

凡例

平常時水域



流速 (mm/s)

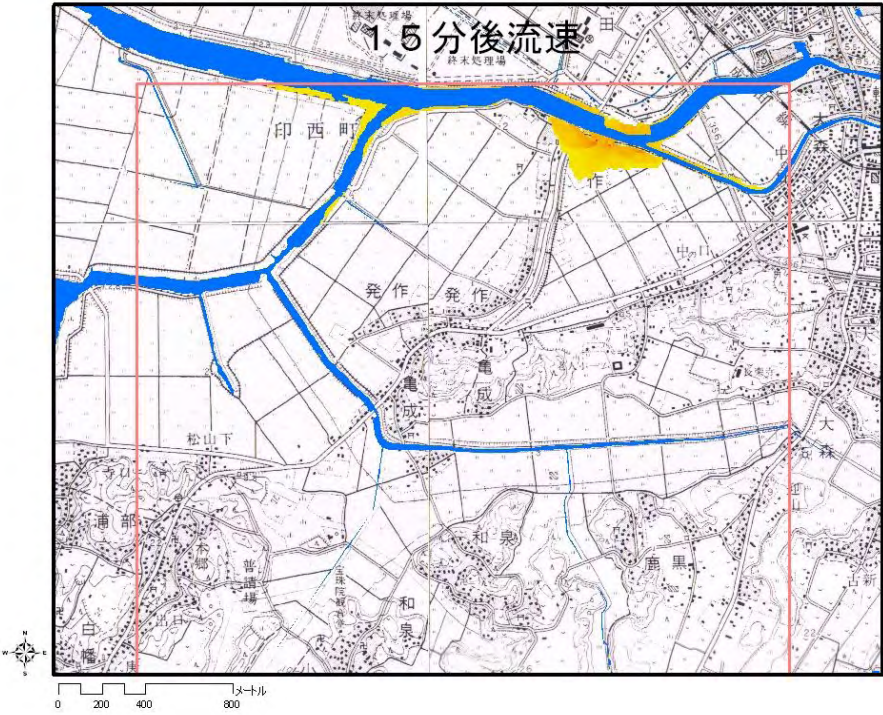
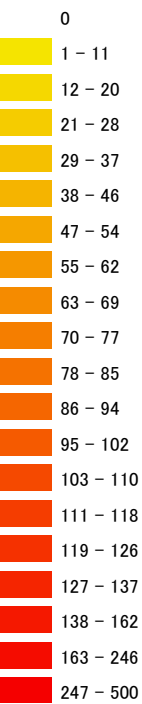


図 179 凡例

図 180 15 分後流速分布



図 181 30 分後浸水深分布

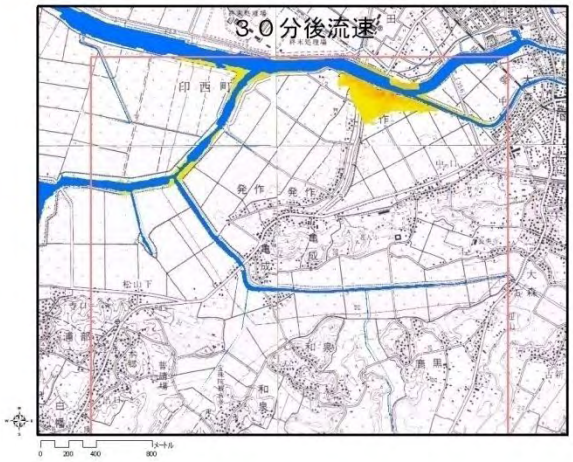


図 182 30 分後流速分布



図 183 45 分後浸水深分布

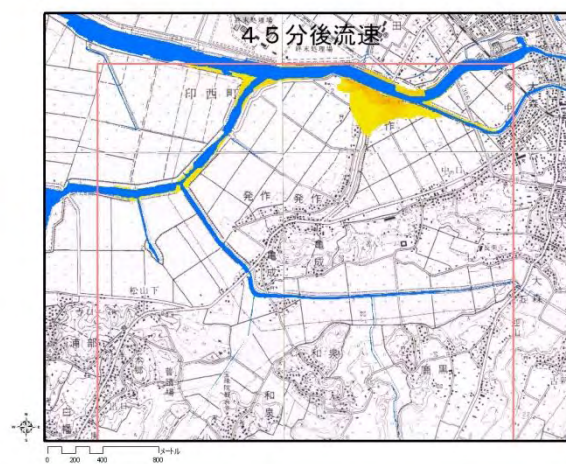


図 184 45 分後流速分布

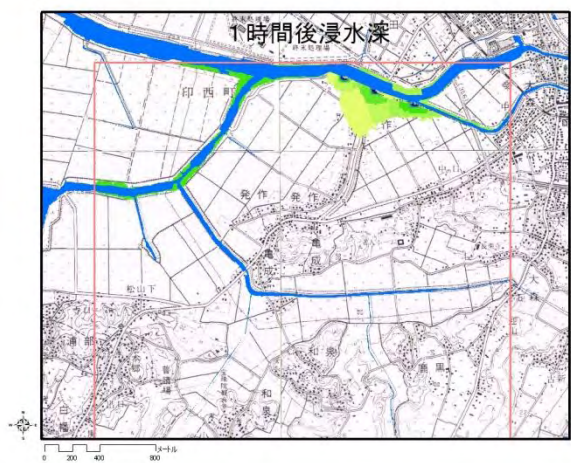


図 185 1 時間後浸水深分布

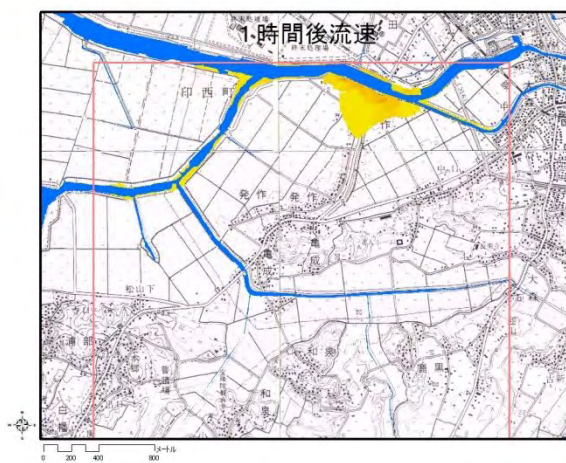


図 186 1 時間後流速分布

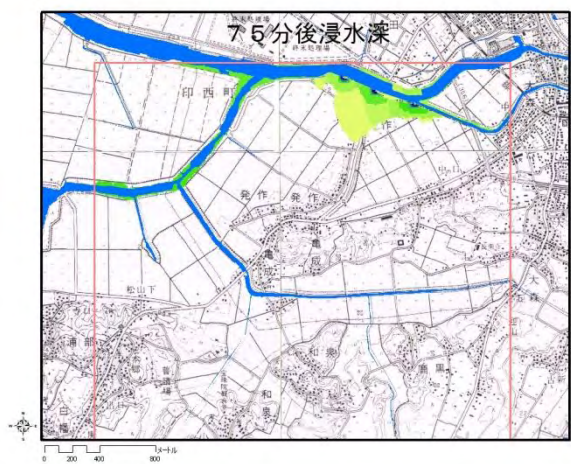


図 187 75 分後浸水深分布

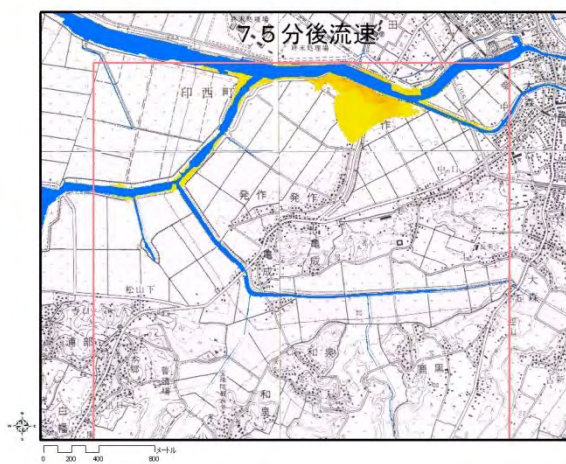


図 188 75 分後流速分布

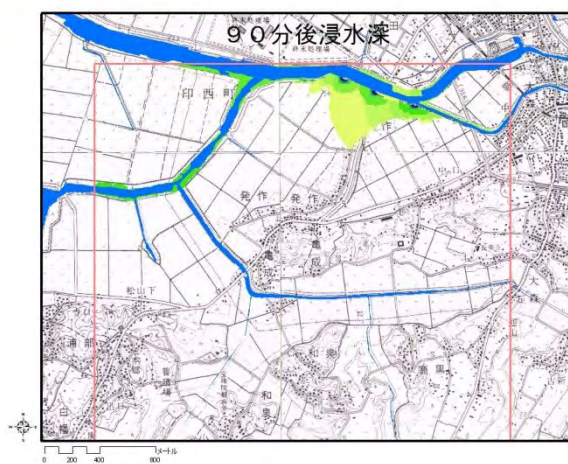


図 189 90 分後浸水深分布

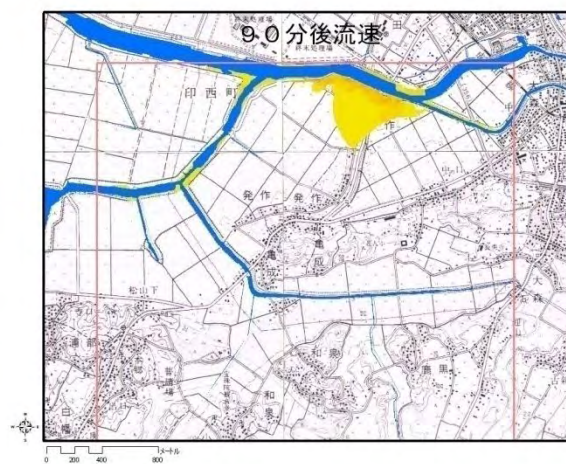


図 190 90 分後流速分布



図 191 105 分後浸水深分布

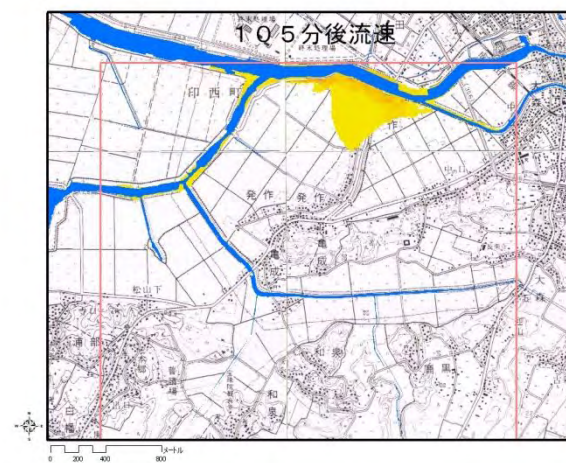


図 192 105 分後流速分布

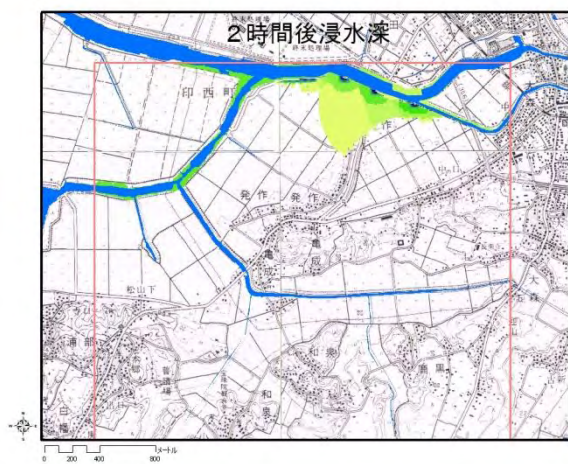


図 193 2 時間後浸水深分布

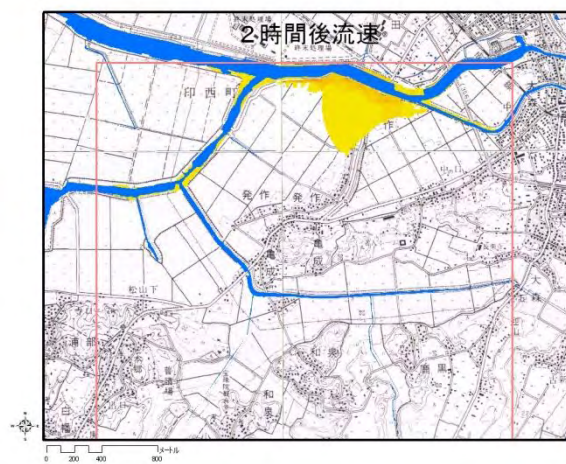


図 194 2 時間後流速分布

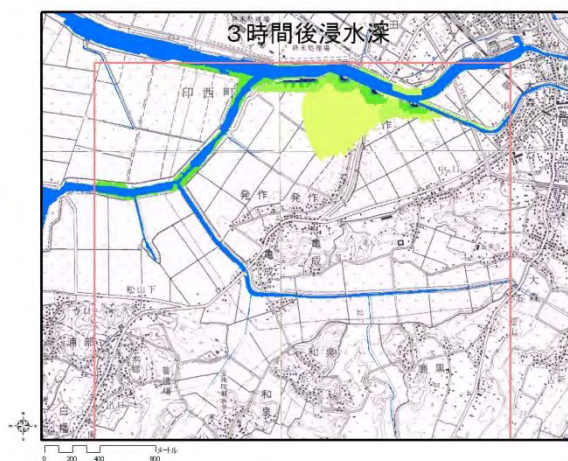


図 195 3 時間後浸水深分布

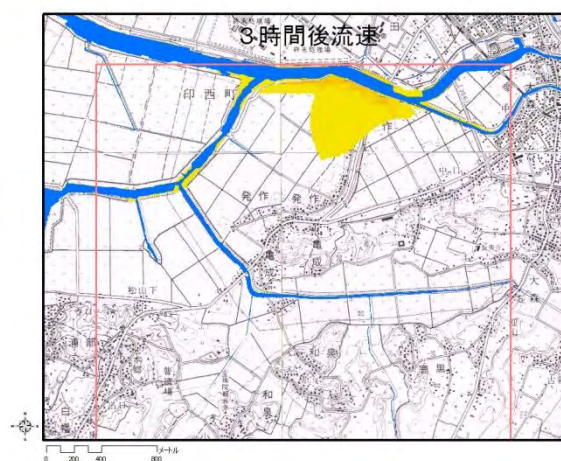


図 196 3 時間後流速分布

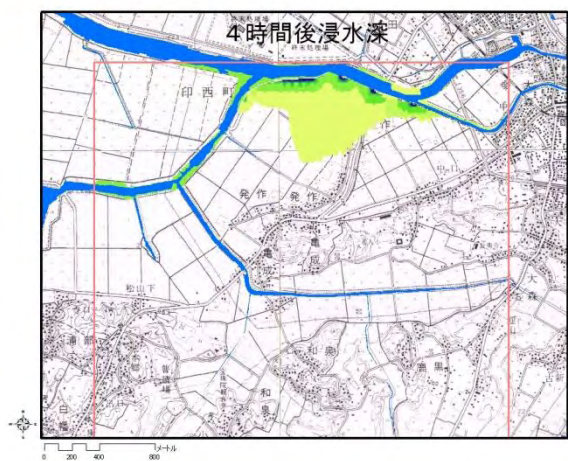


図 197 4 時間後浸水深分布

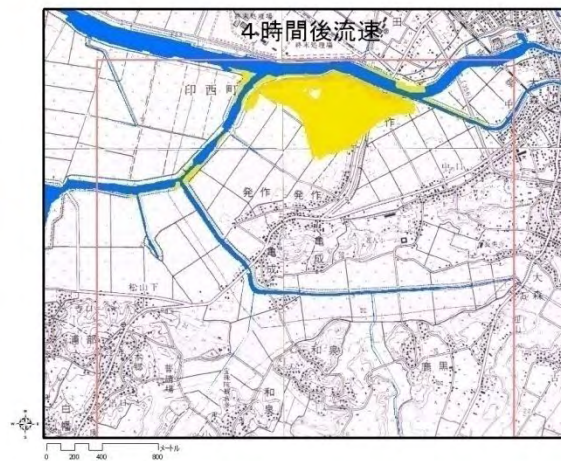


図 198 4 時間後流速分布



図 199 5 時間後浸水深分布

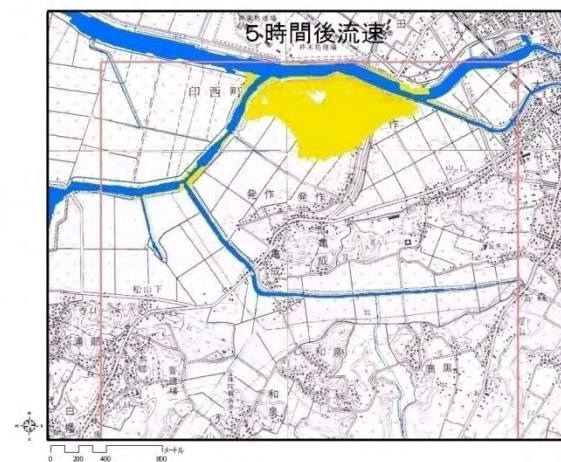


図 200 5 時間後流速分布



図 201 6 時間後浸水深分布

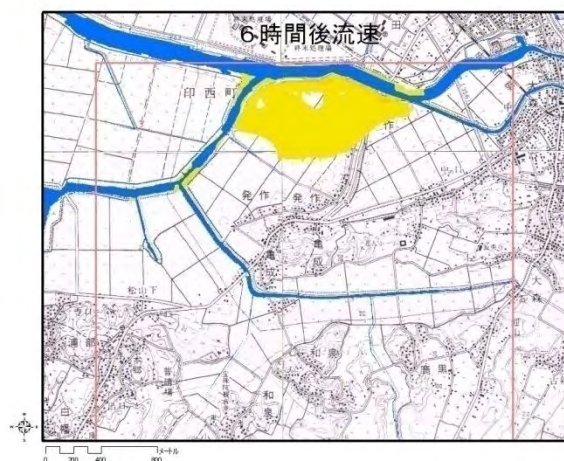


図 202 6 時間後流速分布

3. 5. 4. Area3(今井新田地区)

