

火山体の崩壊が引き起こした 生態系の破壊と回復



宇井忠英

環境防災総合政策研究機構

講義内容要旨

- 米国太平洋沿岸のセントヘレンズ火山は1980年5月18日の朝、山頂部が崩れ落ちた。
- それに伴って発生した岩屑なだれと爆風により森林が破壊され、美しい山体は大きく姿を変えてしまった。
- 米国政府はセントヘレンズ火山とその周辺を国立火山モニュメントに指定して、噴火災害の有様や生態系が回復してゆく状況を学べる広大な野外展示施設を作った。
- 30年余り経過した今、生態系は徐々に回復しつつあり、地球環境を学習する場となっている。





現地滞在期間

1980年6-7月(20日間)

1981年6-7月(5日間)

1984年8-9月(9日間)

2005年6月(6日間)

2008年8月(7日間)

2010年9月(5日間)



目次

1. 山体崩壊と岩屑(がんせつ)なだれとはどんな現象か
2. セントヘレンズ火山はどんな火山か
3. セントヘレンズ火山の1980年噴火で何が起こったのか
4. 1980年噴火に伴う生態系の破壊
5. セントヘレンズ国立火山モニュメント
6. セントヘレンズ火山のみどころ



がんせつ
1. 山体崩壊と岩屑なだれとは
どんな現象か

何が山体崩壊のトリガーとなるのか？

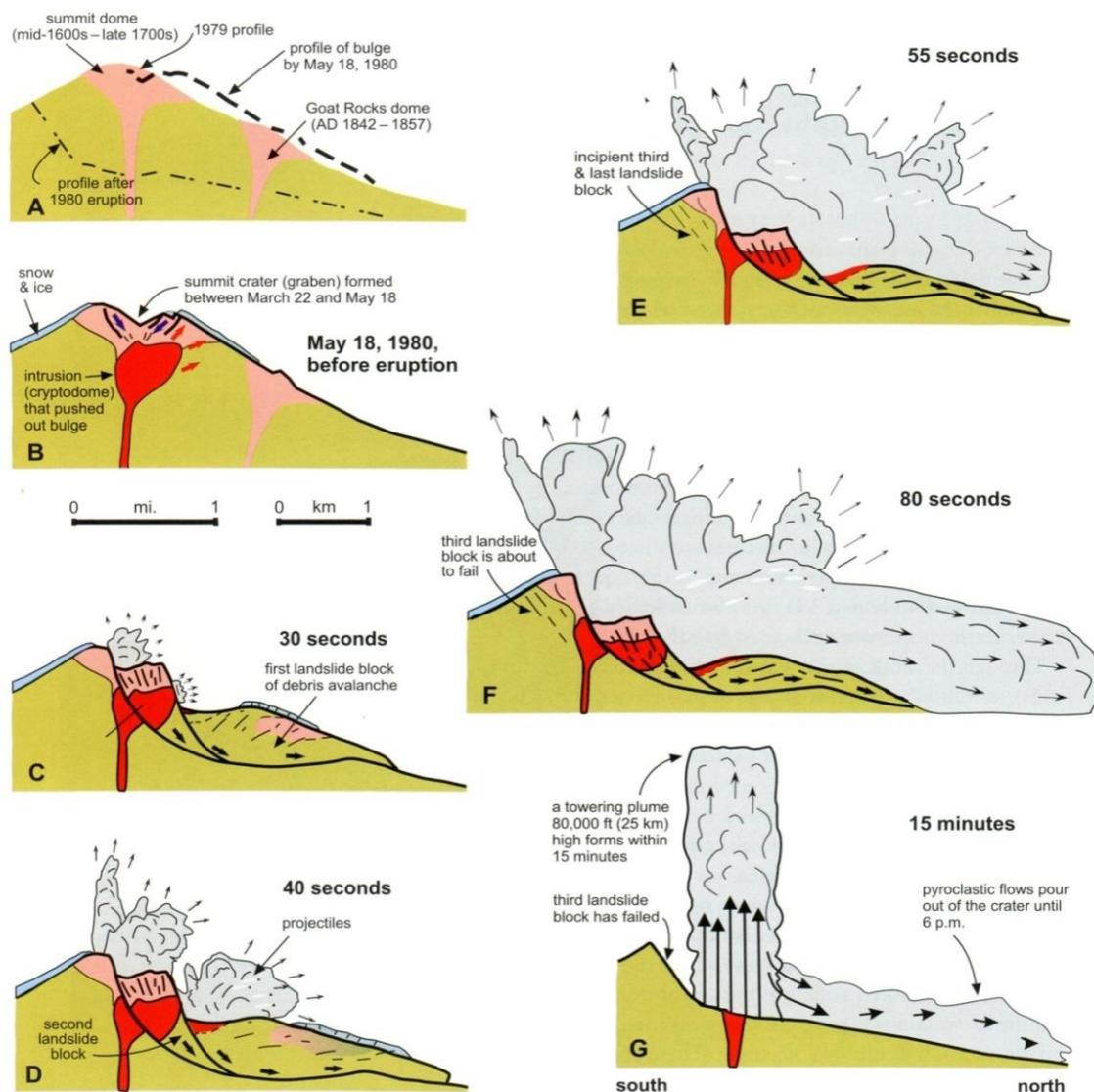
●山体崩壊のトリガーとしては、次の3つが知られている。

1) 粘り気の大きなマグマが上昇してきて内部から火山体を押し続けて変形が進み不安定になった部分が崩れ落ちる。

2) 火山体内部で地下水が熱せられて小爆発、その衝撃で火山体の一部が崩れ落ちる。

3) 火山体直下で発生する地震の震動により崩れ落ちる。

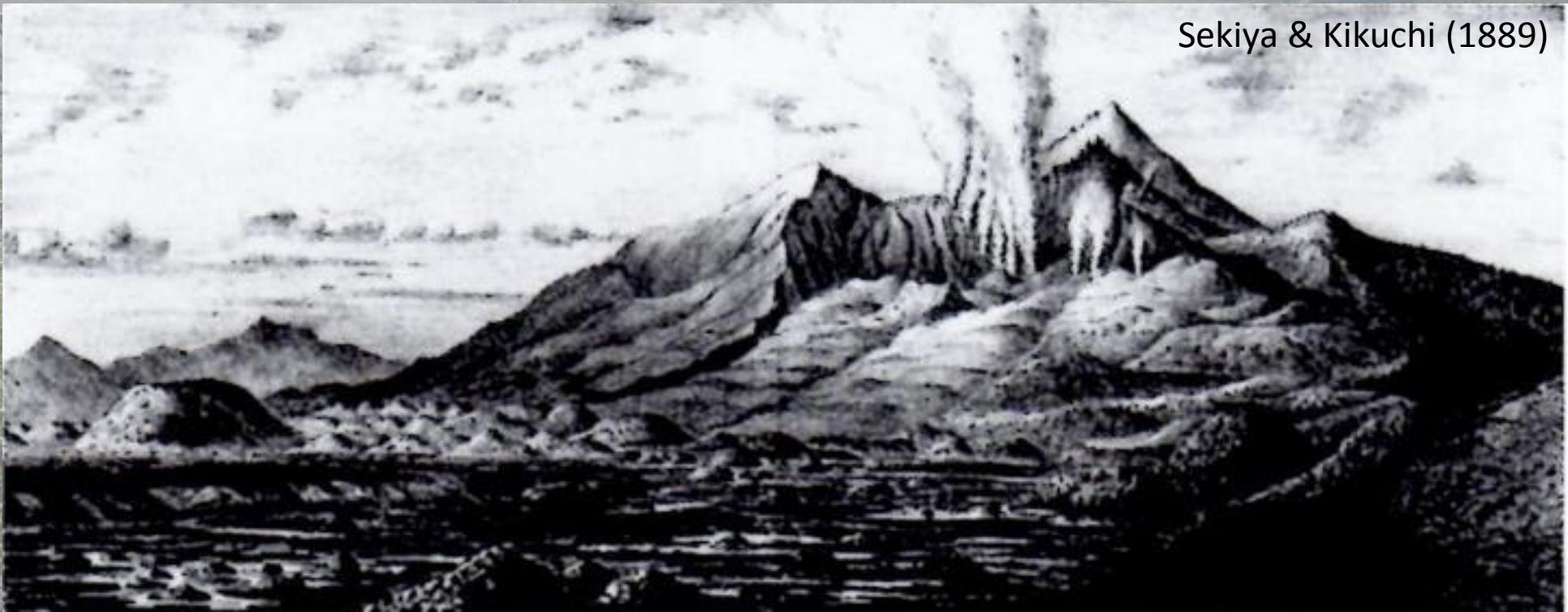
マグマ上昇で火山体が変形し崩れた例： セントヘレンズ1980年



- マグマの貫入による火山体の変形が2か月間進行し、ついに崩れ落ちた。
- そのとき発生した岩屑なだれの最高速度は毎秒150mに達し、山頂部はU字型のくぼみができて900m低くなった。
- 山体崩壊は10分間で終息した。
- 山頂部にU字型の崖に囲まれた窪みを作り、崩壊物が山麓を埋めつくした。

Hickson(2005)Mt.St.Helens Surviving the Stone Wind

小爆発の衝撃で崩れた例：磐梯山1888年



Sekiya & Kikuchi (1889)

火山体直下の地震で崩れた例：雲仙岳1792年



Siebert, Glicken & Ui (1987)



馬蹄形火口（馬蹄形カルデラ）

- 発生源にはU字型の崖に囲まれた地形ができる



流れ山地形

- 山麓には丘が多数分布した流れ山地形ができる。

できてから1か月後、尖った地形
(セントヘレンズ)

20万年経過して滑らかにな
った地形(米国カリフォル
ニア州シャスタ火山)



