

砂漠化問題の解決にむけて

— 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(1)—

Towards solving the global desertification problem

— Feasibility study on the environmental assessment
of desertification in arid and semi-arid areas(1)—

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所



移動砂丘（インド，ジョドプール市周辺）



半乾燥地域の放牧地（インド，ジョドプール市周辺）



ソソ林の広がる乾燥地域（中国，新疆ウルムチ市周辺）



塩性化のすすんだ土壌（中国，新疆ウルムチ市周辺）

序

本報告は主として平成3年2月に国立環境研究所で開催されたシンポジウムの報告をとりまとめたものであるが、アジア及びサヘル地域の砂漠化の概説として大変貴重なもので多くの方々の手引きないし参考資料として価値のあるものと考えられる。

この8年程WHOのオンコセルカ症対策の計画に関係して西アフリカを回ってきた。ある年は雨期が早く終わり、河川への殺虫剤投入量を節約できたと喜んだものであった。しかし一方ワグドグーの町にアラブ系の難民の物乞いがあふれていた。山羊の餌としてアカシアの木の枝を降ろしていたのを見たのもその時かも知れない。いずれにせよ西アフリカの人達の生活における薪炭の重要性は我々の考える以上のものである。サヘル地域では多くの人達が何キロメートルも離れたところまで薪を取りにでかけている。オンコセルカ症対策は河川に近い地域のこの病気をなくし住み着くことができるようにしようとして計画されたものである。セツルメント計画は薪炭材の林の再生も含めているが、セツルメント用の住宅以外にも人の移入があるし、また生産された薪は只ではないので河辺林を壊してしまうのではないかとの危惧がある。本報告書ではサヘル地域の土地荒廃の歴史的な展望と考察が詳細に述べられていてこの辺の事情が良く理解できる。

年間雨量が300-400mmのアフリカ、インド、中国の半乾燥地においては雨はまとめて降り、一時的に洪水の跡のように広大な地域が水に浸ることを経験した。この時期インドでは特異的な蚊相がみられる。アフリカではマラリアの流行期になる。農業活動の行われるのはこの時期で、ほかの季節は放置されている地域が多い。インドでは限られた範囲で野菜または麦が作られる。パンジャブ、ハリアナ、ウッタープラデシュがそれでも穀倉地帯と呼ばれるのは不思議である。パンジャブ州へのインダス河からの灌漑用水路は塩類集積地を拡大したといわれている。インドの事例はこれらを含めて土壌侵食の深刻さも本報告で述べられている。土壌侵食は中国の黄土地帯についても問題であることが本報告からうかがい知ることができる。ただし中国、モンゴルでは冬季の低温が別の要因として影響を与えていることから、アフリカ、メキシコなどとは分けて考える必要がある。

本報告でも述べられているように、現在の砂漠化は desertification よりも land degradation のほうが適切な場合が多いようである。問題は雨の少ない年における森林破壊や土壌荒廃がどの程度後に引くかである。

平成3年12月

地球環境研究グループ

安野正之

目 次

I. 研究活動の概況	-----	3
II. 第1回砂漠化問題シンポジウム		
1. 中国における砂漠化問題と対策	-----	17
— 黄土高原における調査試験研究を通じて —		
松本 聰		東京大学農学部
2. モンゴルの自然と「ゴビ・プロジェクト」	-----	24
今岡良子		大阪外国語大学
3. アフリカにおける砂漠化の現況と研究の動向	-----	31
— サハラ南緯地帯を中心に —		
門村 浩		東京都立大学理学部
4. インドにおける砂漠化問題の研究動向	-----	52
藤原健蔵		広島大学総合地誌研究資料センター
5. タイにおける土壌荒廃問題	-----	70
宮崎忠国		国立環境研究所 地球環境研究グループ
III. 砂漠化研究関係文献収集	-----	89

1. 研究活動の概況

1. 研究活動の概況

研究課題：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

研究担当者：

地球環境研究グループ

上席研究官

安野正之

森林減少・砂漠化研究チーム

古川昭雄

宮崎忠国

水圏環境部

地下環境研究室

大坪國順

土壌環境研究室

恒川篤史

研究期間：平成2年度

研究概要：

1. はじめに

乾燥・半乾燥地域における砂漠化現象は、人口の急激な増加に伴う耕作地の拡大や酷使、薪炭としての樹木の伐採、羊や牛などの過放牧等による環境資源の不適正な利用が原因であると考えられている。現在、砂漠化の明確な定義はないが、近年の砂漠化の原因やその発現過程などから、一般に、砂漠化とは「乾燥・半乾燥地域を主たる対象としつつも、半湿潤地域までもを含んだ広範な気象条件下での、人間活動を主原因とする土地の不毛化現象」であるといえる。1984年のUNEPの調査によれば、世界の砂漠化面積は約45億haで、そのうち約35億haが農地面積であり、毎年四国と九州を合わせた面積に相当する約600万haの土地がほとんど回復不能なまでに荒廃しており、砂漠化の影響を受けている人は約2億3千万人いるとされている。これらの地域においては、砂漠化防止のための生態学研究、砂漠の地質や水文学的研究、気象学的研究さらには社会経済的研究が充分でないため、砂漠化の進行はいつに衰えず今後ますます憂慮される社会的な問題のひとつとなって来る。このような地域で砂漠化現象を制御し砂漠化にともなう環境への影響を予測するためには、これらの地域の生態系の現状とその変遷、土壌、水文あるいは気象学的な環境変化を把握するとともに、それらの地域の植物、土壌、水文特性等の環境容量を算出する手法の開発を行い、人間活動による砂漠化と環境容量の関係から砂漠化進行機構を解明さらには予測することが急務である。

本研究は、乾燥地・半乾燥地における砂漠化によってもたらされる環境影響を予測するための予備的研究である。そのため、本年度は、砂漠化研究の専門家による砂漠化問題研究検討委員会

を設立し検討委員会を開催した。この検討委員会では、砂漠化に関する研究の現状とこれからの砂漠化研究、我国の行うべき砂漠化研究、国立環境研究所の行う砂漠化研究、研究対象試験地の選定等についての討論を行った。また、第1回砂漠化問題シンポジウムを開催し、中国、モンゴル、アフリカ、インド、タイにおける砂漠化に関する研究発表と砂漠化問題と日本のかかわり、砂漠化研究の方向、調査、研究協力のあり方等についての討論を行った。さらに、国内砂漠化研究者に対して砂漠化研究に関するアンケート調査を行うと共に、内外砂漠化研究の研究論文、研究報告、資料等の収集を行い、砂漠化研究情報データベースの作成を行った。これらのことから、次年度から行われる本格的な砂漠化研究に向けて、我国の行うべき砂漠化研究の指針、研究対象とする試験地等に関する提案を行った。

2. 研究結果

(1) 砂漠化問題研究検討委員会

砂漠化に関する研究を実施するにあたり、砂漠化研究の専門家による砂漠化問題研究検討委員会を設立した。委員は表1に示す通りである。2回行われた砂漠化研究検討委員会では、中国、モンゴル、インド、タイ、アフリカ、オーストラリアで行われている砂漠化に関する研究の現状について各委員から説明があり、これからの砂漠化研究について、我国の行うべき砂漠化研究の方向、国立環境研究所として行うべき砂漠化研究とその体制等についての討論を行った。

表1 砂漠化研究検討委員会名簿

	氏 名	所 属 機 関 名
委員長	久馬 一剛	京都大学農学部長
委員	門村 浩	東京都立大学理学部教授
	倉根 隆一郎	工業技術院微生物工業技術研究所物質変換研究室長
	武内 和彦	東京大学農学部助教授
	徳永 修三	工業技術院化学技術研究所環境保全工学課主任研究官
	長野 敏英	東京農業大学農学部助教授
	根本 政之	農業環境技術研究所保全植生研究室長
	福原 道一	農業環境技術研究所地球環境研究チーム長
	藤森 隆郎	森林総合研究所育林技術科長
	松田 昭美	鳥取大学農学部名誉教授
	松本 聰	東京大学農学部教授

①第1回砂漠化問題研究検討委員会

第1回砂漠化問題研究検討委員会では他省庁で行われている砂漠化研究について各委員から説明があった。この中で、科学技術庁の科学技術振興調整費の「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」では、中国の砂漠を対象に広範囲な分野で砂漠化研究を実施しているため、地球環境研究総合推進費による砂漠化研究で中国の砂漠を研究対象とする場合は科学技術庁の研究との明確な研究分担が必要である。また、タイではJICAによる砂漠プロジェクト、インドのジョドプール砂漠では工業技術院の化学技術研究所による土壌改良研究、モンゴルでは大阪外語大学等によるゴビプロジェクト等が進行しており、これらのプロジェクトの説明があった。アジア地域以外では、アフリカのケニアやオーストラリアの砂漠での研究の可能性についての討論が行われた。

具体的な研究課題については、国立環境研究所からは「乾燥・半乾燥地域における植生環境容量の把握と人為的要因による砂漠化進行機構の解明に関する研究」、農業環境技術研究所から「砂漠化危険地域における環境容量評価と砂漠化モニタリング手法の開発に関する研究」、微生物工業技術研究所から「環境調和型土壌保水改良材の乾燥地等への適用評価」の研究課題の提案があった。今後、これらの研究テーマをサブテーマとして砂漠化研究に取り込む方向で調整することに決定された。

②第2回砂漠化問題研究検討委員会

第2回砂漠化問題研究検討委員会では試験地、相手方研究機関、研究課題、研究分担等についての討論を行った。試験地としては中国内蒙古自治区の砂漠化危険地域（モウス砂漠等）とインド西部ジョドプール周辺の砂漠化危険地域2地域を研究対象候補地域として選出。平成3年度には試験地の候補地と相手方研究機関の選定を行うために2地域の現地調査を行い砂漠化研究の試験地と相手方研究機関を決定するための情報収集を行う。インドのジョドプールは国立環境研究所が、中国の内モン自治区は農業環境技術研究所が調査することに決定された。また、国立環境研究所としての砂漠化研究課題の設定を行った。

(2) 第1回砂漠化問題シンポジウムの開催

平成3年2月22日、国立環境研究所中会議室において「第1回砂漠化問題シンポジウム」を開催した。本シンポジウムでは、中国、モンゴル、アフリカ、インド、タイにおける森林減少、砂漠化、土壌荒廃等に関する研究発表を行い、砂漠化研究の現状を把握するとともに、砂漠化研究のこれからの方向、調査や研究協力のあり方、砂漠化問題と日本の関わり等についての討論を行った。表2には「第1回砂漠化問題シンポジウム」の発表題目と発表者を示す。本シンポジウムには国内各地の砂漠研究に携わる研究者が50名近く出席し、活発な質疑応答があり、砂漠研究に対する期待と重要性が確認された。また、次年度からもこのような砂漠化問題シンポジウム開催の要求が多かった。

表2 「第1回砂漠化問題シンポジウム」発表題目および発表者

演 題	発表者（所属）
1. 「中国における砂漠化問題と対策」	松本 聰（東京大学）
2. 「モンゴルの自然とゴビプロジェクト」	今岡良子（大阪外国語大学）
3. 「アフリカにおける砂漠化の現況と研究の動向」	門村 浩（東京都立大学）
4. 「インドにおける砂漠化問題と研究の動向」	藤原健蔵（広島大学）
5. 「タイにおける土壌荒廃問題」	宮崎忠国（国立環境研究所）

（3）砂漠化研究アンケート調査

国内の砂漠化研究者から広く砂漠化研究についての研究情報を得るため、「砂漠化研究に関するアンケート調査」を行った。このアンケートでは研究課題、研究対象砂漠、相手方研究協力機関、共同研究者、国際共同研究に関する留意点等の調査を行った。

配布したアンケート用紙を表3に、アンケート結果のまとめを表4に示した。候補地（国）としては、中国、ケニア、タイ、インド、オーストラリア、メキシコ、およびカメルーンがあげられた。

このなかでもっとも推薦する人が多かったのは中国である（5人）。中国を候補地として推薦する理由としては、広域的に砂漠化の進行がみられること、過放牧、農業政策の失敗といった人為的インパクトが砂漠化の要因となっていることなどがあげられている。また研究をすすめていくうえでの問題点としては、サンプルの持ち出しが困難であること、資料の公開が困難であること、事務手続きが遅いことなどが指摘されている。

また、第2回検討委員会で選ばれたもうひとつの候補地であるインドについては、過放牧や過度の開発利用といった人為的インパクトや、少ない降雨量や風食といった自然的要因が組み合わさって砂漠化が進行していると考えられている。問題点としては、事務手続きが遅いことが指摘されている。

（4）砂漠化研究文献の収集

内外の砂漠化研究に関する研究論文および研究報告書の収集を行った。収集された文献は外国文献75編、国内文献70編で、すべての文献は検索可能な砂漠化文献データベースとしてコンピュータ処理されている。

表3 アンケート用紙

砂漠化現地調査のための試験地に関するアンケート

御所属 _____ 御氏名 _____

1 推薦される試験地候補地(国名、地方)

(1国に対して1枚で御記入ください。複数の国を御存知の場合は
お手数ですがコピーして御記入ください。)

2 進行中の砂漠化の形態

2.1 形態、規模、特徴

2.2 考えられる要因

3 相手国側の研究協力機関について

3.1 現地研究機関名

3.2 連絡先等

4 試験地までの経路・アプローチ

(例: 成田 $\xrightarrow[7\text{時間}]{\text{航空機}}$ バンコク $\xrightarrow[8\text{時間}]{\text{鉄道}}$ コンケン $\xrightarrow[3\text{時間}]{\text{ジープ}}$ 試験地)

5 研究協力、海外調査遂行上の問題

(該当するものを○印で囲んでください)

5.1 安全性(治安)の問題

問題なし やや問題あり 問題あり

5.2 協力体制に関する問題

5.2.1 相手国研究機関の研究協力の意欲

問題なし やや問題あり 問題あり

5.2.2 観測機器のメンテナンス

問題なし やや問題あり 問題あり

5.2.3 不在中の計測の継続性

問題なし やや問題あり 問題あり

5.2.4 長期連続モニタリング

問題なし やや問題あり 問題あり

5.3 事務的手続きの観点

(該当するものを○印で囲んでください)

5.3.1 研究協力の実施取り決め及び覚え書きの作成

問題なし やや問題あり 問題あり

(具体的な問題点)

5.3.2 計測機器の搬入・搬出時の税関の問題

問題なし やや問題あり 問題あり

(具体的な問題点)

5.3.3 サンプル・データの国外持ち出し上の問題

問題なし やや問題あり 問題あり

(具体的な問題点)

5.3.4 成果の発表の観点

問題なし やや問題あり 問題あり

(具体的な問題点)

5.3.5 事務手続きの迅速性

問題なし やや問題あり 問題あり

(具体的な問題点)

5.4 現地調査上の条件

5.4.1 現地での雇上げ

5.5 研究課題の視点

5.5.1 他の先進諸国の研究機関の進出状況、研究の進行状況

6 推薦される度合

(複数の候補地を御紹介くださった場合のみ推薦順位を御記入ください。例: 第一候補とか)

7 候補地で共同研究をさせていただきますか?

していただける場合には、その研究テーマを御記入ください。

(必ずしも、別紙資料2のサブテーマに合致してなくても結構です。)

YES NO

(課題)

8 その他御気づきの点を御記入ください

表4 アンケート結果のまとめ

氏名	候補地	形態、規模、特徴	要因	現地研究機関名	連絡先	アプローチ
武内 和彦 (東大農)	中国東部地域、内蒙古から山東省にかけての一帯	半乾燥地域の砂漠化で、砂丘再活動、土壌侵食、塩類集積等さまざまな砂漠化現象が広域的にみられる。	農業政策(四人組時代)の失敗、過放牧、人口増、生態計画の不在	中国科学院蘭州砂漠研究所	朱 震達所長	成田→北京→蘭州→ナイマン
根本 正之 (農環研)	中国内蒙古自治区東部地域	科爾沁砂地を中心に年間降水量350mm前後の半乾燥地で砂漠化が進行している。	メン羊の過放牧および過耕作	中国科学院蘭州砂漠研究所	No.174, Donggan West Road, Lanzhou-730000	成田→北京→奈曼→試験地
袴田 共之 (農環研)	中国内蒙古自治区	典型的砂漠化	過放牧・過耕作	内蒙古大学		成田→北京→フホ→現地
福原 道一 (農環研)	中国新疆ウイグル地区	内陸砂漠、検討予定、流砂侵入および固定・半固定砂丘活性化区	人口の急激な増大による耕地の過拡大、家畜の過放牧、まきの採取など	中国科学院新疆生物土壤砂漠研究所	同研究所 程心俊	成田→北京→ムル→試験地(by ジープ)
松田 昭美 (鳥取大)	中国内蒙古自治区モウス沙漠、ホルチン沙漠、トングリ沙漠	モウス沙漠:砂沙漠で録面積約400万haで砂丘移動による土壌侵食が激しい(10万ha/year)	過放牧、薪炭用抜木	中国内蒙古自治区政府科学技術委員会、林業科学研究院、内蒙古林学院	左記いずれも内蒙古自治区フホ市	成田→北京→フホ→モウス沙漠→ホルチン沙漠→銀川→トングリ沙漠
久馬 一剛 (京大農)	ケニア	いろいろな程度の砂漠化をみる事ができる。		Kenya Soil Survey	Dr. F. N. Muchena Head, Kenya Soil Survey, National Agricultural Laboratories, Nairobi	成田→ナイロビ
松本 幸花 (DC/PAC, UNEP)	ケニア ①Kora National Reserve ②Marsabit ③Ngong Hills ④Kitui ⑤Kakamega forest	①影響少ない、UNEP pilot projectで選定されたが、資金、資料不足で実現しなかった。	人口圧による耕作限界地の拡大。①は森林へ、②、③はlow potential areaへ。	DRSRS(Department of Resource Surveys and Remote Sensing), Ministry of Planning	P.O.Box 47146 NBI, Kenya tel 502223-5 (254-2) Director D.K. Andere	フホ→Kora;2日(車) Ngong Hills;3hr Marsabit;1日半 Kitui;3hr Kakamega;7hr
村上 正吾 (京大工)	ケニア北部域 イミオロ~マルサビット域	山岳地帯からイミオロにかけては、土壌流出が問題となっている。イミオロ付近では、従来の農地への砂丘が進行、農地面積の減少が問題となっている。イミオロより北の地域ではオアシスを拠点に農地の開発を計画しているが、水資源利用の観点が不十分。	植生の破壊、水循環系の変化、水利用体系の未整備、人口増加による急激な森林破壊、地下水利用、農地拡大	Jomo Kenyatta University College of Agriculture and Technology	P.O.Box 62000, Nairobi, Kenya	成田→ナイロビ→イミオロ→試験地

5.1	5-2.1	5-2.2	5-2.3	5-2.4	5-3.1	5-3.2	5-3.3	5-3.4	5-3.5	雇上げ	研究状況	共同研究の内容	
△ やや	○ なし	○ なし	○ なし	○ なし	○ なし	○ なし	△ やや	○ なし	△ なし		計測機器は、寄贈が原則。我々としては、むしろフィールドワークによる調査を主体にすべきと考える。	スウェーデンがやや先行しているようである。日本側としては、科技庁が共同プロジェクトを行っているが、本来の「砂漠化研究」ではない部分が多い	中国東部半乾燥・半湿润地域における砂漠化の進行と植生変化
○	○	△	○	○	△	△	△	△	△		最初の取り決めが肝心	ウブサラ大学との共同研究がある。	半乾燥地の植生被覆状況の把握、植生にもとづく砂漠化危険度予測指標の開発、植生調査等
○	○	△	△	△	△	△	×	○	×			ドイツ、アフリカの先行進出あり	Sustainable agricultureのテーマだとやり易い
○	○	△	△	△	○	△	○	○	△				
○	○	○	○	○	○	○	○	○	△			現在のところなし	砂漠化にともなう微気象環境の変化と砂移動
○	△	△	△	△	△	△	○	○	△	可能	不明		
○		×				△		△	×	関係機関とのネゴが妥当。短期1～2週間であれば休みを利用して雇用に応じてくれることもある。	①現在、UNEPが部分出資して、ケニア全土の70%以上を行うプロジェクトのDOORを探している。1992年より行う予定。	National Desertification Assessment and Mapping in Kenya	
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	容易。一日あたり3000～4000円程度。	ケニアの土壌侵食関係の研究はSIDA (Swedish International Development Authority)の支援のもとでナイロビ大学農業工学科が中心となり、比較的広範囲に土壌調査を行っている。	固定砂丘の再移動に関する研究	

表4 アンケート結果のまとめ(続き)

氏名	候補地	形態、規模、特徴	要因	現地研究機関名	連絡先	アプローチ
長野 敏英 (東農大)	タイ国、東北タイ(コンケン地域)	塩類土壌、23.5万ha	森林伐採による土壌の塩類化	Department of Land Development, Khon Kaen Univ.		成田→バンコク→コンケン→試験地
福原 道一 (農環研)	タイ王国東北タイ地区	塩類化による砂漠化、東北タイ各所にみられる(点在)。	急激な人口増による森林の破壊	タイ王国コンケン市東北タイ農業開発研究センター(ADRC)および土地開発局(DLD)	Friendship Road, Moe Din Daeng, Amphor Muang, Khon Kaen, Thailand	成田→バンコク→コンケン→試験地
徳永 修三 (化技研)	インド、ラジャスタン州	インド北西部には39万平方kmの砂漠地帯が広がり、これはインド国土の12%に相当する。また西部には30万平方kmの半乾燥地帯が存在する。砂漠地帯の65%は砂丘、9%は岩砂漠、残りは荒地である。インドの砂漠地帯は世界で最も人口および家畜密度の高い地である。	少ない降雨量(年間100~300mm)、過度の開発利用、過放牧、石材の採掘、風食	Central Arid Zone Research Institute	Jodhpur 342003 India	成田→デリー→ジョドプール→サブステーション
福原 道一 (農環研)	カメルーン北部地方(Province of Extreme North)	モザイク状、10m ² からkm ² まで。植被の退化、土壌の流失、古砂丘の移動。	薪炭材の伐採、過放牧、大きな降雨変動。	1. Department of Geography, University of Yaounde 2. Office National de Développement des Forêts	1. Prof. J.L. Dongmo 2. Dr. Teugoua Engelbert (Directeur General)	成田→パリ(13hr, air)→ダカール(6hr, air)→試験地(3hr, ジェブ)
倉根隆一郎 (工技院)	オーストラリア、西オーストラリア州政府	dry continent	少雨	西オーストラリア州政府、経済開発省	Dr. J. Patroni, Project Director, MED, WA, Australia.	成田→シドニー→パース
倉根隆一郎 (工技院)	メキシコ国		少雨			成田→サンパウロ→メキシコシティ→試験地

5.1	5- 2.1	5- 2.2	5- 2.3	5- 2.4	5- 3.1	5- 3.2	5- 3.3	5- 3.4	5- 3.5	雇上げ	研究状況	共同研究の内容
○	○	△	△	△	○	△	○	○	○		国際協力事業団、DLDの共同研究が行われている。	森林破壊にともなう環境特性の変化について
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1日1人100～200ユーロ(500～1000円)ジープ運転手つき1日1500ユーロ(7500円)	オーストラリア、カナダなどの大学や政府・準政府機関がタイ樹と塩類化のモニタリングや防止策で共同研究中	
○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	ありあまる人手があり、人的サービスはよい	米国と耐乾燥性品種の開発および荒廃地の開発利用に関する研究を実施中	砂漠土壌の化学的性質
○	○	△	△	○	○	○	○	○	△	高等教育省(ISH)のジープ、運転手が仕様可能。その他、調査補助についても経験者を雇うことが可能。	フランスのROSTONの出張所をワグでもっており、ナド湖盆で環境変動にかかわる調査をおこなっているが、砂漠化については研究されていない。	土地利用の変化にともなう砂漠化プロセスの解明
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	必要ないと考えられる。	①他の先進諸国の進出、研究は無し、②現地での州政府が日本側との研究協力が非常に熱心である。	乾燥地・半乾燥地における環境容量の把握と砂漠化危険地域の予測に関する研究(環境調和型土壌保水改良剤の乾燥地等への適用評価)
○	△	△	△	△	○	△	△	○	△	必要	すでに進出して始められているものと思われます。	乾燥地・半乾燥地における環境容量の把握と砂漠化危険地域の予測に関する研究(環境調和型土壌保水改良剤の乾燥地等への適用評価)

(5) 研究課題

得られた砂漠化研究に関する情報を基に、砂漠化研究検討委員会において、今後の砂漠化研究に関する提案と方向づけを行った。この結果、中国内蒙古自治区の砂漠化危険地域（モウス砂漠等）およびインド西部ジョドプール周辺の砂漠化危険地域を研究対象候補地域として選出し、次年度にこれらの候補地の予備調査を行い、本格的砂漠化研究の研究対象地域として1地域選出することが決定された。また、研究内容としては、乾燥・半乾燥地域の植生、土壌、水資源関係の現況調査を行うと共に人間活動と砂漠化進行の関係を解明し砂漠化防止のための保全対策の推進に寄与することに決定された。具体的な研究課題としては、

I 砂漠化危険地域における環境容量の算定に関する研究

- 環境資源の賦存量の算定に関する研究
- 環境資源の利用形態と強度の解析に関する研究
- 地理情報システムを用いた環境容量の算定に関する研究

II 乾燥・半乾燥地域における砂漠化におよぼす人為的インパクトの影響評価に関する研究

- 植生におよぼす人為的インパクトの影響評価に関する研究
- 水環境におよぼす人為的インパクトの影響評価に関する研究
- 土壌におよぼす人為的インパクトの影響評価に関する研究

III 人間活動が砂漠化におよぼす影響の評価と対策

- 持続的発展を可能とする水、土地、エネルギーの利用システムに関する研究
- 適切な土地利用を行うためのゾーニングマップの作成に関する研究
- 各地域ごとの適切な土地利用・資源管理に関する研究

IV 砂漠化対策技術の開発

- 環境にやさしい科学技術の導入
- 水資源の探索
- 塩類集積防止のための水質の維持・管理技術の開発
- 植生の回復手法の開発

などの研究課題が選定された。また、これらの研究は少なくとも2期にわたる研究期間が必要で、1期3年間程度を必要とすると提案された。

3. まとめ

次年度から行われる本格的砂漠化研究に先立ち、本年度は砂漠化研究に関する予備的研究を行った。砂漠化研究の有識者による砂漠化問題研究検討委員会の設立、砂漠化問題シンポジウムの開催、アンケート調査、内外の砂漠化に関する研究情報の収集等から、次年度に行うべき研究内容の提案がなされた。その結果、中国内蒙古自治区の砂漠化危険地域（モウス砂漠等）とインド

西部ジョドプール周辺の砂漠化危険地域2地域を研究対象候補地域として選出し、次年度にこれらの2候補地の予備調査を行い、本格的砂漠化研究の研究対象地域としてどちらか1地域選出することが決定された。また、研究計画案として、砂漠化危険地域における環境容量の算定に関する研究、乾燥・半乾燥地域における砂漠化におよぼす人為的インパクトの影響評価に関する研究、砂漠化の人間活動におよぼす影響の評価と対策、砂漠化対策技術の開発等を行うことが決定された。

砂漠化研究は砂漠化のメカニズムや砂漠化危険地域の予測、砂漠化防止対策、砂漠化防止のための社会経済システムの提案等のためだけでなく地球温暖化研究を始め地球規模的な環境問題の解決にも寄与する。このため、各方面から本砂漠化研究の本格的実施に対する要望が多い。

II. 第1回砂漠化問題シンポジウム

中国における砂漠化問題と対策

— 黄土高原における調査試験研究を通じて —

松本 聡 (東京大学農学部)

1. はじめに

砂漠化の予測手法を開発するにあたり、砂漠化の過程を地球の気候変動の一環とした自然現象で捉えるのか、何らかの人為的背景を受けた環境変化で捉えるのかで研究手法はおのずから異なってくることは当然である。しかし、実際の現場での調査研究では両者を混同して捉えている事例が少なくない。例えば、半乾燥地の乾期の状態は草木は枯れ上がり、落葉樹は葉を落とし、家畜がわずかな樹木の葉を競って採食している荒涼とした光景であり、それは至極当然の景観であるのに、これを砂漠化と見誤り、砂漠化を前提とした植生の調査研究を実施している例はこの例である。さらに、しばしば議論にされるところで、まだ明確な結論に達していない問題に、砂漠化と干ばつをどのように区別するかという問題がある。このように、地球の気候変化が一時的にせよ長期的にせよ、それが砂漠化に「固有」にどのように影響力を定量化する手法はそれほど簡単ではなく、長い継続的な調査を必要とする。一方、人為的背景のもとで進行している砂漠化はインパクトの加わり始めた時期、大きさなど砂漠化予測のために必要な数値を求めることができるので、現状の砂漠化の状態量との関係を求めることによって砂漠化の予測手法の基礎を確立することができる。

中国・黄土高原の砂漠化は上記に述べた人為的背景がかなり大きな要因となって進行したものと解されるが、気候の乾燥化、土壌の乾燥化という砂漠化を誘引する気象・水文的な要因が原因になっているというよりも土壌侵食が砂漠化の主たる要因である。1986年度より開始された本地域での緑化を中心とした基礎研究は1990年度をもって第一期の調査研究を終了し、引き続き1991年度からは新たな継続研究が開始されようとしている。本稿では、第一期の調査研究の中で進められた黄土高原の自然概況、本地域の季節にみられる植物生育状況、人為的インパクトとしての農業の展開、さらにはそのような人為的インパクトのもとで、どのような緑化の手法を進めているかについて述べてみたい。

