秋田県十和田カルデラ付近における 上部洪積層の花粉分析と年代¹⁾

岡崎 由夫²⁾ 佐藤 博之³⁾

Pollen Analysis and Dates of the Upper Pleistocene Deposits
near Towada Caldera, Akita Prefecture¹⁾
Yoshio OKAZAKI²⁾ and Hiroyuki SATOH³⁾

The Kosaka pumice-flow deposits resulting in the older depression of the Towada caldera, are distributed typically near Kosaka, Akita prefecture. The deposits are divided into three units: lower, middle and upper. Each of these deposits lies on a gravel bed with a thin peat-seam.

Dates of the deposits were measured by the carbon of the materials from the pumiceflow and the peatseams, and the floras from the peatseams were palynologically investigated. The present locality is situated in the deciduous forest zone. The result are as follows:

Upper: 1) Date, ^{14}C -years B. P. $10,400 \pm 200$, 2) Flora, subalpine coniferous elements, 3) Climate, cold (the reduction is $5^{\circ}\text{--}9^{\circ}\text{C}$ as compared with the annual average of temperature of this district).

Middle: 1) $12,000 \pm 250$, 2) subalpine coniferous elements, 3) cold ($5^{\circ}\text{--}9^{\circ}\text{C}$).

Lower: 1) $>33,000$, 2) subalpine coniferous - deciduous (*Fagus*) elements, 3) cool (about 4°C).

はしがき

わが国における洪積統の花粉分析の報告は数多いが、絶対年代と結びついたものは必しも多くない。この報告は、本州北部に位置する十和田カルデラの形成初期(洪積世後期)に放出された3層の小坂軽石流堆積物中の炭化木片およびその直下の泥炭について、 ^{14}C 一年代測定と泥炭の花粉分析を試みたものである。これによって、わが国におけるヴェルム氷期の気候の変遷史に新しい資料を加えることができ、これとともに十和田カ

1) 1965. 9. 9. 受付

2) 北海道学芸大学釧路分校地学教室 Kushiro Branch, Hokkaido Gakugei University

3) 地質調査所北海道支所 Hokkaido Branch, Geological Survey of Japan, Sapporo

Fig. 1 (A)
Map showing the sampling
locality (×) for ^{14}C -dating
and pollen analysis.

(B) Stratigraphic succession of the Kosaka pumice-flow deposits
in Kosaka, Akita Prefecture.

× : sample of ^{14}C -dating, △ : sample of pollen analysis.

Table 1. 小坂町付近の地質層序

地質時代		地 層	¹⁴ C-年代(B. P.)
第 四 紀	沖積世	八甲田 (a) 火山灰層 八甲田 (b) 火山灰層	2,000年* 7,500年*
	洪積世	上部小坂軽石流堆積物 × (泥炭を伴う砂礫層) △ 中部小坂軽石流堆積物 (泥炭を伴う砂礫層) × △ 下部小坂軽石流堆積物 (泥炭を伴う砂礫層) × △ 小坂熔結凝灰岩	10,400±200年 12,000±250年 >33,000年
新第三紀	中新世	流紋岩	

* 松野 (1961) による

× ¹⁴C-年代測定試料, △ 花粉分析試料

ルデラの発達史に明確な年代を与えることができた。

1. 試料の採取位置

¹⁴C-年代測定および花粉分析に用いた試料の採取地は、十和田カルデラの西南方約 20 km, 秋田県鹿角郡小坂町で、近くには小坂銅鉾山がある (Fig. 1 (A)).

2. 地質概況

十和田カルデラの形成史 青森・秋田両県にまたがる十和田カルデラおよびその付近の地質については、富田 (1930), 河野 (1939), 久野 (十和田博物館蔵), 久野ほか (1964) などによって調査が行われている。これらに基づく十和田カルデラの形成史は次のように要約できる。すなわち、流紋岩 (中新世) と小坂熔結凝灰岩 (洪積世) を基盤とした十和田火山は、洪積世後期から活動がはじまり、その活動史はおよそ 3 期に分けられる。第 1 期は、熔岩や碎屑岩の噴出で古期外輪山を形成し、末期には数回の大量 (約 45 km³) の火山碎屑流の噴出で、古期カルデラ (直径約 10 km) を形成したといわれる。主題の堆積物はこの時期の軽石流堆積物である。

第 2 期は古期カルデラの内部に成層火山が生成し、その後、軽石の爆発的噴出によって径約 2.5 km の新期カルデラが形成された。第 3 期は御倉山等の 2 個の熔岩円頂丘の形成である。

小坂町付近の地質 秋田小坂町付近の地質は Table 1 に示すとおりである。このうち、十和田古期カルデラに関係する小坂軽石流堆積物は、その標式地小坂町市街を流れる小坂川の左岸の河崖によく露われる。ここでは本堆積物は下、中および上部の 3 層に分かれ、それぞれ 4~8 m の厚さを示す。各軽石流堆積物の下位には、厚さ 4~6 m の砂礫層が横わり、その最上部には薄い泥炭層がそれぞれ発達している (Fig. 1 (B)).