山麓を埋め尽くした岩屑なだれ堆積物

- 岩屑なだれ堆積物は時には直径100mを超える巨大な火山体の破片（ブロック）とブロックの間を埋める細かな破片（マトリックス）の集合でできている。

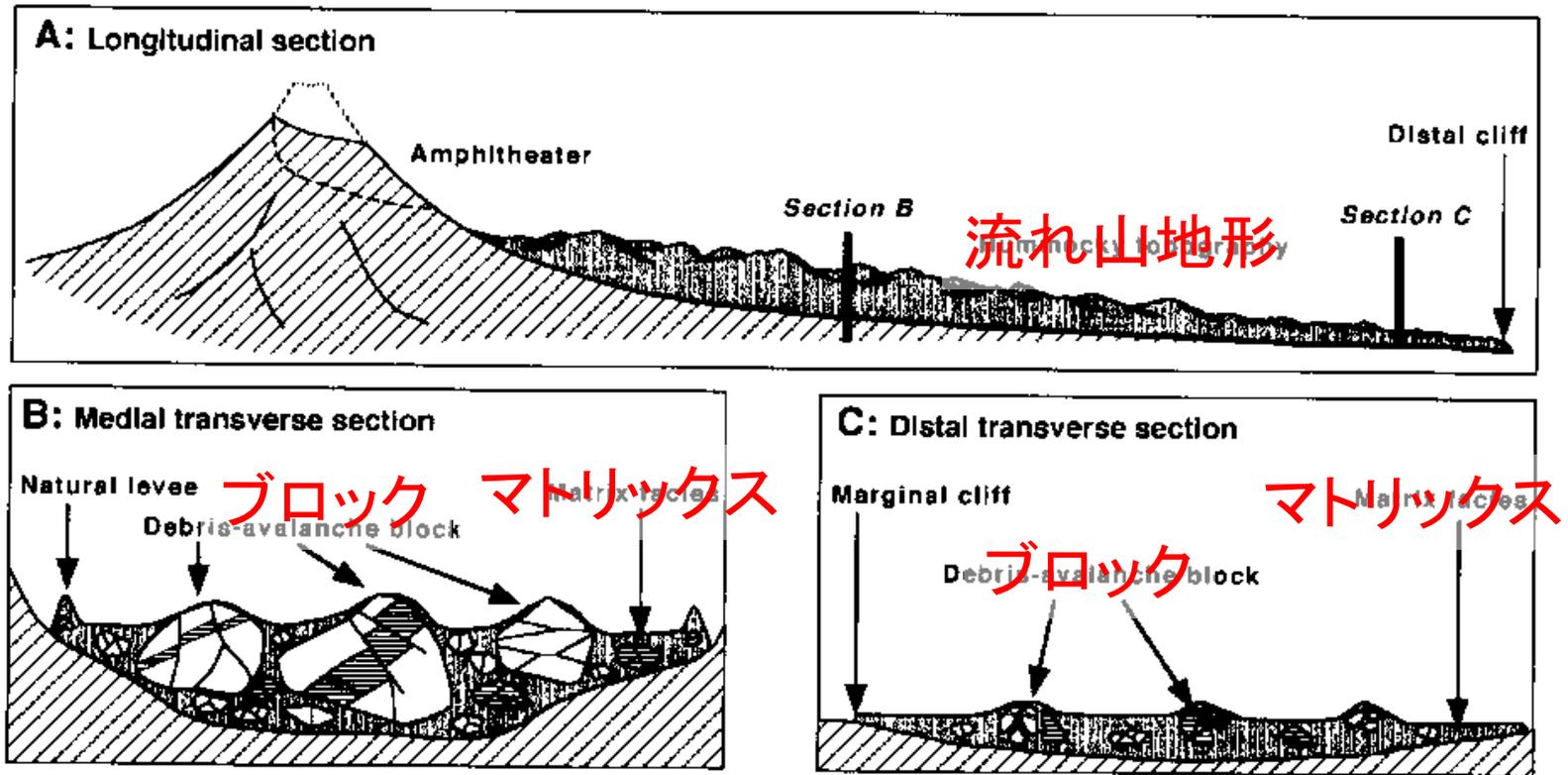
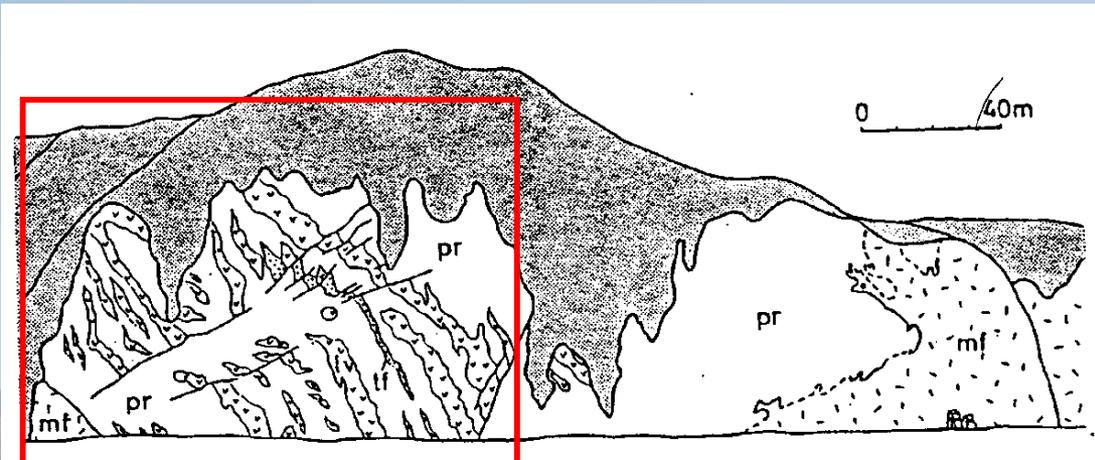


FIGURE 1 Schematic section for a debris avalanche deposit: (A) a longitudinal section stretching from the source amphitheater to the distal end; (B) a transverse section of the medial region; (C) a transverse section for the distal region. Size of hummocks gradually decreases toward the distal area. Debris-avalanche blocks are smaller and scarce at the distal area.

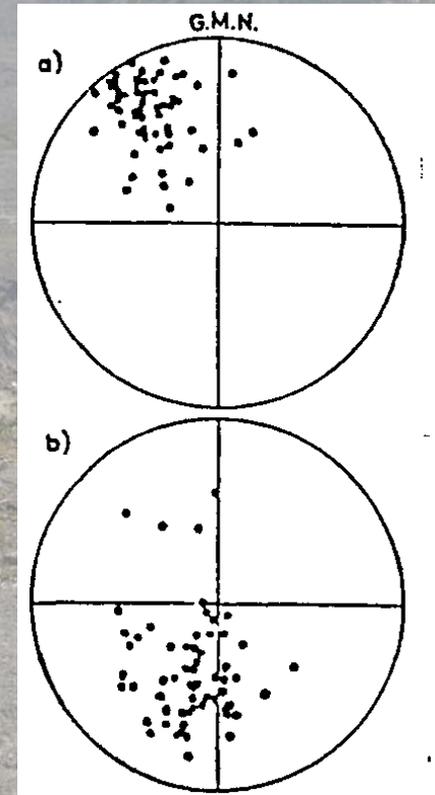
岩屑なだれの流動メカニズム



三村・河内(1985)



- 崩れ始めてから山麓で停止するまでの間にブロックごとに異なる回転運動をした履歴がある。
- 火砕流や泥流ではありえないメカニズム。



三村・河内(1985)

岩屑なだれの流動イメージ

- ブロックは山麓に向かって滑り動く。
- 回転するが転がらない。

○ カーリング

○ 遊園地にあるコーヒーカップ遊具

✗ ボウリング



<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AB%E3%83%BC%E3%83%A%E3%83%B3%E3%82%B0>

