

2004 年台風 10 号の豪雨によって徳島県那賀町阿津江で発生した 破碎帯地すべりの運動像の復元

○高知大・理 非会員 横山俊治, 高知大院・黒潮圏海洋 学生会員 村井政徳
高知大・理 非会員 中屋志郎, 高知大・理 非会員 佐々浩司, 高知大・農 正会員 日浦啓全

1. はじめに

2004 年は 6 個の台風が四国に上陸し、四国各地で崩壊—土石流を発生させた。なかでも徳島県那賀郡那賀町（旧木沢村）では、2004 年 8 月 1 日、台風 10 号（ナムセーウン）による豪雨で、他地域の崩壊—土石流とは比較にならない大規模な崩壊—土石流が発生した。阿津江で発生した破碎帯地すべり（この名称は小出¹⁾の定義による）はそのひとつである。

阿津江の破碎帯地すべりの発生源は坂州木頭川の支谷の谷頭部に位置する（図-1）。今回の変動では、谷頭部を横切って黒滝寺に向かう道路よりも下流側の、地すべり移動体の中央部から下半部で変形が著しく、その強変形領域の大部分がほぼ完全に砕け、土石流—岩屑と水の混合体—となって平均斜度 23 度の支谷を駆け下った。坂州木頭川まで流下した土石流は川幅約 180m の坂州木頭川を渡り、対岸の斜面を駆け上がった。これが阿津江の破碎帯地すべりの斜面変動のあらましである。

しかし、災害調査をこれで終えてはリアリティーがない。斜面が崩れていく様子、土砂が流れ下っていく様子をイメージすることはできない。どのような地質が発生源なのか、発生源の地質構成や地質構造さえ把握できていないのだから、リアリティーがなくて当たり前である。地形・地質という体質の中に斜面変動の根本的な原因（素因）が潜んでいて、それが斜面変動の運動様式を規制している。斜面変動の運動像の復元とは、どのような現象がどのような順序で起こったかを明らかにしようとするもので、原因究明の第一歩である。斜面変動の運動像の復元は斜面の診断の成果であり、“地球の臨床医”の勤めである。

本論では、阿津江の破碎帯地すべりの運動像の復元に向けて、これまでのところあまり報告がなされていない斜面変動発生時の現象について報告する。表題の「破碎帯地すべり」という視点は今回明らかになった新事実である。

2. 阿津江周辺の地質

2.1 地質構成

発生源から土石流末端の堆積域まで、基岩は黒瀬川構造帯の塊状の緑色岩が広く分布している。岩石名は緑色岩であるが、地表付近に露出している緑色岩のほとんどは赤紫色を示していて、雨が降ると赤紫色の水が流れ出てくる。発生源では緑色岩中に砂岩の薄層が挟在し、坂州木頭川沿いでは石灰岩の薄層が挟在している。石灰岩層の形態から明らかなように、局所的には褶曲しているが、地層の分布から推定されるマップスケールの構造は緩傾斜である。緑色岩には無数の微小断層群が網目状に発達し、個々の断層面は非常に磨かれた鏡肌になっているのが特徴である。黒瀬川構造帯では蛇紋岩も鏡肌の顕著な微小断層面群で特徴づけられる。小出¹⁾は「日本の地入り」のなかで破碎帯地すべりを特徴づける破碎帯の典型としてこのような破碎構造をもつ蛇紋岩を挙げている。このたび、黒瀬川

Reconstruction of moving picture of Azue Shear Zone Landslide induced by the heavy rainfall of Typhoon Namtheun, Naka Town, Tokushima Prefecture

○Shunji YOKOYAMA (Fac. of Sci., Kochi Univ.)・Masanori MURAI (GRASKUS, Kochi Univ.)

Shirou NAKAYA (Fac. of Sci., Kochi Univ.)・Koji SASSA (Fac. of Sci., Kochi Univ.)・Hiromasa HIURA (Fac. of Agri., Kochi Univ.)

