

アメリカ合衆国地質調査所の 同位体地質学その研究と生活

倉 沢 一

まえがき

同位体地球化学 同位体地質学は新しい分野でありこれから大いに発展する学問である。筆者は1966年1月から1年間合衆国地質調査所の同位体地質学部で研究する機会をえたので その紹介をかねてペンをとった。何らかのお役に立てば幸である。

デンバーに着くまで

出発前のあわただしさをのりこえて 1966年(昭和41年)1月6日(木) 地球化学課諸兄 関係者の見送りを受け 家族と共に夜の東京国際空港をあとにした。夜11時に出発し 短い夜と日付変更線(Date Line)を越え 同6日朝9時にホノルルに着いた。ジェット気流に乗って 所要時間は6時間 6,215kmの飛行だった。地上9,000m “雲の上はいつも快晴”などと冗談をいながらも ジェット機の中は散歩もできず 窓の外の dark blue の空と白い雲 そして雲間に見下ろされる太

平洋の blue の単調な時間つぶしは楽でない。

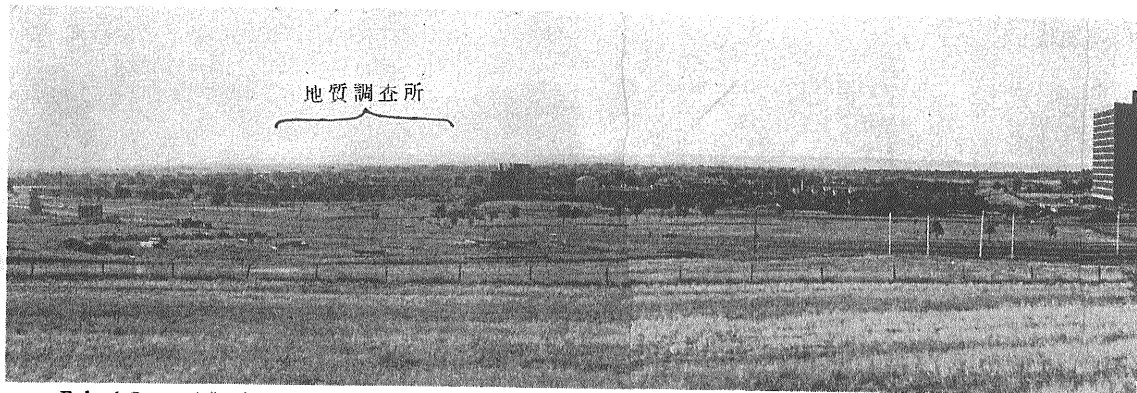
ホノルル空港では ハワイ大学に研究に来ていた地質部の一色直記氏の出迎えを受け ともかく彼の寄宿舎にしばらく休ませてもらった。当地は22°C以上で湿度も高く 冬支度の私たちはさらにワイキキビーチでピキニとサーフィンに眩惑され すっかり調子が狂ってしまった。その夜11時 ふたたび夜行便でホノルルを発ち 3,963kmを4時間半で飛び 7日(金)5時半 サンフランシスコについた。薄暗い朝もやの空港には 合衆国地質調査所の同位体地質学部 (Branch of Isotope Geology) の Chief のコールマン氏 (Dr. Robert G. Coleman) が出迎えて下さった。同氏にはこれから1年間お世話になった。

空港から南東へ27km 地質調査所の西部支所のあるメンロパーク (Menlo Park)のモーテルに送っていただき 休息をとって 午後から支所の見学 スタンフォード大学などの見物 夜はコールマン宅で 火山学・岩石学などで活躍している二世の K. J. ムラタ夫妻と夕食に招かれた。アメリカ大陸ではじめての夜を過した私たちは 連続の夜行飛行の疲れもとれ インディアンのマークのついたウェスタンエアライン (WA) で8日(土) サンフランシスコを昼すぎに発ち 1,600kmを2時間でデンバーに着いた。途中シエラネバダ山脈 大砂漠盆地 ロッキー山脈を越え 変化の大きい景色にみとれていたが デンバー付近を上空から見た時は 褐色一色で淋しいところと思われた。

真冬とはいえ 緑一つないのにはびっくりした。デンバー付近はもちろん この辺りは春と秋が短かく 6月に入るといっせいに緑でおおわれ 強い太陽光線で車



デンバー到着 向って左から出迎えの立本夫人 ドウ夫人 立本さん 筆者ら



地質調査所

Federal Center を北西方から望む。高層ビルは建築中。手前を国道6号線が東西に走る。左(東)はデンバーに 右(西)はロッキーを越えて西海岸へ通ずる

のハンドルが握れないほどになり 秋は金色に輝やく白樺に似た Aspen のいわゆる紅葉が9月にはじまる。その間 ロッキーの山脈を走るハイウエーはよその州のナンバープレートをつけた車でにぎわう。

