

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21日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21404007

研究課題名（和文） 中国西北部乾燥地を対象としたダストストームの抑止技術の検証と危険地域への普及

研究課題名（英文） Verification and spread of techniques suppressing dust storm in the risky areas of the dry land in the northwest China

研究代表者

松岡 延浩（MATSUOKA NOBUHIRO）

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号：80212215

研究成果の概要（和文）：

中国の乾燥地を対象としたダストストームの抑止技術を提案するため、内蒙古自治区庫倫旗と甘粛省張掖市において、ダスト発生の臨界風速の測定、それらに及ぼす土壌水分量や植被の影響を評価した。また、それらの結果と衛星リモートセンシングを組み合わせて、ダスト発生が起きやすい場所のハザードマップを作成した。さらに、危険度の高い地区において、砂漠化の危険性を認識するためのワークショップを行った。

研究成果の概要（英文）：

To propose the techniques suppression of dust storm in the arid land of China, the threshold wind velocity of dust event, the effect of vegetation cover and soil moisture were measured and evaluated for Zhangye in Gansu Province and Kulun-qi Inner Mongolia Province,. We create a hazard map by a combination of satellite remote sensing and our experimental results of dust events. In addition, in high-risk area of dust events, a workshop for the inhabitants was held to recognize the risk of desertification.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：ダスト，風食，運動量輸送，砂漠緑化，砂塵嵐，自然災害，国際研究者交流

1. 研究開始当初の背景

2000年以降 ADEC (Mikami et al., 2006) などによって、ダストストームの発生メカニズム，地球規模の輸送過程といったハザードとしての側面は着実に明らかになりつつある。しかし，人間への影響やその抑止法にといったディザスターとしての研究は

緒についたばかりである。これに関連する研究として，ウインドエロージョンの抑止に関する研究は過去数多くなされている。植林によるポプラなど高木の植林，灌木や草本の育成といった生物・生態的方法や，防風垣，石礫粘土による表面被覆といった物理的方法，固化剤などの薬剤を土壌表面に吹き付ける

といった化学的方法が実用化されてきた（真木，2000 など多数）。しかし，これらも周辺住民，交通施設，農耕地を保護するため比較的小規模なダスト発生抑止という観点から創り出されており，人的作業をとまなう集約的方法が主であった。

近年問題となりつつあるダストストームは先の述べたように100 kmスケールの現象であるため，その抑止技術は大規模な面積に対応できる必要がある。中国西北部乾燥地では，先に述べた抑止技術のうち種子の空中散布し草本を繁殖させる生物・生態的方法が，大規模にかつ安価に実施できるものとして採用されてきた（松岡，2006）。種子の空中散布が可能な灌木が用いられず，草本が選ばれる理由は，この地区の生態学的極相がイネ科草本であることである（白他，2006）。世界的に見ても，ダスト発生が問題となる乾燥地の極相は草本であることが多く，同様な理由から灌木による抑止技術はあまり研究が行われていない。しかし，中国西北部乾燥地のダストストームの抑止は，草本による緑化では効果が低いので，灌木による緑化を検討していくことは有意義である。

2. 研究の目的

中国西北部からロシアにいたる乾燥地によくみられるイネ科草本のハネガヤ（学名：*Stipa krylovii*，中国名：克氏針茅）とマメ科灌木のカラガナ（学名：*Caragana korshinskii* Komar.，中国名：橐条）の群落に対して，現地を観測を行い，i)木村モデルに必要な「ダストが発生する最小摩擦速度」と「葉面積指数」の関係 ii) 松岡モデルに必要な「葉面積指数」と「植物群落の風に対する抵抗係数」の関係を明らかにする。申請者らは他の植物群落で実施しており，これらの植物群落に対しても実施可能と考える。さらに，現地調査とリモートセンシングによって，これらの植物のフェノロジーを確定する。これらも他地域で実証済みであるから，実施可能と思われる。これらの結果を，既存の松岡モデル，木村モデルに組み込むことによって，期間内に中国西北部乾燥地のダスト抑止に灌木が適することを，空気力学的見地にもとづいて実証し，ワークショップを通じて危険地区の関係者に認識を深めてもらう。

