

んだ対岸までの調査を行った。また、高橋・遠藤(1997)に報告されているように湧水などの現地計測及び分析を行った。5月19日には、澄川の東側登山道を経由して現地に入った。澄川と赤川間の尾根周辺の調査を行うとともに、地すべり箇所から下流側の流下堆積物について調査した。また、その後大沼まで引き返し、赤川橋側から上流に向かい、赤川温泉の上流側までの調査を行った。

5月12日撮影の空中写真(本号;口絵1参照)では広い範囲に残雪が残っていた。しかし、現地調査の時点ではその大部分が解け、樹木の大部分も芽吹き、周辺の状況は一変していた。災害が発生した時点で、樹木は展葉の直前の状態だったので、空中写真と本号の口絵に示す現地調査時点の写真とでは、周辺の様子が大きく異なる。

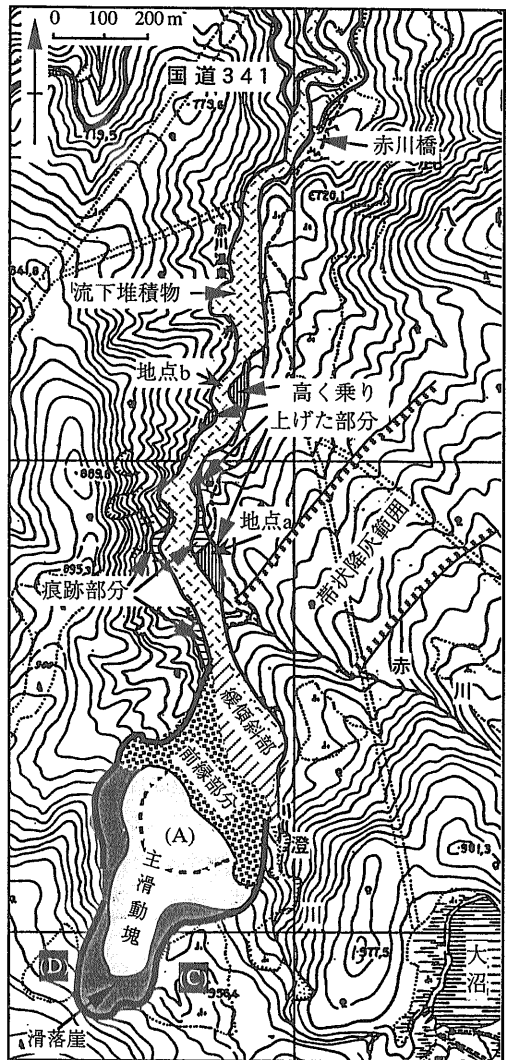
3. 空中写真判読結果と今回の地質現象の疑問点

5月12日に撮影された空中写真(本号:口絵1参照)及び地すべり発生前の空中写真を判読し、今回発生した地質現象について検討した。その結果、今回の地質現象には次のような特徴と多くの疑問・問題点があることがわかった。



第2図 地すべり前の原地形と地すべりの範囲。(A)～(D)は今回の地すべり及び隣接する平坦部分。地形図は縮尺1万分の1仙岩広域地熱地域地形図(5940-76-c, 地質調査所)の一部。

今回の地すべりの滑動範囲は、旧地形において2段の高さが異なる平坦な部分を含んでいる。第2図において、(A)で示す平坦な旧地すべり地形の部分(標高910m付近)と(B)付近の緩斜面の部分(標高960m付近)である。(B)の部分は(C)と(D)で示す平坦な部分の間に位置し、それらの縁が今回の滑動範囲の境界とほぼ一致する(第2図)。し



第3図 地すべり及び谷沿いの流下堆積物の分布図。空中写真判読結果に基づく。(A)、(C)及び(D)は第2図の平坦部分に対応し、(A)の部分が北東に移動している。帯状降水範囲のうち南縁の澄川と赤川との間付近の位置は空中写真では明確でなく記入していない。地形図は縮尺1万分の1仙岩広域地熱地域地形図(5940-76-c, 地質調査所)の一部。

