

3.4. 体制・基盤整備

3.4.1. 国内における体制・基盤の現状

日本国内では、関係する省庁による様々な施策が実施されており、今後はより有機的な連携・協力が期待される。また、研究分野では、様々な研究所や大学において、モニタリング、モデル、発生源対策等をテーマとした様々な調査研究が進められている。

3.4.1.1. 研究分野における体制・基盤

(a) 黄砂研究を進める主な機関

政府系研究所としては、(独)国立環境研究所、気象庁気象研究所、(独)情報通信研究機構が、大学としては名古屋大学、九州大学、東京大学、金沢大学が黄砂の気象・気候学的な研究を行っている。発源地域の土地劣化に関しては、農業環境技術研究所、岡山大学などが中国北西部にて継続的に調査を行っている。また、理化学研究所は黄砂粒子の化学組成・鉱物組成に関する研究を行っている。埼玉大学では、黄砂粒子表面の反応に関する研究を進めている。

(b) 研究の形態

昨今、数年程度(例えば、3年や5年など)の研究期間を限って、多様な研究組織や個人の研究者を組織した大型研究プロジェクトにより、特定の研究課題を解決する手法がとられるようになってきている。文部科学省の助成による大型研究プロジェクト(ADEC、特定領域研究、21世紀COEプログラム等)の中には、黄砂研究が重要な部分を占めているものも多い。このような場合には、恒常的には黄砂を研究していない研究機関や研究グループもプロジェクトに参加し、一定期間、黄砂研究を集中して行うことになる。大学に属する個人の研究者や比較的規模の小さい研究グループが黄砂研究に参加する場合は、このようなケースが多い。

大学では、これ以外にも、期間を限って文部科学省や日本学術振興会からの研究資金を得て行われる比較的規模の小さい研究(数名から数十名の研究者の組織を作る)が数多く行われている。このタイプの研究の中にも、黄砂に関連する研究が数多く見られるようになってきている。大規模な研究プロジェクトの課題は、このような比較的規模の小さい先行研究が土台となって設けられることが多い。

後述するように、近年は、国際的な取組みが増えているが、このような研究に対しては、大学の比較的小さい研究グループがチームを作って連携・参加することが常態となっている。

国外のフィールド調査等に従事している大学の研究者の多くは、長年同一の地域で活動することが多く、強い人的ネットワークを持っている場合が多い。中国や韓国との共同調査・研究を行う場合には、このような研究者の貢献は極めて重要である。海

外の学術調査を安全かつ円滑に行えるよう、研究者相互の情報交換や海外調査のあり方を議論するために、経験の深い研究者が中心となって、海外学術統括班が組織されている(東京外国語大学に事務局がある)。

(c) 主な黄砂研究プロジェクト

近年実施された大型の研究プロジェクトのうち、黄砂に深い関わりを持っているものは以下のものである(ADECについては別に記述)。

特定領域研究「微粒子の環境影響(平成13年 - 17年)」では、粒子の発生プロセスから計測手法の開発まで、広い分野を視野において実施されたが、フィールド調査に関する分野では、ほとんどの参加者が黄砂の観測、化学分析、数値モデル実験を行っている。

特定領域研究「対流圏化学ダイナミクス(平成10年 - 12年)」では、対流圏大気の化学的性質を理解する目的で実施された。実験・観測グループの多くの研究者が、黄砂の化学的な機能の解明に関わっている。

重点研究国際共同事業(平成12年 - 14年)「大気オゾン・エアロゾルなどの気球観測に基づく対流圏・成層圏物理化学の研究」は、日中韓の研究者が、気球技術を大気観測に応用する目的で行われた。この中で、フィールドはタクラマカン砂漠が選ばれており、地上から10kmまでの調査の対象領域での黄砂等を採集する技術が確立している。

文部科学省が優れた研究拠点形成の推進を目的として進めている21世紀COEプログラムの中には、黄砂研究と関わりのあるものがある。例えば、金沢大学が進めている「環日本海域の環境の短期・長期変動予測(平成15年 - 19年)」においては、日本海を渡って拡散してくる黄砂の研究が柱の一つになっている。

日本の大学においては、次世代の研究者育成プログラムの一つとして、日本学術振興会と協力して、アジア学術セミナーが実施されている。このプログラムは、アジア地域の若手研究者を対象として、日本及び関係国の第一線の研究者が、特定のテーマの下に20～30日間、講義・セミナー・実習を行うものであるが、黄砂がテーマとして取り上げられることもある(例、2002年)。このようなプログラムを通して、黄砂研究に携わるアジア諸国の若手研究者の人的ネットワーク形成が期待される。

アメリカの研究者が主導して行われたACE-Asia(Aerosol Characterization Experiment, 2000-2002)は、世界の多くの国の研究者が参加し、日本の研究者も多数このプロジェクトに参加した。このプログラムは、アジアの大気エアロゾルの性状を理解することを主目的に行われたが、中でも黄砂は重要な研究対象であった。日本で行われている大小の研究プログラムで黄砂を取り上げているものの多くは、ACE-Asiaといろいろなレベルで連携していた。このプロジェクトはアジアのみならず豪・米・欧にまで広がる研究者ネットワークの形成を促した。

3.4.1.2. 行政における体制・基盤

(a) 黄砂対策に関する関係省庁連絡会議

黄砂問題に関する各種施策について、関係省庁の緊密な連携を図り、これを着実に推進するために2005年2月に設置された。連絡会議は、外務省、文部科学省、農林水産省、林野庁、気象庁、及び環境省で構成されている。この連絡会議は年に1回以上開催するとともに、会議以外の場においても関係情報の共有に努めるようにしている。

(b) 地球環境研究総合推進費(黄砂対策推進費)(環境省)

