

米国カリフォルニア州南部モハーベ砂漠、 シエラネバダ東縁部(オーウェンス谷)を見て歩いて

玉 生 志 郎 (地殻熱部)
Shiro TAMANYU

はじめに

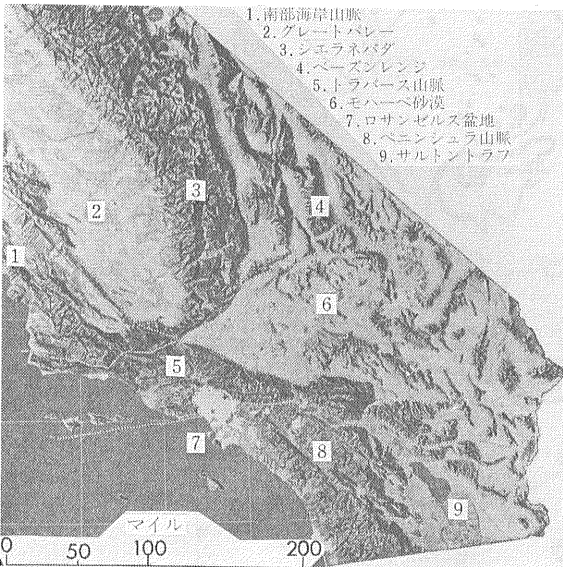
アメリカ地質学会コルディレラ支部の年会が1982年4月19日-21日 アナハイム会議センター(ディズニーランドの隣)で開催された。この会議の前後にロサンゼルス周辺のいくつかの地質見学コースが用意された。私は17日-18日に実施された「モハーベ砂漠中央部の後期新生代地質構造・火山活動発達史」という1泊2日のコースに参加した。この他に会議の後個人的にアメリカ地質調査所の友人の案内でシエラネバダ東縁部(ロンパインからビショップまで)を2日間見て歩くことができた。これらの機会に見聞したことをここに紹介したい。

まず4月17日サンフランシスコよりロサンゼルスまで飛行機で出かけた。空から変化に富んだ海岸線や単調なグレートバレーの地形を眺めていると もう飛行機はロサンゼルス上空である。まずここで驚いたことは街全体を覆うスモッグである。これからこのスモッグの中に降りていくかと思うと あまりいい気分ではない。しかし実際降り立ってしまうと強い陽射しのためかほとんどスモッグに気がつかない。それよりも高いシュロの木や鮮かな色彩を帯びた草花が南国情緒をかきたたせ

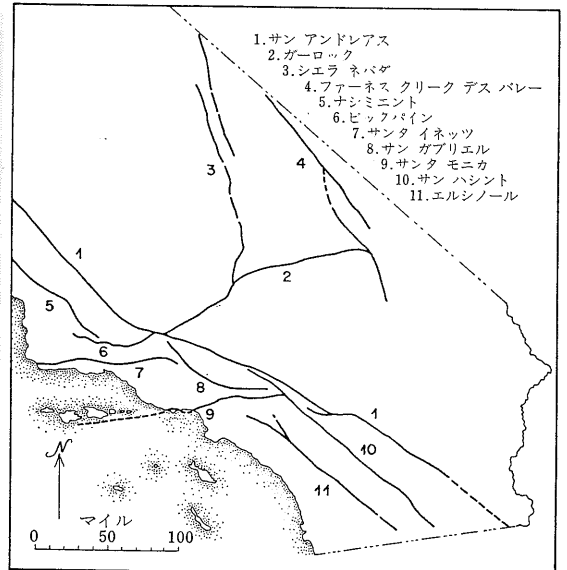
てくれる。飛行場からロサンゼルスのダウンタウンに向うと途中にたくさん石油の汲み上げ井戸が並んでいた。ロサンゼルス北方の海岸沖には多くの海底油田が開発されていることは知っていたが こんな街の中で石油が生産されているとは驚きであった。ロサンゼルスからアナハイムに行くハイウェイではひどい渋滞に出会わした。はじめ何か事故でも起きたかと思ったが このような渋滞は日常茶飯事のこころしい。ディズニーランドでバスから降りて この魅力的な遊園地を横目で見ながら近くのモーターに落着いた。

モハーベ砂漠地質見学

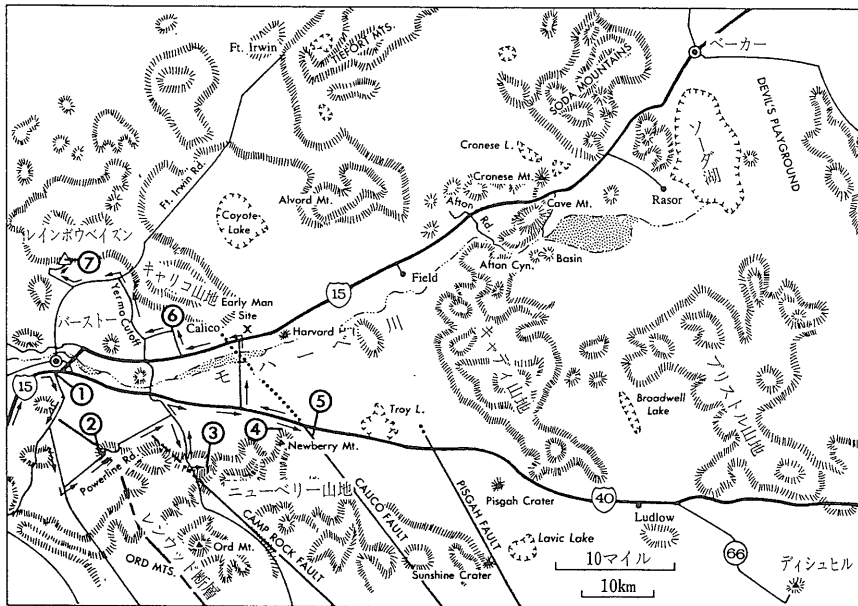
今回の学会の会場となったアナハイム会議センターの近くを朝6時半に出発し一路モハーベ砂漠に向った。途中トランスパース山地を越えるとき雪をいただいたサンベルナルディノの山々やサンアンドレアス断層が見えた。モハーベ砂漠は第1図に示したようにロサンゼルスの方北東方にひろがる西に尖った楔形をした地域で 北側をガーロック断層に 南側をサンアンドレアス断層に境されている(第2図)。砂漠というと 我々はどうしても砂



第1図：南カルフォルニアの地形構造区分



第2図：南カルフォルニアの主要断層



第3図：モハーベ砂漠地質見学
(第一日目のコース)

丘を思い描きがちであるが 実際はほとんどサージブラッシュと呼ばれる小灌木におおわれた荒野である (写真1, 2参照). また山地にはほとんど植生がなく地層の露出がすばらしくよいので 地質調査にはこの上なく好条件の所である (写真15参照). このような場所ならば衛星写真がいかに有効な地質調査手法であるか肌身で感じることができた.

