

建築住宅分野における開発途上国技術協力プロジェクト紹介シリーズ メキシコ地震防災プロジェクト

日本住宅木材技術センター理事・試験研究所長 室 田 達 郎
メキシコ国立防災センター研究員 オスカル・ロペス＝バティス

1. はじめに

「メキシコ地震防災プロジェクト」は、国際協力事業団（JICA）が、1990年度から1997年度までの7年間にわたってメキシコ合衆国を相手に実施した技術協力プロジェクトの略称である。日本とメキシコとの外交文書（技術協力協定）上の正式名称は、『地震防災プロジェクトに関する日 墨技術協力』という。この名称に含まれる「地震防災プロジェクト」とは、メキシコ側が主体になって実施する地震防災を目的とするプロジェクト（事業）のことであり、日本が墨側のプロジェクトに関して技術的に協力をするというのが、メキシコ地震防災プロジェクトの主旨である。

以下では、このプロジェクトの概要を紹介するとともに、その後の状況についての最新の情報を提供する。なお、このプロジェクトにおいて日本側が提供した技術協力分野は主として耐震構造に関する技術であるが、本誌の読者が必ずしもその方面の専門技術者ではないことに鑑み、このプロジェクトの技術的細部についての紹介は省略する。

2. 発 端

1985年9月19日にメキシコの太平洋岸に地震が発生した。メキシコ市は、震源から300km以上離れたところに位置していながら、この地震で地盤が激しく揺さぶられ、多数の建物が破壊し、無数の死傷者がでた（写真 1）。死者の数は五万人にのぼった。

ところで、1923年（大正12年）の関東大震災に際して、日本は世界各国から義捐金を贈与された。メキシコは14万円を贈ってきた（東京都復興記念館の資料による）。これは各国が贈ってきた義捐金の内、8番目に多い額であった。その返礼として、日本は1985年の大震災に際してメキシコに義捐金を贈



写真 1 1985年メキシコ大震災

るとともに、二十数名からなる耐震建築構造専門家チームを現地に派遣し（1985年10月28日～11月23日、団長岡田恒男東京大学生産技術研究所教授＝当時）、被災した建築物の復旧を技術的に支援した。このチームの活動は現地当局に高く評価された。

ところで、明治維新以降の日本とメキシコとの付き合いは1888年（明治21年）の日墨修好条約締結に始まる。これは明治政府が当時の先進諸国との間で結ぶことを夢見ていた「平等条約」の第一号であった。それ以来今日まで、日本とメキシコとは戦火を交えることなく友好関係を維持した。メキシコ大震災の三年後の1988年は、日墨修好条約締結百周年という記念すべき年に当たっていた。百周年記念事業の目玉にするテーマを探していた外務省は、迷わず上述の関東大震災とメキシコ大震災にまつわる日墨間の義捐関係に白羽の矢をたてた。

3. 無償資金供与

以上のような背景の下で、メキシコ大震災の1周年頃から百周年記念事業構想について両国の協議が始まった。協議の当事者は、日本側が建設省、墨側が内務省及びメキシコ国立自治大学（略称

UNAM)であった。その結果、

日本側は、地震防災センター(仮称)を建設してメキシコ側に供与する。このセンターは、行政附置研究所として、地震防災に関する研究を行う機関とする。

メキシコ側はそのための用地を用意するほか、センターを運営するための行政上の仕組みを創設する。

日本側は、同センターの運営が早期に軌道に乗るように、竣工後5年間にわたって技術協力をする。

との合意に達した。

地震防災センターの建設は、無償資金によってまかなわれた。これは、GNPの極小国に無償で施設や機材を供与する日本のODA予算の一つである。メキシコはGNPが高く、無償資金供与の対象国ではなかったが、近代日本外交史上特筆すべき百周年を記念するため、特例としてメキシコに無償資金をふりむけることにしたものである。

1988年8月に無償資金の供与が確定し、センターの建設が始まった。最終的に、建物建設及び研究施設整備に合計12億5千万円(参考文献1)の無償資金が投入された。

4. 供与施設の概要

センターの建設用地には、UNAMが提供した大学敷地の一部約15,000㎡が充てられた。

この敷地に、無償資金によって建物が建設され、研究施設が設置された(写真2)。また、太平洋岸のアカプルコからメキシコ市に至る約300km区間に5点、メキシコ市内に10点の観測点をもつ強震観測システムも併せて供与された¹⁾。



