

## 5. 保健医学研究グループ

### (1) 研究課題と組織

研究課題 乾燥地における健康レベルの向上

テーマ1 黄砂による生体影響の解明

テーマ2 乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の予防

研究組織

事業担当推進者

黒沢洋一（医学部 教授） チームリーダー

島田章則（農学部 教授）

小池淳司（工学部 准教授）

研究協力者

大谷眞二（乾地研 特任准教授）

大西一成（医学部 助教）

ポスドク研究員

穆 浩生（乾地研）

国内協力機関

国立環境研究所

鳥取県衛生研究所

海外協力機関

モンゴル獣医学研究所

### (2) 研究の目的と期待される成果

乾燥地で発生し、我が国にも影響を与える Asian Dust(黄砂)に着目し、黄砂の生体影響を明らかにすることを目的とした。そのため、黄砂の細胞毒性、動物への影響、人への影響、予防対策について医学、農学が連携して研究に取り組んだ。また、乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の予防観点から、モンゴルで発生していた、家畜の特異的疾患（小脳失調性運動障害）についての機序の解明も目的とした。このような研究は乾燥地における健康レベルの向上につながると考えられる。

これまで、砂漠化防止において保健医学分野の研究はほとんど行われていない。今回の研究は医学、農学（獣医学を含む）、工学が総合的に乾燥地科学に取り組むことに特色があり、世界唯一のもので、学際的な新たな研究分野の開拓となる。

### (3) 研究対象地域と研究方法

#### 1. 黄砂の生体影響の解明

##### 1) 動物実験

黄砂（標準物質）の鉍物成分のマウスの気道への影響を急性曝露と3か月間の投与を行い、その病理的变化を調べた。

##### 2) 健康影響調査

①モンゴルにおける砂塵嵐の調査：発生源地域であるモンゴル、中国黄土高原の医療機関や学校、住民の自覚症状、quality of lifeを中心としたアンケート調査を行った。さらに、モンゴルのゴビ砂漠で、砂の採取を行った。

2008年5月にモンゴル中東部で発生した砂嵐と雪をともなった風（砂塵嵐）は、人や家畜の大量死につながる大災害をもたらした。災害発生の1年後に、被災地遊牧民を対象にした個別面接

により健康影響について調査した。調査内容は、曝露の有無と健康関連 QOL（身体的・精神的健康度）であった。

②我が国での黄砂の健康影響：国内では、鳥取大学医学部のある鳥取県西部の住民を対象に黄砂発生の時期を中心に自覚症状を中心としたアンケート調査をおこなった（図Ⅲ-5-1 日記式自覚症状調査票）。その地域の、調査期間中の気温、湿度、気圧、黄砂（視程による判定）、粒子状物質濃度、窒素酸化物、硫黄酸化物の濃度等の気象・環境情報も集め、自覚症状との関連を調べた。

自覚症状調査票 お名前

2009年2月1日（日）

以下の症状があれば、あてあまる位置に ○ をつけて下さい。

部位	症状	症状	軽い	やや軽い	中間	ややひどい	ひどい
鼻	くしゃみが出る	ない	ある				
	鼻水	ない	ある				
	鼻づまり	ない	ある				
	鼻がかゆい	ない	ある				
のど	せきが出る	ない	ある				
	たんが出る	ない	ある				
	のどが痛い	ない	ある				
	のどに不快感	ない	ある				
目	目がかゆい	ない	ある				
	普段より涙が出る	ない	ある				
	結膜が赤い	ない	ある				
	目がしばしばする	ない	ある				
呼吸器	息切れ	ない	ある				
	胸が痛い	ない	ある				
	胸が重苦しい	ない	ある				
	呼吸がにくい	ない	ある				
肌	肌がかゆい	ない	ある				
	肌に湿疹が出る	ない	ある				
	肌に痛みがある	ない	ある				
	肌が赤い	ない	ある				
頭	頭痛がある	ない	ある				
全身	発熱がある	ない	ある				
そのほか							

●調査は1日1回夕方頃に記入してください。一日の間に項目の症状があればその程度についてあてあまる位置に○を付けてください。（夜間、または記入後の症状は次の日に記入してください。）  
 ●そのほかの欄には、項目にない症状がある場合に記入してください。また、症状について黄砂、花粉以外の要因が予測される場合、飲酒、風邪、コンタクトレンズの影響等、思うことを記入してください。

図Ⅲ-5-1 日記式自覚症状調査票（対象者は期間中毎日自覚症状のチェックを行う）

2. 乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の予防

モンゴルにおいて乾燥地の植生の変化により、毒草が増加し、その毒草摂取による家畜の被害が報告されたため、原因物質等の探索のため、モンゴルの家畜の病理学的研究を行った。



図Ⅲ-5-2 乾燥地の植生変化による動物の特異的疾患の想定図

#### (4) 研究成果

##### 1. 黄砂の生体影響

###### 1) 動物実験

①鳥取に飛来した黄砂粒子のうちの鉍物成分がマウスの急性肺組織傷害を引き起こすことを実験病理学的にあきらかにした。

②炎症性サイトカイン誘発を介した肺の重度の急性炎症と肉芽腫形成を特徴とする肺の慢性炎症がみられた。この所見は、黄砂の3か月におよぶ慢性毒性を実験的に確かめた初めての報告となる。

###### 2) 健康影響調査

###### ①モンゴルにおける砂塵嵐の調査

モンゴルの住民調査では、都市部住民より砂漠住民の流涙など眼症状の発症率が有意に増加しており、ダストイベントと眼症状との関連性が示唆された。黄砂粒子が物理的刺激やアレルゲンとして影響している可能性が考えられる。しかし、ほかの気象因子も同時に含まれ、とくに、都市部では大気汚染物質が共存しており、今後気象因子や大気汚染物質を考慮する必要がある。

2008年5月の大規模な砂塵嵐の曝露群は非曝露群に比べQOLは低値であった。多変量解析結果においても曝露の有無と健康関連QOLとの関連性がみられた。このことから砂塵嵐の長期的影響として、QOL低下の可能性が検証されたといえる。QOL低下の要因としては、心理的恐怖感、財産の損失、外傷による後遺障害などが推察される。QOLの改善のためには、災害救助はもとより、巡回医療、健康相談、心のケアなどを含めた包括的支援が求められる。また、被災地の医療機関や公的機関で調査を行い、緊急時の通信網や救急搬送システムなど危機管理の不備が被害を大きくした可能性を指摘した。

