室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

北海道登別市における洪水氾濫流解析及び避難対策

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2007-03-30 キーワード (Ja): キーワード (En): flood hazard map, flood flow simulation, evacuation, Noboribetsu 作成者: 太田, 典幸, 藤間, 聡 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/35

室蘭工業大学紀要第 56 号(2006)25～34

研 究 報 告

北海道登別市における洪水氾濫流解析及び避難対策

太田典幸[*1], 藤間　聡[*1]

Analysis of Flood Inundation and Measures for Evacuation in Noboribetsu, Hokkaido

Noriyuki OHTA, Satoshi TOHMA

(原稿受付日　平成 18 年 5 月 23 日　論文受理日：平成 18 年 9 月 8 日)

Abstract

This paper presents the urban flood hazard map of Noboribetsu, Hokkaido, based on the rainfall which has a statistical probability of being equaled 1 time in 50 years on average.The flood hazard map needs to include not only inundation areas and flooding water stage but also infomation for the safe evacuation of the residents. Therefore, flood flow simulation has to be carried out in high accuracy in order to ensure smooth evacuation when a flood is imminent. The 2D shallow water equation model is employed to the flood flow on the ground surface considering fine topography and land categories.The flood hazard map has a great advance to take appropriate countermeasures.

Keywords : flood hazard map, flood flow simulation, evacuation, Noboribetsu

1　はじめに

近年、わが国において河川流域の土地利用の高度化と局地的集中豪雨の多発に伴い、国内各地で河川氾濫や洪水被害が相次いで発生した。中小都市を貫流する河川では、主要河川とは異なりその河道整備計画の対象規模は小さいものであり、計画規模を超える降雨が生じた場合には甚大な洪水災害に見舞われる危険性がある。しかし、中小河川において、大河川のような河道整備を実現するには膨大な時間と費用を必要とし困難であることから、洪水被害軽減及び住民の安全確保のため既存防災施設を活用しつつ、洪水予報法の精度向上及び洪水ハザードマップの作成等、ソフト対策を重視した方針が、平成 17 年施行改正水防法によって示され、各自治体で急速にその整備が進められている。

本報告ではその事例として、北海道で有数の豪雨地帯である北海道登別市を対象に、胆振幌別川における 50 年確率降雨による洪水流出モデルを構築し、同市幌別地区及び鷲別地区をそれぞれ貫流する 2 河川において、河川水位上昇がもたらす外水氾濫を想定した氾濫流数値解析を行い、洪水想定浸水区域図の作成を行なう。

数値解析より得られた洪水想定浸水区域及び浸水深に基づいた洪水避難シミュレーションを構築し、登別市における洪水避難対策についての検討を行い、対象地域の洪水減災に資するものである。

*1　建設システム工学科

2　解析対象地域及び河川の概要

登別市は北海道胆振南西部に位置し、年平均降水量が 1800～2000mm にも達する道内有数の豪雨地帯とされている。過去の洪水災害事例[1]から災害発生数が多い 8～9 月期においての降雨は、登別市南方の太平洋上からの前線が、同市北方に連なるオロフレ山系を北上もしくは停滞する際に生じる。このような地形及び気象特性から局所的集中豪雨を生じやすい登別市は、幾度の洪水被害を経験しており、早急な洪水対策が求められる都市である。

本報告は、登別市来馬川流域の幌別地区及び同市鷲別川流域の鷲別地区を解析対象地域とする。

2.1　解析対象地域

2.1.1　幌別地区

幌別地区は登別市中部に位置し、同市人口の約 4 割が居住し、市役所をはじめとする行政施設や教育施設、商業施設等が立ち並ぶ中枢地区である。本報告では、幌別町、中央町、常盤町、柏木町、片倉町、新川町、富士町の各町を幌別地区とする。

2.1.2　鷲別地区

鷲別地区は同市西端に位置し、居住人口は同市の約 2 割、鷲別川沿いに住宅地域が広がる地区であり隣接する室蘭市と幌別地区を繋ぐ道道が地区中心部を横断している。本報告では、鷲別町、栄町、美園町、上鷲別町、若草町を鷲別地区とする。

2.2　解析対象河川

幌別、鷲別の両地区内をそれぞれ貫流する解析対象の来馬川と鷲別川の概要を図 1 及び表 1 に示す。両河川は流域面積が小さく流路長が短いため、外水氾濫の可能性が高い河川である。

2.2.1　来馬川

オロフレ山系来馬岳を源流とする来馬川は幌別地区市街地を貫流し、同地区内で本川である二級河川胆振幌別川に合流し太平洋に注ぐ。流域の大部分は山地部が占める典型的山地中小河川である。

2.2.2　鷲別川

鷲別川は鷲別岳(室蘭岳)を源流とし登別市と室蘭市との境界を貫流する二級河川である。

2.3　地形・地質特性

両河川流域の地形は、上流部において河川による開析が進み急傾斜な渓谷を呈し、中流部では段丘が展開し、下流部においては狭小な沖積地を形成している。地質は図 2 に示すように、上層に安山岩礫を主体とする透水性の大きい粗粒砂及び火山灰層が薄く堆積し、その下層には支笏火山系の影響により溶結凝灰岩が広く分布している。そのため、弱降雨の場合には雨水がほとんど浸透して表面流出を生じないが、強降雨時には薄い表層が短時間で飽和し、急激な表面流出を生じる特性を有し、豪雨時には洪水到達時間が短いため、ピーク流量が大きくなり治水上不利な性質を有する[2]。

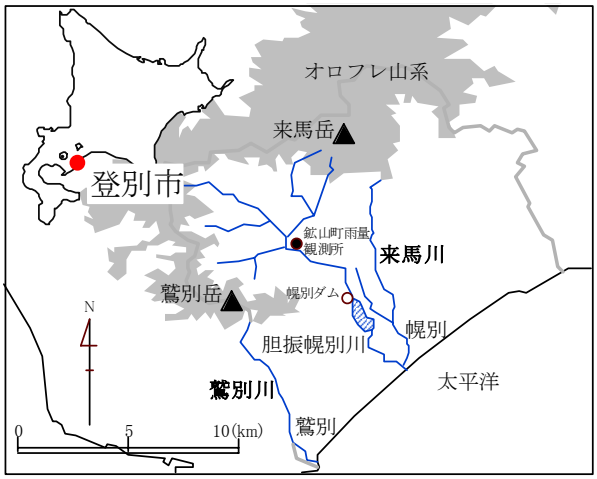

図 1　解析対象地域位置

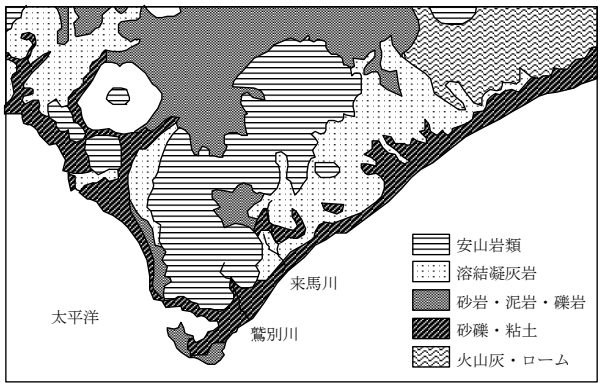

図 2　流域の表層地質概要

表 1　解析対象河川概要

河川名	流路延長(km)	流域面積(km^2)
胆振幌別川	15.4	71.0
来馬川	13.4	25.0
鷲別川	11.3	18.1

3　洪水氾濫流解析

3.1　洪水氾濫流数値解析[3]

本解析は、水深が浅く水理量の深さ方向の変化が小さい氾濫流の二次元平面流れとし、次頁に示す連続式(1)、x 方向の運動方程式(2)、y 方向の運動方程式(3)を基礎方程式として使用する。式(1)、式(2)及び式(3)で未知数となる物理量は、水深 h と流

量フラックス M、N であるが，これら基礎方程式を解析的に解くことは困難であるため差分法を用いる。式(1)、式(2)及び式(3)を連立して解き未知数となる物理量を求める。即ち運動方程式(2)及び式(3)からそれぞれの流量フラックス M、N を求め、M、N を連続式(1)に代入して水深 h を求める。ここで問題となるのは同一計算点及び時刻で水深 h と流量フラックス M、N を予測できないことである。そのため本解析では、空間・時間格子配置を図 3 に示すように、空間格子は、h を *Regular Grid* から $+\Delta x/2$、$+\Delta y/2$ だけずらした *Staggered Grid* に配置し、時間格子は、k、k+1 ステップに h、k-1/2、k+1/2 ステップに M、N を配置する。このように計算点を設定し、*Leap-Frog* 法を用いて解析を行う。

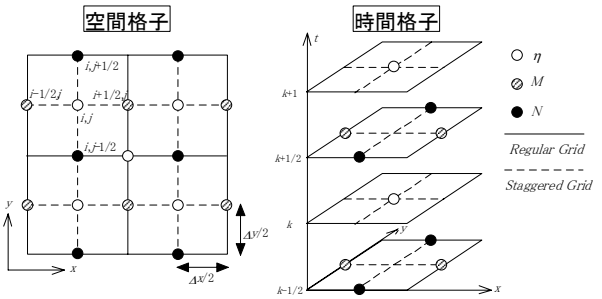

図 3　空間格子と時間格子の配置

3.2　解析条件

3.2.1　計算格子間隔の検討

解析対象地域は、微細な地形や詳細な土地利用状況を有し、前節の差分法を用いた氾濫流数値解析結果は計算格子間隔に強く影響される。本報告では、高精度な解析結果を得るため、10m 格子間隔による解析を行うものとし、標高及び土地利用データの作成を行なう。

3.2.2　標高及び土地利用データの作成

氾濫流の数値解析を行うには、計算格子に対して標高データ及び土地利用データを入力する必要があり、本報告は、解析対象地域の標高及び道路・建物等の土地利用状況をデータ化する作業を行う。

3.2.3　解析対象地域

図 4 に幌別地区、図 5 に鷲別地区の解析対象地域を示す。解析対象範囲は、幌別地区では市街地を中心とした x 方向約 1.9km、y 方向約 1.7km、鷲別地区は鷲別川と上鷲別川の合流点を中心とした x 方向約 1.8km、y 方向約 1.4km の範囲とする。

3.2.4　標高及び土地利用データ作成手法

標高データ及び土地利用データは、登別市提供の 1:2500 現況図より、以下の手順で作成を行なう。

(1)　標高データ作成

標高データは、格子間隔 50m の格子点上の標高を地図から読み取り、格子間隔 10m に線形補間して作成する。ただし、50m 格子点上に基準点が無い場合が多いため、格子点上の標高値は、格子点近傍に標記された数ヶ所の基準点及び等高線に基づき線形外挿補間し決定する。

(2)　土地利用データ

土地利用データは、10m 格子点を中心とする 10m 間隔格子の範囲内で面積占有率の高いものを代表値として、表 2 に示す土地利用状況に対応した所与の粗度係数を与える。土地利用状況は、道路、建物（粗）、建物（密）、公園・空地、水域（河川、海等）、山林の 6 項目とする。ただし、建物（粗）は、10m 間隔格子範囲内における建物面積占有率が 50%以下、建物（密）は、同 50%以上とする。

以上により作成した両地区の標高図及び土地利用図を図 6.1、図 6.2、図 7.1、図 7.2 に示す。

3. 3　洪水流量の推定

解析対象 2 河川は、水文観測データが存在しないため、観測が行われている胆振幌別川の洪水流出モデルを構築し、このモデルを適用して解析対象 2 河川の洪水流量を推定する。水文データは、図 1 に示した胆振幌別川流域に設置されている幌別ダム（図中の○印地点）流入量と鉱山町雨量観測所（同●印地点）の降雨データを用いる。

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial M}{\partial x}+\frac{\partial N}{\partial y}=0 \quad \cdots\cdots(1)$$

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

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

ここに、M、N は x、y 軸方向の流量フラックス(m^2/s)、h は水深(m)、H は水位(m)である。

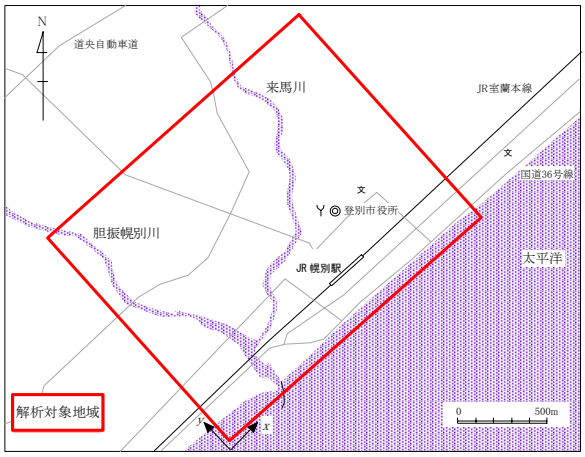

図 4　幌別地区における解析対象地域

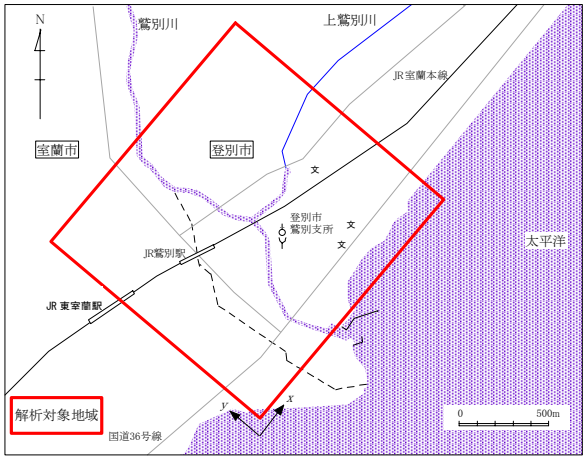

図 5　鷲別地区における解析対象地域図

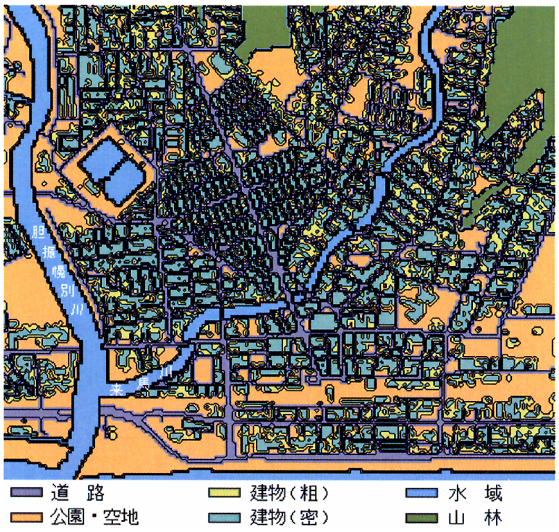

図 6.1　幌別地区の土地利用図

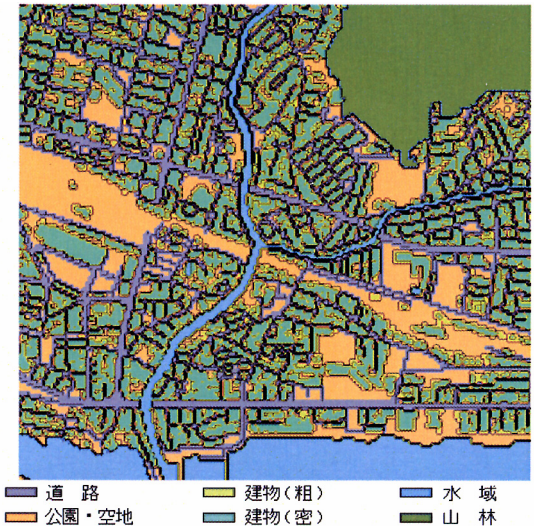

図 6.2　鷲別地区の土地利用図

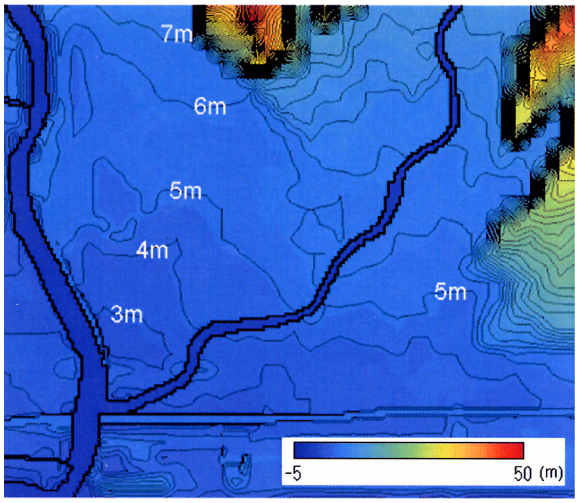

図 7.1　幌別地区の標高図

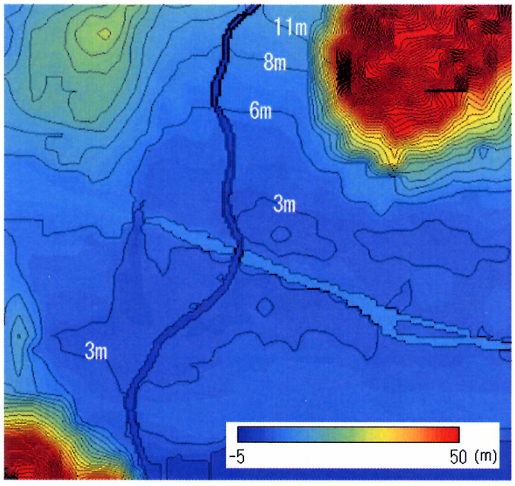

図 7.2　鷲別地区の標高図

表 2　土地利用状況と粗度係数

土地利用状況	粗度係数	土地利用状況	粗度係数
道路	0.020	公園・空地	0.025
建物（粗）	0.040	水域	0.040
建物（密）	0.100	山林	0.100

3.3.1　再現期間 50 年の確率降雨の設定

解析対象 2 河川は、再現期間 30 年の確率降雨を整備計画目標値としているが、本報告では二級河川基本方針上限値である再現期間 50 年を採用する。

表 3 に、昭和 50 年から平成 16 年の 30 年間に鉱山町雨量観測所において観測された降雨一覧[4]を示す。確率計算に用いる降雨データは、同表に示す 24 時間雨量データである。確率降雨は極値理論に基づく分布である Gumbel、平方根指数型最大値(Sqrt-Et)、一般極値(GEV)分布の 3 手法から導出する。本報告では、3 手法による結果に基づき標準最小二乗基準(SLSC)検定及びプロッティング・ポジションの適合等を総合評価して最適手法を選択し、再現期間 50 年の確率降雨を設定する。ただし、SLSC 検定値が 0.04 以上であれば不適とし、その手法による降雨は採用しないものとする。図 8 は 3 手法による対数正規確率紙上のプロッティング・ポジションを示し、表 4 はその各手法による数値を示す。ただし、プロッティング・ポジションは、下記に示すカナン式(4)を用いる。

$$Pi = \frac{i-\alpha}{N+1-2\alpha} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

ここに、α=0.4、Pi は非超過確率、N は標本の大きさ（データ総数）である。

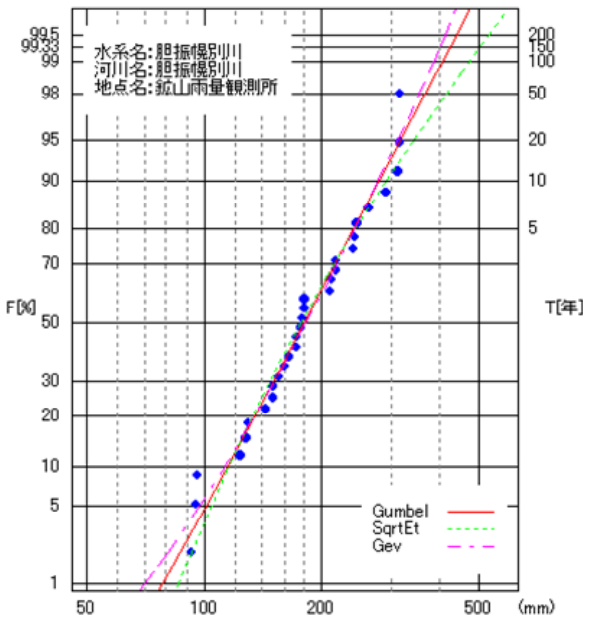

図 8　対数正規確率紙にプロットした結果

図 8 と表 4 から、Sqrt-Et 法による結果は、 SLSC が 0.04 以上であるため不適であるが、Gumbel 法と GEV 法による結果は、プロッティング・ポジションの適合度が良く、SLSC がほぼ同値であるため 24 時間雨量を比較し、より危険度の高い Gumbel 法を最適な手法として採用する。

以上のことから、胆振幌別川流域及び解析対象 2 河川における再現期間 50 年の確率降雨は、367mm/24h とする。

表 3　対象降雨一覧

No.	発生降雨		24時間雨量	
	洪水発生年月日	総雨量(mm)	開始	雨量(mm)
1	S50.10.2～10.2	171	10/2　11h	171
2	S51.9.13～9.15	177	9/13　23h	176
3	S52.7.1～7.7	405	7/1　17h	242
4	S53.10.16～10.16	96	10/16　2h	96
5	S54.8.26～8.28	96	8/26　23h	95
6	S55.8.28～8.31	346	8/30　9h	178
7	S56.8.21～8.24	262	8/22　17h	179
8	S57.8.27～8.30	167	8/27　17h	143
9	S58.9.24～9.25	312	9/24　15h	312
10	S59.9.9～9.10	291	9/9　9h	291
11	S60.10.6～10.8	328	10/6　22h	244
12	S61.7.12～7.13	169	7/12　11h	161
13	S62.8.25～8.30	289	8/26　2h	215
14	S63.10.6～10.7	227	10/6　8h	216
15	H.1.9.19～9.20	315	9/19　14h	314
16	H.2.8.10～8.11	270	8/10　4h	239
17	H3.8.21～8.22	181	8/21　1h	180
18	H.4.7.18～7.19	271	7/18　14h	263
19	H.5.7.29～8.1	320	7/31　7h	209
20	H.6.5.27～5.27	172	5/27　1h	172
21	H.7.6.3～6.5	158	6/3　22h	154
22	H.8.5.2～5.3	94	5/2　2h	92
23	H.9.8.8～8.10	154	8/9　8h	128
24	H10.8.15～8.16	157	8/15　19h	150
25	H117.13～16	284	7/13　19h	210
26	H12.5.12～5.15	137	5/12　8h	123
27	H13.10.10～13	327	10/10　24h	316
28	H.14.9.28～9.30	187	9/28　12h	163
29	H.15.7.9～7.10	131	7/10　1h	129
30	H.16.8.30～8.31	173	8/31　5h	149
平均		222		190

表 4　50 年確率降雨計算結果

	Gumbel	Sqrt-Et	GEV
確率降雨(mm)	367	415	355
SLSC	0.039	0.046	0.038

3.3.2　洪水ハイドログラフの設定

本報告では、流出計算法として貯留関数法を採用し、各河川の洪水ハイドログラフを決定する。

(1)　貯留関数法

貯留関数法を式(5)、式(6)に示す。

$$\frac{dS(t+T_L)}{dt} = r(t) - q(t+T_L) \cdots\cdots (5)$$

$$S = k \cdot q^p \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

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

(2)　胆振幌別川の流出計算

解析対象 2 河川の洪水流量を算定するため、胆振幌別川の 50 年確率降雨における洪水流量を求める。胆振幌別川の 50 年確率降雨における洪水流量は、実績洪水事例を基準に最適同定した貯留関数法を用いて予測する。

貯留関数法の最適同定は、幌別ダム流入量データ[5]から、表 5 に示すピーク流量 200m^3/s 以上の洪水を抽出し、各実績洪水事例について流出開始時からピーク流量時までの実測流量と計算流量との相対誤差が小さくなるまで各パラメータ（パラメータ k、p、遅滞時間 T_L、一次流出率 F_1、飽和雨量 R_{sa}）の再設定を繰返し最適値を決定する。図 9 に実績洪水事例の一例として昭和 56 年 8 月洪水の貯留関数法の最適同定結果を示す。

表 5　胆振幌別川の実績洪水事例

年月	ピーク流量 (m^3/s)	年月	ピーク流量 (m^3/s)
S52年7月	222	S63年10月	242
S56年8月	351	H1年9月	244
S58年9月	256	H13年8月	247
S59年9月	353	H13年10月	243
S62年8月	216	註）　S:昭和, H:平成	

洪水流量予測に用いる 50 年確率降雨波形は、実績降雨を引き伸ばしたものとし、表 6 に各実績洪水事例の 50 年確率降雨におけるピーク流量の予測結果を示す。本報告では同表に示す予測結果から、ピーク流量が最大である昭和 56 年 8 月洪水を対象洪水とし、この洪水流量を用い解析対象 2 河川の洪水流量を求める。図 10 に同洪水の 50 年確率降雨における解析ハイドログラフを示す。

(3)　解析対象 2 河川の洪水流量の算定

解析対象 2 河川の 50 年確率降雨における解析洪水ハイドログラフは、図 10 に示す胆振幌別川の洪水ハイドログラフに基づき、流域面積を考慮した比流量で求める。 表 7 に胆振幌別川及び解析対象 2 河川の洪水ピーク流量算定結果を示す。

3.4　洪水時の河川水位

解析対象 2 河川の洪水時水位は、前節で求めた

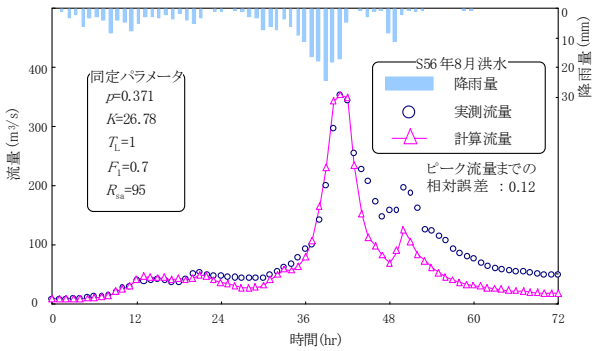

図 9　貯留関数法最適同定結果(昭和 56 年 8 月洪水)

表 6　各実績洪水事例におけるピーク流量

年月	ピーク流量 (m^3/s)	年月	ピーク流量 (m^3/s)
S52年7月	390	S63年10月	723
S56年8月	865	H1年9月	313
S58年9月	269	H13年8月	541
S59年9月	554	H13年10月	324
S62年8月	527	註）　S:昭和, H:平成	

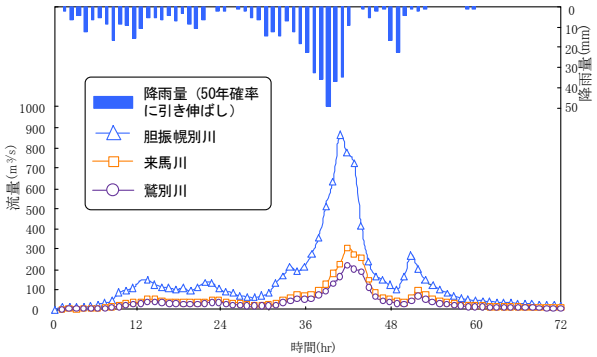

図 10　50 年確率降雨の洪水ハイドログラフ群

表 7　ピーク流量計算結果

河川名	ピーク流量(m^3/s)
胆振幌別川	865
来馬川	305
鷲別川	220

洪水流量を用いてベルヌーイの定理に基づいた不等流計算の基礎方程式(7)より求め、その結果に基づき越流地点及び水位の決定を行なう。

3.4.1　洪水時水位の算定

不等流計算法を用い洪水時水位の計算を行う。

$$h_2+z_2+\frac{\alpha}{2g}\left(\frac{Q}{A_2}\right)^2-\frac{n^2Q^2}{A_2{}^2R_2{}^{4/3}}\frac{l}{2}=h_1+z_1+\frac{\alpha}{2g}\left(\frac{Q}{A_1}\right)^2+\frac{n^2Q^2}{A_1{}^2R_1{}^{4/3}}\frac{l}{2}\cdots\cdots(7)$$

ここに、z は河床高(m)、Q は流量(m^3/s)、A は流水断面積(m^2)、R は径深(m)、α はエネルギー補正係数(=1.1)、n は Manning の粗度係数、g は重力加速度(m/s^2)、l は河道断面間隔(m)であり、下付き添字 1、2 はそれぞれ下流断面及び上流断面における量である。

式(7)において既知数は、Q、n、l である。また、初期条件として下流端における水位を与える。

3.4.2　計算条件

不等流計算に用いる計算条件を以下の(1)～(3)に示す。

(1)　流量及び粗度係数

式(7)中の流量 Q は表 7 に示す、来馬川、鷲別川、それぞれ、305m^3/s、220m^3/s を与える。粗度係数 n は、両河川ともに 0.04 とする。

(2)　河道断面データ

来馬川は、図 11.1 に示すように 100m 間隔の測量データが整備されているため、これを用いる。一方、鷲別川は、測量データに基づき、図 11.2 に示す河道断面間隔を 200m とし、補間して河道データを作成し用いる。

(3)　下流端水位の決定

下流端水位は、室蘭港既往最高潮位 1.92m と、2 河川の下流端における限界水位を比較し、大きい値を採用する。来馬川、鷲別川の限界水位はそれぞれ 2.65m、0.06m となるため、来馬川下流端水位は 2.65m、鷲別川同水位を 1.92m とする。

3.4.3　計算結果

計算条件から求められた来馬川、鷲別川の不等流計算結果及び河岸高を図 12.1、図 12.2 に示す。

図 12.1 から、来馬川における越流地点は、計算水位と河岸高との差が最大である左岸 SP1100 と右岸 SP1400 からの越流を想定し、図 11.1 に示す A、B 地点とする。両地点は、河道断面が小さく、河岸高が対岸の河岸高に比べ低いため氾濫しやすい地点であり、市街地貫流部上流に位置するため、同地点が氾濫した場合、浸水域が広く、洪水被害が大きくなると予測される。

鷲別川の越流地点は、図 12.2 から鷲別地区は JR 室蘭本線を挟んで中流部と下流部から成る。著者らが行なった測量結果から鉄道盛土は周辺の標高に比べて高く、氾濫流は盛土を越えることはないと予測されるため、越流地点は SP1800 と SP800 地点とし、図 11.2 に示す上流部の左岸 C 地点と下流部の左岸、右岸のそれぞれ D、E 地点とする。

3.5　越流地点

3.5.1　越流地点の洪水時水深の検討

越流地点における越流時間及び洪水時水深を検討する。まず来馬川における越流時間を決定し、それに基づき鷲別川の越流時間を設定する。来馬川の越流時間は、図 10 の洪水ハイドログラフと同川の計画高水流量 230m^3/s を照合して 3 時間とする。

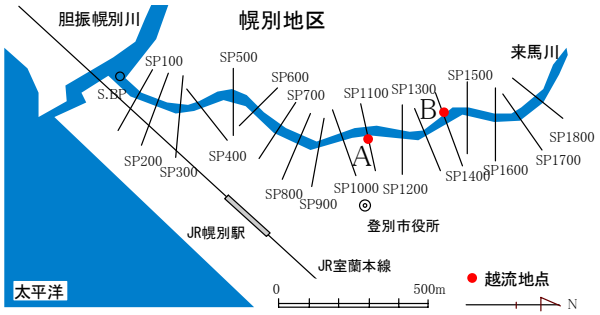

図 11.1　来馬川の測量断面と越流地点

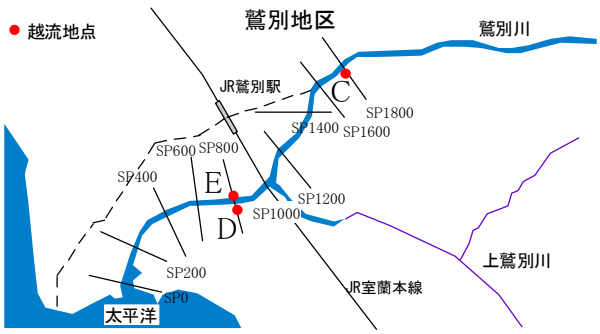

図 11.2　鷲別川の測量断面と越流地点

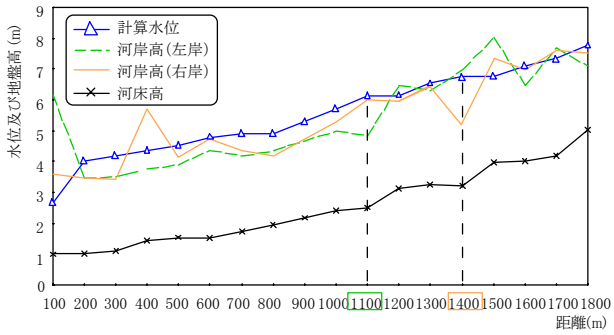

図 12.1　来馬川の洪水時水位と河岸高

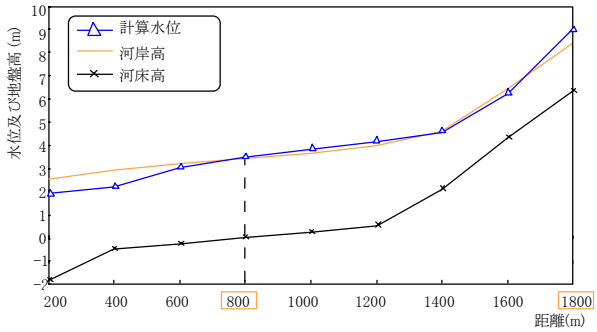

図 12.2　鷲別川の洪水時水位と河岸高

鷲別川の越流時間は、来馬川の越流時間とピーク流量等から総合的に評価して 90 分とする。

洪水時水深は不等流計算より求めた河川水位をピーク水位 $H_{max}(=h+z)$ として、三角形分布で近似す

る。来馬川、鷲別川の越流水深 $h(=H_{max}-z)$は、表 8、表 9 に示す計算値からそれぞれ表 10 に示す値に設定する。図 13 に来馬川洪水ハイドログラフのピーク流量部分と水位時間曲線を示す。

表 8　来馬川の測点位置と越流地点

測点	計算水位	築堤高	越水深
1100	6.13m	4.83m	右岸 1.30m
1400	6.74m	5.19m	左岸 1.55m

表 9　鷲別川の測点位置と越流地点

測点	計算水位	築堤高	越水深
800	3.48m	3.44m	左岸 0.04m
1800	9.03m	8.43m	両岸 0.60m

表 10　越流水深設定

地区	越流地点	越流水深(m)
幌別地区	A	1.5
	B	1.5
鷲別地区	C	1.0
	D	0.5
	E	0.5

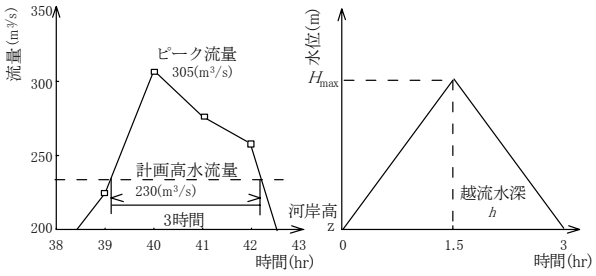

図 13　洪水ハイドログラフと推移時間曲線

3.5.2　越流地点における流量の算定

越流地点の氾濫流量は、前項で求めた越流水深を用い以下に示す本間の越流公式(8)から求める。

$$\left.\begin{matrix} M \\ N \end{matrix}\right\} = 0.35h\sqrt{2gh} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8)$$

ここに、M、 N は x、y 軸方向の流量フラックス(m^3/s)、h は築堤（河岸）上の越流水深(m)、g は重力加速度(m/s^2)である。

3.6　その他の解析条件

3.6.1　氾濫水の先端条件

氾濫水の先端条件は、ある微小な水深の基準値 h^* (実際には 0.001m を用いた）を想定し、周辺の水位より標高の高い格子では、前の時間ステップでその格子の水深が h^*以下であれば、流量フラックスはないものとする。