写真 2 国立防災センター全景

センター本館は3階建てで、事務室、研究室、講義室、階段教室(収容人員204名)をもっている。本館建物には、構造実験棟がつながっている。建物の床面積合計は約4000㎡である。構造実験棟には、建物の構造体を実大で破壊させる実験のできる設備機器各種と土質実験機器一式が設備されている。

強震観測網は、メキシコ盆地の地震発生メカニズムを解明するための研究データの収集を目的とする。ある強さを超える地震動を検出すると、観測が自動的に始まり、データがレコーダーに記録される。一部の観測点を除き、記録は地震後にテレメータによりセンターに伝送される。

5. 国立防災センターの誕生

大震災の翌年1986年5月に、メキシコ大統領は「国家市民保護システム」という連邦行政組織を設置するという政令を公布した。国家市民保護システムは、内務省の中に内務次官を長とする国家市民保護総局を設置し、これに全国レベルで防災に関する組織体制などの構築維持ならびに震災時などの危機管理に当たらせ、もってメキシコで発生する各種災害から市民を保護することを目的とする行政機構である。

メキシコ側は、前述の百周年記念事業に関する合意に関して、センターを「国立防災センター(CENAPRED)」という名称にし、それを国家市民保護システムの中の一機関と位置付けた。このことは1988年9月に公布された政令(参考文献2、以下「セナブレ設置令」という)に明記された。当初日本側が考えていたセンターの研究対象分野は、地震防災に限っていたが、セナブレ設置令は対象とする災害の種類を大幅に広げたものであった。

このようにして、日本の無償資金供与によって、メキシコ内務省に地震防災などに関する研究施設「セナブレ」が誕生するに至った。開所式典は1990年3月11日に行われた。

