

グロースベッター

第 19 卷 第 1 号

長期予報の現状と問題点 — 二つの会議に出席して —	菊池 幸雄	1
気候変動の問題点	山元 龍三郎	7
LAMB, H.H.: 気候変化と食糧生産(紹介) — 最近の世界における観測と展望 —	吉野 正敏	31
日照時間平年比率値の分布特性について	長期予報係	35

1980年12月

L. F. グループ

長期予報の現状と問題点

— 二つの会議に出席して —

菊池 幸雄

1. 長期予報の動向

世界気象機関 (World Meteorological Organization; WMO) は 1958 年にアンケート調査を行って、世界各国の長期予報業務及び技術の現状を調べ、その結果を 1962 年に WMO のテクニカル・ノート (No. 48) に発表した。更に 1964 年には国際測地学・地球物理学連合 (International Union of Geodesy and Geophysics; IUGG) と共催で、アメリカのボルダーにおいて長期予報の研究・開発に関するシンポジウムを開いた。これが長期予報に関する世界的な動きの最初のものではないかと思う。その後、特に目立った動きはなかったが、1978 年になって、マニラで開かれた第 7 回の大気科学委員会 (Commission of Atmospheric Science; CAS) の総会で、数値予報作業委員会 (大気科学委員会にはいくつかの作業委員会が属している) が天気予報研究作業委員会 (Working Group on Weather Prediction Research) に改められ、その中に短期・中期予報副委員会 (Sub-Group on Short- and Medium-Range Weather Prediction) と長期予報副委員会 (Sub-Group on Long-Range Weather Prediction) が設けられた。短期・中期予報副委員会は、これまであった数値予報作業委員会の仕事をそのまま引き継ぐものであるが、長期予報副委員会は新たにつくられたもので、長期予報の問題に積極的に取り組もうという WMO の姿勢を示すものである。この背景には、いうまでもなく、近年の異常天候の発生が、社会環境の変化に伴い、人間生活に大きな影響を与えるようになったということがあげられる。このような流れの中で、長期予報にとって特筆すべき国際会議が二つ開かれた。即ち、長期予報に関する専門家非公式会議とアジア・西太平洋気候技術会議である。

以下、これらの会議の概要とこれらの会議での討議をもとに長期予報の現状と問題点について述べよう。

(A) 長期予報に関する専門家非公式会議

昭和 55 年 9 月 1 日から 5 日まで、ジュネーブの WMO 本部において上記会議が開かれた。この会議は、長期予報の現状を分析し、今後すすむべき道の方角づけをすることを目的としているが、同時に前述した天気予報研究作業委員会の中の長期予報副委員会の活動を援助するためのものでもある。

専門家として招待されたのは、Gilman (アメリカ、議長)、Bengtsson (スウェーデン)、Courghlan (オーストラリア)、Kikuchi (日本)、Miyakoda (アメリカ)、Musaelyan (ソ連)、Parker (イギリス)、Somerville (アメリカ)、Epstein (アメリカ、途中参加) で、その外 WMO 事務

局から、Wiin - Nielsen (WMO 事務局長), Döös (世界気候計画事務局長), Boville (世界気候計画事務局), Zaitzev (研究開発部長), Bojkov (大気科学課長), Suzuki (大気科学課) が参加した。会議の議題とその主な討議内容を以下に述べる。

1) 長期予報のルーチン業務と用いられている予報法のレビュー

出席者のうち直接予報業務にたづさわっている Gilman, Kikuchi, Musaelyan, Parker, Coughlan から、夫々の国の長期予報業務の現状、用いている予報法、検証結果等について話があり、更に、1979年にWMOや日本の行った世界各国の長期予報業務に関するアンケート調査の集約結果等にもとづいてレビューが行われた。

2) 長期予報技術に関する研究・開発の現状のレビューと研究・開発のすすめ方についての勧告の作成

長期予報技術に関する研究・開発の現状を①予報可能性の問題、②経験的予報法、③力学的予報法、④長期予報に関連する物理過程の問題、⑤研究をすすめる上での問題点等の観点からレビューし、その結果にもとづいて、長期予報技術の研究・開発のすすめ方についての勧告を作成した。

3) 長期予報技術の研究・開発の現状のレビューをWMOテクニカル・ノートとして刊行するための内容の検討と執筆者の選定

上記テクニカル・ノートの内容は議題2)で討論された①～⑤の各項目にもとづいて組み立てることになり、執筆者にはNicholls (オーストラリア、編集長), Somerville (アメリカ), Parker (イギリス), Kikuchi (日本), Grouser (ソ連) を内定した。

4) 長期予報技術に関する国際研究会議の開催

1982年後半に、長期予報技術の国際的長期研究計画(10年位をめどにする)を立案するための研究会議を開くことが討議された。期日は1週間位で、人員は50名程度、すべて招待者に限ることとし、次の研究分野に関連する人々に呼びかけることになった。関連研究分野は①予報可能性の研究、②力学的予報法の研究、③力学的・統計的予報法の研究、④経験的予報法の研究、⑤大気・海洋結合問題の研究、⑥物理的 feed-back 過程の研究、⑦南方振動(Southern oscillation)、モンスーン、エルニーニョ、ブロッキング等の力学的・解析的研究、⑧観測に対する要請である。

以下の2及び3節は、主に、この長期予報に関する専門家非公式会議の議題1)及び2)の討論結果にもとづいて書かれている。

(B) アジア・西太平洋気候技術会議

1979年2月にジュネーブで世界気候会議が開かれ、更に、第8回のWMO総会で世界気候計画が採択された。この世界気候計画は、御承知のように、気候データを整備し、気候の予測がどこまでできるか、また、気候に対する人間の影響がどの程度かを明らかにすると共に、気候知識の諸問題への応用、気候の社会、経済へ与える影響等についての知見を集積し、諸政策の実施にあたって、気候情報が十分に活用され、社会的、経済的に最大の利益をもたらすように政策決定者を援助する

ことを目的としている。ところで、第8回の総会では各地区毎に、夫々、地区の気候会議を開くことも決議され、そのはじめての試みとして、アジア・西太平洋地区を対象に、アジア・西太平洋気候技術会議が開かれることになった。最初の地区の気候会議をアジア・西太平洋地区で開くことになったのは、WMOの総裁がフィリピンのキンタナー氏であることに関係しているのかもしれない。この会議の次はアフリカ地区で、更にその次は南アメリカ地区で地区の気候会議の開かれることがきまっている。

さて、アジア・西太平洋気候技術会議は1980年12月15日から20日まで中国の広州で開かれた。会議の参加国は21か国で、アジア・西太平洋地区に属する国が主であるが、スウェーデン、アメリカ、アフリカと地区外の国の参加もあり、参加人員はほぼ100名に達した。

会議は招待講演者と一般参加者の論文発表とパネル・ディスカッションから構成された。発表論文の主な項目は、①気候変化の実態解析、②CO₂の循環と気候への影響、③干ばつの特性とその対策、④海洋の気候への影響、⑤気候予測のモデリング、⑥長期予報の現状、⑦気候データの諸問題、⑧気候知識を食糧生産や水・エネルギー資源の利用に応用する問題、⑨気候変化が社会、経済へ及ぼす影響等である。これらの論文発表をうけて、更に討論を深めるため、5つのパネルが組まれた。即ち、①気候データ問題に関するパネル、②気候知識の水・エネルギー及び一般問題への応用に関するパネル、③気候知識の食糧問題への応用に関するパネル、④気候変化の社会・経済への影響に関するパネル、⑤気候の変動と変化のモデリングと予測に関するパネルである。会議の参加者は各パネルにふりわけられ、各パネルは夫々平行して討議を行い、その結果を報告書としてまとめた。最後に、会議の声明書が討議に付され、若干の修正の後、採択されて閉会となった。

会議の詳細な報告は別の機会にゆずることにして、ここで特に注意したいのは、この気候技術会議で長期予報の問題がとりあげられたことである。この気候技術会議の組織委員会が昨年6月マニラで開かれたが、その席上で配布された事務局案のプログラムには長期予報のことは全然のっていない。しかし、会議の席上で、諸政策の決定に利用するための気候情報として長期予報（1か月、数か月、1年以上）は非常に価値があるという意見が出され、長期予報技術の改良・開発の重要性が認められて、長期予報の現状報告の招待講演をプログラムの中に入れることになった。また、気候の変動と変化のモデリングと予測に関するパネルでも長期予報技術の現状と展望について討論がなされ、報告書にまとめられると共に、会議の声明書の中にも、長期予報技術の改良の必要性が盛りこまれた。

今後、長期予報技術の改良・開発は、世界気候計画の中でも気候予測の問題の一つとして取り上げられていくことになるう。

2. 各国における長期予報業務の現状

1979年、WMOと日本の気象庁は、世界各国の長期予報業務に関するアンケート調査を行った。

それによると回答国は 49 か国で、このうち、長期予報を実施しているのは 30 か国、実施していないのは 19 か国で、その詳細は次表のとおりである。

長期予報を実施している国	30 か国	1 か月予報	26 か国
		3 か月予報	18 "
		6 か月予報	6 "
		6 か月以上の予報	3 "
長期予報を実施していない国	19 か国	実施準備中	5 "
		実施予定なし	14 "

予報要素として、気温と降水量を扱っている国が 15、気温のみ、降水量のみを扱っている国が、夫々、5 及び 10 で、降水量のみを扱っている国は熱帯地方に多い。これらの要素は 3～5 階級のランクに分けて予報されている。その

他の予報要素としては、天候概況、台風の発生頻度、降水頻度等がある。

1 か月予報では、3 つの 10 日平均の状態を予報する国と、1 か月の平均状態を予報する国とがあるが、3 か月予報では、3 つの 1 か月平均状態を予報する国が多く、ごくわずかの国が 3 か月の平均状態を予報している。

予報範囲については、アメリカのように北半球の大部分の地域を含んでいる国は例外的で、殆どの国が自国に限っている。

長期予報を実施していない 19 か国のうち、5 か国は近い将来、長期予報をルーチン業務として行うため準備中であるが、残りの 14 か国は、現在の所、長期予報を行う計画はない。これらの国が長期予報を行わない主な理由は、精度のよい適切な予報法がないということである。

3. 世界における長期予報技術の現状と問題点

長期予報の予報法は経験的方法（統計的方法、総観的方法等はこれに属する）と力学的方法とに大別することができる。現在、長期予報のルーチン業務に用いられている予報法は、主に、経験的方法であるが、この方法は、更に、類似法、相関法、周期法に細分することができる。勿論、この経験的方法の細分に関しては、いろいろな分類があり得るが、ここでは上述のように細分し、以下、各方法について現状を概観し、その問題点について述べよう。

A-1) 類似法

類似法は、大気運動が現在と似ている状態の年を過去のデータから選び出し、それ以後のその年の天候変化を予報の参考にする方法である。この場合、ある基準で類似性を判定することになるが、類似性の高いほど、天候変化もより似ていることが必要で、そのためには、どのように類似を選定するかが大きな問題であり、同時に、類似性を示すパラメータと予報の skill score の間に明瞭な比例関係のあることを確かめておくことが必要である。最近、高度場、気温場、海水表面温度場等を経験的直交関数で展開し、その係数を用いて類似を選ぶ二三の方法が試みられており、類似性が高まるにつれて skill score のあがることが確かめられている。

A-2) 相関法

相関法はある場所の出来事とそれより以前に、同じ場所或は他の場所で起こった出来事との間の相関関係を利用する予報法である。大気運動のパラメータ（例えば、地上気圧や 500 mb 高度）と天候との関係、海水温と大気の振舞い或は天候との関係等が数多く調べられ、予報に利用されている。しかし、これらの関係は、ある限られた地域、ある限られた季節に成立つことが多く、また長い間には相関関係が変わってしまうという問題がある。したがって、これらの関係を適切に予報に利用するためには、それに関連するメカニズムの解明が必要である。

A-3) 周期法

周期法は、卓越するいくつかの周期を利用して気象要素を外挿する方法であるが、予想期間中に卓越周期が変わってしまうと、外挿がうまくいかなくなる。現在、この方法を使っている国が少いのは、周期の変動のメカニズムがよく分っていないからである。

以上三つの方法のいずれをとっても、持続性にもとづく予報よりも、特にすぐれた成績を示す方法の存在しないのが現状である。この経験的方法の改良・開発のためには、まず、大気運動に対する物理的理解を深めることが大切で、特に、海洋と大気の相互作用のメカニズムの解明は重要である。かくして得られた物理的理解を基盤として改良・開発をはかるべきで、単なる統計的手法の手直し程度では、本質的な改善は望めない。

B) 力学的方法

力学的方法は、大気大循環の数値シミュレーション用のモデルを使って、初期条件から出発し、予報期間中の大気運動を計算で求め、それにもとづいて天候を予測する方法である。現在、この方法による 1 か月予報の開発が日本を含むいくつかの国で行われている。長い期間の予報には、海洋のように大気と相互に作用し合い、ゆっくりと大気に影響を与える境界条件を考慮に入れなければならない。この場合、予報期間が長くなるにつれて、初期条件の影響は小さくなり、この種の境界条件の影響が大きくなってくる。しかし、初期条件と境界条件の重要性の比重が、予報期間が長くなるにつれてどのように変わるかの具体的なことは、まだ分っていない。いずれにしても、予報期間が充分長くなれば、海洋の取り扱いが精密に行わざるを得なくなるから、大気・海洋結合モデルが必要となるであろう。

ところで、一般に、初期条件の影響のみを考慮する場合には、初期条件に含まれる誤差が時間の経過と共に大きくなって、数週間で予報が乱されると云われているが、海洋との相互作用を考慮した場合の予報可能な期間がどうなるかは、まだ、分っていない。しかし、1 か月ないしそれ以上の期間にわたる時間積分をした場合には、積分結果をそのまま使うのではなく、noise を消去して、予報上有意味な signal を取り出すような何らかの処置が必要となろう。いずれにしても、最近アメリカで行われた力学的方法による実験的 1 か月予報の成功は、少なくとも 1 か月程度は、力学的方法で予報ができる可能性を示したと云える。

最後に、以上述べた方法の外に、力学的手法と統計的手法を結合した統計的・力学的方法の開発も今後の課題として残されていることをつけ加えておく。

気 候 変 動 の 問 題 点

山 元 龍三郎（京大・理）

§ 1. 緒 言

1960年代末のアフリカ・サヘル地方の大かんばつを始めとして、世界各地の異常気象の発現が報道されて、気候変動に対する関心が高まっている。また、大気中の二酸化炭素濃度が、19世紀末の290ppmから近年急増しており、21世紀半ば頃には、600ppmになるだろうと予測されている。そして、その結果、気候が現在とは、かなり異なったものになるのではないかと懸念されている。一方、気候変動に対する人間社会の敏感度が高まり、政策決定に際して気候変動の予測を取り入れる事が必要となってきた。世界気象機関提唱の世界気候計画（World Climate Programme, WCP）も着々と準備が進み、特に、WCPの中の気候変動研究計画（Climate Research Programme, WCRP）については、学術会議の中の世界気候小委員会が設けられて、わが国の研究計画が討議されており、昭和56年前半にはその計画案が固まる予定である（世界気候小委員会〔1980〕）。

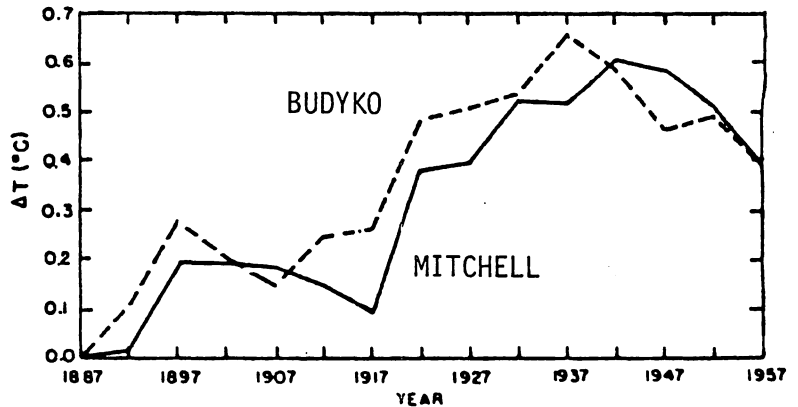
気象要素の時間平均などの統計量 — すなわち気候要素が、時間的に変化してきた事は良く知られている。その変化は、様々の空間スケールについても、発現している。ここでは、局地的気候変化ではなく、半球規模の気候変化に焦点を当てる事とする。

火山の大噴火や太陽活動など地球規模の外的条件の変化に伴って起る変化は、場所によって一様でないのが普通である。たとえば、1963年3月のBali島のAgung火山大噴火によって、1～2年後の気温が低下したと信じられているが、年平均気温の年偏差の北半球分布では、年より高温であった場所も存在する。このように、局地気候は、外的条件の変化の他に、大気それ自身の内部過程に大きく支配されている。そのために、地球規模の外的条件の変化に対して、地球の気候がどのように反応するかを局地気候の観測データについて調査する事は、ノイズが多くてシグナルの検出が一般に困難であるので、特に慎重な解析が必要である。これは半球ないし全球規模の気候の研究の重要性の一つを示している。この小論では、筆者とその共同研究者による北半球平均気温に関する成果に準拠して、気候変動の問題点について述べる。規定の頁数以上になるが日本気象学会関西支部事務局の許可を得て、解説的な記述とする。

§ 2. 半球規模の気候変化の研究における問題点

北半球平均気温が過去100年間どのように変化してきたかについて、今までMitchell〔1961, 1963, 1970〕やBudyko〔1969, 1977〕らによる研究がある。彼らの研究結果を、Robock〔1978〕の論文から再録したのが第1図である。

Lamb〔1977〕が述べているように、1880年代に北半球平均気温が最低、1940年代に最高になった事は、疑いのない所である。しかし、両者の間に若干の差異のある事が明らかである。たとえば、1907～1917年の間の極小値については、10年のずれがある。どちらが正しいのか、を考



5-year average of Northern Hemisphere mean air temperature by Mitchell[1970] and Budyko[1969]

第1図

北半球平均気温は、本来、太平洋・大西洋および北極周辺など観測データの極めて疎な地域をも考慮して算定すべきものである。したがって、その算定時に誤差が介在してくるが、Mitchell と Budyko はいずれもそのような誤差の算定を行っていない。物理学などでは、実験結果をまとめる時、誤差の算定はむしろ当然の事である。第1図のMitchell や Budyko の結果が、仮に0.3℃の誤差を包含しているとすれば、1880年代から1940年代にかけての昇温や1940年以降の低温化の発現も疑わしいと言わざるを得なくなる。気象学・気候学が、精密科学として発展するためには、結果の信頼度を明示する位の事は必須である。

§ 3. 広域の気候の算定

広域の平均気候は、規則正しく並んだ格子点の値が判っておれば、数値積分により、容易に求める事が出来る。気象観測点が主として大陸上に集中して、不規則に分布しているので、観測データから格子点の値を内挿する問題が生ずる。内挿については気象要素の客観解析としていくつかの方法が提案されているが、内挿誤差の算定も可能な方法が望ましい。

このような方法として、筆者と共同研究者(Yamamoto & Hoshiai〔1979〕)は、ソ連のGandin〔1963〕による最適内挿法(Optimum interpolation)を採用する事とした。この方法の詳細は、Gandin のテキストに記述されているが、ここでは、気候要素に関連して、その概略を述べる。

今、観測点 i における月平均気温など観測された或る気候要素の年間偏差を $\hat{T}'_i$ として、格子点 g での年間偏差 T'_g を、 $\hat{T}'_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) の線型結合により算定する：

$$T_g' = \sum_{i=1}^n \hat{T}_i' P_i + I_g \quad (1)$$

ここで、 P_i は荷重であり、後述の方法により決定する。又、 I_g は内挿誤差である。観測データ $\hat{T}_i'$ は、真の値 T_i' と誤差 ϵ_i とからなる：

$$\hat{T}_i' = T_i' + \epsilon_i \quad (2)$$

ここで、誤差 ϵ_i は、ランダムなものと仮定する。今、この要素の構造関数 $\hat{B}_{ij}$ を考える：

$$\begin{aligned} \hat{B}_{ij} &= \overline{(\hat{T}_i' - \hat{T}_j')^2} = \overline{(T_i' - T_j' + \epsilon_i - \epsilon_j)^2} \\ &= \overline{(T_i' - T_j')^2} + 2 \overline{(T_i' - T_j')(\epsilon_i - \epsilon_j)} + \overline{\epsilon_i^2} + \overline{\epsilon_j^2} - 2 \overline{\epsilon_i \epsilon_j} \end{aligned} \quad (3)$$

