

2010 年 8 月 歴舟川鉄砲水災害について

独) 土木研究所寒地土木研究所寒地河川チーム ○村上泰啓
(株)北開水工コンサルタント先端技術開発センター 長谷川和義

1、はじめに

平成 22 年 8 月 15 日 20:30 頃、北海道東部の歴舟川流域(図-1)の上流部でビバーク中の東京理科大学のワンダーフォーゲル部の学生 4 名が急激な増水に流され、3 名が死亡するという痛ましい事故があった。流域内の地上雨量計では 20mm 前後の降雨量であったにもかかわらず、上流部で起きたという急激な増水はなぜ起きたのか。本報告では国土交通省が公開している全国合成レーダー雨量を用い、地上雨量計では把握できなかった降雨の存在を推定したほか、Kinematic Wave モデルを貯留関数に集中化した一般化貯留関数モデルを支六ノ沢流域に適用して被災地点付近のハイドログラフを求め、被災原因を推定した。

2、被災当日の雨量

被災当日、北海道東部には前線の通過に伴い、地上雨量計で若干の降雨が観測されていた。国土交通省関東地方整備局より入手した被災当日の全国合成レーダー雨量データと地上雨量データを比較したものを図-2 に示す。本データは防災情報提供センターの WEB サイトでリアルタイムに表示されているデータのオリジナルである。これによれば、レーダー雨量で抽出された降雨量、総雨量とも、地上雨量を概ね再現できているといえる。本レーダーデータは 3 次メッシュ(概ね 1km メッシュ)に対応しており、5 分毎の雨量強度データがバイナリで格納されている。バイナリデータから十進形式でデータを抽出するためには河川情報センターで開発された FREX(FRICS radar data extractor)を用いる必要がある。

3、被災の概要

図-3 に歴舟川上流の支六ノ沢の流域及び被災地点を示す。18 日付けの北海道新聞夕刊 1 面によれば、被災した 4 人は、15 日夕刻、歴舟川支川中の川の支川、支六ノ沢の奥の 2 つの沢の合流地点に野営したとされ、19 日付けの北海道新聞朝刊 1 面に 4 人がテントを張った地点が示されていることから、図-3 に国土地理院 WEB サイトから入手した 10m メッシュ標高値を用いて現地の地形、溪流位置に加え、大学生 4 名が野営し、被災した地点を示す。図中の格子はレーダー雨量メッシュである。次に、これら地形データとレーダー雨量データを用い、被災地点のハイドログラフ推定を試みた。

4、一般化貯留関数を用いた被災地点の水位上昇量推定

(1)一般化貯留関数モデル

出水時の斜面からの流出過程は、主に表面流と中間流に区分される。支六ノ沢周辺の斜面勾配は 40 度前後と急こう配であり、地質も砂岩泥岩互層の付加体や泥質片岩からなる変成岩など、流域斜面が比較的硬質な基盤岩から構成されており、出水時の流出形態は表面流が卓越しているものと想定される。表面流の推定には等価粗度法や貯留関数などが一般的であるが、本研究では、2 支川の合流直後における水位の急上昇を再現することが目的であるので、計算方法が比較的簡便で、モデルパラメータが等価粗度法との関係性から導かれた(1)式～(7)式に示す星ら¹⁾の提案した一般化貯留関数モデルを用いた。

$$s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt}(q^{p_2}) \quad (1) \quad \frac{ds}{dt} = r - q \quad (2)$$

$$p_1 = 0.6 \quad (3) \quad p_2 = 0.4648 \quad (4)$$

$$k_1 = 2.8235 f_c A^{0.24} \quad (5) \quad k_2 = 0.2835 k_1^2 \bar{r}^{-0.2648} \quad (6)$$

$$f_c = (n/\sqrt{i})^{0.6} \quad (7)$$

ここで、s:貯留高(mm/h)、q:流出高(mm/h)、r:有効降雨量(mm/h)、t:時間(hr)、 k_1, k_2, p_1, p_2 :モデルパラメータ、n:等価



