熱 研 資 料　No. 68
研究技術情報　No. 2

乾燥地農業の研究事情調査報告書

——シリア・パキスタン・インド——

岩　田　文　男
笹　野　伸　治
長野間　　宏

昭 和 61 年 3 月

農 林 水 産 省
熱 帯 農 業 研 究 セ ン タ ー

所長
林　健一

編集委員長
三宅正紀

編集委員
松本省平
高橋達児
岩田文男
笹野伸治
野崎倫夫

Ⅰ はじめに

熱帯の半乾燥・乾燥地においては、長年にわたる社会・経済的、歴史的悪条件や農業技術開発の遅れに干ばつが加わって、農地の荒廃が進み、食糧危機が深刻な問題となっている。このため、乾燥地諸国はもとより先進諸国においても、乾燥地農業に関する研究の強化が緊急の課題として取り上げられ、我が国もこれまで以上の研究協力を行うことが必要となってきている。

熱帯農業研究センターでは、昭和52年度より国際半乾燥熱帯作物研究所（ICRISAT）への在外研究員の派遣や乾燥地域の農業事情調査を通して同地域農業に関する研究を実施してきたが、最近の国内外の要請に応えるためには半乾燥・乾燥地の農業の実態及び研究事情について、最新の情報を把握しておく必要がある。

本資料は昭和59年11月10日から12月9日にかけて、シリア・パキスタン・インドの3国における半乾燥・乾燥地域の研究機関を訪問し、畑作・灌漑排水・畑土壌の専門分野から研究事情を調査した報告書である。

この調査の実施にあたっては、シリア・パキスタン・インド各国政府をはじめとして、訪問した各研究機関、外務省及び在外公館、国際協力事業団等の関係者から絶大な御支援を頂いた。これらの方々に厚くお礼を申し上げると共に、この報告書が今後の半乾燥・乾燥地農業の発展のために役立つことを祈ってやまない。

II 調査のねらいと分担

1. 調査のねらい

半乾燥・乾燥地農業研究機関の研究事情を調査し、当センターの同地域における研究推進に資する。

2. 調査の分担

畑作栽培　岩田文男

熱帯農業研究センター　企画連絡室　研究技術情報官（現研究第2部長）

灌漑排水　笹野伸治

農業土木試験場　企画連絡室　企画科長（現熱帯農業研究センター　調査情報部　研究技術情報官）

畑土壌　長野間　宏

農業研究センター　プロジェクト研究第1チーム　主任研究官

III. 調査日程等

1. 調査日程

11月10日(土)－11日(日)

- 成田――カイロ――ダマスカス(空)
- ICARDA ダマスカス事務所副所長及び JICA 派遣職員折田氏の出迎えを受ける。

11月12(月)

- ICARDA ダマスカス事務所で日程打合わせ
- 在シリア日本国大使館へ加藤大使を表敬訪問
- ダマスカス――アレッポ(車)
- シリア内陸農業視察
- ICARDA 副所長 Dr. Shuman による歓迎晩さん会

11月13日(火)

- アレッポ――テルハジャ (車)
- Dr. Shuman 及び折田氏の案内で所内視察
- 穀類プログラムリーダー Dr. Srivastava より研究状況の説明を受け、意見交換

11月14日(水)

- アレッポ――テルハジャ(車)
- ファーミングシステム、飼料作物、牧草、食用マメ類、遺伝資源の各プログラムリーダーから研究状況の説明を受け、意見交換
- 折田氏夫妻による歓迎晩さん会

11月15日(木)

- アレッポ――テルハジャ(車)
- ICARDA 研究担当副所長 Dr. Goldsworthy 及び各プログラムリーダーとの合同会議
- アレッポ――ラタキア (車)
- 折田氏の案内で地中海農業視察

11月16日(金)

- ラタキア――パルミラ(車)
- 折田氏の案内でステップ農業を視察

11月17日(土)

- パルミラ――ダマスカス(車)
- 折田氏の案内でステップの畜産を視察

・ACSAD 訪問

・Japan Overseas Cooperation Volunteers 事務所を訪問

11 月 18 日(日)—11 月 19 日(月)

・ダマスカス——カイロ——カラチ——イスラマバード(空)

・JICA パキスタン事務所長和田氏の出迎えを受ける

11 月 20 日(火)

・在パキスタン日本大使館へ梁井大使を表敬訪問、金蔵一等書記官と日程打合わせ

・パキスタン農業研究会議事務局を訪問、意見交換

・パキスタン国立農業研究センター訪問

・金蔵書記官招待歓迎夕食会

11 月 21 日(水)

・イスラマバード——ペシャワール(空)

・ペシャワール農科大学 Abudul M. Khan 副学長に表敬後、学内を視察、Karim 教授ほか関係教授と懇談

11 月 22 日(木)

・ペシャワール——カラチ——デリー(空)

・ICRISAT 駐在熱研センター長期在外研究員有原技官の出迎えを受け、インド国内における日程打合わせ

11 月 23 日(金)

・在インド日本大使館へ鈴木公使を表敬訪問

・矢野一等書記官とインド国内に於ける日程打合わせ

・デリー——デラドーン(車)

・中央土壌・水保全研究・訓練所訪問

11 月 24 日(土)

・中央土壌・水保全研究・訓練所長 Dr. Narayana を表敬訪問

・Dr. Aror（大阪府立大卒）の案内で所内及び試験圃場を視察

11 月 25 日(日)

・デラドーン——ニューデリー(車)

・途中、カルナールの中央土壌塩類研究所圃場を視察

11 月 26 日(月)

・矢野一等書記官からインドの農業事情について説明を受ける

・熱研センター高橋研究第二部長、農林水産技術会議事務局山川研究調査官、矢野一等書記官に同行し、インド農業研究会議事務局長 Mr. Rau に表敬

・矢野一等書記官招待夕食会

11 月 27 日(火)

・Dr. Goswami（熱研センター主催第15回国際シンポジウム招待者）の案内により、インド農業研究所を視察、関係職員からインド農業研究事情について説明を受ける

11月28日(水)

・ニューデリー近郊農業視察

11月29日(木)

・デリー——ジョドプール(空)

・乾燥地中央研究所訪問

11月30日(金)

・ジョドプール周辺農業視察

12月1日(土)

・ジョドプール砂漠地域視察

12月2日(日)

・ジョドプール——デリー(空)——ヒッサール(車)

・ハリヤナ農科大学訪問

12月3日(月)

・ハリヤナ農科大学副学長 Dr. Kataria を表敬訪問

・学内及び試験圃場を視察

12月4日(火)

・ヒッサール周辺農業及び塩害地帯を視察

12月5日(木)

・ヒッサール——デリー(車)——ハイデラバード(空)

12月6日(木)

・ICRISAT 訪問、研究担当副所長 Dr. Kanwar に表敬

・各プログラムリーダーから研究状況の説明を受け、実験室及び試験圃場を視察

12月7日（金)

・ハイデラバード周辺の ICRISAT 協力農家圃場を視察

12月8日(土)—12月9日(日)

・ハイデラバード——デリー——成田(空)

なお、行程を示す略図を図1～図3に示す。

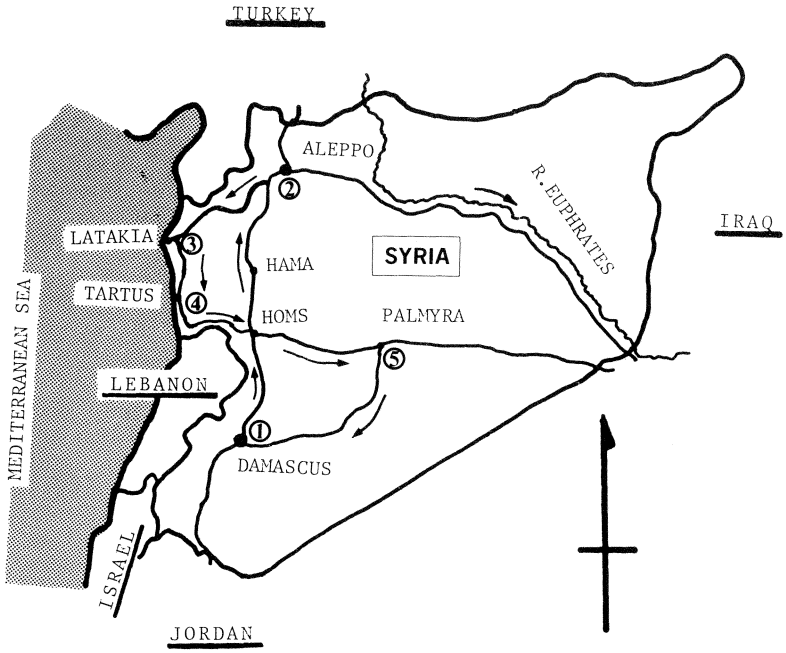


図１　シリア調査行程図

図２　パキスタン調査行程図

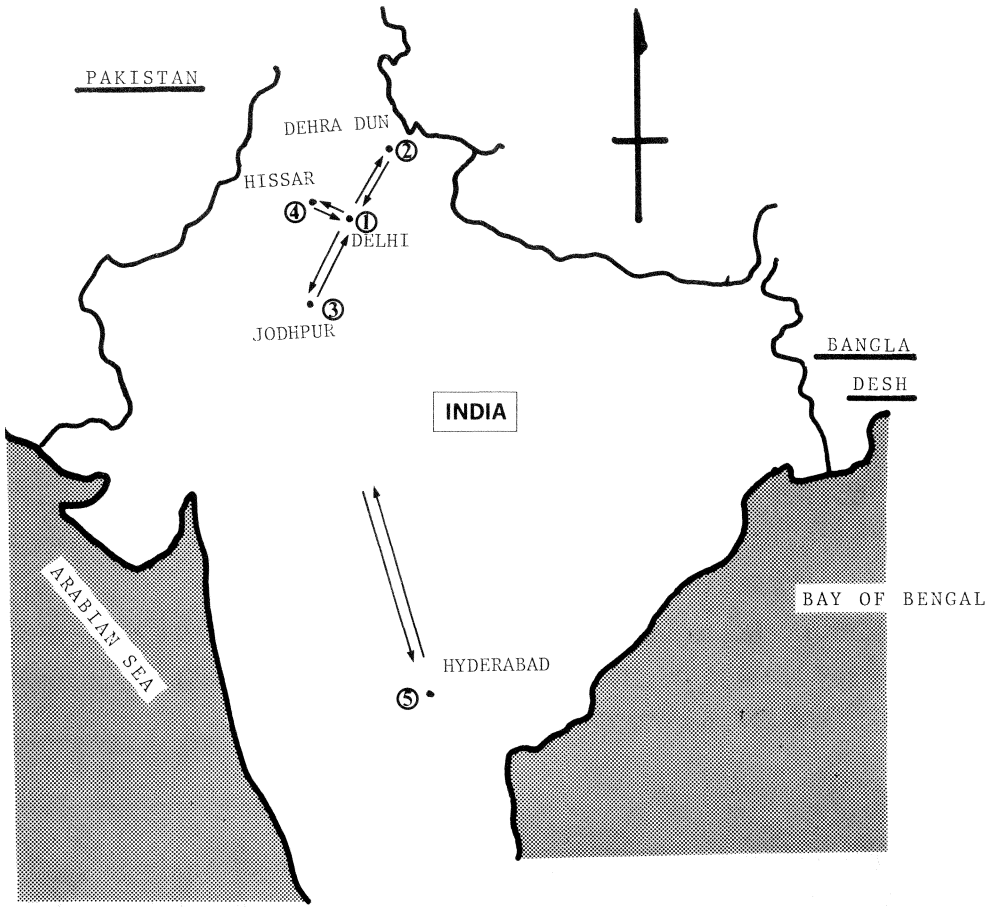


図3　インド行程図

2. 調査対象国の農業事情

(1) シリア

シリアといえば、近年紛争続きのレバノンとイラクに隣接し、アラブ世界の強硬派の旗頭として知られている国であるが、市民生活は平穏で安定しているのが印象的であった。国情概要を以下に述べる。

① 国土と地勢

総陸地面積 18.4 万 km²、緯度はおおむね 32°～37°N である。図 1 に示したように、西はレバノン・イスラエル、北はトルコ、東にイラク、南はヨルダンに隣接し、又地中海にも面している。

海岸線に沿ってジュベル・アンサリエとアンチレバノンの 2 つの山脈が走り、中央部～東部～南部にわたる国土の大部分は比較的平坦かつ広大な乾燥地帯である。又国土の東部～北部をユーフラテス川が流れている。

② 気　候

西部の地中海性気候から東部の乾燥砂漠型気候に至るまで、僅か500 kmほどの地域内で大幅に変化する。図4に年平均降水量分布を示す。

③ 人口と都市

1982年統計では、総人口970万人、人口増加率0.7%/年、主要都市はダマスカス、アレッポ、ホムス、ハマ、ラタキア、タルトス等である。又かつての隊商路のオアシス都市パルミュラは、ダマスカスの北東230 kmの砂漠の只中にあり、ローマに滅された女王ゼノビア時代の遺跡が残っている。

④ 農　業

図5に農業のタイプを示す。西部の山脈及び海中海沿いと北部のユーフラテス川沿いに灌漑農業が見られる外は、大部分が天水依存農業と放牧に利用されている。この放牧地は、高温・乾燥の夏には一面の砂漠（むしろ土漠）であるが、比較的温暖で多少の降雨がある冬には、花が咲き乱れる草原となり、羊やラクダの放牧が行われる。しかし、冬の低温も仲々厳しく、1～2月には−10℃を下まわり雪が降ることもある。

1981年統計では、国土総面積18.4万km²のうち耕地576万ha、草地836万ha、灌漑面積57万ha、農業就業人口率46.8%（1982年）、主作物はコムギ130万ha・154万t、オオムギ135万ha・66万t、豆類24万ha・22万t、ワタ15万ha等である。

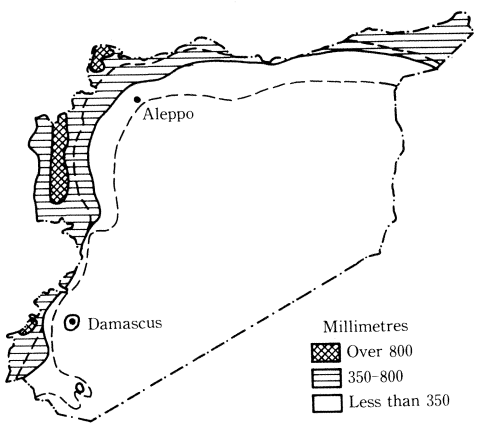


図4　年平均降水量の分布[注)]（シリア）

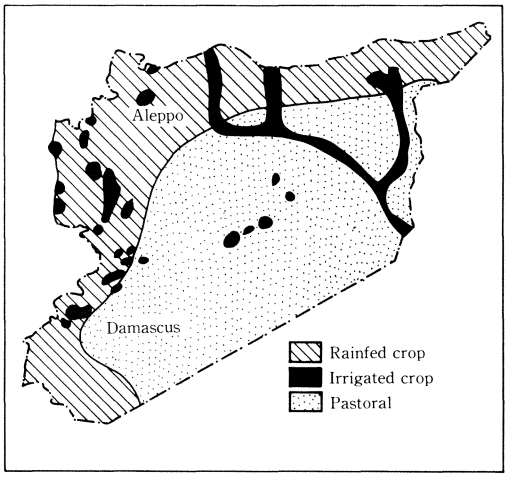


図5　農業タイプの分布[注)]（シリア）

注）World Atlas of Agriculture 1973（Instituto Geografico De Agostini S.p. A. Novara社）より引用（9）

(2) パキスタン

1) 国土と地勢

総陸地面積 77.9 万 km²、緯度はおおむね 23°～37°N である。図 2 に示したように西はイラン、北はアフガニスタン・中国、東はインドに隣接し、南はアラビア海に面している。

2) 気 候

乾燥した大陸性の気候であるが、地域差が非常に大きい。図 6 に年平均降水量分布を示す。

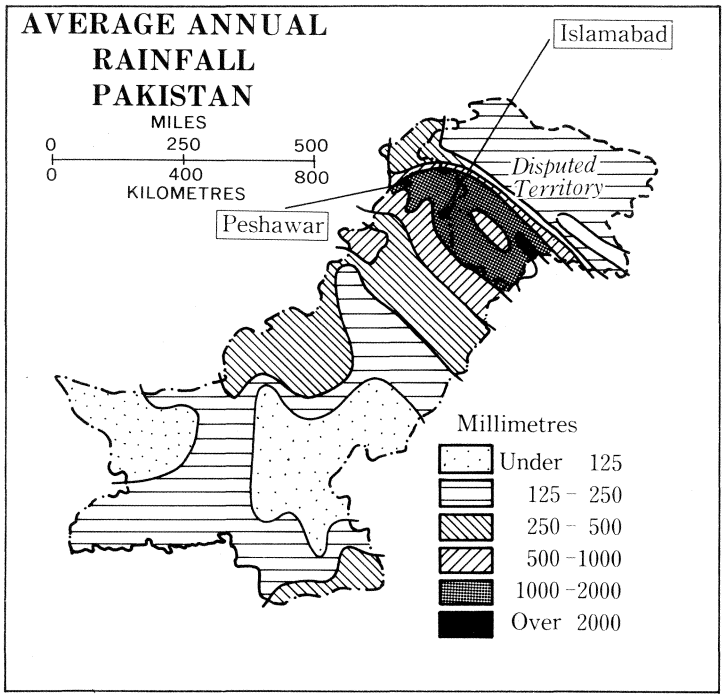


図 6 年平均降水量の分布[注] **（パキスタン）**
（□ は今回訪問地）
注）World Atlas of Agriculture（1973）より引用

3) 人口と都市

1982 年統計では総人口 920 万人、人口増加率 2.9%/年、主要都市は、イスラマバード、ラワルピンディ、ラホール、カラチ等である。

4) 農 業

1981 年統計では、国土総面積 77.9 万 km²のうち耕地 2033 万 ha、草地 500 万 ha、灌漑面積 1432 万 ha、農業就業人口率 46.9%（1982 年）、主作物はコムギ、イネ、メイズ、サトウキビ、ワタ等である。

インダス川沿いの平原地帯を除く地帯では、主として天水依存農業による雑穀の生産が行われているが、年毎の降雨に左右される粗放な栽培にとどまっている。インダス川水系の包含する全

耕地面積は1540万ha、このうち灌漑面積は80%・1330万ha、うち周年灌漑耕地は67%の890万haとみられている[注)]。

作季は夏作（4～10月）、冬作（10～4月）及び通年作に分けられ、冬作のコムギが主食作物である（1982年696万ha・1157万t）。その他の冬作物はナタネ、オオムギ、ヒヨコマメ等である。夏作はイネ（1982年201万ha・500万t）、ワタ（215万ha）が主体で、この外にメイズ、パールミレット、ソルガム等がある。通年作物はサトウキビ（83万ha）が主体である。

(3) インド

1) 国土と地勢

総陸地面積297.3万km²、緯度はおおむね8°～36°Nである。西はパキスタン、北は中国・ネパール、東はバングラデシュに隣接し、南はアラビア海及びインド洋に面している。

2) 気　候

図7に気候区分、図8に年平均降水量分布を示す。1年は①冷涼季（12～2月）、②暑熱季（3～5月）、③南西モンスーン季（6～9月）、④南西モンスーン衰退季（10月～11月）に分けられる。主作季はKarif季（6～9月）、Rabi季（10～1月）の2季である。

パキスタンに隣接する西部地域一帯はThar砂漠である。乾燥地を対象とする灌漑農業は主としてこの地域のパンジャブ州、ラジャスタン州及びハリヤナ州で営まれており、これがインドの主要な穀倉地帯になっている。この地域における重要課題は、塩類集積問題への対処である。

3) 農　業

1981年統計では国土総面積297.3万km²のうち耕地16,943万ha、草地1,180万ha、灌漑面積4,000万ha、農業就業人口率61.7%（1982）、主作物はコムギ2,231万ha・3,783万t、イネ3,900万ha・6,800万t、メイズ580万ha・650万t、ミレット1,800万ha・900万t、ソルガム1,600万ha・1,080万t、豆類2,373万ha・1,111万t、その他ワタ801万ha、サトウキビ319万ha等である。

