

G-1. 砂漠化と人間活動の相互影響評価に関する研究

(3) 砂漠化と人間活動の相互影響評価に関する国際比較研究

研究代表者 国立環境研究所 宮崎 忠国

環境庁 国立環境研究所

地球環境研究グループ	森林減少・砂漠化研究チーム	宮崎忠国
生物圏環境部	上席研究官	古川昭雄
社会環境システム部	情報解析研究室	安岡善文
水圏環境部	土壌環境研究室	恒川篤史
	地下環境研究室	木村 強
地球環境研究センター	研究管理官	大坪國順
(委託先)	東京都立大学	門村 浩
	(株) パシフィックコンサルタンツ	山田和人・藤森真理子

平成4-6年度合計予算額 34,983千円

(平成5年度予算額 12,932千円)

[要旨] 砂漠化と人間活動の相互影響に関して国際比較をおこない、各地域で共通してみられる一般性・普遍性と、逆にその地域だけにみられる固有性・特殊性をあきらかにすることを目的として、インド、中国、タイ、カザフスタン、ケニア、ニジェール、カメルーンにおいて現地調査をおこない、各地域でみられる砂漠化プロセスの概要を把握した。さらに国連で現在すすめられている「ミニマムデータセット」の手法を参考にして砂漠化国際比較指針を作成した。平成5年度にはインド・ジョドプールを事例としてこの比較指針を適用し、その妥当性を検証した。平成6年度には、比較指針を若干修正の後、他の地域に適用し、最終的にその資料をもとに砂漠化と人間活動の相互影響に関して国際比較を行った。

[キーワード] 国際比較、砂漠化条約、ミニマムデータセット、インド、中国

1. 序 -国際比較の視点-

砂漠化の問題を他の地球環境問題、たとえば地球温暖化や、酸性雨、オゾン層の破壊などと比較すると、砂漠化問題は、地域によって多様であり、地域ごとの固有性・特殊性を強くもつという点に大きな特徴がある。すなわち、砂漠化問題は以下のような特徴をもつ。

- 1) 砂漠化をひきおこす条件・背景が地域によって多様である。
- 2) 砂漠化のメカニズムが地域によって多様である。
- 3) 砂漠化が人間生活に及ぼす影響が地域によって多様である。

そしてこのような砂漠化問題の地域多様性は、客観的・普遍的な砂漠化評価の難しさの一因ともなっている。したがって、この研究では以下の2点を考慮しつつ、砂漠化と人間活動との相互影響に関して国際比較をおこなうこととする。

- 1) 地域間で共通の、一般性・普遍性はなにか。
- 2) 逆にその地域の固有性・特殊性はなにか。

2. ミニマムデータセットの考え方

現在、国連の砂漠化防止策に関する専門家会議では、アフリカのボツワナ、ウガンダ、チュニジア、マリおよびいくつかのサブリージョナルな地域を対象として、その砂漠化の現状を評価するために、以下のようなミニマムデータセットを作成している。これは砂漠化条約締結をうけて作成される砂漠化防止のための国別行動計画を策定する際の基礎資料となるものである。

Climate Variables :

Albedo, rainfall, air temperature, air humidity, wind velocity,
dust storms.

Soil and water variables :

Groundwater, major surface waters, wind erosion, water erosion,
soil salinization, waterlogging, soil compaction and sealing

Vegetation variables :

Plant species composition, woody biomass, fodder biomass,
disappeared plant and animal species

Land-use variables :

Land-use system, land-tenure system, changes in land use,
structure of sown areas, yield of major staple crops,
composition and number of livestock, animal pressure

Socio-economic variables :

Human population, population changes, seasonal and annual human migration,
infant and adult mortality rates, length of life, human disease status,
per capita income, income distribution, sources of income,
market prices of key food stuffs, energy availability and prices

このミニマムデータセットは、先に述べた普遍的指標と同様の考え方と思われる。さらに地域固有の性格を評価するためには、アディショナルデータセット（固有的指標）が必要になる。また、項目としては一応、網羅的にあげられてはいるが、その定量的・客観的基準、測定方法は、不明確である。そこで、本国際比較研究では、このミニマムデータセットの項目を参考にしつつ、できる限り、定量的・客観的基準（砂漠化指標）の採用につとめたい。

3. 国際比較研究の方法

1) 対象地域

比較の対象とする地域としては、サブテーマ (1) で対象としているインド、(2) で対象としている中国を含むアジア地域とし、乾燥度からみた気候区分を軸として、表 1 に示すような地域を選んだ。さらに、アフリカからいくつかの地域を選び、アジア地域との比較をおこなった。すなわちケニア北部、ニジェール・ブルキナファソ、カメルーン北部を選定した。対象地域の広がりとしては、それぞれ 100km × 100km 程度とし、比較的均質な空間を対象とした。各地点の緯度

表1 比較対象地域と砂漠化の態様（アジア地域）

地域	気候区分	伝統的土地利用	砂漠化の態様
インド(ジャaisalmer)	極乾燥	遊牧	灌漑農地における塩性化
中国(新疆)			
インド(シヨトプー)	乾燥	遊牧・牧畜・降雨依存農業	過放牧による砂の移動・風食・草地荒廃
カサフスタン(イリ川集水域)			
中国(東北部)	半乾燥	牧畜	砂の移動・草地荒廃・森林荒廃・水食
中国	半湿潤	降雨依存農業	森林荒廃
タイ(南部)	湿潤	降雨依存農業・林業	森林荒廃
中国(東部・蘭溪)			

