

3.3. 黄砂対策

黄砂対策は、発生源地域における対策と影響地域における対策があり、前者は中国内陸部・モンゴルが、後者は日本・韓国・中国沿岸部が主な対象地である。また、黄砂対策には、短期的な対策である予報・警報と、長期的な対策である発生源地域の生態系の保全などが考えられる。制御・予防しようとする目的により、当然効果的な対策は異なる。

3.3.1. 発生源地域での対策

現在、中国、モンゴルにおいて土地劣化・砂漠化が進行している。黄砂は砂漠化が起こる以前から発生しており、地球の大気候区分における砂漠から発生する黄砂に対する防除手段はないと言える。従って、ここで黄砂対策を実施する対象としての発生源地域とは、乾燥気候の砂漠周辺で、新たに土壤の劣化や植生の減少によって飛砂の発生源となっている地域、いわば、砂漠化が進行している土地である。砂漠化と黄砂の因果関係にはまだ未解明な点はあるが、これまで砂漠化対策として行われてきた手法が、今後、黄砂の発生源対策を検討するに当たって基本となるものと考えられる。ただし、黄砂は季節的な(3~5月に多くみられる)現象であり、また必ずしも砂漠化のみが発生源原因ではないので、全ての手法が応用可能とは限らない。

中国では現在以下のような対策が講じられている。

- 自然保護区の設定により、植被破壊を防止し、植生の自然回復を図る。
- 防護林による砂丘の固定化を行う。
- 発生源地域の砂の移動の管理(草方格、空中播種等)を進める。

植生回復のプロジェクトを行っている地域では、短期間で著しい植生の回復がみられる。しかし、実際には、回復した植生が再び利用されてしまうこともあり、植生を維持することは容易ではない。地理的には、道路沿いなど比較的アクセスが容易な場所が植栽対象となる場合が多く、本当に対策が必要な場所には対策が及ばないなどの問題がある。このため、必要度とアクセスのしやすさを考え合わせ、適切な場所を選定することも重要な課題である。一方、対策を実行していないところでは、土地劣化が進んでおり、土地回復が土地劣化に追いついていないというのが現状である。

3.3.1.1. 土地被覆状況の改善・復旧

(a) 再植林・植草

元々植生があった場所で、人為的にその植生が失われた場合に行われる。中国では「退耕還林・還草」政策により、耕作を中止して森林や草原に復旧する事業が各地で行われている。草地の復元には空中播種が行われている。

(b) 耕作作物の変更

小麦やトウモロコシのような1年生の作物の場合、黄砂発生時期は播種前に当たるため、耕起した裸地は強い風食を受ける。このため、これらの作物を果樹や多年生作物に転換することにより、植被状態を改善することができる。

3.3.1.2. 風食・砂の移動の緩和

(a) 防風林帯の形成

風下の施設や耕地の保護を目的とした、防風林が各地で造成されている。その土地の気候条件に順応可能で、防風効果の高い樹種を選定し、適正な間隔で植樹することが必要である。この場合、植樹のための労働力と、苗木の生育時期の水の確保が問題である。

(b) 草方格

麦わらや樹木の枝を砂中に差し込み、砂の移動を防止する方法で、2m×2mの格子状の配列が一般的である。手間はかかるが、材料費が安価なため、労賃の安い地域では効果的な方法である。草方格の寿命は2～4年であり、その間に灌木などによる緑化を進める必要がある。

(c) 砂丘の固定

Block-and-pull方式が一般的に行われている。砂丘の移動前面を灌木などでブロックし、尾部をほふく性の植物で固定することにより、砂丘を平らにし、風による移動を抑える。

3.3.1.3. 人為的な影響の緩和(人間活動の制限)

