歴史の流れに沿う日本とその周辺の気候の変遷

山 本 武 夫

On the Climatic Change Along the Current of Historical Times in Japan and Its Surroundings

By

Takeo YAMAMOTO

The climate of Japan is chiefly influenced by the Far East monsoon in winter and summer. The cold air current originated in the Siberian High causes the winter air temperature to fall in Japan. The summer temperature, on the other hand, rises due to the intensity of the air current from the lower latitude revolving the North Pacific High.

The correlation of the yearly data of winter (D. J. F.) temperatures at Sakai in Sanin District in Japan with the pressure differences between Irkutsk, Siberia and Nemuro, Hokkaido, which is taken as an index of the monsoon strength in winter, is shown as an example in Fig. 1 (A). The distribution of correlation coefficients thus computed as of January is shown in Fig. 2 (A). In the case of summer, the similar relations are found between air temperatures in Japan and the pressure differences; that is, that of the Pacific side of Japan minus that of the eastern part of Siberia. (Fig. 1 (B), Fig. 2 (B))

The decadal means of winter (D. J. F.) air temperatures in the south-western part of Japan change in parallel with those of the summer (J. J. A.) air temperatures in the north-eastern part of Japan, indicating the regular rhythm of alternating spells of the monsoon strengths in the Far East. (Fig. 3)

The ten-year running means curve of the January air temperatures at Wakayama and Nagasaki, Japan, proves the parallel change with those of Sable Island and St. Johns in the north-eastern part of the American Continent. (Fig. 4)

The geographical pattern of ten-year change of January temperatures from (1938-1947) to (1948-1957), those during that of cold winter and warm winter periods in Japan, is shown in Fig. 5 (C), where we find the cold in the central Asia and the central part of the American Continent, and the heat in the eastern and western sides of the Eurasian and the American Continents. The same results are to be found of the other periods, that is to say, (1928-1937) — (1918-1927), and (1901-1910) — (1918-1927). (Fig. 5 (B) (A))

As seen in Fig. 6, the winter (D. J. F.) pressures at Nemuro, an important factor concerning the winter monsoon strength closely correlate with the differences of 500 mb. height, $[(30^{\circ}\text{N}, 150^{\circ}\text{E}) - (55^{\circ}\text{N}, 150^{\circ}\text{E})]$, where the stream lines of the mean upper air flow tend to be confluent after passing over the Asian Continent and the Japanese Islands.

The mean sea level winter (D. J. F.) pressure charts averaged every ten-years, referring

to the weaker or stronger periods of the Far East monsoons are shown in Fig. 7 (A) (B) (C) (D) (E) (F), which, shows that, corresponding to the weaker monsoons, the low pressure in the North Pacific is remarkably shallow and the low pressure in the North Atlantic also appears to have the same tendency, and vice versa. Summarizing the above mentioned results, it is concluded that the strengths in winter and summer monsoons averaged for ten years change with regularity, depending on the variation of flow patterns of the westerlies around the whole globe.

Turning back to Fig. 3, in which the winter and summer temperatures prove a long-period steady rising trend, at the ratio $0.74^{\circ}\text{C}/\text{century}$ in winter and $0.46^{\circ}\text{C}/\text{century}$ in summer, which are found to be in accordance with the results investigated by Mitchell and others throughout the world.

According to the "Setsuyo-Kikan", (strongness in Settsu-province), the extraordinary severe winters, in which it was so cold that the River Yodo, rising from Lake Biwa, the biggest in Japan, and flowing into Osaka Bay, froze in Osaka ($34^{\circ} 39'\text{N}$, $135^{\circ} 32'\text{E}$) and its vicinity on the level land of the Osaka plain, had been experienced successively frozen in the years of 1813, 1822 and 1824 around A. D. 1820, which is coincident with the minimum part of the sea level curve established by Van Veen for the recent 250 years. (Fig. 8)

Another weather journals and old documents confirm the fact. For instance, according to the "Inpu-Nenpyō", written by M. Okajima, a "Samurai" in the Tottori Clan, a record-breaking cold winter attacked Tottori district and Lake Koyama and the seashore near Yonago town were thickly frozen in the year, A. D. 1813.

The "Setsuyo-Kikan" says that during several days from Jan. 10 to 13 in 1824, strong northerly winds had been blowing and the rivers packed by ice. The ship transportation between Osaka and Kyoto was entirely blocked,.....

While on the other hand, according to the "Inpu-Nenpyō", on Jan. 7 in 1824, 1 meter deep heavy snow covered the ground accompanied with the bitterest cold ever experienced since the winter of 1813.

The greatest famines ever experienced in the recent period of Japanese history had occurred during the epochs of Tenmei (A. D. 1782 -- A. D. 1787) and Tenpo (A. D. 1833 -- A. D. 1839) around the severest winter period in Japan, which took place in predominantly cooler and pluvial climate of summers.

My opinion is, herewith, that the secular rising trend of winter and summer temperatures in the recent Japanese instrumental age (Fig. 3) is to be connected with so called "Little Ice Age" in the early 19th century.

The phenomenon of freezing rivers and lakes on the level lands in the middle and southwestern parts of Japan (35°N south) is at present an extraordinary event on record.

It sometimes happens that, however, very rarely, Lake Biwa is frozen locally along her shores in considerably large area (Feb. 3, 1936, Jan. 24, 1963 and Jan. 17, 1967).

The climatic preliminary conditions which causes the freezing of Lake Biwa make it necessary that uncommonly cold days should continue before freezing for so long a time as to reduce the monthly mean temperatures. The frequency curves of the January monthly mean air temperatures at Osaka and Hikone near the shore of Lake Biwa are shown in

Fig. 9.

The probabilities that the January monthly mean air temperatures (θ) is lower than 1°C have been calculated: $P_1 = \frac{1}{22}$ for Hikone, $P_2 = \frac{1}{1053}$ for Osaka.

In order to explain the successive occurrences of freezing of the River Yodo in the early 19th century, the mean condition of January air temperatures at that time is presumed to be about 2°C lower than at present. The presumption is based on the following calculation to elevate the probability of P_2 to $\left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}\right)$.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} e^{-t^2} dt \right\} &= \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10} & \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} e^{-t^2} dt &= 0.6 \sim 0.8 \\ \tau = \frac{\Delta\theta}{1.46} &= 0.596 \sim 0.906 & \Delta\theta = \frac{(4.2-x)-1.0}{1.46} &= 0.596 \sim 0.906 \\ 3.2-x &= 0.9 \sim 1.3 \\ x &= 2.3^{\circ}\text{C} \sim 1.9^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

The presumption of 2°C for the lowering of mean January air temperatures seems to be compatible with the results of Manley for England air temperatures (Fig. 10) and of Goldthwait for Alaskan glaciers.

The 11-year running mean curves of the numbers of rainy days and of the amount of precipitations in the early summer (May, June) at Seoul in Korea, referring to that of the sunspot relative numbers, are shown in Fig. 11, in which the Korean precipitation curves prove their minimum parts at the beginning of the 19th century, indicating the most intense activities of the Okhotsk Air Mass over the Japan Sea.

On the contrary, the summer climate in Japan seems to be rainy and pluvial at that time, which is due to the fact that the frontal activity along the Japan Islands which is formed between the subtropical air mass and the Okhotsk Air Mass became so much intensive according to the strong southwards advance of the latter.

Genpaku Sugita, a famous Japanese physician who was influenced by Western medicine, wrote in details about the long series of heavy rain accompanied by a disastrous flood at Edo (Tokyo) in the year of 1786. He says that the flood was by far greater than that of 1742 and the greatest since the first Shogunate Yeyashu Tokugawa moved his headquarters to Edo from Mikawa province (now Aichi-ken) in the year of 1590.

The River Saba in Yamaguchi-ken has been so much widely flooded nine times during 336 years since 1616 to now, that is to say, 1728 July 15-17, 1744 July 8-10, 1796 Sept. 12, 1828 July 7, 1840 July 30, 1850 July 7, 1919 July 11, 1951 July 9-10. It must be noticed that more than half of those nine floods occurred intensively about the period of a hundred years centering around A. D. 1800.

The climate of so called "Japanese Little Ice Age" in the early 19th century is therefore characterized as cold and snowy in winter; cool, rainy and pluvial in summer, suggesting that the Japanese climate has been principally alternating the general features of [cold-wet] and [warm-dry].

As shown in Fig. 12 and Fig. 14 the cherry tree full bloom dates in the ancient diaries prove the close correlation with the percentage ratio of the rain days to the whole precipita-

tion days from November to March. (henceforth "snowy days ratio")

The flowering seasons of cherry trees, as is well known, are strongly influenced by the warmth of the previous winters. It is concluded therefore that the "snowy days ratio" so closely related to the cherry tree full bloom date is entitled to be a reliable index for the heat and cold during the cold seasons.

As indicated in Fig. 13, the freezing date of Lake Suwa arrives so early in the first half of the 15th century, compared with the whole period of records, which chronically coincides with the "Paria Emergence" centering around A. D. 1450 in the eustatic curve established by Fairbridge. From the various historical documents on weather and climate at that time, it is concluded that the climate in that period is remarkably severer than at present.

The mean freezing date of Lake Suwa change its progress from the beginning of the 15th century to the early 16th century, in good accordance with the change of the "snowy days ratio" in the old diaries.

Mean First Freezing Date of Lake Suwa			"Snowy Days Ratio"		
1397, 1444-1460	n=17	Jan. 2.8	1416-1444	Kanmon-Gyoki	0.332
1401-1500	n=40	Jan. 7.5	1474-1499	Sanetakako-ki (first half)	0.296
1501-1533	n=24	Jan. 4.9	1503-1533	Sanetakako-ki (second half)	0.329

It is generally accepted that the climate in the north Atlantic Ocean near Greenland was exceedingly warmer than today during the 10th century.

