第11図 $\bar{\theta}$ の高度分布, $r=R_a/R_c$

わすひとつの目印になっているともいえる。それでは大気の場合にはどのようなものと考えたらよいのであろうか。これはこれからの大切な研究課題のひとつではないかと思う。

なおこの解説文を終るにあたり、対流の取扱いを(17)~(19)のような単純化された系で取扱う場合の問題点を指摘しておきたい。(17)~(19)のような系では定常の場合には前に述べたように

$$Nu = \frac{3}{4r} b(d-1) = \frac{2}{r}(r-1) \quad \left(b = \frac{8}{3}\right)$$

したがって(17)~(19)の系では r の増大と共に Nu は2に近づく。しかし対流の実験結果によれば

$$Nu \sim r^{1/3}$$

このような矛盾した結果は、流線 ψ 、温度 θ について上下方向の分解能が小さいためにみかけ上生じたもの

である。(15)、(16)からもわかるように ψ 、 θ は上下方向には波数1、2の波のみで表現されている。そのために $\bar{\theta}(z)$ の分布が時間がたつと第11図のようになってしまう。図には $r=5$ 、 $r=28$ の場合が示してあるが、上下の分解能が少いために中層 ($z = \frac{H}{2}$) に逆転層ができ、対流が上下方向には2つに分解されたような形となっている。このように分解能が悪いとみかけ上の運動が生じるので、そのような系での議論には何を目的にしているか、よく注意する必要があると思う。

文 献

- Budyko, M.I., 1969: The effect of solar radiation on the climate of the earth., **21**, 611-619.
- Clapp, P.F., 1970: Parameterization of macroscale transient heat transport for use in a mean-motion of the general circulation. *J. Appl. Met.*, **9**, 554-563.
- Lorentz, E.N., 1963: Deterministic nonperiodic flow., *J. atmos. Sci.*, **20**, 130-141.
- Manabe, S., and Wetherald, R.T., 1967: Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity. *J. atmos. Sci.*, **24**, 241-259.
- Oort, A.H., and Rasmusson, E.M., 1971: Atmospheric circulation statistics., NOAA Professional Papers 5.
- Plass, G.N., 1956: The influence of the 15μ carbon-dioxide band on the atmospheric infrared cooling rate., *Q. J. R. M. S.*, **82**, 310-324.
- 新田 尚, 1973: GARP の全地球実験計画——主として FGGE を中心に——(1), (2) 天気, **20**, Nos. 11~12.

551. 582 (470)

気候変動の研究の現状と、ソ連邦におけるその展望について*

倉 嶋 厚**

1. 気候変動の本格的研究の機運

一般に、ある気象現象についての本格的研究は、つぎの3条件がそろった時に開始されることが多い。(1) 研究すべき現象の実態が、ある程度、明確になっていること。(2) その現象が国民経済、国民生活に強い影響を及ぼし始め、政策を決定する時の考慮事項になったり

して、各界からの関心が集まり、緊急に解決すべき課題になりつつあること。(3) その現象を観測する手段が進歩し、その現象を解明する理論が一定の水準に達しており、問題の解明にある程度、見通しがあること。

気候変動の研究については、現在、ようやく上記の3条件がみたされつつある。すなわち(1)項の例としては、世界各国(とくに北半球)で、不完全ながらも標準化された測器と方法によって気象観測が行なわれてから100~200年を経過し、この程度の長さの気候変動は、気象(候)要素の数値によって表現され、そ、その間に起

