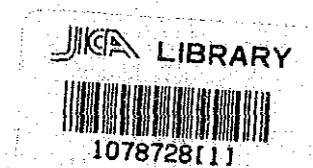


パキスタン回教共和国
工業技術院ラホール研究所
機材整備計画基本設計調査報告書

平成元年12月

国際協力事業団

パキスタン回教共和国
工業技術院ラホール研究所
機材整備計画基本設計調査報告書



20289

平成元年12月

国際協力事業団

無計二
C R (1)
89 - 153

国際協力事業団

20289

序 文

日本国政府は、パキスタン回教共和国政府の要請に基づき、同国の工業技術院ラホール研究所
機材整備計画にかかる基本設計調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、平成元年8月18日より9月4日まで、当事業団無償資金協力計画調査部 佐野美
則調査役を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

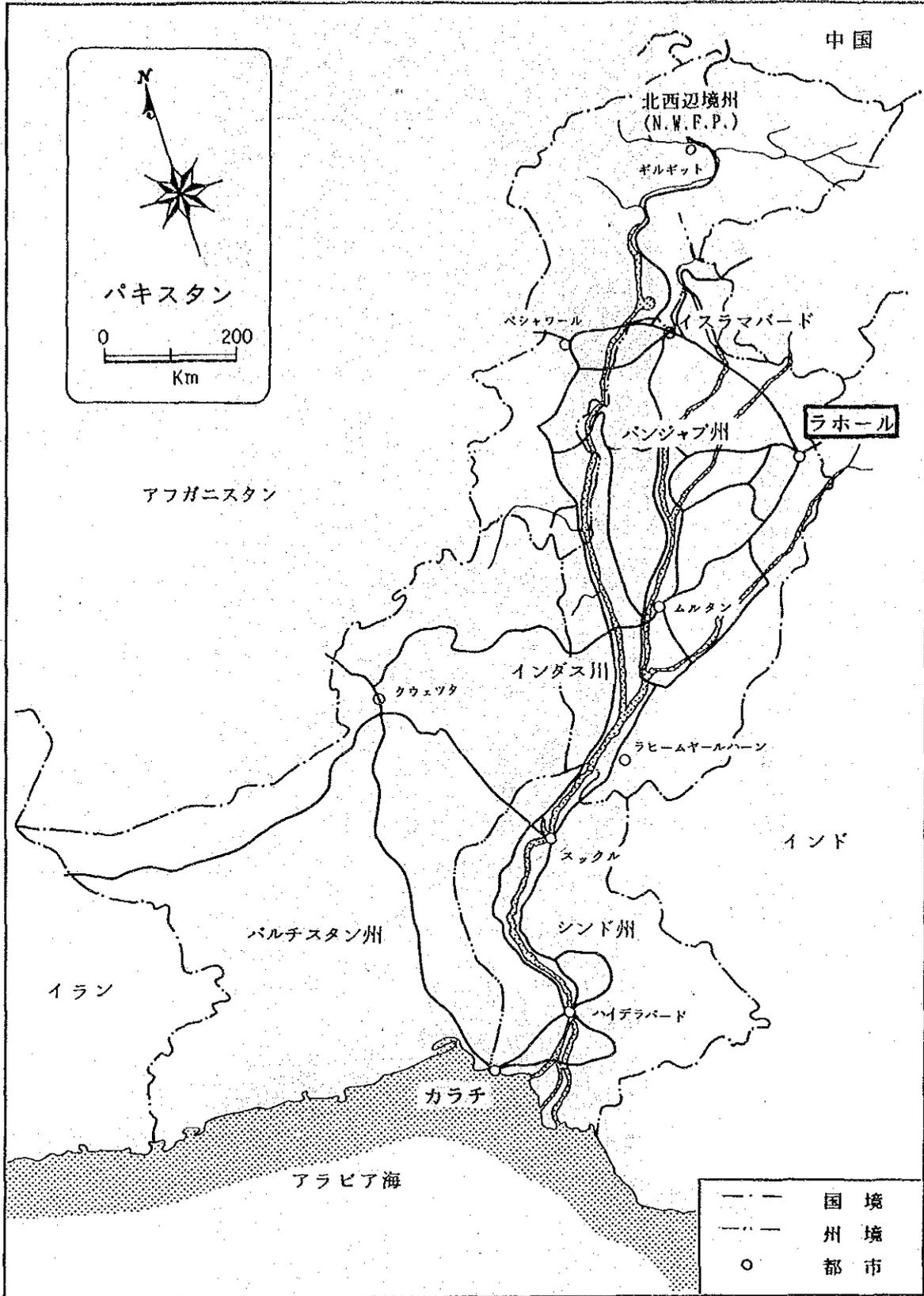
調査団はパキスタン国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、
帰国後の国内作業、ドラフト・ファイナル・レポートの現地説明を経て、ここに本報告書完成の
運びとなった。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役
立つことを願うものである。

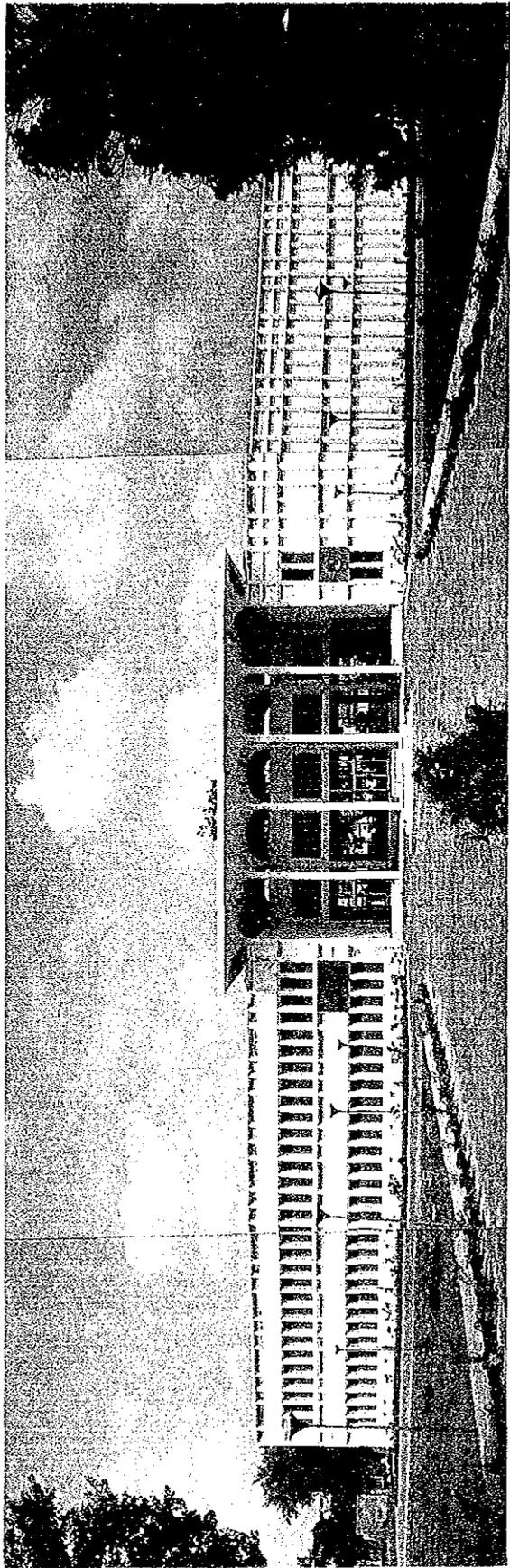
終りに、本件調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するも
のである。

平成元年12月

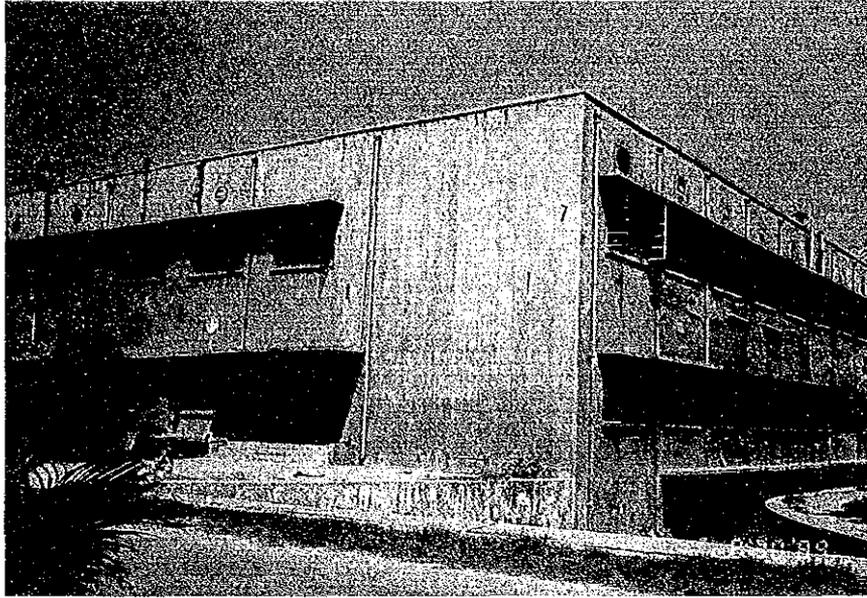
国際協力事業団
総裁 柳谷謙介



パキスタン回教共和国 (ラホール研究所所在地)



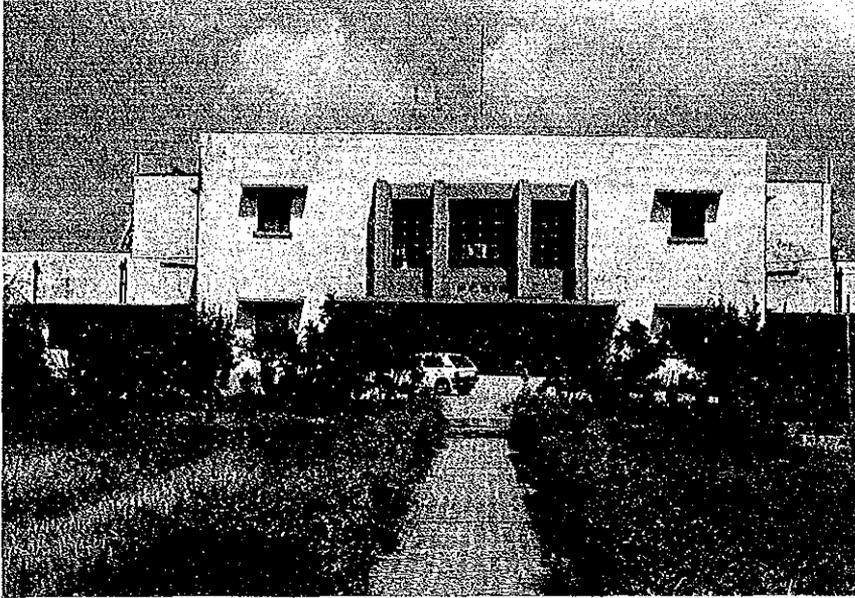
工業技術院 (PCSIR) ラホール研究所



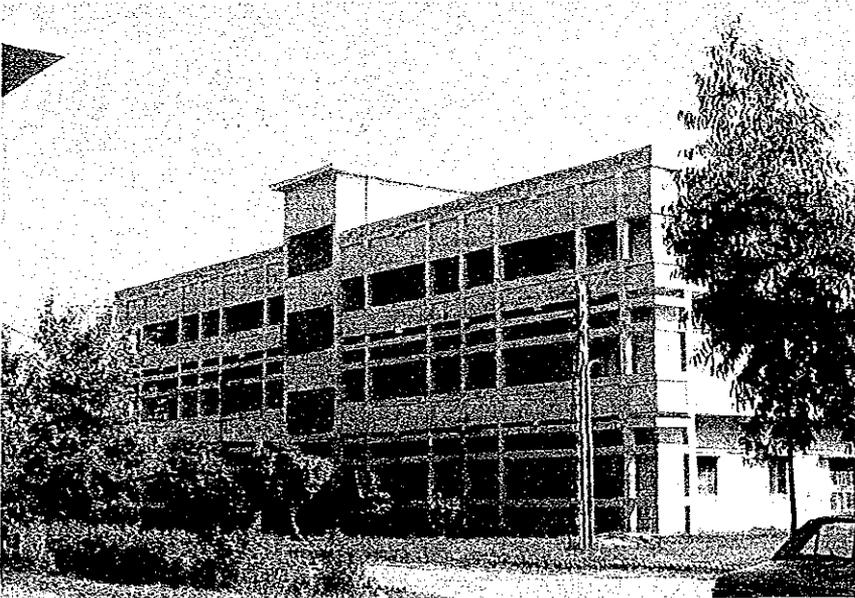
食品・発酵部門研究棟



応用化学部門研究棟



鉱物・冶金部門研究棟



ガラス・セラミックス部門研究棟

要 約

要 約

パキスタン回教共和国では、産業、雇用、貿易、流通の何れの分野においても農業の占める割合が最も大きく、農業生産の動向が同国の経済を大きく左右する。一次産品の輸出と石油・工業製品の輸入を中心とする貿易構造は、同国の国際収支を不安定なものとしている。このため、同国は鉱工業分野の近代化と発展を目指した政策を重点的に推進している。特に、自国の資源を有効利用して鉱工業分野の振興を図り、輸入代替ひいては輸出可能な製品を自国で生産し、外貨収支の改善を図ることは同国の重要課題である。こうした状況下、パキスタン政府は同国全体の技術水準の向上が必要であり、研究者の育成、確保が不可欠と考え、研究・教育施設の拡充と質的向上の必要性を強く認識している。