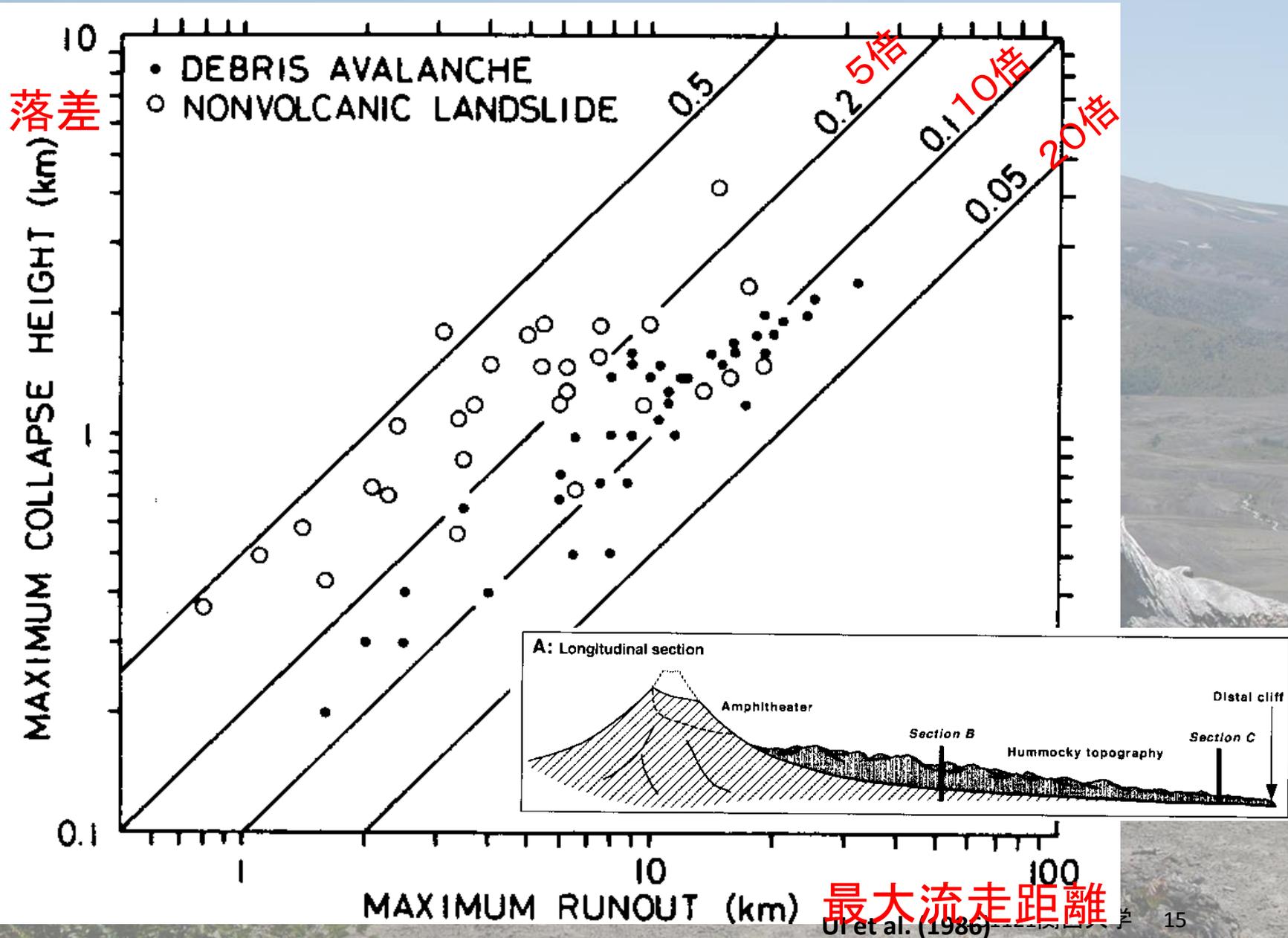


<http://www.k12.osaka-kyoiku.ac.jp/phys/exc/coffe.htm>



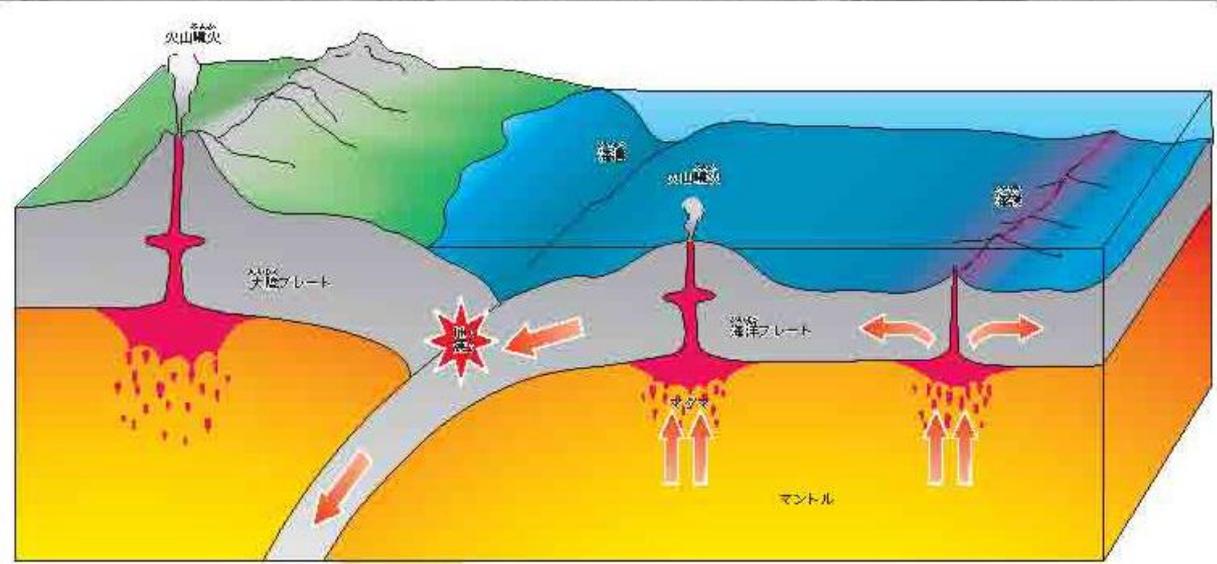
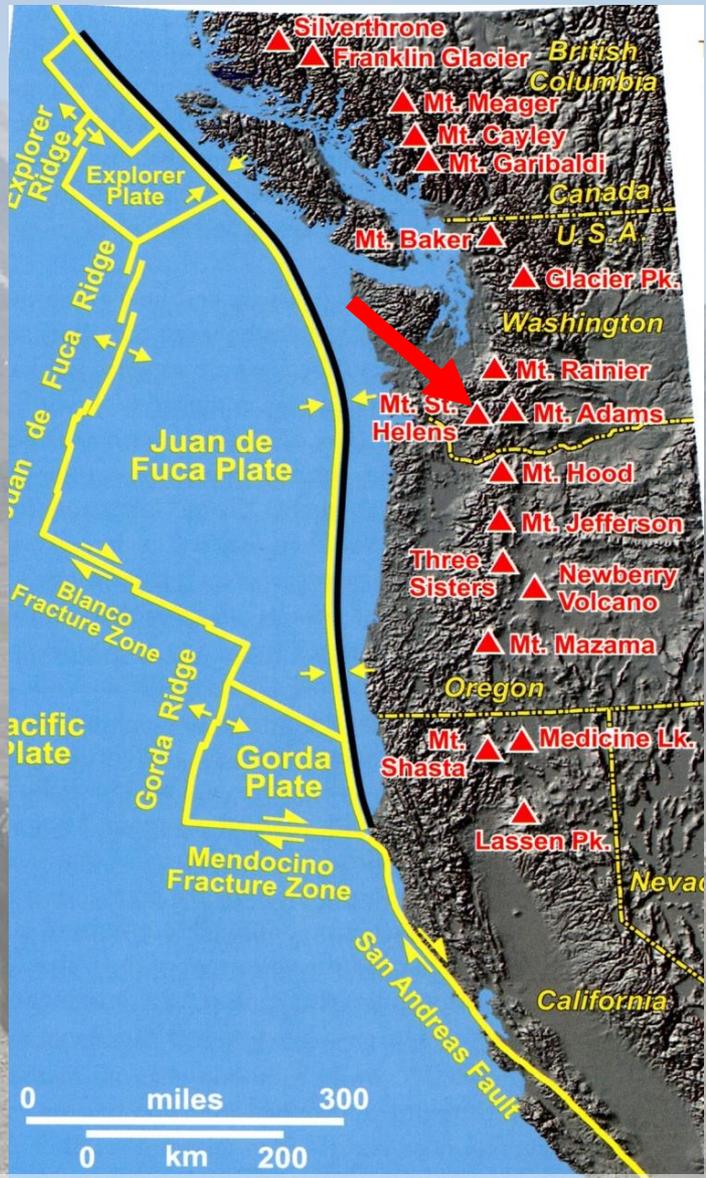
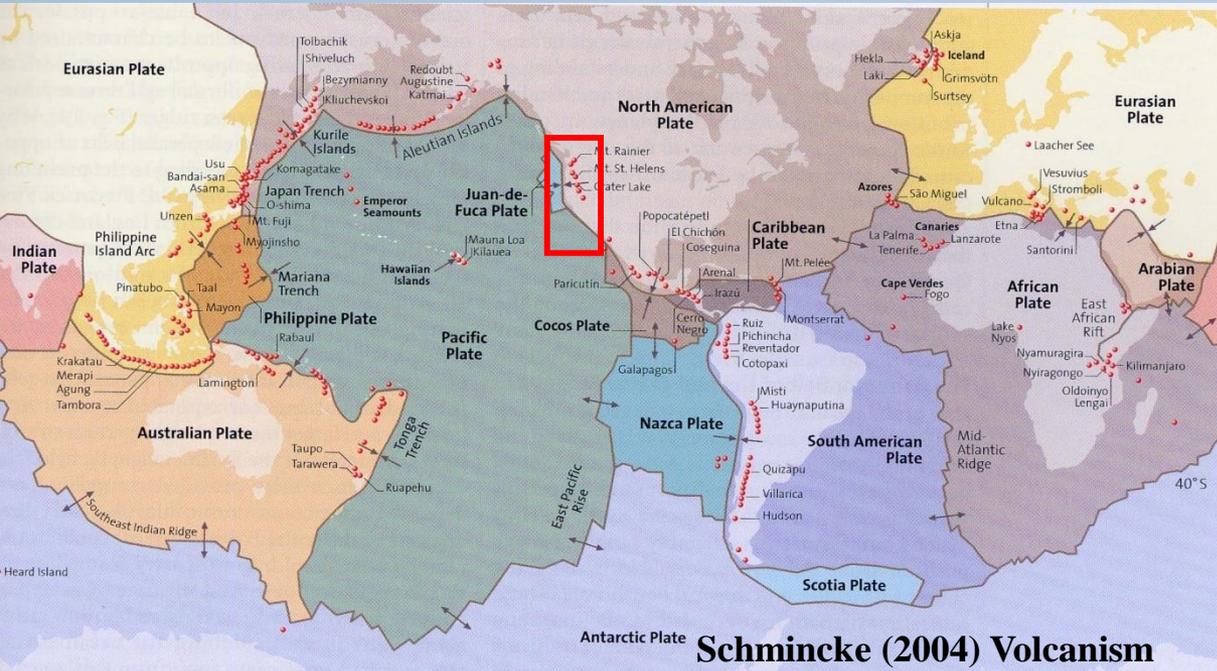
<http://www.jpba.or.jp/>