かし、今回の主滑動塊の地表部分はほぼ連続的であり、一つの大きな塊となって移動した可能性がある。なぜ、一体となって滑動したのか(疑問1)。

地すべりの滑動先端部分の堆積物が欠如している。通常の地すべりでは、堆積域が認められるが、第3図に示すように、今回の地すべり堆積物の前縁下は緩傾斜になっており、その広い範囲が白色を呈している(本号;口絵1参照)。地すべり前の空中写真では澄川温泉付近の地面は白く、地すべり後も地すべりの褐色の堆積物は覆っていないことになる。一方、先端部分の堆積物が河川の流水によって流されたのであれば、流水の痕跡が残っていると考えられるが、空中写真では、そのような地形がみとめられない。なぜ、地すべりの先端部分の堆積物が欠如しているのか(疑問2)。

澄川の東側樹林地帯に、北東に向かって帯状に灰色になっている部分がある(第3図、本号;口絵1参照)。これは、水蒸気爆発による降灰の範囲と考えられる。しかし、通常では噴出源から紡錘形状に降灰の範囲が広がると考えられるが、それとは異なっている。なぜ、噴出物は広角に広がらずに帯状になっているのか。また、上記の旧澄川温泉付近の白色部分とともに、降灰が水蒸気爆発によるものとして、その爆発源の位置や地すべりとの時間的な関係、あるいは地すべりの発生との因果関係はどうなのか(疑問3)。

土砂が流下した谷では、堆積物が谷の片方だけに高く乗り上げている部分が認められ(第3図参照)、土砂は高速で谷沿いを流下した可能性がある。谷の勾配が緩いにもかかわらず、なぜ高速で流下したのか(疑問4)。

一方、今回の地すべりの滑動部分の南側の旧地すべり地形上には、雪がとけた谷筋が2カ所に認められる。それらは、今回の地すべり・水蒸気爆発の発生と無関係なのであろうか(疑問5)。

4. 地すべり

地すべりの主要な滑動は、5月11日午前8時ごろに生じた(塚本;1997)。以下では、この主要滑動について述べる。

現地調査の範囲は、主滑動塊の前縁部分であり、そのなかの主に南側である。この前縁部分(第

4図参照)は、全体としてなだらかな斜面をなしている。その東部には、地すべりの側方崖に沿って小高い部分が存在する(第4図噴石の「石」付近)。そこに多くの地割れが認められる。前縁部分の下側は、より緩い緩斜面である。これらの前縁部分やその下の緩傾斜な部分には、先に述べた疑問2に関して、現地調査においても顕著な浸食の痕跡は認められなく、地すべり先端部分の堆積物が流水によって流出したとは考えられない。

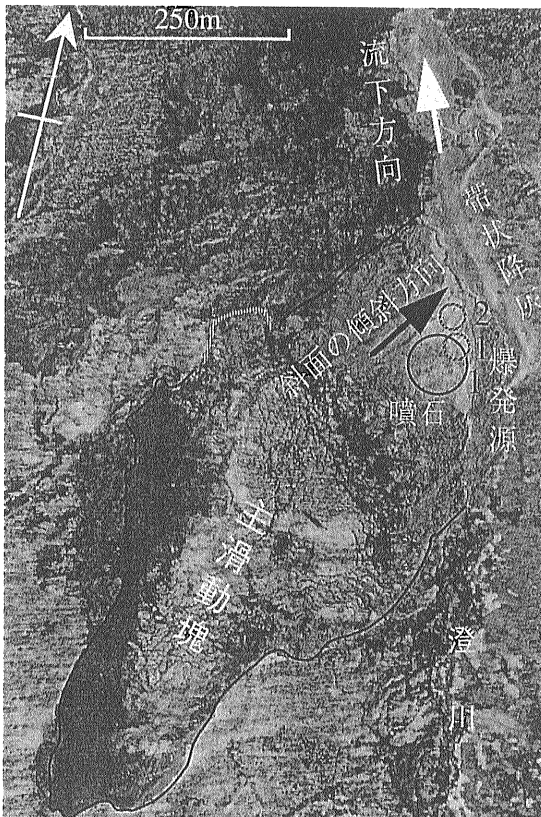
地すべりを構成する堆積物は、主滑動塊の前縁部分では、褐色で、土砂状をなし、東側の側方崖付近では径が1mを越えるような大きな岩れきは少ない。一方、後述する爆発の推定場所の南側、上記の小高い部分の北側に沿って、径が数mを越える大きな岩れきが露出し、ここでは細粒な土砂状の堆積物が欠如している。この場所付近では、空中写真で小さな沢状の部分が認められ、流水によって細粒分が洗い流されたようにも考えられる。しかし、現地調査では、本号の口絵4に示されるように、空隙を充填した堆積物が認められず、灰色の噴出物によってコーティングされた岩れきが重なっている。このため、この部分についても、土砂が堆積した後に、細粒分が流水によって2次的に流出したとは解釈できない。

