

## 現代の自然変化\* (講演)

F. F. ダビタヤ\*\*

1967年5月24日、本学会と気象庁との共催で下記の内容の講演会が気象庁内で開催された。講演の通訳と本稿の作成をお願いした倉嶋厚氏(気象庁予報課)に深謝の意を表する。(講演企画委員会)

自然の持つ最も重要な特性の一つは、それが絶え間なく変化していることです。そして、自然界の各要素は、異なった速度で変化しています。しかもこれらの各要素の変化の速度は、その変化が自然に行なわれる場合と、人間の力が加わった場合とでは、やはり異なります。人間の力の加わらない野生の自然界においては、気候が最も変動しやすいものです。気候がいちじるしく変化するためには、数十年間で十分であります。気候の変化に続いて陸上の水資源や海の水文学的狀態に変化が起ります。そして動物相の変化がこれに続き、さらに野生の植物界に変化が起るのには数100年かかり、土壌の変化に数1000年かかって行なわれ、地形の変化に及ぶには、数万年から数10万年が必要です。

ところが、人間社会の出現とともに、自然界の変化と時間の関係は、全く異なってきました。たとえば、人間の力が加わった場合には、数10平方kmまたは数100平方kmの範囲内では、自然の変化は、もはやつぎの順序で起るのです。つまり、植物→動物→土壌→陸水→地形→気候という順序であります。

人間の経済活動は、とくに強力であります。人間の経済活動によく制限を加えられるものがあるとするならば、それは気候であります。たとえば、天気状態や陸の水資源が、数10年間の程度の期間に変化を起こすと、農業のやり方はたちまち変化します。というのは、農業は常にその存続条件に合わせなければならないからです。

よく問題になるのですが、気候による地域区分が、植物、土壌その他の要素による地域区分と一致しないことが稀ではありません。たとえば、地球上の乾燥地域は、

気候的に見た場合には全陸地の36%を占めています。これは陸水の観点から見た乾燥地域の面積比率とほぼ同じであります。しかし、植物の特徴から見た乾燥地域は35%であり、土壌から見た場合は43%で、それぞれ%が異なります。しかし、このように数字の異なるのは当然であります。と申しますのは、土壌、植物、気候などの各要素は、全体としては一つの自然を形成しているのですが、その変化は同時に起こらず、しかもその変化の速度も異なるからであります。ですから、一部の学者達が、個々の自然因子を使って定めた地域区分の境界を、相互に合わせようとして試みっていますが、これは、ある意味で無駄なことといえそうです。

人間による自然界の変化については、沢山の文献があります。植物相、動物相に対する人間の影響があまりにも大きいので、植物分布図や動物分布図は、現在では、動植物の分布の実際の資料によって作るのではなく、その生存のための生態学的条件をもとにして作られているほどです。人間の自然に対する影響は、私たちの世紀、つまり20世紀の初頭までは、多分に自然発生的なものであり、また割合、限られたものであります。

ところが、今世紀においては、人間の活動が急テンポで強まっており、その活動が、そのまま自然発生的に、コントロールなしに続くならば、それは人間に利益をもたらすどころか、害を及ぼすようになるでありません。一世代の人間の眼にさえ、ステップが砂ぼくに変わり、以前は一面の森におおわれていた平野がステップに変わり、そして河や沼が工場の廃液で汚れていく姿がうつります。地形の変化は以前よりもずっと早く行なわれ、風化、土砂くずれ、地すべりなどがよく起こっています。

しかし一方、現代の科学・技術の水準をもってすれば、多くの自然現象を、悪化の方向、涸渇の方向に指向

\* Recent Change in Nature

\*\* F. F. Davitaya, ソ連邦アカデミア会員, グルジア共和国科学アカデミア付属地理学研究所長(前ソ連邦気象局次長) 通訳 A. Kurashima

