

川内川の洪水解析と洪水避難地図の改善

RUNOFF ANALYSIS OF THE SENDAI RIVER IN 2006 AND IMPROVEMENT FOR THE MAP FOR FLOOD EVACUATION

足田 誠¹・萬 運²・萩木場 一水³

Makoto HIKIDA, Hakobu YOROZU and Kazumi HAGIKOBA

¹ 鹿児島工業高等専門学校土木工学科(〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝 1460-1)

² 東亜建設技術株式会社 (〒819-0046 福岡市西区西の丘一丁目 7-1)

³ さつま町役場安全安心対策室(〒895-1803 鹿児島県薩摩郡さつま町宮之城屋地 1565-2)

1. はじめに

2006年(平成18年)7月18日から7月23日にかけて、鹿児島県北部では梅雨前線の活動が活発化し、薩摩地方北部を中心に集中豪雨(通称7・22水害)となった。この豪雨により、川内川の本支川において136箇所(箇所)の浸水被害等が発生し、川内川全域の3市3町(河口から上流に向かって、薩摩川内市、さつま町、大口市、菱刈町、湧水町、えびの市)で、浸水家屋が2347戸に達した。特に被害の大きいさつま町では、治水用の鶴田ダムにより、洪水ピーク時に但し書き操作による洪水調節が実施された¹⁾ ²⁾。さつま町虎居地区では短時間に著しい水位上昇となり、宮之城で既往の観測水位を3.54mも越え、甚大な浸水被害が発生した。被災された虎居地区等の住民からダムの洪水調節に問題はなかったか、社会的な問題も発生した。この地域は日常的に川内川の恩恵を受けているが、雨季、台風時に集中して、表-1に示すような水害の歴史が繰り返されてきた³⁾。昭和46~47年頃に甚大な水害が多く発生していることが分かる。鶴田ダムの操作規則の改正・河川改修工事等により、最近では水害が少なくなったが、平成18年に湯田・柏原・川原・虎居・二渡・山崎地区等で再び悪夢の水害が発生した。異常気象の頻発する時代となり、洪水調節の見直し・抜本的な改善策の

必要性が緊急の課題となっている。

本研究では、この災害状況を把握するために現地に赴いて調査し、国土交通省及び関係市町の資料を参考に、洪水流の水位上昇のメカニズムを把握するための流出解析を行い、洪水ハザードマップについては、改善を試みた。災害対策上の問題点を分析し、今後の治水対策について検討を行ったものである。

表-1 川内川における近年の主な洪水
(床上・床下浸水被害順, 川内川河川事務所提供の資料)

年 月 日	洪水原因	家屋被害(戸)	
		全半壊	床上/床下浸水
昭和47年6月18日	梅雨前線	357	5202
昭和46年6月24日	梅雨前線	74	3489
昭和46年8月6日	台風19号	35	3232
平成18年7月22日	梅雨前線	32	2347
昭和47年7月6日	梅雨前線	335	2094

2. 流域概要と降雨について

(1) 降雨の状況

今回、川内川流域では、既往の総雨量を超える降雨があり、25観測所中20観測所で記録更新した。18日からの総雨量は多いところで、1000mmを越す雨

量観測所が3箇所（青木、西ノ野、京町）、西ノ野では、総雨量が1165mmを記録した。



図-1 川内川水系の流域図(3市3町)

図-1は川内川水系の流域図である。行政区分は3市3町で構成されている。浸水被害は、中流部のさつま町を中心に、既往値を大きく超える水位上昇がみられた。気象庁の雨量観測所が、図のA,B,C,D,E地点に設置されており、降水量について、岩井法により超過確率（確率年）を計算すると、表-2のようになった。利用した雨量データは、32年間（1976～2007）の年間雨量・日雨量の年間最大値・時間雨量の年間最大値(mm)である。最も多かった年間雨量は最上流のえびの地点の5500mmであるが、統計では第4位の大きさとなっている。逆に、確率年が長い順に、第1位は大口市(大口)とさつま町(さつま柏原)となっており、その値は70年～80年程度である。即ち、既往値を大きく越える豪雨は、鶴田ダム・大鶴湖付近に集中していたと推測できる。これにより下流のさつま町虎居地区で甚大な被害を受けたと考えられる。

