

北太平洋亜熱帯高気圧の変動と北陸の降雪

速水 頌一郎・大内 正夫

ON THE VARIATIONS OF THE NORTH PACIFIC SUBTROPICAL HIGH AND SNOW-FALL IN JAPAN

by Dr. Sci. Shōitirō HAYAMI and Dr. Sci. Masao ŌUCHI

Synopsis

After introductory section, in section 2-1, historical sketch of the development of the research into the past climatic changes in the Western Pacific boundary region by use of the growth rate of Formosan Cypress initiated by the late Prof. Toshi Shida about half a century ago is given. And in section 2.2, based on the authors' own research of the growth rate of newly obtained Formosan Cypress of about 500 years old (1443~1959 A. D.) and modern data of meteorological elements over the North Pacific, secular variations during the past centuries of the central position and its pressure of the North Pacific Subtropical High are derived. In section 3, taking 66 years record (1898~1963 A.D.) of annual sum of daily snow-depth at Fukui located in the middle west of Japan Sea coast of Honshu, Japan, as an indicator of snow-fall of Japan in the present century, and comparing it with the secular variations of North Pacific Subtropical High derived in the preceding section, a close connection between these two phenomena are clarified.

1. ま え が き

「生物は気候の影響を受けることが大きい。これは地球上の生物分布をみても明瞭であつて、大局的には生物帯は気候帯と一致している。人間もその例外ではない。『気候と文明』といった標題の書物もいく種類が世に流布している。気候は決して定常ではない。過去数億、数千万年の間にはいくたびか大きい気候変動があったばかりでなく、近千年来でも気候は激しく変動し、歴史にそのあとを印象している。

物心がついてから50年も生きのびると、その間にいろいろの気候の動揺を体験し、注意すればするほど気候のリズムと人間社会の浮沈とに微妙な関係があることに驚く。近年まで裏日本の降雪量は次第に減少し、冬になると家々が雪の下に埋もれたのは遠い昔の物語りのように思われた。それは都市の発展によって気候が暖化したからであろうと、まことしやかにいわれたこともあった。それが、一昨年、本年と予期しない大雪があり、大きい被害がでたので、雪に対して無関心ではおれなくなった。父祖の時代のような大雪期が、また、はじまったのであろうか、それとも。豪雪は今年だけの特殊現象であらうか。これらは当然われわれの胸裡に去来する疑問である。筆者はかねてから気候変動の問題に関心をもち、数年来、とくに、台湾産紅檜の生長率を中心として、過去千年にわたる北太平洋域の気候変動を研究してきたが、たまたま本年の北陸豪雪に遭遇し、防災研究所を中心として豪雪の総合調査が実施された機会に、調査班の一員として福井における年降雪量の経年変動を調査したところ、これが北太平洋域における大規模の気候変動と緊密な脈絡があり、単なる局地現象でないことがわかった。北太平洋域、ひいては北半球で進行している大規模の気候変動の内部構造やそれと北陸豪雪との力学的関連については、まだまだ不明の点が多く、気候変動の発生過程に

いたってはなにもわからないが、今後における研究の一つの礎石ともなればと思い、未完成のまま研究成果の1部をここに報告したい。

2. 北太平洋亜熱帯域の気候変動

2.1 1915年のことである。京都大学教授志田順博士は大阪天王寺公園で開かれていた拓殖博覧会で台湾総督府の阿里山作業所が出品した阿里山産紅檜 (*Chamaecyparis obtusa* S.et Z.var. *formosana* Hayata) の輪切り標本を見出され、博覧会の終了後その寄贈を受けられたが、その後半世紀を経てこれにまさる標本をみない。この標本はいま京都大学理学部付属の地球物理学研究所に保管され、一般に公開されている。先生はこの標本によって、過去1千年間にわたる東亜の気候変動のあとを明らかにされたばかりでなく、東亜諸国の歴代興亡と気候変動との間に深い関係があることを注意された^{1), 2)}。

先生は晩年往時を回想され、〆明日かぎりだという日に、かねがね心がけた獲物もがなと入場してみると、本館の前庭に立つ直径4尺あまり、高さ2間もあろうという皮着きの大円柱4本、思わずウナリ声をもらしたのであったが、前に並べた輪切り標本4枚、雨に打たれ、日にさらされ、塵にまみれて、そのうえ割れて、木目の模様など見分けもつかなかったが、阿里山作業所の出品とあるので、ただちに馳せて台湾総督府の場内出張所を訪ねて所望した。円柱そのものはすでに処分が予約されているのだとのことで遂にこれを逸したが、一兩日の差で多分は碎かれ、やがては焼かれてしまったのであったろうと思われたのがまことに間一髪、輪切り標本だけは私の手に残って、そのうちの紅檜1枚、削り上げれば樹令1千5十余年、木目の模様は榊風沐雨、艱難辛苦のその生涯を語り、われらはこれによってはじめて東亜1千余年の気候の変遷をたどり、その将来をうかがうことを得たのみならず、思いを世界の全部と幾千年の過去と将来とに導き、功德はひろく地上の他の諸問題におよびて時に宏大無辺の天界をも思わしめるゝとのべておられる³⁾。先生は晩年、人間の歴史と気候変動との関連にとくに興味をもたれた。わたくし(速水)は1936年先生が亡くなられる1カ月まえ、先生の病床に侍してこの問題について長いお話をうけたまわった。それから、いつしか30年の歳月が流れた。

わたくしは中国に赴任するとき、中国には大木があろうから、これによって中国の気候変動をたどりたと思った。1931年南京北極閣に当時設置されたばかりの気象研究所に竺可楨所長を訪れたが、そこに樹木の輪切り標本が沢山ならべてあるのを見て、人の考えはあまり変わらないものだと思いの感にうたれた。しかし、いずれも若い木で中国にはもはや老木は得難いことを知って、わたくしは僅かに揚子江の水位変動からこの問題に近づくことにした^{3), 4)}。1937年北京において蔡元培氏の65歳慶祝論文集のなかで李四光氏が尠大な資料を使って、漢代から現代に至る中国内乱の頻度分布を研究した論文⁵⁾を読んだが、頻度分布のパターンがあまりにも紅檜生長率のそれとよく似ているのに驚いた。だが、この問題につっこむためには生長率変動の気象学的意味を知らなければならなかった。阿里山紅檜の記録は1900年で絶えている。そして、1900年以前の気象資料はあまりにも乏しい。なにか鬱勃と胸中に湧くものを感じたが、時すでに戦時に入ってしまったので、何ともしようすべもなく、ただ時節のくるのを待つばかりであった。

