

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 岡安 智生

北東アジアの乾燥・半乾燥地域は主要なダスト給源の一つである。風成ダストは気候変動などに影響を与えるほか、人間社会にも様々な影響をもたらす。ダスト発生源においては、砂塵嵐による被害や微細粒子の持ち去りによる地力低下が起きる。またダストによる健康被害が遠隔地でも深刻化している。健康被害が深刻な韓国では、被害を軽減すべく黄砂の早期警戒体制を運用し、黄砂警報を発している。

しかし、国連国際防災戦略が勧告しているように、根本的な対策を講じるためには、短期的な予報や事後処理的な対策のみならず、現象発生の原因にまで遡り災害リスクを軽減できるような、長期的視野に立った災害対策の提示が必要である。本研究の目的は、そのような問題意識に基づき、黄砂現象のモデル化を通じて、長期的災害対策を提示しようとするものである。具体的には、駆動力である風力および地表面の状態（植生、土壤水分など）のモデル化を通じて、適切な土地利用管理方策によりコントロールし、黄砂被害リスクを軽減する手法を提示しようとしたものである。

本研究では、以上の研究目的を達成するために、まず(1)詳細な土地情報を用いた、正確なダスト発生パターンを推定できるモデルを構築し、黄砂現象の長期トレンド及び土地利用コントロールによるダスト発生量への影響を把握した。つぎに(2)風食防止対策の費用対効果を算出した。さらに(3)両手法を統合し、黄砂発生防止対策を最適空間配置及び費用対効果との関連のもとに提示した。

既往研究のレビューから、これまでの黄砂の広域モデル研究では、長期的な災害リスクの軽減という視点は見られず、そのためシミュレーション期間が短期間で、時間・空間解像度が低すぎるといった問題があることがわかった。ただし、適切なパラメタライズとシミュレーション条件の設定により、WEAM (Wind Erosion Assessment Model)の枠組みが長期的災害対策のために利用可能であることがわかった。WEAMが要求する変数には土壤粒子の粒径分布、土壤水分、表面粗度（植被）、および風速がある。土壤水分、植被の広域推定などはすでに手法が確立しているが、粒径分布については研究事例がほとんど存在しなかったため、本研究ではまず推定手法について検討した。

まず、中国内蒙古自治区およびモンゴル国の様々な環境区において土壤サンプリングを行い、乾式篩を用いて8つの粒径区分に分け、クラスター分析を行った。その結果、土壤タイプによって、気候の影響を強く受けた成帯性土壤と、母材の影響を強く受けた土壤である風砂土がほぼ排他的に区別できた。また成帯性土壤内の粒径分布の差異も、母材に起因することがわかった。土壤と地質は一般に主題図が入手可能であるため、上記の結果を用いて、粒径分布を広域にマッピングすることが可能になった。一方、その他の変数を各種データセットおよびモデルから推定し、WEAMに入力し風食量を1982年から2000年について計算した。計算結果を、既存の風食モデルによる研究、気象データによるダスト観

測日数の空間分布、3都市の気象データの時間変動、と比較しシミュレーション結果の妥当性を検証した。

ダスト発生量を規定する要素を議論するため、地表面の潜在的な風食量を解析した。その結果、潜在量は広域的には乾燥度に従うが、一方で局所的な土壌の違いによる差異が見られた。激しい砂の移動の発生する地域は風砂土の分布域と一致した。考察の結果、風砂土は特有の粗な粒径分布を持つため透水性が非常に高く、地表の水分はすぐに下層へと移動してしまうので、地表が常に乾燥状態に保たれるのが理由であることがわかった。一方ダスト発生量については、風砂土の地域の重要性が減少し、成帯性土壌の地域の発生が相対的に重要になった。それは、ダストの給源である粘土の含量が、風砂土に比べて成帯性土壌においてはるかに多いことに起因していると考えられた。

また、ダスト発生の時空間変動を理解するために、シミュレーション結果に対して主成分分析を行った。まず、対象地域中央部においてダスト現象が急速に沈静化していることがわかった。また90年代は80年代と比較して相対的に恒常的ダスト発生の地域が減少し、モンゴル高原東端に発生源の核の一つが移動していた。またダスト発生がより局所的・突発的傾向を見せた。ダスト発生を規定する要因について解析した結果、モンゴル高原中央部のダスト現象の急速な沈静化は、風速の減少と土壌水分の上昇の複合影響によることがわかった。また突発的なダスト発生年とその要素を比較した結果、ダスト突発は土壌水分および植被率が、ともに極端に低かった年で見られることがわかった。近年のダスト発生が人為攪乱の影響の強い東部地域に移動し、かつ地表面状態に強く影響することが示され、適切な土地利用管理によるリスク軽減の可能性が示唆された。

つぎに、90年代にダスト発生が頻発した中国内蒙古自治区を例として、風食防止対策の利用による長期的黄砂対策の費用対効果を解析した。地表を面的に被覆する効果のある代表的な風食防止手法として、「禁牧」、枯草の茎を砂に埋め込み飛砂を防ぐ「草方格」、および灌木の「植栽」を採り上げた。それぞれの手法の効果および費用を既存の文献から収集した。効果をWEAMにより計算し、その結果および費用を単体表に組み込み、線形計画法による最適化計算を行った。費用制限がない場合、土地利用コントロールにより内蒙古自治区全体ではおよそ10%、また2000年にダストが突発した地域では30%のダスト発生量の減少が推定された。最も費用対効果の高い手法はゴビステップでの「禁牧」、つぎに山岳土壌および沖積土壌における「植栽」、そして砂砂漠での「草方格」という順であった。費用対効果は5,000万元以上の支出ではほとんど0に近く、それ以上の支出は無意味であることが示唆された。

このように、本研究では、風食モデルによる黄砂発生の推定、風食対策手法の定量化、および経済モデルの組み合わせにより、長期的黄砂軽減対策を具体的に提示することができた。また黄砂の時空間変動の背景となる気候変動、および中国ですすでに行われてきた様々な砂漠化防止・緑化政策と、黄砂軽減対策を目的とした土地利用コントロールは、相互に密接な関連をもつことも明らかにされた。

以上要するに、本研究は、北東アジアにおける黄砂発生について、立地条件の違いによる発生ポテンシャルと黄砂発生の時間変動をその要因と関連付けて精査し、また、実際の政策決定に反映し得る、土地利用コントロールによる黄砂発生抑制の費用対効果を具体的に提示したものであり、学術的な価値のみならず応用的側面でも有用な知見を得ている。よって審査委員一同は、博士（農学）の学位を与えるに十分値する論文であると判断した。