3. 研究の方法

本研究の流れと役割分担を次ページに図示する。中国北西部乾燥地における灌木によるダスト発生抑止の妥当性，後で述べる植被が存在する地表面からのダスト発生量予測モデルを用いて研究代表者の松岡が検証し，現実と合わない部分があればその問題点をダスト発生予測モデル研究班（研究代表者と分担者，海外共同研究者，研究補助）にフィ

ードバックしモデルの改良を試みる。これを繰り返すことで研究代表者が研究全体を総括する。

ダスト発生予測モデル研究班は，研究目的のところで述べた3つの課題，①植物のフェノロジーおよび植生量に関する調査，②松岡モデルに必要な，葉面積指数と植物群落が吸収する運動量関係を表すパラメータの決定，③木村モデルに必要な，葉面積指数と地表面が吸収する運動量からダスト発生量算出に必要なパラメータの決定，に分かれて研究・調査を実施する。

4. 研究成果

(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 μm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1）。

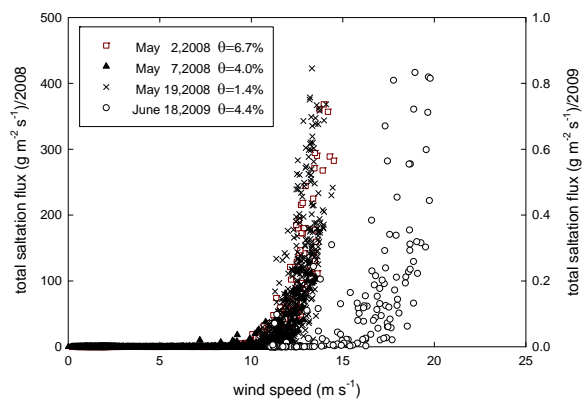


図1：風速とサルテーションフラックスとの関係（2008年と2009年の比較）

(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2）。

(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) による地表湿度の違いを明確に表しており、地表湿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。

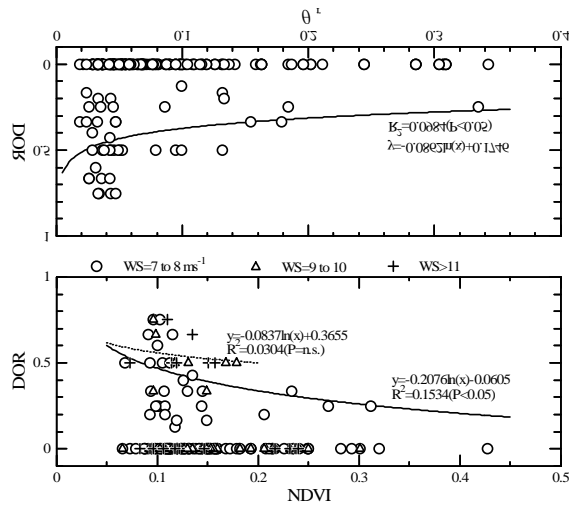


図2：ダストの発生とNDVI，比体積含水率との関係

(4)中国甘肅省・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104~500 μ mの範囲の土壌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)ダストの発生と植被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。

