

地方都市の洪水ハザードマップの作成

— 稚内市クサナル川の事例研究 —

flood hazard map of the local city

室蘭工業大学 ○学生員 梅村郁恵 (Ikue Umemura)
 室蘭工業大学 正員 太田典幸 (Noriyuki Ohta)
 室蘭工業大学 フェロー 藤間 聡 (Satoshi Tohma)

1. はじめに

近年、地球温暖化などの影響により全国で台風や集中豪雨が増加傾向にあり、洪水被害が多発している。その中でも北海道は、本州に比べ平坦な地域が多く、広大な面積を有するため、洪水被害を広範囲に受けやすい¹⁾。また、近年では平成15年台風10号による記録的な集中豪雨が発生し、日高、十勝地方に甚大な被害をもたらし、今後も各地で洪水被害が多発する恐れがある。しかし、地方都市を貫流する中小河川は、河道計画の対象規模が小さく、河川整備が十分ではないため、ハード対策だけでは人命や財産を守ることが難しくなっている。そこで、本研究は、事例研究として稚内市の市街地を貫流する二級河川クサナル川を対象とし、洪水に伴う外水氾濫を想定した氾濫流の数値解析を行い、洪水浸水域の予測を行うことを目的とする。

2. 稚内市及び解析対象河川

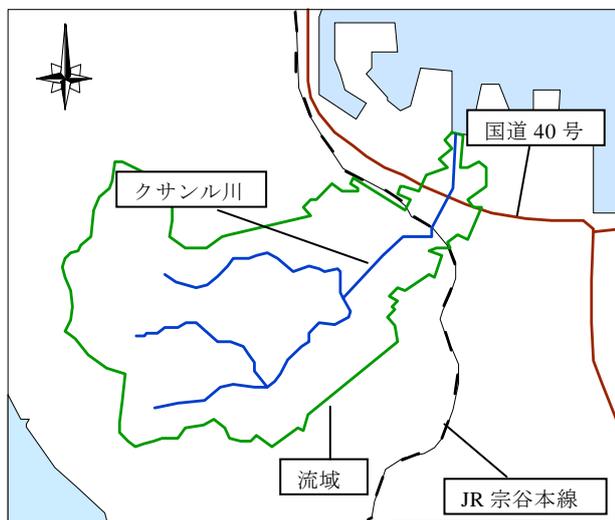


図-1 クサナル川流域

図-1 にクサナル川流域を示す。稚内市は北海道最北に位置し、面積約760km²、年平均気温7度、年平均降水量1,200mm、人口約4.1万人の都市である。また、稚内市の南方には、宗谷丘陵が広がっており、緩起伏の地形を有する。地質は硬質泥岩及び砂質頁岩等から構成され²⁾、透水係数が低く脆弱な地層である。同丘陵は過去の大火と低温な気候条件のため、笹や低木のみの植生と

なっていることから、ひとたび豪雨に見舞われると、丘陵からの大規模な流出が懸念される。

対象河川であるクサナル川は流域面積4.9km²、流路延長4.0kmの二級河川である。同流域は、山林が60%を占め、中流域から下流域の平地にかけて住宅地が広がり、河口周辺には商業施設などが立地する市街地が形成されている³⁾。また、下流域には旭川とを結ぶ国道40号やJR宗谷本線が横断する。そのため、同川が氾濫した場合、市民の生活や都市機能に甚大な影響を及ぼすことが予想される。それに加え、同川は現況河道幅員が小さく、表-1に示す通り、近年では幾度も浸水被害が発生し⁴⁾、今後も被害を及ぼす恐れがある。

表-1 クサナル川流域の浸水被害状況

生起年月日	起 因	24時間総雨量 (mm)	浸水家屋 (戸)
S60.8.17	低気圧	87	7
H6.8.12	低気圧	84	13
H8.8.18	低気圧	97	4
H12.10.1	低気圧	86	10

