

紀の人類が直面する地球環境問題。科学はどこまでこ  
解明できているのか。技術や政策に課せられた課題は  
か。解決にむけて科学の方法をどう変えねばならない  
地球環境研究をリードする国立環境研究所の研究者た  
、分野別に科学の現状を分析し、研究の理念、推進方  
と、今後の地球環境学の進むべき方向を展望する。

もな目次]

- 地球環境研究の全体図 (西岡秀三)
- トソノ層破壊はなぜ止まらないか (今村隆史・中根英昭)
- 温暖化予測の科学研究とわが国の取り組み (野尻幸宏)
- 地球温暖化の影響予測評価に向けて (原沢英夫)
- 温暖化防止に向けてどう知恵を統合するか (森田暲幸)
- 酸性雨はどこからくるか? (眞山史郎・村野健太郎)
- 酸性雨問題—広がる酸汚染と資源の消費— (佐竹研一)
- 海洋汚染はどこまで進んでいるか (原島 省)
- 熱帯林の保全に向けて (奥田敏統)
- 生物多様性の保全はなぜ必要か (樽 宜高)
- 砂漠化防止に求められるもの (大政謙次)
- 地球環境は人間社会の問題ではないか (原沢英夫)
- 衛星による大気環境観測に何を期待するか (笹野泰弘)



9784772250351



1921040035007

ISBN4-7722-5035-2

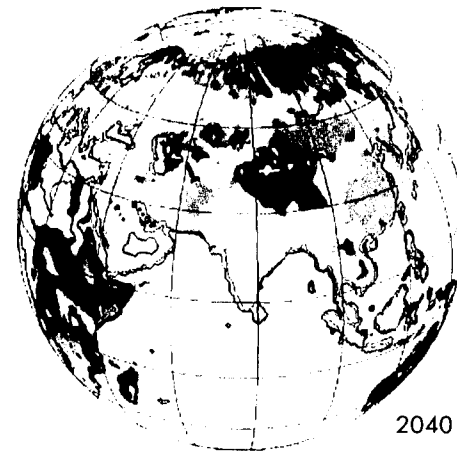
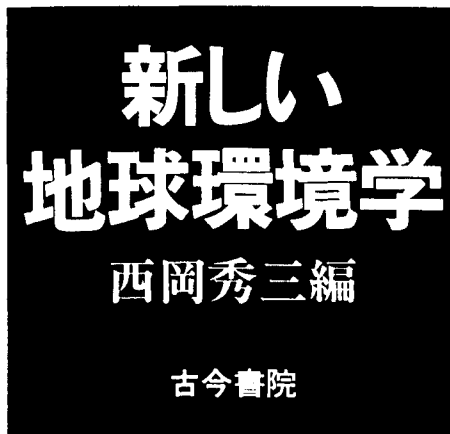
C1040 ¥3500E

定価 本体3500円(税別)

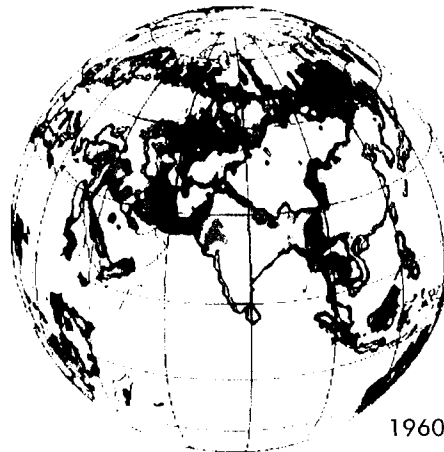
# 新しい地球環境学



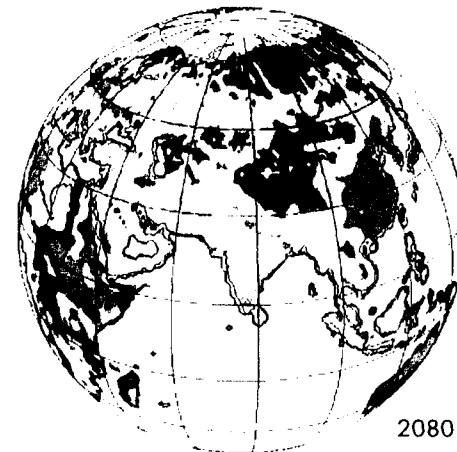
西岡秀三編



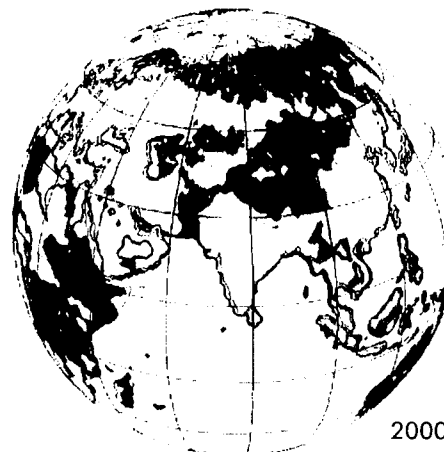
2040



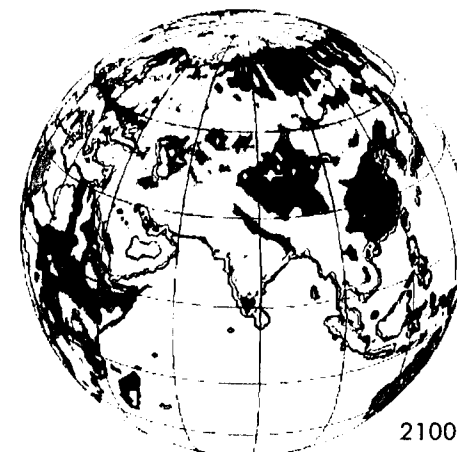
1960



2080



2000



2100

## 第11章 砂漠化防止に求められるもの

大政 謙次

### 要 約

1994年に国連で採択された砂漠化対処条約（正式名称：深刻な干ばつ又は砂漠化に対処するための国際連合条約）では、砂漠化問題についての国際的な科学技術協力とそのための関連機関のネットワーク化を促進することが盛り込まれている。わが国も1998年末のセネガルでの第2回締約国会議の会期中に締約国になり、今後、砂漠化問題に対する積極的な貢献が求められる。このような状況において、今後わが国の砂漠化分野の研究の方向について検討した。以下に、重要と考えられる課題を整理した。

#### （1）砂漠化の原因・機構・影響の体系的解明

自然科学的な問題や技術的な問題だけでなく、社会・経済的側面を含めた砂漠化の原因、機構、影響の相互関係の解析とモデル化。とくに従来、研究対象としてタブー視されてきた住民の経済基盤や生活習慣、思考形態、少数民族問題、人口問題、政治問題など、人間社会に深くかかわる問題についての体系的整理。

#### （2）砂漠化のモニタリングとデータベース

気象情報や土地利用、水資源、生態系などに関する情報を得るモニタリング手法に加えて、人間活動や影響関連の情報を得る手法の開発。人工衛星、航空機、バルーン、地上調査といった階層的モニタリング手法の確立と各種データベースの整備、国際的なネットワークシステムの構築など。また、砂

漠化地図や早期警戒システムへの応用。

### (3) 新技術・代替システムの開発と対策計画の作成

地域社会の持続的発展のための、灌漑システムや代替エネルギー、リサイクル型生活・生産システムなどの新技術・代替システムの開発。また、それぞれの地域にあった対策法を選択評価するための支援システムの開発。

