目　次

5. 浸水被害メカニズムの検証.....5-1

5.1.　シミュレーションモデルによる今次水害の再現..... 5-1

5.1.1.　八千代地区..... 5-2

5.1.2.　大芝地区..... 5-10

5.1.3.　流域全体の再現結果..... 5-18

5.2.　浸水被害メカニズムの考察.....5-20

5.2.1.　一宮川流域の特徴..... 5-20

5.2.2.　仮締切堤防に関係する浸水..... 5-20

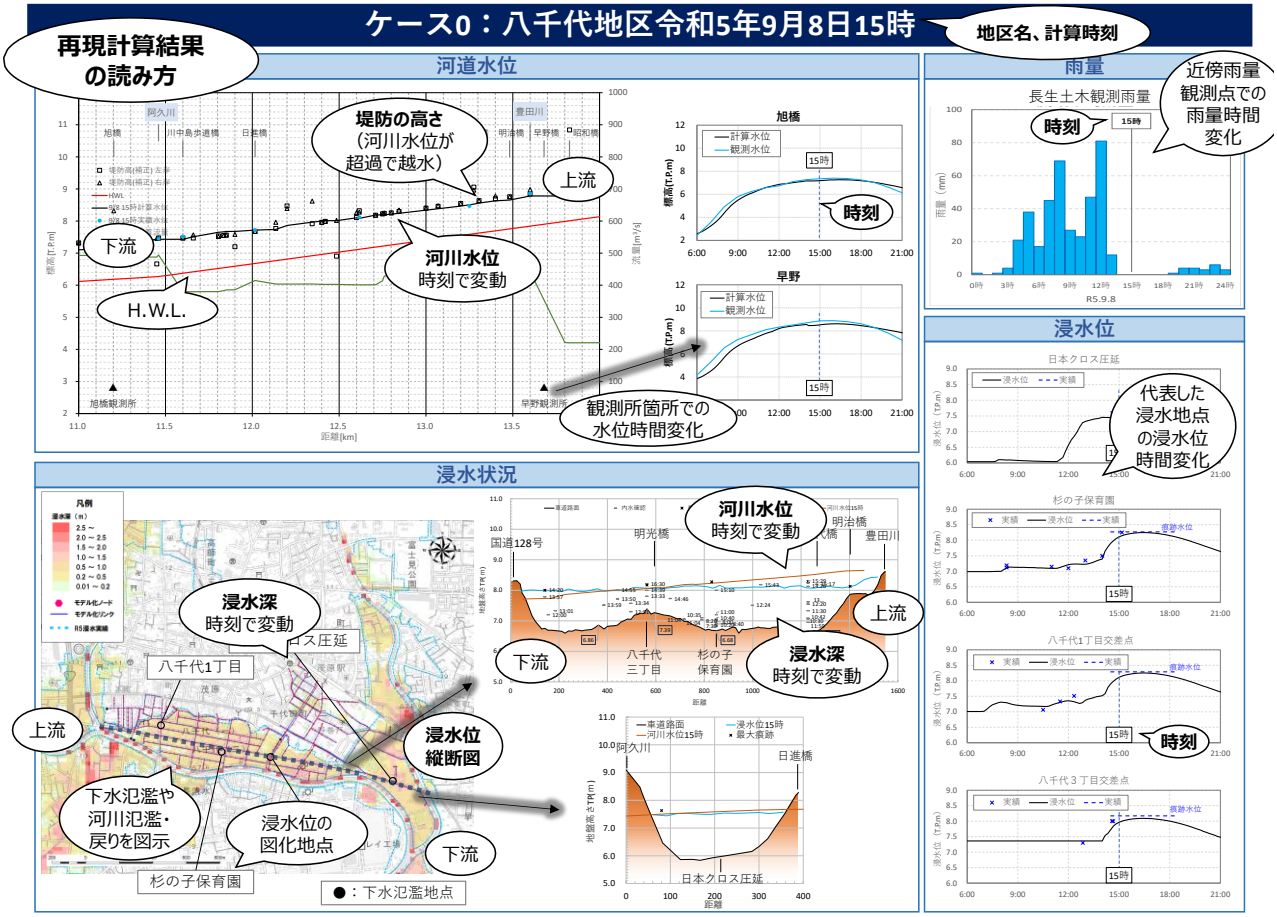
5.　浸水被害メカニズムの検証

5.1.　シミュレーションモデルによる今次水害の再現

今次水害の再現として、「4.シミュレーションモデルの構築」にて構築したシミュレーションモデルを用いて、「雨量」「河道水位」「浸水状況」「浸水位」の時間変化を整理した。