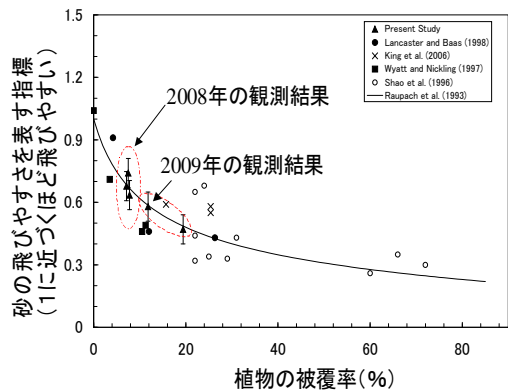


図3：植生の被覆率と砂の飛びやすさを表す指標との関係

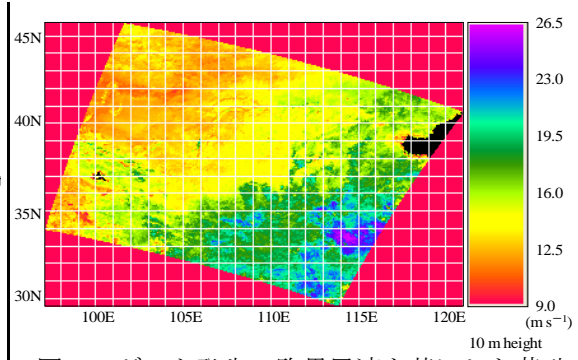


図4：ダスト発生の臨界風速を基にした黄砂ハザードマップ

(6)TCB, NDVI, B-NDVIを用いて，内蒙古自治区の植生分類のアルゴリズムを作成した。

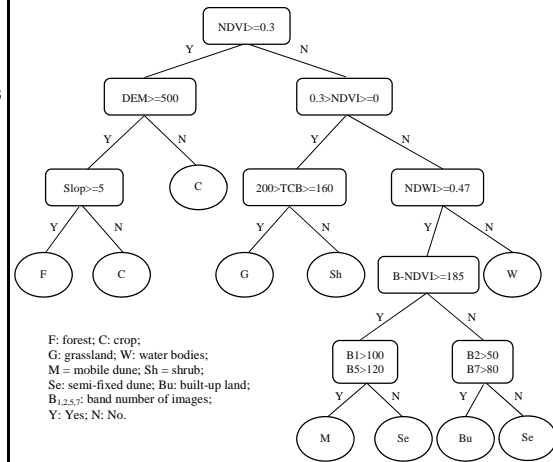


図5 植生分類のアルゴリズム

これに基づいて，分類を行ったところ，対象地域北西部では，森林が徐々に増えていることがわかるが，その一方で草地在徐々に荒漠地に変わっていることがわかる。

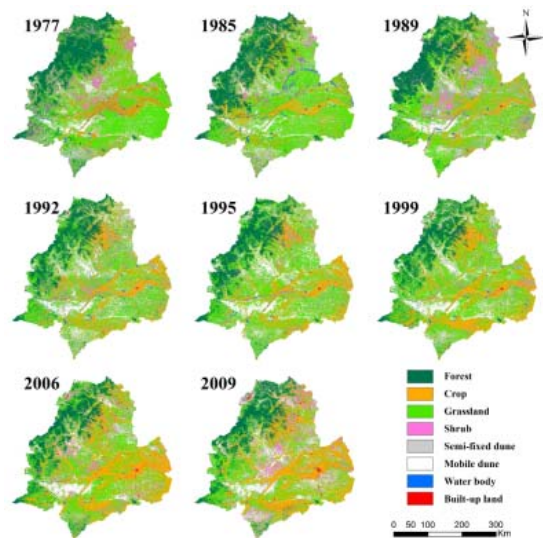


図6 対象地域の土地利用変化

また、砂漠化危険度の高い地域（図7赤色の部分）は漸増していることがわかる。

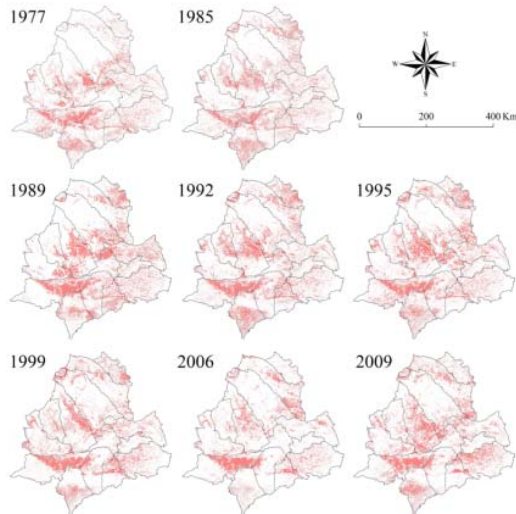


図7 砂漠化危険度の高い場所

(7)カラガナの抵抗係数と LAI

庫倫旗で観測期間中に得られてデータから、抵抗係数と LAI には線形の関係があり、LAI が 0 であっても、枝幹があるためかなりの運動量を吸収していることがわかった。