パキスタン工業技術院(Pakistan Council of Scientific and Industrial Research、以下 PCSIR と略す)は1953年に工業技術の研究・開発、特に国内産の鉱物資源、農産物を原材料とした地場産業の振興のための工業化の研究や地場産業の指導・支援を目的として設立された。現在では、傘下に8研究所と1研修センターを持ち、総勢 3,000名、うち研究者 900名を有するパキスタン最大の研究・開発機関である。ラホール研究所は PCSIR傘下8研究所の中でもカラチ研究所とともに最も歴史のある大規模な総合研究所であり、パキスタンの科学技術の発展に対する要望に応えるべき存在にある。同研究所は PCSIR設立の趣旨に沿い地場産業の育成に注力しており、食品工業分野の研究開発、繊維産業用染料・顔料の開発、ガラス・陶器工業用技術の研究、植物ベースの薬品開発、鉱物資源の選鉱方法の改良など極めて地域の生産活動に密着した研究活動を行っている。しかしながら、研究機材の大半は老朽化が著しく、近年の多様化、専門化、高度化する研究活動を行えない状況にある。すなわち、必要機材の導入はもとより、既存の基礎研究用機材の更新も十分にされておらず、研究成果を挙げ難い状況にある。

かかる状況に鑑み、パキスタン政府は我が国に対して PCSIRラホール研究所の機材整備計画に関する無償資金協力を要請越した。これに対して我が国政府は基本設計調査の実施を決定し、国際協力事業団無償資金協力計画調査部の佐野美則調査役を団長とする調査団を、平成元年8月18日より9月4日までパキスタンに派遣し、現地調査を実施した。この期間中、同調査団はパキスタン政府関係者、ラホール研究所との協議および現地調査を行い、同国の研究開発活動の現状、本計画の実施体制、本計画実施による効果および我が国の無償資金協力案件としての妥当性等を調査し、パキスタン側との業務分担範囲についての確認を行った。調査団は帰国後、解析、検討を加え最適な機材の選定、事業費の積算、実施計画の策定を行った。さらに、同調査団は平成元年10月22日より11月1日まで、本計画に係る基本設計調査ドラフト・ファイナル・レポートのパキスタン政府関係者、ラホール研究所への説明のため同国に派遣された。

要請の内容は、ラホール研究所の4研究部門（食品・発酵、応用化学、鈹物・冶金、ガラス・セラミックス）の研究機材 232品目であったが、現地調査において同国政府関係者より機材 133品目の追加要請がなされた。

各部門別の要請機材について、研究内容との整合性、技術レベル、維持管理体制などを考慮し、必要かつ最適な機材が選定された。その結果、本基本設計調査で選定された機材数は、152品目となった。各部門別の品目数と主要な機材は下表のとおりである。

研究部門別機材品目数

研究部門	品目数	主要機材名
食品・発酵	62	発酵槽・低温培養器、恒温浴培養装置、回転式麹製造設備、アミノ酸分析計、果実硬度測定器、噴霧乾燥機等
応用化学	59	GC-質量分析計、フーリエ変換核磁気共鳴装置、液層化学反応装置、フーリエ変換赤外線分光光度計、溶剤抽出装置、旋光分散計、ガスクロマトグラフ等
鈹物・冶金	15	X線マイクロアナライザ、高周波プラズマ発光分析装置、高周波溶解炉、万能試験機等
ガラス・セラミックス	16	熱間曲げ試験機、耐火物高温荷重軟化試験機、走査型電子顕微鏡、サーモビジョン、三層温度勾配炉等
合計	152	

パキスタン側での本計画の実施機関は PCSIRである。本計画に必要な事業費は総額約 11.91億円（日本側負担分、約 11.86億円、パキスタン側負担分、約0.05億円）と見込まれる。また、工期は両国政府間の交換公文（E/N）締結後、実施設計 2.5ヵ月、入札業務 1ヵ月、機材の設計・製作 5～6ヵ月、輸送 1.5ヵ月、据付工事 2.5ヵ月などを経て、全体で13ヵ月を要する。

本計画で新規に導入される機材の維持管理については、既存の機材の維持管理を含めて総合的に行なわれる必要がある。このため、同研究所のワークショップを含めた一般サービス部門と管理部門の倉庫係よりなる維持管理体制を最大限に利用しつつ、定期的な点検・保守、機材部品および消耗品の適確な補充を効率的に実施することが肝要である。導入機材には約2年分のスペアパーツが考慮されているが、機材を支障なく継続使用して行く上で、用役使用量の増加と消耗品、修理用部品費、修理労務費などの出費が増えるので、パキスタン側はこれに対して適切な予算措置を講ずることが必要である。本計画の実施により必要と見込まれる機材の年間維持管理費は約550万ルピーである。PCSIRは1990/91年度以降年間1,000万ルピーを新規導入機材の維持管理費および旧設備の更新費用として計上する計画を立てている。

本計画が実施された場合、次の様な効果が期待される。

- ・ 科学技術分野の研究・開発の進展、技術水準の向上
- ・ 産業界の発展、生産性向上に対する研究成果の寄与
- ・ 今後同国の産業界の発展を担う、現在海外留学中の若手研究者・技術者に対する帰国後の研究活動の場の確保
- ・ 先進国からの技術移転の促進と、同国の実状に即する独自技術の開発に対する貢献

パキスタンにおける最大の研究開発機関であり、産業界のニーズに合致した研究活動に携るPCSIR ラホール研究所に対する本計画の実施は、単に同研究所の活動を促進するだけでなく、パキスタン全体の科学技術水準の向上と産業界の振興に貢献するものである。その社会、経済への波及効果は非常に大きく、本計画が我が国の無償資金協力のもと実施される意義は高いと判断される。

なお、パキスタン側より日本人専門家の派遣および同研究所の研究員の日本における研修に関する技術協力についての強い要請があったところ、同研究所の研究開発能力の向上に鑑み、本要請を前向きに検討するのが適当と考えられる。

目 次

第1章 緒 論	1
第2章 計画の背景	3
2-1 パキスタンの概況	3
2-2 パキスタン科学技術研究開発の現状	9
2-3 PCSIR の現状	11
2-4 要請の背景と内容	40
第3章 計画の内容	43
3-1 計画の目的	43
3-2 機材選定の基本方針	44
3-3 要請機材の検討	47
第4章 基本設計	57
4-1 設計方針	57
4-2 設計条件	58
4-3 機材計画	59
4-4 機材配置計画	68
4-5 事業実施計画	103
4-6 概算事業費	108
4-7 維持管理	109
第5章 事業評価	113
第6章 結論および提言	115
資料編	
1. 合意議事録	
2. 調査団の構成	
3. 現地調査日程	
4. 面談者リスト	
5. 入手資料	

第1章 緒 論

第1章 緒 論

パキスタン回教共和国（以下、パキスタンという。）では産業、雇用、貿易、流通のいずれの産業セクターにおいても農業の占める割合が最も大きく、毎年の農業生産の動向が国の経済を大きく左右している。したがって、自国の資源を有効利用して鉱工業分野の振興を図り、輸入代替、ひいては輸出可能な製品を自国で生産・製造し、外貨収支の改善を図ることは同国の経済発展にとって極めて重要であり、鉱工業分野の近代化と発展は常に同国の経済構造改革の最重要課題となっている。

パキスタン政府は、自国の工業発展を効果的に推進するためには、国家的な技術水準の向上と研究者の育成が不可欠であるという考えのもと、研究・教育施設の設備の拡充と質的向上に力を注いでいる。なかでも、独立後まもない1953年に発足したパキスタン工業技術院（Pakistan Council of Scientific and Industrial Research、以下、PCSIRという。）は、科学・技術の研究と開発を行ってその成果を産業界に提供する目的で研究活動を続けており、現在では8つの研究所と1つの研修センターに、研究者900名を中心とした3,000名におよぶ陣容を有するまでに拡大発展した。同国の経済成長、産業活動の活発化に伴って、民間および公共企業からのPCSIRに対する期待はさらに高まる一方である。特に近年の科学・技術の研究開発活動は多様化、専門化、高度化し、PCSIRの研究所においても、研究・実験機材の更新と新規導入が必要になってきた。

PCSIRの8つの研究所の中でも最も古く、大規模な総合研究所であるラホール研究所とカラチ研究所は、パキスタンの科学技術の整備・発展に対する要望に応えるべき存在にある。しかしながら、現在の活動状況は必要機材の導入はもとより、既存の基礎研究用機材の更新も十分にされておらず研究成果を挙げ難い状況にある。旧式で老朽化した機材であるが故、スペアパーツの購入も難しく、稼動していない機材も存在する。

かかる背景のもと、パキスタン政府はPCSIRの研究施設の拡充と更新および研究者の質的向上を骨子とした「PCSIR近代化計画」を策定したが、その中でも特に中核の総合研究所であるラホール研究所の研究機材整備計画に対して、我が国に無償資金協力を要請越した。

この要請に応じ、日本政府はパキスタンPCSIRラホール研究所機材整備計画基本設計調査を実施することを決定し、国際協力事業団無償資金協力計画調査部の佐野美則調査役を団長とする調査団を、平成元年8月18日より9月4日まで同国に派遣した。右調査団はパキスタン関係者との協議、ラホール研究所での現地調査を行い、同国の研究開発活動の現状、本計画の実施体制、本計画実施による効果および我が国の無償資金協力案件としての妥当性等について調査を行った。

また、機材の維持管理体制、機材設置場所についての確認も行った。右調査団の構成、日程は添付資料に示した通りである。

右調査団は帰国後、事前調査、現地調査および収集資料の検討・解析を行い、本計画の目的、位置づけ等を明確にし、機材規模の決定、機材内容の選定、事業費の概算、実施計画の策定を行った。

本報告書において、上記経緯に基づき基本設計を行った結果を取りまとめて報告する。

第2章 計画の背景

第2章 計画の背景

2-1 パキスタンの概況

2-1-1 自然環境

(1) 地 勢

パキスタンはインド亜大陸の西端に位置し、西はイラン、アフガニスタン、北はソ連、中国、東はインドに接し、南はアラビア海に臨んでいる。東西に約 885km、南北に 1,600kmの広がりを持ち、国の総面積は約 796,000km²（日本の約2.25倍）である。国土は、北部の山岳地帯とインダス河流域を中心とする平原地帯とから成り、北東部にヒマラヤ山系のK-2を主峰とするカラコルム山脈とヒンズークシ山脈が連なり、西部にはバルチスタン高原が広がり、国土の中心を南北にインダス川が流れ、南のアラビア海に注いでいる。緯度は北緯23度30分から36度45分で亜熱帯に属するが、高温乾燥していて特に南部と西部地方は砂漠地帯となっている。同国の心臓部のパンジャブ地方はインダス川の4支流（北からゼルム、チェナブ、ラビ、サトレジの河川）に囲まれた沖積平野で同国の最も重要な農業地帯となっている。

(2) 気 候

気候は、ほぼ3つの型に分けられる。北部の山岳地方は高山気候である。中央部のパンジャブ地方は亜熱帯夏雨気候で、夏はモンスーンの影響で高温となり、雨が降る。冬期は涼しい。南部は、南東部のシンド地方とタール砂漠・南西部のバルチスタンと共に、砂漠の乾燥した気候である。植生は、山岳地方の常緑樹林から低地に向けて熱帯性の低木に変化し、タール砂漠に近づくにつれて半砂漠から砂漠となる。季節は、夏期が4月から10月まで続き、その間にモンスーン期が7月から9月まで入り、冬期が11月から3月まで続くという季節変化を示す。パキスタンはインド亜大陸全体で最も雨量の少ない地域であり、年間降雨量は平均して 200～300 mmしかない。

2-1-2 社会環境

(1) 人口と民族構成

パキスタンの総人口は約10,680万人（1989年現在推定）で、平均人口密度は約 134名/km²である。州別ではパンジャブ州が最も多く 6,050万人、シンド州は 2,420万人、北西辺境州（NWFP）は 1,400万人、バルチスタン州は 540万人、そして連邦政府直轄部族地域が 270万人

であり、この他にアフガン難民が約 500万人いるといわれている。パキスタンは多数の民族が集って一つの国家を形成している。各民族にはそれぞれ独自の地理・言語の境界がある。主要な4民族は、パンジャブ州にパンジャブ人、シンド州にシンド人、バルチスタンにバルーチ人、北西辺境州にパシュート人というように概ね4州に対応している。

(2) 言語

1973年、憲法においてウルドゥ語が公用語とされた。しかしながら、パンジャブ州（州都ラホール）ではパンジャビ語、シンド州（州都カラチ）ではシンディ語、バルチスタン州（州都クェッタ）ではバルチ語、北部辺境州（州都ペシャワール）ではプシュツ語が日常語として使用されている。英語は依然として準公用語として高等教育を受けた者を中心に日常使われている。

(3) 宗教

イスラム教が国教で、国民の96%がイスラム教徒である。残りはキリスト教徒が約2%、ヒンズー教徒が1.6%、その他仏教徒、パーシー教徒（拝火教）などの少数グループがある。

(4) 政治

パキスタンは、1947年8月14日、旧宗主国であった英国から独立し、イスラム教義に基づく連邦共和国国家を建国した。議会は上院・下院から成る二院制である。パンジャブ州、シンド州、バルチスタン州、北西辺境州に4州と連邦直轄地域などから構成する連邦制国家であり、首都はイスラマバードである。各州には知事、首席大臣、内閣、州議会がある。

2-1-3 経済および産業

(1) 経済

1960年代には目覚ましい発展を遂げたパキスタン経済も、1970年代に入ると、第1次石油危機（1973年）を契機とする国際環境の悪化、農業の不振など、多くの困難に直面した。1970年代後半から1980年前半にかけて経済も回復し、1983年に開始された第6次5ヶ年計画（1983/84年度～87/88年度）では目標経済成長率 6.5%を達成した。パキスタンの国民総生産（GNP）および国内総生産額（GDP）は表2-1に示すとおりである。

1987/88年度のパキスタンの GNPは約 7,170億ルピーで同年の1人当たり GNPは 6,252ルピー（345米ドル）である。この数値は南西アジア諸国の中では最も高く、インドの 1.4倍、バングラデシュの 2.5倍である。ただしパキスタンの場合、第1次石油危機後に急増した中東諸国等への出稼ぎ労働者による本国送金が、かつては国民総生産の10%程度を占めていたが、近年

表2-1 パキスタンの国内総生産額

(単位：百万ルピー)

