

アメリカ展望～とびあるき～

USGS・NASA・JSC……

倉 沢 一 (技術部)
Hajime KURASAWA

ネブラスカ—ルイジアナ—ヒューストン

1978年10月下旬の2週間 デンバー・リンカーン (ネブラスカ州)—ベイトン・ルージェ (ルイジアナ州)—ヒューストン (テキサス州)—サン・アントニオ (テキサス州)—デンバーのロングドライブで 大学 研究所などを訪れた。当時 シカゴ大学に留学中の田中剛君ならびに日本にこられた時に 色々お世話した A. T. ANDERSON Jr. 教授を訪問する予定をたてたが 実験のスケジュールとのからみで実現させることができず残念であった。このドライブは レンタカー (Ford Pinto) を使い 総計約 5500km でちなみに燃費は 11.5km/l (2300ccエンジン) であった。最初の訪問地 Lincoln (リンカーン) は国道 76—80号線を東方へ約800km。早朝 暗闇を走り ねむ気をさましながらひた走る。昼食と給油の休みだけの強行軍がはじまる。

夕方 5時 Nebraska 州の州都 ネブラスカ大学のあ
るリンカーンは人口20万人ほどの小じんまりした街。
ここでは地質学教室の S. B. TREVES 教授の邸宅でご家
族のもてなしを受け 泊めていただく。同教授は南極
マクマード基地での国際共同研究以来の友人で サンタ
クロースの風貌をもっている。翌日 大学の教室で招
待講演をさせられた。教室の建物は 2・3階が州の
博物館になっており 州内の自然 地質 産出物が中心

に展示されている。寒いコロラドから大平原をここま
で来ると やや蒸し暑い感じ。それからさらに翌日
リンカーンを発って2泊3日 カンサスシティとセント
ルイス経由の連続ドライブの後 メキシコ湾に面する
Louisiana (ルイジアナ州) の州都 Baton Rouge (ベイトン
・ルージェ) に着いた。走るにつれて 南国の暑さと共
に 10月というのに蒸し暑い。この距離約2,000km。

ベイトン・ルージェ (赤い杖の意) にはルイジアナ州立
大学があり 州都として急速な発展を見せている人口20



図58 ルイジアナ州立大学に立寄った際 Baton Rouge 市長から名誉市民証を授かる。



図59 ルイジアナ州立大学のある Baton Rouge の州庁舎展望台から南方をみる。右はミシシッピ河の一支流。

万人の街で 東方の大都会ニュー・オーリンズ (New Orleans 人口70万人) に比べて いかにも政治と大学の街という感じである。大学の地質学教室の知人 John WRENN 博士に会い ここでも招待講演をたのまれた。この教室は 全体的に石油地質学のメッカで 学生の売れゆきも良いという。その後 ベートン・ルージェ市長に紹介され 大学からの連絡で用意されていた 名誉市民証 (Honorary Citizen) と市民の鍵をいただいた。誠に名誉なことである (図58)。州庁舎展望台からの眺めは素晴らしく 南方を望むメキシコ湾方面はかすんでいるが 西方を流れるミシシッピ河の一支流も大きな流れで 大型船舶も航行している (図59)。この図の左方の低い建物群が大学キャンパスである。遠方の大きな橋は メキシコ湾に沿う国道10号線である。このベートン・ルージェから右方 (西方) へ約500kmにヒューストンがある。

ヒューストン (Houston) へはベートン・ルージェからテキサス州に入り (図60) 午後2時頃ヒューストンのジョンソン・スペース・センター (Johnson Space Center, JSC, NASA) に着いた。1974年に6ヶ月程日本に滞在し 地質調査所で研究し また日本での野外調査等のお世話をした NASA の Dr. David McKAY に会い 1620 エーカーの広大な敷地に分散する建物と研究室をご案内いただいた (図61)。まずは 月・惑星の研究の窓口である月・惑星研究所 (Luna & Planetary Institute, LPI) で 所長の T. R. McGETCHIN 博士に会う (図62 63)。まだ 40才台の若い気さくな方だったが 1979年10月22日 腸ガン (interstitial cancer) で亡くなられた。43才であった。その年の春頃から容態が悪化して亡くなられたというので ショックであった。その業績と人徳から 現在 Summer study scholarship for students in volcanology としての「McGetchin Volcano Fund」が設立されようとしている。現在の所長は Jet Propulsion Laboratory からこられた 惑星内部の地球物理学の専門の Dr. Ro-