注）佐藤一郎．地球砂漠化の現状、清文社1985年．より引用

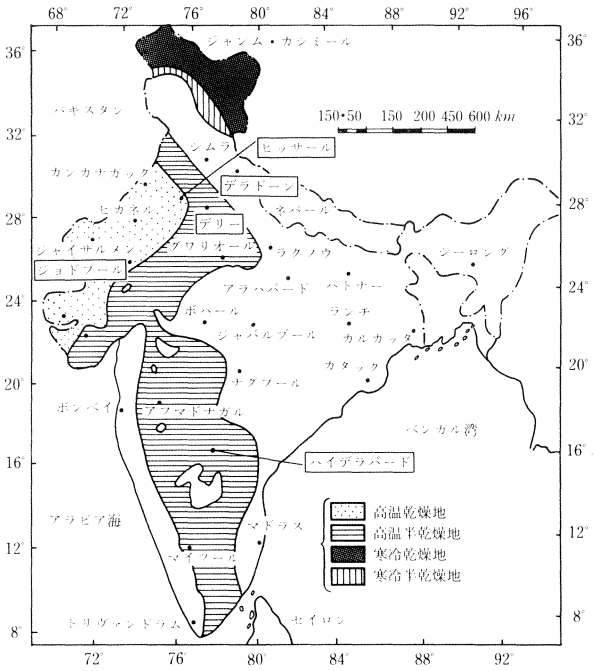


図7　気候区分（ □ は今回訪問地）

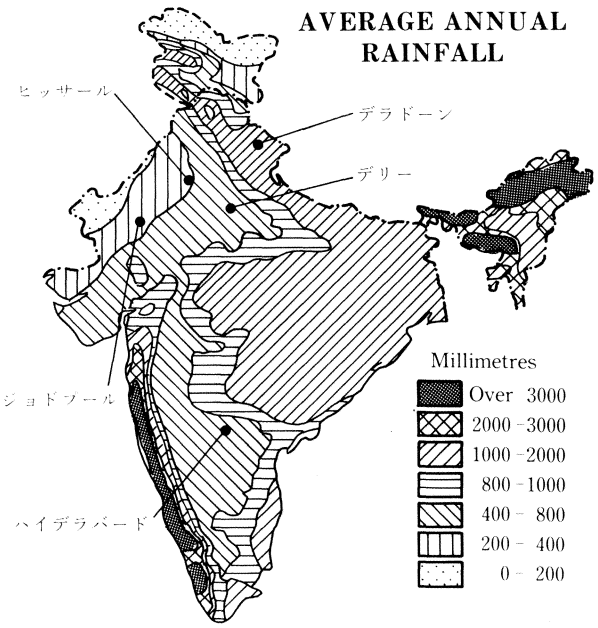


図8　年平均降水量分布[注)]

（地名は今回訪問地）

注）World Atlas of Agriculture（1973）より引用

IV. 訪問した研究機関等の概要

1. 国際乾燥地農業研究センター（シリア、アレッポ）

International Center for Agriculutural Research in the Dry Areas
(ICARDA)
P.O. Box 5466, Aleppo, Syria
35°55′N, 36°55′E, 標高 362m、年降水量 341 mm

ICARDA は、国際農業研究協議グループ（CGIAR）傘下の国際農業研究センターの一つとして、1977 年に西アジア及び北アフリカの乾燥地域における発展途上国の農業技術研究を推進するために設立された。

ICARDA は、シリアアラブ共和国 Aleppo の南西 35 km の Tel Hadya に位置し、現在、約 1,000 ha の広大な敷地に本館・研究棟を建設中で、1985 年 12 月に完成予定である。　場は既に整備され、試験が実施されている。上級研究員は約 100 名である。

ICARDA の対象地域は、西はモロッコから東はパキスタン、北はトルコから南はスーダンの 22 ケ国に及ぶ。気候的には年降水量が 200–600 mm の冬雨夏乾燥の地中海性気候に属する寡雨地帯の天水（rainfed）による住民農業を主たる研究対象としている（図 9）。

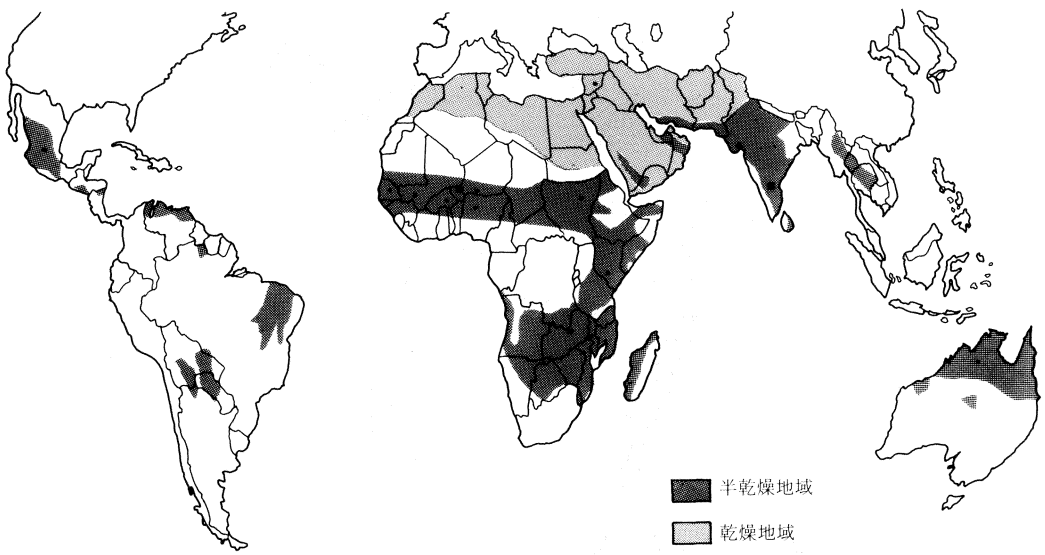


図 9　ICRISAT 及び ICARDA が研究対象としている半乾燥・乾燥地域

(1) 研究活動

ICARDAの研究活動はファーミングシステム、穀類、食用マメ類、牧草、遺伝資源の5つのプログラムを中心に展開されている。

1) ファーミングシステムプログラム

ICARDAの最重要研究課題であるファーミングシステム研究は、まず、シリア国内をはじめ地中海沿岸地域の慣行営農体系を調査し、営農体系改善技術の開発のための各生産阻害要因について、素材的な　場レベルの試験を実施している。主な試験項目はN、Pの施用法、播種量、雑草防除、生物的N固定、マメ科作物の導入、家蓄の導入、耕起法、水利用法、家畜－作物生産システム、牧草地の改良と家畜栄養、環境解析による農業地域区分など極めて多岐に亘っている。そして、これらの素材的試験は、冬雨夏乾燥の寡雨地域の気象的環境及び社会経済的条件を考慮して、次の5プロジェクトの下で、異なる専門分野の研究者の共同によって推進されている。なお、本プログラムに従事している上級研究者は14名である。

① 地中海沿岸の天水環境における穀類生産
② 地中海沿岸の天水環境における穀類・食用マメ類のN固定・生産性・水利用
③ 輪作の生産性と収益性
④ ファーミングシステムにおける家畜生産
⑤ 農業地帯区分

2) 穀類の改良プログラム

ICARDAの研究対象地域の基幹をなす作物はムギ類である。近東及び北アフリカの穀類消費量は、世界最高で年間1人当たり150 kgにも及び、域内生産では不足するため、大量の穀類を輸入に依存している。このため、ICARDAでは15名の上級研究員をムギ類研究に当て、オオムギ、マカロニコムギ、パンコムギの育種、栽培、病虫害、品質などについて研究を展開している。ライコムギについては、育種材料の収集・評価、播種期試験、品質検定などを実施しているが、ムギ類の中では重要性が低いので研究の縮少が考えられている。

このほか、ICARDAは域内の8カ国を対象に、標高1,000 m以上の高地で、パンコムギの品種育成、栽培試験を実施している。また、域内各国との共同研究はもとより、国際幼苗検定組織や主要地域病害検定組織を通じて、国際的な共同研究にも参加している。これらの研究を推進するために、次の7つのプロジェクトが設定されている。

① オオムギの改良
② マカロニコムギの改良
③ パンコムギの改良
④ ライコムギの改良
⑤ 高地穀類の国際研究
⑥ ムギ類研究の国際協力
⑦ 国際品種検定試験

3) 食用マメ類の改良プログラム

ソラマメ、レンティル、ヒヨコマメは地中海性気候地域の主要植物蛋白源として重要であるばかりでなく、ムギ類との輪作作物として土壌肥沃度の維持増進に、また、家畜飼料としても、極めて重要な役割を果している。

ICARDAは、これら3種の食用マメ類について、遺伝資源の収集・評価、育種、栽培生理・生態、病虫害防除などの広範な研究を実施している。特に、ソラマメ及びレンティルについては、世界的な責任機関として、また、ヒヨコマメについては、ICRISATとともに共同責任機関としての役目を担っている。

本研究プログラムは、10名の上級研究員によって次の5つのプロジェクトが実施されている。

① ソラマメの改良
② レンティルの改良
③ ヒヨコマメの改良
④ 乾燥地におけるマメ類の役割
⑤ マメ類生産の国際協力

4) 牧草及び飼料作物の改良プログラム

ICARDAの研究対象地域である冬雨寡雨地域の農業において、畜産は極めて重要な位置を占めており、その基盤である牧草及び飼料作物の生産技術の開発は、ICARDAにとって重要な研究課題である。このプログラムは、草地及び飼料作物の改良によって、家畜の生産性を高めるだけでなく、牧草地へマメ科牧草を導入することによって、穀草輪換地の土壌肥沃度を増進し、終極的には穀物生産の増強を図ることも目的としている。

本プログラムは次の4つのプロジェクトからなり、上級研究員10名が配置されている。

① 年間飼料生産方式
② 年間牧草生産方式
③ 限界地における草地の生産性向上
④ 遺伝資源の評価

5) 遺伝資源プログラム

ICARDAは、オオムギ、レンティル、ソラマメの国際的遺伝資源センターとして、その収集、評価、維持を行なっている。また、マカロニコムギ、ヒヨコマメ、飼料作物、牧草などの西アジア及び北アフリカの重要作物の遺伝資源の収集も実施しており、種子のコレクションは1983年現在で70,000に及んでいる。本プログラムには上級研究員6名が当っている。

6) 国際協力

ICARDAは、外国との研究協力に力を入れており、研究対象地域の諸国はもとより、先進諸国とも研究協力を実施している。対象地域内では、チュニジア、エジプト、ヨルダン、キプロス、パキスタンなどと協力しているが、特にレバノンには試験地が置かれ、本部のTel Hadyaより冷涼湿潤な気候を利用して、ヒヨコマメの耐病性及び生態型についての研究が実施されている。ま

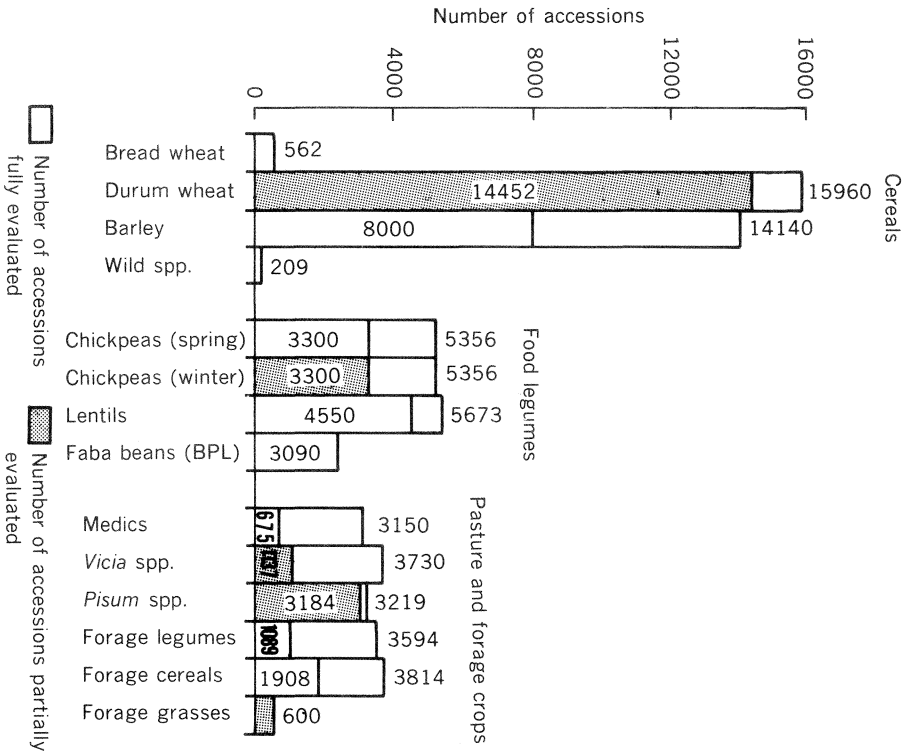


図10　ICARDA における1983年現在の収集遺伝資源の評価状況

た、先進諸国とは特定の基礎的課題について、32課題に及ぶ研究協力が行なわれており、特にイギリス、西ドイツとの関係が密接である。

日本との協力関係は少なく、僅かに JICA 派遣の折田魏郎氏が家畜衛生の研究員として活躍しているにすぎない。

(2)　ICARDA 職員と懇談及び所内視察

ICARDA 所長 Dr. Nour は海外出張中で会うことができなかった。また、研究担当副所長 Dr. Goldsworthy も私たちが Aleppo を離れる前日まで海外出張で、僅か半日しか会うことができなかったが、代わって総務担当の副所長 Dr. Shuman と ICARDA 駐在 JICA 派遣専門家の折田氏の懇切な案内で所内及び試験圃場を視察することができた。

訪問時は雨季が始まったばかりで、整然と管理された圃場には発芽したばかりのムギ類が鮮かな緑条を示し、黒褐色の土と対比して美しい光景を示していた。本館及び研究棟は建設中で、プレハブの仮住居のため手狭であった。

研究については、多数の研究員と懇談したが、特にプログラムリーダーからは個別に十分な時間をとって、各プログラムの話を聞くことができた。更に、最終日には、Dr. Goldsworthy を中心に、各プログラムリーダーとの合同会議を持ち、ICARDA における乾燥地農業研究の概要を摑む

Collaborative Research Projects with Advanced Institutions

	Subject	Cooperating institutions	Funding organization
1.	Replacement of fallow by forage crops	McGill University, Canada	CIDA
2.	Studies on rural labor	University of Western Canada, Canada	Population Council
3.	Root studies on barley and chickpeas	University of Reading, UK	ODA
4.	Phenology and productivity modelling in wheat	University of New England, Australia	UNDP
5.	Precipitation and temperature analysis	University of Reading, UK	ODA
6.	Evaporation from sparse barley crops	Institute of Hydrology, UK	Inst. Hyd./ODA
7.	Nitrogen fertilizer efficiency using ^{15}N	International Fertilizer Development Center, USA	IFDC/UNDP
8.	Nitrogen fixation studies using ^{15}N	International Atomic Energy Agency, Austria	IAEA
9.	Photothermal relations in barley, faba beans and lentils	University of Reading, UK	ODA
10.	Collection & evaluation of barley & durum wheat germplasm	University of Saskatchewan, Canada	NSERC
11.	Cooperative project on salt tolerance of cereals	University of Munich, W. Germany	
12.	Cereal, food legume & forage quality evaluation	Canadian Grain Commission	
13.	Recurrent selection in barley, using male sterility	Montana State University, USA	
14.	Studies on nematodes affecting chickpeas, peas & forage legumes in the Mediterranean region	Institute of Nematology, Bari, Italy	CNR
15.	Resistance to Bruchids in faba beans	University of Reading, UK	FF
16.	Faba bean adaptation studies	European Economic Community, Belgium	EEC
17.	Faba bean breeding methodology studies	University of Manitoba, Canada	IFAD
18.	Inter-specific crossing	University of Rcading,UK	ODA
19.	Studies on the resistance of faba beans to *Botrytis fabae*	Plant Breeding Intitute, Cambridge, UK	
20.	Studies on ascocchyta bligho of faba beans	University of Manitoba, Canada	IDRC
21.	Physiologic variation in *Ascochyta rabiei*	University of Reading, UK	ODA
22.	Phospnate & iron use efficiency in chickpeas and lentils	University of Hohenheim, W. Germany	GTZ
23.	Measurement of out-crossing in lentil	University College of Swansea, UK	
24.	Screening for cold tolerance in lentil	University of Perugia, Italy	CNR
25.	Ecogeographic survey & collection of natural populations of forage legumes	International Board for Plant Genetic Resources	IBPGR
26.	Nutritive value of hays and straws	Tropical Development and Research Institute, UK	ODA
27.	Studies on *Rhizobium carrier systems*	University of Manitoba, Canada	IDRC
28.	Screening for salt toleranc in barely and durum wheat and development of cultural practices for salt- tolerancc areas.	University of Munich, W. Germany	GTZ
29.	Evaluation of forage shrubs (*Medicago arborea*) in the Mediterranean region	Plant Breeding Institute, Bari, Italy	CNR
30.	Aphid resistance in faba beans	University of Bonn, W. Germany	GTZ
31.	Stem nematode studies in faba beans	University of Bonn, W. Germany	GTZ
32.	Agronomy studies on dry peas	University of Giessen, W. Germany	GTZ

ことができた。

3日間のICARDA幹部職員及び研究員との接触を通して、ICARDAがわが国との研究協力を切望していることを痛感した。

なお、帰国後、折田氏を通してプログラムリーダーから、下記のようなプロポーザルが送付されてきたので、付け加えておく。

① Applied and basic research to accelerate progress in cereal crop improvement for rainfed stress environments

② The development of aphid resistance in cereals and faba beans

③ Developing improved winter cereal germplasm through genetic engineering

④ Genetic resources documentation and data utilization

2. アラブ乾燥地農業研究センター

Arab Center for the Studies of Arid Zone and Dry Lands
(ACSAD)
P. O. Box 2440, Damascus, Syria
33°29′N, 36°14′E、年降水量232 mm

(1) 組　織

ACSADは、1971年にアラブ同盟諸国により設立された乾燥地域研究組織で、本部はダマスカスにある。

ACSADの設立目的は、乾燥地域の水資源、土壌、植物、畜産に関する研究及びトレーニング、情報交換を通して、アラブ同盟諸国住民の生活向上を図ることにある。

センターは、メンバーの各国から1名の代表による理事会議、企画調整、専門部という3つの主要部分からなる。

専門部は次の8つである。

1) Water Resources Studies
2) Soil Studies
3) Plant Studies
4) Livestock Studies
5) Climatologic Studies
6) Social, Economic and Statistical Studies
7) Scientific Documentation and Publications and Regional and International Cooporation
8) Administrative and Financial Affairs

また、制限された期間内に編成される特別な地域的開発プロジェクトが現在3つある。

1) 半乾燥地におけるオオムギ、コムギの生産・開発プロジェクト（モロッコ、アルジェリア、

シリア、ヨルダン）

2） Hamad 盆地プロジェクト（サウジアラビア、イラク、シリア、ヨルダン）

3） Al-Kouf 国立公園プロジェクト（リビア）

なお、加盟国名は以下のようである。

ヨルダン、スーダン、サウジアラビア、イラク、シリア、エジプト、クウェート、レバノン、リビア、アラブ首長国連邦、オマーン、カタール、モロッコ、アルジェリア、モーリタニア、パレスチナ

(2) 研究活動

1） Water Resources Studies

アラブ諸国の水資源の保全及び有効利用のため、近代的手法を取り入れて水文地質図及び水資源図の作成に力をいれている。

また、ACSAD 水資源データバンクなどを通して、水資源データの情報・記録システムを作るとともに、水資源の効果的利用・保全の検討をしている。

すでに完成した研究としては、地下水の水理学的特性の決定のためのコンピュータ処理方法の開発、乾燥地域でのアイソトープ利用水資源開発技術、リモートセンシングによる水利用技術がある。また、シリア、レバノン、パレスチナ、ヨルダン、イラク、チュニジア、モロッコ、モーリタニア、サウジアラビア、スーダンをカバーする水資源図を編集した。これらの地図は、水資源の質と量を示している。

2） Soil Studies

アラブ諸国土壌図（1/100 万）の作成を進めると共に、乾燥地域における土壌別施肥量の検討、塩類土壌の改良・管理法、灌漑技術について研究を行なっている。また、アラブ諸国の、水と土壌の効果的分析法の検討をするプロジェクトも展開されている。

シリア、レバノンの土壌資源図を完成し、地域農業開発のためのモデルを作成した。これは農業生産を制限している多くの生物的、気象的要因の説明に役立っている。

3） Plant Studies

コムギ、オオムギ、ソルガム、マメ類などの育種、ファーミングシステムの改良、天水地域での果樹栽培法、乾燥地・半乾燥地における塩類化指標植物の研究などが行われており、新しく開発された品種はアラブ各国で試験されている。