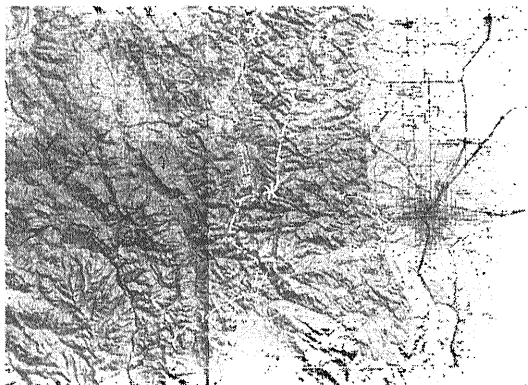
デンバーの空港にはドウ (Bruce R. Doe) 夫妻や日本人で精力的な研究を続けている立本夫妻の出迎えを受けた。デンバーは海拔1,600m (1 Mile High City)。予想以上に身体の調子が変わるので試してみたところ 現地の人でもここにくると2・3日は動悸がするとのこと。

デンバーでの生活に入って

前もって依頼しておいたアパートに入り デンバーの人となった私たちは それから日用品と食料・車・テレビ (いずれも中古品) の購入 電話の申込 銀行の口座づくり 近所の挨拶などと多忙をきわめた。アパートは二階建て 上下四世帯ずつ ベッドから冷蔵庫まで一切備え付けられ ひっくるめて18坪程の広さの室内はじゅうたんが敷かれている。セントラルヒーティング方式で冬期はその蒸気で暖房され 水道や浴室の蛇口から湯水が出て 室内は年中22°C程にコントロールされる。空気が非常に乾燥しているので洗濯物には困らない。家賃は月約100ドル。これだけの諸設備が最低条件となっている。

到着して 一日おいた翌日 地質調査所へ出頭し 地質局の事務室担当者と所内挨拶 1月12日から早速実験に入った。地質調査所は デンバー市街から西方へ12kmのセンター (Federal Center) の中にあり アパートから南へ 歩いても15分のところにある。

生活が軌道にのるには それからおよそ3ヵ月 何不自由ない生活にはおよそ半年かかった。この間 日本から持ってきた国際自動車運転免許証が旅行者としてのみ通用ということで 改めて筆記と実地のテストを受けたり 1週間分まとめてショッピングすることなど 初めての経験に面くらうことが多い。とにかく車がないと床屋にも行けない 不便な広い土地がら、安物買い



デンバー付近の地形模型の写真

の銭失いにならぬようさんざん探したあげく 2月になってやっと Rambler (61年型) という車を手に入れるまでは 多くの人に迷惑をかけた。その車はほとんど故障もなく しかも帰国の際は良い値段で売れたのは幸いだった。1月12日から早速実験にとりかかったが 以後研究上のことはドウ氏に 生活上のことは立本氏に面倒を見てもらうという方針がきまり 仕事が進められた。

私の滞米中のおもな出来事は 次のようである。

- 4月 ハワイ大学からカリフォルニア大学へ移った一色直記氏が 大陸横断途上立寄る 地質調査所 ロッキー山地案内
- 5月～6月 デンバー——ソルトレイク——ブライスカニオン国立公園——ザイオン国立公園——ラスベガス——フーバーダム——グランドキャニオン国立公園——エルパソ——サンアントニオ——メキシコ湾——デンバーのコースで西部旅行 約二週間 約7,000kmの走行であった
- 8月 ロッキー山脈国立公園見物旅行
- 9月 ロッキー山脈国立公園で最も高いロングスピーク (Longs Peak 4,345m) 登山
イエローストーン国立公園へ イエローストーン計画の現地調査に随行して約二週間出張 デンバーから北西方1,000kmのところにある



- 10月 東北大学教授河野義礼先生 国際鉱物学会(ロンドン)の帰りに訪問され 地質調査所 ロッキー山脈案内・国立科学博物館橋本光男氏 博物館等視察の途中立寄り 地質調査所 コロラド鉱山大学等およびロッキー山脈案内 日本学術振興会森雄一氏来訪 地質調査所 ロッキー山脈案内 電気試験所根本俊雄氏 N.B.S.(ポールダー)に留学のため来訪等 訪問者が多かった
- 11月 米国地質学会(GSA:The Geological Society of America)発表のためサンフランシスコへ出張 その折にメンロパークの支所で 仕事上の関係者の会合に出席

