

# オーガナイズドポスターセッション 3 (OPS3) 「河川技術の今後のあり方」

2015年6月11日 10:50-11:40

企画・進行：松田寛志（日本工営）

## ■ 企画趣旨

本 OPS は、続く OS2 とともに「河川技術の今後のあり方」に関する一連の議論を構成している。本 OPS では PS3 での発表論文等の中から、OS2 における討議に特に深く関わる代表 2 編の論文著者から話題提供してもらい、OS2 に向けた質疑応答を行った。

## ■ 「局地的豪雨探知システムに関する話題提供」

般財団法人日本気象協会 片山勝之

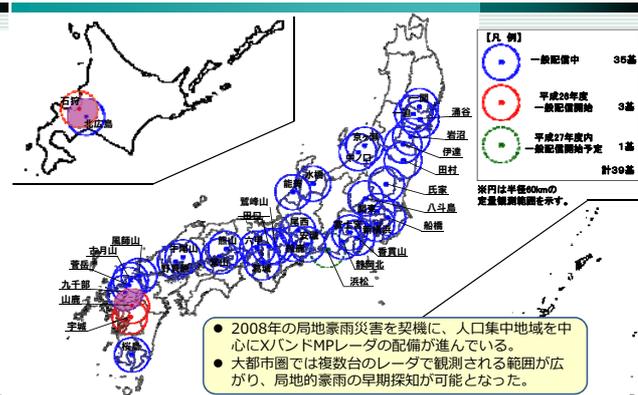
### 1. 都賀川水害と XRAIN の配備

- 2008年7月28日に神戸市都賀川において、局地的豪雨の発生により急激な水位上昇が生じ、親水公園にいた16名が流され5名の方が亡くなるという事故が発生した。
- このような事故を防ぐために高頻度・高分解能の観測による、一刻でも早い豪雨の探知予測が必要な状況にある。
- 現在国交省が X バンド MP レーダの配備を進めており、現時点で 38 基が稼働している。
- 近畿地方整備局では、急激に発達する積乱雲を早期に探知し、数分～10 分先に豪雨になる可能性を予測することを目的とし、5 基の X バンド MP レーダを用い、3 次元空間を隈なくカバーする CAPPI データを作成するシステムを開発している。

#### 1-1. XRAINの導入経緯(都賀川での水難事故)



#### 1-4. XRAINによる観測(H27.4現在の整備状況)

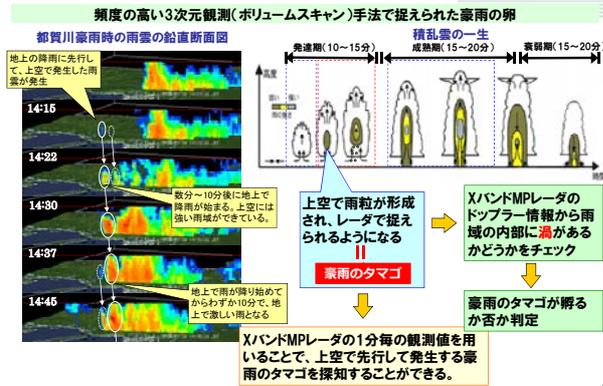


### 2. 豪雨のタマゴ手法と渦・収束による判定

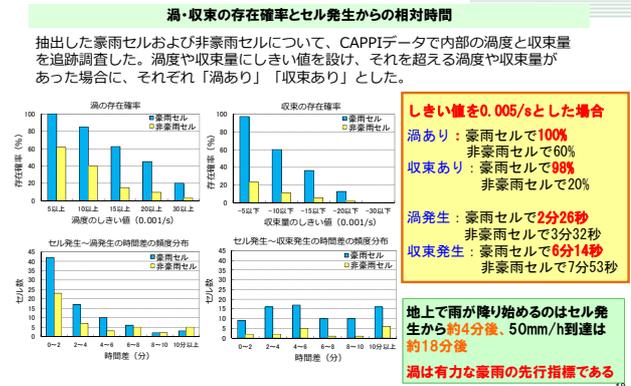
- 豪雨をもたらす積乱雲は上空で先行して発生し、上空高いところまで発達しながら雨粒が蓄積され、その後、遅れて地上に落下して豪雨となる。このような積乱雲の一生のうち、初めて雨粒が形成された状態のものを豪雨の卵と呼んでいる。
- レーダの観測値をもとに、積乱雲が発達する場合・しない場合について比較した結果、発達する（豪雨のタマゴが孵る）場合には積乱雲内部に渦が存在することが示された。

- 観測値をもとに豪雨セルと非豪雨セルを抽出し、上記のような過度や収束量等といった、豪雨の先行指標と成り得る指標について調査を行った。その結果、過度が有力な豪雨の先行指標といえることが分かった。

### 2-1. 豪雨のタマゴ手法とは？



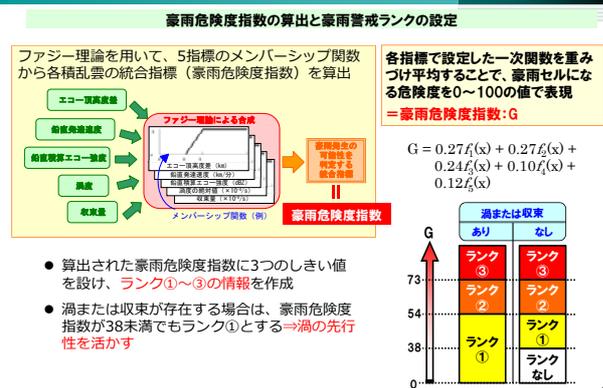
### 2-6. 過度および収束量の調査結果



### 3. 局地的豪雨探知システムの整備

- 過度は上記のように有力な豪雨の先行指標であるが、豪雨にならない降水セルの中にも渦が存在するものがある(探知の空振り)といった問題点があり、一方で収束量は空振りは少ないが出現までに時間がかかるといった問題点を有している。
- この問題点を受けて、この2指標とともに、エコー頂高度差・鉛直発達速度・鉛直積算反射強度の3指標を考慮し、それぞれの指標についてメンバーシップ関数を求めた。そして、この5つのメンバーシップ関数を加重平均して、豪雨危険度指数Gを定義し、その値をもとに警戒ランクを設定した。
- 現在国交省の防災LANで、この豪雨危険度指数を用いた豪雨予測の試験システムを運用している。

### 3-3. 豪雨危険度指数と豪雨警戒ランクの設定



### 3-7. 局地的豪雨探知システムの表示画面



### 4. まとめと今後の課題

- 国交省のXバンドMPレーダの近畿5基のデータで1分毎にCAPPIデータを作成し、上空で先行して発生する積乱雲の卵をとらえるシステムを整備した。
- 今後の課題として、警戒ランクの精度向上、降水セルの移動や発達傾向の分かる表示方法の検討、探知エリアの拡大、現地とのシステム連携等が挙げられる。

## ■ 「都市における豪雨時の浸水危険度評価に関する話題提供」

早稲田大学理工学院 関根正人

### 1. 研究背景・目的

- ▶ 近年、東京を含めた大都市圏において記録的な豪雨が発生しており、それに伴い地下空間への浸水の危険性が増している。
- ▶ 浸水による被害を事前の準備によって軽減するため、豪雨発生時の浸水の規模、プロセスを可能な限り精緻に数値予測する手法の構築に取り組んでいる。
- ▶ 地表面や河川、下水道、調節値等の情報を出来る限り正確にコンピュータの中に入れて街を再現し、そのうえでそれぞれの部分の流れを解いている。

### 2. 神田川流域における数値予測結果について

- ▶ まず、神田川の流域に 2005 年に実際に降った杉並の豪雨が全域に降った場合の浸水の計算結果について考察する。2000 年の東海豪雨を対照豪雨として検討している。
- ▶ 流域内の河川近傍のいくつかの地点において、河川の水が下水道の中に戻っていき、さらに水圧が上昇し逆流をおこして浸水する現象がみられる。
- ▶ 地上標高の低い地下河川に向かって水が集中する傾向にある。そのような範囲で幹線下水道と地上を結ぶ枝管路の薄い処理能力が十分でない地点があり、幹線下水道の能力を活かすことができず、深刻な浸水が発生する例が見られる。
- ▶ 下水道と都市河川が雨水吐きを介してつながっており、河川水位の上昇が進むとその影響は下水道にも及ぶ。この結果マンホール点において、河川からの逆流と上流からの水により地上で浸水が発生する。

### 3. XRAIN の豪雨データを用いた数値予測結果について

- ▶ 2014 年 6 月 29 日の XRAIN の豪雨データを入力値として用いた数値予測結果を示す。
- ▶ この数値予測結果でも、2005 年の杉並の豪雨を入力値として用いた場合と同様の地点で浸水が生じていることが示された。

### 4. 他の地域における数値予測結果について

- ▶ 現時点で東京都 23 区のうち 16 区に相当するエリアの浸水危険度の評価をほぼ終えている。
- ▶ これらのデータを今後 23 区全域に拡大し、被害軽減あるいは避難を活かしていくことを考えている。

