

### 36. 地下水研究 50 年史—斜面災害と地下水—(3)

#### (5) 地下水・崩壊・土石流

##### a) はじめに

これまで 34. 35. の 2 回にわたって、現場だけでは窺い知れない斜面内地中水の動態を理解するためには、“再現可能な範囲の限界”といった問題があるにしても)、モデル実験(大型降雨実験)が有効であることを述べ、次いで地中水の動態に関する数理的解析の及ばない現象の例としてパイプ流について述べた。

今回はそれらの総括的意味から、これまでに述べてきたことと現場との対比として、鮮新～更新統からなる丘陵地(多摩丘陵:川崎市早野、八王子市長沼・堀之内)、火山碎屑岩類からなる山地(諏訪湖南岸:岡谷市湊)、中・古生界からなる山地(秋川流域:あきる野市五日市)での調査結果の内から、特に稜線部から谷頭凹地にかけた部分に焦点をおいて詳述する。その理由は斜面災害のトリガーとして稜線部の地下水は、①位置のポテンシャルが大きい、②一般に風化帯を含めて土層が厚い、③したがって地中水の貯留容量が大きい、④その地中水は常に下向きの流れが卓越していて、地下深部への浸透を可能にしている、などの特質は表題にあるように豪雨時の斜面災害において“地下水—崩壊—土石流”とつながるケースが多いからである。

##### b) 稜線部における地下水挙動

ここに最初に例示したのは、この「地下水四方山話」の 3 回目に取り上げた「3. 山地地下水(1)」にある八王子市堀之内の東京農工大学「フィールドミュージアム多摩

丘陵」と同じ場所である<sup>脚注)</sup>。この場所の詳細についてはそれを参照していただきたい。

この実験流域の一角、図 22 の位置に写真 35、36 のような観測井を設置して稜線部の地下水の挙動を追突した。ところでその前に降雨時に、ここではどのような現象がみられるかを紹介しておこう(写真 37)。ここは図 22 の A、B 地点の中間の稜線部で、図 23 のように下位の御殿峠礫層を覆って多摩ローム層が堆積している。なおこの付近の基盤の地層は鮮新～更新世とされる上総層群の連光寺互層の泥岩からなる。

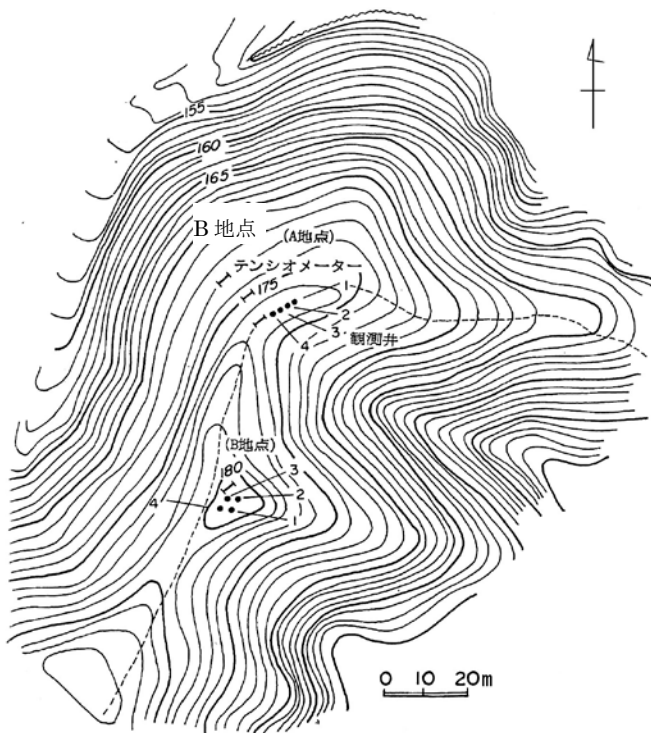


図 22 稜線部の観測施設

脚注: 筆者は長年親しんできた“波丘地”という名称を使っている。



写真 35 稜線部に配置した深度別観測井  
(図 22 の A 地点)