地すべり直下の地層については、第5図に示されるように、地すべり前縁部分の北端付近で岩盤が露出している。この場所では、この岩盤露出部分から下側が緩傾斜になっており、地すべりの脚部から先の先端部分が欠如していることになる。

地すべりの前縁下の緩傾斜の部分には、次に述べるように、現地で灰色を呈する堆積物が地表に存在する。

5. 水蒸気爆発

上記の灰色部分付近の樹木には、幹の片方に泥状の堆積物がついていたり、それが剥がれた跡の痕跡が認められる。また地面に岩石片が散在している場所が認められる(本号;口絵5)。これらは水蒸気爆発の発生を示す。以下に、それらの堆積物などの状況を、澄川を挟んだ西岸側と東岸側とに分けて述べる。



第4図 地すべりと斜面傾斜方向・土砂流下方向及び爆発源推定位置。爆発源の1は現地調査に、1'及び2は空中写真判読結果に基づく。噴石の文字の範囲が、地すべり上の噴石確認範囲。流下方向の矢印の部分で、土砂は谷の片方に乗り上げており、高速であった。一方、斜面の傾斜方向は矢印に示すように、それとは異なっている。斜面で高速になったすると、帯状降灰の文字の部分付近に土砂が乗り上げることになるが、そのような痕跡は認められない。空中写真は国際航業株式会社5月12日撮影のもので、本号の口絵1とは撮影位置が異なる。

1) 推定爆発源付近の状況

幹についた噴出物の方向及び倒木の方向などから推定した爆発源の場所は、澄川温泉があった場所にほぼ一致する(第4図爆発源1)。また、その北側では、空中写真で窪んだ部分が認められ、それらも噴出源の可能性がある(第4図爆発源1', 2)。

これらの噴出源の南側の地すべり堆積物上(第4図参照)には、最大径20cmを含む灰色の角れき状の岩石片が地面に散在する(本号;口絵5)。この場所付近では、シルト大などの細粒噴出物は認めら

れず、大部分が径数cm以上の噴石である。噴石の一部は地面の落葉の上を覆っているが、落葉には焼けた痕跡がなく、噴石はそれほど高温だった形跡はない。また、落葉上では落下に伴う窪み等も確認できなかった。

なお、噴石が覆っている上記の地すべり堆積物は、11日の主要滑動後に再び下方に移動した可能性がある。12日に撮影された空中写真と現地調査時点の状況を比べると、現地調査時点では地割れが多いことなどが、その理由である。したがって、噴石が散在していた地すべり堆積物の位置は、地すべりの主要滑動直後では、より上方の位置であった可能性がある。

ところで、地すべりの亀裂のなかに噴石が存在するか否かは、地すべりの主要滑動の進行と爆発の発生との前後関係を明らかにするうえでも重要である。現地調査では、噴石は、落葉が覆っている地面とともに、土砂が露出した部分の一部にも認められる。全く認められない部分は、上記のような副次的な移動による亀裂部分などに相当する。

