

# 1956年3月30日のベズイミヤン火山大爆発による 気圧振動の伝搬と火山灰の移動\*

村 山 信 彦\*\*

551. 21

## Propagation of Atmospheric Pressure Waves Produced by the Explosion of Volcano Bezymianny of March 30, 1956 and Transport of the Volcanic Ashes.

N. Murayama

(Observation Section, J, M, A)

As the result of examination of whole microbarograms obtained in Japan for recent several years, it is found that the tram of air pressure waves associated with a historical explosion of Volcano Bezymianny of March 30, 1956 has been clearly recorded in the microbarographs. Propagation of the pressure wave concerned is discussed and a comparison is made with that of the largest 1883 explosion of Krakatoa. An estimate of explosion energy is made in comparing with that of the other large explosion events. Lastly meridional transport of the volcanic ashes emitted from the Bezymianny explosion into the stratosphere is speculated by the aid of the recent finding on meteorology of the stratosphere referring to the 1883 Krakatoa and 1963 Agung ashes and so forth.

### 1. まえがき

1956年3月30日カムチャツカのベズイミヤン火山 (Volcano Bezymianny; 55°58' N, 160°35' E) の爆発は、1883年のクラカトア火山爆発に比較されるほどの最大級の火山爆発であった。しかしこの歴史的な事件も1957年になってソビエトの学者により報告され、日本ではその記事が測候時報<sup>1)</sup>に紹介されてあるが一般にあまりよく知られていない。

筆者は多くの気圧微小振動の調査研究を実施している途上に、日本各地での当時の微気圧記録中にこの火山爆発によって生じた気圧波の記録を見出した。そこで本報告でこの火山爆発からの気圧波の記録を示し、気圧波形の性質と伝搬状況を述べる。また直接到来波(A<sub>1</sub>)のほか源と反対方向から大円を半周以上して到来した波(A<sub>2</sub>)さらに一周以上して源から反射してくる波(A<sub>3</sub>)の存在

についても調査した。クラカトア火山爆発や他の大爆発などとそのエネルギーの対比を試み、特にクラカトア火山のときの古い気圧計の記録を再録して比較した。

さらに特に大気物理学的興味から過去の火山大爆発時の火山灰の子午面拡散移動を爆発規模に基づいて論ずる。

### 2. 気圧波の記録

ベズイミヤン火山はアラスカの活火山で従来噴火の記録は全くなかったが、1956年3月30日15h 11m JST (06h 11m GMT) の噴火は近年にない大爆発で山体の中央より東側の地域2km×1.5km×深さ1km (約3km<sup>3</sup>) が吹き飛ばされた<sup>1)</sup>。そのとき生じた空気振動は、2,000kmないし3,000km離れた日本にも亜音速で伝播した。低感度の微気圧計 (JMA 56型) 数地点に長周期の波から短周期の波までを含み最大振幅約1mbの記録をした。この微気圧計の周期感度特性は第1図のようである。B (釧路), C (秋田), D (輪島), G (室戸岬), H (鹿児島) の各地点の気圧波形は第2図に示した。ここで記録

\* Received Sept. 7, 1967

\*\* 気象庁観測課

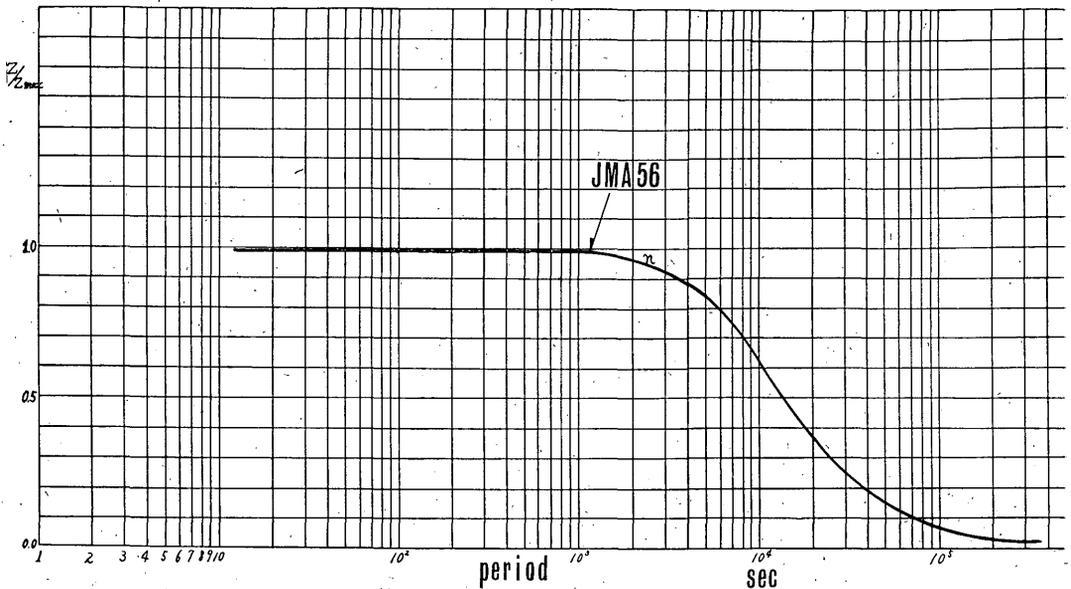


Fig. 1. Period response Curves of the microbarograph JMA 56 model.