牧草の再生・管理の研究及び栄養価の検討も行なわれている。

4） Livestock Studies

アラブ諸国の乾燥地に適したヒツジ、ヤギ、ラクダの品種改良が行なわれている。

5） Agro-Climatic Studies

気象観測及びデータの農業的利用方法にもとづいて多様な降雨地域におけるローテーションの研究が行なわれている。

6） Statistics

アラブ諸国の農業統計を統一された方法によって調査し農業統計年報を編集している。その他、地域・国際協力部、総務部がある。

(3) **訪問時の印象**

勤務時間終了間際に到着したため、内部の見学はできなかったが、建物は大きく（後日、入手した資料によると農業関連の情報も豊富で）アラブ諸国の乾燥・半乾燥地域農業の研究にとっては重要な機関であると見受けられた。

3. パキスタン農業研究会議

Pakistan Agriculutural Research Council
(PARC)
L-13, Almarkaz, F-7, P. O. Box1013, Islamabad, Pakistan

Ministry of Food, Agriculture and Cooperatives の Agricultural Research Division に所属し、農業にかかわる研究・普及活動を総括する機関であり、プロジェクト研究、たとえば Barani[注] Agriculural Research and Development Project（BARD）などの設定や調整、国際研究協力等も担当している。設立は 1951 年である。

(1) **組　織**

図 11 に、国立の農業研究機関組織における PARC の位置づけを示す。傘下の 5 研究機関を統轄するが、必ずしも全ての国立研究機関を統轄するものではない。PARC の内部組織を図 12 に示す。又、パキスタンの農林水産部門全体にわたる研究及び教育機関の全体構成を図 13 に示す。

PARC の任務は、プロジェクト研究を含めた研究全般の企画・調整、研究成果の有効利用促進、研究体制の整備、技術者訓練の実施、情報の収集と提供、図書の維持と刊行等である。

(2) **活動の内容**

PARC は、CGIAR（国際農業研究協議グループ、Consulative Group of International Agricultural Resesrch）傘下の 13 機関のうち、CIMMYT、CIP、IBPGR、ICARDA、ICRISAT 等の諸機関と協力関係にあり、PARC の会長は CGIAR のアジア極東理事会理事、ICARDA の理事等をつとめている。

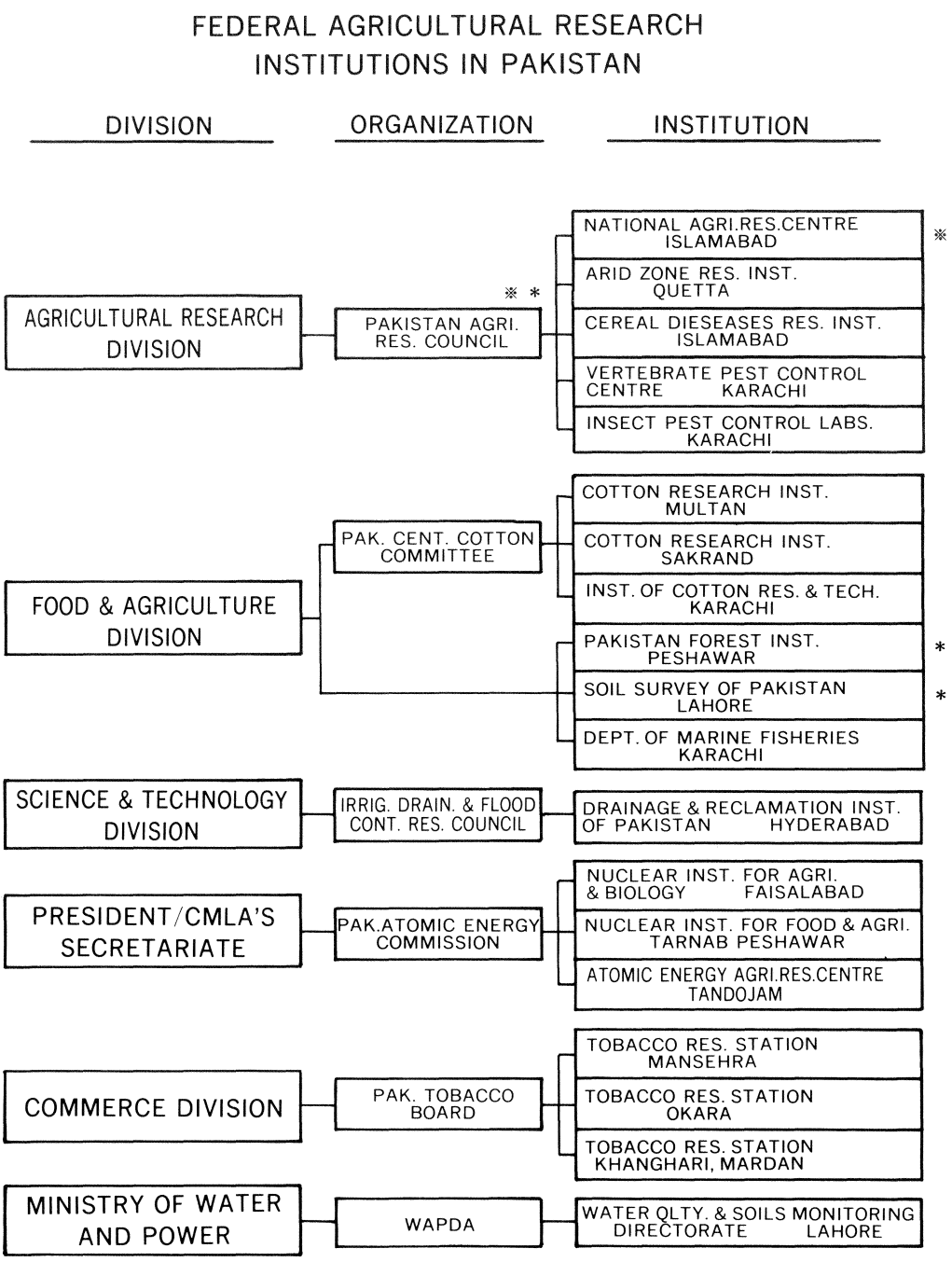
なお、PARC は次の 3 種の定期刊行物を発行している。

① Pakistan Journal of Agriculture（季刊）
② Progressive Farming（隔月）
③ PARC News（月刊）

(3) **訪問時の印象**

PARC の関係者、PARC 傘下の国立研究機関及び研究プロジェクト〔Barani　Agricultural

注）天水依存を意味する現地語



※：1984年11月　岩田，笹野，長野間訪問
＊：1979年３月　石井，井上訪問

図11　農業研究機関組織図

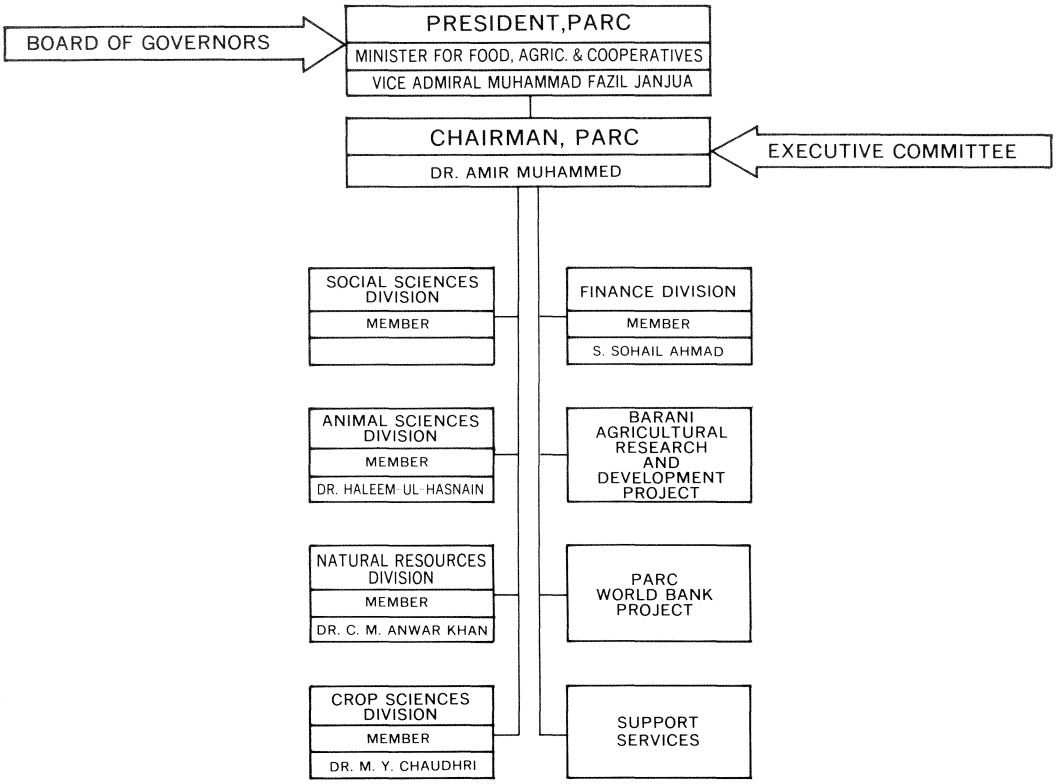


図12　PARC の組織図

Research and Development Project（BARD）のカナダ人研究者チームを含む〕の関係者約20名に、在パキスタン日本大使館金蔵一等書記官も交えて、幅広い意見交換を行う機会に恵まれた。

席上、パキスタン農業研究の現状や当面する問題点について説明があったが、現在の研究の重点は天水依存農業地帯の農業生産性向上に置かれている。具体的にはファーミングシステムの改良とその普及、品種の改良とその普及、農業機械化の促進等に重点がおかれており、中でも1982～88年の予定で実施中の Barani Agricultural Research and Devolepment Project（BARD）は重要なプロジェクト研究である。

一方、パキスタンが現実に当面しているもう一つの課題は、かんがいに伴う塩類集積問題への対処である。パキスタンの穀倉地帯は、パンジャブ州及びシンド州にまたがるインダス川流域の灌漑農業地帯であるが、この地帯では年間約4～5万 ha が塩類集積のため荒廃地化しつつある。1964年アメリカからの調査団（通称 Revelle Mission）の勧告を受けて開始された大型ポンプを用いた地下水汲み上げを主軸とするプロジェクト（通称 SCARP）等による対策が講じられて来たが、荒廃地化はなお進みつつある。塩類集積対策のひとつである高耐塩性品種の開発は ICARDA 等の国際機関とも協力して進められているが、その他の手段としての石膏の施用による土壌改良、上記の地下水汲み上げ等の工学的手段による改良については、重点的な研究は実施されていない

AGRICULTURAL RESEARCH AND EDUCATION ESTABLISHMENTS IN PAKISTAN

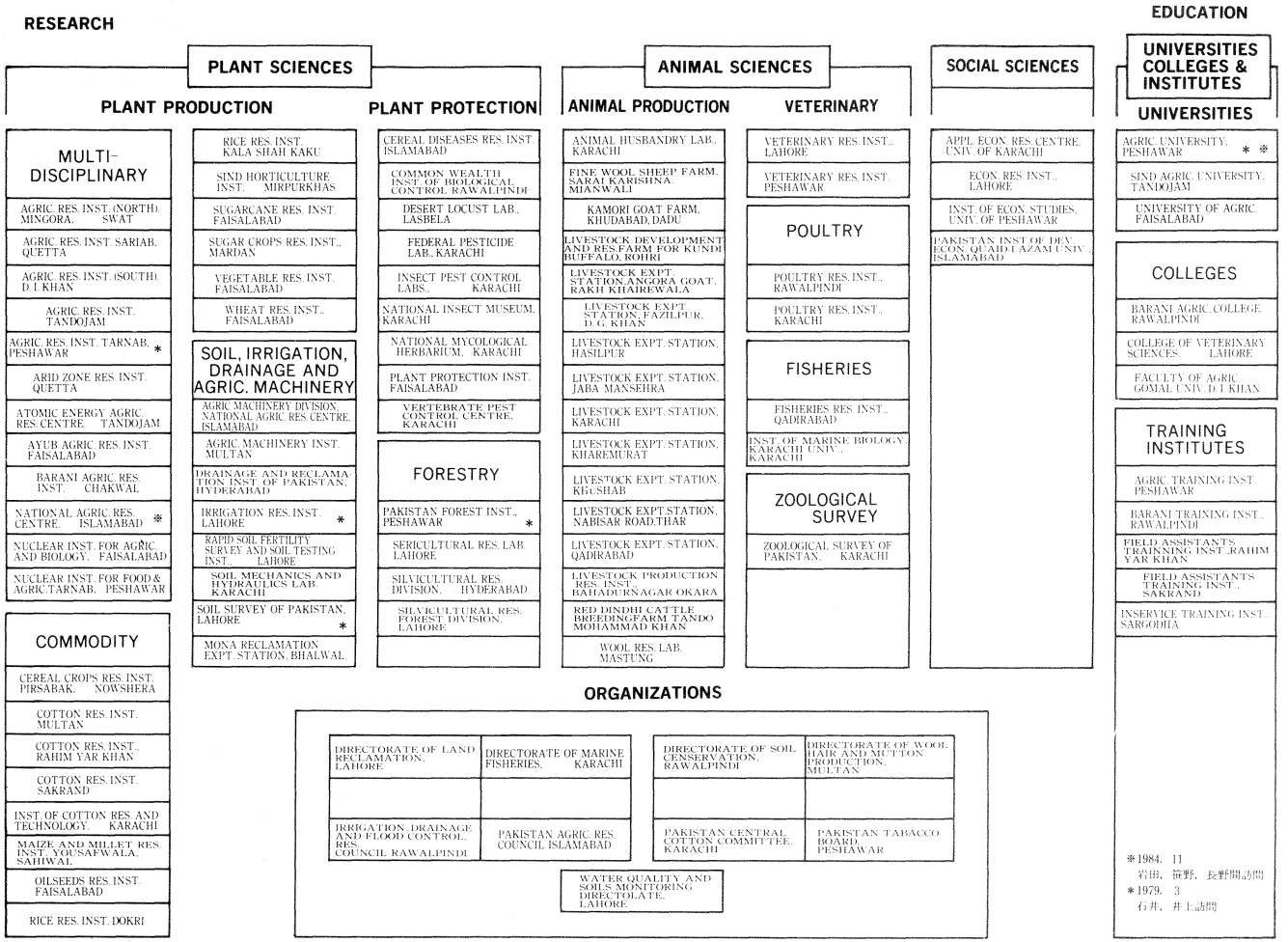


図13　研究機関組織

との印象を受けた。

なお、在パキスタン日本大使館の金蔵一等書記官は、これらの諸問題解決に向けての日本・パキスタン共同研究への取組み開始を強く要望していることを付記しておく。

4. 国立農業研究センター（パキスタン、イスラマバード）

National Agricultural Research Center
(NARC)
Post Office N. I. H., Islamabad, Pakistan
33°55′N, 73°05′E, 年降水量 960 mm

(1) 組　織

NARC は、パキスタンの多様な農業問題を効率的に解決するため、パキスタン－アメリカ農業研究レビューチームの勧告に基づいて、1975 年イスラマバードの南東 6 km の郊外に、565 ha の敷地を持って設立された。

NARC は、パキスタンの中央農業研究所としての活動の他、遺伝資源センターとしての機能や、州レベルの農業技術指導及び研究員のトレーニング、情報サービスの役割などを持っている。

NARC の研究組織を図 14 に示す。

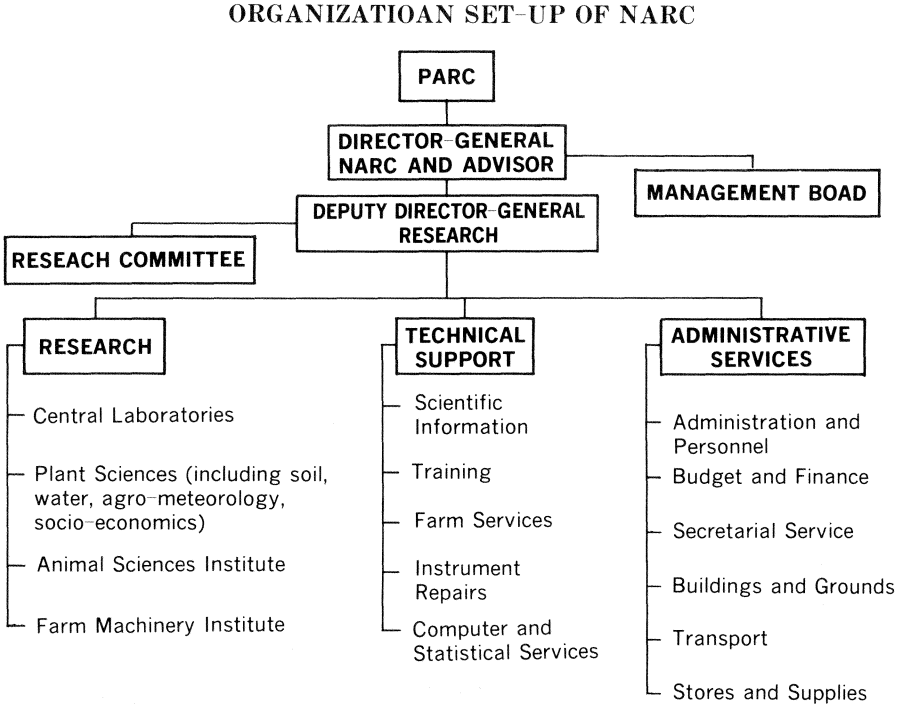


図14　NARC 組織図

(2) 研究活動

NARCの研究部門は、土壌、水利、気象、社会経済を含むPlant Sciences, Animal Sciences, Farm Machineryの3つのInstituteから構成されている。

1) Plant Sciencesでは、コムギ、オオムギ、ライコムギ、イネ、メイズ、ソルガム、ミレット、サトウキビ、ビート、油料作物、マメ類（チックピー、レンティル、マングビーン、ヒヨコマメ、カウピー）、野菜、バレイショ、飼料作物など多岐にわたる作物の育種、栽培法の試験・研究がおこなわれている。

麦類の試験では病害抵抗性、耐乾燥性の品種の育成、天水農業地域での生産技術の開発が中心に行なわれている。毎年7,000－12,000系統が供試されており、CIMMYT, ICARDA, FAOとの共同研究も行なわれている。

育種、栽培：

稲では、多収・早熟性品種の育成が進められている。また、Zn欠乏に強い系統も育成されている。

マメ類では、天水条件、灌漑条件にそれぞれ適した栽培技術の開発が行われている。また、間作、混作などの多様な栽培方法も検討されている。

森林と牧草地の研究では、乾燥・半乾燥地に適した品種の選択・利用法が検討されている。

遺伝資源の収集・保存も積極的に行なわれており、現在、主要作物について9,000点が保存されている。

組織培養の技術の利用も行なわれている。

害虫防除他：

害虫発生生態の調査、耐虫性品種の評価、薬剤の検討、線虫の防除法の開発のほか、蜜蜂の改良、養蜂技術の改良が行なわれている。

土壌管理：

天水農業における水分保全技術、種々の肥料の効果とその残効、微量要素の試験が行なわれている。

水分保全技術では、耕深・マルチについて試験し、深耕の効果は小さいが、マルチは有効であることを認めている。

アルカリ土壌の改良で石こうと塩酸の施用を比較し、塩酸が有効であることを明らかにしている。節水灌漑法としてトリクル・スプリンクラーの研究も行なわれている。

2) Animal Sciencesでは、ニワトリの品種改良、家畜栄養、疾病予防などを行なっている。

3) Farm Machineryでは、農業機械の開発（スレッシャ、ハーベスタなど）、及び輸入機械の適応性の試験を行なっている。

4) NARCは天水農業開発を重点課題として、特に天水農業研究開発プロジェクトを設けて間作、二毛作などによる作付け強度の向上や、水利施設の開発・利用、農業機械の開発などを部門を越えた組織で行なっている。

(3) 訪問時の印象

1980年に建築された新しい研究所で、建物は近代的で美しい。アミノ酸分析計や螢光X線分析装置などの新しい機器を備えているが、ガラス器具などの日用品が不足がちのようで、全体としては完備されているとはいえない。

5. ペシャワール農科大学

Peshawar Agricultural University
Peshawar, N. W. F. P., Pakistan
34°01′N, 71°35′E, 海抜 359 m、年降水量 331 mm