### (4) 持続的な土地利用システム

経済性と地域社会の受容性を考慮した持続的な土地利用形態の検討と評価システムの開発。既に土壤劣化が進行している地域では、土壤回復を考慮した土地利用の形態と修復技術の検討。

### (5) 生態系保護と植林

生態系保護のための知見の収集と対策法の検討。植林による砂漠化防止技術の開発と緑化に伴う事前、事後評価法の検討。

### (6) 効率的な援助とその評価および行動計画作成のための支援

行動計画の作成や評価のための支援システムの開発。環境教育や技術指導の支援システムの開発。

今後、わが国の砂漠化研究では、国際機関の動向を考慮しながら、上述した砂漠化の重要課題を含む地域密着型の総合プロジェクト研究が、中国や南アジア、中央アジア、中近東、アフリカなどの地域、とくに砂漠化の原因や影響の現れ方、対策方法などが異なる地域での比較研究として実施されることが望ましい。また、これらの研究と並行して、あるいは総括するかたちで、体系化・総合化研究が実施されることが必要である。さらにわが国が得意な分野、例えばリモートセンシングや知識ベース、ネットワークシステム、環境教育や技術指導、行動計画の作成・評価の支援などについての研究を戦略的に実施していくことが必要であろう。

## 11.1 はじめに

砂漠化の問題は、人類の農耕と牧畜の歴史とともに始まった。人類は世界各地で、それぞれの気候風土に適した農耕や牧畜の技術を開発し、持続的な生産活動

を行ってきたが、人口の急激な増加や新しい開発活動が、環境と持続的な生産活動のバランスを崩し、「土壤の劣化」すなわち「砂漠化」を引き起こしてきた。例えば古くはメソポタミアなどの古代文明が、土壤の流出や塩害などによる土壤劣化によって衰退したことはよく知られている。また、最近では、旧ソ連の中央アジアでの灌漑農業地域の拡大が、アラル海の衰退と周辺地域の土壤劣化をもたらした。アメリカ合衆国やオーストラリアでの灌漑農業もまた土壤劣化との闘いであり、その防止のために多大な努力がなされている。

一方、気候変動が、「砂漠化」を引き起こした例としては、西アフリカのサハラ砂漠周辺の数々の国々の例が有名である。これらの地域では、干ばつとそれに伴う飢餓が繰り返して引き起こされており、最近では1968年から1973年にかけての大干ばつにより、2500万人が被災し、約20万人が飢餓により死亡した。これを契機として、1974年の国連総会で砂漠化防止のための国際協力に関する決議が採択され、その後1977年にナイロビで国際砂漠化会議が開かれ、防止対策のための国際的な援助と研究協力が活発化した。

1980年代後半以降、地球環境問題が国際政治の重要な課題として取り上げられるようになり、「砂漠化」も地球環境問題の一つとして、また地球温暖化や生物多様性など、他の地球環境問題と関連して取り扱われるようになった。1992年6月、ブラジルのリオデジャネイロでの国連環境開発会議（地球サミット）で採択されたアジェンダ21に、砂漠化の問題も取り上げられ、この合意に基づき1994年6月に砂漠化対処条約（正式名称：深刻な干ばつ又は砂漠化に対処するための国際連合条約）が国連で採択された。そして1996年12月に条約が発効し、1997年の砂漠化対処条約の第1回の締約国会議（COP1；9月29日～10月10日）がローマで開催され、今後の対応が検討された。1998年8月末の時点で条約締約国が136カ国にものぼり、わが国も1998年のダカール（セネガル）での第2回締約国会議（COP2；11月30日～12月11日）の会期中（12月10日）に締約国になり、先進国締約国として積極的な対応が期待されている。

砂漠化問題の特徴としては、対象地域が乾燥から乾燥半湿潤地域という土壤の脆弱性が際立った地域で、人間活動や気候変動などの影響をとくに受けやすいという点にある。また、このような地域では農作物などの生産性が低く、社会経済的な基盤も脆弱で、政治的にも不安定な地域が多いことが問題を複雑にしている。

現在、砂漠化で世界の陸地の約1/4、人口の約1/6（9億人）が影響を受けているといわれており、砂漠化対策としての緊急かつ総合的な取り組みが求められている。また、地球温暖化や生物多様性など、他の地球環境問題との関連においても砂漠化の問題は重要であり、これらの問題にも対応した取り組みが必要とされる。

環境庁では、地球環境研究総合推進費による研究の一環として1990年から、インドや中国、中央アジアなど、おもにアジア地域を中心としたフィールドにおいて、砂漠化の問題についての研究を行ってきた。これらの研究では、それぞれの地域の特色に応じた課題を設定し、それなりの成果をあげてきた。しかし、砂漠化対処条約や地球温暖化などに関する国際的な状況の変化に伴い、より体系だった戦略的な研究の推進が必要とされるようになってきた。そこで、1998年度から始まった「砂漠化研究の総合化と砂漠化防止技術の体系化に関する研究」の一環として、砂漠化問題についての有識者による2回の「地球環境研究展望作業」についての検討会を行い、今後の砂漠化研究についてとりまとめた。この検討会の成果は、報告書（文献22）としてまとめられているが、本章では、その要点について紹介する。

## 11.2 砂漠化関連分野の国際的動向

砂漠化研究に関係する国際的な関連分野の動向については、地球サミットで採択されたアジェンダ21やその後の砂漠化対処条約による動きとの関連が重要である。また、地球環境ファシリィ（GEF）の対象分野（地球温暖化、生物多様性保護など）との関連や気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第三次評価報告書、地球圏・生物圏国際協同研究計画（IGBP）の動きなどからも注視しておくことが必要であろう。

### 11.2.1 アジェンダ21

1992年の地球サミットで、行動計画として採択された「アジェンダ21」の第2部（Section II: Conservation and Management of Resources for Development）の第12章が砂漠化に関する章となり、下記のような計画分野が盛り込まれた。

（1）砂漠化と干ばつにさらされやすい地域の経済・社会的側面を含めた知識ベ

ースとモニタリングシステムの強化

- （2） 土壌保全、植林、再植林などの活動の強化を通じての土地劣化の防止
- （3） 砂漠化にさらされやすい地域における貧困の撲滅と生活・生産様式の転換促進のための統合開発計画の策定と強化
- （4） 総合的な砂漠化対策計画の策定と国家開発・環境計画への統合
- （5） 干ばつにさらされやすい地域における自助努力を含めた総合的干ばつ対策と環境難民対策の策定
- （6） 砂漠化防止と干ばつ対策に重点をおく住民参加と環境教育の促進

1977年の国際砂漠化会議で採択された砂漠化対策行動計画では、行動の主体が国家であるとし、国家内部の行動の規定については技術的な側面が目立ったのに対し、アジェンダ21における規定では、国家レベルだけでなく、国際レベルから住民のレベルまで、それぞれのレベルにおける行動を含み、技術的な分野だけでなく、情報や資金、管理、人材など、さまざまな側面から問題を取り扱っているのが特徴である。また、アジェンダ21のなかで、砂漠化の定義が「乾燥、半乾燥及び乾燥半湿潤地域における様々な要因（気候変動及び人間の活動を含む）に起因する土地の劣化」であるとされ、1994年の砂漠化対処条約でもこの定義が採用された。それ以前は、定義に干ばつによるものが含まれていなかったり、曖昧な使われ方をしたりで、誤解や混乱を生じることがあったが、この定義では、「人間活動の直接的影響」だけでなく、「気候変動をはじめとした様々な要因」によるものも含まれるということで、地球温暖化などの他の地球環境問題との関連からも検討が必要とされるようになってきている。

