

熱核反応爆発と天気*

—サー・G・サットン*—

(批判) 増田善信

アメリカ合衆国の AEC (原子力委員会) が熱核反応爆発実験を行ったと発表した直後にあたる 1954 年夏はイギリスと西欧で天気が悪かった。この符合は因果の可能性についての (不幸にも、しばしばゆがめられた感情的な) 憶測をもたらす。ここでは客観的に見てみようとするものである。

かかる研究は多岐に関係するので困難をきわめる。1954 年のデータは刊行されていないので爆発実験の影響をはっきり見るわけにいかない。注意深い統計的解析があるのであるが、それも数年を経過してからでないといけない。また気候のトレンドをしらべてその項を除かなければならない。もう一つの困難は 1954 年にどれだけの熱核反応爆発があったか、いつどこで行われたかがわからない点である。報道によると、太平洋の爆発エネルギーはたしかに推測できるが、ほかのくわしいことがわからない。

これらの因子は、低気圧の形成とか降水の現象のような多くの基本的大気現象の機構が現在のところ十分わかっていないのと結びついて、1954 年夏の悪天候を熱核反応爆発の影響だとはっきり言うのは不可能である。

気象記録からの証拠

イギリスの 1954 年夏 (6, 7, 8 月) は冷涼で湿り、うっとりしかった。イングランドとウェールズで 84 年

間に同じような冷夏は 6 回かなかった。しかしスコットランドでは 25 回の夏に多量の降水量があった。Kew の記録によると 1954 年夏の降水量は 9.4 インチで過去の記録 1903 年の 15.2 インチよりはるかに少なかった。今世紀だけでも 1924, 1927, 1946 年等が 1954 年より夏の降水日数が多かった。

夏はたしかに涼しかった。過去 53 回の夏のうち 1907 年と 1922 年につぐものであった。日射は少く、1906 年来 1912 年につぐ記録であった。

西欧で天気が冷涼で湿っていたが例外もある。多くの場所で 6 月は気温は平均以上、7 月にフランスは年平均降水量より少く、合衆国と USSR で夏は平均より暖く、合衆国ではやや乾いていた。また南と西のアフリカは湿度が多く冷涼、インドの季節風雨は平均以上、日本と Malaya^x で年平均以上の降水量があった。

かく複雑であったが年平均よりそうひどくはなかった。地球全体としてみて、全般的な規模で雲と雨が多く、冷涼であったかどうか問題である。J. G. グラスプール博士によると近年イギリスの気候型をしらべてみて、気候は非常に安定であり、大きい振動のトレンドがある。10 年の移動平均をとってみると、不規則な変動になる。たとえば、イギリスとウェールズの夏について、1901~5 年の間は平均値の線より低く、急に増し、1922~31—1929~38 年に平均以上になり、今は減少している。対応する雨の曲線は 1873~82 年にいちじるしい極大があり、現在は上昇している。夏の日射は低い方に向

っている。

このようなトレンドは数年前に指摘されたものを現在も続けているという考えに立っているが、数年すぎてみないとはっきりわからない。

大気環流の現在の知識では大西洋上の大気の大きなゆっくり動くじょう乱の形成と転向の機構を太平洋上の空気の独立した大規模な変動と関係つけるのは不適当である。しかし天気の形の相対的安定度と持続は爆発と一義的な関係におけない。大気じょう乱の運動エネルギーは渦動摩擦でかなり急に減少する。Brunt⁽¹⁾ によるとこのようなものは一週間に内にやんでしまう。

日時と大きさの程度

熱核反応爆発の影響の直接研究の困難は事実がはっきりわからないことにある。最初の爆発はエニウエトクで 1952 年 11 月にあった。1953 年 3 月 12 日にアイゼンハワー大統領が大規模な水素爆発と明言した。1953 年 8 月 20 日にブラウダは “a few days ago one of the types of hydrogen bomb was exploded” とのべた。これをアメリカの AEC は同日たしかめ、爆発日を 1953 年 8 月 12 日とした。しかしエネルギーの大きさも爆発の場所も公表されなかった。1954 年 3 月 1 日 AEC は、マーシャル島で爆発実験をしたとのべ、1954 年 3 月 29 日ストラウス提督は熱核反応爆発だとし、3 月 26 日に第 2 回の爆発が行われたと言った。最後に 1954 年 5 月 13 日ストラウス提督は一連の爆発実験はすんだと発表した。が日時については未発表である。

