

浦上川における 治水対策と流域の都市化を踏まえた 流域対策の検討

長崎大学大学院 総合生産科学研究科 博士後期課程
(前 長崎県 長崎振興局 建設部 河川課)
長崎県 長崎振興局 建設部 河川課
長崎県 土木部 河川課
長崎大学大学院 総合生産科学研究科

○橋口 茂
岩永 正幸
上原 望
鈴木 誠二
石橋 知也
瀬戸 心太
多田 彰秀

本稿の構成

- はじめに（背景・目的）
- 浦上川における治水対策の実施状況
- 浦上川流域における都市化の特徴の整理
- 気候変動を考慮した流域治水の課題
- 流域での流出抑制対策の試案と効果の試算
- おわりに

■はじめに ～背景・目的～

●気候変動への適応に向けて

- ・流域治水では、河川改修やダム整備など河川区域での対策に加えて、集水域や浸水域での対策が求められている。

●浦上川における治水対策について

- ・1982年の長崎豪雨災害で生じた大きな浸水被害を受けて、
⇒河川改修と浦上ダム再生とを組み合わせた治水計画が策定。

●浦上ダム再生について（河川改修は1997年完了）

- ・事業の長期化等を受けた実施方法の見直しが行われ、これを受けた貯水池掘削の技術的特徴を昨年度までの河川技術論文集で報告済。

●浦上川の特徴として

- ・流域内の集水域に密集した斜面市街地を抱える。
⇒流域の特性に応じた流域治水の推進が求められる。

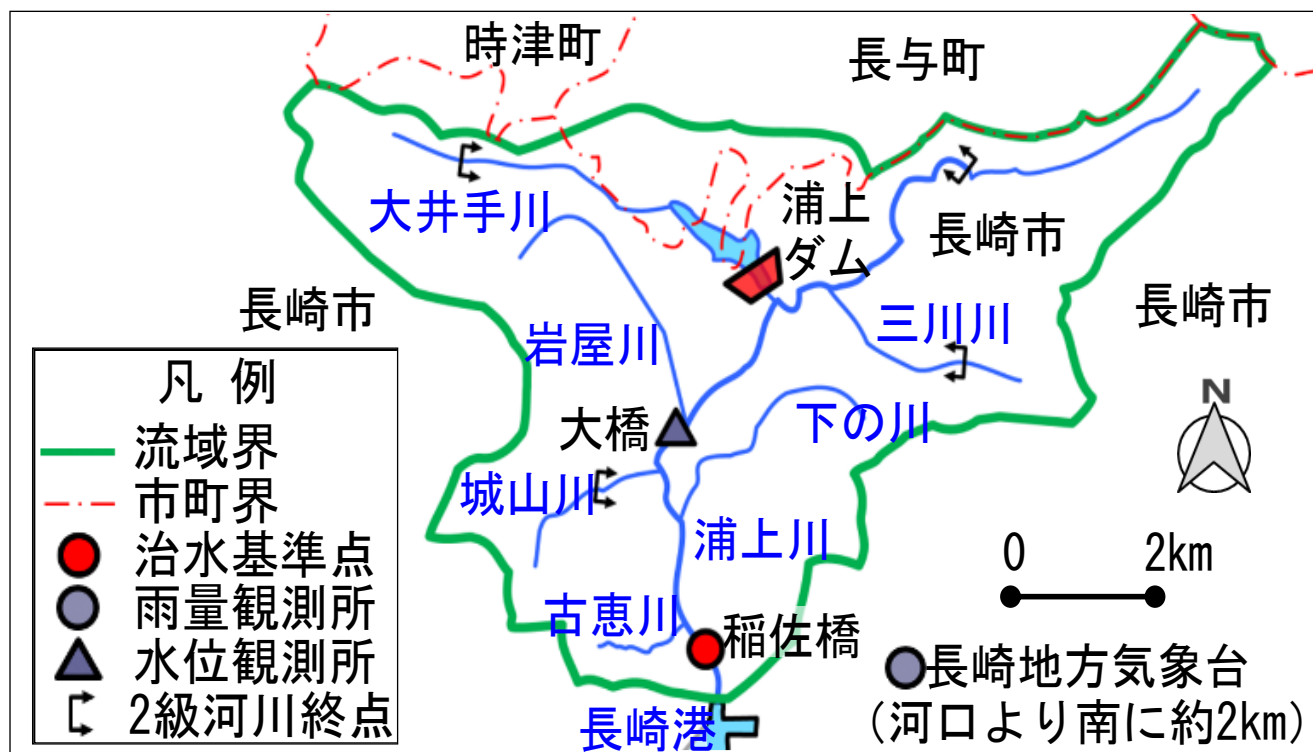
■本稿の目的

浦上川における流域治水の方策について、現行の治水対策や流域の都市化の特徴を整理し、流域治水の課題と、流域での流出抑制対策の方向性を示し、考察を試みる。

■ 浦上川における治水対策の実施状況

浦上川と流域の概要

- ・ 浦上川：2級水系
流路延長13.3km
流域面積38.6km²
- ・ 流域：長崎市の
ほぼ中心に位置。
流域内人口
約15万人
- ・ 戦前に、当時の
豪雨災害を受けて、
河川改修を実施

