当する原地性の黒曜石は牧ヶ沢にある岩脈状の露頭 (On-1-1211) として産する、この露頭直下において石器は見られない、異地性のものは本沢下流右岸 (Os-9-451) に産する。

グループ K: このグループに相当する黒曜石は小深沢の河床に異地性のものとして産する (Hm-2-127)、この直上には、かつて大規模な岩脈状の黒曜石の露頭

があり、そこは JR-1 (地球化学標準試料) の採取地でもある、さらに、ここから和田川を挟んで広原遺跡群 (広原湿原) が位置する。

2-4 定量分析に基づいた黒曜石製石器の原産地解析

定量分析値に基づいた原産地解析を実施するため広原 I 遺跡 (TP-2, EA-1)、広原 II 遺跡 (TP-3, EA-2) から出土の石器 40 点を石質分類に基づいて抽出した (表 2)、これら石器は 2.0 ~ 4.0g 程度に切断し、原産地における原石試料と同様に粉砕しガラスビード化して定量分析を実施した、定量分析結果を表 2 に示す、定量分析に基づいた石器の原産地解析では、まず分析値を図 2 と同じ図 3 の散布図にプロットし、いずれのグループの基準点からも距離が 0.3 を超える場所にプロットされるものは判別不能とする、それ以外のものはどのグループに相当するかを判別し、図 1 から石器の原産地の地点を推定する、例えばある石器の分析値がグループ BHU に相当すると判別されたならば、その石器の原産地は地形図に示すグループ BHU が採取された原石試料の地点であると推定する。

さらに、図 2 や図 3 の散布図においては、基準点か

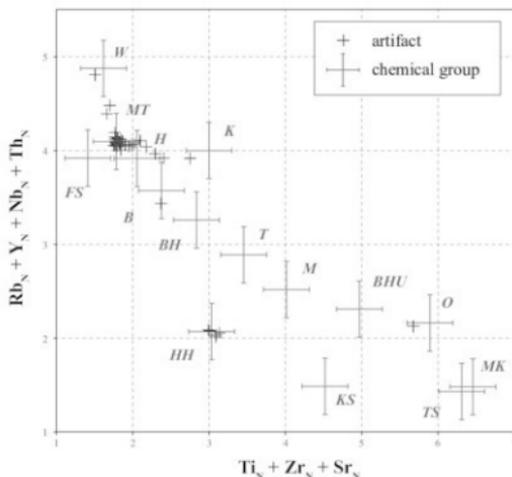


図 3 定量分析結果に基づいた黒曜石製石器の化学的分類

Fig. 3. Diagram showing chemical classification of obsidian artifacts based on WD-XRF analysis

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; mdara	ob1	ob4	ob2	ob15	ob12	ob6	ob7	ob7
<i>in wt.%</i>										
SiO ₂	76.61	76.87	76.81	76.64	76.68	76.09	76.70	76.62	76.41	76.75
TiO ₂	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.17	0.07	0.07	0.07	0.07
Al ₂ O ₃	12.65	12.64	12.72	12.61	12.73	12.81	12.72	12.59	12.64	12.65
T-Fe ₂ O ₃	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 ₂ O	4.00	3.73	3.91	3.92	3.83	3.78	3.91	3.98	4.02	3.93
K ₂ O	4.59	5.00	4.70	4.70	4.76	4.71	4.74	4.61	4.60	4.76
P ₂ O ₅	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	28.8
Rb	272	274	273	274	272	146	271	271	273	278
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 ₂	76.24	76.58	76.59	76.45	76.06	76.51	76.63	76.05	76.31	76.64
TiO ₂	0.09	0.08	0.06	0.08	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.07
Al ₂ O ₃	12.72	12.66	12.68	12.73	12.59	12.69	12.63	12.70	12.63	12.66
T-Fe ₂ O ₃	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 ₂ O	3.96	3.88	4.03	3.69	3.87	3.96	3.96	3.96	3.89	3.85
K ₂ O	4.64	4.78	4.61	5.06	4.80	4.66	4.61	4.57	4.64	4.83
P ₂ O ₅	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	HP-3
Area	EA-2	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	obs: madara	ob9	obs: moya	ob8	ob12	obs: moya	ob3	ob11	ob14	ob3	
<i>in wt.%</i>											
SiO ₂	76.52	76.37	76.71	76.17	76.52	76.55	76.77	75.89	76.07	76.60	
TiO ₂	0.08	0.10	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.10	0.09	0.07	
Al ₂ O ₃	12.59	12.59	12.59	12.66	12.66	12.66	12.62	12.80	12.54	12.67	
T-Fe ₂ O ₃	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 ₂ O	4.03	3.94	3.99	4.04	3.99	3.97	4.04	3.99	3.83	3.96	
K ₂ O	4.60	4.61	4.61	4.53	4.61	4.69	4.73	4.55	4.70	4.64	
P ₂ O ₅	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	
Se	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	
<hr/>											
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	
<hr/>											
Round	HP-3	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	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	obs: madara	ob7	ob7	ob7	ob15	
<i>in wt.%</i>											
SiO ₂	76.48	76.64	76.46	76.50	76.62	76.53	76.24	76.22	76.52	76.33	
TiO ₂	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.07	0.09	
Al ₂ O ₃	12.65	12.72	12.67	12.59	12.65	12.73	12.63	12.64	12.78	12.56	
T-Fe ₂ O ₃	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 ₂ O	3.95	4.01	3.92	3.99	3.99	4.00	3.83	3.89	3.97	3.93	
K ₂ O	4.63	4.59	4.65	4.61	4.62	4.62	4.71	4.62	4.62	4.62	
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	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	
Se	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	
<hr/>											
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クス元素による吸収効果、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 α 、Sr-K α 、Y-K α 、Zr-K α 、Mn-K α 、Fe-K α 、K-K α 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 α 、Sr-K α 、Y-K α 、Zr-K α)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 (2σ)、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 Sr^* , $\log(Fe/K)$, Rb^* , $100 \times Mn/Fe$ の平均値と誤差 (CV) は、それぞれ 9.81 ± 1.23 (12.5%), 0.18 ± 0.01 (7.3%), 47.9 ± 2.4 (5.0%), 2.86 ± 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 $\log(Fe/K)$ vs. Sr^* の散布図よりも $100 \times Mn/Fe$ vs. 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 $100 \times Mn/Fe$ vs. Rb^* の散布図では基準点からの誤差範囲に全て取まるが、 $\log(Fe/K)$ vs. 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 $100 \times Mn/Fe$ vs. 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 ($500 \times Mn/Fe$) 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、可能な限り水と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

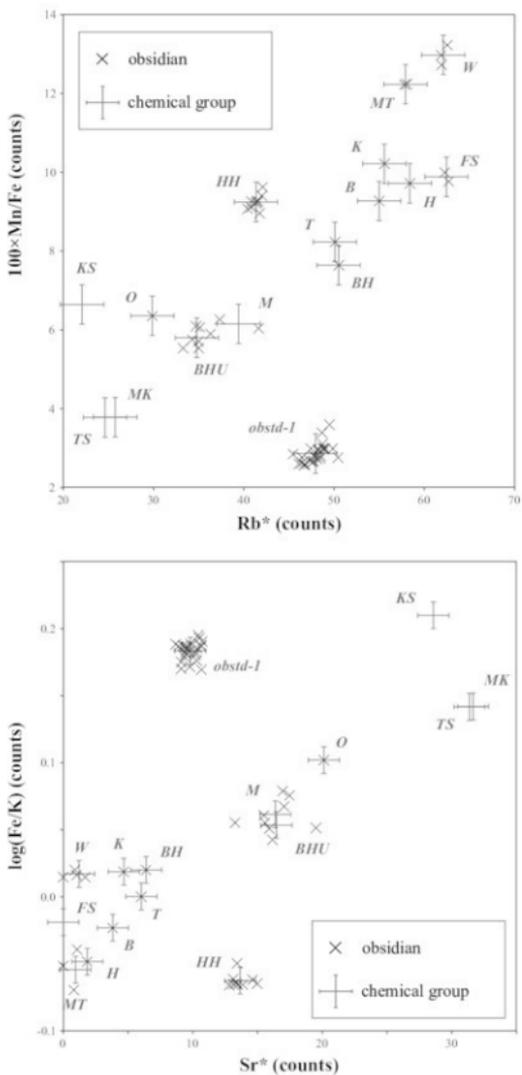


図4 望月 (1997) の判別図に基づく霧ヶ峰地域における黒曜石原産地の化学的分類
 Fig. 4. Chemical classification of obsidian sources in the Kirigamine area based on Mochizuki (1997) diagram

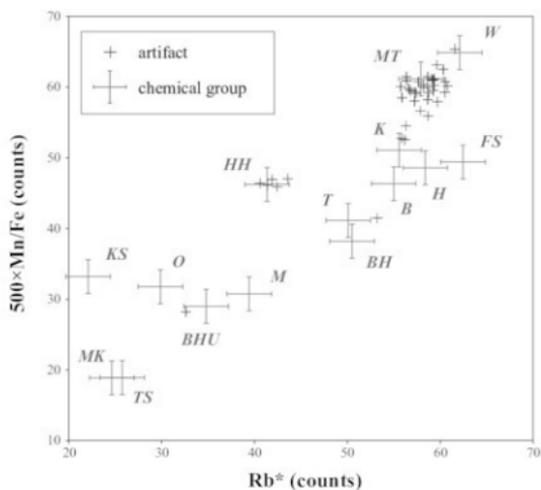


図5 定性分析結果に基づいた黒曜石製石器（定量分析を実施した40点を抜粋）の化学的分類
 Fig. 5. Diagram showing chemical classification of representative obsidian artifacts (N=40) based on ED-XRF analysis

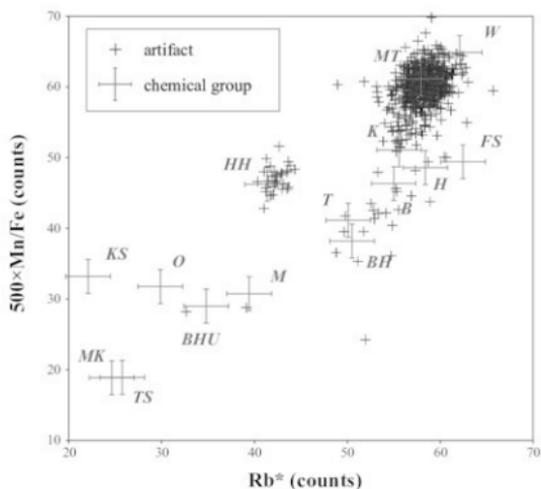


図6 定性分析結果に基づいた黒曜石製石器（広原1遺跡）の化学的分類。
 Fig. 6. Diagrams showing chemical classification of obsidian artifacts from the Hiroppara site 1

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。岡田ほか(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な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・岡田祥光・高村優花・灘 友佳・野村亮弘・藤原 唯・望月 暁・田原弘章・橋詰由佳・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・岡田祥光・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・野村亮弘・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・岡田祥光・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・岡田祥光・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・岡田祥光・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.
- 岡田祥光・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
- 岡田祥光・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	BH	HP-2	EA-1	No.169	BH	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	BH	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	BH	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	IHH	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	IHH	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	IHH
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	IHH
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	IHH	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	IHI	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	IHI	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	IHI	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	IHI	HP-2	EA-1	No.590	nd
HP-2	EA-1	No.524	IHI	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	IHI				
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	IHI				
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	IHI				
HP-2	EA-1	No.562	MT				

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

Yoshimitsu Suda^{1*}, Moho Tsuchiya²

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^{1*}

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。透閃石岩や珩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 倍で鏡鏡・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 $\times 10^6$ 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、無斑品質安山岩 1 点、顕品質安山岩 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、珩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.phala.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 site II

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
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。放射虫化石を含む。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統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。放射虫化石を含む。節理を多く含む点で奈川赤褐色チャート(中村, 2008, 2013b)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+940)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・岩瀨, 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 382×10^5 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	Munsell 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 Similar to Uenohara(2) TU-10, 16
7	Acidic tuff	EA-2 800+949	Light yellow	2.5Y8/3	1-	3	1	10, 16
8	Fine-grained sandstone	EA-2 1825	Gray	5Y5/1	1-	6.5	1	Ryrite
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	Chaicedony	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して推定され、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、石川県医生山果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して推定され、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。黒色で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。巖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

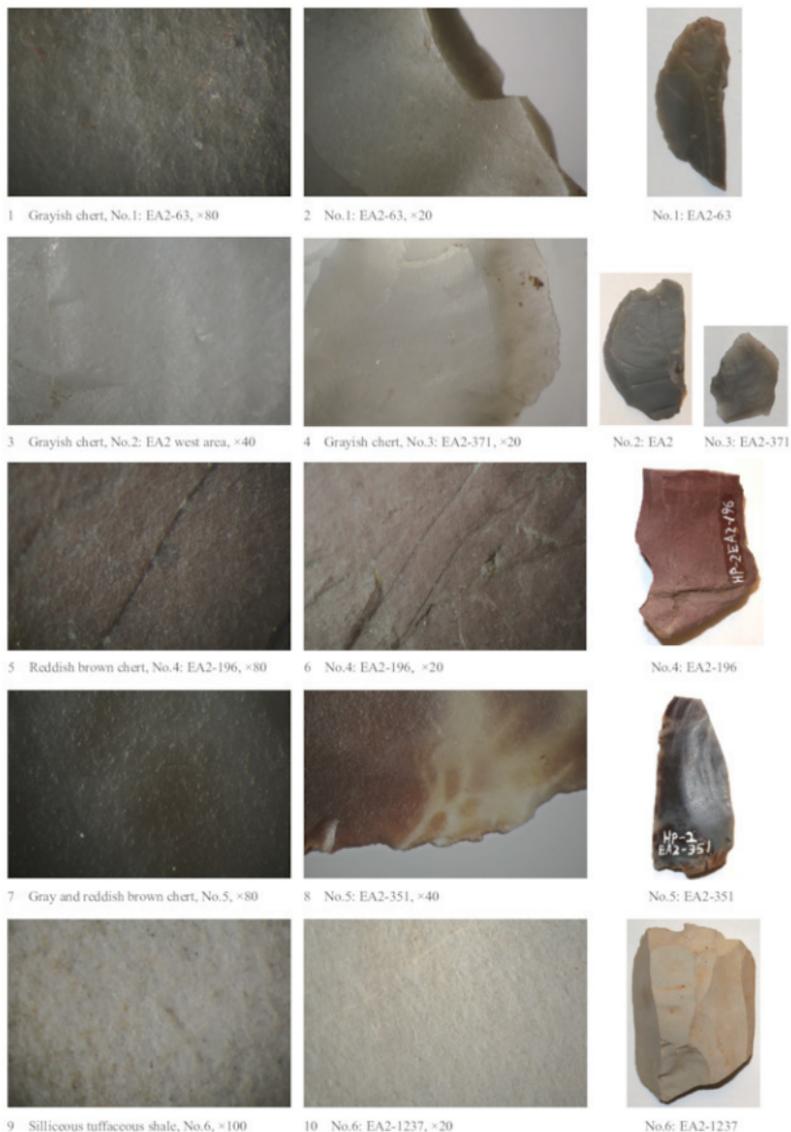


図1 広原II遺跡の石器石材写真1

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

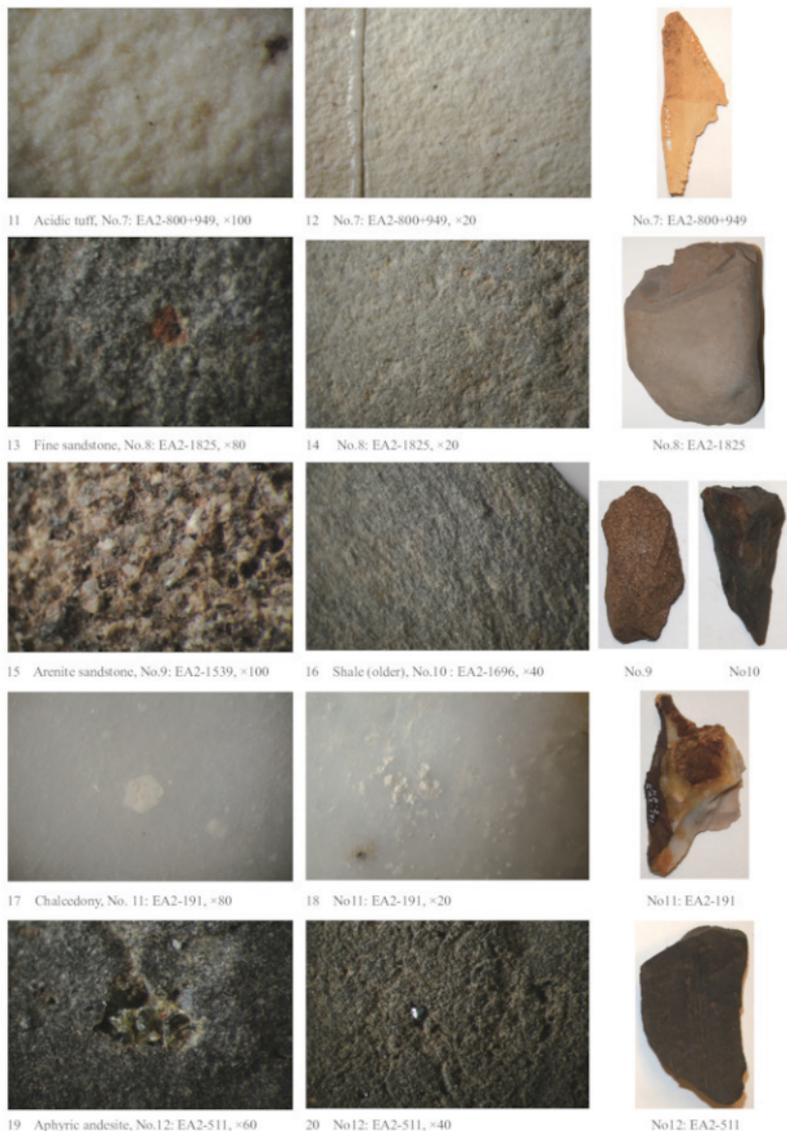


図2 広原Ⅱ遺跡の石器石材写真2

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



21 Tremolite rock D2, No.13: EA2-2550, $\times 80$



22 No.13: EA2-2550, $\times 40$



No.13: EA2-2550



23 No.13: EA2-2550, $\times 20$

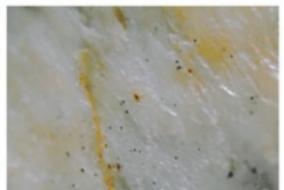


24 No.13: EA2-2550, $\times 20$

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500 km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¹⁾。また、D2タイプは秋田県秋田市地蔵田遺跡(図3-29)、群馬県安中市古城遺跡、石川県白山市久保久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。このなかには蛇紋岩類を含む超苦鉄質岩の分布地が①壱原川流域、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15~20 cm以上の表面に凹凸面を残した円~亜円礫の大礫を用いたと推定されており、この形状の透閃石岩礫が産する壱原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壱原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、このような礫は壱原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ている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ム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回年会研究発表要旨』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^{1*}

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.

¹ Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

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

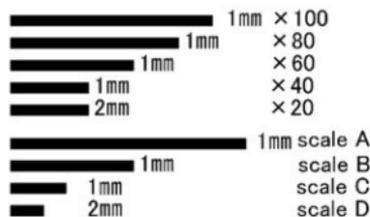


図1～3の顕微鏡写真の縮尺(石器写真の縮尺は不同)

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¹⁾

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3万年前以降の産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，産錐性堆積物が主体で，間欠的に河川成砂層や有機質産錐粘土が発達する。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。ローム層には浅間酸鼻黄色テフラ(AsYP)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種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，凹凸のある緩斜面上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。露頭に限られるため，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，周辺山地の緩斜面上には厚さ数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)

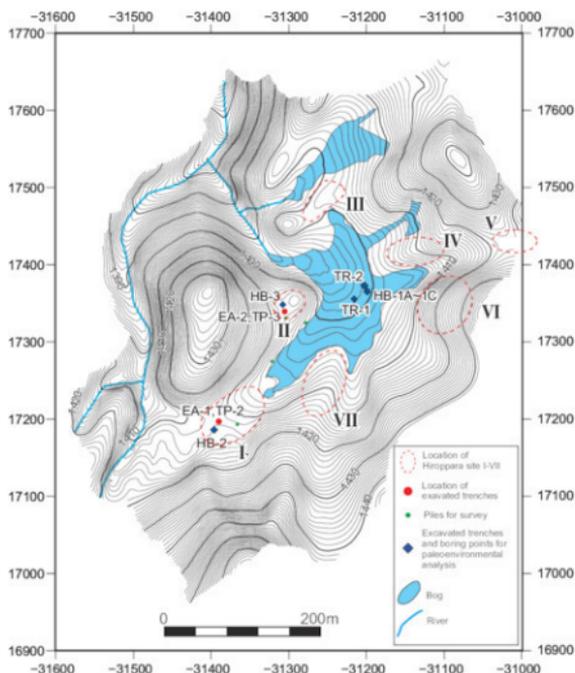


図1 広原湿原周辺の地形図と調査位置 (島田ほか, 2016)

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

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。表層が

表1 調査位置の緯度・経度一覧

Table 1. Location of the study sites

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' 21.8586"	138°09' 11.59969"	northeast corner
TR-2 SE	36°09' 21.82313"	138°09' 11.59597"	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、それ以下では、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

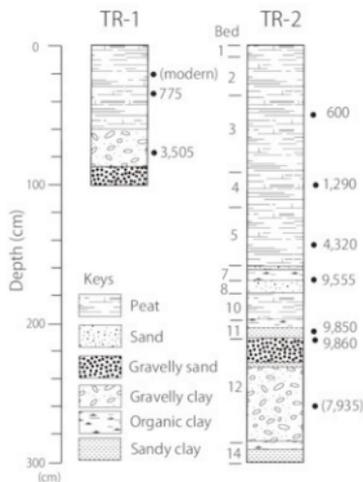


図2 広原湿原のトレンチ調査にもとづく堆積物柱状図
TR-2柱状図の左側の数字は図4に区別した土層の番号を示す。

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、

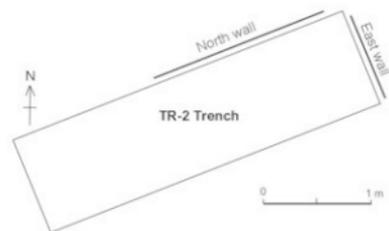


図3 広原湿原のTR-2トレンチ調査で記載された断面図の配置

Fig. 3. Location map of cross sections from the TR-2 trench shown in Fig. 4

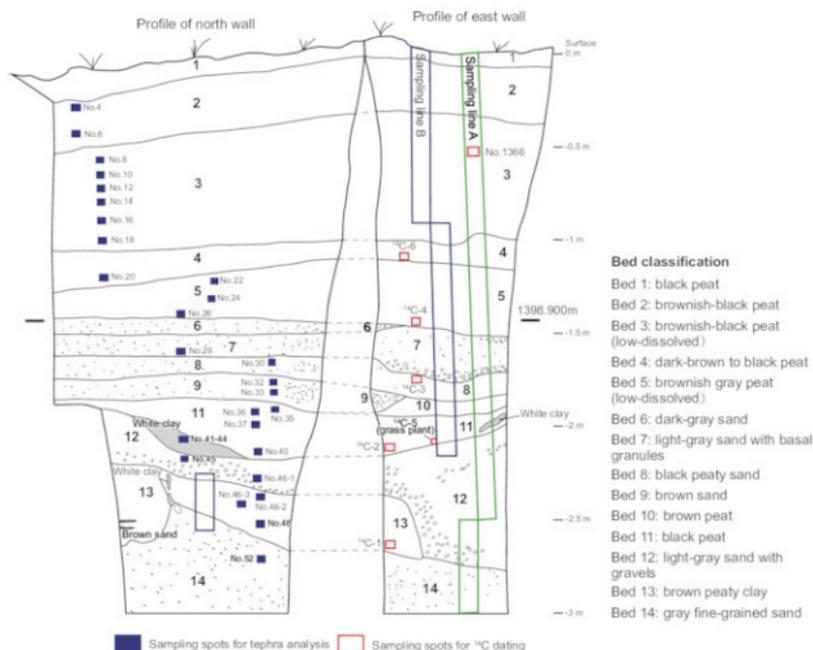


図4 広原湿原のTR-2トレンチ調査の断面図

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ので、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

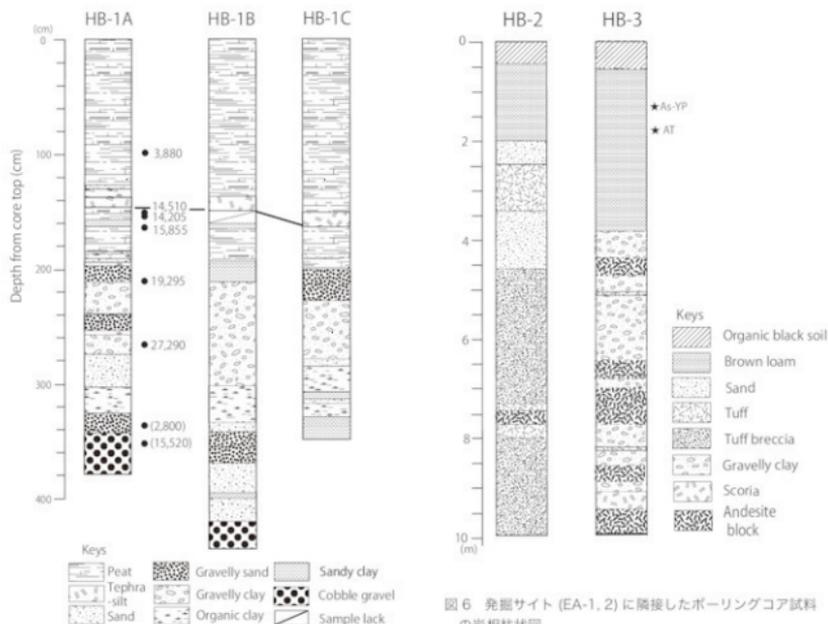


図5 広原湿原から採取したボーリングコア試料の岩相柱状図
Fig. 5. Columnar sections of the drilled sediment cores from the Hiroppara bog

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 - 99.1	b	= b + 96.5
3	99	55.8 - 42.5	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。その下位に厚さ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、その下位に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、全体として細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 μ m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砕した後、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

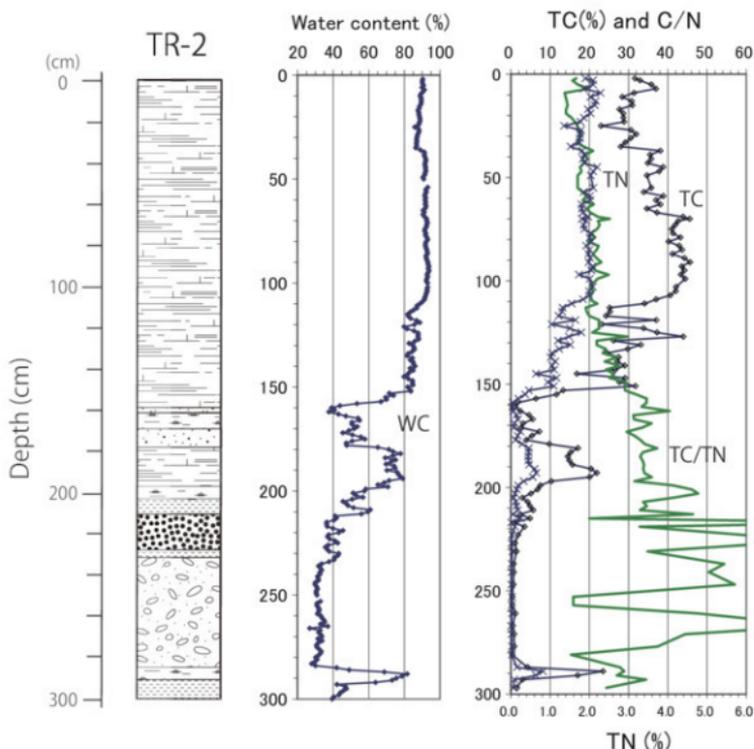


図7 TR-2トレンチにおける堆積物の含水率(WC)、全炭素含有量(TC)、全窒素含有量(TN)などの層序変化

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で一旦増加して、その後深度110 cmまで90%ほどではば一定の値を保つ。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160 cm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200 cm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、硬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決まる。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、

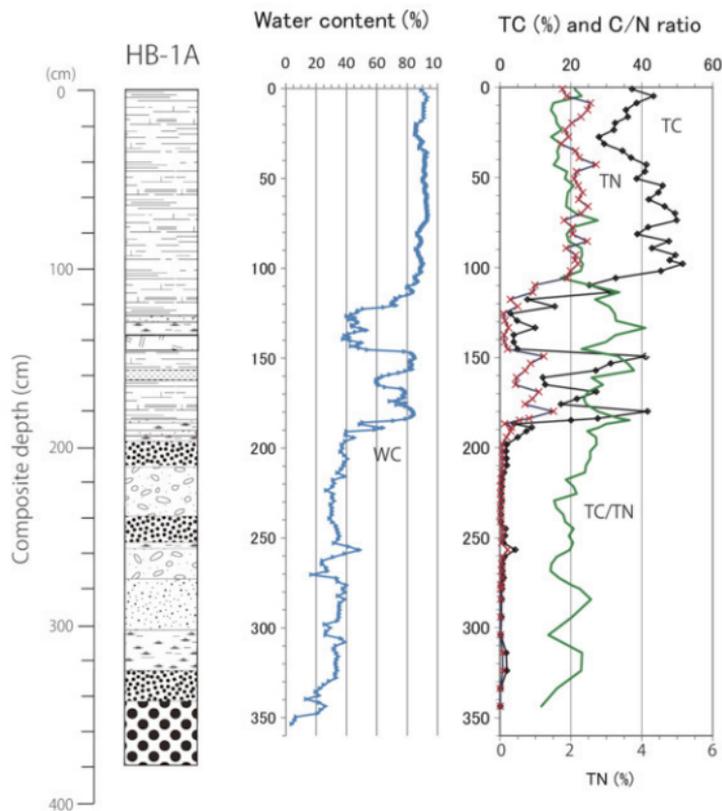


図8 HB-1A コア試料の含水率 (WC)、全炭素含有量 (TC)、全窒素含有量 (TN) などの層序変化
 Fig. 8. Physical and chemical features of the sediment core (HB-1A) from the Hiroppara bog
 WC: water content, TC: total carbon content, TN: total nitrogen content, TC/TN: weight ratio of TN to TC.

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 程度であり、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

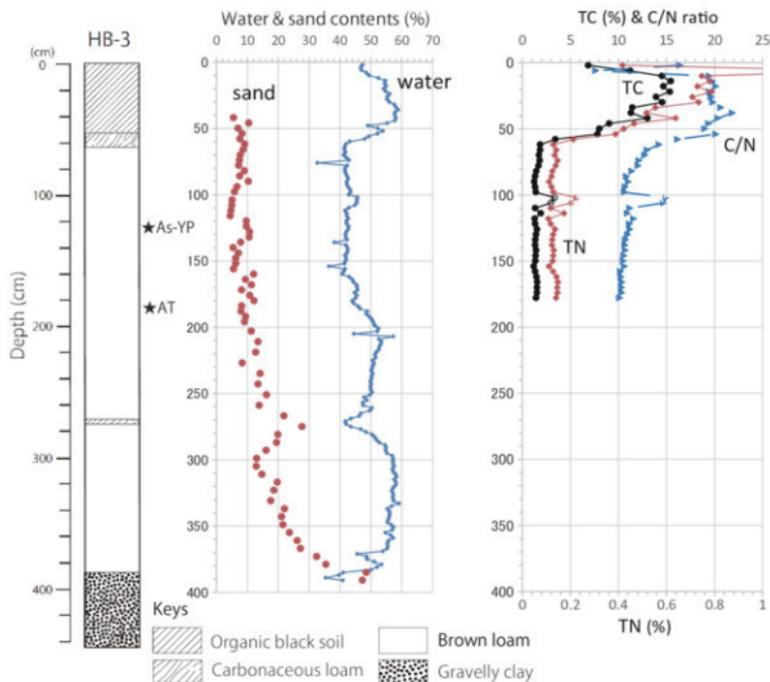


図9 発掘サイト EA-2 沿いの HB-3 コア最上部の物性および含砂率変動

Fig. 9. Physical and chemical features of the upper part of the sediment core HB-3 beside the EA-2 site, west to the Hiropara 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は暗灰褐色の硬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。この層準は空気を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、¹⁴C 年代測定値が不可欠であり、その情報が深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 ¹⁴C 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 ¹⁴C 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

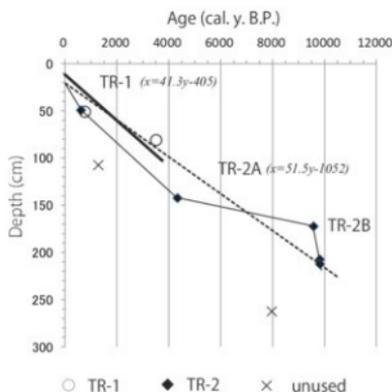


図 10 トレンチ調査で調べた湿原堆積物の年代モデル
Fig. 10 Age model for the sediments from the TR-2 trench in the Hiroppara bog.

ツキが大きい (図 10)。これらの堆積速度のパラッ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 ¹⁴C 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¹⁴C年代測定値一覧
工藤(2016)より簡略化して引用

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

Sampling Loc.	Sample no.	average depth (cm)	materials	δ ¹³ C (‰)	measured ¹⁴ C date	Calibrated dates (cal yr BP±2σ)			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%)
	¹⁴ C-6 (105-110cm)	107.5	grass	-28.21	1,360	1,305	1,265	1,290	(95.4%)
	¹⁴ C-4 (140-145cm)	142.5	wood	-28.51	3,875	4,415	4,240	4,320	(95.45%)
	¹⁴ C-3 (170-175cm)	172.5	wood	-27.67	8,605	9,630	9,525	9,555	(95.46%)
	¹⁴ C-5 (205-210cm)	207.5	wood	-30.1	8,810	9,940	9,690	9,850	(87.8%)
	¹⁴ C-2 (210-215cm)	212.5	wood	-32.38	8,815	9,945	9,695	9,860	(85.5%)
	¹⁴ 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¹⁴C年代測定値一覧

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

Sample no.	depth on the standard column (cm)	materials	δ ¹³ C (‰)	measured ¹⁴ C date	Calibrated dates (cal yr BP±2σ)			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¹⁴C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のには有効であるが、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。

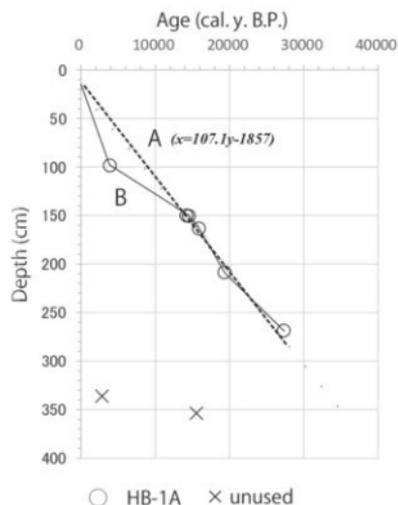


図11 広原湿原から採取されたHB-1A コアの標準層序に対する年代モデル

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りに挟まるという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か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}C 年代測定値が得られていない。これは陸上掘削地に分布するローム層中では ^{14}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 ~ 125 cm 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砕屑物を主とする堆積物は、安山岩岩塊や同質凝灰岩質砕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砕屑物 (q1va) とされているもの (新版長野県地質図作成委員会, 2010) に相当すると思われる。

HB-2 コア試料については、直接は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砕屑物の重なりは 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。

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砕屑物層 (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、明治大学黒曜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 「更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・橋詰調・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), 明治大学黒曜石研究センター
- 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 「男女倉付近の黒曜石と上部更新統」
和田村教育委員会編『和田村の黒曜石をめぐる課題
—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high・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
曜石研究センター
- 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high・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high・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
- 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/chishitsuzi.html](http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/chishitsu/chishitsuzi.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 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 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high・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), 明治大学黒曜石研究センター
- 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high・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), 明治大学黒曜石研究セン
ター

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

Fujio Kumon^{1*}

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.

