

平成25年度

# 大規模水害被害とその対応策

## —水害リスクマップの検討—

札幌開発建設部 河川計画課 ○田中 甫幸  
渡邊 信明  
久保 徳彦

扇状地を貫流する河川においては、流れの速い洪水氾濫流が流下し、短時間で市街地に到達するため、大規模水害が発生されることが想定される。

本検討では大規模水害が発生した場合を想定し、今までに整備された航空レーザ測量による詳細な基盤データ等を用いた氾濫計算により明らかになった水害被害の特徴やシミュレーションを基にした水害リスクの検討を行った。

キーワード：危機管理、自然災害、防災

### 1. はじめに

これまで洪水対策や啓発活動には浸水想定区域図を基にした洪水ハザードマップが用いられており、浸水深をランク別にそのリスクが表現されてきた。しかしながら、洪水や地域特性によっては浸水深だけではリスクの表現が十分でなく、勾配が比較的大きい扇状地上では拡散型の氾濫現象が生ずることが知られており、浸水深は大きくなならないが、高速流が発生することが知られている。

扇状地上に築かれた都市は京都市や札幌市、熊本市など数多くある。しかしながら、これまで扇状地上にある大都市水害リスクは主に浸水深で表現されていたが、破堤に伴う高速流の発生も無視できないことから、本検討ではモデル都市を対象に扇状地上にある大都市を貫流する河川の流速等のリスクも加味した水害リスク評価を試みた。

### 2. 氾濫解析手法の検討とその結果

#### (1) 氾濫解析手法について

札幌開発建設部では、平成22年度において扇状地上に発達した密集市街地の氾濫解析手法の改善に取り組み、詳細なメッシュの採用や基礎式の見直しにより市街地の洪水氾濫流を再現することができる氾濫解析手法を検討した。(参考資料<sup>1)</sup>参照) その氾濫解析手法を用いて扇状地上にあるモデル都市の解析を実施し、リスクがどのように詳細に可視化されるのかを検討した。

