

# 火山爆発および水爆実験と気候異変

気象研究所 予報研究室員\*

## Climatic abnormalities as related to the explosion of volcano and H-bomb

By Staff Members in Forecast Research Laboratory, Tokyo

Meteorological Research Institute, Tokyo

(Manuscript received 15 October, 1954)

### Abstract

The effects of volcanic explosion on the climatic abnormalities are investigated statistically and synoptically. The abnormal weather during the summer season in 1954 when the large-scale H-bomb experiment was made is found to have the similar features as the climatic abnormalities caused by volcanic dust. The distribution of temperature anomalies and annual variation of it are discussed in relation to the tropospheric circulation.

### § 1. は し が き

気候異変の説明には、主として火山説と黒点説とがあり、日本でも東北地方の凶冷を取扱つて数多くの研究がなされている。

1954年6月、7月には日本附近で異常な低温が記録されたが、この原因として、火山爆発に匹敵する水爆の実験による成層圏の汚染と、この年が黒点数の極小年にあたることが考えられる。そこで先ず、黒点数の変動と本邦附近の異常低温との関係、および水爆実験に対応すべき火山爆発と異常低温との関係について、統計的な検定がなされた。

次に1954年の世界的な異常気候を、火山爆発後の世界気候異変と対応させて説明するために、主として夏期の気温、気圧分布を綜観的に解析し、成層圏の汚染が及ぼす気候学的影响の現れ方およびその機構について調査した。

### § 2. 火山爆発及び太陽黒点数の變動と東北地方の大凶冷との関係

既に火山爆発と東北地方の凶冷との関係については、荒川(秀)<sup>(1)</sup>により検討されたが、改めて東北

地方の凶作年表を整理し、その相互関係を統計的に検定した。

東北地方の凶作年表は畠<sup>(2)</sup>により詳細な年表が作成されたが、「日本凶荒史考」<sup>(3)</sup>(西村,吉川編)をも参照し、上述の年表を主に他は「岩手県災異年表」<sup>(4)</sup>石川の年表<sup>(6)</sup>その他を照合して東北地方の気象要因別の凶作年表を作成した。その詳細な年表は別に報告する予定であるが、上述の諸年表より更に気象要因の不明な凶作年の数を減ずることが出来た。気象要因として霖雨、低温による所謂凶冷のうち特に大凶冷年として被害県数5県以上、或はそれに相当する凶冷年(被害県数は4県以下でも主に岩手県災異年数より、同地域の当時の収穫量及び損耗率5割以上の凶作)を第1表第2列に示した。

一方、火山爆発の年表は世界的には、未だ充分に整理されてなく、ここでは「The Eruption of Krakatoa, and Subsequent Phenomena」<sup>(6)</sup>により天空状態の異常を観測せる火山爆発を第1表第3列に記入し、備考としてその火山名を示した。これらの火山は世界的大火山爆発で且つ爆発直後6ヶ月間に欧州にて日没後、異常に赤色な薄明を観測したものであり、前述の図書資料の他に、追加された1902年、1903年、1912年の火山爆発は、

\* 荒川昭夫, 藤田敏夫, 伊藤宏, 増田善信, 村上多喜雄, 松本誠一, 小沢正, 鈴木栄一, 竹内衛夫, 戸松喜一

Table 1. Chronology of sun-spot Number minimum, bad harvest and major volcanic eruption

Minimum Sun Spot Number	Chronology		Remarks. Volcanic Eruptions listed up here are of great magnitude and followed by unusual redness in the twilight or brightness of the sunset
	Severe bad Harvest caused by cool summer	Violent Volcanic Eruption	
1755	1755 1763	1755 Oct. 17	Kötlugia (Iceland)
1766	1767		
1775	1783	1783 { June Apr. ~ Aug.	Skaptar Jökull (Iceland) Asama (Japan)
1784	1785 1786 1793 1795		
1798 1810		1811 Jan. ~ June 1811 Apr. 30	Azores Soufriere (St. Vincent, West Indies)
	1813	1814 Feb. 1	Mayon (Luzon)
	1815	1815 Apr. 7 ~ 12	Tomboro (Sumbawa, Sunda Islands)
		1818 Oct. 11 ~ 21	Goenoing (Java)
		1821 { March Dec. 19	Klutschewskaja-Sopka (Kamschatka) Ayafialla Jökull (Iceland)
		1822 { Oct. 22 ~ Nov. 4 Oct. 8 ~ 12	Vesuvius (Italy) Galung (Java)
1823	1825		
	1832	1831 July ~ Aug.	{ Babujan Island Graham's Islands
1833	1833		{ Pichincha (Ecuador)
	1835	1835 Jan.	{ Cosseguina (Nicaragua) Osorno
	1836		{ Aconcagua
1843	1838		
		1845 Sept. 2	Hecla (Iceland)
		1846 { — Apr. 15	Amugura Figi Hecla (Iceland)
1856	1866		
1867	1869		
		1872 { Apr. 23 ~ May 3 Apr.	Vesuvius (Italy) Merapi (Java)
1878		1875 March ~ Apr.	Vatna Jökull (Iceland)
		1883 { Aug. 27 Oct.	Krakatoa (Strait of Sunda) Saint Augustin (Alaska)
	1884		
1889 1901	1902	1902 { May 8 Oct. 24	Pelé (Martinique, West Indies) Santa Maria (Guatemala)
	1905	1903 Feb. ~ Mar.	Colima (Mexico)
1913	1913	1912 June 6	Katmai (Alaska)

勿論世界的大噴火であり、又ビショップ環を観測したものである。なお第1表第1行は太陽黒点数の極小年を記入した。

a. 火山爆発と凶冷との関係—第1表に掲げた火山爆発と東北地方の大凶冷年との関係の有無については、帰無仮説「火山爆発と大凶冷とは関係がない」として下の分割表Aにより独立性の検定を試みた。調査した期間は1755年-1913年にわたる火山爆発と大凶冷についてである。なお火山爆発による細塵の大気中の浮遊時間については、理

論的近似値として半径  $1.85 \mu$  のものが、高度 20 軒から地上に到達する時間が約 2 年を要すること及びクラカタア火山爆発における細塵の浮遊時間の推定では、2年-3年とされており、それらを考慮し、ここでは火山爆発に際して爆発年を当年とし、翌年、翌々年（爆発した年は7月1日を境にして当年、翌年等とする）の3年間のうち少なくとも1回大凶冷があつた場合を1回とし、その他の年も3年単位にとり、同様な方法で計算した。検定結果は危険率 1% 以下で上記の帰無仮説が棄却された。換言すれば、火山爆発と大凶冷とは関係があることを示唆している。以上の定性的結論を更に細かく検討するために第2表を作つた。この表は縦に火山爆発年を列べ、横には爆発後の経過年数をとつて、爆発後、初めて出現した凶冷年をその爆発年から数えて記入したものである。星印を施した年は黒点の極小前後3年間に当る年である。

検定方法は資料の全期間(1750-1918)に於ける凶冷の絶対発生確率(平均して何年に1回起るか)

A

		Bad Harvest		Sum
		Occurr.	None	
Volcanic eruption	Occurr.	10	5	15
	None	10	28	38
Sum		20	33	53

$\chi_0^2 = 7.34 (D.F. = 1)$

$Pr(\chi^2 > 7.34) < 0.005$

Table 2. Relation between major volcanic eruption and severe bad harvest in the Northern Japan. The year of sun spots number minimum is shown by asterisk.

