

## 第1章 砂漠化・土地荒廃に関する調査研究の現状と問題点

### 1.1 地球環境問題としての砂漠化・土地荒廃の特質

#### (1) 砂漠化問題の顕在化

砂漠化は、文明の誕生とともに始まった。世界の文明が、農業などを通じて自然へのインパクトを強めた結果、文明の成立そのものが危うくなるような砂漠化が引き起こされたのである。それがとくに顕著だったのは、地中海文明の盛衰である。この文明の成立した地域は、冬雨地域であり、森林が繁茂する時期に、最も降水が少ない。そういう厳しい環境下でかろうじて成立している植生に対して人為的な影響があると、植生が著しく破壊される。とくに夏期の人為による山火事の発生は、植生破壊を加速化させた。その結果、土壌が流出し、森林がないために、流出した土壌は低地までいたり、低地が埋もれてしまって、文明の滅亡につながったといわれている。

また、近代化の過程でも、アメリカ合衆国の農業開発に伴う土壌侵食の発生に代表されるように砂漠化が大きな問題となった。西部開拓は、やがて乾燥地域とぶつかって、開発することで様々な問題が生じた。まず、農業開発によって土壌侵食の問題やそれに付随するダストストーム（砂埃が舞い上がる現象）が生じる。また、後には、灌漑が始まり、活発な蒸発によって、地下水に含まれていた塩分が析出するという塩類集積の問題につながった。アメリカではこうした乾燥地域の砂漠化問題が深刻化し、早くから土壌保全の必要性が唱われるようになった。

一方、今日の砂漠化問題は、主に開発途上国における過度の土地利用が引き起こす様々な環境変化によってもたらされている。その直接的な原因は、急激な人口増加に伴う過放牧、過耕作、森林伐採等であるが、自然環境の脆弱さが顕著な環境変化を引き起こし、不毛地化を促進させた点も見逃すことはできない。また、これらの地域の多くは、植民地支配や独立後の定住化政策等によって、これまでと異なる社会システムが形成されてきたという経緯がある。長い時間をかけて脆弱な自然環境に適応してきた伝統的なシステムと異なり、政治支配や経済活動の合理性が強調された新しい社会システムの一律の適応が、砂漠化を加速化させた面も見逃せない。

砂漠化問題が、途上国を中心とする世界共通の重要な課題であることが最初に認識されたのは、1977年に国連環境計画がナイロビで開催した国連砂漠化防止会議であった。当時のレポートを見ても、現在と大差ない水準の議論がされた。国連環境計画にも、砂漠化防止計画行動センター（DC/PAC）と略される部門が設けられた。にもかかわらず、この20年間、現実の砂漠化防止は、ほとんど進展しなかった。そこにはさまざまな原因が内在しているが、国際社会が一体となってこの問題に取り組むという姿勢が不十分であったことはいなめない。その意味で、1992年の国連環境開発会議（リオ・サミット）で砂漠化防止が国際的な討議の対象となり、その成果が砂漠化防止条約の締結として実を結んだことは、これからの砂漠化防止の飛躍的な進展にとって重要な意味を有している。日本を含む先進国も、地球環境問題の一つとして、この砂漠化防止に対して全地球的視点から取り組

んでいく必要がある。

## (2) 砂漠化の定義

砂漠化については、すでに砂漠化防止条約で定義されているところである。この定義によれば、「砂漠化」とは、「乾燥、半乾燥、ならびに乾性半湿潤地域における種々の要素（気候変動および人間活動を含む）に起因する土地荒廃」と定義されている。しかも上記対象地域は、年降水量を可能蒸発散量で除した「乾燥度」が 0.05 以上 0.65 以下に限定されている。ところが、問題は、このように地域を限定しても、土地荒廃という現象はより広範に出現するのであり、対象地域からはずれた場所においても同様の現象が起こるにもかかわらず、それは砂漠化防止条約の対象から外される。とくに地球上に広範に分布する湿潤地域では、土地荒廃現象は扱えないということになる。砂漠化防止条約では、干ばつの深刻な地域も含めるようになっているが、それだけでは、土地荒廃の問題をすべて扱うことはできない。