（令和 5 年 9 月 8 日 7 時から 20 時までの 1 時間ごと）

掲載凡例

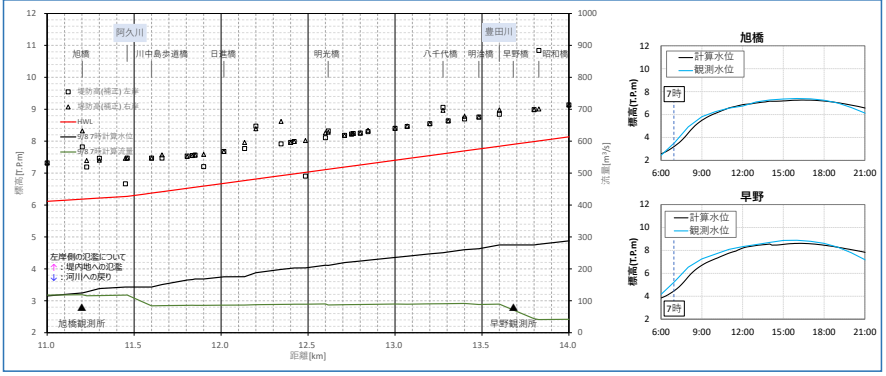


5.1.1. 八千代地区

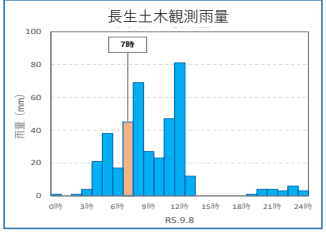
再現計算結果
八千代地区（7時～20時）

ケース0：八千代地区令和5年9月8日7時

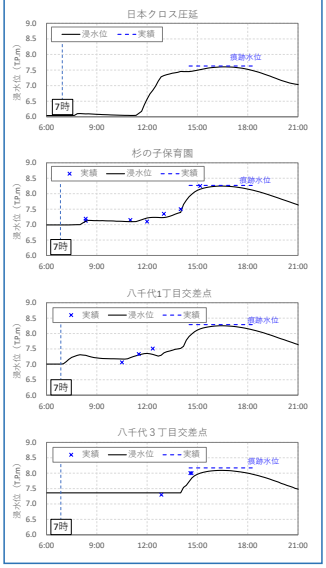
河道水位



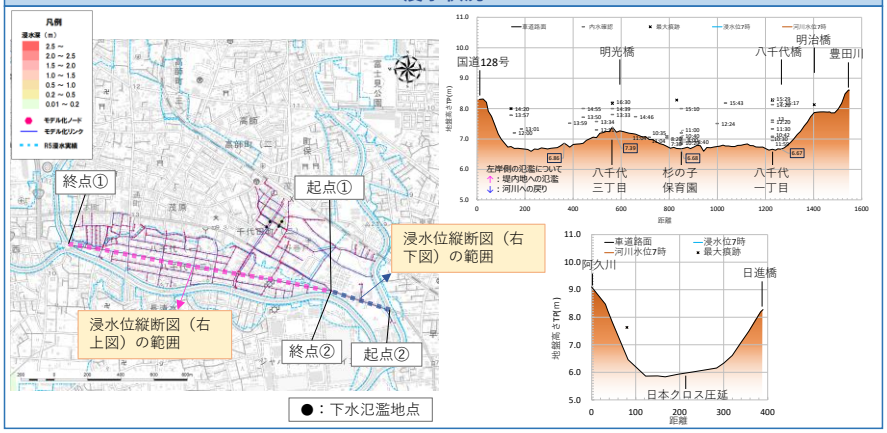
雨量



浸水位

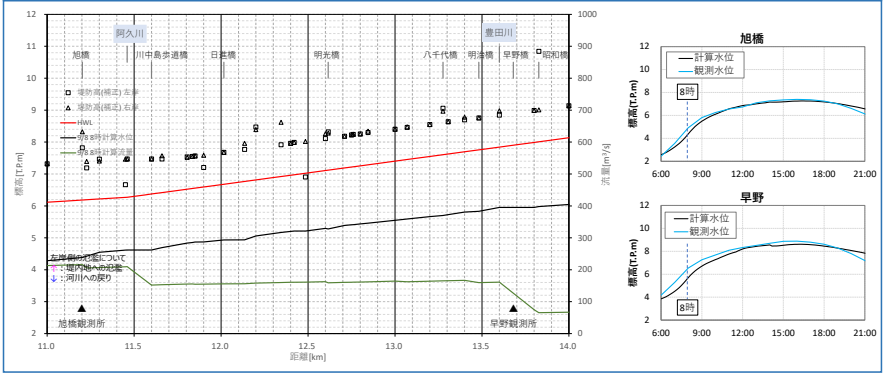


浸水状況

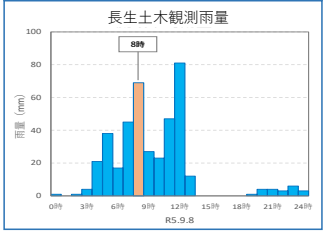


ケース0：八千代地区令和5年9月8日8時

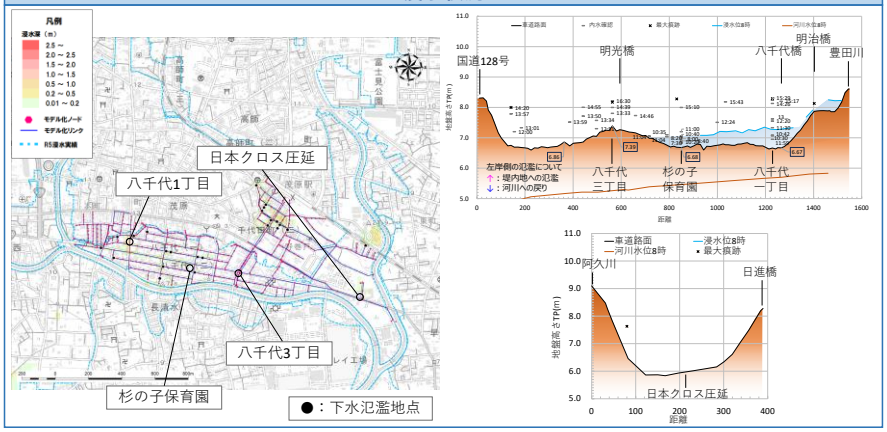
河道水位



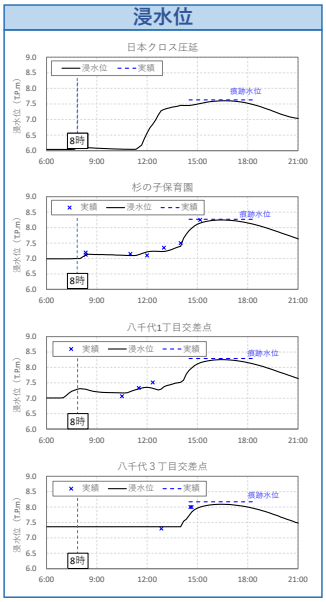
雨量



浸水状況

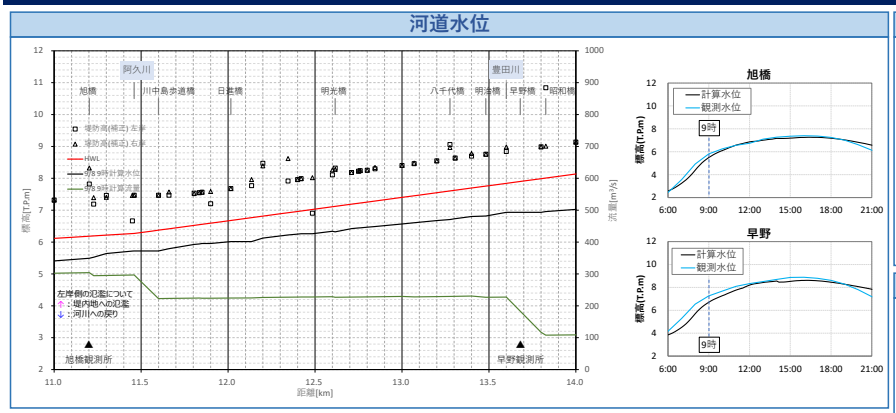


浸水位

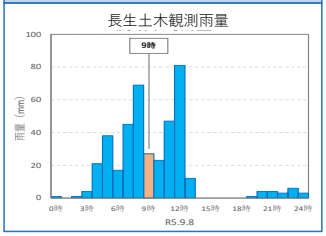


ケース0：八千代地区令和5年9月8日9時

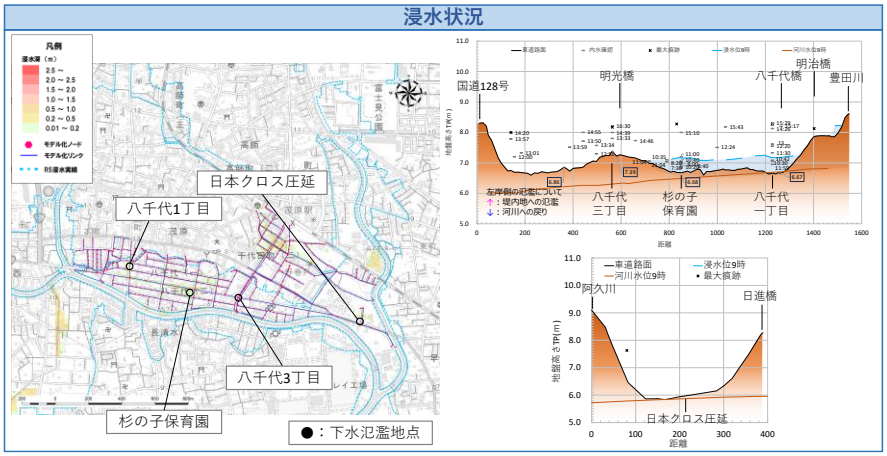
河道水位



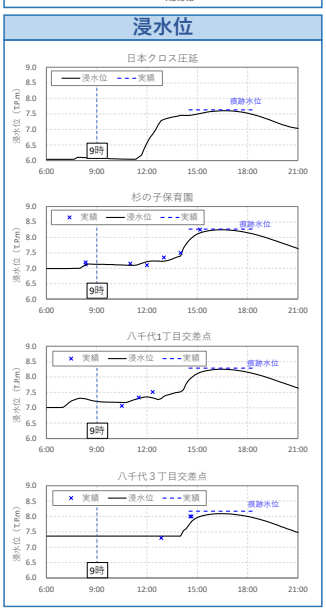
雨量



浸水状況

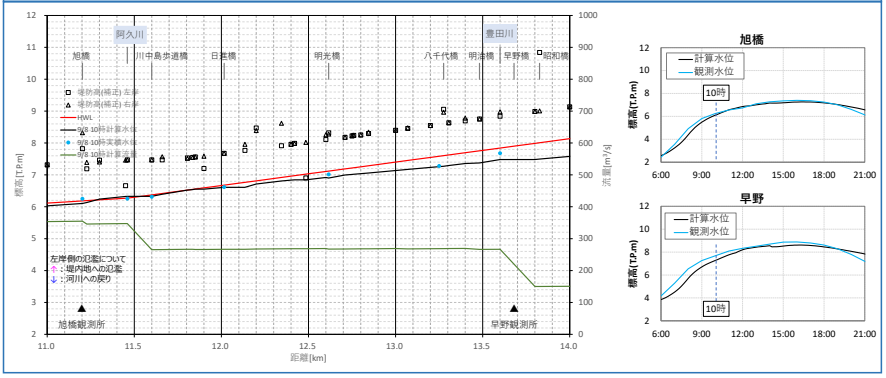


浸水位

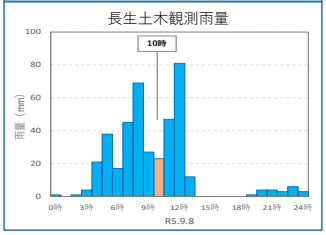


ケース0：八千代地区令和5年9月8日10時

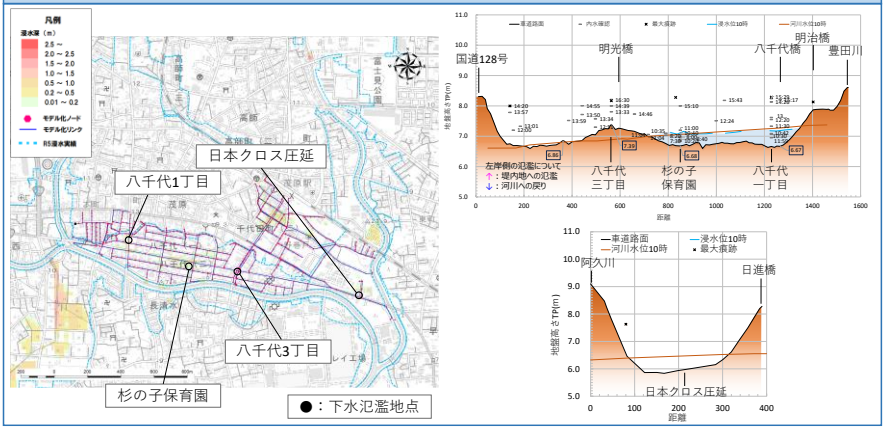
河道水位



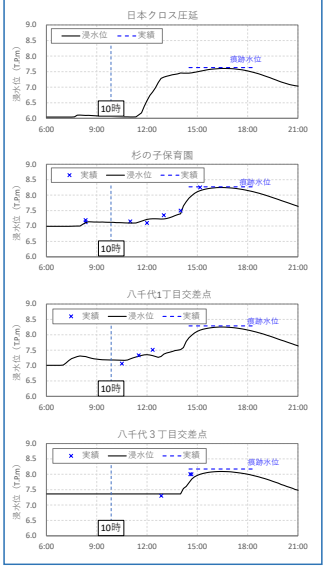
雨量



浸水状況

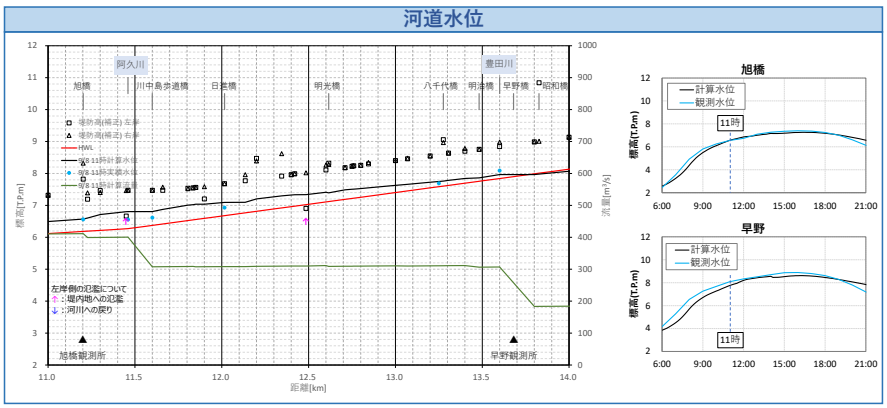


浸水位

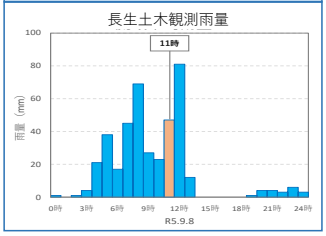


ケース0：八千代地区令和5年9月8日11時

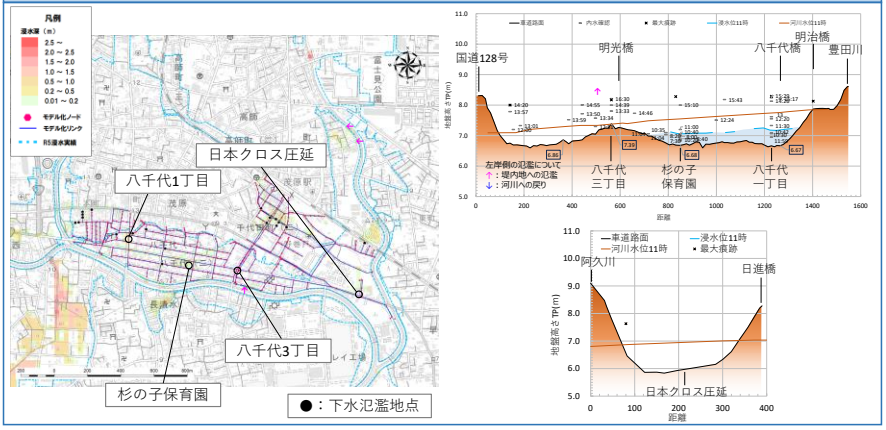
河道水位



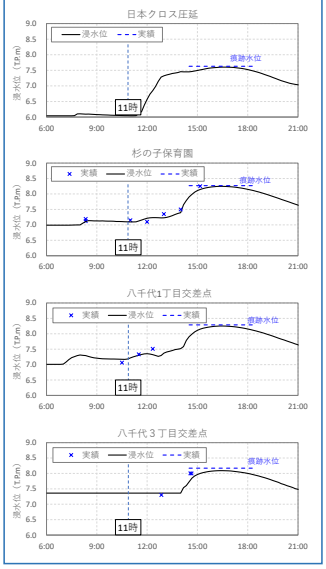
雨量



浸水状況

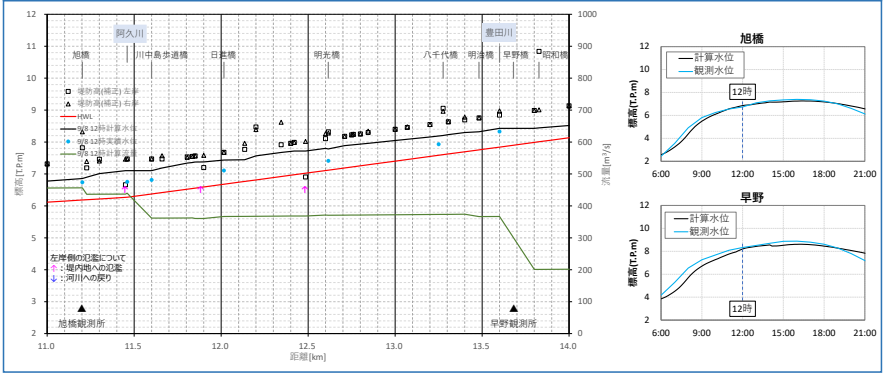


浸水位

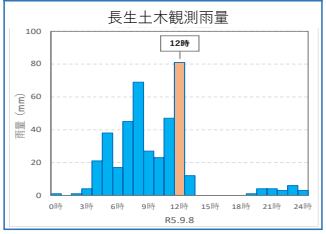


ケース0：八千代地区令和5年9月8日12時

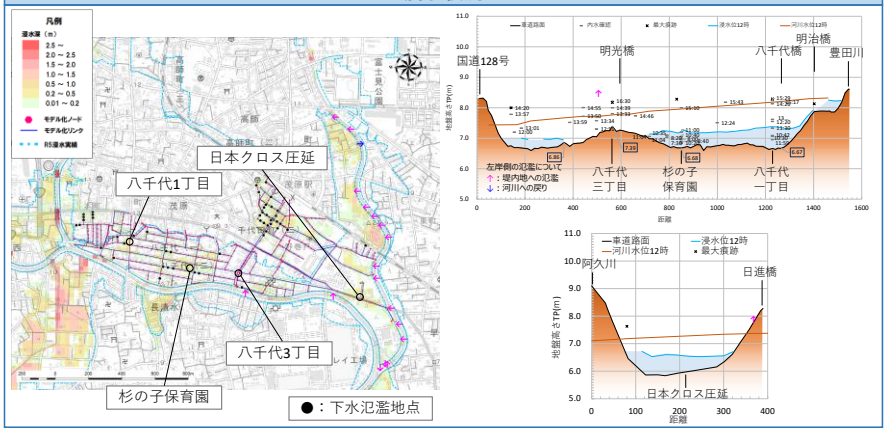
河道水位



