

鉄江土石流についての水理学的考察

東北大学工学部 正員 工博 岩崎敏夫
正員 工修 富樫宏由
学生員 ○樋口淳美

1. 諸言

昭和42年8月末の羽越水害によって、新潟県北蒲原郡黒川村鉄江では通称西山川における土石流のため甚大なる被害を受けた。実地踏査のため現地に入った筆者らはその荒蕪とした惨状を見てあぜんとしたものであった。もとより土石流の問題は水理・土質・地質等広く多方面にわたるものであり、単に水理学的追求のみでは到底解決しえない複雑な要素を含んだ問題である。しかし筆者等は土石流の典型的な一例としてとり上げた鉄江土石流について、かなりミクロな見方で、主として水理学的な観点に立って問題の解明に迫ろうとするものである。従って今後の定量的な水理解析の前提として、まず西山川一入股川における河床の縦横断面測量及び砂礫の粒度分布測定を行い、その結果について若干の定性的考察を加えた。

2. 鉄江土石流の概況

鉄江土石流を起こした西山川一入股川を中心とした地形は図-1の様である。昭和42年8月28日午前10時頃から降り出した雨は18時頃に一時止むかに見えたが夜に入って再び降り出し、鷹ノ巣(鉄江より約7km)における雨量観測によれば、最大時間雨量84mm、29日10時までの総降雨量553mmという記録的な集中豪雨となった。このため山間部では各地で山腹崩壊・土石流が発生し、鉄江においても、28日夜半に部落の真ん中を突き切って土石流が襲い西山川は大きく流路を変えた。(図-1に旧流路が点線で示されている。)

鉄江土石流の実態を村人の話し等から推定してみる。28日19時から20時の間に石が転動していると思われる遠雷の様な音が続いた。この時刻に山腹や段丘部分の崩壊が起りこれが土石流に発達したものであろう。土石流の正確な到達時刻等が不明であるので土石流の速さや流量については推定出来ないが、「巨石



図-1 鉄江西山川一入股川の流域地形と測点

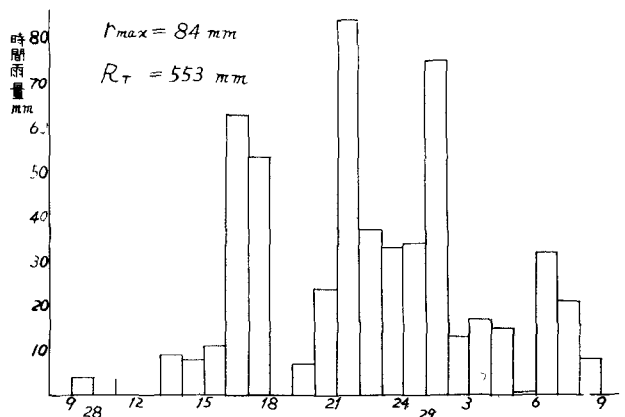


図-2 鷹ノ巣時間平均雨量(42.8.28~29)

が砂舟に乗って運ばれて来た」と表現している様に、多量の土砂が巨石を含んでほぼ1～2m程度の高さで流下したものと考えられる。出水の状態は5～10分間隔で段波状であったという。

測点65には二つの砂防ダムがあって、それより上は砂が50cm程度の厚さで堆積していた。従ってこの砂防ダムより上からは大粒径のものは供給されなかったと考えられ、今回の調査においてはこの砂防ダムより上流については除外している。砂防ダム直下には2m程度の巨石が散在しておりこれは今回の災害前からあったものと言う。しかしダムの基部は1～2m洗掘されており、No.65からNo.53までは縦横の浸蝕が激しく花崗岩の露頭が現われいわゆる風化花崗岩(真砂)が運び出されたものと考えられる。No.53以下は基盤が泥炭であり、No.33付近まで両岸が削られ基盤が露出し、浸蝕をくり返して土石が運搬された区間である。No.30以下は堆積区と考えられ、小股川との合流点以下は急に谷中が広がって大量の巨石が堆積していた。鉄江部落付近では砂の量が多くなり、特に表面は一面砂でおおわれていた。

