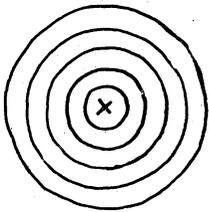


天 気

1954年

7月号

第1巻第3号



クラカトア噴火塵の移動

今 井 一 郎

去る三月にマーシャル群島のビキニ環礁で行われた水爆実験以来、日本の各地に放射能を帯びた灰や雨、雪が降り、それらが果して人工の放射能かあるいは天然のものか、もし人工的のものとするばどこから来たものかということが我々の深い関心事となって来ている。これらの放射性的の微粒子を運ぶ上層の気流については最近かなり資料がふえて来ているが、成層圏の気流についてはようやく断片的な資料が集まりかけて来た程度で、ことに赤道附近の上層流には不明の点が少くないためこの種の問題を論ずるにはまだ充分とは言えないようである。そ

こで、約70年前に東印度の一小島クラカトアで起った大爆発の噴出塵が実際にどのようにして地球の大半に拡がったかを振り返って見ることは、爆発の地点や規模などが今回の水爆実験とかなり似通ったところがあるので参考になる点が少くないであろう。

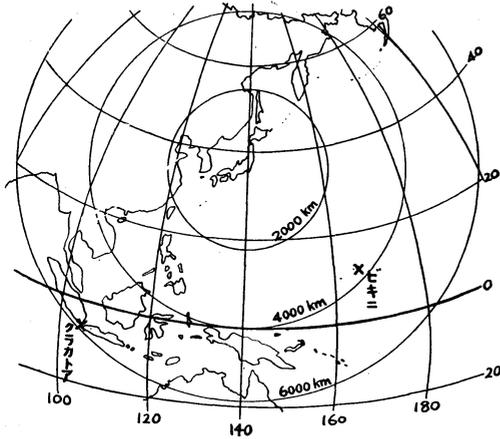
クラカトア爆発についてはロンドンの王立協会が調査委員会が作られ、その調査結果が“Eruption of Krakatoa” (1888) として出版されているが、筆者はこれを見る機会がなかったため、ここでは J.M.Pernter の一連の研究 (1889) や H.Wexler の調査 (1951) な

目 次

表紙写真	7月4日俊鶴丸帰る	成瀬弘
口絵写真	尾瀬の雲	酒井弘
解 説	クラカトア噴火塵の移動	今井一郎 1
	上層の風(II)(ビキニの風)	大井正一 5
	工場内の気象	久保次郎 9
報 文	風語解析	土佐林義雄 15
	伊勢小屋沢崩壊の総合的研究	読書中學校研究班 22
	そめいよしの開花日までの積算温度の一考察	篠原久男 26
写真説明	尾瀬の雲(仮称くらげ雲)	大井正一 27
雲鏡		29
書評	Meteorological Instrument 気象器械の扱い方	30
国際地球物理年		北岡龍海 31
土壌水分観測		日下部正雄 32
	ビキニ水爆実験調査について	大塚龍造 表紙3
	地球 玉川こども百科第20巻 4. 最近冷害記録 21, 西ドイツ(US地区)の産業気象観測網 28	