### 5. 荒川・隅田川流域において越水が発生した際の数値予測結果について

- ▶ これまでの手法を用いて荒川・隅田川流域で越水が生じた場合の数値予測結果を示す。
- ▶ 200 年に一度の洪水流量の 35 パーセントの流量を越水させる。
- ▶ 越水初期の段階は、下水道の効果により破堤点の近くにいない限り避難は可能となるが、この状態が 2,3 日続くと下水道が無いに等しい状態となる。

### 6. 今後の展望

- ▶ 地下空間の浸水を予測する手法、あるいは避難を円滑に進めるための群集行動シミュレーション等は既に開発済みなので、今後水防法に照らして、都市の安全を確保していくために、こういうものが活用されていくとありがたいと思う。
- ▶ 現在、豪雨の予報が可能になることを前提として、これまで開発してきたモデルを用いて都

市浸水のリアルタイム予報の技術の開発を進めている。

以上

# 都市浸水予測技術による 豪雨時の神田川流域の雨水排除 と浸水危険度に関する評価

2015年6月11日

早稲田大学 理工学術院 関根 正人

早稲田大学 大学院

浅井 晃一・関根貴広

はじめに

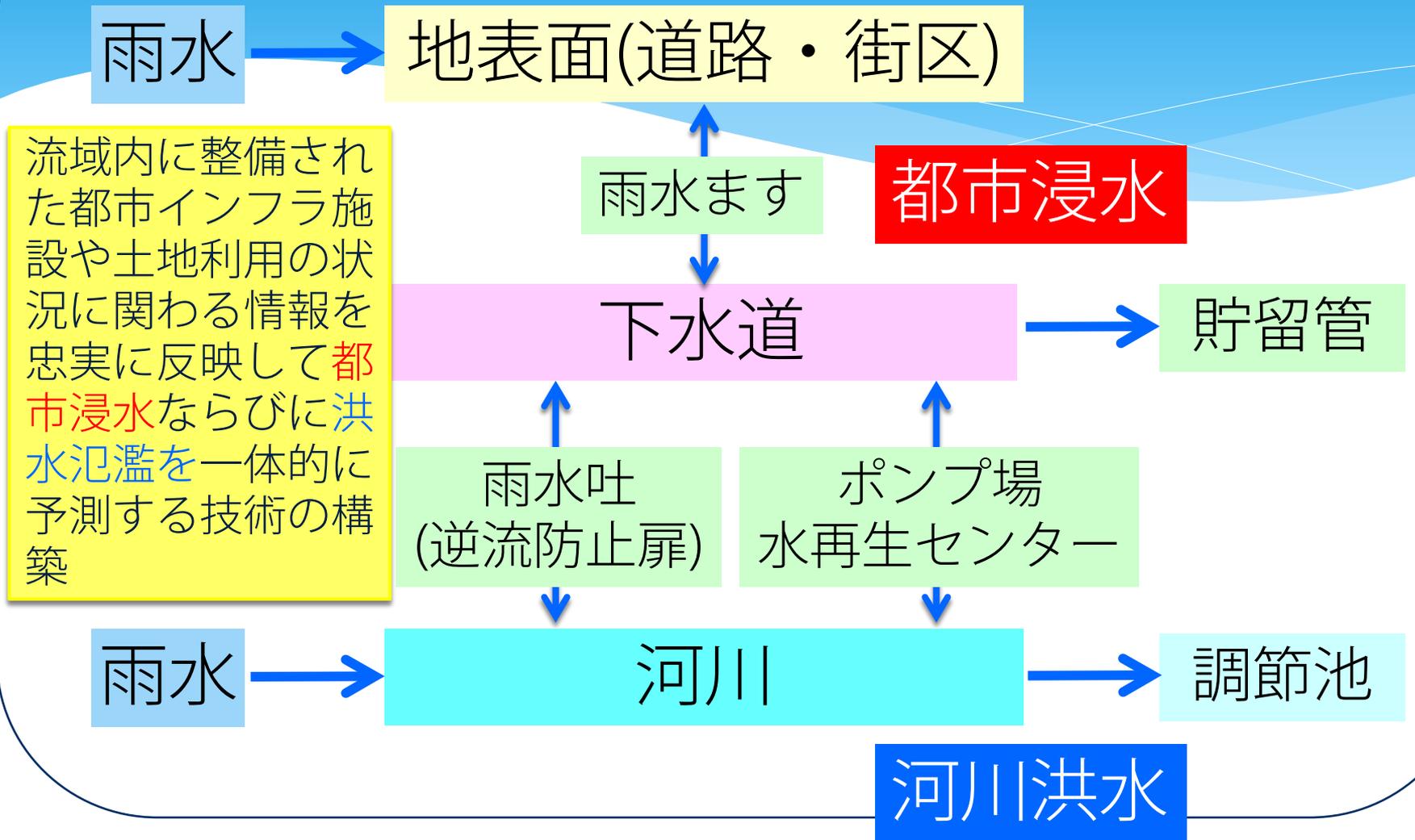
# はじめに (1)

- 近年，地球規模で進む気候の極端化と，ヒートアイランド現象の進行に伴って，東京などの大都市でも記録的な豪雨による被害が発生しています。
- 東京・大阪・名古屋などの大都市で浸水が発生した場合に最も注意しなければならないのは地下空間です。浸水が深刻化すれば人命に関わる事態にまでいたる可能性があるためです。
- このような豪雨に対して都市を守るためのインフラとして「下水道と都市河川」が整備されてきましたが，設計強度である50 mm/hを超える強い雨に対してまで有効というわけではありません。

## はじめに (2)

- 豪雨の制御ができないとしても、事前の準備によって被害を軽減することを考えるべきです。
- 近年、豪雨発生時の浸水の規模やプロセスを可能な限り精緻に数値予測する手法の開発が進められ、ようやく完成の域に達してきたと見ています。この手法によれば、浸水被害軽減対策の検討・避難誘導のタイミングの判断・新たなインフラの計画・設計などを行う上で有益な科学的根拠となる情報が得られるはずで
- 「都市浸水の数値予測」を行う上で極めて重要なことは、浸水が発生する物理プロセスのすべてを同等の精度で現実に即して合理的に解くことと考えています。

# 都市河川流域の雨水の流れ



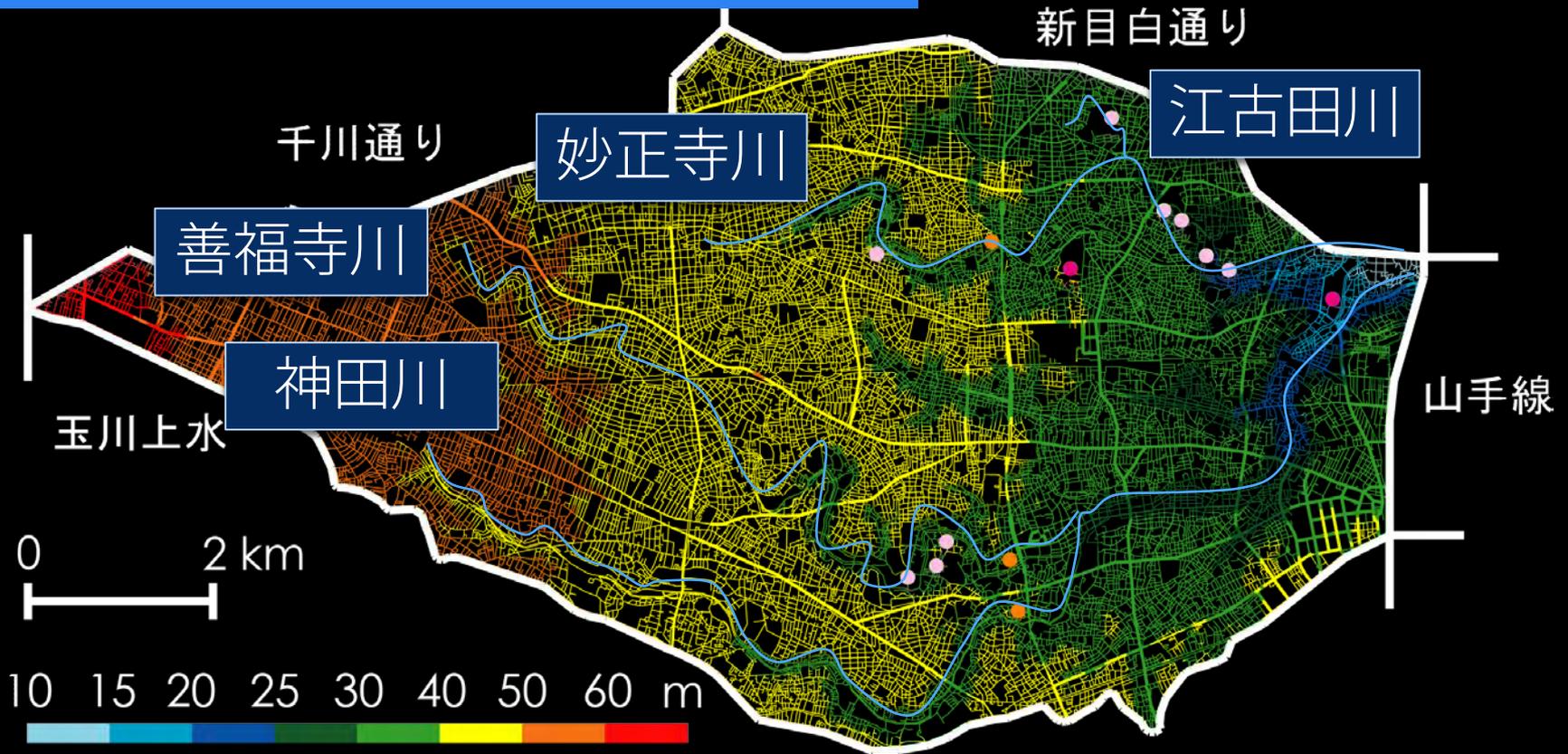
# 都市浸水の数値予測

- 筆者による予測手法は、大都市域に実在するインフラ施設（道路・下水道・都市河川・地下空間）についての詳細なデータをすべて入力した上で、水理学の基礎原理（連続式と運動方程式）のみに基づいて、その流れを一体的に解こうとするものです。これは現時点で考え得る最も精緻で信頼性の高い予測技術と考えられます。
- この手法によれば「都市河川の洪水氾濫」や道路下に開発された「地下空間の浸水」についても同時に計算することができます。
- 新たな「水防法」のもとで安全な都市空間を創造していく上での基本ツールとなる技術と考えており、今後の活用をご提案申し上げたいと思います。