ペシャワール農科大学では農学科及び土壌科学科を訪問し、関係職員からパキスタン農業の現状及び大学の研究活動などについて説明を受け、実験室を見学した。

Peshawar 地方は年2回の雨季（1−4月と7−8月）があり、この期間には月間30 mm以上の降水がある。夏はソルガム、メイズ、サトウキビ、ヒマワリなど、冬はムギ類が主要作物である。土壌は土性がシルト質埴壌土、pHが8.5でアルカリ性である。この地方は耕地の約40%が天水農業で、そのうち10%が補助的な灌漑を行なっている。灌漑農業地域では塩類の集積が起っており、例えばPeshawarの北東50 kmのMardan地方は盆地状の地形であるため地下水位が1.5−2 mまで上昇し、土壌の塩類化が深刻な問題となっている。

(1) 研究活動

研究活動は、活発とは見受けられず、実験施設は貧弱である。

土壌科学部

① N、P、堆肥の小麦、稲、メイズに対する施用効果試験、特にPについて多くの試験が行なわれている。

② 微量要素（Cu、Fe、Znなど）の施用効果試験が盛んに行なわれている。

③ 塩性土壌の調査、地下水の水質調査、石膏による改良試験、塩水灌漑試験も行なわれている。

農学科

① コムギ、ソルガム、メイズ、ヒマワリ、サトウキビ、サフラワー、タバコ、マメ類などの施肥及び栽培管理試験が行なわれている。

② 除草剤と機械による雑草防除が比較研究されている。

③ 中央アジアの植物分布調査が行なわれている。

(2) 訪問時の印象

地下水位の上昇による土壌の塩類化に対処するため、微量要素に関する研究が盛んで、真新しい原子吸光光度計が装備されていた。しかし、標準溶液作成などに必要なガラス計量器具は不備のようであった。

6. インド農業研究会議（インド、ニューデリー）

Indian Council of Agricultural Research
(ICAR)
Krishi Bhavan, New Delhi-110001, India

Ministry of Agriculture の Department of Agricultural Research and Education に所属し、傘下には Indian Agricultural Research Institute（IARI）をはじめとする 38 国立研究機関がある。このうちの 3 機関を今回訪問した訳であるが、それ以外にも Central Soil Salinity Research Institute（CSSRI. Karnal 市）、Central Institute of Agricultural Engineering（CIAE, Bhopal 市）など今回の調査の目的に関係深い研究機関がいくつかある。今後機会があれば交流を深めておくことが望ましい。

(1) 組　織

表 1 に上記の国立研究機関の一覧表を示す。

(2) 活動の内容

ICAR は、上記の諸機関による研究・教育・普及等の諸活動を統括する機関であり、プロジェクト研究の設定や調整、国際研究協力等も担当している。

(3) 訪問時の印象

今回の訪問では、Deputy Director General の Dr. N. S. Bandhawa と Secretary の Mr. P. N. Rau を表敬訪問して全般的な意見交換を行なった。

インドは、総人口 7 億の大国であり長年の懸案であった食糧自給も近年になって達成され、多数の農業研究機関と研究者を擁し、原子力発電所や人工衛星などの先端技術も有する国である。このため、日本との研究協力についても、特に先端技術にかかわる協力を希望する傾向が強い。しかし、農業の実際面では、塩類集積による作付け不能地の激増など、深刻な問題を抱えていることも見逃せない。

なお、日本との農業部門の技術協力について P. N. Rau 事務局長は、1983 年にインド側が、提案した「インドの農業開発戦略と農業開発における日印協力の可能性について」に対する日本側の具体的な解答をまだ受け取っていない点をあげて、今後の検討を要望していたことを参考までに報告しておく。

表1　インドICAR傘下の国立研究所

（和名は仮訳）

1．農業一般

Indian Agricultural Research Institute
インド農業技術研究所
New Delhi 110012

Central Rice Research Institute
中央稲研究所
Cuttack 753006

Indian Institute of Horticultural Research
インド園芸研究所
255 Hessaraghatta Lake Post Bangalore 560089

Central Tuber Crops Research Institute
中央根菜研究所
Sreekariyam Trivandrum 695017

Central Potato Research Institute
中央馬鈴薯研究所
Simla 171001

National Research Centre for Groundnut
国立落花生研究センター
Maharshi Dayanand Farm Gujarat Agricultural University Campus Junagadh 362002

Central Arid Zone Research Institute
乾燥地中央研究所
Jodhpur 342001

Central Institute of Agricultural Engineering
農業土木中央研究所
Shri Guru Tegh Bahadur Complex Additional 'A' Block, New Market T.T. Nagar Bhopal 462003

Indian Agricultural Statistics Research Institute
インド農業統計研究所
Library Avenue New Delhi 110012

National Bureau of Plant Genetic Resources
国立植物遺伝資源局
F.C.I. Building, C.T.O. Complex, Pusa New Delhi 110012

National Academy for Agricultural Research Management
国立農業研究管理アカデミー
Rajendranagar Hyderabad 500030

Central Soil and Water Conservation Research and Training Institute
中央土壌・水保全研究・訓練所
218 Kaulagarh Road Dehra Dun 248195

Central Soil Salinity Research Institute
中央土壌塩類研究所
Karnal 132001

National Bureau of Soil Survey and Land Use Planning
国立土壌調査・土地利用計画局
Seminary Hills Nagpur 440006

Advance Centre for Research on Black Cotton Soils of Karnataka
カルナタカ黒色土壌研究センター
University of Agricultural Sciences, College of Agriculture Dharwad 580005

Central Agricultural Research Institute Andaman and Nicobar Group of Islands
アンダマン・ニコバル諸島中央農業研究所
Port Blair 744101

ICAR Research Complex for North Eastern Hills Region
ICAR北西山岳地域研究機構
Cedar Lodge, Jawai Road Shillong 793003

2．特用作物

Central Plantation Crops Research Institute
プランテーション作物中央研究所
Post Kudlu Cannanore District Kasaragod 670124

Cotton Technological Resarch Laboratory
綿加工技術研究所
Adenwala Road Matunga Bombay 400019

Central Institute for Cotton Research
中央棉研究所
95 Pushpa Kunj, Canal Road New Ramdaspeth
Nagpur 440010

Jute Technological Research Laboratories
ジュート加工技術研究所
12 Regent Park Calcutta 700040

Jute Agricultural Research Institute
ジュート農業研究所
24-Parganas Barrackpore 743101

Indian Institute of Sugarcane Research
インド甘蔗研究所
P.O. Dilkusha Lucknow 226002

Sugarcane Breeding Institute
甘蔗育種研究所
Lawley Road Coimbatore 641007

Central Tobacco Research Instiute
中央タバコ研究所
Rajahmundry 533104

Indian Lac Research Institute
インドラック研究所
P.O. Namkum Ranchi 834010

Directorate of Oilseeds Research
油料種子研究理事会
D Block, College of Agriculture Rajendranagar
Hyderabad 500030

3. 草地・畜産

National Dairy Research Institute
国立酪農研究所
Karnal 132001

Indian Grassland and Fodder Research Institute
インド草地・飼料作物研究所
Gwalior Jhansi Road Jhansi 234001

Indian Veterinary Research Institute
インド獣医学研究所
Izatnagar 243122

Central Goat Research Institute
中央山羊研究所
Makhdoom P.O. Farah Mathura 281122

Central Sheep and Wool Research Institute
中央羊・羊毛研究所
P.O. Avikanagar Via-Jaipur 304501

Central Avian Research Institute
中央鳥類研究所
Izatnagar 243122

4. 水　産

Central Institute of Fisheries Technology
中央漁業技術研究所
P.O. Matsyapuri Cochin 682029

Central Inland Fisheries Research Institute
内水面漁業中央研究所
24-Parganas Barrackpore 743101

Central Marine Fisheries Research Institute
海洋漁業中央研究所
Post Box No.1912 Cochin 682018

Central Institute of Fisheries Education
漁業教育中央研究所
Post Box No.7392 Kakori Camp, Jai Prakash
Road Bombay 400061

7. インド農業研究所（インド、ニューデリー）

Indian Agricultural Research Institute
(IARI)
New Delhi 110012, India
28°35′N, 77°12′E, 標高 216 m、年降水量 714 mm

ICAR 傘下の 38 の国立研究機関の内最も大きくかつ総合的な研究所である。1905 年に Bihar 州 Pusa に創設され、1936 年に現在の位置に移転した。敷地の総面積約 500 ha、試験　場約 300 ha、職員数約 1500 名である。このほかにインド全域に 14 の地域試験場を持っている。

(1) 組　織

図 15 に研究部構成を示す。5 つの School の下に 17 の Division があり、この外に学際的研究のための Laboratory や Center 等が設けられている。

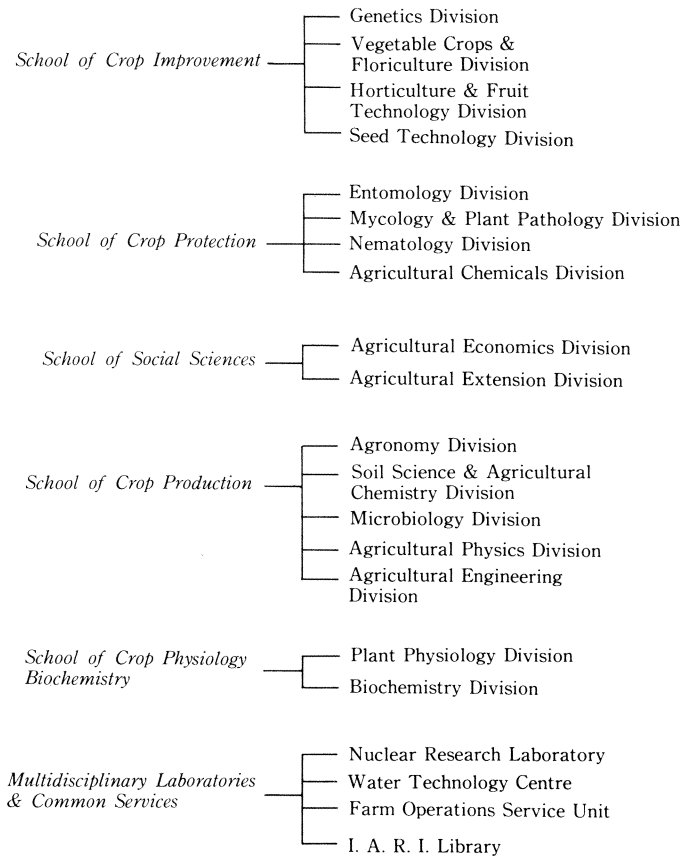


図15　IARI の研究部構成

(2) 研究活動

IARIの研究活動は、他の目的別の専門研究所の活動が応用的実用的であるのに比べると、より基礎研究的かつ学際的であるといえる。図15にあげた各研究部における経常的研究の外、所内に20の課題別総合研究グループ（コムギ、オオムギ、メイズなど作目別の11グループ、窒素固定、灌漑用水利用と管理など課題別の9グループ）が組織されて活動している。又IARIはこれ以外に全インドにわたるProject研究（たとえばメイズ、コムギ、土壌物理、病虫害など）の管理運営も担当している。

図15の各研究部の活動内容の概要を以下に示す。

1) Crop Improvement

Genetics Divisionでは、穀類〔コムギ、オオムギ、メイズ、ヒエ(bajra)、イネ〕、マメ類（ベンガルグラム、キマメ、マングビーン、ブラックグラム)、油料作物、ワタ、飼料作物、根菜類等の品種改良に取組んでおり、多くの新品種を発表している。

（Vegetable Crops & Floriculture, Horiticulture & Fruit Technology, Seed Technologyの3 Divisionについては資料の頁欠落のため省略）

2) Crop Protection

Entomology Divisionでは、主要害虫の分類法・防除方法・生理・生態・病理・微生物学、養蜂技術などを研究している。

Mycology & Plant Pathology Divisionでは、カビ、バクテリア、ウイルス等の主要病原微生物の収集・保存、例えば穀類（コムギ、オオムギ、イネ)、ミレット、メイズ、マメ類〔グラム、ピー、ヒヨコマメ(arhar)〕、油料種子（ヒマワリ、落花生)、野菜（トマト、マメ類)、果樹（マンゴー）の病原カビ類、ワタ・イネ・野菜の病原細菌、オクラ・トマト・ナス(brinjal)、豆類、ヒエ(bajra）の病原マイコプラズマ、コムギの赤サビ病・ベト病の流行、bajraの麦角病・黒穂病、種子の病理、マシュルーム栽培、植物ウイルスの血清学、などの研究に取り組んでいる。

Nematology Divisionでは、農業経済上重要な有害線虫の分類、コムギ・オオムギ・メイズ・ミレット・野菜類・マメ類・油料作物の線虫の研究と防除方法、栽培方法や施肥法と線虫との関係、線虫の生理、線虫に寄生する生物、線虫捕食生物、有害昆虫への寄生線虫等についての研究に取り組んでいる。

Agricultural Chemicals Divisionでは、現地産の原料（松根油など）を用いた殺虫剤の開発、殺虫剤の安全性の検討、農産物の化学的性質の分析等に取組んでいる。

3) Social Sciences

Agricultural Economics Divisionでは、農業生物学的研究データの分析法、改良された農業技術を農家に移転する際の農業経済上の諸問題とこれに関連する農業信用・市場・価格政策のあり方等について研究している。

Agricultural Extention Divisionでは、農業技術普及のための教育・訓練方法の確立、農業通信のメディアと通信方法の確立、普及活動における社会学的・心理学的諸問題の解明などに取組

んでいる。

4) Crop Protection

Agronomy Division では、灌漑及び無灌漑条件下での作付体系、特にコムギ・直播イネ・野菜における灌漑管理法、主要作目における土壌肥沃度及び施肥管理法・雑草管理法などについて研究している。

Soil Science and Agricultural Chemistry Division では、灌漑及び無灌漑条件下での作付体系に対応した土壌構造の構築と維持方法の検討、灌漑条件下での土壌温度・湿度に重点をおいた土壌研究、連作条件下の土壌肥沃度とその維持方法及び施肥の経済性の検討、特に野菜における作物生産と土壌微量要素の関係の検討、現地生産物を利用した燐酸・カリ肥料の開発、農業廃棄物及び工業廃棄物の有効利用法の検討、問題土壌の化学性と肥沃度の検討などに取り組んでいる。

Microbiology Division では、根粒菌接種によるマメ類〔グラム、レンティル、ピー、ダイズ、エジプシャンクローバ(berseem)〕の増収技術、有用根粒菌種の血清学的検定技術、藻類の利用によるイネの増収技術、イネ・ワタ・メイズに対する空中窒素固定菌接種技術、セルロース・リグニン分解微生物と燐鉱石の微生物による有効利用を活用した有機肥料調製法などについて研究している。

Agricultural Physics Division では、作物生産と保護にかかわる気候学、作物生産にかかわる土壌団粒化と土壌構造、作物の生育と収量にかかわる土壌と植物体の物理的環境の定量化などの研究に取組んでいる。

Agricultural Engineering Division では、畜力農器具の改善、小・中農のための動力農器具の改善、牛糞ガス利用プラントの改善、農業における太陽熱有効利用方法、貯蔵に重点をおいたポストハーベスト技術の改善、農家住宅の改善などに取組んでいる。

5) Crop Physiology

Plant physiology Division では、コムギ・亜麻仁・メイズ・オオムギの感光性・感温性との関係における作物再生産の生理、ワタ・穀類・豆類についての作物生産の生理、作物生育の化学的調節法、作物におけるミネラル栄養、環境生理学、作物における窒素及び燐代謝などについて研究している。

Biochemistry Division では、特に穀類・メイズ・ミレット・マメ類・油料作物についての栄養価と作物生産、病虫害耐性の生化学的根拠、作物の肥料反応の生化学的根拠、農業廃棄物利用のための発酵技術などについて研究している。

6) Multidiciplinary Laboratories and Centers

Nuclear Research Laboratory では、高収量・高耐病性品種〔ヒエ(bajra)、オオムギ、ワタ〕の突然変異育種、高含油ナタネ品種の選抜における非破壊型含油率検定法、放射性追跡子による土壌微量要素欠乏検出法、植物栄養吸収における品種間差の検討のための追跡子法、地下水水理解明のための放射性物質利用方法などについて研究している。

Water Technology Center では、簡易な灌漑施設の開発、地下水資源探査、高塩類濃度の水の

灌漑利用法の開発、水稲における効率的水管理法の開発などに取組んでいる。

(3) 訪問時の印象

11月27日に訪問した際には、各研究部の主要研究施設、試験圃場に案内された。非常に広大かつ総合的な研究所であるため浅く広い案内になったが、この内先述のWater Technology Centerについては詳しい説明と研究資料の提供を受けることができた。このセンターの研究活動は、Irrigation Engineering, Drainage Engineering, Surface Water & Ground Water Hydrology and Irrigation Wells, Soil-Plant-Atomospheric Relationshipsなどの8つの研究プログラムに分けて実施されており、各研究者が集まってプロジェクトリーダーの下で研究をすすめている。そして、研究成果は、このセンター独自の普及活動によって速やかに農家に伝えられる仕組みになっている。

また、例えば人力、太陽エネルギー、水力、風力、牛糞メタンガスなどを有効利用した揚水ポンプの開発など、インドの現実を踏まえた低コスト、省エネルギー技術開発に努力している点は、インドの他の研究機関と共通する特色であり、印象的であった。

8. 土壌・水保全研究・訓練所（インド、デラドーン）

Central Soil and Water Conservation Research & Training Institute
(CSWCRTI)
218-Kaulagarh Road, Dehra Dun-248195, U. P. India
30°N, 78°E, 年降水量1705 mm

ICRA傘下の38の国立研究機関の一つで、今回の調査ではパンジャブ州への立ち入りを中止したため、代わりに訪問することになった機関である。この研究所はウタルプラデシュ州の北部のヒマラヤ山麓にある地方都市デラドーンに本部を置いている。デラドーンにはIndian Petroleum Research InstituteやForest Research Institute and Collegesなど10数機関が集められ、小型の研究学園都市の観を呈している。

インドでは、328万km²の国土の内175万km²がなんらかの土壌侵食を受けており、このうち80万km²が農地、13万km²が放牧地である。この研究所は、これらの土壌侵食への対処と水資源の保全のために設立されたもので、創立は1954年である。

(1) 組　織

Dehra-Dunにある本部とChandigarh及びOotacamundの試験場が北西ヒマラヤの丘陵地帯を、Agra, Kota, 及びVasadの試験場が渓谷地帯を、Bellaryの試験場が黒色土壌（半乾燥）地帯を担当し、研修及び普及も重要な役割となっている。

研究組織は、① Land & Water ② Watershed Hydrology & Engineering ③ Plant Science ④ Extension & Training ⑤ Economic and Project Planningの各部に分かれており、上記の各試験場が試験　場や降雨流出試験地を設けて研究をしている。

(2) 研究活動

各試験場の部門別の研究テーマは以下のとおりである[注)]。

1) 山地（Dehra Dun 本部、Chandigarh 試験場及び Ootacamund 試験場）

① 流域水文及び流域工学

降雨と流出の相互関係、流出土砂及び流出水の制御技術、流出水を利用した栽培技術、侵食防止のための構造物、同上の施工技術

② 浸食防止用植生

浸食防止用植生の評価と同定、浸食防止における森林の効果

③ 土地及び水

土地の利用と管理、浸食危険度の判定、土地生産性分級、天水依存地域における生産向上技術

④ 農業経済

2) 峡谷地域（Agra 試験場、Kota 試験場、Wasad 試験場）

① 流域水文及び流域工学

降雨と流出の相互関係、流出土砂及び流出水の制御技術

② 浸食防止用植生

浸食防止用植生の評価と同定

③ 土地及び水

土地の利用と管理、天水依存地域における生産向上技術

3) 黒土（半乾燥）地域、(Bellary 試験場）

① 流域水文及び流域工学

流出土砂及び流出水の制御技術

② 浸食防止用植生

浸食防止用植生の評価と同定

③ 土地及び水

天水依存又は補助灌漑地域における生産向上技術

なお、この研究・訓練所は研究のみではなく研修も重要な任務としており、1983 年度には 1258 名の農民を対象とする研修を実施する外、州政府の officer やその assistant を対象とする州政府主催の土壌及び水保全技術研修にも協力している。

出版物については、Annual Report と Research Highlight が毎年刊行される。また、各研究者が学会誌等に発表した Research Paper, Technical Paper, Symposia Paper, Special Lecture、単行本等のリストは各年の Annual Report に収録されている。

(3) 訪問時の印象

デラドーンの本部では各分野の研究者と意見交換を行なった他、試験圃場、流出試験地及び渓

注） 1983 年度 Annual Report より抜粋.