	0	1	2	3	4~6	7	8~9	10	11	12	13~19	20
1756						1763			1767*			
1783	1783*		1785*	1786				1793		1795		
1811												
1812		1813										
1814												
1815	1815											
1819												
1821												
1822												
1823			1825									
1832	1832*	1833*										
1835	1835	1836		1838								
1846												1866*
1872												
1875												
1884	1884											
1902	1902*											
1903			1905									
1912		1913*										
Sum	6 (3)	4 (2)	3 (2)	2 (2)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	1 (1)	1 (0)	1 (1)	0 (0)	1 (0)

を算出し、それを基準にして任意の年或は期間の凶冷発生割合との差を百分率の信頼限界法<sup>7)</sup>によつて検定した。

火山爆発後 3 年間の発生割合は  $13/45=0.288$  となり、信頼度 95% の信頼下限は 0.18 となるので明らかに絶対発生確率より大きい (絶対発生確率は  $22/169=0.130$ )。又その他の期間には有意でないから、爆発後 3 年間は特に凶冷が発生し易いと云える。

黒点極小の前後 3 年に当る凶冷年を除外した括弧内の合計について同じ検定を行うと矢張り信頼度 95% で爆発後 3 年間は発生し易くなつてゐることがわかる。

b. 黒点の変動と凶冷との関係—黒点数極小年近傍に大凶冷が起り易いかどうかを調べることが必要であらう。先ず右の分割表 B によつて黒点数の変動と凶冷発生との関係を定性的に調べたが、「関係がない」という仮説を棄てるには 28% もの危険率が伴うことがわかる。この関係を細かく調べるために第 3 表を作つた。この表は黒点極小年を中

B

		Bad harvest		Sum
		Occurr.	None	
Sun spots number	Min. $\begin{cases} +1 \\ 0 \\ -1 \end{cases}$	7	8	15
	Others	12	27	39
Sum		19	35	54

$x_0^2=1.20 (D.F.=1)$

$Pr(x^2>1.20)=0.28$

心に左側は極大から減少傾向にある期間を示し、右側は増加傾向にある期間を示した。黒点数の週期が変動するために表の合計欄に示すような頻度になる。表中の数字は第 1 表に書き出した大凶冷年で、線を引いた年はその前年又は後年が極大に当つてゐるので夫々次行又は前行に繰入れた。又星印を附した年は第 1 表の火山爆発後 3 年間に該当する年である。

a. と同様な検定方法により、凶冷絶対発生確率

Table 3. Relation between sunspot number and severe bad harvest in the Northern Japan. The year of major volcanic eruption is shown by asterisk.

Sun Spot year	before Min.						after Min.				
	-5	-4	-3	-2	-1	Min.	+1	+2	+3	+4	+5
Cycle No.											
1						1755					
2			1763				1767				—
3										—	—
4					1783*		1785*	1786		—	—
5	1793		1795								
6									1813*		1815*
7								1825*			
8	—	—			1832*	1833*		1835*	1836*		—
9	1838										
10											—
11					1866			1869		—	—
12											
13	1884*										—
14							1902*			1905*	—
15						1913*					—
Sum	3 (2)	0 (0)	2 (2)	0 (0)	3 (1)	3 (1)	3 (1)	4 (2)	2 (0)	1 (0)	1 (0)
			B			A					

は  $22/169=0.13$  である。今最も差があると思われる A, B 期間について調べると、

A 期間の凶冷発生割合は  $9/45=0.20$  で信頼度 95% の下限は 0.11 となる。

B 期間の発生割合は  $2/44=0.045$  で同じ信頼度の上限は 0.13 となる。

この検定から黒点極小期、又その他の期間についても凶冷は特に発生し易いとは云えないことが分つた。

更に星印の凶冷年は一応火山の影響があつたと仮定して、22 例中 13 例を除いた資料について統計すると、合計欄の括弧内の数字が得られる。これについても前と同じ方法で検定すると、どの年又は期間をとつても差が認められないことが分つた。

c. 火山爆発と黒点の変動との関係——T. A. Jagger<sup>8)</sup> はハワイ諸島のキラウエア火山の熔岩の流出が黒点極小年前後に多いことを図的に示し、その理論的可能性を説明した。事実、最近の資料を補充して統計的検定を試みた結果、キラウエア火山については危険率 5% 以下で上述の関係が有意になつた。しかしキラウエア火山は噴煙型の爆発でないので、我々の研究対象には関係がない。第 1 表にあげた火山爆発と黒点数の関係を下の表 C に示した。こゝでは極小年前後 1

		Sun spots number		Sum
		Min (+1, 0, -1)	Others	
Volcanic eruption	Occurr.	6	12	18
	None	9	26	35
Sum		15	38	53

$$\chi_0^2=0.336 (D.F.=1)$$

$$Pr(\chi^2>0.336)=0.60$$

年を含む 3 年間に少くも 1 回爆発があつた場合を 1 回とし、その他の年も 3 年単位に区分した同様な計算をした。検定結果は、このような区分による“黒点数の変動と火山爆発とは関係がない”とする仮説を棄却しようと思えば 60% の危険率を伴うことになり、棄却されない。即ち黒点数極小附近の年に火山爆発が特に起り易いとはいえないことになる。

### § 3. 火山爆発年およびその翌年における夏季気温、並びに気圧の偏差分布

火山爆発により気候に影響を受けた年として 1884 年 (1883 年 8 月 27 日のクラカトア火山の爆発), 1902 年 (1902 年 5 月 8 日のペレー火山および 10 月 24 日のサンタマリヤ火山の爆発), 1903 年 (1903 年 2 月~3 月のコリマ火山の爆発) および 1912 年 (1912 年 6 月 6 日のカトマイ火山の爆発): 日射の観測から火山爆発の影響が残っていることが知られる 1885 年と 1913 年: 黒点極小年である 1901 年と 1923 年 (1954 年が黒点極小年に当つているので比較のためにえらんだ): 火山爆発の影響もなく、黒点極小年でもなくて日本が冷害を受けた 1931 年および 1934 年、以上の各年について、6 月、7 月および 8 月の月平均気温の平年偏差分布を調べた。

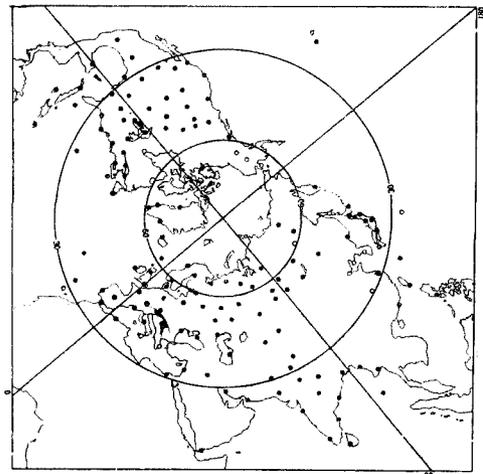


Fig. 1. Distribution of stations. Marks ● show the stations which have observational data of more than 40 years, and marks ○ the stations which have observational data of more than 30 years.

資料は World Weather Record<sup>9)</sup>により、40 年以上の観測がある地点を選び、それで不足する地域では 30 年以上の地点を若干つけ加えた。その間に観測所が移動したものは採らなかつた。第 1 図に偏差を求めた地点が示されている。観測所により日平均気温の算出法が異なつてはいるが、その差は  $0.1^{\circ}\text{C}$  のオーダーであるから、われわれの議論には支障を来さないであろう。

比較しやすいために、ユーラシヤ大陸上の大勢

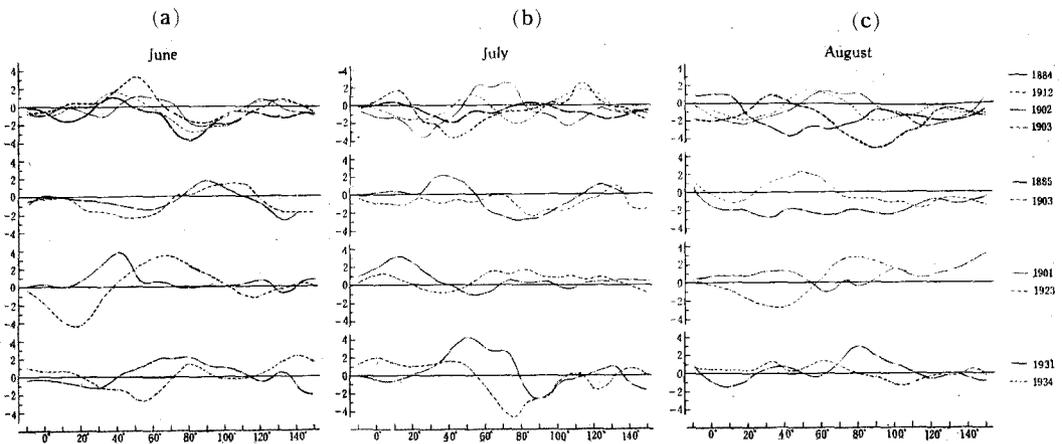


Fig. 2. Zonal distribution of monthly mean temperature anomalies averaged over the latitude belt between 50°N and 60°N, (a) : June, (b) : July, and (c): August.

