たいと思つて執筆した次第である。(1957年10月13日)

引用文献

6. Brocks, C. E. P. (1950) Climate through the Ages. p. 301.
7. Flint: R. F. (1957) Glacial and Pleistocene Geology. p. 484.
3. Murakami, T. (1951) On the study of the changes of Baiu Season. Jour. Meteor. Soc. Japan. **29** (5)
5. 志田 順 (1935) 気候の永年変化と東亜諸勢力の興亡盛衰. 科学知識 **15** (1, 2)
4. Wagner, A. (1940) Klimaänderungen und Klimaschwankungen. 58-66
1. Yamamoto, T. (1950) The secular change of the climate in Japan (I) Geophys. Mag. **21**; (1951) The secular change of the climate in Japan (II) Geophys. Mag. **22**
2. — (1957) On the climatic change in Japan. Proc. Japan Acad. **33** (8) : 468-473

花粉分析からみた後氷期の気候変遷

塚田 松 雄*

On the Climatic Changes of Postglacial Age in Japan, based on Four Pollen Analyses

Matsuo TSUKADA*

In this paper the changes of the forest and climate in the early Alluvial age are discussed, based on the pollen analytical results of the four main stations concerning this subject in Japan, i. e. Yashimagahara, Ozegahara, Hyotan'ike and Ebetsu. The results are as follows (cf. Tab.1, Figs.2,3) : in the increasing warmth period of the early postglacial age, it was 3°C lower than the present time in average temperature, while in the following maximum warmth period, the forest zone was 300-600m higher and it was 2°-3°C warmer than now. These climatic changes can be satisfactorily correlated with the results obtained so far by many authors all over the world. Considering many chronological data such as those by Blytt, Sernander, von Post, Godwin, Sears, Hansen, Deevey, Frey, Selling, Bertsch, Firbas, Straka, and Nakamura, it was concluded that in Japan the absolute age of the

boundary between the increasing and the maximum warmth periods was B. C. 6000-5500 years and the boundary between the maximum and the decreasing warmth periods was B. C. 2000-1000 years.

Moreover, the maximum warmth period may correspond with the period of sea-transgression in the early Holocene and the decreasing warmth period with that of regression. On the other hand, according to Ezaka and Nakano etc., the transgressive and regressive periods correspond to the Jhomon and Yayoi epochs respectively. Therefore, the boundary between Jhomon and Yayoi epochs can be presumed to be B. C. 2000-1000 years before. This conclusion is still more trustworthy, considering the results of C^{14} -dating of the canoe remains found at the Kamo and Kemigawa Jhomon sites.

花粉分析は過去の森林・気候の変遷を解くために、一つの有力な手段である。というのは、泥炭層・亜炭層・頁岩層・炭質粘土層内に遺体として残りやすい花粉は、各々の時代の flora に依存しており、ほとんど genus までの identification ではあるが、ある程度、量的な flora の変化をみることができる。この花粉分析が日本に紹介されてから約30年を経た今、多くの花粉分析の研究があり、特に氷期以後の自然地理的問題が解決されつつある。今回は日本の主要な四地点 (Fig. 1) の花粉分析から、後氷期以後の森

Fig. 1. Map showing four main localities of the peat deposits in Japan.

1 : Yashimagahara, 2 : Ozegahara, 3 : Hyotan'ike, 4 : Ebetsu.