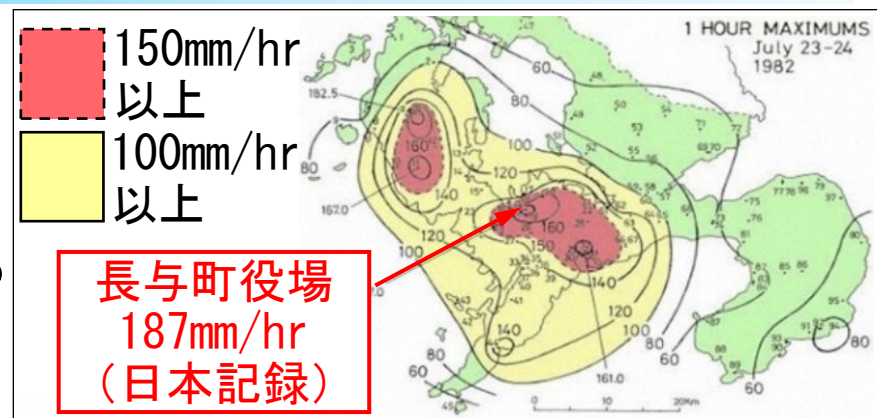


浦上川流域の概要図

浦上川は、長崎市内で最大の河川。流域は、戦後の原爆からの復興や高度成長期を経て開発が進行し、斜面市街地が形成。

長崎豪雨災害と浦上川水系の治水計画

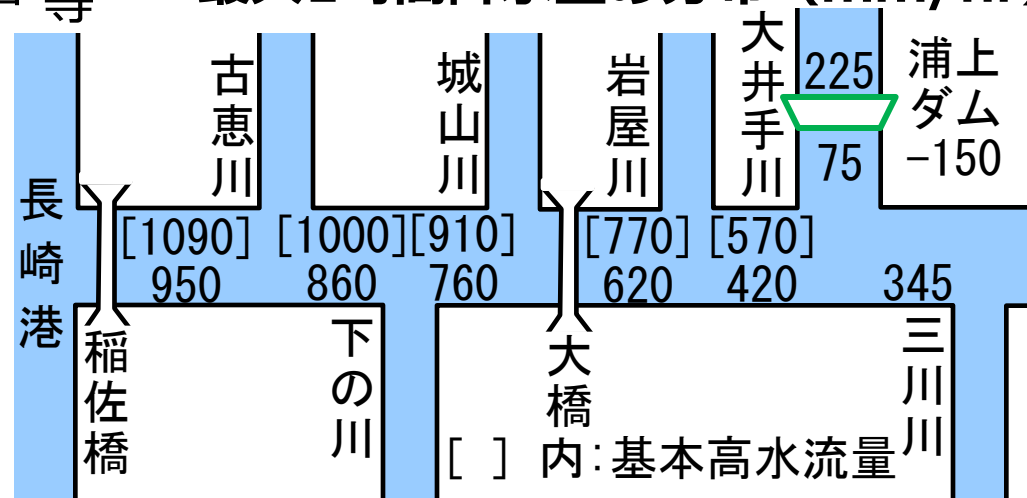
- 1982年7月23日の**長崎豪雨災害**
土砂災害・河川の氾濫が同時多発
- 県内の犠牲者299名：我が国の風水害では過去50年で最悪**となっている
- 浦上川流域：甚大な被害
護岸等の被災，人的被害
浸水面積196ha,床上浸水2,241戸 等



最大1時間降水量の分布 (mm/hr)



被災した浦上川（下大橋下流部）



浦上川水系の計画高水流量配分図

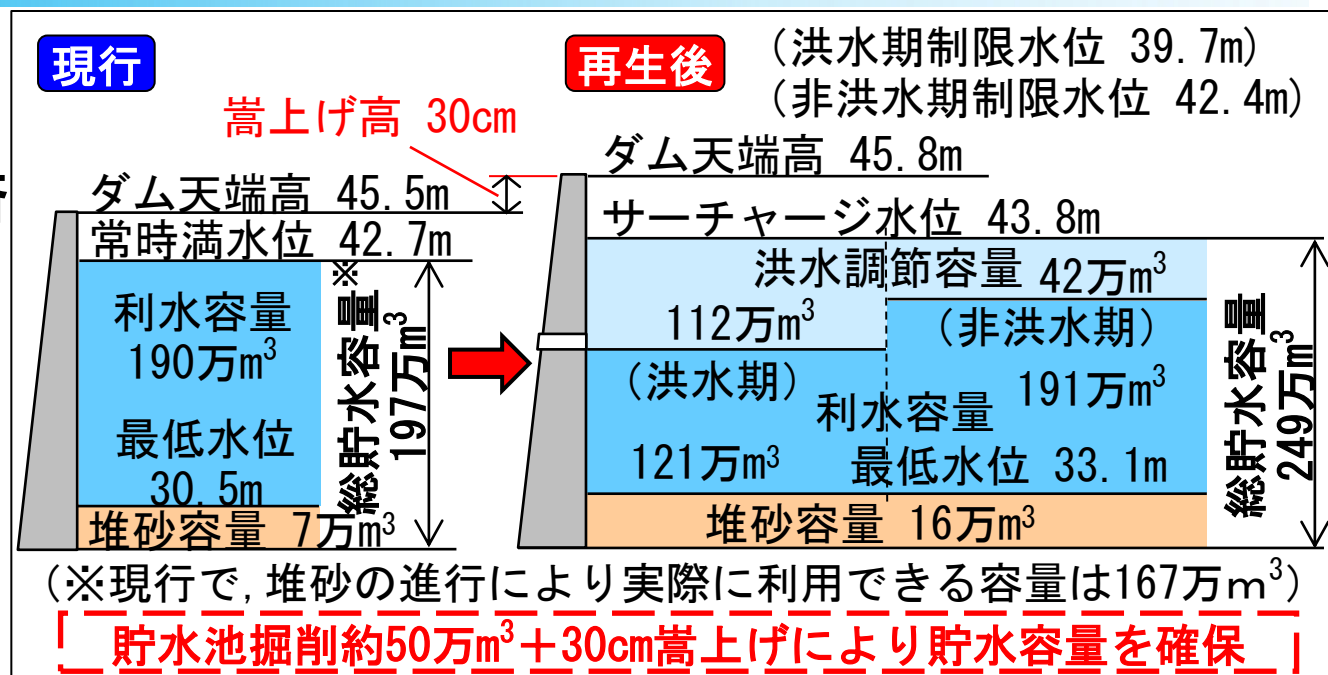
豪雨災害の翌年度末，「長崎防災都市構想」が知事に答申。
河川改修と長崎水害緊急ダム建設事業による**ダム再生とを組み合わせ**た治水計画が策定。

