

# 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

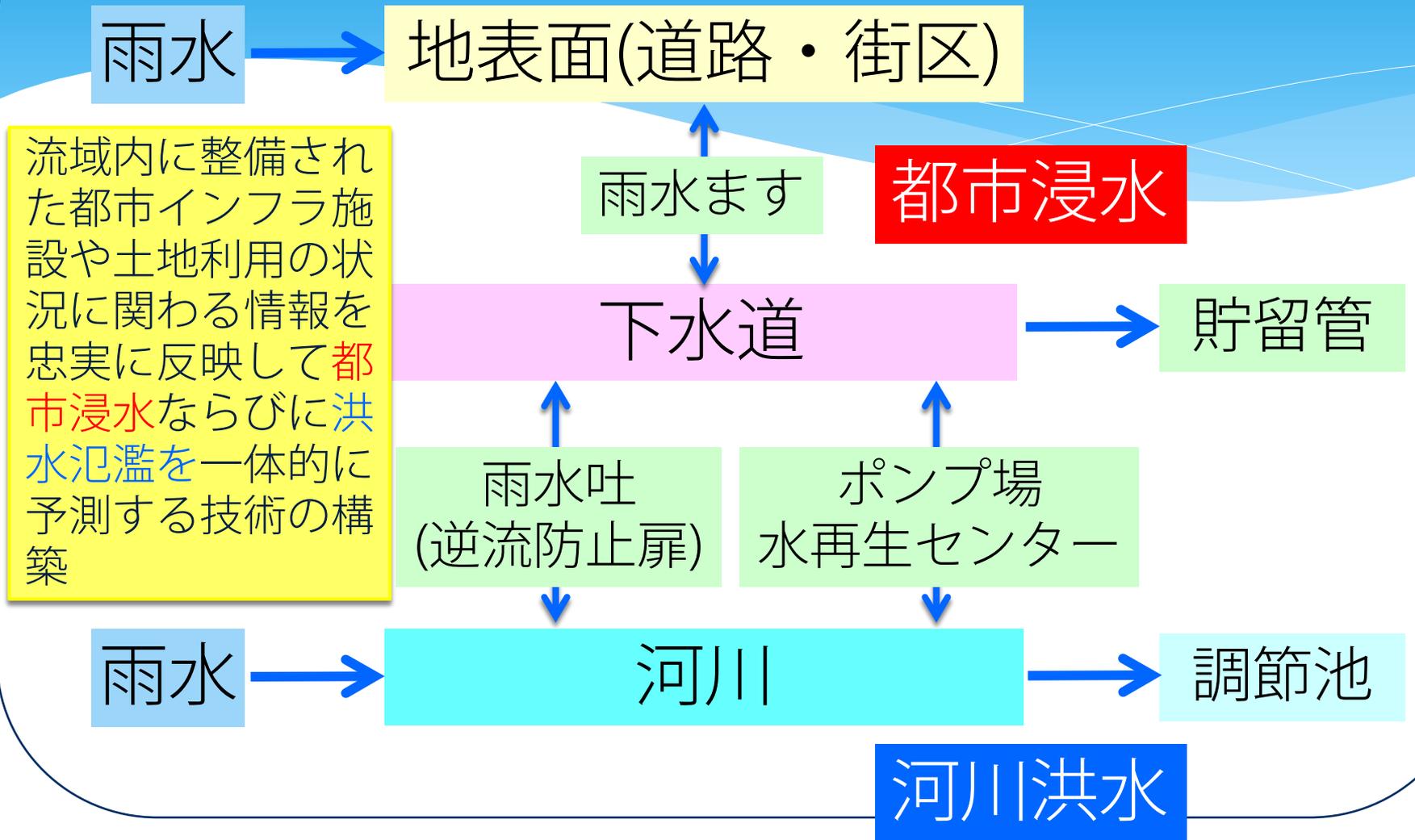
# はじめに (1)

- 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ります。
- 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