The "snowy days ratio" in the ancient diaries at Kyoto in those days is much lower than that of the 15th century shown in Table 6. (i) (ii) (iii).

The secular changes of "snowy days ratio" for the five hundred years from the late 10th century to the early 16th century are compared with that of air temperatures in England presented by Lamb and his colleagues in Fig. 15, in which found fairly good agreements as to the tendency of the two curves in both countries, though the author himself had published these results in the symposium on Feb. 24 in Tokyo, before Lamb's paper came in hand.

The scale of temperature in Fig. 15 is prepared as followings.

The relation of the "Snowy Days Ratio" (P) with the cherry tree full bloom date (D) (Fig. 12)

$$\frac{\Delta D}{\Delta P} = 0.6 \text{ Days/\%} \dots \dots \dots (1)$$

The relation of the cherry tree full bloom date (D) at present with Feb. Mar. mean air temperatures ($\bar{\theta}$) at Kyoto, whose correlation coefficient is $R = -0.71$ (1909-1932, $n=24$)

$$\frac{\Delta D}{\Delta \bar{\theta}} = 2.6 \text{ Days/}^{\circ}\text{C} \dots \dots \dots (2)$$

from (1) and (2)

$$\frac{\Delta P}{\Delta \bar{\theta}} = 4.3 \text{ \%/}^{\circ}\text{C}$$

I. はじめに

C.E.P. Brooks のよく知られている著書に “Climate through the Ages” というのがある。私はそれをひもとくたびに “through” という語の心にくいまでの切れ味は感嘆の念を禁じえない。言霊の幸はわが国に生まれたはずの私の乏しい語彙の中には、この “through” の一語に匹敵するほどの言葉を見いだすことがむずかしいからである。もう 20 年も昔のことであるが、私はそのころまでの数十年間の日本の気象観測資料を調査して、いろいろの気象要素の 10 年程度の平均値の変動に規則性のあることを確信して、“観測時代における日本の気候に変化しつつあるか” という小論文¹⁾を発表した。その一連の仕事は、欠点だらけのまことにはずかしいものであるが、以来多忙の歳月が私の身の上にも流れる一方、そのとき見いだした変動の規則性は少しもその歩調を変えず今日に至っていることを思うと、やや感慨なしとしない。その歳月の間に、この方面の学問の研究にも駸々とした進歩が見られ、多数のすぐれた業績が蓄積されている。明治百年ということが盛んに言われるこのごろであるが、日本の気象観測時代はその 100 年には満たず、80 年ないし 90 年といったところである。

この観測時代の気候の変動については、その機構や原因については多数の未解決な問題があるが、少な

第 1 図 日本の気温と日本列島周辺の気圧配置の関係の一例

- (A) 境の冬季(12月, 1月, 2月)気温と[Irkutsk-Nemuro]の気圧差
- (B) 筑波山の夏季(6月, 7月, 8月)気温と[Hachijo-jima-Vladivostok]の気圧差

Fig. 1 Examples of contemporary relations of air temperatures in Japan with pressure distributions around the Japanese Islands.

- (A) Winter (D.J.F.) air temperatures at Sakai (35°33'N, 133°14'E) and winter pressure differences; Irkutsk (52°16'N, 104°19'E) — Nemuro (43°20'N, 145°35'E)
- (B) Summer (J.J.A) air temperatures at Tsukuba-San (36°13'N, 140°06'E, 868.6 M) and summer pressure differences; Hachijo-jima (33°06'N, 139°47'E) — Vladivostok (43°07'N, 131°54'E)

くともその変動の実態については議論の余地はない。一方、地質時代の気候の変遷に関する研究については、花粉分析や海水準の昇降の研究や C^{14} 法的应用等により、この方面に近來飛躍的な長足の発展が見られつつあることは何人も首肯するところであろう。ところが $10^4 \sim 10^5$ 年の地質時代と 10^2 年程度の観測時代との中間に介在する 10^3 年程度の歴史時代の気候の移り変わりにについては、確固たる定説が樹立されているとは言い難いのである。すべての自然現象はそれぞれの time scale に対応した機構なり原因なりを持つものである。同じ海面の昇降現象であつても、週期 1 分たらずの波浪によるものとその 10^3 倍程度の週期を持つ潮汐現象とでは、発成の機構も原動力もおおの違つたものなのである。気候変動の研究についても同様のことが言えるのであろう。10 年程度の周期の変動の結論をもつて、1,000 年程度の周期の変動現象を論ずるわけにはいかない。しかしそれかといつて事実がいちばんよく確かめられているのは最近の観測時代なのである。われわれはまず観測時代から出発し、その範囲で得られるかぎりの事実を確かめよう。歴史的過去に向かつて用心深さかかひのぼることにしよう。

第 2 図 日本の気温と日本列島周辺の気圧配置との同時相関係数の分布

(A) 1 月気温と 1 月気圧差 (Irkutsk-Nemuro) 1886~1950, $n=65$

(B) 7 月気温と 7 月気圧差 (Hachijo-jima-Shikka) 1908~1944, $n=37$

Fig. 2 Distributions of contemporary correlation coefficients of air temperatures in Japan and its surroundings with pressure distributions around the Japanese Islands.

(A) January air temperatures and January pressure differences ;
Irkutsk-Nemuro (1886~1950, $n=65$)

(B) July air temperatures and July pressure differences ;
Hachijo-jima-Shikka (49°13'N, 143°06'E)
(1908~1944, $n=37$)

II. 日本の観測時代の気候変動

われわれの国土は、ユーラシア大陸の東縁に長く連なる列島群より成り、冬季は大陸からの寒気流にさらされ、夏季の気候は北太平洋高気圧の縁辺をめぐる気流によって運ばれる熱量や水蒸気量の影響下に置かれる。日本の気候のこのような季節風性格は、すでによく知られていることであるが、具体的に理解していただくための一例として、冬季 (Dec. Jan. Feb.) の [Irkutsk-根室] の気圧差と境の気温、夏季 (June, July, Aug.) の [八丈島-Vladivostok] の気圧差と筑波山の気温の関係を第1図に示した。日本列島の冬季の寒暖と西高東低の気圧配置の関係、夏季の涼暑と南高北低の気圧配置の関係は、第2図におおの1月と7月の場合について示したように、冬の場合は相関係数が西南日本において大きく、夏の場合は日本の北部において大きい。このような相関係数の分布は、寒気流や暖気流の到達範囲と、その地点の気温が熱の移流にどれだけ敏感であるかということの両方から決まるものであるが、それはともかくとし

第3図 西南日本の冬季(12月, 1月, 2月)気温と東北日本の夏季(6月, 7月, 8月)気温の10年平均値の変動

Fig. 3 Variation of decadal means of winter (D.J.F.) air temperatures in southwestern part of Japan and of summer (J.J.A.) air temperatures in northeastern part of Japan.

う問題がある。第4図に、1例としてアメリカ大陸北東部の1月の気温の10年移動平均曲線と、日本の1月の気温の10年移動平均曲線の比較を示した。

和歌山の1月気温曲線が、先に述べた極東季節風の変動の Rhythm を示していることは当然としても、太平洋とアメリカ大陸を隔てたはるか地球の向こう側である Canada の Sable Island (43°57' N, 60°06' W) および St. Johns (47°34' N, 52°42' W) の1月の気温の曲線がこれによく平行していることは驚異に値すると言えよう。図中 Sable Island の観測所の開始以前は St. Johns の曲線でつないでいる。St. Jo-

て、日本の西南部の冬気温、東地北方の夏季気温が、おのおの極東季節風の冬季および夏季におけるその強度の表示者であることは了解していただけるとおもう。第3図に西南日本(鹿児島・高知・和歌山・境・伏木の5カ所平均)の冬季(Dec. Jan. Feb.)気温の10年平均値の変動と東北日本(函館・宮古・山形・新潟・伏木の5カ所平均)の夏季(June, July, Aug.)気温の10年平均値の変動を比較したものが示してある。ただし日本の測候所の多くは1886年(明治19年)ごろから開始されているから、最初の点すなわち1878~1887年の10年平均値は、冬の場合は長崎(n=9)・広島(n=8)・和歌山(n=8)の平均を次の1888~1897年のそれらの平均値と比較したもの、夏の場合は函館(n=10)と根室(n=8)の平均値を次の1888~1897年に比較したものである。また最終の点は1858~1965年の8年間の平均値であることをことわっておきたい。そこで再び第3図を見ていただくと、この図は冬の寒(暖)が夏の暑(涼)に対応するよう、縦軸の気温のプラス方向が夏冬逆に取つてある。このような型で冬の気温と夏の気温の変動がよく平行していることは、もし10年程度の平均値について考えるならば、極東季節風の勢力は夏冬通じて、すなわち冬季の寒気の吹出しが強ければ夏季の亜熱帯気団からの暖気の侵入もまた盛んであるという関係で、夏冬共通の変動の Rhythm をもって盛衰をくり返しているということである。極東季節風の変動にこのような特徴的な Rhythm が実在することは、ほかの気象要素、たとえば北陸地方の積雪量などについても実証される。次にこのような変動の Rhythm は日本周辺においてのみ局地的に成立しているものであるか、北半球の大気環流の変動に結びついている global な現象のひとつであろうか、とい

第4図 日本とアメリカ大陸北東部の1月の気温の10年移動平均曲線の比較

Fig. 3 Comparison of 10-year running means of January air temperatures in Japan and the north-eastern part of the American Continent.