¹ 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^{1*}

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 ± 20 ^{14}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 ± 15 ^{14}C BP (645 ~ 540 cal BP, 1305 ~ 1410 cal AD)、深度140 ~ 145 cmの褐色泥炭で 3875 ± 20 ^{14}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 ± 30 ^{14}C BP (9630 ~ 9525 cal BP) ~ 8815 ± 30 ^{14}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 ± 20 ^{14}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 ± 40 ^{14}C BP (14830 ~ 14190 cal BP) ~ 13190 ± 35 ^{14}C BP (16025 ~ 15690 cal BP, HMR-3, 深度163.5 cm)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 ± 45 ^{14}C BP (19490 ~ 19100 cal BP)が得られ、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。深度268.7 cmの砂礫層では 22940 ± 70 ^{14}C BP (27480 ~ 27085 cal BP)の年代が得られ、後期旧石器時代後期前葉に相当する。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 ± 90 ^{14}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、泥炭層が薄いので調査を終了した(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}C -6)、5層(灰褐色泥炭層, 深度140 ~ 145 cm, ^{14}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, ^{14}C -3), 11 層 (黒色泥炭層, 深度 210 ~ 215 cm, ^{14}C -2), 13 層 (灰白色小粒砂層, 深度 260 ~ 265 cm, ^{14}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: ^{14}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), 明治大学黒曜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 ^{14}C -5

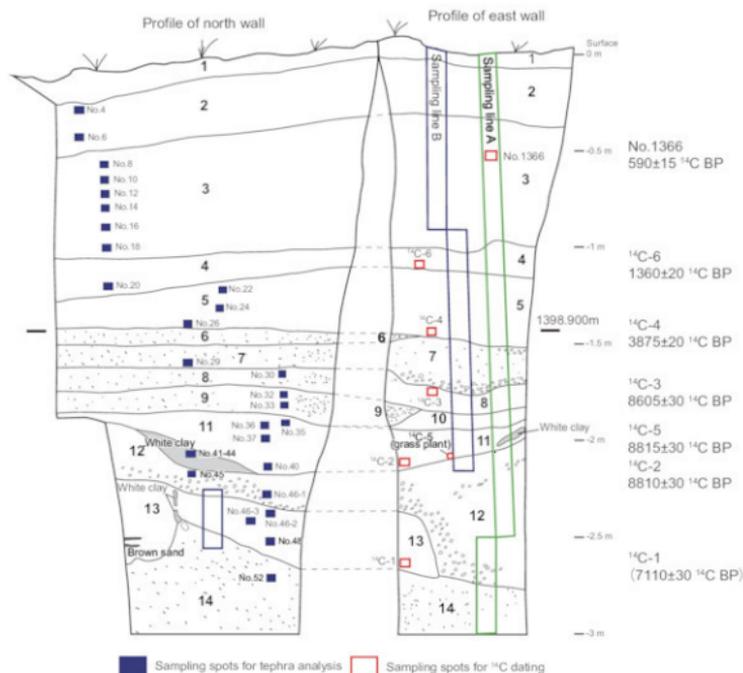


図 1 広原湿原 TR-2 の断面図および放射性炭素年代測定試料の採取位置
東壁の柱状の線 A, B はそれぞれ古環境 (A) とテフラ (B) 分析用の試料の連続的採取位置を示す。

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の堆植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45～50 cm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、埋藏中に生成・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℃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CO₂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I,SSDH)を用いて¹⁴C濃度を測定した。得られた¹⁴C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	δ ¹³ C (‰)	¹⁴ C date (yr BP ±1σ)	Calibrated date (cal yr BP ±2σ)	(%)	σ (cal yr BP)	Labo code	Remarks	
TR-1	25cm	Glass	25cm	-	-27.31±0.15	-280±15	-	-	PLD-19328	-	
TR-1	50cm	Wood	50cm	-	-28.10±0.15	870±20	900 - 870 800 - 730	7.6 87.8	775	PLD-19329	-
TR-1	81cm	Wood	81cm	-	-30.12±0.16	3275±20	3565 - 3450	95.4	3505	PLD-19330	-
TR-2	No.1366	Glass	49～50cm	-	-26.99±0.15	590±15	565 - 540	24.4	600	PLD-21769	-
TR-2	¹⁴ C-6	Glass	105～110cm	-	-28.21±0.14	1360±20	1305 - 1265	95.4	1290	PLD-19187	-
TR-2	¹⁴ C-4	Wood (branch)	140～145cm	-	-28.51±0.14	3875±20	4415 - 4240	95.4	4320	PLD-19185	-
TR-2	¹⁴ C-3	Wood (branch)	170～175cm	-	-27.67±0.16	8605±30	9630 - 9525	95.4	9555	PLD-19184	-
TR-2	¹⁴ C-2	Wood	210～215cm	-	-32.38±0.12	8815±30	10120 - 10060 10005 - 9990	9.2 0.7	9860	PLD-19183	-
TR-2	¹⁴ C-5	Wood	205～210cm	-	-30.10±0.13	8810±30	9945 - 9695 10130 - 10065	85.5 7.3	9850	PLD-19186	-
TR-2	¹⁴ C-1	Glass	260～265cm	-	-28.24±0.17	7110±30	10005 - 9995 9940 - 9690	0.3 87.8	7935	PLD-19182	-
HB-1A	HMR-1	Wood	98.5cm	Sec2.2cm	-27.80±0.11	3575±20	3965 - 3945 3930 - 3830	3.9 91.5	3880	PLD-23961	-
HB-1A	HMR-2	Wood	150.5cm	Sec2.54-55cm	-25.83±0.21	12420±40	14630 - 14190	95.4	14510	PLD-23962	-
HB-1A	no.155	Wood (branch)	150cm	Sec2.55cm	-25.13±0.12	12280±35	14430 - 14040	95.4	14205	PLD-22991	same sample with HMR-2?
HB-1A	HMR-3	Wood	163.5cm	Sec2.67cm	-25.09±0.13	13190±35	16025 - 15690	95.4	15855	PLD-23963	-
HB-1A	281cm	Wood	208.6cm	Sec3.84cm	-24.97±0.14	15980±45	19490 - 19100	95.4	19295	PLD-23965	-
HB-1A	391cm	Wood	268.7cm	Sec4.91cm	-29.97±0.12	22940±70	27480 - 27085	95.4	27290	PLD-22993	-
HB-1A	no.461	Grass plant (stem)	336.3cm	Sec5.61cm	-28.22±0.14	2700±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±0.10	12980±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 azite	-26.12±0.12	26550±90	31020 - 30625	95.4	30825	PLD-29280	-

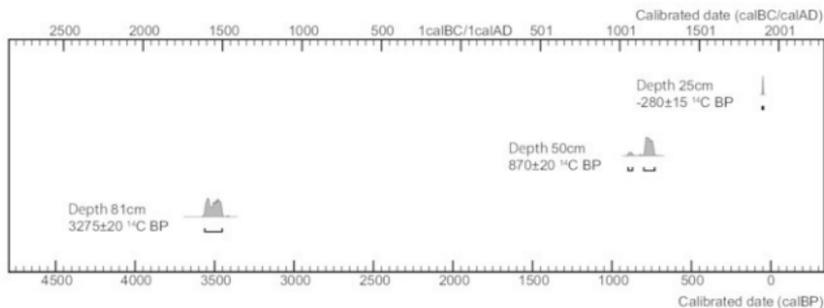


図2 広原湿原 TR-1 における放射性炭素年代測定結果
Fig. 2. Results of radiocarbon dating of the Hiroppara bog TR-1

cm で -280 ± 15 ¹⁴C 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 ± 20 ¹⁴C BP (900 ~ 730 cal BP, 1050 ~ 1220 cal AD) であり、およそ 12 世紀後半の年代であった。深度 81 cm で 3275 ± 20 ¹⁴C 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 ± 15 ¹⁴C BP (645 ~ 540 cal BP, 1305 ~ 1410 cal AD) の測定結果を得た。この年代は、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 ¹⁴C-4) は 3875 ± 20 ¹⁴C 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 ± 30 ¹⁴C BP (9630 ~ 9525 cal BP) ~ 8815 ± 30 ¹⁴C 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 ± 30 ¹⁴C BP (TR-2 ¹⁴C-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 (¹⁴C-1, 7110 ± 30 ¹⁴C 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 ± 20 ¹⁴C BP (3965 ~ 3830 cal BP) であり、縄文時代後期

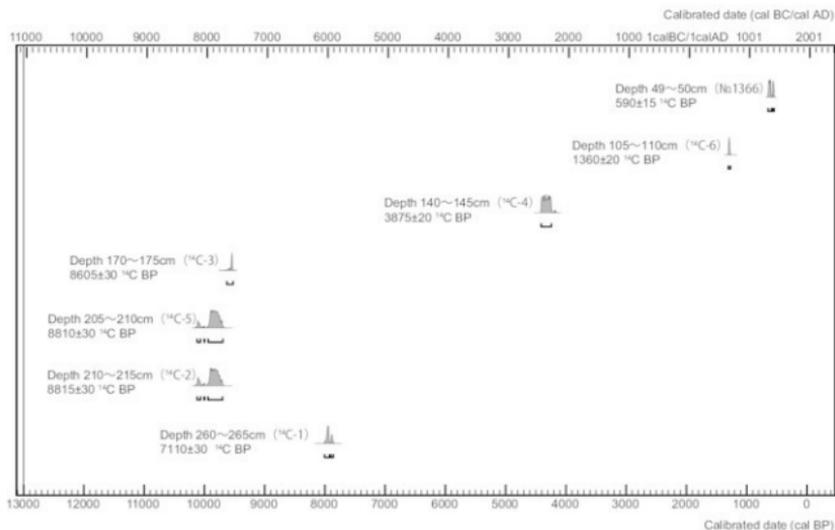


図3 広原湿原 TR-2における放射性炭素年代測定結果
Fig. 3. Results of radiocarbon dating of the Hiroppara bog TR-2

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 ^{14}C BP (14830 ~ 14190 cal BP, HMR-2, 深度 150.5 cm), 12280 ± 35 ^{14}C BP (14430 ~ 14040 cal BP, 深度 150 cm), 13190 ± 35 ^{14}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 ^{14}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 ^{14}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。これらの層層の花粉分析結果は、当時の古環境とヒトによる黒曜石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 ^{14}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 ^{14}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

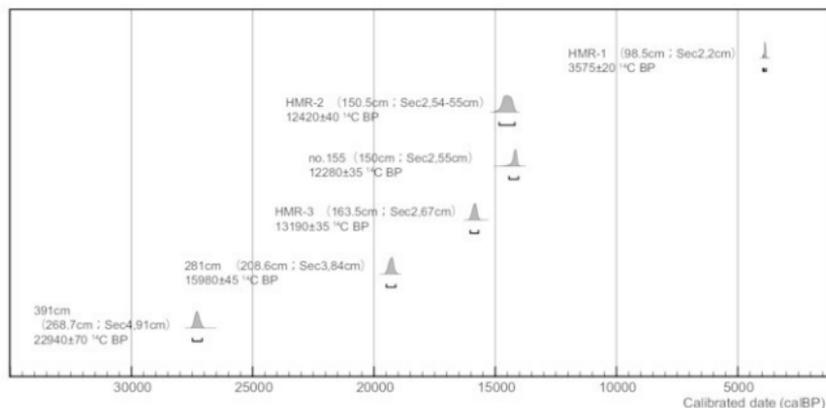


図4 広原湿原ボーリングコアHB-1Aにおける放射性炭素年代測定結果

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 ¹⁴C 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直下の時期のもの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

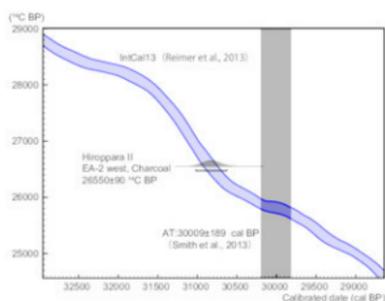


図5 広原第Ⅱ遺跡における放射性炭素年代測定結果

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年度公開研究会集 要旨集』, p.18., 明治大学黒曜石研究センター

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」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., Hafflidason, 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-資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築 2013年度公開研究会 要旨集』, pp.24-29., 明治大学黒耀石研究センター
- 島田和高・橋詰 潤・会田 進・中村由克・早田 勉・岡田祥光・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—』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^{1*}

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 81 cm depth dates to 3275±20 ¹⁴C 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±15 ¹⁴C BP (645-540 cal BP, 1350-1340 cal AD), and another from 140-145 cm in depth dates to 3875±20 ¹⁴C 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±30 ¹⁴C BP (9630-9525 cal BP) to 8815±30 ¹⁴C 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±20 ¹⁴C BP (3965-3830 cal BP), coinciding with the middle phase of Late Jomon period. Samples from 150 cm date to 12420±40 ¹⁴C BP (14,830-14,190 cal BP), and 163.5 cm date to 13,190±35 ¹⁴C 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±45 ¹⁴C 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±70 ¹⁴C 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±90 ¹⁴C 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^{1*}・叶内 敦子²・神谷 千穂²

要 旨

長野県長野市広原湿原における湿原堆植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、ヤング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、山火事の擾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℃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 (yoshiy.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}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, $36^{\circ}9'21''\text{N}$, $138^{\circ}9'10''\text{E}$)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

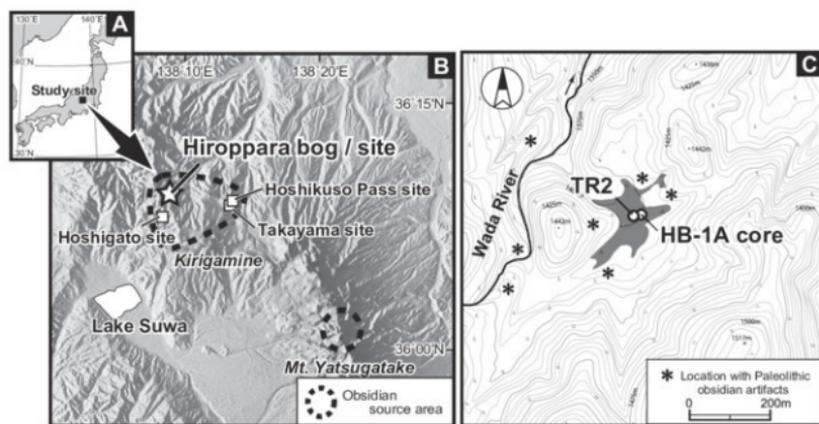


図1 (A) 調査地の位置。(B) 中部高地における主要な黒曜石の原産地と旧石器・縄文遺跡群。
(C) 広原湿原における試料採取地点の位置と地形学的・考古学的な概観

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).

温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、その標高は周水河環境の下限とほぼ一致する。本来であれば、広原温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年に広原温原で掘削された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-ZnCl₂(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・胞子化石の計数には、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。シダ胞子は単条溝型胞子と三条溝型胞子 *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、シダ胞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・胞子を+で示した。樹木花粉と非樹木花粉、シダ胞子の比率は、花粉・胞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・胞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 cm³)の88試料を採取した(図3)。各試料には、花粉濃度(grains/cm³)と花粉堆積量(grains/cm²/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 × 10⁴ 粒/ml, 45.5 μmマーカー濃度:7.84 ± 0.37 × 10³ 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ZnCl₂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・胞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、シダ類胞子を同定・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、シダ類胞子はすべての花粉・胞子化石の総

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 *Abies* 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 μ 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別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別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 (PAR; 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。シダ類胞子では、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-シー属 *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

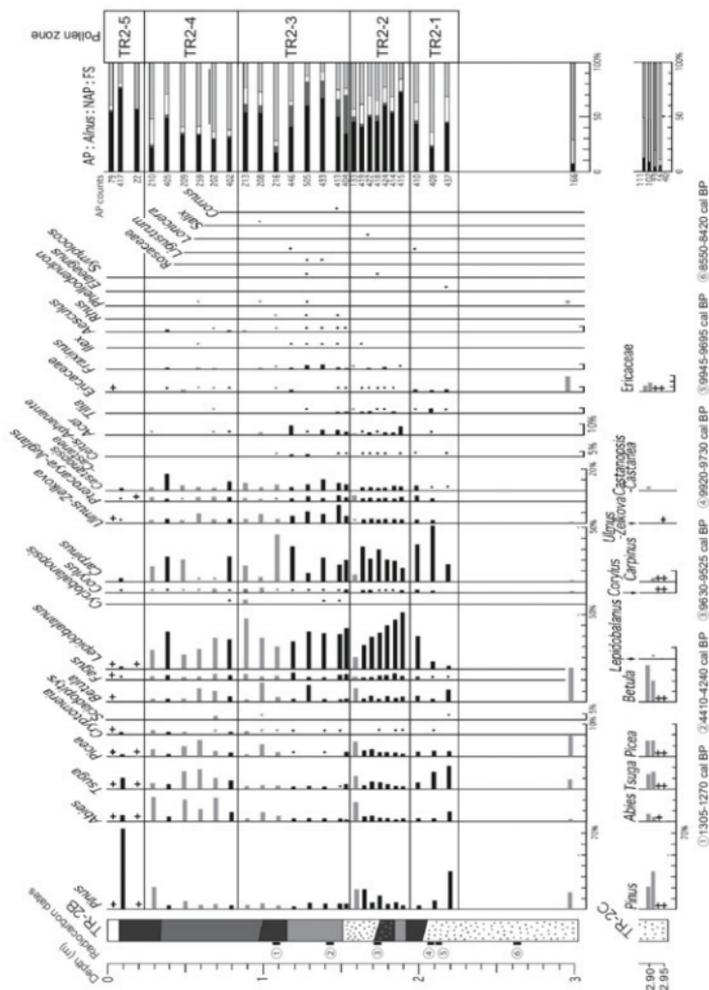


図2 広原湿原における TR2 地点の花粉組成図

黒と灰色は、それぞれ AP 個数が 400 個以上と 400 ~ 100 個の層を示す。プラス (+) は AP 個数が 100 個未満の層である。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%.

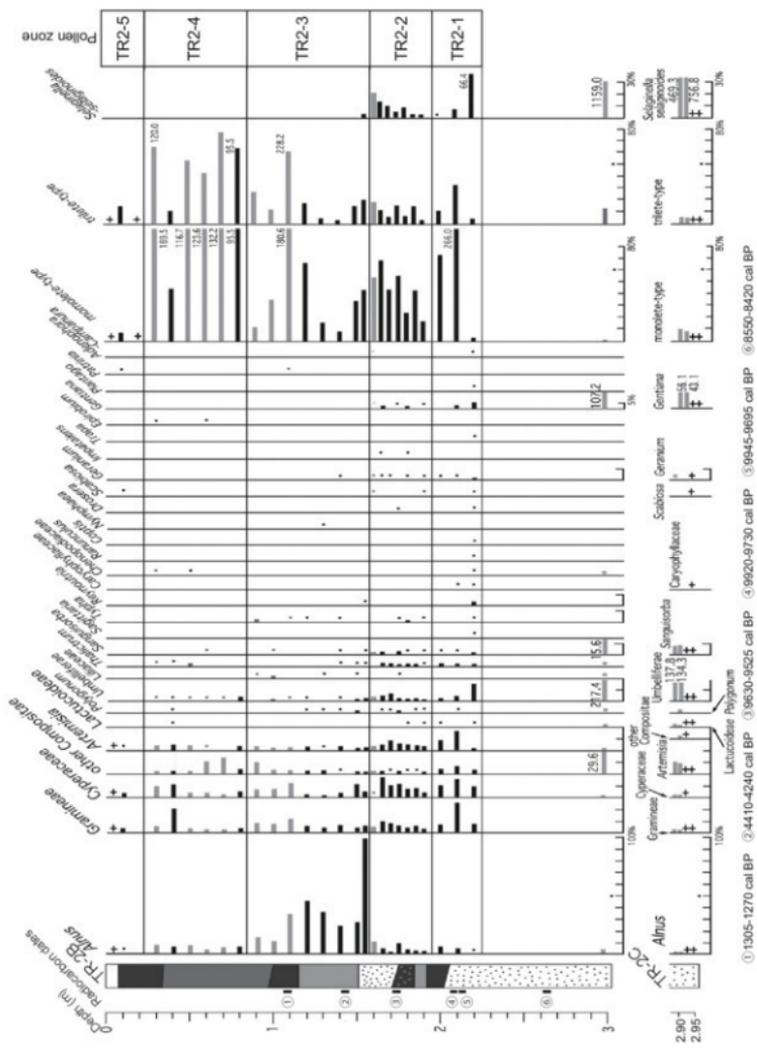


図2 (続き) 広瀬湿原におけるTR2地点の花粉組成図

Fig. 2 (continued). Diagram of pollen percentage at TR2 site, Hinoppara bog

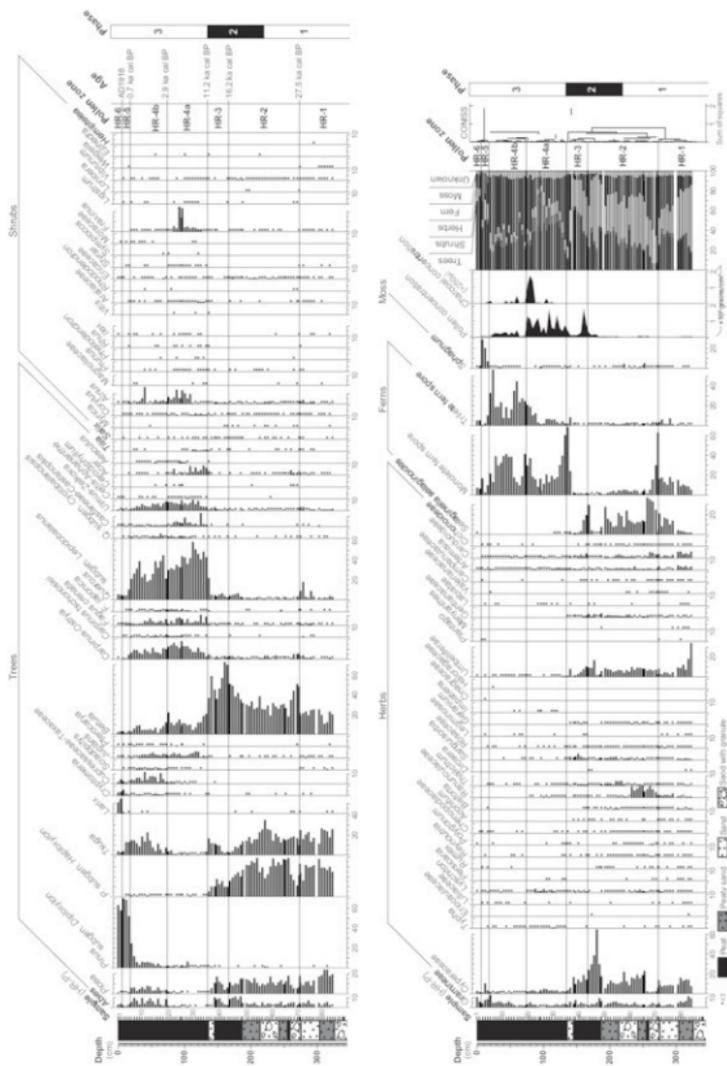


図3 広原遺跡におけるHB-1A地点の花粉相図
 点は1%以下を示す。Yoshida et al. (2016) を引用した。
 Fig. 3. Diagram of pollen percentage and charcoal concentration at HB-1A site, Hiroppura bog
 Circles indicate percentages < 1%. The figure is after Yoshida et al. (2016).

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、胞子化石は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. *Haploxyton* 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ボウゲ科 *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で急激に増加し、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. *Diploxyton* 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PARI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PARI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PARI値を用いた。

過去3万年間における広原湿原のPARIは著しく変動しており(図4)、約20 ka cal BP以前のPARI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PARI値の一時的かつ急激な減少が認められる。その後、約11 ka cal BP以降のPARI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PARIのものとは一致する(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

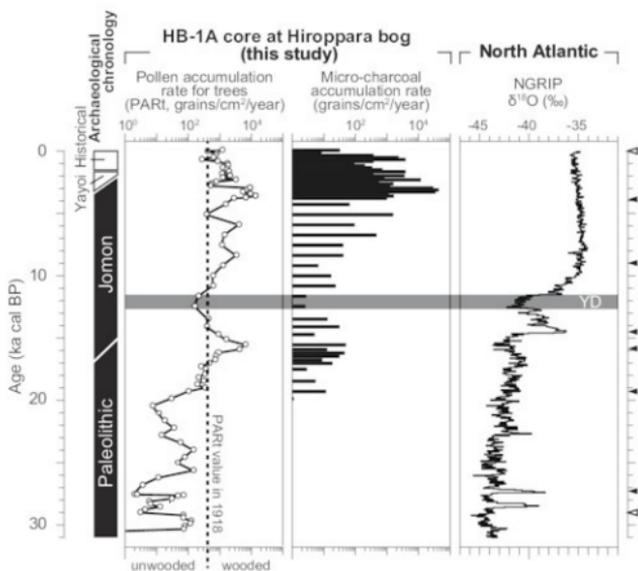


図4 広原湿原におけるHB-1A地点の高木花粉と微粒炭の年間堆積量

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、それぞれ校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TR-2-1 ~ 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化石の出現から花粉帯TR-4とHB-4bをHR-4b帯(約2.9 ~ 0.7 ka 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0.7 ka 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(>30 ka 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¹⁴C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

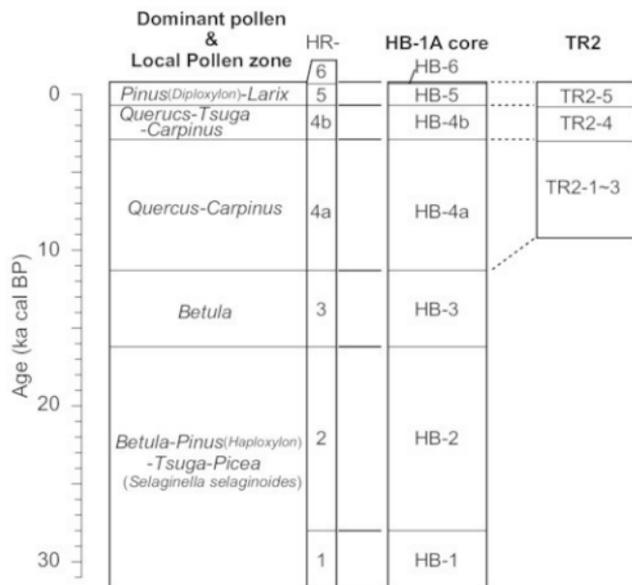


図5 広原湿原における局地花粉帯の設定
Fig. 5. Establishment of local pollen zones at Hiroppara bog

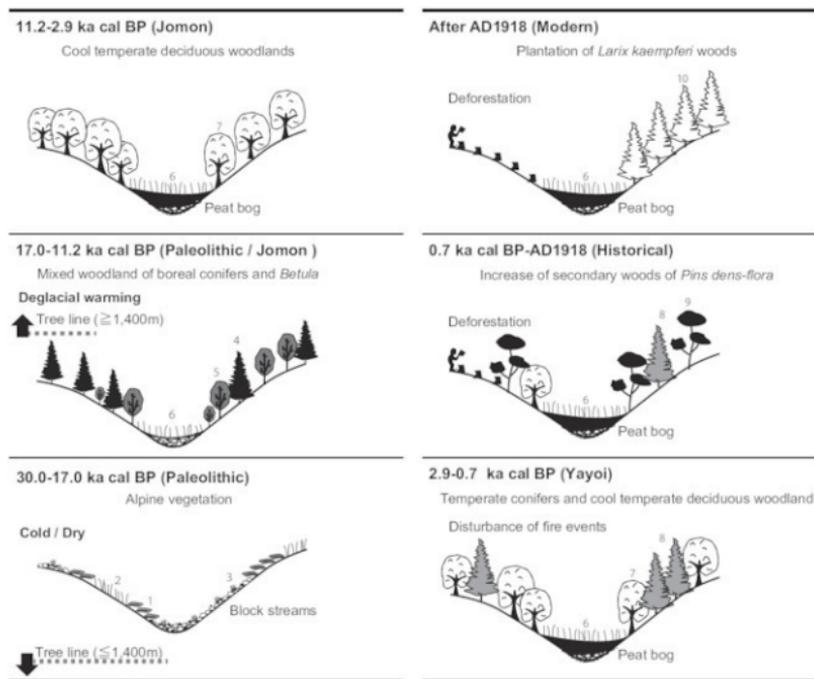
et al. (2004) は九州南部の入戸火砕流堆積物の直下における炭化物について AMS¹⁴C 年代測定を行い、AT の降灰年代を約 29ka cal BP と指摘している。Smith et al. (2013) は、福井県水月湖の年縞堆積物の計測から、AT の降灰年代を 30.009±189 SG062012 ka BP と報告している。

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粉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、広原湿原の花粉分析データは、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粉化石が伴う。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粉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水河地形は、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; 小嶋, 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胞子化石は 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、晩水期になり (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 に晩水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、山火事による擾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 Takekura, 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～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、明治大学黒曜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., Cailion, 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., Krzwinli, 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.
- 小崎 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. Palaeolithic 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 ¹⁴C 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 「軽井沢の化石藓苔類群集から復元した晩水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 kyr 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-Karuzawa 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., Halldason, 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/j.quaint.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. *Archaeometriai 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 tephra 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://ghbank.gsj.jp/geonav/> [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回復元への一資料」『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^{1*}, Atsuko Kanauchi², Chiho Kamiya²

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.akitani@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^{1*}・細野 衛²

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積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)

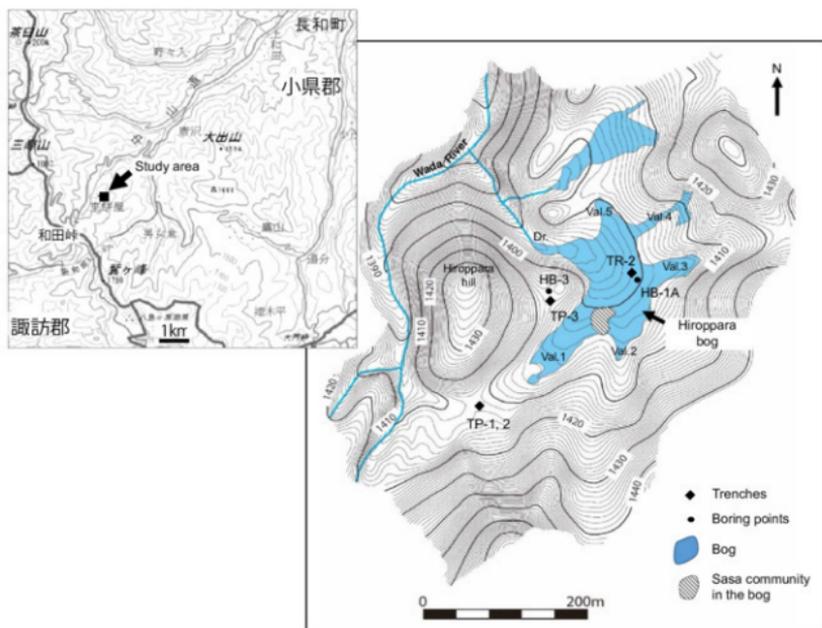


図1 広原湿原の位置(島田ほか, 2016と国土地理院ホームページ://www/gsi/go/jpをもとに作成)
Fig. 1. Location of the Hiroppara bog (after Shimada et al., 2016 and the Japanese GSI website://www/gsi/go/jp)

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*, カササグ *Carex dispolata*, 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 *Benula 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サグ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的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入流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、チマキザサ節と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 (橋ほか, 1998; 橋, 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度指数 (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、広原湿原地域の温度環境は北海道北部・東部に似ているといえるが、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 204～213 cm) 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 143 cm (基本

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)を扶む。一方、オレンジ色の砂礫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扶まる。年代値としては、深度99 cmでca. 3.9 ka cal BP, 深度150 cm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

析プレバート(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

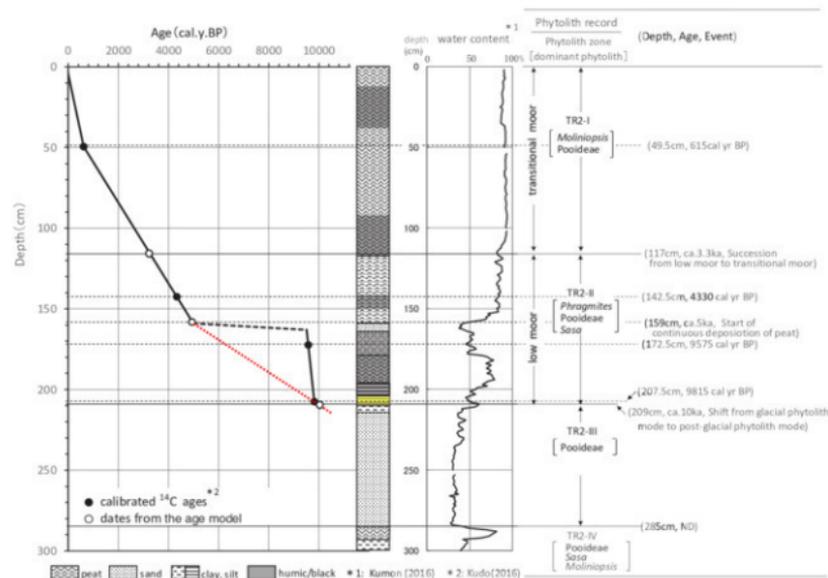


図3 トレンチ2 (TR-2) の植物珪酸体帯の年代
Fig. 3. Ages of regional opal phytolith zones of TR-2 trench, Hiroppara bog

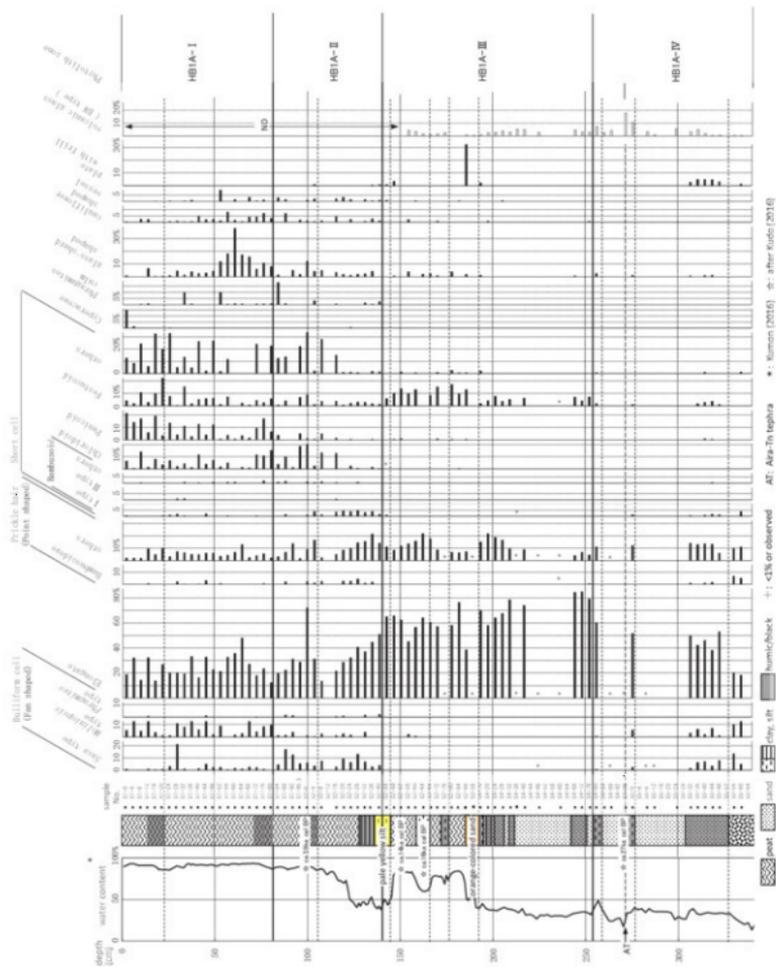


図4 HB-1Aコアの植物珪体組成図 (佐瀬ほか, 2015をもとに作成)
 Fig. 4. Opal phytolith diagram of the HB-1A core from Hiroppara bog (after Sase et al., 2015)

300 cm の試掘坑 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 が存在する。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層序 (深度 80～300 cm) に二分される (図 7), 上部土層は地表～深度 20 cm 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

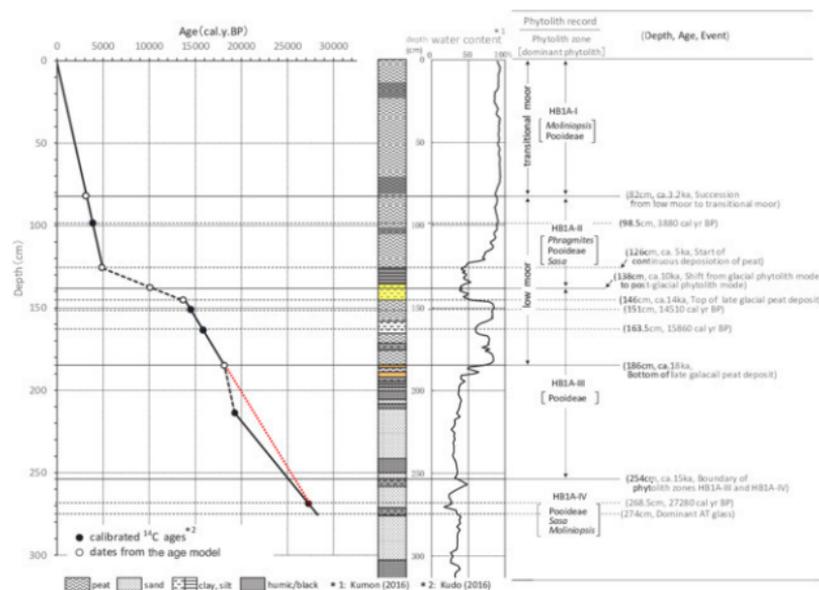


図 5 HB-1A コアの植物珪酸体帯の年代
Fig. 5. Ages of regional opal phytolith zones of the HB-1A core, Hiroppara bog

