

(4) ポンプ停止による浸水被害の解析

ア 検討条件

1) 算出式

・流入量の検討

流入量の算出は、①実績内水位等から実績の内水量を算出して用いる方法と、②合成合理式により算出する方法の2つの方法で検討した。ここで、内水量とは、湛水地域にたまった貯留水量を表す。

①実績の内水量を用いた流入量の算出

実績の水位と湛水地域の水位－内水量関係（H－V関係）から、湛水地域への流入量Qを推定する。

数 式： $Q = \text{実績} Q_1 + \text{実績} Q_2$

実績 Q_1 ：実績内水位の時間変化からH－V曲線を用いて算出した実績の内水量の時間変化から得た $Q - I$ ($\text{m}^3/10 \text{ 分}$)

実績 Q_2 ：ポンプが排水した実績の流出量 I ($\text{m}^3/10 \text{ 分}$)

②合成合理式を用いた流入量の算出

対象流域は小流域であることや、ピーク流量だけでなく時間ごとの水位高等の把握を行う必要があることから、合成合理式を採用する。以下に合理式の数式を示す。

数 式： $Q = 1/3.6 \times A \times f \times r$ (式1)

Q：流入量 (m^3/sec)

A：流域面積 (km^2)

f：流出係数

r：時間降雨量 (mm/hr)

・内水浸水の検討

内水浸水のモデル選定にあたっては、「内水処理計画策定の手引き（国土交通省監修）」をもとに、浸水被害の状況や地形状況から1池モデルを選定する。以下に検討に用いる数式を示す。

数 式： $dV/dt = Q - I$

Q：合理式による流入量 (m^3) (式1) により算出したQを10分当りにしたもので、湛水地域を含めた流域面積に対する降雨により流入量を算出

I：ポンプによる流出量 (m^3) ポンプ吐出量，時間履歴により10分当りを算出

※ 算出した内水量から、H－V曲線を用いて内水位の高さを算出

H－V曲線：対象地域の地盤データ等から、標高H (T.P.) と内水量V (m^3) の関係図を作成したもの

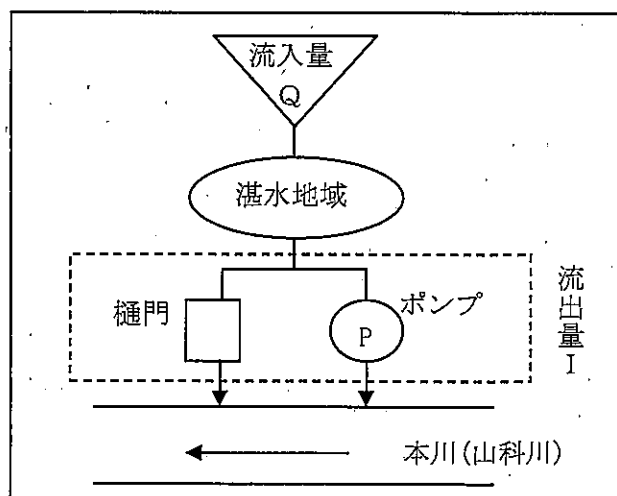


図 6-4-1 内水モデル (1池モデル)

内水処理計画策定の手引きより抜粋

2) 流域面積

- ・合計流域面積：1.62 km²
- ・平均流出係数：0.74

流出係数について、一律に 0.74 を用いて流入量を算出したところ、流入量が大きくなりすぎ、観測した水位と著しい乖離が見られることから、流出係数を変化させる方法を用いる（「3）流出係数」を参照）。

地目	宅地	水田	畑	池	山地	
流出係数 [※]	0.8	0.7	0.6	1	0.7	平均流出係数 0.74
流域面積(km ²)	0.690	0.057	0.081	0.001	0.791	合計流域面積 1.62

※ 流出係数は、「河川砂防技術基準(案)」P.19により設定

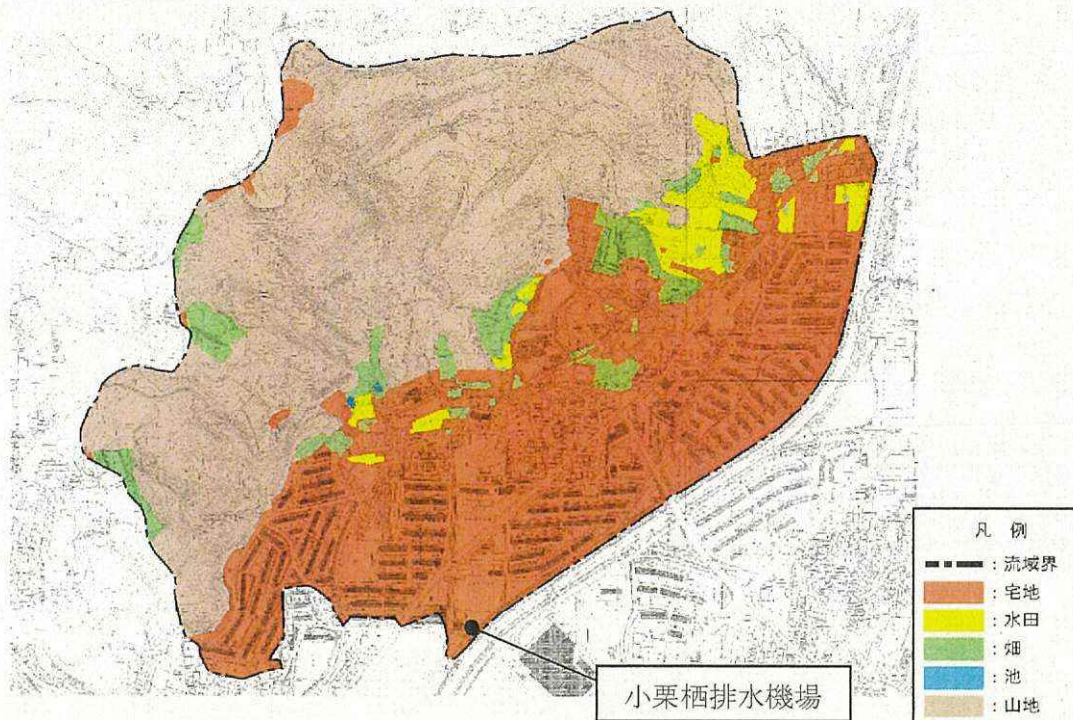


図 6-4-2 流域面積図

3) 流出係数

- ・洪水期間中は、流出係数 0.74 により流出量の計算を行う。
 - ・しかし、降雨開始から流出係数 0.74 で検討した結果、流入量が大きくなりすぎ、サージタンクゲート閉鎖直後に内水位が上昇し、再現性が著しく劣る結果となった。
 - ・そのため、実際に降った雨量と内水量の相関関係を時系列に分析し、小栗栖排水機場周辺での流出係数を実績値から求めるものとする。
 - ・時間ごとの累加雨量と累加内水量をプロットしたものを図 6-4-3 に示す。
- 累加雨量：雨量計で観測した値を用いて雨量を算出し、累加したもの
 累加内水量：実績の内水位から H-V 曲線を用いて算出した実績の内水量とポンプが排水した実績の流出量を合計したものを累加したもの