が史上まれな暖冬期であつたことがわかる。余談であるが、「災異誌」と「続愚林記」の天候記事は、記録者が数百里を隔てて住み、また封建制の断末魔の時期に生きた彼らの身分や教養が懸絶していたにもかかわらず、その日付内容とも符節をあわすがごとく一致している。印刷術普及以前の人間のものを書く態度がいかに慎重であつたかとしみじみ思わしめるものがある。

さて、日本の慶応から明治維新へかけての気候が暖冬期であつたとなると、第4図における極東とアメリカ大陸北東部の気温の変動の平行性は、少なくとも最近の1世紀にわたって成立している安定な関係とすることができる。

極東季節風の Rhythm の日本の暖冬期10年に対応する1月の平均気温を北半球全体について求め、それらから暖冬期に隣る厳冬期10年の1月平均気温を差し引いた気温差の分布図を作成してみると、第5図に示すごとく、三つの場合とも同一の分布型を与え、日本暖冬期の特徴としては、北極の寒気がユーラシア大陸とアメリカ大陸の中央部に流出し、その反対流として、両大陸の東側および西側に、亜熱帯気団が北上するというごとき型である。このような気温の分布を与える帯状偏西風帯のモデルが考えられるわけであるが、たとえばアメリカ大陸についてみると、アラスカ：暖、大陸内部：寒、太平洋岸：暖となり大陸を縦断するロッキー山脈を越えるとき起こる偏西風の流線の蛇行性から、気圧の谷の西側は暖、東側

hns の気象観測はずいぶん古くから行なわれており、St. John's 曲線は日本の気象観測開始以前にさかのぼる1871~1880年の期間の暖冬が存在を示唆しているが、日本ではどうかというと慶応から明治にかけての1865~1866年、1866~1867年、1867~1868年、1868~1869年の四冬が連続して諏訪湖が明海という暖冬であり、それにつづく1869~1870年の冬は結氷日が1月21日、1870~1871年は1月23日、1871~1872年は1月18日というふうに、諏訪湖の結氷日が何百年間の平均値に比較して11日ないし16日くらい遅い。また第1表に掲げた当時の天候日誌、東北地方の農民の手記である「災異誌」や京都の上級公卿であつた嵯峨実愛の「続愚林記」の記録に徴しても、当時

第1表 「災異誌」と「続愚林記」の暖冬記事の比較

- (イ) 慶応2年11月26日(1867年1月1日)
 - 昼頃迄無類の暖冬なり——災異誌
 - 晴陰雲東北歩西風荒自夕時々雨下暖気甚——実愛日記
- (ロ) 慶応2年12月1日(1867年1月15日)
 - 暮時より烟霞陰々として暖気深夜尚お甚しき事三四月の模様——災異誌
 - 快霽白雲東歩或北行和暖及深夜陰——実愛日記
- (ハ) 慶応3年11月27日(1867年12月22日)
 - 冬至也冬至前は申すに及ばず冬至後も暖気甚敷蛙啼也——災異誌
 - 晴雲南歩天氣似陽春——実愛日記
- (ニ) 慶応3年12月3日(1867年1月18日)
 - 蛙啼也三月下旬の如し——災異誌
 - 時々陰雲東歩及夕陰和暖——実愛日記

第5図 北半球における1月気温差の分布

〔日本暖冬期—日本厳冬期〕

(A) (1901—1910)—(1918—1927)

(B) (1928—1937)—(1918—1927)

(C) (1948—1957)—(1938—1947)

Fig. 5 Distribution of the differences of January air temperatures in the northern hemisphere.

Warm period—Cold period in Japan

(A) (1901—1910)—(1918—1927)

(B) (1928—1937)—(1918—1927)

(C) (1948—1957)—(1938—1947)

は寒となると考えられる結果とよく一致している。すなわちこのような偏西風帯の蛇行性が深い大気環流の状態が、極東地域の暖冬に対応しているわけである。日本とカナダ北東部の冬気温の変動の平行性はこのような大気環流の flow pattern の変動を媒介として成立しているものと考えられる。同様の考え方から日本の冬の気候の長期変動とアラスカ氷河の消長についてもある程度の一致性が期待されるわけである。

第6図 根室の冬季(12月, 1月, 2月)気圧と500mb高度差;(30°N, 150°E)―(55°N, 150°E)の同時相関

Fig. 6 Contemporary correlation of winter (D.J.F.) pressures at Nemuro with 500mb. height difference; (30°N, 150°E)―(55°N, 150°E)

高層気流の平均流線は一般に大陸の東側で収斂する傾向をもっている。日本付近における流線の収斂部150°E付近で500mbの南北高度差[30°N―55°N]を取った東西指数と根室の冬季(Dec. Jan. Feb.)の気圧の同時相関係数を求めてみると(第6図参照)

$$R = 0.71 \text{ (1947~1965年, } N=19\text{)}$$

の高い相関関係があることがわかる。根室の冬季気圧は、極東季節風の強弱を決める西高東低の気圧配置の東方の要素であるから、当然のことながら、500mb高度の東西指数と西南日本の冬季気温とは正相関(阿蘇山 $R=0.61$, 境 $R=0.56$, 八丈島 $R=0.58$, 1947~1965年, $N=19$)の関係が見いだされ、日本列島北方のアジア地域、たとえばカムチャッカ半島の Petropavlovsk の冬季気温とは、 $R=-0.62$ ($N=11$), オホーツク海沿岸の Okhotsk の冬気温とは、 $R=-0.82$ ($N=13$), 等の負相関がある。このような日本列島を中心とする南北気温の逆関係は第5図(A)(B)にもあらわれている。ただし(C)図[(1948~1957年)―(1938~1947年)]に明瞭でないのは、1950年代は、極東地域は異常なる暖冬期で、気候帯がいちじるしく北漸したためと考えられる。

次に、極東季節風の変動の Rhythm に対応して1899年以来の冬季の海面気圧の10年平均値の分布を北半球全体について調べた結果が第7図(A)(B)(C)(D)(E)(F)である。極東季節風の強(弱)に対応して北太平洋の低圧部に著しい深(浅)があらわれ、北大西洋の低圧部もまた例外なく拡大(縮小)の傾向を示す。第7図に示すごとき関係により、極東季節風の強弱が高層の平均流の収斂の程度に逆相関して起こるとすれば、北半球をめぐる流線の収斂部の中間地域である太平洋・大西洋北部には流れのよどみ(stagnation)の増大・減小が起こり、これが海面気圧の変動となつて極東季節風の強弱の Rhythm に対応するごとき機構が考えられる。

再び目を第3図に転じていただくと、北半球大気環流の変動に密接な関係を持つ日本の冬季および夏季の気温の変動の Rhythm はさらに長期の warming up の傾向の上に乗っていることがわかる。10年平均値の9個の点について永年上昇率を求めてみると、冬季: $0.74^{\circ}\text{C/century}$, 夏季: $0.46^{\circ}\text{C/century}$ となる。気温のこのような永年の傾向は、すでに Willett や Mitchell²⁾ によつて指摘されている世界現象の一つである。第2表に Mitchell によつて調査された緯度10度ごとの気温の上昇量を掲げたが、日本の冬気温の永年的上昇率は Mitchell の 30-year change の(50°~40°N)と(40°~30°N)の平均値から計算したものとほぼ等しい結果を示している。第6図に示した1月気温の10年平均値の変動は波数4の振動を示しているが、Mitchell によつて作成された二つの 20-year change [(1900—19)→(1920—39)], [(1920—39)→(1940—59)]を重ねてみると、今世紀の前半における気温の永年的上昇域は、カナダ中央部とアジ

第7図 日本の暖冬期・厳冬期に対応する北半球の冬季(12月, 1月, 2月)海面気圧の分布

- (A) 8年平均(1900—1907) 暖冬期 (D) 10年平均(1928—1937) 暖冬期
 (B) 10年平均(1908—1917) 暖冬期 (E) 6年平均(1938, 1939, 1941, 1945, 1946, 1947) 厳冬期
 (C) 10年平均(1918—1927) 厳冬期 (F) 10年平均(1948—1957) 暖冬期

Fig. 7 Distributions of winter (D.J.F.) sea level pressure in the northern hemisphere, corresponding to the warm and cold period in Japan.

- (A) Average of 8 years (1900—1907) warm period
 (B) Average of 10 years (1908—1917) warm period
 (C) Average of 10 years (1918—1927) cold period
 (D) Average of 10 years (1928—1937) warm period
 (E) Average of 6 years (1938, 1939, 1941, 1945, 1946, 1947) cold period
 (F) Average of 10 years (1948—1957) warm period

ア大陸の内部から東欧にかけての地域を除き、ほとんど北半球全体をおおっているような型になる。また気温上昇量の最も大きい地域が Baffin 湾から Greenland にかけて見いだされることは、西暦 900 年代のグリーンランドの気候が現状とはたいへん違った温和な状態にあつたらしいという推定に関連してたいへん興味深い。

このような気温の永年の上昇は、中緯度高気圧の永年の上昇に対応するものと考えられる。王紹武²³の論文によれば、1 月気圧について、20°N, 30°N の気圧が、19 世紀末から現在まで数十年上昇傾向を示し、7 月の気圧については、30°N, 40°N の気圧が過去 80 ないし 90 年にわたって永年の上昇傾向を示している。

第 2 表 10 度ごとの緯度帯の気温の上昇量 (Mitchell)