# 神田川流域の概要と対象降雨

# 地表標高

●・● 調節池 ● 水再生センター



## ○区域規模

総面積：70km<sup>2</sup>  
道路線：59876  
下水管：69809

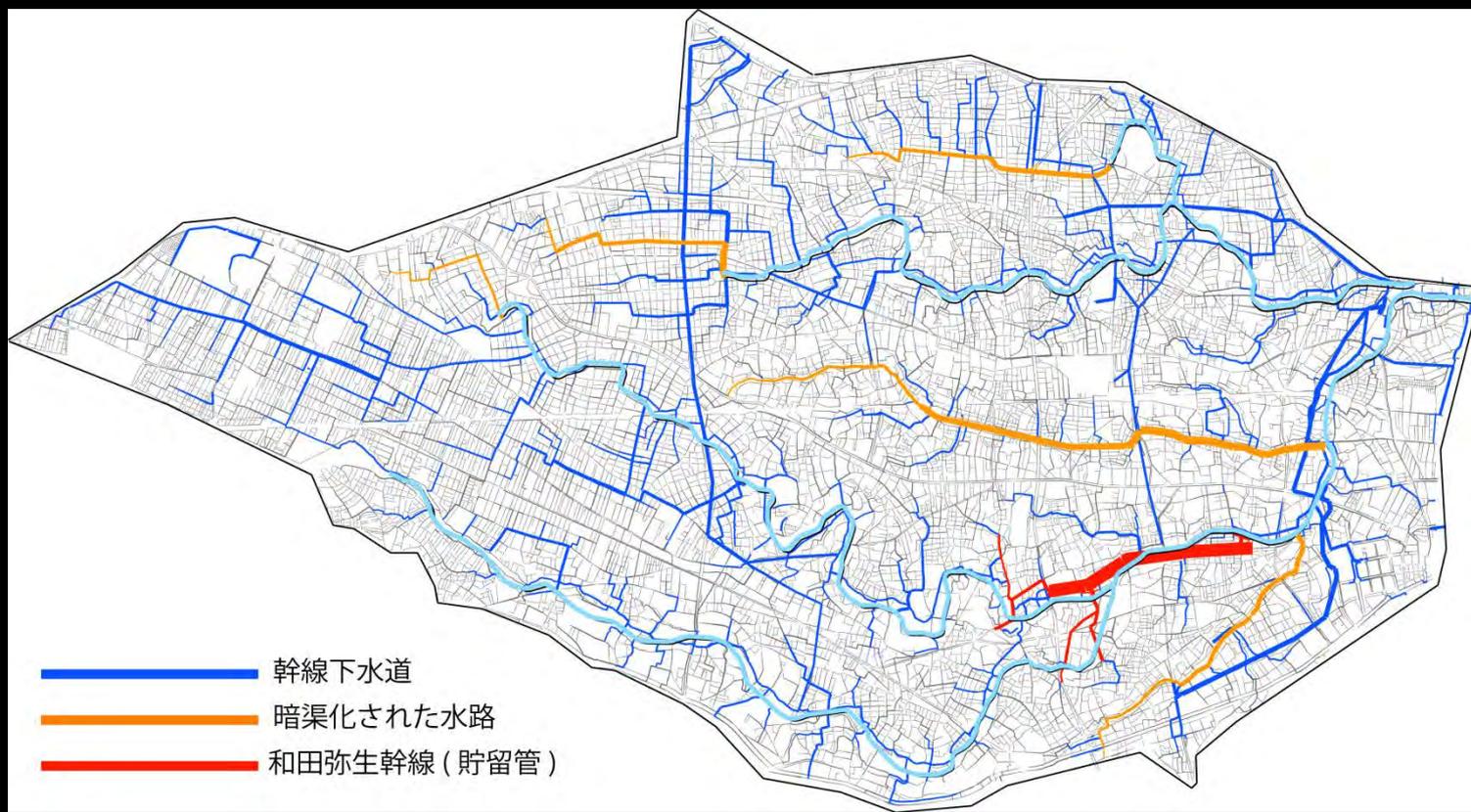
## ○区域設定

神田川流域の内，山手線以西の全域を含む．流域面積の70%がこの区域に該当する．

## ○杉並豪雨

浸水面積は1.26km<sup>2</sup>，家屋の浸水は3500件，浸水面積は過去30年間で最大となった．

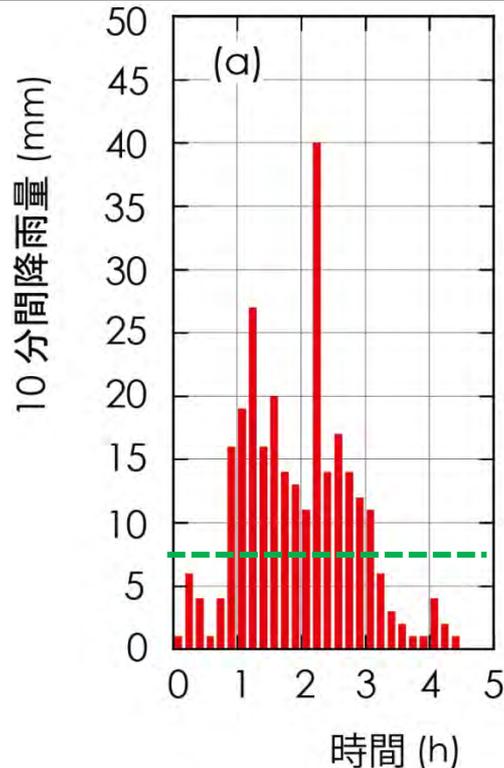
# 下水道ネットワーク



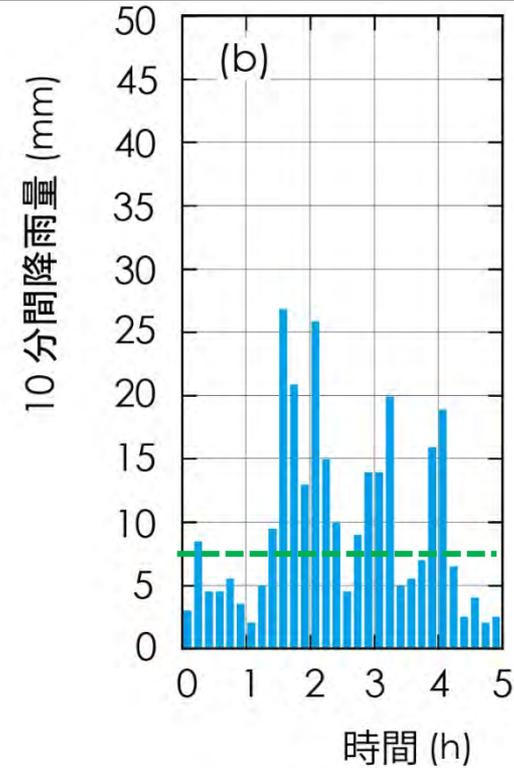
区域内に降った雨水は下水道を通じて河川へと運ばれ，最終的には隅田川へと流下する．このため幹線下水道が河川に垂直に接続しており，神田川と善福寺川の合流点付近には**和田弥生幹線**という貯留管も整備されている．さらに，河川沿いには**環七地下調節池**などの調節池が多数整備されている．