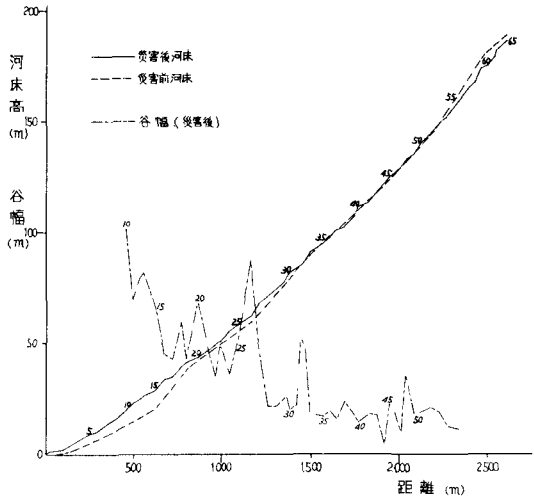


図-3 鉄江西山川大股川の縦断河床形と谷巾

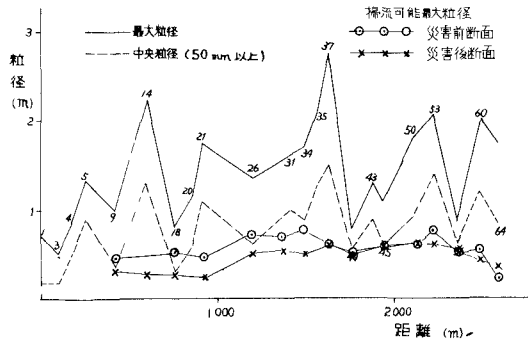


図-4 鉄江西山川大股川における河床砂礫の距離の分布

3. 調査方法及び結果

(1) 縦横断測量

鉄江沢川の合流点から災害後の流路に沿って砂防ダム直下まで 図-1 の様に測点を設置し、トラス測量及び谷の縦横断測量を行った。図-3 に縦断河床形、及び土石流が流れたとみられる谷中を示した。ただし下流部及び最上流部については余り明確でないので省略してある。また災害前河床高は国土地理院5万分の1地形図から求めたものである。

(2) 河床砂礫の粒径分布測定

測定方法は河床の砂礫分布状況を代表していると思われる位置に適当な測定面積を設定し、この中

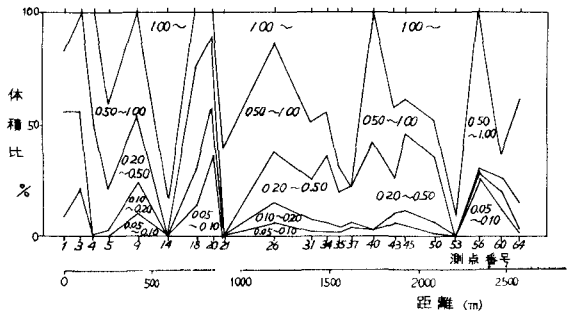


図-5 鉄江西山川大股川における河床砂礫の体積比の距離的分布

にある粒径50mm以上の礫の大きさと数を調べ、50mm以下については試料を採取しこれをふるい分けして粒径分布を求めた。この様に測定方法が異なるので全体の粒径分布を考える場合は多少問題がある。これらの結果から粒径分布の距離的分布を求めた。図-4 は最大粒径、図-5 は各粒径の体積比についての各々距離的分布図である。

4. 考察

(1) 縦横断面測量結果について

河床勾配は下流の西山川で $1/20$ 、大股川で $1/20 \sim 1/10$ 程度である。図-3 から明らかな様に No.65 (砂防ダム直下) より No.53 (上流側の花崗岩と下流側の泥岩を分ける断層線の走っている地点) までは砂礫の供給区域、No.53 から No.35 付近までは浸蝕と堆積をくり返しており運搬区域、No.35 以下は堆積区域とみなすことが出来る。ただし縦断面図から見たにせよ浸蝕された量と堆積量がバランスしていない。これは山腹の崩壊量、小股川からの流出土砂量、砂防ダム上流からの供給量を考えていないためであると考えられるが、これらの間の正確な量的関係及び総流出土砂量等については資料不足のため求めることが出来なかった。

(2) 粒径分布について

図-4 に限界掃流力に関する岩垣公式により計算した掃流可能最大粒径を示した。この計算は $\sigma/p = 2.65$, $\nu = 0.01 \text{ cm}^2/\text{s}$, $g = 980 \text{ cm/s}^2$ とした。(ここで σ : 礫の密度, p : 水の密度, ν : 動粘性係数, g : 重力加速度) また流量は合理式から求めたピーク流量を与えた。岩垣公式を巨礫の掃流に適用するには疑問があること、土石流では p , ν が清水中とかなり異った値をとること等により実際とはかなりかけ離れたものであるが、非ニュートン流体としてまたは集合運搬として取り扱う場合の一つの傾向を与えるものと考えられる。¹⁾ この図からも清水中での掃流という考え方では説明出来ない移動機構であることが推定出来る。