表2 対象地域の位置

Region	Country	Latitude	Longitude	Altitude
Marsabit	Kenya	2.500N	37.000E	1219m
Laikipia	Kenya	0.167N	37.167E	1554m
Machakos	Kenya	1.333S	37.500E	1624m
Emali	Kenya	2.167S	37.500E	1000m
Amboseli	Kenya	2.583S	37.167E	
Voi	Kenya	3.417S	38.583E	
Niamey	Niger	13.500N	2.167E	223m
Torodi	Niger	13.000N	1.667E	209m
Keita Valley	Niger	14.750N	5.833E	386m
Yake	Burkina Faso	13.000N	1.500W	316m
Ouahigouya	Burkina Faso	13.500N	2.500W	337m
Moroua	Cameroon	10.667N	14.333E	423m
Kousseri	Cameroon	12.000N	15.000E	295m
Khon Kaen	Thailand	16.430N	102.830E	165m
Naryn	Kazakh	41.430N	76.000E	
Jaisalmer	India	26.900N	70.917E	
Jodhpur	India	26.300N	73.020E	217m
Wulanchabu	China	43.333N	119.650E	
Lanxi	China	29.250N	119.450E	

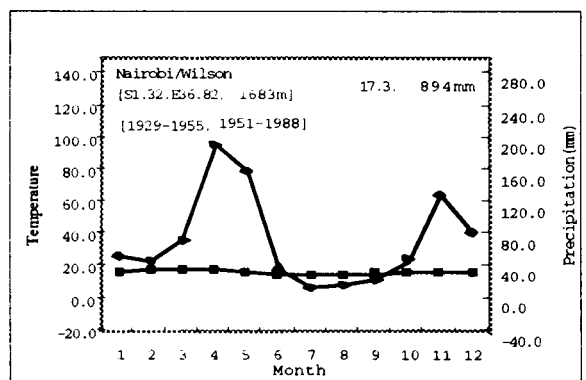
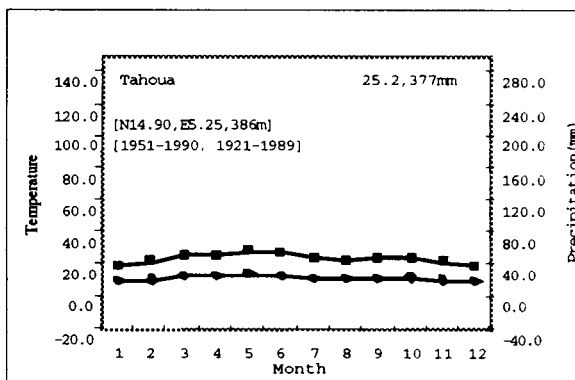
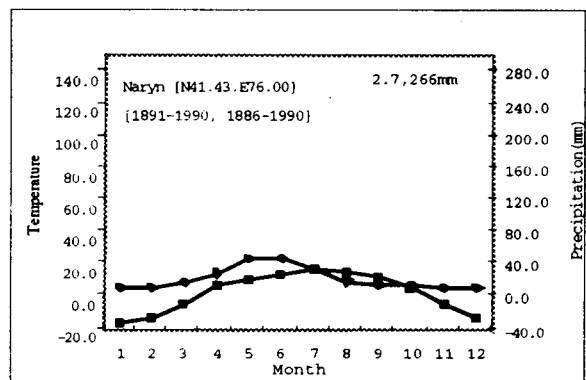
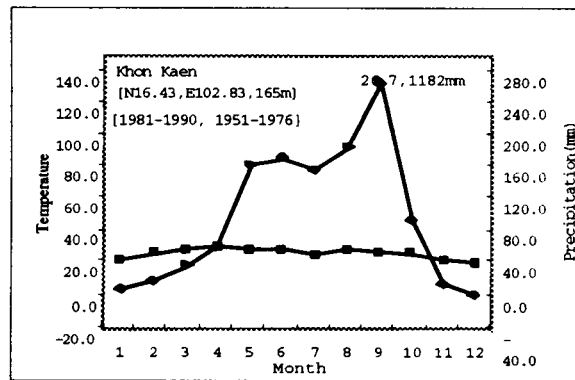
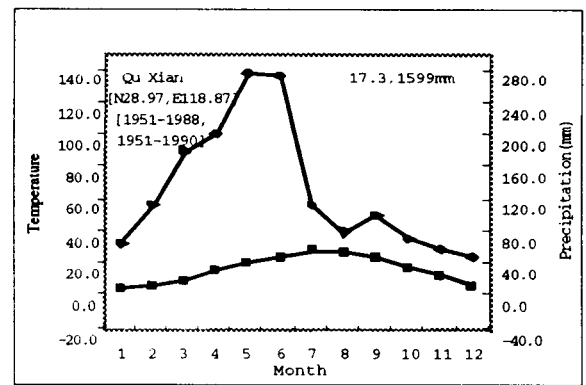
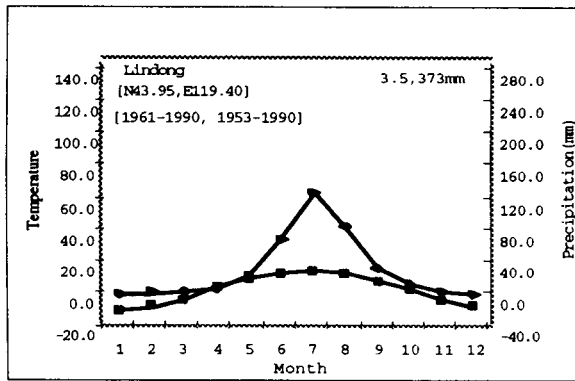
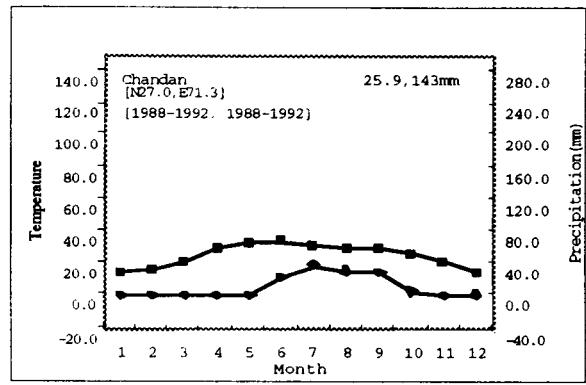
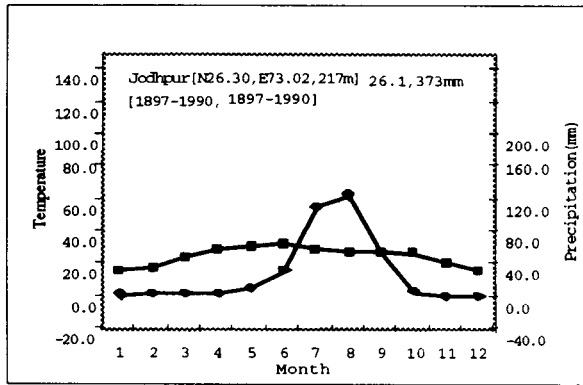


