

令和元年6月10日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05115

研究課題名(和文)ゴビ砂漠の詳細観測に基づく黄砂-地表面過程モデルの構築

研究課題名(英文) Development of a land surface - dust emission process model based on a detailed observation in the Gobi Desert

研究代表者

黒崎 泰典 (KUROSAKI, Yasunori)

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授

研究者番号：40420202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：ゴビ砂漠北部のツォクトオボー(Ts0)において、黄砂発生メカニズム解明の観測を行った。Ts0にある約10kmの窪地は水食で細かい土壌粒子が集積することで黄砂発生源となっているが、降水が多い夏は、窪地に雨水が集積することでクラストが形成し、植生が繁茂する。これらが翌年春の黄砂発生を抑制することを明らかにした(クラスト効果・枯れ草効果)。窪地にはレキが無いが、斜面、丘に移動するにつれてレキ量が増加する。これが黄砂発生の空間的差異の原因となる(レキ効果)。現地調査のレキ量データを用いた数値実験からレキ効果を定量的に明らかにした。室内実験を実施し、土壌水分とクラスト強度の関係を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

黄砂は健康、生態系、気候変動等に影響する。発生域では砂塵嵐という気象災害である。健康影響や気象災害といった悪影響を未然に防ぐための予報システム構築や、将来気候予測のためには黄砂発生数値モデルの高精度化が必要であるが、黄砂発生に影響する土壌粒径、土壌水分、レキ、クラスト、植生量といった様々な地表面要素を把握することと各地表面要素と臨界風速(黄砂が発生し始める風速)の関係が明らかになっていないため、今日の黄砂数値モデルの精度は不十分である。本研究では、黄砂が頻繁に発生していることが明らかになっているモンゴルのツォクトオボーにおいて黄砂発生解明のための観測を行い、黄砂数値モデルの精度向上を進めた。

研究成果の概要(英文)：We have conducted field experiments for an elucidation of dust emission mechanisms in Tsogt-Ovoo, Mongolia in the Gobi Desert. There is a 10 km-scale topographic depression, which works as a dust source. The source has been created by an accumulation of fine soil particles due to water erosion. When a precipitation amount is high, precipitation water gathers into the depression. It leads to a soil crust creation and a vegetation growth. We clarified that these suppress dust emission (crust effect and dead leave effect). A spatial difference in the pebble amount causes a spatial difference in dust emission (pebble effect). We quantitatively clarified the pebble effect by a numerical experiment, in which pebble amount data obtained from our field observation was applied. We also clarified a relation between soil moisture and hardness of soil crust.

研究分野：気候学・気象学

キーワード：環境変動 自然災害 黄砂 砂漠化 乾燥地 ゴビ砂漠 風食 ダスト

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

黄沙は発生域においては砂塵嵐といった災害であり、日本など風下域では健康影響や生態系への影響といった環境問題としての側面が強い。また、放射過程などいくつかのプロセスを経て気候変動にも影響していることが分かっている。このため、既存の黄沙数値モデルは黄沙予報や気候研究等に利用されているが、地表面条件を露わに表現できていない。研究代表者等によるゴビ砂漠(モンゴル・ツォクトオボー)における観測から、モデルが現実の黄沙発生を再現できていない理由は、既存モデルが(1)地形(谷底が黄沙発生スポット)、(2)レキの有無、(3)クラスト形成・崩壊、(4)植生量を考慮していないことが原因と考えた。

### 2. 研究の目的

気象台観測データの解析から東アジアの中でも黄沙が非常に頻繁に発生していることが分かっているツォクトオボー(モンゴル)において、黄沙発生メカニズム解明のための観測を行い、また、現地観測で明らかにできないことは室内実験を行い、この観測と実験で得られた知見を既存数値モデルに組み込むことで、黄沙数値モデルの精度を向上させることが本課題の目的である。これが実現することで、砂塵嵐の災害被害、日本などにおける健康被害の回避・軽減および黄沙の生態系や気候への影響を正確に評価できるようになることが期待できる。

### 3. 研究の方法

(1)地形効果及び(2)レキ効果：風化と水食により、谷底には細かい土壌粒子が集積する一方、レキは谷底にほとんど存在しない。このようにして、谷底は大きな黄沙発生のポテンシャルを有する。これが、地形の黄沙発生への影響であるが、世界中のどこにも黄沙発生源データが存在しないため、当初 Ginoux et al. (2001 JGR)の手法を参考にして、標高データを用いた黄沙発生源強度のパラメータ化を試みた。しかしながら、科研期間中に SoilGrids (<https://soilgrids.org/>)という土壌などに関するグリッドデータが公開されていることを知り、観測地点周辺の地形とレキ、土壌粒径の関係を調べ、レキ、土壌粒径の空間分布から地形効果を表現する方法を検討することにした。

