

- J.T. Moore, Jr., W.K. Hartmann, E.N. Shipley, G. DeVaucouleurs, and M.E. Davies, 1972: Mariner 9 television reconnaissance of Mars and its satellites: preliminary results. *Science*, **175**, 294-304.
- Miyamoto, S., 1957: The great yellow cloud and the atmosphere of Mars. Report of visual observations during the 1956 opposition. *Contr. Inst. Astrophys. Kwasan Obs., Univ. Kyoto*, No. 71.
- , 1966: Martian atmosphere and crust. *Icarus*, **5**, 360-374.
- and A. Hattori, 1968: Polar Cap of Mars. *Icarus*, **9**, 440-445.
- Moriyama, S., 1972: Numerical experiment of radiative-convective equilibrium of the Martian atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, **50**, 181-193.
- , 1973: The dynamical effects of real Mars orography upon the large-scale air flow and some meteorological phenomena of Mars. *J. Meteor. Soc. Japan*, **51**, 73-85.
- Ohring, G., 1966: *Weather on the planets*. Anchor Books, Doubleday & Company, Inc. Garden city, New York.
- and J. Mariano, 1968: Seasonal and latitudinal variations of the average surface temperature and vertical temperature profile on Mars. *J. Atmos. Sci.*, **25**, 673-681.
- Pettengill, G.H., C.C. Counselman, L.P. Rainville and I.I. Shapiro, 1969: Rader measurements of Martian topography. *Astron. J.*, **74**, 461-482.
- Prabhakara, C. and J.S. Hogan, Jr., 1965: Ozone and carbone dioxide heating in the Martian atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, **22**, 97-109.
- Rasool, S.I., J.S. Hogan, R.W. Stewart and L.H. Russel, 1970: Temperature distributions in the lower atmosphere of Mars from Mariner 6 and 7 radio occultation data. *J. Atmos. Sci.*, **27**, 841-843.
- Rogers, A.E.E., M.E. Ash, C.C. Counselman and I.I. Shapiro, 1970: Rader measurements of the surface topography and roughness of Mars. *Radio Sci.*, **5**, 465-473.
- Sagan, C. and J.B. Pollack, 1969: Wind blown dust on Mars. *Nature*, **223**, 791-794.
- , J. Veverka and P. Gierasch, 1971: Observational consequences of the Martian wind regimes. *Icarus*, **15**, 253-278.
- Slipher, E.C., 1962: *Mars, a photographic history 1905-1961*. U.S. Air Force.
- The atmospheres of Mars and Venus*. (W.W. Kellogg and C. Sagan, eds.), 1961: *Natl. Acad. Sci. Nat. Res. Council, U.S. Publ.* 944.
- Thompson, D.T., 1973: Time variation of Martian regional contrasts. *Icarus*, **20**, 42-47.

惑星大気と地質時代の気象* (講演 2)

駒 林 誠**

地球以外の惑星の大気を研究することは、直接的な観測を充分に行なうことができない点で、未知の世界を探るたのしきがある。惑星大気を研究する第一の分野は、惑星大気の実態そのものを明らかにすることを目的にしてつくられている。一方、地球を惑星の一つとして考えた場合に、過去の地質時代の気象については、その時間の遠さに応じて、金星、火星、木星、土星などの大気が秘めている未知の魅力と同質の学問的な魅力をそなえていると言ふことができよう。空間的に近い金星や火星については、複数の探査機を送り込んでかなり詳しい観測をすることができて、そのデータに基づいて具体

的な問題を解明することができる。それと同じように、時間的に近い第四紀の氷河について、また第三紀から第四紀の移行については、かなり詳しい観察をすることができて、そのデータに基づいて具体的に氷河の消長や生物の種族の交替を考察することができるようである。

現在の地球上で環境の変化に応じて植物、森林、昆虫、動物が入れ替わる様子を調べることができるよう、第三紀から第四紀の移行で、化石が少しづつ入れ替って行く詳細な様子を、すなわち第三紀から第四紀への変化そのものの微細構造を明らかにしようとする研究がある (Tappan 1968)。木星、土星、天王星について、遠くなるほど詳しいことがわからないがそれなりに未知の魅力が増大するように、地球の過去についても、遠くへさかのぼるほど細かいことはわからなくなる反面で、