治水対策の実施状況

浦上川の河川改修

・河床掘削を基本として1997年完了済
浦上ダム再生

・ダム地点の基本高水流量を $150\text{m}^3/\text{s}$ 洪水調節するため、総貯水容量を現行から 249万m^3 とする計画。



浦上ダム再生に係る貯水池容量配分図

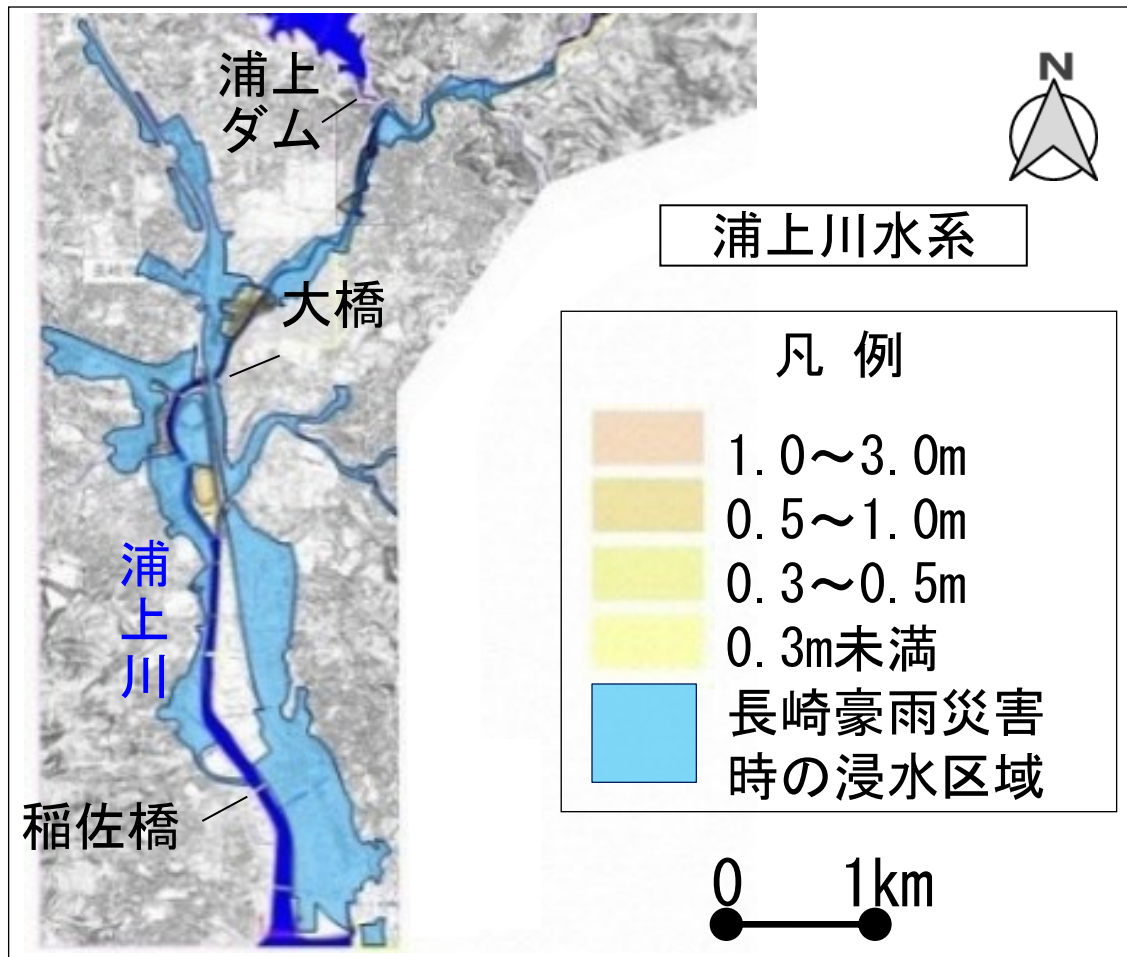


改修後の浦上川 (1997年完了)



浦上ダム貯水池掘削工事：実施中

これまでの治水対策による効果



⇒年超過確率1/100の降雨
（長崎豪雨災害と同程度
の計画規模に対応）
を対象として作成された
洪水浸水想定区域図に、
長崎豪雨災害における
浸水区域を重ねた図

浦上川水系の洪水浸水想定区域図（計画規模）

河川改修の完了で治水安全度が向上

長崎豪雨災害の浸水区域に対して浸水想定区域は一部に限定．今後の
浦上ダム再生によって解消される見込み＝大きな効果が認められる． 7

■ 浦上川流域における都市化の特徴の整理

流域の都市化に係る歴史的変遷の整理の趣旨と手法

- ・ 整理の趣旨

浦上川流域の都市化については、長崎豪雨災害における河川災害の原因の1つとされたが、先行研究がなく、新たに流域の歴史的変遷を調査し、統合図を作成して可視化するもの。

