

第 10 章 津波河川遡上の想定のための検討

埼玉県は内陸県であり、海岸域のような直接的な被害は発生しない。しかし、大地震が発生した際には、県内を流れる河川を津波が遡上することにより河川沿いの堤外地が浸水する可能性がある。

本章では、荒川を対象として地形モデルを作成し、津波の河川遡上シミュレーション計算を行い、遡上範囲及び浸水域を想定した。波源は「相模トラフ沿いで発生する M8 クラスの地震」として、元禄型関東地震を想定した。なお、津波河川遡上に関する既存データについては、巻末資料 10 に整理した。また、荒川以外の県内主要河川については、巻末資料 11 に整理した。

10.1 方針

- ・ 1703 年元禄型関東地震（行谷他(2011)の断層モデル）を想定地震とした。
- ・ 波源～県境界までの地形データについては、東京都（2012）の成果を利用し、県境部より上流の鴻巣市付近までは 10m メッシュで地形データを作成した。
- ・ 計算対象地域は、震源域～東京湾～鴻巣付近とし、非線形長波式（浅水理論式）により、再現時間 6 時間までの計算を行った。
- ・ 堤防及び水門等の構造物データも計算に反映させ、水門閉鎖時と水門開放時の 2 ケースを想定した。

10.2 データ収集・整理

10.2.1 地形データの収集整理

計算に必要な地形データの収集整理を行った。収集したデータは下記の項目である。なお、波源～県境界までの地形データについては、東京都（2012）¹の成果を利用した。

(1) 津波河川遡上の予測計算に必要な標高及び水深のデータの収集・整理

① 波源～荒川河口及び県境界部

⇒ 東京都（2012）のデータを利用。

② 県境界部から上流

- ・ 荒川上流河川事務所より測量成果を受領。
28.8K ～ 90.0K まで整理した。
- ・ LP データ（DEM データ、国交省）を受領。
データ範囲は図 10.1.3-1 参照。

(2) 海岸構造物及び河川構造物データの収集・整理

① 海岸構造物 ⇒ 東京都（2012）を利用。

② 河川構造物

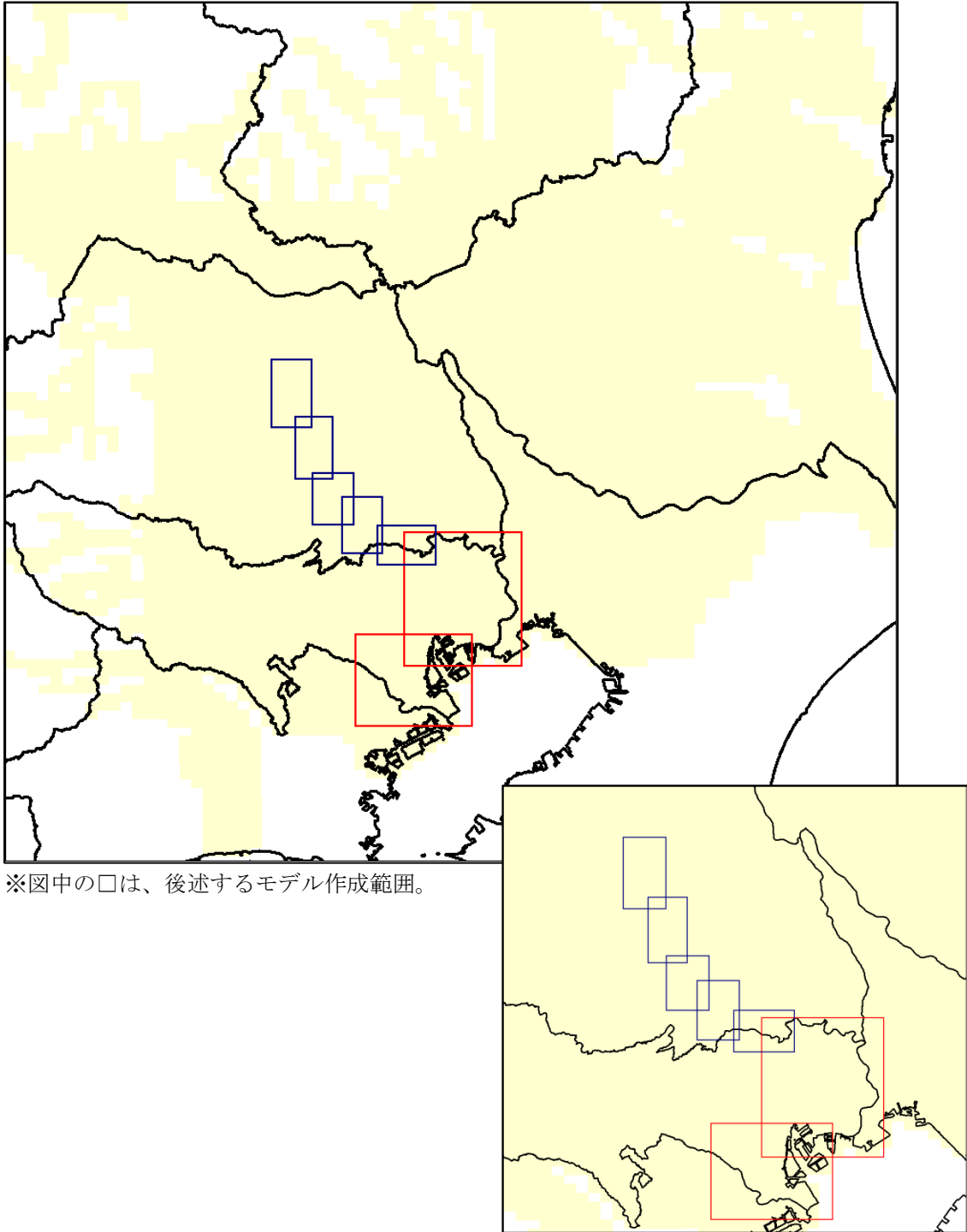
荒川下流域 ⇒ 東京都（2012）を利用。

荒川上流域 ⇒ 荒川上流河川事務所より測量成果・河川工作物台帳を受領。
28.8K ~ 90.0K まで整理した。

(3) 粗度データ

⇒ 国土数値情報を利用。

※ K.P.あるいはKは距離標（キロポスト）であり、河口からの距離を表す。



※図中の口は、後述するモデル作成範囲。

図 10.2.1-1 LP データ提供範囲

10.2.2 河川津波遡上計算用地形モデルの作成方針

東京都のデータ作成に倣い、荒川を対象として10mメッシュで地形をモデル化した。
図10.2.2-1に東京都(2012)による10mメッシュ地形モデルを示す。

○ 地形モデルサイズ :

10mメッシュ

○ 作成範囲 :

東京都地形モデルとの接続域(県境界)～鴻巣市(K.P66.0)程度を目途。
図10.1.2-2に示す5エリアに分割して作成する。

○ 地形モデル作成元データ :

・ 河川測量成果

主に、河床標高のモデル作成に利用する。

荒川下流河川事務所(河口～28.8K)

荒川上流河川事務所(28.8K～90.0K)