* Planetary Atmosphere and Weather of Geologic Time

** M. Komabayasi 気象大学校
—1973年12月24日受理—

際立った大きい特色だけが見える。時間的に現在から遠くを研究することも、私は惑星大気の研究の第二の分野として、興味あふれる対象であると思う。

例として、台風を考えてみよう。台風の発生域は大陸と海洋の分布によって支配されていると言われる。アフリカ大陸の中央部から発生するじょう乱が西進して大西洋のハリケーン発生に関係があるとはしばしば言われる（たとえば Buppee 1972）。それが本当であるならば、地質時代に、アフリカ大陸が現在の位置になかった頃にハリケーンは発生したであろうか。古生代には、大森林時代があって、テレビ塔ぐらいの背の高さの植物が沢山生えていたと言われている。もし、その背の高い木が横倒しに地面をはって長く伸びたのなら話は別であるが、大気中に鉛直に立っていたのなら、台風の来襲によってなぎ倒されてしまいそうである。この森林は温暖湿潤な地帯にあったと言われているので、台風が存在する限り絶対に来襲しなかったとは考えにくい。むしろ、台風が存在しない時代であったとみなす方が都合がよいとも考えられる。

別の例として、古生代より近い中生代の気象を考えてみよう。古生物学の研究によると中生代のある時期に地球上の広い範囲にわたって植物の年輪がない時代があるという（井尻、湊1957）。現在の地球では、赤道近くで、しかもモンスーンのない地域以外では、地球上いたるところ季節の年周変化がある。もし季節の変化に対応して植物の成長に差があれば、年輪状の構造ができるであろうから、中生代のある時期には、地球上の広い範囲にわたって季節変化の極めて少ない時代があったのではないかと考える人もいる。大気の大循環の様式が、現在のようにロスビー型循環の流れに属している限り、気圧配置には気圧の谷を生ずるはずである。また気圧の谷でないところには、高圧部が生じて気団の性質を示すであろう。太陽高度が年周変化しても大きい季節変化が生じないためには、気団と呼ばれる状態に発達や減衰が小さいこと、ないしは元々気団と呼ばれるほどの状況が存在しないことが必要であろう。

そのためには、地球上で気圧の谷の位置を支配する超長波がある特定の場所に停滞しやすいということがなく、東西方向に常に移動していて、平均天気図の上には気圧の谷や峯が存在しない状態になっていると都合がよいだろう。中生代には、現在の地中海からアジア大陸の東部まで、東西に広がったテチス海と名称される海洋があったと言われている。そのような海陸分布の場合、現

在と違って海陸の間の等温線は南北ではなく東西に走るであろうから、超長波は停滞しにくく、したがって気団が存在しにくい気象であったかもしれない。また、もっと違って、何らかの理由で、たとえば、ありそうにないことだが、大気の熱容量が現在よりかなり大きければ、あとで述べるようにロスビー型の大気循環ではなく、ハドレー型の大気循環が全地球をおおうことが予想され、ハドレー型循環のもとでは、あるいは季節変化が大変に小さくなるかもしれない。

以上に二つの例をあげたように、地質時代の気象については、気象学会の若手が進出できる分野が存在する。ぜひ、古生物学や地質学を専攻するあなた方の友人と組んで、共同研究を始めることをお奨めしたい。というのは、惑星大気研究の第一の分野である惑星大気の実態の研究では、日本においては第一級の仕事がなかなかしにくいと思われるからである。京都大学の生態学の学派の人達が、しばしば「棲み分ける」という言葉を使うが、学者の世界にも棲み分ける現象があると思う。今この会場に集っておられる三十人か四十人の人達が「惑星大気研究」の村落をこしらえて住みつくためには、山から流れる情報の川や、木の実を収穫できる林や、符をおこなえる森が近くなければならない。米国の NASA やソ連の惑星ロケットの近くに就職する場合を除き、直接観測の水源地が小さいので、みなさんの中の数名が住みつくのがやっとであろう。それに反して、地球上の地質時代に関する資料については、惑星の直接観測ほどのハンデキャップがないと思われるからである。すなわち、発表されている多くの文献については日本にいても入手できるだろう。また本格的に研究を始めれば、地質や化石をあらためて調べ直しに行くことが必要となろうが、いずれにしてもこの地球の上のことであるから、何とかして行くことができるであろう。したがって、惑星大気の研究の第二の分野、すなわち時間的に遠い地質時代の大気の研究は、そこに村落をつくる条件をそなえているように思われる。