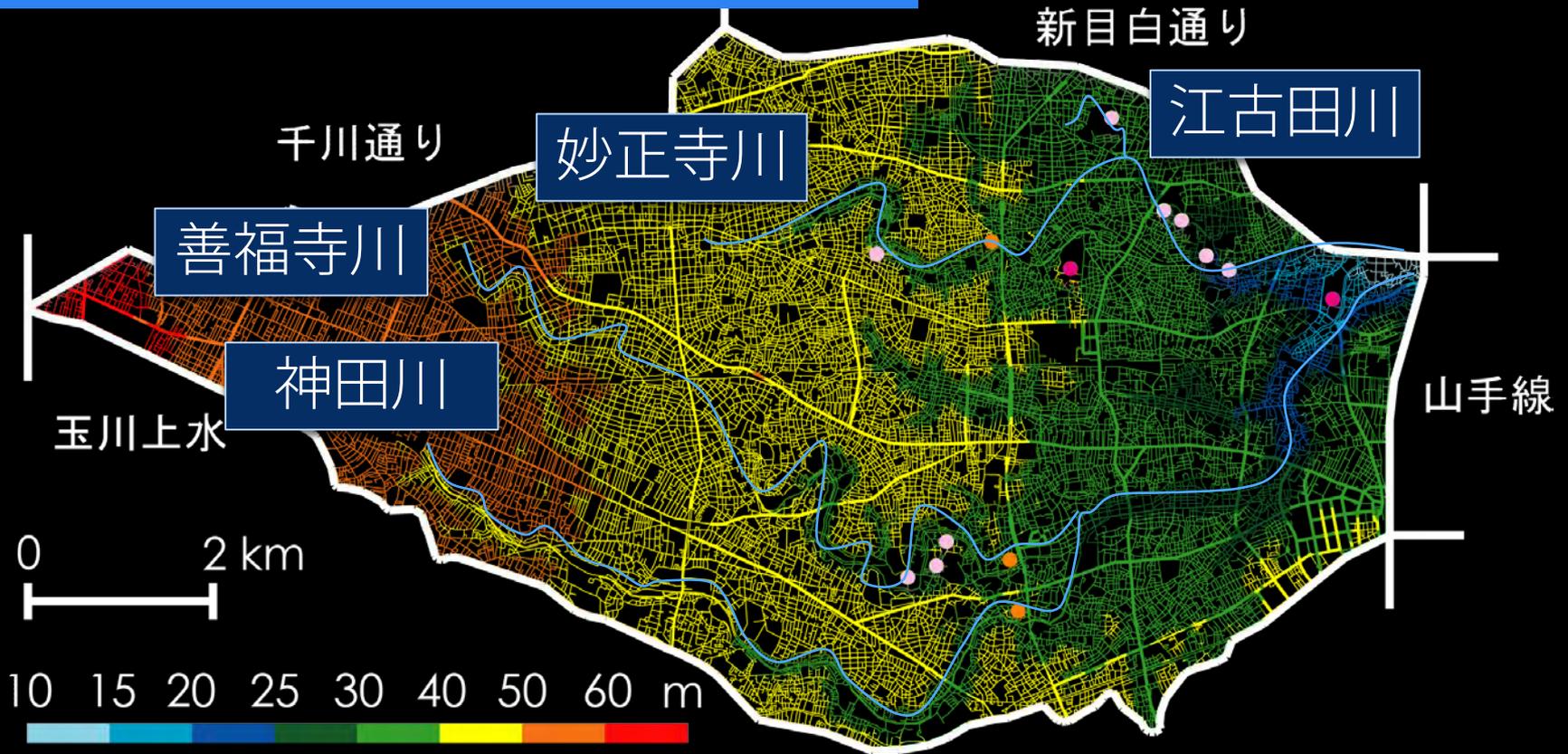
# 都市浸水の数値予測

- 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

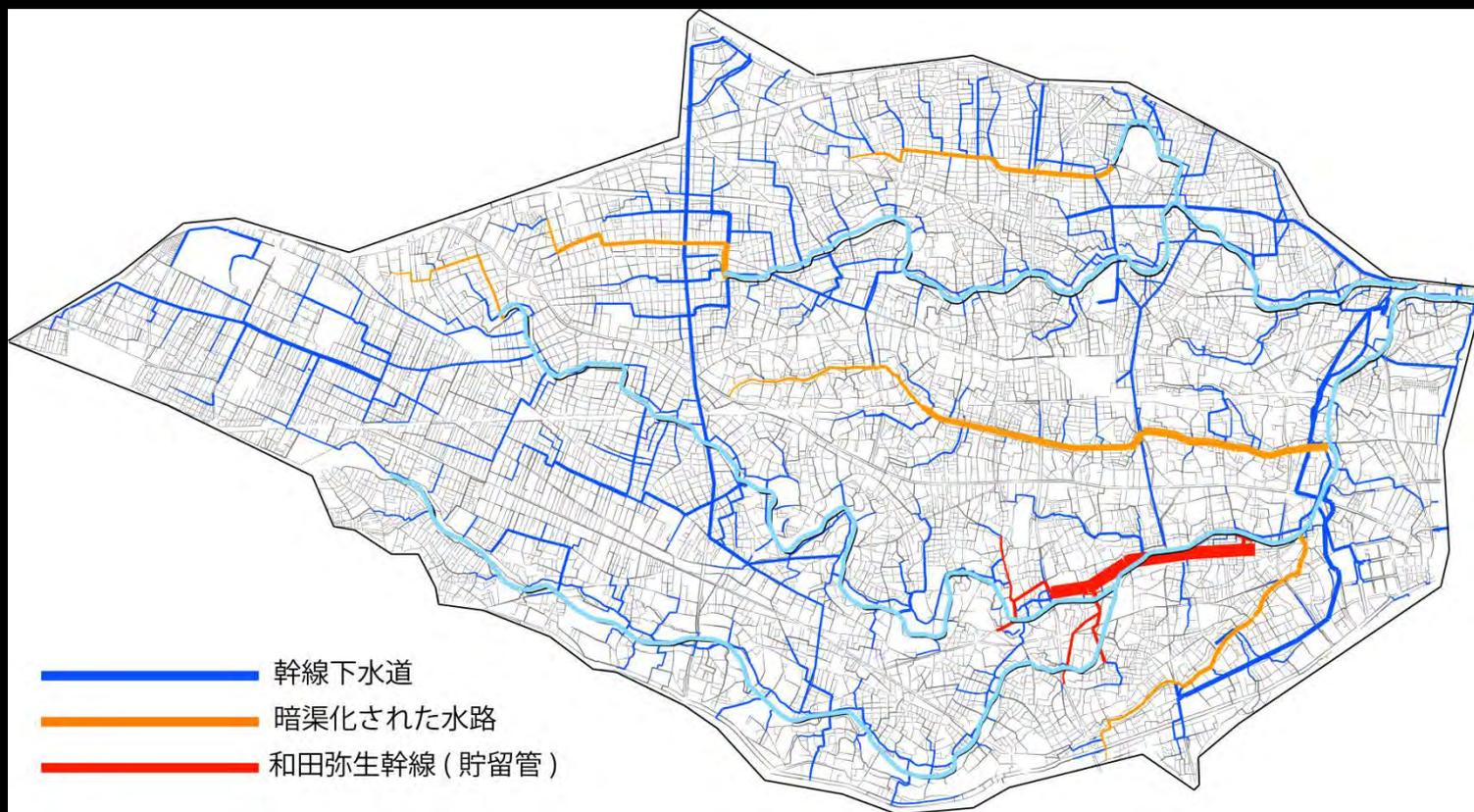
## ○区域設定

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．

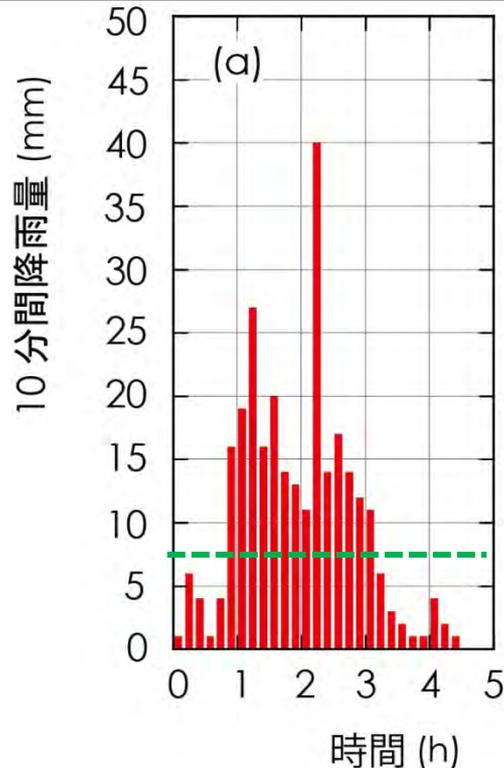
# 下水道ネットワーク



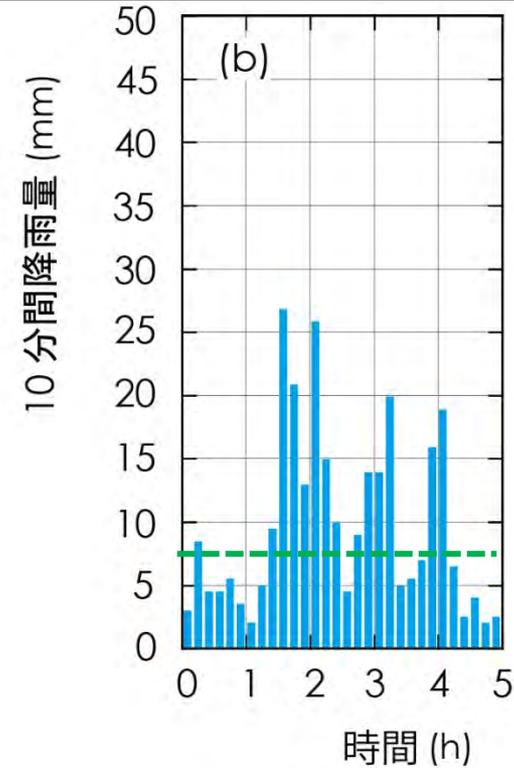
区域内に降った雨水は下水道を通じて河川へと運ばれ，最終的には隅田川へと流下する．このため幹線下水道が河川に垂直に接続しており，神田川と善福寺川の合流点付近には**和田弥生幹線**という貯留管も整備されている．さらに，河川沿いには**環七地下調節池**などの調節池が多数整備されている．