^{14}C -年代測定のための試料は、軽石流堆積物中に含まれる木炭およびその直下の泥炭および木片である (Fig. 1 (B), Table 2). 花粉分析用の泥炭試料は、いずれも各軽石流堆積物の直下の泥炭層から得られた (Fig. 1 (B), Table 1).

3. ^{14}C -年代測定の結果

上述の試料の ^{14}C による年代測定は、学習院大学木越教授によって行われ、その結果は次のとおりであった。

- a) 下部軽石流堆積物直下の泥炭と木片 33,000年 B. P. 以上⁴⁾ (GaK. 384)
- b) 中部軽石流堆積物直下の泥炭中の木片: 12,000 $\pm$ 250年 B. P. (GaK. 385)
- c) 上部軽石流堆積物中の炭化木片: 10,400 $\pm$ 200年 B. P. (GaK. 460)

この結果によれば、これらはすべて洪積世後期、ヴェルム後期に属し、Gross (1958) の区分では年代の新しい中、上部の二つは Hauptwürm III (Wh 3) に、下部の古い年代は Göttweiger Interstadial (Wv~h) ないしはそれ以前に、それぞれ対応する。

なお、十和田カルデラに関係する堆積物の ^{14}C -年代測定値は、このほか二つの報告がある。一つは第1期の軽石流堆積物中の炭化木片からの約18,000年 B. P.⁵⁾ (YAGI: 1962), 他は十和田カルデラの東方約 40 km の八戸浮石層の12,700 $\pm$ 270年 B. P. (GaK. 205) (大池: 1963) である。

4. 花粉分析結果

花粉分析は上述の3泥炭試料について行った。分析処理は次の要領で実施した。指で砕いた試料 (約 20 g) $\rightarrow$ HF (約30%) $\rightarrow$ KOH (10%) $\rightarrow$ 無水サク酸法 (Conc. H_2SO_4 1: 無水サク酸 9) $\rightarrow$ 封入

200粒以上の花粉・胞子の検鏡の結果、その種類と百分率を Table 2 に示した。

これらの花粉組成をみると、上、中部の U-12, M-11 の両試料は極めて類似しており、亜寒帯針葉樹林帯の要素が強い組成を示している。針葉樹、とくに *Picea* が50%以上を占めて最も優勢であり、次いで *Pinus*, *Abies*, *Tsuga* が多い。一方広葉樹種では、*Betula* と *Alnus* が僅かに認められるが、全体として数%にも満たない。

下部の L-10 試料は上記の2試料とは異なり、針葉樹と広葉樹とはほぼ同率の30%余を含んでおり、温帯広葉林と亜寒帯林の要素が混在する組成を示している。広葉樹のうち、*Alnus* が目立ち、*Betula*, *Carpinus* がこれに次いでいる。温帯広葉林を特徴づけ

4) 筆者の1人佐藤 (1965) は、軽石流堆積物の化学成分の変化から約 40,000年 B. P. と推定している。

5) 理化学研究所 島 誠による。

Table 2. Pollen analytical results of the upper Pleistocene peat-seams in Kosaka and peat of the recent moors in the northern part of Honshu