どを主な材料として簡単に御紹介したいと思う。

クラカトアの爆発



第1図 クラカトアおよびペレの位置

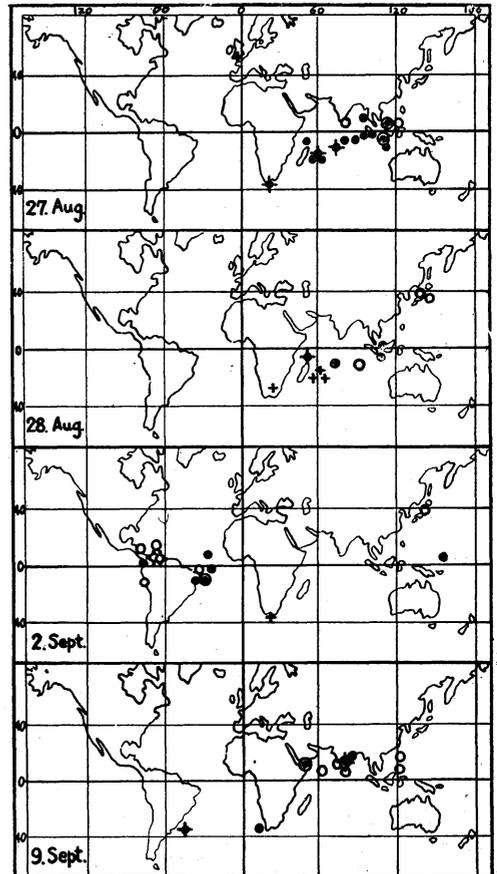
クラカトア島はスマトラとジャバの間のスンダ海峡にある小島で (6°9'S, 105°22'E), 1680年の爆発以来約200年間活動を休止し, Perbuwatan (海拔 122 m), Danan (456m), Rakata (800 m) の3火山があったが, 1883年5月20日に Perbuwatan が突如活動を始め, 約3ヵ月後の8月26, 27の両日に起った数回の大爆発で島の総面積 33.5km² の約3分の2が吹き飛び, 南部の 10.6km² を残して活動を終息した。これら数回の大爆発の中で最も激しかったのは27日の10時0分に起ったもので, このときの噴煙は目測* で約30kmまで昇ったと言われるからペレ=水爆とほぼ同じ高さまで達したわけである。爆発の音は 4,800km 離れたインド洋西部の Rodrigues 島や約 3,000km 離れたマニラやセロンでも聞かれ, 気圧振動は地球上を数回往復して世界各地の自記気圧計に記録を残した。又津波は島の附近で35 m; 日本の三崎でも1mに達し, 30,000人の現住民が生命を失った。爆発によって噴き上げられた物質の総量は熔岩, 火山灰, 土砂などを合せて約 18km³ と見積られ, この内約3分の1が30mile以内に落ち, 25mileの地点で1ftの厚さに積った。他の3分の1は2,000mile以内に落ち, 残りの部分(一説には1km³以下とも言う)は軽石質の微粒子となって数年掛って地上に落下し, この間世界の大部分に異常薄明, 太陽や月の着色, Bishop 環などの珍らしい光学現象をおこし, 又3年の間地球上の日射量を10%以上も減少させて凶作の原因となったことは著名な事実である。

噴火塵の移動

噴火塵の一部は爆発の翌日には既に日本附近や大西洋の上空にも現われて色々の光学現象を起こしたが, 灰の主体は赤道地帯を東から西に時速 73mile (=32m/s =2,800 km/day) で移動して少くも2回以上地球をまわ

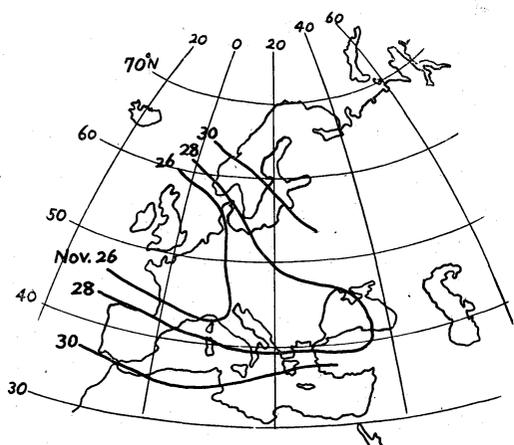
った。一周するには約13日を要した。一地点を通過するのに3~4日掛っているのに, 東西方向の拡がりには 8,000~11,000km と見積られる。これは偏東風内の風速分布が一様でないために拡散したのである。南北の拡がりも日時と共に次第に大きくなって, 第1週の終りの9月9日には平均で16°Nから22°S, 第2週の終りの9月22日にはほぼ24°Nから40°Sに及び, 10月には30°Nから50°Sまで達したが, その後はあまり拡がらず又移動も遅くなった。ところが11月23日に急に顕著な移動が始まり, 11月27日にはヨーロッパと北米の全域に亘って著しい異常薄明現象が見られるようになった。このときの移動の様子は第3図からわかるように大西洋及び太平洋上から東に拡がって大陸の上空に達したもので, 爆発直後に赤道附近を東から西に流れたのとはちょうど逆の方向である。つまり, 爆発後約3ヵ月間は赤道の両側の比較的狭い東風帯内にあったのが次第に西向きの流れが遅くなり, 11月の末になって急に中緯度の偏西風域に侵入して北緯60度以北まで拡がったことになる。これに伴って灰雲の主体は12月以降は追跡できなくなってしまっている。

上層気流による説明



第2図 爆発後2週間内の光学現象の出現地

* "Media" の船長 Thomson による。



第3図 欧洲における異常薄明の拡がり方

爆発当時の上層資料はもちろんないので、Wexler は 19km の高さの北半球の平均気圧配置を用いて以上の現象を説明している。19km を選んだのは爆発当時塵雲の高さは 32km であったがその後次第に低くなって 11 月には 26 km, 12 月には 19 km に下ったからである。これによると 8 月には赤道から 20 ~ 25°N まで帯状の偏東風があり、この北方には北米と北欧に大きな高気圧性の循環がある。偏西風は北水洋とグリーンランド上空の小範囲にしか見られない。東風が高緯度まで及んでいることは 19km の子午線方向の気圧傾度(第4図)からも知られる。9 月になると帯状東風は 20°N 以南に狭まり、偏西風は北米で 50°N, シベリヤでは 60°N まで下って来る。又メキシコの西岸と西太平洋とに東風域から北に向き北上流が現われる。10 月にも東風は赤道と 10°N の間に存在するが、8 月や 5 月に比べると細胞状となり諸所に北上流が現われ、偏西風は 25°N まで南下する。11 月になるともはや赤道東風はほとんど消失して偏西風が 10°N まで拡がり、南北の空気の輸送に対する中緯度高気圧の役割は増大する。12 月には、10°N 以北の全半球上に偏西風の波が卓越する。