	1986/87		1987/88	
		伸び率(%)		伸び率(%)
GNP (名目)	644,638	9.5	716,963	11.2
1人当りGNP(ルピー)	5,783	6.4	6,252	8.1
<u>産業別GDPの構成</u>		(シェア：%)		(シェア：%)
農業	20,224	24.8	21,124	24.5
鉱業	510	0.6	548	0.6
製造業	15,991	19.6	17,201	20.0
建設	4,512	5.5	4,820	5.6
電気・ガス	2,859	3.5	2,927	3.4
運輸・通信	5,960	7.3	6,322	7.3
商業	12,094	14.9	12,836	14.9
銀行・保険	2,458	3.0	2,508	2.9
住宅	2,876	3.5	3,028	3.5
政府・国防	8,186	10.1	8,715	10.1
サービス	5,757	7.1	6,137	7.1
合計	81,427	100.0	86,166	100.0

出典：パキスタン統計年鑑 1988

は中東諸国の経済不振のためその送金が急激に減少している。

(2) 貿易

パキスタンの輸出は、その商品別構成をみると、米、綿、原皮を中心とした一次産品が輸出総額の約34%を占めている。近年は野菜、果物、魚介類などの輸出も増加傾向にある。工業製品の輸出のうち主なものは綿製品（綿糸、綿布、タオルなど）、カーペット、衣料品、皮製品など労働集約的な軽工業品である。とくに、伝統的輸出品である原綿、綿糸、綿布の3品目が輸出の約3分の1を占めている。

輸入は石油・石油製品を中心とした工業用原材料が45.5%、機械、電気機械、運送機器などの資本財が36.5%、小麦、紅茶、食用油などの消費財が18.0%を占めている。最近の傾向としては、消費財用の工業原材料の輸入が減少し、資本財、消費財の輸入が増加傾向にある。

パキスタンからの輸出先は、1985/86年度までは米国が第1位を占めていたが、1986/87年度では日本が10.9%、米国が10.2%、英国が7.2%となっており、伝統的に綿関連産品を西欧先進国が輸入している。輸入元も1986/87年度には、前年度に引続いて日本が1位で16.3%、次いで米国が11.0%、西独7.5%、クエート7.4%、英国6.6%などとなっている。

(3) 産業

— 農業

パキスタンは独立後工業化を進めて来たが、表2-1に示したごとく、産業の中心は農業部門である。1987/88年度の農業のGDPに占める割合は24.5%であるが、農業の就業者は全就業者の50%を占めている。農耕地の大部分は乾燥灌漑農業地帯に属し、パンジャブ州およびシンド州の灌漑の整備された地帯に集中している。ここでの主要作物は、小麦、綿花、米、砂糖きび等で、綿花および米は伝統的に重要な輸出品となっている。換金作物としての綿花の生産量が病虫害等により減少すると、その影響が直ちに輸出用撚り糸(yarn)や布地の生産減となって現れる。その他の農産物としては採油用種子、大麦、豆類、タバコがある。また畜産業も盛んである。家畜は農耕における動力や物資の運搬手段あるいは羊毛や皮革などの工業用原料として利用されてきたが、食肉、卵、乳製品などの生産を目的とした飼育も増加している。

— 製造業

パキスタンの工業は現在でもかなり農業に依存した構造をもっている。同国最大の工業である繊維工業をはじめ、製糖、食用油脂、タバコ、ジュート、皮革などの工業はすべて農産物をベースとした加工工業である。これらは国内農産物市況のみならず国際農産物市況にも影響を受けるところが大きく、他の加工工業と比べると安定度に欠く傾向にある。

一 鉱業

石炭、石油、天然ガス、鉄鉱石、クロム鉄鉱、石膏、石灰、珪土を産出するほか、商業ベースで採掘可能な銅、マンガン、ボーキサイト、燐鉱脈の存在が明らかにされている。パキスタン政府は、地下資源の探査、開発および鉱物産品の製錬技術の開発に特に熱心である。

2-1-4 国家経済開発

(1) 第7次5ヶ年計画

パキスタン政府は第6次5ヶ年計画に引き続き、国家経済開発のために第7次5ヶ年計画を策定した。なお、6次計画との継続政策として、民間の経済活動の活性化、それを担う人材の育成、新技術の開発に、特に力点を置いている。第7次5ヶ年計画（1988/89～1992/93年度）の主要なポイントは以下の通りである。

- ・7次計画期間中のGDP成長率は6.5%を目標とする。
- ・期間中の支出規模は6,420億ルピーで、6次計画実績値の38%増とする。
- ・内訳は、公共部門支出が3,500億ルピー、民間部門支出が2,920億ルピーで、民間部門の比重を重視する。
- ・政府による年次開発計画支出は900億ルピーで、エネルギー部門、教育部門、人口計画を重視する。
- ・外国援助への依存度を軽減し、期間中の外国援助額を960億ルピーに抑える。（第6次計画期間中の援助額は1,160億ルピー）
- ・農産物輸出促進、食糧輸入抑制のため、第7次計画の最終年の小麦生産余剰を13%、米71%、メイズ17%を達成するほか、食用油の輸入を大幅に抑制する。
- ・石油輸入を国内需要の60%に抑える。
- ・地方開発財源として、地方地租を賦課する。
- ・出稼ぎ送金の減少、対外借り入れ支払金利負担増を考慮し、輸出の年平均伸び率を9.6%とし、輸入の伸び率を年平均4.6%に抑える。
- ・600万人の雇用創出のため、国家的雇用戦略を策定する。

(2) PCSIR 近代化5ヶ年計画（1988-1993）

パキスタンの順調な経済発展に伴い、民間企業および公共機関からのPCSIRの各研究所への期待も高くなり、研究内容も高度化してきた。こうした環境のもと、研究用機材の調達、老朽化機材の更新、および研究員の能力向上はPCSIRにとって極めて重要な問題となってきた。PCSIRは、政府予算により管理運営されているが、予算の不足により、研究活動に必要な研究機材が確保できない。このため、計画された研究活動に支障をきたす状況となってきた。

以上の状況に鑑み、また政府の第7次5ヶ年計画に呼応し、PCSIR は1988年より始まる「PCSIR 5ヶ年計画1988-93」(Five Year Plan of PCSIR for 1988-93)を作成した。

このPCSIR 5ヶ年計画の要点は次の通りである。

1) 科学技術の重要性が増す現在、研究所の機材の近代化および人材の育成のための資金を確保する。

第6次計画期間中、PCSIR の予算は承認額(5億100万ルピー)の34%(1億7,000万ルピー)しか実際には支出を認められなかった。このため、新規機材の購入は思うようにならず、現有の研究機材の保守費にもこと欠くほどであった。今回のPCSIR の5ヶ年計画では24億3,600万ルピーを確保し、

- ① 新しい研究所の設立
- ② 新規研究機材の購入
- ③ 研究員の能力向上
- ④ 既存研究所での研究員用住居の新設

を実施することを計画している。

2) 特に、上級研究者に充分の活動を期待するには、機材、施設を整備し、良い研究環境を提供することはもとより、合理的給与体系、研究実績への具体的評価、居住環境、医療施設等の準備もしなければならない。特に住宅問題は急務であり、唯一の解決策は研究所敷地内に住宅を建設することであると提案している。

3) 1960年代、70年代に育った研究員は数年のうちに第一線を退く見通しである。研究活動の継続性、PCSIR の活性化の面からも若手研究員の育成は重要課題である。

以上のように、PCSIR 5ヶ年計画は研究機材の更新、若手研究員の育成、研究員の生活環境整備に力点を置いている。

2-2 パキスタン科学技術研究開発の現状

パキスタン政府は第6次5ヶ年計画（1983/84～1987/88年度）以来、科学技術の振興、特に自立した科学技術の研究、自国の国民的、社会的、資源環境的ニーズに合致した実際の応用技術の開発に傾注している。第7次5ヶ年計画でも引続きこの方針を堅持し、このための有為な人材の育成に特別の財政措置を講じている。具体的には、第6次計画の後半の2ヶ年間で700人の若手研究者・技術者を自国の費用で欧州、米国、豪州等の西欧先進国に派遣している。第7次計画でも、合計約1,000人の人材を先進国での研修、学位取得のため派遣する計画であり、初年度実績として300人を派遣した。欧米先進国での研修分野は極めて多岐にわたっている。例えば医学部門（特にガン研究）、バイオテクノロジー、ミクロ組織分野、半導体物理、海洋学、宇宙分野、高度通信分野、コンピュータ等である。充実した学習と研修を修めた技術者・研究者なしでは、国の工業化達成は不可能とのパキスタン政府の確固とした信念に基づく施策である。将来、これら海外留学研修者が帰国して国内で充分活躍できるように、新分野の研究を行うために、レーザー光線研究所、光ファイバー通信研究所を新設する計画である。これらの新設研究所を設立し帰国研究員を吸収すると同時に、既存の大学研究室や国立研究所を充実し、研究開発の活動の場を準備し、日々の研究活動を通して国の科学技術開発の向上に貢献することを計画している。

これら科学技術研究開発の方針を策定しているのは科学技術省（Ministry of Science and Technology）である。同省は1972年に教育省から独立した歴史の浅い省であるが、パキスタンの科学技術のかなりの部分を監督し、行政的に指導している。同省設立以前より存在する各省（工業省、通信省、農業省、生産省等）の傘下の研究開発機関はそれぞれの省の監督・指導のもと研究開発に従事している。また原子力関係の研究は、その特殊な性格上、首相直轄の原子力委員会が主管している。

科学技術省傘下には次の研究機関がある。

- Pakistan Science Foundation（下部機関としてPakistan Scientific Information Centre, Technology Information Pilot System, National History Museum）
- Pakistan Council of Scientific and Industrial Research (PCSIR : 傘下に8研究所と1研修センター)
- Pakistan Medical Research Council（傘下に13の医療研究所）
- Council for Works and Housing Research（傘下にNational Building Research Institute）
- Pakistan Council of Appropriate Technology
- Pakistan Council of Research in Water Resources（傘下にDesertification Monitory Unit, Drainage Resolution Institute of Pakistan）
- National Center for Technology Transfer
- National Institute of Silicon Technology

- National Institute of Electronics
- National Institute of Power
- National Institute of Oceanography

以上の研究機関の名称より推察されるように、パキスタンの科学技術の研究は、原子力研究のような特殊なものを除き、科学技術省下に一元的に集約させようという意図が表われており、特に新規分野の研究開発は同省の下に集約されつつある。

科学技術省は1972年設立の歴史の浅い省であり、省としての組織も大きくはない。次官以下、高級文官約20名および高級技官もほぼ同数、その他の職員が50～60名で合計約100名の陣容であり、ますます重要性を増す科学技術行政を効率良く指導している。

2-3 PCSIR の現状

2-3-1 PCSIR の概要

(1) 沿革

PCSIR は1953年に工業技術の研究・開発、特に国内産の鉱物資源、農産物等の原材料を使用した地場産業の振興のための工業化の研究および地場産業の指導・支援を目的として設立された。設立当時は現在の監督官庁である科学技術省は存在せず、工業省の下にあったDepartment of Scientific and Industrial Research がその前身であった。国内産資源の利用技術開発と地域産業界への貢献というPCSIR の設立の趣旨にのっとり、同国内の主要都市、地域にそれぞれの地域の特色を反映して、カラチ、ラホールの総合研究所をはじめ、ペシャワール、イスラマバード、クエッタ、ハイデラバートに研究所が設立された。

PCSIR は、現在傘下に8研究所と1研修センターを持ち、総勢約 3,000人の陣容であり、うち研究者 900人を有するパキスタンでも最大の研究・開発機関である。

PCSIR の監督官庁は科学技術省であるが、実質的には最高方針決定機関として Council (審議会) があり、年2回の定例審議会で PCSIRの研究活動、研究の支援体制、研究者および補助要員の待遇、福祉厚生等の主要事項を決定している。PCSIRの組織は図2-1のとおりである。

(2) PCSIR の活動

設立当初は基礎科学と応用技術研究開発の両分野の研究を行っていたが、1970年代に応用技術研究へと活動の重点を移す方針が打ち出され、産業界へのより直接的貢献を目標とすることとなった。審議会にも民間企業の代表が加わり、PCSIRの活動も産業界と結びついた分野へと移行してきた。現在では、PCSIRの活動は国の産業活動のほとんど全ての分野を網羅している。

PCSIR の活動分野として、通常の科学技術研究開発のほか、パキスタンの上級研究者・中級技術者の研修事業の役割も負っている。具体的には、他の研究機関と協力して、上級研究員の育成に注力している。PCSIRの各地の研究所の上級研究員の指導・監督のもと、修士の学位を取得した者は約 400名、博士の学位を取得した者は76名にのぼる。先進国で博士および修士の学位を取得するための膨大な費用を考えると、この面での PCSIRの国家への貢献は甚大なものである。PCSIR としては今後ますますこの研修分野の活動にも注力し、高度科学技術の研究分野での外国への依存度を減らすことを図る方針である。