・ LPデータ(DEMデータ、国交省)。

主に、高水敷・中州・堤内地のモデル作成に利用する。

・ 水門等、構造物データ

河川構造物の作成に利用する。

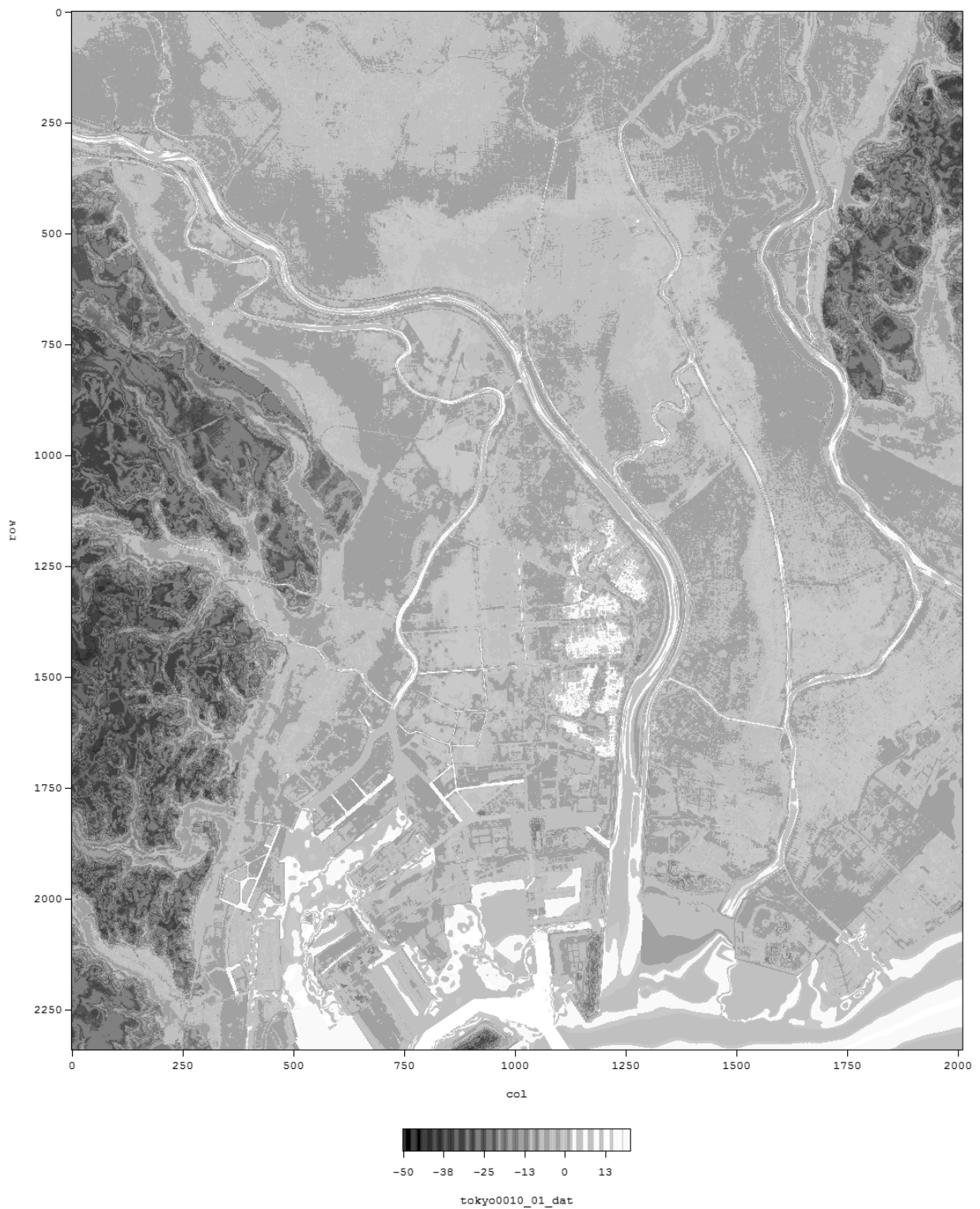


図 10.2.2-1 東京都 (2012) 10m メッシュ地形モデル

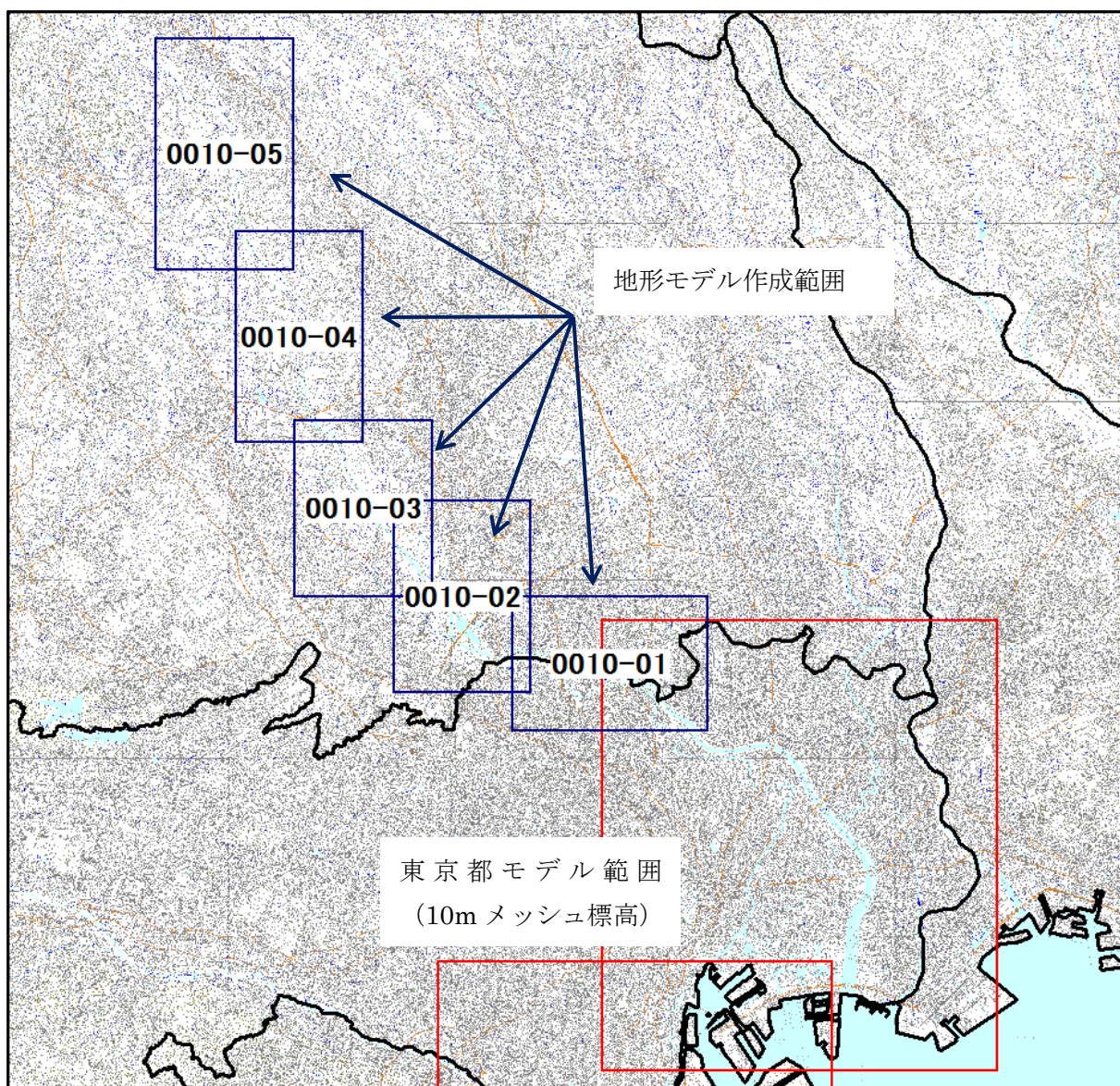


図 10. 2. 2-2 地形モデル作成範囲

10.3 津波シミュレーション

10.3.1 津波数値計算の方法

津波数値解析は非線形長波理論式により実施した。非線形長波理論式の平面2次元の基本方程式（連続の式及び運動方程式）を下記に示す。

数値解析は差分法（Staggered leap-frog法）を用いた。すなわち、式（10.3.1-1）～（10.3.1-3）の支配方程式を差分化し、地震による上下地殻変動量を津波の初期水位として与えて、以降の海水の挙動を時間発展的に計算した。

計算時間間隔は、計算の安定条件を満たすように設定した。

<連続の式>

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (10.3.1-1)$$

<運動方程式>

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 M \sqrt{M^2 + N^2}}{D^{7/3}} = 0 \quad (10.3.1-2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2 N \sqrt{M^2 + N^2}}{D^{7/3}} = 0 \quad (10.3.1-3)$$

ここで、

η : 水位

M, N : x, y 方向の流量

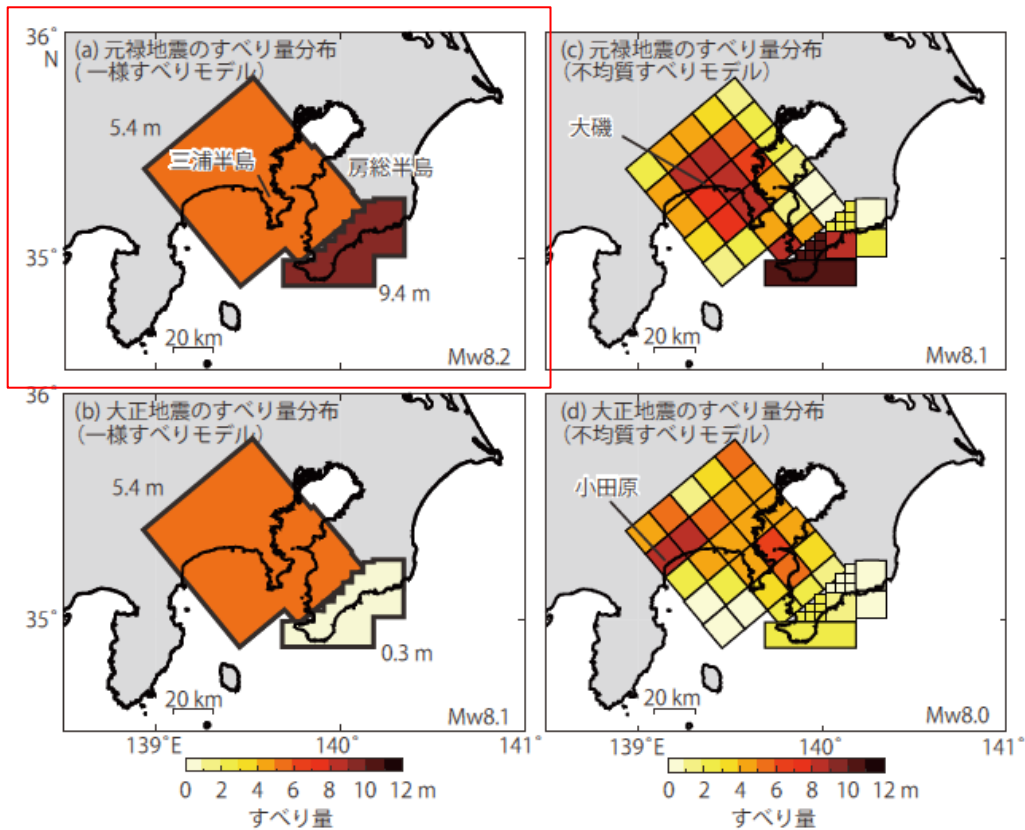
ξ : 海底鉛直変位分

D : 全水深 (= 水深 + 水位)

n : マニングの粗度係数

10.3.2 波源モデルの設定

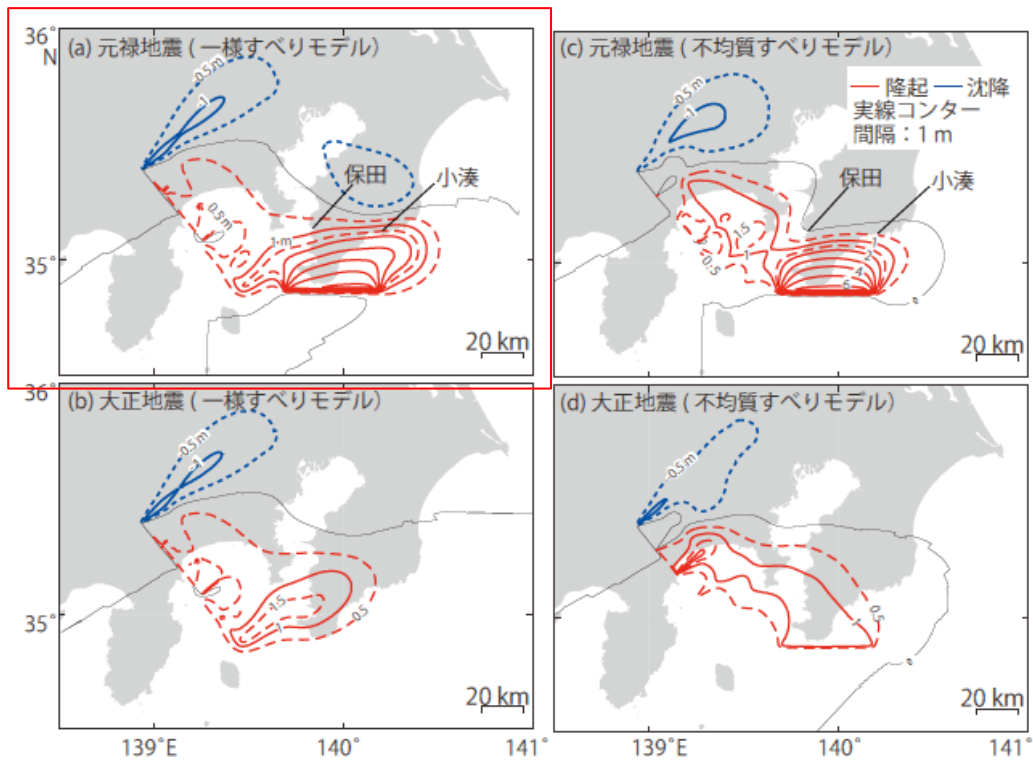
東京都(2012)の結果を参考に、シミュレーションを行う津波波源として、行谷ほか(2011)²で提案されている元禄型関東地震(一様すべりモデル)を設定した。行谷ほか(2011)によるすべり量分布を図10.3.2-1、地殻上下変動量分布を図10.3.2-2、断層パラメータを表10.3.2-1に示す。



第7図. 地殻上下変動量分布からインバージョン解析により推定したすべり量分布。(a) 一様すべりモデルによる元禄地震の例。(b) 一様すべりモデルによる大正地震の例。(c) 不均質すべりモデルによる元禄地震の例。(d) 不均質すべりモデルによる大正地震の例。

Fig. 7. Slip amounts on the subfaults estimated from inversion analyses of the vertical movements for (a) the uniform slip model for the 1703 earthquake, (b) the uniform slip model for the 1923 earthquake, (c) the various slip model of the 1703 earthquake and (d) the various slip model of the 1923 earthquake.