は左から右へ時間経過し、下向きに圧力が増加している。記録の時間送りおよび振幅値は図のかぎ印のように水平目盛10分/1cm, 縦目盛幅1mbである。

源により近いB (1843.8 km) とC (2338.5 km) で約1mbで遠いH (3565.2 km) で、約0.5 mbと減少している。また波形は他の原因の気圧変動にかさなって非常に明瞭とはいいがたい(そのため当時観測者によって気づかれなかったものと思う)が、各地同じ特異な波形を示している。波形の位相を合わせ圧縮 (compression) の始まった時刻を発振時とし地図上に等発振時線図を描くと第3図のように、波の伝播が明確に確認できる。

第1表に波形記録の性質を表記した。上記A<sub>1</sub>波について、気圧、波の伝播速度(長周期重力波の群速度)を320m/sを仮定して求めた到来時刻は実際の記録より数分早く、第1表に示した推定の初到来として採用した時刻をとると300m/s~310m/sとなる。これは、火山の位置と爆発日から考えて伝播経路の大気が極地方冬季の比較的低温大気であることと定性的に矛盾しない。初到来波の最大の周期は12~13分(第1トラフと最大トラフの間)で、周期1分未満の短周期波が第2トラフと最大トラフの間にみとめられる。またここで最大振幅は第1リッジ(圧縮: compression)と最大トラフ(希薄: rarefaction)の間の倍振幅をとってある。最大トラフに後続して周期2~3分の波が数個みられる。波形はあまり明瞭な圧分散を示していないので周期対群速度の分

散曲線を描くことは困難である。

第2図B・D記録にそえ2~3分周期の追跡できるところまでリッジ・トラフ順にa, b, c, ……fを付記し時刻を読み取ったものを第1表に記した。fまでを振動継続時間とすると約30~40分である。

さらにA<sub>2</sub>(反対回りの波)、A<sub>3</sub>(一周後の再来波)について記録紙を調べたが明瞭な波形は見出せなかった。しかし発生が予想される時刻に周期数分の波形が見られるので、第4図にかかげた。B地点についてA<sub>2</sub>波予想時刻(320m/sによる)4月1日0h18m(JST以下同様)にも振動がみられるが1h17mころより周期12~6分の波がみられ、これについて逆に314m/sが算出される。同じくA<sub>3</sub>波について予想時刻3h31mより遅れ4h19mころより周期8~3minが認められ317m/sである。またA<sub>4</sub>については予想(320m/s)の4月3日1h05mより遅れ2h40mないし3h10m(これより256m/sを算出)の記録があるが、A<sub>4</sub>については分散形が全く認めがたいので多分他の原因によるものだろう。

次にC地点についてA<sub>2</sub>; 3月31日23h52m予想、A<sub>3</sub>; 4月1日3h57m予想し、ともに前後の記録から、もし記録されたとすれば多分これかも知れぬといえる波形がみられるが不確かである。D地点についても同様であるがC以上に前後の記録を考慮しても確認できない。GについてA<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>は認められずA<sub>4</sub>について図示したごとく4月3日2h30mころよりそれかも知れぬ記録がある。

Table 1. Data on Air Pressure Waves Caused by the Volcano Bezymianny Explosion of March 30, 1956.

location		$\phi$ 55°58.3'N $\lambda$ 160°35.2'E	time	Mar. 30, 1956		06h11m GMT (15h11m JST)					
Microbarograph Station		B: Kushiro 15.7		C: Akita		D: Wajima 20.2		G: Muroto		H: Kagoshima 19.4	
Distance from Epicenter		1843.8 km		2338.5 km		2709.2 km		3229.9 km		3565.2 km	
Expected time of propagation ( $v=320$ m/s)		1h36m		2h02m		2h21m		2h52m		3h06m	
Expected first arrival time (JST)		Mar. 30, 16h47m		17h13m		17h33m		18h00m		18h17m	
Direct Waves; A <sub>1</sub>	First occurrence	JST	m/s	JST	m/s	JST	m/s	JST	m/s	JST	m/s
	1st trough	16h50m	310	17h22m	298	—	—	(18h06m)	(308)	—	—
	largest ridge (rarefaction)	16h53m	301	17h26m	289	—	—	18h10m	301	18h32m	294
	largest ridge (compression)	16h57m	290	17h29m	282	17h45m	293	18h14m	294	18h36m	290
	2nd trough	16h59m	285	17h31m	278	17h47.5m	288	18h16m	291	18h38m	287
	2nd ridge	17h00m	282	17h32m	276	17h48.5m	287	18h18m	288	18h41m	283
	short period waves	16h59m	285	17h33m	—	17h49m	—	—	—	(18h48m)	—
	largest trough	17h06m	267	17h38m	265	17.54m	277	18h23m	280	18h46m	276
	a	17h08m	263	17h40m	262	17h56.5m	273	18h25m	277	18h47m	275
	b	17h11m	—	17h42.5m	—	17h58.5m	—	—	—	—	—
c	17h13m	—	17h44m	—	18h01m	—	—	—	—	—	
d	17h18m	—	—	—	18h03m	—	—	—	—	—	
e	17h20m	—	17h56m	—	—	—	—	—	—	—	
f	17h29m	—	18h07m	—	18h25m	—	—	—	—	—	
largest double amplitude period (first to largest trough) duration (rough estimation)	ca. 1 mb		ca. 1 mb		≥ 0.6 mb		≥ 0.5 mb		≥ 0.5 mb		
	13 min		12 min		13 min		12 min		12 min		
	40 min or more		45 min or more		40 min or more		30 min or more		25 min or more		
Antipodal Waves; A <sub>2</sub>	Distance	38156.2 km		37661.5 km		37290.8 km		36770.1 km		36434.8 km	
	Expected time of propagation ( $v=320$ m/s)	33h7m		32h41m		32h23m		31h56m		31h56m	
	Expected first arrival time (JST)	April 1; 00h18m		Mar. 31; 23h52m		Mar. 31; 23h34m		Mar. 31; 23h07m		Mar. 31; 22h49m	
Occurrence time (JST)	April 1; 00h18m (01h17m)		Mar. 31; 23h52m? (trace)		Mar. 31; 23h34m? not identifiable		Mar. 31; 23h07m?		None		
Period	12~6 min 314 m/s for 01h17m										
Return Waves; A <sub>3</sub>	Distance	41867.8 km		42362.5 km		42733.2 km		43253.9 km		43589.2 km	
	Expected time of propagation ( $v=320$ m/s)	36h20m		36h46m		37h07m		37h33m		37h50m	
	Expected first arrival time (JST)	April 1; 00h18m		3h57m		4h16m		4h44m		5h01m	
Occurrence time (JST)	April 1; 3h31m (4h19m)		April 1; 3h57m (trace)		April 1; 4h16m not identifiable				None		
Period	8~3 min 317m/s for 4h19m										
Subsequent Waves; A <sub>4</sub>											