図60 テキサス州入口のビジターセンター。

ger PHILLIPS である。

JSC 内の施設は 宇宙探査機や宇宙船に対するコントロール・センターをはじめ 各種宇宙開発機器の開発部門や塔乗員訓練 研究室などであるが やはり興味のあるのは 月試料などを研究する惑星・地球科学棟である。McKAY と Dr. Larry E. NYQUIST さんの案内でつぶさに見学させていただいたが 研究設備は いわゆるクリーン・ラボであって 無塵室に変りはない。図64に研究棟 (図55のビルディング31) の写真を示す。人類共通の貴重な月試料の管理保管ビルも建てられ 考えられる災害のいかなるものにも耐えられるようなものとなっている。最近では 南極で何千個も発見されている隕石など 宇宙 惑星の起源に関するあらゆる資・試料についてもここで研究が行われている (地質ニュース No. 211 1973

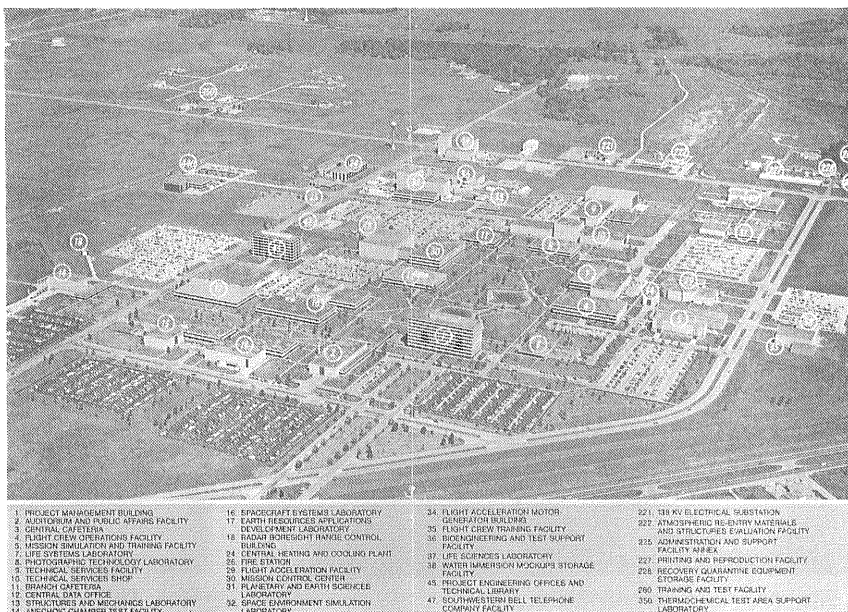


図61 Johnson Space Center (NASA) Houston の全景。㊸が惑星・地球科学研究棟。

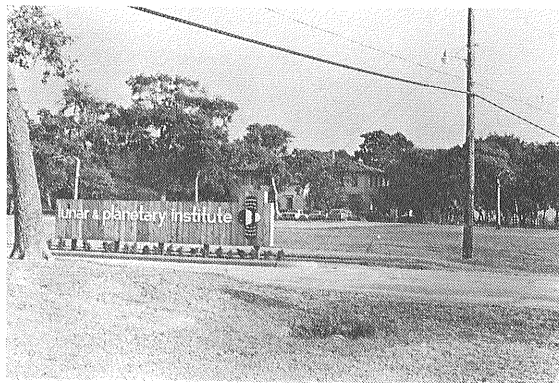


図62 JSC 横の月・惑星研究所。 建物は石油会社の別荘であったもの。

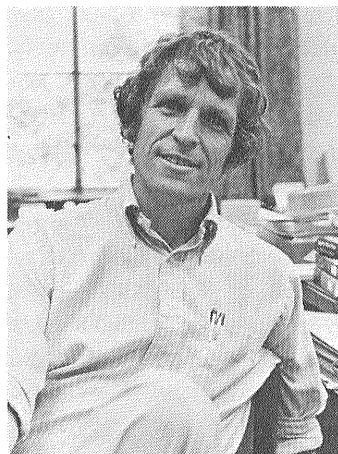


図63 当時の月・惑星研究所長 T. R. McGETCHIN 博士 (1979年10月22日腸ガンで死去 43才)