### 11.2.2 砂漠化対処条約

この条約は、アジェンダ21の合意に基づき、砂漠化に直面している国々における砂漠化の防止と干ばつの影響の緩和を目的として採択された。条約のなかで被影響国（とくにアフリカ諸国）の貧困の撲滅と、食糧安全や人口動態、自然資源の持続的管理、持続的農業慣行、多様なエネルギー資源の開発と効率的利用、制度的法的枠組み、影響評価と体系的観測の強化、教育と公衆啓発などを保証するための行動計画の立案と実施の必要性が謳われている。

また目的を達成するために、締約国には国家レベルだけでなく、国際レベルか

ら住民のレベルまで、それぞれのレベルにおける行動を義務づけている。とくに先進締約国には、

- (1) 行動計画の作成・実施などに対する資金的・技術的な協力
- (2) 被影響国の能力形成、教育および啓発に対する協力
- (3) 科学技術協力

などでの積極的な支援を求めている。これに関連して、条約の第2部で、一般的義務(第4条)、先進締約国の義務(第6条)、第3部で、行動計画(第1節 第9条~15条)、科学技術協力(第2節 第16条~18条)、支援措置(第3節 第19条~21条)などが規定されている。また、第4部に、科学技術委員会の設置(第24条)や研究機関及び各種機関・団体のネットワーク化(第25条)などの条項も盛り込まれている。

科学技術協力については、

- (1) 情報の収集・分析・交換
  - ・地球規模のネットワークの強化(情報提供・教育・訓練など)
- (2) 研究活動の支援
  - ・砂漠化および干ばつをもたらす過程、原因とその影響などに関する研究
  - ・地域の人々の生活水準を向上させる解決策の特定・実施をもたらす研究
  - ・被影響途上国の研究能力を開発・強化する研究
  - ・貧困・環境上の要因による移住と砂漠化の関係についての研究
  - ・人工降雨などの水資源の利用可能性の向上のための研究
- (3) 技術移転など
  - ・利用可能な技術についての情報の提供
  - ・住民ニーズに応じた実際的な利用に適した技術の取得の円滑化
  - ・代替的な生計を助長するための技術協力

などが重要とされる。

科学技術委員会は、条約締結国会議の下部機関として設置されるが、役割については不明確な部分が多く、今後の体制もみえていないのが現状である。しかし、条約の精神に基づく効果的な運営を考えると、科学技術委員会とその下部機関の充実が不可欠であり、科学技術協力や国際的ネットワーク化のために重要な役割を果たすことが期待される。

砂漠化対処条約に関連して、アジア地域でも国家や地域レベルでさまざまな会合やセミナーが開かれているが、1996年8月のニューデリーでの地域会議や1997年5月の北京閣僚会議を通して、下記のテーマ別プログラムがアジア地域の行動計画として策定され、ホスト国の選定や実施のための枠組みなどが検討された。

- (1) 砂漠化のモニタリングおよび評価(ホスト国:中国)
- (2) アグロフォレストリーおよび土壌保全(インド)
- (3) 砂丘の移動の固定化を含む放牧地の管理(イラン)
- (4) 乾燥、半乾燥および乾燥湿潤地域の農業における水資源管理
- (5) 干ばつの影響緩和および砂漠化対処能力の強化
- (6) ローカル分野を育成する統合プログラム(LADPs)の実施補助

1998年11月には、このフォローアップとしてバンコクで専門家会合が開かれ、ホスト国が決まっていないテーマなどについての討議が行われた。

### 11.2.3 地球環境ファシリティ

地球環境ファシリティ(GEF;世界銀行、国連環境計画;UNEP、国連開発計画;UNDPの共同管理)は、当該国の利益にはならないが、地球社会全体には利益になるようなプロジェクトまたは1プロジェクトのうちそのような部分にかかるコストを負担することになっており、資金供与する分野として、地球温暖化、オゾン層保護、生物多様性保全および国際水域に限定している。しかし、地球サミットの準備過程での合意に従い、改めてつくられた地球環境ファシリティの設立についての合意文書では、砂漠化を含む土壌劣化などにかかわるプロジェクトも、上記の4分野のいずれかに関する地球的利益がある場合には資金供与の対象となることが確認されており、下記のような問題が考えられている。

(1) 地球温暖化:干ばつなどによる土壌の劣化は、土壌の炭素貯蔵能力を弱める。また、生活や農業生産のためにバイオマスを燃やすことは、温室効果ガスの大きな排出源となる。このため、①再生可能なエネルギーやエネルギー利用の効率化、②持続可能なバイオマスの生産とその利用、③土壌劣化や森林減少を防止し、バイオマスや土壌における炭素貯蔵の改善、などについての対策が求められる。

(2) 生物多様性:乾燥地生態系は、厳しい環境に対して適応した植物種の宝庫

であり、ハビタートの多様性を示す。また、多くの食用作物の原産地でもある。砂漠化はこのような貴重な生物の生息地を破壊する。このためその保全のための対策が求められる。

#### 11.2.4 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)

IPCC 関連では、第二次評価報告書 (1995) で、乾燥・半乾燥地域の生態系への影響や砂漠化の問題との関連が取り上げられている。20世紀の陸上降水量は、全球平均として小さな増加傾向 (1%) にあったが、地域によって降水量は異なり、大乾燥地帯である北アフリカでは最近の数十年間にわたり降水量が少なかったと報告されている。また、気温が上昇すると蒸発散量の増加をもたらすので、降雨量の増加が追いつかない地域では乾燥化が進み、深刻な影響が生じる。一方、地球温暖化はこのような長期的なトレンドとしての気候変動だけでなく、エルニーニョなどの現象とも関係して、世界各地で異常気象を引き起こすと考えられている。脆弱な土壌をもつ乾燥・半乾燥地域では、このような異常気象の影響を多くに受けやすい。例えば干ばつによる土壌劣化だけでなく、集中豪雨による土壌の荒廃や侵食による影響が砂漠化を引き起こす。このため、砂漠化影響の予測ではむずかしい問題ではあるが、地域的な異常気象とその影響についての検討が重要となる。1998年の Regional Impacts の報告書でも、砂漠化関連の内容はきわめて不十分であり、2001年に予定されている第三次報告書で、気候変動と砂漠化との関係、気候変動に伴う乾燥地生態系や農業などの脆弱性の問題などが、それぞれの地域で取り上げられることが期待される。

#### 11.2.5 地球圏・生物圏国際協同研究計画 (IGBP)

IGBP の GCTE などでは、世界各地にトランセクトをもうけて、環境の変化に伴う植物群落の種類や組成、植生の変化などを調べている。アジア地域でも中国の Northeast China Transect のように、森林地域から草原、乾燥地域にわたるトランセクトもあり、気候変化の影響の生態学的なデータが収集され、影響モデルの開発に利用されている。しかし、IGBP のコアプロジェクトをリードしている研究者のあいだで、フィールド調査だけでは気候変動の影響を把握できないので、ファイトトロンや野外施設を用いて人工的に環境を変化させ、シミュレー

ションを行う実験法との併用が必要であることが指摘されている。このため、気候変動研究のための野外調査と制御環境を併用した研究法の標準化に関する国際会議が企画されている。乾燥・半乾燥地域での生態系影響やその保全などに関係する研究では、わが国は国内にフィールドをもたないため、この分野での国際貢献が期待されており、今後、この動きを注視する必要がある。また遺伝子資源に関するバイオテクノロジーを利用した研究も重要であろう。