6. セナブレと国家市民保護システム

メキシコ地震防災プロジェクトの概要を紹介する前に、セナブレと国家市民保護システムとの関係を述べておく必要がある。

セナブレ設置令によると、セナブレは防災に関する技術支援あるいは技術情報発信のセンターとして、連邦政府機関、州政府機関、地方自治体、職能

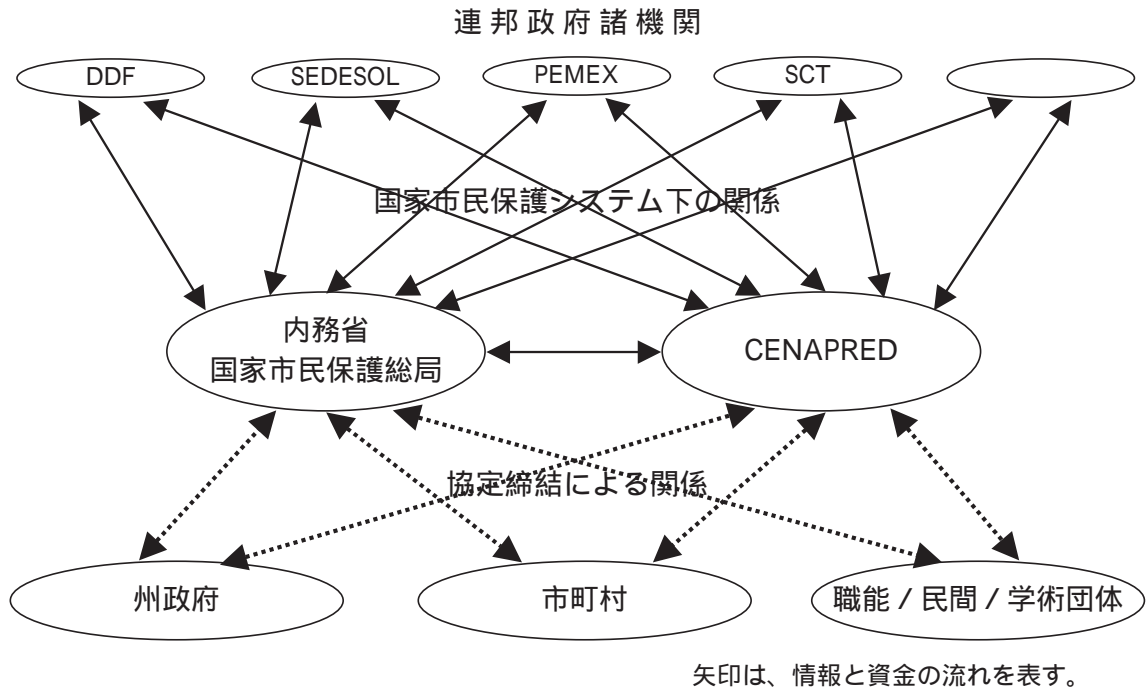


図 1 大統領令におけるセナプレと他の機関との関係

団体、民間団体、学術団体などと、図 1 のような関係をもっている。すなわち、セナプレは政府組織機構上は内務省に属しているが、機能上はこの図に見られるように内務省と同格な組織とされている。セナプレは、内務省の市民保護行政への技術支援の他に、同システムに直接的な関わりのない防災分野（例えば、耐震構造技術など）に係る技術情報発信を所掌業務としている。

この設置令に規定されたセナプレの姿は、セナプレ発足当初は絵に描いた餅に過ぎなかった。なぜなら、

- セナプレの予算は内務省予算であり、それは、メキシコ行政の会計慣習によって、セナプレには前渡されず内務本省が握っている。
- 防災に関する研究は大学の人的資源に依存せざるをえないが、メキシコ史上、内務省は国家権力を代表して大学の言論などを弾圧することがしばしばあったため、心理的には、内務省

と大学とは友好的とはいえない関係にある。という状況にあったからである。メキシコ地震防災プロジェクトの真骨頂は、このような障害を取除き、絵に描いた餅を食べられる餅にすること、いわゆる institution building（研究所設立）といわれることであった。

7. プロジェクトの概要

地震防災プロジェクトの実施期間は、当初1990年度から1994年度までの5年間の予定であったが、後にメキシコ側の要請により2年間延長された。最初の5年間に日本側がこのプロジェクトに投入した原資は、表 1 に一覧したとおりである。メキシコ側の投入額ははっきりしない。表 2 は、同時期のセナプレの予算額であり、このうちの何割かがプロジェクトに投下されたはずであるが、それがどの程度であるかは不明である。因みに、1990年代前半に

表 1 メキシコ地震防災プロジェクト日本側投入原資

項目 / 年度	1990	1991	1992	1993	1994	合計
調査団派遣（回）	0	2	1	1	1	5
長期専門家派遣（人）	4	4	5	4	1	18
短期専門家派遣（人）	13	12	23	17	9	74
墨側研修生日本受入（人）	6	3	3	3	3	18
機材供与費（千円）	34,719	81,476	46,628	55,539	31,355	251,717
現地経費負担（千円）	15,496	23,744	36,471	33,464	24,495	133,670

表 2 セナプレの年次予算（単位：新ペソ）

年 度	予 算
1990	5,644,118
1991	7,485,984
1992	9,106,900
1993	14,285,409
1994	14,298,753

表 3 セナプレ職員数の推移

年 次	職 員 数
1990	77人
1991	88
1992	93
1993	125
1994	125

表 4 部署別セナプレ職員数（1994年度）

部 署 名	職 員 数
所長室	10人
研究部	43
地震災害	9
強震観測	8
構造実験	8
水文気象災害	7
化学災害	9
研究部長室	2
研修部	14
広報部	18
プログラム基準部	4
国内関係部	6
国際関係部	8
総務部	18
組織近代化ユニット部	2
JICA 支援	2
合 計	125人

おいては、1米ドルは3.1～3.2新ペソ程度であった。

表 3 は、セナプレの職員数の変遷である。

表 4 は、1994年度の部署別職員数配置である。地震防災プロジェクトに直接的に関与したのは、このうち研究部の地震災害、強震観測及び構造実験分野の研究者であり、その総数は25名である。

8. プロジェクトの成果

耐震構造分野

耐震構造分野の中心テーマは、実大構造試験施設を最適な状態に整備すること、またその利活用に習熟することである。そのために、メキシコ及びラテンアメリカ地域における低層ローコスト住宅の構造形式として、広く普及している「枠組組積造」の耐