岩屑なだれは発生源の高さの5~20倍の距離まで達する



2. セントヘレンズ火山はどんな火山か

北米西岸のカスケード火山帯にある活火山



Hickson(2005)Mt.St.Helens Surviving the Stone Wind 121 関西大学 17

セントヘレンズ火山は成層火山

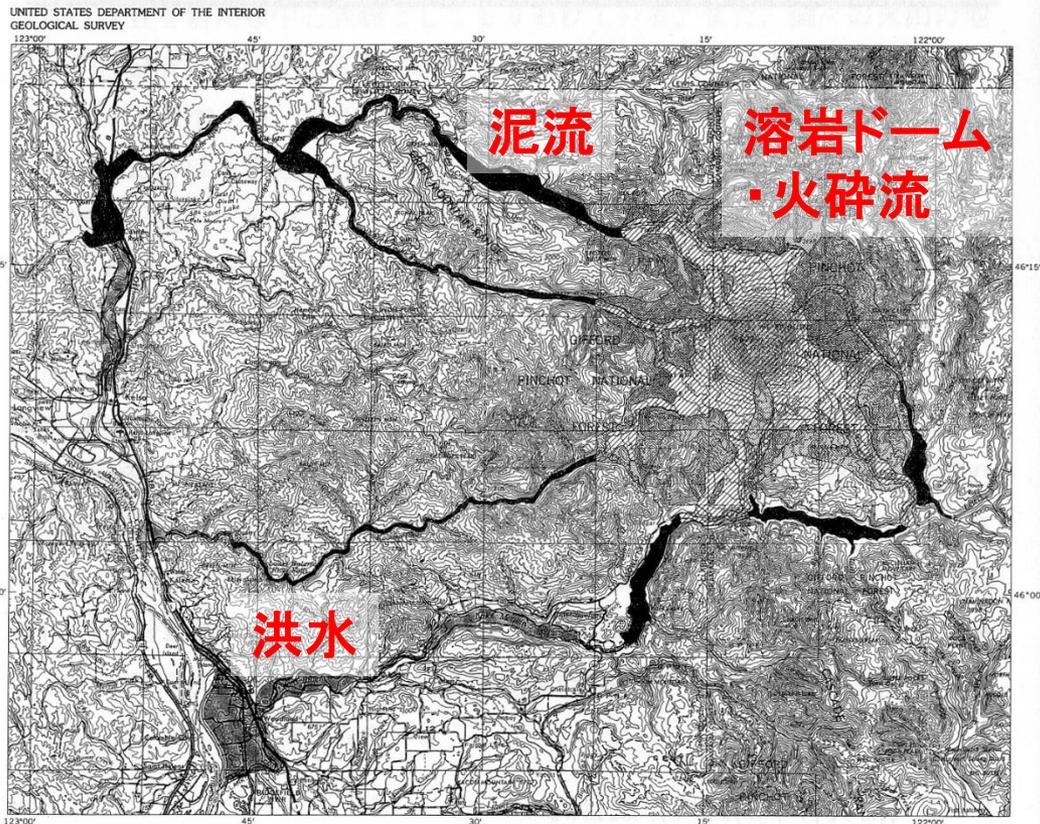
- セントヘレンズ火山は36,000年以上前に誕生し、“Fujiyama of America”として地元で知られていた成層火山である。
- 最近4500年間は活発な噴火を繰り返してきた。
- 1842-57年に噴火して以来123年間噴火しなかった。

1980年噴火よりも前のセントヘレンズ火山



事前避難に役立った米国政府の出版物

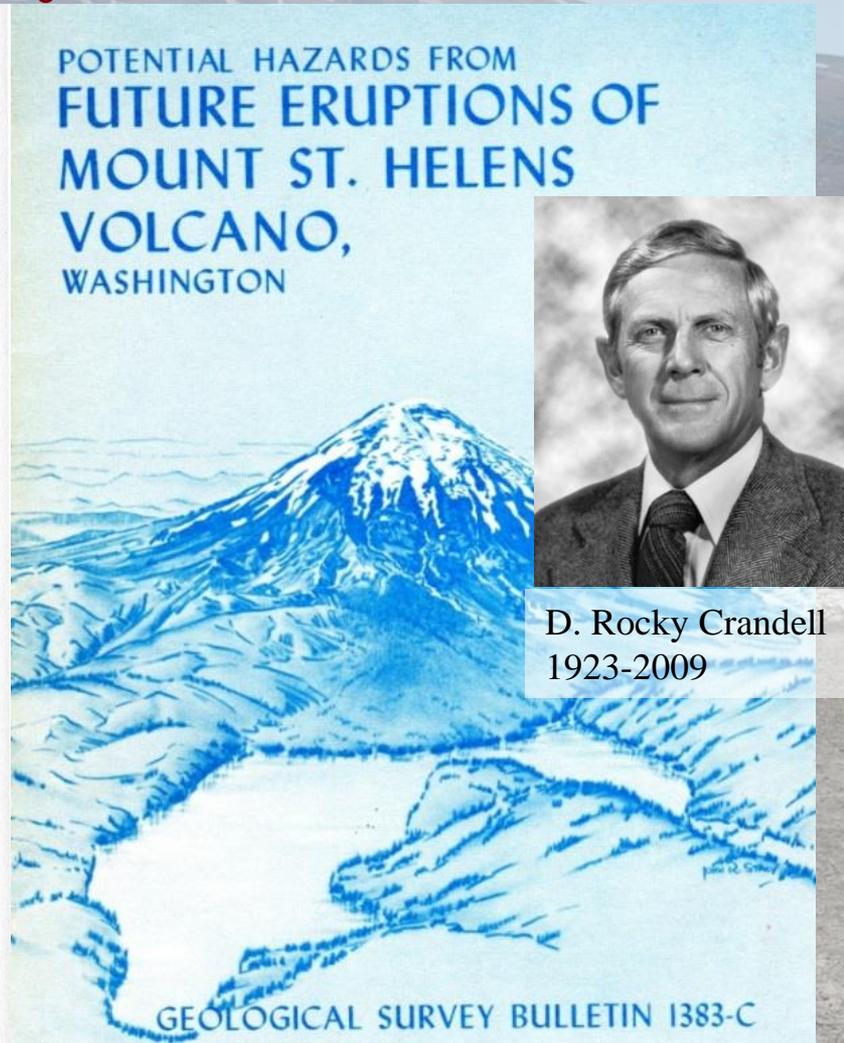
D.R.Crandellは過去の噴出物の地質調査に基づいて20世紀のうちにも噴火災害が発生する可能性を指摘し、世界で初めて火山のハザードマップを含む報告書を1978年に出版した。



Scale 1:250 000
CONTOUR INTERVAL 200 FEET
NATIONAL GEODETIC DATUM OF 1983

AREAS OF POTENTIAL HAZARD FROM LAVA FLOWS, PYROCLASTIC FLOWS, MUDFLOWS, AND FLOODS THAT MAY RESULT FROM FUTURE ERUPTIONS OF MOUNT ST. HELENS