(3) 外国との関係

PCSIR は創立以来、外国機関との提携関係の強化に尽力している。中央条約機構科学連絡会

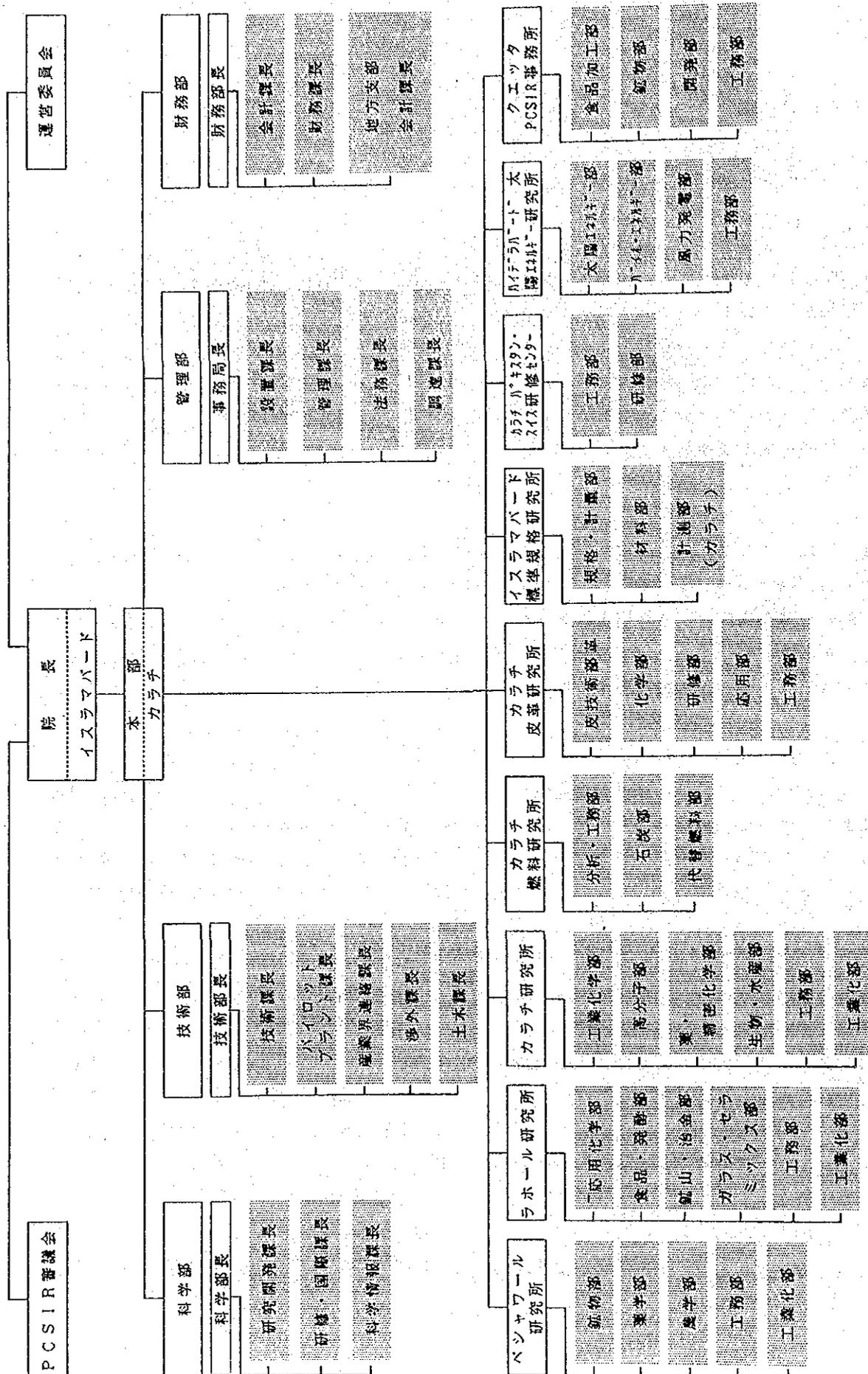


図 2-1 PCSIR の組織図

(Central Treaty Organization Scientific Coordination Board)の同盟国内専門家交換プログラムや共同研究開発に積極的に関与してきた。その一環としてカラチ研究所内に毒性菌類学の同機構内地域研修センター (Regional Training Centre on Mycotoxins) が設置された。また米国デンバー研究所と1979年に提携関係を結び PCSIRの中堅管理者層の能力開発および共同での科学研究開発の強化を図った。カラチにあるパキスタン・スイス研修センターは (Pak Swiss Training Centre)は1966年スイス政府の協力で設立され、現在も産業界の要望に応え、工業電子分野、視力測定法分野、精密機械分野、計装分野、金型設計製作分野等で必要な人材を育成している。カラチにある燃料研究センター (Fuel Research Centre) の研究機材は USAID により供与された。ラホール研究所の繊維機械の改良プロジェクトはカナダの協力により進められている。マレーシアとはパーム油の研究を共同で行っている。

皮革研究所 (Leather Research Centre-Karachi)にはJICA派遣の専門家が1981年5月から1984年5月まで3年間滞在し、皮革の処理技術の研究を指導した。

このように PCSIRは日本をはじめアメリカ、スイス等先進国との協力関係を促進する一方、発展途上国との共同研究にも熱心である。

2-3-2 ラホール研究所

(1) ラホール研究所の概要

ラホール市はパンジャブ州の州都で、人口約 6,000万人の行政の中心であり、歴史の古い産業・商業・文教都市である。ラホール市は人口も 300万人とカラチに次ぎ同国第2の大都市であり、そこに1954年設立されたラホール研究所は PCSIRのなかでカラチ研究所（1953年設立）とならぶ総合研究所である。

PCSIR 設立の趣旨にのっとり、同研究所は地場産業の育成に注力しており、食品工業分野の研究開発、繊維産業用染料・顔料の開発、ガラス・陶器工業用技術研究、植物ベースの薬品開発、鉱物資源の選鉱方法の改良等、極めて地域の生産活動に密着した研究開発を行っている。さらに、中小企業の中級技術者の再教育、中小企業の生産工程の品質管理指導、工程上の障害についての解決策の指導・相談等も同研究所の活動の一環である。

ラホール研究所は、ラホール市の中心より南約 5 kmの、市内であるが閑静な地域に位置し、敷地面積は59エーカー（約24ha）である。

食品・発酵、応用化学、鉱物・冶金、ガラス・セラミックスの4研究部門を中心に工業化部門、一般サービス部門、管理部門の支援部門より構成されている。同研究所の組織を図2-2に示す。

ラホール研究所の人員構成は次のとおりである。

人 員	総 計	569名（うち研究員 233名）
内 訳	・応用化学	144名（ " 76名）
	・食品・発酵	85名（ " 53名）
	・鉱物・冶金	78名（ " 43名）
	・ガラス・セラミックス	80名（ " 30名）
	・工業化	34名（ " 21名）
	・一般サービス	72名（ " 10名）
	・管理・会計・倉庫	76名

研究者のなかには、欧州、米国、豪州に留学して博士および修士の学位を取得した人も多く、研究者の質も高い。研究テーマの内容も時代の流れを反映したもの、産業界の要望に合ったものが多く見受けられる。

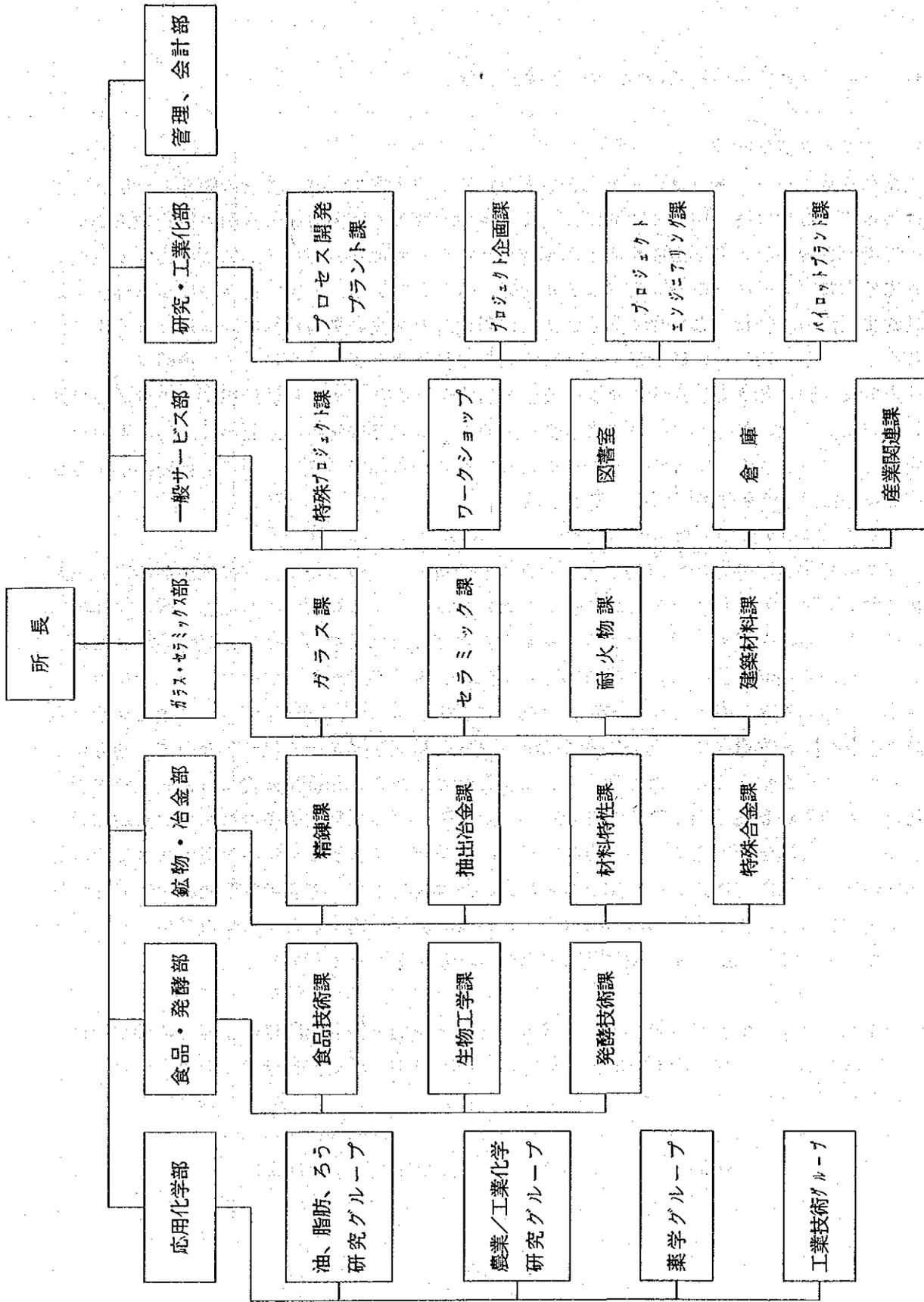


図 2-2 PCSIR ラホール研究所組織図

(2) ラホール研究所の研究内容

1) 食品・発酵部門

食品分野：パキスタンは、その大きい人口と高い出生率により、食糧の輸入に支払う費用は毎年莫大な額に達している。したがって、悪い貯蔵条件下でおこる食糧の微生物汚染による損失や食糧の品質低下を防ぐことが重要な研究テーマになっている。特に微生物の生産する毒性物質（マイコトキシン）の研究が活発に行われている。一方、経済の成長に伴い、伝統的食生活の近代化が進行中であり、これに対応した食品の製造技術の開発にとりこんでいる。なかでも、瓶詰や缶詰食品のような従来型の保存食品より一歩進んで、濃縮ジュース、乾燥野菜、粉末化食品、インスタント食品の研究に力を注いでおり、地場産業の育成を目指している。また、低コレステロール食品、低カロリー食品などの健康食品についても研究を開始している。豆もやしのような同国にとって新しい食品の導入についても強い関心をもち、研究を開始しようとしている。

発酵分野：この分野は農産物や農産廃棄物を原料とし、微生物により付加価値の高い生産物を製造することを目的としている。パキスタンは早くから東欧で最も発酵技術の進んでいるチェコスロバキアに多数の研究者を送り、先進国の水準に追いつこうと努力してきているが、発酵乳製品、食酢などの伝統的工業を除き、工業原材料としてのアルコール生産、抗生物質（ペニシリンG）生産などが行われているにすぎない。この原因は、同国に発酵食品が少なく、また、先進国では発酵工業の基盤となった酒類工業が全く無かったので、業界からの駆動力が働かなかつたためと考えられる。しかしながら、発酵生産物には、食生活の近代化と関係の深い食品の加工に欠かせないものが多く、今後本部門の役割は大きい。現在は乳酸のような有機酸の製造や、特に食品加工と関係の深いデンプンやタンパク質の各種加水分解酵素の生産技術開発に力を注いでいる。また、廃棄物を利用して茸の生産研究や、発酵の技術がそのまま応用できる植物組織（カルス）の培養技術を用い、有用植物の多量生産の研究も実施しており、高度バイオ関連技術開発の足掛りにしようとしている。

以上述べたように、同国の国内的背景のもとに、食品・発酵部門は産業界と密接な連携を保ち、国内的ニーズに合致した研究を実施している。なお、研究テーマとその内容は表2-2に示すとおりである。

表 2 - 2 食品・発酵部門の研究内容

分野	研究テーマ	研究内容
食糧貯蔵と品質管理	果物の鮮度維持	輸送間の取扱の標準化 包装の適性技術 貯蔵中の品質低下の防止 微生物汚染の防止
	ジャガイモの貯蔵中の変質管理	ジャガイモの変質に影響する諸因子の検討 品質の安定法の開発
	穀類の虫害損失の管理	殺虫効果のある植物の乾燥葉粉末および樹皮、その濃厚水抽出液を用いての貯蔵試験
食品加工と包装	直ぐ食べられる果物菓子の製造	貯蔵性のある乾燥果物片や棒状果物の製造 大衆に根をおろした簡単な技術の開発
	人間の栄養のためのもやしの製造	発芽中の栄養価値変化の追跡 栄養を高めるために、もやしの食物への導入
	肥満者のための低カロリー食品の調製	低カロリー食品の調製 食品の化学分析 食物の生物学的および臨床的評価
	からす麦の製粉の研究	からす麦を食品に導入するための製粉技術
	低水分又は乾燥肉製品の生産	乾燥法の比較と種々な肉製品についての栄養面からの評価
	食品および加工食品の包装	包装技術と材料の開発

分野	研究テーマ	研究内容
食糧および飼料の品質検査	食糧の飼料のマイコトキシン	アフラトキシンの化学的方法による脱毒性と家禽に対する供与試験
	食品中の無機物に関する研究	食品に混入した重金属や食物中の必須無機物の不足の人間の健康に対する影響
	食品中の着色物質	食品中の着色物質の分別と同定 パキスタン食品中の着色物質の監査
応用生化学	動物組織よりの工業用酵素の生産	動物膀胱組織よりのトリプランの抽出と分別 動物の胃よりのペプシンの抽出
	肉および家禽工業の副産物よりの蛋白濃縮物および加水分解物の生産	羽、皮、消化管などよりのタンパク質濃縮物の生産 動物の栄養価を高めるため、あるいは家禽の飼料に使用できる消化性の良いタンパク分解物の生産
	乳酸の生産	乳酸を生産できる微生物の選択 分離した菌株の代謝活性と菌株間の共生
発酵工学と生物工学	バチルス属菌によるプルナーゼの生産	プルナーゼを生産するバチルス属菌の分離、選別、および同定 振とうフラスコ培養における培地組成の研究
	グルコースオキシダーゼのかびによる発酵生産	アスペルギル属菌、ペニシリウム属菌のようなかびを用いて、振とうフラスコ培養でのグルコースオキシダーゼの生産 本酵素の分離と精製
	グルコン酸石灰のパイロットプラントでの生産	パイロットプラントでのグルコン酸発酵の最適化 発酵した液からのグルコン酸石灰の分離