図 10.3.2-1 行谷ほか(2011)によるすべり量分布



第9図. 推定されたすべり量分布から計算された地殻上下変動量分布。(a) 一様すべりモデルにおける元禄地震の例。(b) 一様すべりモデルにおける大正地震の例。(c) 不均質すべりモデルにおける元禄地震の例。(d) 不均質すべりモデルにおける大正地震の例。

Fig. 9. Vertical movements calculated from the estimated slip amounts from (a) the uniform slip model of the 1703 earthquake, (b) the uniform slip model for the 1923 earthquake, (c) the various slip mode for the 1703 earthquake, and (d) the various slip model for the 1923 earthquake.

図 10. 3. 2-2 行谷ほか (2011) による地殻上下変動量分布図

表 10.3.2-1 断層パラメータ

経度	緯度	上段深さ (m)	走向 (度)	傾斜角 (度)	すべり 角(度)	長さ (m)	幅 (m)	すべり量 (m)
35.623	139.523	18000	320	30	155	15000	15000	5.4
35.539	139.401	14100	320	15	155	15000	15000	5.4
35.455	139.279	10000	320	16	155	15000	15000	5.4
35.377	139.164	3700	320	25	155	15000	15000	5.4
35.293	139.041	0	320	14	155	15000	15000	5.4
35.519	139.629	18000	320	30	155	15000	15000	5.4
35.435	139.507	14100	320	15	155	15000	15000	5.4
35.352	139.385	10000	320	16	155	15000	15000	5.4
35.273	139.27	3700	320	25	155	15000	15000	5.4
35.189	139.147	0	320	14	155	15000	15000	5.4
35.416	139.735	18000	320	30	155	15000	15000	5.4
35.332	139.613	14100	320	15	155	15000	15000	5.4
35.249	139.491	10000	320	16	155	15000	15000	5.4
35.17	139.377	3700	320	25	155	15000	15000	5.4
35.086	139.254	0	320	14	155	15000	15000	5.4
35.313	139.843	17300	320	15	155	15000	15000	5.4
35.229	139.719	14100	320	12	155	15000	15000	5.4
35.145	139.597	10000	320	16	155	15000	15000	5.4
35.064	139.479	4900	320	20	155	15000	15000	5.4
34.978	139.354	2300	320	10	155	15000	15000	5.4
35.208	139.946	18500	320	6	155	15000	15000	5.4
35.125	139.824	14400	320	16	155	15000	15000	5.4
35.042	139.703	10000	320	17	155	15000	15000	5.4
34.958	139.581	6400	320	14	155	15000	15000	5.4
34.872	139.457	3800	320	10	155	15000	15000	5.4
35.135	140.009	20700	320	6	155	10000	15000	5.4
35.055	139.894	14600	320	24	155	10000	15000	5.4
34.973	139.774	10000	320	18	155	10000	15000	5.4
34.993	140.019	13200	270	29	105	15000	15000	9.4
35.117	140.183	21300	270	6	105	15000	15000	9.4
34.995	140.183	15000	270	25	105	15000	15000	9.4
35.13	140.348	19300	270	6	105	15000	15000	9.4
35.007	140.348	13000	270	25	105	15000	15000	9.4
34.874	140.183	1300	270	45	105	45000	18000	9.4
34.711	140.716	1300	290	45	125	50000	30000	10

10.3.3 地形モデルの作成

10.2.1 及び 10.2.2 で示した収集データ、地形作成方針に沿って、計算用の地形モデルの作成を行った。地形モデル作成のフローを図 10.3.3-1 に示し、データ処理過程の例を図 10.3.3-2 に示す。

作成した 10m メッシュ地形モデルを、図 10.3.3-3 に示す。

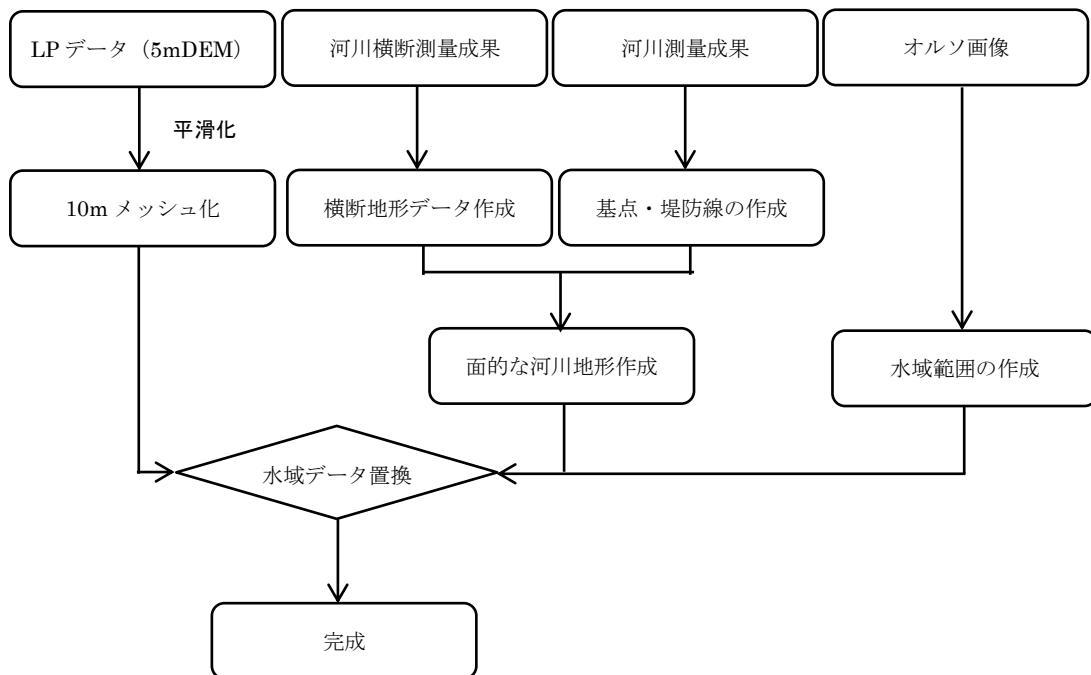
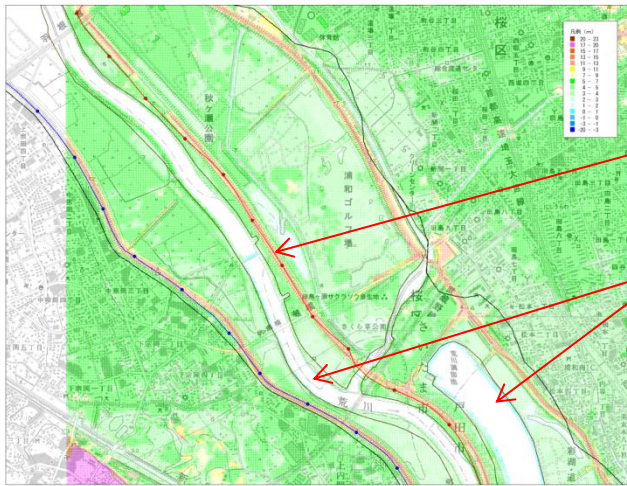


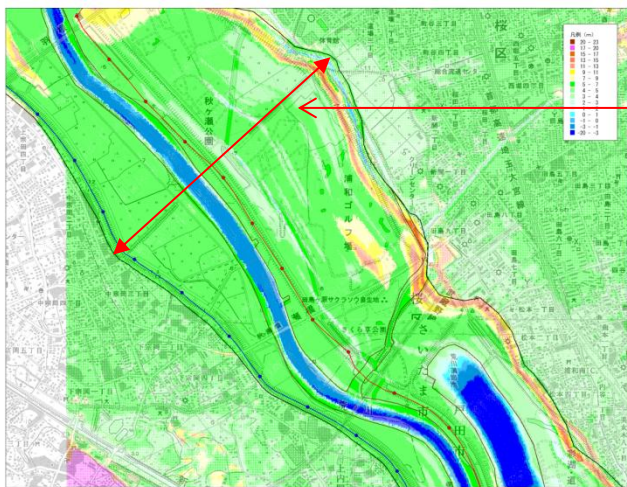
図 10.3.3-1 地形モデル作成のフロー



堤防ライン

LP データでは河床標高不明
(水域データ無し)

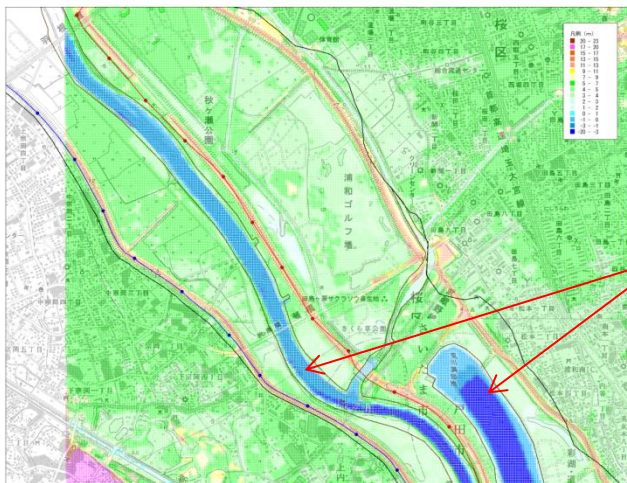
LP データ 10m メッシュ化後



横断測量範囲

河川横断測量成果より断面モデルを作成し、
面的に補間する。

面的な河川地形作成後



河床標高 (水域) のみ河川地形データを利用し、
他の範囲は、LP データを利用する。

10m メッシュ地形 (水域内置换後)