戦後、防災研究所に勤務してからは、洪水のあるたびにこの問題がよみがえり、古傷の痛む思いがした。1960年、天の恵みか、台湾省政府林産管理局の好意によって紅檜の輪切り標本が1枚送られた。樹令およそ5百年、1443~1959年の年輪が完全に読みとれた。これによって志田先生の研究を現代の気象観測資料と結び見透しが得られたのである。すでに年少の気力を失ったわたくしは、当時たまたま研究室に内地留学中であつた著者の1人大内にその研究を托したが、大内の努力によって生長率変動の気象学的意味が明らかになったばかりでなく、北太平洋域の気候変動の大綱をつかむことができた。その詳細は別に報告⁶⁾したものがあつたから、ここではその大綱をのべるにとどめたい。

2.2 われわれの紅檜は台湾太平山産のもので、太平山の位置は Fig. 1 のようである。また代表的樹線として採んだ線上の年輪は Plate 1 に示したようである。

この年輪幅(生長率)を擬似年輪に注意してマイクロメーターで読みとり、樹木の生長に伴う年輪幅の減少効果を修正したものが **Fig. 2** である。図からもわかるように、生長率の変動には6年前後、10年前後、20年前後のサイクルをもつ変動群が存在するので、移動平均法によって、これらの変動群を分離した。移動平均法は欠点もあるが、この種の可変周期よりなる変動群を分離する方法としては实际的であり、信頼もおける。結果は **Fig. 3~6** に示されている。以下6年前後、10年前後、20年前後、100年前後のサイクルをもつ変動を単に6年周期、10年周期、20年周期、100年周期の変動と略称する。

生長率に現われたこれらの変動はなにに起因するものであるか、この点を明らかにするために、太平山に近くて気象資料が比較的豊富な台北の気象要素と対比したところ、6年周期、20年周期の変化は夏期3ヵ月(7, 8, 9月)の平均雲量の変化とよく対応しており、雲量が多いと生長率は小さく、雲量が少ないと生長率は大きい。また雲量変化には10年周期の変動もみられ、生長率とよく対応しているが、この場合には雲量が多いと生長率が大きく、雲量が少ないと

生長率が小さいという逆の関係が見出される。太平山は台湾脊梁山脈の西斜面にあるから、その地点の雲量を支配するものは南東貿易風の強弱であろうと想定されたので、その目安として、夏期3ヵ月間の東京、天津、台北の平均海面気圧から3地点を結ぶ三角形内の平均気圧傾度を求めたところ、この傾度変化にも6年周期、10年周期、20年周期の変動が顕著にみられ、生長率との対応は極めてよい。そして予想の通り、いずれの場合も地衝風を仮定すると南東貿易風の強度が増すと雲量が増加する関係にある。

生長率における10年周期の変化は雲量や南東貿易風の強度における同種の変化とよく対応しているが、南東貿易風が強くなって雲量が増すと日射量は減少し、生長率は減少するものと考えられるのに反して、事実

はさきにのべたように生長率はかえって増加する。この関係は奇妙に思えるが、10年周期は黒点活動におけ

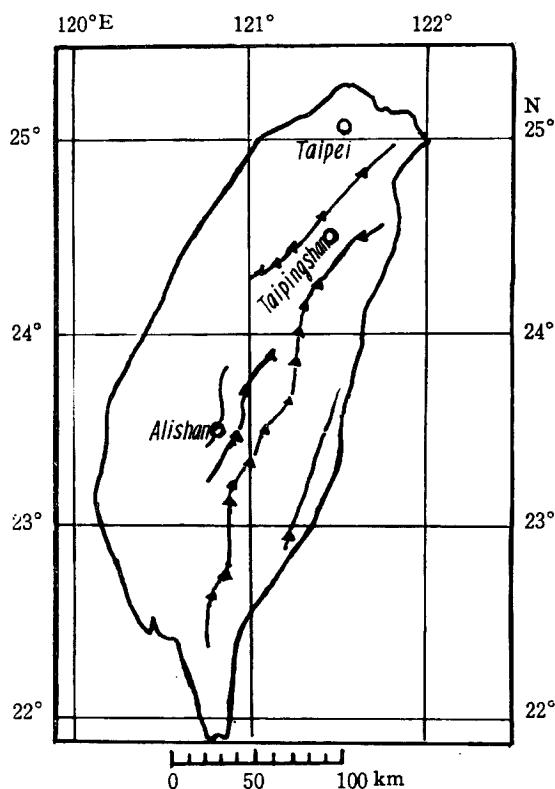


Fig. 1 Location of Taipingshan, Formosa.

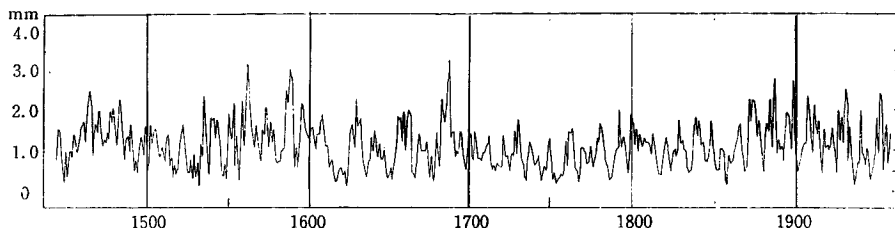


Fig. 2 Annual growth rate of Taipingshan-grown Formosan Cypress (corrected for natural growth rate).