2001年から(独)国立環境研究所が中心になって地球環境研究総合推進費による黄砂の発生・輸送メカニズムと環境負荷に関する研究が行われている。この研究事業は3つの柱からなっており、第1の柱は、リモートセンシング、物理的観測手法による取組みである。黄砂観測のための多点ネットワーク網を構築し、ライダーやPM10モニター等の連続観測装置などを用いた黄砂の輸送過程での大気動態変化を捉えるものである。第2の柱は、シミュレーション手法による取組みである。発生から輸送までのモデリングを構築し、モニタリングデータを用いてモデルを検証し精緻化を行うものである。改良されたモデルは、発生源対策や飛来予測に有効な手段となるものと期待される。第3の柱は、化学的手法による取組みである。黄砂及び中国国内の表面土壌の化学成分を明らかにし、そのフィンガープリント解析から、発生源の絞り込みと輸送過程での化学成分の変質機構を解明することを目的としている。この事業により、黄砂及び随伴物質の輸送機構、黄砂予報による飛来情報の提供や、黄砂の発生源対策による効果の適切な評価が期待されている。

(c) 黄砂に関する気象情報の発表(気象庁)

気象庁は、ホームページ(http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/info_kosa.html)上で黄砂に関する情報を提供するとともに、2004年1月から黄砂に関する気象情報の発表を開始した。

(d) 黄砂実態解明調査(環境省)

黄砂現象観測時に国内の多地点で一斉にエアロゾルを捕集することにより、日本における黄砂エアロゾルの飛来量を科学的に把握するとともに、捕集したエアロゾルの粒径分布や成分の分析を行うことにより、日本各地に飛来した黄砂の実態解明に資することを目的として調査が行われている。2003年度より、地方自治体の協力を得て図3-2に示す場所において実施されている(2005年3月現在)。

本調査では、日本に黄砂飛来が予想された場合、指定した日時より原則24時間連続サンプリングを行う。サンプリングは、2005年3月までは、粒径分布の把握を主な目的とした8段型ローポリウムアンダーセンサンプラー、及び重金属類、炭化水素類等の成分分析等を主な目的としたハイポリウムサンプラーによりエアロゾル捕集が実施された。

表3-5及び図3-3は、2003年度から2004年度に行った一斉調査の概要と結果をまとめたものである。表3-5に示す、気象庁報告による黄砂現象出現日とハイポリウムサンプラーによる試料採取日を比較すると、地上付近での黄砂現象が気象官署に

において確認された7例のうち、最も規模の大きかったものは2004年3月10、11日の2日間連続で発生したものであり、大気中総粉塵(TSP)濃度が $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を全国的に超えていた。

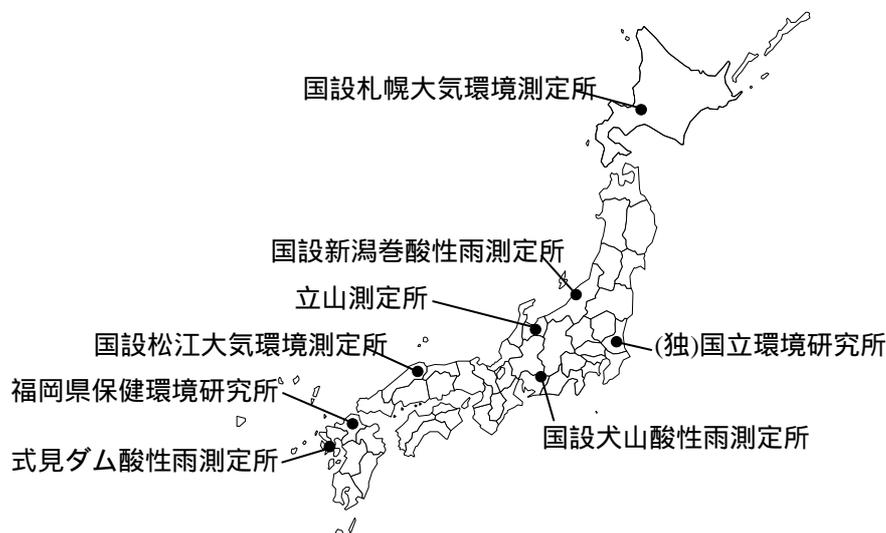
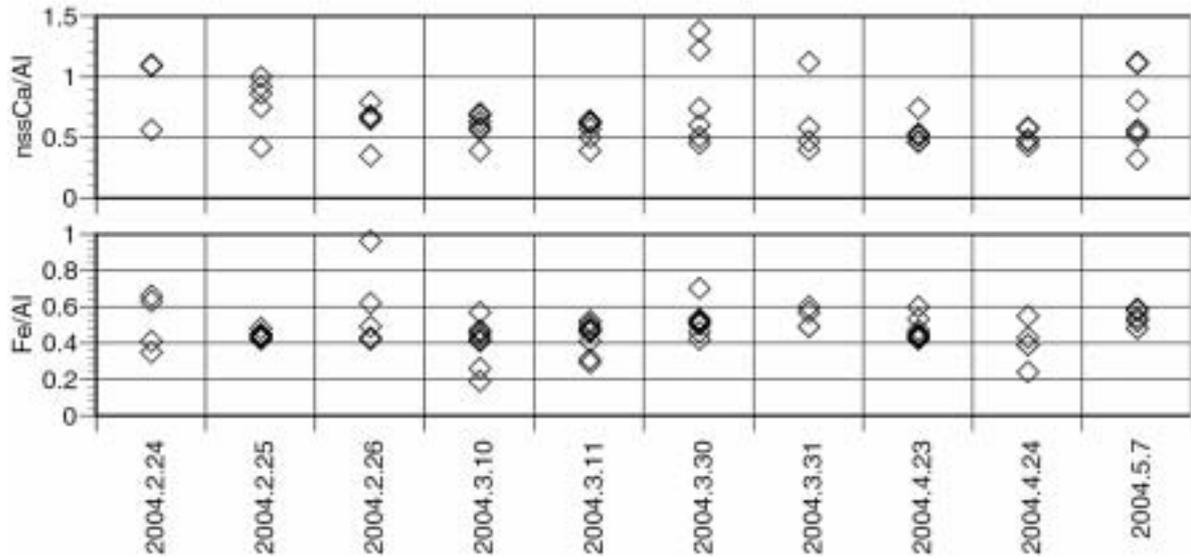


