

セントヘレンズとフッド-ポートランド近辺の火山

須藤 茂¹⁾

1. はじめに

先日, 米国北西部のポートランドを訪れる機会が得られました。近くには1980年に噴火したことで有名な

セントヘレンズ (St. Helens) 火山と, ポートランド市街地から急峻な山体が臨めるフッド (Hood) 火山があります (第1図)。それぞれ半日の見学を行いました。十分な見学の時間がないことがわかっていましたので,



第1図
米国大陸北西部の火山の位置図。
(▲: 火山, □: 都市)

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: セントヘレンズ火山, フッド火山, ポートランド, バンクーバー, ピナツポ, USGS, ボルケーノ・カウボーイ, 火山に魅せられた男たち, 研究評価, 噴火予知



第2図 西方上空から見たレーニア火山.



第3図 南方から見たアダムズ火山.

簡単な参考書を探そうとしましたが見つかりませんでした。セントヘレンズ火山の1980年噴火は強烈な印象をわれわれに与えました。火山学史上の大事件でした。しかしながら、適当な日本語の案内書がなかったのです。

これまで、セントヘレンズ火山やフッド火山には多くの日本人が訪れています。その多くは観光客としてであり、フッド火山の場合は真夏も含めたスキー客も多いようです。人数比は少ないですが、地質関係者も多く訪れているはずですが、しかしながら、後の訪問者に対して、あるいは、一般に案内としてそれらの火山の紹介を書いてくれた人は少ないようなのです。本誌「地質ニュース」上でも見つけることはできませんでした。筆者は、半日見学者ですので、十分な紹介は出来ません。噴出物や堆積物を詳しく見ようとする人のための案内は、何日間にも渡って丁寧に見てきた別な方々をお願いすることにして、ここでは全体の概要を簡単にご報告いたします。

上記の事情から、本文の内容の多くは、ほかの文献からの引用ですが、余りにも引用件数が多いためいちいち明記しておりませんことをあらかじめお断りいたします。

2. セントヘレンズ火山、噴火前

この山が、噴火する可能性がある火山としてどれくらい住民、米国民に認識されていたのかを筆者は知りません。少なくとも、1980年以前に日本の中高生が使用していた地図帳には、この北にあるレーニア火山と、南にあるフッド火山の名前が載っていることはあ



第4図 フッド火山中腹から見たジェファーソン火山.

っても、セントヘレンズの名前はありませんでした。レーニア(Rainier)：4,392m(第2図、口絵写真1)、アダムス(Adams)：3,742m(第3図)、フッド：3,426m、ジェファーソン(Jefferson)：3,199m(第4図)と、周囲の火山の標高が1万フィートを越えるのに対し、セントヘレンズは、1980年噴火で標高が低くなる前でも2,950m(現在は2,549m)と寸足らずであったことも影響しているのかもしれませんが。

米国の火山博物館について、来日して講演したPeter Frenzen氏は、レーニア山の氷河や森を訪れる人は、その山が火山であることを知らないのだと語っています(Frenzen, 2005)。米国の火山研究者が、どれくらい噴火の可能性を現実のものとして捉えていたのかも、同様に知りません。米国西部のカスケードには多くの火山が分布しており、多くの調査研究の報告書があります。その中にはセントヘレンズ火山に関するものも含まれています。また、米国地質調査所

(USGS) 及びワシントン大学はセントヘレンズ火山の周囲に地震計を設置していました。

セントヘレンズ火山噴火前の地質に関する論文の中で注目すべきは、Crandel *et al.* (1975) 及びCrandel and Mullineaux (1978) でしょう。彼らは1950年代後半から、この火山の研究を始めました。1975年の論文は、有名な雑誌に掲載されましたが、そのことを筆者は全く覚えていません。その中では、セントヘレンズ火山は、あまり名前が知られていないけれども、特に過去4,000年間は米国大陸内の火山の中では最も活発であること、1857年以来噴火していないけれども、将来、たぶん20世紀末までには噴火するだろう事などが述べられています。根拠となったのは、多くの炭素14年代測定による火山活動史の研究結果です。それによれば活動休止期間は、最大でも5世紀間であり、1世紀か2世紀間であることが多かったとしています。この活動度は、ベスピオ、富士、ヘクラなどの諸外国の活発な火山と同様であると述べています。1978年の論文では、前著と同様に、過去4,500年間の火山活動を記載し、溶岩流、溶岩円頂丘、降下火山灰、火山ガス、火砕流、泥流、洪水などについて、過去の活動とその災害について説明するとともに、将来の災害の可能性についても言及しています。また、過去の活動及び将来可能性のある活動の影響の及ぶ範囲について、それぞれ地図を示しました。災害実績図と災害予測図です。セントヘレンズ火山は、活動のタイプが上記のように様々であり、岩石も玄武岩、安山岩、デイサイトと変化に富んでいます。

以上のように、Crandel, Mullineaux両氏の成果は、その社会的な影響を考えると、当時としては驚くべき先駆的なものでした。しかしながら、筆者はこれらの論文が世に出たときの事を覚えていません。そもそも、セントヘレンズ火山の名前ですら、しかと頭に入ってはいませんでした。もし、現在、これと同様な論文、すなわち、過去数千年間にわたって活発に活動してきた火山について、近い将来噴火する可能性があるという報告を筆者が目にしたら、ああそうですか、という感想を持つでしょう。セントヘレンズ火山の1980年噴火の場合、当たったということが重要です。もちろん的確な予測がされていない部分もあります。山体崩壊については記載がありませんでした。ともあれ、噴火は20世紀のうちに起きました。そして大きな災害が生じました。それに対する警鐘と備えに関する論

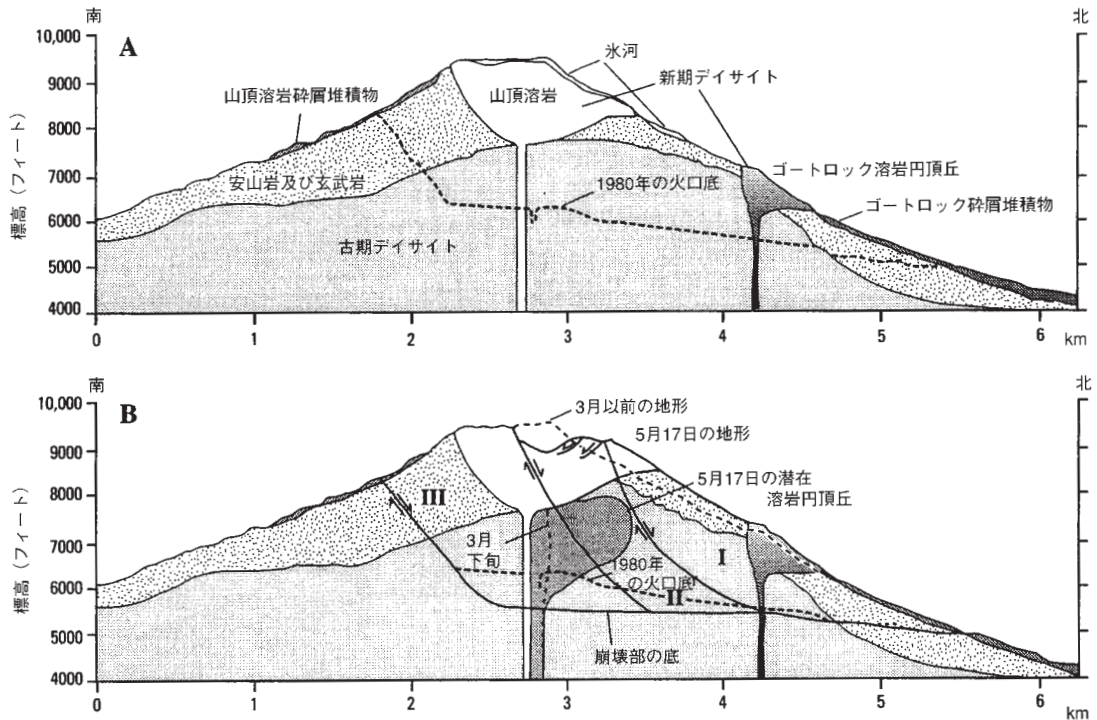
文が出ていたことは画期的なことです。蛇足ながら、それらの論文が、米国地質調査所という政府の機関に所属する研究者によって書かれたということも、日本の同様な機関に所属している筆者には驚きのことです。

セントヘレンズ火山は、アメリカ富士として知られていたとの記載がFoxworthy and Hill (1982) にあります。筆者は、レーニア山がタコマ富士、フッド山がオレゴン富士と、それぞれ呼ばれていることまでは記載したことがあります(須藤ほか, 2003)。セントヘレンズ火山も1980年噴火前は眉目秀麗であったとの評価を受けていたようです。岩質が多様であり、また噴火様式もさまざまであるために、斜面にはいくつかの凹凸が見られますが、綺麗な山であることには違いはありません。特に、北東にできていた堰止湖スピリット(Spirit)湖を前景にして臨む山の姿は人気があったようです。この周辺にはロッジやキャンプ場があり訪れる人も多かったそうです。また、この周囲は鬱蒼とした森に覆われています。世界有数の紙・パルプ企業が所有する私有地も広く、梅や樅の大木が伐採され、林業活動が活発なところでもありました。今でも巨木を積んだ大型トレーラートラックがうなりをあげてハイウェイを走っています。この辺の主たる積み出し港はセントヘレンズ火山の南を流れるコロンビア(Columbia)川にあります。

なお、最新の地質調査の結果によれば、セントヘレンズ火山の過去の活動は、Ape Canyon (300-35ka) (ka: 千年, 以下同様), Cougar (23-17ka), Swift Creek (13-11ka), Spirit Lake (3.9ka-現在) の4つの活動期に区分され、さらにSpirit Lake期は、Smith Creek (3.9-3.3ka), Pine Creek (2.9-2.55ka), Castle Creek (2.55-1.895ka), Sugar Bowl (1.2-1.15ka), Kalama (A.D.1479-1720), Goat Rocks (A.D.1800-1857) の6つのeruptive period (噴火期) に細分されています。

3. セントヘレンズ火山, 1980年噴火

1980年3月中旬にセントヘレンズ火山の下で、それまで観測されなかった地震が起きたことがわかりました。3月20日にはマグニチュード4.2の顕著な地震が発生し、その後、地震の数は急激に増加し、3月25日にピークに達しました。地震の数はその後、緩やかに減