今井新田も発作と同じく、昭和 16 年洪水時に比べ、氾濫水の拡散が遅くなるという結果であった。また、浸水した地域としては水田地帯のみである。違いとして確認されたのが、昭和 16 年にはなかった下手賀沼に流入する河川沿いの堤防が、氾濫水をせき止め、対岸への氾濫水の移動を防いだということである。しかし、文献等によると、対岸についても水田が冠水したいということが確認されており、おそらく違う場所での越流が影響したと思われる。

また、発作地区と同じく、地形情報がより詳細になったことによる、一様な流速分布への収束が同様に確認された。

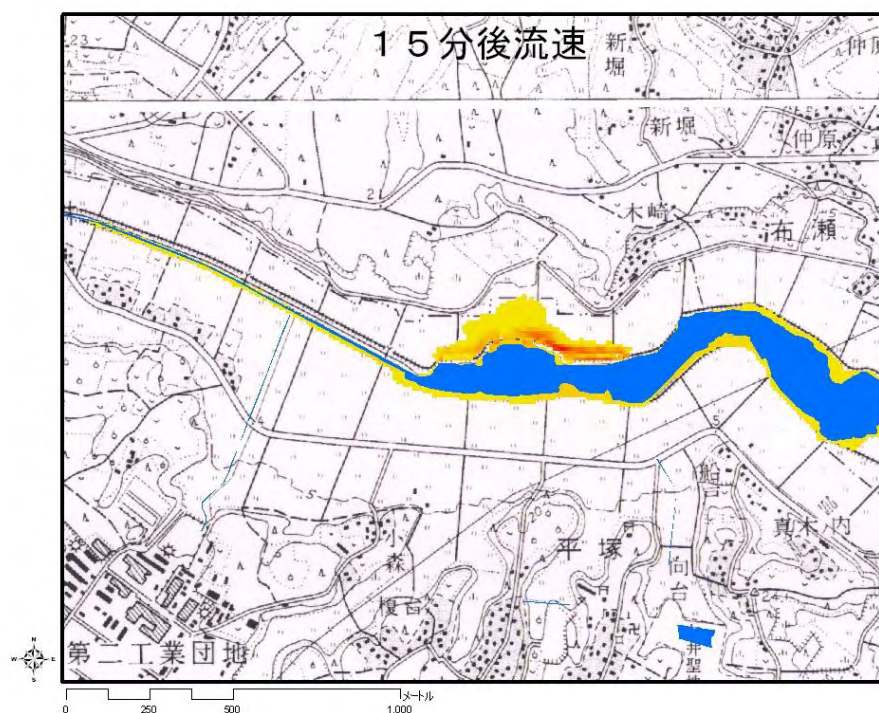
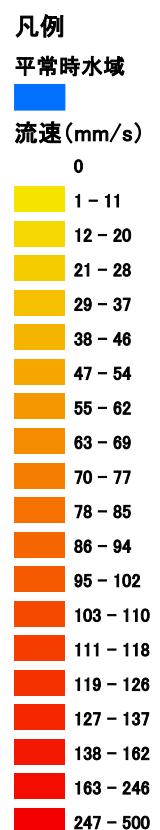
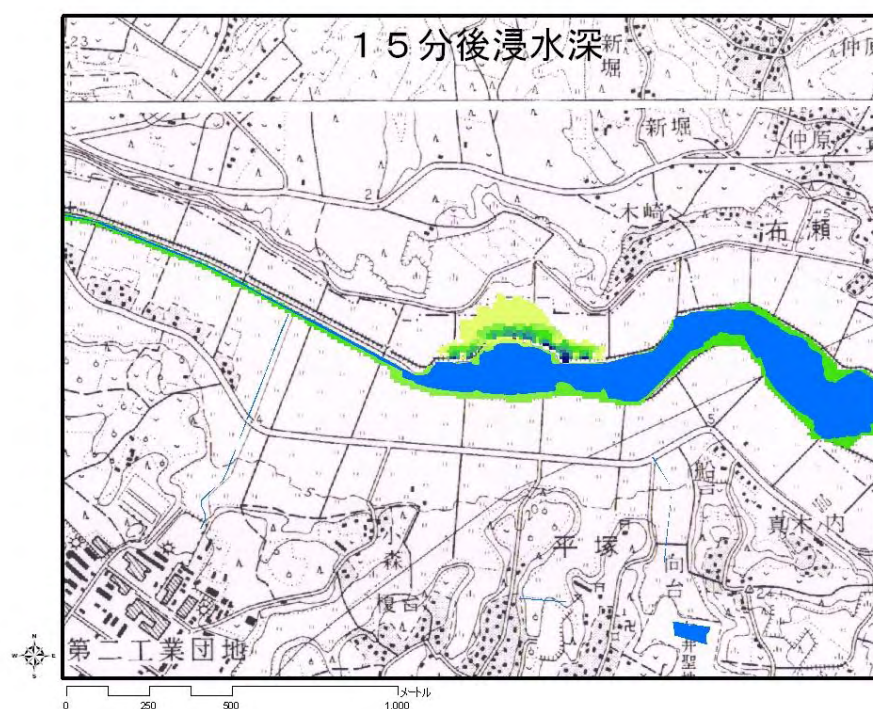
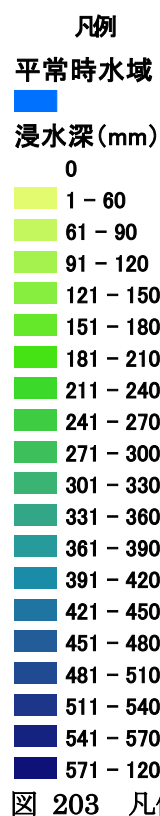