そして 1967年(昭和42年)1月3日 デンバーを発ち同じ経路で7日(土)夕刻 東京へ帰ってきた。

同位体地質学部 (Branch of Isotope Geology)

合衆国地質調査所については すでに地質ニュース No.125 に詳しく報告されているので ここでは省略するが 同位体地質学部は地質局(Geologic Division)の中の実験地質部(Experimental Geology)に属している。この実験地質学部は 広い地質現象を対象とした野外および室内実験・研究など 現在における研究の最先端をいっている部門である。それらの中でも 同位体地質学部は 近年の同位体測定精度の急速な進歩と開発によって発展してきた。

同位体地質学部は元来ワシントンD. C.の本部にあったが ここ数年の間に 研究環境のよいところを求めてデンバーに集まってきた。人口50万のコロラド州の首都の西郊外の国有地 Federal Center には数多くの官庁があり 地質調査所はその北東部の25号(Main building)21号(Branch of Isotope Geology) 56号(Regional Geology)のそれぞれの館に分散しており現在新しい付属研究施設も建てられつつある。Federal Center 付近は最近まで全く閑散としていた土地であったが 滞在中一年間にもどしどし新しい住宅が建てられており 日本のベッドタウンの様子と変わらないので驚いたほど。このデンバー支所の地質調査所にはおよそ1,300名が仕事をしている。290万m²(85万坪)にもおよぶ広大なFederal Center はほとんどの建物が二階建か平屋で いわばまとまりがないという人もいる。20階もあるビルディングが最近建てられたが これから追々とまとめられて行くのであろう。

同位体地質学部の Chief は前にも述べたように 西部支所(メンロパーク)のコールマン氏である。もともと岩石学者として有名であり とくに 超塩基性・塩基性変成岩類の研究では第一人者である。つまり同位体地質学には関係がなかったコールマン氏が その広い学問的視野とその人柄と大きな身体(?)を買われてかっ

同位体地質学部のこの一事からも いかにか広い視野から研究を進めていこうとしているかその姿がうかがわれる。コールマン氏は 1.5カ月~2カ月に一度メンロパークから飛来して 職員と一週間位にわたって会合 個人面接などで 研究の進歩をうながす努力をしている。会合は和気あいあいの中に進められているように見えるが その質問や意見は相当鋭い。とくに予算に関することとなるとやはり官庁機構で苦しめられている日本の国立研究所とよく似ており 一見豊かにみえる米国でも きびしい現実があるものだと感ずる。進歩の著しい測定器具・機械は競って要求が出され それをまとめる chief の顔からふっと微笑が消えることもあった。

Branch の 人員 構成

現在 約50名の人が業務たずさわっている。その内容は色々な分野にわたり簡単には分けられないが およそ次の様になる。

年代測定 (Geochronology)	15+(2)=17名
トレーサー (Tracer Work)	6+(1)= 7
軽い安定同位体 (Light Stable Isotopes)	= 6
U-Th-K 系列	= 6
分析機器の改良・維持	= 5
鉱物分離	= 2
秘書・事務	= 4
部長 (Chief)	= 1
	合計 48名

ここでいう 年代測定 には K-Ar Rb-Sr および U-Th-Pb 系法を用いた研究がなされているが 独りの人が たとえば K-Ar 法が専門とするとの Rb-Sr を専門とする人と組んで研究を進めて行く場合もあれば また独りで上記のあらゆる方法をこなして研究を進めるといふ立場の人もいる。しかし一般にはそれぞれ専門の立場で研究を行ないながらお互にテーマを持ち寄って討論していく方法が普通のものである。

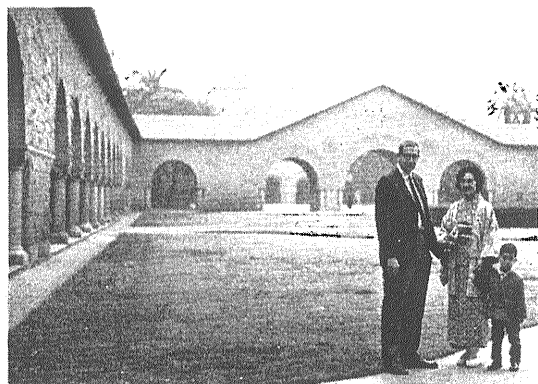
トレーサーワーク とは いわゆる放射性同位体を用いた追跡をいうのではなく 同位体を使った岩石の成因 鉱石・鉱物の生成などを扱い いわば同位体地質学の主流をなすべきものである。