操作を行っていた所、气象台提供のダム上流の降雨予測により、最大流入流量5300m³/sを予測し、鶴田ダムの貯水機能の限界、と判断されるに至った。このため、鶴田ダム管理事務所では「但し書き操作」（14:40～）を開始した。ダム上流の総降水量に起因するダムへの最大流入量は4043 m³/s（15:28、計画4600 m³/s）、最大放流量3572 m³/s（18:26、計画2400 m³/s）に達した。その後、既往最高水位を超過する観測所が続出し、下流に大水害を引き起こす惨事になった。全水位観測所15箇所のうち11箇所で既往最高水位を記録した。今回の最高水位を大きなものから列挙すると、宮之城+3.54m（18:40の水位差、以下同様）、倉野橋+2.63m（22:00頃）、荒田+1.26m、湯田+1.17m、鈴之瀬+1.08m、花北+0.84m、吉松+0.57m等に達した。現在、抜本的なダムの洪水調節方法の改善、及び河道改修による治水対策が進行中である。

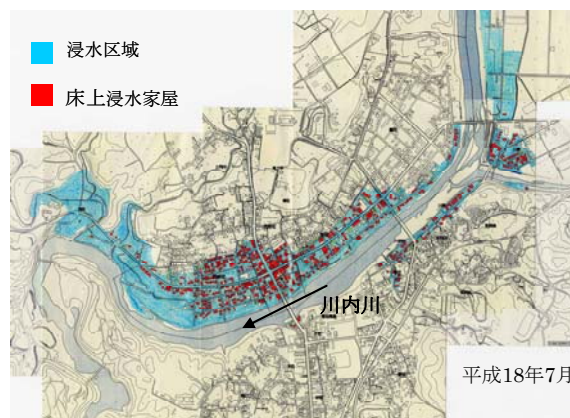


図-2 さつま町虎居地区の浸水区域と浸水家屋の分布図

表-2 降水量(mm)と確率年(7・22水害)

	川内	紫尾山	さつま柏原	大口	えびの
年間雨量	2574(6年)	4105(25年)	3325(14年)	3757(34年)	5500(年)
日雨量最大	196(3年)	436(25年)	376(70年)	399(81年)	519(7年)
時間雨量最大	45(2年)	86(19年)	88(25年)	68(12年)	92(22年)

(2) 水位の状況

図-2は、川内川流域で浸水家屋の多かったさつま町（宮之城）の虎居地区（右岸側）の浸水図である。青は浸水区域、赤は床上浸水家屋である。これらは本川からの越水（外水）に起因する。水害当日の朝は、ダム放流直前のさつま町全体に豪雨（ピークは7/22、9:00～10:00、80～90mm）があり、局地的な水位上昇がみられていた。その後、鶴田ダム管理所で、ダム

3. 川内川の流出解析とダムによる洪水制御

(1) 流出解析の対象区域の概況

図-3は、鶴田ダム（河口から51.4km）からさつま町虎居地区に至る川内川流域の概要図である。途中の湯田（同41.8km）と宮之城（同31.7km）の2カ所に水位観測所があり、5つの支川が流入している。斜線（赤）で囲まれた部分は浸水のみられた区域である。