図 207 30 分後浸水深分布

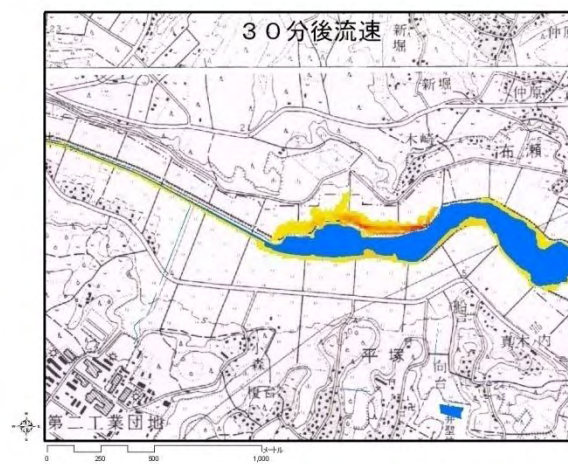


図 208 30 分後流速分布

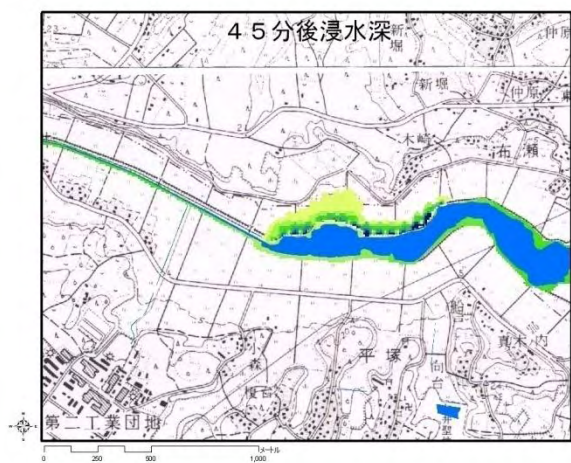


図 209 45 分後浸水深分布

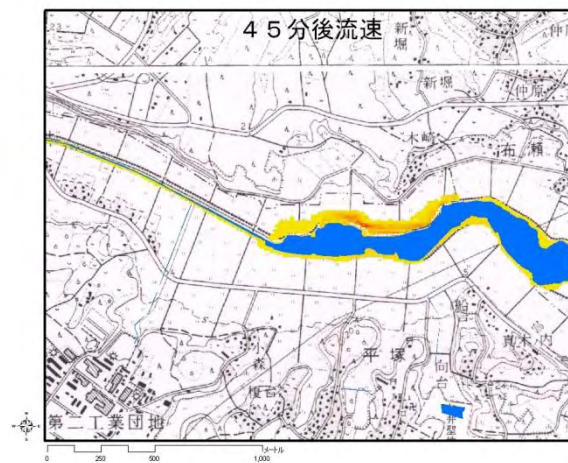


図 210 45 分後流速分布

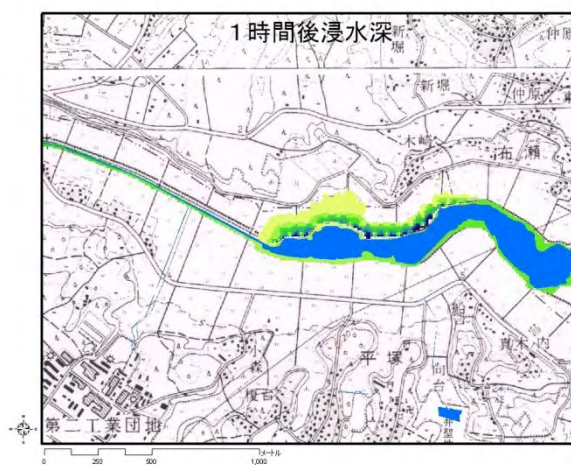


図 211 1 時間後浸水深分布

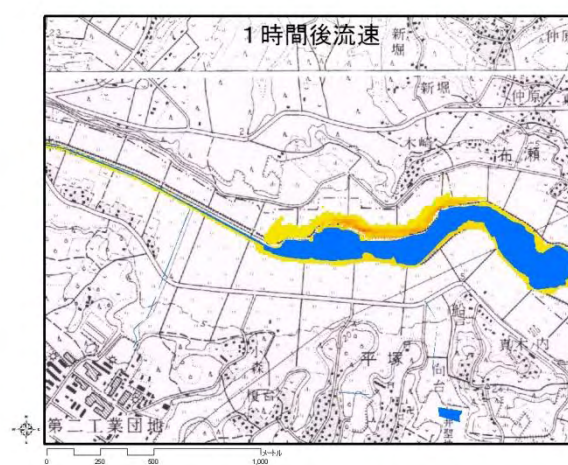


図 212 1 時間後流速分布

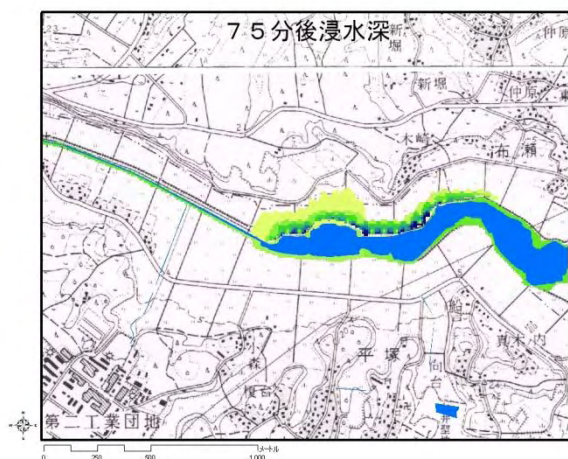


図 213 75 分後浸水深分布

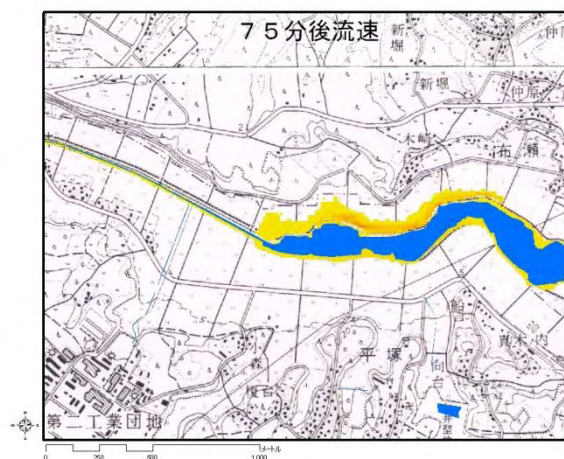


図 214 75 分後流速分布

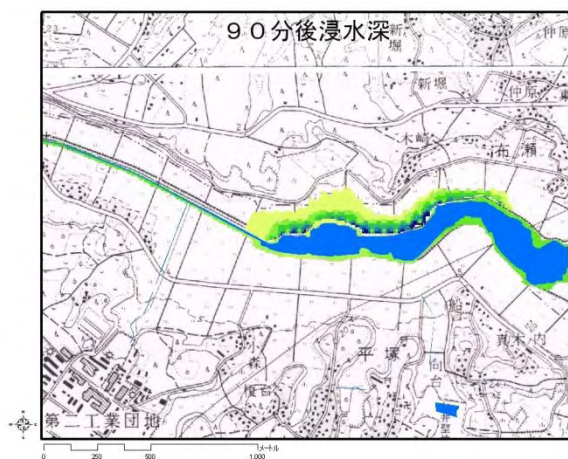


図 215 90 分後浸水深分布

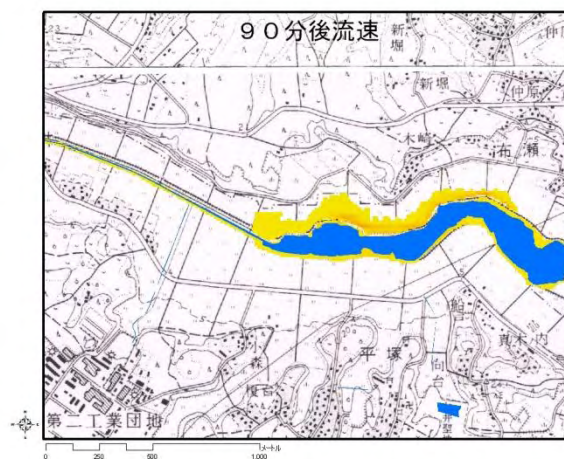


図 216 90 分後流速分布

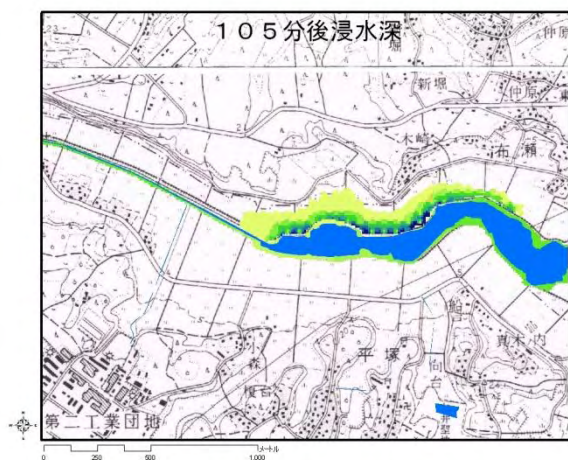


図 217 105 分後浸水深分布

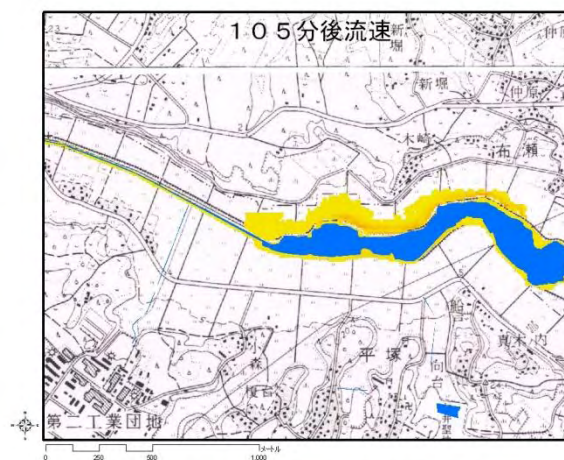


図 218 105 分後流速分布

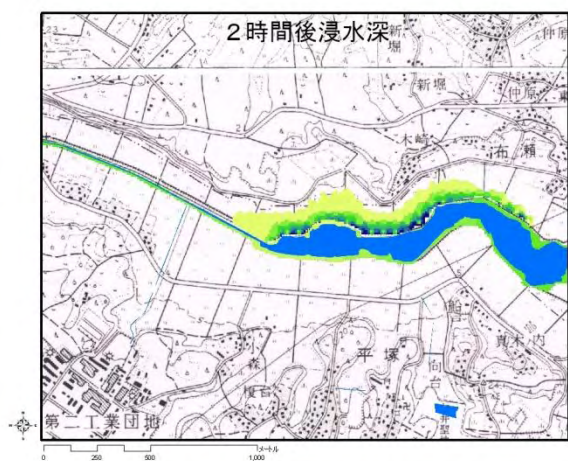


図 219 2 時間後浸水深分布



図 220 2 時間後流速分布

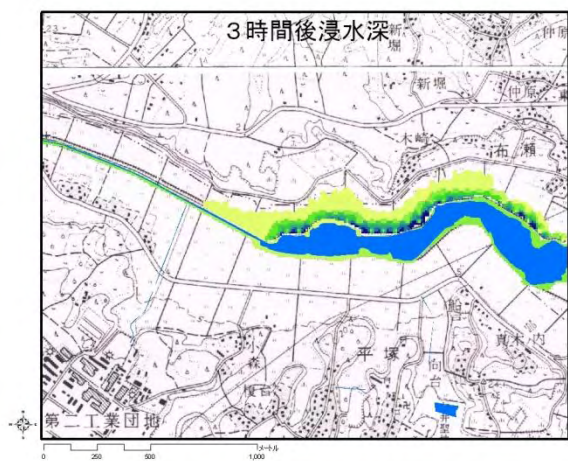


図 221 3 時間後浸水深分布

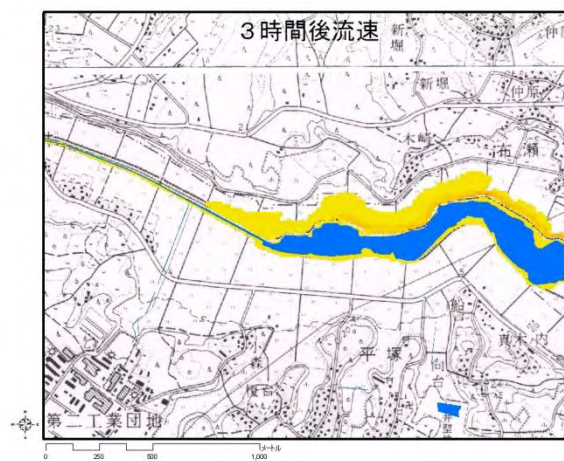


図 222 3 時間後流速分布

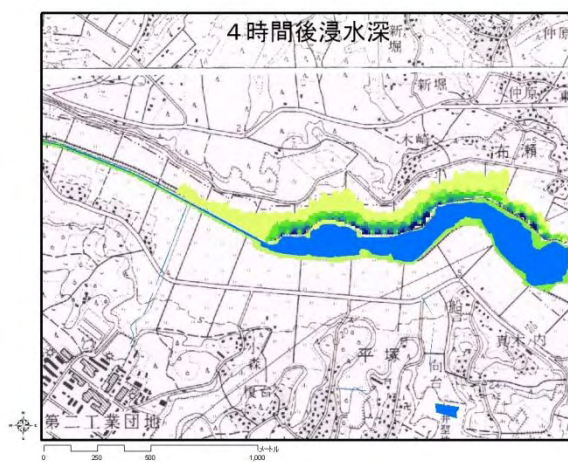


図 223 4 時間後浸水深分布

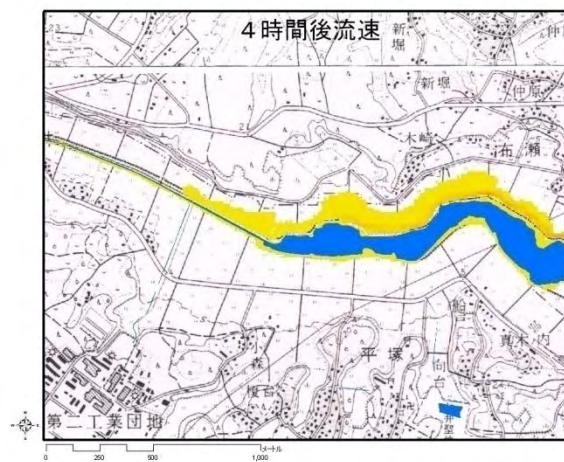


図 224 4 時間後流速分布

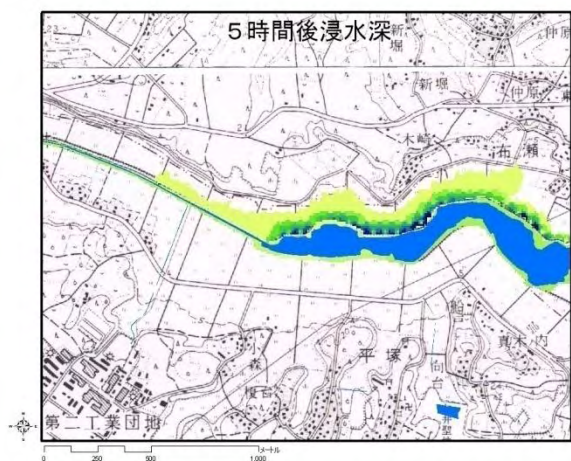


図 225 5 時間後浸水深分布

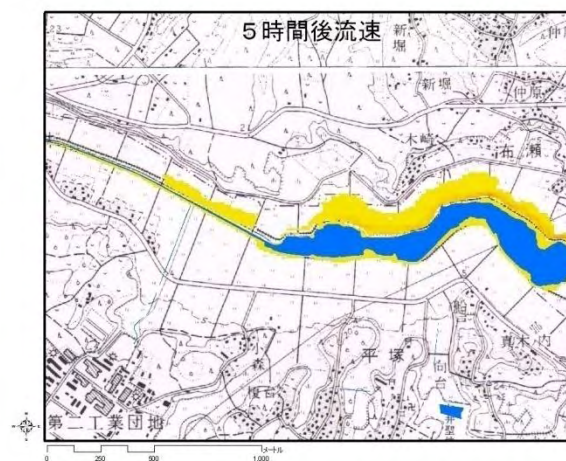


図 226 5 時間後流速分布



図 227 6 時間後浸水深分布

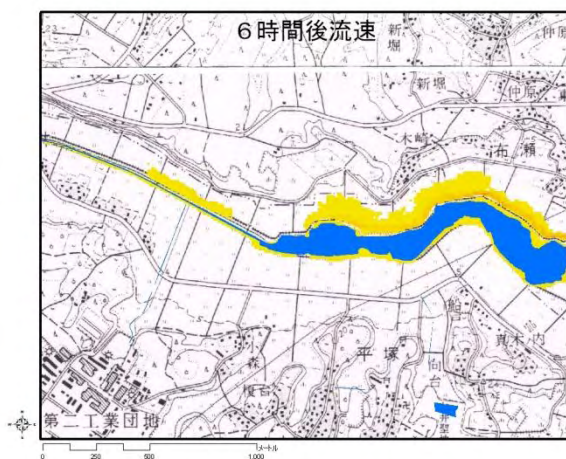


図 228 6 時間後流速分布

3.5.5. Area4(若松地区)

若松は我孫子市誕生の頃(昭和 40 年代)に宅地化が進行した埋め立て地である。氾濫水の挙動の特徴として、素早く拡散していることがあげられる。この埋立地は、排水を考慮して、沼へ向かって徐々に標高が下がっていくように作られている。そのため、沼に最も近い沿岸部分に、越流初期の水が集中する。そこを上流と下流に向けて流れていくので、沼の湖岸線と垂直方向への拡散が少ない分、水平方向へ流れが集中し、このような拡散の素早さにつながったものと考えられる。

当初左右対称であった流速分布は、途中で左すなわち上流側の流速が減少した。これは、上流方向へ行くと、堤防を兼ねている道路に氾濫水が到達し、それ以上、上流へ流れなくなり停滞したことによると思われる。一方で、障害物のない下流方向の水田地帯へは、勢いよく流下し続ける様子が観察された。