軽い安定同位体 の水素 H¹/D²(重水 HDO) 炭素 C¹²とC¹³ 酸素 O¹⁶とO¹⁸ イオウ S³²とS³⁴などのほか 非金属元素の同位体によって 湖とか温泉の水のバランスなど 水の地球化学 あるいは 鉱液の温度 本源 成分などの追求を対象としている。

U-Th-K系列 の研究から地球上の熱流量の検討 原爆地点探査の可能性の問題 U-鉱物鉱体の調査等を行っている。

分析機器の改良・維持は研究上最も重要な点である。質量分析計など高い精度が要求されるので たえず測定精度のチェックを行なっている。電気・電子工学の専門家が1カ月に一度はチェックを行なっている。また優秀な工作機械をもっていて 各種の付属機械なども作られている。

鉱物分離は年代測定はもちろんのこと 同位体地質学の対象物が岩石→鉱物という単位で論じられているので



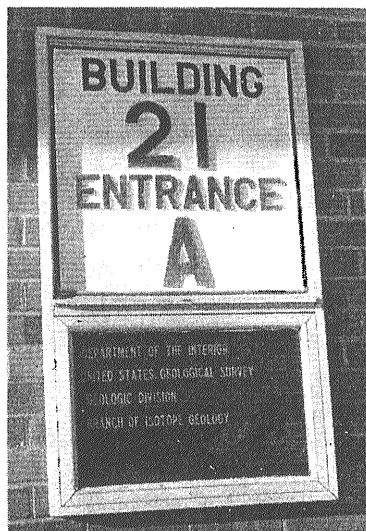
←
スタンフォード大学構内でコールマン氏と筆者夫人。奥はチャペルセンター（ラスク国務長官令嬢が最近結婚式を挙げたところ）



同位体地質学部の建物と本館（向こう側）25号館

最も基礎的な仕事である。

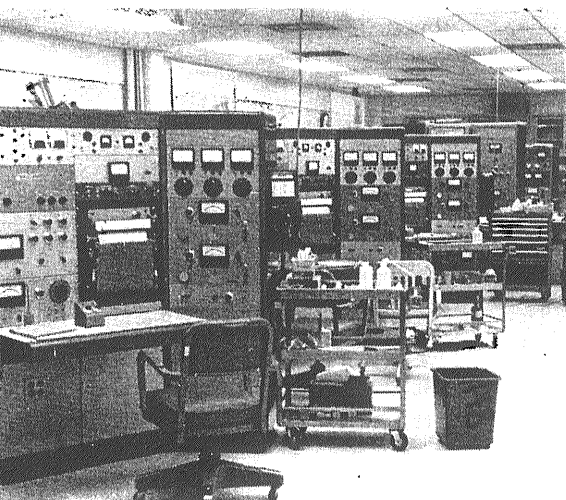
秘書・事務は仕事の窓口であり 簡単な手紙から論文まで 鉛筆書きのものでも 素早くタイプしてくれる。雑用もスムーズに片づけられている。



