

G-1 砂漠化の評価と防止技術に関する総合的研究

(1) 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

環境省国立環境研究所

地球環境研究センター

生物圏環境部環境植物研究室

東京大学大学院農学生命科学研究科

パシフィックコンサルタンツ(株)

清水英幸

戸部和夫

恒川篤史

山田和人、藤森真理子、梶井公美子、安部和子

平成 10～12 年度合計予算額 30,931 千円

(うち、平成 12 年度予算額 13,299 千円)

[要旨]

本研究では、これまで個別的・独立的に行われがちであった砂漠化関連の研究成果や砂漠化防止技術の総合化・普遍化を行うために、(1)砂漠化研究の総合化と、(2)砂漠化防止技術の体系化の2点を主たる課題として、解析・考察した。

砂漠化研究の総合化については、モデリング・アプローチがその有効な手法の一つと考えられる。そこで既往の砂漠化モデルをレビューした結果、砂漠化の要因、結果、影響のプロセスを包括的に扱ったモデルは開発されていないことが判明した。そこで、一連の砂漠化プロセスを総合的かつ定量的に把握するための「砂漠化統合モデル」のフレームワークとそのモデリングの方法について検討した。モデル開発は村落スケールと地域スケールの二つの空間レベルを設定した。村落レベルモデルでは、独自の詳細な調査データを基礎に、人間活動(社会経済)モジュールと生物生産モジュールを中心として、生物資源の生産とその利用(需給バランス)を定量的に表現するモデルの開発が必要であり、地域レベルモデルでは、統計資料を活用して、現在、UNCCD の CST で行われている砂漠化の基準・指標のアプローチとリンクさせたモデル開発を行う必要がある。また、これまでの砂漠化研究をレビューした結果、生物生産の需要供給バランスや、生産力変化の経済的評価に関する研究が手薄であることが判明した。統合的な砂漠化モデルの開発にあたって、これらの点については独自のデータ収集を行うことも視野に入れながら、研究を推進していく必要があることを指摘した。

砂漠化防止技術の体系化に関しては、対策技術が主として対象とする事象ごとに分類・整理すると共に、国内外の砂漠化対策関連研究者等へのアンケートから、具体的な技術例の効果の大きさ、緊急性の高さ、普及の必要性等に関する知見を整理した。また、砂漠化対策技術の範囲および働きかける対象により対策技術を整理する「技術分類マトリクス」案を検討し、さらに、技術の物理的・社会的・経済的評価等を地域特性と併せてまとめた「技術評価マトリクス」を作成した。これら二つのマトリクスを組み合わせ、様々なプロジェクトの比較検討を行った。小規模コミュニティレベルの最新技術のうち、風力、バイオガス等の再生可能エネルギー、およびマイクロガスタービン、燃料電池等の最新技術との組み合わせ利用に関する普及可能性の検討を行ったところ、技術・人材・資金等の課題は相当程度大きいものの、将来的には具体的なケーススタディ等を実施した上で、特に遠隔地域における適用を検討することが望ましいと考えられた。さら

に、入手の容易なデータに基づく技術評価手法の検討を行った。各種の技術を、技術のレベルおよび対象範囲による分布図に整理して評価すると共に、対象国の技術運用可能性を Human Development Index により整理し、これらを踏まえて各種の事例を解析し、技術の導入可能性に関する評価を行った。さらに、類似の条件等を有する地域において適用可能と考えられる、コアセットメニューの抽出を試みた。

〔キーワード〕 技術の体系化、 研究の総合化、 砂漠化対処条約 (CCD)、 砂漠化統合モデル、 砂漠化防止技術

1. はじめに

国際連合によれば、砂漠化の影響は現在地球の全陸地の約 1/4、世界人口の約 1/6 に及び、将来の地球環境や食糧供給に深刻な影響を及ぼすことが懸念されている。しかし、砂漠化問題は気候的要因と人為的要因に加えて社会経済的要因も絡まって、その解決を難しくしている。そこで、国際社会は「砂漠化対処条約」を締結し、1996 年 12 月 26 日に発効、1997 年 10 月には第 1 回締約国会議が開かれた。同条約は、我が国を含む先進締約国に対して、砂漠化防止に対する資金的・技術的な支援を要請している。砂漠化防止に関する我が国への期待も大きく、各種の砂漠化防止プロジェクトおよび共同研究等を通じた技術的支援活動を、これまで以上に総合的に推進する必要がある。

しかし、これまでの砂漠化研究および砂漠化防止技術開発等は、その技術・方法論、対象とする砂漠化プロセス、対象地域の点で、それぞれ別個に独立して展開される傾向があった。その結果、研究成果や開発された技術の総合化・普遍化が十分に行われていない。したがって、既往の砂漠化研究をレビューし、各研究の座標付けを与えるとともに、その総合化を図る必要がある。また、砂漠化防止技術については、地域性を越えた共通性を抽出し、対象地域－問題プロセス－防止技術のマトリクスを作成し、技術の体系化を図ることが必要である。

2. 研究目的

本研究課題全体としては、砂漠化研究の総合化・体系化と、地域固有の砂漠化対策の策定の両側面から砂漠化研究を実施し、砂漠化対策のための実効性のある施策の方向性を提示することを目的としている。本サブ課題では、世界の代表的な砂漠化地域における既往の砂漠化研究・プロジェクトのレビューを行うことにより、(1)砂漠化研究の総合化および(2)砂漠化防止技術の体系化について、各々以下に示す 3 点を目標として検討する。

(1) 砂漠化研究の総合化

- ①砂漠化研究を総合化していくうえで、モデリング・アプローチがその有効な手法の一つと考えられる。そこで既往の砂漠化モデルをレビューし、モデル開発の現状と方向性を明らかにする。
- ②一連の砂漠化因果プロセスを総合的かつ定量的に把握するための「砂漠化統合モデル」のフレームワークとそのモデリングの指針を示す。
- ③対象地域を限定した上で、既往の砂漠化研究論文を詳細にレビューし、論文ごとにその論文がモデルの全体像のなかでどの部分に関連するかを分析し、論文全体の相関図を作成する。

(2) 砂漠化防止技術の体系化

- ①世界の多様な砂漠化地域の自然条件や社会経済条件に応じて、その地域で効果的かつ効率的な砂漠化防止プロジェクトを分析し、多様な砂漠化防止技術の体系化を図る。
- ②今後、最も短期間に開発され、かつ効果の大きいと思われる、新たな砂漠化防止技術を明らかにする。特に普及可能性の高い最新技術の実現可能性を検討する。
- ③地域の状況に適合した砂漠化防止技術を評価するシステムの構築を試みる。

3. 研究方法

これらの研究を推進するために、主として、既存の砂漠化研究や砂漠化防止プロジェクトに関連する論文・資料の収集・整理等を行い、以下のような項目ごとに、レビューし、解析・考察を行うことにした。

(1) 砂漠化研究の総合化

① 砂漠化モデルの現状と課題

既往のモデル研究論文（砂漠化の個別・複数プロセスに関わる砂漠化モデル／砂漠化以外の種々の事象を統合的に扱っている複雑かつ分野横断的な統合モデル／生物資源に関する需給バランスを数値化した人間活動(生物資源利用)モデル／貨幣を用いた経済活動を取り込んだ農家経済モデル）を対象として、文献レビューを実施し、その内容を整理・検討することによって、モデル開発の現状・課題・方向性について考察した。

② 砂漠化統合モデルに関する考察

上記の検討をふまえ、一連の砂漠化因果プロセスを総合的かつ定量的に把握する「砂漠化統合モデル」のフレームワークとそのモデリングの指針について、二つのスケールのモデル(生物資源の生産と利用に関する既存の詳細なデータの存在を前提とした村落スケールのモデル／UNCCD の提唱する砂漠化の基準・指標とリンクした地域スケールのモデル)に関する考察を行った。

③ 砂漠化研究のレビューによるモデル開発可能性の検討

上記の砂漠化統合モデル、特に村落スケールのモデルの開発可能性の検討のため、現在までに入手した研究論文を詳細にレビューし、モデルの全体像の中での各論文の位置づけを分析し、定量的な記述が可能な部分、定性的には記述される部分、記述されていない部分を明らかにする。本研究では、主として中国北部を対象とする 95 編の論文について、対象地域、環境要素間の入力・出力要素と関係性、要旨等をデータベースにまとめ、研究内容の類似度によって小グループ、さらに大グループへと統合して、砂漠化研究の全体相関図を作成した。

(2) 砂漠化防止技術の体系化

① 対策技術の事例解析

調査は、既存文献レビュー、国内外の研究者等に対するアンケート等により情報を収集・整理し、これを解析することにより行った。既存文献については、国際機関、二国間援助機関、NGO 等が発行した和文・英文の文献等をインターネット検索、関係機関・有識者等への問い合わせにより合計 135 件収集し、これらのうちから対策技術に関する具体的な記述がみ

られた文献等 49 件について解析を行った。また、砂漠化・土地荒廃に関する取組を行っている国内外の研究者、実務経験者、NGO 等の砂漠化対策技術に関する経験、知見等を収集するために、砂漠化対処条約事務局に登録されている専門家、砂漠化対策を実施する NGO 等の代表約 30 名に対し、各要素技術の実現可能性、有効性等に関する自由記述式のアンケートを実施し、14 件の回答について解析した。

② マトリクスによる対策技術の体系化

上記の調査結果に基づき、砂漠化・土地荒廃防止技術の体系化のための技術分類マトリクスの検討を行った。さらに、適用技術の内容とその効果に関する評価が行われているものを中心に、対策事例に関する文献の収集を継続し、約 50 件の文献等を解析し、その解析結果から技術評価マトリクスを作製した。

③ 対策技術の普及可能性の検討

対策技術のうち地域(町村)レベルでの利用を想定したエネルギー関連技術について、上記のような既存情報の中から、風力発電、太陽光発電、蓄糞バイオガス等の再生可能エネルギー利用技術、および、マイクロガスタービン、燃料電池等の最新技術等に関する検討を行った。

④ 評価システムに関する検討

上記の検討結果を踏まえ、砂漠化対策技術の評価システム、特に、対策技術の普及可能性の評価について検討を行い、気象・砂漠化現象等の類似な地域において適用可能と考えられる砂漠化対策技術のコアセットメニューの抽出を試みた。

4. 結果・考察

(1) 砂漠化研究の総合化

① 砂漠化モデルの現状と課題

ア. 砂漠化モデルのレビュー

砂漠化研究の総合化については、モデリングアプローチがその有効な手法の一つと考えられる。砂漠化と関わるモデル研究をレビューした結果、大きくは土壤侵食、塩類化、過放牧等の砂漠化の個別プロセスに係わるモデル研究と、複数の砂漠化プロセスを統合したモデル研究に分けられた。

複数の砂漠化プロセスを統合したモデルには二つの流れがあり、一つは Grunblatt *et al.* (1992)¹⁾ や Mouat *et al.* (1997)²⁾ にみられるように、比較的広域的な土地を対象として、複数の砂漠化プロセスを考慮した砂漠化危険地域の評価を行うものである。もう一つは Proctor (1990)³⁾ にみられるように、村レベルの環境資源の需要－供給から、人口と資源とのバランスを評価するもので、この中には過放牧や過耕作のプロセスが考慮されている。