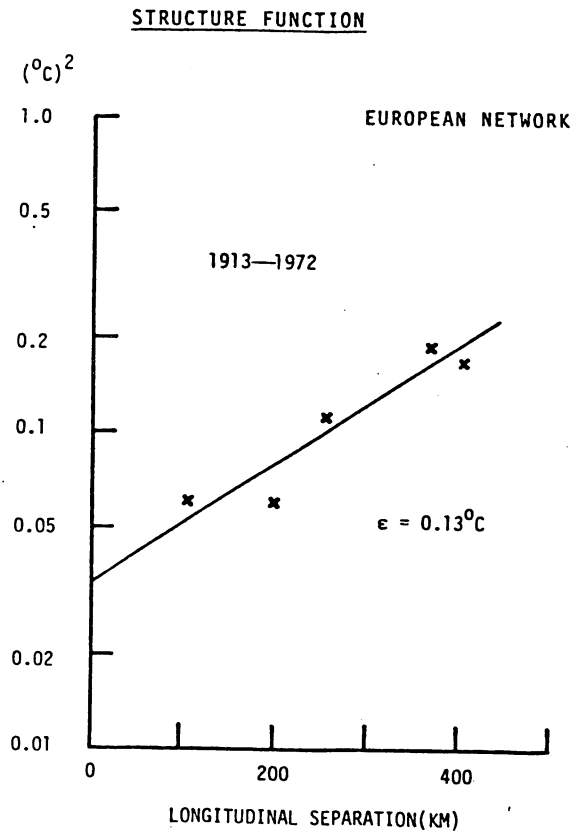
ここで、 $\overline{\quad}$ は時間平均を示す。 $\overline{\epsilon_i^2}$ が考えている領域で一様だと仮定して ϵ^2 で表わし、 $\overline{\epsilon_i \epsilon_j} = 0$ ($i \neq j$) とすると、

$$\lim_{j \rightarrow i} \hat{B}_{ij} = 2\epsilon^2 \quad (4)$$

を得る。即ち、構造関数を $i - j$ 観測点間の距離に対してプロットし、距離をゼロに外挿した時の値が(4)の右辺になる事を示している。年平均地上気温に関する ϵ の算定の一例を第2図に示す (Yamamoto [1979])。年平均地上気温の観測誤差が 0.13°C というのは、余りにも大き過ぎるように思われる。しかし、上述の式およびその極限のとり方からも判るように、都市化の影響など局地的非一様性を含んでいる。

(1)式の中の荷重 P_i は、内挿誤差 I_g の自乗平均 I_g^2 が極少になる条件から決定出来る。この条件から、連立方程式系

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \mu_j^i P_j + \lambda^2 P_i &= \mu_g^i \quad (i = \\ 1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad (5)$$

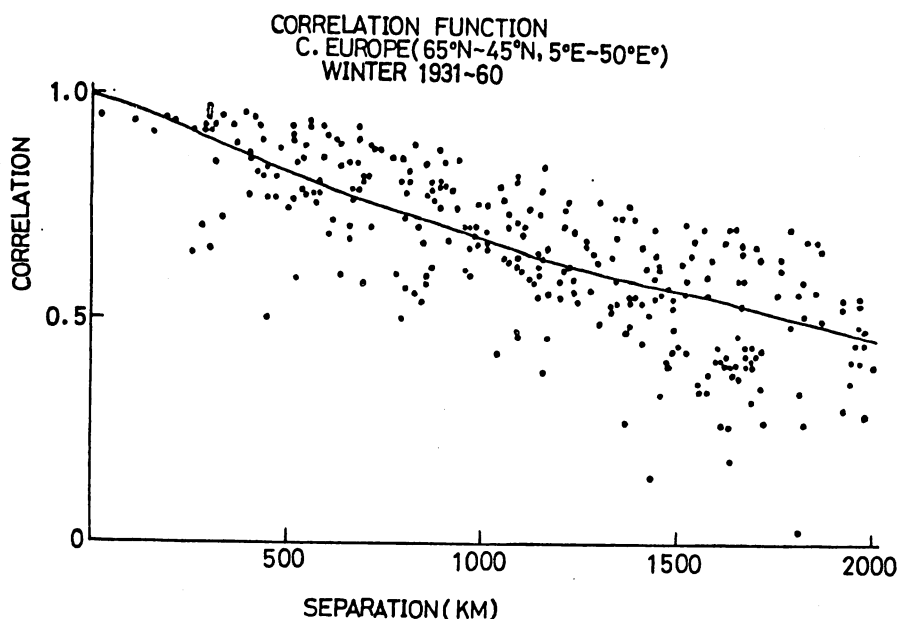


が得られる。ここで、 $\lambda^2 = \epsilon^2 / \sigma^2$ 、 $\sigma^2 = \overline{T_i'^2}$ であり、分散 $\overline{T_i'^2}$ は一様だと仮定している。 μ_j^i は観測点 i と観測点 j の間の相関係数であり、 μ_g^i は観測点 i と格子点 g の間の相関係数である。 μ_j^i が、 i と j との相対位置によってどのように変化するかを決定しておく、それに準拠して、 i と g との相対位置から、 μ_g^i が決定出来る。このように、(5)式により決定された荷重 P_i を用いて、(1)式により格子点の値 T_g' を求める時の内挿誤差 E_g は、

$$E_g^2 = \sigma^2 \left(1 - \sum_{i=1}^n P_i \mu_g^i \right) \quad (6)$$

で与えられる。

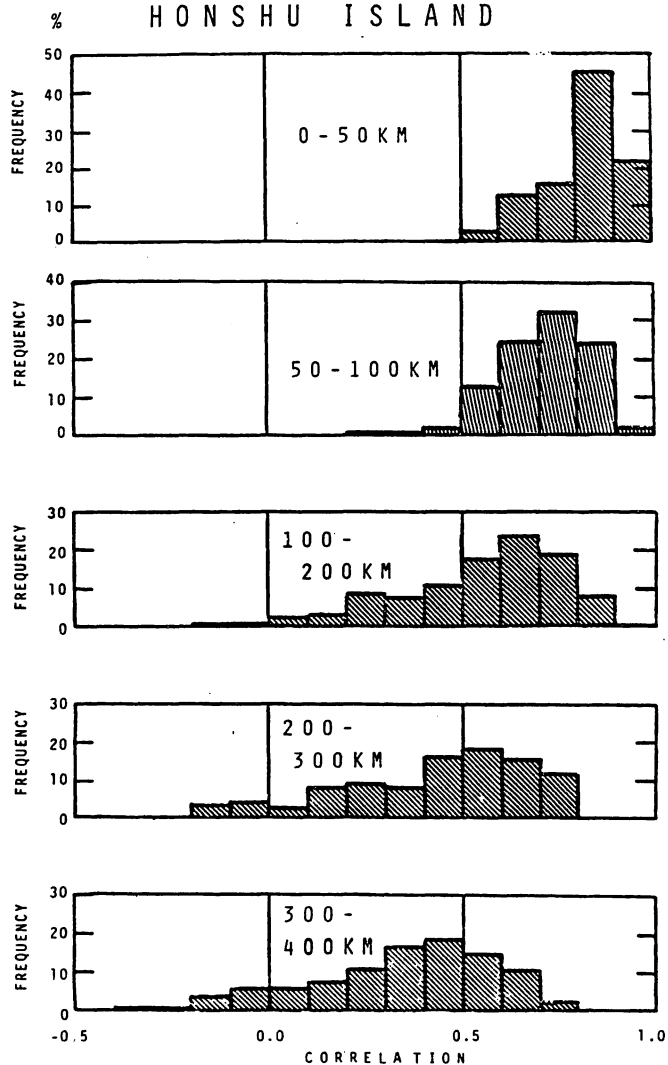
もしも、観測点 i が 1 ケ所しかなく ($n=1$)、しかも $\mu_g^i = 0.0$ だとすると、(5)式より $P_i = 0.0$ 、(1)式より $T_g' = 0.0$ 、(6)式より $E_g = \pm \sigma$ を得る。すなわち、観測網に対して相関がゼロであるような格子点の値は、平年偏差がゼロであると算定され、その誤差は標準偏差に等しい (T_i' の頻度が正規分布だとすると、約 68 % の信頼限界に対応する)。空間相関が有意な正の値の範囲内に観測点が存在する場合には、誤差が σ よりも小さくなる。



第 3 図

第 3 図は、3 ケ月平均地上気温についての空間相関の一例を示す (星合 [1980])。この場合 2000 km も隔っていても、相関係数は約 0.5 であるので、かなり疎な観測網においても、比較的小さい誤差で格子点の値を算定出来る。一方、降水量については、事情が著しく異なる。第 4 図は、わが国の観測点での年降水量の空間相関が、それぞれの距離範囲でどのような頻度分布を持つかを示している。300 — 400 km 離れただけで、相関係数が 0.5 以下となっている状況が示されている。同様な事は、米国における年降水量についても Foster [1944] によって示されている。

SPATIAL CORRELATION ANNUAL PRECIPITATION HONSHU ISLAND

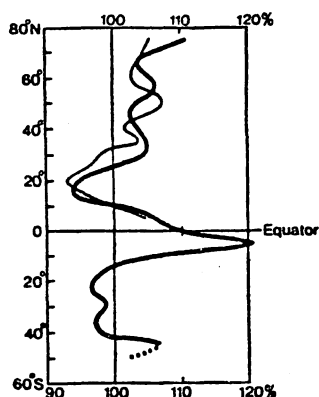


第4図

と上述の事から、この図が果して、どの程度信頼出来るのか疑わしい。

§ 4. 最近100年間の北半球平均気温の推移

星合誠（愛知学院大）と筆者は、共同して最近100年間の北半球平均気温の推移を、算定誤差を確認しながら求めた（Yamamoto & Hoshiai [1980]）。1876年から1975年までの100年間にわたる25°S以北の367ヶ所の月平均地上気温データを、米国NCARの磁気テープデータから選んで解析に供した。季節（3ヶ月）平均気温の1931—1960年の30年平均からの偏差について、前節で述べた最適内挿法を適用した。そして、赤道から80°Nまで、緯度10°毎、経度30°毎（80°N



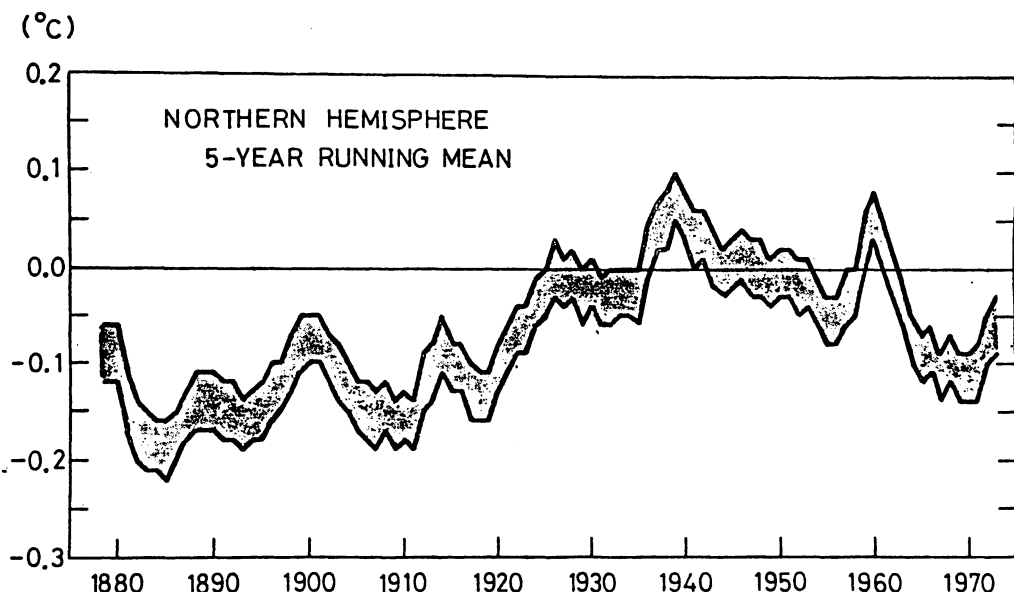
Mean yearly rainfall
averaged by latitude
zones, as per cent of
the 1931-1960 averages.
Thin line=1960-9
Bold line=1970-2
After Lamb[1974]

第5図

降水量は、気温と共に、最も重要な気候要素であるが、上述のように、気温に比べて極めて密な観測網がなければ、広域の状況を高い信頼度で把握する事が困難である。第5図は帯状平均年降水量の緯度分布を、1931—60年の30年平均のパーセントで示したものである（Lamb [1974]）。海洋上での雨量観測の良く知られた困難

に限り経度 45°毎)の格子点の値を内挿した。内挿誤差は、70°N, 30°E では 1.2 ~ 3.2℃であり、120°W の赤道では 0.5 ~ 0.6℃であった。欠測のある時期や観測網の疎な所では内挿誤差が大きい。また、気温の変動の小さい地域では内挿誤差は一般に小さくてすむ。

個々の観測データは、一つの格子点の一つの時期の値の内挿にのみ用いる事としたので、内挿誤差は、他の格子点の内挿誤差や他の時間のものとは独立だと考えられる。したがって、格子点の値の空間平均および時間平均の誤差は、平均に用いた値の数の $\frac{1}{2}$ 乗に逆比例して、小さくなる。

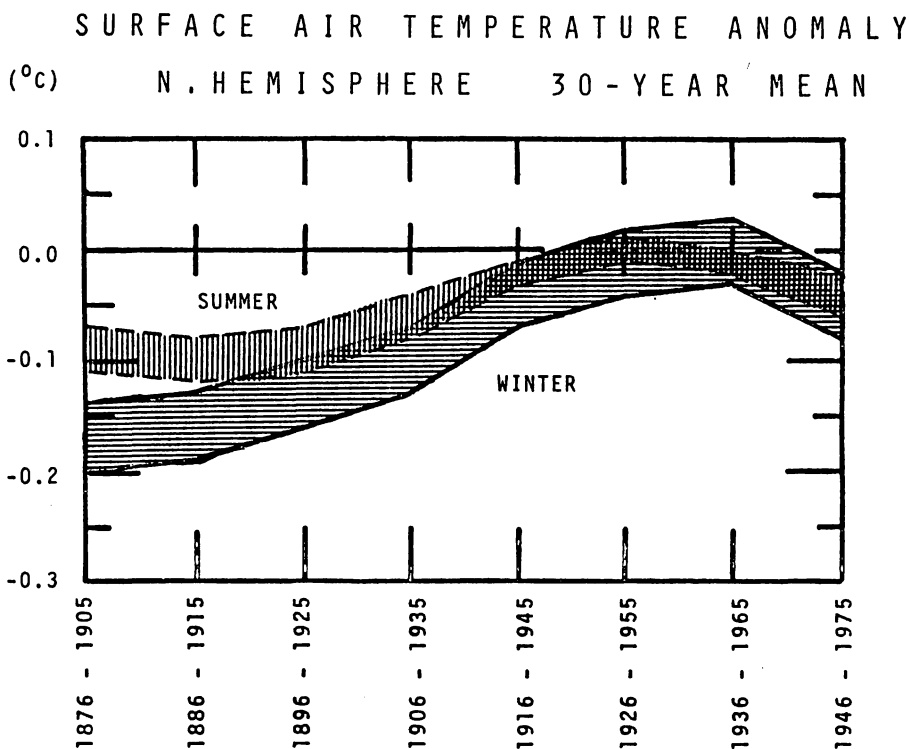


第 6 図

第 6 図は、このようにして求めた北半球平均地上気温を 5 年移動平均したものである。この図では、68%の信頼区間で結果を示している。すなわち、68%の確率の真の値は、 $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ のこの幅の中に入る事を示している。

1880年代の最低気温と1940年頃の最高気温の出現は、第1図に示した Mitchell や Budyko の結果と同様である。しかし、1880年代の最低気温と1940年頃の最高気温の差は、高々 0.3°C であって、第1図の Mitchell や Budyko の値の約 $\frac{1}{2}$ である。この不一致に関する筆者の見解は、次の通りである。最近の Barnett [1978] の論文によると、海上の船舶の観測データの解析の結果、陸上の気温変動は海上の2ないし6倍である。Mitchell [1961, 1963, 1970] が準拠した Willett [1950] の方法では、海上で変動が小さい事を考慮していない。変動の大きい陸上の観測データに大きい荷重を与えて、Willett-Mitchell は解析を進めており、この結果、気温変動を過大評価した懸念が強い。

北半球平均気温の長期変化傾向をクローズアップするために、夏および冬の気温の30年平均値



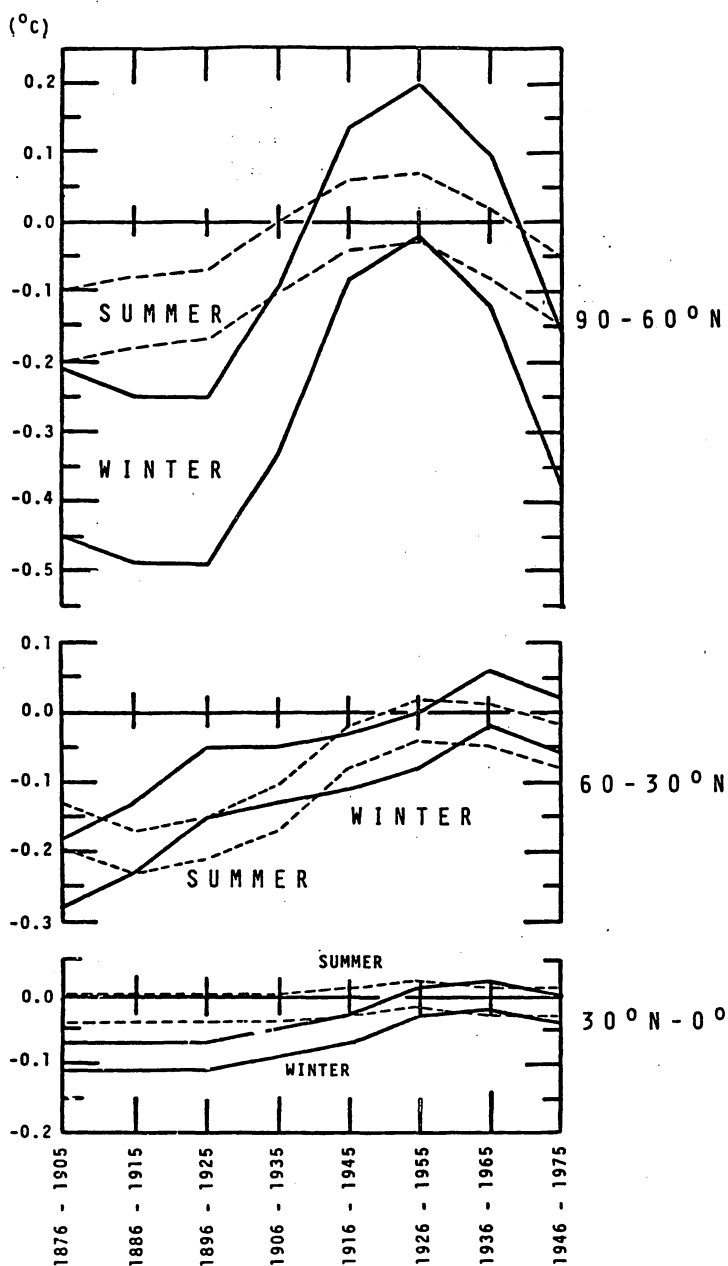
第7図

を示したのが、第7図である。やはり、68%の信頼区間を示している。夏・冬ともに19世紀末から20世紀始めに最低気温が出現し、1940—50年に最高気温が記録されているが、冬の方が変化が大きい。同様な傾向を、30度の巾の緯度帯毎に示したのが第8図である。68%の信頼限界を考慮すると、低緯度地方の夏の気温に、有意な変化傾向は認められない。しかし、低緯度の冬および他の緯度帯の夏・冬については、1890年代～1910年代での最低気温と1940年代～1950年代での最高気温が、有意に出現している。そして、その変化は緯度の高い方が大きく、又冬の方が夏よりも顕著である。高緯度の冬の最高気温は中・低緯度に比べて若干早く起っている事が注目される。

季節平均気温の年々の変動の程度が時代と共にどのように変化してきたかを調べるために、50年のデータについて標準偏差を求めたのが、第9図と第10図である。やはり、68%の信頼区間で示してあるが、第9図の北半球平均気温には、有意な変化傾向は認められない。又、中・低緯度でも、同様に有意な変化は存在しない。しかし、第10図の上の部分で示されている高緯度地方では、夏・冬ともに、有意な増加が存在している。このような変動の増強が、どのような原因によるものかは、今後研究すべき重要課題の一つである。