* On the Present Status and Perspective of the Study of Climatic Change in USSR

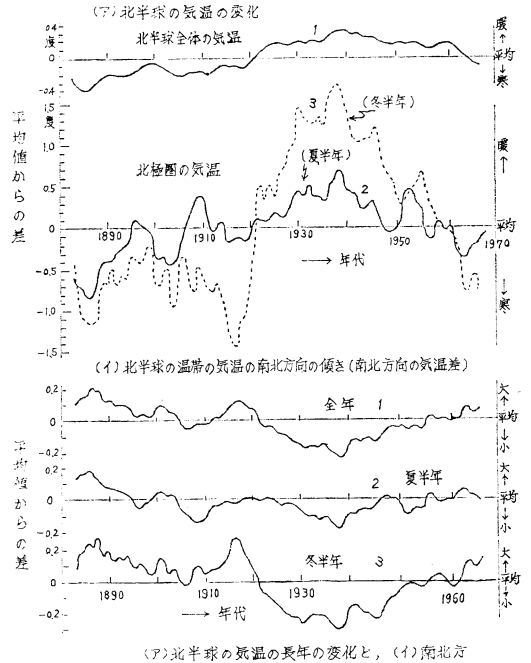
** A. Kurashima: 気象庁

こった気候変動の「系統性（規則性）」が明らかになりつつあることがあげられる。（2）項としては1972年に世界各地に起こった干ばつなどにより、世界的な食糧需給関係にひっ迫が起こり、これを契機に、気象関係者は、今後の世界の気候の見通しについての見解を求められることが多くなったことがあげられる。

気象庁は、1973年4月に「近年の世界の気候について」と題する見解を発表した。この全文は、気象庁監修の広報誌「気象」1973年6月号、および「天気」Vol. 20, No. 7 (1973)に掲載されている。このような見解を発表した事情については、気象庁ニュース No. 584 (1974年4月15日号)において、気象庁総務部企画課は「アフリカの干ばつ、ソ連の寒冬、アメリカ・ミシシッピ河の洪水など、このところ世界各地の異常気象が目立ち、社会の関心が高まってきたことに応え」たものであり「これは、当時、異常気象に関する新聞報道などが多く、国会の場でもしばしば質問されることに対する気象庁の当然の責務として行ったものである。さらには、この見解のなかでも明らかにしたことであるが、“寒冷化＝氷期再来”といったような誤解をとくことも、目的の一つであった」と述べている。しかしこの見解は、その当時の手持ちの材料だけで、それまでの解説資料などをつなぎ合わせて、系統だてた性格のもので、今後の研究に待つところが多かった。一方、この見解発表に対する社会の反響は大きく、食糧不足の問題ともからんで気象庁に「気候変動調査研究会」、農林省に「世界食糧需給問題研究会」が発足し、さらに昭和48年度に「世界の食糧需給の構造変化とその見通しについての調査」を政策推進調査調整費によって行うことになった。この調査において、気象庁は「世界の異常気象の実態とその見通しについての調査」を分担し、前記の「気候変動調査研究会」を中心として、これを行った。この調査結果は報告書として発表され、その主文は気象庁広報誌「気象」1974年5月号に掲載されている。

前記（3）項の例としては、GARP（地球大気開発計画）でFGGE（第一次全球実験）を、予報精度の向上を主目的として実施した後、Second GARP objectとして気候に関する物理的過程を明らかにすることを目的として実施する計画を検討していることがあげられる。また、氷期の再現をふくむ気候変動の数値シミュレーションも行われていることも、（3）項の具体例といえる。

気候変動の研究は、現象そのものが複雑な上に時間的尺度が長いから、継続的な監視と、根気のいる、ある意味



第1図 (ア) 北半球の気温の長年の変化と、(イ) 南北方向の気温差の長年の変化。

(Будько と Винников 1973による)

(注) 北極圏の気温としては70°~85°Nの緯度帯を採用してある。温帯の南北方向の気温差は25°Nと75°Nの緯度の気温差を採用し、その傾きを緯度10度についての差に直して表わしてある。(ア)(イ)ともに5年間の移動平均値が用いられている。

で“泥くさい作業”を必要とし、また測器、観測方法、観測地点の変更などによる“見掛け上の変動”の除去に慎重な取扱いを要するなど、困難の多い仕事である。また短期の気象現象においては時間的、空間的スケールとその予見性(predictability)の関係が、方法論的にかなり明瞭になりつつあるが、気候変動については、この分野は未開拓の面が多く、今後に待つところが多い。

本報告では、前記の「世界の異常気象の実態とその見通しについての調査」の一環として、1973年10月23日~11月25日にソ連、ポーランド、モンゴルに出張調査して得られた結果のうち、主として(1)項および(2)項に関係するものを述べる。

2. 北半球の気候の温暖化と、それに続く寒冷化

北半球全体を一つの単位として見た気候の変動は、世界各国の多くの気候学者によって研究されており、巨視的な変化傾向については、ほぼ同じ結果が得られてい

第1表 1881~1890年代の気温偏差に対する、その後の各10年代の気温偏差の類似度 (Гедеонов, 1973)
 1. 1881~1890, 2. 1891~1900, 3. 1901~1910, 4. 1911~1920, 5. 1921~1930, 6. 1931~1940, 7. 1941~1950, 8. 1951~1960, 9. 1961~1970

