

第3回世界水フォーラム カナダ会議に参加して

石川芳治*

2002年9月23日～9月26日にカナダのブリティッシュコロンビア（B.C.）州バンクーバー市で開催された第3回世界水フォーラムカナダ地域会議に参加し、研究発表を行うとともに、現地見学に参加したので、その概要を報告いたします。

1. 会議

会議は9月26日（木）にバンクーバー市にあるブリティッシュコロンビア大学で行われました。まず初めに日本側の参加者から、最近の日本の土石流対策および研究に関連して次の3課題について発表が行われました。①大久保 駿（土砂委員会委員かつ（社）砂防学会会長）；Measures against debris flows in Japan、②石川 芳治（京都府立大学）；Mechanism of movements of debris flows、③菊井 稔

宏（（財）砂防・地すべり技術センター）；Non-structural measures to debris flows。

次にカナダ側からはカナダにおける最近およびこれからの土石流対策並びに土石流研究に関連して次の3課題の発表が行われました。①Bruce Thomson（Ministry of Water, Air, and Land Protection, Surrey, B.C.）；Sediment production during forestry activities、②D.F.VanDine（VanDine Geological Engineering Limited, Victoria, B.C.）；History and goals of Canadian debris flow research、③Nigel Thomson（EBA Engineering Consultants Ltd, Vancouver, B.C.）；Debris flow countermeasures near Mount Cook, New Zealand。