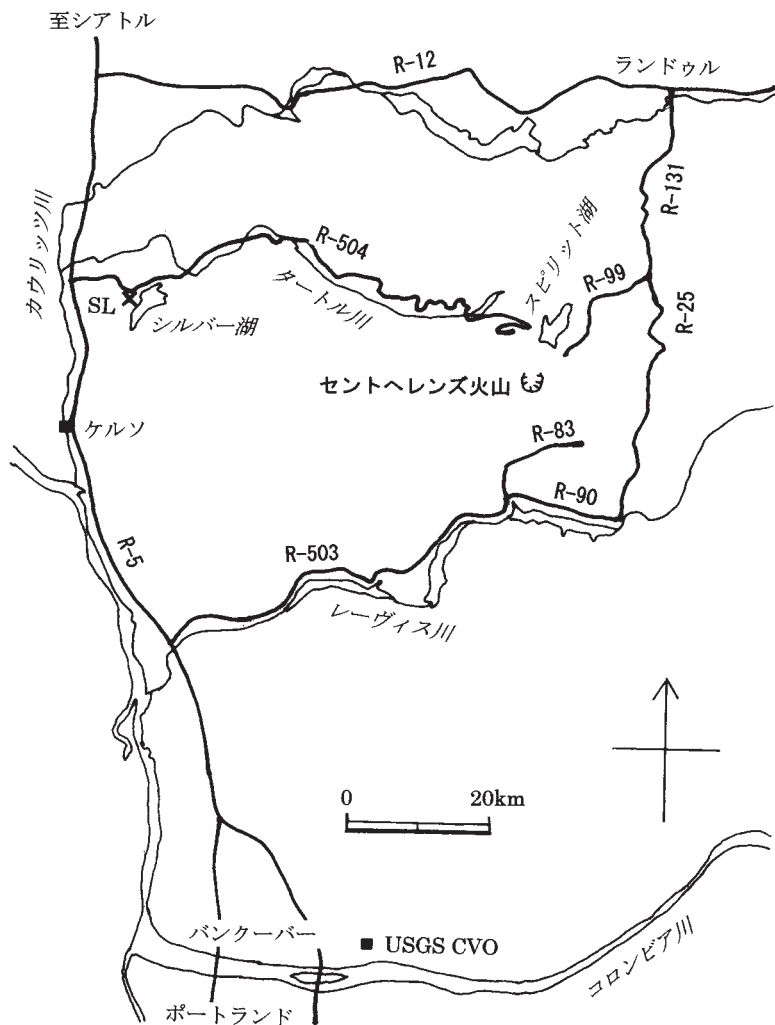


第5図 セントヘレンズ火山1980年5月18日噴火の様子を示す南北断面図。
Glicken (1998)を引用。A：1980年3月以前の断面。B：1980年5月18日8時32分の崩壊時の断面。ローマ数字のI, II, IIIは崩壊したブロックに付けられた番号です。

少していきませんが、3月27日に最初の噴火が山頂の氷河を破って発生しました。新しい火口が開きましたが、マグマ噴火ではなかったといわれています。その後、山頂では噴火が繰り返され、火口は大きくなりました。4月には火口の大きさは、径数百mになりました。山頂部を横断するような大きな割れ目も発生しました。地震観測システムが大幅に増強されるとともに、山体変動観測も行われました。その結果、山頂の北側の山体が北方に向かって急激に張り出してきていることが明らかになりました。4月末から5月に掛けて、その速度は1日当たり1.5-2.0mに達し、5月18日の噴火までに、その量は少なくとも135mに達しました。山頂の火口付近は沈降しましたが、北側の張り出しにより山体は大きく膨張しました。これらの急激な変化は山体直下のマグマの貫入によるものと判断されました。更なる噴火の危険性があると確認され、ハザードマップが作成され、危険区域からの避難が勧告されました。多くの人がそれに従いました。従わない人もいました。

5月18日午前8時32分、マグニチュード5.1の地震が発生し、北側に膨らんでいた山体が大きく3回に分けて滑り落ちました(第5図)。山体を構成していた岩石は岩くずとなり、雪崩のように流下しました(岩屑なだれ, debris avalanche)。山体の表面の一部は氷河に覆われていましたが、これも崩れました。山体の荷重が急激になくなったことにより山体内の水が蒸気となり爆発が起きました。前面には疾風(blast)が広がり地表の森林などをなぎ倒しました。大きく崩れた北斜面から噴煙が広がり始めました。山頂からも噴煙が垂直に上がり始めました。後者は典型的なプリニアン噴火となりました。北側に崩れた岩くずは、正面の地形的な障害に当たり西方下流に向かいました。さらに土砂と水を巻き込み、泥流となってタートル(Toutle)川を流下し、カウリッツ(Cowlitz)川を経てコロンビア(Columbia)川に至りました(第6図)。マグマ噴火により火砕流も発生しました。

北側に崩壊した岩くずのなだれは東西約25kmにわたって谷部を埋め尽くし、谷底では厚さは最大約



第6図
セントヘレンズ火山周辺案内図。
USGS CVO：米国地質調査所カスケード火山観測所，SL：シルバー湖ビジターセンター。

180mでした。体積は約2.8立方kmと見積もられています。もともとあったスピリット湖は、さらに高く堰き止められました。岩くずのなだれの表面には凹凸が見られ、流れ山がたくさんできました。これらから発生した泥流は時速約16-40kmでさらに流下し、約200戸の家屋、道路、27の橋梁などの構造物を次々に破壊し、埋め尽くし、約120km離れたコロンビア川との合流点で川底にうず高く堆積して止りました。この泥流は、なぜかコロンビア川の上流側に多く堆積しました。12mあった水深は4mにまで浅くなり、これより上流にあるポートランドやバンクーバーの港への大型船(第7図、口絵写真5)の通行が妨げられました。航行可能にするために6ヶ月に渡る浚渫作業が必要になりました。

発生した疾風は、破壊的であり、東西約30km、北方向に約27km、約600平方kmの範囲内の大木をなぎ倒し、表土を剥ぎ取り、その周辺の木々を焦がしました(第8図)。温度は最大350℃程度でした。その速度は少なくとも最大時速約500kmあるいは1,000km以上といわれています。このため、火口の北約9kmの比高約360mあった尾根(当時の観測点はColdwater II stationと呼ばれ、この尾根は後にJohnston Ridgeと命名されます)で観測をしていた米国地質調査所の研究者David A. Johnston氏は、観測用車両とともに吹き飛ばされました。大木の倒れた方向はおおむね火口から放射状でしたが、地形によって向きはさまざまに変えられました。疾風は砂粒や岩塊を伴い、最大で約1m、周辺部ではcmのオーダーの厚さ



第7図 コロンビア川を航行する船。
ここはバンクーバー西方で、川幅は800-900mあります。



第8図 森林が破壊され、表土も剥ぎ取られたジョンストンリッジ周辺の山。
ジョンストンリッジ展望台から、遠景はアダムズ火山。

の堆積物を残しました。破壊された森林は、材木換算で、寝室が2つある家屋30万戸分だそうです。

山体が崩壊したことにより、崩壊部及びその下の岩石は急激に荷重圧力が減り、この中の熱水が膨張して水蒸気になり爆発したと考えられています。噴煙は主に北方上方に膨らみました。

山頂からのプリニアン噴火は、当日の夕方まで続きました。12時ごろには火砕流が発生し、時速約80-130kmで北方に、最大8km流下しました。火砕流の温度は700℃程度以上でした。プリニアン噴火は、15時から17時にかけてピークに達しました。プリニアン噴火による噴煙は15分間で24km上昇し、西方に平均時速約95kmで流れて、次第に火山灰は降下していきました。東に流れた噴煙は3日ほどで大陸を横断し、15日で地球を1周しました。降下火山灰は約57,000平方kmの土地を覆い、火口から16km地点で25cm、約100km地点で2.5cm、500km地点で1cm以上であり、その体積は約1.1立方km、重量は5億2千万トンでした。降灰に見舞われた各地では昼でも夜中の暗闇より暗い状態となり、健康、交通、停電など多くの被害がありました(須藤, 2004参照)。

吹き飛ばされ、埋められ、焼かれ、窒息するなどして出た犠牲者は57人でした。死体発見場所の範囲は、東西約30km、北方向に約25kmでした。その周囲には、かろうじて助かり、かつ、この噴火の一部始終を目撃していた人たちもいました。ある人は、火口の北東側から写真を撮りました。この連続写真は山体崩壊とそれに引き続く噴火の様子を克明に記録

し、火山研究に大いに貢献しました。当時は、常に航空機による観測が約3時間交代で継続され、噴火が始まる時にも上空では観測が行われました。見物も含め、最大時には70機の航空機が上空を旋回していたこともあったそうです。

これらの崩壊とそれに引き続いた爆発的噴火活動により、山頂部には東西約2kmの馬蹄形の火口もしくはカルデラができ、山の最高点は約400m低くなりました。旧山頂付近は1,000m以上低くなりました。

4. セントヘレンズ火山、引き続いた噴火活動

5月25日、山頂火口からプリニアン噴火が発生し、噴煙の高さは14kmに達しました。このときの降灰域は西方に広がり、ポートランド方面の空港が閉鎖されました。6月12日にも同様にプリニアン噴火が発生しました。両方の噴火時には火砕流も発生しました。6月15日には、山頂火口内に直径約200mの溶岩円頂丘ができていたのが確認されました。この溶岩は、7月22日の噴火で吹き飛ばされました。この噴火も火砕流の発生を伴うプリニアン噴火でした。火砕流は軽石流のタイプのもので、堆積物の表面は軽石の塊で覆われていました。地質調査者がこの軽石にいきなり足を踏み入るとずぶりと潜りますが、ちょんちょんと何度か軽く足でたたくと安定し、その上を歩けたなどという報告もあります。その後も8月7日、10月16日と中規模小規模の噴火が繰り返され、溶岩円頂丘は出現したり吹き飛ばされたりを繰り返しました。

また、この間の地震と山体変動の観測により、このタイプの噴火であれば予知が次第に確実にできるようになりました。北麓の堆積物はまだ高温であり、二次爆発が起きてたくさんの火口が出現しました。爆発は1982年まで続きました。

1980年10月の噴火後、1986年10月まで、溶岩円頂丘は17回にわたって成長していきました。それぞれの活動ごとに100万-2,200万 m^3 の溶岩が追加されました。多くの活動では、新しい溶岩は表面に噴出して溶岩流となりました。それぞれの長さは200-400m、厚さは20-40mでした。1983年には約1年間にわたって溶岩内部で膨らむように成長しました。1986年以降は、1989年から1991年にかけて、地震活動が活発になり小噴火も起きました。1995年から1998年にかけても地震活動が活発になりましたが、このときは噴火は起きませんでした。

1990年の時点で溶岩円頂丘は、長径1,050m、短径850m、比高267m、体積7,400万 m^3 でした。この体積を表すのに、シアトルのキングダム・スタジアムの40倍以上との表現もあります。キングダムは東京ドームの1.5倍の大きさのようです。ちなみに、雲仙普賢岳1991-95年活動で噴出した溶岩は、長径1,200m、短径650m、最大厚さ330m、体積1億 m^3 でした(斎藤・須藤, 2002)。

5. セントヘレンズ火山、最近の活動

1986年以降、山頂火口内には氷河が最大約200mの厚さにまで発達し、溶岩円頂丘の一部が覆われるほどになりました。2004年9月23日、小さな浅い地震群が起き始めました。いったん収まりかけた地震活動は25日に再び活発にかつ規模が大きくなり、10月1日にはほとんど連続して発生するようになりました。旧溶岩円頂丘の南の氷河が膨張し、割れ目が発達し、壊れてきました。噴火に近いことを示す警告が発せられました。その日のうちに壊れた氷河を破って水蒸気爆発が始まり、岩塊も放出されました。その後も水蒸気と火山灰を噴出する活動は続きました。噴煙は最高、海拔約11kmに達し、風下に何百kmも流されることもありました。10月11日に新しい溶岩が顔を出しました。この溶岩は流れ出すタイプではなく、槍(spine)のように突き出てきました。槍は何本も出てきました。10月下旬になると、何と鯨が出てきました。