Author	Okazaki, Satoh (1965)			Toku- naga (1957)	Sohma (1955)				Ishizuka, Fujiwara, Watanabe(1957)				
Locality (latitude) (altitude)	Kosaka, Akita pref. (40° 20'N) (200m)			Shimokita, Aomori pref. (41° 20'N)	Akita pref. (39° 56'N) (1, 600m)		Aomori pref. (40° 40'N) (1, 000m)		Iwate pref. (39° 50'N)				
									(460m)	(700m)			
Deposit and moor	Kosaka pumice-flow			Mena Kanama- gari	Hachiman- tai*	Mt. Hakkoda **		Haru- koya- chi	Sotoyama				
	U-12	M-11	L-10										
<i>Taxus</i>				4	7								
<i>Abies</i>	3. 6	11. 2	1. 9			6. 6	17. 5	26. 7	11. 0		0. 4	0. 9	1. 0
<i>Tsuga</i>	3. 6	2. 9	3. 8			3. 3	1. 0	1. 0		0. 3			
<i>Picea</i>	52. 5	55. 0	10. 9										
<i>Larix</i>		0. 4?		4?							0. 8	1. 3	1. 4
<i>Pinus</i>	7. 1	15. 4	14. 2	4		27. 6	42. 5	35. 5	30. 7	50. 6	18. 9	13. 2	17. 9
<i>Cryptomeria</i>				4						2. 1	0. 4	0. 9	0. 5
Gramineae			0. 5							3. 8	3. 0	3. 1	7. 7
Cyperaceae										2. 4		1. 3	1. 4
<i>Salix</i>			1. 4	4	7	4. 4	1. 5	1. 0	0. 9	0. 8	0. 8	2. 6	2. 4
<i>Myrica</i>				4									
<i>Juglans</i>					7				0. 4	1. 9	2. 6		1. 0
<i>Pterocarya</i>			0. 9			3. 8	0. 5	0. 5	4. 1	0. 3	3. 9	2. 6	2. 9
<i>Carpinus</i>		0. 4	1. 4			0. 4			0. 4	0. 8	3. 4	1. 8	1. 9
<i>Corylus</i>						0. 4			0. 9	2. 4	3. 4	1. 8	1. 4
<i>Betula</i>	1. 8	0. 8	5. 2	4		10. 4	11. 1	6. 5	11. 4	2. 1	6. 0	5. 3	5. 8
<i>Ostrya</i>											0. 4	0. 9	1. 0
<i>Alnus</i>	1. 3		18. 0	30	35	10. 4	2. 1	3. 2	9. 1	11. 8	10. 3	7. 9	11. 1
<i>Fagus</i>			0. 5?		7	22. 8	10. 6	11. 4	17. 4	13. 4	17. 2	24. 1	17. 4
<i>Quercus</i>		0. 4?	4. 3	16	22	7. 1	12. 7	10. 3	13. 3	13. 1	23. 4	30. 4	28. 5
<i>Castanea</i>											1. 7	1. 3	1. 0
<i>Ulmus</i>						0. 4		0. 5		0. 5	3. 4	0. 9	1. 4
<i>Zelkova</i>													0. 5
<i>Magnolia</i> ?			1. 4										
<i>Rhus</i>												0. 4	
<i>Acer</i>						0. 4					1. 3	2. 6	1. 9

<i>Ilex</i>				8						1.7	0.4	1.4
<i>Tilia</i>	0.4		0.5	4		0.4				1.3	0.4	1.0
<i>Myriophyllum</i>			0.5							1.7	0.9	1.4
<i>Cornus</i>											0.9	
Ericaceae			1.4			0.9		2.7			0.9	0.5
<i>Fraxinus</i>			0.5									
<i>Lonicera</i>			0.5									
<i>Persicaria</i>			0.5									
Compositae	1.8	0.8	5.7	4	15					1.7	1.3	1.0
<i>Equisetum</i> ?	0.4											
Lycopodiaceae	1.8	0.8	1.8						1.8			
<i>Lycopodium</i> cf. <i>serratnm</i>	0.9											
<i>Osmunda</i>	0.4		20.4									
Polypodiaceae	23.2	11.6										
Spores										17.7	16.2	16.4
Total grains	230	240	211									

* Moors of Hachimantai lie in the subalpine coniferous forest zone.

** Also by Jimbo (1932, '36, '48) and Nakamura (1942, '49).

Moors of Mt. Hakkoda lie in the lower limit of the subalpine coniferous forest zone.