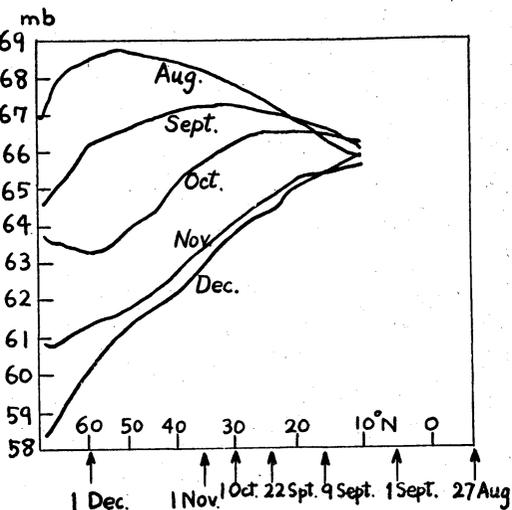
以上の上層風の模様からクラカトア噴火塵の主体の移動を考えると、爆発後約 1 カ月間は巾の広い赤道東風に乗って地球を数回まわり、その間に徐々に高緯度に拡がって行った。季節が進んで東風域が狭まると共に中緯度の高気圧性循環内に入り、10 月には西進速度が遅くなっていくつかの塊に分れて徐々に北に拡がった。11 月になると偏西風が南に拡がったため塵雲の大部分はこの中に入ったため急速に西から東へ、南から北へと拡がったと考えられる。

Wexler は又経度 10° 毎の気圧差の平均から子午線循環の強さを推算し、実際の Krakatoa 塵の北上速度とかなりよく合うことを見出している。南半球への拡がり方が北半球よりも早かったのは、爆発が南半球の冬に起

ったため、強い偏西風に乗って急速に拡がったのであろうと述べている。

噴火塵の大きさと落下速度

クラカトア噴火塵によって世界の各地に起った光学現象には空の混濁、異常薄明、太陽の着色などがあるが、中でもハワイの発見者 S. Bishop の名を取って名づけられたビショップ環は著しいものである。Bishop は爆発後 9 日目の 9 月 5 日に始めてこれを観測したが、* 同様な日環は 8 月 30 日に既に日本でも見られ、又 5 月の小爆発のあとでも海上で観測されている。これは光環の一種で、太陽光線が空気中の微粒子によって回折されてできるものであるが、雲や霧にできる光環に比べると著しく大きくて半径は 10° ~ 20° もある。回折をおこす塵埃の粒子が雲や霧の水滴に比べて非常に細かいためである。色は暈とは反対で、外側の縁が赤で内側は青白い色である。Pernter はこのビショップ環の半径から噴火塵粒子の直径を計算して 1.9 ~ 3.4 μ なる値を得た。今この粒子の密度を 2.3 とし、Stokes の落下法則が成立つものと仮定して落下速度を計算して見ると、最小の粒子で 25m/day, 最大の粒子で 76m/day となり、30km の高さから地上に落ちるのにはそれぞれ 3 年及び 1 年を要することになって、地球上の日射量が 3 年の間平均値以下であった事実とだいたい符合する。しかし上空では空気分子の平均自由路程が長くなるので、実際の落下速度は 20km の高度で上の値の約 2 倍、30km では約 5 倍位になり、地上まで落下するに要する日数もそれだけ短くなる。一方又 Pernter は微粒子の密度を 2.3 と仮定したが、軽石質のものとなれば 1 前後としなければ



第4図 19 km 北半球の子午線方向の平均気圧分布。下方の矢印はクラカトア噴火塵の北限の位置。

* 噴火塵が時速 73 mile で東から西に流れたとするとちょうどこの日にハワイに達する。

ならないから、落下速度は反対に2分の1位に減り落下時間は2倍程度に大きくなる。しかしいずれにしても1,2年のオーダーになることには変りない。

Archbald は薄明の消失時刻から塵雲の高さを計算して次のような結果を得ている。

月	1888年					1884年
	8月	9月	10月	11月	12月	1月
高さ(km)	32	24	25	26	19	17

この爆発当時の32kmというのは Thomson の概測値30kmと一致し、又ビキニ水爆の20mileという値とも一致していることは興味深い。このことについては Wexler はオゾン層のために気温が急昇する高さとの関係があるものと考えている。塵雲の実際の下降速度はもちろん大気環流における垂直流の影響が加わるので、単に静止空気中の落下として扱えないのはいうまでもないが、爆発後1ヵ月で8km、半年以内に15kmも沈降し、その後2年余りも日射を遮ったということは、上空における落下速度が大きく、下層に入るに従って次第に緩慢になったと考えてよいように思われる。