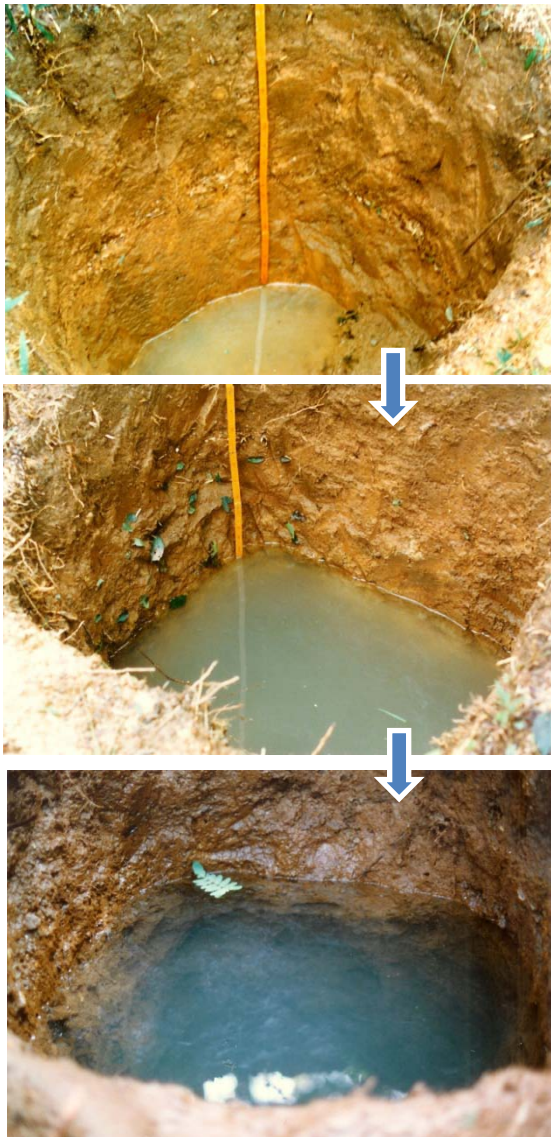


写真 37 豪雨時における稜線部の地下水

図 22 の A、B の中間地点。豪雨時に稜線部にこのような飽和帯が発生するのは驚きである。なおここでは地表水や降水が入らないように配慮してある。



写真 36 ハンドオーガによる観測井  
図 22 の B 地点、長さ 10m に及ぶ手掘りに  
よる山頂部でのケーシングは他に例を見ない  
のでは？

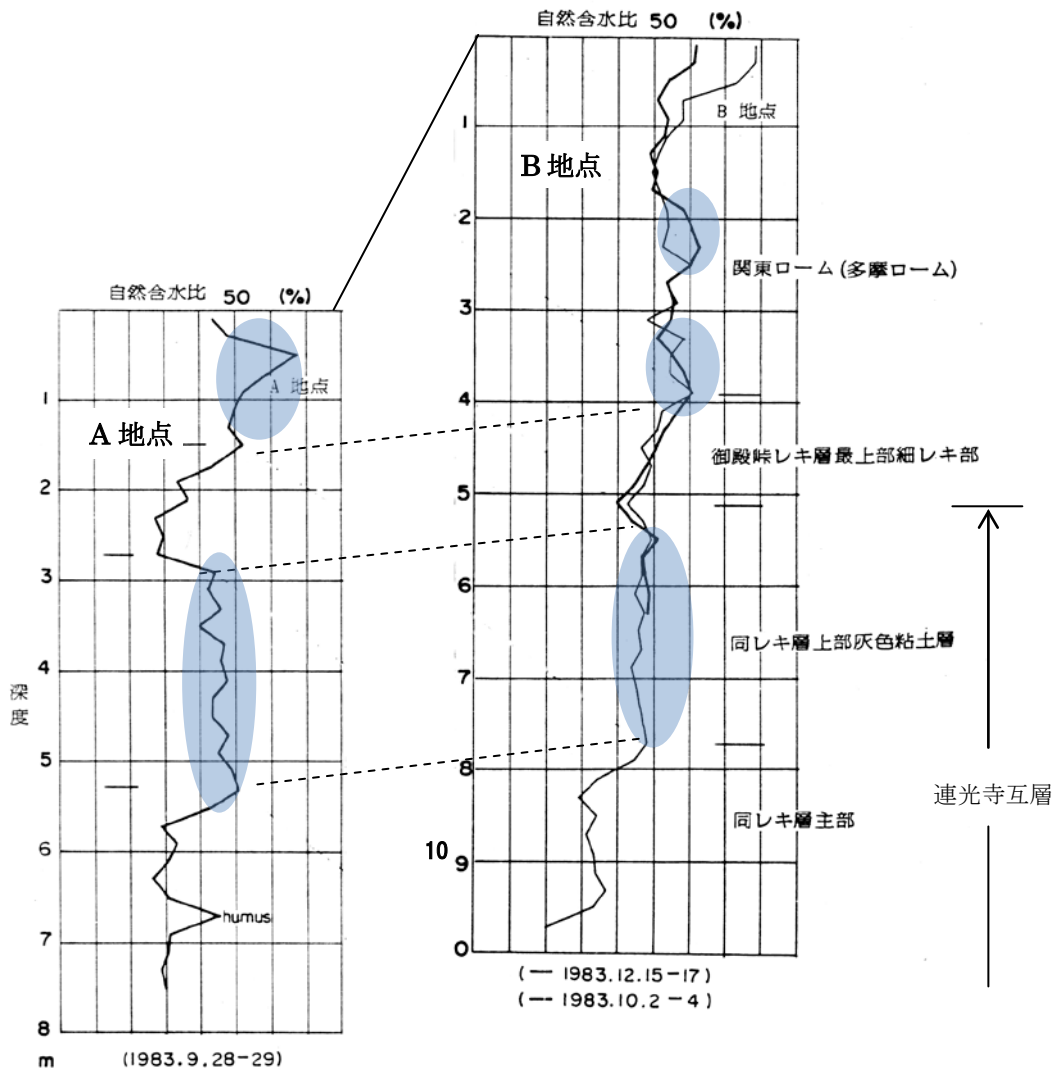


図 23 深度別の自然含水比と地層対比 (着色部分は自然含水比が周辺より高いところ)

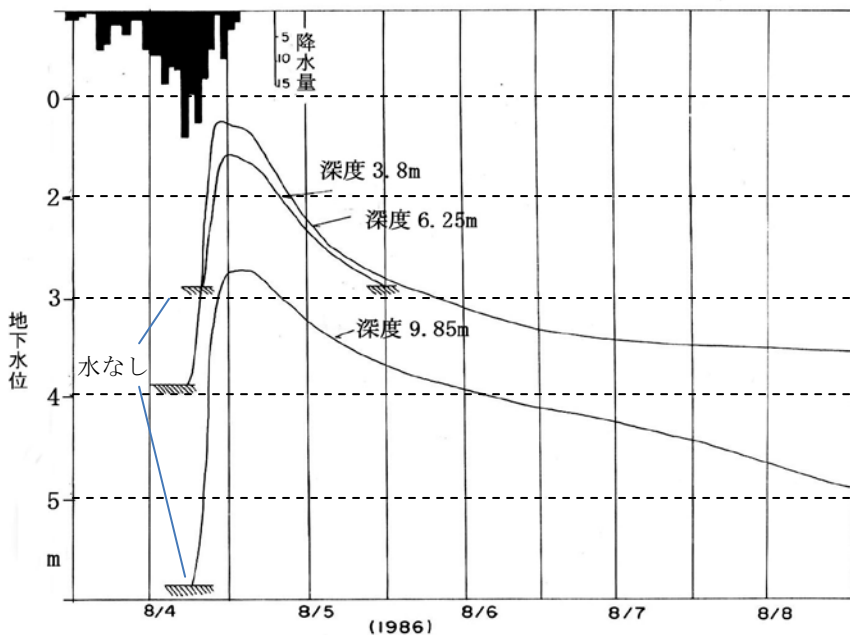


図 24 は山頂部に位置する観測井の豪雨時における地下水位変化である。ここにみるように通常は見られない地下水面がこの時、各観測井ともほぼ一斉に出現し、それは短時間のうちに急上昇する。その上昇量は深いものほど顕著である。