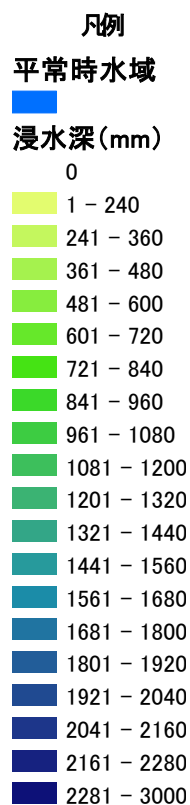


図 229 凡例

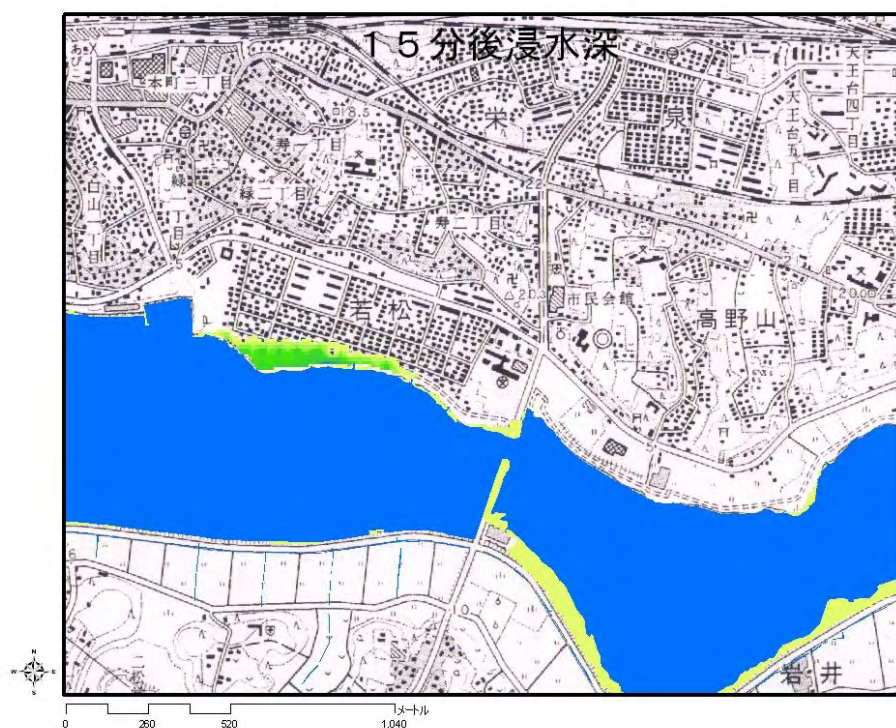


図 230 15分後浸水深分布

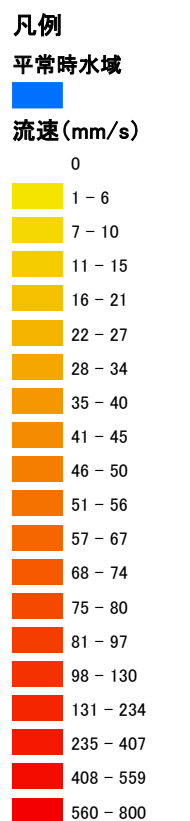


図 231 凡例

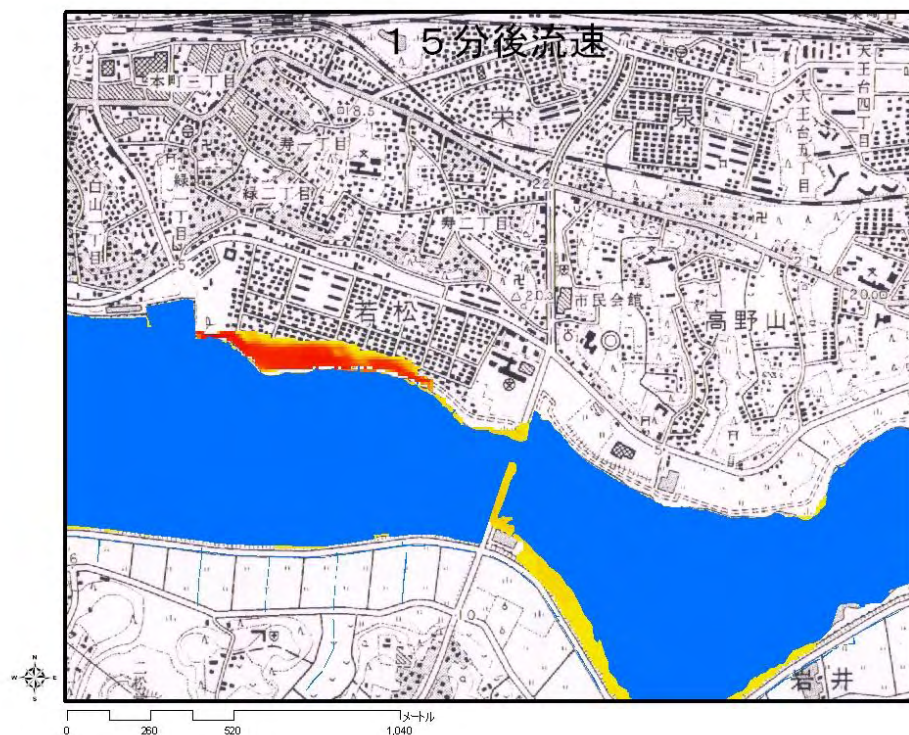


図 232 15分後流速分布

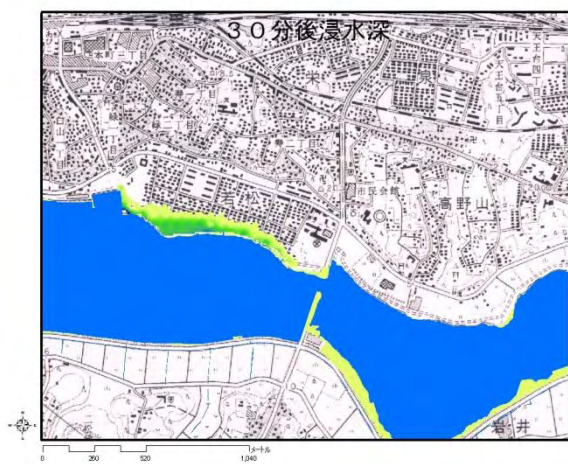


図 233 30 分後浸水深分布

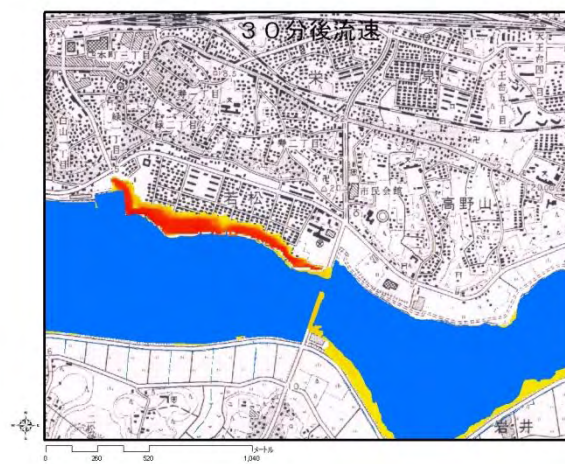


図 234 30 分後流速分布

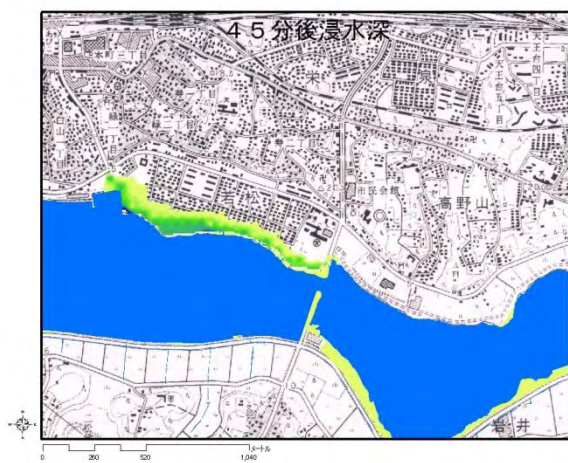


図 235 45 分後浸水深分布

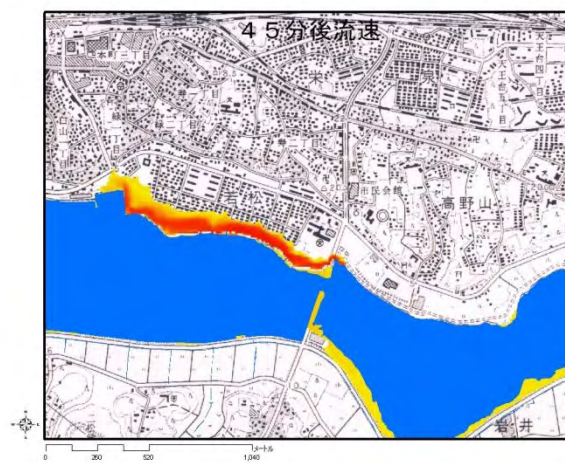


図 236 45 分後流速分布

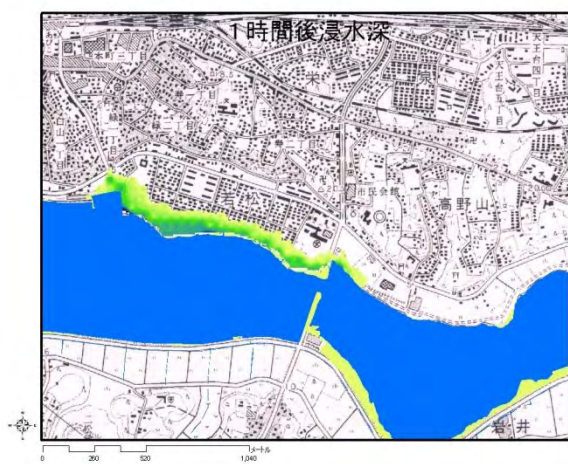


図 237 1 時間後浸水深分布



図 238 1 時間後流速分布

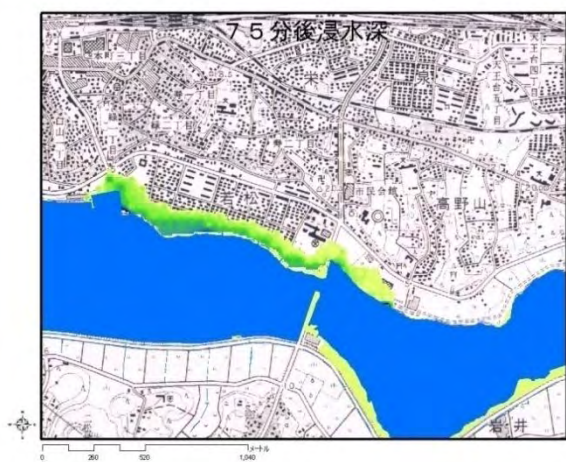


图 239 75 分後浸水深分布

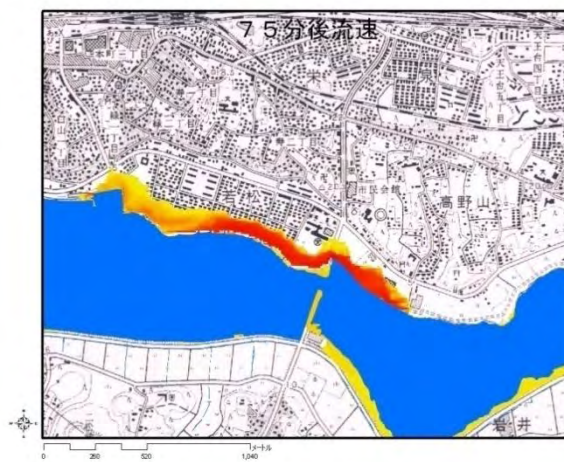


图 240 30 分後流速分布



图 241 90 分後浸水深分布

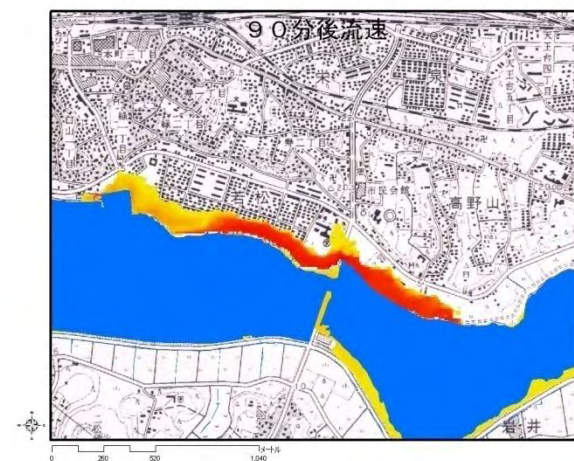


图 242 90 分後流速分布

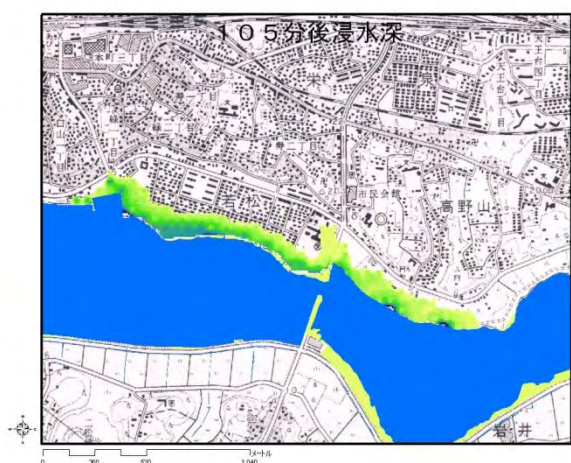


图 243 105 分後浸水深分布

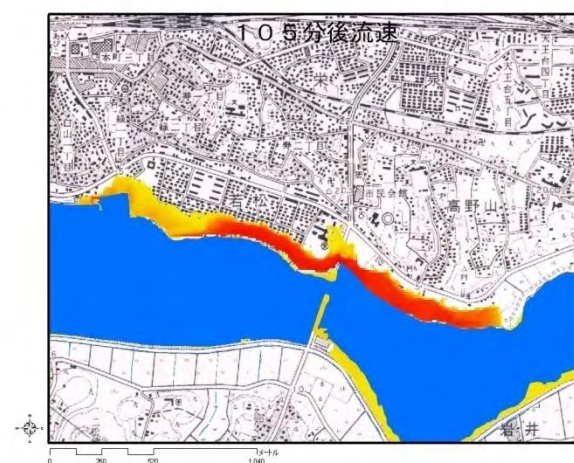


图 244 105 分後流速分布



図 245 2 時間後浸水深分布

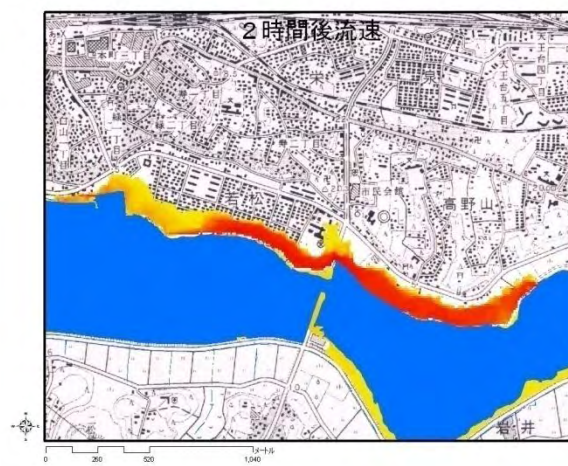


図 246 2 時間後流速分布

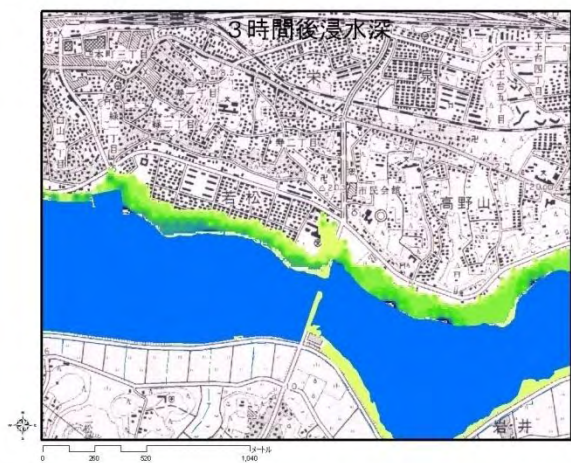


図 247 3 時間後浸水深分布

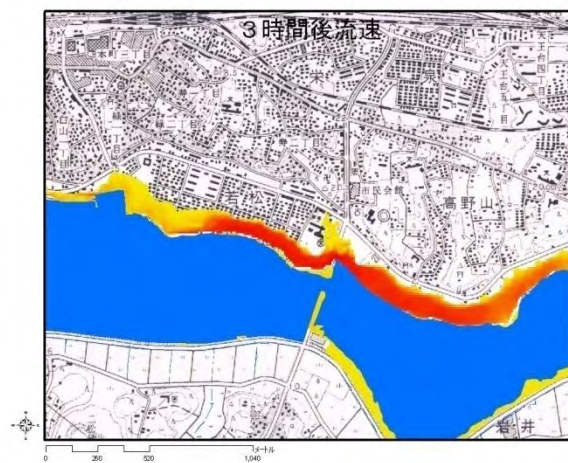


図 248 3 時間後流速分布

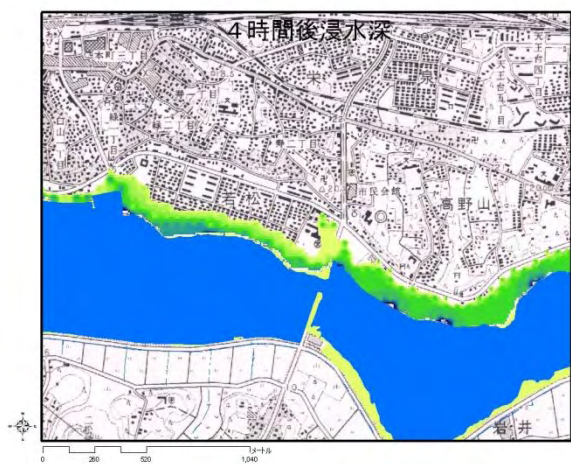


図 249 4 時間後浸水深分布

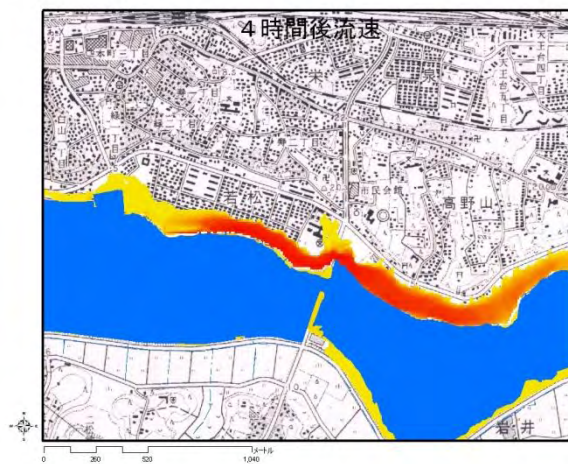


図 250 4 時間後流速分布

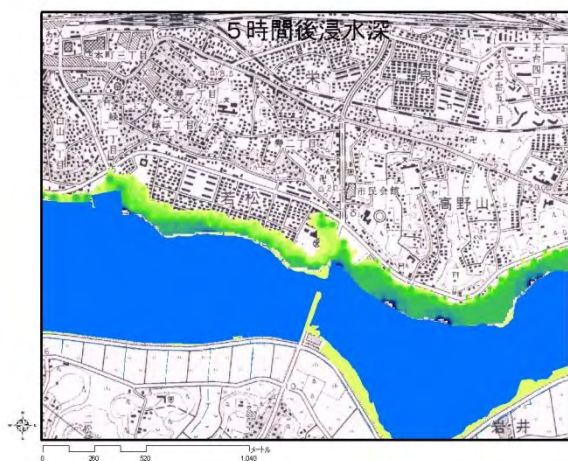


図 251 5 時間後浸水深分布

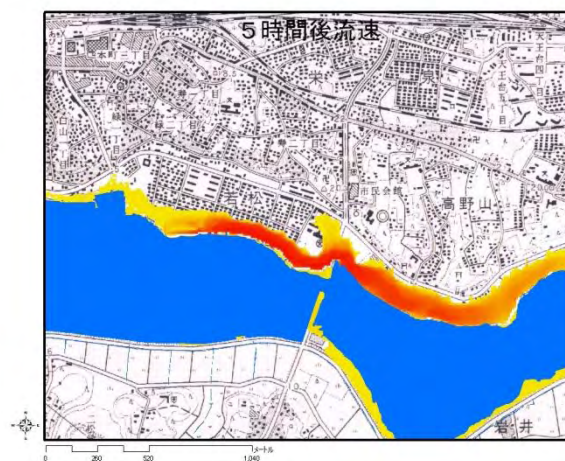


図 252 5 時間後流速分布

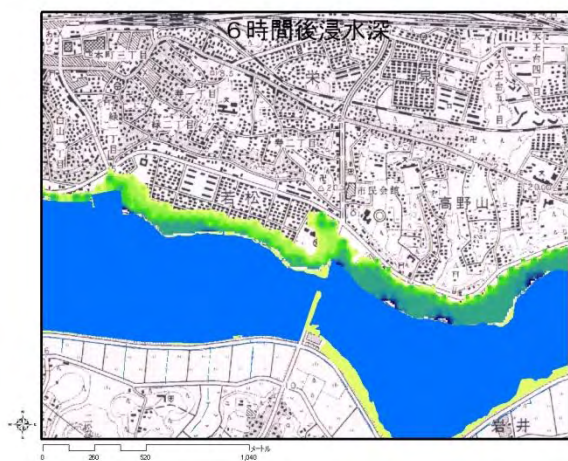


図 253 6 時間後浸水深分布

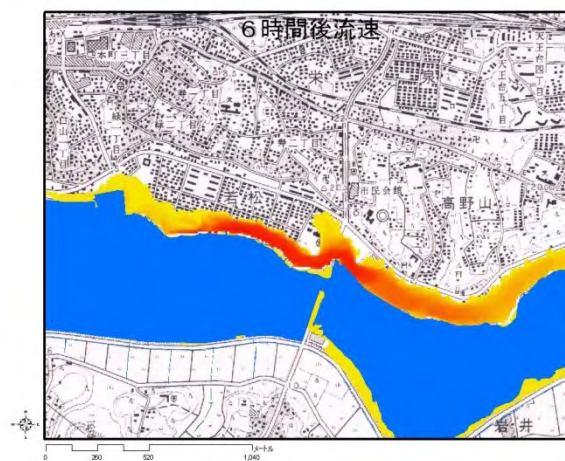


図 254 6 時間後流速分布

3. 6. 被害地域の分析と考察

以上のシミュレーション結果より、昭和 16 年洪水時と昭和 56 年出水時の被害地域について、浸水域の土地利用割合、浸水域における土地利用別の最大浸水深や平均浸水深、また到達時間についてそれぞれ分析を行った。その上で各地域の水害の特徴、その被害を生みだした原因について分析した。

3.6.1. Area1(布佐地区)

布佐地区では，到達時間に大きな変化が見られた．昭和16年では，6時間後の浸水域全体の中で，3時間以上たってから氾濫水が到達する地域が3分の1に及ぶが，昭和56年においては，2時間後にはすべての場所に氾濫水が到達し，それ以降浸水域が拡大していないことが読み取れる．大幅に到達時間が早まり，浸水深が大きくなったのは，地形の起伏が増して，特定個所に氾濫水が集中するようになったことを意味する．これは，布佐地区の浸水地域における土地利用が水田中心から市街地中心に変化したことが，地形的な変化として起伏増大をまねいたためと考えられる．50mメッシュの地形データを用いていることから，比較的広い範囲にこうした起伏の変化があったことが予想される．水田が市街地に変化することで，盛り土による道路建設や宅地造成等の起伏増大を引き起こすことが，水害においては被害の集中につながるということが分かった．

