

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月25日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20405038

研究課題名（和文）黄砂発生源における地表面過程の研究－黄砂抑制政策への反映を目的として－

研究課題名（英文）Land surface process in the yellow sand source area  
-To make for the politics to control the yellow sand-

研究代表者

木村 玲二（KIMURA REIJI）

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授

研究者番号：80315457

研究成果の概要（和文）：ダストの発生源であるモンゴル・中国の乾燥地域において、ダスト発生モニタリングに関する観測ステーションを設置し、春季における黄砂の発生と地表面の状態の関係に関するデータを得ることに成功した。その結果、黄砂の発生に対する植生（特に枯れ草）や土壌水分の効果が観測によって明らかにされるとともに、ダストの発生と地表面状態の関係について定式化し、黄砂被害の軽減資料として役立つ「黄砂ハザードマップ」の試作品を公表した。

研究成果の概要（英文）：Monitoring station for dust emission was installed in Mongolia and China that are sources of Asian dust, and we succeeded to obtain the data on the relationship of land surface process to dust outbreaks. The effect of vegetation (especially the dead vegetation) coverage and soil water content on the dust emission was revealed, and “hazard map for yellow sand” that is useful for preventing serious damage was published on the basis of these relationships.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2009年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	11,100,000	3,330,000	14,430,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業環境工学

キーワード：黄砂，ダスト，砂塵，気象観測，衛星観測

## 1. 研究開始当初の背景

黄砂が近年頻繁に観測されている実情について、中国北西部の土地の劣化との関連性が指摘されている。このため、黄砂は砂漠化に代表される「環境問題」としての認識が高まっており、日本においても、環境省等既に各種プロジェクトを推進するなど、政策面で力を入れている。アジア開発銀行（ADB）等による国際共同プロジェクトの報告書によ

れば「黄砂の発生、発達過程そのものを改変し、黄砂の発生自体を抑制することを目的とする、いわゆる発生源対策」が最も重要視されている。つまり、

（1）発生源地域における大気、地表、植生、人間活動などに関するモニタリングデータ等の科学的知見の蓄積

（2）発生源地域での砂塵の舞い上がりを抑制する植生保全や土地利用の変更等の長期

的対策を施す必要性が強く求められている。

## 2. 研究の目的

(1) 砂塵(ダスト)の舞い上がりりと地表面状態の関係を現場観測から得る。従来の大気輸送モデルにおける砂塵の舞い上がり過程の扱いに関しては、飛砂臨界風速として6.5m/sが境界条件として使われている。これは、裸地面における飛砂限界風速(または限界摩擦速度)であり、植生のある条件(枯れ草を含む)では観測された例がほとんどない。砂塵が発生する時期、中国内陸部では植生が枯れている場合が多く、枯れ草による物理的な飛砂防止効果は意外にも明らかになっていない。また、限界摩擦速度は植生状態(幾何学的構造、植被率)だけではなく、地表面の土壌水分、積雪、土壌凍結等によっても大きく変化する。これらの影響を現場観測に基づいて明らかにする。

(2) 観測によって得られた「点の地表面過程の情報」を面的に広げるためのリモートセンシング手法、すなわち黄砂発生源における地表面状況を独自にモニタリング(黄砂発生源ホットスポットの特定)するためのプロダクトを開発する。プロダクトは衛星データから植生状態、表層土壌水分、積雪、土壌凍結をモニタリングし、それらから限界摩擦速度の空間分布を算出するものである。

## 3. 研究の方法

### (1) 現場観測による観測事実の蓄積

研究対象地はモンゴルのステップ草原(Bayan-Unjuul)と中国の河西回廊に位置する荒漠草原(張掖)に設定した。両地域ともに黄砂の発生源となっている地域である。本研究ではダスト発生に対する地表面の影響、特に植生の効果を植被率や粗度、植物の風向に対する前面面積などから、また土壌水分の効果を土壌表層の体積含水率や熱慣性等から検討した。