緯 度	各 10 年 代							
	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9
80	100	100	17	0	0	0	80	68
75	100	100	37	0	11	6	61	57
70	100	83	58	0	11	8	42	43
65	94	83	64	6	19	6	39	53
60	73	76	53	15	24	18	47	39
55	73	48	53	17	14	28	44	51
50	36	35	32	42	42	60	44	46
45	32	48	35	46	45	61	53	52
40	53	58	48	41	42	51	49	57
35	59	37	59	48	43	58	31	61
30	45	45	61	41	33	50	55	50
25	46	48	55	45	43	50	60	54

る。ソ連においては、レニングラードの中央地球物理観象台において、この研究が精力的に行われている。その基礎資料となっているのは、同台で注意深く作成された1881~1970年の90年間の北半球の各月の地上平均気温の偏差図に於てである。これから得られた結果は、さまざまな形で表現されているが、そのうちのいくつかを紹介しよう。第1図は Будыко 等 (1973) によるもので、この図から、つぎの諸点を読みとることができる。

(1) 北半球においては、1920~1940年代に著しい温暖化が起り、1940年代から現在までは寒冷化の傾向が卓越し、巨視的に見る時は、現在の気温は、温暖化以前の状態にもどりつつある。

(2) 温暖化・寒冷化とともに主として高緯度で顕著に起こっており、低緯度ではその傾向が認められない。

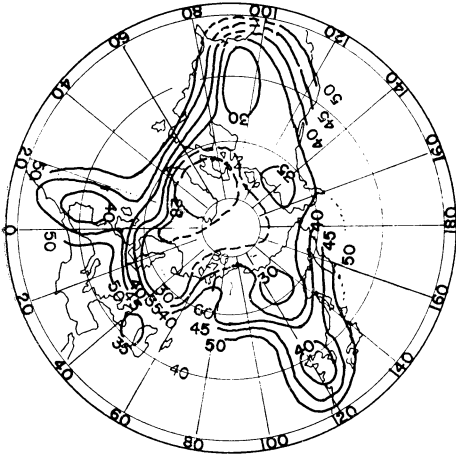
(3) 夏よりも冬の方が顕著である。

(4) 北半球の中緯度帯においては、気温の南北傾度は、温暖化の時期は小さく、寒冷化の時期は大きくなる。

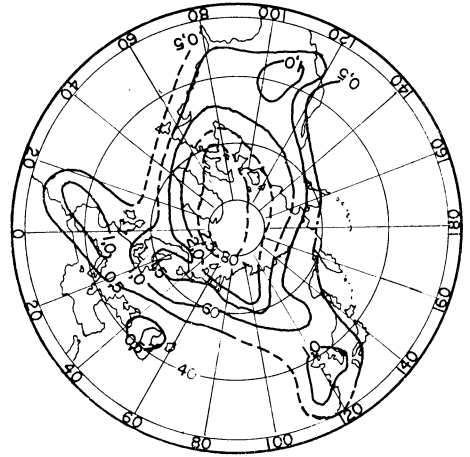
第1表は、Гедеонов(1973)によるもので1881~1890年の10年間の1月の平均気温の偏差の分布に対して、その後の各10年間の1月の気温偏差が、どの程度類似していたかを示すものである。彼は1881~1970年の90年間を、1881~1890, 1891~1900, 1901~1910, ……1961~1970のような10年ごとに区切り、各10年にそれぞれ1, 2, 3, ……9の番号を付した。そして各10年の各月の10年

平均気温の、長年の平均かかの偏差を求め、その正負の符号が、1の年代(1881~1890年)の正負の符号と一致した格子点の数の全格子点に対する割合を%で示した。この表には、とくに高緯度において4~7の年代すなわち1911~1950年においては、1881~1890年の気温偏差分布とは符号が逆転し、8, 9の年代すなわち1950~70年においては、1881~1890年の気温偏差分布に類似してきた様子が現われている。