分野	研究テーマ	研究内容
発酵工学と 生物工学	微生物菌株の 分離と保存	国内での工業的価値のある菌株の純粋分離 重要菌株の凍結乾燥と試験法の確立
	家禽飼料に用いる バチルス・リケン フォルミスの生産す るバチトラシンの 液内発酵での生産	攪拌槽でのバチトラシン生産条件の最適化 発酵した液からのバチトラシンの分離の改良
	再生産できる生物 資源を用いる エタノールの生産	さとうきび圧搾汁を用いるアルコール発酵 セルロース分解酵素の生産 セルロース分解酵素で分解したバガスを用い るアルコール発酵
生物資源 利 用	食用茸の生産	ボタンマッシュルーム生産での堆肥作りの条 件の標準化
	一貫した生物ガス 生産技術	動物の糞、家禽の糞、都市廃棄物、麦わら等 を用いる生物ガス生産 野性植物等を用いる生物ガス生産
	担子菌類による再利 用できる農産廃棄物 の生物分解	異った属の担子菌を用いてのバガスの生物分 解 バガスの最適脱リグニンの条件
	果物工業副産物 および廃棄物の利用	果物工業廃棄物の家禽飼料への利用 果物工業廃棄物から作った飼料の栄養評価
	ひまわりの種子から 食品および飼料の 生産	ひまわり種子の有効利用法

分野	研究テーマ	研究内容
植物組織培養	組織培養による細胞の再生と栄養体増殖	未熟あるいは成熟組織からの細胞増殖 細胞浮遊培養技術による細胞増殖
	鱗茎および球茎植物細胞増殖	浮遊培養法による細胞増殖

2) 応用化学部門

応用化学部門は、国の開発計画に沿って、パキスタンの化学産業発展に必要な研究開発を行ってきており、パンジャブ州の化学工業にも多大な貢献をしている。

同国の化学品、薬品、染料、肥料等の輸入は、近年でも総輸入額の約24%を占めており、これらの輸入代替品の開発と国産化、国内産資源を利用した化学品の研究開発等が強く望まれている。当部門は、これらの目的に合致した研究に力点を置いている。

さらに、化学技術の普及活動、化学会社への技術協力、パンジャブ州の大学の化学系大学院生の育成を目的とした研修も行っている。また化学会社からの依頼を受け、原料や製品の化学分析等も実施しており、化学分析センターとしての重要な役割も果たしている。当部門は、過去に約400編の研究レポートを作成し、約200件のプロセスが同国の化学産業で利用されており、また化学分野での35件の特許も取得している。

このように、応用化学部門は極めて多岐に亘る活動を行い、多大な成果を挙げており、今後の設備の充実とそれによる一層の活動の拡大が期待されている。

当部門の研究分野は、農業・工業化学、油脂化学、植物化学、工業化技術と品質管理、薬品、さらに、パイロットプラント実験等にわたっている。最近の主な研究テーマとその内容は表2-3のとおりである。

表 2-3 応用化学部門の研究内容

分野	研究テーマ	研究内容
工業化学	染料の開発	パフリンを原料としない染料の開発（衣料用として使用）
	フェノール類の製造の研究	芳香族炭化水素からフェノール、2-ナフトール等の製造（染料、樹脂、皮なめし用薬剤、製薬原料として使用）
	p-クロロニトロベンゼンの研究	p-クロロニトロベンゼンの反応の研究とp-クロロニトロベンゼンから2,4-ジニトロフェノール等の製造（染料、薬品原料、その他の化学製品の中間体として使用）
	p-アセタモルの合成の研究	ニトロフェノールからp-アセタモルの合成（鎮痛剤として有用、多数の工程を経ず一段で作れば経済的）
	洗剤の製造研究	炭化水素の分離、塩素化、そしてベンゼンとの反応によるアルキルベンゼンの製造（国産原料からの洗剤製造）
	皮のなめし用化学物品の合成の研究	フェノール類からの皮なめし用有機化学品の合成（輸入している薬剤の国産化を目ざしている。皮製品は重要な輸出品の1つであり皮で試験予定）
基礎化学	液晶の研究	液晶性を持つ物質の調査（応用技術の重要性から文献調査を開始）
	ケトとβ-ケト類の反応の研究	β-ケト類合成の最適条件の研究 pH、温度、濃度等に関して反応条件を変化させる研究

分野	研究テーマ	研究内容
基礎化学	セリ科植物からの精油の研究	抗酸化性の研究 (他の合成抗酸化剤と比較して試験)
	オキサール酸の製造研究	糖蜜と砂糖からのオキサール酸ナトリウム、2エチルオキサレート等のパイロットプラントでの製造研究
	ジエチルエーテルの製造	国産のエチルアルコールからのジエチルエーテルの製造 新触媒開発とプロセス改良(溶剤として利用)
	へびとその毒の研究	各地からへびを集め、その生態の調査、生化学的および薬学的利用また毒の研究
	芳香化学品の製造	国産の芳香品をテルペン油等より製造
触媒と特殊化学品	ニトログアニジンの製造	認可され次第パイロットプラントの建設と試験的生産(殺虫剤、染料、プラスチックの原料等として利用)
	ヒドラジン水和物の合成の研究	ヒドラジンの濃縮とベンチスケールテスト
	硫酸アミノグアニジンの研究	フィージビリティスタディーレポートの作成と小型パイロットプラントの設計
	ナトリウムアジドの合成研究	高純度サンプルの製造 (製造のスケールアップを予定)
	ロジン酸カルシウムの製造の研究	ロジン酸カルシウムの製造装置の設計と建設のための研究

分野	研究テーマ	研究内容
触媒と特殊 化学品	ケイ酸ナトリウムからの化学品製造の研究	ケイ酸マグネシウム、ケイ酸カルシウム-アルミニウム、ケイ酸アルミニウム-マグネシウムの製造
	ニッケル触媒の製造	廃棄物からニッケル触媒の製造（湿式法によるニッケル触媒の製造研究を行ったが、乾式による製法も検討）
	ケン化反応用触媒の研究	油、脂肪のケン化反応に関する各種均一系触媒に関する研究
	接着剤の研究	ビスフェノール類と尿素からの接着剤および樹脂の製造（ビスフェノール類の合成研究も予定）
	電気化学の研究	電解により苛性ソーダ、塩素等の製造（今後は苛性ソーダ用電解セル条件等の研究を行う予定）
植物化学	アカシア科植物の研究	アカシア科植物の化学品原料と飼料としての評価（脂質、たん白質の分析を行う）
	ヤブコウジ科の植物の研究	ヤブコウジ科植物から抽出した物質の抗菌性の研究（抗菌性の調査と他の抗生物質との比較）
	セリ科植物の精油の研究	セリ科から得た精油の分析と実験栽培
	ハッカの生産	ハッカを多く含むミント油からのハッカの生産（輸入を国産で代替）

分野	研究テーマ	研究内容
植物化学	精油の原料調査	各地方の植物から精油を採取する研究と物理化学的評価（芳香剤等の原料として有用）
	トウダイ草科の化学組成の研究	バイオマス、炭化水素が製造可能であるトウダイ草科植物の化学組成の分析とその利用方法の研究
	精油の抗菌性の研究	各種植物から分離した精油の抗菌性の研究（活性組成の分析、活性の動きおよび毒性の研究）
	芳香剤の原料としての植物研究	芳香剤の原料となり得る国内植物の選別
	精油・脂肪酸製造用植物の選別と評価	油類の原料植物の栽培および油脂原料植物の選別
	かたばみ酸製造研究	糖蜜からのかたばみ酸の製造（パイロットプラントでの研究）
油脂化学	油脂原料用資源研究	精油、油脂原料としてのセリ、シュロ等の植物の基礎と応用研究
	米ぬか油の研究	米ぬか油の精製、漂白、水素化、抽出分離研究
	搾油の技術開発	油糧種子からの村規模でできる油生産の技術開発（特に機器に関する研究）
工業化技術と品質管理	高分子化学品類の開発	塩ビ、メラミン、ニトロセルロース、ロジンサイズ剤等の開発研究

分野	研究テーマ	研究内容
工業化技術 と品質管理	品質管理技術開発	殺虫剤、除草剤、植物成長調節剤の品質管理法の標準化、分析法の決定
	工業用水に関する研究	各種水源から採取した水の処理のパイロットプラント実験と湧水の評価
	食用油の品質管理	民間企業に対する食用油と誘導品の分析と助言による品質管理
	有機物中の窒素分析法の開発	クエン酸、酒石酸を還元剤として使用して有機化合物中の窒素分を分析する方法の開発
	純砂糖きびシロップ製造研究	砂糖きびシロップの味覚と香味に関する維持の研究
	化粧品と香水および香料の開発	シェービングクリームの発泡条件と、再現性の研究と、ココナッツからのシャンプー製造研究等

3) 鉍物・冶金部門

パキスタンの鉍物資源は、天然ガス、石灰石、石炭、珪砂、石膏等の非金属鉍物および鉄鉍石、銅鉍、クロム鉄鉍等の金属鉍物が主であり、特に金属鉍物はバルチスタン州に最も豊富である。同国と隣接するイランやインドでは、自国の石油、石炭、鉄鉍石等の主要鉍物資源が工業用に供されているが、パキスタンではそれらの鉍物資源には、品質、埋蔵量とも恵まれていない。同国全土を通して、現在工業用として活用されている鉍物資源は、天然ガス、石灰石のほかクロム鉄鉍が挙げられる程度である。クロム鉄鉍は、高品位を輸出、低品位を耐火物用に利用しており、同国においては現在最も付加価値の高い鉍物資源である。しかし、その他の銅鉍や鉄鉍石等の主要鉍物は、その選鉍技術がパイロット規模で研究されている段階に留まっている。こうした状況のもと、経済発展のために鉍物資源を開発して輸入資源の国内代替を図り、また資源を有効利用して産業の振興を推進することが望まれている。

ラホール研究所の鉍物・冶金部門は1956年に設立され、同国の経済発展の基盤となる産業である鉍業と金属工業を技術的に支援することを目的として、研究活動を実施している。その研究開発のテーマは、鉍物学、地化学、冶金学の基礎的学問を始めとして、さらに選鉍、鑄造、表面処理、製品の開発など産業界に直接その研究成果を寄与できる分野まで広範囲にわたっている。産業界や他の研究開発セクターに対して同部門が実施している具体的な活動は以下のとおりである。

- a) 鉍石の分析と評価
- b) 鉍物資源の開発と生産に関する企業化可能性調査
- c) 鉍物の採掘・選鉍・製錬の操業計画、設備・機材の選定およびその維持管理についての検討と助言
- d) 選鉍のパイロットプラント開発とその公開操業
- e) 鉍物・冶金分野の学生、留学生、企業の中堅技術者のための研修やセミナーの計画
- f) 学位取得や実務研修に必要な設備と機材の提供

このほか、他の研究セクター、大学、企業との共同研究活動も行っている。
鉍物・冶金部門の研究テーマおよび研究内容は表2-4のとおりである。

表 2-4 鉍物・冶金部門の研究内容

分野	研究テーマ	研究内容
選 鉍	浮 遊 選 鉍	低品位クロム鉄鉍の凝集／浮遊選鉍プロセスの開発 低品位の鉄鉍石を選鉍して高炉に供給可能な精鉍を回収できるプロセスの開発
	濃 縮	鉛—亜鉛混合鉍石の選鉍で得られた鉛および亜鉛化合物をそれぞれの金属が抽出できる高品位な純度とする研究
	抽 出	鉄鉍石に含まれる金、銀、白金等の貴金属を抽出するプロセスと機材の開発
		鉛—亜鉛混合鉍石の精製過程でのモリブデンの抽出
鉍物学／地 化学	分 析	金、銀、銅、鉛、亜鉛、タングステン等を含む複合鉍石の分析
	応用分野の開発	マグネサイト、カンラン石、クロム鉍石、ボーキサイト、ドロマイト等の利用方法の検討
	鉍 物 塗 料	耐候性鉍物塗料の開発
抽出冶金	鉛 の 抽 出	鉛鉍石や産業廃棄物から鉛を抽出、回収するプロセスの開発
	マグネシウム、カルシウム化合物の抽出	ドロマイトからマグネシウムおよびカルシウムの硫酸塩、塩化物、フッ化物の抽出
鑄造／合金	鉄 鋼 材 料	鋼材の効果的な肌焼方法の開発

分野	研究テーマ	研究内容
鑄造/合金	鑄型	鑄型用粘結剤の開発
		中子造型時間短縮のための造型プロセスの改善
	溶湯添加剤	アルミニウムおよび銅の合金の溶湯処理剤としてフラックス、結晶粒度微細化剤、脱ガス剤の開発
電気化学/表面処理	電気化学的着色	ステンレス、アルミニウム等の電気化学的着色法の開発
	イオン測定	農産物の廃棄物中の金、亜鉛、亜硝酸塩、フェノールフタレインおよびその他の微量元素の測定
	吸着	抽出冶金の基礎となる硫化鉛への金、銀、銅の吸着の研究
	溶剤抽出	金属硫化物の溶剤抽出
	電解処理	軟マンガニルから高純度の過マンガン酸カリウムの電解抽出
		クロム鉄鋼から塩基性硫酸クロムおよび硫酸ナトリウムの抽出
	金属ナトリウムを抽出する電解槽の開発	

分野	研究テーマ	研究内容
鉱物の応用	化学品の精製	リン酸、リン酸カルシウム等のリン鉱石からの精製
		炭酸マグネシウム、マグネシウム乳等のマグネサイトからの精製
	バイオリーチング	バイオリーチングによる石膏中の硫黄の回収