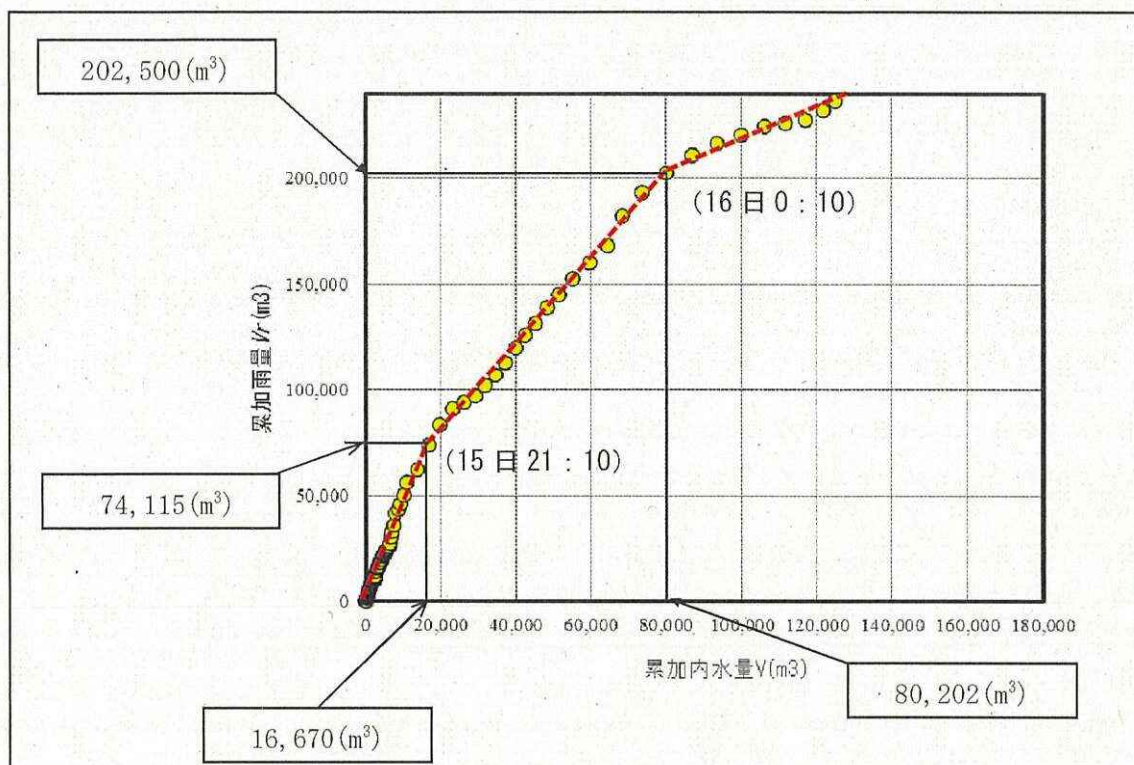


図 6-4-3 雨量と内水量の相関図

- ・図 6-4-3 をみると、プロットの角度に変化がみられる箇所があり、その変化がおこる時間までの流出係数を、累加内水量から累加雨量で割った値を用いて算出することで、再現性を高めることとする。

表 6-4-1 解析に用いる流出係数

時間	流出係数
計算開始 ～ 15 日 21 時 10 分	0.22 (=16,670(m³) / 74,115(m³))
15 日 21 時 10 分 ～ 16 日 0 時 10 分	0.40 (=80,202(m³) / 202,500(m³))
16 日 0 時 10 分 ～ 計算終了	0.74

4) 時間降雨量

- ・本排水機場の近くに位置する雨量計は、醍醐雨量観測所と勧修寺雨量観測所があり、その位置を図 6-4-4 に示す。

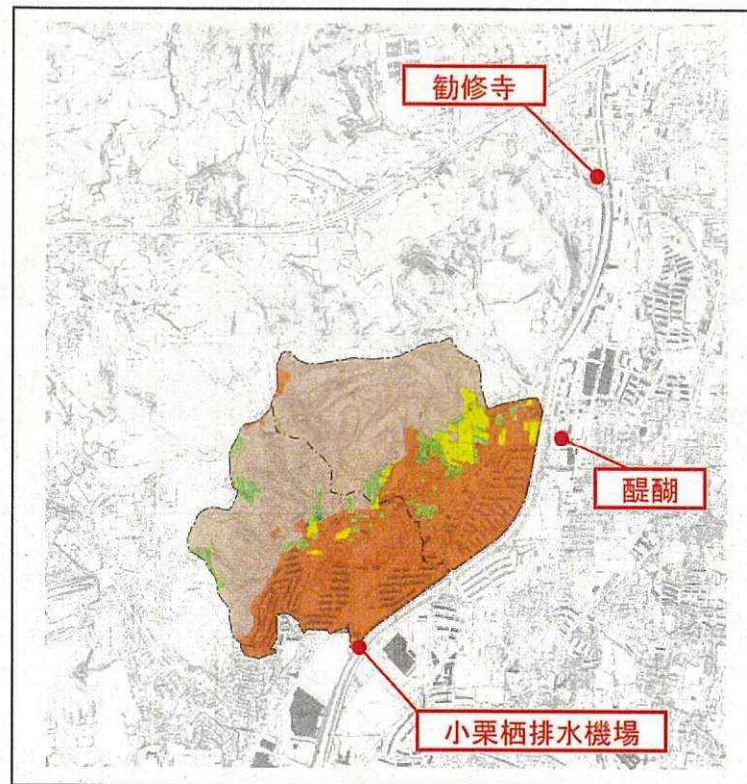


図 6-4-4 雨量計位置図

- ・本排水機場の雨量計は、流域の内側にあり、また、醍醐観測所の雨量計においても流域に近接する位置関係となる。
- ・本排水機場、醍醐観測所、勧修寺観測所の雨量データを図 6-4-5 に示す。どの観測所の雨量においても、雨の降り方が似ており、15 日の 15 時から 16 日の 9 時までの 18 時間をみると、一時的に強く降ったデータがいずれも 4 箇所あり、その時間帯も同じであることから、雨量データの相関性は高いと判断できる。
- ・ただし、降った雨量については、本排水機場と醍醐及び勧修寺の観測所では累積雨量に差が見られ、本排水機場の雨量と比べ醍醐観測所の累積雨量は約 2 割増、勧修寺観測所は約 4 割増となっている（表 6-4-2 を参照）。

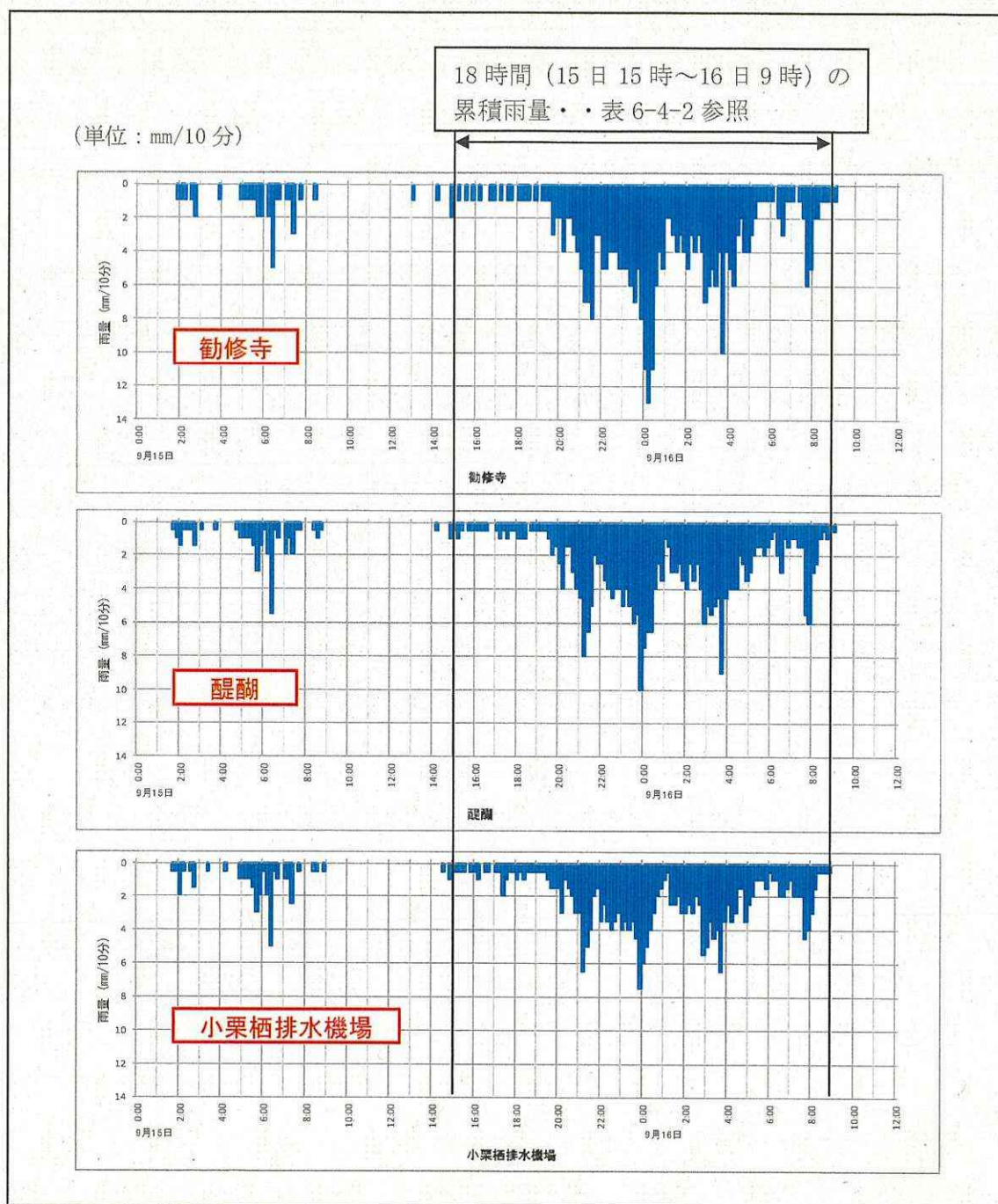


図 6-4-5 小栗栖排水機場，醍醐，勸修寺各雨量観測所の雨量相関図

表 6-4-2 18時間 (15日15時～16日9時) の累積雨量

小栗栖 排水機場	醍 醐 観測所	勸修寺 観測所
233.5mm	288.5mm	328mm

- ・本検討においては、醍醐観測所が流域に近接していること、醍醐観測所の雨量は本排水機場より多い雨量を観測していることから、図 6-4-6 に示すとおり本排水機場と醍醐観測所の 2 つの雨量データを用いて次のように検討を行う。