- 火砕流・溶岩流・火山泥流災害域
- 火山泥流・洪水災害の可能性のある地域
- 洪水の可能性のある地域

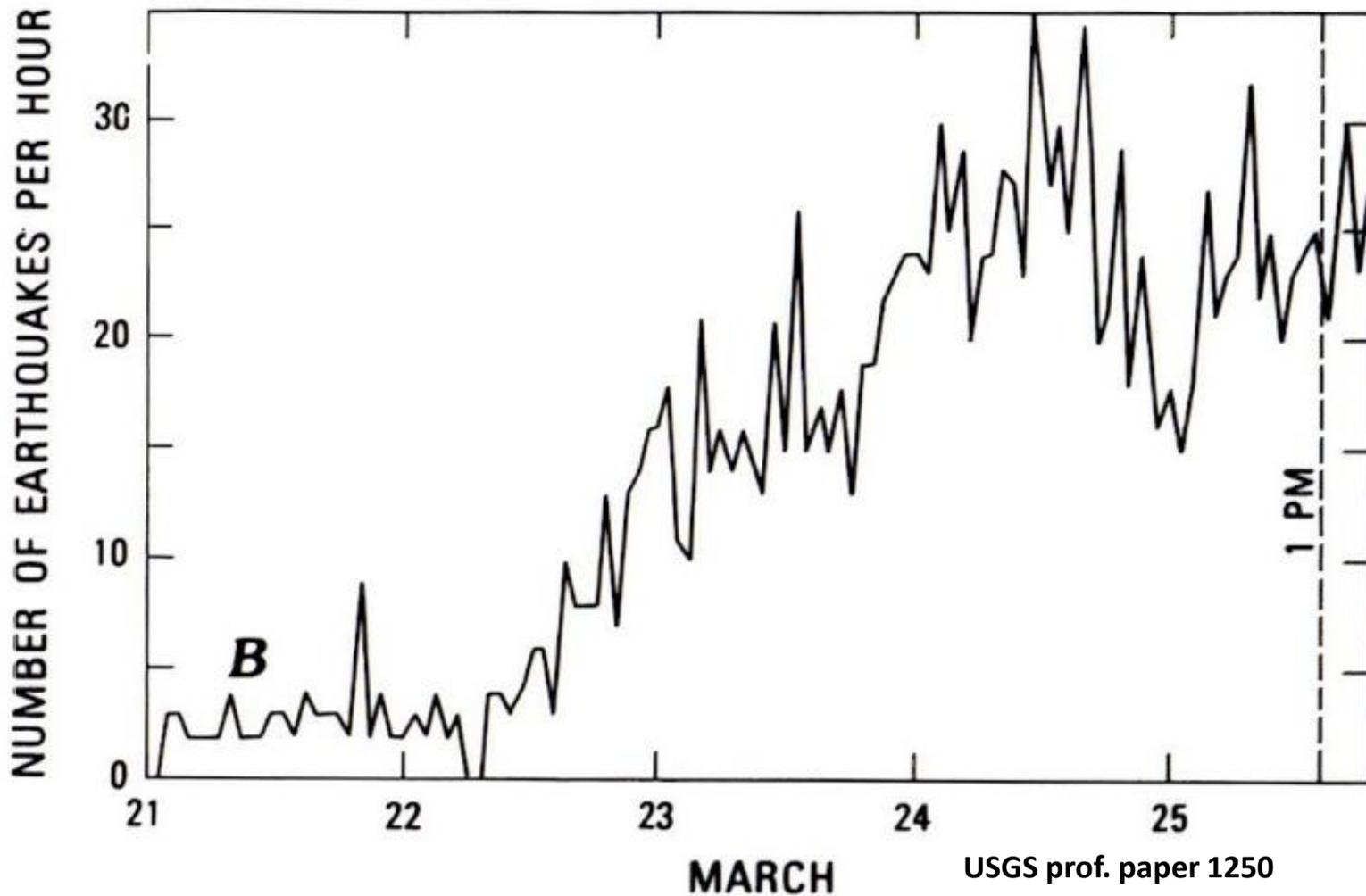


3. セントヘレンズ火山の1980年噴火で何が起こったのか

噴火の前兆

- 1980年3月16日から火山性地震が発生し始めた。
- 米国地質調査所は集中観測を開始した。

1時間当たりの地震回数



最初の小噴火

- 3月27日に山頂で最初の小さな噴火が発生した。

1980.3.30の山頂部

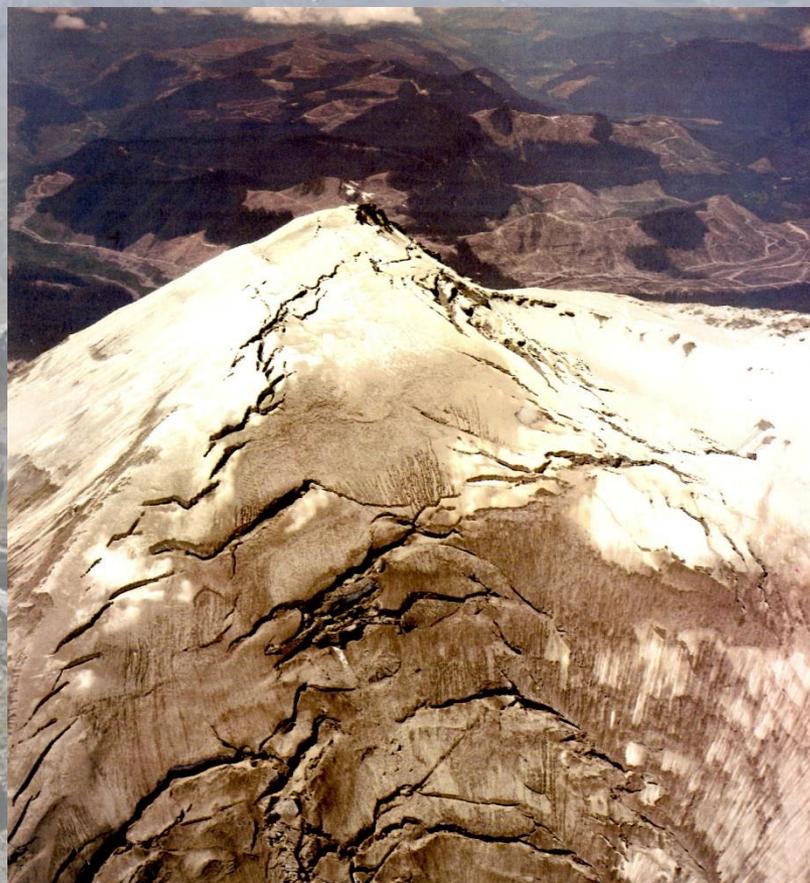


Mt. St. Helens – Sleeping Viewty Turned Killer

間欠的な噴火と山腹の変形

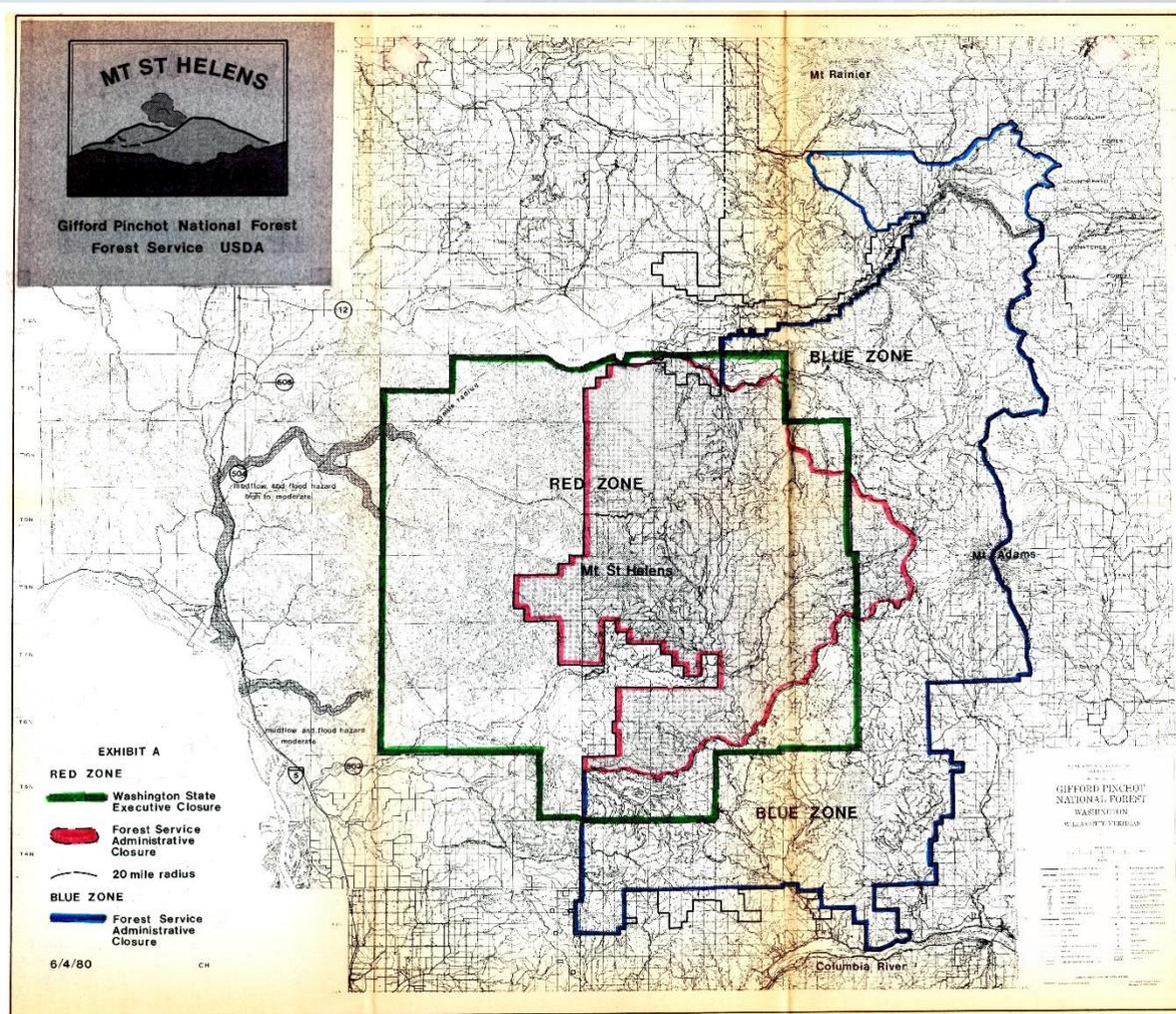
- 4月21日からは間欠的に噴火を繰り返すようになった。
- 北山腹が次第に膨らみ亀裂が入り始めた。

1980.5.17

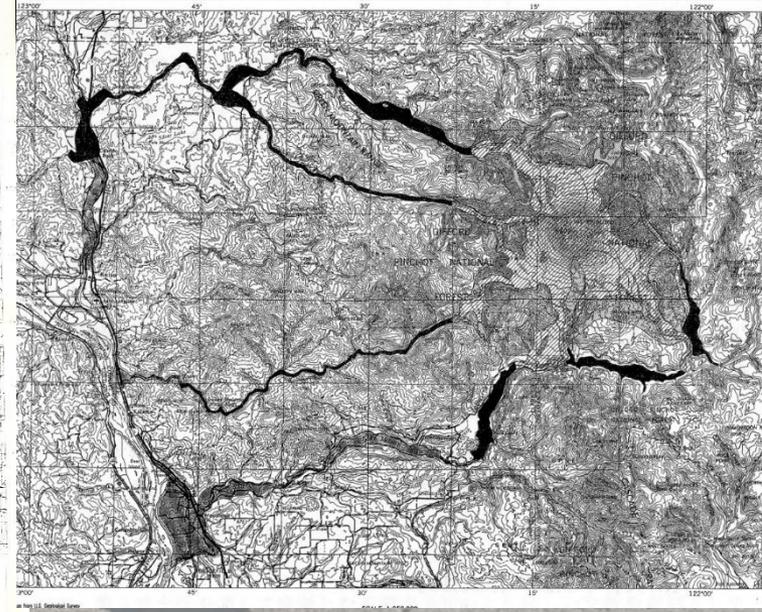


住民の避難と立ち入り規制

- ワシントン州政府は火山防災マップに従って住民の避難と来訪者の立ち入り規制を実施した。



緑線: 1980.6.4現在の立ち入り規制区域



5月18日朝、山体崩壊を目撃した人々

- 山頂から北に9kmの尾根の上の観測点にDavid Johnstonと取材記者
- 上空の軽飛行機にStoffel夫妻
- 北山麓の湖畔には避難を拒否していたHarry Truman
- 山麓には立ち入り規制区域に侵入して噴火見物していた約100名、その中の54名が死亡。
- 山頂から北東18kmの尾根筋に写真家のGary Rosenquist