流域概要図（鶴田ダム～さつま町虎居地区）

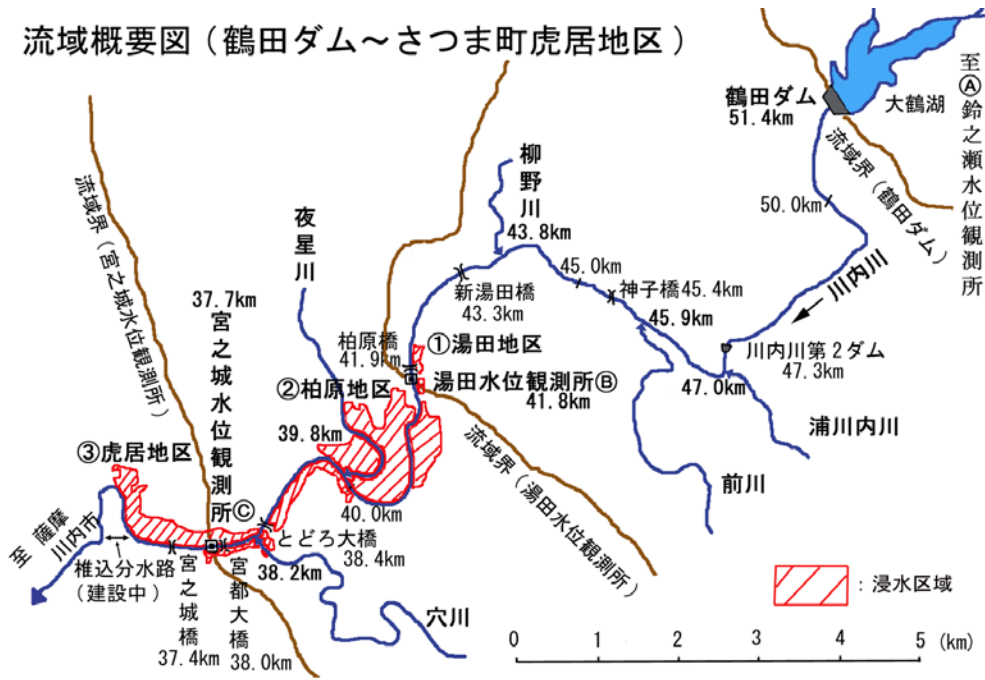


図-3 対象区域の概要図（図中に、河口からの距離kmを記入）

表-1のように湯田地区①では、昭和 46～47 年に浸水被害が繰り返されていたが、ダム操作方法の見直しと、地盤の地上げが実施されたため、今回の被害は最小限に抑えられた。柏原地区②は広域の田園地帯で浸水被害は軽微である。一方、報道等でも何度も取り上げられた虎居地区③は商店街を中心に大きな被害を受けた。浸水被害のあった地区③の下流部には、河道が大きく湾曲(旧:虎居城)し、下流からのセキ上げの影響が考えられる。

(2) 鶴田ダムでの流入・放流流量の推移

治水ダムは流量の洪水調節を行ってダム下流に放流するものである。図-4は、7・22 水害時、7月 19 日～7月 24 日の鶴田ダム地点の流入量と放流量をハイドログラフで示したものである。今回、大鶴湖の貯留量が満水位状態になったため、鶴田ダムで、洪水調節方法の一つである「但し書き操作」が行われた²⁾。

(3) 鶴田ダムでの流入・放流流量の推移

鶴田ダム下流の対象とする川内川の支川の流域区分を行い、それぞれの流域面積・河道長・標高・川幅・斜面長・斜面勾配・時間雨量のデータの収集、測定を行った。次に、各5支川の流出流量を流出係数 $f=0.62$ 、流速係数 $\phi=10$ とおき、Kinematic 法を用いて斜面からの流出流量を求めた。計算の時間帯は、7月 20 日 18

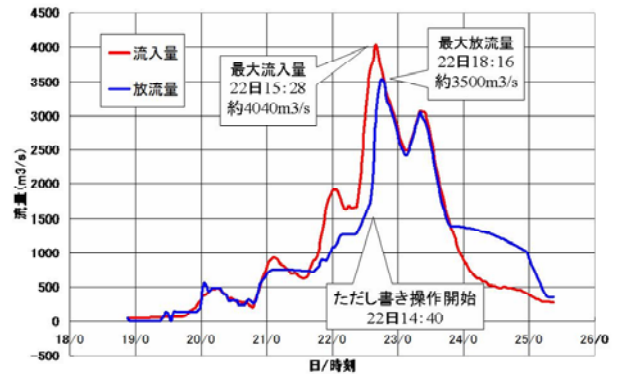


図-4 鶴田ダム地点の流入量と放流量

時から7月 23 日 13 時まで合計 67 時間である。時間と流下距離の刻みを、それぞれ $\Delta t=1\text{sec}$ 、 $\Delta x=0.1\text{km}$ とおき、本川について不定流計算を実施した。鶴田ダムを起点($x=0\text{km}$)、として、流れ方向に湯田水位観測所($x=9.6\text{km}$)、宮之城水位観測所(13.7km) の2地点を選び、水位観測所の実測データとの照合を行った。計算結果は流量 Q と水位 H の時間的推移で与えられるが、解析の着目点として、1)ダムからの放流流量に対する支川からの流入量の影響、2)虎居地区③の下流湾曲部によるセキ上げの影響、3)ダムが無かった場合の洪水被害規模の予測について分析する。