発表の後に討議に移り、カナダ側からは日本で現在進められている土砂災害防止法に関連して土石流

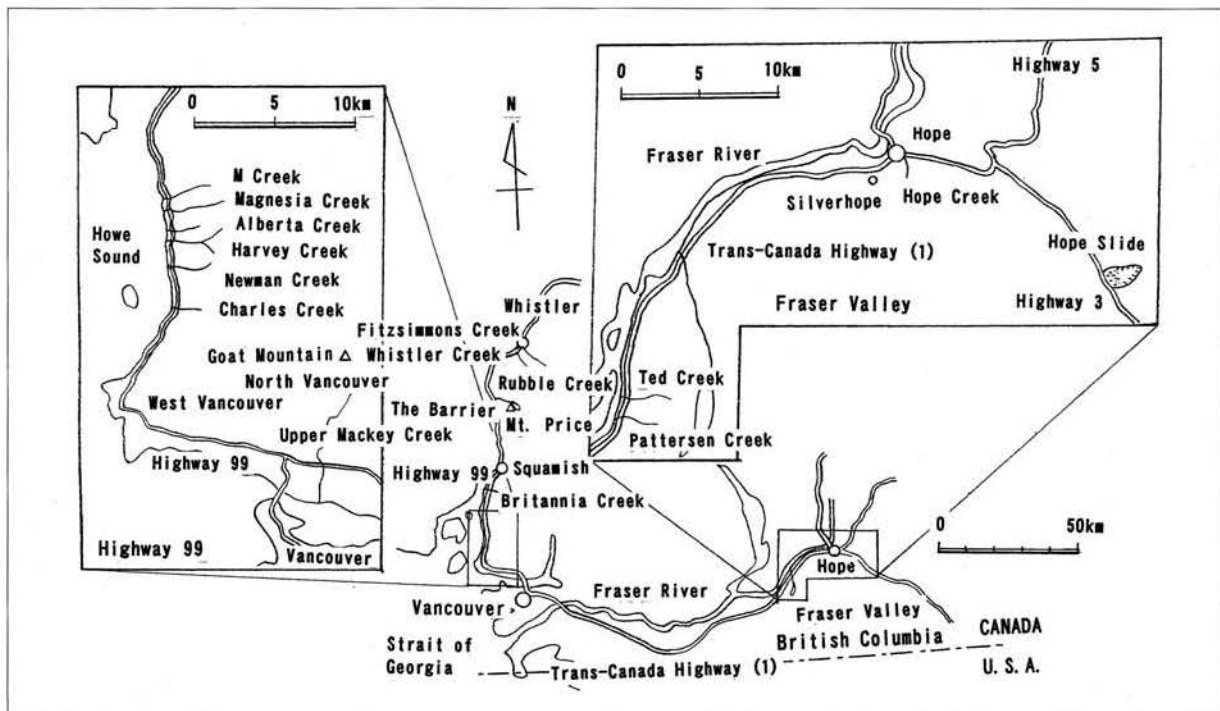


図-1 カナダB.C.州現地調査位置図

* 京都府立大学助教授



災害の特別警戒区域と警戒区域の設定手法について詳しい説明を求められた。また、カナダ側からはバンクーバー市周辺では1980年代初めに年間降雨量が多くなり、1981～1985年に土石流災害が多く発生したがこれはエルニーニョ現象と関連があるのではないかと考えられている旨のコメントがあった。さらにカナダ側の出席者からカナダにおける林道使用停止後の林道排水路の撤去および維持管理の不足が斜面崩壊の発生を助長しているのではないかとの指摘があった。日本側からはカナダにおける土石流災害対策の担当部局についての質問がなされた。この質問に対するカナダ側の説明では、国家レベルではカナダ地質調査所が土石流災害の調査および防災の啓蒙を行っていること、州レベルではB.C.州の場合、主として運輸省、水・土地・大気保護省、鉱業省が災害対策を担当していること、また各市町村および民間の開発業者も対策を行っていることが説明された。また、日本側から危険区域内の住宅移転について質問があったが、カナダ（B.C.州）では特殊な場合を除いては行政としては危険区域内の住宅移転事業は行っていないとの回答があった。

最後に日本側代表の大久保駿土砂委員会委員とカナダ側の代表D.F.VanDine氏により今後の土砂災害情報のネットワークづくりの促進などに関する決議書への署名がなされた。

2. 現地見学

現地見学は9月23日（月）にバンクーバー市の北部のNorth Vancouver およびHighway 99沿いの地域、9月24日（火）にはさらに北のWhistler からSquamishにかけての地域、9月25日（水）にはバンクーバー市の西方のFraser Valley地域とHope地すべりにおいて行われました（図-1）。

2.1 North VancouverおよびHighway 99沿いの地域

Highway 99はバンクーバー市北部およびHowe Sound（ハウ入江）の海岸沿いを通り、Squamish, Whistlerを通して、北東部のCache Creekに至る約300kmの幹線道路である。バンクーバー市の北部およびその北のHowe Soundでは海岸沿いの急勾配の土石流扇状地上をこのHighway 99と鉄道が通過しており、さらに扇状地上は最近になり住宅地となっている。この地域は造山運動により形成されたため斜面の勾配は急で地形は複雑であり、地質も花崗岩、



写真-1 Upper Mackey Creekの土石流捕捉施設（遊砂地+透過部（鋼製））。透過部の高さは12m、袖部の堤防の高さは2～12m。Highway99沿いではこのタイプの施設が多い。次のCharles Creekのものに比べて新しいため、構造も簡略化されている。

石英閃緑岩、火成岩、堆積岩、氷河堆積物が複雑に分布している。

(1)Upper Mackey Creek

最初に訪ねた、Mackey Creek（カナダでは溪流はCreekと呼んでいる）上流部はバンクーバー市の市街地から約12kmに位置し、さらに南向きで高台のためバンクーバー市街地を一望できるため住宅地とし人気があり、比較的高級な住宅地となっている。Upper Mackey Creekは流域面積約1.0km²、流路長約0.8kmの溪流で1995年に土石流が発生して家屋数戸に被害が発生している。このため、北バンクーバー市が土石流対策施設（捕捉施設；遊砂土工+透過部（鋼製））（写真-1）を1997年に建設した。その翌年の1998年に小規模の土石流が発生したがこの対策施設により土石流が捕捉されたために被害は発生しなかった。この施設の計画捕捉土砂量は13,000m³で、建設費は1997年時点で約2百万カナダドル（約1億6千万円）である。この捕捉施設はオーストリーの土石流対策施設を参考として設計されたもので、高さ12mの鉄筋コンクリート製の本体部（ただし、水通しと透過部はH形鋼製）と遊砂地をつくるための高さ8から12mのロックフィルの袖部（堤防部）からなる。袖部をロックフィルにしたのはコンクリートを少なくして経費を節減するためと景観および環境に配慮したためである。次に述べるCharles Creekに比べると新しいため、Charles Creekの土石流捕捉工よりも構造が簡略化されている。本体部の設計に際しては直径1mの巨礫が速度3m/sで衝突した場合の