Harry Truman



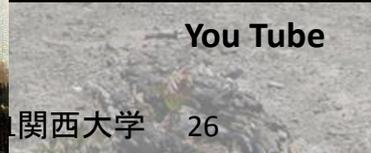
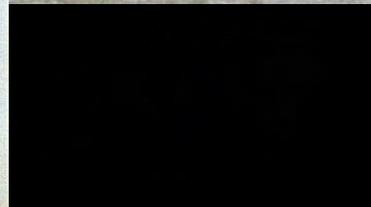
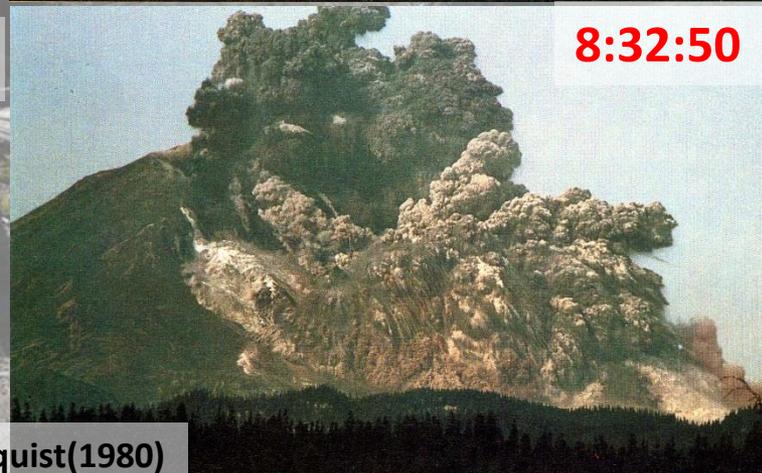
David Johnston



USGS Prof.Paper 1250

山体崩壊発生

- 午前8時32分山頂部が崩れ落ち始めた。
- Gary Rosenquistは40秒間で20コマ余りの連続写真撮影
- 崩れ落ちつつある岩屑なだれは激しく爆発した。



Rosenquist(1980)

You Tube

谷を埋めた岩屑なだれ

- 山体崩壊に伴って山頂部は高さ400mのU字型の崩壊壁を残して崩れ去った。
- 北山麓は崩れ落ちた火山体の破片からなる岩屑なだれ堆積物で埋め尽くされ、岩屑なだれの末端は山頂から28kmの地点まで達した。



1980.7.5撮影



1980.7.1撮影

マグマ噴火

- 山体崩壊が起こった約30分後からマグマ噴火が始まり、軽石や火山灰が北東方向に広く降り注ぎ、更に火砕流が山麓に流れ下って岩屑なだれ堆積物の一部を覆った。



1980.6.21撮影



火山灰(降灰)



有珠山とともに



Understanding
Volcanic Hazards

泥流

- 火山体からは全ての方向の河川で融雪による泥流が発生した。



1980.6.22撮影



Understanding
Volcanic Hazards

噴火の終息まで

- 1980年10月まで火砕流の発生と溶岩ドームの上昇・破壊を繰り返した。
- 10月以降は溶岩ドームが徐々に成長、1986年10月28日に噴火は終息した。

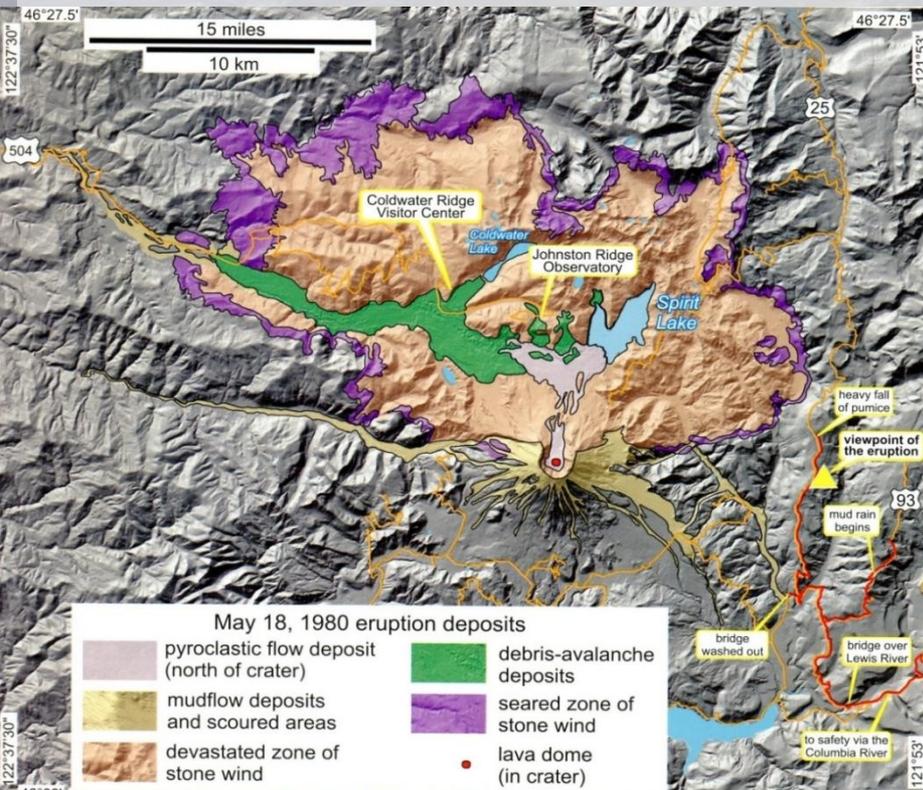


1984.8.19撮影

4. 1980年噴火に伴う生態系の破壊

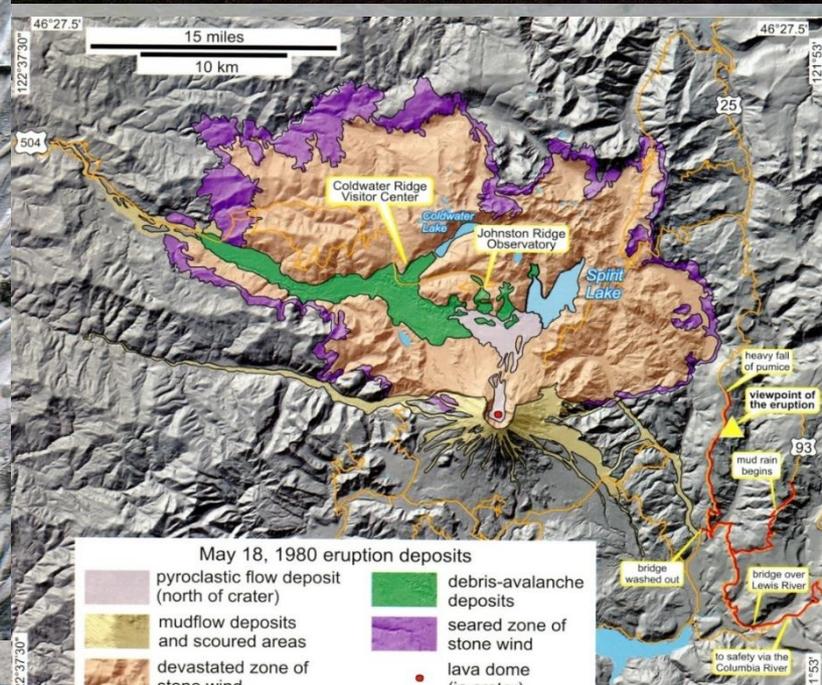
森林の根こそぎ破壊

- この噴火では国有林とその周囲の林業会社の営林地、合わせて約600km²が破壊された。
- 岩屑なだれが通過し堆積した地区では、最大で直径が2mに達する巨木が表土もろとも根こそぎはぎ取られ、岩屑なだれと共に運び去られた。



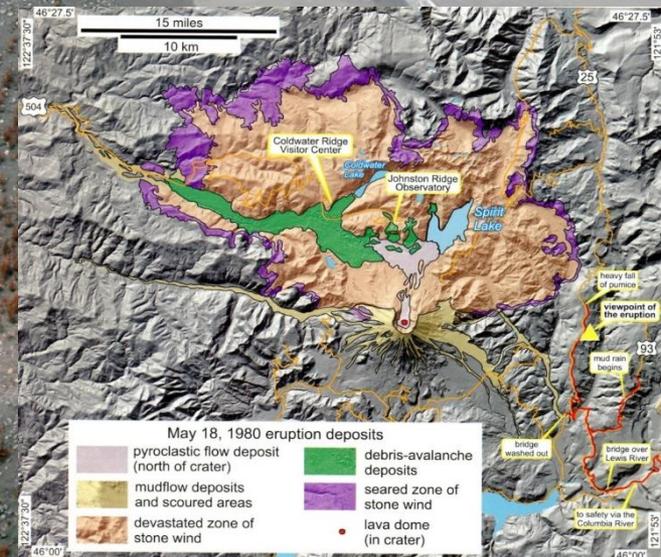
爆風(ブラスト)による樹木の倒壊

- 岩屑なだれから発生した爆風が襲った地区では樹木が地表からもぎ取られて将棋倒しのような状況で倒壊した。



熱風の影響

- 爆風の末端部では樹木は倒壊しなかったが、熱風が吹きつけて葉の水分が失われて茶色の枯葉を付けた樹木が見られた。



森林の自然回復

- 火山灰の堆積が20cm前後までの地域では噴火後1か月で早くも植物が芽を出し始めた。



ウェアハウザー社リーフレット

噴火から30年後の自然回復



2010.9.10撮影

林業の再生

- 国立火山モニュメント外の被災地では林業会社が積極的に植林を行って林業の再生を進めている。
- 1981年から植林を開始、1995年には間伐を開始、2026年には伐採できると推測されている。