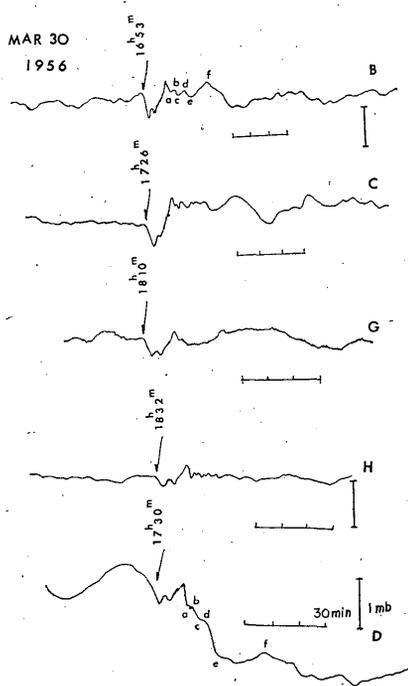


Fig. 2. Microbarograph records of air pressure waves ( $A_1$  wave train is the direct waves from the source) associated with the historical explosion of Volcano Bezmianny, Kamchatka of March 30, 1956. Compression is downward with one millibar per a scale as indicated and time proceeds from left to right with ten minute per a scale.

B: Kushiro; c: Akita; G: Muroto;  
H: Kagoshima; D: Wajima.

Vertical and horizontal scales are 1mb and 30 min respectively.

以上のことは第1表下らんに付記した。

以上のようにB地点だけ  $A_2$ ,  $A_3$  が分散定して他の地点に比し形から明白であるのは、源に近く波面が収縮 (contraction) するからかと推測される。

### 3. 議論

ソビエト火山学者の報告<sup>1)</sup>では1000km以内の自記気圧計に気圧振動を記録し、気圧波の速度はWとSW方向へ250m/s, EとNE方向へ330~340m/sとあるが、自記気圧計の時刻精度、応答特性などが微気圧計と異なり一般に前者が劣っているのでよい比較はできないが、日本は源のSSWで290m/s (最大リッジをとった)と比較される。

Stewart<sup>2)</sup>は英国内3地点 (Lerwiek, Eskdalemuir と Kew で源より7050km, 7630kmと8000km)の微気

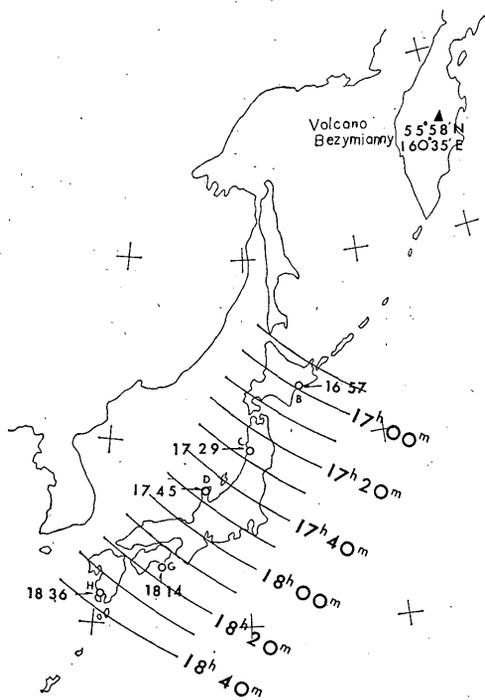


Fig. 3. Isochrone of the first compression of pressure waves originating from the Volcano Bezmianny in Mar 30, 1956.

圧計記録にこの爆発による気圧擾乱を認めた。われわれの記録のような準正弦波形でなく急な気圧下降 (約 0.2 mb) と上昇の記録であるが、伝播速度をそれぞれ 329 m/s, 326m/s と 326 m/s を算出した (原図から周期は約 10数分と読み取れる)。これは源より W 方向へ伝播した波である。

以上は簡単な報告であるが、爆発の2年後 Passechnik<sup>2)</sup>がソビエトでの地震波と気圧波についてのかかなり詳しい報告を出版している。それによるとソビエト国内5地点の微気圧計に  $A_1$  (5地点全部),  $A_2$  (1地点のみ),  $A_3$  (2地点)を記録した。しかし5地点 (最近地2250km, 最遠地モスクー6580km)の記録それぞれを詳しく解析しておらず、平均的な波形の性状と伝播速度を論じているのみである。すなわち初めの半周期8分、後の半周期10~12分 (図示の記録がわれわれと同様の最大周期は12~13分と読みとれる), 気圧の最大変化0.25~0.30mb (原論文は250~300barsと記されているが、最大の倍振幅は0.5~0.6mbであろう。図に尺度なし),  $A_1 \cdot A_2 \cdot A_3$ の速度がそれぞれ295~333 m/s · 318 m/s · 313 m/s