させるのではなく、自然を改造し、自然資源を富ます方向にもっていくことができます。そのよい例は、かつて不毛の土地であった中央アジアが、現在では全く改造され、豊かな灌漑地帯になったことであり、あるいはソ連邦の森林沼沢地や低地が干拓されたことであります。アメリカ合衆国におけるテネシー流域の土地改良もそうであります。その他、多くの先進諸国にも同様の例があります。そして現在では、気候変化の問題さえも——実は気候に対する人間の働きかけは、もっとも困難なテーマなのですが——それさえも現実的になりました。M. I. ブディオ教授の計算によりますと、現在、地球上の人間によって作り出されているエネルギーは、全陸地の面積で平均すると0.02キロカロリー/cm<sup>2</sup>年であります。同じ地面上の有効入射量の平均は49キロカロリー/cm<sup>2</sup>年です。もしも、人間の使うエネルギーが年々10%増加するとします。この10%というのは、きわめて現実的な数字であります。すると、人間によって作り出されるエネルギーは、100年以内に、太陽によって供給される熱とコンパラブルになります。このような状態になりますと、人間の活動の影響による自然現象の変化というものを、厳密な科学的計算によってコントロールしなければならなくなります。そうすることによって、起こり得る過失をとりのぞくことができるのです。この場合の過失は、そのままにしておくと、将来は、それをなおすのに大へん困難になる性質もっています。ですから、そういう過失を、厳密な科学的計算によって、とりのぞく必要があるのです。

何百年にわたって地下にねむっていた燃料鉱物が、現代では、数10年間も燃え続けています。これによって放出されるエネルギーは、地中に貯えられていた太古の太陽エネルギーです。現在、人間によって行なわれている、この大いなる実験は、間接的な効果をとまっています。この間接的な効果は、直接的エネルギー放出の効果にくらべて、決して見劣りのしない結果をもたらすものです。それは、大気中の炭酸ガスの増加です。これは地球の長波放射の減少をもたらし、したがって、大気下層の平均気温の上昇をもたらします。この効果は、それにとまなって起こる水蒸気量の変動、雲量の変動、大気中の塵埃量の変動などによって、弱められたり強められたりするでしょう。しかしながら、これらの影響についての十分に信用できる計算は、なにびとによっても、まだ行なわれていません。現在のところ、そのような計算をするための均質で代表性のある観測資料は、ほとんどな

いといってもよいでしょう。しかし一方、最近100~150年間において、なかんずく今世紀の20年代から、顕著な気候の温暖化が起こっていることは、よく知られています。この温暖化は、はじめ高緯度地方に現われ、次第に広がって低緯度地方に及び、地球上の大部分に広がりました。この温暖化は、最近の年代まで続いていたことが確かめられています。これは信用できそうです。40年代、50年代から注目され始めた若干の寒冷化の傾向が、温暖化の大方向の終末を意味するのか、あるいはまた、今後も続く温暖化の上に現われた一つの小さな変動にすぎないのか——現在のところ、やはり不明であります。

高山の氷河の後退も、気候の温暖化に関係があります。高緯度地方の氷結地域の減少（グリーンランド、南極大陸）や、極地方の海洋の結氷の減少、世界の海面のアイソスタティックな上昇も、同様に、気候の温暖化に関係があります。しかしながら、これらの関係は非常に複雑です。ある場合には、気候の温暖化は、氷河の後退をもたらすどころか、前進をもたらします。たとえば、気温の上昇が固体の降水をとまらなう場合がそれです。

現代の気候の温暖化の根本原因は、大気大循環の強化、とりわけその南北循環の強化にある、とみなされています。これは、地球上の熱の再配分を十分に説明してくれます。しかしながら、大気大循環は、気候温暖化の唯一の原因ではないでしょう。と申しますのは、大気大循環は、大気下層の気温を、地球全域にわたって上昇させたり、あるいは下降させたりするものではないからです。炭酸ガスの増加も、これまでは、気候変化に主要な寄与はしなかったと思われまます。とくにこの炭酸ガスの効果は、高山地方では一そう重要ではなくなります。ところが中緯度、低緯度の高山地帯の氷結現象には、あきらかに気候変動の形跡が認められるのです。また、これまでに人間によって作り出された熱エネルギーも、地球全体の規模で大気現象に変化を起こすには、まだあまりにも小さすぎます。もっとも、これら二つの作用、つまり、人間の使用する熱エネルギーと炭酸ガスの作用は、近い将来に、きわめて重大な意味をもって来るでしょう。

現代の気候の温暖化と融氷の増大の一つの原因は、私の仮説（ダビタヤ、1965）によれば、おそらく大気中の塵埃だろうと思われまます。われわれの行なった均質化した測器による観測の結果、つぎの二つのパラドックスをふくんだ事実につき当たりました。