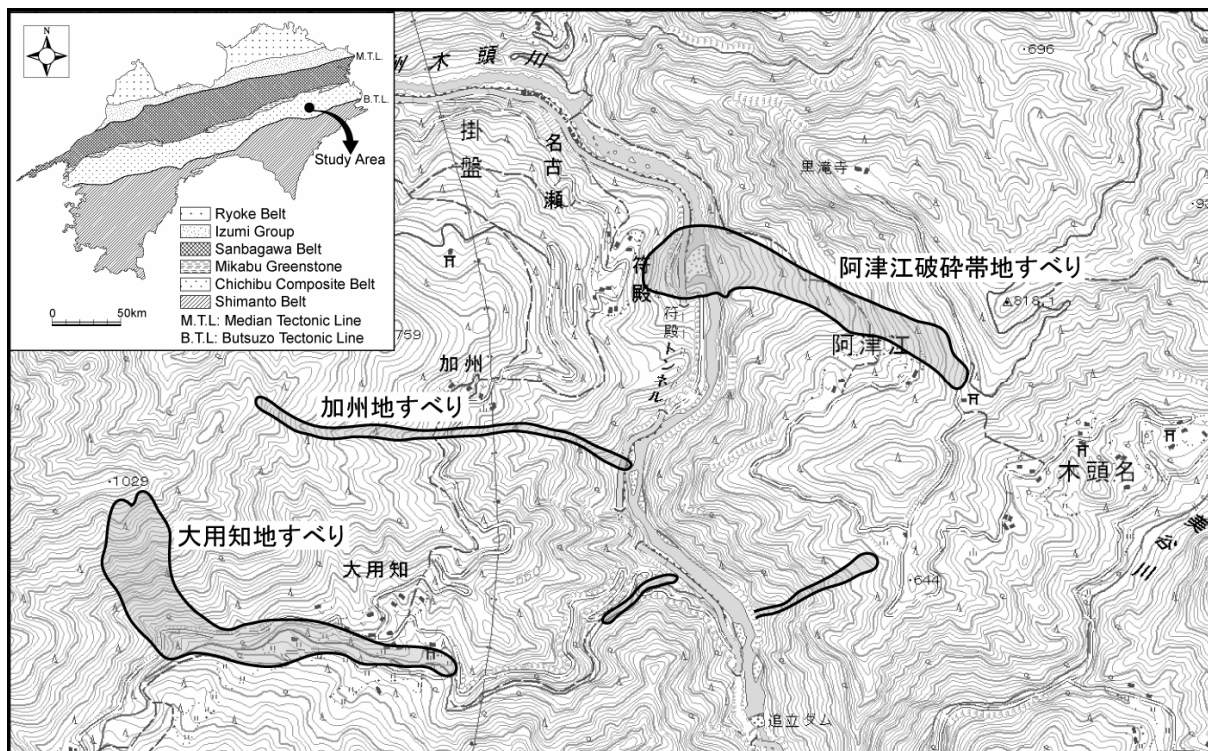


図-1 阿津江の破碎帯地すべりの位置図

構造帯の緑色岩も典型的な破碎帯の特徴を有していることが明らかになった。ちなみに、北部秩父帯の典型的な並進すべりのすべり面となっている緑色岩とは岩石構造が全く異なっている。

今回発生した滑落崖（後述する破碎帯地すべり A の変動領域 A-3 の滑落崖）には、緑色岩の角礫からなる旧土石流堆積物が露出している（図-2）。礫である。旧土石流堆積物は複数回発生しており、層をなしているが、各層の岩屑はほとんど成層構造を示さない。旧土石流堆積物は支谷の谷底にも堆積していて、その層厚は支谷の出口付近でも 4~5m に達する。旧土石流堆積物と同様の層相・構成礫種の岩屑は今回土石流堆積物が乗り上げた坂州木頭川の右岸側斜面にもへばりつくように分布している。これら旧土石流堆積物の存在は今回よりも規模の大きな崩壊—土石流が過去にも発生し、坂州木頭川を渡って対岸に達していたことを示している。

2. 2 断層

支谷の上流部には、支谷に平行な 2 条の断層が谷底の両側に延びている（図-2）。断層の傾斜がそれぞれ谷の中央に向かって傾斜しているために、地下で互いに交わるものと推定できる。両断層とも幅 20cm くらいから数 10cm で礫混じり粘土~粘土混じり礫からなる断層ガウジが発達しているため、連続した不透水層を地下に形成することになる。一方、地表付近では、緑色岩中の微小断層面群が開口し、そこが地下水の通路になるために、豪雨時には不透水層である断層より浅所側で地下水位が高くなる。

3. 発生域の運動像

3. 1 破碎帯地すべりの分布と変動領域区分

破碎帯地すべりは谷頭部付近に 2 つと支谷の左岸側の標高 480m 付近にひとつ認められる（図-3）。それぞれ、破碎帯地すべり A, B, C, と記号を付け、さらに破碎帯地すべり A は記載の便宜上 A-1 ~ A-4 の 4 つの変動領域に区分した。破碎帯地すべり B は砂岩層からなる崖を滑落崖とする古い地すべりの一部が再活動したもので、破碎帯地すべり A とは異なるものと判断した。