しかし、砂漠化の要因、結果、影響のプロセスを包括的に扱ったモデルは開発されていなかった。砂漠化のプロセスを因果的にみると、貧困や人口増大といった社会経済的な側面および地球規模の気候変動をも含む気候的な側面の両者を含めた砂漠化の要因的なプロセス、水食、風食、塩類化、植生荒廃等の砂漠化の物理的なプロセス(狭義の砂漠化プロセス)、そして、その結果生じる経済的損失や、難民、飢餓の発生等の影響のプロセスといった、一連の流れをイメージすることができる。このような砂漠化の因果関係を説明するモデルは、現時点では概念的モデルの段

階に止まっている。これまで開発されてきた定量的モデルのほとんどは砂漠化の物理的なプロセスを記述するものである。特に砂漠化の影響のプロセスについては、モデル開発がほとんど手つかずの状態である。

イ. 統合モデルに関するレビュー

次に、対象を砂漠化モデルからやや広げ、種々の事象を統合的に扱っているモデルをレビューした。ここでは複雑かつ分野横断的なモデルのなかで、以下の3モデルについて述べる。

(7) AIM (The Asian Pacific Integrated Model)

このモデルは地球温暖化ガスの排出とそれによるアジア太平洋地域での影響を評価するものである⁴⁾。AIM は三つの分割されたモデルで構成される。GHG 排出モデル、気候モデル、温暖化影響評価モデルである。排出モデルはさらにいくつかのモデルで構成されており、社会経済活動によるエネルギー消費量を算出するモデル、土地利用変化をシミュレートするモデルが含まれている。この排出モデルで算出された温暖化ガス排出の空間分布は、気候モデルへと渡される。気候モデルは排出されたガスによる気候の変化を算定する。そして、気温と海水面の高さの変化の計算結果は、影響評価モデルへと渡される。地球温暖化は非常に複雑な現象であるものの、AIM はトップダウン的に現象を分割して構成することで、その複雑性からくるモデル開発の困難を乗り越えている。すなわち、現象を鍵になるいくつかのモデルに分割し、それぞれを少数の変数で接続する。そして、それぞれのモデルをさらに分割し、詳細な評価を行うモデルを埋め込んで行く。

(イ) DNE21 (The Dynamic New Earth 21 Model)

このモデルは NE21 モデルをベースとして開発された⁵⁾。DNE21 は四つのモデルで構成されている。エネルギーシステムモデル、マクロ経済モデル、気候変化モデル、そして温暖化被害モデルである。DNE21 の基本的な構造は AIM と大きく変わるものではない。しかしながら DNE21 は、ある期間全体における最小費用を算出することができる動学最適化モデルであり、一方の AIM が基本的な動学モデルであるという点で大きく異なるともいえる。

(ウ) EPIC (The Erosion-Productivity Impact Calculator)

このモデルは土壌侵食が農作物の生産性に与える影響を評価するものである。非常に包括的なモデルで、様々なモジュールを含んでいる。水文、気候、土壌侵食、土壌中の栄養分、土壌温度、作物成長、植物環境管理、さらに経済モデルも組み込まれている。各々はさらにサブモデルに分割されている。例えば水文モデルは、表面流去、浸透、拡散、蒸発散、雪解けといったサブモデルから構成されている。ただし、上述した二つのモデルと違い、それぞれの要素の相互作用ははるかに複雑である。

この三つのモデルに共通する性格でもあるが、統合モデリングの手法は「トップダウンアプローチ」「モジュール構造」そして「既往研究の結合」といった言葉で特徴付けることができる。モデル全体が、主に取り扱う学問分野の観点からいくつかのモジュールに分割され、各々のモジュールがそれぞれの学問分野の手法によって構成される。例えば AIM における排出モデルは応用均衡モデルであり、経済学では一般的な手法である。モジュールはいくつかの鍵となる変数により、理論的整合性を保ちながら接続されている。AIM においては、排出モデルで算出される

様々な変数はすべて CO₂ の排出量に換算され、それが気候モデルとの接続のインタフェースとなる。このような特徴は、既存研究の手法や結果を無駄にすることなく、複雑な現象のモデル化を可能にする。さらに過度の単純化の必要がないため、具体的な分析と評価、また対策を検討することができる。しかし、この手法では経験的というより理論的な整合性が重視されているため、モデルの結果が現実を表しているのかどうかを慎重に検討する必要がある。

ウ. 人間活動(生物資源利用)モデルのレビュー

前述したように、人間活動の社会経済的部分と砂漠化の関連付けはほとんどなされていないが、生物資源に関する需給バランスを数値化したモデルはいくつか存在する。Hiraga and Matsumoto (1993)⁶⁾は広域の農作物収量の将来予測を行った。その中で、別個に導出された農作物生産指数と人口予測が比較されている。また Nishida (1995)⁷⁾も同様の研究を行っている。

Anantha *et al.* (1990)⁸⁾は、インドのラジャスタン州において、調理のためのエネルギー資源利用の研究を行った。主な資源としては薪、農作物残さ、家畜糞が挙げられ、それぞれの需要と供給の比較をいくつかのグループに対して行った。Mwandosya *et al.* (1985)⁹⁾は、需給バランスと生物生産の定式化を行った。このモデルは時間変数を含んでおり、非常に単純化されたものではあるが、将来予測を行うことができる。単純化が極端ではあるものの、このモデルは需給バランスのモデリングに非常に参考になると考えられる。彼らはそのモデルをタンザニアのケースに適用し、技術導入がない場合と、効率的な改良カマドを導入する場合とで、生物資源の減少傾向をシミュレートすることができた。このような対策オプションの評価も統合モデリングの目的として重要である。

このように Mwandosya *et al.* のモデルの概念は、人間活動モジュールの開発に際して重要な示唆を与えるものと考えられるが、単純化されすぎたそれぞれの要素を定式化しなおす必要がある。例えば、彼らのモデル中では生物成長は定率で計算されるが、統合モデル中では、土地荒廃の程度を反映するように、別モジュールから供給される値になるべきである。需要についても一定ではなく、様々な状況に依存したものとすべきであろう。

エ. 農家経済モデル：需給バランス動態の把握

現実の村落社会では、生産水準が高まるにつれ、地域の生物生産に依存した自給自足による閉じた社会から、経済活動を基礎とした、外部セクタ(市場等)とのやりとり(売買)を伴う開いた社会へとシフトしていく。したがって、地域の生物資源の生産・利用プロセスをモデル化するうえでも、このような貨幣を用いた経済活動を無視することはできない。経済活動をモデルに取り込むためには、当然のことながら経済学的手法が有効である。

薪の採取による森林破壊の経済モデルはいくつか存在する。そこでは、地域の森林の生産量と需要量に焦点を当てている。Amacher *et al.* (1993)¹⁰⁾は、ネパールにおいて、薪、その劣等材(経済学用語で、より良質な材を何らかの理由で利用できない際にその代替として利用される、質の劣る材の意味)としての農作物の残余の消費パターンについて調査した。そして、薪の採取量と消費量、残余の需要、薪材価格、労働コスト、収入等について線形回帰を行った。彼らの解析はエネルギーフロー分析と代替行動のリンケージという点で評価できる。また、同様の研究が Heltberg *et al.* (2000)¹¹⁾によってもなされている。彼らは生産と消費を同時決定する分割不可型の

農家経済モデルを用いて、ネパールで燃料材の消費動向を調査した。

Kidane (1991)¹²⁾は地方と都市でのエネルギー需要の代替行動の違いを研究した。彼らは非線型の需要、供給関数を用い、各材(薪、農作物残余、石炭)の需要量の価格、収入、家畜の所有についての回帰を行った。その結果は直感と一致するものであり、農作物残余が劣等材で、石炭が収入に対して高い弾力性を持っていた。都市部では、さらに上級の燃料材(電気)が存在するために、石炭も劣等材と判断された。

Bluffstone (1995)¹³⁾は農作業以外の労働市場の存在に焦点を当てた。また、モデルに時間ステップ、生物資源量を明示的に取り入れることで、将来予測を行っている。効用関数(経済学用語で、主体の合理的な意思決定を推定するために最大化される関数の意味)には、採集した薪と購入した薪、また食糧も含んでいるため、食糧と燃料の代替についても説明することができる。さらに、薪採集は労働力を多く消費するため、森林破壊の起きている地域では労働力が制限要因となり、農作物収量の減少が起きていることも明らかにした。

これらの解析は、エネルギー需要に直接影響する代替行動(経済学用語で、何らかの状況変化によってある材の利用量が減少し、逆に別の材をより選好するようになる行動の意味)に焦点を当てている。すなわち、エネルギーバランスが砂漠化の Driving Force を説明するのに対し、代替行動の分析はそのベースとなる社会問題を解析することになる。Bluffstone の解析を除けば、これまでの研究は人間の行動にのみ焦点を当てたもので、生物生産の側面は全く省かれている。また、Bluffstone のモデルにおいても、生物資源はロジスティック方程式に従う成長をすると仮定しているのみである。よって、より詳細な生物資源量の動態を、これらの農家経済モデルに適用することが求められる。

砂漠化は気候、地形、土壌、植生、そして人間の社会活動が複雑に絡み合った現象であり、それらを包括的に扱ったモデルは開発されていなかった。その主たる理由としては、(a)導入すべき要素があまりにも多くなるために、際限のないモデルの複雑性が発生すること、(b)要素の関連を一から積み上げて行く手法では、専門性を保ちつつ分野横断的に要素間の関連を記述することが困難であることが挙げられる。一方で、地球温暖化を中心にいくつかの統合モデルが開発されている。そのモデル化は、トップダウン的に全体の現象をモジュールとして分割し、それらのモジュールを鍵となる少数の変数で接続し、そして、それぞれのモジュールを各専門分野の持つ既存の手法を適用することで構築する、といった方法によって行われている。この方法は砂漠化問題のモデリングにおいても高い効果を期待できる。

また、砂漠化に関するモデルにおいて、人間社会・経済的背景の記述の貧弱さが問題になっている。生物生産量とその需要量に着目したモデルはいくつか開発されているが、その背景に言及したものは見られない。特に、貧困が砂漠化と密接な関係があることは概念的に頻繁に指摘されているものの、そのモデリングはなされていない。一方で、森林破壊をもたらす社会経済的背景を農家経済モデルによって解析する研究は多く、その上、エネルギー需要に影響する代替行動を評価している点で、砂漠化に直接応用できるものである。ただし、経済モデルにおいては明示的な土壌荒廃、生物生産量とのバランスを扱うことは希であるため、既存の砂漠化モデルと農家経済モデルとのリンクによって双方を補い合うことが必要である。