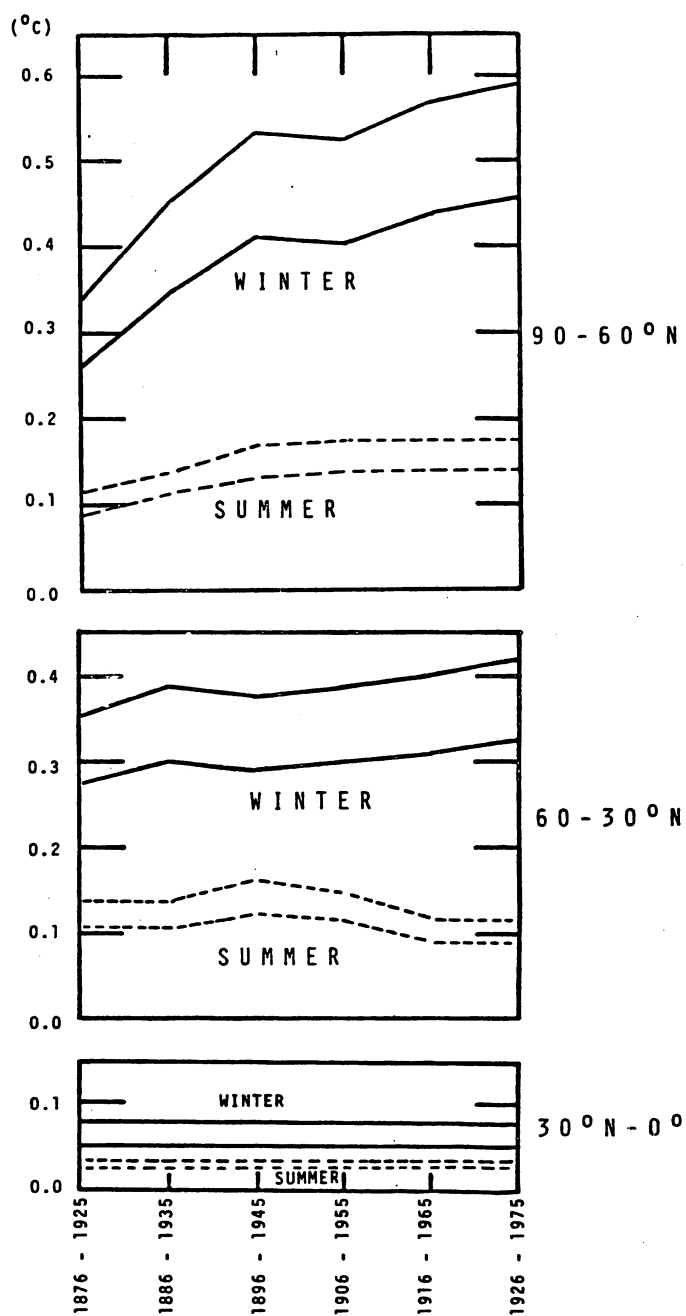
SURFACE AIR TEMPERATURE ANOMALY

30-YEAR MEAN



第8图

STANDARD DEVIATION 50-YEAR DATA SAMPLE



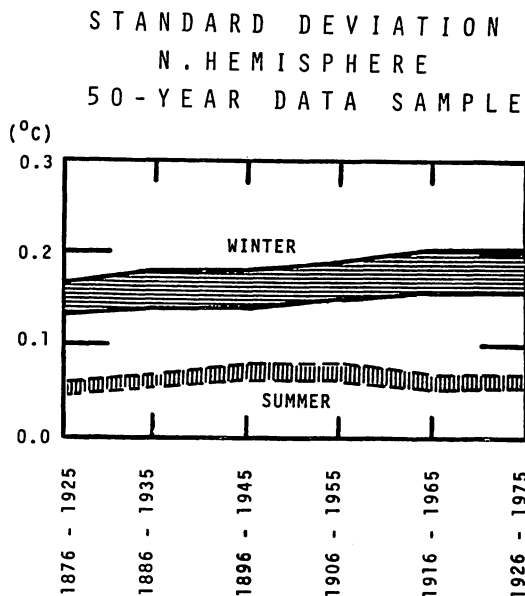
第 10 图

§ 5. 半球規模の気候変動の研究

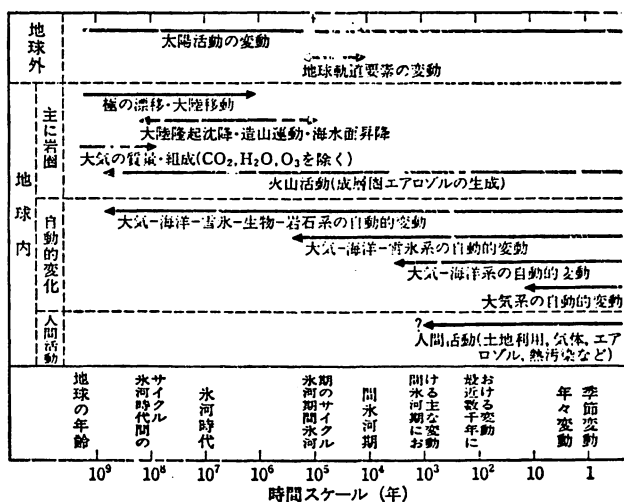
広域気候の変化の原因については、古くから多くの研究がある（山元〔1978〕）。地球の自転・公転の変化が主要な原因である事を示した研究（Mason〔1976〕）もあるが、それは10,000年程度の時間スケールである（第11図参照）。こゝでは、1年ないし100年の時間スケールに注目する事とする。

Miles と Gildersleeves〔1977〕は、半球平均気温の変化に影響を与えるものとして、大気中の二酸化炭素濃度、火山噴火によるダスト、太陽黒点数、極水面積および帯状風指数を取り上げた。Mitchell〔1961〕やBudyko〔1969〕の算定した北半球平均気温の5年平均値の変化に対して、上記の要因がどの程度に寄与しているかを、重回帰方程式を解いて調べた。その結果、 CO_2 濃度と火山噴火によって、気温変動の65%が説明出来ると報告している。第12図は、その結果を図示したものであり、実線が北半球平均気温変化のMitchellらによる算定値で、破線が CO_2 濃度と火山噴火の影響とからの予測値である。20世紀の始めまでは、かなり良く表現出来ているが、

それ以後の適合は良いとは言えない。特に、1940年代の最高気温出現、すなわち、1940年代からの低温化を説明する事には成功していない。この低温化傾向については、後で再び触れる。以下では、信頼度の高い最近のデータにより、気温変化に関係すると考えられる二、三の要因について考察する。

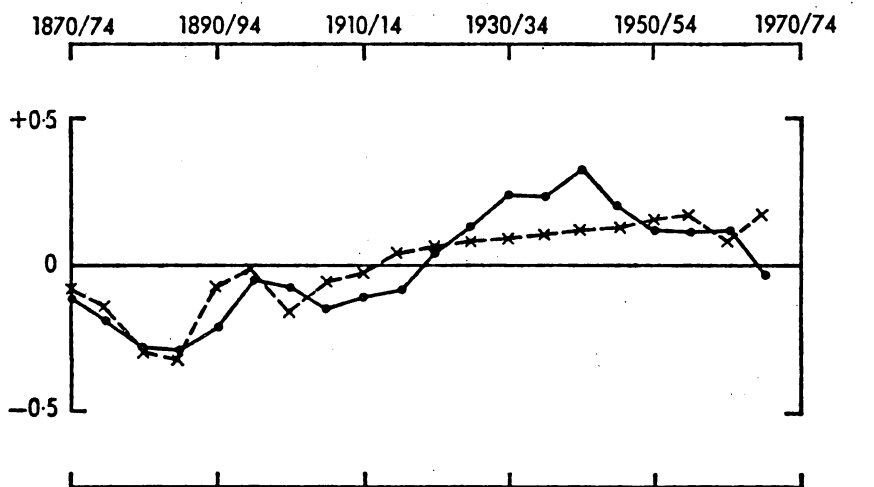


第9図



気候変動の特徴的な時間スケール(下段)とそれぞれの気候変動に関与すると考えられる過程(上段)(Kutzbach, 1976)

第11図



-ACTUAL TEMPERATURE ANOMALIES AND VALUES PREDICTED FROM
MULTIPLE REGRESSION EQUATIONS

· — · Actual northern hemisphere temperature anomaly
× - - × Predicted from multiple regression equation

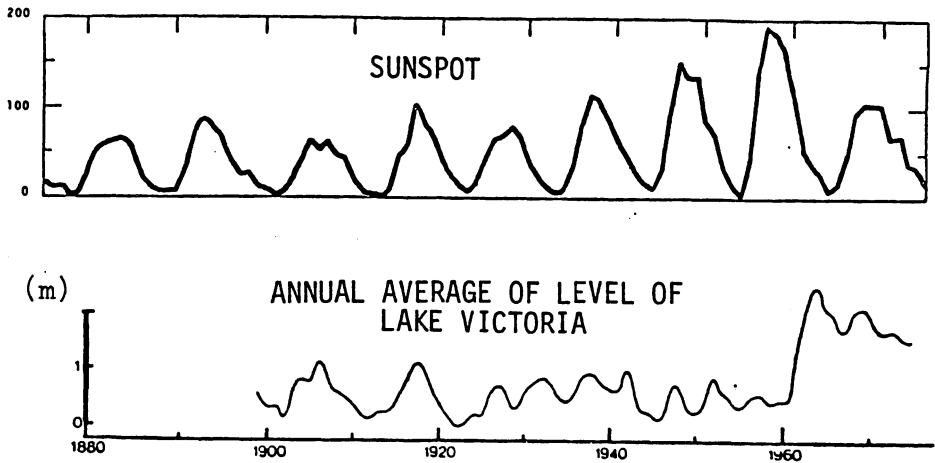
Temperature anomalies are in °C.

第12図

(a) 太陽活動

地球の気候は、太陽からの放射の支配的影響を受けていて、太陽定数の変化に対応し地球の気候は、気温分布のみならず水循環も著しく変化するものと考えられる (Wetherald & Manabe [1975])。又、太陽定数の僅かの減少を契機に、温度-氷雪フィードバック機構によって、全球が氷におおわれる可能性も指摘されている (Budyko [1972])。このように重要な太陽定数の観測は、極く最近になって、やっとその変化を把握出来る程度の精度を得るようになった。前世紀から米国の Smithsonian Institution の科学者によって地上観測が行なわれてきたが、大気の影響を除去する過程の誤差が大きいので、その観測にたずさわった科学者は太陽定数の変化を信じていたが (例えば Abbot [1958])、多くの人々は観測誤差の範囲だとして信用しなかった。最近、Nimbus 7号に搭載された空洞放射計による観測が報告されたが (Stowe et al. [1980])、それによると、1978年11月~1979年5月の間のデータでは平均の太陽定数は $1.973 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ であって、誤差は0.05%でそれ以上の変化がこの期間内に認められたという事である。このような観測が長期にわたって継続されれば、太陽定数の変化の実態が明らかになると期待される。

太陽黒点と気候要素との関係は古くから多くの研究者が調査してきた (例えば、Willett [1965, 1974])。アフリカのビクトリア湖の水位については、古くから有名である (Brooks [1923])。第13図では、Vincent et al. [1979] から再録した年平均水位を、太陽黒点数と対比させて示して

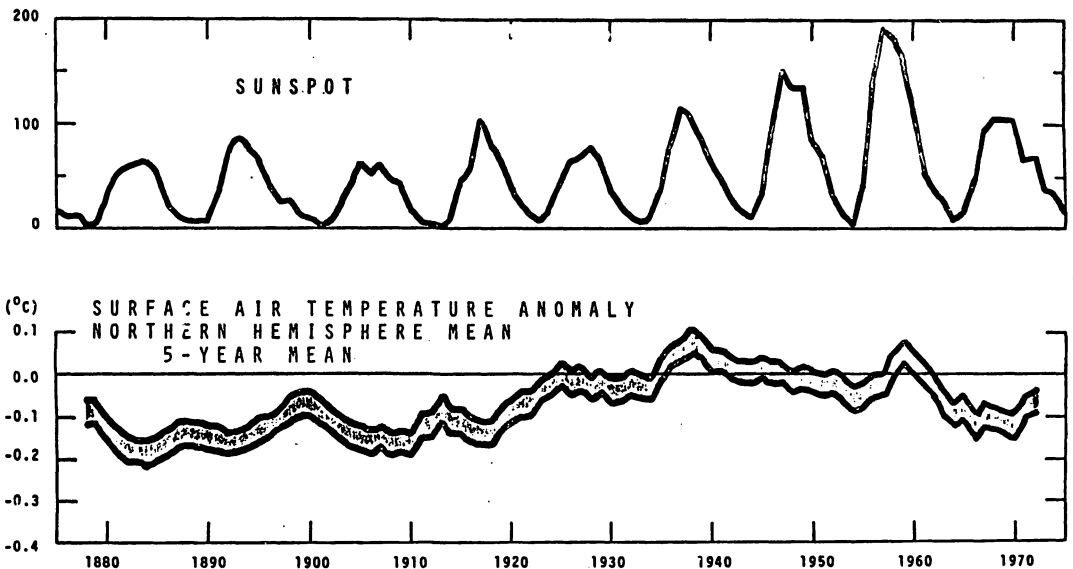


第 13 図

いる。1920年頃以前の両者の正相関は明らかであるが、それ以後は明白な相関が認められない。

太陽黒点数の変化と気候変化との間には密接な関係が存在するのではないかとの推測が古くから流布されていた。黒点数と気温との関係は、古く Köppen [1914] が調査している。これらについて Brooks [1950] は、次のように述べている。黒点極小期には、熱帯気温は極大期よりも 2°F 高い。この関係は、中緯度では消滅するが、北極地方では認められる。Spitzbergen の気温と Barents 海の氷の量に同様な関係がみられて、黒点極大期には北極が低温になって海面面積が増加している。

この関係は、1920年以前のデータで認められたものであり、その説明として、Huntington & Visher [1922] は Solar cyclonic hypothesis を提案している。太陽活動が盛んな時は、低気圧活



第 14 図

動が盛んで、そのために鉛直混合が盛んとなり、地表近くから上層への熱輸送が盛んとなって宇宙へ失う熱が増え、低温となるというのが Solar cyclonic hypothesis である。

しかし、1920 年以降の熱帯気温を含めて調査した Troup [1962] は、1920 年以前は Brooks [1950]

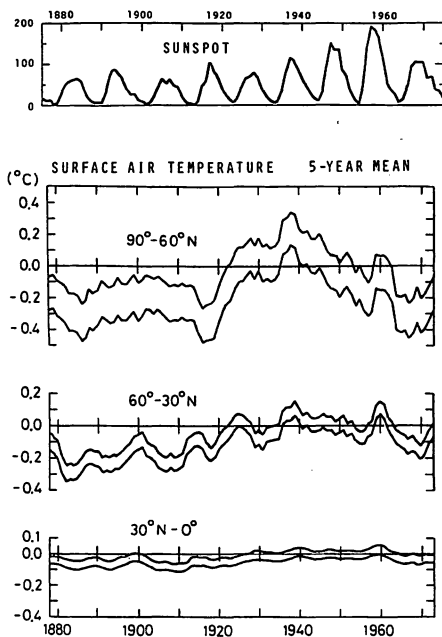
の述べた通りである

が 1920 年代以後には黒点数と熱帯気温の相関はゼロ又は正となった事を示している。筆者ら [1980] は、上述したように信頼度を附した北半球平均気温を求めたので、それについて、黒点数との関係を調べてみた (第 14 図)。ここでも気温は 5 年平均値であり、68% の信頼区間で示してある。図から明らかなように、1920 年までは、北半球平均気温は明らかに黒点数と負相関を有し、それ以後は、むしろ正相関を示していて、Troup [1962] の熱帯気温の結果と一致している。しかし、1970 年頃から負相関に変わりつつあるかに見える。

このような気温と太陽黒点数との対応が緯度によって、どのように異なるかを見るために、第 15 図を示す。低緯度と高緯度では、対応する有意な変化は認められないが、中緯度では顕著な対応があるので、第 14 図の半球平均気温の対応は、主として中緯度での対応によるものである。低緯度気温の見掛け上の変化は Troup [1962] の述べる対応を示しているが、算定誤差を考慮すると有意なものとは言えない。黒点数との明白な対応が第 13 図のビクトリア湖の水位変化と第 15 図の中緯度気温、ともに、1920 年代に終わっている。この事実について、大気の循環を介在して両者の関係が期待されるが、今後研究するに値する問題である。

(b) 火山噴火

火山噴火の際に大気中へ噴出された火山灰によって地球大気のアルベードが増加し低温化が起る可能性は、18 世紀から既に注目されてきた (山元 [1979])。多くの人々は、この火山噴火の影響は疑いのないものと考え、疑義をさしはさまないが、しかし、信用出来る証拠がないと明言する研究者もいる (Mason [1976], Landsberg & Albert [1978])。これは、噴火後の局地的気温は



第 15 図

第1表
EXPLOSIVE ERUPTIONS OF VOLCANOES (1880-1975)
MITCHELL CLASS GREATER THAN 10^7 TONS

YEAR	VOLCANO	LATITUDE	LONGITUDE	MITCHELL CLASS (10^6 TONS)
1883	KRAKATOA	6 °S	105.5 °E	100
1886	TARAWERA	38.5 °S	176.5 °E	10
1888	BANDAI	38 °N	140 °E	10
1888	RITTER	5.5 °S	148 °E	10
1892	AWU	3.5 °N	125.5 °E	10
1902	MONT PELEE	15 °N	61 °W	10
1902	SOUFRIERE	13.5 °N	61 °W	10
1902	SANTA MARIA	14.5 °N	92 °W	20
1903	SANTA MARIA	14.5 °N	92 °W	20
1907	SHTYUBLYA	52 °N	157.5 °E	10
1912	KATMAI	58 °N	155 °W	10
1947	HEKLA	64 °N	19.5 °W	10
1953	SPURR	61 °N	153 °W	10
1956	BEZYM YANNAYA	56 °N	160.5 °E	10
1963	AGUNG	8.5 °S	115.5 °E	30
1966	AWU	3.5 °N	125.5 °E	10
1968	FERNANDINA	0.5 °S	92 °W	10
1974	FUEGO	14.5 °N	91 °W	

全ての観測所で必ずしも異常低温を示しているとは限らないからである。局地的気温は大気の内
部過程に大きく左右されて、火山噴火のような半球ないし全球規模の影響が必ずしも如実に現
れるとは限らないからである。半球平均気温においては、このような内部過程によるノイズは、かなり
抑制されていて、地球規模の外的要因の変化に対して少ないノイズで反応を示すものと期待出来る。

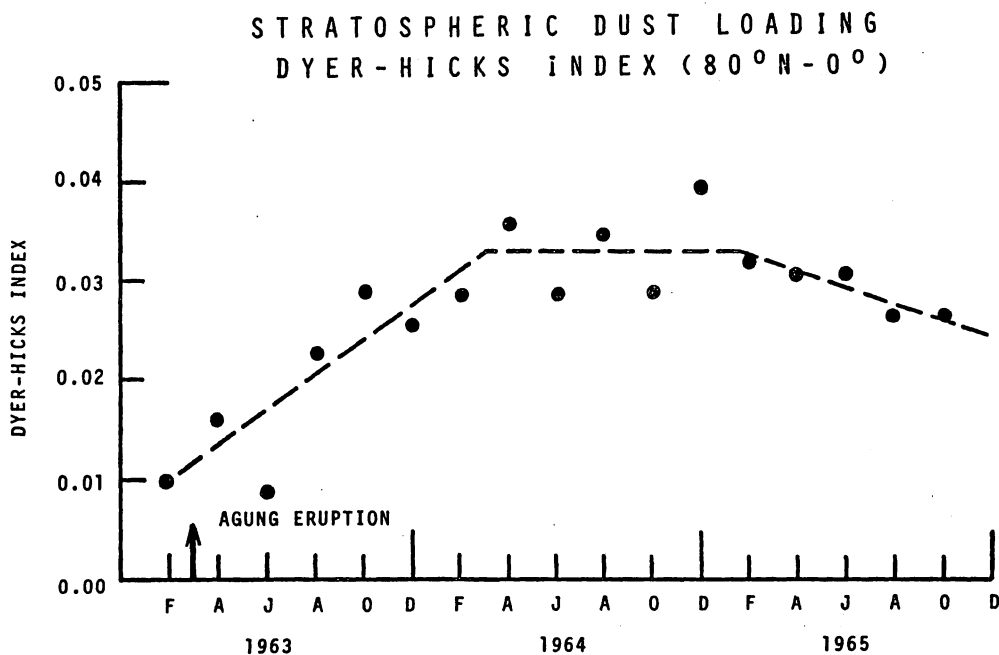
ここでは、筆者らが求めた北半球平均気温の100年間の変化をとりあげて、噴火の影響の検出を
試みる事とする。この問題に取り組むのに必要なデータの第一は、噴火そのものの時期、場所、規
模、および噴煙の到達高度である。噴火の規模などについては、その詳しいデータがLamb [1970]
に掲載されているが、噴煙については、多くの場合、データが不十分である。Mitchell [1970]は、
噴火の際の総噴出量の1%が成層圏にまで噴き上げられたと仮定しているが、筆者が検討した結果
この仮定はほぼ妥当なものと考えられる(山元[1980])。ここでは、 10^7 トン以上のものが成層圏
へ噴出したと推定出来る1875年以降の大噴火のみをとり上げる事とする(第一表)。この表で、
Mitchell class は成層圏へ注入されたと推定される量である(Oliver [1976])。