とくに、湿潤地域をより多く含む東南アジア諸国のような国々では、砂漠化現象を乾燥～乾性半湿潤地域の現象に限定すると、これらの地域の土地荒廃は、そもそも砂漠化防止の対象から除外されてしまう。しかし、土地荒廃現象として問題視されている、不毛地の拡大、砂丘の再活動、塩類集積、土壌侵食などは、極乾燥地域でも起こりうるし、また湿潤地域でも起こりうる。こうした土地荒廃現象は、極乾燥地域から湿潤地域に至るまでの広域的な気候地形学的特質に規定されつつ、その様相を変えながら、広く全地球的に見られるのである。そして、それぞれの地域の砂漠化・土地荒廃問題は、このような広域的な視野をもつことで、よりよく理解できる。

この報告書では、国連砂漠化条約の趣旨を生かし、砂漠化を前述の定義にとどめるとともに、ここに記したような理由から、広く極乾燥地域、湿潤地域も含んだ土地荒廃現象を扱うために、砂漠化・土地荒廃（desertification/land degradation）という名称を用いることにした。土地荒廃は、砂漠化の現象面での特質を示す用語であるが、ここでは、あえて両者を併記することによって、砂漠化・土地荒廃問題の特質と問題の広がりをつえようとした。

ところで、砂漠化・土地荒廃は、よく局地的な現象だと言われる。砂丘の再活動、塩類集積といった現象は、陸域全体に広がる現象ではなく、規模の大小はあるにしても局所的な現象として捉えられることが多い。しかし、砂漠化・土地荒廃は、いくつかの意味において地球規模で検討すべき性格を有している。第一は、個々の現象は局地的で個別性が強くても、その背後にある自然条件と人間活動のミスマッチによる問題の発生という点では、普遍性の高い現象として捉えられること。第二に、広域的な砂漠化・土地荒廃が気候変動に大きな影響を与え、それが他の地域の砂漠化・土地荒廃の進行にも大きな影響を与えること。第三に、途上国を中心とする砂漠化・土地荒廃の防止は、国際的な取り組みなしにはありえず、地球規模の視点からこの問題に対応することが強く望まれていることである。

### (3) 砂漠化・土地荒廃の特質

砂漠化・土地荒廃防止は、その特異性から、地球温暖化防止などに比べると、これまで現象解明についての研究の遅れが目立ち、また、防止対策についても個別の検討に留まっている。ここでは、こうした特異性について検討し、今後の研究と対策の進展を期することにした。

まず第一に、砂漠化・土地荒廃は、自然的要因と人為的要因の相乗作用によって引き起こされる現象である。したがって、一つの学問ディシプリンでは、問題の解明が困難である。オゾン層の破壊、地球温暖化、酸性雨被害など他の地球環境問題に比して、研究の遅れが目立つのも、こうした問題の複雑さに由来する点が少なくない。また、砂漠化・土地荒廃は、地域的特性が非常に強い、民族、文化、社会といった人文社会的特性と、気候、土壌、植生といった自然環境特性の相乗効果によって現象が顕在化するので、砂漠化・土地荒廃防止の一般解を求めることが困難である。そのことが、全地球的に問題を考えるフレームワークの設定を困難にしている。

第二に、砂漠化・土地荒廃の被災国は、多くがサヘル以南のアフリカをはじめとする発展途上国で、砂漠化・土地荒廃問題の背後に「南北問題」が存在しているということがあげられる。したがって、どれほど科学的な分析が進んでも、南北問題を引き起こす国際政治学的な枠組みが変わらなければ、砂漠化・土地荒廃は防止できないという結論になってしまう。また、砂漠化・土地荒廃防止対策には、途上国への資金援助が不可欠であるために、南北問題は避けて通れない。