② 砂漠化統合モデルに関する考察

一連の砂漠化因果プロセスを総合的かつ定量的に把握するための「砂漠化統合モデル」のフレームワークとそのモデリングの指針を検討した。その概要は以下の通りである。

この砂漠化統合モデルは、砂漠化という本来即地的な現象を対象とするものである以上、その空間スケールが大きな意味をもつ。途上国の砂漠化地域においては十分なデータ(統計資料等)を得ることがしばしば困難である。一方で、包括的で精緻なモデル開発のためには豊富なデータが必要とされる。そこで、当面のモデル開発は二つの空間スケールで行うこととする。一つは村落スケールのモデルであり、独自の調査による詳細なデータの存在を前提とした包括的なモデルを開発する。もう一つは地域スケールのモデルであり、既存の行政資料等を活用することを前提として、砂漠化指標とリンクしたモデルを開発する。

ア. 村落スケールのモデル

砂漠化が問題になるのは、生物資源の生産量を減少させ、それに依存している人間生活が破綻する危険があるからである。一方、人間活動が砂漠化に与える影響は、生物資源の収奪による植生荒廃や土壌侵食が主たる要素である。よって、生物資源の賦存量と生産量、そして利用量が、人間社会と砂漠化を結び付ける、いわばインターフェースであり、モデルの核心的位置を占めるものである(図1)。そして、その双方それぞれに、影響を与える様々な要素が存在している。

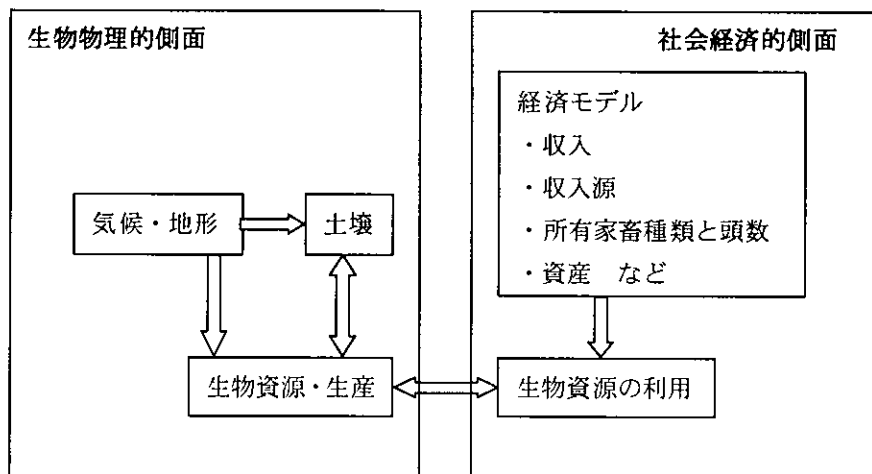


図1 村落レベルのモデルの概念図(各四角ごとにモデル化し、それらを接続する)

(7) 生物資源の生産(生物物理的側面)

生物資源の生産は、気候条件、地形、土壌条件、そして土地利用に依存している。地形の変動は無視できると考えると、生物資源の生産に関わるモデルは、気候、土壌、生物生産の三つに分割できる。気候から他の要素への影響は一方向的で、生物生産へは主に日射量を媒介として、土壌へは降水量を媒介として影響を及ぼす。一方、生物生産と土壌の影響は双方向的である。土壌条件は生物の生育条件に直接影響する。すなわち、土壌の物理性(土性等)、化学性(有機物含量等)、および土壌水分量がその主要な要素である。また生物資源量は、土壌形成と土壌侵食に影響する。高いバイオマスは土壌の有機物含有量を増加させ、土壌を肥沃にする。逆に、低いバイオ

マスは低い植被を意味し、被食度を高める。また、土壌と生物生産のモデルを別個に与えることにより、植物の収奪→植被の減少による土壌侵食→土壌の水分保持力の低下、栄養分の低下→生物資源量の低下、という非線型の相互作用を、暗示的に再現することができる。

よって、生物生産を評価するには、気候サブモデル(外生的)、土壌侵食サブモデル、生物生産サブモデルを別個に構築し、接続することが必要になる。モデル中に使われるモジュールは、その接続部分を調整する必要があるものの、既存のモデルを利用することが可能である。ただ、現象名としては同じものを扱うモデルでも、それが砂漠化地域に適用可能かどうかは検証されなければならない。例えば、水食モデルの多くは、ある一定の大きさの様な植生・土壌を仮定しているが、このような植生の様な空間分布は砂漠化地域では希である。適用できるモデルがない場合には当然その開発が必要になる。

(イ) 生物資源の利用(社会経済的側面)

これまでの砂漠化モデルでは、生物資源の利用を人口に比例するものとして扱ってきた。しかし、生物資源の利用量は人々の生活スタイルによって大きく変動する。利用量に影響する要素として考えられるのは、収入、収入源、所有家畜種類と頭数、資産、家族構成、生物資源の利用の簡易性、土地所有形態、市場へのアクセスの簡易性、農外収入の機会、土壌荒廃度等、様々である。このような農家の挙動を把握する手法として、農家経済モデルが確立されており、実際森林破壊の問題に適用され、一定の成果を挙げている。また、農家経済モデルを利用することで、生物資源利用量(=人間の能動的な生物資源利用)のほか、受動的な生活の適応行動も推定することができる。例えば、明らかな生物資源の不足は、人々を生物資源利用への依存から、ストックの消費や出稼ぎ等の農外収入への依存へと導く。このような行動を推定することは、例えば、干ばつの際の経済側面からの脆弱性評価を行うことにつながる。よって、農家経済モデルを利用し、生物資源利用量に加え、農外活動も評価することで、人間の社会経済的側面の評価を包括的に行うことができる。

農家経済モデルのパラメータ推定は計量経済的手法を用いるため、村落調査によって、様々なケースにおける、多くのデータを収集することが必要である。

人間と砂漠化の相互関係には、以上のような生物資源の生産、利用だけで説明できない部分も存在する。代表的な例では、施肥は直接土壌の肥沃度に影響し、またトラクターの利用は土壌の物理性を悪化させる。これらの影響を追加的にモデルに導入することで、モデル全体の構築を目指してゆく必要がある。

イ. 地域スケールのモデル

地域スケールのモデルは、国連砂漠化対処条約(UNCCD)の科学技術委員会(CST)が提唱している砂漠化の基準・指標(Benchmark & Indicator)の取り組みとリンクさせることを考える必要がある。

指標の選定にあたっては、因果関係を意識した指標フレームワークが有効だと考えられる。すなわち、一連の砂漠化プロセスを、その因果関係に着目して、以下のような一つの背景情報と五つの指標群に整理する。

- ・ B (Background : 背景) 情報 : 背景となる自然環境条件と社会経済システム
- ・ D (Driving Force : 駆動力) 指標 : 土地生産力またはその利用・消費量を間接的に変化させる要因
- ・ P (Pressure : 直接的圧力) 指標 : 土地生産力を直接的に変化させる要因
- ・ S (Status : 状況) 指標 : 生物学的または経済学的な土地生産力またはその利用・消費量。
UNCCD および近年の世界的な議論を考慮して、ここでは「土地荒廃の程度」ではなく「生物生産力およびその変化」を砂漠化の状況と考える。
- ・ E (Effect : 影響) 指標 : 土地生産力またはその利用・消費量の変化が人間生活へ及ぼす影響
- ・ R (Response : 対応) 指標 : 砂漠化防止対策の適用状況

指標のデータ取得範囲については、空間的スケールを特定せず、村、県、州、国の各スケールにおいて、階層的に利用できるような柔軟な構造を持たせるようにする。データは、基本的には非地理情報的なものとするが、土壌分布図等、地理情報として整備できるものについては、それを活用する。

指標データの作成については、時系列的なデータセットとして収集する。基本的に、既存の行政資料(統計データ)を活用し、1年ごとに(指標によっては1月ごとに)、当該地域全体で一つの数値(または記述)を与える。ただし、当該地域が明確に複数の地域に区分され、それを分けておくことが非常に有用であり、また、その区分された地域ごとにデータが収集可能な場合には、地域をより詳細な地区に区分する。

指標群は標準的指標群と付加的指標群に分けられる。標準的指標(ミニマムデータセット)は、全ての地域においてできる限り作成するものとし、この共通的な指標により地域間比較が可能なようにする。付加的指標(オプションデータセット)は、各地域において選択的に作成するもので、地域に固有のプロセスを指標する。

モデルの要件として、砂漠化の状況に関する将来予測が可能なこと、政策・対策変数を変化させることによって政策・対策の評価が可能であることが挙げられる。このようなモデルを開発することによって、一連の砂漠化プロセスを定量的に評価し、将来予測および対策の投入効果の判定を行うことが可能となる。

③ 砂漠化研究のレビューによるモデル開発可能性の検討

上述の砂漠化統合モデル、特に、村落スケールのモデルの開発可能性を検討するため、現在までに入手した研究論文を詳細にレビューし、論文毎に、その論文がモデルの全体像の中でどの部分に関連するかを分析し、最終的にモデルの中で定量的な記述が可能な部分、定量的ではないが定性的には記述され得る部分、これらの研究の中では記述されていない部分を明らかにした。その結果の概要は以下の通りである。

レビューした論文は、主として中国北部を対象としたもの 95 編である。論文毎に、対象地域、環境要素間の何らかの関係性について論じている場合には、その入力・出力要素、およびその関係性、要旨等を表にまとめた。研究内容が類似すると思われるものを小グループとし、それらをさらに大きなグループへと統合していき、レビューした研究の見取り図を作成した(図 2)。全体として、レビューした研究は、(a)砂漠化の原因を探る研究、(b)植生の維持・管理に関する研究、

(c)土地生産力に関する研究、(d)環境変化に関する研究、(e)対処政策に関する研究、という五つに分類された。社会経済学的研究や砂漠化現象を定量的に扱う研究は数が少なかった。

前述の砂漠化統合モデルの全体像において、それぞれの論文から導かれる結果を当てはめていくと、土地荒廃や環境要素間の関係、また環境要素と生物生産との関係は比較的多くの研究がみられる一方、生物生産の需要供給バランスや、生産力変化の経済的評価に関する研究はほとんどみられなかった。

このことから、実際にモデル化を推進する上では、生物資源の需給バランスや社会経済分野の研究論文をさらに丹念に検索していくことと同時に、場合によっては自らこのようなパラメータを得るような研究を進める必要がある。ただし、現実的にはデータ入手がきわめて困難なパラメータ部分については、モデル自身の改変も視野に入れて検討していく必要があると思われる。