火山噴出物の成層圏での滞留時間は、季節・緯度・高度によって変るが(Reiter [1975])、Mi-
tchell [1970]は、14ヶ月を採用している。これは、火山性ダストの量が14ヶ月経過すると $\frac{1}{e}$

に減る事を意味している。しかし、1963年のAgung 噴火後の成層圏エアロゾルの観測研究によって、火山性成層圏エアロゾルの動態が明らかとなってきた。噴火の際に噴出された火山灰は比較的短時間に落下してしまう事 (Mossop [1964])、そして、成層圏へ注入された二酸化硫黄 SO_2 の酸化・加水反応によって出来た硫酸液滴 (H_2SO_4) が長期にわたって成層圏内に存在して気候に大きい影響を与える事が判ってきた (Pollack et al. [1976])。この気体-粒子変換過程は、徐々に進行するので、噴火後数ヶ月経過して硫酸液滴の数が最大に達する。それ故、Hansen et al. [1978] は、火山性成層圏エアロゾルは、噴火後時間と共に増加し、4ヶ月後に最大となるとしている。一方、Cadle [1980] は、 SO_2 の成層圏での反応を検討して、励起状態の酸素原子の量に依存するが、時間スケールは約300日だとしている。

火山性成層圏エアロゾルの動態を観測データにより全球規模で調査した研究は筆者の知る限りでは、Dyer & Hicks [1965, 1968] 以外にない。彼らは、1963年のAgungの噴火に関して全世界の直達日射量の観測データを収集・解析した。火山噴火の影響のない1963年以前を基準として、Agung 噴火後の直達日射の減衰から成層圏エアロゾル量の帯状平均値を、1965年10月まで求めている。その結果、火山性エアロゾルがAgung 火山のある 5°S から南北両半球の高緯度へ拡散している様子を示している。

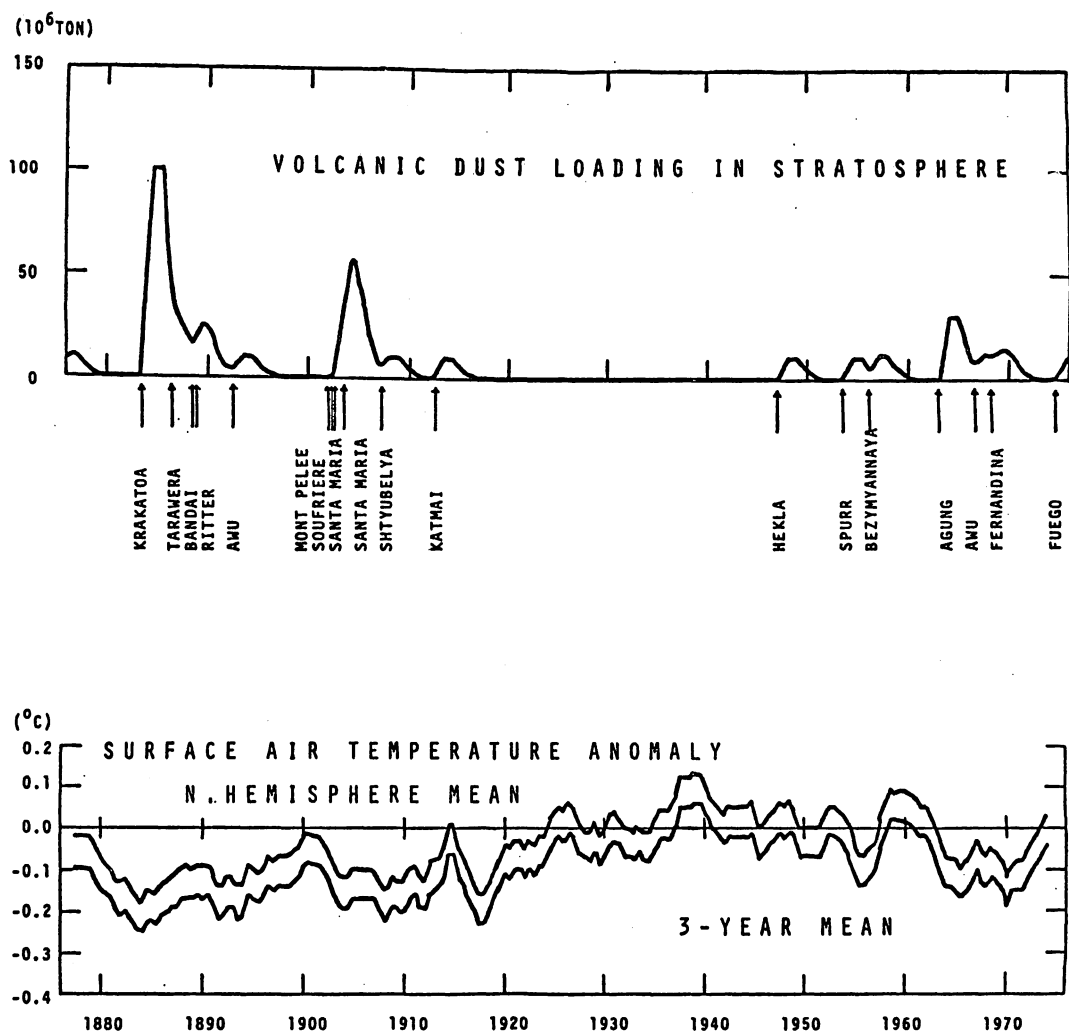
Dyer & Hicks は、緯度巾 10° の帯状域の平均値を与えているが、筆者はその値から北半球全体のダスト量の変化を数値積分により求めた。その時間経過を示したのが、第16図である。噴火後



第16図

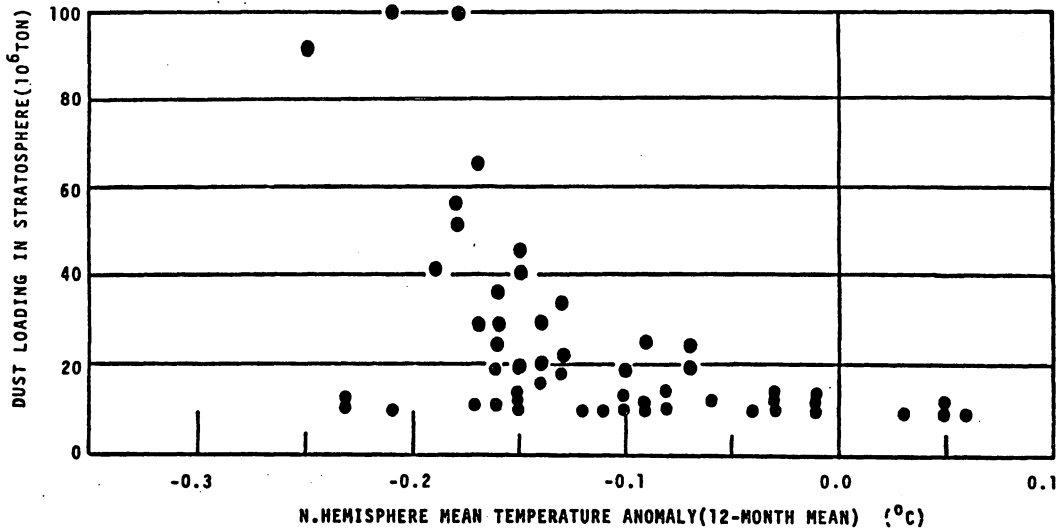
約1年間、北半球全体の火山性エアロゾルが時間と共に増加し、その後約1年間はほぼ一定値を保っている。そして、噴火後2年経過してから減少し始めている。このような時間的経過は、少なくとも定性的には、Pollack et al. [1976], Hansen et al. [1978] および Cadle [1980] の研究と一致している。

火山性成層圏エアロゾル量の時間的变化は、噴火の規模・噴煙の高さ・噴出気体の成分によって異なる可能性がある。しかし、それらに関する実測データがないので、第16図の時間的経過の普遍性を確かめる事が出来ない。ここでは、第1表に示した噴火の全てについて、火山性エアロゾル量は初めの1年間、時間に比例して増加し、次の1年間一定値を保ち、その後1年の間に $\frac{1}{6}$ になると仮定した。この仮定の下に、過去100年間の火山性成層圏エアロゾル量を求めたのが、第17図上部である。



第17図

STRATOSPHERIC DUST LOADING AND CHANGE OF N. HEMISPHERE MEAN TEMPERATURE



第 18 図

1883年のKrakatoa 火山, 1902年と1903年のSanta Maria火山および1963年のAgung 火山の噴火によるものが, 著しく大きい。第17図の下部は, 北半球平均気温の推移を示している。火山性ダストの多い時の低温が注目される。この対応を統計的に調べたのが, 第18図である。ダスト量が 10^7 トン以上の時を取り上げて, その時の北半球平均気温偏差をプロットした。ダスト量が 2×10^7 トン以下については, 気温偏差はかなり大きいばらつきを示しているが, それ以上のダスト量の場合には相当良い対応が示されている。3 $\times 10^7$ トン以上のダスト量に対して, 両者の相関係数は0.7以上である。1963年のAgung 噴火による成層圏エアロゾルの最大量は 3×10^7 トンと推定されているので, Agung 噴火と同程度又はそれ以上の規模の噴火による北半球平均平均気温の低下は, 確かなものと言える。

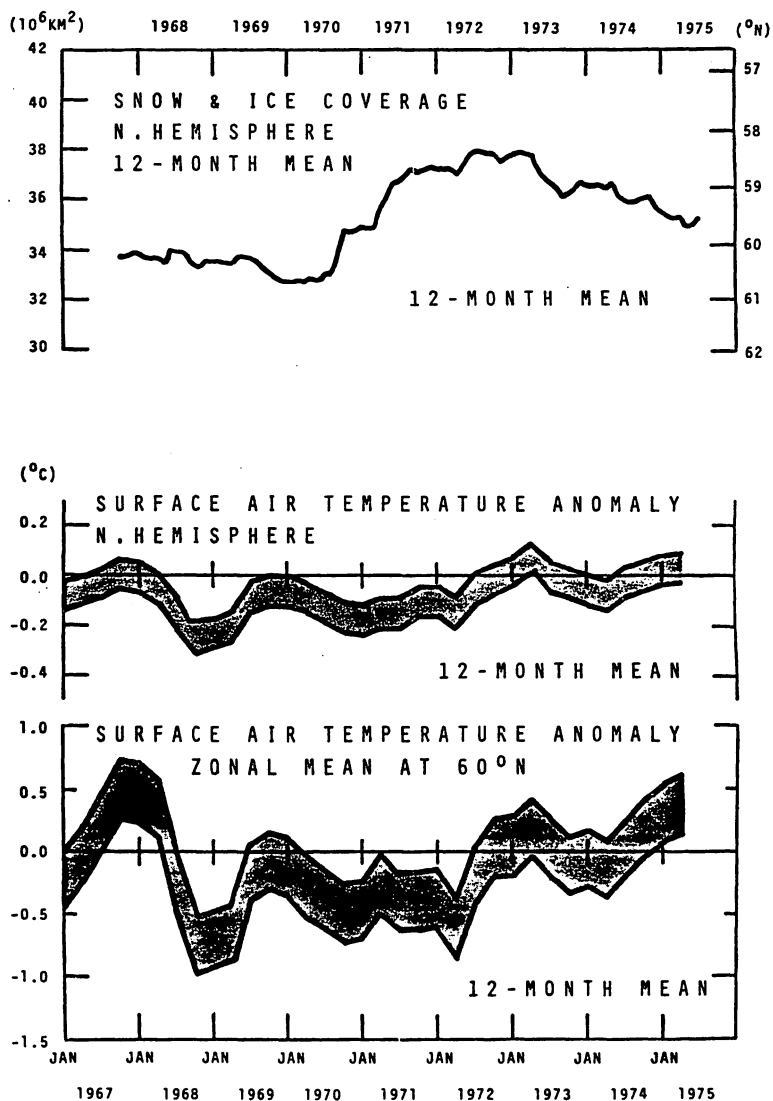
気温変化とダスト量との間の時間的ずれについては, 時間のずれのない同時の対応が最良である。ただし, 気温偏差は3ヶ月平均であるから, 時間の解像度は3ヶ月である事に留意する必要がある。海洋の影響などを考えなければ, 放射収支の変化に対する大気の反応時間は比較的短かく1週間程度である(Houghton[1977])事を参考にとすると, この結果は妥当なものであろう。

(c) 雪氷面積

極地方や高山地帯では雪氷でおおわれている場合が多いが, 雪氷は日射に対する反射率が他の地表面に比して大きいので, 地球のアルベードに大きく寄与している。雪氷面積の増加により地球のアルベードが大きくなると, 吸収日射量が減るので低温化の傾向を生ずる。雪氷面積は顕著に年変化しているが春秋の気温が低いと, 雪氷面積の多い時期が長くなり年平均の雪氷面積が増加する。

このようなフィードバック過程は、気候変化に重要な役割を果すものとして注目され、特に不安定的に雪氷面積の急増の可能性が指摘されている(Budyko (1972))。

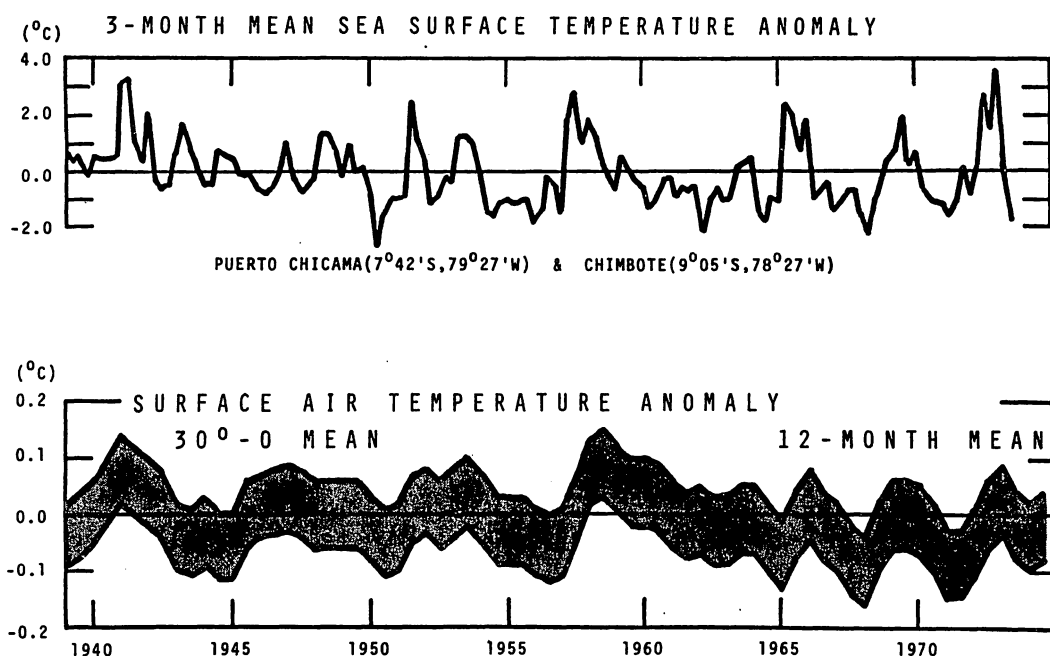
このように重要な雪氷面積の信頼のおける観測が、気象衛星により行なわれるようになった(Kukla & Kukla (1974))。第19図の上部は、北半球の雪氷面積の12ヶ月平均値である(Kukla & Gavin (1978))。右の縦軸のスケールは、左の面積に等しい面積を持つ球殻の南縁の緯度



第19図

である。この図で、1970～1972年にかけての急増に注目される。1970年に約 $33 \times 10^6 \text{ km}^2$ であった雪氷面積は1972年には約 $38 \times 10^6 \text{ km}^2$ となり、約15%の増加である。

第19図の中央の曲線は北半球平均気温偏差で、下の曲線は 60°N — 極氷面の平均的南縁の緯度に近い — での帯状平均気温偏差である。1970—1972年の面積急増によって惹起したと思われる気温低下が認められない。また、1968/69年の冬の低温に対応する雪氷面積の増加が起っていない。しかし、年間を通じて低温が継続した1970年から1972年初めの間に、雪氷面が広がっている。これは春や秋の融雪又は初雪に低温が大きく影響し、雪氷面積の増加をもたらしたと考えられる。雪氷面の増加による低温化の明白な形跡が認められないが、その理由については今後研究す



第20図

べきである。

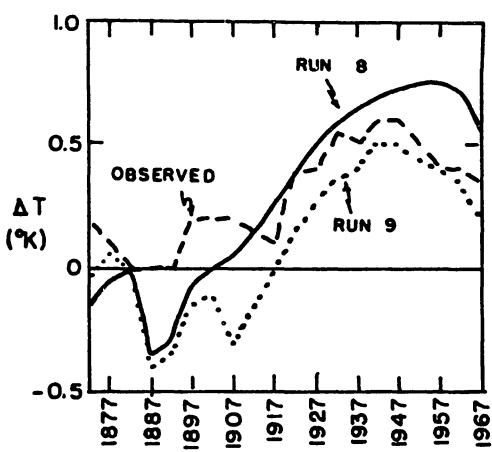
(d) 海面温度

海洋の大気に対する影響は古くから認識されていて、近年でも多くの研究がある（例えば、Bjerknes [1969]）。特に、赤道太平洋東部、ペルー沖の海面昇温は、エルニーニョとして注目されている（Wyrtki [1975]）。ここでは Ramage [1975] が与えたペルー沖の海面温度の推移を第20図の上部に示す。これに対して下部は $0^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ の平均気温偏差である。海面温度は3ヶ月平均値で示してあるが、それでも $+3.5^{\circ} \text{C} \sim -2.5^{\circ} \text{C}$ の範囲で変化している。一方気温の方は空間平均である事もあって、高々 $\pm 0.15^{\circ}$ の範囲で変化している。しかし、有意な気温偏差 — 1941年と1958年の正偏差、1968年と1972年の負偏差 — がいずれも海面温度の変化に対応している事が明らかである。これらの対応は、おそらく降水量などにも反映していると考えられるので（Bjerknes [1969]）、今後の研究が必要である。

§ 6. 結 語

北半球平均気温で代表する半球規模の平均気候の過去100年間の実態について考察をして、問題点を指摘した。そこで、言及しなかった最も重要な問題の一つを、ここで述べる事とする。それは、Mitchell [1970] や Budyko [1977] および筆者ら（Yamamoto & Hoshiai [1980]）の求めたものに共通してみられる1940年以降の北半球平均気温の低下の原因である。

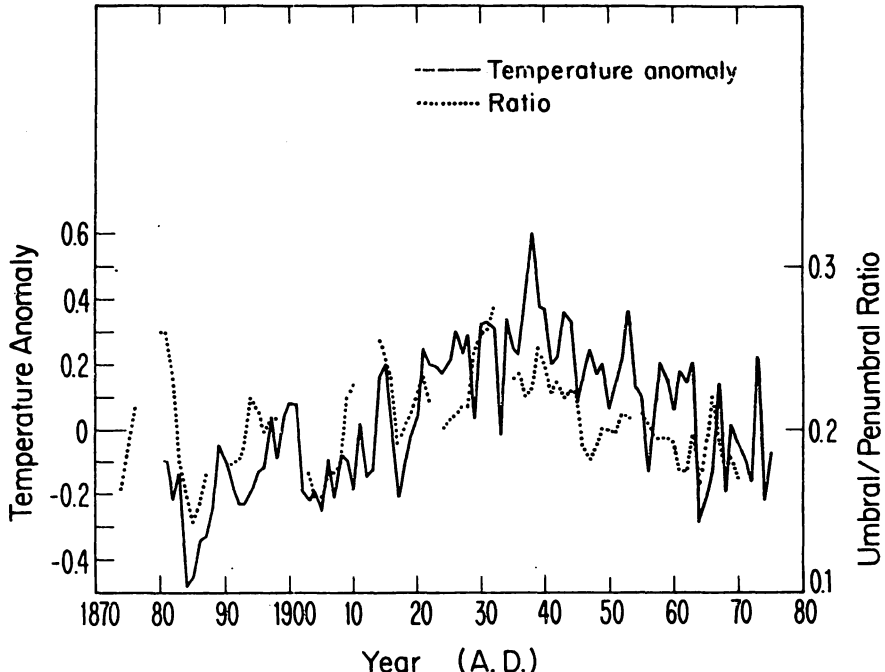
火山噴火は、19世紀から1910年代まで頻発していたが、1912年以降1947年まで大噴火は記録されていない(第17図)。したがって、1940年からの低温化は噴火の影響によっては説明出来ない。むしろ、大気中の二酸化炭素濃度の増加が観測されていて、それによる温暖化作用が期待されている(Wetherald & Manabe [1975])。これに対して低温化傾向が第7図の30年平均値でも認められていて、その説明が必要である。



Results of volcanic dust simulation runs (8-9) compared to Mitchell-Reitan 0-80°N annual 5-year average data for 1870-1969.