図 10.3.3-2 地形モデル作成処理過程の例

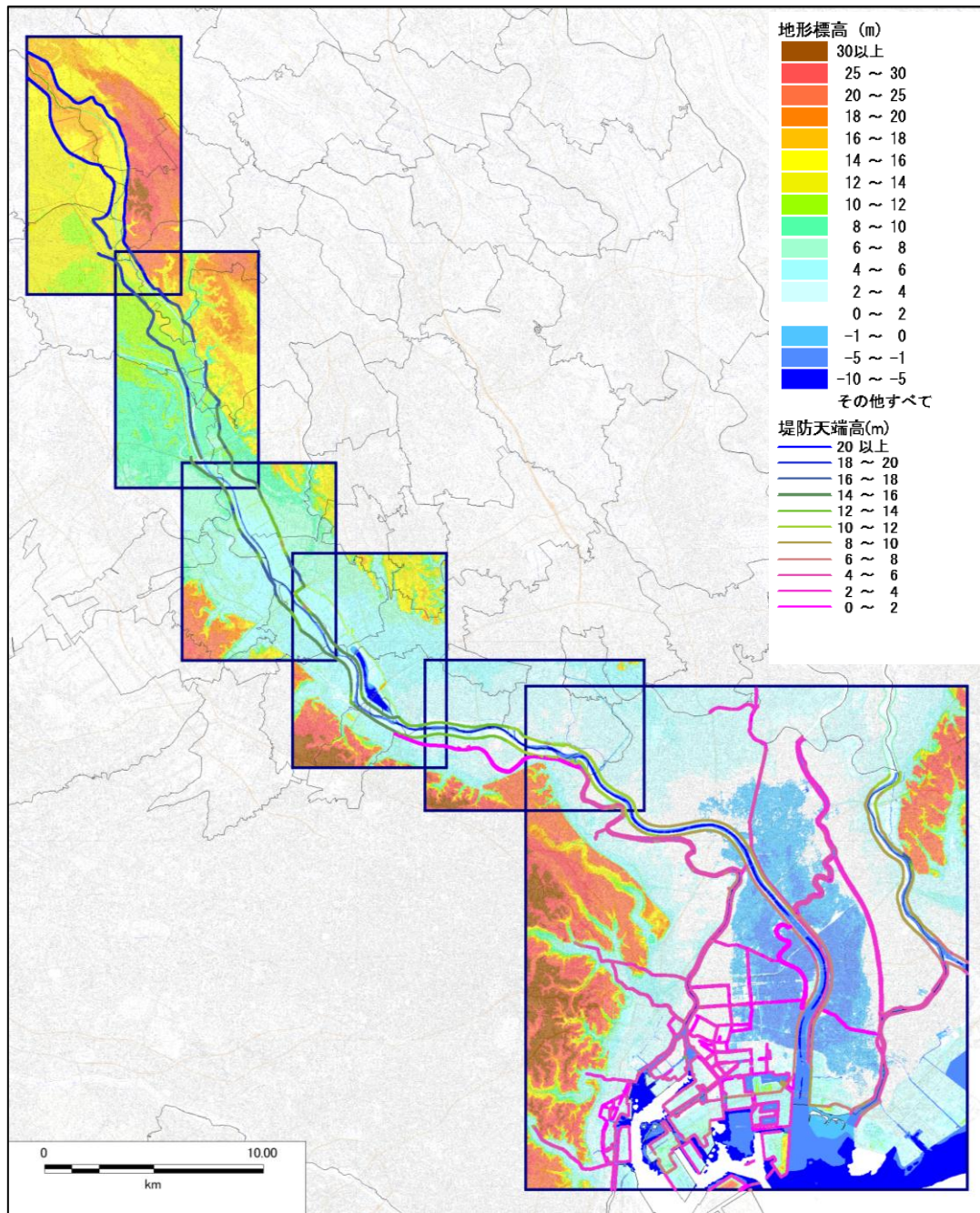


図 10.3.3-3 10m メッシュ地形モデル及び構造物モデル

10.3.4 堤防モデルの作成

構造物データは GIS ソフト上での位置情報の作成と、台帳としてのリストの整備を行った。図 10.3.4-1 に整理した構造物の位置情報の例を示す。

シミュレーション用に作成した構造物データは、前項の図 10.3.3-3 に地形モデルと合わせて示した。計算の際は上記データを元に、水門の開閉等の構造物データを計算条件に沿ってモデルを調整した。



図 10.3.4-1 構造物の位置情報

10.3.5 計算条件

以下の計算条件で津波遡上の数値シミュレーションを実施した。

<使用した断層モデル（波源モデル）>

- ・ 1703年元禄型関東地震 行谷ほか（2011）の一樣すべりモデル

<計算条件>

- ・ メッシュサイズ：10m（東京湾沿岸）～30m～90m～270m～810m（外洋）
- ・ 計算対象範囲：埼玉県利根川流域（鴻巣市付近）～東京湾～震源域
- ・ 運動方程式：非線形長波式（浅水理論式）
- ・ 再現時間：6時間
- ・ 初期水位分布：断層モデルから鉛直地殻変動量分布を計算し、時間差なしで全メッシュに鉛直地殻変動量を初期水位として付与
- ・ 潮位：朔望平均満潮位（High Water Level：H.W.L.）T.P.+0.966m
- ・ 水門：
 - (1) 水門閉鎖：全水門を閉鎖した場合
 - (2) 水門開放：全水門が閉じられなかった場合
(閘門・樋門は閉じているものとする。)

注)

- ・ T.P. (Tokyo Peil)：東京湾平均海面
- ・ A.P. (Arakawa Peil)：霊岸島量水標零位。明治6年6月～明治12年12月の隅田川河口の霊岸島の量水標の観測結果より旧日本軍陸地測量部が決めた基本水準面の高さ。ほぼ大潮干潮位にあたり、荒川工事基準面として利用される。
T.P.+0m=A.P.+1.134m。

10.3.6 結果

作成した地形モデル、堤防モデルを用いて、前述した2ケース（水門開 or 閉）で計算を行った。ケース毎に、浸水図、遡上結果図、水位縦断図、代表地点波形を示す。

(1) 水門閉鎖ケース

図 10.3.6-1 (1) ~ (2) に浸水予測図、図 10.3.6-2 に遡上結果図、図 10.3.6-3 に水位縦断図、図 10.3.6-4 (1) ~ (2) に代表地点の波形、表 10.3.6-1 に浸水面積表を示す。