写真-2 Charles Creekの土石流捕捉施設（遊砂地+透過部（RC製））。透過部の高さは15mである。初期の設計であるため、かなり安全側に作られていると説明された。袖部上流側はコンクリートでライニングされている。



写真-3 Newman Creekの導流工（流路工）。扇状地左岸側にあった流路を右岸側に新たに付け替えてコンクリートライニングを施した。新しい流路沿いには人家がない。

衝撃力として静水圧の約3倍の力を考慮している。なお、施設下流部の通水断面は200年確率降雨の洪水を想定しているとのことであった。

(2)Charles Creek

Howe Soundに面した溪流であるCharles Creek（流域面積1.8km²、流路長2.6km、地質は石英閃緑岩）はこれまでたびたび土石流が発生し、Highway 99、鉄道、および周辺の人家が被害を受けてきた。1981年の土石流では1名の死者が発生した。このため1985年には土石流捕捉施設（遊砂地工+透過部（RC製））（写真-2）が建設された。施設の計画捕捉土砂量は33,000m³であり、建設費は1985年当時で約3.5百万カナダドル（約2億8千万円）であり、現在では約その倍の金額になると推定される。この対策施設はHighway 99を守るために、B.C.州の運輸省が建設した。この土石流対策施設の基本的な構造はUpper Mackey Creekの捕捉施設と同様であるがCharles Creekの施設はHighway 99沿いでは最初の本格的な土石流対策施設であるため、十分過ぎる位の安全対策が施されたと説明された。その一つが、袖部（盛土部）の上流側表面はコンクリートでライニングされていることであり、さらに袖部の上流側は不透水性の材料により盛土されており、袖部内への水の浸透を防止している。また本体部の透過部は直径2mの巨礫が速度7m/sで衝突しても耐えられるような強度を持つ鉄筋コンクリート（RC）の梁を用いて作られている。

(3)Newman Creek

Newman CreekはCharles Creekの北に隣接する溪流



写真-4 Harvey Creekの土石流捕捉施設（遊砂地+透過部（RC製））の下流側。透過部の高さは15mである。Charles Creekと同様の設計となっている。

（流域面積1.8km²、流路長2.4km）である。この溪流も1980年代の始めに土石流によりたびたびHighway 99、鉄道、人家に被害が発生している。Newman Creekの溪床勾配は下流の扇状地でも約20%と極めて急なために、遊砂地を建設するのは効率的ではないと判断され、導流工（流路工）（写真-3）により土石流を速やかに海（Howe Sound）へ流下させる対策が採られた。このため、元の流路とは別に新しく流路を開削して、375m³/sの土石流流量を安全に流すことができる長さ約250mの導流工をB.C.州の運輸省が1986年に建設した。

(4)Harvey Creek

Harvey CreekはNewman Creekの北に隣接する溪流（流域面積7.0km²、流路長5.25km）である。この溪流でも土石流がたびたび発生しHighway 99、鉄道、人家に対して被害を与えてきている。この溪流では



写真-5 Alberta Creekの導流工（流路工）。流路はコンクリートライニングが施されている。流路沿いには人家があるため警戒避難システムが整備されている。



写真-6 Magnesia Creekの土石流捕捉施設（遊砂地+透過部（RC製））。透過部の高さは15mである。岩盤を掘削して遊砂地が作られた。透過部のRC梁は岩盤に接続している。

扇頂部にあたる谷の出口にCharles Creekの施設と同様の土石流捕捉施設（遊砂地+透過部（RC製））（写真-4）がB.C.州の運輸省により1985年に建設された。施設の計画捕捉土砂量は77,500m³であり、建設費は1985年当時で約4.4百万カナダドル（約3億5千万円）であり、現在では約その倍の金額になると推定される。特徴的なのは、左岸袖部に除石用の車両を通すためにトンネル（出入口）が設けられていることである。