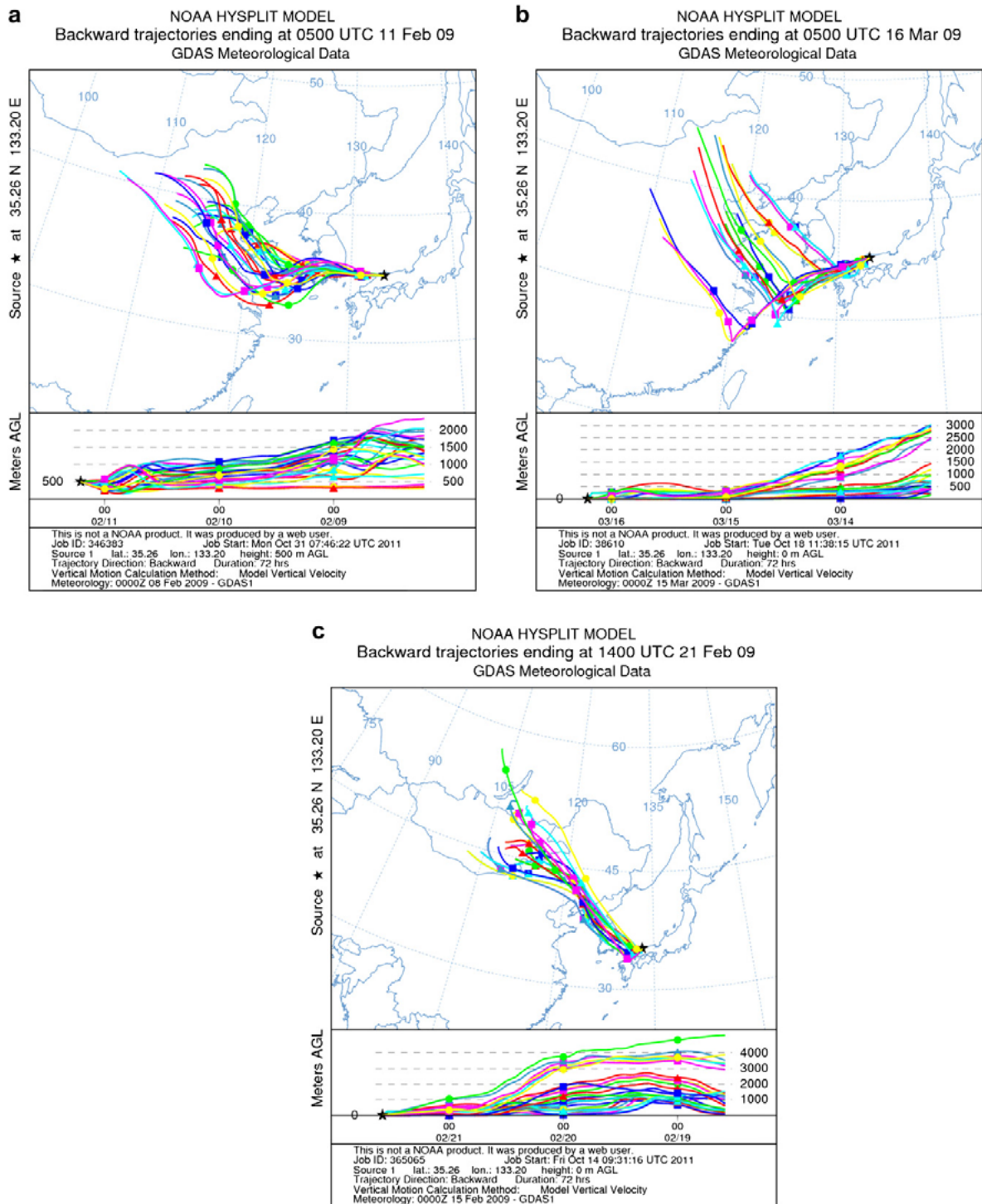
###### ②我が国での黄砂の健康影響

###### 黄砂の飛来と自覚症状調査

国内においても、日記式の自覚症状調査により、健常人において眼や鼻・咽頭、皮膚の症状に黄砂が影響している可能性を指摘した。また、皮膚の症状に関しては、黄砂の成分分析や症状の経過より黄砂粒子に付着した物質（ニッケルなどの重金属）によるアレルギー反応によるもの可能性が示唆された。

##### 黄砂の飛来経路による分類

黄砂の飛来経路により黄砂の成分が異なり、その健康影響も異なると考えられた。下記の図に示すように、aタイプⅠ（非土壌成分が主体：大陸の工業地帯を經由南方経路）、bタイプⅡ（土壌成分と非土壌成分均等：中間の経路）、cタイプⅢ（土壌成分が主体：モンゴルから北方経路）の分類を提唱した。タイプⅠ（非土壌成分が主体：大陸の工業地帯を經由南方経路）は、他のタイプに比較して自覚症状を引き起こしやすい。