大きな浸水箇所は川口市～戸田市の堤外地に限られる（図 10.3.6-1 参照）。

河川遡上の範囲は、K.P.=47.6（さいたま市西区と上尾市の境界付近）付近までである。

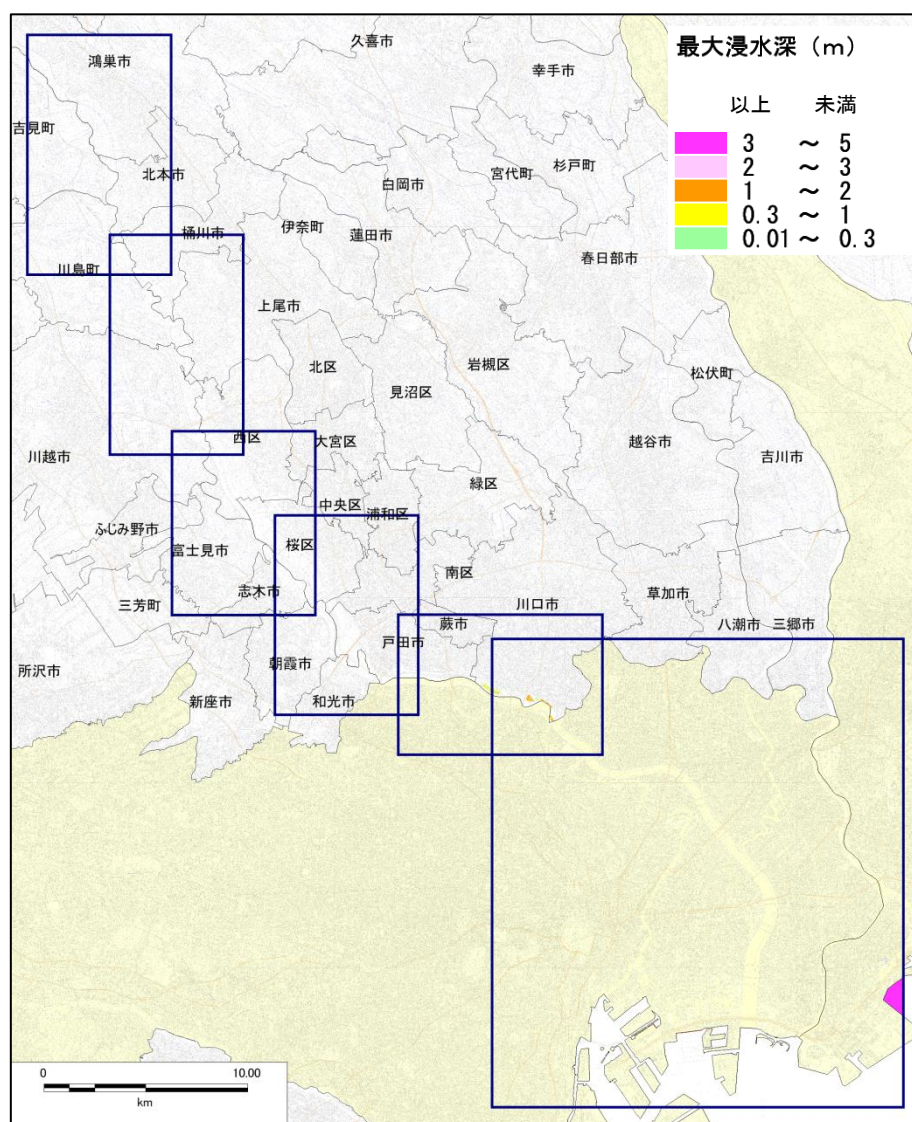


図 10.3.6-1(1) 浸水予測図（水門閉鎖 全体図）

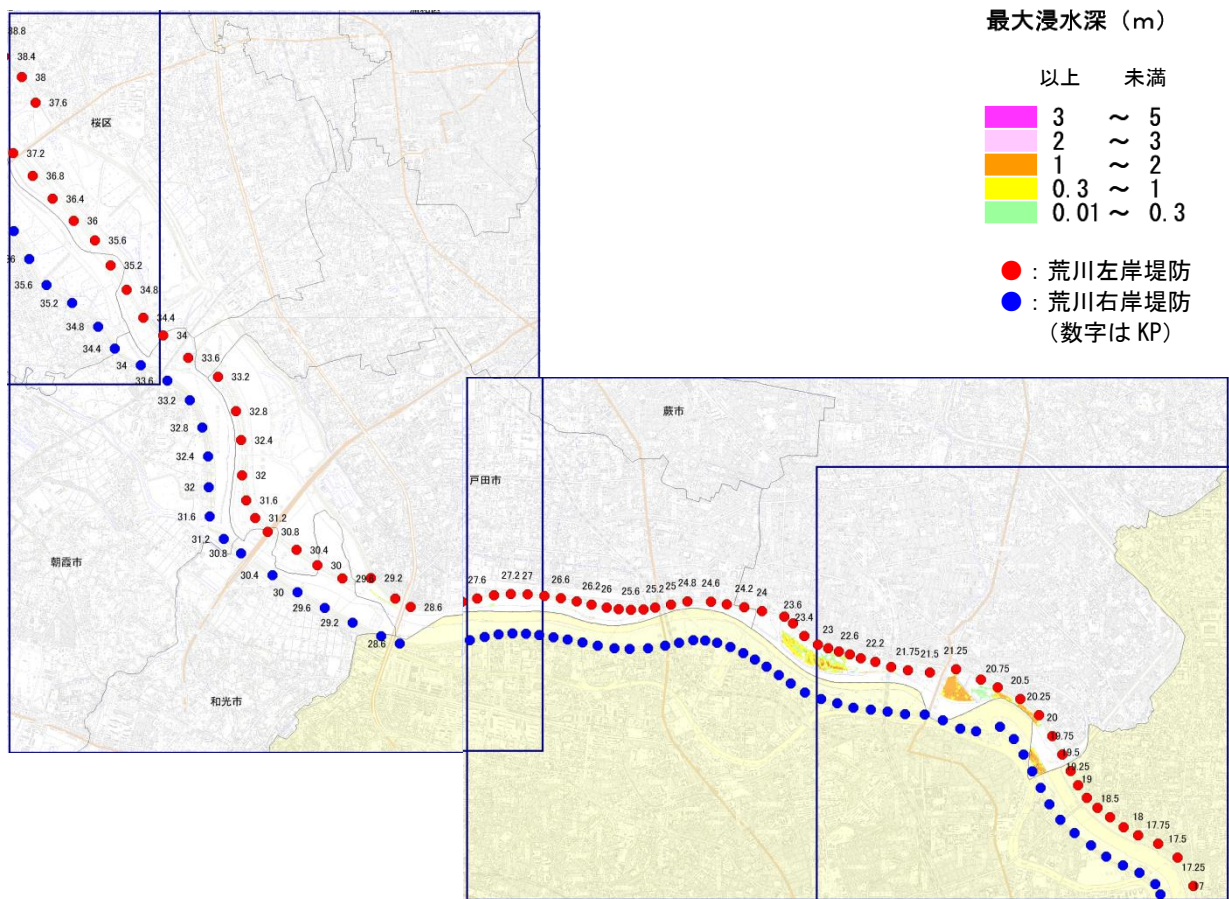


図 10.3.6-1(2) 浸水予測図 (水門閉鎖 拡大図)

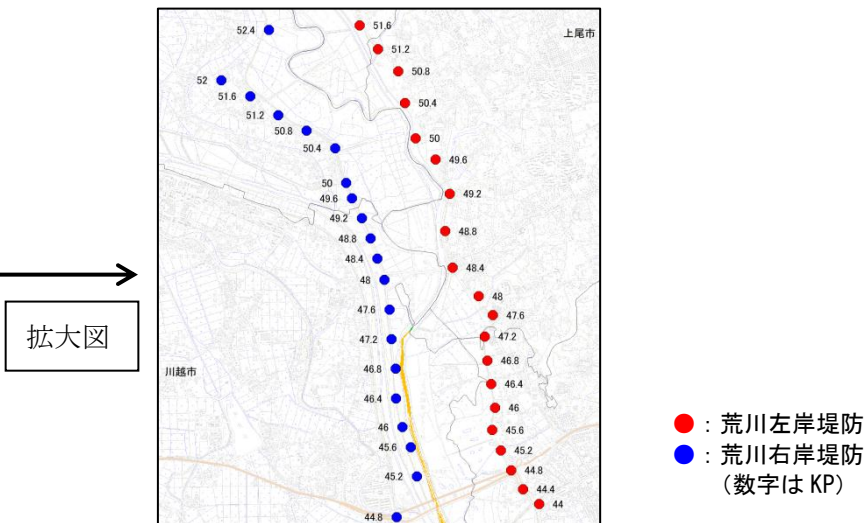
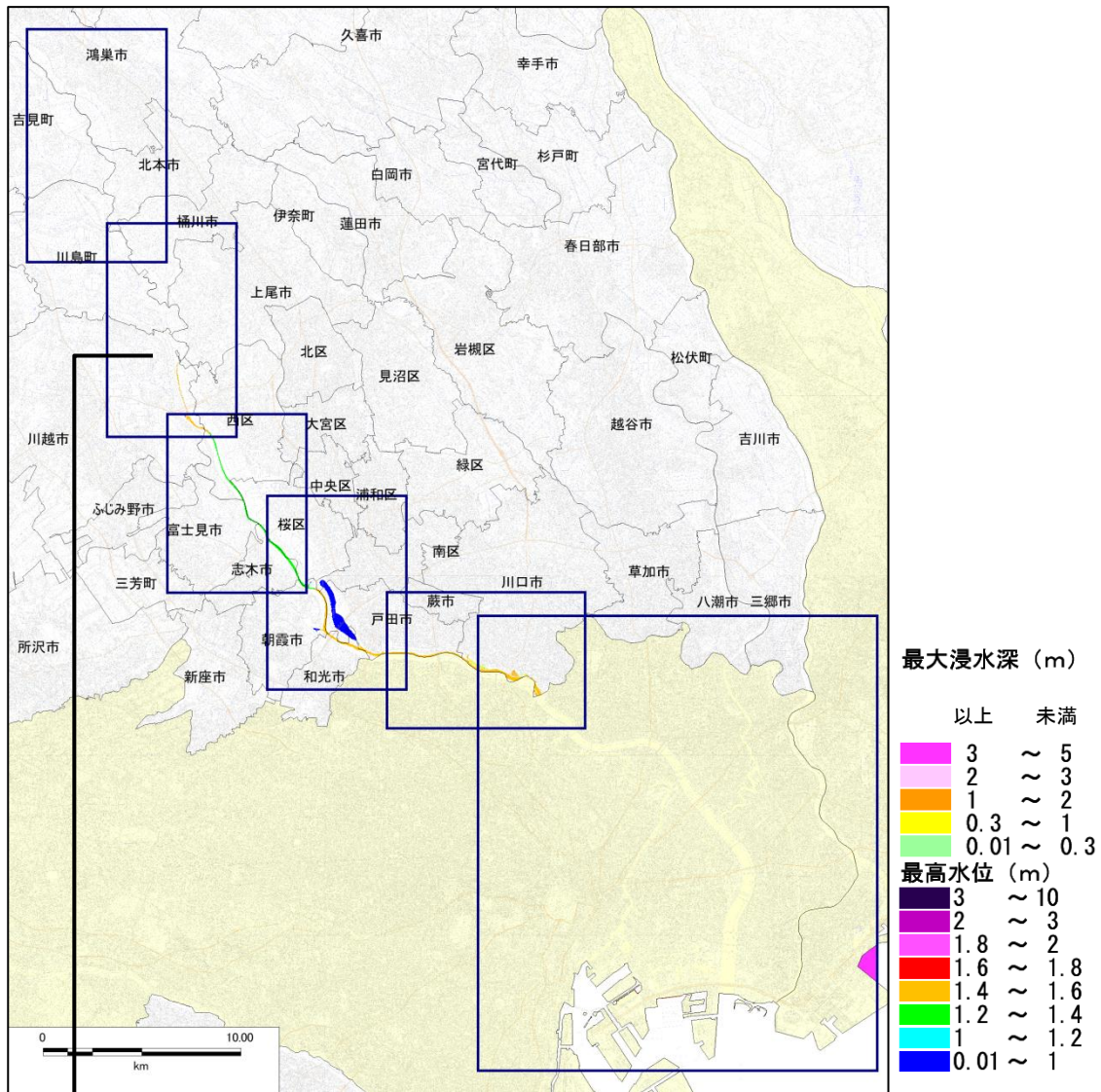


図 10.3.6-2 遡上結果図 (水門閉鎖)