# 対象とする豪雨

## 杉並豪雨(2005)



## 東海豪雨(2000)



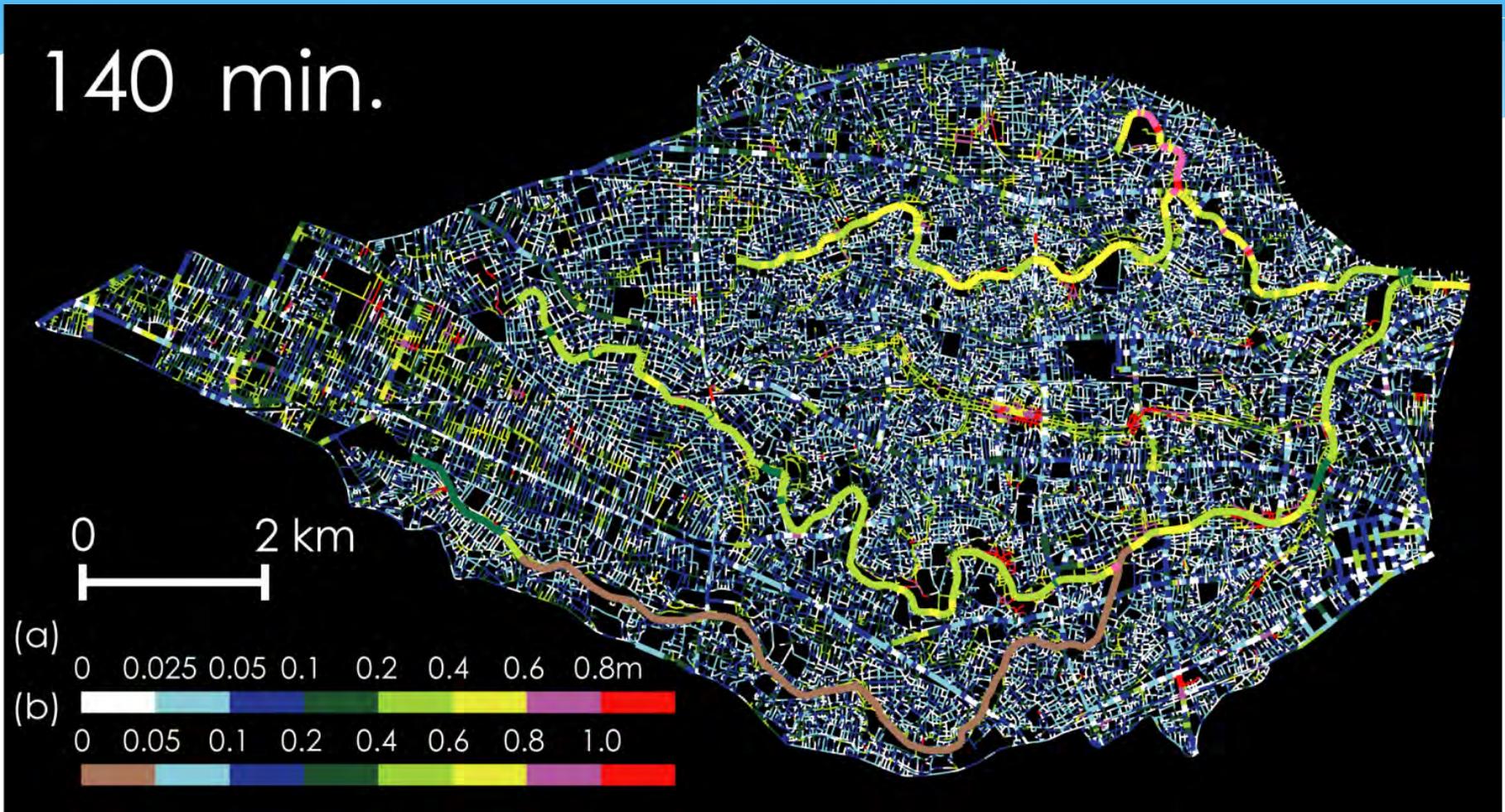
下水道の  
設計降雨強度  
50mm/h

- 豪雨のコア部分に注目すると、両者は同等の規模の豪雨と言える。
- 区域内全域にわたって杉並豪雨相当の雨が降り続いたと想定し、そのときに発生する浸水・氾濫現象に注目する。

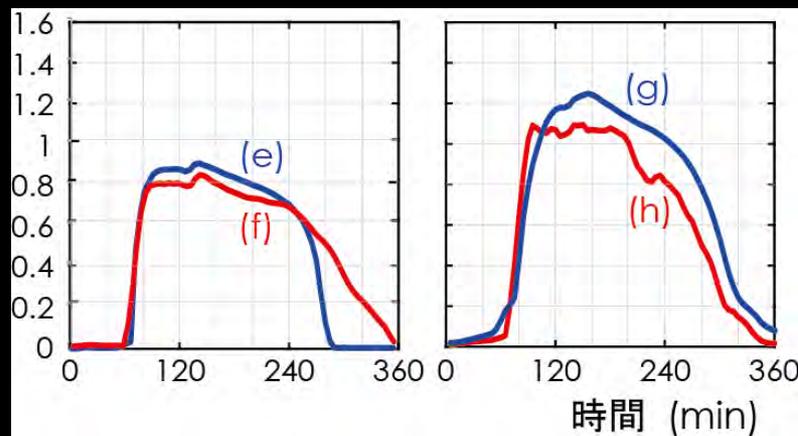
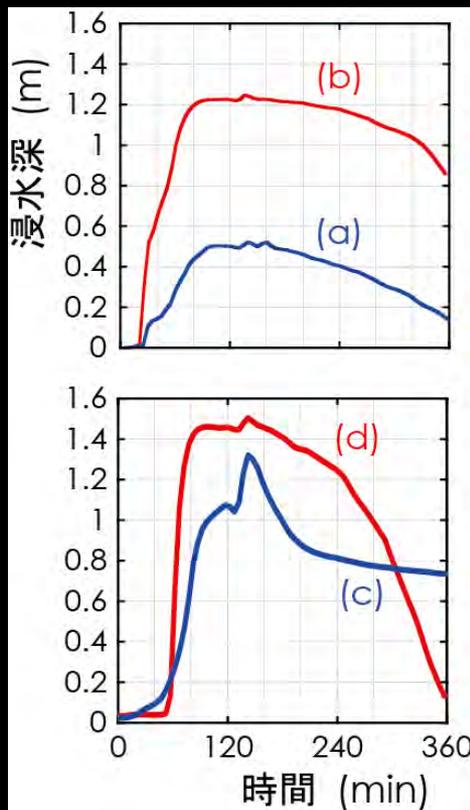
# 杉並豪雨を対象とした 神田川流域の浸水危険度の評価

# 神田川上流域の浸水危険度評価結果

140 min.

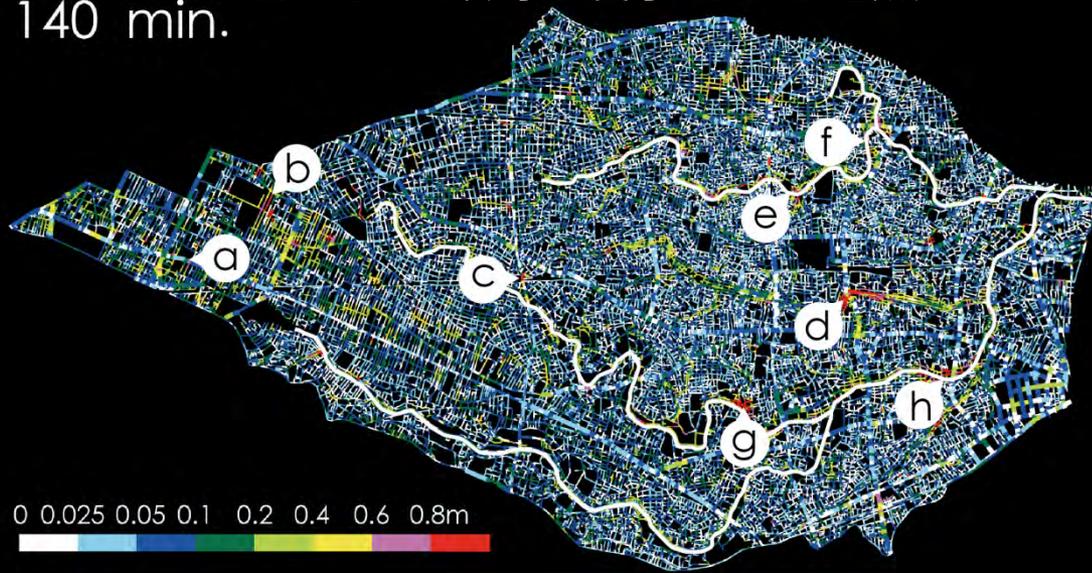


# 当該地点で浸水が進行するプロセス



河川の水が下水道内に逆流することにより深刻な浸水となる地点.

140 min.