Whalebackと呼ばれる、鯨の背中のような巨大な溶岩塊です。鯨を槍が刺したのではなく、槍の脇から鯨が上がってきたのです。米国地質調査所は、何と鯨の背中に飛び乗ってGPSを設置しました。鯨は11月には1日当たり10.5mの割合で南に、2005年1月には同9m、2月には6mで動いていました。この溶岩塊の出現により氷河は大きく変形し一部は融けましたが、大崩壊や大洪水などの大事には至りませんでした。この鯨の大きさは最大時、幅約200m、長さ500mです。こんな固形物がこの形のまま地下から上昇してきたのでしょうか。とてもそうは思えません。鯨は地表に背中を出す直前にできたのでしょうか。

結局、鯨は2005年4月頃から自己解体を始め、夏には滑らかな表面を持つ溶岩塊は一部にのみ露出するようになりました。Whalebackは、いつしかWhalebacksと呼ばれるようになりました。その後、溶岩は噴出位置をやや西に移し、部分的に表面が平滑で広くなった槍を突き出すようになりました。やや広がった槍は、今度は「ひれ」(fin)と呼ばれるようになりました。2006年8月18日の計測によれば、新しい溶岩は長径1,010m、短径500m、体積8,500万 m^3 で、1日当たり86,000 m^3 の割合で成長してきました。このときの体積は、ポートランドのローズガーデン・アリーナ150個分という表現がありました。このアリーナは東京ドームの半分ほどの大きさのようです。新しい溶岩円頂丘は全体として次第に凹凸の少ない文字通りの円頂丘に近い形になってきました。最高点は古い円頂丘よりも200m近く高くなりました(口絵写真2, 3)。2007年7月現在、活動はまだ続いています。

6. セントヘレンズ火山見学

セントヘレンズ火山を一通り見学しようとしたら、最低2, 3日は必要です。というのは、山を1周する適当な自動車道路がないからです(第6図)。山に近づくには西、北、南の3つのルートがありますが、それぞれ出口まで戻らないといけません。最も人気のあるのは西からのルートですが、州間道路I-5号線から、自動車道路終点まで約80kmあります。これは直線距離にすると東京から箱根までに相当します。ここまで行って、東名高速道路を東京まで戻って、今度は中央高速道路で富士山の側から入ってというような具合なのです。それでも、噴火直後に比べたらはるか



第9図 シルバー湖 (Silver Lake) ビジターセンター。
高い木に囲まれ、裏は湖、湿原に面しています。



第10図 シルバー湖ビジターセンター内の展示。
階段を下ると、壁に地下の様子が示されます。

に便利になっているはずですが、筆者は噴火直後に入ったことはありませんが、快適な新しい自動車道路ができています。見学に最適な季節は夏です。夏には多くの見学者が訪れ、受け入れ態勢も整っています。いるはずですが。

見学には自動車が不可欠です。公共交通機関はありません。結局この国では、車を持っていないような貧乏人には火山見学の機会是与えられていないようです。ポートランドとシアトルからはツアーもあるようです。どんなところをどう案内して見せてもらえるのかは筆者は知りません。事前に地元のツアー会社に問い合わせしてみました。閑散期であったせいか、なしのつぶてでした。

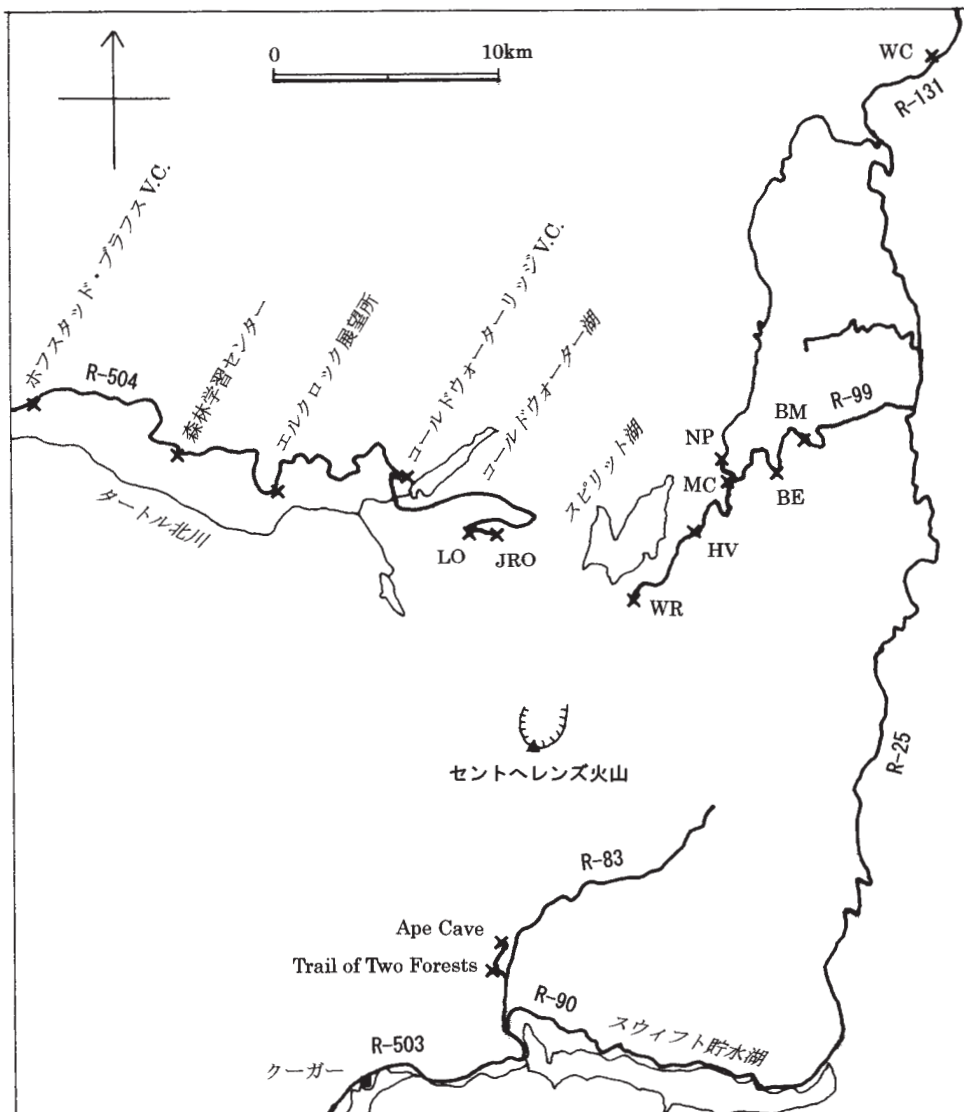
噴火により荒廃した約4,500平方kmの地域は、1982年にセントヘレンズ山国立火山記念物 (Mount St. Helens National Volcanic Monument) に指定されました。この北にあるレーニア山は国立公園ですが、セントヘレンズ火山はそうではありませんでした。セントヘレンズ火山からおおむね東側は広大な国有林ですが、西側は私有林です。国立火山記念物に指定されたのは、荒廃域のかかなりの部分と、その外側の非荒廃域の部分からなり、複雑な形をしています。見学者のために合計5つの新しいビジターセンターなどと、それらを結ぶ道路が設けられました。この指定の法案に署名したのはレーガン大統領でした。1980年に被災地をヘリコプターから見て「ここはまるで月面のゴルフ場のようだ」(あるいは、ここに比べたら、月面でさえゴルフ場のようなものだ)と言ったのはカーター大統領でした。当時、ある日本の火山地質屋は

「もっとまともな表現はできないのか」とぼやいていました。

7. セントヘレンズ火山見学、西からのルート

オレゴン州ポートランドから北上、もしくはワシントン州シアトルから南下し、州間道路I-5号線をExit49 (Castle Rock) で東に出て州道504号線に入ります(第6図)。ここまでポートランド国際空港から約92kmです。ここを起点にします。8kmほどでシルバー湖 (Silver Lake) ビジターセンターに着きます。建物は湖畔の林の中にあり(第9図)、道路からはちょっと目立ちません。ビジターセンターはこの先にもいくつかありますが、こののみは通年営業であり、その日に公園内に入れるかどうか、食料を調達できるのはどこか、この先ガソリンスタンドはあるのかななどの情報がここで得られるでしょう。このビジターセンターの中に入るのなら有料です。大人3ドルです。ほかのビジターセンターとの共通入場券は6ドルです。

建物は木造で、1986年に建設され、展示室と映像室があります。セントヘレンズ火山の1980年噴火とその後の変化、生物など一通りのことはわかるようになっています。一段低い部屋に下りると、そこには地下の岩石やマグマの様子が展示してあるなどの凝った部分もあります(第10図)。売店もあり、写真集、ビデオ、DVD、火山噴火の模型などが置かれています。時間や天気の不都合など最悪の条件の場合、この見学だけでも済まされるようにはなっています。天気によければ、シルバー湖の向こうにセントヘレンズ火山



第11図 セントヘレンズ火山詳細案内図。

LO：ルーウィット展望台，JRO：ジョンストンリッジ火山観測所，WC：Woods Creek Information Station，BM：Bear Meadow，BE：Blast Edge Viewpoint，NP：Norway Pass Trailhead，MC：Miners Car，HV：Harmony Viewpoint，WR：Windy Ridge。

を臨むことができます。西方遠方から眺めると、その山体はきわめて緩やかであり、とても災害をもたらす危険な火山とは想像できません。このシルバー湖も、かつてのセントヘレンズ火山からの泥流でできた堰止湖です。この先は、谷の中を歩くことになるのでセントヘレンズ山はしばらく見えなくなります。

約35kmで、道路は左岸から右岸に立派な橋で渡

ります。ここまでは噴火前にあった道路です。この辺は1980年噴火による泥流により6mから9m程度河床が上昇してしまいました。噴火後の新しい道路は1992年から95年にかけて建設され、Spirit Lake Memorial Highwayと呼ばれているそうです。この先ずっとタートル北川 (North Fork Toutle River) (ビジターセンターの案内人の発音はトートでした) の右岸



第12図 破壊域内の森林の回復。
倒された大木の間から若い木が成長しています。エルクロック展望所付近。



第13図 流れ山堆積物地域の様子。
ここにも若い林が広がっています。流れ山の微地形はだんだんわかりにくくなっていきます。

を走ります。ゆるい曲線を描いて登る幅の広い快適な道路です。

約42kmでホフスタッド・ブラフス(Hoffstadt Bluffs)ビジターセンターに着きます(第11図)。ここだけは入場無料であり、食堂もあります。商業活動は最も活発であり、セントヘレンズの火山灰を使ったガラス細工の実演や販売も行われています。夏季限定でヘリコプター遊覧飛行も用意されています。この下流側に高さ55mの砂防ダムが建設されています。鮭が遡上できるようリフトがつけられているようですが、筆者は確認していません。なお、砂防ダムは1回作って大丈夫というわけにはいかなかったようで、初めに作ったものは役に立たなくなってしまうとの事です。結局地域全体で、洪水による災害を軽減するために、噴火後の10年間で10億ドルが使われたそうです。