3.6.2　計算時間間隔及び計算時間

計算時間間隔はΔt=0.5s とする。計算時間は、幌別、鷲別地区について越流開始からそれぞれ 9 時間、3 時間を最大計算時間として解析を行う。

4　解析結果に基づく浸水区域図作成

解析結果における各計算格子について、計算時間毎における浸水深のうち最大値を各計算格子の浸水深として設定し、同様に最大浸水域の範囲を浸水想定区域とする。解析結果に基づき、浸水深区分を、表 11[6]から、0～0.5m 未満、0.5～1.0m 未満、1.0～2.0m 未満の 3 段階とした解析結果を、デジタルデータ化した 1:2500 現況図上に重ね合わせ、洪水想定浸水区域図とする。

表 11　浸水深と浸水の目安[6]

浸水深(m)	浸水の目安
0.5	大人の膝までつかる程度
1.0	大人の腰までつかる程度
2.0	1階の軒下まで浸水する程度
5.0	2階の軒下まで浸水する程度

4.1　幌別地区解析結果と洪水想定浸水区域図

幌別地区における洪水想定浸水区域図を図 14 に示す。同地区では来馬川を挟んだ両岸の地域の広範囲の浸水が予測される。同川右岸側の地域においては、胆振幌別川と来馬川の合流部周辺の住宅地域が約 2.0m の浸水のため床下・床上浸水被害に遭い、左岸側においても JR 駅前の商業地域から来馬川の河口付近の住宅地域にかけて同様の被害に遭うことが予測され、この地区には市役所庁舎及び消防署等の重要公共機関存在し、被災後の対策活動等に多大な影響を及ぼすことが懸念される。

4.2　鷲別地区解析結果と洪水想定浸水区域図

鷲別地区の洪水想定浸水区域を図 15 に示す。同地区では、地区上流部左岸側において広範囲に住宅地域が浸水し、鷲別川及び上鷲別川の合流部付近に在る住宅地域では約 1.5m の床下・床上被害が予測され、登別市と室蘭市を結ぶ道道も冠水していることが分かる。また、下流部の右岸側の地域においては、登別市役所鷲別支所や消防署等の公共施設が浸水し、左岸側の地域では、JR 室蘭本線を挟んで鷲別地区の北部と南部を結ぶ道道のアンダーパスが冠水することが予測される。

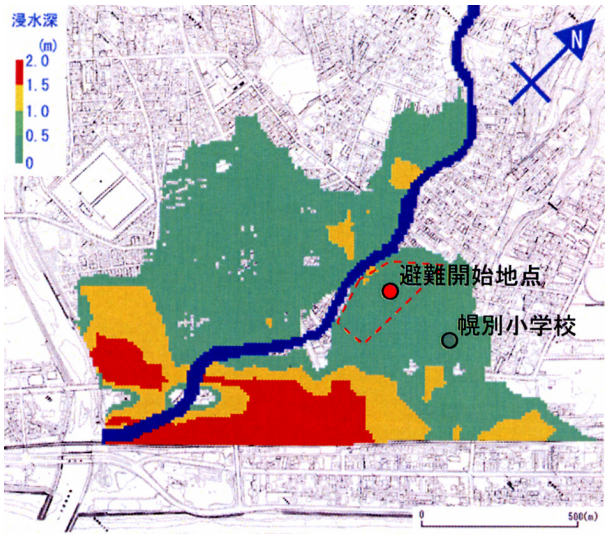

図 14　幌別地区洪水想定浸水区域図

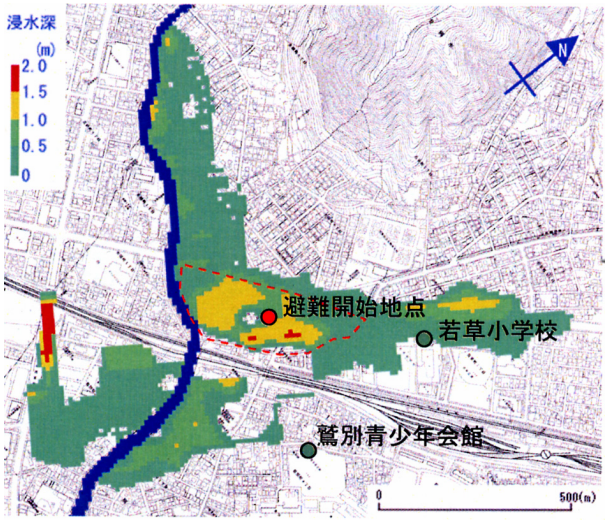

図 15　鷲別地区洪水想定浸水区域図

5　洪水避難対策

本報告では、幌別地区及び鷲別地区における氾濫流解析結果及び洪水想定浸水区域図に基づいた洪水避難対策の検討を行うため、幌別地区では迅速な避難行動が求められる左岸側越流地点近傍の中央町 5 丁目、鷲別地区は住宅地域における浸水深が最も深くなることが予測される美園町 2 丁目を対象に、洪水避難シミュレーションを行う。

5.1　避難経路設定

避難経路は、氾濫流解析に用いた 10m 格子標高データの道路属性セルを用い、建物等その他の属性セルは使用しない。避難者は避難開始地点から避難所までの最短距離の道路を移動し、移動した経路上を後退しないものとして設定する。計算時刻 *ts* 毎の避難者の現在地セルの判定を行なうため、図 16 に示すように、道路属性セルに対し移動距離 MP を設定し、鉛直もしくは水平方向の移動を行なうセルには MP=10 を与え、*x* 軸、*y* 軸に対し 45° 方向の移動を行なうセルには MP=14.142 を与える。