生き延びた動物と戻ってきた動物

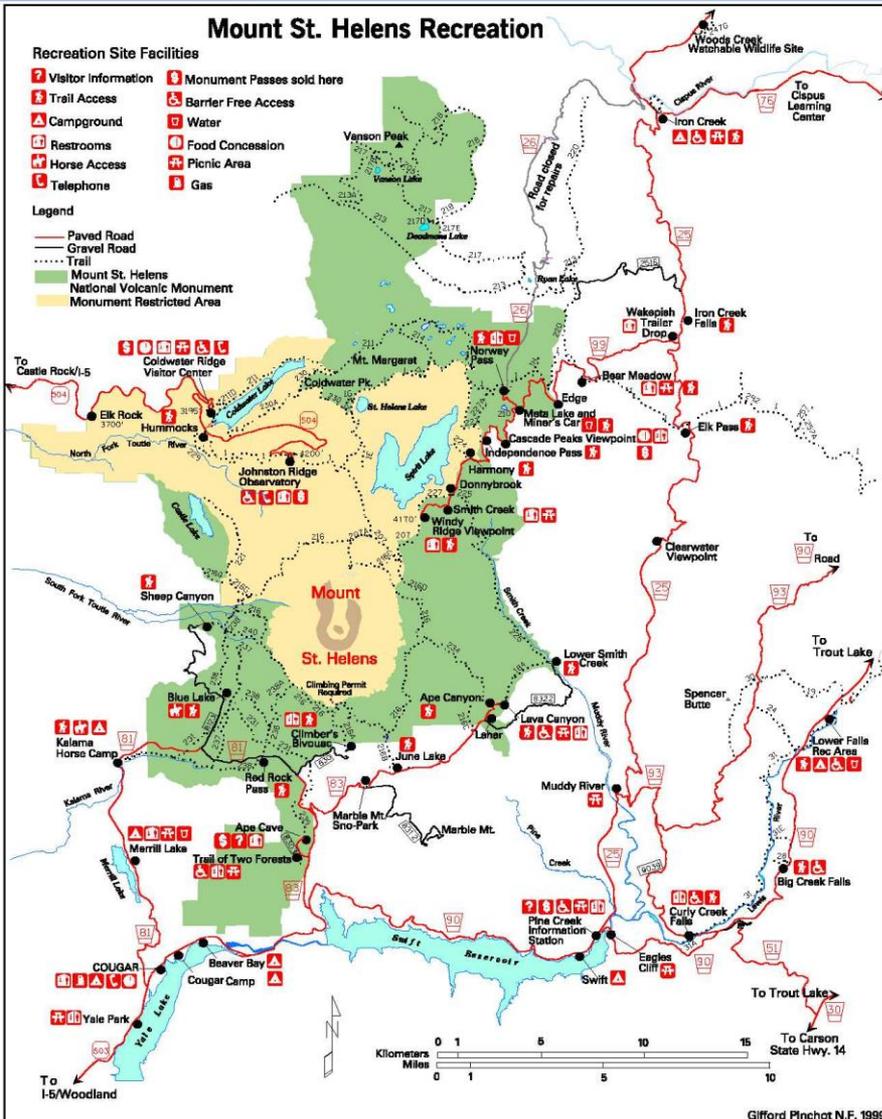
- 噴火にも関わらず生き延びた動物は地下に生息するものと雪に覆われていた湖沼の中に生息するものだけであった。
- 鹿や鳥は噴火の翌年には戻ってきたことが確認された。



ウェアーハウザー社リーフレット

5. セントヘレンズ国立火山モニュメント

国立火山モニュメントの創設



- 米国農務省国有林局は国有林の中に約450km²のセントヘレンズ国立火山モニュメントを1982年に創設した。
- 火山モニュメント域内は生態系を自然のままに回復させている。



<http://www.fs.fed.us/gpnf/mshnm/>

自動車道・トレイル・展示施設・解説看板



- 州道504号線は、路線を付け替えてDavid Johnstonの観測定点跡まで開通。
- この州道に沿って火山展示施設と解説掲示板を設置したトレイルを設けた。
- 火山噴火や自然環境の学習に活用されている。



6. セントヘレンズ火山のみどころ

西側からのアクセス

焼け焦げ

森林倒壊

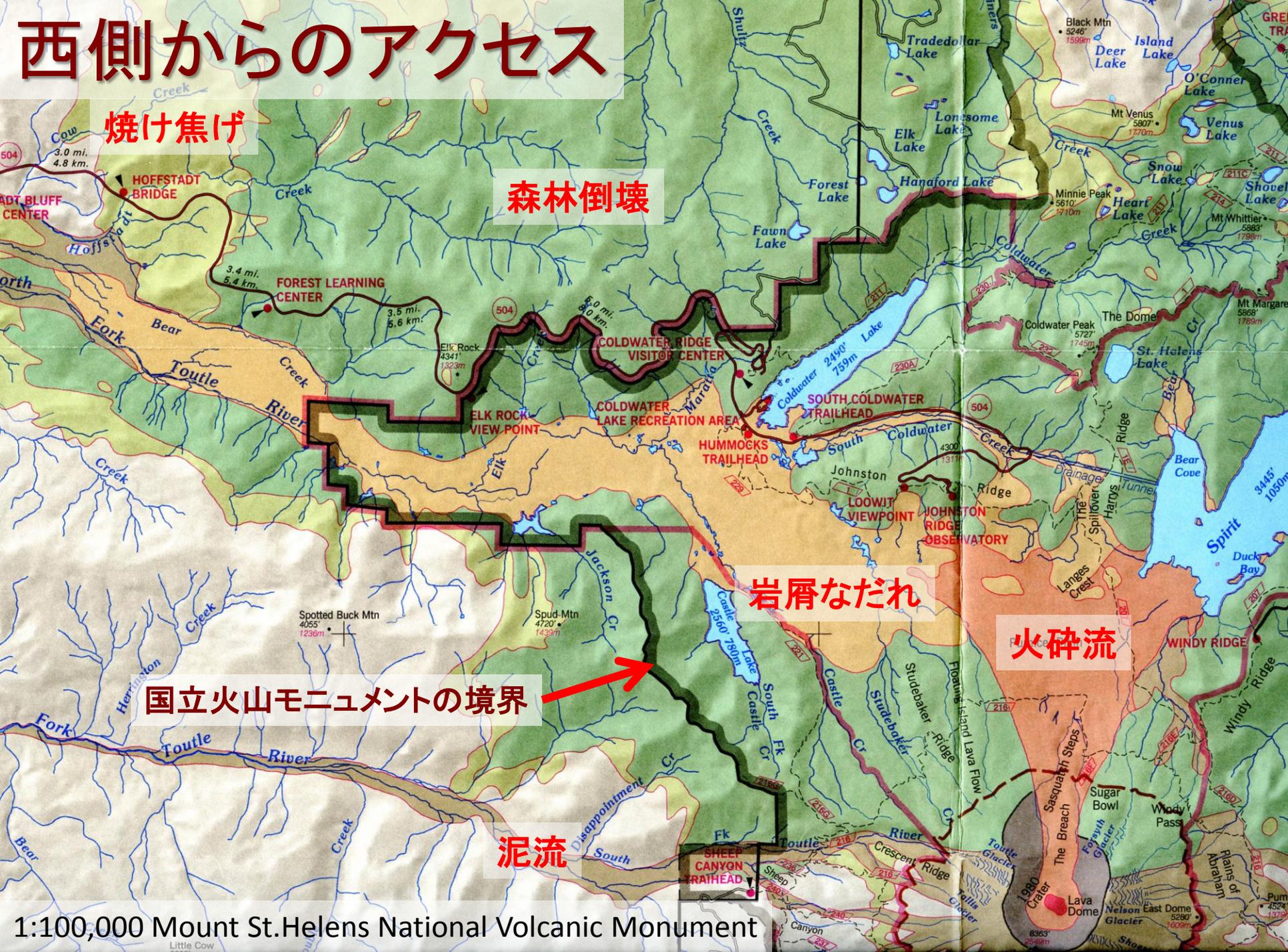
岩屑なだれ

火砕流

国立火山モニュメントの境界

泥流

1:100,000 Mount St. Helens National Volcanic Monument



Mount St. Helens Visitor Center

- セントヘレンズの噴火史と1980年噴火について展示してある。
- 湖畔の延長2km足らずのトレイルを歩くと植物や野鳥の観察ができる。



Maple Flats Volcanic Site

- 泥流埋没家屋を保存展示している小さな土産物屋が州道504に沿ってある。Buried-A-Flareの派手な看板と国旗が目印。



1980.6.27撮影

砂防施設展望台

- 噴火の後、岩屑なだれ堆積物から土砂が下流に運ばれるのを食い止めるため砂防ダムが建設された。大規模な土石流が発生してこのダムは破壊され、より大型のダムが作られた。



1981.6.30撮影



Hoffstadt Bluffs Visitor Center



- Cowlitz Countyが所有するビジターセンター。夏季にはここから観光ヘリコプターが飛んでいる。駐車場からはセントヘレンズ火山の展望が開けている。
- 敷地内に短いトレイルがあり、1980年噴火の犠牲者の慰霊碑がある。



THIS MEMORIAL GROVE IS
DEDICATED
TO THOSE WHO LOST THEIR
LIVES IN THE MAY 18, 1980
ERUPTION OF MOUNT ST. HELENS
"LOGWIT"

ROBERT LANGRISH	CHRISTY KILLIAN
JAMES REEDER	BOB KILLIAN
ARLEN EDWARDS	DOM WELLY
KEVIN EDWARDS	ELAINE ZIMMERMAN
SARAH A. BRIDGL	HAROLD FURKPATRICK
RONALD BRIDGL	JOYCE KILPATRICK
MICHELLE (BRUNOLD) MORRIS	JOEL COLTHER
KEVIN BRIDGOLD MORRIS	PAUL E. SCHMIDT
MADONNY ELLIOTT	WALLY BOWERS
FRED BULLINS	ELLEN BERRY
DAL PARKER	ROBERT BILL
JEAN PARKER	BRUCE PADDER
CLYDE CROFT	TOM GAYDA
TERRY CRALL	PAUL HUATT
KAREN VARNER	DAVID JOHNSTON
REID BLAKEBAUM	BOB KASCHWETTER
ALLEN HANDY	ROBERT LYNDS
TONY PARKER	CLEVEY MARTIN
NATALIE PARKER	KATH MOORE
RICK PARKER	ELEANOR MURPHY
DAT KARR	ED MURPHY
MICHAEL KARR	KATHLEEN FLUARD
ANDY KARR	MERLIN "JIM" FLUARD
RON CONNER	DOUG THAYER
BERNIE MOORE	HARRY TRUMAN
SHIRLEY MOORE	JAMES S. TUTE
EVLANTI SHARIPOFF	VELVET TUTE
JOSE DIAS	BEVERLY WEATHERALD
LEONTY SKOROHODOFF	