(3)クラスト効果：クラスト有無の確認と土壌硬度計を用いたクラスト強度測定を現地調査で行った。しかし、高精度のクラスト強度測定は現地調査では難しいと判断し、砂落下装置、エアガン、飛砂風洞を用いた室内実験を実施し、人工的に作成したクラストの強度測定を行った。

(4)植生効果：Line 法による植生量調査を行った。また、衛星観測で得られる NDVI 等の植生指標を用いた広域植生分布の解析を行った。

(5)ダスト発生観測：図1のとおり、3地点(メインサイト@北斜面、サブサイト 14a@谷底、サブサイト 14b@南斜面)において、風向・風速等の気象観測および飛砂計(ud-101 中央工測)と塩ビ管を用いた飛砂の常時観測を行った。粉塵計(Dusttrak TSI 社)を用いたダスト濃度観測を4~5月の集中観測時にメインサイトとサブサイト 14aで行った。

(6)数値モデル実験：領域エアロゾル数値コミュニティモデル WRF-Chem のダスト発生スキームを取り出し、0次元モデルとしてダスト発生の数値実験を行った。数値実験においては、レキ、クラスト、植生のそれぞれのサリテーションへの影響を行う予定であったが、科研期間中では、レキ効果の実験のみ実施した。

### 4. 研究成果

(1)地形効果と(4)植生効果：当初、地形効果はレキ分布(レキが谷底に分布しない)と粘土など細粒土壌粒子の谷底に集積することだけが原因で、谷底の黄沙発生ポテンシャルが形成されていると考えていたが、本科研期間の4年間(2015年4月~2019年3月)の内、3年間の夏(2015、2016、2018年)が多雨だったため、

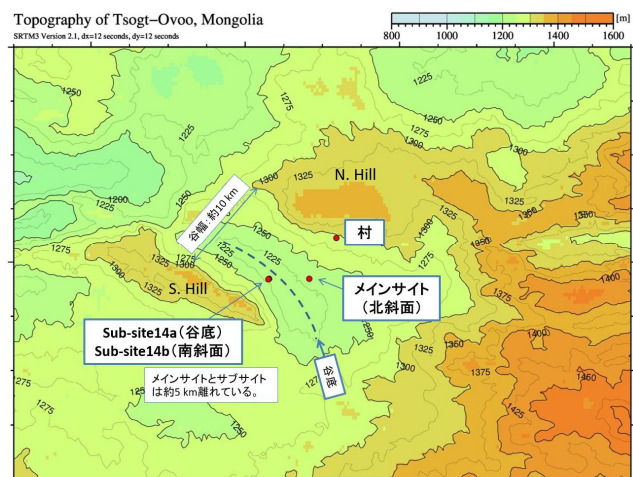


図1. ツォクトオボーにおける地形と、観測サイト。サブサイト 14a(谷底)と 14b(南斜面)は近距離のため、図中では一つの点に見える。



図2. 2015年夏、谷底(サブ 14a)の水没した様子。

谷底に湖が形成され(図2)、植生が繁茂し(図3)、翌年春以降、数年間に渡り枯れ草が残存することが明らかになった。このため、当初、谷底(サブ14a)では黄砂発生量が多いと想定していたが、当研究期間中は少なかった。

(2)レキ効果：ツオクトオボーの北側の丘、北斜面、谷底、南斜面、南側の丘に渡って、広域にレキ量調査を行った。その結果、これまで定性的に丘 斜面 谷底の順にレキ量が減少することが分かっていたが、本調査で定量化することができた。また、SoilGridsのあるパラメータ(未発表のため非公開)と本調査のレキ量に有意な相関関係( $r^2=0.79$ )が得られたので、この関係式を用いた広域黄砂シミュレーションに利用できる広域レキデータを作成した。

(3)クラスト効果：2015年春は、前年及び前々年が干ばつであったことから比較的黄砂の発生しやすい状態であったことに加えて、4月29日に発生した砂塵嵐の飛砂の影響でメインサイト、サブサイトを含む広域でクラストが崩壊した(図4)。このことから、干ばつ年が連続した後の砂塵嵐は広域でクラスト崩壊を引き起こす可能性があることを発見した。クラスト強度については砂落下によるクラスト崩壊実験から、クラストを作成するために供給する水分量が多いほどクラスト強度が強くなることを明らかにした。具体的には、供給水分量に対して崩壊するクラスト質量が指数関数的に減少することを定量的に明らかにした。