2. 黄土高原の概況

古来から、中国の諸民族と彼らの文化を育んできた黄河(全長5,464km)は黄土高原を述べる場合には欠くことのできない存在である。青海省の中部高原にその源を発し、中流で内蒙古自治区のオルドス台地を大きく迂回した後、三河平原(黄河、海河および淮河の河川氾濫源よりなる広大な沖積平野)を横切って、最終的には渤海に注いでいる。黄土高原は、この黄河の中流域にひろがる広大な高原地帯で、甘肅省、青海省、西省、山西省、河南省の5省と寧夏回族自治区、内蒙

自治区の2自治区にまたがり、その面積は58万km²と、わが国の約1.5倍にあたる。また、本地域には6,000万人もの人々が住んでおり、人口密度は103人と低くはない。黄河は黄土高原から流れ出す大量のシルトによって著しく黄濁しており、その流出土砂量は年間16億トンに達している。そのため、黄河の水には、1m³あたり40-50kgのシルトが含まれ、その量は揚子江の80倍、ナイルの20倍に相当する。黄河の下流域ではこの膨大な量の土砂の川底への沈積が起り、川底は毎年10cmづつ上昇しているところさえある。川底の上昇は当然ながら、流域住民を氾濫の危機にたえずさらし、脅かし続けている。事実、歴史の伝えるところによると、紀元前602年から、新中国が成立して間もない1950年までの間に、黄河流域の住民は実に1,573回もの洪水に見舞われ、甚大な被害を蒙ってきた。

黄土はその名の通り、黄色-黄灰色で、粒径が0.01-0.05mmの範囲にある非常に粒径のそろった非固結岩石土である。炭酸カルシウムを比較的多く含み、土壌反応はpH8.0-8.6にある。このようなレスの堆積地帯はヨーロッパの中部や北米大陸にも分布しているが、中国の西北地域に広がる黄土地帯はその面積からは格段に大きい。

黄土高原の成因の詳細については、現在でも完全に明らかにされていないが、この高原に堆積している黄土は、元来、この地に存在していたものではない。およそ、300万-120万年前以降、タクラマカン砂漠やジュンガル砂漠など、中国西北部の砂漠から大量の細かい砂が強い西北風によって吹き上げられ、この地帯に堆積したものと考えられており、現在も3-5月にかけて太陽の光が霞む程に、上空が飛砂で被われる日々が続くことがある。黄土の堆積の厚さは平均40-50m、最大層厚は400mに達する。図-1に調査研究の対象として寧夏回族自治区・固原県上黄村付近の水系分布と地質断面を示した。

黄土高原の標高は1,000-2,000m、年間降水量は300-450mmでその60-70%が7-9月の間に降る。しかも、時間降水量が大きく、60mm/hrという強い雨量も珍しくはない。そのため、元来水に対して脆い崩壊性の上に人為的インパクトが加わって年平均1,100-9,600t/km²の流出土砂量を示し、いたるところに深い侵食谷を形成する。図-2には上黄村付近の水系、段丘面分布と地形断面図を示した。

3. 季節にみられる植物生育状況と農業活動

3-1. 極低温で降雨がほとんどない冬季

研究対象地点の土壌は冬季、深さ3cmの土層で地温が-17℃となり、凍結している。黄土高原の土壌が気象的には類似している北海道・帯広に比べて著しく低温になるのは、この土壌が水分含有量が低く、熱容量が小さく、熱伝導係数が小さいことに起因していると考えられる。土壌水分の低い土壌は概して表層土に限られ、下層土は「半湿」程度を示すことから、著しい低温を示すのは土壌表層土だけに限られ、それより下層では土壌凍結により、地温の著しい低下が妨げられていると推定される。このことは、黄土高原の本地域に生育している植物の種類と生育状況が冬

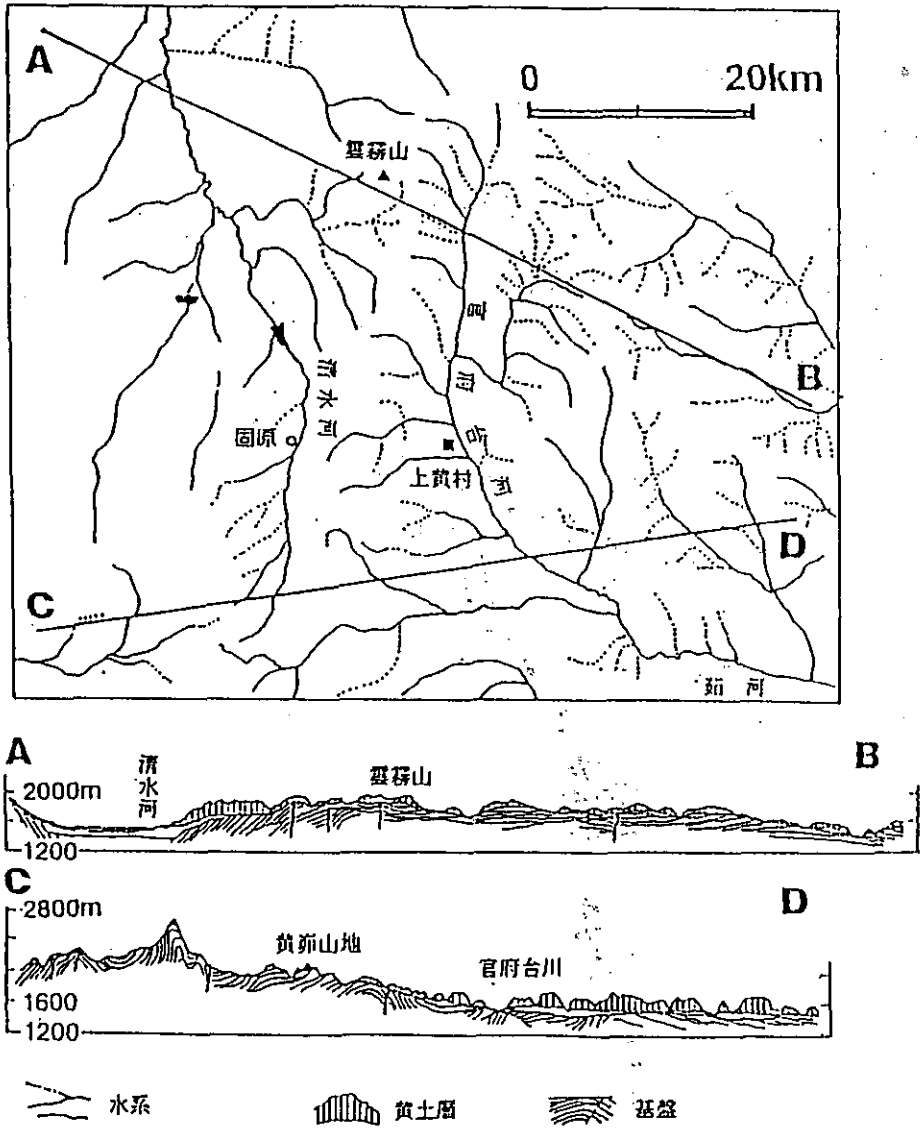
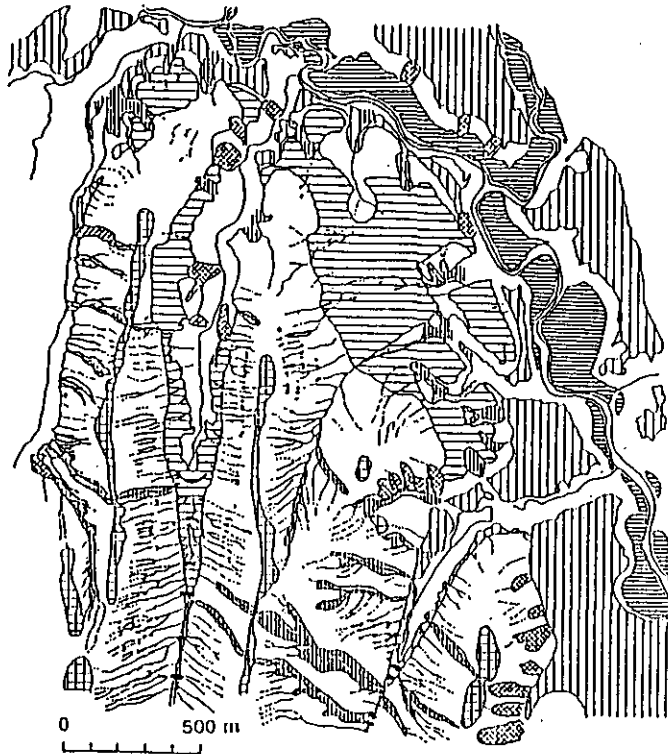











図1 固原県上黄村付近の水系分布と地質断面 (大森、1989)



- | | | |
|--|---|---|
|  高位段丘 |  小規模V字谷 |  水系 |
|  中位段丘 |  地すべり・崖崩れ |  トンネル優越 |
|  低位段丘 |  山頂小起伏面 |  砂防ダム |

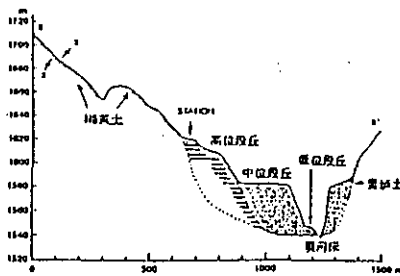
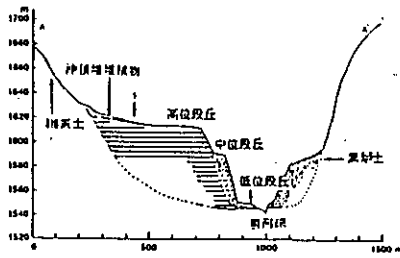


図2 固原県上黄村付近の段丘面分布と地形断面図 (大森、1989)

季の地温で規制されているところが少なくないことを示している。事実、本地域で冬小麦が栽培されない理由は小麦種子が-20℃に近い著しい低温に耐える能力がないことにあり、一方、地下茎で越冬する植物は土壌中での地下茎の分布と冬季の地温の分布または土壌凍結の分布と何等かの関係があるものと思われた。

3-2. 低温で降雨が少ない春季

春は一年生雑草が発芽し、多年生雑草が芽生え、播種された春小麦が発芽生長する時期にあたる。しかし、この時期の土壌環境は気温が上昇し、風がきわめて強く、蒸発量が著しいのに、降雨量が少ないため、乾燥がもっとも進行している。農民は作土層の水分が失われるのを恐れて、作土の耕起を最小限にとどめている。6月初旬に小麦の根を調査した結果によれば、小麦が種子根または種子根と第1節根のみで生育していることが見い出された。このことは、春に播種した種子から発芽した小麦幼植物の種子根が作土層に不足している水分を作土下の土層に求めて下方に伸長したこと、それ以外の節根は作土層の水分が不足しているために伸長できないことなどを示唆している。

3-3. 温暖で多少の降雨がある夏季

この時期の小麦の根の調査によれば、根の深さは160cmまで達しているものもあること、もっとも根が多く分布する土層は深さ30-40cmの土層であることが認められた。前者の事実は小麦の根が下層の非毛管孔隙（古い根の跡）を通して下降していることを意味しており、後者の事実は30-40cmの土層が水分をかなり保持しており、しかも、非毛管孔隙が縦横に走っていることを示唆している。

3-4. 冷涼で多少の降雨がある晩夏-初秋

本地域の農民が小麦の収穫後に土壌を耕起するのは、土壌表面に形成されたクラストを壊し、固結した作土に非毛管孔隙を作り、収穫後の降雨を土壌中にしみ込ませ、作土層、さらには下層に移行させ、これを翌年に栽培する作物が吸収利用する水として土壌中に蓄えることを意図していると考えられる。この収穫後土壌を耕起し、降雨によりもたらされる水を蓄える方策は「土壌水庫、水庫=ダム」と呼ばれ、黄土高原における重要な農作業の一つになっている。この際、施肥も同時に行われるが、施肥位置は15cmの深さに施用され、この位置が前述の土壌水分の多い部分に相当している。

黄土高原における農耕地のすべての作業は遅くとも9月下旬には終了し、長い、厳しい冬季を迎える。

4. 黄土高原緑化のための基礎的調査と試み

4-1. 黄土高原に生育できる植物の選抜

世界各地から収集された225種の雑草、牧草種子を本地域に播種し、本地域に適合する雑草、牧草種の選抜試験が行われた。その結果、実験を担当した研究者は次のようにコメントした。

「外部から導入した植物の中で、雑草選抜試験圃場において良好な成績を納めたものと、現地
で自生している植物とを比較すると、「科」の段階で一致している。この事実は本地域の自然環
境に適合する性質がこの科の植物の特性の一部になっていることを意味していると考えられる。」
本地域には植物の生育を阻害するさまざまな要因が存在するので、上記の研究者のコメントは、
その性質がとくに高い種が選抜されていることを示している。1988年4月に播種、1990年8月ま
での生育・生残調査で有望と考えられた草種はイネ科では *Sorghum halepense* など7種、マメ科では
Vicia sativa など5種、キク科では *Tragopogon pratense* など4種、アブラナ科では、*Brassica*
kaber など2種、ムラサキ科では *Echium vulgare* など2種、セリ科の *Daucus carota*、オパコ科の
Plantago lanceolata であった。

4-2. 山地傾斜面での植生被覆から見た土壌水分動態の解析

本地域の山地斜面における植生の被覆程度を調査すると、土壌乾燥が著しく進行する南斜面と
乾燥の進行がやや緩慢な北斜面とでは明らかに植生被覆に差が見られ、前者の方が後者よりも植
生密度は疎であった。この理由を山地斜面における土壌水分動態から検討するため、それぞれの
斜面に土壌深度別に水分センサーを埋設し、経時的に土壌水分の変化を追跡することによって、
水分動態の特徴を検討した。結果の一部を図-3に示した。北斜面には明らかに高水分を保持す
る土層が下層に存在し、この層から供給される水によって、より高い密度の植生が維持されるも
のと考えられた。このような高水分土層の生成は植物-植物遺体-土壌構造-土壌水庫といった
一連の相互作用の結果によるものと思われる。

4-3. 土壌表層部の改良

上述したように、土壌表面に形成されるクラストは貴重な降雨の土壌浸透を阻害し、流去水と
なって侵食を助長するので、クラストの形成を阻止するための土壌表層部の改良を目的とした実
験を行った。実験はポリビニルアルコール (PVA) による土壌表面の団粒促進効果試験とそれによ
る小麦栽培・収量試験から構成された。PVAの土壌最表層部(約1cmの深さ)への添加は予備試験
の結果、0.3%が適当であると判断された。斜面傾斜角度10°の実験圃場には降雨による表土流出
量に及ぼす影響も把握できるように設計した。その結果、PVAによる団粒促進効果およびそれによ
る表土流出阻止効果は著しく高いことが認められた。さらに、小麦の栽培試験でも、PVA施用区は
対照区に比べ、30%の増収を示した。

しかし、PVAの価格は決して廉価とはいえず、大面積に散布することは実用的に大いに問題があ
った。そこで、PVAに代わるものとして、polyhydroxy aluminiumの利用開発を考えたが、団粒促
進効果はPVAに比べてはるかに劣り、土壌クラストを形成阻止するまでには至らなかった。現地
で調達可能な資材で団粒促進効果がある程度期待できるものに麦藁などの作物残査があるが、作物
残査の農地還元はきわめて低い状況下にある本地域で、どのようにして有機物の農地還元を高め
るかは非常に大きな問題と言える。

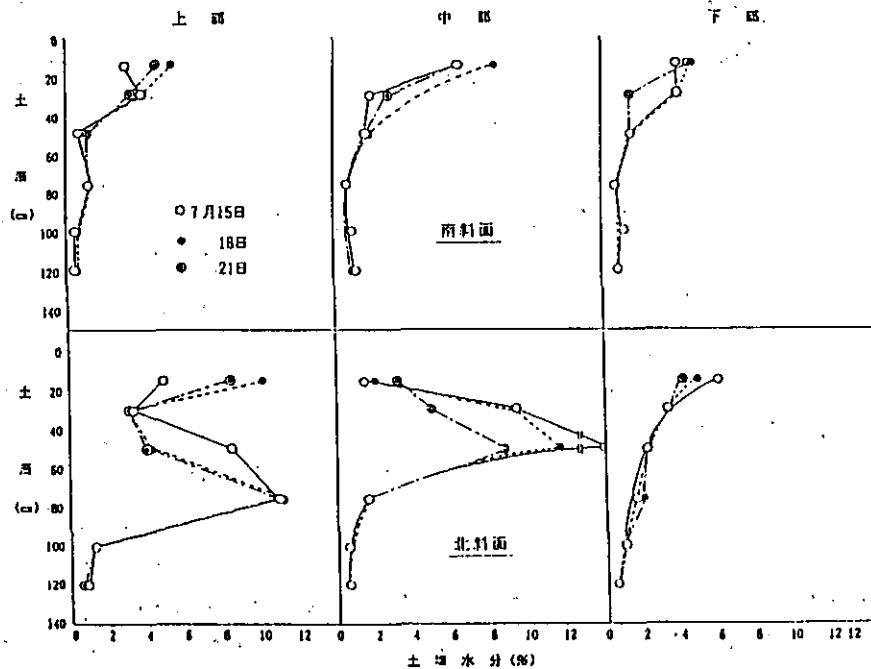
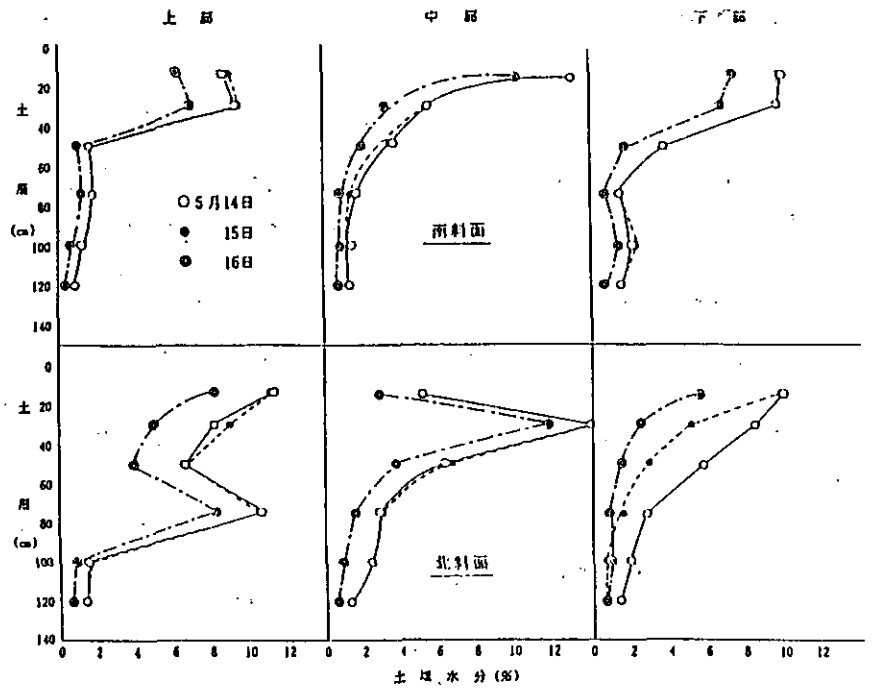


図3 山地斜面土層中の水分動態 (松本、1990)

モンゴルの自然と「ゴビ・プロジェクト」

今岡良子（大阪外国語大学）

1. モンゴルの遊牧は「社会主義的」に改造された遊牧である。

モンゴル人民共和国は、1921年にソ連に次いで社会主義国となり、伝統的な遊牧を「社会主義的」に改造することで、社会主義経済の基盤を築いてきた。

モンゴルの遊牧の改造の特徴について少し触れておこう。

(1) まず、遊牧の改造は、ソ連のコルホーズを模範とするネグデル（農牧業協同組合）の建設を基軸に進められた。家畜の大部分を社会化し、家畜を出資した遊牧民はネグデルの組合員となり、ネグデルから放牧賃金を毎月もらって生活するようになった。1987年現在、ネグデルは全国に255、国营農場は53、飼料農場は19ある。

(2) 遊牧民の4つの営地の移動範囲を基本的にネグデルの領域内にとどめた。ネグデルは独立採算を目指し、土地生産性を高めようとした。

(3) 労働生産性を高めるため、畜群の構成を多品種から単品種へと変え、飼養頭数を多頭化した。

(4) 井戸・畜舎の建設、飼料の生産、品種改良、獣医の配置など、生産の物質的・科学的基盤の強化が図られた。

(5) 義務教育導入、医療・福祉・構成の充実、ネグデル中心地に文化・サービス施設の建設など、遊牧民の生活基盤の向上も図られた。

2. 集団化の問題点

遊牧の集団化は、1960年に完了した。しかし、1980年代になると、経済は停滞し、1991年にととうネグデルの解体、家畜の私有化が始まった。その原因についてここで詳しく述べることはできないが、モンゴルの集団化の問題点は、ソ連の援助に依拠し、ソ連に追従するモンゴル人民革命党が上から中央集権的にすすめたことにある。遊牧民の自発性、創造力を活かすことなく、また、風土に学ぶことなく、すすめられたことにある。

遊牧を経済の基盤と位置づけながらも、自然の法則や遊牧民を無視したために、自然の生態系の破壊や経済の行き詰まり、様々な矛盾が沸騰している。例えば、畜群の構造の改造による牧地破棄がある。現地での聞き取りにもとづいてまとめてみる。集団化以前、遊牧民は5-6家族の共同体で、羊、山羊、牛、馬、ラクダの5種類の家畜を飼養していた。故老の遊牧民の話では、その頃の牧地は安定していた、という。5種類の家畜がまんべんなく、牧地を利用していたからである。今では、1種類の家畜を沢山放牧するので、かなりの牧地が荒廃した。また、1軒で沢山の家畜を放牧するため、隣の家とはかなり距離を置いて、幕営しなくてはいけなくなり、共同

体をつくることがむずかしくなった、という。集団化以前の共同体には、ラマ僧や大工もいて、祭りも行われ、小地域社会を形成していた。現在は多くの遊牧民が草原で社会生活から孤立している。マイナス30度の冬営地の半年間、雪に閉ざされ、他の家族との接触もなく、生活する寂しさに耐えられずに、若い人は都会へ行くと聞く。首都ウランバートルでは、電気も水道もある。地方では燃料集めや水くみから始めなければならない。モンゴルの経済を支えている遊牧民がそのじゅうぶんな恩恵に授かっていないため、農村の過疎は進む一方である。家畜を放牧しない牧地はさらに荒れるという。また、兵役の2年間、ウランバートルで過ごした息子や夫が、もっとも自然条件の厳しいゴビではなかなかもどってこないため、ゴビには未婚の母が多いと聞く。

風土と伝統の知恵に学ばなかった集団化のために、自然においては砂漠化の問題、人間社会においては地域社会の崩壊という問題が生じている。都市と農村、工業と農業のバランスの崩れ。軽工業の未発達。援助に慣れきって、紙や電力までも輸入する現状。中央集権。地方自治の未発達。ペレストロイカの新風の中で、もちろんわずかではあるが、これらを克服しようとする様々な試みも行われている。しかし、モンゴルの大統領は、モンゴルを韓国、台湾、シンガポール、香港に次ぐ、アジアの5番目のトラ、新興工業諸国を目指している。ソ連から離れた後は、西側への援助によって経済危機を乗り越えようと考えている。

しかし、モンゴルにはモンゴルの発展の道があるはずである。遊牧民に学び、遊牧民とともに、人間も自然もいきいきする地域社会を創れないだろうか。モンゴルにはまだ可能性が残されている。これが「ゴビ・プロジェクト」の出発点となった。

3. 「ゴビ・プロジェクト」とは、

「日本・モンゴル共同 ゴビ・遊牧地域研究開発プロジェクト」の略称である。

(1) 「ゴビ・プロジェクト」の基本目標、方法、範囲

「ゴビ・プロジェクト」は、21世紀にふさわしい新しい人生観、世界観にもとづく、新しい価値の創造をめざし、地域に生きる人々の本当のしあわせにつながる研究開発を目標にしている。自然の側については、気象、地形、地質、水系、植物、動物な等、基本的には個別に調査する必要があるが、調査対象地域であるバヤンホンゴル県の、森林・草原・砂漠の三つの地帯から成る広大な地域の自然生態系を総合的に把握し、家畜、牧地、牧草、遊牧的生産労働組織や生産技術、文化、芸術、生活様式、地域社会といった、人間の側のあり方を相互連関的に把握する必要がある。

自然に潜む力をいかに引き出し、人間の側、すなわち遊牧的牧畜の生産、生活、文化、芸術等あらゆる伝統的力量をいかに最大限に引きあげるか。これが、モンゴルの地域開発にとって決定的に重要になる。無駄に放置されている乳製品、食肉、皮革、獣毛などの畜産物や、動物、植物、鉱物といった自然のあらゆる資源を加工・保存する技術を開発し、また、太陽エネルギー、風力などの電気エネルギーへの安価な転換を可能にし、その動力への利用によって地下水・河川から

の水源を確保し、これによる緑化は、遊牧的生産に大きな変革を招来する可能性を秘めている。さらに、生産組織や生活様式、地域社会のあり方といった人間の側のあり方も、これら全ては、近代科学技術との結合をめきにしては考えられない問題である。

しかし、これらのこともすべて、「人間と自然の調和」という新しい価値の創造をめざす目標の中に位置づけられ、実行されるものである。

また、この「ゴビ・プロジェクト」の真の主人公は、地域住民である遊牧民だということを忘れてはならない。地域住民自身が、変革の主体であることを自覚しなければ、外からどんな優れた技術や莫大な資本を投下しても、地域開発は成功しないからである。

(2) 「ゴビ・プロジェクト」調査計画

1990年夏 第一次調査

1991年夏 第二次調査

1992年春から一年間、住み込み調査（～1993年春）

1992年夏 第三次調査

1993年冬 国際シンポジウム（将来計画）於ウランバートル

1994年春 国際シンポジウム（将来計画）於但東町（兵庫県出石郡の過疎山村）

政府の「ゴビ・プログラム」策定

1994年秋 国際音楽祭

1994年 本格的な研究開発着工

：

2000年 国際ゴビ・遊牧地域研究センター設立

（続く）

(3) 1990年夏、第一次調査調査概要

1) 第一次調査の目的

- a) 調査対象地域バヤンホンゴル県の自然と地域社会の現状把握
- b) 日本、モンゴルの研究者との情報交換、協力体制作り。
- c) 調査地域の指導者層、遊牧民に「ゴビ・プロジェクト」の趣旨説明、交流、相互理解
- d) 今後の調査研究および開発のためのモデル集落の選定

2) 調査隊の構成（表1）

3) 調査日程

6月23日 日本発

6月25日 モンゴル着

7月2日～31日 広域調査

8月7日～8日 調査報告セミナー（表2）

8月11日～30日 定点調査

9月3日 モンゴル発-日本着

4) 調査ルート (図1)

5) モンゴル遊牧地域社会の現状 (スライド)

6) 調査成果

- a) 対象地の自然と地域社会の基本をまず把握
- b) モンゴル人研究者との相互交流
- c) 対象地域にある研究所との協力関係締結
- d) 今後の調査研究および開発のためのモデル集落の選定
 - バヤンホンゴル県 2郡4カ所
 - ウムヌゴビ県 2郡
- e) 映画製作に着手

5. モンゴルにおける砂漠化、砂漠にかかわる諸問題

砂丘の移動や、拡大についても遊牧民からよく聞く。その原因は道路のわだちの面積の拡大、燃料用のサク(サクサウル)の伐採、異常気象などが原因だと言われている。

民主化以降、ソ連批判と伝統「ジンギス汗」復活が甚だしい今日のモンゴル。ソ連のまねをして遊牧を変えたことが、砂漠化の本当の原因なのかどうか。今の生産力を維持しつつ、伝統的な共同体や技術を復活させた場合、牧地はどうなるのか。人間の側の問題はどうなるのか。調査対象地域内にある研究所には、実験家畜を買う遊牧民がいる。地元の研究所とタイアップして、砂漠化の原因を科学的に明らかにしていく必要がある。

遊牧民は、家畜が生まれる春の営地を温かいゴビに置く。砂漠は、砂漠として利用し、そこで生活する。モンゴルにおける砂漠化の問題は、その拡大を阻止する試みと、そこで生きる遊牧民がよりよく生活できるための試みの両方が成功してはじめて、解決できたといえるのであろう。