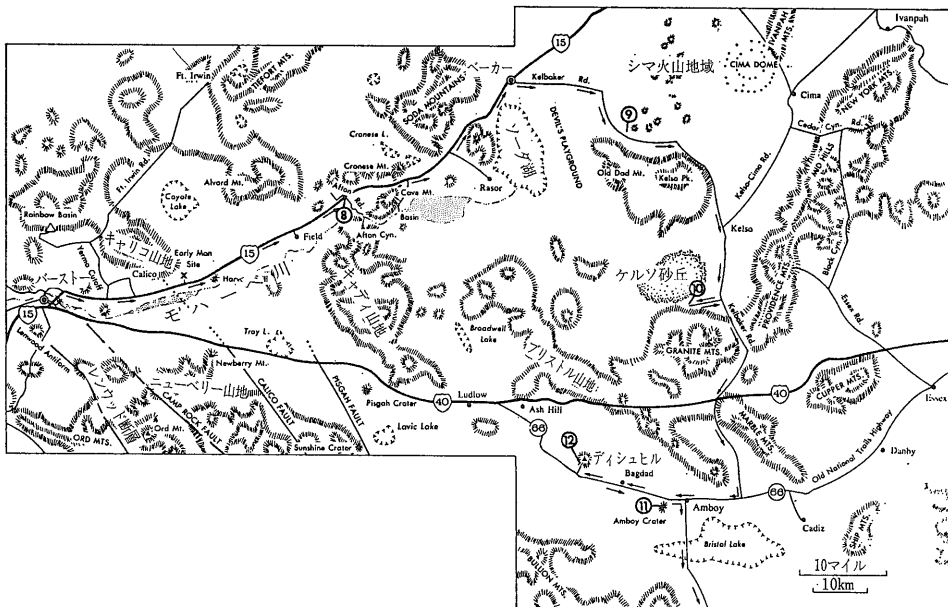
地質見学コースはモハーベ砂漠の中央部にあるバーストを基点に組まれていて 第一日目第二日目の見学地

点はそれぞれ第3図第4図に示す通りである.

<第1日目>

(地点1)

バースト東部の見晴らしの良い場所で以下のような全体的な説明を受けた. 最近の研究によりモハーベ砂漠中央部に第5図に示すようなバースト—プリストルトラフと呼ばれる新生代の火山—構造陥没帯が認識された. この地帯は新第三紀初期 (23—20Ma*) には引張応力下に



第4図：モハーベ砂漠地質見学
(第二日目のコース)

*Ma：現在から何年前であるか百万年単位で示す記号で地質年代によく用いられる.

(A) 第三紀火山岩の分布

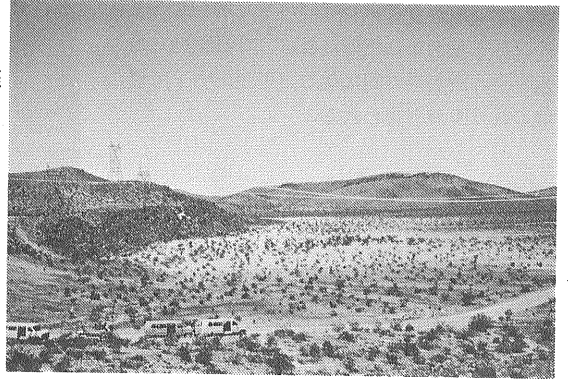
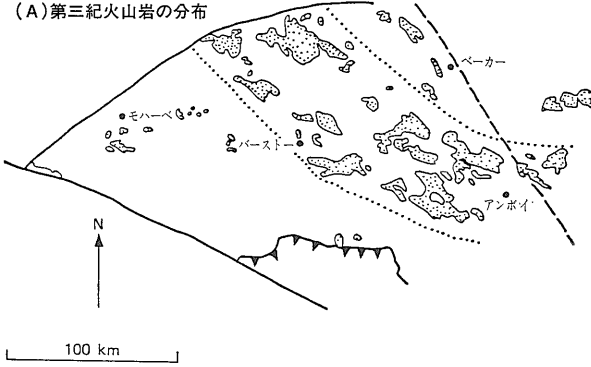


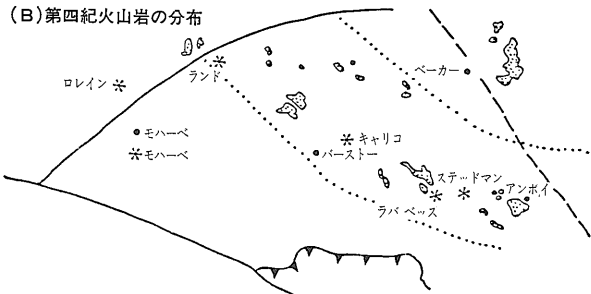
写真1：レンウッド断層沿いのプルアパート ベーゼン

あり 傾動地塊や正断層が形成されるとともに多くの火山岩が噴出し堆積した。 中期中新世(16-13Ma)には湖成堆積物バースト層が厚く堆積した。 そして現在では水平ずれ断層系の活動が活発化している。

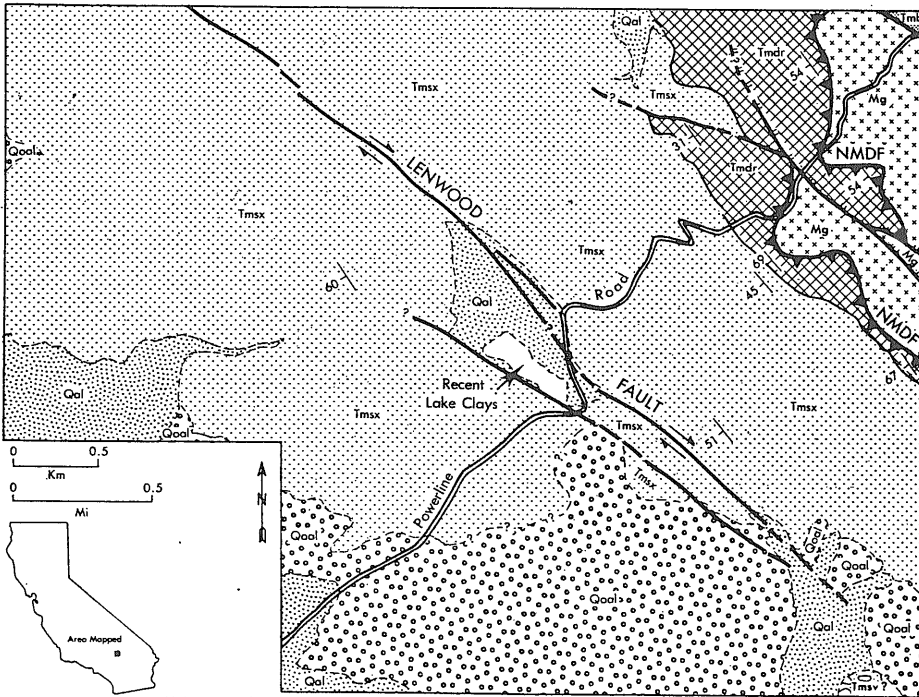
(地点2)

北西-南東方向に延びる水平ずれ断層レンウッド断層に沿って生じた プルアパート ベーゼンを見学した(写真1) その地質図と航空写真とを第6図第7図に示

(B) 第四紀火山岩の分布



第5図：バースト-プリストル トラフ
(A) 第三紀火山岩の分布
(B) 第四紀火山岩の分布



第6図：レンウッド断層沿いに生じた プルアパート ベーゼン周辺の地質図

凡例は標準記号に基づく
 NMDF=ニューベリー山地分離断層 Mg=中生代完晶質岩
 Tmsx=スラッシュ Xランチ角礫岩 Tmdr=ダージェット リッジ層 Tmb=バースト層