(5) Alberta Creek

Alberta Creek はHarvey Creekの北に隣接する溪流（流域面積1.2km²、流路長2.6km、地質は火成岩）である。この溪流でも1980年代の始めに土石流によりたびたびHighway 99、鉄道、人家に対して被害が発生している。Alberta Creekの溪床勾配は下流の扇状地部でも約30%と極めて急なために、Newman Creekと同様に導流工（流路）（写真-5）により土石流を速やかに海（Howe Sound）へ流下させる対策が採られた。このため、流路を広く開削して、350m³/sの土石流流量を安全に流すことができる長さ約800m、幅約13m、深さ約5.6mのコンクリートで3面を囲まれた導流工をB.C.州の運輸省が1988年に建設した。建設費は1988年当時で約8.6百万カナダドル（約6億9千万円）であり、現在では約その1.8倍の金額になると推定される。

(6) Magnesia Creek

Magnesia CreekはAlberta Creekの北に隣接する溪流（流域面積4.7km²、流路長4.7km）である。この溪流でも土石流がたびたび発生しHighway 99、鉄道、人家に対して被害を与えてきている。この溪流では

谷の扇頂部にあたる谷の出口に土石流捕捉施設（遊砂地+透過部（RC製））（写真-6）がCharles Creek, Harvey Creekの施設と同時期の1985年に建設された。施設の構造もCharles Creek, Harvey Creekの施設とほぼ同様であるが、Magnesia Creekの場合には建設地が岩盤であったために、袖部を盛土するのではなくて溪床の岩盤を掘削して掘込み式の遊砂地（遊砂池）を建設した。このため、透過部は岩盤に直接接続されている。施設の計画捕捉土砂量は51,500m³であり、建設費は1985年当時で約3.1百万カナダドル（約2億5千万円）であり、現在では約その倍の金額になると推定される。

(7) Britannia Creek およびM Creek

Britannia Creekでは1921年10月28日の豪雨時に、上流の銅鉱山専用の鉄道の溪流横断部盛土のカルバート（2.4m×2.4m）が流木等で閉塞されて盛土の上流部に湛水（53,000m³）が生じた後に決壊し、これにより発生した洪水が下流の鉱山町を襲い、37名の死者が発生し、約60棟の人家が破壊された。

60年後の1981年10月28日の豪雨により、Magnesia Creekの北に隣接するM Creek（流域面積3.8km²、流路長3.5km、地質は花崗閃緑岩）では土石流が発生してHighway 99の橋梁が流出し、その後で通りかかった自動車5台が谷に転落して乗員9名が死亡した。その後、土石流対策として、クリアランスの大きな橋梁（計画洪水位から橋梁桁下までの高さが13m）がHighway 99に架けられている。

2.2 Squamish からWhistler (Highway 99)

(1) Rubble Creek およびThe Barrier

Squamishの北方約30kmにあるRubble Creekの上流



写真-7 高さ約500mの急崖であるThe Barrier。溶岩からなりこれまでに幾度が大崩壊を起こしている。崩壊した土砂は下流のRubble Creek（写真手前）を流下して本川との合流点付近に扇状地を形成している。



写真-8 Whistler Creekの下流流路部から上流部を望む。流域はスキーマのリゾート地として有名である。巨石を用いて環境・景観との調和をはかっている。

に大規模崩壊地のThe Barrier（写真-7）がある。The Barrierは氷河期の約1万年前に、Mt. Price（2049m）の噴火により流下した溶岩が氷河に阻まれて停止し固結したもので、その後氷河が融けたために高さ約500mの巨大な溶岩の急斜面（急崖）となって残ったものである。その後、風化等によりこの急斜面は脆弱化して、大規模な崩壊が幾度か発生している。最近では1855から1856年にかけての冬期に約2千5百万 m^3 に上る大規模な崩壊が発生し、崩壊により生じた土砂はRubble Creek（写真-7）を約6.5km流下してCheakamus川合流点付近まで達して停止・堆積した。崩壊の引き金になったのは地震あるいは地下水の流れの閉塞によるものと言われている。現在もThe Barrierは急な斜面のまま残っていることから、将来同じような大規模な崩壊が発生することが懸念されており、Rubble Creek下流の扇状地