中国の内モンゴル自治区では、中国全体の活発な経済活動に起因する深刻な環境破壊への対応策に連動する形で、1990年後半ごろから、政府主導による強力な退耕還林・還草政策を押し進めつつある。その第1に、定住化政策による牧畜民の定住化事業の推進があり、これは、環境容量を無視した無秩序な家畜頭数の増加と相まった、過放牧による土地劣化への対処を計るものである。しかし、中国の定住化政策には、定住に適した技術の指導を同時に行うことなく、単にノルマ達成のために無理やり定住させるだけの場合がみられるとの指摘もある。第2に、草原や丘陵地に開墾された農地の利用を制限する事業があり、耕作を禁止した農民に対して生活の安定のために様々な経過措置を与えるものである。抜本的な黄砂発生源対策として人間活動を制限する取組みであるが、一方、農牧業制度の改革のために高度技術を採用することや、砂塵発生時期(冬・春季)の耕作をいかに実態に即して禁止する対策を講じるか等、検討すべき課題は多い。

(a) 土地の囲い込み

生産性の劣化した土地をフェンスなどで囲い込み、家畜・人間の農牧地内への立ち入りを物理的に制限して、自然復元を目指す方法である。森林の再生を目指す場合は、「封山育林」と呼ばれる。そのためには、囲い込まれる農牧地の土地生産性を公正に評価でき、かつ農牧民間の不平不満を適正に処理しうる能力を有する人員を配置することが必要となる。

(b) 伐採・開墾の禁止、家畜頭数の制限

伐採・開墾の禁止、家畜頭数の制限を制度化し、人間活動を制限する方法である。しかしながら、税収の増加対策として、地方政府が企業誘致の手段として独断で樹木の伐採や草地の開発を許可する等の事例も散見されるとの指摘もある。

(c) エネルギーの有効利用、新エネルギーの採用等

燃料としての木材の伐採を抑制するため、かまどの熱効率の改善、住宅の断熱性能の改善などが考えられる。また、太陽光・風力などの新エネルギーを有効に利用し、土地劣化対策に資する技術を開発することも大切な視点であるが、現状では太陽光・風力発電には、蓄電に用いられるバッテリーの寿命と廃バッテリーの鉛汚染の問題がある。

(d) 生態移民

中国では、荒廃・砂漠化地域から住民を強制的に移転させる「生態移民」政策が実施されている。これは、砂漠化した土地を利用していた農民・牧民を、技能訓練を行った上で、より高度で高収入が期待できる農牧業や、工場及び建設業等の従業者として別の地域に移住させるものである。しかし、その実施に当たっては既に様々な問題が発生しており、自発的な移民の場合でも、移住後になって初めて当初の目論見が達成されないことが明確になり、強い不満を持つなどの事態が起こっていると指摘されている。

3.3.1.4. 土地の環境容量の改善

砂漠化は、水や風の営力により肥沃な表土が系外へ流亡し、土壌の物理・化学性が劣化していく過程で生態系が限りなく衰退し、その土地自身の自己再生能力も低下し続けた究極の形態である。砂漠化を加速する人為的要因としては、過放牧・過耕作・過伐採・不適切な灌漑などがあり、いずれも当該地が本来有する環境容量を逸脱した利用を行った結果、砂漠化に至ったものである。よって、その土地の生態系を健全な状態に復元するためには、環境容量の回復と改善が必要となる。

(a) 施肥

施肥により、土地の生産性が向上し植生の回復が早められるだけでなく、より健全

な生態系が構築される。なお、単に農作物収量の増大のみを目的とした化学肥料(金肥)依存農業を改め、持続的農業経営を可能とする有機質肥料(堆肥・厩肥・緑肥)主体の営農へと転換を図ることが必要との指摘もある。しかし、黄砂発生源地域は乾燥気候であるため有機物の生産性が低く、有機質肥料の恒常的供給のためには、農牧業だけでなく都市域や産業側との連携策を講じることが重要となる。