す。このようなプリアパート ベーズンと呼ばれる菱形をした陥没帯は 雁行配列した水平ずれ断層系の間に生じた引張応力下で形成されたものと思われる。

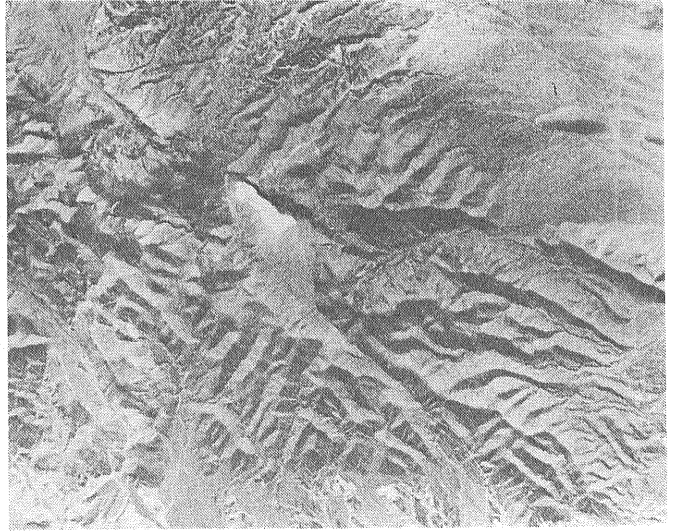
(地点3)

この地域の地質概念図は第8図の通りでニューベリー山地デコルマン(分離断層)が観察できる(写真2)。

デコルマンとはある地層から上位の地層が下位の地層から分離してこれとほとんど無関係に変位変形している構造で衝上断層や重力滑動によって生ずる。このデコルマンは従来新第三系中部のバトレス大不整合として考えられてきたが 今回の案内者ドッカにより低角断層として解釈されるようになった(第9図第10図)。彼はその証拠として上下の地層の間に変形した構造角礫が認められること(第11図)と 基底礫とされているものの中には近くの基盤岩に由来する礫が見あたらないことをあげている。

(地点4)

ここでは低角断層を境にして下位に角礫化した花崗岩 上位に前期中新世の火山岩が重なり合っていて ニューベリースプリングクリッペと呼ばれている(写真3)。この衝上断層は地点3でみたニューベリー山地分離断



第7図：レンウッド断層沿いに生じたプリアパート ベーズン周辺の航空写真

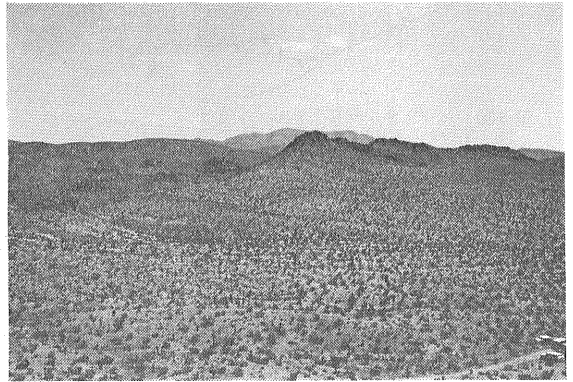
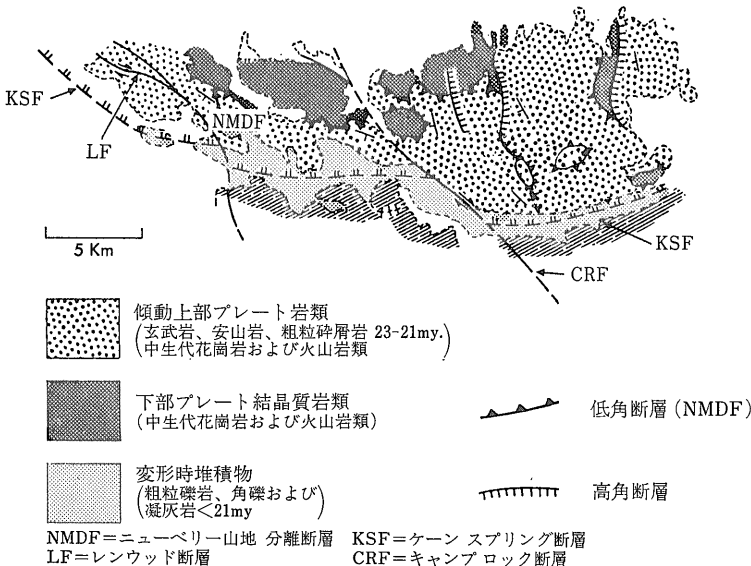
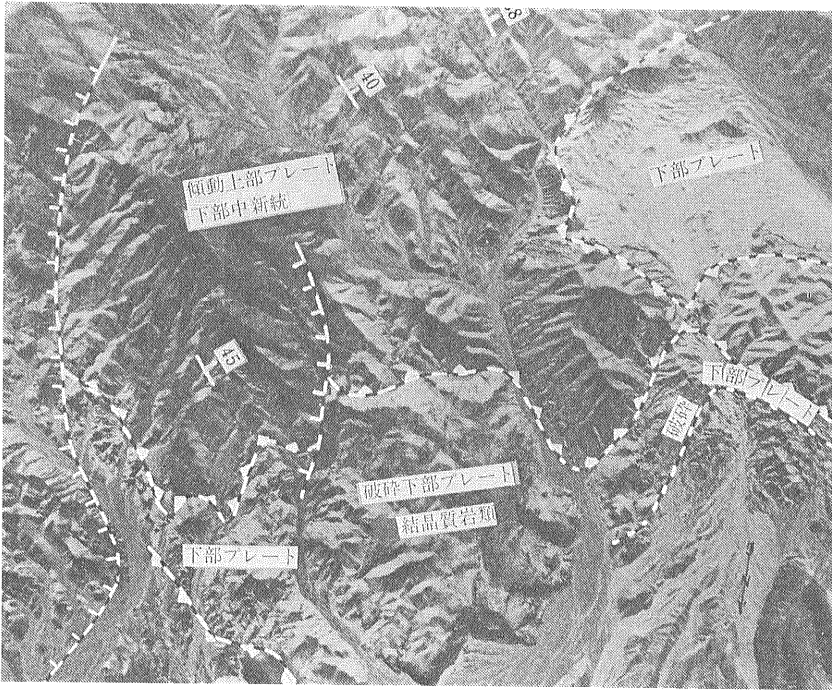


写真2：ニューベリー山地デコルマン



第8図：ニューベリー山地の地質概念図



第9図：ニューベリー山地西部の航空写真

層と一連のものと考えられている。

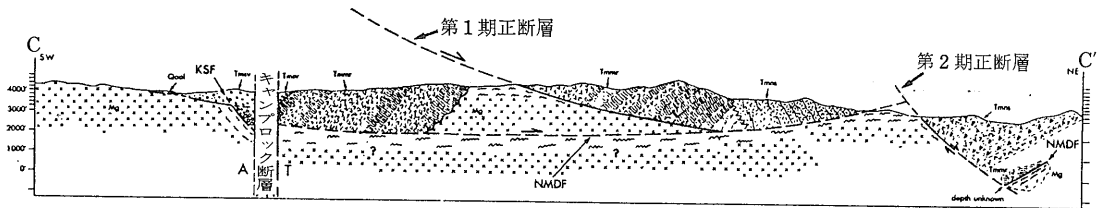
この付近には見事なサボテンの花が咲いていた(写真4)。4月は砂漠の草花の開花時にあたるため訪れる時期としては最高にいいらしい。