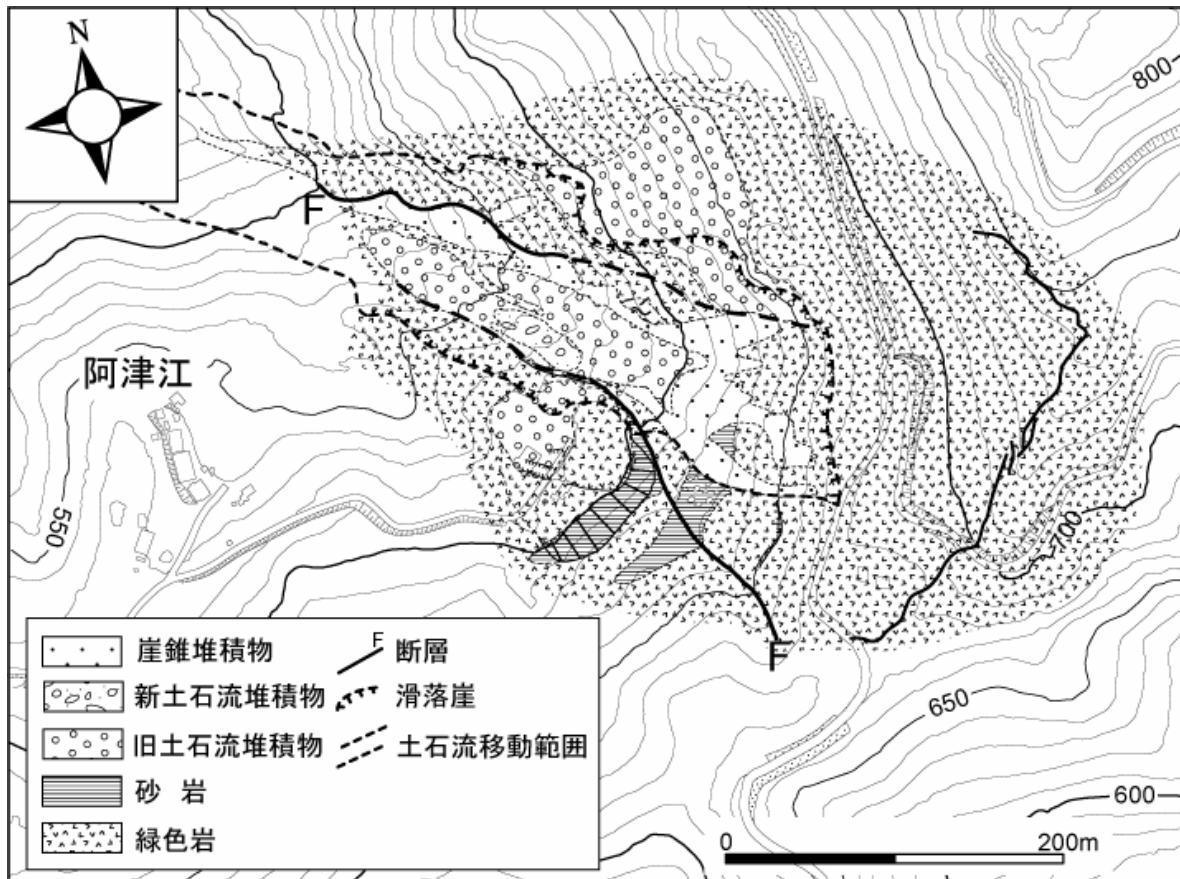


図-2 破碎帯地すべり A 付近の地質図

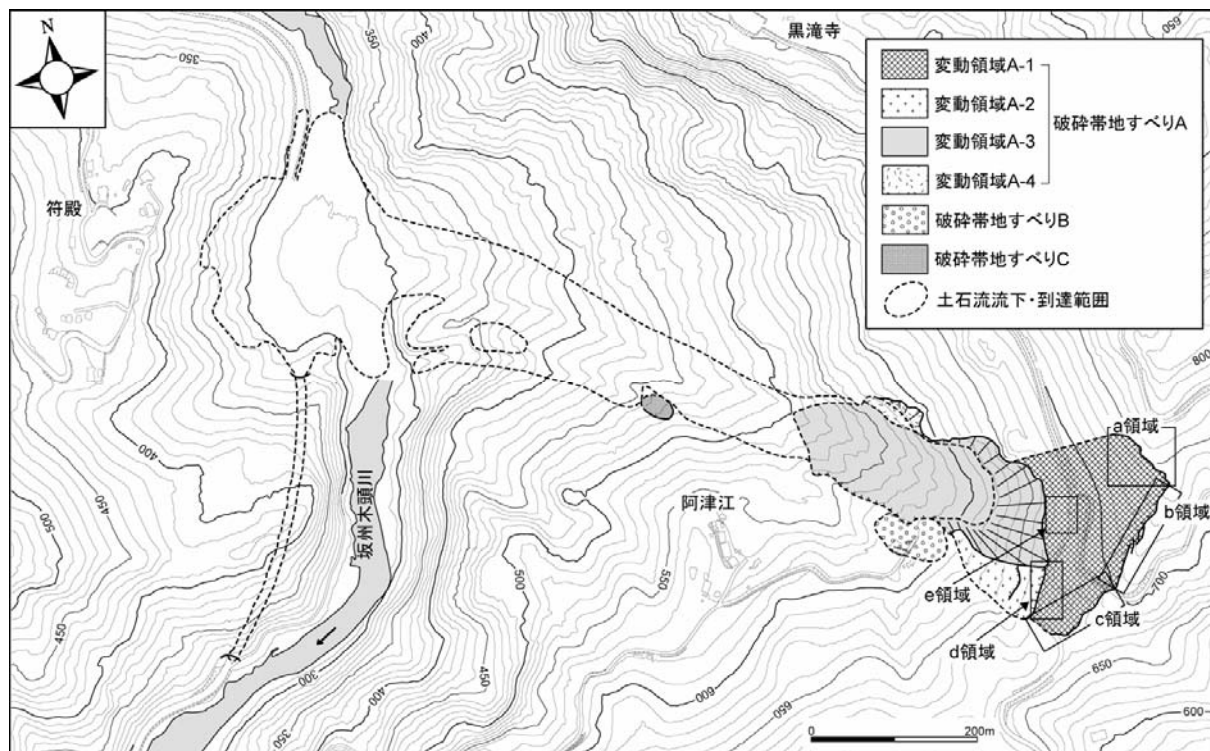


図-3 阿津江の破碎帯地すべりの分布図

3. 2 破砕帯地すべり A

3. 2. 1 変動領域 A-1

破砕帯地すべり A の上部に位置する変動領域 A-1 は頭部のクラック群と変動領域 A-2 と変動領域 A-3 の滑落崖に挟まれた領域である。変動領域 A のクラック群はクラックの分布形態や方向によって a~e の 4 つの領域に分けることができる。

(1) a 領域

a 領域は頭部クラック群の北部にあたり、そこには、局部的に湾曲しているが、平均方向が N65° W で約 100m 連続するクラックが分布している。クラックの南南西側（変動領域側）が約 100cm 下がり、多くの場所で 50cm 程度開口している。破断面には風化した緑色岩が露出している。クラックを跨いで伸びる緊張した樹根の方位から推定した変動域側の地盤の移動方向は南西である。