図 24 山頂部の観測井における降雨時の地下水位変化

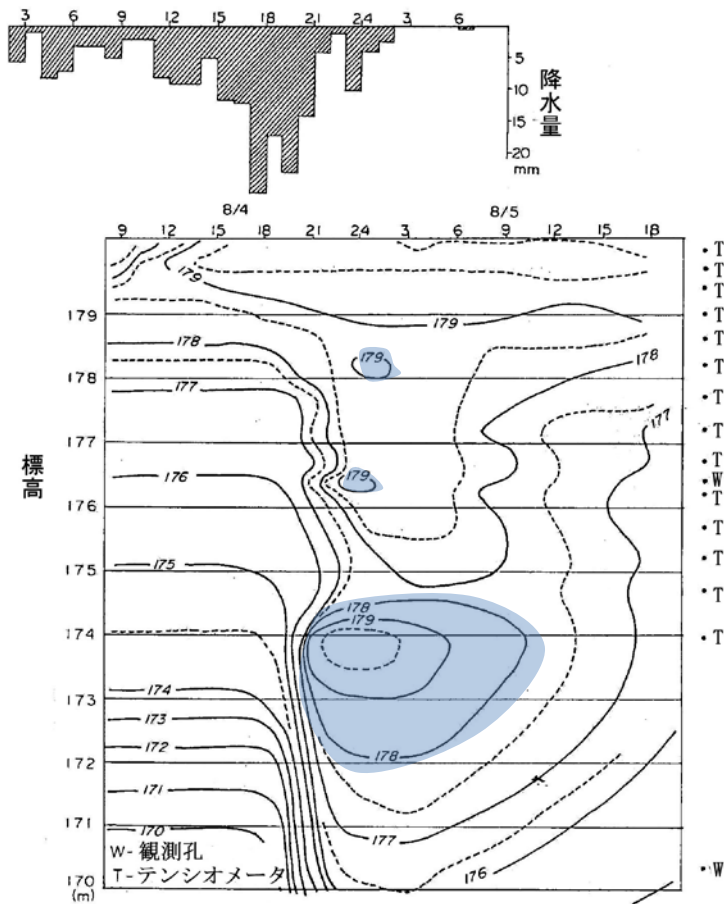


図 25 降雨時における地中水の挙動

〔等値線は海拔高度で示した全水頭値、なお図中塗色した部分はポケット状の飽和帯の場合もあり得る。〕

一方、図 25 はテンシオメータ（負圧測定）と観測井（正圧測定）から得た全水頭等値線図であるが、上記の現象を説明するものとして、興味ある記録と言える。すなわち図 23 では周辺より高い自然含水比を有する部分（着色部分）が所々に存在することが示されており、図 25 では周辺より高い全水頭値部が示されていて（着色部分）、これらは豪雨時に互いに連結して地下水面の急上昇をもたらす要因となっていることが推察される。この際パイプなどの大間隙は地下水位の急上昇を助長する役割を演じているものと思われる。

これらの作業と並行して斜面下方に向かう方向に複数箇所テストピットを掘り、その上流部にトレーサ<sup>脚注</sup>を投入して追跡したが、

下流側のどの場所からも全く検出されなかったことから、豪雨時に出現する稜線部の一時的地下水の多くは鉛直下方に移動しているものと判断された。

### c) 地形に残る斜面プロセスの痕跡

谷地形は常時の浸食・堆積作用と、崩壊・土石流といったカタストロフィックな現象が交互に出現することによって変容し続けているといえ、地下水の存在はそのどちらにも大きく関係している。筆者がこの研究を手がけた昭和 50 年ごろの多摩丘陵にはまだ各所にそのプロセスを追うための好例をみることが出来た。しかし、現在では図 26 の都立長沼公園、東京農工大学のフィールドミュージアム多摩丘陵、平山城址公園など、ごく限られた場所だけになってしまった。図 27 はその都立長沼公園内の小流域の例である。ここにあるように、いずれも稜線部直下に迫る急斜面と、写真 38 のようにそれに続く平底型の谷地形が特徴である。また下流部ではこの平底型の平坦な地形を V 字形に刻み込む谷が伸長してきているのも注目される。