(地点5) 省略

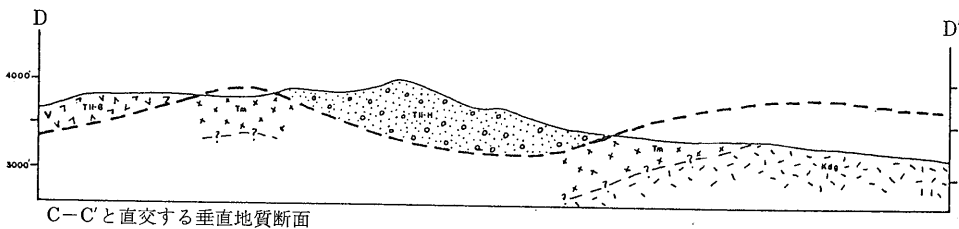
(地点6)

このキャリコ山地は19世紀後半に銀山として栄えた所

で今はゴーストタウンとして観光地になっている(写真5)。銀は新第三系上部の火山岩中に賦存する北西—南東方向の鉱脈より角銀鉱(AgCl)輝銀鉱(Ag₂S)などの鉱石として産出する。最近この西側の山中より時価10億ドル以上の銀塊が発見されたということで大変話題になっていた。このゴーストタウンの駐車場では新第三系中新統バースト一層の見事な重力褶曲を見ることができる(写真6)。これは北側の山地の隆起に伴い生じたもので褶曲軸面がすべて南に傾斜している。



ニューベリー山地分離断層に沿って上部プレートが移動した方向の垂直地質断面



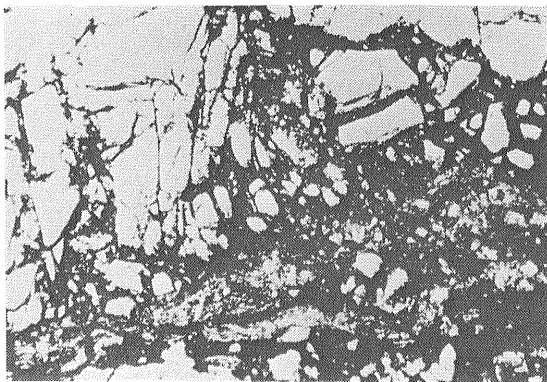
C-C'と直交する垂直地質断面

第10図：ニューベリー山地の地質断面図



(A) 露頭写真 (断層1メートル直下)

第11図：ニューベリー山地分離断層沿いの構造角礫



(B) 顕微鏡写真

(地点7)

ここはマッドヒルレインボーベイズンと呼ばれる中部中新統バースト層の模式地である。本層は頁岩 砂岩 礫岩などよりなる湖成堆積物で多くの哺乳類や貝などの動物化石を含んでいる (写真7)。この露頭について時にはほとんど日が沈みかけていたので 地層を具

に見ることは出来なかった。そして日が落ちたとたんに日中の暑さがうそのように急に涼しくなってきた。

<第2日目>

(地点8)

ここでは更新世のマニックス湖で形成された湖岸段丘



写真3：ニューベリースプリング クリッペ

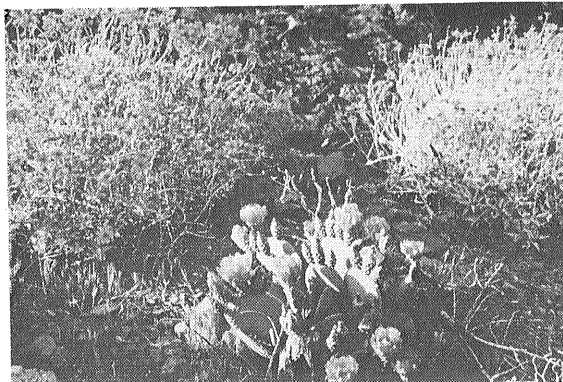


写真4：サボテンの花

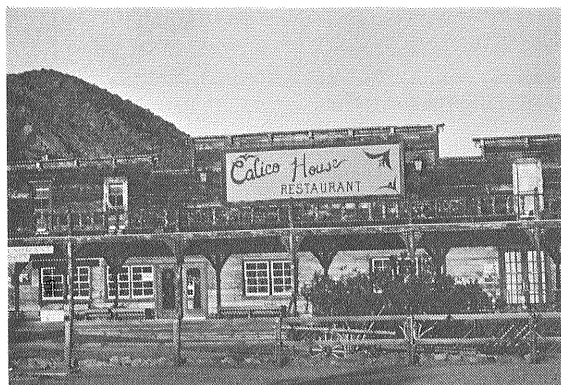


写真5：キャリコ ゴーストタウン



写真6：バースト層の重力褶曲

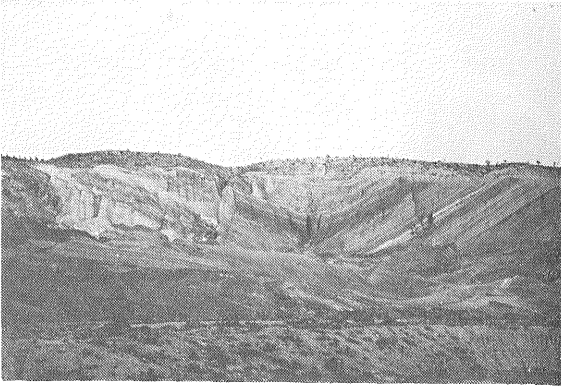


写真7：マッドヒルレインボーベースンのバーストール層

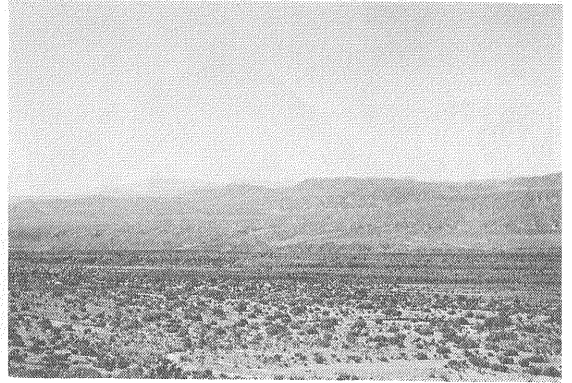
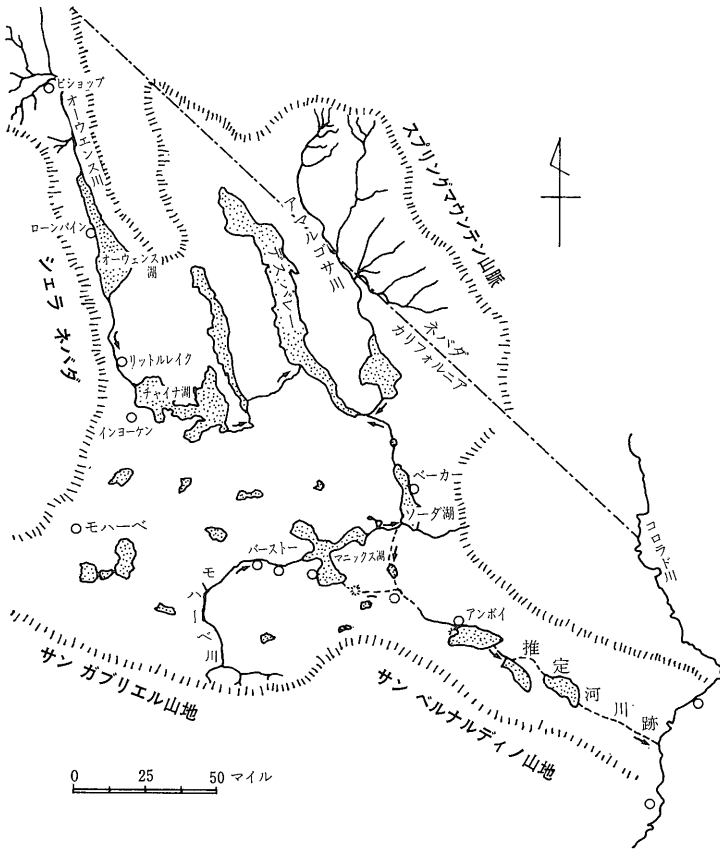