第一のパラドックスは

(1) コーカサスと中央アジアの高山地帯では、最近の50~70年間は寒冷化が進んでおり、ある10年間からつぎの10年間、その10年間からまたつぎの10年間というように寒くなっている。そして降水量はあまり変わらないか、あるいはいくぶん増加している。にもかかわらず、氷河は後退しており、その体積は減少している。

第二のパラドックスは

(2) とけつつある氷の表面の温度は $0^{\circ}\text{C}$ であるのがふつうなのに、コーカサス、中央アジアの氷河の表面の温度は $0^{\circ}\text{C}$ よりもいちじるしく高い。

この二つのパラドックスは、最近数10年の間に地球大気中の塵埃が急速に増大していることによって説明できます。氷の表面にたまった塵埃は、太陽放射熱を吸収し、アルベドを減じ、その結果、入射量の増大をみちびきます。そしてこれは、たとえ他の条件が氷河の前進・成長に都合のよい場合でも、氷河の後退を起し得るのです。この仮説は、もちろん、氷河の変動についての他の諸要因を否定するものではありません。それは、ただ、もしも他の条件が同じなら、塵埃が氷河に大きな作用を及ぼし得る、ということを行っているのです。これは気候に対する塵埃の作用についても同じです。

空気が放射エネルギーによって直接にあたまる現象は、空気の熱の授受には、それほど大きな意味をもっていません。地面が太陽光線によって熱せられ、それに接した大気に地面から熱が与えられます。そして大気そのものの温度は、主として熱の乱流輸送によって上昇します。ところが大気中に塵埃があると、このプロセスに本質的な変化がもたらされます。固体の塵埃は太陽エネルギーを吸収して、直接に大気をあたためます。その上、塵埃は地球の放射冷却を減少させます。塵埃の粒は、吸着した空気分子とともに暖まり、上昇し、そして空気の乱流を増大させます。中心に塵埃をもつ目に見えない無数の「気球」が、対流圏下層の転位を強め、それを十分に暖めることができるのです。

では、本当に、大気中の塵埃は増えているのでしょうか。その証拠はあるのでしょうか。私たちはコーカサスのカズベク山中の高さ4600mの氷河上で、氷に含まれる塵埃の量を解析しました。図1をご覧になっていただきたいのですが(黒板に図を描く)、氷河中にこのような割れ目を見つけました。ご承知のように、氷河の断面には、樹木の年輪のような縞模様があり、それによって、氷の年代を知ることができます。そこで、各年代の氷を採取して、その中に含まれる塵埃の量を測定してみ

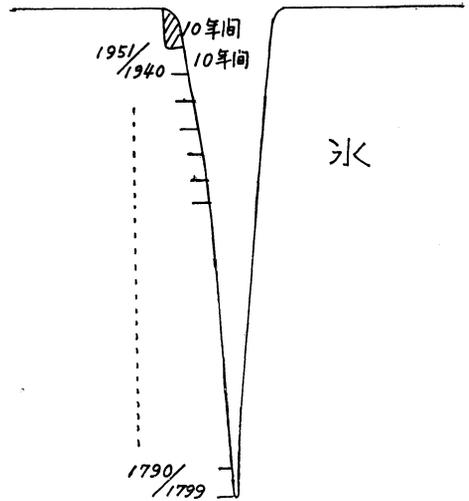


図1

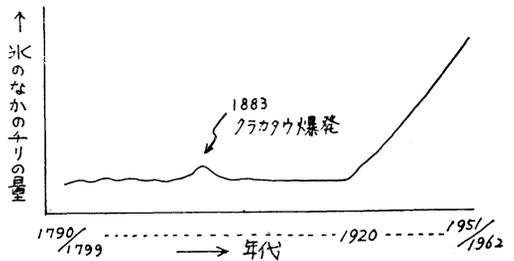


図2

ました。その結果が図2のようになっておりました。つまり、1920年代までは、塵埃の量はほとんど変わっていません。1880年代にわずかばかりの増大が認められますが、これは1883年のクラカタウの爆発のためでしょう。この増加はすぐにもとに戻っています。そして1920年代からの塵埃量の増大は、きわめて顕著であります。

大気中の塵埃の増加の主な原因は、人間の活動であります。

大気中の全塵埃量  $D$  は、

$$D = (D_c + D_v + D_m) + (D_{ae} + D_i)$$

で表わされます。

$D_c$  は宇宙起源のチリ、 $D_v$  は火山灰、 $D_m$  は海からの各種塩分、 $D_{ae}$  は風化によるチリ、 $D_i$  は工業の煤煙であります。