#### a) 詳細なメッシュの採用

航空測量地盤高データ(LPデータ)(図-1(a))や、詳細な建物形状が把握できる市街現況図を活用し、地盤高や建物配置についても高精度化を試みた。

氾濫解析条件を表-1にまとめた。扇状地を流下する流れや道路で発生する高速流を表現するために、メッシュサイズを10mまで細分化した。

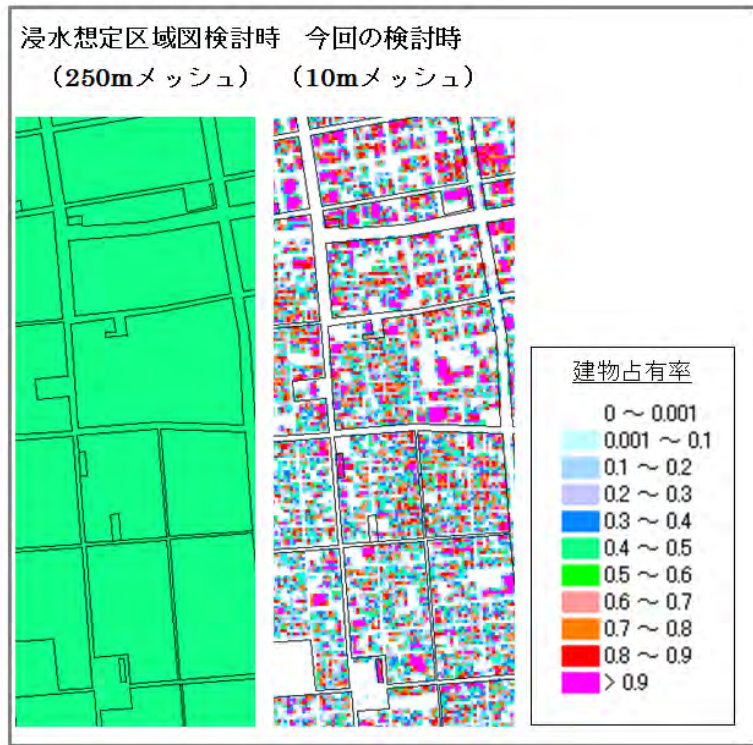
#### b) 建物の影響を表現する手法の検討

建物占有率のメッシュ(図-1(b))においても高精度化が進んでおり、以前の250mメッシュであると、各々の建物の占有率が平均化された値になってしまっていたが、現在の10mメッシュにおいては個々の建物やその占有率の識別が可能である。高精度化された建物占有率メッシュデータを今回使用した。

過年度の検討において、一般的な連続式(1)式では、コントロールボリューム内の建物容積(非浸水空間)(図-2)を考慮していないことと、建物による通水阻害を考慮していないことの2点により、浸水深が模型実験結果に比べ過小に計算されることが分かった。透過率(図-2)の考えを考慮した(2)式に示す連続式を用いて、建物

表-1 氾濫解析条件(都心部)

項目	条件
解析手法	氾濫原：平面二次元不定流モデル(矩形格子) 河道：一次元不定流モデル
メッシュサイズ	10mメッシュ
河道域	T川とその主要河川
地盤高	LPデータ(5mメッシュ)より取得
建物	市現況図(H22)より建物占有率を設定
粗度係数	市街地部では道路を想定し、 $n=0.020$ を設定 ※建物による影響を考慮 <sup>5)</sup>
対象洪水	S568下旬洪水型(W=1/150)
破堤地点	19地点



(a) 地盤高メッシュコンターの比較

(b) 建物占有率の比較

図-1 地盤高と建物占有率のデータの高精度化

の影響を考慮することとした。

一般的な連続式<sup>2)</sup>

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

建物を考慮した連続式

$$(1-\theta) \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \lambda M}{\partial x} + \frac{\partial \lambda N}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

ここで、 $\theta$ : 建物占有率 [-]

$\lambda$ : 透過率 [-] ( $\doteq 1-\sqrt{\theta}$ )

$h$ : 水位 [m]

$M, N$ : 単位幅当りの流量フラックス [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

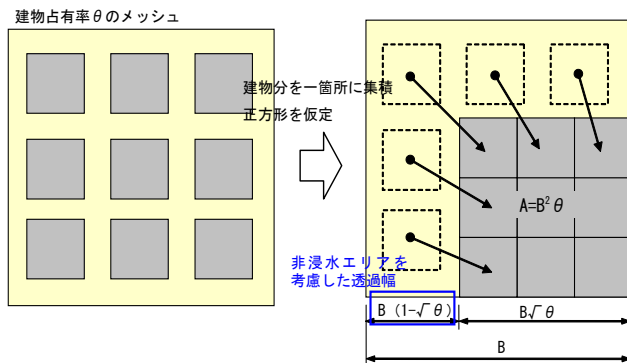


図-2 非浸水エリアの考え方

(2) 解析結果

これらの氾濫解析条件で氾濫解析を実施した結果を図-4に示す。(1)は従来の浸水想定区域図,(2)は本解析結果の浸水図,(3)は本解析結果の流速分布図である。

モデル都市地区Aにおいては、従来の親水想定区域図(図-4(A-1))と解析結果の浸水図(図-4(A-2))の比較を行った。後者の浸水図は道路や公園などをより高精度に水深の分布が再現することが見て取れる。前者(図-4(A-1))において一応に黄色に塗られていた浸水範囲が、水