浸水深最大値の時間変化に着目してみると，昭和16年では到達時間の遅い浸水地域が多い一方で，浸水深の最大値は1時間後より6時間後の方が小さい．これは溢れた氾濫水が，拡散して氾濫域全体に均された結果と考えられる．すなわち，氾濫水が，特定の部分に集中して流れていくのではなく，多方向に自由に動ける環境が整っていたと思われる．昭和56年においては，氾濫水が拡散することがなかったために，浸水深の最大値は上昇し，6時間後の方が1時間後よりも大きな浸水深最大値が観察された．

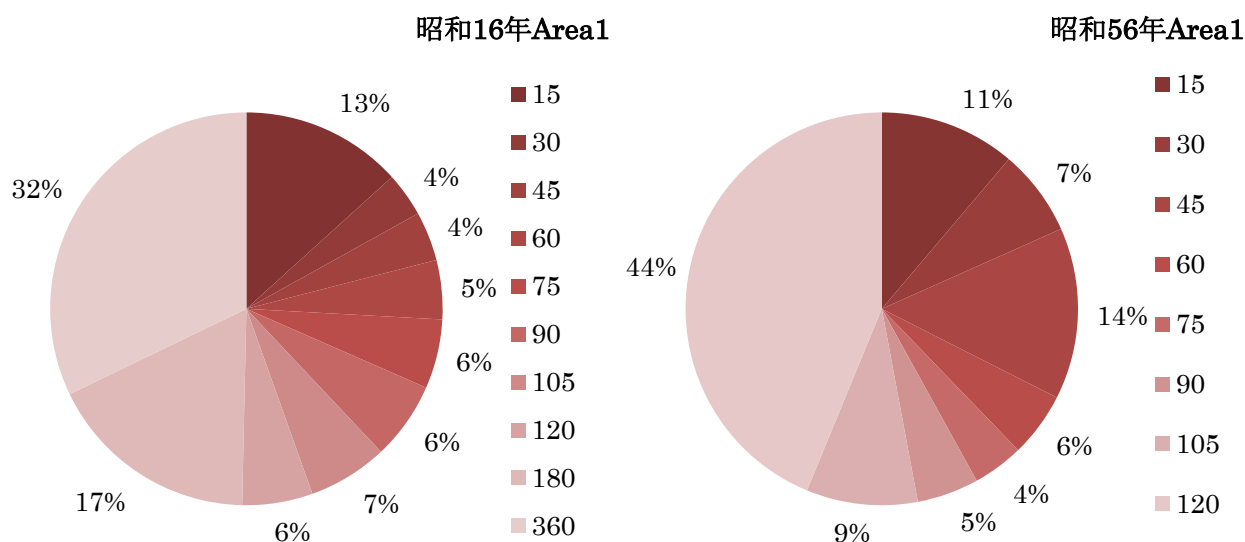


図 255 到達時間別浸水面積割合

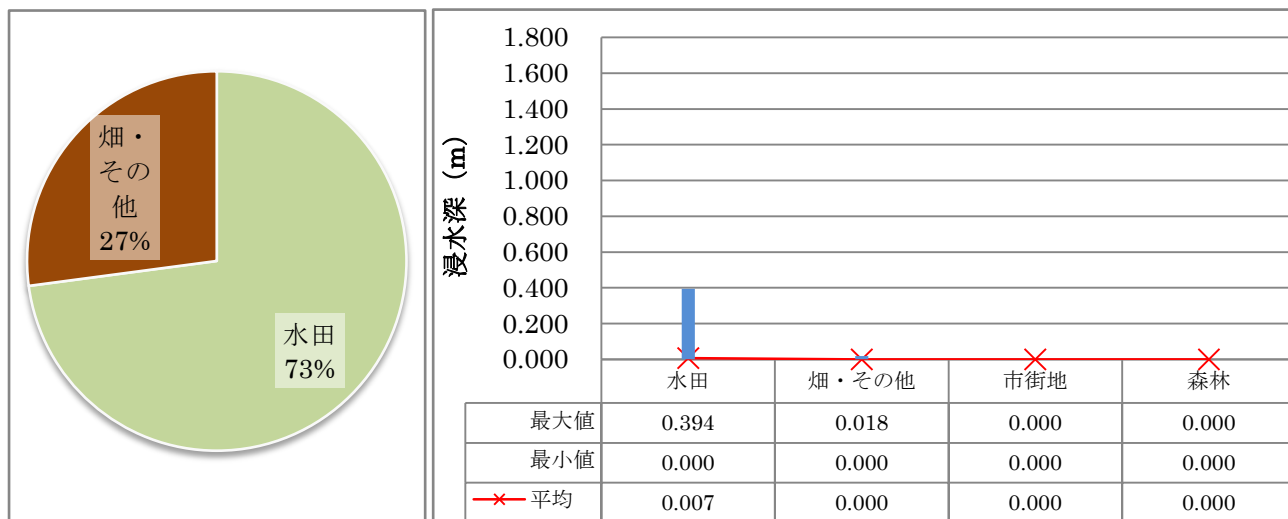


図 256 昭和 16 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

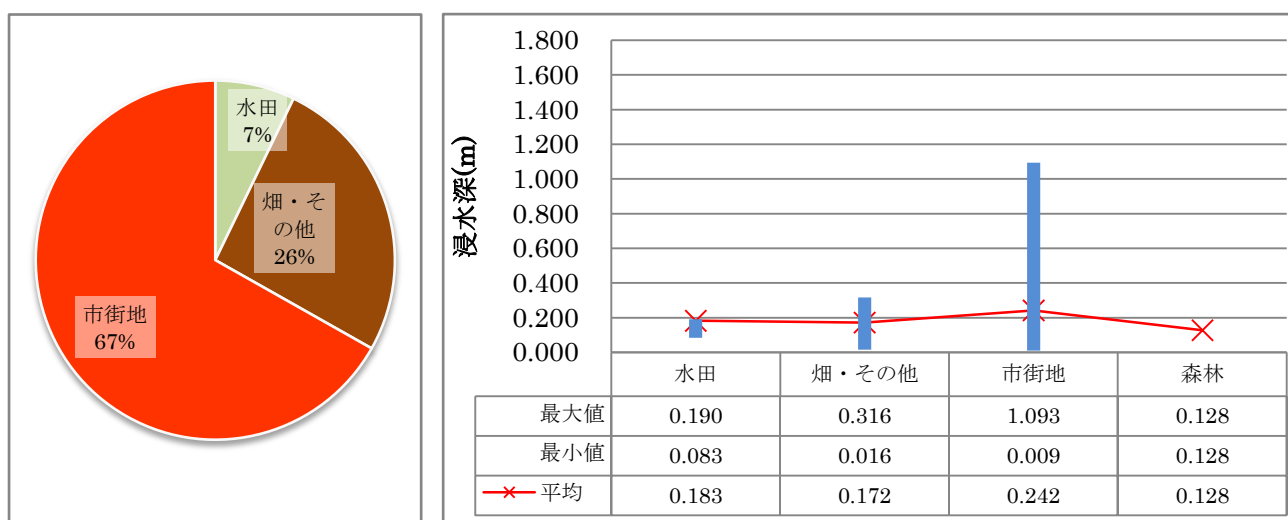


図 257 昭和 56 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

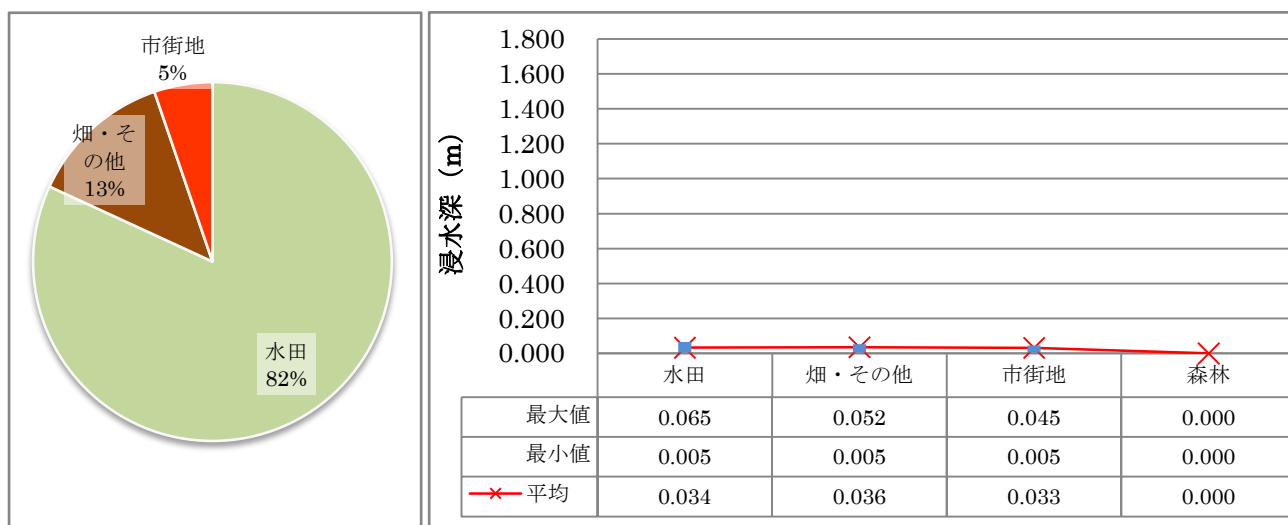


図 258 昭和 16 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

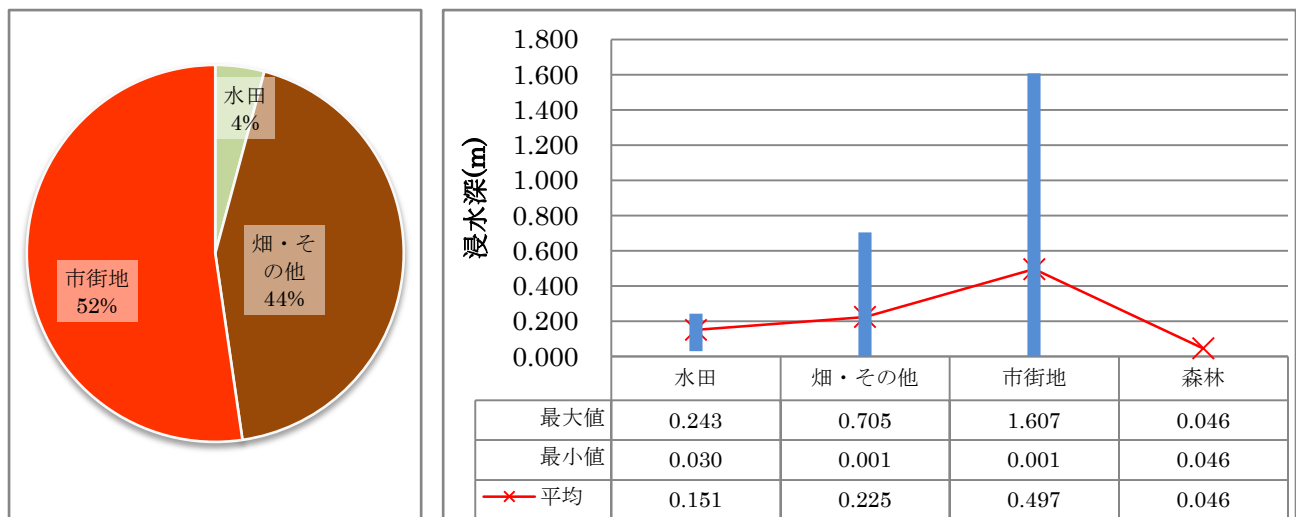


図 259 昭和 56 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

3. 6. 2. Area2(発作地区)

Area2 の発作地区では，昭和 56 年の方が，到達時間が遅くなるという結果であった．浸水した地域の土地利用について考えると，昭和 16 年においてはほとんどが水田地帯であったということがわかる．一方昭和 56 年においては，土地利用が多様になっていることがわかる．粗度係数として，水田より小さな値となる土地利用はないので，氾濫水が流れにくい土地利用に変わったといえる．

最大浸水深については，昭和 16 年の方が圧倒的に大きい．しかし平均浸水深でみるとそれほどの違いはない．昭和 16 年については，集中的に氾濫水の集まる領域がわずかではあるが存在していたということになる．平均値との差がきわめて大きいことを考えると，標高を内挿補間する際に生じた誤差の可能性が高い．

浸水した地域の土地利用についてさらに分析すると，6 時間後は浸水した地域の土地利用割合に大きな違いはないが，1 時間後では，昭和 56 年に浸水した領域で，市街地が大きな割合を占めている．これは，浸水危険性の高い地域への市街地の進出と捉えられる．昭和 56 年に浸水した可能性の高い市街地は道路沿いに出現していた．氾濫水は時に道路に沿って流れることもあるため，特段の配慮が必要になる．昭和 16 年に存在していた市街地で浸水が見られなかったことから，水害への認識が甘かったという可能性も考えられる．

また，氾濫水がほぼ平衡状態に達する長時間の氾濫，すなわちハザードマップ等で示されるような最大の浸水深だけを見ていてはこうした現象は把握できない．市街地に対する氾濫では，特に避難時間等への配慮が必要となることから，越流後時間を追ってその氾濫水の挙動を追跡していくことが，今後の都市域での氾濫解析やハザードマップ作製の際に求められる．