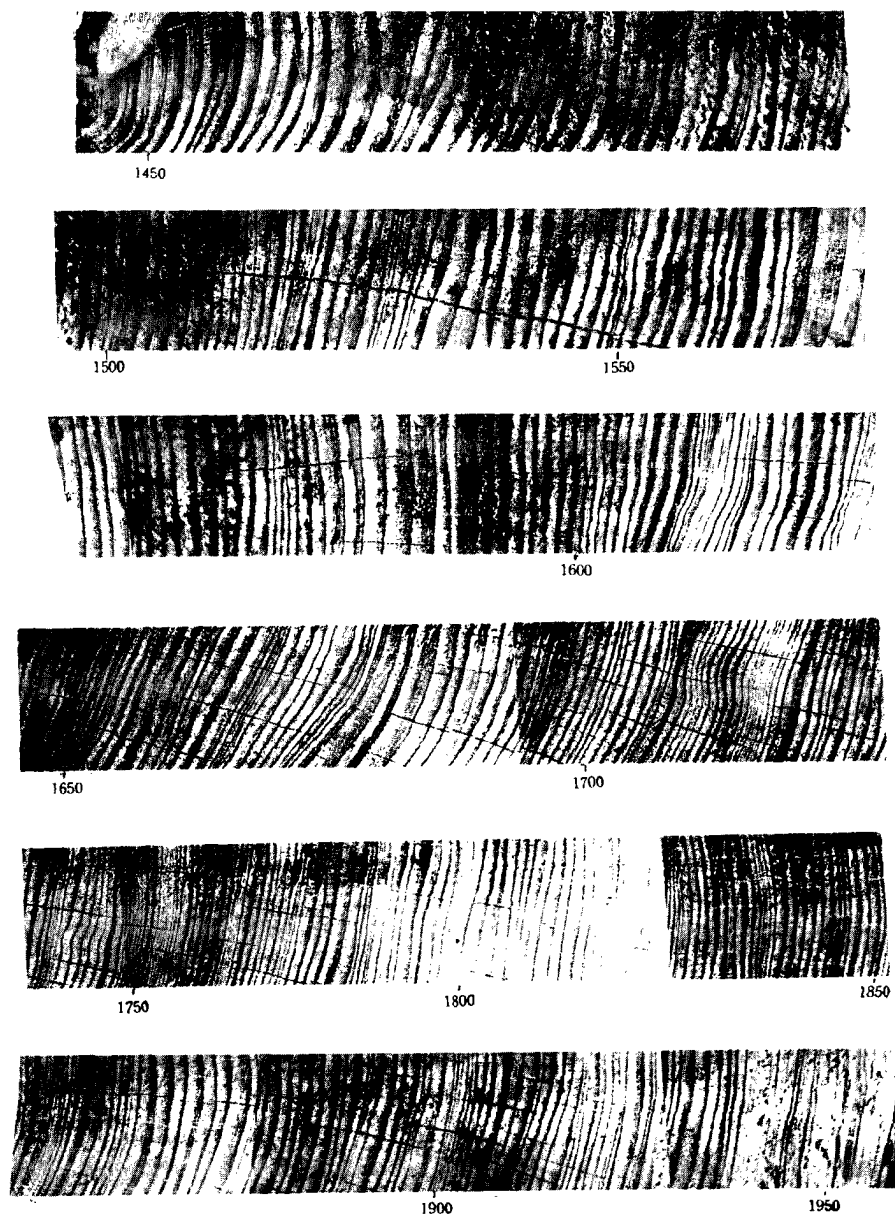


Plate 1 Photomicrograph of one complete set of tree rings of Taipingshan-grown Formosan Cypress.

る顕著な周期であり、黒点数が増加すると紫外線の強度が増加することはよく知られている事実であるから、生長率における 10 年周期の変動は主として紫外線の強度変化によるものと思われる。しからば、生長率の 10 年周期の変動は黒点数の 10 年周期の変動と密接な関係があるものと予想されるが、調べてみるとその関係は予想以上に緊密であって、生長率の変化速度（生長率の時間微分）は黒点数の変化と全く一致しているといつてよい。**Fig. 7** は両者を対比させたものである。系統的な黒点観測が実施されたのは漸く 1750 年以降であるが、われわれは生長率の変化によって黒点数変化の様相を過去 1 千年に溯って知ることができる。このように生長率変動の 10 年周期が太陽活動の変動に起因するならば、生長率と密接な相関関係にある南東貿易風の変動も同様な太陽活動に起因することは明らかである。

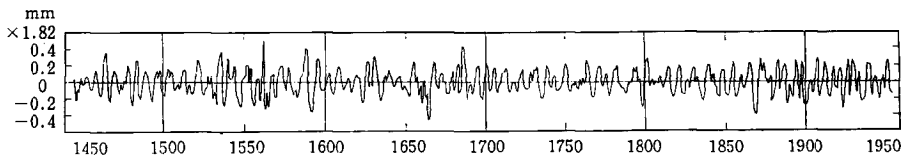


Fig. 3 6 years variation in the growth rate.

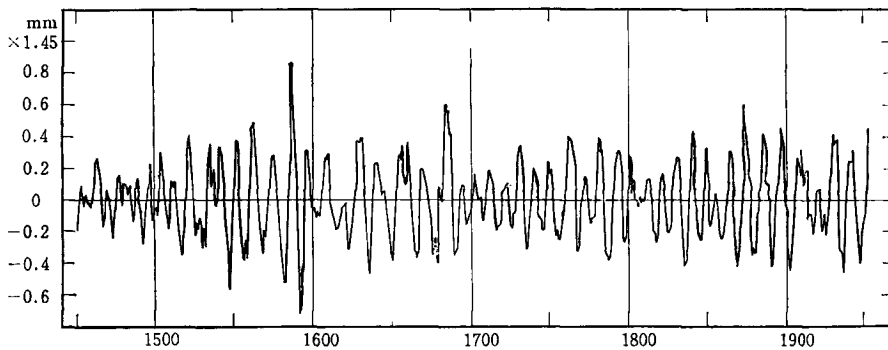


Fig. 4 10 years variation in the growth rate.

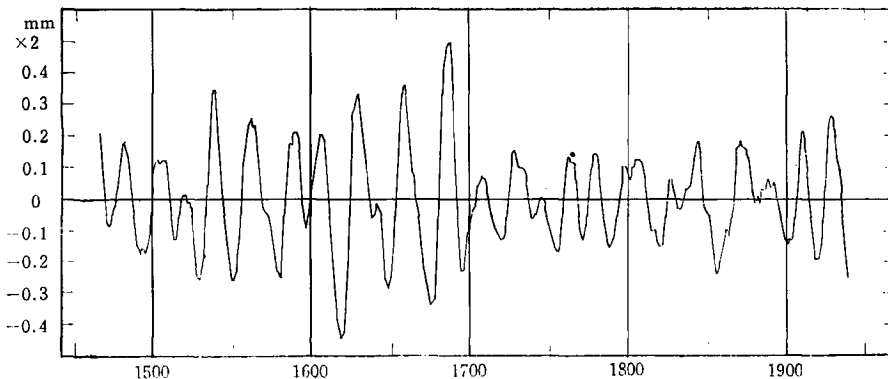


Fig. 5 20 years variation in the growth rate.