震性に注目した研究を実施した。

枠組組積造（図 2 参照）は、煉瓦を積み上げて壁をつくる組積造の変化形である。すなわち、直交する煉瓦壁の交さ部に4本の鉄線（鉄筋を使用することもある）を立てて帯び筋で括り、そこにコンクリートを流し込んで鉄線入りコンクリート柱を造る。煉瓦壁の上部にも同様な鉄線入りコンクリート臥梁が造られる。最終的に、すべての煉瓦壁がその四周を鉄線入りコンクリート部材で囲まれるので、枠組組積造（confined masonry）と呼ばれる。

実施した試験の主なものは以下のとおりである。

標準的枠組壁の実大水平加力試験

煉瓦の水平目地部に補強筋を挿入した枠組組積造の実大水平加力試験

実大2層3次元枠組組積造の水平加力試験

実大2層3次元枠組組積造の補修、補強試験に関する追試験

なお、この一連の研究は、国立勤労者住宅基金（INFONAVIT²⁾）の支援を得て実施されたもので、構造設計指針などの研究成果は INFONAVIT の住宅建設に活用されている。この支援は、1990年にセナプレと INFONAVIT が締結した協力協定に基づくものであり、この協定はその後延長されて現在に至っている。

無償資金により供与されたアクチュエータシステムは、納入時から多くのトラブルを抱えたが、プロジェクト期間中の整備改良努力によって、試験設備として一応の完成をみるに至り、仮動的実験などの

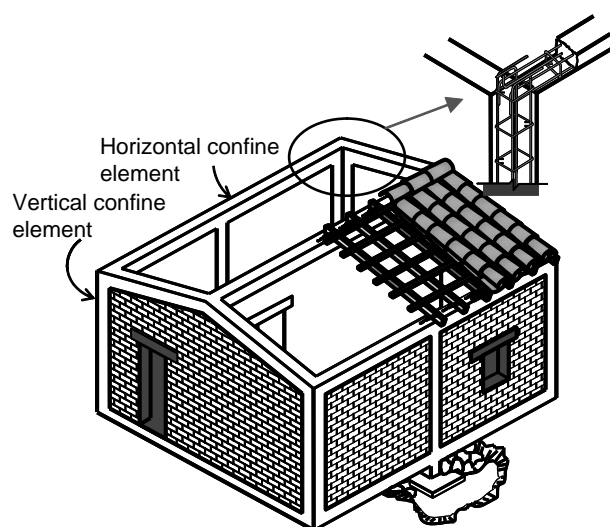


図 2 枠組組積造

コンピュータオンライン実験に使用することが可能となった。

また、土質実験装置は、メキシコ盆地の粘土の基本特性について多くの貴重な資料を提供した。

強震観測分野

強震観測分野の中心テーマは、無償資金で設置された強震観測ネットワークシステムを正常な状態に維持管理すること及び必要な改良を加えることであった。このシステムは、納入直後種々のトラブルが発生し、改良すべき点が多く発見された。これらの問題点はプロジェクト期間中にすべて解消され、世界に範たる強震観測ネットワークシステムが完成した。

収録されたデータは、セナプレのデータベースに取り込まれるとともに、メキシコ国内強振動データベースにも提供されている。

強震観測ネットワークのアカブルコ観測点は、メキシコ市から約300km離れている。アカブルコ付近の太平洋を震源とする地震の地動がメキシコ市に到達するまでの時間は、約60秒である。したがって、アカブルコ観測点はメキシコ市より約60秒早く地震動を感知する。このことを利用した地震警戒情報システム（図 3 参照）が暫定的に完成し、仮運用されている。