- ・ 整理の手法

人口動態、河川改修の履歴、地形図・住宅開発等の履歴に関する情報を収集し、QGISを活用して整理し、統合図を作成して分析し、結果に関する考察を行うこととした。

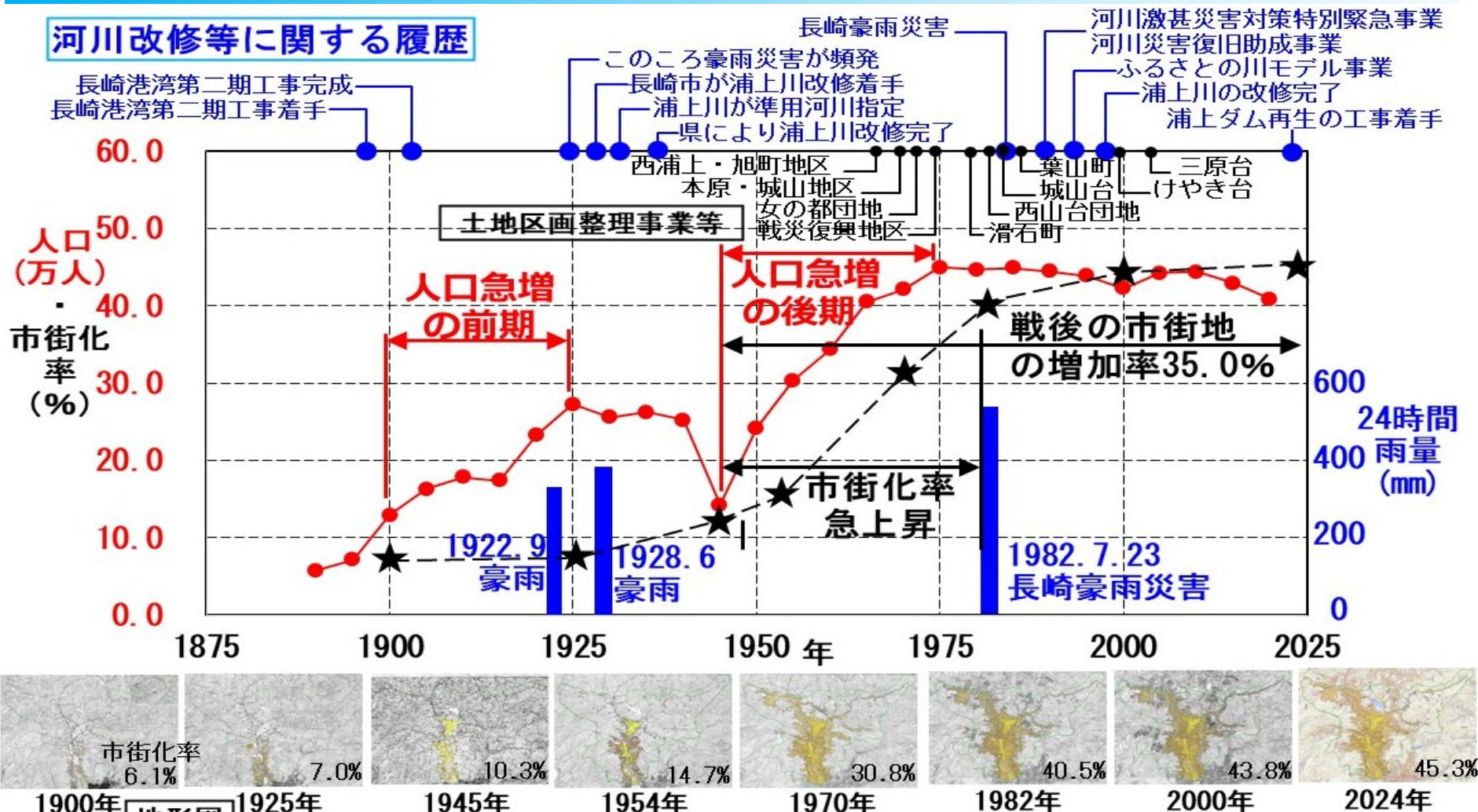
歴史的変遷に関する統合図と分析・考察（1）

- ・ 作成の概要

長崎市の人口推移データ、浸水被害を生じた洪水の24時間雨量とQGIS上で計測した流域の市街化率をグラフ化した。加えて、浦上川の河川改修や住宅開発等の履歴をまとめるとともに、地形図から読み取れた変化も反映させ、これらの全てを統合図に反映

歴史的変遷に関する統合図と分析・考察（2）

河川改修等に関する履歴



浦上川流域の歴史的変遷に関する統合図

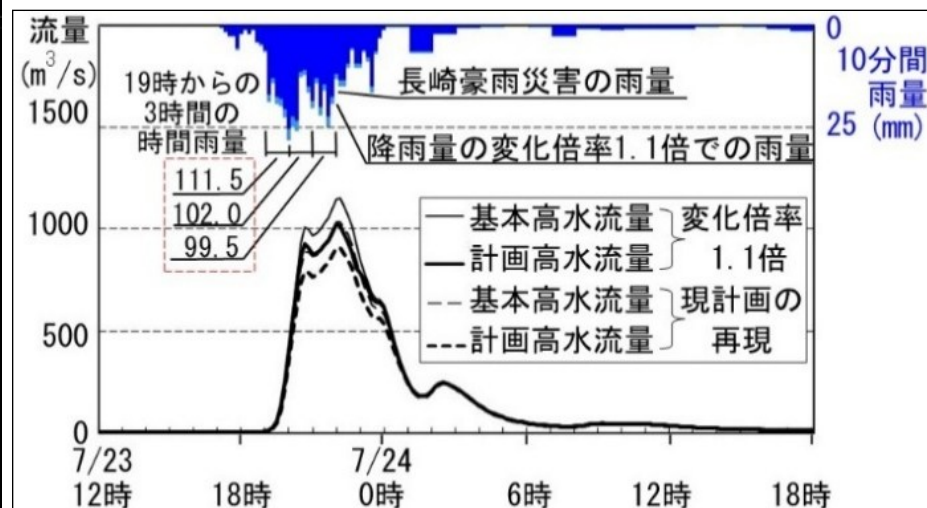
終戦直後から1982年までに、流域の市街化率が人口の増加とともに急上昇しており、斜面地を中心に流域の都市化が刻々と進行していたことが示唆された。 9

■ 気候変動を考慮した流域治水の課題

気候変動を踏まえた計画流量に関する試算の方法

- 対象降雨 長崎豪雨災害の降雨（既往最大洪水）
- 解析モデル RRIモデル（降雨流出氾濫モデル）を採用
- 試算の実施 ① 現行の計画流量の再現，② 都市化前の計画流量の試算
③ 気候変動を踏まえた計画流量の試算（降雨量の変化倍率1.1倍による）

試算の結果と考察（1）



稲佐橋（治水基準点）
のハイドログラフ

各河道区間のピーク時の試算流量の分布

試算の結果と考察（2）

計画流量の試算結果（単位：m³/s）

区分	計画流量	稲佐橋	大橋	浦上ダム
現計画	基本高水流量	1,090	770	225
	計画高水流量	950	620	75
①現計画の再現	基本高水流量	1,040（-50）	720（-50）	215（-10）
	計画高水流量	910（-40）	590（-30）	75（0）
②都市化前	基本高水流量	980〈-60〉	680〈-40〉	200〈-15〉
③変化倍率 1.1倍	基本高水流量	1,160〈+120〉	790〈+70〉	240〈+25〉
	計画高水流量	1,030〈+120〉	660〈+70〉	85〈+10〉

（注）

（ ）内は現計画と
①との差，
〈 〉内は②③と
①との差

●試算の結果

①現行の計画流量の再現

- 基本高水流量と計画高水流量は，現計画における稲佐橋の値に対して，それぞれ50m³/sと40m³/s下回り，**現計画との差は5%未満で，概ね再現**できたと考えられる。