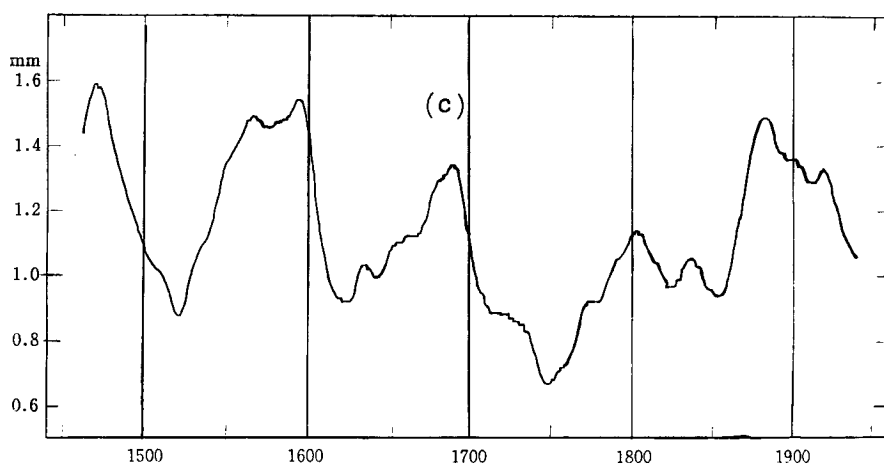


Fig. 6 100 years variation in the growth rate.

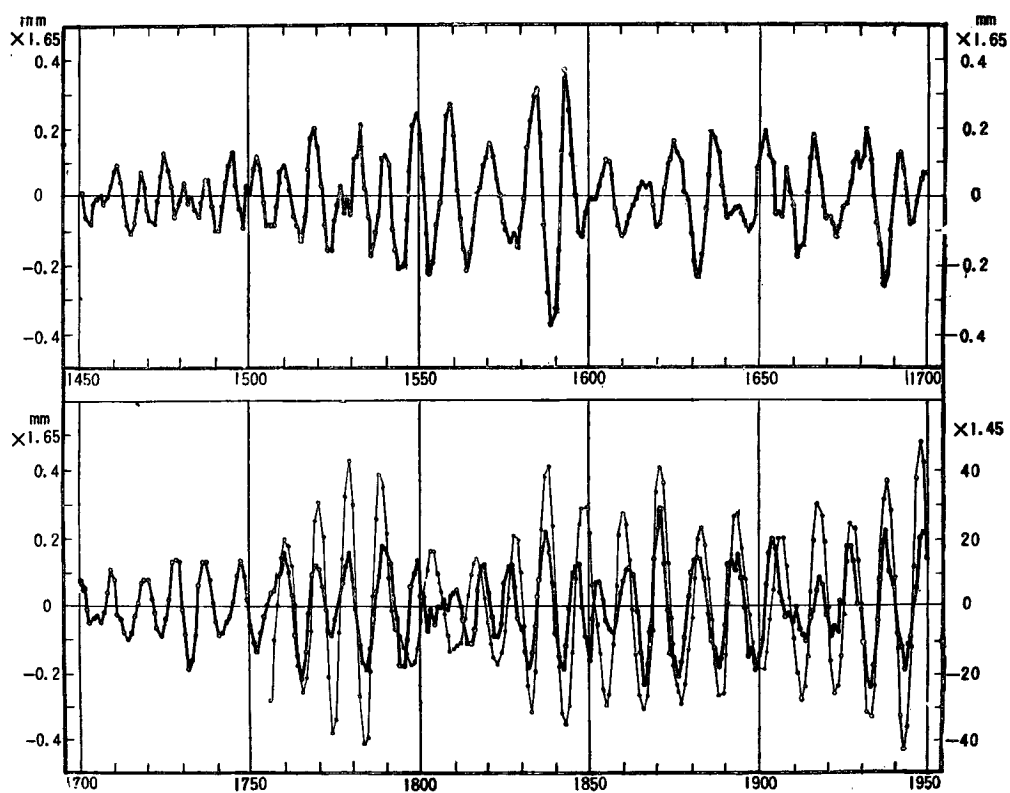


Fig. 7 Thick line: Time rate of 10 years variation in the growth rate. Fine line: 10 years variation in sun spot number.

南東貿易風の消長は北太平洋亜熱帯高気圧の変動を意味するものであるから、紅檜の生長率変動に現われた各種の変動群の気象学的意味をより明らかにするには亜熱帯高気圧の消長をさぐらなければならない。これは著者の力を越えた大きい仕事であるが、著者は微力を尽して北太平洋洋上の気象資料を蒐集した。そして、1921～1947年の日々の気圧資料に基づいて夏期7、8、9月の3カ月平均を求めて北太平洋の海面平均等圧線を描き、これから北太平洋亜熱帯高気圧の中心示度とその位置を求めた。これらはいずれも上にのべた数種変動群よりなるが、これを生長率の変動と対比させたところ、そこに驚くべき相関が見出されたのである。**Fig. 8～13**はその結果を示したものである。

これらの図が示すところを要約するとつぎのようである。すなわち、1) 6年周期の変動は亜熱帯高気圧の中心示度の変化ならびに中心位置の緯度、経度変化にみられ、中心示度が高い時期には中心位置は北上、東偏し、生長率は増加する。2) 10年周期の変化は亜熱帯高気圧の中心示度の変化および中心位置の緯度変化に見られ、中心示度が高い時期には中心位置は南下し、生長率は増加する。3) 20年周期は亜熱帯高気圧の中心位置の変化にのみ見られ、西偏する時期には生長率は増加し、東偏する時期には減少する。4) 100年周期の変動は観測期間が短いから断言できないけれども、図に現われた経年変化の傾向とこれに対応する生長率の経年変化から見ると (**Figs. 6, 11, 12, 13**) 中心示度が高くなると中心位置は南下、西偏し、生長率は減少する。100年周期の変動は黒点数の変動にも顕著であるが、後述するように (**Fig. 14**) 生長率が減少する時期には黒点数は増加し、生長率の変化と黒点数の変化とは逆相関にあるようである。この100年周期は10年周期とともに地球磁力の変動にも顕著に現われている。