(5)ダスト発生観測と(6)数値モデル実験：クラスト効果と植生効果のパラメータ化はまだ実現していないが、レキ効果については、数値実験を行い、ダスト発生観測との比較を行った。2018年春、図1に示していない臨時観測サイトを北側と南側の丘に設置し、観測を実施した。数値モデルにレキ効果が反映されるようにWRF-Chemのソースコードを改良し、(3)で記した本研究のレキ量データを入れない場合と入れた場合の臨界風速(黄砂が発生し始める風速)を比較したところ、レキ量データを入力しない場合は臨界風速が実測値よりも大幅に小さかった(黄砂が発生しやすかった)が、レキ量データを入力すると実測値に近い値のシミュレーション結果を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件)

K. Onishi, T. T. Sekiyama, M. Nojima, Y. Kurosaki, Y. Fujitani, S. Otani, T. Maki, M. Shinoda, Y. Kurozawa, Z. Yamagata, Prediction of health effects of cross-border atmospheric pollutants using an aerosol forecast model, *Environment International*, 査読あり, Vol. 117, 2018, 48-56  
DOI:10.1016/j.envint.2018.04.035

D. Liu, M. Ishizuka, Y. Shao, Turbulent characteristics of saltation and uncertainty of saltation model parameters, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 査読あり, Vol. 18, 2018, 7595-7606  
DOI:10.5194/acp-18-7595-2018

T. Maki, Y. Kurosaki, K. Onishi, K. C. Lee, S. B. Pointing, D. Jugder, N. Yamanaka, H. Hasegawa, M. Shinoda, Variations in the structure of airborne bacterial communities in Tsogt-Ovoo of Gobi desert area during dust events, *Air Quality Atmosphere and Health*, 査読あり, Vol. 10, 2017, 249-260  
DOI: 10.1007/s11869-016-0430-3

B. Gantsetseg, M. Ishizuka, Y. Kurosaki, M. Mikami, Topographical and hydrological effects on meso-scale vegetation in desert steppe, Mongolia, *Journal of Arid Land*, 査読あり, Vol. 9, 2017, 132-142  
DOI:10.1007/s40333-016-0090-z

J. Wu, Y. Kurosaki, M. Shinoda, K. Kai, Regional characteristics of recent dust occurrence and its controlling factors in East Asia, *SOLA*, 査読あり, Vol. 12, 2016, 187-191

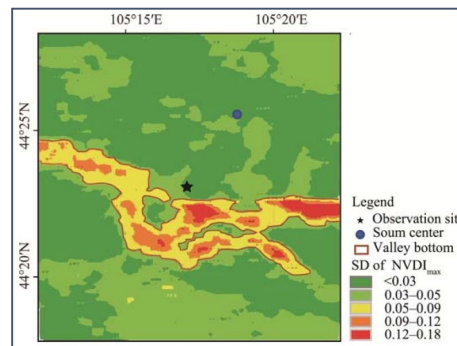


図3. ツオクトオボーの谷底の年最大NDVIの標準偏差(期間2000-2013年)。多雨年は谷底において植生が繁茂するため、谷底の標準偏差が大きい(Gantsetseg et al. 2017)。

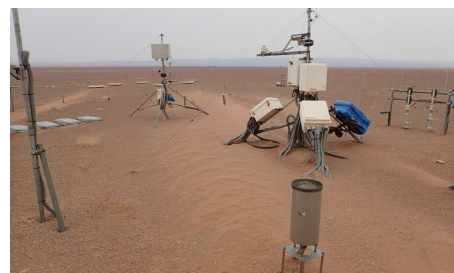


図4. 2015年4月、干ばつ年継続の後、砂塵嵐で崩壊したクラスト。砂の吹きだまりでクラスト崩壊を理解できる。

DOI:10.2151/sola.2016-038

T. Maki, K. Hara, F. Kobayashi, Y. Kurosaki, M. Kakikawa, A. Matsuki, B. Chen, G. Shi, H. Hasegawa, Y. Iwasaka, Vertical distribution of airborne bacterial communities in an Asian-dust downwind area, Noto Peninsula, Atmospheric Environment, 査読あり, Vol. 119, 2015, 282-293

DOI:10.1016/j.atmosenv.2015.08.052

[学会発表](計 9 件)