* Nature 175 (1955) p. 319

所載 (抄訳) 伊東暉自

** イギリス気象台長

x Malay 半島

アメリカの権威筋によると長崎爆弾の600倍の強度であったという。10¹⁶ gm. cal.の程度のエネルギーである。シヨール⁽²⁾によると平均低気圧のじよう乱の運動エネルギーは10mbの深さで1,400kmの直径なら3.5×10¹⁶ gm. cal. またプラントは大気環流の運動エネルギーは7×10¹⁹ gm. cal.のオーダーであるとした。結局水爆で小低気圧を1つ加えた程度であり、10,000分の1の運動エネルギーを加えたことになる。プラントによると大気じよう乱は1m²につき約1 gm. cal.の運動エネルギーを消費する。それで最大の火山爆発の場合でも、大気環流に影響を与えるようなものは6カ月経過以前に検出されていない⁽³⁾。

可能な分散系の影響

火山爆発が大気におよぼす影響については1902年と1912年の2回ペレー山*とカトマイ山**の噴火の時しらべられている。両方も噴塵を欧州の上空でつかまえている。ハンプリースの理論は全面的に受け入れられない。噴塵によるいちじるしい気候変化の影響は少い。シヨール⁽⁴⁾は“the additional short-wave radiation that reaches a horizontal surface in consequence of the scattering by dust particles seems to go some way towards compensating the surface for loss of direct radiation on account of obstruction by the dust”と指摘した。後に1912年に南ケンシントンで応用を示した。

太平洋の爆発で上層大気中に放出された細塵の量はクラカタウ噴火の時より(多分数けた)少い。この噴火によって全世界に光学的影響はあったが、天気には異常はなかった。パブロフスクでカトマイ山噴火は大気輻射に約20%の減少をもたらしたであろう。キンバル計算によると約

5%少い。ブルックス⁽⁵⁾は噴塵による気候変化は一般に冷却であると結論した。しかしそういうのは最大級噴火についてだけ言えるところである。水爆実験の塵雲が欧州の大気輻射におよぼす影響は検出が困難で、おそらく不可能であろう。

塵雲自身が降水のいちじるしい増加をもたらすかどうかの判定は容易でない。正統的気象の理論はイオンと非吸湿性粒子は凝結の核になるのに高い相対湿度があるので考えに入れられない。自由大気中で1%の何分の1かの過飽和以上の価はえられていない⁽⁶⁾。今日まで観測されたところでは海塩が凝結核の主役をなしている。イオウとチソの化合物もいくらか作用するが、一般に英本土のような海洋国では空気中に雨を降らすのに十分な凝結核を持っていると見られている。

もし水滴が表面に q, e, s, u の電荷を持っているなら、平衡水蒸気圧は

$$\rho_w R_w T \ln\left(\frac{e}{e_0}\right) = \frac{2\sigma}{r} - \frac{q^2}{8\pi r^4}$$

ここに ρ_w は水の密度、 R_w は水蒸気の単位質量のガス常数、 T はまわりの温度、 e と e_0 はそれぞれ水蒸気圧と飽和水蒸気圧、 σ は表面張力、 r は水滴の半径、ジョンソン⁽⁶⁾は雷雨のようになかなり高い電荷を運ぶときでも、水滴の生長を決めるのに電荷の役目を表わす項は重要でないとのべている。水爆からの放射性塵が爆発後どれだけ影響を持つかわかっていない。しかし非常に高い電荷がなければ水滴の生長に影響しないであろう。以上まとめると放射性物質は爆弾からであろうと原子力からであろうと大きい面積にいちじるしい降水の増加をとらうてもたらしそうもないといえる。

WMOは加盟国から原水爆と気候効果について情報を集めているが、どういふことになるかはその後になってはつきりするだろう。それにしても気象学の現在の知識でははつきりした結論を出すにはいたらないだろう。

文 献

- (1) Brunt : Phil. Mag. Feb, 1926.
- (2) Shaw : "Manual of meteorology" 2, 299.
- (3) Brooks and Hunt : Met. Mag. 64 1929.
- (4) Shaw : "Manual of Meteorology" 3, 128.
- (5) Brooks : "Climate through the ages" 1949.
- (6) Johnson : "Physical Meteorology" 1954.