表1 日本・モンゴル共同第1次ゴビ遊牧地域研究調査隊（ゴビ・プロジェクト）の構成

総隊長	小貫雅男	(大阪外国語大学教授 モンゴル現代史・遊牧地域論)
特別顧問	三秋 尚	(宮崎大学農学部教授 牧地・牧草学)
	松田昭美	(鳥取大学農学部付属砂丘利用研究施設教授 砂丘環境論)
	浜川圭弘	(大阪大学基礎工学部教授 太陽光発電)
	越智猛夫	(東北福祉大学社会福祉学部教授 乳加工)
	宮崎 昭	(京都大学農学部教授 畜産資源学)
	加藤啓介	(石川県農業短期大学教授 食肉加工)
	野村安治	(鳥取大学農学部教授 水利用学)
	小島洋一	(京都府立大学農学部教授 家畜(栄養学))
	馬場 泰	(京セラ(株)ソーラエネルギー事業部工場工場長(太陽光発電))
	佐々木敏	(大阪大学医学部 医師 公衆衛生学)
	藤本 巧	(草土社 写真家)
	増田正男	(地湧社・湧インターナショナル社社長 観光学)
	八田 稔	(トラベルプラン社社長 観光学)
	金子量重	(アジア民族造形文化研究所所長 民族学)
	本田重美	(兵庫県出石郡但東町赤花 集落のリーダー)
隊長	今岡良子	(大阪外国語大学非常勤講師 遊牧地域論)
隊員	秋山佳弘	(大阪外国語大学モンゴル学科大学院修士課程 遊牧都市論)
	飯田由里子	(大阪外国語大学モンゴル学科大学院修士課程 遊牧地域論)
	菅野亜希代	(大阪外国語大学モンゴル学科4年)
	松本典子	(大阪外国語大学モンゴル学科4年)
	新納智美	(大阪外国語大学モンゴル学科4年)
	大畑麻紀	(大阪外国語大学モンゴル学科4年)
準隊員	片山 瑞	(大阪外国語大学モンゴル学科3年)
	高田慎子	(大阪外国語大学モンゴル学科2年)
	山内佳美	(大阪外国語大学モンゴル学科2年)
	山田 暁	(大阪外国語大学モンゴル学科2年)
顧問補佐	越本知大	(京都大学農学部大学院博士課程 家畜繁殖学)
	山崎正史	(京都大学農学部大学院修士課程 畜産資源学)
	岸本博和	(京都大学農学部大学院修士課程 畜産資源学)
報道・映画	町田幸彦	(毎日新聞大阪本社経済部 記者)
	玉置勝巳	(毎日新聞大阪本社写真部 記者)
後藤多聞	(NHKエンタープライズ企画本部部長チーフ・ライター) 他6名	

表2 日本モンゴル共同第一次ゴビ遊牧地域研究開発調査共同セミナー報告
(1990年8月7日～8日 於モンゴル国立大学)

第一日目

(総括)	
小貫雅男	1990年夏期共同調査の成果、将来への展望
ダシブレブ	1990年夏期共同調査の目的とその到達点
(報告)	
遊牧地域研究グループ	日本の都市と農村 (スライド)
ジュグデルナムジル	ホタイル共同体の解体とモンゴル人民革命党農政の誤り
アヨーシ	遊牧社会研究の民族学的アプローチ
ソリク	医療研究から見た遊牧地域社会

第二日目

(報告)	
ツイレンドラム	伝統的遊牧技術の研究とその諸問題
三秋尚	草原の近代化のため牧畜改良の実験展示10か年計画 (西暦2000年 緑の計画)の提案
バルジット	バヤンホンゴル県の土壌分布及びその特質について
野村安治	モンゴルにおける水利用計画について 砂丘固定と緑化試験の実例について
ツイレンジャブ	バヤンホンゴル県の水利用における1990年夏の予備調査の結果より
ダシデルゲル	モンゴル羊の肉質及びその研究目的について
越本知大	モンゴルの牧畜における人工授精の現状と問題点について
ダグワドルジ	バヤンホンゴル県の気候
山崎正史	モンゴルの遊牧畜産と日本の畜産技術の比較
トシワヒン	バヤンホンゴル県の牧地の適切な利用について
バザングル	バヤンホンゴル県の自然条件とその潜在力
バートル	放牧畜産におけるモンゴルの家畜体の特徴
バーサン	バヤンホンゴル県における砂漠の研究
岸本博和	牧畜に悪い影響を与える害虫について
バルドルジ	発酵乳の酵母を缶詰にし、保存する時に生ずる諸問題
越知猛夫	バヤンホンゴル県における乳酒製造の現状と品質の改善問題
ゴンボ	モンゴル人民共和国における乳質源の適切な利用方法と技術について
加藤啓介	バヤンホンゴル県における食肉に関する問題点
ニャマー	肉の生物、化学、物理学的分析の必要性
ロドイサンバ	遊牧生活の電化—ラジオ、テレビ、通信システムを普及させる問題について
ドクソム	ゴビ地域の牧草の現状
佐々木敏	調査開始のための基礎的データについて
(総括)	
小貫雅男	セミナー閉会にあたって 1990年の共同調査結果の総括、将来の研究活動の方向に関しての日 ・モ双方の議決

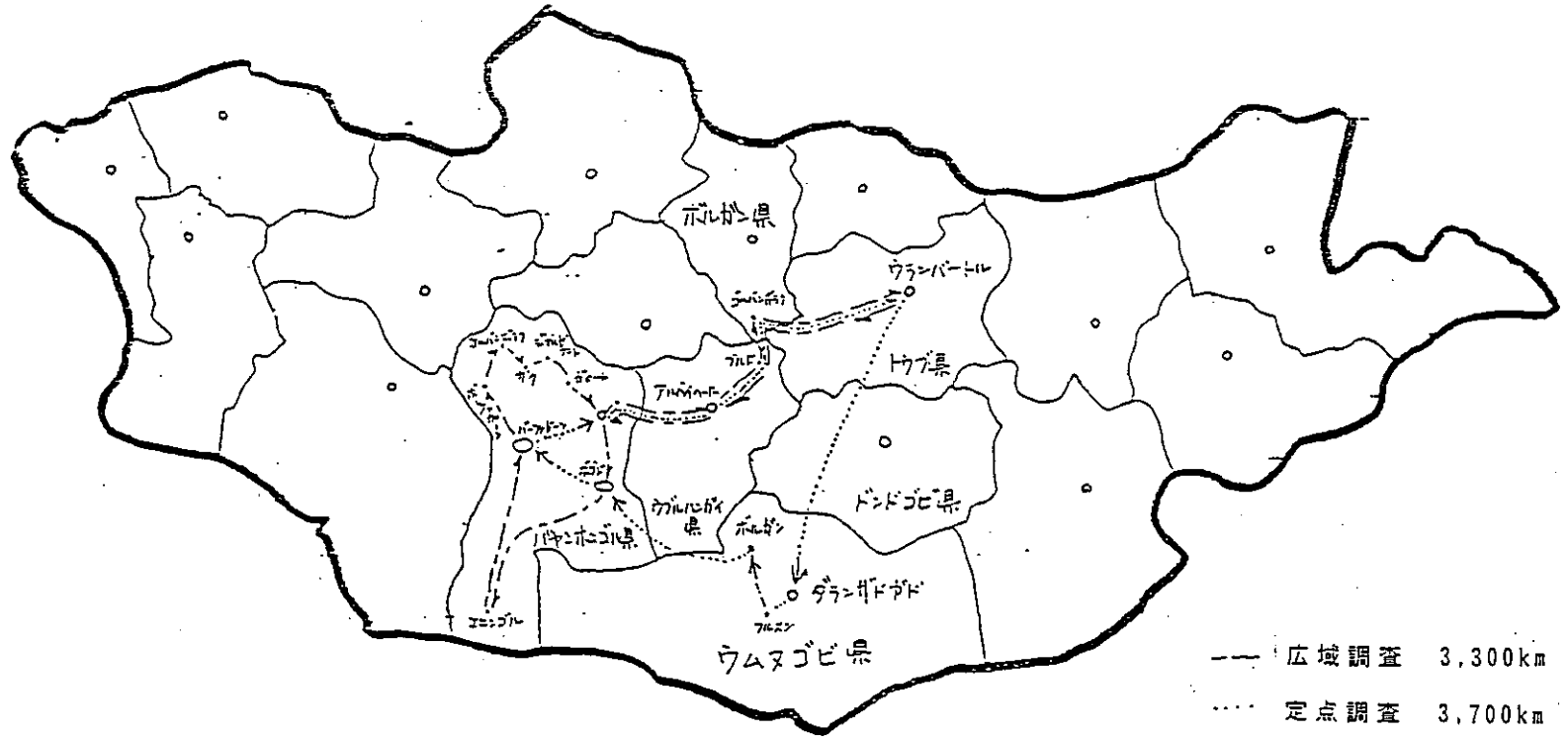


図1 第一次ゴビ・遊牧地域研究調査隊調査ルート

アフリカにおける砂漠化の現況と研究の動向 —サハラ南縁地地帯を中心に—

門 村 浩 (東京都立大学理学部)

1. はじめに

ここでは「砂漠化」を、「食糧生産と水・エネルギーの供給等からなる人間の生命維持システムを根底から破壊する地球圏・生物圏プロセスである」と定義する(表2参照)。この定義は国連砂漠化会議(UNCOD)(1977)での定義とはやや異なるが、この会議後の14年間、砂漠化とその防止対策については、研究面でも実際面でも多くの努力が重ねられてきた。しかし、防止対策が成功した例は少なく、砂漠化は世界の乾燥・半乾燥・半湿润地域の多くで依然として進行している。現代砂漠化問題の発端をなし、国際的な援助のもとで数々の防止対策が試みられてきたサハラ南縁アフリカでも例外ではない。砂漠化の影響は、厳しい干ばつの発現を引金に、飢餓による大量死、環境難民の大量発生などの悲惨な様相を呈して激化する。砂漠化現象は、アフリカに代表される第三世界において、持続的発展を阻害し、人間生存を脅かし続けている最大の環境問題であると言っても過言ではない。アフリカはもとより、世界中でも最大の被災地帯として、1970年代の初めより国際的な関心を集めてきたサハラ南縁の半乾燥地域、サーヘル地帯の場合を中心に、最近の砂漠化の経緯と現況(図1~17, 表1)を概観し、砂漠化問題研究の最近の動向を紹介しよう。

表1 セネガルにおける砂漠化の自然的・人為的プロセス(門村, 1988)

-
- 1) 北部セネガル河谷・デルタ穀物栽培地域
 河川流量減少 → 氾濫不生起 → 風成作用強化 → 風食凹地・ネブカ形成
 → 塩水遡上境界の拡大 → 土壌塩性化
 → 冠水耕作(ミレット・ソルガム)・水田耕作放棄
 - 2) 北部Ferlo牧畜地域
 過放牧 → 植生破壊加速化 → 古砂丘(固定一半固定)再活動
 → 牧草地の裸地化・剝削・埋積
 → 飼葉不足 → 放牧不能
 地下水水位低下 → 浅井戸枯渇
 → 深井戸掘削・水飲み場建設 → 周縁部の顕著な荒廃
 - 3) 中西部落花生栽培地域
 過剰耕作 → 土壌の疲弊(養分・コロイド分喪失)
 → 土壌侵食(風食・水食)・古砂丘再活動 → 生産力低下
 - 4) ダカール都市域、とくにPikine新興住宅地域
 農村の砂漠化に伴う疲弊 → 離村 → 都市への人口集中
 → 市街地・住宅地拡大 → 砂丘の裸地化・地形改変
 → 古砂丘・半固定砂丘の再活動 → 道路・家屋への砂の侵入
 → 顕著なダスト・煙霧の頻発
 - 5) 南部カザマンス入江地帯
 河川流量減少 → 塩分濃度増大・塩水遡上境界の拡大
 → マングローブ枯死・土壌塩性化
 → 水田耕作放棄
-

Michel(1986)より編集。各地域の位置は図16参照。

2. 砂漠化の経緯と現状

国連機関のデータ（例えば、FAO, 1990）によると、現在、アフリカ大陸の34%が砂漠化の脅威に曝されている。また、サハラの南縁では、過去50年間に約65万km²の生産農地が消失し、なお年々5~6万km²の農地が干ばつと過耕作のため失われているという。これらの数値の信憑性には疑問があるが、サハラ南縁地帯でなお顕著な土地の荒廃現象が続いていることはまちがいない。

(1) 自然史的背景と砂漠化問題の発端

サハラ-サーヘル-スーダンを含む熱帯アフリカの自然はさまざまな時間・空間スケールで変動を繰り返してきた（門村, 1986, 1987）。特にサーヘルは降水の年々変動に伴ってその位置が頻繁に南北に振動するエコトーンである。氷期・後氷期の交代という地球規模の気候変動と連動して、サハラの砂漠の南限は500~1,000kmのオーダで南北に振動してきた（図1, 2）（門村, 1986）。完新世中期の湿潤期が終わった後の4,500~4,000年の間にサハラの限界は1,000kmも南に前進した（門村, 1987）。気候の持続的乾燥化による砂漠化-Saharisationの進行である。

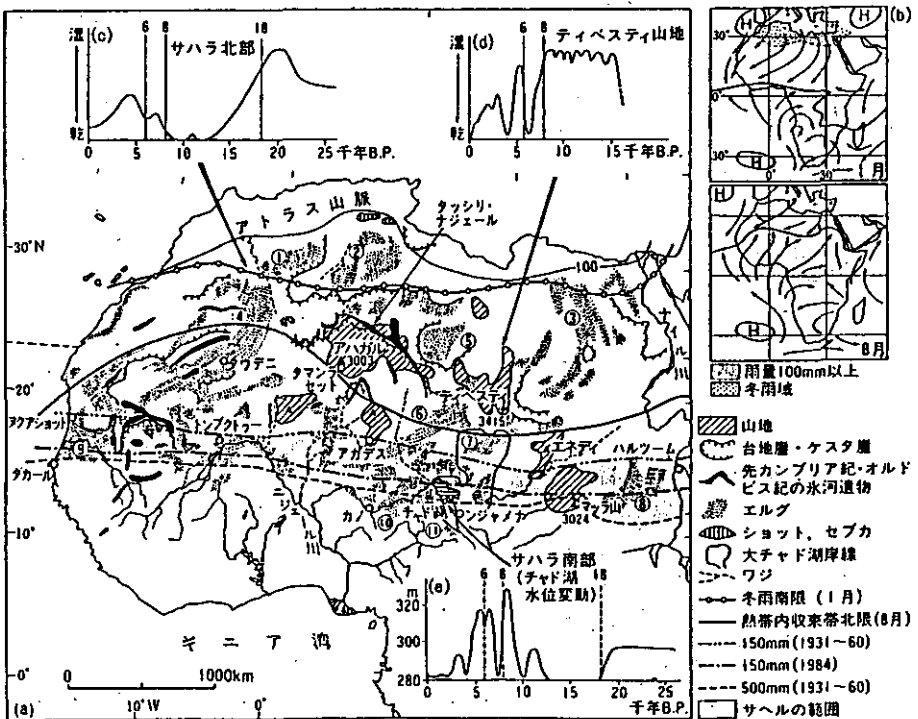


図1 サハラとサーヘルの地形 (a: Grove, 1980; Rognon, 1989などより編集), 気候 (b: Leroux, 1984などより編集), 第四紀末の気候変動のあらまし (c: Rognon, 1986; d: Jakel, 1979; Rognon, 1979; Servant, 1980) (門村, 1990) 北縁の年降水量100mm線及び南縁の年降水量150mm線はそれぞれ砂丘活動域のおよその限界を示す。サーヘルは年降水量150~500mmの範囲と定義。エルグー 1: グランデルグ・オクシデンタル, 2: グランデルグ・オリエンタル, 3: グレートサンドシー, 4: イギディー・シェシュ, 5: ムルズク, 6: テネレー・ビルマ, 7: ジュラブ (ボドレ凹地), 8: コルドハンのゴーズ (古砂丘・砂原), 9: オゴリアン (セネガル北部) の赤い古砂丘, 10: ナイジェリア北部の古砂丘, 11: カルフ (カメルー北部) の古砂丘。

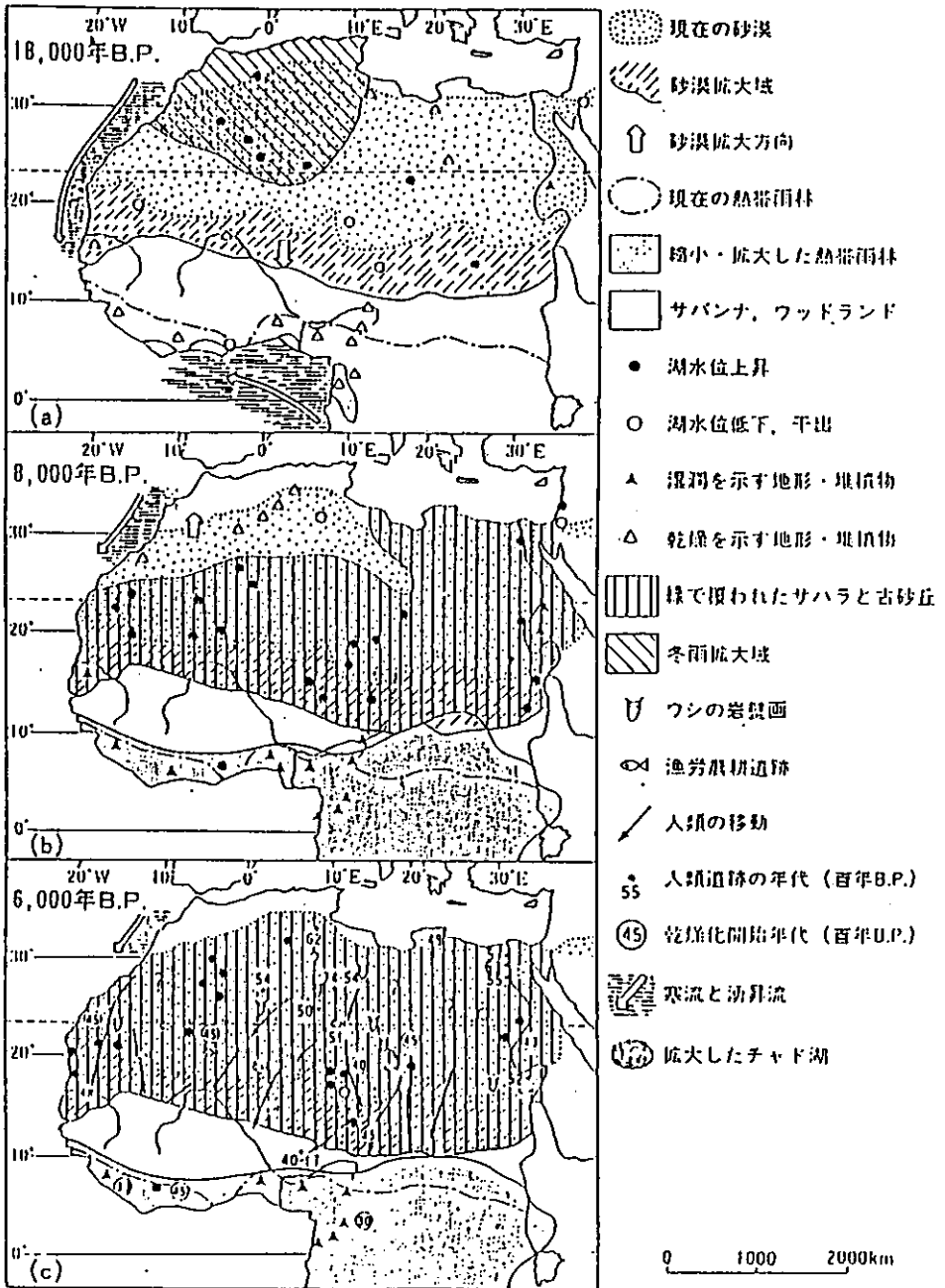


図2 過去2万年間のサハラ-サーヘル地帯の環境変遷：(a)最終氷期末（18,000年前）の大乾燥期，(b)完新世初期（8,000年前）の大湿潤期，(c)完新世中期（6,000年前）の湿潤期とその後の乾燥化に伴う人類の移動（門村，1986，1987；Rognon，1989などより編集）（門村，1990）

過去1,000年の間では、ヨーロッパが小氷期の寒冷期を経験した16~18世紀の間、サハラ南縁地帯は湿润気候を享受し、現在の乾燥地帯にいくつかの帝国や王国が興亡した。後小氷期の温暖化が始まった18世紀末より乾燥化傾向が現れ、1830年代をどん底とする干ばつ期を迎える。この時の干ばつはアフリカの全域にわたる大規模なもので、広域で大飢饉が発生した（門村，1989）。

最近100年間では、1896年頃より小雨傾向が始まり、1913-14年をどん底とする今世紀初頭の顕著な干ばつ期が出現し、サハラ南部-サーヘルの全域で大飢饉となる（図3,4,5）。チャド湖が干上がり、大量の餓死者が出、民族の集団南下が続出し、気候の進行的乾燥化と砂漠拡大の脅威が真剣に論議され、今日の砂漠化問題の端緒となる。その後、気候の乾燥化による「サハラ砂漠の拡大説」は否定されたが、小干ばつが起こるたびに、人間活動に起因する環境の荒廃が注目されるようになった（門村，1988，1989）。

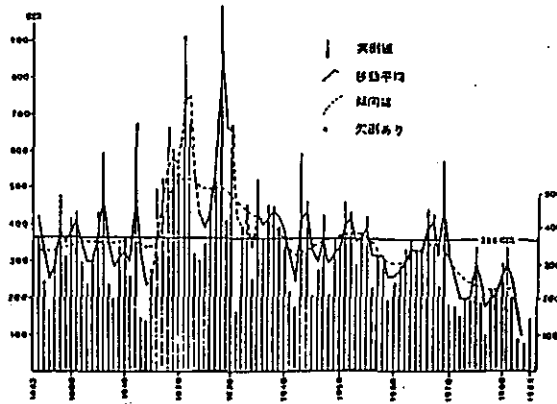


図3 サンルイ（セネガル）における降水変動：1893-1985年（Olivry, 1982に加筆）（門村，1988）

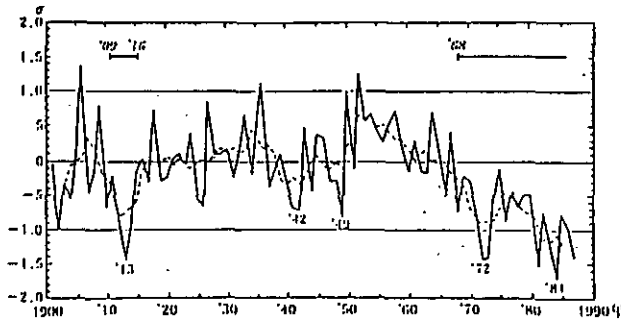


図4 西アフリカ・サーヘル地帯の降水変動：1901-1987年（Shinoda, 1989に加筆）
全観測点の全期間平均降水量と各年平均降水量の差を標準偏差で除して基準化した値で示す。1913年を中心とする1909~16年、1972-73年及び1983-84年を絶頂とする1968年以降に顕著な干ばつ期。

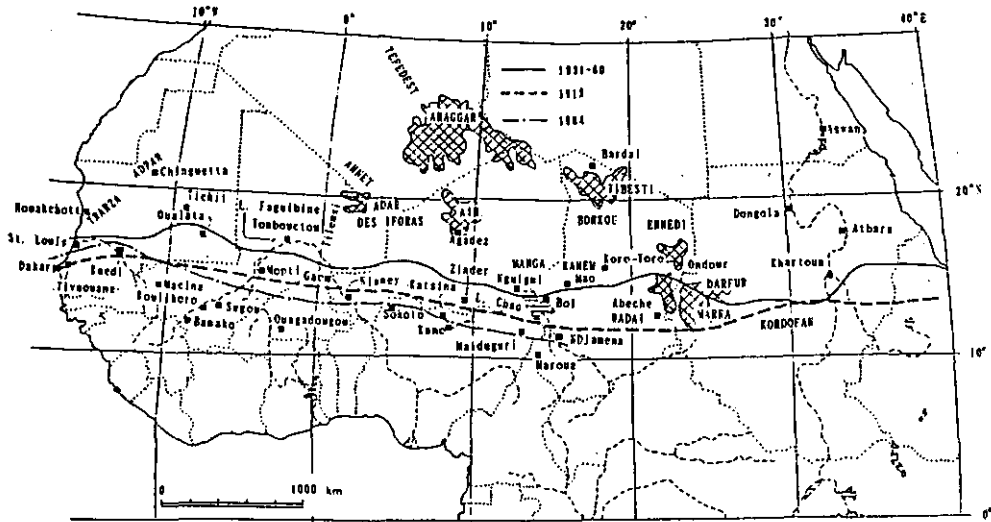


図5 1913年及び1984年干ばつ時の「飢餓前線」(年300ミリ等雨量線)の南下。平年位置からの隔たりを示す(門村, 1989)

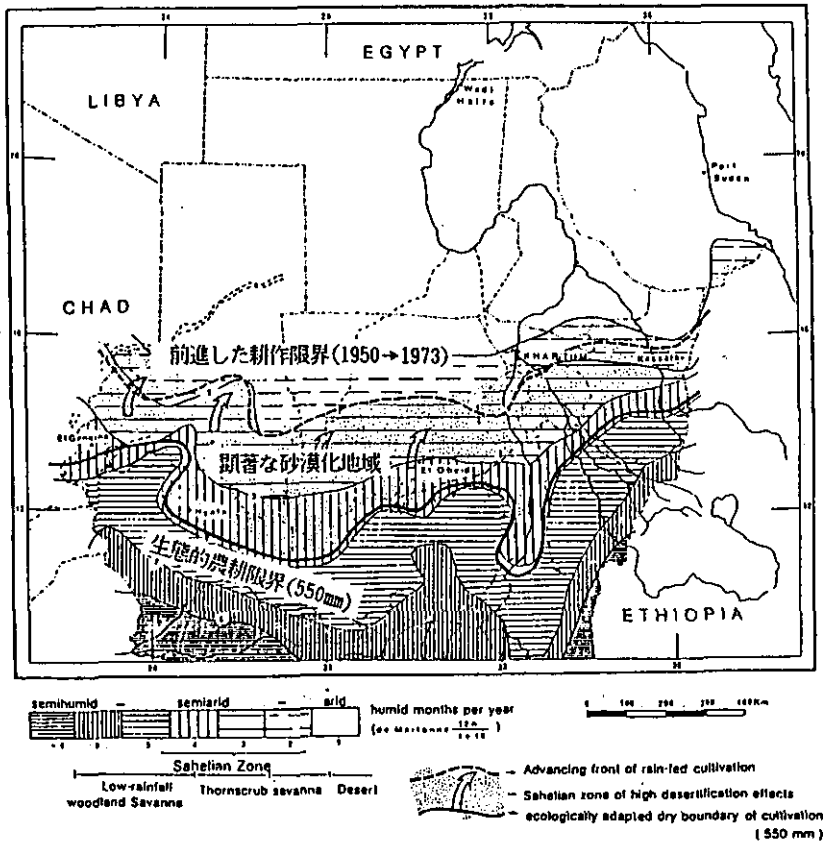


図6 生態的乾燥限界を超えた降水依存農地の拡大に起因する顕著な砂漠化：スーダンのサーヘル地帯の場合 (Ibrahim, 1978)

その後は、1940年代に2回の小干ばつがあった後、50年代から60年代前半までは湿潤な年が続いた(図3,4)。この湿潤期にはサヘルは200~300km北上し、折りからの人口増加の圧力もあって、牧畜地帯はもとより、ミレット・ソルガムの農耕地帯も北に拡大した(図6)。また植民地化の進行に伴って、落花生や綿花など商品作物の単作域も急速に広がった。耕地の拡大は主としてAcacia類などの灌木で覆われ、半ば固定していた古砂丘・砂原(図1,2,7)の上や、ラテライト性皮殻を覆う薄い土壌の台地面を開いて拡大した。こうして、多くの地域で湿潤期の間に、顕著な砂漠化を招来する潜在的危険度が蓄積されていったのである。

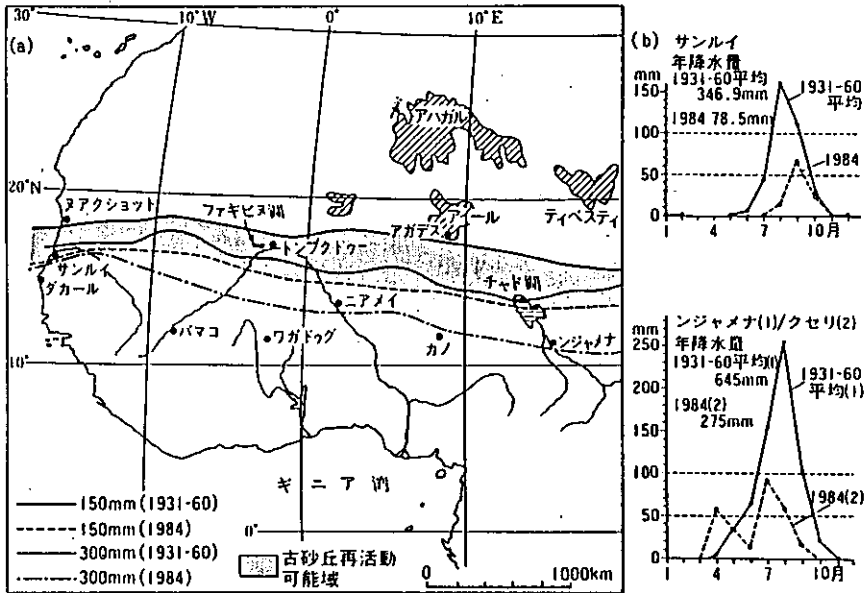
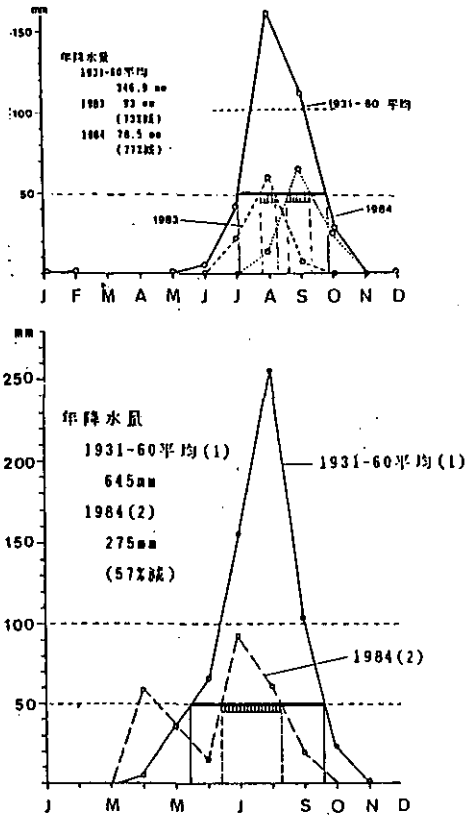