約52kmで森林学習センター(Forest Learning Center)です。この少し手前から、1980年噴火で森林がなぎ倒された区域に入ります。このセンターは企業、ワシントン州運輸局、財団の3者により運営されています。森林回復の様子などがよく学習できる施設です。完全に破壊された区域のうち記念物指定域は自然のままの回復を学習するようになっています(第12図)、その外側は人間が手を加えて植林しています(口絵写真6)。噴火から26年たち、若い木もかなり大きく成長しています。谷底の流れ山が発達した崩壊堆積物の上にも木々がすでに生い茂っています(第13図)。

約59kmでエルクロック(Elk Rock)展望所に着きます。道路わきに駐車場があるだけですが、北西側から全体像を見るのに適したところですが、セントヘレンズ山頂火口内はまだよく見えません。その右手の山より西側および北の山より北側は被害を受けなかった森林が残っています。このルートの最終目的地ジョンストンリッジの向こうにはアダムズ火山が見えます。最近の12,000年間で8回噴火したことがわかっています。5月18日噴火時に、アダムズ山の頂上にも登山者がいて、噴火の一部始終が目撃されていました。セントヘレンズ火山から約40km離れています。噴火開始後20分で降下軽石や火山灰の襲撃を受けたということです。

約69kmでコールドウォーターリッジ(Coldwater Ridge)ビジターセンターです。1980年堆積物の剥ぎ取り標本などが展示されています。軽食レストランがあります。この下にあるコールドウォーター湖へは、急な坂道を降りなければいけません。504号線を進むと谷底に下りるようになっており、そこから平らな道を進むと行き着けます。1980年噴火で、セントヘレンズ火山からの堆積物によって谷の出口をふさがれてきた湖です。この後、道路は大きく曲がった後一気に急な坂を上っていきます。

84kmでルーウィット(Loowit)展望台に着きます。ここまで来るとセントヘレンズ火山の山頂火口もよく見えるようになります。駐車場の周りにはいくつかの案内板もあります。ここから最終目的地のジョンストンリ



第14図 ジョンストンリッジ観測所。
右、駐車場へ、左、セントヘレンズ火山の方向。



第15図 ジョンストンリッジの展望台から見たセントヘレンズ火山。

リッジ観測所の駐車場までは歩道もついています。周囲には巨木が倒れています。Loowitは火の女性(女神?)であり、美しいものを醜いものへ変える、またその逆もできたという伝説があるそうです。先住民はセントヘレンズ火山をLoo-Wit(火の山)またはLouwala-Clough(煙の山)と呼んでいました。セントヘレンズなどという言葉は、この山とは全く何の関係もない名前です。人の名前ですらありません。常陸守というような位の名前です。18世紀末にこの地を訪れたヨーロッパ人が勝手につけた名前です。彼らは、この周囲の火山を含め、そこら中の地名をいい加減に付け替えていきました。主に彼らの知り合いの名前です。文化のかけらもない仕打ちです。その後ろめたさがある、この展望台にルーウィットの名前がつけられたのではないかというのが筆者のかんぐりなのですが。

85kmで終点、ジョンストンリッジの非常に大きな駐車場に着きます。切り通しを歩いて展望台に進みます。正面にドーンとセントヘレンズ火山が見えます(口絵写真3)。右手には観測所が(第14図)、左手には小高い展望台があります(第15図)。この観測所の展示はビジターセンターの中では最も科学的説明がなされているそうです。映画も見ものなそうです。映画が終るとまた感動するというような紹介文が多くあります。筆者は見えていません。すでに冬季閉鎖になっていたものですから。ということは、使えるトイレもないのです。これは困ります。ここは木が一本もない吹きさらしです。まさにこの場所は5月18日の噴火前には火山観測地点として好適地であったわけですが、その理由はここだけ木がすでに伐採されていて見通しがよ



第16図 セントヘレンズ山頂火口内の溶岩。
中央から左下が1980-1986年溶岩、その上から右上にかけてが2004年-溶岩。

かったからだということです。ここからは今、火口の中をじっくりと見ることができます。1980-86年活動でできた溶岩円頂丘はその左右(東西)を氷河に挟まれ、溶岩の表面のかなりの部分も氷に覆われています。その後に見える2004年からの活動でできた溶岩円頂丘はさすがに暖かそうで、青白い噴煙を出しています(第16図、口絵写真3)。岩石の熱伝導は悪いので、溶岩の内部はまだ高温であっても表面が冷えてしまえばもうそれまでなのです。2004年からの活動で氷河が大規模に融けて流れ出さなかったのもそのような理由によるのかもしれませんが。ところで、1980年噴火前の山頂部は溶岩円頂丘でできていたらしいのですが(第5図)、その溶岩は一挙に噴出してできたのでしょうか。それとも今回のように間欠的に少しずつ

つ成長していったのでしょうか。1980年噴火で消失した山頂部の体積とその後の火口内の溶岩噴出量から、もとの山体と同じ高さまで山頂が成長するにはあと何年という計算ができます。皆さんはどんな式で求めますか。

8. セントヘレンズ火山見学、北東からのルート

504号線に戻り、Castle Rockから州間道路I-5号線を北上し、出口68でハイウェイ12号線(R-12)に入ります(第6図)。カウリツ川に沿って東に約106km走り、ランドゥル(Randle)で右折し25号線を南下します。およそ10kmでWoods Creek Information Station(WC)に着きます(第11図)。ここで情報を仕入れます。ここから距離をカウントします。

途中で右折して99号線に入り、30kmでBear Meadow(BM)に着きます。日本には熊谷地という地名がありますが、5月18日8時32分の崩壊と爆発の有名な連続写真はここから撮られました。写真家が待ち構えていたのです。ここは火口から16kmしか離れていないのですが、幸運にもこれより北側と東側に疾風は走り、ここだけ無事だったのです。ただし頻繁に雷もなり、とても恐ろしかったそうです。

33kmでBlast Edge Viewpoint(BE)に着きます。ここから破壊された区域に入ります。これより内側の樹木は焼けて死んでしまいました。生き残った区域との境界は、噴火直後には明瞭だったそうです。

三叉路を右に入り、39kmでNorway Pass Trailhead(NP)です。大木が倒れているのがよく見えます。火口の近くでは放射状に外側に倒されましたが、離れるにしたがって地形の影響を受けて疾風が曲がった様子がわかります。この少し先の破壊域の境界付近で当時疾風に襲われ幸運にも助かったキャンパーによれば、黒い疾風の前にまず強い風が来たが、これでは木は倒れなかったこと、黒煙が来たら瞬時に真っ暗になり木が倒れたこと、彼らは倒れた木の根っこが取れてできた穴の中に落ちたこと、約10秒で周囲は熱くなり髪の毛が焦げるのがわかったこと、その後、空は数分にわたって明るくなったが次に火山灰が降ってきたことなどを証言しました。

入った道に戻り、40kmでMiners Car(MC)です。Miners Cabinという宿泊施設があり、ここに噴火の前日に来ていた3人家族が死にました。車は約20m飛

ばされたそうです。

このすぐ先にMeta Lakeがあります。この湖は噴火時に表面が凍結していたために魚などの生き物が生存できたそうです。同様に噴火時に雪に覆われていた若い木は生き残り、その後成長できました。

この先、道路は破壊域(記念物区域)と生存息の境界に取り付けられています。破壊域は自然のまま、外側は人間の手が加えられています。この辺にはセントヘレンズ火山の降下火山灰の連続した堆積物が見られます。

47kmでHarmony Viewpoint(HV)です。ここからスピリット湖がよく見えます。約3,500年前にセントヘレンズ火山噴火の堆積物でせき止められてでき、400年前の噴火時にはさらに高く湖面は上がりました。その後、自然ダム の侵食により湖面は下がりました。1980年噴火により、また湖面は一挙に約60m高められました。その後、また堰き止めた堆積物が侵食され下流に洪水が発生する危険性があるとの判断から、長さ約2.6kmのトンネルが掘削され、1985年5月から、湖面の水位を調整するようになりました。トンネルは西方の急な尾根の下に掘られました。この尾根は、1980年噴火前には無名でした。調査研究作業の過程では、Harry's Ridgeと呼ばれていました。米国地質調査所の1981年の報告書では、そう名前をつけて使用しているが正式なものではないとの断り書きがありました。結局この地名はJohnston Ridgeとともに定着したようです。Harryとは、スピリット湖畔でロッジを営んでいた人で、1980年噴火時の避難の勧告に従わず現地に留まり亡くなった名物爺さんの名前です。くそじじいと書くべきだという意見を持っている人もいます。結局湖面の高さは噴火前に比べて約75m高くなりました。

52kmでWindy Ridge(WR)です。セントヘレンズ山頂からスピリット湖にかけて一望できます。階段を登って丘の上に行くとさらに展望は開けます。ここは北に向かった1980年堆積物を横から見える位置にあります。ここが車道の終点です。古い地図にはこの辺の車道は載っていません。セントヘレンズ火山の周囲の林業活動は活発です。多くの林道がつけられています。それらの一部は立ち入りが許され一部は禁止されています。米国農務省森林管理局(Forest Service)のホームページなどで最新の情報が得られます。ほかの道路も含めて季節により通行止めになる

区間などがありますので注意が必要です。

セントヘレンズ火山の南側に回りたい場合は、この道に戻り、25号線を南下します。途中、東から南東の沢では、火山泥流堆積物が見られます。1980年噴火では、火山泥流はほとんど山体の全方向に流下しました。

9. セントヘレンズ火山見学，南からのルート

新たに南から入る場合は、州間道路I-5号線をExit21で出て、503号線(R-503)を経てクーガーに至ります(第6図)。このレーヴィス(Lewis)川沿いのルートには3つのダムがあります。いずれも発電に使われています。Crandel, Mullineaux両氏は、これらのダム、特に最上流部にあるスウィフト(Swift)貯水湖が気になって仕方がなかったようです。セントヘレンズ火山の活動によって何らかの物質がこの湖に流入した場合、その下流域に大きな災害が生ずる可能性があると考えていたからです。発電会社側は、活動の過程で災害軽減のために水位を下げることに最終的には合意したようです。

クーガーの北東約16kmでTrail of Two Forestsに着きます。セントヘレンズ火山の約2,000年前の溶岩が見えます。洞窟玄武岩(Cave Basalt)と名付けられたパホイホイ溶岩です。溶岩樹型もあります。穴の中に入ることもできます。セントヘレンズ火山は、活動様式が様々であり、その噴出物は変化に富んでいることがわかります。

このすぐ北にApe Caveという溶岩洞窟があります。これも約2,000年前の溶岩にできたものです。この洞窟が発見されたのは何と1951年であり、これより上流に2,100m、下流に1,200m続いていることが確認されています。計3.9kmという説もあります。中を見学することができます。洞窟内の見学にはそれなりの準備が必要です。繁忙季には案内人も付くようです。ポートランドの書店でこのApe Caveやほかの洞窟も含めた書籍をいくつか見つけました。この先、北東の83号線(R-83)の終点では火山泥流などを見ることができます。