# 対象とする豪雨

## 杉並豪雨(2005)



## 東海豪雨(2000)



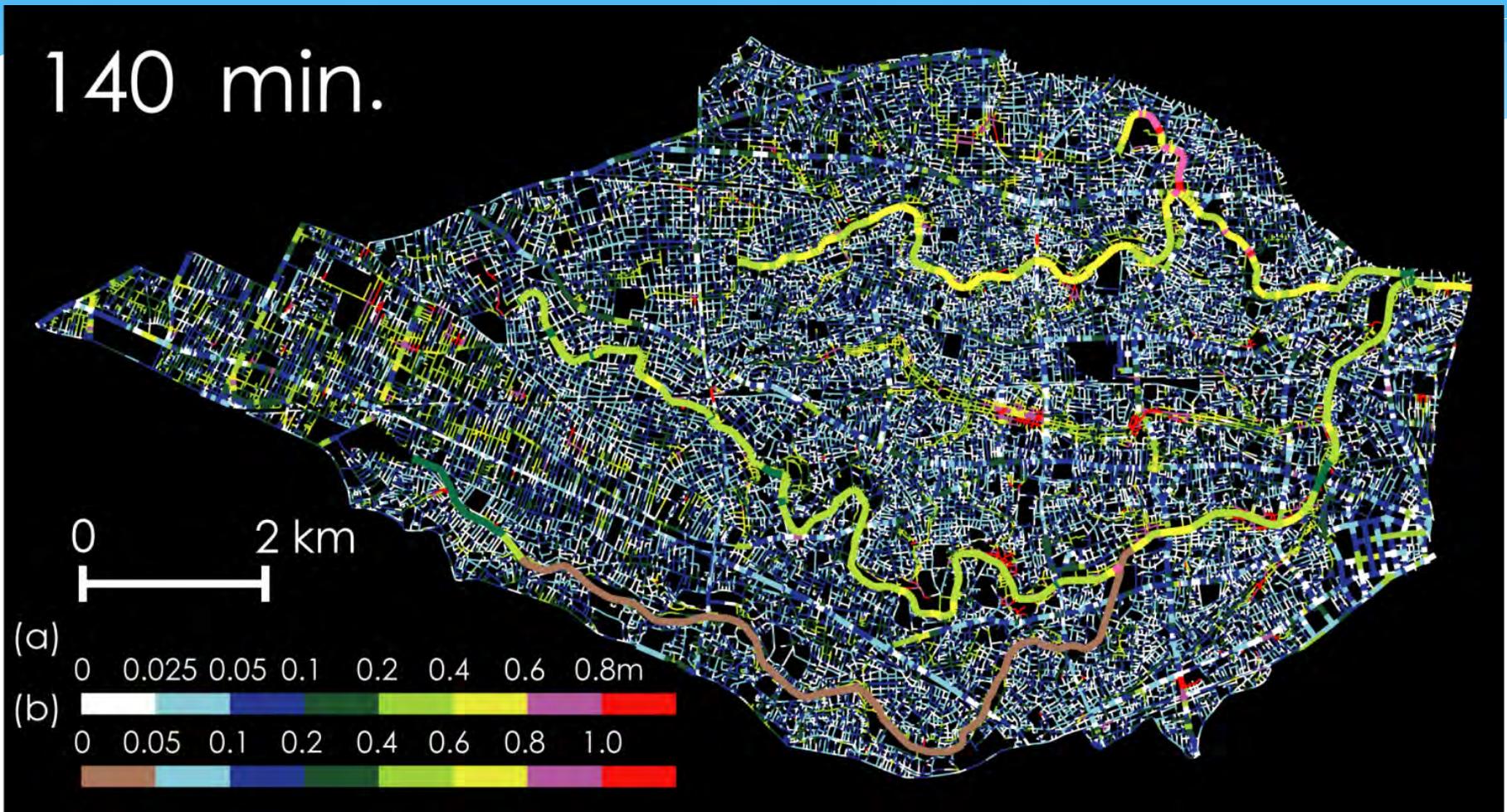
下水道の  
設計降雨強度  
50mm/h

- 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。

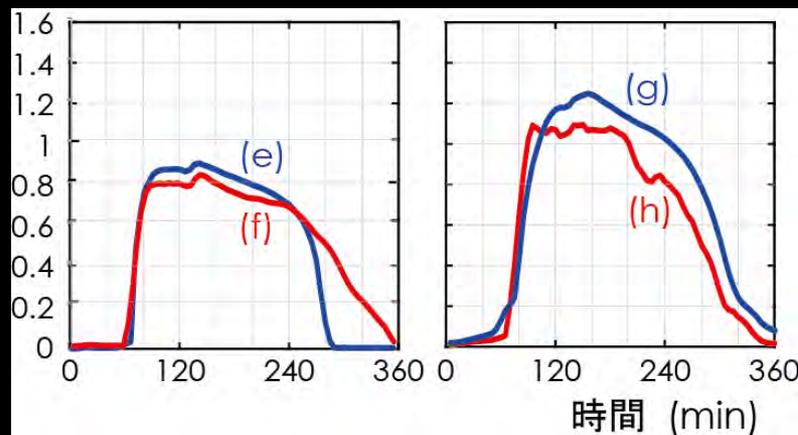
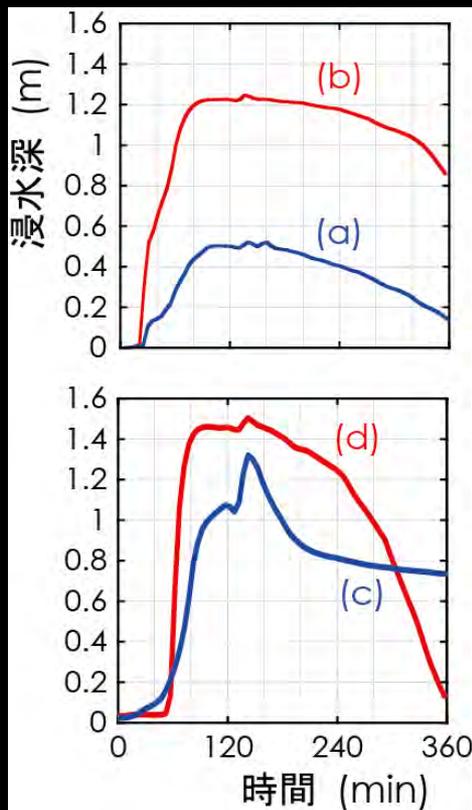
# 杉並豪雨を対象とした 神田川流域の浸水危険度の評価

# 神田川上流域の浸水危険度評価結果

140 min.