る *Fagus* や *Quercus* は比較的少い。針葉樹の花粉生産量がとくに多い点⁶⁾を考慮すれば、この花粉組成は広葉樹林帯から針葉樹林帯への移行帯もしくはその上部林相に当るらしい。これら試料にみられる下草は、一般に孢子植物、とくにウラボシ科とゼンマイが多く、キク科がこれらに次ぐ。

5. 古気候の推定

上述の花粉組成から古気候を推定するためには、現在のこの地方の林相と比べる必要がある。試料採取地の秋田県北部の低地の林相は、ブナを主体とする温帯広葉樹林であ

6) 樹木の花粉生産量比については次のような報告がある。Pohl (1937) によれば、: *Alnus* (17.7), *Pinus silvestris* (15.8), *Corylus* (13.7), *Betula* (13.6), *Picea* (13.4), *Carpinus* (7.7), *Quercus* (1.6), *Fagus* (1.0) の順。Müller (1937) は *Pinus* (6.0), *Abies* (1.0), *Picea* (0.9), *Fagus* (0.6) の順である。Steiberg (1944) によれば, *Betula* (8.0), *Pinus* (7.7), *Quercus* (1.8), *Picea* (1.1), *Fagus* (0.6) の順という。また, Iversen & Faegri (1950) は次の樹木が同面積を占めるときの検出花粉量比を *Pinus* (76.6), *Quercus* (13.0), *Fagus* (10.0), *Populus* (0) としている。

Table 3. 日本におけるヴュルム氷期の気候とその年代

氷河期区分	^{14}C -絶対年代 (B. P. 年)	地 層	古 気 候 (現在に 比べて)	著 者	気候推 定材料
主 ヴ ユ ル ム III (Wh 3)	10,400 $\pm$ 200	小坂軽石流堆積物(上部)	-5 $\sim$ -9 $^{\circ}\text{C}$	本研究	花粉
	12,000 $\pm$ 250	同上(中部)	-5 $\sim$ -9 $^{\circ}\text{C}$	"	"
	13,130 $\pm$ 230	前橋泥炭層	-6 $\sim$ -7 $^{\circ}\text{C}$	新井(1964)	"
	15,700 $\pm$ 390	吐中層(長野)	-5 $^{\circ}\text{C}$	小林(1960)	植物遺体
	15,800 $\pm$ 400	白滝第4段丘(北海道)	やや温暖	白滝団研(1963)	花粉
—17,000—					
主 ヴ ユ ル ム II (Wh 2)	17,300 $\pm$ 300	宇根泥炭層(埼玉)	(寒い)	堀口ほか(1965)	花粉, 植物
	17,500 $\pm$ 600	田黒含植物化石層(埼玉)	-3 $\sim$ -5 $^{\circ}\text{C}$	木野崎ほか(1963)	花粉, 植物, 珪藻
	20,000 $\pm$ 1,000	美々化石林(北海道)	(-4 $\sim$ -7 $^{\circ}\text{C}$)	石狩低地帯グループ(1961)	花粉
	21,430 $\pm$ 800	花泉層(岩手)	-5 $\sim$ -7 $^{\circ}\text{C}$	関東ローーム, 信州ローーム研究会(1962)	植物, 花粉
	28,070 $\pm$ 1,250 -1,100				
	23,800 $\pm$ 1,100	大槻扇状地堆積層(福島)	(寒い)	郡山研究グループ(1964), 鈴木(1962)	花粉, 植物
	25,400 $\pm$ 900	奈良含ミツガシワ草炭(今里草炭)	(")	Yamagata(1958) 粉川, 吉田(1964)	花粉, 植物
—25,000— パウドルフェル 間氷期 (Wh 1~2)					
主ヴユルム I (Wh 1)	26,000 $\pm$ 800	富田礫層(大阪)	(")	市原, 木越(1962) 市原(1960)	植物
	28,400 $\pm$ 1,800	塩田層(長野)	寒い	塩川グループ, 飯島(1964)	花粉
	28,770 $\pm$ 2,600	江古田(I)層	-10 $^{\circ}\text{C}$	Miki(1928), 島倉(1961), 小林(1962)	花粉, 植物
—29,000—					
ゲトワイゲ ル間永期 (Wv~h)	30,000 $\pm$ 1,700	甲津畑植物遺体層(滋賀)	寒	市原, 高谷(1965)	植物
	33,200 $\pm$ 4,100 -2,700				
	>33,000	小坂軽石流堆積物(下部)	-4 $^{\circ}\text{C}$ 内外	本研究	花粉
—44,000—					
古ヴユルム (Wv)	37,600 $\pm$ 3,400 -2,400	上町層基部(大阪)	寒	市原(1960), 市原, 木越(1962)	植物
—60,000—					

古気候の()は著者らの推定による。

る。この林帯やこれに近い針葉樹林帯にある東北地方の湿原の表層の花粉組成は、これらの林相を直接反映するものとみられる。Table 2 の右欄にはそのいくつかを示した。これらの組成をみると、温帯広葉樹の特徴種の *Fagus* をはじめ、*Quercus*, *Juglandaceae*, *Carpinus* などの広葉樹が多く、ほとんど針葉樹を上廻る。