(批判) 増田善信

1954年3月から5月にかけて、数回にわたって、ビキニ環礁で熱核兵器の実験が行われた。所が、其の直後の6月から8月にかけて、世界的に気候の推移に異常が現われた。従って、この異常気候が果してビキニで行われた一連の水爆実験によるものかどうかの問題になったのは当然である。これより先、日本気象学会昭和29年度総会は、水爆の爆発によって成層圏まで吹き上げられた灰によって、気候の変化が起る懸念のあることを警告も、原水爆の即時禁止を訴える声明を発表した。そしてこの声明を裏付けるための多くの研究が行われた。我々気象研究所予報研究室(竹平分室を除く)の室員も水爆と気候に関する共同研究を行い^{(1),(2)}、1954年夏季の世界的な異常気候は、その原因の全部ではないにしても、水爆の爆発によって生じたものであることを推定した。

所が、アメリカの原子力委員会(AEC)のマクタとハリス両氏は、原子爆発と気象の関係を色々の角度から調査し「原爆は天気には影響しない」という結論を出した⁽³⁾。一方、イギリスの気象台長サー・G・サットン氏はNature Vol. 175 (1955)紙上に「水爆の爆発と天気」という論文を発表して、「現在の気象学の基礎からだけで、水爆と天気の因果関係を決めることは極めて困難である」として同じく、否定的な結

* 西インド諸島

** アラスカ

× その後の事情については別稿を参照されたい

論を下している⁽⁴⁾。

このように、我々の研究結果と相反する結論が述べられているので、ここではどのような点でそのような相異が出たのか、主としてサットン氏の論文についてしらべてみたいと思う。

先ず、サットン氏は「太平洋で行われた水爆実験と世界の他の部分の1954年中頃の天気との間に一義的な関係があるかどうかを客観的にしらべるのが目的である。」と述べ、その調査態度が極めて科学的であるかのようにいっている。所が、「天気は気候の一次の擾乱であり*、1954年のイギリスの天気は過去の年に殆んど似ていて、それを越えるような偏差を示さなかったから、爆発の影響がたとえあったとしても、その大きさは、普通の天気変化を越す影響を越えるような大きさのものではない筈である」と断定している。水爆の影響があったとしても、同じ場所に、しかも一年を通じて同じように作用すると断定出来るであろうが、事実、我々の調査によると、過去の火山の大爆発後には、同じ場所でも季節によって著しく気候の変動の様相が変っていた。彼もイギリスの1954年の夏は悪天候であったことを認めているながら、1年を通じてみれば例年と余り差がなかったから、水爆の影響は大したことはない結論しているのである。

更に、彼は気候変化には'trend'があり、それを確かめるためには「数年後にならなければ分らない」と問題を不可知論の方へ持っている。所が、驚くべきことには、'trend'はこのように数年後でなければはっきりしないと述べていながら、昨年の夏の天候は過去数年の

'trend'の方向と一致しているようにみえると、積極的ではないにしても、昨年夏の気候の異常を'trend'の中へ入れようとしている。

1954年の夏が異常であったかどうかを示すために、過去の記録を持ちだし、夏が昨年より寒かった年が何年あり、降水量が昨年より多かった年は何年あったか等を示している。又、世界的にみると、西ヨーロッパや日本付近は冷涼であったが、ソビエト、アメリカでは例年より暑かったと述べ、1954年夏の世界的な天気状態はこのように複雑であるが、それ程異常ではなかったと結論している。しかしその反面、昨年の夏の天気の最も顕著な特徴は、地球上の広大な地域で、長期間の平均から期待されたものより雲や雨が多く、いくら涼しかったことであるという事実は認めている。