図1 気候ダイアグラム

経度を表2に示す。

2) 対象とする砂漠化現象

土地利用的には放牧地、降雨依存農地、灌漑農地を主な対象とした。砂漠化の態様としては、土壌侵食（風食・水食）、塩性化、植生荒廃などを対象とした。

3) 気候条件

各対象地域の気候条件を明らかにするため、Global Historical Climate Network (GHCN) のデータを用いて、解析を行った。このデータには、各月の降水量および気温が含まれており、それを平均して各地点の気候ダイアグラムを作成した（図1）。また過去100年程度の降水量のトレンドを分析した（図2）。

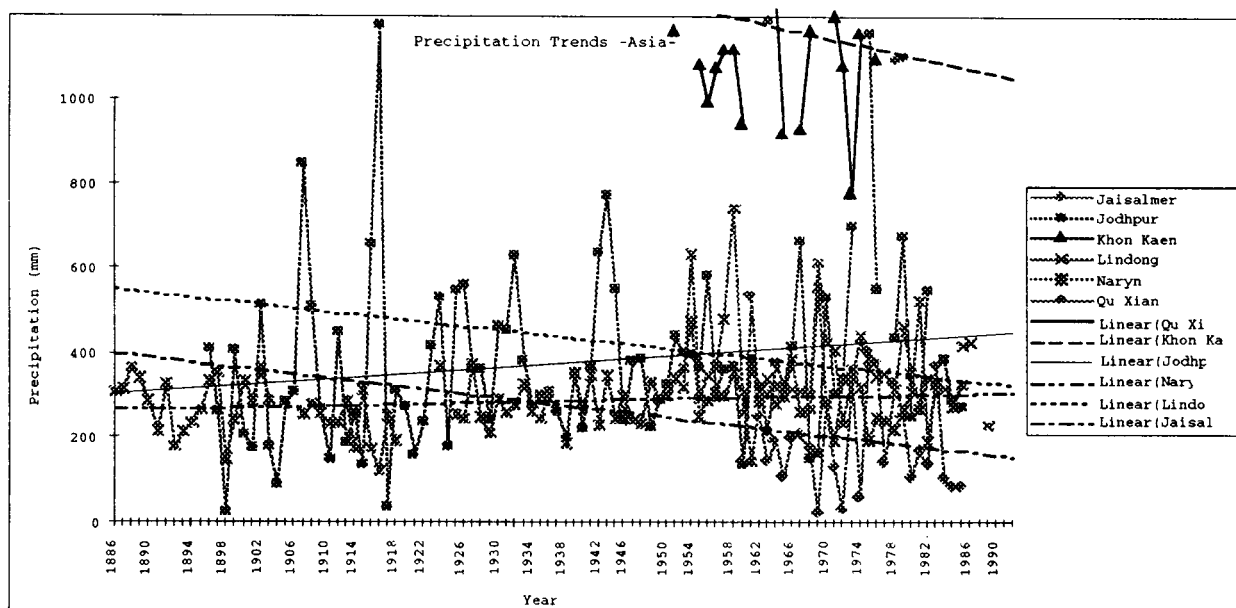


図2 降水量のトレンド（アジア地域）

4. 比較対象地域における砂漠化の概要

本研究では、サブテーマ(1)で対象としているインド、(2)で対象としている中国に、タイ、カザフスタン、ケニア、ニジェール、カメルーンを加えた7カ国において現地調査をおこなった。この調査結果によると、各地域の砂漠化の概要は以下のようなものである。

(1) インド

調査対象地域とした西ラジャスタンでは、全面積の約11%が砂漠化の影響を受けており、このうち約4.3%はすでに砂漠化している。砂漠化の原因としては、不規則な降雨、砂嵐、風食、水食などによる砂の移動、塩類集積などのほか、都市化、廃棄物による土壌汚染、観光開発、遺跡の発掘などさまざまな要因が互いに影響しあっている。

(2) 中国

1) 蘭溪

蘭溪市は、中国東部、浙江省中部の盆地地域にあり、その周辺では気候的・社会的・地質的要

因により、「紅色沙漠」とよばれる砂漠化が広範囲にすすんでいる。中国東南部においては、水食作用による砂漠化面積は19.7平方キロメートルにもものほり、その大部分は「紅色沙漠」とよばれる赤色土系地質の沙漠である。

1950年代におこなわれた大規模な伐採の後、丘陵地や斜面

地において砂漠化がはじまった。傾斜の緩やかな地形、および礫層の露出した地形などでは、人為圧が少ない場合は比較的植生が回復しやすい。しかし、肥料、飼料、燃料などのために木材や草本が伐採されるため、植生の回復が妨げられている場合が多い。

