



北海道室蘭市における洪水浸水域解析および避難対策

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2008-01-17 キーワード (Ja): キーワード (En): small urban river, flood evacuation simulation, elderly, slope shape, Muroran 作成者: 太田, 典幸, 藤間, 聡 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/356

北海道室蘭市における洪水浸水域解析および避難対策

太田典幸^{*1}, 藤間 聡^{*1}

Forecasting of Flooding Water Area in Small Urban River and Evacuation Countermeasures, Muroran, Hokkaido

Noriyuki OHTA and Satoshi TOHMA

(原稿受付日 平成 19 年 5 月 23 日 論文受理日 : 平成 19 年 9 月 10 日)

Abstract

Flood disaster damages of the small urban rivers have frequently occurred due to the heavy rain, in Japan. This paper presents the urban flood hazard map of Muroran, Hokkaido, based on the rainfall which has a statistical probability of being equaled 1 time in 50 years on average. In Muroran, many elderly persons live in the flooded area, which has also many slopes. For proposing the evacuation countermeasures in this area, therefore, it is necessary to consider the effect of the slope shape. In this study, the flood flow simulation was carried out by taking the effect of the slope shape into account, and its countermeasures were discussed detailedly.

Keywords: small urban river, flood evacuation simulation, elderly, slope shape, Muroran

1 はじめに

2004 年の新潟・福島豪雨災害、2005 年の西日本豪雨災害など、中小河川流域の都市域において、毎年のように局地的集中豪雨が発生し、洪水被害が相次いでいる。

中小河川では、流域面積と整備計画規模が小さいため、豪雨によるハイドログラフは、鋭い波形を描く流出現象となって現れることが多い。

洪水予測システムの整備が遅れている中小河川での洪水は人命や資産を奪い、ライフラインが停止するなど、都市機能が麻痺する危険性が高く、都市生活における脅威となっている。

本報告は中小河川の洪水予測事例として、北海

道室蘭市を対象に、算定した 50 年確率降雨の結果に基づき本輪西川水系コイカクシ川の外水氾濫を想定した洪水浸水域予測を行う。本結果は室蘭市の洪水想定浸水域図作成に資するものである。

室蘭市は、近年の洪水災害の被害者に多く見られる高齢者の人口割合が高い。コイカクシ川流域には、急峻な傾斜地に住宅地が位置し、豪雨が発生した場合、洪水到達までの時間的余裕が無い恐れがある。

このため、地域住民の安全な洪水避難体制を構築するには、想定氾濫域の地形特性、避難対象者を考慮した避難対策の検討が不可欠である。ここでは、地形勾配が高齢者の移動速度に与える影響を考慮した洪水避難シミュレーションを行い、得られた結果に基づき室蘭市の有効な高齢者避難対策を提案するものである。

*1 建設システム工学科

2 室蘭市及びコイカクシ川の概要

2.1 室蘭市概要

室蘭市は、北海道胆振地方西部の室蘭半島に位置し、人口約 10 万人、面積約 80 km²、道内年間平均値にほぼ等しい約 1,224 mm の降水がある(統計年:1961~1999 年)。同市北方には標高 911 m の室蘭岳、南東に太平洋、西方は噴火湾(内浦湾)に面し、中央部の白鳥湾を利用した室蘭港を有する環状地形の都市である。地質は主に凝灰岩、集塊岩、砂岩などから構成され、半島基部は海成段丘が分布し、点在する小河川により開析されている⁽¹⁾。

室蘭市は、過去に多くの自然災害を経験しており、1944 年、1951 年、1980 年には災害救助法が適用となった豪雨災害を経験している⁽²⁾。

2.2 コイカクシ川概要

本輪西川水系コイカクシ川は、室蘭岳南斜面に源を持ち、流路延長が約 5 km、流域面積は約 5.7 km² の準用河川である。流域は火山灰と砂礫を含んだ海成段丘であり、同川は段丘に急峻な峡谷を刻む。流域山地部分と河岸との間の狭小な平地には住宅地、公共施設が河川に沿って立ち並んでいる。下流部から河口部に至る低地区間では、本川の本輪西川へ合流後、国道、鉄道、工業地域を横断し、室蘭港に注ぐ。1980 年には、北海道南西部を襲った豪雨のため、コイカクシ川が氾濫し同川河口部から約 500 m 上流側までの室蘭市港北地区の低地帯が甚水による浸水被害を受けた⁽²⁾。

ここで、コイカクシ川の位置を図 1 に示す。

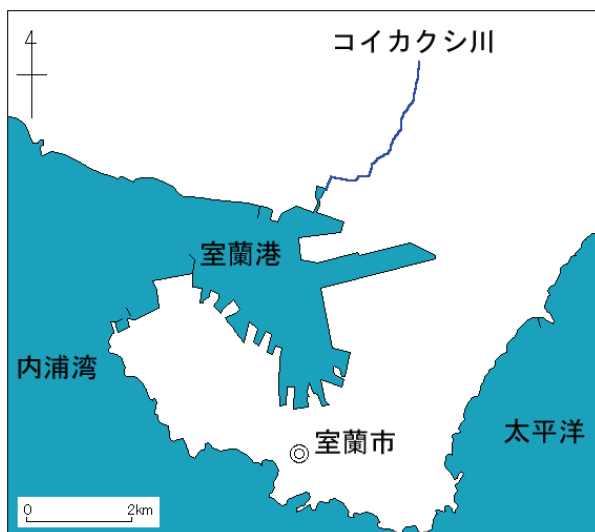


図 1 コイカクシ川位置図

表 1 対象降雨データ

生起年月日	雨量 (mm/24h)	生起年月日	雨量 (mm/24h)
2006/07/05	69	1981/08/22	169
2005/07/26	83	1980/08/30	139
2004/08/19	67	1979/09/30	90
2003/08/08	80	1978/07/06	82
2002/07/10	77	1977/08/08	91
2001/09/10	135	1976/09/13	108
2000/09/24	79	1975/08/23	118
1999/07/13	112	1974/06/06	88
1998/08/16	141	1973/08/17	151
1997/08/09	96	1972/06/21	96
1996/08/15	109	1971/09/04	119
1995/08/09	69	1970/07/12	120
1994/09/15	83	1969/08/03	75
1993/06/03	93	1968/08/21	104
1992/09/24	78	1967/09/16	59
1991/10/15	73	1966/06/28	89
1990/08/14	79	1965/09/10	100
1989/06/28	104	1964/08/25	93
1988/06/09	102	1963/05/31	96
1987/08/26	73	1962/09/07	119
1986/09/03	105	1961/10/06	116
1985/10/06	67	1960/06/29	68
1984/09/09	89	1959/07/06	71
1983/06/13	104	1958/08/18	81
1982/08/22	59	1957/08/13	86