参照). これに対しては 日本の国立極地研究所(National Institute of Polar Research)はこの研究に対して大きな貢献をはたしている。McKAYさんの研究室では日本製の電子顕微鏡が活躍している(図65)。月試料の細粉(fine)中の微細な粒子の表面構造を追求している。

JSCのNASAのこのような研究室では新しい測定機器の開発も進められており全元素の定量や同位体比の測定を目的としたイオン・ボンバーディング質量分析計(高電圧)も組立てられ実験が続けられていた(図66)。最近の宇宙探査の進歩の一つとして火星の自然条件下での反応関係をチューブの中で再現させる実験も続けられている。図67の中央部の縦形の明るく輝いているチューブがそれで温度光線気体をコントロールしていた。ごく最近の土星をはじめとする惑星の美しい姿の写真が公表される度に興味と興奮を覚えるときふとJSCを思い出すのである。

一方USGSでも前述のデンバーのB branch of Isotope Geologyでアポロ計画による月試料のとくにU—Th—Pb系あるいはSm—Nd系の同位比測定などによりその精度の高さなどから月と地球の初期形成モデルと年代測定に大きく寄与している。さらに地質総部に属するOffice of Environmental GeologyにBranch of Astrogeologic Studiesがありアリゾナ州Flagstaffに研究室が設けられている。現在ではおもに惑星の地図作成とリモートセンシングによる探査の解明にとりくんでいる。米国の地質調査所は惑星の地質図や地形図を作成することは勿論宇宙とくに惑星研究に重要な役割をはたしている。



図64 JSCの惑星・地球科学研究棟。

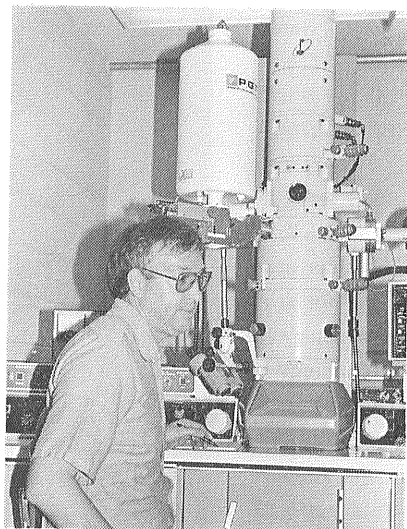


図65 JSC 研究室の電子顕微鏡(日本製)とD. McKay 博士。7年前に日本に滞在した。

JSCの業務の内容は

- ・現在あるいは将来にむけての宇宙船の運行技術の開発。
- ・計画に従った宇宙船の設計 開発 組立
- ・宇宙船の搭乗員の選出と訓練。
- ・宇宙船の発進から帰還までのコントロール。
- ・宇宙航空における医学的 科学的 工学的実験のマネジメントと指導。

となっている。これに上記の研究施設が加わることになり 研究部門としては隣接するLuna and Planetary Instituteと連携を保ちながら進められている。

前述のイオン・ボンバーディング質量分析計は開発中であったが ionbombardingされた物質中のionは 化学的に抽出された純粋な試料による表面電離法とはことなり 定量的なデータをうるにはまだ未解決な問題がある。

また極めて高い高電圧を必要とすることとあわせてまだ開発中というところであるが 有用な機器であることは疑い余地はない。これは小型化すれば探査機にもとせられるからである。また 新しい年代測定法のSm—Nd法 ($^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ — $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)も軌道にのっている。この希土類元素(REE)は天然の一般的現象では同位体的に変化しにくいものであるとともに とくに太陽系の地球をはじめとする惑星の形成期に近い 50~30億年という年代の測定に有効である。

NASA—JSCでのアポロ計画による月試料の研究は大局的にみてほぼ終りに近いとみられる。前述のように 従来の隕石研究についても 改めて整理検討され直されている。また JSCの研究室で進められている最近の Vikingにより観測されている火星の表面近くの環境や その他の多くの惑星たちの 同様な環境の再現による研究もはじめられている。