(b) 水管理、節水技術

乾燥地・半乾燥地においては、水資源の賦存量がその土地の環境の状況を決定する一つの要因となる。多くの地域では、降雨は1年のごく短い時期に集中するため、その大部分は地下水となる。中国、モンゴルの砂漠化地域では、地下水は農業生産ばかりでなく家畜飼育や人間活動にも広く利用されているが、地下水位の低下がみられる地域では、その無秩序な利用実態に対する懸念が示されている。限られた水資源を効果的に活用するためには、その土地の特性に応じた節水技術を適用する必要がある。一方で、不適切な灌漑は土地の塩害化を引き起こすこともあるので、十分な注意が必要となる。

(c) 人工降雨

中国・モンゴルでは、降雨量そのものを増加させる目的で、人工降雨の実験が行われている。一般的に人工降雨は、干ばつ対策のための緊急措置として行われるが、それを恒常的に行うことが可能かどうか、更なる考察が必要である。

3.3.1.5. 発生源地域におけるモニタリング

早期警報システムを運用するためには、砂塵嵐の発生をいち早く捉え、予報・警報部門に情報を提供することが有効である。このため、黄砂・砂塵発生常時監視施設あるいは体制を作ることが必要である。また、収集したデータは、発生源対策の効果を評価するためにも役に立つ。

3.3.2. 影響地域での対策

3.3.2.1. 早期警報・予報システム

日中韓三カ国は、黄砂(砂塵暴天気)に関する予報を行っている。警報・予報の時間スケールや必要情報などの概念は国によって異なる。

(a) 日本の黄砂情報

気象庁では、これまで気象研究所を中心に黄砂の実態解明に向けた研究を進めており、この成果に基づいて、黄砂を予測する数値予報モデルが完成し、技術的基盤が整

ったことから、2004年1月から黄砂に関する情報の発表を開始した。

黄砂予測モデルは、風の強さや土壌水分量などの黄砂が発生する条件がそろったときに、条件に応じた量の黄砂が上空に舞い上がるとし、この黄砂が上空を運ばれ、それ自身の重みや雨などによって大気中から落下するまでを、数値計算によって予測する。

航空機の運航への影響や日常生活に広い範囲で影響を及ぼす黄砂が観測され、予測モデルや天気図等の解析から翌日以降も継続する可能性が高い場合に、気象庁予報部は「黄砂に関する全般気象情報」を発表する。また、地方気象台では、担当予報区内における影響等を踏まえ、黄砂に関する地方気象情報、または府県気象情報を発表する。なお、黄砂に関する気象情報を発表する場合には、府県天気概況にも黄砂に関する記述を行う。

黄砂に関する情報について、国民等への周知を図るため、気象情報及び府県天気概況の発表に加え、日本やその付近で黄砂が観測されている場合には、気象庁ホームページ(http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/info_kosa.html)上に実況図及び黄砂予測モデルによる翌日の予想図を掲示する。また、黄砂予測モデルによる2日先までの予測資料については、報道機関や民間気象事業者等が有効に活用できるようにGPV形式により民間気象業務支援センターを通じて提供する。

(b) 韓国の黄砂予報

韓国においては、黄砂予報を行うために、気象庁が黄砂発源地域上空のダストと気象衛星の映像を分析し、水平分布を監視している。これに加え空気の流れの予測と気圧配置を基に、韓国上空への黄砂通過と沈着を予測している。そして、黄砂の影響防止のための韓国政府内の共同作業委員会の決定により、2002年4月から黄砂予報を実施している。予報には、環境部と気象庁がモニタリングしているPM10の連続測定データを、リアルタイム(5分間隔)で共有できるデータ転送システムを通して利用し、気象庁にある気象情報システム上の黄砂予報・警報システムを用いている。黄砂が中国大陸や海上などにあり、韓国の上空に達していない場合は、その飛来予測濃度によって予報レベルを3段階としている(表3-3)。黄砂が韓国に達し、その濃度が向こう2時間に渡って平均500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合は黄砂注意報を、平均1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合は黄砂警報を出している(2004年改正)。注意報・警報は、テレビ・ラジオの天気予報で報じられる他、環境部及び気象庁のホームページ上にも掲載される。

