気 候 の 変 動

高 橋 浩 一 郎*

Climatic Change

by

Koichiro TAKAHASHI

(Résumé)

The climate of Japan is changing as well as that of the world. This is attributed to the results of the solar activities and the vast amount of heat capacity of the ocean. A review is made on the secular change of the climate.

気 候 の 変 動

天気は日々変動するが、かなり長い年の平均をとるとほぼ一定となる。そこで天気の平均状態、すなわち気候の概念が出てくる。気候は年々変動するが、長い目で見ればあまり大きな差はなく、このため気候は少くもここ1,000年位はあまり違いはなかったと考えられたこともあった。しかし、1900年頃を境とし、高緯度地方では気温が次第に上昇する傾向があり、このためヨーロッパでは氷河が後退し、北氷洋の氷は減少して船舶の航行はかなり自由になるなど、われわれの生活に大きな影響をおよぼすようになって来た。このため10年前位から多くの気象学者の関心を呼ぶようになって来た。

このような気候の変化は日本においても明かに認められる。たとえば斎藤博英氏が北海道で調べられた結果によると、最近50年位では気温が平均 1°C ないし 2°C 位のぼっているし、また降水量もかなり増加している。そしてここ数年来の大雨もこの影響があるのではないかと考えられるに至った。第1図は函館における年平均の気温の値と降水量とを示したもので、上述のことがよく

第 1 図

* 気象研究所予報研究室 理学博士

地学雑誌 Vol.61, No. 2 (684), 1952

わかるであろう。このような変化は一見あまりたいしたことではないように見えるが、北海道や東北地方のように元来が気温の低いところでは、農作物に対する影響がいちじるしく大きい。このことは凶作の年の気温の差を考えて見ればすぐにわかる。昭和9年大凶作の年の7,8月の北海道や東北地方の気温は、平年にくらべ 2°C 程度低いだけなのである。

このような現象はもちろん北海道だけでなく、本州でも認められる。ただその変化の程度は北海道ほど大きくないだけである。なお山本武夫氏が調べた結果によっても同じような結論に達しているが、冬と夏にわけて調べて見ると夏の気候にけんちよにあらわれ、冬はむしろ気温は下り気味であるとしている。

気候の変動は日本とかヨーロッパというように局部的なものだけでなく、世界的の規模をもつ大きな原因によって起きている。ヨーロッパ辺りの気候の変動と日本の気候

第 1 表 Spitzbergen の上昇気温

期 間	冬	春	夏	秋	年
1895~04	-1.3 $^{\circ}\text{C}$	-0.3 $^{\circ}\text{C}$	0.1 $^{\circ}\text{C}$	-0.8 $^{\circ}\text{C}$	-0.6 $^{\circ}\text{C}$
1900~09	-0.9	0.3	0.0	-0.6	-0.3
1905~14	-1.5	0.5	-0.3	-0.6	-0.4
1910~19	-3.3	-1.0	-0.5	-1.4	-1.5
1915~24	-0.6	-0.1	0.2	0.0	0.0
1920~29	2.3	1.2	0.4	1.1	1.3
1925~34	3.4	1.3	0.2	1.2	1.5
1929~38	4.0	2.0	0.4	1.6	2.1

変動とは、かなりよく平行して起きている。スピッツベルゲン辺りでの変化はきわめていちじるしい。第1表は四季にわけ、1901年から1930年の間の平均値からの偏差

を、長期傾向を見るため 10 年平均をしたものを示したものである。すなわち、一般的にいちじるしく気温が上昇しているが、日本とは反対にむしろ冬の気温の上昇の方がいちじるしく、冬季は最近 50 年位に 5°C 程度も上昇しているのである。

このような気温の上昇は高緯度でいちじるしく、低緯度ではあまりはっきりしない、熱帯地方ではかえって気温は下り気味でさえある。この事は日本の材料でも窺われるのであって、山本氏が指摘している。

気候の平年値

このような気候の変動はわれわれの生活に大きな影響がある。そしてわれわれがいろいろの仕事をする場合の基礎となる気候の平年値というものを、もう一度反省する必要が起きてくる。すなわち、従来は測候所が出来て以来の観測値全部の平均を用いていたのであるが、気候がこのように変化すると、それでよいか問題である。元来平年値を求める理由の 1 つは気候の大体の標準を知り、いろいろの仕事の計画、たとえば農業の手順をきめる資料にするのであるが、気候が変化するとすれば、上のようにして求めた平年値では意味がなくなる。そこでむしろ統計年数は少しく短かくとも、かえって最近数年間の平均値の方が意味があるのかもしれないのである。