図-1 歴舟川流域及び支六ノ沢位置図

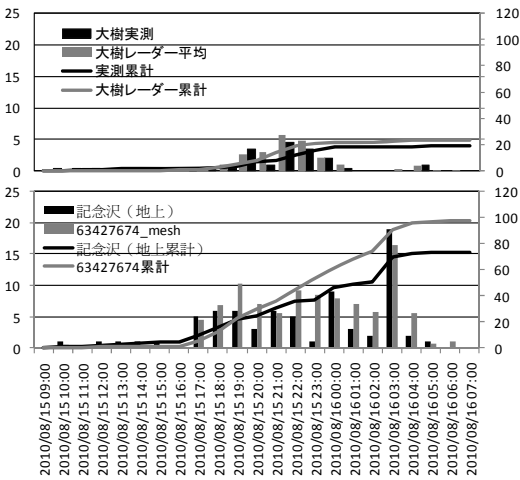


図-2 地上雨量とレーダー雨量の比較

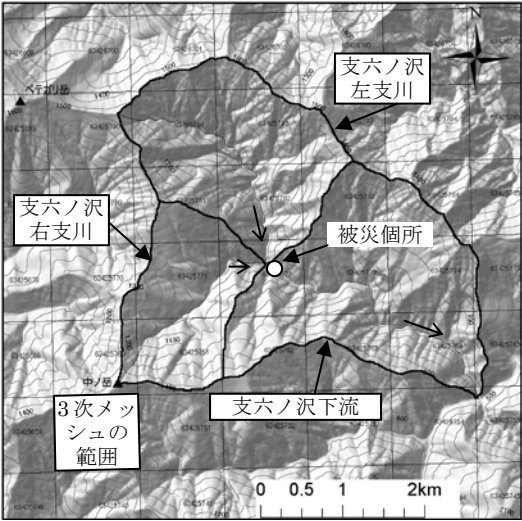


図-3 支六ノ沢及び被災箇所(○印)

表-1 流域地形量から求めたモデルパラメータ

支川名	河道長 (m) a	平均河床 勾配(度)	河床の 粗度係 数	流域面 積 (km ²) b	平均斜 面勾配 (度) d	斜面勾配 i=tan(d)	斜面の 等価粗度 n	f_c ($n/\sqrt{i}$) ^{0.6}	k_1	k_2
支六ノ沢左支川	3343.7	16.7	0.04	4.2264	44.04	0.9672	0.3	0.185383	0.739758	0.155143
支六ノ沢右支川	2627.7	19.8	0.04	2.6613	37.97	0.7804	0.3	0.193823	0.692179	0.135828
支六ノ沢下流	3807.7	2.1	0.04	5.4318	41.32	0.8791				

※支六ノ沢左支川、右支川、下流という名称は検討の際に便宜的に付けた仮称。

粗度, i : 斜面勾配, A : 流域面積(km²), $\bar{r}$: 平均降雨強度, f_c : friction factor.

(2) 計算条件

前述の貯留関数モデルパラメータを決定するため、被災地点の上流2支川の斜面勾配、流域面積、降雨強度等を求める必要がある。流域面積、斜面勾配については、ESRI社製GISソフトArcGIS9.3.1のSPATIAL ANALYSTツールの水文解析機能及びゾーン統計で求め、モデルパラメータと共に表-1に示した。斜面及び河床の等価粗度は文献値²⁾³⁾を参考に0.3、0.04とした。支川流域毎の降雨時系列は、図-3に示したレーダー雨量メッシュ個々の雨量を支川流域毎に集計して求め、表-2に示した。

(3) 計算手法

採用したモデルは非線形定微分方程式であるため、数値的に解かざるを得ない。このため、星らの提案している線形化による数値解法⁴⁾を用いて計算を行った。本手法はBASICなどのインタプリタ言語でも30行程度で記述が可能であり、計算も極めて短時間に実行可能である。

(4) 計算結果

図-4に支六ノ沢左支川及び右支川、両者を合成した被災地点のハイドログラフ、流速、水深等を示す。左支川、右支川の流量を前述のモデルで求め、両者を合成した流量を被災地点の流量とした。また、新聞報道により被災地点の川幅が約5mとされており、仮に河道断面を矩形と仮定すると、流量、川幅、河床勾配を用いることで、 Manning則から水深、流速を推定できる。図-4中では下向き凸の点線が水位、二点鎖線が流速に相当し、被災時刻において、水深が1m以上増加し、流速は6m/s程度あったという結果が得られた。これにより被災原因が鉄砲水であったことが推定される。