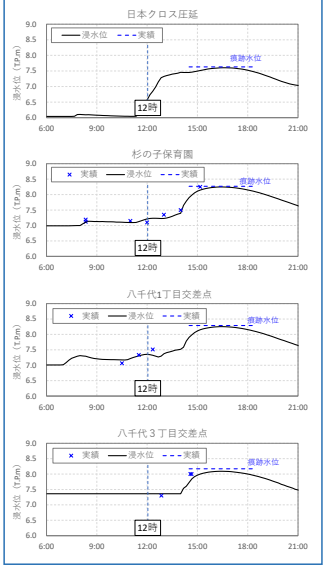
雨量



浸水状況

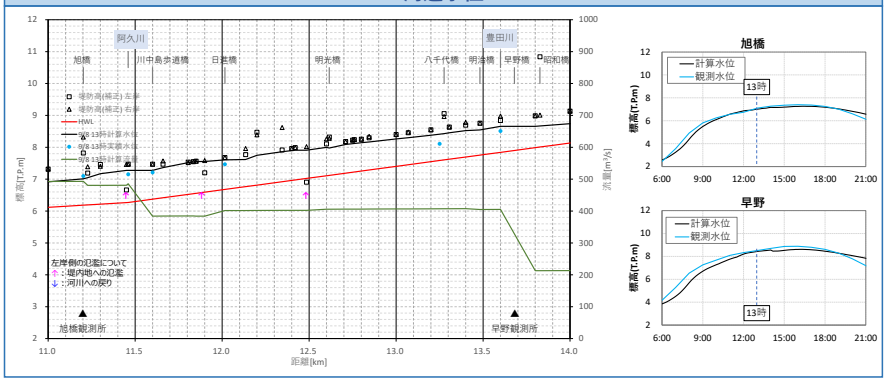


浸水位

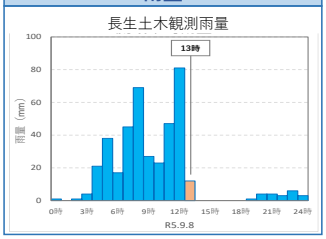


ケース0：八千代地区令和5年9月8日13時

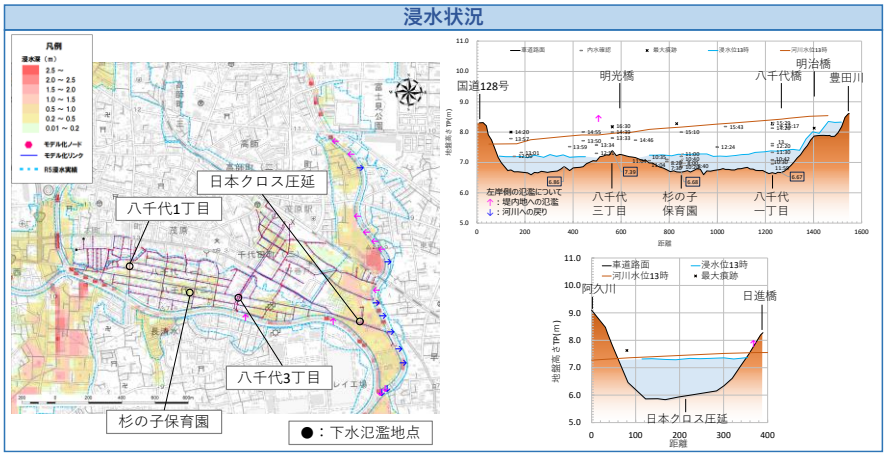
河道水位



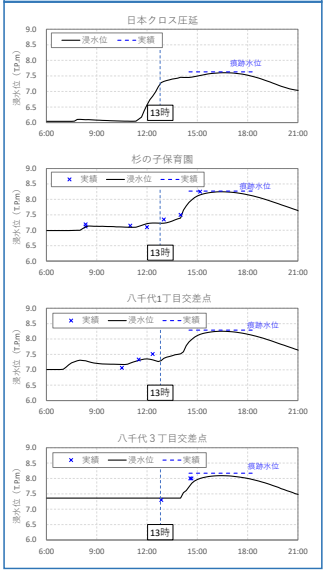
雨量



浸水状況

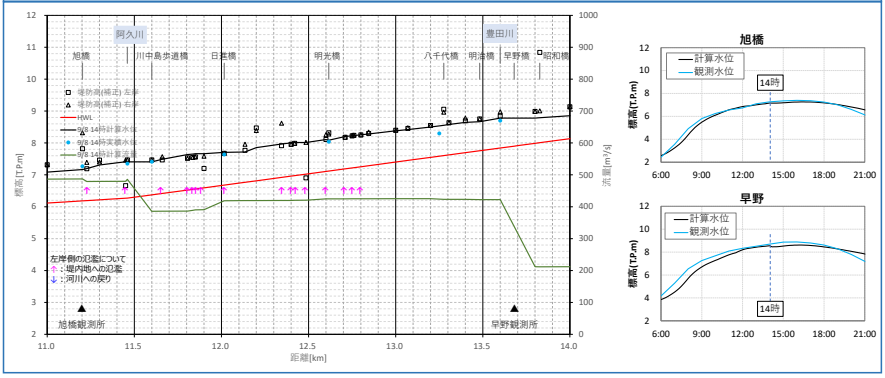


浸水位

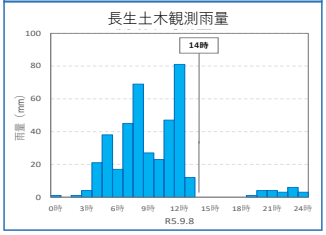


ケース0：八千代地区令和5年9月8日14時

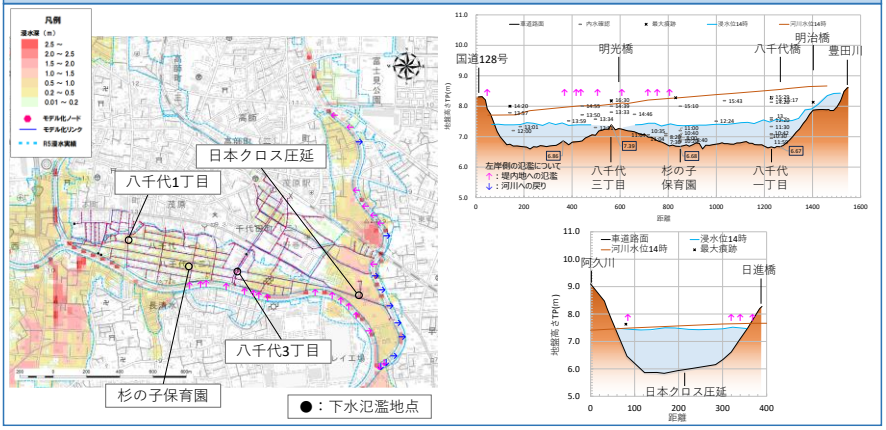
河道水位



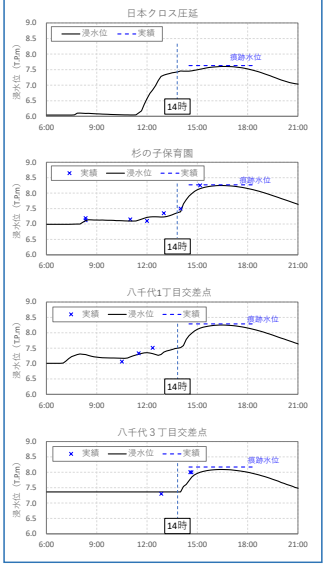
雨量



浸水状況

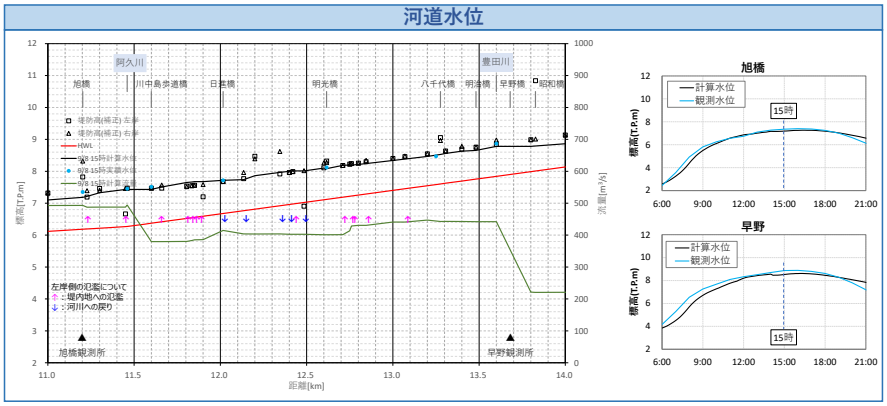


浸水位

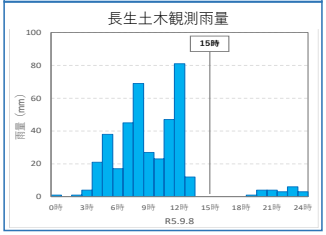


ケース0：八千代地区令和5年9月8日15時

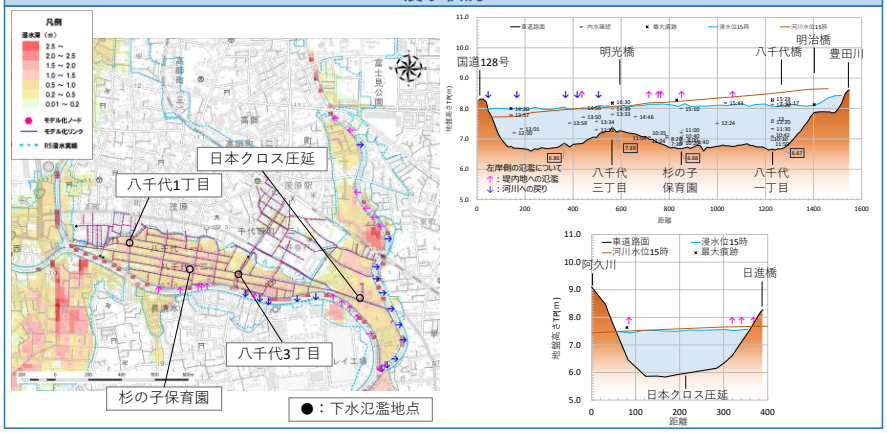
河道水位



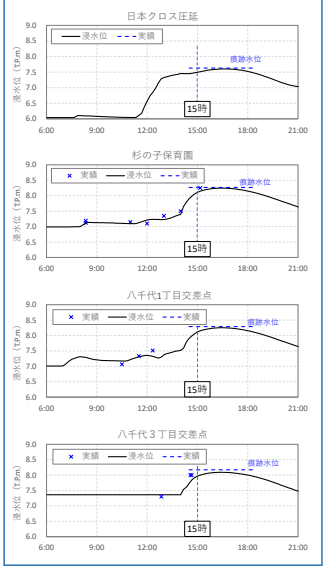
雨量



浸水状況

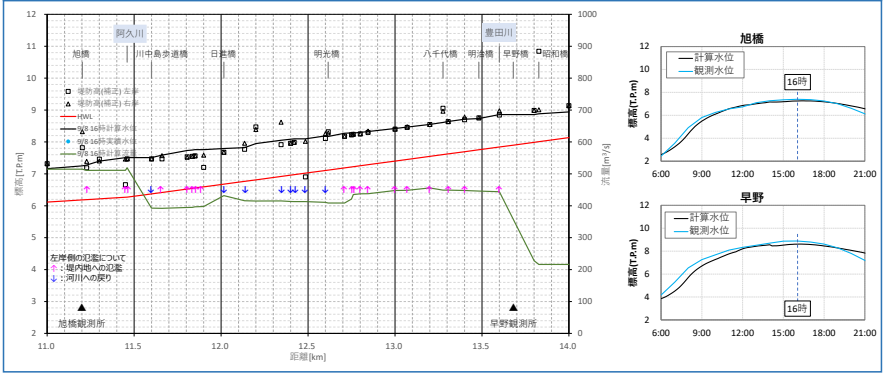


浸水位

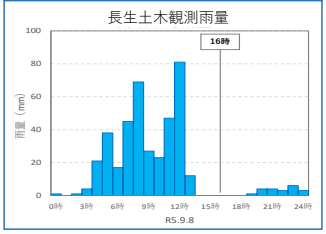


ケース0：八千代地区令和5年9月8日16時

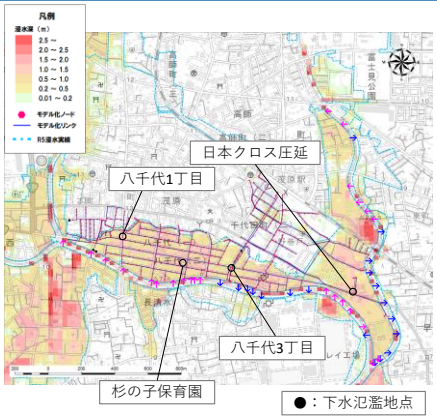
河道水位

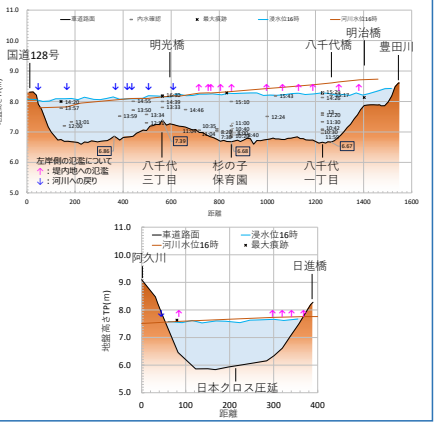


雨量

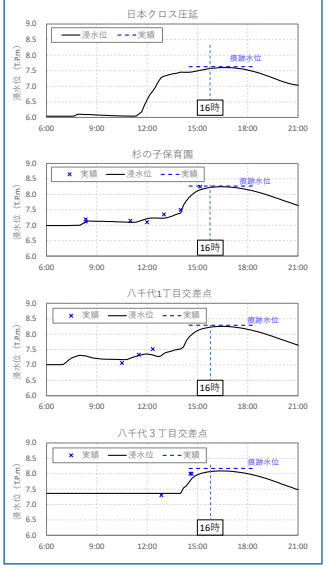


浸水状況



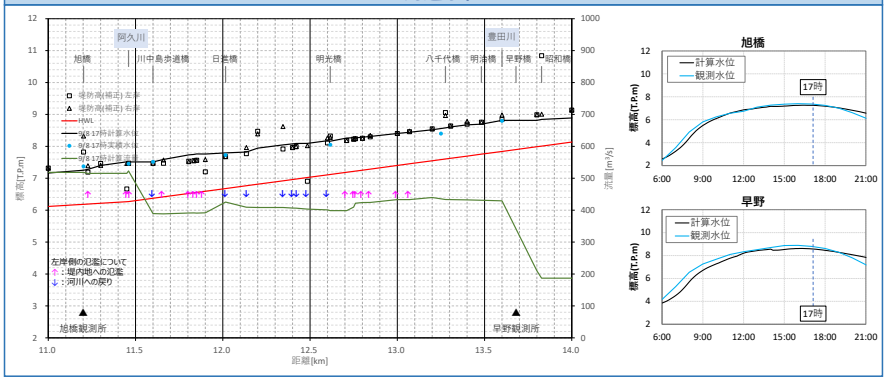


浸水位

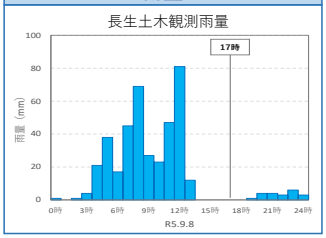


ケース0：八千代地区令和5年9月8日17時

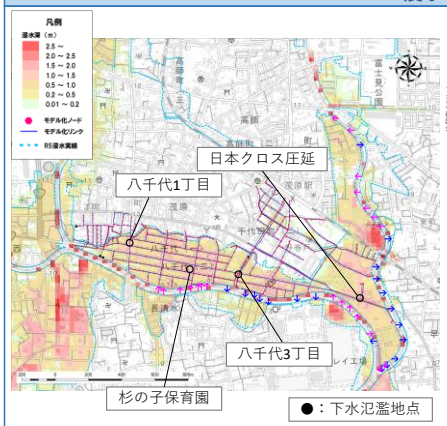
河道水位

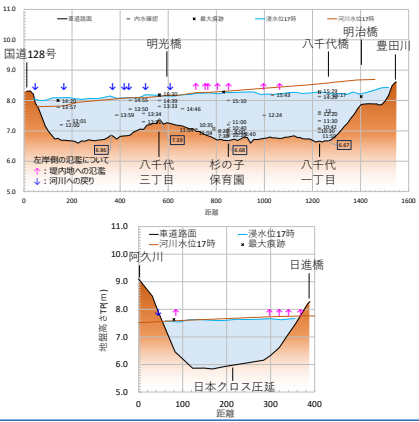


雨量

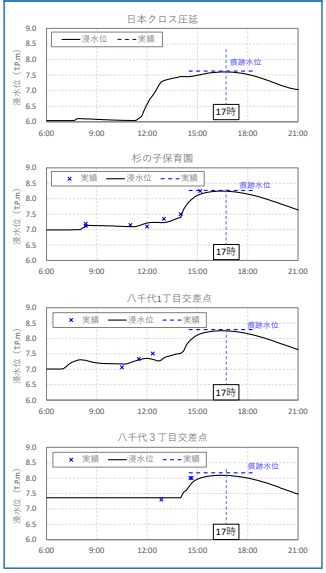


浸水状況



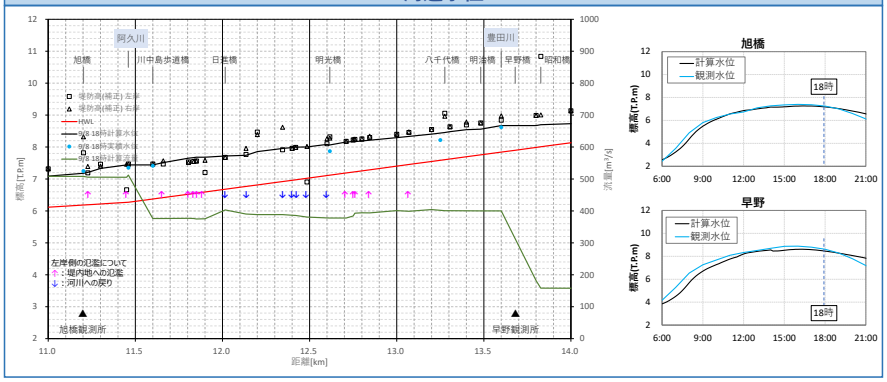


浸水位

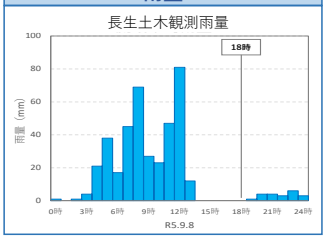


ケース0：八千代地区令和5年9月8日18時