林と気候変遷，それに関連した日本の後氷期の絶対年代，並びに縄文・弥生時代の関係について考察する。

日本の主要地点の花粉分析

1) 北海道・江別泥炭地 (Fig. 2-4) 札幌市より東方約 20km に位置する江別泥炭地においては、*Picea* は下層にみられず -300cm より表層に向つて常に低率ではあるが増加の傾向をたどる。*Abies* は *Picea* < *Abies* なる関係で *Picea* と同様な傾向である。*Pinus* は不規則に非常に低率で出現する。*Betula* は下層で約 3~8% の低率であるが、中層 (-220~-160cm) で約 30% という高率となり上層で少々低率となる。*Quercus* は下層において低率ながら *Betula* と同様な傾向をたどる。*Alnus* は下層において約 70% という高率で中層より急減する。屢々湿原形成の初期にヤチハンノキ、ハンノキが水辺に侵入していることがあり、その場合は花粉を湿原内に多量に散布するので、其の地点の気候的極相林と考えることはむずかしい。更に、*Fagus* の低率は下層時代から、その地帯にブナ森林が生育していなかつたことを示している。以上の結果から山崎は、石狩低地帯の沖積世初期には *Quercus-Alnus* 時代で、次に *Quercus-Betula* 時代を経て *Quercus-Betula-Abies* 時代に変遷したと考えている。即ち気候的には温暖から寒冷へと変遷したと考えられる。また黒松内低地帯の蕨岱泥炭層においても気候的に同様な変遷

Fig. 2. Synchronized main pollen diagrams from Japan. 1) Yashimagahara after S. Hori (1957). 2) Kamitashiro, Oze after J. Nakamura (1951). 3) Hyotan'ike, Shiga *

をたどる。

3) 尾瀬ヶ原湿原 (Fig. 2-2) 群馬県, 福島県, 新潟県に跨がる尾瀬地方 (標高1400m) の数ヶ所の花粉分析研究が, 堀, 中村, 尾木等により報告されている。またここで述べる中村の分析結果は, 本州, 四国, 九州の花粉分析の時代決定に対する標準花粉分布図ともなっている。

* Kogen after M. Tsukada (1957). 4) Ebetsu, Hokkaido after T. Yamazaki (1951). Pi : *Picea*, P : *Pinus*, A : *Abies*, T : *Tsuga*, B : *Betula*, F : *Fagus*, Q : *Quercus*, U : *Ulmus*, Al : *Alnus*.

Pinus は下層よりかなり高率で下層上部で少々衰退するが上層で急増する, *Picea* は下層で約10~20%の高率で中層においては *Picea* 森林が存在したとは考えられないほどの低率となり, 上層, 表層では約5%の少々増加がみられる. *Abies* も全層を通じて全く同様な変遷をたどり, 特に下層では *Picea-Abies* 森林が繁茂していたと考えることができる. *Betula* は基底部で, 最も旺盛を極め以後次第に衰退して現在にいたっている.

Betula とは逆に, *Fagus* は基底部で, 欠いているが, その上部で高率に出現し, 再び急減する. 下層上部から急増して以後中層を通じて高率(約30%前後)となり, 更に上層に向うにしたがつて衰退の傾向がみられる. *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Pterocarya* 等の変遷も, *Fagus* と同様に中層で最盛期をみる. 以上の結果から中村は最下底部で *Betula* を優占種として, *Pinus*, *Abies*, *Tsuga*, *Picea* 等を混じた針濶混淆林, 中層で *Fagus-Quercus* の濶葉樹林, 更に上層では針葉樹林の漸増の傾向がみられ現在にいたっている. 即ち気候的に現在よりも少々寒冷な時代より更に温暖な時代を経て, 現在の少々低温な時代に至っていると推論している. またこれを基礎として, 下部より RI, RI-II, RII, RIII と時代区分し, L. von Post の時代区分の考えと一致すると結論している.

3) 八ヶ島原湿原 (Fig.2-1) 諏訪市の東北約 8km に位置する八ヶ島原泥炭層(標高 1650m)は, 群馬郡の大峯沼湿原(層深 860cm)について厚いものである. *Pinus* は下層で少々高率(約20%)であるが以第に減少して-470~-390cm で再び約20%に増加する. -380~-230cm では約10%の低率で上層で急増して50%以上になる. *Picea* は下層で約53%の高率で出現するが次第に減少して中層(-410cm~-320cm)で急増し, 上層に至るにしたがつて非常に低率となる. *Abies* は殆んど *Picea*>*Abies* なる関係を保ち乍ら *Picea* と同様な変遷をたどる. *Tsuga* は下層では高率(26%)であるが, 中層では急減して, 中層上部で再びかなり高率(約10%)のまゝ表層にいたる.