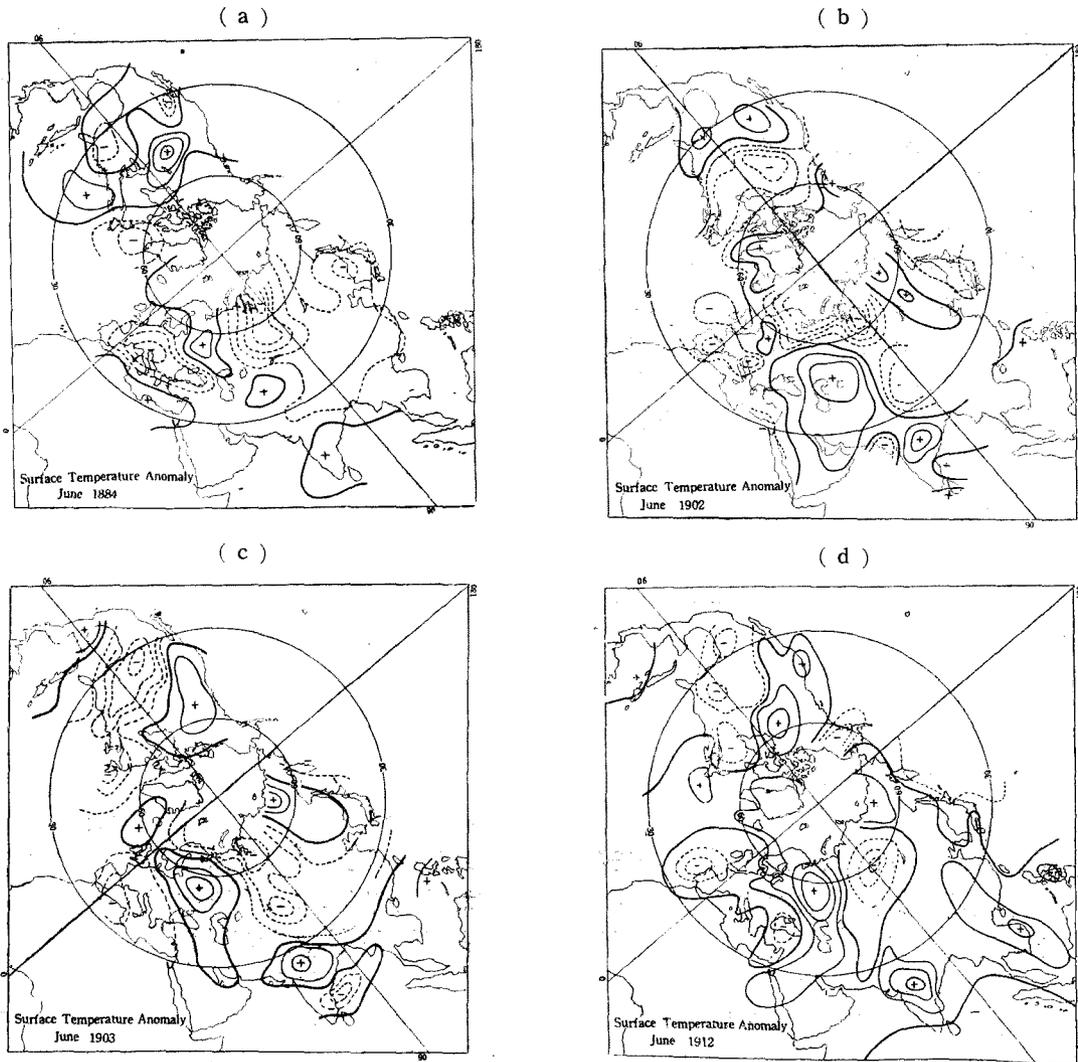


Fig. 3. Monthly mean temperature anomalies for June (a): 1884, (b): 1902, (c): 1903, and (d): 1912. Solid lines show positive isolines and broken lines negative isolines in every 1°C.

を示しかつ資料の最も豊富な 50°N と 60°N 間で平均した偏差の経度分布が第2図 (a) (b) (c) に示してある。この図と、その他に 35°E, 80°E および 125°E における偏差の緯度分布 (省略) を参照すると、次のようなことがわかる。

- a) 火山爆発年およびその翌年では、変動の大きさおよび変動の波長については、他の年と著しい差異は認められない。
- b) しかし位相については、火山爆発年の6月には4ヶ年ともきわめてよく類似していることが認められる。

第3図 (a) (b) (c) (d) はこれらの月の北半球月平均気温偏差図であるが、これらの図から共通している特長として：ヨーロッパの南西部、シベリア西部から中部および日本付近では低温：ヨーロッパ中部から東部、シベリア東部およびインドでは高温になっていることが注目され、また北アメリカでは1902年を除き大陸の東部が低温、西部が高温となっている。これら4ヶ年を平均したものが第4図であるが、上述の特長を明瞭に表わしていることがみられるであろう。

- c) 爆発翌年の6月も偏差分布はお互に類似しているが、火山爆発年とは逆位相になっている【第5図 (a) (b) 参照】。同じことが6月ほど明瞭ではないけれども7月、8月の偏差分布にも認められる。

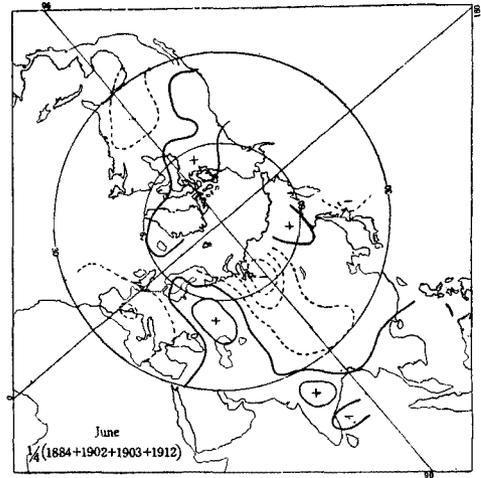


Fig. 4. Monthly mean temperature anomalies averaged over four Junes in 1884, 1902, 1903 and 1912. Solid lines are positive isolines and dotted lines negative isolines in every 1°C.

黒点極小年およびその他の凶冷年の偏差分布については、火山爆発年およびその翌年との間に類似は見出されない【第6図 (a) (b)、第7図 (a) (b) 参照】。

- d) 火山爆発年の偏差分布の類似性は、7月、8月では6月におけるほど顕著ではないけれども、1884年と1912年との間および1902年と1903年との間にそれぞれ類似性がみられる。このことは7月における方がより著しい。火山爆発年の間の違いは、火山爆発の規模に

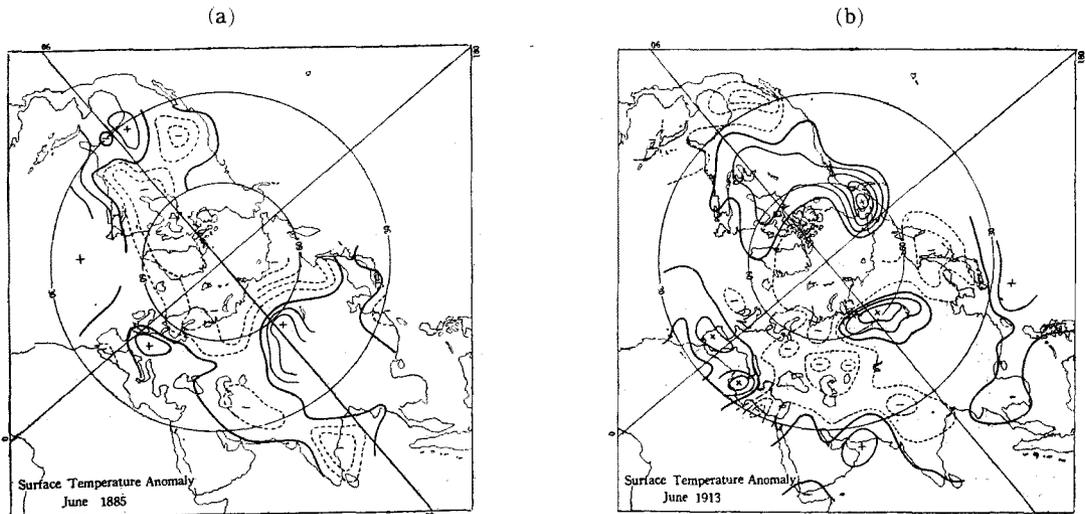


Fig. 5. Monthly mean temperature anomalies for June, 1885 (a) and 1913 (b). Solid lines are positive isolines and dotted lines negative isolines in every 1°C.

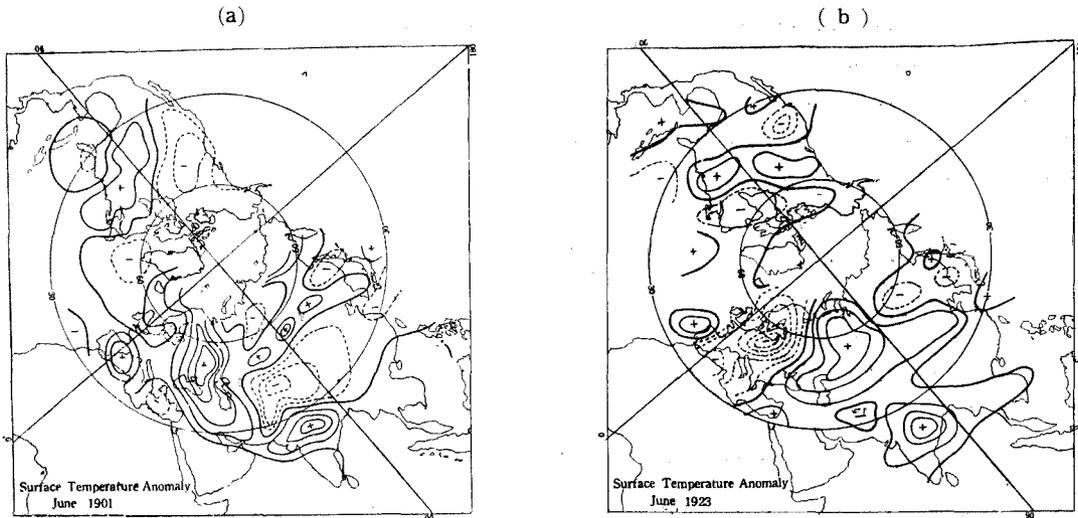


Fig. 6. Monthly mean temperature anomalies for June, 1901 (a) and 1923 (b). Solid lines are positive isolines and dotted lines negative isolines in every 1°C.

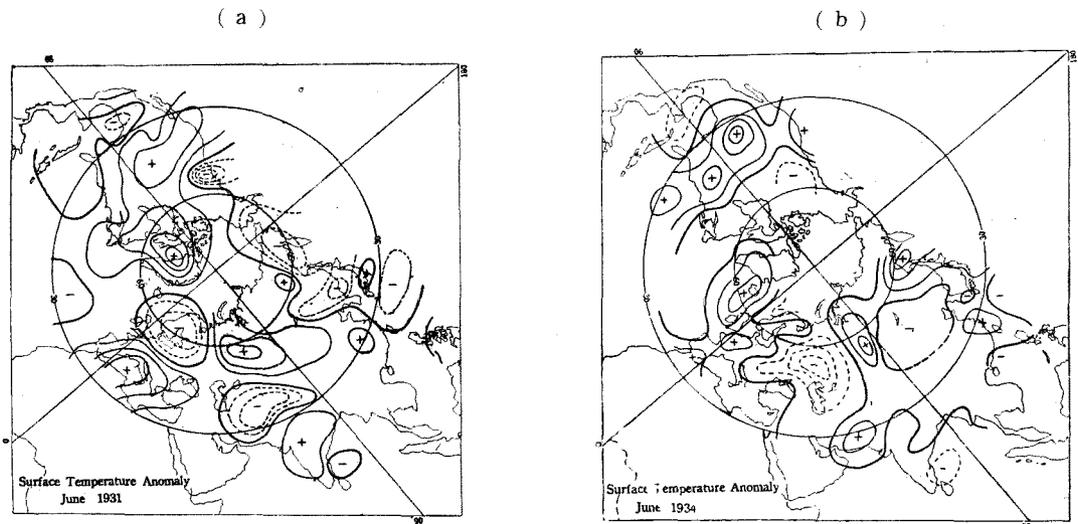


Fig. 7. Monthly mean temperature anomalies for June, 1931 (a) and 1934 (b). Solid lines are positive isolines and dotted lines negative isolines in every 1°C.

第 4 表

	火山 爆 発 年				そ の 翌 年		黒点極小年		その他の冷害年	
	1884	1902	1903	1912	1885	1913	1901	1923	1931	1934
6 月	-1.1	-0.4	-0.5	0.1	-0.5	-0.7	0.6	-0.1	-0.2	0.1
7 月	-0.6	-0.7	-0.3	-0.5	-0.3	-0.9	0.6	0.4	0.4	-0.2
8 月	-1.4	-0.8	-0.5	-1.8	-1.8	-0.2	0.9	0.1	0.3	0.3

関係するものと考えられる。

e) 火山爆発後世界的に低温になつたことは、多くの著者によつて調べられている。第 2 図

から各年について気温偏差の平均を作つてみると第 4 表のようになる。

上表から火山爆発年およびその翌年では、

1912年6月\*を除いて、平年以下であるのに対し、黒点極小年では、1923年6月のみが $-0.1^{\circ}\text{C}$ で、その他は平年以上である。したがって、黒点極小年と火山爆発年とは、平

均値に関してはその差異がきわめて明瞭である。

火山爆発年について、年間を通して上記の平均値を計算してみると第8図のようになる。

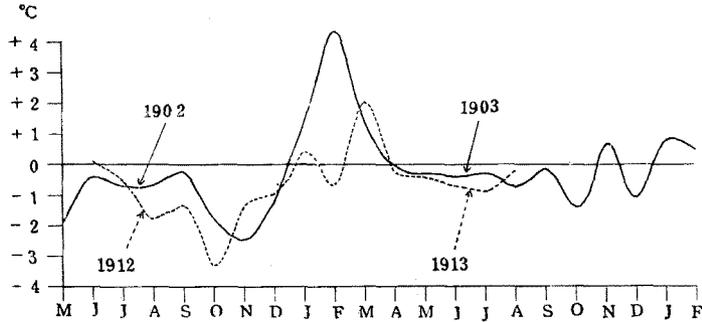


Fig. 8. Seasonal variation of monthly mean temperature anomalies averaged along the latitude band  $50^{\circ}\text{N}-60^{\circ}\text{N}$  from  $10^{\circ}\text{W}$  to  $150^{\circ}\text{E}$ . Solid line shows averaged anomaly for 1902 and 1903, and broken line for 1912 and 1913.

この図から、火山爆発年には夏季ばかりでなく春と秋も低温であるが、冬は平年よりも暖くなつていて、冷夏暖冬で特長づけられることがわかる。

第9図(a)(b)は、火山爆発年である1884年および1912年の6月の月平均気圧偏差図である。

気温分布と同じように気圧においても両年の分布はきわめて類似していることがみられる。また気温分布の正偏差は気圧分布の正偏差に、気温分布の負偏差は気圧分布の負偏差によく対応していることがわかる [第3図(a)(d)参照]。

ヨーロッパからシベリヤにかけての気圧偏差分

(a)

(b)

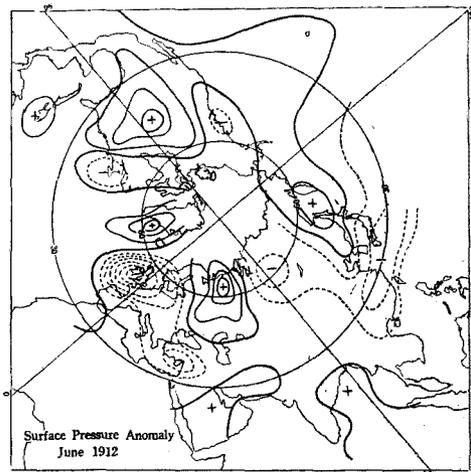
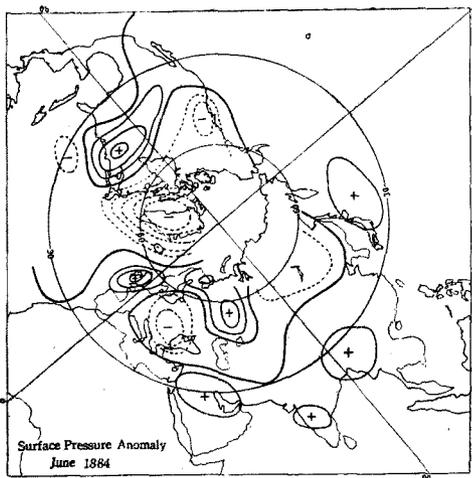


Fig. 9. Monthly mean pressure anomalies for June, 1884 (a) and 1912 (b). Solid lines are positive isolines and dotted lines negative isolines in every 1 mmHg.

\* カトマイ火山は1912年6月6日に爆発しているが、灰が拡がるのに若干の時日を要するので、1912年6月は完全に火山爆発の影響下にはなかつたと考えられる。

布は、プロツキング活動の活潑なことを予想させる。

以上の解析では火山爆発が4例しかないため、もつと多くの年を調べることが望ましいが、ここでは、火山爆発後の6月の気温偏差分布の特徴を1つの仮説として、この気温分布の異常性を一応統計的に検討した。

第4図から正及び負の偏差域の代表地点として、Greenwich, Moskva, Yenisseyk, 日本(根室, 宮古, 東京の平均)及びカナダ西部(Edmonton, Helenaの平均)を撰んだ。第10図は各地点の気温の経年変動を示す。そこで、これらの5

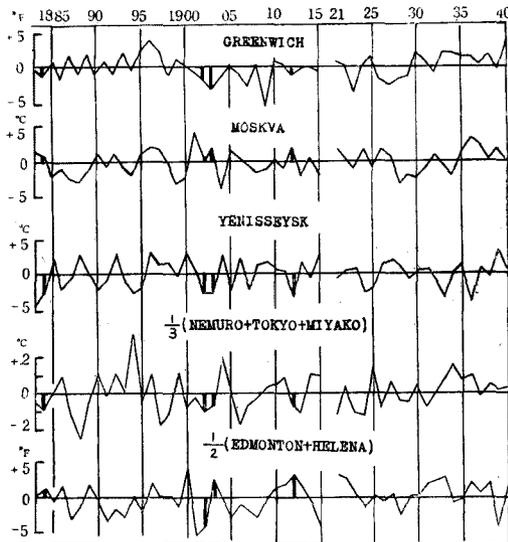


Fig. 10. Yearly fluctuations of June temperature in the representative station for each anomaly area.

地点をベクトルの成分と考えて、爆発年とその他の年(平年)の平均ベクトルの差の検定<sup>10)</sup>を行い、且つベクトルの棄却限界を求めた。資料はWorld Weather Recordにより、調査期間は1883年~1940年でこの中1916年~1920年はMoskva, Yenisseykの資料が欠除していたため計算から除いた。

検定の結果は「爆発年とその他の年の平均ベクトルには差がない」という帰無仮説は危険率2%で棄却される。従つて第4図の気温分布は爆発のない平年とは異なるといえる。

しかし1954年の分布が平年と異なるか否かについては各地点の資料が入手できないので、ここでは棄却楕円の方程式を求めるのに止めた、危険率5%とし、 $x$ を各地の気温とすれば、 $X=(x)$ として

$$(X-\bar{X})\phi^{-1}(X-\bar{X})=0.511$$

$$\text{但し } \bar{X}=\sum_{i=1}^N X_i/N, \phi=\sum_{i=1}^N (X_i-\bar{X})(X_i-\bar{X}), \\ X_i=(x_i)$$

となり、前記5地点の気温の資料が得られれば、1954年の気温分布が異常であるかどうか判定し得る。

日本の低温について別に検討した。即ち全国10ヶ所\*平均の6,7月気温から6月と、6,7月の持続性をも見るために6,7月の差とを成分とする2次元ベクトルの棄却楕円を求めた。結果は第11図の如く、1954年の値は危険率5%の棄却楕円の外に落ちるので、この低温は異常といえる。

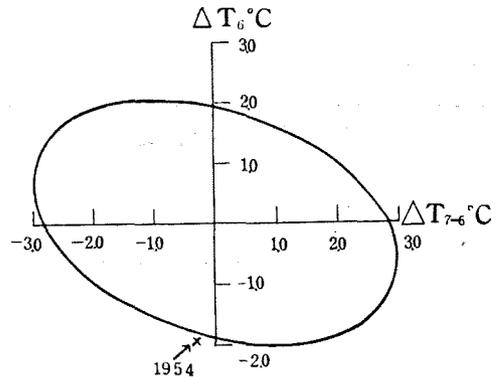


Fig. 11. Rejection ellipse for two-dimensional vector which consists of June temperature and the temperature difference from July to June in the Japanese Island.

#### § 4. 1954年夏季の気圧分布

1954年夏季は、日本附近は異常な低温で、6,7月を通じて東北、北海道では平年に比し2°C以上低温であつた。このような気候の異変は日本附近ばかりでなく、中国における歴史的な洪水、イギリス、フランスなどにおける異常低温、ソビエト中部、アメリカ北西部、インドなどの高温などが伝えられた。しかし、現在までのところ全世界的な気温の資料がえられないので、ここでは北半球の月平均の地上および500mb面の気圧分布から1954年夏の異常気候の様相を調べることにす

\* 根室, 札幌, 宮古, 山形, 東京, 新潟, 岐阜, 大阪, 広島, 宮崎。

る。

前節までに、火山爆発年の世界気温偏差分布は、お互いによく類似しており、また気温偏差図と気圧偏差図との間にもかなりの一致がみられることがわかつた。そこでこれら火山爆発年と、1954年夏との異常気候を比較対応させることによつて、ビキニ環礁で行われた一連の水爆実験の気候

に及ぼす影響を推定することにする。

第12図(a)(b)は、1954年6、7月の地上の気圧偏差図を、第13図(a)(b)は、同じく6、7月の500 mb面の高度偏差図を示したものである。これらの図から明らかなのは、第12図と第13図とはお互いによく類似しており、6、7月を通じ、中部ヨーロッパ、オホーツク海は正の偏

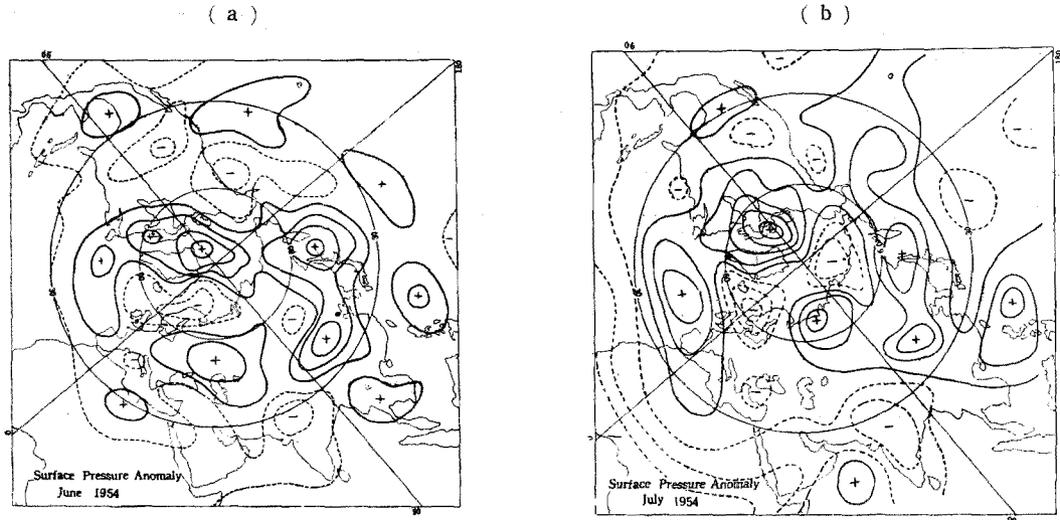


Fig. 12. The distribution of monthly mean pressure anomaly at sea level in June(a) and July(b) 1954. Solid lines show positive pressure anomaly and dashed lines, negative. Isolines are for 2mb intervals. + indicates the center of the positive pressure anomaly and -, negative.

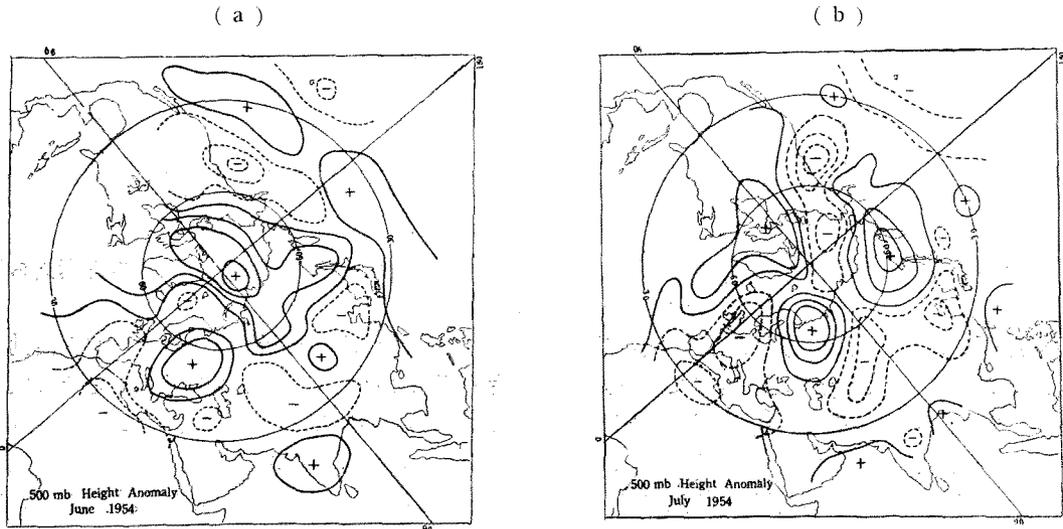


Fig. 13. The distribution of monthly mean 500 mb height anomaly in June(a) and July(b) 1954. Contours are drawn in every 200 feet interval. + indicates the center of positive height anomaly and -, negative.

差に、ヨーロッパ西部、日本附近、アリューシャンは負の偏差になつている。これらの地域は、1954年夏に異常高温、異常低温が伝えられた地域とよく対応している。さらに第13図と、前に述べた火山爆発年の気圧偏差図(第9図)および気温偏差図(第3図)とを比較すると、お互いに極めてよく一致していることがわかる。

そこで、火山爆発年および1954年の6、7月の地上気温の偏差分布に共通して現れる特異な分布を、上層の流れの模様と対応させて調べるために、1954年の6、7月の平均の500 mb面の高度分布を第14図(a)(b)に示した。第13図と第14図とを対照すると、ブロッキング高気圧あるいはそれに類したリッジが卓越している中部ヨーロッパ、オホーツク海西部、アメリカ北西部で偏差が正に

なつていることがわかる。すなわち、ブロッキング高気圧やリッジが例年より強いことを意味し、これが偏差分布の原因となつていることが推定される。

上述のことは、500 mb面の偏西風のジェット分布を作つてみるとさらに明瞭になる。第15図(a)(b)(c)と第16図(a)(b)(c)は、それぞれ1954年および平年の6、7、8月の500 mb面上の偏西風速の分布を示したもので、二重線はジェット的位置を示したものである。偏西風速の計算は、10度毎の経度線上で緯度10度毎の高度差から求めたものである。これらの図から、1954年の6、7月には、平年よりもジェットの分離が著しく、特にブロッキング活動が盛んであつたことがわかる。この現象は中部ヨーロッパで特に顕著である。

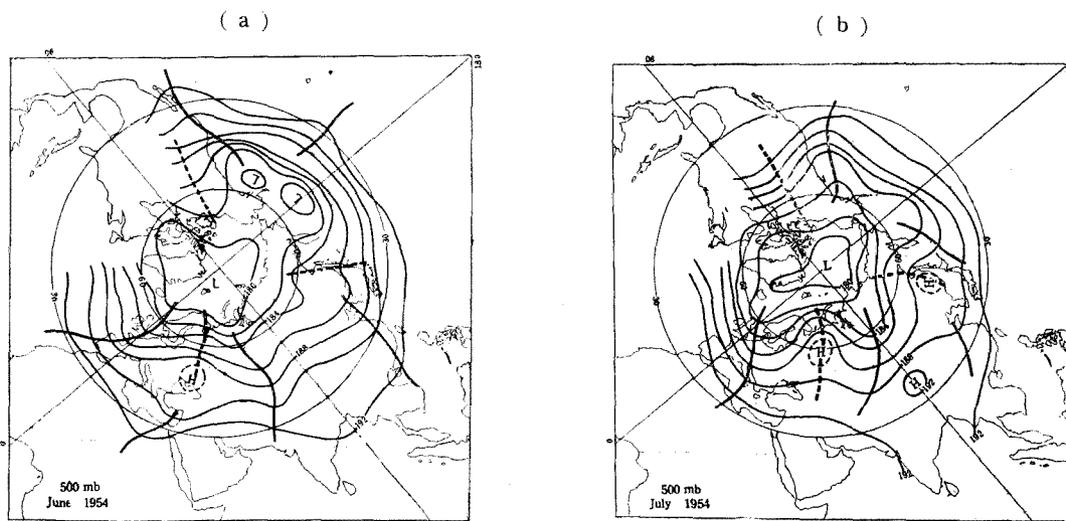


Fig. 14. The monthly mean 500-mb charts, for June(a), July(b), 1954. Contours are for 200 feet intervals. Heavy dashed lines indicate ridge, and double lines, troughs.

### § 5. ジェットの南偏とブロッキング活動

第17図は、 $0^{\circ}\text{E}$ ,  $80^{\circ}\text{E}$ ,  $140^{\circ}\text{E}$  および  $180^{\circ}\text{E}$  の各経度線上の1954年(実線)および平年(破線)の偏西風のプロファイルを示したものである。この図からも、6、7月には  $80^{\circ}\text{E}$ ,  $140^{\circ}\text{E}$  ではジェットの分離が例年より顕著であること、および各月を通じて偏西風ジェットの位置が例年より幾分南に偏し、偏西風ジェットの風速が例年より大きくなつていることが分る。1954年夏のブロッキング活動は、この偏西風ジェットの南偏および偏西

風速の増大に明らかに関係したいると考えられる。

D. F. Rex<sup>11)</sup>は、統計的にブロッキング活動は5月に極大になり、8、9月頃極小になるような季節変動をしていることを示した。このことは5月と6月の月平均気温の差をとれば明らかになる(第18図)。ブロッキングが卓越していれば、その影響は気温の推移(月平均気温の差)に現れ、大陸と海洋の分布と一致しない不規則な分布を示すことが予想される。第18図を見れば、中部ヨー

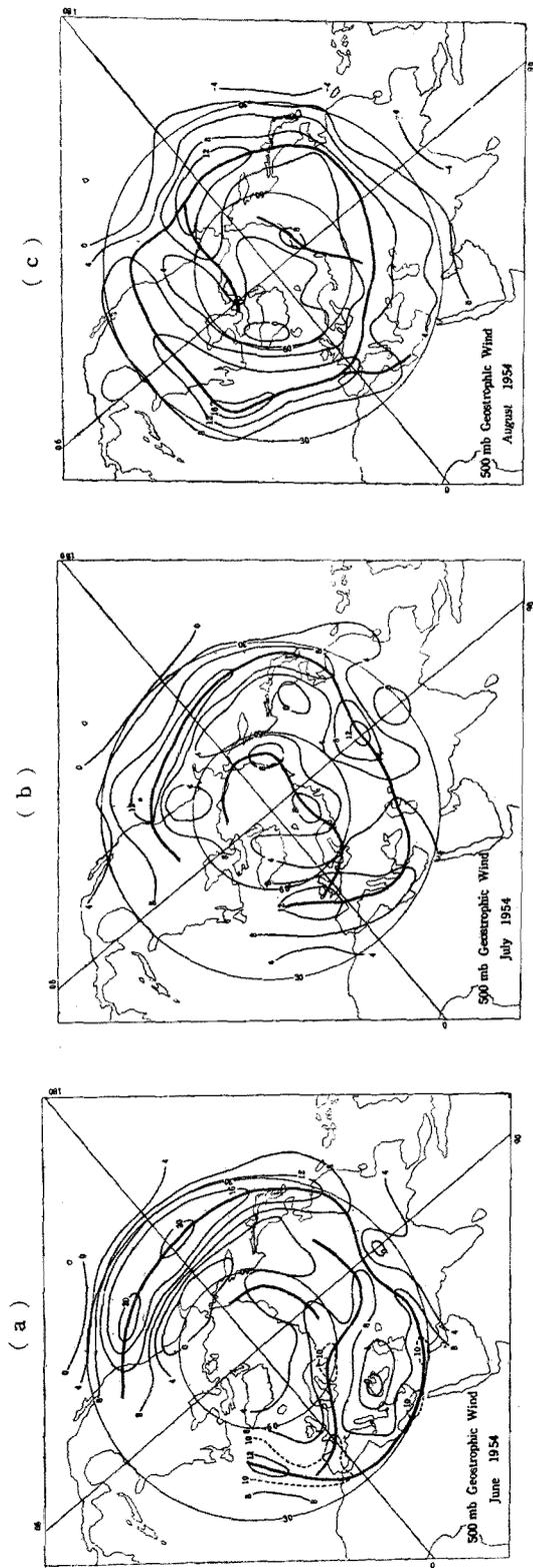


Fig. 15. The distribution of monthly mean 500-mb geostrophic zonal wind (m/s) in June(a), July(b) and August(c), 1954. Isolines are for 4 m/s intervals. Double lines indicate maximum westerlies (the jet).

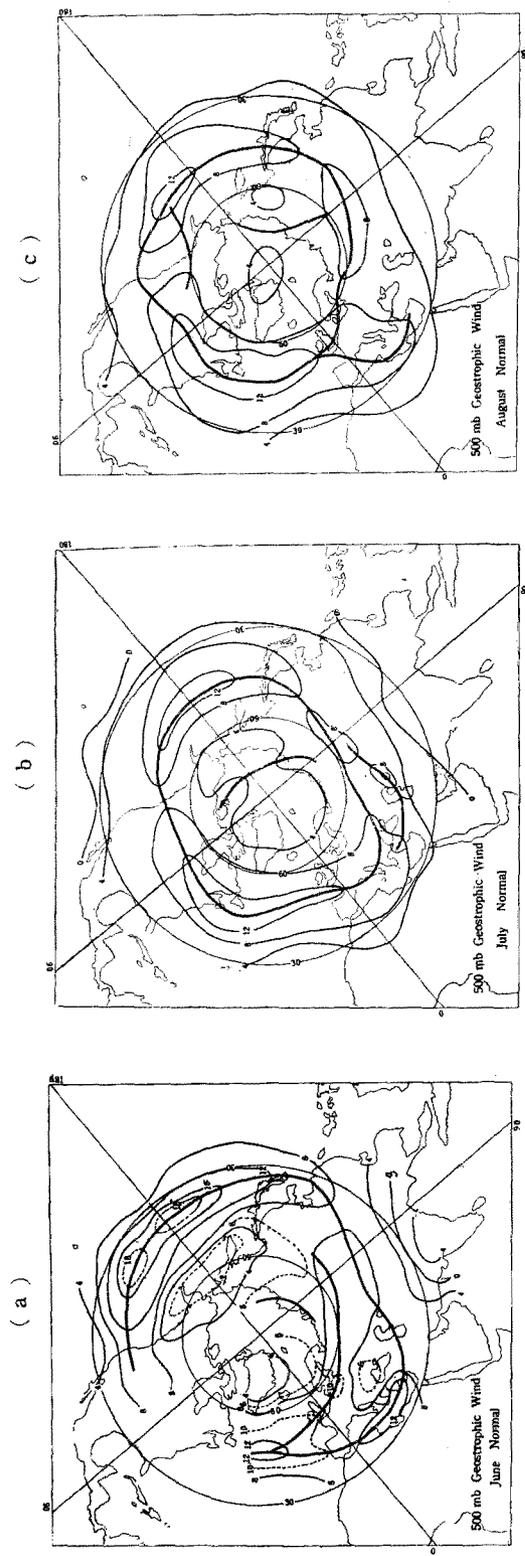


Fig. 16. Same as Fig. 13, for the normal year.

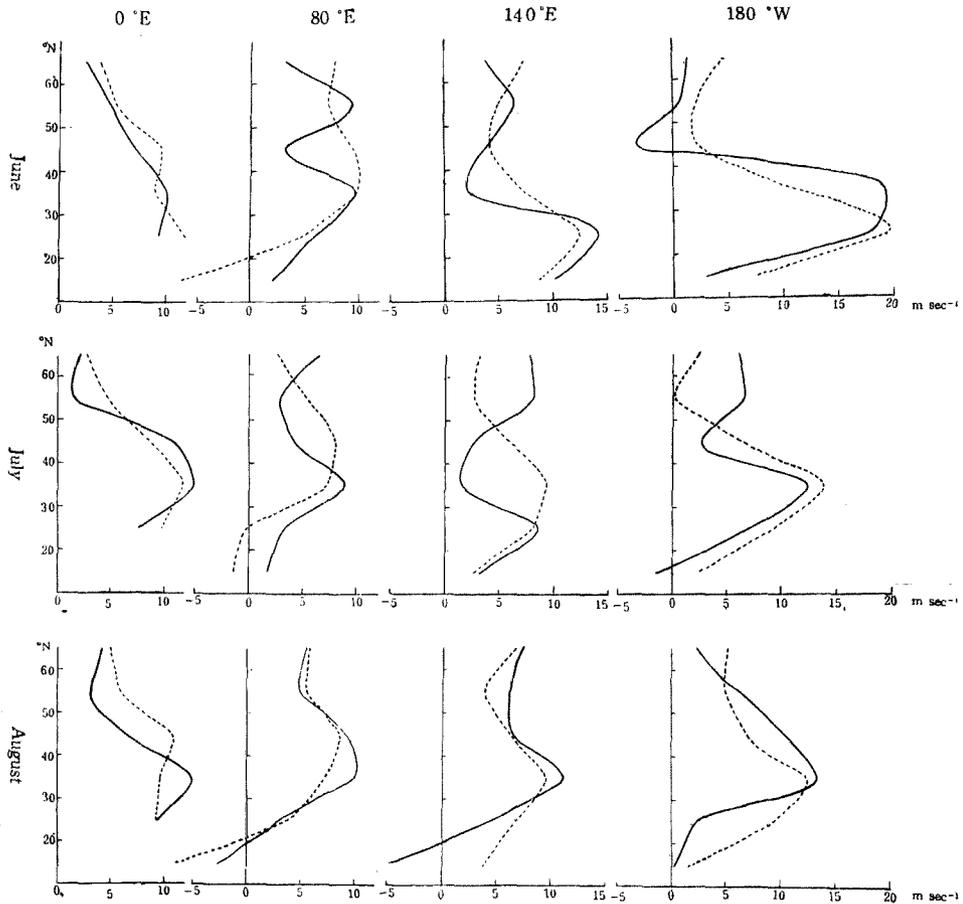


Fig. 17. Monthly mean profiles of the 500-mb geostrophic zonal wind (m/s) along 0°E, 80°E, 140°E and 180°E for June, July and August 1954 (full lines) and normal (dashed lines).

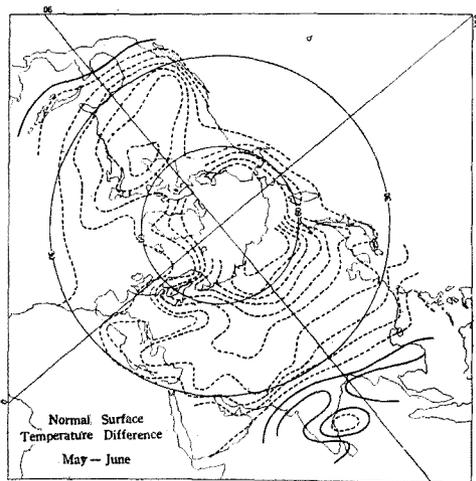


Fig. 18. Geographical distribution of normal temperature difference at sea level between May and June. Dashed lines indicate negative temperature difference and full lines, positive. Isolines are drawn in every 1°C.

ロツバ、オホーツク海西部、アメリカ北西部で等値線にかなりの変形が認められ、これらの地域では6月に比べ5月に特にブロッキング活動が盛んであることが知られる。第19図は、さらにこれを分りやすくしたものである。この図は第3節で作った図と同様に、第18図に示した温度差分布を50°Nと60°Nとの間で平均値をとり、横軸に緯度をとつて示したもので(太い実線: 5月-6月)、細い実線で1884年6月の気温偏差の分布が示してある。これらの線を比較すると、曲線の模様がよく一致している。このことから、平年の5月の状態が1884年の6月に起つたものと推定することができよう。

偏西風ジェット的位置は季節変動しており、冬最も南下し、夏最も北上する。ブロッキング活動の季節変動はジェット位置の季節変動と関連し

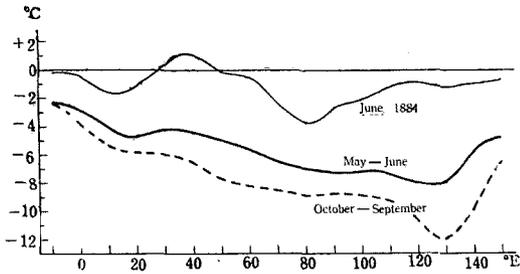


Fig. 19. Thin solid line indicates the monthly mean temperature against longitudes at sea level in the latitude band 50°N to 60°N for June 1884. Heavy solid line indicates the normal temperature difference between May and June and dashed line, between September and October.