惑星大気研究の第三の分野は、少しオーバーな表現を使えば、惑星大気の循環に関する「統一理論」とでも呼ぶべき分野である。これは、金星、火星、木星の大気循環も、地球の地質時代の気象循環をも包括的に扱おうとするものである。これから少し紹介しようとするのは、モスクワの大気物理研究所の Golitsyn (1970) の考え方である。もっとも、昭和48年の9月にプリンストン大学/NOAA の都田菊郎教授が、ソ連の会議で Golitsyn

に会ったときに、本人が「惑星はしばらくやめた」と言ったそうだから、この考え方の今後の発展性については疑問がないわけではない。しかし、これが唯一の考え方とは言えないから、統一理論の将来は明るいか暗いかかわからない。若手会のみなさんの努力次第であろう。日本の伝統の一つに、大型実験や大観測に振りまわされないで、自分に無理のない範囲でじっくり考えるという行き方がある。その伝統に即した行き方が統一理論であると私は思う。

任意の惑星が与えられたとき、その惑星の半径、日射の強さ、大気量、大気の比熱等を知って、それに基づいて赤道と極の温度差、大気循環の平均風速を求める方法を、Golitsyn は次のように述べている。

惑星上で赤道地域が最も高温 T_1 で、極地方が最も低温 T_2 であるとする。赤道から極地方への熱輸送は、定常状態では極から惑星外の空間へ放射するエネルギーの量とほぼ等しいとする。この両者をそれぞれ左辺と右辺に表現すると、熱バランスの式は、

$$Mc_p u_i \frac{\partial T}{\partial x_i} = \sigma T_2^4 \quad (1)$$

ここで M は単位面積の気柱の質量、 c_p は単位質量あたりの大気の等圧比熱、 u_i は x_i 方向の水平風速、 σ はステファン定数である。左辺の大きさのオーダーは、平均風速を U 、 $\delta T = T_1 - T_2$ 、赤道と極との距離をほぼ惑星半径 R であるとみて、

$$u_i \frac{\partial T}{\partial x_i} \approx U \frac{\delta T}{R} \quad (2)$$

また、惑星に照射する夜昼緯度平均の日射の強さを I 、惑星の太陽光に対する平均の放射平衡温度を T_e とすると、

$$I = \sigma T_e^4 \quad (3)$$

(1) の右辺の T_2 のオーダーは大略 T_e に等しいとみて、右辺を σT_e^4 すなわち日射の平均値 I のオーダーとみれば、左辺に (2) を代入して、

$$U \delta T = \frac{IR}{Mc_p} \quad (4)$$

となる。即ち、平均風速 U と赤道・極間の温度差 δT との積は、日射、半径、大気量、大気の比熱が与えられればきまる。たとえば、金星、地球、火星の三惑星をざっと比較すれば、地球の大気量 M を 1 とすると金星はその 100 倍、火星はほぼ 1/100 である。半径や比熱や日射の桁は変わらないので、 $U \delta T$ の値は地球にくらべて金

星は 1/100 のオーダーとなり、火星は 100 倍のオーダーとなる。だから金星では、平均風速と温度差（夜半球と昼半球の温度差とみてもよい）の少くとも一方が大変に小さいか、あるいは両方もが小さいはずである。火星では、平均風速と温度差の少くとも一方が大変に大きい、あるいは両方もが大きいはずである。