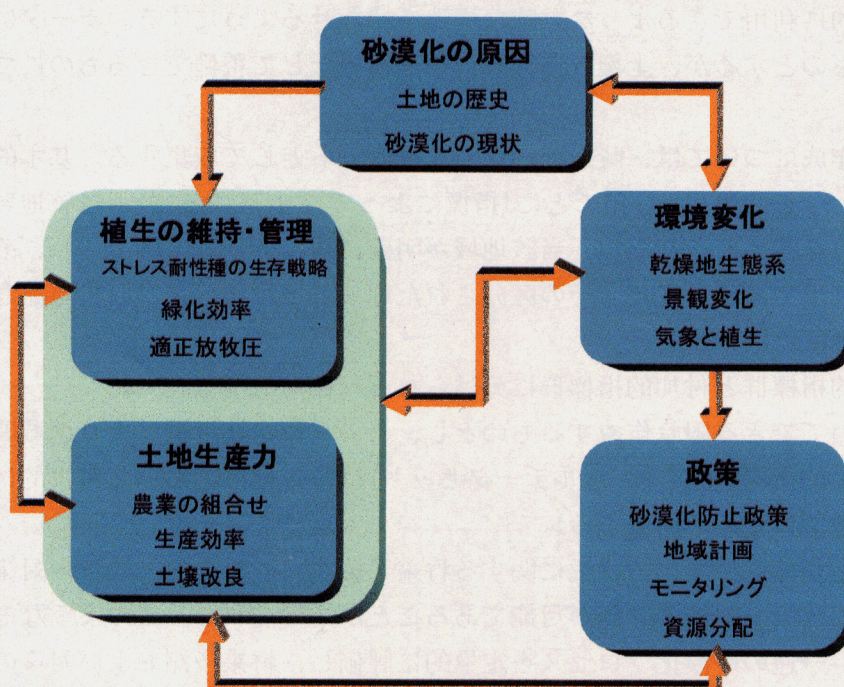


図2 砂漠化研究の相関図

なお、以下に、上記(a)～(e)の研究に関するレビューの結果について、簡単に要点のみを記載する。

ア. 砂漠化の原因に関する研究

問題を解決するためには、その原因を把握する必要がある。原因を知ってこそ対策が立てられる。このグループには、砂漠化の原因の特定につながる研究を集めた。

(ア) 土地の歴史に関する研究

砂漠化が起きている土地の歴史を振り返ることで、何が砂漠化の原因になったのかを探る研究が行われている。時間スケールの大きい研究では地質学的なアプローチがなされ、時間スケール

ルの小さい研究では衛星データや空中写真等が用いられる。

(イ) 砂漠化の現状に関する研究

砂漠化が深刻な地域を対象に、その現状を把握する研究が行われている。砂漠化を引き起こす原因としては、降水、地形、風等の自然的要因、過放牧、過耕作、過伐採等の人為的要因などが挙げられる。砂漠化が深刻な地域では、これらの要因による負荷が土地の潜在能力とつりあっていないと考えられる。崔(1995)¹⁴⁾はこのような現状を踏まえて、人口や土地利用の調整・管理を強化し、土地の能力と釣り合ったものにするべきであると指摘している。そのためには、福原(1995)¹⁵⁾が指摘するように、国際的な取り組みや客観的な評価方法の確立によって、砂漠化が正しく評価されることが望まれる。

イ. 植生の維持・管理に関する研究

砂漠化の代表例である土壤侵食は、植生が失われ裸地化することで急激に進行する。これを回避するためには、現在の植生を維持すること、また、すでに裸地化が進行している地域の植生を回復させることが重要である。このグループには、それらに関係がある研究を集めた。

(ア) ストレス耐性種の生存戦略に関する研究

土壤侵食を防ぐためには、裸地を減らすことが重要である。乾燥や塩類に強い植物の生存戦略を知ることは、裸地の緑化に有効な種の選抜や、緑化方法の選定に有効である。Bowers (2000)¹⁶⁾は、サボテンの一種が長期的なシードバンクを持っており、その存在が乾燥気候下で実生の高い致死率を補い、種を保っていることを明らかにした。Ohkuro *et al.* (1994)¹⁷⁾は、流動砂丘に見られる植生と固定砂丘に見られる植生とでは、根の張り方が異なることを明らかにしている。

(イ) 緑化効率に関する研究

土壤侵食が深刻な地域の多くは苛酷な環境にあり、そのような地域での緑化は、種の選定もさることながら、活着し、生育していくことも重要である。活着率・成長率が高ければ、効率の良い緑化が進み、長期的に見れば緑化にかかるコストも減少すると考えられる。Yao (2000)¹⁸⁾は、種吹付工による播種が荒廃地の迅速な緑化に効果があることを明らかにした。また、ストレス耐性種の選抜も各地の研究者によって盛んに行われている¹⁹⁾。

(ウ) 適正放牧に関する研究

乾燥地における農業の中心は放牧であり、放牧は土地への負荷が少ない農業であると考えられる。しかし、土地の潜在能力を考えない過度の放牧は、裸地化を進め、土壤侵食を引き起こす原因となる。よって、適正放牧に関する研究は、持続可能な放牧を続けるうえで重要な役割を果たす。過放牧に関する研究は数多く行われており、地形が適正放牧に大きな影響を与えることや²⁰⁾、植生の変化が指標になることなどが指摘されている²¹⁾。一方、退行した草地には、禁牧や窒素肥料の効果が確認されている²²⁾。また、裸地となった土地は、そのまま放置すると土壤侵食が進み、周囲に影響が出てくるが、このような侵食の対策としては草方格の効果が確認されている²³⁾。しかし、草地に持続的な放牧を続けるためには土地を裸地にしないことが第一であり、禁牧により植生回復期間を取り入れた放牧地のローテーション等を行う必要があると考えられる。

ウ．土地生産力に関する研究

乾燥地における農業は水資源や肥料等の点で制約を受ける。しかし、限られた資源を有効に利用することで効率よく生産力を上げることができる。このグループには、そのような土地生産力の向上に関係する研究を集めた。

(7) 農業の組み合わせに関する研究

異なる種類の農業を組み合わせることで、互いに足りない部分を補完しあい、生産効率が上がる。また、効率が上がることで環境への負荷を減らすことができる。Shi *et al.* (1998)²⁹⁾は、放牧と耕作を適度に組み合わせることで、砂漠化防止と農村の経済改善が同時に達成できるとしている。また、田中ら(1995)³⁰⁾は、丘山間地において、立体農業開発が環境改善と経済改善のために必要であると指摘している。また、石ら(1998)³⁰⁾は、舎飼の導入により、土地への負荷を減らし、かつ生産効率があがるとしている。

(1) 生産効率に関する研究

放牧において、家畜の飼料となる牧草の栄養価は、生産効率に大きな影響を与える。特に舎飼を行う場合、その飼料となる牧草は栄養価が高い方が望ましい。Badri *et al.* (2000)²⁷⁾は、8種類の牧草の栄養価を調べて、栄養価の高い種を特定している。また、塩類化地域において、太陽エネルギーを利用した淡水化技術の開発も試みられている³¹⁾。

(4) 土壌改良に関する研究

土壌侵食が起こると、生産力の高い表土が失われるため、植物の生育は著しく悪くなる。そのような土壌を緑化するために、土壌改良は有効である。土壌改良には、土壌の化学性、物理性を上げるために土壌改良剤を混入する方法^{29, 30)}、防風林・草方格等物理的障壁を作って土壌を堆積させる方法、圃場をテラス状にして土壌の流出を防ぐ方法等がある³¹⁾。

エ．環境変化に関する研究

近年、地球温暖化等の地球規模の環境変化が問題となっている。このような変化は、砂漠化の傾向にも影響を与えるであろうし、また、砂漠化がそれらに影響を与えることも考えられる。より小規模なスケールで見れば、乾燥地の景観を構成するパッチの形や連結性が変化しても地域生態系に影響を与えるであろう。このグループには、これらの環境変化に関する研究を集めた。

(7) 乾燥地生態系に関する研究

乾燥地においても、動物、植物、気候等は複雑に関係しあって生態系を形成している。生態系を知ることは、緑化の方法を考えるうえで鍵となる。また、生態系の変化を知る指標を特定することができれば、砂漠化の早期発見につながる³²⁾。

(1) 景観変化

森林や草地はその面積も重要であるが、形によっても効用は違ってくる。Fu and Chen (2000)³³⁾は、GISを用いてパッチの面積、複雑さ、細長さ等を定量的に評価している。このような研究は、地域スケールで土地荒廃の防止や緑化を考える際、非常に有効な手段であると考えられる。

(4) 気象と植生に関する研究

現在、地球規模で温暖化等が進行しているが、そのような環境の変化に対して、植生がどのような反応を示すのかに関する研究が行われている³⁴⁾。また、乾燥地特有の不規則な降水に対する植物の反応等も研究されている³⁵⁾。

オ. 政策に関する研究

砂漠化問題は個人の努力で解決できる範囲を逸脱しているため、より大きいスケールでの取り組みが求められる。そのよりどころとなるのが政策である。このグループには政策に関する研究を集めた。

(7) 砂漠化防止政策に関する研究

Shiraishi (1998)³⁶⁾は、中国の砂漠化防止政策に関して多面的に評価している。それによると社会的、生態的効用の評価や、労働力・資材の見積もりが甘く、予算の獲得のために実現可能性より特異性が強調される傾向があるという。政策自体を適切に評価する手法の開発が望まれる。

(1) 地域計画に関する研究

国全体の発展も重要な問題であるが、より小さいスケールで発展をはかることもまた重要である。地域に住む農民にとっては、生活に直接関係するものが地域だからである。地域において、生活必需品を提供してくれる森林は重要な役割を果たす。それを基盤とした都市構想は多くの研究者によって唱えられている^{37, 38)}。また、少し大きいスケールで地域を考えると、小流域や都市圏を基盤とした物・人の流通が提案されている^{39, 40)}。

(4) 衛星データを用いたモニタリングに関する研究

近年、衛星データが得やすくなり、また GIS のめざましい発展もあって、広範囲のモニタリングが可能となった。このような技術の発展によって得られる広範囲の情報は政策に反映されるべきである。

(1) 資源分配に関する研究

水等の限りある資源をいかに効率よく用いて最大の利益を上げるかという問題は、資源の少ない乾燥地においては特に重要である。また、従来の資源に対する考え方を見直して、新しい評価をする必要があるとの意見もある⁴¹⁾。

(2) 砂漠化防止技術の体系化

① 対策技術の事例の解析

ア. 既存文献の収集・レビューの結果

収集した 135 の文献等の資料より、具体的な対策技術に関する記述がみられる 19 文献、30 プロジェクトについて、その技術が主として対象とする事象ごとに、下記のように分類・整理した。

(7) 作物栽培：在来型アグロフォレストリーの活用・復元、多年生作物の栽培方法の改善等

(1) 牧畜：牧草定着、放牧技術・管理、飼料システム改善等

(4) 植生回復：防風林、砂丘固定、育苗場の設置、自然林再生、小規模植林等

(1) 土壌保全：テラス型農地造成、生け垣、等高線状の岩壁設置、生物的土壌管理等

(4) 水の利用：地下水の灌漑利用、小規模灌漑、地元グループによるミクロ集水域管理等

(4) 土地利用：土地利用計画策定等

(4) 代替エネルギー：省エネ機器配布、ミクロ水力発電、太陽光発電、小規模風力発電等

(7) 資金援助等：育苗助成金、農林牧畜生産支援等

(7) 人材育成・教育啓発：多様な主体の参加による砂漠化防止国家計画策定、土地利用計画策定支援、航空写真の活用、地元組織の強化等

イ. アンケート結果

国内外より 14 件の回答を得た。下記の 4 点に関する回答の概要を示す。

(7) 近い将来に有望かつ効果が大きいと期待される技術：

土壌肥沃度の維持管理、栽培管理、水管理、高耐久性作物・家畜の導入、砂漠化モニタリング手法、太陽光発電・風力エネルギーの導入

(4) 緊急性が高く開発(実用化)が急がれる技術：

土壌生産力評価手法、商品作物栽培手法、砂漠化モニタリング手法、医療、公共交通・移動・運搬、太陽エネルギーによる用水確保、情報伝達・通信システム、GIS による砂漠化危険地域分析