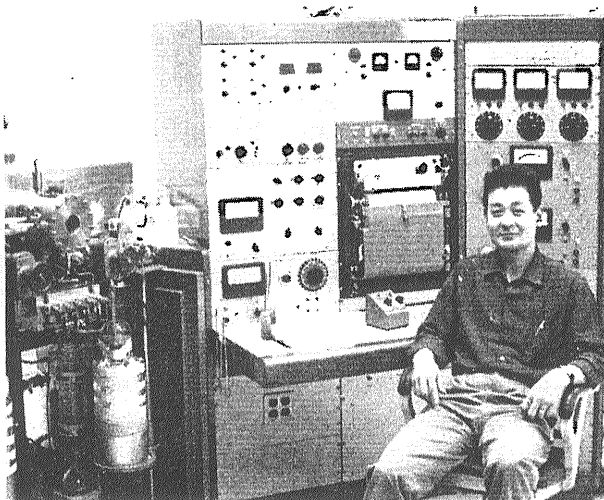
→
21号館入口の看板



同位体地質学部の建物正面



質量分析計などは集中管理 斜めに並べて設置してあるのがミソ



質量分析計と測定の間

Branch の 計 画

米国の会計年度は7月にはじまる。研究計画は学問の進歩と共に変わって行くものであるが次に1966年度におけるテーマ 計画を記してみる。

- ・特定地域の年代測定 同位体比による成因 軽い安定同位体による研究はそれぞれ次のように行なわれている。年代測定はとくに太平洋岸 南西部地域 ロッキー山脈 モンタナおよびアラスカ州の岩石について詳細な研究が行なわれている。すでに概査はすんでいる。岩石成因に結びついた研究は コロラド ミズーリー モンタナ ネバダ オレゴン そしてハワイ各州においてははじめられている。軽い安定同位体による研究はとりわけ南西部地域について遂行されている。
- ・サウジアラビアから年代測定の研修者のトレーニングとその試料の測定を行なう。
- ・未開発地域の調査研究は予算項目にないが ワシントン州についてははじめられた。アイダホ底盤 (batholith) の成因 岩石学的研究もなされている。
- ・重金属に関する研究は コロラド州サンホワン山脈 ユタ州ビンガム溪谷 モンタナ州ポールダー底盤で進行中である。
- ・上部マントル計画については ほとんどの研究が関係している。年代測定と岩石成因とあわせて続けられている。年代測定の総括も進められている。
- ・イエロストーン計画の一端として参加し 軽い安定同位体などによって温泉の研究が行なわれたが 1966年秋から本格的な研究がはじまった。
- ・水資源に関しては湖沼水と河川水の水のバランス あるいは貯水池(ダム等)の寿命について実施されている。
- ・気象学的研究のための軽い安定同位体による研究が行なわれている。
- ・鉱山局との共同研究によって年代測定および軽い安定同位体研究がすでに終っているが 今後も続行される。
- ・大陸周縁地域の若い火山岩類の成因解明のために日本

の火山岩類もあわせて研究する。それらの火山岩類の古地磁気学的研究と年代測定も実施する。筆者の仕事はこの項目に含まれている。

- ・海外諸機関との協同研究も数多く行なわれている。外国人も自由に交流している。
 - ・原子力委員会との関係でU-鉱物鉱体のU-Th-K系列による研究 および軽い安定同位体研究を行なっている。
 - ・州立地質調査所との共同研究も行なわれているが 今のところ州からの予算的うらづけはない。
 - ・大学との関係では 大学院学生の研修としてコロラド大学 カリフォルニア工科大学 プリンストン大学 アーカンサス大学などから要望がきている。共同研究はカリフォルニア工科大学 プリンストン大学 マイアミ大学 コロラド鉱山大学 コロラド大学 ミネソタ大学 ニューヨーク大学 カリフォルニア大学サンタバーバラおよびサンディエゴ分校あるいはアラスカ大学などで行なわれている。
- N. B. S. (National Bureau of Standards) とは質量分析計の開発はもちろんのこと 鉛同位体の標準(Isotope Standards of Lead) 作成などについて共同研究が行なわれている。

こうした多方面にわたる研究が この Branch の創立した1960年7月からわずか数年を経たにすぎない現在において行なわれていることに驚嘆した。数台の固体用質量分析計によって年間2,000におよぶ測定がなされさらに分析計の分析誤差は0.1%を目標としている。

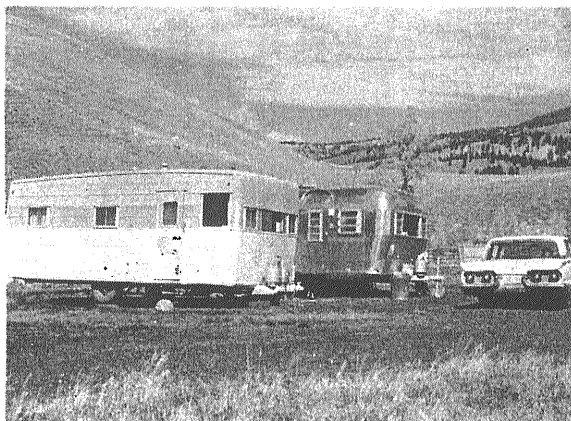
Branch の 研 究 生 活

地質調査所のこの Branch は若い歴史をもっている。研究者たちから聞くところでは 最近2・3年間に急速に実験設備がととのい 仕事が軌道にのったという。それまではまだまだ設備が不完全で chief をはじめ全員が一致協力して問題の解決に努めたそうである。新しい分野の開拓はいずれも同様な苦勞があるのであろう。まだまだ発展途上にあることはいうまでもないが まず完備した研究施設で仕事ができるのは幸いであった。私にとっては目新しいさまざまな施設と研究生活。ここで 滞在中感じたことあるいは見聞したことから 気のついたことを記しておこう。