(4) 式では、 U と δT を別々に求めることができない。両者を分けて求めるために、(4) 式と連立させるべき他の式をつくろう。Golitsyn は二つの考え方を述べているが、ここではそのうち一方のみを紹介する。今までに熱輸送に関する式を使ったので、運動に関する式が一つ必要となる。自転のおそい惑星上では、大気循環を十分に発達した乱流とみなして、定常状態では特徴的な風速 U は単位質量あたりの運動エネルギーの消費速度 ε と特徴的な長さ L できまるとする。すなわち Kolmogorov-Oboukov の法則 (Monin 1972 参照)

$$U \approx (\varepsilon L)^{1/3} \quad (5)$$

を利用する。定常状態で運動エネルギーの消費速度は運動エネルギーの生産速度に等しい。そこで、 ε を後者で表現しよう。大気を温度 T_1 の熱源、 T_2 の吸熱源に接するカルノー・エンジンとみれば、熱効率 $\delta T/T_1$ で熱が運動エネルギーに変換する。実際の大气の実効熱効率 η はカルノー・エンジンより低いので、係数を k とすると、

$$\eta = k \frac{\delta T}{T_1} \quad (6)$$

この η を使うと、運動エネルギーの生産速度は、大気の単位質量あたりに与えられる熱のインプットが I/M であることから $\eta I/M$ となる。この値が定常状態では運動エネルギーの消費速度 ε (単位質量あたり) に等しいので、

$$\varepsilon = \eta \frac{I}{M} = k \frac{\delta T}{T_1} \frac{I}{M} \quad (7)$$

ここで T_1 のオーダーは惑星の放射平衡温度 T_e のオーダーであるとして、

$$T_1 \approx T_e = \left(\frac{I}{\sigma} \right)^{1/4} \quad (8)$$

を使って (7) の T_1 を消去すると、

$$\varepsilon = k \delta T I^{3/4} M^{-1} \sigma^{-1/4} \quad (9)$$

さて、運動を表現するコルモゴロフ・オブコフの公式 (5) 式の ε に (9) を代入し、(5) 式の特徴的な長

さ L を赤道と極との距離, 即ち惑星半径 R のオーダーであるとして,

$$U \simeq (\varepsilon R)^{1/3} = (k \delta T I^{3/4} M^{-1} \sigma^{-1/4} R)^{1/3} \quad (10)$$

運動の式で U と δT の関係がこれで得られた. 熱バランスの式 (4) と (10) 式とから U と δT が求められる. 即ち (10) 式を (4) 式の U に代入して整理すると,

$$\delta T \simeq \frac{I^{9/16}}{k^{1/4} \sigma^{1/16} c_p^{3/4}} \left(\frac{R}{M} \right)^{1/2} \quad (11)$$

同じく,

$$U \simeq k^{1/4} \frac{\sigma^{1/16}}{c_p^{1/4}} I^{7/16} \left(\frac{R}{M} \right)^{1/2} \quad (12)$$

惑星を包む大気全体の運動エネルギーの定常値 E は,

$$E = \frac{1}{2} M 4\pi R^2 U^2 \simeq 2\pi k^{1/2} \frac{\sigma^{1/8}}{c_p^{1/2}} I^{7/8} R^3 \quad (13)$$

となり, 全運動エネルギー E は日射の受光面積 $4\pi R^2$ に比例しないで R^3 に比例し, 気柱量 M および重力加速度に関係しないことがわかる.

ここで, 大気的全運動エネルギー E を表現する (13) 式を書き変えて, その物理的意味を考えてみよう. 大気中の音速 c は次のように表わされる.

$$\begin{aligned} c &= \sqrt{\frac{c_p RT}{c_v}} = \sqrt{c_p T} \sqrt{\frac{R}{c_v}} \\ &= \sqrt{c_p T} \sqrt{\frac{c_p - c_v}{c_v}} = \sqrt{c_p T} \sqrt{\kappa - 1} \quad (14) \end{aligned}$$

ただし, $\kappa = c_p/c_v$ で等圧, 等積比熱の比, さらに (14) 式の T として惑星の放射平衡温度 T_e を (8) 式から代入すると, 音速 (14) 式は,

$$c = c_p^{1/2} (\kappa - 1)^{1/2} \left(\frac{I}{\sigma} \right)^{1/8} \quad (15)$$