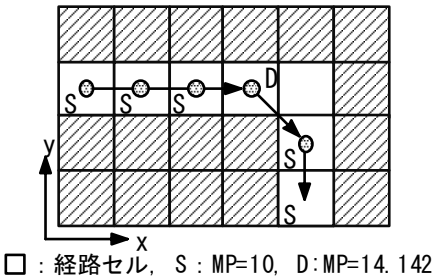

図 16　避難経路設定概略

5.2　洪水避難シミュレーション条件設定

洪水避難シミュレーションは氾濫流解析と並行して行うため、時間間隔を 0.5 秒とする。

5.2.1　避難速度

避難者を青年と想定し、移動は徒歩で行い乾燥経路での移動速度 *V* を 1.16m/s とするが、避難経路上に浸水がある場合には浸水深に対応して移動速度を変化させる(3)。避難者の経路セル移動は、計算時刻 *ts* 毎に *V* 値の累計を行い移動距離 *Lt* を算出し、*Lt* 値が現在地セルに設定した MP を超えた時点で、現在地セルから次のセルへ移動を行う。洪水災害時の住民の安全な避難行動を考慮すると、浸水深が 1.0m を越えるとほぼ 100%の避難者が避難困難となる(7)可能性が高いことから、経路セル上に 1.0m 以上の浸水がある場合には、移動はそこで終了するものとする。

5.2.2　避難開始地点及び避難所

避難開始地点は、図 14、図 15 のそれぞれ赤破線部内の、中央町 5 丁目、美園町 2 丁目の両町の平面形状の図心近傍の道路上とする。避難所は登別市提供資料から、中央町 5 丁目を管轄する避難所のうち浸水に対して安全であると推測される幌別小学校、美園町 2 丁目は、管轄避難所に最大 1.5m の浸水が予測されるため、若草小学校及び鷲別青少年会館を代替避難所と仮定し、避難所入口の移動距離 MP が満たされた時点で避難終了とする。

5.2.3　避難開始時刻の設定

各河川において越流が始まった直後に住民へ避難情報が発令されるものとし、幌別地区の避難開始時刻は、越流直後、20 分後、30 分後の 3 ケース、鷲別地区では越流開始直後、避難開始地点に氾濫水が到達する 50 分後、氾濫水到達後 10 分後とした 3 ケースを設定する。

5.3　洪水避難シミュレーション結果

表 12 に示す洪水避難シミュレーション結果から、幌別地区の越流開始直後における避難開始では、設定経路上には冠水が無く、乾燥経路上の移動時間が約 8 分であり、安全に避難行動を完了できたが、越流開始 20 分後以降においては、中央町 5 丁目内の大部分に浸水が想定され、冠水した避難経路上を移動することから、移動に要する時間が増加している。このため、この時点における避難行動は危険であることが明らかになった。

鷲別地区では、越流開始直後に図 16 に示す避難経路 F を使用し若草小学校へ、同 G を使用し青少年会館へ避難を開始した場合、それぞれへの移動時間は表 12 から両者とも 7 分であるが、避難開始地点に氾濫水が到達する 50 分後からの避難においては、経路上に浸水があることによる移動時間の増加が見られる。また、氾濫水到達から 10 分後の避難行動開始では、避難経路の一部区間に 1.0m 以上の冠水があり、避難行動は中止せざるを得ない。

表 12　シミュレーション結果

		避難開始時刻及び所要時間(分)		
幌別地区		越流直後	20	30
		8	11	18
鷲別地区	若草小学校	越流直後	50	60
		7	8	－
	青少年会館	越流直後	50	60
		7	8	－

－：避難中止

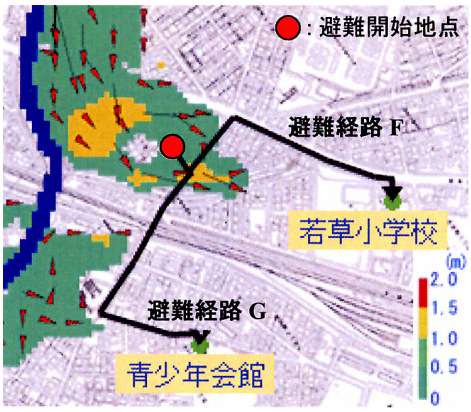

図 16　鷲別地区美園町-越流開始 60 分後の浸水深及び氾濫流の流向

5.4　洪水避難対策

本報告で作成した洪水想定浸水区域図及び洪水避難シミュレーションの結果に基づき、登別市の洪水避難対策を検討する。

幌別地区では氾濫水到達までの時間猶予が極めて少ない越流地点近傍での避難開始時期を明確にし、鷲別地区では浸水深が最大となる住宅地域における避難開始時期を明確にした。解析を行った両地区の共通特性として、対象河川は本川若しくは支川との合流後の下流部において鉄道を横断しており、河川築堤-線路盛土間の低地部分へ氾濫水が滞留することにより浸水深が深くなる傾向が見られ、河川付近及び鉄道沿線付近の避難所は、使用に適さなくなる恐れが生じる。そのため、他の避難所への二次避難の可能性が考えられることから、円滑な避難行動のため、洪水災害に適した避難所の設定が必要となる。

登別市は、高齢者人口が多いため、避難所要時間はシミュレーションで求めた値よりも 2 倍以上増加することが予測される。また、住民が洪水避難情報を受け取った後に、避難準備を行い、避難行動を開始するまでの遅滞時間も予想され、流域の地質・地形特性により、降雨の発生から河川への流出までの時間が短く河川水位の上昇が早いため、避難行動が遅れた場合には危険度が増加しやすい都市であると推測される。そのため、登別市におけるハザードマップには、避難開始が遅れた場合の危険度の記載や危険重点地域等の設定を行ない、氾濫水が到達する以前に、自主的な避難行動の開始を促す指針が盛込まれることが望ましく、避難訓練の恒常化による防災教育をはじめ、ハザードマップに危険が記載されていない地区においても、平素からの避難への心構えが必要となる。

謝辞

本報告を作成するにあたり、北海道室蘭土木現業所、北海道企業局及び登別市には極めて有用なデータを多数提供していただいた。また、当時本学大学院生であった磯谷英俊氏には多くのご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

文献等

（1）　登別市編纂洪水災害資料
（2）　藤間聡、胆振幌別川流域における洪水流量予測解析（1983）、p3
（3）　太田典幸、登別市幌別地区における洪水氾濫流解析及び避難対策について、室蘭工業大学技術部報告集、第 13 号（2006）、p5
（4）　北海道室蘭土木現業所降雨資料
（5）　北海道企業局幌別ダム事務所観測資料
（6）　国土交通省河川局治水課、浸水想定区域図作成マニュアル（2005）、p17
（7）　末次忠司、河川の減災マニュアル、山海堂（2004）、p301