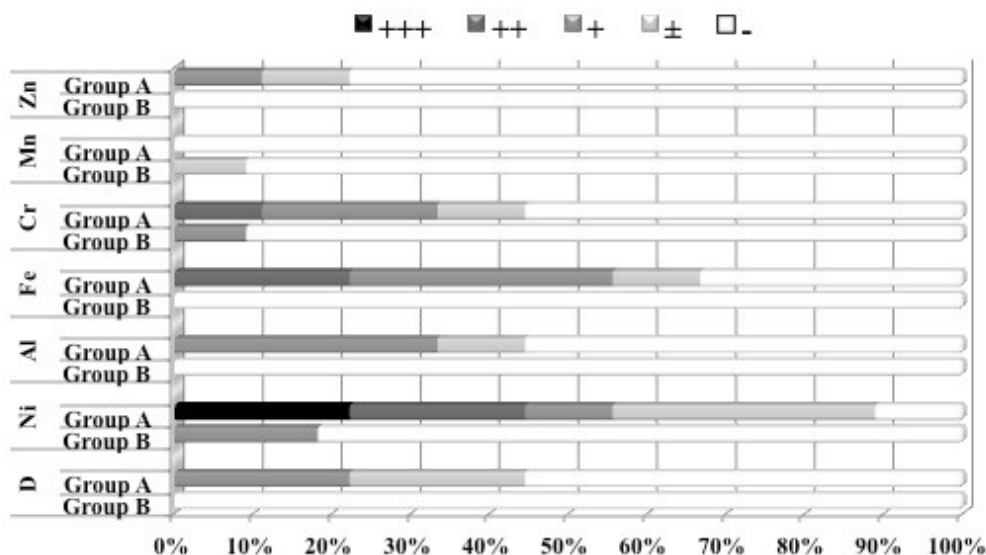


図Ⅲ-5-3 黄砂の飛来経路による分類 (a タイプⅠ：非土壌成分が主体：大陸の工業地帯を經由南方経路, b タイプⅡ：土壌成分と非土壌成分均等：中間の経路, c タイプⅢ：土壌成分が主体：モンゴルから北方経路)

#### 皮膚の自覚症状と黄砂に対するアレルギー症状との関連

2010年の黄砂の自覚症状調査に協力した62人のうち、皮膚に自覚症状のあった人は、18人であった。そのうち9人と自覚症状のなかった11人に、同意を得て、亜鉛 (Zn)、マンガン (Mn)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni) と黄砂 (D) のパッチテストを行い、

その反応を比較した。結果を下記に示した。鉄，アルミニウム，ニッケル，黄砂で有意の差がみられた。黄砂飛来時に皮膚の症状を訴える人は，パッチテストによる金属アレルギー，黄砂アレルギー反応を示す人が多いことが分かった。金属アレルギーの既往歴と黄砂アレルギーの関連を示唆する結果を得た。



図III-5-4 皮膚の自覚症状の有無と金属・黄砂に対するアレルギー症状 (Group A:皮膚に自覚症状のあった人 Group B:自覚症状のなかった人)

## 2. 温暖化・砂漠化に伴う牧草の植生の変化を背景としたヤギにおける植物中毒

毒草摂取による小脳失調症を示すヤギの小脳病変および毒素の成分を解析し，ブルキンエ細胞の顕著な脱落および主要毒素成分と考えられているアルカロイド成分であるスバイノソニンが含まれていることが判明した。

さらに，毒草摂取による小脳失調症を示す2例のヤギを追加し臨床ならびに病理学的に検索した。その結果，追加した2例にも同様の臨床症状・病理所見が確認された。毒素スバイノソニンによるライソゾーム内の酵素阻害によるライソゾーム機能低下を原因とする「正常な細胞でのオートファジーを介したミトコンドリア新陳代謝の遅延」が示唆される。この異常が細胞死を誘発する可能性がある。

また，マウスを用いての中毒の再現実験を試みたところ，神経（小脳）症状は再現できなかったが，肝臓，腎臓および膵臓に毒素によると思われる空胞変性（細胞傷害）が確認された。

温暖化・砂漠化に伴う牧草の植生の変化を背景としたヤギにおける小脳失調を主要症状とする植物中毒が発生し，家畜での本疾患は地球環境変異の指標としての意義および乳肉を介した食の安全（公衆衛生）にも関連する可能性があることを指摘した。

### (5) 成果の公表

#### 1. 市民への情報公開 公開シンポジウム

1) 「大気汚染と気道疾患を考える会」 2010年2月13日 米子コンベンションセンター

16:00～ Session1

座長：鳥取大学医学部 分子制御内科学 教授 清水 英治 先生

鳥取大学医学部 健康政策医学分野 教授 黒沢 洋一 先生  
「黄砂の飛来実態とその影響」

鳥取県生活環境部衛生環境研究所 大気・地球環境室 吉田 篤史 先生  
「黄砂飛散と呼吸器疾患」

鳥取大学医学部 分子制御内科学 渡邊 仁成 先生  
「黄砂のスギ花粉症に及ぼす影響」

鳥取大学医学部 耳鼻咽喉・頭頸部外科 准教授 竹内裕美 先生

#### 17:00～ Session2

座長：鳥取大学医学部 分子制御内科学 教授 清水 英治 先生

鳥取大学医学部 健康政策医学分野 教授 黒沢 洋一 先生

「黄砂とアレルギー」

演者：大分県立看護科学大学生体反応学研究室教授 市瀬 孝道 先生

#### 17:30～ パネルディスカッション

司 会：鳥取大学医学部 分子制御内科学 教授 清水 英治 先生

鳥取大学医学部 健康政策医学分野 教授 黒沢 洋一 先生

パネリスト：大分県立看護科学大学 生体反応学研究室 教授 市瀬 孝道 先生

鳥取大学医学部 耳鼻咽喉・頭頸部外科 准教授 竹内 裕美 先生

鳥取大学医学部附属病院呼吸器・膠原病内科 講師 渡部 仁成 先生

鳥取県生活環境部衛生環境研究所大気1地球環境室 吉田 篤史 先生

#### 2) シンポジウム「黄砂と健康」 2011年2月18日(土) 米子コンベンションセンター

##### I 特別講演 13:30～14:30

座長 黒沢洋一 鳥取大学医学部・教授

「鳥取砂丘から世界の乾燥地科学へ」

鳥取大学グローバルCOEプログラム「乾燥地科学拠点の世界展開」・拠点リーダー、鳥取大学乾燥地研究センター・教授 恒川篤史 先生

##### II シンポジウム

黄砂の発生要因とその対策 14:30～15:20 (各20分 質疑応答5分)