これらのうち、土砂が露出した部分における噴石の散在密度は、落葉上と比べると有意に少ない(本号;口絵5)。また、落葉上の方に大きな岩片が多い。これらが事実だとすると、噴石が放出された一定時間内、あるいは数度にわたって放出された時間内に、地すべりの滑動が進行したことになる。

上記の場所よりも低い緩斜面(本号;口絵3)には、シルト大などの細粒な噴出物がより粗粒な噴出岩片とともに地表に分布する。これらの灰色の



第5図 地すべり下の岩盤(5月19日撮影)。地すべり前縁北部を、澄川を挟んだ対岸から望む。写真右側中央部に岩盤が露出している。



第6図 爆発源推定位置付近における縦に裂けた樹木 (5月18日撮影)。第4図爆発源1内における樹木の様子を示す。

堆積物は、本号の伊藤ほか(1997)で詳しく報告されているように、温泉変質を受けた岩石の破片から主に構成され、同種の細粒な噴出物で表面がコーティングされている。その堆積物の厚さは、澄川岸付近で数10cm以上に達するが、下限は明らかでない(本号;口絵9)。単に地表を覆っているにすぎないのか、あるいは破碎された堆積物が地下まで存在しているかについては、今回の現地調査で確認できなかった。

この周辺における樹木の幹の片面に付着している噴出物の厚さは1cm程度である。その付着方向や樹木の倒れた方向は、全体として一定の範囲のなかに収斂し、先に述べたようにその範囲が爆発源の位置と推定できる(第4図)。この範囲の中に、第6図に示されるように縦に裂けた樹木が認められる。

2) 澄川の東岸側における状況

澄川を挟んだ地すべりの対岸では、空中写真で、北東に向かって、幅200m~300mの範囲が、帯状に灰色になっている(第3図)。

この範囲では、地表に灰色の堆積物が分布する(本号;口絵6参照)。澄川河岸(現河床の7m程度上)では、厚さ2cm程度以下で、大部分が粗粒砂以下の堆積物が地面を覆う。この堆積物の堆積構造を明らかにすることは、その流送・堆積メカニズムを明らかにするうえで重要であるが、この場所では厚さが薄く、また降雨等による水を多く含んでおり、堆積構造は観察できなかった。

一方、この付近の樹木の幹にも、片面に噴出物

が付着している。それらの多くは現地調査の時点で剥がれていたが、痕跡が確認できた。それらの付着方向は、上記の噴出源推定位置の方向に一致する。

それらには、樹木の下部に褐色の泥が付いたところが認められた。また、2層にはがれる状態の部分も認められた(本号;口絵7参照)。この幹の下部の堆積物を採取して、接着剤で固めて断面を観察した。下部層は比較的淘汰が良く、粒子間に空隙が認められる。上部層は細粒化というよりも、むしろ淘汰が悪く細粒分をより多く含む。表面は泥が膜状に覆っているが、それは堆積後の降雨などによるものと考えられる。この堆積物を水洗し、構成粒子を観察した結果では、大部分が灰色の変質した岩石の破片からなり、褐色の粒子が含まれる割合はわずかである。

上記の場所から斜面をさらに7m程度登った場所では、地面を覆う噴出物の上部に、上記よりも粗粒な径数mmの岩片が散在している。

さらに上の尾根付近においては、厚さ8mm程度の噴出物が地面を覆っている。この堆積物は、下部が粗粒砂程度で、上部がシルトサイズと観察された。しかし、この場合も詳しく調べると上部は淘汰が悪い状態の堆積物の可能性がある。この堆積物の上部にも径数mmの岩片が散在している。

この尾根付近からやや下った場所の横に張り出した樹木の枝には、噴出物は斜め下方についている(本号;口絵8参照)。このことは、この付近では主に斜め下方から噴出物が吹き付けたことを示す。