脚注：fluorescence soda

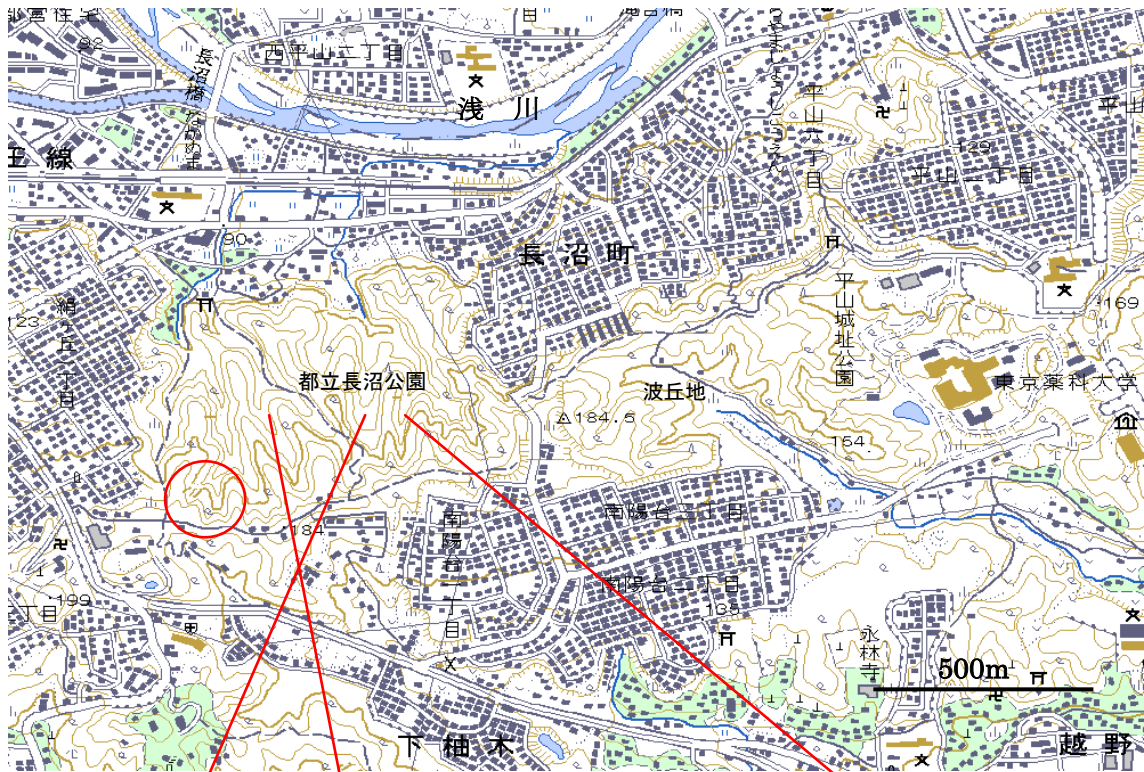


図 26 残された多摩丘陵の原地形(○印は図 30 の位置)

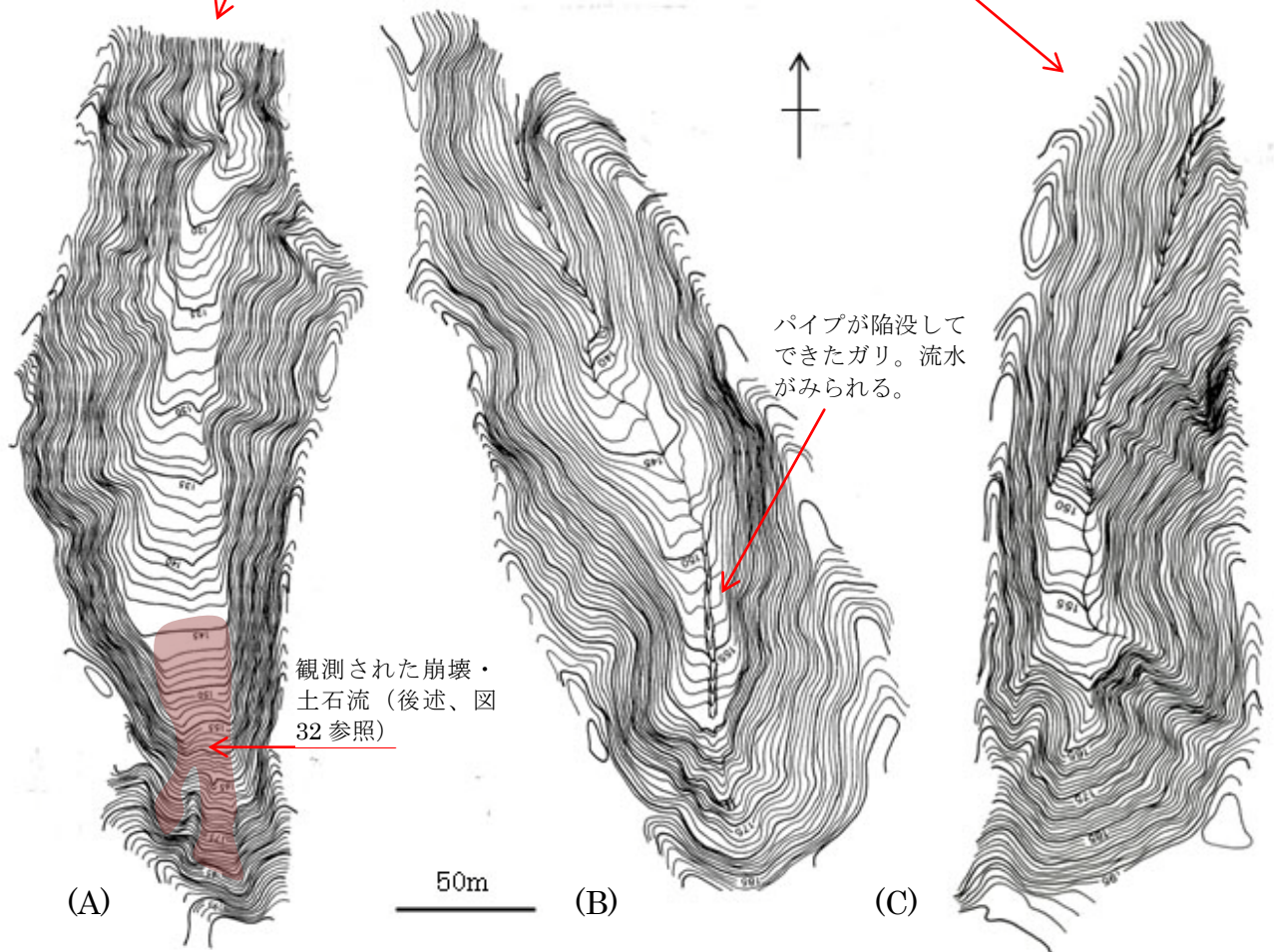


図 27 水文地形的に捉えた谷の発達プロセス①

(都立長沼公園、図の中央の谷では地下浸食→パイプ→陥没→地表水流の発生をみる)

平底型の谷底面をつくっている地層は写真 39 にあるように淘汰の悪い雑然とした堆積物からなり、土石流堆積物の特徴を示す。またこれに挟在する礫は丘陵頂部にある御殿峠礫層が土石流とともに運搬されてきたもので、谷底面でのボーリングに依れば、図 28 のように複数の層準にこれが認められる。



写真 38 平底型の谷底面 (図 27 の左端の谷)