座長 篠田雅人 鳥取大学乾燥地研究センター・教授

「黄砂の発生要因の解明」

鳥取大学乾燥地研究センター・プロジェクト研究員 黒崎泰典 先生

「中国乾燥地における黄砂発生源対策の現状」

鳥取大学乾燥地研究センター・教授 山中典和 先生

黄砂の生体影響 15:30～16:45

座長 大谷眞二 鳥取大学乾燥地研究センター・特任准教授

「マウスの気管内に投与された黄砂粒子による急性および慢性肺毒性」

鳥取大学農学部・教授 島田章則 先生

「自覚症状からみた黄砂の影響」

エコチル調査鳥取ユニットセンター・助教 大西一成 先生

「黄砂とアレルギー」

京都大学大学院医学研究科・研究員 金谷久美子 先生

全体討論とまとめ 16:45～17:30

3) 「鳥取発！黄砂研究の最前線」2012年2月2日（土） とりぎん文化会館 第2会議室

13:30～15:30

「鳥取大学黄砂プロジェクト紹介」

プロジェクトリーダー

鳥取大学乾燥地研究センター・教授 山中典和 先生

「近年の黄砂多発の原因 –黄砂発生域で何が起きているのか?–」

鳥取大学乾燥地研究センター助教 黒崎泰典 先生

「黄砂の何が人へ健康影響を及ぼすのか?」

エコチル調査鳥取ユニットセンター・助教 大西一成 先生

15:30～16:00

パネルディスカッション

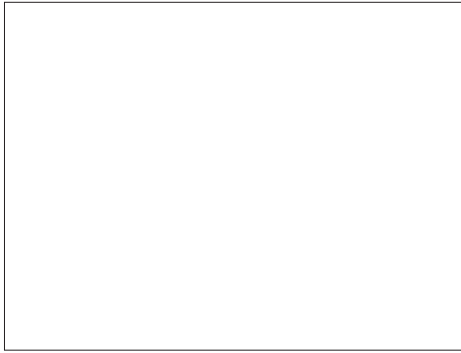
## 2. 論文作成

巻末に論文リストを掲載。

### (6) 今後の展開

1. 鳥取大学特別経費「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(2011-2015)





#### 研究・活動内容

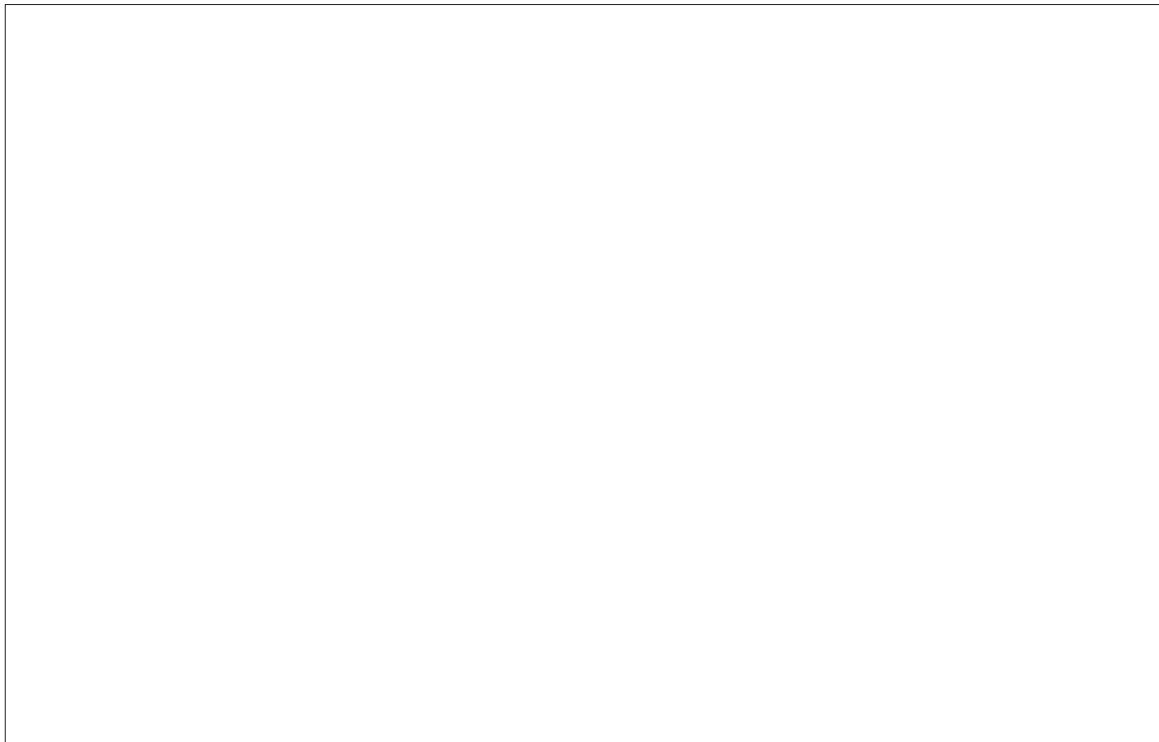
GCOE でのテーマであった黄砂をテーマにさらに発展させて拠点形成と海外協力機関との連携を深める。黄砂の生体影響では、大気汚染物質だけでなく、微生物にも着目して影響を調べる。発生源での生体影響では、モンゴル住民や中国住民の長期の影響評価を行う。遊牧などの人間活動に与える影響についても調べる。

#### 2. 科学研究費「黄砂曝露による健康影響の評価」(2011-2013)



研究・内容 黄砂と飛来時の前後における自覚症状の変化と、血液サンプルの分析によるアレルギー物質との関連を調べる。

3. 環境省「戸外活動時間を考慮に入れた、土壌性ダスト(黄砂)による呼吸器/アレルギー疾患リスクの定量的評価」  
子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)(2010-2022)の追加調査



#### 研究・内容

- 1) 何を明らかにしようとするのか



土壌性ダスト（黄砂）による呼吸器／アレルギー疾患リスク上昇を評価し、黄砂感受性に関わる因子を検索する。

① 小児において、土壌性ダスト（黄砂）による喘息「発症」及び喘鳴発現に対する影響を評価する。

② 妊婦において、土壌性ダスト（黄砂）による呼吸器アレルギー症状発現、血清 IgE 値への影響を評価する。

③ 妊婦において、土壌性ダスト（黄砂）の高感受性を決める因子を検索する。

④ 黄砂の影響の地域差について考察する。

なお、Web 上で入力された回答が、紙ベースでの回答とどの程度一致するかを、一部の回答データを用いて追加的に検証することとする。

2) 対象者登録期間 平成 23 年 8 月から平成 26 年 3 月 31 日

3) 対象者追跡期間

① 小児における、土壌性ダストによる喘息「発症」及び喘鳴発現に対する影響

4 年間（児が満 4 歳を過ぎるまで。ただし平成 25 年に予定されている推進費延長申請が認められなければ、平成 26 年 3 月 31 日にて終了する可能性がある。）