生長率の10年周期、100年周期の変化は上述のようにいずれも黒点活動と密接な関係にあるが、生長率の6年周期、20年周期の変化はいずれも10年周期、100年周期の変化と密接に結合しており、20年周期は10年周期の倍周期、6年周期はその半周期と見られるのであって、これらの変動も太陽活動に起因するものと考えられる。20年周期、6年周期の変動は生長率の変動においても、亜熱帯高気圧の変動においても10年周期とは変動の様相を異にしており、ま

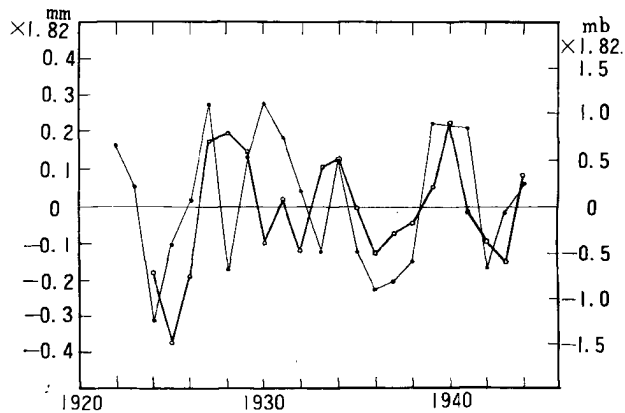


Fig. 8 Thick line: 6 years variation in the central pressure of North Pacific High. Fine line: 6 years variation in the growth rate.

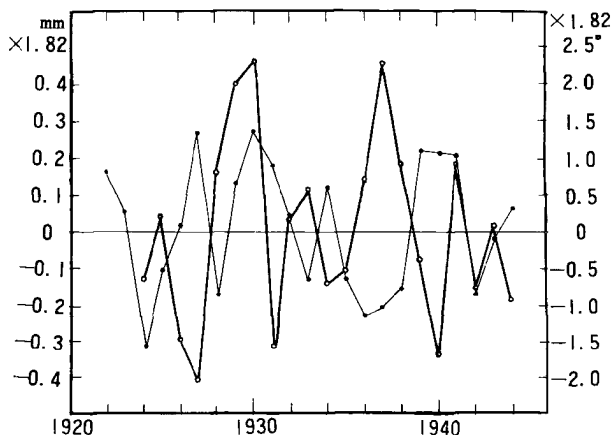


Fig. 9 Thick line: 6 years variation in longitude of the center of North Pacific High. Fine line: 6 years variation in the growth rate.

た、これらの周期は黒点数の変化には顕著に現われていないから、これらの変動は黒点活動とは別種の太陽活動に起因するものと思われる。太陽は電磁流体であり、電磁流体力学的な振動が可能であり、その振動様式は多様であるが、Grotrian⁷⁾は Schwarzschild 型の振動を仮定して9年と18年の振動周期を導いている。これらはモデルを少しく修正すれば容易に20年、6年前後になるであろう。10年周期の黒点変動はこれらの振動に付随した二次的の現象ではないかと考えられる。黒点数は20年周期の振動に付随して、振動の往と復とに2回増減し、往と復とで極性を異にすることが十分考えられる。また、太陽の直径が20年周期で伸縮している徴候もある。これらを究明することは太陽物理学の今後の重要な課題であろう。

以上を総観すると北太平洋亜熱帯高気圧の消長は太陽活動に依存しており、阿里山や太平山の紅檜生長率は高気圧消長の様相を反映するすぐれた示標といえる。われわれは紅檜の生長率によって過去10世紀にわたる北太平洋亜熱帯高気圧の動向を辿ることができる。

成層圏の状態は対流圏の状態を規制する境界条件を与えるものであるが、最近の多くの研究によると両者の関係は意外に緊密のようである。成層圏の状態は輻射平衡に近いから太陽活動に敏感なことは当然予想さ

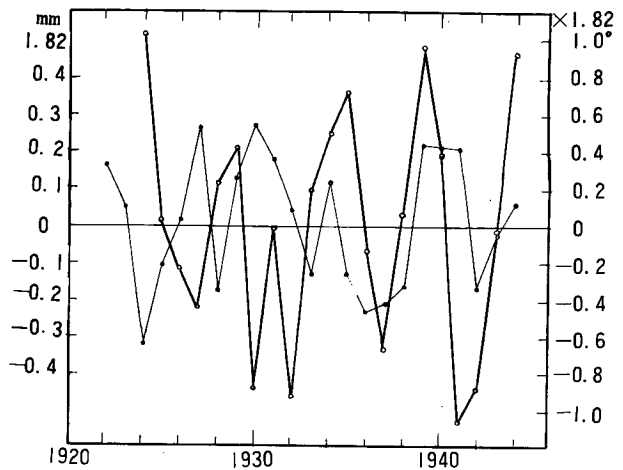


Fig. 10 Thick line: 6 years variation in latitude of the center of North Pacific High. Fine line: 6 years variation in the growth rate.

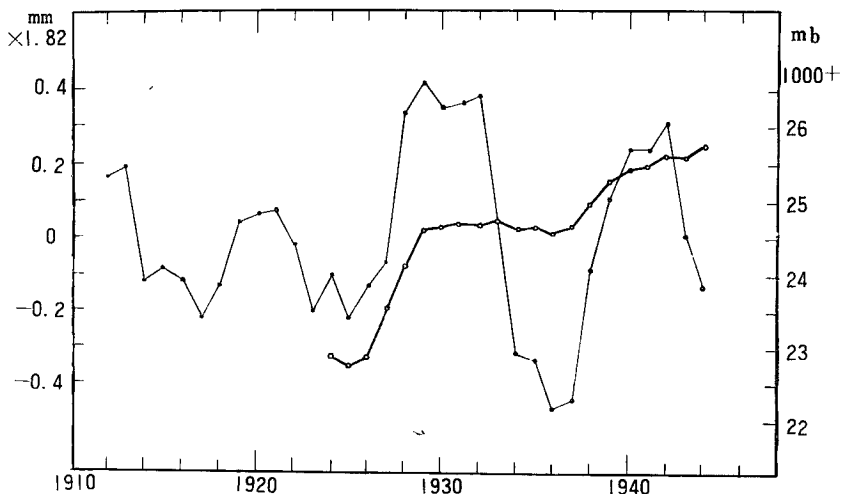


Fig. 11 Thick line: 10 years variation in the central pressure of North Pacific High. Fine line: 10 years variation in the growth rate.