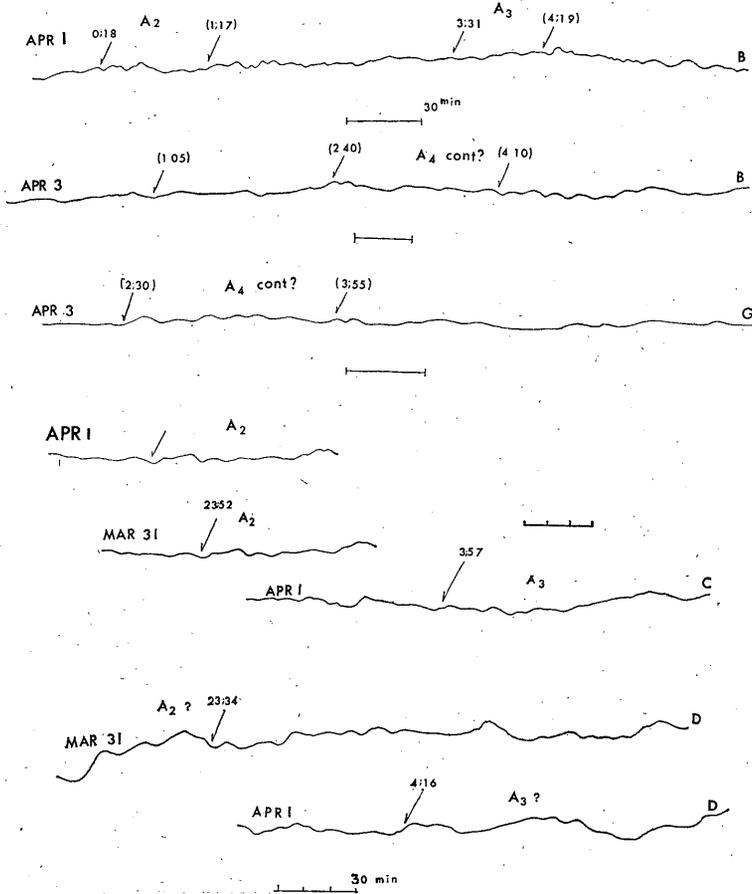


Fig. 4. Microbarographic records of air pressure waves ( $A_2$ ,  $A_3$ ...) presumably associated with the explosion of the Volcano Bezymianny of March 30, 1959.  $A_2$ ,  $A_3$  imply antipodal waves and return of the waves after a completion of global circulation respectively. See text for distinction of these wave trains from background noise. Horizontal scale is 30 min.

としている。また総継続時間は約30分である。

以上の報告をわれわれのものと比較すると波形はツビエトの記録とわれわれのものが酷似し、最大周期は共によく一致している。振幅は伝搬距離により減少しており、その様子は第5図にみられるとおりでである。伝搬速度はかなり種々の値をとっているが、総合すると  $A_1$  波の源から近いWないしSSW方向で低い速度の傾向がみられるようである。

あくまで想像にすぎないが爆発による山体の放出された部分が東側半分であることと関係があるかも知れない。

#### 4. クラカトア大火山爆発との比較

世紀の大火山爆発であるという点から、ベズイミヤン爆発をクラカトア爆発と比較するのは必須であると思われるが、クラカトアの場合は日本はもちろん世界でもまだ微気圧計が発明されていなかったため、比較に最適な気圧波記録がない。しかし幸いに明治9年(1876年)内務省地理局東京気象台に英国製King自記晴雨儀が設置され、クラカトア爆発のときの気圧波の記録がえられ、和田<sup>4)</sup>によって地震学会誌にそのときの現象の記述が掲載されている。それによると可聴音波を鳴響、気圧波を気浪とし、外国の報告を解説すると共に日本での上記の

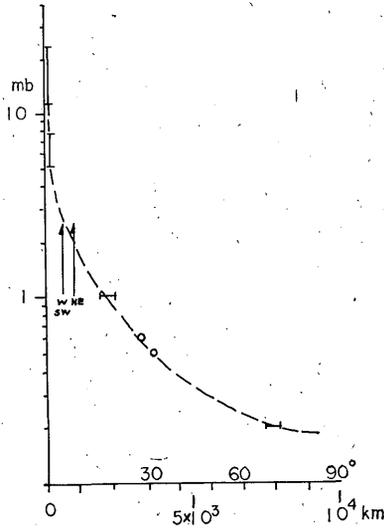


Fig. 5. Decrease of maximum double amplitude of pressure waves with distance from the source.