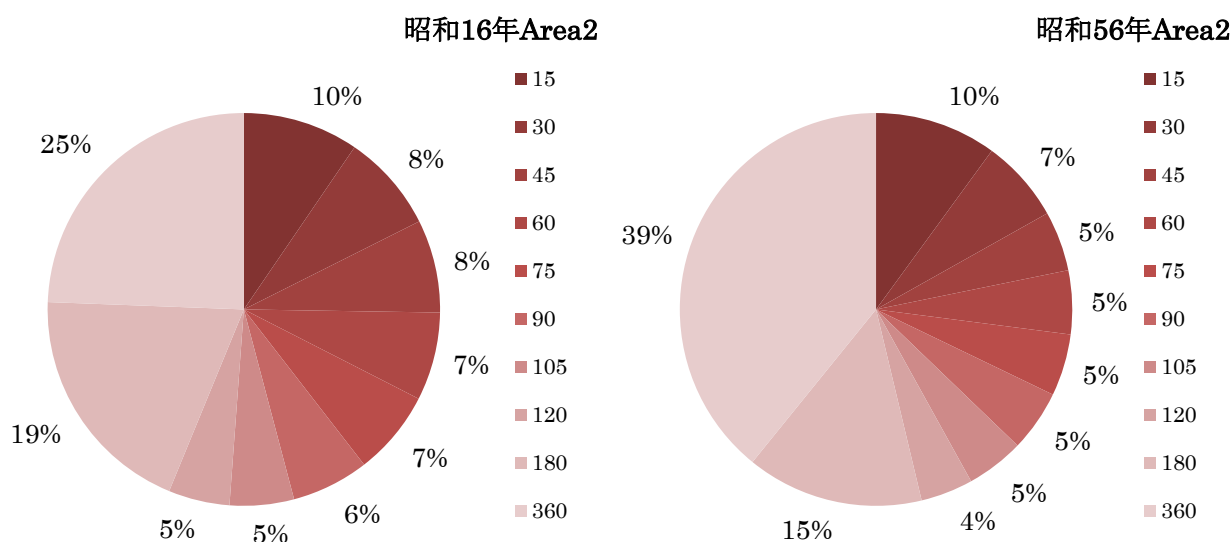


図 260 到達時間別浸水面積割合

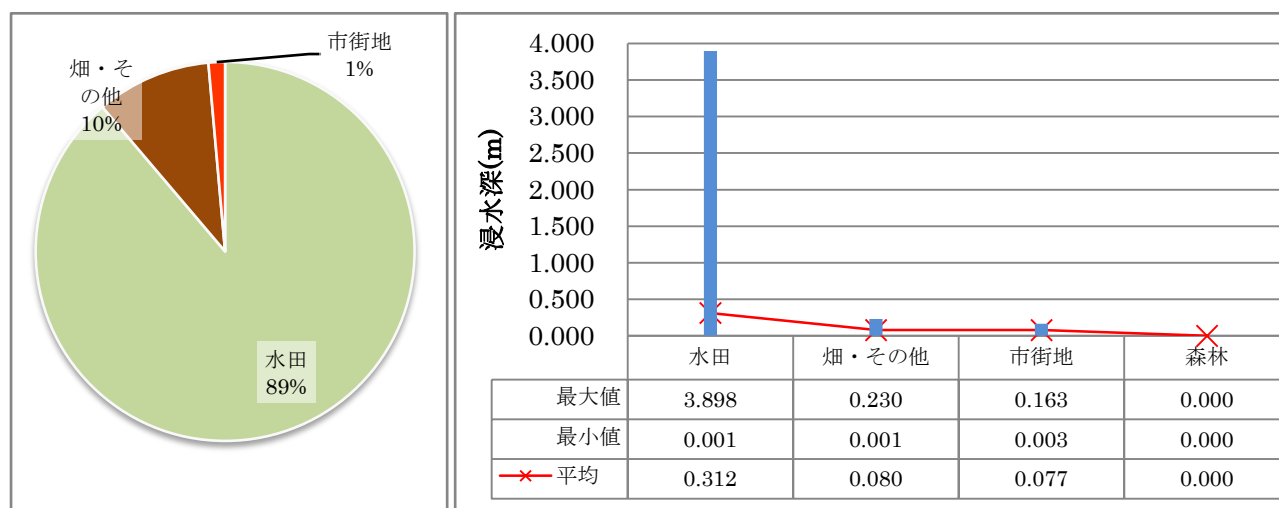


図 261 昭和 16 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

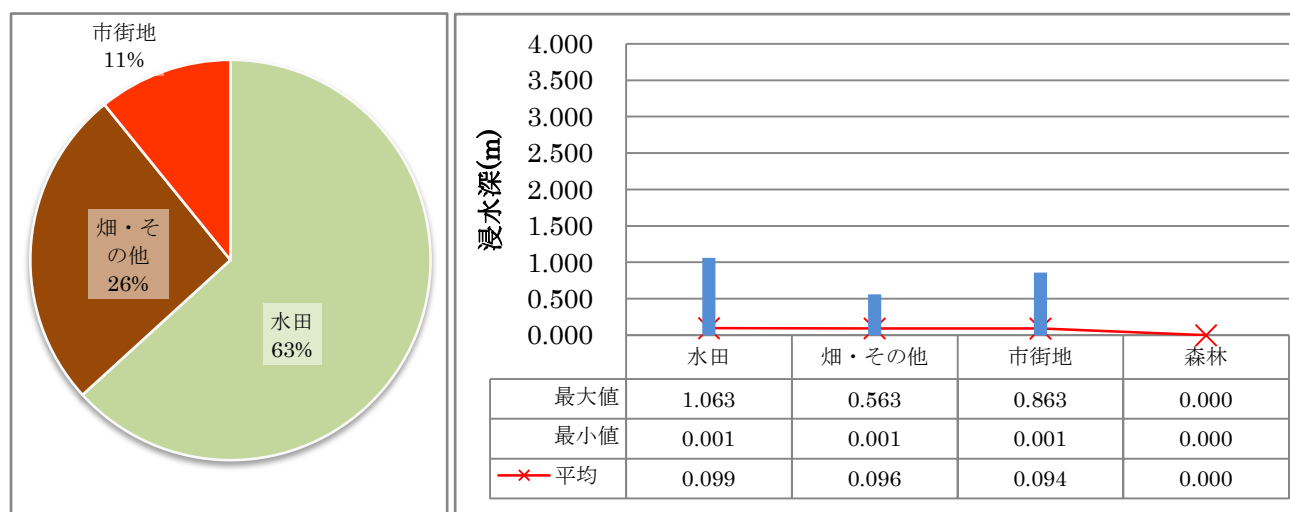


図 262 昭和 56 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

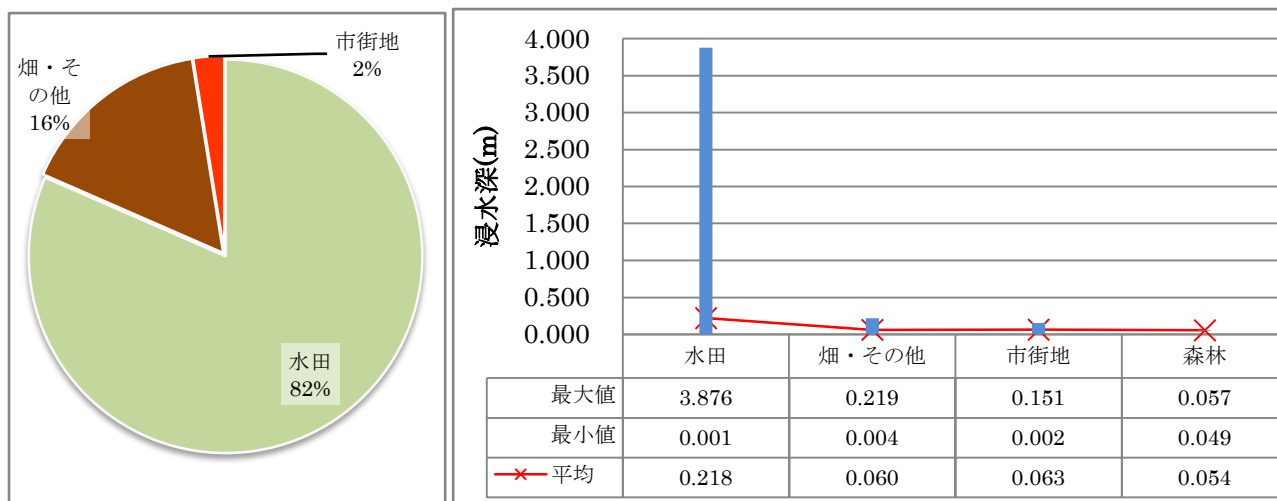


図 263 昭和 16 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

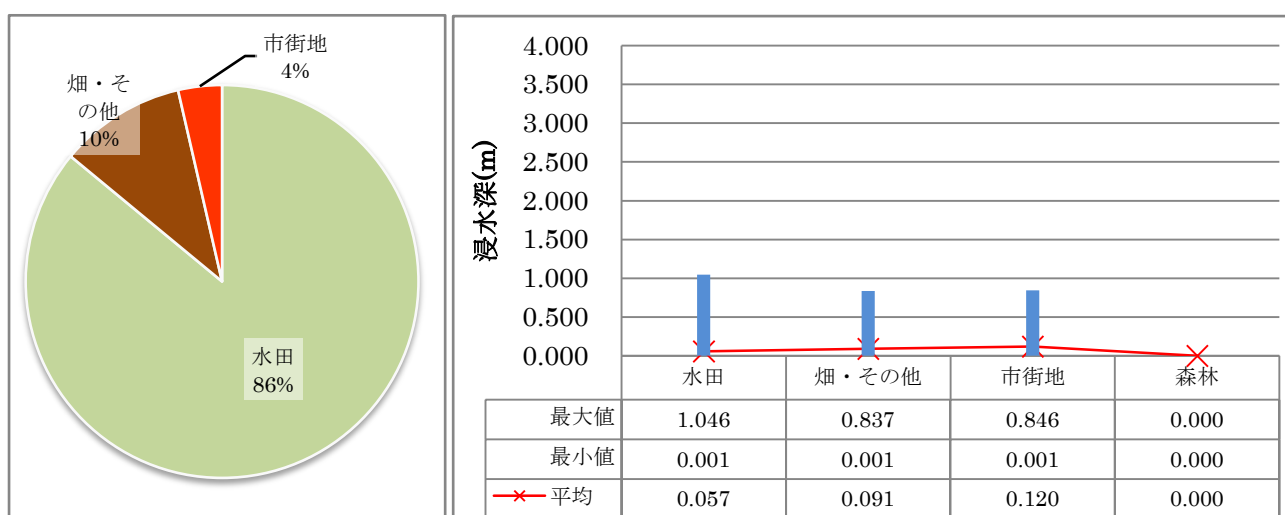


図 264 昭和 56 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

3. 6. 3. Area3(今井新田地区)

Area3 においても，Area2 と同じく，到達時間がおおむね遅くなるという結果であった．しかし，到達時間の速くなる地域も同時に存在している．すなわち，到達時間が 2 極化したといえる．

浸水地域の広がりでは，Area3 は流入河川の堤防建設により，氾濫水の広がる場所が限られ，結果的に被害が水田のみになった．堤防建設という治水政策が効果を発揮したと考えられる．