Band	Temperature change $\pm$ standard error of estimate for data areas ($^{\circ}$ F)			
	30-year change 1890-1919 to 1920-49		10-year change 1940-49 to 1950-59	
	Annual	Winter	Annual	Winter
90°-80°N.	—	—	—	—
80°-70°N.	+3.55 $\pm$ 0.90	+8.40 $\pm$ 1.79	0.0 $\pm$ 0.76	-0.85 $\pm$ 1.51
70°-60°N.	+1.20 $\pm$ 0.78	+2.93 $\pm$ 1.47	-0.75 $\pm$ 0.65	-1.20 $\pm$ 1.22
60°-50°N.	+0.32 $\pm$ 0.33	+1.53 $\pm$ 0.75	-0.10 $\pm$ 0.33	-0.05 $\pm$ 0.74
50°-40°N.	+0.97 $\pm$ 0.18	+0.28 $\pm$ 0.35	-0.20 $\pm$ 0.23	+0.35 $\pm$ 0.43
40°-30°N.	+0.58 $\pm$ 0.12	+0.52 $\pm$ 0.20	+0.15 $\pm$ 0.15	+0.60 $\pm$ 0.25
30°-20°N.	+0.40 $\pm$ 0.15	+0.75 $\pm$ 0.23	+0.10 $\pm$ 0.17	+0.10 $\pm$ 0.26
20°-10°N.	+0.65 $\pm$ 0.13	+1.17 $\pm$ 0.19	-0.85 $\pm$ 0.13	-1.00 $\pm$ 0.20
10°- 0°N.	-0.18 $\pm$ 0.15	-0.30 $\pm$ 0.19	-0.35 $\pm$ 0.17	-0.35 $\pm$ 0.22
0°-10°S.	+0.58 $\pm$ 0.30	+0.52 $\pm$ 0.39	+0.15 $\pm$ 0.17	+0.20 $\pm$ 0.22
10°-20°S.	+0.52 $\pm$ 0.32	+0.60 $\pm$ 0.44	-0.30 $\pm$ 0.16	-0.05 $\pm$ 0.22
20°-30°S.	+0.12 $\pm$ 0.19	+0.23 $\pm$ 0.24	-0.15 $\pm$ 0.14	-0.45 $\pm$ 0.18
30°-40°S.	+0.22 $\pm$ 0.10	+0.30 $\pm$ 0.12	-0.10 $\pm$ 0.15	-0.25 $\pm$ 0.17
40°-50°S.	-0.08 $\pm$ 0.32	-0.45 $\pm$ 0.40	+0.10 $\pm$ 0.19	-0.40 $\pm$ 0.23
50°-60°S.	+0.65 $\pm$ 0.32	+0.27 $\pm$ 0.40	-0.45 $\pm$ 0.20	-0.70 $\pm$ 0.25
60°-90°S.	—	—	—	—

III. 19 世紀初頭の氷期

前編に述べたごとく、観測時代における日本の気候はその 10 年程度の平均状態について考えれば、冬季の寒(暖)が夏季の暑(涼)に対応して変動する特徴的な共通の変動の Rhythm を示している。このことを歴史時代にさかのぼって実証するためにはなお膨大な調査を必要とするが、私は一応この関係は歴史時代を通じてだいたい成立していると考えてさしつかえないと思っている。たとえば上に述べた慶応から明治初年にかけての 1866~1872 年の 7 暖冬に対応して冷涼の夏が多かつたようである。「続愚林記」によれば、1866 年の夏季は「北風寒吹北山奥雪白」(May 29), 「満月清光天氣似秋老少等著綿入衣服」(June 27), 「北風涼似仲秋節」(Aug. 5) 等の記事から異常冷涼年であつたことがわかるが、6 月, 7 月, 8 月の 3 カ月間のこの種の記事を甚冷・冷の二段階に分けて数を拾ってみると、1865 年: 6 (2・4), 1966 年: 20 (4・16), 1867 年: 5 (1・4), 1868 年: 2 (0・2), 1869 年: 15 (6・9), 1870 年: 12 (5・7), 1871 年: 3 (1・2) で、1866 年, 1869 年, 1870 年の 3 年はたしかに冷涼年であり、1865 年, 1867 年は少なくとも平常年もしくはそれ以下と推定され、この 7 年間の平均状態はたぶん暖冬冷夏関係を満足しているものと考えられる。

函館についてはロシアの医者・亜留武羅契吐、イギリス人の刀摩須武羅喜頓、および北海道開拓使九等出仕・福士成豊による観測値がある。年々の観測値は失われて現存していないが、1859年、1860年と1868~1872年の7年間の平均値が残っている。もつとも観測時や観測回数等は明記されていないが、最高・最低温度計の記事があるから、その値はおそらく1/2(daily max. + daily min.)の平均値であろう。もしそうだとすれば、現在の函館の(1/2 daily max. + daily min.)の平均値(1921~1950年, N=30)は、12月、1月、2月の平均値は -2.6°C 、6月、7月、8月の平均値は 19.1°C である。しかるに、安政の末年から明治初年までの上記7年の平均値は、12月、1月、2月の平均が -1.4°C ($+1.2^{\circ}\text{C}$)、6月、7月、

海水準の永年変化と日本の異常厳冬

第8図 Van Veen による Amsterdam の験潮儀の観測等に基づく海水準の5年平均曲線と1820年付近における日本の異常厳冬の連続的発生

Fig. 8 5-year mean curve of sea level observed at Amsterdam Tide Gauge (Van Veen) and the successive occurrences of extraordinary cold winters in Japan around 1820 A. D.

- 1775 A.D. Freezing of River Ryogoku (Ushiromi-gusa)
- 1813 A.D. { Freezing of River Yodo (Setsuyo-Kikan)
Freezing of River Ryogoku (Buko-Nenpyō)
Freezing of Lake Koyama and sea shore neighbouring Yonago ($35^{\circ}26'N$ $133^{\circ}21'E$) (Inpu-Nenpyō)
- 1820 A.D. Lake Koyama was packed by thick ice of about 30 cm. (Inpu-Nenpyō)
- 1822 A.D. Freezing of River Yodo (Setsuyo-Kikan)
- 1824 A.D. { Freezing of River Yodo (Setsuyo-Kikan)
Record-breaking coldness and snow covering of about 1 meter at Tottori ($35^{\circ}31'N$, $130^{\circ}11'E$) (Inpu-Nenpyō)
- 1881 A.D. The sand banks in River Sumida were fringed by thin ice of about 3 cm. (Meiji-Hennenshi)

8月の平均が 18.2°C (-0.9°C)である。ただしカッコの中は現代の平均値との差を記入したものである。したがってこの期間は暖冬で冷夏であつたと結論してほぼまちがいないと考えられる。

次にこのような Rhythm が乗っている長期傾向の動向を歴史時代にさかのぼって調べてみよう。

Van Veen が Amsterdam の検潮儀等の記録に基づいて作成した海水準の変動曲線⁹⁾は、第8図に示すことく、1820年付近で最低を示している。1870年付近で Aberdeen, Brest, Ijmuiden の観測値でつないであり、その境界に問題があり、1760年前後にも製作者自身の疑問視する点があるらしく、この海水準の変動曲線全体に疑問の余地がないわけでないが、ソ連の Nazarov⁶⁾ の調査した 1580 年以來の Kara 海の氷況の変動は Veen の海水準曲線ほどの連続性がないが、やはり 1820 年付近に全期中の最盛期を置いているから、Veen の曲線が全期間中の最低部を 1820 年付近に持つことは一応信用していいであろう。日本では 1813 年 2 月 9 日に淀川が結氷(摂陽奇観)しているが、同じ年に両国川も結氷(武江年表)しており、鳥取では湖山池と米子の裏海が凍結(因府年表)しており“降雪連日やまず積雪六尺余”(1813 年 1 月 24 日)(因府年表)の記事があるから、この冬が異常な厳冬かつ多雪年であつたことは疑問の余地がない。「摂陽奇観」によれば、淀川の結氷は 1822 年 1 月 24 日にも起こり、また 1824 年 1 月 10~13 日まで「北風烈しく川々氷り 通船不相成 淀川筋三十石 上下止む 川々の氷の上を渡り往来なし 氷薄き所にては氷くだけ 溺死する者多し」(摂陽奇観)の記事と、1824 年 1 月 7 日の「午時より雪降る 翌朝に及び 地に積る事 凡そ三尺余 互寒近年比類なし 文化壬申以来 是の如き事なし」(因府年表)という記録は、大阪と鳥取の距離をへだててよく照応している。これまた異常な厳寒豪雪年であつたことは疑問の余地がない。「因府年表」の記事の中の文化壬申は文化九年のこと、前述の 1813 年度の厳寒年に当たる。さて、もし以上のことが疑問の余地のない事実であるとする、日本では現代の観測時代ではほとんど起こりえない程度の異常厳寒が、Veen がヨーロッパの海水準曲線の最低時と考え、Nazarov が Kara 海の氷況の最悪時とした 1820 年付近にあいついで集中的に起こつたことになる。

「滋賀県災害誌」⁷⁾中の大雪史を見ると、延享二年(1745 年)と万延二年(1861 年)の 117 年間に、「大雪壊家多し」(明和六年)、「海津ニテ雪七尺」(文政七年)のごとき、災害をもたらすごとき豪雪が 15 回起こっているが、そのうちの約半数の 7 回が文化八年(1811 年)と文政十年(1827 年)の間の 17 年間に集中している。このことも 19 世紀初頭に異常厳寒年が集中的に多発したことの一つの有力な傍証となるであろう。

第9図 彦根および大阪の1月平均気温の頻度分布

Fig. 9 Frequency curve of January monthly mean air temperatures at Hikone($35^{\circ}16' \text{N}$, $136^{\circ}15' \text{E}$) and Osaka ($34^{\circ}39' \text{N}$, $135^{\circ}32' \text{E}$).