(9) 広く普及させるべき技術：

農耕、牧畜等の手法の転換、在来・伝統技術の適用、家庭用エネルギーとしての作物残渣の利用、アグロフォレストリーの実施、多様な技術の複合利用、住民の教育・啓発

(1) 技術の効果的な組み合わせ：

広域的な砂漠化防止のための社会システムと局地的な土地回復、作物栽培方法・土壌肥沃度維持管理・作物残渣の利用、住民の研修・情報提供・土地管理

② マトリクスによる対策技術の体系化

ア. 体系化のための視点

(7) 砂漠化対策技術の範囲

砂漠化対策技術は、その目的から以下の 2 種類に大別される。

- ・砂漠化の現状把握・予測のための技術
- ・荒廃した土地を回復するための技術

現に荒廃している土地について、その地域の状況の適切な評価と望ましい土地利用・管理により回復を図ることは当然必要であるが、同時に、脆弱な地域における砂漠化の「未然防止」のためには、適切な現状把握と予測も重要である。

何らかの砂漠化対策プロジェクトが実施される際に用いられる対策技術は、上記 2 種類のいずれも、(a) 技術的対策と、(b) 組織・制度的対策との両翼から成り立つものである。さらに、その土台として、地域における(c)人材育成、が不可欠である。これらは、有効な砂漠化対策に共通の支柱となるものであることから、本研究ではこれらに関わる技術の全てを「砂漠化対策技術」として考えた。

(4) 砂漠化対策技術の段階

ある対策プロジェクトの中で用いられる技術を想定すると、砂漠化対策技術が直接何に働きかけるかによって、以下の 4 段階に区分することができる。

(a) 砂漠化の要因：

砂漠化を引き起こす人間活動の制限・改善、砂漠化の要因となる活動の代替技術等

(b) 土地荒廃の防止：

表土の保全、荒廃地の回復等。

(c) 砂漠化現象への適応

回復不可能な荒廃地等の条件に対する適応技術。

(d) 砂漠化現象の把握、予測、モニタリング：

砂漠化による自然・社会への影響、砂漠化の進行等に関する指標の開発、監視、警報等。

(ウ) 技術分類マトリクス案の検討

上記(ア)、(イ)に示す枠組に基づき、砂漠化対策技術の体系化に関する技術分類マトリクス案の検討を行った。このマトリクスでは、表1に示すような対策技術の分類を行うことができる。

表1 砂漠化対策の技術分類マトリクスと当てはまる技術の例

	荒廃地の回復技術				現状把握予測技術	
	A. 砂漠化要因への働きかけ		B. 土地荒廃の防止		C. 砂漠化現象への適応	D. 現象の把握予測、モニタリング
	A1. 人間活動の制限/改善	A2. 要因となる活動の代替	B1. 脆弱な土地の保全	B2. 荒廃地の回復		
a. 技術的対策	草地の囲い込みによる使用の制限	舍飼の導入	防風林の設置	草方格、茎柵、播種による植生回復	耐乾性作物種の開発	リモセンデータを利用した草地の現存量推定
b. 組織・制度的対策	放牧の制限または禁牧	舍飼畜産における共同実施制度の導入	放牧地のローテーション利用	放牧の制限または禁牧	水管理組合の設立	干ばつ早期警報のための組織的モニタリング制度の設立
c. 人材育成	農家レベルの土地利用放牧計画策定トレーニング	舍飼畜産運営技術のトレーニング	放牧地の荒廃程度の判断のトレーニング	草方格、茎柵等の作成、設置方法のトレーニング	水管理方法のトレーニング	研究者の育成

イ. 技術評価マトリクス案の検討

上記の分類マトリクスを基に、砂漠化対策技術の適用可能性をより具体的に検討し、望ましい対策の「コアセットメニュー」の提案を行うための手法の検討を行った。

ここでは、当該技術の社会的受容性および費用対効果に焦点を当て、系統的に収集した文献¹⁰⁾⁶⁾の事例から、技術の評価に関する記述があるもの 50 件を解析し、当該技術の物理的・社会的・経済的評価、および、対策の成功/失敗の要因について、各プロジェクトごとに下記のような項目によるレビューを行い、これを気候、砂漠化現象ごとにとりまとめた「技術評価マトリクス」を作成した(表2)。

この技術評価マトリクスと、前述の技術分類マトリクスを組み合わせることにより、様々なプロジェクトで適用された技術の分類、効果等を、共通の「ものさし」で比較検討することができる。プロジェクトが成功していると評価されている事例についてみると、技術的(物理的)対策と、組織・制度的対策、および人材育成(住民参加を含む)の各側面において、何らかの対策が実施されており、かつ、対象地域の気候特性や資源等を適切に活用する技術が用いられたものが多くみられた。特に、対策の意義や内容に関する理解を伴う住民の積極的な参加や、作物生産量や現金収入等、住民の所得の増加等、直接的利益の有無が、プロジェクトの成否を左右したとみられる例が多かった。ただし、プロジェクト実施期間には、5 年程度から 10 年以上と差がみられた。

表 2 技術評価マトリクス

対象地域の気候	主たる砂漠化現象	プロジェクト実施期間	出資機関	砂漠化による主な問題	対策技術の内容(先端技術/伝統技術等)	物理的評価(防止/回復効果の有無)	社会的評価(地域住民の受入)	経済的評価(費用対効果)	その他の評価	成功/失敗の要因
極乾燥										
乾燥										
乾燥～半乾燥										
半乾燥										
半乾燥～乾燥半湿潤										
乾燥半湿潤										
湿潤										

③ 対策技術の普及可能性の検討

アンケートの回答では、在来・伝統技術の農耕や牧畜における適切な適用、多様な技術の組み合わせ、モニタリング・情報伝達、代替エネルギー、地域住民の教育・啓発・参加等に関する技術の重要性が指摘されていた。また、文献レビュー等の結果からも、これらの技術はプロジェクトの成否に影響している場合が多くみられた。

これらのうち、単独もしくは複数の村落等、小規模コミュニティレベルにおいて利用される最新技術の普及可能性について検討を行った。対象技術は現状では様々な制約があるものの、日本等先進国の支援・協力による将来的な普及促進の可能性のある代替エネルギー関連技術とした。

ア. 再生可能エネルギー利用技術

ここでは、風力発電、太陽光発電、畜糞バイオガスについて、検討を行った。

風力発電は、欧州を中心に近年の技術革新が著しいものであり、対象地域における技術・人材・費用等の確保が課題となるものの、具体的な適用可能性が最も高い技術の一つと考えられる。数百 kW の大規模型のもものと、数十～百 kW の小型のものがある。メーカー間の競争により、維持管理面も含めた性能がかなり向上している。エジプトにおいて、風力揚水による灌漑システムの導入が検討されている例がある。

太陽光発電については、ブルキナ・ファソにおいて、地下ダムの揚水ポンプの動力源として利用している例がある⁴⁾。新規に導入する場合、対象地域におけるエネルギー賦存量が十分にある場合も、機器の耐久性と共に、維持管理の点が問題となる場合が多いことが指摘される。特に、遠隔地の農村等が多い砂漠化地域においては、独立電源として太陽光発電を用いることが大部分であると想定されるが、その場合はバッテリー電解液の維持管理作業(電解液成分の比重計による測定、純水供給等)が必要となる。当該地域において、このような作業を実施可能な人材を育成することが不可欠となる。

畜糞バイオガスは、過放牧の防止等のための畜舎飼育との組み合わせによる利用が想定される。中国農村部等では、すでに豚の糞等の有機系廃棄物を利用した、小規模かつ単純な構造のバイオガス発生装置を設置し、調理等のエネルギー源として利用している例がある。肥料等としての用途とのバランスを考慮する必要もあるため、適用に当たっては、対策の実施地域における炭素・窒素・リンの循環に着目したケーススタディ等、さらに詳細な検討を行うことが必要とされる。

イ. 最新技術との組み合わせ

ここでは、マイクロガスタービンと燃料電池について検討した。大部分が開発途上国である砂漠化地域においては、特に資金・人材・技術面の課題が大きく、実際に適用されるまでには相当程度の時間がかかると考えられる。しかし、中・小規模の熱電供給システムとして近年注目されていることから、将来的な普及とコストダウンの可能性等を想定して検討することとした。

マイクロガスタービンは、バイオガスについても、メタン成分が多ければほぼ問題なく利用可能である。分散型電源の主力としてアメリカ等ではすでに一般利用されている。イニシャルコストは燃料電池より2割程度低く、また高温の熱(蒸気もしくは温水)を得ることができる。ただし、タービン部分の寿命が短いため、3～5年で交換する必要がある。

一方、燃料電池に関しては、実用化されているリン酸型に加えて、固体高分子型の研究が促進されている。発電効率が優れており、電気中心の利用の場合に適している。リン酸型では熱も併せて得られるが、固体高分子型では供給熱温度は低い。また、コストがマイクロガスタービンよりも高い点も問題となる。これらについては、技術・人材・資金の問題と併せて、得られる熱と電気の効率的な利用方法を検討する必要がある。

④ 評価システムに関する検討

ア. 対策技術の評価に関する検討

ここまでに述べた検討結果を踏まえ、砂漠化対策技術の評価システムに関する検討を行った。技術の特性を評価するためには、様々な情報が必要とされる一方、砂漠化地域の多くが途上国であり、当面は必要なデータの入手や入手可能性の急速な改善は難しいと考えられることから、半定量的な情報も含めた比較的手が容易なデータに基づく評価システムの開発が有効と考え、検討を行った。

現段階で考え得る評価の一例として、「対策技術の普及可能性」が挙げられる。この可能性は、対象となる地域の自然的・社会的特性により大きく異なるものであることから、技術評価マトリクスに整理した、技術の評価に関する記述がある50件の事例を用いて検討を行った⁴²⁻⁴⁶⁾。なお、これらの事例の対象国は、アジア(中国、インド、インドネシア)、中央アジア(トルクメニスタン)、アフリカ(マリ、チャド、ニジェール、ブルキナ・ファソ、エジプト)、中東(サウジアラビア、シリア)の11ヶ国であった。

イ. 対策技術の普及可能性の評価に関する検討

(7) 技術のレベルおよび取組対象の地理的範囲による評価

当該技術を、導入の難易に対応する評価軸として「技術のレベル(伝統的・固有/最新)」、および、導入に当たって施策等を考慮すべき「取組対象地域の広さ(比較的限定/広域)」の二つの軸による分布図中に位置づけ、評価を行った。

ここでは各技術の詳細は記載しないが、主な分類ごとの分布領域を図3のように示す。(a)技術的対策のうち、砂漠化要因への働きかけ、土地荒廃の防止に関する技術としては、土壌の改良、砂の固定、水資源の確保と管理を、地域の特徴を適切に利用して適用しているものが挙げられた。土壌の改良と砂の固定の技術は、対象範囲は比較的狭い地域で、その土地の伝統的なものから最新のものまで、幅広く分布している。水資源の管理については、畑地におけるマルチングから、