一方、IGBP の BAHC や PAGES ではアジアの乾燥地域・半乾燥地域を含めて研究を進めている。水の循環・古モンスーンの変動と気候の乾湿の変化などの面からオーストラリア、中国、中近東諸国、アフリカ諸国、アメリカなどの砂漠が存在する諸国だけでなく、日本、ドイツ、フランスなどのような砂漠がない国の研究者も研究を行っている。

### 11.3 国内の砂漠化研究の動向

わが国の砂漠化問題に関する取り組みは、1980年代前半までは非政府機関 (NGO) や大学の研究者を中心に行われてきた。その後、地球環境問題が国際政治の重要な課題として取り上げられるようになり、各省庁の研究機関も積極的に取り組むようになった。詳細については、文献10あるいは文献22を参照されたい。

環境庁の地球環境研究総合推進費では、「乾燥地・半乾燥地の砂漠化に伴う環境影響予測に関する予備的研究」(1990～91年度)以降、インド西部や中国東北部、中央アジア、西オーストラリアなどをフィールドとして、それらの地域における砂漠化進行の人為的要因と砂漠化による人間活動への相互影響に関する研究や、現地での対策技術についての検討などを行ってきた。おもな研究としては、人間活動に視点をあてた「砂漠化と人間活動の相互影響評価に関する研究」(1992～94年度)、砂漠化防止技術やその評価手法に関連した「砂漠化防止対策の適用効果の評価手法の開発に関する研究」(1995～97年度)、「中央アジア塩類集積土壌の回復技術の確立に関する研究」(1996～98年度)などがある。1997年度終了課題を組み換えて、1998年度から新たに開始した「持続的土地利用のための砂漠化防止技術適用に関する実証的研究」(1998～2000年度)では、中国やオーストラリアでモデル地区を設定し、リモートセンシングによる解析や現地での植

生、土壌、農業経営などの調査を行うことにより、環境容量や砂漠化の評価指針、地域農業経済に基づく砂漠化防止対策支援システムの開発を行っている。また、対策技術の実証試験とあわせて、砂漠化対策のための持続的土地利用システムの計画手法を検討することになっている。一方、1998年度から始まった「砂漠化研究の総合化と砂漠化防止技術の体系化に関する研究」(1998~2000年度)では、従来の砂漠化研究や砂漠化防止技術の体系的な整理と将来の砂漠化研究の方向性についての研究を実施しており、本章もこの研究の一環として開かれた検討会の討議をもとに作成された。

農林水産省では、乾燥・半乾燥地域での農業資源管理と持続的農業技術の導入の観点から、水資源や土壌改良、農業技術などについての研究を行っている。また、アグロフォレストリーを導入した砂漠化地域での植林と農業生産の併用技術の調査事業なども行っている。外務省では国際協力事業団(JAICA)などを通して、植林や農業開発、その他の技術協力や開発調査などの有償、無償の各種プロジェクトを実施している。通産省では保水剤の乾燥地域での農業や緑化への利用を、また気象庁では砂漠化と気候変化との解明などの研究を実施してきている。科学技術庁では科学技術振興調整費で各省庁の研究機関が参加し、1989~94年度に中国科学院との共同で、「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」を実施し、気圏、地圏、水圏、生物圏などの多角的な視野から、砂漠化の機構について調査研究を行った。文部省では、科学研究費による個々の大学所属の研究者による国際学術研究による調査研究に加えて、1989年に設置された創成的基礎研究による「地球環境変動研究」などで、中国の黄・淮・海平原などをフィールドとして、塩類土壌の改良と農業開発などの研究を実施してきている。

わが国の砂漠化関連研究の特徴は、わが国に広大な砂漠化地域がないことから、いくつかの大型プロジェクトが企画され実施されはしたが、各国の研究機関との個別的な研究が中心であったといえよう。農業分野での農林水産省の取り組みや、鳥取大学の砂丘地農業の知識を生かした中国などの砂漠での灌漑農業開発、環境庁や文部省などのプロジェクトで行われた砂漠化と人間活動の相互作用の解明や、塩類集積地の修復と農業開発に関する研究などは、それなりの成果をあげてきたが、砂漠化の問題の体系的な研究という観点では必ずしも十分ではない。また、通産省などの最先端の技術を利用した乾燥地での農業や緑化技術の開発も、砂漠化

問題を解決していくという観点からは問題が多い。科学技術庁振興調整費で行った中国科学院の研究機関との共同研究でも、総合的な砂漠化機構の解明を目指したが、相手側研究機関との調整に手間取り、必ずしも当初の目的を達成したとはいえない。しかし、このような大型のプロジェクトの遺産は、わが国の砂漠化関連の研究者の養成とその後の研究者間の国際交流に役立っており、今後、砂漠化対処条約などの国際的動向への対応を迅速に行っていくうえで役に立つであろう。

#### 11.4 今後必要とされる研究

今後の砂漠化に関するプロジェクト研究を考える場合には、やはり上述した砂漠化関連分野の国際的動向に対する貢献を考慮していく必要がある。図11.1は、アジェンダ21や砂漠化対処条約で提起されている問題のキーワードを、砂漠化研究の観点から流れ図として表したものである。

砂漠化に関する研究では、砂漠化対処条約にも記載されているように、まずそれぞれの地域での砂漠化や干ばつをもたらし過程、原因、またその影響についての情報を収集し、解析することが重要である。また、得られたデータや成果を、知識ベース化し、地球規模のネットワーク上で、さまざまなレベルの人々が利用できるようにすることが必要である。そして、行動計画の作成や対策法の検討、住民の教育・訓練などに利用していくことが求められる。

勿論、これらの問題にアプローチしていくための方法の確立や対策のための新技術・代替技術の開発、地域社会の持続的な発展と限られた援助を効果的に実施していくための、事前、事後評価法の確立なども重要である。それゆえ、砂漠化研究では、それぞれの地域の特殊性を考慮した地域密着型の研究に加えて、地域レベルや国家レベルでの行動計画の作成と国際的なレベルでの貢献を目的とした研究が求められる。

また、研究対象が複雑で、基礎科学の分野から技術的な分野や社会経済的な分野、さらには民族学や国際政治学などの多くの分野の問題などを含むことから、これらの個別の研究分野を発展させることに加えて、幅広い研究分野を有機的に結合し、組織化した研究アプローチが必要である。