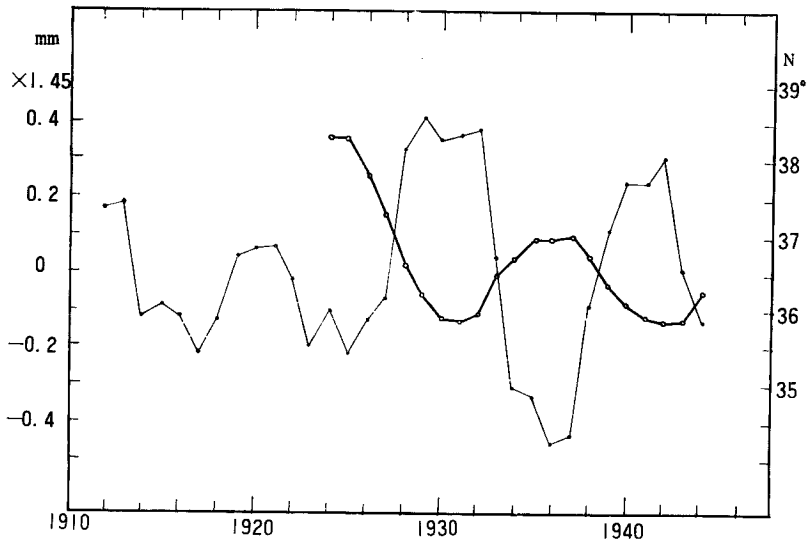


Fig. 12 Thick line: 10 years variation in latitude of the center of North Pacific High. Fine line: 10 years variation in the growth rate.

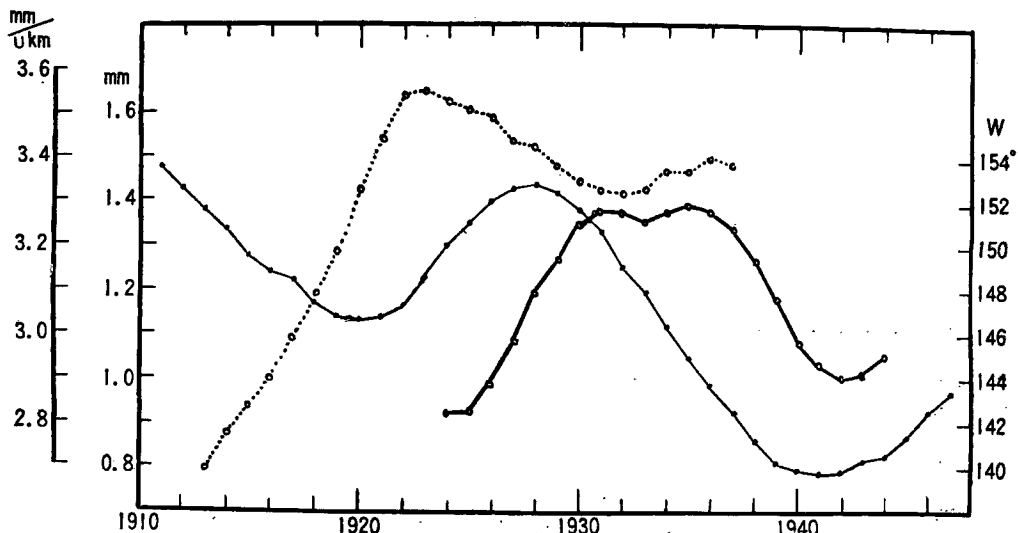


Fig. 13 Thick line: 20 years variation in longitude of the center of North Pacific High. Fine line: 20 years variation in the growth rate. Dotted line: 20 years variation in the magnitude of mean pressure in the triangle Tokyo-Tienchin-Taipei.

れる。太陽活動と気候変動との関係は成層圏と対流圏との相互作用を通じてはじめて理解されるものであって、これは今後の気象学に残された大きい問題であろう。しかし、太陽活動の変動が成層圏の状態という境界条件を通じて対流圏に影響するならば、潮汐現象の場合とおなじ理由によって、周期に関しては太陽活動と気候変動との間に緊密な対応が存在することは十分理解できる。あるいは逆に、このような対応の存在は

対流圏の状態が成層圏の状態によって規制されていることの有力な傍証とも考えられるであろう。

2.3 1961年の秋、わたくしが山形大学農学部に出講したおりのことである。林学研究室の廊下に塵埃にまみれて置かれた見事な山形県産ケヤキ (*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino) の輪切り標本を発見して思わず食指が動いた*。乞うて借用し、紅檜の例にならってその生長率を測った。生長率は例によっていくつかの変動群よりなっているが、そのうち100年周期はとくに顕著であった。これを太平山産紅檜のそれと対比させたものが **Fig. 14** である。この図には対応する太陽黒点の長周期変化をも示してあるが、これら相互の対応は疑をいれない。黒点数が減少する時期にはケヤキの生長率は減少し、紅檜の生長率は増加している。前節でのべたように、この時期には亜熱帯高気圧の中心示度は低下し、中心位置は北上、西偏する。**Fig. 15** にはケヤキの生長率の100年変化と正村史朗氏による東北地方の旱魃、冷害の記録ならびに栃木県両郷村関谷家の記録による米の段当収穫⁹⁾の変遷を対比させたが、ケヤキの生長率が低下する時期(紅檜の生長率が上昇する時期)には旱魃が多く、上昇する時期(紅檜の生長率が低下する時期)には冷害が多く発生している。また、この旱魃期には米の収量が増加しているように見える。このように100年周期の変動はわが国の気候にも大きい影響を与えている。