セントヘレンズ火山の周囲には、車道から入る見学用歩道が多くつけられています。延べ320km以上あると言われています。歩く努力をした人だけが得られる価値ある景色を見ることができるでしょう。筆者は



第17図 セントヘレンズ火山西斜面。
雪と氷の世界です。

それらの歩道を歩いていませんが、車道を通って感じた強い印象は、派手な看板がないことと、とにかくゴミが落ちていないことです。こんなに自分たちの国土を大切にしている人たちが外国に軍隊を送ってなぜあんなひどいことをと思わずにはられません。1986年には山頂への登山も解禁されました。夏には1日100人限定だそうです。現在、また噴火活動が活発になっていますので、問い合わせが必要でしょう。山頂部は雪と氷の世界です(第17図)。筆者は雪山の登山技術がないのでとても登る気はしませんが、登ると山頂火口内や遠くにレーニア、アダムズ、フッドなどの山々が見えていいぞーと、ガイドブックには書いてあります。

10. セントヘレンズ火山のお土産

1980年の噴火直後、写真を中心とする多くの書籍が出版されました。よく調べていませんが、それらの多くはたぶん絶版ではないでしょうか。その後も、噴火後の生物の回復を追加した写真集が販売されています。それらは多分に学術的色彩が強く、米国民が自然を学習する姿勢は、日本人のそれと比べて遥かに勝っていると感じさせます。

ガイドブックは、古いものはあまり使えません。2002年に発行された2冊が役に立つでしょう(Decker and Decker, 2002及びPringle, 1993(改訂版が2002年に発行))。

噴火の映像は、ビデオテープとDVDで販売されています。ただし、いずれも1980年噴火の映像は、当



第18図 セントヘレンズ火山1980年5月18日噴火の写真をラベルとして貼ったワインのビン。
あなたのグラスからぶどうの香りが噴出していきます、と書いてあります。

時撮影されたものしかないわけで、画質は悪くなる一方です。これらの情報を映し出す機器の変遷は激しいです。あと何十年かたった時に、果たして動画の映像の情報を伝えることができるでしょうか。紙に印刷されたものは、おそらく100年後にも見ることができるでしょう。しかしながら、それ以外のメディアは大丈夫でしょうか。

ポートランドの店でセントヘレンズ火山の1980年噴火の写真をラベルに使ったワインを見つけました(第18図)。写真のすぐ脇には、この写真は米国地質調査所のAustin Post氏が撮影したものを使用させていたでいますとの断り書きがありました。氷河の研究を主とし、たくさんの山の写真を撮った人です。裏には、火山灰というのは肥沃な土壌を作り出す元になるもので、この周囲にはレーニア、セントヘレンズ、アダムズ、フッドの4火山があり、このわが社のおいしいワインの原料のぶどうはセントヘレンズ火山の最近1万年間の火山灰の恩恵を受けて作り出されたものであるとの説明がなされていました。こういう気の利いた酒造業者が日本にはいないのでしょうか。それとも、

それを教える火山研究者が日本にはいないのでしょうか。

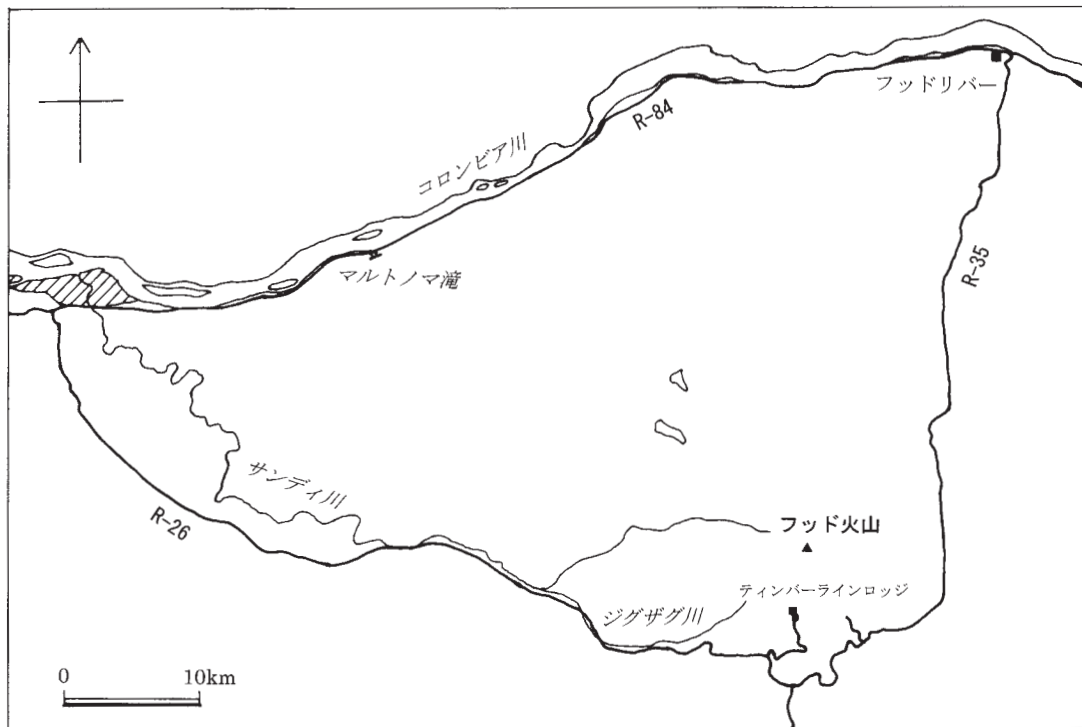
11. フッド火山

フッド火山そのものは知らなくても、オレゴン州のポートランドの高層ビル街の向こうに急峻な白い山が聳えている写真を見たことがある方はいるかもしれません。ポートランドの東約80kmにあります。これと似た風景は、ワシントン州のシアトルから見えるレーニア火山でしょう。ともに、直接これらの都市に被害を及ぼす確率は高くはないのですが、比較的大きな都市に近い火山として注意されています。

フッド火山はその周囲も火山岩だらけであり、その年代は約150万年前までたどれます。フッド火山本体を構成している岩石の年代は約50万年前からのものです。地質調査によってもあまり火山灰は多く見出されていないので、爆発的な噴火は少なかったものと推定されています。フッド火山の地形が険しいのは、氷河に削られたせいだけではなく、山体崩壊を繰り返しているためです。特に最近の3万年間は、溶岩の成長と山体の崩壊が顕著でした。溶岩は、最大約13kmまで流下することもありましたが、円頂丘を作ることもありました。山頂付近に噴出した場合、その成長の途中で一部が崩壊して火砕流を発生させました。火砕流は最大約13kmまで流下しました。噴出地点は山頂火口だけに限らず、山腹からも多くの溶岩が噴出しました。

大きな崩壊は火山活動に伴って発生することが多く、最大の崩壊物は山頂から西方に流れるサンディ(Sandy)川を流下し、コロンビア川まで達しました(第19図、第20図)。山頂から合流点まで直線距離で約50km、流路で90kmあります。このサンディという名前は、大量の土砂が流入したためにつけられたものです。これとは別の、北に崩れた堆積物から発生した最大級の土石流は、山頂から直線距離で約36kmのコロンビア川で止らずに対岸の支流をさかのぼり、標高差90m地点に12mの厚さの堆積物を残しました。小規模な崩壊は噴火を伴わずに発生しました。1980年12月25日の大雨では北東の沢で地すべりから土石流が発生し、キャンパー1人が死亡しました。

災害予測に関する報告は、Crandel(1980)がセントヘレンズ火山の場合と同様な要領で報告した後、



第19図 フッド火山案内図.

左端の斜線部は、サンディ川火山泥流がコロンビア川合流点に作った三角州堆積物の分布範囲です.



第20図 南方上空から見たサンディ川とコロンビア川の合流点.

写真右中から左下に走っているのが84号線で、その向こうの飛行場のあるコロンビア川左岸がフッド火山からの泥流が堆積してできた三角州です。対岸はバンクーバー市東郊外にあたります。USGSのCVOは、この左にあります。

Scottほか(1997)がより詳細に示しました。山頂から最大約25kmまでの中心域内では、岩屑なだれ、火砕流、火山泥流、溶岩流などが30分以内で到達してしまう可能性があるため、噴火前に避難を始めなければならないとされています。それ以遠の周辺域では、火山泥流が到達するのに30分以上かかると予想されるので、警告後の避難でも間に合う可能性があるということです。最近の2回の噴火がいずれも山頂の南側で起きているので、次の噴火の影響もこの南ないし西側の方がほかの方向よりも高いと考えられ、災害予測域は中心区域、周辺区域とも南北に2分されています。火山灰などの堆積物が少ないことから、爆発的噴火は、起きないわけではないけれども、可能性は大きくないとされています。

フッド火山の北面は氷河によって削られた溶岩が露出しています(第21図、口絵写真8)。10万年前には大きく崩壊し、下流では火山泥流となり、コロンビア川に流入した地点では堆積物の厚さは約120mに達しました。その後、北面は噴出した溶岩などによ



第21図 北北東から見たフッド火山.



第23図 フッド山頂火口内の溶岩「火口岩」Crater Rock (中央左).

約1,500年前と200年前の活動で溶岩が噴出しました. その右の上下を氷河に挟まれた灰色の部分が地熱地帯です.



第22図 南から見たフッド火山.



第24図 フッド山南中腹にあるティンバーラインロッジ. 寒さと雪の対策は十分のようです. 火砕流と火山泥流の対策は?

て埋められ、崩壊地形はわからなくなり、現在氷河に覆われています。一方南側には大きな崩壊地形が残されています(表紙、第22図)。最近の大きな崩壊は約1,500年前のもので、その一連の活動で山頂の崩壊地形の中には溶岩が成長しました。火口岩(Crater Rock)と呼ばれています(第23図)。同じところに、200年前にも溶岩が出てきて、成長の過程で崩壊しては山腹に火砕流を堆積させる活動を繰り返しました。このため南斜面は広くなだらかな地形となり、現在スキー場として利用されています。スキーリフトの最高点は約2,600mです。火口岩の西に突き出ているIllumination Rockは、厚い溶岩の周囲が削れて残った

部分です。火口壁は、山頂溶岩円頂丘やそのときにできた破碎された溶岩、火口直近の溶岩流などで構成され、変質を受けています。

南斜面のスキー場の中心には宿泊、レストラン施設、Timberline Lodge(森林限界線ロッジ)があります(第24図)。標高は約1,810mです。大恐慌時代の景気てこ入れ策の一環として建設されたそうです。アルプス風の(本物を見たことはありませんが)雰囲気ですが、石組み作業に従事したのはイタリア系移民だったそうです。屋外に温水プールもあります。周囲は雪と氷の世界でしたが、湯気が立っていました。山頂の火口岩の東には地熱地帯があり、灰色に見えます



第25図 南東から見たフッド火山。
手前の斜面はスキー場になっています。



第26図 南方上空から見たコロンビア川中流。ダレス付近。
玄武岩は写真の右から左に流れました。

(第23図)、沸点以上の噴気温度92℃が観測されています。ロッジ内のラウンジの北面は大きなガラス窓になっており、格調高そうな木のいすに座ると、正面にフッド山の急な山体が聳え立っているのが見えます。これを見事な景色じゃと感心するか、恐ろしいと思うかは人生観の差でしょう。スキーシーズンにどれくらい混むのか筆者は知りません。訪れたときは、ロッジの客は老人ばかりでした。筆者の運転技術では、冬に来ることはできそうにありません。