また砂漠化対策のひとつとして「象湖（シャンフー）生態村」の事例が興味深い。ここでは人間、家畜の尿尿を蓄積、発酵させることにより、メタンを発生させ、調理、照明に利用し、過伐採の抑制に効果をあげている（図3）。

2) 内モンゴル・クルチン砂地

調査は、クルチン砂地の中心部にある瀋陽応用生態研究所・ウランホト実験所を拠点にその周辺でおこなった。ウランホトの年降水量は300~400mmで、その約70%が夏季に集中する。古くから人間活動による植生の退行はみられたが、砂丘再活動を中心とする大規模な土地の退行を引き起こされたのは、1950年代以降のことであるらしい。この主たる原因は二つ考えられている。

第一は、樹木の伐採である。1950年代の後半に、毛沢東が「大躍進」政策をかかげて、製鉄のための樹木の伐採を奨励した。ウランホト一帯では、貯水池をつくる際に労働者の燃料をまかなうために大量の樹木が伐採された。

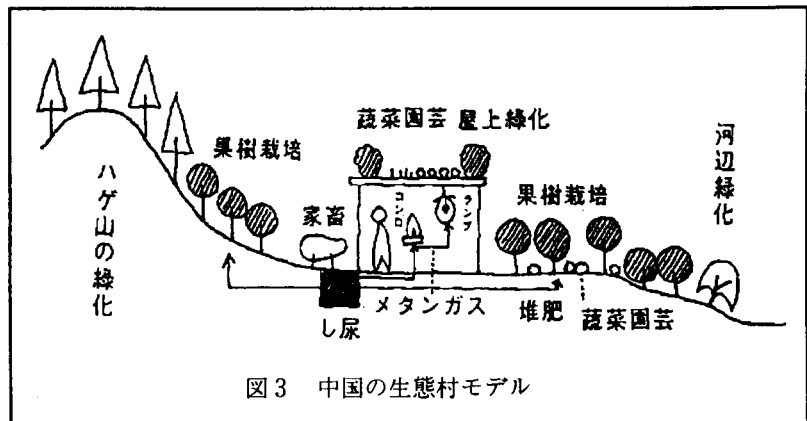
第二は、家畜の増加にともなう植生の破壊である。ウランホトを含む3集落の人口は、1950年代の約200人から約1300人へと増加した。それにつれて、家畜の頭数も約2000頭から70,000頭へと急激に増加した。家畜、とくにヤギは、ヨモギ等苦手なものをのぞいて植物を根こそぎ食べてしまうため、植被は薄くなってしまった。

流動砂丘は、典型的なバルハン砂丘の形態を示し、東南東の方向に移動している。流動砂丘の高さは15mにもなり、風下側に急斜面が形成される。砂丘の移動は毎年7~8mに達し、道路が砂丘に埋没することもしばしばである。

そこでウランホト実験所は、道路沿いの飛砂を防止するためフェンスを設けて家畜の放牧を禁止した。その結果、顕著な植生の回復がみられた。

(3) タイ

調査対象としたのは、南タイ、中央タイ、東北タイ、北タイの4地域である。南タイにおける砂漠化は、主として錫鉱山跡地の砂礫堆積物に生じている。中央タイでは薪炭材の過伐採による土壤のラテライト化が主因であり、東北タイでは風化堆積物を母材とした土壤の焼き畑による生



産性低下、灌漑による塩類集積、土壌侵食が砂漠化を引き起こしている。

それぞれの地域において、アグロフォレストリーを中心とした土地の生産性回復の試験がおこなわれた。その結果、ユーカリ、キャッサバの栽培、チガヤによるマルチなどがラテライト化の防止、土壌養分の保持、土壌流出の防止などに有効であるとの結果が得られた。

(4) カザフスタン共和国

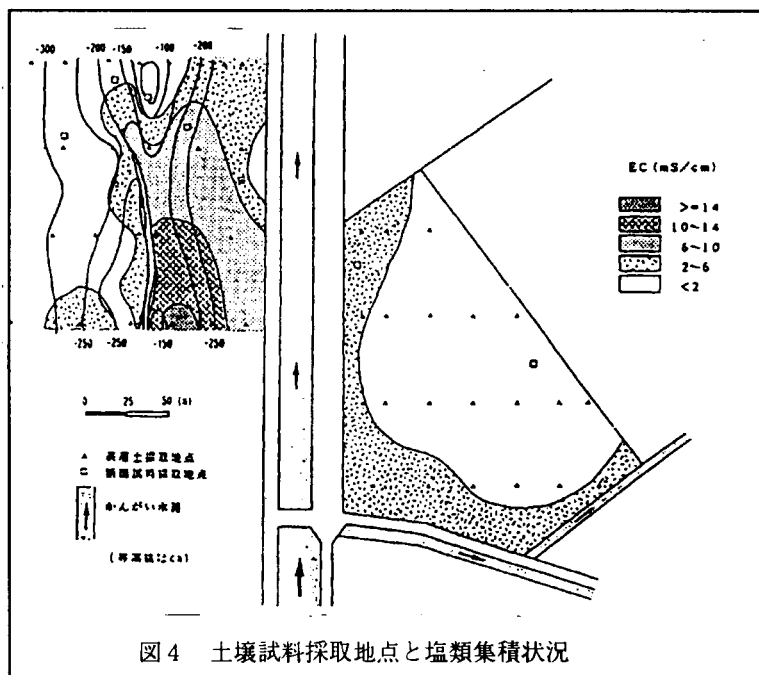
北部および中央アジアにおいて塩類集積土壌は約 200 万 km² を占め、その面積は地球上に存在するそれらの土壌の約 20% に該当する。旧ソ連は 1960 年代から中央アジア地域において、アラル海やバルハシ湖等の内陸湖沼に流入する河川から灌漑水路を砂漠地域に引き込み、水稻や綿花栽培を目的とした大規模灌漑農業を開始し現在に至っている。開始当時は砂漠を緑にする世紀の大事業としてもはやされたが、近年、内陸湖沼の水位低下や農耕地の塩類集積およびそれともなう農民の健康被害が報告されはじめ、史上最大規模の環境破壊という声すらあがるようになってきている。また中央アジア地域で約 100 万 ha の耕地が不適切な灌漑農業の実施により失われ、カザフスタン地域の灌漑農地の 60~70% で作物収量が塩害のため 30~33% 低下したと報告されている。