写真-9 Whistler Creekに設置された土石流捕捉施設（debris barrier）（上流のもの）。透過部は鋼製で、高さは12.5mである。

（Garibaldi地区）は危険区域として、住宅等の建設が禁止されている。

(2)Whistler Creek

Whistler Creekはスキーリゾート地として有名なWhistler地区の南部に位置しており、流域面積は約8 km^2 である。下流扇状地にはリゾート施設が建設されており、流路に沿ってスキーゲレンデおよびリフトが設置されている。上流の標高は約2190mであり、溪流の平均勾配は約1/3.2（18°）と急であるため、Whistler Creekでは土石流が発生し易い状況にある。最近になって、Whistler Creekの下流扇状地における再開発が計画され、新たに宿泊施設が建設されることとなったため、州の開発許可条件として民間の開発会社が土石流および洪水に対する対策を実施した。

土石流および洪水対策計画ではWhistler Creekにおける200年確率降雨による洪水流量は35 m^3/s であり、土石流による流出土砂量は約25,000 m^3 と算定された。さらに、これらの中間的な現象として、土砂濃度の低い鉄砲水（土砂流、debris flood）という現象についても考慮しており、それによる土砂量として1,000 m^3 を想定している。

対策施設はコンサルタント会社により次のように計画・設計された。宿泊施設の建設予定地（扇状地）の上流に土石流捕捉施設（debris barrier）を2基建設し、その下流の流路部約600mは洪水および少量の土砂が安全に流下可能なように通水断面を大きくする。流路部は浸食に耐えるように巨石を溪床・溪岸部に積み、部分的に巨礫の隙間をグラウトしている（写真-8）。さらに橋梁については通水断面を大きく



写真-10 Fitzsimmons Creekの下流流路。1991年8月の災害後に改修された。スキーリゾート地で有名なWhistlerの中心部を流れる渓流である。

する。2基の土石流捕捉施設は鋼製の透過型砂防堰堤（写真-9）であり、上流部のは巨礫を捕捉するもので高さが12.5m、捕捉土砂量は24,000m³であり、下流のは上流のものよりも粒径が小さい礫を捕捉するためのもので捕捉土砂量は1,000m³として計画された。鋼製の格子部の設計にはピーク流量400m³/sの土石流が6m/sで流下するとして、衝撃力は直径2mの巨礫が速さ5m/sで衝突するものとして設計された。これらの施設は1999年に建設され、工事費は約5百万カナダドル（約4億円）であった。

(3)Fitzsimmons Creek

Fitzsimmons Creek（写真-10）はWhistler Creekの北約4kmに位置する渓流であり、流域面積は約93km²、最上流部の標高は約2600mであり、下流の扇状地はWhistler スキーリゾート地（標高約630m）の中心地となっている。Whistlerにおける年平均降水量は約1415mmと比較的多く、流域の山腹斜面の傾斜は急であり、溪床勾配も比較的急で、土石流が発生し易い地形・地質・気象条件にある。Fitzsimmons Creekの下流部の溪床勾配は約1/20（3°）と比較的緩い。

Fitzsimmons Creekでは1991年8月29-30日に鉄砲水（debris flood）による災害が発生した。この降雨量の生起確率は10～20年であり、それほど大きくはなかったが、夏期としてはおそらく100年に1回程度の希な降雨であった。この豪雨により上流の山腹斜面では浸食により多くのガリーが発生し、生産された土砂は洪水に運ばれてFitzsimmons Creekの扇状地まで流下した。移動した土砂は流域全体ではおよそ100万m³と推定されており、そのうちの約130,000m³



写真-11 Pattersen Creekの扇状地における土石流の流下痕跡。下流はトランスカナダハイウェイである。

が下流の扇状地まで流下して堆積したと推定されている。このため下流の扇状地部では溪床が上昇して洪水が各所で氾濫し、扇状地上の家屋、鉄道・道路等の施設に大きな被害を与えた。災害後、流路の整備が行われた。

2.3 Fraser Valley およびHope

Fraser Riverはカナディアンロッキーに源を発して北から南に流れ、さらに曲がって西に流れて太平洋に流入する大河川であり、バンクーバーはこのFraser Riverの沖積平野の上に建設された。Fraser Riverの下流部はバンクーバーの東部を流れており、Fraser Valleyと呼ばれており、カナダの東西交通の要衝の地あり、国家的にも重要なトランスカナダハイウェイ1号と鉄道が河沿いに通過している。

