HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	「核の冬」の大規模原位置試験
Author(s)	藤井, 義明
Description	資源・素材学会平成22年度春季大会. 平成22年3月30日～平成22年4月1日. 東京大学生産技術研究所、東京都.
Citation	資源・素材学会春季大会講演集. (II)素材編, 105-106
Issue Date	2010-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42909
Type	conference paper
File Information	ujii_kakubakuhatsu.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

「核の冬」の大規模原位置試験

北大工　藤井義明

1. はじめに

「核の冬」（カール・セーガン、1985）に示された数値シミュレーションでは、3000 Mt の核戦争（市街地からの煤煙なし）で10Kの気温低下、たった100 Mtの核戦争（市街地からの煤煙あり）で32Kの気温低下が生じる。北半球は1年間氷付けになりほとんどの人類は死に絶え、南半球にわずかな人類が生き残る。以上から、核攻撃は自殺を意味することになり、これが核戦争の強力な抑止力となってきた。また、「核の冬」では、氷付けの後に起こる、核爆発の際の温室効果ガス放出による温暖化（核の夏）も言及されている。

しかしながら、「核の冬」で用いられたシミュレーション手法は素朴なものであり、影響を過大に評価しているなどと批判されてきたのも事実である。Robock et al. (2007)は最近の GCM (Global Climate Model)を用いたシミュレーションを行い、核の冬と同様な結果を得ているものの、数値シミュレーションだけでは、核の冬が実際に生じると断言することはできない。

ここでは、1945 年から 1963 年の 19 年間に 425 回にわたって実施された広島・長崎を含む計 545 Mt の大気圏内核爆発を、「核の冬」の大規模原位置試験とみなして、大気圏内核爆発が GST (Global-mean Surface Temperature)に与えた影響を示し、核の冬や Robock et al.の数値シミュレーション結果と比較する。

最後に、得られた結果の社会的インパクトや温暖化抑制策としての応用について述べる。

2. 核爆発の実施状況と GST の挙動

1945年にアメリカによる世界最初の核実験Gadgetが大気圏内で実施され、Little Boyが広島に、Fat Manが長崎に投下された。その後はアメリカ、ソ連、イギリス、フランスにより、次々と大気圏内核実験が実施された。1963年のPTBT（部分的核実験禁止条約）で大気圏内核実験が禁止され、ほとんどの核実験が地下に移行するまでに実施された大気圏内核爆発は計425回、545 Mtに及ぶ（菱田、2001）。なお、規模は大きくないと思われるが、大気圏内核実験自体は 1980 年の中国まで、中国とフランスにより実施されている（詳細は調査中）。

図 1 に 1880 年～2008 年までの GST を、VEI (Volcanic Explosivity Index) 6の噴火、有名な大気圏内核爆発・地下核実験の年あたり質量とともに示す。

1900年の前後数10年は1815年のタンボラ山以降では最大規模の噴火の頻発と太陽活動の不活発さ（図 2）のためにGSTが低い。その後は温暖化傾向が観察されるが、1945年の大気圏内核爆発の実施と同時に温暖化傾向が停滞した。温暖化傾向は1963年のPTBT後14年経過して1977年に再開している。停滞前後の GST の差は 0.5K であった。また、1970年頃には地球寒冷化が騒がれた。

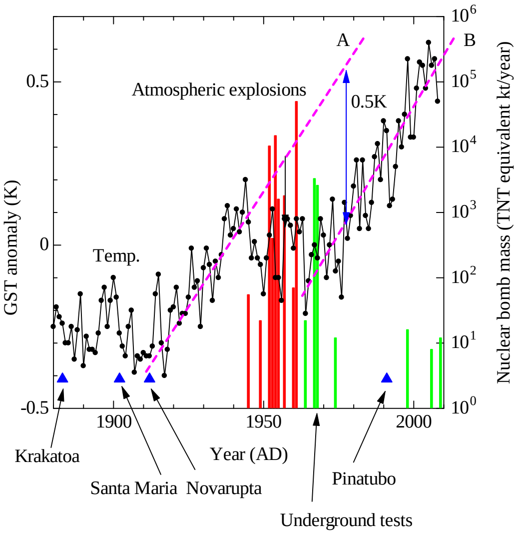

図 1　1880 年から現在までの GST 異常の測定値（NASA）、VEI6 の噴火（Wikipedia）、歴史上有名な大気圏内核実験（広島・長崎含む、ウイキペディア）と地下核実験の年あたり TNT 換算質量