### (2) 衛星による植被率と表層土壌水分の同定

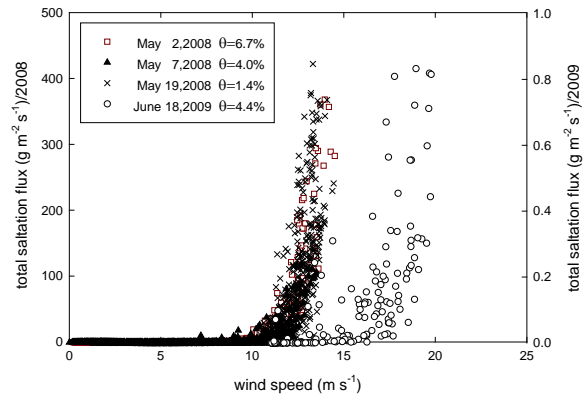
衛星データによって黄砂発生源の面的な植生および土壌水分の分布を推定するアルゴリズムを開発し、最終的には黄砂被害の軽減資料として役立つ「黄砂ハザードマップ」の作成を行う。

## 4. 研究成果

### 研究結果

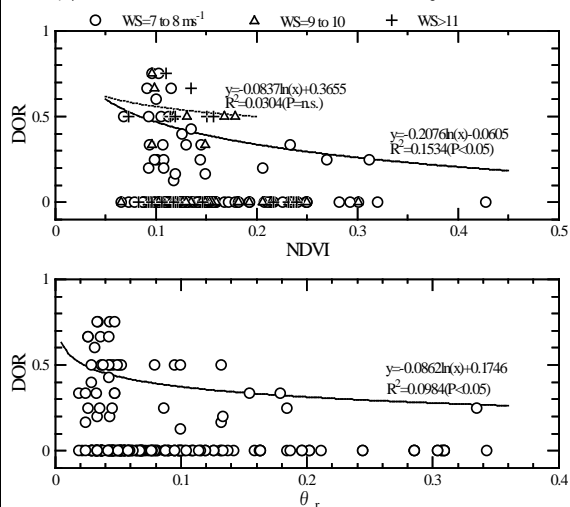
(1)ダストの発生源であるモンゴルの半乾燥地域において、枯れ草による物理的な飛砂防止効果が存在することを飛砂の臨界風速の観測から明らかにした。具体的には、植被率が約8%の2008年に対し、植被率が約19%の2009年はサルテーションの発生量が約500分の1と大幅に少なくなった。サルテー

ションの初動に対する臨界風速に関しても、2009年の方が大きな値となった。また、植生は粒径が130~500 $\mu\text{m}$ の範囲の粒子を選択的にトラップしており、黄砂(ダスト)の発生に対して植生は効果的な抑止力を持つことが明らかとなった。



図：風速とサルテーションフラックスとの関係(2008年と2009年の比較)

(2)中国黄土高原を対象に、ダストの発生頻度と植被率(衛星データから算定)、表層土壌水分(数値シミュレーションモデルから算定)との関係を検討した結果、植被率が18%、比体積含水率が0.2を超えるとダストの発生が抑えられることを明らかにした。



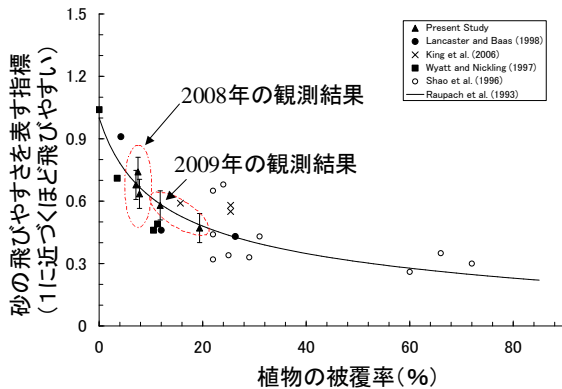
図：ダストの発生とNDVI、比体積含水率との関係

(3)MODIS衛星による昼夜地表面温度と熱収支モデルで計算された昼夜地表面温度を同化した指標NTDI(Normalized Temperature Difference Index)を開発した。NTDIは、従来よく用いられている正規化植生指標(NDVI)と比較して、土地被覆(水域、灌漑農地、天水農地、自然草地、裸地)による地表面湿潤度の違いを明確に表しており、地表面湿潤度のモニタリング方法として有効