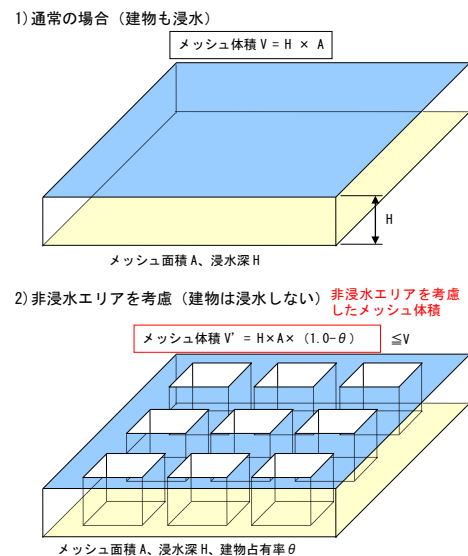


図-3 透過率の考え方

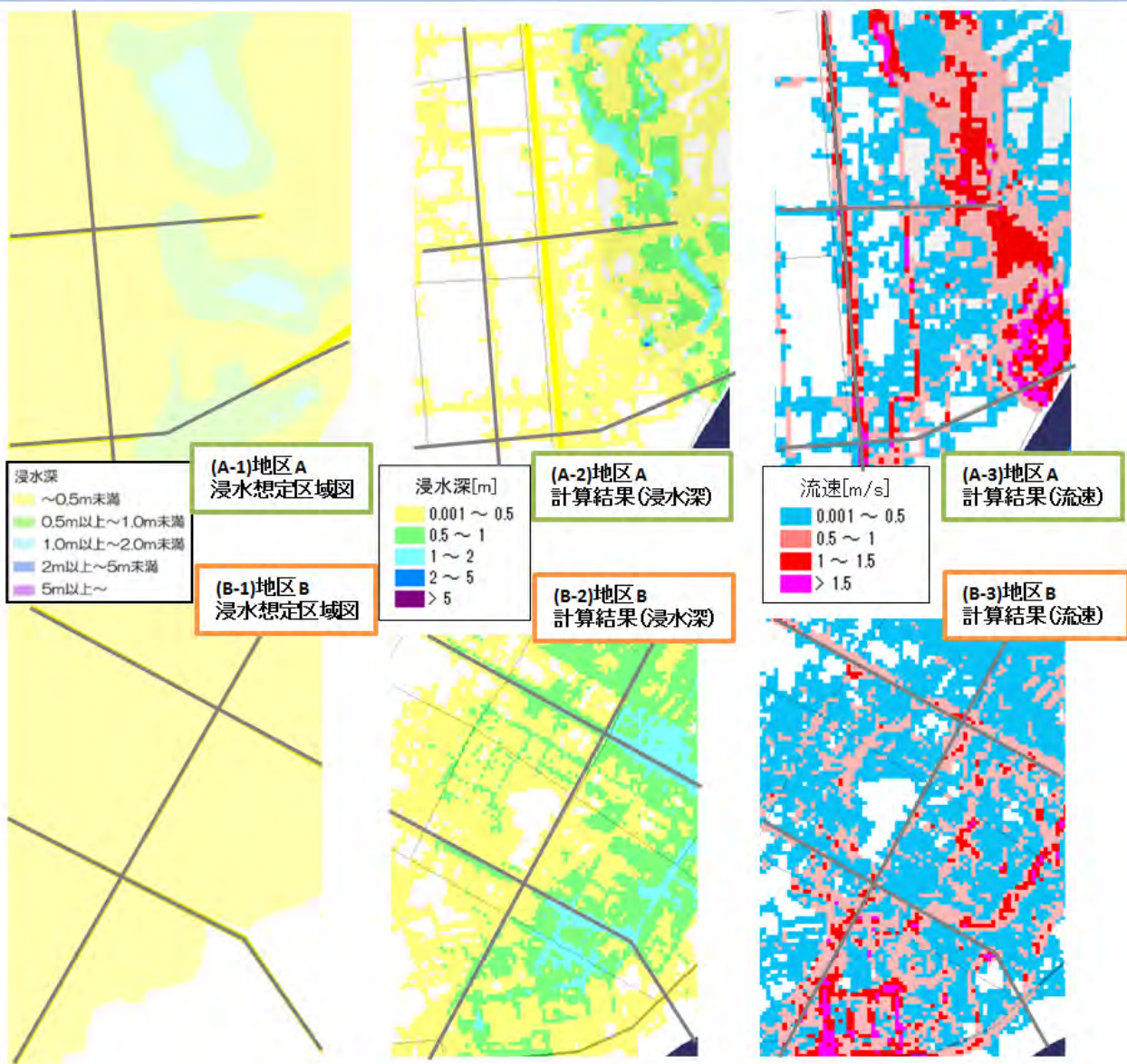


図-4 氾濫解析結果

の付かないところ、付くところのメリハリが付くようになった。また道路部に集中的に氾濫流が流下すること、浸水深は概ね0.5m以下であるものの、地形の影響で比較的浸水深が深くなるということが把握できた。図-4(A-3)の流速分布図をみると、都心部の道路について0.5m/sを超えるような高速流が発生する可能性があることが分かった。

モデル都市地区Bにおいては従来の浸水想定区域図(図-4(B-1))と解析結果の浸水図(図-4(B-2))の比較において前者(図-4(B-1))の評価では水が付かないとされていた箇所において、後者(図-4(B-2))の新たな解析にあたっては1m以上の浸水が起きる可能性が示唆された。図-4(B-3)においても道路筋を1m/s以上の高速流が流下する可能性が示された。