写真 39 谷底面 (破線) 下の堆積物

図 27 や図 28 で注目されるもう一つの特徴は谷底面が一様ではなく、階段状の地形をなしていることである。これはそれぞれが土石流の先端にあたることを示していると考えられ、写真 40 や写真 41 にその典型をみる。

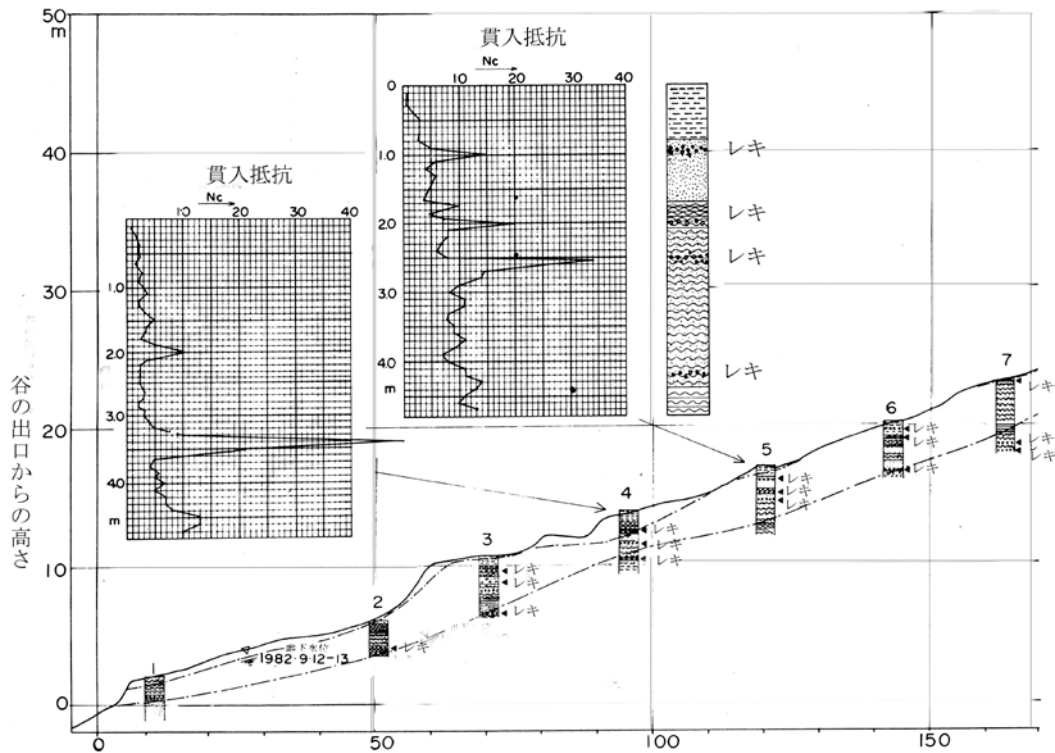


図 28 下流部の土層構造 (図 27 の(A)谷)



写真 40 谷底面に見る階段状地形①  
(東京農工大学波丘地実験流域)



写真 41 谷底面に見る階段状地形②  
(川崎市早野)

図 29 は都立長沼公園の全体図である。北側は浅川に直接面し、南側は多摩丘陵を西南西から東北東に横切って多摩川に流れる大栗流域の支谷に続く。稜線部は平坦で、この地域の多摩丘陵頂部に堆積する御殿峠礫層、多摩ローム層の堆積面 (T1 面) がよく保存されていて、図中破線で示したようにハイキングコースとして親しまれている。