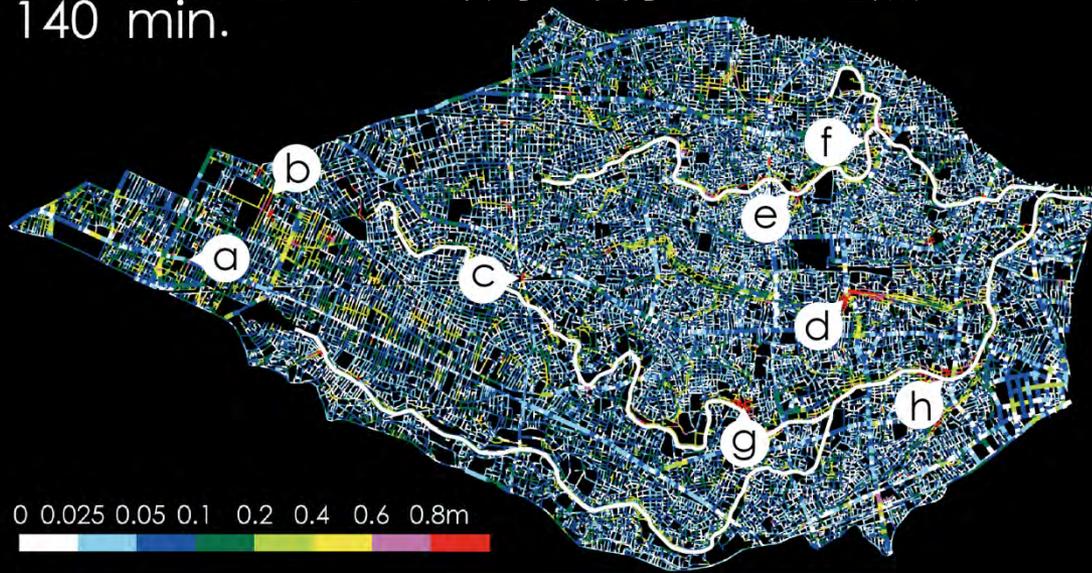


# 当該地点で浸水が進行するプロセス



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.



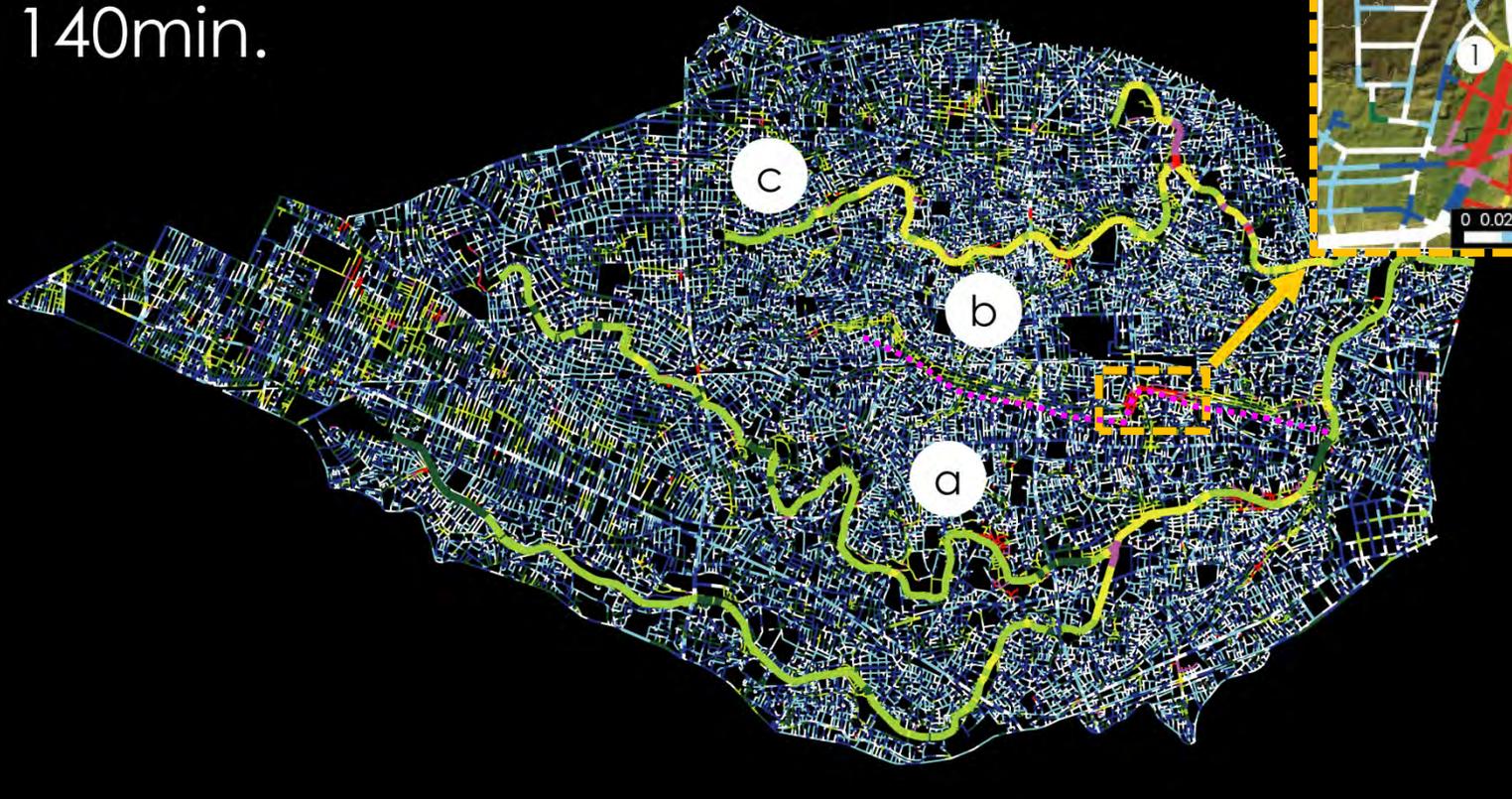
雨水が集中してくる窪地に位置し、下水道によりその水を排除できないために浸水が深刻化する地点