図7 最悪の乾燥年、1984年の西アフリカ・サーヘルにおける「砂漠化前線」(年降水量150mm線)及び「飢餓前線」(300mm線)の南下(a)と月別降水量(b)(門村, 1990)
1950年代~1960年代前半の湿潤期には、これらの等値線は平年位置より200~300km北上していた。クセリはンジャメナの対岸にある町。

(2) 最近の砂漠化とその特徴

1) 降水異常

サハラ南縁地帯の最近の顕著な砂漠化現象は、1968/69年に始まった厳しい干ばつ(図3,4)を引金に始まり、今日に至るまで四半世紀にわたって続いている。干ばつが絶頂に達した1972/73年、1983/84年には、年降水量が平年値(1931-60年)の20~40%まで落込み、雨季が全体として短縮す



作目		月	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
穀類	雨季モロコシ							—	—	—	—	—	—	—
	ミレット							—	—	—	—	—	—	—
	シコクビエ							—	—	—	—	—	—	—
豆類	ラッカセイ							—	—	—	—	—	—	—
	ササゲ							—	—	—	—	—	—	—
	バンドーズ							—	—	—	—	—	—	—

... 播種・挿し木 — 生育期 ... 収穫
 *** 移植 ||| 摘取

図8 サヘル地帯における農耕カレンダーと降水の季節分布：平年と顕著な干ばつ年の比較

a. サルイ（サヘル地帯北部），b. ンジャメナ／クセリ（サヘル地帯南部）作物の生育が可能なのは月降水量50mm以上の期間。農耕カレンダーはカメルーン北部（サヘル地帯南部）の例（Westphal et al., 1981）を示す。

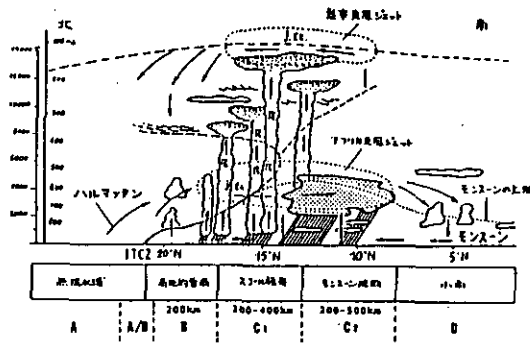


図9 西アフリカにおける対流圏の模式断面と降水帯：8月の場合 (Leroux, 1970などによる)

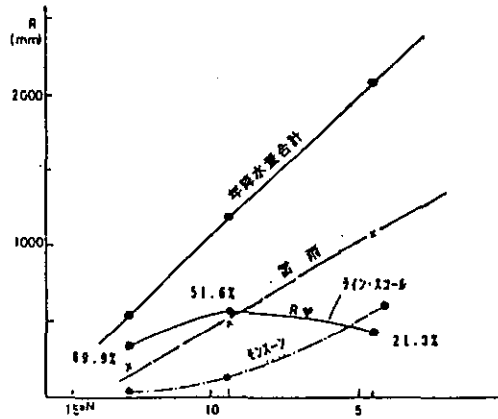


図10 緯度による降水原因別寄与率の変化：ナイジェリアの場合 (Omotosho, 1985)

るとともに、ピーク月(7~8月)雨量が著しく減少した(図7,8)。これは、ピーク月雨量の数十%以上を占めるスコール性の雨が少なくなったためである(図9,10)。干ばつはニジェール・セネガル両川とチャド湖に流入するシャリ-ロゴンヌ川上流部の通常は湿潤なギニア帯にも現れ、ここでも小雨の傾向が続いたので(図11)、ニジェール・セネガル両川とチャド湖の水位が著しく低下した。セネガル川の下流部では、塩水の遡上が慢性化し(図12,表1)、ニジェール川では最大干ばつ年の1984年の渇水期に、ニアメイ付近で表流がほとんど途絶えるまでに流量が減少した。

年降水量150mm等値線(“砂漠化前線”)とミレット栽培限界年降水量300mm等値線(“飢餓前線”)の位置は、顕著な干ばつ年には、それぞれ平年位置より200~400km、1960年代中葉の湿潤

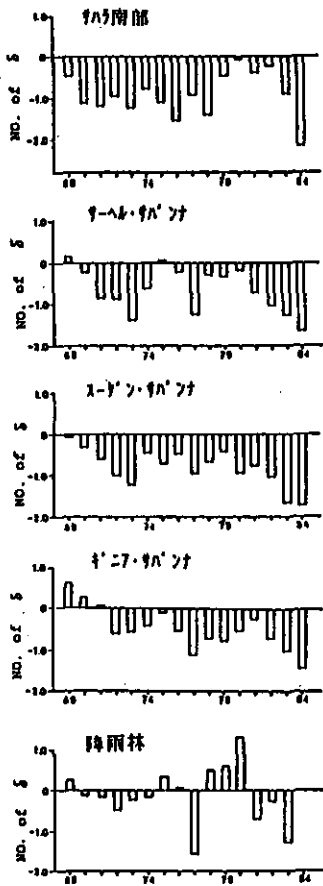


図11 西アフリカにおける気候・植生帯別の降水異常 (OJo, 1985より編集)

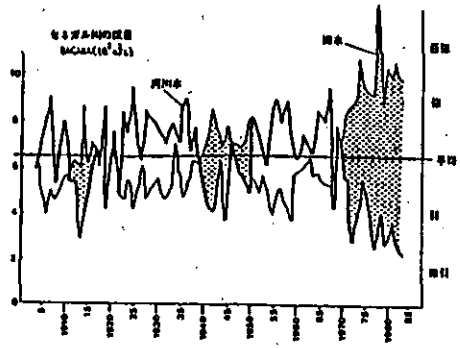


図12 セネガル川の流量変動と海水の侵入：河口から130km地点のDaganaでの観測 (Saos, 1986)

期の位置に比べると400~600kmも南方に後退した(図1.7)。活発な風成作用に曝される地域と耐干性作物のミレットでさえも、栽培不可能な不毛の土地が大きく南に拡大したのである。また、湿潤期における土地と資源の過剰利用の”ツケ”が、古砂丘・砂原の再活動、加速的な土壌侵食という形で顕在化し、人間の生命維持システムを根底から破壊する劇的な荒廃現象となって現れたのである。ただし、このことは、決して、砂漠の限界の斉一的な前進を意味するものではない(図17)。

2) 砂漠化現象とその影響の多様性

スーダン北部(図6, 13~15)とセネガル(図3, 12, 16, 表1)の事例に見るように、砂漠化の原因とプロセス、その影響は、地域の自然条件と人文社会条件、土地利用のあり方に対応して、きわめて多様である。図14のスーダン北部の場合に例を見るように、干ばつによるミレット生産量の

減収に対して、いままで耕地としては不適當と見られていた土地を開拓して生産をカバーしようとする対応策が取られたことを示している。このためかえって、土地の荒廢が進んだところが多いのである。また、家畜については、干ばつによる被害に対して多頭飼育で対処するという悪循環を生み、元來脆弱な放牧域の生態系を加速的に破壊するという結果をもたらした。

人と家畜が集中する集落や井戸の周りには、図15に例示するように、しばしば同心円状の顕著な荒廢地が形成される。砂漠の遙か南方の地域の中に、ひどく荒廢した不毛の裸地がパッチ状に出現する場合の典型例である。一方、道路沿いには、樹木の伐採、放牧、耕作のインパクトが集中し、加えて道路工専用やレンガ用の土砂が採掘されるので、帯状の顕著な荒廢地が形成される(図17)。

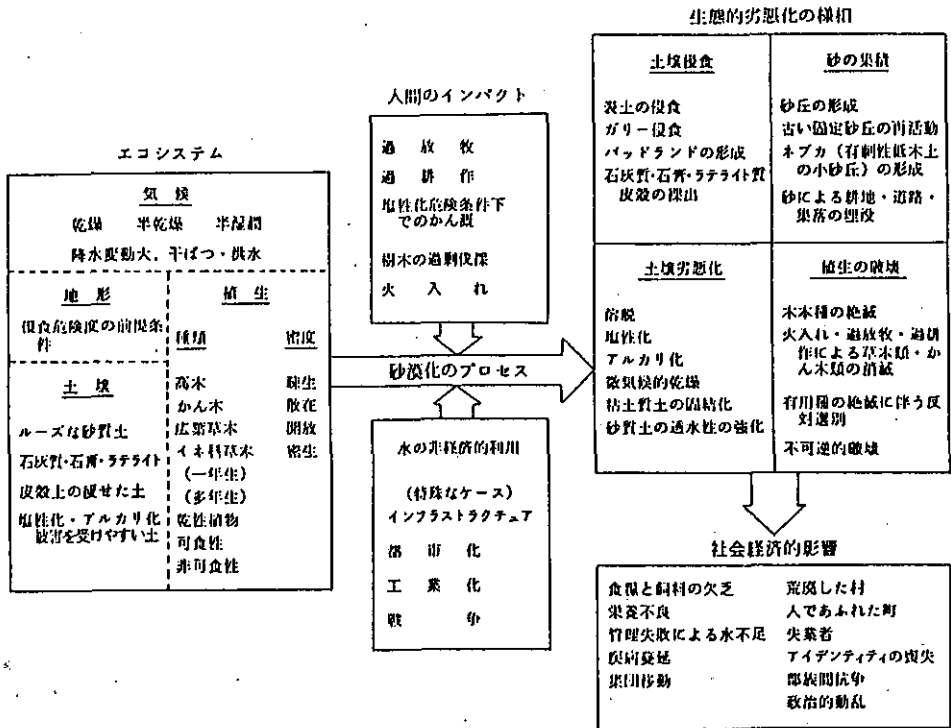


図13 「砂漠化」の構図—スーダンのダフル地方の場合 (Ibrahim, 1984より編集) (門村, 1989)

過耕作や過放牧、燃料材の無差別の伐採に起因する裸地化とそれに励起されて生じる水食による表土の侵食とバッドランドの形成は、砂漠の限界から遠い、サーヘル南部～スーダン地帯の本来はステップないし乾燥サバンナの植生で覆われていた比較的湿润な地帯における、代表的な砂漠化現象である。ラテライト皮殻が分布する地域では、台地面と斜面上部を密集した岩屑が覆うレグ(礫沙漠)の景観をつくり、耕作はもとより植生の回復を妨げる。こうした地域では、埋土

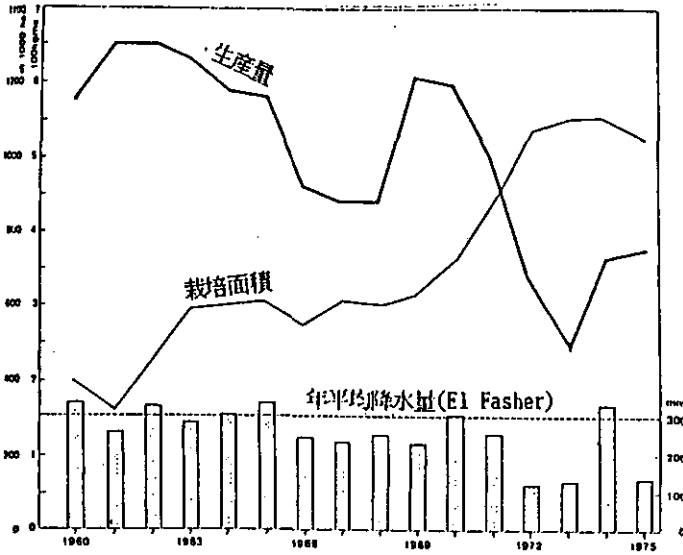


図14 スーダンにおけるミレット栽培面積・生産量の変化：1960-1975 (Ibrahim, 1984)

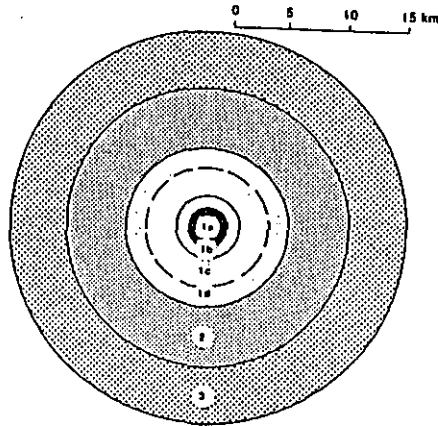


図15 集落を中心とする砂漠化のリング状パターン：スーダンのガルフール地方の場合 (Ibrahim, 1984) . 集落に近いほど荒廃が顕著。

1) 過耕作と過放牧の顕著な内部リング - a) 日陰用の老木のある集落, b) 非可食性草本・灌木のある集落周辺, c) 休耕地を欠く過耕作のリング。過放牧の害もある。2) 恒常的過放牧のリング, 3) 樹木の過剰伐採と季節的過放牧のリング。

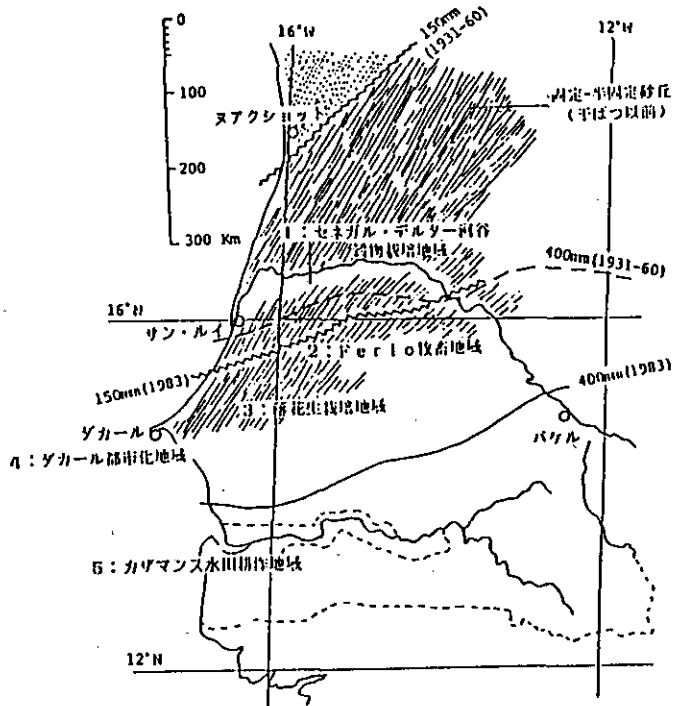


図16 セネガルにおける砂漠化の地域性
各地域の砂漠化のプロセスについては表1参照。

種子が残る可能性が小さいので、降雨が回復しても植生の自然再生ははかばかしくない。これに対し、乾季に風食に曝されながらも、新旧の砂が地表を覆う地域では、埋土種子がなお大量に貯蔵され、かつ発芽・定着の場があるので、良い雨が帰ってくると植生が意外に早く再生する。

NOAA/AVHRR植生指標データの解析(例えば、Dregne and Tucker, 1988)によると、サハラ南縁の植生の緑葉バイオマスが示す“砂漠限界”は、降水の季節及びその年々変動に対応して、頻繁に南北に振動する。このことはこの地域の植生が砂漠化によって不可逆的に退行したのではなく、なお回復能力をもっていることを示唆する。しかし、ここでこの地域の植生群落の種構成が、長年にわたる干ばつと人間のインパクトによって、以前より相当に変わっていることに注意しなければならない。例えばサーヘルでは、多くの地域で、燃料材や家畜の飼葉などとして有用な樹木である *Acacia albida*, *A. senegal*, *Terminalia avicenioides*, *Balanites aegyptiaca*, *Commiphora africana*, *Pterocarpus* spp.) の多くが消滅し、代わって燃料として不適で、家畜も食べない、より耐乾性の灌木 (*Calotropis procera*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Cassia* spp. など) がはびこるようになっている。また、長茎の多年生イネ科草本 (*Andropogon gayanus* など) の草原が短茎の一年生草本 (*Aristida* spp., *Cenchrus biflorus* など) の疎らな群落に代わったところが少なくない。

表2 「砂漠化」(土地・植生の劣悪化)研究の枠組み(門村, 1991)

1. 定義

「砂漠化」/土地・植生の劣悪化現象
食糧生産、水・エネルギー供給システム、社会経済システムからなる人間の生命維持システムを根底から破壊する地球圏・生物圏プロセス

2. 「砂漠化」/劣悪化指標/基準(例)

1) 自然条件

(1)地形・土壌

- a. 砂の移動
- b. 砂丘の移動
- c. 加速的土壌侵食/堆積
- d. 表土の固結化・皮殻の形成・拡大
- e. 塩性化
- f. 礫・岩石の裸地の形成・拡大
- g. ダストストームの頻発

(2)植生

- a. 植被率の低下
- b. 群落構成の変化
- c. バイオマスの低下
- d. 群落高・密度・多様性の低下
- e. 耐乾性種・非可食性種の増加

(3)水文

- a. 河川流量の減少
- b. 地下水低下
- c. 水質悪化

2) 社会経済条件(人間的側面)

(1)土地利用

- a. 土地利用変化(耕作放棄など)
- b. 作物収量の低下
- c. 家畜頭数の減少
- d. その他

(2)人間社会

- a. 飢餓/栄養失調
- b. 集団移動
- c. その他

- 問題点 *どうやって認定するか? (タイプ、プロセスなど)
*どうやって定量化するか? (程度、速度など)
*不可逆的劣悪化の限界をどうやって認定するか?
*どのような道具と技術を使うのか?

3. 「砂漠化」/土地の劣悪化は不可逆的現象なのか? それとも可逆的現象なのか?

- a. 自然植生の回復能力は?
- b. 土壌の回復能力は?
- c. 農業システムの回復能力は?
- d. 牧畜システムの回復能力は?
- e. 人間社会の回復能力は?
- f. 全生命維持システムの回復能力は?

*「砂漠化」の防止・逆転/修復計画の前提となる検討課題

4. 階層的な多尺度空間スケールの生態的ゾーニング

* グローバルーリージョナルーローカルの多段階スケールの生態的土地ユニットの設定

* 成帯性・成帯内性・超成帯性/エコトーン概念の適用

→土地利用可能性評価、砂漠化危険度予測、適性土地利用計画、修復計画のための基本的土地単位の設定

問題点 *土地ユニットをどうやって設定するか?

*土地ユニット設定のための手段は?

*危険度予測、土地利用適性等の評価の基準と手続きは?

5. 時間スケール

* 短期スケールのモニタリング(旬日~月~季節オーダー)

→降水予測と連結した砂漠化早期警報システム

* 中期的スケールのモニタリング(1~10年オーダーの年々変動)→砂漠化の進行プロセス・生態系の退行遷移プロセス/生態系の回復・遷移プロセスの観測

* 長期的スケールのモニタリング(50~100年オーダーの変動)

→気候変動に伴う砂漠化/土地劣悪化プロセスの連続観測

* 超長期的スケール(1000~10000年オーダーの変動)

→氷期/間氷期の交代など地球規模気候変動に伴った砂漠とその周辺地域の環境変遷史の復元とその現代的意義

6. 対策志向型研究の枠組み

* 上記諸項目に関する学際的チームによる、グローバルな展望を踏まえた、ローカル・レベルの総合的・実践的詳細研究(現地研究者、ときに住民の参加も)

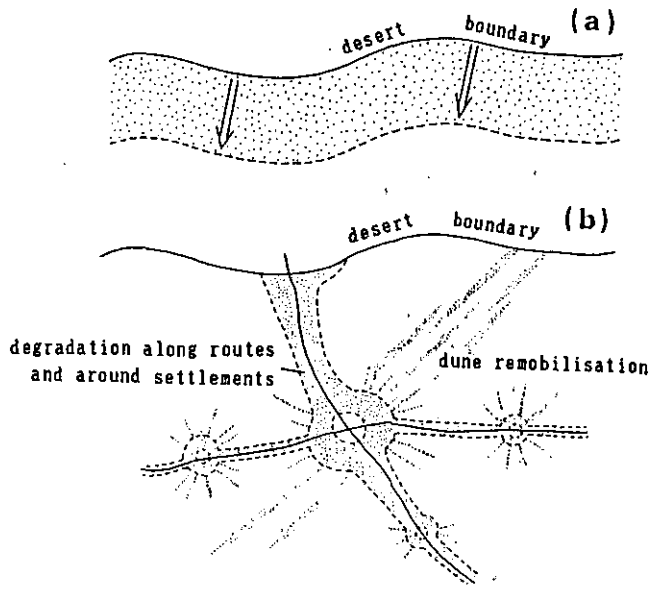


図17 砂漠化のパターン。(a) 砂漠の一斉の拡大という虚像、(b) 実際の砂漠化のパターン
網点は砂漠化ないし荒廃した地域を示す。

3)ごく最近の状況

1985/86年以降、降雨は小康を保ち、1988年8月などにはサハラ南縁地帯の広域で大雨に見舞われたが、依然として小雨傾向が続いている。1990年にはカメルーンの北部やニジェール北部などで、また降水が少なくかつ雨季が早く終わるといった状態が現れ、ミレットが実らないまま立ち枯れている状態が観察された。また、人口の集中するスーダン地帯で、主として土壌侵食に起因する農耕地の劣悪化が進み、また都市周辺では過放牧と過剰耕作に加えて、薪炭材の伐採と家造りのための日干しレンガ用の土砂採取の影響もあってひどく荒廃した景観が目だつようになった。

過去約20年間、この地帯では、多くの砂漠化防止対策が行われてきたが、砂漠化の逆転に成功し、食糧生産と社会生活の持続的発展が保証されるようになった地域はきわめて希である。ますますひどくなる経済危機による資金不足、対応技術の未成長、さらには引続き増加する人口圧、という条件を背景に、この地帯の内部には、なお、干ばつの到来とともに、顕著な砂漠化が顕在化する要因が蓄積されつつある。

3. 最近の研究動向

(1) 従来の悲観的見方に対する批判

最近の研究では、従来の砂漠化に関するデータや見方に対して次のような批判が相次いでいる。

- 1) UNEPが1977年の国連砂漠化会議(UN, 1977)や1977~1984年間における砂漠化防止対策行動計画実施状況の評価(GAP)(UNEP, 1984, 1987)などで公表してきた砂漠化地域の面積やその進行速度の数値は過大に過ぎ、科学的根拠がない上、悲観的なイメージを与えてきた(Binns, 1989)。
- 2) Desertificationの語は、砂漠化に関する国際社会の関心を集める役割を果たしたことは認められるものの、定義が曖昧で誤解を招いてきた(Mortimore, 1988; Binns, 1989; Odingo, 1990; Mainguet, 1990)。これに代わる言葉として、Land Degradationの語を明確に定義して用いるべきである(UNEP, 1990)。
- 3) 「サハラ」の拡大が強調されてきた(Lamprey, 1975; UNEP, 1987)が、そのような事実はない(Heddlén, 1988; Mainguet, 1990)。
- 4) 砂漠化による生態系の劣悪化は一方的・不可逆的に進行するとされてきたが、生態系はもとより、食糧生産システムと農村社会にも回復能力がある(例えば、Mortimore, 1988)。こうした背景には、砂漠化の実態が、いまだかつて科学的な手法で広域にわたって高い精度で把握されたことがないと言う、意外な事実がある。

(2) 危険度予測とモニタリング

FAO(1984)などの予備的検討を経て、UNEPのコンサルタント・グループにより、1992年の「国連環境と開発会議」(UNCED)を目標に、土壌の劣悪化に関する世界的データやNOAA/AVHRRの植生指標データなどに基づく『砂漠化のグローバル・アセスメント』(UNEP, 1990)の準備が進められている。地域レベルでは、マリのサヘルを対象に、植被の退行、風食、水食、土壌の固化度と皮殻の形成のそれぞれについて新たに定量的な評価基準を定め、それらの総合によって潜在的危険度を算出し、これに家畜と人間活動のインパクトの評価を加えて、砂漠化の全体的危険度を予測する方法をテストしている。

衛星によるモニタリングでは、NOAA/AVHRRの植生指標で緑葉バイオマスの変動を把握することにより砂漠化限界の変動をモニターする方法が期待されている(例えば、Dregne and Tucker, 1988)が、空間解像力やランドトゥルースに問題があり、まだ実用化されるまでには至っていない(門村, 1989)。FAOが運用を始めた砂漠パツタの被害予測のためのARTEMISは、静止気象衛星METEOSATの可視・赤外映像による降水予測とNOAA/AVHRRデータとを連結した観測システムであり、砂漠化の広域モニタリングへの拡張が期待される。

(3) 総合的・階層的観測計画

1) 西アフリカ・サーヘル・スーダン地帯(マリ) トランセクト調査 (UNEPの要請によるIGNフランス, ORSTOM, ランス大学の共同調査) (Mainguet, 1990)

10° 50' ~ 15° 40' N緯度帯の地表状態の過去50年間の変化を多時期の空中写真、SPOTデータの比較と現地調査に基づいて精密に調査。耕地と植生群落構成の変化を明らかにし、サーヘルだけでなく、より湿潤なスーダンでも土地と植生の顕著な荒廃が進行していることを指摘。また北から南へ劣悪化のプロセスとして、風食が卓越する地域、風食と水食がともに顕著な地域、専ら水食が働く地域、の3地域を識別。

2) HAPEX-SAHEL (サーヘル水文・大気パイロット実験計画; ORSTOM, NASAなどによる国際共同研究) (Hoepffner et al., 1990)

ニジェールのニアメイ付近に試験地を設け、地表面と大気の相互作用を衛星・航空機からの観測と地上観測とにより総合的・階層的に捉えようとする計画(図18)で、蒸発プロセス、土壌水分の季節変動と植生のダイナミクスの関係の把握に重点が置かれ、特に1992年の雨季の終末期(9-10月)に集中観測を予定。

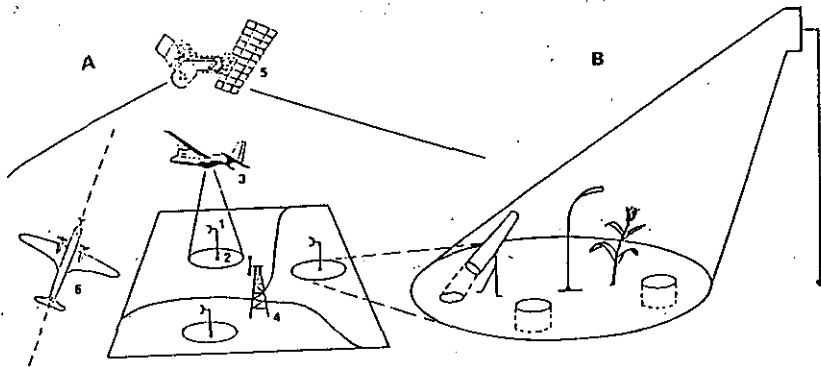


図18 HAPEX-SAHELの階層的・多尺度的観測計画。A: 全体計画(100×200km), B: 細部観測計画(Hoepffner, 1990)

3) STARS (サーヘル地域ダスト発生・移送観測計画; パリ大学・ORSTOMなど) (Rognon, 1990)
土壌水分・植被の条件とダスト発生メカニズム、気象条件とダストの移送形態・速度の関係等に関する総合的観測計画。1989年よりニアメイ北西方の試験地で開始。

4) OSS (サハラ・サーヘル観測所計画; フランス, アフリカの関係20ヶ国, CILSS, EEC, 世銀, 国連機関, 援助国等による国際共同計画; 1989年Archeサミットでのフランスの提案による) (Bied-Chareton, 1990)

砂漠化防止と地域発展に寄与することを目的とした総合的・学際的・国際的調査研究を意図。1990年6月、発足にあたり「サーヘルの現状と課題」に関する学際的シンポジウムを開く（A. B., 1990）。

なお、フランスでは、1990年5月、干ばつと砂漠化問題の専門誌 “Secheresse - Science et Changements planetaires” 『干ばつ - 科学と地球環境変動』（隔月刊, John Libby Eurotext, London・Paris発行）が創刊された。

表3 砂漠化研究の検討課題例(門村, 1991)

1) 砂漠化のモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> * 現状把握と危険度予測手法の確立 <ul style="list-style-type: none"> • 砂漠化指標の明確化 • 衛星-航空機-地上の階層的多空間尺度観測システムの開発と実用化 • 降水変動予測と結合した警報システムの開発と実用化（短期的～長期的多時間尺度予測システム）
2) 砂漠化のプロセス	<ul style="list-style-type: none"> * 自然のプロセス（生態的・地学的・化学的） <ul style="list-style-type: none"> • 人為のプロセス（資源利用形態、土地所有・社会制度など）
3) 砂漠化危険地域における環境容量の定量化	<ul style="list-style-type: none"> * 地域の自然・人文社会条件による類型化 * 土地生産性（農業・牧畜・都市的土地利用）、不可逆的劣悪化の臨界値（限界降水量、侵食速度・侵食形態、退行遷移など）、適正土地利用（農業・牧畜・都市的土地利用） * 生態系の回復能力、土地利用システムの回復能力
4) 砂漠化の防止対策及び修復方法	<ul style="list-style-type: none"> * 地域社会経済の持続的発展の基礎的戦略、地域総合開発計画の一環としての防止対策並びに逆転方策の樹立 <ul style="list-style-type: none"> • 生態学的、農林学的、工学的手法の総合による砂漠化の自然のプロセスの制御と土地生産基盤の整備 • 社会経済的・政治的アプローチの総合による砂漠化の人為のプロセスの制御と地域社会・土地利用システムの改良・強化 • 住民参加を含む総合化・実用化のメニュー
5) 砂漠化の自然史的背景と長期予測	<ul style="list-style-type: none"> * 砂漠周辺地域の環境変遷史の復元；地球規模の気候変動に伴った砂漠限界・生態系の変遷とその機構の解明（$10^4 \sim 10^2$年オーダー） <ul style="list-style-type: none"> • 寒冷化・温暖化との関連（氷期/後氷期、小氷期/後小氷期など） • 古砂丘・砂原の分布域と再活動条件の把握 • 温暖化等グローバルな気候変動を前提とした予測（過去の現象のシナリオへの取入れ）

(4) 砂漠化逆転・環境管理計画志向型研究へ

海外の研究者の間では、砂漠化の防止・逆転対策を地域社会経済の持続的発展のための重要な基礎戦略として位置づけた自然科学と人文・社会科学とにまたがる学際的研究が増えている。1990年8月横浜で行われた第4回国際生態学会議(INTECOL)「土地と植生の劣悪化」のシンポジウムでも、こうした研究を地域レベルで詳細に行って、環境管理と砂漠化防止に実効を挙げることの必要性が強調された(表2, 3)(Kadomura, 1990)。

このような調査研究のプロトタイプとして、UNESCO/MAB計画がケニア北部で1976年以来進めてきたIPAL(乾燥地域総合プロジェクト)(例えば、UNESCO/MAB, 1983)がある。これは牧畜管理を中核とする地域総合開発の新たな戦略の確立を目標とした長期プロジェクトで、多くの成果を蓄積してきた。この計画は今では、ケニア政府のKALRES(ケニア乾燥地域研究所)のプロジェクトとして継続し、植生遷移の長期観察や生態人類学的調査などの研究面とともに、牧畜管理や教育・トレーニング等の実際面でも多くの成果を挙げている(Ojany, 1986)。

ICRISAT Sahelian Centre(ニアメイ)やICRAF(ナイロビ)等の国際農業試験機関が行っている作物の品種改良やAgroforestry, Agro-cilvo-pastoral等の新たな土地利用システムの可能性についての実践的研究の成果は、砂漠化危険地域の環境管理と持続的発展の基礎として大きな役割を果たすことが期待されている。我が国では、農用地整備公団のニジェール川流域地域における実験農場での実証調査に基づく、砂漠化防止と食糧安定供給のための基盤整備への貢献、NGOサヘル会のマリにおける砂漠化防止への草の根レベルの活動などが実効を挙げるものと期待される。

最後に、UNEP(1990)やFAO(1990)などの国際機関の砂漠化対策の基本方針が、従来の灌漑施設の建設に代表されるような、住民不在の、大規模な技術援助を偏重した計画から、住民参加を取り込んだ、地域レベル・村落レベルの、総合的社会修復・発展計画へと代わってきていることに触れておきたい。我が国の砂漠化研究においても、こうした国際的動向を見極めつつ、地域の自然的・社会経済的状况に即した、砂漠化逆転・環境管理計画志向型の研究プログラムを策定することが要求されよう(表3)。

【引用文献】

門村 浩(1986): アフリカの環境変動. 季刊創造の世界, No. 57, 6-43.