図-5は宮之城水位観測所の地点雨量及びダム地点より上流部の平均雨量のハイトグラフで、時間雨量で示している。ダム上流部では大量の降雨が確認でき、

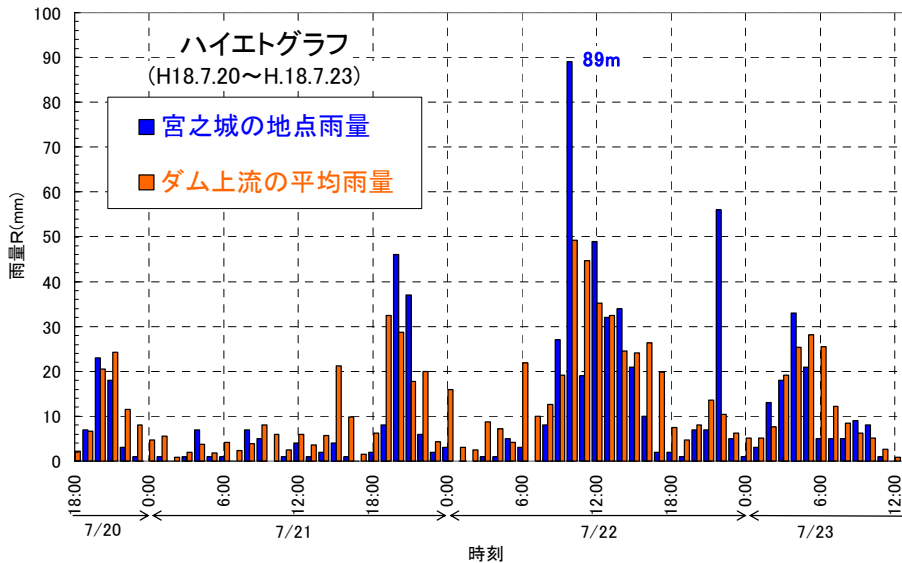


図-5 雨量の時間的推移

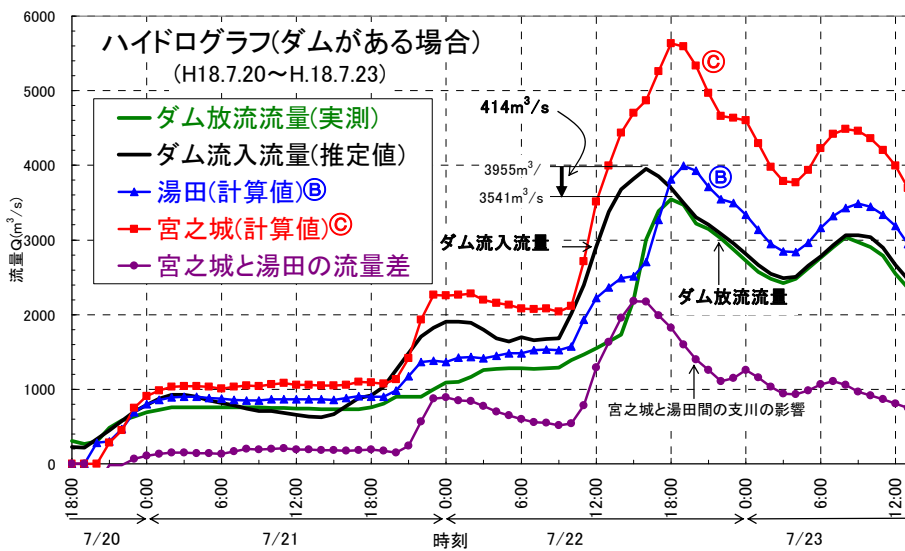


図-6 流量の時間的推移

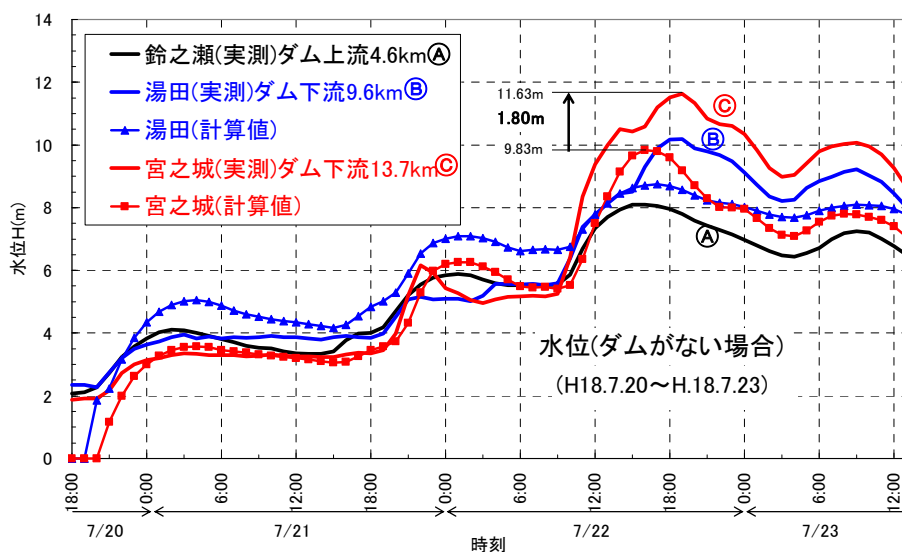


図-7 水位の時間的推移(鶴田ダムがなかった場合)

宮之城地点では7/22,10:00頃,1時間に89mmの猛烈な雨があったことが分かる。

図-4のダム地点における放流流量と流入流量の実測値に,宮之城と湯田地点の計算値を追加したものを図-6に示す。ダムの流入流量と放流流量を較べると,洪水調節効果は,ピークカットが約414m³/sであった,と推定されている。次に,宮之城◎と湯田地点⑥の流量差(◎-⑥)をみると,7/21の23:00や7/22の12:00過ぎに,宮之城のみ急激な流量増加が起こっている。これは,支川である穴川や夜星川等からの流入流量の影響と考えられる。