次に図-5 によると粒径分布の型が周期的に変動している。この変動の周期は下流ほど短い様である。図-8 に測定面積中で各粒径の礫が占める投影面積の割合を示した。この図からも周期的に変動している状態がわかるが、全体的に見ると下流ほど砂の占める割合が大きくなる。(No.34 から上流でもかなりの砂がある様に見えるがこれは基盤の露出部分も含んでいるためである) また鉦江沢川との合流点付近では比較的均等な分布をしているがこれは鉦江沢川からの土砂も加わっているためと考えられる。

(3) 土石流の機構について

土石流の流動及び砂礫の運搬に関する機構については泥流の流動についての実験的研究が行なわれている程度である。²⁾

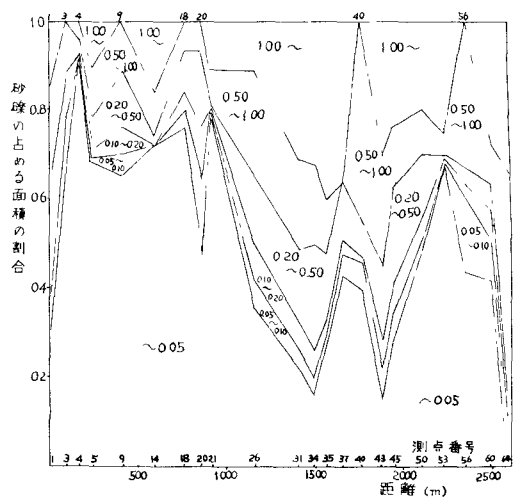


図-6 鉦江西山川大股川における河床砂礫の単位面積当り砂礫の距離的分布

土石流中で巨礫が運搬される機構は集合運搬 (Massentransport) といわれ、土砂が全部接触連続して集団的に移動するものといわれているがその力学的機構については連続体として扱えるかどうか疑問であって、現在までほとんど扱われていない。今回の飯江土石流に於てもこの集合運搬状態であったと考えられるので、砂礫の分布、勾配等との関連を考えて現象面について考察する。

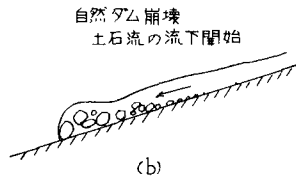
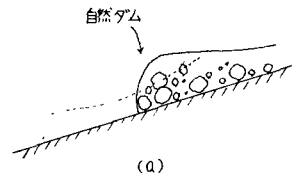


図-7 土石流模式図

先ず山腹から崩壊した土砂、水流により削られた河床堆積物が掃流力の小さい地点や土石の疎通が妨げられる様な地点で堆積し土石による自然ダムを形成する。(図-7(a)) これは次第に高くするが水を多量に含んでいるため土石の流動限界を越えると段波状に下降運動を起こす。この時粒径が大きい程その慣性が大きく遠くまで転動することになる。(図-7(b)) この様な過程をくり返して次第に土石流は下降する。水量が減って土石流としての運動をやめると、細粒分は一般の掃流機構によって洗い出され、礫の大きさが周期的に変動する様な粒径分布となるはずである。集合運搬は重力による運動の割合が大きいから粒径分布の変動は勾配と関係があり、自然ダムの形成に関しては谷中の狭まった部分(ネック)や谷の蛇行の曲率等とも関係があるものと考えられる。以上の説明は土石流をモデル化して考えたもので一つの仮定に過ぎない。今後土石流の調査や多くの実験等が行われねばならない。

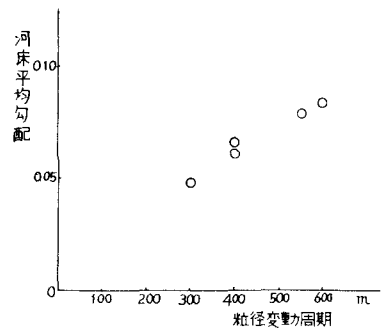


図-8 粒径分布の変動と勾配との関係

5. 結語

飯江土石流を調査した結果について述べ多少の考察を加えたが、定性的、抽象的なとらえ方に終っている。しかし土石流が起る可能性のある地域は無数にあり、その防災工法とも関連して土石流の根本的機構を解明することが急がれる。この場合水理学的立場から検討するに当たっては、土石流の限界掃流力、高濃度流体(例えばビンガム流体等)の流動特性、巨礫の転動特性、段波状の流出特性等の問題点がある。³⁾

最後に資料を提供いただいた関係各位及び調査に協力された水理研究室の取置の方々に謝意を表するとともに、文部省科学研究費(特定)の補助を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 矢野勝正 ; 水工学シリーズ 67-06 土砂災害とその対策
 - 2) 矢野大同 ; 土石流に関する基礎的研究, 京大防災研究所年報
 - 3) 昭和41年台風26号による災害の実態調査報告書 p39 等
- その他, 遠藤隆一, 砂防工学(共立出版)