4) ガラス・セラミックス部門

ガラス・セラミックス部門は、1960年に設立された。設立当初は研究設備や研究者の充足が不十分であったが、その後の設備の整備や研究員の国内や海外での研修によって充実してきた。

これまでに実施してきた事業内容は次の通りである。

- a) ガラスやセラミックス原料の評価と精製技術
- b) 海外の優れた技術を基本とした製造技術の開発
- c) 品質管理や工場での問題点解決のための特別研究
- d) ガラスやセラミックスの科学的、技術的基礎研究

このような研究成果は国内産業界への助言や技術指導、日々の技術相談、大学院生や技術者のトレーニングなどとして活用されている。また、政府機関や大学への助言も行っている。このような研究、開発によって 200編の論文発表、60件のプロセス開発、20件以上のパテントの取得などがある。

パキスタンの窯業関連の企業は少数の大企業と1000社を越す零細企業である。従業員250~350人、一日の生産量8トン以上の大企業は28社あり、これらの大企業は海外から導入した近代設備や先進国の技術指導などにより、生産効率や製品の品質などは一流のレベルにあるようである。そのうちの一例として視察したラホール郊外の工業団地にあるEMCO社は1985年に設立したタイル工場と1975年頃設立の磚子工場より成り、ドイツから導入した全自動タイル生産ラインや、日本の企業の指導による磚子工場など、我が国のそれらの企業と比べて中程度の内容を持っている。しかし、良品率は60%台と低く、基礎技術に問題があるように見受けられる。これらの大企業も常にラホール研究所と接触を持っている。

当部門はガラス研究室・セラミックス研究室・耐火物研究室・窯業原料研究室および建築材料研究室の5つの研究室で構成され、30名の研究員を擁す。各研究分野での主要な研究テーマとその内容は表2-5に示すとおりである。

表 2-5 ガラス・セラミックス部門の研究内容

分野	研究テーマ	研究内容
ガラス	シグナルガラスの開発	交通信号用青色ガラスを緑色に替えるための着色剤の開発研究
	放射線防御ガラス	セリウムの代替品としてのジルコニアの開発
	建築材料用多孔質ガラス	廃ガラスに木炭や有機物を加えて焼成、発砲させ、成形する建築用断熱材の開発
	ホウ珪酸ガラスの製造法	化学器具用ガラス溶解中のホウ酸の蒸発を防止する技術の開発
	フロントガラスの半還元製造法	ソーダ源として安価な硫酸ソーダを利用した組成 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ のガラスの還元溶解法の開発
	鉛クリスタルガラス製造法の開発	ガラス配合とホウ酸蒸発防止技術の開発
	ガラス攪拌用耐火物の開発と製造	ガラス製造工程で発生する泡・脈理などを防止するためのガラスツボの混合攪拌に使用するリングや棒などの耐火物の開発
	分相による96%シリカガラスの実験	1700℃以上の高温が必要な石英ガラスの代替として、ガラスの分相を利用して低い温度で作ったガラスを酸処理した96%シリカ含有ガラス製造の研究
セラミックス	ニューセラミックス	酸化物、窒化物、ホウ化物などによる構造材、機能材などの開発研究

分野	研究テーマ	研究内容
セラミックス	バクテリア フィルターチューブ	セラミックスフィルターの組成、気孔の形成、成形法の研究と化学工業や薬品工業への適用の検討
	輸入チャイナクレーの代替品	輸入可塑性粘土の代替品となるスワット粘土の物性の測定、解膠剤の選定、焼成条件の検討
	フンザ粘土の評価	フンザ粘土の化学的性質、焼成性質、可塑性などの測定と工業的利用技術の検討
	珪灰レンガの開発	マイワリおよびラビ珪砂による珪灰レンガの品質の改善とゾノトライトの生成
	化学磁器の開発	種々の化学磁器の耐熱衝撃性と耐薬品の検討および高温で使用できる化学磁器の開発
	一度焼きホーローの開発	ホーロー釉薬についてのコバルトフリット、焼成温度、熱膨脹係数、乳濁性、耐酸性等の検討
	ホーロー焼成用炉の設計、建設、操窯	ホーロー研究用の効率の良い窯の開発
	高温用フューズ	150A/230Vのフューズの開発
	高温用電気絶縁材料の開発	輸入絶縁材料の国産化
	国産ペグマタイトの利用と地質学的研究	ペグマタイトの鉱物学的分析

分野	研究テーマ	研究内容
セラミックス	チラス かんらん石による塩基性耐火物の研究	Mg含有量の多いかんらん石による鉄鋼工業用耐火レンガの開発
耐火物	セラミック繊維	最新の技術であるゾルーゲル法による各種酸化物でのセラミック繊維の開発
	ムライト耐火物	国産品を主原料とした耐火度、強度、浸食性などに優れたムライト耐火物の開発
	硬焼マグネサイト	高温が必要なマグネサイト硬焼化について、鉄、クローム、ホー酸などを添加した低温処理によるクローム/マグネシア耐火物の開発
	断熱耐火物	国産原料による断熱耐火レンガの開発
	ジルコニア-アルミナ-シリカ耐火物	ガラス炉に必要なZAS耐火物の国産化技術の開発
	ジルコン乳濁剤の精製	釉薬やガラスの乳濁剤の精製と利用
	窯業原料	鉍物分析
焼成粘土の硬化特性		石炭 — アモルファスシリカまたは焼成粘土との硬化特性の評価
高アルミナ粘土からチタンの除去		粘土中のチタン分の化学的除去方法の検討

分野	研究テーマ	研究内容
建築陶器	軽量骨材	粘板岩・頁岩及びローカル粘土を出発原料とした軽量骨材の開発
	珪灰石の性質の研究	珪灰と石灰石で合成した珪灰石のタイル・セラミックス・塗料・製紙・ゴムへの応用
	マグネサイト—セメントによる建築材料	マグネシア—セメントとチップや農産物とによる建築用材料の開発
	化学工業用耐火モルタル	耐酸モルタル、気硬モルタル、プラスチック—モルタルおよびキャストブルなどの国産原料による生産の検討
	プレハブ用石膏建築材	現在セメント工業や窯業に使用されている国産石膏の建築用ブロックや壁材への応用

(3) 現有機材

各研究部門別主要現有機材は次の通りである。

1) 食品・醱酵部門

No.	機材名	数量	製造年	製造メーカー／製造国
1	ダイジェスター	1	1975	Buchi (スイス)
2	ぜん動ポンプ	1	1985	LKB BROMNA (スウェーデン)
3	冷凍機	8	1965/85	Phillips(4)／英国(3)／西独(1)
4	凍結乾燥器	1	1983	LMIM (ハンガリー)
5	ホモジナイザー	2	1976	Cento(1)／不明(1)
6	蒸溜装置	2	1980/85	Exelo Glass(1)／Gallenkamp (西独)
7	フィルムエバポレーター	1	1983	Gallenkamp (西独)
8	砂糖きび粉碎機	1	—	不明
9	パルパー	1	1976	News Bury (英国)
10	ディープフリーザー	1	1980	FRIGIDAIRE General Motor (米国)
11	低温遠心分離機	1	1974	GE (米国)
12	インキュベーター	5	1976/80	Hesso(1)／西独(1)／中国(1)／不明(2)
13	醱酵槽	15	1971/80	E-ANCN (伊国) (4)／不明(11)
14	遠心分離機	2	- /83	SHARPLES (英国) (1)／CEPA(1)
15	フラスコ振とう機	1	1981	Griffin & George (英国)
16	分光光度計	1	1978	日本
17	原子吸光光度計	1	1976	日本

2) 応用化学部門

No.	機 材 名	数量	製造年	製造メーカー/製造国
1	赤 外 分 光 光 度 計	1	1980	Beckman (米国)
2	赤 外 分 光 光 度 計	1	1989	日立
3	紫 外 可 視 分 光 光 度 計	1	1962	Beckman (米国)
4	紫 外 可 視 分 光 光 度 計	1	1980	日立 (Model:100-20)
5	紫 外 可 視 分 光 光 度 計	1	1981	Beckman (Model:36) (米国)
6	紫 外 可 視 分 光 光 度 計	1	1987	LKB
7	分 光 光 度 計	1	1986	Bausch & Lomb
8	核 磁 気 共 鳴 装 置	1	1980	日立 (Model:R-24B(60MHz))
9	炎 光 光 度 計	1	不 明	Corning (Model:EEL-100) (米国)
10	p H メ ー タ	1	不 明	Beckman (米国)
11	測 色 計	1	1982	Lavibond (英国)
12	ガスクロマトグラフ	1	1970	不 明
13	ガスクロマトグラフ	1	1978	Pye Unicam (Model:204)
14	ガスクロマトグラフ	1	1980	Pye Unicam (Model:104)
15	ガスクロマトグラフ	1	1988	島津 (Model:GC-7AG)
16	高速液体クロマトグラフ	1	不 明	Beckman (米国)
17	液体クロマトグラフ	1	不 明	MIM(ハンガリー)
18	高速液体クロマトグラフ	1	1984	日立 (Model:638-30)
19	遠心分離機/超遠心分離機	3	1977/83/83	Karl kolb/CEPA/Retsch
20	フィルタープレス	1	1983	不 明
21	回 転 濃 縮 器	1	1987	Buchi
22	分 留 装 置	1	1983	不 明
23	オ ー ト ク レ ー プ	1	不 明	Karl kolb
24	小型スプレードライヤー	1	1988	MRK
25	製 氷 機	1	1988	Howe

3) 鉍物・冶金部門

No.	機 材 名	数 量	製 造 年	製 造 国
1	光学顕微鏡	2	1976/不明	中国/西独
2	分光光度計	2	1976/1978	米国/日本
3	炎光光度計	2	1977/1988	英 国
4	原子吸光光度計	1	1976	日 本
5	pHメーター	4	不明/1964/1988	伊 国
6	熱分析装置	1	1986	西 独
7	赤外線水分測定装置	1	1986	オーストリア
8	硫黄分析装置	1	1988	米 国
9	熱伝導度測定計	1	1984	伊 国
10	ポーラログラフ分析装置	1	1980	米 国
11	膜 厚 計	1	1982	米 国
12	鋳型砂混練機/ミキサー	1	1973	英 国
13	ふるい振とう機	1	1970	英 国
14	鋳型強度測定機	1	1986	ス イ ス
15	シェル鋳型試験機	1	1975	英 国
16	耐火性試験炉	1	1972	ハンガリー
17	真空オーブン	1	1976	パキスタン
18	真空ポンプ	1	1987	中 国
19	電気オーブン	1	1988	西 独

鉍物・冶金部門には、上記機材のほかに海外派遣の研究者の知識を基にして製造したパイロット規模の選鉍設備が幾つかある。研究所内のワークショップとの共同製作あるいは米国等からの機材援助によるこれらの設備では、比重選鉍、磁力選鉍、浮遊選鉍等の実作業モデル実験が可能であるが、この分野の基礎研究に必要な機材、設備は極めて不備な状態にある。顕微鏡、湿式あるいは機器分析の装置は、ほとんどが老朽化しており、必要かつ十分な機能は果せない状態にある。基礎研究さらには応用研究に欠かせない材料、試料の作成用機材、試料の分析、観察用機材およびその評価用の機材のいずれも充実していないのが現状である。

4) ガラス・セラミックス部門

No.	機 材 名	数 量	製 造 年	製 造 国
1	電 気 炉	1	1970	パキスタン
2	粘 度 計	1	1965	英 国
3	熱 膨 脹 測 定 器	1	1962	英 国
4	圧 縮 強 度 測 定 機	1	1974	英 国
5	熱 分 析 装 置 (破 損)	1	1974	英 国
6	曲 げ 試 験 装 置 (破 損)	1	1974	パキスタン
7	硬 度 計 (可 搬 型)	1	1982	日 本
8	遠 心 分 離 機	1	1967	パキスタン
9	粉 砕 機	1	1976	パキスタン
10	低 温 炉 (破 損)	1	1976	パキスタン
11	カ ン タ ル 電 気 炉	1	1976	パキスタン
12	エ ッ ジ ラ ン ナ ー	1	1965	英 国
13	ス ペ ク ト ロ フ ォ ト メ ー タ ー	1	1967	英 国
14	p H メ ー タ ー	1	1983	米 国
15	連 続 フ ィ ル タ ー プ レ ス	1	1976	パキスタン
16	炎 光 光 度 計	1	1979	米 国
17	油 圧 プ レ ス	1	1982	パキスタン
18	フ ィ ル タ ー プ レ ス	1	1967	パキスタン
19	破 砕 ・ 磨 砕 機	1	1967	パキスタン
20	ド ラ ム 真 空 フ ィ ル タ ー	1	1967	パキスタン
21	ロ ー タ リ ー キ ル ン	1	1967	パキスタン
22	押 し 出 し 機	1	1976	パキスタン

2-4 要請の背景と内容

2-4-1 要請の背景

パキスタンでは産業・雇用・流通のいずれの分野でも農業の占める割合が高い。表2-1に示したとおり、1987/88年度の農業生産はGDPの24.5%である。しかし、農業生産は自然条件に多分に影響されやすく、安定的生産水準を保ち難い。工業は近來ようやく発達し、1987/88年のGDPに占める工業の割合は20.0%に達し、ある程度の消費材を自給できるようになった。しかし、工業の中心は繊維工業、食品加工業等の軽工業であり、重化学工業、電子工業等の高度技術産業の役割は低いのが現状である。

自国の資源を有効利用して、製造業を中心に国の工業力を強化し、輸入代替品、あるいは近い将来輸出可能な製品を自国で生産し、外貨収支の改善を図ることは同国の経済発展にとって極めて重要であり、このため産業セクターの近代化と発展が経済構造改革の最重要課題となっている。

パキスタン政府は、こうした工業発展を効果的に推進するために、国家的な技術レベルの向上と研究者の育成が不可欠であると考え、研究・教育施設の設備拡充と質的向上に注力している。

その一環として、パキスタン政府はPCSIRの研究施設の拡充と更新および研究スタッフの質的向上を目指して「PCSIR 5ヶ年計画1988-93」を策定し、その中でも特に中核となるラホール研究所の機材整備計画について我が国の協力を要請してきた。