流砂防の実験地を視察した。

研究の重点は、天水依存農業における生産向上と農地保全に置かれているが、一部には雨季の雨を小規模な貯水池に導いて補助的な灌漑に使用する、所謂 Water Harvesting の試験圃場が見受けられた。これは、アスファルト舗装された Farm Pond のような比較的大規模なものから、一本一本の果樹のための極く小規模なものまで各種あり、乏しい降雨を最大限に利用し、本格的な灌漑施設ほどの費用をかけることなく水不足を緩和しようという基本的戦略に基づいている。このような、天水依存農業の生産性向上のための各種の非常に実践的な技術を開発し、また、そのような農業に適した品種の改良に努めて、研究の成果は研修や普及活動により速やかに農家に伝えて行こうというのが研究所の基本姿勢である。先端的、かつ高度な研究とは言い難いが、農家の技術水準が低い実情を考えると、この基本姿勢は納得できる。

試験　場では、上記のような研究の他に、窒素固定と土地保全のための樹木の品種改良や栽培技術の研究、流出試験地における水文流出観測と解析などの各種研究活動が進められていた。また、山間の鉱石採掘跡の荒廃地では、できるだけ費用をかけないで徐々に集水域の安定化をはかる小規模な試験を視察した。

9. 中央土壌塩類研究所（インド、カルナール）

Central Soil Salinity Research Institute
(CSSRI)
Karnal-132001, Haryana, India

同地方は年平均降水量 755 mm、年間の計器蒸発量 1461 mm の半乾燥地域で 1 月から 3 月までは寡雨期で作物栽培には灌漑を必要とする。

(1) 組　織

中央土壌塩類研究所は、国内に広がっている塩類土壌についての主研究機関として、ICAR の研究機関の一つとして 1969 年に設立された。

研究部は専門分野別に 5 部に分かれているが、重要な学際的問題については関係分野の共同によるプロジェクト研究が実施されている。

1)　研究部組織

①　Soils and Agronomy
②　Genetics and Plant Physiology
③　Engineering
④　Agricultural Economics
⑤　Agricultural Extention

2)　研究プロジェクト組織

①　全インド研究プロジェクト

水管理と土壌塩類化及び農業における塩水灌漑について、全国規模の共同研究が行なわれている。

② 実証研究プロジェクト

ハリヤナ州カルナールの数か村の農家圃場におけるアルカリ土壌改良技術の適応性のテストと展示を目的としたアルカリ土壌の矯正・モデル試験を行なっている。

(2) 研究活動

1) 研究所の活動対象

① 国内各地の塩類土壌の特性・生成・分類の情報の収集

② 灌漑農業における、塩類・水の動態の研究、水理探査の指導、土壌中の塩類・水のバランスを調整するための地表・地下排水の適切な規準作成

③ 表層・下層の水質を左右する要因と水質悪化のチェック方法の検討、多様な水質の水の農業利用方法の開発

④ 作物の耐塩性の生理学的メカニズムの研究と耐塩性品種の育成

⑤ 塩類化耕地の利用及び修復技術の開発

⑥ 塩類化に関連する分野のトレーニングと教育

⑦ 農業大学および他の公的機関との研究・普及における協力

2) 場内の主要研究活動

① SOILS AND AGRONOMY

塩類土壌の分布図の作成、塩類土壌の分類が行なわれている。塩類土壌中の塩類・水の移動の解析、塩水灌漑の効果の研究が行なわれている。

塩類土壌における施肥効果ではN、Pが、微量要素では亜鉛が検討されている。対象作物は、イネ・オオムギ・コムギ・油料作物、飼料作物である。

塩類土壌の修復対策としては、石膏が試験されている。

② ENGINEERING

灌漑方法の研究、塩類土壌のための地下排水および溶脱の必要性の研究、塩類土壌の修復方法の研究。

③ GENETICS AND PLANT PHYSIOLOGY

耐塩性作物の育成・評価を次の作物について行なっている。イネ・オオムギ・コムギ・サトウキビ・パールミレット・油料作物。

また、ストレス環境下の植物の適応性の細胞的研究、作物の耐塩性の生理学的基礎研究を行なっている。

④ 水管理プロジェクト

多様な土壌水分条件および肥沃条件における灌漑の効果が検討されている。

(3) 訪問時の印象

デラドーンからニューデリーへの帰途、同研究所があることを知り、予定を変更して訪問する

ことにした。当日は日曜日であった上、突然の訪問であったため、職員から説明を受けることはできなかったが、試験圃場の一部を視察した。同研究所の建物は4階建のビルで、よく整備されているように見受けられた。

圃場は比較的よく管理されており、一部は灌漑を行なうため、日本の苗代のように畦はんのある小区画に区分され、塩類土壌の矯正（石膏施用）、塩類土壌における微量要素の効果、窒素の効果、灌漑の効果、作物の耐塩性、自然植生の塩等による遷移などの試験が行なわれていた。

10. 乾燥地中央研究所（インド、ジョドプール）

Central Arid Zone Research Institute
(CAZRI)
Jodhpur-342003, India
26°N, 73°E, 降水量 328 mm

(1) 組　織

インドにおける乾燥地研究の全体をカバーする機関として1959年にタール砂漠の外縁部のジョドプールに設立された。前身は、1952年設立の砂漠緑化研究センターである。CAZRIは8研究部と3箇所の試験圃場、12の草地管理・土壌保全センターから構成されている。

本所の研究部

1) Basic Resouces Studies
2) Plant Studies
3) Animal Studies
4) Wind Power and Solar Energy Utilisation Studies
5) Soil-Water-Plant Relationship Studies
6) Economics and Sociology
7) Extension and Training
8) Agricultural Economics

また、次の6つの全国的な研究プロジェクトの責任機関としての役割も持っている。

①乾燥地農業、②ミレット品種改良、③水管理・塩類化、④げっ歯類コントロール、⑤太陽エネルギー、⑥ドリップ・スプリンクラー灌漑と乾燥耕地管理。

職員は770人で、うち研究員は131人である。

(2) 研究活動

CAZRIでは、乾燥・半乾燥地の耕地・土壌・水・植生の資源保全と利用を図るため、①雨水及び地下水の流去・再貯留・より深層への浸透の実態把握と、主要な植物について土壌－植物－大気間の水移動に伴うエネルギーバランスの解明、②地域の気象及び景域の動態、人・動物の活動が乾燥地の生態に及ぼす影響の把握、③自然植生の適切な保全・利用、④資源と林・牧・耕地の

適性配置と利用方法などを主要な研究目標としている。

各部の主な研究は次のようである。

1) 資源研究部

気象・土壌・水などの資源について、生産制限要因の解明とポテンシャルの評価、資源の適切な利用とその指導、砂漠化の監視調査。

2) 植物研究部

植生の保全回復、作物の改良・管理。

3) 家畜部

砂漠の羊・やぎの生理・栄養、野生動物の生態調査。

4) 風力・太陽エネルギー利用部

風力・太陽エネルギー利用装置の開発・テスト、太陽エネルギー利用による蒸留水製造器・農産物の乾燥器・温水器の開発、砂丘での土壌水分の動態・風食の解明・防止。

5) 土壌－植物－水動態部

乾燥条件に適応する植物の生理・栄養、土壌侵食と作物生産、土壌肥沃度の維持・向上、土壌の物理的性質と水分特性、土壌微生物の生態、乾燥地での経済的な作物生産のための水の効率的利用、適正な施肥、雑草防除、作付体系。

6) 乾燥地の農業研究プロジェクト

適作物・品種の導入・育成、土壌改良、機械の改良、雨水の有効利用、水管理技術などについて各分野の専門家による共同研究。

(3) 訪問時の印象

印象の強かった研究として、多くの樹種から選ばれたイスラエル原産の *Acasia tortilis* による砂漠緑化がある。同樹種は灌水なしに苗木が活着し、数 m の大木となる。CAZRI 圃場では、20 m の巾の緑地帯を 40-50 m の間隔で設け、間に牧草を栽培する混木林を造成していた。同樹種の葉は山羊の飼料として利用できる上、木材は 10 年後には燃料となる。

また、タール砂漠を含む広大な地域について、地質的・水文的・土壌学的研究が行なわれ、水の動態を総合的に把握しようとする試みが展開されていること、近年タール砂漠が拡大している傾向は認められない事なども印象に残った説明であった。

11. ハリヤナ農科大学（インド、ヒッサール）

Haryana Agriculutral University

（HAU）

Hissar-125004, Haryana, India

29°N, 76°E, 標高 221 m、降水量 426 mm

ヒッサールは、夏作期間（Kharif）に 300 mm、冬作期間（Rabi）に 60 mm の降雨がある夏雨

乾燥地であるが、その年変動は大きく、過去62年間の降雨データによると、10年の内3年は400 mm以上、2年は200 mm以下である。一方、年間蒸発量は2500 mmで、冬作の半分が灌漑に依存している。

(1) 組　織

ハリヤナ農科大学は前身のパンジャブ大学から獣医・農学・基礎科学・畜産を引き継ぎ、デリーの西160 kmのヒッサール市に1970年に設立された。敷地は1300 ha、圃場面積は994 haのインド有数の農科大学である。

同大学の組織を図16に、地域研究所の配置を図17に示す。

(2) 研究活動

1) 作物育種研究室では、コムギ・オオムギ・ワタ・ヒヨコマメ・ダイズ・サトウキビ・イネ・油料作物・飼料作物の優良品種の育成に成果を上げているが、今後は耐塩性作物の導入・育種が重要課題となる。

例えば、コムギの品種ではWH 147が1974年に、WH 157が1977年に従来のKalyanに替わる品種として育成された。Kalyanの収量を100とすると、WH 147は133、WH 157は111である。さらに、穂が大きく耐暑性の品種の育種に力を注いでいる。

2) 土壌研究室では、ハリヤナ地方の主要土壌であるAridisols・Entisolsの特性について説明を受けた。両土壌の土性は、砂土から壌質砂土で、$CaCO_3$の固結層が70 cmの深さに存在し、この層の深さが有効土層の厚さを決めて、作物生産に影響する。pHは8.0−8.8、土壌の肥沃度は、N, Pについて低くKについては高い。Znが欠乏している土壌が多い。また、同土壌はクラスト

Organisational Set-up of the Haryana Agricultural University, Hissar

Chancellor

Vice-Chancellor

Registrar	Comptroller	Chief Engineer-cum-Estate Officer	Deans of Constituent Colleges	Dean Post-gmaduate Studies	Director of Research	Director of Extension Education	Director of Publi-cations	Director Project-cum-Plan Formula-tion	Director Soil & Water Manage-ment	Director Students Welfare	Libra-rian	Director of Farms
			Heads of Departments of Constituent Colleges			Assoc. Director (FAS) Assoc. Director (Trg.) Joint Director (FICS)						

College of Agriculture	College of Animal Sciences	College of Basic Sciences & Humanities	College of Home Science	College of Veterinary Sciences	College of Sports
1. Agricultural Economics	1. Animal Breeding	1. Botany	1. Child Development	1. Anatomy and Histology	Sports
2. Agricultural Business Management	2. Animal Nutrition	2. Chemistry and Bio-Chemistry	2. Clothing & Textiles	2. Bacteriology & Hygiene	
3. Agricultural Engineering	3. Animal Production Physiology	3. Genetics	3. Foods & Nutrition	3. Clinics	
4. Agronomy	4. Animal Products Technology	4. Languages & Culture	4. Home Science Extension Education (Section)	4. Gynaecology & Obstetrics	
5. Entomology	5. Livestock Production & Management	5. Mathematics & Soaoistics	5. Home Management	5. Medicine	
6. Extension Education		6. Microbiology		6. Parasitology	
7. Horticulture		7. Sociology		7. Pathology	
8. Nematology		8. Zoology		8. Physiology & Pharmacology	
9. Plant Breeding				9. Public Health & Epidemiology	
10. Plant Pathology				10. Surgery & Radiology	
11. Soils					
12. Vegetable Crops					

図16　ハリヤナ農科大学の組織

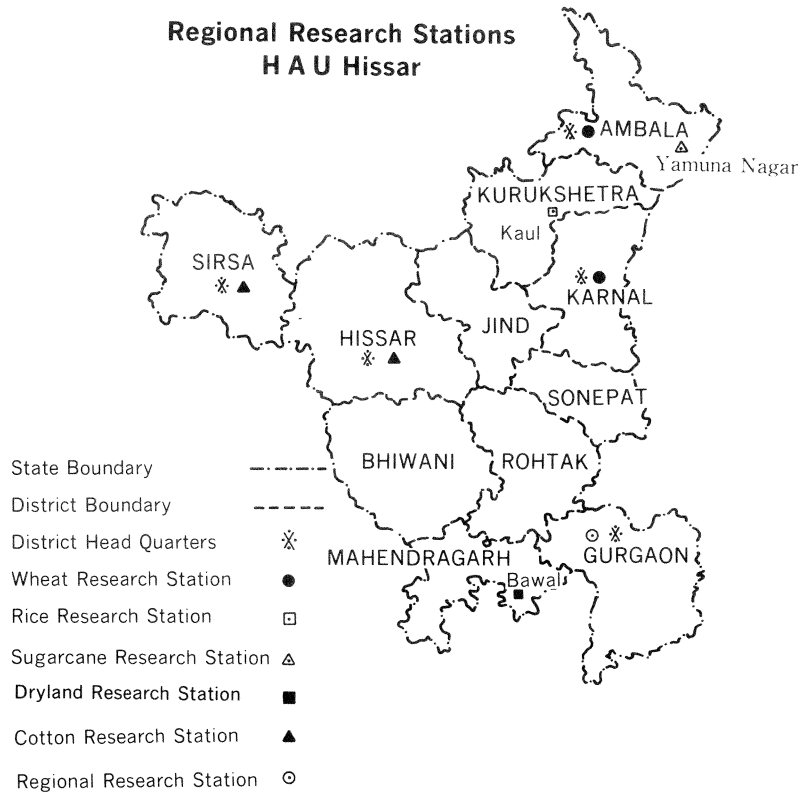


図17　ハリヤナ農科大学の地方研究ステーションの位置

を作り易い粒径分布であるため、小さな種子を播種した場合は、少降雨の後でも大きな問題となる。夏作期間の降雨後に、中耕してクラストを壊すと水の浸透が良くなり増収することが認められている。現在、土壌肥沃度については灌漑と施肥（特にP, K）、有機物施用とPの効果、微量要素、土壌の物理性と作物生育では土壌クラスト・根の伸長と深耕の問題、水分管理では塩水灌漑の方法と作物生育、土壌保全（風食）などの研究が実施されている。

3)　栽培研究室では、間作〔ヒエ(bajra) 内にリョクトウ(moog) を播種〕による作付け強度の向上、サトウキビの発芽率向上のための薬剤処理、播種適期の確定、雑草防徐、灌漑などの研究が行なわれている。

4)　農業工学研究室では、農業機械の試作、特に施肥播種機の試作と簡易なシーダの開発、地下水の水質及び地下水位の変動の研究、土壌中の水収支のモデル化による適切な水管理のためのシミュレーションが行なわれている。また、太陽エネルギー利用の加熱器を開発している。

5)　乾燥地農業プロジェクト

土壌の有効水分条件による冬作物の選択方法が検討され、150±25 mm ではtaramira crop（ナタネ類 Eruca sativa)、227±50 mm ではマスタード、227 mm 以上ではグラムの栽培が適してい

ることを明らかにしている。また、同プロジェクトでは、土壌クラストの生成を最小にする耕起方法が検討されている。

6) 土壌・水管理プロジェクト

灌漑時期と灌漑方法について検討し、スプリンクラーによると表面灌漑に比較して15%が節約されることを明らかにした。また、耕地の作付け計画を水の必要量から検討している。

(3) 訪問時の印象

大学の施設は整備されていたが、実験機器は旧式のものが多い。同大学で実施中の研究には現地調査の解析や土壌水分の有効利用を図る作溝法や播種農具の開発など農家レベルの現場に即した研究に主力が注がれているとの印象を受けた。

地下水位の上昇と塩類化と現状を視察するため、関係者の案内でヒッサール郊外の農家圃場を訪問した。ハリヤナ地方の灌漑面積は全耕地の51%であるが、そのうち10%の面積で地下水位の上昇が限界水位を越え、12%の面積で耕作が正常に行なえなくなっている。また、以前にはマメ類が栽培できた圃場でも、現在は耐塩性の強いコムギ・水稲しか栽培できなくなっているところも増えている。これは、灌漑に伴い地下水位が年々上昇し限界とされる2−2.5mを越えて毛管作用による塩分の表層集積が進むためである。この障害を軽減するためには、地下水位を下げることが不可欠であり、対策としては①溜池を作って過剰な雨水を集める、②灌漑を最小限に抑え、地下水位の上昇を防ぐ、③地下水を汲み上げて排水する、④汲み上げた地下水にキャナルの水を混合して、塩類濃度を下げて灌漑するなどが実施されているが、一度塩類化が起ったところを元に戻すのは極めて困難である。

ヒッサール地方の塩類化の進行は深刻である。塩類化は土壌の内部排水が悪い場合や、地下水位が高い場合に起る問題で、現象そのものについては古くから認識されていながら、灌漑による増収という当面の利に動かされて適切な対策を怠った結果である。大規模な排水路を造るというような抜本的対策を実施することは現状では困難であり、たとえ排水が行なわれてもその水を利用する下流域で同様な被害が発生する。当面は、今以上に現状を悪化させないような農家レベルでできる灌漑水の節水・溜池の造成・植林・耐塩性作物導入などによる被害軽減に務める必要があろう。

12. 国際半乾燥熱帯作物研究所（インド、ハイデラバード）

International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics
(ICRISAT)
ICRISAT Patancheru P. O., Andhra Pradesh 502324, India
17°27′N, 78°28′E, 標高545m、年降水量764mm

今回のハイデラバード訪問は2日間で、そのうち1日は近郊農家圃場の視察に当てたので、ICRISATの見学は僅か1日にすぎなかった。また、ICRISATについては、これまでわが国から

多数の研究者が長期あるいは短期で訪問し、英文資料はもとより和文による紹介や研究活動の報告が多数あるので、本報告ではその概略を記述するにとどめる。

ICRISATは、国際農業研究協議グループ（CGIAR）傘下の国際農業研究センターの1つとして、1972年にインド・ハイデラバードの西北25 kmのPatancheruに設立された。

ICRISATの研究目標は、2千万km²、50カ国にも及ぶ開発途上国において、半乾燥地帯の限られた農業資源を有効に利用して生産を上げる少資源型の小農的ファーミングシステムを開発することにある。このため、ICRISATでは半乾燥熱帯の重要な食用作物であるソルガム・パールミレット・ヒヨコマメ・キマメ・ラッカセイの5作物を対象に、品種及び栽培技術の改良を軸に圃場集水の有効利用による乾燥地農法（watershed-based dryland farming）、生物的N固定、簡便かつ安価な農機具の開発などの実用技術の研究に力を注いでいる。

研究は、上記の5作物の改良プログラムのほか、ファーミングシステム、農業経営の7つのプログラムについて推進されている。

国際研究協力も活発に行なわれており、特にアフリカにはニジェールに支所が設置されているほか、ブルキナファソ他数カ国に研究員が派遣されている。

日本との関係は、熊沢東大教授が理事として、武長孝氏（JICA派遣、農業機械）が長期在外研究員として活躍している。また、わが国は昭和59年度から5カ年にわたり、ICRISATと特別拠出金による特別共同研究プロジェクト「熱帯半乾燥地における土壌管理及びマメ類の栽培法の開発」を行ない、人的・資金的に同プロジェクトの推進に協力しており、有原丈二（熱帯農業研究センター、作物栽培）と阿江教治（中国農業試験場、土壌肥料）の両研究員が長期派遣職員として活躍している。

V. 所　感

1. 熱研センターにおける半乾燥・乾燥地農業研究の推進について

今回の調査から得られた情報に基づいて、今後熱研センターが推進する半乾燥・乾燥地農業研究の方向、協力研究機関及び協力方法について所感を述べる。

(1) 研究の方向

国際研究機関であるICARDA及びICRISATの半乾燥・乾燥地農業研究は、天水農業における小農的食用作物の生産を中心に展開されている。ICARDAのように年降水量が200－600 mmの寡雨地域を対象とする場合でも、灌漑を重要な研究課題としては取り上げておらず、僅かに、経営的に採算が取れる場合に限って小規模な補助灌漑の研究を行なうとしているにすぎない。

また、二毛作の限界地帯と考えられる年降水量750 mmのICRISATにおいても、大規模な灌漑ではなく、作付体系の改良及び小規模な圃場集水（watershed）方式による作付強度の向上を中心に研究を進めている。