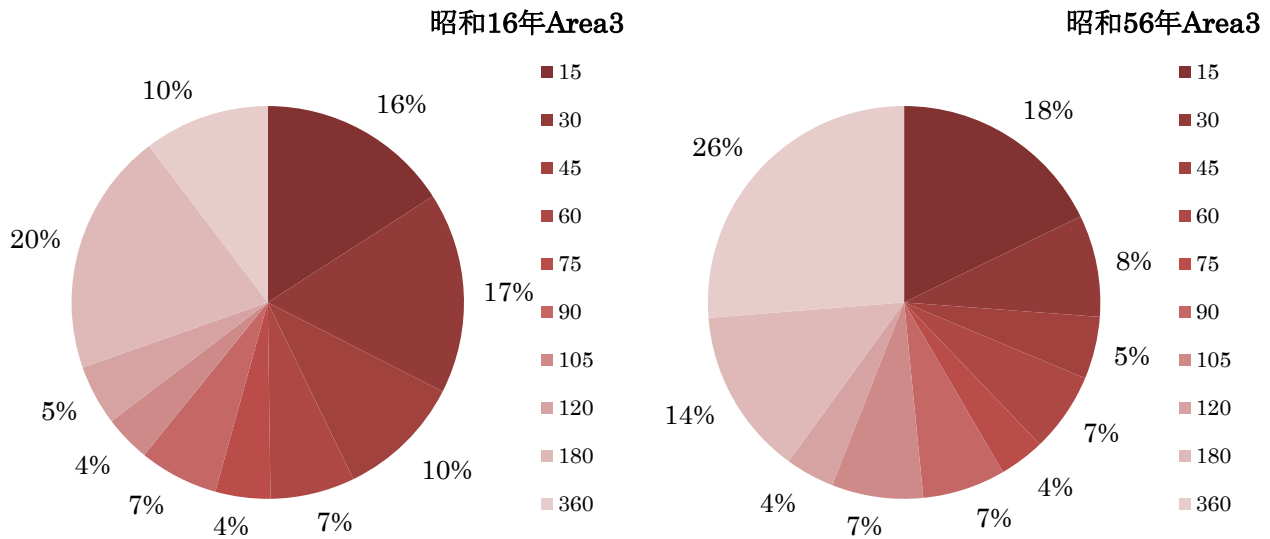


図 265 到達時間別浸水面積割合

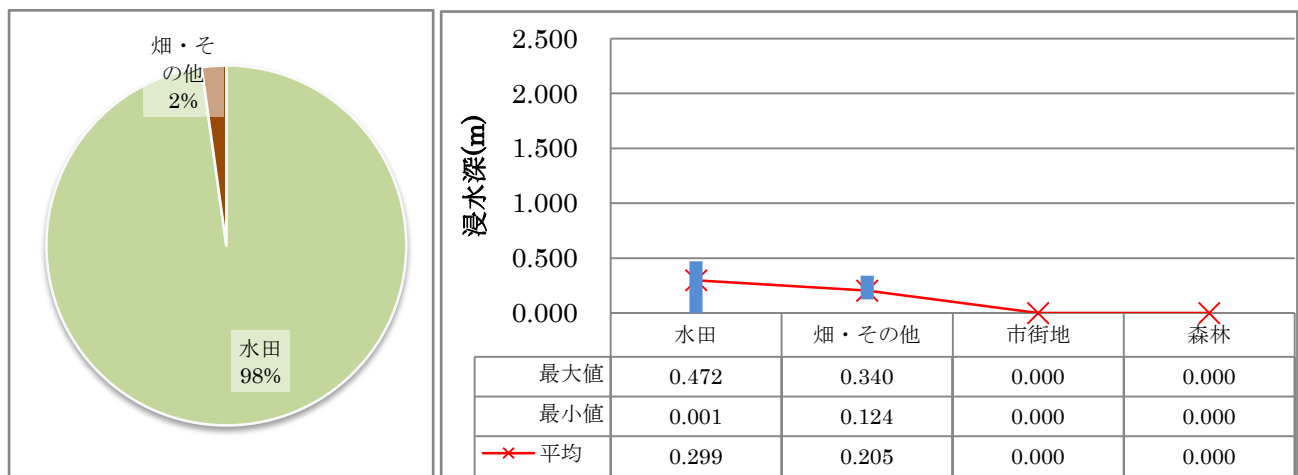


図 266 昭和 16 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

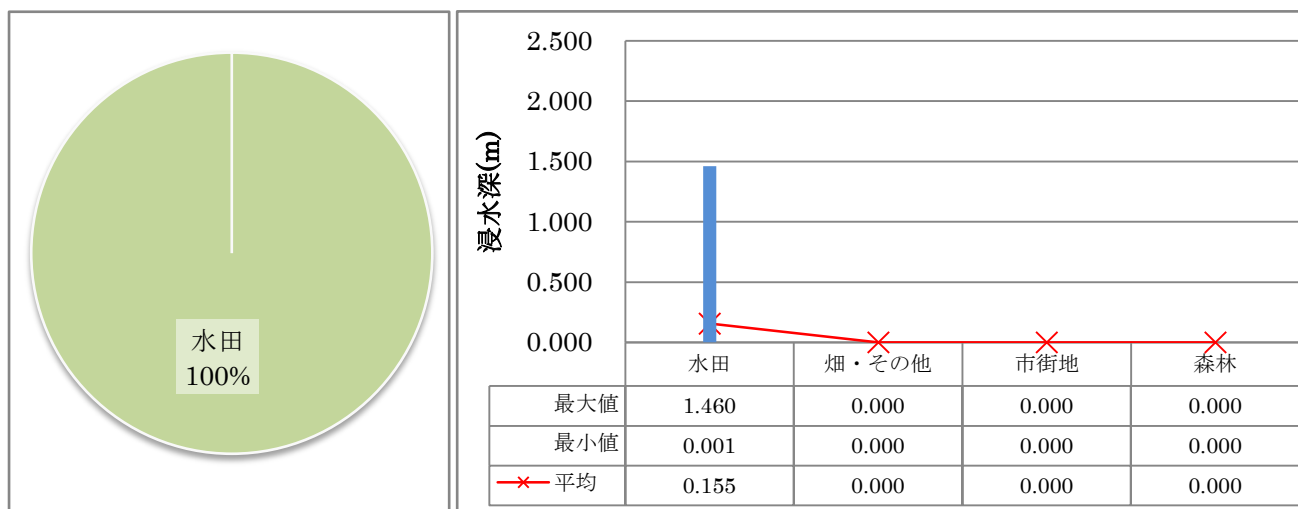


図 267 昭和 56 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

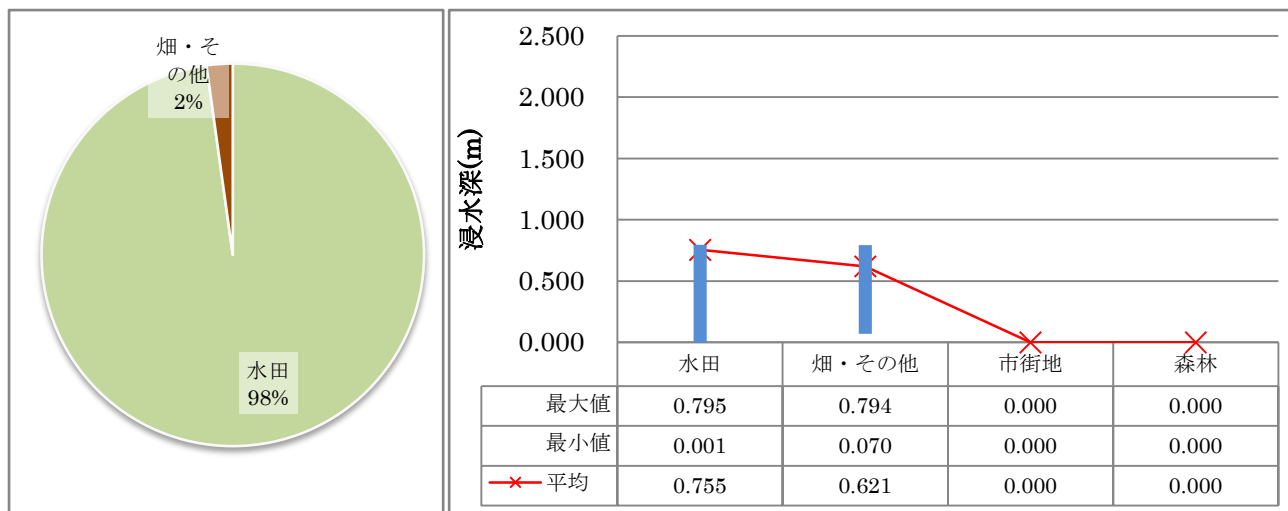


図 268 昭和 16 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

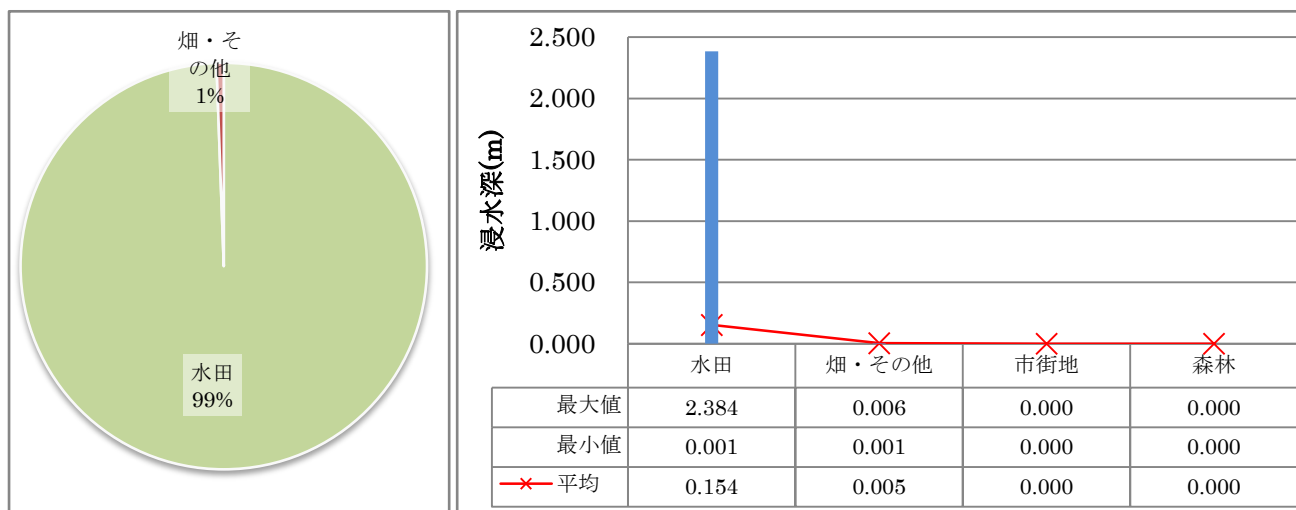


図 269 昭和 56 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

3. 6. 4. Area4(若松地区)

Area4 は到達時間が全体的に早まる結果となった。Area4 については土地利用の変化が顕著で、特に「市街地」や、道路を含む「畑・その他」の土地利用が飛躍的に増大している。土地利用の多様化は、氾濫水の流れを止め、到達時間を遅らせるというのが、これまでの地域での考察結果であった。土地利用別の浸水深最大値や平均値をみると、昭和 56 年においては、平均値は昭和 16 年とさほど変化はないが、最大値は極めて大きくなっている。6 時間後には最大値が大きいものの、最小値は小さくなっており、浸水深に 2 極化の傾向がみられる。こうしたことから、標高について、その起伏がかなり激しく変化したことが、浸水区域に占める土地利用割合からみてもわかる。起伏はある程度よりも激しくなると、流れを抑えるよりも、その高低差から水の勢いを増すように作用することが予想される。よって、Area4 で

はこうした大きな土地利用の変化によって、氾濫流の勢いがまし、到達時間の短縮をまねいたと考えられる。

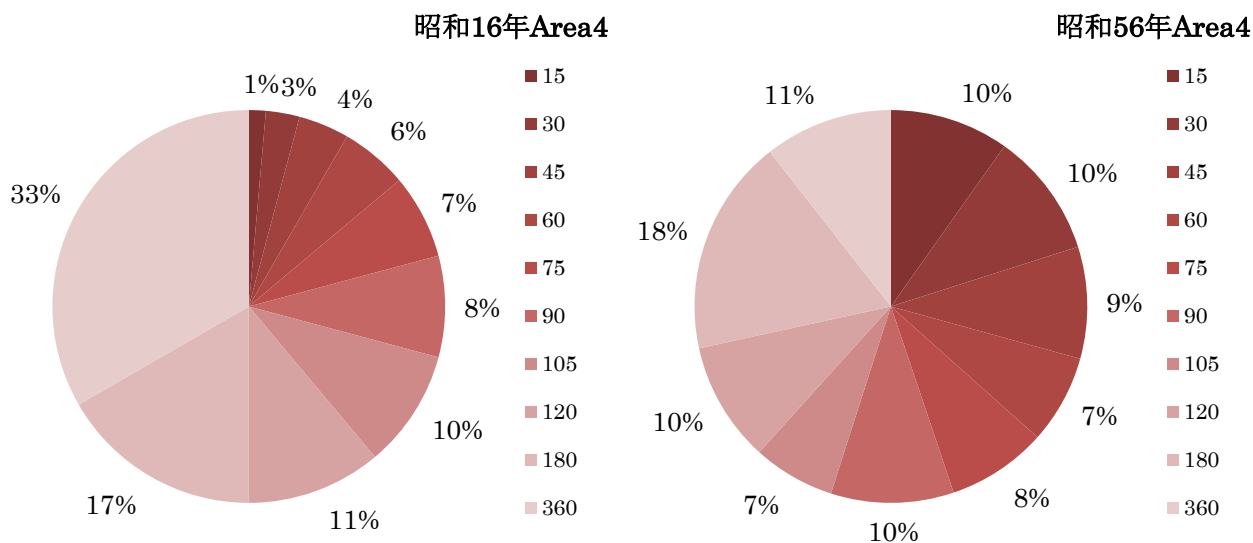


図 270 到達時間別浸水面積割合

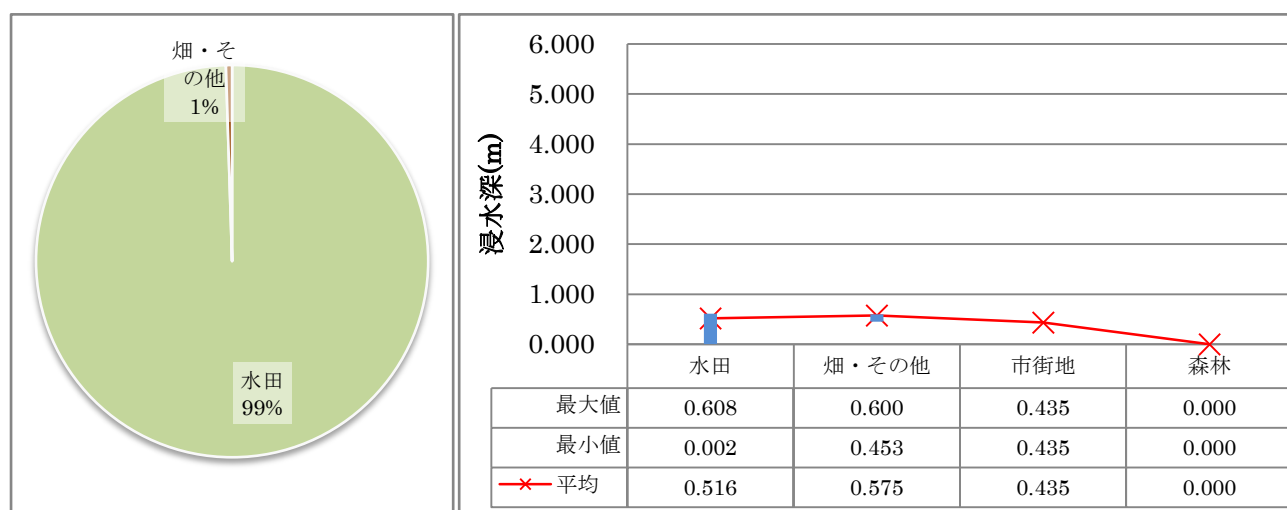


図 271 昭和16年1時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

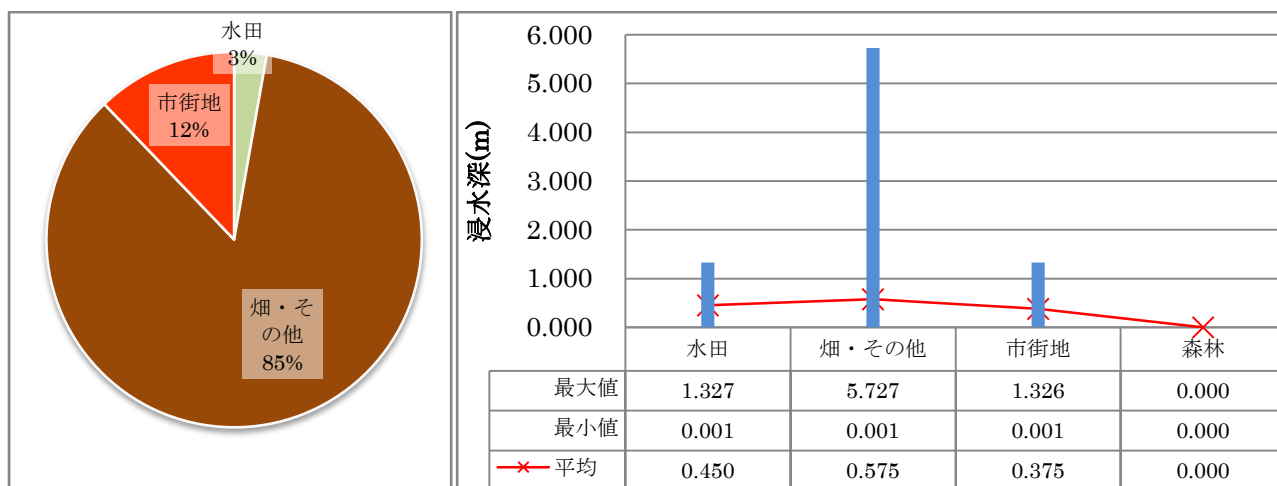


図 272 昭和 56 年 1 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

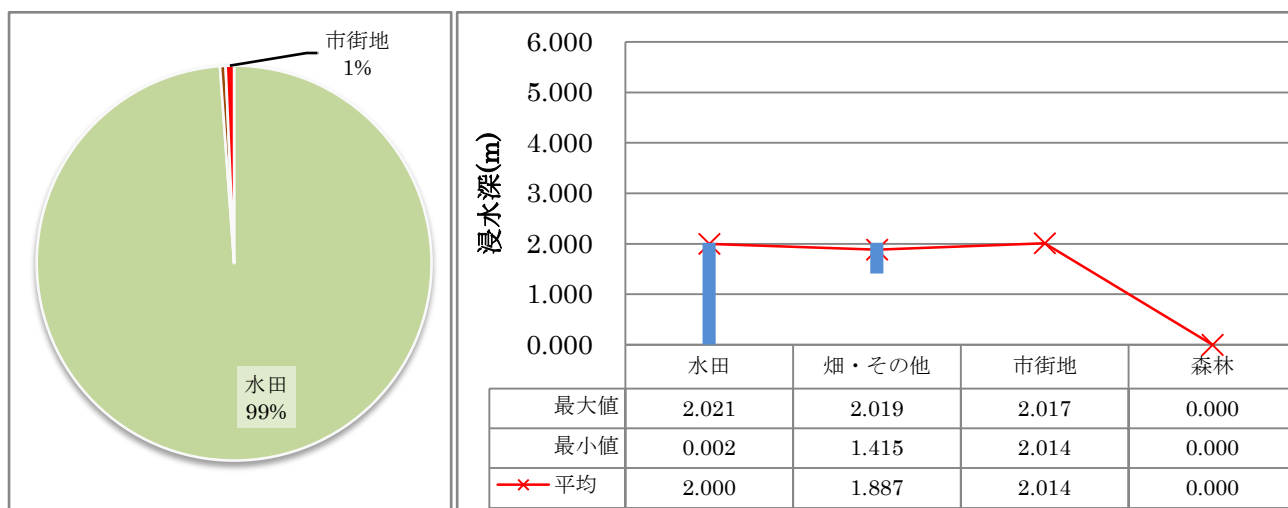


図 273 昭和 16 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

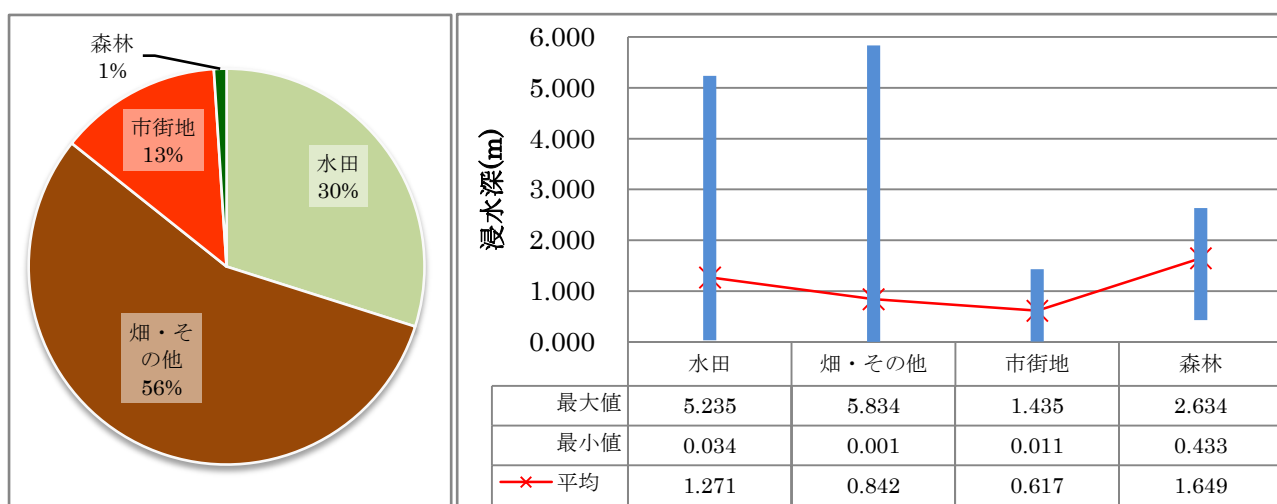


図 274 昭和 56 年 6 時間後浸水面積土地利用割合と最大値，最小値，平均値

さらに若松地区においては、災害リスクを評価するため、実際には水害の発生していない 2 つの時期についてシミュレーションを行った。2 つの時期については、地形図等のデータ面の制約から、昭和 44 年と平成 10 年とした。これに昭和 16 年と昭和 56 年の結果を合わせ、その変化を分析した。

その結果昭和 16 年で最も早い到達時間を示している。これは、地形の大規模な変化が起きたことと関係があると思われる。昭和 16 年と昭和 44 年の間に、手賀沼の干拓が進行しその水域面積が縮小するとともに、この Area4 においては、埋め立てによる宅地造成が行われた。造成された土地は、沼に向かって勾配をもっているため、堤防からあふれた水がすぐに拡散せずに、低い土地を水で満たしながら徐々に広がっていくという現象が起きた。宅地造成前は、起伏のほとんどない水田地帯であったため、氾濫水は一様に素早く拡散する結果となった。

昭和 44 年以降については、細かな到達時間の変化はあるものの、ほぼ同様の到達時間割合を示している。地形的な変化はほとんどないことから、市街地の開発が進むにつれて現れた土地利用の変化が影響していると考えられる。