が検出の極大を示す(早田, 2016)。また、深度200~220 cm付近(TP-3基本層序の6層)には安山岩質の角礫が散在する。分析用試料は5 cm間隔で採取した。3-2-3 HB-3

ボーリングコアは、黒色を基調とする上部土層(地表~深度58 cm)と褐色を基調とする下部土層(深度58~391 cm)に二分される(図8)。なお、深度176~184 cm(試料44~46)の珪酸体分析プレパラート(粒径画分0.1~0.01 mm)でAT起源ガラスが検出の極大を示す。同様な極大は粒径画分1/4~1/8 mmの分析でも認められる(早田, 2016)。分析には、含水率測定等の理化学分析用に4 cmおきに2 cm厚で切り出された試料(公文, 2016)の一部を分取して用いたが、表土が混入している深度100~110 cmは分析考察対象から除外している。

4. 分析方法

分析の方法は、湿原堆積層試料については電気炉を用いた乾式法(650℃, 6時間加熱)により、一方、隣接陸域土壌層は過酸化水素を用いた湿式法により有機物を分解後、佐瀬ほか(2008)に準じて植物珪酸体(以下、珪酸体と略記)を抽出(10~100 μm画分)同定した。また、隣接陸域土壌層とTR-2の湿原堆積層については珪酸体密度(乾土1g当たりの植物珪酸体粒数)を近藤(2000)に準じて求めた。

5. 結果と考察

5-1 植物珪酸体群集変動

5-1-1 湿原堆積層

(1) TR-2

上位から次の4つの植物珪酸体帯に区分される(図2)。以下に各植物珪酸体帯の特徴を記す。

TR-2-I帯(地表から深度119 cm):ファン型群(Fan shaped)ではヌマガヤ属タイプ(*Molinopsis* type)が中間部を除き優勢に検出されるが、ヨシ属タイプ(*Phragmites* type)はほとんど検出されない。ササ属タイプ(*Sasa* type)はヌマガヤ属タイプと相反し、中間部で明瞭に検出される以外は目立たない。短細胞起源群(Short cell)ではキビ型(Panicoid)、ヒゲシバ型

(Chloroid)がファン型ヌマガヤ属タイプにほぼ対応して検出され、ウシノケグサ型(*Festucoid*)が上半部で明瞭に検出される。タケ型のシグナルは概ね弱いが、ファン型ササ属タイプに対応して検出される。

TR-2-II帯(深度120~210 cm):ファン型群では、ヨシ属タイプが、さほど高い頻度とはいえないものの、ほぼ連続して検出される。一方、ヌマガヤ属タイプはTR-2-I帯に比べて明らかに検出率が低く、ササ属タイプは上半部で明瞭に連続して検出される。短細胞起源群ではヒゲシバ型がほぼ連続して検出されるが、キビ型の検出率はTR-2-I帯に比べて明らかに低い。ウシノケグサ型は下部で検出率が高く、タケ型はファン型ササ属タイプに対応して上半部で明瞭に検出される。また、捻じれた紡錘状をなすヨシ程起源(*Phragmites* culm)と想定される珪酸体が有意に検出される。

TR-2-III帯(深度210~288 cm):ファン型群ではいずれも検出は不明瞭である。短細胞起源群ではウシノケグサ型が明瞭に検出されるが、他は不明瞭である。

TR-2-IV帯(深度288~297 cm):ファン型群ではヌマガヤタイプとササ属タイプが、頻度は高くないが検出される。短細胞群ではウシノケグサ型の検出が明瞭であるが、タケ型もほぼ連続して検出される。また、当帯下半部ではキビ型も検出される。

以下に、各帯の示す古環境、年代について考える。

TR-2-I帯は中間部を除きファン型群で、ヌマガヤ属タイプが優勢かつ連続的に検出され、一方、ヨシ属タイプがほとんど検出されないことで特徴づけられる。また、短細胞群でキビ型がファン型群ヌマガヤ属タイプに対応して検出されるが、この珪酸体の主要な給源としてヌマガヤ属が考えられる(佐瀬ほか, 2013)。したがって、I帯では現在の広原湿原でみられるようなヌマガヤを主要構成要素とするイネ科植物を含む中間湿原的植生が概ね成立・継続したことが推定される。一方、TR-2-II帯ではファン型群のヌマガヤ属タイプのシグナルが同I帯に比べて明らかに弱いのに対し、ササ属タイプが明瞭かつ連続的に検出され、さらに、ヨシ属タイプのシグナルがI帯に比べ明瞭であることが特徴である。短細胞起源群ではヨシ属が主要給源であるヒゲシバ型が明瞭に検出され、また、タケ型のシグナルが明瞭であるのに対し、ヌマガヤ属が主要な給源と考えられるキビ型のシグナルはI帯に比べて明らかに弱い。

なお、II帯が設定された深度120～210 cmでは下方へ向かい含水率が減少、かつ激しく変動を繰り返す、無機物粒子の顕著な付加を示す。これらのことから、II帯では隣接陸域からの上砂の流入が度々起きる不安定な状況のもとで、ヨシ属で特徴づけられるイネ科植物群を含む低層湿原の植生が成立・継続したことが推定される。TR2-I・II帯の時代は、II帯を設定した堆積層の最下部の深度208 cm付近でca. 9.8 ka cal BPであることから、完新世（海洋酸素同位体ステージ（MIS）1）初頭に降に帰属すると考えられる。その中で、低層湿原の植生から中間湿原の植生へ移り変わるが、この植生変化点は深度118 cm付近にあたる。その年代は、深度143 cmの年代がca. 4.3 ka cal BP、深度50 cmの年代がca. 0.6 ka cal BPであることから内挿して、ca. 3.3 kaと推定される（図3）。なお、中間湿原の植生の成立に先行して深度159 cm付近から泥炭が継続して堆積を始める。この年代を外挿して求めるとca. 5kaとなる（図3）。

次にTR2-IIIは短細胞群のウシノケグサ型が極めて明瞭に検出され、ファン型群の検出が不明瞭であることから、イチゴツナギ亜科（Pooideae）が極めて優勢なイネ科植物群を含む植生を示す。このような植生は亜高山帯上部以上に見られるものである。TR2-III帯の時代は、当帯を設定した堆積層の直上の深度208 cm付近でca. 9.8 ka cal BPであることから、その終わりは後水期初頭の頃と考えられる。現在、広原湿原はヌマガヤやヨシで特徴づけられる山地帯の湿原であるが、後水期初頭の頃はまだ亜高山帯上部以上に成立するイチゴツナギ亜科の極めて優勢なイネ科植物で特徴づけられる湿原であったと推定される。最下部のTR2-IV帯は短細胞群でウシノケグサ型が明瞭であるのに加えて、タケ型、キビ型のシグナルも認められ、ファン型群でもササ属タイプ、ヌマガヤタイプが検出されるので、イチゴツナギ亜科が優勢な中でササやヌマガヤを伴うイネ科植物群を含む植生を示す。このような植生は亜高山帯に対応しているといえよう。TR2-IV帯の時代については、関わる堆積層の年代値が得られていないので断定的なことはいえないが、後述のようにHB-1Aとの対比からMIS3の可能性が考えられる。

(2) HB-1A

上位から4つの植物群体帯を設定した（図4）。以

下に各植物群体帯の特徴を記す。

HB1A-I帯（地表～深度82 cm）：ファン型群では、ヌマガヤ属タイプが優勢かつ連続的に検出される。一方、ヨシ属タイプはほとんど検出されない。また、ササ属タイプのシグナルは概ね弱い。短細胞起源群では、ヒゲシバ型、キビ型、ウシノケグサ型がいずれも明瞭に連続して検出される。一方、タケ型のシグナルは散発的で概ね弱い。

HB1A-II帯（深度84～142 cm）：ファン型群ではササ属タイプが優勢かつ連続的に検出される。また、ヨシ属タイプのシグナルはHB1A-I帯に比べて明瞭である。一方、ヌマガヤ属タイプのシグナルはHB1A-I帯に比べて明らかに弱い。短細胞起源群ではヒゲシバ型が同帯上・中部で明瞭に検出される。ウシノケグサ型は連続的に検出され、また、タケ型の検出は同帯下半部で明瞭である。一方、キビ型のシグナルはHB1A-I帯に比べて弱く、同帯下部でほとんど検出されない。

HB1A-III帯（深度142～255 cm）：ファン型群はほとんど検出されない。短細胞起源群ではウシノケグサ型が優勢かつ連続的に検出される。一方、タケ型を始めキビ型、ヒゲシバ型はほとんど検出されない。

HB1A-IV帯（深度255～336 cm）：ファン型群ではササ属タイプ、ヌマガヤ属タイプが検出され、特に同帯下半部で両者のシグナルが明瞭かつ連続的に認められる。短細胞起源群では同帯下半部でタケ型、ウシノケグサ型のシグナルが相対的に目立つ。

以下に、各帯の示す古環境、年代について考えてみる。まず、HB1A-I帯とII帯のうち、I帯ではファン型群でヌマガヤ属タイプが優勢かつ連続的に検出されるが、ヨシ属タイプがほとんど検出されないことが特徴である。また、短細胞群でヌマガヤが給源と考えられるキビ型が明瞭に連続して検出される（佐瀬ほか、2013）。したがって、HB1A-I帯では現在の広原湿原でみられるようなヌマガヤを主要構成要素とするイネ科植物群で特徴づけられる中間湿原の植生が成立・継続したことが推定される。一方、HB1A-II帯ではファン型群のヌマガヤ属タイプのシグナルが同I帯に比べて明らかに弱いに対し、ササ属タイプが明瞭かつ連続的に検出され、さらに、ヨシ属タイプのシグナルは、強くはないが、I帯に比べれば明瞭であることが特徴である。短細胞起源群ではヒゲシバ型がとくに同帯上・中部で明瞭に検

出されるが、この珪酸体の主要な給源としてヨシ属が深く関わっている(佐瀬ほか, 2013)。また、ウシノケグサ型が連続的に検出され、さらにタケ型のシグナルが明瞭であるのに対し、ヌマガヤ属が給源と考えられるキビ型のシグナルはI帯に比べて明らかに弱い。なお、HB1A-II帯が設定された深度84～142 cmのHB-1Aコアの部分では下方へ向かい含水率が減少し、無機物粒子の顕著な付加を示す。これらのことから、HB1A-II帯では湿原の一時的な乾燥化や隣接陸域からの土砂の流入が度々起きる不安定な状況のもとで、ヨシ属、イチゴツナギ亜科を主体としたイネ科植物群で特徴づけられる低層湿原の植生が成立・継続したことが推定される。HB1A-I・II帯の時代は、下位のIII帯がMIS2後半に帰属すると考えられることから、ほぼ完新世、MIS1に重なるであろう。その中で、低層湿原の植生から中間湿原の植生へ移り変わるが、この植生変化はコア深度82 cm付近で起きる。その年代は、泥炭の堆積速度を一定と見なせばコア深度98.5 cmの年代がca. 3.9 ka cal BPであることから外挿してca. 3.2 kaとなる(図5)。なお、中間湿原の植生の成立に先行して深度126 cm付近で泥炭が継続して堆積を始める。この年代を同様に求めるとca. 5 kaとなる(図5)。

HB1A-III帯については泥炭の卓越する上半部と砂礫泥が卓越する下半部に分けて考える。泥炭が卓越する上半部で注目されるのは、ファン型群でササ属タイプの、また短細胞起源群ではタケ型のシグナルを示さない点で、HB1A-I・II帯と大きく異なることである。ササ属などササ類は本来湿原植物ではないが、湿原の一時的乾燥化に伴うササ類の湿原内への進入や隣接陸域からの土砂の流入によりササ類起源の珪酸体が湿原堆積物に付加される。したがって、ササ類起源珪酸体が検出されないことは、湿原隣接陸域を含めてササ類の極めて希薄な植生の成立を示唆する。また、HB1A-III帯のファン型群ではササ属タイプと同様にヌマガヤ属タイプ、ヨシ属タイプのシグナルは極めて弱く、さらに短細胞起源群ではイチゴツナギ亜科の指標であるウシノケグサ型が明瞭に検出されるが、キビ型、ヘゲシバ型のシグナルはタケ型同様に極めて弱い。このことは、ノガリヤス属などのイチゴツナギ亜科以外のイネ科植物に乏しい湿原植生の成立を示す。このような湿原植生は亜高山帯上部以上で見られるものである。

HB1A-III帯上半部はHB-1Aコアで深度137～146 cmに介在する淡黄色シルト層の半ばから深度186 cmのオレンジ色砂直上までの部分にあたり、深度151 cmでca. 15 ka cal BP、同深度164 cmでca. 16 ka cal BPが得られている。泥炭が卓越する深度146～186 cmの堆積速度を一定と見なしこれらの値から外挿して得られるHB1A-III帯上半部の始りの年代はca. 18 kaである(図5)。一方、終わりの年代については次のように推定する。まず、泥炭と淡黄色シルト層の層界(深度146 cm)の年代を上記のように外挿して求めるとca. 14 kaである。この年代と先に求めた深度126 cmの年代(ca. 5 ka)から内挿してHB1A-III帯終わりの年代(深度138 cm)を求めるとca. 10.5 kaとなる(図5)。したがって、HB1A-III帯の時代はおおよそ最終氷期最寒冷期後半(MIS2)の後半から後氷期(MIS1)初頭になる。以上のことから、現在、山地帯上部に位置する広原湿原は、MIS2後半～MIS1初頭において亜高山帯上部から高山帯にあり、イチゴツナギ亜科以外のイネ科植物をほとんど伴わない湿原植生が成立し、湿原の周辺陸域ではササ類が極めて希薄であったと推定される。

次に、HB1A-III帯下半部とHB1A-IV帯はHB-1Aコアで砂礫泥の卓越する下部に当たる。ここでは有機質の砂礫泥層を挟むものの明瞭な泥炭が認められないので、安定した湿原環境の成立を見いだせない。砂礫泥の流入が繰り返されその堆積累積がなされるなかで、比較的流入の穏やかな時期に有機質層が形成されたと考えられる。不安定な地表環境が卓越したこの時期の植生について、対応する植物珪酸体帯から何か読みとれるであろうか。まず、HB1A-III帯下半部は同上半部と同様にイチゴツナギ亜科のシグナルが明瞭に連続する一方で、ササ類を含めイチゴツナギ亜科以外のイネ科植物のシグナルがほとんど認められないことと特徴づけられる。このようなイネ科の構成は、亜高山帯上部～高山帯の気候環境を示しているといえる。上記したようにHB1A-III帯上半部はMIS2後半に帰属すると考えられ、また、HB1A-III帯が設定されたコア部分の下端(深度255 cm)より下位の深度269 cmの年代がca. 27 ka cal BPである。したがって、HB1A-III帯下半部はMIS2前半にほぼ重なるとしてよいであろう。前記したHB1A-III帯上部をあわせ見て、広原湿原地域

は MIS2 を通して亜高山帯上部～高山帯にあり、イチゴツナギ亜科以外のイネ科植物をほとんど伴わない植生が成立していたと考えられる。そのような植生が続く中、MIS2 前半は後半に比べ地表環境が不安定で泥炭の堆積する湿原の形成が制限される状況にあったことが推定される。次に HB1A-IV 帯はササ類、イチゴツナギ亜科、ヌマガヤ属のシグナルが明瞭に検出されることで特徴づけられる。このようなイネ科の構成は、亜高山帯に対応しているといえよう。同帯が設定されたコア部分の上部で深度 269 cm の年代が ca. 27 ka cal BP であり、またこの深度付近で AT の可能性がある BW 型平板状火山ガラスの検出極大が検出される。したがって HB1A-IV 帯は MIS3 に帰属すると考えられる。

5-1-2 隣接陸域

(1) TP-2

上位から 3 つの植物珪酸体帯を設定した (図 6)。各珪酸体帯の特徴を以下に記す。

TP2-I 帯 (地表～深度 60 cm) : ファン型群ではササ属タイプが優勢であるが、非タケ亜科起源 (Non-Bambusoideae) も明瞭に検出される。また、短細胞起源群 (Short cell) ではササ属タイプを主とするタケ型が優勢な中で、キビ型、ウシノケグサ型も概ね明瞭に伴う。植物珪酸体密度は下半部で 30 万～100 万個/g、上半部で 170 万～230 万個/g を示す。

TP2-II 帯 (深度 60～185 cm) : ファン型群ではササ属タイプ、非タケ亜科起源が連続して認められるが、その検出頻度は極めて低い。短細胞起源群ではタケ型ササ属タイプ、ウシノケグサ型がほぼ連続して検出される。しかし、その検出頻度は極めて低い。植物珪酸体密度はほぼ 5 万個/g 未満の低値で推移する。

TP2-III 帯 (深度 185～245 cm) : ファン型群ではササ属タイプ、非タケ亜科起源がいずれも明瞭に検出される。短細胞起源群ではタケ型ササ属タイプ、ウシノケグサ型がともに明瞭に検出される。植物珪酸体密度は TP2-II 帯より高く、下半部では 20 万個/g を越える。

以下で、各帯の示す古環境、年代について考えてみる。

TP2-I 帯は TP-2 土壌層の上部土層に当たるが、この黒味の強い土壌層は黒ボク土層と考えられる。一般に草原的植生の影響を強く受けて黒ボク土層が生成するのに、極相森林植生下では褐色土層の生成を見る (三浦ほか、2013)。したがって、TP2-I 帯の黒色土、

黒褐色土は草原的植生が成立継続したことを示唆する。ここで成立した草原的植生は、TP2-I 帯がササ属の強いシグナルを示すので、ササ属を主要構成要素とするものであったと考えられるが、上方に向かい、非タケ亜科のシグナルが増加する傾向が認められることから、現在に近づくにつれ、ススキなどイネ科植物が草原的植生により強く関わるようになってきたことが推定される。TP2-I 帯の時代は MIS1 に関わることは間違いないが、その開始年代はいつ頃になろうか、年代指標になる指標テフラは今のところ土壌層から検出されておらず、また炭素年代値も得られていないが、縄文時代早期の遺物が後期旧石器時代の遺物と混在して黒褐色土 (基本層序の 2 層) から出土していること (島田ほか、2016)、また、当地域と似た気候条件である北日本では黒ボク土層の生成開始時期が 10 ka より古くないこと (三浦ほか、2013) から、TP2-I 帯の始まりは 10 ka の頃と考えて不都合はないであろう。

次に、TP2-II 帯では植物珪酸体密度が極めて低く推移することから、植被に非常に乏しい深地的な植生環境が成立継続したことが推定される。このような植生環境が腐植をほとんど含まない褐色土の堆積生成の要因の一つであったといえよう。この褐色土からは後期旧石器時代遺物が出土すること、また、下位の TP2-III 帯に関わる褐色土の上部に AT を挟むことから、TP2-II 帯はほぼ MIS2 に帰属すると考えられる。

最下位の TP2-III 帯では、植物珪酸体密度が TP2-II 帯に比べ高いものの TP2-I 帯より明らかに低い。その中で、ササ属やイチゴツナギ亜科のシグナルが明瞭に検出される。このことから、TP2-III 帯は同 II 帯ほど気候が厳しくなく、ササ属、イチゴツナギ亜科を主体としたイネ科植物を含む疎らな植生の成立が推定されよう。TP2-III 帯は、上記したようにその土層の上部に AT を挟むことから、MIS3 に帰属すると考えられる。

(2) TP-3

上位から 5 つの植物珪酸体帯を設定した (図 7)。各珪酸体帯の特徴を以下に記す。

TP3-I 帯 (地表～深度 80 cm) : ファン型群ではササ属タイプが優勢であるが、非タケ亜科起源も明瞭に検出される。また、短細胞起源群ではササ属タイプを主とするタケ型の優勢な中で、キビ型、ウシノケグサ型も検出され、特に上部で明瞭に伴う。植物珪酸体密度

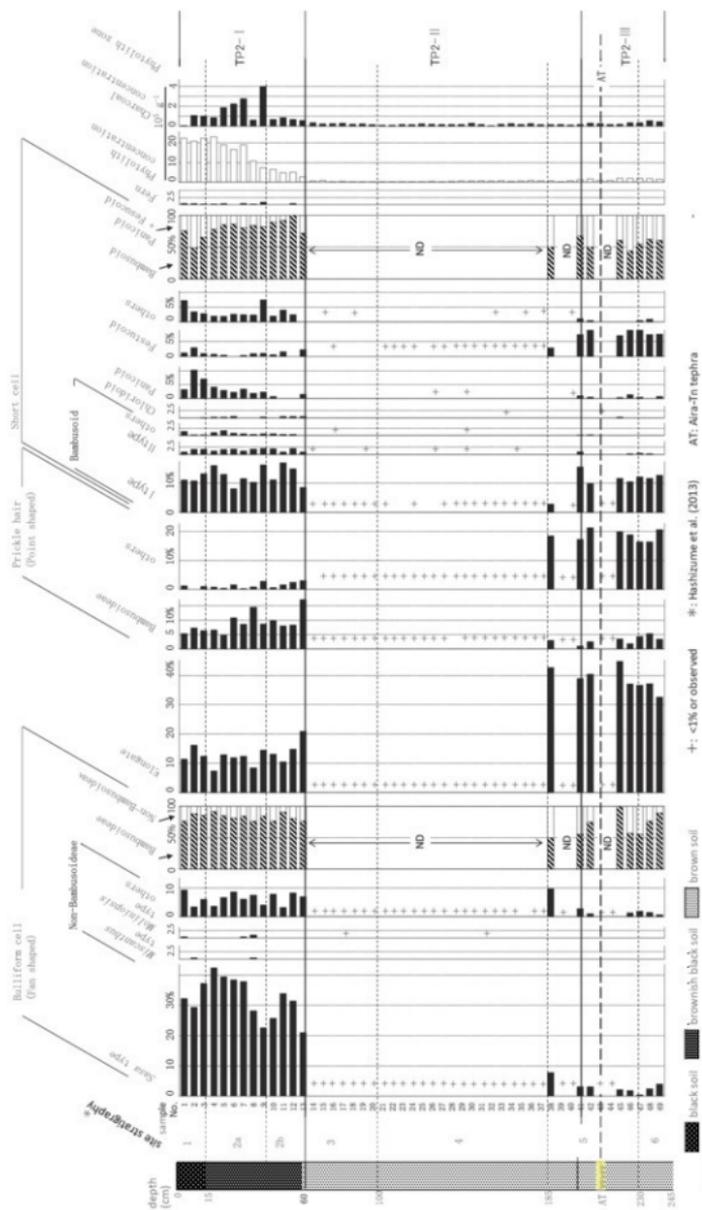


図6 TP-2の植物硅体組成図 (佐瀬ほか, 2015 をもとに作成)
 Fig. 6. Opal phytolith diagram of the section of the TP-2 site (after Sase et al. 2015)

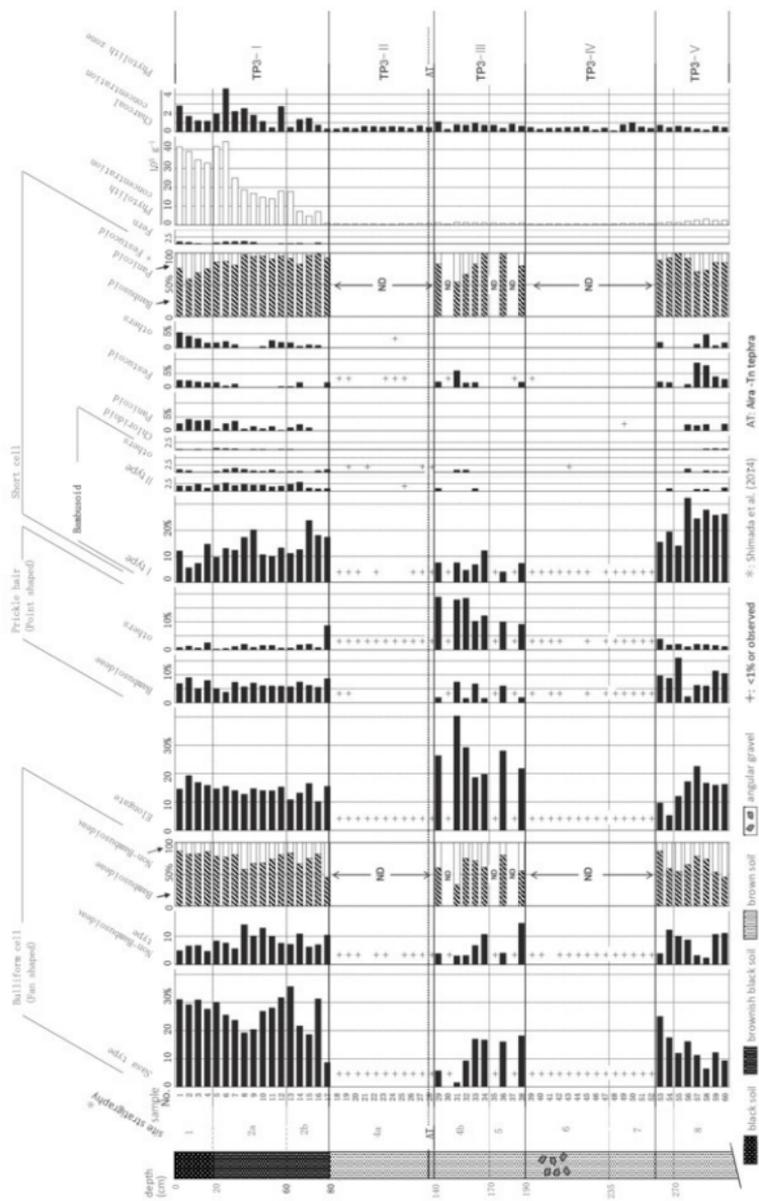


図7 TP-3の植物硅酸体組成図 (佐瀬ほか、2015をもとに作成)
 Fig. 7. Opal phytolith diagram of the section of the TP-3 site (after Sase et al. 2015)

は下半部で50万～200万個/g、上半部で200万～400万個/gを示す。

TP3-II帯(深度80～140 cm): ファン型群ではササ属タイプが連続して、また非タケ亜科起源がほぼ連続して認められるが、その検出頻度は極めて低い。短細胞起源群ではタケ型ササ属タイプ、ウシノケグザ型が検出される。しかし、その検出頻度は極めて低い。植物珪酸体密度はほぼ5万個/g未満の低値で推移する。

TP3-III帯(深度140～190 cm): ファン型群ではササ属タイプ、非タケ亜科起源がいずれも明瞭に検出される。短細胞起源ではタケ型ササ属タイプが明瞭に、ウシノケグザ型がやや明瞭に検出される。植物珪酸体密度はTP2-II帯より高く、5万～10万個/gで推移する。

TP3-IV帯(深度190～260 cm): ファン型群ではササ属タイプが連続して、また非タケ亜科起源がほぼ連続して認められるが、その検出頻度は極めて低い。短細胞起源群ではタケ型ササ属タイプがほぼ連続して検出される。しかし、その検出頻度は極めて低い。植物珪酸体密度は5万個/g未満の低値で推移する。

TP3-V帯(深度260～300 cm): ファン型群ではササ属タイプ、非タケ亜科起源がいずれも明瞭に検出される。短細胞起源ではタケ型ササ属タイプ、ウシノケグザ型が明瞭に検出される。植物珪酸体密度はTP2-II, III, IV帯より高く、概ね20万個/gを越えて推移する。

以下で、各帯の示す古環境、時代について考えてみる。TP3-I帯, II帯, III帯の推移は、II帯の最下部にAT層準を認める層位的特徴や植物珪酸体群組成において、前記したTP2-I帯, II帯, III帯の推移とよく似ている。したがって、TP3-I帯, II帯, III帯の古環境、時代については、対応するTP2各帯と同様なことがいえる。すなわち、TP3-I帯はササ属を主要な構成要素とする草原的植生を示しMIS1に帰属、TP3-II帯は裸地的な植生環境を示しMIS2に帰属、TP3-III帯は、ササ属、イチゴツナギ亜科を主体としたイネ科植物を含む疎らな植生環境を示しMIS3に帰属すると考えられる。

TP3-IV帯については植物珪酸体密度が極めて低いことから裸地的な環境が推定される。当帯にかかわる褐色土層には裸地的環境のもとソリフラクションが活発であったことを示す多数の角礫が含まれている。最下部のTP3-V帯はTP3-IV帯より植物珪酸体密度が高く、ササ属、イチゴツナギ亜科のシグナルが明瞭であるこ

とから、TP3-IV帯ほどに寒さが厳しくはない気候のもとでササ属やイチゴツナギ亜科を伴う植生の成立が推定される。TP3-IV帯とTP3-V帯が示す変動は植物珪酸体層序により推定される気候からMIS4, MIS5aに対応させた(細野・佐瀬, 2014; 佐瀬・細野, 2014)。しかし、土層の堆積速度を一定と仮定して深度300 cmの年代を算出するとMIS3/4境界に近い62～55 kaが得られ、また活性アルミニウム特性も高い(細野ほか, 2015)ので、TP3-IV帯とTP3-V帯はMIS3に帰属するものとして論を進める。

(3) HB-3

上位から5つの植物珪酸体帯を設定した(図8)。各珪酸体帯の特徴を次に記す。

HB3-I帯(地表～深度58 cm; 黒(褐)色土): ファン型群ではササ属タイプが優勢であるものの、非タケ亜科起源も明瞭に検出される。また、短細胞起源群でもササ属タイプを主とするタケ型の優勢な中で、キビ型、ウシノケグザ型も検出される。植物珪酸体密度は下半部で50万～400万個/gを示す。

HB3-II帯(深度58～184 cm; 褐色土): ファン型群ではササ属タイプ、非タケ亜科起源がほぼ連続して認められるが、その検出頻度は極めて低い。短細胞起源群ではタケ型ササ属タイプ、ウシノケグザ型がほぼ連続して検出される。しかし、その検出頻度は極めて低い。植物珪酸体密度はほぼ5万個/g未満の低値で推移する。

HB3-III帯(深度184～271 cm; 褐色土): ファン型群ではササ属タイプ、非タケ亜科起源がいずれも明瞭に検出される。短細胞起源ではタケ型ササ属タイプが明瞭に認められ、ウシノケグザ型、キビ型も検出される。植物珪酸体密度はHB3-II帯より高く、ほぼ6万～10万個/gで推移する。

HB3-IV帯(深度271～290 cm; 褐色土): ファン型群ではササ属タイプが連続して、また非タケ亜科起源が認められるが、その検出頻度は極めて低い。短細胞起源群ではいずれの検出頻度も極めて低い。植物珪酸体密度は5万個/g未満の低値である。

HB3-V帯(深度290～300 cm; 褐色土): ファン型群ではササ属タイプが明瞭に検出される。また、非タケ亜科起源も明瞭に検出され、シバ属タイプを断続的に伴う。短細胞起源ではタケ型ササ属タイプが明瞭に

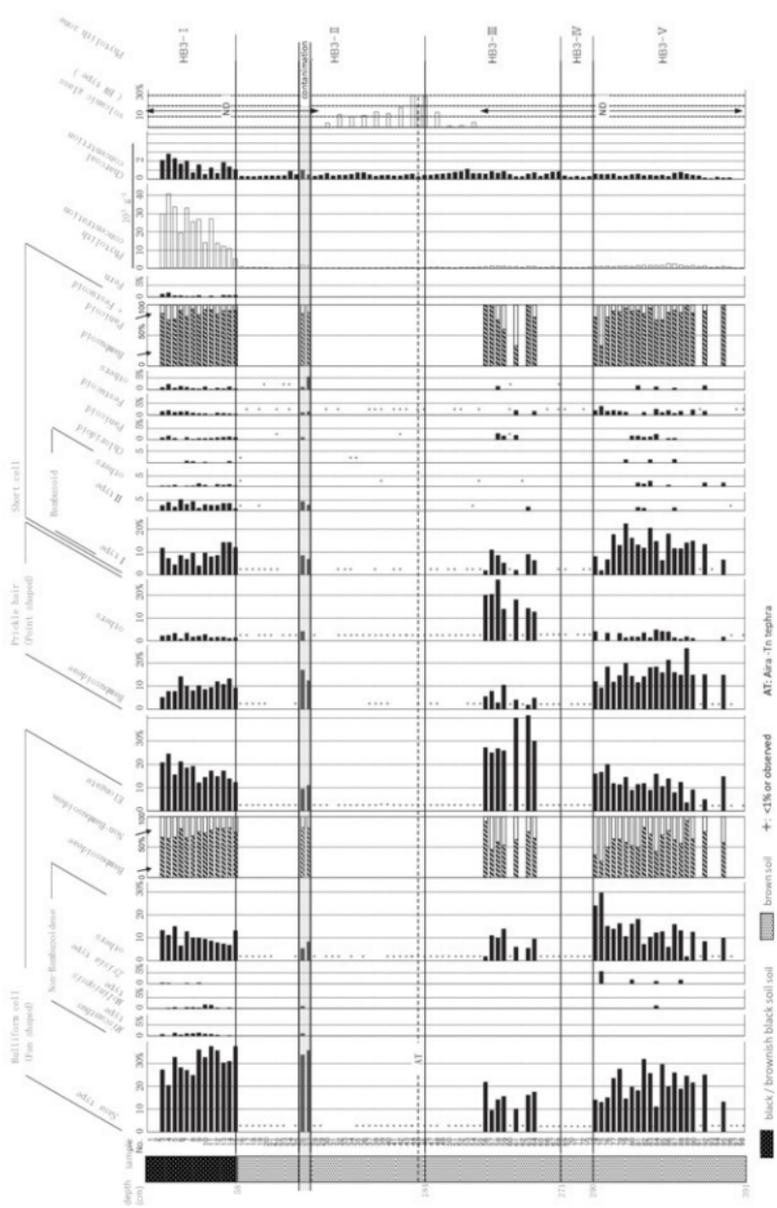


図8 HB-3 コアの植物珪体組成図
 Fig. 8. Opal phytolith diagram of the HB-3 core beside the EA-2 of the Hiroppara site II

認められ、ウシノケグザ型はほぼ連続して検出される。植物珪酸体密度はHB3-II, III, IV帯より高く、およそ10万〜20万個/gで推移する。

以下で、各帯の示す古環境、時代について考えてみる。植物珪酸体帯の推移は、TP-3における推移とよく似ており、さらにHB3-II帯の最下部にAT層準を認める層位的特徴から各帯の古環境、時代については、対応するTP-3各帯と同様なことがいえよう。すなわち、HB3-I帯はササ属を主要な構成要素とする草原的植生を示しMIS1に帰属、HB3-II帯は裸地的な環境を示しMIS2に帰属すると考えられる。HB3-III帯は、ササ属、イチゴツナギ亜科を主体としたイネ科植物を含む植生、HB3-IV帯は裸地的な環境、そしてHB3-V帯はササ属、イチゴツナギ亜科を主体としシバ属なども含むイネ科植物を伴う植生を示し、いずれもMIS3に帰属すると考えられる。

5-2 植物珪酸体帯の対比

5-2-1 湿原域

TR-2とHB-1Aはどのように対比されるであろうか。まず、泥炭が卓越するコア上部について見てみると、TR-2、HB-1Aのいずれでも前半の低層湿原的植生期と後半の中間湿原的植生期に二分される。両期を画する年代は、前記したようにTR-2でca.3.3 ka、HB-1Aでca.3.2 kaであり、ほぼ同時期に低層湿原的植生から中間湿原的植生へ移行変わったといえよう。したがって、TR-2-I帯とHB1A-I帯、TR-2-II帯とHB1A-II帯をそれぞれ対比することに支障はないと考えられる(図10)。

次に、その下位について見てみると、HB-1Aコアに認められる最終水期最寒冷期後半(MIS2後半)の泥炭質層(シルト、泥炭の累積層)が、隣接するTR-2の柱状試料には認められないことが注目される。これは何故なのだろう。TR-2柱状試料が採取されたTR-2のセクション図(公文、2016、以下引用同様)には、試料が採取された東壁断面に深度約200〜270 cmの範囲で浸食谷が読みとれる。この浸食谷を埋める堆積層を覆う黒色泥炭層(TR-2セクション図の11層)から採取された材の年代はca. 10 ka cal BP(工藤、2016)であることから、TR-2コアにはMIS2後半に関わる泥炭層が浸食により欠落していると思われる。TR-2の