本排水機場に近い流域：本排水機場の雨量データを用いて流入量を算出

(図 6-4-7 の流域①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥-1, ⑨, ⑩, ⑪, ⑰, ⑱)

醍醐に近い流域：醍醐観測所の雨量データを用いて流入量を算出し、洪水到達時間を考慮して検討

(図 6-4-7 の流域⑥-2, ⑦, ⑧, ⑫, ⑬, ⑭, ⑮, ⑯)

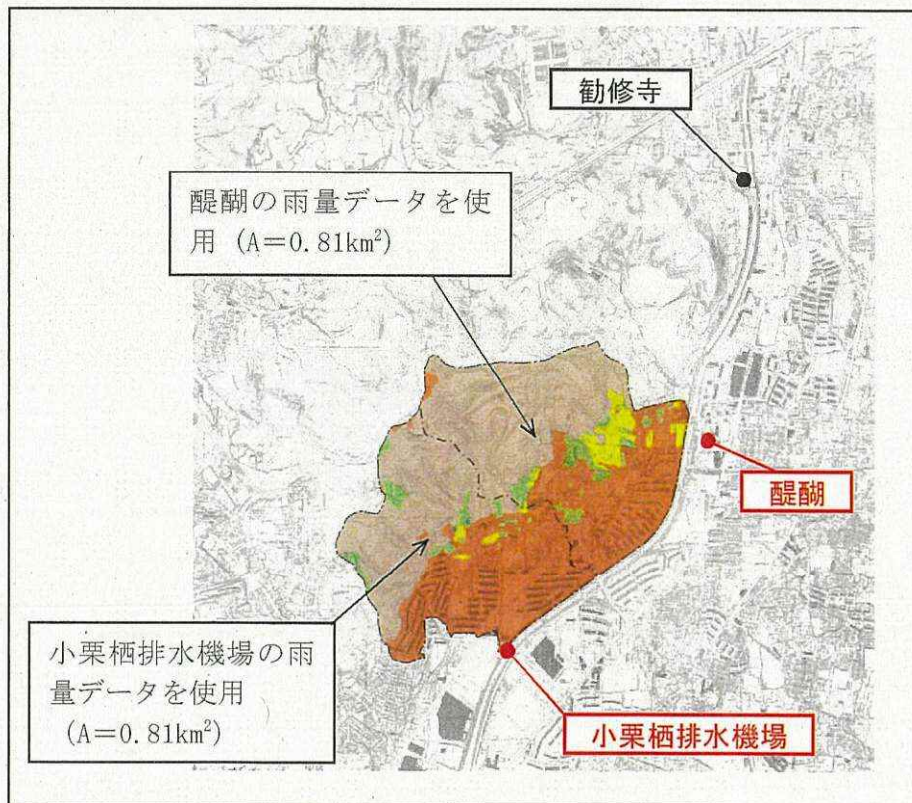


図 6-4-6 検討に用いる雨量計位置図

5) 洪水到達時間

- ・本排水機場に近い流域と醍醐観測所に近い流域の分割について、畑川の河川改良設計時に用いられている流域図を利用し、図 6-4-7 に示す黒破線により分割し、流域面積の半分は本排水機場の雨量データを、もう半分は醍醐観測所の雨量データを用いて検討を行う。
- ・醍醐観測所の雨量データを用いて計算する流域に降った雨は、本排水場周辺に到達する洪水到達時間 10 分を考慮して検討を行う。

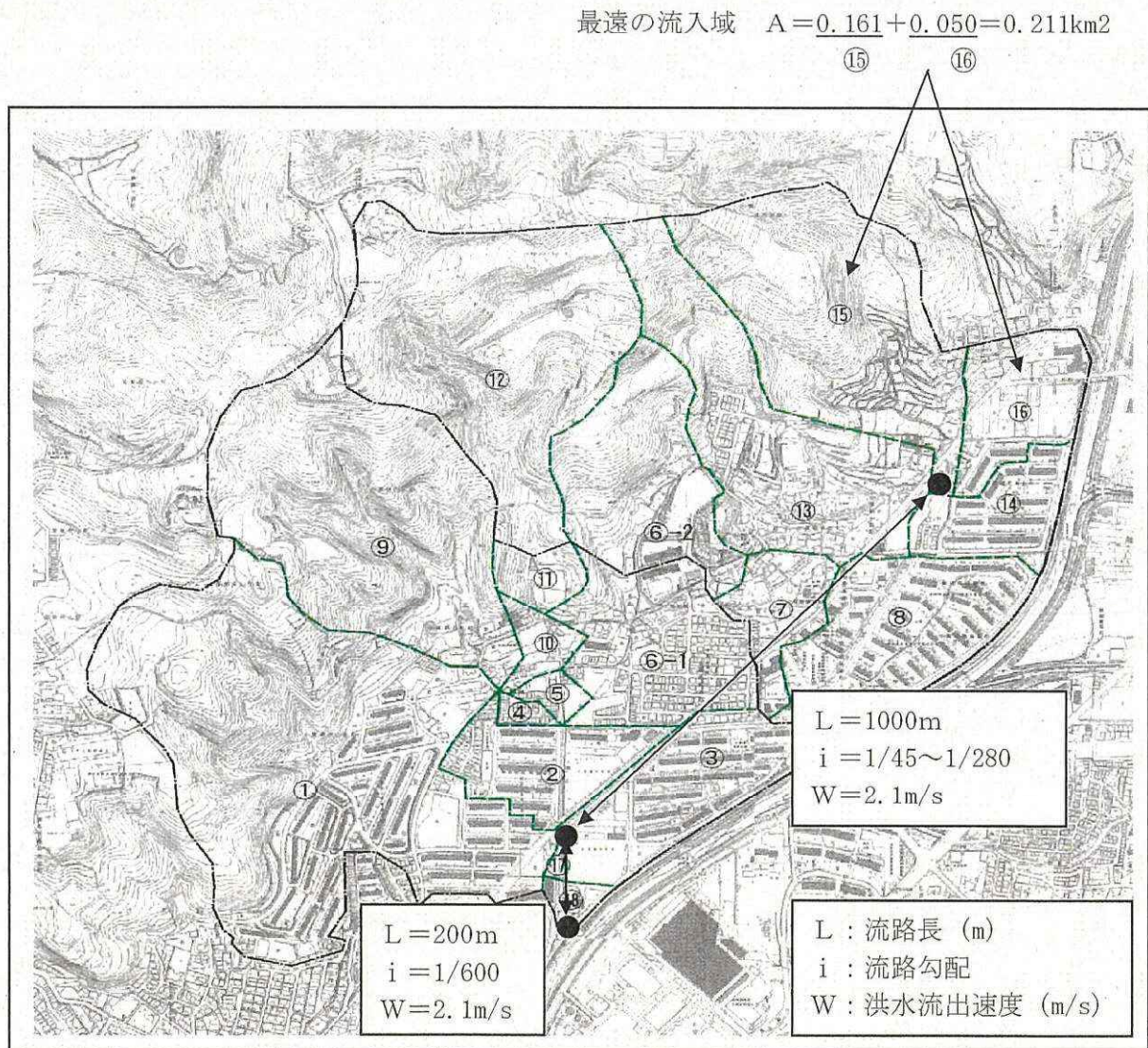


図 6-4-7 流域図（畑川の河川改良設計より）

※洪水到達時間の算出

$$\text{流入時間 } T1 = \sqrt{A/2} \times 30 \text{ (分)} = 9.7 \text{ 分}$$

$$\text{流下時間 } T2 = (200 + 1000) / 2.1 = 9.5 \text{ 分}$$

$$\text{洪水到達時間 } T1 + T2 = 9.7 \text{ 分} + 9.5 \text{ 分} = 19.2 \text{ 分}$$

洪水到達時間は、計算上安全側となる10分で検討を行う。

6) 地盤データ

- ・検討に用いる地盤データについて、国土地理院が発行している5mメッシュデータを用いて、本排水機場周辺における地盤データの作成を行う。
- ・地盤データ（標高精度はcm単位）の標高0.5m毎に色分けした図を以下に示す。