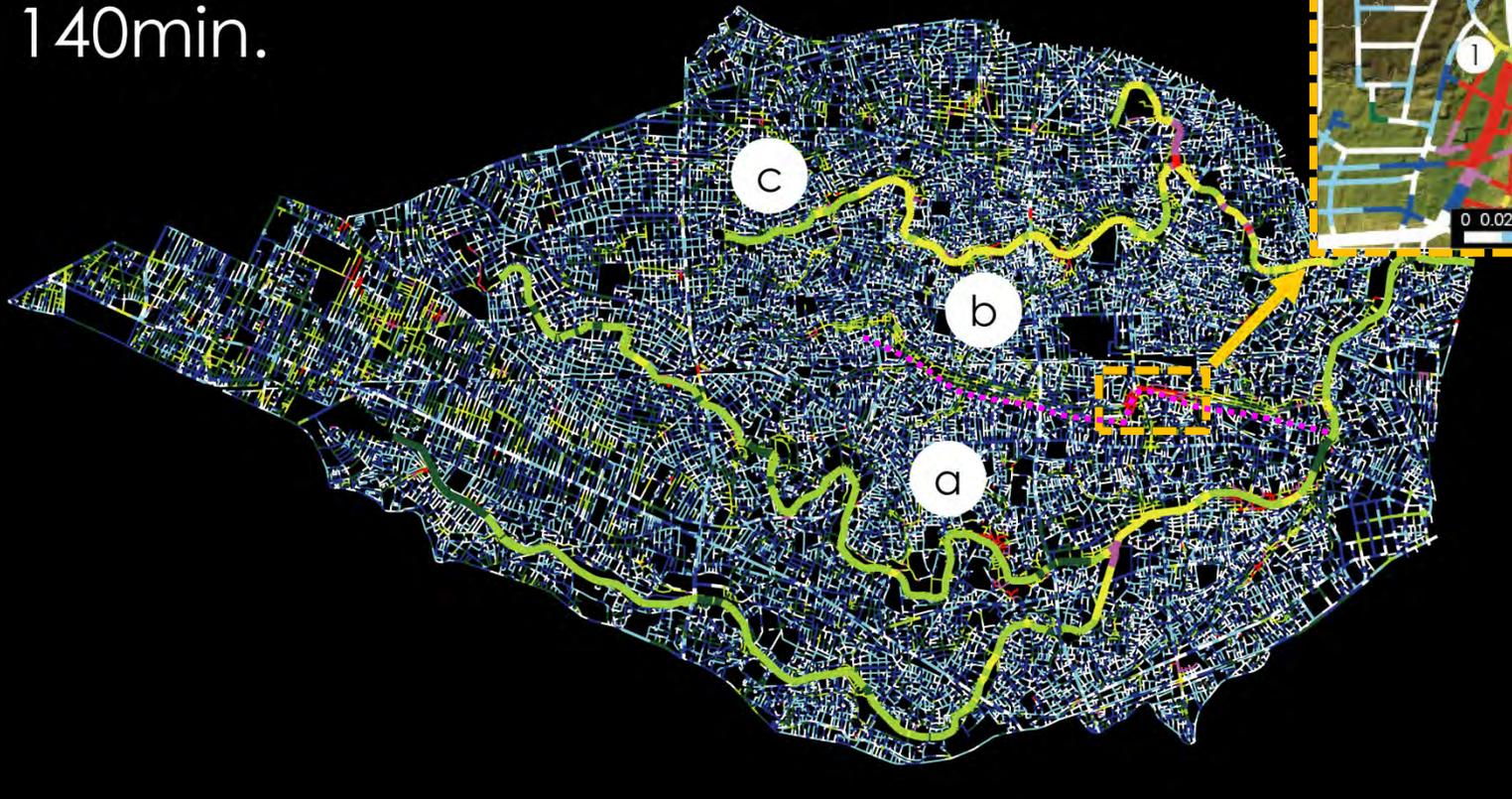
雨水が集中してくる窪地に位置し、下水道によりその水を排除できないために浸水が深刻化する地点

# 桃園川幹線下水道周辺エリアにおいて 浸水が深刻化するメカニズム

- 都内にはかつての河川を暗渠化して幹線下水道に置き換えた箇所が少なくない。このようなエリアでは、一般に地表標高が周囲より低くなっている。
- 雨水はこのような窪地状の地形に集まる傾向があるが、この水を幹線下水道へと運ぶ役目を担うのは枝管路です。
- 下水道の枝管路の雨水処理能力が十分でないと、**幹線下水道の能力を活かすことができず**、結果として深刻な浸水が発生します。このことを実例を挙げて説明しました。

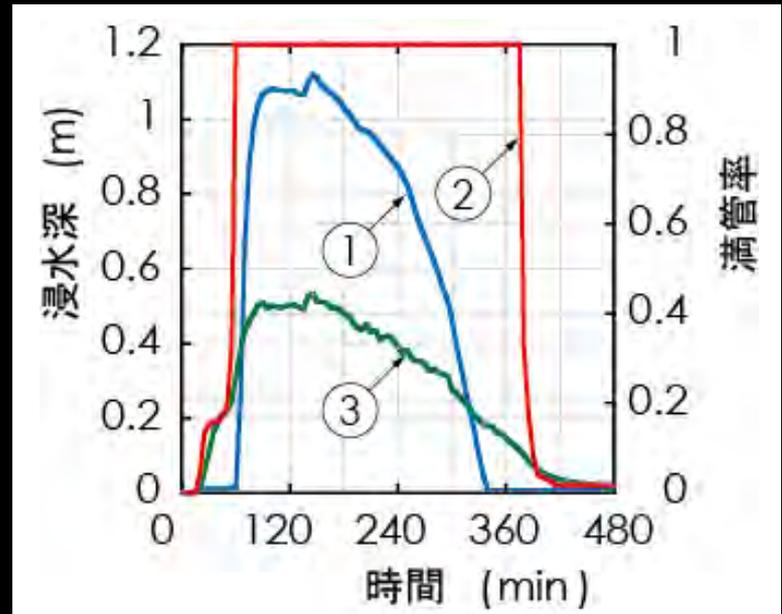
# 桃園川幹線下水道の直上に位置するエリア で浸水が深刻化するメカニズム

140min.



注目する道路点①における浸水深ハイドログラフとManhole点②③における満管率ハイドログラフ

② 枝管路, ③ 幹線下水道



道路浸水深のコンター図

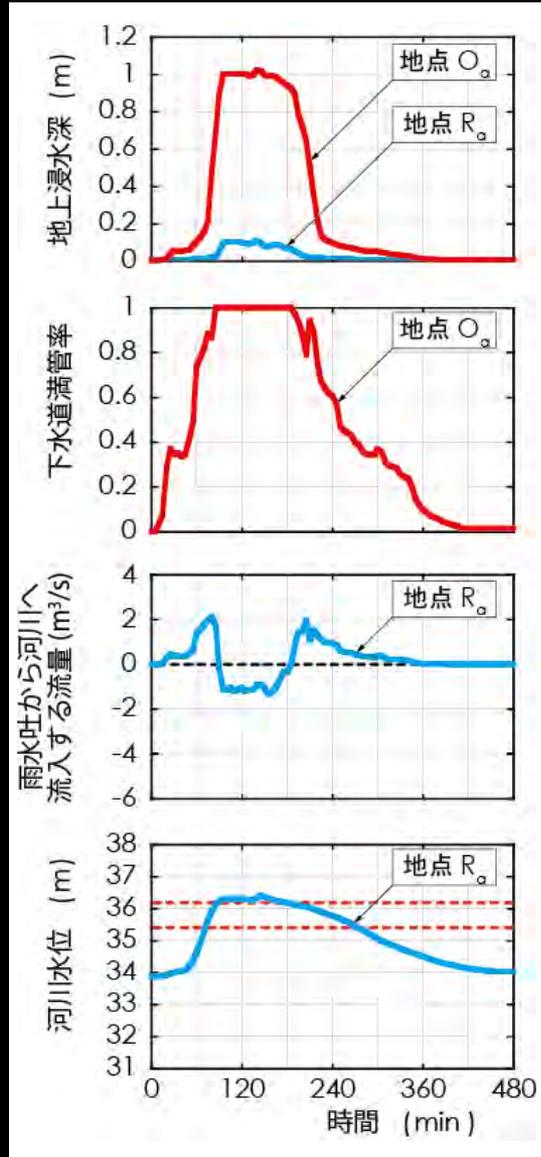
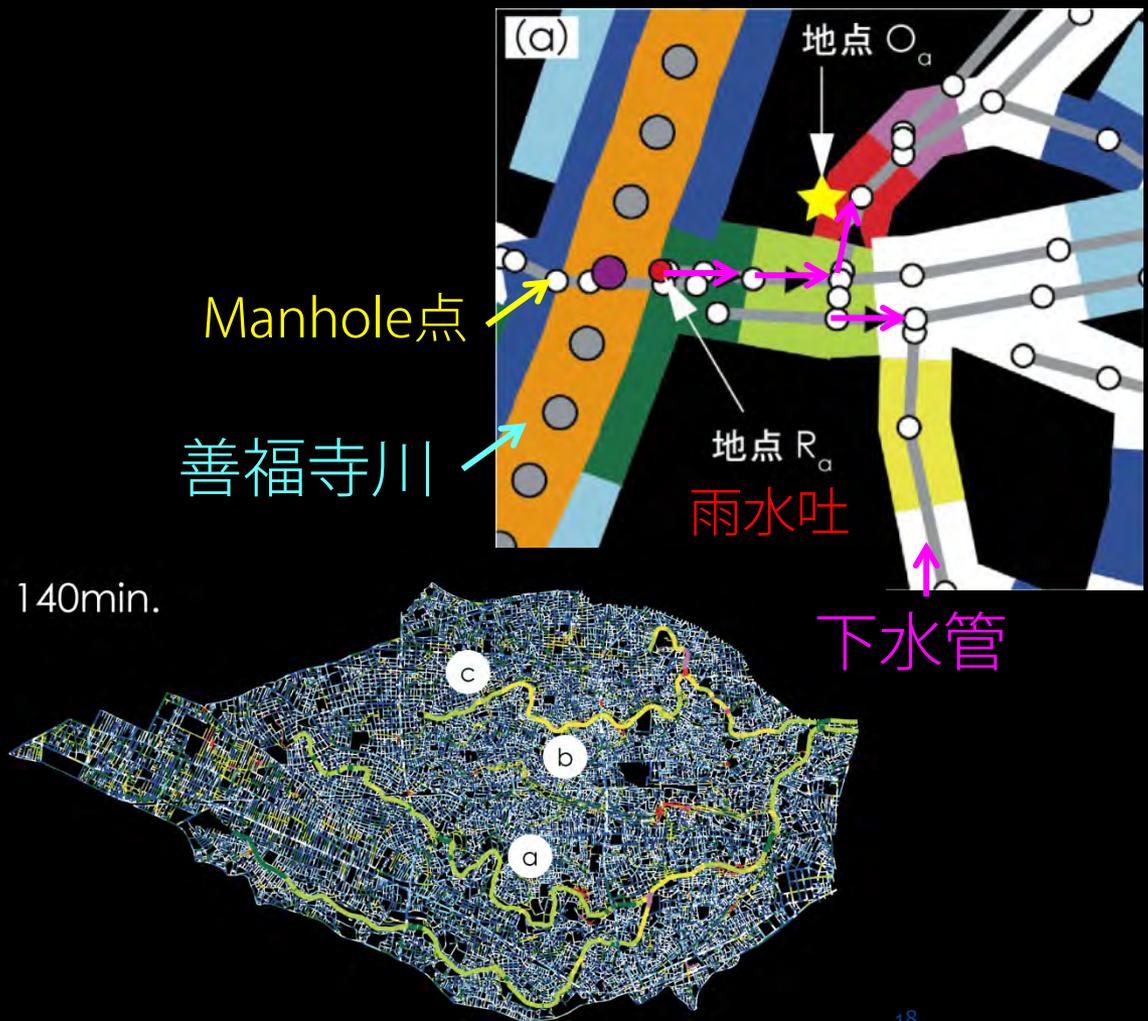