(2) b 領域

b 領域は、N25° E に伸びる帯状の領域に、長さ 2~36m で北西から南北に伸びる多数のクラックが雁行状に分布している。a 領域に続くが、クラックの方向は大きく変化している。全てのクラックで南西側（変動領域側）が 20~250cm 下がる。開口幅の狭いクラックが多いが、80cm 開いているところもある。破断面には風化した緑色岩か岩屑が露出している。緊張した樹根の方位は、クラックの走向に直交する方向に対して、反時計回りに 10~40 度斜交している。これは、クラック群の雁行状配列パターンから推定される変位センスと調和的で、左横ずれを示している。緊張した樹根の方位から推定した変動域側の地盤の移動方向は西南西である。

(3) c 領域

c 領域には N58° E~N50° E に伸びる長さ約 70m のクラックが分布している。クラックの南西側（変動領域側）が 80~220cm 下がり、開口幅は狭い。破断面には新鮮な緑色岩が露出しているところが多い。緊張した樹根の方位から推定した変動域側地盤の移動方向は西南西である。

(4) d 領域

d 領域は c 領域のクラックと変動領域 A-2 の滑落崖とに囲まれた領域で、加持久保神社の境内にあたる。複数のクラックが発達しているが、西側に発達する長さ約 25m で N23° E~NS 方向に伸びるクラックに沿ってクラックの東側（境内側）が 20~60cm 下がっているため、このクラックと c 領域のクラックに囲まれた領域は陥没していることになる。そのほかのクラックは NS~N30° E で落差を伴わない開口クラックで、上記の連続性の良いクラックの東側に分布している。

(5) e 領域

e 領域は変動領域 A-3 の滑落崖の背後に位置している。長さ 10m 以下のクラックが複数分布する。ひと続きのクラックであっても折れ曲がり、クラック群の方向は N22° W~N50° E と変化が著しい。クラックの北側（変動領域側）が下がるものとその反対側が下がるものがあるが、落差は 20~80cm で差はない。破断面には風化した緑色岩か岩屑が露出している。緊張した樹根の方位はばらつく。e 領域のクラック群は変動領域 A-3 の変動に関係して形成された可能性があり、クラックのあるものは変動領域 A-3 の滑落崖に連続しているが、あるものはクラックに直交する滑落崖に切られている。

3. 2. 2 変動領域 A-2

変動領域 A-2 は破砕帯地すべり A の中央部の南側に当たり、地すべり移動体は緑色岩からなり、一部砂岩層を挟在する。変動領域 A-1 と比べると激しく変動しているが、地すべり移動体そのものは発生域に残っていて、樹木の傾動から地盤の動きを読み取ることができる。頭部滑落崖は加持久保神社の前の道路の西端に沿って走り、落差 2m 程度の崖をつくっている。崖には風化した緑色岩が露出し、その中に地表部ほど広く開口したクラックが発達している。地すべり移動体の左岸側部の上方は非変動岩盤と接し、下方は破砕帯地すべり B と接している。後者では、境界に沿って断層ガウジの絞り出しが認められることから、左岸側部に沿って、支谷の左岸側を走る断層が伸びている可能性が

高い。地すべり移動体の右岸側部は変動領域 A-3 の左岸側方崖で切られている。

地すべり移動体の中央部にも段差の明瞭な滑落崖が発生し、それより下流の地すべり移動体は回転すべりを起こし、樹木は山側に傾動している。そしてさらに地すべり移動体の末端では岩塊・岩片が堆積している。これは地すべり移動体内で分離した岩塊・岩片が樹根の繁茂している表層を残して流れ出し、堆積したものと考えられる。

3. 2. 3 変動領域 A-3

変動領域 A-3 は破碎帯地すべり A の中央部から下部にあたる。現在は地すべり移動体のほとんどが発生域から移動し、土石流となって流下している。右岸側方崖の上部 10~20m は複数層の旧土石流堆積物からなり、その下部には緑色岩が分布している。緑色岩の崖の下部には、支谷の右岸側を走る断層が延びている可能性が高い。頭部滑落崖と左岸側方崖は緑色岩が露出している。また、発生域の下流部谷底には旧土石流堆積物が崩壊せずに残っている。したがって、変動領域 A-3 の地すべり移動体はその上部が緑色岩で、中央部から下部にかけては旧土石流堆積物でできていたものと推定している。

3. 2. 4 変動領域 A-4

変動領域 A-4 は変動領域 A-3 の崩壊後、不安定になって崩壊、土石流化した。地すべり移動体は岩層からできていたものと考えている。

3. 3 破碎帯地すべり B

砂岩層からなる滑落崖をもつ古い地すべりの北半部にあたる。緊張した樹根の方位から推定される地すべり移動体の移動方向は北北西である。地すべり移動体の北側は変動領域 A-3 のみぎ左岸側方崖に切られている。

3. 4 破碎帯地すべり C

現時点では、詳細な調査をおこなっていないが、地すべり移動体の地表には樹木が残っていて、地すべり移動体から崩れてきた岩塊・岩片は土石流化している。

3. 5 斜面変動の順序

破碎帯地すべり A の各変動領域および破碎帯地すべり B の間で斜面変動の順序を検討した。

変動領域 A-1 は大局的には南西から西南西方向に移動しており、変動領域 A-2 や変動領域 A-3 の移動方向（西北西）とは異なっている。さらに、頭部クラック群に沿う変動領域の移動方向は a 領域と、b 領域と c 領域との間で異なっている。また、a 領域の北の端から変動領域 A-2 の滑落崖までは大きく離れている。以上のことから、変動領域 A-1 の地下にひと続きのすべり面が形成されていると考えるのは疑問である。破断面に現れた条線の落とし方向が異なり、しかも落とし角は高角である。その落とし角を地下に延ばすとすべり面は地下深く潜り込んでしまう。このことからひと続きのすべり面で滑動している可能性は低い。また、変動領域 A-1 の中央部で掘削した掘進長 75m のボーリングコアにもすべり面であることが確実な構造は観察されていない。