これらと比べた場合、上・中部の花粉組成は明らかに、この地方では海拔 1,100 m から 2,000 m 付近までに現われる亜寒帯針葉樹林帯の組成を示し、下部のそれは上記のものより低い林相、恐らく針葉樹林帯と温帯広葉樹林帯の境付近もしくは針葉樹林帯の下部の組成らしい。

従って、高度による気温の低減率を $0.47 \sim 0.53^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (Hoshiai & Kobayashi 1957) とすれば、現在のこの地方の年平均気温に比べて、前2者は $5^{\circ} \sim 9^{\circ}\text{C}$ 後者は 4°C 内外低かったことになる。

6. わが国におけるヴュルム氷期における古気候とその絶対年代

わが国でこれまで ^{14}C による年代測定が行われた堆積物の花粉または大型植物化石による古気候の推定は、筆者の知る限り Table 3 のようである。

本研究に供した上部の泥炭試料の絶対年代は、これより若干古くなるが中部の12,000年B. P. よりは新しく中部のものとともに主ヴュルムⅢに属することは疑いない。この2試料の花粉組成にもとずいて推定された古気候は、従来の結果と矛盾しない。

下部 L-10 試料の古気候は、上の2試料のそれに比べてやや温暖的である。その絶対年代は33,000年 B. P. 以上とされ、その正確な年代はわからない。しかし、筆者の1人佐藤(1965)が推定したように、約4万年前とした場合、Göttweiger 亜間氷期に属することになり、その推定された古気候はむしろ満足すべきものである。

要 約

1) 十和田カルデラの第1期カルデラの形成に関係した小坂軽石流堆積物は、秋田県小坂町市街を標式地とする。この堆積物は砂礫層によって下・中および上部の3層に分れ、それぞれの直下には泥炭が横わる。

2) ^{14}C -年代測定と花粉分析は、これら3層の堆積物について行われたが、その試料は小坂町で得られ、その層準は年代測定の木炭が上部軽石流堆積物中のものであるほかは、すべて上中下の泥炭層である。

3) その結果は次のように示される。

上部：(a) 年代(年 B. P.)； $10,400 \pm 200$ ，(b) 氷期区分；主ヴュルムⅢ，(c) 花粉組成；亜寒帯針葉樹林，(d) 気候；寒冷(現在温帯広葉樹林帯にあるこの地方の年平均気温に比べ $5 \sim 9^{\circ}\text{C}$ 低い)。

中部：(a) $12,000 \pm 250$ ，(b) 主ヴュルムⅢ，(c) 亜寒帯針葉樹林，(d) 寒冷($5 \sim 9^{\circ}\text{C}$

低い)。

下部: (a) 33,000以上 (40,000と考える), (b) Göttweiger 亜間氷期, (c) 亜寒帯針葉樹林—温帯広葉樹林, (d) 冷涼 (4°C 内外低い)。