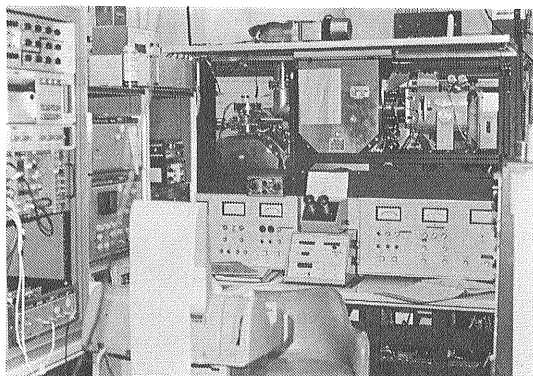


図66 新しく開発中のイオン・ボンバーディング質量分析計。

いわゆるリモートセンシングによる方法や地球物理学的な観測は続けられているが 地球外物質として直接手にすることのできる月や隕石の研究も 従来の手法によって進められている。これに加えて 月の表面の大部分を占める(他の惑星も同様であろう)玄武岩質岩石を見直す研究が改めて注目され NASAのLunar Science Institute(L.S.I)を中心に「Basaltic Volcanism Study Project」(BVSP)も始まっている。これは玄武岩質岩石に関する あらゆる面からの研究を対象としているもので 最近の情報からえられている月の玄武岩の多様性とも結びつく 重要な計画とされている。地球あるいは地球外物質というような区別は 今後はなくなるであろう。ただ 地球が 惑星のなかで 今だに生きており mobileであることが 特別な問題を提起しているのかも知れない。つまり この種の研究で 最も大きな貢献は どのようにして地球が形成されたか そして地球形成期の歴史の解明と 地表現象の進化の理解に役立つことにもある。これらの課題は 地球上とは全く異なった 形成初期の地質条件と環境下での 地質の変化の過程の学説を立て また検討する機会をもつ目的のためには 惑星間の対比なしには解決しないものである。実際面からは 現実には試料を入手することが必要であるが 現実にはリモートセンシングのデータ解析と そのための機器の開発のための新しい技術を追求することが重要であろう。

いずれにせよ 将来の地質学者は 現在 地球について行っていると同様に 地球外の対象物についても容易に寄与できるものである。

さて わが国でも宇宙開発に関する研究が進められている。その中で 関心のあるものが 惑星探査と資源の問題である。宇宙空間における(無重力下)の実験室

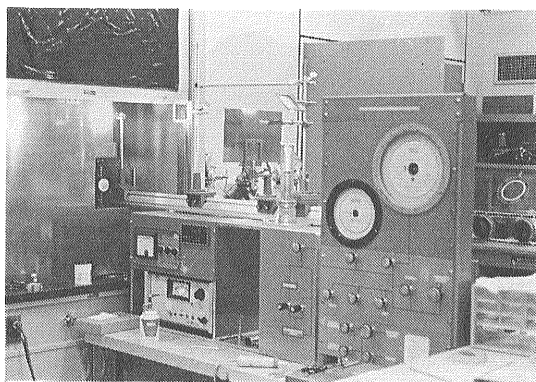


図67 研究室内で火星の大気条件をつくりだし様々な反応を観察する実験装置。

としてはスペース・シャトル スカイラブによるものもあるが 現在行われ 進められつつある計画の一つに「月・小惑星の探査」つまり惑星探査ワークショップがある。科学技術庁の航空宇宙技術研究所に深宇宙探査研究会というグループがあり 昭和52年度より 宇宙開発事業団との間で技術協力という形の検討会が持たれ 53年には東大宇宙航空研究所 月惑星研究班の協力をえて「月・惑星のGeologyと探査用センサ」の小シンポジウムも開かれた。そのリーダーである航空宇宙技術研究所の興石肇 松島弘一 両氏によると『宇宙開発の目覚ましい発展を支える人類の技術文明は 地球上における資源 エネルギーの有限性に対する認識の高まりと共にその将来に危惧の念をいだかれ始めている。人類はあまり遠くない将来に その生存を確保するために 大きな選択を迫られることになるのではないか。地球とそのごく近傍の空間に活動領域を限定した 閉鎖系の中でのみ存在しうる文明に移行するのか それとも文明の発展と共にその存在領域も他の惑星を含む太陽系空間の中に拡張していくのか。日本において 月 小惑星の探査ミッションを提案する理由もそこにあるのであり このことは現在われわれが持っている宇宙技術を次の世代のために役立てることになるであろうと考えている』と表現されている。