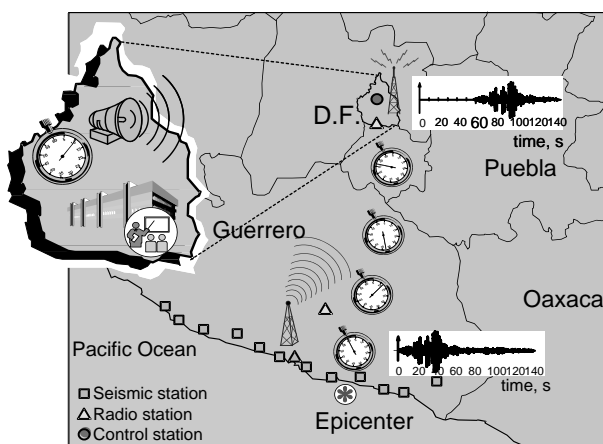


図 3 地震警戒情報システム

地質災害分野

地質災害分野では、過去の地震や被害に関する資料に基づく地震危険度マップの作成、強震観測ネットワークによって観測された地震観測記録の分析などを行った。その主要な成果は以下のとおりである。

等震度マップの作成

過去150年間に発生し、メキシコ市に影響を及ぼした主要な地震とその被害に関する資料を収集し、メキシコ市内の等震度図を作成した。既往の歴史地震を指定すれば、等震度線が描き出される。また、ある地点での過去の最大震度を知ることができる。

距離減衰特性の研究

セナプレが観測した地震観測記録や他の機関が観測した地震記録を分析して、メキシコにおける地震動の距離減衰特性の特徴を見つける研究をしている。メキシコ市周辺の丘陵地帯では、他の地域と異なる特性がみられる。

マイクロゾーニング

メキシコ市内を約500 のメッシュに分割し、各メッシュ内の人口、建物種類、建物規模、地盤条件、建物別加速度応答スペクトル、建物タイプ別被災程度などを表示するマイクロゾーニングシステムを完成させた。この研究は、セナプレとメキシコ市政府（DDF）との協力協定に基づいて実施されたもので、既に DDF に引き渡されてメキシコ市の地震時緊急計画策定に利用されている。これと同様なシステムの作成依頼がコリマ市からもあり現在、必要なデータの収集中である。

建物の地震時挙動

強震観測ネットワークのメキシコ市内観測点の中には、建物の地震応答の観測点がある。この観測点のデータは、建物の地震応答予測精度を高めるための研究資料を得ることを目的とするが、これに関する研究成果はまだ出ていない。

技術の研修普及分野

セナプレで実施される技術の研修普及活動は2種類ある。一つは、国家市民保護システムの一環として、一般市民及び行政官を対象とする地震時の避難方法、被災後の復旧方法などについてのもの、一つは、防災と直接の関係がない耐震構造技術などについてのものである。前者はセナプレ発足当初から精力的に行なわれ、日本側の支援をほとんど必要としなかった。

一方、後者は低調であった。その原因は、日本とメキシコの文化の違いにあった。日本では、明治維新以降、技術者全体の技術レベルを上げることが社会の繁栄につながるため、政府機関が税金を使って技術サービスをするのは当然であると考えてきた

が、メキシコの文化では、技量のレベルアップは自己負担によるべきで、無料の技術研修などありえないのである。

このメキシコの文化は、一度自分の地位を確保してしまうと、その後は自己研鑽を怠りがちになるという状況を生みやすく、また技術者の団体がややもすれば技術の切磋琢磨のための集団ではなく、既得権益を温存するための集団に化しやすい。

1994年から開始したDROセミナーは、「DRO（工事責任者）」という技術資格をもつ建設関係技術者を対象とするセミナーで、彼らの保有する技術知識をリフレッシュし、グレードアップすることを目的としている。これは、メキシコの文化に反することでありながら、DROに好評をもって受入れられ、現在も続いている。これは、近年の国際社会におけるメキシコの劣勢の認識、それに伴うメキシコ人自身の反省が、日本型文化への傾斜という伝統文化の変容を起こさせたものと思われる。

一方、日本政府は、メキシコ政府に対して、この地震防災プロジェクト終了後においてはセナブレが中米、カリブ諸国の盟主として地震防災に関する技術移転の中心的役割を担うことを期待し、そのために1997年以降第三国研修の資金を援助した。これを受けてセナブレは、メキシコ国内向け研修普及活動のほかに、中米、カリブ諸国などの技術者向け研修普及活動をも実施した。