東壁左端や北壁に浸食されずに残された褐色腐植土層(TR-2セクション図の13層)はHB-1Aで深度255〜275 cm付近の有機質層につながるものであろう。このことは、テフラ分析用にTR-2北壁の13層から採取された試料の珪酸体組成を調べたところササのシグナルが認められること(図9)と符合する。以上のことから、次のようなストーリーが描ける。MIS3からMIS2前半、TR-2、HB-1A付近では有機質層を積みながら砂礫層が堆積し、MIS2後半は比較的穏やかな堆積環境となり泥炭、シルトの累積層が形成された。晩水期から後水期へ移行する頃、湿原東方から流れ込む土石流(Val. 3を流下?)が発生し、泥炭層を含め深度280 cm付近までえぐられ、その跡は土石流堆積物(砂礫層:TR-2セクション図の12層)によりほぼ埋められた。そして、比較的穏やかな堆積環境で泥炭層・泥炭層(11層)が堆積した後、完新世の半ばのca. 5 ka(図10)まで砂礫の流入堆積が繰り返される不安定な環境が続いた。

このストーリーはTR-2の11層最下部の泥炭層に残された植物珪酸体群集がHB-1Aの最終水期最寒冷期後半に関わる泥炭質層の植物珪酸体群集と同様にササが希薄でイチゴツナギ亜科の強いシグナルを示すこと、11層最下部の泥炭層は層相的にもHB-1Aの泥炭質層最上部の淡黄色シルト層に類似すること、また年代的にも矛盾しない。したがってHB1A-III帯とTR-2-III帯が対比できると考えられる。

TR-2-IV帯とHB1A-IV帯については、いずれもササ類、ヌマガヤ属のシグナルが明瞭に認められる共通する特徴から対比させて不都合はないであろう。

以上の対比に基づき、湿原域の堆積層に総合珪酸体帯を次のように設ける(図10)。TR-2-I帯とHB1A-I帯を総合してHW-Ia帯に、TR-2-II帯とHB1A-II帯を総合してHW-IIb帯に、TR-2-III帯とHB1A-III帯を総合してHW-II帯に、そしてTR-2-IV帯とHB1A-IV帯を総合してHW-III帯とする。各総合植物珪酸体帯の時代はHW-Ia帯と同b帯がMIS1、HW-II帯がMIS2、HW-III帯がMIS3にほぼ相当する。

現在、広原湿原はなだらかな“傾斜湿原”の様相を呈し目立った地上水の流入は見られない。しかし、表層の泥炭層の下には水平的変化に富む砂礫泥が卓越することから、泥炭層が連続して堆積を始める前は活発な水流の流れ込みにより浸食と堆積が繰り返され湿原

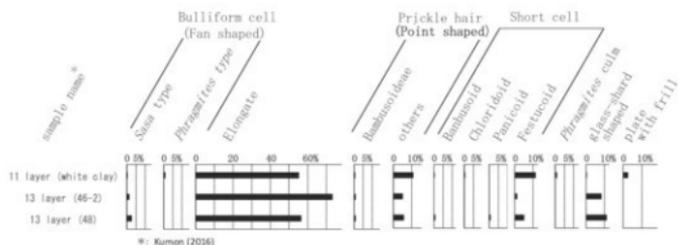


図9 TR-2, 北壁の植物珪酸体組成図

Fig. 9. Opal phytolith diagram from the north section of the TR-2 trench, Hiroppara bog

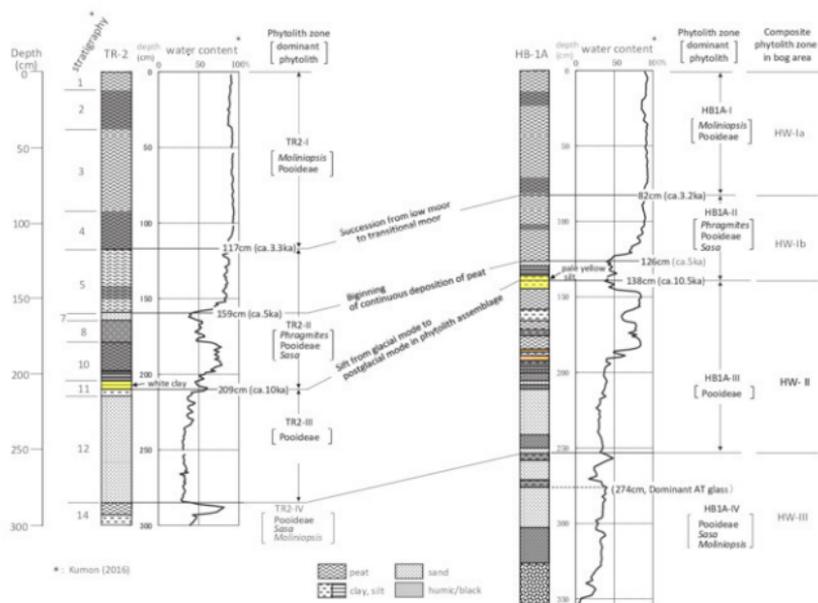


図10 TR-2とHB-1Aの対比

Fig. 10. Correlation between the TR-2 trench and the HB-1A core

域は起伏に富んでいたことが推定される。たとえば、現在、ほぼ高度差がなく約2 m隔てて隣接するTR-2とHB-1Aであるが、HW-II帯から同I帯に移行する後氷期の初頭ca. 10 kaにおいては150 cmほどHB-1Aが高かった。その後、泥炭が連続的に堆積を始めるca. 5 kaにはTR-2で砂礫泥が繰り返し堆積したことに

よるその比高は30 cm余りに縮まることになる(図10)。5-2-2 隣接陸域

TP-2, TP-3に設定した植物珪酸体帯の特徴は上位から順によく対応することから、TP2-I帯, TP3-I帯そしてHB3- I帯, TP2-II帯, TP3-II帯とHB3- II帯, TP2-III帯, TP3-III帯そしてHB3- III帯が対比される。さ

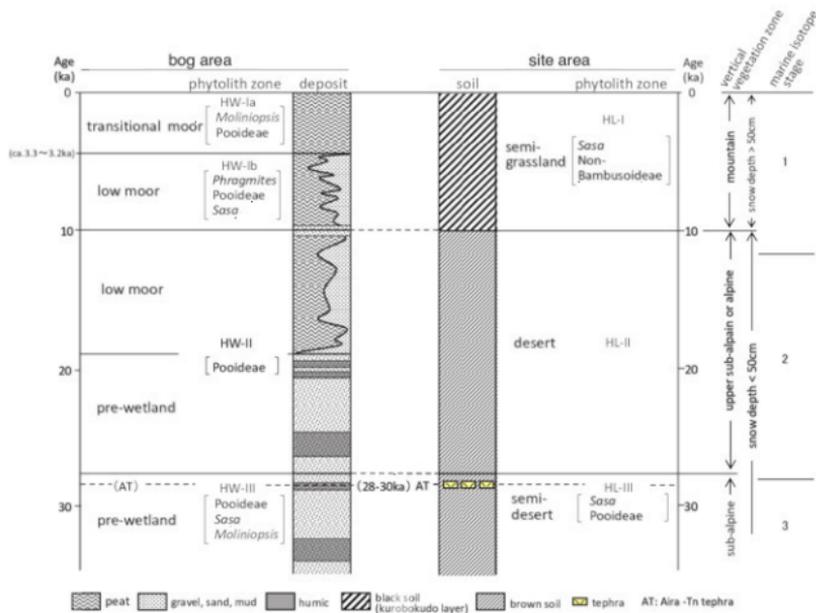


図 11 湿原域堆積層と湿原隣接陸域土壌層の対比

Fig. 11. Correlation between the bog deposits and the soil sequences at the TP-2 of Hiroppara site I and the TP-3 of Hiroppara site II

らに、TP3-IV帯とHB3-IV帯、TP3-V帯とHB3-V帯が対比される。この対比に基づき、湿原隣接陸域土壌層に総合植物珪酸体帯を次のように設ける（図11右）。TP2-I帯、TP3-I帯、HB3-I帯を総合してHL-I帯、TP2-II帯、TP3-II帯、HB3-II帯を総合してHL-II帯、TP2-III帯、TP3-III帯、HB3-III帯を総合してHL-III帯、TP3-IV帯とHB3-IV帯を総合してHL-IV帯、そしてTP3-V帯とHB3-V帯を総合してHL-V帯とする。各総合植物珪酸体帯の時代は、HL-I帯がMIS1、HL-II帯がMIS2、HL-III～V帯がMIS3にほぼ相当する。

5-2-3 湿原域堆積層と湿原隣接陸域土壌層の対比、およびイネ科植物の地史的動態からみた古環境の変遷

湿原堆積層と隣接陸域土壌層の対比を図11に示した。湿原域のMIS1（完新世）に関わるHW-Ia帯、HW-Ib帯は、湿原隣接陸域で同じくMIS1に関わるHL-I帯に対比される。湿原域では、山地帯の湿原とし

て低層湿原の環境（HW-Ib帯）から中間湿原の環境（HW-Ia帯）へ移り変わりながら泥炭層が堆積した。一方、陸域では草原的植生が卓越し、黒ボク土層が生成した。この黒ボク土層からは縄文時代遺物が検出され、人為の影響の下で草原的植生の出現が繰り返され、黒ボク土層が生み出されたと考えられる。なお、この草原的植生にはササが主要構成要素として関わっていた。また、HW-Ib帯期では、現在Val.1とVal.2の間で認められるような陸域からの土砂の流入が頻繁に起きた。それを反映して同期の泥炭層には本来湿原植物ではないササの珪酸体が高頻度で検出される。

湿原域でMIS2（最終氷期最寒冷期）に関わるHW-II帯は、隣接陸域で同じくMIS2に関わるHL-II帯に対比される。湿原域ではMIS2の前半で砂礫泥の流入堆積が繰り返されたが、後半になると泥炭の堆積が卓越するようになる。この時代の広原湿原地域は亜高山帯～

高山帯に位置し、陸域では前後半を通じ植被に乏しい裸地のな環境であった。一方、湿原域では、ササ、ヌマガヤ、ヨシが希薄でイチゴツナギ亜科の極めて優勢なイネ科植物群を含む植生が成立していた。

湿原域の MIS3 に関わる HW-III 帯は、隣接陸域で同じく MIS3 に関わる HW-III 帯に対比される。湿原域では砂礫泥の流入が繰り返される中で腐植質土層や泥炭層の生成も見られ、陸域では植被の点在する準裸地的な環境が卓越した。この時代は亜高山帯に位置し、湿原域では、ササ、イチゴツナギ亜科、ヌマガヤなどのイネ科が混在する植生が、一方、陸域ではササやイチゴツナギ亜科、シバ属などイネ科に関わる植生が見られた。

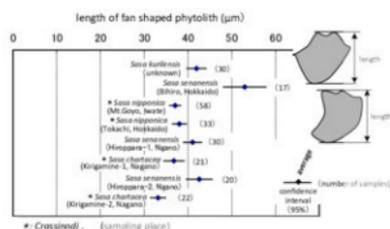


図 12 ササ泡状細胞起源珪酸体（ファン型）の断面縦長分布（佐瀬ほか、2015 をもとに作成）

Fig. 12. Size distribution of fan-shaped phytoliths from some species of *Sasa* (after Sase et al. 2015)

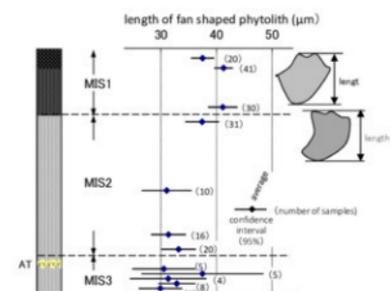


図 13 広原湿原隣接陸域土壌層 (TP-2) から検出されたササ泡状細胞起源珪酸体（ファン型）の断面縦長分布（佐瀬ほか、2015 をもとに作成）

Fig. 13. Size distribution of fan-shaped phytoliths (*Sasa* type) from TP-2 samples (after Sase et al. 2015)

5-3 ササ類の地史的動態と黒ボク土層生成史からいえること

ササ類の生育には温度指数 (W1) 17°C・月以上が必要とされる (佐瀬ほか、2011)。現在の広原湿原周辺地域ではササ (クマイザサ) の優勢な生育が見られるが、最終氷期最寒冷期 MIS2 におけるイネ科植物相はササが希薄、かつイチゴツナギ亜科が極めて優勢であった。このようなイネ科植物相の状況から、前記のように MIS2 の広原湿原地域は亜高山帯～高山帯に位置していたと考えた。なお、ササは積雪の保護なしに土壤の凍結する厳しい冬期をのりこえることは不可能である。最終氷期の積雪環境は一般的に現在より寡雪であったと考えられているので、そのことが、MIS2 においてササの生育に影響を与えた可能性もある。それでは、当時の積雪環境はどの程度に寡雪だったであろうか。ササ類は積雪環境に対応して分化し、積雪深 50 cm を境にそれより少雪域にミヤコザサ節 *Crassinodi*、多雪域にはチマキザサ節 *Eusasa* が分布することが知られる (鈴木、1978)。現在の広原湿原地域に生育するササはチマキザサ節のクマイザサであり、当地域の積雪深が 50 cm 以上であることを示す。このことから、最終氷期の広原湿原地域に生育したササの種類が分かれば、当時の積雪環境を推し量ることができるであろう。

杉山 (2000) は、泡状細胞 (起動細胞) 起源の珪酸体の形態的差異から完新世開始に伴いササ相がミヤコザサ節からチマキザサ節へ交代することを見出し、完新世の多雪化を述べている。杉山・藤原 (1986)、近藤 (2010) によれば、ミヤコザサ節の泡状細胞起源の珪酸体はチマキザサ節に比べて断面縦長が短く、側長が長い特徴がある。そこで、各地で採取したミヤコザサ節、チマキザサ節に帰属する数種類のササについてその泡状細胞起源珪酸体の断面縦長と広原湿原隣接陸域土壌層 (TP-2) から検出された泡状細胞起源ササ属タイプ珪酸体 (ファン型) の縦長をそれぞれ計測して比較を試みた。図 12 に示したように、現世のミヤコザサ節泡状細胞起源珪酸体の縦長は分布中央値が 40 μm 以下にあり、それが 40 μm 以上にあるチマキザサ節に比べて短い傾向が認められ、既報の指摘を確認することができた。一方、陸域土壌層中の泡状細胞起源ササ属タイプ珪酸体 (ファン型) の縦長測定の結果が図 13 である。その分布中央値は、黒ボク土層 (完新世土層)

に比べ褐色土層（最終氷期土層）で小さい傾向が窺え、最終氷期の広原湿原地域に生育していたササがミヤコザサ節を主体としたことを示唆する。このことから、最終氷期の広原湿原地域の積雪深が50 cmを越えなかったことが推定されるが、MIS2においてはササ起源珪酸体頻度が極めて低いから、ミヤコザサ節も生育できないほどの寡雪環境だった可能性がある。以上に見てきたことから、MIS2の広原湿原地域は温度環境に加え積雪環境においてもササの生育にとって厳しい条件下にあったことが考えられる。

広原湿原隣接陸域は黒ボク土層に被われている。この黒ボク土層は完新世 MIS1 に関わるもので、それ以前、最終氷期の MIS2, MIS3 は褐色を基調とするローム質土層で黒ボク土層は確認できない。このことから、広原湿原地域では黒ボク土層の生成する条件が完新世 MIS1 になって整ったと考えられる。黒ボク土層の生成には、温度指数 (WI) 30 ~ 35 °C・月以上が必要とさ

れる(細野・佐瀬, 1997)。MIS2の広原湿原地域は、亜高山帯から高山帯に位置していたので、黒ボク土層の生成には温度条件的に厳しかったといえよう。また、MIS3では亜高山帯に位置していたので温度条件的に不可能であったとはいえない。しかし、黒ボク土層の生成を認めないのは、準裸地的環境にあったため物質生産量が低く腐植の生成集積に適さなかったためと考えられようか。

図14には、ササ、イチゴツナギ亜科、ヌマガヤ、ヨシの地史的動態と黒ボク土層の生成史から推定される広原湿原周辺における MIS3 後半以降の温度指数 (WI) と垂直分布帯の推移を示した。

6. まとめ

霧ヶ峰高原の西方の標高1400 m付近に位置する広原湿原周辺地域における人類活動の背景となった古

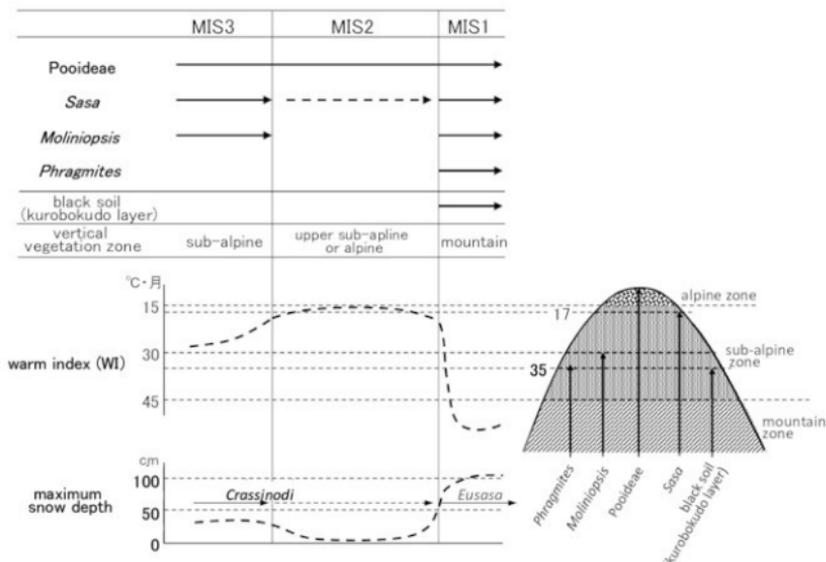


図14 広原湿原地域における MIS3 以降の温度指数、最大積雪深、指標イネ科植物の推移 (佐瀬ほか, 2015 をもとに作成)
Fig. 14. Temporal changes of warm index, maximum snow depth, and index graminoid plants since marine isotope stage 3 around the Hiroppara bog (after Sase et al. 2015)

境の情報を得るために、海洋酸素同位体ステージ (MIS) 3 まで遡る湿原域の堆積層と隣接陸域の土壌層の植物珪酸体分析を行い、ササ類を含むイネ科植物相の地史的動態を軸に古環境の変遷を次のように推定した。

(1) MIS1, 広原湿原周辺は山地帯にあり、湿原域では低積層湿原環境から中間湿原環境へ移り変わる中で泥炭層が堆積、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が卓越した。

(2) MIS2, 広原湿原周辺は亜高山帯上部～高山帯にあった。湿原域では、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の成立が見られる中、MIS2 前半で砂礫泥の流入堆積が繰り返されたが、同後半になると泥炭の堆積が卓越するようになった。陸域では植被に乏しい裸地の環境であった。

(3) MIS3, 広原湿原周辺は亜高山帯にあつて、ササ、イチゴツナギ亜科、ヌマガヤなどからなるイネ科植物相の成立が見られた。湿原域では砂礫層の流入堆積が繰り返される中、有機質層の生成もあつた。陸域では植被の点在する準裸地的な環境が卓越した。

(4) 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優勢となった。このことは、現在、山地帯にあつて 100 cm 近い最大積雪深を見る広原湿原周辺地域は、MIS3 では最大積雪深が 50 cm に満たさず、MIS2 ではさらに寡雪環境となったことを示唆する。

(5) 土層生成史に着目すると MIS3, 2 を通じて褐色ローム質土層が生成し、MIS1 になって黒ボク土層が生成を開始した。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、近藤鍊三氏 (帯広畜産大学名誉教授)、川辺百樹氏 (北海道自然史研究会) には有益なご教示をいただいた。記して感謝を申し上げる。

引用文献

Hartly, W. 1973 Studies on the origin, evolution, and distribution of the Gramineae. V. The subfamily Festucoideae. *Australian Journal of Botany* 21: 201-234.

橋詰 潤・中村雄紀・会田 進・島田和high・山田昌功・小野昭 2013 「広原遺跡群発掘調査概報 I」2011 年度・2012 年度広原湿原および周辺遺跡における

考古・古環境調査」, 19p., 長野

細野 衛・佐瀬 隆 1997 「黒ボク土生成試論」『第四紀』29: 1-9

細野 衛・佐瀬 隆 2014 「広原遺跡群土層の植物珪酸体記録による MIS5a 以降のササ類の地史的動態」『日本第四紀学会講演要旨集 44』, pp. 164., 千葉, 日本第四紀学会

細野 衛・佐瀬 隆・公文富士夫 2013 「長野県和田峠近方、広原遺跡群土層の植物珪酸体記録による植生履歴」『日本植生史学会第 28 回大会講演要旨集』, pp. 43-44., 高知, 日本植生史学会

細野 衛・佐瀬 隆・谷野喜久子 2015 「長野県長和町、広原湿原周辺域におけるローム土層中の広域風成塵の検出-プロキシデータとしての pH (NaF) 値の活用-」『日本第四紀学会講演要旨集 45』, p.24., 東京, 日本第四紀学会

気象庁 2002 「メッシュ気候値 2000 CD-ROM 版」気象業務支援センター

近藤鍊三 2000 「植物ケイ酸体」『化石の研究法-採集から最新の解析法まで-』, 化石研究会編, pp.942-947., 東京, 共立出版

近藤鍊三 2010 「プラントオパール図譜 走査型電子顕微鏡写真による植物ケイ酸体学入門」, 387p., 札幌, 北海道大学出版会

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high・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)

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high・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)

町田 洋・新井房夫 2011 「新編 火山灰アトラス 日本列島とその周辺 (第 2 刷)」, 336p., 東京, 東京大学出版会

三浦英樹・佐瀬 隆・細野 衛・菊谷愛彦 2013 「第四紀土壌と環境変動: 特徴的土層の生成と形成史」『デジタルブック最新第四紀学』日本第四紀学会 50 周年電子出版編集委員会編, CD-ROM および既説

- 集 30p., 東京, 日本第四紀学会
- 宮脇 昭編著 1985『日本植生誌 6 中部』, 604p., 東京, 至文堂
- 西村 格・曾我友紀子・津田 智・西條好她・莫 文紅 1997「霧ヶ峰亜高山草原における標高によるイネ科草本の種組成変化」『日本草地学会誌』42: 324-334
- 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
- 佐瀬 隆・細野 衛 2014「長野県和田峠近方, 広原湿原地域における酸素同位体ステージ 5a 以降のササ類の地史的動態と黒ボク土層生成史」『日本植生史学会第 29 回大会講演要旨集』, pp. 23-24., 鹿兒島, 日本植生史学会
- 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・三浦英樹 2011「植物珪酸体群集変動からみた北海道における最終間氷期以降のササの地史的動態—ササを指標とした積雪・温量環境の推定—」『植生史研究』20: 57-70
- 佐瀬 隆・細野 衛・高地セラア好美 2008「三内丸山遺跡の土壌生成履歴—植生環境, 人の活動および黒ボク土層の関係—」『植生史研究』16: 37-47
- 佐藤 謙 2007『北海道高山植生誌』北海道大学出版会, 708p.
- 島田和高・隅田祥光・橋詰 潤・会田 進・橋詰 潤・堀 恭介・小野 昭 2014『広原遺跡群発掘調査概報 I 2013 年度広原遺跡群における考古・古環境調査』, 21p., 長野
- 島田和高・橋詰 潤・会田 進・中村由克・早田 勉・隅田祥光・及川 穰・土居美穂 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
- 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)
- 杉山真二・藤原 宏 1986「機動細胞珪酸体の形態によるタケ亜科植物の同定—古環境推定の基礎資料として—」『考古学と自然科学』19: 69-84
- 杉山真二 2000「植物珪酸体 (プラントオパール)」『考古学と自然科学—3 考古学と植物学』辻誠一郎編, pp.189-213., 東京, 同成社
- 鈴木兵二・矢野悟道・松田行雄・波田善夫・中川重年・板東忠司・竹中則夫 1981『霧ヶ峰の植物 第一部 霧ヶ峰の植生』, 諏訪市教育委員会, 246p.
- 鈴木貞夫 1978『日本タケ科植物総目録』, 384p., 東京, 日本図書印刷株式会社
- 田口 信・細田浩史 2009「長野県霧ヶ峰八ヶ峰原周辺の気候学的特性」『法政地理』41: 3-20
- 橋 ヒサ子 2006「知床半島羅臼湖周辺湿原の植生」『北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告』40:1-26
- 橋 ヒサ子・濱田 陽・林 大輔 1998「大雪山系天人が原湿原におけるアカエゾマツ林の構造」『北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告』32: 1-11
- 吉井亮一 1988「立山, 室堂平における湿原堆積物についての花粉分析」『日本花粉学会誌』34: 43-53

Palaeo-environmental developments since the marine isotope stage 3 based on phytolith records from deposits in the Hiroppara bog and soils at the Hiroppara sites, Nagawa Town, Nagano Prefecture, central Japan

Takashi Sase^{1*}, Mamoru Hosono²

In this paper we discuss the palaeoenvironmental changes around the Hiroppara bog since the marine isotope stage (MIS) 3 by employing phytolith records. The bog deposits can be divided into the following three periods from top to bottom: (1) the mountain bog period (MIS1) composed of the transitional moor sub-period of the upper peat deposit characterized by the dominant *Molinia* and the low moor sub-period of the middle peat deposit characterized by the continuous appearance of *Phragmites*, (2) the upper sub-alpine or alpine bog period (MIS2) of the lower peat deposit characterized by the dominant *Pooideae*, and (3) the sub-alpine pre-bog period (MIS3) characterized by the clear appearance of *Sasa*. The soils of the Hiroppara sites are also divided into three periods from top to bottom: (1) the semi-grassland period (MIS1) of the black soils (kurobokudo layer) dominated by a significant signal of non-Bambusoideae, (2) the desert period (MIS2) of the middle brown soils with very low abundance of phytoliths, (3) the semi-desert period (MIS3) of the lower brown soils characterized by the continuous signal of *Sasa*. It is estimated that the shift from the upper sub-alpine bog period to the mountain bog period at the Hiroppara bog correlates with the shift from the desert period to the semi-grassland period at the Hiroppara sites, and those shifts most likely occurred in the early Holocene period. The *Sasa* group, in favour of *Eusasa* during the MIS1, was instead dominated by *Crassinodi* in MIS3 and MIS2. Thus, it is estimated that the maximum snow depth of this area was less than 50 cm throughout MIS3 and MIS2.

Keywords: Hiroppara bog; Gramineae flora; Holocene; Kurobokudo layer; the Last Glacial; opal phytolith; *Sasa*.

1 Boreal Laboratory for Phytolith Research

2 Tokyo Natural History Research Structure

* Corresponding author: Takashi Sase (saze@opal.plala.or.jp)

長野県広原湿原における珪藻化石群集に基づく 最終氷期以降の堆積環境

吉田 明弘^{1*}

要 旨

広原湿原のHB-1AコアとTR-2トレンチ断面から採取された試料について主に珪藻分析と放射性炭素年代測定を行い、この湿原およびその周辺における水環境を復元し、湿原の形成過程について検討した。HB-1Aコアは約27.0 ka cal BPまで遡る珪藻分析の結果が得られた。この結果から、約27.0～14.0 ka cal BPでは砂質堆積物が流入する環境であり、その後泥炭が堆積する環境へ徐々に変化し、約4.0 ka cal BPになると堆積物の流れ込みのない湿地が形成された。一方、TR-2トレンチ断面では約8.0 ka cal BPまで遡る珪藻分析の結果が得られた。この結果から約8.0～4.4 ka cal BPには有機物が少なく、砂質堆積物が多く流入する環境であった。その後、徐々に泥炭が堆積する環境に変化し、約4.4 ka cal BP以降には安定して泥炭が堆積する環境に変化した。これらの水環境結果から、広原湿原では最終氷期～晩氷期まで砂などの粗粒堆積物の流入が多く、少なくとも約14.0 ka cal BPまで堆積物の流入が続いた。約4.4 ka cal BP以降には泥炭が連続的に堆積するような安定した環境に変化した。さらに、約4.0 ka cal BP以降には現在と同様の湿原が形成された。

キーワード：珪藻分析、TC・TN分析、堆積環境、広原湿原、中部日本

1. はじめに

長野県中部高地の一帯には、いくつかの小規模な湿原が分布しており、広原湿原はそのなかの湿原の一つである(図1)。広原湿原の周囲では、考古学的な試掘調査が行われており、旧石器時代～縄文時代にかけての遺跡の存在が報告されている(男女倉遺跡群分布調査速報, 1993)。一方、広原湿原における湿原堆積物を用いた花粉分析が行われ、八島湿原の花粉分析結果との対比から、この地域における完新世初頭以降の植生変遷が報告されている(酒井・国信, 1993; 酒井, 1996)。しかしながら、この研究では堆積物の年代値は得られておらず、詳細時系列に沿った広原湿原周辺の古環境変遷史は未だに構築されていない。

このような点から、¹⁴C年代測定値やテフラ年代に基づいた詳細な時系列の構築、さらにはそれに基づいた広原湿原の古環境復元が必要である(千葉ほか, 2013a, Yoshida et al., 2016b)。珪藻や花粉など

の微化石分析や堆積物の化学分析は、湿原形成の過程を検討する上で有効な手法である。とくに、珪藻化石は過去の水環境を示す有効な指標であるため、その分析結果は湿原の形成過程を復元するために重要である(Gaiser and Ruhland, 2010)。

そこで、本論では広原湿原の形成過程を解明するために、この湿原で掘削されたトレンチにおいて採取された堆積物(千葉ほか, 2013a)及びボーリングで採取されたHB-1Aコアを試料にし、珪藻分析を行った。また、この分析結果に基づき、広原湿原およびその周辺における過去3万年間の堆積環境の復元を試みた。

2. 試料・方法

珪藻分析の試料は広原湿原において掘削された深さ3.0 mのトレンチ(TR-2)の同一壁面に、長さ約3 mのLチャンネルを用いて採取された試料、その南側で掘削された長さ4.5 mのHB-1A試料から採取した(図

¹ 鹿児島大学法文学部

* 責任著者: 吉田明弘 (yoshi.akitan@gmail.com)

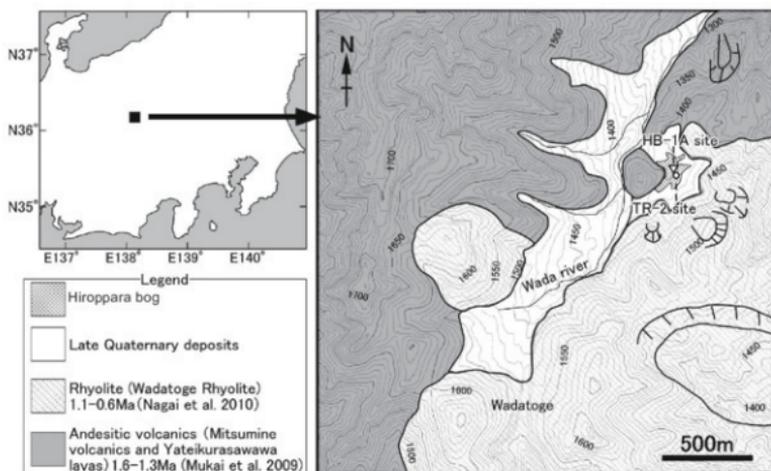


図1 調査地域の概要
千葉ほか (2013b) を修正した。

Fig. 1. Index map

The figures are modified from Chiba et al. (2013b).

1), トレンチの分析試料には、約5 cm 間隔で適量切り出した堆植物を用いた。HB-1A コア試料からは、約4 ~ 8 cm 間隔で堆植物を採取し、分析試料とした。各試料は乾燥した後、試験管に移し、15%の過酸化水素水を0.5 ml 加えて有機物の分解・洗浄処理を行った。その後、試験管から上澄みを適量抽出し、マウントメディアを用いてプレパラートに封入した。作成したプレパラートを光学顕微鏡で観察し、少なくとも200個体を同定・計数を行い、産出頻度を求めた。ダイアグラムには産出頻度が5%以上の種について作成し、珪藻化石帯を区分した。珪藻の同定・生態は、主に Krammer and Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b), Nagumo (2003), 小林ほか (2006), 千葉・澤井 (2014) に基づいた。なお、HB-1A コア試料の深度と年代は、Yoshida et al. (2016b) に従った。

3. 湿原堆植物の記載

ここではTR-2 トレンチから得られた堆植物について記載する (千葉ほか, 2013a) (図2)。深度300 ~ 289 cm まで、灰色がかかった黒色の泥炭である (図

3)。深度213 ~ 289 cm まで、粗粒な灰色の軽石が堆積する。とくに、260 cm 以下は上方細粒化の傾向が認められる。深度213 ~ 211 cm まで、灰色がかかった黒色の泥炭である。深度211 ~ 209 cm まで、灰色がかかった軽石質のシルトである。深度209 ~ 163 cm まで灰色がかかった黒色の泥炭である。深度163 ~ 159 cm には、粗粒の灰色がかかった軽石が認められる。深度159 ~ 117 cm まで灰色がかかった黒色泥炭であり、深度117 ~ 0 cm まで黒味が強い黒色の泥炭となる。

HB-1A コアの堆植物は、Yoshida et al. (2016b) に従って記載する。広原湿原の堆植物は大きく2つに区分されている。深度376 ~ 188 cm までは砂と礫から構成される。188 ~ 0 cm までは主に泥炭からなり、深度147 ~ 137 cm に砂層が挟まる (図4)。

4. 年代測定結果

TR-2 トレンチ試料から得られた7点の植物片の試料について、放射性炭素年代値が求められている。以下、各年代値はIntCal13 (Reimer et al., 2013) の校正曲線に基づいて2σの年代幅で算出された校正年代である。

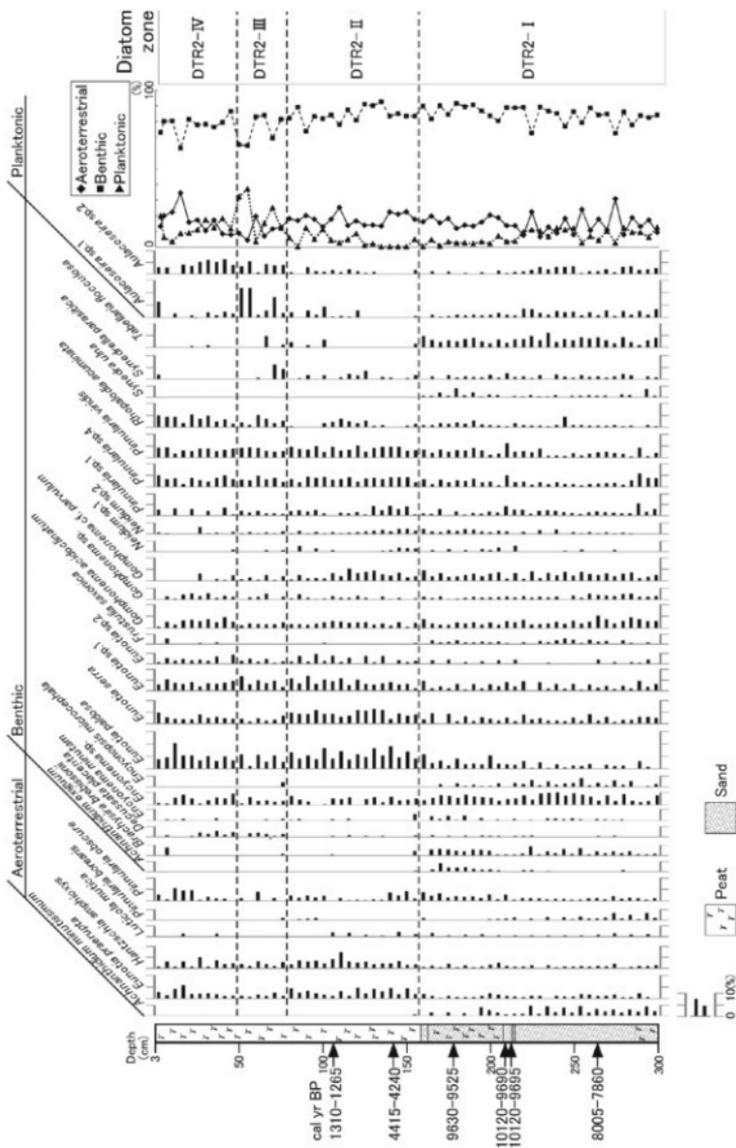


図2 TR-2トレンチ試料の珪藻ダイアグラム
千原ほか(2013b)を修正した

Fig. 2. Diagram of diatom assemblage at TR-2 site
The figures are modified from Chiba et al. (2013b).