太陽系内の火星と木星の間の軌道をまわっている多数の小惑星は 大きな惑星にならなかった微小天体が 衝突をくりかえして破片となったものであるといわれている。その小さな小惑星の仲間は 地球のそばまで近づいてくることがある。地球に落ちてくる隕石も それに似た軌道をもっているので 隕石の源は小惑星だと考えられている。資源としても 地球に最も近い天体である月と 太陽系内に分布する小惑星が最も有望であろう。既に 月や小惑星の資源を利用したの宇宙ステー

ション 宇宙都市 宇宙太陽発電所などの建設に関してかなり具体的な検討が米国を中心にして進められており ソ連においても月面上における穀物の栽培実験の地上模擬実験の試みなどがなされている。資源利用を目標とする月 惑星の探査で まず必要なことは それらの天体の組成に関して 全体的な概要をつかむことであろう。具体的には リモートセンシングによるそれらの化学的 鉱物学的組成の探査技術の確立があり ここにAstrogeology (天体地質学)の専門家が必要である。それらのためのシステムは小型 軽量 必要とする電力も少ないことなどが必要条件で 日本でも十分に経験のある分野であろう。わが地質調査所でも Geology→Astrogeology としての興味と知識ならびに技術をもった 若い研究者が育つことを望みたい……と JSC(NASA) 訪問の折に強く感じたことである。

JSCにさようならをする前 サターンV ロケットとアポロ17号司令船を見物。そのロケットの巨大さと焼けただれた司令船には やはり感無量であった(図68 69)。そのための経費の膨大さに驚いていた私も 「NASAの予算は国家予算のわずか1%に過ぎない!」というキャンペーンに気がついた。1ドルコインの分割写真である。これは 予算が少ないということか。あるいは一見無駄に思われている宇宙開発事業も決して無意味でないという宣伝か 見る人に様々な思いを抱かせているようである(図70)。