宇宙起源のチリと火山灰は、時おりはいちじるしい量に達しますが、ここ200年間の経過では、大気中のチリ全体から見れば、それほど大きくはありません。もちろ

ん、これは先ほど述べましたクラカタウ島の大爆発をのぞいての話です。しかし、クラカタウの場合にも、大気は数年間で清浄になりました。全大気中において、宇宙起源のチリの定常的な量は、平均して  $10^6$  トンであり、これはチリ全体の量の 1% 以下です。

海洋起源のチリも、大気中では量は少なく、地質時代としての現世紀の間では本質的な変化をしていません。したがって、上に述べた宇宙、火山、海洋のチリは合計してもその量は小さく、最近 100 年間には、平均的にみると、実際上はほとんど変化していません。風化起源のチリは、大気中のチリの大部分を占め、70~75% 以上に達しています。または工業によるチリの量も相当なものです。この二つで大気中のチリのほとんど大部分を占めています。しかも風化によるチリと工業によるチリは 10 年間の移動平均からみると、一定方向に増大しています。風化起源のチリの増大は、間断のない開墾地帯の増加、森の伐採、無森林面積の増大、ステップと砂ばくの進出、および最近 50 年間に観測されている大気大循環の南北成分の強化に相当しています。工業によるチリも、あきらかに急テンポの増加傾向をもっています。これは、都市、運輸、エネルギー生産、採取工業、加工工業の発達の結果であります。

さきほども紹介しましたが、私たちはクリミアのカラダグ、コーカサスのトビリシ、中央アジアのタシュケン

ト、カザクスタンのアルマ・アタにおいて、直達日射量の年合計の経年変化を、大気中のチリと関連させて研究し、また、カズベグの  $H=4600$  の氷雪上で、過去数 10 年間のチリの量を解析しました。また、1966 年には、これにもとづく理論的な研究をしました。これらの研究によると、大気中のチリの量は、今世紀の 20 年代から急激に増大し、現在のチリの量は、50~100 年前の 2~3 倍に達していることがわかったのです。

現在の自然界の変化の方向と強さを研究するためには、全地球規模で同じ方法で、同じ期間に観測する必要があります。ご承知のように国際地球観測年や国際太陽活動極小年の観測は、大へん重要な結果をもたらした。このような観測は今後、期限なしの長期間にわたって行なわれることになりました。また現在、水文観測 10 年間の観測が行なわれており、生物観測についても同様の計画が練られています。このような観測を今後もおしすすめるためには、観測全体のマスタ・プランを作ることが必要であり、そのためには多くの国々の地理学者の協力が必要です。このような観測資料の蓄積によって、私たちは、現在の自然の変化の方向を見きわめ、祖先から受けついで地球を、私たちの子孫の幸福のために、より富んだものにするように、自然の変化の方向をかえることができるのです。

ご静聴ありがとうございました。

### 【気象学会新刊】

気象集誌 45 巻 4 号

1967 年 8 月

L. T. KHEMANI and BH. V. RAMANA MURTY: ひょうの芽 (embryos) の性質	275—279
笠原彰・浅井富雄: 大規模運動に対する対流群の効果	280—291
松本誠一・二宮沈三・秋山孝子: 積雲対流と中規模擾乱とともなる収束域との関係	292—305
松本誠一・二宮沈三: 凝結高度の上の層に現われる中規模の温暖核と ドーム状寒気の影響下における対流活動	306—314
L. L. EVI・小林楨作: 水蒸気圧勾配の中で成長する糸状の氷	315—325
周徳・孫野長治: マレー半島の熱帯性積乱雲の三次元解析 (太平洋の雲, その 5)	326—331
福島円: 大気屈折率分布におよぼす山岳波の影響	332—341

気象研究ノート 92 号

1967 年 9 月刊行予定

1. 飯田陸次郎: 南北両半球大気間の相互作用
2. 中村 茂・清水逸郎: 成層圏・中間圏の温度と風の状態
3. 日本気象学会北海道支部主催: 気象衛星資料の利用に関するシンポジウム。  
(渡辺和夫・土屋 清・保利正男・その他)  
100頁. 予価 会員 360 円, 団体会員 460 円, 会員外 500 円  
[購入希望者は学会事務局に申込んで下さい.]