これは、灌漑施設の造成には巨費を要し、一部の裕福な産油国等を除いて開発途上国では現実的でないこと、また乾燥・半乾燥地における灌漑は塩害の危険を伴うためであると考えられる。

一方、インド及びパキスタンなどの既に灌漑が行なわれてきた地域では、塩害の拡大が深刻化しているため、塩害防止・軽減に関する研究が主要課題として取り上げられている。

また、乾燥地の砂漠地域では、植林による砂の移動防止と後背地におけるアグロフォレストリーの研究が行なわれて成果を上げている。更に、シリア・パキスタン・インドの3カ国とも植林による国土緑化に力を入れており、道路沿いや傾斜地に大・小規模の植林が盛んに行なわれているのが印象的であった。

このように、乾燥・半乾燥地の農業研究が、天水による小農的食用作物生産を中心に、既灌漑地域の塩害防止・軽減及び砂漠・荒地の植林とアグロフォレストリーを主要な研究目標として展開されていることは、今後の熱研センターの研究方向を考える上で配慮すべきことであろう。

ただし、今回の訪問機関は、インドのIARIやHaryana農科大学などの一部の例外を除いて灌漑排水などの工学分野の研究組織を持たない機関であったので、乾燥・半乾燥地農業研究の全体像を把握するためには、あらためて工学部門の乾燥・半乾燥地農業に関する研究状況を調査することが必要である。特に、最近スリランカに設立された国際灌漑排水研究所、パキスタンの国立排水・開拓研究所、インドの中央農業工学研究所は、情報源として重要な機関であると思われる。

(2) 研究協力

乾燥・半乾燥地農地農業の経験に乏しい熱研センターが同地域の農業研究を効率的に策進していくためには、研究の質が高く生活環境が快適な乾燥地農業研究機関に長期在外研究員を派遣す

ることが不可欠であるが、この点では、今回の訪問機関の中で、ICARDA 及び ICRISAT の両国際機関が優れている。ICRISAT には既に 1977 年から現在まで継続して熱研センター職員が派遣されており、今年度中に更に特別拠出金による共同研究プロジェクトも実施される。一方、ICARDA は ICRISAT より乾燥の厳しい、殆ど農耕の限界地における農業生産を研究の対象としており、巾の広い乾燥地農業研究を行なうには極めて重要な拠点であると考えられる。また、ICARDA は我が国がこれまで馴染みの薄かった中近東・アフリカ諸国の農業を知る上でも、協力関係を密にするべき重要な研究機関であると考えられる。

研究協力分野としては、乾燥・半乾燥地農業の全体像を把握するためには、作物あるいは土壌分野が望ましい。また、ICARDA のように地域農業を研究対象とした機関は、対象地域の自然・社会経済的な条件を濃厚に反映した地域農業の改良技術の開発研究を目標としており、所謂基礎的研究は先進国との協力によって解決していく方針を取っているので、協力研究の課題としては比較的基礎的な問題を選ぶのが得策であると考えられる。

協力方法としては長期派遣が望ましいが、課題によっては短期出張を繰り返す形で、主たる研究は国内で行なうことも可能だろう。しかし、何れの場合でも経験の乏しい分野での研究であるので、国内研究機関の強力なサポートなしには効率的な研究は不可能である。

その他、今回の訪問先の研究機関はそれぞれに特徴があり、熱研センターの乾燥・半乾燥地農業の研究推進上の協力研究機関として、また、情報源として貴重な研究機関である。

ACSAD は、時間的な関係で所内見学も研究活動の視察もできなかったが、資料によるとアラブ諸国の連合的な砂漠研究機関として広範な研究を実施しており、情報源としては極めて重要な研究機関である。

NARC はパキスタンの中央研究所であり、パキスタン農業の研究情報を収集するためには欠くことのできない機関である。また、所在地も首都のイスラマバードの郊外であるので、居住環境も悪くはない。これまで、我が国とパキスタンとの協力関係は薄く、短期の調査では若干名が同国を訪問しているが、長期在外研究員の派遣は一名も行なわれていない。今回の訪問で在パキスタン日本大使館の金蔵一等書記官から、日本とパキスタンの協力関係を促進するためにも、在外研究員の派遣を含めて、なんらかの形で協力関係を作ることはできないかとの要請を受けた。

CAZRI はタール砂漠の外縁地にあり、砂漠化防止と植林による後背地の農業的利用やドリップ灌漑など、砂漠に関する農業限界地での農業研究機関として貴重な研究を行なっており、砂漠研究の視察地及び情報源としては価値のある研究機関である。

2. 畑作栽培からみた降雨の有効利用

熱帯・亜熱帯の乾燥・半乾燥地域における畑作の主体は、天水依存による穀類・マメ類・油料作物の栽培である。一般に、降水のみに依存する畑作が成立するためには年降水量が 250 mm 以上は必要であるといわれているが、蒸発散量の多い夏雨地域では、500 mm 以下では補助灌漑なしには畑作の成立は極めて困難である。一方、蒸発散量の少ない冬雨地域では、200 mm 以上あれば

どうにか天水だけで短期作物を1作だけ栽培することが可能である。従って、降雨量からみた場合、熱帯・亜熱帯の乾燥・半乾燥地における天水畑作は、夏雨で500～1000 mm、冬雨で200～600 mmの地域で対象と考えることができる。

このように降雨の季節分布が異なる熱帯・亜熱帯の乾燥・半乾燥地域の天水依存畑作では、当然のことながら栽培される作物の種類が異なっている。すなわち、夏雨地域の主作物はソルガム・パールミレット・ラッカセイ・ヒヨコマメ・キマメなどであり、一方、冬雨地域ではパンコムギ・マカロニムギ・オオムギ・ソラマメ・ヒラマメなどが主作物である。これらの作物はすべて両地域の基本的食用作物であり、厳しい環境下で降雨の有効利用を基本として、いろいろな栽培法で作付されている。

降雨の利用効率を高めるには、まず、降雨期間を有効に利用する作付体系を確立することが重要である。ICARDAの研究対象地域の乾燥地域では、降雨量の絶対量が少ないため、基本的には2毛作などの作付強度の高い体系は困難であり、年1回の作付における増収・安定技術が重要となるが、ICRISATとような半乾燥地域では、作付体系の改善の余地は大きい。

ICRISATのあるデカン高原の重粘土砂（ブラックソイル、Vertisols）では、雨期には土壌が過湿になるため休閉する地域が多い。ICRISATでは、このブラックソイル地域の作付強度を増し、二毛作体系を導入する研究を1975年から実施している。これは図18に示したように、乾期作（Rabi作）の慣行栽培に影響しないように、雨期作（Kharif作）に生育期間の短いグリーングラムやカウピーを導入して1作余分に栽培する方法である。

また、この地方での在来作付体系として、ソルガムとキマメの間混作が行なわれているが、この組合せでは両作物を同時に雨期の初めに播種し、ソルガムは雨期の終りに収穫する。生育の遅いキマメはソルガム収穫後に旺盛な生育を示し、約2か月後に収穫されるが、在来農法ではソルガムのキマメの播種量が6：1の割合であるため、キマメの収量が極めて低いのが現状である。この解決策として、キマメの多収品種の導入及び播種量の増加による新しい間作方式が研究されている。

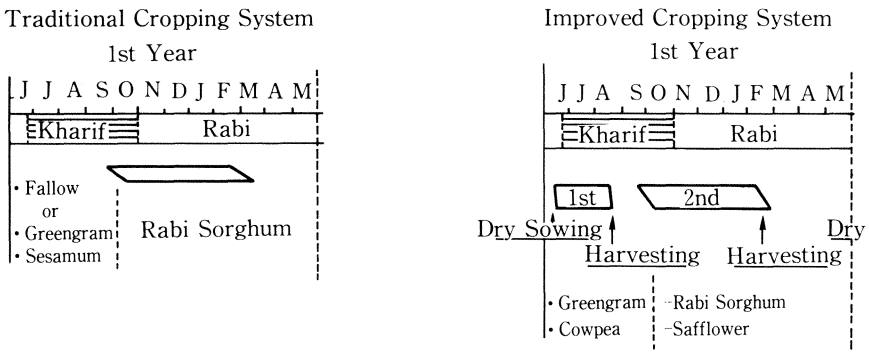


図18　慣行および改良作付体系の例（西村・未発表）
耕地利用と作付体系．前田和美

次に、乾燥・半乾燥地域の天水依存農業では、作物の耐旱性と降った雨を作物が十分に利用できる環境を作り出すことが重要である。一般に、同地域の主要作物は耐旱性が強く、特に登熟期には乾燥を好む作物が多いが、今回訪問した多くの研究所では、更に耐旱性の強い品種の育成を課題として取上げている。しかし、耐旱性の検定によい方法がなく、圃場条件下では耐旱性の品種間差がはっきりしないこと、また、耐旱性と収量の間には対立関係があることなどから、十分な成果が得られておらず、耐旱性品種の育成より早生品種の育成によって旱害を回避しようとしているのが現状のようである。降った雨の有効利用については、各研究機関共極めて熱心に研究を進めている。一般に熱帯の降雨は一時に強く降るしゅう雨型であるため、作物に利用される率は低く、ICRISAT では降雨量の約 70%が表面流去水として流れると言われ、このために watershed management の研究を最重要課題として取上げている。watershed management は一つの斜面を集水系とした降雨の有効利用システムで、圃場は等高線栽培によって浸食を防ぐと共に、土壌への雨水の浸透を助け、余剰水は草生によって保護した水路へ導き、斜面の集水系の末端に作られた溜池に貯水して、補助灌漑に利用する方法である。

ICRISAT ではこのシステムの展示圃を作り、周辺農家への普及を図っているが、土地所有が入り組んでいることや、溜池の水の利用権の問題などがあり普及はしていないのが現状である。

一方 ICARDA では、作物の根圏の拡大によって降雨の有効利用を促進する方法が検討されている。ICARDA の Farming system プログラムリーダーの Dr. Cooper は、地中海沿岸の冬作物の根群分布は極めて浅いため土壌の有効水の僅か 20%程度しか利用されていないことを指摘し、根群の垂直的拡大の重要性を力説していた。このためには、深層土壌の改良、特にりん酸の深層施用による土壌改良が重要であることを強調し、当面の旱害対策は土壌改良によって改善できるのではないかと述べていた。

このように、耕地面積の拡大が困難で、しかも化学肥料の増施による反収増加も困難な開発途上国の乾燥地天水畑作では、作付強度の増加による降雨期間の有効利用や watershed 方式により降った雨の利用率を高めることによって、生産増大を図る研究に入を入れている。

3. 土壌塩類化[注)]の現状と研究課題

今回訪問した、3 カ国のうちインド、パキスタンでは広大な面積で、土壌の塩類化が生じている。インド・パキスタンにおける塩性土壌（Salt-affected Soil）地帯の拡大の最大の原因は、キャナルによる灌漑農業の拡大である。農業に多様性と作物の安定多収をもたらす灌漑技術が、耕地を破壊しているのである。

一方、シリアの砂漠に隣接する少雨地帯は冬作物の栽培が中心で、年降雨量のすべてが気温の低い蒸発量の少ない冬作期間に降る上、規模の大きい灌漑は行なわれていないので、塩類化の問

注） Soil salinity をここでは土壌の塩類化と表現した．広がりのある地域の中では塩類化（salinization）及び、アルカリ化（alkalization）などが同時に進行しているが、広い意味で土壌の塩類化と表現した．

題は少ないようである。

土壌の塩類化が進む現地と、塩性土壌及び塩類化についての研究を行なっている大学・試験場を視察したインドについて、入手した資料をもとに塩類化の現状と研究活動を紹介する。また、パキスタンの状況は関連する場所で紹介する。

(1) インドにおける土壌塩類化の拡大

土壌塩類化に関する経緯を表2に示した。灌漑の導入とともに塩類化が進行したことが分かる。

灌漑農業の導入以前にも自然の排水経路が遮断されるような場所に、例えば大きな土手ができ表面流出による排水が妨げられる道路・鉄道・水路の周りに、塩類化が生じていた。しかし、灌漑農業の進展は水路からの漏水および無秩序な灌漑による地下水位の上昇をもたらし、耕地の湛水と塩類化を急速に拡大した。

灌漑面積の推移を表3に示した。

現在、灌漑計画の中に抜本的な塩類化対策は計画されていないようである。このため、土壌の

表2 インド土壌塩類化の歴史

(R. R. Agarwal ら著, Saline and Alkali Soils of India から作成)

年	出来事
1800年以前	インドの北部のインダス及びガンジス平野では, 古代から乾燥・半乾燥地の景観の一部に塩類およびアルカリ土壌が生成していたことが知られている。
1800	自然の状態では, 殆どの塩類土壌, アルカリ土壌が村の飼料, 薪の採取場所である荒れ地(wasteland)に集中していた。1800年まで, 多くの荒れ地は木々に覆われていた。薪の需要が増し, また荒れ地も開墾された結果, 生態系が乱れ裸地になり, 蒸発が増し, 塩類土壌, アルカリ土壌が拡大した。
1876	David Roberts (Uttar Pradesh のインディゴ栽培者) はキャナルによるかんがいを行なって以来, 塩類の集積が見られた, ことを報告した。
1877	Indian Reh 委員会が発足
1884	インド南部で Nira Valley Irrigation Canal が Black Cotton Soil 地帯に通じる。 間もなく, 耕地は塩類集積, 湛水の影響を受け始めた。
1886	Indian Reh Committee の報告書 (灌漑, 排水, 塩類化の拡大を記述) アメリカから J. W. Wilson, E. W. Hilgard が派遣される。
1893	J. W. Leather (イギリス人) により系統的な研究が始められた。
1897	Leather が, Ca 塩が塩類, アルカリ土壌の粘土を凝集し, 透水性を増すことを認め, 石膏の必要量 (土壌中の炭酸塩と当量) を計算した。
1903	Bombay 政府の委員会が塩類化拡大の実態を調査。
1910	Mann, Tamhane 年間 6−7 %の面積がダメージを受けたと推定。
1925	Water-logging 調査委員会 (Punjab)
1928	Punjab Irrigation Research Institute (Lahore) が設立。
1969	Central Soil Salinity Research Institute (Karnal) が設立。
1970	C. S. S. R. I. の Canning 支場が設立。

表3　インド灌漑面積の拡大

（R. R. Agarwal ら著，Saline and Alkali Soils of India から作成）

年	灌漑面積（ha）	水資源量（m^3）
1950－51	22,600,000	172,500,000,000
1968－69	36,000,000	
1973－74	43,100,000	337,000,000,000
可能量	107,000,000	870,000,000,000

水源別の灌漑可能量の推定例

表面水　66,600,000 ha・m

地下水　20,400,000 ha・m

塩類化は進行中といえるのである。

しかし、塩類化の研究は相当進んでおり、原因と対策が明らかにされている。

(2)　塩性土壌（Salt-affected Soil）の分類と分布

塩性土壌には大きく分けると次の3つ（表4）がある。

表4　インドの塩性土壌の分類

（R. R. Agarwal ら，1979）

種　類	電気伝導度（ECmmhos/cm）	ESP（交換性 Na の割合）	pH	インドの地方名称
塩類土壌（Saline soil）	＞4	＜15	＜8.5	Thur, Uippu, Lona Shara, Soulu, Pokhali Khar, Kari
非塩類アルカリ土壌（Non-saline alkali soil or Sodic soil）	＜4	＞15	＞8.5	Usar, Rakkar, Bara Chopan, Kari
塩類アルカリ土壌（Saline-alkali soil or Saline-sodic soil）	＞4	＞15	＞8.5	Usar, Kallar, Karl Chapan, Bari, Reh Choudu, Kshar, Fougu

ある水理的・地理的条件でベルト状・パッチ状に塩性土壌が見られるが、このパターンは著しく変化し、また、比較的近い距離で塩類土壌・アルカリ土壌の分布も変化する。このため、塩性土壌の詳細な分布を把握するのは困難である。

塩性土壌が存在する地域は次の4地域である。

1）半乾燥 Indo-Ganga 平野地域（Punjab, Haryana, Uttar Pradesh, Bihar 州の一部）

2）乾燥地域（Rajasthan, Gujarat 州）

3）南部の乾燥・半乾燥地域（灌漑された Vertisols）

4）海岸の沖積地

合計では、700万 ha が塩性土壌（塩類土壌＋アルカリ土壌）である。その内の40%が Indo-Ganga 平野の乾燥・半乾燥地域にある。パキスタンでは600万 ha が塩性土壌である。

C.S.S.R.I.作製の分布図を図19に示した。また、参考のため、インドの土壌の分布を図20に示

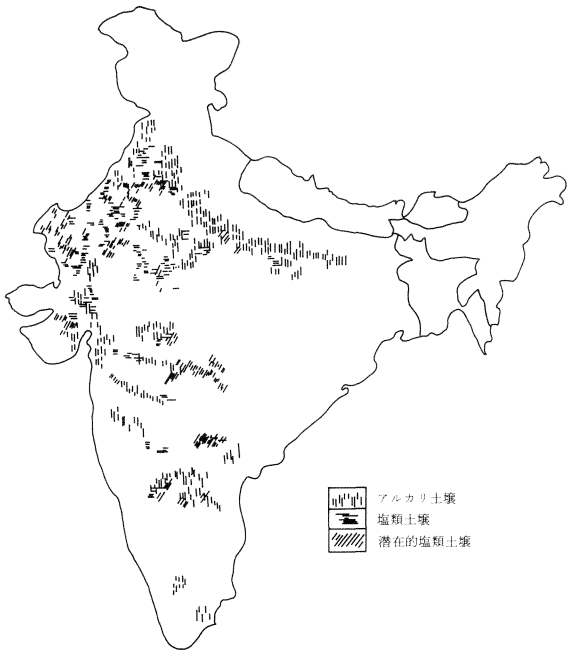


図19　インドの塩性土壌の分布
（Bhumbla，1973の原図から海岸部の塩性土壌を除いた）

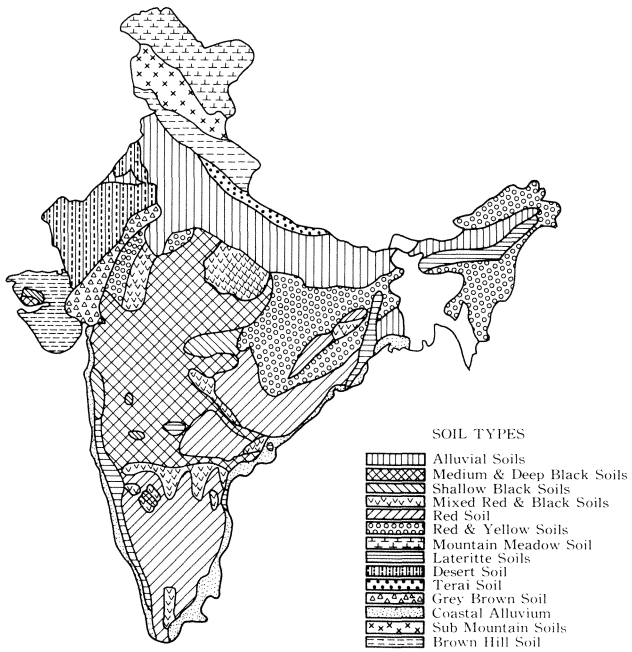


図20　インドの土壌の種類と分布
（ICRISAT, 1980. CONSULTANT'S MEETING ON CLIMATIC CLASSIFICATION から作図）

した。Indo-Ganga 平野にアルカリ土壌の分布が多いことが分かる。

(3) 塩性土壌の性質

塩類化の成因は、降雨量より蒸発量が多い条件で、土壌の風化の過程で溶出した塩類及び灌漑水に含まれる塩類が毛管上昇により表層に集積することである。また、塩性土壌は、その場所の土壌・気象・水理条件・地質形態（例えば、不透水層の位置、傾斜など）・地形などに影響されて生成したものであるので、これらの要因を背景に個々の地方の塩類化土壌の性質を判断する必要がある。

さて、前項に示した代表的地域の塩性土壌の性質を示す。

1) ウタルプラデシュ州の塩性土壌

Ganga 沖積平野の塩性土壌（塩類土壌、塩類アルカリ土壌）の性質について、表5及び表6に示した。

塩類土壌は、土壌表面に広い白、灰白、灰色の塩の毛ばだった沈殿物が存在する。土性は砂壌土、壌土である。盤層は存在しない。自然な排水が妨げられている川、キャナルのそばに生成し、また地下水位が、年の大部分表面に近い。川の水位がさがったり、キャナルが止められたとき水位はさがる。透水性は大きく、水位が下がると下層への浸透が行なわれる。pH は8.5以下である。