②都市化前の計画流量

- 稲佐橋の基本高水流量は，**現計画の再現結果より60m³/s少なく、流域の都市化が豪雨災害に影響を与えた可能性が確認。**

③気候変動を踏まえた計画流量

- 稲佐橋地点の基本高水・計画高水流量は、いずれも約120m³/s増加。**11**

流域治水を進める上での制約条件と流出抑制対策の課題

- **流域治水**：河川区域，集水域等で対策を組み合わせることが基本。
- **制約条件**：浦上川の現行の治水対策や都市化の状況から，次の2点が大きな制約。
 - ①これまでの**河川区域における治水対策**は，沿川やダム貯水池周辺の用地や地形等の条件下で**最大限実施され、さらなる対応は困難**。
 - ②**流域の都市化**が地形等の限界を超えて進行
⇒集水域等において，**基本的な流出抑制対策の導入は難しい状況**。
- **流出抑制対策の課題**（3つ）

◆豪雨のピーク時における確実な貯留効果の発揮

- ・計画流量の増加に対応して効果を発揮できる対策が不可欠。

◆斜面市街地の地形等を活かした流出抑制方法の立案

- ・斜面市街地の地形や宅地排水特性等を活かした方法が必要。

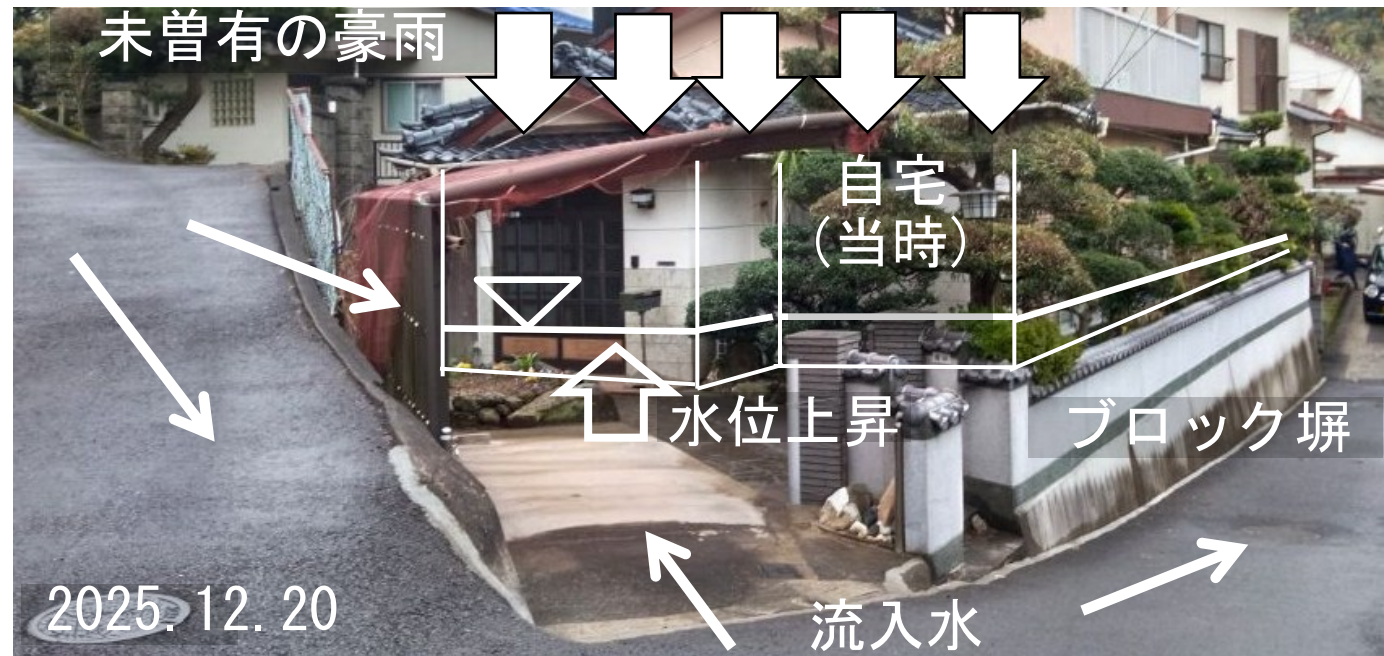
◆施工が容易で経済的な工法の導入

- ・斜面市街地においても，施工が容易で，既存施設等の活用も見込めるなど低コストとなりうる工法の開発が必要。

■ 流域での流出抑制対策の試案と効果の試算

長崎豪雨災害での「各戸一時貯留」に係る体験

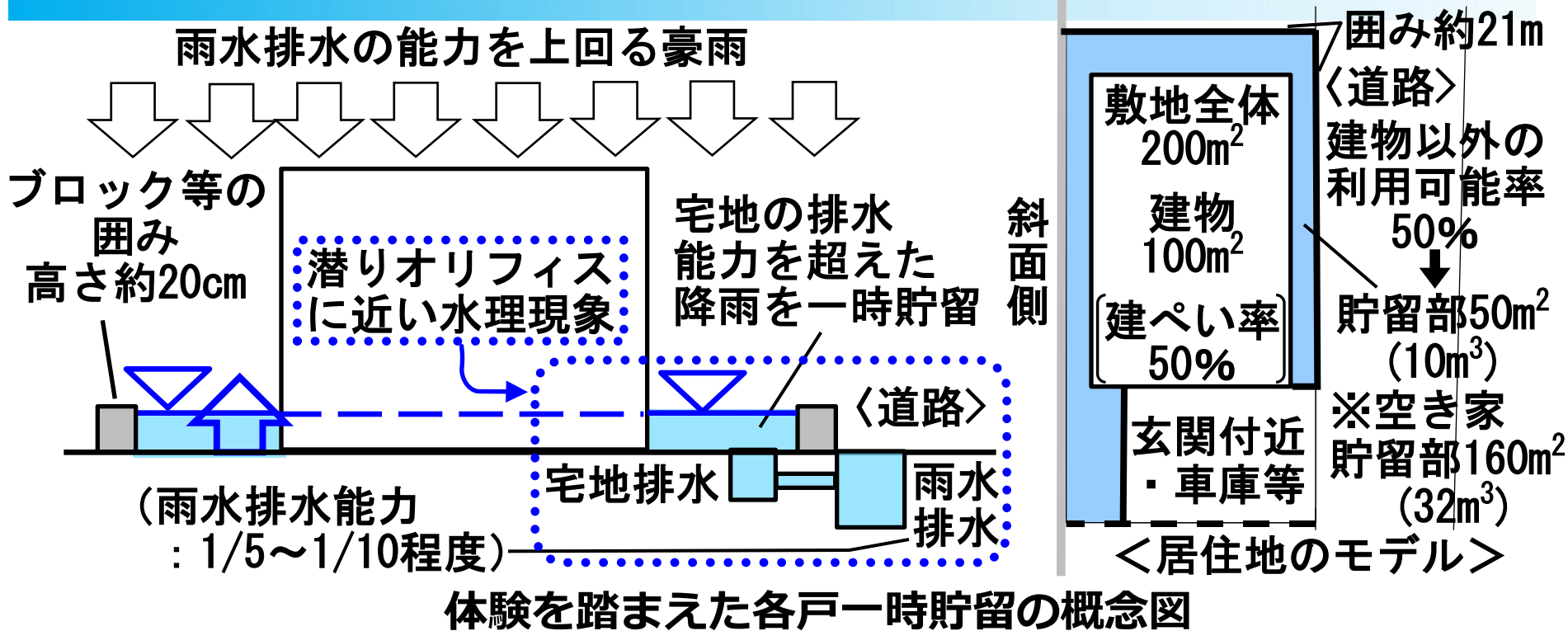
- 浦上川流域における制約条件や課題を踏まえ、効果的となりうる試案として、集水域に広がる斜面市街地を対象に「各戸一時貯留」の導入を検討した。