3. 解析条件

3.1 再現期間30年確率降雨の推定

稚内市における洪水氾濫解析を行うに当たり、確率降雨の設定を行う。二級河川の場合、通常、基本方針の上限値である再現期間50年を採用することが多いが、同川の現況河道幅員が小さいため、本研究では、確立降雨として再現期間30年を採用した。再現期間30年の確率降雨を求める際に使用した降雨量データは、稚内市の年最大降水量データ(統計年1977~2006年)⁵⁾を用い、Gumbel法より $r_{30}=116\text{mm}/24\text{h}$ を得た。

3.2 洪水ハイドログラフの推定

同川流域内には、水文観測所がないため、近接する声問川のパラメータ⁶⁾を準用し、下記の(1)式及び(2)式に示す貯留関数法から、ハイドログラフを求め、ピーク流量として $Q_p=49\text{m}^3/\text{s}$ を得た。なお、(1)式中の降雨量については、表-1に示した洪水事例の雨量を適用し、それぞれの雨量を再現期間30年確率降雨116mmに引き伸ばし、それぞれのピーク流量を算出した結果、最大となったH12年10月1日の降雨波形を用いた。

$$\frac{dS(t+T_L)}{dt} = r(t) - q(t+T_L) \quad (1)$$

$$S = k \cdot q^p \quad (2)$$

ここに、 S は貯留高(mm)、 q は流出高(mm/hr)、 r は雨量(mm/hr)、 k 、 p は定数、 t は時間(hr)、 T_L は遅滞時間(hr)である。

3.3 洪水時の河川水位

同川を横断する国道 40 号や JR 宗谷本線を含め、図-2 の位置に示す No.1~5 の 5 つのボックスカルバートが設置されている。そのうち、上流側の No.1 及び No.3 については流下能力が低いため、カルバートの直上流の区間を横越流ゼキとして越流水深を算出し、越流地点を決定する。また、No.1 より上流については、不等流計算から越流水深を求め、越流地点を決定する。

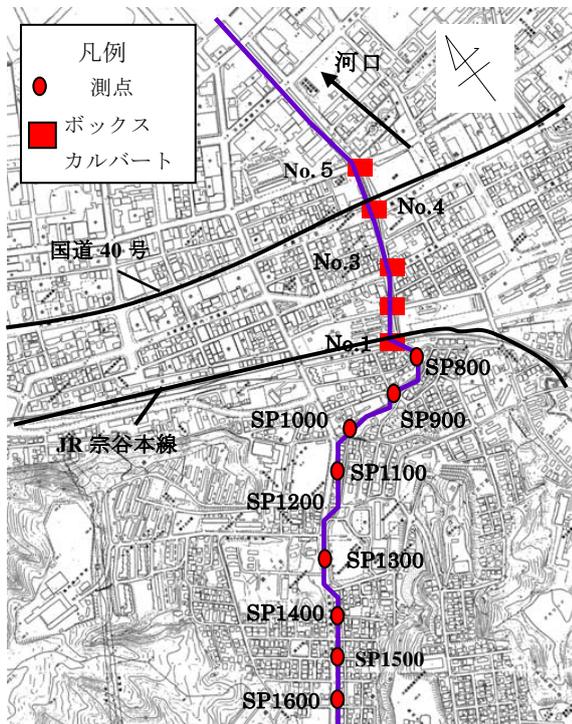


図-2 測量地点・ボックスカルバートの位置^{7), 8)}

(1) ボックスカルバート地点の洪水時水位の算定

ボックスカルバートの流下能力を知るため、カルバートを管路路として扱い、満水時の流量を求めた。その結果を表-2 に示す。同表の No. については上流側カルバートから順に No.1、…、5 と記している。同表より、No. 1 及び No.3 については流下能力が低いことが認められるため、各直上流の流量を十分に疎通できないことが予測される。そのため、No. 1 及び No.3 の越流水深の計算方法として、No.1 の直上流について例を挙げて説明する。

表-3 に示す No.1 の直上流流量は $45\text{m}^3/\text{s}$ 、最大流下能力が $12\text{m}^3/\text{s}$ であるため、 $33\text{m}^3/\text{s}$ の流量が河道に貯留するものとし、河道貯留区間を横越流ゼキと仮定する。ただし、河道貯留区間を越流幅とし、No.1 の直上流から SP800(河口から 800m)の地点までとした。この図-3