第 21 図

この問題に対して、Robock [1978] は、気候は、外的要因の変化の他に大気内部の非線型過程によっても長期変化を持つ事を示そうとして、単純な数値モデルでシミュレーションを行なった。火山噴火および二酸化炭素濃度の変化を取り入れて行なった二つの結果を第 21 図に示す。Mitchell



Parallel plots of the umbral/penumbral ratio and the anomalies in the Northern Hemisphere surface temperatures. Only the years with a penumbral area greater than 100 millionths of the visible solar disk are plotted.

第 22 図

〔1970〕の与えた観測値との一致は、必ずしも良くないが、1940年代以降の低温化が得られている。しかし、Robock 自身も述べているように、彼の採用した数値モデルは単純なもので、結果はパラメタリゼーションに極めて敏感である。それ故、パラメタリゼーションの検討又はより現実に近い数値モデルによるシミュレーションを行なう事が今後の重要課題である。

一方、太陽定数が1940年以後、減少しているのではないかとの説がHoyt〔1978〕によって提唱されている。太陽黒点の構造は、中央部の暗黒部(Umbra)とそれを囲む灰色部(Penumbra)とから成り立っているがそれらの面積の比が、日射の強さのindexになる筈であり、その比は第22図の点線で示したように、1940年以降減少を示している。これが1940年以後の低温化の主原因だというのがHoytの説である。しかし、太陽物理学者は、必ずしもHoytの説を支持していない。前に述べたように、空洞放射計による太陽定数の長期観測データの集積が待たれる。

謝辞

本稿の内容について、熱心な議論や資料の提供に応じてくれた岩嶋樹也君、星合誠君に謝意を表す。又、原稿をまとめるのに、大変な尽力をしてくれた福山夫人に感謝の意を表したい。尚、ここに記した研究の大部分は、文部省科学研究費環境科学特別研究によって進められた。

参 考 文 献

- Abbot, C. G., 1958: On Sterne and Dieter's paper, The constancy of the solar constant. *Smithsonian Contr. Astrophysics*, **3**, 13-21.
- Barnett, T.P., 1978: Estimating variability of surface air temperature in the northern hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, **106**, 1353-1367.
- Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, **97**, 163-172.
- Budyko, M. I., 1969: The effect of solar radiation variations on the climate of the earth. *Tellus*, **21**, 611-619.
- Budyko, M. I., 1972: The future climate. *EOS*, **53**, 868-874.
- Budyko, M. I., 1977: On present-day climatic changes. *Tellus*, **29**, 193-204.
- Brooks, C. E. P., 1923: Variations in the level of the Central African lakes. *Geophys. Mem.*, **20**.
- Brooks, C. E. P., 1950: *Climate through the ages*. Ernest Benn, London.
- Cadle, R. D., 1980: Some effects of the emissions of explosive volcanoes on the stratosphere. *J. Geophys. Res.*, **85**, C8, 4495-4498.
- Dyer, A. J. and B. B. Hicks, 1965: Stratospheric transport of volcanic dust inferred from solar radiation measurements. *Nature*, **208**, 131-133.

- Dyer, A. J. and B. B. Hicks, 1968: Global spread of volcanic dust from the Bali eruption of 1963. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **94**, 545-554.
- Foster, E. E., 1944: A climatic discontinuity in the areal correlation of annual precipitation in the middle west. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, **25**, 299-305.
- Gandin, L. S., 1963: *Objective analysis of meteorological fields*. Israel Programme for Scientific Translation, Jerusalem.
- Hansen, J. E., W. -C. Wang and A. A. Lacis, 1978: Mount Agung eruption provides test of a global climatic perturbation. *Science*, **199**, 1065-1068.
- Houghton, J. T., 1977: *The physics of atmosphere*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Hoyt, D. V., 1980: Climatic change and solar variability. *Weatherwise*, **33**, 65-69.
- Huntington, E., S. S. Visher, 1922: *Climatic changes, their nature and cause*. New Haven.
- Kukla, G. J. and H. J. Kukla, 1974: Increased surface albedo in the northern hemisphere. *Science*, **183**, 709-714.
- Kukla, G. J. and J. Gavin, 1978: Snow and sea ice cover fluctuations in 1977-78. *Proc. the Third Annual Climate Diagnostics Workshop*, NOAA.
- Kutzbach, J. E., 1976: The nature of climate and climatic variations. *Quatern. Res.*, **6**, 471-480.
- Lamb, H. H., 1970: Volcanic dust in the atmosphere, with a chronology and assessment of its meteorological significance. *Phil. Trans. Roy. Soc., A*, **266**, 425-533.
- Lamb, H. H., 1974: *Climate-present, past and future, vol. 1*, Methuen, London.
- Lamb, H. H., 1974: *Climate-present, past and future, vol. 2*, Methuen, London.
- Landsberg, H. E. and J. M. Albert, 1974: The summer of 1816 and volcanism. *Weatherwise*, **27**, 63-66.
- Manabe, S. and R. T. Wetherald, 1975: The effects of doubling the CO₂ concentration on the climate of a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, **32**, 3-15.
- Mason, B. J., 1976: Towards the understanding and prediction of climatic variations. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **102**, 473-498.
- Miles, M. K. and P. B. Gildersleeves, 1977: A statistical study of the likely causative factors in the climatic fluctuations of the last 100 years. *Meteor. Mag.*, **106**, 314-322.
- Mitchell, J. M. Jr., 1961: Recent secular changes of global temperature. *Annals New York Academy Sci.*, **95**, 235-250.
- Mitchell, J. M. Jr., 1963: On the world wide pattern of secular temperature change. *Change of Climate*. Arid Zone Res. **20**, 161-181. UNESCO, Paris.

- Mitchell, J. M. Jr., 1970: A preliminary evaluation of atmospheric pollution as a cause of the global temperature fluctuation of the past century. *Global Effects of Environmental Pollution*. Ed. by S. F. Singer, D. Reidel Publ. Doetrecht.
- Mossop, S. C., 1964: Volcanic dust collected at an altitude of 20 km. *Nature*, **203**, 824-827.
- Oliver, R. C., 1976: On the response of hemispheric mean temperature to stratospheric dust: An empirical approach. *J. App. Meteor.*, **15**, 933-951.
- Pollack, J. B., O. B. Toon, C. Sagan, A. Summers, B. Baldwin and W. V. Camp, 1976: Volcanic explosion and climatic change; a theoretical assessment. *J. Geophys. Res.*, **81**, 1071-1083.
- Ramage, C. S., 1975: Preliminary discussions of the meteorology of the 1972-73 El Nino. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, **56**, 234-242.
- Reiter, E., W. Carnuth, H. J. Kantor, K. Patzl, R. Reiter and R. Sladkovic, 1975: Measurements of stratospheric residence times. *Arch. Meteor. Geophys. Bioki.*, **A**, **24**, 41-51.
- Robock, A., 1978: Internally and externally caused climatic change. *J. Atmos. Sci.*, **35**, 1111-1122.
- 世界気候小委員会, 1980, わが国の気候変動研究計画について(1), 天気, 27 巻, 298 - 302 頁.
- Stowe, L. L., H. Jacobowitz, P. Pellegrino, R. H. Maschhoff, F. House and T. H. Vonder Haar, 1980: Initial solar irradiance determinations from Nimbus 7 cavity radiometer measurements. *Science*, **208**, 281-283.
- Troup, A. J., 1962: A secular change in the relation between the sunspot cycle and temperature in the tropics. *Geophys. Pura e Appl.*, **51**, 184-198.
- Vincent, C. E., T. D. Davies and A. K. C. Beresford, 1979: Recent changes in the level of Lake Naivasha, Kenya, as an indicator of equatorial westerlies over East Africa. *Climatic Change*, **2**, 175-189.
- Wetherald, R. T. and S. Manabe, 1975: The effects of changing the solar constant on the climate of a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, **32**, 2044-2059.
- Willett, H. C., 1950: Temperature trends of the past century. *Centenary Proc. Roy. Meteor. Soc.*, 195-206.
- Willett, H. C., 1965: Solar-climatic relationships in the light of standardized climatic data. *J. Atmos. Sci.*, **22**, 120-136.
- Willett, H. C., 1974: Recent Statistical evidence in support of the predictive significance of solar-solar-climatic cycles. *Mon. Wea. Rev.*, **102**, 679-686.
- Wyrtki, K., 1975: El Nino - the dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. *J. Phys. Ocean.*, **5**, 572-585.

山元龍三郎, 1978: 火山噴火と気候変化, 天気, 25巻, 81-102頁.

山元龍三郎, 1979: 観測時代の気候, 気候変動の原因. 山本義一編, 大気環境の科学第4巻, 気候変動, 32-69頁, 東大出版会.

山元龍三郎, 1980: 最近の火山活動と気候変化. 気象研究ノート (近刊).

Yamamoto, R. 1979: Variability of northern hemisphere mean surface air temperature during recent 200 years. *Proc. Intern. Meeting on Statistical climatology*, Hachioji, Nov. 29 - Dec. 1, 1979.

Yamamoto, R. and M. Hoshiai, 1979: Recent change of the northern hemisphere mean surface air temperature estimated by optimum interpolation. *Mon. Wea. Rev.*, **107**, 1239-1244.

Yamamoto, R. and M. Hoshiai, 1980: Fluctuations of the northern hemisphere mean surface air temperature during recent 100 years, estimated by optimum interpolation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 187-193.

ラム：気候変化と食糧生産

— 最近の世界における観測と展望 —

LAMB, H. H. : Climatic changes and food production:
observations and outlook in the modern world.

1980年9月2日 国際地理学会シンポジウム「気候変動と食糧生産」における特別招待論文の抄訳

吉 野 正 敏

今世紀の最初の60年間は、気候とは地質時代や年々の変動を除けば余り変化しないものだと考えられていた。現在では、この期間は過去千年間では異常な気候で、最近の600年間で最も高温であったことが分かっている。このため、アメリカ大陸を除けば、気候は人類の生活を楽にする方向へ向かい、したがって気候変動の研究は余り行なわれなかった。

しかし最近になって、アフリカにおけるサヘル地方での干ばつや、ソ連の穀物産地などで気候変動が目立ってきた。中緯度では偏西風の蛇行によるブロッキング現象が、穀物の生産を低下させる干ばつや湿った冷夏を出現させることが多い。図1は、西風ジェットの三つの型を示す。低気圧などの地上の気象系は、W型（偏西風型）では西よりの上空の風によって順調に東へ流される。しかし、蛇行がひどいC型やE型となると、地上の気象系は動きがなくなる。このような時期に、強い寒・暖や、乾・湿などの異常気象が起りやすい。また低緯度と違い、このようなブロッキング現象に伴う持続的な現象は、年によって違う経度に出現する。したがって、ブロッキング現象が多く出現すると、年々の気候変動は大きくなる。

最近のブロッキング現象の増加は、イギリスにおける西風タイプの日数の減少として現われている(図2)。現在のところ、最近の気候変化は、小氷河期と呼ばれた1780年代までは悪化していないと思われるが、中緯度における西風の減少とブロッキング現象の増加は続いている。

低緯度においては、サヘル地方で干ばつを引き起した状態は続いていると思われる。これは、北極地方の低温化(図3)や、それと同時のブロッキング現象の増加などによって、亜熱帯高圧帯が南下したためではないかと考えられる。これらの変動に伴い、

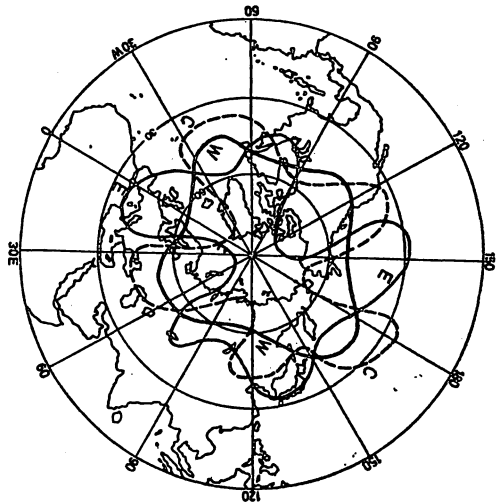


図1 2～20 km の高度の西風ジェットの典型的な流れの型。

W: 著しい西風型。

CとE: 南北流の型。ブロッキングを生じる。

Number of days of general W'ly type in the British Isles each year

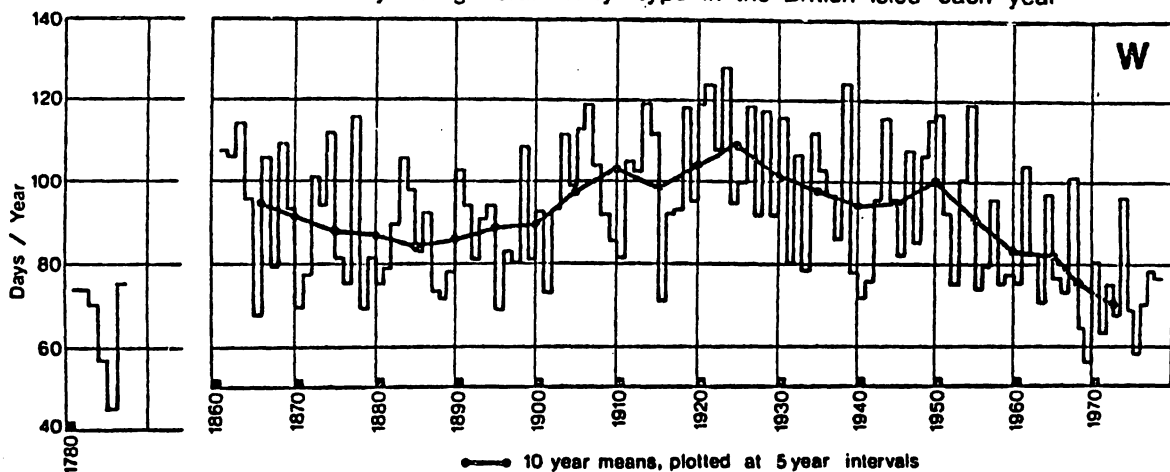


図2 1781-86年と、1861-1979年のイギリスの偏西風の日数

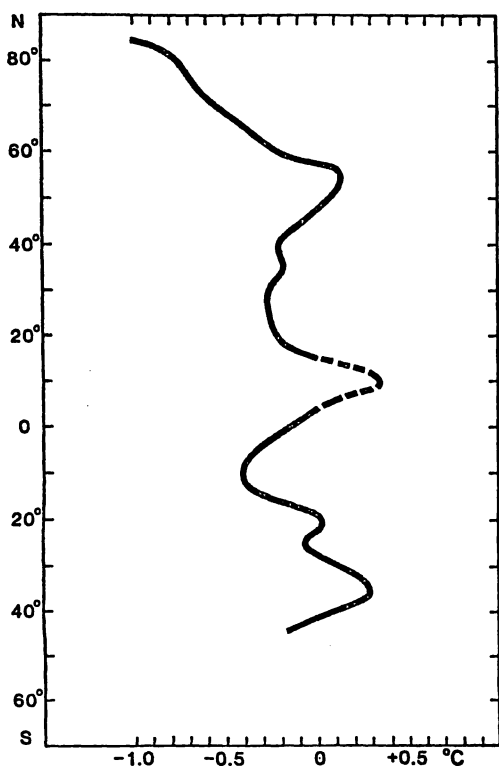


図3 1970年-77年の各緯度の地表気温
1931-60年の平均からの偏差で示す。

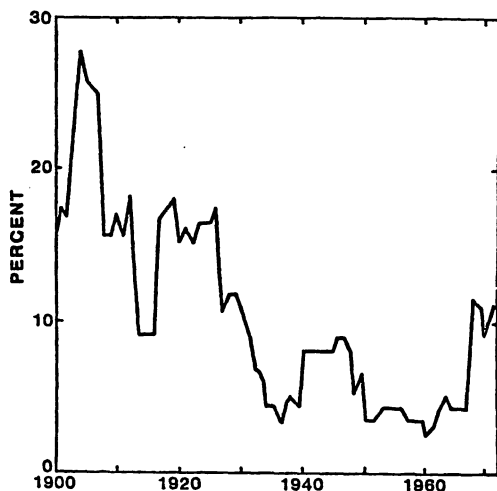


図4 北インドにおける南西モンスーンの休止
平年値の半分以下の降水量を観測した北
西インドの地点数の%

インドのモンスーンによる雨も、年による変動が大きくなってきた(図4)。今世紀の最初の25年間は、3年か4年に1回、北西インドでモンスーンによる雨が少なかった。しかし北極地方が温暖化し、夏季の氷雪の面積が

10～20％減少した時期は、夏のモンスーンによる雨は毎年のように北インドに達した。1925年から1960年までの36年間には、北インドで雨が少なかった年は2年しか観測されていない。しかし最近では、1968年から1979年までに3回の雨の少ない年が観測されており、10年に1回位は大きな干ばつが起こりやすい状態となっている。

気候の年々の変動の増加は、この他多くの面で出現している。例として、イギリスでは1976年6月22日から7月7日まで連日30℃を上回り、1719年以来の暑さと考えられるが、1970年から1979年の10年間の夏の平均気温は、1930年代から1950年代のころの平均より0.5℃以上も低くなっている。したがって、1900年から1960年までの60年間の気候の統計では考えられない気象現象が、最近多く出現し、これが人類の計画や食糧生産に強い影響を与えている。したがって、1975年ごろ最低に下がった食糧備蓄は、その後やや持ち直したが、まだ低い水準にとどまっている。

さてここで、これらの気候の変動の原因を調べて見る。まず、太陽からの熱の受け取りの変化が考えられるが、これは太陽自身の活動の変化と地球の軌道の変化に分けられる。次に、地球大気放射に対する透明度の変化である。例としては、火山の爆発による空中の火山灰・雲量や湿度の変化・人工の汚染物、これはCO₂・SO₂・低層におけるエアロゾールなどである。さらに地表面の状態の変化、特にアルビードの変化が考えられる。最後に、厳密には独立と言えないかも知れないが、風や海洋の循環の変動が考えられる。

これらの原因を考えながら将来の気候変化を考えてみる場合、現在の知識では、過去の気候の記録を出来るだけ長く、そして詳しく解析することが実用的ではないかと考えられる。

これらの解析を用いて、最近の北半球の気温の変動に説明を試みた。例を示すと図5の通りである。この図で、1950年以来的気温の変化は、CO₂の増加による気温の上昇がはっきりとしてくるという仮説に反している。この問題のため、世界の気候学者の将来の気候の見通しに対する意見は違ったものになっている。現在、このような最近の気温の変化について次のような意見がある。