写真8：マニックス湖岸段丘（中位に見える段）



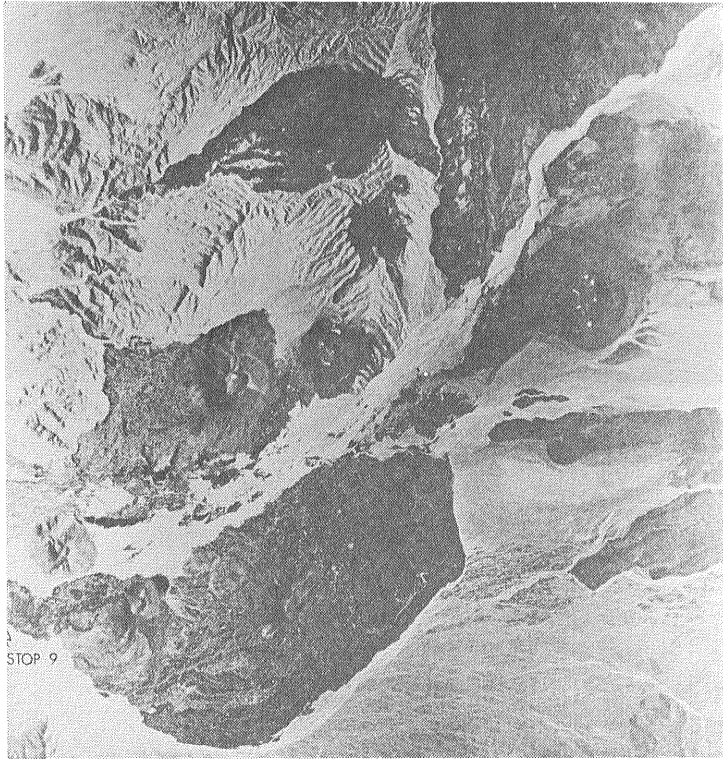
第12図
モハーベ砂漠の更新世の流水系

を遠望した(写真8)。更新世のモハーベ砂漠 オーウエンス谷にはオーウェンス川 アマルゴサ川 モハーベ川の三つの水系が存在していた(第12図)。いずれもデスバレーに注ぎ込んでいたようであるが モハーベ川の一部は東南方向に流れてコロラド川に合流していたと推定されている。

(地点9)

ここはシマ火山地域と呼ばれ後期新生代のアルカリ玄武岩の溶岩流と噴石丘(約30ヶ)が広く分布している(写真9第13図) これらは北部の古い火山地域(≈10Ma)と南部の若い火山地域(¹⁴C年代やガラス水和法で約390年BP*)とに区分される。この玄武岩はノルム ネフェリンを2~8% K₂O+Na₂Oを4~6重量%含み 捕獲岩片

BP*: before present の略で測定時より何年前かを示す



第13図：シマ火山地域の航空写真

として超塩基性岩 塩基性岩をとり込んでいる。

(地点10)

ケルソ砂丘は カルフォルニアの中でもかなり大きいものの一つで 面積 115km² 高さ 215m に達する (写真10)。この砂丘は普通のものとは違って 地形的障害物の前面に形成されたものでなく平地のまん中にある。そのためこの砂丘は複雑にぶつかりあう風の影響下で形成されたものと考えられている。砂丘を構成する砂自体は単調なものであるが 砂丘の形とそれを飾る表面の

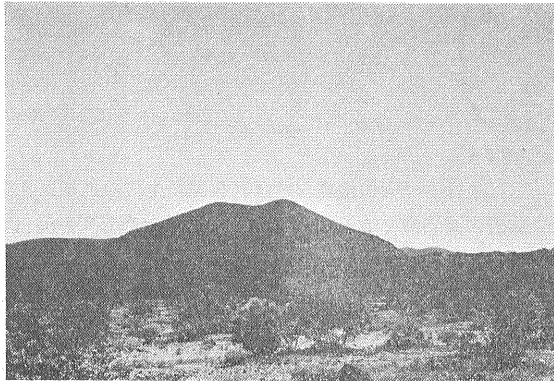


写真9：シマ火山地域の玄武岩の溶岩流と噴石丘

風紋は変化に富み見るものを飽きさせない (写真11)。その上この時期には砂丘の麓まで草花が咲いて大変印象的であった (写真12)。

(地点11) 省略

(地点12)

ここは ディシュヒルと呼ばれる鮮新世アルカリ玄武岩の噴石丘で 種々の捕獲岩片を含むことで有名な所である (写真13)。スピネルーレールゾライト ダナイト かんらん岩 輝岩などの捕獲岩が多い。玄武岩の噴出年代を知るため花崗岩捕獲岩中のアパタイトで得られたフィッシュン トラック年代 (玄武岩噴出に伴うアニーリング現象で若返ったアパタイトの年代として) は 2.1Ma 角閃石巨晶で得られた K-Ar 年代は 1.9Ma であった。

この地質見学会の参加者で日本人は私一人であった。また私にとってこのような外国での見学会は初めての事であった。そのためかつい日本の地質見学会と比較して考えてしまい勝ちであったが 基本的には大差なかったように思われた。唯一つ感心したことは今回の見学会では一つ一つの露頭で十分時間がとれるよう配慮されていたことである。この他見学会の運営には関係ないが この見学会で二日間私達のマイクロバスを運転して