Fraser Valley周辺の山地は白亜紀から第三紀の花崗岩や変成岩および火成岩からなっており、度重なる隆起により断層や亀裂が発達しており地質の分布は複雑である。Fraser Valley周辺の地形・地質は氷河の発達・衰退による影響を強く受けており、さらに海面の上昇・後退による影響も強く受けているため地形は複雑である。このような複雑な地形と地質を反映してFraser Valley沿いには大規模から小規模な地すべりが数多く分布しており、さらにこれに人為が加わって土砂災害が多数発生している。

(1)Pattersen Creek

Pattersen Creek はFraser Valleyの左岸（南）側斜面に位置し、地質は新第三紀の花崗閃緑岩であり、流域面積は6.1km²で、最上流部は標高約1,500mの急勾配渓流である。この渓流では1983年7月に土石流が発生し、約30,000m³の土砂が流下して下流のトラン



写真-12 Ted Creekの扇状地下流部。トランスカナダハイウェイを横切っているボックスカルバートの流木による閉塞を防止するために鉄道のレールを用いた流木止めが設置されている。



写真-13 Silverhope 地区は落石の危険区域である。これまでも幾度か被害を受けている。

スカナダハイウェイや鉄道に被害を与えた（写真-11）。この災害の後で、ハイウェイの上流約200mのところ、貯砂量約40,000m³の遊砂地が建設された。この流域では1960～1970年代にかけて森林の伐採が行われており、この際に作られた林道の盛土部の崩壊が土石流の引き金になったと思われる箇所が少なくとも3箇所認められたと報告されている。

(2) Ted Creek

Ted Creek はPattersen Creekの東約1kmにある溪流である。流域の半分の地質は花崗岩であるが表層には氷河による堆積物（氷成堆積物）が分布している。Ted Creekでは記録に残る限りではB.C.州の太平洋岸地域としては最大の土石流が発生した。また、Ted Creekはこの地域の土石流発生流域と同様に、流域面積が小さく（2km²）、基盤岩の傾斜ほどには急ではないが比較的急勾配な流域を持つという特徴を有している。Ted Creekは最上流部が標高1040mで最下流が標高10mである。上流の平均渓床勾配は約25°と急であり、下流の扇状地の平均勾配は約10°（18°から2°の範囲）である。

Ted Creek周辺の溪流では、1983年7月12日の豪雨により18溪流で土石流が発生した。これらの溪流では上流の二次谷における崩壊により土石流が発生した。浸食された支川の溪流の延長は約4,400mである。扇状地へ流下した土砂は約60,000m³であり、土石流の流下痕跡からピーク流量は564m³/sと推定された。扇状地の末端付近では堆積した土砂の厚さは約7mになり、これらの堆積土砂はハイウェイと鉄道のカルバート（幅7m、高さ3m）（写真-12）を埋めて、ハイウェイと鉄道上にオーバーフローしたためにこれらの盛土の一部が洗掘されて通行が不能となった。1984年1月の豪雨により扇状地に堆積した土砂のうちの約10,000m³が再移動した。1985～1986年においてこれらの堆積土砂は掘削されて他のハイウェイの建設用の土砂として利用された。

(3) Silverhope

Silverhope地区はFraser River沿いに走るトランスカナダハイウェイに面した集落で落石の危険地域である（写真-13）。この地区に面している急勾配斜面は集塊岩と閃緑岩からなり、高さは約1,000m、勾配は約50°である。Silverhopeの集落内には過去に落下して停止した巨大な岩塊が存在しており、落石が集落内まで到達する可能性が高いことを示している。既往の調査から落石の危険範囲としては、斜面下部に堆積している崖錐の頂部から俯角27.5°で引いた線の範囲と考えられている。

(4) Hope Creek

Hope Creek は流域面積が約4km²で、標高が1400mから200m、平均渓床勾配が1/2と急勾配な溪流である。1989年11月10日の豪雨（およそ25年確率の降雨）により土石流が発生して下流の扇状地を流下した。扇状地の下流部には石油パイプラインが埋設されて