塩類アルカリ土壌（ウタルプラデシュ州ではもっとも典型的な塩性土壌である）の下層は粘土が多く透水性は低く、粘土の盤層がある。

炭酸塩主体のタイプと硫酸塩主体のタイプがある。

表5 Uttar Pradesh 州の塩類土壌の性質

（Agarwal and Mehrotra, 1952）

深さ (cm)	土性 シルト %	粘土 %	pH	水溶性塩類の組成 Total %	Na_2CO_3 %	$NaHCO_3$ %	NaCl %	Na_2SO_4 %	塩基交換容量 m.e.	交換性塩基の比率 Ca	Mg	Na+K
0-15	15.2	4.7	8.2	0.200	0.007	0.131	0.021	0.014	7.40	77.7	15.1	7.2
15-28	26.7	9.4	8.2	0.193	—	0.154	0.015	0.013	7.04	68.0	17.5	14.5
28-58	34.5	9.2	8.1	0.124	Nil	0.123	0.006	Nil	5.45	65.7	23.9	10.5
58-78	3.3	1.4	8.3	0.103	Nil	0.097	0.004	Nil	2.70	45.2	41.9	13.0
78-128	1.0	2.2	8.5	0.098	Nil	0.094	0.002	Nil	4.06	65.5	28.3	6.2

注） 調査地点：Ganga流域のAligarh

（参考） 土壌断面形態（Ganga流域の塩類土壌）

0-15 cm　明るい茶色の砂壌土で反応はアルカリ性である。塩類が析出しているが，炭酸塩はない。わずかに石灰質であるが，固結していない。

15-28 / 28-58 cm　茶色の砂壌土で無構造である。湛水の影響を示す灰色と茶色の斑点とすじがある。

58-78 / 78-128 / 128-180 cm　茶色の砂土で構造は乏しい。上層よりアルカリ性である。薄い板状の層に分離した石灰が存在する。

表6　Uttar Pradesh 州の塩類アルカリ土壌の性質

（Agarwal and Yadav, 1954）

深　さ（cm）	不溶性の炭酸	pH（1：2.5）	飽　和 %	飽和抽出液の性質 EC mmhos/cm	可溶性 Na me/l	SSP	塩基交換容量 me	ESP	石膏の存在
0－30	＋＋	11.5	43.4	16.8	155.9	92.6	13.3	45	Tr
30－67.5	＋	11.4	38.4	13.8	129.4	94.0	10.3	45	Nil
67.5－120	＋＋	11.2	40.0	15.8	154.1	97.7	13.4	60	Nil
120－145	＋＋＋	10.8	44.3	13.1	126.1	96.6	11.9	43	Nil

注）調査地点 Malihabad

（参考）　土壌断面形態

0－30 cm　灰褐色の壌土。排水を制限する石灰質層がある。塩類が析出しており，強いアルカリ性である。

30－67.5 cm　茶色の植壌土で鉄の斑文がある。透水性は小である。

67.5－120 cm　黄褐色の植壌土で排水不良である。

120～145　石灰の粒が生成しており石灰質な層である。堅い盤層が存在し，強いアルカリ性である。

表7　塩類アルカリ土壌の物理的性質

（Gupta and Narain, 1971）

深　さ（cm）	仮比重（g/cc）	全孔隙 %	非毛管孔隙 %	透水係数（cm/hr）	ベーシックインテークレート（cm/hr）	有効水分（cm）	EC（1：2）（mmhos/cm）	pH
（正常な土壌）								
0－18	1.45	45.8	8.6	1.0	1.0	1.8	0.28	7.5
18－50	1.49	43.8	8.7	0.8	—	2.8	0.13	7.5
50－80	1.63	37.6	6.1	0.6	—	4.1	0.16	7.8
80－110	1.64	38.5	5.7	0.5	—	4.0	—	—
110－140	1.54	41.5	6.8	0.7	—	4.9	—	—
140－180	1.43	45.6	9.3	1.4	—	—	—	—
（塩類アルカリ土壌）								
0－25	1.62	39.5	4.9	0.33	0.07	4.9	3.27	9.6
25－60	1.65	37.9	3.3	0.07	—	7.6	2.49	9.3
60－110	1.64	38.8	2.5	0.06	—	15.7	2.07	9.3
110－140*	1.61	43.6	3.2	0.23	—	11.2	—	—

* 石灰質層

注）調査地 Uttar Pradesh 州 Unnao 地方

アルカリ土壌（よく見られる土壌である）は、堅くち密な構造を持つ。土性は壌土・植壌土で、表層土は堅い円柱状の下層土の上にある。土壌は湿ると可塑性がある。土壌物理性の悪化が著しい。透水性は著しく小さい。濁った水たまりが表面に普通に見られる。いわゆる黒色アルカリ土である。

2）　ハリヤナ及びパンジャブ州の塩性土壌

土層の厚さは3 m である。地方名称で、Thur, Bari, Rakkar と呼ばれる塩性土壌が分布する。

前者はソロンチャックの性格を持ち、後者はソロネッツの性格を持つ典型的アルカリ土壌である。

塩類の被膜で覆われた土壌はThurとよばれる。土性が粗く、ち密な盤層が存在しない土壌（Thur）は塩類の洗脱による改良が行ないやすい。

Bariは、典型的塩類アルカリ土壌である。土壌表面は堅く、プラウ耕が困難で、透水性がない。乾くと、表面に6角形のクラックができる。粘土に富む。土層の1−2mの位置にカルシウム沈積層がある。塩類、アルカリともに多く含む。

Rakkarは、典型的な非塩類アルカリ土壌である。

カルナールの塩類アルカリ土壌の性質を表8に示した。

3) 南部のブラックソイル地域の塩性土壌

アルカリ土壌が多い。例を表9に示した。

さて、塩性土壌の改良対策をたてるうえで、物理性についての調査も重要であることがわかる。

表8 Karnal地方の塩類アルカリ土壌の性質

（Kanwar and Sehgal, 1962）

調査地	深さ (cm)	土性 シルト%	土性 粘土%	SP %	pH	CEC m.e	飽和抽出液中の Na%	透水係数 cm/hr
Patti (Karnal)	A 0-60	67.9	43.3	59	8.1	24.5	20	0.01
	B60-120	77.3	50.0	68	7.9	25.3	23	Nil
	30-60	77.8	55.5	68	7.9	25.9	23	0.005
I.A.R.I (Karnal)	A 0-17	34.7	8.4	—	9.9	7.8	6 m.e*	—
	B17-70	50.7	28.8	—	10.4	14.5	13.7 〃	—
	70-105	54.5	27.9	—	10.5	20.2	19.1 〃	—
Gohlwar (Amritsar)	0-15	—	—	41	9.9	13.7	67	0.03
	60-105	—	—	35	8.5	7.7	17	0.05

注） * 交換性 Na^am.e

表9 Karnataka州の塩類アルカリ土壌の性質

（Landley and Murthy, 1967）

土壌のタイプ	深さ (cm)	pH	EC mmhos/cm	飽和抽出液の塩類組成 me/l Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	SO_4^{--}	Cl^{-}	CEC m.e	ESP	SSP
Soudu	0- 5	7.8	141.9	566	186	586	30.8	1210	19.4	79	45
	5-15	7.9	20.7	101	30.8	77	36.0	172	23.7	41	27
	15-38	8.5	3.0	18.3	2.1	7.2	11.0	18.5	23.9	21	23
Karl	0-13	8.7	6.2	12.4	4.2	47.4	30.9	35.0	50.1	16	69
	13-30	8.9	5.1	5.0	3.0	43.7	22.3	28.5	49.2	40	79
	30-58	9.2	3.3	5.7	5.5	15.9	15.4	14.5	38.6	40	51
Jougu	0-10	10.5	15.9	26.0	27.0	127.3	61.7	95.0	44.6	87	70
	10-28	10.1	8.4	22.0	28.0	24.2	13.7	75.0	38.6	96	30
	28-46	10.0	1.9	4.8	2.6	8.1	6.5	5.5	34.6	69	43

注） 調査地 Bellary

例えば、機械的強度・通気性・孔隙分布・排水性に関係する盤層の性質の調査などである。また、土壌の性質の調査と同時に、地形・地質・地下水位の変動・水質の調査も行なう必要がある。

(4) 灌漑による地下水位の上昇と塩類化

塩性土壌の地帯の拡大には灌漑農業の進展が最大の原因になっている。

インド各地の降雨量と蒸発量の関係を表10に示した。蒸発散位に比較して降雨量が著しく小さい地域では灌漑に頼る必要がある。

降雨量より蒸発量が大きい地域では、灌漑水に含まれる塩分の集積によっても問題となる程度の塩類集積は生じるが、地下水位の上昇は急速に塩類集積を進める。

水路からの浸透・漏水により、また無秩序な灌漑水の使用により地下水位が上昇する。灌漑計画の中には排水計画は盛り込まれておらず、平坦で自然の排水が遅い地帯であるため、地下水位の上昇は急速である。

ハリヤナ農科大学構内の地下水位の上昇経過を図21に示した。また、周辺地域の地下水位の変

表10　インド各地の降雨量と蒸発散位

（A. Krishnan, 1980）

地　名	土壌のタイプ	年間の蒸発散位(mm) Penman式による	年降雨量	天水農業可能日数
Jodhpur	砂漠土壌	1843	380	59
Hissar	沖積土壌	1616	446	70
New Delhi	〃	1659	714	119
Bangalore	赤色土	1501	924	241

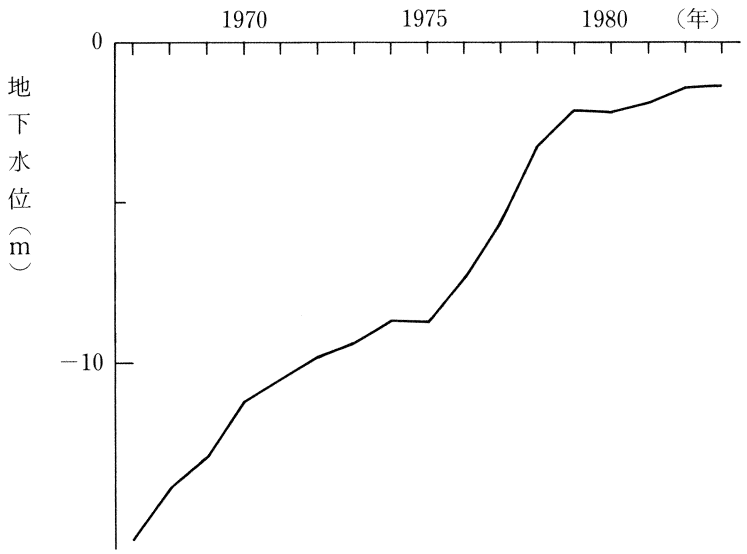


図21　地下水位の上昇過程
（Haryana 農科大学圃場）

化を表11に示した。

土壌の一定の高さまで地下水位が上昇すると、毛管上昇により地表面まで水が移動し、溶解した塩類は地表にたまり、塩類集積が進む。ある水位以下に下がると毛管の連続性が断たれ、表層は風乾状態となる。この後は、土壌表面から直接蒸発するのではなく、湿った土層から風乾土層の孔隙の空気への蒸発、拡散による蒸気の移動により乾燥が進むので水の移動は遅くなる。

Talsma（1963）によると、深刻な塩類化を避けるには、地下水位を毛管上昇の速度が0.1 cm/day以下になる位置まで低下させる必要がある。

毛管の連続性が保たれる限界地下水位は蒸発散位と土壌の不飽和透水性により決まる。中粗粒の土壌では毛管上昇が速く限界水位は2～3 mである。図22のように土性の違いにより毛管上昇の速度が異なる。限界地下水位は(1)の土壌で、201 cm、(2)の土壌で132 cmである。

パキスタンのペシャワール地方は、盆状の地形であり周りから水が集まる。このため地下水位が上昇し、174千haの内72千haが塩性土壌であり、土性はシルト質壌土・砂質壌土である。地下水位上昇の影響は大きい。

表11　Haryana州各地の地下水位と上昇

（Haryana農科大学，1983）

地　名	観測点数	地下水位（m） 1974年7月	1979年7月	年間上昇量（cm）	水位別の面積（%） 1979年7月 0-3m	3-10m	10m
Kurukshetra	104	6.80	6.32	9.6	—	100.0	0
Karnal	178	5.12	4.64	9.6	—	—	—
Gurgaon	123	5.27	4.32	19.0	6.8	73.2	20.0
Rohtak	57	7.68	5.03	52.4	22.8	68.6	8.6
Hissar	134	9.50	7.16	46.8	12.7	39.0	48.3
Sonepat	88	4.25	3.20	21.0	20.4	79.6	0
Jind	139	13.47	10.32	63.0	23.0	65.5	11.5

(5)　地下水の水質

前項のような限界地下水位より水位が上昇し、さらに地下水の水質が塩類に富むと、蒸発量の多い条件で塩類化は急速に進む。

インドでは地下水の水質が悪化している地域が多い。例えば、ラジャスタン州では、54%の地下水が2.2 mmhos/cmを超え28%が5 mmhos/cmを超えている。多量の塩類を溶解している地域が多い。したがって、地下水位の上昇は非常に危険であることがはっきりしている。

ハリヤナ州の地下水の水質を表12に示した。また、その分布図を図23に示した。

訪問したヒッサール郊外の農村の圃場はまっ白に塩類が集積しており、コムギの収量は皆無とみられた。また、石膏による改良試験も行なわれていたが、効果は少ないようであった。

パキスタンのPeshawar地方の地下水も水質が悪化しており、ある地域の調査では30の井戸のうち29が高い塩類濃度を示した。

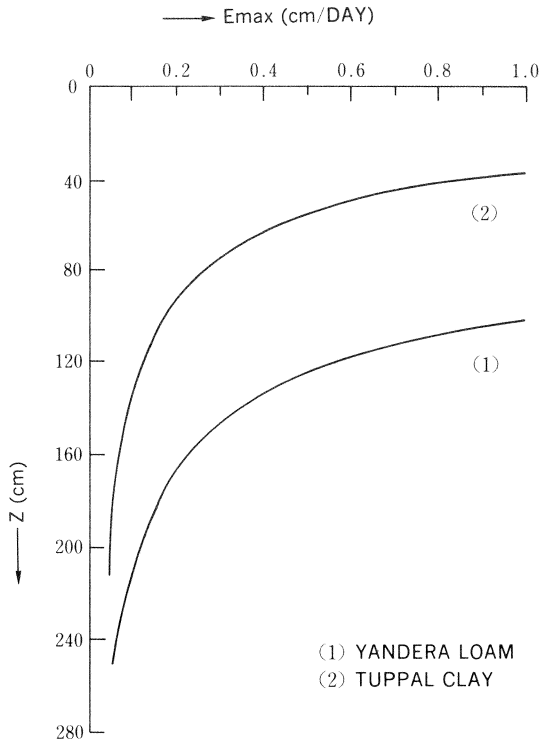


図22　土性の異なる2つの土壌の地下水位と最大毛管上昇速度の関係
（Talsma, 1966）

表12　Haryana州の地下水の水質

（Haryana農科大学. 1983）

区　　分	化学的組成 EC (mmhos/cm)	SAR	RSC (me/l)	Haryana州での分布(%)
良質な水 (good water)	0.2	10	2.5	37
正常な水 (normal water)	2～4	10	2.5	8
ソーダ質の水 (sodic)	4	10	—	18
塩類の多い水 (saline)	4	10	—	11
塩類が多くソーダ質の水 (saline-sodic)	4	10	—	26

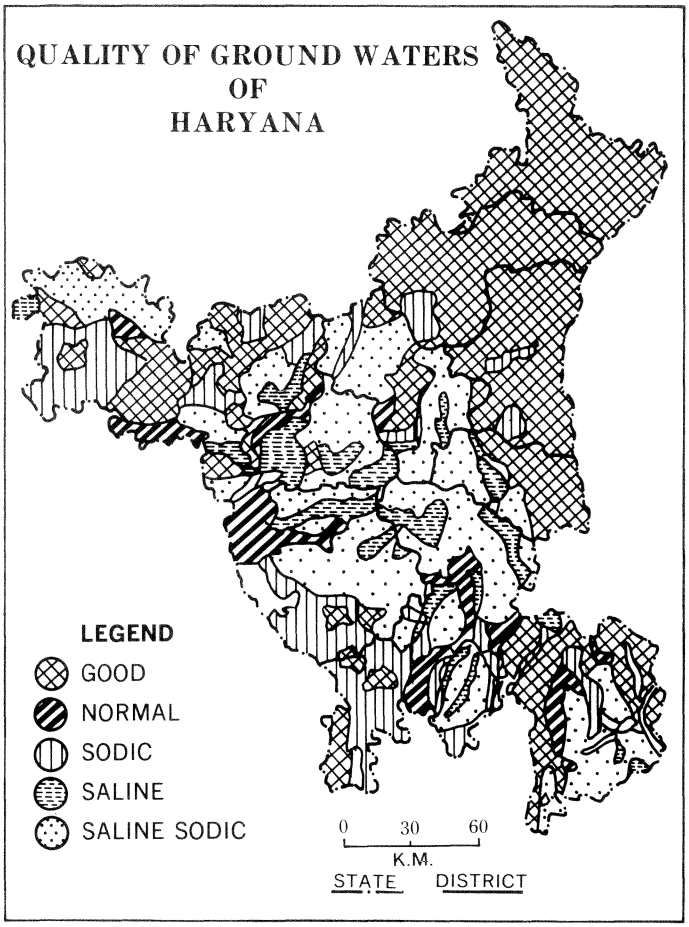


図23　Haryana 州の地下水の水質分布
（Haryana 農科大学，1983）

(6)　対策技術

対策としては次のことがあげられる。

1)　施肥技術

多量の塩類があるため養分のバランスが問題となる場合もある。また、高 pH により燐の可給性が低下することも考えられる。

2)　有機物施用技術

きゅう肥・作物残さのすき込みが塩類化の害を弱めることがある。分解により発生する CO_2 が $CaCO_3$ の溶解を促進する効果があり、Na の洗脱を促進するためであるという報告がある。また、養分の供給の効果もある。

3)　微量要素の施用

高 pH であるため Zn、Fe、Mn が欠乏しやすくなる。

4）耐塩性作物の選択・育成

5） 石膏＋灌漑、排水による Na の溶脱

6） 地下水位の低下

・排水による地下水位の低下

・節水栽培による地下水位上昇の防止

・塩水灌漑、塩水＋灌漑水混合による灌漑水の節約、地下水の上昇防止

(7) 研究の現状と主要課題

現在 C.S.S.R.I. が中心となり、プロジェクト研究「水管理と土壌塩類化（Water Management and Soil Salinity）」が全インドで進行中である。

主なテーマを以下に示す。

1）土壌調査、生成過程の研究

2）塩性土壌中での水分、塩類の移動

3）土壌の物理性と灌漑水の水質

4）塩性土壌における排水（Na 洗脱の研究試験事例を表 13 に示した。）

5）適切な灌漑時期と量

6）灌漑と施肥技術の組み合わせ

7）塩水灌漑（例えば、作物別の塩水灌漑に対する適応性の調査、塩水灌漑時の有機物および石膏施用による塩性土壌改良効果及び灌漑方法。試験事例を表 14、図 24 に示した。）

8）灌漑水中の B・F・Li の作物への影響

9）微量要分元素の挙動

10）耐塩性作物、および、樹木の検索・育成（C.S.S.R.I. で扱っている作物は、イネ・コムギ・オオムギ・パールミレット・ビート・油料作物である。）

11）作物の耐塩性の植物生理学研究

12）塩性土壌での N 固定

表 13　排水試験区の土壌塩類化と小麦の収量

（C. S. S. R. I., 1983）

項　　目	排水処理区	対　照　区
○土壌塩類化（ECmmhos/cm）		
（播種時）	0.65－1.20	2.50－3.25
（収穫時）	2.20－3.50	6.00－8.50
○平均地下水位（m）		
（播種時）	1.22	1.22
（収穫時）	1.58	1.58
小麦収量（t/ha）	2.35	0.00