表3-3 韓国の黄砂予報レベル

弱	時間平均PM10濃度が200~300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と予想される場合
中	時間平均PM10濃度が300~500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と予想される場合
強	時間平均PM10濃度が500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合

(c) 中国の砂塵暴天気予報

中国の砂塵暴天気予報は、現在は衛星からの画像により砂塵の動きを観測すること

によって行っている。このため、翌日の予報のみを行っている状況である。中国科学院大気物理研究所では、シミュレーションモデルにより砂塵嵐の飛来を4～5日前に予測するシステムを開発し、予報への活用を目指している(チャイナネット 2003年2月10日付け)。モデルでは、現在の砂の分布、風、気温、積雪、地域の気象状況を4～5日間に渡って計算し、3時間毎の予報が可能である。中国の砂塵天気予報は、予報の精度や期間により5種類よりなる(表3-4)。

表3-4 中国の砂塵天気予報の種類

現状と警報	0～3時間後の砂塵の発生、強度、範囲を予測し警報を発令
極短期予報と警報	3～12時間後の砂塵の発生、強度、範囲を予測し警報を発令、気象予報と黄砂予測モデルを利用
短期予報と警報	24～48時間後の砂塵の発生、強度、範囲を予測し警報を発令、気象予報と黄砂予測モデルを利用
中期予報	3～7日後の砂塵の発生傾向と範囲を予測、中期気象予報を利用
季節予想	黄砂シーズン前に、当該シーズンの黄砂の傾向を予想、降雨、気温、大気循環パターンなどを利用し、統計的に予想

3.3.2.2. 防御施設及び防御対策

発生源から近く、砂塵・黄砂の濃度が高い地域では、次に示すような様々な産業への影響がある。

- 空港の閉鎖、道路交通の麻痺、鉄道線路の風砂による埋没及び列車の脱線等の交通・輸送関係への影響。
- 半導体工場内へのダスト侵入による製品不良発生等の製品製造施設への影響。
- 強風を伴う砂塵による家屋・塀・電柱等の倒壊、電線の切断などの構造物への影響。
- 砂塵による農作物の埋没、強風による果実の落下、播種・表土の飛散、屋外貯蔵肥料・干草の飛散、家畜の死亡等、農業・畜産業への影響。

なお、中国において、北部で発生する砂塵嵐は、南部の台風と対照される季節的な暴風現象であり、農作物・農耕地・家畜の保護の観点から防風林などの対策がとられている。

韓国においても、交通、産業、健康被害に対する被害が発生しており、その健康影響及び予防方法が議論されている。しかし、高い関心が寄せられているものの、まだ十分な研究蓄積が無い。

一方、発生源から遠い日本においては、視程の悪化による飛行機の運行障害や、自動車や洗濯物への黄砂粒子の付着などの影響をもたらすが、健康影響に係るものはこれまで報告されていない。しかし、将来の黄砂現象の増大に伴う健康影響について、注視されはじめている。このような様々な方面への影響について、その解明のための調査や予防、防御対策を考慮する必要がある。

3.3.3. 有効な黄砂対策に向けた今後の戦略

黄砂対策に当たっては、発生源地域での対策、影響地域での対策、そしてその実施の基盤となるデータを提供するモニタリングの実施が必要である。発生源対策を行うには、モニタリングによる発生源地域の判別及び効果の評価、黄砂輸送モデルによる対策効果の予測、対策の経済的評価、土地劣化を防止する社会形態や産業構造など、多方面からのアプローチが必要となる。このため、専門家から現地住民まで多くの関係者の協同・協力が不可欠である。

3.3.3.1. 発生源モニタリングから予報へつなげる体制の確立

黄砂の規模と強さを予報し、また早期警報を行うことにより、住民への注意喚起を促すことが日本における黄砂対策としては有効である。的確な予報・早期警報を行うためには、日本に飛来が予想される黄砂を発生直後から監視し、その移動を予測するシステムの確立が重要である。そのため、発生源監視体制の整備・強化が必要になる。