気圧計の気象を空気混濁として記述している。ここで当時の記録を第6図に再録することにした。ただし気圧の尺度とインチより mb に換算し、図中の記入された時刻は筆者の追加したものである。第7図にクラカトア（東京まで 5863 km）とベズイミヤン（秋田まで 2,339 km）の気圧波 A<sub>1</sub> の波形を比較させて示した。共に圧縮で始まり、ベズイミヤンの方に最大トラフの後に短周期波が見られるがクラカトアの方にそれが無いことを除いて、ほぼ相似した波形である。短周期波がクラカトアの場合にみられないのは、測器の応答特性が劣っているためであろう。両記録を点線で対応させ、波形の類似を示してある。これより火山大爆発のときの気圧波の波形がこのようなものであることがわかった。なお挿入の時間尺度から、クラカトアの方がベズイミヤンの約 3 倍の時間的広がり（周期相当）を示しているが、これはクラカトアの方がより大きい爆発であることによる。また一つには観測点までの距離の差（クラカトアの方が約倍）も原因していると考えられる。またこのような火山爆発の気圧波

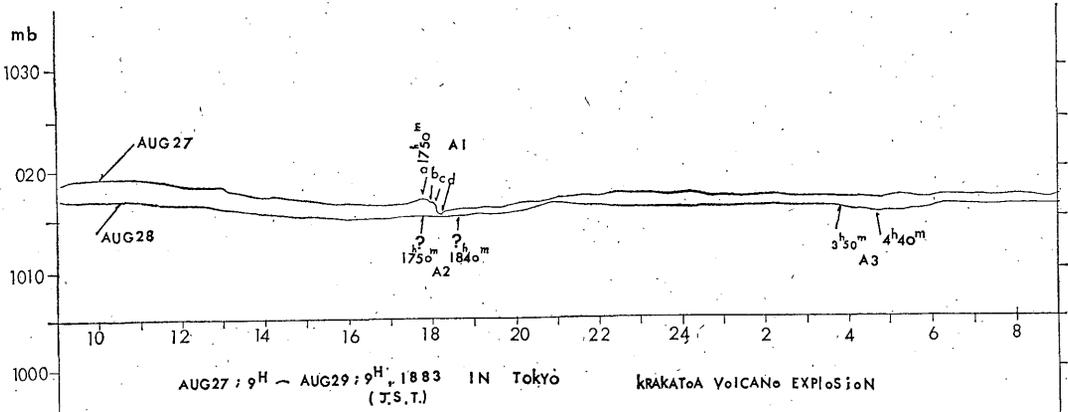


Fig. 6. King's barograph record in Tokyo which has left the trace of pressure waves from the largest explosion of Krakatoa occurred on August 27, 1883. This was reprinted from the wada's report<sup>4)</sup> with a modification of scale. See text for explanations of time and symbol.

形は遠地核爆発のような空中の単純な爆発による気圧波形とは著しく異なっている。

クラカトア爆発の気圧波の伝搬速度に関して、当時はこの種の現象についての知識が乏しかったため、和田の記述にも不明快なところがあり、またそれを引用したと思われる岡田の世界気象年表にも誤りと思われる記述があるので、ここで最近の知識をもって再検討した。すなわち第2表に記したように、1883年8月27日 11h 50m

(JST) に 6°10' S, 105°20' E (東京までの距離 5,863 km) で爆発があったとすると、A<sub>1</sub> 波について和田は距離 5,872 km を 285 m/s で伝搬し、18h 07 m JST 到来としているが、ここで 17h 50 m 到来を採り 271 m/s と気圧波としてはかなり遅い速度になる。もし速度 320 m/s を採用すれば 12h 40 m JST (したがって = 3h 40 m GMT = 11h 10 m L. T.) に爆発したことになる。A<sub>2</sub> 波については爆発後 30 時間に到着するはずで、11h 50 m 爆発なら 28日 17h 50 m

Table. 2. Data of air pressure waves caused by the Krakatoa Volcano explosion of August 27, 1883.

Location of Volcano Krakatoa: 6°10' S; 105°20' E			
Time of explosion; Aug 27, 1883; 11h50mJST			
Distance between Krakatoa and Tokyo; 5863 km			
A <sub>1</sub> waves	time of occurrence (JST)	travel time	travel velocity
Tidge a (compression)	Aug 27; 17h50m	6h00m	271m/s
Drongh b (rarefaction)	17h58m	6h08m	
ridge c	18h05m	6h15m	
trough d	18h15m	6h25m	

Table. 3. Comparison of energy estimated for the historic explosions.

Krakatoa Volcano <sup>6)</sup>	Aug. 27, 1883	$5 \times 10^{24}$ erg (100-150Mton)
Tunguska Meteorite <sup>5)</sup>	Jun. 30, 1908	$4 \times 10^{23}$ erg (10Mton)
Bezymianny Volcano	Mar. 30, 1956	$3-4 \times 10^{23}$ erg (8Mton)
Largest Nuclear Detonation <sup>13)</sup> (Novaya Zemlya)	Oct. 30, 1961	$2 \times 10^{24}$ erg (50-60Mton)

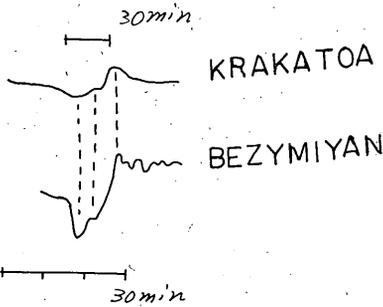


Fig. 7. Comparison of A<sub>1</sub> waves of Bezymianny explosion with that of Krakatoa.