琵琶湖は申すまでもなく日本最大の湖で、面積 6744 km^2 、最大深度 104 m の巨大な熱容量を有し、平均水温は1月が 6.5°C 、2月が 5.9°C で、全層にわたって周年 4°C 以下になることのない亜熱帯性循環湖に属し、全面的に凍結することはないが、特別の厳寒多雪年、すなわち 1936 年 2 月 3 日、1963 年 1 月 24 日には水深の浅い沿岸部が相当広範囲にわたって凍結した。本年 1967 年 1 月 17 日にもこれらに比較して小規模であるが、彦根・浜大津の港湾が結氷し、また野洲川が 6 km^2 にわたって凍結したと報ぜられている(毎日新聞滋賀版 1 月 18 日)。このような場合、凍結の生起条件として当日の状況が大きく利くことは言うまでもないが、その前提条件として、凍結日以前に相当長期間にわたって厳寒の日々が継続し、水温が凍結寸前の状態まで降下していることが必要なのであつて、試みに凍結の起こつた前日からさかのぼる 20 日間の彦根の平均気温を取ってみると、1936 年の場合 0.1°C 、1963 年の場合 0.7°C 、1967 年の場合は 1.5°C である。彦根の1月の平均気温は第9図に示すことく 1894~1966 年 N

=73年の平均値 $\bar{\theta}=2.9^{\circ}\text{C}$ の両側にほぼ正規分布をなしており、その不偏分散の平方根は $\sigma=\sqrt{\frac{(\Delta\theta)^2}{N-1}}=1.12^{\circ}\text{C}$ である。いま凍結の起こる前提条件の起こる確率が1月平均気温日が $\theta \leq 1^{\circ}\text{C}$ になる確率とほぼ同程度だと考えてその生起確率を計算してみると

$$P = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{|\tau|} e^{-t^2} dt \right\}$$

$$\text{ただし } \tau = \frac{|\Delta x|}{\sqrt{2}\sigma} = \frac{2.9-1.0}{1.414 \times 1.12} = \frac{1.9}{1.58} = 1.20$$

$$\text{したがって } P = \frac{1}{2} (1-0.9103) = 0.045 = \frac{1}{22.2}$$

となり、まず20年に一度くらい起こりうることになる。このことは実際の事実に照らしてそれほど不当の値ではない。淀川の結氷の場合の前提条件としてもこの程度のことが必要と考え、大阪における1月平均気温 $\theta \leq 1^{\circ}\text{C}$ が起こる確率を計算してみると、大阪の1月平均気温(第9図参照)は1883~1966年 $N=84$ 年の平年値 $\bar{\theta}=4.2^{\circ}\text{C}$ で、不偏分散の平方根は $\sigma=\sqrt{\frac{(\Delta\theta)^2}{N-1}}=1.035^{\circ}\text{C}$ であるから、

$$P = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{|\tau|} e^{-t^2} dt \right\}$$

$$\text{ただし } \tau = \frac{\Delta x}{\sqrt{2}\sigma} = \frac{4.2-1.0}{1.414 \times 1.035} = \frac{3.2}{1.46} = 2.19$$

$$\text{したがって } P = \frac{1}{2} (1-0.9981) = 0.00095 = \frac{1}{1053}$$

となる。しかるに19世紀の初頭には淀川結氷というような異常現象が12年間に3回も起こっているのであるから、もし当時の平均状態が現代と変わらないという立場を固執するならば、 10^{-9} 程度の稀現象が起こったということを許容しなければならない。それより当時の平均気温が現代に比較して相当低かったと考える方がむしろしぜんであろう。

もしも当時の1月気温の平均状態が現状より $x^{\circ}\text{C}$ だけ低かったと仮定し、 $\theta \leq 1^{\circ}\text{C}$ の生起確率が $1/5 \sim 1/10$ になるための x を求めてみると、

$$\frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{|\tau|} e^{-t^2} dt \right\} = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$$

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{|\tau|} e^{-t^2} dt = 0.6 \sim 0.8$$

$$\tau = \frac{\Delta\bar{\theta}}{1.46} = 0.596 \sim 0.906$$

$$\Delta\bar{\theta} = \frac{4.2-x-1.0}{1.46} = 0.596 \sim 0.906$$

$$3.2-x=0.9 \sim 1.3$$

$$x=2.3^{\circ}\text{C} \sim 1.9^{\circ}\text{C}$$

すなわち、19世紀初頭の1月の平均気温が現代の平年値より 2°C 程度低くなければならないということになる。ただしこの計算には不偏分散の平方根 σ が当時も現代も同じという仮定が入っている。当時の気候が現在より酷烈であつたとすれば、 σ もまた大きかったかもしれない。大阪付近の2, 3の地点で σ を算出してみると、

和歌山: $\bar{\theta}=4.9^{\circ}\text{C}$ $\sigma=1.031$ (1880~1966年 $N=87$)

大阪: $\bar{\theta}=4.2^{\circ}\text{C}$ $\sigma=1.035$ (1883~1966年 $N=84$)

彦根: $\bar{\theta}=2.9^{\circ}\text{C}$ $\sigma=1.123$ (1894~1966年 $N=73$)

伊吹山: $\bar{\theta}=-6.0^{\circ}\text{C}$ $\sigma=1.401$ (1919~1966年 $N=48$)

となり、地理的分布については平均気温の低いほど σ の大きくなる傾向を示している。その中で和歌山は測候所開設以来位置が移動していないから、その観測期間を前半と後半に分けてみると

$$\begin{cases} 1880 \sim 1923 \text{ 年} & N=44 & \bar{\theta}=4.8^{\circ}\text{C} & \sigma=1.063^{\circ}\text{C} \\ 1924 \sim 1966 \text{ 年} & N=43 & \bar{\theta}=4.9^{\circ}\text{C} & \sigma=1.005^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

となり、時期的にも平均気温が低い時の方が σ が大きくなる傾向を示している。ただしかりに19世紀初頭の σ が現代の値より+20~+40%程度大きかったとしても、

第10図 1751年以來のイギリスのランカシアの各月平均気温の10年移動平均曲線 (Manley による)

Fig. 10 10-year running means of monthly mean air temperature for Lancashire 1751 onward. (Manley)

$$\Delta\theta = \frac{4.2 - x - 1.0}{1.46 \times (1.2 \sim 1.4)} = 0.596 \sim 0.906$$

$$3.2 - x = 1.1 \sim 1.8$$

$$x = 2.1^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$$

程度になり、前とあまり大きい違いは出てこない。

第10図に G. Manley⁹⁾がイギリスの気象観測値について作った1750年以後の各月の気温の10年移動平均曲線を掲げた。1月の気温曲線を見ると、1800～1849年の期間の平均値は1900～1949年の平均値より3°F(1.7°C)程度低くなっている。Goldthwait¹⁰⁾はアラスカ氷河の最近の Climax を1680～1820年の間に考え、当時の年平均気温が現代より2°C程度低かったと推定している。

前に述べたごとく、日本の観測時代の気温の長期傾向は冬季も夏季も同じ方向をとっているから(第3図参照)、夏季気温も19世紀初頭にさかのぼって低下していることが考えられる。1800年を中心として天明の飢饉(1782～1787年)と天保の飢饉(1833～1839年)が起こっている。このような農業災害は、夏季冷涼陰湿の気候の卓越した状況下に起こっている。このことは、たとえば「天明六年(1786年)……三四月頃より六月までは雨風多く麦作不作盆前より降りつき八月廿日大風 九月三十日(10月21日)雪降り冷氣加り……」(「近江蒲生郡志」)、「天保七年(1836年)六月土用甚冷氣湖水増水文化四年(1807年)の時よりもなお二三寸高く 九月十三日(10月22日)より高山に雪降りその後消えず村里にも時々降雪を見 下旬には四方の山々真白となり収穫の後れたるは雪中となれり」(近江「高島郡志」)等の引用によっても明らかであろう。このような夏季の異常低温期が1820年を中心とする異常厳冬期と一致せず、その両側にあることは、気温の長期変動の型が冬季と夏季で著しく違うためではなく、極東季節風の10年程度の平均状態の変動の Rhythm、すなわち冬季の寒(暖)が夏季の暑(涼)に対応する関係が、冬季とほぼ同じ型の長期変動の上に重なっているためと思われる。

朝鮮の初夏の降水量は、オホーツク気団の勢力が強く日本海への亜熱帯気団の侵入を妨げるような場合に寡少になる。朝鮮の雨量の古代観測値¹⁰⁾を用いて京城における5月、6月の降雨日数と降水量の11年移動平均曲線を作ってみると、第11図に示すごとく、黒点相対数の11年移動平均曲線と関係の深い変動を示すとともに、雨量と雨天日数を総合して、京城の降雨の長期変動は明らかに1810年すぎの所に乾燥の極を持つことがわかる。一方、前にあげた日本における天明の飢饉のはじめと天保の飢饉のおわりの中央を取ると、 $\frac{1}{2}(1782+1839)=1810\sim1811$ 年となる。このような点から、私は極東における夏季気候の長期変動もまた Veen の海水準曲線にほぼ平行して19世紀初頭付近にその低極をもつごとき型を持つものと一応考えたいと思う。

1800年代のはじめ朝鮮の初夏の雨量が極小を示すことは、極東におけるオホーツク気団の勢力が最も旺盛であつたことを意味するが、そのような場合、日本列島付近では、優勢なオホーツク気団と亜熱帯気団の間に形成される前線活動が活発で、朝鮮とは反対に湿潤多雨の気候が卓越することが考えられる。

杉田玄白の「後見草」によれば、天明六年(1786年)の江戸の豪雨と大洪水は「東昭宮関東へ移り住せ給ひて後」、「数度度に及ぶ」洪水中最高のもので、「卯月中頃より降続たる霖雨故大地も是にうみけるにや又は水脈とやらんの裂破せし事なるか青山牛込など地高の方の路さけて水を四方へ吹出し船にて通りし所も有し又常には岩がねの如くにてはばかり堅かりし路なりしも沼田の如く和らぎて往来とだえし日も有し……(中略)……名にしおふ山の手さへ水溢れ侍れば、まして本所深川あたり地ひくの所に至りては寛保の水勢より四尺ばかりも深くとかや……」という叙述である。徳川家康の関東入国は天正十八年(1590年)で、天明六年(1786年)より約200年昔であるが、この有名な西洋医学者の詳細正確な筆致は、当時として200年来の記録破りであつた豪雨洪水の実況を伝えてあます所がない。

筆者は山口県防府市を流れる佐波川の調査¹¹⁾に従事したことがあるが、元和二年(1616年)から昭和二十六年(1951年)の336年間に77回の洪水があり、そのうち大規模なものは享保十三年(1728年7月3日)、

第 11 図 太陽黒点相対数(C)と朝鮮京城の初夏(5月, 6月)雨天日数(A)および雨量(B)の関係

Fig. 11 Relationship of 11-year running means of sunspot relative numbers rainy (C) with that of number of early summer(May, June) days (A) and amount of early summer (May, June) precipitations (B) at Seoul in Korea.