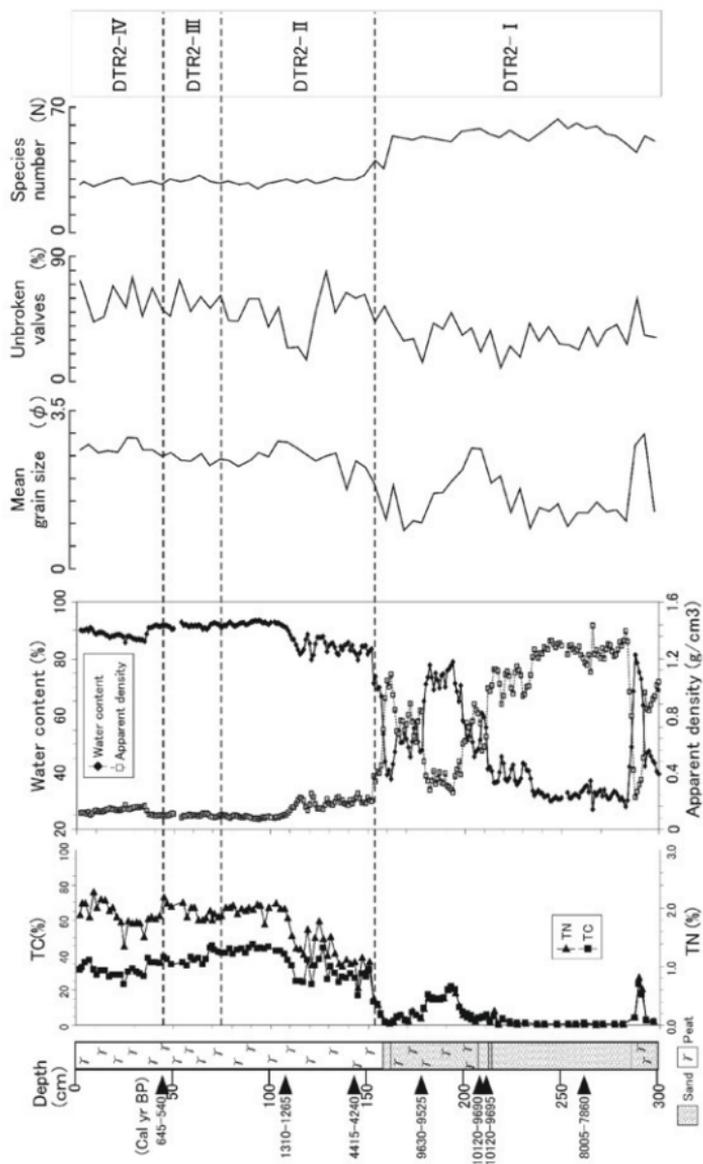


図3 TR-2トレンチ試料におけるコアの岩相、放射性炭素年代及び、埋藏区分、平均粒径、平均殻径、炭素含有量、含水率の関係
千原ほか (2013b) を修正した。

Fig. 3. Relationship among sediments, radiocarbon dates, diatom zones, mean grain size,

TC/TN ratio, and water contents at TR-2 site

The figures are modified from Chiba et al. (2013b).

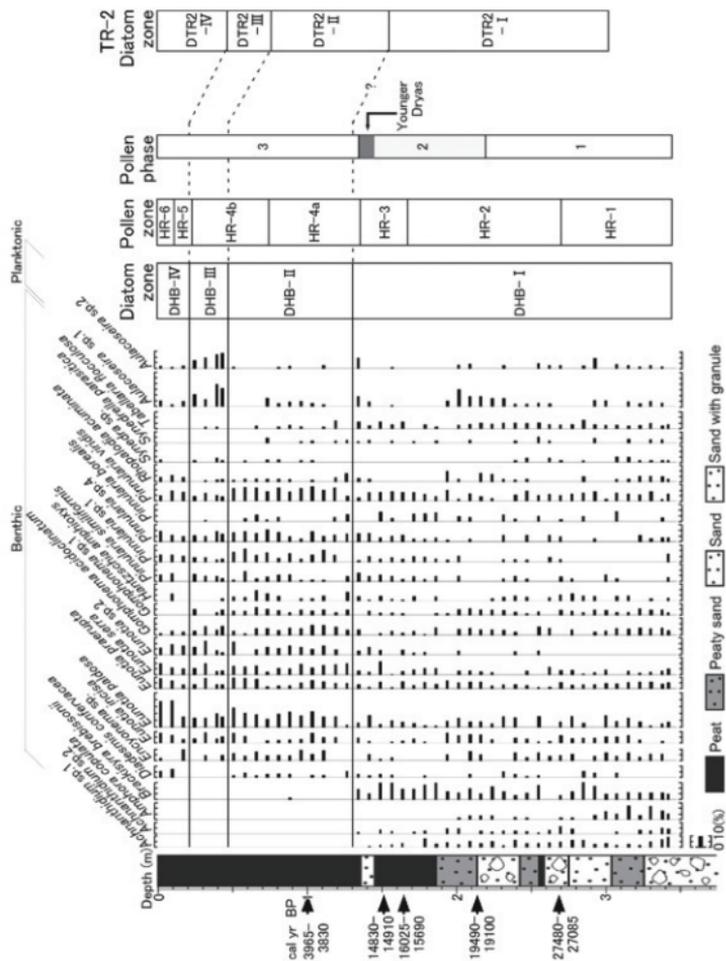


図4 HB-1A コア試料の柱状区分と花粉帯との対応関係及び、TR-2トレンチ試料との対応関係
花粉帯は Yoshida et al. (2016b) に基づく。

Fig. 4. Correlation between diatom and pollen zones at the HB-1 site and TR-2 sites
Pollen zones are based on Yoshida et al. (2016b).

る。深度 261 ~ 265 cm の試料は 7,905 ~ 7,860 cal BP, 深度 214 ~ 209 cm の試料は 10,120 ~ 9,695 cal BP, 深度 173 ~ 176 cm の試料は 9,630 ~ 9,525 cal BP, 深度 145 ~ 141 cm の試料は 4,415 ~ 4,240 cal BP, 深度 110 ~ 106 cm の試料は 1,310 ~ 1,265 cal BP, 深度 50 ~ 49 cm の試料は 645 ~ 540 cal BP で

ある (千葉ほか, 2013a)。

HB-1A コア試料からは 5 点の植物片の放射性炭素年代測定が報告されている (Yoshida et al. 2016b)。以下に、各試料の校正年代 (2σ) を示す。深度 98.5 cm の木片は 3,965 ~ 3,830 cal BP, 150.5 cm の木片 (枝もしくは茎) は 14,910 ~ 14,830 cal BP, 163.5 cm

の木片(枝もしくは茎)は16,025～15,690 cal BP, 213.4 cmの木片は19,490～19,100 cal BP, 267.8 cmの木片は27,480～27,085 cal BPである。

5. TR-2トレンチにおける 含水率・密度・TC・TN分析結果とその解釈

TR-2トレンチの堆積物を用いた含水率・密度・TC・TN分析結果の傾向について示す(千葉ほか, 2013a)(図3)。深度約300～290 cmでは、堆積物の含水率が低く、密度が高い。また、この区間ではTC・TN値が共に低い。深度約290～280 cmは含水率が相対的に高くなり、密度が低下する。一方、この区間ではTC・TN値が上昇する。深度約280～290 cmでは含水率が低下し、密度が上昇する。TC・TN値は極めて低い。深度約200～280 cmにかけて含水率は相対的に上昇し、密度が低下する。この区間におけるTC・TNは減少する。深度約180～150 cmでは含水率が徐々に増加し、密度が減少する。TC・TN値は共に緩やかに増加する。深度約150～0 cmでは含水率が極めて高く、密度が低い。また、この区間のTC・TN値は高くなる。

このように含水率・密度・TC・TNの各値は、堆積物の構成物や粒径に依存する。すなわち、湿原内に泥炭が形成され、堆積するような環境であれば、泥炭の保水力が高いため含水率が高くなり、植物遺体で構成される泥炭堆積物の密度は低くなる。また、このような湿原内の泥炭が堆積する環境であれば、植物由来の有機物の含有量が相対的に多くなるため、TC・TN値も高くなる(千葉ほか, 2013a)。

6. 広原湿原における珪藻分析の結果と解釈

6-1 TR-2トレンチにおける珪藻分析

珪藻分析の結果から、TR-2トレンチの堆積物では少なくとも25属45種の珪藻が産出した。この分析結果のクラスター分析から、千葉ほか(2013a)は下位よりI～XIVの14の珪藻化石区分帯を設定した(図2)。本論ではこれらの珪藻化石区分帯をDTR2-I～IV帯の珪藻化石帯(以下、「帯」と略す)にまとめた。以下に、各帯の特徴と千葉ほか(2013a)で示される珪藻化石区分帯の特徴について記載する。

6-1-1 DTR2-I帯(深度300～160 cm)

DTR2-I帯は、堆積物の流入に伴う異地性種の混入が認められる珪藻化石区分I～IV帯(千葉ほか, 2013a)である。

珪藻化石区分I帯(深度300～295 cm): 底生種の *Eunotia paldosa*, *Pinnularia viridis*, *Gomphonema asidoclinatum*, *Encyonema* 属, *Tabellaria flocculosa* などが多産する。また、*Brackysira brebissoni* が産出する。珪藻殻の保存状態は比較的悪く、産出する種数が多い。このことから、広原湿原は周囲から堆積物の流れ込みの影響が強かったと考えられる。

珪藻化石区分II帯(深度290 cm): II帯はI帯の産出種と近い群集であるが、なかでも *Eunotia* 属と *Pinnularia* 属が優占する。珪藻殻の保存状態は比較的悪く、産出する種数が多い。この時期の湿原では一時的に堆積物の流れ込みが減少し、有機物が堆積する環境であったと推定される。

珪藻化石区分III帯(深度285 cm～165 cm): III帯はI帯と近い群集が認められ、*Eunotia paldosa*, *Pinnularia viridis*, *Gomphonema asidoclinatum*, *Encyonema* 属, *Tabellaria flocculosa* などが多産した。また、*Brackysira brebissoni* が産出するのが目立つ。珪藻殻の保存状態は比較的悪く、産出する種数が多い。このことから、この時期には再び湿原への堆積物の流れ込みが弱化した。

珪藻化石区分IV帯(深度160 cm): この帯はII帯の産出種と近い群集が認められ、*Eunotia* 属, *Pinnularia* 属が優占する。珪藻殻の保存状態は比較的悪く、産出する種数が多い。このことから、湿原への周囲からの流れ込みは減少し、再び有機物が堆積する環境に変化したと推定される。

6-1-2 DTR2-II帯(深度155～80 cm)

DTR2-II帯は、珪藻化石区分V帯(千葉ほか, 2013a)に相当し、堆積物の流入や侵食の影響がなく、現地性の珪藻種が優占する。

珪藻化石区分V帯(深度155～80 cm): これまで認められた群集と大きく異なり、底生種である *Tabellaria flocculosa*, *Brackysira brebissoni*, *Eunotia* 属, *Achnanthes minutissimum*, *A. exiguum* などがほとんど産出しなくなる。一方、*Eunotia paldosa*, *Eunotia serra* などの *Eunotia* 属と *Pinnularia* 属が優占する。珪藻殻の

保存状態は、比較的良い。このことから、湿原内では周囲から堆積物の流れ込みや侵食のない、比較的安定した湿原環境になった。

6-1-3 DTR2-III帯 (深度 75 ~ 50cm)

DTR2-III帯は、浮遊性種が相対的に増加する珪藻化石区分VI~X帯(千葉ほか, 2013a)に相当する。この帯期には、湿原内は湿潤化したと推測される。

珪藻化石区分VI帯(深度75cm):この帯は浮遊性珪藻である*Aulacoseira*属が特徴的に産出する。珪藻殻の保存状態は比較的良い。このことから湿原内は湿潤化もしくはトレンチ掘削地点における水位が増加したものと推定される。

珪藻化石区分VII帯(深度70cm):この帯は浮遊性珪藻である*Aulacoseira*属の産出頻度が増加する。珪藻殻の保存状態は比較的良い。この時期には湿原内はさらに湿潤化もしくはトレンチ掘削地点の水位が増加したと考えられる。

珪藻化石区分VIII帯(深度65cm):この帯は珪藻化石区分VI帯に近い群集である。珪藻殻の保存状態は、比較的良い。したがって、湿原が僅かに乾燥もしくは湿原の水位が若干低下したと推定される。

珪藻化石区分IX帯(深度60cm):この帯では底生珪藻である*Eunotia*属、*Pinnularia*属や*Rhopalodia acuminata*が優占する。また、陸生珪藻*Hantzschia amphioxys*の産出頻度が僅かに増加する。珪藻殻の保存状態は比較的良い。このことから、湿原はさらに乾燥もしくはトレンチ掘削地点の水位が減少した。

珪藻化石区分X帯(深度55~50cm):浮遊性珪藻である*Aulacoseira*属、底生珪藻である*Eunotia paldosa*などの*Eunotia*属と*Pinnularia viridis*、*Rhopalodia acuminata*が優占する。とくに、*Aulacoseira*属の産出頻度は本帯でピークとなる。珪藻殻の保存状態は比較的良い。以上のことから、湿原は湿潤化もしくは水位が上昇していたと推定される。

6-1-4 DTR2-IV帯 (深度 45 ~ 0 cm)

DTR2-III帯よりも底生種が相対的に増加する珪藻化石区分XI~XIV(千葉ほか, 2013a)をDTR2-IV帯とした。この帯期には湿原は乾燥もしくはトレンチ掘削地点の水位が減少したと推定される。

珪藻化石区分XI帯(深度45~20cm):この帯では底生珪藻である*Eunotia*属、*Pinnularia*属や*Rhopalodia*

*acuminata*が優占する。また、陸生珪藻の産出頻度も増加し、珪藻殻の保存は比較的良い。このことから、この時期の湿原は乾燥もしくはトレンチ掘削地点の水位が減少した。

珪藻化石区分XII帯(深度20~10cm):浮遊性珪藻である*Aulacoseira*属の産出頻度は減少し、底生珪藻である*Eunotia*属、*Pinnularia*属や*Rhopalodia acuminata*が優占する。また、陸生珪藻の産出頻度も増加し、珪藻殻の保存は比較的良い。このことから、湿原はさらに乾燥もしくはトレンチ掘削地点の水位が減少したと推定される。

珪藻化石区分XIII帯(深度5cm):この帯では陸生珪藻の産出頻度が低下する。また珪藻殻の保存状態は比較的良い。したがって、陸生珪藻が多くなることから、この時期の湿原は乾燥もしくはトレンチ掘削地点の水位が減少した。

珪藻化石区分XIV帯(深度0cm):浮遊性珪藻である*Aulacoseira*属、底生珪藻である*Eunotia paldosa*などの*Eunotia*属と*Pinnularia viridis*、*Rhopalodia acuminata*が優占する。珪藻殻の保存は比較的良い。この時期になると底生珪藻が再び出現するようになり、湿潤化もしくはトレンチ掘削地点の水位が増加したものと考えられる。

6-2 HB-1A コアにおける珪藻分析

珪藻分析の結果、HB-1Aコアでは少なくとも25属56種の珪藻が産出した。さらに、クラスター分析によりDHB-I~IVの4つの珪藻化石帯に区分した(図4)。以下、各帯の特徴と解釈を示す。

DHB-I帯(深度376~130cm):本帯では底生種の*Eunotia paldosa*、*Pinnularia viridis*、*Gomphonema asidoclinatum*、*Encyonema*属、*Tubellaria flocculosa*などが多産する。*Achnanthyrium* sp.1、*A.* sp.2、*Brackysira brebissoni*なども産出する。珪藻殻の保存は比較的悪く、産出する種数が多いことから、これらは異地性の珪藻が混ざった混合群集である。すなわち、この時期の湿原では周囲から堆積物が流れ込む環境だったと推定される。

DHB-II帯(深度130~50cm):この帯では*Eunotia*属、*Pinnularia*属が優占する。一方、*Achnanthyrium* sp.1、*A.* sp.2、*Brackysira brebissoni*などがほとんど産出しくな

る。珪藻殻の保存状態は比較的に良い。このことから、この時期の湿原への堆積物の流入は減少し、植物遺体が堆積する環境に変化した。

DHB-III帯（深度50～20 cm）：この帯ではDHB-I帯と近い群集が認められ、*Eunotia*属が優占する。また、*Pinnularia*属の頻度が僅かに減少し、*Aulacoseira*属が多産する。珪藻殻の保存は比較的に良い。これらのことから、この時期の湿原が湿潤化もしくは湿原の水位が上昇したと考えられる。

DHB-IV帯（深度20～0 cm）：この帯では浮遊性珪藻の*Aulacoseira*属が減少し、底生珪藻の*Eunotia*属、*Pinnularia*属や*Rhopalodi acuminata*が増加する。珪藻殻の保存状態は比較的に良い。以上のことから、乾燥もしくは湿地の水分が減少したと推定される。

7. 広原湿原の形成過程

千葉ほか（2013a, b）では、TR-2トレンチにおける珪藻群集の変化から、浮遊性珪藻を相対的な湿潤化の指標として、また陸生珪藻を乾燥化の指標として、また殻の保存度と種数の増加を湿原周辺からの堆積物の流入の日安として、湿原内の古環境について検討した（図2, 3）。これによれば、まず8,000年前頃までは湿原周囲から堆積物が多く流れ込む環境であった。その後、堆積物の流入は減少するが、8,000年前～4,000年前頃の間再び増加した。

4,000年前以降になると、堆積物の流入はさらに減少し、安定して植生が繁茂する湿地の堆積環境が形成された。1,300年前以降には、湿原内は複数回の乾湿もしくは相対的な地下水位の変動を繰り返す、現在では比較的に水分の保持力の高い環境が形成されたと考えられる。

これらの珪藻群集の変遷は、広原湿原の各地点における堆積物の境界ともよく一致する。また、含水率や密度及び、TCやTNの変化とも調和的である。とくに、8,000年前頃までのTC、TNの値は共に低い。また、粗粒堆積物で密度が高い時期は、珪藻群集から推定された堆積物が多く流れ込む環境を支持する。一方、4,000年前以降になると、広原湿原の珪藻群集は一定の種数を示す湿原の群集となる。このことはその他の分析結果から推定される湿原の形成時期と矛盾しない（図3）。

HB-1Aコアの分析結果は、少なくとも過去27,000年前以降の堆積環境の変遷を示している（図4）。珪藻群集と堆積物の層相から、少なくとも27,000～14,000年前頃までは、周囲から異地性の珪藻化石が流れ込む堆積環境であったと推定される（DHB-I帯）。DHB-I帯の珪藻群集はDTR2-I帯の珪藻群集と良く似ているため、同様に周囲からの堆積物の流入により形成された群集であると考えられる。しかし、これら堆積物の層厚、岩相の特徴や年代は一致しないため、直接的に対比することはできない。

HB-1Aコアの結果から、14,000年前以降の堆積環境は安定化し、徐々に泥炭層が形成されるようになったことが示される。4,000年前以降には、安定して泥炭の形成が行われる環境に変化したものと考えられる。

HB-1Aコア試料から推定される古環境変遷は、TR-2トレンチの珪藻分析の結果と整合的である（DHB-II帯～IV帯とDTR2-II帯～IV帯）。とくに、完新世における珪藻群集の変化は良く一致する（図2～4）。また、HB-1Aコアにおける花粉分析の結果（Yoshida et al., 2016b）との対応関係から、堆積物の流入が減少し、泥炭層が安定して形成されるのはヤンガードリアス（YD: 12.4-11.7ka cal BP; Stuiver and Grootes, 2000）以降と考えられる（図4：珪藻分析ではDHB-IとII帯の境界、花粉分析ではHR-3と4帯の境界に相当する）。すなわち、湿原周辺の森林植生が安定的に覆うようになる中で（吉田ほか、2016a）、湿原周囲からの堆積物の流入が減少した。この湿原周辺の環境変化に合わせて、珪藻群集は様々な環境に生育する混合群集から湿原内だけに生育する群集へと変化したものと考えられる（図4）。

謝辞

本論を作成するにあたり、筑波大学の千葉 崇博士には珪藻分析についてご教示を頂いた。また、明治大学黒曜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（SI101020、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

千葉 崇・公文富士夫・工藤雄一郎・小野 昭 2013a

- 「長野県和田峠に形成された広原湿原における完新世の古環境変遷と乾燥・湿潤変動」『資源環境と人類』3: 21-29.
- 千葉 崇・長井雅史・小野 昭 2013b 「完新世における広原湿原の形成過程と粗粒堆積物流入イベント」『日本第四紀学会講演要旨集』43: 42-43(O-20), 弘前.
- 千葉 崇・澤井祐紀 2014 「環境指標種群の再検討と更新」『Diatom』30: 17-30.
- Gaiser, E. and Ruhland, K. 2010 Diatom as indicators of environmental change in wetlands and peatlands. The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences, pp.473-496., Cambridge Univ. Press.
- 小林 弘・出井雅彦・真山茂樹・南雲 保・長田啓五 2006 『小林弘珪藻類鑑』, 591p., 内田老鶴圃, 東京.
- Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1986 Bacillariophyceae. 1. Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning H., and Mollenhauer D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/1, 876 p., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1988 Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning H., and Mollenhauer D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/2, 596p., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1991a Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning H., and Mollenhauer D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/3, 576pp., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1991b Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heyning H., and Mollenhauer D. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2/4, 437pp., Gustav Fischer Verlag, Jena.
- 向井理史・三宅康幸・小坂共榮 2009 「中部日本、美ヶ原高原とその周辺地域における後期鮮新世-前期更新世の火山活動史」『地質学雑誌』115: 400-422.
- 長井雅史・杉原重夫・柴田 徹・壇原 徹 2010 「塩嶺累層・霧ヶ峰・和田峠地域の最近 110 万年間の火山形成史」『日本火山学会講演予稿集』: 116.
- Nagumo, T. 2003 Taxonomic studies of the subgenus Amphora Cleve of the genus Amphora (Bacillariophyceae) in Japan. Bibliotheca Diatomologica 49, 265p., J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- 男女倉遺跡群分布調査団. 1993 「長野県黒耀石原産地遺跡分布調査報告書(和田峠中黒男女倉谷) III」, 261p., 和田市教育委員会
- 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., Hafflidason, 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.
- Stuiver, M. and Grootes, P. M. 2000 GISP2 oxygen isotope ratios. Quaternary Research 53: 277-284.
- 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
- 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
- 山崎哲良・小林哲夫・河内晋平 1976 「長野県和田峠付近の地質と岩石」『地質学雑誌』82: 127-137.
- 吉田明弘・叶内敦子・神谷千穂 2016a 「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・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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』, 本報告書.
- Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J. and Ono, A. 2016b Impact of landscape changes on obsidian exploitation since the Palaeolithic in the central highland of Japan. Vegetation History and Archaeobotany 25: 45-55. doi:10.1007/s00334-015-0534-y

Investigating sedimentary environmental changes of the Hiroppara bog by looking at diatom assemblages since the Last Glacial period

Akihiro Yoshida^{1*}

This paper reports on the formational processes of peat bog and palaeo-environmental changes since the Last Glacial period at the Hiroppara bog as gleaned through diatom analysis and radiocarbon dating in the HB-1A core and TR-2 trench samples. Mixed diatom assemblages of allochthonous diatoms formed together in the HB-1A site, near the site TR-2, during ca. 27 - 14 ka cal BP, while the ratio of allochthonous diatoms decreased gradually at ca. 14 - 4 ka cal BP. Moreover, TC and TN ratios of depositional environment are extremely low, and similar mixed assemblages were formed at TR-2 site during ca. 8 - 4 ka cal BP. These data suggest that the site was an unstable depositional environment during the period from the Last Glacial Maximum to the Last Termination, and gradually changed to more stable environmental conditions at ca. 14 - 4 ka cal BP. On the other hand, the diatoms growing in a peat bog also increased in both sites, and TC and TN ratios increased in the TR-2 site after ca. 4 ka cal BP. This evidence indicates that the area changed from an unstable to a stable depositional environment such as that of a peat bog.

Keywords: diatom analysis; TC/TN analysis; sedimentary environment; Hiroppara bog; central Japan.

¹ Faculty of Law, Economics and Humanities, Kagoshima University

* Corresponding author: Akihiro Yoshida (yoshiakitan@gmail.com)

VI ヒト-資源環境系の人類誌

長野県広原湿原周辺における 過去3万年間の景観変遷と気候変動

吉田 明弘^{1*}

要旨

本論では、長野県広原湿原の堆積物における統一的な年代モデルを基に、花粉分析と植物珪酸体分析、珪藻分析の各古環境データから、この湿原とその周辺における過去3万年間の景観変遷と気候変動を議論した。約30.0～17.0 ka cal BPには、最終氷期極相期の寒冷な気候により、湿原周辺には高山帯の植生景観が広がっていた。この周水河環境における活発なソリフラクションにより、湿原内では砂礫が堆積するとともに、イチゴツナギ亜科の草原となっていた。約17 ka cal BPには、晩氷期の温暖化により、森林限界が上昇するとともに、湿原周辺にはカバノキ属と亜寒帯性針葉樹の混交林が分布するようになった。この温暖化と森林化に伴い、有機物が湿原内に堆積するようになった。約11.2 ka cal BPになると、後氷期の急激な温暖化が生じ、湿原周辺にはコナラ亜属を主体とする落葉紅葉樹林が覆った。この時期から湿原周辺からの土砂流入は減少し、湿原内では安定的な泥炭形成が開始した。また、イチゴツナギ亜科やヌマガヤ属の草原が湿原内に繁茂するようになった。約3.0～0.7 ka cal BPではスギやツガ属、トウヒ属の温帯性針葉樹が増加するとともに、山火事が頻繁に生じるようになった。約0.7 ka cal BP以降には、森林伐採によるアカマツ二次林の拡大に伴い、湿原内への土砂流入が生じ、湿原内は相対的に乾燥化した。AD1918年には湿原周辺では大規模なカラマツ植林が行われた。このように、過去3万年間の広原湿原やその周辺の景観は、旧石器時代以降の気候変動によって大きく変化したことがわかった。この景観変遷は、中部高地における先史時代の人類活動に大きな影響を及ぼした可能性がある。

キーワード：景観変遷、気候変動、花粉分析、微粒炭分析、珪藻分析、中部日本

1. はじめに

「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」研究プロジェクト（以下、『本プロジェクト』と省略する）では、広原遺跡とこの遺跡に隣接する広原湿原の堆積物を用いて、放射性炭素年代測定や花粉分析、植物珪酸体分析、珪藻分析を実施した。この中で、広原湿原では過去3万年間の堆積物について各測定・分析が行われ、広原遺跡周辺における景観変遷を議論することが可能になった。一方、広原遺跡のローム層は、腐植物に乏しく、好氣的な環境に長期間さらされてきた。このような堆積物では、花粉化石や珪藻化石の保存状態が悪く、放射性炭素年代測定の試料には不向きであり、すべての測定・分析を行うことができなかった。

そこで、本論では古環境復元に必要な測定・分析が行われ、かつ詳細な年代軸の得られた広原湿原の堆積物における各測定・分析結果から、広原湿原とその周辺における過去3万年間の景観変遷と気候変動について考察する。

2. 古環境復元の分析方法における時空間的な分解能の差異

広原湿原では、花粉分析と植物珪酸体分析、珪藻分析による古環境復元が行われ、前述のように各分野から様々な議論が展開された（吉田, 2016; 吉田ほか, 2016a; 佐瀬・細野, 2016）。一方、これらの分析方法には、各化石やその形成・堆積過程（タフオノミー）

1 鹿児島大学法文学部

* 責任著者：吉田明弘 (yoshiy.akitan@gmail.com)

によって、復元できる環境や時間・空間的な分解能が異なる(日本第四紀学会編, 1993; 辻編, 2000など)。すなわち、この地域における景観変遷や気候変動を議論する前に、分析方法における長所と短所を整理しておく必要がある。

一般に、花粉分析と植物珪酸体分析は、過去の植生復元の方法として用いられる。この2つの方法の長所と短所は、次のようにまとめられる。花粉分析は、過去に植物から散布と飛散、堆積した花粉化石を用いるため、比較的広域的な植生を反映している。このことから、花粉分析の結果は、森林植生や気候変動の指標として古環境復元で広く用いられている。一方、落葉樹林や針葉樹林の林床に覆占するササ類については、数十年に一度のペースで一斉に開花し、花粉生産量が極めて低い。このような花粉生産性の低い植物・植生については、花粉分析の結果から推測することは難しい。

植物珪酸体分析は、イネ科やカヤツリグサ科などの単子葉植物の細胞内で再結晶化したシリカ(植物珪酸体)を用いる。シリカは細胞室の形状に沿って再結晶化するため、その形態的な特徴から様々な単子葉植物を細分することが可能である。しかし、植物珪酸体を生成する植物は、単子葉植物などの特定の植物に限られる。また、植物体の部位によっては細胞室の形態が著しく異なるため、1つの植物体でも様々な形態の植物珪酸体が作られる。これら植物珪酸体の形態や生産性については未だに多くの不明な点が残されている。

さらに、植物珪酸体は植物体が枯死し、その遺体が分解・堆積の過程を経ることで堆積物に取り込まれる。このことは、植物珪酸体分析の結果が局地的な単子葉植物のフローラ(植物相)を反映することを意味する。局地的な植生は地形や堆積物、水環境などの様々な環境因子の影響を受けている。すなわち、植物珪酸体分析の結果は、広域的に生じる気候変動を反映しているとは言えない。

珪藻分析は、単細胞の藻類が生成する2つの珪質被殻の形態・構造を基にして、堆積物に含まれる珪藻化石の分類を行う。とくに、珪藻は淡水～海水まで広く分布しており、水素イオン指数(pH: potential hydrogen)により生息種が変化する。そのため、珪藻分析の結果は、水環境や堆積環境の指標として古環境分野で

広く用いられている。一方、珪藻種の多くは水生生物であり(陸生もあるが)、水流により異地性の珪藻種が運搬される可能性もある。例えば、広原湿原においても周辺斜面から湿原内への土砂流入とともに、異地性の珪藻種が流入したことが確認されている(吉田, 2016)。

このように古環境分野の分析方法には、化石やその形成・堆積過程によって長所と短所がある。また分析方法によって復元できる環境だけでなく、その結果が示す時間・空間的な範囲が異なる。そこで、本論では古環境分野で得られた各分析の結果を以下のように解釈する。花粉分析の結果は森林植生と気候変動、微粒炭分析は湿原周辺における山火事の頻度を示す指標とした。なお、森林植生の復元には従来の研究のように相対的な花粉出現率を基にした局地花粉帯だけでなく、森林域と非森林域を区分するために高木花粉の年間堆積量(PART, grains/cm²/year)も用いた(Yoshida et al. 2016b)。植物珪酸体分析の結果は、広原湿原における単子葉植物の変遷、珪藻分析は水環境と堆積環境を示す指標として用いた。

3. 広原湿原とその周辺における 過去3万年間の景観変遷と気候変動

図1に、広原湿原のHB-1Aコアにおける古環境分野の各分析・測定結果をまとめたものを示す。これらの結果を基にして、過去3万年間の広原湿原周辺における景観変遷の模式図を作成した(図2)。堆積年代については、Yoshida et al. (2016b)のAge-depthモデルに従って算出し、この年代軸を基にして各分析結果の年代を推定した。以下では、6つの時代に分け、各時代における広原湿原とその周辺の景観変遷と気候変動を述べる。

3-1 最終氷期極相期における高山帯の植生景観(約30.0-17.0 ka cal BP)

約30.0～17.0 ka cal BPは、花粉分析結果ではHR-1帯とHR-2帯前半にあたり、亜寒帯性針葉樹とカバノキ属の花粉化石で特徴づけられる(吉田ほか, 2016a; Yoshida et al, 2016b)。一方、PART値は閾値を著しく下回ることから、広原湿原周辺は非森林域で

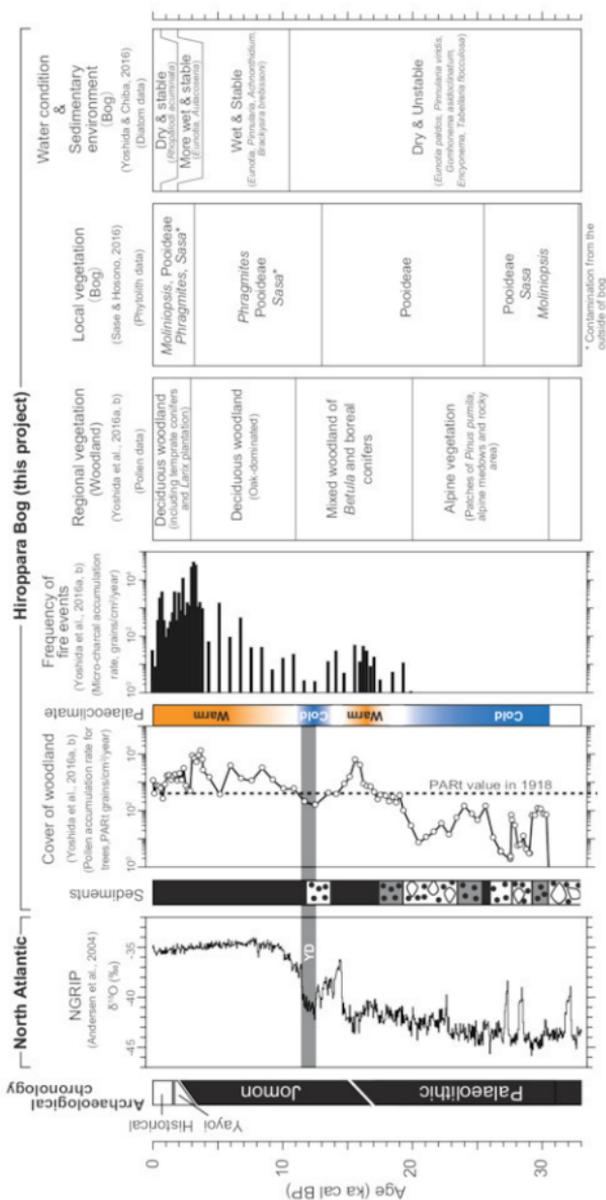


図1 広瀬湖原のHB-1A地点における古環境データ

HB-1Aの年代はYoshida et al. (2016b) による。灰色部分は晩氷期の閉塞冷化イベントを示す。NGRIPの酸素同位体カーブはAndersen et al. (2004) を基にして作成した。YD: 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)。

Fig. 1. Palaeoenvironmental data at HB-1A site, Hiroppara bog

The chronology of HB-1A core was after Yoshida et al. (2016b). 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 Andersen et al. (2004). YD; Younger Dryas event (12.4-11.7 ka cal BP; Stuiver and Grootes, 2000).