澄川の東側登山道、澄川と赤川間の尾根付近において、噴出物が分布する範囲の縁辺部では、細粒の噴出物が径10数cmの斑紋状に一部に固まって地表に散在する。これらは、樹木についた噴出物が降雨などによって落下し、2次的に堆積したものの可能性がある。空中写真に認められる灰色の帯の境界付近では、噴出物の大部分が樹木に付着し、地面に直接堆積した量は少ないと考えられる。

東岸側の樹木の樹皮や枝には、噴出物等による損傷は認められなかった。一方、現地調査の時点で、澄川の東岸に隣接する樹木では、芽が噴出物に覆われて展葉していない。芽吹き直前に噴出物に覆われたために、枯れたものと推測される。噴出物に含まれる化学成分などによる影響を受けた

可能性もある。

なお、塚本(1997)に述べられているように、今回の地すべりの主要滑動時には、赤川温泉付近でも水蒸気爆発が生じた可能性がある。しかし、赤川温泉付近では、今回の現地調査において降灰の痕跡は確認していない。

6. 岩屑なだれ・土石流

谷沿いを流れ下った土砂は、赤川温泉付近まで主に岩屑なだれになって流下したと考えられる。その根拠として、谷沿いの堆積物に次のような特徴が認められる。

第1に、谷沿いを流下した土砂の流路は、第7図及び本号口絵10に示すように谷の片側に堆積物が乗り上げている一方、その上流の対岸では土砂が達した痕跡が河床のわずかに上には認められない場合がある。それらの上面の比高差が両岸で数10mに達していることがある。また、土砂の流路の折れ曲がり部分では、谷壁に痕跡が残り、ぶつかって跳ね返ったような流路を示す(第3図参照)。水で作られた溝を滑走するボブスレーに例えると、半円状の断面を左右しながら高速で通過して行ったというより、直線的に進みコースアウトして空中を舞ったような部分や、壁にぶつかって跳ね返ったような場所が認められる状況である。したがって、谷の全体を埋めたてるように土砂が流下したのではなく、谷をかなりの高速で、一部では直線的に流

下したと考えられる。

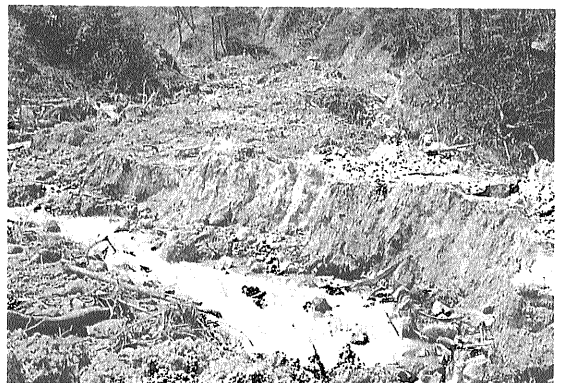
第2に、堆積物の表面に縞模様が認められることである。この特徴は、むしろ現地調査で顕著に認められ、流下方向に平行な方向のものが認められた(本号;口絵9・10参照)。一方、空中写真では、褐色の土砂の中に白色の部分が不定形のアメーバ状に認められる。また、地表面には不規則的な凹凸が認められる。これは、流水による侵食地形とは異なり、岩屑なだれ堆積物に認められる流山の地形に相当するものである。

第3に、堆積物の表面が縞模様になっている部分では、堆積物の構造が縞模様から垂直方向に同種の堆積物であり、灰色と褐色の堆積物がサンドイッチ状をなしていることがある点である。また、別の場所における堆積物の断面では、ルーズな堆積物でありながら同種からなるブロックの部分と、種々のものが混合したマトリックスの部分が識別できることである(本号;口絵11)。さらに、空中写真で堆積物の表面が不定形をなすような場所でも、第8図に示されるように、ルーズな堆積物が地表の堆積物と同種で垂直方向に分布しているのが観察できる。これらのことは、谷沿いを流下した未固結の土砂状の堆積物は、乱流となって全体が混合されたのではなく、ブロックとして運搬されたことを示す。