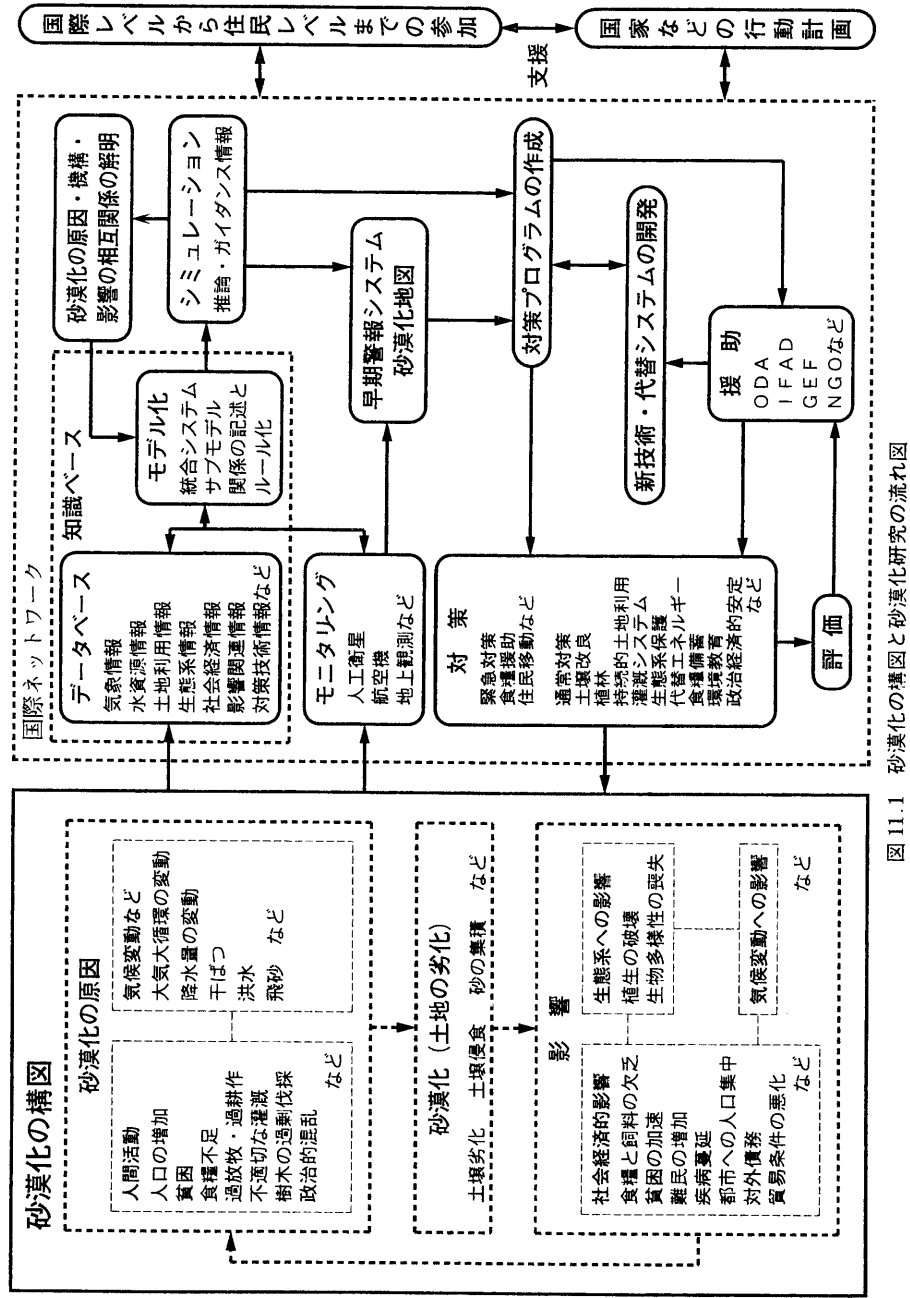


図 11.1 砂漠化の構造と砂漠化研究の流れ図

以下に、図11.1の流れ図にそって、砂漠化分野で今後重要と考えられる研究について述べる。なお、検討会に参加していただいた先生方から提案していただいた、「今後の砂漠化分野で必要とされる研究課題」について表11.1に示した。いくつかの分野に関係がある課題については、最も関係があると思われる分野に分

表 11.1 今後の砂漠化分野で必要とされる研究課題 (文献22)

<p><b>(砂漠化の原因・機構・影響の解明)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境と人間の関係がもつ地域性および地域を超えた共通性などの明確化に関する研究</li> <li>・地域をかたちづくる自然の基礎的構造と機能に関する基礎的研究</li> <li>・砂漠化と気候変動との関連に関する研究</li> <li>・陸面・大気相互作用の解析手法の確立</li> <li>・砂漠化・干ばつの気象・気候メカニズムの解明</li> <li>・人間活動と砂漠化との相互影響プロセスの解明</li> <li>・気候特性からみた砂漠化潜在地域の特定に関する研究</li> <li>・貧困、少数民族など人間社会の視点を重視した砂漠化機構の解明に関する研究</li> </ul>
<p><b>(データベース)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂漠化危険度地図の作成</li> <li>・フィールドデータを基にした砂漠化対策インベントリリーの構築</li> <li>・アジア地域のモニタリングに基づく Regional Atlas of Desertification-Asia の作成</li> <li>・砂漠化研究データベースの作成</li> <li>・時間的に同質的な衛星データの取得とデータセットの構築</li> <li>・グローバルスケールの砂漠化地図の作成</li> <li>・温暖化シナリオを利用した将来の潜在的な砂漠化地図の作成</li> <li>・砂漠化の客観的かつ定量的な観測・評価法の開発および新たな砂漠化データセットの構築</li> <li>・基礎的事実についての情報の収集とその情報の共有</li> <li>・地上データとリモートセンシングデータを統合した基盤情報システムの構築</li> <li>・砂漠化に関する社会経済、影響関連情報データベースの構築</li> <li>・農業管理計画のための情報活用のあり方の研究</li> </ul>
<p><b>(モニタリング)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリング・予測の信頼性・精度に関する研究</li> <li>・リモセン技術を利用した砂漠化の地域研究</li> <li>・衛星データに対応する地上検証データ取得のための長期的な定点観測</li> <li>・砂漠化現象への気候モデルの適応のための長期的な陸面観測</li> <li>・リモセン・GISを利用した「東アジア・環境トランセクト」における砂漠化モニタリング</li> <li>・リモートセンシング技術を活用した早期警戒(モニタリング)システムの構築</li> <li>・地域気候モデルと砂漠化モニタリングの融合に関する研究</li> <li>・実施が容易であり、かつ国際的比較の可能なモニタリングの統一的手法の開発</li> <li>・リモセン・地上生態観測・社会経済動態間の相互連携・結合に関する研究</li> </ul>



**(モデル化)**

- ・乾燥地の農牧業活動による地域や地球の物質循環への影響の定量的把握と将来予測
- ・砂漠化に関する地域レベルのモデルの構築
- ・陸面観測と気候モデルの連携・結合に関する研究
- ・自然システムと社会システムのモデル化とネットワーク化に関する研究
- ・地域気候モデルと砂漠化モニタリングの融合に関する研究
- ・土地荒廃の現状把握のための土地評価手法・指標の研究

**(早期警報システム)**

- ・干ばつ早期警報システムの開発
- ・砂漠化早期警報システムの構築（とくに大気海洋循環統合モデルと連携したもの）

**(対策計画の作成・新技術・代替システムの開発)**

- ・新しい技術体系の環境の回復・維持に対する評価および導入手法の開発
- ・地域の自然的立地条件と農業経営に適した砂漠化防止対策技術の導入に関する研究
- ・砂漠化問題への対処をいかに経済・社会の発展のための計画のなかに組み込んでいくかの研究
- ・砂漠化対処のための要素技術に関する環境負荷、社会・文化的受容度などの研究
- ・砂漠化対策の技術的・社会的効果に関する評価手法の研究
- ・乾燥地の農牧業における地域や地球の環境維持システムに調和した新技術体系の構築
- ・自然境界、行政・社会的地域区分を越えた普及・波及性の高い計画の可能性の研究
- ・干ばつに耐え得る社会の構築に関する研究
- ・土地利用向上、土地資源の持続的管理、住民生活向上の同時追求に関する研究
- ・砂漠化地域におけるアグロフォレストリーに関する研究
- ・砂漠化防止のための新技術・革新技術の開発
- ・理工学的手段、生態学的手段および経済的手段に関する研究の社会的手段との連携