Fagus は -300~-500cm でかなり高率を示し, 上層並びに下層で低率を示している. 又 *Betula* も *Fagus* と同様な傾向を示している. *Ulmus* は下層では低率で-630cm で急増して, -400cm から表層に向うにしたがつて漸減する. *Quercus* は *Picea*, *Abies* とは全く逆の経過をたどり, *Picea*, *Abies* の減少とともに非常に優占的になる, 以上の結果から堀は, 八ヶ島原泥炭層の下層から下部 *Picea* 時代(-805~-410cm), 下部 *Quercus* 時代(-640~-410cm), 上部 *Picea* 時代(-410~-310cm), 上部 *Quercus* 時代(-310~-100cm), *Picea* 時代(-100~0cm)となり, 気候的には寒冷, 温暖, 寒冷, 温暖を経てかなり温暖へと変遷したと結論している.

4) ひょうたん池 (Fig.2-3) 最後に長野県志賀高原のひょうたん池(標高1760m)の結果について述べると, *Pinus* は下層で低率を維持しながら上層でやゝ増加し, 花粉分析の結果からみた本州以南の日本的傾向である. これは農耕文化の発達のための裸地帯に群落遷移の必然的結果としてアカマツの増加をみたのである. ちなみに三木(1957)は大型遺体についても, 現在から過去を通じて湿潤気候のため, 日本における過去の *Pinus* は局部的に生育しており, アカマツは最近の増加であると結論している. *Picea* は下層で殆んどみられず, 中層上部で増加し表層で減少傾向を示す. *Tsuga*, *Abies* も *Picea* とほぼ同様な傾向をたどる. この際 *Tsuga* は常に優占種として存在する. *Betula* も下

層から漸増の傾向をたどる。 *Fagus* は逆に下層で高率を示し、上層にいくにしたがつて低率となる。 *Quercus*, *Ulmus*, *Pterocarya*, *Carpinus* は程度の差こそあるが、 *Fagus* と同様な経過をたどる。

したがって他の花粉分布図と対比して沖積世中期からの堆積物と考えるべきで、下層から落葉潤葉樹時代、針潤混森林時代を経て上層は針葉樹時代となる。すなわち気候的には温暖期から減暖期へと経過する。

後氷期気候変遷の問題 とその結論

上述の四地点の結果から後氷期の気候変遷に次のような二つの相違点がある。

1. 北海道では沖積世初期に寒冷気候支配下になく、本州の尾瀬ヶ原、八島ヶ原において寒冷気候支配下にあつたこと。

2. 八島ヶ原では沖積世末期すなわち上部 *Quercus* 時代 *Pinus* 時代は温暖或いはかなり温暖であるのに対して尾瀬ヶ原では減暖的傾向であること。

すなわち泥炭層の厚さは江別が420cm、蕨岱（北海道）110cm、八島ヶ原 805cm、尾瀬ヶ原約500cmで、蕨岱<江別<尾瀬ヶ原<八島ヶ原の順序となる。しかるに湿原植物の生産量に関係ある湿量指数（以下W. I. と記す）は、江別 67°, 蕨岱 69°, 尾瀬ヶ原 49°, 八島ヶ原 46°, 蕨岱>江別>尾瀬ヶ原>八島ヶ原となり全く逆である。湿原泥炭層の堆積速度は、*Sphagnum*, *Carex* 等の生産量と関係して W. I. 80° 以上では W. I. が小になればなる程、その生産量は小になる。したがって泥炭堆積速度も遅い。故に江別・蕨岱泥

Fig. 3. Climatic changes in Central Europe (1) and Japan (2).

炭層を沖積世初期からの堆積物と考えること自体に無理があり、中村、堀、宮井、塚田の温暖期(III)から堆積が開始されたと考えるならば、気候変遷は北海道・本州は共に一致し、また合理的である。

また前述の如く表層では *Pinus* の急増をみる。この気温の相違は尾瀬ヶ原と八島ヶ原の間の *Pinus* の考え方の相違に基因する。前者は *Pinus* をヒメコマツ、ハイマツの花粉と見做し、後者はアカマツの花粉と見做したからである。尾瀬ヶ原周辺にはアカマツが分布しているので表層の *Pinus* はアカマツとも考えられる。