(12h40mなら28日18h40m)のはずであるが、第6図の記録にはこれが認められず、A<sub>3</sub>については40時間後になるので11h50mに対し29日3h50m(12h40mに対し29日04h40m)に記録するはずで、こちらの方は第6図の記録にもそれらしいところが認められる。このようにして和田がA<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>について説明していることは不確かである。通常の自記気圧計ではクラカトアのような大爆発でも気圧波の正しい記録はえられない。なお参考のためA<sub>1</sub>波の第6図a, b, c, dの波形部分の伝搬速度を計算し第3表としておく。

### 5. 爆発エネルギーの比較

ベズイミャン火山爆発のエネルギーは、ソビエト学者

の報告<sup>1)</sup>では地震波  $10^{20}$  erg, 気圧波  $4.8 \times 10^{22}$  erg, 融雪エネルギーより  $5.65 \times 10^{22}$  erg, 溶岩流蓄積熱  $2 \times 10^{25}$  erg と規定している。ここでは気圧波から規定される過去の大爆発の推定エネルギーの最新の値とベズイミャンの場合とを比較しよう。

1908年6月30日のシングース隕石落下(一般にシベリア大隕石として知られており、近年彗星の衝突<sup>5)</sup>によることがわかっている)は、Whippleが  $3.2 \times 10^{20}$  erg, Scorerが  $4 \times 10^{24}$  erg としたが最近 Hunt ら\*により  $4 \times 10^{23}$  erg と算出されている。1961年10月30日の最大の核爆発実験は55~60メガトンで Whipple 流な推定をすれば  $10^{21}$  erg となるが Hunt らの方法では微気圧計の記録を用いて  $2.3 \times 10^{24}$  erg\* となる。そこでベズイミャンについても微気圧計記録の振幅を用い Hunt 流に推算すると  $3-4 \times 10^{23}$  erg となる。ここで  $1 \text{ cal} = 4.19 \times 10^7 \text{ erg}$ ,  $1 \text{ メガトン} = 10^{15} \text{ cal}$  により互の換算を行なう。最近 Press と Harkrider<sup>6)</sup> は、1883年8月27日のクラカトア火山爆発について100~150メガトン相当と推算(したがって  $4.2 \times 10^{24}$  erg になる)した。以上四つの大爆発のエネルギーを比較し第4表に掲げた。(\*印については核爆発の気圧波についての報告<sup>13)</sup>を参照)。すなわちベズイミャンのエネルギーはクラカトアや最大の核爆発より一桁低く、ツングース隕石落下と同程度であったと思われる。

6. 成層圏へ放出された火山灰の行動

ベズイミヤン火山爆発は大量の土を吹き上げたのであるから、その一部は成層圏へ放出されたはずである。しかし火山爆発の後遺現象として一般に知られている火山灰による日射量の減少などの大気光学現象は、爆発規模から期待されるのであるが、何一つ報告されていない。ベズイミヤンの火山灰の行くえはどうなったのであろうか？ かなりの量の火山灰が成層圏に放出されたと思うが、筆者の目にふれた唯一の報告は Bull と James<sup>7)</sup> によるもので、イングランド南西部上空で4月3日に15kmの飛行機により上空高度17kmに底をもつちりの雲を観測し、4日には12kmの高度で厚さ150mのちりの層(圏界面11km)を通ったという。これは多分ベズイミヤン火山の火山灰で、北極まわりで約75時間かかって英国に到達している。

細かい粒子からなる火山灰は成層圏の上層まで達したと考えられるが、噴煙が火口上35~40kmに達したという情報<sup>1)</sup>をここで採り上げて、他の火山の場合と比較する。クラカトアの場合は32kmに昇ったといわれてい

て、火山灰の広がりや日射量への影響について他の大火山爆発も総括した Wexler<sup>9)</sup>の報告がある。Wexlerの所論を引用しながら、ベズイミヤンは極地方でクラカトアは道地方であることを念頭におき、近年の成層圏大気循環の知識をもって、火山灰の行動を比較検討することにする。

また1963年3月17日のバリ島アグン火山爆発は、上記の二火山の爆発に比してずっと小規模であったが、気象光学およびエロゾル物理学的研究がより詳しくなされている。アグンの火山灰は22kmまで昇り南北両半球に拡散した状況がとられている<sup>10) 11) 12)</sup>。そこでまずクラカトアとアグンの火山灰の成層圏内子午面方向の移動を第8図(a)に示した。さらに Wexler<sup>9)</sup>の報告から、1902年5月8日のペレー、1912年6月6日のカトマイ各火山の火山灰の南北移動を同図の下欄に示した。ベズイミヤンについては筆者の想定する流れの方向を矢印をもって記入してある。それぞれの火山灰の放出緯度と高度の異なることに注意し、その流れを追ってみよう。

赤道地方の火山の火山灰の放出高度は極地方の火山のそれ(ベズイミヤンの場合)に比べそれらの規模を考慮に入れても低高度である。クラカトアの観測は古いけれども報告が正しいとして、ベズイミヤンより規模が大きいのに低いことの原因として、まず赤道圏界面上の強い

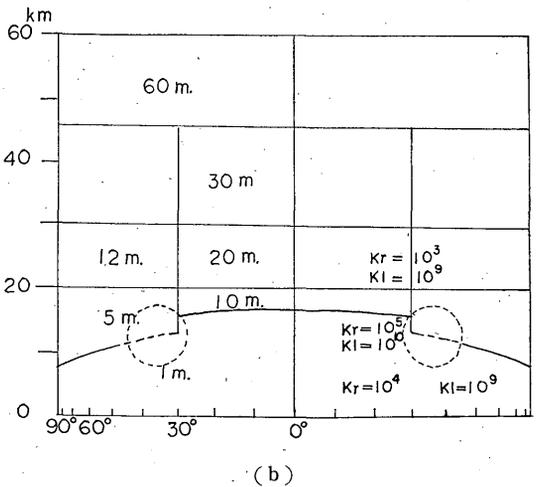
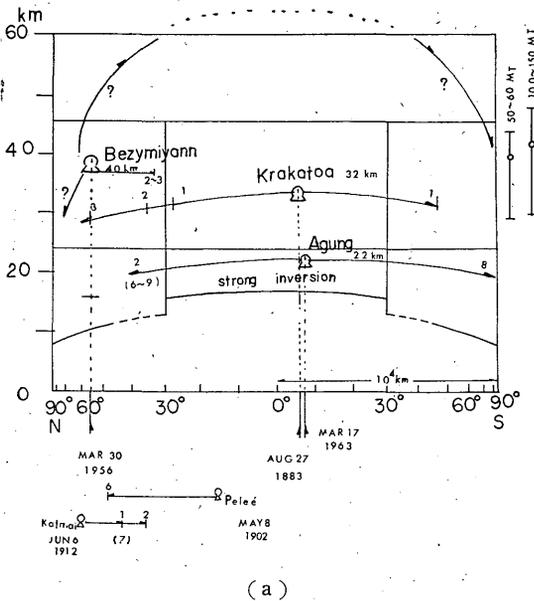