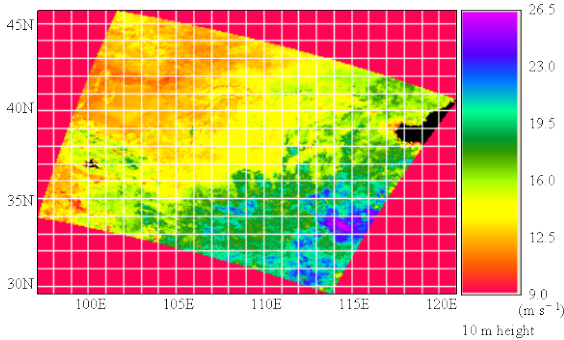
な指標であることが示唆された。

(4)中国甘粛省・張掖市の荒漠草原(砂漠化指標植物が大半を占める)において気象要素、ダスト濃度、サルテーション数の観測を行い、ダストやサルテーションの発生の特徴および植生がそれらの発生に与える影響について解析を行った。その結果、20%の被覆率を持つ植生は  $104\sim 500\mu\text{m}$  の範囲の土壤粒子を効率的に補足しており、臨界風速も大きくなることが明らかとなった。

(5)ダストの発生と植生率の関係について定式化し、黄砂発生源である北東アジアにおける黄砂リスクの評価、黄砂被害の軽減および現場における砂漠化防止事業の基礎資料として役立つ「黄砂ハザードマップ」の試作品を公表した。



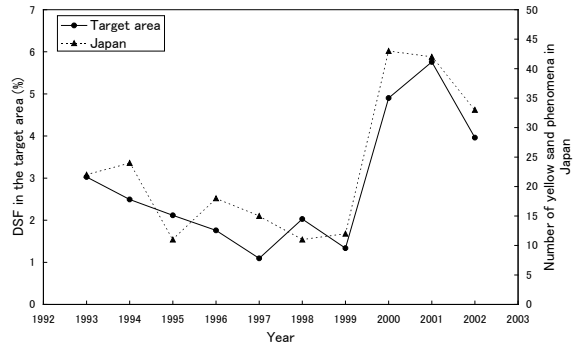
図：植生の被覆率と砂の飛びやすさを表す指標との関係



図：ダスト発生の臨界風速を基にした黄砂ハザードマップ

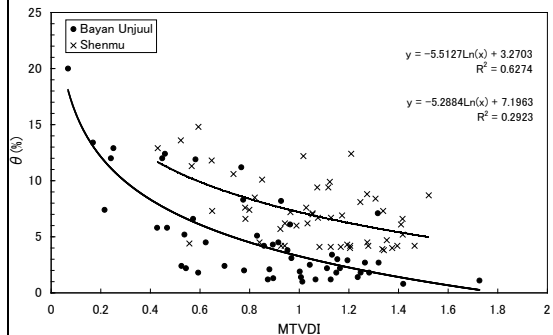
(6)北東アジア地域の北緯  $35\sim 45^\circ$ ・東経  $100\sim 115^\circ$  を黄砂発生源のターゲットエリアと位置づけ、1993～2002年の10年間を対象に、春季(3～5月)におけるエリア内の砂塵嵐発生回数(DSF)と日本で観測される黄砂現象(YSP)との比較を行った。YSPはエリア内のDSFとの相関が高く、本研究で定義したエリア内の砂塵嵐が日本の黄砂現象に与える影響が大きいことが示された。

DSFは  $7\text{m/s}$  以上と定義される強風の頻度と相関が高くなったが、エリア内の積雪および裸地の被覆率との間にも有意な相関が認められた。すなわち、エリア内における積雪の被覆率が大きくなるとDSFは減少し、裸地の被覆率が大きくなるとDSFは増加することが明らかとなった。