となる. ところで, (13) 式を書き変えると,

$$\begin{aligned} E &\simeq 2\pi k^{1/2} \frac{\sigma^{1/8}}{c_p^{1/2}} I^{7/8} R^3 \\ &= \frac{k^{1/2}}{2} (I 4\pi R^2) R / \left[c_p^{1/2} \left(\frac{I}{\sigma} \right)^{1/8} \right] \\ &= \frac{k^{1/2} (\kappa - 1)^{1/2}}{2} (I 4\pi R^2) \frac{R}{c} \\ &= \frac{k^{1/2} (\kappa - 1)^{1/2}}{2} Q \tau_c \quad (16) \end{aligned}$$

ここで, $Q = I 4\pi R^2$ は単位時間に惑星全体に吸収される日射の全エネルギーであり, $\tau_c = R/c$ は音波が全球的

なスケールに伝ばするに要する時間である. 換言すれば, 自転のおそい惑星上の大気的全運動エネルギーは, 日射が時間的に際限なく降り注いでいるのにかかわらず, いくらでも増加するのではなく, 定常値 E で飽和する. その値は, 気圧, 密度のパルスが全球的に緩和するに要する時間内に受光した全日射量に, ある係数を乗じたものである. なお, 音速は大気を水平な単一層とみなした場合の重力波の水平伝ば速度でもあるから, τ_c は重力波が全球に広がるのに要する時間とも言える. (13) 式で全運動エネルギー E が惑星半径 R の三乗に比例するのは, 受光面積 R^2 に比例し, さらにその温度ショックが大気を押し広げて仕事をする時間 R/c に比例するからである. また (12) 式から, ほかの条件が同じなら半径 R の大きい惑星ほど, 平均風速が大きい.

惑星の自転が無視できない場合には, その影響を無次元の回転マッハ数 λ の関数 $f(\lambda)$ を補正係数として表現できると原著者は考えた. 回転マッハ数は, 自転による赤道の速度を音速で除したもので, 自転角速度を ω としたときに, (17) 式で表現される.

$$\lambda = R\omega/c \quad (17)$$

第1表 惑星の回転マッハ数と $f(\lambda)$

	回転マッハ数 λ	補正係数 $f(\lambda)$ の値
金星	0.00	1
地球	1.45	3
火星	1.00	2

金星のように対恒星自転周期 245 日 (あるいは 247 日) の自転のおそい惑星では補正係数 $f(\lambda)$ の値を 1 とする. 自転を無視できない惑星上で, 大気的全運動エネルギーの定常値 E は, (13) 式の代りに,

$$E = 2\pi k^{1/2} f(\lambda) \sigma^{1/8} c_p^{-1/2} I^{7/8} R^3 \quad (14)$$

とする. したがって自転のある惑星上では, 平均風速は (12) 式にくらべて $f(\lambda)$ の平方根を乗じただけ大きくなる. 地球では, 経験的に $E = 7.5 \times 10^{27}$ エルグ, (14) 式の右辺の $f(\lambda)$ 以外の値はわかっているので $f(\lambda)$ を求めると第1表に示すように 3 になった. なお k の値はすべての惑星で 0.1 であるとする. この値は (7) 式で, 地球上で, 経験的に, $\varepsilon = 4 \text{ cm}^2 \cdot \text{sec}^{-3}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $\delta T = 45 \text{ K}$ であり, I も M わかっているので求められた. 火星の $f(\lambda)$ は, 金星の 1, 地球の 3 から補間して第1表のように 2 であるとした.