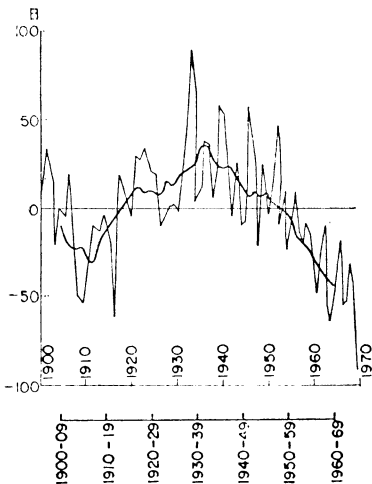
一般に平均操作によって得られた北半球全体の気温の長期傾向と、個々の地域、地点のそれとは異なるのが通例であるが、第1表によると、北半球全体の平均気温によって表わされた温暖化、寒冷化は、かなり「系統的」なものであることがわかる。このような北半球の気温の長期変動の「構造」を、実際の資料によって明らかにする経験的研究は、ソ連においては数多くなされている(Рубинштейн Е.С., 1973)。その一例を第2図に示してあるが(Полозова Л. Г. и Сазанов Б.И., 1969)、この図には、過去80年間で最も気温の高かった10年間、すなわち温暖化のピークの現われた10年間の開始年の等時線が描かれてある。これは北半球の150地点の資料にもとづいて作られたものである。この図によると、温暖化のピークが最も早く現われたのは、グリーンランドを中心とする一帯で1928~1937年がピークとなって、その後寒冷化に転じている。温暖化のピークは低緯度で遅く現われ、図では日本では1950~1960年が最も暖かく、その後、寒冷化に転じているが、これはわれわれの経験



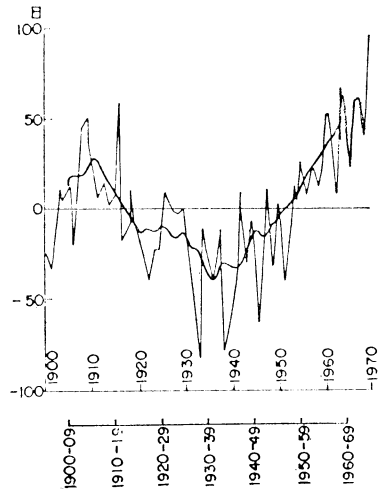
第2図 温暖化のピークの現われた年代(Полозоваと Сазонов 1969による)



第3図 温暖化のピークの現われた10年間の平均気温と1901年~10年の10年間の平均気温の差°C(Полозоваと Сазонов 1969による)



a. 東西流型の出現日数の変化(0線は平均値, 太線は10年間の移動平均)



b. 南北流型の出現日数の変化(0線は平均値, 太線は10年間の移動平均)

第4図 東西流型と南北流型の出現日数の変化(Дзердзеевскийと Чаплыгина 1972による)

にだいたい合っている。そして温暖化のピークの低緯度への伝播の様子にも、ひとつの「系統性」を見ることができる。図に現われたこの形を、Полозоваと Сазоновは太陽の微粒子放射と地球磁気の関連で説明しようと試みているが、これを偏西風の超長波の形と関連させる見方もあろう。第3図は、第2図で示された温暖化のピークの10年間の平均気温が、今世紀初頭の10年間(1901~1910年)の平均気温に対して、どのくらい高くなったかが示されている。この図でも、グリーンラン

ドを中心とする一帯の温暖化が最も顕著であったことが示されており、この地域が近年の気候変動の指標的地域であることを暗示している。

大気大循環にみられる長期変動の研究も、経験的手法であるが、ソ連において数多くなされている。ソ連科学アカデミア地理学研究所では、北半球の大気の流れを13の型(亜種をいれるともっと多くなる)に分けて、そのカタログを作っているが、それらの型を、北極圏から中緯度へ寒気団が南下しやすい南北流型と、そうでない東

西流型に大別して、それぞれの型の出現日数の経年変化を求めている。第4図それはを示すものであるが、原因であるか結果であるかは別として、これまで述べた北半球の温暖化と寒冷化に対応する変動が気候大循環においても起こったことを暗示している。とくにこの研究で、注目すべきことと思われるのは、気候大循環の型がある型の卓越期間から別の型の卓越期間に移る場合に、その移行が一番最初に現われるのは北太平洋の海域であることが明らかにされたことである。気候大循環の型分けと気候変動との関係の研究、およびそれにもとづく超長期予報の試みは、レニングラードの北極南極研究所の Гирс (1971) によっても行われている。その他、近年の気候変動の「系統的性格」を示す資料は数多くあり、これらは、いずれも前節の(1)項に相当する内容を持っており、その原因の本格的究明と理論的基礎づけが望まれている。