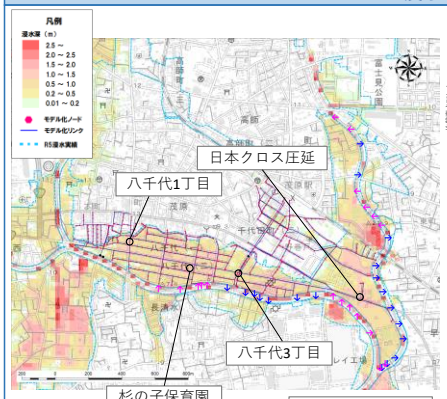
河道水位

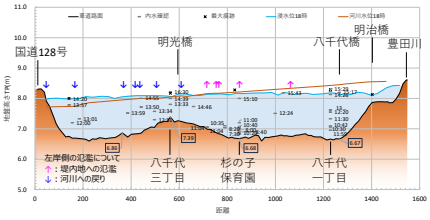


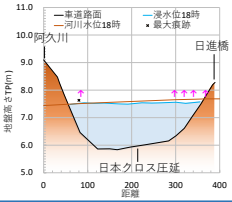
雨量



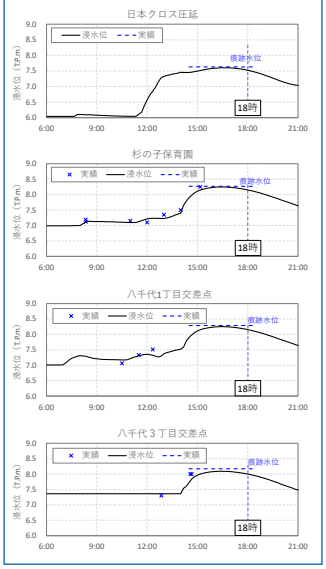
浸水状況





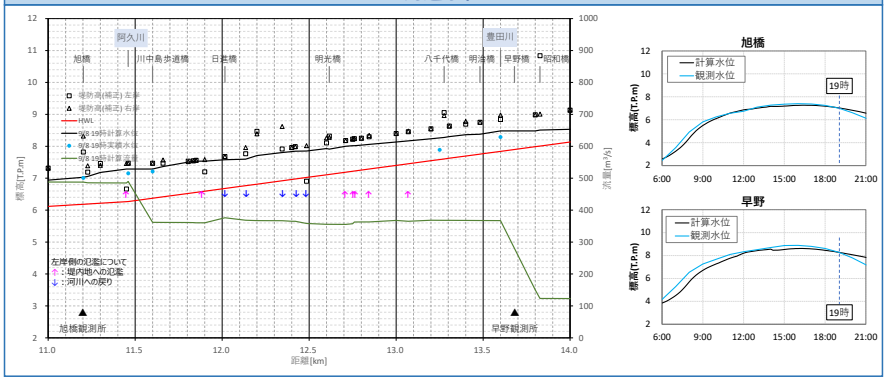


浸水位

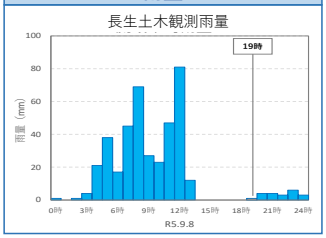


ケース0：八千代地区令和5年9月8日19時

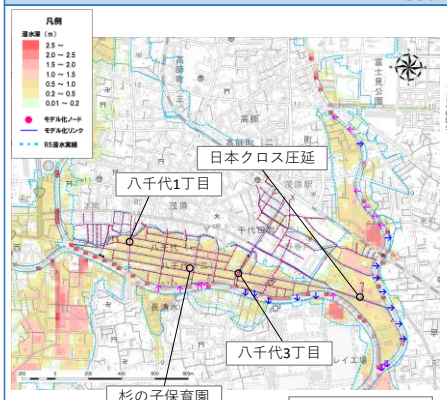
河道水位

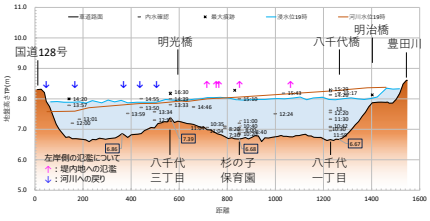


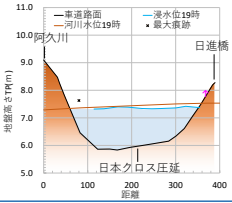
雨量



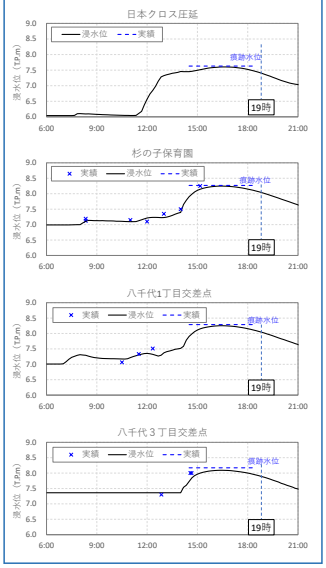
浸水状況





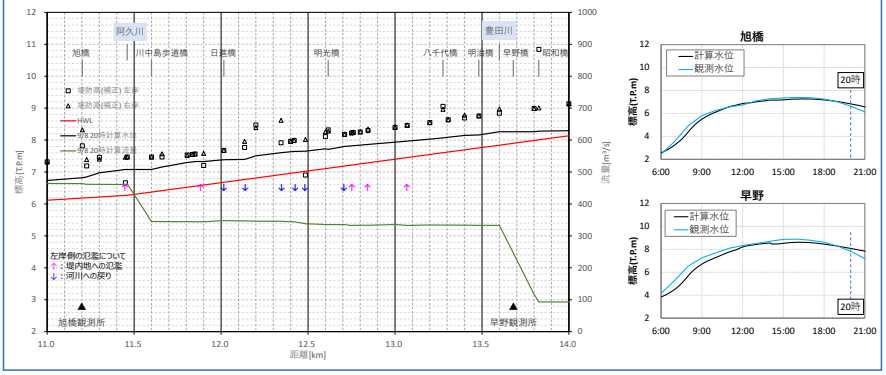


浸水位

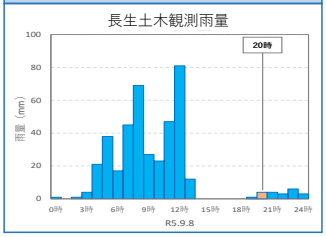


ケース0：八千代地区令和5年9月8日20時

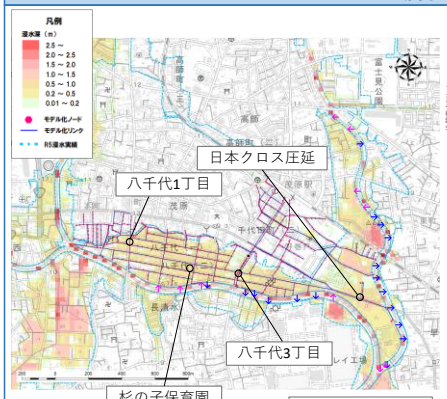
河道水位

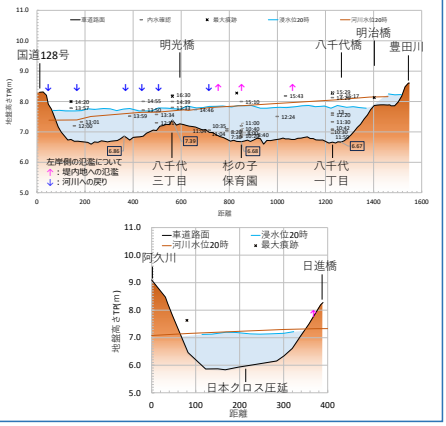


雨量

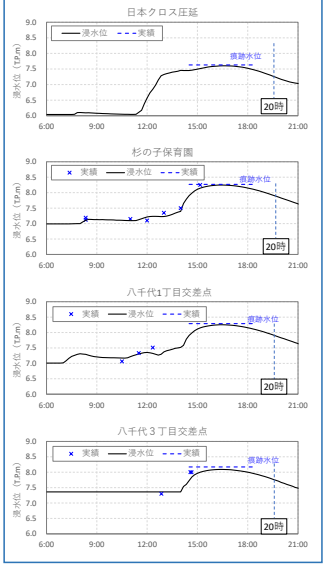


浸水状況





浸水位

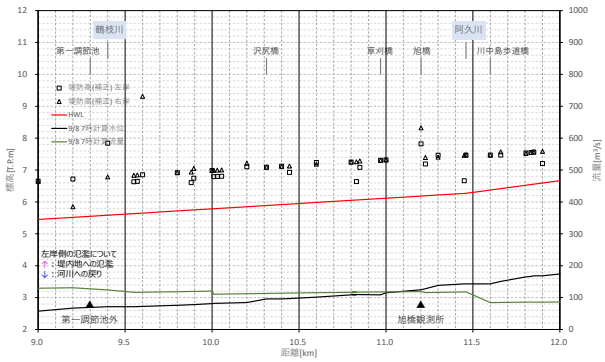


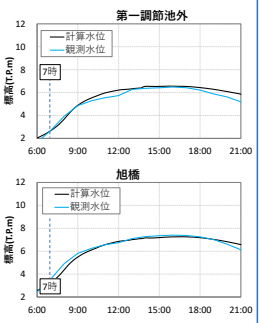
5.1.2.　大芝地区

再現計算結果
大芝地区（7時～20時）

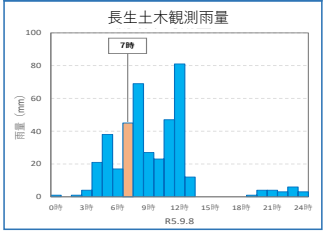
ケース0：大芝地区令和5年9月8日7時

河道水位

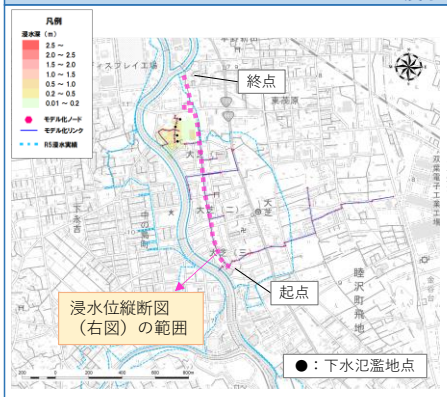


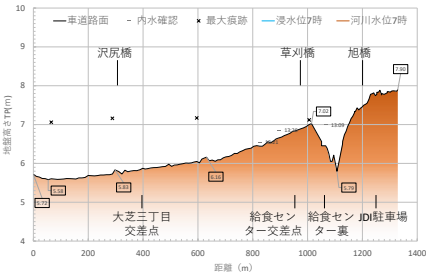


雨量

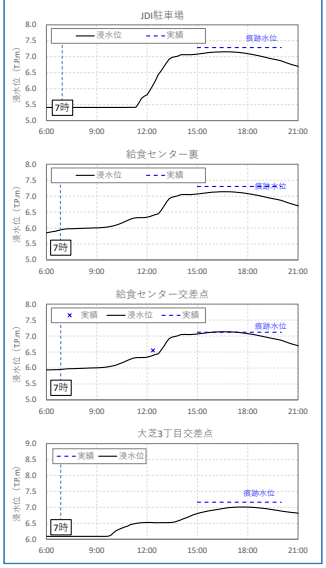


浸水状況



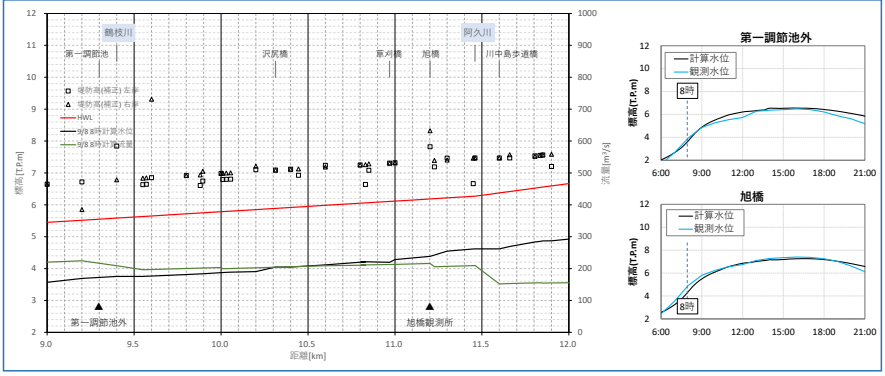


浸水位

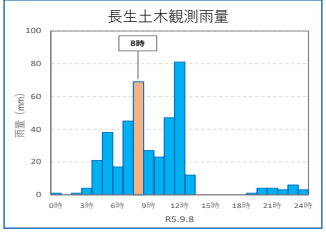


ケース0：大芝地区令和5年9月8日8時

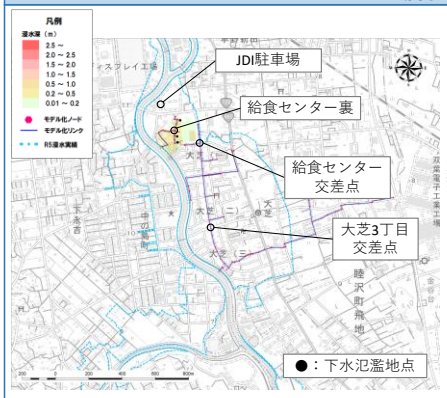
河道水位

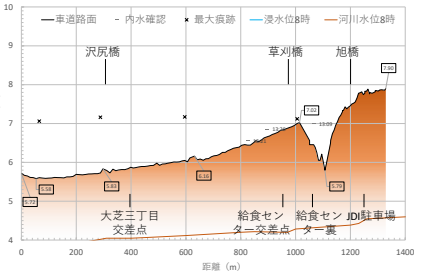


雨量

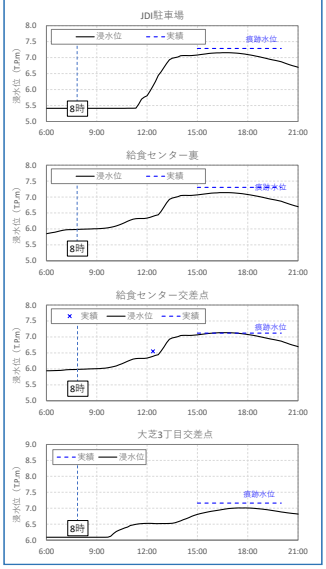


浸水状況