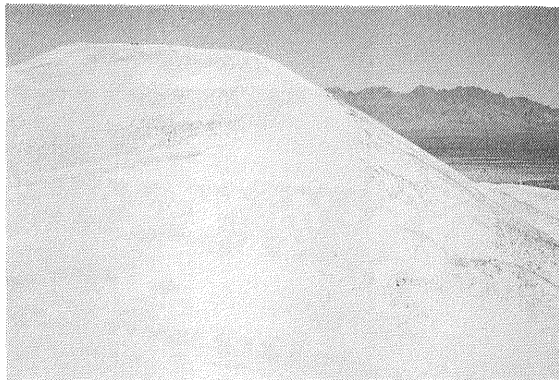


写真10：ケルソ砂丘

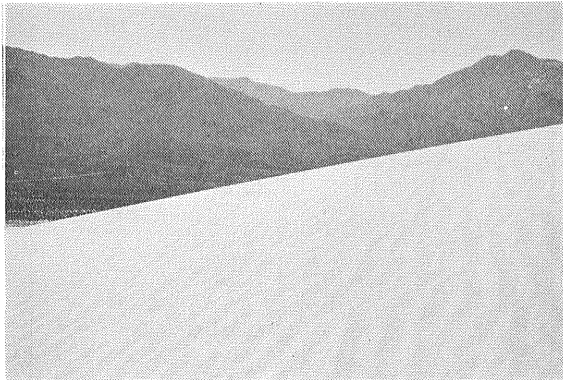


写真11：ケルソ砂丘の風紋

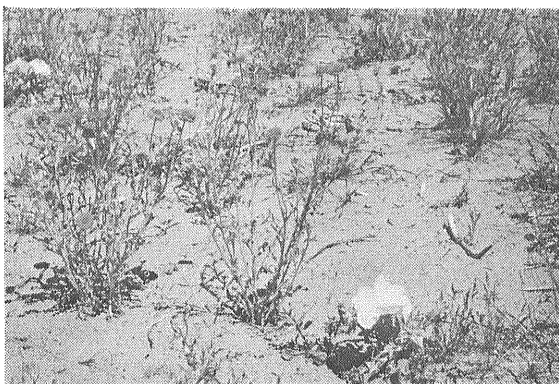


写真12：砂丘の麓の草花

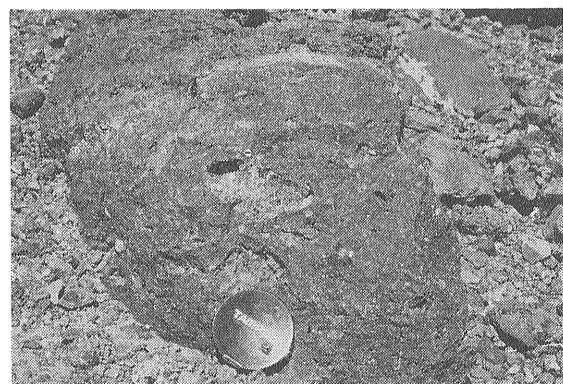


写真13：ディッシュヒルのアルカリ玄武岩中の捕獲岩片

くれたルイジアナ大学の女子学生には感心した。毎日300 マイルも運転したのでさぞ疲れただろうと聞いたら私は運転が好きだから平気だと答えていた。彼女に限らずアメリカ国内では多くの女性がバス タクシーなどの運転手として活躍しているので驚きである。

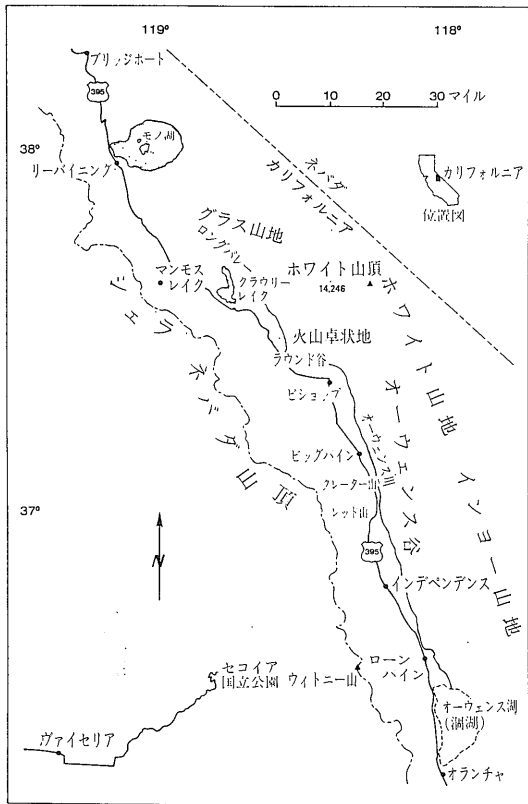
この後3日間アナハイム会議センターで学会が開かれた。今回のアメリカ地質学会コルディレラ支部の年会はアメリカ地震学会との共催であったためか サンアンドレアス断層に関する講演が多く 私の最も興味があった火山に関する講演は少なかった。中生代の地層をアクションで説明しようとする講演は大部たくさんあり なかでも ウィリアム デッキンソンのアメリカ大陸西部のプレートテクトニクス モデルに関する講演は大変な盛況であった。地震関係では最近活発化しているロングバレーのマンモス地震のセッションと地震予知に関するセッションが興味深かった。

シエラネバダ東縁部の地質見学

学会終了後一日ディズニールランドで十分楽しんでから

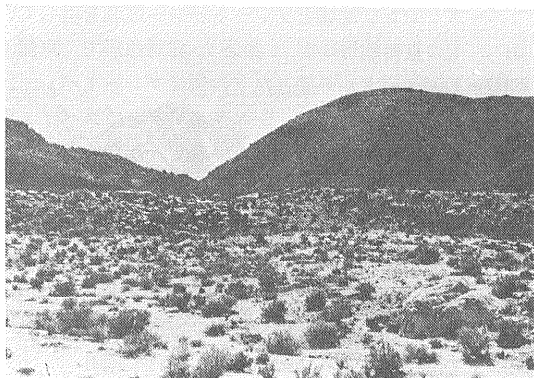
グレイハウンド バスでオーウェンス谷のローンパインに向った(第14図)。途中車窓からサンアンドレアス断層 レッドロック峡谷 オーウェンス湖(濁れて一面の白色ブラヤになっている)などを眺めながら 7時間かかってやっとたどりついた。ローンパインはワイトニー山(アラスカを除いてアメリカ本土で一番高い山 14,494フィート≒4,418メートル)の東麓にある小さな町である。ワイトニー山をいざくシエラネバダは南北に走る大山脈でベーゼンレンジ地域とグレートバレー地域を境している。その東西地形断面は顕著な非対象形で 東側は2000~3000メートルの壁となり西側はグレートバレーに続く斜面となっている。シエラネバダとはスペイン語で雪を被ったぎざぎざした山というような意味らしいが本当にそのように見える(第15図)。ローンパインのすぐ西側には アラバマヒルと呼ばれる凸凹した花崗岩の露岩地帯があり しばしば西部劇の撮影地として使われているとのことであった。ここからワイトニー山がよく見えるので日米親善をかねて私の案内役ジェフと私の間にワイトニー山を入れ記念撮影した(写真14)。

このローンパインでは1872年にはローンパイン地震と

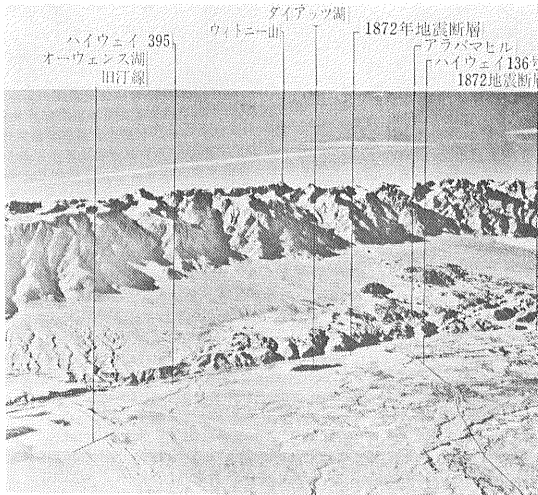


The Eastern Sierra, from Owens Dry Lake to Mono Lake
第14図：シエラネバダ山脈の東縁部

よばれる大地震（マグニチュード8.3程度と推定されている）が発生し60マイル以上にわたり地震断層が形成された（第16図）。この断層崖をくわしく見ると第17図のように三つの部分に区分できる。いわば下部の巨礫の入っていない白っぽい新鮮な断面は1872年の地震で生じたもので5～6フィートある。中部はこれより古い断面で基質の細礫が洗い出されて巨礫だけが残っている。