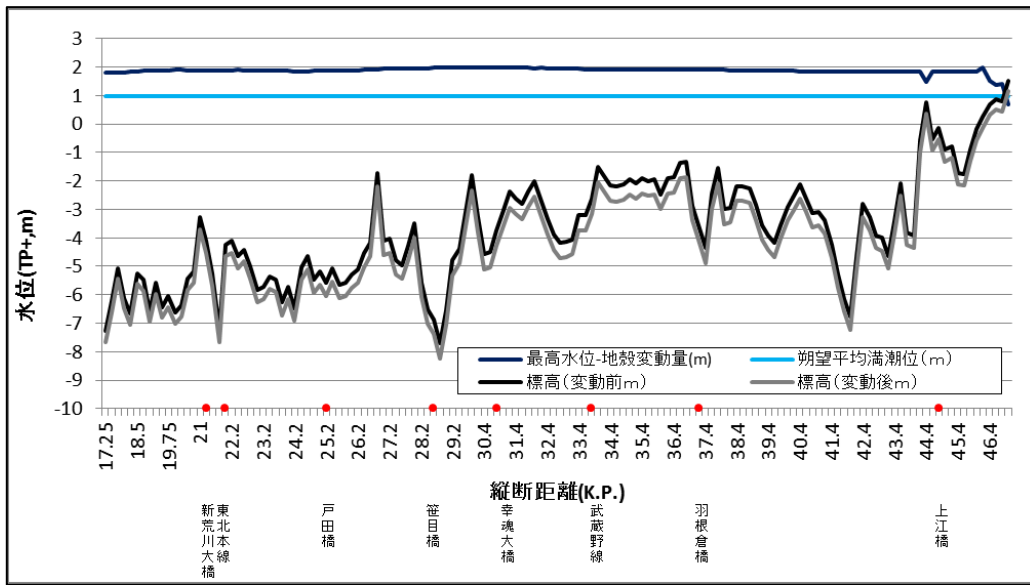


図 10.3.6-3 水位縦断図（水門閉鎖）

表 10.3.6-1 浸水面積

市町村	浸水面積 (km ²)
川口市	0.3619
戸田市	0.0108
その他	0.0078
合計	0.3805

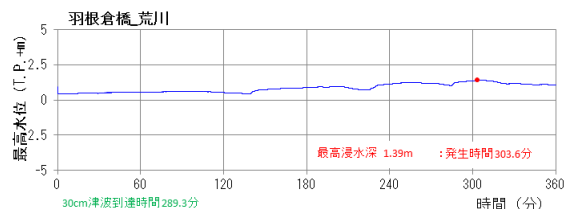
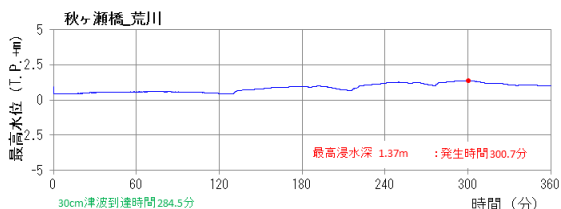
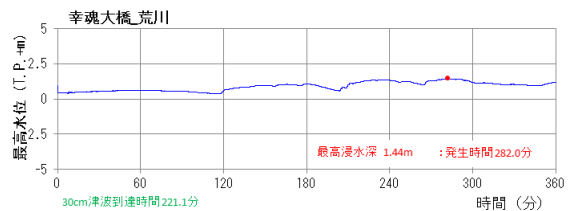
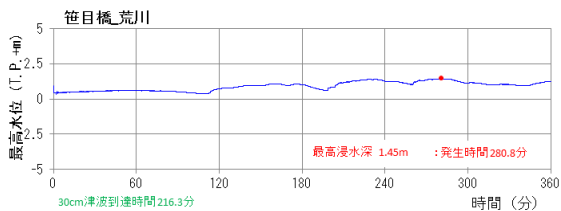
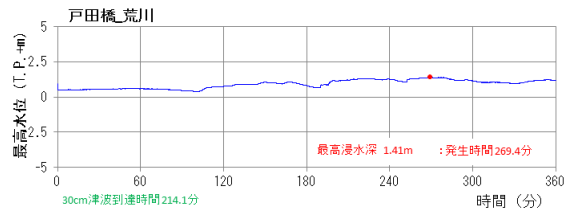
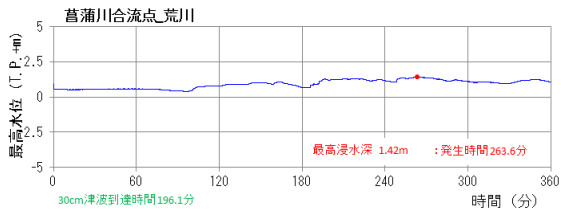
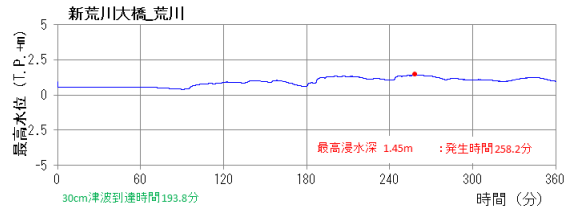
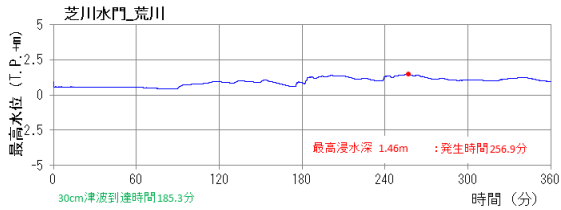
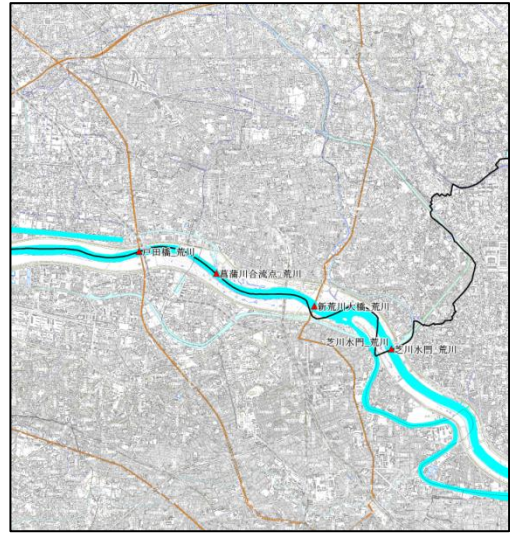
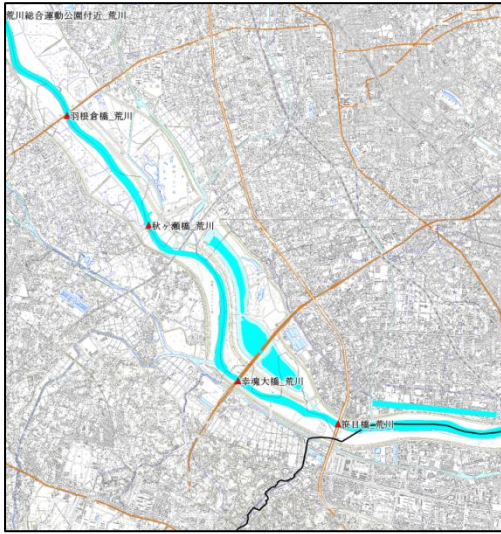


図 10.3.6-4(1) 代表地点波形 (水門閉鎖)

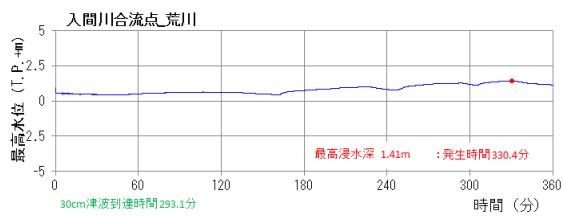
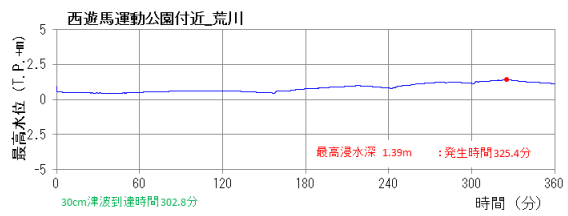
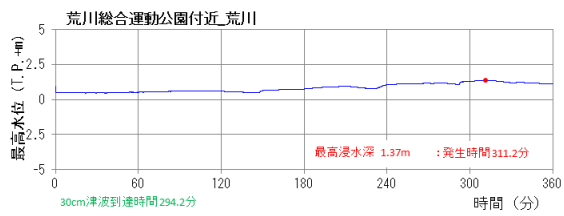
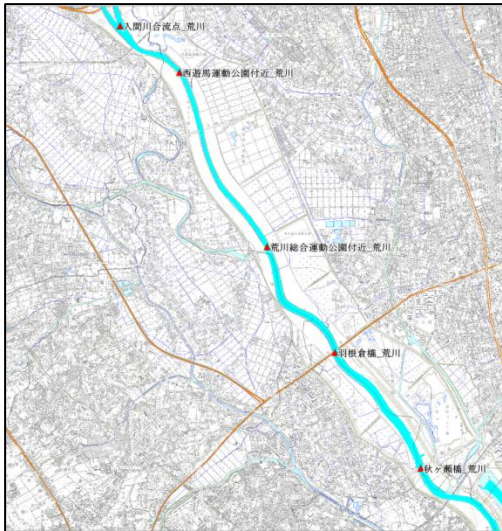


図 10.3.6-4(2) 代表地点波形 (水門閉鎖)

(2) 水門開放ケース

図 10.3.6-5 (1) ~ (2) に浸水予測図、図 10.3.6-6 に河川内最高水位分布図、図 10.3.6-7 に水位縦断図、図 10.3.6-8 (1) ~ (2) に代表地点の波形、表 10.3.6-2 に浸水面積表を示す。

浸水予測の傾向は水門閉鎖の場合と同様であり、大きな浸水箇所は川口市から戸田市の堤外地に限られる（図 10.3.6-5 参照）。

河川遡上の範囲は K.P.=47.6（さいたま市西区と上尾市の境界付近）付近までで水門閉鎖の場合と同様であるが、水位は水門閉鎖の場合に比べ僅かに低下する。これは、水門を開放状態とすることで、遡上する水量が相対的に少なくなる影響である。