上記の気候変動の原因として、ソ連の気候学者があげたものは、(1) 太陽活動、(2) 火山爆発、(3) 大気の自己振動(海洋、大陸、極氷を媒介として起こる)、(4) 人為説(人工細塵の日傘効果、二酸化炭素の温室効果、人工熱源説など)の複合作用である。

とくに北極圏の気候が温暖化が通説であったころ、いち早く寒冷化を警告した人々が太陽活動説を基礎としていただけに、太陽活動論者の意気はさかんであった。太陽活動説の学者たちは、現在の寒冷化は、もしも人為説などの他の原因がなければ今世紀末まで続くと考えていた。なお、太陽活動主因論に対して、モスクワ大学の Хромов 教授(1973)や、タシュケント大学の Джорджно 教授(1973)などから鋭い批判が最近、行なわれはじめていた。火山爆発は気候変動の予測には不確定要因であるが、火山爆発と太陽活動の関係に注目する研究者もいた。

大気の自己振動については、数値モデルによって80~90年程度の周期のでてくることが先決とされている。そしてこの方向での取組みは、長期予報法の理論化、数値予報化を導く第一歩であるとし、研究方向として重視されている。

人為説については Будыко 教授(1973, 1974)の数値モデルがあり、紀元2000年までは、人為的細塵が今後とも増加して、今世紀末までに2倍になるならば、二酸化炭素の温室効果と細塵の日傘効果が補償しあって、現在の気候が持続し、細塵の増加が現在の段階でとどまれば、二酸化炭素の温暖化の影響だけが残る、という見通

しを述べている。

レニングラード大学の Дроздов 教授の見解によると、太陽活動などから予想される今世紀末までの寒冷化は、地球上における人類の燃料使用などにより補償され、気候は現在の状態が維持され、21世紀からは人為的影響による温暖化が顕著になるであろう。

上述のように、現在の気候変動に対するソ連の気候学者の見解は多種多様であり、相互に矛盾している場合もあった。しかし、多くの学者が、異常気象は人間が“克服できるもの”“克服しなければならぬもの”として受けとめており、終末論の見解を述べる人がなかったことは印象的であった。一致した見解としては、次の諸項があげられる。

(1) 気候変動の研究は現代の人類にとって重要な意義を持つこと。

(2) 現在起こっている世界各地の異常気象については、なるべく多くの資料を集め、観測の均一性の検討などを経た上で、異常気象の実態を正確に記述する必要があること。

(3) 前項を行なうため正確で均質な観測網を広げること。

(4) 気候変動に特に関係があると思われる海洋・超高層・太陽面現象について、大規模で組織的な近代観測(ロケット・人工衛星などによる)を行うこと。

(5) 気候変動の数値的モデルを作ること。

(6) 国民経済の発展と国民生活の向上のため長期予報業務と農業気象サービスを強化すること。

3. 気候変動と国民経済、国民生活

高緯度の大陸では、もともと、年々の気候の変動は大きい。たとえば、東京の1月の月平均気温は 4.1°C だが、記録的暖冬の年でも 5.9°C (1932年)、記録的寒冬の年でも 0.6°C (1922年)で、変動の幅は 5.3°C しかない。しかしモスクワの1月は平均値が -9.9°C だが、記録的暖冬の年は -3°C 、寒冬の年は -22°C で、変動の幅は約 20°C で東京の4倍はある。同様にモスクワの7月の月平均気温は暑い年で 23°C 、涼しい年で 14°C で、変動幅は 9°C である。東京の7月は最も暑かった年で 27.6°C (1955年)、涼しかった年で 21.8°C で変動幅は約 6°C である。このような年々の変動は、シベリアではもっと大きい(第2表)。

第3表にはレニングラードの1月の月平均気温がある年とその翌年とで大きく異なった例をあげてある。平均気温で 10°C ちがうというのは大へんな差である。前述

第2表 月平均気温の標準偏差(°C)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
キレンスク	5.5	4.2	2.9	2.0	2.1	1.5	1.6	1.4	1.1	2.4	3.2	5.4
ヤクーツク	4.3	3.8	2.9	2.5	1.8	1.6	1.6	1.7	1.8	2.9	3.2	3.7
イルクーツク	3.7	2.9	2.7	1.8	1.2	1.0	1.3	1.1	1.0	1.7	2.6	3.8
モスクワ	3.9	3.7	2.5	2.4	2.4	1.9	1.8	1.9	1.6	2.1	2.6	3.0
レニングラード	4.2	4.1	3.4	2.1	1.9	1.5	1.5	1.2	1.2	2.1	2.5	2.6
東京	1.2	1.3	1.1	1.0	0.8	1.1	1.4	0.9	1.1	0.8	0.8	1.0