調査の結果、以下のことがあきらかとなった。

カザフスタン共和国アルマアタ市の北方約 250km に位置するベレケに調査地を設定した。ベレケは天山山脈に源を発するイリ川沿いの沖積低地にあり標高 375m、年間降水量約 150mm、年平均気温 9 度の温帯砂漠気候をもつ。ベレケ農場は 1979 年に開設され、以来 14 年間イリ川からの灌漑水を取り入れることにより水稻—水稻—大麦+アルファルファ—アルファルファの 4 年輪作をおこなっている。調査地周辺の主要な土壌は Gypsiorthids/Calciorthids (Soil Survey Staff, 1992) または Gypsisols/Calcisols (FAO/UNESCO, 1990) に分類される。

調査地の土壌表層における塩類集積状況を電気伝導度(EC)を用いて図 4 のようにあらわすと、塩類集積は灌漑水路の周辺の耕地および未耕地でより進行していることがわかる。耕地でみられた水路周辺の高い塩類濃度は灌漑水の水路からの染み出しにより引き起こされたと考えられる。

さらに土壌層位ごとの試料を採取・分析した結果、土壌断面内の塩類分布から、塩類は自然条件下では本来下層土に蓄積されていたにもかかわらず、灌漑農業を実施した結果、水路からの灌漑水の染み出しにより、蓄積されていた塩類が溶解され、砂漠気候化の強烈な土壌水分の蒸発散による毛管水の上昇にともない土壌表層に移動・集積したものと判断された。



(5) ケニア

1) ケニアにおける砂漠化の概要

ケニア北部のサンプル、バレサ、チャルビ沙漠、ロイエンガラニ（トゥルカナ湖沿岸）の乾燥地域と、乾燥地域内にオアシスのように存在するマルサビット、クラル両山地を踏査し、植生景観の特徴とウシ、ヤギ、ラクダの放牧インパクトによる土地荒廃の現況を把握し、聞き取り調査の結果とあわせて次の予備的成果を得た。調査時の3月前まで顕著な干ばつが続き、家畜の役90%が失われた。家畜を失った牧畜民のなかにはトゥルカナ湖の沿岸に移住して漁民に転身するものがあった。干ばつ時にも湿潤で牧畜民と家畜の格好の「避難場所」となるマルサビット山地の森林では、自然保護地域にもかかわらず、不法な放牧と燃料材の盗伐をおこなうという住民の干ばつ対応行動がとられた。12月以降は気候が一転し、平年なら乾期となる時期に異常降雨が続いたので、木本・草本ともにいっせいに再生ないし萌芽して青々としげり、干ばつと過放牧により生じていた土地荒廃現象の多くが覆い隠されていた。このことは、この地域の植生がなお復元能力を保持していることを示唆する。しかし、人間と家畜のインパクトが集中する集落や水飲み場の周りには、放射状の、また谷壁などの傾斜地には階段状の荒廃裸地が残り、人為インパクトの強弱と地形条件が、「砂漠化」の進退の空間パターンを決める重要な要因となっている。

2) ケニア ASAL 地域における砂漠化とその対策の現状

a) ASAL 地域の国家環境行動計画

ケニアの国土のうち88%は乾燥・半乾燥地域 (Arid and Semi-arid Lands: ASAL) であり、そこには全人口の約25%が住み、家畜の50%が飼育されている。ケニア政府は早くからASAL地域の総合開発に力を入れてきたが、1989年にはマルチセクトラル・アプローチを標榜する乾燥・半乾燥地および荒廃地開拓・開発省を発足させ、3年後の1992年にAgenda21のケニア版ともいべき、第7次国家発展計画の一環としてのASAL開発政策とそれにもとづいたASAL地域環境行動計画を策定した。環境行動計画は、乾燥・半乾燥地域における地方レベルの行動計画を重視したものである。

b) 地方レベルの砂漠化モニタリング・評価・防止プログラム

1989年以来ケニア政府は、UNDP/UNSO（国連開発計画／国連スーダン・サヘル事務所）の協力により、ASALプログラムの一環として、地方レベルの砂漠化モニタリング・評価プロジェクトを実施してきた。その目的は、砂漠化のプロセスを食い止め、生態的限界内で被災地域の生産性を回復するために必要な情報を得ることにある。モニタリングと評価を通して、土地生産性の低下を未然に防ぐとともに、荒廃土地の修復のために適切な対策を決定することを直接の目的としている。砂漠化モニタリングの指標としては、人口動態、土地利用変化、水文環境変化（河川・湖沼の水位）、土壌と植生の変化（定性的・定量的）が取り上げられている。

1989～92年の本プロジェクトの試行フェーズで得られた成果にもとづいて、ケニアASAL地域における砂漠化／土地荒廃の現況を地方別に概観すると表3に示すようになる。

c) ASAL 地域の環境保全・砂漠化対策上の問題点と対策の重点地域

ASAL地域における砂漠化／土地荒廃対策の実施に当たっての、現下の最大の問題は乾燥地域から、より湿潤な地域への人口移動と、それによってもたらされるつぎのような現象である。(a) 燃料材の無差別の伐採、(b) 土地利用パターンの変化、(c) 放牧域の農地化、(d) 家畜頭数の増加とそれにとまらぬ過放牧、(e) 共有地の分割による私有地化、私有地の細分化。また対策の要点