元文三年(1738年7月15~17日), 延享元年(1744年7月8~10日), 寛政八年(1796年9月12日), 文政十一年(1828年7月7日), 天保十一年(1840年7月30日), 嘉永三年(1850年7月9日), 大正十年(1918年7月11日), 昭和二十六年(1951年7月9~10日)の9回で, そのうち半数近くの4回ないし5回が1800年を中心とした1700年代の中ごろから1800年代の中ごろまでの1世紀間に起こっている。これらのことは, 朝鮮の乾燥と反対に, 日本の気候の長期変動の pluvial の極が1800年前後にあつたらしいことを示唆している。

日本の太平洋岸の夏季の降水量が, 北海道ないしシベリア大陸方面のそれと逆の変動を示すことは, 現代の年々の気象観測値についても言えることで, 日本列島の中央高地の観測所である中宮祠の(36°44'N, 139°30'E, 1335m)の7月の気温と瀬戸内海沿岸の7月の雨量(大分・広島・松山・岡山・多度津の5カ所の合計)と北海道の7月の雨量(寿都・札幌・旭川・羽幌の4カ所の合計)および Vladivostok (43°07'N, 131°54'E)と Nikolayevsk on Amur (53°8'N 140°45'E)の7月の雨量の間に次のような有意な相関関係が見られる。

瀬戸内海沿岸	: R = -0.46 (1944~1965年, n=22)
北海道	: R = +0.44 (")
Vladivostok	: R = +0.32 (1944~1964年, 1951~1957 missed, n=14)
Nikolayevsk on Amur	: R = +0.39 (1944~1965年, 1951~1958 missed, n=14)

以上を総合的にまとめて結論してみると, 19世紀初頭の気候状態は, 日本においても, 現状とは相当違った状況にあつたとしなければならない。冬季および夏季の気温は現代よりも少なくとも1°C, かもしれない2°C程度低かつたと考えなければならない。平均状態における1°C~2°Cの違いが重大な意味をもつことは, 人間の営みや生活に被害を与える冬季・夏季の異常低温年の出現確率に大きい影響をもつことによつても十分了解されるであろう。

19世紀初頭における日本列島付近の気候の特徴は, 冬季の酷寒多雪, 夏季の低冷と多雨である。ただし雨量については, 北海道・朝鮮・シベリア方面はこれと反対に乾燥の傾向を示した可能性が強い。

少なくとも朝鮮の初夏の雨量は1810年付近に寡少の極を持つようである。このような気候状態を実現した大気環流の状況を考えると, 中緯度高気圧帯の縮小とそれに伴つて極気団の南下が著しく, 日本付近で冬夏通じて極気団の活動が盛んであつたことをあげなければならないであろう。もしこのような状態を“Little Ice Age”と呼ぶことが許されるならば, 19世紀初頭の“小氷期”は観測時代に最も近い小氷期である。この時代はなんといつても現代に近く, 比較的豊富な資料にめぐまれているから, まずその実態を明らかにし, 次にその機構・原因を解明することに努力を傾けなければならない。

このことは日本の歴史時代と観測時代を結ぶためにも, またさらにそれ以前の歴史的過去の展望のための中継基地を作るという意味においても, すこぶる重要なことだからである。従来気候の変遷といえば概念的に「冷涼乾燥」, 「温暖湿润」の交替がおもに考えられやすいようであるが, 19世紀初頭の“Little Ice Age”や9世紀の“Little Optimum”の実態から考察すると, 少なくとも35°N以南の日本の気候の長期の変動の場合は, むしろ「冷涼湿润」, 「温暖乾燥」の交替を主とすべきではないかということも考えられる。

IV. 歴史時代の気候変動の定説化の試み

過去を論ずることは未来をトすることとともにむずかしいことである。もちろん, 過去は未来の場合と違ってすでに起こつたことであり, 何らかの判断の資料が残っているわけであるが, その資料の信頼性や資料の系列の斉一性がけつて同一ではなく, それらから導き出された結論が確固不動のものであるとはなかなか言い難い場合が多い。ひるがえつて考えるに, 現代われわれが日常気候の観測値として使用しているものは, 日々の気象観測の集成されたものである。もし古人の書き残したものを気候の資料としよう

$\frac{S}{S+R}$ を作って対比せしめると、相当高い相関関係が見いだされ、“降雪率”がその日記に関するかぎり寒暖の示数として使用されそうだということである。

日々の気象・雨雪を記録する場合、各人による観察や記録の精粗、雨や雪を記録として採否する基準はおおの違ひはであるから、“降雪率”が個人をこえて客観的な寒暖の示数となりうるかどうかは調べて見なければわからない問題である。後法興院記と実隆公記は、1484年と1499年の間に11月～3月の5カ月間が欠けることなく、9年分ほど完全に重複している年があるから、両者について雨日数と雪日数の年平均値をとつてみると、

第3表 後法興院記と実隆公記による $\left(\begin{array}{l} 1483\sim 1484\text{年}, 1485\sim 1486\text{年}, 1486\sim 1487\text{年} \\ 1488\sim 1489\text{年}, 1489\sim 1490\text{年}, 1490\sim 1491\text{年} \\ 1496\sim 1497\text{年}, 1497\sim 1498\text{年}, 1498\sim 1499\text{年} \\ \text{の9年間の平均} \end{array} \right)$

	雨天日数(R)	雪日数(S)	降雪率 $\frac{S}{S+R}$
後法興院記；	42.7	22.2	0.342
実隆公記；	24.1	10.7	0.307

となり、雨日数や雪日数が前者は後者の2倍程度多いにもかかわらず、両者の降雪率は完全にではないがほぼ一致した値を示している。

同じ京都盆地内であつても、雨雪の状況は場所によつて違うのであつて、明治二十六年から明治三十年(1893～1897年)の5年間について京都府立測候所で「京都府管内各地気象比較表」¹²⁾が作られているのでそれに基づいて「降雪率」を算出してみると次表のごとくなる。

第4表 京都盆地各地の降雪率(1893～1897年 n=5の平均)

	雨雪日数(R+S)	雪日数(S)	降雪率 $\left(\frac{S}{S+R}\right)$
向日	50.2	19.4	0.387
伏見	44.0	14.8	0.336
醍醐	45.0	18.8	0.418
田中	61.4	25.4	0.414
京都	84.0	37.2	0.443
大秦	49.6	24.0	0.484

第4表の雨雪日数というのは雨雪量0.1mm以上の日の合計数、雪日数は量の有無にかかわらず降つた日数を合計したものである。これらの値をそのまま第3表におけるごとき歴史時代の日記の記録数から算出した結果と比較することは適当でないであろうが、降雪率がこの程度の地理的分布を示すことは考慮に入れなければならない。また第4表において京都の雨雪日数や雪日数が多いのは、京都は京都府立測候所の観測値であり、ほかは区内観測所の観測値で1日の中の観測回数が相違することによるものと考えられる。さて、後法興院記と実隆公記の雨天日数や雪日数の相違が観察や記録の精疎によるものであるかまたは居住の場所の違いのためであるかをいま断定する資料を欠いているが、だいたいにおいて上級公卿の邸宅は御所の周辺にあつたはずであるから、場所の違いよりはむしろ観察および記録の精粗によるものと考えべきであろう。それにもかかわらず後法興院記と実隆公記の降雪率が10%程度の違いで一致していることは、雨の観測や記載がmissされると同様の確率で雪の場合もmissされ、降雪率の算定に両方の効果が相殺されるためであろう。すなわち、この程度の誤差を許容すれば、古日記から算出した「降雪率」は、日記の筆者の個人差を越えた客観的な寒暖の示数となりうるものであることを示唆している。

日記には朝の天候を記す場合もあり、夕方の天気を記録する場合もあろうが、理科年表に出ている月別

天気日数の表 (1945~1952 年の 8 年間の平均) から京都の降雪率 (11 月~3 月) を時刻別に求めてみると次表のごとくなり、早朝が 5 % 程度大きい、時刻による違いはそれほど大きいものではない。

第 5 表 京都における時刻別「降雪率」(1945~1952 年 n=5 の平均)

	雨天日数(R)	雪日数(S)	降雪率 ($\frac{S}{S+R}$)
6 h ;	21	6	0.222
14 h ;	19	5	0.208
22 h ;	19	5	0.208
合 計	59	16	0.213

以上の総合的結論として、京都盆地内の場所さえあまり違わなければ、その他の各種の要因に基づく誤差は 10 %~15 % の範囲で、降雪率を寒暖の客観的示数と考えてもよいのではないかと考えられる。はたしてこれらが客観的なものであるかどうか、降雨率の推移と諏訪湖の平均結氷日の推移を比較してみたいとおもう。まず室町時代の日記を期間 30 年ずつくらいとつて、その期間の降雪率の平均をとつてみると

(a) 看聞御記	(1416~1444 年)	0.332
(b) 実隆公記(前半)	(1474~1499 年)	0.296
(c) 実隆公記(後半)	(1503~1533 年)	0.329

のごとくなり、15 世紀のはじめは厳冬期間で終わりがちやや回復し、16 世紀のはじめが再び厳冬期になっているらしいことを示唆している。看聞御記の作者は京都盆地内では比較的温暖な伏見に住んでおられたのであるから、降雪率を京都と比較する場合は 2~3 割高くしなければならないであろう (第 4 表参照)。したがって、1400 年代の初頭が厳寒期であつたという推定は動かしがたいものである。

第 13 図 15 世紀前半の諏訪湖の結氷日の頻度曲線と全期間 (1444~1682 A. D.) の頻度曲線の比較

Fig. 13 Frequency curve of the first freezing date of Lake Suwa in the first half of the 15 th century, compared with that of the whole period from 1444 A. D. to 1682 A. D.