図3 - 2 黄砂サンプリング地点

表3 - 5 捕集開始日と捕集期間の大気状況

捕集開始日	黄砂報告 (気象庁)	TSP $\geq 100 \mu\text{g m}^{-3}$ の道県
2003年3月25日	25日：西日本、26日：西日本	福岡
2003年3月30日		
2003年3月31日		
2004年2月24日		
2004年2月25日	26日：近畿、四国、奄美	
2004年2月26日	26日：近畿、四国、奄美	
2004年3月10日	11日：日本全国	北海道、新潟、島根、福岡
2004年3月11日	11日：日本全国	北海道、茨城、新潟、富山、島根、福岡
2004年3月30日		
2004年3月31日		富山、福岡
2004年4月23日	23日：西日本	福岡、長崎
2004年4月24日		
2004年5月7日	7日：西日本	新潟、福岡

捕集試料中の化学成分分析結果から黄砂飛来の有無を調べた一例が図3 - 3である。横軸に一斉サンプリングの実施日を示した。黄砂中のAlは発生源土壌の骨格成分であ



ハイボリューム試料中の無機化学成分測定結果に基づき作成した。図中 印は各地点を表す。
 nssCa：非海塩性Caのこと。水溶性Naを海塩由来と見なし計算により求めた。

図 3 - 3 黄砂実態解明調査の結果例（環境省）

り、同じく主要構成成分である Fe 及び非海塩性 Ca との相対比を比べれば、捕集試料中に黄砂が含まれていた割合が高いかどうか判別できる。仮に、全国で同じ黄砂が飛来したならば両成分の Al 相対濃度は近似するはずである。図から、実態調査期間中、最も黄砂の比率が高かったのは 2004 年 3 月 11 日の試料であることが判る。この時の中央粒径は、九州から北海道までそれほど大きな差はなく約 $4\mu\text{m}$ であった(図 3 - 4)。弱い黄砂現象を捉えた 2004 年 4 月 23 日、5 月 7 日でも中央粒径がほとんど同じであり、過去の文献等のデータとも併せて考察すると、日本に飛来する黄砂の中央粒径は約 $4(\pm 1)\mu\text{m}$ と見なしてよいと思われる。

炭化水素類については黄砂試料に際立って特徴的な成分種が今までのところ見当たらず、調査結果の一層の集積が待たれる。

11 - 12 March 2004

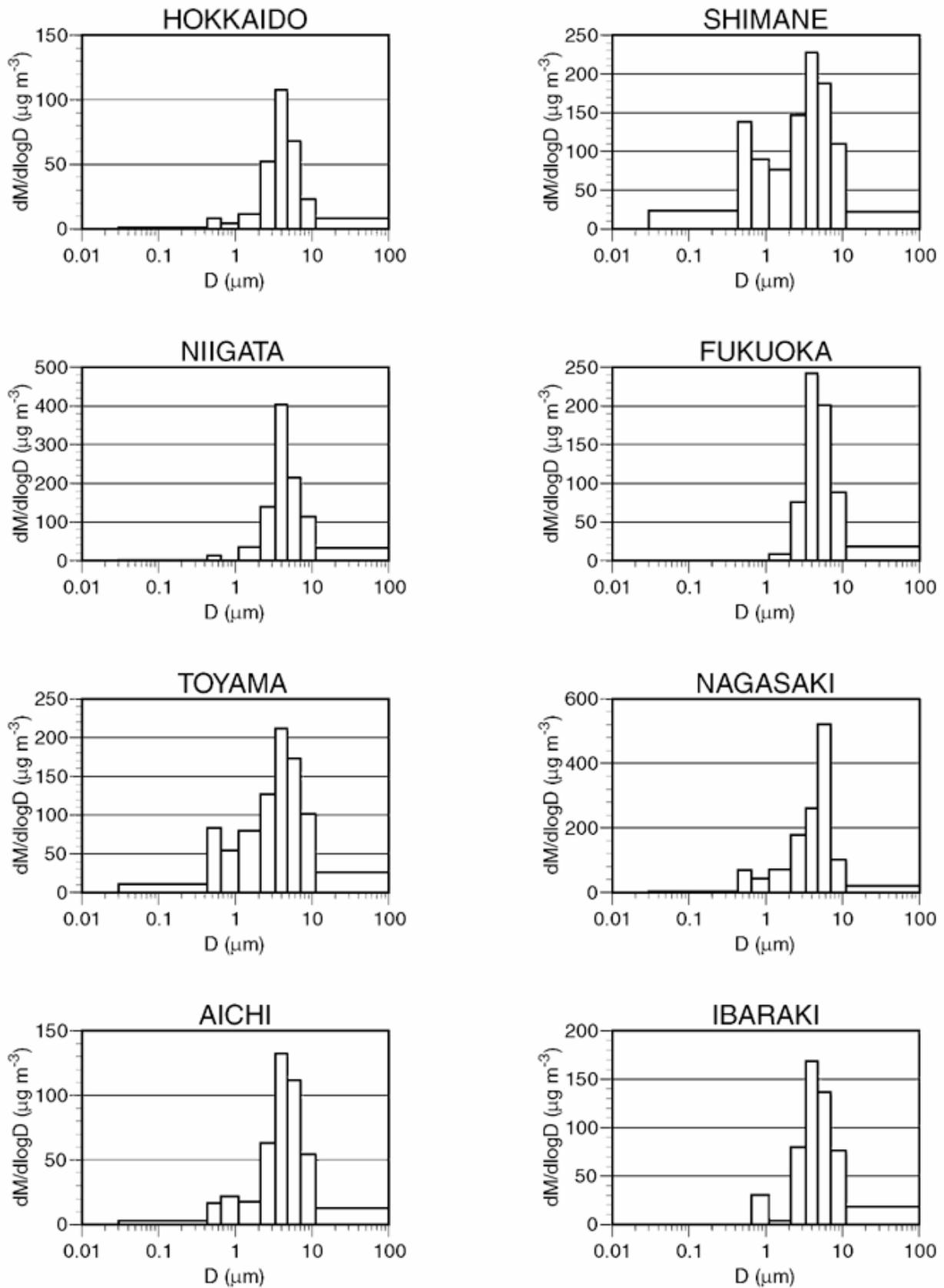


図3 - 4 全国各地で捕集した黄砂の粒径分布

(g) 自立支援型黄砂発生源対策検討調査(農林水産省)

農林水産省では、2003～2004年度にかけて、中国及びモンゴルの農村地域における黄砂の状況や原因等を情報収集・分析し、持続的な農業・農村開発による黄砂の発生源対策を行うべく、基礎調査を実施している。2005年度からは基礎調査結果に基づき、モンゴル国内にモデルサイトを選定し、現地地方行政職員や農民等と共に、土地資源、水資源や農家経済状況等の調査を実施し、黄砂発生源対策に資する営農及び農業・農村開発のモデル計画を策定することを検討している。本調査は、2007年度までの3年計画で、(独)緑資源機構が実施機関となることが予定されている。

(h) 黄砂対策植生回復実証調査(林野庁)

林野庁では、2004年度より5年計画で、黄砂発源地域の土地利用形態別に黄砂発生の程度を測定するとともに、黄砂抑制効果が高い植生回復パターンの実証調査を進めている。具体的には、黄砂発生の原因となる人為的活動による植生変化の社会的・経済的条件を調査し、モデル別にいくつかの植生回復のパターンを設定する。各パターンの黄砂発生抑制の程度の測定をすることにより、どの植生回復パターンが最も黄砂抑制効果が高いかを実証的に調査し、その結果をもとに、黄砂発源地域に適用しうる植生回復技術指針を作成する予定である。

3.4.2. 北東アジア地域での多国間協力体制の現状

多国間の枠組みにおける協力事業として、ADB - GEF黄砂対策プロジェクト及び日中韓三カ国大臣会合(TEMM)に基づくプログラムがある。

3.4.2.1. ADB - GEF黄砂対策プロジェクト

このプロジェクトは、国連環境計画(UNEP)、国連アジア太平洋経済社会委員会(UNESCAP)、国連砂漠化対処条約事務局(UNCCD)、アジア開発銀行(ADB)及び中国、韓国、モンゴル、日本の4カ国が共同で、地球環境ファシリティー(GEF)及びADBの資金を活用し、黄砂関連情報の収集評価や黄砂対策マスタープラン作りに取り組むものである。このプロジェクトには、GEFの中規模プロジェクトから50万ドル、ADBの技術協力資金から50万ドルの計100万ドルが準備された。

2002年12月にGEF及びADBの双方からのプロジェクト承認を受けており、2003年より活動を開始した。実施期間は18ヶ月となっており、上述の4国際機関及び4カ国からなる運営委員会で、基本的方向を審議し決定する体制で実施された。具体的な調査内容は、以下に示す2つの技術委員会がそれぞれの担当分野について検討した。

- モニタリング及び早期警報
- 黄砂抑制対策のための投資計画

このプロジェクトでは、黄砂対策に関して2006～2015年をカバーするマスタープラン作りが予定されており、モニタリング、早期警報ネットワークの確立に向けた段階的なプログラム、及び具体的な実証プロジェクトを含む投資プログラムを含む報告書が作成された。なお、実証プロジェクトの実施自体は、このADB - GEFプロジェクトには含まれていない。

モニタリングネットワークの構築に当たっては、以下のような3段階での整備が提案されている。第1段階では、気象データと浮遊物質のデータの共有に力を入れる。具体的には視程計、PM10、ライダーによるデータを取得し、関係各国でリアルタイムで共有することである。第2段階では、観測データのネットワークの整備に力を入れる。第3段階では、予測と早期警報システムの能力を強化する。この最終段階には3～5年後くらいで至ることを提唱している。

モニタリングステーションについては、表3 - 6に示す2レベルで整備することが提案された。このうち、クラスA観測ステーションは、日本の(独)国立環境研究所と韓国が所有するライダーを増強する形で(中国9ヶ所、モンゴル3ヶ所、日本9ヶ所、韓国3ヶ所)、黄砂の輸送ルートに沿ったライダーネットワークが提案されている。クラスB観測ステーションは、中国34ヶ所、モンゴル15ヶ所、日本5ヶ所、韓国9ヶ所がそれぞれ提案されている。ただし、中国におけるライダーモニタリングステーションの整備に関しては、資金的な要因を踏まえて今後追加変更の可能性がある。

この分野での協力を行うに当たっての問題点として、以下の2点が挙げられている。第1に、各国の必要とされるデータのレベルと既存の整備状況との格差をどのように埋めて、関係国間の協調を進めて行くかである。即ち、風下の国は風上の国からのリアルタイムデータを必要としており、それが得られていないために予測モデルを効果的に運用できずにいる。第2に、このような整備を各国が行なった際の、公正で公平な形での投資 - 代償が行われるか、という問題がある。この地域協力を推進していくには、国レベルでの具体的な相互合意の形成が早急に必要である。

黄砂対策の投資戦略を考えるために、中国及びモンゴルにおいて実証プロジェクトを提案することがADB - GEF黄砂対策プロジェクトのもう一つの柱である。黄砂発生の人為的な面を中心として、地域の住民と共同して黄砂発生抑制のための様々な手法を試みることが目的である。中国4ヶ所(内モンゴル自治区アラシャン、オールドス、シリングル、フルンビエル)、モンゴル4ヶ所(ウボルハンガイ、ウムノゴビ、スフバートル、ドルノゴビ)、及び中国 - モンゴル共同プロジェクト(エレンホト - ザミンウデ)の計9ヶ所のサイトが選定された。

表3 - 6 モニタリングステーションのレベル

モニタリングステーション	観測項目
クラスA観測ステーション	ライダー、PM10、視程計
クラスB観測ステーション	PM10、視程計

3.4.2.2. 日中韓三カ国環境大臣会合

日中韓三カ国環境大臣会合(TEMM)の第3回会合(2001年4月、東京)において、黄砂についてより良い解決策を見出すために、系統的な研究協力を推進することについて認識が共有され、第4回会合(2002年4月、ソウル)においては、三カ国が協力して黄砂モニタリングの強化や国際機関との連携強化を図ることで合意している。更に、第5回会合(2003年12月、北京)では、環境管理のためのキャパシティ・ビルディング及び黄砂のモニタリングと早期警報システム作りを進めることの必要性が認識された。この中で、参加各国及び国際機関は、黄砂対策に向けての地域協力の重要性を再認識し、具体的な取組みについては、ADB - GEF 黄砂対策プロジェクトの成果を適切に踏まえるべきとの認識を共有した。特に、モニタリング及び早期警報システムについては、できるだけ早期に関係各国において検討することが必要とされた。第6回会合(2004年12月、東京)後には、日中韓三カ国の環境大臣にモンゴル自然環境大臣及びADB - GEF 黄砂対策プロジェクトを実施している4国際機関を加え、関係4カ国間による初の黄砂問題に関する閣僚級会合が行なわれた。この中で、各国及び各国際機関の取り組んでいる黄砂対策について意見交換を行い、各国大臣からこのプロジェクトに対する支持と期待が表明された。

TEMMでは、大臣会合を踏まえたいくつかの共同プロジェクト(TEMMプロジェクト)を実施している。その中の「中国北西部生態系修復プロジェクト」は、2000年2月の第2回会合において、中国によって提案された。中国北西部では過度の放牧や気候変動の影響で、草原の砂漠化が急激に進行しており、干ばつや土地の劣化によって砂塵嵐が頻発している。そのため、当該地域の生態系修復を三カ国の共同プロジェクトとして進めている。プロジェクト形成のための第3回専門家会合は2003年2月に開催され、黄砂対策に係る地域の協力等をテーマに情報・意見交換が行われた。会合には日本、中国、韓国、モンゴルの政府関係者・専門家の他、ADB、国連開発計画(UNDP)、UNEPの担当者が参加した。第1セッションである公開セミナーにおいては、参加各国が黄砂問題の現状と対策について発表し、その後、国際機関担当者によりADB - GEFプロジェクトの紹介がされた。第2セッションである専門家会合においては、「内モンゴルプロジェクト」についての議論が行われた。同プロジェクトは、韓国(及び日本)へのスタディーツアー、内モンゴル各都市の環境保護局を対象としたセミナー、地域における持続可能な開発のデモンストレーション調査などが計画されている。本プロジェクトに基づくセミナー及び現地スタディーツアーは2003年、2004年に開催された。また、デモンストレーションプロジェクトとして、内モンゴル自治区内でエコビレッジ建設が計画されている。

3.4.2.3. 研究分野での国際的取組み

(a) 国際ダストストームワークショップ

学術レベルの国際的な取組みとして、韓国の鄭用昇教授が主体となって、ダストス

トーム関連の研究者が最新の結果を発表し、科学的知見を深め、その社会的な応用を探ることを目的として、国際ダストストームワークショップが開催されている。第1回ワークショップは2002年3月にソウルで、第2回は2003年11月に名古屋で開催された。第2回ワークショップにおける特別セッションでは、中国長白山へのモニタリングステーションの設置を日中韓の研究者が提案し、広く参加を求めた。また、富士山頂測候所の閉鎖問題にも言及し、長白山と連携して、アジアの山岳観測ネットワークを構築する構想が話し合われた。

計算機シミュレーション比較研究では、日本、韓国、中国、カナダ、アメリカ他の9つのモデルを同一条件で運用した計算結果が比較された。これをもって各モデルの優劣を評価するものではないが、それぞれのモデルの使用目的の違いにより、計算結果に違いが見られた。

この会議で発表された論文で、学術的にあるいは黄砂問題対策上価値ある情報が含まれていると判断されたものは、Water, Air and Soil Pollution 誌に掲載される予定であり、研究分野で得られた知見が比較的早く政策担当者に広く知らされるように工夫されている。第3回は、2005年8月24日から5日間に渡って、内モンゴルのフフホトで開催された。

2003年に開催されて以降、比較的短い時間間隔で国際的な規模を持ったワークショップが開かれているという事実は、黄砂に関わる問題が中国、韓国、日本などの国の研究者の間でも緊急性の高いものと意識されていることを物語っている。

(b) 世界気象機関によるダストストーム国際シンポジウム及びワークショップ

中国国家気象局が主催し、世界気象機関(WMO)と共同で、2004年9月にダストストームの国際シンポジウムとワークショップが開催された。シンポジウムでは、最新の研究成果が発表された。ワークショップでは、砂塵の発生、観測、中スケールの分析、モニタリングと予測、衛星の5つの分科会に分かれて、国際連携による研究計画を作り上げることが目的としている。

研究や観測の現状把握及び最新の知見の交換を意図して行われたシンポジウム(総合報告12件、一般報告54件)では、日本のADEC関係者も数多く参加していた。加えて、韓国、モンゴルからの参加者の他に欧米からも多くの参加者があり、この問題に対する関心が世界的な広がりを見せていることを如実に示していた。とりわけ衛星利用や広域の黄砂予報に関わる事項については、日本、中国、韓国、モンゴルに限定しない問題が数多くあることは、関係者の間では共通に認識されていた。また、気候変動・地球温暖化という視点からの発表も数多くなされた。

シンポジウムに引き続いて行われたワークショップは、中国気象局サイドからの中国の黄砂問題に対する取組み姿勢を明らかにしたものと考えられる。中国側では、対策の方向は、予報・予測手法、砂塵巻上げ機構の理解や量的推定法、データの収集と利用法、リモートセンシング技術利用法、などの開発・発展などにおいていると思われる。それぞれの分野で積極的に外国の専門家の支援を受け入れる姿勢が伺えた。名古屋大学に対しては、黄砂の共同気球実験の申し込みが中国気象研究所からなされた。

(c) 各種研究による黄砂研究成果の発表・情報交換

様々な規模で行われている黄砂研究の成果や、それに基づく研究に関わる各種の情報交換は、極めて頻繁に行われている。中でも、世界エアロゾル会議(4年に1回、世界エアロゾル研究協議会が主催)、アジアエアロゾル会議(2年に1回、アジアエアロゾル研究協議会が主催)、アメリカ地球物理連合年会(毎年2回、アメリカ地球物理連合が主催する、アメリカ国内にとどまらず、世界各国の研究者が参加している)では、しばしばアジアダスト・黄砂をテーマとした特別セッションを組んで、研究者の学术交流の場を設けてきた。例えば、2002年に台北で開催された第6回国際エアロゾル会議では、アジアダストの気候・環境影響をテーマにした特別セッションが、5日間に渡って開催され、ACE-AsiaやADECの成果等をはじめ、内外の多数の研究成果が公表された。