に示す河道貯留容積を越えた流量を越流流量とし、以下に示す越流式(3)式より、越流水深を求めた。ただし、 q については(4)式より求める。

$$q = Kh^{3/2} \quad (3)$$

$$q = Q/2L \quad (4)$$

ここに、 q は単位幅当たりの越流流量($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)、 Q は直上流の流量と最大流下能力との差(m^3/s)、 L は越流幅、 K は越流係数、 h は越流水深(m)である。

No.3 の直上流側についても No.1 同様の方法より求める。ただし、越流幅は No.3 の直上流から No.2 の直下流までの 70m とした。

次に、No.2 と No.4~5 の直下流越流水深としては、No.4~5 を挙げて説明する。表-2 で示すように No.3 の最大流下能力が $3\text{m}^3/\text{s}$ であるため、下流地点の No.4~5 については、同表より流下することが認められる。なお、No.4 の国道橋及び No.5 の本通り南 1 号橋では、表-4 に示す計算水位と河岸高との比較の結果、氾濫しないことが認められる。ただし、同表の No.4 の直下流河岸高については、両河岸高を比較し低い方を記している。

以上のことから、ボックスカルバートの No.1 及び No.3 については、氾濫することが認められ、表-3 に越流水深を示す。

表-2 最大流下能力

No.	最大流下能力 (m^3/s)
1	12
2	19
3	3
4	44
5	48

表-3 各流量と越流水深

No.	直上流の流量 (m^3/s)	河道貯留容積 (m^3)	越流水深 (m)
1	45	1543	0.4
3	12	498	0.2

表-4 各カルバートの洪水時水位と河岸高

	直下流水位(m)	直下流河岸高(m)
4	1.202	2.43(両河岸)
5	1.037	2.3(左岸)

(2) 上流域の洪水時水位の算定

図-2の位置に示したSP800より上流域では、下流域のようにボックスカルバートが設置されていないため、開水路として不等流計算を行う。SP800~900、SP1000~1100については射流、それ以外の区間については、常流となり、それぞれ不等流計算を行い、越流水深を求める。流量については、射流から常流に変わる地点SP800、SP1000の地点でそれぞれの流量を用い、その地点から流量が一定であるとした。図-3に上流域の越流地点を示す。同図から同川では8つの地点から越流する。また、氾濫水位、時間については、河岸高を越えた水位、時間とし、表-5に各地点の氾濫水位と氾濫時間を示す。

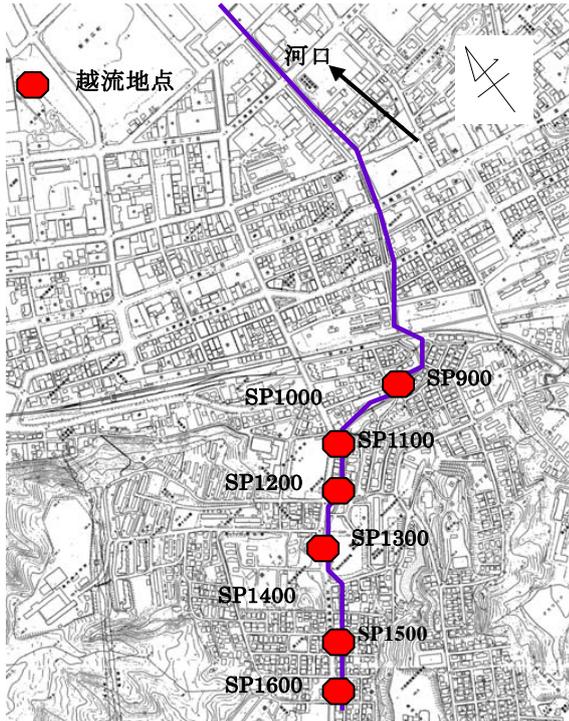


図-3 上流域の越流地点

表-5 各地点の氾濫水位と氾濫時間

測点 SP	氾濫水位 (m)		氾濫時間 (min)	
	右岸	左岸	右岸	左岸
900	—	0.5	—	40
1000	—	0.5	—	110
1100	—	2	—	40
1200	1.3	0.5	60	80
1300	1.6	1.6	60	60
1400	1.3	2	60	90
1500	0.5	0.5	30	30
1600	0.5	0.6	30	30