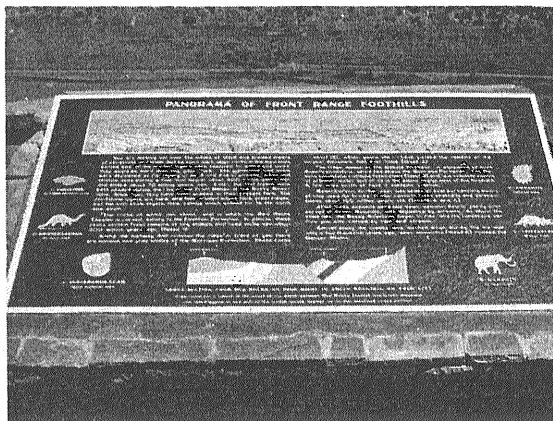
設備と維持・改良

非常に高度な精密機械と極微量の同位体の測定を目的とした化学実験という条件があるために 建物全体が空気調整され さらに空気浄化装置（フィルター等）をつける必要がある……などと改めていうまでもないことである。 Branch は一つの建物にまとめられて そこに質量分析計の集中管理 化学実験室の整備が行なわれている。 建物の壁には 窒素ガス 圧搾空気 ガス 水

のパイプが配管され ところによっては酸素も供給されている。 これらの設備は実験上非常に役に立っている。 建物が一つといても 実は工作機械と鉱物分離は地質調査所本館にあって 部屋が足りないということはこれまたいづこも同じである。 住宅も研究所も室温が22°C程であるので 冬期に室外が-20°Cであっても スポーツシャツ ホンコンシャツなどの半袖姿 ズボン下なしで一年中過せる。 寒い土地だと聞いていたので厚手のシャツなどを持っていったが スキーと登山の時に着



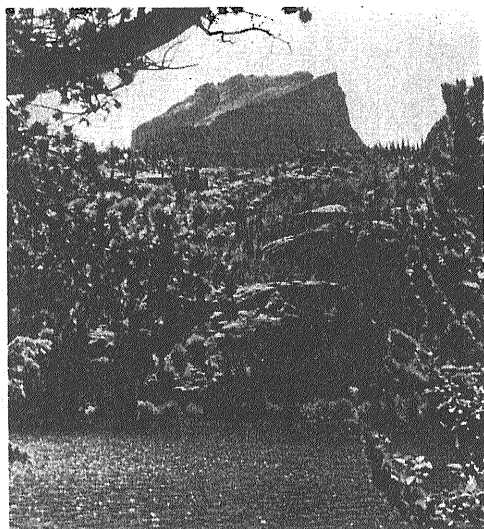
野外調査の基地になるトレーラーハウス



アパートから20分ほどのレッドロック近くの地質説明板。 こういうものはいたるところで見られる



ロッキー山脈国立公園にドライブ



ロッキー山脈国立公園内のベア（熊）レイクと氷河地形



ロッキー山脈国立公園 山腹は4000m級の山々 この駐車場は海拔2,500m いたるところ氷河地形あり

ただで荷物にたいへんな無駄があった。これは余談ではあったが 根本的なこうした事がらが備わっていれば それによって得られる利益は計り知れない。そして実験機械の集中管理により 建物全体が24時間動いているということになる。このためには 前述のように電気の専門家がおり いつもチェックをし また一方では研究テーマを持ちながら質量分析計の運転維持をしている若い人もいるということによってはじめて実現する。私はいわばお客様である。平日の昼間 機械が空いているときは測定 さもない場合はチャートの計算と抽出実験をし おもに夕食後 土曜日あるいは日曜日に測定を行なった。週5日制であるので夏の土・日曜日は道路も車で混む。そこで平日の天気の良いときは車でロッキーをドライブしたものである。このようなことはいつ出勤しても機械が動いている ということがあるからできるのである。そのため休日や夜は Federal Center の通用門が開いていないから 正門をとおることになり Polile のバッヂをつけた守衛ともすっかり顔なじみになってしまった。このほか 夜の人気のない部屋をきれいに掃除している黒人の職員ともよくだべったものである。特別な実験室を除いて どの部屋も開いており 毎日の掃除で床もみがきあげられている。