DEDICATED MAY 18, 2000

BOARD OF COUNTY COMMISSIONERS

J. Bill Leming Chairman	Joel R. Rupley Commissioner	Jeff M. Rasmussen Commissioner
----------------------------	--------------------------------	-----------------------------------

Hoffstadt Bridge



- この橋から山側では1980年噴火による爆風で樹木の葉が焼損、更に奥では森林が倒壊した。
- 現在は国有林より西側の民有林で積極的に植林されて緑が再生している。



Forest Learning Center

- 道路の南側にこの地域の大手林業会社ワイヤーハウザー社と州政府などが共同で建てたビジターセンターがある。噴火とその後の植林による緑の回復をテーマにした展示がある。
- 駐車場の南端から丘に登ると岩屑なだれによる基盤岩までの侵食と堆積の状況が遠望できる。



Elk Rock View Point

- ここからは国立火山モニュメントの自然保護区域に入る。
- 展望台からはToutle Riverを埋めた岩屑なだれ堆積物とそれを削り込んだ河川の地形を見下ろせる。



1980.6撮影



Coldwater Lake Recreation Areaの遊歩道

- 短いトレイルを歩くと岩屑なだれ堆積物の小さな露頭があり、その先で湖水に突き出して設置された栈橋からは湖水で繁殖している魚が観察できる。対岸には再生され始めた自然林が見える。



2005.6.5撮影



2006.8.3撮影



1984.8.8撮影

Hummocks Trail

- 延長4.5kmの起伏あるトレイルを歩くと、河川に浸食された堆積物の崖や河川縁に沿って植生が回復している状況を観察できる。



2008.8.2撮影



1980.7.5撮影

Johnston Ridge Observatory

- 噴火の経過の解説、景観がどう変わったかの解説展示ホールがあり、噴火生存者の目撃証言を見ることができる。
- 噴火予知にかかわる観測がここで行われており、データは Cascade Volcano Observatory に送信されている。



Mount St. Helens Webcam - Mt. Def. - Thursday, 05 July 2009 - 14:31:59 Hours PST
Johnston Ridge Observatory - Mount St. Helens National Volcanic Monument - Washington State, USA
Volcanic Webcam - Group: 1520 m; 105°C; Air Temp: 10°C; Relative Humidity: 45%; Air Pressure: 26.21 kPa (397.4 hPa)
Camera Update: 04/14/09

公開されている監視カメラ画像

<http://www.fs.fed.us/gpnm/volcanocams/msh//>



Johnston Ridge Observatory (つづき)

- 遊歩道を歩くと噴火による景観の変化を見ることができる。
- 天候がよければ山体崩壊源とその中に生じた溶岩ドーム、火砕流の堆積原、崩壊堆積物の地形を見ることができる。



Johnston Ridgeを乗り越えた岩屑なだれ

- トレイルを東に向かうと岩屑なだれが尾根を乗り越えた状況を見ることができる。

2008.8.4撮影



1980.6.23撮影



Pumice Plain

- 尾根を巻きながら急に狭くなったトレイル1を更に進み、分岐点からトレイル207に下ると火砕流堆積物が埋めた谷底を経てSpirit Lakeまで行くことができる。

2010.9.10撮影



2008.8.6撮影

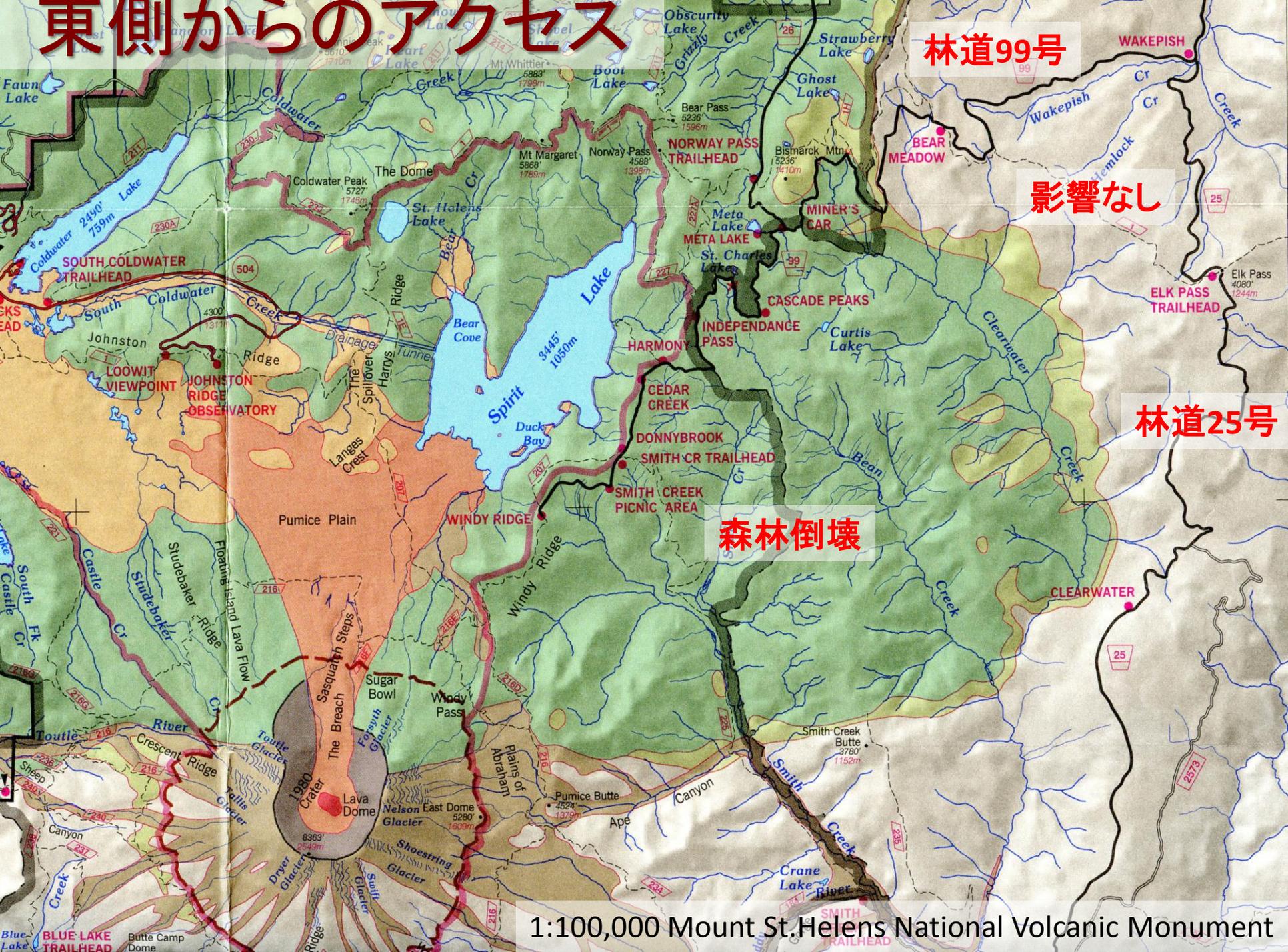


1980.6.21 (堆積後9日目) 撮影

131121関西大学

55

東側からのアクセス



林道99号

影響なし

林道25号

森林倒壊

1:100,000 Mount St. Helens National Volcanic Monument

Lahar Viewpoint

- 山体崩壊の際にShoestring氷河が急速に溶けて泥流が発生して南山麓に流下した。
- 道の南側にある独立した大木の上流側は削られている。これにより泥流の流れの厚さが判る。



2005.6.3撮影

Clearwater Viewpoint

- 東側からのアクセスルートにある展望台。車道脇に駐車場を設けて解説パネルがある。



Bear Meadow

- ここはGary Rosenquistが連続写真を撮影した地点である。
- 爆風の限界地点から1.5km東、沢の反対側の尾根の上にある。



Blast Edge Viewpoint

- ここは爆風による被害区域の末端部である。爆風により葉が焼かれて枯れてしまった立ち木と被災していない森林との境界が明瞭である。



2005.6.7撮影

1984.8.14撮影



Norway Pass Trailhead

- この地点は爆風により樹木が倒壊した地点の末端に近い。
- そのため倒木の方向は局所的な盆地状の地形の影響を受けている。



1980.6.21撮影



2005.6.7撮影



Meta Lake

- Meta Lakeは噴火当時まだ凍結していた。水生の生物と池の周辺の雪の吹き溜まりに埋もれていた低い樹木は被災を免れて生き延びることができた。
- 駐車場には柵に囲まれて被災した乗用車が残されている。立ち入り規制を無視して噴火前夜からこの地点近くの山荘に泊まっていた、犠牲となった3名が乗ってきた車である。この乗用車は駐車地点から20m程度爆風により移動した。



Windy Ridge 展望台

- 丘の上に登るとセントヘレンズ火山とSpirit Lakeが良く見える。



1984.8.20撮影



日本からのアクセス

- 日本からは空路でシアトルかポートランドへの直行便がある。
- ポートランドからはレンタカーで3時間ほど走って西山麓のCastle Rockに着く。ここに種々の宿泊施設がある。



セントヘレンズ火山関係のホームページ

米国農務省国有林局セントヘレンズ国立火山モニュメント

<http://www.fs.fed.us/gpnf/mshnvm/>

セントヘレンズ山協会（啓発活動を行う非営利団体）

<http://www.mshinstitute.org>

米国内務省地質調査所カスケード火山観測所

<http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/MSH/>

岩屑なだれ研究の基礎を築いた研究者の一人 Harry Glicken (1958-1991.6.3)





おわり