しかし軟松と硬松との識別は困難であるが詳細に観察すればできないことはない。又若しアカマツが増加したとしても、前述の如く人間干渉が考えられるから、気候推定は困難であり、この問題は今後にゆずることにする。然し、RIII初期は尾瀬ヶ原、ひょうたん池、八島ヶ原、其の他の日本各地の花粉分析結果で減温暖現象はみられる。

上述のことを考慮し、現在を基準として気温を推定してみよう (Fig. 3)。

後氷初期の気温をみる前に氷期の気温を一応知る必要がある (小林国夫・星合誠, 1952, 地球科学 21 参照)。それについては三木がチヨオセンマツを中心として今より $-7.4^{\circ}\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 低温であつたと推定している。Würm 氷期・晩氷期を経て後氷期初期は Firbas が中央ヨーロッパの Oberharz (標高約800m) で森林限界が 200—300m 下降していた様な寒冷気候であつたと結論している。日本でも前述の如く寒冷気候下で八島ヶ原の花粉構成は *Ficea* > *Abies* の関係で、南樺太北部低地帯

Years	Classification & Climate (Blytt-Sernander)	Central Europe
+1000	Recent (warm & dry)	X Culture, utilized forest
B. C.	Subatlantic (cool & very wet)	IX <i>Fagus</i>
-1000	Subboreal (dry, warm & continental)	VIII
-2000		QM - <i>Fagus</i>
-3000	Atlantic (warmer, wet & oceanic)	VII QM
-4000		VI
-5000		QM
-6000	Boreal (warm, dry & continental)	V <i>Corylus-Pinus</i>
-7000		IV <i>Betula-Pinus</i>
-8000	Preboreal (subarctic)	
-9000	Arctic	III <i>Betula-Pinus</i>
-10,000		II <i>Betula-Pinus</i>

Table 1. Postglacial pollen chronology

並びに北海道大雪山地帯標高約 800m の表面花粉構成状態に非常に類似している。その結果から気温を推定すると -3°C 低温であつたことになる。この寒冷気候は北アメリカ (Sears 1942, Hansen 1947, Dæveey 1948), ハワイ諸島 (Selling 1947), 北半球・南半球の花粉分析結果が裏付けている。これに続く温暖期は志賀高原地帯の花粉分析結果

British Isles	Pacific coast of North America	Sweden etc.	Japan	
			Hyotanike & Oze	Yashimagahara
VIII <i>Alnus-Quercus- Ulmus-Betula- (Fagus)</i>	IV Cooler & More Moist	III Decreasing warmth <i>(Fagus-Picea)</i>	R III Decreasing warmth <i>(Tsuga-Picea- Abies)</i>	Rather warm <i>(Pinus)</i>
VII - VIII Transition				Warm Upper <i>Quercus</i>
VII <i>Alnus-QM</i>	III Maximum warmth & Dryness	II Maximum warmth <i>(QM)</i>	R II Warm <i>(Quercus-Fagus- Ulmus-Pterocarya)</i>	Cold ? <i>(Upper Picea)</i>
				Warm <i>(Lower Quercus)</i>
VI <i>Pinus-Corylus</i>	II Increasing warmth & Dryness	I Increasing warmth <i>(Betula-Pinus)</i> <i>Dryas flora</i>	R II - RI Transition	Cold ?
V <i>Pinus</i>			RI Cold <i>(Betula-Picea- Pinus)</i>	Cold <i>(Lower Picea)</i>
IV <i>Betula-Pinus</i>				
III Tundra			?	?
II <i>Betula</i>				

for Europe, North America and Japan. QM : *Quercus*, *Ulmus*, and *Tilia*.