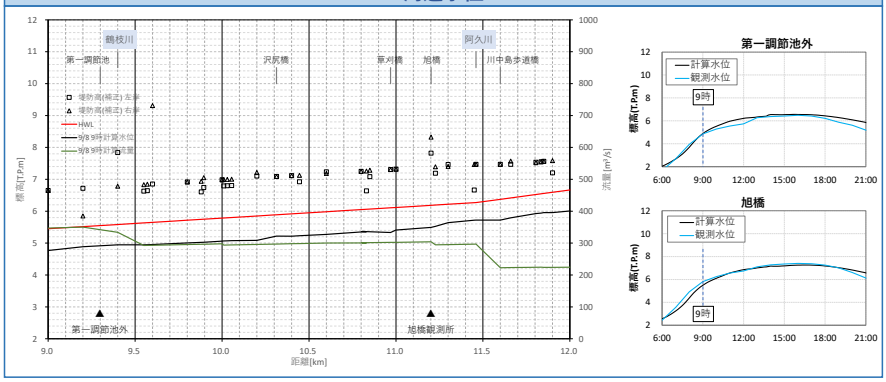


浸水位

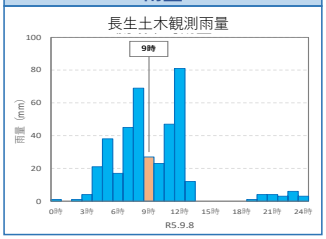


ケース0：大芝地区令和5年9月8日9時

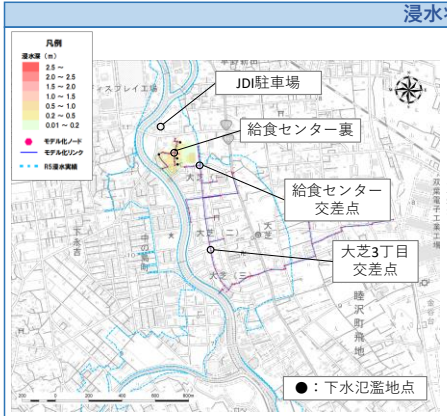
河道水位

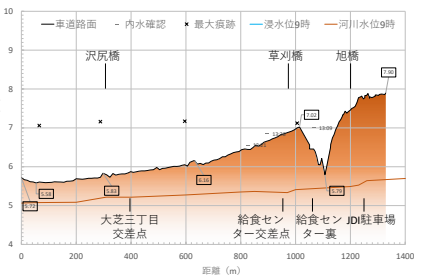


雨量

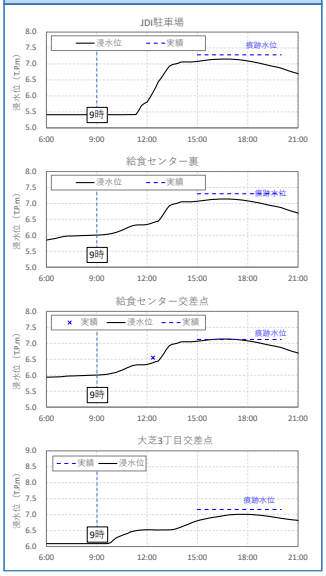


浸水状況



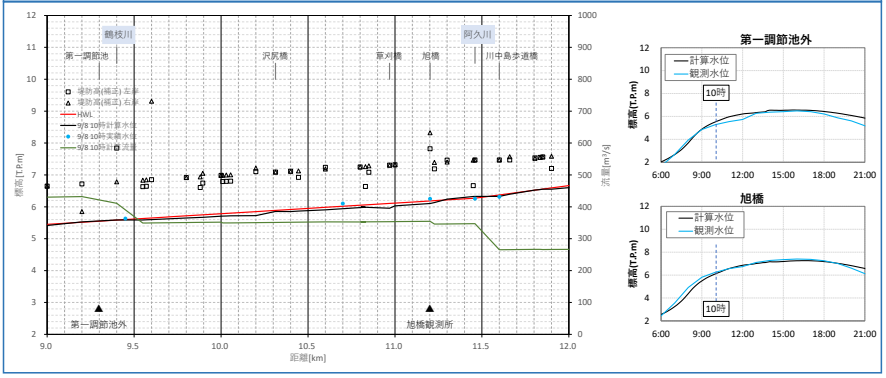


浸水位

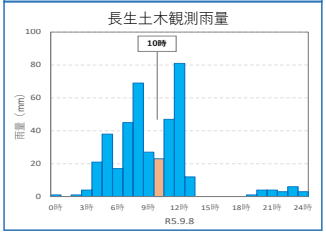


ケース0：大芝地区令和5年9月8日10時

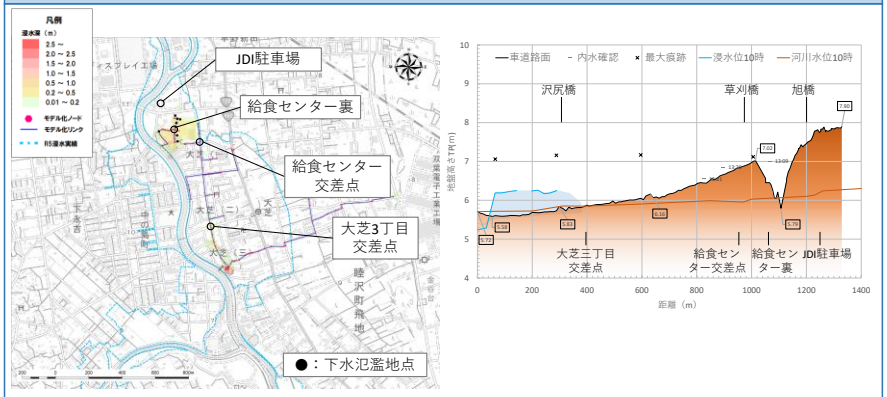
河道水位



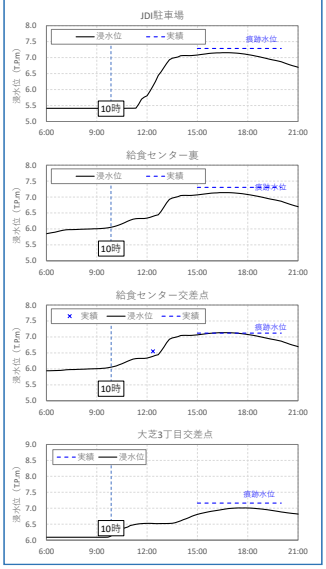
雨量



浸水状況

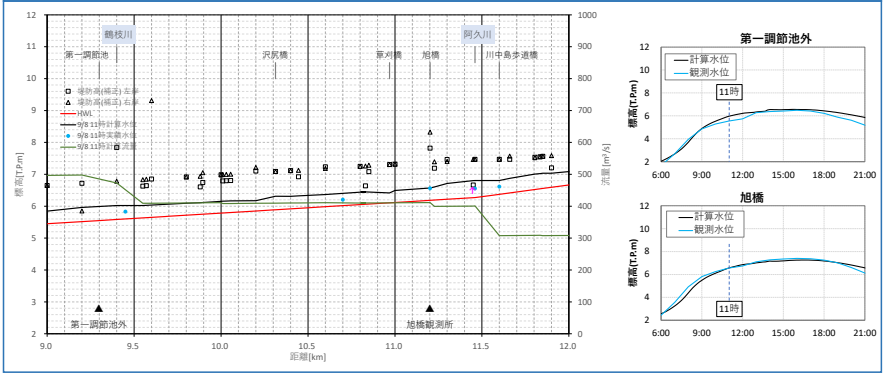


浸水位

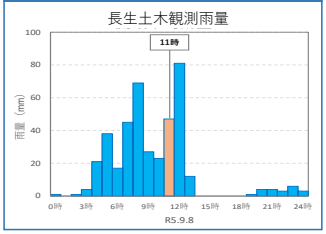


ケース0：大芝地区令和5年9月8日11時

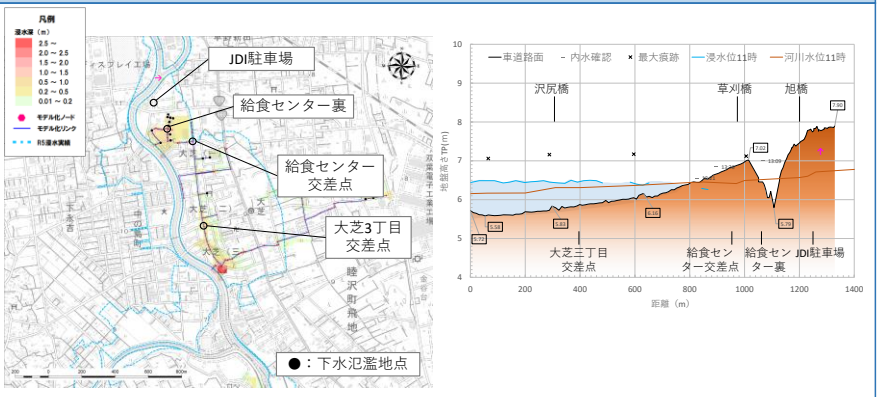
河道水位



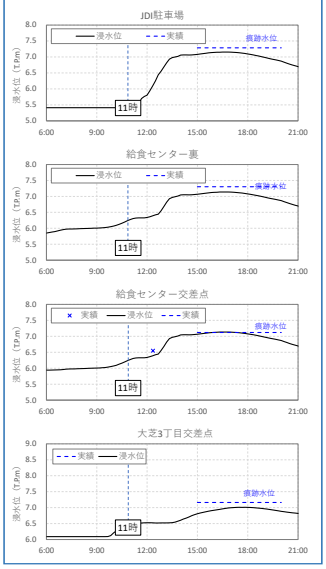
雨量



浸水状況

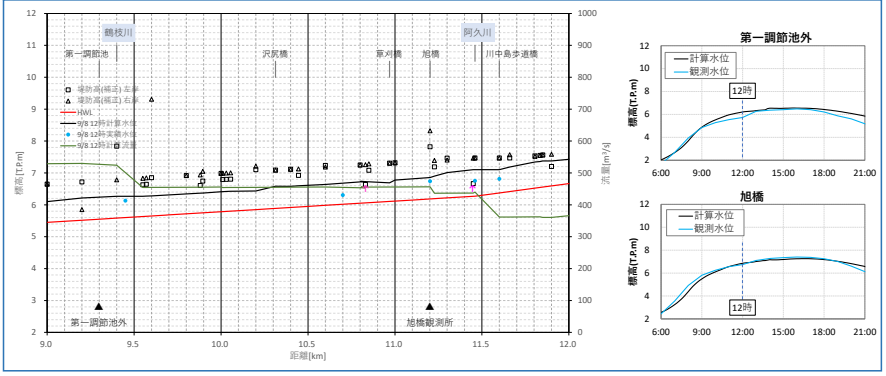


浸水位

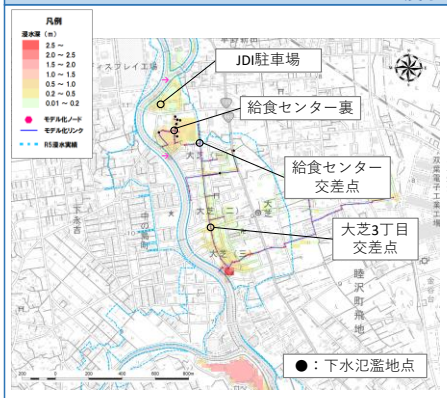


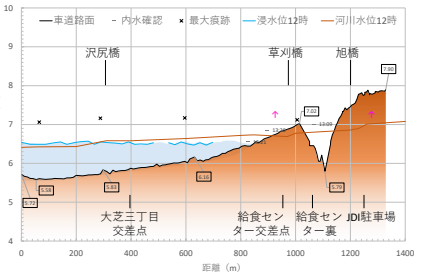
ケース0：大芝地区令和5年9月8日12時

河道水位

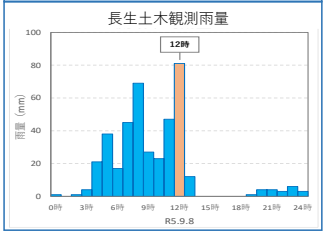


浸水状況

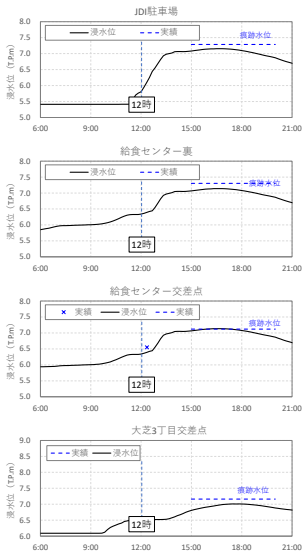




雨量

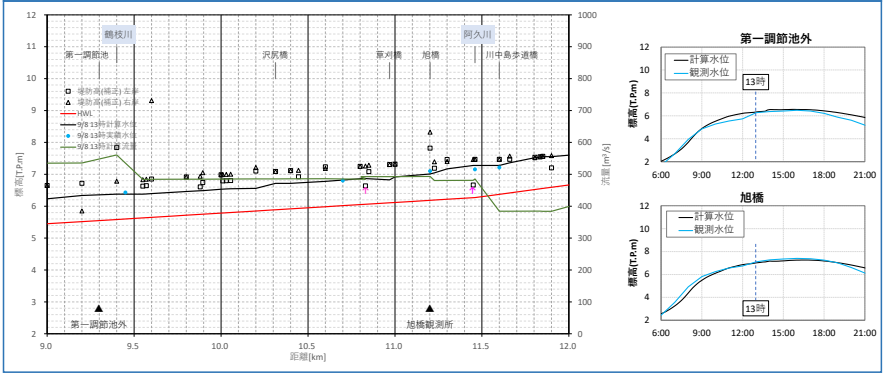


浸水位

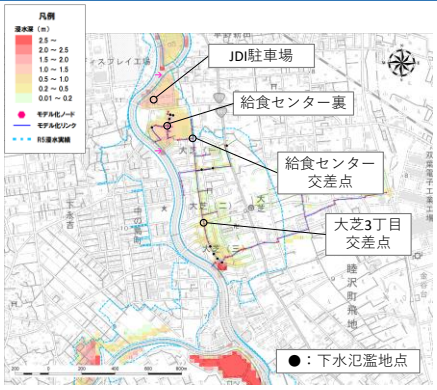


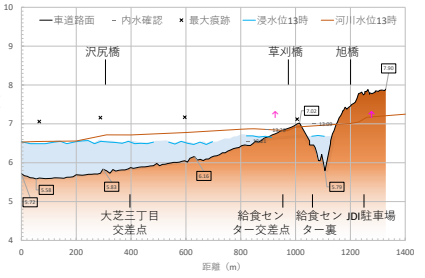
ケース0：大芝地区令和5年9月8日13時

河道水位

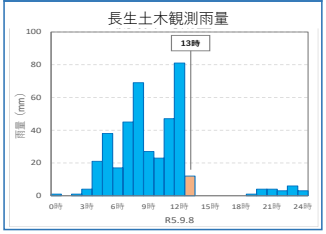


浸水状況

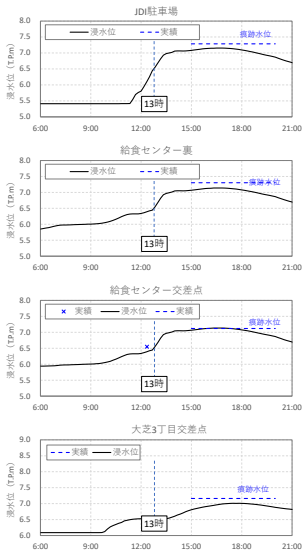




雨量

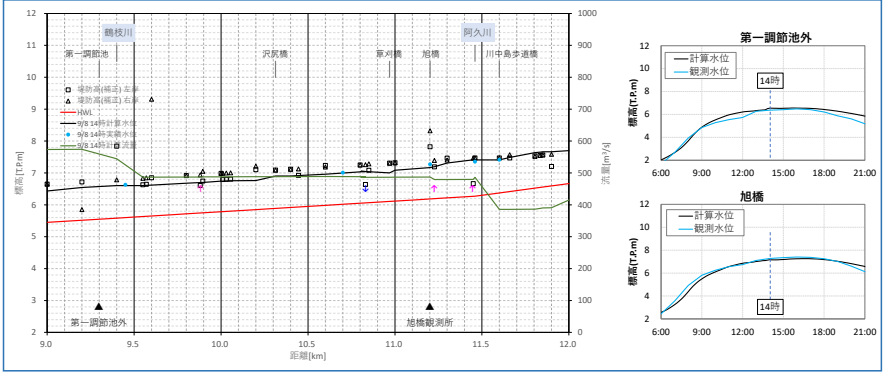


浸水位

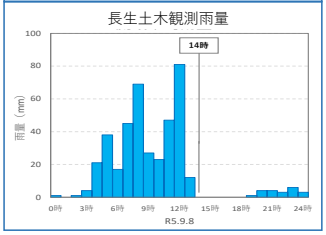


ケース0：大芝地区令和5年9月8日14時