当時の体験の概要

この試案に関して、第一著者が高校3年生の時に経験した長崎豪雨災害
⇒自宅外周のブロック塀等の内側に、ピーク時の豪雨と周辺からの流入水が一時的に貯留されて水位上昇し、降雨が弱まるとともに解消

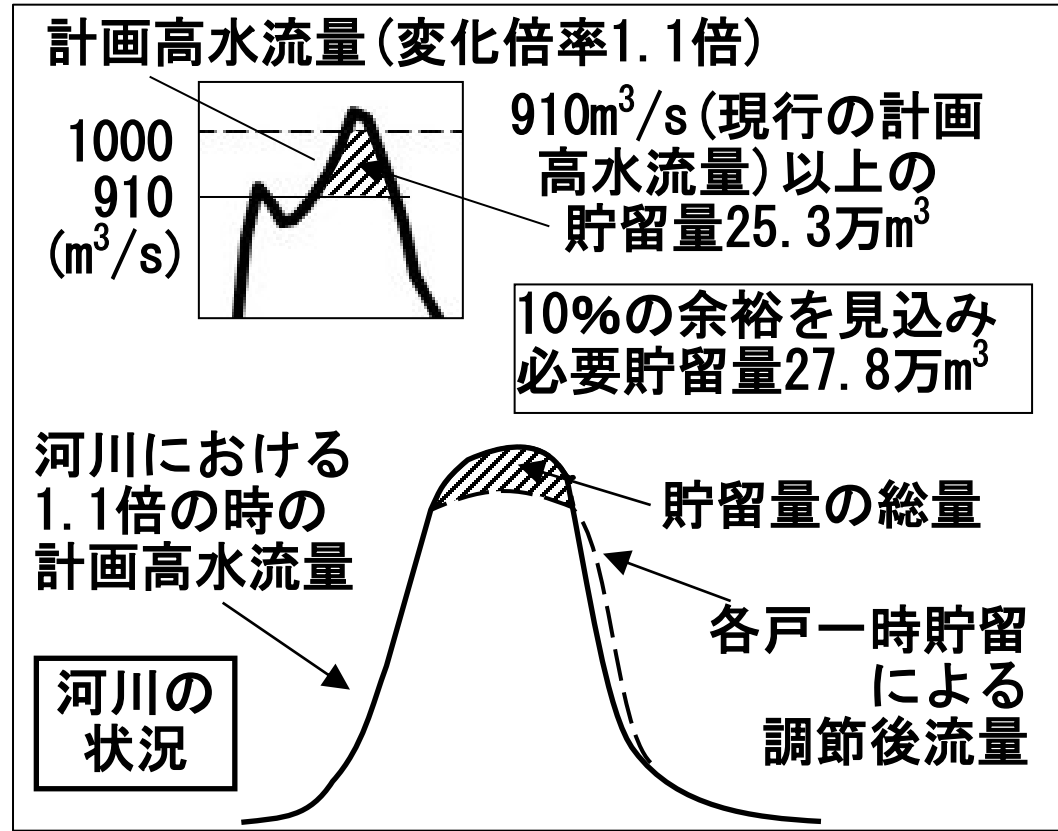
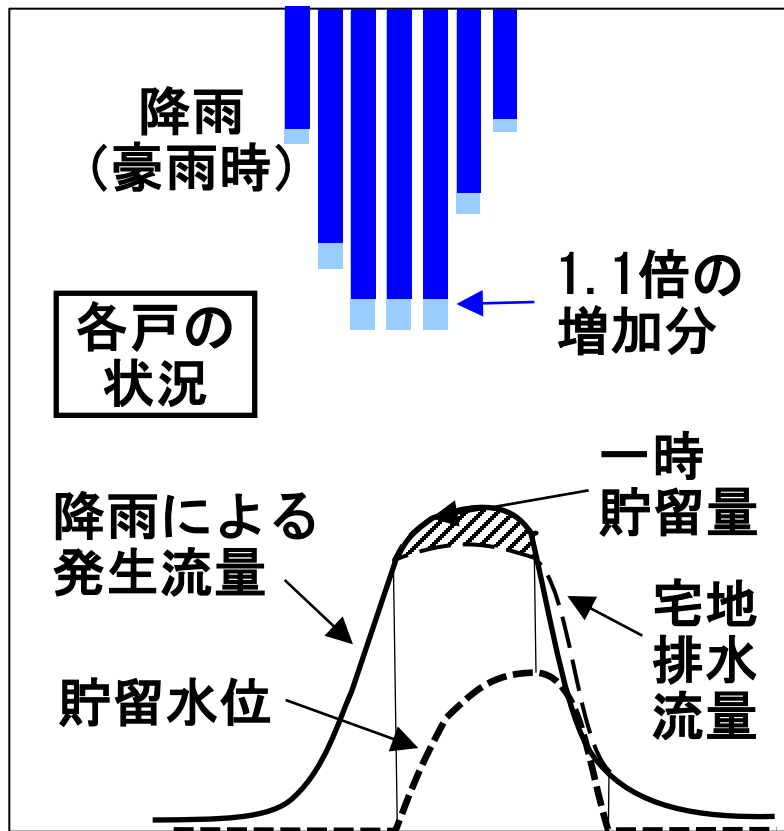
斜面市街地における各戸一時貯留の試案概要