ラホール研究所は、特に以下の特徴を持っている。

- (1) ラホール研究所は、第7次5ヶ年計画の主要目標である食品開発、鉱物資源の有効利用等、工業化促進のためのプロジェクトを含む同国の未利用資源開発研究に取り組んでいる。
- (2) ラホールは天然資源の入手に地理的に有利であり、また市内にはラホール工科大学、パンジャブ大学、パンジャブ農業大学、キングエドワード医科大学など高等教育機関も多く、研究開発に適した文教・研究都市である。
- (3) ラホール研究所は広大な敷地に種々の建物を有しているが、研究開発の優先順位に応じて年々政府から予算を獲得し、建物の増設・改善を継続しており、新規機材の据付・納入ができるスペースも充分である。

このような背景のもと、パキスタン側はラホール研究所機材整備計画について、我が国に対し無償資金協力を要請越した。

2-4-2 要請の内容

ラホール研究所の4つの研究部門（食品・醗酵、応用化学、鉱物・冶金、ガラス・セラミックス）のための研究機材、総計 232品目の供与が要請された。その内容は多岐、多品目にわたっており、高機能・先進機材が数多く含まれている。

各研究部門別の要請内容は以下の通りである。

(1) 食品・発酵部門

パキスタンは小麦、紅茶、食用油等の輸入が輸入額全体の12.2%を占めており、食糧の自給は同国の急務である。食品・発酵部門は、収穫後の処理損失の最小化、余剰収穫物の食品化を中心として、各種の保存、加工方法を研究している。要請機材は食品、発酵、生物学に対する基礎と応用研究に用いられる各種理化学機器と分析計を中心とするものである。また本研究部門の特徴ある機材として各種の発酵槽、培養器がある。

(2) 応用化学部門

本部門は、農工業化学品、薬品、油脂とロウ、植物化学、工業技術・品質管理等のグループより構成されている。このため、有機分析用の機材が多く要請されている。

有機物質の分子構造の研究に用いられる核磁気共鳴装置、ガスクロマトグラフ質量分析計、赤外線分光光度計等の高機能機材が含まれている。

(3) 鉱物・冶金研究部門

金属組織の構造解析、物性試験、強度試験のための試験機が多く要請されている。また高周波プラズマ発光分析装置、原子吸光装置など金属分析に用いられる分析機材も含まれている。

(4) ガラス・セラミックス研究部門

物性試験機、強度試験機および各種の炉を中心とした基礎的窯業研究機材が要請されている。

第3章 計画の内容

第3章 計画の内容

3-1 計画の目的

本機材整備計画の主たる目的は、既存設備・機材の更新および新機材の導入により以下に述べる研究計画等を実施することである。

- (1) 国内資源を工業的に利用する研究
- (2) 海外の技術を国内に適応させるための研究
- (3) 以下に述べる課題を目的とした新技術、製品の開発
 - a) 天然資源の最適な利用
 - b) 輸入代替
 - c) 輸出の振興
 - d) 雇用機会の増大
 - e) 国家的要請技術
 - f) 村落工業の振興と過疎化防止
- (4) 産業界の抱えている問題の解決
- (5) 新しい工業化案件に関するコンサルティングサービスの実施
- (6) 産業界との共同研究開発
- (7) 大学との共同研究の強化および人材育成
- (8) 上級研究員への活動の場の提供

3-2 機材選定の基本方針

パキスタン側の要請機材の妥当性を検討するに当たって、調査団としての共通基本方針を確立し、その共通認識のもと機材選定を行った。

機材選定の各部門に共通な基本方針は次のとおりである。

- 1) 各研究部門の研究内容を検討し、要請された機材の構成、要求仕様の整合性がとれていること。
- 2) 研究所の技術レベルに適したグレードの機材であること。
- 3) 機材の仕様、数量が研究内容、研究者数、施設規模、現有機材および周辺機器等に鑑みて適当であること。
- 4) 現有機材の老朽化により、研究の継続に支障をきたす機材は優先的に検討すること。
- 5) 新機材の導入により産業界の新たなニーズに合致した研究が可能となる機材は検討対象とすること。
- 6) 研究テーマの内容にとって不必要に高度な機能をもったものは適正な機種のものとする。
- 7) 研究目的に合致し、使用頻度が高く、汎用性のある機材を優先的に検討すること。
- 8) 維持管理の可能な機材であること。
- 9) 他部門で導入予定の機材は共通使用することとし、重複をさけること。

(1) 食品・発酵部門

本部門の研究テーマは国の要請および産業界の新しいニーズに沿って設定されている。

食品分野では、食糧や飼料の貯蔵と品質・安全管理、各種農産物の加工などの研究を行っており、発酵分野では微生物による有用物質の生産、パイロットプラントスケールでの発酵生産、組織培養の利用などの研究を行っている。したがって要請機材は極めて多様である。

機材は実験室用機材とパイロットプラント的機材に大別される。食品分野のものは取扱う材料の多様さと、それぞれの物性の特異性が高く共用性が乏しい。一方、発酵分野のものは利用する微生物の多様性にもかかわらず、比較的共用性に富む特徴がある。

機材の選定は、特に以下の基本方針に沿って行った。

- 1) 現有機材の老朽化により、研究テーマの推進に支障を及ぼすと判断したものを優先する。
- 2) 新機材の導入により、研究テーマに合致した研究が可能かどうかを綿密に検討する。
- 3) 他部門で導入を予定している機材との重複をさける。
- 4) 研究内容にとって不必要に高度な仕様をもつものは、適正仕様のものにする。
- 5) 維持管理ができる適正規模のものにする。

この方針に従い、各研究テーマの指導者との討議の上要請機材の一部をその対象から削除し、複数の同一機材は適正な数に調整した。

(2) 応用化学部門

当部門の研究は、工業化学、油脂化学、植物化学、薬の合成や工業化技術・品質管理およびパイロットプラントスケールの実験まで広範囲にわたっており、さらにパンジャブ州の化学分析センターとしての役割も担ってきた。したがって、要請機材は多岐にわたっているが、機材選定に当っては、主に研究テーマと、その研究実施に必要な機材間の整合性に重点を置いた。また、その優先度の決定は、特に以下の機材を優先的に考慮した。

- 1) 現有機材の老朽化により、研究の継続に支障をきたす機材
- 2) 新機材の導入により産業界の新たなニーズに合致した研究が可能となる機材
- 3) 研究目的に合致し、使用頻度が高く、汎用性のある機材
- 4) 他部門（発酵、鉱物・冶金）でも導入希望があるが、応用化学部門で使用頻度が最も高く、他部門も共同使用する機材
- 5) 維持管理の可能な機材
- 6) 他部門で保有の機材、使用頻度の低い機材は除外

上記基本方針に沿って、研究テーマの担当者および機材の使用者との討議を経て、機材の優先順位を付け、さらに不必要に高度な機能の機材の適正化を行った。

(3) 鉱物・冶金部門

鉱物・冶金部門の研究内容は、鉱物の分析、評価から金属製品の加工に至るまで広範囲に亘る。関連する産業界や他の研究セクターとの関係において、本部門は材料研究所、分析センターあるいは製品開発室などとしての多機能を備えていることが望まれており、また研究の各テーマを実施するためには、これらの機能は必要不可欠であると判断される。

本部門が備えるべき機能に鑑みて、現有機材の状況を考慮すれば、本部門には次に示す機材を充実すべきである。

- (a) 試験あるいは分析用の材料、試料を作成するための機材
- (b) 試料の試験、分析、観察を行うための機材
- (c) 材料、試料を評価するための機材

したがって、これらに相当する機材を選定の基準とするが、選定および仕様の検討にあたり、共通の基本方針のほか特に以下を考慮した。

- 1) 研究者が機材の操作と維持管理を経験し、その要点を認識していること。
- 2) 用役および消耗品が、容易かつ継続して供給可能なこと。
- 3) 永続的に必要かつ十分な機能を有し、短期間で老朽化や陳腐化しない機材であること。
- 4) 設置環境が良く整備され、導入後直ちに使用できること。

(4) ガラス・セラミックス部門

本部門はガラス、セラミックス、耐火物、窯業原料、建築陶器まで広い分野をカバーしている。設立は1960年で、現在までに設置された機材は老朽化したものが多く、使用不能のものもある。

研究内容を大きく分けると、

- (a) 原料の溶解を伴うガラス関連研究
- (B) 焼結反応が主工程である高温型のセラミックス、耐火物
- (c) 焼結を低温で行なう建築陶器
- (d) 熱反応がない分析等基礎研究

となり、さらに研究テーマの研究内容別区分では基礎研究、応用研究、開発研究及び測定技術に分けられる。

機材の選定は特に次のような基準によって行った。

- 1) 各研究室での研究遂行のうえで必要欠くべからざるもの。
- 2) 既存の機材が老朽化し、更新の必要なもの。
- 3) 使用頻度が高く、研究促進に役立つもの。
- 4) 将来にわたって、機材の取扱い、維持、管理に無理のないもの。
- 5) 研究室の受け入れ環境が充分であること。

3-3 要請機材の検討

3-3-1 食品・発酵部門

本部門は研究所の創設と同時に設置された主要部門の1つである。現在研究者数は53名で、部門別では応用化学部門に次ぎ多く、その約半数は博士の学位を取得した上級研究者から成る。

いままでは、本部門は国内の公共機関や産業界の研究者の研修に主たる貢献をしてきたと思われるが、現在は研究内容に示されるように、部門は7つの研究分野によって構成され、国策的研究と産業界の新しいニーズに応える開発研究に力を注いでいる。

(1) 食糧の貯蔵と品質管理

食糧の貯蔵中の損失や品質低下を防ぐことは、多量の食糧を輸入に頼っている現状では重要な国策的研究課題である。現在は主として果物やジャガイモの収穫後の品質管理と穀物の貯蔵中の虫害や微生物汚染を防ぐ研究を行っている。前者は温度と呼吸が品質に影響し、後者は貯蔵環境の温度と湿度が虫害や微生物汚染を引起す要因である。研究機材が不足しているため、この研究分野の研究水準は低い。本計画で食糧貯蔵環境の温度と湿度を制御できる機材を導入し、研究の促進を図れば、品質低下や虫害に関係する因子の解明ができ、食糧の品質低下や損失を適切に軽減できる処理や取扱法が解明できよう。

以上のような観点から、主な機材として恒温浴培養装置や、品質管理に必要な含水量計測器、真空乾燥オーブン、顕微鏡、卓上クリーンベンチ等を選定した。

(2) 食品加工と包装研究

本分野では、パイロットプラントは老朽化はしているが、乳製品、肉製品、瓶詰、缶詰用の従来型食品の加工機材を所有し、高い研究機能をもっている。しかし産業界の新しいニーズに応え、新しい食品の開発を行うのに必要な研究用機材は全く充足されていない。現在は果物菓子、低カロリー食品、低水分あるいは乾燥肉製品、もやしなどの製造の研究を行っているが、濃縮、乾燥、粉末食品、インスタント食品など産業界の要望の高い食品の開発を行うことはできない。このような観点から、本計画では食品の濃縮・乾燥に用いる機材として、小型薄膜蒸発機、回転式真空濃縮機、真空凍結乾燥機、小型噴霧乾燥機、流動床式乾燥機等、また各種食品原料の細断、粉碎、圧搾に用いる実験用機材としてフードカッター、野菜細断機、大豆細断機、トマト粉碎機、電磁式粉碎機等を中心に機材を選定した。

(3) 食糧、飼料の品質検査

本分野は、食糧や飼料が微生物の生産した有毒物質によって汚染されていないかどうかを

確認すること、あるいは食品に使われている着色物質が使用の許可されていない有害物質でないかどうかを確認し、国民の食生活の安全を図る重要な役割を担っている。新しい分野のため研究体制はまだ十分でない。本計画では主な機材として、電子天秤、氷点測定器、ディスプレイ等等の基礎的実験装置を選定した。

(4) 応用生化学研究

本分野は、食肉工業から出て来る動物の羽や臓器などの廃棄物から、工業酵素やタンパク質を回収し、その濃縮物や加水分解物を飼料として利用しようとしている。したがって、本計画では、タンパク質の研究に欠くことのできない冷却遠心分離機、真空凍結乾燥機、電気泳動装置、真空乾燥オープン等を主な機材として選定した。

(5) 発酵工学・生物工学研究

本分野は、発酵分野のうちで最も多くの研究者が配置されている。新しい発酵生産物の生産技術の開発が行われており、その成果は食品加工の分野にも大きく貢献するので、産業界の期待も高い。固体および液体培養についての発酵生産技術を確立し、産業界に対する指導的役割を担おうとする意向が強い。このような観点から、パイロットプラント的機材の導入の必要性がある。しかしながら、好氣的微生物を培養する発酵槽では、好氣的条件や攪拌が微生物の生理的活性に大きく影響する。したがって、加工機械とは異なり、発酵槽の大きさは直接工業化と結びつかない。発酵生産の工業化のためには、スケールアップ技術の習得と発酵の物質収支が行える適正規模で計測と制御ができる発酵槽でなければならない。本計画では、これらを考慮して、コンピューター制御システムを持った発酵槽(30ℓ、300ℓ)回転式麹製造装置などのパイロットプラント的装置や、実験室規模のエアリフトファーメンター、ジャーファーメンター、アミノ酸分析計、四極子型ガス質量分析器などの分析装置を主な機材として選定した。

(6) 生物資源利用研究

本分野は食品工業の廃棄物、動物の糞などを利用し、食用茸、メタンガス、飼料などを生産する研究を行っている。従って、本計画では基礎的な実験機材を選定した。

(7) 植物組織培養研究

本分野は、成長の遅い植物の迅速な増産、育種、およびビールスに冒されていない植物の取得などに利用されている新しい分野である。ここでは、*Pistia vera*や鱗茎、球茎植物の組織培養を行っており、まだ研究水準は低い。本計画では、超音波乳化機を選定した。

3-3-2 応用化学部門

応用化学分野からの要請機材は多岐に亘っているが、機材を機能別に分けると、以下の様になる。

- ・光分析機器
- ・電磁気分析装置
- ・電気化学分析機器
- ・分離分析装置
- ・熱分析装置
- ・物理量・物性測定機器
- ・汎用理化学機器
- ・その他化学装置用機材