から森林帯が少なくとも今より 300—600m 相対的に上昇していたと見做すことが出来る。即ち今より 2° — 3°C 温暖であつたと考えられる。

この推定は中村が八甲田で 200m, 芳ヶ平で 200—300m, 尾瀬ヶ原で 200—300m, 宮井が霧島で 300m 今より森林帯が上昇していたという報告によつても裏付けられる。Firbas (1948, 1949)はこの時代に相当する VIII の時代に Siesn 山脈や他の中央山脈で森林限界が今より 200—300m 上昇し, 又アルプスの北側で *Picea* 帯が 100—200m 上昇していたと推定している。大体ヨーロッパでは 2.7°C 高温であつたことが認められている。von Post (1931, 1946), Godwin (1940), Sears (1942), Hansen (1947), Deevey (1948), Selling (1948) 等もこの考察を世界各地で認めており, 最上層である減暖期もまた世界的傾向である。

絶対年代と縄文・弥生時代との関係について

この寒冷→温暖→減暖へと気候の変遷は後氷期の世界的傾向である。この絶対年代につき, Blytt, Sernander のスカンジナビア半島での確立, その後 Bertsch, Firbas, Hansen, Godwin, Frey, von Post 等が花粉分析と共に絶対年代を確立している。この変化の事実と泥炭中の火山灰と泥炭の比重から堀によつて得られた泥炭堆積速度, また八島ヶ原(堀), 尾瀬ヶ原(中村), ひょうたん池(塚田)の花粉分析結果を考察し既知の絶対年代に照合し日本の時代を推定すると, それぞれ RI と RII の境界は, B. C. 6000—5500 年前, RII と RIII の境界は B. C. 2000—1000年となる (Table 1)。この RII (温暖期)は東京湾沿岸で江坂等によつてよく調べられている海進の時代に相当し RIII (減暖期)は海退の時代に恐らく相当する。したがつて縄文時代と弥生時代の境界は B. C. 2000—1000年頃である。これは縄文前期の丸木舟破片 (房総半島丸山川支流の加茂遺跡出土)についてミシガン大学の測定により B. C. 3145 ± 400 年, 又縄文晩期と思われる丸木舟破片 (千葉県検見川低地出土)は Libby によつて B. C. 1122 ± 180 年と測定されていることとかなりよく一致する。

要 約

日本における主要四地点の花粉分析結果から後氷期の森林・気候変遷を論じた (Fig. 2) その結果. 下層より, 寒冷期は今より -3°C 低温, 温暖期は今より 2° — 3°C 温暖であつた (Fig. 3) 更に世界各地の花粉分析結果と対比した時日本でも同様な気候変遷がみられる。堀の泥炭堆積速度, Blytt-Sernander の時代決定, ヨーロッパ, 北アメリカ等の花粉分析の資料を考慮して, 寒冷期と温暖期の境界, 温暖期と減暖期の境界の絶対年代につき Table 1 の如く整理した。前者は 6000—5500年, 後者は B. C. 2000—1000年となる。

この温暖期は東京湾の海進時に, 減暖期は海退時に対比され, 縄文と弥生時代の境界は B. C. 2000—1000頃となる。尚 C^{14} による縄文晩期及び縄文前期の丸木舟の破片の測定は, 前者が B. C. 1122 ± 180 年, 後者が B. C. 3145 ± 400 年となり略々一致する。

終りに臨んで, 御指導並びに御校閲をいただいた三木茂教授・上野実朗助教授, 温量指数の算出をいただいた吉良竜夫教授, 並びに中村純教授, 高田英夫助教授, 栗原春信助教授, 市原実講師, 粉川昭平助手の御指導・御助言に対して衷心より謝意を表する。