12. フッド火山見学

フッド火山へ行くのに近い都市はポートランドであり、街もしくはポートランド国際空港から行くことになるでしょう。時計回り、反時計回り、どちらが良いのかはわかりません。天気が良いであろう午前中に山の高いところを見るのが良いと思っていたのですが、現地の観光ツアーはその逆コースのほうが多いようです。反時計回りで以下に紹介します(第19図)。

ハイウェイまたは下の道路を使って26号線(R-26)に入り東に進みます。途中からフッド火山は見えなくなります。サンディ川の谷に入ります。まもなく、自治体などによって運営されている情報センターがあるはずで、この辺はリゾート地です。多くの宿泊施設や飲食店があります。サンディ川の支流ジグザグ(Zigzag)川に入り、谷を登るとようやくフッド火山が見えてきます。峠付近にはGovernment Campと呼ばれる、こぎれいなリゾート街があります。これを過ぎて左にTimberline Roadを上ります。途中溶岩の露頭

があります。十数万年前の溶岩です。終点付近では道路は反時計回りの一方通行のループに入ります。広い公共駐車場があります。目の前にフッド火山の南面がそびえています(表紙写真参照)。後ろを振り返ると、約80km南にあるジェファーソン火山のトンガリ峰が見えます(第4図)。

26号線に戻り東に直進すると35号線に入ります。山の南東方向に進むと、もう火口内は見えなくなります(第25図)。このあたり、道路脇にいろいろ露頭はあるようですが、正式なガイドブックに任せます。道は直線的に北進し、下って行きます。途中洋ナシの畑が広がり、正面にはアダムズ火山が見えます(第3図)。わき道に入ると、展望の良い見晴台があるそうです。やがてコロンビア川沿いにある街、フッドリバー(Hood River)に着きます。ここからは渓谷沿いに84号線を西に進みます。切り立った崖が続きます。コロンビアリバー玄武岩です。この東数百kmの噴出口から洪水の如く流れてきた溶岩です(第26図)。特に左岸には多くの滝があり公園になっています(第27図)。最も高いのがマルトノマ(Multnomah)滝です(第28図)。2段に分かれていて落差は189mだそうです。滝があるところがえぐれてへこんでいるのは、落石が頻繁にあるからであり、気をつけなさいという看板があります。地質の説明には気がつきませんでした。どこか別のところにあるのかもしれませんが、コロンビアリバー玄武岩は、さらにこの先ポートランドを越えて太平洋にまで達しました。半日巡検は、このまま西進し、ポートランド市街またはポートランド国際空港で終わりです。1周約300kmです。



第27図 コロンビア川左岸、
マルトノマ滝下から上流側を見ている。崖の
高さは約300mです。



第29図 米国地質調査所 (USGS) カスケード火山観測所
(CVO) 正面玄関。



第28図 マルトノマ滝。2段合わせた高さは189m
です。

13. カスケード火山観測所

正式にはDavid A. Johnston Cascades Volcano Observatoryという名の米国地質調査所の機関は、1982年に発足しました。1980年のセントヘレンズ火山の活動の前には、米国地質調査所としてはオレゴン

州のポートランドとワシントン州のタコマに水資源関係の研究者がいただけでした。1980年3月に米国地質調査所のハワイ火山観測所、カリフォルニア州のメンロパーク支所、コロラド州のデンバー支所等から研究者がワシントン州のバンクーバーに駆けつけ、観測機器を展開しましたが、このときには観測所の正式名称はありませんでした。最初の数ヶ月は森林局の管理事務所の建物に間借りしていました。米国地質調査所バンクーバーと呼ばれていました。5月18日朝に、現場のDavid Johnston氏が“Vancouver, Vancouver, This is it.”と通信しようとした相手はここでした。その後、2002年に観測所はバンクーバーの西寄りにある研究団地(工業団地?)の一角にある現在地に移転しました。ところで、米国地質調査所は、1982年にロングバレー、1988年にアラスカ、2001年にイエローストンと火山観測所を増設してきています。わが日本の姿勢とは全く逆です。理由は知りません。

カスケード火山観測所の建物は平屋であり、開放的です(第29図)。玄関ロビーに訪問者用の展示と配布物が置かれているほか、報道発表用の部屋が別に用意されています。1階しかありませんので人の出会いは多そうです。現在、研究者約30人、計約50人が働いています。米国西部の火山の観測と研究を行っています。水関係の研究者は引き続きこの観測所にいます。

倉庫を見せてもらいました。金属製の箱がいくつか用意されています(第30図)。この中に地震や山体変動の記録装置一式を詰め込むためのものです。これ



第30図 野外観測のためのGPSと地震計の記録装置を収納する金属製の箱。



第31図 ヘリコプター可搬型観測装置、スパイダー。三脚の頂点には吊り下げるためのフックが付いています。GPSアンテナは右の柱の上に取り付けます。説明するのはUSGSのScott氏。

を金属製の三脚の下部に重しとして載せ(第31図)、地震計は風による振動を避けるために少し離れたところに、GPSはこのセットの金属製支柱の上に取り付けます。これをヘリコプターでつるして、緊急時に現場に据え付けます。スパイダーと呼ばれています。足は3本ですが、2004年にセントヘレンズ火口内に現れた新溶岩「鯨の背中」にも同様の装置が取り付けられました。鯨の背中に飛び乗ってモリを突き刺す日本古来の伝統漁法の絵を髣髴とさせるものがあります。鯨のスケールはかなり違いますが、この観測セットは外国の火山緊急観測にも使用すべく待機中です。もっと大掛かりなセットも準備されていますが、そちらは



第32図 カスケード火山観測所倉庫内のカメラ。

未完成のようでした。ヘリコプターで金属製バケツをつるして岩石試料を採取する装置もあります。こちらはだいぶ錆び付いていました。天井にはカメラがつるされています(第32図)。火山の調査風景を写した市販のビデオには確かにカメラも出演していました。火山観測機器の多くはわが国のものとそれほど大きな違いはありません。ただ、よく準備され、出動に備えているという印象は受けました。案内してくれたScott氏は、ヘリコプターを1日借りるだけでもお金がかかってと嘆いていましたが、その値段はわが国の1時間相当の料金でした。飛行機を自分で用意している人もいます。2005年に同所を退職したMiller氏は、現在週1日の出勤ですが、自分で飛行機を作って飛びまわっています。最大7,500mまで上昇できると言っていました。

14. ボルケーノ・カウボーイまたの名を火山に魅せられた男たち

「火山に魅せられた男たち」というのは書名です(ディック・トンプソン著、山越幸江訳、2003)。副題は「噴火予知に命がけで挑む科学者の物語」です。原著名は“Volcano Cowboys”で、副題は“The Rocky Evolution of a Dangerous Science”です。

この本のことを初めて知ったのは、ある火山学の会合での紹介でした。A先生が「これはもうねえ、すごくおもしろい本ですよ。だってねえ、こんなことまで書いてあるんだから・・・」。そのときは、訳本はまだ出ていませんでした。もし原著で読んだら、筆者にはよく理解できなかったことでしょう。なぜならキーワード

で全くわからない言葉があるからです。その後最近になって、産総研内の全く分野の異なる研究者との会話の中でこの本が話題になりました。「あなたは火山の仕事をしているそうだが、そういうば、まだ読んでないけど面白そうな本を見つけてねえ」、その人は言いました。筆者は答えました「そ、それはとんでもなく面白い本です。少なくともわれわれ火山研究者にとっては、でも、火山研究者以外の人が読んだ場合、どう思うかはよくわかりません」。

著者は米国のジャーナリストです。火山の噴火とそれに対応した研究者の物語です。時代は1980年から1991年、登場する火山は米国のセントヘレンズ、マンモスレイクス、アジアの諸火山、コロンビアのネバド・デル・ルイス、アラスカのリダウト、フィリピンのピナツポです。このうち、最初のセントヘレンズの記述が半分以上、最後のピナツポが3割以上を占めます。主たる登場人物は米国地質調査所(USGS)の研究者たちです。実名で登場します。穏当でない人物評価の記述がたくさん出てきます。身なりがむさくるしい、よれよれの服、ハンドルを握らせると危険人物、13年間同じ俸給号俸、経営の才はない、リーダーシップのとり方がまずい、社交音痴。USGSの研究者にこの本のことを尋ねてみました。「記述は、おおむね正確である」との返事でした。「ただ、わたしはこの本の表題は好きではない」と。カウボーイには、無法者の意味もあるからだとのことでした。この本では最初のほうで、すぐに書かれてしまいます。「野外地質学者は一匹狼で、委員会のよきメンバーにはなれない人種」であると。日本人ジャーナリストにこのような本が書けるかなと思ってしまいました。日本人が慣れ親しんできた風土には合わないようです。

先に記しましたように、セントヘレンズでは、一連の噴火が始まることはおおむね予知されました。噴火が起きるとどうなるかを予測したハザードマップも公表されました。それにより多くの人が避難しましたし、発電用のダム貯水レベルも下げられました。しかしながら、火山研究者は最大規模の噴火がどのようなものであるか、それがいつ起きるかを的確に予知することはできませんでした。以下に本書の内容をかいつまんで記します。筆者には火山活動の出来事の知識はありましたが、人と人との関係などは全くかぎらないことのできないことばかりでした。著者は、研究者の書いた野帳(フィールドノート)を見せてもらうこと

までして丹念に取材を重ね、USGSの研究者に、おおむね正確であると言わせしめる本にまとめ上げました。

地震の知らせを聞き、Mullineaux氏は1980年3月21日に現地に入りました。27日の噴火後には、記者会見に出席させられ、行政やマスメディアとの意思の疎通がうまくいかず、不愉快な思いをしました。29日にやって来たCrandel氏ともども、バンクーバーの森林管理局(Forest Service)に間借りし、対応に追われることになりました。

27日の噴火の報を聞いて、USGSのハワイ火山観測所(HVO)(須藤, 1987, 1988)での研究実績のある三銃士も駆けつけてきました。誰のことか? まあ、本を読んでください。前述のA先生いわく、「彼らの研究論文を集めたらもうこーんなに積み重なって、それはもう世界中の研究者が認めるすばらしい業績ですよ」。彼らは、バンクーバーに滞在すると対外的な活動のために研究活動が阻害されると判断し、より北のケルソに拠点を設け、USGSとしてヘリコプターを借り上げ、調査を実施しました。彼らHVO卒業生は、USGS火山研究者の中では選りすぐられた人々であるのに対し、Crandel氏やMullineaux氏は、土木地質学部門に属し、所内では優遇されてはいませんでした。彼らは防災組という立場になりました。ヘリコプターの使用は三銃士たち、観測組が優先されました。しかしながら条件の良かったハワイと違って、山体変動観測はなかなかうまく進みませんでした。この2つのグループの連携はうまくいきませんでした。研究者は交代要員がいるわけではなく、皆疲れてきて、いらいらはつりまりました。

人員の交代をうまく行っていたのは森林管理局でした。これは軍隊的な指揮系統と広範囲に及ぶ法的権限を持つ決断力のある機関であり、USGSと対照的でした。

現場での山体変動観測のための光波測距の機械は古く、熟練した測定者は限られ、気象条件などが悪く、山体の北斜面が目に見えて膨張するまでよいデータは取れませんでした。決定的な場面で撮影されていた空中写真も、大噴火の直前に解析のタイミングを逸しました。山体変動の速度がかなり一定であったため、いつ破局が訪れるのかを予知することができませんでした。5月18日には、多くの研究者がそれぞれの理由からセントヘレンズ火山の周辺にはいません



第33図 コーンヘッドな人達.