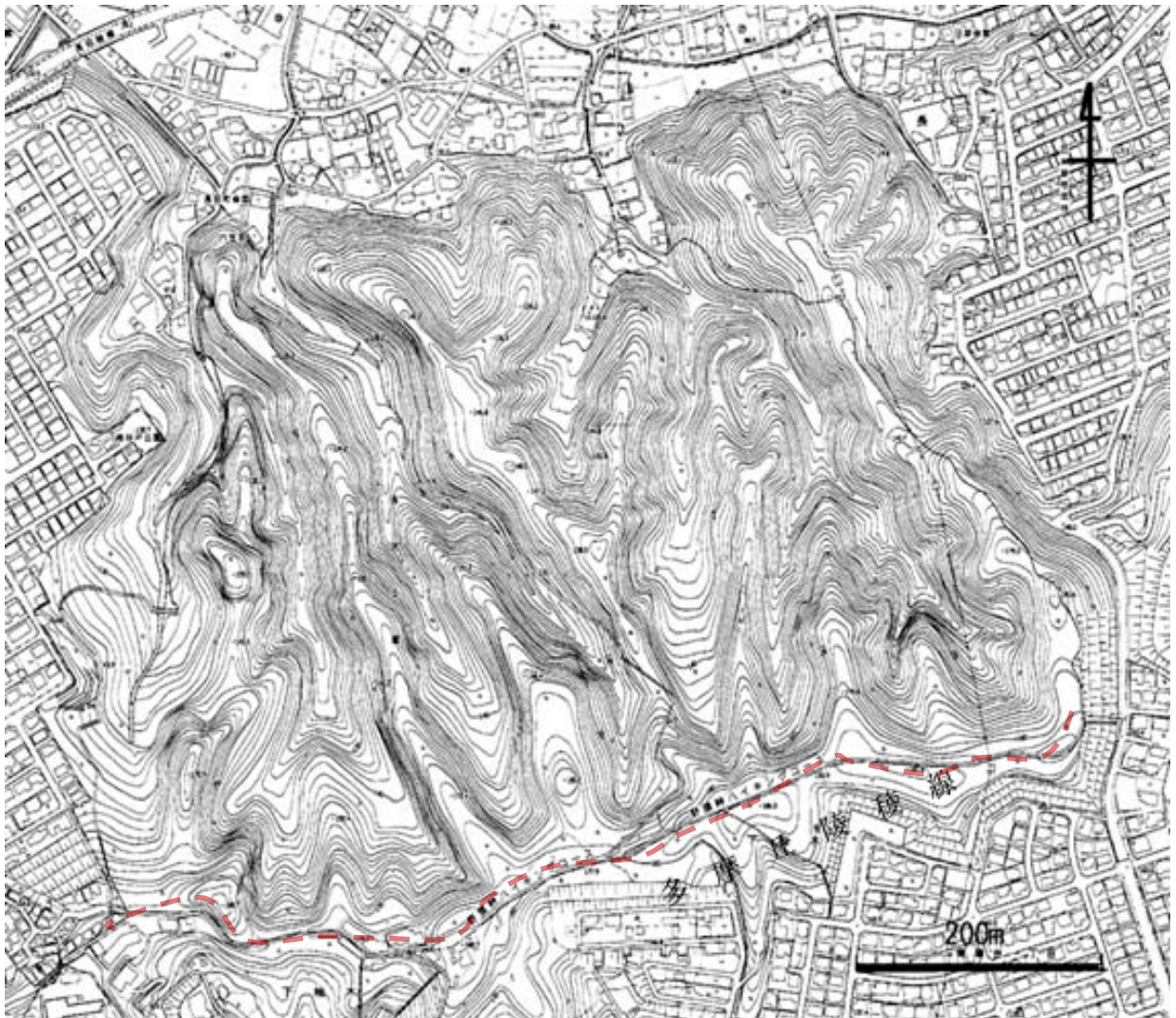


図 29 都立長沼公園に残る多摩丘陵の原地形 (谷の出口には小規模な扇状地が形成されている)

一方浅川に注ぐ溪流はいずれも丘陵地を奥深くまで抉りこみ、先にも述べたように、その谷頭部は崩壊に起因する急崖をなして稜線部に接している。その谷の発達は最初に述べたように、崩壊—土石流によって一気に進むステージと、これを徐々に削り、域外に運びだしながら伸長してくるV字谷のステージとからなるようである。図27の左から右側にならべた谷地形のパターンに図30を加えるとその過程がよく読み取れる。

d) 崩壊・土石流の発生

写真42は都立長沼公園で観測中実際に発生した稜線部直下の崩壊<sup>脚注)</sup>と、それが泥流と化して流下した様子を並べたものである。



図30 水文地形的に捉えた谷の発達プロセス②  
(図26の○印の位置にあたる。図27の右端に対比のこと)

この突発現象を半ば予測して観測井の設置、ハンドオーガーによる土層構造等を克明に記録しておいたので事象前後の詳細を知ることが出来た。

図31は谷頭部斜面の土層構造、図32は崩壊・土石流発生直後に画いたスケッチ、図33は地下水位記録である。これらによって、次のようないくつかの特徴を整理することができる。

i. 谷頭斜面の崩壊発生の素因として、崖錐性堆積物や風化帯の存在は、地下水を十分に溜めこみ、その地下水が崩壊の誘因となるという点で重要である。

ここで崩壊の発生は谷頭部という場の中でその位置をずらしながら行われている点が注目される。すなわち崩壊は崖錐や風

化土などの不安定材料を取り除くかたちで発生し、谷頭斜面を稜線部まで後退させるとともに横にも広がる。

ii. 地下水は常時はおもに斜面表層土層の下底部、基盤との境界部に沿って流れているがその量は極めて少なく、ほとんどの水は谷頭部斜面下の傾斜遷緩部に滞留している。

iii. しかし今回のように連続雨量が300mmを超えるような場合には稜線部のみならず斜面表層土層の大部分は飽和に近い状態に至っていたとみてよい。

iv. それは樹幹に残る泥土の痕跡が写真42にあるように、高さ2mに近いところまで

脚注：1982年9月12日15時15分に発生。この時の全降水量は320mmに達した。なおここでの成果は東洋大学土木工学科の学生の研究と応援に負うところが大きい。



達しているにもかかわらず、実際の堆積量は上流部でも最大 10 cm 程度、多くは 5 cm 程度と予想外に薄かったことや、写真のように倒木に泥土の付着があまりみられず、崩土の含水量が極めて多かったと推定されるからである<sup>脚注)</sup>。