変動領域 A-1 の頭部のクラック群に沿う移動方向は変動領域 A-3 の滑落崖の方向と大きく斜交しているので、変動領域 A-3 の崩壊で不安定化して変動領域 A-1 が動いたとは考えにくい。斜面変動 A-1 と斜面変動 A-3 との関係、斜面変動 A-2 と斜面変動 A-3 との関係も同様に考えることができる。すなわち、破碎帯地すべり A では、変動領域 A-1、A-2、A-3、A-4 の順に変動したと考えている。破碎帯地すべり B は、その移動方向が初生の古い地すべりの移動方向とは大きく異なり、変動領域 A-3 の側方崖の方向に向いているので、変動領域 A-3 の崩壊で不安定化して変動したと考えている。

4. 地すべり末端部の運動像

4. 1 土石流の到達時刻の推定

土石流が乗り上げた坂州木頭川右岸斜面の直上にある符殿地区住民は土石流発生当時の状況について次のように証言している。

「8月1日23時頃に雷が鳴ったような音がしてガラス戸が揺れた。地震と思った。あっという間の出来事だった。」(N.I氏)

「『ドシーン』という地鳴りを感じ、飛び起きて座った。『ドリーン』という感じにも聞こえた。家が揺れた感じがしたが、ガラスの揺れは無かった。雨は夜中から降り続いており、朝に止んだ。風はたいした事がなかった。朝になって自宅前に立つと対岸の山が崩れていて明るい感じがした。見下ろしてみると、下の川の水が見えた。水は逆流していて岸へ向かって押している感じがした。」(I.S氏)

「8月1日23時頃、『ゴー』という音がして、家全体が『すとーん』と一回揺れた。『ぐらっ』と一瞬揺れて、その後は揺れが無かった。地震のような揺れではなかった。山崩れか、(土石流が)川面に当たって(符殿側斜面に)乗り上げた響きではないか。家全体の揺れは一瞬で、『ゴー』という音と揺れとは同時くらいだった。雨の降る音よりも『ゴー』という音の方が大きかった。」(I.K氏)

証言に共通している「大きな音」は土石流が坂州木頭川を渡ってから対岸に乗り上げるまでの音であり、「瞬間的な揺れ」は土石流が対岸に衝突したときの衝撃と考えられる。土石流の到達時刻は2004年8月1日23時頃と推定される。

旧木沢村役場の加集一夫氏は、土石流が坂州木頭川河床に流入した地点から約500m上流にある名古ノ瀬橋での河川水位の記録から、土石流による天然ダムの形成とその決壊の時刻を次のように推定している。河川水位の記録は8月1日22時50分に5.89mであったものが23時00分に6.38m(0.49m上昇)となり、その後同23時10分の6.38mから23時50分の6.08m(0.30m下降)へと変動したことを示している。このことから、23時00分の水位上昇は土石流による堰き止め、23時10分からの水位低下は土石流による天然ダムの決壊によるものと解釈している。土石流の堰き止め時刻は符殿地区の住民の証言と調和的であり、土石流が到達した時刻は23時の少し前と推定される。

4. 2 天然ダム形成の有無

上述したように、名古ノ瀬橋における河川水位変動記録は一時的に土石流堆積物の天然ダムによって坂州木頭川が堰き止められたことを示している。その後起こった天然ダムの決壊は河川の越流による浸食の可能性がある。坂州木頭川の河床勾配と波高を考慮すると、天然ダムの高さは7mくらいになっていたものと推定している。

4. 3 流下痕跡による土石流の流下経路の推定

4. 3. 1 ささまざまな流下痕跡

阿津江の崩壊—土石流では、土石流が流下したことを示すさまざまな証拠(流下痕跡)が得られている。以下に流下痕跡の種類と特徴を述べる。

土石流堆積物が土石流の流下の証拠であることはその通りであるが、阿津江では発生域から土石流の末端まで緑色岩で構成されているため、岩屑が今回の土石流の産物であることを示すには、ある程度の厚さの岩屑が旧地表面を被覆していることが示されないと難しい。今回、坂州木頭川の右岸側では、土石流が坂州木頭川を渡るときに巻き上げた現河床堆積物起源の礫が重要な証拠になった。

土石流発生後の空中写真をみると、土石流の流路となったところは樹木が失われている²⁾、³⁾。樹木の流出は重要な流下痕跡である。

流出していない樹木もさまざまなダメージを受けており、それらも流下痕跡である。阿津江では、樹幹の切断、樹皮の剥げ落ち現象、流下物の樹幹への巻き付き現象、礫の突き刺さり現象が観察された⁴⁾。樹幹の切断には、地表から数メートルの所で鋭利に切断されたものと、切断面が縦に裂けてジグザグにささくれたものの二通りが見られた。ささくれが一方向に折り曲げられていることがあり、

折り曲げられた方向は流下方向を示すものと考えられる。樹幹の一部分で樹皮の剥げ落ちている現象は流下物が樹幹へ衝突したことによるもので、剥がれた方向から土石流が流下してきたことを示していると解釈できるが、樹皮がめくれ上がっているものはめくれ上がっている方向が必ずしも土石流の流下方向を示しているとは限らない。流下物の樹幹への巻き付き現象も土石流の流下方向を推定する指標になる。