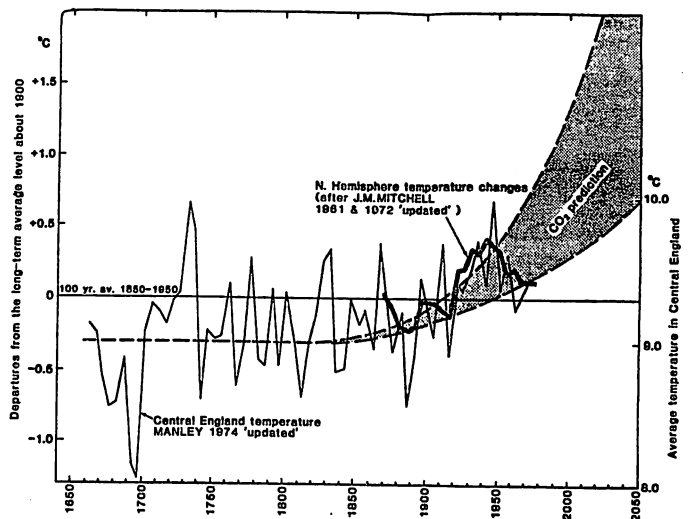


図5 世界の気温。過去の記録と、CO₂の効果による予想。太い実線は、北半球の平均、細い線は、中央イングランドの5年平均値を、破線は、人間活動によって大気中に増えるCO₂に基づく、過去と将来の気温変化。

- i) 1960 年ごろからの火山活動の活発化。
- ii) 1935 年ごろからの太陽の黒点の増加。
- iii) これまでの多くの間氷期の研究によると、約一万年間も間氷期の気候が続くと急に氷期の気候へ変化している。

最近の 300 年間に観測されたような気候悪化が急に起るとすると、食糧を通じて社会を多大の混乱に陥れることになろう。したがって、北極地方の低温化に伴ってサヘル地方で干ばつが起り、インドのモンスーンの雨の減少が出現すると言う仮説は、科学的な裏付けがあると考えられ、人類社会にとって今後の大きな課題であると思われる。

日照時間平年比率値の分布特性について

長期予報課長期予報係*

1. はじめに

従来、長期予報課では、日照に関する資料として、予報作業上、日照時間あるいは日照率¹⁾を用い、かつその多少を論ずる場合は、日照率偏差値²⁾によってきた。従って、多少を現わす分布図としては、日照率偏差値による図を作成し、作業上利用すると共に、印刷平均天気図（気象庁）として刊行されている。

しかし、日照率偏差図は、

- 1) まず、日照率偏差値という言葉の概念が把みにくい、
- 2) 多少の程度は解るものの、平年に比べて何パーセント程度なのか直感的に解りにくい、
- 3) 部外では、平年に対する比率で現わした図の方が需要が高い、

等の欠点があり、利用するに際して不便さがあった。

そこで、平年値が更新される1981年を契機とし、日照率偏差値に変えて、日照時間の日照時間平年値に対する比率を百分率で表わした値を日照時間平年比率値³⁾（但し、省略して用いる場合は、日照時間比率もしくは日照比率を用いても良い。日照率と異なる点に注意）と定義し、今後この値によって日照の多少を議論することにした。これは、降水量について降水量平年比率値⁴⁾を用いているのと同等の考え方に立つものである。

この小論は、予報作業上必要な日照時間平年比率値の5分位値を求めるに際して行なった分布特性の調査報告である。

2. 資料及び統計方法

この調査では、全国26地点について、1941～1978年（38年間）の、1月、4月、7月、10月の各月及びその月に含まれる各半月に対応する日照時間平年比率値を各々求め、これを基礎資料とした。ただし、日照時間平年値としては、1941～1970年（30年間）の平均値を用いている。

統計方法は、月については、38年間（38個）の資料を、半月については、半月値を月単位ごと（228個）にまとめ、地点ごとにその平均値、モード⁵⁾、中央値（メディアン⁶⁾、標準偏差等を求めた。

* 福谷博，高嶋栄，谷正之，山崎学，平沼洋司

1) 日照率: $(\text{日照時間} / \text{可照時間}) \times 100 (\%)$

2) 日照率偏差: $\text{日照率} - \text{日照率平年値}$

3) 日照時間平年比率値: $(\text{日照時間} / \text{日照時間平年値}) \times 100 (\%)$

4) 降水量平年比率値: $(\text{降水量} / \text{降水量平年値}) \times 100 (\%)$

5) モード: 分布曲線の背が最も高くなる場所の値（最もあらわれやすい値）

6) 中央値（メディアン）: 資料を大きさの順に $2m + 1$ （又は $2m$ ）個ならべた時、 $m + 1$ 番目（又は m と $m + 1$ 番目の値の平均）の値。

この場合、各資料は独立資料とみなしたが、平均値は平年値を定めたと同期間の資料について求めると100%になるものである。

また、五分位値は、度数分布の全体個数に対する10、30、70、90%の割合を占める点を計算により求めた。これは、生起確率を各々10、20、40、20、10%に区分する点に相当している。

3. 月日照時間平年比率値の分布

まず、日照時間平均値の分布を平均雲量の分布と対比してみよう。第1図は、日本気候図(気象庁：1971)より抜粋した月日照時間平均値(a)及び月平均雲量(b)(但し統計期間は1931～1960年)の分布図である。

日照時間は、ある月についてみれば緯度及び雲量によって左右されると考えられる。観測点の地勢による影響も考えられるが、これは全体的な視野でみる場合考慮しなくても良いだろう。従って、一般的には、南で多く、雲量の多い所で相対的に小さくなる。このことは、第1図でみても明らかである。

日照時間平年比率値は、緯度や地勢による影響が除かれ、雲量による影響だけが残るので、天候の良し悪しを議論するのには都合の良い量と考えられる。

i) 月日照時間平年比率値の統計値

第1表は、月日照時間平年比率値の各種統計値を示したものである。これは、地点ごとに得られた値をさらに全地点平均して求めたもので、平均値が100%に成っていないのは1971年以後の天候が影響したためと考える。つまり、1月、7月は1971年以後1978年までの間1941～1970年間の平均的な天候よりも多少好天であったのに対し、4月は悪天傾向であり、10月はほぼ平年並であったと考えられる。

これ等の統計値から同値のヒストグラムは多少100%より小さい値側に歪んだΓ-分布型の分布と考えられる。さらに標準偏差をみると、4月、10月は値も小さく年々の変動が安定した天候状態にあることを示しているが、1月、特に7月の値は大きく、不安定要素をもった天候であると解釈される。

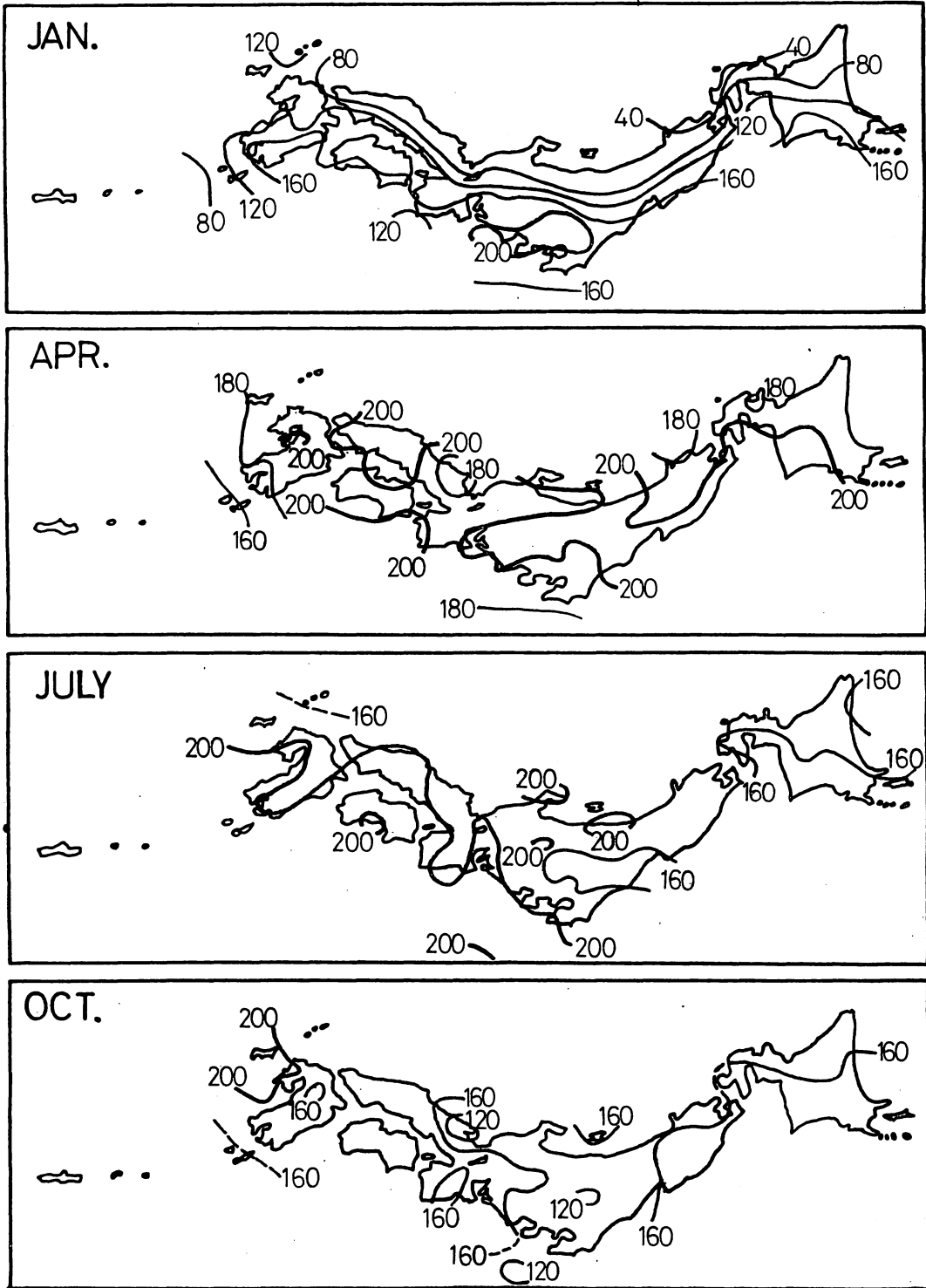
ii) 度数及び累積度数分布

第2図は、月ごと及び年間の全地点についてみた度数及び累積度数分布をみたものである。度数は20%きざみと多少粗めに取ったため右側に偏った分布のように見えるが、第1表及び累積度数分布曲線の50%値が平年比率値の100%より小さいこと等から、左側に偏った分布と考えた方が良い。

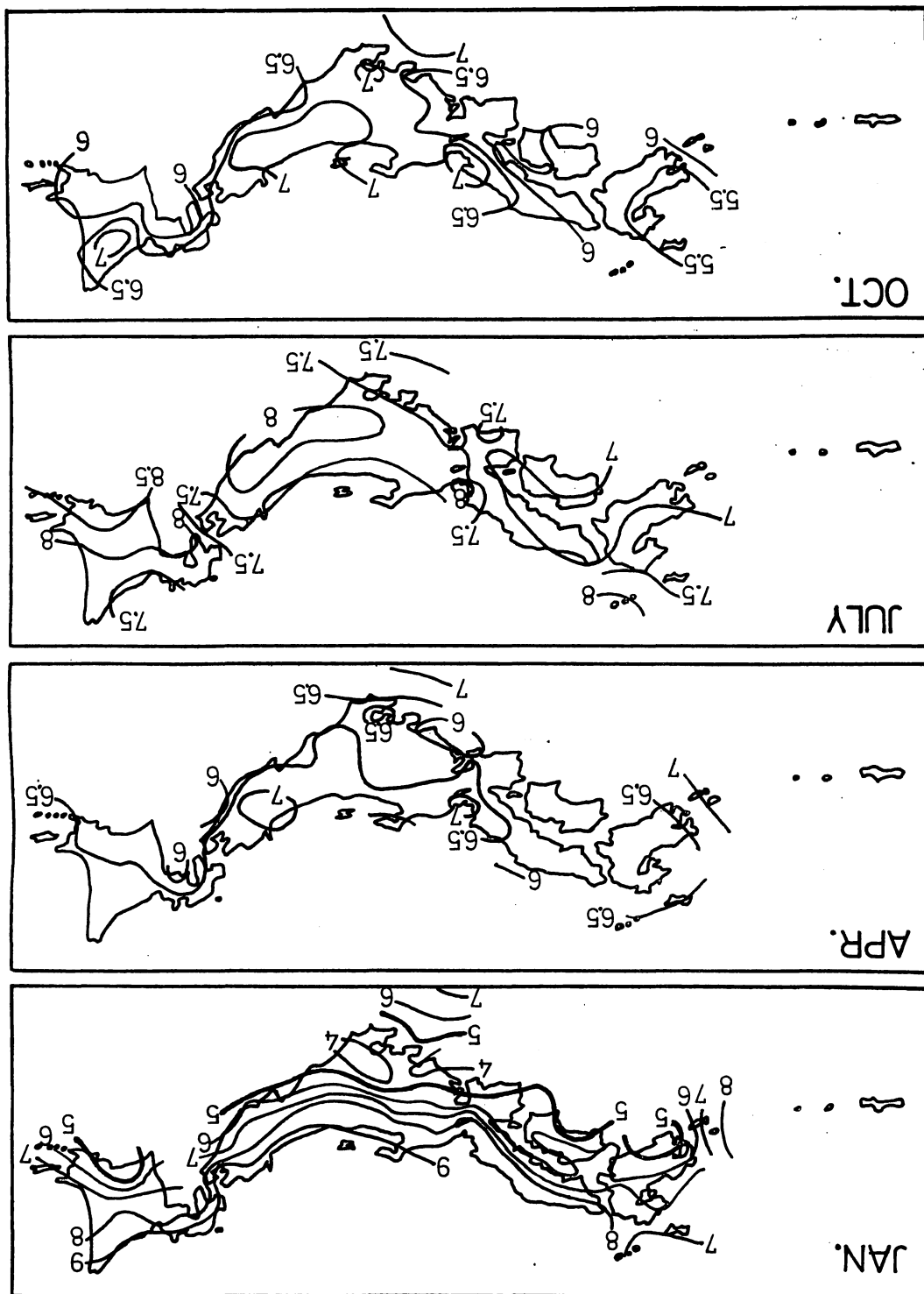
第1表 月日照時間平年比率値の各種統計値
(単位は%)

要素 月	平均値	モード	中央値	標準偏差値
1月	101.8	98.8	102.1	18.5
4月	96.9	99.7	101.3	15.2
7月	100.6	98.3	100.1	24.0
10月	99.8	99.1	99.4	15.2
平均	99.8	99.0	100.7	18.2

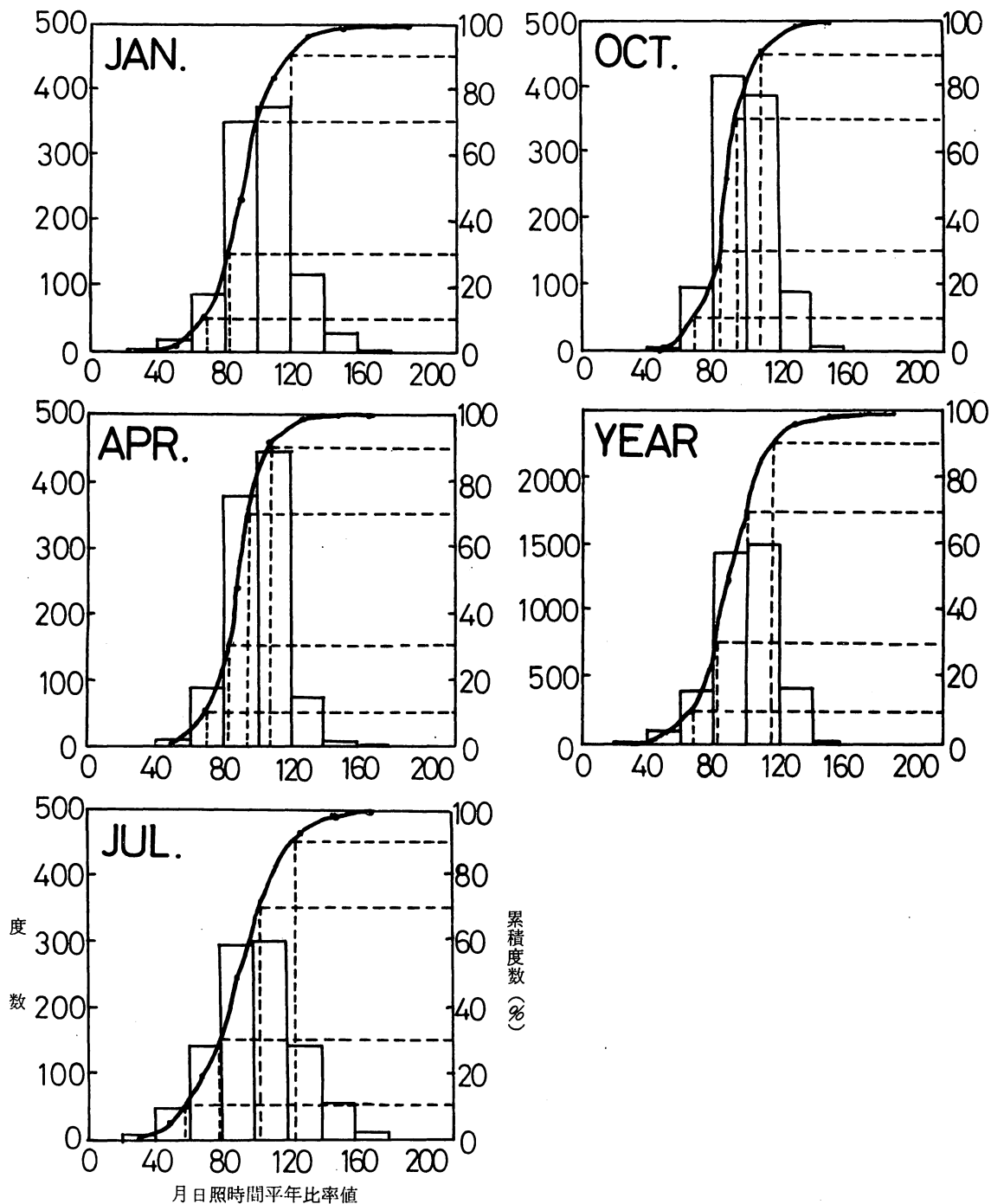
(a)



第1図 月間日照時間平均値の分布(a)と月間雲量平均値の分布(b) (平均期間 1931～1960年)

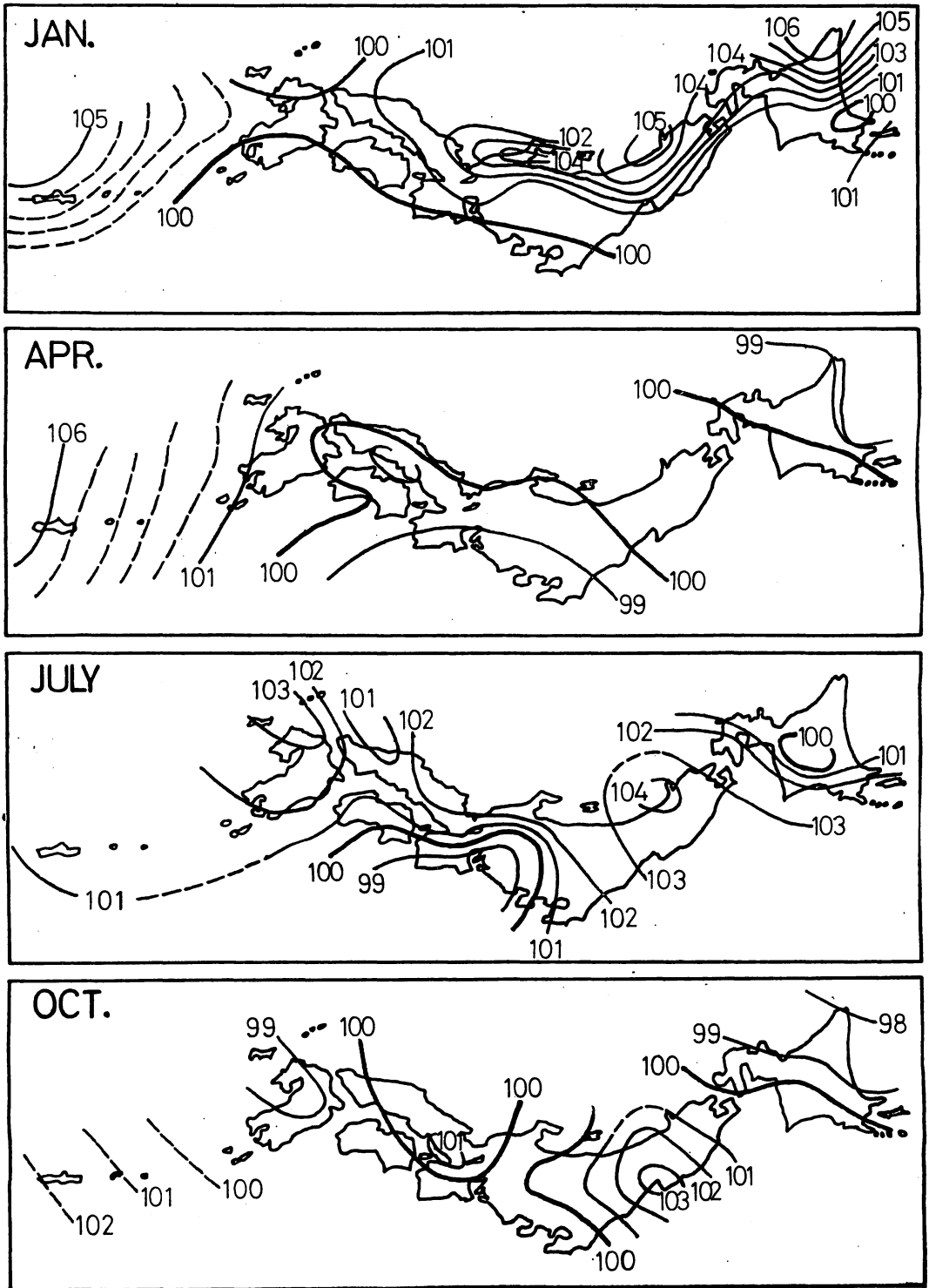


(b)