表土流出防止と水源涵養のための砂防ダム建設まで、対象とされる地域が広く、かつ、技術のレベルも広範にわたるものが多く挙げられた。エネルギー関連技術は、比較的新しい技術が必要とされる。貧困・社会対策等は、(b)組織・制度的対策、および、(c)教育・啓発等の対策に関わるものであり、技術、対象地域のレベルがいずれも中程度のものと位置づけられる。対象地域が広く、かつ最新の技術や十分な経済レベルが必要とされるものとしては、(b)組織・制度的対策に属する、土地利用・農業システム改善、土地利用計画策定、データベース構築等が挙げられる。

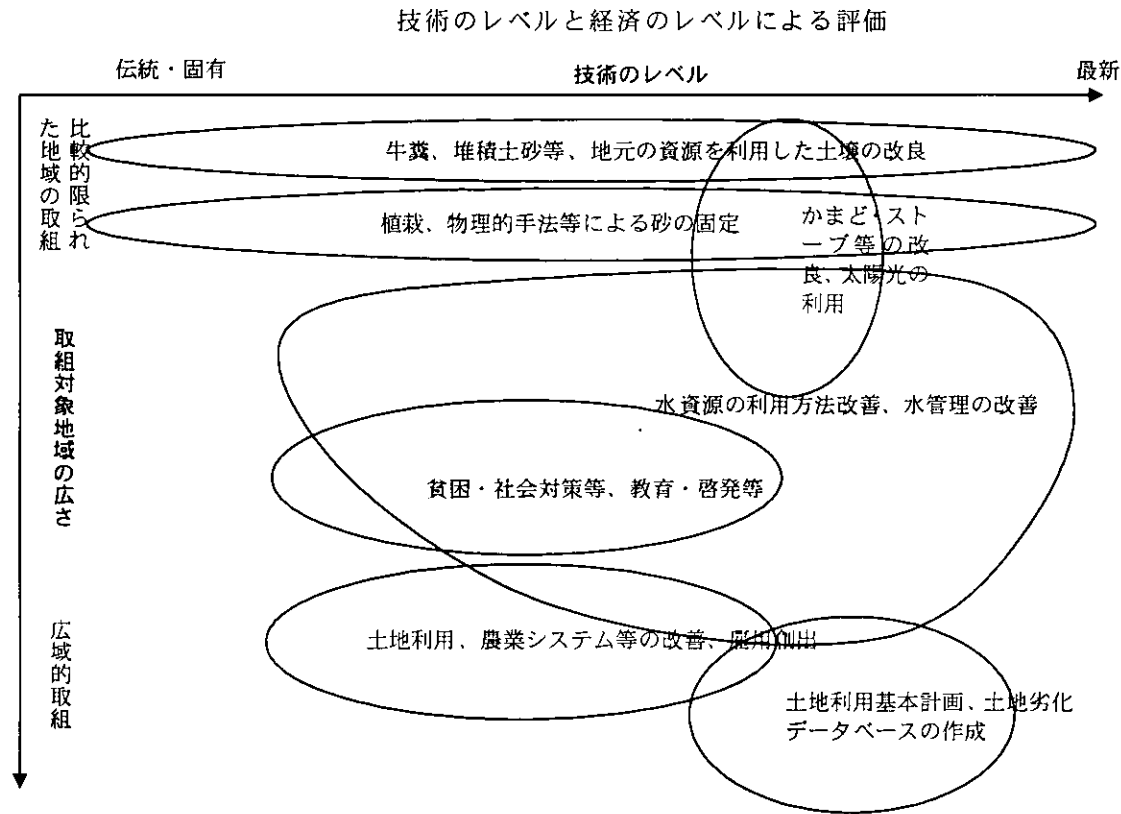


図 3 技術評価マトリクス

(1) 対策技術の普及可能性の評価

砂漠化対策技術は、実施、維持・管理に当たって、当該地域におけるある程度の技術的・資金的蓄積を必要とするものが多い。砂漠化対策プロジェクトを実施する場合は、これらを評価するために、村落・コミュニティレベルでデータを収集することが望ましい。ここでは、上記の事例検討を行った 11 ヶ国について、共通に入手可能なデータを用いて検討することとした。

Human Development Index (UNDP, 2001)¹⁷⁾より、資金的ポテンシャルとして一人当たり GDP、現状における対策技術運用ポテンシャルとして成人識字率、将来における対策技術運用ポテンシャルとして小学校就学率を選定し、一人当たり GDP を横軸に、識字率および就学率から推定される運用・管理能力を縦軸として、各国のポテンシャルを推定した(図 4)。さらに、これらの地域の事例で用いられた技術を、分布図中に位置づけ、普及可能性に関する評価を行った(図 5)。なお、事例から得られる情報が限られていたことから、ここでは定性的評価に止めた。

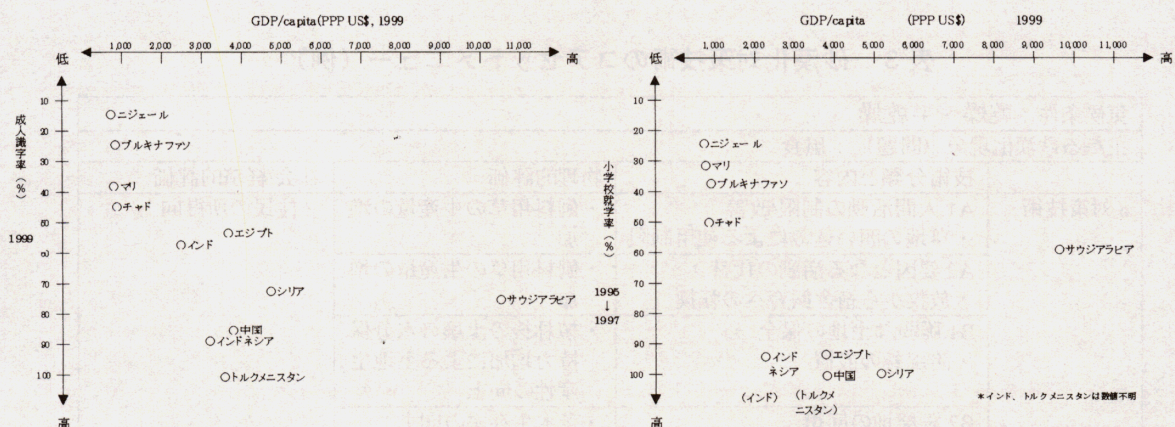


図4 対策技術の普及可能性に関する各国のポテンシャル評価
(左：現状での運用ポテンシャル、右：将来の運用ポテンシャル)

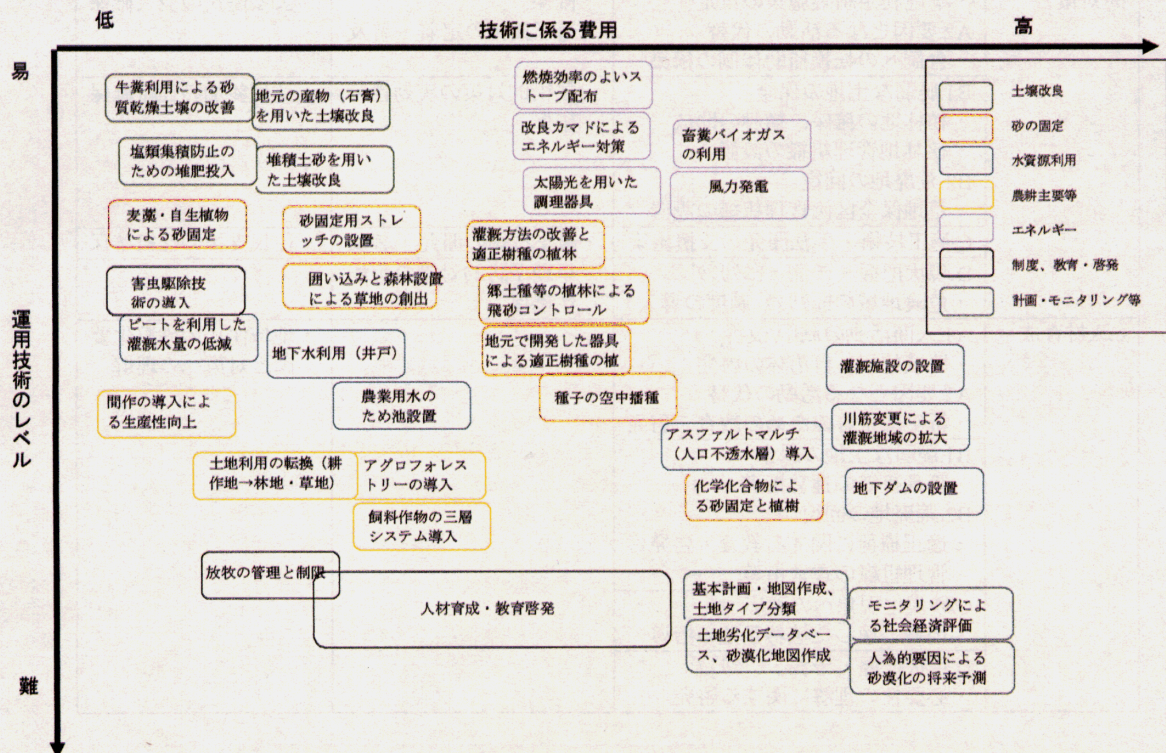


図5 砂漠化対策技術の普及可能性に関する評価

ウ. コアセットメニューの抽出

事例の中から抽出した成功例について、類似の気候条件、砂漠化現象を有する地域において適用可能と考えられる、コアセットメニューの抽出を試みた。次ページにその例を示す。

表 3 砂漠化対策技術のコアセットメニュー（例）

気候条件：乾燥～半乾燥			
主たる砂漠化現象（問題）：風食			
	技術分類と内容	物理的評価	社会/経済的評価
a.対策技術	A1.人間活動の制限/改善 ・草地の囲い込みによる使用制限	・飼料用草の生産量の増加	・住民の所得向上 ・
	A2.要因となる活動の代替 ・放牧から畜舎飼育への転換	・飼料用草の生産量の増加	
	B1.脆弱な土地の保全 ・防風林の設置	・植林後の土壌の水分保持力増加による土地生産性の向上	
	B2.荒廃地の回復 ・耐乾性の高い樹種の植林	・苗木生存率の向上	
	C.砂漠化現象への適応 ・地域に適した植林手法の開発	・苗木生存率の向上	
	D.現状把握・予測・モニタリング ・リモセンデータの活用	・要対策地域の早期把握 ・対策の成果の把握	
b.組織・制度的対策	A1.人間活動の制限/改善 ・草地利用制限施策の策定 A2.要因となる活動の代替 ・舎飼への転換補助体制の構築	・技術的対策の実効性の確保 ・適正技術の定着・普及	・代替手段等の提供による住民の受入確保
	B1.脆弱な土地の保全 ・植林地の確保、植林の助成 ・植林地管理組織の設置 B2.荒廃地の回復 ・草地保全区画管理組織の設置	・技術的対策の実効性の確保	
	C.適正技術・手法開発の支援施策	・適正技術の開発・普及	・住民支援の仕組確保
	D.現状把握・予測・モニタリング ・危険地域のモニタリング制度の導入	・早期予防的対策の可能性確保	
c.人材育成	A1.人間活動の制限/改善 ・地域住民、自治体の啓発 A2.要因となる活動の代替 ・新手法定着のための教育・啓発		・地域住民の砂漠化要因と対策への理解
	B1.脆弱な土地の保全 ・管理組織の運営指導 B2.荒廃地の回復 ・適正樹種に関する教育・啓発 ・管理組織の運営指導		
	C.砂漠化現象への適応 ・地域に適した植林手法の指導		
	D.現状把握・予測・モニタリング ・必要性の理解に関する啓発		