統計年:1957~2006年

3 洪水流出予測

コイカクシ川は、二級河川に準じた整備計画が求められる準用河川であるため、本報告では室蘭市における降雨再現期間は、二級河川整備計画上限値である 50 年を採用する。この確率降雨量を使用してコイカクシ川の洪水流出予測を行なう。

3.1 再現期間 50 年確率降雨量の設定⁽³⁾

確率降雨量は表 1 に示す、室蘭地方気象台において 1957 年から 2006 年までの 50 年間の観測された年最大 24 時間降雨量データから導出する。確率計算には、上記 50 個のデータを対数正規確率紙上にカナン法によりプロットし、それを図 2 に示す。

最適回帰曲線は極値理論分布(Gumbel)、平方根指数型最大値(Sqrt-Et)、一般極値(GEV)分布の 3 手法から求める。本報告では、理論分布の 3 手法の数値結果とカナン法の適合度について、標準最小二乗基準検定(SLSC)による評価を行い、適合度が 0.04 以下であり、計算雨量が最大級の値を、室蘭市に

における再現期間 50 年確率降雨量とする。図 2 による結果を表 2 に示す。表 2 から 3 手法による数値結果すべてが、SLSC 値の条件を満たしている。このため、本報告では、最大値をとる Sqrt-Et 法の数値 180 mm/24h を、室蘭市における再現期間 50 年の確率降雨として設定する。

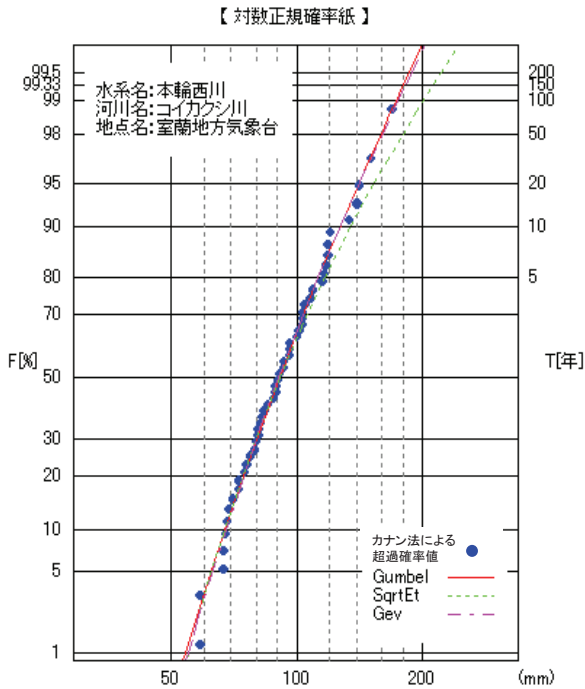


図 2 対数正規確率紙上にプロットした結果

表 2 50 年確率降雨量数値結果

	Gumbel	Sqrt-Et	GEV
SLSC検定値	0.016	0.033	0.015
50年確率降雨量 (mm/24h)	159	180	161

表 3 ピーク雨量確率年評価結果

洪水 生起年月	実績ピーク 雨量(mm/h)	実績24時間 雨量(mm)	引伸ばし率	確率年数 (年)	適否
1977.8	19	91	1.97	20	○
1978.7	23	82	2.19	150	×
1980.8	14	139	1.29	2	○
1981.8	28	169	1.06	5	○

3.2 計画降雨群の設定

コイカクシ川における計画降雨群を設定するため、室蘭市における実績洪水の 24 時間降雨量を 50 年確率降雨量 180 mm/24h に引伸ばし、ピーク時間雨量の確率年評価を行う。引伸ばし率が 2.0 以上もしくは確率年数が過大となった洪水は対象降雨から棄却する。実績洪水は 1977 年、1978 年、1980 年、1981 年の 4 洪水とし、実績ピーク雨量と 50 年

確率降雨への引伸ばし率、ならびに確率年評価の適否を表 3 に示す。確率年評価の結果、1978 年 7 月洪水は引伸ばし率 2.0 を越え、確率年数が 150 年と大きく、再現の可能性が低いと推測して棄却し、1977 年、1980 年、1981 年の 3 洪水を採用する。

3.3 実績洪水におけるハイドログラフ群の推定

対象とするコイカクシ川には、流域からの流出解析を行うために必要な水文観測施設、河道断面図などが用意されていない。本報告では洪水ハイドログラフを作成するため、コイカクシ川において、河口付近から上流に至るほぼ等間隔の No.1 地点から No.17 地点を設定し、現地測量を実施した。

現地測量では、同川河床高、河岸高、河道断面などのデータを得た。測量結果から、同川は測量実施区間において平均河床勾配約 1/23 という急流河川であった。図 3 に、コイカクシ川測量位置および河床高の測量結果を示す。

前節の実績洪水について、貯留関数法を用いた洪水ハイドログラフ群の予測を行ない、50 年確率降雨時の洪水流量を推定する。

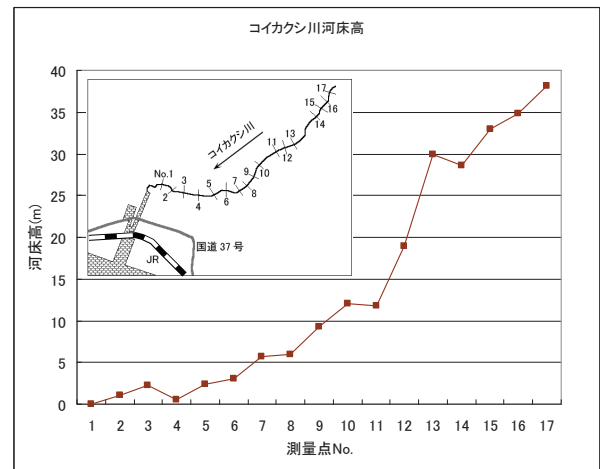


図 3 コイカクシ川河床高および測量位置

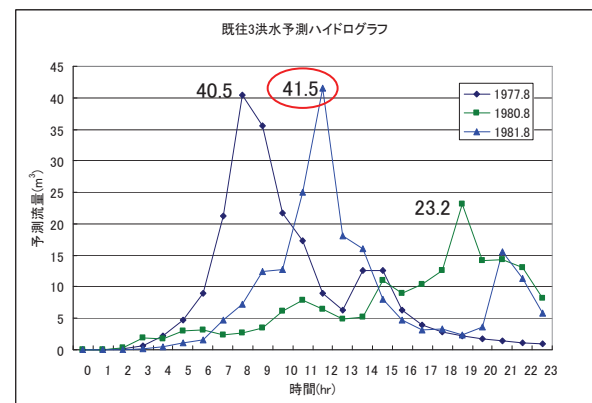


図 4 実績洪水推定ハイドログラフ群

貯留関数法を式(1)、式(2)に示す。

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

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

ここに、 S は貯留高(mm)、 q は流出高(mm/h)、 r は有効雨量(mm/h)、 t は時間(h)であり、急流河川のため遅滞時間 T_L を0時間とする。また、 k ならびに p は知利別川水理計算書⁽⁴⁾中の対応する値を用い、それぞれ14.5、0.333とする。

本報告では、図4に示す実績洪水について作成した洪水ハイドログラフ群から、1981年8月洪水の予測ピーク流量 $Q=41.5 \text{ m}^3/\text{s}$ を、コイカクシ川における50年確率降雨時の洪水流量として採用する。

3.4 洪水水位の決定

コイカクシ川が確率降雨により増水し、河岸高を越え氾濫する際の氾濫地点・越流水深・越流時間の設定を行なう。

3.4.1 洪水水位計算の初期条件

コイカクシ川における洪水水位計算の初期条件を設定するため、前節で得た洪水予測ピーク流量 $Q=41.5 \text{ m}^3/\text{s}$ を用いた擬似等流水深計算および限界水深計算を行う。両計算結果から、同川測量区間における常流・射流の判定を行なう。

図5に、擬似等流水深と限界水深の計算結果を示す。同図から、洪水流の大半は限界水深以下の射流となる。

水深が限界水深を超える常流計算では初期水位として、潮位などの下流端水位の設定が重要となるが、限界水深以下の射流計算では下流側水位は上流側には影響しない。

本報告では、判定結果から洪水時の同川は、測量全区間が射流になるとして扱い、次節に述べる方法で洪水水位を算出する。

3.4.2 氾濫地点・越流水深、氾濫時間の設定

コイカクシ川の17測量地点の洪水水位を算出するため、同川の各断面での流域面積 A_m (添字 m は測量断面No.で下流側から上流側へ1~17が与えられる)を求め、流下速度 V は表4に示すKravenの分類から各断面区間の河床勾配に対応した値を使用する。各断面における洪水水位 H_f は、連続の式を用いて導出する。得られた各断面での洪水水位 H_f と河岸高 Z を比較し、水位が河岸高を越えた場合には、その地点から氾濫するものとし、その差を越

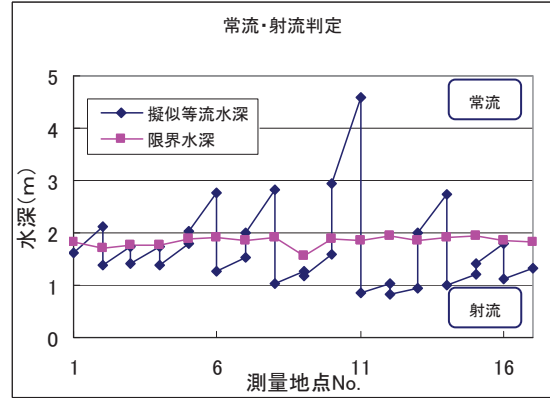


図5 擬似等流計算結果および限界水深

表4 Kravenの河床勾配と流下速度

勾配	1/100以上	1/100~1/200	1/200以下
V(m/sec)	3.5	3.0	2.1

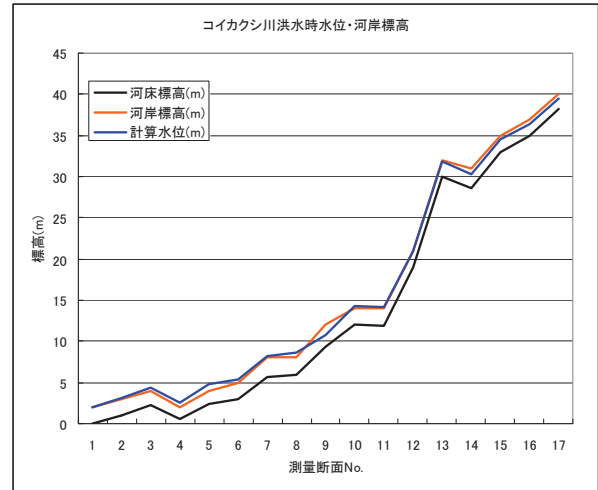


図6 コイカクシ川洪水時計算水位

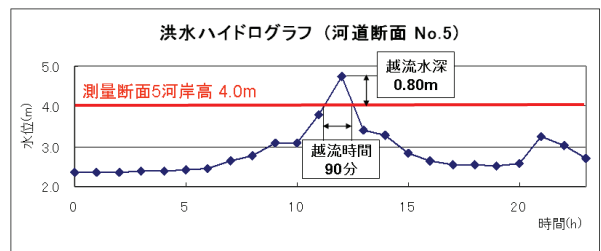


図7 越流水深および越流時間(No.5断面)

流水深および氾濫時間として設定する。

図6に予測したコイカクシ川洪水水位を示す。図から、流域に50年確率降雨がもたらされたコイカクシ川は、断面No. 2、3、4、5、6、7、8、10、11の9断面において河岸高を越えて氾濫流となる。また、9断面における越流時間を求めるため、前出図4の1981年8月ハイドログラフから求めた各測量地点におけるハイドログラフと、各河岸高と比

表 5 各断面の越流水深と越流時間

断面No.	2	3	4	5	6	7	8	10	11
越流水深(m)	0.2	0.4	0.6	0.8	0.4	0.3	0.7	0.4	0.1
越流時間(hr)	0.3	0.7	1.2	1.5	0.7	0.4	1.0	0.7	0.2

較し、9断面からの越流時間を導出する。

図7に河岸高と計算水位による越流水深および越流時間の設定例、表5に、導出した9断面における越流水深と越流時間を示す。

同表から、コイカクシ川が氾濫した場合の越流水深は、断面No.5(港北町2丁目)が最大約0.8mとなり、成人の腰の位置に相当する越流水深であるが、堤内地の地形や遮蔽物などによる効果で、さらに氾濫流はその水深を大きくする危険性が予測される。また、氾濫最上流地点のNo.11(同4丁目)の越流水深は約0.1mではあるが、洪水到達時間が最も早い地点であるため、増水時には特に迅速な避難行動が必要な地点であると推測される。

4 洪水氾濫流数値解析

室蘭市港北地区におけるコイカクシ川洪水想定浸水域図を作成するため、洪水氾濫流数値解析を行う。数値解析には、前章で設定した各値を用いる。

4.1 解析法⁽³⁾

本解析では、氾濫水の鉛直方向成分と水平方向成分のアスペクト比による解析上の悪影響を回避し安定した結果を得るため、氾濫流を二次元平面不定流として扱う。

解析法は、次頁に示す連続式(3)、 x 方向の運動方程式(4)、 y 方向の運動方程式(5)を基礎方程式とし、計算には差分法を用いる。差分スキームは、空間格子を *Staggered Grid* に配置し、時間格子は *Leap-Frog* 法を適用する。用いる計算格子は、直交正方格子とし、解析対象領域の急峻勾配ならびに微地形を考慮し、10 m 間隔計算格子を用いて解析を行う。

4.2 解析条件

4.2.1 解析対象領域

図8に室蘭市港北地区およびコイカクシ川的位置を示す。解析対象領域はコイカクシ川測量断面No.17付近から室蘭港までの、コイカクシ川沿いの北東を x 方向とした約1.0 km、 y 方向に約2.8 kmの範囲の領域として設定する。

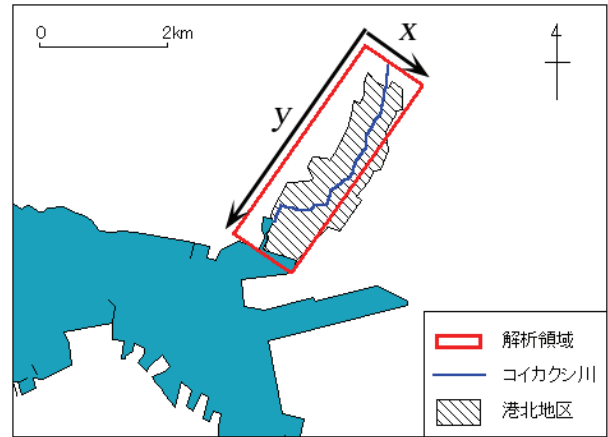


図 8 解析対象領域

4.2.2 標高及び土地利用データの作成

解析を行うため、次頁に示す式(4)、式(5)中の地盤高 Z_b 、およびManningの粗度係数 n を設定する。

このため、本報告では、解析対象領域について図9に示す土地利用状況ならびに地盤高の10m間隔格子データを室蘭市現況図⁽⁶⁾から作成した。土地利用状況は図中凡例に示す6種に分類し、対応した図中括弧内の粗度係数 n を与える。ここで、凡例の建物(密)と(粗)は、格子内の建物占有面積率50%以上を‘密’、50%以下を‘粗’としている。

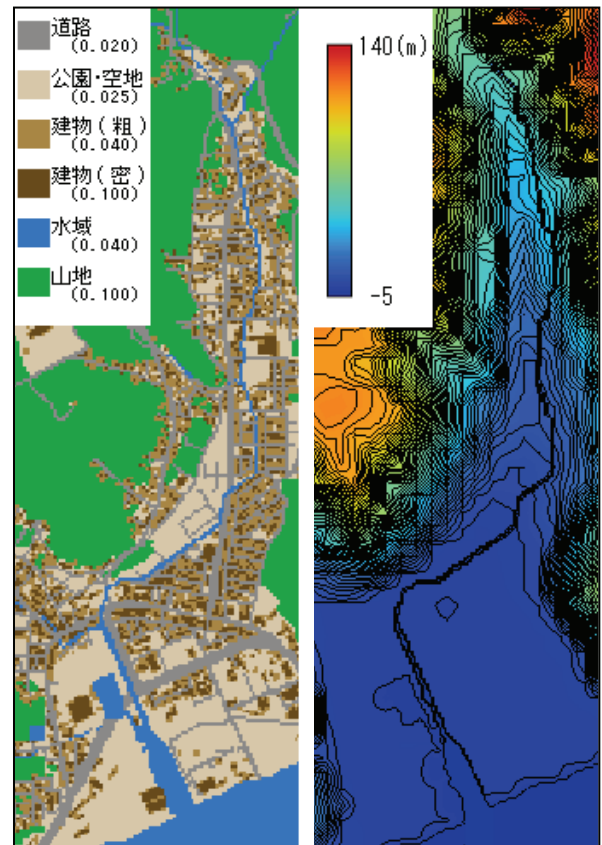


図 9 土地利用図(左)と地盤高図(右)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{h} \right) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2}{h^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{h} \right) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2}{h^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \dots\dots\dots(5)$$

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

4.2.3 氾濫条件

氾濫流数値解析は、前出の図7のように、越流水深を頂点とし、河岸高によって切り取られる底辺を越流時間とした三角形分布に従い氾濫するものとして設定する。実現象を考慮し、氾濫は9断面のそれぞれが単独に発生するものとした数値解析を行う。

9断面の解析結果について比較検討を行い、合計面積を浸水域とした。また、計算時間中の任意格子点における計算浸水深 h_1 から h_9 までのうち、最大値のものをその計算格子点における浸水深 h_{max} として決定する。

4.2.4 計算時間ステップおよび最大計算時間

計算時間ステップ Δt は0.5秒とし、各越流断面において設定した越流時間の約3倍を最大計算時間とする。

5 解析結果

9断面の数値解析結果に基づき、浸水ランク区分を4段階として図化する。

5.1 浸水面積

表6に浸水ランクごとの計算格子点数を示す。解析対象領域の約290haのうち、約46haの地域が浸水被害を受ける結果となった。

表6 数値解析結果

浸水ランク(m)	無し	<0.3	0.3~0.5	0.5~1.0	1.0<
格子点数	24,215	3,253	646	489	31

5.2 洪水想定浸水区域図作成

解析結果から作成した室蘭市港北地区のコイカシ川氾濫図を、室蘭市現況図に重ねたものを図10に示す。浸水ランク区分は図中凡例に記した4

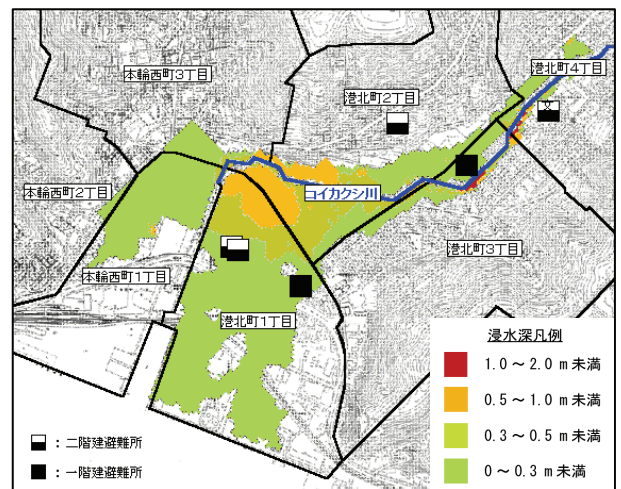


図10 解析結果および屋内避難所位置

段階で表示している。図から、港北町1、2丁目には浸水深は浅いものの広範囲に渡る浸水域が見られ、同3、4丁目には局所的に最大2mの浸水が生じることが明らかになった。

浸水域には室蘭市中心部と同市西方の伊達市を結ぶ国道および鉄道の交通網、行政支所などの公共機関、商業施設、避難所が含まれる。想定した洪水が発生した場合には、同地区だけではなく隣接する地域への影響も懸念される。

6 洪水避難対策

前出の図10から、港北町2丁目および4丁目の避難所は氾濫域外に設置されていた。しかし、河川周辺は冠水しており、氾濫地点周辺からの避難行動は浸水域中を歩行する可能性が高い。成人の場合は浸水域の歩行による避難行動は、危険が少ないように考えられるが、高齢者の場合では浅い冠水であっても歩行の避難行動は危険が伴う。

本章では、室蘭市港北地区の住民が避難開始か

ら避難所へ到着するまでの移動時間を、河川氾濫を伴う避難シミュレーション結果から求める。避難シミュレーションの避難対象者は、表7に示す、港北地区総人口4,131人(平成12年度国勢調査結果)の約3割を占める65歳以上の高齢者について注目し、シミュレーション結果から、室蘭市における洪水避難対策の検討を行うものである。

表7 港北町人口の高齢者割合

港北町	1丁目	2丁目	3丁目	4丁目	5丁目
人口総数(人)	629	859	1084	1189	370
65歳以上人口(人)	115	219	125	331	108
割合(%)	18	25	12	28	29

6.1 洪水避難シミュレーション条件

6.1.1 避難速度

避難シミュレーションは、表8に示す歩行者移動速度 V 、避難経路上の浸水深による速度制限係数 WD を与え、浸水深が1.0m以上の場合には、移動が不可能になるとする。

前出の図3および図9から、測量断面No.6より上流にある港北地区住宅地域には、5%以上の勾配がある道路が多く存在する。このような地域で、避難行動を検討する場合において、地形勾配が歩行速度に与える影響を考慮する必要があり、勾配係数 $S^{(7),(8)}$ を準用し設定する。

避難経路に勾配がある場合に歩行速度を変化させる勾配係数 S は、上り勾配0~4%では平坦路として扱い1.00を与え、勾配5~20%の間で4段階に分けて与え、下り勾配による速度変化は考慮しない。避難シミュレーションは氾濫流数値解析と並行して行うため、計算ステップ Δt は0.5秒間隔にて行う。避難者を高齢者と成人とに分類し、両避難者の基準移動速度をそれぞれ V_A 、 V_M とする。 Δt 毎の移動速度 V_t は、以下の式(6)から導かれる。

$$V_t = (V_A \text{ or } V_M) \cdot WD_{(i,j)} \cdot S_{(i,j,\alpha)} \cdots \cdots (6)$$

ここに、 V_t は計算ステップ時の算出移動速度(m/s)、高齢者基準移動速度(m/s)を V_A 、成人基準移動速度(m/s)を V_M 、とし、 $WD_{(i,j)}$ は計算ステップ時の避難者位置座標 (i,j) における速度制限係数、 $S_{(i,j,\alpha)}$ は避難者位置座標 (i,j) の $\alpha=1\sim 0.60$ の勾配係数である。

設定した移動速度条件を表8に示す。

表8 移動速度と係数

基準移動速度 V (m/s)	高齢者 V_A			青年 V_M	
	0.81			1.16	
浸水係数 WD	乾燥路	浸水深0.3m	浸水深0.5m	浸水深1.0m	
	1.00	0.38	0.26	0.00	
勾配係数 S	0~4%	5~9%	10~14%	15~19%	20%~
	1.00	0.80	0.75	0.70	0.60

表9 港北地区の避難所

名称	所在地	階数	構造	収容人数
K中央会館	1丁目	1	木造	39
M会館	1丁目	2	RC	86
労働者福祉センター	1丁目	2	RC	264
K幼稚園	2丁目	1	ブロック	23
K児童センター	3丁目	1	ブロック	42
K町会館	4丁目	1	ブロック	42
T小学校	4丁目	4	RC	254

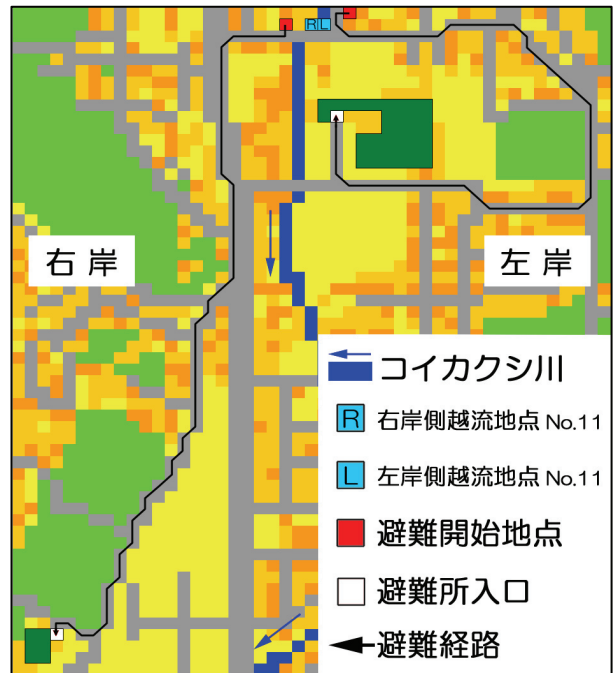


図11 避難経路

6.1.2 避難経路設定

避難経路は、氾濫流数値解析で用いた土地利用データの道路属性格子から設定する。

想定する避難者は、地区内の地理を熟知しているものとし、避難開始地点から設定した避難所までを、最短距離の経路を使用し移動を行うものとする。コイカクシ川に架かる数箇所の橋は、増水のため危険であり避難経路としては使用できないと想定し、右岸側と左岸側について、避難経路を別に設定する必要がある。

避難開始地点は、高齢者人口が港北地区で最多であり、洪水到達まで時間的余裕が少ないと予想

される港北町4丁目のNo.11地点近傍の住宅とし、現況図から右岸と左岸それぞれにおいて設定する。

避難所は表9に示した、右岸側は高台に位置するK幼稚園(港北町2丁目)、左岸側は4階建構造のため、洪水災害の避難所として適していると思われるT小学校(同4丁目)として、洪水避難シミュレーションを行う。このように設定した避難経路図を図11に示す。同図から、避難経路は右岸側では直線状を辿り、左岸側では右回りの経路となる。

6.1.3 勾配路データ

設定した避難経路の道路属性格子に対応した地盤高データを用い、現在地点の地盤高 Z_A と移動先格子の地盤高 Z_B との差 ΔZ と、格子間距離 L の比を平均勾配として経路の格子ごとに求め、対応する勾配係数を与える。避難経路の地盤高を図12に示す。同図から、避難開始地点から避難所までの移動距離は、右岸側で約665m、左岸側で約604mである。また、右岸側A、B、C区間の計72m、左岸側D、E区間の計172mにおいて5%以上の勾配があることから、左岸側は右岸側に比較し経路距離は約10%短い、勾配区間が長いこと移動時間の増加が予測できる。

6.1.4 避難開始時刻

住民の避難開始時刻は、越流発生と同時に避難を開始する場合をCase-1、避難準備あるいは避難警報の発令が遅くなり、越流が始まってから10分後に避難を開始するCase-2の2ケースを設定する。

避難対象者の避難所までの移動時間を、避難シミュレーションから得る。比較のため、地形勾配と浸水による歩行速度変化を考慮せず平坦路として扱う場合($S=1.00$ 、 $WD=1.00$)をCase-3、勾配を考慮し氾濫が発生しない(S を5段階、 $WD=1.00$)の状態をCase-4とした避難シミュレーションを行う。

6.2 洪水避難所要時間

シミュレーションの数値結果を表10に示す。

表10 洪水避難シミュレーション結果

避難者	岸	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
成人	右岸	592	816	574	592
	左岸	609	618	523	595
高齢者	右岸	847	1245	821	847
	左岸	872	887	748	853

単位: 秒

6.2.1 右岸側の避難について

右岸側避難シミュレーションから得られた移動時間と移動距離の関係を図13-1に示す。

避難開始地点から避難所までの移動時間は、同

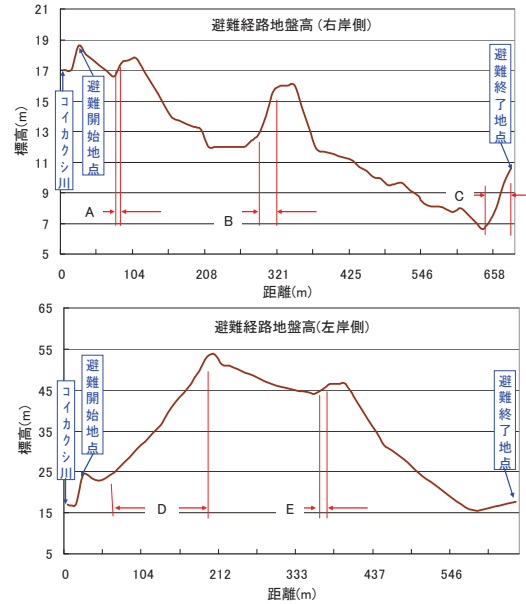


図12 避難経路地盤高および勾配区間

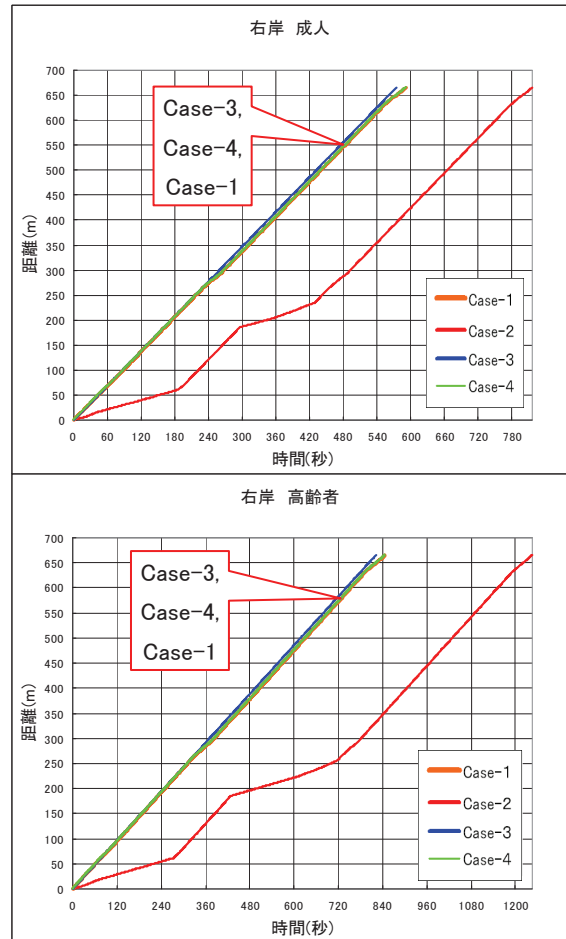


図13-1 右岸側移動時間-移動距離の関係

図中の青線で示す、勾配と氾濫を考慮しないCase-3が、成人が574秒、高齢者が821秒となり、他ケースに比較し最短の移動時間であった。勾配のみを考慮したCase-4ではそれぞれ592秒、847秒と

なり勾配を考慮しない結果より移動時間が約3%増加することが認められる。

越流開始と同時に避難を開始したCase-1の移動時間は成人と高齢者共に、氾濫を考慮しないCase-4と同一となった。このため、越流開始と同時に避難行動を始める場合は、浸水域が広がる前に避難経路上を避難できることとなり、浸水域中の歩行による危険性が生じないことが明らかとなった。

一方、同図中の赤線で示す越流開始10分後の移動時間は、成人は約820秒、高齢者では約1240秒となり、移動時間の大幅な増加が認められた。

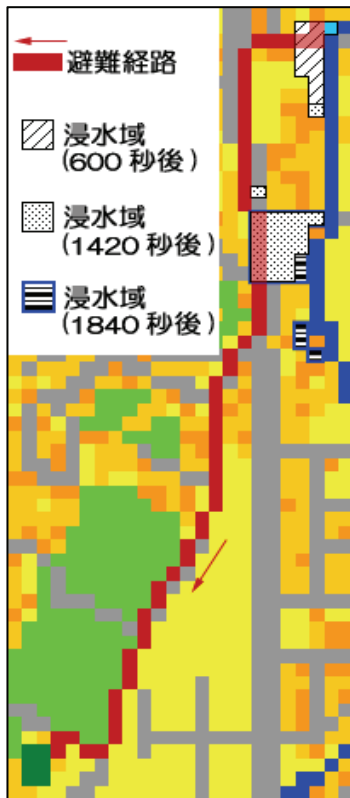


図 13-2 右岸側避難経路上浸水域

同図および図 13-2 から、成人では避難開始時刻から180秒までと、300秒～420秒の区間で浸水域を歩行していることが認められる。高齢者ではその時間がより多いものとなった。このことから、右岸側で避難が遅れた場合には、避難開始地点である家屋へ氾濫水が到達し、避難経路にも冠水が生じるため、氾濫域を歩行しなければならない危険性があることが明らかとなった。

6.2.2 左岸側の避難について

左岸側における避難シミュレーションから得られた避難移動時間結果を図 14-1 に示す。

氾濫を条件に加えたCase-3以外の3ケースの移動時間結果を比較すると、成人と高齢者の結果は共に、Case-4(勾配のみを考慮)、Case-1(越流直後の避難)、Case-2(越流10分後の避難開始)の順に、移動時間が増加していく。これは図 14-2 に示す設定した避難経路上の浸水域が、避難開始直後の1個の格子にのみ生じているためである。このため、左岸側においても、Case-4以外では氾濫水域を移動する危険性があり、洪水発生前の避難所への避難開始が必要となる。

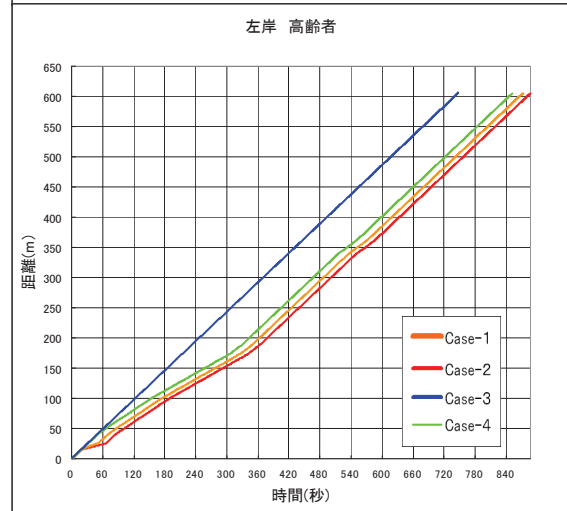
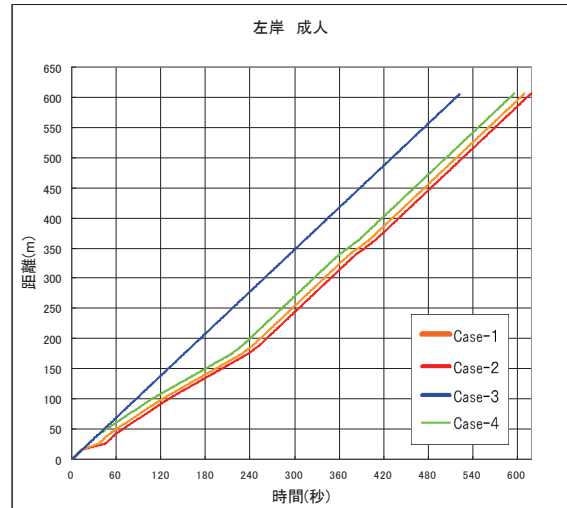


図 14-1 左岸側移動時間－移動距離の関係

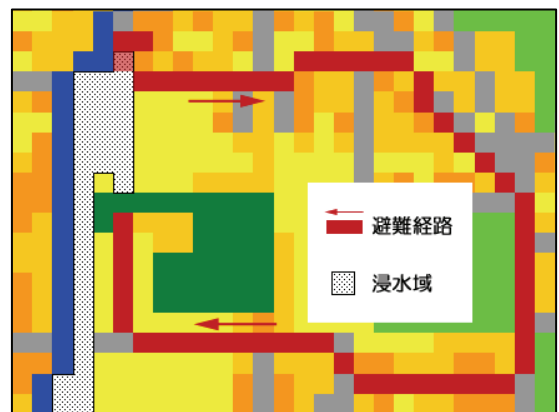


図 14-2 左岸側避難経路上の浸水域

6.3 洪水避難シミュレーション結果の考察

室蘭市港北地区を貫流するコイカクシ川が氾濫した場合、上中流部に位置する港北町4丁目右岸側地域においては、浸水域は時間経過と共に拡大し、避難開始が遅くなると避難経路の多くが冠水するため、移動時間に与える影響は大きくなる。避難開始が遅れた状況では、避難開始地点が冠水

し、避難所への避難行動が危険となる可能性が極めて高くなる。

想定避難開始地点での避難シミュレーションから得られた越流開始後 10 分後における高齢者の移動時間は約 20 分間である。ただし、身体的制約がある場合、家屋に 2 階以上の避難空間が存在するときは、家屋内の上層階への避難に留め、救援組織の支援に頼ることが考えられる。

港北町 4 丁目のコイカクシ川上中流部の左岸側地域では、川沿いの峡谷底部が深い浸水域となるが、想定避難経路の多くには浸水が及ばないため、氾濫と同時にまたは氾濫後における避難所への移動時間には有意な差が見られなかった。

シミュレーションから、上中流部における右岸側と左岸側では、氾濫水の挙動が異なるため、危険を伴わずに避難行動を完了できる避難開始のタイミングは同一ではないが、右岸側は左岸側と比較し、より迅速な避難行動の開始が望まれる。

港北町 1 丁目～3 丁目の中下流部から河口部付近の地域における避難行動について、浸水域は広範囲にわたる結果となったが、浸水深が膝下の高さに相当する約 30 cm の区域が多い。このような浸水深における成人の避難行動は、比較的安全に行えると予測できる。しかし、高齢者の場合には、浅い浸水深であっても、家族や支援者の協力が必要となる場合がある。

7 おわりに

本報告の洪水避難シミュレーションで示したように、避難経路すべてを平坦路として扱った結果と比較し、地形勾配の影響を考慮した場合の避難時間は、最大で約 20 %増加する結果となった。このことから、急傾斜地における洪水避難には、多くの避難時間が必要となる可能性を明らかにした。

安全で迅速な洪水避難行動のためには、的確な洪水予報に基づいた、早期の洪水警報ならびに避難情報の発令が望まれる。このため、小河川においても河川管理者による雨量と水位観測施設の設置が求められる。

室蘭市コイカクシ川流域の港北地区における外水氾濫を想定した解析を行い、避難対策について述べたが、加えて、下水道が排水能力を超えた場合に生じる内水氾濫の可能性も予想される。したがって、港北地区では、氾濫水を排除するための側溝および下水管渠の拡幅等の整備が必要と思われる。

本報告で解析対象とした多数の急傾斜地を持つ河川流域において洪水が発生した場合、平地での洪水よりも氾濫流の勢いは強くなり、住民の避難行動を危険にさらすことが予想される。そのため、室蘭市における洪水避難対策として、洪水に耐えうる避難所の設置が不可欠となるが、避難行動中における転倒および立ちすくみなどなどの危険を減少させるため、冠水が予測される避難道には、手すりなどの避難補助設備や、地盤を嵩上げする待避施設を設置することが、有効な手段であると考えられる。

避難が困難な高齢者、あるいは災害時要援護者の避難対策として、行政防災部署と福祉関係部署による要援護者世帯の把握と介助者とのセーフネットを構築し、情報の共有と活用することが重要となる。このセーフネットの確立により、救援が必要な住民の把握をリアルタイムで行うことが可能となり、避難できない住民を救う手段の一つとなる。

謝辞

本報告を作成するにあたり、北海道室蘭土木現業所および室蘭市には、貴重なデータを多数提供していただいた。また、本学大学院生の梅村郁恵氏にはシミュレーションにおいて多大な協力をいただいた。ここに記して深謝いたします。

文献等

- (1) 坂上務(研究代表者)、山本博、鈴木哲也、花岡正光、昭和 55 年 8 月九州および北海道南西部の豪雨災害に関する調査研究、文部省科学研究費(No.502403)研究成果(1981)、p122
- (2) 室蘭市地域防災計画 (1999)
- (3) 太田典幸、藤間聡、北海道登別市における洪水氾濫流解析及び避難対策、室蘭工業大学紀要、第 56 号 (2006)、p26-27
- (4) 知利別川水理計算書(1997)、北海道資料
- (5) 磯谷英俊、登別市における洪水浸水域の予測と避難対策について、室蘭工業大学修士学位論文(2006)、p46
- (6) 1:2500 室蘭市現況図、(株)八州、室蘭市提供
- (7) 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告 (第 17 回)、内閣府中央防災会議巻末資料 5(2006)、p76
- (8) 鏡味洋史、積雪寒冷地における震災対応マルチエージェントシステムの開発、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト、平成 16 年度成果報告書、3.1.4