Fig. 8. Schematic representation of meridional transport of the volcanic ashes emitted into the stratosphere. Arrows indicate direction of the ash transport and figures attached there of imply the time from source in month. Notice the different altitude of ash cloud which depends on the scale of magnitude of the explosion and latitude of volcanos concerned. Cross section of the atmosphere inserted in the upper part shows the so-called half residence time of material in month, and vertical and lateral diffusion coefficients which are representative for several atmospheric divisions.

気温逆転を考慮する必要がある。極地方では極圏界面より上方の下部成層圏がほぼ等温層をなしていることと対応して推測される。図の右欄外に大規模な核爆発のきの雲のかさの中心の平均上昇温度を付記した。大気条件の違いによる高度の差の幅も図示してある。最近クラカトア火山爆発のエネルギー再評価によると100~150メガトン<sup>9)</sup>であるといわれている。

クラカトア火山灰の両半球への移動とアグン火山灰の北半球への移動状況を追うと、それぞれ高緯度への初到来時(図の矢印の上に経過時間を月単位で示した)を説明するには組織化された大気の流れすなわち子午面の大気大循環を考慮せねばならない。またアグン火山灰の北

半球へ6~9か月経過して到来した報告および南極へ8か月かかって到来したこと、またペレー山とカトアイ山の場合の経過時間(図示した)水平拡散の平均値をもって説明できる。たとえば南極まで8か月経過していること<sup>12)</sup>は、簡単にフィックの拡散式

$$\sigma = \sqrt{2kt}$$

ここに $\sigma$ は火山灰濃度成分を正規分布としたときの標準偏差で、 $k$ 、 $t$ はそれぞれ水平拡散係数と時間である。 $2\sigma = 10^4$  km とし  $K = 8 \times 10^9$  cm<sup>2</sup>/sec となり、成層圏平均水平拡散係数に一致する。

ベズイミヤン火山灰の移動について観測例がない。ま

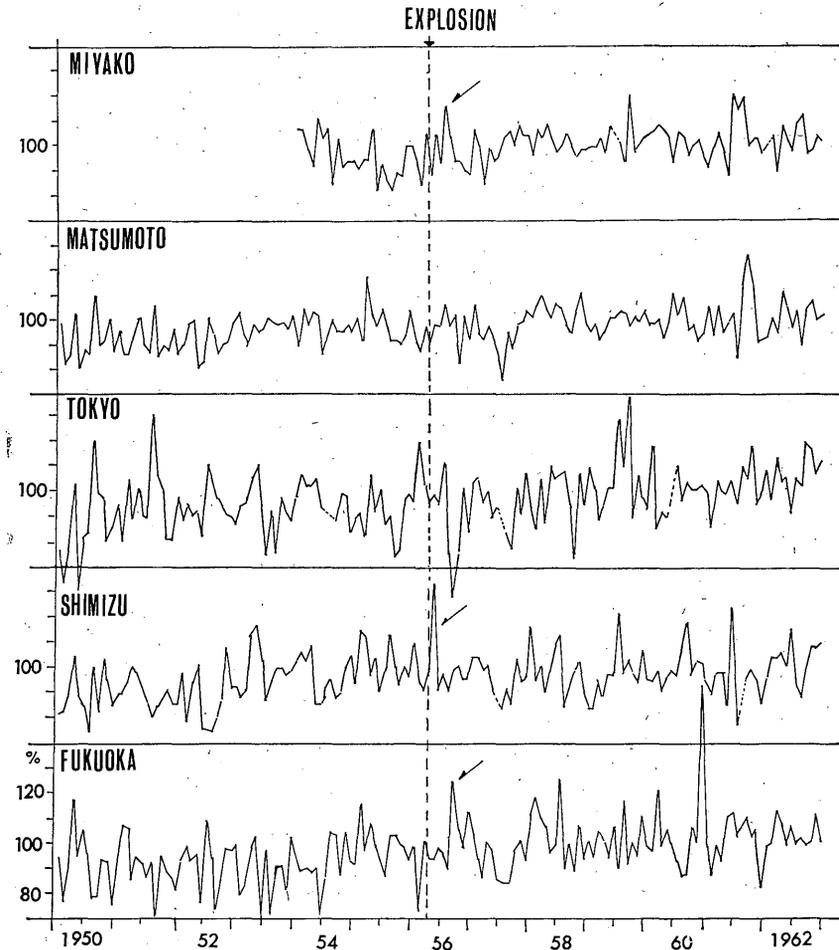


Fig. 9. Time variation of atmospheric turbidity parameter derived from the ground insolation at five stations for 1950-1962. Time of the Bezymianny explosion is denoted by a vertical dotted line. Unit of turbidity parameter is a percentage of monthly means divided by the corresponding ten-year-monthly means.