# 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。

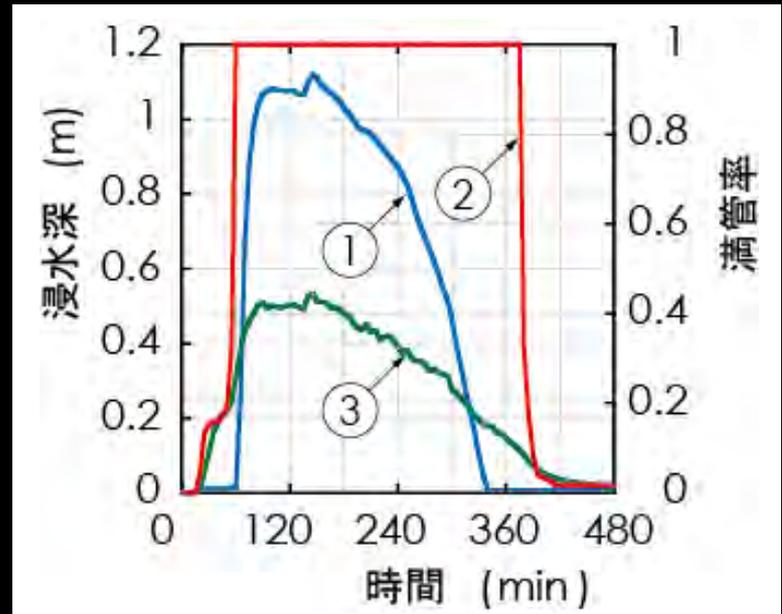
# 桃園川幹線下水道の直上に位置するエリア で浸水が深刻化するメカニズム

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

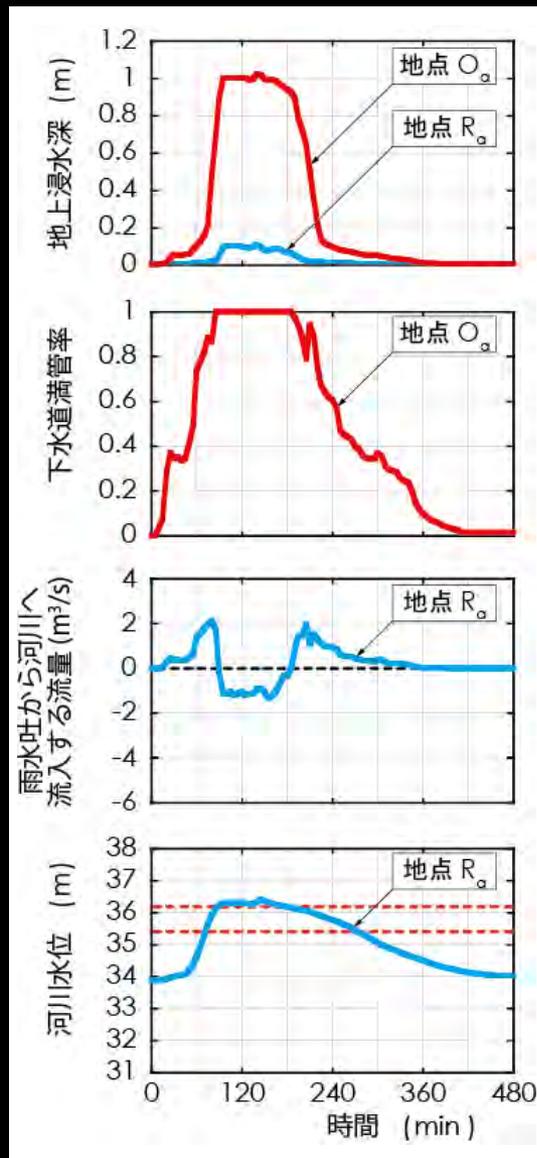
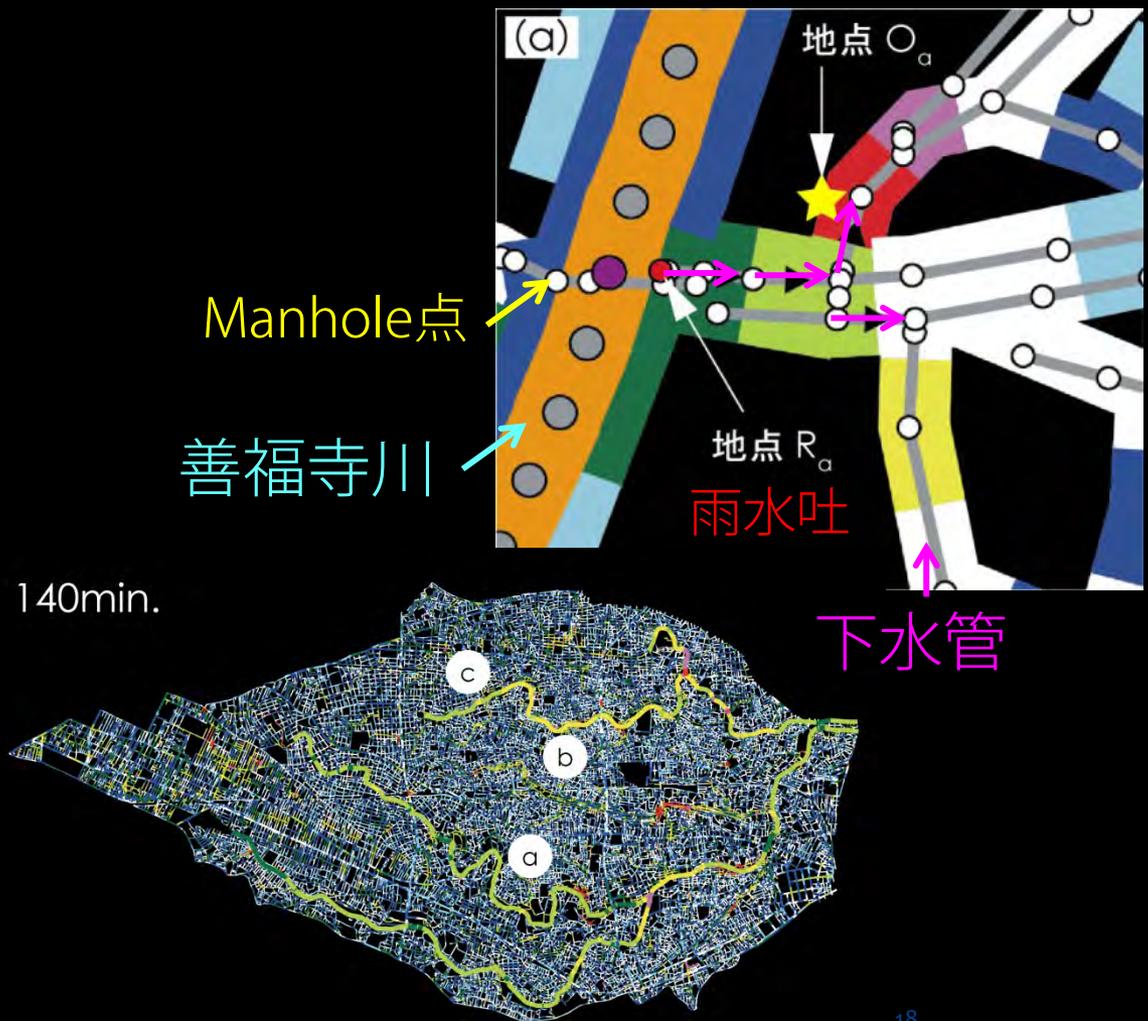