さらに赤川温泉付近から上流側では、径が1mを越えるような大きなれきが少ないことも特徴として指摘できよう。大きな岩れきは、例えば第7図に示



第7図 谷の対岸に乗り上げた土砂、大きな岩れき及び建物の残骸(5月19日撮影)。第3図の地点a付近。残骸は澄川温泉の建物のものと推測される。



第8図 谷沿いの流下堆積物(5月19日撮影)。第3図の地点b付近。写真中央部の灰色の堆積物は、両側の褐色を帯びた堆積物に挟まれて、上面から同種の堆積物が縦方向に分布する。

されるように谷を高く乗り越えた頂部付近に残っている。一方、赤川橋付近では、身長を越えるような大きなれきが多く認められる(本号;口絵12参照)。土石流などでは、一般的に粒径や密度が大きくなれきほど谷底に残る。今回の谷沿いでは、逆に大きなれきの多くが赤川橋付近の遠くまで運搬された。

これらの特徴は、御岳山の岩屑なだれ堆積物(粟田ほか, 1984, 三村ほか, 1988)と共通点が多く、また岩屑なだれ堆積物に認められる一般的な特徴(三村・遠藤, 1997)と一致する。従って、赤川温泉付近まで、土砂が岩屑なだれとなって、谷沿いを流下したと推定できる。また、その下流では水を多量に含んだ土石流となって(本号;口絵12参照)、流下したと考えられる。

7. 疑問に対する現地調査結果

現地調査前の疑問について、先に述べた順番の後の方から述べる。

疑問5に対しては、本号の高橋・遠藤(1997)に結果が詳しく報告されている。雪がとけた谷筋では、温泉の恒常的な湧出が確認され、それらの部分の融雪は今回の一連の地質現象の発生に直接的な関係はないと考えられる。一方、この調査結果は、谷底に対して高い位置でも、わずかながらも温泉が湧出していることを示す。このことは、周辺の地下で温泉変質が進行している可能性があることを示唆する。そのような長期間にわたる変質の進行が、今回の地すべりの発生に間接的に関係している可能性があるといえよう。

疑問4の流下速度が高速だった理由として、岩屑なだれとなって谷沿いを土砂が流下したからと答えることができる。

しかし、岩屑なだれの発生・流動メカニズムについては不明な点が多い。岩屑なだれは、数10mを越えるような大きな岩塊を含み、高速で斜面を流下する現象である。したがって、岩塊の部分は混合されず、層流の状態でかつ高速で運搬される。そのためには、岩塊を上方に支えることと地面に対する動摩擦抵抗の極端な低下が必要である。

そのメカニズムとして、三村ほか(1988)によると、次の様な可能性が指摘されている。一つは、

高い圧力の空気が関係するもので、岩屑が粉体流となって流れるもの、あるいはホバークラフトのように岩屑が底面下の圧縮された空気の上に乗って流下するメカニズムが考えられている。また、水を含む粘土などが滑剤となるメカニズム、あるいは岩屑の空隙中の水が高速度で移動し、これによって高密度の流体ができることによるメカニズムが考えられている。さらに、自動車の急停車時におけるハイドロプレーニング現象と類似の現象で、水が岩屑の荷重をささえ、摩擦抵抗が低下して流下するメカニズムも提案されている。

ところで、岩屑なだれの多くは、数10m以上といった巨大な岩塊や土塊を含む大規模なものである。その規模が大きいために現象の再現が難しく、また、突発的に発生し高速で流れるために観察することも極めて難しい。そのため、岩屑なだれのメカニズムには不明な点が多いが、今回の岩屑なだれは、小規模で、また堆積物やその経過に関する多くの資料(塚本, 1997)が残されており、メカニズムについて検討するうえで貴重なものであるといえる。