表3 ケニア乾燥・半乾燥地域における地方別土地荒廃の概要(UNDP/UNSO, 1992)

District	Division	おもなインパクトと荒廃現象
Garissa	Modogashu Div.	過放牧による顕著な風食と水食
	Central Div. とその周辺	燃料材としての伐採、とくにTana川沿い
Meru	Nymbeni Hills	新集落の顕著な土壌侵食
	Tharaka Div.	過放牧
Kitui	Tseikuru area	過放牧、樹木伐採
	Kitui Townとその周辺	顕著な土壌侵食
Kajiado	Loitokitok	移住と低生産地域での過剰耕作
	Sultan Hamud	グループランチングと新設集落
Turkana	Turkana湖畔	樹木伐採(魚薫製用材、湖水位変化)
	Turkwelダム	下流域へのインパクト
Kisii	Tabaka Div.	土地細分化、顕著な土壌侵食
	Keroka町域	高人口密度、新居住地、顕著な土壌侵食
Samburu	Wamba Div.	過放牧、顕著な風食・水食
	Loroki Div.	新居住地、高密度野生動物、顕著な侵食

は以下のようにまとめられる。(a) 土壌・水保全、(b) 植林・造林、(c) 飼葉の生産、(d) 荒廃地の植生再生、(e) 家内手工業等の導入による収入増、(f) 地域住民の環境保全意識の啓蒙、(g) 女性参加。

5. 研究対象地域における比較指針の適用

平成5年度には、先に示した「ミニマムデータセット」の方法を参考にして、本研究独自の砂漠化国際比較指針を作成し、ケーススタディとしてインド・ジョドプールを対象に比較指針にそって情報収集・整理作業をおこなった。この作業には、本研究で作成した「砂漠化文献データベース」を活用した。このデータベースには約5800件の論文が収録されており、著者名や、タイトル、キーワードなどで自由に検索することができる。

この情報収集・整理の結果は数十ページからなるレポートにまとめられた。表4にその主要部分を抜粋してとりまとめた。また図5にこの地域の砂漠化のメカニズムに関する概念図を示した。比較指針のうち、十分な情報が得られた項目としては、過去100年程度の月別気温・降水量、植生型とその分布、植生遷移系列、土壌の物理性・化学性、10年ごとの人口データなどである。一方、情報に乏しかったのは、過去の植生荒廃や土壌荒廃、水系の変化に関する定量的データ、伝統的土地利用システムと近年における変化、干ばつの人間活動に及ぼす影響(移住、栄養失調、飢餓)などである。

総じて、気候、土壌、植生など自然科学的パラメータに関しては、情報が豊富であったが、人間活動などの社会経済的パラメータに関しては情報に乏しかった。とくに過去の干ばつが人間生活に及ぼした影響や、どこで、どのような砂漠化がどの程度生じたかを示す定量的データは、望んでいたような情報を得ることはできなかった。

平成6年度は上記のような検討課題をふまえて、この砂漠化国際比較指針を若干修正し、中国、タイ、カザフタンなど他地域に適用し、相互比較をおこなった。国際比較のとりまとめは以下のような手順でおこなった。