黒崎 泰典、J. Wu、B. Buyantogtokh、石塚 正秀、B. Gantsetseg、現地調査等によるダスト発生条件解明の試み、日本気象学会 2018 年度秋季大会、2018

M. Ishizuka, B. Gantsetseg, Y. Kurosaki, B. Buyantogtokh, Dust observations in topographically depressed valley, Gobi Desert, Mongolia. The 10<sup>th</sup> International Conference on Aeolian Research (ICAR X), 2018

中原 優祐、石塚 正秀、黒崎 泰典、中村 公一、B. Gantsetseg、砂落下実験による土壌クラストの崩壊実験、平成 30 年度土木学会四国支部第 24 回技術研究発表会、2018

中原 優祐、石塚 正秀、黒崎 泰典、中村 公一、B. Gantsetseg、萩野 裕章、南光 一樹、鈴木 覚、PTV 法を用いた風洞装置を用いた飛砂粒子の運動解析、平成 30 年度全国大会土木学会第 73 回年次学術講演会、2018

中原 優祐、石塚 正秀、黒崎 泰典、中村 公一、B. Gantsetseg、萩野 裕章、南光 一樹、鈴木 覚、風洞装置を用いた飛砂粒子の運動解析、平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会、2017

神高 明德、石塚 正秀、黒崎 泰典、中村 公一、B. Gantsetseg、乾燥地における降雨後の土壌クラストの形成および飛砂粒子による破壊の基礎的実験、平成 29 年度土木学会四国支部第 23 回技術研究発表会、2017

Y. Kurosaki, M. Ishizuka, B. Gantsetseg, B. Batjargal, Y. Yamada, M. Shinoda, M. Mikami, D. Jugder, Possible key aeolian erodibility factors in a northern area of the Gobi Desert, Mongolia, The 9<sup>th</sup> International Conference on Aeolian Research (ICAR IX), 2016

M. Ishizuka, Y. Kurosaki, B. Gantsetseg, Y. Yamada, D. Jugder, M. Mikami, Field observations of saltation and dust emission under crusted ground surface in desert steppe, Mongolia, The 9<sup>th</sup> International Conference on Aeolian Research (ICAR IX), 2016

爲房 昭光、石塚 正秀、B. Gantsetseg、黒崎 泰典、水分供給を受けた表層土壌のクラスト形成に関する基礎実験、平成 28 年度土木学会四国支部第 22 回技術研究発表会、2016

[図書](計 6 件)

P. Gomboluudev, Y. Kurosaki, L. Natsagdorj, and B-O. Munkhbat, Munkhi in Useg Co., Ltd., Chapter 2. Climate of Mongolia (in Rangeland Ecosystems of Mongolia), 2018, 74-107

黒崎 泰典、恒川 篤史、丸善出版、1-1 世界で発生するダストと黄砂 (黄砂 健康・生活環境への影響と対策)、2016、1-10

黒崎 泰典、篠田 雅人、丸善出版、1-2 黄砂発生域の気候、地形 (黄砂 健康・生活環境への影響と対策) 2016、11-19

黒崎 泰典、丸善出版、1-5 黄砂の発生メカニズム (黄砂 健康・生活環境への影響と対策) 2016、37-47

黒崎 泰典、丸善出版、2-1 黄砂-今と昔 (黄砂 健康・生活環境への影響と対策) 2016、49-55

黒崎 泰典、丸善出版、2-2 黄砂の輸送経路 (黄砂 健康・生活環境への影響と対策)、2016、56-59

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：石塚 正秀

ローマ字氏名：(ISHIZUKA, masahide)

所属研究機関名：香川大学

部局名：創造工学部

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：50324992

研究分担者氏名：西原 英治

ローマ字氏名：(NISHIHARA, eiji)

所属研究機関名：鳥取大学

部局名：農学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：40452544

研究分担者氏名：中村 公一

ローマ字氏名：(NAKAMURA, koichi)

所属研究機関名：鳥取大学

部局名：工学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：90530642

## (2)研究協力者

研究協力者氏名：関山 剛

ローマ字氏名：(SEKIYAMA, tsuyoshi)

研究協力者氏名：眞木 貴史

ローマ字氏名：(MAKI, takashi)

研究協力者氏名：JUGDER, Dulam

ローマ字氏名：(JUGDER, dulam)

研究協力者氏名：GANTSETSEG, Batdelger

ローマ字氏名：(GANTSETSEG, batdelger)

研究協力者氏名：BUYANTOGTOKH, Batjargal

ローマ字氏名：(BUYANTOGTOKH, batjargal)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。