ここで特記すべきは礫の突き刺さり現象である。数mmから数cmの礫が樹幹に突き刺さっている。なかには、樹幹に礫は埋め込まれていないが、礫の衝突痕と思われる穴が残されているものがあった。このような現象は2004年台風15号によって高知県大川村で発生した土石流でも多数観察された⁵⁾。その地質は三波川帯で緑色片岩の礫が多数突き刺さっていた。大川村の土石流は規模が小さく、流路となった谷には礫の突き刺さっている樹木が多数残っている。礫は上流側から突き刺さっているものが多く、それは土石流の流下方向を示しているものと考えている。

駐車してあった車両の流出方向も土石流の流下方向を示す貴重な流下痕跡になった。また、土石流で流出した符殿橋の橋脚の鉄筋の曲がり方向も土石流の流下方向を示す貴重な流下痕跡となった。

4. 3. 2 土石流の流下経路の推定

樹木の流出範囲から推定される土石流の主要な流下経路はルートA～Cの3ルートである(図-4)。

ルートAの土石流は支谷の中央を流れて坂州木頭川まで達した後、坂州木頭川を堰き止め、対岸に乗り上げた土石流である。この土石流は河床に堆積していた古い土石流堆積物を削りながら流下するとともに、流路の右岸側では、古い土石流堆積物の地表面を流れている。一方、左岸側では、土石流の一部が低い尾根をのり越えて、ルートCの谷にも流れ込んでいる。

坂州木頭川に達した土石流は坂州木頭川河床を上流および下流に広がっている。上流方向の広がりには推定できるが、下流方向の広がりには不明である。土石流の本体は川幅180mの河床を渡り、対岸にぶつかった土石流は道路上を上流方向および下流方向に流れている。上流方向に流れた土石流はカードレールに捕捉されて、坂州木頭川に落ち込むことなく、道路上を上流に向かって流れている。一方、下流方向に流れた土石流は符殿トンネル内に流れ込み、長さ350mのトンネルの反対側に出ている(図-5)。トンネル内には流木(倒木)やダンプカーなどが流れ込み、トンネルの天井のライトを破壊している。

土石流堆積物がほとんど堆積していないが、さまざまな流下痕跡から対岸の斜面および符殿トンネル上方の斜面に土石流が乗り上げたことが推定されている。とくに、土石流が乗り上げた範囲は、樹幹を切断された樹木、現河床礫、礫の突き刺さった樹木の分布から推定した。樹幹を切断された樹木が分布する範囲よりもさらに斜面上方の標高で約10mの範囲には礫の突き刺さった樹木が分布している。現河床礫も礫の突き刺さった樹木の分布する範囲まで点在、分布している。土石流流下方向の真正面に当たる対岸では、平均勾配約40°の斜面を標高350mの高さまで乗り上げていることが明らかになった。

土石流が乗り上げた範囲にほとんど土石流堆積物がなく、土石流の流路の前面にあった符殿橋が橋脚を含めてほとんど流されていることから、いわゆる引きの流れで乗り上げた土石流堆積物は再び坂州木頭川に向かって下っていったと考えられる。

上述したように、土石流の流れの方向には、土石流が乗り上げる時のもと引きの時のものがあると考えられる。流下痕跡のなかには土石流の流れの方向を示しているものがある。

樹幹を切断された樹木の多くは、根元から1m以内の高さのところで樹幹が切断され、切断面が縦に裂けてジグザグにささくれ、しばしば、ささくれが一定方向に折れ曲がっている。この折れ曲がりの方向に土石流が流れたと考えられる。その方向は引きの流れの方向を示している。流下物の樹幹への巻き付きも引きの流れを示している。

樹木に突き刺さっている礫の方向から土石流の流れの方向が推定できるかもしれない。上述したよ

うに、2004年の台風15号の豪雨で発生した高知県大川村の土石流では、谷沿いの樹木に上流側から突き刺さったと考えられる礫が多数観察される⁵⁾。阿津江の場合、礫が突き刺さっている方向は複雑である。突き刺さっている礫のうち、対岸斜面に直交する方向を向いている一群の礫は流下痕跡の分布と地形から推定される土石流の乗り上げの方向とほぼ一致している。しかし、この土石流の乗り上げ方向とは正反対の方向から突き刺さった礫もある。このような礫は引きの流れによるものと考えることができる。少量であるが、いずれの方向でもない方向から突き刺さっている礫もある。このような礫は岩石や構造物に当たって跳ね返った礫の可能性もある⁴⁾。

ルートBの土石流は支谷の出口に近いところでルートAの土石流から分岐したもので、坂州木頭川からの比高が約50mの尾根に乗り上げている。土石流が尾根に乗り上げるようになったのは、支谷の谷底をそのまま下流に延ばすと尾根の稜線に続いているからである。では、ルートBを流下した土石流のかなりの量が坂州木頭川を跳び越えて対岸に達したであろうか。gあるいはhの地点にあった重機運搬車とcあるいはdの地点にあったダンプの一台が道路上に東から西にトンネルのところまで運ばれ、その後トンネル内に持ち込まれている(図-6)。自動車の東から西への運搬はルートAの土石流の乗り上げによる流れでは不可能であるが、坂州木頭川を跳び越えてきたルートBの土石流なら可能である。ルートBの土石流によってトンネルの前まで運ばれてきた自動車はルートAの土石流によってトンネル内に運び込まれたものと解釈している。

ルートCの土石流は、破碎帯地すべりCから発生した土石流で、ルートAの支谷(南側の小さな谷)を流れている。このルートCの土石流は対岸には到達せず坂州木頭川に流れ込んでいる。