第三国研修は、1997年から2001年まで毎年1コース、合計5コースがセナブレにおいて開催され、参加者は中米、カリブ、南米諸国22カ国に及んだ。教材には、枠組組積造の研究報告などセナブレの研究成果が使われた。

また、セナブレの研究員がこれらの諸国へ出向いて、セナブレの研究を紹介し、あるいはその国の抱える問題について技術的助言をするなどの活動も実施した。

9. セナブレの現在と将来

前述のとおり、地震防災プロジェクトの真の目的は、institution building すなわち研究所設立であり、それは「セナブレの自立的業務遂行能力が育成された」という状態を実現することである。そのような状態の実現度合いを客観的に測ることは極めて難しいが、ここでは、前述したセナブレの前に立ち塞

がっていた二つの障碍（セナブレが前渡資金を持たないこと、セナブレが内務省と大学という二つの相性のよくない集団を基盤にしていること）との関連から、以下の各点について実状を述べ、さらにその状態が将来どのように変化するかを予想することによって、研究所設立という目的の達成度合いをご判断願いたい。

資金前渡、事業計画、予算計画

内務省とセナブレの関係

セナブレを構成する組織間の有機的連携

研究者の待遇

研究成果とその活用

資金前渡、事業計画、予算計画

メキシコの法律では、「本省」から「その出先機関」への資金前渡は禁止されている。したがって、セナブレは、前渡資金なしで事業を執行しなければならない。前渡資金なしの事業執行とは、

- 必要な経費を一時的に立替え、事業執行後に領収証と引き換えに立替金を回収する
- 場合によっては支払い拒否に遭って資金回収ができないことを覚悟する

ことである。

そのような会計上の仕組みの下で、発足当初のセナブレは、事業の計画的執行が極めて困難で、研究のための資金のほとんどを日本側の支援に依存するという状態であった。

日本側はこのような状況の改善を要求し、それを受けてセナブレの歴代所長は、事態の打開のために内務本省と様々な折衝をしたが、解決を見るには至っていない。唯一の進展は、セナブレが詳細な事業計画及び資金計画を作成し、それを内務省が承認しているならば、計画的予算執行が容易になるということの内務省とセナブレが確認したことである。この確認が実行されるか否かは、一つは研究側において研究計画をどこまで具体化できるか（成果の確約と言い換えてもよい）にかかっており、そして、何よりもセナブレ所長と国家市民保護システム担当内務次官との意思疎通如何にかかっている。

これを要するに、セナブレが目覚ましい成果を挙げ続ける限り、予算は何とかがついてくるであろうことが予測される。

内務省とセナブレの関係

セナブレ設置令によれば、内務省市民保護総局

とセナブレは図 1 に示す対等な関係にあるはずであったが、創立当初のセナブレは市民保護総局の下部組織というのが実態であった。それは、前述のようにセナブレが前渡資金を持たないことから来る必然でもあった。

1994年の夏、メキシコ市から60km離れたところにあるポポカテペテル火山（標高5452）の噴火活動が活発になった。セナブレはその活動のモニターを担当することになり、所長はそのためのテレビモニターや地震計などを購入する予算を内務省に支出させたほか、空軍のヘリコプターを飛ばせてセナブレ研究員による定時山頂観察を実現させた。セナブレ研究部はモニターの結果に基づいて住民に対する避難命令の発令解除に関する判断資料を内務省及びポ火山のある州政府などに提供した。これら一連の活動はメキシコ国内で高く評価され、それを通じて、セナブレは内務省の潜在的力と利用価値を知り、一方の内務省はセナブレ及び大学の研究者集団の利用価値をあらためて認識しなおすこととなった。

ポ火山の活動モニター、周辺地域の危険度マップの公表などは今でも継続しており、セナブレのホームページを開けば山頂の写真とその日の噴火の危険度を知ることができる（写真 3 参照）。

また、最近ポ火山以外の火山についても、火山活動のモニター及び災害危険度の予測などが要請され、内務省にとって、セナブレはこの分野の防災行政になくてはならない組織となっている。