1397 年, 1444~1460 年の諏訪湖結氷日は、第 13 図に見られるごとく、連続して記録の存在する全期間の 224 年の平均に比較して著しく早い。1400 年代を 1460 年までとつた理由は、「在盛卿」記に“長禄二年十二月二十一日 (1459 年 2 月 3 日)”の日付で「今冬厳寒江州湖水堅氷絶舟之通路六十年以来無此事」の記事があり、同じ年の將軍義政の「三月十日 (1459 年 4 月 21 日) 花ヲ西芳寺ニ観ル」, 「三月十二日 (1459 年 4 月 23 日) 花ヲ常在光寺ニ観ル」(蔭涼軒日録) の観花記事の日付が例年より著しく遅れており、1459 年度が厳冬年であつたことが疑いないからである。1460 年以後の諏訪湖の平均結氷日は次表に示すごとく、日本の冬気候が 15 世紀後半にやや暖化し、16 世紀初頭再び寒冷化した推移を示し、前にあげた看聞御記や実隆公記の降雪率から結論される寒暖の推移とよく一致した結果を示している。

諏 訪 湖 平 均 結 氷 日

(a) 1397 年, 1444~1460 年	(n=17)	1 月 2.8 日
(b) 1461~1500 年	(n=40)	1 月 7.5 日
(c) 1501~1533 年	(n=24)	1 月 4.9 日

また現代の観測期間を前後約 30 年間ずつくらいに分けて、京都測候所の観測にかかる天気日数から計算した平均降雪率 ($\frac{S}{S+R}$) と、諏訪湖の平均結氷日を比較してみると次のごとくである。

期 間	降雪率 ($\frac{S}{S+R}$)	諏訪湖結氷日
1898~1932 年	0.340	1 月 5.2 日 (明海 2 回)
1933~1965 年	0.315	1 月 11.5 日 (明海 2 回)

わが国は古来日記体の史資料のたいへん豊富な国柄である。この国に生まれては死に、生まれては死に、した多くの生命が残した膨大な筆録の集積は、歴史学者にとつて重要な財宝であるとともに、われわれ気候学にたずさわるものにとつても貴重な一つの宝庫であるに違いない。その扉をたたき煩をいとして、いたずらに甲論乙駁してもはじまらない。丹念に調査し、入念に整理し、綿密に考察して、われらの祖先が生きてきた国土とその周辺の寒暖の変遷の実態を明らかにしたいものである。

V. 歴史の流れに沿う気候の変遷

杉田玄白は“後見草”の巻頭に自序して、「後見今亦猶今見古」としるしている。後人の今を見るは、今人のいにしえを見るごとくであろうというこの言葉の裏に、私は生滅の悲喜と榮落の流転の相を悠々たる時の流れの中に観じようとする東洋流の諦念と、人類未来の光輝を信じ、限りなきその発展を期待しやまざる烈々不屈の科学者の精神のふしぎな調和を見いださずにはいられない。杉田玄白は封建末期の社会の苦悩の中に生きた人である。その自然環境は、先にも一部引用したごとく、異常なる気候と天変地異に満ちたものであつた。

「この世をば長世とぞおもふ望月の欠けたることのなしとおもへば」と生涯の多幸を謳歌した藤原道長の「御堂関白記」の中には、「寛仁元年三月三日 頼通ヲ内大臣ニ任ズ 頼通奏慶 大饗ヲ行フ 人々有和歌有興 待從中納言取孟題桜花 余かく言

このもとにわれはきにけりさくらはなはるのころそいとゝひらくる
というとき人生の至福図が展開している。人はさまざまの社会に生き、さまざまの運命を負い、かつ我田引水的言及をゆるしていただけるならば、さまざまな気候の中に生死してきたのである。

第14図 平安朝時代および室町時代の桜の満開日と降雪率の関係

Fig. 14 Relation of full bloom date of cherry-trees with percentage ratio of snowy days vs. the whole precipitation days from November to March in Heian-cho age and Muromachi age.

さて寛仁元年三月三日は1017年4月8日で、現代の京都の桜花季に比較して早いようであるが、この優雅なる園遊会の背景をなす桜はほぼ見ごろに近かつたものと推定される。というのは、「御堂関白記」中の1016年11月～1017年3月までの5カ月間の雨日数 $R=24$ 、雪日数 $S=3$ で、降雪率 $P = \frac{S}{S+R} = 0.111$ となり、第14図に示すごとく、この $D=8$ 、 $P=0.111$ の点は平安朝時代のその他の桜花季と降雪率から作った実験式の上にほぼ乗るからである。

C. E. P. Brooks によれば、Iceland から Greenland へ移民の行なわれたのは西暦900年代であり、当時の航路図は Iceland から北緯66度の緯度線に沿って Greenland に直行しているが、このようなことは現代の氷況からはどうてい考えられないことである。また Fairwell 岬付近に残存する当時の墓の深さは、現状の晩夏季に凍結層が融解する最大の深さよりもなお40cm程度深く、当時の北大西洋の気候は現代に比較して著しく温暖であつたことが結論されている。私はかねてから Greenland の温暖期と日本の平安時代が一致していることをたいへん興味深いことだと考

えている。平安朝時代のいわゆる“寝殿作り”と呼ばれる建築様式は、庭園に豊かな池水をたたえ、家屋はたんに衝立をもつて仕切られる板敷きの広間からなる開放的なもので、当時の気候が現代よりも温暖であつたことを暗示するからである。

平安朝時代の日部、「小右記」と「御堂関白記」をつなぎ*、982～1019年の期間における各月の降雪率

* 両者に共通する天候記事(雨3, 雪1)は重複しないように差し引いてある。

第6表 古日記の各月別の降雪率
Table 6 The "snowy days ratio" in the ancient diaries

(i) 小右記+御堂関白記 (A.D. 982~1019)
(Shou-ki+Midokanpakuki)

月 Months	雨(R) Rainy Days	雪(S) Snowy Days	降雪率 $\left(\frac{S}{S+R}\right)$ Snowy Days Ratio	
Nov.	42	3	0.067	平均 (Average of 5 months) 0.220
Dec.	39	10	0.204	
Jan.	42	20	0.323	
Feb.	48	27	0.360	
Mar.	90	17	0.147	

(ii) 看聞御記 (A.D. 1416~1444)
(Kanmon-Gyoki)

月 Months	雨(R) Rainy Days	雪(S) Snowy Days	降雪率 $\left(\frac{S}{S+R}\right)$ Snowy Days Ratio	
Nov.	83	2	0.024	平均 (Average of 5 months) 0.332
Dec.	49	28	0.364	
Jan.	59	69	0.539	
Feb.	65	71	0.522	
Mar.	97	26	0.211	

(iii) 実隆公記 (A.D. 1474~1533)
(Sanetakako-ki)

月 Months	雨(R) Rainy Days	雪(S) Snowy Days	降雪率 $\left(\frac{S}{S+R}\right)$ Snowy Days Ratio	
Nov.	218	5	0.022	平均 (Average of 5 months) 0.305
Dec.	168	50	0.229	
Jan.	106	147	0.581	
Feb.	170	156	0.479	
Mar.	297	80	0.211	

を算出してみると第6表のごとくなり、これは先に述べた15世紀の「看聞御記」(1416~1444年)や「実隆公記」(1474~1533年)に比較して、11月を例外として、各月とも小さく、平均して平安朝時代の降雪率は室町時代の $\frac{2}{3}$ 程度であるという結果を与える。

東京都立大学の保柳睦美教授¹³⁾は、中央アジアにおける Silk Road 沿道地帯の自然変化を精細に論じ、河川の縮小・伸長の影響を受ける西域の諸都市の興廃が、Fairbridge の海水準曲線の長期変動に関連深く行なわれていることを指摘された。気候の寒暖の長期変動に伴いクンルン山地の雪線の高さが変動し、その結果万年雪の面積が変化するため、それに淵源する河川の縮小・拡大を結果するというのが所論の概要である。その Fairbridge の海水準曲線は、1450年付近を低極として、1.5m も海面が低下した Paria Emergence を示している。これについて保柳教授は、「これに対応する時期の西域の状態を古記録から確かめることは、当時すなわち明の時代には中央の勢力がこのあたりに及ばなくなっていたためむずかしいが、Stein が蒙古の歴史家の話から判断して、ケリア川は16世紀まではターリム川まで達していたらしい、と述べているのを“16世紀には”の表現に直せば、Fairbridge の海水準曲線の低極期の存在が、ケ