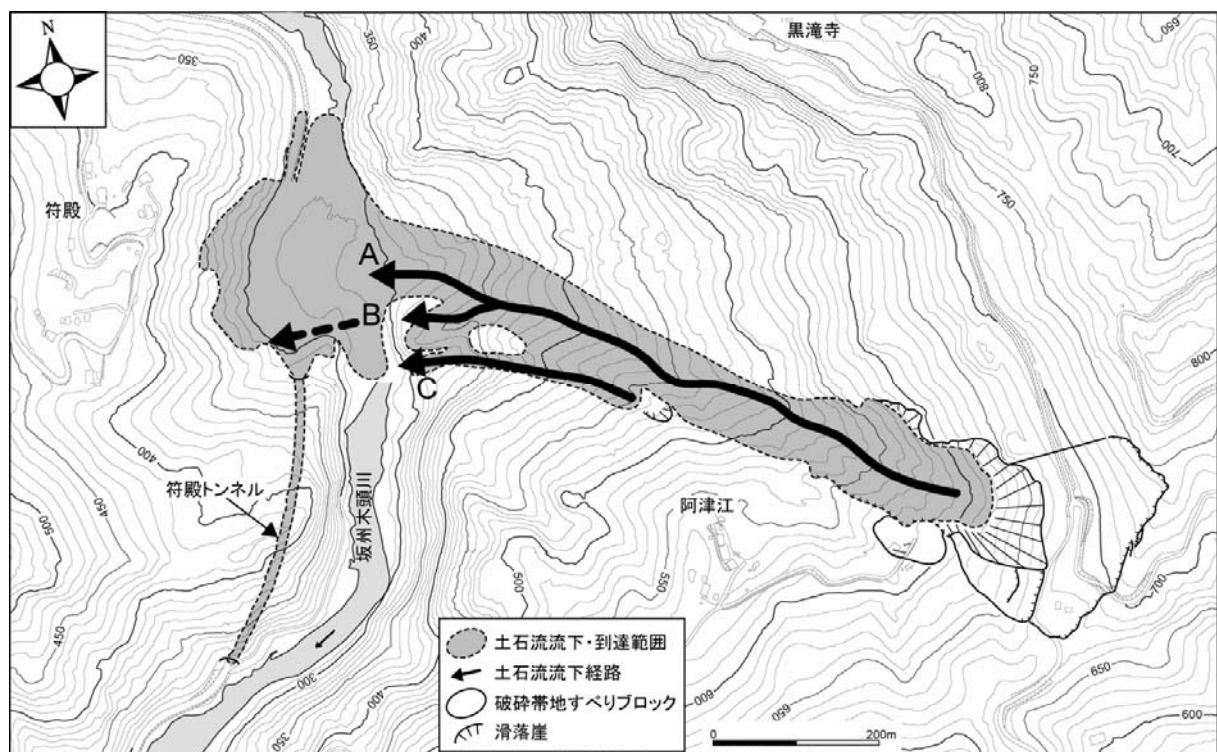


図-4 阿津江で発生した土石流の流下経路

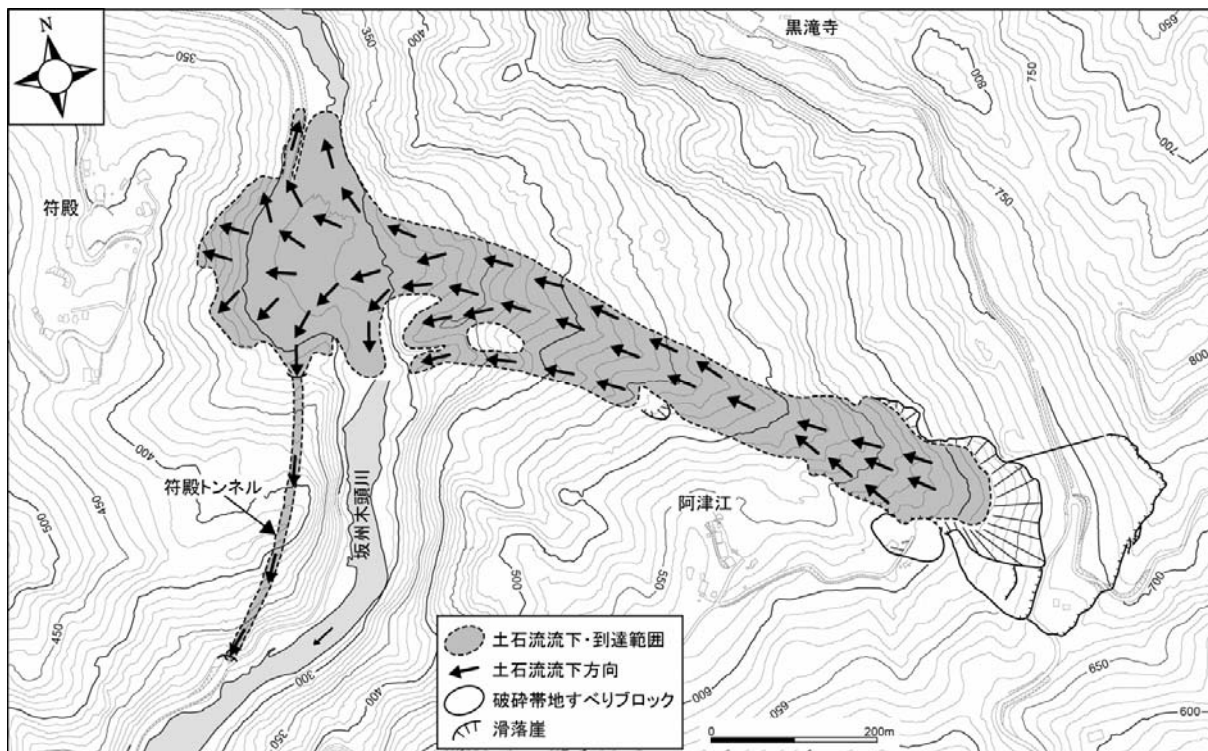


図-5 阿津江で発生した土石流の流下・到達範囲

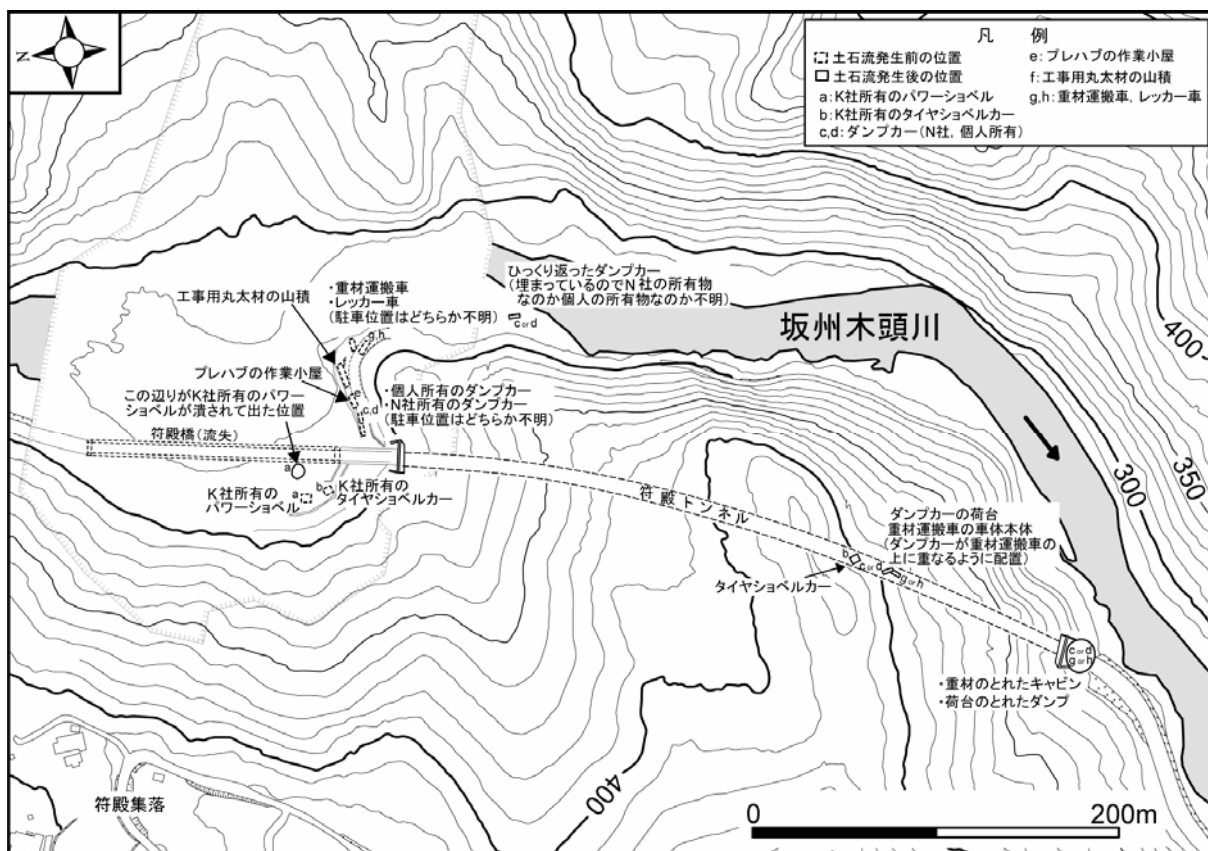


図-6 阿津江土石流によって移動した建設重機の位置図

5. おわりに

阿津江の緑色岩は小出の定義による典型的な「破碎帯」の特徴をもっている。そして、そこで発生した崩壊－土石流も、「崩壊に近い高速運動を示し、地すべり移動体は発生域を離れて遠くまで移動し、しばしば河川に突っ込んで天然ダムをつくる。」といった小出の「破碎帯地すべり」の主要な特徴をもっている。破碎帯の構造をもつ緑色岩は黒瀬川構造帯の他地域でも認められることから、黒瀬川構造帯の緑色岩については破碎帯地すべりの視点が重要である。

参考文献

- 1) 小出 博：日本の地回り:その予知と対策，東洋経済新報社，東京，p.259，1955.
- 2) 日浦啓全・海堀正博・末峯 章・里深好文・堤 大三，2004 年台風 10 号豪雨による徳島県木沢村と上那賀町における土砂災害緊急調査報告（速報）. 砂防学会誌，Vol.57，No.4，pp.39-47，2004.
- 3) Wang,G.・Suemine,A.・Furuya,G.・Kaibori,M.・Sassa,K.：Rainstorm-induced landslides at Kisawa village,Tokushima Prefecture,Japan,August 2004, Landslides, in press.
- 4) 中屋志郎・佐々浩司・横山俊治（2004）：樹木被害から推定した阿津江土石流の流動パターン，第 4 回日本地質学会四国支部講演会ポスター発表（P-2），2004.
- 5) 村井政徳・横山俊治・中屋志郎・佐々浩司・日浦啓全：流下痕跡から推定した土石流洪水位と流下速度－2004 年台風 15 号豪雨にともなう高知県大川村で発生した土石流の例－，第 44 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.459-462，2005.