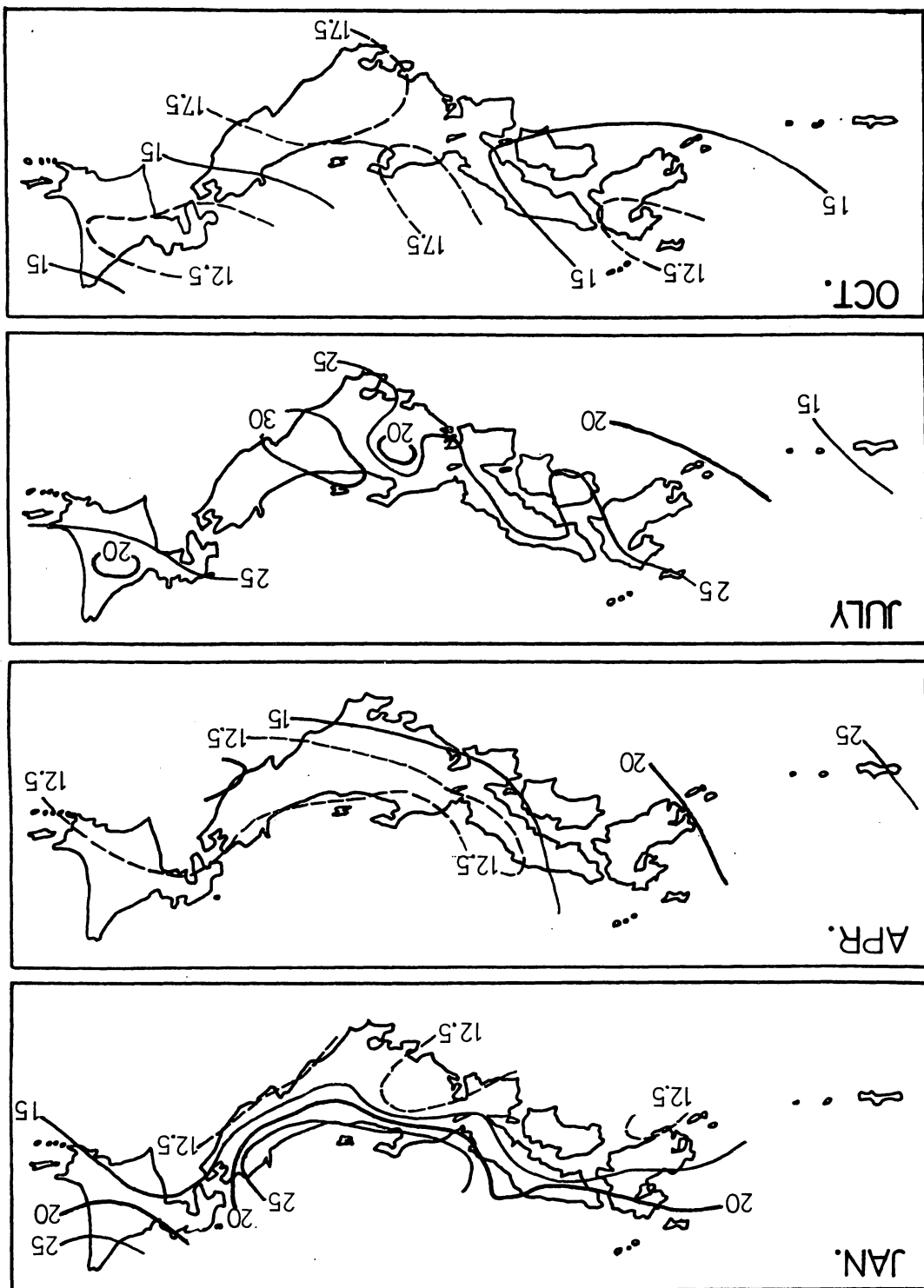


第2図 月別及び年間の日照時間平年比率値の度数及び累積度数分布

(a)



第3図 月日照時間平年比率値の月別平均値分布(a)及び標準偏差値の分布(b)



(b)

月別に分布状態をみると、1月及び7月は、第1表でもみたように標準偏差も大きく、末広りの分布であるが、ほぼ正規分布に近い。4月、10月は、100%近傍に集中してはいるものの歪が大きい。

iii) 平均値と標準偏差の分布

第3図に月別の各地の平均値の分布(a)と標準偏差値の分布(b)を示す。全国26地点の資料で分布図を作成するのは多少無理とは考えられるが、一応地域的に系統的な特徴を示しているので掲載しておく。

平均値については、前にも触れたように100%より大きな値を示しているところでは、1971年以後日照時間が、平均値を採った期間より多かったことを示している。この観点から平均値の分布をみると、1月では日本海側及び南西諸島、4月では南西諸島、7月では、東北・北陸及び九州地方、10月では、東北地方が大きくなっている。これを標準偏差値分布図と対比させてみると、ほぼ、標準偏差値の大きな地域に、対応している。また、第1図の雲量分布図と対比させてみると、雲量の多い地域にもほぼ対応していることもわかる。また、標準偏差値の小さいところでは、比較的雲量も少なく、平均値もほぼ100%に近いかあるいは多少少な目になっている。

このことから、日照時間平年比率値は、雲量に敏感に左右されていて、平均雲量の少ない地域では、多少雲量変動してもあまり日照時間に変化をもたらさないが、平均雲量の多い所では、多少の変動でも日照比率に影響を与えるものと考えられる。

また、1月の平均値分布図でみた日本海側の系統的に値が大きくなった地域は、70年代の温暖、少雪気味の天候を反映しているものと考えられる。また7月の南岸沿いでの悪天傾向は、南東海上の500 mb 高度偏差⁷⁾の1946～1970年平均が+2.2mであったのに対し、1971～1978年での平均では、-5.4mと低いので、小笠原高気圧の発達が多少弱かったものと考えられ、これに対応し、この地域に前線がかかりやすかったのかもしれない。いずれにしても、日照時間平年比率値を直接天候に結びつけることは、危険が伴うものの、アプローチの仕方によっては、天候変動を解釈するために有用な値となろう。

iv) 月日照時間平年比率値の5分位値

従来、長期予報課では、気温や降水量に対し、生起確率を10, 20, 40, 20, 10%に各々分ける点を5分位値として用いてきた。そしてこの5つの領域に入る値を各々かなり高(多)い、やや高(多)い、平年並、やや低(少)い、かなり低(少)いと表現し、五階級区分と呼んでいる。

日照時間平年比率値についても、気温や降水量と統一を取るためそれ等と同じ方法で五分位値を求めた。

第2表は、各地の資料で計算した五分位値の各々の全地点平均値を示したものである。また、第

7) $[\Delta Z_{500}]$ $\begin{matrix} 20 \sim 30^\circ \text{N} \\ 130 \sim 150^\circ \text{E} \end{matrix}$ の平均

4図は、全地点の4ヶ月間の5分位値の各々の度数分布を示したものである。表及び図中に示したギリシャ数字は、各々Ⅰ：値の小さい側から生起確率10%と20%を分ける点、Ⅱ：同じく20%と40%を分ける点、Ⅲ：値の大きい側に向って40%と20%を分ける点、Ⅳ：同じく20%と10%を分ける点を示す。これは、累積度数分布の全体に対する10、30、70、90%点とはほぼ一致するものである。

この図及び表から、ⅡⅢの点は、ほとんど80%、100%の近傍に集中しているが、Ⅰは値の小さい側に、Ⅳは値の大きな側に偏倚してばらついている。しかし、これらの図表から、機械的に5分位値を決めるとするなら65%、80%、100%、115%程度を採用するのが妥当なところであろう。なお参考までに、第2図に示した、全国全期間での累積度数分布から対応する点を読み取ってみると、だいたい66%、83%、100%、117%となつてはほぼ一致している。しかし季節や地域によって、少なくともⅠ、Ⅳについては大きな開きがあることを考慮しておくべきである。

v) 予報作業上の5分位値

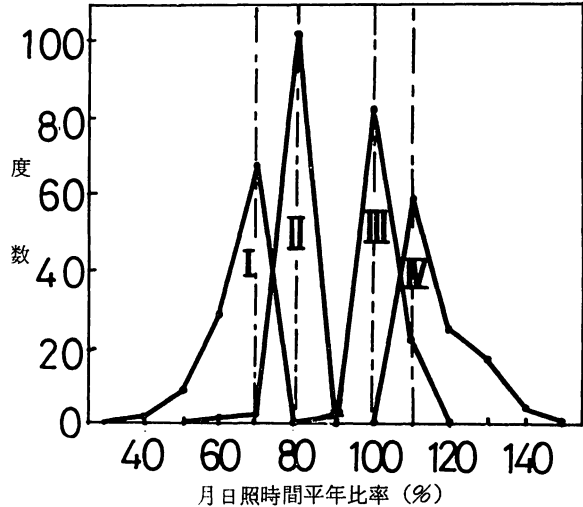
iv)では、日照時間平年比率値に対する5分位値を機械的に決定するなら、65%、80%、100%、115%程度に取ることが妥当なところであろうと述べた。

しかし、「等値線を引く」とか「値を階級別に分ける」等といった予報作業上からみると、端数の取り扱いが憶えにくくもあり、内挿しにくかったりして不便である。また、前項でのⅡ、Ⅲ点を決める値は問題がないにしても、社会生活に最も影響の大きい、ⅠやⅣの値については、多少の考慮が必要である。すなわち、経験的には、夏季において日照比率値が70%を割るぐらいから冷害の心配があるといわれ、110%を越えるぐらいから干ばつが恐れられている。

これ等のことを考慮し、少なくともⅠ、Ⅳを決定するにあたって、各々70%、110%を採用することがより良いように思われる。

第2表 月日照時間平年比率値の5分位値（単位%）

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
1月	63.9	80.8	103.4	117.0
4月	68.7	80.8	100.6	111.1
7月	58.0	74.8	104.5	124.2
10月	69.6	79.6	99.4	111.9
平均	65.1	79.0	102.0	116.1



第4図 全地点、4ヶ月間の資料による月日照時間平年比率値による5分位値の各々の分布

- Ⅰ：生起確率で10%と20%を分ける点
- Ⅱ： " 20%と40% "
- Ⅲ： " 40%と20% "
- Ⅳ： " 20%と10% "

4. 半旬日照時間平年比率値の分布

月値と同様に半旬値についても同様の考察を試みる。

i) 半旬日照時間平年比率値の統計値

第3表に半旬日照時間平年比率値の各種統計値を示す。月の値について扱ったと同様、地点ごとに得られた値をさらに全地点で平均したものである。

この表から、月値の分布と大きく異なる点は、周知のとうり標準偏差が大きくなっていることである。また平均値及び中央値がほぼ一致しているが、モードは値の小さい側に偏っていて、正規分布に近いものの、月値の分布と同様多少値の小さい値の側に偏倚していると考えられる。

第3表 半旬日照時間平年比率値の各種統計値(単位%)

要素 月	平均値	モード	中央値	標準偏差値
1月	102.0	97.2	100.3	39.2
4月	100.3	102.7	101.7	34.2
7月	101.6	96.4	101.1	48.1
10月	99.8	96.3	100.5	34.8
平均	100.9	98.2	100.9	39.1

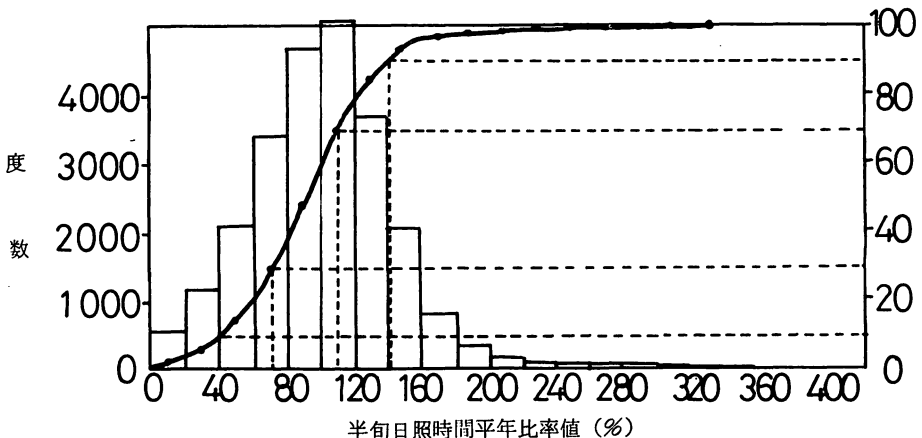
ii) 度数、累積度数分布及び標準偏差値分布

第5図は、各月の半旬値の全てにわたって度数分布及び累積度数分布を求めたものである。各月ごとの平均的な分布状態は、ばらつきが大きく成るほかは月値とはほぼ同様の分布なので、図は省略した。

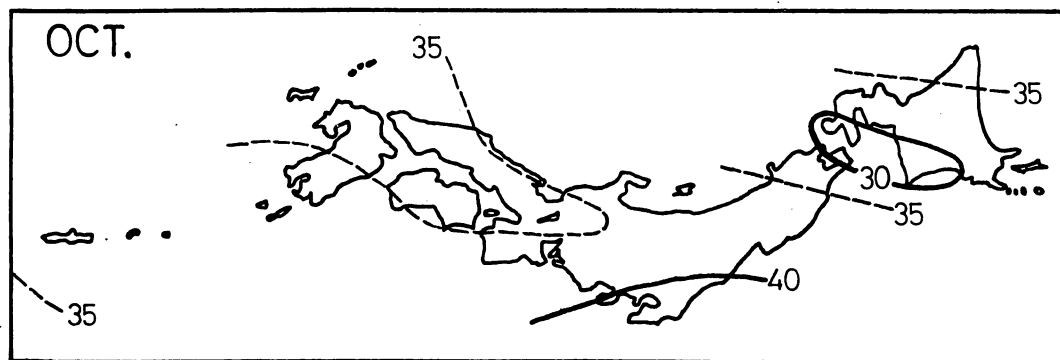
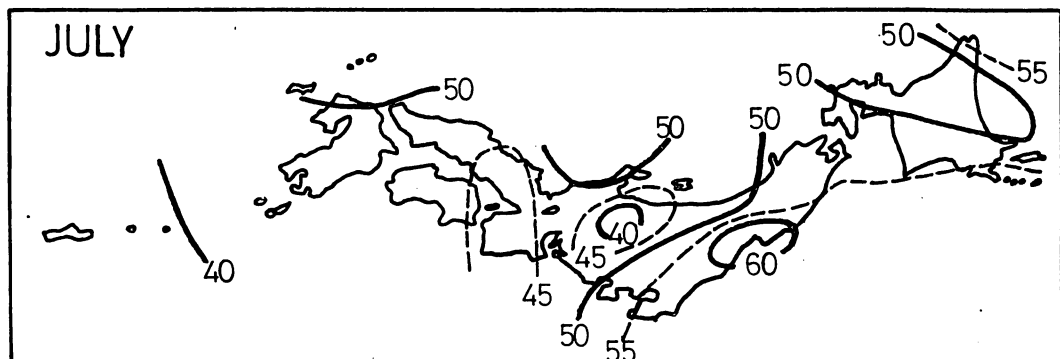
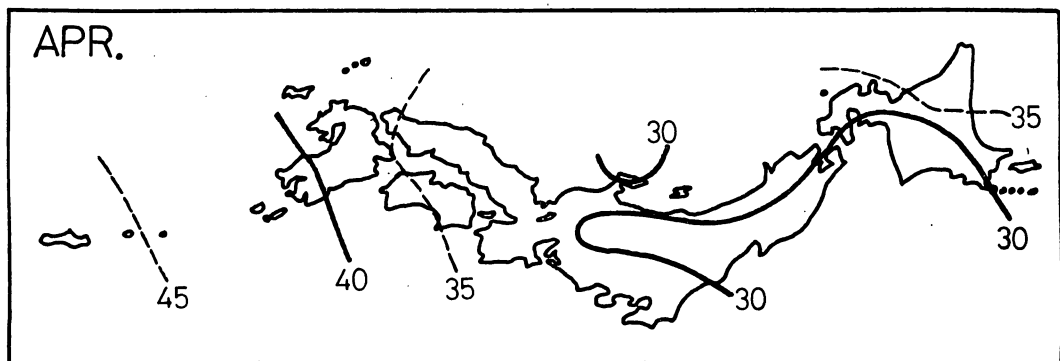
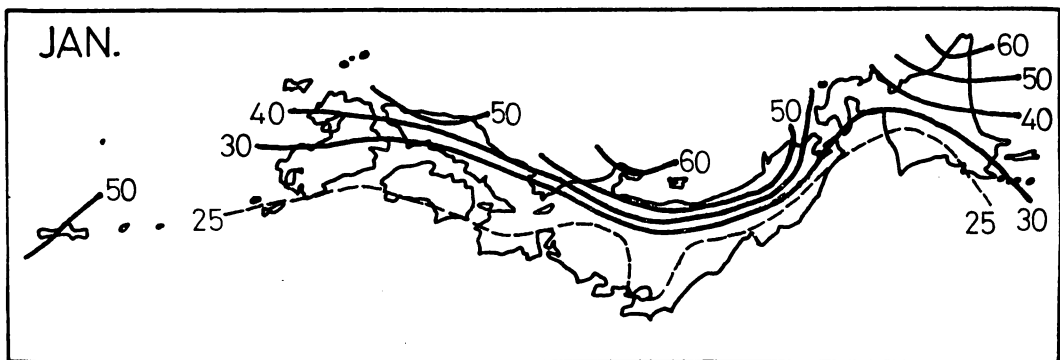
また第6図には、標準偏差値の全国分布図を示す。半旬値の平均値の分布は、月値(第3図(a))とほぼ同じであるのでそれを参考にしていきたい。

さて、ここでは、各地点ごとにみた分布状態の特徴を示す。4月、10月は特にその分布に特徴はみられないが、1月及び7月の分布は地域的な特徴がある。

1月についてみると標準偏差値の大きい日本海側や南西諸島では80%程度にピークを持つΓ-分布型の分布であるが、太平洋側等では、100%程度にピークを持つ、ほぼ正規確率分布に近い分布をしている。さらに特徴的なことは、日本海側等では2つのピークを持つ地点が多い。第7図(a)