下水道満管率コンター図

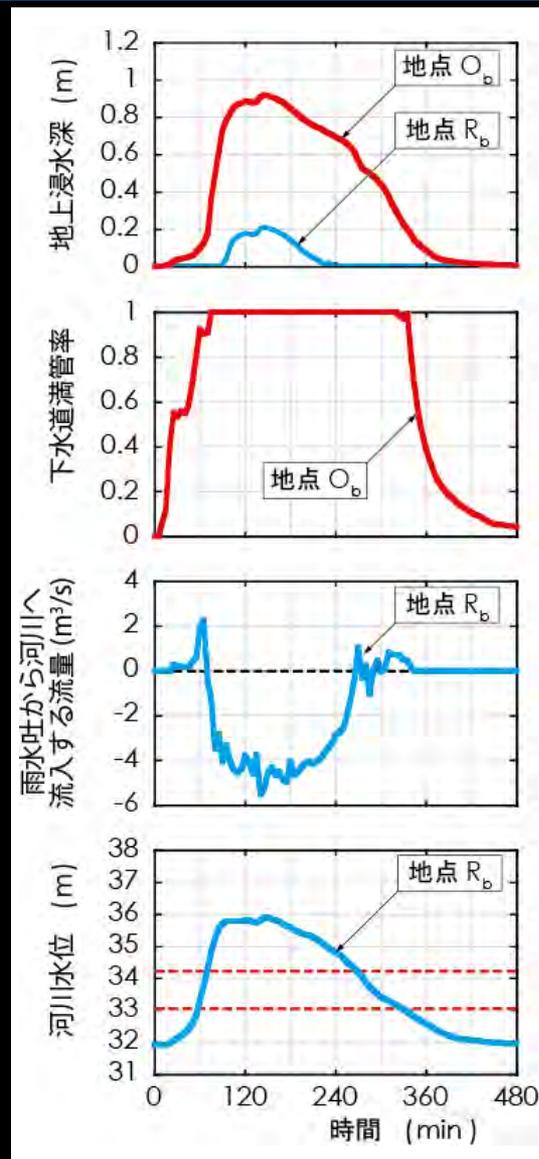
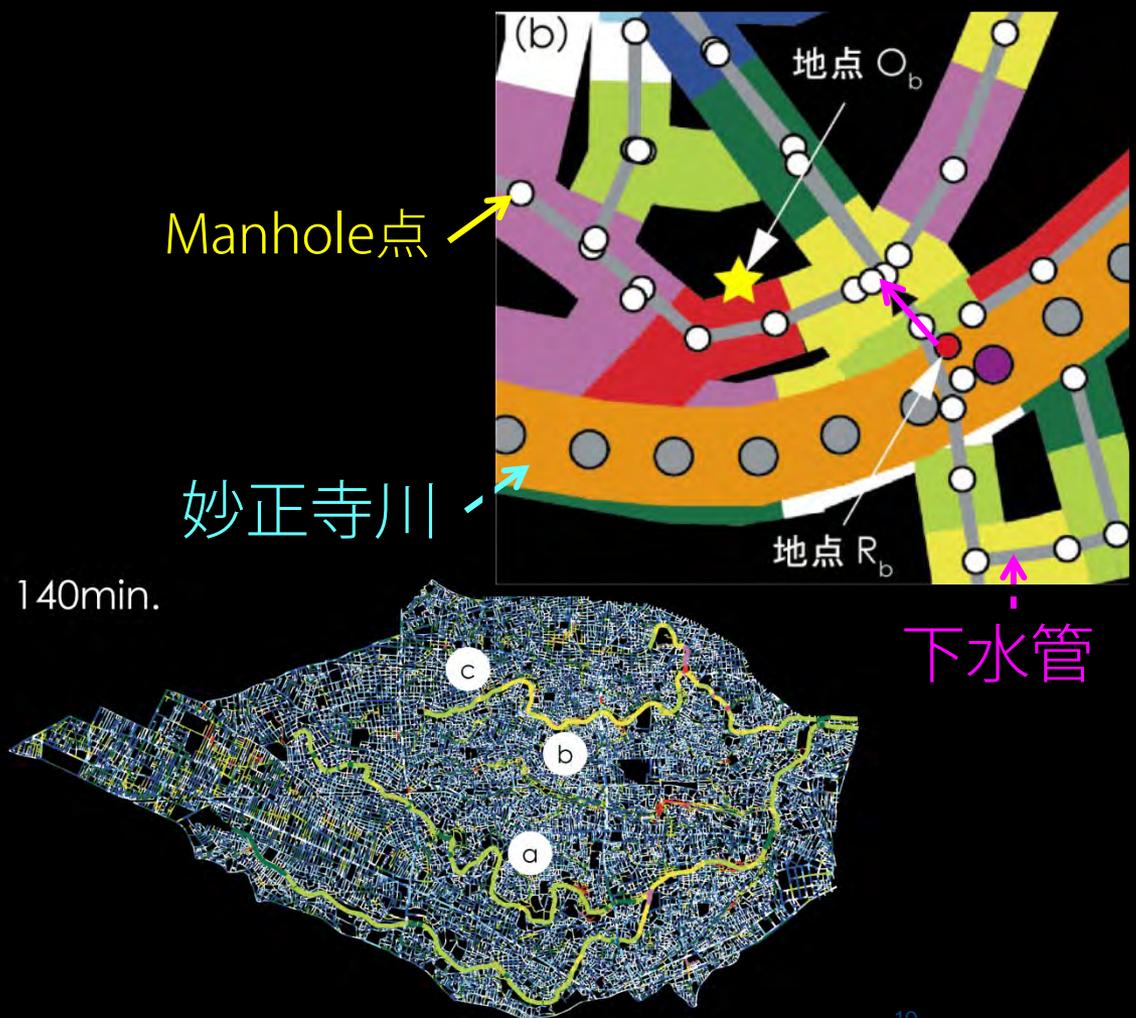
# 河川から下水道への逆流の影響

- 下水道と都市河川とは雨水吐を介してつながっているため、河川の水位上昇の影響は顕著な形で下水道内の水の流れに現れてくることとなります。
- すなわち、都市河川の水位が雨水吐の設置高さを超えるようになると、河川から下水道内に向かう流れが発生するようになります。これが顕著になると、逆流してきた水が雨水ますを經由して地上にあふれ出すようになるため、深刻な浸水が発生することとなります。
- 都市河川からの越水が生じなくても、河川周辺のエリアを中心に顕著な浸水が生じるのはこのためです。この点も実例を挙げて説明しました。