**(援助)**

- ・住民の社会・経済的活動の変革と向上を目指す援助のあり方に関する研究
- ・締約国会議および科学委員会による調査・研究への参画

**(対策)****○土壌改良**

- ・塩類集積の抑制法および土壌からの除塩法の確立に関する研究
- ・中央アジア水稲作付け地帯における塩類集積防止・回復技術の開発
- ・塩類土壌地域における水利用効率の高い灌漑方式、除塩技術、圃場整備、灌漑・排水技術の開発

**○緑化**

- ・アフリカにおける砂漠化防止、緑化、侵食防止活動を行ううえでのFood for Work(FFW)の有用性と問題点に関する研究
- ・エチオピアにおける植林活動と土地保有権(Tenure)の関連に関する研究

- ・大規模植林の可能性および実施効果に関する研究
- ・物理的砂漠化防止として:防風施設(防風林、防風ネット)の砂漠での性能評価
- ・防風樹種の選定、防風資材(自然・人工)の選定
- ・草方格の具体的実施(広範囲)評価
- ・化学的緑化資材の開発・応用
- ・生物的砂漠化防止法(緑化)の応用的評価
- ・防風・防砂法の社会・経済的評価

**○持続的土地利用**

- ・乾燥地域での農用地の自然的利用体系から人為的管理・利用体系への変換に関する研究
- ・持続可能な土地利用システムの計画手法の開発
- ・持続可能な土地利用システムの開発

**○灌漑システム**

- ・灌漑の水利用効率向上に関する研究
- ・厳しい利水条件を想定した灌漑技術の開発・改良研究
- ・塩類土壌地域での高水利用効率の灌漑方式、除塩技術、圃場整備、灌漑排水技術の開発
- ・ワジ氾濫原の水資源を利用した持続的農業開発に関する研究
- ・ウォーター・ハーベスティングを利用した農地保全・牧畜・植林に関する研究

**○代替エネルギー**

- ・再生可能な天然資源に対する負荷の軽減に関する研究
- ・太陽光を利用した代替エネルギー開発

**○その他の対策**

- ・女性および牧畜民に対する配慮に関する研究
- ・現地における実証的調査・研究
- ・将来の砂漠化危険地域であるスーダン地域の優先的配慮に関する研究

**(評価)**

- ・広域緑化の気象環境への影響のシミュレーション評価
- ・緑化・気象改良の砂漠化防止へのフィードバック効果の評価
- ・地域別の砂漠化防止の具体的評価
- ・植林・植生回復の具体的波及効果の評価

類した。

**11.4.1 砂漠化の原因・機構・影響の体系的解明**

砂漠化の予知や対策を効果的に行うためには、それぞれの地域によって異なる砂漠化の原因や機構、影響の相互関係を体系的に解明する必要がある。しかし、

図11.1からもわかるように、多くの要因が複雑に関係するために、それぞれの地域で個別に解明研究が行われているのが現状で、体系的な解析は十分には行われていない。また、その相互関係を表すモデルについても、サブモデルの開発段階で体系化はなされていない。このため今後、地域によって異なる特色をより詳細に検討していくことに加えて、おおまかではあるが社会・経済的側面も含めて、原因、機構、影響の相互関係を整理し、モデルを用いて、体系的に取り扱う手法についても検討していく必要があるだろう。この手法は、既存のサブモデルを利用することを基本とするが、不足する部分は現在得られている知見の範囲でモデル化し使用する。とくに貧困や文化などといった計量化しづらい要因についても、何らかのかたちで計量化するか、あるいはルールとして整理し、サブモデル化することが必要である。そして、この体系化されたモデルにより、おおまかではあるがシミュレーションによる因果関係の解析や問題点の整理、さらには砂漠化の予知や対策法の検討に利用することが望まれる。

これと並行して、世界の代表的な砂漠化地域において国際的な共同研究により、より詳細なデータ収集と原因や機構、影響の相互関係の解析を行っていく必要がある。とくに従来、研究対象としてタブー視されてきた住民の貧困（経済的基盤）の問題、生活習慣や思考形態の問題、少数民族問題、人口問題、政治問題など、人間社会に深くかかわる問題についても体系的な検討を行っていく必要がある。これらの問題は、砂漠化問題の本質であるが、人権問題や政治問題とも関係するので、地域住民や関係各国の積極的な協力が必要であることはいうまでもない。また、得られた成果をモデル化（ルール化を含む）し、知識ベース化することが重要であるが、人権問題などにはモデル化の際に配慮が必要であろう。

なおこれらの研究は、先に述べた簡便モデルの曖昧さを補足し、より精度の高いモデル化を可能にするが、調査や実験、解析を含むので、長期計画に基づいた計画的な研究調査を実行していく必要がある。また、定期的にその成果のとりまとめと研究調査の方向性を、国際的な組織で検討していく必要があるだろう。

地球温暖化と砂漠化との関係については、不確定な部分が多く必ずしも明確ではないが、IPCCの報告書などによると、20世紀の陸上降水量は全球平均として小さな増加傾向（1%）にあるが、1970年代後半以降は降水量が相対的に少なくなっている。例えば北アフリカでは、20世紀を通じて降水の減少傾向が著しい。

温暖化に伴う気温上昇に比べて、大幅な降水量の増加がない地域では乾燥化が進行するであろう。また、いくつかの全球結合モデルによると、二酸化炭素の増加とともに、世界各地に異常気象を引き起こすエルニーニョ現象（ENSO）に類似した海面水温の変動がみられる。砂漠化は、局地的な異常気象が回復不可能な土壌劣化の引き金になることから、温暖化の問題とも関連して検討する必要があるだろう。

#### 11.4.2 砂漠化のモニタリングとデータベース

砂漠化のモニタリングとデータベースについての研究は、上記で述べたモデル化の研究と密接に関係している。例えばモニタリングによって得られたデータは、砂漠化の現状把握やモデル開発に利用されるとともに、モデルを用いた砂漠化の体系的解明や予知、あるいは対策のために利用される。

砂漠化のモニタリングでは、人工衛星などからの広域リモートセンシングによる土地利用（あるいは植生指数）や降雨の推定などに加えて、社会・経済的側面も含めた総合的なモニタリングが要求される。広域リモートセンシングは、現状ではその画像情報の信頼性に問題があり、また最近、空間解像度の高いセンサーを搭載した人工衛星が打ち上げられてはいるが、狭い地域での連続的なモニタリングに限界がある。このため砂漠化のモニタリングでも、他の分野のモニタリングと同様、人工衛星での観測と現地調査やバルーン、航空機などによる定期的な観測などと併用して、モニタリングの精度と得られる情報の増大をはかる必要がある。とくに気象情報や土地利用、水資源、生態系などに関する情報を得る手法の確立に加えて、これらの情報を介して人間活動や影響関連の情報との関係を明らかにしていくことが重要である。これらのモニタリングは、計画的に長期間継続して実施していく必要がある。また広域リモートセンシングでは、画像分光やマイクロ波、レーザーなどを利用した新しい観測手法の開発とともに、将来的には砂漠化のモニタリング衛星なども考慮していく必要があるかもしれない。さらに、国際的なネットワーク体制のもとに、ベンチマーク（あるいはトランセクト）の地域を設定し、どのような要因をモニタリングすべきかを体系的に整理する必要がある。