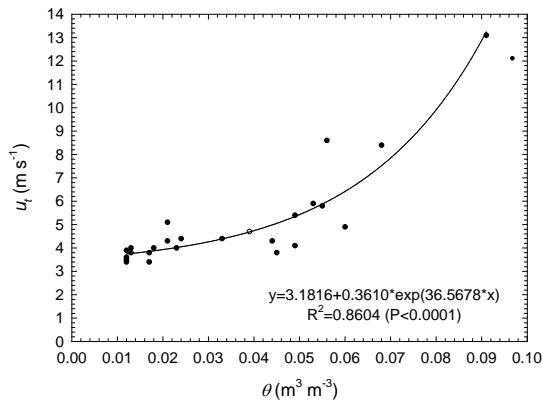
図：黄砂発生源における砂塵嵐と日本における黄砂現象の年変化

(7)ダスト発生時期における土壤表層の土壤水分をモニタリングするための指標(MTVDI)を提示した。これは、衛星による地表面温度と熱収支モデルで計算された地表面温度を同化したものであり、モンゴルおよび中国黄土高原における黄砂発生時期の表層土壤水分を観測誤差の範囲内で再現することができた。



図：MTVDIと表層土壤水分との関係

(8)サルテーションの発生に対する土壤水分の影響を詳細に解明するため、鳥取砂丘内にモニタリングシステムを設置した。その結果、日積算サルテーション数は、積算風力エネルギーの増加に伴い増加する傾向を示した。しかしながら、土壤水分がサルテーションの発生を抑制する効果を持っており、体積含水率が4%より小さいときは臨界風速(サルテーションが発生し始める風速)が  $4\text{m/s}$  前後、4%以上では臨界風速が急激に大きくなることが明らかとなった。



図：砂丘表層の体積含水率とサルテーション臨界風速との関係

### 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

黄砂の発生時期に地表面に優占している枯れ草のダスト発生に対する物理的な抑制効果が現場の観測で得られたことは、国内外の黄砂研究に対して大きな影響を与えたと考えられる。それが元になって、衛星データによる植生被覆率、土壤水分、積雪分布を用いた「東アジア黄砂発生監視システムの開発」の将来案につながった。また、衛星データから黄砂発生源の土地被覆を同定することで、日本における黄砂現象を再現できたことは、日本での黄砂被害を軽減するための対策に大いに役立てることができると考えられる。

### 今後の展望

モンゴル・中国における主な発生源での現場観測においてこれまで蓄積してきたダストの舞い上がりと地表面状態の観測事実・研究成果を踏まえ、今後は詳細な点観測・モニタリングと衛星による面的なモニタリングを包括した「東アジア黄砂発生監視システムの開発」を行い、黄砂発生の実況およびハザード注意報の発信に資することを目標としたい。本監視システムは黄砂発生源（主として中国、モンゴル）における発生の実況およびハザード注意報の発信を行うことが出来る世界で初めての試みである。したがって、本システムは国際貢献という見地からも有効であり、黄砂の問題を抱えている東アジア諸国だけではなく、世界中の研究者、公共機関等に広く情報の提供およびデータの利用を供することができるネットワークシステムである。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 19 件)