引用・参考文献

- 新井房夫 (1964) 前橋泥炭層の絶対年代と旧石器包含層の年代. 地科, no. 70, 37-38.
- 堀口万吉ほか (1965) 秩父盆地宇根泥炭層の絶対年代. 地科, no. 78, 39.
- Hoshiai, M. and Kobayashi, K. (1957) A theoretical discussion on the so-called "snow line" with reference to the temperature reduction during the last glacial age in Japan. Jap. Jour. Geol. Geogr., **28**, 61-75.
- 市原 実, 木越邦彦 (1962) 大阪付近の沖積層, 段丘堆積層から産出した泥炭, 木材の絶対年代. 地科, no. 58, 35-36.
- 市原 実 (1960) 大阪, 明石地域の第四紀層に関する諸問題. 地科, no. 49, 15-25.
- 市原 実, 高谷好一 (1965) 甲津畑植物遺体層の絶対年代. 地科, no. 76, 41.
- 井上 武, 峰屋可典 (1962) 十和田湖地形・地質調査報告書. 青森県.
- 石狩低地地帯グループ (1961) ウルム氷河期における北海道石狩平野美々化石林の古気候について. 第四紀研究, **2** (4~5), 196-204.
- Ishizuka, K. et al. (1957) Palynological studies of moors in the deciduous forest zone in Iwate Prefecture, Northeast-Japan. Ecol. Review, **14**, (3) 217-228.
- Jimbo, T. (1932) Pollen-analytical studies of peat formed on volcanic ash. Sci. Rept. Tohoku Imper. Univ., 4 ser., **7** (1), 129-132.
- 神保忠男 (1936) 八甲田山の泥炭及腐泥の花粉分析. 生態学研究, **2**, (1), 17-20.
- 神保忠男 (1936) 小蓮沼の研究 (Ⅲ), 湿源の生態学的研究Ⅷ. 生態学研究, **11**, (1-2) 1-6.
- 関東ローム研究会, 信州ローム研究会 (1962) 花泉層の堆積環境とその地質時代についてⅡ. 地科, no. 63, 10-18.
- 関東ローム研究グループ (1964) 田黒含植物化石層の絶対年代. 地科, no. **71**, 36.
- 木野崎千代子ほか (1963) 関東地方の第四紀植物群落 (その1) —埼玉県比企郡玉川村田黒産植物化石群—. 地質雑, **69**, 353-361.
- 木下亀城 (1931) 7万5千分の1地質図幅「小坂」および同説明書. 地質調査所.
- 小林国夫 (1960) 氷河時代の日本 (5). 自然, **15**, (11), 82-84.
- 小林国夫 (1962) 第四紀 (上).
- 粉川昭平, 吉田純一 (1964) 奈良盆地の含ミツガシワ草炭層の絶対年代. 地科, no. 73, 41-42.

- 河野義礼 (1939) 十和田火山の化学的性質について. 岩鉱, **22**, (6).
- 郡山研究グループ (1964) 郡山盆地西部に発達する大規模状地堆積層より産出した木材の絶対年代. 地科, no. 73, 37-38.
- 久野 久 (集成): 十和田湖の地質図. 十和田科学博物館蔵.
- Kuno, H., Ishikawa, T., Katsui, Y., Yagi, K., Yamasaki, M. and Taneda, S. (1964) Sorting of pumice and lithic fragments as a key to eruptive and emplacement mechanism. J. J. G. G., **35**, (2~4).
- 松野 正 (1961) 十和田・八甲田火山噴出物. 青森県農業試験場研究報告, no. 6.
- Miki, S. (1938) On the change of flora of Japan since the upper Pleistocene and the floral composition at the present. Japan. Jour. Bot., **9**, 213-251.
- 中村 純 (1942) 八甲田山の2, 3の湿原の花粉分析的研究—湿原の生態学的研究(VII). 生態学研究, **8**, (1), 18-29.
- 中村 純 (1949) 八甲田山谷地湿原の花粉分析的研究—湿原の生態的研究(XI). **12**, (3~4), 106-108.
- 大池昭二 (1964) 八戸浮石層の絶対年代. 地科, no. 70, 38-39.
- 佐藤博之 (1965) 秋田県小坂附近における十和田カルデラの軽石流堆積物 (要旨). 地質雑, **71**, 368.
- 島倉己三郎 (1961) 本邦新生代層の花粉層序学的研究V, 東京・横浜付近の第四系. 奈良学大紀要, 自然科学, **10**, (1), 23-35.
- 塩川グループ, 飯島南海夫 (1964) 塩田層の絶対年代. 地科, no. 75, 46.
- 白滝団体研究会 (1963) 白滝遺跡の研究. 18-19.
- Sohma, K. (1955) Pollendiagramme der Torfablagerungen von Hachimantai im Vergleich mit denen von Hakkoda. Ecol. Review, **14**, (1), 11-17.
- 杉原莊介 (1965) 先土器時代の日本. 日本の考古学 I, 2-25.
- 鈴木敬治 (1965) 植物. 日本の考古学 I, 47-58.
- 徳永重元 (1957) 下北半島北部目名および金曲泥炭層の花粉分析. 資源科学研究所集報, nos. 43~44, 92-100.
- 富田 達 (1930) 十和田湖の地質. 天然記念物及名勝調査報告, 地質鉱物之部, 第4輯, 1-25, 文部省.
- 八木健三, 杉山 力, 七崎 修 (1960) 軽石の密度—熔結凝灰岩生成機構についての考察. 火山, 2nd ser. **5**, (2).
- Yagi, K. (1962) Welded tuffs and related pyroclastic deposits in northeastern Japan. Bull. Volcanologique. **24**, 109-128.
- Yamagata, O. (1958) A palynological study of a *Menyanthes* bed from the Nara basin, Japan. Biol. Review, **14**, 327-328.