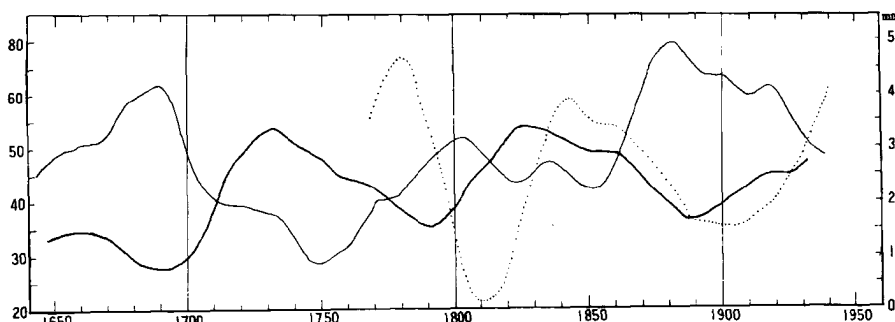


Fig. 14 Thick line: 100 years variation in the growth rate of Yamagata-grown *Z. serrata*. Fine line: 100 years variation in the growth rate of Tripingshan-grown Formosan Cypress. Dotted line: 100 years variation in sun spot number.

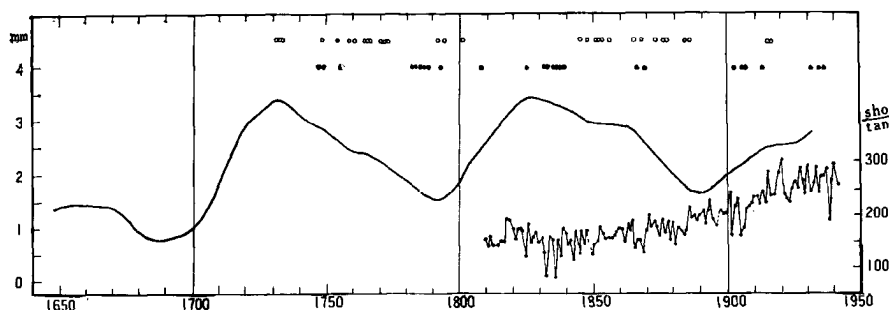


Fig. 15 Thick line: 100 years variation in the growth rate of Yamagata-grown *Z. serrata*. Fine line: Yield of rice in Tochigi Prefecture (unit: 1.8/10a.) White circle: Year of dry summer disaster. Black circle: Year of cold summer disaster.

* この標本は樹木の生長率と太陽活動との関係を調べるために山形大学農学部林学科教授齋藤孝誠博士が入手されたものであるが、不幸にして教授は目的を果さず病没された。この小論がいささかでも教授の霊をなぐさめることができれば望外の喜びである。

3. 北陸降雪と北太平洋亜熱帯高気圧の動向

1963年の冬は世界的に気候状態が異常であって、日本付近だけを見ても、強い寒波が度々襲来して、北陸、山陰地方に豪雪をもたらし、西日本の沿海では水温が低下して、多くの魚類が斃死した。また、黒潮の流路にも異変があり、黒潮は本州南岸を遠く離れて東流し、伊豆、小笠原海嶺を越えると大きく南方に彎曲して本州から離れ去った。このため東北日本の沿海では寒流が接岸して南下し、水産方面にも異変を生じた。黒潮の流路を規制するものは亜熱帯高気圧であるから、これらの気象異変、海況異変は亜熱帯高気圧の異変、ひいては北半球の大気大循環の異変によるものである。したがって、北陸豪雪も単なる局地現象としてでなく、亜熱帯高気圧の変動との関連において考察しなければならないであろう。

福井測候所では多年にわたって積雪量の観測を実施しているが、その年積算積雪量の値は北陸降雪の一つの示標となるであろう。この見地から、1898～1963年にわたる年積算積雪量の資料について紅檜の成長率とおなじように移動平均法によって各種の変動群を分離することにした。**Fig. 16** は年積算積雪量の原値と紅檜の生長率とを対比したものであるが、両者には逆相関がみられる。両者それぞれについて5カ年の移動平均をとったものが **Fig. 17** であるが、この図では両者の逆相関は一層明瞭である。よって、年積算積雪量の変動にも6年周期、10年周期、20年周期の変動群があるものと推定される。これらの変動群を分離し、紅檜生長率の変動群と対比させると **Figs. 18～20** のようである。いずれの場合も両者に緊密な相関が見られ、6

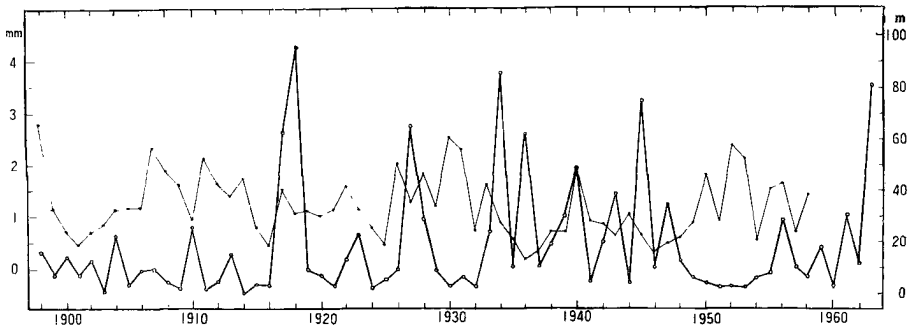


Fig. 16 Thick line: Annual sum of daily snow-depth at Fukui (original value).
Fineline: Growth-rate of Taipingshan-grown Formosan Cypress (original value).

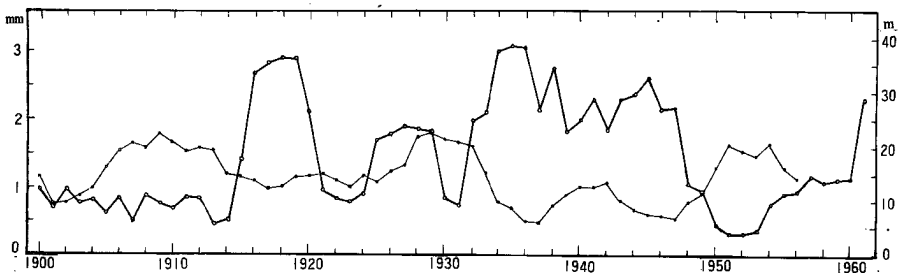


Fig. 17 Thick line: 5 years running mean of the annual sum of daily snow-depth at Fukui. Fine line: 5 years running mean of the growth rate of Formosan Cypress.