●各戸一時貯留の試案：体験を踏まえ、斜面市街地を棚田のように見立て、各戸の外周に高さ0.2m程度の囲みを設け、豪雨のピーク時に宅地の雨水排水能力を上回る雨量を一時貯留するもの。

●流出抑制の仕組み：年超過確率1/50~1/100相当の豪雨時における発生流量が、1/5~1/10相当の雨水排水能力を上回った時点から下流水位が上昇して、潜りオリフィスに近い水理現象により排水が流れにくくなって貯留を開始⇒ピーク時付近の降雨を一時貯留。

各戸一時貯留の導入の方向性と貯留可能量の試算



各戸一時貯留による流出抑制のイメージ

必要貯留量：降雨量の変化倍率1.1倍に伴う計画高水流量の増加量120 m^3/s に対応する発生流量の総量に相当。現計画を再現した計画高水流量910 m^3/s を上回る量として試算した結果、約27.8万 m^3 となった。 15

流出抑制対策に係る貯留の可能性に関する試算

- 各戸一時貯留について、**斜面市街地における宅地**、公園や校庭に導入する方向として、貯留可能量を試算.
- 斜面市街地における**貯留可能な居住地・空き家の宅地面積**を、流域における市街地面積の増加率等から、 3.96km^2 、 0.72km^2 と推計

各戸一時貯留の導入に係る区域毎の条件設定

- ①宅地（居住地）：敷地に占める建物面積の割合を表す建ぺい率は長崎市の住宅系の用途地域では40～60% 15)であることから50%とし、建物を除く敷地の利用可能率を目安として50%と設定.
- ②宅地（空き家）：治水を含む防災面から建物を解体した上で、目安として面積の80%に貯留するものと設定.
- ③公園・校庭：目安として面積の80%に貯留するものと設定.

貯留可能量の試算結果（貯留水深：0.2m）

区分		面積 (km ²)		建ぺい率 (%)	利用可能率 (%)	貯留可能量 (万m ³)	
宅地	居住地	3.96	4.68	50	50	19.8	31.3
	空き家	0.72		—	80	11.5	
公園		0.40		—	80	6.4	
校庭		0.25		—		4.0	
合 計		5.33		—	—	41.7	

貯留可能量は、区域毎の条件を踏まえて試算した結果、約41.7万m³.
⇒必要貯留量27.8万m³の約1.5倍.