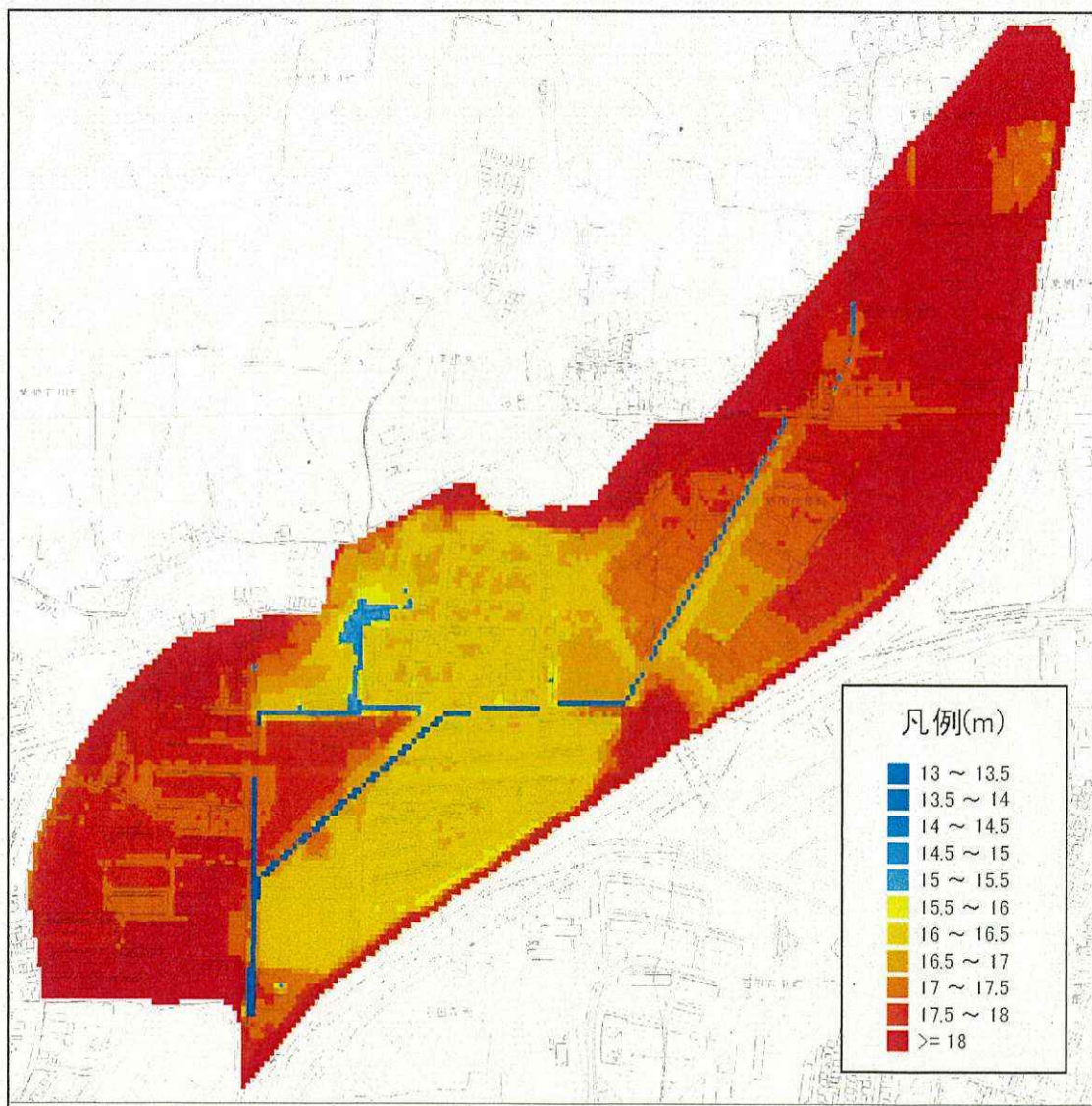


図 6-4-8 地盤データ図 (T.P.) (m)