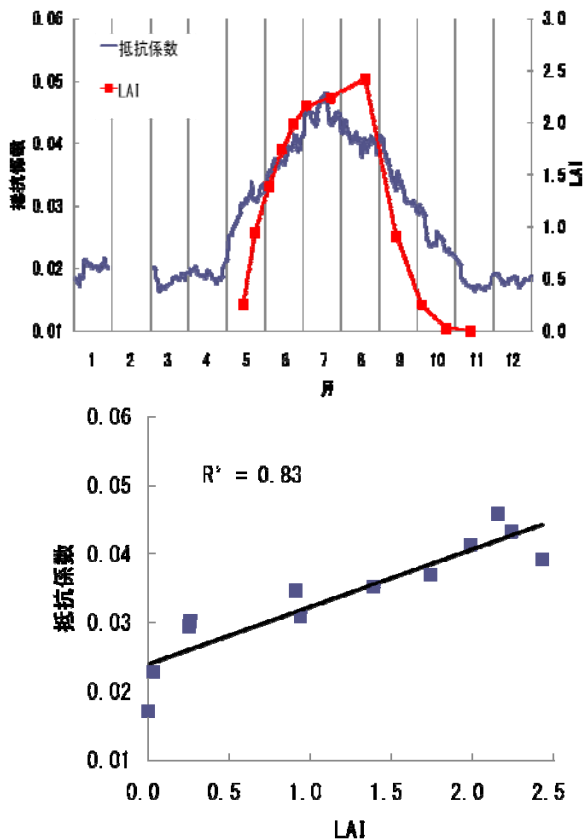


図8 抵抗係数と LAI の関係

ダストが発生する時期は 3 月～5 月であり、この時期、一般に草本は生育しておらずダスト発生抑制のためには、この時期にある程度

の抵抗係数を持つ、カラガナなどの灌木が有効であることが示唆された。

(8)ワークショップの開催

研究結果をふまえて、近隣の青年に対する砂漠化の危険性に関するワークショップを開催した。研究代表者の過去の研究から、砂漠化の危険度のハザードマップを、住民に示して、自分の住んでいる場所が周囲と比べ砂漠化が進んでいることを認識してもらうことが、住民の砂漠化防止の行動のインセンティブになることがわかっているためである。最終年度、庫倫旗六家子鎮の住民約 30 名とワークショップを行った。最後にアンケートを行ったところ、参加者の 68%が自分の周囲が付近で一番砂漠化が進行していることを認識しておらず、90%が今後砂漠化防止に注意を払いたいという回答を得た。

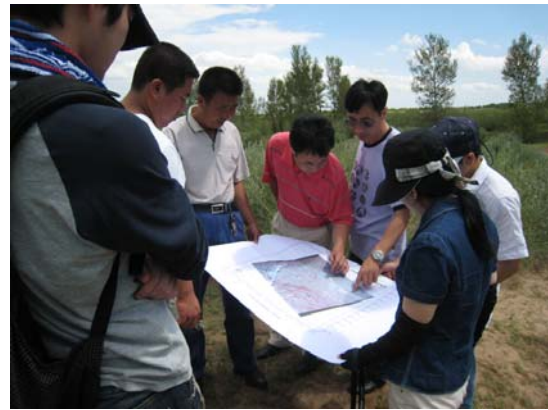


図8 庫倫旗におけるワークショップ

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 Guo Meng, Xiufeng Wang, Yang Liu, Nobuhiro Matsuoka, Hiroshi Tani and Shinji Matsumura,(2012): Improvement of Knowledge Classifier to Enhance Classification in Arid Semi-arid area. Journal of Arid Land Studies, 21(4), 155-165. (査読有)
- ② Guo Meng, Xiufeng Wang, Nobuhiro Matsuoka, Hiroshi Tani and Shinji Matsumura(2012): Desertification Assessment Using Multivariate Data and Overlay Analysis in Kerqin Sandy Land, China. Journal of Environmental Information Science, 40(5), 11-22, 2012. (査読有)
- ③ Guo Meng, Xiufeng Wang, Yang Liu, Hongmei Wang, Nobuhiro Matsuoka and Hiroshi Tani(2012): The effects of sand dust storms on greenhouse gases. International