流出抑制対策に係る効果等の試算（1）

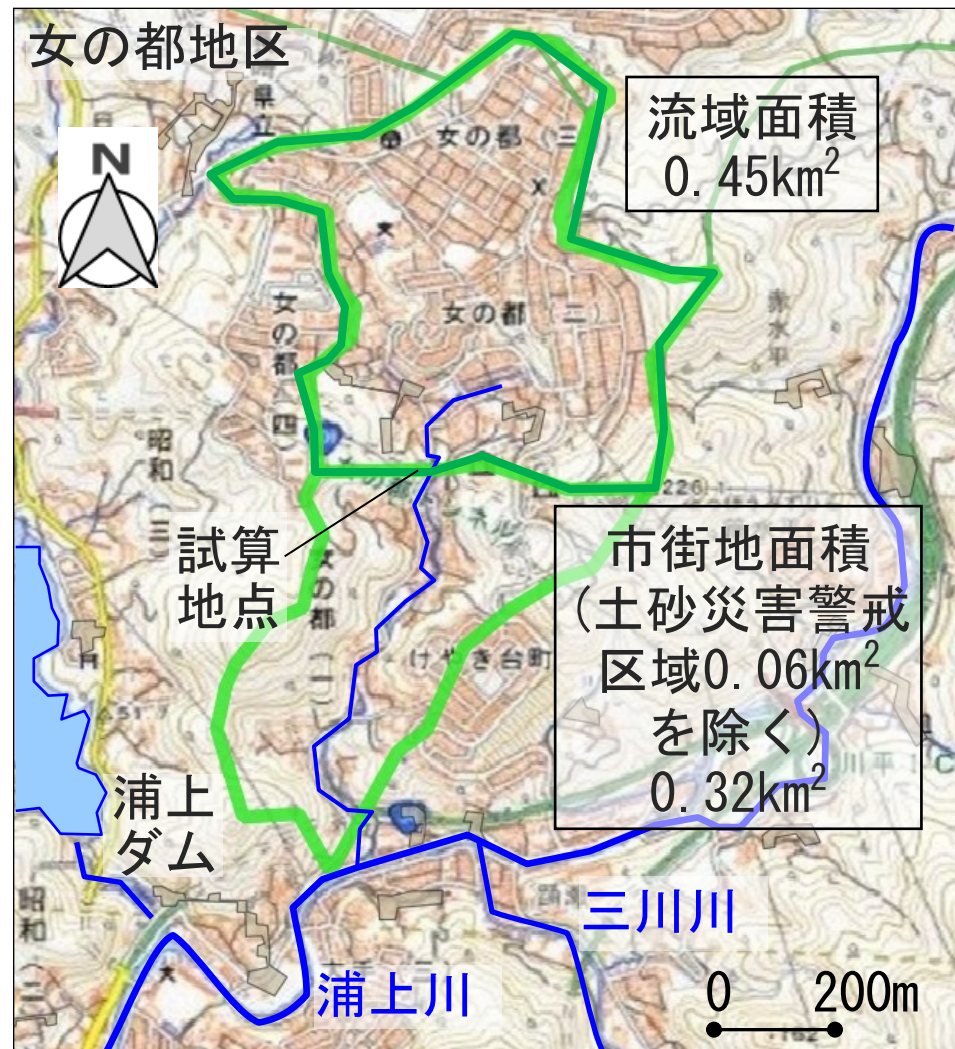
● 下流の流出抑制効果に関する試算（RRIモデルによる）

- ・ 現状のRRIモデル：流域での対策の流出過程を十分に表現できない。

⇒ 都市化がほぼ全域で進んだ支川流域等において、各戸一時貯留の集合体を小さなダムに見立て、モデルにおけるダムの調節計算を援用

⇒ 効果を近似的に試算可能。

- ・ 流域において、支川流域として、**女の都（めのと）地区**を対象。

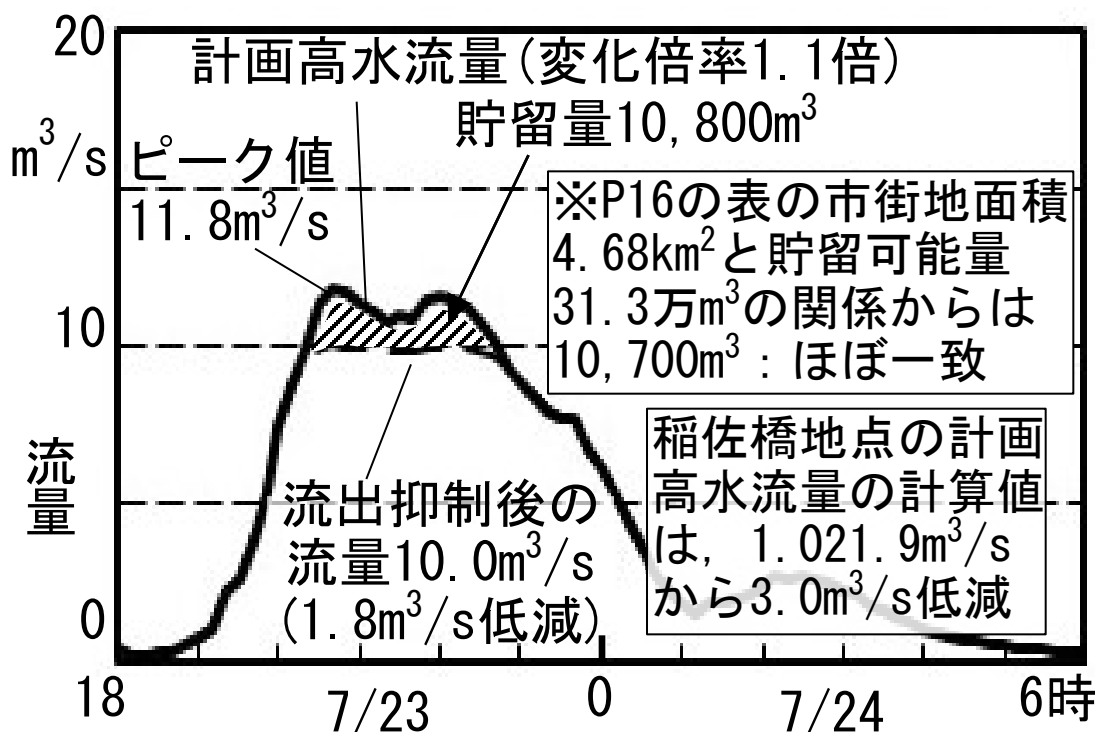


女の都地区の概要

流出抑制対策に係る効果等の試算（2）

●下流の流出抑制効果に関する試算（続き）

- ・ 女之都地区の宅地 0.16 km^2 に各戸一時貯留を適用 $\Rightarrow$ 流末の試算地点で $1.8\text{ m}^3/\text{s}$ 低減.
 - ・ 稲佐橋地点の計画高水流量は約 $3.0\text{ m}^3/\text{s}$ 低減.
- $\Rightarrow$ 浦上ダム地点の調節流量に対して稲佐橋地点の低減される流量は93%.
- ・ 当該地区で低減される調節流量は $1.8\text{ m}^3/\text{s}$ より、流域全体の貯留可能な宅地 4.68 km^2 に各戸一時貯留を適用すると、稲佐橋地点では93%となる $52.2\text{ m}^3/\text{s}$ が低減



各戸一時貯留による効果の試算（女之都地区）

●経済性に関する試算

- ・ 各戸一時貯留を導入する居住地のモデルを想定するとき、必要貯留量 27.8 万 m^3 に対応する戸数は約22,100戸.
- ・ 囲みを全て新設する場合の費用を50万円/戸と想定 $\Rightarrow$ 約111億円と試算.

各戸一時貯留に関する考察

◆各戸一時貯留の導入の可能性

- ・ **導入の可能性**は、貯留可能量や流出抑制効果等から**一定程度あると考えられる**が、**試算結果**には仮定等が含まれるなど**確定していない**。
- ・ 今後、各戸一時貯留の公有地への適用を組み合わせた対応等が必要。

◆各戸一時貯留に関する効果算定

- ・ 各戸一時貯留の効果算定は、合意形成や施策の推進に向けて重要。
- ・ **RRIモデル**を用いた試算は、計画流量が相当の精度で解析できた
- ・ 一方、RRIモデルは、**流出抑制に係る過程を的確に表現できない**という点において、RRIモデルの適用限界が示されたと考えている。
- ・ 中小河川の流域治水を進めるため、効果を的確に解析できるよう、**モデルの改良が望まれる**。

◆各戸一時貯留の導入を図る合意形成や施策の方向性

- ・ 各戸一時貯留の導入に向けて、集水域の住民等の合意形成が不可欠。
- ・ 費用に係る支援制度等の施策の充実も必要。
⇒ 試案の経済性や貯留効果の見える化、行政間の連携等が必要。
- ・ さらに、集水域の対策を進めるには、氾濫域の住民の協力も重要であり、氾濫域での対策も併せた情報共有が必要。

■おわりに （まとめ）

流域の対策に関して確認できたこと

浦上川流域において、一定の実効性が見込まれる流域での流出抑制対策の試案を提示できたと考えている。

- ・ **河川**の特性に応じた**対策**に向けて、**治水対策**や**流域の都市化の特徴**を踏まえて検討した。
- ・ **各戸一時貯留**について、RRIモデルを用いた流出解析を含めて、**気候変動を踏まえた流量の増加に対応した貯留可能量**や、流域の一定範囲に適用して流出抑制を図ることとした場合の**流出抑制効果を検討**し、導入の方向性や制度化の方策等に関する**考察**を行った。

我が国の都市内中小河川には、**斜面地**での防災面・環境面等の各種課題を抱える河川が含まれており、各戸一時貯留の導入も含めて対策を講じることにより、**諸課題の同時解決**を図っていくことが望まれる。

本稿の成果は、気候変動への適応に向けて、各地の都市内中小河川で流域での対策を進める一助になるものと考えられ、今後も効果的な流域治水に向けた研究に取り組んでいく所存である。