

よくある質問と回答

FAQ 11.2 | 火山噴火は、気候と我々の気候予報能力にどう影響するのか？

大規模な火山噴火は、二酸化硫黄ガスを上層大気(成層圏とも呼ばれる)に注入し、それが水と反応して硫酸水滴の雲を形成する。これらの雲は太陽光を宇宙に反射し、太陽エネルギーが地球表面に到達するのを妨げることによって、地球の表面を下層大気とともに冷やす。この上層大気の硫酸雲はまた、太陽、地球、下層大気からの放射エネルギーも局所的に吸収し、これにより上層大気を加熱する(FAQ 11.2 図 1 を参照)。地表面の寒冷化に関しては、例えば 1991 年のフィリピンのピナトゥボ山の噴火では、約 2000 万トンの二酸化硫黄(SO₂)が成層圏に注入され、地球の温度を最大 1 年間にわたって約 0.5℃低下させた。噴火はまた、世界的に降水量も減少させる。これは地表面での入射短波の減少が潜熱加熱の低下によって相殺されるためである(すなわち蒸発量が減少することによって降雨も減る)。

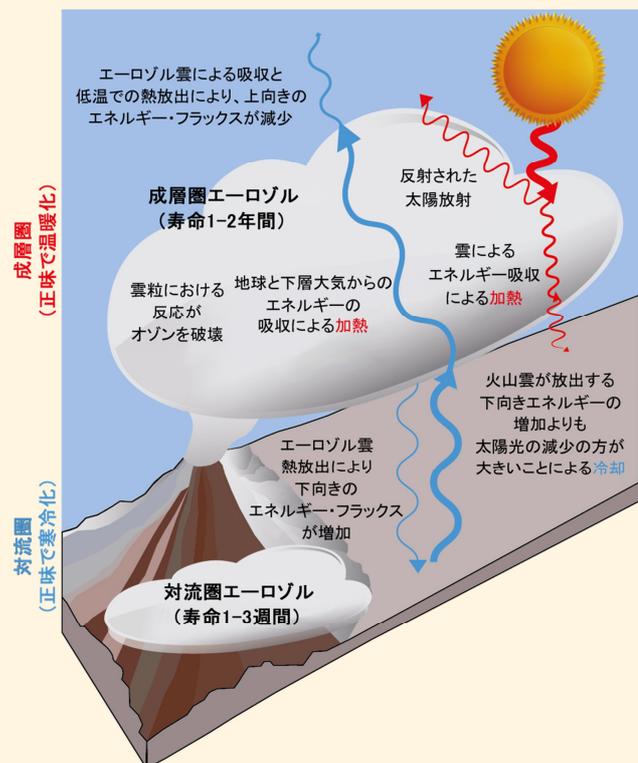
気候を予報するにあたり、今年火山が噴火していたら、来年あたりに著しい地表面の温度低下と上層大気の加熱が起きることは予期できる。問題は、活動が活発になっている火山を検出することはできるが、噴火の正確なタイミングや上層大気に注入される二酸化硫黄の量、あるいはそれがどのように分散するのかを予報することができない点である。これは気候予報における不確実性の原因の一つである。

大規模な火山噴火は、火山灰あるいはテフラと呼ばれる沢山の粒子を噴出する。しかし、これらの粒子は数日から数週間のうちにすみやかに大気から落ちてくるため、世界平均の気候に影響することはない。例えば、1980 年のセントヘレンズ山の噴火は米国北西部の地上気温に数日間影響を与えたが、成層圏にはほとんど二酸化硫黄を放出しなかったため、全地球の気候に対しては検出可能な影響はなかった。高緯度での大規模な噴火により成層圏に硫黄が注入された場合、それによって形成され得る成層圏雲は数ヶ月の寿命しかないため、影響が及ぶのは噴火した側の半球だけで、期間もせいぜい 1 年であろう。