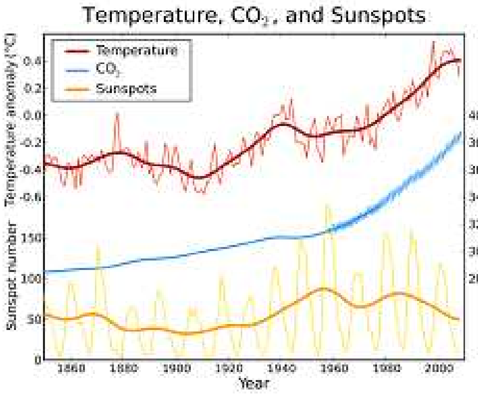

図 2　GST、CO_2 濃度、黒点数（Wikipedia）

この、1945 年から 1976 年までの温暖化の停滞時期にはVEI6の噴火は起きていない（1963年のMount AgungはVEI5であるが、VEI5 の噴火は 1980, 1982, 1986, 1991 にも起きておりGSTに大きな影響を与えていない）。太陽活動は1957年に極大があり、温暖化傾向の停滞とは矛盾する。時間的スパンから、ミランコビッチサイクルや大陸移動などが主な原因であるとは考えられない。

3. 大気圏内核爆発による GST 低下のメカニズムと傍証

大規模な噴火の場合は、噴煙が硫酸エアロゾルとなり日射をさえぎり GST を低下させることが明らかになっている。対流

圏と成層圏の境界に達した噴煙はジェット気流に乗り半球に広く拡散し、成層圏に達した噴煙は数ヶ月から数年とどまる。「核の冬」でも類似のメカニズムにより核戦争の煤煙が GST を低下させるというシミュレーション結果が示されている（なぜか、545 Mt にも達する核実験による気候変動は否定されている）。

しかしながら、「核の冬」と Robock et al. (2007)を参考にすると、市街地からの煤煙がない場合、1976 年における GST 低下量は、545 Mt が一度に爆発した場合、0.07K であり、545 Mt が 425 回にわたって平均的に一様な間隔で実施された場合は 0.8K と見積もられる（Fujii, 2010）。実際の核爆発の詳細スケジュールは不明であるが、観測された GST の停滞 0.5K はこの範囲内にあり、大気圏内核爆発が 0.5K の温暖化の停滞の原因であることを否定しない。

日本の気象研究所における ^{90}Sr と ^{137}Cs の月間降下量は、観測が開始された 1957 年から 63 年まで多く、その後減少し、現在約 1/3000 になっている（Fujii, 2010）。1986 年にはチェルノブイリ原子力発電所事故に伴う降下物の一時的増加がみられる。$^{239,\ 240}$Pu の月間降下量は 1965 年くらいまで現在の約 1000 倍になっている（Fujii, 2010）。また、北海道の馬や牛の骨中の ^{90}Sr 濃度は、1965 年にピークを持ちその後減少して現在はグラフでは読み取れないほど低いレベルである（Fujii, 2010）。したがって、大気圏内核実験で大量の粒子状物質が大気中に放出されたことには全く疑いの余地はない。

チェルノブイリ原子力発電所事故の際につくばで観測された放射性核種は SPM2.5（浮遊粒子状物質（粒径 10 μm 以下）のうち粒径 2.5 μm 以下のものをいう）が主であり、大気中を長期間漂うに十分小さい(Fujii, 2010)。

以上まとめると、温暖化停滞と時期が一致し、停滞の度合いもシミュレーションと一致し、爆発により大量の PM の放出された証拠があり、その PM は十分小さい粒径であることが推定される。したがって筆者は 1945 年～1976 年の温暖化傾向の停滞は大気圏内核実験が原因であると考えている。なお、温暖化再開時期が PTBT から 14 年後になっているのは、中国とフランスによる PTBT 後、1980 年までの大気圏内核実験の影響ではないかと考えている。