疑問3の水蒸気爆発に関係する疑問の多くについては、前節の調査結果のなかで述べた。しかし、なぜ広角に広がらずに帯状に降灰があったかという疑問が残る。

また、疑問2における地すべりの先端部分の堆積物が欠如した理由についても、水蒸気爆発との関係を検討する必要があり、これらについては次節で検討する。

疑問1の地すべりが一体となって滑動した理由については、今回の地すべりがなぜ発生したかという難しい問題と密接に関係すると考える。つまり、今回の地すべりは、春先の融雪期に発生しており、降雨や融雪によって浸透水が多かったことが関係している可能性はある。しかし、そのような外的な要因が主要であるなら、一体となって滑動するよりも、むしろ旧地すべり地形毎などで、それぞれの地塊が移動する可能性が高いと考える。

今回の地すべりの発生場所は、旧地形において、旧澄川温泉の位置から滑落崖の最も高い地点まで150m程の比高がある。中段の旧地すべりの平坦な部分(第2図, (A))は、旧地形で旧澄川温泉から約60m程高い場所で、上記の最も高い場所

までにはさらに90mの高度差がある。これらの全体が一体となって滑動したことに基づく、すべり面も連続的なものであったと考えることができる。そのようなすべり面の深度は、上段の移動塊に対して深い位置にある。深い位置で連続的なすべり面が形成された要因には、その深度での変質の進行や、摩擦抵抗が小さくなるような内因的な要因が、深く関与していると考えられる。

8. 一連の地質現象の関係について

以上のように、今回の災害に関係する多くの地質現象には、それぞれの現象について検討課題が多い。一方、それらの相互関連を明らかにすることも課題であり、以下で検討する。

地すべりと水蒸気爆発との時間的關係については、先に指摘したように、地すべり堆積物上の噴石の分布密度から、それらの発生時間は重なっていた可能性がある。この現地調査結果は、塚本(1997)による検討結果と一致する。

したがって、水蒸気爆発を生じた地下における圧力上昇は、地すべりの主要滑動以前から進行していたと考えることができる。地下におけるこの圧力上昇は、地すべり面上の土塊を持ち上げるように働き、摩擦抵抗を結果的に低下して、地すべりの滑動を進行させた可能性がある。

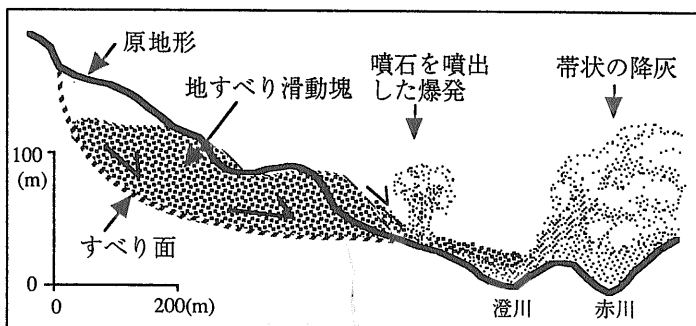
また、岩屑なだれの発生と水蒸気爆発との関係についても、密接な関係があると推測できる。第4図に示す谷沿いの矢印の場所付近では、堆積物は谷の片方に乗り上げており、流下土砂は既に高速であった。しかし、地すべり前縁及びその下の緩斜面の傾斜方向(第4図参照)は、上記の谷沿いの堆積物の流下方向とは大きく異なる。堆積物が緩斜

面で加速したとすると、その対岸に堆積物が乗り上げることになるが、そのような顕著な痕跡は認められない。したがって、地すべりの先端部分、現地形で緩傾斜の付近で、流下速度が谷沿いの流下方向に著しく加速される必要がある。その要因として、水蒸気爆発が密接に関係していると考えられる。

その具体的なプロセスとして、次のような仮説を提案する。概念図を第9図に示す。地すべりの主要滑動の移動量は第2図と第3図の(A)の平坦面の移動量に基づく50m程度である。この地すべりの前縁で二次的な崩落が生じ、その土砂が澄川に向かって移動した。爆発による噴出物がこの土砂の底面に吹き付けられた。土砂と吹き付けられた堆積物は高速化しつつ谷沿いの方向に向かって移動した。また底面下の高い空気圧は流下する土砂と東岸の谷壁との間から放出された。このことによって地すべりの先端部分の土砂が、流下方向を変え、なおかつ加速して岩屑なだれになったと考えることができる。そのために結果的に地すべりの先端部分の堆積物が欠如した。