かくして ヒューストンでは Dr. MCKAY らのお世話

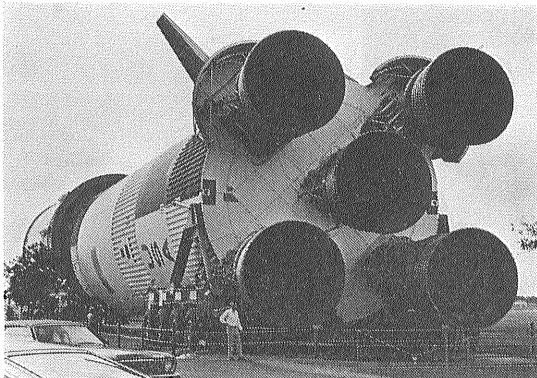


図68 ヒューストンのジョンソン・スペース・センター(JSC NASA)に展示されているサターンVロケット。全長363フィート。

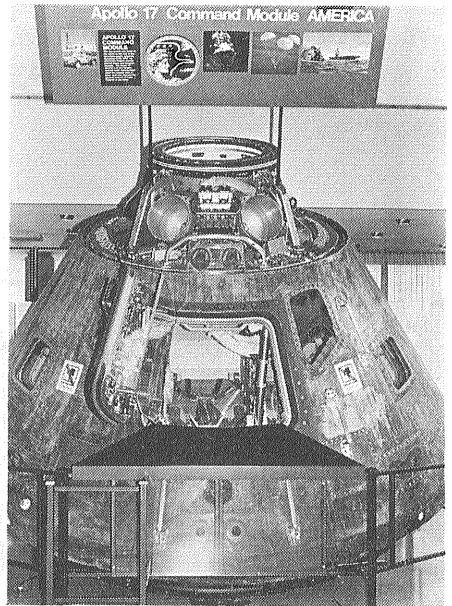


図69 地球に帰還したアポロ17号司令船(JSC)。

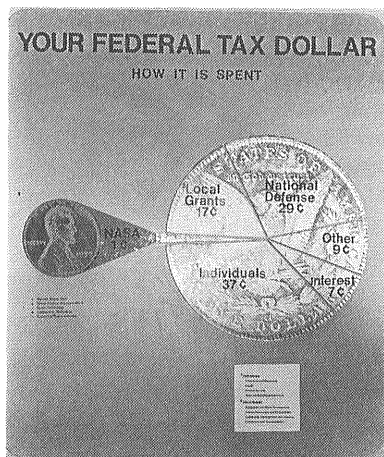


図70
JSC 展示場にあった「NASAの予算は国家予算の1%にすぎない」というキャンペーン。

になり 大きなTボーン・ステーキのご馳走に満足して San Antonioにある親戚の J. CUNNINGHAM さんの家を訪問した後 デンバーまで1,600kmを2日で走りぬけて帰ってきた。途中 ニューメキシコ州北東隅をかすめ Raton の近くのきれいな玄武岩噴石丘と溶岩台地を眺めながらの 広い広い平原のドライブもあった(図71)。

デンバーからメンロパークへ

デンバーでの仕事を終え 一通りの挨拶をして帰国の途についたが レンタカーの支払い モーターの引き払い Chief の B. R. DOE 氏をはじめとする多くの方々の farewell party など 結構忙がしかった。今回は 独り身の気楽さもあって 思い通りの行動がとれた。

11月8日 ロッキー山脈の東麓に広がるデンバーの街並に別れをつけながら ロッキーを越え コロラド台地を飛び サン・フランシスコへ約2時間。 ロッキー山脈の大陸分水嶺 (continental divide) 一帯は雪をかぶり はじめていた。 図72の分水嶺は 人工的に引かれた白

線とも思えるように はっきりと連なっている。 デンバー市が冬季オリンピックをことうたげたために実現はしなかったが 国道70号線のアイゼンハワー記念トンネル (Eisenhower Memorial Tunnel) の上方の Loveland 峠 (海拔3900m) 付近は スキー競技が行われる予定地であった。 山嶺には至る所に氷河のカルド地形がみられる。 さらに西方に飛び 恐竜化石の産出で有名なユタ州の台地が広がっていた(図73)。

サン・フランシスコ空港では USGS の Menlo Park 支所 地質総部の Administrative officer 二世の Theodore T. SUMIDA (角田徹郎) さんの出迎を受け 途中のサン・フランシスコ湾岸の塩田やら USGS の海洋地



図72 コロラドのロッキー山脈大陸分水嶺 (continental divide) 上空から北方を望む。 下方の道路は国道70号線と最近開通したアイゼンハワー記念トンネル入口