表14　高アルカリ土壌における稲の生育と土壌の性質に及ぼす灌漑水質と改良対策の影響

（C.S.S.R.I., 1983）

処　　理	移植前の pH		収穫期の pH		収量（t/ha）	
	非塩水灌漑	塩水灌漑	非塩水灌漑	塩水灌漑	非塩水灌漑	塩水灌漑
対　照	10.2	9.5	10.1	9.4	0.76	2.14
石膏施用（石膏要求量の50%）	9.6	8.8	9.3	8.4	3.77	3.94
パイライト施用（硫黄を基準に石膏要求量の50%）	9.8	9.4	9.6	8.5	3.23	3.82
きゅう肥施用（30t/ha）	10.2	9.3	9.9	9.2	1.87	3.71
石膏＋きゅう肥施用	9.6	9.2	8.5	8.3	4.08	5.12
パイライト＋きゅう肥施用	9.5	9.1	8.7	8.3	4.01	4.19
平　均					2.97	3.83

注）　かんがいされた塩水はEC＝4mmhos/cm
　　非塩水はEC＝0.5mmhos/cm

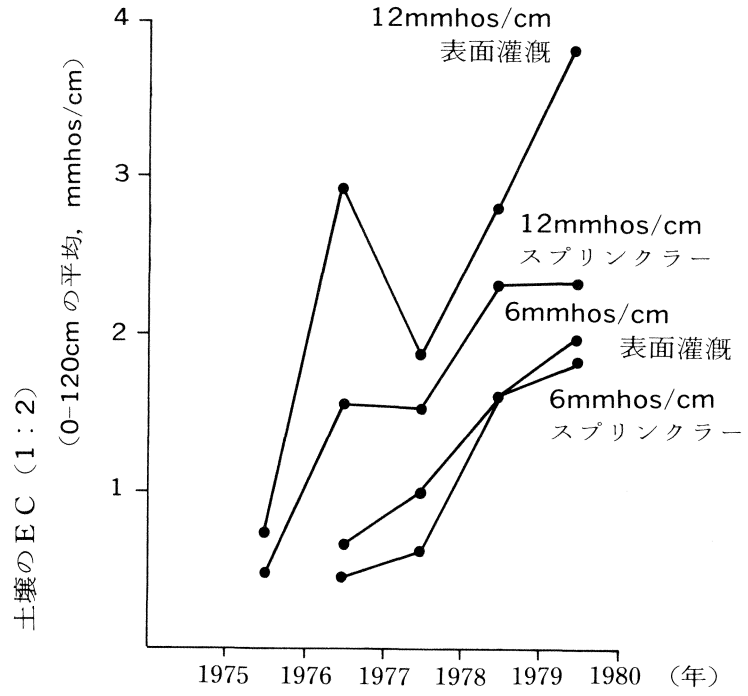


図24　灌漑水質と灌漑方法による塩類化の変化

（Haryana 農科大学，1983）

研究全般をみて重要な点は次の3点である。

1) 地域全体の灌漑水量・降雨量・作物の灌漑必要量・地下水位の変動・土壌・地形などの性報を総合して地下水位を限界水位以下に保ちながら灌漑農業を行なう適切な管理システムの研究が必要である。

例えばハリヤナ農科大学では、1300 haの農場についてシミュレーションモデルによる地下水の水収支管理の研究が行なわれている。

2) 土壌－植物－大気の間の動的な水分移動および、これに伴う塩類の移動の研究、また、塩性土壌中の溶液論の研究も重要である。

3) 耐塩性作物の検索・育成

以上の研究成果をもとにそれぞれの地域の条件に適した灌漑計画・作付け計画・重点地域の排水計画ができると思われる。

研究の方向は的を得ていると思われるが、導き出される対策を実行して行くにはぼう大な公共投資を要するなど、多くの困難性がある。

4. 灌漑・排水の現状と研究課題

今回訪問した各研究機関の中には、灌漑・排水などの工学分野の研究機関を持った機関が少なかったため、限られた調査に基づいた所見であるが、現在及び将来の研究課題について以下に述べる。

(1) 補助灌漑及び water harvesting

先に述べたように、ICARDAは小規模な補助灌漑の方法や効果についての研究に意欲を示しており、ICRISATではwatershed managementの研究に重点をおいている。これは、灌漑・排水施設の整備には一般に巨額の事業費が必要であるため、限定された目的（たとえば初期生育の安定化）のための簡易施設の整備を検討しようとするものである。一般に補助灌漑の実施の際に特に注意して検討すべき事項は、①たとえばPの深層施用など、収量の向上・安定のため、他の方法と比較した場合実施する意義があるか。②長期にわたって安定した用水源を確保できるか。③現地の事情（農民の施設管理能力水準、動力供給事情、水利権にかかわる慣習など）に合っているかなどであり、このような検討を行うための方法の研究が必要である。

生育途中の時期に限られた量の灌漑を行うと生産の量と質にどのような効果があるかについての研究は、ICARDA等においてはまだ組織的には行われていない。どのような気象・土壌条件下の、どの作季の、どの時期の、どのような作物・品種かによって灌漑の効果は各々異なるものと思われるので、この種の研究は多様な局地的条件下での同一方法による試験研究の形で実施されることが望ましいと考える。

灌漑水源の確保については、地下水資源等を年々涸渇させない範囲で、かつ簡易な施設により良質の用水が得られる場合は問題ないが、それが困難である場合には、各種のwater harvestingの方法を工夫する必要がある。この方法については、古来多様な工夫が行なわれて来た。今回の

調査においてもインドのCSWCRTIやハリヤナ農科大学で研究対象となっており、又実用にも供されている。これらの方法は水が必要な時期の大気中の露の量と降水量、表層地質と地形・土地利用条件、現地で入手可能な材料（アスファルト、塩、岩塊など）などの如何によって異り①結露を利用する方法、②表流水を直接圃場に導いて土壌水分として利用する方法、③表流水を小規模な貯水池に貯留してから利用する方法、④地下水を利用する方法等種々あり、今回調査した研究機関では主として③が実用に供されていた。今後の研究課題は、新たなwater harvesting〔たとえば、砂漠のワジ（涸れ川）の流水を地下に貯留して利用する方法など〕の開発の外に、乾燥地帯に分布する利用可能水資源量を能率良く正確に調査する方法の開発などであると思われる。特に浅層増下水資源の分布とその利用可能限界を正確に知ることは非常に重要である。なお、利用可能な水資源がある程度豊富な場合には⒜補助灌漑の回数や量を増やす、⒝一作季のみの完全な灌漑を行う、⒞周年灌漑を行うといった別の代替方策について検討する必要があるので、そのような幅広い選択を適切に行うための方法も研究しておくことが望ましい。

農民の施設管理能力・現地で調達可能な動力源や材料・水利上の慣行などについての制約は、局地的な条件により異る。多様なケースに対応できる代替的な方法を用意することは有意義であり、今回訪問したインドのCSWCRTIやハリヤナ農科大学では、このための研究にも力点をおいていた。

以上のうち、日本の研究者が参加して共同研究を展開することが特に有意義であると思われるのは①各種の方法のよる補助灌漑の効果と問題点に関する研究、②補助灌漑に利用可能な水資源量確認のための効率的調査法の研究、の2点であると考える。

(2) 灌漑・排水と土壌塩類化

灌漑に原因する土壌塩類化が大規模な農地荒廃を招いている点は、先にIII-3項等で述べたとおりである。特に組織的な排水を伴わない灌漑事業を毛管現象による地表への塩類集積を起す怖れのある地域で実施した場合には、深刻な問題が発生することになる。この塩類集積のメカニズムは理論的には一応解明されてはいるが、具体的な対策は現実には必ずしも十分に講じられてはいない。

シリアでの今回の現地調査では、地中海沿岸部の山脈からの湧水や河川流水を利用した山麓平地の農業、山岳部傾斜地を利用した農業、山脈に沿った低湿地を干陸した農業、内陸部の比較的降雨に恵まれた地域の天水依存農業、砂漠の中のアオシス農業や遊牧農業などを見る機会に恵まれたが、国土の北東部を流れるユーフラテス川沿いの広大な灌漑農業地帯（主作物はコムギであり土壌塩類化が進みつつある）を見ることは出来なかった。しかし、ダマスカスで訪れた海外青年協力隊事務所での聞取りによると、ユーフラテス川の水位に対応して沿岸の地下水位が上下して土壌塩類化にとって危険な限界内（地下2～3m）に入ることが多いため、この地域では古来よりリーチング（leaching）による除塩、耕耘方法の工夫、灌漑排水の方法上の工夫をこらして年々の塩類集積問題に対処しているが抜本的解決には至っていないとのことである。

パキスタンにおける調査では、灌漑による塩類集積の実例を調査することはできなかったが、

国内の事例とその対策について事情を聞くことができた。先にIII-2-2）にも述べたように大型ポンプを用いた地下水汲み上げと排水路網の整備により対処しているが、インダス川流域の一部の低平な地域では、排水路の勾配が極端に小さくなるため自然流下が困難になるといった問題が生じている。これらの地域では、地下水位はインダス川の水位に対応してではなく灌漑の実施に対応して上昇するもので、危険な限度を超えて上昇した地下水をポンプ揚水して再利用又は廃棄するという方策をとっている。これは、排水すべき河川が近辺にある場合に可能な方策である。

インドにおける調査では、灌漑に起因する地下水位の上昇が最近の約15年間で遂に危険な水準に到達し、最近数年間で土壌塩類化が深刻化しているハリヤナ州の実情を調査することができた。この地域の場合には、組織的な排水路網を整備することがないまま灌漑事業が進められた点に重大な問題があったが、その背景には塩分を含んだ排水を捨てることのできる河川が地域内に存在しないという事情があった。又、仮に塩分濃度の高い排水を流すことのできる河川が近くにあったとしても、河川流量とその塩分濃度如何によっては、下流から取水する上水道や灌漑用水系に重大な影響を及ぼす恐れがある。又、このような排水を砂漠に浸透させる場合でも、それが砂漠の貴重な地下水資源の塩分濃度を上げてしまう恐れがあるため、細心の注意が必要である。

ハリヤナ農科大学では、上記の地下水上昇の過程を調査すると共に、場所によっては地下0.5m程度迄到達した地下水位の年々の変化を大学の圃場内で測定し（図25）、浅井戸からの揚水による地下水位降下への影響を電算機によるシミュレーションを含めて検討している。しかし、一部の圃場では試験圃場としての使用が困難になるほどの土壌塩類化が進行しているし、周辺の農地においてもコムギの作付けが不可能になったり、レンガ造りの家屋の損傷が深刻化するなどの事態が生じている。ハリヤナ農科大学の研究者は問題を重視し暗渠排水等による対策を検討中であるが、この地域全体にわたる抜本的な対策の提言はどの機関からもまだ行われておらず、対策事業実施の見通しも立っていない、とのことであった。そして一方では、Rajasthan Canal等の大規模な新規用水路の建設が進められている現状である。

このような場合に必要な一般的な施策は、①水路からの漏水の抑制、②節水灌漑による地下浸透水量の抑制、③リーチング（leaching）による集積塩類除去、④ポンプによる汲上げ・暗渠排水・列状植樹による地下水位低下、⑤石膏の投入等による土壌の改良、⑥耐塩作物・耐塩品種の導入などである。これらの手段は、地域毎の特性に対応して適宜組み合わせて実施される必要がある。そして、このような組織的対策を実現するためには、地域毎の地下水源の分布・地下水位・水質・流動状況などが地下の水理地質構造とも併せて詳細に調査される必要がある。このような調査は原則として灌漑事業や農地開拓事業の実施に先立って行われるべきであり、その際には地域毎の気象・地形・地質・土壌・植生などが同時に調査された上で、地域毎に適切な土壌塩類化対策が立案されることが望ましい。特に、地下水位の上昇による土壌塩類化を起し易い地域をなるだけ避けながら灌漑対象地の選定を行うことが大切である。上記のような調査は、既に土壌塩類化が進んでしまった地域においてその対策を検討する場合にも同様に必要であり、何等かの行為（たとえば塩分を含む排水を下流に流す等）が与える影響が予知できるようにデータや検討手法を整

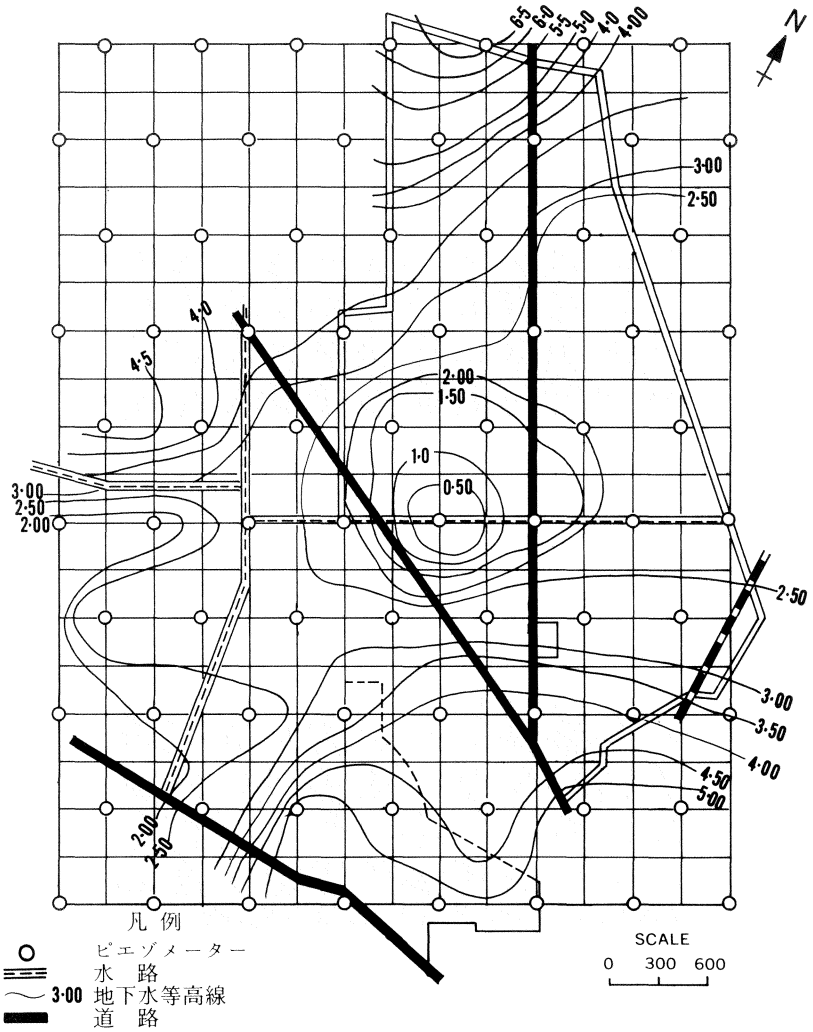


図25　Haryana 農科大学圃場の地下水位観測事例（1980年 9 月）
（Haryana 農科大学，1983）

備することを今後の目標とすべきであると考える。

以上のような事情から、灌漑排水の分野において今後展開すべき研究の課題は①灌漑・排水にかかわる地域特性（特に地下水量・水質・流動にかかわる特性）の効率的調査方法の開発、②灌漑に伴う地下水位上昇を効果的に抑制できる灌漑排水方法の開発、③排水できる河川が近辺にない場合の排水方法の開発、④用・排水が下流域に与える各種の影響を予知する手法の開発、など、土壌の塩類化に対処すべき具体的方策の開発を中心としたものになるであろう。そして上記の研究は何れも、規定の乾燥地域における当事国の研究機関又は国際研究機関との共同研究の形で展開されることが望ましいと考える。

付・現地写真

写真 1　シリア北部の比較的降雨に恵まれた農業地帯
（500 mm/年程度）

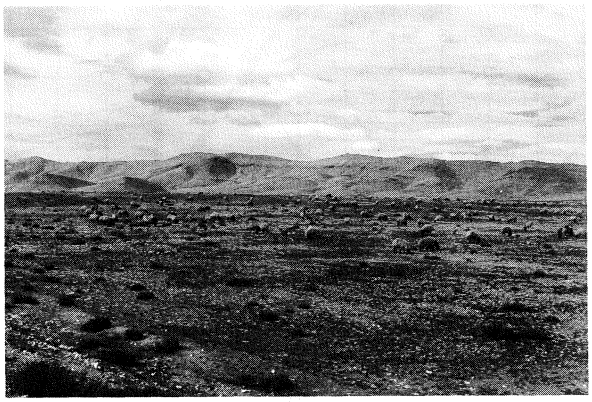


写真 2　シリア砂漠における羊の放牧

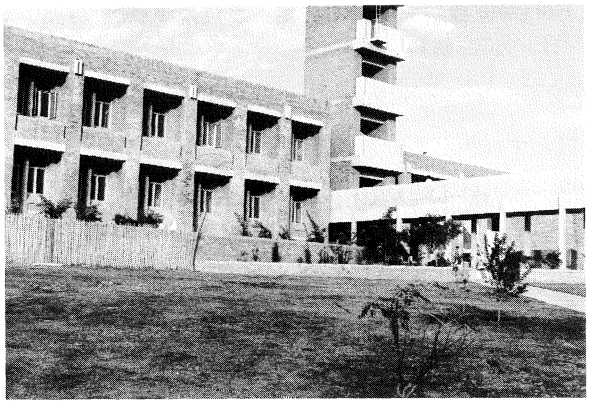


写真 3　パキスタン国立農業研究センター本館
（Islamabad 市内）

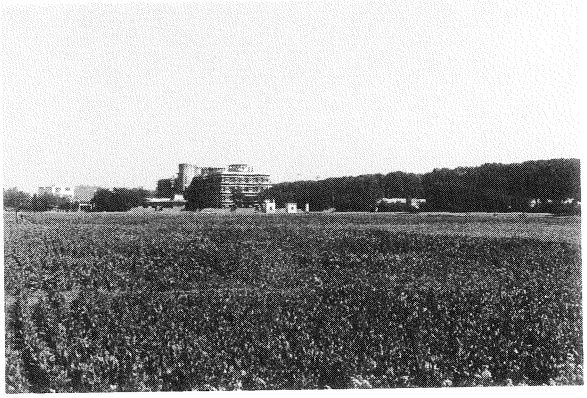


写真 4　インド農業研究所の広大な試験圃場と研究棟
（New Delhi 市内）

写真 5　素堀りの幹線灌漑用水路
（インド、Uttar Pradesh 州）

写真 6　支線灌漑水路沿いに生じた塩類集積
（インド、Haryana 州）

熱 研 資 料

No. 30. 東南アジアにおける香辛料の栽培加工に関する調査報告書
31. 熱帯畑作の開発に関する調査報告書（ブラジル）
32. 熱帯畑作の開発に関する調査報告書（インドネシア）
33. Rice plant and leafhopper incidence in Malaysia and Indonesia
34. 東南アジアの畜産
35. インド・スリランカ・タイにおける水稲害虫研究の現状
36. ブラジルの稲作
37. 熱帯畑作の開発に関する調査報告書—（フィリピン）—
38. セラードに関するシンポジウムIII抄訳
39. オーストラリアにおける牧草導入事情調査報告書
40. スリランカにおける水稲栽培の農業気象的研究
41. 東南アジアにおける雑草問題の現状と今後
42. ばれいしょ遺伝資源の探策，導入，保存と育種利用に関する調査報告書
43. The Brown Planthopper in India and Sri Lanka
44. ブラジルにおける大豆栽培の調査報告書　研究報告書
45. Field Observations and Laboratory Analyses of Paddy Soils in Thailand
46. フィリピンのマメ類，とくにMungbeanの生産・研究事情調査報告書
47. Proceedings of SABRAO Workshop on Animal Genetic Resources in Asia Oceania
48. Field Observations and Laboratory Analyses of Upland Soils in Thailand
49. タイ国におけるLand Consolidationについて
50. セラードシンポジウムIV抄訳
51. マレーシアダムかんがい計画地域における水稲二期作経営の実態
52. ブラジルサンパウロおよびパラナ州の土壌と農業調査報告書
53. スーダンの農業と農業研究
54. インドネシアにおける作付方式と土壌肥沃度に関する調査報告書
55. 中国の熱帯農業と農業研究
56. スリランカにおける牛肉生産の現状と問題
57. タイ，インドネシアにおける地下作物の栽培様式の品種特性調査報告書
58. アフリカからの新作物探索導入調査報告書
59. 中南米の地下作物探索導入調査報告書
60. 南米における有用マメ科植物の探索導入と試験研究状況調査報告書
61. フィリピンにおける地下作物の栽培様式と品種特性に関する調査報告書
62. アマゾン地域の自然—気候及び土壌を中心として—
63. スリランカ・ドライゾーンにおける水田用水量に関する研究
64. パプアニューギニア，ソロモン，フィジーにおける農業事情と地下作物
65. アマゾニアの農業開発
66. Genetic Information in Rice
67. 西マレイシア及びタイにおける熱帯特用作物の実態調査報告（研究技術情報No.1）
68. 乾燥地農業の研究事情調査報告書（研究技術情報No.2）