下水道満管率コンター図

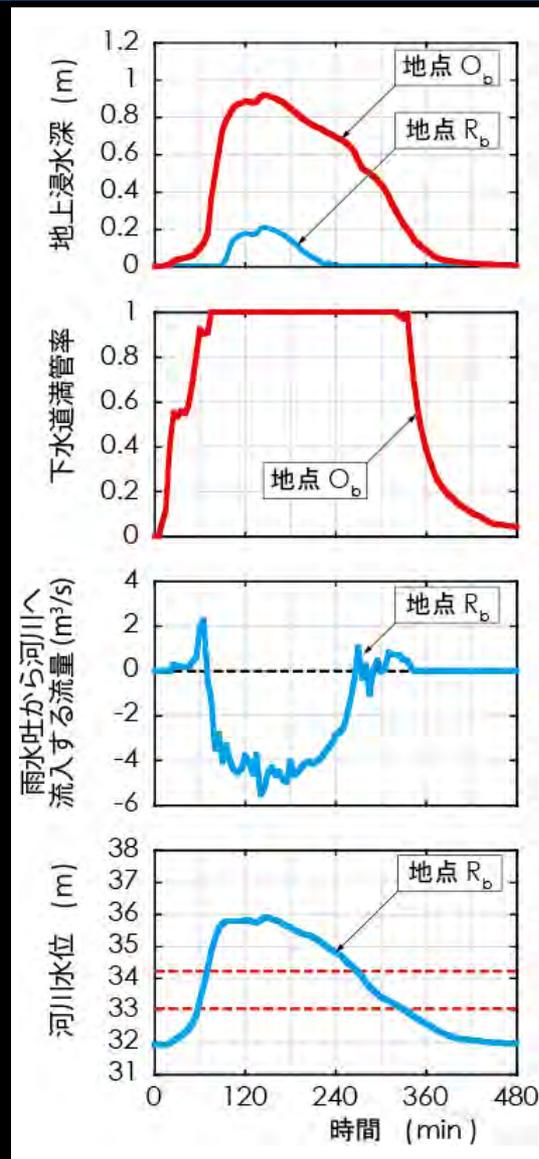
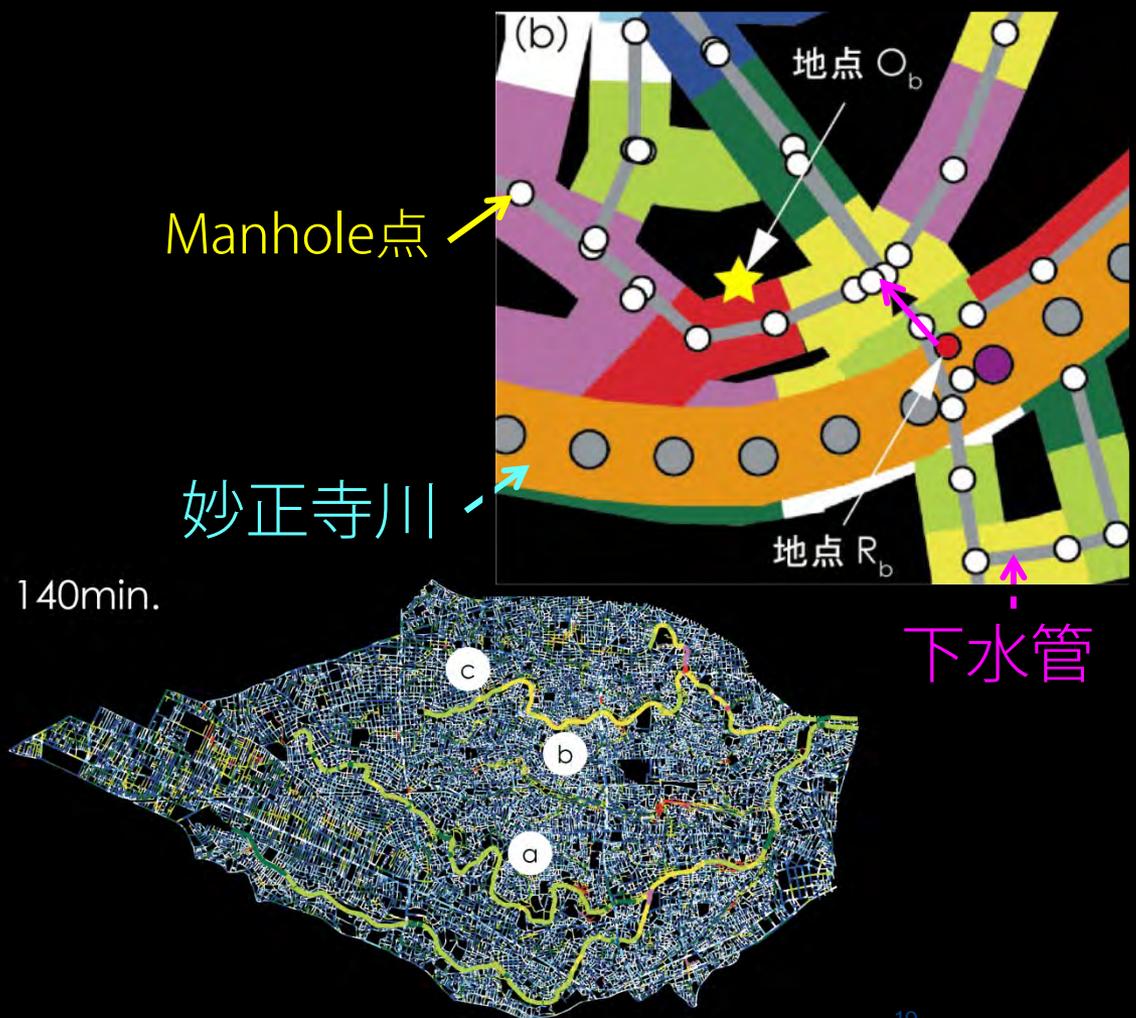
# 河川から下水道への逆流の影響