第三に、自然的要因と人為的要因の相乗作用を説明するモデルの作成が難しいということである。例えば、地球温暖化の場合は、モデル化に関する研究が進みつつあり、モデルを用いて将来の環境をある程度予測することができる。またこのモデルを使って、現在および将来の環境改善対策がどの程度の効果をもたらすかを予測し、適正な対策を提案することができる。しかし、砂漠化・土地荒廃の場合は、その原因が自然的要因と人為的要因の複雑な組み合わせからなり、数値的なモデルの作成が困難である。また、原因の地域性が高いので、かりに一つの地域でモデル化に成功したとしても、広域的な対策の効果は直接的には評価できず、地球環境問題の基本的なフレームワークとは相当の隔たりがあると言わざるをえない。また、半乾燥地域を中心とした地域の特有の問題として、降水量変動の幅が非常に大きいということがあげられる。短期的な変動の幅が大きくて、しばしば長期的な変動よりも短期的な変動の方が大きいので、自然科学的なモデルを用いても長期的な未来予測をすることが難しい。

第四に、砂漠化・土地荒廃防止対策の検討幅が大きすぎるという問題がある。一方に国際政治学的な問題解決があるとすれば、他方に緑化による砂漠化防止という問題解決があり、それらの体系化が進んでいない。砂漠化・土地荒廃防止を検討する学問的立場によってその対策がスケールの的にも内容的にも大きく異なるというのが特徴である。「社会システムそのものを変えるべきだ」という主張から、「高分子保水剤を用いて緑化すれば砂漠化は防止できる」という主張までの間には、相当な距離がある。この距離を埋めるととも

に、対策を総合化させ、砂漠化・土地荒廃防止を実現する道筋を提示することが強く求められる。

武内 和彦

## 1.2 砂漠化・土地荒廃に関する調査研究の進展状況と課題

### (1) 砂漠化・土地荒廃研究の現状

砂漠化・土地荒廃に関する研究は、19世紀半ばのG. P. Marsh (1864)まで遡ることができるが、20世紀の初め以来の地理学とその周辺分野で行われてきた砂漠化・土地荒廃に関する研究の系譜は、門村(1991)によくまとめられている。そこで、ここでは比較的最近の日本における砂漠化・土地荒廃研究の動向に焦点をあてよう。

砂漠化・土地荒廃研究と関連する学問領域は、地理学、気象・気候学、土壌学、生態学、農学、文化人類学など、自然科学と社会科学とにまたがり、非常に広範囲にわたっている。そのようななかで、1990年、日本沙漠学会が設立され、翌年、同学会誌「沙漠研究」が発刊された。「沙漠研究」は、「沙漠ならびに乾燥・半乾燥地域に関する広範な分野の研究成果を掲載し、内外の研究交流を図ること」が目的とされ、かならずしも「砂漠化」の問題に限っているわけではないが、実質的には日本の砂漠・砂漠化研究者にとって、ひとつの交流の場としての役割を果たしてきた。

そこで、ここではまず「沙漠研究」における研究活動をレビューしてみよう。

「沙漠研究」は1991年に創刊されて以来、現在(7巻2号)までに一般投稿の原著論文が44編掲載されている。

その内訳を対象地域別にみると、アジア25(うち中国22、その他3)、アフリカ5、南米2、その他(実験、モデル等)12となっている。44編のうち、中国がちょうど半分の22を占めており、他の地域を圧倒している。この理由としては、中国が日本と地理的に近いこと、タクラマカン砂漠という巨大な砂漠を有していること、科学技術庁による1988年に始められたタクラマカン砂漠を対象とした「砂漠化気候の解明に関する国際共同研究」の成果が「沙漠研究」に多く掲載されていることなどがあげられる。

つぎに研究対象別にみると、土壌(土壌改良剤の研究を含む)14、気象・気候8、植物生態・緑化7、社会経済6、農業活動、リモートセンシング、地球化学がそれぞれ4、水文、自然地理・地学がそれぞれ3などとなっている(この数字は重複も含めている)。このように、土壌、気候・気象、植物、地球化学といった、いわゆる自然科学領域が主体ではあるが、同時に、社会経済(おもに人類学)や農業活動を対象とした研究もみられ、雑誌全体としては、かなり学際的な色彩が強い。ただし、これは学術論文のもつ性格でもあるが、ひとつの論文のなかでは対象が限定されている。たとえば気候の乾燥化が植生にどのような影響を与え、それが人の生活にどのような影響を及ぼしたか、といったような研究はみられない。また過放牧と塩類化のように砂漠化の複数の物理的プロセスを包括した研究もみられない。

つぎに、砂漠化研究との関連でみると、砂漠あるいは砂漠化のモニタリングと関係する研究(すべてリモートセンシング)4、砂漠化の機構解明と関係する研究15(うち砂漠化のメカニズム10、砂漠化・乾燥化の人間活動への影響5)、砂漠化の対策と関係する研究17(うち土壌改良10、緑化3など)とくに砂漠化を意識していない研究が17(うち植物関係4、地球化学4、気象・気候5、人文社会4)となっている(この数字は重複を含めてい

る)。砂漠化対策の研究が 17 となっているが、とくにピート等の土壌改良剤の研究が多い。また砂漠化の機構解明の研究が 15 となっているが、この数字には気象・気候学や地球化学の研究も含まれており、このなかには防風林の効果に関する研究のように比較的、砂漠化対策と近いものもあれば、土壌中の塩類構成元素に関する研究のように、やや砂漠化問題とは距離のある研究もみられる。

## (2) 日本における砂漠化・土地荒廃研究の特徴

以上のように、「沙漠研究」はとくに砂漠化問題に限定した雑誌ではないが、実態的には過半数の研究が多かれ少なかれ砂漠化問題と関連した内容をもつ。そこで、以上の結果を踏まえつつ、日本の砂漠化・土地荒廃研究の特徴を示す。

第一に、中国を対象地域とした研究が多いこと。「沙漠研究」の論文では中国を対象地域としているものが多いが、おそらくこれは日本の砂漠化・土地荒廃研究の現状を反映していると思われる。現在、環境庁地球環境総合推進費の砂漠化研究では、農業環境技術研究所を中心とした研究グループが中国・内蒙古などで調査・研究をすすめている。また文部省科学研究費を用いて、中国・黄土高原における砂漠化防止や、黄淮海高原における塩類化における塩類土壌に焦点をあてた調査・研究が進められている。このように、科学技術庁による「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」が終了した後も、依然として中国での研究は盛んにおこなわれている。

第二に、研究者層が薄く、広いこと。日本には広大な砂漠が存在しないこともあり、砂漠・砂漠化の研究者の数は限られている。「沙漠研究」への投稿論文数は 7 年間で 44 編、平均すると 1 年間で 6 ~ 7 編となり、他の学術誌と比べると少ない部類に入る。もちろん日本の砂漠・砂漠化研究論文のすべてが「沙漠研究」に投稿されているわけではないが、いずれにしても他の地球環境問題、たとえば地球温暖化や熱帯林減少などの分野と比べて、研究者の数が少なく、また生産される論文の数が少ないことは否定できない。一方、その領域は広範にわたっており、1 節でも示したように「沙漠研究」の研究分野でみても、気象・気候、植物、土壌、社会経済など、かなり多岐にわたっている。

「研究者層が薄く、広いこと」の結果として、研究されている課題に偏りが生じうる。砂漠化防止という観点からみると、本来重要ではあるにもかかわらず、取り組まれていない研究課題が見受けられる。砂漠化対策の研究は、土壌および土壌改良材の研究に集中しており、政策科学的な研究、たとえば砂漠化防止対策の経済的な評価といった研究についてはほぼ手つかずの状態である。

第三に、砂漠化問題を総合的な視点からとらえる研究が少ないこと。上でも述べたように、ひとつの論文のなかで、複数の分野にまたがったり、あるいは砂漠化の原因、結果、影響といった因果プロセスを追った研究はほとんどみられない。たとえば地球温暖化の分野では、温暖化によって引き起こされる種々の影響を予測するモデルが開発されてきている。この種のモデルの中には、温暖化と関連する諸々の人間活動（経済活動、エネルギー利用等）や自然環境の状態（マラリアや植生の分布等）が広く含まれており、その意味で

「総合的」な性格をもつ。一方、砂漠化に関しては、世界的に見ても、この種の総合的なモデルは開発されていない(2章3節参照)。その理由としては、(a)砂漠化・土地荒廃現象のなかには、水食、風食、塩類化、植生荒廃など、基本的な物理的メカニズム自体が異なる、複数のプロセスが含まれておりモデル化が困難なこと、(b)生じうるプロセスが地域の気候・土地・社会経済条件に依存して異なるため、モデルの普遍化が困難なこと、(c)砂漠化被災国の多くは発展途上国であり、資金や教育の面で研究環境に恵まれず、また科学的データの取得にも制約が大きいことが考えられる。

### (3) 砂漠化・土地荒廃研究の方向性

砂漠化防止条約の第3部第2節「科学のおよび技術的協力」には、締約国の責務として、砂漠化の防止および干ばつの影響の緩和の分野における技術的および科学的な協力を促進することが盛り込まれている。今後は国連機関、国際機関との協調をはかりながら、砂漠化被災国に対する援助の一環として、より一層の研究活動の活性化を推進していくことが必要である。

今後の日本における砂漠化・土地荒廃研究に対してどのようなことが求められるだろうか。

第一に、研究課題の数に比べて研究者層が薄いという現状では、重点的に研究をすすめるべき課題を示し、少ない研究資源を有効に使うことが必要である。上述したように、砂漠化防止の観点から重要であるにもかかわらず手つかずの課題もある。そこで特定の研究課題に重点的に研究費を配分するといった、なんらかのインセンティブを与えるような施策が考えられる。具体的な重点課題については、次節に述べる。

第二に、そのような重点課題を総括し、個別独立におこなわれがちな研究成果を有機的に結びつけるための仕掛けが必要である。具体的には、(a)研究者のネットワークづくりや情報の共有化、(b)個別研究を結びつけるための総合モデルの開発や個々の研究間のインターフェース部分(全体的な視点から求められる結果)の明確化などが考えられる。ただし総合モデルの開発については、上述したような理由もあり、本格的なモデルの開発にはかなりの困難が予想される。

第三に、諸外国の研究者との連携を密にし、国際的な研究の協調と分業のシステムを模索していくことが必要である。すなわち、日本のなかですべての研究課題を遂行していこうとするのではなく、日本が一定のイニシアチブを有しつつ、他国の研究者にも積極的に研究協力を仰ぐことによって、日本の研究者層の薄さを補いつつ、砂漠化被災国の研究者の深い知識と経験を活用していくことが必要である。

### (4) 今後の重点課題

上述したように、少ない研究資源を有効に活用するためには、とくに必要性・緊急性の高い研究課題を選択し、限られた研究資源をその課題に重点的に投下していくことが望ましい。世界の砂漠化および砂漠化防止に関する研究の動向と、日本の研究活動の現状を踏

まえ、今後、重点的に研究をすすめていくべき課題をあげてみたい。

#### 砂漠化の客観的かつ定量的な観測・評価手法の開発

これまで世界の砂漠化の現状を示すデータとしては、UNEP によるグローバルデータセットなどがつくられている。しかし、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を欠いていることなどから、これらのデータの信頼性に対する批判は絶えない。また現段階では砂漠化の将来動向を予測することも不可能である（門村, 1996）。

したがって、砂漠化の客観的かつ定量的な観測・評価手法の確立は、今もってプライオリティの高い課題のひとつである。門村(1994)の提案するような時間的、空間的に階層性をもつモニタリング・アセスメントシステムを確立するためには、リモートセンシングを利用した広域的な観測と、フィールドでの詳細な観測とをいかにリンクさせるかが課題となる。

#### 砂漠化・干ばつの気象・気候メカニズムの解明

砂漠化の地域社会への影響は、干ばつが引き金となって大きくあらわれてくる。そこで、干ばつの発生・持続メカニズムの解明、干ばつの予測手法の開発、植被変化の地域気候に対する効果の評価、地球規模の気候変化が地域の干ばつに及ぼす影響の解明などの課題に取り組む必要がある。

#### 人間活動と砂漠化との相互影響プロセスの解明

近年、村落レベルのボトムアップアプローチが重視されている。村人にとって本当に必要なものが何なのかを知り、適切な砂漠化防止対策を施すためには、その地域において生じている砂漠化のプロセスとメカニズムを解明することが必要である。そのためには、ローカルレベルでの調査・研究を通じて、人間活動がどのようにして砂漠化を引き起こすのか、逆に砂漠化によって人間活動がどのような影響を被るのかというメカニズムを解明し、砂漠化プロセスのモデル化をはかることが必要である。

#### 干ばつ早期警報システムの開発

干ばつ早期警報システムとは、気象観測や衛星画像、市場動向などの情報を利用した干ばつの予知・予測、住民に対する干ばつ情報の伝達、干ばつに対する適切な土地利用・水管理手法による対策、NGO や諸外国も含めた緊急援助体制の確立、干ばつによる被害に対する保険制度の運用などを含む、包括的かつ総合的なシステムである。

サヘルクラブでは、1980年代から、早期警報システム(EWS: Early Warning System)の開発に取り組んでおり、ブルキナファソ、ニジェール、マリ、モーリタニア、チャド、セネガルでは、国により内容は異なるが、なんらかのかたちですでに EWS が導入されている(Egg & Gabas, 1997)。日本国内では、現在、ほとんど取り組まれていない研究課題ではあるが、気象観測やリモートセンシングなどの分野で日本が得意とする技術を生かして

貢献できる可能性が大きい。

#### 持続可能な土地利用システムの開発

砂漠化防止条約は、土地荒廃の防止を主目的としつつ、究極的には地域社会の持続可能な発展をめざしている。すなわち乾燥地域という本来、生物生産の貧弱な土地で、いかにして持続可能な土地利用システムを構築するかが求められる。そのためには、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（土地評価システム）の開発、砂漠化・土地荒廃の危険度を空間的に評価するモデルの開発とそれによる土地の脆弱性評価、在来農法・在来土地利用システムの再評価と近代農法との融合、新たな土地利用システムの経済性および地域社会での受容性の評価などの課題があげられる。

#### 新技術の開発

これまで行われてきた砂漠化対策プロジェクトのなかで成功した例は数少ない。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言われている（門村、1996）。砂漠化防止に求められる新技術とは、先端技術よりもむしろ適正技術である（武内、1991）。たとえば大規模な灌漑施設は、短期的には大幅な収量の増大をもたらすが、長期的には土壌の塩類化を引き起こし、結局、広大な放棄地が残される、という事例が多い。今後、期待がかかる新技術としては、年間日照量が多いという乾燥地域の特性を生かした太陽光の利用システムの開発（代替エネルギー開発）、地下ダムの開発、乾燥地域に適した高収量品種の育種および農業技術の開発、土壌改良材の開発などがあげられる。同時にそれらの技術がその地域の自然と社会にとって適合するかどうかの評価をおこない、持続可能性（長期的に見た技術の有効性）や地域社会の受容性の面からも適切なものを求めていく必要がある。

恒川 篤史