門村 浩(1987): サハラ南縁地帯における歴史時代の干ばつと砂漠化. アフリカ研究, No. 34, 73-86.

門村 浩(1988): 砂漠化研究の系譜と展望: 地理学評論, 61A, 205-228.

門村 浩(1989): 砂漠化研究の展望—モニタリングをめぐる諸問題—. 気候影響・利用研究会会報, No. 6, 6-16.

- 門村 浩(1990):サハラ — その起源と変遷. 地理, 35(7), 26-37.
- 門村 浩(1991): 砂漠化. 平成2年度地球環境研究検討会報告書, 地球環境研究センター, 国立環境研究所, 83-87.
- Bied-Chareton, M. (1990): L'Observatoire du Sahara et du Sahel. *Sécheresse*, 1, 72-73.
- Binns, T. (1989): Is desertification myth? *Geography*, 75, 106-113.
- DC/PAC(1987): *Rolling Back the Desert: Ten Years after UNCOD*. UNEP, 18p.
- Dregne, H.E. and Tucker, C. J. (1988): Green biomass and rainfall in semi-arid sub-Saharan Africa. *J. Arid Environments*, 15, 245-252.
- FAO(1990): *The Conservation and Rehabilitation of African Lands: An International Scheme - Towards Sustainable Agriculture*. FAO, Rome, 38p.
- FAO/UNEP(1984): *Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification*. FAO, Rome, 84p.
- Grove, A.T. (1980): Geomorphic evolution of the Sahara and the Nile. In Williams, M J. A. and Faure, H., eds., *The Sahara and the Nile*, A. A. Balkema, Rotterdam, 7-16.
- Heddlén, U. (1988): Desertification monitoring: Is the desert encroaching? *Desertification Control Bulletin*, No. 17, 8-12.
- Hoepffner, M., Goutorbe, J. P., Sellers, P. and Tinga, A. (1990): *HAPEX-SAHEL - Plan d'expérience*. Montpellier/Toulouse, 27p. + 11 figs.
- Ibrahim, F. N. (1978): Anthropogenic cause of desertification in western Sudan. *Geo-Journal*, 2, 243-254.
- Ibrahim, F. N. (1984): *Ecological Imbalance in the Republic of Sudan with Reference to Desertification in Darfur*. Bayreuter Geowissenschaft. Arbeit., 6, 215p. + 5 maps.
- Jäkel, D. (1979): Run-off and fluvial process formations in the Tibesti Mountains as indicators of climatic history in the central Sahara during the Late Pleistocene and Holocene. *Palaeocol. Afr.*, 10/11, 13-45.
- Kadomura, H. (1990): *A Framework of Ecological Researches of Land and Vegetation Degradation in Drylands*. Paper presented at 4th INTECOL, 23-30 August, 1990, Yokohama.
- Lamprey, H. F. (1975): *Report of the Desert Encroachment Reconnaissance in Northern Sudan: 21 October to 10 November, 1975*. Unesco/UNEP, Paris & Nairobi, 16p.
- Leroux, M. (1970): *Le dynamique des précipitations en Afrique occidentale*. ASECNA, Dakar, Publ. no. 23, 281p.
- Leroux, M. (1983): *Le climat de l'Afrique tropicale*. H. Champion, Paris, 2 vols.
- Mainquet, M. (1990): La désertification : une crise autant socio-économique que climatique. *Sécheresse*, 1, 187-195.

- Michel, P. (1985): Sécheresse et transformation de la morphodynamique dans la vallée et de delta du Sénégal. *Rev. Géomorph. dyn.*, 34, 113-130.
- Mortimore, M. J. (1988): Desertification and resilience in semi-arid West Africa. *Geography*, 73, 61-64.
- Odingo, R. S. (1990): The definition of desertification and its programmatic consequences of UNEP and the international community. *Desertification Control Bulletin*, No. 18, 31-50.
- Ojany, F. F. (1986): Desertification in Africa with special reference to East Africa. *Geogr. Repts. Tokyo Metropol. Univ.*, No. 21, 23-34.
- Ojo, O. (1985): Drought persistence in tropical Africa since 1969. In *Proc. of the 1st WMO Workshop on the Diagnosis of Monthly and Seasonal Atmospheric Variations over the Globe (Combined with NOAA's Tenth Annual Climate Diagnosis Workshop)*. Long-Range Forecasting Research Report Series, No. 6, 73-85.
- Olivry, J. C. (1983): Le poit en 1982 sur l'évolution de la sécheresse en Sénégal et aux îles du Cap-Vert. Examen en quelques séries de longue durée (débits et précipitations). *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, 20, 47-69.
- Omotosho, J. B. (1985): The separate contribution of line squalls, thunderstorms and the monsoon to the total rainfall in Nigeria. *J. Climatology*, 5, 543-552.
- Rognon, P. (1979): Méchnismes climatiques actueles et paléoclimats au Sahara. *Palaeocol. Afr.*, 10/11, 1-12.
- Rognon, P. (1986): Oscillation actuelles et variations, depuis 30000 ans BP, de limites du Sahara. In *INQUAA/1986 Dakar Symposium : Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire: passé-présent-futur*. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, no.197, 403-406.
- Rognon, P. (1989): *Biographie d'un désert*. Plon, Paris, 347p.
- Rognon, P. (1990): L'étude des poussières sahariennes. *Sécheresse*, 1, 61-63.
- Saos, J. L. (1986): Conséquence de la sécheresse: l'invasion marine. In *Livret guide: Excursion Post Symposium no. 1: Nord Sénégal*. Symp. Intern. INQUA/ASEQUA Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire: Passé-présent-futur, Dakar, avril 1986, 71-77.
- Servant, M. (1983): *Séquences continentales et variations climatiques : Evolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur*. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, no.159, 573p.
- Shinoda, M. (1989): Annual rainfall variability and its interhemispheric coherence in the semi-arid regions of tropical Africa: Data updated to 1987. *J. Meteor. Soc. Jap.*, 67, 555-564.

- UN(1977): *Desertification: An Overview*. Document A/CONF. 74/1, UNEP, 84p.
- UNEP(1984): *General Assessment of Progress in the Implementation of the Plan of Action to Combat Desertification 1978-1984*. UNEP/GC.12/9, UNEP, 23p.
- UNEP(1990a): *Global Assessment of Desertification: World Atlas of Thematic Indicators of Desertification*. Proposal Document - 11 February, 1990, DC/PAC, UNEP, 47p.
- UNEP(1990b): *Save Man Not the Land. Sustainable Development and Protection of the Arid Lands Environments*. UNCED Guideline on the Implementation on the PACD, 1st Draft, November 1990, UNEP, 6p.
- UNESCO/MAB(1983): *Report of the Tripartite Review Mission of the UNESCO integrated project on Arid Lands 31.1.83 - 11.2.83*. Integrated Project in Arid Lands (IPAL), Project 3: Impact of Human Activities and Land Use Practices on Grazing Lands, Unesco -MAB/Federal Republic of Germany/Republic of Kenya, 21p.
- Westphal, E., Embrechts, J., Mboueboue, P., Mouzong Boyomo et Westphal-Stevens, J. M. C. (1981): *L'agriculture autochtone au Cameroun*. Misc. Paper, 20, Landbouhogeschool Wageningen, 175p.

インドにおける砂漠化問題の研究動向

藤原健蔵 (広島大学総合地誌研究資料センター)

1. はじめに

インドは、その国土の3分の1をサバンナ・ステップ・砂漠気候に支配され、しかも古くから人間によって居住、利用されてきたので、砂漠化の問題は広範かつ深刻である。特に、独立前後からの爆発的な人口増加は土地への人口圧を急速に強めることになり、1901年に1.37haであった1人当りの土地面積は1981年現在で0.5haとなり、2000年には0.33haになると予測されている。

したがって、砂漠化問題への国際的関心の高まりに対するインド政府の対応はきわめて速く、1977年にナイロビで開催された国連砂漠化会議(UNCOD)に先立って、いち早く砂漠化に関する国内の研究成果をまとめて公刊し(ICAR, 1977)、同会議にも長文のナショナル・レポートを提出している。それを約言すれば、インドでは国立乾燥地域研究所(Jodhpur)・国立土壌保全調査所(Dehra Dun)をはじめ国および州の研究機関・大学等において、乾燥地域の農業・牧畜・草地管理・植林・水管理等に関する科学的・技術的研究をかなりのレベルまで進めているが、現に進行中の砂漠化の現状打開には十分に役立っているとは言えないとし、その主たる理由は総合的アプローチに欠如しているためであり、例えば各種防止計画が策定されるが計画通り実施されることは少なく、また開発と保全とが相互に関連なく行われたり、技術的対応が社会経済的状況を無視してなされることが多いことなどをあげている。

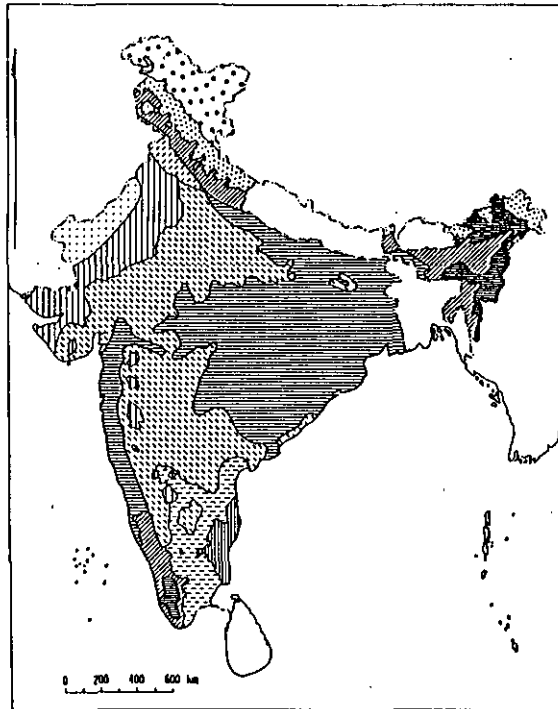
インドでは、desertification(砂漠化)の用語はマスコミや学会の集会などで使われることはあるが、政府関係の文書では後述するようにsoil erosion(土壌侵食)とland degradation(土地退化)の二つに分けて具体的に表現している場合が多く、またそれらによって荒廃した土地に対してwastelandsを用いている。環境・森林省にThe National Wastelands Development Boardが設置されているのは、その例である。この場合のWastelandsとは、厳密にはWasted landsと言うべきものとされており(Swaminathan, 1985)、それは「本来の生物学的生産力をかなりの程度退化させている土地」と定義され、生態学的には不安定、経済的には非生産的な状態にある土地をいう。これを邦訳すれば「荒廃地」ではなく、「荒廃した土地=荒廃土地」とすべきかと思われる。したがって、本稿では特に必要でないかぎり、砂漠化を土地荒廃、それによってもたらされたものを荒廃土地として記述する。

2. 独立以前の土地荒廃とその対応

インド政府が最初に土壌侵食に注目し、その対策にのりだしたのは、1884年マディヤプラデシュ州北西部のチャンバル地域のラヴィン侵食に対してである。この地域では、シルト・砂の互層からなる未固結の厚い沖積層がヤムナ川およびその支流であるチャンバル川によって20~30mも

削られ、それより波及してきた無数のラヴィン (ravine、小谷) やガリーが兩岸の沖積台地を激しく切り裂いて、荒々しいきわめて異様な景観を現出している (藤原、1986)。政府は当時、侵防止と飼料・薪の採取を兼ねて、ラヴィン侵食地域をザミンダール (地主) から取り上げて管理することにした。しかしその際、どの程度のガリー修復の手段が講じられたかは明かでない。

次いで、1900年パンジャブ州土地保全法が制定された。これは、同州のシワリク丘陵 (ヒマラヤ山脈の前縁帯に当たる) が鮮新世-更新世前期の厚い半固結シルト・砂・礫層からなり、それ自体きわめて受食性が高かったところに過放牧その他による植生破壊が加わった結果、南西モンスーン季の大雨によって至るところで斜面崩壊やガリー侵食が発生し、そこから吐き出された大量の土砂が山麓に堆積してチョウ (chos) と呼ばれる荒れ川地帯を形成している。チョウの面



- | | |
|--|---|
| 寒冷気候 (0℃以下の月が1か月以上) | 半湿潤気候 (500~1000mm) |
| <ul style="list-style-type: none"> ●●● 湿潤 (>1000mm降水量) ○●○ 半湿潤および乾燥 | <ul style="list-style-type: none"> ▨ 夏期に最大降雨量 ▧ 夏期に早乾の傾向 ▩ 夏・冬ともに降雨 |
| <ul style="list-style-type: none"> ▨ 湿潤気候 (>1000mm) 夏期に最大降雨 ▧ 10か月以上の湿潤月 ▩ 8~9か月の湿潤月 ▪ 4~7か月の湿潤月 ▫ 夏期に早乾の傾向 ▩ 4~7か月 | <ul style="list-style-type: none"> ▨ 半乾燥気候 (250~500mm) ▧ 夏期に降雨 ▩ 冬期に最大降雨量 (地中海型) ▫ 乾燥気候 (<250mm) (カシュミール) ▪ |

図1 インドの気候タイプ (B.L.C. Johnson, 1983)

積は同州のホシャルプル県だけでも、19世紀半ばの19,282haから1897年には37,730haへと激増していた。パンジャープ州土地保全法はこうした丘陵およびチョウの荒廃を食い止めるために制定されたもので、同法に基づいて植林や斜面の等高線段化、ガリーの埋戻し等の事業が実施された。しかし、期待したほどの成果をあげられなかったようで、ホシャルプル県のチョウ面積は1936年には80,000haまで広がっていた。

こうした背景のもとに、1933-35年、インド農業調査評議会 (ICAR) は国内5カ所 (ショラブル・ビジャプル・ライチュール・ベラリ・ロータク) に乾燥地農業のための地域試験センターを設置し、土壌侵食防止の調査研究を開始した。今日においても全耕地の4分の3が天水に依存するインド農業にとって、これら試験センターの果たす役割は大きく、研究テーマは土壌侵食の防止から土壌水分の保持へと広げられていった。その結果、雨水を圃場で貯留するための土堤づくり (bundling)、緑肥の併用、浅耕と深耕の組合せのほか、特に土壌侵食が発生しやすい波状起伏地では穀作と豆科作物との条播が推奨された。

デカン高原中央部では、年降水量500~700mmの大部分が南西モンスーン季に集中するので、緩起伏の準平原面でも激しいしゅう雨によって土壌の流亡はきわめて速く進行する。例えば、玄武岩由来の黒色土が広く分布するマハラシュトラ州では、全耕地の70%が何らかの土壌侵食を受けており、そのうちの32%が耕作不能の状態に落ち入っているといわれる。また、同州のショラブル試験センターによれば、1870~1945年の75年間に中位の土壌層厚 (45cm以上) を有していた耕地の17%が低位 (45cm以下) の状態に悪化したといわれる。一方、先カンブリア紀の花崗岩・片麻岩から生成した赤色土は保水力に乏しいので、主要穀物として耐乾性のソルガム (jowar) ・シコクビエ (ragi) といったミレット類にあわせて、ホースグラム (huruli) ・キマメ (thogari) など深根性マメ科の作物を組合わせて表土の流亡を防いでいる。

3. 土地荒廃の現状

インドでは土地荒廃の影響を受けていない地域は稀といわれる。表1に示すように、土地利用台帳上の総面積3億595万haのうち、その47.4%に当たる1億4500万haは何らかの土地保全対策を必要とするとしてされている (ICAR, 1987)。これを土地利用の種類別にみれば、現耕作地が58%、休耕地が78%、可耕荒廃地が88%、放牧地が95%、森林が33%である。

次に、荒廃土地の分布を州別にみたのが表2 (Das, 1985) である。これは農業省土壌・水保全局報告 (Ministry of Agriculture, 1982) に基づいて作成したものであり、信憑性のあるデータがなかった1970年代半ばまでに比べると格段の進歩である。荒廃土地の総面積は1億7000万haで、その内訳は土壌侵食が74%、土地退化が26%である。土地退化はその要因によって風食荒地 (wind-eroded deserts)、塩性地 (salt-affected lands)、湿性地 (waterlogged lands)、ガリー・ラヴィン地 (gullies and ravins)、河畔堆砂地 (riverine and sedimentated lands) 等に分類される。土壌侵食の激基地はラージャスターン・マディヤプラデシュ・マハラシュトラの中・

表1 インドにおける保全対策を必要とする土地

種別	面積 (100万ha)	荒廃面積 (100万ha) (%)	
林地	61.170	20	33
可耕荒地	17.362	15	88
牧場・放牧地	14.809	14	95
樹園地	4.218	1	-
休閒地	20.300	15	73
耕作地	137.900	50	58
農業・林業等に 利用できない土地	50.188	-	-
計	305.947	145	47.4

(注) 305.947百万haは土地利用統計に報告された面積で、
国土総面積は326.809百万haである。出所: ICAR(1987)

西部3州であり、これに隣接するグジャラート・カルナータカ・アンドラプラデシュ3州にもかなり広範に発生している。これらの州では夏のモンスーン降雨に依存して天水農業が行われており、過大で不適切な耕作が表土の流亡を促進させる要因となっている。

一方、土地退化の激基地はラージャスタン州であり、年降水量500mm以下の土地がその半分を占めることもあって、その主因は漂砂の飛散、再堆積である(表3)。漂砂の被害はハルヤーナー州南部にも及んでいる。塩類集積および水分浸出による土地退化には二つのケースがある。一つはグジャラート・西ベンガル州のように海岸低地における海水の影響、つまり自然的要因の強いケースである。もう一つはウッタルプラデシュ・パンジャブ・ハルヤーナー州のように用水路灌漑に伴う地下水位上昇によって発生する人為的ケースであり、灌漑事業の進行につれて他の諸州でも増加している。

4. 土地荒廃に対する保全技術

今日、インドのほとんど全域に発生している土地荒廃は、熱帯の激しい対流性降雨や受食性の高い地形・地質といった自然条件を無視した、長い間の間違った土地利用に起因すると認識され

表2 インド主要州における土壤侵食・土地退化および
保全処置済みの面積（1984年現在、単位10万ha）

州名	土壤侵食	土地退化	計	処置済み
アーンドラプラデーシュ	115.02	7.29	122.31	7.04
アッサム	22.17	7.82	29.99	1.51
ビハール	42.60	22.92	65.52	8.15
グジャラート	99.46	26.40	125.86	22.36
ハルヤーナー	15.91	25.71	41.62	4.15
ヒマーチャルプラデーシュ	19.14	-	19.14	0.89
カルナータカ	109.89	4.14	114.03	28.77
ケララ	17.57	1.78	19.35	1.21
マディヤプラデーシュ	196.10	11.07	207.17	32.73
マハーラーシュトラ	191.81	6.65	198.46	94.89
オリッサ	45.78	32.25	78.03	4.37
パンジャーブ	10.07	22.23	32.30	5.21
ラージャスターン	199.02	174.92	373.94	13.26
タミルナードゥ	32.40	1.82	38.22	10.53
ウッタラプラデーシュ	71.10	60.05	131.15	26.18
西ベンガル	10.33	32.70	43.03	2.41
その他	55.00	12.24	75.37	7.04
計	1266.20	449.99	1716.19	270.70

出所: Das, D.C. (1985)

表3 インド主要州における土地退化の原因別面積

(森林部分を除く、単位: 10万 ha)

州名	塩性地	風食地	水食地	計
アーンドラプラデーシュ	2.40	-	74.42	76.82
ビハール	0.04	-	38.92	38.96
グジャラート	12.14	7.04	52.35	71.53
ハルヤーナー	5.26	15.99	2.76	24.04
ヒマチャルプラデーシュ	-	-	14.24	14.24
カルナータカ	4.04	-	67.18	71.22
マディヤプラデーシュ	2.42	-	127.05	129.47
マハーラーシュトラ	5.34	-	110.26	115.60
オリッサ	4.04	-	27.53	31.57
パンジャープ	6.88	-	4.63	11.51
ラージャスターン	7.28	106.23	66.59	180.01
タミルナードゥ	0.04	-	33.88	33.92
ウットルプラデーシュ	12.95	-	53.40	66.35
西ベンガル	8.50	-	13.27	21.77
その他	0.16	-	29.80	29.96
計	71.65	129.26	736.00	936.91

出所: Society for Promotion of Wastelands Development, 1984.

ている。現在、全国的に激しさを増している人為的要因としては、①牛・羊・山羊の過放牧、②薪・用材のための森林の乱伐、③耕地の不適切な利用（例えば単一の商品作物の導入）、④灌漑水管理の不徹底などがあげられる。また、局地的特殊要因として、アッサム・オリッサ州に残る部族民の焼畑耕作、ニルギリ高地・カーシジェンテア高地など多雨急傾斜地でのイモ栽培があり、さらには道路・鉄道建設など大規模土木工事に誘発されるケースも無視できない。

表4は第1～4次5カ年計画期間中の土壌保全事業の支出および施工面積である。事業が本格化するのは第3次計画からであり、第4次計画までの施工総面積110.6haの内訳は林地36.48%、耕地51.41%、放牧地12.11%である。なお、第5次計画以降は後述する干ばつ常習地域開発計画(DPAP)等の一連の農村開発計画の中で土壌保全事業が実施されたので、施工面積は飛躍的に増大することになる。第1次計画期には、二つの研究所(山地を対象としたデラドゥンと砂漠を対象としたジョドブル)と六つの試験センター(オータカムンド・ベラリ・コタ・バサド・アグラ・チャンディガル)を新設し、地域的に多様な現れ方をするインド各地の土地荒廃について、その実態の解明と適切な保全技術の開発に取り組んでいる。次に、これらの研究所・試験センター等を中心にして確立されてきたインドの土地保全技術の概要を紹介しよう。

表4 チャンバル流域のラヴィン面積および破壊村落数

District	Ravine area		Total villages	Abandoned villages
	(Thou. ha)	(%)		
Bhind	119	26	956	57
Morena	192	16	1429	172
Gwalior	108	20	855	90
Jalaun	79	17	1155	201
Etawah	93	21	1533	83
Agra	106	22	1230	53
Total	697		7158	656

出所: Centre for Science and Environment, 1985.