- Journal of Remote Sensing (Accepted). (査読有)
- ④ Kimura R.(2012):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 (査読有) . DOI:10.1016 /j.jaridenv.2011.12.007
- ⑤ Kimura, R. and Shinoda, M. (2012): Estimation of surface soil water content from surface temperatures in dust source regions of Mongolia and China. Environmental Earth Sciences, 65, 1847-1853. (査読有) DOI: 10. 1007 /s12665-011-1167-9
- ⑥ 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(2012)：水工学論文集, 68(4), 1789-1794. (査読有)
- ⑦ 阿不来提阿不力提甫・木村玲二(2011)：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. (査読有)
- ⑧ 木村玲二(2011)：黄土高原六道溝流域の自然草地における NDVI と降水量、土壌水分との関係. 沙漠研究、21-1. (査読有)
- ⑨ Liu Yang, Xiufeng Wang, Meng Guo, Hiroshi Tani, Nobuhiro Matsuoka, Shinji Matsumura(2011): Spatial and Temporal Relationships among NDVI, Climate Factors, and Land Cover Changes in Northeast Asia from 1982 to 2009, GIScience & Remote Sensing, 48(3), 371-393,2011.9. (査読有), DOI: 10.2747/1548-1603. 48.3.371
- ⑩ Mohamed, A.A., Kimura, R. and Shinoda, M. (2011): 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. (査読有)
- ⑪ Mohamed, A.A., Kimura, R., Shinoda, M. and Moriyama, M.(2011): Diurnal surface temperature difference index derived from ground-based meteorological measurements for assessment of moisture availability. Journal of Arid Environments, 75, 156-163. (査読有) DOI:10.1016 /j.jaridenv.2010.09.013
- ⑫ Kato, H. , Erina Iwasaki , Eiji Nagasawa, Hisao Anyoji, Nobuhiro Matsuoka and Reiji Kimura (2010) : Rashda: System of Irrigation and Cultivation in a Village in Dakhla Oasis, MEDITERRANEAN WORLD XX ,1-45. (査読有)
- ⑬ Kimura, R. and Shinoda, M.(2010): Spatial distribution of threshold wind speeds for dust outbreaks in northeast Asia. Geomorphology, 114, 319-325. (査読有) DOI: 10. 1016 /j. geomorph.2009.07.014
- ⑭ Shinoda, M., Kimura, R., Mikami, M., Tsubo, M., Nishihara, E., Ishizuka, M., Yamada, Y., Munkhtsetseg, E., Jugder, D. and Kurosaki, Y.(2010): Characteristics of dust emission in the Mongolian steppe during the 2008 DUVEX intensive observation period. SOLA, 6, 009-012 (Jan. 2010). (査読有) DOI: 10.2151 /sola.2010-003
- ⑮ Kimura, R., Bai, L. and Wang, J.(2009): Relationships among dust outbreaks, vegetation cover, and surface soil water content on the Loess Plateau of China, 1999-2000. CATENA, 77, 292-296 (2009). (査読有) DOI: 10.1016 /j.catena.2009.02.016
- [学会発表] (計 72 件)
- ① 天野晃太・松岡延浩・白龍・木村玲二・王秀峰 (2012)：運動量バルク輸送係数を用いたカラガナ群落の LAI 推定, 日本農業気象学会 2012 年全国大会講演要旨, 95 (2012 年 3 月 15 日, 堺市) .
- ② Guo Meng, Xiufeng Wang, Guosheng Zhong and Hiroshi Tani(2012): The Distribution of Greenhouse Gas Concentrations in China Using GOSAT Data. International Symposium on Agricultural Meteorology (Mar.15, 2012, Sakai, Japan).
- ③ 西脇彩香・松岡延浩・天野晃太・王秀峰・郭蒙・白龍・木村玲二 (2012)：ALOS,AVNIR を用いたカラガナの LAI の推定, 日本農業気象学会 2012 年全国大会講演要旨, 94, (2012 年 3 月 15 日, 堺市) .
- ④ 阿不力提甫阿不来提・木村玲二 (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, (2010 年 12 月 17 日, 鳥取市)
- ⑤ Abulaiti, A., Kimura, R. and Shinoda, M. (2011): Effect of vegetation on sand transport in a Mongolian grassland. International Symposium on Agricultural Meteorology 2011, (Mar. 18, 2012, Kagoshima, Japan).
- ⑥ 天野晃太・松岡延浩・白龍・木村玲二・王秀峰・今久 (2011)：半乾燥地の植物群落における運動量のバルク輸送係数の年変化, 日本農業気象学会 2011 年全国大会講演要旨, 97 (2012 年 3 月 15