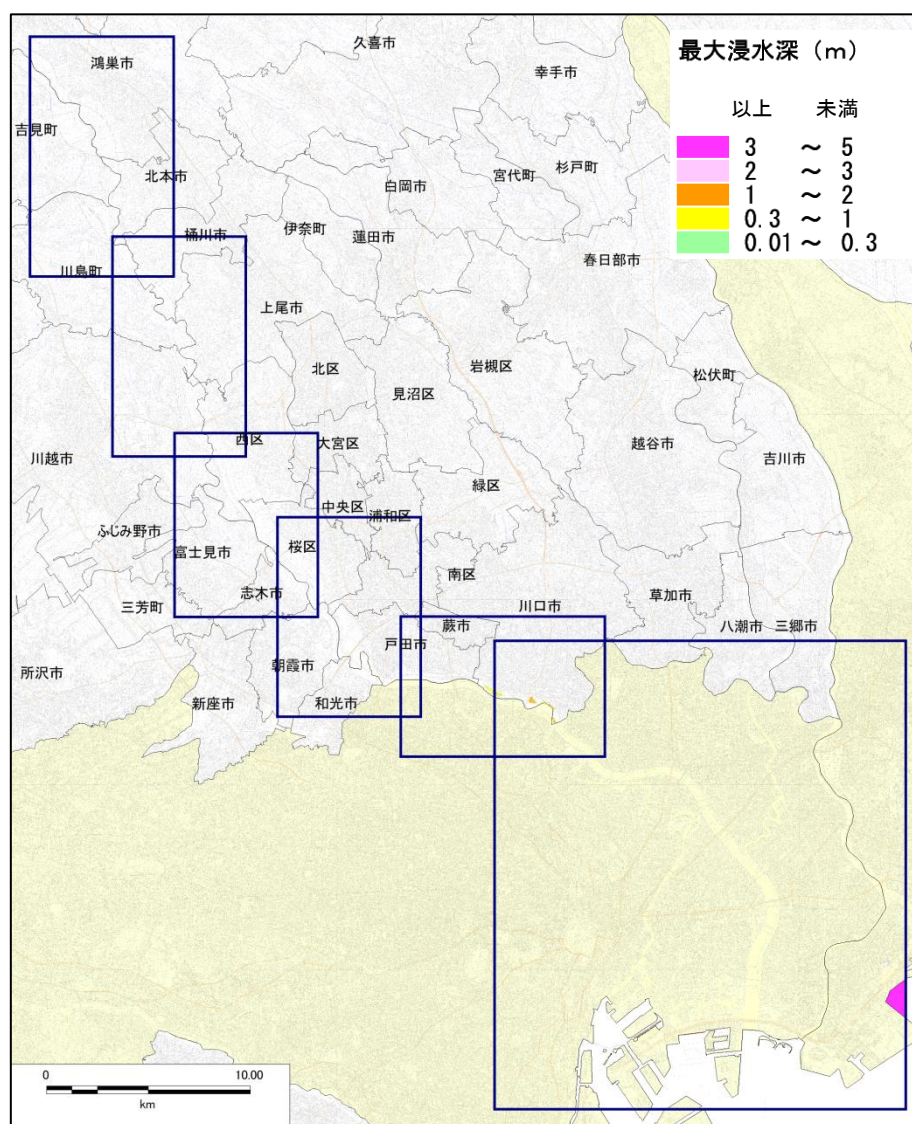


図 10.3.6-5(1) 浸水予測図（水門開放 全体図）

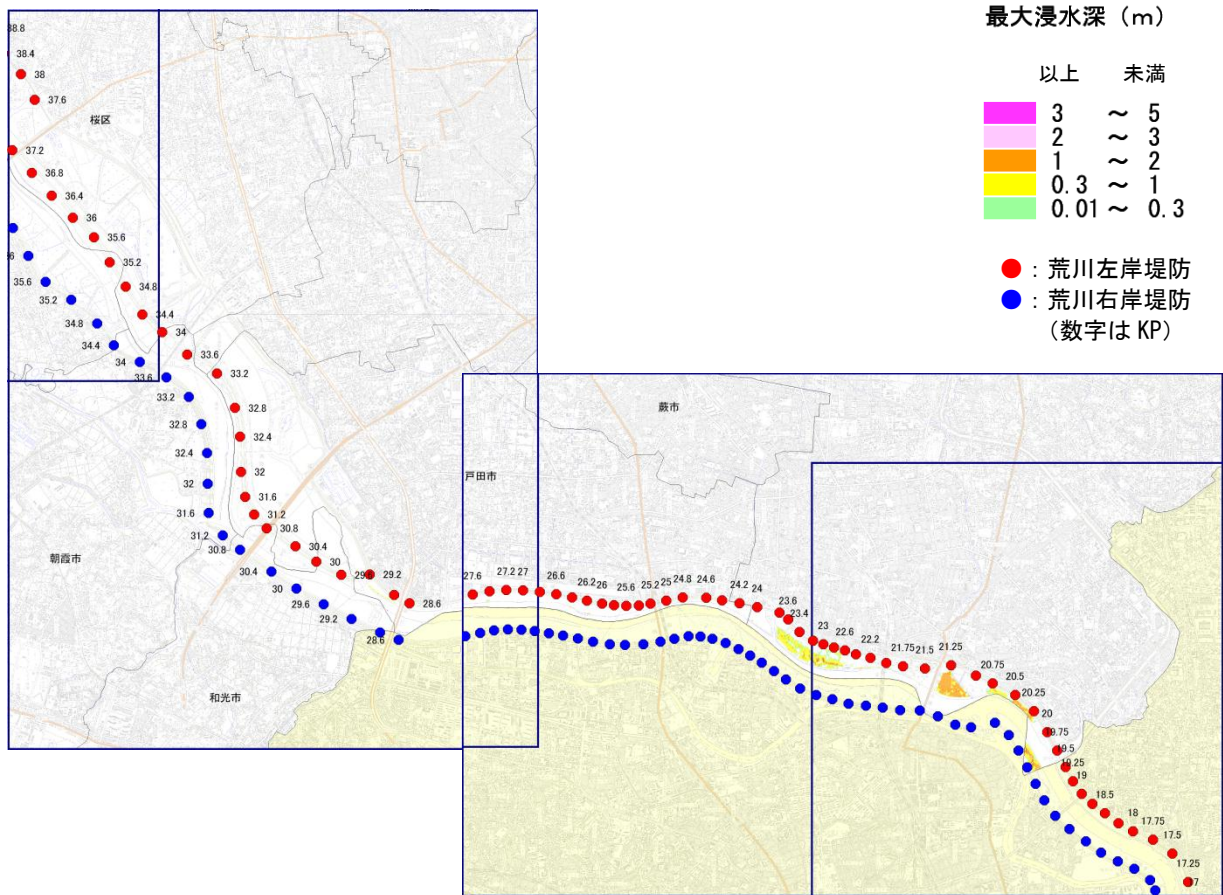


図 10.3.6-5(2) 浸水予測図 (水門開放 拡大図)

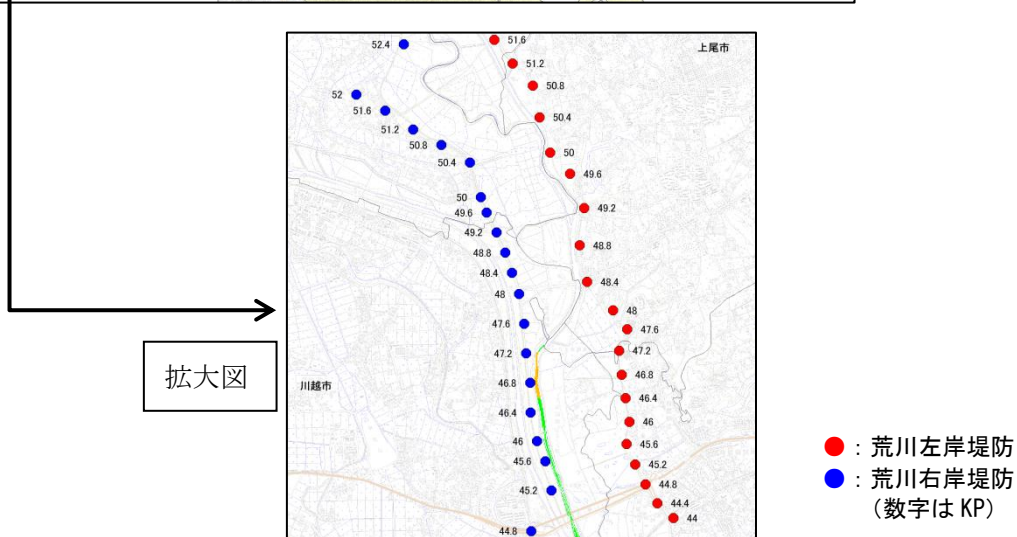
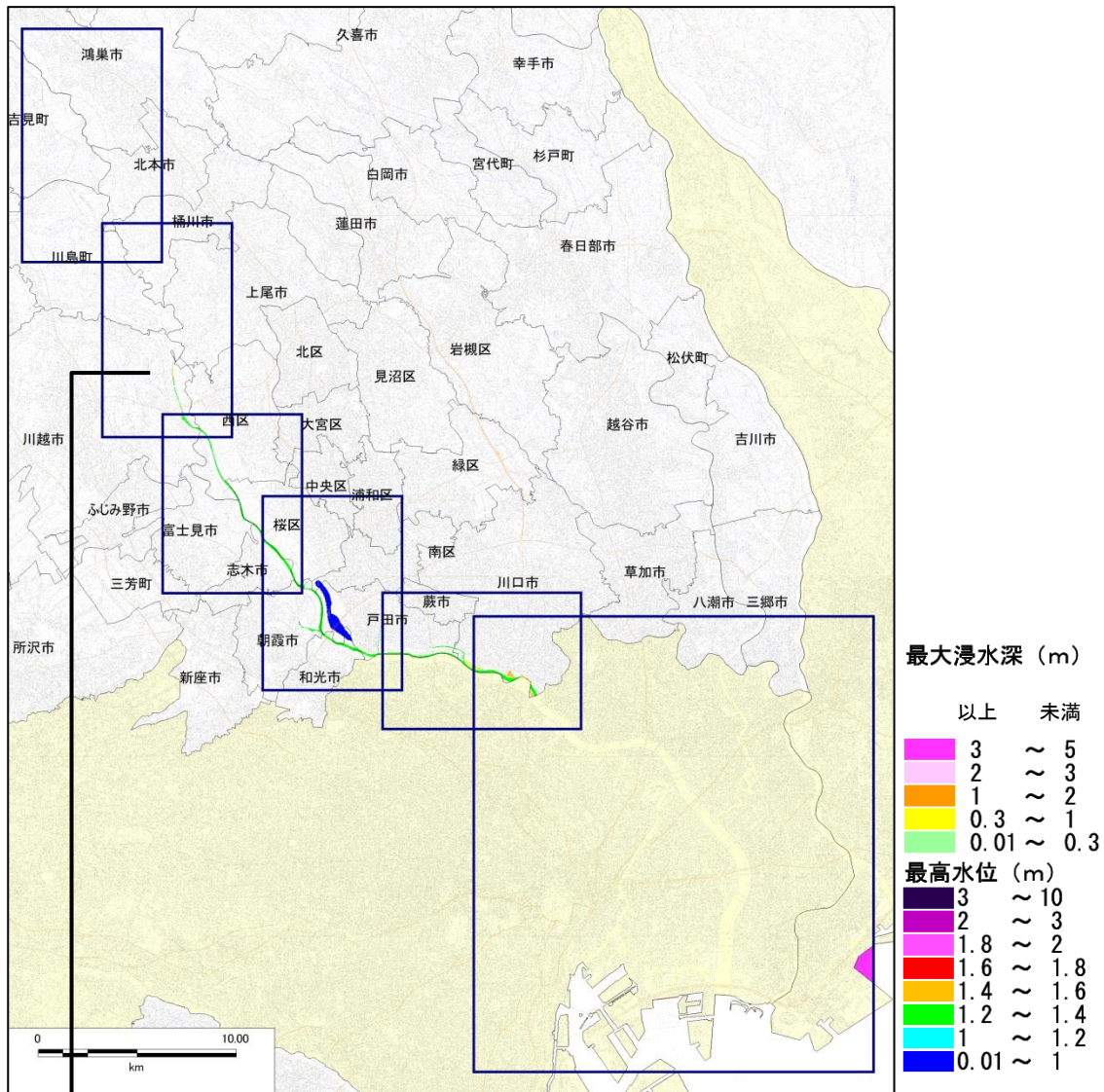