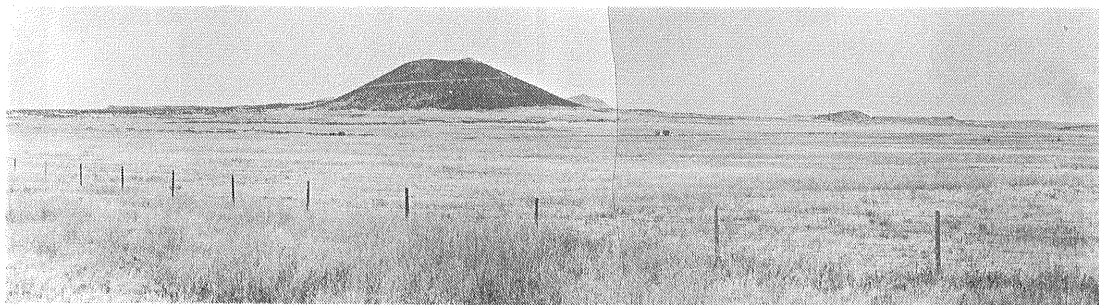


図71 ニューメキシコ州北東隅の Raton 東方の玄武岩噴石丘

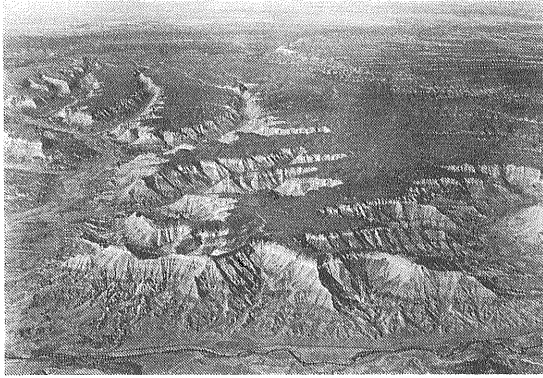


図73 ユタ州の中生代の地層を空からみる。恐竜化石が次々と発見されている。

質部の海岸倉庫と施設を見学して サン・フランシスコ空港から車で約30分のところにある支所に到着(図74)。軽い食事の後 午後の見学。Branch of Isotope Geology の Dr. G. Brent DALRYMPLE の案内で研究室を回った。Branch では Rb—Sr 法 Ar—Ar 法などの他安定同位体も研究している。これに最近は ^{14}C 法の年代測定も始められており Stephen W. ROBINSON の説明をきく。地下10mのところさらに鉛でシールドしたカウンターを置いた大がかりなものだ(図75)。その後はおよそ5マイル南の Deer クリークにある新しい建物を見学。ここには Dr. Parke D. SNAVELY, JR さんの海洋地質部と水資源 地熱の実験室を拝見。夜は SUMIDA さん宅でご馳走になる。Branch のアドレスとスタッフは次の通りである。

Branch of Isotope Geology, U.S. Geological Survey, 345 Middlefield Road, Menlo Park, California 94025, USA

DALRYMPLE, G. BRENT
 FLECK, ROBERT J.
 KISTLER, RONALD W.
 LANPHERE, MARVIN A.
 MAY, RODD J.
 O'NEIL, JAMES R.

メンロパークについては 地質ニュース No. 306 (三村 1980) に詳しく紹介されているのでご覧いただきたい。翌日は Acting Regional Geologist の Robert L. BOARDMAN さんの出迎えと案内で 共同研究者の Dr. Charles R. BACON に会う(図76)。彼とは カリフォルニア州ロスアンジェルス北方約 300km の シエラネバダ山脈東側に広く分布する Coso 火山岩類の共同研究を行っているが 玄武岩マグマの活動を伴う高シリカ流紋岩の溶岩円頂立と 火山砕屑岩 (38回の活動) の噴出で有名なフィールドである。これらは 1Ma~0.04Ma にかけて活動したもので 珪質マグマは 現在も地下8kmに残存しており 活動的な地熱系の根源と考えられている。これらの Sr や Pb 同位体組成 あるいは REE $\delta^{18}\text{O}$ などから 珪質マグマは地殻物質を また玄武岩マグマはマントル物質を本源として形成されたものであり また両者の混成作用も認められている。図77は 流紋岩質溶岩と とりこまれた玄武岩の捕獲岩 (黒っぽい部分) の標本である。懐しい顔も多い。昼食事 それぞれ サンドウィッチのランチ持参で 中庭のベンチに集まってくる(図78)。以前に訪米した時の顔ぶれや 日本にも