まず、土地(土壌・水分)保全の秘訣は、土地の潜在能力に適合した土地利用法を選定することにあるとする。ここでいう土地潜在能力とは、①土壌の性質と有効深度、②土壌および下位の亜土壌の浸透性、③関連する土地条件(地表勾配・受食性・表面流出の起こり易さ)などの諸因子によって決まる土地の自然的能力である。これらを指標として、土地はⅠ～Ⅶの8クラスおよび4種のサブクラスに分級される。耕地として利用可能な土地はⅠ～Ⅳクラスであり、それぞれについて好ましい耕作形態と管理・保全方法が細かく指示される。すなわち、平坦地であるため保全措置をほとんど必要としないⅠクラスを除けば、Ⅱクラスでは作物の選択、簡単な保全方法

だけでよく、Ⅲクラスでは作物・耕作方法の選択に加えて特殊な保全方法を必要とし、Ⅳクラスでは特定作物に制限し、注意深い管理と積極的な土木工学的保全を採用すべきであるとしている。

一方、耕作に不向きな土地は、牧場として利用可能なⅤ、牧場に不向きだが、採草・森林利用には多少の制限つきで可能なⅥ、放牧や森林利用にも相当の制限が必要なⅦ、もはや経済的対象とはならず、水源の涵養、野生動物の保護、景観維持のために植生の積極的保全・管理が必要なⅧに分けられる。なお、サブクラスとは耕地の利用形態を制限する主たる因子によって区別されるもので、それはアルファベットの小文字、すなわちe（受食性の強い土壌）、w（過湿、排水不良の土地）、s（石礫混じり、水もちが悪い、土層が薄い、アルカリ性または酸性といった不良土壌）、c（気候が唯一の決定要因）でもって表示される。

耕地の土壌・水保全には、農学的ならびに土木工学的な方法が採用される。農学的方法は作付作物およびその栽培方法の適切な選択によって、雨滴の土壌表面への衝撃緩和、雨水の地中浸透の向上、表面流出の遮断を図るもので、それは等高線耕作（contour farming）、マルチング（mulching、根わら囲い）、条耕（strip-cropping）、混作（mixed cropping）等の方法が一般的である。土地保有が小規模なインド農業にあっては、こうした農学的方法は各地特有の作物を組み合わせ古くから経験的に考案され、ほとんど確立された体系といえる。それらの効果は各地の試験センターで実験されている（ICAR, 1987）。例えば、デラドゥン試験センターの沖積土圃場（傾斜8%、年雨量1223mm）では、トモロコシとカウピーとを等高線条耕した場合の土壌流失は、トモロコシ単作の落水線耕作に比べて33%も少なく、またコタ試験センターの黒色土圃場（傾斜1%、年雨量657mm）では、ブラックグラム畑の土壌流失はソルガム畑よりも13%ほど少ないことが報告されている。なお、同じコタの黒色土圃場の試験（5カ年平均）では、コムギまたはヒヨコマメ（gram）の単作の場合、それぞれの1ha当り収量が314.9kg、314.6kgであるのに対して、両者を混作した場合は439.7kgの成績をあげており、混作が土壌保全とともに収量増加にも効果があることが証明されている。

一方、農学的方法で対処できない場合は、土木工学的な方法が採用される。その効能は表面流出を遮断することによって、①水分を耕地に貯留させて土中浸透を増加させること、②流出速度を減じて土壌流出を少なくすることにある。その工法としては、溝切り（basin-listing、緩傾斜地に等高線沿いの溝を切る）、土中水止め（subsoiling、粘土等で土中水の流れを止める）、等高線土堤（contour bunding）、溝付き段畑（channel terraces）、段畑（bench-terracing）などがある。インド農業・灌漑省土壌保全局の工事指針では、勾配6%以上の傾斜地では段畑が薦められ、段差は普通60~180cmとし、傾斜・土質および耕作の便を考慮して施工される。勾配6%以下の緩傾斜地のうち年雨量800mm以上、12.5mm/hr以下の難浸透性（黒色土が相当）などの条件下では溝付き段畑、また年雨量800mm以下、12.5mm/hr以上の高浸透性（沖積土、赤色土が該当）の土地では等高線土盛りと決められている。

5. 土地荒廃の実例とその対策

次に、筆者が実際に見聞した土地荒廃について紹介する。これは農村開発を主目的にした地理学調査のかたわら収集した資料にもとづくものであるので、資料的に十分でないところがあることをあらかじめ断わっておく。

(1) バンジャープ平原灌漑農地の塩性化とその克服

バンジャープ (Punjab) 平原とは、本来インダス川の5つの支流がうるおすインド亜大陸北西部の沖積平野を指すが、印パの分離独立によってインド側に残ったのはラビ川からヤムナ川に至る東半分であり、行政的にはバンジャープ・ハルヤーナーの2州に属する。この平原は南西モンスーンが及ぶ限界地域にあるので、夏の降水は農業にとって不規則、不十分である。しかし幸いにも、ヒマラヤ山脈から流れ出る豊富な河川水があり、灌漑農業の発展にきわめて有利な条件を備えていた。イギリス統治後初めて、近代的な灌漑用水路がこの平原に完成したのは1859年のバリ・ドゥーブ用水路であるが、その後もつぎつぎと用水路が建設されて、独立前すでに世界的に名の知られた大規模灌漑水路網が張りめぐらされていた。独立後も、パークラニナガル計画を中心にして灌漑事業を意欲的に推進したため、1968-69年には播種耕地の灌漑率がすでにバンジャープ州で68%、ハルヤーナー州で40%を記録していた。当時の全国平均が31%であり、1987-88年現在でも45%にすぎないことを思えば、両州における灌漑事業の進展度が理解できよう。

用水路灌漑の普及は両州の農業生産を飛躍的に増大させたが、他方では新しい難題、つまり地下水位の急激な上昇とそれに伴う農地の湿性化と塩性化を引き起こした (藤原, 1978)。図2はバンジャープ平原で地下水位上昇がもっとも深刻化した1960年代前半における6月と10月の地下水位である。地下水位がもっとも高くなる南西モンスーン直後の10月には、平原中央部のほとんど全域が3m未満となる。セム (sem) と呼ばれる深度1.5m未満の湿性土が幹線用水路に沿って細長く出現している。この地方の年間最大可能蒸発散量は年降水量の2倍ほどであるため、地下水面が地表面近くまで上昇すると地中水分は活発に蒸発散し、地中水中の可溶性塩類が土壌表面付近に集積して含塩土壌 (saline soil) やさらに進行した含塩アルカリ土 (saline-alkali soil) になる。これがバンジャープ平原でタル (thur) と呼ばれる不毛な土地である。地下水からの蒸発散が活発に行われるのは、平原に広く分布する砂質ロームの場合、深さ1.7m前後までとされるが、それ以下でも3m位まではかなり行われているらしい (Vovda, 1973)。

バンジャープ・ハルヤーナー2州の塩害地面積は300万エーカー (1958年調べ) といわれ、そのうちの131万エーカーが地下水位0~1.5m、44万エーカーが1.5~3.0mの地域に発生していた (Uppal, 1961)。図3はバンジャープ・ハルヤーナー2州の県別塩性土の分布である (Sekhon, 1972)。図中の含塩度とアルカリ度は、各県での土壌分析総試料数に占める、作物に生長障害を与える数値 (25°Cにおける電気伝導度が $0.8\mu\Omega/\text{cm}$ 以下、pHが8.7以上) を示す試料数の割合をパーセントで示したものである。含塩土壌の分布は地下水位が年間を通じて3m未満にある地域にほぼ一致する。一方、含塩アルカリ土はそれよりやや南側のラージャスタン州の方にずれて分布する。

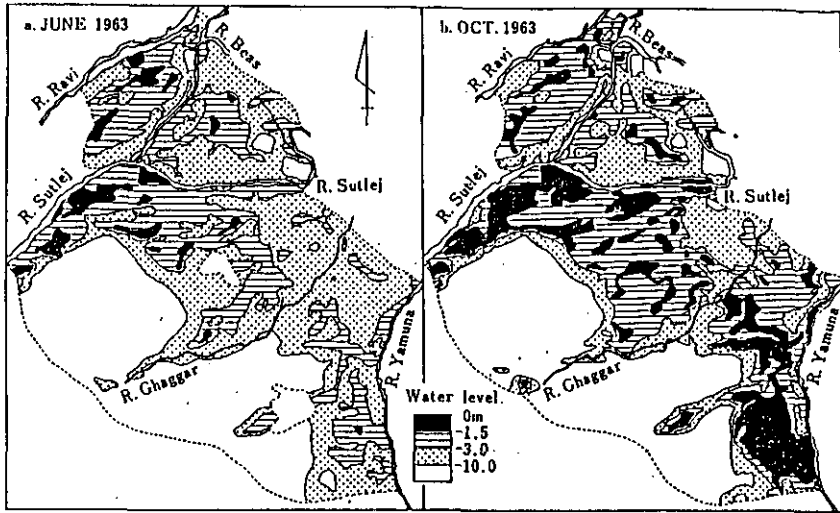


図2 バンジャーブ平原における地下水位 (藤原健蔵, 1978)

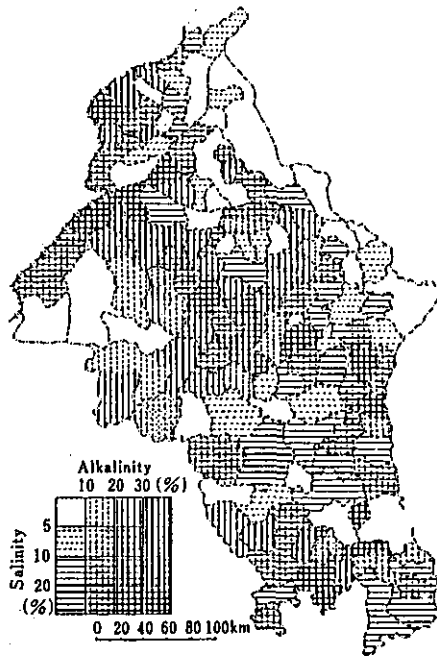


図3 バンジャーブ平原における含塩土壌および含アルカリ土の県別分布 (藤原健蔵, 1978)

湿性地化と塩性地化の問題は独立前から指摘され、特に1925年の異常降水の後で重大視されて塩害調査委員会やラホール灌漑研究所（現パキスタン）が設置された。これら政府機関の調査研究によって、用水路からの漏水、灌漑耕地からの浸透、道路・鉄道等による自然排水の遮断など、急激な地下水位上昇の原因は一応でそろっていたが、それぞれがどの程度水位上昇に貢献しているかといった量的関係の究明や、水位上昇をどのようにして抑止するかといった対策の立案までには至らなかったようである。それらが実際に行われるようになるのは1950年代後半からである。例えば、ラビ川とベアス川にはさまれた上部バリドアブ灌漑区（UBDC）の場合、1945年に用水路の頭首工が完成しラビ川からの取水量が増加すると、灌漑区内で多量の水を要求するコメ・サトウキビ等の栽培が急増したが、その結果、それまで地表面下6m前後にとどまっていた地下水位はふたたび上昇に転じ、3.5m前後まで高まった。そこで、Uppal, et al (1965) は各年の灌漑供給量と地下水位変動量との相関を求めることによって、年降水量と年間灌漑供給量の合計が1,216mmを越えると、地下水位が上昇することをつきとめた。この灌漑区の年平均降水量は約650mmであるので、これを差し引いた約560mmが地下水位を上昇させないで灌漑できる上限であると結論づけた。もっとも、灌漑局はこの研究に先立つ1950年代後半から、その年のモンスーン降雨の多寡に応じた取水量調節を実際に行っており、降水量の多い年には400～450mmまで減らしていた。

用水路からの漏水は水資源の浪費という問題だけでなく、地下水位上昇の原因としても重要であり、パンジャブ平原全体で年間の地下水位上昇分の3分の1を担っているとの指摘もあった。UBDCの場合、漏水によって失われる量は主水路から取水総量の15%、支水路からは同じく6%に当たると推定されていた（Roberts, et al, 1951）。そのため、煉瓦・スレート等による用水路の内張り工事が進められ、パンジャブ州では1978年までに用水路の500km、圃場水路の5,000kmに対して内張りが施工された。第6次5カ年計画期間中にすべての圃場水路（総延長約5万km）に内張りを施す予定であったが、その後の経過については不明である。

湿性地化防止対策が積極的に進められるのは1965年以降であり、なかでもチューブウェル（Tubewell、揚水管井戸）による地下水の汲み上げおよび排水路の建設は、湿性地の地下水位を引き下げるのに目立って効果があった。パンジャブにおけるチューブウェルの最初の導入は、1911年にアムリツァール市近くで行われたといわれるが、灌漑用水路の流量不足を補うものとしては1949年に西ヤマナ灌漑区（WYC）で採用された。しかし、当初はあまり増加せず、1960-61年にパンジャブ州全体で7,447基を数えていたにすぎない。チューブウェルによる地下水灌漑が、大規模な用水路灌漑に比べて投資効果が早く現れ、しかもきめ細かな給水ができることがわかると（他に農村電化の普及は見逃せない）、折りからの「緑の革命」推進の重要な手段として奨励され、その数は飛躍的に増加した。1966年の46,000基は71年には93,000基となり、さらに75年には468,000基に急増した。

上部バリドアブ灌漑区内にあるアムリツァール県G村における1972年の調査（藤原ほか、1977）によれば、同村のチューブウェルは1963年の最初の導入後10年の間で85基に増え、およそ200～

400mの間隔で設置されていた。同県のような砂質の沖積層の場合、井戸が相互に干渉しない適正間隔は500~900mとされていたので、この基準からすればチューブウェルの数は当時すでに多過ぎていたといえる。85基のチューブウェルの揚水によって期待される地下水位の低下は年間4.7mと計算したが、水位は実際に68年ころから低下に転じており、既存のチューブウェルの干上がりや土湿減少によるコメの減収といった皮肉な現象すら起こっていた。同州における治安悪化のために、その後の経過を承知していないが、1987年の干ばつにおいて相当数のチューブウェルの干上がりが新聞等で大きく報じられていたので（藤原、1989）、地下水位は広範にわたって低下し、もはや図2のような水浸し状態は解消したと考えられる。

（2）デカン高原畑作地の土壌保全

デカン高原における土壌・水保全事業の実態を、筆者が1980年に調査したカルナータカ州チトラドルガ県のB村を例にして紹介する（藤原ほか、1988）。

B村は、年降水量が500~600mmで、4年に1度は訪れる干ばつ被害に苦しめられる典型的な干ばつ常習地域の村である。村域は海拔500m前後の波状準平原上にあり、その3分の1が花崗片麻岩由来の赤色土、他の大部分はグルワール片岩を母材とする黒色土におおわれる（図4）。少量かつ不規則な降雨条件のため、農業は伝統的にシコクビエ・ソルガム等のミレット類と、キマメ・ホースグラム等のマメ科の作物の混作を基本としていたが、1920年代から黒色土の畑でワタ、1960年代からタマネギが商品作物として栽培されてきた。

この村では南インド一般の例にもれず、南西モンスーン季には時間雨量20~50mmの強い雨に見舞われることが多く、雨水は浸透のいとまなく地表面を流れて土壌を洗い流す。特に、ワタ・タマネギなど商品作物の単作地ではげしい。州政府は1964年に郡役所のあるジャガルールに専任担当官を置いて土壌保全に着手したが、それは1970年に始まる中央政府の干ばつ常習地域開発計画（DPAP）の優先事業として本格化し、さらに第5次5カ年計画以降の統合農村開発計画（IRDP）の中で引き継がれていった。ジャガルール郡における土壌保全事業は70年代末に完了するが、この間にB村では総耕地面積の80%に工事が施された。

B村で採られた土壌保全の方法は等高線土堤である。ただし、耕地の交換分合をしないまま従来の地籍境界に沿って土堤を築いたので、工事指針のような等高線土堤ではない。その一例を図4に示す。土盛りの高さは0.5~1.5m、天端は0.5~1.0m、余水吐けは石積みである。この保全工事の効果は一見して明瞭である。それは、傾斜している圃場一区画のなかで土堤に近い下半部に上半部から流れてきた土壌が溜っており、そこの作物がよく生長しているからである。農民はときどき下半部の土壌を上半部に戻しているそうである。土堤は明らかに、土壌の流亡阻止と雨水の地下貯留の二役を果たしているといえる。

しかしながら、いくつかの問題点も指摘できる。一つは土堤が工事指針通りの等高線沿いではないため、表面流出が余水吐けに集中し、そこが不完全な石積みであることも原因して破壊され、深いガリーとなっていることである。特に、それは黒色土の地域でひどく、2~3mの深さになって

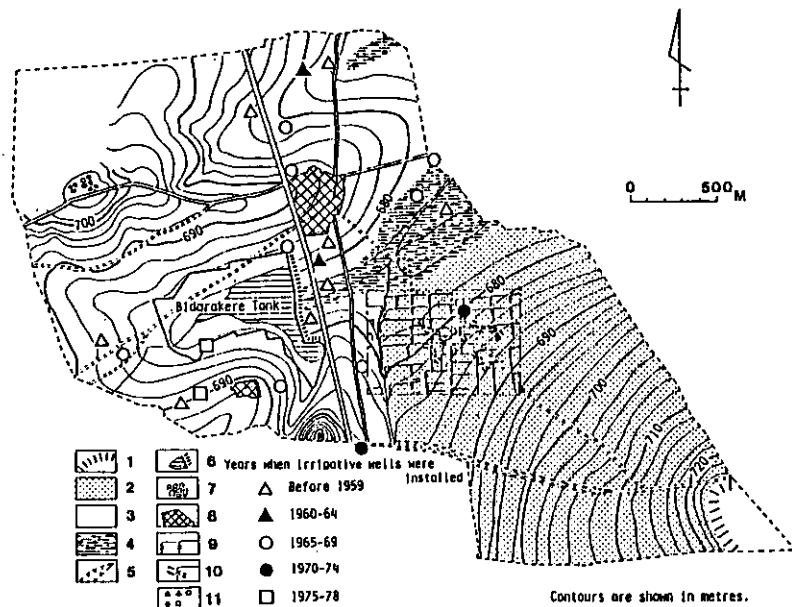


図4 カルナータカ州ビダラケレ村の地形と土壌保全事業（藤原健蔵ほか、1988）

農民個人ではもはや修復できない状態まで進んでいる。これは施工上の欠陥にもよるが、土壌の管理についての農民自身の不熱心という第2の問題にも責任がある。なぜ農民が不熱心かというのと、それはDPAP自体の中にあるように思われる。

DPAPは「緑の革命」に代表される拠点開発方式によって顕在化した地域格差、階層格差を是正するために急きょ採用された政策の一つである。すなわち、干ばつ常習地域に農業基盤整備や土地保全のための諸事業をおこし、それによって当該地域の経済的弱者層に現金収入の機会を与えようとするものであったが、主目的は後者にあつて、前者はその方便に過ぎないせしりを否定できない。B村の場合でも、土壌保全のための土堤工事は多くの貧困労働者に仕事を与えたが、土地所有者と十分に話し合つて始めたわけではなかったので、農民には“政府が勝手にやった”という意識が強い。その証拠に、工事完了後5年目から返却することになっている工事分担金を納入している土地所有者は皆無であり、担当官もそれはほとんど期待できないと諦めていた。土壌管理に対する農民の不熱心さはこうした現場を無視した政治優先の行政に責任があるように思われる。

(3) チャンバル流域のラヴィン侵食対策

ラヴィン侵食は土地退化の中で最もドラスティックな現象といえる。それは、ヒマラヤ山麓からデカン高原各地にわたっていろいろな様式で進行しており、その被害面積は全国12州で397万ha

におよび、現在もなお毎年8,000haの肥沃な耕地が失われている (Ministry of Agriculture, 1976)。その最も深刻な状況は、前にも述べたチャンバル流域でみることができる (図5)。表4は同流域各県におけるラヴィン面積およびそれによって放棄された村の数である。流域各県の総面積に占めるラヴィン面積の割合はいずれも16~26%の範囲にある。同地方におけるラヴィン対策の歴史的経過をみると、1919年、当時のグワリオル藩王州政府はラヴィン対策委員会を設け、ラヴィン侵食の防止法とラヴィン地域の住民に対する飼料・薪・農業用材の確保について検討を始めた。対策委員会は検討結果を次のように勧告している。すなわち、①ラヴィン地域の約6割を保留林 (reserve forest) に指定し、その一部に植林をすること。残りの約4割では放牧と木材搬出を禁止すること。②ラヴィンによって蚕食されている農地を守るため、農民に防止土堤の築造方法を教えること。③防止土堤をした農民に対しては土地税を15~20年間免除することである。その後、何人かの土壌保全・農業土木の研究者達によってラヴィン拡大を抑える技術的提案がなされたものの、実際にどの程度施工されたのかは記録に残っていない。

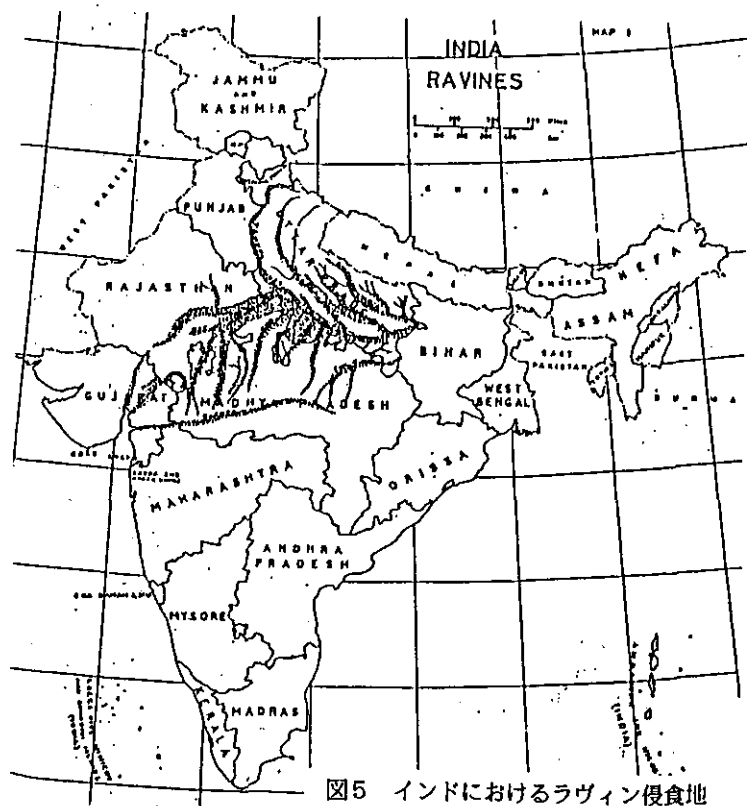


図5 インドにおけるラヴィン侵食地

独立後の混乱がおさまった1955年、マディヤプラデシュ州政府は委員会を発足させて、改めてラヴィン問題に取り組むこととした。同州農業局所属のモレナ・ラヴィン改善事業所は表4に示すモレナ県およびピンド県を管轄するが、同区域のラヴィンには有名なチャンバル・ダコイト（盗賊）の根拠地があったため、ラヴィン発達・ダコイト問題（治安）・経済的後進性の三つの問題が複雑に絡み合い、それぞれの解決を非常に困難にしていた（図6）。モレナ・ラヴィン改善事業所は1955年から、ラヴィン改善の費用計算と技術向上のための試行的事業を管内3カ所（浅いラヴィンのアッサン川、中位ラヴィンのクワリ川、深いラヴィンのチャンバル川を対象として）で開始した。この試行は1962年に完了するが、以後も中央政府の補助をうけて改善事業を拡大し、1984年までの間に総計18カ所、2,988haのラヴィン改善工事を実施した。改善事業においては、ラヴィンは深さによってshallow（1.5m未満）、medium（1.5～5m）、deep（5～10m）、very deep（10m以上）に分けられている。前二者は農地に修復できるので、その規模・形態によって①ラヴィン上方の農地の縁に土堤を築き頭部侵食を抑える、②ラヴィンを均して緩斜地ないし階段状に整地する、③ラヴィン底に砂防堰堤を築いて自然に段差がつくのをまつ等、いずれかの方法で改善される。しかし、後二者の深いラヴィンではもはや農地に修復できないので、斜面や崖を林地ないし草地として保護し、ある程度育成した段階で住民の薪・飼料採取に供することにしている。



図6 チャンバル川南岸のラヴィン地形とアンバー支水路

モレナ・ラヴィン改善事業所は以上の事業と並行して、1975年から世界銀行の融資によるラヴィン侵食防止計画を実施した。その内容は①ラヴィンの平坦化と高規格（pucca）排水路の設置、②斜面への100m間隔の高規格土堤の築造、③大規模ラヴィンでの植林と採草地造成であり、実施計画書によると1987年までの10カ年で763カ所、総延長267kmの土堤を建設することになっている。この防止計画が実施されるまでには、実は次のような事情があった。

インドでは大規模用水路灌漑の進捗につれて、粗雑な水管理や用水路の漏水等によって用水が効率よく利用されておらず、それによって農地の湿性化、塩性化といった土地荒廃の問題が深刻になってきた。この事態に対処するため、中央政府は1974年より灌漑区域改善計画（CADP）を発足させた。モレナ・ラヴィン改善事務所があるチャンバル灌漑区（チャンバル川上流のダム群から水を引く56,700haの灌漑区域で、1953年からの15年間で完成した。）でも、1975年から世界銀行の援助によってこのCADPを始め、用水路の内張りやチューブウェルによる地下水の汲み上げ等を実施している。モレナ・ラヴィン改善事務所管内の沖積台地にはチャンバル灌漑区のアンバー支水路が通っており（図6）、他の灌漑区と同様に沖積台地での地下水位上昇を引き起こしている。その結果、ラヴィン崖の側面から地下水が湧き出すこととなり、ラヴィン侵食を一層加速させているばかりでなく、ラヴィン谷底を急速に湿性地へ変えつつある。そのため、かつて沖積台地の上よりも肥沃であった谷底の農地は放棄せざるを得ない状態に追い込まれている。

1975年から始められたラヴィン改善事業所の侵食防止計画は、こうした背景のもとに実施したものであり、懸案の難問題はようやく解決に向かって動きだしたように見える。しかし、その年間事業規模は表4に示したラヴィン面積の広さに比べてわかるように、まことに微々たるものである。筆者は1990年に同地区を調査したが、ラヴィン侵食のすさまじさに比べて、改善事務所予算規模および陣容はきわめて貧弱であり、ラヴィンの改善どころか、その進行を食い止めることすらおぼつかないように思われた。また、灌漑事業所が実施しているCADP事業、つまり適正な水管理や地下水汲み上げ等は地下水位上昇を抑えてラヴィン侵食の根源を絶つという意味で、ラヴィン改善事務所の事業と密接な関係があるが、両者の間にはほとんど連携がなく別個に行われている状態である。ラヴィン侵食は同地域での用水路灌漑の導入によって、一層強まり、しかも複雑さを増しているといえよう。

6. おわりに

以上、インドにおける土地荒廃とその対応について紹介し、事例によっていくつかの問題点を指摘した。インドにおける荒廃土地の保全は、いくつかのモデル地区での実験・試行を経て、全国的に適用するといった戦略をとっている。その保全技術には学ぶべきものが多い。しかし、技術の適用段階においてB村の例のように形式的に終わり、期待したほどの効果をあげていない場合が多い。その背景には、複雑な社会構造や広大な国土、さらには乏しい予算といった事情もあるが、中央政府の政治状況によって猫の目のように変わる開発行政と、それに振り回され、せつ

かくの技術を正しく適用できずにいる行政最前線の混乱がある。

また近年、環境・森林省の発言は強まってきたものの、行政末端では依然として開発優先であり、例えばラヴィン侵食で深刻なチャンバル流域ですら、ラヴィン改善事務所の予算規模・極限は灌漑事業局のそれに比べて大きな違いがある。さらにまた、両者の事業はほとんど相互連絡なしに行われ、結果として新たな土地荒廃を起こすことになっている。

これはインドに限らないことではあるが、早急に改善すべき課題といえる。

(付記) 本稿の現地資料は文部省科学研究費補助金(海外学術調査)「南インドにおける緑の革命と地域変化」および「インド・干ばつ常習地域の農業と村落変化」(研究代表者藤原健蔵)によるものである。

【参考文献】

- 藤原健蔵・成瀬敏郎(1977): 半乾燥地方の農村にみられる用水路灌漑に伴う土地環境の変化—インド・パンジャープ州ガガルバーナ村の例—。『地理科学』, 26, 9-23.
- 藤原健蔵(1978): インド・パンジャープ平原における水文循環の変貌。『地学雑誌』, 87, 130-151.
- 藤原健蔵(1986): インド亜大陸における環境変遷と土地保全対策。『国際農林業協力』, 9, 42-52.
- 藤原健蔵・貞方昇(1988): 南インド半乾燥地域における農村開発と土地利用の変化。『地理学評論』, 61, 143-154.
- 藤原健蔵(1989): 新聞・雑誌からみたインドの「1987年大干ばつ」の実態。『地誌研年報』, 1, 117-143.
- Das, D.C.(1985): Problem of soil erosion and land degradation in Indian. in "Lead Papers - National Seminar: Soil Conservation and Watershed Management, September 17-18, 1985", Indian Association of Soil and Water Conservationists, New Delhi.
- Centre for Science and Environment (1986): "Developing India's Wasted Lands". New Delhi, 70p.
- Indian Council of Agriculture Research (1977): "Desertification and its control" New Delhi, 375p.
- Indian Council of Agriculture Research (1987): "Handbook of Agriculture". New Delhi, 1303p.
- Ministry of Agriculture (1976): "Report of the National Commission on Agriculture", Government of India.
- Robert, W. et al.(1951): "A Textbook of Punjab Agriculture", Civil and Military

Gazette, Lahore.

Sekhon, G.S., Randhawa, N.S. and Duggal, S.L. (1972): Soils of Punjab. "Fertilizer" , 17, 23-51.

Swaminathan, M.S. (1985): "Forestry and Food Production" . World Forestry Congress, Plenary Session, Mexico.

Uppal, H.L. (1961): Subsoil water and its relation to irrigation system. "Seminar on Irrigation, Drainage and Waterlogging Problems" , Irrigation and Power Research Institute, Amritsar, 1-37.

Uppal, H.L. and Gulati, A.D. (1965): Behaviour of groundwater table in Bari Doab Tract. "Jour. of the Indian Geophysical Union" , 2, (3).

Vovda, V.A. (1973): Landscapes in relation to irrigation, drainage and salinity. "Irrigation, Drainage and Salinity" , 155-176.