- 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。

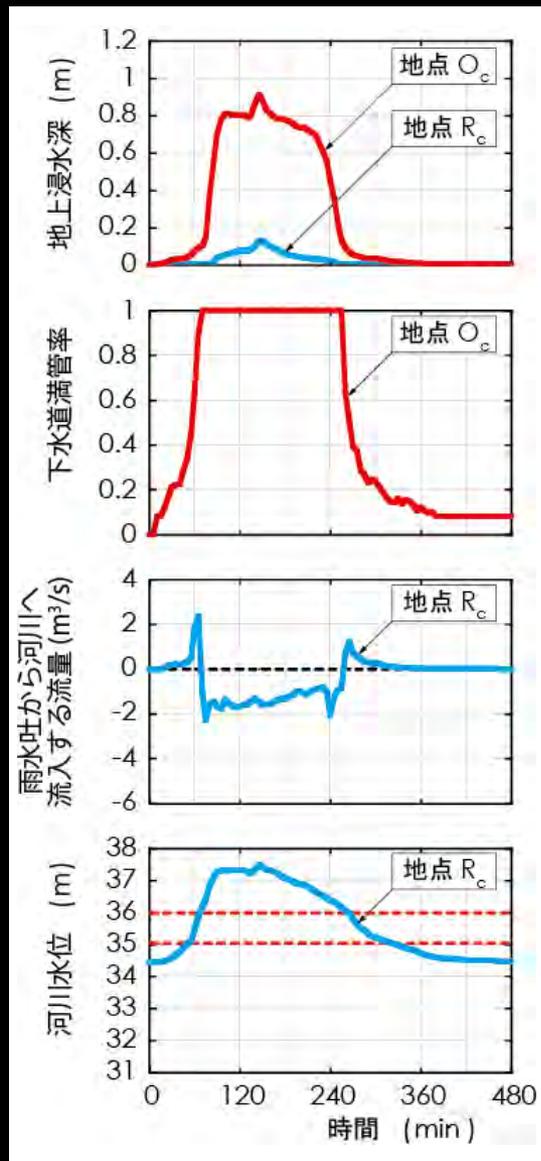
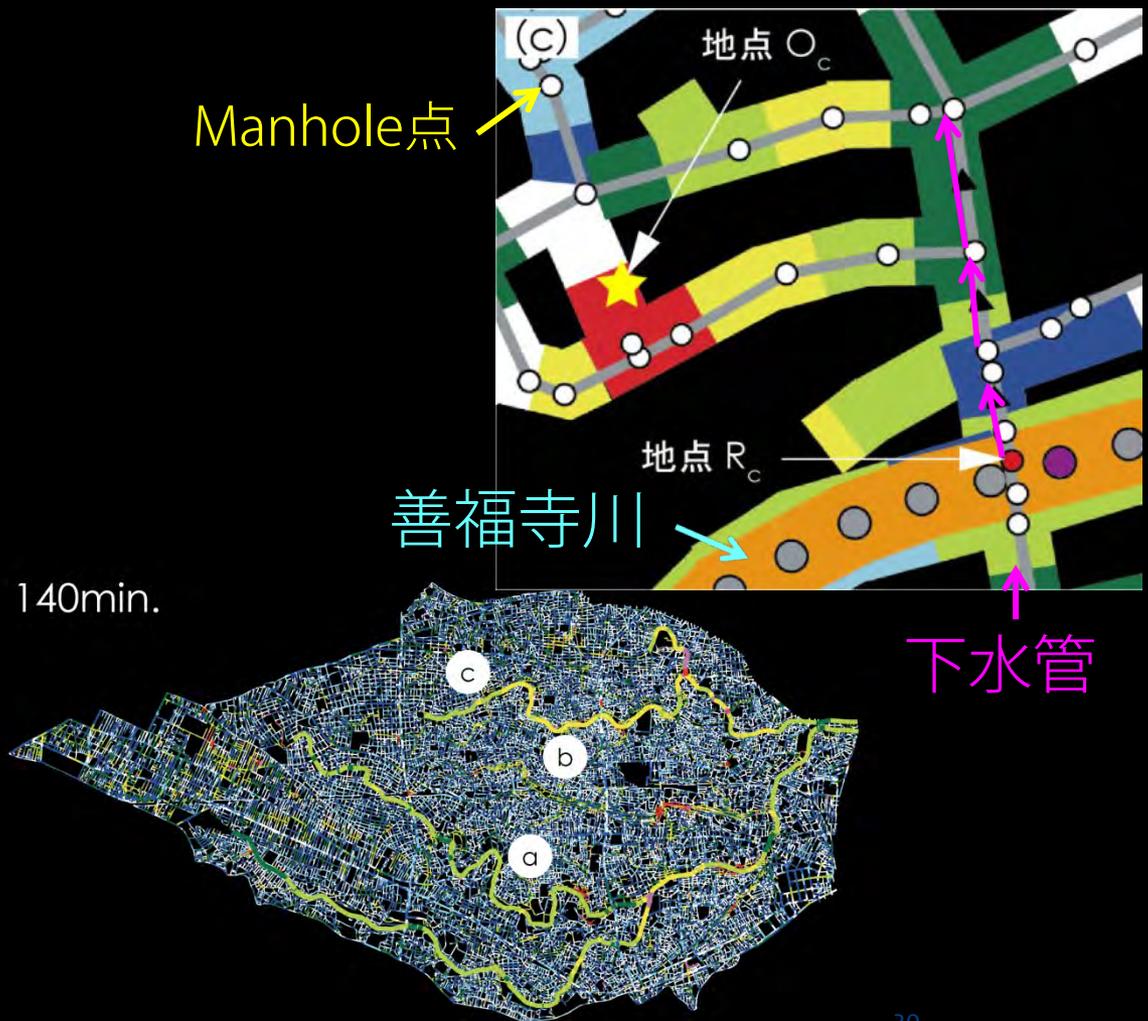
# 浸水が深刻化するメカニズム ～河川からの逆流～ (a)



# 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)



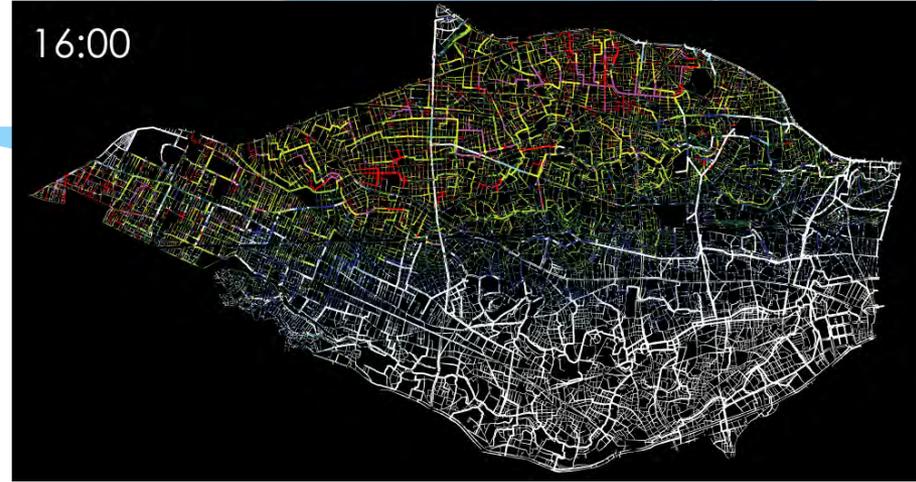
X-RAINによる豪雨データを入力値  
とした神田川流域の浸水再現計算  
(2014年06月29日 豪雨)