### 3. 水害リスクマップの作成

モデル都市において水深と流速を考慮し、それをリスクランクごとに分類し、視覚的に示すことで水害リスクを検討した。

#### (1) リスク分布図の作成

図-5にリスク分布図の作成フローを示す。以下では、それらの詳細について説明する。

##### a) リスクランク区分で表す指標の抽出

特に被災する可能性の高い指標として、以下の4つを考えることとした。

##### 【リスクランク区分で表す指標】

- ①地下空間の浸水
- ②車輛移動困難・水没
- ③避難困難(孤立者の発生)
- ④高速流による建物の被害(家屋倒壊)

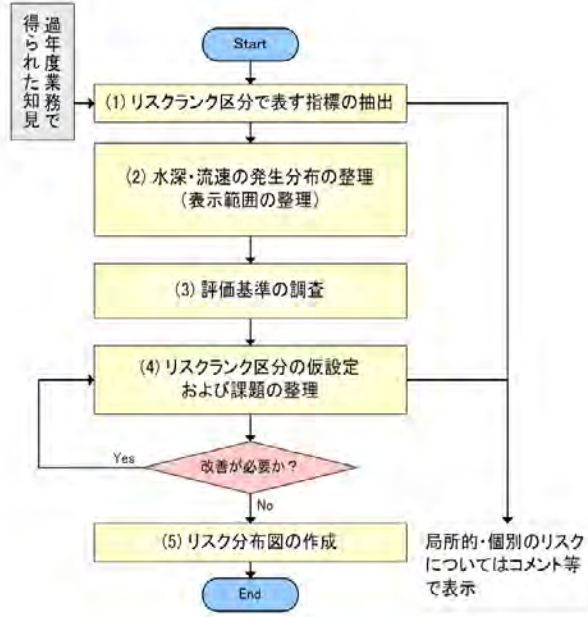


図-5 リスク分布図の作成フロー

b) 水深・流速の発生分布の整理

水深・流速の発生範囲から、リスクランク区分の表示範囲を設定した。氾濫計算結果から、モデル都市の河川の破堤氾濫によって発生している流速と浸水深の範囲について整理した結果、それぞれ99%の範囲が浸水深2m以下、流速2m/s以下に入ることから、リスクランク区分の表示範囲としてはそれらの範囲を対象とした。