火山の爆発や水爆だけで冷害や夏の低温が起るとするのは速断である。事実日本でも、火山爆発によらない異常低温が頻繁に起っている。昨年の夏の気候が過去の記録を更新する程異常でなかったからと云って、水爆の影響がないと簡単に云えるであろうか。水爆の影響があったとしても、水爆の強さ、爆発型式、爆発場所、吹き上げられた灰の量等によってその影響の仕方が区々になるのは当然であろう。

従って、天気に対する水爆の影響があるかないかを確かめるには、直接には、日射量の減少、太陽の偏光観測、放射能測定ゾンデ等によって、水爆によって吹き上げられた灰が成層圏に浮遊しているかどうかを確かめることである。一方間接的には、水爆と同じ作用をもたらすと考えられる火山爆発の影響がどのように世界的な気温分布に作用したかを調べ、その分布と昨年の分布との間に類似性があるかどうか、しかもそれが統計的に確実であるかどうかを調べることである。サットン氏はこのような調査態度をとっていない。

日本に於ける日射量の最近の変化については、荒川秀俊博士が調査中であるが、悪天候のために観測回数が少なく、且つ水蒸気の補正等にも問題があるので、或いは余りポジティブな結果が出ないかもしれない。しかし、田中務博士の偏光観測により、直径1~0.8 μ の粒子が浮遊していることが推定されており⁽⁶⁾、石井千尋博士達の放射能測定ゾンデによる測定によると圏界面付近に人工放射性物質が浮遊していることが確かめられている⁽⁶⁾。

一方、予報研究室の共同研究によると、サットン氏も指摘しているような、西ヨーロッパ及び日本付近の低温、ソビエトロシアやアメリカの高温のような昨年の夏の世界的な気温分布はクラカトア(1883)モン・ペレー、サンタ・マリア(1902)、コリマ(1903)及びカトマイ(1912)のような火山の大爆発の後の夏の気温分布と極めてよく類似していることが示されている。しかも、そのような気温分布は火山の大爆発のときのみ特有であり、他の場合には現われないことが2%の危険率で云えることが統計的にも確かめられている。従って、サットン氏が昨年の夏が異常でなかったという論拠に示した世界的な気温分布こそが、火山と全く同じ作用を及ぼすと考えられる水爆の影響によるものであるという論拠になるのである。

次にサットン氏は非常に強い水爆の影響をしらべるには正確な爆発日とその規模が分らないものが多いので極めて困難であると述べながら、それでも大雑把に、ビキニ水爆のエネルギーと低気圧や大気循環のエネルギーとを比較している。そして、たとえ水爆のエネルギーが全部運動のエネルギーになったとしても小さな低気圧を一個付け加えた位のものであると結論している。このように全く性質の違うエネルギーを比較することが果して妥当であろうか、我々はこのような通俗的な考え方には

* サットン氏は天気(weather)を気候(climate)の一次の擾乱と定義しているが、ここでいう天気は一カ月程度の平均状態をばくぜんと呼び気候は平年値のようなものと考えている従ってここでの天気という言葉は我々が普通使う気候と同じと考えてよいだろう。

極めて批判的である。勿論、水爆の爆発が、衝撃波や雷雨を生じ、爆発地点付近の天気直接影响到を与えることは、広島の場合をとってみても明らかである。しかし、水爆の爆発が大気の大循環に直接（太陽輻射をさえぎる等によって間接に作用するものは除く）作用しないだろうという点については我々もサットン氏と一致している。

最後にサットン氏は水爆によって散布された灰の日射量及び降雨に対する影響の有無を論じている。彼は火山の大爆発によって吹き上げられた灰によって地上に達する太陽の輻射量が減少し、冷たい雨の多い天気、寒気の厳しい冬さえも生じるであろうという単純なハンフリーの所論と、これに反対するショーの所論を並記し、火山の爆発による気候に対する直接的な影響はないと述べている。勿論、ハンフリーの如く単純に考えられないことは事実であるが、世界的に特長のある気温分布が火山の爆発によるものであることは前述の通り統計的に確かめられているのである。