7) H-V 曲線

・ 標高H (T.P.) と内水量V (m³) の関係図 (H-V 曲線) は、以下の要素により作成する。

◇対象地域の地形：地盤データをもとに、標高 (T.P.) ごとに内水量を算出

◇畑 川：計画時の縦横断面図から、標高 (T.P.) ごとに内水量を算出

◇下水道：現地計測等による内空、縦断勾配から、標高 (T.P.) ごとに内水量を算出

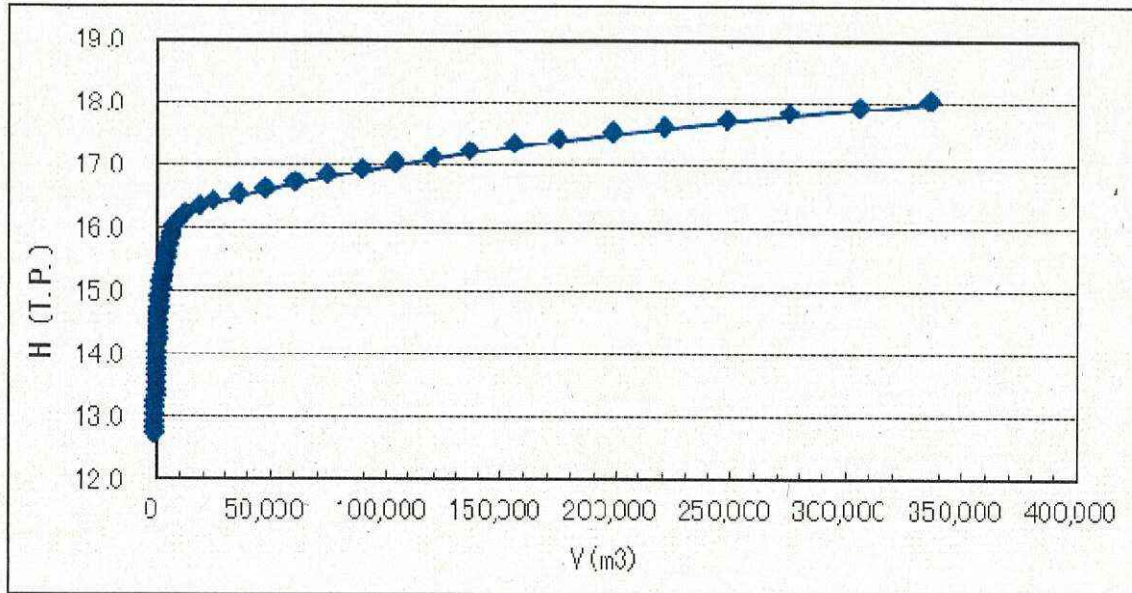


図 6-4-9 H-V 曲線図

表 6-4-3 H-V 曲線 数値表

標高 T.P.(m)	内水量(m³)				標高 T.P.(m)	内水量(m³)			
	(1)地盤データ(m³)	(2)畑川(m³)	(3)下水道(m³)	合計(m³)		(1)地盤データ(m³)	(2)畑川(m³)	(3)下水道(m³)	合計(m³)
12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	6687.3	2785.7	1343.3	10816.3
12.8	0.0	3.6	18.7	22.3	16.2	8856.7	2946.2	1398.7	13201.6
12.9	0.0	12.4	37.3	49.7	16.3	14846.5	3107.8	1454.1	19408.4
13.0	0.0	26.5	56.0	82.5	16.4	20889.3	3270.7	1509.6	25669.6
13.1	0.0	46.0	79.7	125.7	16.5	31796.5	3435.0	1565.0	36796.5
13.2	0.0	70.5	109.1	179.6	16.6	42765.6	3600.1	1610.7	47976.4
13.3	0.0	99.9	138.5	238.4	16.7	56007.9	3766.3	1645.7	61419.9
13.4	0.0	134.6	167.8	302.4	16.8	69325.6	3933.1	1680.6	74939.3
13.5	0.0	174.1	197.2	371.3	16.9	83884.2	4100.4	1710.5	89695.1
13.6	0.0	217.4	226.6	444.0	17.0	98507.7	4268.3	1735.0	104511.0
13.7	0.0	265.0	256.0	521.0	17.1	114605.6	4436.9	1759.6	120802.1
13.8	0.0	318.1	285.4	603.5	17.2	130775.0	4606.2	1784.2	137165.4
13.9	0.0	376.9	314.8	691.7	17.3	149872.8	4775.8	1808.7	156457.3
14.0	0.0	440.5	344.2	784.7	17.4	169020.1	4945.8	1833.3	175799.2
14.1	6.3	509.9	373.6	889.8	17.5	191765.4	5116.1	1857.8	198739.3
14.2	12.5	585.0	403.0	1000.5	17.6	214568.6	5286.7	1882.4	221737.7
14.3	37.5	664.8	442.1	1144.4	17.7	241598.9	5457.3	1901.3	248957.5
14.4	62.6	748.3	473.3	1284.2	17.8	268642.7	5628.0	1920.1	276190.8
14.5	122.0	835.8	504.5	1462.3	17.9	298975.4	5798.8	1939.0	306713.2
14.6	181.4	927.4	554.6	1663.4	18.0	329320.6	5969.6	1941.6	337231.8
14.7	278.4	1022.7	604.7	1905.8	18.1	361648.7	6140.4	1944.2	369733.3
14.8	375.3	1122.1	654.8	2152.2	18.2	393976.8	6311.3	1946.8	402234.9
14.9	503.6	1224.4	704.9	2432.9	18.3	428535.0	6482.1	1949.4	436966.5
15.0	631.8	1329.8	754.9	2716.5	18.4	463105.8	6653.1	1952.0	471710.9
15.1	828.8	1438.9	805.0	3072.7	18.5	499884.6	6824.0	1954.6	508663.2
15.2	1025.9	1550.5	855.1	3431.5	18.6	536663.5	6994.9	1957.2	545615.6
15.3	1298.0	1664.3	905.2	3867.5	18.7	575209.6	7165.8	1959.8	584335.2
15.4	1570.1	1783.1	955.3	4308.5	18.8	613755.6	7336.8	1962.4	623054.8
15.5	1917.3	1910.1	1010.7	4838.1	18.9	653602.8	7507.6	1965.0	663075.4
15.6	2264.5	2045.1	1066.1	5375.7	19.0	693450.0	7678.6	1965.0	703093.6
15.7	2733.6	2184.2	1121.6	6039.4	19.1	734476.3	7849.4	1965.0	744290.7
15.8	3202.8	2327.5	1177.0	6707.3	19.2	775502.7	8020.4	1965.0	785488.1
15.9	3869.0	2475.9	1232.4	7577.3	19.3	817514.2	8191.3	1965.0	827670.5
16.0	4537.5	2628.6	1287.9	8454.0	19.4	859525.8	8362.2	1965.0	869853.0

イ 検討結果

1) ポンプが実績稼働したケース（被害状況の再現検討）

- ・被害状況の再現検討の結果を図 6-4-10 に示す。
- ・下図の実績内水位と計算内水の相関図において、
 - ◇16 日 6 時 40 分の最高水位は実績値と計算値がほぼ同じ値で一致している。
 - ◇16 日 3 時頃の内水位が高くなるが、この始まりのタイミングが一致している。
 - ◇サージタンクゲートが閉鎖した 15 日 20 時 52 分ごろから、水位が上下する傾向やタイミングが実績に近い挙動を示せている。
- などの理由から、計算内水位と実績内水位の相関が図れた結果と判断した。