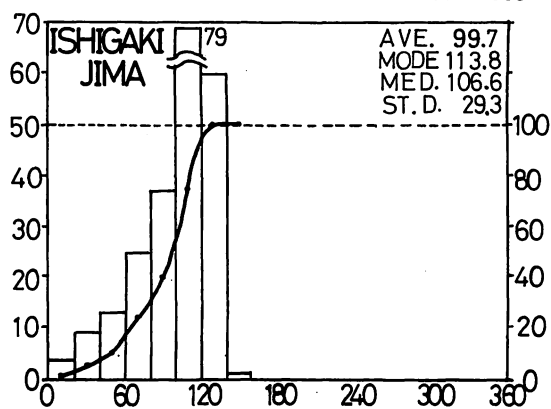
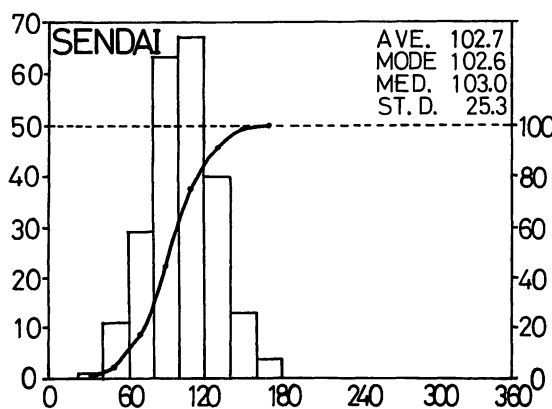
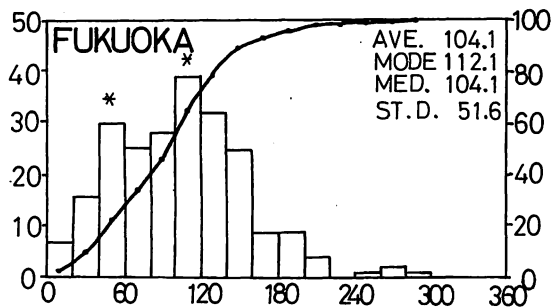
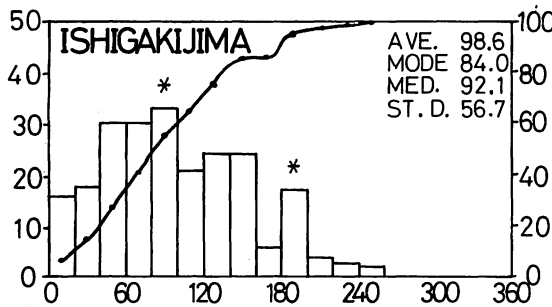
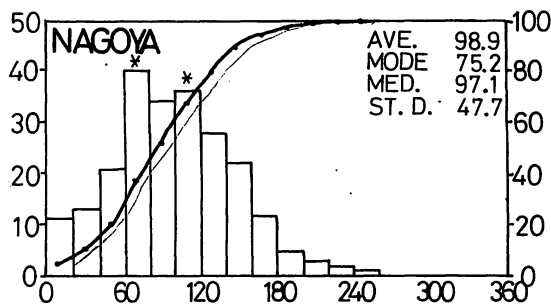
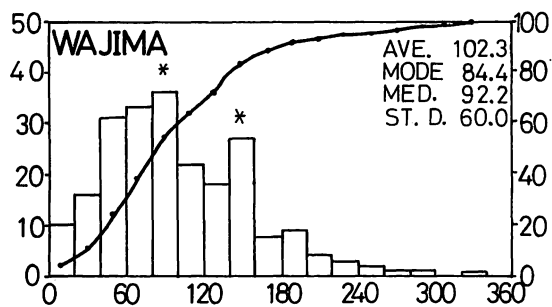
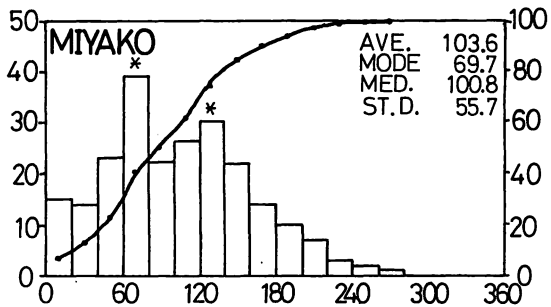
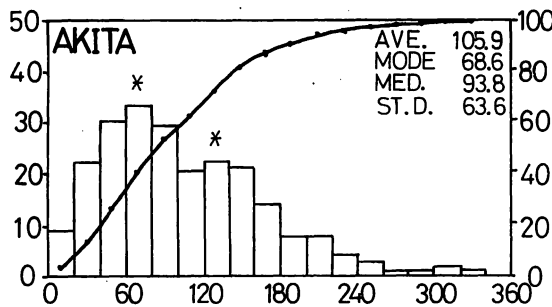
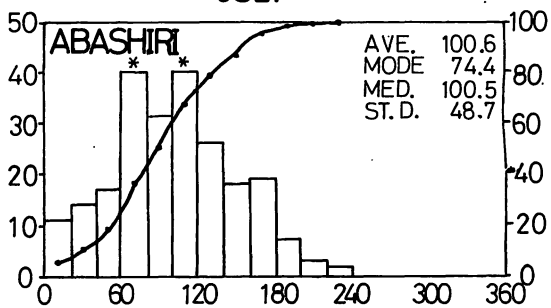
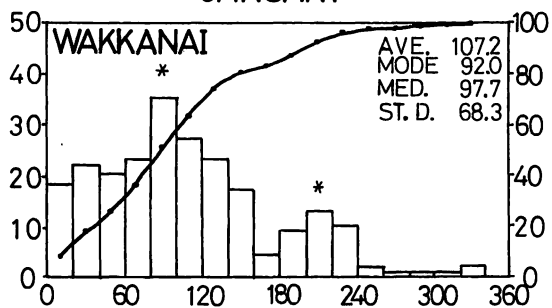
第5図 半旬日照時間平年比率値の全資料を用いた度数分布及び累積度数分布



第6図 半月日照時間平年比率値の標準偏差分布図

JANUARY

JULY



(a)

(b)

第7図 1月(a)及び7月(b)の半旬日照時間平年比率値による代表地点でのヒストグラム

1/2に200-718改
188

にその一例を示し、合せて比較のため仙台を付加した。

第1の大きなピークに相当するところは、平均的な冬型の日本海側特有の雲量の多い天候を示している。しかし、第2のピークは、その中に冬としては特異な天候があることを示している。これが暖冬時の好天と関係があるかどうかはさらに調査をしてみないとわからないが、そのような傾向を示唆しているものではないかと考えられる。

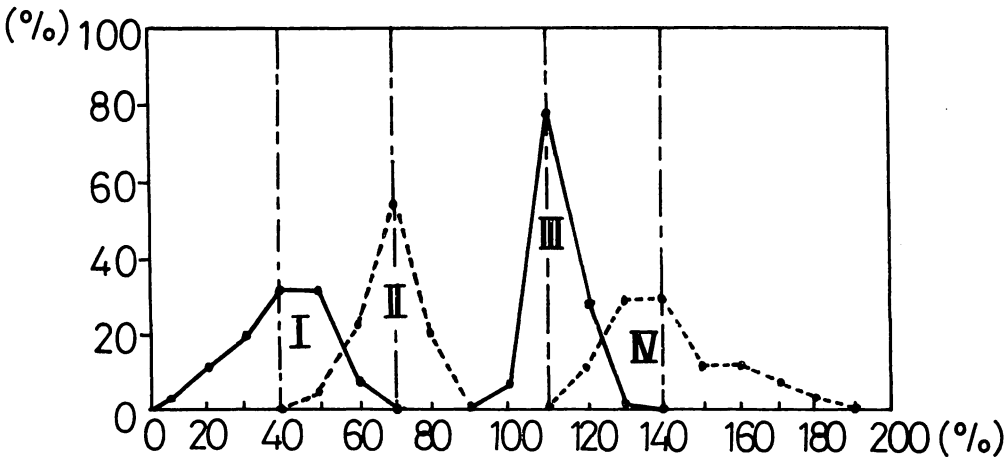
また、7月にも大きな特徴がある。それは南西諸島を除いてほぼ全国的に2つのピークを持っている地点が大部分となることである。第7図(b)に代表的な地点のヒストグラフを示す。100%近傍でのピークは、通常の平均的天候に対応するものと考えられるが、全体的に60~80%にもピークが現われている。これは、1月の日本海側で示された第2のピークが、好天側にあったこととは反対になっている。このことは、1月の日本海側の分布と対比させると7月に冷夏型の悪天等が影響しているとも考えられる。これ等のことから、1月の日本海側や7月の南西諸島を除く地域では、半月値によってある程度の天候分類が可能かもしれないが、本稿の目的とするところではないので他にゆずりたい。

iv) 半月日照時間平年比率値の五分位値

第4表は、月値と同様に計算によって求めた半月値に対する五分位値である。また、第8図は全地点、各月資料による五分位値の各々のばらつきを示す。図表に用いられたギリシャ数字は、月値のところ(第2表、第4図)で用いたと同様の意味である。これら両者を総合すると、五分位値は、40%、70%、110%、140%が適当であろうと考えられる。ま

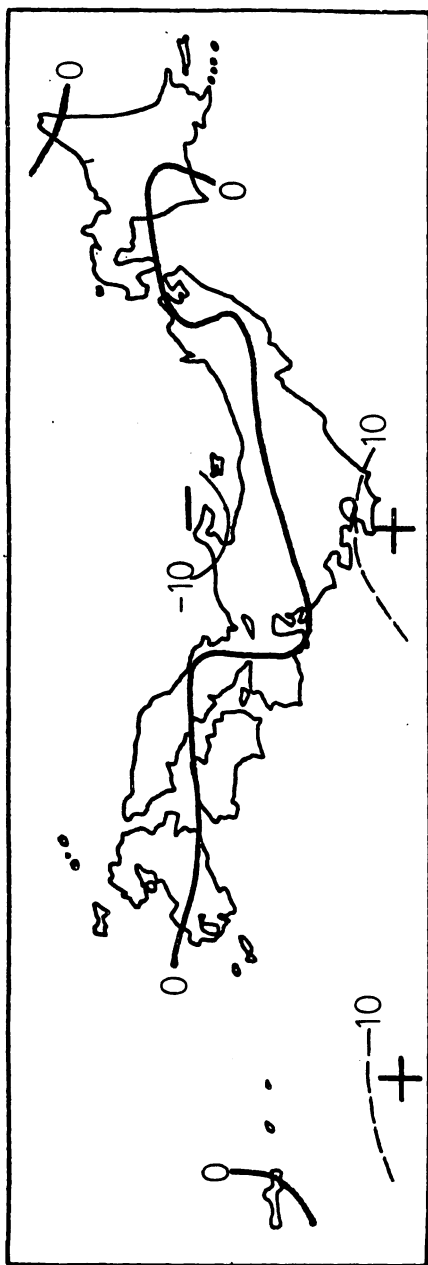
第4表 半月日照時間平年比率値の五分位値(単位%)

	I	II	III	IV
1 月	40.9	69.6	111.9	145.1
4 月	43.8	70.5	109.6	134.6
7 月	27.6	63.7	117.6	153.9
10 月	43.0	71.6	109.2	130.7
平均	38.8	68.9	112.1	141.1

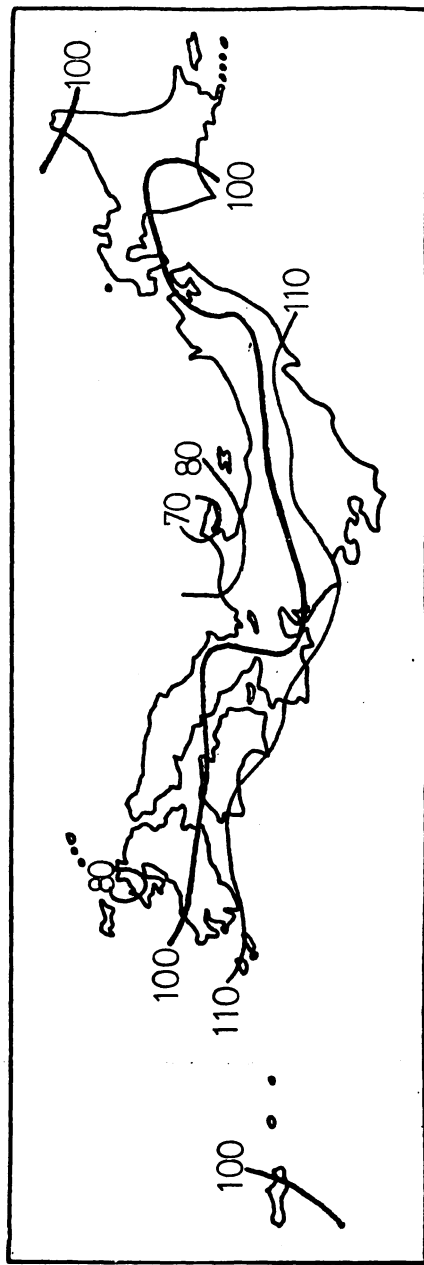


第8図 半月日照時間平年比率値の全資料による五分位値各々の分布
(ギリシャ数字による分類は、第4図に用いたものと同じである)

日照率平年偏差図（1980年10月）



日照時間平年比率図（1980年10月）



第9図 1980年10月の資料を用いた日照率平年偏差値と日照時間平年比率値の分布図の比較

た、第5図の累積度数分布曲線から五分位値に該当する値を読み取ると、40％、70％、111％、142％となつてほぼ一致している。この値は、予報作業上もそのまま用いて不都合のない値である。

5. ま と め

これまでに、日照時間平年比率値の分布特性について見てきたように、同値は、天候の良否や、その特性を示す合理的な値であると考えられるので、今後日照の多少を論ずる場合はこの値を用いる。その値の分布は、平均的にみれば正規分布に近いΓ-分布型の分布であるが、地域や季節によって、Γ-分布型の分布が強まるところもある。また、月値にはあまり顕著に現われないが、半旬値においては、ピークが2つある等の特性をよく現わすので、天候特性の分類等には有用な値であろうと考える。今後この値を用いてゆく上で小論を参考にさせていただければ幸である

なお、最後に、予報作業上用いる値についてまとめておく。

日照時間平年比率値の分布図は第5表の値を用いて等値線を描くこととする。また、同値の五階級区分は第6表に従うものとする。

参考までに、1980年10月の日照時間を用いて、今まで用いられてきた日照率平年偏差図と今後用いる日照時間平年比率図を第9図に示しておく。

第5表 日照時間平年比率図に用いられる等値線の値

月日照時間平年比率図	70 %	80 %	100 %	110 %
半旬日照時間平年比率図	40 %	70 %	110 %	140 %

92 ~ 108

第6表 日照時間平年比率値の五階級区分表（単位％）

表 現	かなり多い	やや多い	平 年 並	やや少ない	かなり少ない
月日照時間平年比率値	≥ 111	110 ~ 101	100 ~ 81	80 ~ 71	70 ~ 0
半旬日照時間平年比率値	≥ 141	140 ~ 111	110 ~ 71	70 ~ 41	40 ~ 0

AIMS AND ACTIVITIES OF THE IAMAP INTERNATIONAL COMMISSION ON CLIMATE

The primary purpose of the Commission is to promote basic research on the physical mechanisms that govern climate and its variations, on all time scales. Such basic research in this field is particularly dependent on interdisciplinary cooperation, as many of the studies use global data or involve expeditions on land or sea to a variety of places. The principal way by which this purpose will be accomplished is to organize scientific symposia and workshops that focus on important questions or ideas. Another way is to develop through our meetings and symposia a collective view on a particular problem in climate studies, such as the inadequacy of the global data base, the finding of certain aspects of basic research in climate, or the appropriate methods and means of training people to work on climate studies, and then to make this view known to the appropriate agencies.

At the XVII General Assembly at Canberra in December 1979, the Commission was co-sponsor of the IUGG *Symposium on Volcanism and Climate* and also organized IAMAP sessions on « Climatic Fluctuations of the Past Century from Atmospheric and Oceanic Observations » and « The 100,000-years climatic oscillation : its physical origin. » The Commission is presently organizing the *Symposium on Variations in the Global Water Budget* to be held at the School of Geography, Oxford, U.K., 10-14 August 1981. The Symposium is being organized jointly with IAHS, the Paleoclimate Commission of INQUA and JSC. It is hoped that this interdisciplinary Symposium will bring together those interested in the phenomena which control the water budget and its fluctuations over the past 100 years as well as over glacial-interglacial time periods and longer. At the IAMAP Third Scientific Assembly to be held in Hamburg on 17-28 August 1981 the Commission will organize the following sessions :

- *Climatic Variations of the Past 1,000 years.*
- *Urban and Regional Climates (including anthropogenic influences).*
- *Climatic Fluctuations and Relations to the Tropical Atlantic ; jointly sponsored by IAPSO.*
- *Status of Data Bases and Techniques for one and three-month forecasts ; to be held in association with ICSU/WMO JSC for the World Climate Program.*

The Commission will also act as cosponsor for the Radiation Commission *Symposium on the Solar Constant and the Spectral Distribution of the Solar Energy*. It is hoped that the 1981 Hamburg session on Data Bases and Techniques may lead to an on-going international experiment in climatic forecasting which will involve a two-year test of techniques with appropriate verification the results to be discussed at IUGG, Hamburg, 1983. Commission members have also made a number of suggestions for symposia at the latter meeting. The Commission is planning a session on The Southern Oscillation and El Niño to be held as part of the Joint Oceanographic Assembly, Canada ; this is to be jointly organized with IAPSO and SCOR.

(注) (1) ICSU ——— IUGG ——— IAMAP
(国際学術連合) 国際測地学 気象学・大気物理学協会
地球物理学連合
IAPSO
国際海洋物理学協会

(2) JSC (合同科学委員会)

L. F. グループ昭和 54 年度総会報告

1. 日 時：1980 年 8 月 28 日
2. 場 所：気象庁予報部会議室
3. 講 演：(1)広瀬元孝（気象研究所）
北半球 500 mb 高度場の 1 か月予報
(2)手塚雅美（気象庁企画課）
気候調査企画室の当面の業務について
4. 会計報告：昭和 54 年 7 月 19 日～昭和 55 年 8 月 28 日

収 入		支 出	
項 目	金 額	項 目	金 額
◦ 前年度繰越金 (和田氏寄付金 70,000 円を含む)	228,671 円	◦ 印 刷 費	344,000 円
◦ 会 費	355,000	内訳 VOL18 No1	246,000
内訳 51 年度分	2,400	VOL18 No2	98,000
52 "	5,400	◦ 郵 送 費	6,200
53 "	47,400	◦ 雑 費 (領収証)	520
54 "	291,000		
55 "	7,400	次 期 繰 越 金	237,310
56 "	1,400		
◦ バックナンバー別売	2,800		
◦ 預 金 利 息	1,559		
収 入 計	588,030	支 出 計	588,030

5. 役員交代

昭和 54 年度 田代茂夫，福谷博，池田誠也，谷正之（長期予報課），千葉長（気研）

昭和 55 年度 久保木光熙，荒井康，田中康夫，平沼洋司（長期予報課），青木孝（気研）

6. 会費納入について

この総会で年会費が 600 円から 1,000 円（'55 年度会計年）に値上げされることがきました。会員の皆様には物価高の折に心苦しいのですが、郵便料金の値上げ、印刷費の値上げでグロスベッターも現状を維持することが不可能になってきましたので、宣しく御理解ください。

なお、納入方法につきましては次の口座のいずれかをご利用下さい（会計担当者：平沼洋司）。

(1) 郵便口座

口座番号：東京 5 - 165913

加入者名：L. F. グループ

(2) 銀行口座

富士銀行本店営業部（店番号：110）

口座番号：203156，名称：L. F. グループ

7. 議 題

1. 54 年度決算報告
2. 55 年度予算及び会費値上げについて

編 集 後 記

冷夏，寒冬・大雪と引き続いて，異常気象はかた時も休養させてくれないようです。それによって，グロースベッターのおくれのいいわけの積りではありません。第19巻の1号を送ります。

★ 長期予報課長には'80年にもたれた二つの国際会議の模様を伝えてもらいました。I.U.G.G.の年次計画などに対応して考えると，長期予報の予報法やバックグラウンドがようやく国際的な会合の場で討議されてくると思われます（P 52を御参照下さい）。

★ 気候変動の問題点は，現在学術会議などで御活躍の山本教授の労作を収録させて頂いた。この論文は昨年日本気象学会関西支部例会で講演されたものであるが，山本教授と気象学会関西支部の快諾を得て，広くグロースベッター会員におくるものです。

★ 次のH.H. Lambの論文も昨年秋の国際会議に欠席された折，吉野教授によって紹介されたものである。Lambの結論的な考えを知ることができます。

この論文も，吉野教授の御好意によるもので，感謝いたします。

★ 最後の日照時間の分布曲線の特性は現場の実用的なものです。気温，降水量と比較すると，関心のうすい日照時間ですが，昨年の冷夏では多くの問合わせをうけたものです。どのように表現するか，標準偏差，地域差などおもしろい問題がありそうです。

×

×

第2号は3月ごろ発行を目標にしています。本年度から1,000円に会費が上がりましたので宜しくお願い致します。

×

×

長期予報課では「1か月予報指針」を企画し，すでに脱稿いたしました。会員には実費あっせんを考えていますので申し出て下さい。

×

×

現場の会員の方。一寸まとめかけたもの，コメントを求めたいもの，など，是非気軽に御投稿下さい。

(K)