第3表 レニングラードの1月の月平均気温の変動(°C)

年	1925	1926	1929	1930	1949	1950	1962	1963	1965	1966
月平均気温	-0.5	-12.9	-10.3	-0.9	-2.2	-13.9	-3.2	-12.9	-5.3	-14.9

のように東京では1月の月平均気温の変動幅は長年の最大で5°Cであるのに対し、レニングラードでは1年のちがいで10°Cの差が現われている。南部の乾燥地帯の周辺では降水量の年々の変動も大きい。

熱と水分が少なく、気温・降水量ともに年々の変動の大きい高緯度の大陸気候の下に展開される大規模で粗放的な穀物生産農業は、年々の気候の変動の直接的影響を受けて、その収量の年々の変動がきわめて大きい(Федсров 1973, 倉嶋 1974)。またソ連の国民経済は大陸上に網の目のように展開されている河川交通に依存するところが大きい。たとえばボルガ川の結氷期間は年によって55日すなわち約2カ月の遅速がある。この2カ月を有効に生かして貨物輸送計画を立てるためには、水文現象をふくめた長期予報が要求される。また河川の流量の長期予報は、今後必要とする電力の何%を火力発電に頼るべきかを決定する上に必要とされている(倉嶋 1963)。

上述のような年々の変動の上に、さらに気候の長期変動が重なった場合の、国民経済、国民生活への影響はさらに大きくなる。ダム、湖沼、内海の水位の上昇・下降、農業の限界の北進・南下、北氷洋航路の航行の難易、水産業の変化など、さまざまな影響が現われている。20世紀の20年代にボルガ河下流域に拡大された農耕地帯が、その後、長期間にわたって農耕が放棄された例もある。

今世紀前半の温暖化時代には、つぎのようなことが起こった。ノバヤゼムリヤのマリ・カルマクルでは、1908~1917年の10年間の1月の平均気温は-18.7°Cであったが、1937~1946年には-7.6°Cに上昇している。また

ベルホヤンスクでも、20世紀の30年代、40年代の11月から2月の10年間の平均気温は、前世紀の80年代、90年代の10年間の平均気温より、3.5~4.0°Cぐらゐ高くなっている。北極圏のこのような温暖化は、これを“カタストロフィー的温暖化”と表現している著書もあるほどで、当時としてはまことに“異常な”ものであったと想像される。

この温暖化に対応して、アルハンゲリク地区では永久凍土の南限が過去100年の間に約100kmも北上し、バレンツ海に暖海魚が現われ始めた、また北氷洋航路の開発にも気候の温暖化が有利に作用したといわれる。たとえば1830年から1942年にかけてバルチック海の結氷面積は、250,000km²から160,000km²に減じた。北極のシベリア地区の氷の面積も縮少し、極氷の厚さは1896年から1940年にかけて、3.65mから2.18mに減じた。シュピッツベルゲン(ノルウェー領)の石炭の積出し期間は1900年の3カ月から、1950年代の7カ月に伸びた。今日、この方面から届くニュースは、上述とは逆の氷状の悪化を報じていることは周知の通りである。北極圏の温暖化に対応するかのよう、1930年代にヨーロッパ・ソ連の中部(穀倉地帯)や北米において干ばつが多くなったことが指適されており、その原因などもさまざまに推測されている。また北極圏の気温と中緯度、低緯度の降水量との相関関係なども求められている(Дрсздов, О.А. 1966, Дрсздов, О.А., Гирская. 1970)。

1972年のソ連の干ばつは、アメリカ合衆国からの小麦の大量買付けにいたるまでの結果については、多分に農業経済の構造上の問題に帰せられるが、気象現象そのものとしても、これまでの気象観測の極値を更新するよう