図-7は,今回の水害の水位の実測値(鈴之瀬④→湯田⑥→宮之城◎)と,ダムがなかった場合の水位の計算による推定値(湯田▲,宮之城■)を示している。ピークの値でみると,湯田の実測水位⑥と宮之城の計算水位■の値は同程度であり,ダムがなくても,下流からのセキ上げの影響で,浸水被害が発生していたと推測される。現在,下流の椎込(シゴメ)湾曲部において,分水路による開削が行われている。(図-3参照のこと)

4. さつま町虎居地区の洪水避難地図

(1) さつま町虎居地区の防災マップの課題

図-8は,7・22水害時にさつま町民に配布されていた防災マップ⁴⁾(H18年4月版)の一部(虎居・屋地地区)である。今回の災害では,さつま町民のマップに対する意識の低さが目立つ結果になった。その原因として,①洪水対策を喚起するマップではなく,土砂災害を中心とした記号が大きく表示されていた。②国土交通省提供の氾濫シミュレーション結果を利用した氾濫想定区域は,0.5m間隔で表示されているが,過去の浸水状況が未記入であった。③災害情報の伝達のシステム図が記入されているが,鹿児島県の指示を受ける流れ図になっており,河川管理者である国土交通省川内川河川事務所との情報連絡網が十分でないように読みとれた。

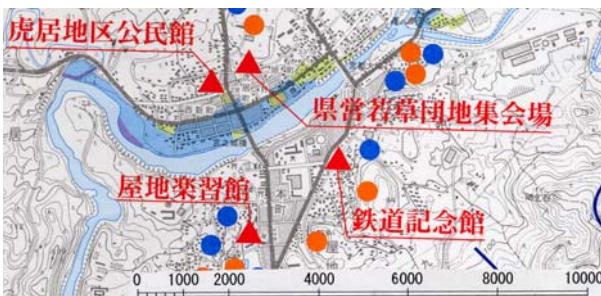


図-8 さつま町(虎居・屋地)のハザードマップ(H18年4月版,さつま町役場作成)

さつま消防署,公民会長などの地元の方との意見交換でも,改善すべき課題が指摘された。例えば,①従来のマップは縮尺が大き過ぎる。地区毎に詳細なマップが欲しい。②災害情報の伝達手段の方法,病院や警察署などの避難場所が記入されていない。③土砂災害を中心としたマップになっており,洪水対策を喚起するものではない。④氾濫シミュレーションの結果を利用した氾濫想定区域であり,過去に大きな被害を受けた地区の浸水実績が示されていない。

被災地区住民の意見を踏まえると,「現在のマップでは避難する際に利用し難い」と考えざるを得なかった。

(2) 災害時要援護者情報を入れたマップの改善

図-9は,さつま町市街部の虎居・屋地地区の浸水区域図である。図中に,①昭和47年7月の浸水区域(黒:黄色の区域),②平成18年7月の浸水区域(青:実線),③さつま町作成のマップの想定浸水区域(赤:波線)を,それぞれ記入した。市街図はゼンリン地図を基本図として利用した。さつま町が広報で載せた想定浸水区域③を大きく上回る広範囲の洪水があったことが理解できる。



図-9 さつま町(虎居・屋地)の浸水区域図

既往のマップに改良を加え,地域・洪水に特化したマップの作成をすすめた。鹿児島県では災害時要援護者避難支援制度を推進中で,さつま町でも高齢者実態調査表を作成している。そこで,鹿児島県及びさつま町の要援護者対策の意向を取り入れ,3段階の要援護者レベルによる区分を実施した。避難時に一人で移動するか否かの難易度を3段階に分類する。消防署(消防団),公民会や民生委員の方々が,救出時に円滑に行動ができるようにすることが狙いである。実際の要援護レベルの分け方の一例を示すと,次のようである。即ち,