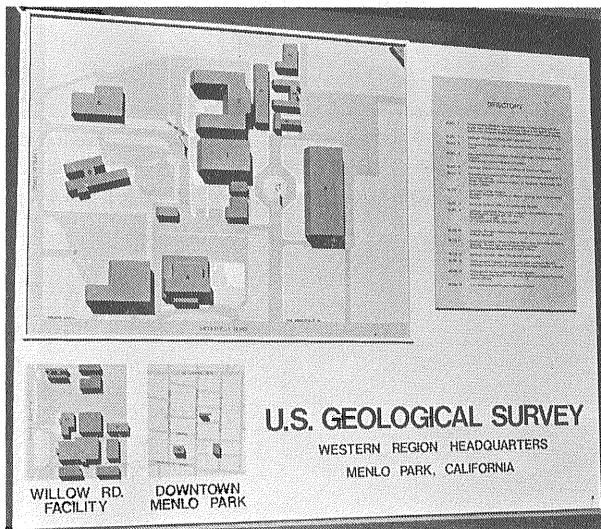


図74 USGS メンロパーク支所案内図。

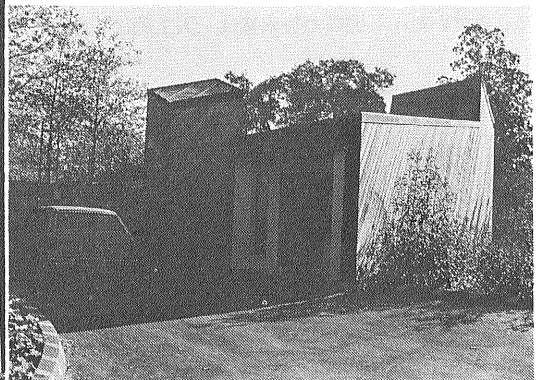


図75 メンロパーク支所の ^{14}C 年代測定棟。地下10mのところカウンターがある。

なじみの深い顔 WHITE さん CHRISTIANSEN さん MOR さん MUFFLER さん等々である。最近の仕事の内容なども見聞させてもらった。

ところで BACON 氏の奥さんも USGS の地質屋さんである。ところが 同氏に会い1年程前に アラスカの地質調査に行っていた彼女が 現地で熊に襲われ 両腕を噛み切られるという ショッキングな事故があった。レポートした雑誌の記事によると ヘリコプターで調査地に運ばれて 調査をはじめた彼女の前に 突然大きなひぐま (brown bear) が現われたという。あつという間に右腕を噛まれ くいちぎられた。目前で自分の腕が食べられているのを見ていたが レスキューの無線装置を作動させようとしていた左腕も襲われ ぶらさがってしまい 間もなく気ぜつした。午後の回収に飛来したヘリコプターに発見され 多量の出血で瀕死の状態の彼女は 直ちに病院に運ばれた。その強い精神力はアメリカ中にも知れわたり はげましの声が盛り上ったという。現在は義手によるリハビリテーションの結果 簡単な実験などは行えるようになり 職場に復帰している。(BACON 氏は今年8月の国際火山学会議(東京)に来訪)

USGS の Western Region には アラスカ ハワイ及び太平洋地域ならびに南極が含まれている。事務所は100ヶ所あり 3000人の職員のうち2/3がメンロパークの西部本局(支所)に働いている。上記の南極地域担当部門は Alaskan Division の中に含まれている。またハワイの Hawaiian Volcano Observatory もここメンロパークに属している。USGS のレストンにある National Center はやはり東部とあって紳士が多く ネクタイ姿が目につく。一方 デンバーからメンロパークへと西部に行くに従がい ノーネクタイのラフな姿が多くなり 和気あいあいといった雰囲気になる。USGS を通じ また大学や NASA の研究室を訪問して 温か

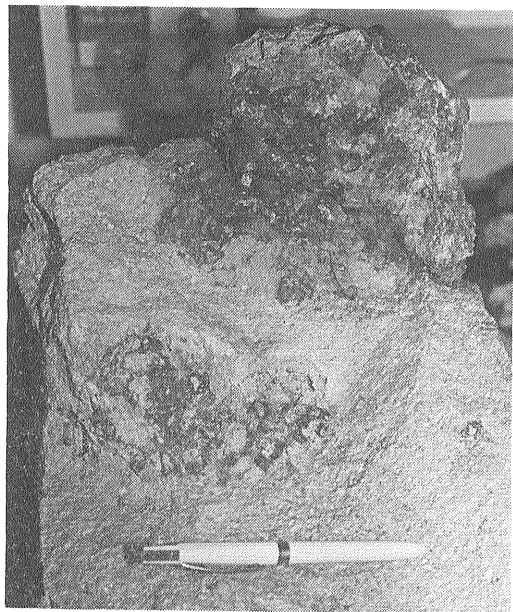


図77 カリフォルニア州 Coso 火山地域の流紋岩質溶岩と玄武岩の捕獲岩。

く迎えられた今回の3ヶ月は 楽しく また大いに刺激された日々であった。

おわりに

この報告の中で 書き記すことのできなかった多くの方々にも大変お世話になっており 改めて感謝の意を表わしておく。また ご紹介しきれない写真や多くの資料も持ちあわせているので ご利用いただきたい。そして わが地質調査所も立派になり 国の内外からの訪問者も多くなっている。科学を通じての国際交流としても 大いに歓迎し 遇してさしあげたいものである。



図76 USGS メンロパーク支所の若手岩石学者の一人の共同研究者 C. R. BACON 博士。



図78 USGS メンロパーク支所中庭での昼食。日本になじみの深い顔もみえる。