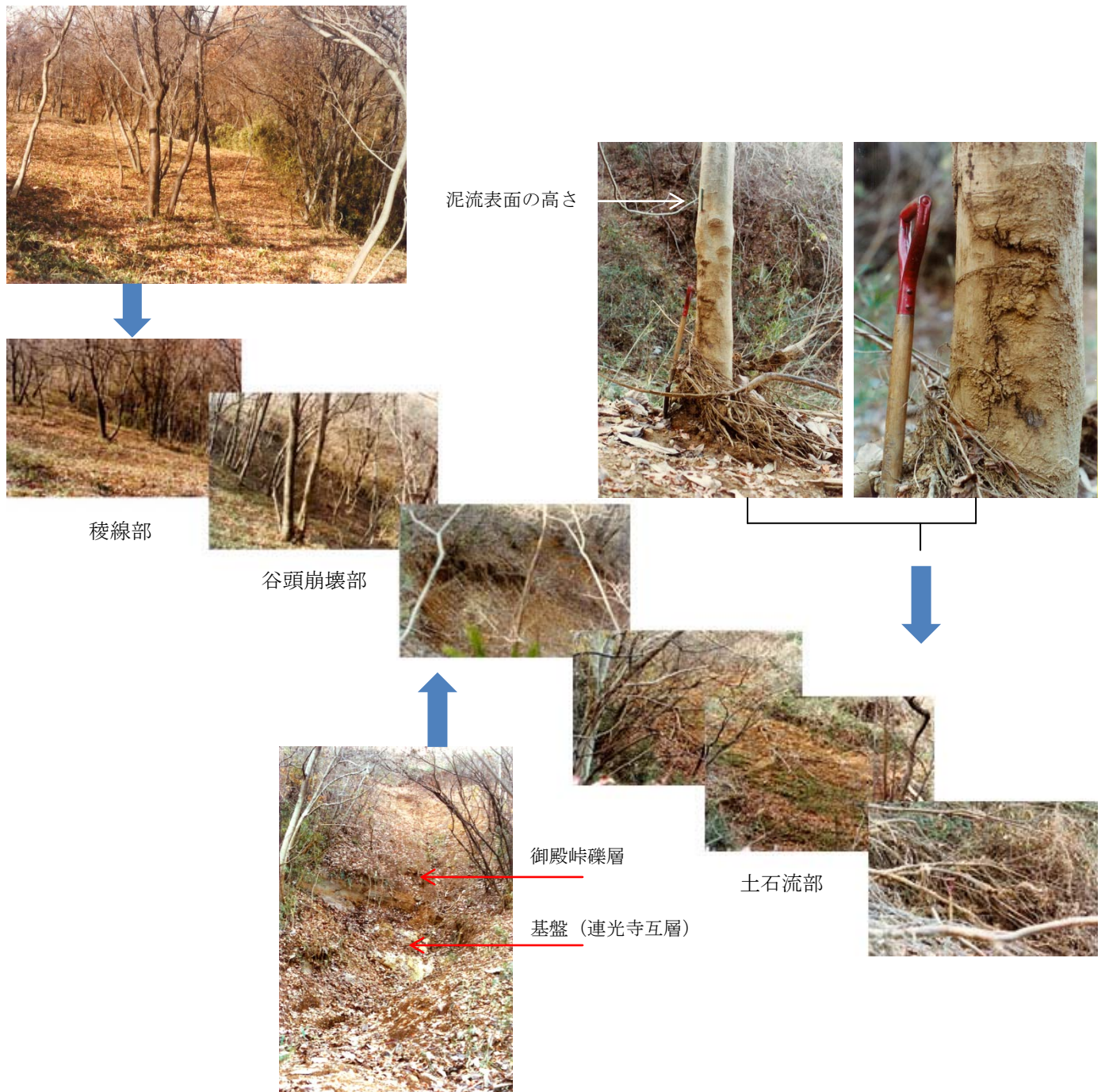
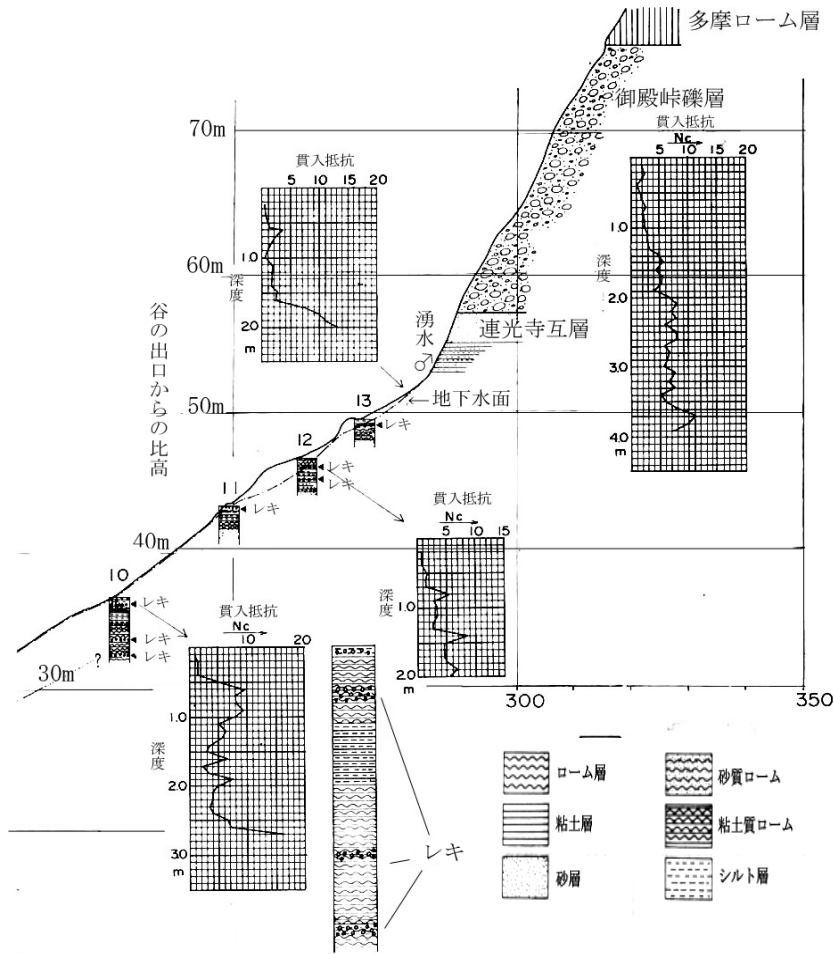


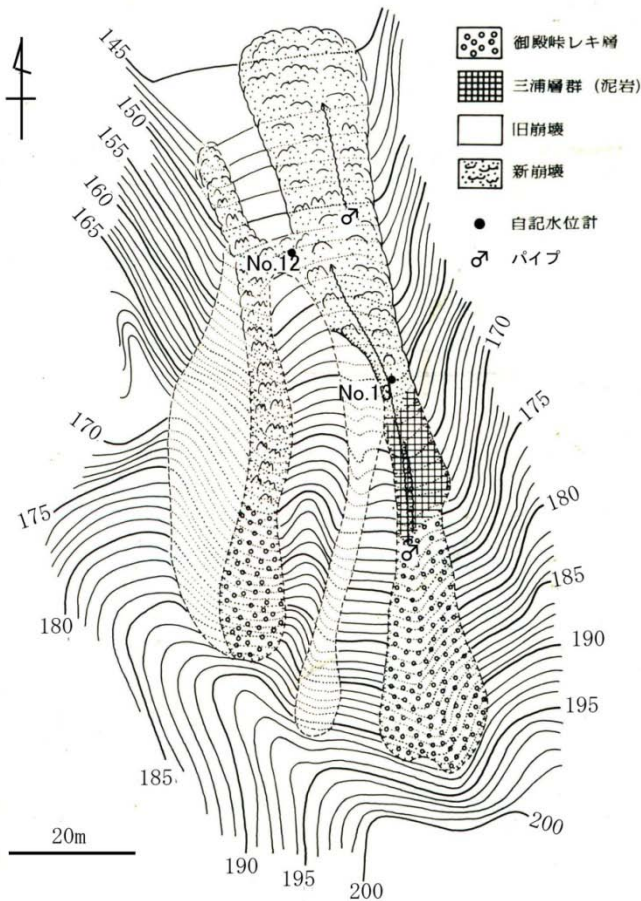
写真 42 都立長沼公園で発生した稜線部直下の崩壊  
(場所は図 27 (A)の谷頭斜面)