仕事の能率は非常によいことは さらに鉱物分離を専門に行なっている若い2人によっても支えられている。この若い人は高校出ではあるが 週3日の午後 コロラド大学あるいはコロラド鉱山大学で岩石学・鉱物学等の聴講生として正式に勉強しており 仕事と学問との結びつきをはっきり認識している。電気技師 工作技師あるいはこうした鉱物分離の若い人たちは 専門家としての自信と意識を持っていることはうらやましい。

車を持っている(もっとも他に乗り物がないのだが)ためもあるが いわゆる仕事を精力的に進める人は 夕食後とか休日もよく出かけてきて実験をしている。一般にはサラリーマン的な人も多いが 研究者の20%位はいわばしのぎを削って研究に打込んでいると見うけられた。

人間関係・耳学問

よい仕事は人間相互の協力ということが大きなポイントになっている。対象が地質現象であり 鉱物・岩石であるから そのフィールド・サンプリングが大切である。Branch の同位体研究者は Geologist (正式な職種名) と Chemist とがそれぞれ半分位である。広い地質学の研究分野であるから そう簡単には身につかない。仕事も忙がしいとなれば いきおい耳学問でおぎなおう

とすることになる。そこで 学会でもリーダー格にあるこの Denbar の Branch には各方面の研究者が訪問してくる。それがたいへんで外人でも必ず会議室で何か話しをさせられる。コーヒーを飲みながらでも質問・討論は一段とにぎやかである。意見のやりとりもそれに続く。これを耳学問だといっているが けっしておろそかに出来ない。それから 昼食はその人を囲んで外へ行く。そこでもまた議論はつきない。そろそろ冗談も多くなるが。

地質図幅の調査を主としている人たちとの交流も盛んで とくに野外調査地で夕食を囲みながら お互の専門のことについて話し合う。イエロストーンの調査の時には夜12時過ぎまで続いた。地質の人が地球化学のことなどもよく知っており 質問もむだがないほどである。翌日の朝7時頃には調査に出かける。エネルギーの違いにおどろかされる。現地調査は2~3ヵ月におよぶこともあり トレーラーハウスを設置して自炊する。温泉学が専門のホワイト氏の奥さんが若い人達の食事の世話などのためにきていた。子供が大きいので家に残しておいたという。私のために米を炊いてくれたのはよいものの boil することしか知らず じんのある half-boiled にはこまった。boil して broil するのが本当の米の炊き方 ということを教えたらたいへんよろこんでくれた。若い人も えらい人も全く平等に扱われそこに親しみが生れている。このことは chief の Bob も同じである。人間関係で とくに生活のことなどには決して干渉しないようだ。しかしこれは いったん人が困っていると解ると急に変わり 皆で何とか help しようとしてまとまる。このへんのけじめはやさしいようでむづかしいと思う。

秘書

事務の女性は3名いるが その一人は他の2人の若い子を助けて非常に有能な人だった。品物の注文 論文のタイプ 事務手続など流れるように処理する。細かいことでもよく相談ののってくれる。そういう訳で彼女らを大切にしている。もっとも優秀な秘書などは 住心地が悪いと もっと良い条件のところへ移ってしまうということらしい。ゼロックスもあり コピーも引受けてくれる。こうした仕事の能率のよさも 研究には大いに助けとなっている。帰国の際には小さな日本人形と日本の切手をおれいにさしあげた。たいへんよろこんでくれた。

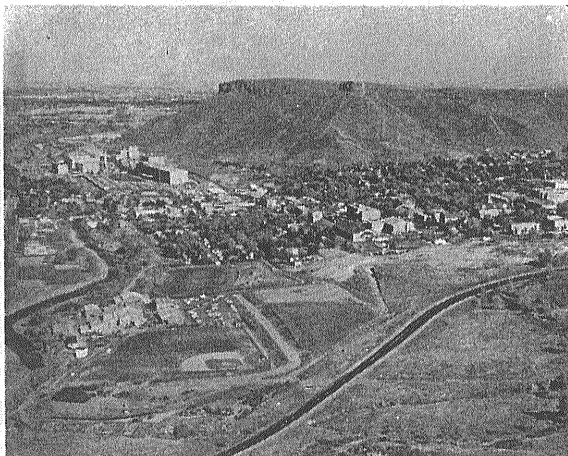
パーティといえれば必ず夫妻で行かねばならないので面くらう。小さい子供は近所の学生などにあずけなければならぬ。それも無料というわけにはいかない。