このようにして、自転の効果をも考えた上で、金星に以上の考えを適用すると、平均風速 $U=1\text{m/s}$ 、昼半球と夜半球の温度差 $\delta T=2\text{K}$ となる。なお、自転の効果を入れるため、 δT を表現する (11) 式の右辺を $[f(\lambda)]^{1/2}$ で割る必要がある。ソ連が金星に軟着陸させたベネラ・シリーズの直接観測によると、地表で $U=2\text{m/s}$ 、 $\delta T=2\text{K}$ であるから理論と観測の一致は大変よい。なお、金星の高空には 50m/s を越える強風があるらしいが、ここで計算される風速は大気の質量全体についての平均であるから、大気密度の低い上層大気に風速の大きい所があっても余り関係がない。

火星にこの理論をあてはめると、平均風速 $U=60\text{m/s}$ 、赤道と極との温度差 $\delta T=100\text{K}$ となる。火星では砂あらしをしばしば吹上げる程に風が強いこと、Leovy と Mintz (1969) が火星大気のシミュレーションを大型計算機を使って得た風速や温度差とおよそ一致すること、極にはドライアイスが析出してもおかしくないほど低温であることが観測されていて、ここで求めた値は現在の火星認識としては妥当なものである。

地球については、もともと地球の観測値に合うように $f(\lambda)$ の値がきめてあるので、観測値の通りに、 $U=17\text{m/s}$ 、 $\delta T=40\text{K}$ になる。もし、地球大気が地上気圧 1 気圧の分子状水素でできていたとすると、比熱 c_p が空気の 14.5 倍になり、音速は $\sqrt{14.5}=3.8$ 倍に大きくなり、回転マッハ数は $1/3.8$ に減る。これは、1 日の長さが 24 時間から 3.8 倍に延びて 91 時間になった場合に同等で、 $f(\lambda)$ は半分になる。平均風速 $U=6\text{m/s}$ 、赤道と極の温度差はわずかに $\delta T=2\text{K}$ となり、地球上は温度が大変に一律で全く穏やかな気象になる。温度差が一律になる点に関しては、分子状水素の単位質量あたりの比熱の大きいことが大きく効いている。先に少しふれたように、ありそうにないことではあるが、中生代の大気に、仮りに比熱に関して無視できない程度の分子状水素が含まれていたとすれば (重量%は小さくても比熱が 14.5 倍も大きいので c_p は変る)、そのほかの条件は何も変えないでも地球上の季節変化は極めて小さいものになるだろう。

Golitzyn はほかにも沢山のことを述べて木星や土星にまでも論及しているが、本日はこれくらいにして次の話題に移りたい。以上が惑星大気に関する第三の分野、少しオーバーな表現をして統一理論の分野である。

第四の分野は、惑星大気中の相変化、凝結物の研究である。私個人の好みから言うと、今まで雲物理学を専攻して来たせい、この第四の分野が一番安心して接するこ

とのできる領域である。水以外の物質、アンモニア、メタン、二酸化炭素、硫化水素などの結晶成長、核生成、雲粒、降水要素などの析出、形成を扱う分野で、室内実験および理論の両面から取扱える。室内実験の例としては、東京理科大学の権田武彦講師が、150 気圧までえられる低温槽をつくって、高圧ガスの中で雪の結晶がどのような形をとるかを研究していることは、みなさんが気象学会の会場でたびたびご覧になっている通りである。気象大学校の卒業研究で、火星の極冠にできると思われる霜の研究をするために、舞鶴海洋気象台 (現在) の渡辺志伸氏が、火星の地表気圧のもとで氷の霜をこしらえた (1973)。

気象庁の気象衛星課 (現在) の齊藤優氏 (1972) は、同じく気象大学校の卒業研究で、結晶成長の数値シミュレーションの方法を開発した。私はその方法に結晶学的異方性を採り入れて、雪結晶の数値シミュレーションをおこなった (1972)。この方法は、ドライアイスの結晶にも、またメタンやアンモニアの結晶にも、物性定数が与えられれば適用できる筋合のものである。したがって、地球以外の惑星上の凝結物の解明にも役立つはずである。ただし、それが惑星大気として真の面白さをそなえるためには、火星には極冠があって季節変化を示すという観測事実があるから減圧下の霜の研究が生きて来ると同じく、メタンやアンモニアの雪とかドライアイスの雪や霜について、ひとかけらでも、ふたかけらでも惑星の観測事実が得られることが必要である。つまり、問題としては、第一の分野としてあげた惑星大気の実態の研究が必要となる。現在、日本でも、東大の宇宙航空研究所を中心にして、他の惑星へ観測ロケットを送り込む計画が議論されているので、若手会の中からも、積極的な発言が伸びて来ることを期待したい。