表4 インド・ジョドプールにおける砂漠化国際比較指針の適用事例

気候	気候区	乾燥地域
	気温	1931～1960年の平均をとると、年間の日最高の平均気温は 33.6 度、日最低の平均気温は 19.8 度である。日最高の平均気温は5月、6月の2月間が1年でもっとも高く 40度を越えている。
	降水量	年間の降水量は約 360mm、降水日数は約 21日である。6月から9月までは比較的降水量が多く、とくに7月、8月の2月間に年間降水量の6、7割が集中。
	ダストストーム	年間平均で8.3回のダストストームが発生しており、そのほとんどが5月と6月に集中。
	近年の干ばつ	1950年以降の干ばつ年は1951、65、66、71、74、77、79、82、87年。
植生	植生の概要	(1) <i>Calligonum - Haloxylon</i> : 年平均降水量が100-150mm の、もっとも降水量の少ない砂地に生育。(2) <i>Salvadora oleoides - Euphorbia caducifolia</i> : ジャイサルメールの広大なロッキーエリアの細流沿い、および浅い崩積層などに分布。(3) <i>Zizyphus mummularia - Capparis decidua</i> : 年平均降水量150-200mm の、崩積平野のローム土壌に分布。(4) <i>Calligonum - Leptadenia</i> : シュル、ナガウル、ピカネールの年平均降水量250-350mm の砂丘、砂地などに優占。(5) <i>Suaeda fruticosa</i> : 塩湖周辺、および粗い土質の塩類化した窪地などに群生。(6) <i>Prosopis - Capparis - Zizyphus</i> : 平坦な沖積平野、山麓緩斜面、表土の厚い山麓平野などに分布。(7) <i>Prosopis - Tecomella</i> : パルメールの砂質平野および低い砂丘地。(8) <i>Prosopis - Acasia nilotica</i> : 北東部周辺地域の深く平坦な沖積平野に分布。(9) <i>Salvadora oleoides - Prosopis - Capparis</i> : 沙漠南部地域にみられる粗い土壌の平坦な沖積平野にみられる。(10) <i>Acasia nilotica - Acasia cupressiformis</i> : 厚い砂質ロームの平坦な沖積平野に生育。
	植生荒廃の態様	(1) 過伐採: 燃料木採取や開墾のため樹木が伐採され、望ましくない植生が進入したり裸地化して風食、水食を受け表土が流出する。(2) 放牧の増加: 水場や井戸の周辺の土壌が家畜の踏み固めにより固化する。また多数の家畜が牧草を食い尽くすことにより砂質土壌が風食を受けやすくなる。(3) 不適切な土地利用: 人口増加により沙漠地帯との境界域が開墾される面積が増加する。境界域には共有放牧地、草地、砂丘、歴質緩斜面などがあり、いずれも表土が薄い。これらの土地は夏季には風食、モンスーン季には水食の影響を受けやすく、砂漠化しやすい。(4) 開発行為: 多くの自然植生が工場建設、道路建設、鉱山開発、住宅地開発、灌漑などのために開発され、とくに鉱山開発による砂漠化は回復に時間がかかるか、もしくは回復不可能と言われている。(5) 塩類化・アルカリ化: 塩類化とアルカリ化は灌漑の失敗による影響である。塩類濃度の高い水による灌漑、灌漑水路からの漏水、塩類濃度の高い山地における不適切な灌漑などにより塩類化が生じている。
土壌・水	土壌の概要	ジョドプール周辺は、淡褐色砂質土壌がおもに分布している。この土壌は風成の砂岩からできており、粘土を 7-9%、シルト 4-7% 含んでいる。地表から 80-120cm の深さに小規模な石灰層があるため、土壌中にはわずかながら石灰を含むのが特徴である。また pH8.2-8.6、炭酸カルシウム 0.2-1.6、有機物含量 0.09-0.15%、陽イオン交換容量 3.6-4.9me/100g、可能水分容量 90-110mm。
	土壌荒廃の概要	(1) 塩性化: 塩性化の生じている地域は限定されている。塩類の影響をもっとも受けている土壌はガガールの氾濫平野の最北、およびルニ川の東南部。(2) 風食: タール沙漠の土壌は砂質でもろいため、強い風による深刻な侵食および砂の移動を引き起こしている。(3) 水食: 水食はジョドプール県全体の 6.87% に及んでおり、生物的な生産力の減少を招いている。生産力の低下したこのような土地に降雨が発生すると激しく土壌は刻まれ、ガリヤリルが発生し、ジョドプール地区では 9.27% の土地が荒廃地に変貌している。
	水系	ジョドプール南部にはルニ川が流れ、その流域面積は 348 万ヘクタールである。
人間活動	土地利用	1971～75年のジョドプール県の土地利用比率は、農地が 81.7%、荒廃地が 6.43%、放牧地が 4.7%、居住地などが 4.4%、耕作放棄地が 3.7%、灌漑農地が 0.84%。森林が 0.07% となっている。1951～1971年までの土地利用変化としては、1951年から1961年までに森林の大部分が消失し、一方、作付け面積は1951年から1971年までのあいだに約 49% 増加した。
	社会経済	1991年のジョドプール県の人口は 2,153,483 人である。1951年の人口は、そのほぼ3分の1の 672,653 人で、以降10年間でほぼ 30% ずつ増加している。
	干ばつの影響	不明

原資料（本、報告書、論文等）



1次資料（コピー、切り貼り、抜き書き等によって各地区数十ページ程度にまとめられたもの）



2次資料（各地区・各大項目（気候、植生、土壌、人間活動の4項目）につき1ページの表+図表等にまとめられたもの）+概念モデル（各地区1ページ）



大項目別比較表（各大項目につき全地区を比較して1ページにまとめたもの）



最終とりまとめ

平成7年2月にワークショップを開催し、国立環境研究所と、委託先である東京都立大学、東京大学、京都大学、パシフィックコンサルタツツの研究担当者が参加して、最終的な討議をおこなった。この場では、まず各地域の担当者が用意した資料をもとに各地域の砂漠化の態様と要因について解説を述べた。つぎに、それぞれの専門の立場から、植生から見た比較、土壌から見た比較というようにそれぞれの側面からの比較をおこなった。以上の検討の結果、以下の諸点が考察された。

1) 本研究でとりあげられた砂漠化現象は、すべて多かれ少なかれ人間活動、とくに土地の不適切な管理によって引き起こされたものである。そのような砂漠化プロセスは土地利用と深い関係がある。乾燥地の代表的土地利用としては、牧畜地と農耕地があげられるが、牧畜地では過放牧が砂漠化の大きな要因である（たとえばインド・ジャイサルメール）。一方、農耕地はさらに灌