# X-RAINによる降雨強度

15:45



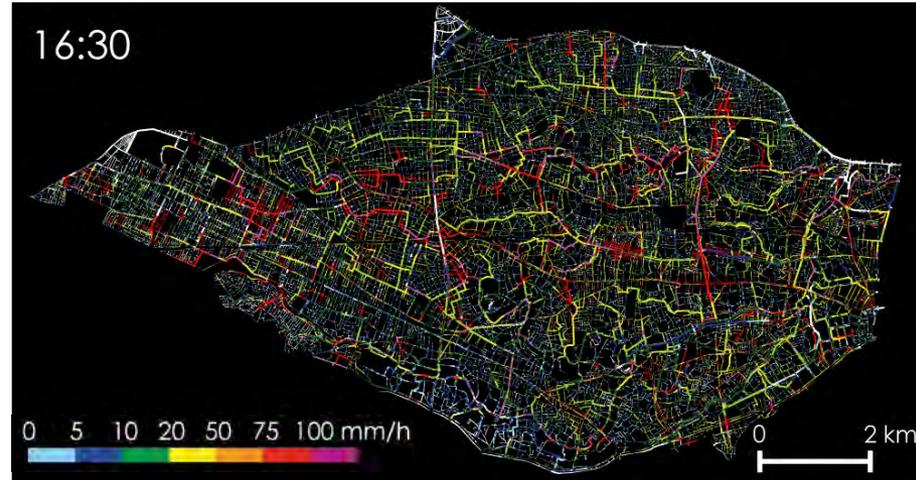
16:00



16:15



16:30



# 地上浸水深

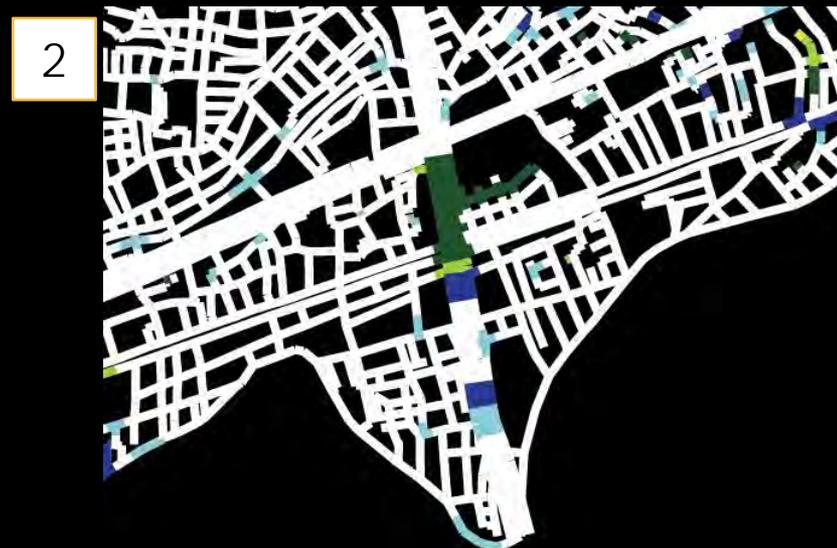
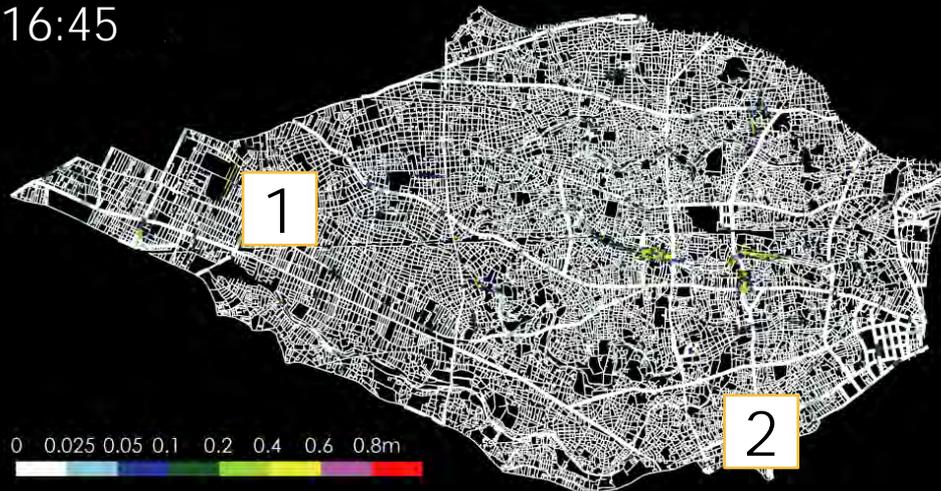
16:45



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)

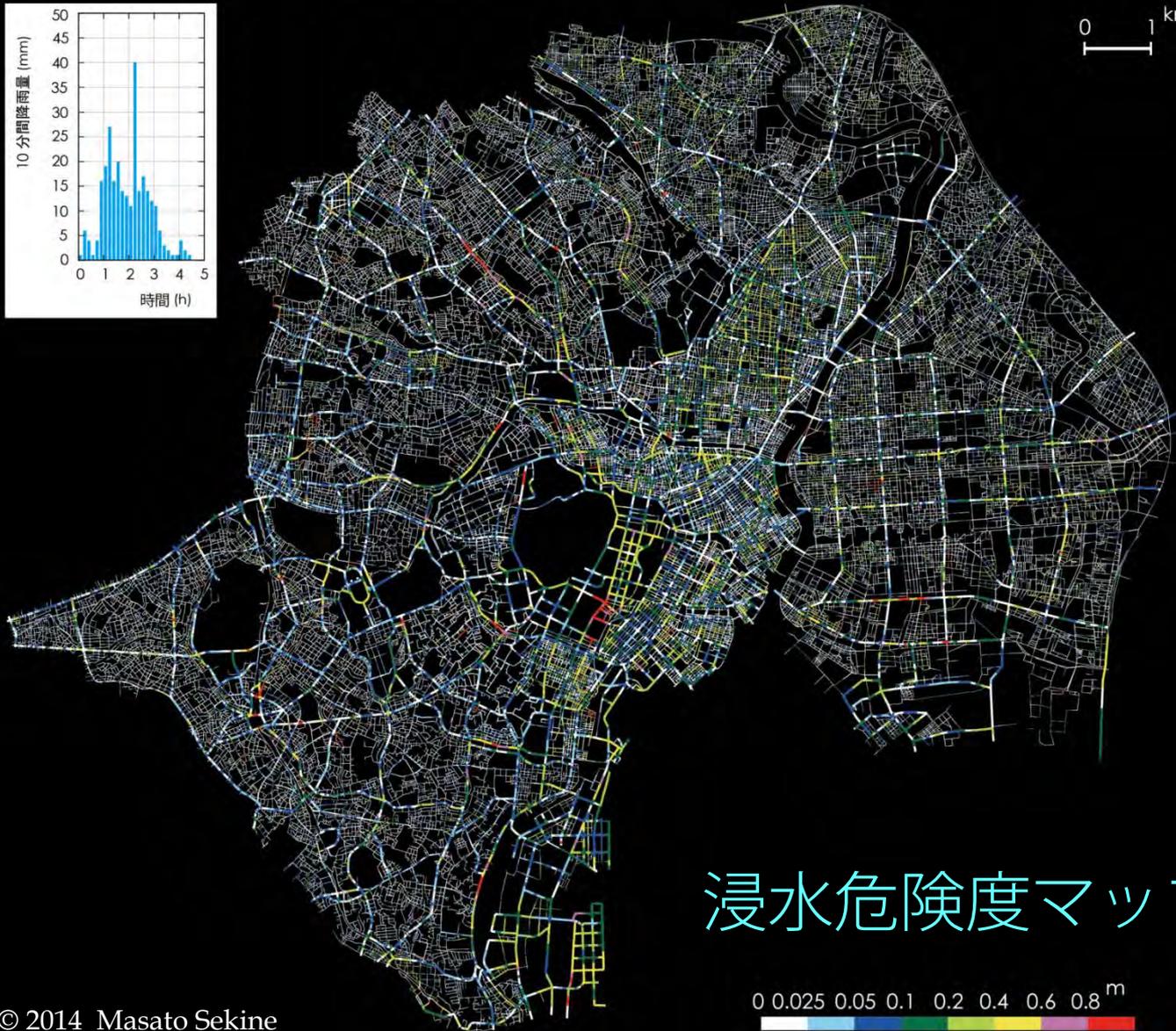
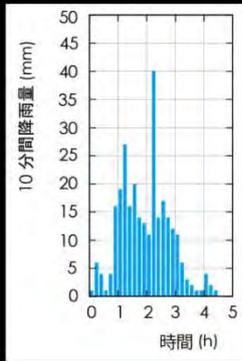
0.1 0.25 0.5 0.75 1.0 1.5 2.0 (m)

0.05 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

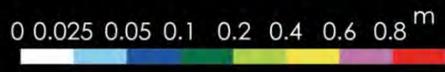
# 今後に向けて

# 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