今日は、私が名古屋大学にいた頃に、室内実験で撮影したドライアイス、アンモニア等の雪や霜の結晶の顕微鏡写真のスライドを持参しましたが、時間の都合でお見せできなかったことは残念です。それについては、日本物理学会主催の夏の学校「地球の物理学」が、日本物理学会編の本として昭和 49 年の 4 月に出版されますが、私が第三章「大気と水圏」の章を執筆したときに、それらの写真を入れたので、機会があったらご覧下さい。

文 献

- Buppee, R.W., 1972: The origin and structure of easterly waves in the lower troposphere of North Africa. *J. Atmos. Sci.* **29**, 77-90.

- Golitsyn, G.S. 1970: A similarity approach to the general circulation of Planetary Atmospheres. *Icarus*, **13**, 1-24.
- 井尻正二, 湊正雄, 1957: 地球の歴史. 岩波新書, 220pp.
- Komabayasi, M., 1972: Two-dimensional computation of shape of anisotropic ice crystal growing in air. *J. de Recherches Atmosphériques*, **6**, 307-328.
- 駒林 誠, 1974: 大気と水圏, 日本物理学会編「地球の物理——現代の地球観——」第3章, 丸善出版社.
- Leovy, C.B. and Y. Mintz, 1969: Numerical simulation of the atmospheric circulation and climate of Mars. *J. Atmos. Sci.*, **26**, 1167-1190.
- Monin, A.S., 1972: *Weather Forecasting as a Problem in Physics. English Translation.* MIT Press, Massachusetts, 199pp.
- 齊藤 優, 1972: 2次元モデルによる氷晶成長の数値計算. *天気*, **19**, 293-297.
- Tapan, H., 1968: Primary production, isotopes, extinctions and the atmosphere. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **4**, 187-210.
- 渡辺志伸, 1973: 低圧下における霜の成長の実験的研究. *天気*, **20**, 427-434.

地球化学研究協会三宅賞の受賞候補者の推薦について

地球化学研究協会より、昭和49年度三宅賞の受賞候補者の推薦依頼が来ています。推薦を希望する会員又は他会員を推薦しようとする会員は、昭和49年7月6日(土)必着で、(1)受賞候補者名と略歴、(2)推薦理由(800字以内)および(3)主な業績文献リスト(4)会員氏名と連絡先(郵便宛先と電話番号)をそえて学会事務局あて申出下さい。

三宅宅要綱

1. 本賞は地球化学の研究に顕著な業績をおさめた科

学者に贈呈する。

2. 本賞は賞状とし、副賞として賞牌および賞金(30万円)をそえる。
3. 本賞の贈呈は原則として、1年1件(1名)とする。
4. 本年の贈呈式は、1974年12月4日(水)東京において行なう予定。

日本証券奨学財団からの依頼について

同財団は昭和49年度から、法律学、経済学、社会学、理学および工学の分野で、合計20件、1件100万円以内の研究助成金を給付します。申請手続は4月1日から5月末日の間に、研究者の所属する大学(63大学)を通じ

て行なうことになっていますので、給付を希望する会員は、所属大学を通じ、所定期間内に手続をおとり下さい。

気象研究ノートについてのアンケート

気象研究ノートの内容を一層よくしていくため、アンケートを行うことにしました。ご協力をお願いします。

1. 既刊号についてのご感想、ご意見(特定の号についてでも、全般的なことでもけっこうです)
2. 今後の企画等についてのご希望、ご提案
3. その他

用紙は自由、はがきでもけっこうです。

回答者のお名前と連絡先を記入して下さい。

あて先は 〒100 東京都千代田区大手町1-3-4 気象庁内、日本気象学会、気象研究ノート編集委員会。

締切は設けませんが、なるべく春季大会以前に届くようお願いします。

(気象研究ノート編集委員会)