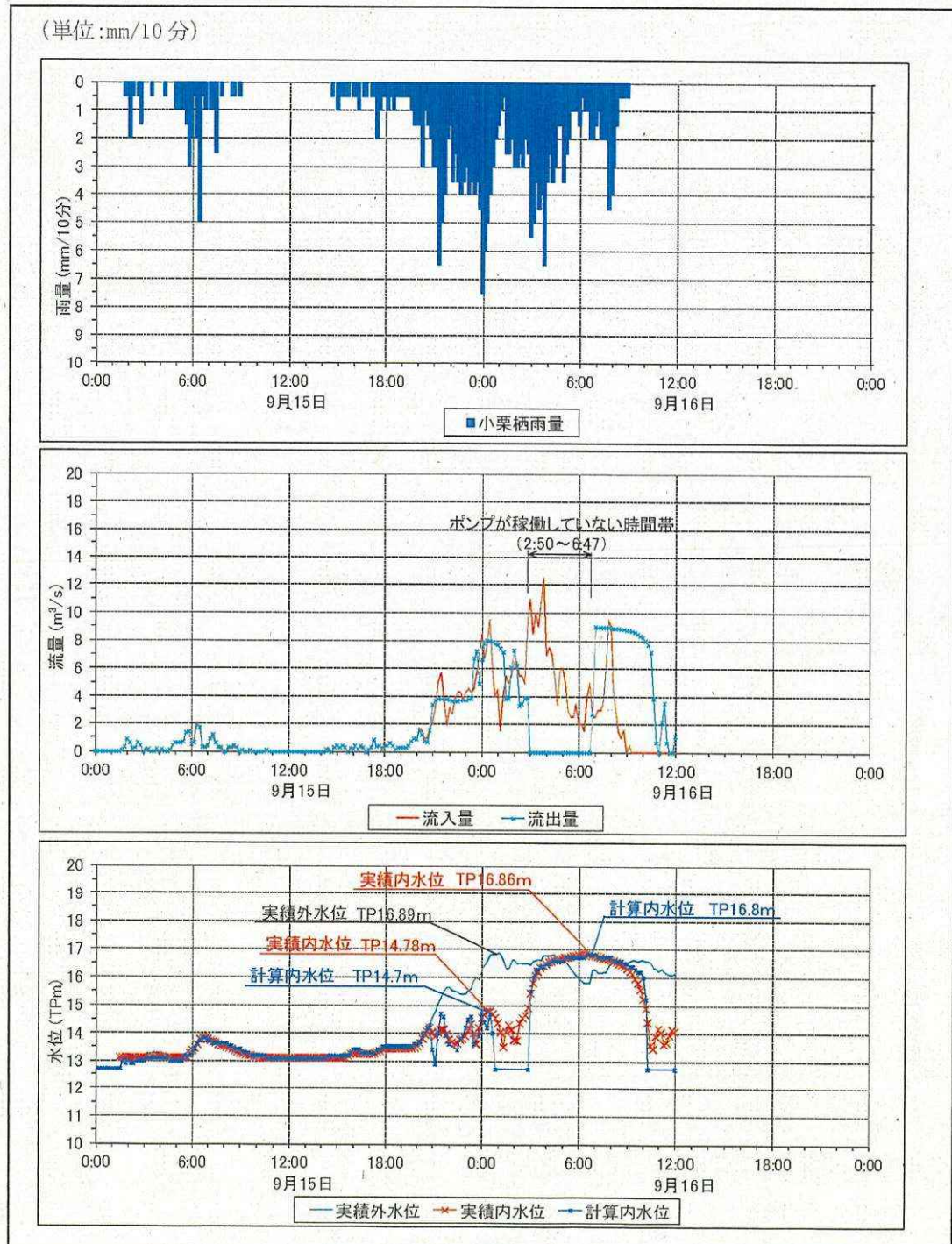


図 6-4-10 浸水予測結果（ポンプが実績稼働したケース）

- ・計算により求めた最高内水位 16.8m (T.P.) が発生した時の、予測される浸水深の空間分布に関する計算結果を図 6-4-11 に示す。

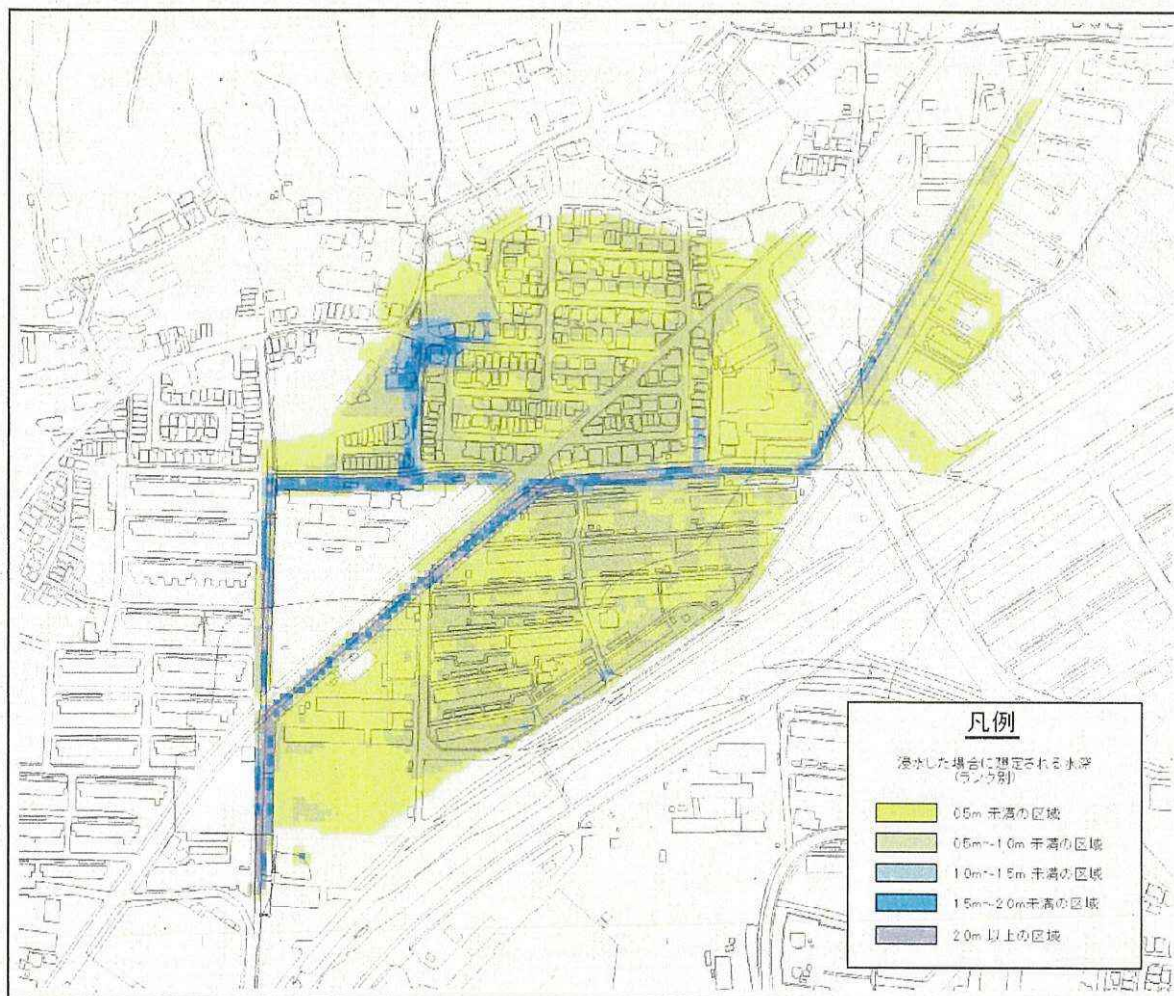


図 6-4-11 浸水深の空間分布に関する計算結果 (ポンプが実績稼働したケース)

2) ポンプが規則どおり稼働したケース

- ・ ポンプが規則どおり運転したと仮定した場合の浸水被害の検討結果を図 6-4-12 に示す。
- ・ 「1) ポンプが実績稼働したケース (被害状況の再現検討)」をもとに、1 号ポンプが停止した 16 日 2 時 20 分からポンプが規則どおりに稼働したと仮定して検討を行った。
- ・ その結果、最も高くなる計算内水位は 16 日 3 時 50 分の 14.9m (T.P.) となった。

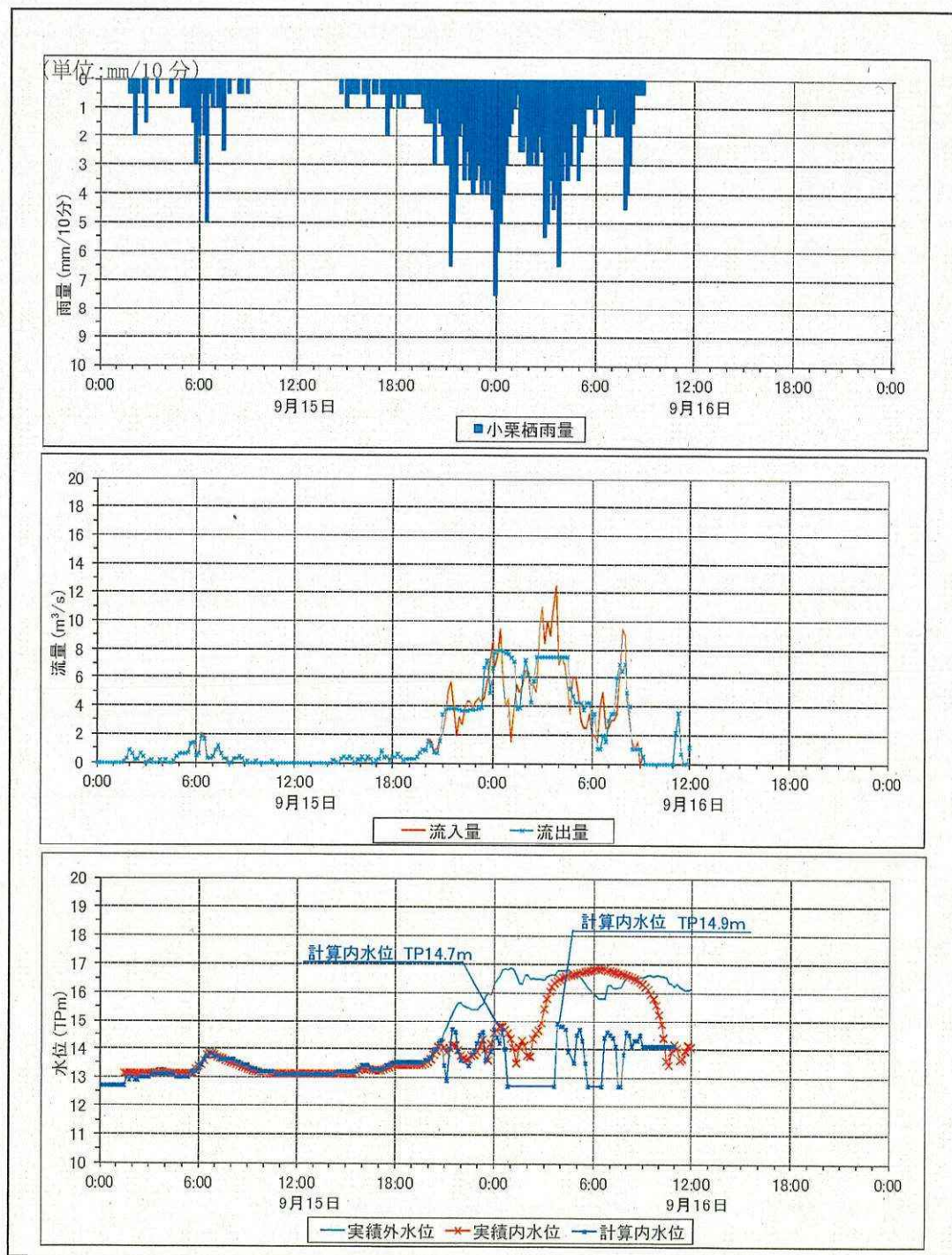


図 6-4-12 浸水予測結果 (ポンプが規則どおり稼働したケース)

- ・計算により求めた最高内水位 14.9m (T.P.) が発生した時の、予測される浸水深の空間分布に関する計算結果を図 6-4-13 に示す。
- ・図 6-4-13 からポンプが規則どおりに稼働したケースでは、浸水するエリアは特にな
い結果となった。
- ・このことから、ポンプ停止によって浸水被害が発生したことが判断できる。