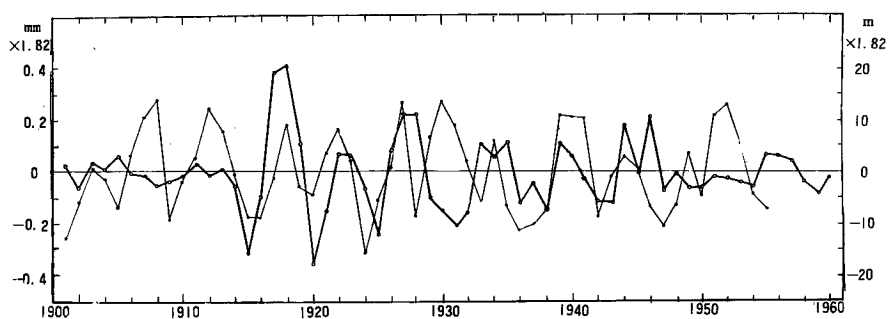


Fig. 18 Thick line: 6 years variation in the annual sum of daily snow-depth. Fine line: 6 years variation in the growth rate.

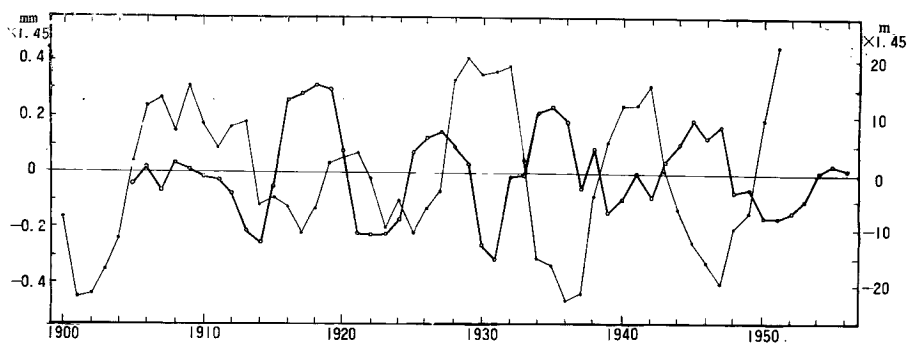


Fig. 19 Thick line: 10 years variation in the annual sum of daily snow-depth. Fine line: 10 years variation in the growth rate.

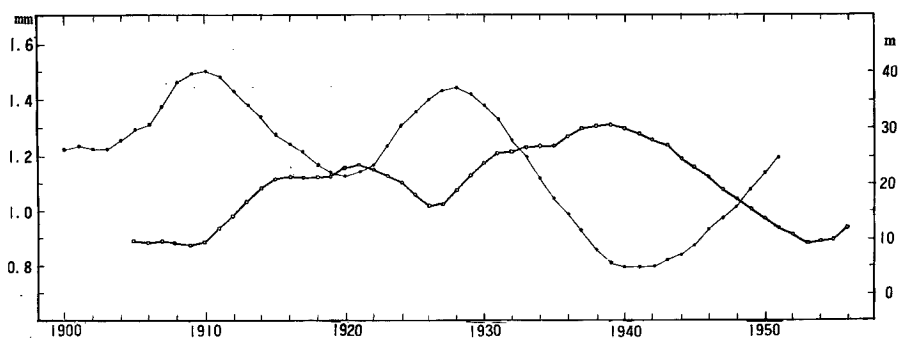


Fig. 20 Thick line: 20 years variation in the annual sum of daily snow-depth. Fine line: 20 years variation in the growth rate.

年周期については、生長率が増加すると積雪量も増加し（正相関）、10年周期および20年周期については生長率が増加すると積雪量が減少する（負相関）、紅檜の生長率を媒介して降雪量と亜熱帯高気圧との関係に引き直すと、いずれの場合にも夏期に亜熱帯高気圧の中心位置が北上、東偏する場合にそれに続く冬の降雪量が増加している。亜熱帯高気圧の中心位置が北上する時期は黒点数が減少する時期であるが、**Fig. 14** から推定されるように100年周期の変動において、世紀後半は黒点数の減少する時期であり、**Fig. 15** からわかるように、この時期には雨量が少なく早魃が多発し、米の収量は増加し、降雪量も増加するであろう。この一般的傾向に6年周期、10年周期、20年周期が重なって現実の事態は変動が多いけれども、亜熱帯高気圧の北上、東偏によって北陸の降雪量が増加することは認められるであろう。

高砂の島に生い茂った紅檜の生活史を追ってここまで来た。われらは冒頭に掲げた恩師の言葉を想起し、自然の壮大にして愴美なるすがたと、そこに生を営む生きとし生けるものの哀歎に新鮮な感激を覚える。

文 献

- 1) 志田 順： 気候の永年変化と東亞諸勢力の興亡盛衰，科学知識，Vol. 15 (1935)
- 2) 全 上： 気候の永年変化と地磁力・科学知識，全上
- 3) Hayami, S.: Variations in Stage of the Yangtze River at Hankow and Some Climatic Changes in Central China Inferred from Them, I. J. Shanghai Sci. Inst., Sect. 1, Vol. 1 (1938)
- 4) Ditto : Ditto, II. Ditto (1940)
- 5) 李 四 光： 戦国後中国内戦的統計和治乱の週期，慶祝蔡元培先生六十五歳論文集(1935)
- 6) Outi, M. : Climatic Variations in the North Pacific Subtropical Zone and Solar Activity During the Past Ten Centuries. Bull. Kyoto Gakugei Univ., Ser. B. No. 20 (1962).
- 7) Grotian, W.: Über den derzeitigen Stand der Deutung des Sonnen-fleckenphänomens. Zt. f. ang. Physik, Bd. 2 (1950)
- 8) 荒川 秀俊： 気候変動論，気象学講座，(1963)