あったと考えられる。したがって、この時期における広原湿原周辺では、最終氷期極相期 (LGM, 約 23.0 ~ 19.0 ka cal BP; Clark and Mix, 2002) の寒冷化に伴って森林限界が低下しており、コケスギランやスゲ類などの高山草原、ハイマツ低木林から構成される高山帯の植生景観が広がっていた。

この時期における植物珪酸体分析の結果では、高山帯の分布するイチゴツナギ亜科が検出され、湿原内にはイチゴツナギ亜科を主体としたイネ科植物が広がっていたと考えられる (佐瀬・細野, 2016)。一方、珪酸分析では異地性の珪酸化石が認められ、この時期の広原湿原では不安定な堆積環境であったことが示される。また、この時期における広原湿原の堆積物を見ると、砂層と礫層から構成されており、湿原の周囲からこれら無機質堆積物が運搬・供給されていたと考えられる (吉田, 2016)。一般に、無機質堆積物は水流によって短期間に運搬されたと解釈される。しかしながら、この期における花粉化石の含有量は比較的に高く、長期間に渡ってゆっくりと堆積したことを示している。とくに、森林限界を越えた高山帯では、周水河環境の下で地表面の凍結融解と重力により、角礫や土砂の生産、移動が生じる (ソリフラクション) (小嶋尚研究室編, 2005)。したがって、約 30.0 ~ 17.0 ka cal BP の広原湿原やその周辺は、周水河環境下において活発なソリフラクションが生じ、無機質堆積物が周辺斜面から湿原へと供給されていた可能性が高い。

3-2 最終氷期極相期の終焉と森林限界の上昇 (約 17.0 ~ 11.2 ka cal BP)

花粉分析の結果から、約 17.0 ka cal BP 以降になると PAR_T 値が閾値を上回る。これは最終氷期極相期が終焉し、温暖な気候環境へと移行する中で、中部高地の森林限界が上昇したものと考えられる。すなわち、この時期から亜寒帯性針葉樹とカバノキ属の森林が、広原湿原周辺を覆い始めたことを示している (吉田ほか, 2016a; Yoshida et al, 2016b)。

植物珪酸体分析の結果では、約 13.0 ka cal BP までイチゴツナギ亜科のみの検出であるが、これ以降にはヨシとササが検出されるようになる (佐瀬・細野, 2016)。珪酸分析の結果では、約 14.0 ka cal BP から安定的な堆積環境になったことが示される (吉田,

2016)。湿原堆積物では、約 17.0 ka cal BP から有機物の含有量が増加し、約 14.0 ka cal BP 以降には泥炭へと変化する。また、約 13.5 ~ 12.0 ka cal BP には葉理の発達した砂が堆積する。したがって、17.0 ka cal BP 以降における広原湿原周辺では、安定的な森林植生が広がると共に、周辺斜面からの土砂供給は減少したと考えられる。また、気候の温暖化が生じることで降水量が増加し、13.5 ~ 12.0 ka cal BP に周囲から流水によって土砂が流れ込む時期があったものと考えられる。

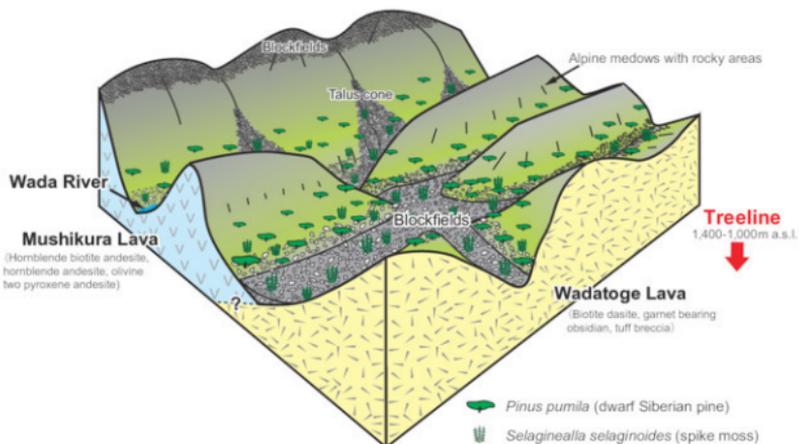
約 11.2 ~ 12.4 ka cal BP には PAR_T 値が閾値を下回り、森林限界が一時的に低下したことを示している (吉田ほか, 2016a; Yoshida et al, 2016b)。この一時的な森林限界の変化は、植物珪酸体分析と珪酸分析の結果には見られない。この時期における森林限界の低下は、グリーンランド氷床コアの酸素同位体比変動が示すヤングドリアス期 (YD; 12.4 ~ 11.7ka cal BP; Stuiver and Grootes, 2000) と一致することから、この寒冷化の原因と考えられる。

3-3 急激な温暖化と後氷期の落葉広葉樹林 (約 11.0 ~ 3.0 ka cal BP)

花粉分析の結果では、約 11.0 ka cal BP 以降にはコナラ亜属やクマシデアザダ属が優占し、PAR_T 値は安定的に閾値を上回るようになる。この時期には、森林限界がさらに上昇し、広原湿原周辺ではコナラ亜属を主体とする落葉広葉樹林に覆われるようになったと考えられる (吉田ほか, 2016a; Yoshida et al, 2016b)。この落葉広葉樹林の拡大開始期は、ヤングドリアス期に相当する寒冷化の終了とほぼ一致することから、広原湿原周辺でも約 11.2 ka cal BP に後氷期の急激な温暖化が生じたと考えられる (Walker et al., 2009)。この時期になると、湿原内では泥炭が継続的に堆積するようになる。珪酸分析の結果は、湿潤な水環境を示す浮遊性珪藻種が優占し、安定した堆積環境になったことを示している (吉田, 2016)。

一方、約 11.2 ka cal BP 以降における植物珪酸体分析では、イチゴツナギ亜科やスマガヤ属、ササ属が検出されている。一般に、地下水位の高い低位~中位泥炭地では、ササの分布は認められない。また、ササの湿原内への侵入は、泥炭地の発達や排水路の形成など

ca. 30-17 ka cal BP (LGM: 22-19 ka cal BP)



ca. 17-11 ka cal BP (Last Glacial Termination)

Deglacial warming

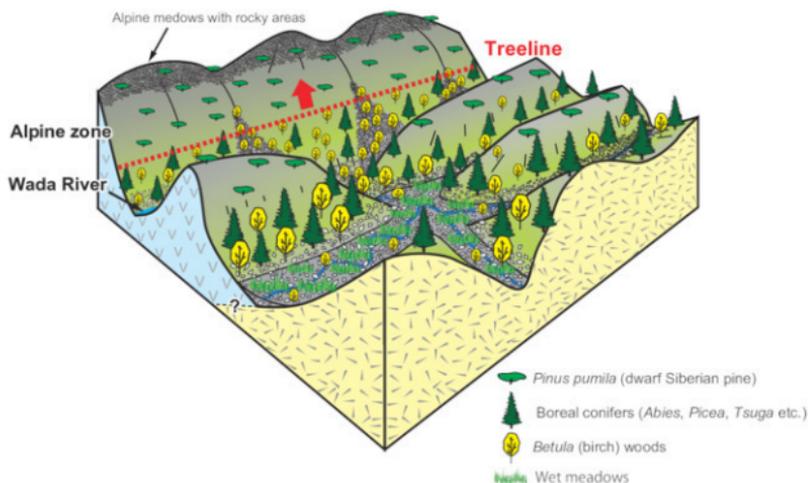
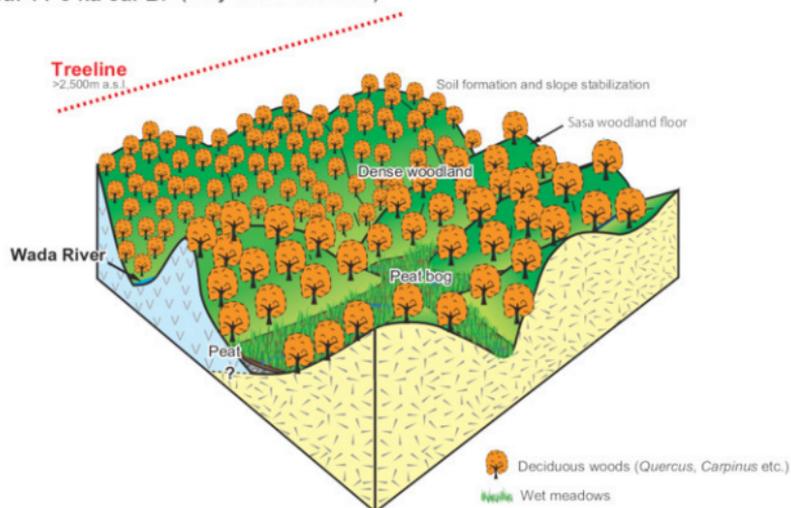


図2 広原湿原周辺における過去3万年間の景観モデル

Fig. 2. The landscape models during the past 30,000 years around the Hiroppara bog, central Japan

ca. 11-3 ka cal BP (early-middle Holocene)



ca. 3-1.5 ka cal BP (late Holocene)

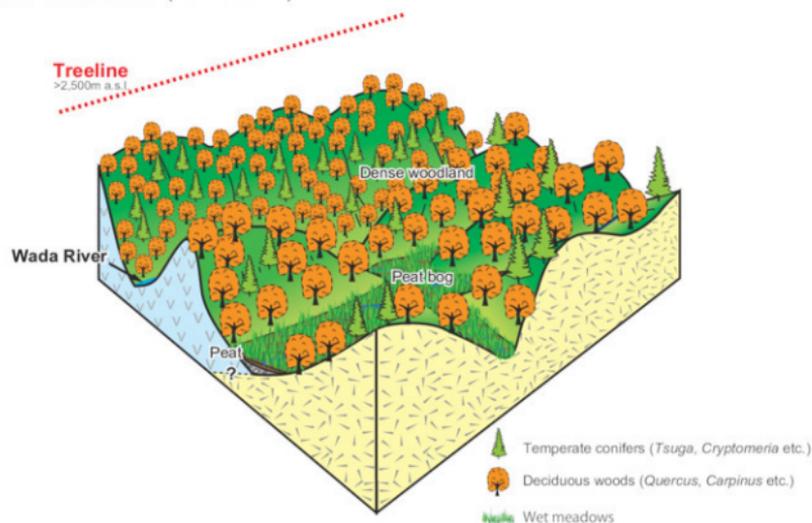


図2 (続き) 広原湿原周辺における過去3万年間の景観モデル

Fig. 2 (continued). The landscape models during the past 30,000 years around the Hiroppara bog, central Japan

によって、地下水水位が低下することで、湿原縁辺部から始まる。すなわち、湿生植物のヌマガヤ属が生育可能な環境であり、かつ泥炭が堆積する湿潤な広原湿原でササ属が侵入したとは考え難い。後述するが、ササ属の植物珪酸体化石は湿原周辺から供給された可能性が高い。したがって、湿原内にはイチゴツナギ亜科やヌマガヤなどの単子葉植物が生育し、湿原周辺の林床にササ属が分布していたと考えられる。

3-4 温帯性針葉樹と山火事の増加 (約 3.0 ~ 0.7 ka cal BP)

花粉分析の結果から、約 3.0 ~ 0.7 ka cal BP の広原湿原周辺では、依然としてコナラ亜属を主体とする落葉広葉樹林が分布していた。温帯性針葉樹の花化石の増加が示されたことから、スギやツガ、トウヒの温帯性針葉樹が落葉広葉樹林に混交するようになったと考えられる(吉田ほか, 2016a; Yoshida et al, 2016b)。この時期になると、微炭の年間堆積量は最高値となり、山火事が頻発したと推測される。また、微炭の年間堆積量と PARi には負の相関が認められる(吉田ほか, 2016a; Yoshida et al, 2016b)。このことは、広原湿原周辺で山火事が発生し、時間の経過とともに森林が回復する過程を捉えていると考えられる。

約 3.0 ka cal BP 以降の湿原内では、ヨシ属やヌマガヤ属、イチゴツナギ亜科、ササ属などの植物珪酸体が検出されている(佐瀬・細野, 2016)。佐瀬・細野(2016)は、この結果から湿原内におけるササ属の侵入と乾燥化を指摘している。前述のように、ササ属は地下水水位の高い湿原内では生育できない。また、珪酸分析の結果では、約 3.0 ~ 2.0 ka cal BP には地下水水位が上昇し、湿潤化したことが示されている(吉田, 2016)。このように湿原内の乾燥化に伴うササの侵入は、水環境の復元結果と大きく矛盾している。

この時期の広原湿原周辺では、微炭分析の結果から山火事の頻度が増加したことが示されている。当然のことながら、山火事の発生は樹木だけでなく、林床に優占するササ類も焼き尽くす。すなわち、この時期におけるササ属の植物珪酸体は、山火事の燃焼により生成されたササ属の植物珪酸体が湿原周辺から流入したものである可能性が高い。なお、約 11.0 ~ 3.0 ka cal BP でもササ属の植物珪酸体が認められる。この時

期においても微炭の増加が認められることから、山火事によるササ属の植物珪酸体の混入であると考えられる。

3-5 人為活動の増加とアカマツ二次林 (約 0.7 ka cal BP ~ AD1918)

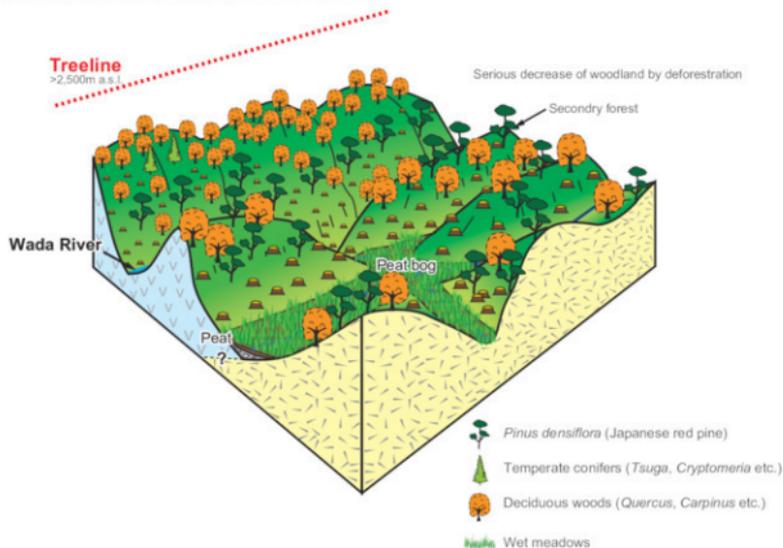
花粉分析の結果から、約 0.7 ka cal BP ~ AD1918 の広原湿原周辺ではアカマツ林の増加が認められる。また、この時期には PARi 値が減少することから、湿原周辺の植被が乏しくなったと考えられる。一方、微炭の年間堆積量は減少する。これは山火事による森林の減少とは考え難い。完新世後期には人類活動による森林伐採が盛んに行われ、日本各地でアカマツ二次林が増加したことが各地の花粉分析結果から示されている(Tsukada, 1988; Sasaki and Takahara, 2011, 2012; 吉田・鈴木, 2013)。したがって、約 0.7 ka cal BP になると、広原湿原周辺でも人類により森林伐採が行われ、森林が減少するとともに、その跡地にアカマツ二次林が増加したと考えられる。

この時期における植物珪酸体分析の結果は、依然としてヨシ属やヌマガヤ属、イチゴツナギ亜科、ササ属などが検出されている。前時期と大きな変化は認められない(佐瀬・細野, 2016)。一方、珪酸分析では、底生珪酸が増加することから、湿原内の乾燥化や地下水水位の低下が示された(吉田, 2016)。また、この時期には、広原湿原における堆積物の炭素含有量が減少する(千葉ほか, 2013; 吉田, 2016)。このことは湿原周辺から土砂流入により湿原が相対的に乾燥化したものと考えられる。すなわち、森林伐採による広原湿原周辺の植被の減少が土砂流出を引き起こし、その土砂が湿原に流入したことで、湿原内の乾燥化を招いた可能性が高い。

3-6 カラマツ植林 (AD1918 ~ 現在)

AD1918 年以降の広原湿原周辺では花粉分析の結果からカラマツ植林の拡大が示され、現在の森林景観となったものと考えられる。一方、この時期における植物珪酸体分析の結果は、依然としてヨシ属やヌマガヤ属、イチゴツナギ亜科、ササ属などが検出されている。このことから、現在でも湿原内に繁茂するヨシ属やヌマガヤ属、イチゴツナギ亜科の植生が生育していたも

ca. 1.5 ka cal BP-AD1915 (Historical period)



AD1915-Present

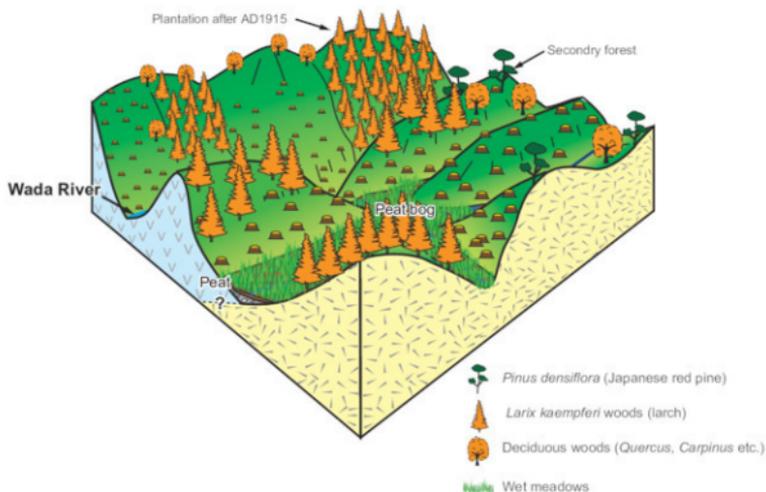


図2 (続き) 広原湿原周辺における過去3万年間の景観モデル

Fig. 2 (continued). The landscape models during the past 30,000 years around the Hiroppara bog, central Japan

のと考えられる。また、珪藻分析の結果にも大きな変化は認められない。したがって、この時期においても湿原は相対的に乾燥化していたと考えられる。

4. まとめ

長野県広原湿原の堆積物における花粉分析と植物珪酸体分析、珪藻分析の結果から、この湿原およびその周辺における過去3万年間の景観変遷と気候変動が明らかとなった。

約30.0～17.0ka cal BPには、最終氷期極相期における寒冷な気候により、高山帯の植生景観が広原湿原およびその周辺に広がっていた。この周水河環境のもと、活発なソリフラクションにより湿原内では砂礫が堆積するとともに、イチゴツナギ亜科が生育していた。約17.0 ka cal BPには、晩氷期の温暖化により森林限界が上昇するとともに、湿原周辺はカバノキ属と亜寒帯性針葉樹の混交林となった。この温暖化と森林化に伴い、湿原内では有機物が堆積するようになる。約11.2 ka cal BPになると、後氷期の急激な温暖化とともに、コナラ亜科を主体とする森林が覆うようになる。湿原周辺からの土砂流入は減少し、湿原内では泥炭の堆積が開始された。また、イチゴツナギ亜科やヌマガヤ属の単子葉植物が湿原内に繁茂するようになった。約3.0～0.7ka cal BPではスギヤツガ属、トウヒ属の温帯性針葉樹が増加した。また、山火事が頻繁に生じるようになった。約0.7ka cal BP以降には、森林伐採によるアカマツ二次林が拡大するとともに、湿原への土砂流入が生じ、湿原内は相対的に乾燥化した。AD1918年には湿原周辺では大規模なカラマツ植林が行われた。

このように本プロジェクトにおける古環境分野の成果から、広原遺跡およびその周辺における過去3万年前まで遡ることのできる景観変遷と気候変動が明らかになった。これまで中部高地の黒曜石原産地周辺では、旧石器時代まで遡ることのできる古環境データはない。すなわち、本プロジェクトの成果は、旧石器時代以降の人類活動の痕跡が多数発見される中部高地において古環境情報の基準となるであろう。

日本列島の人類-資源環境の相互関係史を解明するためには、考古学と古環境学の密接な連携が必要であ

ることは言うまでもない。本論で述べたように、古環境分析の方法の違いにより長所と短所があり、時間・空間的な分解能も異なる。しかし、複数の古環境データを組み合わせ、各分析の長所と短所を相互に補完することで、より詳細に遺跡やその周辺の古環境を復元することが可能となる(吉田ほか, 2011, 2014; 吉田・鈴木, 2013; 吉田, 2015)。今後、このような高精度の古環境復元が日本各地で行われれば、より信頼性の高い人類史の構築に繋がるものと期待される。

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高地の古環境について有益な助言を頂いた。明治大学黒曜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., Cailion, 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
- Clark, P. U., Mix, A.C. 2002. Ice sheets and sea level of the last glacial maximum. *Quaternary Science Reviews* 21: 1-7.
- 千葉 崇・公文富士夫・工藤雄一郎・小野 昭 2013「長野県和田峠に形成された広原湿原における完新世の古環境変遷と乾燥-湿潤変動」『資源環境と人類』3:

- 小崎 尚研究室編 2005『山に学ぶ』, 141p., 東京, 古今書院
- 日本第四紀学会編 1993『第四紀試料分析法』, 556p., 東京, 東京大学出版会
- 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
- 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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター
- Stuiver, M. and Grootes, P. M. 2000 GISP2 oxygen isotope ratios. *Quaternary Research* 53 (3): 277-284.
- Tsukada, M. 1988 Glacial and Holocene vegetation history-20 ky to present III.4 Japan. In: Huntley, B., Webb III, T. (Eds.), *Vegetation History*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 459-518.
- 辻誠一郎編 2000『考古学と植物学』, 247p., 東京, 同成社
- 吉田明弘・鈴木三男・金 憲爽・大井信三・中島 礼・工藤雄一郎・安藤寿男・西本豊弘 2011「茨城県花室川堆積物の花粉・木材化石からみた最終氷期の環境変遷と絶滅種ヒメハリゲヤキの古生態」『植生史研究』20 (1): 27-40
- 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
- 吉田明弘・佐々木明彦・大山幹成・箱崎真隆・伊藤晶文 2014「晩氷期の島海山における植生復元およびグアイマツの立地環境」『植生史研究』23 (1): 21-26
- 吉田明弘 2015「日本列島の最終氷期における古環境研究」『旧石器研究』11: 1-12
- 吉田明弘 2016「長野県広原湿原における珪藻化石群集に基づく最終氷期以降の堆積環境」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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター
- 吉田明弘・叶内敦子・神谷千穂 2016a「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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター
- Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J. and Ono, A. 2016b. Impact of landscape changes on obsidian exploitation since the Palaeolithic in the central highland of Japan. *Vegetation History and Archaeobotany* 25: 45-55. doi: 10.1007/s00334-015-0534-y
- 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., 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: 3-17. doi: 10.1002/jqs.1227

Landscape and climate changes during the past 30,000 years around Hiroppara bog, Central Japan

Akihiro Yoshida^{1*}

We have reconstructed landscape and climate changes around the Hiroppara bog, central Japan, using the pollen, micro-charcoal, phytolith and diatom records along with a robust chronology, in order to provide valuable information for inferring past interactions between humans and the environment. The pollen record shows woodland landscape changes around the bog as follows: 1) during the period 30.0-17.0 ka cal BP, alpine vegetation, such as patches of *Pinus pumila* (dwarf Siberian pine) and alpine meadows with rocky areas surrounded the area; 2) during the period 17.0- 11.2 ka cal BP, mixed woodland consisting of *Betula* (birch) and boreal conifers covered the area; 3) after 11.2 ka cal BP, dense mixed oak woodlands flourished around the bog. On the other hand, the phytolith and diatom records indicates the local vegetation and water-condition changes at the bog as follows; 1) under dry and unstable sedimentary environment during the period 30.0-11.0 ka cal BP, meadows of Pooideae dominated at the bog; 2) during the period 11.0-2.0 ka cal BP, Phragmites and Pooideae grassland flourished in wet and stable sedimentary environment; 3) after 2.0 ka cal BP, grassland consisting with Moliniopsis, Pooideae, and Phragmites developed at the bog, under the dry and stable sedimentary environment. The palaeoenvironmental records, therefore, indicated that the landscapes around or at the bog changed drastically, in response to the global climate changes. We can suggest that the landscape changes since the Palaeolithic strongly influenced the prehistoric human activities in the area.

Key words: landscape; climate change; pollen and micro-charcoal; phytolith; diatom; central Japan.

¹ Faculty of Law, Economics and Humanities, Kagoshima University

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

広原遺跡群における人類活動と景観変遷

橋詰 潤^{1*}・工藤 雄一郎²・島田 和high³

要 旨

本論では、主に広原湿原周辺における考古調査の成果を整理し、広原湿原から得られた古環境データとの対比を行う。広原湿原周辺では、これまでに複数回の試掘調査や踏査そして地形測量調査が実施されている。それらの結果から、湿原周辺の平坦面や緩斜面など地形的な単位と遺物の出土地点、採集地点を基準にして7つ遺跡を設定している。こうした成果を踏まえ、広原I遺跡と広原II遺跡の第1次～第3次発掘調査の成果により、局部磨製石斧と台形様石器を伴う後期旧石器時代前半葉(e-EUP)石器群(広原II)、両面加工および周辺加工尖頭器と石刃核を伴う後期旧石器時代後半葉(l-LUP)石器群(広原I)、縄文早期(広原I、II)から縄文中期初頭(広原I)の石器、土器、遺構など様々な人類活動の痕跡を発見した。広原I・II遺跡では、両遺跡で行われた人類活動に相違も認められる。

古環境データが得られているca. 30 ka cal BP以降では、広原湿原周辺で森林植生が発達する以前にl-LUPの尖頭器石器群が顕著に認められる。地表面で黒曜石が比較的に見つけやすい景観だったと考えられる。完新世初頭には森林景観が急速に現在の植生に近くなり、縄文早期に顕著な活動痕跡が認められる。それに対し、e-LUP、f-LUP、縄文草創期、縄文中期以降に比定される遺物は、広原II遺跡で出土した有茎尖頭器や基部加工の細身のナイフ形石器などが相当するが、点数が少なく明確な活動痕跡は確認されていない。広原湿原周辺の景観変化と人類活動の間に相関がうかがえる部分もあるが、現状では7遺跡のうち2遺跡について限定された範囲が発掘されただけである。そのため、考古記録は対比には十分ではなく、古環境変遷との対応関係を解釈するための考古記録の蓄積が必要である。その一方で、濃密な人類活動の痕跡が確認された広原II遺跡のe-EUP石器群については、対比可能な年代の古環境データが広原湿原では得られていない。今回の考古・古環境調査を通して、広原湿原と周辺遺跡は人類活動と古環境の相互関係の分析を可能とするデータ群を得ることができると重要なフィールドであることが確認された。両者のより密な対比を可能とするデータの蓄積を今後の課題とする。

キーワード：広原遺跡群、考古編年、後期旧石器～縄文時代、人類活動と古環境の対応関係

1. はじめに

ここでは、2011年度からの考古調査の成果に基づいて、現時点で可能な広原遺跡群における人類活動と古環境との相関について予察を行う。そのために、まず先行調査を含めこれまでの考古調査の成果をまとめた上で、特に広原湿原およびその周辺における景観変遷との対比を行う。

2. 広原湿原周辺における先行調査

2-1 先行調査の概要と遺跡群および広原I遺跡～広原II遺跡の設定

広原湿原周辺ではこれまでに、男女食遺跡群分布調査団による試掘調査(男女食遺跡群分布調査団編、1993)、黒曜石体験ミュージアム友の会による分布調査(ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム友の会、2009)などが行われてきた。以下では、まず両調査の概略を確認する。男女食遺跡群分布調査団と考古学、化学分析を専門とする研究者らにより、1989年～1991年に実施された黒曜石産地と遺跡分布に関する詳細分布調査では、広原湿原での泥炭堆積物の調

1 明治大学黒曜石研究センター 2 国立歴史民俗博物館

3 明治大学博物館

* 責任著者：橋詰 潤 (j_hashi@meiji.ac.jp)

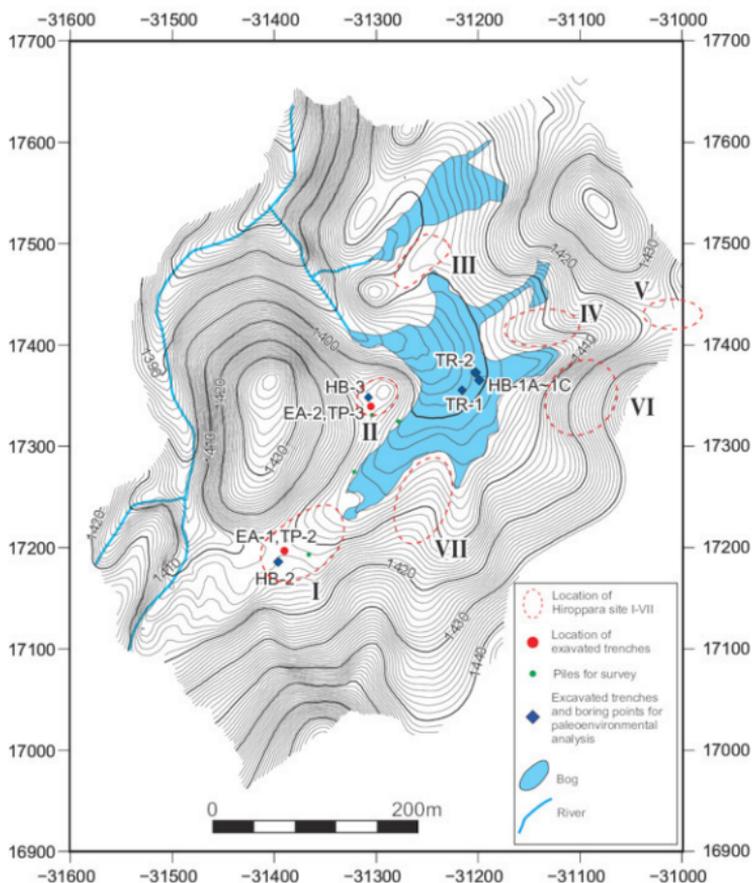


図1 広原湿原周辺における遺跡分布と地形

Fig.1. Distribution of the archaeological sites around the Hiroppara bog

査（酒井・国信，1993）と共に，広原湿原周辺の陸域での試掘調査が実施され，旧石器時代～縄文時代の遺物包含地点が確認されている（男女倉遺跡群分布調査団編，1993）。さらに，ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム友の会（2009）で報告された踏査でも，湿原の周辺から多数の黒曜石製石器が採集されている。

2011年度から2013年度に行った明治大学黒曜石研究センターによる発掘調査地点は，男女倉遺跡群分布

調査団編（1993）による調査成果を参考に，最も多くの遺物が得られている試掘坑であるヨ A01a（広原Ⅰ遺跡）と，ヨ A05b（広原Ⅱ遺跡）周辺に設定した。さらに，遺物包含層（旧石器及び縄文，あるいは縄文）が確認された試掘坑の分布と湿原周辺の微地形との関係から，湿原を中心に少なくとも7つの遺跡を便宜的に区分し，遺跡群を広原遺跡群と総称することとした（橋詰ほか2013）。各遺跡の立地環境は次の通りである（橋詰ほか



図2 広原第III遺跡VI層出土石器 (男女倉遺跡群分布調査団編, 1993より)
Fig. 2. Artifacts from the layer VI of the Hiroppara site III (Omegura sites research group ed., 1993)

2013),

- ・広原I遺跡: 湿地に向かって緩やかに傾斜し遺跡群でもっとも開けた平坦部。
- ・広原II遺跡: 湿地に向かって東に張り出した小丘上の鞍部。
- ・広原III遺跡: 広原湿原とその北にある別の湿地に面したやや開けた斜面部。
- ・広原IV遺跡: 両側を湿地に挟まれた根尾部。
- ・広原V遺跡: 広原湿原の東に伸びる埋没谷の谷頭鞍部。
- ・広原VI遺跡: 広原湿原の東に伸びる埋没谷に面した北斜面部。
- ・広原VII遺跡: 広原湿原南側に面した緩斜面部。

これらの遺跡の立地地点は、当初、男女倉遺跡群分布調査団編(1993)掲載の地形図を参照して設定したが、2014年度に現地でも改めて地形測量を行い、詳細な地形図の作成を行った。さらに、新たに作成した地形図を携行した上で踏査を行い、遺跡の正確な位置を確認した(図1)。その結果、当初設定した広原VI遺跡については位置の詳細が確定できなかった。広原III遺跡については、当初の想定より西側の、南西方向に馬の背状に伸びる平坦な地形に位置する可能性が高いことを確認した。広原VII遺跡については、当初の想定より北側の湿原寄りの緩斜面に遺物の分布が広がっていることを確認した。新たな地形測量と踏査の成果によって各遺跡の立地に変更も生じたが、図1が示すように、広原遺跡群は、和田川に面した狭い丘陵上に展開する遺跡分布とは立地条件から区別でき、湿原あるいは湿原形成以前の更新世地形と有意な関係をもつと予測される遺跡分布のまとまりをもつことが改めて確

認された。

2-2 試掘調査および踏査時採集遺物の概要

2-2-1 男女倉遺跡群分布調査団による試掘調査

1989年～1991年にかけて行われた黒曜石産地遺跡分布調査において、広原湿原周辺でも計11か所の試掘調査が行われ、その中の8箇所で遺物の出土が確認された(男女倉遺跡群分布調査団編, 1993)。特に広原I遺跡の範囲に含まれる試掘坑であるヨA01bでは計523点、広原II遺跡の範囲に含まれるヨA04bでは125点、広原III遺跡の範囲に含まれるヨA05では140点の遺物が出土している。一方で、広原IVから広原VII遺跡の範囲に設定された試掘坑では、いずれも出土遺物が10点以下と少ない。広原Iから広原III遺跡に比べやや傾斜のある地形など、占地に不向きと推定される条件が湿原の北側から南東部にかけて存在した可能性がある。

次に出土遺物の多かった、ヨA01b(広原I遺跡範囲内)、ヨA04b(広原II遺跡範囲内)、ヨA05(広原III遺跡範囲内)出土遺物について、男女倉遺跡群分布調査団編(1993)に基づき概観する。広原I遺跡の範囲内のヨA01bでは、上層(II層)で縄文前期末の土器片が出土しており、広原I遺跡EA-1の南側に設定した1×1mのグリッドより集中して出土した縄文中期初頭の土器片と時間的に近い。また、尖頭器の製作に関連すると推定される剥片や、尖頭器製作時の剥離事故により、尖頭部を取り込んで発生してしまった剥片や、尖頭器未成品なども出土している。TP-2、EA-1で出土した尖頭器石器群との関連を推定することができる。広原II遺跡の範囲内のヨA04bでは、上層(III

層)より押型文系土器片2点、礫器、特殊磨石(石摺り石)などが出土しており、TP-3、EA-2の2a層出土遺物に近い構成である。またより下位の層(VI層)では剥片の出土などが最も多く57点出土しており、やや幅広く打面に調整が施されていない縦長剥片を多く含んでいる。こうした特徴は、TP-3、EA-2の4層で検出された黒曜石集石出土石器群に対比可能と推定される(図2)。なお、EA-2では2013年度までの調査区の北西端で、本試掘坑の可能性のある埋め戻し土と考えられる攪乱を検出しており、今後、接合作業などを通じてこの攪乱がヨ A04bにあたるのか検証が可能と思われる。広原III遺跡の範囲内のヨ A05、では上層(III層)から縄文前期中葉の土器片2点や石鏃が出土している。また、より下位(V、VI層)では比較的多くの遺物(計85点)が出土しており、石刃を比較的多く含む。これらの石刃は、打面調整が顕著であり、広原II遺跡で確認されている石刃とは技術的特徴が異なっている。2011年度～2013年度の調査で把握されている石器群とは異なる時期に位置づけられる石器群の可能性がある。

2-2-2 黒曜石体験ミュージアム友の会による踏査

ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム(2009)による踏査では、湿原周辺の10の地点(採集地点6～15)で原石も含め273点の黒曜石製石器が採集されている。時代や時期、形態や製作技術の特徴を把握可能な採集遺物は多くないが、広原I遺跡の範囲に含まれると考えられる採集地点6と7では計178点が採集されており、特に濃密な遺物の集中が確認されている。採集遺物の中には石刃や細石刃の可能性を指摘された石器も含まれている。また、広原III遺跡の範囲に含まれると考えられる採集地点9では平基無茎で平面形は三角形の石鏃未成品が採集されている(ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム, 2009)。未成品の状態で長さ、幅ともに2cmを僅かに超える小形品である。2011年からの発掘調査で広原I遺跡、広原II遺跡から確認された縄文早期の活動痕跡が、今後、他の遺跡の発掘調査でも発見される可能性を示唆する成果である。

3. 広原遺跡群の発掘調査および関連調査 (2011年～2014年)

3-1 2011年度～2013年度発掘調査

2011年度から2013年度にかけて行った発掘調査では、広原I遺跡(TP-1、TP-2、EA-1)と広原II遺跡(TP-3、EA-2)を対象に調査を行った。

広原I遺跡と広原II遺跡の発掘の成果により、特に局部磨製石斧や台形椀石器を伴う後期旧石器時代前半葉(eEUP)の石器群(広原II遺跡)、両面加工および周辺加工尖頭器と石刃核を伴う後期旧石器時代後半葉(ILUP)の石器群(広原I遺跡)、縄文早期(広原I、広原II遺跡)の石器、土器、遺構、縄文中期初頭の土器集中(広原I遺跡)などの顕著な人類活動の痕跡が確認された。また、広原I遺跡と広原II遺跡では、広原II遺跡では2a層で集石や土坑などの遺構(縄文早期)が検出され、4層では局部磨製石斧や台形椀石器などと関連する。eEUPの黒曜石集石など顕著な黒曜石原石や石核の集積と石器製作の痕跡が認められた。一方で、広原I遺跡は広原II遺跡に比べて発掘面積当たりの遺物出土点数が少なく、石器の接合例も得られていない。原石の搬入を行いごく僅かな剥離による品質の確認や、より黒曜石原石の採集地点に近い遺跡外の地点で石割りが行われた後で、素材を含めた石器が持ち込まれTP-2、EA-1の範囲あるいはその付近において、廃棄も含めた石器のメンテナンスなど、限定された石器製作に関わる活動が行われたことが推定できる。広原II遺跡に比べ広原I遺跡の占拠期間は相対的に短かったことが推定できる。このように、広原I遺跡、広原II遺跡それぞれで行われた人類活動には縄文早期のように重なる時期のほか、異なる時期のものが存在するだけでなく、両遺跡間で行われた人類活動にも相違が認められる。

また、岡田・土屋(2016)による広原I遺跡出土黒曜石石器全点を対象とした、ED-XRFによる定性分析の結果から、本遺跡の黒曜石製石器は東餅屋・鷹山(MT)のものが主となることが示された。判別不能という結果になった試料も4割程度存在したが、原産地の解析に用いられた散布図を確認すると、判別不能とされた試料のほとんどはMTを中心に和田峠南(W)から小深沢(K)に近い個所にプロットされており、これらの



図3 広原遺跡群における表採遺物

Fig. 3. Artifacts collected from the surface of the ground around the Hiroppara bog