図 10.3.6-6 遡上結果図 (水門開放)

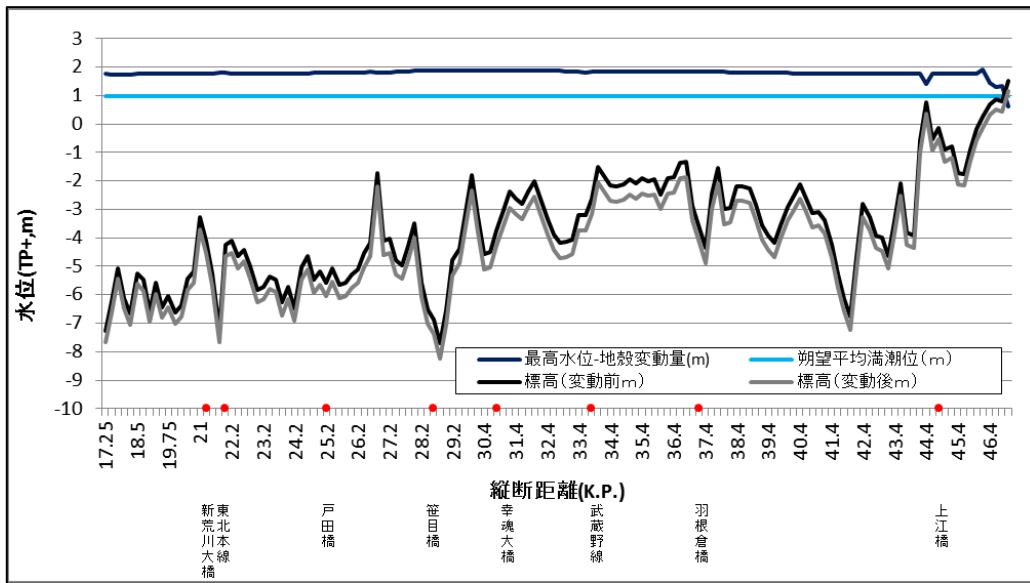


図 10.3.6-7 水位縦断図（水門開放）

表 10.3.6-2 浸水面積

市町村	浸水面積 (km ²)
川口市	0.3179
戸田市	0.0104
その他	0.0074
合計	0.3357

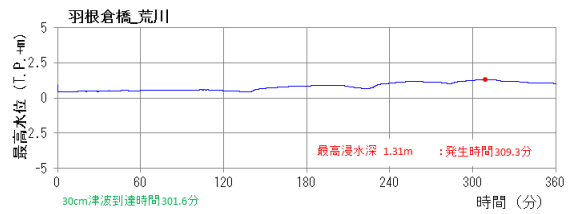
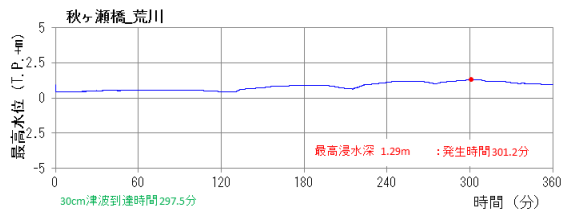
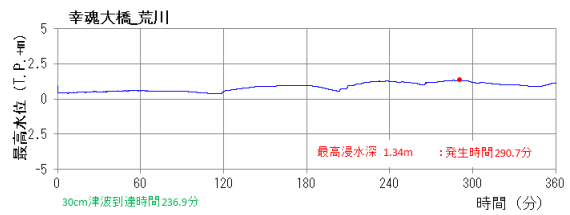
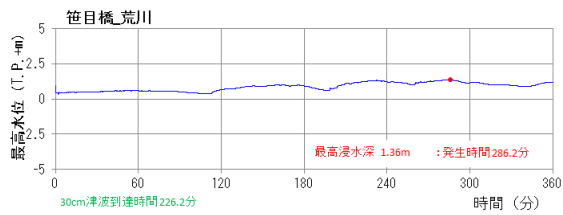
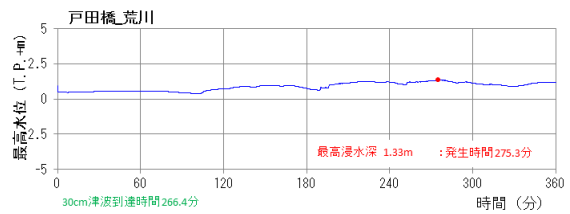
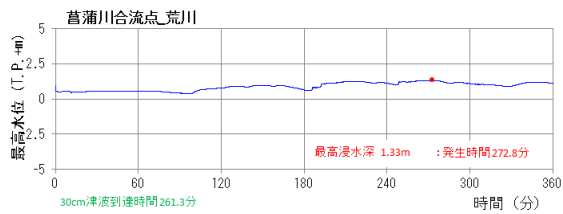
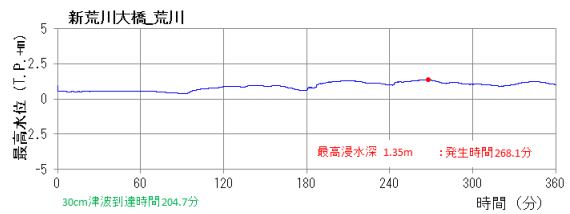
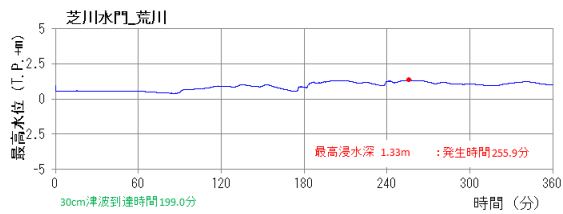
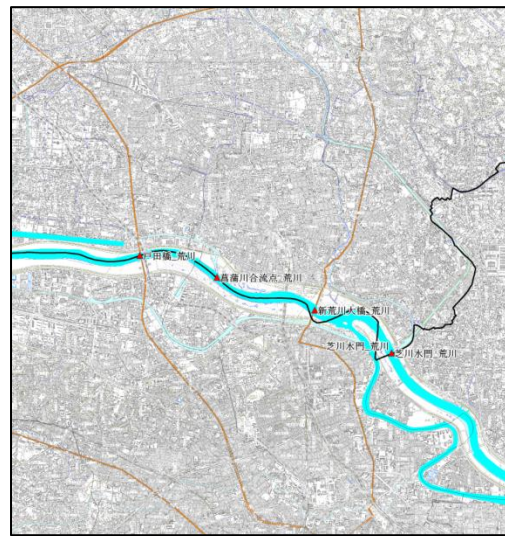
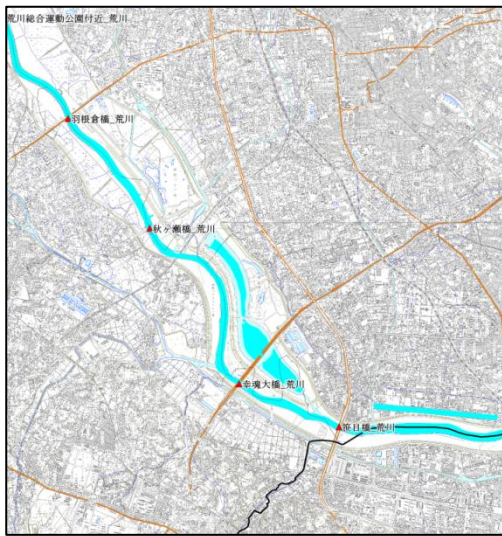


图 10.3.6-8(1) 代表地点波形 (水門閉鎖)

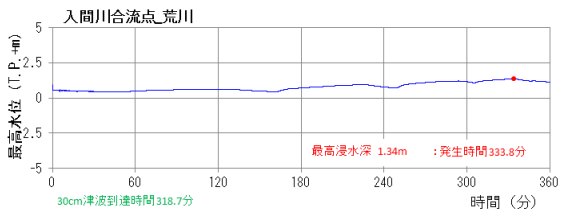
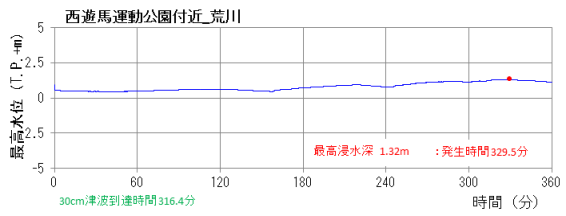
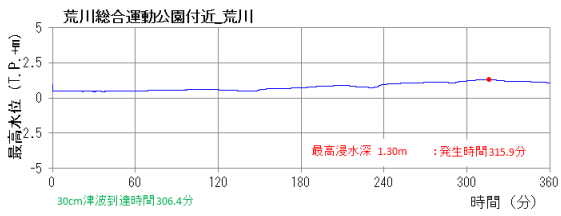
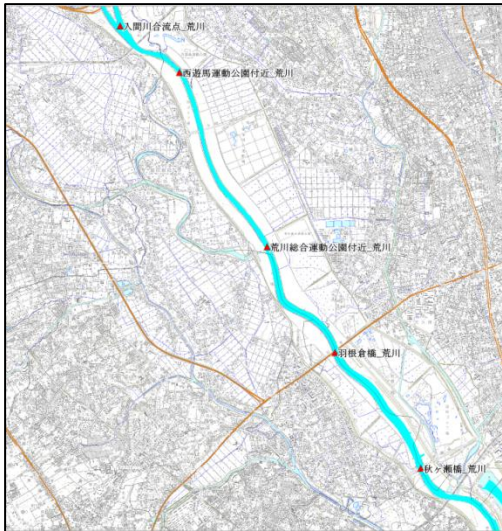


図 10.3.6-8(2) 代表地点波形 (水門開放)

参考文献

- ¹ 東京都防災会議(2012)：首都直下地震による東京の被害想定報告書
- ² 行谷佑一・佐竹健治・宍倉正展（2011）、南関東沿岸の地盤上下変動から推定した1703年元禄関東地震と1923年大正関東地震の断層モデル、活断層・古地震研究報告、No.11、p107-120,2011