熱帯又は亜熱帯の火山の場合は、全世界の地表や対流圏に寒冷化をもたらす。その理由は、上層大気に形成される硫酸の雲が 1 年から 2 年の間持続し、地球を広く覆うためである。とはいえ、成層圏の硫酸塩エアロゾルの分散は噴火時点の大気の風の状況に大きく依存しているため、その地域的な気候への影響は予報は困難である。さらに、地表面の冷却効果は概して均一ではない。なぜなら、大陸は海洋よりも温度が下がるため、夏季モンスーンが弱まり、アジアとアフリカに降る雨を減らすためである。また、熱帯域での噴火で生じた上層大気の雲は太陽光と地球からの熱も吸収し、それによって熱帯域では高緯度域よりも上層大気の昇温が大きくなることから、気候の応答はさらに複雑になる。

過去 250 年で最大級の火山噴火は科学研究に刺激を与えた。1783 年にアイスランドでラキ山が噴火した後、ヨーロッパでは夏季に記録的な高温となり、続いて非常に寒い冬となったとの記録がある。1809 年の詳細不明の火山と 1815 年のタンボラ山による二度の大きな噴火によって、1816 年には「夏のない年」が生じた。この年ヨーロッパと米国で凶作となり、食糧不足、飢饉、暴動の発生を引き起した。

50 年余りの中で最大の噴火であるところの 1963 年のアグン山噴火を機に、観測や気候モデル計算をはじめとする多くの近代的研究が行われた。その後 1982 年のエル・チヨン山と 1991 年のピナトゥボ山の二度の大噴火は、火山噴火の気候への影響に対する我々の現在の理解につながる研究のきっかけとなった。(次ページに続く)



FAQ 11.2 図 1 | 熱帯又は亜熱帯の火山が上層大気(成層圏)に影響し、大気(対流圏)温度を低下させる状況の概略図

FAQ 11.2(続き)

火山雲は成層圏に 2、3 年間しか残存しないため、気候に与える影響はそれに相応して短い。しかし、大きな噴火が連続すれば影響が長引くことはある。例えば、13 世紀末には 10 年に 1 回ずつ 4 回の大噴火があった。1258 年の最初の噴火は 1000 年間で最大のものだった。この一連の噴火は北大西洋と北極域の海氷を冷却した。もう一つ興味深い期間としては、3 回の大噴火とそれより規模は小さい複数の噴火が続いた 1963～1991 年がある(第 8 章にこれらの噴火が大気組成に影響し、地表面の短波放射を減少させた状況が記載されている)。

火山学者は火山活動の活発化を検出できるが、噴火するかどうかについて、あるいは噴火した場合にどれぐらいの量の硫黄を成層圏に注入するかについて予報することはできない。それにもかかわらず、火山は 3 つの点で気候予報に影響を及ぼす。第一に、火山噴火がかなりの量の二酸化硫黄を成層圏に注入した場合、その効果を気候予報に含めることができる。その際には、火山雲についての良好な観測結果の収集や、寿命が続く間に火山雲がどのように移動し変化するのかの計算など、相当な課題と不確実性の要因が関わってくる。しかし、観測や、最近の噴火についての優れたモデリングに基づけば、大噴火の効果の一部は予報に含めることができる。

第二の影響は、火山噴火は我々の予報において潜在的な不確実性要因だということである。噴火は事前に予報できないが、いずれは発生し、局所規模と地球規模の両方で短期的な気候影響を生じる。原則として、この潜在的な不確実性は無作為に起こる噴火や、我々の近未来アンサンブル気候予報における何らかのシナリオに基づいた噴火を含めることによって説明することができる。この研究分野をさらに精査していく必要がある。本報告書における将来予測には、将来の火山噴火は含まれていない。

第三に、観測に基づいて評価した硫酸塩エアロゾルの推定値と一緒に過去の気候記録を用いて、我々の気候シミュレーションの正確さを検証することができる。爆発性火山噴火への気候応答は、他の一部の気候に関わる強制力による応答と類似したものとして解釈することができ有用であるが、限界はある。例えば、1 回の噴火の影響をうまくシミュレーションすれば、季節及び年々予報に用いられるモデルの有効性の確認に役立てられる。しかしこの場合、個々の火山噴火への応答よりも長い時間スケールをもつ長期的な海洋フィードバックが関係するため、来世紀の地球温暖化に関わる全てのメカニズムを検証することはできない。