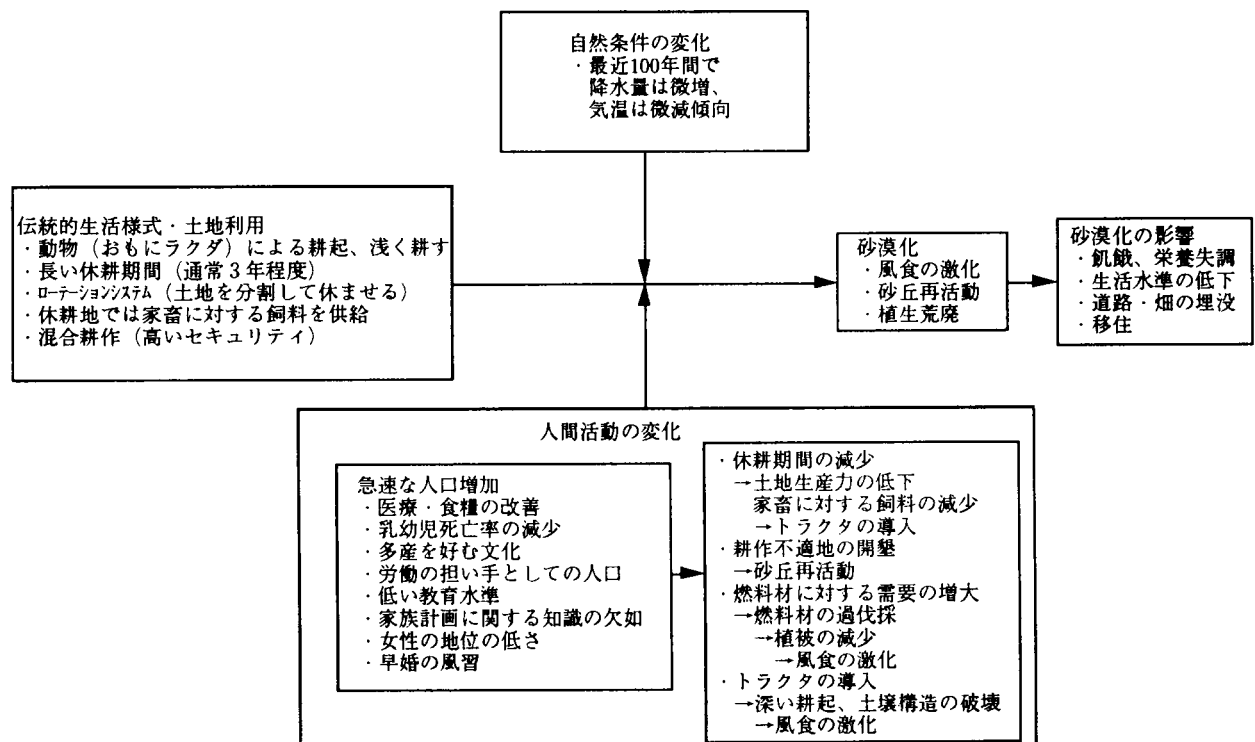


図5 砂漠化と人間活動に関する概念モデル—インド・ジョドプールにおける事例—

漑農地と降雨依存農地に分けられるが、前者では塩性化が（たとえばカザフスタン）、後者では水食、風食による土壌侵食（たとえばインド・ジョドプール）が問題になる。またここではあえて研究対象から外したが、観光による砂漠化（西オーストラリアにおけるサンドバギーによる砂丘再活動）や、都市化、マイニングによる砂漠化も広く世界でみられることが認識された。

2) 砂漠化の態様は、土地利用を通して民族とも関係する。たとえば中国・ウランホトでは、農耕民である漢民族と遊牧民である蒙古族が近接して暮らしているが、土地利用が異なるために、その砂漠化の態様も異なってくる。したがって、砂漠化防止策も、漢民族の土地では防風林で農地を守る、蒙古族の土地では放牧を抑制するというように、民族と土地利用に応じた対策が必要となる。

3) 民族の移動によって引き起こされる土地利用システムの変化が砂漠化を引き起こす場合がある。たとえばタイでは、低地民の山地への侵入が伝統的な持続的移動焼き畑システムを崩壊させた。また中国では、漢民族が蒙古族の地域へ侵入し、この地域の持続的土地利用である遊牧ではなく、農耕をはじめた。それにより過耕作による砂漠化が生じている。カザフスタンでは朝鮮人が強制的に移住させられ、米作をはじめた。それにより塩性化が進行している。

4) 人口増加が砂漠化の背景にある場合がある。インドのジョドプール・ジャイサルメールでは人口増加にともない家畜頭数が増加し、それによって過放牧が生じている。同時に増える人口をまかなうために休閑期間を減少させ、過耕作による土地生産力の低下を招いている。ザンビアでみられるチテメネシステムは、樹木の再生力にみあった薪炭材利用をするという点ですぐれて持続的なシステムであるが、人口が増え、樹木の再生力を越えた伐採が続くとやはりシステムが崩壊する。このような砂漠化の問題を考える際には、自然の再生力・環境容量といった概念が有効になってくる。

5) 国・地域の政策が砂漠化の要因となっている場合がある。たとえば中国では毛沢東の大躍進政策により、大量の樹木が伐採され、それとおもに水食による土壌侵食があいまって、不可逆的な土地劣化を招いている。また内蒙古では、遊牧民に対して定住化政策がとられているが、それにより、この地域の持続的土地利用である遊牧から、農耕への変化がもたらされている。カザフでは、ソ連時代の国威発揚を目的とした無理なソフォーズ経営によって土壌荒廃がもたらされている。

6) 世界の砂漠化地域に共通してみられることは、もともとは持続的な土地利用がおこなわれていたが、民族の移動・国家、地域の政策等によって、そのような伝統的土地利用システムが崩壊したことにより砂漠化が進行している例が多い。したがって、それぞれの地域における伝統的・持続的土地利用システムの現代的意義の見直し・再評価が必要である。たとえばそのような例として、ザンビアにおけるチテメネシステム、中国・蘭溪のマツ林、カザフの遊牧、タイの移動焼き畑、インドの半農半牧システム等があげられる。

6. 研究発表の状況

大坪国順 (1994)：砂漠化の影響, 「地球環境ハンドブック」(不破敬一郎編著), 朝倉書店, 423-425.

恒川篤史 (1994)：砂漠化の現状, 「地球環境ハンドブック」(同上), 朝倉書店, 414-418.

宮崎忠国 (1994)：砂漠化の監視, 「地球環境ハンドブック」(同上), 朝倉書店, 418-423.

7. 出版物

砂漠化問題の解決にむけて(1)－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－、国立環境研究所、F-37-'92, pp. 97, 1992.

Towards solving the global desertification problem (2) - Research on the evaluation of interaction between desertification and human activities (Edited by T. Miyazaki and A. Tsunekawa) , NIES, F-69-'94, pp.91, 1994.

砂漠化問題の解決にむけて(2)－砂漠化文献データベース－(宮崎忠国・恒川篤史編)、国立環境研究所、F-74-'95, pp. 227, 1995.