5. 本研究により得られた成果

（1）砂漠化研究の総合化

砂漠化研究の総合化については、モデリングアプローチがその有効な手法の一つと考え、既往の砂漠化モデルをレビューした結果、砂漠化の要因、結果、影響のプロセスを包括的に扱ったモデルは開発されていないことが判明した。

そこで、一連の砂漠化プロセスを総合的かつ定量的に把握するための「砂漠化統合モデル」の

フレームワークとそのモデリングの方法について検討した。モデル開発は村落スケールと地域スケールの二つの空間レベルを設定した。村落レベルモデルでは、独自の詳細な調査データを基礎に、人間活動(社会経済)モジュールと生物生産モジュールを中心として、生物資源の生産とその利用(需給バランス)を定量的に表現するモデルの開発が必要である。地域レベルモデルでは、統計資料等を活用して、現在、UNCCD の CST で行われている砂漠化の基準・指標のアプローチとリンクさせたモデル開発を行う必要がある。

また、これまでの砂漠化研究をレビューした結果、生物生産の需要供給バランスや、生産力変化の経済的評価に関する研究が手薄であることが判明した。統合的な砂漠化モデルの開発にあたって、これらの点については独自のデータ収集を行うことも視野に入れながら、研究を推進していく必要がある。

(2) 砂漠化防止技術の体系化

技術分類マトリクス、および技術評価マトリクスを用いて、様々な要件を有する砂漠化対策技術を共通の項目で体系化する手法を検討した。

総合指標の一例として、対策技術の普及可能性に関して、分布図を用いてその評価を行った。また、気候・砂漠化現象等の地域の条件により、望ましいと考えられるコアセットメニューの抽出を試みた。

本調査では、既存の文献レビューを主体に対策技術の評価を試みた。また、検討した対策プロジェクトの成否に関する評価は、文献等から得られる対策当事者による評価が大部分を占めている。今後は、より多くの事例を収集・整理してデータベース化を進めることが望まれる。特に、コアセットメニューを気候条件や砂漠化の現象(問題)ごとに確立するには、より多くの評価事例が必要とされる。サブテーマ担当者の調査対象地域を含め、砂漠化対策が現在進行している地域に関する解析、および、すでに終了した対策の成否に関する第三者機関による評価の解析等を継続的に蓄積することにより、適切なコアセットメニューの提案や、評価システムの改良等を行うことが必要とされる。

6. 引用文献

- 1) Grunblatt, J., Ottichilo, W. K. and Sinange, R. K. : GIS approach to desertification assessment and mapping. *Journal of Arid Environments*, 23, 81-102 (1992)
- 2) Mouat, D., Lancaster, J., Wade, T., Wickham, J., Fox, C., Kepner, W. and Ball, T. : Desertification evaluated using an integrated environmental assessment model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 48, 139-156 (1997)
- 3) Proctor, J.D. : The limits to growth debate and future crisis in Africa: a case-study from Swaziland. *Land Degradation & Rehabilitation*, 2, 135-155 (1990)
- 4) Matsuoka, Y., Kainuma M. and Morita, T. : Scenario analysis of global warming using the Asian Pacific Integrated Model (AIM). *Energy Policy*, 23(4), 357-371 (1995)
- 5) 茅陽一監修, 地球環境産業技術研究機構編著 : 「CO₂削減戦略 : 地球を救うシナリオ」, 東京 : 日刊工業新聞社. 217pp (2000)

- 6) Hiraga, Y. and Matsumoto, S. : Perspectives to survive in the next century food production and population change in the 21th century. *Journal of Arid Land Studies*, 3, 83-99 (1993) (in Japanese with English abstract)
- 7) Nishida, K. and Shibata, K. : Monitoring of desertification and possibility for agro-farming-forestry development. *Journal of the Japanese Society of Irrigation Drainage and Reclamation Engineering*, 63, 483-488 (1995)
- 8) Anantha, R. K., Bhati, G. N. and Goyla, D. : The economics of cooking energy scenario in arid Rajasthan, *Annals of Arid Zone*, 29 (4), 333-338 (1990)
- 9) Mwandosya, M. J. and Luhanga, M. L. : An analytical model for a biomass system. *Energy*, 10, 1023-1028 (1985)
- 10) Amacher, G. S., Hyde, W. F. and Joshee, B. R. : Joint production and consumption in traditional households: fuelwood and crop residues in two districts in Nepal. *The Journal of Development Studies*, 30 (1), 206-225 (1993)
- 11) Heltberg, R., Arndt, T. C. and Sekhar, N. U. : Fuelwood consumption and forest degradation: A household model for domestic energy substitution in rural India. *Land Economics*, 76 (2), 213-232 (2000)
- 12) Kidane, A. : Demand for energy in rural and urban centres of Ethiopia. *Energy Economics*, 13, 130-133 (1991)
- 13) Bluffstone, R. A. : The effect of labor market performance on deforestation in developing countries under open access: an example from rural Nepal. *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, 42-63 (1995)
- 14) 崔翥紅 : 中国南方土地退化基本態勢及其防治対策. *Proceedings of International Workshop on Land Use System for Combating Land Degradation in East Asia*, 145-152 (1995)
- 15) 福原道一 : 東アジアにおける土地荒廃. *Proceedings of International Workshop on Land Use System for Combating Land Degradation in East Asia*, 5-10 (1995)
- 16) Bowers, J. E. : Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? *Journal of Arid Environment*, 45 (3), 197-205 (2000)
- 17) Ohkuro, T., Nemoto, M., Lu, X., Xu, B. and Liu, X. : Ecological characteristics of three native species, grown in semi-arid grassland in Eestern Inner Mongolia, China. *Proceedings of the Japan-China International Symposium on the Study of the Mechanism of Desertification*, 440-445 (1994)
- 18) Yao, H. : Inparting new technique of afforestation to solute difficult problem in ecological construction. *Inner Mongolia Forestry Science and Tecnology*, 2, 4-7 (2000)
- 19) Li, A., Zhang, G., Wang, X., Li, S. and Shi, D. : Preliminary report on biological characterstics and reproduction techniques of medical plant - *Zizihus jujuba* var. *spinosa* Hu. *Inner Mongolia Forestry Science and Tecnology*, 2, 29-32 (2000)

- 20) 大黒俊哉 : 中国北東部の草原地域における放牧活動が土地・植生の退行及び荒廃に及ぼす影響. 東京大学大学院農学生命科博士論文, 178pp (1997)
- 21) Manzano, M. G. and Navar, J. : Processes of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipan thornscrub (matorral) in north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environment*, 44 (1), 1-17 (2000)
- 22) Zhang, T., Ohkuro, T., Li, S., Zhao, H. and Shirato, Y. : Effect of fertilising and watering on grass biomass of sandy grassland in the Horqin Sandy Land, China. *Proceedings of Japan-China Workshop on Land Evaluation of Prevention and Remedies for Desertification*, 45-50 (1998)
- 23) Jiang, D. and Kou, Z. : Control of moving sand dune and restoration of vegetation in Wulanaodu Region. *Proceedings of International Workshop on Land Use System for Combating Land Degradation in East Asia*, 153-164 (1995)
- 24) Shi, M., Tanaka, Y. and Zhao, H. : Sustainable development of land use and farming system for combating desertification in Horqin Sandy Land: A case study on Naiman Banner, Inner Mongolia, North China. *Proceedings of Japan-China Workshop on Land Evaluation of Prevention and Remedies for Desertification*, 79-92 (1998)
- 25) 田中洋介・石敏俊・李桂森 : 華北における立体農業開発. *Proceedings of International Workshop on Land Use System for Combating Land Degradation in East Asia*, 49-64 (1995)
- 26) 石敏俊・田中洋介・趙哈林 : 農牧地域における土地利用の展開と砂漠化問題－中国・ホルチン砂地の事例－. *筑波大学農林社会経済研究*, 15, 1-26 (1998)
- 27) Badri, M. A. and Hamed, A. I. : Nutrient value of plants in an extremely arid environment (Wadi Allaqi Biosphere Reserve, Egypt). *Journal of Arid Environment*, 44 (3), 347-356 (2000)
- 28) 石川祐一・松本聡 : 乾燥地・半乾燥地における太陽熱を用いた水資源の開発に関する研究. *日本沙漠学会公演要旨集*, 7, 7-8 (1996)
- 29) 村井資長 : 砂漠緑化への途. 早稲田大学出版部, 東京, 213pp. (1995)
- 30) 飯野福哉・定方正毅・青木正則・新田義孝・松本聡 : 脱硫装置からの石膏と石炭灰を用いたアルカリ土壌の改良. *日本エネルギー学会誌*, 76 (2), 119-124 (1997)
- 31) Shirato, Y., Taniyama, I., Zhang, T. and Zhao, H. : Land degradation and soil properties in Naiman, Inner Mongolia, China. *Proceedings of Japan-China Workshop on Land Evaluation of Prevention and Remedies for Desertification*, 35-44 (1998)
- 32) Jonson, A. R., Turner, S. J., Whitford, W. G., Soyza, A. G. and Vanzee, J.W. : Multivariate characterization of perennial vegetation in the northern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environment*, 44 (3), 305-325 (2000)
- 33) Fu, B. and Chen, L. : Agricultural landscape spatial pattern analysis in the semi-arid hill area of the Loess Plateau, China. *Journal of Arid Environment*, 44 (3), 291-303 (2000)
- 34) Vilela, A. E. and Ravetta, D. A. : The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environment*, 44 (4), 415-423 (2000)
- 35) Dahlberg, A. C. : Vegetation diversity and change in relation to land use, soil and rainfall - a case study from North-East District, Botswana. *Journal of Arid Environment*, 44 (1), 19-40 (2000)