(d) 各種研究テーマに基づく地域モニタリングネットワーク

黄砂以外の研究分野においても、研究者グループ及び宇宙航空研究開発機構(JAXA)が運用するSKYNET (Nakajima他 2003)、及びUNEP/ABC (Atmospheric Brown Cloud)プロジェクト(Ramanathan and Crutzen, 2003)の共同サイトとして、ライダーと並置してスカイラジオメーター、日射計、エアロゾルサンプラー、エアロゾル散乱計・吸収計が設置され、総合的なネットワークとして稼働している。

3.4.3. 日本の二国間協力体制の現状

3.4.3.1. 日中協力

(a) 日中友好環境保全センターを通じた協力

中国では、以前から黄砂に関する研究が行われていたが、1996年から日中友好環境保全センターと日本の(独)国立環境研究所との協力プロジェクトが実施された。この中では砂漠地帯・乾燥地帯での現地調査、黄砂標準試料の作成、黄砂の粒径分布、モニタリングネットワークの構想、黄砂計測方法等の研究を行った。この研究の成果は、中国の黄砂エアロゾル研究の基礎を築いた。現在も、黄砂の輸送経路、輸送方式及び黄砂発生量、特定地域の大気中の粒子状物質濃度への黄砂の寄与率、黄砂防止に関する提案作りなどの研究が実施されている。これらの成果が、中国国内の黄砂常時観測網の確立へと利用されることが望まれている。

(b) 日中共同ADECプロジェクト

ADEC(Aeolian Dust Experiment on Climate impact)プロジェクトは、風送ダストの気候への影響を調査する目的で、5年間の予定で2000年4月にスタートした。この研究は、日本側が文部科学省の科学技術振興調整費(気象研究所が日本側の取りまとめ)、

中国側は、中国科学院のサポートによるものである。この日中共同プロジェクトの目標は、風送ダスト粒子による気候インパクトを評価することである。そこで、地球規模のスケールのダストモデルを用いて、風送ダストの大気中への供給量、大気中でのその三次元的分布、地表面に沈着するダスト量などを予測し、放射強制力直接効果を評価した。実際には、気象研究所を中心とし、各研究機関及び大学の研究者、中国では、中国科学院傘下の研究所が中心となって研究協力が行われた。中国のタクラマカン砂漠から日本に至る計10カ所のネットワークで、放射量などの気象観測、ライダー観測、粒子の物理化学的性状の調査が行われた。また、風送ダストの発生、境界層過程、長距離輸送過程、沈着過程、放射過程を統合化した地球規模のダスト予測の数値モデルを開発した。

このモデルは、大陸の砂漠乾燥域からの砂塵の舞い上がり過程、境界層から自由大気への鉛直輸送過程、自由大気中のダストの移流・拡散・沈着過程並びに大気中ダストによる放射強制力をそれぞれ表現するサブモデルにより構成されている。モデルの開発のため、東経80度から140度に渡る広い範囲で、風送ダストの舞い上がり過程と大気中の長距離輸送過程の観測が計画され、これまで計3回の集中観測が行われた。

3.4.3.2. 日中協力

日本の(独)国立環境研究所が中心となって、モンゴル自然環境省の気象観測所に対し、ライダーによる黄砂観測のための協力を行っている。モンゴル政府からの要請により、JICAの技術協力プロジェクト「モンゴル国気象予測及びデータ解析のための人材育成プロジェクト」内で、モンゴル国内の3地点(ウランバートル、サインシャンド、ザミンウデ)にライダー、PM10、TSP及び視程計、更にダランザドガドにPM10、TSP及び視程計の供与が決定された。これと並んで、短期専門家として黄砂観測データ解析処理、黄砂モニタリングネットワーク運用維持管理、並びに黄砂モニタリングシステム機材計画の3名を派遣することが合意された。

3.4.4. 近隣諸国の体制・基盤整備の現状

3.4.4.1. 韓国

韓国においては、主に環境部と気象庁が黄砂問題を担当している。その他、9つの関係省庁を含む省庁間協議により、包括的な黄砂対策を実施している。環境部は、気象庁とともに、韓国内224ヶ所にネットワークを持つ大気汚染モニタリングセンターにより、リアルタイムで黄砂飛来の予測や早期警戒を行っている。このネットワークは、モニタリング及び警報機能が今後更に拡充される予定である(Baek 2003)。

気象庁では、目視による観測を42の気象観測所で行っている。PM10は全国11ヶ所に設置されており、また、アンミョンド、グンサン、ガンクワの3ヶ所にライダーを設置している。

大学や各種研究機関でも、黄砂の研究は極めて活発に行われており、ライダーによる黄砂観測は、光州科学技術研究院、韓国原子力研究所、ソウル大学、漢陽大学、慶熙大学などが実施している。環境部所管の韓国環境研究院(NIER)もインチョンにライダーを設置し、黄砂の長距離輸送プロセスの評価に活用する予定である。また、済州島のコーサン地区が黄砂その他の大気環境(特にアジア地域規模の現象を調べるとき)の観測拠点として整備されており、国際的にも各種の観測ネットワークの中で重要な地位を占めている。

保健医学・公衆衛生分野の研究者が多数黄砂研究に従事している点が、韓国の黄砂研究の体制上の特徴である。このため、PM2.5やPM10の採集とその分析は、大学の医学関係でも多数行われている。

3.4.4.2. 中国

中国において黄砂問題は、中央レベルにおいて少なくとも4つの組織・機関がモニタリング・予報・早期警報を担当している。モニタリングは国家環境保護総局、国家気象局及び国家林業局が関係している。ただし、それぞれ独自のネットワークを持っており、予報を行うために必要な時間内でのデータの相互交換は行われていない。また、中国科学院では黄砂問題、砂漠化問題に関する研究が進められている。国家環境保護総局が関係する黄砂研究・モニタリングは、日中友好環境保全センター及び環境観測総局で進められている。中国の黄砂関連情報源を表3 - 7に示す。