c) 評価基準の調査

a) で設定した指標について、浸水による被災基準を設定

ランク	被災基準	主な被害	設定根拠
ランク① 浸水あり (浸水深1mm以上)	浸水あり (浸水深1mm以上)	浸水	・浸水する可能性がある範囲を示すために、1mm以上(氾濫解析で表現できる最小水深)の浸水を基準とした。
ランク② 浸水深15cm以上	浸水深15cm以上	地下空間浸水のおそれ	・地下空間への流入するおそれのある水深として、歩道縁石の標準高の15cm(札幌市2型)を設定した。
	車両(小型車)の流出基準* ※ $V \geq -0.46H + 3.5$ (上記歩行困難の基準に内包される。)	車両移動困難のおそれ	・押川らの「冠水時の自動車通行の危険性に関する模型実験」より、小型車が被災する可能性がある浸水深～流速の関係より設定した。
ランク③ 歩行困難の基準*以上	歩行困難の基準*以上 ※ $V^2/H/g + H^2/2 \geq 0.125$	避難困難のおそれ	・京都大学、関西大学が実施した「実物大模型実験」により、基準化された指標として「避難困難」となる基準を設定
ランク④ 浸水深0.9m以上	浸水深0.9m以上	車両水没のおそれ	・JAFが実施した車両水没実験より、浸水深が0.9m以上になるとドアを開けることが困難d、パワーウィンドウが作動しないことが確認されていることから、浸水深0.9m以上を車両の水没基準として設定
	家屋被害の基準*以上 ※ $V^2 \times H \geq 1.5$	建物被害のおそれ	・佐藤ら(1989)が、鳴瀬川支川の吉田川における氾濫計算により家屋の存在地点における最大流体力に着目し、家屋被害との関係について整理した基準を採用

表-4 リスクランクの区分と設定根拠

定した。それぞれの被災基準と設定根拠を表-4にまとめた。

d) リスクランク区分の設定

それぞれの項目の被災基準について、浸水深と流速の関係から、図-6に示すリスクランク区分図を設定した。4つのランクに対し、a)で設定した各指標の被災の有無が表現できるように考慮して設定している。

e) リスクランク分布図の作成

浸水解析結果の浸水深・流速分布をもとに、図-7に示すリスクランクに分類し、リスク分布図を作成した。従来の浸水想定区域図(図-4(A-1), (B-1))と作成したリスク分布図(図-7)を比べると、従来の浸水想定区域図(図-4(A-1), (B-1))では浸水深0.5m以下で一律に塗りつぶされていたモデル都市の中心部が、想定されるリスクに応じて分類できていることが分かる。浸水深と流速を考慮したリスク評価の場合、浸水深のみを表現した浸水想定区域図よりもリスクが上がる地域が出てくることが推察される。一方、メッシュの精度や建物占有率を考慮することで、氾濫水の拡散形態がより詳細に表現され、一面に拡散していた氾濫水が特定の道路筋や旧川を伝って流下することが見て取れた。これによって平均化され一様に評価されていたリスクがより詳細に明示できることが推察された。

