

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：82109

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25400472

研究課題名(和文) 巨大火山噴火が気候・生態系へ及ぼす影響：地球システムモデルによる解析

研究課題名(英文) Effects of large volcanic eruptions on climate and ecosystems: analyses with an Earth system model

研究代表者

小畑 淳 (Obata, Atsushi)

気象庁気象研究所・気候研究部・主任研究官

研究者番号：20354508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：火山噴火により成層圏へ放出された二酸化硫黄から生成した硫酸エアロゾル(煙霧質)粒子は日光を強く散乱・反射し、地表面への日射を減少させ、気温低下・降水減少・植生衰退などの環境変動を引き起こす。その総合的影響評価については今まで定性的理解のみであったが、本研究では、大気・海洋・陸域及び生物圏の諸過程を整合性良く組み込んだ気象研究所地球システム数値モデルを用いて、巨大火山噴火による二酸化硫黄放出量を与えた実験を行い、火山噴火による硫酸エアロゾル粒子の増加とその気候・生態系への影響を様々な時空間規模(一年～数十年、地域～地球)について定量的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Sulfate aerosol particles produced from sulfur dioxide injected into the stratosphere by volcanic eruption strongly scatter and reflect solar radiation, which decreases surface insolation and thus causes environmental changes such as decreases in surface air temperature, precipitation and vegetation. Although the increase in sulfate aerosol particles by volcanic eruption and the comprehensive effects on climate and ecosystems have so far been understood only qualitatively, the present study quantitatively elucidates the effects for different temporal and spatial scales (a year to several decades, and regionally and globally) through the experiments of sulfur dioxide emissions from large volcanic eruptions by using the Meteorological Research Institute Earth system numerical model in which many fundamental processes of the atmosphere, ocean, land and biosphere are consistently coupled.

研究分野：気候学、気象学、海洋学

キーワード：火山噴火 二酸化硫黄 硫酸エアロゾル 日射減少 寒冷乾燥化 植生衰退

1. 研究開始当初の背景

火山噴火によるエアロゾル(煙霧質)粒子の増加は一時的(通常数年以内)であるが日光を強く散乱・反射するため、地表面への日射を減少させ、気温低下・降水減少・植生衰退などの環境変動を引き起こす。噴火の影響は定性的には上記の様に理解されるが、定量的には、今までの観測・古気候研究(気象観測記録・年輪・氷床含有物などの解析)によると、気候・生態系の仕組みの複雑さ、資料の少なさ、分析精度の悪さのため評価の不確かさが大きい。

2. 研究の目的

今までの観測・古気候資料解析における不確かさを克服するため、本研究では、大気・海洋・陸域及び生物圏の諸過程を組み込み、各過程間の整合性が図られた地球システム数値モデルを用いて、火山噴火による二酸化硫黄放出量を与えた実験を行い、硫酸エアロゾル粒子の生成とその気候・生態系への影響を定量的に明らかにする。

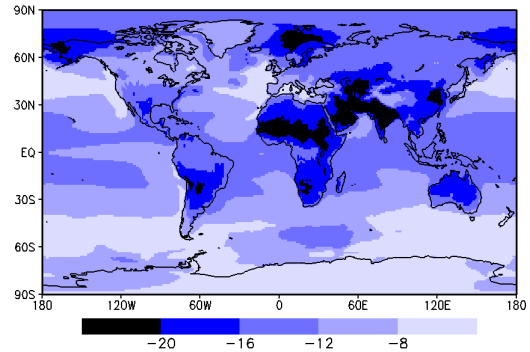
3. 研究の方法

気象研究所地球システムモデル(大気・海洋・陸域及び生物圏の諸過程を整合性良く組み込んだ数値モデル)を用いて、過去の大規模火山噴火による二酸化硫黄放出量を与えた噴火影響評価実験を行う。本モデルにはエアロゾルモデルが組み込まれており、噴火に伴い放出される二酸化硫黄の酸化による硫酸エアロゾル粒子の生成を計算出来る。

4. 研究成果

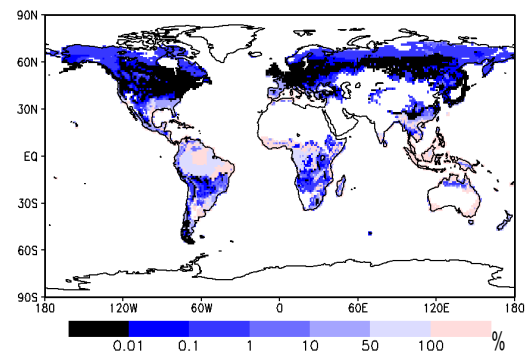
(1) 噴火により環境がどれ程変動し得るか調べるため極端な例として、過去10万年で最大と言われる約7万年前のトバ火山(スマトラ島)噴火を対象とした実験を行った。この時の二酸化硫黄放出量は、ピナツボ火山噴火(ルソン島、1991年、約0.4の気温低下をもたらした)の100~数千倍の規模と推定されており、今回の実験では300倍の量の二酸化硫黄をトバ火山上空の成層圏に与えた。その結果、噴火後数年以内に世界平均として、地表面への日射80%減少、気温1.2℃低下、降水量75%減少、これにより陸域植生の純一次生産(光合成量から植物維持呼吸量を引いたもの)70%減少、植生量は10年後に半分以下へ減少するなど、生態系を脅かす激しい寒冷乾燥化が示された(図1,2,3)。特に北半球の中高緯度では土壌水分の凍結で光合成が不可能となるため、寒帯林は枯死、消滅する。同様に温帯林の枯死も激しい。寒冷乾燥の気候状態は硫酸エアロゾル粒子の地表面への落下により数十年でほぼ元へ戻る。従って、陸域純一次生産は増加へ転じるが、激減した植生量は森林の成長を待つため復活には数十年以上かかる。この実験は数万年に一度の非常に稀な現象を対象としたものであるが、実験に示された噴火後数

年間にわたる降水量と純一次生産の激減は、飲料水と食糧生産の激減を意味しており、人類にとっても脅威である。



激しい寒冷化

図1 噴火から5年後の表面気温の変化



激減

図2 植生(炭素)量は、噴火から8年後何%になったか

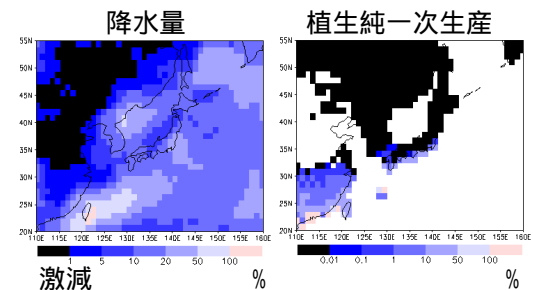


図3 日本付近、噴火から3年後降水量(左)と、純一次生産(右)は何%になったか

(2) 緯度の違う噴火では環境への影響がどれ程違うか、モデルの比較実験を行った。ここでは、過去二千年で最大級と推定される10世紀の白頭山(中朝国境、北緯42度)又はエルトギャウ(アイスランド、北緯64度)の噴火を対象として、各々の火山上空の成層圏に1991年ピナツボ噴火数倍の二酸化硫黄を与えた実験の比較を行った(図4:硫酸エアロゾル粒子の生成と広がり)。その結果、世界平均で見ると、どちらも概ね、噴火1年後、地表面への日射10 W/m²減少(-5%)、表面気温1℃低下、陸域純一次生産数%減少、土壌呼吸10%減少、といった規模の変動をも

たらず噴火であることが判明した(図5)。
(年の目盛の位置はその年の1月)

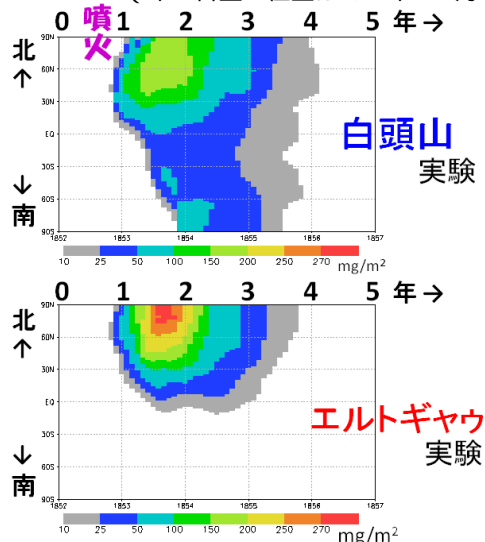


図4 東西平均した硫酸エアロゾル粒子量の時間変化

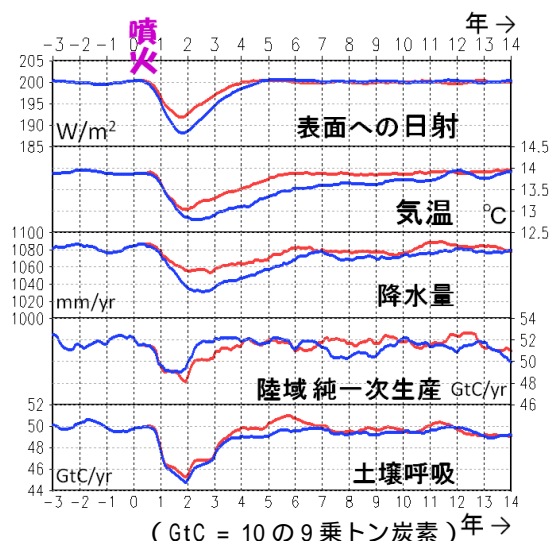


図5 世界平均した気候・生態系の変動
(生産と呼吸は世界総計)
青：白頭山実験、赤：エルトギャウ実験

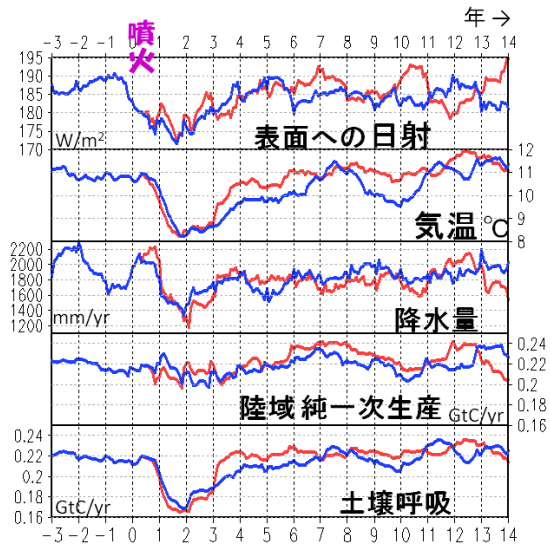


図6 本州付近の変動
青：白頭山実験、赤：エルトギャウ実験

しかし、詳しく地域別に見ると、変動の大きさがかなり違う事も分かった。成層圏における硫酸エアロゾル粒子の広がり(図4)は、アイスランドのエルトギャウ噴火が北半球高緯度へ集中するのに比べ、中緯度の白頭山噴火は地球全体を覆うため低緯度や南半球の寒冷化も顕著であり、これが効いて、世界平均での日射減少・気温低下・降水量減少は白頭山実験の方が大きい(図5)。日本の気候・生態系の変動(図6：本州付近陸域の日射-8%、寒冷乾燥化-3℃、-450mm/yr、純一次生産-9%、土壌呼吸-23%)については、二つの実験で顕著な差は見られず、今の所モデルに含まれていない火山灰降下による被害を別とすれば、当時の日本の環境・社会へ与える影響はどちらの火山噴火でも同様と思われる。

(3) 以上の様な地球システムモデルによる巨大火山噴火の影響評価は各国研究機関で始まりつつあり、我が国では最初である。その結果は古環境変動解明から将来の環境予測まで幅広く参考資料として貢献する。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 12 件)

小畑淳、地球システムモデルの検証：巨大火山噴火の硫酸エアロゾル、日本気象学会 2016 年度春季大会、平成 28 年 5 月 19 日、「国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)」

小畑淳、938 年の噴火は白頭山かエルトギャウか：地球システムモデル解析、日本気象学会 2015 年度春季大会、平成 27 年 5 月 24 日、「つくば国際会議場(茨城県つくば市)」

小畑淳、巨大火山噴火が気候・生態系へ及ぼす影響 - 地球システムモデルによる予測 -、第 12 回環境研究シンポジウム(主催：環境研究機関連絡会)平成 26 年 11 月 18 日、「一橋大学一橋講堂(東京都千代田区)」

小畑淳、巨大火山噴火による環境変動 - モンスーン前の噴火か否か -、日本気象学会 2014 年度春季大会、平成 26 年 5 月 21 日、「開港記念会館(神奈川県横浜市)」

田中泰宙、数値シミュレーションから見た 2013 年夏のエアロゾル：火山と越境汚染の影響？、日本エアロゾル学会(都市大気の PM2.5 研究会講演会)平成 26 年 3 月 7 日、「名古屋大学(愛知県名古屋市)」

田中泰宙、MRI-CGCM3 を用いた超巨大火山噴火に対する気候応答シミュレーション、第 94 回米気象学会年次総会、平成 26 年 2 月 3 日、「アトランタ(米国)」

足立恭将、火山噴火規模の環境変動への影響、日本気象学会 2013 年度秋季大会、平成 25 年 11 月 19 日、「仙台国際センター(宮城県仙台市)」

田中泰宙、大気汚染と火山噴火：2013 年 7 月の桜島噴火は本州の大気汚染に影響した

か?、日本気象学会 2013 年度秋季大会、平成 25 年 11 月 19 日、「仙台国際センター(宮城県仙台市)」

小畑淳、巨大火山噴火が引き起こす気候炭素循環変動 - 気象研地球システムモデルによる解析 -、地質調査所火山談話会、平成 25 年 6 月 10 日、「産業技術総合研究所(茨城県つくば市)」

田中泰宙、超巨大火山噴火による気候変化の数値実験 - 気象研究所気候モデルによるトバ火山噴火シミュレーション、地質調査所火山談話会、平成 25 年 6 月 10 日、「産業技術総合研究所(茨城県つくば市)」

小畑淳、巨大火山噴火が引き起こす気候炭素循環変動 - 気象研地球システムモデルによる解析 -、日本気象学会 2013 年度春季大会、平成 25 年 5 月 18 日、「国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)」

田中泰宙、超巨大火山噴火による気候変化の数値実験 - 気象研究所気候モデルによるトバ火山噴火シミュレーション、日本気象学会 2013 年度春季大会、平成 25 年 5 月 17 日、「国立オリンピック記念青少年総合センター(東京都渋谷区)」

〔その他〕

報道関連

学会発表 の内容が新聞(10社以上)等に報道された(平成 25 年 5~6 月)

ホームページ

温暖化予測地球システムモデルの開発

<http://www.mri-jma.go.jp/Project/1-21/1-21-1/1-21-1-sjis.htm>

全球エアロゾルモデル

<http://www.mri-jma.go.jp/Project/1-21/1-21-1/aerosol.htm>

陸域生態系炭素循環過程

http://www.mri-jma.go.jp/Project/1-21/1-21-1/carbon_land.htm

海洋生物地球化学炭素循環過程

http://www.mri-jma.go.jp/Project/1-21/1-21-1/carbon_ocean.htm

上記は気象研究所作成であり、本研究の火山噴火実験に用いる気象研究所地球システムモデルの仕組みを紹介している。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小畑 淳 (OBATA, Atsushi)

気象庁気象研究所・気候研究部・主任研究官

研究者番号：20354508

(2) 研究分担者

田中 泰宙 (TANAKA, Yasumichi)

気象庁気象研究所・環境・応用気象研究部・主任研究官

研究者番号：50435591

足立 恭将 (ADACHI, Yukimasa)

気象庁気象研究所・気候研究部・研究官

研究者番号：90354456

(3) 連携研究者

中野 英之 (NAKANO, Hideyuki)

気象庁気象研究所・海洋・地球化学研究部・主任研究官

研究者番号：60370334