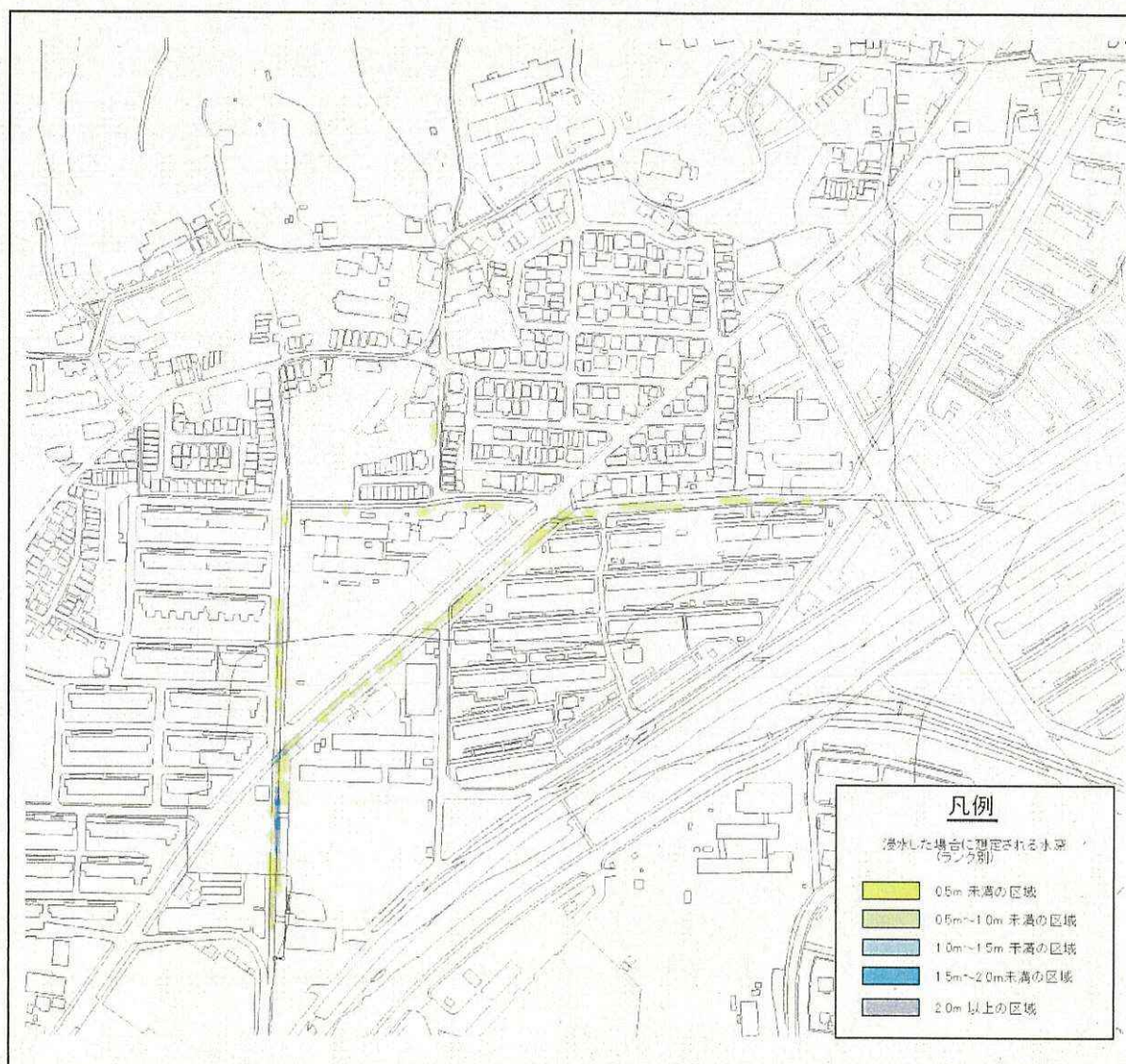


図 6-4-13 浸水深の空間分布に関する計算結果 (ポンプが規則どおり稼働したケース)