どのようにして日本に来たか

Wexler は上述のように高さ19kmの平均気圧配置からクラカトア噴火塵の移動を説明したが、爆発の翌28日には既に遙か中緯度の日本や中国の上空にも来襲して異常な混濁や赤銅色の太陽を現出した原因については何も触れていない。

8月の、高さ20km以上の成層圏の気流は、この年が特に異常な年でなかった限り北緯50°以北まで東風であると考えてよからう。しかし日本はクラカトア島の北東方にあるから、偏東風に乗って日本まで運ばれるには地球を一周するの必要があり、これには前述のように、東風の強い赤道附近でさえ2週間近くかかるので、どうしても西寄りの風によって運ばれたと考えるより外ない。クラカトア島に近いバタビヤの Pibal 観測によると北半球の夏には地上から17km 迄までやや北分を帯びた東風であり、18km から22km の間に数 m/s 程度の弱い西乃至南西風が吹いて、その上に成層圏東風が吹いている。したがってこの圏界面附近の南西風に乗った灰の

部分が北半球に侵入したと考えることもできる。しかしクラカトア島と東京の距離は約6,000kmあり(第1図参照) 仮りに最初の爆発すなわち8月26日13時の噴火の灰が直線コースで50時間かかって日本に到達したと仮定しても、時速120km すなわち少くも30m/sの南西風が必要になる。一方ジャバ附近の下層の東寄りの風は濠洲大陸から吹き出す冬の季節風であり、これは赤道を超えると南西寄りになって印度支那方面に吹き込むから、これによって灰の一部が中国や日本附近へ運ばれたと考えることもできそうである。これ以上のことは当時の気象状態がわからないので論じるわけには行かない。

夏季以来の季節、ことに北半球の冬季に赤道附近で爆発が起れば、爆発によって生じた灰の一部が偏西風に乗って中緯度に来襲することは遙かに容易であろう。又夏季に成層圏高く吹き上げられて偏東風内に閉じこめられた部分でも、クラカトアの場合と同じように、秋になって偏東風域が淡まると共に偏西風に乗り移って、やがては地球の大部分をおおようになるであろうことは想像に難くない。又細胞状の中緯度高気圧の西縁には北上流があるから、ここを通過して中緯度に侵入する場合があることも考えに入れなければならない。まして中緯度地方で爆発が行われた場合を考えれば、卓越西風に乗って数日乃至十数日の内に北半球の中緯度全体に拡がり得ることは容易に考えられよう。* (気象研究所)

参 考 文 献

- J.M.Pernter (1889) : Der Krakatoau-Ausbruch und seine Folge-Erscheinungen, Met. z. 7, 329; 409; 447.
 J.M.Pernter (1889) : Zur Theorie des Bishopshen Ringes, Met. Z. 7, 401.
 H.Wexler (1951) : On the Effects of Volcanic Dust on Insolation and Weather, Bull. Amer. Met. Soc. 32, 10.
 H.Wexler (1951) : Spread of the Krakatoa Volcanic Dust Cloud as Related to the High-Level Circulation, Bull. Amer. Met. Soc. 32, 48.

* 1951年秋 Nevada の実験の時は約10日後に歐洲で異常に強い放射能を帯びた雨が観測されたという

地球 玉川こども百科第20巻

玉川こども百科の第20巻の地球が出で第一期20巻が全部そろったわけである。幼稚園児、小学生のための百科といわれているが、地球をわかりよく説明するのは非常に困難であろう。本書は写真135、カラー、色刷8、凸版72をつかって、星と地球、地球はまるい、ちずの話、地球のいんりょく、高い山ふかい海、海のこと、さむい所あつい所、地球のれきし、かせきの話、ち

そう(地層)、石をしらべる、日本の火山、あたらしく生れた火山、外国の火山、大じしん、つなみ、じしんけい、ちかくへんどろ、ちじき、でんりそう、地球の中はどうなっているか、じゅりょく(重力)、せきゆの話、せきたんの話、こうざんの話、水力はつでん、地球のみらいと項を27にわけてわかりよく説明してある。このような本で視覚からままとまった正確な知識を吸収できる児童は本当に幸福である。(伊東)