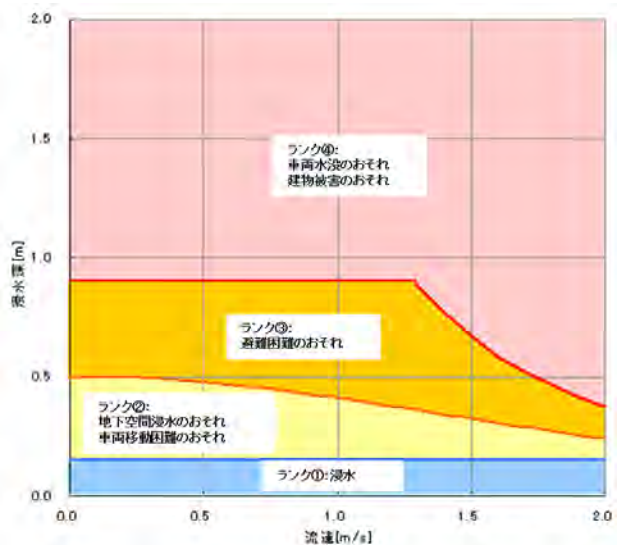


図-6 リスクランク区分

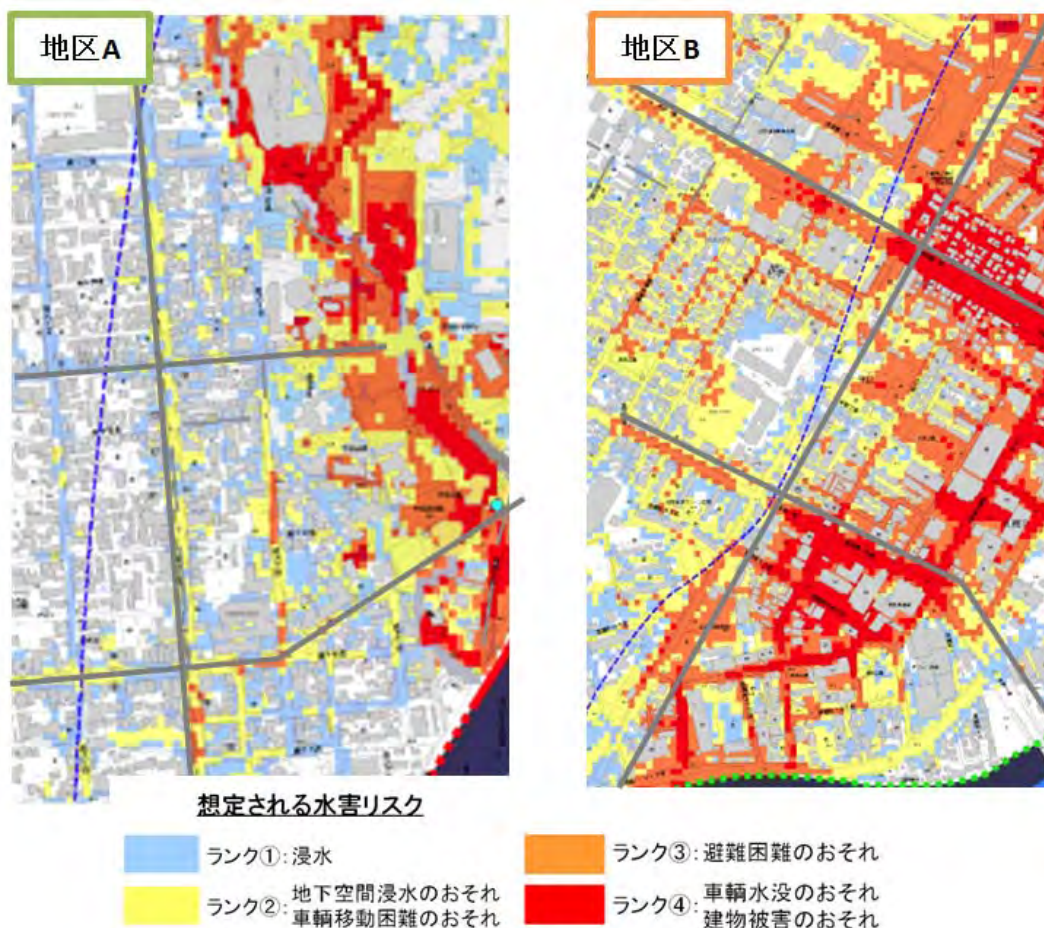


図-7 リスクランク区分

#### 4. 危機管理対応策の考察

図-7 に示した水害リスクマップを使用して、想定される浸水被害への危機管理対策について考察した。

検討結果を表-5 にまとめた。リスクマップでは被災するおそれの大きい区域を示しているため、それらの区域において重点的な水防対策が必要となる。

項 目		想定される被害	主な対応策
人的被害	孤立者	・ 高速流が発生する範囲において孤立者の大量発生の可能性 ・ 浸水後における避難・移動中に被災の可能性 ・ 24時間以上の長時間孤立者の発生の可能性	・ 避難困難となる範囲を要注意区域として避難準備情報を住民へ提供し、適切な避難を促す。
	機能停止	・ 1階部分の設備が浸水した場合、医療活動ができなくなるおそれ	・ 1階部分浸水に対する浸水対策（防水壁設置等）
福祉施設	影響患者数	・ 医療活動停止に伴う病気の重病化	・ 代替施設など医療活動継続方法を確保
	浸水施設	・ 1階部分の設備の浸水による施設機能の停止	・ 1階部分の浸水対策（設置・電源・給水設備などの耐水化等）を実施
交通	入所者数	・ 避難施設への水平避難中における要援護者および介護者の被災	・ 入居者は2階以上への垂直避難を実施し、水平避難中における被災を予防
	自動車流出	・ 破堤氾濫により車両が流出	・ 到達時間2時間以内の範囲について、優先的に車両通行規制実施 ・ 駐車場からの避難を禁止
ライフライン	電力	・ 浸水深70cmで1階部分が停電、浸水深100cmで建物の棟全体が停電 ・ 漏電の可能性がある場合は地域一帯の電力停止	・ 浸水区域内にある変電所などの重要施設について優先的に土嚢を積みなど防水対策を実施
	ガス	・ 古いタイプの整圧器は地上50cmの高さであるため、50cm以上で水没する恐れがある。	・ 浸水深1mを超える区域のマイコンメーターの耐水化や2階以上への移動 ・ 浸水深0.5m以上の区域の整圧器を優先して更新
	上水道	・ 受給側の揚水ポンプ停止による供給の停止	・ 浸水深1mを超える区域の揚水ポンプ設備の耐水化や2階以上への移動
	下水道	・ 下水処理場の浸水	・ 処理施設の浸水対策の実施