3) 時間経緯で示す浸水被害状況

- ・平成 25 年 9 月 16 日の 2 時 50 分から 3 時 40 分まで (10 分ごと) の浸水被害状況の検討結果を示す。

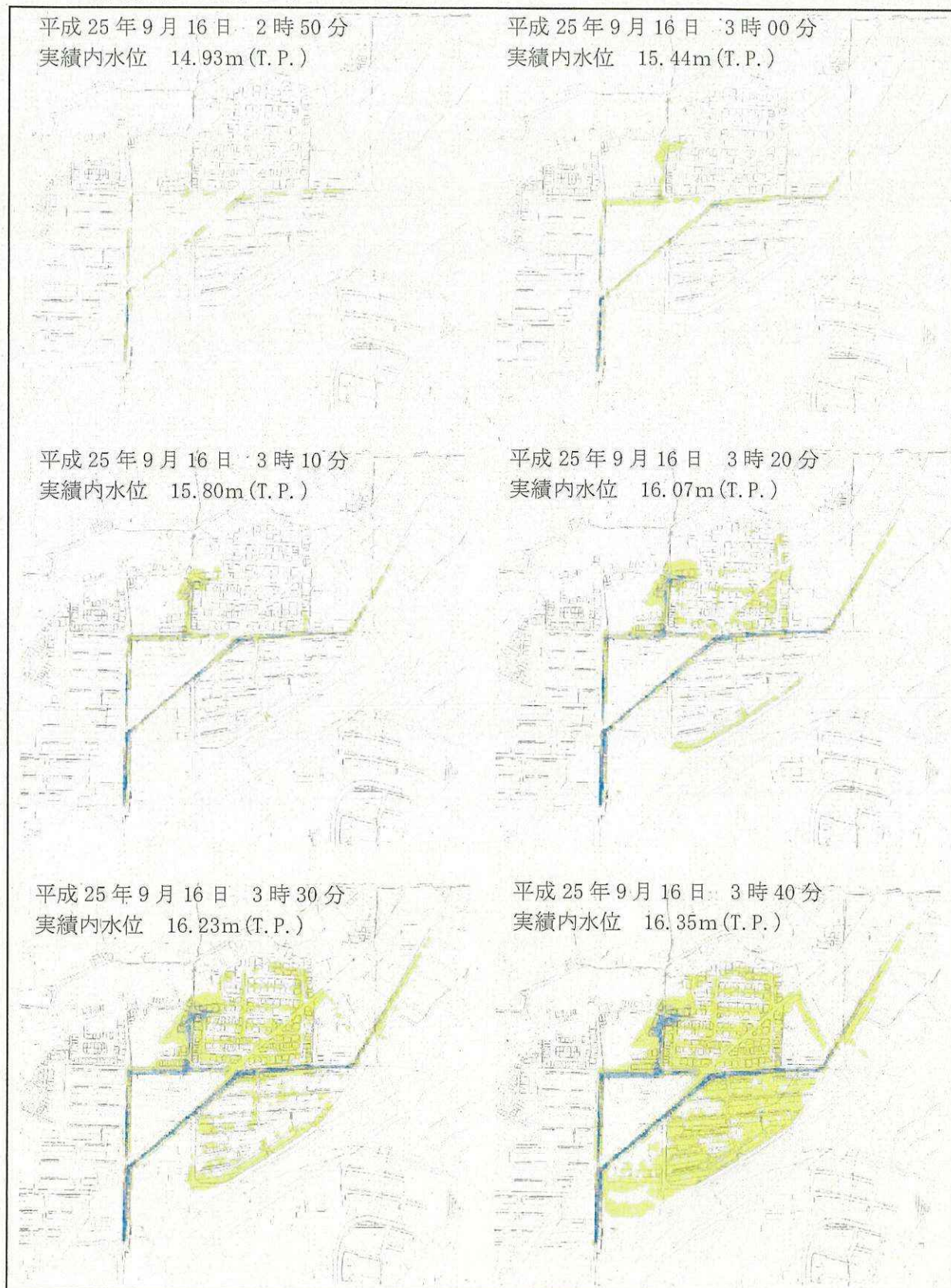


図 6-4-14 浸水深の時間変化に関する計算結果－ 1

- ・平成25年9月16日の4時00分から6時00分まで（1時間ごと）及び最高実績内水位を示した6時40分の浸水被害状況の検討結果を示す。

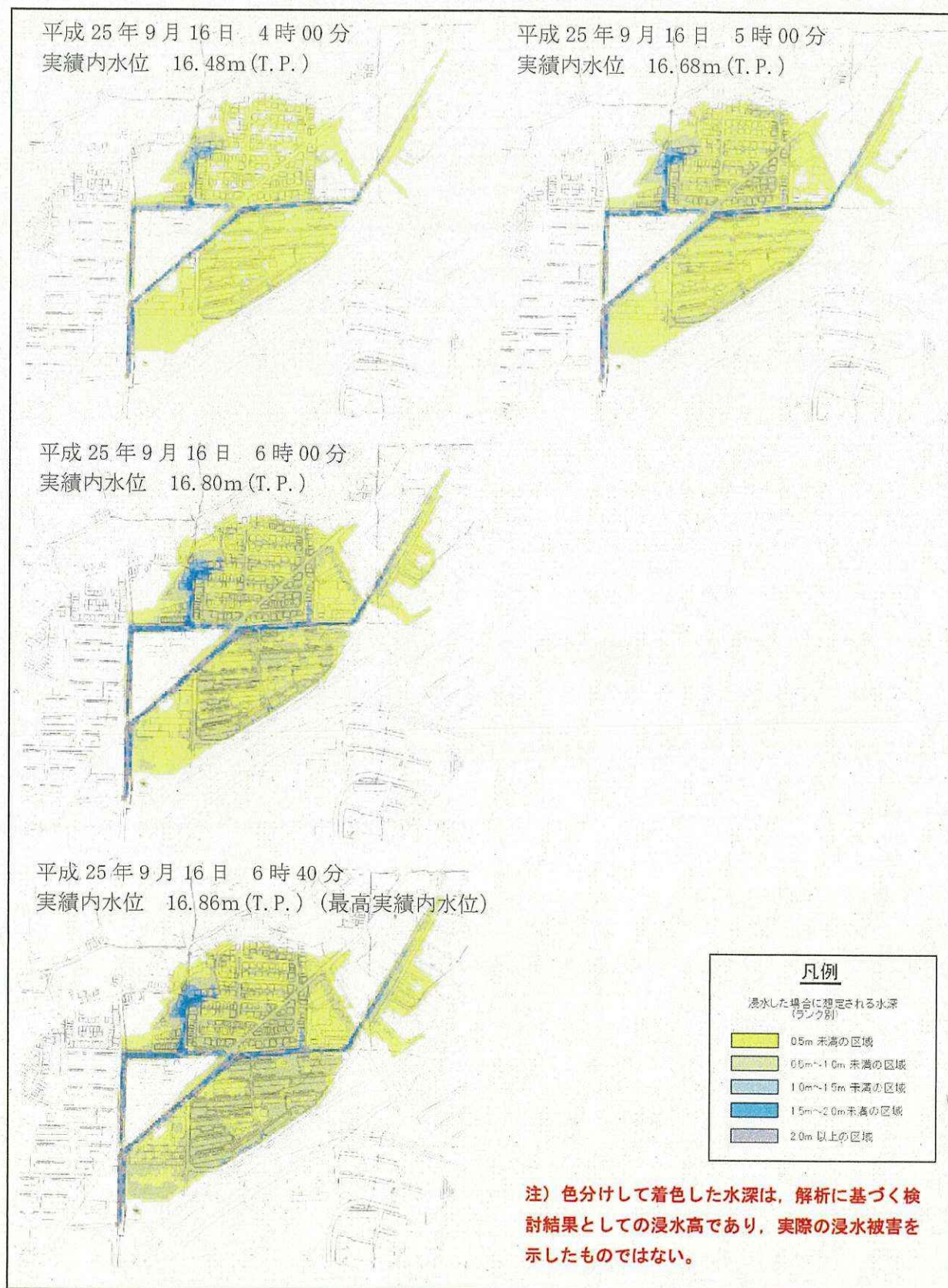


図 6-4-15 浸水深の時間変化に関する計算結果－2

4) 最大浸水深の空間分布に関する計算結果と実測浸水深との比較

- ・浸水被害状況の検討結果の妥当性を確認するため、以下の条件で再現した検討結果に浸水被害データを重ねた図を図 6-4-16 に示す。

◇内 水 位：最高実績内水位 (16.86m (T.P.))

◇地盤データ：国土地理院発行の地盤データ

- ・検討結果と実際の浸水被害データとは、多くの箇所で整合が図れており、再現した検討結果の妥当性は高いと判断できる。

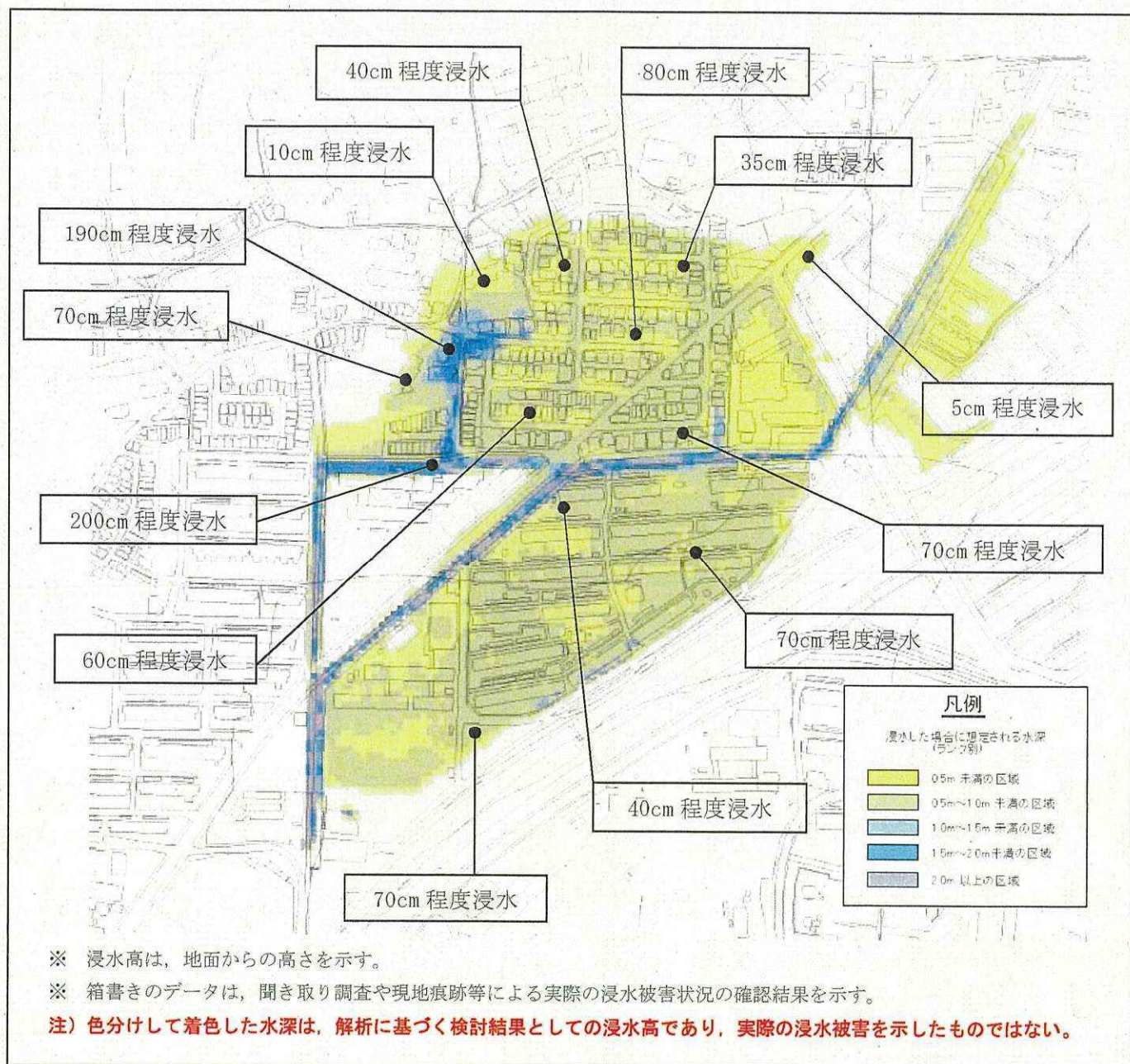


図 6-4-16 最大浸水深の空間分布に関する計算結果と実測浸水深との比較図