第16図：ローンパイン西部の1872年地震断層



第15図：ローンパイン西部のシエラネバダ山脈の壁

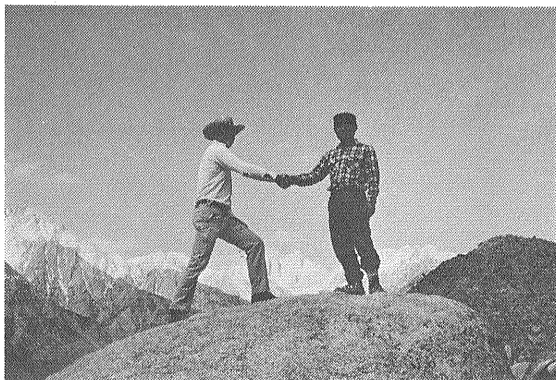
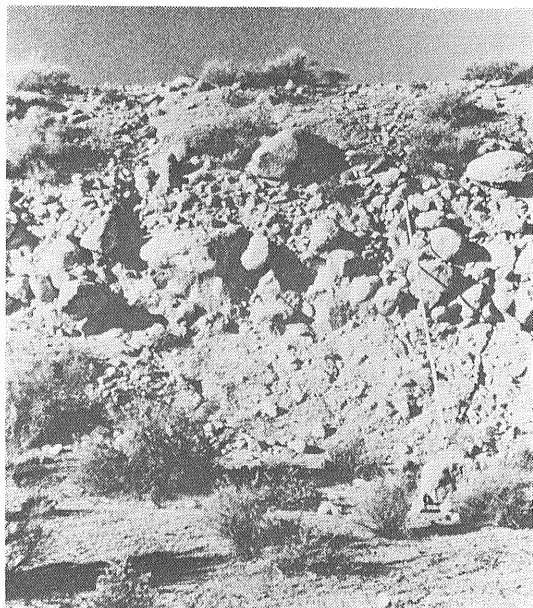


写真14：ワイトニー山

上部は全体的に風化をうけて暗色を呈し最も古いものである。このことはこの付近の断層が歴史的に何度も繰り返し変位していることを如実に示すものである。

アメリカ地質調査所メンロパーク支所の西部鉱物資源研究部では現在デスバレーの北方からオーウェンス谷にかけて 鉱物資源の再評価のため詳しい地質調査をすすめている。そして4月から6月まで10人程のパーティーがローンパインの2軒の民宿とモーターに分宿して仕事をすすめていた。私は彼らの好意で一日現地調査に参加することができた。彼らは地質屋 地化学屋の2～3人ずつのパーティーに分かれて 地域を区切って調査していた。そしてローンパインから現地までの往復及び現地での移動にはチャーターしたヘリコプターを利用していった。私もヘリコプターに乗る機会があり空からの地質見学を楽しむことができた。写真15はその時感激して撮ったもので カンブリア系の単斜構造の中に



第17図：1872年地震断層の近景

形成された第四紀火山である。山地には植生がないのできわめて簡単に地層を追跡することができる。但し私が実際踏査した断層沿いの地域は大きな横ずれ断層に伴う派生断層が多く地質構造はかなり複雑であった。

この翌日は日曜日で彼らの地質調査も休みとなった。個人的都合で日曜日も調査に出かける人もいるが原則的には週一回の休みとなる。日本では野外調査中はよほどの悪い天候でない限り休むということは考えられない。それに彼らが現地にも2ヶ月も3ヶ月も連続滞在して地質調査に取り組むということは驚きであった。日本の地質調査所では、実際上、そのような長期の連続出張はむずかしい。この違いを彼らに話すと地質調査は時間のかかる仕事の上、その場所で地質になじむまで時間がかかるから、予算の続かぎり連続して滞在するようにしているとの話であった（彼らの旅費は全体の金額が決まっているだけで、日数にはしぼられないようである）。数ヶ月も研究室を空けたら事務処理がとどこおってしまうだろうと思って尋ねてみると、なるべく手紙で済ませるようにしているとのことであった。こう答える彼は若い人ではなく、プロジェクト・マネジメントをしている年配の人なのである。

日曜日にジェフ・エリオットの案内でローンパインからロングバレーまで地質見学をした。

ローンパインよりインデペンデンスへ向う途中、地質

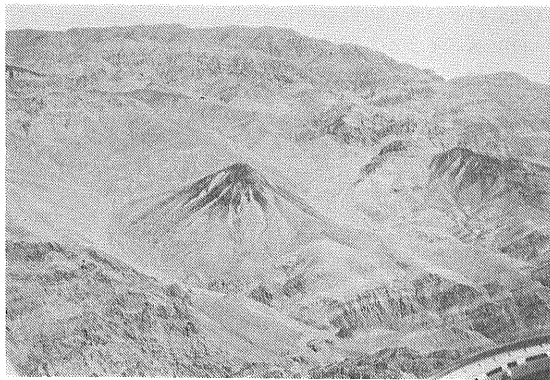


写真15：ヘリコプターから見たカンブリア系の単斜構造と第四紀火山

には関係ないが日本人にとって見逃せない所がある。それは太平洋戦争中1万人を超える日系人が強制収容されていたマンザナル収容所がここにあったからである。現在はほとんどその面影もないが、当時の日系人の苦しみは今も多くの日系人の心の底に秘められていることと思われる。

インデペンデンスを過ぎて少し北上すると左手のシエラネバダの麓に養魚場がある。山の雪どけ水を利用して鱒を中心に孵化している。背面は雪をいだいたシエラネバダ。前面は強い陽射しに焼かれているオーウェンス谷。ここだけ清冽な水と緑におおわれた別天地である。

ビッグパインの南には写真16や第17図に示されるような玄武岩の噴石丘。溶岩が広く分布している。この付近はシエラネバダ山地及びインヨー山地の前面断層が合わさる地帯のため断層が地殻深部まで延びていると予想されている。それ故、マグマが容易に地表まで達することができたと考えられている。これらほとんどアルカリ玄武岩で深部地殻やマンツルの物質を捕獲岩片として含んでいる。この火山地帯の16km程北方ではシエラネバダの東麓から温泉が湧出し温泉プールとして利用

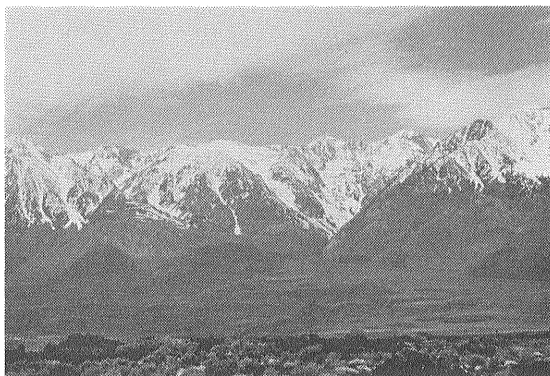


写真16：ビッグパイン南部の玄武岩の溶岩と噴石丘

されている (キョ温泉)。

ビッグパインから西に入ったビッグパインクリーク沿いにはモレインが厚く堆積している。この上流にのぼっていくと氷河によって削られたU字谷が見えてくる(写真17)。この麓一帯には氷河のなごりと思われる湖がいくつかある。そこで丁度解禁になったばかりの鱒つりを多くの人が楽しんでいた。

ビショップの町を越えてロングバレーを目指していくと北方に火砕流台地がひろがってくる。これが有名なロングバレーカルデラの形成時(70万年前)に噴出したビショップタフである(写真18)。この周辺の地質図と最近の火山活動を第19図と第1表に示す。ロングバレーカルデラの南縁部では1980年5月に群発地震(マンモスレイク地震)が発生し地震断層が生じた。その後も群発地震は続いており国道395号線沿いが異常隆起していることも判った。第20図はアメリカ地質調査所がこの付近で火山噴火が予想されると公表したことを報じた新聞の切り抜きである(1981年5月26日付)

私はロングバレーカルデラの東縁にあたるクラウリー湖までジェフに案内してもらった。彼とここで別れて私はグレイハウンドバスでリノにむかった。途中マンモスレイクやモノクレーターなどの魅力的な場所がいく

第1表：ロングバレーカルデラ周辺の火山活動

噴出形態	位 置	噴出年代
溶 岩 流	# 1 ネジット島	A.D.1540±300yrs.
ド ー ム	# 2 北部モノクレーター	A.D.1480±200yrs.
爆 烈 火 口	# 3 マンモス山	A.D.1400±150yrs.
爆 烈 火 口	# 4 インヨークレーターレイク	A.D.1400± 60yrs.
軽石および 黒曜石ドーム	# 5 パナムクレーター (モノクレーターの北端)	A.D.1240± 40yrs.
ド ー ム	# 6 北部モノクレーター	A.D.1000± ? yrs.
ド ー ム	# 7 インヨードーム	A.D. 980±250yrs.
黒 曜 石 流	# 9 北西端モノクレーター	A.D. 500±300yrs.
黒 曜 石 流	# 10 北東端モノクレーター	A.D. 75±300yrs.
黒 曜 石 流	# 11 北東端モノクレーター	B.C. 300±400yrs.
黒曜石ドーム	# 12 ウィルソンビュート	B.C. 500±400yrs.
黒曜石ドーム	# 13 南中央部モノクレーター	B.C. 700±800yrs.