夫妻単位でないのは結婚間近の独身お別れパーティだけである。このパーティは彼氏の家あるいは彼女の家で同性が集まっていたいことをいって夜通しさわぐ。まことににぎやかである。いつもはネクタイもない姿の男性もパーティには立派な背広姿であられ。こんなによい男であったかなと考えさせるほどの変りよう。パーティへ招待されたら必ず招き返すのが常識だそう。大体教家族から10家族ほどを一回に招待して飲んだり食べたり。そして“だべる”のが普通。呼ばれたり呼んだり結構忙しい。ただし予定をたてて呼んでも来られなかった人は招待したことになる。その点はさっぱりしている。時にはレストランに行くこともある。パーティが交際 社交の中心であるらしい。

そういうわけで 家族同伴で外国へ行き 家族ぐるみの交際をすることが外国を知る上で大いにプラスになると思う。

合衆国地質調査所の将来

このことについては地質ニュース No. 125 に詳しいので省略するが 恵まれた研究施設と費用で問題はないように感じていたもの。それどころか 研究員からは部屋がたりない もっと金をくれなどとよく聞かされた。国立研究所としてはいずこも同じようにたいへんなことと思うが それがそれほど遠いことでなく解決されているように思われる。ワシントンの調査所も環境

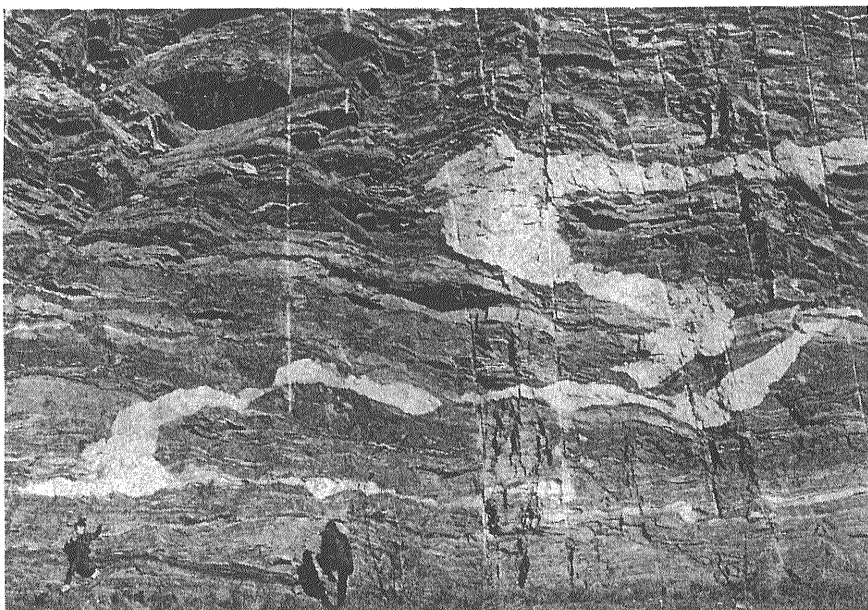


ゴールデンの街 右手側のビル群がコロラド鉱山大学 左側はビール工場 手前の道路は国道6号線で 左方へ曲ってロッキーに入る

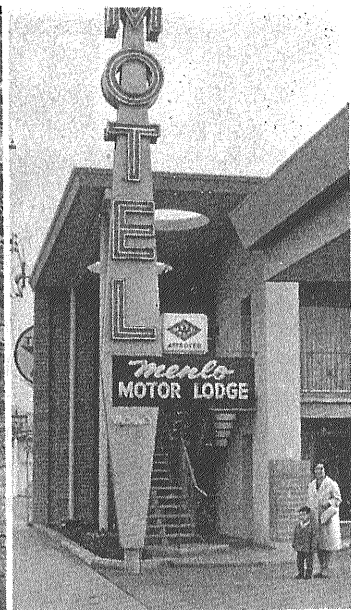
のよい郊外に移る計画を立てている。研究費の問題はともかく 根本的なことがらとして 研究所のあり方 設備などについて考えさせることが多かった。日本のすばらしい経済成長についてよく尋ねられたこともあった。日本人の勤勉さ優秀さをほめられたこともあった。しかしどうも頭の中がすっきりしなかった。日本の研究所のこと 研究所のあり方を思い浮べながら ロッキーを走ったこともあった。

このあと 同位体地質学 同位体地球化学についてあらためて書きたい。

(筆者は技術部地球化学課)



ロッキー山中の国道6号線ぎわの露頭 年代測定からは12億年(先カンブリア紀)という年令がでている 白い脈は理長質なもの 縦の線は道路拡張工事のボーリングの跡



メンロパークのモーター