原産地に化学的な特徴が近いといえる。さらに、これらの原産地は、鷹山を除き広原遺跡群のごく近くに存在することから、本遺跡に残された黒曜石は近傍から採集されたものがほとんどであることが推定できる。

3-2 2011年度以降の踏査

2011年からの発掘調査時、さらに2012年10月に行われた明治大学博物館友会の会の巡見時、2014年9月に黒曜石研究センターで行われた国際ワークショップの際の踏査など、複数回に渡る踏査を行ってきた。特に国際ワークショップの際には、広原湿原周辺遺跡の立地地点を正確に確認することを目的に、2014年4月に雪解けを待って行った地形測量の成果に基づいて作成した新たな地形図を携行して現地踏査を行った。その結果、いくつかの特徴的な石器を採集すると共に(図3)、新たに作成した地形図に合わせた、より詳細な遺跡分布地点を把握することができた。図3-1と2は広原I遺跡の範囲で採集された両面加工尖頭器である。1はいびつな平面形、2は側面に折れ面を大きく残しており、両資料とも未成品の状態である。また、1は石器

表面に細かなヒビが多数入っており、被熱による変化(中沢, 2000)が生じたものと推定される。図3-2は比較的湿原に近い地点で採集されており、TP-2, EA-1で出土した両面加工尖頭器と関連する可能性のある尖頭器石器群の広がりから、より広範囲にわたっている可能性を示唆する。図3-3は広原III遺跡の範囲で採集された、やや幅広くで末端に向かって両側縁が収斂する縦長剥片を素材としたスクレイパーである。二次加工は腹面より両側縁に連続的に施されている。本資料を含む黒曜石製石器が、湿原北側に、北から南西方向に延びる馬の背状の平坦面から採集されたことによって、広原III遺跡の位置が、男女食遺跡群分布調査班編(1993)で示された地点よりも実際は西方向に存在していることが確認された。図3-4は広原V遺跡の範囲で採集された両面加工尖頭器である。片方の面(図3-4の左側の写真)には鈍角の二次加工が施され、もう一方の面(図3-4の右側の写真)は平坦な二次加工が施されているため、断面が台形状となっている。いびつな断面形や、意図的に作出したとは判断できない左右非対称の平面形などから、未成品と推定される。男女食遺跡群分布

調査通編(1993)では、広原V遺跡の範囲内に設定された試掘坑(ヨA15)では比較的上層から5点の資料が出土したのみである。しかし、広原V遺跡の範囲は広原VI、広原VII、広原VIII遺跡に比べると比較的安定した平坦面に位置している。今回の踏査成果によって、より多くの遺物が集中する地点が存在することを推定可能となった。また、広原I遺跡以外にも広原遺跡群には、尖頭器石器群が存在することが予測される結果となった。

2011年度以降の踏査によって、特に広原III遺跡などにおいて遺跡の立地地点が正確に把握された。こうした成果によって、湿原周辺の地形と遺跡分布との関係がより正確に検討可能となった。更に、男女倉遺跡群分布調査通編(1993)での試掘調査では、遺物の出土が僅少であった広原V遺跡でも、遺物の出土が期待される地点を把握することができた。これらの成果から、広原湿原周辺ではより平坦な地形上に立地する遺跡ほど、より多数の遺物の出土を予測することができ、今後の発掘調査地点選定などに益する情報が得られたほか、広原湿原周辺における人類の占地パターン把握にもつながる情報であると評価できる。

4. 広原遺跡群における考古編年の予察

広原遺跡群においては、男女倉遺跡群分布調査通編(1993)における試掘調査、ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム(2009)による踏査、2011年度から2013年度の明治大学黒曜石研究センターによる広原I遺跡、広原II遺跡の発掘調査、2011年度以降に断続的に行われてきた踏査や2014年度の地形測量調査など、複数回の調査が行われてきた。これらの調査の中で、まだ本調査を経っていない広原III遺跡から広原VII遺跡までは、時期決定が可能な遺物が十分な数量得られていないため、現時点では確実な位置付けが難しい。そのため、ここでは特に広原I遺跡と広原II遺跡の発掘調査の成果に基づき、広原湿原周辺における人類活動の変遷について予察を行う。

図4では広原I遺跡と広原II遺跡の発掘調査の成果に基づき、現段階で提示可能な考古編年案を提示する。以下で図4について解説を加えると、2011年度からの発掘調査では時期推定の可能な指標的遺物を伴う遺物

群として、まず旧石器時代では、局部磨製石斧や台形様石器を伴う後期旧石器時代前半前葉(e-EUP)の石器群が広原II遺跡で、両面加工および周辺加工尖頭器と石刃核を伴う後期旧石器時代後半後葉(l-LUP)の石器群が広原I遺跡で出土した。特に広原II遺跡のe-EUP石器群は、黒曜石集石を形成し、多数の接合資料が残されるなど、集中的な黒曜石原石の搬入と石器製作の痕跡が残されている。縄文時代以降では、わずかに欠損資料1点ではあるが、縄文草創期の有茎尖頭器が広原II遺跡の1層で採集されている(図4-16)。そして、縄文早期の石器と土器が広原I遺跡、広原II遺跡の両遺跡で出土している。特に広原II遺跡では、集石や土坑などの遺構を伴っており、顕著な人類活動の痕跡が確認された。なお、まだ十分な調査は経っていないが、広原I遺跡では縄文中期初頭の土器片が集中して出土しており、当該期の遺構などが存在することが予測される。このほかにも広原I遺跡では、4層で出土した鋸歯状の二次加工の施された削器などは後期旧石器時代後半前葉(e-LUP)に、ATより下位から出土した剥片類などは後期旧石器時代前半(EUP)に位置づけられると推定されるが、指標的な形態の石器がまだ確認されておらず、詳細な位置づけは不明である。さらに、広原II遺跡でも3層出土の石刃やナイフ形石器などはe-LUPに位置づけられる可能性があるが、こちらもまだ出土点数が少なく詳細は不明である。

上記をまとめると、広原I遺跡と広原II遺跡では古いほうからまず、局部磨製石斧や台形様石器を伴い、大形剥片や石核がまとまった状態で出土した黒曜石集石に関連して、石器製作が集中的に行われた。こうしたe-EUPにおける顕著な活動痕跡が認められた(広原II遺跡4層)。次に、両面加工尖頭器、周辺加工尖頭器などの尖頭器石器群と石刃核が出土しているl-LUP石器群が、広原I遺跡の2b～3層を中心に認められる。ここでは、接合資料が認められず、石器製作に関わる痕跡は広原II遺跡のe-EUP石器群に比べ乏しい。そして、縄文以降には、広原I遺跡、広原II遺跡で押型文系土器を伴う活動痕跡が残されているほか、広原I遺跡では縄文中期初頭の土器集中が検出された。上記の各時期の遺物のほかにも縄文草創期やe-LUPの可能性のある遺物なども見つかったが、現時点では点数が少なかったり、指標的な遺物が伴わなかったりするな



図 4. 広原 I 遺跡、II 遺跡における層生
 Fig. 4. Archaeological chronology of the Hiroppara sites I and II

ど、詳細な位置付けが困難である。

5. 広原湿原周辺における人類活動と 景観変遷との対応関係

上記してきた広原湿原周辺における人類活動と、古環境変遷の対応関係、特に景観変遷（吉田 2016）との対応関係を示したのが、図 5 と図 6 である。以下に概要を述べ、まとめとする。なお、景観変遷に関する記述は吉田（2016）に基づく。

5-1 30 ka cal BP を遡る時期

広原湿原では 3 万年を遡る古環境データは得られなかった。一方、広原 II 遺跡 4 層では透閃石岩製の局部磨製石斧や台形用石器を伴い、黒曜石集石を残すなど、顕著な石器製作の痕跡が残されている。こうした顕著な人類活動が営まれた背景としての、古環境データを今後獲得する必要がある。

5-2 約 30.0 ~ 17.0 ka cal BP

最終氷期極相期の寒冷な気候により、湿原周辺には高山帯の植生景観が広がっていたと復元されている。周水河環境における活発なソリフラクションにより、湿原内では砂礫が堆積するとともに、イチゴツナギ亜科の草原となっていた。植生の被覆に乏しい景観は、黒曜石原石の探索にとっては有利な条件であったと推定される。

広原湿原周辺では、本時期の前半にあたる eLUP の可能性のある石器群は広原 II 遺跡のナイフ形石器や、広原 I 遺跡の鋸歯状の削器などで断片的に見られるのみで詳細は不明である。後半期にあたる ILUP の石器群は、広原 I 遺跡の 2b 層 ~ 3 層を中心に出土しており、両面加工尖頭器、周辺加工尖頭器を含む尖頭器石器群に加え、石対核が出土している。広原 I 遺跡の尖頭器石器群には接合例が確認されておらず、今回の調査区内で行われた石器製作にかかわる行動は顕著ではなく、相対的に占地期間も短かったことが推定される。

5-3 約 17 ~ 11 ka cal BP

晩氷期の温暖化により、森林限界が上昇するとともに、湿原周辺にはカバノキ属と亜寒帯性針葉樹の混交

林が分布するようになった。この温暖化と森林化に伴い、湿原内では有機物が堆積するようになった。

本時期の遺物は、広原 II 遺跡の 1 層で採集された有茎尖頭器の欠損資料が 1 点存在するのみで、詳細は不明である。

5-4 約 11.2 ka cal BP 以降

後氷期の急激な温暖化とともに、湿原周辺にはコナラ亜属を主とする落葉紅葉樹林が覆った。この時期から湿原周辺への土砂流入は減少し、湿原内では安定的に泥炭形成が始まった。また、イチゴツナギ亜科やヌマガヤ属の草原が湿原内に繁茂するようになった。吉田ほか（2016）ではこうした景観が 2.9 ka cal BP まで続くことが復元されている。こうした森林景観が、完新世以降の本地域における人類行動に影響を与えた可能性がある。

また、広原湿原内で行われたトレンチ調査では、TR-2 でこの間の花粉データが得られている（吉田ほか、2016）。縄文早期前半の比較的顕著な活動痕跡が広原 II 遺跡を中心に見つかったが、この時期に対応する年代値である 9630-9525 cal BP（工藤、2016）が測定されているのが、TR-2 の花粉帯の TR2-2 帯である（吉田ほか、2016）。ここでは、落葉広葉樹のコナラ亜属とクマシデ属が主要素で、ブナ属とクリ属・シイ属は低率だが連続して出現する。針葉樹の花粉化石は連続して出現するが 10% 以下である。花粉・胞子の総出現率は樹木花粉が 50% をこえる。その後、TR-2 では縄文後期に相当する時期までのデータが得られておらず、この間は広原 I 遺跡の縄文中期初頭の土器集中以外には、人類の活動痕跡も現時点では発見例が希薄である。その後、TR-2 の TR2-3 帯で縄文後期に相当する 4410-4240 cal BP の年代値が得られている（工藤、2016）。ここでは、コナラ亜属とクマシデ属、その他の落葉広葉樹類が優先する一方、針葉樹林の出現率は減少する。ハンノキ属は本帯での出現率が最も高い。花粉・胞子の層出現率の変動が大きい（吉田ほか、2016）本時期に対応する考古資料は、2011 年からの調査では得られていない。広原湿原における縄文時代に相当する古環境データには、考古資料と対比が細かく行えない部分が存在する。当該期は本地域における黒曜石の獲得行動に地下採掘が加わる時期でもあ

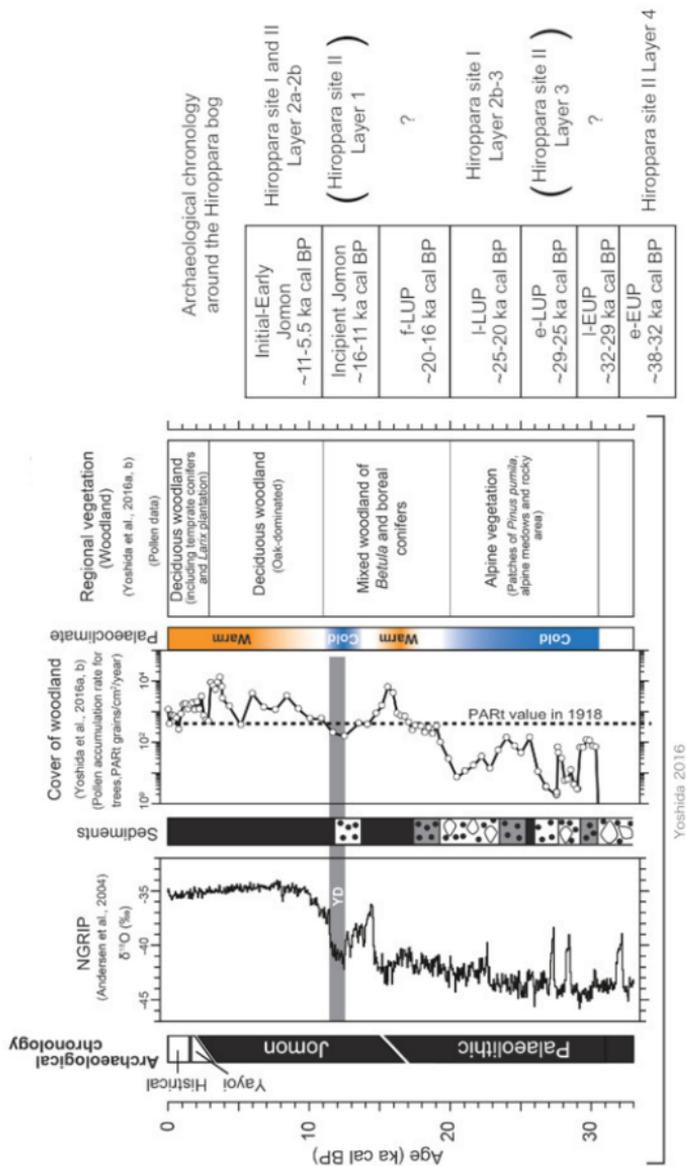


図 4 広原I遺跡、II遺跡における層年
Fig. 4. Archaeological chronology of the Hiroppara sites I and II

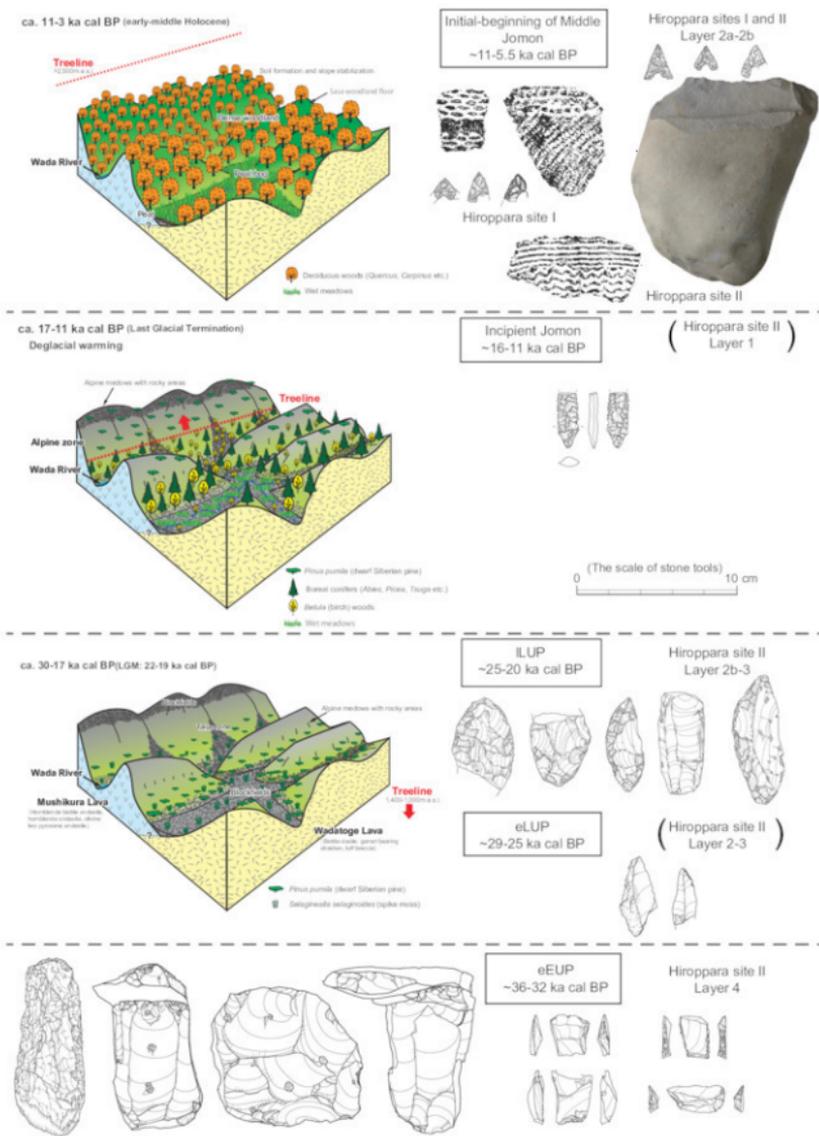


図6 広原湿原周辺における景観変遷 (左, 吉田, 2016) と考古編年 (右) の対応関係

Fig. 6. The landscape changes (left: Yoshida, 2016) and archaeological chronology (right) around the Hiroppara bog

り、背景としての古環境データとの対比は非常に重要である。今後の追加調査や、八島ヶ原湿原など周辺の同程度の標高で採取されたデータ（叶内・杉原，2007）などとの比較を行う必要がある。

広原湿原周辺では、広原I遺跡、広原II遺跡共に2層から押型文系土器の出土が認められるほか、当該期のもので考えられる小形の石織や、広原II遺跡ではその他に礫器や特殊磨石（石摺り石）の出土が認められる。さらに広原II遺跡では集石や土坑を伴う。さらに、中村（2016）による土器の胎土分析の結果から、土器の混和材は非常に在地的であり、広原遺跡群から比較的近い場所で採集されたことが推定されている。こうしたことから、特に広原II遺跡においては、近辺での土器の製作などや土坑や集石の使用など、相対的に滞在時間の長い活動が行われたことが推定される。また、今回の調査では土器集中を検出した時点で発掘をストップしたが、広原I遺跡から縄文中期初頭土器の集中を検出しており、当該期の人類活動の復元に益するデータが今後得られる可能性が高い。

現時点では、EA-1とTP-2、EA-2とTP-3の調査では、考古資料は縄文中期初頭より新しいものは得られず、約3.0 ka cal BP以降の古環境データと対比することはできない。過去3万年間における広原湿原やその周辺では、旧石器時代以降の気候変動によって大きく景観が変化していることが復元されているが、考古資料が濃密に残されている3万年より古い時期の古環境データが得られていない。一方、縄文中期初頭より新しい考古資料も得られていない。他の地域に比べると非常に長期間にわたる考古データと古環境データの対比が可能ではあるが、現在までに得られたデータには考古資料、古環境データそれぞれに存在しない時期、時間のものである。そのため、環境データと考古データの対応関係には未解明の部分はまだ残している。今回復元された景観変遷は、中部高地における先史時代の人類活動に大きな影響を及ぼした可能性が高いと推定されるが、両者の相関関係解明のために、広原湿原とその周辺遺跡の調査を進めるとともに、さらに周辺地域を対象を広げたデータの蓄積も必要である。

6. おわりに

1989年以来行われてきたこれまでの考古調査の成果を整理することにより、広原湿原周辺ではe-EUP、I-LUP、完新世初頭の縄文早期の人類痕跡が明確に確認でき、特に透閃石岩製の局部磨製石斧を伴うe-EUPと、縄文早期押型文系土器の時期の濃密な人類活動の痕跡が確認された。そして、こうした人類活動の痕跡と、広原湿原周辺の古環境変遷について、現時点で可能な対応関係の確認を行うことができた。一方で、広原湿原周辺での人類活動の復元はまだ限定された地点での発掘調査成果に基づくものであり、広原I遺跡と広原II遺跡以外の地点の調査を含め、人類活動の復元をより密に行う必要がある。また、古環境復元についても濃密な人類活動の痕跡が残されているAT下位のe-EUPに対応するデータを得ることができていない。広原遺跡群における発掘調査をさらに進め、人類行動の変遷を明確にするのと共に、AT下位の古環境データが得られる可能性の高い野辺山高原など（安田，1981，1982）、比較的広原遺跡群と標高の近い地点などを対象に、当該期の古環境データの取得を目指す調査も行っていく必要がある。広原湿原周辺での人類活動のより詳細な復元と、現時点までの調査では得ることができていない古環境データの蓄積を進めた上で、両者の相関について再度議論を行うことを今後の課題として提示する。

謝辞

2014年度に行った地形測量調査および踏査は、小野昭、島田和高、吉田明弘、堀恭介、土屋美穂の各氏の参加を得て行ったほか、上田地域シルバークンセンター長和支所、2014年度明治大学黒曜石研究センター国際ワークショップ COLS International Obsidian Workshop for Young Scientists 参加者の協力を得た。さらに図3-1は須藤隆司氏、図3-2は明治大学博物館友の会の杉山昭氏、図3-3と4は国際ワークショップ参加者により採集されたものである。末筆ではありますが記して感謝いたします。

引用文献

ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム友の会

2009「長和町立ほしくずの里たかやま黒曜石体験ミュージアム友の会活動による表面採集資料」『長野県考古学会誌』129, pp.29-36, 長野県考古学会
中沢浩一 2000「黒曜石器群に認められる被熱痕跡の生成実験と量的評価」『第四紀研究』39: 535-546

橋詰 潤・中村雄紀・会田 進・島田和高・山田昌功・小野 昭 2013『広原遺跡群発掘調査概報Ⅰ—2011年度・2012年度広原湿原および周辺遺跡における考古・古環境調査—』明治大学黒曜石研究センター。

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』123-132

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—』新泉社

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—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集Ⅰ（本報告書）, 明治大学黒曜石研究センター
男女倉遺跡群分布調査団編 1993『長野県黒曜石原産地遺跡分布調査報告書（和田峠・男女倉谷）Ⅲ』241p., 和田村教育委員会

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『長野県黒曜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

島田和高・岡田祥光・橋詰 潤・会田 進・堀 恭介・小野 昭 2014『広原遺跡群発掘調査概報Ⅱ—2013年度広原遺跡群における考古・古環境調査—』明治大学黒曜石研究センター。

Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Ramsey, C. B., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members. 2013 Identification and correlation of visible tephra 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.

岡田祥光・土屋美穂 2016「長野県霧ヶ峰地域における広原遺跡出土の黒曜石製石器の原産地解析」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—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集Ⅰ（本報告書）, 明治大学黒曜石研究センター

安田喜憲 1981「長野県矢出川遺跡群の古環境復元報告（Ⅰ）」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（Ⅱ）」明治大学考古学教室編『報告・野辺山シンポジウム 1981』: 50-60

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.

吉田明弘 2016「長野県広原湿原周辺における過去3万年間の景観変遷と気候変動」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—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集Ⅰ（本報告書）, 明治大学黒曜石研究センター

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—』明治大学黒曜石研究センター資料・報告集Ⅰ（本報告書）, 明治大学黒曜石研究センター

Correlations between the landscape changes and the sequence of human activities around the Hiroppara bog

Jun Hashizume^{1*}, Yuichiro Kudo², Kazutaka Shimada³

We have reconstructed the archaeological chronology around the Hiroppara bog, central Japan, using the results of the archaeological excavations during 2011-2013 season and former investigations, in order to provide valuable information for inferring past correlations between human behavior and environmental changes.

Since 1989, results of general surveys identified seven prehistoric sites around the Hiroppara bog. Taking these results, we began new excavation at the Hiroppara sites I and II and topographical survey on this bog and around it during 2011-2014. The archaeological record shows chronology as follows: 1) during the ca. 38-32 ka cal BP, at the Hiroppara site II: early phase of the Early Upper Palaeolithic (e-EUP) industry with edge-ground stone axe and trapezoids, 2) during the ca. 25-20 ka cal BP at the Hiroppara site I: later phase of the Late Upper Palaeolithic (l-LUP) industry with bifacial points, margin retouched points and a blade core, 3) ca. 10-5.5 ka cal BP: early phase of the Initial Jomon to beginning of the Middle Jomon with potteries and lithic industry containing arrowheads and grinding stones. A character of Jomon and e-EUP artifacts assemblage indicate the Hiroppara site II functioned as a campsite and obsidian acquisition and lithic production location. On the other hand, no refitted lithic tools and flakes are available in the Hiroppara site I, and this suggests that this location used as a very short term of stay.

The pollen record from the Hiroppara bog shows that alpine vegetation surrounded this area during the 30-17 ka cal BP. The alpine landscape of l-LUP (point industry at the Hiroppara site I) was a favorable situation for gathering obsidian raw materials on the ground surface. Growth of woodland started at 17 ka cal BP due to a rise of the tree line elevation corresponding to the deglacial warming. Only one stemmed point have been unearthed at the Hiroppara site II, the archaeological record of this period is still unclear. The pollen record shows that dense mixed oak woodlands flourished during the 11.2-2.9 ka cal BP. The many times of occupation during the early phase of the Initial Jomon to beginning of the Middle Jomon (the Hiroppara sites I and II) possibly reflected the human adaptation for such broadleaf forest landscape. The e-EUP industry (the Hiroppara site II) designated as a lithic manufacturing workshop tightly connected with obsidian acquisition among source areas, but no pollen record at the Hiroppara bog older than 30 ka cal BP.

We can suggest that the correlations between landscape changes and human activity around the Hiroppara bog. These issues require further study about archaeological sites and paleoenvironment especially older than 30,000 cal BP in and around the Hiroppara bog.

Keywords: Hiroppara site group, archaeological chronology, Upper Palaeolithic-Jomon period, correlations between paleoenvironment and human activities.

1 Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

2 National Museum of Japanese History

3 Meiji University Museum

* Corresponding author: Jun Hashizume (j_hashi@meiji.ac.jp)

中部高地における景観変遷と 後期旧石器時代の黒曜石獲得活動

島田 和high¹

要旨

本論では、長野県中部高地に位置する広原湿原（標高1,400 m）で復元された過去3万年間の景観変遷史に対する後期旧石器時代の人間活動の変化を反映する中部高地石器群の増減と中部・関東地方における黒曜石利用の変化の相関を検討し、黒曜石原産地開発における人と環境の相互関係を考察した。約30 ka cal BP以前の中部高地原産地の古環境情報は得られていないが、最終氷期極前期以前の比較的温暖な環境を背景として中部・関東地方の中部高地産黒曜石の利用比率は高く、頻繁で多様な活動ともなう原産地開発が展開した。約30 ka cal BPを前後する最終氷期極前期の初頭には、中部高地の考古記録は極めて希薄であり、中部・関東地方の中部高地産黒曜石利用も大幅に減少する。森林限界の下降に伴って中部高地には高山帯の景観が広がり、原産地での活動は単純な原石獲得活動に制限された。原産地の利用頻度も低下し、中部高地開発への積極的な適応は低調である。約25～20 ka cal BPの中部高地原産地では、古環境データはさらに寒冷・乾燥化が進行したことを示しているが、中部高地原産地開発は最終氷期極前期に最盛期を迎えた。中部高地原産地には大規模で多様な遺跡が多数残され、過酷な景観に対して資源開発を目的とした能動的・文化的・社会的適応が発揮されている。約20～19 ka cal BPの中部高地原産地では温暖化を反映する森林限界の上昇傾向が認められるが、原産地開発の痕跡は再び希薄になる。細石刃技術の登場による簡便な原産地利用への変化に加え、遊動領域の再編成ともなう中部高地産と神津島産黒曜石利用の二極化に代表される人間行動の変化が中部高地開発の低下をもたらしたと解釈した。

キーワード：気候変動、黒曜石利用、後期旧石器時代、中部高地、資源開発

1. はじめに

長野県長和町に所在する広原（ひろっばら）湿原の湿地堆積物に対する古環境分析によって、中高地黒曜石原産地における過去3万年に遡る景観変遷が復元された（公文、2016；工藤、2016；吉田ほか、2016、佐瀬・細野、2016、吉田、2016a）。1950年代以降、中部高地では多数の遺跡発掘によって原産地と先史人類活動との関係が議論されてきたが、最終氷期における原産地の景観や気候条件はこれまでほぼ不明であったことから、その意義は大きい。

約30.0～17.0 ka cal BPには森林限界が標高約1,000～1,400 mに降下したことにより、広原湿原の周辺には、高山帯植生の景観が広がり、湿原には土砂や岩石が継続的に流入する環境であった。約17 ka cal

BPまでには、退氷期の温暖化にともなう森林限界が上昇し、湿原周辺にはカバノキ属と耐寒性針葉樹の混交林が発達した。その後、完新世に向かう温暖化と中部高地の森林景観の発達により、11.0 ka cal BP以降には、有機堆積物が広原湿原内に堆積するようになった（Yoshida, et al., 2016a；吉田, 2016b）。また、広原湿原の古環境調査と並行して行われた広原遺跡群の第1次～第3次調査によって、中部高地原産地における後期旧石器時代の前半期と後半期の人間活動について新たな知見を付け加えることができた（島田ほか、2016）。広原湿原の研究によって、先史原産地研究は、気候変動にもなう景観変遷と先史黒曜石獲得活動との関係を議論する段階に到達した（島田, 2015；Yoshida et al., 2016a）。

中部高地原産地の多くは、標高1,200から2,000 m

¹ 明治大学博物館

* 責任著者：島田和high (moirai3sis2@gmail.com)

に分布することから、黒曜石獲得に関わる最終氷期の人間活動と現在とは大きく異なる中部高地の気候や景観は、相互に作用していたと考えられる。したがって、中部高地における先史土地利用と景観変遷の関係を理解することは、最終氷期極相期 (LGM) を含む古気候の変動に対する人間の適応について有益な事例と情報を提供するだろう。

中部高地原産地開発に関する先行研究では、関東西部地域の V ~ IV 層下部段階で、中部高地産黒曜石の利用が減少し、箱根・天城産黒曜石が増加することから、酸素同位体ステージ (MIS) 2 の気候寒冷化との関係が議論されている (佐藤, 1996; 諏訪, 2002; 堤, 2002) が、中部高地の古環境情報が欠落しており、黒曜石利用についても定量的な変化は示されていない。気候寒冷化が人間行動を制限する負の要因として理解されているが、積極的な適応行動があったのかどうか議論の余地を残している。一方中部高地での黒曜石獲得活動の変化は、大竹 (2002, 2010, 2013) によって遺跡数の増減傾向として理解され、後期旧石器時代

前半期で遺跡数は少なく、後半期で増加し、終末期で減少することが示されている。原石を獲得するだけの単純な活動から石器ワークショップの形成をとまう活発な原産地開発へと段階発展論的な変化で理解されている。後期旧石器時代終末期の中部高地原産地では遺跡数が減少し、細石刃石器群 (稜柱形細石刃石核) が希薄であることも知られている (堤, 2002)。細石刃石核原料の小形原石を獲得する考古学的に不可視な獲得活動に変化したと解釈されている。

本論では、上記した先行研究に欠落している中部高地原産地の古環境情報、中部高地における人間活動の変化、中部・関東地方全域の黒曜石利用状況を年代的な序列に沿って統合し、中部高地の景観変遷を軸に中部高地原産地開発の歴史の変遷について考察する。

2. 分析対象

本研究の目的を達成するために、黒曜石産地分析、考古編年そして古気候編年からなる 3 種類の時系列

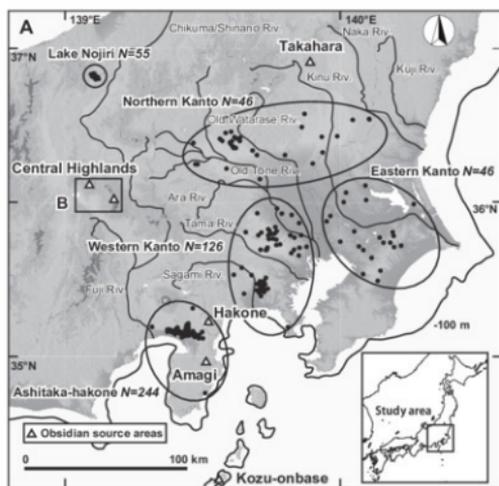


図 1 中部・関東地方における後期旧石器時代の地域区分と本論で言及する黒曜石産地分析データが得られた遺跡 (N=517) 島田 (2015) を改変した。

Fig. 1. Map showing Upper Palaeolithic settlement areas in the Chubu-Kanto region and sites from which obsidian provenance data used in this study were obtained (N = 517 lithic industries)

The map was modified from Shimada (2015).

データセットを整備し相関を検討する。

1) 広原湿原で得られた最終水期にさかのぼる花粉記録 (Yoshida et al., 2016a; 吉田ほか, 2016b)。考古記録との対比には、年間花粉堆積量 (PAR) の変化、森林限界の推移、景観変遷史を重視する。

2) 黒曜石原産地の利用頻度の変化を表す中部・関東地方の黒曜石製石器の産地分析データ (島田, 2015)。産地分析データは岸澤ほか (2011) と谷ほか (2013) から選定した 86,523 点の黒曜石製石器の産地分析データを図 1 に示した黒曜石の原産地区分と後期旧石器時代遺跡の地域区分にそって集計した。

3) 石器群分布の変化を反映する中部高地の後期旧石器時代編年、石器群の選定、編年区分と年代は、島田 (2015) による (本報告書: 図 2.3 を参照)。上記した産地分析データは、この時期区分に調整して集計した。ここでは、島田 (2015) で選定した 43 の石器群を 5,000 点以上の「大規模ワークショップ」、5,000 ~ 1,000 点以下の「中規模ワークショップ」そして 1,000 点以下の「キャンプサイト」に分けた。面積の限られた試掘坑調査など全体像が不明の石器群は「その他」とした。

3. 結果

図 2 に古環境、考古、産地分析のデータを年代序列にそって統合した。図 3 には産地分析データを中部・関東地方の遺跡分布地域ごとに時期別に集計し、判別された原産地の比率を示した。

3-1 e-EUP (約 38 ~ 32 ka cal BP)

図 2-A が示すように 3 万年以前に相当する広原湿原の花粉記録は得られていない。標高 800 ~ 900m にあたる中部高地の周辺山間部では、MIS3 の古環境が復元されている (公文ほか, 2013)。MIS3 は MIS2 より温暖傾向にあり、亜間氷期・亜氷期のサイクルに連動して亜寒帯針葉樹林と冷温帯落葉広葉樹林が交代する様子が復元されている。MIS3 は、e-EUP と次の I-EUP にあたる。

図 2-C は、中部・関東地方の中部高地産黒曜石利用が、後期旧石器時代で最大の比率 (81.2%) であることを示している。図 3-A によると、愛鷹・箱根地域で中部高地産黒曜石の利用は、他の地域と比較して低調であ

る。また、全体の 3.7% と低い比率ではあるが、太平洋に面した地域に神津島産黒曜石の分布が明瞭に見られることも e-EUP の黒曜石利用の特徴である。しかしこれ以降、図 2-C に示されているように、神津島産黒曜石の利用比率は、I-EUP まで極めて低いまま推移することになる。いずれにせよ、日本列島における人間の居住のはじまりと併行して、全ての原産地は e-EUP に発見され、原産地開発がはじまる。

中部高地原産地の遺跡の発見例は、図 2-B に示されるように少数であるが、中部高地石器群は中規模ワークショップやキャンプサイトから構成され、遺跡機能の多様化がうかがえる。中規模ワークショップである広原 II 遺跡 EA-2 の 4 層石器群 (標高約 1,410 m; 島田ほか, 2016) は、e-EUP に位置付けられる。キャンプサイトでは、追分第 5 文化層 (標高約 1,220 m; 大竹ほか, 2001) が原産地に近接しているほか、ジャコッバラ 12 (標高約 1,560 m; 高見, 1995)、弓振日向 (標高約 1,060 m; 平出ほか, 1989) が原産地から離れた周辺地に立地している。

3-2 I-EUP 後半 (約 32 ~ 29 ka cal BP)

図 2-C が示すように、中部・関東地方の中部高地産黒曜石利用は漸減している (63.5%) が、依然として他の原産地の黒曜石と比較して利用比率は高い。図 3-B を見ても、黒曜石の原産地別の分布パターンには、関東西部地域で箱根産が増加することを除くと、全体的に大きな変化はない。

e-EUP に引き続き、I-EUP でも中部高地石器群の発見は依然少ないままである (図 2-B)。しかし、中部高地では、鷹山 I 遺跡 M 地点 (標高約 1,380 m; 戸沢ほか, 1989) で石刃製作に特化した大規模ワークショップが発見され、近接する追分第 4 文化層 (大竹ほか, 2001) でもキャンプサイトが発見されるなど、原産地と密接した活動が認められる。

3-3 e-LUP (2.9-2.5 ka cal BP)

図 2-A が示すように、e-LUP にほぼ相当する約 30 ~ 25 ka cal BP にかけて、広原湿原の PAR 値は森林/非森林の閾値より一貫して低く、25 ka cal BP 以降と比較して変動が激しい。e-LUP の後期旧石器集団が目にした広原湿原周辺を含む中部高地原産地一帯の

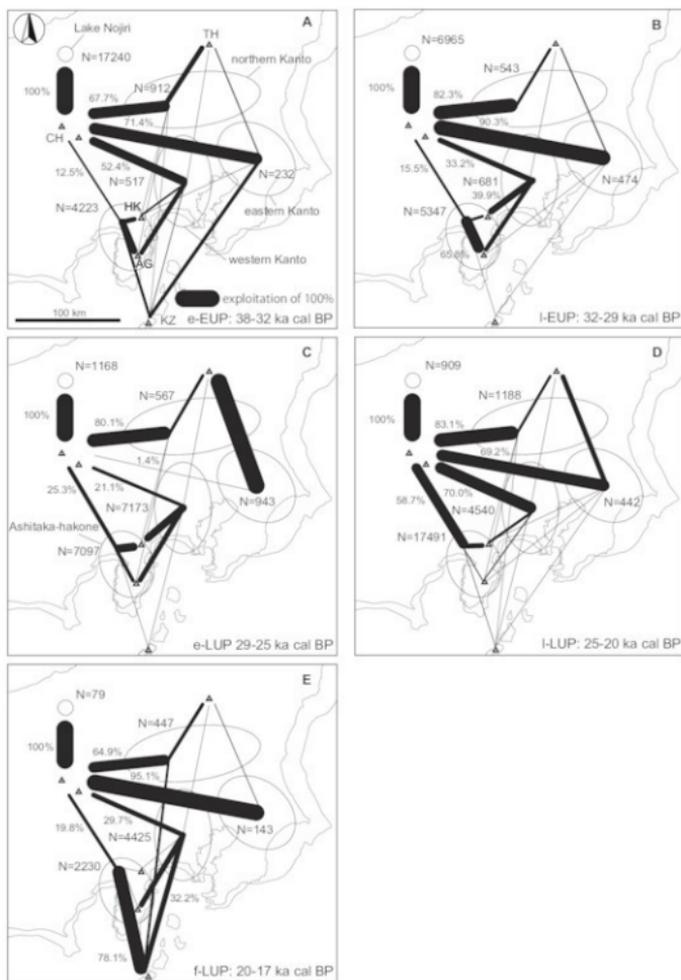


図3 後期旧石器時代の地域別に見た黒曜石利用率の変化

N : 黒曜石産地分析データ数 (100%)。△ : 黒曜石原産地。CH : 中部高地、KZ : 神津島 (恩馳島)、AG : 天城、HK : 箱根、TH : 高原山、島田 (2015) を改変した。

Fig. 3. Changes in obsidian use frequency in the Upper Palaeolithic settlement areas

N: the number of obsidian artifacts for which the sources were identified (100%). △: Obsidian source areas; CH: Central Highlands; KZ: Koze-Onbase Island; AG: Akagi; HK: Hakone; TH: Takahara. The figure was modified from Shimada (2015).