- ① Kimura, R.: Factors contributing to dust storms in source regions producing the yellow-sand phenomena observed in Japan from 1993 to 2002. *Journal of Arid Environments*, 80, 40-44 (May 2012). (査読有)
- ② Kimura, R. and Shinoda, M.: Estimation of surface soil water content from surface temperatures in dust source regions of Mongolia and China. *Environmental Earth Sciences*, 65, 1847-1853 (Mar. 2012). (査読有)
- ③ 松島大・木村玲二・篠田雅人: 熱慣性を用いた裸地面上におけるダスト発生臨界風速の推定法. *水工学論文集*, 68(4), 1789-1794 (2012年2月). (査読有)
- ④ 阿不来提阿不力提甫・木村玲二: 春季の鳥取砂丘における飛砂発生の特徴. *日本砂丘学会誌*, 58(2), 31-40 (2011年11月). (査読有)
- ⑤ 木村玲二: 黄土高原六道溝流域の自然草地におけるNDVIと降水量、土壤水分との関係. *沙漠研究*, 21-1. (2011年6月). (査読有)
- ⑥ Mohamed, A.A., Kimura, R. and Shinoda, M.: Integrating meteorological and MODIS land surface temperature data for large-scale moisture availability assessment in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Land Studies*, 20-4, 189-199 (Mar. 2011). (査読有)
- ⑦ Mohamed, A.A., Kimura, R., Shinoda, M. and Moriyama, M.: Diurnal surface temperature difference index derived from ground-based meteorological measurements for assessment of moisture availability. *Journal of Arid Environments*, 75, 156-163 (Feb. 2011). (査読有)
- ⑧ Kimura, R. and Shinoda, M.: Spatial distribution of threshold wind speeds for dust outbreaks in northeast Asia. *Geomorphology*, 114, 319-325 (Jan. 2010). (査読有)
- ⑨ Shinoda, M., Kimura, R., Mikami, M., Tsubo, M., Nishihara, E., Ishizuka, M., Yamada, Y., Munkhtsetseg, E., Jugder, D. and Kurosaki, Y.: Characteristics of dust emission in the Mongolian steppe during the 2008 DUVEX intensive observation period. *SOLA*, 6, 009-012 (Jan. 2010). (査読有)
- ⑩ Kimura, R., Bai, L. and Wang, J.: Relationships among dust outbreaks, vegetation cover, and surface soil water content on the Loess Plateau of China, 1999-2000. *CATENA*, 77, 292-296 (June 2009). (査読有)

〔学会発表〕(計 55 件)

- ① 阿不力提甫阿不来提・木村玲二 (Nov. 12, 2011): 春季の鳥取砂丘における砂移動の特徴. 日本農業気象学会中国四国支部会, 鳥取
- ② Mohamed, A.A. and Kimura, R. (Aug. 2, 2011): Satellite monitoring of drought in central

Asia and north America: Focus on surface temperature indices. International workshop on drought dynamics in an arid, cold region, Tottori.

③松島大・木村玲二・篠田雅人 (2011年5月25日): 熱慣性を用いた裸地面上におけるダスト発生臨界風速の推定法. 日本地球惑星科学連合2011年大会, 千葉.

④Abulaiti, A., Kimura, R. and Shinoda, M. (March 18, 2011): Effect of vegetation on sand transport in a Mongolian grassland. International Symposium on Agricultural Meteorology 2011, Kagoshima, Japan.

⑤Matsushima, D., Kimura, R. and Shinoda, M. (March 17, 2011): Surface soil moisture estimation using thermal inertia. International Symposium on Agricultural Meteorology 2011, Kagoshima, Japan.

⑥Kimura, R. (March 17, 2011): Relationships between NDVI, rainfall, and soil water content of the natural grassland in the Liudaogou River basin of the Loess Plateau. International Symposium on Agricultural Meteorology 2011, Kagoshima, Japan.

⑦Kimura, R. and Shinoda, M. (March 18, 2010): Estimation of surface soil water content from surface temperatures during dust outbreak seasons on northeast Asia. International Symposium on Agricultural Meteorology 2010, Nagoya, Japan.

⑧Kimura, R. and Shinoda, M. (March 26, 2009): Observation of dust outbreaks in Mongolia-Effect of vegetation on the dust outbreaks. International Symposium on Agricultural Meteorology 2009, Koriyama, Japan.

[その他]

ホームページ等

<http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/staff103/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

木村 玲二 (KIMURA REIJI)

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授

研究者番号: 80315457

### (2) 研究分担者

森山 雅雄 (MORIYAMA MASAO)

長崎大学・工学部・准教授

研究者番号: 00240911

### (3) 連携研究者

篠田 雅人 (SHINODA MASATO)

鳥取大学・乾燥地研究センター・教授

研究者番号: 30211957