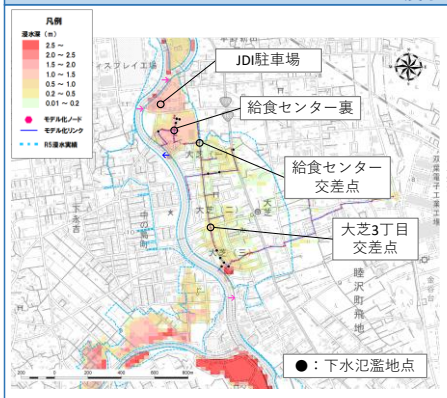
河道水位

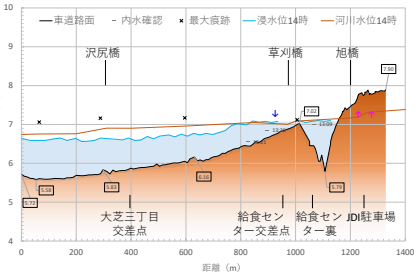


雨量

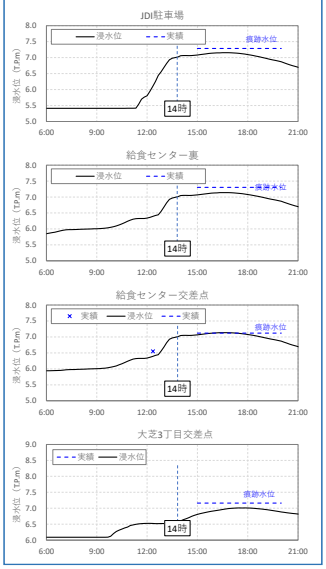


浸水状況



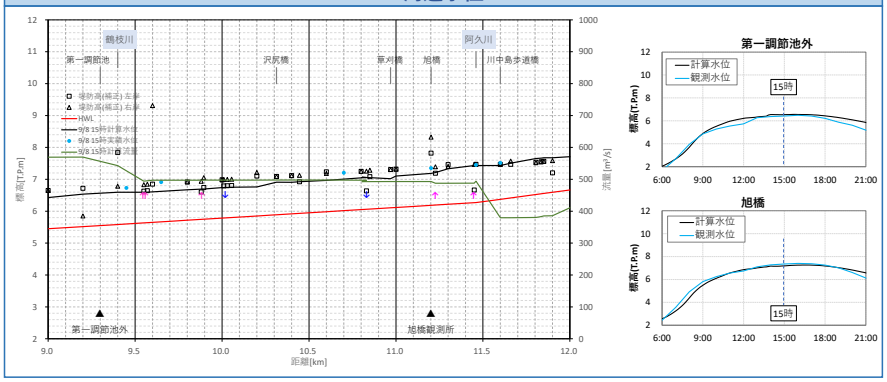


浸水位

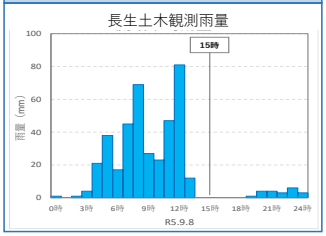


ケース0：大芝地区令和5年9月8日15時

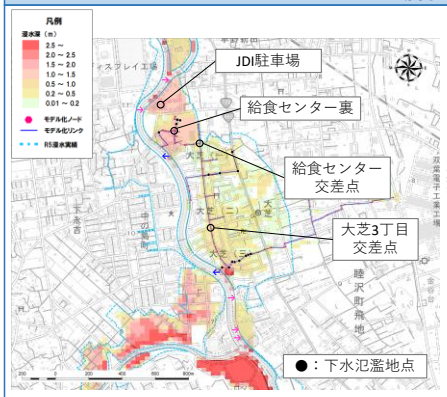
河道水位

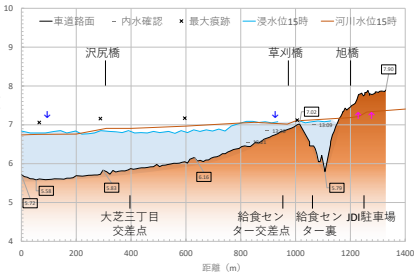


雨量

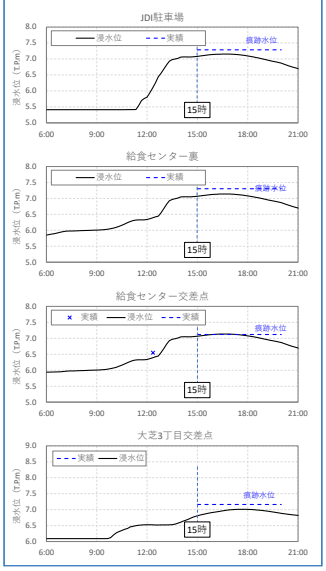


浸水状況



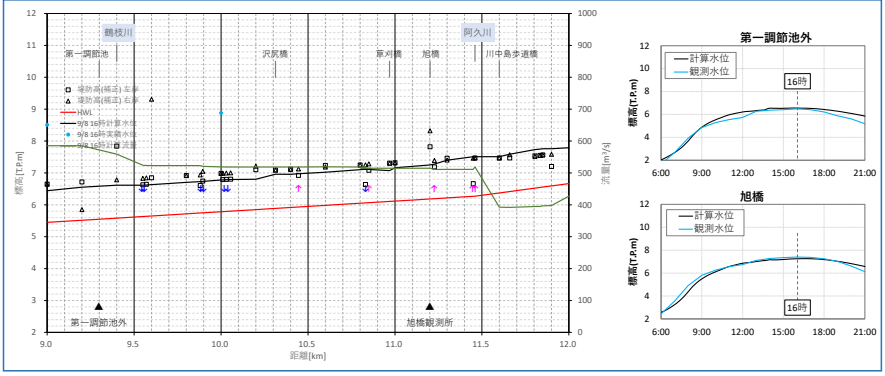


浸水位

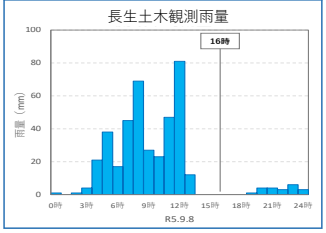


ケース0：大芝地区令和5年9月8日16時

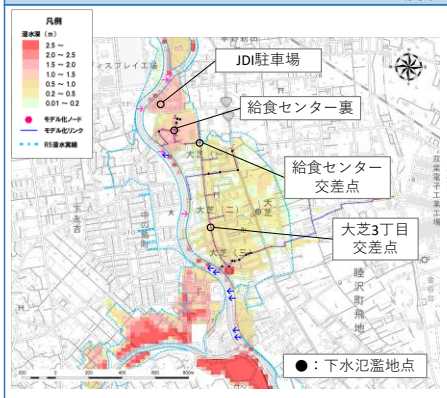
河道水位

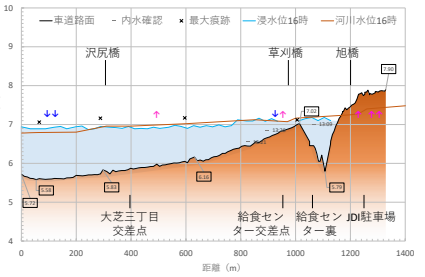


雨量

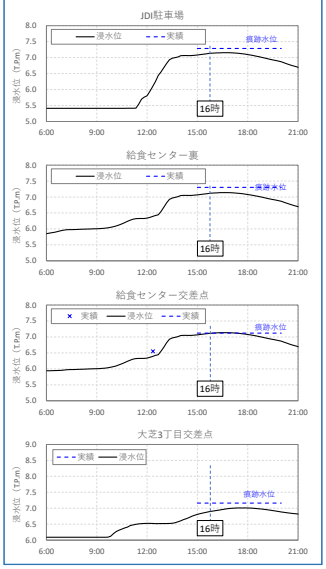


浸水状況



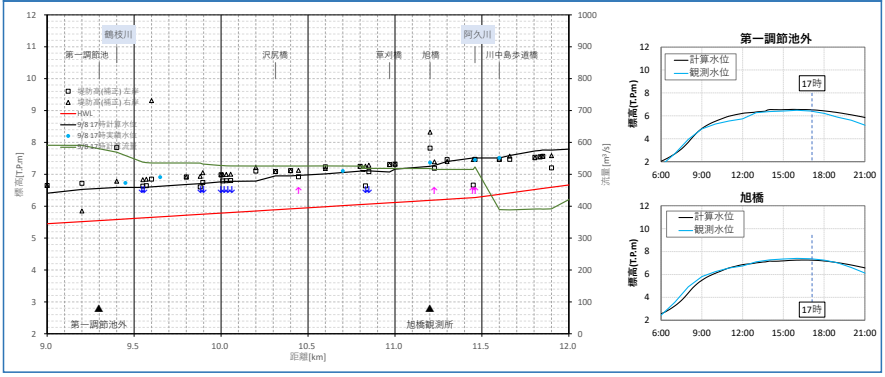


浸水位

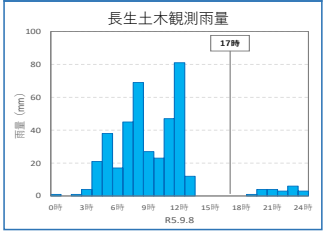


ケース0：大芝地区令和5年9月8日17時

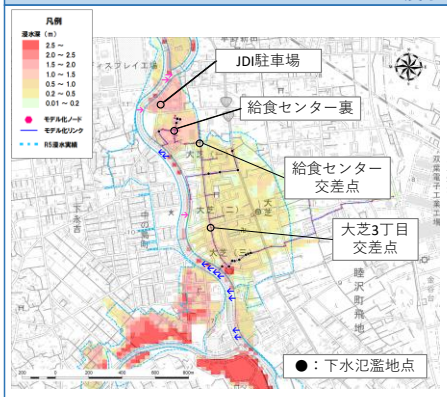
河道水位

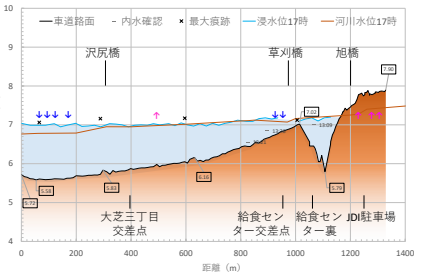


雨量

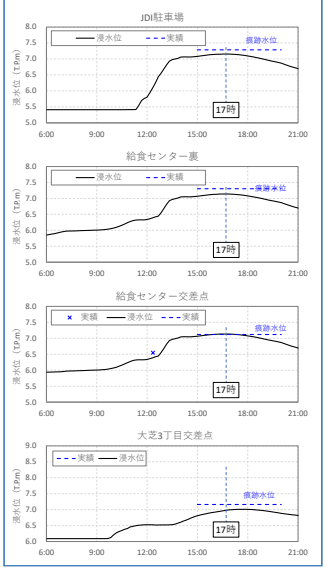


浸水状況



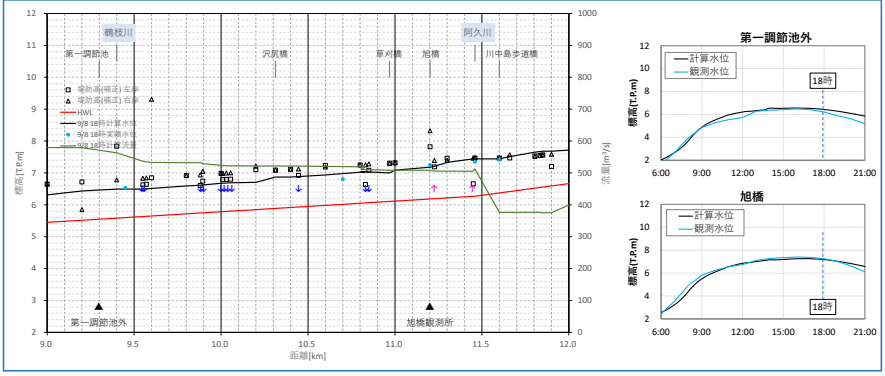


浸水位

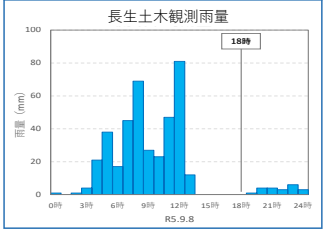


ケース0：大芝地区令和5年9月8日18時

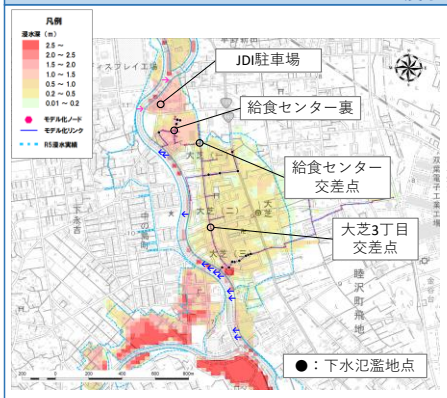
河道水位

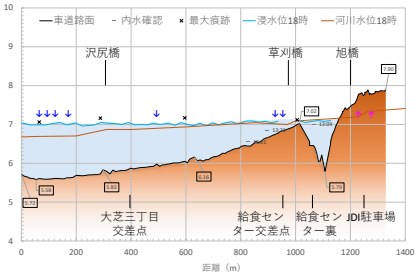


雨量

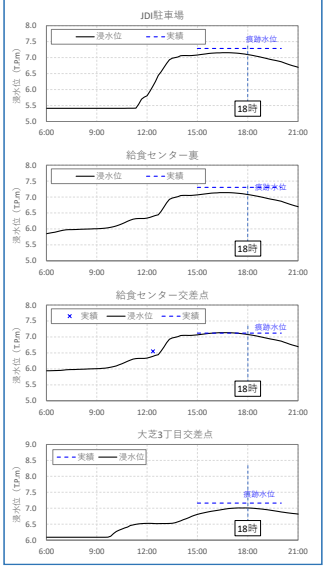


浸水状況



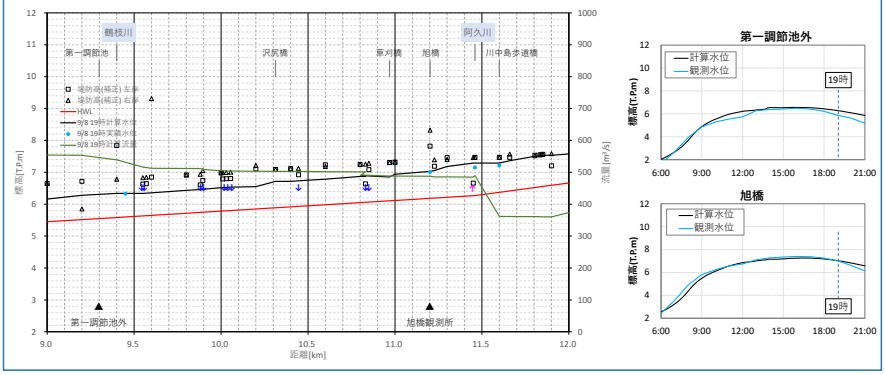


浸水位

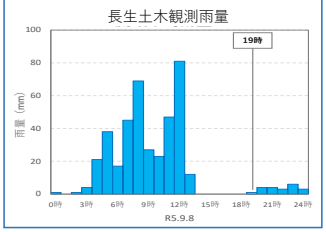


ケース0：大芝地区令和5年9月8日19時

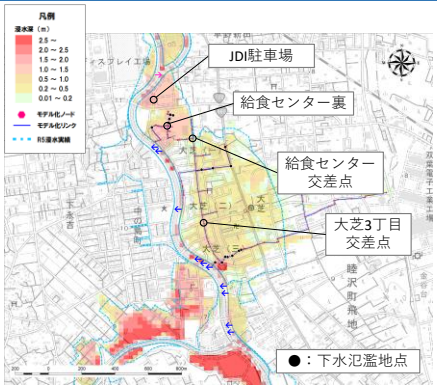
河道水位

