

1. はじめに

講演者は、利根川上流部赤谷川流域の赤谷湖畔に「相俣試験地」と名付けた流出試験地を設け、昭和45年より3年間、降雨による洪水出現象の解明のための一連の水文観測・実験を行つた。ここで、昭和47年7月14日から15日にかけて降つた大雨で土石流が発生した。流出試験地となつている場所で土石流が発生するという事は珍しいことであるので、本講演論文では、相俣試験地における研究結果を通して、極めて大胆に、土石流の発生原因についての考察を行つてみたいと思う。

2. 土石流発生前の河道の状況

相俣試験地の河道網の最高の次数は4で、その下流端は湖に流入している。3次の部分の数が2で、3次と4次の部分の平面形状は丁度Y字形をなしており、土石流が発生したのは、向つて右側の3次の部分の上流端から湖までの区間の約400mである。土石流発生区間の平均勾配は、3次の部分が約30度、4次の部分が約15度であつた。土石流発生区間の以前の姿は、途中の極く短い基盤岩が露出した河床の部分を除いては、基盤岩で形成される旧U字谷を1次と2次の部分から落下して来た石礫がうずめた形で河床形成されており、平時時の水流は皆河床下に伏流してしまい、そこを通過するのが困難なほど草木が繁茂し、非常に安定した状態にみえた。

3. 洪水流の流下速度の実測実験

相俣試験地においては、土石流が発生する直前に、土石流発生区間のほぼ中間の部分で、けい流を洪水流が流下する速度を実測するための実験を行つていた。この実験は、貯水容量で約30m³の放流用の門扉を持つたダムを造り、これから貯水を放流することで洪水流を発生させ、下流に浮子の流下速度測定断面を設けて、その流下速度からけい流河道における洪水流の流下速度を推定せんとするものであつた。表-1中の河床状態欄に記載した石礫の大きさは、測定区間の流心線にテープを張つて、その下の石礫の大きさを測定した結果である。ダムの放流用の門扉を操作して、比流量が1から4(絶対流量で70~280l/sec)の洪水流を発生させ、その流下速度を測定した結果が表-1である。この実験で発生させた程度の洪水流では、その継続時間が短いかもしれないが、河床の洗掘は起こらず、洪水流通過前後の河床の状況は全く同じであるといつてよかつた。

表-1 渓流における洪水流速度の実測結果

区間	距離 (m)	平均勾配 (度)	河床状態	洪水流の比流量と流下速度			
				4	3	2	1m ³ /sec/km ²
I	21	20	平滑な露岩	2.9	2.7	2.7	2.7 m/sec
II	19	15	礫、最多長径 6~12cm	1.5	1.1	0.6	0.3
III	14	25	礫、最多長径 6~12cm	1.2	1.3	1.3	1.3

4. 土石流発生状況

土石流をもたらした大雨の総雨量は、135.5mmであつて、二波に分かれて降つた。その第1波は、14日の午後7時過ぎから8時半過ぎまで降つた。この番1波で、向つて左側の3次の部分の上流端に設けた流量観測施設が破かいされたため、どの様なハイドログラフが発生したかは不明である。第2波の雨量は91.5mmで、14日の午後9時半過ぎからはじまり、翌15日の午前2時半過ぎで終了して、その主たる降雨は、14日の午後10時20分から15日午前1時40分までの3時間20分継続の90.0mmであつた。この降雨の終了後約2時間ほどした15日午前4時頃に、試験地の対岸の住民が爆発音をきいており、これが土石流の発生音と思われる。

この土石流について特記すべき事柄が二点ある。その第1は、状況から推察するに、土石流は、発生区間

の中間には貯水ダムや露岩部分がはさまつて、発生区間は地形的に二分されているにもかかわらず、区間全体を通して一瞬に発生したらしいことである。その第2は、土石流は、洪水流量が最大のときに発生したのではなく、流量の減少期に入ってから発生したと推定されることである。

5. 相俣試験地で発生した土石流の原因について

相俣試験地における土石流の発生原因が水流のエネルギーによると考えるためには、つぎの点が解決される必要がある。すなわち、最大エネルギーを持つはずの最大流量は降雨終了時点より以前に発生しているのに、土石流は降雨終了後2時間もして発生した²⁾。また、洪水流流下速度の実測実験では、洪水流が流れたのは河床上の極く一部分であつて、河床を構成する石礫の移動も全然起こらず、このような水流がはたして土石流の発生と結びつき得るかということである。そこで、講演者は、つぎの様な考え方をしてみたい。

相俣試験地の傾斜が急な基盤岩より成る旧U字谷の上の厚い石礫の堆積層の区間が全部伏流水で飽水し、かつその上を表流水が流れる状態が発生したときには、それは非常に不安定な状態にあつて、何かのきっかけ、すなわち引き金があれば、一気に下方に向つて重力でずり落ちて行つて、土石流が発生するであろうと考えられる。そうすると、土石流発生区間は途中貯水ダムと露岩の部分で二分されており、この二分された区間が一度にすべり出したと思われる点からして、この引き金は、全区間を通じて共通のものである必要がある。また、この引き金は、石礫の堆積層の飽水状態が降雨終了時点より相当以前に発生していたものと考えなければならないことから、飽水状態発生から土石流発生までの相当時間の経過を説明し得るものでなければならない。以上の様な条件を満たす引き金としては、旧U字谷の河床を形成する基盤岩層からの地下水湧出による揚圧力が水文学的には考えられる。降雨の地下水流出の仕方には、流出速度の「速いもの」、逆に「遅いもの」、そしてこれらの「中間の速さのもの」の三種類があつて¹⁾、土石流発生区間沿いの速い地下水流出がまだ相当の勢いを持つていて、かつ遅い地下水流出がピークに近付きつつある段階では、土石流発生区間に地下水を湧出させている滞水層は、土石流発生全区間の石礫の堆積層にたいして一様に揚圧力を与えることができる。もし、飽水状態が発生していなければ、地下水の湧出は河床堆積物層にたいして揚圧力を与え得ず、この様な状況下では土石流は発生し得ないであろう。

6. 土石流発生原因についての講演者の見解

次数が3から4という様な極めて低次のけい流河道における土石流の発生には、次に述べるところの受動的な条件と能動的な条件に大別される発生条件が全部同時に満たされる必要があるのではないであろうか。受動的な条件は三つあつて、①基盤岩で形成される相当急傾斜のU字谷の旧河道があること、②この旧河道が1次や2次の部分から落下して来た石礫でうずめられて、新河床が形成されていること、③この河床堆積物層には水流が伏流でき、かつ伏流水が除々に層内に貯留されて行つて、層全体が飽水するほどに細粒分が増加していること、である。能動的な条件とは、④この河床堆積物層を全部飽水させ、かつ全面的な表流水が発生するほどの洪水流が土石流発生区間上流端で生じること、⑤土石流発生区間沿いの基盤岩層中に形成される滞水層の地下水位がほぼ一様に上昇し、かつ飽水した河床堆積物層を全体的に持ち上げることができ、揚圧力を持つこと、の二つである。すなわち、①から④までの条件が整つて、かつ土石流発生区間全体にわたつて地下水の優勢な湧出による揚圧力の発生という引き金がひかれて、はじめてその区間で土石流が生ずるものと、考えるものである。

参考文献

- 1) 岡本芳美 日本列島の山林流域における降雨の流出現象に関する総合的研究 土木学会論文報告集第280号 1978年12月
- 2) 青木佑久 過去に土石流災害をもたらした降雨の特徴 土木技術資料22-2 (1980)