② 妊婦における、土壌性ダスト（黄砂）による呼吸器アレルギー症状発現、血清 IgE 値への影響約 8 ヶ月（凡そ出産するまで）

（黒沢洋一）

## 6. 地球環境研究グループ

### (1) 研究課題と組織

研究課題：黄砂発生ハザードマップの作成

組織：篠田雅人（リーダー）・木村玲二・坪 充・西原英治・三上正男（気象研究所）

（図Ⅲ-6-1）



図Ⅲ-6-1 観測地のゲルで生活するグループメンバーと協力者

### (2) 研究の目的と期待される成果

黄砂が日本に飛来するまでの過程は、発生、輸送、沈着に大きく分けられるが、正確な飛来予測のためには、発生過程の十分な理解が不可欠である。従来、黄砂発生研究は砂漠地域を中心としていたが、砂漠化が進行する植生地域も研究の重要性が高まってきた。「春の枯れ草や土壌水分が黄砂（ダスト）発生にどう影響するか」という疑問に答えるため、グローバルCOEプログラム「乾燥地科学拠点の世界展開」のなかで、日蒙米共同プロジェクト、ダストー植生相互作用観測（Dust-Vegetation Interaction Experiment: DUVEX）を実施した。

本研究の目的は、地上・衛星観測をもとに黄砂発生の生物物理モデルを開発し、東アジアにおける黄砂発生ハザードマップを作成することである。

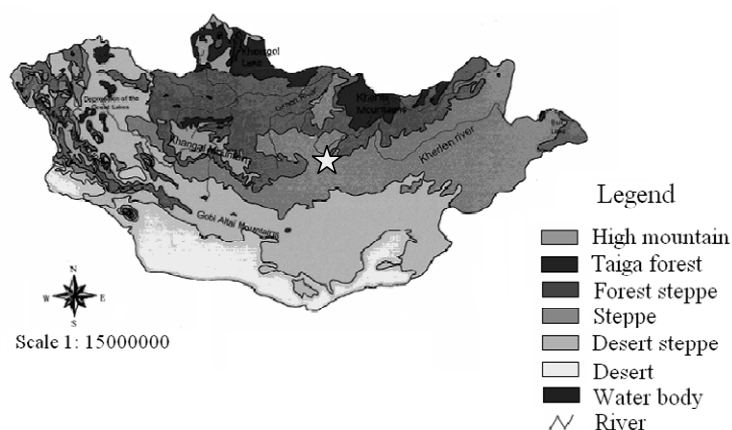
### (3) 研究対象地域と研究方法

ゴビ砂漠（主要な黄砂発生地）北のモンゴル草原に位置するBayan Unjuul（図Ⅲ-6-2星印；年降水量163mm、年平均気温0.1℃）は、2003年以来、ユーラシア大陸の乾燥地におけるフィールド研究のメッカとして多くの調査・観測・実験が行われ、超領域研究のための拠点として重要な役割をはたしてきた。本研究でも、ここで観測研究を実施した。

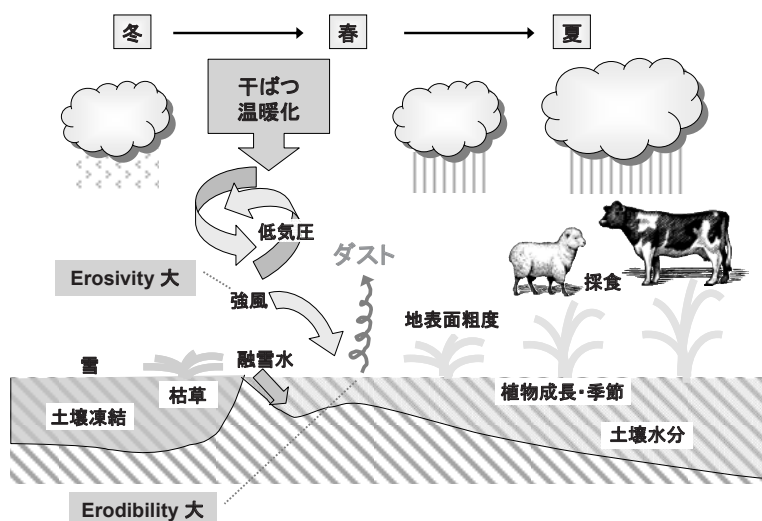
モンゴルにおいて春の黄砂発生に関わる要因は、冬の積雪・土壌凍結、春の土壌水分・枯れ草、大規模な気象などさまざまである（図Ⅲ-6-3）。観測地は、東アジアのなかでも黄砂発生が積雪や植生の変動に対して敏感な地域である。さらに、自然の諸過程に加えて、家畜による採食の影響も考慮する必要がある。過度の放牧は草原の劣化（砂漠化）を引き起こし、黄砂発生を誘発する。こういった地表面状態によって変化する黄砂の発生しやすさは、黄砂が舞い上がり始める風速（臨界風速）で指標化することができる。本研究では、黄砂発生の臨界風速と地表面状態の関係から、黄砂発生の起こりやすさの分布図（黄砂ハザードマップ）を作成する（図Ⅲ-6-4）。将来的