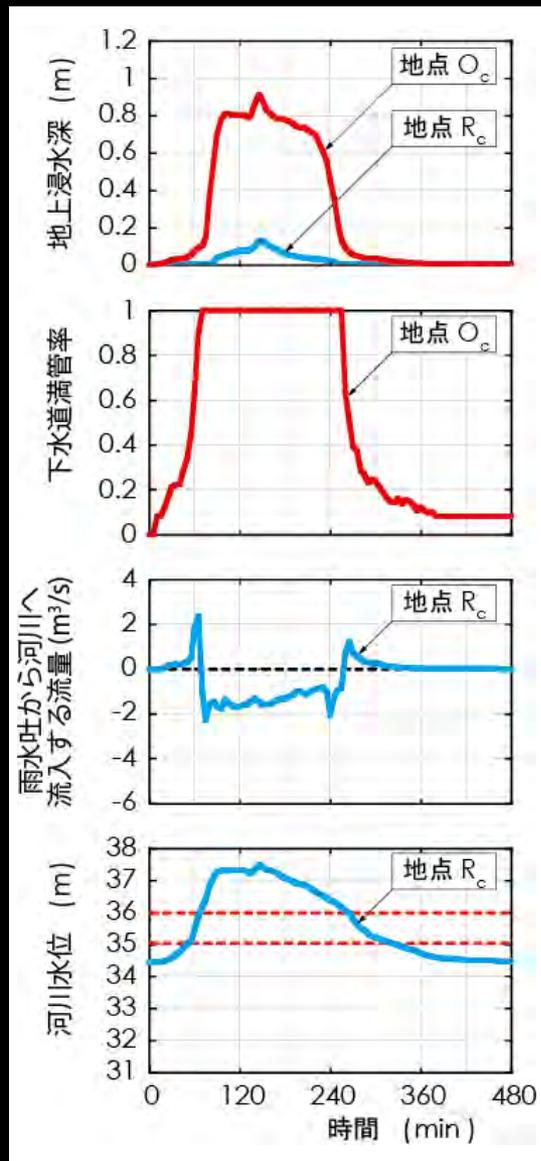
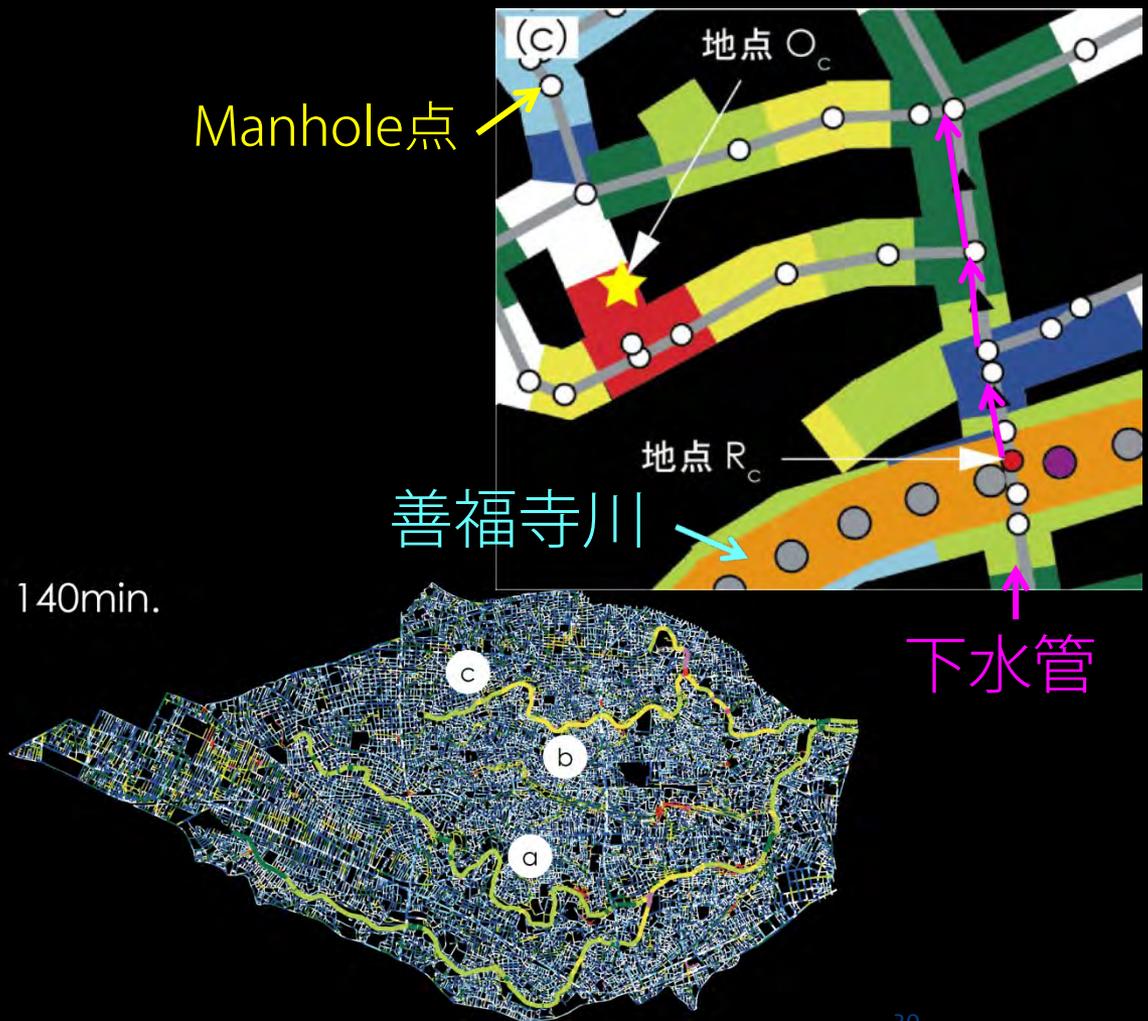
# 浸水が深刻化するメカニズム ～河川からの逆流～ (a)



# 浸水が深刻化するメカニズム ～河川からの逆流～ (b)



# 浸水が深刻化するメカニズム ～河川からの逆流～ (c)



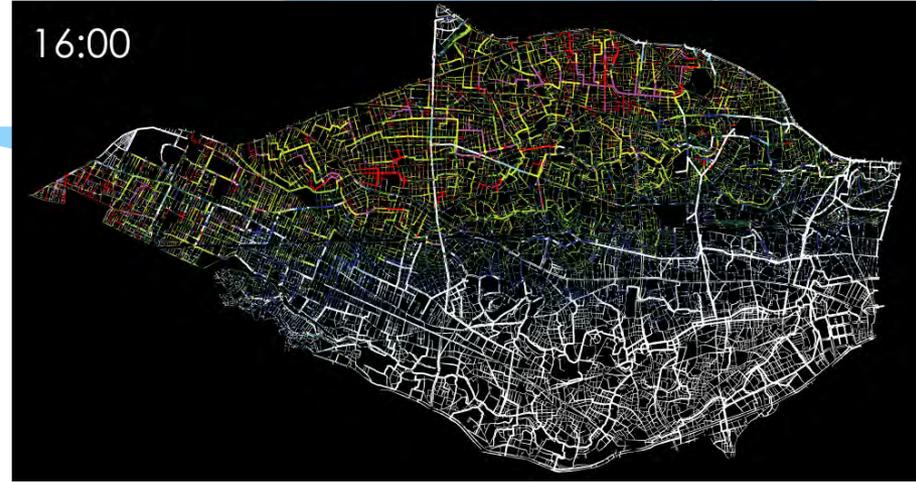
X-RAINによる豪雨データを入力値  
とした神田川流域の浸水再現計算  
(2014年06月29日 豪雨)

# X-RAINによる降雨強度

15:45



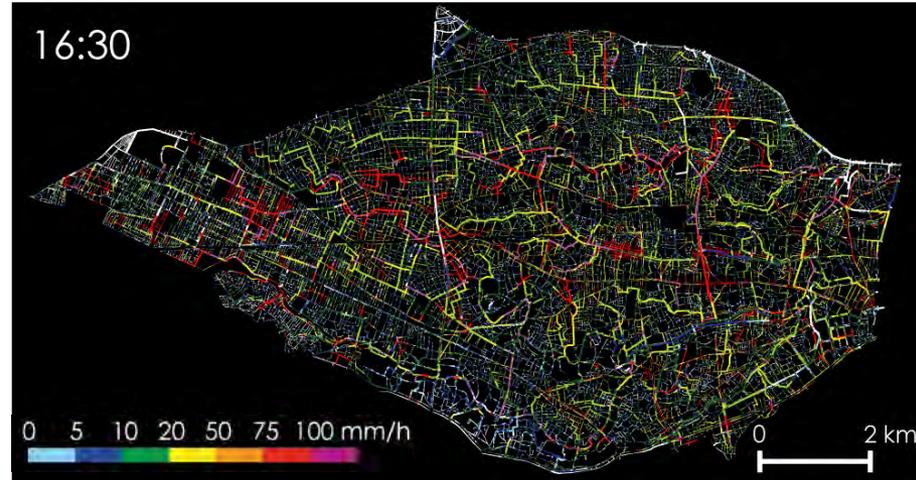
16:00



16:15



16:30



# 地上浸水深

16:45



豪雨時に生じる最も深刻な浸水の状況

# 地上浸水深

16:45



豪雨時に生じる最も深刻な浸水状況

- 雨雲が区域中央を通過してから20分後となる時刻が16:45である.
- 本予測によれば、広域にわたる浸水にはならないが、一部エリアで深刻な浸水が発生するとの結果になった.
- 同エリアでは、当時、実際に同程度の浸水があったとされている.