脚注：崩壊発生時に現場に居合わせた 2 人の学生の話によると、最初水がチョロチョロと流れてきたがその直後に泥水に変わった。危険を察して咄嗟に側斜面に駆け上がったその時、あたかも津波のように泥水の波が駆け抜け、それは瞬く間であったという。自記水位計はこの時刻を記録し、台座ごと破壊された。



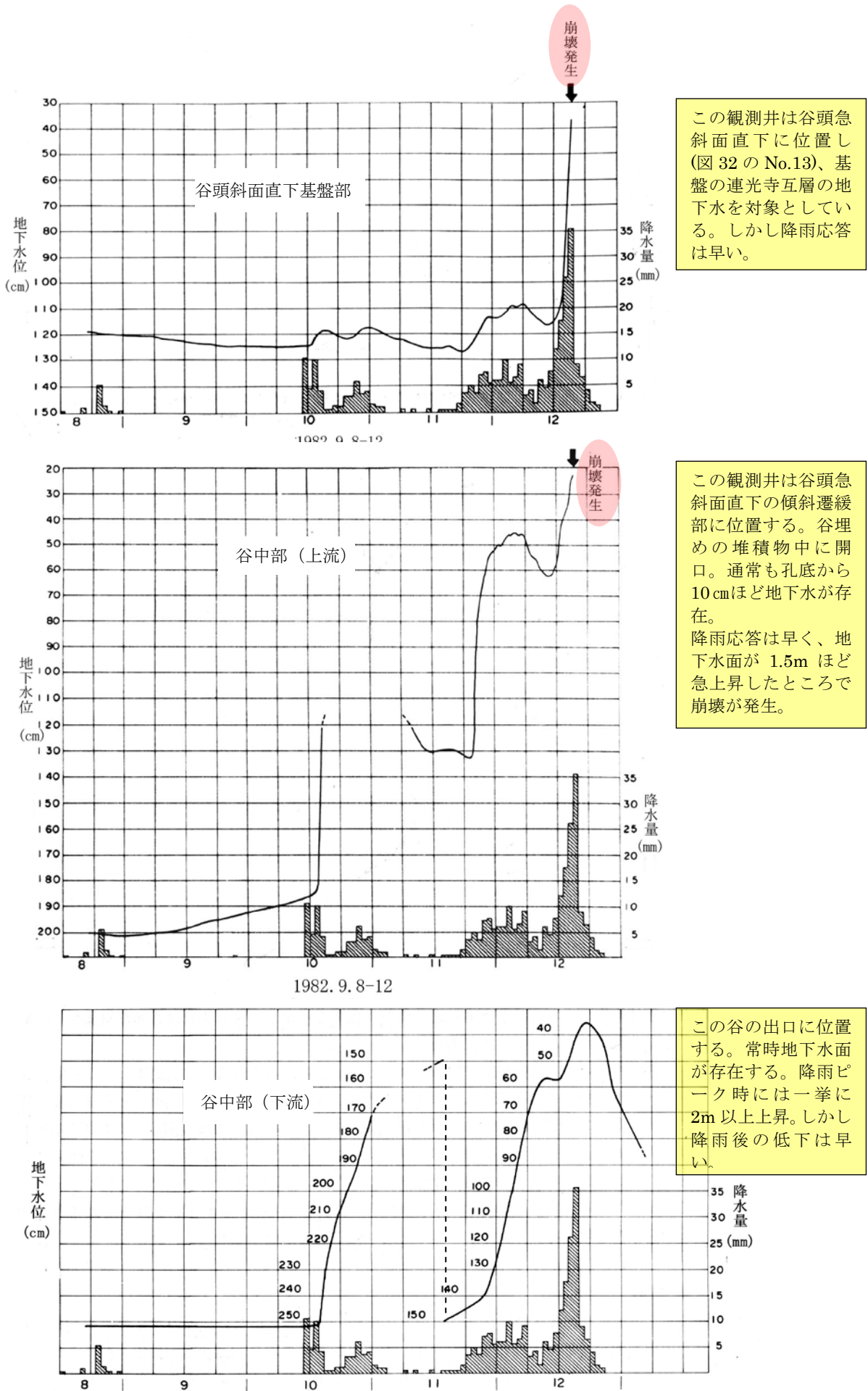
この豪雨時に多摩ローム層は写真 37 に見るように地表付近まで飽和していたと思われる。次いで谷頭部に向かう集中流が崩壊発生のトリガーとなった。なお崩土量(固体)が意外に少なかったことから泥流と言える状態であったことが推定できる。

図 31 谷頭部斜面の土層構造



図で白抜きになっている部分が旧崩壊。これは植生の状態から判断できる。崩壊の位置はずれるが谷頭部という場のもとで、崩壊は上記のようなかたちで繰り返し発生していると言ってよい。

図 32 都立長沼公園に発生した崩壊・土石流 (位置は図 27 参照)



この観測井は谷頭急斜面直下に位置し(図32のNo.13)、基盤の連光寺互層の地下水を対象としている。しかし降雨応答は早い。

この観測井は谷頭急斜面直下の傾斜遷緩部に位置する。谷埋めの堆積物中に開口。通常も孔底から10cmほど地下水が存在。降雨応答は早く、地下水面が1.5mほど急上昇したところで崩壊が発生。

この谷の出口に位置する。常時地下水面が存在する。降雨ピーク時には一挙に2m以上上昇。しかし降雨後の低下は早い。

図 33 崩壊発生時の地下水位変化