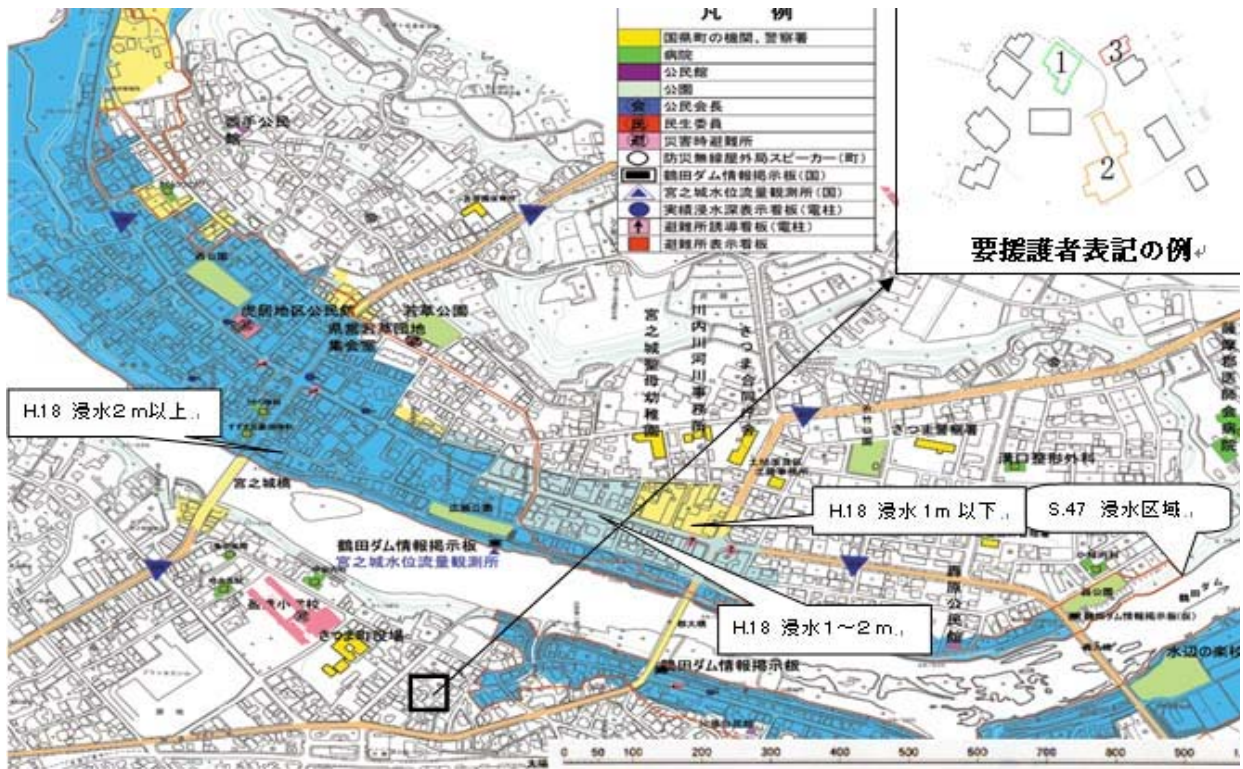


図-10 さつま町洪水避難地図(洪水ハザードマップ,平成20年12月暫定版)

- 1) 赤：一人では単独行動が困難な人。寝たきりの人々。→ 3 (□)
- 2) 橙：身体になんらかの病気あるいは怪我のある人。→ 2 (□)
- 3) 緑：独居老人。健康体ではあるが年齢的に避難が困難であろう老人。→ 1 (□)

この要援護者を住宅地図上で表記・公開することは、この地図の悪用・犯罪発生のある可能性があることが考えられるため、次の2種類のマップを準備することにした。

- 1) マップ①：役場の要援護担当者、消防署、民生委員用の限定配布マップ (要援護者を記載)
- 2) マップ②：地区住民への公開マップ (要援護者は不記載)

図-8の虎居・屋地・川原地区のマップを改良したものが、図-10のさつま町洪水避難地図(洪水ハザードマップ,平成20年12月版)である。昭和47年と平成18年の実績浸水区域を地図上に記入している。過去に実際起こった実績浸水区域は、想定浸水区域と違い、自分の住んでいる場所の危険度等を表記でき、「自分の身は自分で守る」という意識を強く持つことができる。さらに、従来のマップにも記載されている役場、病院、警察署、公民館、避難所だけでなく、新たに誘導看板等も記載し、現在地の把握や避難を円滑に行えるようにした。

(3) 水防活動支援としての動的マップの活用

図-11は、7・22水害時に宮之城水位観測所で最高水位を記録した時刻の浸水深を2次元表示したものである。図中、赤で囲まれた区域は浸水実績区域で、氾濫計算結果はその区域とよく一致していることが分かる。