した。

USGSのJohnston氏は、全く偶然、前の日に遭難現場の観測点に、それまで観測を続けていた観測者、野外調査助手として雇われていた大学院生、の交代要員として1日だけ行くように頼まれ、気の進まない中、赴きました。交代を頼んだ研究者は18日の朝、観測地点との無線連絡が取れなくなっていることを確認すると、すぐに森林局の飛行機に飛び乗り、さらに翌日にはヘリコプターに12時間乗って氏を探しましたが、見つかることはできませんでした。Johnston氏が学部生のときに地質調査助手として雇い、彼を火山のとりこにしたと思っていた研究者は、噴火直後から15年間セントヘレンズには戻りませんでした。交代してもらったGlicken氏は、その後USGSへの就職を希望していましたがかなわず、11年後に雲仙で火砕流により死亡しました。

5月18日の噴火後も、防災チームと観測チームは協力し合っていませんでした。両者の関係は、ミートボールとコーンヘッドという関係にほぼ対応します。この言葉は、筆者には全然理解できませんでした。確かに辞書を引けば、ミートボール：間抜け、のろま、コーンヘッド：インテリ、ばか、と出ています。しかしこれだけでは何のことかわかりません。筆者はあるとき、新聞の芸能欄で異様に長い頭をした人たちの写真を見つけました。それは確かに、コーンヘッドな人たちでした(第33図)。アメリカでは人気のある人たちで、というか、地球外から来たそうですが、1970年代に盛んに放送されていたテレビ娯楽番組に登場していたようです。彼らはインテリで、専門知識がとてもあるのですが、周り、社会が見えていないという設定です。この本では、基礎的研究を愛するアカデミックな精神の持ち主で、USGSの上層部は全員これで、指導的、管理者の立場にあるとされています。ですから、火山

災害軽減に直接役立つ仕事をするが論文の少ない、管理され、使われる立場にある、ミートボールにとっては業績評価の点でも不利なのです。一方ミートボールは、戦争娯楽映画に出てくる、必ずしも決まりは守らないがなんでもしてくれる軍医のあだ名だという話を聞きましたが、筆者は確かめていません。

火山の調査や観測には危険が伴うことがあります。危険を冒してまでそれらの作業をするべきかどうかについても論争がありました。5月18日前の山体変動観測は、破壊された区域の中でも行われていました。5月18日以降は、山頂火口内での諸計測に立ち入るべきかどうか問題になりました。この論議はその後も繰り返されます。ハワイの噴火を、危ない思いをしてでも観測した研究者が「火山カウボーイ」を自称していたとの記述が前半にあります。後半には、火山カウボーイには家族もあればローンもあるとの記載もあります。

セントヘレンズ火山噴火の教訓として、ハワイの火山だけを研究していても、噴火様式の異なるほかの火山の災害に対処できないということを学び、火山噴火の研究・観測の経験例を増やすことが提案されました。ある研究者は、このまま米国内で待っていたら、次の噴火まで50年間研究できないことになるかと危機感を持っていました。提案はなかなか受け入れられませんでした。米国国務省の対外災害援助局(Office of U. S. Foreign Disaster Assistance, OFDA)が、火山災害が起きてからの援助の費用に比べて、火山噴火対策の技術援助のほうがはるかに安くて済み、その方が賢いのではないかと考えたことにより、USGSと共に、火山災害援助プログラム(Volcano Disaster Assistance Program, VDAP)として知られる機動チームが発足しました。結局、このチームは中南米の多くの火山に派遣され、さまざまな噴火についての観測や行政・住民への対応について経験学習がなされました。

15. ピナツポでは

そのような状況下で、1991年、フィリピンのピナツポ火山が動き出しました。最初の連絡は、フィリピン地震火山研究所(PHIVOLCS)所長Punongbayan氏から、1984年のマヨン火山活動による避難時に、途中での避難解除要求を拒否するという立場を共にした



第34図 南西上空から見た米軍クラーク基地跡の飛行場。
この左に米軍住宅跡が広がっています。

戦友とも言うべきUSGSのNewhall氏にかかってきた電話でした。Punongbayan氏は、豊富な人脈を生かして、フィリピンの火山に何かあると、外国の研究者に将来予測を聞いていたようです。どこそこの火山で最近水蒸気の量が多くなっているのだが、どう思っかねという具合です。筆者も一度聞かれたことがあります。が、的確な答えはできませんでした。さて、USGSはすぐに動けたでしょうか。VDAPは発足時には、その活動場所をアメリカ大陸に限定されていたのです。フィリピンには行けません。Newhall氏は何とか別ルートで2万ドルの予算を獲得しましたが、一緒に行く研究者を探すのにも一苦勞でした。ミートボールは、昇進のための論文執筆の必要から行けない状況下にあったのです。結局4月23日に、3人がマニラ入りしました。米国国務省国際開発庁のマニラ支所が窓口となりましたが、この役所とUSGSの研究者とは互いに不信感を持ち、険悪な状況は噴火後まで続きました。USGS現地組は、本土の管理職グループとも衝突しました。結局、ピナツボで仕事をしたHVO卒業生は一人だけだったということです。

このときのアメリカ国家にとっての最大関心事は、ピナツボ火山の東方16-25kmの範囲(基地は大きいのです)にある、海外最大の空軍施設クラーク基地の問題でした(第34図)。その使用の継続をめぐる、フィリピン国との交渉がこじれていたのです。火山研究者と軍隊との付き合いが始まりました。実は研究者にも軍隊経験者はいました。ベトナム戦争です。日本では戦争反対と言っていれば済んだのですが、米国の若者はそういうわけには行かなかったようで、戦争



第35図 西方上空から見たクラーク基地の南東端付近。左が基地で、その右にアンヘレスの街が広がります。右端は火山泥流で氾濫したアバカン川。基地の東端の外側がダウの街並で、遠方の山がアラヤットです。アラヤット山は、日本軍最初の特攻機が出撃するシーンで後に写っている山です。



第36図 クラーク基地内の住宅の台所。
電熱コンロが4つ、流しが2つ、右下の大きな扉を開けると、そこは大型食器洗い機です。この左に超大型冷蔵庫があり、廊下を挟んだ向かいの部屋には全自動洗濯機と大型乾燥機があります。

の暗い後遺症を持つ研究者もいたようです。もうひとつの暗い話は、フィリピンの研究者は、所長といえども、米軍基地内に自由に立ち入ることはできなかったことです。この問題の解決にも一苦勞しました。基地の塙のすぐ外側は、ごみごみしたフィリピン人の街があり(第35図)、基地内は住宅も含め、米国中流社会をそのまま持ち込んだ全くの別世界です(第36図)。PHIVOLCSとの共同研究のために基地外に火



第37図 クラーク基地内の住宅を利用したピナツボ火山観測所 (PVO)。
4LDKで、バスルームは2つあります。

山観測施設を作ろうとしても、安定した電力が確保できる安全な場所が見つかりませんでした。結局、基地内の米軍住宅の一角、ピナツボ火山の東方20km地点にピナツボ火山観測所、PVOが設置されました(第37図)。住宅街の中では東寄りですが、基地の中心よりは山側に寄っています。2階建てで、平面的には2戸つながった住宅です。2階の西側の部屋の窓から正面にピナツボ山が見えます。さらに非常時に備えて基地の東端のダウ(Dau)にも臨時的観測施設を設定し、さらにさらに、それを超える事態が生じた場合はピナツボ火山の東方42kmにあるアラヤット(Arayat)山(第35図)の東に避難することを計画しました。

さて、研究者にとっては、とてつもなく重い課題が与えられました。海外最大の米軍基地を捨てて避難すべきか否か、その判断はいつするか、フィリピン側にとっては、周辺の住人は100万人以上いるという大問題を抱えていました。

幸いなことに、この一連の噴火活動は、だんだん激しくなるという過程をたどりました。そのため避難に関しては準備期間がありました。基地の責任者は、当初火山研究者の言うことを信用しませんでした。中には興味を持つ将校などもいて、いろいろな手段を検討し始めていました。6月10日午前6時に基地で避難命令が放送され、正午には14,500人が基地を出ました。Newhall氏は、後でこの様子をスライドで説明するとき、コンボイ(convoy)という言葉を使っていました。では、車など持たないフィリピン人はどうすればよいのでしょうか。Punongbayan氏は、フィリピン人

が避難するには時間がかかるのであるからと、米軍よりも早めに避難警告を設定していました。この辺の氏の努力については、須藤(2005)に紹介があります。

6月12日に、比較的大きな噴火が起きました。これにより、火山研究者への不信感がようやく消えました。空軍の専門家は、自分達の戦闘機の上昇速度よりも速く噴煙が立ち昇るのを見て仰天しました。それまでの研究者の心臓がぎりぎり痛むような状況もよく描写されています。現地の研究者はUSGS幹部等及び米軍基地幹部の圧力を感じ、基地幹部はハワイの太平洋司令部やワシントンの圧力を感じ、それぞれ、どうなるか予測が難しい火山活動に一喜一憂を続けてきたのです。喜びも間違いなくあったのです。噴火すると予測し、それが当たったのですから、噴火したのを見て踊りだした研究者がいたという記載もあります。

6月13日に台風接近の情報が入り、6月15日、破局的噴火を迎えます。灰と泥の暗黒の世界に包まれました。結局8万人以上が避難し、そのために2万人以上が助かったと言われています。火砕流、土石流など直接の火山活動による犠牲者は数十人に抑えられたそうです。

もちろん、この本には成功例だけが書かれているわけではありません。米国内では、1982、83年に、サンフランシスコの東約300kmにある、ロングバレー・カルデラの中にあるマンモスレイクス付近の地震と変動の活動の評価をめぐる、先走った報道などもあり、大きな混乱と不信が生じました。火山研究者は現地での説明会場でプーイングにより退場を迫られ、車に爆弾を仕掛けると脅されたのです。政界黒幕を通じてUSGS所長が脅され、所の方針を変えさせられるという事態まで引き起こしました。1985年のコロンビアのネバド・デル・ルイス火山の悲劇的な泥流災害発生前にも、USGSは動きました。しかしながら、うまく機能しませんでした。

1980年代には、アジアでの火山活動観測の機会に恵まれた研究者もいました。国別ではインドネシアには最も多くの活火山があります。若い研究者が、米国本土には経験できない噴火と災害を体験しました。ロングバレーの初代火山観測所長になったHill氏は、火山活動による避難の警告に関して、「優れた科学、現場の経験、冷静な判断と幸運が必要」と書いているそうです。