な“異常気象”であったことはたしかである(Паршин, В.Н., Снитковский, А.И. 1973). この異常気象に対するソ連邦水文気象局の長期予報は, 現象が始まる前に発表されたものは, 乾燥高温の傾向は指摘していたが, その程度の激烈さを予想する点では十分ではなかったらしい. しかし異常気象が始まってからの水文気象局の予報はかなりよく, 実況の報告とともに行われた農業気象学的見地からの農作業上の勧告は適切であり, 相当の効果を発揮したいといわれている. 1972年の干ばつを契機として長期予報と農業気象サービスの拡充を計ろうとする意気込みは, 歴然として感じられた. 1972年の干ばつについては, 水文気象研究センターの Кац 教授が「1972年の異常な夏について」という報告物を出版し, 続いて水文気象局長 Федоров 氏が「天気と収穫」と題する本を書き, この中で農作物と気象の関係, 1972年の干ばつの特性, これに対する長期予報と農業気象サービスが行なった実績を詳細に述べ, 今後の水文・気象事業の発展計画を述べている. またウクライナ共和国の水文・気象研究所長の Логвинов 博士も「1972年のウクライナの干ばつの特性」という報告物を出版している. 農業気象サービスの発展方向としては, 気象実況による収量予想モデルの精密化, 細域農業気象の観測網による適地適作の推進, 航空機, 人工衛星による農業気象観測(作況観測も含む. すでに実施されている)の拡大, ヒョウ害防止, 人工降雨など気象制御の応用などがあげられている.

また長期予報の拡充策の一環として, レニングラードの中央地球物理観象台に太陽活動と天候の関係を研究する課が新設されている. また大西洋の海水温の変動が1972年の干ばつの主因であったという見解が強く, 海面状態を基礎とする季節予報の試みが行なわれている. 一般的にいえることは, 1972年の干ばつを契機とする水文・気象サービスの拡充計画は, すでに巨大科学, 生長科学として歩み出している宇宙科学, 海洋科学に強く結びつけて立てられていることである.

例えば太陽活動と気候の関係の研究にしても, 従来行なわれてきた太陽黒点の増減などを目安とした研究の他に, ロケット・人工衛星などによる太陽の直接観測結果の導入が重要視され, また長期予報の発展計画としては人工衛星その他の観測による海面状態, 氷雪の状態の大気大循環の数値モデルへの導入の重要性が強調されている.

また発表されている長期予報や農業気象月報は, 国民
1974年12月

経済の計画立案に役立つように予想気象要素の値がグラフや分布図で示されており, また気象と作況の実況値にもとづいて収穫予想を行なうためのグラフや数式が多く整備されているのが印象的であった.

とくに観測面で注目すべき事柄と判断されたのは, 飛行機観測によって広範囲の農作物の作況や積雪水分, 土壌水分の観測が行われており, さらに人工衛星による作況の観測の試みがなされていることであった.

文 献

- 気象庁, 1974: 近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて, 1-347.
- 倉嶋 厚, 1963: ソ連邦の水利科学, 水利科学, No. 29, 54-70.
- 倉嶋 厚, 1971: ソ連邦の気候, 地理, 16, 3号, 22-28.
- 倉嶋厚, 1974: ソ連邦における気候変動問題について, 気象, No. 203, 3807-3810.
- Будыко, М. И., 1971: Климат и жизнь (気候と生命), Л., Гидрометгесиздат, 1-470.
- Будыко, М. И., 1972: Изучение климата (気候の研究), Труды V всесоюзного метеорологического съезда том 1 48-62.
- Будыко, М.И., и Винников К.Я., 1973: Современные изменения климата (現代の気候変動), Метеорология и Гидрология, 9, 3-13.
- Будыко, М.И., 1974: Метод воздействия на климат (気候へ働きかける方法), Метеорология и Гидрология, No. 2, 91-97.
- Гедеснов, А.Д., 1973: Изменения температуры воздуха на северном полушарии за 90 лет (90年間の北半球の気温の変化), Л. Гидрметгесиздат, 1-145.
- Гирс, А.А., 1971: Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы (大気大循環の長期変動と水文気象の長期予報), Л. Гидрметеоздат, 1-277.
- Дзедзеевский, Б.Л. Чаплыгина, А.С., 1972: Анализ флуктуаций циркуляции атмосферы и климатического режима в различных частях северного полушария земли (北半球の各地域における大気循環と気候状態の変動の解析), Труды V всесоюзного метеорологического съезда том, III, 27-48.
- Дроздов, О.А., 1966: Об изменении осадков северного полушария при изменении температур Полного Бассейна (北極海の気温の変化に伴う北半球の降水量の変化について), Труды ГГО, вып. 198.
- Дроздов, О.А. и Гирская, З.И., 1970: к