- 36) Shiraishi, K. : Planning a comprehensive development strategy for areas under desertification and estimation. Proceedings of Japan-China Workshop on Land Evaluation of Prevention and Remedies for Desertification, 69-78 (1998)
- 37) Jiang, D. and Bao, X. : On coordination development between forest ecological environment system and social economy system. Inner Mongolia Forestry Science and Tecnology, 2, 12-15 (2000)
- 38) Zhang, X., Dong, S. and An, L. : Preliminary discussion on setting up accounting computerization system in Inner Mongolia Forestry System. Inner Mongolia Forestry Science and Technology, 2, 47-50 (2000)
- 39) Yu, W. : Grasping the China's west wide open to speed up the construction of small cities and towns in our region. Inner Mongolia Forestry Science and Technology, 2, 43-46 (2000)
- 40) Hui, S. and Mingan, S. : Soil and water loss from the Loess Plateau in China. Journal of Arid Environment, 45 (1), 9-20 (2000)
- 41) Zoebl, D. : Patterns of input-output relations in agro-ecosystems. Agricultural, Ecosystems and Environment, 79, 233-244 (2000)
- 42) 藤原靖他 : ブルキナ・ファソ国における地下ダムを用いた砂漠化防止への取組み, 地球環境, 5 (1&2), 63-71 (2000)
- 43) (財) 地球・人間環境フォーラム : 砂漠化防止対策推進支援調査, 113pp. (1996)
- 44) 森本一生 : アフリカの砂漠化防止の現状と課題ー西アフリカ・ニジェールの場合ー, 国際農林業協力, 22(10), 11-18 (2000)
- 45) 砂漠化・土地荒廃防止検討委員会 : 砂漠化及び土地荒廃の防止に関する調査報告書 (概要版), 54pp. (1998)
- 46) 鶴岡敬三 : サヘル地域の砂漠化防止対策ー JGRC の試みー, 開発学研究, 11 (1), 15-20 (2000)
- 47) UNDP : Human Development Report. pp. 141-144, pp. 174-177 (2001)

[国際共同研究等の状況]

本研究は文献等のレビューを中心としたものであるが、特に、砂漠化対策技術のアンケート調査は、砂漠化対処条約事務局に登録されている各国の専門家や国際 NGO の代表者等に送っており、これらの方々から貴重な意見等を得た。

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表

- ① K. Tachiiri, K. Takeuchi and A. Tsunekawa : In: R.B. Singh and S. Murai Eds. Space Informatics for Sustainable Development. New Delhi: Oxford & IBH, p 255, 177-184 (1998)
 "The present status, potential and limits of simulation models of desertification."

- ② A. Kar, A. Tsunekawa and T. Miyazaki : Quaternary Deserts and Climatic Change (Proceedings of the International Conference on Quaternary Deserts and Climatic Change, (Alsharhan A.S., Glennie K.W., Whittle G.L. and Kendall C.G.S.T.C. Eds.), Al Ain, United Arab Emirates, December 9-11, Rotterdam: Balkema, 433-438 (1998)
"Potentiality of global positioning system in sand dune measurement: A case study from the Thar desert, India."
- ③ 恒川篤史、武内和彦、立入郁：「生物資源の持続的利用」(武内和彦・田中 学編, pp284), 岩波書店, 東京, 59-95 (1998)
「土地荒廃と生物資源の持続的利用」
- ④ K. Tobe and K. Omasa : Journal of Agricultural Meteorology, 55 (2), 155-163 (1999)
"Leaf age dependence of chlorophyll fluorescence parameters in water-stressed leaves of *Phaseolus vulgaris* L."
- ⑤ K. Tobe, L. Zhang and K. Omasa : Seed Science and Technology, 27 (3), 851-863 (1999)
"Effects of NaCl on seed germination of five nonhalophytic species from a Chinese desert environment."
- ⑥ B. Zhu, M. Gao, G. Liu, R. Liu and A. Tsunekawa : Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation 5 (3), 33-37 (1999) (in Chinese with English abstract)
"Weathering erosion and environmental effects of purple shale."
- ⑦ A. Tsunekawa : Proceedings of 1999 NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land-use and Land-cover Changes Studies in East Asia, Tsukuba, Japan, (K. Otsubo Ed.), January 25-27, 1999). Tsukuba: Center for Global Environmental Research. Report; CGER-I036-'99. p. 222-226 (pp. 293) (1999)
"Monitoring of biological land productivity and evaluation of its sustainability."
- ⑧ 大政謙次、恒川篤史、町田 聡、吉岡正泰：地球環境, 4 (1&2), 105-113 (1999)
「気候変動によるアジア・太平洋地域の植生分布の将来予測に関する研究」
- ⑨ K. Anantha Ram, A. Tsunekawa, D.K. Saha and T. Miyazaki : Journal of Arid Environment, 41, 463-477 (1999)
"Subdivision and fragmentation of land holdings and their implication in desertification in the Thar Desert, India."
- ⑩ 安部和子、朱 波、恒川篤史、武内和彦：農村計画論文集, 1, 169-174 (1999)
「中国四川省の農村における土地被覆変化と生物資源利用」
- ⑪ G.Y. Qiu, K. Tobe, H. Shimizu and K. Omasa : Journal of Arid Land Studies, 10 (4), 269-273 (2000)
"The fundamental strategies of Chinese government for the implementation of the United Nations Convention to combat desertification."
- ⑫ K. Tobe, X. Li and K. Omasa : Annals of Botany, 85 (3), 391-396 (2000)
"Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae)."

- ⑬ K. Tobe, X. Li and K. Omasa : Australian Journal of Botany, 48 (4), 455-460 (2000)
 "Effects of sodium chloride on seed germination and growth of two Chinese desert shrubs, *Haloxylon ammodendron* and *H. persicum* (Chenopodiaceae)."
- ⑭ 恒川篤史,「農学・21世紀への挑戦(東京大学大学院農学生命科学研究科編著, pp223)」,
 世界文化社, 東京, 18-23 (2000)
 「衛星リモートセンシングによる植生モニタリング」
- ⑮ A. Tsunekawa and H. Shimizu: Proceedings of the Workshop of the Asian Regional Thematic Programme Network on Desertification Monitoring and Assessment (TPN1), June, 2000, Tokyo (p 251). Bonn: The Secretariat of United Nations Convention to Combat Desertification. 44-55 (2000)
 "Methodologies of desertification monitoring and assessment."
- ⑯ A. Tsunekawa, H. Shimizu and T. Suhamu : Conference of the Parties to the United Nations Convention to Combat Desertification (COP4), Bonn, December 11-22, 2000. p 7 (2000)
 "Desertification monitoring and assessment based on biological productivity as a key indicator."
- ⑰ G.Y. Qiu, K. Tobe, H. Shimizu and K. Omasa : Journal of Arid Land Studies, 11(1), 45-52 (2001)
 "The effect of straw checkerboard on the sand dune fixation and its application in China."
- ⑱ G.Y. Qiu, Y. Gao, H. Shimizu, K. Tobe and K. Omasa : Journal of Arid Land Studies, 11(1), 63-70 (2001)
 "Study on the changes of plant diversity in the established communities for rehabilitation of desertified land."
- ⑲ K. Tobe, L. Zhang, G.Y. Qiu, H. Shimizu and K. Omasa : Journal of Arid Environments, 47 (2), 191-201 (2001)
 "Characteristics of seed germination of five non-halophytic Chinese desert shrub species."
- ⑳ G.Y. Qiu, H. Shimizu, K. Tobe, Y. Gao and K. Omasa : Journal of Arid Land Studies (in press)
 "Use of vegetation as an indicator of desertification and its applicability in remote sensing."

(2) 口頭発表

- ① 戸部和夫、張 利平、大政謙次：第45回日本生態学会大会(1998)
 「中国の砂漠植物の種子発芽」
- ② A. Tsunekawa : Workshop on Regional Research Cooperation to Combat Desertification in Asia, March, 1999, Tokyo (1999)
 "Research activities in Japan relevant to desertification monitoring and assessment."
- ③ 戸部和夫、李 小明、大政謙次：第46回日本生態学会大会(1999)
 「中国の砂漠地域に生育する2植物種の種子発芽および生育におよぼすNaClの影響」
- ④ 恒川篤史：世界砂漠化・干ばつ対処の日 記念セミナー, 1999年6月, 大阪(1999)
 「砂漠化とは何か～科学の目からみた砂漠化のメカニズム」

- ⑤ G.Y. Qiu, K. Tobe and H. Shimizu : International Workshop on Biodiversity Research and Information in Asia and Oceania. March, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Variation of plant diversity in the established community for combating desertification."
- ⑥ A. Tsunekawa and H. Shimizu: The Workshop of the Asian Regional Thematic Programme Network on Desertification Monitoring and Assessment (TPN1), June, 2000, Tokyo (2000)
"Methodologies of desertification monitoring and assessment."
- ⑦ G.Y. Qiu, H. Shimizu, K. Tobe and Y. Gao : The Workshop of the Asian Regional Thematic Programme Network on Desertification Monitoring and Assessment (TPN1). June, 2000, Tokyo (2000)
"Use of vegetation as an indicator of desertification and its applicability in remote sensing."
- ⑧ G.Y. Qiu, K. Tobe and H. Shimizu : The 43rd Symposium of the International Association for Vegetation Science. July, 2000. Nagano, Japan, (2000)
"The succession of planted communities in Tengeri desert in relation to root distribution and soil water status."
- ⑨ K. Tobe, X. Li, G. Qiu, H. Shimizu and K. Omasa : The 43rd Symposium of the International Association for Vegetation Science, July, 2000. Nagano, Japan, (2000)
"Effects of NaCl on seed germination and early seedling growth of three species from a Chinese desert region."
- ⑩ G.Y. Qiu, L. Okushima, S. Sase, K. Tobe and H. Shimizu : Annual Meeting of the Society of Agricultural Meteorology of Japan, 300-301 (2000)
"A study on acoustic emission and water stress of tomato plant."
- ⑪ H. Shimizu : International Symposium: Integration and Regional Researches to Combat Desertification — Present State and Future Prospect — The 16th "Global Environment Tsukuba", December, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Synthetic studies on the evaluations of desertification and the technologies for desertification control."
- ⑫ A. Tsunekawa and H. Shimizu : International Symposium: Integration and Regional Researches to Combat Desertification — Present State and Future Prospect — The 16th "Global Environment Tsukuba", December, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Integrated modeling approach for desertification monitoring and assessment."
- ⑬ M. Fujimori, K. Yamada, and H. Shimizu : International Symposium: Integration and Regional Researches to Combat Desertification — Present State and Future Prospect — The 16th "Global Environment Tsukuba", December, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Systematic identification and categorization of desertification/land degradation control technologies."
- ⑭ G.Y. Qiu, H. Shimizu, K. Tobe, and Y. Gao : International Symposium: Integration and Regional Researches to Combat Desertification — Present State and Future Prospect — The 16th "Global Environment Tsukuba", December, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Plant as desertification indicators in Mu Us sandy land."

- ⑮ Y. Gao, H. Shimizu, K. Tobe, and G.Y. Qiu : International Symposium: Integration and Regional Researches to Combat Desertification — Present State and Future Prospect — The 16th "Global Environment Tsukuba", December, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Vegetation indicators of grazingland desertification."
- ⑯ K. Tobe, L. Zhang, X. Li, H. Shimizu and K. Omasa : International Symposium: Integration and Regional Researches to Combat Desertification — Present State and Future Prospect — The 16th "Global Environment Tsukuba", December, 2000. Tsukuba, Japan (2000)
"Seed germination of Chinese desert plants distributed at locations differing in the degree of desertification. "

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし