

集中豪雨を想定した新しい洪水ハザードマップ －北海道広域分散地域を対象とした考察－

a study about the new flood hazard map
for local severe rains at local area in Hokkaido

北海道大学 大学院工学研究院
北方圏環境政策工学部門
寒冷地河川工学分野

特任教授 鈴木 英一
特任准教授 川村 里実
4年 爲政 咲乃

第1章 序論

1.1 研究背景

洪水ハザードマップは水防法に基づき、破堤、氾濫等の浸水情報、および避難所等の情報を市町村が作成し、公表したものである。洪水ハザードマップの作成と周知は住民の避難意識を高め、有事の際に適切な避難体制を作るために非常に有効な手段となりうる。

しかし、現在の洪水ハザードマップでは対応しきれていない問題点も多く、そのうちのひとつとして中小河川の氾濫が想定されていないという点が挙げられる。現行の洪水ハザードマップは、直轄河川などの大河川の氾濫を対象としており、大規模な出水が優先して検討されている。しかし、実際には、整備されていない中小河川の氾濫による水害がより高頻度で発生する恐れがある。

近年、我が国では集中豪雨の頻発によって各地で中小河川の氾濫被害が生じている。時間雨量50mm/hを超える豪雨^①の増加が記録されており、集中豪雨の発生の増加傾向も指摘されている。集中豪雨は、「ゲリラ豪雨」とも呼ばれるように、極めて局所的に発生する豪雨であり、かつ急激に降雨量が増加するため、発生場所や発生時刻、雨量の予測は困難である。これに加え、中小河川は流域面積が小さく河川延長が短いことから、洪水到達時間が短く、集中豪雨が発生した場合、急激に水位が上昇し氾濫に至ることがある。また、これら中小河川の流域では平野部が狭く、住宅地が河川に沿って存在している場合が多いため、その区域において洪水時に避難が間に合わなくなる恐れがある。特に高齢者、障害者など（要援護者）の場合は時間のない中での避難はさらに難しくなってくる。したがって、集中豪雨を想定した中小河川の新しい洪水ハザードマップを作成する必要がある。

避難の参考となる浸水予測図をつくる時膨大なデータと労力と時間、そしてそのための費用が必要なたため、すぐにあらゆる中小河川を解析することは地方の市政にとって困難である。そこで本研究では、北海道の中小都市での洪水ハザードマップ作成の一助となることを念頭に、近年北海道内でも発生している集中豪雨を対象とした、比較的簡易な中小河川の想定氾濫区域の算定手法の提案をおこなった。また、その際に災害弱者となりうる要援護者が滞在する施設に洪水避難に関するアンケートを行い、住民の避難意識の実態を調査し、解析結果と併せ検討した。

第2章 モデルとした地域

2.1 石狩川流域の住宅地の地形的特徴

本研究では特に北海道の地方部を対象とする。石狩川流域の集落地の特徴として、平野の縁辺部の中小河川が形成する扇状地に発達していることが挙げられる（図-1a）。図-1bはこの特徴を持つ町の一つを拡大したものである。その理由は、北海道は本州と違い、歴史的に治水を始めたのが近年であるため、開拓初期には大河川の洪水の影響を受けにくい地域を選定して入植が行われたためと考えられる。しかし、最近では石狩平野の縁辺部に流下する中小河川の改修が相対的に遅れているため、このような地域に形成された集落は、中小河川からの氾濫被害を受けやすい傾向にある。

2.2 モデルとした町の概要

以下にモデルとしたK町の概要を示す。石狩川流域のK町は高齢者の割合が人口の3割を超える（表-1）北海道の典型的な地方の町であり、昭和56年に洪水を経験している。K町の洪水ハザードマップは既に公表されており、これを図-2に示す。浸水域とされている部分をわかりやすいように橙色で示した。このマップは国管理のY川本川に基本高水相当の降雨量があった場合の想定氾濫区域をもとに設定されており、北海道管理のU川、A川等の支川の氾濫は考慮されていない。道内でこのようなケースは多いため、今後、国と道が連携して、支川についても適切な確率規模での想定氾濫区域の算定がなされ、そのデータが市町村に提供されて、ハザードマップが作成されることが望ましいと考える。



図-1a 石狩平野縁辺部の集落分布

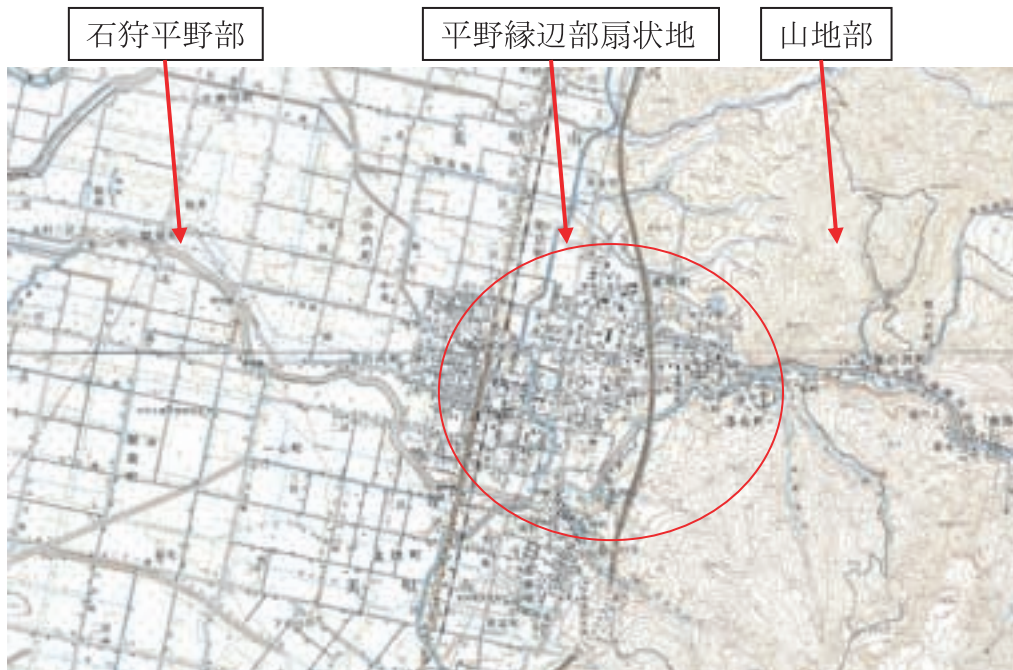


図-1b 扇状地の地形的特徴をよく表している美唄市の例

表-1 K町の人口特性¹⁾

総人口	13,706人（男6,439人 女7,267人）
老年人口	4,371人（男1,828人 女2,543人）
	（総人口に対する割合 32%）
世帯数	6,104世帯（1世帯当り 2.2人）
人口密度	67.2人（1km ² 当り）

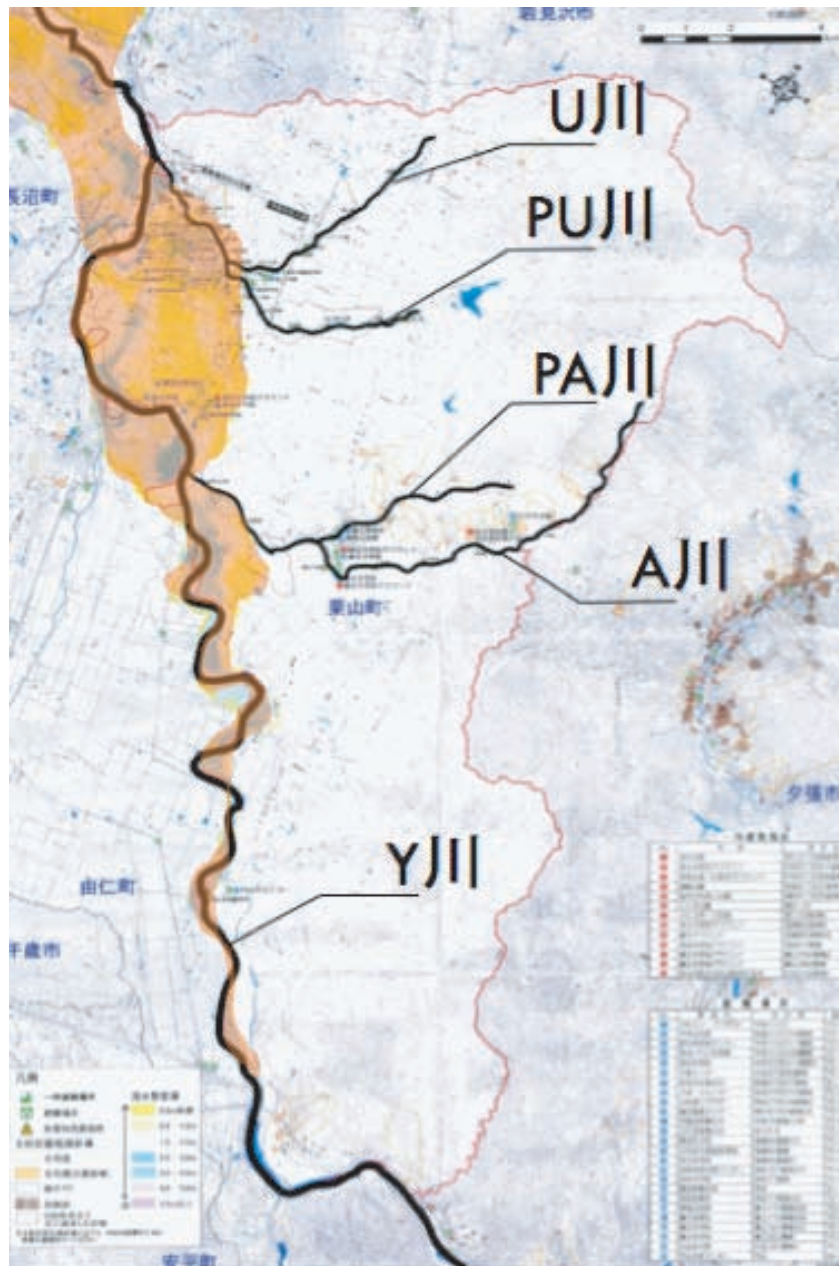


図-2 K町洪水ハザードマップ²⁾

第3章 氾濫解析

3.1 解析手法の概要

氾濫については清水³⁾らによるNays2Dモデルを用いて平面2次元氾濫流計算を行った。計算格子は約50mとし、格子の標高をLPデータ⁴⁾により与え、氾濫域の粗度はマンニングの粗度係数0.03とした。対象とした氾濫原に対し、4河川それぞれからの洪水流量を流し、下流端については水位を考慮せず自由流出の条件とした(図-3)。なお、計算では想定される氾濫状況の把握をより簡便に行うため、氾濫原の標高データのみを与え、河道のデータは与えていない。

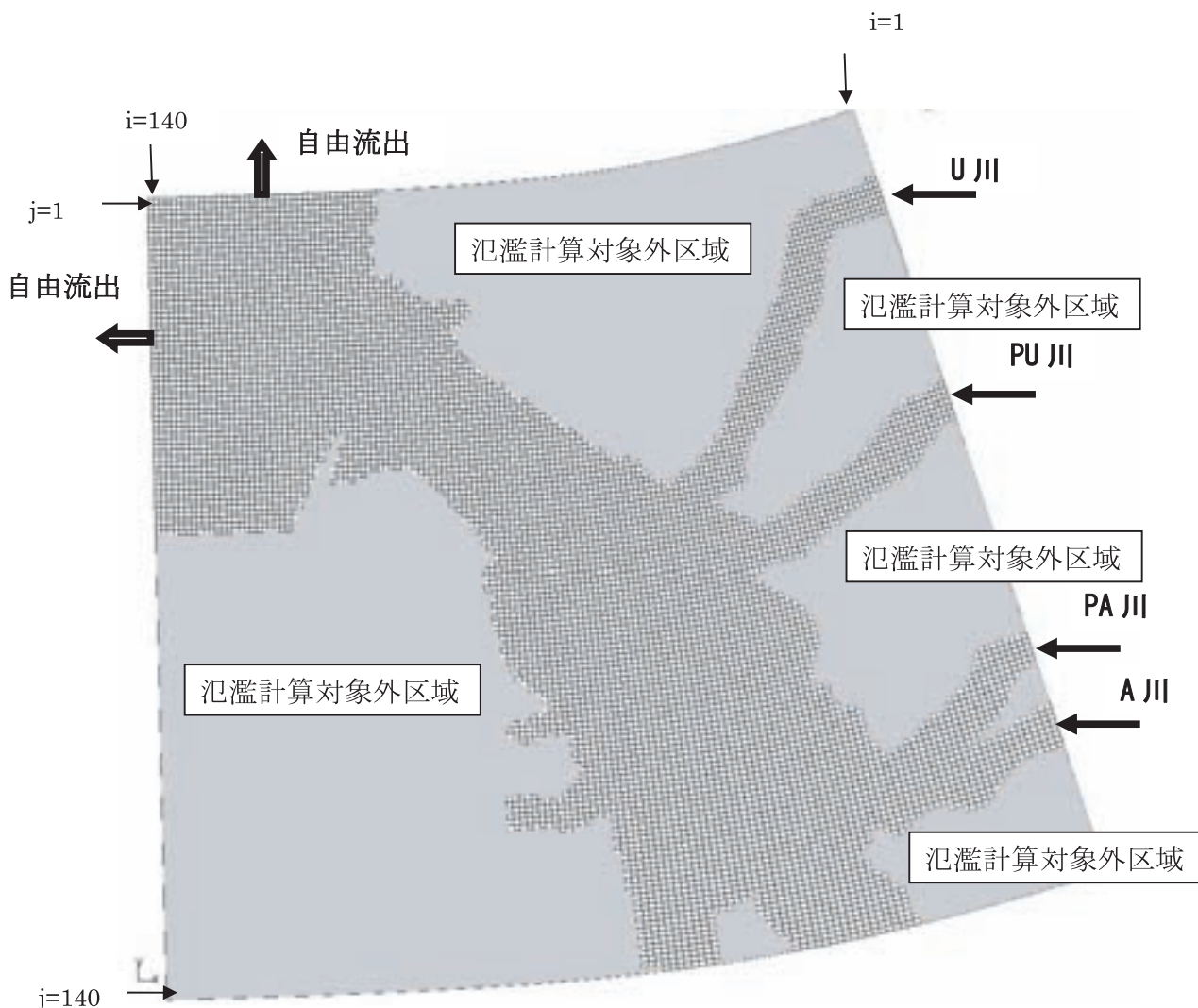


図-3 計算格子(東西(i=1~140), 南北(j=1~140))

3.2 解析に用いる流量の算定

本研究では、U川やA川等におけるS56洪水の再現流量を用いて、氾濫原に対し平面2次元計算で氾濫を再現し、計算手法を検討した。次に、時間雨量50mm/hの集中豪雨が降ったときの河川流量を、簡易的に合成合理式を用いて算出し、氾濫原について平面2次元計算により氾濫区域を求めた。それぞれの河川における雨量、流量を図-4のグラフにまとめた。流量の設定の仕方については以下のとおりである。

(1) S56洪水の流量

K町では、昭和56年8月に洪水を経験している。このときのY川の河川流量が貯留関数法を用いて再現されており、合わせてU川やA川等の流量も再現されていることから、この値を用いた。

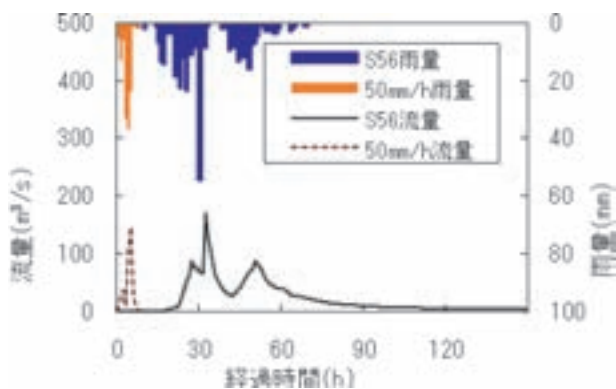


図-4a U川におけるS56洪水と50mm/h集中豪雨の雨量と流量

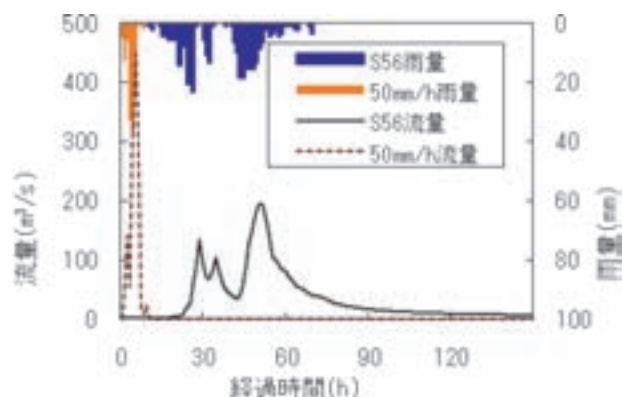


図-4c PA川におけるS56洪水と50mm/h集中豪雨の雨量と流量

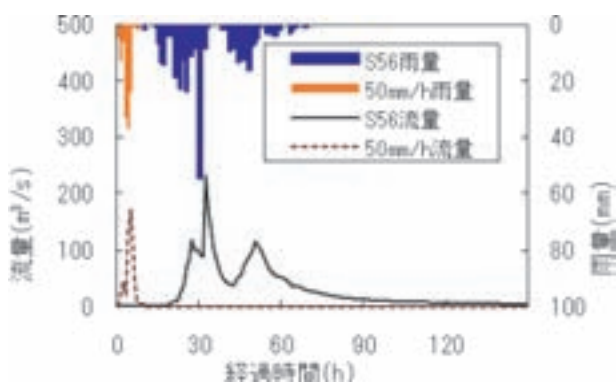


図-4b PU川におけるS56洪水と50mm/h集中豪雨の雨量と流量

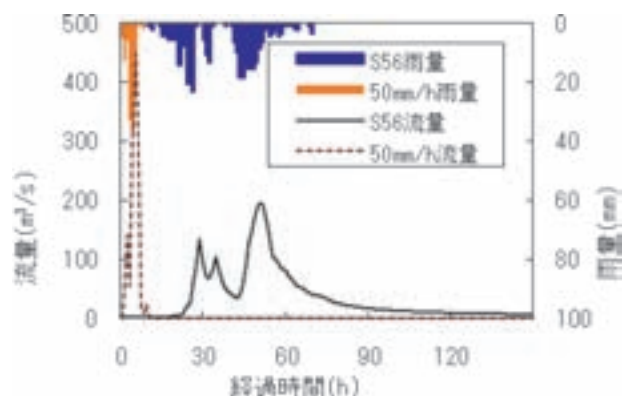


図-4d A川におけるS56洪水と50mm/h集中豪雨の雨量と流量

(2) 集中豪雨50mm/h時の流量

集中豪雨の想定としては、隣接する長沼での時間雨量確率1/50年程度⁹⁾の50mmを対象としたが、近年の道内での実績の観測データを用いることが適切と考え、2010年8月24日忠別ダム管理所地点で実際に観測された集中豪雨（60分間雨量最大50mm）の雨量データ⁷⁾を用いた。この観測では10分間ごとの雨量が観測されており、その状況を図-5に示す。

流量については以下の合成合理式から求める。合成合理式法は洪水の流量を推算するための簡便な方法であって、小規模河川で広く用いられている⁸⁾。本研究の場合、流域面積が50km²程度の小さな河川を対象としているため、この計算手法を用いるものとした。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} fRA$$

Q_p ：最大洪水流量(m³/s)

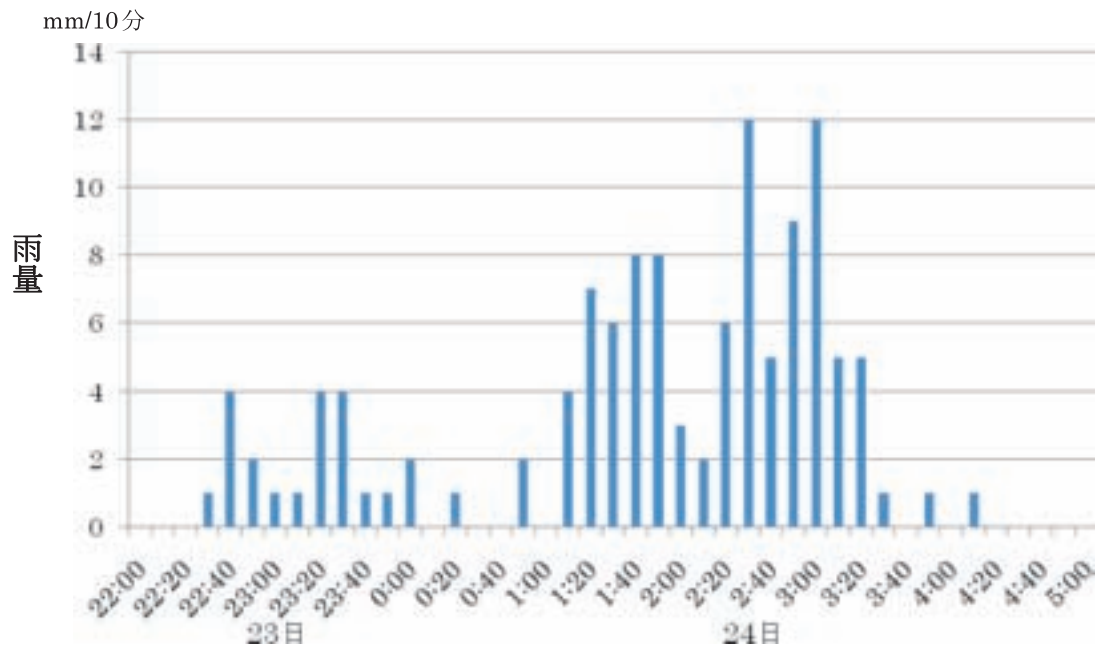
f ：流出係数

R ：洪水到達時間内の雨量強度(mm/h)，実測の10分毎の雨量より算出

A ：流域面積(km²)

流域面積は1:50,000の地形図⁹⁾から測定した。計算に用いた定数を表-2に示す。

また、計算にあたって、主に氾濫原における氾濫形態を検討するため、河川の流下能力は考慮しなかった。



図一5 2010年8月忠別ダム管理所観測10分間雨量

表一2 流出計算に用いた河川の定数（合成合理式）

河川名	流域面積	流出率	流路延長	洪水到達時間
A川	53.9km ²	0.7	12.1km	80分
PA川	8.8km ²	0.7	4.3km	40分
U川	14.4km ²	0.7	7.9km	50分
PU川	19.4km ²	0.7	6.3km	60分

3.3 解析結果

S56洪水と降雨強度50mm/h洪水の計算の結果得られたそれぞれの地点における最大浸水深を、既に公表されているY川の想定氾濫図に重ね、図-6a, bに示す。浸水深は0.2m以上を示した。

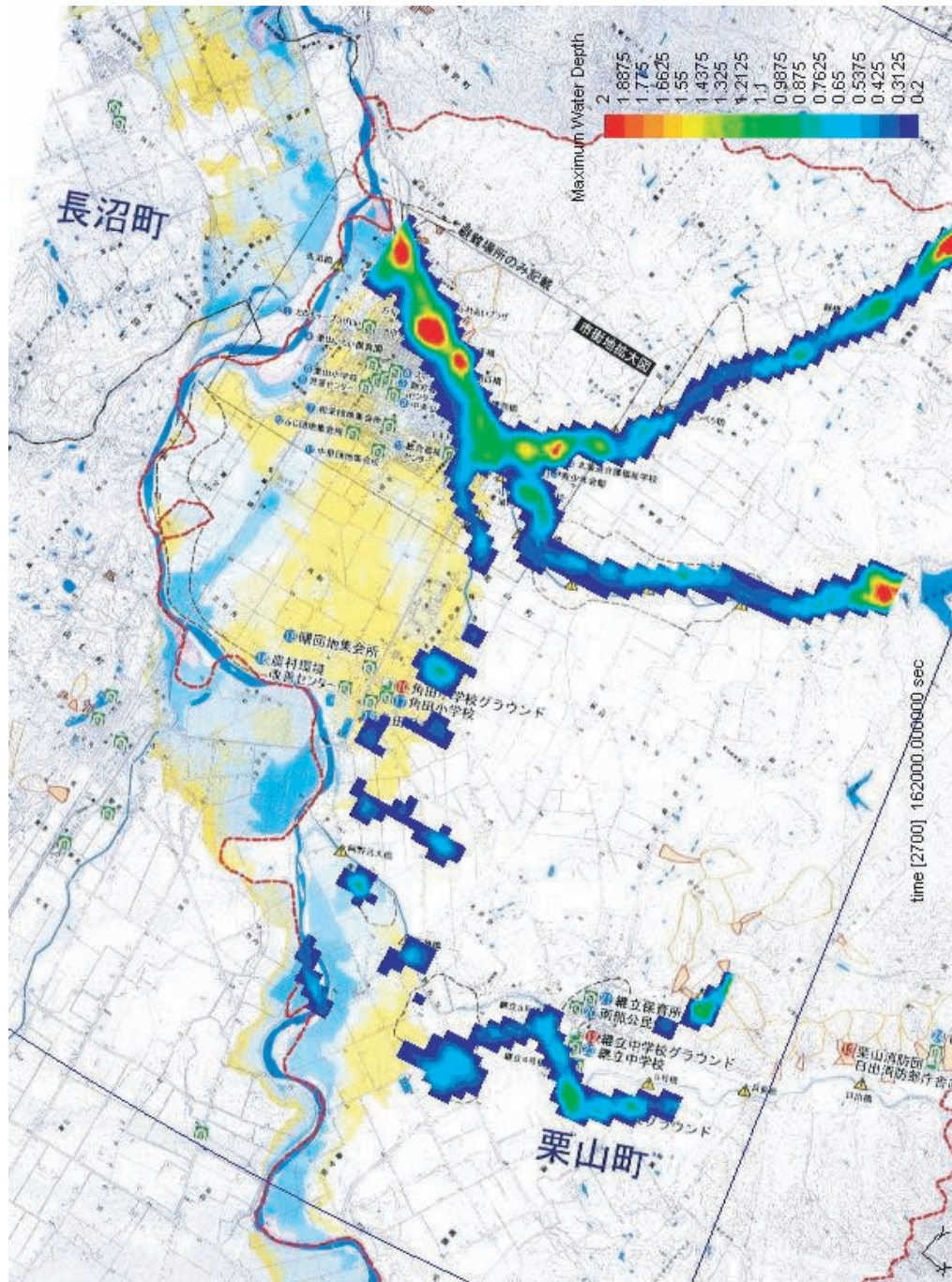


図-6a S56洪水の最大水深図

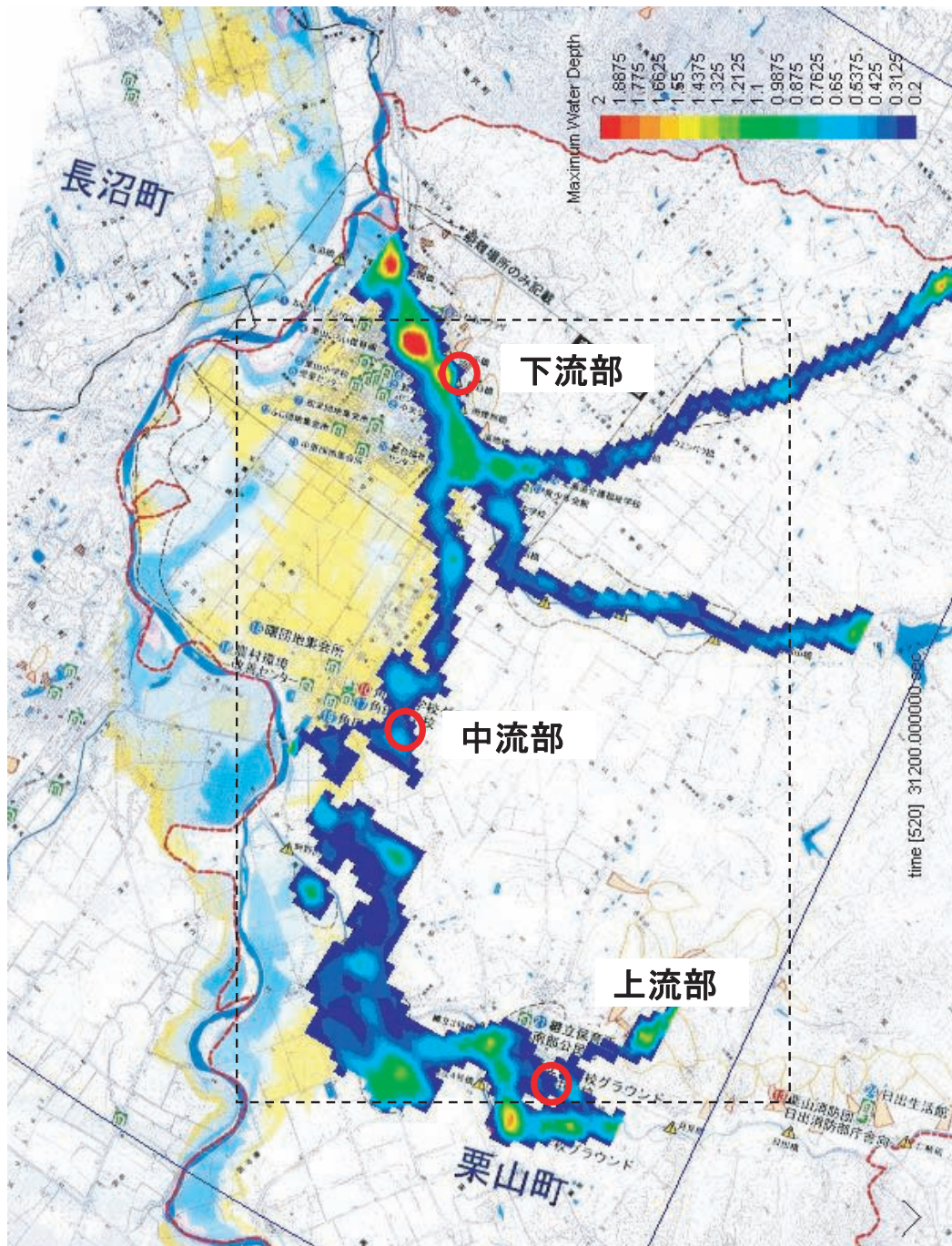


図-6b 集中豪雨の最大浸水深図

3.4 考察

(1) 集中豪雨の氾濫特性について

現在公表されている洪水ハザードマップは、Y川からの氾濫を対象としており、今回の支川からの氾濫は対象とはなっていない。Y川からの氾濫は主としてY川沿いの低地部に広がっているが、支川からの氾濫は山地から平野部に出たところに浸水域が現れている。

S56洪水と50mm/hの集中豪雨では、時間的にも総雨量的にも氾濫のボリュームが全く異なる(図-4aから図-4d)。S56洪水は氾濫がほぼ5日間続いたのに対し、50mm/hの集中豪雨は9時間以内に氾濫が終了している。また、総雨量もS56洪水が322mmなのに対して50mm/hの集中豪雨では半分以下の122mmである。それにも拘らず、図-6a, bから分かるように、S56よりもむしろ50mm/hの雨の方が広い氾濫域が求

められた。このことから集中豪雨の特性として、降雨時間が短くても中小河川においては過去最大の洪水並みの浸水域となることがわかる。

そのため、今後このような支川からの氾濫も考慮したハザードマップについても考慮する必要があると考えられる。

(2) 住居区域と浸水域について

K町の住居区域を見ると、大河川であるY川の周辺よりも中小河川U川、PU川、PA川、A川の川沿いの平地部に集中するという傾向が見られる。計算結果では山地よりも平地部で、つまり住民が多い地域で浸水深が大きくなっている。中小河川の周辺には災害時に要援護者となる高齢者や障害者、幼児などが利用する福祉施設も集中しているため、本計算のように氾濫した場合、避難の困難が予想される。

第4章 アンケート調査

4.1 対象とした福祉施設について

災害時、最も避難が困難になるのは自力で避難が困難な高齢者や障害者である。本研究では高齢者の多い地区を対象とするため、ハザードマップを作成する上でも要援護者の避難を考慮することが大変重要な事項である。

図-7は、図-6bの点線で囲った部分を拡大したものである。図-7からは中小河川の氾濫域にあたる区域に多くの施設が立地していることがわかる。要援護者への支援を適切に行えるような基礎となる情報を集める必要があるため、K町の14の福祉施設に対し郵送によるアンケートを行った。これらの施設

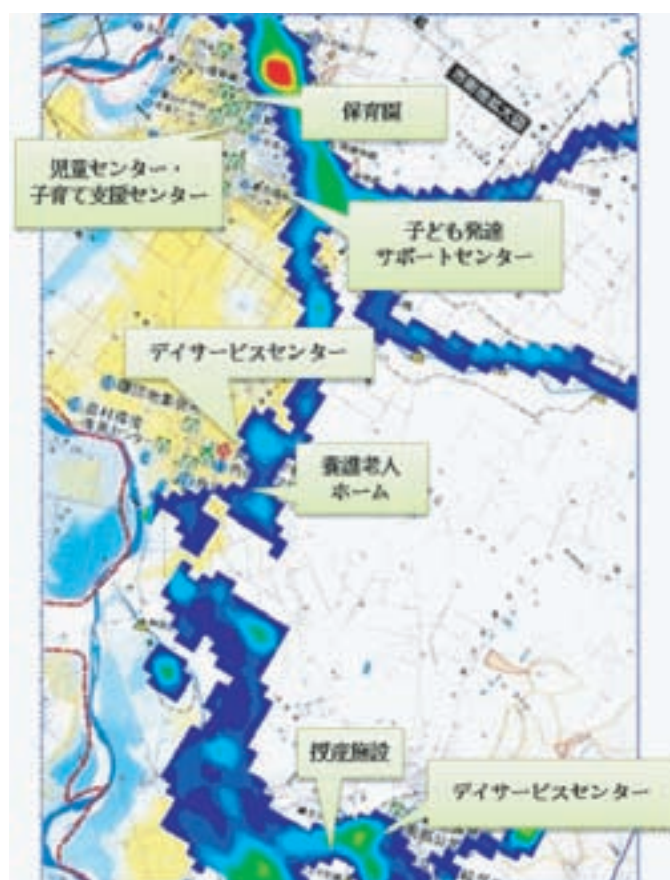


図-7 アンケート対象福祉施設の立地

のうち8施設から回答が得られた。対象施設は、老人ホーム、保育園、授産施設、デイサービスセンター等、日常時災害弱者が多く利用する施設である。

4.2 アンケート内容

アンケート内容は洪水時の避難に関する以下の19項目について行った。

1.	洪水ハザードマップがあることを知っていますか。
2.	洪水ハザードマップを持っていますか。
3.	地震ハザードマップがあることを知っていますか。
4.	地震ハザードマップを持っていますか。
5.	施設は、洪水時浸水予想区域に入っていますか。
6.	洪水ハザードマップに指示されている避難場所を知っていますか。
7.	地震ハザードマップに指示されている避難所を知っていますか。
8.	防災訓練はしていますか。それはどのくらいの頻度で行われていますか。
9.	行われる防災訓練は、どんな災害を想定していますか。
10.	災害時、避難の判断ができない方は何人くらいおられますか。
11.	災害時、避難に援護が必要な方は何人くらいおられますか。
12.	避難勧告（「避難を始めてください」という指示）が出された場合、避難しますか。
13.	避難指示（「直ちに避難してください」という指示）が出された場合、避難しますか。
14.	もし今、洪水で避難するとしたらどこに避難しますか。
15.	もし今、地震が発生し避難が必要になった場合、どこに避難しますか。
16.	避難しないと答えられた方、避難しない理由は何ですか。
17.	避難すると決心してから何分くらいで避難を始められますか。
18.	避難を始めてから、避難場所までの移動に何分かかるとおもいますか。
19.	洪水時、心配なことは何ですか。ご自由にお書きください。

4.3 調査結果

8施設から得られたアンケート結果をまとめて表-3に示す。

表-3 アンケート結果

洪水ハザードマップを知っている	75%
洪水ハザードマップを持っている	12%
施設が浸水予想区域に入っているか	0%（入っていると考えている人は0%）
避難場所を知っている	50%
避難訓練をしている	100%（ただし対火災、あるいは対地震）
避難勧告や避難指示に従う	100%
施設内の避難時要援護者数	5?120人
避難を開始するまでの時間	0?15分
避難を開始してから完了までの時間	0?15分

また避難時の心配なこととして、「激しい風雨の中、高齢者が安全に避難可能か心配」、「食料、衣服の問題」、「道路と川の境目がわからなくなり、流されるおそれがある」、「車での移動が不可能なため、事前の避難が必要」、「子どもたちのパニックが予想され、二重の配慮が必要になる」といった意見もよせられている。

4.4 考察

アンケート調査結果から、

1. 避難勧告等が出た時にはすぐに避難することを前提としている。
2. 火災や地震に対しては避難訓練が行われており、注意が払われているが、河川からの氾濫に対しては避難訓練はされていない。

ということがわかった。氾濫時の避難に対しては心配な点も多く寄せられている。

さらに、前章より、集中豪雨による氾濫区域は、既に示されているハザードマップの氾濫区域とは異なるという結果が得られたが、アンケートからは、集中豪雨の際に施設が氾濫区域に入る可能性があるとは考えられていないという結果が得られた。

そのため本研究で行った2次元氾濫流の再現結果が示すような集中豪雨の特性を適切に周知し、集中豪雨の際には迅速な情報把握を行い自主的に判断することも必要となると考えられる。

また、50mm/hの集中豪雨の氾濫計算において、忠別川豪雨をモデルとして用いたが、当時実際に警報が出た時間を今回の氾濫計算に当てはめ、K町の上流部地点（図-6bに表示）での浸水の様子を水深と流速で見ると、図-8のようになった。ここで表されている水深と流速は該当する50mメッシュの平均値であり、凹凸があることを考慮するとメッシュ内にこの値以上及び以下の地点があることになるが、平均水深が10cmに達するまでを見ても、警報が発令されてから30分程度しかなく、これまでに避難しようとしても非常に難しいと考えられる。中流部や下流部（図-6bに表示）で同様に見ると、警報発令から氾濫原の該当するメッシュの水深が上昇するまで、1時間～1時間30分程度であった（図-9,10）。

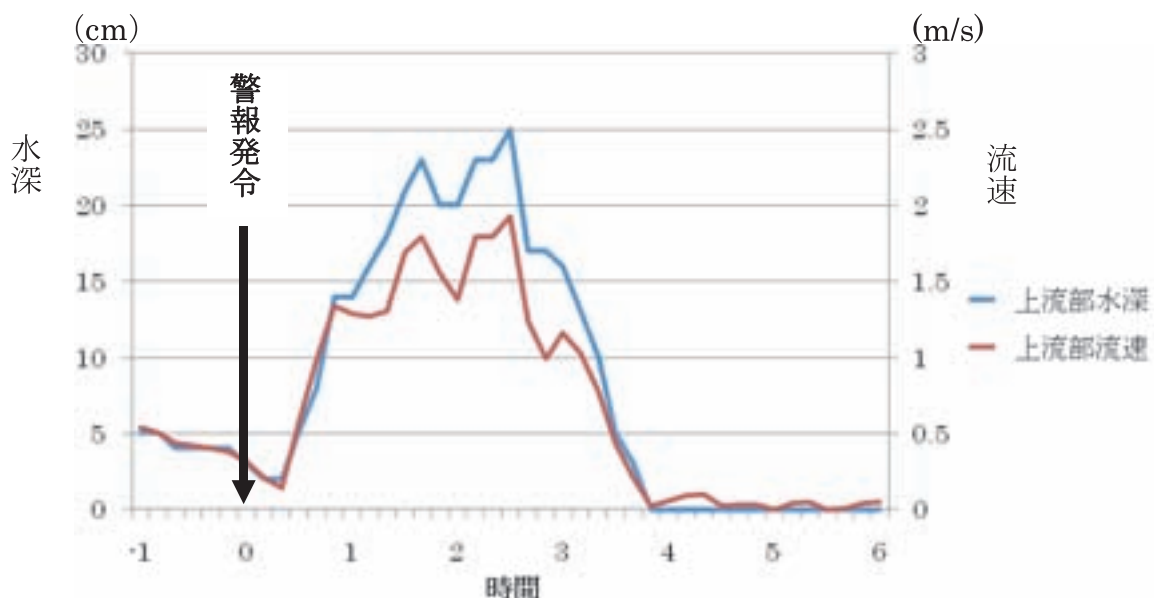


図-8 上流部 警報発令からの時間と水深と流速

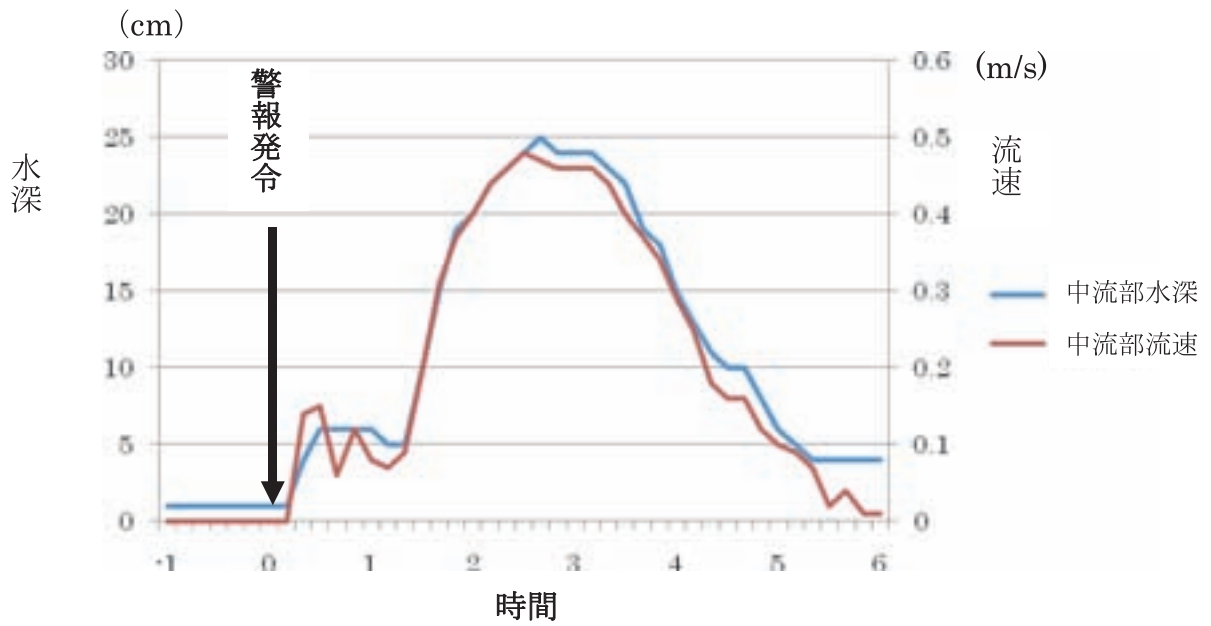


図-9 中流部 警報発令からの時間と水深と流速

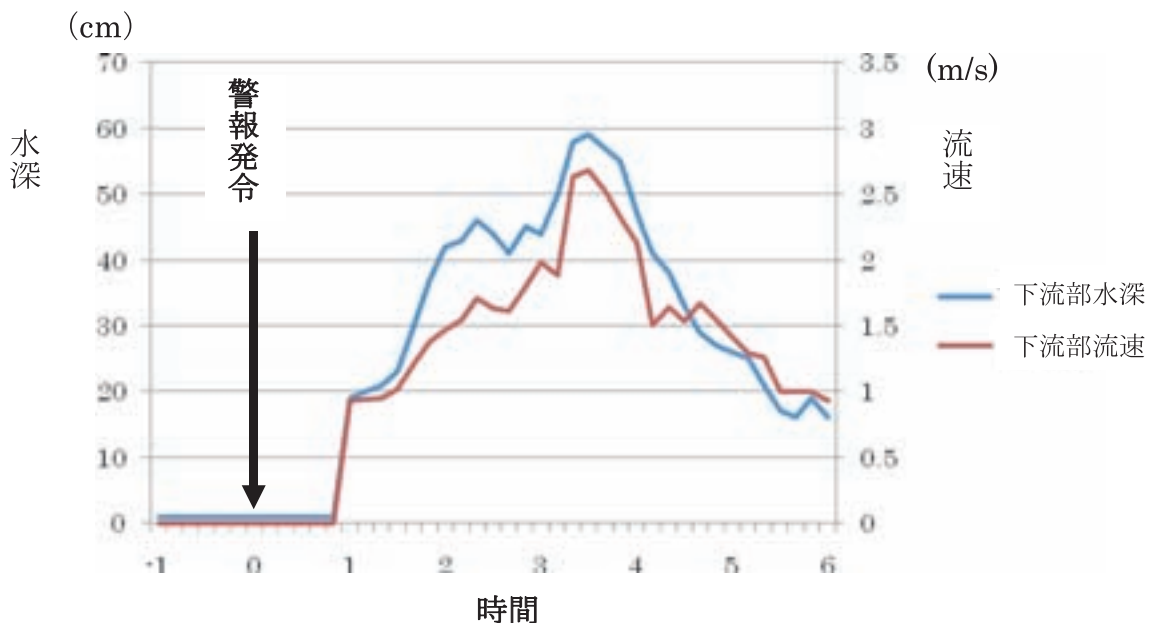


図-10 下流部 警報発令からの時間と水深と流速

第5章

5.1 洪水ハザードマップへの提案

第3章、第4章の結果から、集中豪雨に対応するハザードマップに必要なことを提案する。

まず、第3章の結果から集中豪雨による中小河川からの氾濫の可能性が高いことから、ハザードマップには中小河川からの氾濫想定が必要と考える。また、避難可能な時間が極めて短い可能性があるため、住民自身で避難する行動力、つまり自助力が大変重要となってくる。そのため、日頃から定期的に自治体で集中豪雨避難のワークショップ等を開いて、避難場所や安全な避難経路等を話し合い、確認することが有効だと考えられる。集中豪雨による中小河川の氾濫の継続時間は5時間程度と短いため、2階への避難や近隣の住宅への避難で対応できる場合もある、避難場所の判断は家屋の標高や構造によってそれぞれ判断するのが望ましい。明らかに被害を受けやすいと思われる家屋は、氾濫に備えて盛り土などで補強しておくことも有効な防災手段だと考えられる。

5.2 まとめ

本研究では、集中豪雨を想定した氾濫2次元解析を行うことにより、ハザードマップの基礎資料となるものについての提案を行った。また、氾濫2次元解析により得られた氾濫が想定される地域に属する福祉施設にアンケート調査を行い、住民の避難意識の実態についての検討を行った。本研究により明らかとなったことを以下に示す。

- ・ハザードマップの浸水予想区域には集中豪雨による中小河川からの浸水区域が含まれていない場合がある。
- ・中小河川においては、近年頻繁に発生するようになった50mm/h程度の集中豪雨により、降雨時間が短い場合においても過去最大の洪水レベルの浸水面積となる危険性がある。
- ・集中豪雨による浸水被害予想区域には住宅地が存在している例もあり、住民の意識する危険区域と想定される氾濫区域には差がある。

以上より、防災の観点からは、中小河川における集中豪雨の特性をも適切に表現できる新たなハザードマップを作成していく必要があると考えられる。

また、高齢者等要援護者の多い地域においては、迅速な情報伝達や浸水可能性についての周知、避難訓練等が特に重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 栗山町：ポケット統計，2009
- 2) 栗山町：栗山町洪水ハザードマップ（平成19年度作成）
- 3) 清水康行，平野道夫，渡邊康玄：河岸浸食と自由蛇行の数値計算，水工学論文集第40巻，pp921-926,1996.
- 4) 国土地理院：数値地図250mメッシュ（標高）全国 CD-ROM版
- 5) 北海道開発局：石狩川水系 石狩川（下流）河川整備計画
- 6) 北海道：2011年4月 北海道の大雨資料
- 7) 北海道開発局：2010年8月忠別ダム管理所雨量観測資料
- 8) 建設省河川局：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編
- 9) 国土地理院：栗山地図 1:50,000（平成15年5月1日発行）