- 日, 堺市) .
- ⑦ Guo Meng, Yang Liu, Xiufeng Wang, Nobuhiro Matsuoka and Hiroshi Tani, (2011): Analysis of desertification and wood land distribution: A case study on the Balinyou Banner of Inner Mongolia, China. 34nd International Symposium on Remote Sensing of Environment, 10-15, (Aug. 12, 2011, Sydney, Australia).
- ⑧ Kimura, R. (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, (Mar. 18, 2012, Kagoshima, Japan).
- ⑨ 松島大・木村玲二・篠田雅人 (2011) : 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, (2012 年 3 月 21 日, 千葉市).
- ⑩ Matsushima, D., Kimura, R. and Shinoda, M. (2011): Surface soil moisture estimation using thermal inertia. International Symposium on Agricultural Meteorology 2011, (Mar. 18, 2012, Kagoshima, Japan).
- ⑪ Mohamed, A.A. and Kimura, R. (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, (Aug. 1, 2011, Tottori, Japan).
- ⑫ 天野晃太・松岡延浩・白 龍・木村玲二・王秀峰・今 久 (2010) : カラガナ群落における運動量のバルク輸送係数の 1 年間の変化, 日本農業気象学会関東支部 2010 年度例会講演要旨集(電子媒体版), p3 (2010 年 11 月 5 日, 宇都宮市) .
- ⑬ Guo Meng, Xiufeng Wang, Yang Liu, Nobuhiro Matsuoka, Hiroshi Tani and Guosheng Zhong (2010): Desertification assessment using Landsat data in Kerqin Sandy Land, China. The 49th Autumn Conference of the Remote Sensing Society of Japan, 13-14, (Mar. 18, 2012, Kagoshima, Japan).
- ⑭ 岩崎えり奈・木村玲二・松岡延浩 (2010): チュニジア南部オアシス地方の水の取引慣行, 鳥取大学乾燥地研究センター平成 22 年度共同研究発表会講演要旨集, 50-53 (2010 年 12 月 3 日, 鳥取市) .
- ⑮ Kimura, R. and Shinoda, M. (2010): Estimation of surface soil water content from surface temperatures during dust outbreak seasons oh northeast Asia. International Symposium on Agricultural Meteorology 2010, (Mar. 18, 2010, Nagoya, Japan).
- ⑯ 今 久・松岡延浩 (2010) : ポット植えサイズによる群落スケールと個体蒸発散量の関係:, 日本農業気象学会関東支部 2010 年度例会講演要旨集(電子媒体版), p2, (2010 年 11 月 5 日, 宇都宮市) .
- ⑰ 松岡延浩 (2010) : 農業気象災害とリスクマネジメント, 第 3 回農業気象研究会・第 1 2 回農業情報研究会合同研究会ー農業とリスクマネージメントー, (2010 年 2 月 23 日, つくば市) .
- ⑱ Matsuoka, N., Kimura, R., Tsubo, M., Shibata, S., Zheng, J. and Li, S. (2010): Characteristics of Net Ecosystem Exchange and Evapo-Transpiration of Alfalfa Vegetation Measured with Eddy Covariance Method in semi-arid area ,CAS-JSPS Core University Program Japan-China Joint Open Seminar on Combating Deserification and Development in Inland China of Year 2010 Abstracts, (Sep.13, 2010, Tottori, Japan) .
- ⑲ 松岡延浩・中野聡史・木村玲二 (2010) : 気象要素を用いたカラガナ群落土壌表面の水分量予測, 鳥取大学乾燥地研究センター平成 22 年度共同研究発表会講演要旨集, 54-55, (2010 年 12 月 3 日, 鳥取市) .
- ⑳ 柴田昇平・坪 充・木村玲二・松岡延浩 (2010) : 領域気象モデルを用いた中国黄土高原における高解像度気象予測, 中国・四国の農業気象, 第 21 号.
- ㉑ Kimura, R. and Shinoda, M. (2009): Observation of dust outbreaks in Mongolia-Effect of vegetation on the dust outbreaks. International Symposium on Agricultural Meteorology 2009, (Mar. 26, 2009, Koriyama, Japan.).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松岡 延浩 (MATSUOKA NOBUHIRO)
千葉大学・大学院園芸学研究科・教授
研究者番号 : 8 0 2 1 2 2 1 5

(2) 研究分担者

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 : 8 0 3 1 5 4 5 7

王 秀峰 (WANG XIUFENG)
北海道大学・農学研究科・講師
研究者番号 : 3 0 3 0 1 8 7 3