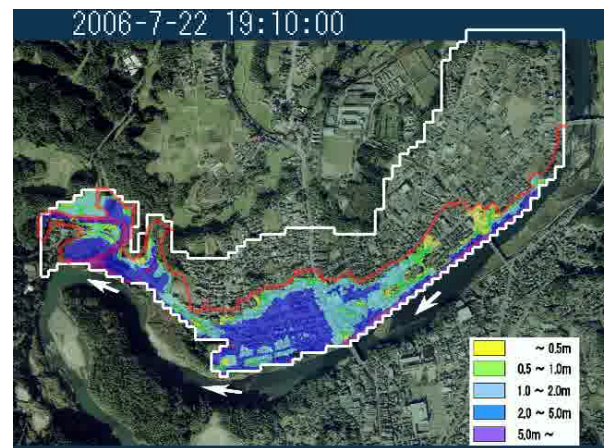
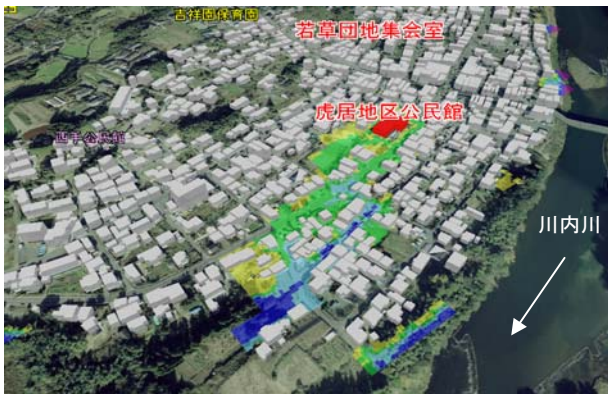
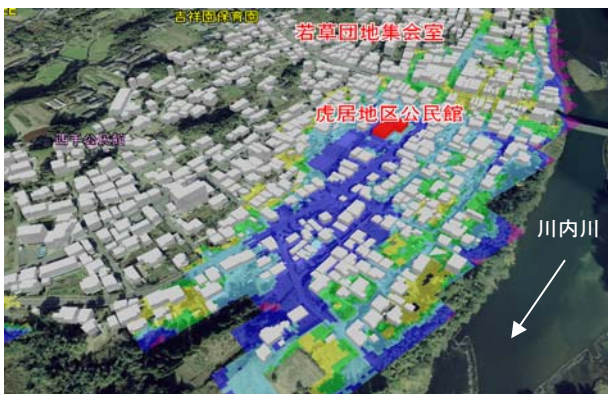


図-11 氾濫流の2次元表示 (2006.7.22, 19:10)

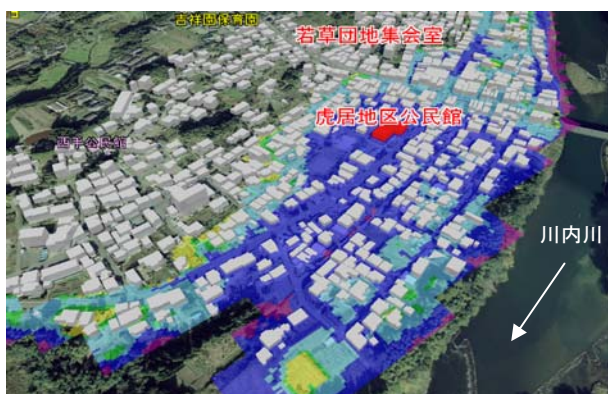
図-12は既往の洪水ハザードマップで災害時避難所に指定されていた虎居地区公民館付近の氾濫流による浸水状況の変化を3次元で表示したものである。



(a) 7月22日 12:20



(b) 7月22日 15:00



(c) 7月22日 19:10 (最大水位)

図-12 氾濫流の3次元表示 (2006.7.22)

紙ベースの氾濫シミュレーションによる洪水ハザードマップは、基本的に複数の破堤・溢水地点における浸水深の最大値を包括したものであり、実際の現象とは異なる。動的な洪水ハザードマップは、任意の破堤・溢水地点からの氾濫状況を表示することが可能であり、水防に係わる関係部署や地区住民へ様々な氾濫シナリオに応じた氾濫状況の動画を提供することができる。

氾濫流の状況を動的に表示する洪水避難地図ができれば、いち早く避難勧告すべき区域や救助すべき区域を的確に把握することができる。マップ上にお

ける動的な表示は、浸水深や流速だけではなく、歩行困難度や流体力の表示も可能である。同じ浸水深でも、流速の違いによる歩行困難度や流体力を判断し、状況に応じた最適な避難経路を判断することもできる。このように、豪雨時の水防活動・避難指示など、公助・共助の支援システムとしての活用が期待できる。

(4) 安心・安全の地域づくり

災害時要援護者情報を入れた洪水避難地図は、現在に至る過去の実績浸水区域が記載されているが、新たな水害が起これば更新が必要である。さつま町の虎居地区公民館は、平成47年に水害に遭っていた。それにも拘わらず、平成18年4月に製作され、全戸に配布され**防災マップ**では避難場所として指定されていた。今回の7・22水害では、1階部分が再び完全に水没した。明らかに、この避難場所は適切でなく、過去の教訓が生かされていなかったことが理解できる。