表3 - 7 中国の黄砂関連情報源

組織・機関	データ、データベース	入手方法
国家気象局	GMS・NOAA映像、DSS密度マップ、視程マップ	公開 www.dear.cam.gov.cnよりダウンロード
国家環境保護総局	43ヶ所のモニタリングデータ(ライダー、PM10、TSPを含む)	主要都市のSO _x 、NO _x 、PM10、CO、O ₃ の濃度から求めた汚染指数をウェブ上で公開
国土資源省	土地利用図、生態環境図、土地劣化図、植生図、土壌図、勾配・方位図、標準イメージ図。1:10,000、1:50,000	内部データ
国家林業局	砂漠と砂漠化図 1:100,000、砂漠と砂漠化データベース	基礎データとデータベースは非公開、統計データは公開
中国科学院	砂漠・砂漠化分布図 1:200,000、1:500,000、1:4,000,000	1:200,000、1:500,000は内部データ、1:4,000,000は公開
北京デジタルビュー	1:100,000 1kmグリッド土地利用図・データベース、1kmグリッド生態環境図・データベース	地図は市販品

(a) 黄砂研究プロジェクト(国家環境保護総局)

2000年6月から国家環境保護総局の重点プロジェクトである黄砂研究プロジェクトがスタートした。このプロジェクトの研究グループには、国家環境分析測定センター、

中国環境科学研究院及び中国環境観測総局が参加し、日中友好環境保全センターが取りまとめている。その目的は次のとおりである(全 2003)。

- 黄砂発生源及び中国国内の輸送経路の同定
- 黄砂の輸送経路、輸送方式及び黄砂発生量の推定
- 黄砂粒子の特徴に基づいた特定地域の大気中の粒子状物質濃度への黄砂の寄与率の推計
- 黄砂防止に関する提案作り

(b) 大気環境モニタリング(国家環境保護総局)

国家環境保護総局は43ヶ所の黄砂モニタリングステーションを持っている(2001年初め時点)。視程は目視がほとんどで、PM10は一部自動装置が導入されている。

(c) 砂塵天気予報(国家気象局)

2001年3月1日より実施されている砂塵天気予報を更に正確に行うための研究(気象衛星による砂塵天気分析)を進めている(全 2003)。

(d) 土地荒廃化防止計画(国家林業局)

中国の「防砂治砂法」には、干ばつと砂塵嵐による被害の防止が規定されている。国家林業局は、この「防砂治砂法」の徹底的な実施を進めている。また、賀蘭山以東の乾燥・半乾燥地域を中心に土地の荒廃化防止を目的として12のモデル地域計画を推進している。更に、各地方自治体における土地荒廃化防止計画も実施している。以上の事業を通して、黄砂発源地域の環境・植生を改善することにより黄砂防止に寄与することを目指している(全 2003)。

京津砂害防止プロジェクト(京津風砂源治理工程)は、第10期5カ年計画期間中の重点生態建設プロジェクトである。整備プロジェクトの実施範囲は、北京、天津、河北、山西、内モンゴルの5省区市で、造林営林、転用農地の林野化、草地の整備、水利総合設備の建設と小流域整備などを行っている(中国情報局 2001年10月16日付け)。このプロジェクトにより、2003年6月現在220万ha余りの林業プロジェクト、100万ha余りの草地整備、2万ヶ所余りの節水及び水利施設の整備を行った。同時に、土地劣化している地域住民1万人余りが土地を離れ、その後、その地域における造林に力を入れており、草原の囲い込み、飛行機による空中播種、草方格、飼料作物の栽培による放牧からの転換等の対策が進められている(チャイナネット 2003年9月25日付け)。

(e) 砂漠化モニタリング(国家林業局)

国家林業局では、中国国内30ヶ所に地表面モニタリング地点を設置し、砂漠化関連のモニタリングを行っている。モニタリング項目は、土壌水分、有機物、栄養塩類、空隙率、植生の種・高さ・密度・植被率等の他、風向・風速・視程・砂塵発生などの気象項目もカバーしている。

(f) 中国科学院の黄砂研究

中国科学院では、傘下の各研究所で長年に渡り黄砂に関連する研究が行われている。西安の地球環境研究所(旧第四紀研究室)では、主に黄砂粒子の化学的物理的性質に関する研究が行われており、また黄砂のモデル研究も始められている。蘭州の寒区旱区環境与工程研究所では、前身の蘭州沙漠研究所時代から砂塵舞い上がりの実験や風砂塵のモデル研究とともに飛砂防止の工学的研究など幅広い研究が進められている。更に、新疆ウイグル自治区内の新疆生態与地理研究所では、砂塵嵐の統計等の地理学的研究が長年行われてきた。大気物理研究所では、気象学や大気物理学で黄砂に関する幅広い研究を行っている。とりわけ、放射に対する影響の研究や黄砂の化学輸送モデルの開発に力を注いでいる。また、黄砂の都市への影響調査のために、極めて軽便な係留気球の開発等も行われている。安徽精密機械光学研究所では、ライダーその他光学センサーを使った黄砂観測を長年続けている。

3.4.4.3. モンゴル

モンゴルにおいて黄砂問題は、自然環境省が担当している。モンゴルでは、地球温暖化による気候変動が干ばつと砂漠化を引き起こしており、深刻な砂塵嵐の問題を引き起こしていると考えられている。近年干ばつは南部地域から、同国で最も人口の集中している北部に移動していることも明らかになっており、自然環境の保全のみならず、社会経済的にも深刻な影響をもたらしている。この問題に対応するため、モンゴル政府内で、関係省庁が参加する合同の協議会を設置し、調整のもと、包括的な取り組みを行っている。そのため、国際機関のみならず各国がこの問題を解決するため、様々な分野で相互に協力していくことが極めて重要である(Oyundar 2003)。

モンゴルでは、国家気象局がモニタリングを行っている。視程は全国117ヶ所の観測ステーションでモニタリングを行っており、その内40ヶ所のデータがWMOに出されている。TSPは1ヶ所(ウランバートル)で観測されているに過ぎない。

なお、現在モンゴルでは黄砂対策として、幅600m、総延長2,400kmに渡る植林帯を構築する国家プロジェクトを進めている。

3.4.5. 日本以外の二国間協力体制等の現状

3.4.5.1. 韓中協力

(a) 黄砂の共同観測

韓国政府が、韓国国際協力団(KOICA)を通じて中国気象局に資金提供を行い、内モンゴル自治区の朱日和、通遼、山西省の榆社、山東省の惠民、大連市の気象台に黄砂観測ステーションを設置した(チャイナネット 2003年4月23日)。2005年よりデータは、気象部門の国際通信ラインを通じてリアルタイムで韓国の気象庁に送られる計画である。この共同観測に当たって、観測機器・トレーニング等の費用を韓国側が負担し、