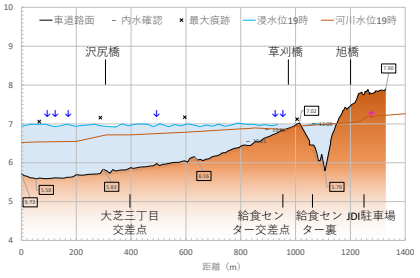


雨量

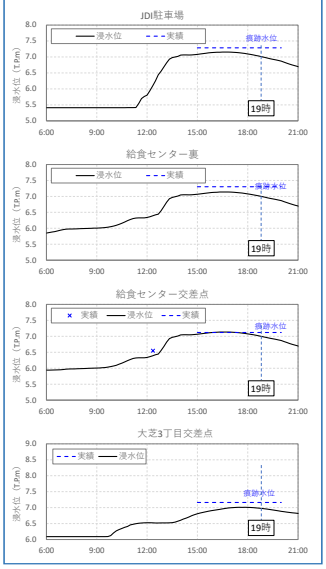


浸水状況



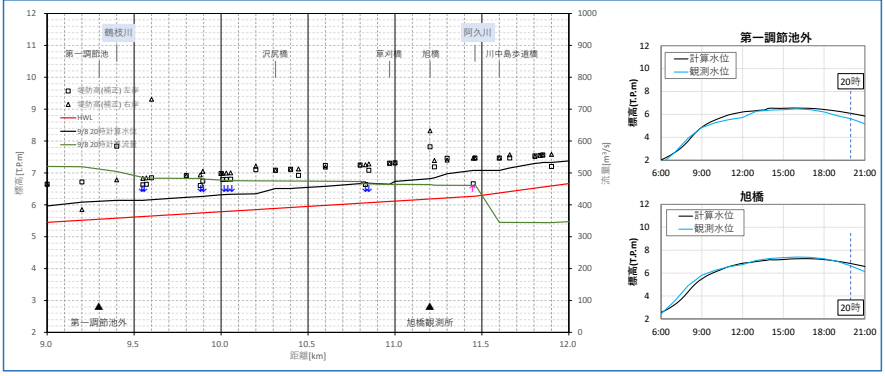


浸水位

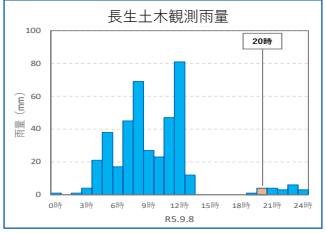


ケース0：大芝地区令和5年9月8日20時

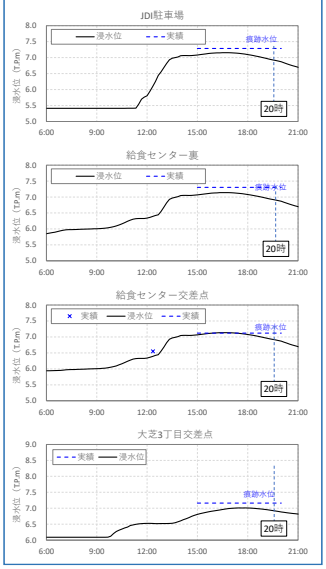
河道水位



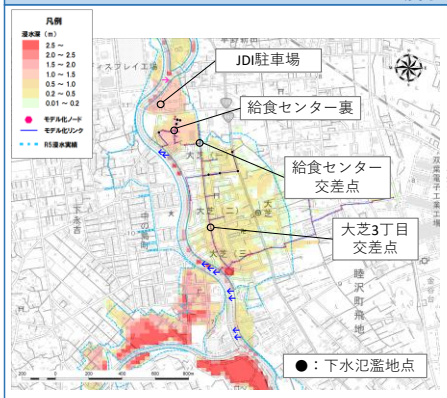
雨量

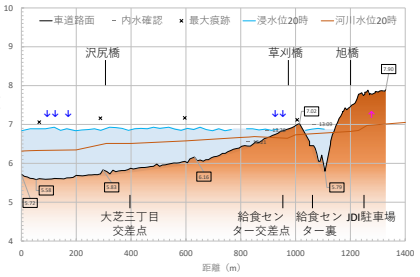


浸水位

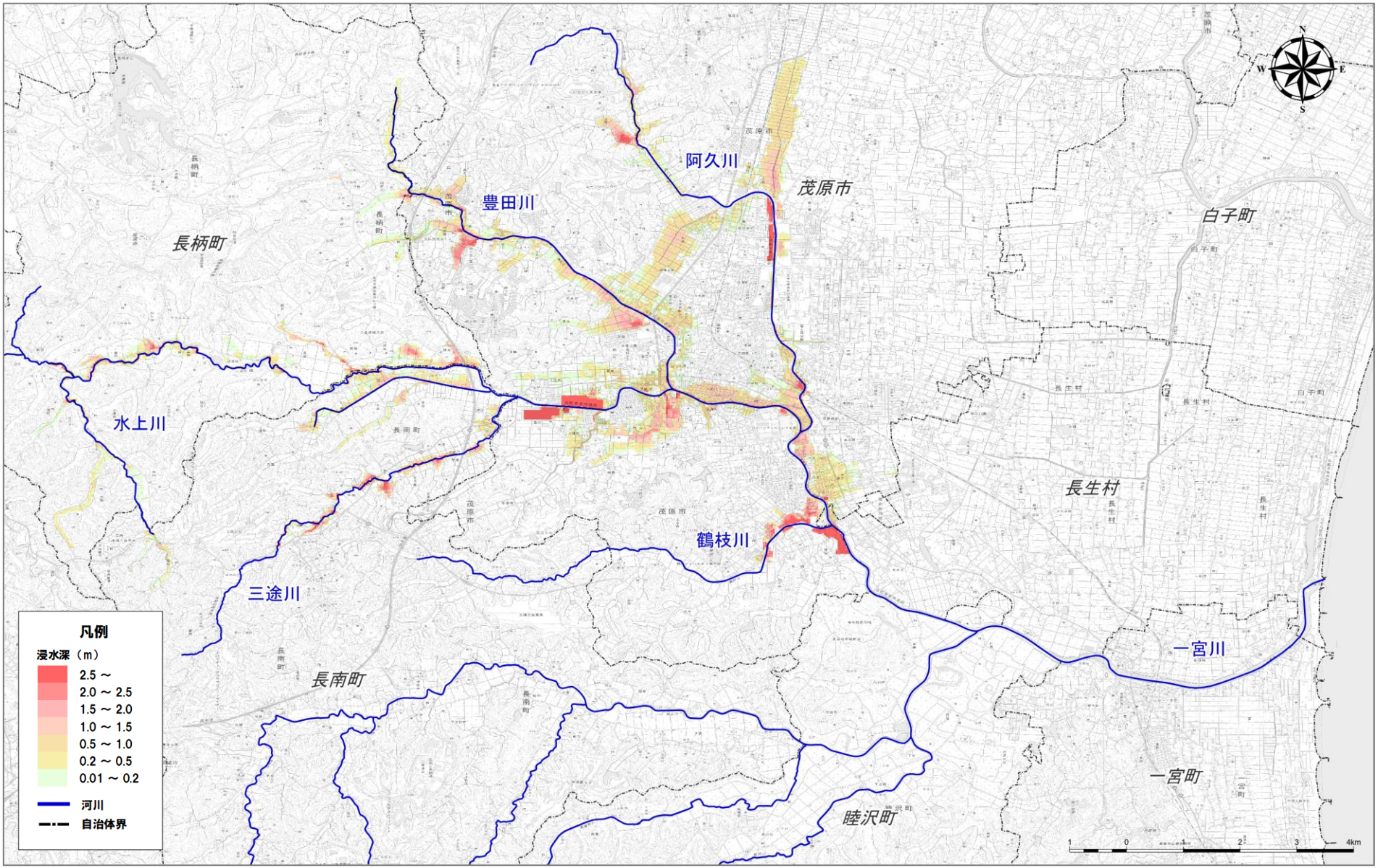


浸水状況



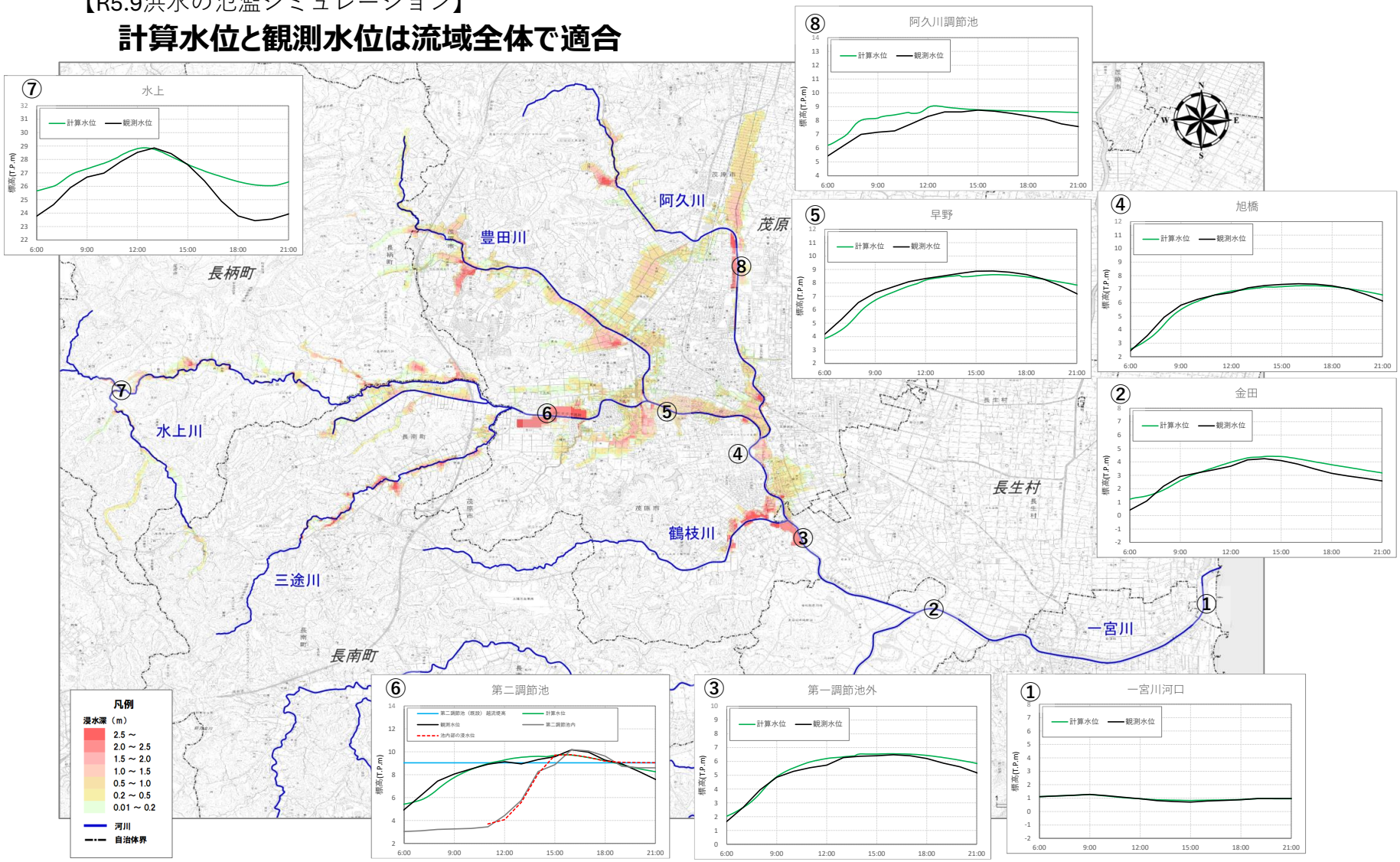


5.1.3. 流域全体の再現結果



計算水位と観測水位は流域全体で適合

【R5.9洪水の氾濫シミュレーション】



5.2.　浸水被害メカニズムの考察

5.2.1.　一宮川流域の特徴

一宮川流域では、市街化により保水と遊水能力が低下し、雨水が短時間で河川に流入するようになっている。特に、4 支川を合流し河床勾配が 1/1,000 程度から 1/3,000 程度へと緩くなる一宮川中流区間の茂原市街地においては洪水被害が発生しやすい。さらに低地部では、継続的な地盤沈下により河川への排水が困難となり、内水被害が増加している。

浸水被害メカニズムとしては、河川計画を遥かに上回る規模の観測史上最大の降雨が、流域全体に降ったことにより、一宮川上流及び支川の洪水処理能力を上回り外水氾濫が生じるとともに、内水域でも下水道の洪水処理能力を上回り内水氾濫が生じた。

護岸工事を施工中の茂原市街地においては、仮締切堤防の変状や施工不備による高さ不足の箇所から外水氾濫が発生した。

これらの氾濫域に市街地又は集落等が立地しており、浸水被害が発生している。

5.2.2.　仮締切堤防に関係する浸水

工事を施工中の約 4km 区間では、大型土のうによる仮締切堤防が設置されていたが、2.3.及び 2.4.のとおり、5 箇所の高さ不足及び 17 箇所の変状が確認されている。

これらの仮締切堤防が浸水に対しどのように影響しているかを、構築したシミュレーションモデルを使って確認した。

(1)　ケーススタディ条件

確認には、以下 4 ケースのケーススタディを行い、各ケースで浸水した量の総和である最大浸水量を算定して比較した。

① 再現計算　令和 5 年 9 月 8 日の水害を再現した条件（施工不備 5 箇所、変状 17 箇所）
② 仮締切堤防に施工不備があるも、変状は無かった場合（施工不備 5 箇所、変状 0 箇所）
③ 仮締切堤防の施工不備も変状も無かった場合　（施工不備 0 箇所、変状 0 箇所）
④ 河川からの越水が一切ない場合　（堤防が無限の高さで河川から溢れない）