ある。

一方、図2-Cに示されるように、中部高地産黒曜石の中部・関東地方における利用率は63.7%まで回復している。図3-Dも明らかに示しているように、中部・関東地方各地の黒曜石利用は、中部高地産に収斂し、I-LUPは中部高地産が最も多用された時期であると評価できる。

図2-Bに示されるように、中部高地産地の遺跡数は大きく増加し、大規模ワークショップが原産地近くに多数残された。鷹山遺跡群（標高約1,400 m：戸沢ほか、1989；安森ほか、1991ほか）、男女食遺跡群（標高約1,240 m付近：信州ローマ研究会編、1972；森嶋編、1975；男女食遺跡群分布調査団編、1993）、和田峠遺跡群（標高約1,500 m付近：男女食遺跡群分布調査団編、1993ほか）、八島ヶ原湿原周辺の八島遺跡群（標高約1,630 m付近：戸沢、1958；藤森・中村、1964ほか）など原産地に近接する大規模遺跡群では、I-LUP石器群が顕著に発見されている。広原I遺跡EA-1の尖頭石器群（標高約1,410 m：島田ほか、2016）もそれらの中部高地遺跡群の形成に関連して残された可能性が高い。また、遺跡数が増えるだけでなく、標高1,000 m前後の原産地の周辺地でも夕立遺跡（標高約1,130 m：功力、1993）で大規模ワークショップが、馬捨場遺跡（標高約1,100 m：河西・川崎、2002）でも広範囲に展開するキャンプサイトが発見されており、黒曜石獲得に関連する原産地活動域も明らかに拡大している。

3-5 f-LUP（稜柱形細石刃核石器群）（約20～19 ka cal BP）

図2-Aが示すように、約20 ka cal BP以降、広原湿原周辺のPARtの値は急上昇し、f-LUPの半ばにあたる約17 ka cal BPまでには、森林/非森林の閾値を超える（Hiroppara phase 2）。この変化は、退水期の温暖化を反映し、中部高地の森林限界も1,400 m以上に上昇したことを示している（Yoshida et al. 2016a）。稜柱形細石刃核石器群の時期には、原産地帯は高山帯から、次第に亜寒帯針葉樹林へ変化していったと考えられる。

図2-Cが示すように、中部・関東地方における中部高地産黒曜石の利用は再び減少し（30.9%）、その代わりに神津島産黒曜石の利用が後期旧石器時代ではじめ

て急増する（44.1%）という、これまでにない特異な変化を示している。中部高地産黒曜石利用と神津島産黒曜石利用の二極化と呼ぶことができる。図3-Eが明らかに示すように、中部高地産黒曜石は中部・関東地方の北半部にあたる野尻湖、関東北部、関東東部に分布し、神津島産黒曜石の分布は、中部地方の南半部にあたる愛鷹・箱根と関東西部地域に集中している。しかし、それぞれの黒曜石が、北半部地域と南半部地域に客体的に持ち込まれている状況もあり、遺跡単位で両者が共存する事例も含まれる。

図2-Bが示すように、中部高地産地の稜柱形細石刃核石器群の発見は極めて稀で、I-LUPとは極めて対照的に遺跡数が減少している。このことは、原産地周辺だけではなく、標高1,000 m前後からそれ以下の周辺地においても同様である。

4. 考察

4-1 30 ca kal BP以前

MIS3はMIS2に比較して温暖で中部高地原産地一帯にも亜寒帯針葉樹林が到達していた可能性がある。中部高地産黒曜石の利用も高率である。原産地に残された遺跡の性格も多様で、活発な原産地開発が展開することがうかがえる。広原II遺跡の4層石器群では、最大で2,000 g前後の原石類の搬入と石核素材の搬出、消費途次の石刃石核の持ち込みに基づく石刃生産と搬出など、黒曜石加工に関わる行為が重複している状況が復元された（島田ほか、2016）。同じ場所を原料確保、キャンプサイトなど異なる目的の行為のために繰り返し利用していたと考えられ、EUP集団が頻りに中部高地原産地の各地を巡回していたことを示唆する。MIS3の相対的に活動しやすい環境が、中部・関東地方の高い中部高地産黒曜石利用率の背景にあると評価できる。こうしたことから、多数の遺跡が中部高地原産地に残されたと予測されるが、発見されている遺跡は実際は少ない。

この現状を説明する一つの要因は、MIS2以降の高山帯の寒冷で乾燥な気候により促進された岩石の生産と崩落によりEUP石器群が覆われ、発掘が阻害されることにあると考えられる。中部高地では、実例が幾つか確認されている。鷹山遺跡群の追分遺跡やXII遺

跡黒曜石研究センター地点では、崖堆積などによる確認じりのロームが繰り返し二次堆積している状況が認められる。後期旧石器石器群はそれらの間に安定的に堆積したローム層中から発見されている。これらの遺跡では、始良・Tn火山灰の降下層も確認されている（大竹ほか、2001；島田ほか、2016）。広範囲に及ぶ発掘調査では、崩落堆積層を除去しながら遺物包含層まで到達することは可能であるが、中部高地で一般的に採用される狭い範囲の試掘坑調査では、EUP石器群への到達は困難な場合が多い。ただし、中部高地には、鷹山I遺跡M地点（戸沢ほか、1989）や広原I遺跡（島田ほか、2016）のように、EUP石器群の埋没以降、ロームの安定した堆積環境が継続している地点もあり、今後もEUP石器群の発見を期待することができる。

4-2 最終氷期極相初期

約30 ka cal BP以降は、広原湿原周辺だけでなく、多くの中部高地の原産地が高山帯に位置していた可能性が高い。黒曜石の探索と獲得にとっては視界が開けた好適な景観である。ところが、中部・関東地方における中部高地黒曜石の利用は大幅に減少する。そしてe-LUPの石器群は中部高地ではほとんど発見されていない。中部高地における現在の遺跡調査の密度で判断する限り、e-LUPの中部高地開発の痕跡は希薄であると評価できる。

しかしながら、利用率が著しく減少している関東東部・西部地域、愛鷹根根地域でも中部高地産黒曜石の利用が断絶する事実はない。一方で、野尻湖遺跡群や関東北部地域では、中部高地産黒曜石の利用率は1-LUPと同程度に継続している。こうした状況は、最終氷期極相期の初頭にあたる気候の寒冷化は、e-LUP集団が中部高地原産地へ接近し到達すること自体は妨げられなかったことを示唆している。むしろ制限されていたのは、原産地における黒曜石獲得に関わる活動だったと考えられる。つまり、中部高地では、黒曜石原石を獲得することに特化した、黒曜石加工のワークショップの形成をとまわらず、短時日に限られた考古学的には不可視な活動が行われた可能性が高く、中部高地への訪問頻度も低下したと解釈できる。したがって、約30 ka cal BP以降の高山帯に位置する中部高地原産

地を積極的・能動的に開発する適応行動は、e-LUPでは低調であったと評価できる。

4-3 最終氷期極相期

約25 ka cal BP以降の広原湿原周辺では、継続的な気候の寒冷化が20 ka cal BPにかけて進行しており、e-LUPの低調な中部高地開発を考慮する限り、1-LUPの中部高地原産地における人間活動もさらに低下したと類推することはできる。しかし、事実は逆で、1-LUPの黒曜石獲得活動は、中部高地原産地で最盛期を迎える。

この事実は、最終氷期極相期の中部高地の高山帯を最大限に利用するために発揮された、能動的な文化的・社会的適応の現れであると解釈できる。中部高地の遺跡では鷹山I遺跡S地点（安森ほか、1991）で跡（鏝群）が発見されており、非森林域での火の制御技術の向上を示唆している。また、中部高地の尖頭器石器群には、中部・関東地方のローカルな特徴を持った石器ワークショップが残され、各地から黒曜石獲得と石器製作のタスクフォースが派遣された可能性が高い（島田、2008、2015）。原産地付近には悪天候時のシェルターあるいは長期滞在を見越した恒常的な上屋を持った構築物が存在したと指摘されている（安森、2000）。また、広原I遺跡の2b・3層出土の尖頭器石器群は、原石の獲得に基づく石器ワークショップの形成以外にも、多彩な土地利用があったことを示唆している（島田ほか、2016）。

おそらく、1-LUPの中部高地原産地の土地利用には、まだ解明されていないより複雑な活動が関与していた可能性が残されている。いずれにしても、1-LUPの中部高地開発は、中部・関東地方における後期旧石器時代集団の活動領域のうち、最終氷期極相期において最も適度な景観に点在する資源に対する能動的な開発行為であったと評価できる。

4-4 最終氷期極相期末

最終氷期極相期の終末に当たる約20 ka cal BPから19 ka cal BPには、広原湿原周辺の花粉堆積量の増加傾向から推定すると、中部高地原産地の気候は温暖化傾向にあり、寒帯針葉樹とカバノキ属の混交林の回復にともなって森林限界も上昇した。1-LUPから類推す

る限り、寒冷気候の緩和にともなう黒曜石獲得活動の拡大を見込むこともできるが、この年代にあたる稜柱形細石刃核石器群は中部高地原産地ではほとんど発見されず、f-LUPには中部高地の遺跡数は再び減少した。f-LUP石器群の多くは地表面近くに埋没しているのので、EUP石器群に想定されたような遺跡発見のバイアスは考えにくい。したがってこの状況は、人間行動の変化に起因する可能性が高く、ここでは、新たな石器技術の登場と、集団の移動領域の再編成の観点から解釈を試みる。

稜柱形細石刃核による細石刃の生産には大形原石は必要なく、加工も簡便である(安藤, 1979)。原産地では数センチ程度の小形原石の獲得だけ行われ、石器ワークショップが残されない考古学的に不可視な獲得活動が行われていたと考えられる(堤, 2002)。また、森林環境の回復によって大形原石を探索しにくい状況が生じたかもしれない。中部高地と神津島の黒曜石利用の二極化には、地域的な分布の偏りが著しく現れていた。稜柱形細石刃核石器群における中部高地産と神津島産黒曜石利用の関係を両原産地の相互を夏季・冬季で季節的に巡回する遊動戦略の採用で解釈する立場がある(堤, 1987, 2011)。また本論でも指摘したように、中部・関東地方のマクロな視野で確認できる両者の分布の地域的偏りについては、稜柱形細石刃核石器群の時間差を反映しているという見解もある(須藤, 2012)。これらを踏まえ、本論では以下の視点を提示したい。中部高地産黒曜石の利用は、マクロな視点からは主に野尻湖、関東北部、関東東部地域で展開し、神津島産黒曜石は、愛鷹箱根、関東西部地域で利用されていたと理解できる。このことは、中部高地を周回し黒曜石を獲得する集団と神津島を周回する集団の並存、並びに移動領域の再編成があった可能性を示唆する。このことが、中部高地産黒曜石の利用が相対的に低減し、中部・関東地方における利用率の低下に反映していると考えられる。

5. まとめ

後期旧石器時代における最終氷期の気候変動にともなう景観変化と人間の活動の相互関係は、e-LUPとf-LUPの中部高地開発の変化に示されるように、寒冷化

=人間活動への負の制限という単純な図式では議論することができない。気候寒冷化は、生存に厳しい環境へ果敢に進出する能動的な人間の文化的・社会的適応を引き出すこともある。また、f-LUPに見られたように、社会的な変化が資源開発に影響を及ぼす可能性があることも指摘することができた。中部高地原産地の土地利用の歴史的变化は、先史狩猟採集社会における資源開発が、環境と社会とテクノロジーの相互作用により変化する構造体であったことを明確に示している。

謝辞

本研究は私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「ヒト-資源環境系の歴史的変遷に基づく先史時代人類誌の構築」(研究代表者:小野昭)及びJSPS 科研費26370905(研究代表者:島田和高)による研究成果の一部である。

引用文献

- 安藤政雄 1979 「日本の細石核」『駿台史学』47: 152-183
- 安藤政雄 2000 「旧石器時代のイエ」戸沢充則編『大塚初重先生顕彰記念考古学論集』pp.491-516、東京堂出版
- 安藤政雄・荻谷千明・高倉 純・氏家敏之・島田和高・小菅将夫・矢島國雄・戸沢充則 1991 『嵐山遺跡群II』133p., 長門町教育委員会
- Clark, P. U., and Mix, A. C. 2002 Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews* 21: 1-7.
- 藤森栄一・中村竜雄 1964 「霧ヶ峰雪不知の石器文化-雪不知型石器への注意-」『考古学雑誌』50(2): 21-38
- 平出一治・大竹憲昭・山形真理子・鶴田典昭 1989 『弓振日向遺跡(第2次発掘調査)』190p., 原村教育委員会
- 河西 克造・川崎 保 2002 『馬捨場遺跡』189p., 長野県埋蔵文化財センター
- 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 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
- 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—』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
- 公文富士夫・河合小百合・木越智彦 2013 『中部山岳地域における第四紀後期の気候変動』『地学雑誌』122(4): 571-590
- 功刀 司 1993 『夕立遺跡』14p., 茅野市教育委員会
- 森嶋 稔編 1975 『男女倉』179p., 長野県道路公社・和田村教育委員会
- 男女倉遺跡群分布調査団編 1993 『長野県黒曜石原産地遺跡分布調査報告書 (和田峠・男女倉谷) III』241p., 和田村教育委員会
- 大竹憲昭 2002 『黒曜石の流通と中部高地の原産地』『黒曜石文化研究』1: 31-36
- 大竹憲昭 2010 『野尻湖遺跡群における黒曜石の利用について』『考古学ジャーナル』598: 28-31
- 大竹憲昭 2013 『黒曜石原産地の考古学的概観』『日本考古学協会 2013 年度大会研究発表資料集』pp. 23-26., 日本考古学協会
- 大竹幸恵・勝見 謙・野口 淳・三木陽平・小林克次・米田 穂・中島 透 2001 『県道男女倉・長門線改良工事に伴う発掘調査報告書 鷹山遺跡群 I 遺跡及び迫分遺跡群発掘調査』464p., 長門町教育委員会
- 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 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
- 佐藤宏之 1996 『社会構造』『石器文化研究』5: 329-340
- 芹澤清八・後藤信祐・塚本師也・谷中 隆・江原 英・亀田幸久・片根義幸・合田恵美子・武川夏樹・中村信博・津野田陽介 2010 『石器時代における石材利用の地域相 (資料)』『日本考古学協会栃木大会 2011 年度大会研究発表資料集』pp. 61-268., 日本考古学協会
- 島田和高 2008 『黒曜石のふるまいと旧石器時代の住まい—月見野期と田名向原住居状遺構—』『旧石器研究』4: 61-82
- 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 (5): 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 稔・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
- 信州ローム研究会編 1972 『男女倉—黒曜石原産地地帯における先石器文化石器群—』20p., 信州大学医学部第二解剖学教室
- Stuiver, M., and Grootes, P. M. 2000 GISP2 oxygen isotope ratios. *Quaternary Research* 53: 530-277-284.
- 須藤隆司 2012 『赤城山麓を遊動する細石刃狩猟民』岩宿フォーラム実行委員会編 『北関東地方の細石刃文化』pp. 81-88., 岩宿博物館
- 諏訪問順 2002 『相模野旧石器編年と寒冷期の適応過程』『科学』72: 636-637
- 谷 和隆・塚原秀之・鶴田典興・中島 透・橋詰 潤・羽生俊郎・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』pp. 63-174., 日本考古学協会
- 高見俊樹 1995 『旧石器時代の諏訪』『諏訪市史 上巻』pp. 9-154., 諏訪市
- 戸沢充則 1958 『長野県八島遺跡における石器群の研究—古い様相をもつポイントのインダストリー—』『駿台史学』8: 66-97
- 戸沢充則・矢島國雄・大竹幸恵・安藤政雄・友田哲弘・大竹憲昭・須藤隆司・小菅将夫 1989 『鷹山遺跡群 I』

- 135p., 長門町教育委員会
- 堤 隆 1987 「相模野台地の細石刃石核」『大和市史研究』13: 1-43
- 堤 隆 2002 「信州黒曜石原産地をめぐる資源開発と資源需給—後期旧石器時代を中心として—」『國學院大學考古学資料館紀要』18: 1-21
- 堤 隆 2011 「細石刃狩猟民の黒曜石資源需給と石材・技術運用」『資源環境と人類』1: 47-65
- 吉田明弘 2016a 「長野県広原湿原における珪藻化石群集に基づく最終氷期以降の堆積環境」小野 昭・島田和高・橋詰 調・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
- 吉田明弘 2016b 「長野県広原湿原周辺における過去3万年間の景観変遷と気候変動」小野 昭・島田和高・橋詰 調・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
- Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J. and Ono, A. 2016a Impact of landscape changes on obsidian exploitation since the Paleolithic in the central highland of Japan. *Vegetation History and Archaeobotany* 25:45-55. doi:10.1007/s00334-015-0534-y.
- 吉田明弘・叶内敦子・神谷千穂 2016b 「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 調・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

Landscape changes in the Central Highlands and human activities for obsidian procurement in the Upper Palaeolithic

Kazutaka Shimada^{1*}

Upper Palaeolithic hunter-gatherers intensively exploited obsidian sources 1400–2000 m a.s.l. in the Central Highlands, central Japan. Previous studies have suggested that the last glacial maximum (LGM) decreased human obsidian procurement in the source area because of its high altitude. However, the relationship between the impacts of the LGM and human responses in the source area based on convincing evidence from the paleoclimate, obsidian provenance data, and archaeology remains poorly understood. This study examines the correlations among pollen record datasets for the past 30,000 years from Central Highlands 1400 m a.s.l.; more than 85,000 pieces of obsidian provenance data for the Chubu-Kanto region; and chronological sequences of Upper Palaeolithic industries in the Central Highlands. The synthetic analysis can reconstruct historical changes in the human-environment interaction in the Central Highlands during the Upper Palaeolithic. The combined data shows the early LGM constraining the procurement activity at the sources; an increase in active human responses to the LGM cold phase; changes in the land use of the source area in the terminal LGM triggered by the appearance of new lithic technology and the reorganization of mobility ranges. The human adaptations to the LGM conditions around a latitude of 36°N were complex.

Key words: climate change; obsidian exploitation; Upper Palaeolithic; the Central Highlands; resource environment.

¹ Meiji University Museum

* Corresponding author: Kazutaka Shimada (moirai3sis2@gmail.com)

VII 広原遺跡群第1次～第3次調査の 総括と展望

小野 昭^{1*}

1. はじめに

記述の重複を避け、成果の要点、低通する問題、今後の見通について簡潔に記す。人類が変化する自然環境のなかでどのように適応的に進化してきたのかを問題にする場合、一般論では具体的な研究の進捗は望めないで、後になって具体的に点検や検証ができるままとまった実証的な基礎が必要である。自然環境の中でも人類を取り巻く資源に注目し、人類—資源環境系を課題の枠として設け、人類活動と植生変化との関係の解明が可能な地域を求めた。資源としての石器用石材として多用された黒曜石の原産地が集中する信州の山岳地を第一の条件とし、第二に気候変動にともなう森林限界の垂直移動をとらえる可能性を持った地点の選択が課題となった。2010年には和田峠から北八ヶ岳の範囲の予備調査を経て、広原湿原とその周辺の遺跡群をターゲットとして調査を進めることに合意が形成された。

広原は小規模な湿原であること、それを取り囲むように旧石器時代・縄文時代の遺跡が複数あること、湿原が海拔1,400mに位置すること、調査次第では湿原と陸域の遺跡の関係が解明できる可能性があることなど、好条件を備えているように判断された。

2. 与えられた自然環境条件と人類の活動

2011～2013年の調査で湿原におけるトレンチ調査・ボーリング調査で、花粉、珪藻、植物珪酸体、火山灰の分析を行い、約3万年以降今日までの古環境データを得た。従前のトレンチ調査でも「湿原の堆積物は、すべて、完新統の可能性が大きい」と指摘されていた(酒

井・国信, 1993) が、予想をこえて海洋酸素同位体ステージMIS3末、MIS2、MIS1にわたる古環境復元の基礎データを集積できた。

具体的には、それぞれの古環境復元データをもとめ、森林限界の垂直移動も組み込んだ景観の変遷として総合化した(吉田, 2016)、それを前提に旧石器時代、縄文時代の人類の活動が広原湿原周辺でどのように展開したかを編年表として、また景観変遷図に対応させて落とし込むことも可能となった(橋詰ほか, 2016)。視野を広げて関東・中部地方における黒曜石の獲得活動の動きの中で広原遺跡群がどのような位置を占めるか、あるいは中部山岳地域の黒曜石原産地付近における「場」の利用形態の特徴なども悉皆的な遺跡数の動向をふまえて復元された(島田, 2016)。

ここでは全体を通して検討すべき若干の点を議論しておきたい。第1点：広原では3万年以前に遡る古環境データは得られる条件に無かったため、広原第II遺跡の第4層の石器群の時期つまりMIS3後半の景観は直接的には復元できない。しかし3万年前後のデータを外挿して推定するならば、少なくとも森林限界はなお1,400mよりも下方にあって湿原は形成されていないと思われる。周囲が森林と厚い植生に覆われず、黒曜石の露頭もアクセスしやすかったであろう。黒曜石集積に見る盛んな荒削りと二次加工の結果はそこに多数の接合資料を今日に残し、大きな角礫上の素材に復元できるものもある。露出の多い黒曜石やその他の岩石の産状と、素材へのアクセスの容易さの間の現象的な強い相関を表現している。これはさらに一步踏み込んで、露岩のあり方と人類集団による利用の容易さの間の因果関係をも示唆していると思われる。この時期の集団

1 明治大学黒曜石研究センター

* 責任著者：小野昭 (onoak@meiji.ac.jp)

関係に関しても、局部磨製石斧の石材分析から、北陸・日本海側の集団が広原の地点まで活動の領域に組み込んでいたことが想定されている(中村, 2016)。この時期の環境条件の具体的解明と復原は3万年以前に遡る可能性の高いボーリング可能な地点の探査と実践の課題を提起している。

第2点:最終氷期最盛期 LGM における広原の地の利用形態である。この時期 (L-LUP) は第1遺跡では2b層～3層を中心に尖頭石器器群(両面加工尖頭器、周辺加工尖頭器)、石刃核が認められる。しかし接合資料は無く、第2遺跡のe-EUPの石器群と比較すると石器製作に関係する痕跡に乏しい。LGM期の第2遺跡は人間の居住の痕跡がほとんどない。この期の関東中部地方全体で産地分析された黒曜石24,570点に占める中部高地の黒曜石利用率63.7%は、むしろ他の関東の黒曜石原産地(高原山, 箱根, 天城, 神津島)の利用率からすると突出している(島田, 2015)。第2遺跡の状況と一見矛盾するように見えるが、大量に石割り作業をするような場の利用形態でなく、短期に立ち去る選

択的な場の使い方の現れである可能性を充分検討する必要がある(島田, 2016)。第1遺跡はその一端を表現しており、最終氷期最盛期においても広原の地に人の活動の跡が明確になった。

第3点:広原第1遺跡、第2遺跡を合わせると縄文時代に入って早期前葉・早期中葉の押し型文系土器、沈線文土器、早期末の織維土器の時期まで生活の痕跡が確認され、その後しばらくの断絶を経て前期末中期初頭に再びこの場が利用されたことが明らかとなった(島田ほか, 2016, 本報告 III-6)。縄文早期には広原は森林におおわれ湿地も形成されている。山岳地における一時的なキャンプサイトだけでなく、第2遺跡の小竪穴や穀摺石はこの地に一定期間とどまって生活する様相を示しており、また同時に広域にわたる人の動きも土器の分析から導くことができた。山岳地の湿原を囲む森林の下における縄文早期を中心とした生活の復原の課題を提起している。

内陸部高地海拔1,400 mに位置する広原の立地を生かし、3万年以降縄文中期初頭まで、森林限界の垂直移

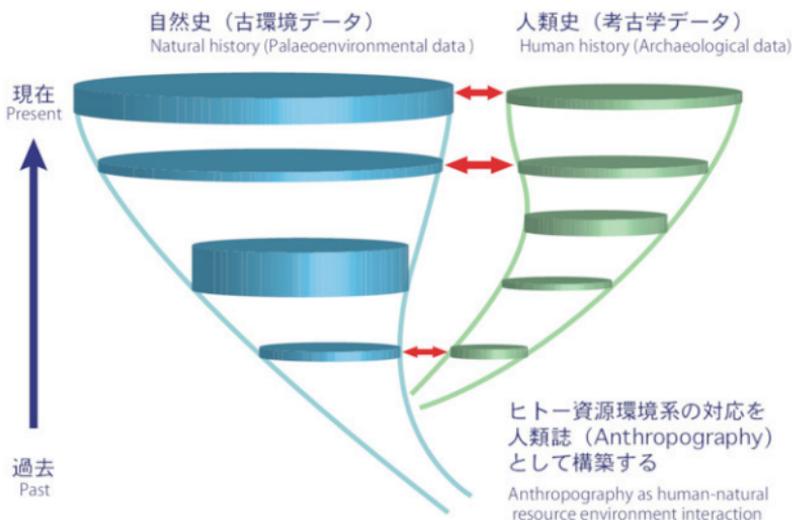


図1 古環境データと考古学データの対応関係
Fig. 1. Correlation of environmental data and archaeological data

動との関係において断続的な人類の居住と景観変遷との対応関係を明らかにした。広原湿原付近における自然環境の変遷はその一コマを生きた先史時代の人々にとっては選択できない与件として存在したのであるから、変遷の刻み目が細かいほど環境との適応関係の真相に迫れることになる。

3. 自然史・人類史・人類誌

以上述べたことを1枚の図にして示すと次の通りである。古環境との関係で人類史の復元を試みると通常は図1の構造となる。広原の場合も例外でない。図中で円盤の厚さが薄く時間的同時性が明確な場合、最も具体的な対応関係の追究が可能である。どちらかの円盤が厚く精度が共有できない場合もあり、またどちらかのデータが全くないか稀な場合もある。

相互に薄い円盤が隙間なく並んで対応関係がつけられれば理想的である。その場合、自然史との関係において人類史の復元が理想的に可能である。人類誌とはこの場合、人類史の中一つの薄い円盤に対応する。これを積み上げることで確実な人類誌に基づいた人類史

の復元が可能となる。むしろ現象的で実証的な復元であって人類史をどのように叙述するかはまた別の問題である。だが現実には図1のように隙間が多い。したがって、可能な限り円盤を埋める実証的な探査が必要であると同時に、検証可能な仮説や理論によって隙間に関連付けを行い、矢印相互の因果関係を推し量る作業が必要がある。この間、植生の変化と黒曜石獲得の形態の変化について(旧石器時代の採取から縄文時代の採掘へ)問題を提起したのもこのような観点からである(Yoshida et al., 2016)。今後広原周辺の調査の進展によって仮説は確実にプラスかマイナスにテストすることが可能である。骨太の方法の提示無くしては科学の展開は望めないという指摘(Binford 1981, p.289)もこうしたことを指しているのである。

4. 次のステップへ

広原遺跡群の発掘調査と湿地のボーリング調査による古環境復元試料の分析により、人類とそれを取り巻く資源環境の関係を人類誌として把握することを目指したが、今後の展開に残された課題も多い。気候変動>



図2 資料の種類と研究領域の階層関係(小野, 2009)

Fig. 2. Stratified correlation of data and research areas (Ono, 2009)

植生の変化>景観変遷>人間の居住/非居住の一連のつながりの中で、最も重要な環をおさえて今後の見通しを若干述べる。

図2は、図1とは別の視点から環境と人間の関係を解明する際の有意な領域を示したものである。例えば最終氷期の最盛期のようなグローバルな環境の変化はこれに対して人間集団にとっては文字通り選択不能の与件として現れる。これがIIIの領域である。これに対して例えば先史時代人が岩石素材をある方式で割る、二次加工する、最終的の石器に仕上げるという過程は純粋に考古学プロパーの石器製作の研究対象に属し、寒暖を含む環境変動の如何に関わらず独立した過程として存在する。これがIの領域である。

これらに対してIIの領域は、IとIIIの要素が重複する人類が働きかけ可能な環境の領域で、有効環境effective environmentである(Alice et al., 1949, p.1; Binford, 1968)。広原では回収できなかった3万年以前の古環境情報を周辺で探査する課題、広原第II遺跡の黒曜石集積の分布範囲の追跡、第I遺跡における縄文時代遺構の調査の課題などはすべてこのIIの領域に収斂して解明される課題である。

今後、本報告が契機となって、森林限界の垂直移動を把握しやすい海拔1,400m前後の山岳地における調査例が一つでも増加し、まず日本列島内での比較の議論が進捗することを期待したい。さらに更新世/完新世の移行期における復原精度の高い諸外国の事例との比較を通して、日本列島の、また広原の事例を相対化する試みに挑戦することも課題である。

引用文献

Alice, W.C., Park, O., Emerson, A. E., Park, T. and Schmidt, K. P. 1949 Principles of Animal Ecology. 837p. Philadelphia and London, W. B. Saunders Company.

Binford, L. R. 1968 Post-Pleistocene Adaptations. In Binford, S. R. and Binford, L.R.(eds.) New Perspectives in Archaeology. 313-341. Chicago, Aldin.

Binford, L. R. 1981 Bones: Ancient men and modern myths. 320p., San Diego, Academic Press.

橋詰 潤・工藤雄一郎・島田和 2016「広原遺跡群における人類活動と環境変遷」小野 昭・島田和・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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター

地における先史時代人類誌—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター

中村由克 2016「広原遺跡群に持ち込まれた非黒曜石の石器石材」小野 昭・島田和・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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター

小野 昭 2009「環境変動と道具の体系—反映関係・比較・仮説をふりかえる—」『考古学の方法とその広がり』予稿集 首都大学考古学研究室, pp. 44-45.

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『長野県黒曜石原産地遺跡分布調査報告書(和田峠・男女倉谷) III』pp.30-34., 和田村教育委員会

島田和 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(5): 219-234

島田和 2016「中部高地における景観変遷と中部・関東地方における黒曜石獲得活動」小野 昭・島田和・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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター

島田和・橋詰 潤・会田 進・中村由克・早田 勉・隅田祥光・土屋美穂・及川 稯 2016「III 広原遺跡群の発掘調査」小野 昭・島田和・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), 明治大学黒曜石研究センター

Yoshida, A., Kudo, Y., Shimada, K., Hashizume, J. and Ono. A. 2016 Impact of landscape changes on obsidian exploitation since the Palaeolithic in the central highland of Japan. *Vegetation History and Archaeobotany* 25: 45-55. doi:10.1007/s00334-015-0534-y

吉田明弘 2016「長野県広原湿原周辺における過去3万年間の景観変遷と気候変動」小野 昭・島田和・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—広原遺跡第1次～第3次調査報告書』(本報告書), 明治大学黒曜石研究センター

報告書抄録

ふりがな	ながのけんちゅうぶこうちにおけるせんしじだいじんるいし								
書名	長野県中部高地における先史時代人類誌								
副書名	広原遺跡群第1次～第3次調査報告書								
巻次									
シリーズ名	明治大学黒曜石研究センター資料・報告集								
シリーズ番号	1								
編集者名	小野昭 島田和高 橋詰潤 吉田明弘 公文富士夫								
編集機関	明治大学黒曜石研究センター								
所在地	〒386-0601 長野県小県郡長和町大門3670-8 明治大学黒曜石研究センター TEL: 0268-41-8815 FAX: 0268-69-0807								
発行年月日	2016年3月31日								
所収遺跡名	所在地		コード		北緯	東経	調査期間	調査面積	調査原因
			市町村	遺跡番号					
広原遺跡群	長野県小県郡長和町和田字和田山5101番地1, 長和町和田原東餅屋5321		20350	W-48	I 遺跡: 36°9'17" II 遺跡: 36°9'20.5"	I 遺跡: 138°9'5" II 遺跡: 138°9'7.5"	2011/8/16～ 8/26, 2012/4/28～ 5/13, 2013/4/27～ 5/12.	I 遺跡: 9 m ² II 遺跡: 16 m ²	学術調査
所収遺跡	種別	主な時代	主な遺構		主な遺物		特記事項		
広原遺跡群 第I遺跡	その他の 生産遺跡	旧石器時代	包含層		尖頭器 石刃核 剥片・石核				
		縄文時代	包含層		縄文土器 石鏃				
広原遺跡群 第II遺跡	その他の 生産遺跡	旧石器時代	包含層, 黒曜石集石		局部磨製石斧 台形様石器 剥片・石核				
		縄文時代	包含層, 小竪穴, 集石		押型文土器 繊維土器 石鏃・石錐・鏃器				
要約	<p>本書は、長野県長和町の広原湿原における古環境調査と周辺遺跡の発掘調査の正式報告書である。本学術調査は、黒曜石原産地における先史時代人類活動と環境変動との関係を捉えることを目的としている。湿地部の3mに及ぶ泥炭・砂礫層及び陸域からコア試料等を採取し、年代測定、花粉分析、植物珪酸体分析、珪藻分析、テフラ分析を行い、過去3万年に渡る湿地周辺の古環境変遷を復元した。2011年度から2013年度に広原遺跡群第I遺跡と第II遺跡の第1次～第3次調査を実施した。I遺跡からは、結節状浮線文の中期初頭土器と若干の押型文系土器、後期旧石器時代後半期の尖頭器石器群が発見された。土層堆積中にAT層序を検出した。II遺跡からは、押型文系土器を中心とする縄文時代遺物群、後期旧石器時代前半期の石刃石器群が発見された。後者には、局部磨製石斧と台形様石器が伴い、大形剥片・大形石核の密集によって特徴付けられる黒曜石集石を2基確認した。</p>								

明治大学黒耀石研究センター資料・報告集 1
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—

2016年3月31日発行

発行 明治大学黒耀石研究センター◎

〒386-0601 長野県小県郡長和町大門3670-8
明治大学黒耀石研究センター
TEL: 0268-41-8815

印刷 勝美印刷株式会社

〒113-0001 東京都文京区白山1-13-7
アクア白山ビル 5F
TEL: 03-3812-5201 (代)