4. 洪水氾濫流解析

4.1 洪水氾濫流解析の基本方程式

氾濫流の数値解析は、平面二次元流れとして扱い、計算法には差分法を用いる。基本方程式は以下に示す連続式(5)式と運動方程式(6)及び(7)式を用いる。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{h} \right) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2}{h^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad (6)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{h} \right) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2}{h^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \quad (7)$$

ここに、 M 、 N は x 、 y 軸方向の流量フラックス ($m^2/s/m$)、 h は水深 (m)、 H は水位 ($h + Z_b$) (m)、 g は重力加速度 (m/s^2)、 n は Manning の粗度係数である。

4.2 標高及び土地利用データの作成

氾濫流の解析を行うには、上記の(6)及び(7)式に示す H 及び n については、データ化する必要がある。計算格子は、格子間隔 10m の直交正方格子とする。対象領域は、過去に浸水被害があった下流側を網羅した x 方向に 1.4km、 y 方向に 1.5km とする。各データは 1 : 2500 の稚内市の現況図より作成した。標高データは、50m 間隔格子を格子間隔 10m に線形補間し作成する。また、土地利用データは、格子間隔内で建物や道路等の占有率の高いものを代表値として読み取り、土地利用状況に対応した粗度係数を与える。図-4に稚内市現況図を引用して作成した、クサンル川の土地利用図を示す。

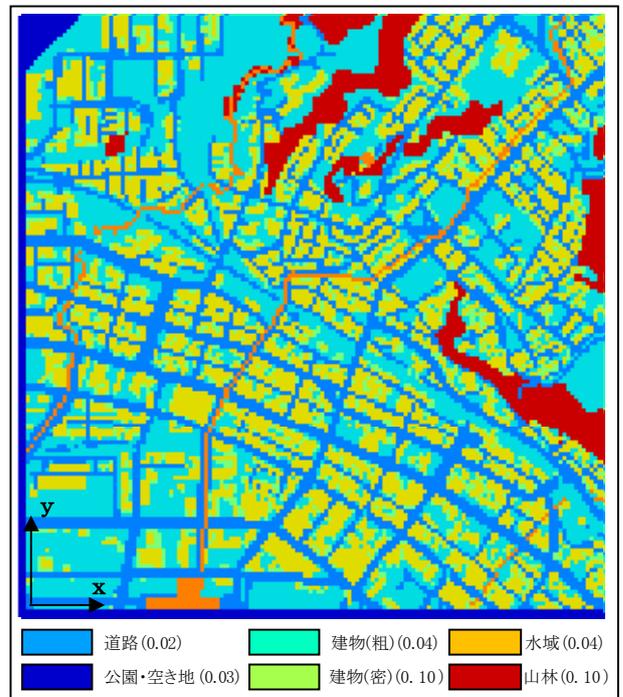


図-4 稚内市クサンル川の土地利用図

5. 解析結果

図-5 に稚内市クサンル川の浸水想定区域図を示す。同図より、左岸側で浸水すると予測される地域は、大黒2、3丁目まで広範囲にわたって0.5m未満の浸水が予測される。また、緑1丁目では、浸水深が0.5~1.0mに達し、緑2丁目では浸水深が1.0~2.0mに達するため、床上・床下浸水が予想される。右岸側については、大黒4丁目まで0.5m未満の浸水深が広範囲にわたり、緑3丁目では浸水深が1.0~2.0mに達するため、床上・床下浸水が想定される。また、同図より、予測される浸水域にはJR宗谷本線、国道40号が横断しているため、交通機関の運行に支障がでるほか、物流にも影響がでると考えられ、市民の生活にも支障がでる恐れがある。

また、図-6 は図-5 の凡例に示した浸水深ごとの避難限界を示す。同図から、浸水深が0.3mの場合、小学校高学年の避難限界となる。そこで、前記の浸水深が0.5~1.0mに達する緑1丁目には、小学校が位置しているため、小学生の避難に危険が伴うため、重点的な避難対策が必要となってくる。そこで、避難訓練の実践例として、水中での歩行の困難さを知ってもらうため、学校のプールで膝下程度の水をため、浸水を想定した模擬体験をすることで、住民に日頃から洪水への防災意識を高めてもらうことが重要と考えられる。