また、砂漠化のモデルと組み合わせた干ばつなどの早期警報（予知）システム

への利用などを検討する必要がある。早期警報システム（EWS: Early Warning System）については、サヘルクラブなどが1980年代から取り組んでおり、ブルキナファソ、ニジェール、マリ、モーリタニア、チャド、セネガルなどでは、国により異なるが何らかのかたちで既にEWSが導入されている。わが国では、ほとんど取り組まれていない研究ではあるが、リモートセンシングなど日本の得意とする分野での貢献が期待される。

一方、上記のような観測体制で得られたモニタリングデータを、現地の研究者や指導員も含めて、国際的に利用していくためには、そのデータベース化とインターネットなどを通じた利用システムの整備が必要となる。これまで、世界の砂漠化の現状を示すデータとして、国連環境計画（UNEP）によるグローバルデータセットなどがあるが、砂漠化の定義自体が曖昧なこと、砂漠化の評価手法が統一性を欠いていることなどから、データの信頼性に対する批判が絶えない。このため、地域の状況を反映したデータベース（例えば、砂漠化地図）が必要とされる。データベースの整備は、これらの現存する砂漠化データベースの改良やモニタリングにより得られたデータに加えて、他の分野で開発されたデータベースの利用や資料の解析とデジタル化、知識ベースとしてのモデルの利用などを含めて考えていく必要がある。この作業には、国際的な協調による長期間の地道な作業が必要であるが、砂漠化問題を解決していくためには、徐々にでも整備していく必要がある。

### 11.4.3 新技術・代替システムの開発と対策計画の作成

地域社会の持続的な発展にとって、新技術・代替システムの導入は不可欠である。しかし、これらは、その社会が受容する適正な技術やシステムであることが要求される。また、長期的な視野にたったものである必要がある。例えば大規模な灌漑施設は、短期的には大幅に収量を増大させるが、長期的には土壌の塩性を引き起こし、砂漠化を促進させる場合が多い。このため、知識ベースやモニタリングにより得られた情報に基づいて、地域社会に適合する対策計画の作成を行う必要がある。そのための手法の確立が求められている。その際、既存技術や新技術・代替システムの適切な選択に加えて、地域の社会経済状態や住民の意志が反映されたものであることが求められる。また、普及のための技術指導や環境教

育を含めた総合的なものであることが必要とされる。さらに、この対策計画は、地域や国家の行動計画に組み込まれることが望ましい。

今後、導入が期待される新技術・代替システムとしては、代替エネルギーとしての太陽光利用のシステムや地下ダム・地下灌漑システムなどの土壌劣化を伴わない灌漑技術、乾燥地域に適した高収量品種、その栽培・貯蔵・加工技術、土壌改良技術、リサイクル型生活・生産システムなどがあげられる。また、下記で述べる持続的な土地利用システムや植林に関する技術も含まれる。これらの新技術・代替システムは、必ずしも先進国での最新技術を意味するものではなく、その地域社会で古くから用いられている技術の改良やちょっとしたアイデア技術を含む。また、これらの技術が長期的な視野にたつて、その地域の自然や社会において適合するかどうかの事前、事後評価を行う手法の開発もあわせて実施する必要がある。

一方、新技術・代替システムの開発には、砂漠化対策という観点だけでなく、地球温暖化対策にも有用な手法が望まれる。太陽光の利用や風力発電のシステムは、再生可能なエネルギーの供給手段として有用かもしれない。また、アグロフォレストリーのような農業形態は、持続可能なバイオマス生産と、土壌劣化や森林減少の防止や炭素貯蔵量の改善に役立つ可能性がある。このような観点からの新技術・代替システムの開発とその効果についての評価もあわせて行う必要がある。いずれにしても、新技術・代替システムの可能性を含めて、砂漠化対策技術の体系化を行い、その地域にあった技術の選択を行うための意志決定を支援するエキスパートシステムなどの開発が望まれる。

### 11.4.4 持続的な土地利用システム

砂漠化の問題では、その地域社会の生産活動の基盤である土地利用の問題が重要である。砂漠化対処条約では、地域社会の持続的な発展が究極の目的であり、乾燥から乾燥半湿潤地域の生物生産の脆弱な土地で、いかに地域の発展と持続的な生産活動、すなわち土地利用の持続性を共存させるかが求められる。また、既に土壌劣化が進行している地域では、土壌劣化の回復を考慮した土地利用の形態と修復技術の検討が必要である。アグロフォレストリーのような農業形態は、植林による環境保全と農業生産を融合させたものであり、持続的な土地利用の一つの

形態であろう。

持続的な土地利用システムを検討する場合に重要なことは、その地域にあった持続的な生産システム、すなわち土地利用システムを構築することである。このためには、その土地に適した土地利用のあり方を評価するシステムの開発や、在来型の農法と土地利用システムの再評価と近代農法との融合、また新たな土地利用システムを導入する場合の持続性と経済性および地域社会での受容性の評価などを行っていくためのモデルと評価システムの開発が必要となる。

#### 11.4.5 生態系保護と植林

乾燥地の生態系は、厳しい環境に対して適応した植物種の宝庫であり、ハビタートの多様性を示す。また、多くの食用作物の原産地でもある。砂漠化によるこれらの生態系の破壊と貴重な生物の絶滅を防止するために、希少種やそのハビタートのデータ化と保全のための方法の検討が必要である。具体的には、現地での保全とバイオテクノロジーを含む人工的な保存技術の両面から、その保存法を検討する必要がある。またその前提として、砂漠化の機構や生態系の解明も重要である。

一方、飛砂などによる砂漠化を防止するための緑化（植林）技術の開発についても、現地の状況に適応した方法と緑化植物の適切な選定法の検討が必要である。緑化対策が持続的な砂漠化の防止に役立つように、また生態系保護の観点からも問題が生じないようにしなければならない。このためには、砂漠化の機構の体系的解明と並行して、植物種の選定と緑化技術の体系化、および持続的な緑化技術の開発、苗木の供給法などの検討を行う必要がある。また、緑化に伴う環境や生態系への影響について、事後評価を行う手法の検討も必要となろう。

#### 11.4.6 効率的な援助とその評価および行動計画作成のための支援

これまで行われてきた砂漠化対策のプロジェクトのなかで成功した例は数少なく、多額の資金を投じたトップダウン方式の大規模プロジェクトは、ほとんど失敗したといわれている。これは、上述したような砂漠化の原因・機構・影響の相互関係を的確に評価し、また適正技術を選択するための知見が乏しかったことに加えて、現地、とくにそこで生活している住民の意志があまり反映されなかった

り、環境に対する知識が不足していたことに原因している。

このため、砂漠化対策に焦点をあてた、住民参加と環境教育のための計画の検討が求められる。砂漠化対処条約では、この問題に効果的に対処していくために、国際的なレベルから住民レベルまでの行動を求めており、とくに地域や国家の行動計画の作成やその実施、事後の監視などにおいて、国際的な支援を奨励している。また、研究活動の支援や技術移転などを通して、被影響国の研究能力や技術開発能力の強化、生活水準の向上などを求めており、このための効果的な支援方法の検討が必要とされる。さらに、締約国会議の下部機関として設置された科学技術委員会が、条約の趣旨にそった効果的な活動を行っていくための支援も重要であり、また今後、わが国としても科学技術委員会での戦略的な科学的、技術的行動計画の作成に携わっていくことが必要であろう。

わが国にとって砂漠化の問題は、政府開発援助（ODA）などの援助と関連した国際貢献の問題でもある。砂漠化対策とその効果的な援助、NGOや国際機関との関係、難民の救済といった観点での研究や援助計画の作成とその事前、事後の評価法の検討なども重要な課題である。