タイにおける土壤荒廃問題

宮崎忠国（国立環境研究所・地球環境研究グループ）

1. はじめに

近年、世界各地で森林の減少や拡大する砂漠が社会問題となっている。1984年のUNEPの調査では、世界の砂漠面積は約45億haで、毎年600万ha以上の土地が砂漠化していると報告されている。このような砂漠化の急速な進行は木材資源を失うことだけでなく植物や動物生態系を破壊し、砂漠化地域の農耕地を減らし、地域的な食料危機や食料難民問題を引き起こす。さらに、地球規模的には温暖化や世界各地で異常気象による集中豪雨や干ばつの原因になっていると言われている。こうした砂漠化の進行に対してその対策は各方面で試みられているが、砂漠化地域の自然条件、土地利用状況、社会経済的条件等によりその形態は多様であり、砂漠化防止対策の施行を困難にしている。

国立環境研究所ではまた、平成2年度までにタイを試験地としたりモートセンシングによる植生変化および土壤荒廃地域の調査研究を行ってきた。また、平成2年度より砂漠化に関する研究を開始し、3年度よりの本格的な研究に備えて研究論文や試験地に関する情報の収集につとめている。

本報告は人工衛星リモートセンシングによるタイの植生変化および土壤荒廃地域の調査研究についてまとめたものである。

2. タイの自然環境の現状

タイはインド支那半島の中央に位置する面積約513,115 km²、人口約54.9百万の農業国である。タイは地理学的に6つの地域に分割することができる（図1）。首都バンコクを含む①中央平原はタイで最も標高の低い地域であり南部はチャオプラヤ川によるデルタ地帯を形成している。②南東海岸地帯はカンボジアから連なるカルグモーム山脈による山地と沖積地からなり、海岸地帯にはマングローブ林も多い。③北東高原はコーラト高原と呼ばれ土地の大部分は過度の森林の伐採により土壤荒廃が進行している。④中央高地は中央平原と北東高原を分割するドンパヤーゲン山脈からなりその殆どが500~1200mの山岳地帯である。⑤北・西高地はミャンマーとの国境に沿った高地であり森林の多い地域である。⑥半島地域は低い丘陵からなり入り組んだ海岸線にはマングローブ林も多い。

タイの気候区は半島地域の熱帯モンスーン、北部高地地域の高湿亜熱帯、その他の地域の熱帯サバナに大別され、半島地域の熱帯モンスーン帯では年間2,000mm以上の降雨量がある。年間の平均気温は24~30度程度である。

タイの森林植生は常緑林と落葉林とに大別され常緑林としては、①熱帯常緑林、②やし林、③

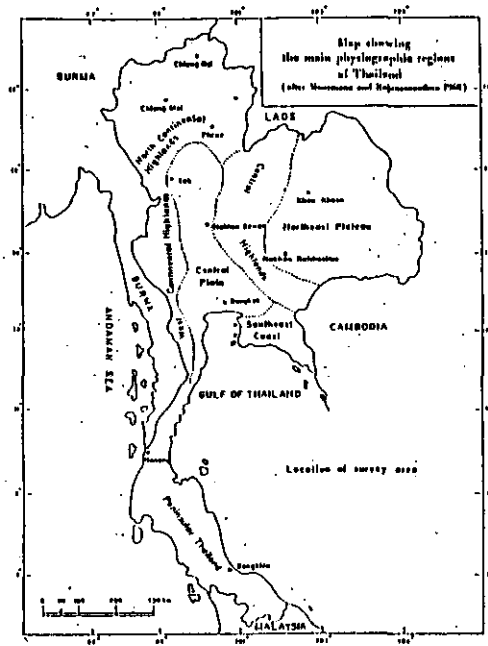


図1 タイの地理学的分類

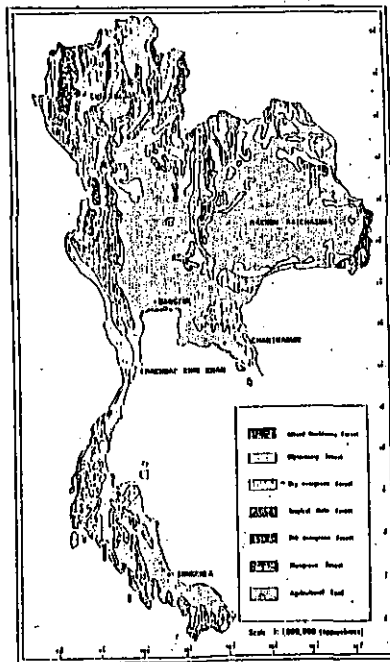


図2 タイの自然植生分類

マングローブ林、④湿地林、⑤砂地林等に分けることができる。熱帯常緑林は年間降雨量1500mm以上、標高500~1000m地帯に多くみられ、やし林は標高500m程度まで、降雨量1000~1500mmの砂地や酸性土地帯に分布する。マングローブ林は河口や海岸線の泥湿地、特に半島部の東および西岸に多く分布する。落葉林は雨量1000mm以下の低地に見られるが、北部山岳地帯では1000m以上の高地にも分布する。1988年の自然植生を図2に、森林のタイプを表1に示す。

表1 タイの森林の形態

Forest Types	Area	
	(Km ²)	(%)
Tropical Evergreen	62,850	43.70
Mixed Deciduous	44,837	31.18
Dry Dipterocarp	31,390	21.83
Mangrove	1,963	1.37
Pine	1,983	1.38
Scrub	775	0.54
Total	143,803	100.00

表2 タイの森林減少

Year	Forest Area		Remarks
	(Km ²)	(%)	
1961	273,628	53.33	By Aerial Photos
1973	221,707	43.21	By Satellite Data
1976	198,417	38.67	〃
1978	175,224	34.15	〃
1982	156,600	30.52	〃
1985	149,053	29.05	〃
1988	143,803	28.03	〃

60年前のタイでは、タイ中央平原部の穀倉地帯をのぞいて殆ど全土が厚い森林で覆われていた。急激な人口の増加や社会経済的な要因のため、表2に示すように、年々森林が激減し1988年には国土の28%にまで森林が減少してしまった。また、地域別には、表3に示すように、北東高原でその進行は最もひどく森林面積は北東高原のたった14%である。

表3 タイの地域別森林面積

Region	Total area (Km ²)	Existing Forest		Target		Difference	
		(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)
North	169,644	80,402	47.3	67,375	40	+12,545	+7.3
Northeast	168,854	23,693	14.0	67,541	40	-43,848	-26.0
East	36,503	7,833	21.6	14,601	40	-6,767	-21.6
Central	67,399	17,244	25.5	28,960	40	-9,715	-25.5
South	70,715	14,629	20.6	28,286	40	-13,657	-20.6
Total	513,115	143,801	28.0	205,245	40	-73,987	-12.0

このような状況に対して、タイ政府では、1985年に全国土の40%を森林とする政策を立案し、森林の15%をまったく手をつけず自然林に、残りの25%を資源林に使用と試みているが、数多くの難問が累積し効果が上がっていない。

森林の減少を抑制し、土地の荒廃を防止するための研究や植林は各方面で行われている。植物や土壌の基礎研究から社会経済的研究、政策等数多くの研究がなされている。この中で近年リモートセンシングを利用した植生および土壌環境の調査手法が有効であると認識され、タイ国内でも積極的にその手法が利用されている。

3. リモートセンシングによる地表観測

(1) リモートセンシングの原理

リモートセンシング（遠隔計測）とは、測定する対象に触れることなくその形状や性質、組成などを計測する技術である。一般に、人工衛星や航空機等の飛行体（プラットフォーム）に搭載したカメラや走査撮影装置（スキャナー）などのリモートセンサーを用いて、対象物から反射または放射された電磁波エネルギーを面的（二次元）に測定して、その特性から対象物の状態や量を

推定する。地表のすべての物体はそれぞれ固有の電磁波の反射、吸収、透過または放射特性を有する。同一物質でもその状態や量が変わるとその電磁波特性は変化するため、逆に、物質の電磁波を測定することによりその物質の量や状態を推定することが可能となる。また、人工衛星や航空機に搭載されたリモートセンサーは進行方向に直角にスキャンするため、2次元的な面データが得られる。さらに周期的な人工衛星による観測では定期的に対象地域が観測できる利点もある。

(2) 陸域リモートセンシング

陸域のリモートセンシングは図3に示すように、太陽光は地表の物質により吸収、散乱、透過、および反射される。これらの電磁波特性（分光特性）は物質によって異なるのでこれらの分光特性をリモートセンサーで測定することにより地表の物質の状態や量を知ることができる。図4は代表的な地表の物質の分光反射スペクトルを示したもので、観測波長を変えることによって容易に物体を識別することができる。

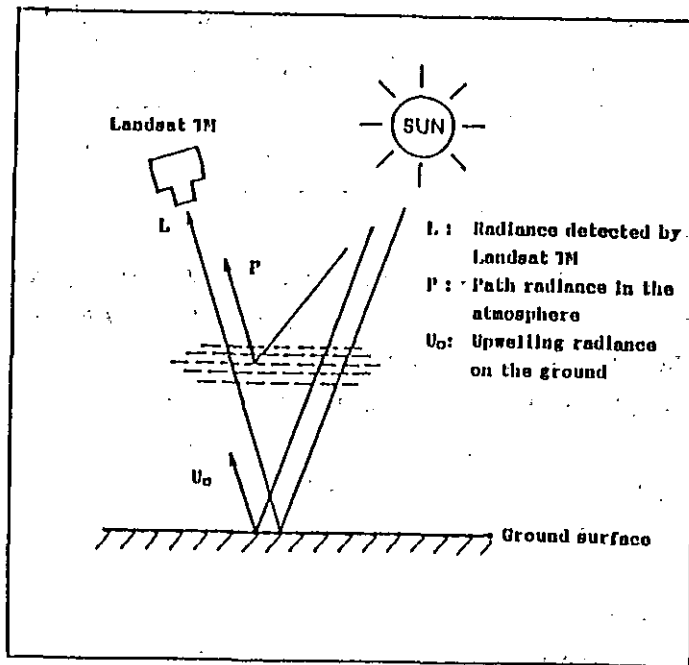


図3 陸域リモートセンシングの概念図

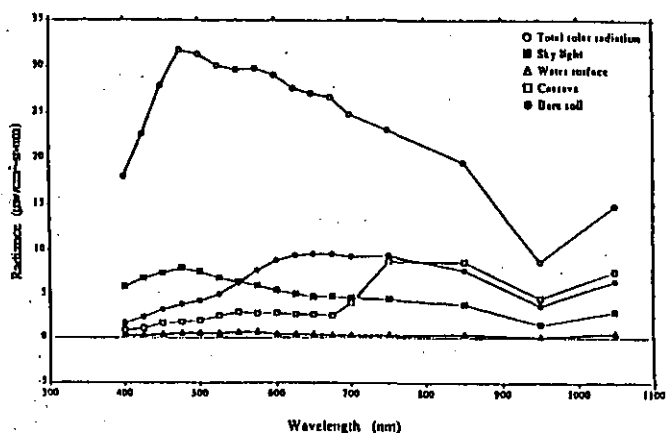


図4 各種の分光反射特性

(3) リモートセンサー

リモートセンサーは、通常、対象物の分光特性を計測するために、電磁波の波長帯をいくつかに分割して各波長帯ごとのエネルギーを検地する①多重分光機能と、対象を広域的（2次元的）に計測するための②画像化機能を有する。また、電磁波の利用の仕方には、電磁波の放射源として太陽光などの自然界に存在する電磁波を利用する①受動方式（パッシブセンサ）と、レーザー光やマイクロ波などの電磁波を自ら発射しその反射波を測定する②能動方式（アクティブセンサ）がある。現在、これらの分光測光方式と画像化方式とを組み合わせた様々なセンサーが提案されている。図5にリモートセンサーの測定方式を、図6に代表的なリモートセンサーの波長帯域を示した。

本稿では、タイにおけるリモートセンシング実験で使用した人工衛星搭載のセンサーの内LANDSAT-5、およびMOS-1に搭載されているMSS（マルチスペクトルスキャナ）、TM（セマティックマッパー）およびMESSR（可視近赤外放射計）についてその概略を説明する。これらのセンサーは今後砂漠化研究にも広範囲に使用される。

① LANDSAT-5

米国の地球観測衛星で、1972年に1号が打ち上げられ、それ以来LANDSAT から得られるデータは多くの分野において利用されている。現在、LANDSAT はMSS とTMの2つのセンサーを搭載した5号が稼働中で、高度700KM から16日周期で地球表面の観測を行っている。

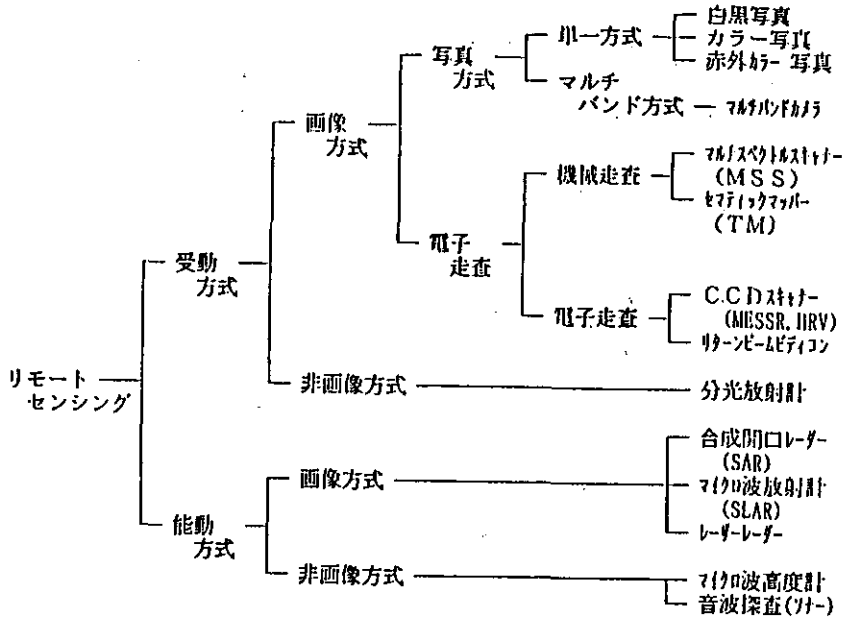


図5 リモートセンシングの方式

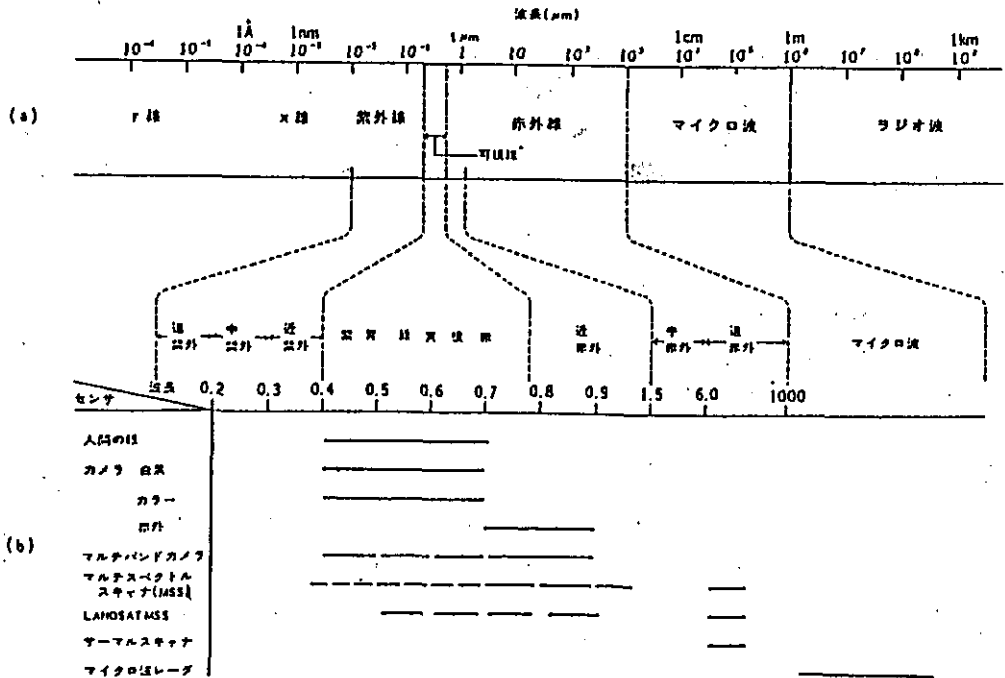


図6 リモートセンサの波長帯域

MSS 地上分解能： 80m 機械走査方式
 バンド4： 0.5~0.6 μm
 バンド5： 0.6~0.7 μm
 バンド6： 0.7~0.8 μm
 バンド7： 0.8~1.1 μm

TM 地上分解能： 30m (ただしバンド6は120m) 機械走査方式
 バンド1： 0.45~0.52 μm
 バンド2： 0.52~0.60 μm
 バンド3： 0.63~0.69 μm
 バンド4： 0.76~0.90 μm
 バンド5： 1.55~1.75 μm
 バンド6： 10.4~12.5 μm
 バンド7： 2.08~2.35 μm

② MOS-1

1987年に打ち上げられた日本初の地球観測衛星である。MESSR (可視近赤外放射計) の他に VTI R (可視熱赤外放射計)、MSR (マイクロ波放射計) を搭載している。

MESSR 地上分解能： 50m 電子走査方式
 バンド1： 0.51~0.59 μm
 バンド2： 0.61~0.69 μm
 バンド3： 0.72~0.80 μm
 バンド4： 0.80~1.10 μm

このような人工衛星センサーにより観測された地表のデータは衛星データ受信施設により受信され有料で配布される。図7は世界の受信施設の位置である。日本では埼玉県にある宇宙開発事業団の受信施設と熊本の東海大学受信施設があるが、砂漠によっては衛星データの入手が不可能な地域があるので砂漠化研究の試験地設定では注意を要する。

4. リモートセンシングによるタイの自然環境調査

国立環境研究所は人工衛星リモートセンシング技術を用いて、熱帯地域の自然環境を調査するためのデータ収集、処理、解析手法の開発を目的として、タイを実験フィールドとして行ってきた。タイの共同研究機関としてタイ科学技術エネルギー省国立研究院(NRCT: National Research

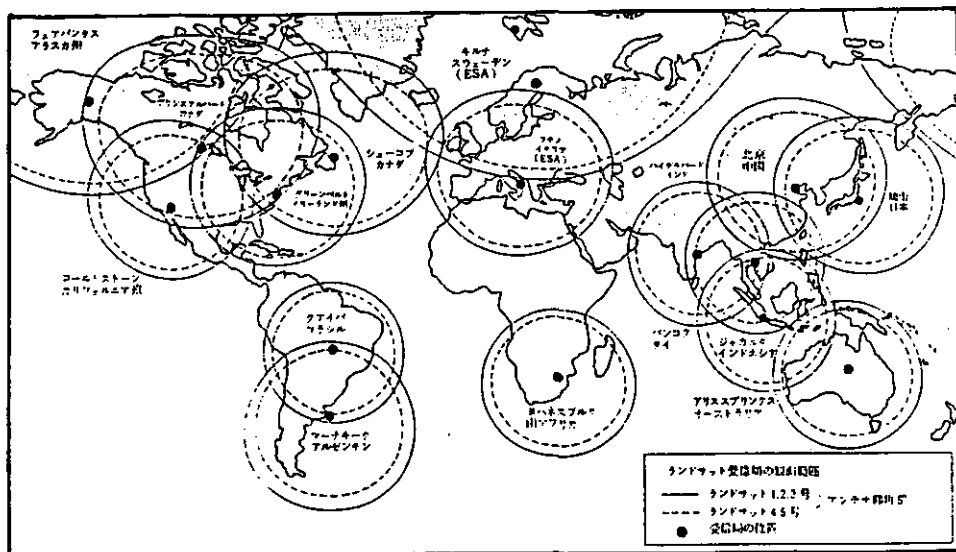


図7 ランドサット地上局の観測範囲

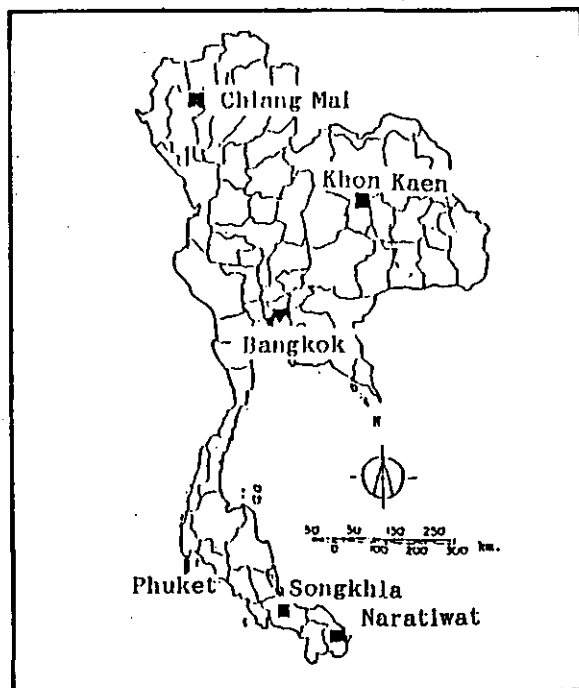


図8 Experimental sites in Thailand

Council of Thailand) と研究協力を結び、第一期（昭和61～63年度）は植生の現況調査手法の開発研究、第二期（平成元年～2年度）は植生の改変状況調査手法の開発研究を行った。

（1）実験の概要

タイ国内に図8に示すように6個所の試験地を設定し、植生、土壌、土地利用実態調査を行うとともに、人工衛星の上空通過に合わせて植生、土壌、人工物等の反射スペクトルの計測を行った。反射スペクトルの測定は阿部設計社のポータブルフォトメータ（モデル 2703MM）を使用した。測定されたスペクトルデータは標準光源を用いて校正され、植生や土壌分類のため、また大気効果の推定のために使用した。図9にフィールドでのスペクトル測定を、図10には測定されたスペクトルデータの一部を示す。



図9 コンケンにおけるフィールド実験
（キャサバのスペクトル計測、1990年2月9日）

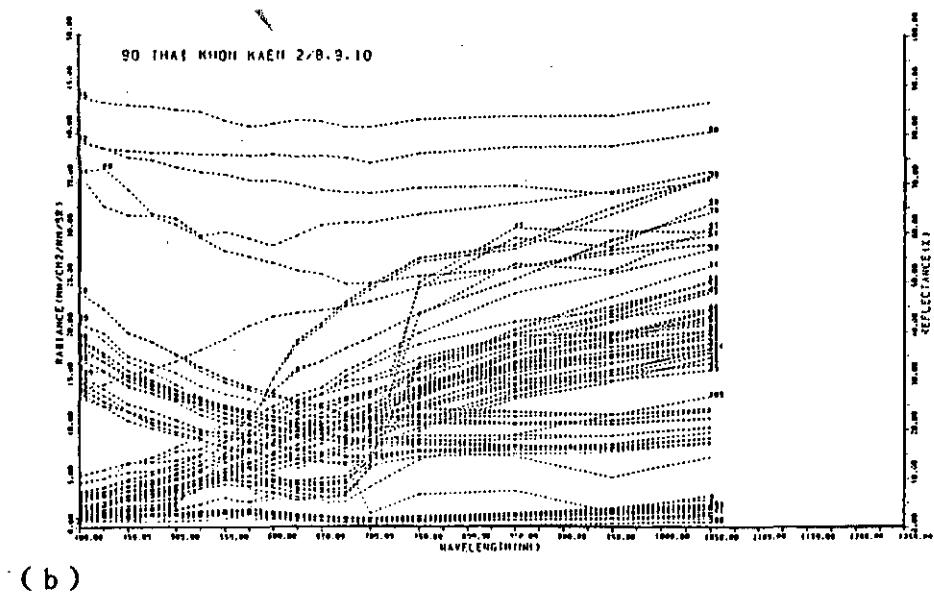
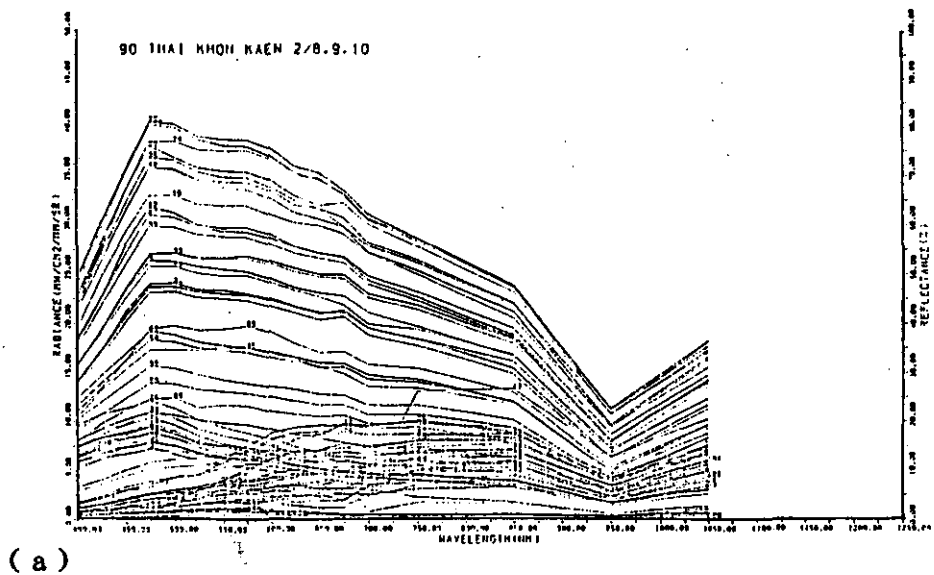


図10 コンケンにおいて得られた全スペクトルデータ
 (a) 絶対輝度エネルギーに変換したもの
 (b) 分光反射率

(2) スペクトル特性の比較による土地被覆変化の抽出

土地被覆の変化状況を知るために、異なった2時期の人工衛星データを用いて、その間の変化を抽出する手法の開発を行った。

2時期のLANDSAT 画像データにおける放射輝度を $L_1(\lambda)$ 、 $L_2(\lambda)$ とし、 $L_1(\lambda)$ 、 $L_2(\lambda)$ を直接比較し、そのスペクトル変化から地表面の変化を抽出することを試みた。スペクトル変化の評価方法として次の5つのアルゴリズムについて比較検討を行った。

①差演算

$L_i(\lambda)$ を各バンド毎に

$$L_i(\lambda) = \frac{L_i(\lambda) - \mu_i(\lambda)}{\sigma_i(\lambda)}$$

により変換し、その差 $D(\lambda) = L_1(\lambda) - L_2(\lambda)$ から変化領域を抽出する。ここで、 $\mu_i(\lambda)$ 、 $\sigma_i(\lambda)$ は各バンドの対象画像内における平均輝度および標準偏差である。

②主成分分析

$L_1(\lambda)$ 、 $L_2(\lambda)$ を結合した $2N$ バンドの画像を作成し、結合画像に主成分分析を施す。

$$D(j) = \sum_{k=1}^N \alpha_k L_1(k) + \sum_{k=1}^N \beta_k L_2(k)$$

$$(\alpha_k > 0, \beta_k < 0 \text{ for all } k)$$

となる j 主成分画像を2時期の差画像として求め、 $D(j)$ の大きい領域を変化領域として抽出する。通常は第3主成分($j=3$)が選ばれることが多い。

③内積演算

$L_1(\lambda)$ および $L_2(\lambda)$ を λ 次元のベクトルとみなし、ベクトルの変化角から地表面の変化を推定する。

$$D = \langle L_1(\lambda) \cdot L_2(\lambda) \rangle$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^N L_1(k) \cdot L_2(k)}{\sqrt{\sum_{k=1}^N L_1(k)^2 \cdot \sum_{k=1}^N L_2(k)^2}}$$

④ 相関法

$L_1(\lambda)$ および $L_2(\lambda)$ のスペクトル特性に着目し、波形の類似度を両者の相関係数により定義する。

$$D = \frac{\sum_{k=1}^N (L_1(\lambda) - \bar{L}_1) \cdot (L_2(\lambda) - \bar{L}_2)}{\sqrt{\sum_{k=1}^N (L_1(\lambda) - \bar{L}_1)^2 \cdot \sum_{k=1}^N (L_2(\lambda) - \bar{L}_2)^2}}$$

D は、 $-1.0 < D < 1.0$ の値をとり、波形の変化が線形変換の場合、即ち $L_2(\lambda) = aL_1(\lambda) + b$ の場合 $D = 1.0$ となる。 $D < 1.0$ (例えば $D = 0.98$) の場合、地表面が変化したものとして抽出する。

⑤ バンド合成法

2 時期画像から 3 バンドを指定して、赤、緑、青の 3 色に割り当て、カラーグラフィックディスプレイ上の色の特色から変化した地点を抽出する。この方法は操作者の主観的判断を利用した対話的な方法である。

図 11 に 1985 年 1 月 2 日および 1987 年 2 月 9 日のコンケン地区の LANDSAT MSS 画像を用いて行った土地被覆変化抽出の結果を示した。図中、(a)、(b) は 2 時期の MSS 原画像、(c) ~ (f) はそれぞれ主成分分析法、内積演算法、相関法およびバンド合成法による処理結果である。演算法および主成分分析法は基本的に 2 時期の画像の濃度差を求めるもので比較的安定した結果が得られるが、画像の撮影された時期や対象画像の特性などに依存することが多い。一方、内積演算法と相関法は非線形演算であり、変化の検出感度は高いが、スペクトル波形の変化を評価するため、センサーパラメータの影響を受けやすい。また、バンド合成法は対話型による処理で簡単ではあるが、バンドの組合せ等、操作者の判断力による影響がしやすい。このため、精度の高い変化抽出を行うためには各手法の特徴を十分検討する必要がある。

(3) 土地被覆変化抽出における長期変化と季節変化の判別

土地被覆の変化抽出を行う場合は、対象とするスペクトル特性が、季節変化（例えば紅葉や落葉など）によるものか、対象自身の経年変化（例えば農地化、砂漠化など）によるものか区別して行う必要がある。同一地域の1年以内に得られた異なった季節（雨期および乾期）の画像データと数年を隔て、季節の異なった衛星画像データ、計4画像を用いて、4時期の一対比較を行い、抽出された変化が季節変化であるか経年変化であるか評価刷り手法の検討を行った。筑波地区の画像データによる解析例では良好な結果が得られた。現在、タイに適用するために、4時期の画像データを入手中である。

5. まとめ

リモートセンシングによる地表観測とタイでの研究例について報告した。平成3年度からの本格的砂漠化研究では植生、土壌、水文、社会経済的研究のような基礎的な研究も大切であるが、リモートセンシングによる巨視的な研究も必要で、これらを平行して行うことでより効率の良い研究が可能となる。リモートセンシングを用いた研究としては新たに打ち上げられる衛星による画像データや熱映像データ、マイクロ波センサーによる画像などを利用し砂漠化研究に貢献したい。

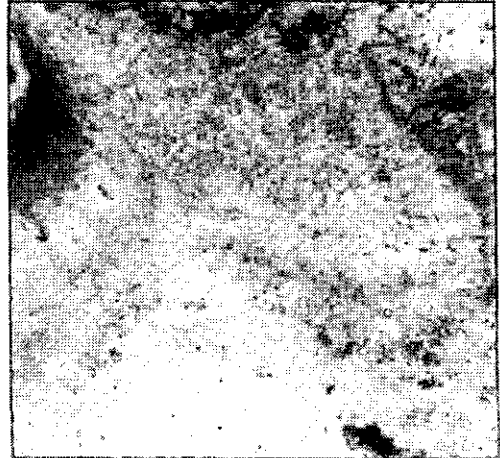
【参考文献】

- 1) Y. Iikura and Y. Yasuoka (1989): An index of linear separability and its application to the evaluation of statistical data compression. Asian-Pacific Remote Sensing Journal, Vol. 2, No. 1, 81-91.
- 2) Y. Yasuoka, T. Miyazaki and Y. Iikura (1989): Evaluation of atmospheric effect on remotely sensed data based on measurement of spectral radiance. Proc. of Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium '89, Vol. 2, 889-892.
- 3) Y. Yasuoka, T. Yokota, T. Miyazaki and Y. Iikura (1990): Detection of vegetation change from remotely sensed images using spectral signature similarity. Proc. of Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium '90, Vol. 2, 1609-1612.
- 4) Y. Iikura and Y. Yasuoka (1990): Correction of training data for supervised classification of satellite images by EM algorithm. Proc. of Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium '90, Vol. 3, 2387-2390.
- 5) 安岡善文、飯倉善和、宮崎忠国 (1989): 太陽直達光輝度の測定に基づいた大気の透過率、光路輝度の推定、第28回計測自動制御学会予稿集。