この問題については、最近小河原正己氏が統計学の立場からくわしく考察しておられる。そして常識的な考えとはほぼ平行するが、平年値としては最近 10 年ないし 30 年位の平均値がよい。そして 5 年ないし 10 年位に計算しなおす必要があるという結論を得ておられる。それは要するに、平均期間があまり短かいと年々の複雑な変動のため、平年値としては意味がないし、さればといってあまり長い平均をとるとその間に気候が変化してしまう。そこで中間の適当な期間の平均値がよいということなのである。

しからばこのような気候の変動は、どうして起るものであろうか。次にはこの問題を考えて見よう。

熱 経 済

地球上における気候は、もともと太陽からくる輻射によって定まるのであるが、地球上の大循環による 2 次的の影響が大きい。すなわち地球上における熱経済を調べて見ると、移流による変動が圧倒的に大きいのである。日日の気温の変化も日変化のようなものは別として、暖かい日とか寒い日というのは主に気塊が低緯度や高緯度からくるかこないかによって定まる。気候でも同様に夏の気温が例年より低いということは、夏の南風の季節風が例年より弱く、南方の暖かい気団がこないためであり、

この 2, 3 年の冬が割合暖かかったのは、冬の季節風が例年ほど発達せず、大陸の寒冷な空気がこなかったためである。したがって地球上の大循環流の模様が変れば、当然各地方の気候も変わってくるのである。

世界中の気候の変動の模様を調べて見ると、それを裏書きする事実が多い。たとえば大きな目で見れば高緯度では一般に気温が上昇し、降水量が増している傾向があるのに、低緯度ではわずかながら反対の傾向が見える。これは大気の大循環流が最近強くなって来ており、低緯度の熱や水が例年よりも多く高緯度にはこぼれるとすれば説明がつく。Ängström は高緯度と低緯度の間の交換現象と考え、熱輸送の模様を計算しているが、その結果によると、緯度 35° あたりが境となり、それより低緯度と高緯度の気温は逆に変化する。そして極の方が変動の振幅が大きく、赤道の 2 倍になることを見出している。これは定性的ではあるが、実際の変化をよく説明するのである。

日本附近の気候についてしらべて見ると、夏の天候は主に小笠原高気圧によって支配され、この高気圧から吹き出してくる夏の季節風によって、夏の気温の高低が定まる。気候の変化にもこれがあらわれ、小笠原高気圧の発達程度によって気候が変わって来ていることを山本武夫氏は強調しておられる。この事も熱経済の立場から考えれば当然の結論といえよう。

太陽活動と気候

このように気候の変動は、地球上の大循環の変動によって起ることはたしかであるが、しからば大循環の変動は何故起るのであろうか、その原因として考えられるのにまず太陽活動の変化がある。太陽輻射が高まれば当然地球上の大循環の模様が変り、気候も変動することは明かである。もっとも、輻射の変化としては太陽自身でなく、地球と太陽との相対的位置の永年変化によって輻射量が変わることも考えられる。Milankovitch が天体力学に基づいたくわしい計算の後、氷河期の成因をこのような考えで美事に説明したのは有名である。

しかしながら、最近数 10 年ないし数 100 年の間に起きている気候の変動は、このような原因では説明出来ない。なぜなら、太陽と地球との関係位置がこれ位の期間で現に起きているような気候変動を起すほど変るとは思われないからである。そこでつぎに出てくるのが、太陽自身の活動の変化である。

太陽の活動の目安となるものとして黒点がある。黒点と地球上の気候についてはふるくから多くの研究がなされており、たとえばふるく Köppen により、黒点数の 11 年週期的変化に対応し、地球上の気温にも 11 年週期

第 2 図

があらわれ、低緯度では黒点数の極大期の方が極小期にくらべ 0.7°C 位ひくい事を見出している。この事は 11 年週期ばかりでなく、もっと長い週期の変化についてもいえるようで、Willet は北半球全体の気候についてその関係を調べ、大気の大循環の変化と黒点の永年変化とが平行していることを示した。第 2 図は山本氏が日本の気候について気温の年較差と黒点数の永年変化との関係をしらべたものである。すなわち、11 年週期を消すため、11 年の移動平均をとってしらべて見ると、気温、天気日数、降水量などいずれも黒点数の変化とよく平行しているのがわかる。したがって、最近の気候の変化は黒点数が増しているためであると見るのである。

このように、太陽活動と地球上の気候との間に何等かの関連があることはまず確かであるが、よく調べて見るとまだまだわからないことがある。それは気候の変動に直接関係があるだろうと思われる太陽輻射を直接測定して見ると、あまり変動は認められず、ただか 1 パーセントしかない。もし地球上の気温がほぼ輻射平衡にあるとすれば、この変化によって 0.7°C 程度おこるだけであり、現在起きているような変動が説明出来かどうかかわらないのである。もっとも、ここでは太陽光線の全波長にわたるエネルギーの平均であって、紫外線のような短波長ではもっと大きな変化がある。短波長の光は化学作用がつよく、地球上の大気をイオン化し、太陽輻射の吸収をよくするような作用をするとすれば、Humphreys が指摘しているようにかなり大きな気候変動が起りうる。しかし、この考えをはっきり裏付けるような研究はまだ不十分であり、はっきりしないというのが本当のところであろう。

海 洋 と 気 候

さて、大気の大循環流を変える原因としては地球の外ばかりでなく、地球上にも原因を求めることが出来る。年々の気候の変化をしらべて見ると年により 特長があり、これは年のくせと呼ばれている。年のくせの出来る原因は、要するに気候変化に持続性があることを物語るものと考えてよい。月平均の気温など調べて見るといじめるしい持続性があり、ある月の気温が例年よりも高いと、その次の月も大抵の場合高いのである。この模様を調べるには 1 月おいた気温の相関、2 月おいた相関等、いわゆる自己相関をとって見るとよい。第 2 表は日本附近の資料で求めた自己相関係数である。これを見ると、父島のような海洋方面で持続性が大きいのがはつきりとわかるであろう。

第 2 表 月平均気温自己相関係数

点 地	月				
	1	2	3	4	5
父 島	0.43	0.23	0.15	0.13	0.13
長 崎	0.23	0.15	0.03	0.03	0.02
長 春	0.16	0.03	0.01	0.06	0.11

この事は要するに海洋の熱容量が非常に大きいので、何かの原因で一度暖まるとなかなか冷えず、反対に一度冷えるとなかなか暖まらないためである。このように海洋が気候に影響をおよぼしていることはよく知られたことである。もつとも、Helland, Hansen や Nansen によると気温と水温とは平行して変化するので、かならずしも水温を原因と見ることは出来ないとしている。しかし、海水にたくわえられる熱量をしらべて見ると、かなり大きなもので、ことに長い週期の変化は海の深いところまでおよぶので、相当にながい先まで影響しうる。そして第 2 表の気温の自己相関係数をこのような立場から計算して見ると、大体実測と同じ位の値が出てくるのである。

海の熱容量にきいてくるものに氷がある。オホーツク海の流水の多少が、夏の東北地方や北海道の目安になるのではないかという考えから、流水の観測が行われたこともある。しかし流水と気候状況との関係はあまり簡単なものでなく、一概に流水が多いからといって夏の気温が例年より低いとはいえない。氷ではないが、三陸沖の水温と夏の気温の関係をしらべて見ると、福田氏が示しているように 4 月、5 月頃では確かに正の相関があるが、2 月頃では負の相関がある。すなわち 2 月頃の三陸沖の水温が低い方が夏の気温が高い傾向があるのである。

気候変動の諸 因

この外気候変化を起す原因として考えられるものはいろいろある。たとえば大気の混濁度などその1つである。火山が爆発しその灰が世界中にひろがれば、地表にくる太陽輻射は少くなる。そこで気候の変動が起ることも考えられる。

また火山の爆発を考えなくとも、最近の工業の発達にともなう人工的の煤煙や炭酸ガスまた熱の影響もあるかもしれない。しかし、熱エネルギーといったようなものは、自然界の熱エネルギーにくらべごく小さなものであるが、大気の混濁度には相当に影響していることはたし

かである。また、地面の表面の模様を大きく変形させ、太陽熱の吸収率を変えていることもたしかであろう。そうすればこれがひいては気候に効いて来ているかもしれないのである。

もっともこのような人工的影響はあまり問題にならないかもしれない。何故ならば、第1図でもわかるように60年位まえにも、やはり相当に暖かい時期があったからである。もし人工的影響だけであるとするならば、このようなことは起るはずがないからである。

交換及び寄贈雑誌・図書

昭和27年1月20日以降5月20日までの交換及び寄贈雑誌並びに図書は次の如くである。

植物学雑誌 第64巻第761~762号, 763~764,
静岡大学文理学部研究報告 自然科学第2号, 人文科学第2号,
九州鉱山学会誌 第19巻第12号, 第20巻 第1号, 2, 3, 4, 5,
自然科学と博物館 第18巻第10~11号, 12, 第19巻 第1~2号,
資源科学研究所彙報 第23号, 24, 25,
石灰石 第16号, 17,
史 淵 第49輯, 50, 51,
地質調査所月報 第2巻第12号, 第3巻第1号, 2,
地質調査所報告 第144号,
建築雑誌 第67輯第782号, 783, 784, 785,
山 第190号, 191, 192, 193,
地理学評論 第25巻第2号, 3, 4, 5,
運輸技術研究所報告 第1巻第9~10号, 11~12, 第2巻第1号,
同欧文報告 第1号, 2,
日本鉱業協会誌 1952年2月号, 3, 4, 5,
気象集誌 第2輯第30巻第1号, 2, 3, 4,
日本鉱業会誌 第67巻第762号, 763, 764, 765,
鉱業協会誌 第60巻第668号, 669, 670, 671,
利 根 第116号,
科学研究所報告 第27輯第5号, 6, 第28輯第1号,
人文研究 第3巻第1号, 2,
日本化学総覧 第2集第26巻第2号, 3, 4,
西日本史学 第9号, 10,
石 膏 第4号,
海象と気象 第5巻第1~2号,
長崎海洋時報 第2巻第1号, 2, 3,
温 泉 第20巻3月号, 4, 5, 6,
工業技術 第2巻第2号, 3, 4,
鉄 と 鋼 第38年第1号, 2, 3,
収書通報 第47号, 48, 49, 50, 51,
国内出版物目録 昭和26年9月, 10, 11,
石油技術協会誌 第17巻第1号, 2,
天文月報 第45巻第3号, 4, 5,
天文総報 第5巻第1~3号, 11, 12, 第6巻第1号 2, 1948年第9号, 10, 11, 12, 1949年第1号, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1950年第1号, 2, 3, 4, 5, 6,

7, 8, 9, 10, 11, 12, 第6巻第3号, 4,
国立公園 第27号, 28, 29,
農業試験研究年報 昭和25年度,
地質学雑誌 第53巻第677号, 総目録及索引, 678, 679,
地理調査所時報 第12号, 13,
早稲田大学理工学部紀要 第15号,
水路要報 第28号, 29,
東京工業大学々報 1951年第1号,
同 (英文) 同 第3号,
中央气象台彙報 第36册 第1~4号,
驗震時報 第16巻第1号,
中央气象台欧文海洋報告 第3巻第2号, 3,
富士山頂の気象 第3号,
隕石と隕鉄 第1号, 2,
神奈川地学 第5号,
気象研究所欧文報告 第2巻第2号, 3~4,
天文略表 昭和27年,
岩石鉱物鉱床学会誌 第35巻第6号, 第36巻第1号,
海 と 空 第29巻第4号,
東北地理 第4巻第2号,
東京管区気象研究会誌 第11号,
鉱山地質 第1巻第1号, 2,
日本天文学会欧文研究報告 第3巻第2号,
文部省科学試験研究費研究報告集録 昭和25年度,
国立国会図書館年報 昭和25年度,
趣味の地学 第5巻第4号,
防災研究所紀要(欧文) 第1号, 2,
地震研究所彙報 第30号第1冊,
地下資源開発研究所報告 第7号,
鉱産資源研究所報告 第2号,
地 域 第1巻第1号, 2, 3,
東北大学理学部地質古生物学教室研究邦文報告 第41号,
東北大学理科報告(地質学) 第24巻,
わが国鉱工業の試験研究——その展望と分析——
農業土木研究 第19巻第3号,
昭和26年度学協会一覽
鉱物と地質 第4巻第5~6号,
人文地理 第4巻第1号,
全国金属・非金属鉱山名簿 1951年10月現在,
全国石炭・亜炭炭鉱名簿 1951年8月現在,
雪 氷 第13巻第5号,
広島大学地学研究報告 第2号,
東京大学教養学部紀要(欧文) 第1巻第1号,
資源科学研究所彙報 第25号,