写真-14 Hope Creekの扇状地下流とHighway 3。1989年の土石流堆積物が見える。

おり、パイプラインを埋めていた盛土部が土石流の通過により洗掘された。さらに土石流は扇状地末端を走るHighway 3（写真-14）の路面上に堆積し、このためHighway 3は3日間通行止めとなった。流下した土砂の量は約5,000m³であり、最大の礫径は約3mであった。この災害の後で、石油パイプラインはさらに深い位置に埋められた。

(5) Hope Slide

Hope Slide（写真-15）はB.C.州における代表的な大規模斜面崩壊と言える。Hope Slideは1965年1月9日の朝、次のような経過で発生した。①朝4時頃の最初の崩壊により流下した土砂が、斜面の下を走るHighway 3に達して堆積したために数台の車がHighway 3上に停止した。②朝7時頃発生した2回目の崩壊により停止していた車の乗員のうち4名が亡くなった。

Hope Slideはバンクーバーから東へ約150km離れたHighway 3に沿いにあり、カスケード山脈の南に位置する。崩壊した土砂は全体で4千8百万m³に達し、崩土はHighway 3を79mの厚さで埋めて4名の死者を発生させ、さらに夏の別荘2棟を破壊した。Hope SlideはNicolum Creek（北西側）とSumallo River（南東側）の分水界に位置しているために、崩土による川のせき止めは発生しておらず、従って天然ダムは形成されなかった。

崩壊した斜面はJohnson Peakの南側斜面であり、崩壊上部の標高は1800m、崩壊下部の標高は1050m、斜面下部の谷底の標高は約700mであり、崩壊部の長さは約1.3km、最大幅は約1.3kmであり、斜面の平均勾配は約34°と急である。地質はペルム紀から



写真-15 Hope Slideは1965年1月9日に発生した。崩壊土砂量は約4千8百万m³である。

ジュラ紀のグリーンストーンで断層および亀裂が発達している。グリーンストーンの中には珪長石の層が挟まれており両者の接触面の一部には断層粘土が認められ、この面をすべり面として1回目の崩壊が発生したと推定されている。2回目の崩壊規模は1回目よりも大きく、崩土は対岸の山腹斜面に比高約150mで乗り上げた。Hope Slideは当初は地震によるものと推定されていたが、後の調査で、観測された震動は崩土が谷底に衝突した際に生じた震動であることが分かり、地震により大崩壊が発生したのではないと結論づけられた。この大崩壊の原因は未だ定かではないが、長い間に山体の変位（サギング）が徐々に進行して山体が不安定化し崩壊に至ったと推定されている。

3. まとめ

カナダの西部に位置するB.C.州における土石流災害と研究・対策の現状を調査し、今後の日本とカナダの協力方針について討議した。以下にその概要を示す。

- (1)カナダにおいては地形的な要因と人口分布などの社会的な要因により主として西部のカナダディアンロッキー山脈周辺において土石流災害が発生している。その中でも、人口密度が高いバンクーバー市周辺の住宅地やハイウエイで土石流による災害が多発している。このため、今回の研究・調査ではバンクーバー市の周辺において現地調査を行った。
- (2)カナダのB.C.州では1981年から1985年にかけて土石流災害が多発した。これらの土石流災害を契機

にカナダにおける土石流研究や対策が急速に進んだ。

- (3)カナダにおける土石流対策は、州（ハイウェイの防災として）が行う場合と、市（住宅地の防災）および民間開発業者（リゾート地の開発）が行う場合がある。州および市が行う場合は一般的に、災害が発生した後の溪流で対策施設を設置する場合が多く災害復旧的な要素が多い。民間開発業者が行う場合は予防的な場合が多い。対策は砂防ダム、導流堤等の施設によるものが主である。ソフトな対策はあまり進んでいない。
- (4)土石流に関する研究としては発生に関するものが多く、ついで、対策施設に関するものが多い。発生に関するものとしては、地形・地質・降雨・森林伐採、林道等の要因に関するものが多い。特異なものとしては、カナダでは氷河湖の決壊に伴う土石流の発生がある。
- (5)土石流災害は自然条件と社会条件により変化するものであり、これらが異なる日本とカナダについて比較して研究することは両者にとって大変有益であると考えられる。今後とも、両者で情報交換・交流を行っていくことで会議が締めくくられた。