中国側は運転費用、通信費用を負担している(Chu 2004)。なお、モンゴル、日本等周辺国へのデータ提供は現時点では想定されていない。

表3 - 8 韓中共同観測項目

モニタリング地点	観測機器
通遼、惠民	PM10、TSP
大連	PM10、TSP、ライダー
朱日和、榆社	PM10、TSP、サンフォトメーター、ネフェロメーター、視程距離計

韓国環境部と中国環境保護総局の間でも、中国国内6地点(了寧省沈陽、吉林省白城、天津市、内モンゴル自治区エレンホト、フフホト、ダマオ)にモニタリング地点の設置計画が進められている。計画では、より効率的なデータ送信、黄砂予報の改善(時間、法基準、地域特性の考慮等)などについて話し合われる予定である。

(b) 中国西部での植林プロジェクト

韓国政府は、2000年の韓中サミット合意に基づいて、黄砂の発生源である中国国内5地域(内モンゴル自治区通遼、甘肅省白銀、新疆ウイグル自治区トルファン、寧夏回族自治区平羅、貴州省修文)における植林や草原の再生活動に積極的に貢献を行っている。KOICAの要請により、韓国林業研究院が植林の専門家を現地に派遣し、実施場所と植物の種類を選定を支援した。中国側は、国家林業局が担当している。

3.4.5.2. その他の協力

韓国からモンゴルに対し地下水開発による灌漑農業に関する協力が行われている。Daesung Institute of Clean Energyが太陽光・風力発電による地下水汲み上げと植林事業を2003～2005年の予定で実施している。また、中国からモンゴルへは、植林用の苗木が提供されている。

UNCCDは2001～2004年の予定で、モンゴルに対し、植樹や灌漑施設の整備に関するプロジェクトを実施している。

GEFは、中国 - GEFパートナーシップとしてオペレーションプログラム(OP)12(統合生態管理)を実施している。ADBが執行機関、中国国家林業局が実施機関となっている。

3.4.6. 体制・基盤整備に向けた今後の戦略

3.4.6.1. 国内での協力・協調

黄砂対策の効率的な推進のためには、担当省庁間の連携を進めることが重要である。特に、環境省と気象庁、農林水産省及び林野庁は、黄砂モニタリングネットワークの構築と効果的な黄砂対策の検討・評価に協調して取り組むことが必要である。

研究分野においては、より長い時間スケールの問題に取り組むことのできる体制を確保することが求められる。例えば、黄砂を運ぶ風系の変化は、年によってあるいは数年のスケールで大きく変わることがあるが、このような場合、黄砂の通過地帯で生じる環境影響や被害の状況は大きく変わることになる。風系の変化は、黄砂とともに運ばれる様々な汚染物質の量や質を変える可能性もあり、この現象の解明は大気環境や大気化学面での大きな課題である。大規模な平均風系の変動は、アジア地域の水の循環ともつながりがあり、全球規模の気象現象ともつながりがあると考えられる。このような変動を解明しようとする研究は、おおよそ2～3年の継続期間しか与えられていない個人あるいは少人数による研究計画には馴染まないものである。長期間の黄砂の監視に基づく研究を進めるためには、研究体制についても十分検討を加え、それにふさわしい体制が整備されるべきであろう。

また、行政側から黄砂研究を行っている研究機関への支援の一つとして、行政ニーズの明確な提示も必要である。更に、研究者側からの技術アドバイスや対策に有用な知見、国際的な協力を行っていく上で、有用な知見を行政機関にインプットする協調体制を構築することも不可欠である。

3.4.6.2. 国際的な協力・協調

国際的な協力を推進するために、以下の活動が重要である。

- ADB - GEF黄砂対策プロジェクトの成果を発展させる形で、地域レベルの黄砂モニタリングネットワークを構築する。
- 中国・モンゴルに対し、具体的な技術・資金協力プロジェクトを形成し、技術移転を促進させる。
- 二国間、多国間枠組みでの会合の席で、黄砂問題を取り上げ、政策対話を促進させる。
- 定期的国際シンポジウムまたはワークショップ等の開催は、黄砂問題の研究成果を集約したり、意識を高めるために有効な手段である。国際シンポジウム等による情報収集・意見交換を通じた最新情報の交換、及び共有化による研究者等の連携を促進させる。

3.4.6.3. 情報の共有・開示

黄砂に関係する国際プロジェクトや政策対話を通じて形成された、関係各国及び機関のネットワークを通じ、発生源、規模、条件、発生量及び被害等に関する迅速かつ円滑な情報交換手法の検討が必要である。

ライダーを用いたモニタリングネットワークにおいては、機器の設置だけではなく、

データの共有も行うソフト面でのネットワークも必要である。このため、ライダーによって得られるリアルタイムデータを、確定したデータとして予報や一般市民への周知等へ活用していくために、データの検証作業を国際的に行い、より精度の高いデータを確定データとして共有することにより、関係国における黄砂発生予防への自立的な対応をより促進する必要がある。このため、日本、中国、韓国及びモンゴルの4カ国共同で、データ検証及び交換のための共同体制を構築するとともに、データ検証作業を行うことが重要となる。

黄砂研究や対策の目的でモニタリングデータを活用するためには、外部から参照しやすいフォーマットを考慮する(紙ベースよりも電子データが望まれる)とともに、アクセス可能な形で公開することの必要性が、ADB - GEF 黄砂対策プロジェクトのモニタリングに関するマスタープランにおいても指摘されている。従って、各国社会への観測データの有効還元という見地からも強く望まれるところである。

また、黄砂モニタリングネットワークの費用対効果を高めるためには、モニタリング結果を有効に活用し、黄砂による被害の緩和など様々な方面での利用を推進することが望まれる。例えば、黄砂の飛来状況に関する情報のホームページでの提供、黄砂に付随して飛来する汚染物質に関する情報の収集・提供、大陸での黄砂の発生輸送状況に関する情報の気象部門への提供など、活用方法を積極的に検討する必要がある。