1～13：第19図参照

つかあったが いかんせんバスの中からではどうしようもない。また機会をつくって訪れてみたい。

おわりに

地形や地質を見ながら旅行することは楽しいことである。今回モハーベ砂漠やオーウェンス谷を歩いて 砂漠とはどういう所でそこで今なお活発な火山・地震活動が行われていることを知った。またベーズンレンジ西端の地熱活動をほんの少し垣間見たような気がする。

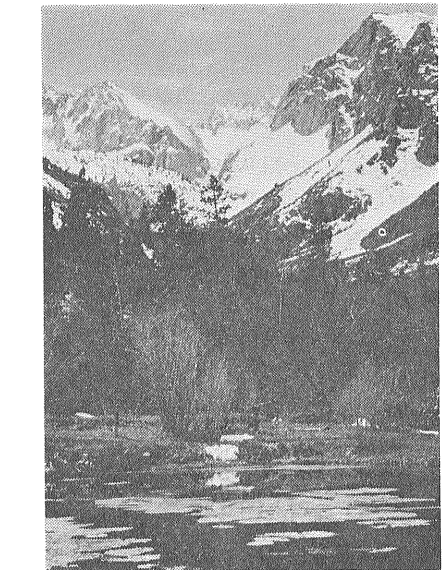
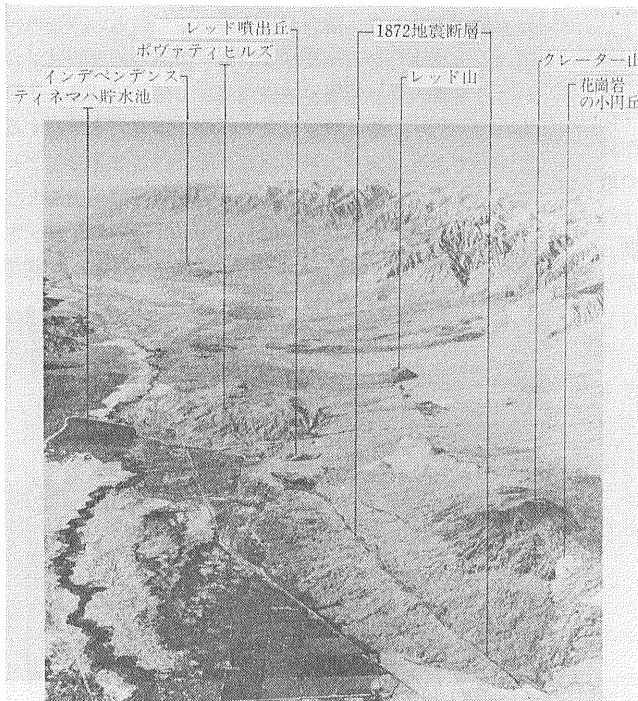
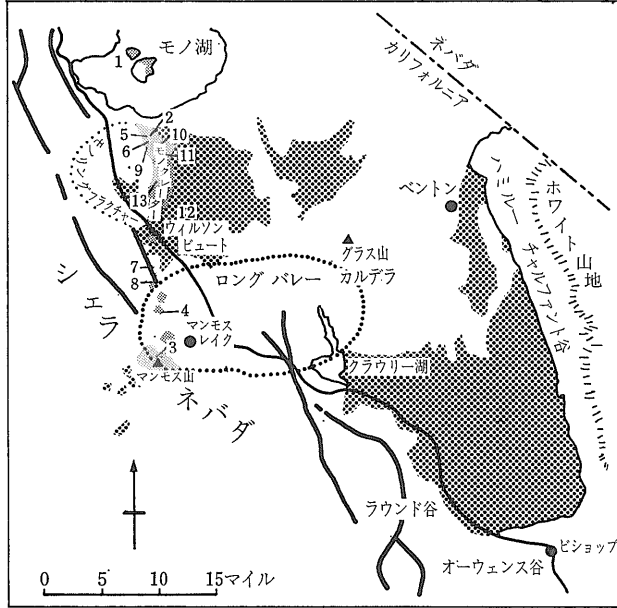


写真17：ビッグパインクリーク上流の氷河地形

第18図：ビッグパインの南方に分布する噴石丘



第19図：ロングバレー カルデラ 周辺の火山岩分布

(1~13: 第1表参照)

● : ビショップタフ ● : 流紋岩

この地域によく見られた玄武岩の火山活動は時々流紋岩質の火砕流や溶岩円頂丘を伴っている。これは引張応力下で生じたバイモーダルな火山活動ではないか。そしてこの酸性火山活動は地熱の熱源として重要視されている浅所進入マグマから供給されているのではないか。

するとこのような酸性マグマは玄武岩質マグマの上昇の過程で起きた地殻浅部での再溶融に起因しているように思われる。このようなことが本当か否か定かではない。しかしこのような憶測は私に地熱熱源への興味をかきたたせてくれる。

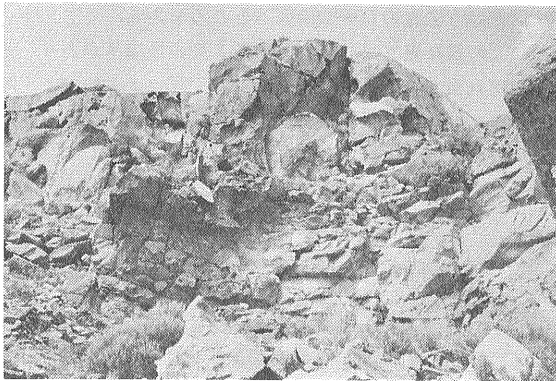
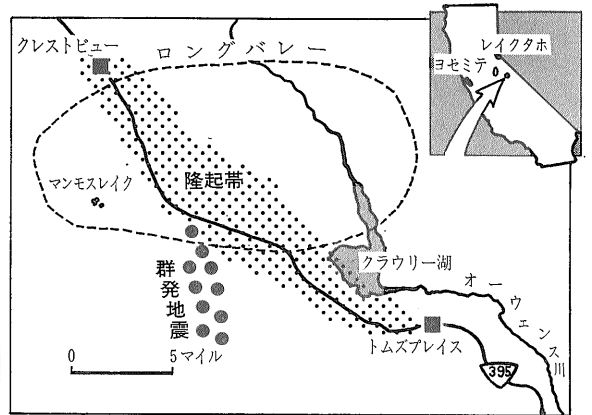


写真18：ビショップタフ



第20図：ロングバレーカルデラでの火山噴火の可能性を報道する新聞記事