セナブレを構成する組織間の有機的連携

セナブレの構成組織のうち、研究部門以外の組織（以下、管理部門という）は、内務省がその人事権

を握っている。研究部門の人事権はUNAM が握っており、研究部門の管理者はUNAM の教授を兼務している。したがって、研究部門の研究テーマは、UNAM の教授としての業績にも貢献するテーマが選ばれる。そのため、セナブレは行政附置研究所でありながら、大学的な研究を指向する傾向がある。また、管理部門と研究部門とは、前述したようにメキシコの歴史文化に根ざした心理的反目があった。

上述のポ火山の噴火は両者が連携して業務に当たる初めての機会であった。その結果、行政目的に適うように研究テーマを選択し、あるいは研究成果をとりまとめるよう留意しながら、両部門が連携すれば、双方に大きな利を生むことを経験することになった。この経験は、管理研究両部門の心理的反目を軽減するのに役立った。

この例から推測すると、地震に限らず、防災行政上のニーズがある限り、管理部門と研究部門との連携は今後も繰り返され、かつそのたびに強化されていくであろうと思われる。

研究者の待遇

プロジェクトの初めの3年間は、研究職員を処遇する給与システムがなく、研究員はタイピストや秘書と同列の薄給であった。日本側の改善要求によって、1993年からセナブレ研究員にUNAM の教官の給与規定を準用することとなり、メキシコ最大の公立研究所である石油公社石油研究所の研究員などと同等の待遇が実現することになった。

それでもなお、セナブレ研究員の給料は、民間に比較すると1/2～1/3にすぎない。この問題は、セナブレに優秀な人材を集める上の支障になり、結果的にセナブレの発展を阻害する原因となりかねないが、解決は容易ではない。このような状況を打開するためには、ひたすら、メキシコ側の資金捻出による研究施設のさらなる充実、魅力的な研究テーマの発掘に努めるしかないであろう。

研究成果とその活用

日本の行政附置研究所は、義務として、研究等の成果を出版配付するものだと考える。しかし、前述のように、メキシコの文化は必ずしもそうは考えず、成果物の出版には消極的である。

それでは、研究部門が何をしたかを管理部門や第三者に知らせ難いし、また学会論文とは異なる性格をもつ技術報告などが研究室の書棚に埋もれてしま



写真 3 セナブレによる火山噴火モニター

う。「研究ノート」は、そのような観点から、研究部が何らかの出版媒体を持つように日本側が勧めた結果できたバックナンバー付き出版物である。研究ノートの出版は1994年に始まり、出版費用の捻出に苦労しながらも、現在まで続いている。今までに出版された研究ノートは21冊である。

防災行政関係の活動ばかりでなく、この研究ノートのような地味な技術出版を継続することも、研究所の存続にとって必要であるが、その成否は一にかかって出版費用の調達ができるか否かによろう。

10. おわりに

メキシコは、現在、極めて不健全な経済状態にある。政府予算は極端な緊縮予算である。セナブレの予算も例外ではない。そのため、研究は二の次三の次であり、2005年度の研究部予算は合計でわずか2.5万米ドルに切り詰められた。ようやく動き出した研究所がエンストしかかっている。メキシコ経済の一刻も速い回復を祈る。

参考文献及び注

- 1) JICA 社会開発協力部『メキシコ合衆国地震防災計画終了時報告書』1994年12月、p.13
- 2) 同上、p.245-248
- 3) 同上、p.249-252

注

- 1) メキシコ市は、メキシコ谷と呼ばれる谷の中にある。メキシコ谷は、太古の昔の火山噴火によって川が堰き止められてできたダム湖が、植物などの堆積物によって浅くなったものである。メキシコ市の中心部は、400%というような高含水率をもつ粘土地盤の上に浮かんでいる。

メキシコの大きな地震は、太平洋プレート（メキシコ付近のものはココスプレートと呼ばれる）が陸地の下にもぐりこむときに、プレートが破壊して発生する。この地震動は300km離れたメキシコ市付近に到達するときは減衰して小さくなっているが、水を張ったお椀の中に浮かんでいるメキシコ市中心部では、小さな振動でも条件によっては異常に大きく増幅されることがある。メキシコ市は過去に何度もこの地動の異常増幅によって被害を受けている。強震観測ネットワークは、この異常増幅に関する研究に貢献することを期待して供与したものである。

- 2) INFONAVIT は日本の住都公団に相当する公的住宅供給組織