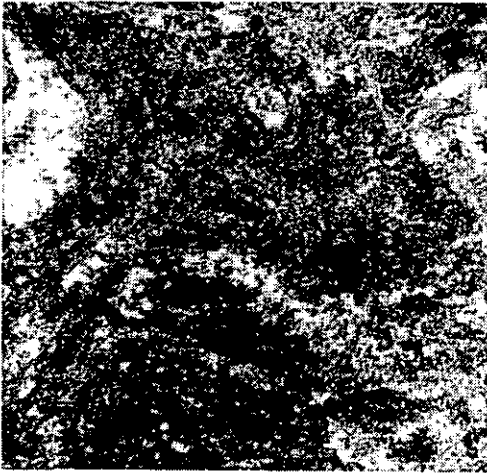
6) 飯倉善和、安岡善文 (1989) : EMアルゴリズムを用いたトレーニングデータの代表性の改善、
第15回リモートセンシング予稿集。



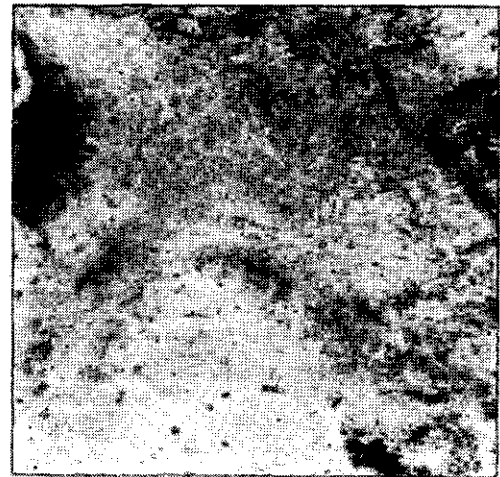
(a)



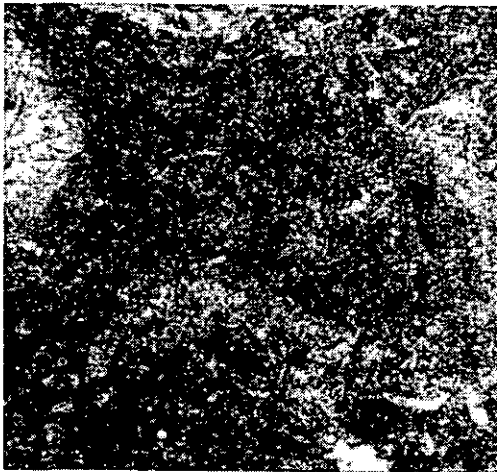
(b)



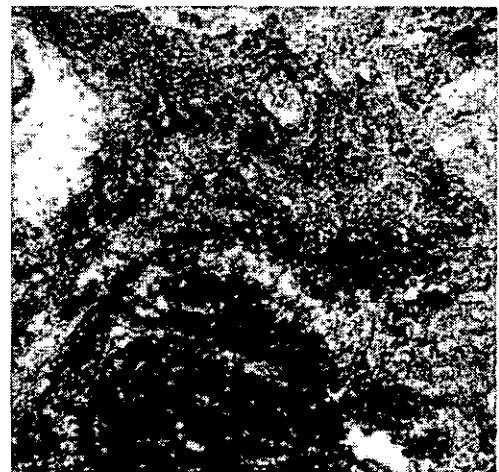
(c)



(d)



(e)



(f)

图 1 1 解析结果

III. 砂漠化研究関係文献収集

Ⅲ．砂漠化研究関係文献収集

平成2年度は、砂漠化研究がどここの乾燥地、半乾燥地または砂漠を対象に、どのような研究が行われているか、どのような研究結果が得られたか、これからの砂漠化研究はどうあるべきか等を調査する目的で、内外の砂漠化研究に関する研究論文、報告書、資料の収集およびその分類を行った。

収集された論文、資料等は収集順に通し番号がつけられ、リレーショナルデータベースソフトウェア“Let'sアイリス”を用いて砂漠化文献ファイルの作成を行った。本ファイルでは研究論文や報告書の抄録の作成を行っていない。今後は、文献の追加と抄録の作成を行い、使いがっのよい砂漠化研究文献ファイルの作成を行う予定である。なお、文献ファイル作成のためのパーソナルコンピュータはNEC PC9801シリーズを使用した。

以下に収集文献リストを欧文和文別に掲載する。

欧文文献

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
1	United Nations Environment Programme (Project Title: National desertification assessment and mapping in Kenya)	1991	D138
2	Evolution des milieux Sahélien et Soudanien - Ecosystem evolution in regions of the Sahel and sudan 1952-1988	Oct.1990	D141
3 Ash, J.E.; Wasson, R. J.	Vegetation and sand mobility in the Australian desert dune field	Z. Geomorph. Suppl.-Bd. 45: 7-25 1983	D101
4 Batle, S.	The public's changing view of agriculture and the environment.	J. Soil and Water Cons. 40: 317-321. 1985	D083
5 Berry, L.	Desertification in the Sudano-Sahelian region 1977-1984.	Desertification Control, 10: 23-28. 1984b	D132
6 Bluns, J.A.	After the drought: field observations from Mali and Burkina Faso.	Geography 71: 248-252. 1986	D143
7 Biswas, M.R.	UN Conference on Desertification, in prospect.	Environmental Conservation 5: 247-262 1978	D135
8 Bourliere, F. (Ed.)	Ecosystems of the World No.13 Tropical Savannas	Elsevier 1983	J-5
9 Bower, C.A.	Sodium hazard of irrigation waters as influenced by leaching fraction and precipitation or solution of calcium carbonate	Soil Sci. 106: 29-34. 1968	D107
10 Carder, D.J.	Desertification in Australia - a muddled concept	Search 12(7): 217-221 1981	D038
11 Charney, J.G.	Dynamics of deserts and drought in the Sahel	Quart. Jour. Roy. Met. Soc., 101: 193-202. 1975	D065
12 Chidumayo, E.N.	Urbanisation and deforestation in Zambia	Desertification Control 9: 40-43 1983	D037
13 Choudhury, B.J.; Ker, C.J.; Colus, R.E.; Newcomb, W.W.	The Monitoring vegetation using NIMBUS-7 scanning multichannel microwave radiometer data	Int. J. Remote Sens. 8: 533-538. 1987	D075
14 Cloudsley-Thompson, J.L.	Human activities and desert expansion.	Geogr. Jour. 134: 414-423. 1978	D105
15 Colner, C.C.	Using LANDSAT to monitor changes in vegetation cover induced by desertification processes.	Proceedings of the Fourteenth International Symposium on Remote Sensing of Environments, ERIM, Ann Arbor, MI, pp.1341-1351. 1980	D114
16 Courel, M.F.; Rasool, S.I.	Surface albedo and the Sahel drought	Nature 307(9): 528-531 1984	D018
17 Curran, P.J.	Multispectral remote sensing for the estimation of green leaf area index	Phil. Trans. Roy. Soc. A 309: 257-270. 1983	D111
18 Curran, P.J.	Multispectral remote sensing of vegetation amount	Prog. Phys. Geogr. 4: 315-341 1980	D063
19 Darkoh, M.B.K.	Land degradation and resource management in Kenya	Desertification Control Bulletin 19. July 1991 に掲載予定	D137
20 Daughtry, C.S.T.; Ho, K.P.; Bauer, M.E.	Spectral estimates of solar radiation intercepted by corn canopies	Interc Agron. J. 75: 527-531. 1983	D087
21 Dhir, R.P.	Soil degradation due to over exploitative human effort	Annals of Arid Zone 16(3): 321-330 1977	D153
22 Dregne, H.E.	Desertification of Arid Lands	Harwood Academic Publishers 1985	J-3
23 Dregne, H.E.; Tucker, C.J.	Green biomass and rainfall in semi-arid sub-Saharan Africa	J. Arid Environments 15: 245-252 1988	D024

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
24 Everitt, J.H.; Nixon, P.R.	Using color aerial photography to detect camphorweed infestations on South Texas rangelands	Photogramm. Eng. Remote Sens. 51: 1793-1797. 1985a	D073
25 Everitt, J.H.; Nixon, P.R.	Video imagery: A new remote sensing tool for range management	J. Range Manage. 38: 421-424. 1985b	D127
26 Goudie, A.	The Warm Desert Environment	University Microfilms International Out-of-Print Books on Demand, A Bell & Howell Information Company 1991	J-2
27 Government of Kenya (CCK); Department S 04)	Report of the Kenya pilot study (FP/6201-87-04) using the FAO/UNEP methodology for assessment and mapping of desertification (DSSRS); United Nations Environment Programme (UNEP)	Report of Kenya pilot study: FAO/UNEP provisional methodology for assessment of desertification Feb. 1990	D139
28 Coward, S.N.; Tucker, C.J.; Dye, D.G.	North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer	Vegetatio 64: 3-14. 1985	D088
29 Grunz, R.D.; Carmichael, D.M.; Hacker, R.; Lenden, C.; Wilcox, D.G.	A qualitative evaluation of LANDSAT imagery of Australian Rangelands	Aust. Rangel. J. 1: 53-59. 1976	D147
30 Grove, A.T.	The state of African In the 1980s.	Geogr. Jour. 152: 193-203. 1986b	D109
31 Grove, A.T.	Geographical Introduction to the Sahel.	Geogr. Jour. 134: 404-415. 1978	D103
32 Grove, A.T.	Desertification in the African environment.	African Affaires, 73: 137-151. 1974	D134
33 Grove, A.T.; Warren, A.	Quaternary landforms and climate on the south side of the Sahara	Geogr. J., 134: 194-208. 1968	D028
34 Grunblatt, J.	Kenya pilot study for desertification assessment and mapping- system analysis report	Nov. 5, 1990	D140
35 Hamburg, I.F.	Anthropogenic cause of desertification in western Sudan.	GeoJournal 2: 243-254. 1978	D108
36 Hayashi, I.	Plant communities and their environments in the caatinga of Northeast Brazil.	Latin American Studies 2: 65-79. 1981	D129
37 Hellden, U.	Desertification monitoring: Is the desert encroaching?	Desertification Control Bull. 17: 8-12. 1988	D119
38 Hellden, U.; Stern, M.	Evaluation of LANDSAT imagery and digital data for monitoring desertification indicators in Tunisia	Proceedings of the Fourteenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment, Vol. 3, pp. 1601-1610. 1980	D115
39 Holben, B.N.; Fraser, R.S.	Red and near-infrared sensor response to off nadir viewing	Int. J. Remote Sens. 5: 145-160. 1984	D053
40 Holben, B.N.; Tucker, C.J.; Fan, C.J.	Spectral assessing soybean leaf area and leaf biomass	Photogramm. Eng. Remote Sens. 26: 651-656. 1980	D072
41 Holben, B.N.	Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data	Int. J. Remote Sens. 17: 1417-1434. 1986	D080
42 Huete, A.R.	Separation of soil-plant spectral mixtures by factor analysis	Remote Sens. Environ. 19: 237-251. 1986	D058
43 Huete, A.R.; Jackson, R.D.; Post, D.F.	Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds	Remote Sens. Environ. 17: 37-53. 1985	D062
44 Huete, A.R.; Post, D.F.; Jackson, R.D.	Soil spectral effects of 4-space vegetation discrimination	Remote Sens. Environ. 15: 155-165. 1984	D060

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
45 Jagjeech, C. Kalla; P. ulak, K. Ghosh; Joshi, B.R.	Livestock productivity and desertification in the arid lands of western Rajasthan	Annals of Arid Zone 16(3):360-366	D150 1977
46 Justice, C.O.	Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data	Int. J. Remote Sens. 6(8): 71-1318.	12 10057 1985
47 Kassas, M.	Arid and semi-arid land problem and prospects.	Agro-ecosystems, 3, 186.	1977 10079
48 Kidson, J.W.	African rainfall and its relation to the upper air circulation	Quart. Jour. roy. Met. Soc. 103: 411-456.	1977
49 Knippling, E.B.	Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation	Remote Sens. Environ. 1: 155-159.	D124 1970
50 Kolarkar, A.S.; Singh, I.	Nepal Desertification'-by soils approach	Desertification: monitoring and control (ed. A.K. Tewari), Scientific Publishers, Ratanada Road, P.O. Box 91, Jodhpur-342001, India	D148
51 Krings, T.F.	Kulturgeographischer Wandel in der Kontaktzone vor Nomaden und Bauern im Sahel von Ober Volta. Am Beispiel des Oudalan (Nordost Ober Volta)	Hamburger Geogr. Studien 36, 116 S.+ Anhang (4 Tabs., 9 Aufnahmen, 10 photos, 6 Karten)	D113 1980
52 Lamprey, H.F.	Report of the desert encroachment reconnaissance in Northern Sudan : 21 October to 10 November, 1975.	UNESCO/UNEP 16p. (microgr.)	D120
53 Mabbutt, J.A.	A new global assessment of the states and trends of desertification.	Environmental Conservation 11: 103-113.	D136 1984
54 Mabbutt, J.A.	The impact of desertification as revealed by mapping.	Environmental Conservation 5: 45-56.	D130 1978
55 Mabbutt, J.A.	Report on activity of the IGU working group on desertification in and around arid lands	Geoforum, 7: 147-152.	D110 1976a
56 Mann, H.S.	The desertification process - An overview	Annals of Arid Zone 16(3):279-280	D151 1977
57 Mann, H.S.; Nathotra, S.P.; Shuklamaryan, K.A.	Irrational land use and desertification in Rajasthan desert	Annals of Arid Zone 16(3): 387-394	D149 1977
58 Marsh, S.E.; Lyon, J.P.	Quantitative relationships of near-surface spectra to LANDSAT radiation data.	Remote Sens. Environ. 10: 27	D069 1985
59 McGraw, J.F.; Tuelker, P.T.	Landsat computer-aided analysis techniques for range vegetation mapping	J. Range Manage. 36: 627-631.	D128 1983
60 Menschling, H.	Is the desert spreading? Desertification in the Sahel Zone of Africa.	Applied Geography and Development, 27: 7-18.	D118 1986
61 Mouat, D.A.; Bail, B.; Foster, D.E.; Treachwell, B.D.	The use of remote sensing for an integrated inventory of a semi-arid area	J. Arid. Environ. 4: 169-179.	D126 1980
62 Moura, A.D.; Shukla, J.	On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model.	Jour. Atmos. Sci. 38: 2653-2675.	D084 1981
63 Nicholson, S.E.	Sub-Saharan rainfall in years 1976-1980: evidence of continued drought.	Monthly Weather Review, 111: 1646-1654.	D086 1983
64 Nicholson, S.E.	Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetter years in West Africa.	Monthly Weather Review, 109: 2191-2208.	D085 1981
65 Omori, H.; Iwasaki, K.; Takeuchi, K.	Relationship between the recent dust activities and the rainfall fluctuations in the southern part of Australia	Geographical Review of Japan 56(3): 131-150	D027 1983

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
66 Omori, H.; Speight, J.G.; Takeuchi, K.	Stratigraphic background of gully development of the Pekina catchment in the Mt. Lofty Ranges, south Australia	Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ	D017
67 Olsson, L.	Desertification or climate? Investigation regarding the relationship between land degradation and climate in the Central Sudan	Land Studies in Geography, Ser. A, Physical Geography, No. 60, 36p	D117
68 Pearson, R.L.; Miller, L.D.	Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie, Pawnee National Grasslands, Colorado.	Proc. 8th Int. Symp. Remote Sens. Environ., Univ. of Michigan, Ann Arbor, MI, pp. 1357-1381.	D146
69 Pougat, M.; Lortie, B.; Souissi, A.; Mulla et al.	Contribution of LANDSAT data to mapping of land and resources in arid regions	Eighteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Paris, pp. 1717-1725	D116
70 Pradhan Raina; Joshi, J.D.C.; Kolarikar, A.S.	Land degradation mapping by remote sensing in the arid region of India	Soil Use and Management 7(1): 47-52	D155
71 Rasool, S.I. (ed.)	Potential of remote sensing for the study of global change.	Advances in Space Res., 7-1, 97p	D012
72 Richardson, A.J.; Wilgram, C.L.	Distinguishing vegetation from soil background information	Photogramm. Eng. Remote Sens. 43(12): 1541-1552.	D071
73 Robitove, Charles, J.; Chavez, Pat, S., Jr.; Gehring, Dale; Holmgren, Ralph	Arid land monitoring using Landsat albedo difference images	Remote Sens. Environ. 11: 133-156.	D059
74 Saxena, S.K.	Desertification due to ecological changes in the vegetation of Indian desert	Annals of Arid Zone 16(3): 367-373	D151
75 Schneider, S.R.; McInnis, D.F. Jr.; Stephens, G.	Monitoring Africa's Lake Chad basin [LANDSAT] and NOAA satellite data	Int. J. Remote Sensing 6(1): 59-73	D023
76 Schneider, S.R.; McInnis, D.F.; Pritchard, J.A.	Use of satellite infrared data for geomorphology studies	Remote Sensing Environ. 8: 313	D067
77 Sellers, P.J.	Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration	Int. J. Remote Sens. 6: 1335-1372.	D056
78 Shankararayan, K.A.	Impact of overgrazing on the grasslands	Annals of Arid Zone 16(3): 349-359	D152
79 Smith, H. (Ed.)	Plants and the Daylight Spectrum	Academic Press	1981 J-4
80 Stiles, D.	Desertification: a question of linkage.	Desertification Control Bull. 11: 1-6.	D133
81 Suits, G.H.	The calculation of the directional reflectance of a vegetation canopy	Remote Sens. Environ. 2: 117-125.	D125
82 Toya, H.; Takeuchi, K.; Omori, H.; Katahira, H.; McArthur, W. M.; Matsumoto, T.; Iwasaki, K.; Okazaki, M.	Land and vegetation degradation by soil erosion and salinization in the western Australian wheat belt	Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ 21: 49-64	D016
83 Tucker, C.J.	Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel: 1980-1984	Remote Sensing of Environment 17: 233-249	D021
84 Tucker, C.J.	A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass.	Grass Forage Sci. 35: 177-182	D112
85 Tucker, C.J.	Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation.	Remote Sens. Environ. 8(2): 127-150.	D068

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
86 Tucker, C.J.; Choudhury, B.J.	Satellite remote sensing of drought conditions	Remote Sensing of Environment 23: 243-251	DX20 1987
87 Tucker, C.J.; Pung, J.Y.; Keeling, C.D.; Gannon, R.H.	Relationship between atmospheric CO ₂ variations and a satellite-derived vegetation index	Nature 319: 195-199	1986a DX89
88 Tucker, C.J.; Helleke, J.O.; Raffey, J.	The potential of satellite remote sensing of ecological conditions for survey and forecasting desert-loxist activity	Int. J. Remote Sens. 6(1): 127-138	DX54 1985b
89 Tucker, C.J.; Holben, B.N.; Elgin, J.H.; McMurtry, J.E.	Remote sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat	Remote Sens. Environ. 11: 171-189	DX70 1981
90 Tucker, C.J.; Justice, C.O.	Satellite remote sensing of desert spatial extent	Desertification Control Bull. No.13, 2-5	DX36 1986
91 Tucker, C.J.; Justice, C.O.; Peltuce, S.D.	Monitoring the grasslands of the Sahel: 1984-1985.	Int. J. Remote Sens. 7: 1571-1582	DX74 1986b
92 Tucker, C.J.; Maston, M.	Determination of volcanic dust deposition from El Chichon using ground and satellite data	Int. J. Remote Sens. 6(5): 619-627	DX55 1985
93 Thieller, P.T.	Remote sensing science applications in arid environments	Remote Sensing of Environment 23: 143-154	DX19 1987
94 Twidale, C.R.	Landforms related to the activities of organisms, including man	Analysis of Landforms, John Wiley Sons, 501-528	DX104 1976
95 Vane, G.; Coetz, A.; Wellman, J.	Airborne imaging spectrometer: A new tool for remote sensing	IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. GE-22(6): 546-549	DX44 1984
96 Verstraete, M.M.	Defining desertification: a review	Climatic Change 9: 5-18	DX76 1986
97 Wang, J.R.	Effect of vegetation on soil moisture sensing observed from orbiting microwave radiometers	Remote Sens. Environ. 17: 141-151	DX61 1985
98 Wang, J.R.; Choudhury, B.J.	Remote sensing of soil moisture content over bare fields at 1.4 GHz frequency	J. Geophys. Res. 86: 5277-5282	DX82 1981
99 Zhenda, Z.; Shu, L.	Desertification and desertification control in Northern China.	Desertification Control, 5: 13-19	DX31 1981

和文文献

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
1 東三郎	砂漠化防止に関する砂防学的考察	国際農林業協力 9(3): 82-91 1986	IX32
2 石弘之	地球の砂漠化—アフリカからの報告	国際農林業協力 9(3): 3-21 1986	IX31
3 石弘之	アフリカの食糧事情とその背景	農業土木学会誌 54-1: 11-17 1986	IX92
4 石田明晴	論壇 砂漠で想う	農業土木学会誌 54-1: 2-4 1986	IX90
5 市川正巳	世界における砂漠化とその研究の現状	地理学評論 61(Ser.A)-2: 89-103 1988	IX04
6 市川正巳	ブラジル北東部の砂漠化について	地理学評論 56-9 595-606 1983	IX10
7 大森博雄	オーストラリアにおける砂丘の再活動とその気候上の意義について	地学雑誌 89(3): 19-30 1980	IX22
8 岡本雅美 太田新介 川勝隆雄 丸杉孝 之助 吉田昌夫	座談会 —アフリカ農業事情—	農業土木学会誌 54-1: 61-68 1986	IX98
9 小沢健二	80年代のアメリカ農業	地理 30-6: 7-24 1985	IX49
10 オジャンイ著 高橋 真理訳 門村浩監訳	アフリカの砂漠化—東部アフリカを中心に—	地理 30-12: 22-30 1985	IX47
11 片平博文	南オーストラリア半乾燥地帯における土地利用の進展—マレーマリー地域を例として—	立命館文学 499: 64-95 1987	D123
12 門村浩 武内和彦	地形改変研究の動向 —その展望—	地理学評論 56-4: 193-222 1983	IX11
13 門村浩	サハラ半乾燥地帯における歴史時代の干ばつと砂漠化	アフリカ研究 34: 73-86 1989	IX25
14 門村浩	砂漠化研究の系譜と課題	地理学評論 61(Ser.A)-2: 205-228 1988	IX08
15 門村浩	熱帯アフリカにおける晩氷期 —完新世初期の環境変動—	アフリカ研究 30: 71-93 1987a	IX29
16 門村浩	Desertification と Desertization	国際農林業協力 9: p.12 1986c	IX30
17 門村浩	アフリカの環境変動	季刊創造の世界 57: 6-43 1986a	IX41
18 門村浩	地形改変と環境変化	土と基礎 31-8: 1-4 1983	IX12
19 船澤英昭	米国の農業不況と1985年農業調整法	日本農業の動き 75: 6-32 1985	D121
20 グランツ M H	アフリカの干ばつ	サイエンス 17(8): 10-17 1987	IX15
21 国際協力十字団	特集: 砂漠化はなぜ起きるか—消えていく緑—	国際協力 1985.10.	IX35
22 後藤淳子	深刻化する土壌侵蝕・土壌保全	地理 30-6: 54-61 1985	IX50
23 後藤晃	「西アジア農業」について—乾燥地における伝統的農業の技術的適応—	地理評 61(Ser.A): 113-123 1988	IX81
24 小堀巖	サヘル	農業土木学会誌 54-1: 84-84 1986	IX99
25 五百木篤	米国85年食糧安全保障法—矛盾した目的の追求—	世界の農林水産 1986年3月号 21-28. 1986	D106
26 笹野伸治	アフリカの農業研究機関	農業土木学会誌 54-1: 85-88 1986	D100
27 篠川雅人	80年代前半のサヘル干ばつの診断	地理 30-12: 32-41 1985	IX48
28 柴田健一 瀬戸島政 博 吉永健治	多時期のNOAA植物指標データによる西アフリカの砂漠化の進行状況について	日本写真測量学会平成元年度年次学術講演会発表論文集 49-54 1989	IX40
29 清水正元	砂漠化する地球 —文明が砂漠をつくる—	講談社 プル・パ・ナ 1990	J-1
30 鈴木秀夫	アフリカ干ばつの気候学的考察	アフリカ研究 16: 14-22 1977	IX34
31 田内勉	アフリカ対する技術協力	農業土木学会誌 54-1: 47-54 1986	IX96
32 高村弘毅 門村浩 大森博雄	「砂漠化」の地理学 —1986年度秋季学術大会シンポジウム—	地理学評論 60(Ser.A)-2: 93-108 1987	IX09
33 武内和彦 大森博雄	植生からみたオーストラリア半乾燥地域の「砂漠化」現象	地理学評論 61(Ser.A)-2: 124-142 1988	IX03
34 武内和彦	オーストラリアの自然(5) オーストラリアの植生 —植生配列と環境条件—	地理 29(1): 99-106 1984	IX13
35 田瀬剛雄	アメリカにおける砂漠化の背景と環境管理	地理学評論 61(Ser.A)-2: 198-204 1988	IX07
36 田瀬剛雄	アメリカの地下水問題(1)	日本地下水学会誌 26: 43-52 1986	D102
37 田瀬剛雄	ブラジル北東部の雨皿の変動特性と旱魃	ラテンアメリカ研究年報 2: 86-96 1982b	D122
38 田瀬剛雄	干ばつと砂漠化	地理 27-6: 66-72 1982a	IX15
39 田中実	熱帯地域における最近の気候変動と乾燥化	地理学評論 61(Ser.A)-2: 104-112 1988	IX02
40 田村俊和	カメルーン・西部の高地におけるサバンナ化の歴史	地理学評論 61(Ser.A)-2: 170-185 1988	IX06

著者名	タイトル	雑誌名	文献番号
41 内藤正典	ダマスカス・オアシスの砂漠化とその背景	国際協力 1985.10: 16-18	DX35
42 中村和郎	乾燥地域およびその周辺における砂漠化ワ ーキング・グループ	地理 26(1): 120-122 1981	DX14
43 西川治	地域研究とその意義	地域研究, 発展途上国研究シリーズ, No.2: 7-18. 1983	DX142
44 西沢利栄 松本栄次 林一六	砂漠化のプロセス I	地理 27-7: 92-98. 1982	DX43
45 西沢利栄 松本栄次 林一六	砂漠化のプロセス II	地理 27-8: 66-72. 1982	DX44
46 農業土木学会	特集「アフリカの農業を考える」	農業土木学会誌 54-1 1986	DX90
47 林一六	ブラジル北東部における農業的土地利用と 植生の変化	Latin American Studies 4:69-88 1982	DX45
48 広瀬昌平	アフリカの畑農業	農業土木学会誌 54-1: 31-39 1986	DX94
49 藤井宏志	アフリカの農業と環境	農業土木学会誌 54: 5-10 1986	DX91
50 藤原健蔵 貞方昇	南インド半乾燥地域における農村開発と土 地利用の変化	地理学評論 61(Ser.A)-2: 143-151 1988	DX94
51 藤原健蔵 成瀬敏郎	半乾燥地方の農村にみられる用水路灌漑に 伴う土地環境の変化—インド・パンジャ ー地方ガガルバーナ村の例—	地理科学 26: 9-23. 1977	DX77
52 藤原健蔵	インド・パンジャープ平原における水文環 境の変貌	地理雑誌 87(3): 16-37 1978	DX26
53 松本聰	乾燥地における水利用と塩類集積	地理学評論 61(Ser.A)-2: 155-169 1988	DX95
54 松本聰	土壌管理面からみた砂漠化防止対策に関す る一考察	国際農林業協力 9(3): 92-102 1986	DX33
55 松本聰	土壤中における塩類の行動と集積機構	生物環境調節 22: 89-94. 1984	DX78
56 松本聰	乾燥地土壌における人為因子の影響とその 問題点	ペドロジスト 26: 173-186. 1982b	DX51
57 松本栄次	農牧業的土地利用に伴う土地環境の変化	Latin American Studies 4: 53-67 1982	DX39
58 矢野信一	アフリカの水田農業 —水田開発の事例—	農業土木学会誌 54-1: 41-46 1986	DX95
59 山口保身	アフリカの農業開発調査	農業土木学会誌 54-1: 55-59 1986	DX97
60 山本正三	砂漠化の社会的背景	地理 27-10: 68-75. 1982	DX46
61 湯浅満之	アフリカ農業水利開発の可能性	農業土木学会誌 54-1: 19-30 1986	DX93

[平成3年12月2日編集小委員会受理]

[国立環境研究所資料 F-37-'92/NIES]

砂漠化問題の解決にむけて

—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(1)—

問い合わせ先：地球環境研究グループ 森林減少・砂漠化研究チーム
古川昭雄・宮崎忠国・恒川篤史

平成4年3月1日発行

発行 環境庁 国立環境研究所

〒305 茨城県つくば市小野川16-2

印刷 谷田部印刷株式会社

住所 つくば市大字谷田部 1979-1