3.3.3.2. 黄砂対策の調査と効果的な対策の選定(発生源・影響地域)

黄砂対策には、目的に応じ短期的・一時的な対策と、長期的・恒常的な対策が考慮されなければならない。そのためには、まず、現在既に行われている対策手法を調査することが必要となる。対策手法の選定に当たっては、それぞれの土地の条件に適合したものとする配慮が求められる。特に水資源は、個々の土地において限られており、水の分配がその土地の維持できる植生レベルを規定する場合が多い。それを無視した形で過度の復元(植林・植草等)を行うことは、逆に水資源を枯渇させるため注意を要する。

対策を行う地域の選定には、現在の発生状況の把握(発生源地域の判別)を行い、対策の有効性を知ることが必要である。その上で、具体的な対策の選定に当たっては、モデル計算によって効果の予測を行うことが必要となる。そのためには、発生源対策の実施が、モデルにどのように反映されるかを見極めることも重要である。各国の研究機関による共同作業を通じて、科学的な現象解明と効果的な対策の検討が求められる。

人為的に劣化した土地を復元するに当たっては、地域住民の協力が不可欠である。現在、過度の生産活動による劣化を防ぐために、過放牧の防止等その生産活動を制限する施策がとられる場合があるが、この場合には住民の生計手段の代替措置が講じられなければならない。住民の定住化や移転といった対策がその地区・社会に与える影響は甚大であり、極力これを避け、やむをえない場合も慎重に対処しなければならない。そのため、発生源対策の選定に当たっては、過去の政策の結果を検証することも必要であろう。また、発生源地域の社会的背景も中国側とモンゴル側では異なっており、中国での実施例がそのままモンゴル側に適用可能であるとは限らないため十分に配慮することが求められる。

なお、効果的な黄砂対策の選定に当たっては、どの国がどの程度の利益を得るかを考え、それに対する各国の負担との衡平性を考慮することが重要であろう。

3.3.3.3. 対策実施機関との連携、実施状況の追跡

中国及びモンゴルで行われている植林等黄砂対策に関する評価のためには、モニタリングが必要である。現地でのモニタリングは、長期間に渡って継続的に行うことが重要であり、簡便で信頼性の高い手法・パラメーターを選定する必要がある。

黄砂は複雑な現象であり、国内の関連諸機関が共同して対応に当たる必要があるが、省庁横断的な体制としては、2005年に黄砂対策に関する関係省庁連絡会議が発足したところである。黄砂に関連する施策を実施する機関(省庁、民間、NGOを含む)の情報共有を図り、我が国として一貫した協力となるように努めなければならない。

また、黄砂は、越境環境問題であることから、関係各国の協調・協力が不可欠である。効果的な対策の実施には、中国では、既に多くの機関で実際に発生源対策を実施しており、そこから実施状況と成果を収集整理することが求められる。

3.3.3.4. 対策結果の評価

黄砂対策を講じるに当たっては、事前に期待される効果の予測を行い、費用対効果的視点なども踏まえて、手法を選択する必要がある。既に、黄砂対策として行われている事業で、明確な効果予測・評価が出された例は少ない。このため、対策が所期の効果をもたらしたかどうかの評価を行い、場合によっては見直しを含めた再検討も視野に入れる必要がある。

対策の効果は、気候、環境、健康影響等にカテゴリーを明確に分けて評価する必要がある。発源地域では、暴風による物的・人的直接影響が大きいと考えられ、これらには、修復に時間のかかるもの(例えば農地への被害など)や、二次的影響が顕在化するまでに時間がかかるものも含まれていることにも注意が必要である。一方、気候変動と黄砂の関係では、長距離移動を行う微細粒子が気候に及ぼす影響が指摘されている。このように、複合影響・複合効果を分離あるいは個別に評価できる手法を検討する必要がある。また、ある対策が2つ以上の目標を持っている場合は、それぞれの効果を総合して評価する必要がある。

3.3.3.5. モニタリングネットワークデータの活用

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。