リア川の伸長に現実性を与えることになる」という趣旨のことを述べておられる。日本の気候史料によれば、Paria Emergence に相当する期間は、前にも述べたごとく諏訪湖の結氷のたいへん早かつた時期であり、また当時の日記から算出した降雪率の大きかつた時代に当たる。ことに看聞御記の作者・伏見宮貞成親王が京都盆地内では比較的温暖な伏見に住まわれていたことを考慮に入れば、降雪率の点からいつても、日本の全歴史時代を通じて15世紀前半位が寒冷の極をなしていたのではないかと考えられる。もしこのような傾向が極東と中央アジアと共通していたと仮定すれば、Stein が蒙古の歴史家から聴取した話は、「ケリア川は15世紀にはターリム川に達していたが、その状態が16世紀まで続いた」というふうに考えられないこともない。近江・隠岐・出雲の大名であつた京極氏が李朝の成宗に書を送つて、「士卒多困隨指之厄」の窮状を述べて家紬や木綿の恵与を請つた（『李朝実録』）のは、日本がいわゆる「応仁の乱」の風塵干戈の最中にあつた1473年のことであるが、当時の近畿・山陰地方の冬が凍傷のため指を失

第15図 日本の古日記における“降雪率”の永年変化とイギリス内陸低地の冬季(12月, 1月, 2月)気温の永年変化 (H. H. Lamb, R. P. Lewis, A. Woodroffe による) との比較

Fig. 15 Comparison of the secular variation of the percentage ratio of snowy days to the whole precipitation days from November to March in the ancient diaries in Japan and the secular variation of winter (D.J.F.) air temperature for the inland lowlands of England (H. H. Lamb, R. P. Lewis and A. Woodroffe).

う程度であつたとすると、現状よりも著しく寒冷な平均状態を想定せざるをえない。また史上有名な土一揆という民衆の反抗運動は、1428年から1487年の60年間に最も猖獗を極め、この間の烽起回数実に30回に及んでいる。これもちだいたいにおいて悪気候による不作に淵由すると考えていいのではなかろうか。

人間の記録の中からできるだけ人間的な部分を捨象して自然環境の変遷を明らかにしようと思図しながらも、それにまつわる人間の行動や運命への興味に抗しきれず、眼光ややうんで初期の生彩を失いそうである。このあたりでできるだけ客観的なものに話を引きもどそう。

第15図に平安朝以来室町時代に至る約500年間の各種の日記から算定した降雪率の変遷が示してある。

(i) 降雪率はその期間中11月、12月、1月、2月、3月の各月別にして算定し、その5カ月の値を平均したものである。その理由は、日記によつては11月～3月の期間のある部分の記録を欠くものがあり、一方降雪率はもちろん1月、2月を頂点とする季節変化を持つものであるから、記録の欠除した期間の影響をできるだけ小さくするためである。

(ii) 降雪率の平均の期間はだいたい30年を目安とした。もし30年に満たない日記は、ほかと適当につなぎ合わせることにした。これは30年程度の平均状態の気候の変遷を見るという趣旨と、観察や記載の精粗の影響を減殺するためには相当長い期間の平均値を取らなければならないと考えたからである。ただし円太暦は例外で、参考までに記入したにすぎない。

(iii) 観測場所による影響は相当大きいことを覚悟しなければならないが、現在の私の調査能力では日記の作者の居住場所は不明のものもあるから第15図では場所による補正をぜんぜん行なわないままの値をそのまま入れてある。この点将来修正を必要とすることがありうることをこつとわけておきたい。

(iv) 図中の温度 scale は、看聞御記中の降雪率 P (%) と桜花満開日 (D) の関係(第12図参照) $\frac{dD}{dP} = 0.6 \text{ 日}/\% \cdots (1)$ 、現代における京都動物園の桜の満開日 (D) と京都の2月、3月の平均気温 (θ) の関係(相関係数 $R = -0.71$ 1909～1930年 $n=24$) $\frac{dD}{d\theta} = 2.6 \text{ 日}/^{\circ}\text{C} \cdots (2)$ 、(1)(2)より、 $\frac{dD}{d\theta} = 4.3 \text{ 日}/^{\circ}\text{C}$ を用いたものである。これには室町時代の桜も現代の桜も2月、3月気温に対する反応度がほぼ等しいという仮定が入っている。

かくして得られたもろもろの日記の降雪率を歴史の流れに沿つて配列してみると、もちろん完全とは言えないまでも、おぼろげながら平安朝時代から室町時代に至る約5世紀の間の気候の変遷の全貌が浮かび上がってくる。

今年(1967年)の2月24日、「気候変動の機構に関するシンポジウム」が開催され、私は「日本における気候変動の概観」を報告することになったので、その予稿案に第15図の結果を挿入した。その後、3月の中旬ごろ、昨年(1966年)の6月にロンドンで行なわれた“International Symposium on World Climate 8000 to 0 B.C.”の紀要¹⁴⁾が届き、その中に H. H. Lamb とその協力者の、イギリスにおける気候の長期変動の結果が出ていたので、両者を比較してみると、変動の傾向がたいへんよく合うので、非常に参考にもなると同時に、はからざる援軍の激励を受けた気持でもあつた。ただし、気温の変動の幅は相当違うがイギリスの場合は100年平均であり、日本の降雪率の方はだいたい30年平均であるから、平滑法の相違によつても振幅が違うはずであり、また変動の幅は世界中必ずしも同一にならなければならない性質のものではなく、Mitchell の気温の永年変化の World-wide pattern 図の年平均気温の20年変化図〔(1900—19)→(1920—39)〕と〔(1920—39)→(1940—59)〕の2枚を重ねてみると、極東地域は西ヨーロッパと同じ phase であるけれども、その変化量は日本付近の方がやや大きいことがわかる。私のただ今の考えを卒直に述べて結語とさせていただくことにすれば、30年ないし数十年程度の平均状態の数百年ないし何千年にわたる変動というごとき、いわば時の scale の大きい変動を考慮する場合、そのような変動の行なわれている空間のひろがりもまた large scale になり、少なくとも北半球中緯度のほとんど全域同じ phase の変動をすると考えてよいのではないかということである。保柳教授が Silk Road の変遷と Fairbridge の海水準の変動の間に深い関連を見いだされたのも、Veen の海水準曲線が低極を示す1800年代初頭が日本の

“小氷期”に当たっていることも、また第15図に見られるごとき日本の気候の長期変動とイギリスのそれが意外によく一致するのも、この種の変動の世界共通性のためであろう。もし然りとするならば、歴史時代の気候の変動の実像を彫り上げるといふ広範にして一見困難に満ちた仕事は、彼我の情報や意見や研究結果を頻繁に交換することにより、すなわち世界的協力態勢を緊密に確立することにより、案外に容易に近い将来その完成に到達するのではないかと考えられる。

私は日本学術振興会の流動研究員としてこの1年を東大地球物理学教室の正野研究室で過ごした。これは正野重方教授の寛大なるご好意によるもので、私としては、感謝に満ちたおもい出である。東大史料編纂所には足繁く通い、所員の方がたにはたいへんご迷惑をおかけしていると思う。また図面の製作その他については正野研究室の小名悠美嬢を煩わした。本稿は辱知・保柳睦美教授のおすすめにより、不敏をかえりみずお引受けしたのであるが、山口大学への帰学の迫った多忙裏に筆を執つておれながら意に満たぬ点が多い。しかしこのような貧しいかつ不備なものでも、もし在京1年のありがたい機会が与えられなかつたら生まれなかつたであろう。おおかたのご好意とご激励に対する深き感激をもつてこの筆を走らせてきたことを記して結語とすることを許していただきたいとおもう。

おもな参考文献と資料

- 1) 山本武夫：観測時代における日本の気候は変化しつつあるか、科学，19，2，1949.
- 2) Mitchell, J. M.: On the world-wide pattern of secular temperature change. *Research Paper*, No. 43, U.S. Weather Bureau, Washington D. C., 1961.
- 3) 王紹武：最近90年の大気環流の変動（田辺三郎氏紹介），グロースベッター，5，1，1966.
- 4) 北海道志，卷二十六，政治測量（開拓狭編）
- 5) Veen, J. van.: Necessity of subsidence-gauge. Published by Netherlands Geodetic Comm. for I. U. G. G., Toronto, 1957.
- 6) Nazarov, V. S.: Historical variation of ice conditions in the Kara Sea (*Translated by E. R. Hope*). *Bulletin of the All-Union Geographic Society*(USSR), 6, 653-655, 1947.
- 7) 彦根地方气象台：滋賀県災害誌，昭和41年3月.
- 8) Manly, G.: The extent of the fluctuation shown during the instrumental period in relation to Post-Glacial events in N. W. Europe. *Q. J. R. M. S.*, 75, No. 324, 1949.
- 9) Goldthwait, R. P.: Evidence from Alaskan glaciers of major climatic changes. *Proceedings of International Symposium on World Climate from 8000 to 0 B.C.*, Apr. 1966.
- 10) 朝鮮総督府観測所：朝鮮古代観測成績調査報告，大正6年7月.
- 11) 山口県：佐波川水文基礎調査報告，昭和31年3月.
- 12) 京都測候所：京都府気象七十年報，昭和27年.
- 13) 保柳睦美：西域の減びた町と河川の縮小，地学雑誌，74，1-2，1965.
- 14) Lamb, H. H., Lewis, R. P. W., and Woodroffe, A.: Atmospheric circulation on the main climatic variables between 8000 and 0 B. C.: meteorological evidence. *Proceedings of International Symposium on World Climate from 8000 to 0 B.C.*, Apr. 1966.