- вопросу о связи температуры Арктического Бассейна с осадками умеренных и тропических широт (北極海の気温と温帯熱帯の降水量との関係について). Труды ГГО вып 258, 49-55.
- Дрсэдов, О.А. и Покровская, Т.В., 1973: Проблема прогноза колебаний климата (気候変動の予想の問題). Труды V всесоюзного метеорологического съезда том III, 17-26.
- Джсрджио, В.А. и Романов, Н.Н., 1973: Реально ли использование солнечной активности в прогнозировании погоды в настоящее время? (天気予報に太陽活動を利用するのは現在、現実的であるか?) Метеорология и Гидрология, 8, 99-103.
- Кац, А.Л., 1973: Необычное лето 1972 года (1972年の異常な夏). Л. Гидрометесиздат, 1-58.
- Логвинсв, К.Т., 1973: Особенности 1972г. на Украине (ウクライナにおける1972年の干ばつの特性). Л. Гидрометесиздат, 1-32.
- Паршин, В.Н. и Снитковский А.И., 1973: Гидрометеорологические особенности 1972 г (1972年の水文気象の特性). Метеорология и Гидрология, 4, 85-87.
- Полоэова, Л.Г. и Сазанов Б.И., 1969: Современное потепление климата и возможная его причина (近年の気候の温暖化とその仮説的原因). Труды ГГО вып, 245, 49-55.
- Рубинштейн, Е.С., 1973: Структура колебаний температуры воздуха на северном полушарии (北半球の気温の変動の構造). Л. Гидрометесиздат, 1-34.
- Федоров, Е.К., 1973: Погода и урожай (天気と収穫). Л. Гидрометесиздат, 1-56.
- Хромов, С.П., 1973: Солнечные циклы и климат (太陽周期と気候). Метеорология и Гидрология, 9, 93-110.

551.582 (73:71)

アメリカ、カナダにおける長期予報と気候変動の研究の動向*

朝 倉 正**

はしがき

昨年(1973年),世界の異常気象の実態調査のため10月21日から11月16日まで,アメリカ・カナダの気象機関と大学,研究所を訪問した.そのとき,たまたま気候変動研究について知り得た知見をまとめたもので,標題に対しては全く不十分な断面をとらえたものにすぎない.したがって,これをもって,アメリカ・カナダにおける気候変動研究の全容を伝えるものとするには出来ないし,また,その任でもない.

アメリカ・カナダにおける気候変動研究を大別すると,気候の sensitivity, 大循環モデルの改良, Predictability などがあげられる.その主な内容はおよそつぎの通りである.

1. 気候の sensitivity

大気の運動を予測の立場から大まかに分類すると,(i)主に初期条件によって(勿論境界条件も大事だが)決まる短期間の運動,(ii)初期条件に余り関係がなく,境界条件に大きく支配される超長期間の大規模な運動,(iii)初期条件にも境界条件にも大きく支配される長期

間の運動,に分けられよう.(i)はいわゆる短期予報,(ii)は大気大循環,気候(iii)は週間,長期予報である.1960年代初頭の頃は,この順序で研究が進歩するであろうと言われたが,いまふり返ってみるとほぼその通りになっている.(i)が完成に近づいて(ii)が始まることは SGGE のスタートを意味する.

MCAR の笠原さんによると,FGGE によって,短期予報と1~2週間さきの予報が著しく進歩するであろうが,これにはあと10年はかかるという.SGGE が活動を始めるのは早くとも1980年代に入ってからで,そのときのテーマは気候形成の物理的な理解と,そのつぎに気候変動の課題に進むと考えられている.

だからと言って,現在,気候のシュミレーションの研究が進められていないというわけでない.NCAR の中にある Atmospheric Analysis and Prediction の下に GARP (A. Kasahara) と Climatic theory and Analysis (P. Thompson) などがある.後者の気候研究グループは各方面から専門家を呼んで活発に討論会を開催している.具体的な研究成果は今後に期待されているが,このグループは気候を支配する要素を物理的に決めることに主眼をおいている.ここが,やがて SGGE の一つの主体になるグループなのでその活動の情報をよく知る必要がある.

* On the Present Status of the Study of Long Range Forecasting and Climatic Change in USA and Canada

** T. Asakura: 気象庁予報部