川内川の河川激特事業に伴う椎込分水路の開削工事や堤防工事の進展にともない、**防災マップ**の更新が必要になってくる。公民会長・民生委員や高齢者(65歳以上)、要援護者は毎年変化していく。毎年のマップ更新は煩雑ではあるが、住民の住む「まち」を再認識する機会を持つことができ、洪水や地震等の非常時における対応意識の向上にもつながり、紙ベースだけでなく、動的マップを含めた**洪水ハザードマップ**の充実はまちづくりの形成に十分意義ある作業と考えることができる⁵⁾。

4. おわりに

川内川では、7・22水害後、激特事業による虎居地区下流の分水路開削や輪中堤の建設、更に鶴田ダムの再開発事業が進められている。今後の治水対策を推進するためには、洪水流の氾濫のメカニズムをきちんと実施・掌握した上で、安心・安全のまちとなる地域を目指すことが肝要と考えられる。今回、7・22水害を経験し、土木学会平成18年7月豪雨災害緊急調査団(小松利光団長)として、災害調査を通じて気づいた事項をメモとして、下記に列挙する。

(a) 想定外の雨量と出水(長期的視野)

雨量の超過確率を計算する際、統計開始年(例、1976年)が問題になる。過疎地は多くは高齢者が多いが、高齢者の経験に頼るだけではいけない。100年を越える確率、人間の寿命を越える考え方を謙虚

に再認識する必要がある。

(b) 外水及び内水氾濫（ハード対策）

強固な堤防をつくることも大事であるが、弱点をつかれて浸水被害を受けた箇所がある。支川からの流入・逆流の発生（例、湧水町桶寄川、菱刈町の山間川と県道針持菱刈線の被災、大口市鈴之瀬地区）。土地所有者の意識向上と権利の見直しを図る必要がある（例、菱刈町の山間川）。無堤地区（例、薩摩川内市の倉野地区）。排水機場が水没。移動式ポンプ者も排水量・交通事情で追いついていない。支川下流部からの流入に対しては、輪中堤、水門も有効である。ダムでの洪水調節には限界がある。遊水地（田圃）、つまり浸かる場所には家屋を建てない、洪水が来る前に逃げる。シラス堤体の脆弱性、道路事業との連携プレイも大事である。経費はかかるが、狭窄部の開削を行うと確実な治水効果がある。

(c) 情報伝達（ソフト対策）

ハード対策だけでなく、ソフト対策も重要である。鶴田ダムの放流、但し書き操作の考え方について、住民の周知と理解を得ておくことが大事である。ハザードマップは活用のために、可能な限り、更新しておくこと。避難のための災害情報では携帯電話、インターネットを用い、リアルタイムに得ることが大事である。過疎地は少子高齢化が進んでいくので、人と人との繋がり、信頼関係をいかに築くかが鍵になる。過去の経験を集積し、自治体で治水対策を考え、実行されているすばらしい事例（米満重満湧水町長）もある。行政の膨大な資料を活かす工夫や、河川事業への投資に優先順位が必要になっている。

謝辞:国土交通省川内川河川事務所・鶴田ダム管理事務所、鹿児島県河川課、薩摩川内市・さつま町役場・湧水町等より資料のご提供とご協力を、被災を受けられたさつま町の地区公民会長・民生委員及びさつま町消防署、(社)土木学会、(社)九州地方計画協会、(社)河川環境管理財団の河川整備基金、(NPO) ひっ翔べ! 奥さつま探険隊などより、ご支援をいただきました。研究を進めるに際しては、東亜建設技術(株)の高崎敦彦氏、崇城大学の森山聡之准教授、名古屋大学の高岡広樹氏、鹿児島高専の卒業研究生であった上井基彰・小林優一、橋口和希・今村安伸君など、多くの方々に心より厚く謝意を表する次第です。

参考文献

- 1) 土木学会平成18年7月豪雨災害緊急調査団（小松利光団長）：平成18年7月豪雨による災害の調査とその後の先駆的な取り組みに関する調査研究；113p, pp. 63-73,

2009. 3.

- 2) 小松利光・杉尾哲・疋田誠・大本照憲・押川英夫・橋本彰博：2006年豪雨による川内川流域の洪水災害ならびにダム操作の見直しについて；水工学論文集，第52巻，pp. 805-810，2008. 2.
- 3) 宮之城町役場企画課：宮之城温泉復興誌，284p，1982. 3.
- 4) さつま町：さつま町防災マップ（宮之城地域），2006. 4
- 5) 川内川水系水害に強い地域づくり検討委員会：川内川水系水害に強い地域づくり・提言，2007. 8.

(2009. 10. 29 受付)