4. 研究の意義

観測された GST に対する大気圏内核実験の影響は、「核の冬」や Robock et al.のシミュレーション結果に基づいて見積もった影響の範囲内にあった。これは、核の冬や Robock et al. のシミュレーション結果の妥当性が大規模原位置試験で実証されたことを意味し、「核の冬」の核戦争抑止力をより強力にするものと考えられる。

TAR (IPCC)の GST に関するシミュレーション結果では、1945 年～1976 年の温暖化傾向の停滞がうまくシミュレートされておらず、タイミングのややずれた Mount Agung の噴火で無理やり合わせているように見受けられる。大気圏内核実験の影響を導入することにより、シミュレーションの精度がよくなり、より正確に将来の温暖化の予測計算が可能になると期待される。

また、過去の大気圏内核爆発に責任のある国々は、自国の行為が世界の気候に与えた影響を再度認識すべきであろう。さらに、現実にプチ核の冬が生じたとすれば、我々は現在、プチ核の夏を蒙っている可能性も否定できず、そうであったとすれば、責任はさらに重い。

洞爺湖（2008）、ラクイラ（2009）のサミットなどで、温暖化緩和策として謳われている 2050 年までの人為的二酸化炭素排出 50%削減は、IPCC の AR4 に基づけば、削減しない場合の 2000 年からの GST の上昇 2.3K を 1.7K にする効果しかないばかりか世界の GDP を 5.5%以上低下させる（藤井、2009）。

一方、大気圏内核爆発や大規模な噴火による GST 低下は観測により効果が実証済である。SPM2.5、具体的には、粒径 2 μm 程度に調整した炭カルを成層圏に大量に打ち込むなどの方法により GST を効果的に制御できる可能性がある。多数の不確定な仮定の下ではあるが、筆者の概算によると、たとえば毎年 1 億トンの炭カルを成層圏に注入すると 0.5K の GST 低下が得られる。年 1 億トンは不可能なほど大量にも思えるが、世界の石灰石生産量 38 億トン（2001 年）に比べると 3%である。このための費用も、非常に大雑把な見積もりであるが輸送機を使えば世界全体でおおよそ 3 兆円であり、現行の、日本 1 国でも数兆円に達しようかといわれる二酸化炭素削減策に比較すれば安上がりである（ミサイルだと概算 230000 兆円となり不可能なようである）。このための技術開発や産業創生により、不景気にあえぐ航空業界を含め世界の景気回復に多少寄与することも期待される。酸性雨が中和されればさらに好都合である。

もちろん大規模な環境破壊も予想されるために非常に慎重な検討が必要ではあるが、類似の技術として、北京ではヨウ化銀による人工降雨が既に日常的に行われている。なお、東京のこの 100 年で 3 度の気温上昇のうち 2.3 度の原因と思われるヒートアイランド現象の抑制に役立つ人工降雨は、大規模に行えば GST の制御にもある程度効果的かもしれない。

引用文献

藤井義明（2009）、今後100年くらいの間、人類が今と同じ程度の文化的生活を継続するために日本は何をすべきか、資源･素材 2009（札幌）企画発表一般発表(A)(S)講演資料、pp. 439-442

Fujii, Y. (2010), Influence of Atmospheric Nuclear Explosions on Climate Change, 90th AMS Annual Meeting, J19.5, Atlanta, Jan. 20

菱田昌孝（2001）、地表全球平均温度(SAT･SST)のレジームシフトに関する第二次世界大戦及び核実験の影響について、第 16 回海洋工学シンポジウム講演要旨集、pp. 29-34

NASA, http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/Fig.A2.txt

Robock et al. (2007), Nuclear Winter Revisited with a Modern Climate Model and Current Nuclear Arsenals: Still Catastrophic Consequences, JGR, Vol. 112, D13107

カール･セーガンら（1985）、核の冬、光文社