この仮説では、大きな噴石が澄川の東岸側に認められないことの説明も明解である。つまり、南側では比較的粗粒な岩片が地上に直接放出されたが、地すべりの対岸側では、粗粒な噴出物が土砂とともに下流を流れ下り、細粒分のみが地上に噴出したと考えられる。このことは、噴出物と同種の灰色の堆積物が、谷沿いの流下堆積物に多量に含まれることと一致する。

さらに、細粒噴出物が地すべりからの土砂と澄川東岸との間から噴出したとすると、地すべりの前縁に相当する幅の延長上に、帯状に噴出物が分布する説明にもなる。



第9図

地すべり、水蒸気爆発によって岩屑なだれになった土砂及び噴石・降灰の關係の概念図。原地形は第2図の地形図に基づく、地すべり中央部を通る断面を示す。

このように、今回の岩屑なだれの発生要因には、ホバークラフトのエアークッション及び谷の方向への土砂の押し出しを生じた爆発の影響・役割が大きかったと考える。しかし、この高速化した土砂がさらに下流を流れ下ったメカニズムは別のものである可能性が残されている。流下堆積物の周辺にそれらから放出された噴出物が認められなかったことがその理由である。高圧の空気が底面に存在するとそれが噴出することが考えられるからである。下流を流れ下ったメカニズムを解く大きな鍵は、サンドイッチ状などになって残っている堆積物のなかにあると考える。しかし、そのメカニズムを明らかにするためには、上記の作業仮説の検証を含め、さらに詳しい現地調査が必要である。

9. おわりに

今回の災害の名称について、「鹿角八幡平」あるいは単に「八幡平」地すべり・土石流などと呼ばれることが多かった。この付近一帯は八幡平の景勝地であり、観光に訪れる人も多い。しかし、八幡平で災害が発生したと聞いて、多くの観光客が予定を変更したとのことである。筆者らの現地調査の際にも、八幡平に通じる道路(アスピーテライン)は不通との情報があった。しかし、今回の災害は、八幡平全体に及ぶようなものでもないし、また八幡平

の観光の主要な道路であるアスピーテラインの通行にも支障がなく(田沢湖へ直接行くには赤川橋が不通で遠回りしなければならないが)、大きな障害になるようなものではなかった。災害の場所については、良く知られている地名や広域的な名称が、一般の人達にとって分かりやすい。しかし、一方では過剰な不安をもたらしかねなく、その名称も災害に関する難しい問題の一つでもある。

引用文献

- 栗田泰夫・原山 智・遠藤秀典(1984): 1984年長野県西部地震の緊急調査報告。地質ニュース, no.364, 20-31.
- 伊藤順一・川辺禎久・吉田明博・福山佳之・長澤 昭・高橋裕史・佐々木耕造(1997): 澄川温泉水蒸気爆発噴出物の構成物。地質ニュース, no.515, 44-48.
- 三村弘二・遠藤秀典(1997): 磐梯山南西麓の岩屑堆積物一大露頭はかく語る一。地質ニュース, no.513, 38-48.
- 三村弘二・鹿野和彦・中野 俊・星住英夫(1988): 1984年御嶽岩屑なだれ一堆積物からみた流動・堆積機構一。地調月報, 39, 495-523.
- 高橋正明・遠藤秀典(1997): 1997年5月11日に発生した秋田県澄川温泉地すべりに関連した緊急温泉・鉱泉水質調査。地質ニュース, no.515, 49-52.
- 塚本 斉(1997): 秋田県澄川温泉における地すべりと水蒸気爆発に伴う土砂災害の発生プロセス。地質ニュース, no.515, 53-67.

ENDO Hidenori and TAKAHASHI Masaaki (1997): Deposits of the 1997 Sumikawa Land Slide with hydrothermal explosions and debris avalanche, Akita Prefecture.

< 受付: 1997年6月10日 >