には、このハザードマップと天気（風速）の短期予報を組み合わせ、黄砂発生リスクの評価が可能となる。

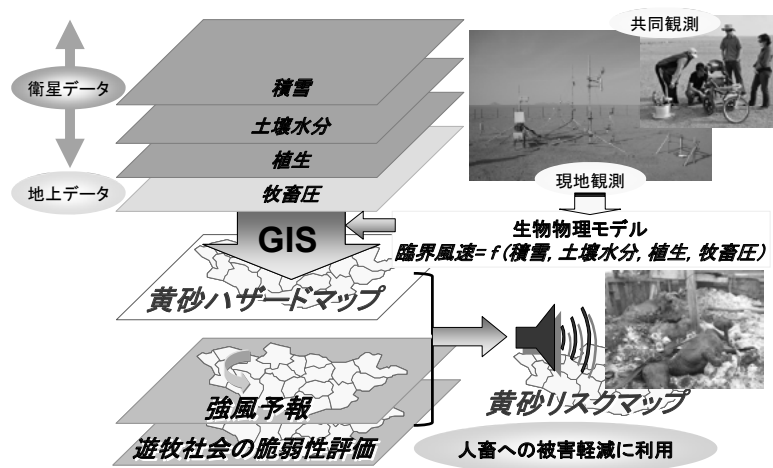
観測地では春に最も黄砂が発生しやすい（臨界風速が極小、Erodibilityが極大）。この臨界風速には、低気圧活動や強風ではなく、春に大きく変化する地表面状態が深くかかわっている（図III-6-3）。春のさまざまな地表面状態には、前年夏の降雨や草原の状態、冬の積雪などがメモリとして影響し、それらの要因の組合せにより黄砂発生の起こりやすさが決まる。



図III-6-2 研究対象地域（Shinoda et al. 2010 SOLA）



図III-6-3 黄砂発生に影響を与える要因（篠田 2010）。左から右へ、冬から夏への季節進行とともに変化する要因を示した。雪、土壤凍結、土壤水分の黒い曲線は、それぞれ、積雪深、土壤凍結深、湿潤土壤の深度を示す。Erosivity は侵食能（風食を引き起こす風の能力）、Erodibility は受食性（風食に対する土壤・地表面の侵食のされやすさ）を示す。



図III-6-4 研究方法、成果、今後の発展（篠田 2010）。現地観測より臨界風速の関数式（生物物理学モデル）を作成し、広域の衛星・地上データを用いて、黄砂ハザードマップを作成した。将来的には、黄砂発生リスクの評価が可能となる。

#### （4）研究成果

##### ダストー植生相互作用観測（Shinoda et al. 2010 SOLA）

2008年春の集中観測期間では、温帯性低気圧の通過にともなって北西風が強まると、ダスト濃度が増加した。当時の地表面は、主に枯れ草による植被率がわずか7.2%、MODIS（中分解能撮像分光放射計）のデータによるNDVI（正規化植生指数）が0.123にもかかわらず、ダスト濃度が上昇し始める風速（10 m 高度の臨界風速）は11.9 m/sと、ゴビ砂漠の裸地のこれまでの観測例より大きい値が得られた。これまでの研究を総括すると、植被が約20%以下の砂漠から草原にかけての地域でのみ、植生変動が黄砂発生に影響し、植被がそれ以上となる地域では黄砂はほとんど発生しない。

##### 気候メモリの概念に基づく枯れ草仮説（Shinoda and Nandintsetseg 2011 Global Planetary Change）

気候メモリとは、「大気の物理量（気温、水蒸気量、降水量など）における季節変化成分あるいは経年変化成分の偏差を、その発生以降、引き継ぎ、保持する地球表層における大気以外のサブ（副次）システムの働き」である。春の黄砂発生メカニズムを解明するためには、そのときの地表面状態を規定している気候メモリの動態の理解が不可欠である。特に鍵となるのは、前年の夏の残渣である枯れ草、冬の間凍結していた土壌水分、融雪水（モンゴル平均で数センチの積雪深）と考えられる。

枯れ草については、前年の干ばつの影響で草の少なかった2008年春と前年に比較的雨が多かったため草が多かった2009年春との違いが大きく、この植生量の違いに対応するように臨界風速は2009年春のほうが2008年春よりも大きかった（Abulitipu et al. 2013, 図III-6-5）。この結果より、枯れ草は春の黄砂発生に大きな影響を及ぼしていると考えている。また、草の量のみならず、種の変動も考慮する必要がある。通常、多年生のイネ科の草本は干ばつなどの擾乱に対して安定性が大きく、草原生態系を縁の下で支える役割を果しているが（Shinoda et al. 2010 J.Arid Environ.）、それに加えて、2009年は長年の干ばつの後、降水量が回復したため、非嗜好性の（家畜が好んで

採食しない) 一年生双子葉植物が優勢となり、残渣の量も多かった。つまり、植物種は採食という過程を経て残渣の量に影響し、最終的には、黄砂発生に影響する。もちろん、長年の採食による植生劣化(砂漠化)の影響もバックグラウンドとして働いている可能性がある。

#### 枯れ草仮説の広域検証 (Kurosaki et al. 2011 Geophys.Res.Lett.)

黄砂発生は、侵食能(風食を引き起こす風的能力)と受食性(風食に対する土壌・地表面の侵食のされやすさ)に依存する。土壌粒子が舞い上がり始める風速(臨界風速)を受食性の指標ととらえ、現在天気と風速を組み合わせて見積もった。その結果、放牧地帯と耕作地帯(モンゴル、内モンゴル、中国東北地方)における近年(2000年代)の黄砂多発化の原因は、土壌・地表面状態の変化(砂漠化)であったのに対して、砂漠地帯(ゴビ砂漠、黄土高原西部)では風速の変化が原因であったことがわかった(図III-6-6)。本研究の方法を用いると、気象データが存在する期間の広域的な受食性を定量的に評価することが可能となる。これらの研究成果が、以下に述べるようにプレスリリースされた。

#### 黄砂発生源としての草原 (Shinoda et al. 2011 Aeolian Research)

2010年2月27日に国際ワークショップ「黄砂発生源としての草原」を開催したことをきっかけにして、これまで4年間の研究成果を総括した結果、「草原が黄砂発生源として現実的、潜在的に重要である」という新しい視点を提示した(図III-6-7)。温帯草原の風食プロセスは、植生の成長・衰退の季節サイクルや気温の極端な季節変化による風化プロセスに大きな影響を受けていることが特徴であり、牧畜や耕作などの人間活動も土地劣化、ひいては、風食の強化につながっている。このような研究の意義がありながら、温帯草原の風食についてはわずかにしか研究されていない。そこで、今後取り組むべき課題について以下の4点を指摘した。

- 1) 草原植生の風食・黄砂発生に対する空力学的・物理的影響のより深い理解。
- 2) 1)で得られた関係の地域スケールへのスケールアップ。
- 3) 黄砂発生に影響する最重要なパラメータ(たとえば、地表面・空力学的粗度)のリーモートセンシングによる見積もり。
- 4) 草原の風食データベースと植生の季節変化と牧畜や耕作の影響を再現する植生モデルを組み込んだ統合風食モデルの作成