5、結論

新聞報道によれば、被災者4名は幅5m程度の河原で野営していたという。2支川の平均雨量(表-2)の値をみると、18時~21時の間に1.7mm、6.7mm、11.5mmと降雨量が急増していき、被災した20:30付近に流量のピークがあったことが推定された。被災地点は2支川の合流直下ということもあり、結果的に急激に水位が上昇し、大学生4人が被災したものと推察される。斜面勾配が40度前後という急斜面で構成された山地溪流では、時間10mm程度の降雨で短時間に危険な水位上昇の可能性があることが示唆された。国土交通省が運用するレーダー雨量計は地上雨量計を補完する上で防災上有益であるといえるが、山岳部や河川上流部では情報収集が困難であるため、たとえ数mm/hの降雨であっても高所に避難する、河川上流部に雲がかかっている場合はカメラツーリングを中止するなど、現場での判断が極めて重要になる。図-4に示されるケースでは、降雨量の増加と流出量の増加がほぼ同位相になっていることから、例えば雨音の変化等で降雨量が増加していると判断された場合、短時間に急激な水位上昇の可能性が高いことから、標高の高い位置に避難すべきであるといえる。最後に、データを提供頂いた関東地方整備局、北海道開発局に謝意を表するとともに、亡くなられた3名のご冥福をお祈り申し上げる。

参考文献

- 1) 星 清・山岡 勲: 雨水流法と貯留関数法との相互関係, 第26回水理講演会論文集, pp.273-278, 1982.2
- 2) 建設省河川砂防基準(案)同解説調査編, 建設省河川局監修, 社団法人日本河川協会編, pp93, 平成9年9月.
- 3) 鎌田 萬, 山腹斜面の等価粗度に関する研究, 土木学会論文報告集, 第328号, pp47-55, 1982.12.
- 4) 星 清ら, 実用的な洪水流出計算手法, 北海道開発局土木試験所河川研究室, 1987.3(内部資料)

表-2 レーダー雨量から求めた支川別の降雨量

日時	支六ノ沢 左支川	支六ノ沢 右支川	2支川平 均雨量
2010/8/15 17:00	0.030	0.002	0.1
2010/8/15 18:00	0.139	0.127	1.7
2010/8/15 19:00	3.354	3.158	6.7
2010/8/15 20:00	9.797	10.290	11.5
2010/8/15 21:00	13.326	10.069	11.3
2010/8/15 22:00	9.133	8.481	7.1
2010/8/15 23:00	5.415	6.000	5.3
2010/8/16 0:00	5.282	4.029	5.6
2010/8/16 1:00	6.054	9.362	6.7
2010/8/16 2:00	7.516	4.720	5.8
2010/8/16 3:00	4.422	3.837	4.4
2010/8/16 4:00	4.432	4.109	3.5
2010/8/16 5:00	2.645	1.503	5.9
2010/8/16 6:00	9.234	10.002	5.3
2010/8/16 7:00	1.405	0.488	1.4
2010/8/16 8:00	1.468	1.950	0.7

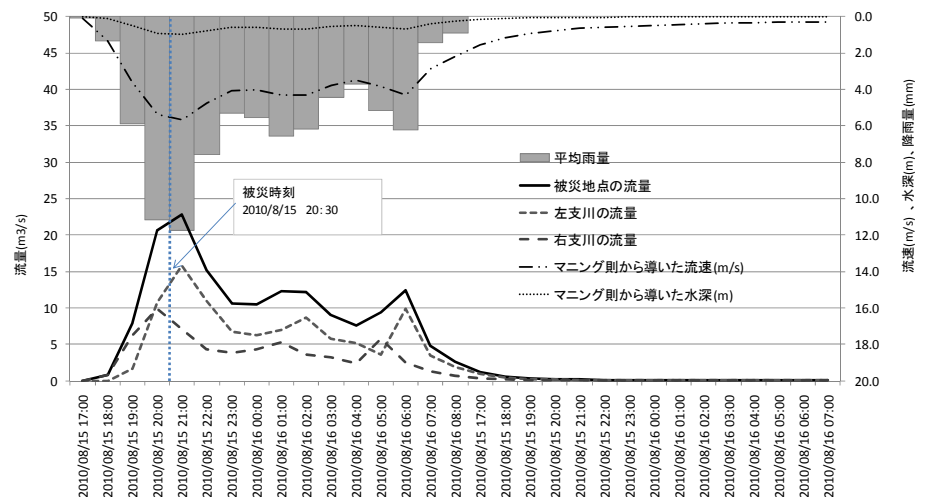


図-4 支六ノ沢における流量ハイドログラフ、流速、水深の変化