水爆の塵が降水量の増加をもたらすかどうかについてもやはり彼は否定的である。即ち、凝結核の主役は一般に海塩であり、たとえイオン化していてもその影響は小さいと推論している。しかし、磯野謙二、駒林両氏によると、火山爆発は氷結核や

凝結核の大きな源であり、浅間山の爆発が明らかにその付近の降水量の増加に関係していることを統計的に示されている⁽⁷⁾。従って、水爆の塵も凝結核になり得る可能性も全然ないわけではない。

又、降水量の増加には唯、単なる凝結核の増加だけではなく、雨を降らせるような気圧配置が同時に必要になってくる。昨年夏季の全般的な降雨の増加は明らかにこのような気圧配置が持続したことが最も大きな原因であり、我々の研究によると、そのような気圧配置もやはり水爆の影響によって生じたものと考えられる。従って、このように考えると、昨年夏の降雨の全般的な増加も水爆の影響によるものと考えるのがより妥当ではなからうか。

このようにしてサットン氏は「現在の気象学の基礎や資料だけでは確実な結論は出せないにしても」と断りながら、「最近の熱核兵器の実験が1954年に認められた世界的な気候の異常を起したものとは考えられない」と結論している。

しかし、上のように考えると、彼の所論からは今の所確実なことは云えないという結論は出ても、天気に対する水爆の影響はないという結論は出ない筈である。しかるに、そのような結論を敢えて出したのは一体何の為めであらうか、ここに何かすっきりしないものを感じるのは独り

私だけであらうか。

参考文献

- (1) 増田善信、藤田敏夫；今夏の異常気候と水爆の影響。天気 Vol. 1. No. 4. (1954)
- (2) Staff Members of the Forecast Research Laboratory ; Climatic Abnormalities as Related to the Explosions of Volcano and Hydrogen-bomb, Geophys. Mag. Vol. 26, No. 3. (1955)
- (3) L. Machta and D. L. Harris; Effects of Atomic Explosions on Weather. Scienc No. 1. (1955)
- (4) Sir. G. Suthon; Thermo-nuclear Explosions and the Weather, Nature. Vol. 175, No. 4451 (1955)
- (5) 田中務；空の偏光率の測定、気象学会特別講演会。(1954年9月)
- (6) 石井千尋、前田嘉一、須田友重、新井芳子；上層大気中における放射能汚染、気象学会研究発表 (1955年5月)
- (7) K. Isono and M. Komabayashi ; The Influence of Volcanic Dust on Precipitation, Jour. Met. Soc Japan. Vol. 32, Nos 11~12, (1954)

(28頁よりつづく)

が、簡単にいうと、例えばアメリカで作ったノルマルな天気図に表わされるようなものを実際に天気図を使って計算すると日本付近は全部発散する。今度日本で作った日本付近の月平均の天気図を使うと収収する所もでてくる。使う天気図が違ふ、つまり別な言葉でいうと表わされているものがデータの領域によって違ふ。このことは当然であって本質的な問題ではない。つまりそのとき何をみるかによってきまってくる。

関口：地形の影響を入れるとき、例えば円錐形の丘の影響を入れると

き全体の mass の問題がうまくはいる可能性がありましようか。高さ1mのものとは1000mのものとは断面形が全く同じであるときに。

渡辺：つまり1mのものが与える物理的な影響と1000mのものが与える影響とは質的に違ふから、例えば大循環を考えると小さなものはみなネグルわけです。

関口：そうですね。

多田：気候の地域差を考えるとそれは気象学ではなく気候学で、或は地理学の一部となるのではないのでしょうか。

渡辺：そう規定すればそうなり

ます。

三寺：気象でも大気現象を対象としている。しかし気候の場合には大気現象の大量過程の規則性が存在するかどうか、気象学の場合にはそこまで拡張されるかどうか問題になる。それがはっきりするともう少しすっきりすると思います。それから、地形の影響は、気象学では少くも中心課題でないと思います。しかし気候学はむしろ地形・地物と大気現象の相互関連について論じる学問です。そして、気象観測値の平均値や、その変動などは気象統計の問題だと思います。(未完)