過を1950~1962年について第9図に図示した(図中東京・福岡以外の地点は比較的都市大気汚染の少ない地点と考えられる)。これら混濁因子の値は毎日9h, 12h, 15h 3回測定値の日平均から各月の平均を求め、それぞれの値を1953~1962年の各月平均値の対応する値で除した百分率で示してある。比較の基準として1953~1962年10年平均をとったのは大気汚染の増加による混濁因子の経年変化と、年による気候の違いのため、適当な1年間をとっても基準として適当でないからである。また各月ごとに相対比をとったのは混濁因子の季節変化を除くためである。しかし水蒸気の影響は完全に除かれていない。また混濁因子は変動の幅が大きいが、観測回数が多いので、標準偏差で変動幅を示すことを止め、各地に共通の傾向が見られるかどうかにより異常の存在の判定を求めた。図をみると矢印をもって示したように二三の地点で爆発後2~4か月に高い値がみられる。もしこれが、火山灰によるものとすれば、第8図に示した南向の流れで水平拡散の平均状態で説明できよう。しかしこの高い値は各地に共通して出現していないこと、高い値が後続して現われていないことから否定的である。しかし日本の混濁因子は水蒸気の寄与が特に著しいようで、このような調査には適していないとするのが最も適当のようである。したがってベズイミヤンの火山灰が南向きに広がったことを否定するだけの明確な証拠はない。しかし著しく日射量に異常をもたらすほどの火山灰の流れはなかったであろうことは推測されるのである。

ベズイミヤンの火山灰の大部分はどのような行動をとったのであろうか? 最近の成層圏気象の知識から推測すると次のようである。1)成層圏へ放出された火山灰で比較的低高度に放出されたものは放出後間もなくその緯度付近で対流圏へ降下した、2)成層圏の高々度へ放出されたものは、広い高度を南半球の極地方へ向かって輸送された。1)については成層圏フォールアウトの季節変化現象するわち春季に最大の降下があることから推測され、2)については成層圏大気の子午面循環特に Hesstvedt<sup>(14)</sup>の論文から支持されることである。

第8図に挿入した図(b)は対流圏および成層圏をいくつかの区域に分け(緯度と高度による区分)それぞれの区域における物質の半減滞留時間を示し(左図)、また両圏および圏界面間隙付近の鉛直、水平拡散係数の平均値を示してある。これらの値は主として核爆発によるフォールアウトの挙動の観測とその解析により最近求められた値を総括したもので、ここで述べた火山灰の移動にも適用できる。

## 7. むすび

以上1956年のベズイミヤン火山大爆発による気圧波の伝搬を日本の微気圧記録によって示し、気圧振動の観点から他の大爆発特にクラカタオのそれと比較をした。さらに火山灰の大気中の移動について最近の成層圏気象の知識に基づいて説明を試みた。結果を要約するとアブストラクト中に述べたとおりである。すでに10年を経過した過去の火山爆発についての報告としては遅きに失したきらいがあるかも知れないが、一つにはベズイミヤン火山爆発が気圧振動の面から見ると今世紀最大の火山爆発であるので歴史的事実として書き止めておきたからである。

本報告の草案を校閲し有益な助言を与えられた木村耕三地震課長・諏訪調査官、大野謙調査官に感謝したい。特に諏訪調査官には火山現象について種々の知識を与えていただいた。また日射の混濁因子の資料については鈴木敏文・藤本文彦両氏に負っている。これらの方々の御好意に深謝する。

## 参考文献

- 1) 気象庁火山係(1959)カムチャツカのベズイミヤン火山の噴火, 測候時報26 33-39
- 2) K. H. Stewart (1959) Air waves from a volcanic explosion. Meteor. Mag. 88, 1-3.
- 3) I. P. Passechnik (1958) Seismic and air which arose during an eruption of the Volcano Bezymanny, on March 30, 1956. Izv. Geophys. Ser. 1958, pp 1121-1126
- 4) 和田雄治.(1885) 気浪及上海浪説, 明治18年日本地震学会報告 第3冊 49-69
- 5) V. Fessenkov (1962) A note on the cometary nature of the Tungus meteorites. Prec. Sympos. On Astronomy and Physics of Meteors. Geophys. Rap. No. 75, 305-307
- 6) F. Press and D. Harkrider (1966) Air-sea waves from the explosion of Krakatoa. Science 154, 1325-1327
- 7) G. A. Bull and D. G. James (1956) Dust in the stratosphere over western Britain on April 3 and 4, 1956. Meteor. Mag. 85, 293-297.
- 8) H. Wexler (1951) Spread of the Krakatoa volcanic dust cloud as related to high-level circulation. Bull. Amer. Meteor. soc. 32, 48-51

- 9) H. Wexler (1951) On the effects of volcanic dust on insolation and weather. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 32, 10-15.
- 10) M. P. Meinel and A. B. Meinel (1963) Late twilight glow of the ask stratum from the eruption of Agung volcano. *Science* 143, 582-583.
- 11) F. E. Volz (1965) Note on the global variation of stratospheric turbidity since the eruption of Agung volcano. *Tellus* 17, 513-515.
- 12) E. C. Flowers and H. J. Viebrock (1965) Solar radiation: an anomalous decrease of direct solar radiation. *Science* 148, 483-494.
- 13) N. Murayama (1962) Pressure waves produced by the nuclear explosion on October 30, 1961- Preliminary Report. *Jour. Meteor. Soc. Japan, Ser. II*, 40, 222-231.
- 14) E. Hesstvedt (1964) On the water vapor content of the high atmosphere. *Geofys. Publ.* 25, 1-18.