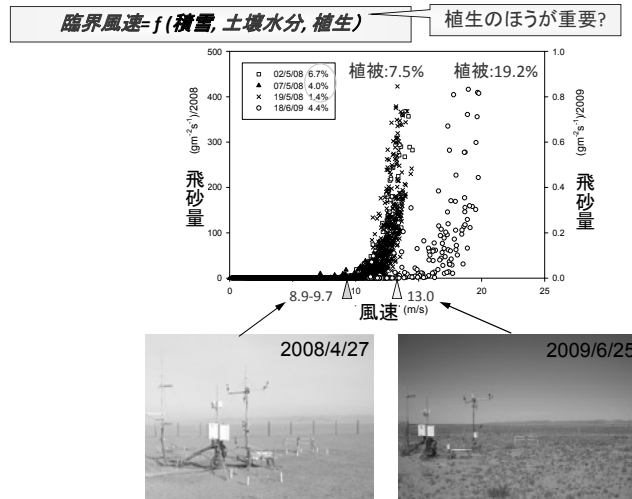
#### 黄砂ハザードマップの作成 (Kimura and Shinoda 2010 Geomorphology)

モンゴル草原において、黄砂発生の現地観測により、植生が黄砂発生の臨界風速に及ぼす影響を明らかにした。この結果をもとに、衛星によるNDVIから植被、さらに地表面粗度・臨界摩擦風速を求めることで、最終的に臨界風速を見積もるモデルを開発し、世界初となる東アジアの黄砂発生ハザードマップを作成した。

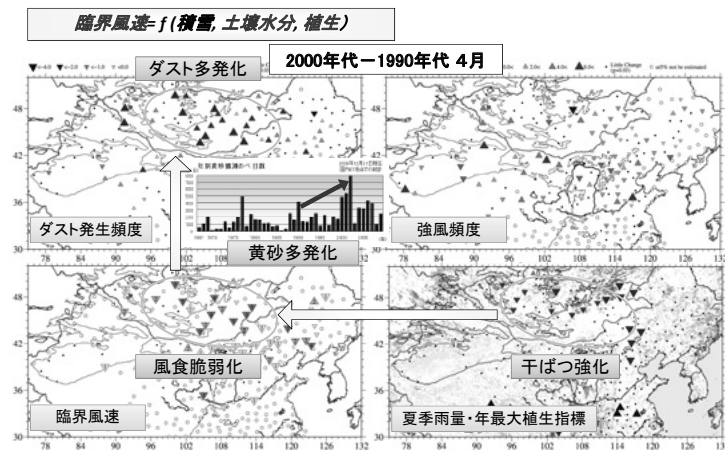
#### 黄砂観測のネットワーキング (Jugder et al. 2011 Global Planetary Change; 2012 Atmospheric Environments)

日中韓各国の協力により、モンゴル国内で9の黄砂観測地点(砂漠草原地域のZamyn-Uud、Sainshand、Erdene、Dalanzadgad、Altai、草原地域のArvaikheer、Undurkhaan、Bayan Unjuul、Ulaanbaatar)のネットワークが完成された。モンゴル水文気象環境研究所から迎え入れた国外客員教授Jugder博士との共同研究により、このネットワークで得られたデータを用いて砂漠草原地域におけるダスト濃度の定量的な時空間分布が初めて明らかとなった。

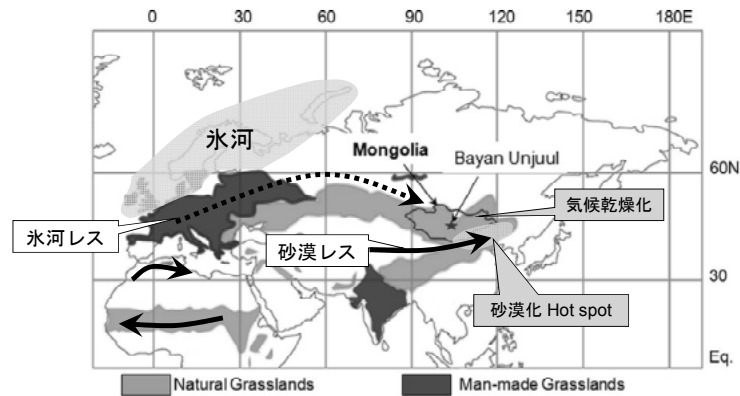
黒崎博士はNASAから準リアルタイムでデータを入力し、東アジア領域の衛星画像を作成するシステムを構築した。この成果はNHK BSプレミアム「体感！グレートネイチャー “黒い嵐”を追跡せよ～モンゴル・ゴビ砂漠～」(2011年6月11日)で紹介された。



図Ⅲ-6-5 2008年と2009年の植生の違いとその臨界風速への影響 (Abulitipu et al.2013 Sand Dune Research)



図Ⅲ-6-6 最近の黄沙多発化の原因 (Kurosaki et al. 2011 Geophys.Res.Lett.)。風が強くなったことより、砂漠化(地表面状態の劣化)が重要である。



図Ⅲ-6-7 黄砂発生源としての草原（Shinoda et al. 2011 Aeolian Research）。

### （5）成果の公表

#### 学会関係

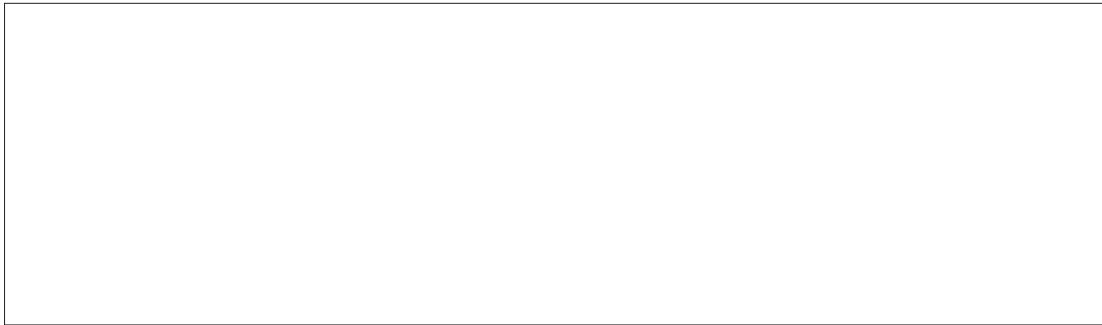
- 国際ワークショップ「黄砂発生源としての草原」（2010年2月27日）
- 海外学術調査フォーラム（2011年6月25日）
- 黄砂シンポジウム（保健医学グループと共催、2012年2月18日）
- 九州イベント（九州大学と共催、2012年2月28日）
- 日本地球惑星科学連合大会（2012年5月20-25日）

#### 報道関係

- プレスリリース：日本海新聞(2011年8月2日)、毎日新聞(同年8月11日)、朝日新聞(同年9月8日)、読売新聞(同年9月13日)に黄砂多発化の原因に関する成果が掲載される(図Ⅲ-6-8)。
- テレビ放送：NHK BS プレミアム「体感！グレートネイチャー “黒い嵐”を追跡せよ～モンゴル・ゴビ砂漠～」(2011年6月11日)で Bayan Unjuul の黄砂発生観測が紹介される(図Ⅲ-6-9)。



図Ⅲ-6-8 朝日新聞（2011年9月8日）に掲載されたプレスリリース



図Ⅲ-6-9 NHK BS プレミアム「体感！グレートネイチャー “黒い嵐”を追跡せよ～モンゴル・ゴビ砂漠～」(2011年6月11日放送)。GCOE 研究員であった Munkhtsetseg 博士が Bayan Unjuul の黄砂発生観測・メカニズムについて解説。

## (6) 今後の展開

### 研究の発展

本研究で得られたハザードマップと遊牧社会の脆弱性に関する情報を組み合わせて、黄砂リスクの評価が可能となり、黄砂被害の軽減に役立つ(図Ⅲ-6-4)。現場における砂漠化防止事業の基礎資料としても価値がある。さらに、文部科学省特別経費事業「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(リーダー: 山中典和)により「東アジア黄砂発生監視システム」を構築しつつある(図Ⅲ-6-10)。

### 外部資金

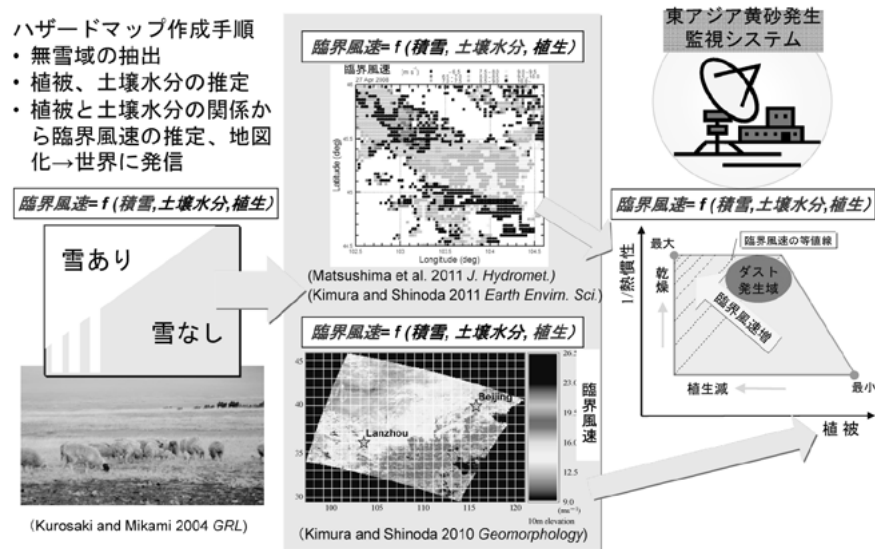
GCOE のなかで行われた黄砂に関する取り組みが評価され、運営費交付金特別経費(プロジェクト分)「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」(2011-2015年)の採択につながった。それに加えて以下のような外部資金を獲得している。

- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(A)(海外学術)、2008-2012年、「干ばつメモリの動態」(代表: 篠田雅人)、直接経費 34,600 千円(間接経費は直接経費の3割、以下科研費は同様)。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(A)、2008-2010年、「全球ダスト動態解明のための観測・解析・モデルインタラクション」(代表: 三上正男)、直接経費 37,100 千円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B)(海外学術)、2008-2011年、「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—」(代表: 木村玲二)、直接経費 11,100 千円。
- 鳥取大学学長経費・若手研究者の育成、2008年、「大気状態、地表面状態とダストストーム発生の関係の解明」(代表: 黒崎泰典)、300 千円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究(B)(一般)、2009-2013年、「モンゴルにおける砂塵嵐の遊牧に対する影響評価」(代表: 篠田雅人)、直接経費 15,100 千円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 若手研究(B)、2009-2012年、「広域の風食評価のための、地表面状態とダスト発生臨界風速の関係解明」(代表: 黒崎泰典)、直接経費 3,510 千円。



千円。

- 日本学術振興会二国間交流事業 共同研究（南アフリカ）、2009-2011年、「南アフリカの乾燥草地のための統合的干ばつ早期警戒システム」（代表：坪 充）、直接経費 4,964 千円。
- 日本学術振興会先端学術研究人材養成事業、2009年、「乾燥地科学拠点」（研究拠点代表者：恒川篤史）、直接経費 19,424,680 円、間接経費 1,775,320 円。
- 日本学術振興会科学研究費補助金 特別研究員奨励費（外国人特別研究員）、2010-2012年、「統合的風食スキームのための生態系モデリング」（代表：篠田雅人）、2010年度直接経費 800 千円、2011年度直接経費 900 千円、2012年度直接経費 300 千円。
- 文部科学省特別経費事業、2011-2015年、「東アジア砂漠化地域における黄砂発生源対策と人間・環境への影響評価」（リーダー：山中典和）、96,694,000 円（2011年度実施経費総額）、87,879,000 円（2012年度実施経費総額）。



図Ⅲ-6-10 黄砂ハザードマップ作成の手順。独自の衛星モニターシステムから世界へ発信

(篠田雅人)