文 献

1. Andersen, Th. S. (1954) A late-glacial pollen diagram from southern Michigan, U. S. A. Dan. Geo. Undersøgelse II, 80.
2. Bertsch, K. (1953) Geschichte des deutschen Waldes, Jena, 124 S.
3. Erdtman, G. (193) An introduction to pollen analysis.
4. Firbas, F. (1949) Spät-und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Erster Band : Allgemeine Waldegeschichte. Jena, 480 S.
5. Frey, D. G. (1951) Pollen succession in the sediments of Sigletary lake, North Carolina. Ecol., 32 (3).
6. — (1953) Regional aspects of the late-glacial and post-glacial pollen succession of southeastern North Carolina. Ecol. Mono., 23.
7. Godwin, H. (1934) Pollen Analysis. An outline of the problems and potentialities of the method. New Phyt. 33 (5).
8. — (1939) Studies of the post-glacial changes of British vegetation, III Fenland pollen diagrams, IV Post-glacial changes of relative land- and sea-level in the English Fenland : Phil. Trans. B. 230.
9. Hansen, H. P. (1947) Climate Versus Fire and soil as factors in post-glacial forest succession in the Puget Lowland of Washington. Am. Jour. Sci. Trans. B. 245 (5).
10. — (1950) Pollenanalysis of three bogs on Vancouver Island, Canada. Jour. Ecol., 2.
11. 堀正一 (1938) 信州八島ヶ原高層湿原の花粉分析の研究. 生物地理報 8 (9).
12. Hori, S. (1957) Pollen analytical studies on bogs of Central Japan, with special references to the climatic changes in the Alluvial age. Jap. Jour. Bot. 16 (1).
13. 藤岡謙二郎 (1955) 先央地域及び都市域の研究.
14. 井関弘太郎 (1956) 沖積世の地盤変動とユースタシー. 地理評 29 (10).
15. Jørgensen, S. (1954) A pollen analytical dating of Maglemose Finds from the Bog Amosen, Zealand. Dan. Geo. Under. II, 80.
16. 粉川昭平・吉田純一 (1956) 奈良盆地底部の含ミツガシワ草炭と弥生式文化層との関係. 日本地質学会関西支部報. 32.
17. Nakamura, J. (1952) A comparative study of Japanese pollen records. Res. Repts. Kochi Univ. 1 (8).
18. — (1954) Photomicrographs of fossil and modern pollen grains with some notes. (1) Ibid. 3, (17).
19. — (1951) 尾瀬ヶ原湿原の花粉分析 (1) 上田代湿原 生態報 1 (1).
20. Miki, S. (1956) Remains of *Pinus koraiensis* S. et Z. and associated

- remains in Japan. Bot. Mag. 69, : 820-821.
21. 三木茂 (1957) 遺体からみた邦産マツ科植物について. 第22回日本植物学会大会講演.
 22. Selling, O. H. (1948) Studies in Hawaiian pollen statistics. Part 3. On the late Quaternary history of the Hawaiian vegetation. B. P. Bishop Mus. Spec. Publ. 39.
 23. Straka, H. (1952) Zur spätquartären Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. Arb. Rhein. Landeskd. H. 1. Bonn.
 24. — (1956) Die pollenanalytische Datierung von jüngeren Vulkanausbrüchen. Erdkunde, Arch. wiss. Geog. 10 (3).
 25. 芹沢長介 (1956) 縄文文化. 日本考古学講座 3.
 26. 塚田松雄 (1952) 志賀高原地帯の湿原の花粉分析 I 生態報 2 (4).
 27. — (1953) 志賀高原ひょうたん池の花粉分析. 第22回植物学会大会講演.
 28. 山崎次男 (1951) 花粉分析法による南樺太及北海道の森林並に気候の変遷に関する研究. 京大農演習林報告 21.

静岡県引佐郡井伊谷村産象乳歯化石について

高井 冬二*・鹿間 時夫**・
井上 正昭***・長谷川 善和**

On Fossil Milk Teeth of Elephant from Iinoya-mura, Inasa-gun, Shizuoka

Fuyuji TAKAI*, Tokio SHIKAMA**, Masaaki INOUE***,
and Yoshikazu HASEGAWA**

In the spring of 1955 a lower jaw of both sides with third milk molar was excavated from a fissure deposit of Kawai limestone quarry at Yage, Iinoya-mura, Inasa-gun, Shizuoka Prefecture. Judging from the occurrence of *Palaeoloxo don namadicus naumanni*, having been described about thirty years ago from the Sahanma shell beds, it seems to be probable that this material must belong to the above subspecies, one of the most common subspecies in the Japanese Pleistocene. As the occurrence of milk teeth is the first example in Japan, they are described here. The geological age of the fissure deposit is considered to be the late Pleistocene (J_2) and not to be the latest (J_3).

*東京大学理学部地質学教室 Geol. Inst., Fac. Sci., Univ. Tokyo

**横浜国立大学文学部地学教室 Geol. Inst., Fac. Lib. Arts, Yokohama Natl. Univ., Kamakura

***三菱鉱業株式会社生産部 Mitsubishi Mining Co., Tokyo