これら機材の多くは、他部門でも共通に利用されるものもあり、当部門が分析センター的役割を担う上で必要なものが多い。また、これら機材は、研究テーマが変わっても、化学品の開発・分析・試験に必ず必要となる機材が多く含まれる。以下に機材を機能別に検討した結果をまとめる。

(1) 光分析機器

光分析は、化学物質が特定の波長の電磁波を吸収または発生させる性質を利用して、物質の区別、物質の分子および原子の構造および状態を知るための分析手法である。電磁波の範囲は極めて広範囲にわたっており、波長に応じて異った形式の分析器が開発されている。また、分光分析は微量の試料によって比較的正確な化学分析ができるために一般に広く用いられており、化学分野の研究者にとって極めて重要な道具である。

応用化学部門には既に、紫外可視分光光度計4台と赤外分光光度計2台、分光光度計1台、蛍光光度計1台が設置されているが、紫外可視分光光度計と分光光度計を除き分光分析を効率的に行うには、現有設備では、機能と数の面で共に不十分である。

本計画では、分光光度計類として、新たに、品質の良いフーリエ変換赤外分光光度計と蛍光光度計等の導入と蛍光分光光度計の新規導入により、実験で合成された化合物あるいは、当部門に持込まれる化学品の構成分子の解析、分子構造の解析、構成元素の決定、またその定量分析等が効率良く行えるよう配慮することとした。

(2) 電磁気分析装置

化学分析に必要な代表的な電磁気分析装置は、核磁気共鳴装置と質量分析装置である。核磁気共鳴装置は、原子核が磁場の中で共鳴現象を起す性質を利用したもので、物質の構造解析に重要な役割を果たしている装置である。最近では、有機化合物の構造解析の他、高分子化学、生物化学、医学等応用範囲が広がっている。質量分析装置では、クロマトグラフと共に用いられ、物質の分離と、分離された物質の構造解析に用いられ、有機化合物、生化学、薬学、医学の分野で利用される。分子構造の解析は、赤外分光分析、核磁気共鳴装置、質量分析装置の組合せによって行われ、これ等の装置は化学分析には、必要不可欠な装置である。

当部門では60MHzの核磁気共鳴装置が設置されているが、性能が不十分である。したがって新たに研究課題に適した性能の小型の核磁気共鳴装置とガスクロマトグラフ質量分析装置を導入し、精度の高い分析が行えるよう計画した。

(3) 電気化学分析機器

当部門から要請された電気化学分析機器の代表的機材は、ポーラログラフ、pHメーター、イオン計等である。ポーラログラフは、構成元素の解析に有用であるが、当部門の研究者との打合せ結果から判断し、本計画から除いた。イオン計は汎用性も高く、使用頻度が高いので補強を行う。

(4) 分離分析装置

当部門から要請された分離分析装置は、ガスクロマトグラフ、液体クロマトグラフ、電気泳動装置および、各種分留・抽出装置である。

ガスクロマトグラフは、微量成分をガスを媒体として分離溶出させその定量的分析を行う方法で、その利用は極めて広範に行われており化学分離での分野の重要な方法の一つである。このため既存機材として4台が設置されているが、本計画による検出器付のガスクロマトグラフの導入で、無機ガス・有機化合物などあらゆる成分分析が高感度で行えるようになる。一方、液体クロマトグラフは、微量成分を液体の状態で分離する方法で、ガス化すると不安定な化学物質とか、分子量の比較的大きなものに用いる。新しい液体クロマトグラフの導入で、より広く効率良く物質を分離定量できるようになる。また、電気泳動装置の導入により、へびの毒の研究の分野等の研究が適確に行えるようになる。

さらに、各種分留・抽出装置の導入により、幅広い有機化合物の研究開発とプロセス開発が行えるようになる。

(5) 熱分析装置

熱分析装置は、鉱物・冶金部門で導入を計画しており、応用化学部門では使用頻度が高くないため、除外した。

(6) 物理量・物性測定機器

これら測定器には、天秤、温度計、流量計等の汎用機材と旋光分散計、色差計等が含まれる。

本分野に関係する機材は伝統的な化学分析および計測のための機材が中心であり、汎用性の高いものが多い。使用頻度が高いため機材の損耗も大きい汎用機材の補強および光学異性体の解析のための旋光分散計と染料の色の分析等のための色差計の導入を行う。

(7) 汎用理化学機器

汎用理化学機器には、代表的な機材として、乾燥器、恒温器、攪拌・振とう・粉碎・混合器、ポンプ、分留装置、遠心分離機、滅菌器等がある。

各種の化学分析を行う上で、試料の濃縮、希釈、蒸溜、混合、分離などの前処理が必要であるが、既存の設備状況では分析を行う上で質的、量的に大きな制約がある。本計画では、これらの機材を補強する。

3-3-3 鉱物・冶金部門

本部門の要請機材は、試験・分析用試料の作製、成分分析と組織解析および機械的特性試験を目的としたものが中心である。機材を大別し、使用目的と研究テーマの整合性、要請の必要性と妥当性を検討した。

(1) 組織観察

鉱物の分離や金属材料の開発に必要な組織観察は、光学顕微鏡および電子顕微鏡が使用される。鉱物・冶金分野の研究においては組織観察が最も基本的な研究方法であり、顕微鏡装置の発達により現在でも信頼のおける確実な検査方法である。

この分野で必要な光学顕微鏡として、繊細な組織や色彩の変化を斜光照明による散乱光の下で鮮明に観察できる金属顕微鏡と、偏光照明により組織の識別や結晶の型を観察できる偏光顕微鏡の2種類があげられる。偏光顕微鏡には、金属顕微鏡としての機能も備っている機種もあるが、単独の金属顕微鏡は簡易な機材として利用度が高いので、偏光、金属両顕微鏡の導入が望ましい。

現有の光学顕微鏡は老朽化しており、研究目的での使用は不可能に近い状態であるため、その更新と機能の補強が必要である。

電子顕微鏡は、光学顕微鏡に比べて分解能がはるかに高く、組織観察には最も有力な機材である。薄膜試料用の透過型電子顕微鏡（透過電顕）と塊状試料用の走査型電子顕微鏡（走査電顕）が一般的な機種であるが、鉱物・冶金の分野では走査電顕の利用度が高い。

走査電顕は極微細な組織や結晶の構造を鮮明な立体像で観察できるため、鉱物、セラミックスおよび金属・合金の研究において不可欠な機材の1つであり、当研究所では鉱物・冶金部門とガラス・セラミックス部門との共通使用機材として導入することが望ましい。

顕微鏡類には必須の周辺機材として、試料作製の Cutter および研磨機を整備し、顕微鏡機材が効果的に使用できる環境にする必要がある。

(2) 機器分析

鉱物・冶金部門における分析は、元素の定性的および定量的化学分析と、金属の組成や性状を決定する熱分析が主である。金属元素の分析機器として、現有機材のなかに光分析計や電解分析計などがあるが、特定元素の分析装置であったり、老朽化した装置であるなど、当部門の分析機能は極めて不十分である。

金属元素分析装置としては、高周波プラズマ発光分析装置（ICP）の導入が効果的である。現有の原子吸光光度計は1試料1元素分析であるが、ICPは多元素同時分析

であり、試料の前処理も簡単で分析時間も短いため、分析機能の向上を図ることができる。

鉱物・金属あるいはセラミックスの非破壊分析装置としてX線マイクロアナライザ（EPMA）の導入が望ましい。EPMAは試料に電子線を照射して、試料から放射される特性X線の波長と強度により微少部分の元素の定性と定量を行う機材であり、分析可能な元素はボロン（ ^5B ）からウラニウム（ ^{92}U ）までをカバーする。またEPMAは、試料から放射される二次電子を検出して電子像として表示する機能も兼ね備えており、分析点の組織観察も可能である。EPMAの導入による鉱物・金属、セラミックス分野の研究機能の向上は、基礎研究の充実のみならず産業界の新たなニーズにも対応できる研究体制とすることができる。

（3） 材料試験

金属の研究においては、材料試験は不可欠である。金属の基礎的な物性はもとより製品の開発に必要な試験機材として、万能試験機、衝撃試験機、疲労試験機、硬度計等の汎用機材の充実が望ましい。既存の機材としては鋳型用の特殊な試験機があるだけで、一般的な材料試験機は皆無に等しい。したがって、これらの材料試験機や計測機材を導入して、金属の応用分野の研究機能の強化を図り、鉱物・冶金部門を産業界の期待に応じ得る研究部門へと改善する。

（4） 加熱炉および溶解炉

鉱物や金属材料の酸化、還元および物性試験には電気炉が必要である。既存の加熱炉は老朽化しており、加熱や温度調節の機能は満足できるものではない。したがって、温度調節と雰囲気ガス流動機能を備えたマuffle炉を導入して、加熱炉の更新を図る。マuffle炉の発熱体は、1,500℃まで昇温可能な炭化硅素（SiC）とする。

ラホール研究所には、金属溶解炉がない。現在鋳型の研究を実施しているが、鋳型に鋳込む溶湯が準備できないため鋳型開発の成果を研究所内で確認することは不可能な状況である。また鉄鋼および非鉄金属の製錬や合金の研究には、溶解炉が不可欠である。特に鋳鉄や合金材料の研究成果は、産業界の新製品開発のニーズに直接寄与することができる。したがって、高周波誘導溶解炉を導入し、金属溶解機能を備えることとする。溶解は大気溶解で、容量は鉄換算で最大50kgとし、それに加えて30kgの第2炉を併設して、10kg程度の少量溶解も実施できるようにする。また炉の電源部となる高周波発振機は、将来に真空溶解炉の追加が可能である仕様とするが、1つの発振機ですべての炉に共用できるものとする。なお、炉の設置場所、電力や水等の用役については問題がないことを確認した。

3-3-4 ガラス・セラミックス部門

既存の機材は老朽化しているものもあるが、窯業の研究において原料の粉碎処理、成型機などの初期の機材は使用可能である。電気炉等加熱装置は不十分で、特にセラミックスの焼成に使用する高温炉はない。測定装置はほとんど満足なものがなく、また陳腐化している。これらを勘案し、要請機材の検討を行った。

(1) ガラス研究室

各種ガラスの組成、品質の改善、ガラスの製造技術などに関する研究が行われている。これらの研究に共通するガラス溶解炉、管状炉、高温度での物性を測定する粘度計や熱間曲げ試験機、ガラスの色の研究に必要な色差計を導入する。

(2) セラミックス研究室

ここではニューセラミックス、陶磁器及び窯業原料の利用技術などの研究を行っている。これらの研究を遂行するために、各種の高温電気炉が現在なく、導入が必要である。特にニューセラミックス材料の焼成には1600℃以上の温度が必要で、これがないと研究は不可能である。

セラミック材料の高温下での挙動（熱間での各種分解、結晶変態や生成、熱膨張と熱重量変化等）を測定するための熱分析装置の導入が必要である。顕微鏡や研磨機はセラミックスの組成の解明になくはならぬものである。

セラミックスの焼結温度は原料、組成、雰囲気によって異なるが、これを的確、迅速に決定するのに三層温度勾配炉が適している。

(3) 耐火物研究室

耐火レンガ、特殊耐火物、断熱レンガなどの研究を行っている。この研究室でも高温電気炉は極めて有用である。耐火物は耐火度の他に重要な因子として、高温での挙動も品質に大きな影響を与える。すなわち、高温での熱伝導と荷重による変形である。このため高温熱伝導試験機と耐火物高温荷重軟化試験機の必要性が高い。

(4) 窯業原料研究室

いろいろな窯業原料の化学的、鉱物学的分析、各種特性の測定、原料の精製技術の開発などを業務としている。

走査型電子顕微鏡はどの研究室でも共通して必要な装置である。資料の微構造、結晶の状態、構造の欠陥、元素の分析、分布および濃度などの測定等広い用途があり、最も重要な機材の一つである。熱分析装置も原料の分析に有効な装置である。

(5) 建築陶器研究室

各種建築材料の研究を行っている。

建築材料で重要な因子は強度、耐候性、耐熱性や熱伝導性である。これらの特性の評価や測定にサーモビジョンを用いる。この装置は熱分布の変遷をカラー表示するもので、建築材料の断熱性の測定に威力を発揮する。また材料試験機で機械的強度の測定をする。

第4章 基本設計

第4章 基本設計

4-1 設計方針

機材選定方針に基づき選定された機材について、2-4-1の項で述べた「PCSIR 5ヶ年計画」の内容を勘案し、下記の方針に基づき基本設計を行う。

- (1) パキスタンの技術研究開発の発展に役立つものであること。
- (2) 供与機材がラホール研究所において、有効利用され、その研究成果が産業界に寄与し、ひいては同国の科学技術レベル向上に貢献するものであること。
- (3) 研究員が充分使いこなすことができ、維持管理が可能であること。
- (4) スペアパーツ、消耗品の入手が可能であること。
- (5) 熱帯性の気候に耐えうること。

4-2 設計条件

4-2-1 設計条件

機材の設計条件は次の通りとする。

1) 周囲温度

最高 45℃

最低 5℃

2) 湿度 90%

3) 標高 +30m

4) 電源

AC (交流) 220 V ± 15% 50Hz

AC (交流) 440 V ± 5% 50Hz

5) 水道

	冷却水	飲料水
供給圧	0.75 - 1.25 kg/cm ² G	0.75 - 1.25 kg/cm ² G
温度	Normal 25℃	25℃
	Max. 35℃	—

6) ガス

天然ガス 0.5 kg/cm² G max. 20℃

LHV 8.370 Kcal/Nm³

4-2-2 気温

機材の周囲温度はラホール市の最高・最低気温をもとに定めた。5月～6月の最高気温は連日40℃を越す。12月～1月に最低気温となる。ラホール市の月別気温は次のとおりである。

気温 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最高気温の月平均値℃	20	25	31	34	41	41	36	35	36	32	28	22
最低気温の月平均値℃	7	9	15	20	24	26	26	28	25	18	13	9

(出典：ラホール気象台)