6. おわりに

クサンル川の下流域に設置されているNo.1及びNo.3のボックスカルバートについては、最大流下能力が低いいため、十分に流量が疎通できない。そして、No.1に関してはJR宗谷本線が横断しているため、早急な河道整備が必要だと思われる。

7. 謝辞

本研究にあたり、貴重なデータを提供して頂いた北海道開発局、稚内土木現業所、稚内市の関係者の各位に記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 公共事業事前評価調書 クサンル川 北海道土木現業所.
- 2) 稚内(旭川-第3号)、5万分の1地質図、北海道地下資源調査所、1954.
- 3) クサンル川水系河川整備計画概要版 北海道土木現業所.
- 4) 第1回クサンル川水系河川整備計画検討委員会資料.
- 5) 気象庁ホームページ 気象統計情報.
- 6) 稚内開発建設部河川計画課 声問川の工事実施基本計画.
- 7) 稚内市土木現業所クサンル川測量資料.
- 8) 稚内市編、稚内市現況図.
- 9) 伊藤那緒子・小西隆幸：室蘭工業大学卒業論文、2007.

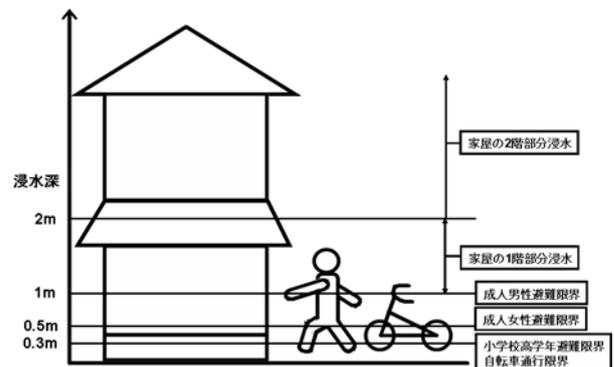


図-6 浸水深ごとにみた避難限界

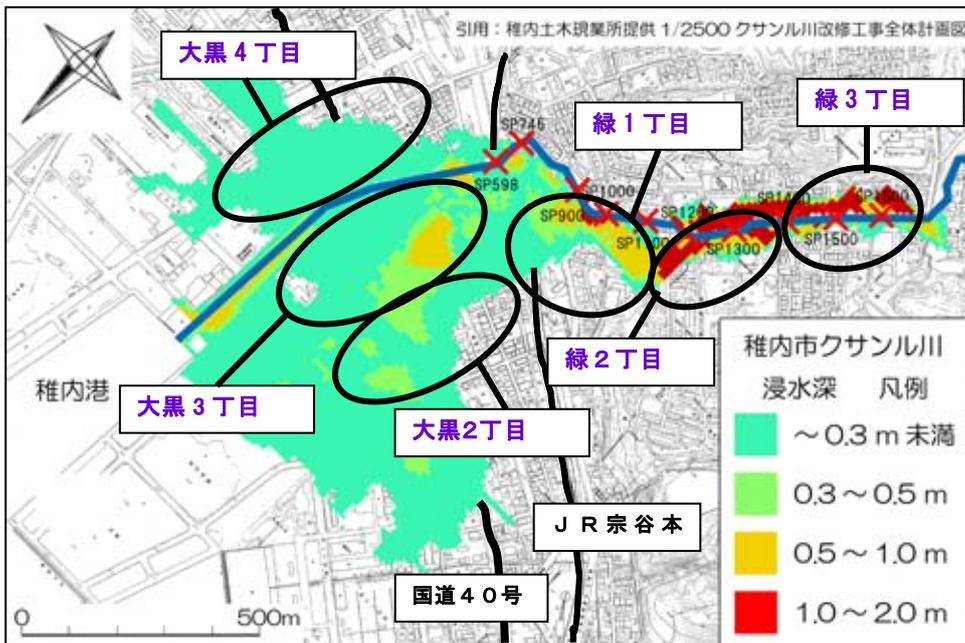


図-5 稚内市クサンル川浸水想定区域図