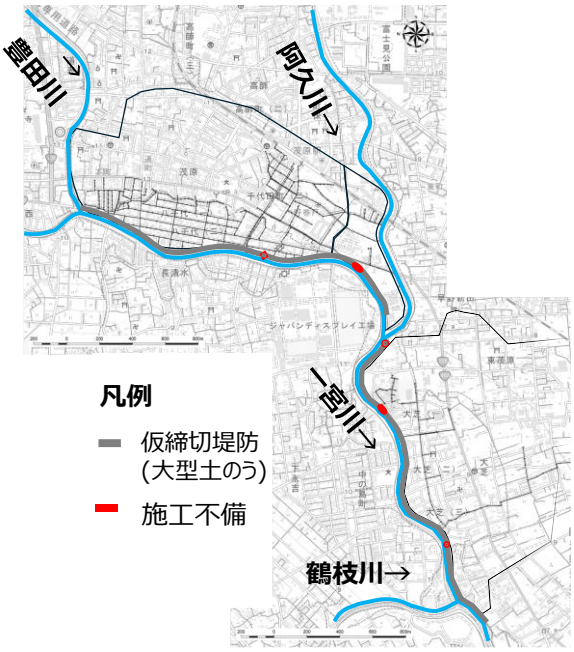
最大浸水量および各ケースのイメージ、堤防等の設定箇所は次の図のとおりである。

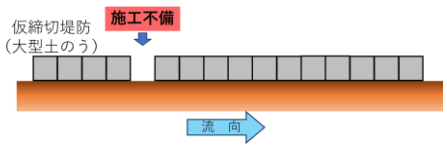
八千代地区・大芝地区の最大浸水量

各ケーススタディのイメージ

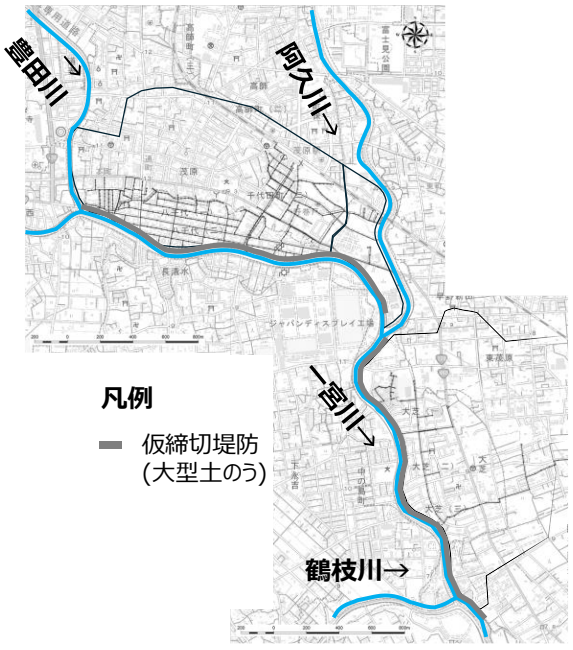
① 再現計算
令和５年９月８日の水害と同じ条件

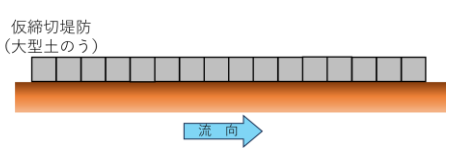
② 仮締切堤防に施工不備があるも、
変状は無かった場合



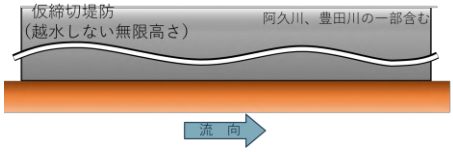


③ 仮締切堤防の施工不備も
変状も無かった場合





④ 河川からの越水が
一切ない場合



(2) 各ケースの結果と分析

4 ケースの最大浸水量を算出した結果を比較し、分析した。

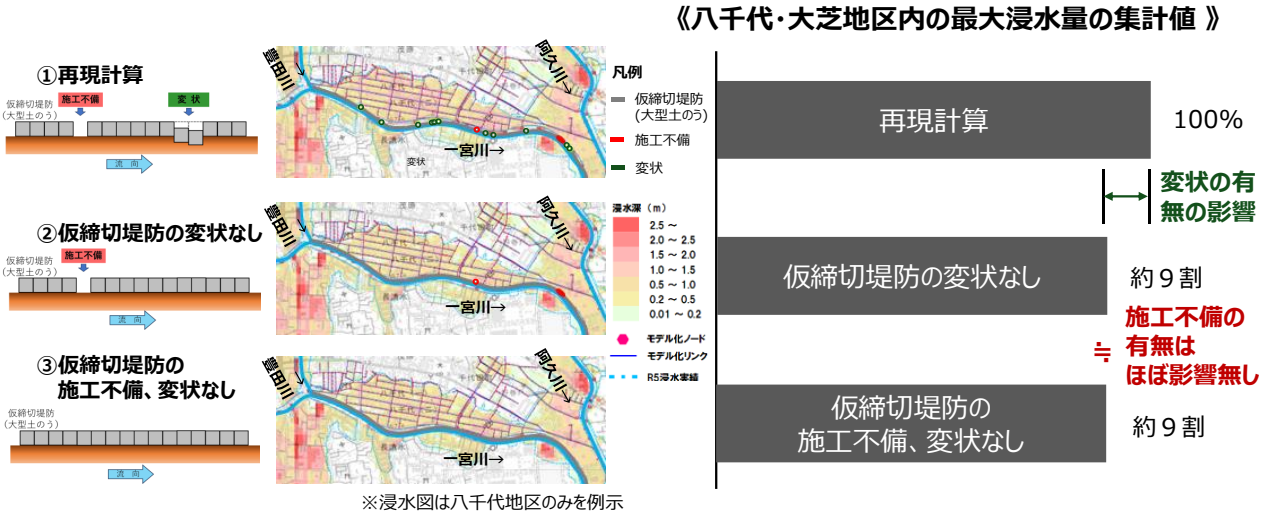
①再現計算での最大浸水量を 100%とした時、②仮締切堤防の変状なしとの差は、変状の有無の影響であり、②仮締切堤防の変状無しと③仮締切堤防の施工不備、変状なしとの差は、施工不備の有無の影響である。

まず③仮締切堤防の施工不備、変状がともにないケースでの結果を見ると、①再現計算 100%の最大浸水量の約 9 割程度の浸水量と算定された。この結果から、確率規模 1/180 という未曾有の今次降雨により、河川水位が上昇し、変状と施工不備がなかったとしても、堤防を越水したものと推測される。

また、②変状なしでの浸水量も、①再現計算 100%の約 9 割程度と算定されたことから、施工不備の有無は浸水量にほぼ影響しないとの結果となった。

なお、本計算結果を詳細に見ると、仮締切堤防の変状 17 箇所のうちの一部である 6 箇所が河川から堤内地に出水したと計算された。

これらの比較を以下に示す。



※浸水図は八千代地区のみを例示

■ シミュレーション結果から、変状と施工不備がなくても、未曾有（1/180）の豪雨により、
河川水位が上昇して、堤防を越水したものと推測。

■ 変状 17箇所がなかった場合、浸水量は約９割、また、変状と施工不備の両方がなくても、約９割と推測。
（なお、仮締切り堤防の変状 17箇所 のうち、6箇所から出水したと推測）
→ 施工不備の有無は、浸水量にほぼ影響しない（有意な影響は認められない）

なお、最大浸水量の集計値全体だけでなく、②変状なしと③施工不備、変状ともにないケースの浸水深分布を地点ごとに比較することで、有意な影響の有無について、統計的に差の検定を行った。

差の検定は、正規分布などの特定の分布を想定しないノンパラメトリック手法であるマン・ホイットニーの U 検定をケース②と③の浸水発生メッシュ全数をサンプルとして行った。

また、①再現計算と②変状なしについても検討を行った。

結果、統計的に「①再現計算と②変状なしには、有意な差がある」「②変状なしと③施工不備、変状共になしには、有意な差がない」との結論となった。以下に結果を示す。

ケースごとの浸水深分布と検定のイメージ

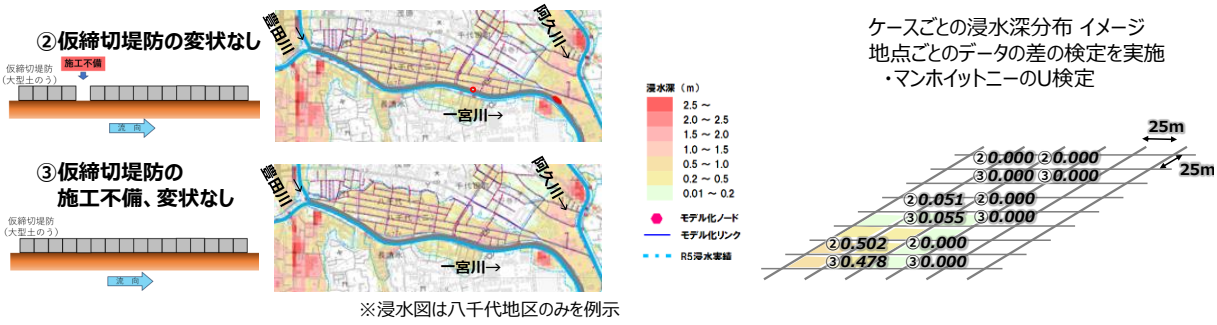
差の検定

→ **施工不備の有無は、浸水量にほぼ影響しない（有意な影響は認められない）**

■ **②変状17箇所がなかった場合 と ③変状と施工不備の両方がなかった場合の浸水深分布を地点ごとに比較。**

→ **二瓶委員がマンホイットニーの U 検定による 差の検定を実施した。**

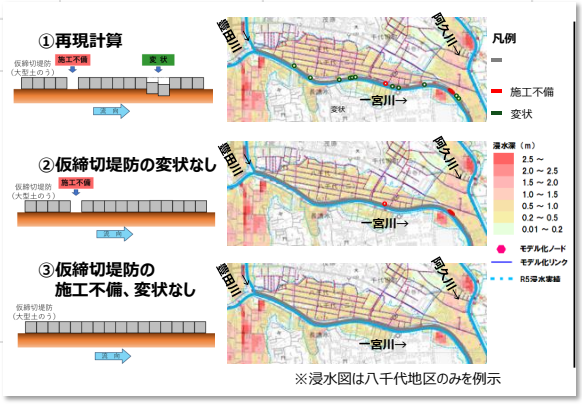
《八千代･大芝地区内の最大浸水深 》



※浸水図は八千代地区のみを例示

《マンホイットニーのU検定 》

	p値	z統計量	サンプル数n
② vs③	0.6109	-0.5087	2017
① vs②	0.0005	3.4651	2036
検定条件： マンホイットニーのU検定 両側検定 正規近似			



※浸水図は八千代地区のみを例示

結論

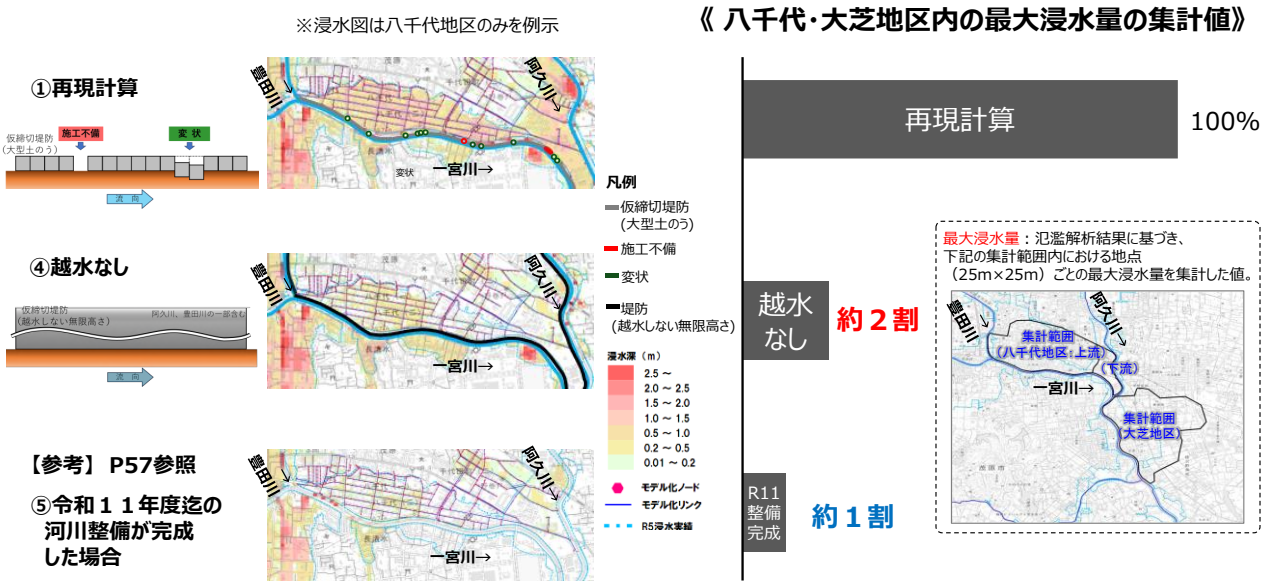
- ①と②には統計的に有意な差は有り（P=0.0005<0.05）.
- ②と③には統計的に有意な差は無（p=0.61＞0.05）.

《 二瓶委員提供 ：差の検定 》

次に、④河川からの越水が一切ない条件（仮に堤防が無限の高さであった場合）で計算したところ、①再現計算と比較して最大浸水量の集計値は約 2 割と算定された。

④の条件では、洪水位が計画高水位を超過しており、堤防が破堤する可能性があるが、この計算では破堤しない条件で計算している。また、最大浸水量は八千代・大芝地区内を集計しているため再現に比べて小さな値が算定されているが、堤防高が無限になることで、両地区以外の箇所の河川水位に上昇が起こっており、他地区の被害は増加すると計算された。このように、一部の区間の浸水リスクを低減させることで、別の区間の浸水リスクを増大させる可能性もあり、いわゆる河川の上下流バランスを考慮する必要があるが、詳細は別に述べる。

また、令和 11 年度までの河川整備が完成した場合というケースと比較してみると、堤防高が無限になることによる河川水位の上昇により、両地区の内水被害が増加していると算定された。これは、外水対策として堤防高を上げるだけという施策により、内水被害を助長してしまうとのケース計算結果であり、河川水位を下げる改修の重要性を示す結果となっている。



■ **河川からの越水等が一切ない条件（仮に堤防が無限の高さであった場合）※1で計算したところ、再現計算と比較して約２割※2と推測。**

■ **令和１１年度迄の河川整備が完成した場合と比較すると、河川水位が上昇し、内水被害が増加すると推測。**

※1 洪水位が計画高水位を超過するため破堤する可能性があるが、ここでは破堤しない条件

※2 八千代地区・大芝地区を集計したものであり、河川水位の上昇により、他地区の被害は増加