ているのであろうと考えられる。ジェット的位置が例年の5月頃の位置にあるときにブロッキング活動が最も盛んになるものと推定するならば、第17図に示した通り1954年6,7月のジェット的位置は例年より南偏しているの、丁度例年なら5月頃の位置にあることが予想される。事実、第20図

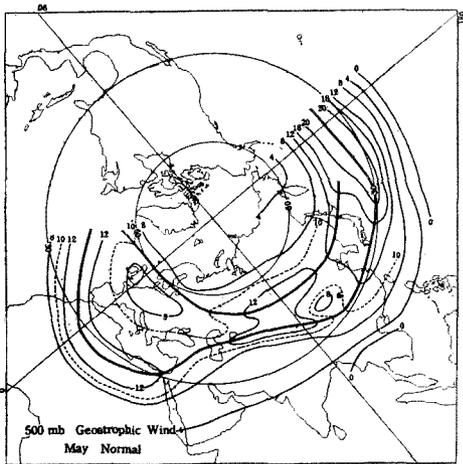


Fig. 20. The distribution of normal 500-mb geostrophic zonal wind (m/s) for May. Isolines are drawn in every 4m/s interval. Double lines indicate maximum westerlies (jet).

は平年の5月の偏西風のジェット分布を示したものであるが、第15図(a)(b)と比較すると、お互いにきわめてよく類似しており、上述の推定が正しいことを裏書きしている。すなわち、1954年(および火山爆発年)の6,7月のジェット位置は、例年の5月頃のジェット位置にあり、この月にブロッキング現象が発達してこのような特異な異常気候をもたらしたものと解釈することがで

きる。

火山爆発あるいは水爆の実験などによつて、細かい灰\*が成層高くまで吹き上げられると、入射してくる太陽放射をさえぎり\*\*、地球大気温度およびその分布に異常を生ずるであろう。ジェットの季節変動は気温の季節変動によつて生じているのであるから、これらの原因で日射量に変動がおきれば、偏西風ジェットは正常な季節変動を示さず、夏は冬に近く、冬は夏に近いような、すなわち夏期には第17図に示されたような例年より南偏した位置を占めるであろう。したがつて、6,7月になつても、ジェットは5月頃の位置にあり、ブロッキング現象が卓越して、火山爆発年特有の気温分布を示すものと考えられる。

1954年8月は日本附近は高温になつたが、偏西風ジェット的位置は全体としては平年より南偏しており、世界的にみればやはり季節が少しおかれていることが分る。

ブロッキング活動がジェット位置に関係しているものとする、ジェットが5月と同じ位置を占める例年の10月頃にも同様にブロッキング活動が卓越するものと推論される。第21図は偏西風

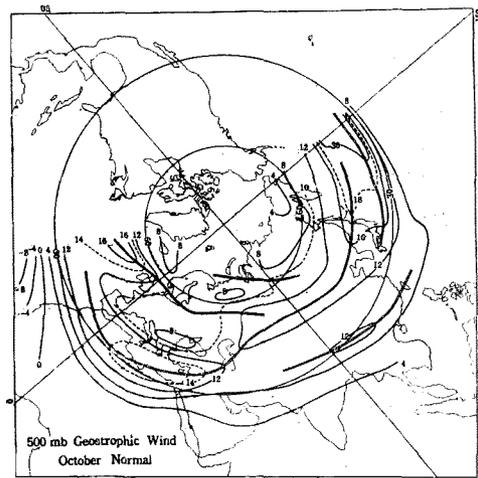


Fig. 21. Same as Fig. 20 for October.

\* 別の著者の調査によれば(未印刷)1954年東京における太陽の偏光観測で異常を発見し、直径0.8μの細じんが存在することを推定している。

\*\* 1954年の太陽放射の異常については、資料の不足処理の困難などいろいろ困難な事情があるが、別の著者により調査が進められているから、ここにはふれないことにする。

ジェットの平年の 10 月の位置を示したものであるが、事実ジェットの分離が著しく、ブロッキング活動が卓越していることがわかる。9 月と 10 月の平均気温の差をとると (第 22 図), 第 18 図と

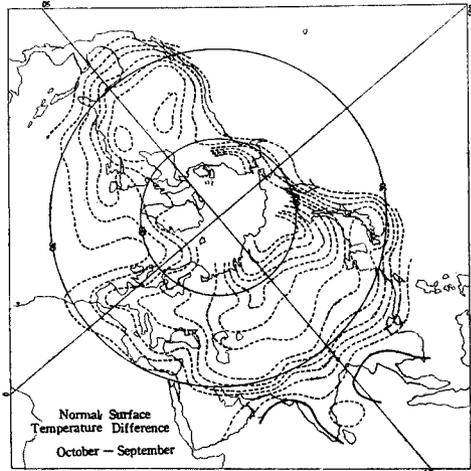


Fig. 22. Same as Fig. 18 for normal temperature difference between October and September.

類似の形が現れ、前と同様に  $60^{\circ}\text{N}$  と  $50^{\circ}\text{N}$  の間の平均をとつて経度分布を示すと第 19 図の破線のようになり、上述の推論が確かめられる。このようにして、1954 年 9, 10 月頃に、再びブロッキング現象が卓越して日本付近では低温となることが予想される。

H. Wexler<sup>12)</sup> は火山爆発による大気大循環の変動を論じ、火山の塵による放射の減少によつて南北の温度差が強化され、偏西風が強くなつて、夏における循環の様子が冬のそれに近づくであろうと推定した。われわれの資料によると、火山爆発年や 1954 年の夏には、一般に偏西風のジェットが例年より南偏し、風速も強く、海洋上で偏西風が強く、大陸とくにユーラシア大陸上でブロッキング活動が卓越して、前述の異常気候をもたらしたことが結論された。

### § 6. むすび

以上にえられた結果を要約すると次のようになる。

1. 火山大爆発後には凶冷がおこりやすい。
2. 黒点極小期に特に凶冷が発生しやすいとはいえない。
3. 黒点数の変動と火山爆発とは有意な関係がない。

4. 火山爆発後には世界平均気温が下り、暖冬冷夏の傾向がある。
5. 火山爆発の影響は、6 月に最も著しく、地域的な異常高温・低温として現れ、優勢なブロッキング活動により説明される。
6. 水爆による成層圏汚染も上と同じ影響を現し、1954 年 6 月、7 月にはブロッキング活動が旺盛であつた。これは夏期におけるジェットの南偏と関連している。
7. 1954 年 9 月、10 月に再びブロッキング活動による低温が予想される。

終りに、この調査に当り、種々の有益な忠告と討論を与えられた荒川、小河原両室長に感謝します。

### 文 献

1. 荒川秀俊 (1944): 東北凶冷に関する統計的研究, 気象集誌第 2 輯 第 22 卷 第 5 号, 166-170.
2. 嶋 清人 (1951): 東北地方凶饑年表, 東北地方の気候, 仙台管区気象台
3. 西村真琴・吉川一郎編 (1936): 日本凶荒史考, 丸善
4. 盛岡支台 (1938): 岩手県災異年表
5. 石川栄助 (1945): 東北地方の凶年の週期について, 研速 43号
6. Report of the Kratatoa Committee of the Royal Society, London (1888): The Eruption of Krakatoa, and Subsequent Phenomena pp. 384-405.
7. 小河原, 小沢, 戸松 (1951): 出現確率の信頼限界計算図表, 気象集誌 第 2 輯 第 29 卷 第 6 号, 181-193.
8. Jaggard, T. A. (1947): Origin and Development of Craters, the Geological Soc. Amer. Memo. 21.
9. Clayton H. H. (1944): World Weather Records, Smithsonian Misc. Coll., Vols. 79, 90 and 105.
10. 統計科学研究会編 (1952), 新編統計数値表, 河出書房, 161-166.
11. Rex, D. F. (1950): The climatology of blocking action, Tellus, 2, 275-301.
12. Wexler, H. (1951): On the effects of volcanic dust on insolation and weather (1), B.A.M.S. 32, 10-15.

この論文の要点は英文で印刷の都合上さきに Geophys. Mag. Vol. 26, No. 3, 1955 に掲載されたが、この論文が原論文である。