	通信	・ 浸水深70cmで1階部分が浸水し通信不能、浸水深100cmで主配電盤が浸水し建物の通信機能が停止	・ 100cmを超える浸水深となる可能性のある浸水範囲の電源設備の耐水化や高層階への移動
地下空間	地下鉄	・ タイヤ式の車両場合、僅かな浸水でもタイヤがスリップするため、浸水した場合には地下鉄の運行が困難	・ 浸水区域内にある地下出入口について優先的に土嚢や止水盤設置など防水対策を実施
	地下街	・ 大量の滞留者の発生	

表-5 危機管理対応策と効果

## 5. おわりに

密集市街地における氾濫流解析を従来の解析手法に比べ高精度に実施することで、詳細に把握された流速、水深からより適切にリスクを分類することを提案した。

平成 25 年 3 月には「ハザードマップの手引き」が改定されており、これまでに表示されていなかった多様なリスクの表示が求められている。

今後は、本検討による知見を活用し、多様な具体のリスクの記載など自治体の実践的なハザードマップの検討に協力してゆきたい。

### 参考文献

- 1) 遠藤和章、石田時代、鈴木史郎：「氾濫計算モデルの高度化について—豊平川左岸部における氾濫計算—」、国土交通省北海道開発局第55回（平成23年度）北海道開発技術研究発表会 論文、2013. 3.
- 2) 浦心、川村育男、木村一郎、三浦敦禎：「扇状地に発達した密集市街地における氾濫解析手法に関する検討」、水工学論文集、第55巻、2011. 2.
- 3) 「水害による被害推計の手引き<試行版>」（H24. 12月時点版）、国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課、2012. 12.
- 4) 「水害の被害指標分析の手引き」（H25 試行版）、国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課、2013. 5.
- 5) 栗城稔、末次忠司、海野仁、田中義人、小林裕明：氾濫シミュレーション・マニュアル（案）、建設省土木研究所 河川部都市河川研究室、1996. 2.
- 6) 洪水ハザードマップ作成の手引き（改定版）、国土交通省 水管理・国土保全局 水防企画室、2013. 11.
- 7) 浸水想定区域図作成マニュアル（改訂試行版）、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防企画室・国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター 水害研究室、2013. 11.