#### 11.4.7 わが国のプロジェクト研究の方向性

環境庁の地球環境研究総合推進費などでは、地域密着型の総合的なプロジェクト研究を目指して、中国やオーストラリアで、モデル地区を設定し、リモートセンシングによる解析や現地での植生、土壌、農業経営などの調査を行うことにより、環境容量や砂漠化の評価指針、地域農業経済に基づく砂漠化防止対策支援システムの開発などを行っている。また、対策技術の実証試験とあわせて、砂漠化対策のための持続的な土地利用システムの計画手法についても検討することになっている。

このような地域密着型の研究では、地域特有の個別の問題を取り扱った研究が、先に述べた砂漠化研究（図11.1）のなかでどのような位置づけにあるのか、その成果がどのように利用されていくのかを十分検討したうえで、研究計画を立案する必要がある。とくに持続的な地域社会の発展のために、技術的な問題に加えて、人間社会の問題の体系的な整理と問題解決策の提起が求められる。そして、理想的には中国やオーストラリアだけでなく、南アジアや中央アジア、中近東、アフ

リカなどの地域、とくに砂漠化の原因や影響の現れ方、対策方法などが異なる地域での比較研究として実施されることが望ましい。しかし、多くの地域でこのような調査研究を実施していくことは、一省庁の予算だけでは困難であることから、ODA や地球環境ファシリティ (GEF) のような他の援助プロジェクトとのリンクを考えていく必要がある。将来的にはこのような地域密着型の調査研究は、国際的な共同プロジェクトとして、また地域や国家の行動計画の作成のための支援研究として実施していくことが望まれる。また、実施されたプロジェクトの成果を知識ベースとして、国際的なネットワーク上で利用していきけるようにすることも求められる。

一方、従来の砂漠化の研究においては、例えば砂漠化の原因、機構、影響の関係や対策手法の選択と効果、住民参加と支援といった問題の相互関係を系統だてて整理し、モデル化、ルール化を含めて知識ベース化するということはあまりみられなかった。これは砂漠化の問題が、地域特有の複雑な問題に埋もれてしまい、その系統だった取り扱いを困難にしていたことに原因している。しかし、地域や国家の行動計画の作成や対策を効果的に支援していくためには、体系化された知識ベースの開発が必要不可欠である。そのため、地域密着型の研究と並行して、あるいはこれらの研究を総括するかたちで、砂漠化の問題を体系的にかつ総合的に解析する手法と、総合化モデルのような知識ベースの開発、および地域にあった対策法の選択を支援するシステムの開発などを行っていく必要がある。また、その成果を実際の現場での行動計画の作成支援や、国際的なネットワーク上で利用していくことなどもあわせて考えていくことが求められる。

現地調査型の砂漠化研究では、研究対象地域が海外であることから、研究費の総額に加えて海外調査旅費の問題が大きい。それゆえ、現地調査型の研究以外にも国際的な共同研究を通して、わが国の得意な分野で国際貢献ができるプロジェクトを企画していくことが必要であろう。例えば、砂漠化地図などの各種データベースや統合モデル (知識ベース) の開発、砂漠化情報の国際的なネットワークシステムの構築とその利用法の検討、気候モデルと組み合わせた早期警報システムや評価システムの開発、リモートセンシングについての技術開発と有効的な利用法の検討、砂漠化対策の事前・事後評価法の開発、行動計画の作成や評価のための支援システムの開発、環境教育や技術指導の支援システムの開発などがあげ

られる。これらの研究は、締約国会議の下部機関である科学技術委員会やアジア地域の地域会議の動きとリンクして、戦略的に実施されることが望ましいが、この点については今後の国際組織の動きを注視していく必要がある。

## 11.5 おわりに

砂漠化の問題は、開発途上国の援助や民族紛争といった政治的な問題を含んでおり、研究として体系的に取り扱うにはむずかしいことが多い。しかし、効果的な砂漠化対策を行っていくには、地域特有の問題や個別の問題を解決していくことに加えて、体系化された視点での検討が求められる。これらの研究は、国際的な共同研究として、また国際機関の動きとリンクして実施されることが望ましい。しかし現実的には、わが国の砂漠化研究は歴史が浅く人材にも乏しいことから、地道に科学的知見の収集や国際交流を深めていくこと、また自然科学から社会科学、人文科学といった分野横断的な研究ができる人材を育てていくという観点でのプロジェクトの運用も必要であろう。砂漠化の問題は、地球温暖化や生物多様性保護などの問題とも関連しており、今後は分野横断的な検討も必要であろう。最後に、検討会に参加しとりまとめに協力していただいた多くの先生方に謝意を表す。

### 〔参考文献〕

- 1) FAO/UNESCO/WMO (1977): World Map of Desertification at a Scale of 1: 25,000,000 with Explanatory Note, 13 p.
- 2) UNEP (1984): General Assessment of Progress in the Implementation of the Plan of Action to Combat Desertification 1978-1984.
- 3) 環境庁編 (1990): 『地球環境キーワード辞典』, 中央法規, 70 p.
- 4) UNEP (1990): Global Assessment of Desertification: World Atlas of Thematic Indicators of Desertification, 47 p.
- 5) 門村 浩・武内和彦・大森博雄・田村俊和 (1991): 『環境変動と地球砂漠化』, 朝倉書店, 288 p.
- 6) 大政謙次 (1991): 砂漠化, 小学校教育, 4(5), pp. 70-74.
- 7) 茅陽一監修 (1991): 『地球環境工学ハンドブック』, オーム社, 1404 p.
- 8) 大政謙次・恒川篤史・福原道一監訳 (1993): 『生物圏機能のリモートセンシング』,

シュアリンガー・フェアラーク, 397 p.

- 9) 真木太一・中井 信・高畑 滋・北村義信・遠山柁雄 (1993):『砂漠緑化の最前線—調査・研究・技術—』, 新日本出版, 216 p.
- 10) 環境庁地球環境部環境保全対策課 (1994): 砂漠化防止総合対策検討会中間報告書—砂漠化防止対策への提言.
- 11) Houghton, J.T. *et al.* eds.(1996):*Climate Change 1995-The Science of Climate Change*, Cambridge Univ. Press. 572 p.
- 12) Watson, R.T. *et al.* eds. (1996): *Climate Change 1995-Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*, Cambridge Univ. Press, 878 p
- 13) 門村 浩 (1996): 砂漠化—新たな対応への期待. 環境情報科学, 25 (1), pp. 49-51.
- 14) Omasa, K *et al.* eds. (1996): *Climate Change and Plants in East Asia*, Springer, 215 p.
- 15) 吉野正敏 (1997):『中国の砂漠化』, 大明堂, 312 p.
- 16) 宮田春夫編著 (1997):『砂漠化防止のための国際行動の経緯と現況』, 地球・人間環境フォーラム.
- 17) Kadomura, H. *et al.* eds.(1997): Data book of desertification/ and degradation. CGER-D013-'97.
- 18) Watson, R.T. *et al.* eds.(1998): *The Regional Impacts of Climate Change- An Assessment of Vulnerability*, Cambridge Univ. Press, 514 p.
- 19) 田村三郎 (1998):『地球環境再生への試み』, 研成社, 212 p.
- 20) 地球・人間環境フォーラム (1998): 砂漠化・土地荒廃防止調査委員会報告書.
- 21) 遠藤勲・安部征雄・小島紀徳編 (1998):『沙漠工学』, 森北出版, 239 p.
- 22) 国立環境研究所地球環境研究グループ (1998):『地球環境研究展望——砂漠化』.