荒川からの越水を想定した  
東京東部低平地の外水氾濫解析  
—東京が抱える大規模浸水の危険度の評価—

# 荒川からの越水を想定した外水氾濫予測

- 荒川の河口から約7.5km地点を越水地点とした解析の結果を一例として示します. この地点は, 荒川が旧中川と接続する地点(木下川排水機場)の直上流側に当たります.
- 「200年に一度発生する洪水」の流量  $14,000\text{m}^3/\text{s}$  の36%に相当する  $5,000\text{m}^3/\text{s}$  の水が数時間にわたって越水するとしました. なお, この間, 排水機場のポンプによる荒川への排水は行わないものとしています. また, 扇橋閘門も北十間樋門も閉じた状態であるとしています.
- ただし, この間は無降雨としました.

地上浸水深

下水道満管率

60 min

想定越水地点

0.25 0.50 1.00 1.50 2.00 2.50 (m)

0.1 0.25 0.5 0.75 1.0 1.5 2.0 (m)

0.05 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

地上浸水深

下水道満管率

120 min

想定越水地点

0.25 0.50 1.00 1.50 2.00 2.50 (m)

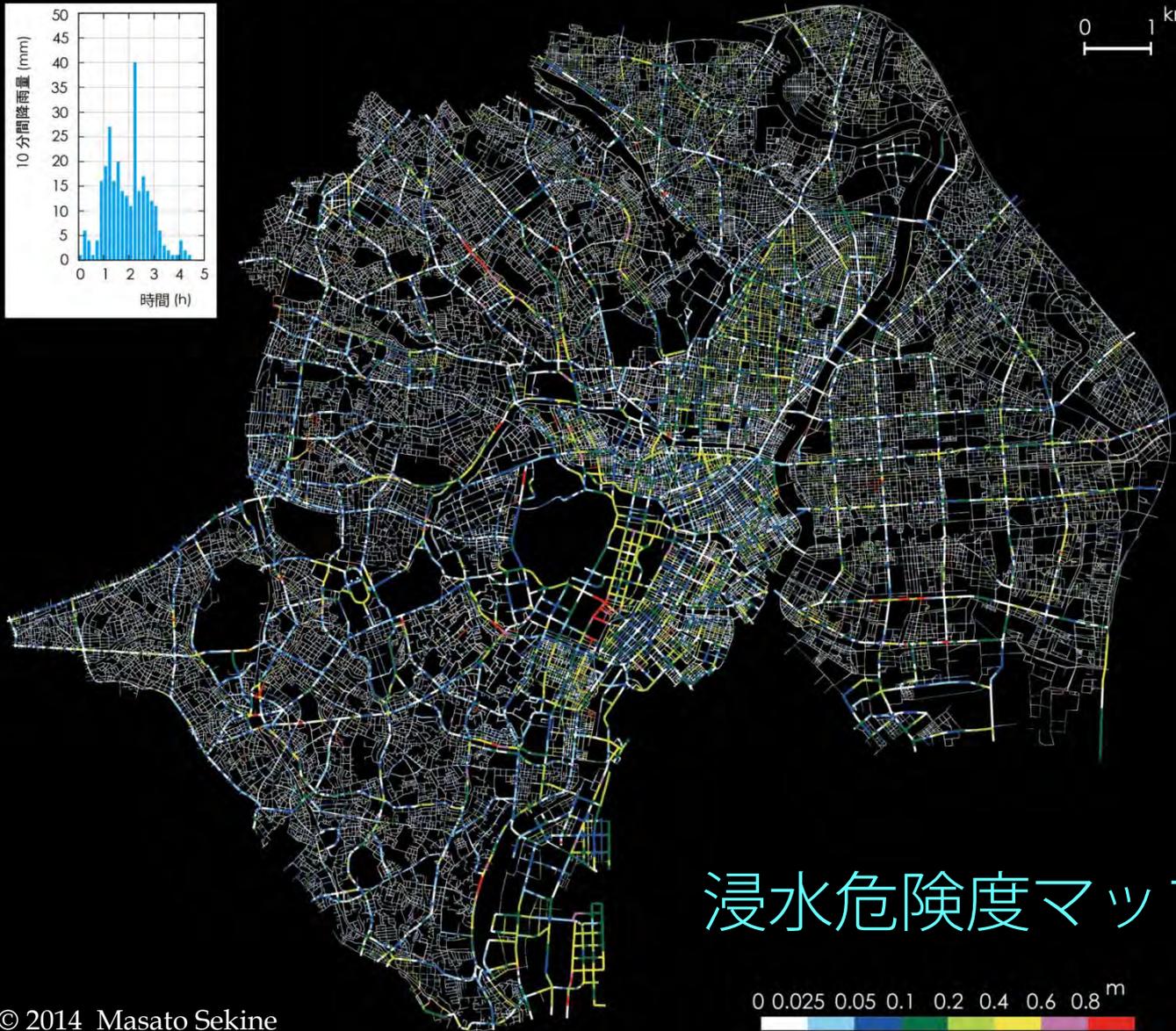
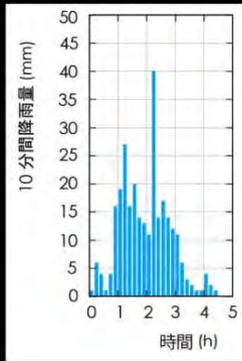
0.1 0.25 0.5 0.75 1.0 1.5 2.0 (m)

0.05 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

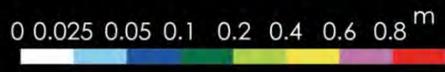
# 今後に向けて

# 現在の進展状況

- これまで、検証に使える実測データとの比較検討を通じて、予測手法の妥当性と精度の検証を行ってきました。今後は実測データがさらに蓄積されていく必要であり、あわせてより厳密な意味での精度検証をしていきます。
- 2014年度末の時点で東京都23区の中の16区に相当するエリアの浸水危険度の評価が済み、今後の浸水予測が可能な段階にきています。このうちJR山手線以西の神田川流域と古川・渋谷川流域を含む東京都心部の浸水危険度マップを示します。現在、最終チェックの途上にあることから、一部が修正される可能性があります。



# 浸水危険度マップ



Copyright © 2014 Masato Sekine  
All Rights Reserved.

## 当研究室のその他の取り組み

- 今後に残されているのは、荒川の東側のエリア(江戸川区・葛飾区・足立区など)と目黒川の西側のエリア(品川区・大田区・目黒区・世田谷区)のみとなりました。
- このほか、地下空間の浸水を数値予測するための手法や、浸水時の利用者の避難誘導経路を見出すための群集行動シミュレーション手法の開発も済んでおり、実空間に適用した検討も行っています。これらの結果は地下空間管理者にお知らせしており、具体的な被害軽減対策に活かされています。

おわりに

# おわりに (1)

- 本研究では、「杉並豪雨」相当の雨を対象とし、流域内の地上・下水道ならびに河川における水の流れを一体的に計算することにより、東京都23区内の主要なエリアが抱える浸水リスクについて明らかにしました。
- さきほどご覧いただいた浸水・氾濫に関する予測結果は、従来の浸水ハザードマップに代わる「浸水リスク情報」であり、これまでのものに比べてはるかに精緻で確からしいものと考えます。

## おわりに (2)

- この予測手法によれば、「高度に都市化された区域」における浸水 (地下浸水を含む)の状況を知ることができます。今後の被害軽減について考える上で有益なツールであるほか、計画策定上必要となる科学的根拠を与えるものと言えます。
- 想定される豪雨の情報さえ与えれば、「都市浸水」はもはや科学的に解くことのできる問題(現象)になったと考えています。

## おわりに (3)

- 「豪雨予報」については現在急ピッチで研究が進んでいると伺っています。この動きと並行して、我々としては、豪雨情報を入力値とした都市浸水のリアルタイム予報を可能とするシステムの開発を進めています。2020年の東京オリンピック・パラリンピックまでに実現したいと考えています。行政をはじめとした皆様には、この技術をいかに活用するのか、予報の結果をいかに市民・住民に届けていくのがよいか、一緒に考えていただきたいと思っています。

# 関連する文献リスト

関根正人：「住宅密集地域を抱える東京都心部を対象とした集中豪雨による内水氾濫に関する数値解析，土木学会論文集B1(水工学) Vo.67, No.2, 70-85, 2011.

関根正人：「局地的な集中豪雨による浸水被害とその軽減対策」，下水道協会誌，Vol.48, No.584, 4-6, 2011.

関根正人，佐藤裕隆，和田祐樹：住宅密集地を対象とした集中豪雨時の浸水氾濫過程に関する数値解析，第50回下水道研究発表会講演集，208-210，2013.

関根正人，浅井晃一，古木 雄：「X バンドMP レーダによる降雨データを用いたリアルタイム浸水予測に向けた試み」，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.70, No.4, I\_1423-1428, 2014.

関根正人，池田 遼：「東京東部低平地を対象とした浸水・氾濫の数値予測」，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.70, No.4, I\_1429-1434, 2014.

関根正人・浅井晃一：「神田川流域を対象とした豪雨により浸水・氾濫に関する数値予測」，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.71, No.4, I\_1429-1434, 2015.

以上