1970年代のUSGSの火山研究の年間予算は約100

万ドルで、その多くはHVOが使用したとあります。1969年にCrandel氏はセントヘレンズ火山調査の提案書を出し、36,700ドルの予算を獲得しました。これで真っ先に買ったのは野外調査に使うトレーラーハウスだったそうです。1980年のセントヘレンズ火山の噴火では、当初予算が組まれていないにもかかわらず、約100万ドルが使用されました。当時の火山研究の管理責任者Tilling氏は、この本のことが話題になったときに筆者に笑顔で言いました。「一体、ゼロからどうやって100万ドルを出せと言うのですか。100万ドルですよ」。でも、彼は現場の研究者の要望に応え、ひねり出しました。その後、そのような人はいなかったようです。ピナツボ1991年噴火のときも、特にサポートはなかったそうです。

物語はこれで終わりです。USGS内においては、1991年以降、コーンヘッドとミートボールの対立構図はますます厳しくなったそうです。登場した何人かの火山研究者はUSGSを去っています。

16. 終わりに

楽しかるべき火山観光旅行の案内とすべく書き出しましたが、小文が暗い話で終わってしまって申し訳ありません。

翻ってわが国ではと、普通なら書くところですが、とても書けるようなネタはありません。1990年からの雲仙の活動では、溶岩噴出が数年間続き新しく山ができることや、何千回にもわたり火砕流が発生し続けることを的確に予知した火山研究者はいませんでした。2000年の有珠山の活動では、最初の一発が最大規模で、以後活動は弱くなっていくことを的確に予知した火山研究者はいませんでした。同じく2000年の三宅島火山の噴火では、山頂に大きな穴が開くことや、有害な火山ガスが長期にわたって出続けることを的確に予知した火山研究者はいませんでした。予知できたことは、どんな活動になるかはわからないけれども、何か噴火活動が起きそうであるということだけでした。

筆者の記憶に間違いがなければ、火山に関して米国のVDAPに相当する日本の組織はありません。現状では、基本的に外国の火山で災害が発生してから、研究のために現地入りするのです。

アジアでは、貧しい人達が火山災害に会うことが

多いのです。ピナツボ火山の火山泥流被災地では、大金持ちはどうしたでしょうか。大金持ちはそんな危ないところには住みません。中金持ちは、次にやってくるであろう泥流に備えて、家全体をジャッキアップしました。小金持ちは、泥流に埋められた自分の家の上に新たに粗末な家を作りました。貧乏人は、こじきになりました。ピナツボ火山に住んでいた高地山岳民族の一部は、マニラに出てきました。大学を出ても就職できない人がいるような状態で、何かできるわけがありません。もともと住んでいる下層社会のさらに下ということで、バラックを建てる余地もなく、高架道路の下に住んで物乞いをしていました。それを見たからどうということではないでしょうが、少なくとも若い火山研究者の動機付けになるのではないかとも思います。

研究者にとってだけでなく、一般住民にとっても、たくさんの噴火活動を見ることが火山災害軽減に役に立つことは間違いありません。しかし、そうできる機会はあまり多くありません。噴火していなくても、火山をたくさん見ることによってその一部の役割は果たせません。外国の火山を見る機会は、やはり多くありません。内外を問わず、どこでも良いです。皆さん、行ってらっしゃい。

蛇足

近年、産総研では、所内の研究ユニット評価に際して、論文や特許などのアウトプットの成果評価だけでなく、製品化に結びついたかどうか、災害軽減に実際に役に立ったかどうか等のアウトカムの視点に立った評価も併せて行うようにしております。この観点に立てば、ミートボールが不当に低く評価されることにはならないこととなります。アウトカムなどとカタカナ表記されることからわかりますように、この概念は輸入物です。評価の最先進国米国で、少なくとも2000年頃まで、政府系研究機関においてアウトプットのみでの評価が行われていたのだとすれば、それは驚きです。個人評価とユニット評価の違いはあるかもしれませんが。

参考文献

セントヘレンズ火山に関しては、本文で直接引用しない文献も含まれています。

- Albertson, G., Patrizzi, M. and Boly, W. (1980) : Fire mountain, the eruptions of Mount St. Helens. Cathco Publishing, Inc., Portland, p.74.
- Alt, D. D. and Hyndman, D. W. (1984) : Roadside geology of Washington. Mountain Press Publishing Company, Missoula, p.282.
- Brantley, S. R. and Myers, B. (2000) : Mount St. Helens - From the 1980 eruption to 2000. U. S. Geol. Surv. Fact Sheet 036-00.
- Corcoran, T. (1985) : Mount St. Helens, The story behind the scenery. KC Publications, Inc., p.48.
- Crandel, D. R. (1980) : Recent eruptive history of Mount Hood, Oregon, and potential hazards from future eruptions. U. S. Geol. Surv., Bull., 1492, p.81.
- Crandel, D. R., Mullineaux, D. R. and Rubin, M. (1975) : Mount St. Helens volcano: Recent and future behavior. Science, 187, 438-441.
- Crandel, D. R. and Mullineaux, D. R. (1978) : Potential hazards from future eruptions of Mount St. Helens volcano, Washington. U. S. Geol. Surv., Bull., 1383-C, p.26.
- Decker, R. and Decker, B. (1980) : Mount St. Helens, The volcanoes of our time. Frank Amato Publications, Portland, p.48.
- Decker, R. and Decker, B. (2002) : Road guide to Mount St. Helens. Double Decker Press, Mariposa, p.48.
- ディック・トンプソン著, 山越幸江訳 (2003) : 火山に魅せられた男たち, 元題名 "Volcano Cowboys" (2000), St. Martin's Press, New York. 地人書館, 東京, p.439.
- Farmer, J., Harris, J. and Carson, R. (1980) : The Mt. St. Helens, Volcanic weatherbook. Mountain Graphics, Marylhurst, p.48.
- Foxworthy, B. L. and Hill, M. (1982) : Volcanic eruptions of 1980 at Mount St. Helens, The first 100days. U. S. Geol. Surv. Professional Paper, 1249, p.125.
- Frenzen, P. (2005) : Laboratory, classroom and world class tourist destination. セントヘレンズ科学博物館と米国の博物館事情. 火山関連博物館・研究所国際フォーラム「火山博物館とエコツーリズム」報告書, 山梨県環境科学研究所, 37-49.
- Gardner, C. A., Scott, W. E., Major, J. J. and Pierson, T. C. (2000) : Mount Hood - History and Hazards of Oregon's most recently active volcano. U. S. Geological Survey Fact Sheet 060-00, p.4.
- Glicken, H. (1998) : Rockslide-debris avalanche of May 18, Mount St. Helens volcano, Washington. Bull. Geol. Surv. Japan, 49, 55-106.
- Harris, S. L. (1988) : Fire mountains of the west: The Cascade and Mono lake volcanoes. Mountain Press Publishing Company, Missoula, p.379.
- Jones, C., Hayward, A. and Beeson, M. H. (1980) : The volcano beautiful, Mount St. Helens souvenir Book. Volcanology Ltd., Oswego, p.15.
- Koeninger, T. edited (1980) : Mount St. Helens, Holocaust, A diary of destruction. C. F. Boone Publishers Inc., Lubbock, p.64.
- Lipman, P. W. and Mullineaux, D. R. edited (1981) : The 1980 eruptions of mount St. Helens, Washington. U. S. Geological Survey Professional Paper, 1250, p.844.
- Luman, J. and Castaldo, G. (1981) : Mount St. Helens, an awesome beauty. Smith-Western, Inc., Portland, p.32.
- Madison, C. C. edited (2000) : Mount St. Helens, The continuing story. KC Publications Inc., p.48.
- Major, J. J., Scott, W. E., Drieder, C. and Dzurisin, D. (2005) : Mount St. Helens erupts again, Activity from September 2004 through March 2005. U. S. Geol. Surv., Fact Sheet, 2005-3036.
- Palmer, L. and KOIN-TV-Newsroom 6 (1980) : Mt. St. Helens the volcano explodes. Lee Enterprise Inc., p.119.
- Pringle, P. T. (1993) : Roadside geology of Mount St. Helens National Volcanic Monument and vicinity. Washington Department of Natural Resources, Division of Geology and Earth Resources Information Circular, 88, p.122.
- Ream, L. R. (1983) : Northwest volcanoes, a roadside geology guide. B. J. Books, Renton, p124.
- 斎藤英二・須藤 茂 (2002) : 空中写真解析による雲仙普賢岳1991～1995年溶岩の成長過程. 火山, 47, 17-26.
- Scott, W. E., Gardner, C. A., Sherrod, D. R., Tilling, R. I., Lanphere, M. A. and Conrey, R. M. (1997) : Geologic history of Mount Hood volcano, Oregon - A field-trip guidebook. U. S. Geol. Surv. Open-File Report, 97-263, p.38.
- Scott, W. E., Pierson, T. C., Schilling, S. P., Costa, J. E., Gardner, C. A., Vallance, J. W. and Major, J. J. (1997) : Volcano hazards in the Mount Hood region, Oregon. U. S. Geol. Surv., Open-File Report, 97-89, p.14.
- Shane, S. (1985) : Discovering Mount St. Helens, A guide to the National Volcanic Monument. University of Washington Press, Seattle and London, p.166.
- Shangle, R.D. (1980) : Volcano, First seventy days, Mount St. Helens, 1980. Beautiful America Publishing Company, Beaverton, p.48.
- 下鶴大輔編集 (1981) : セントヘレンズ火山の噴火活動とそれに伴う災害の研究. 文部省科学研究費自然災害特別研究突発災害研究成果, No.B-55-1, p.130.
- 須藤 茂 (1987) : H.V.O.75周年記念シンポジウムと最近のハワイ, 地質ニュース, 399, 38-58.
- 須藤 茂 (1988) : ハワイキラウエア火山の東リフト・ゾーンと最近の噴火. 地質ニュース, 401, 16-37.
- 須藤 茂 (2004) : 降下火山灰災害-新聞報道資料から得られる情報. 地質ニュース, 604, 41-65.
- 須藤 茂 (2005) : フィリピン火山地震研究所2005年ヘリコプター事故. 地質ニュース, 612, 32-43.
- 須藤 茂・高田 亮・石塚吉浩・宝田晋治・松浦浩久・川邊禎久・中野 俊・駒澤正夫・福井敬一・高木朗充・河村幸男・谷田部信郎 (2003) : あれも富士山, これも富士山. 地質ニュース, 591, 41-56.
- The Daily News, Longview, Washington and The Journal-American, Bellevue, Washington (1980) : Volcano, The eruption of Mount St. Helens. Longview Publishing Company, Longview, p.96.
- Tilling, R. I., Topinka, L. and Swanson, D. (1990) : Eruptions of Mount St. Helens: Past, Present, and Future: U. S. Geol. Surv., Special Interest Publication, p.46.
- Williams, C. (1988) : Mount St. Helens, National volcanic monument. The Mountaineers, Seattle, p.112.
- Wood, C. A. and Kienle J. (1990) : Volcanoes of North America, United States and Canada. Cambridge University Press, New York, p.354

SUTO Shigeru (2007) : Mounts St. Helens and Hood - volcanoes around Portland, Oregon, USA.

<受付: 2007年2月8日>