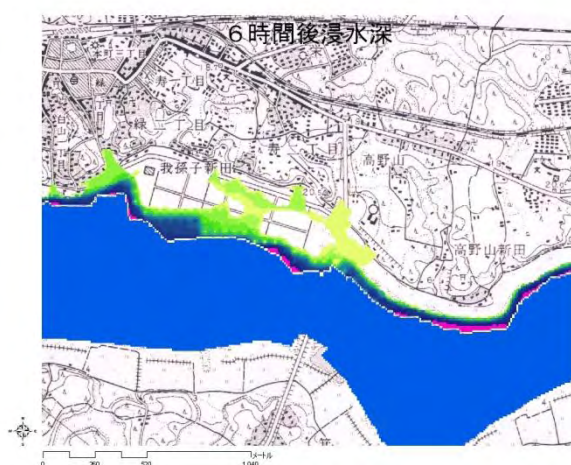


図 275 昭和 44 年 6 時間後浸水深分布

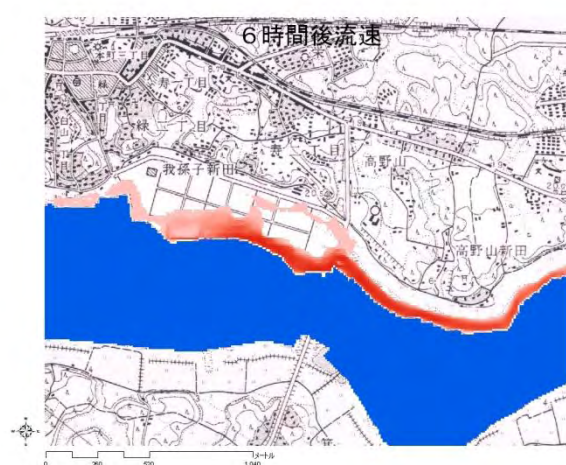


図 276 昭和 44 年 6 時間後流速分布

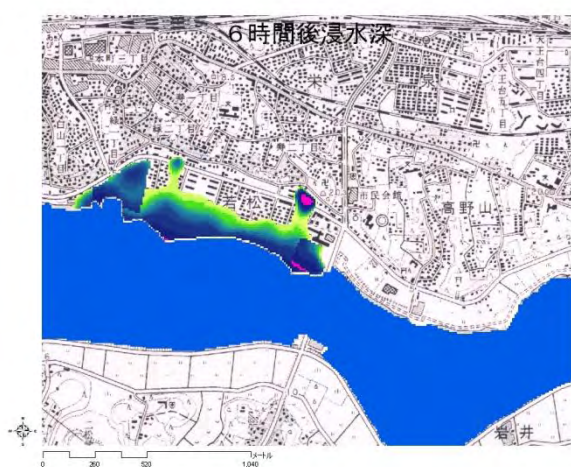


図 277 平成 10 年 6 時間後浸水深分布

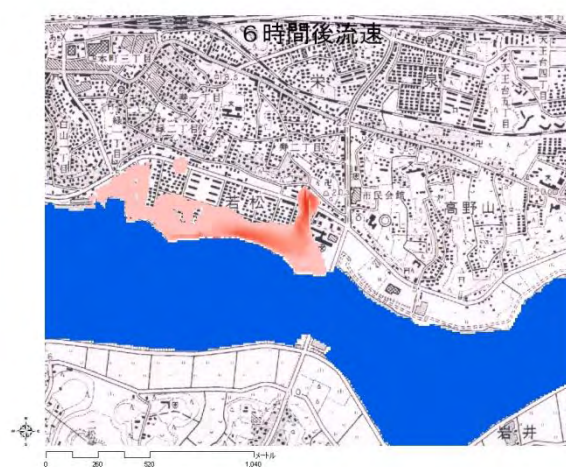


図 278 平成 10 年 6 時間後流速分布

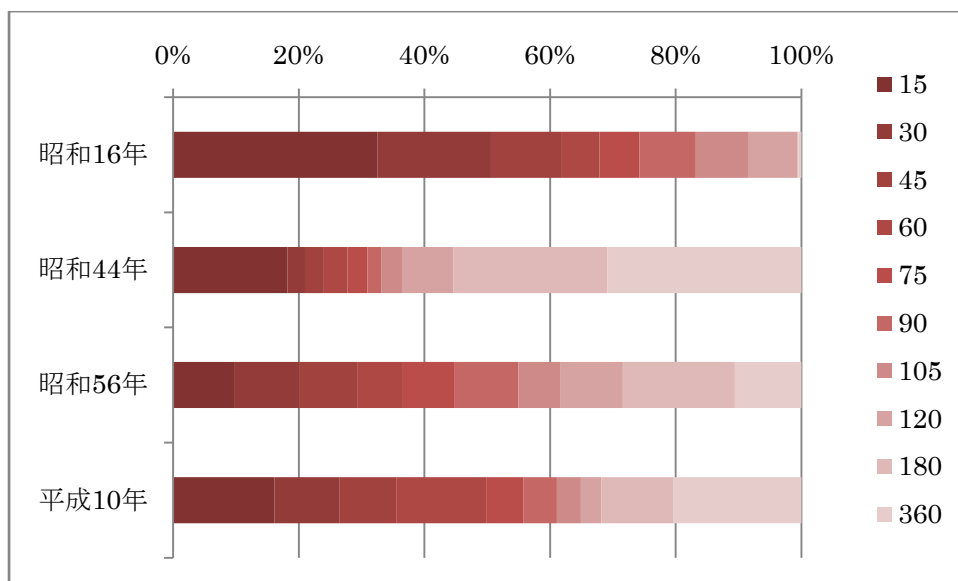


図 279 到達時間の変遷

次に、1 時間後と 6 時間後の浸水深の最大値と平均値についても分析した。昭和 16 年から昭和 56 年にかけては、最大値は上昇する傾向にあるものの、平成 10 年においてのみ最大値は小さくなった。昭和 56 年から平成 10 年にかけて地形的、土地利用的な大きな変化はなかったことから、標高データの作成において精度の高いデータが手に入る平成 10 年においてのみ、データ源が異なることが影響していると思われる。昭和 56 年までで考えると、最大値は上昇、平均値は減少しほぼ一定値となった。最大値の上昇は、埋め立てられた場所が沼に向かって勾配を持っていることから、沼沿岸に氾濫水がたまることが影響したと考えられる。さらに、埋め立ての終了した昭和 44 年と昭和 56 年の間の変化は、この間に更地であった埋立地に市街化が進行した結果、氾濫流に対する抵抗が大きくなり流れが停滞し、氾濫水が集中する場所が増えた結果と考えられる。

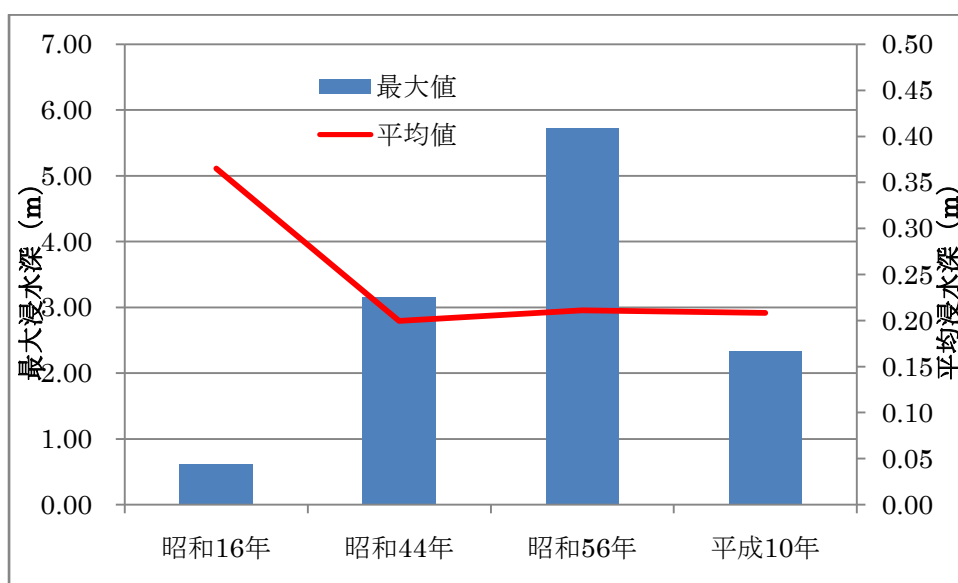


図 280 1 時間後最大浸水深と平均浸水深

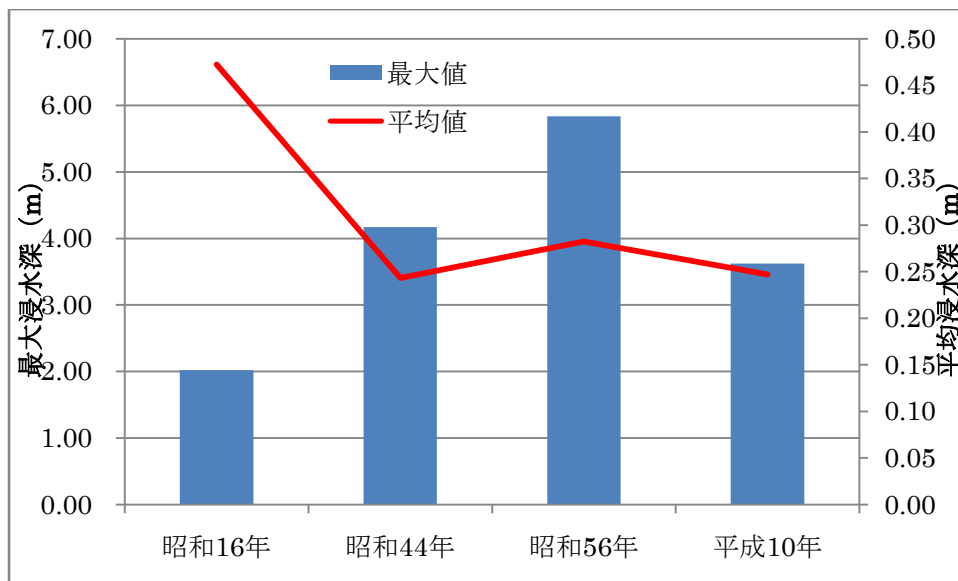


図 281 6 時間後最大浸水深と平均浸水深

3.7. まとめ

これまでの各エリアにおける分析から、土地利用の多様化やそれに伴う地形起伏の変化が、氾濫水の挙動に大きく影響を与えたことがわかった。特に被害の特定個所への集中から、浸水域としての広がりとは縮小したものの浸水深は増大したことが確認された。

本節では、これらの分析エリアを同時に扱って、手賀沼の各エリアで比較した水害の特徴を分析するとともに、次章以降の市街地における水害対策を論じるにふさわしいエリアを検討した。

各エリアの昭和16年から昭和56年の水害にかけて、浸水域がどれだけ増減したか(浸水域増加率)、また、どれくらい重なっているか(重複浸水域割合)についてまとめた。加えて、昭和16年から昭和56年にかけて新規に出現した市街地のうち、どれくらいの割合で昭和56年に浸水の被害を受けたか(浸水域進出割合)についても分析した。

その結果、すべてのエリアで越流初期(1時間後)と、ほぼ平衡状態に達する6時間後では、浸水する面積は昭和16年時と比べ大幅に減少したことがわかった。6時間後の状況についてみると、手賀沼から少し離れた流入河川沿いのArea3を除いては高い重複率を示しており、手賀沼の水害の特徴として、溢れる場所が同じであれば、越流直後は違う場所へ流れるが、最終的にはほぼ同じ地域に氾濫水が達するということがわかった。このことから、手賀沼における水害危険性の高い地域はその地形的特徴から変化しておらず、根本的な対策としては大規模な地形改変が必要になることが予想される。

河川沿いに建設された堤防の影響から、浸水域の大きく変化したArea3においては、新規住宅地の中で

浸水被害を被った割合がマイナスとなり、浸水域から住宅が撤退したという見かけ上の結果を得た。Area3 は浸水域が重複する割合も小さく、すなわちこれが浸水する地域自体が住宅地であるかどうかにかかわらず違う場所に移った結果とわかる。住宅地が浸水危険地域からなくなったというよりは、堤防建設という治水事業の結果浸水する地域が変化したということであり、従来の水害対策の典型的な効果がみられる場所と結論できる。

時間でその変化をみると、ともに新規市街地における浸水域の割合が高い Area1 と Area4 であっても、Area4 は越流直後から 6 時間後には大きく新規市街地における浸水割合が上昇している。同時に、1 時間後では、昭和 16 年よりも浸水域が大きく減少したのに対し、6 時間後では増減率はマイナスであるものの、その値は小さくなっている。また Area1 に比べると重複率も高い。以上のことから、Area4 は昭和 16 年と昭和 56 年においてほぼ同じような地域が浸水し、かつ浸水域の減少が小さいことから、水害に対する脆弱性を依然として有している地域と考えられる。また新規市街地のうち浸水してしまった地域の割合は、越流直後は小さいものの 6 時間後には大きくなることから、危険性の高い地域に住宅地が進出した典型的な例と考えられる。

以上の分析から水害危険性と矛盾して出現してしまった市街地に対しその対策を検討する 4 章の対象領域として、Area4 が最もふさわしいと思われ、次章以降では Area4 についてのみ検討を行うこととした。

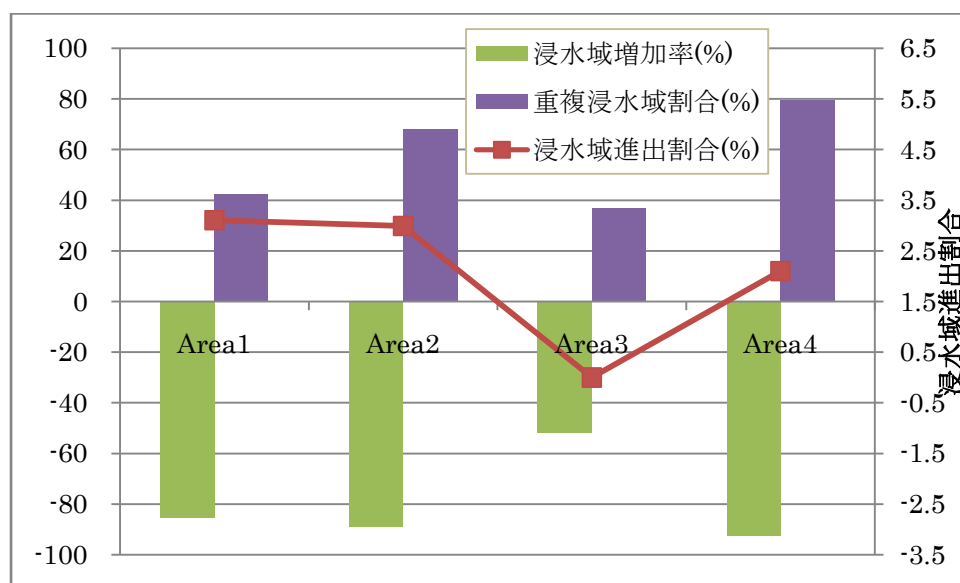


図 282 1 時間後各エリアの浸水域分析

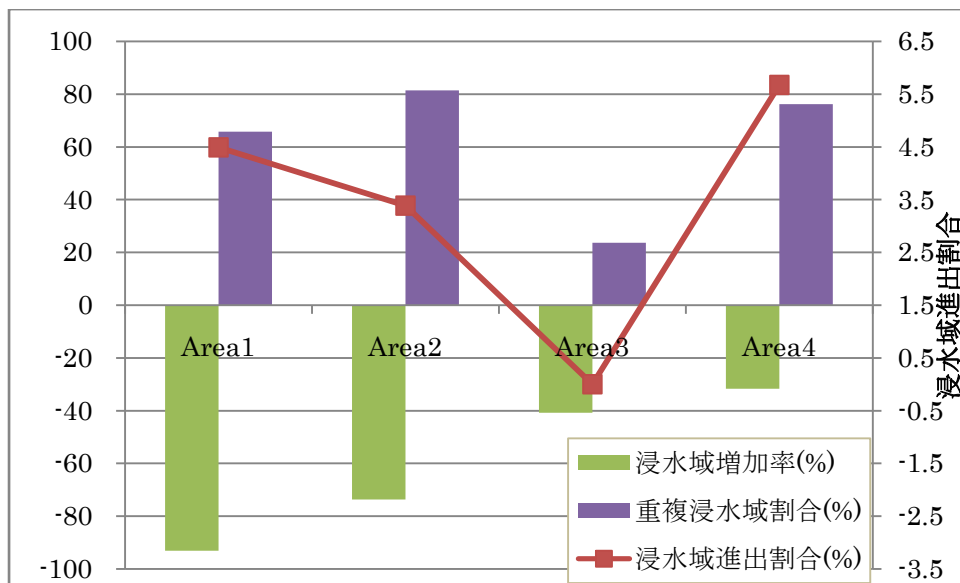


図 283 6 時間後各エリアの浸水域分析

4. 沿岸市街地の水害危険度想定と対策

前章まとめで検討したように、都市域が水害危険性と矛盾して出現してしまった地域として、今回設定した対象領域の Area4(若松地区)が存在している。同時に手賀沼の水害の特徴として、被害をこうむる地域が地形的特徴から限定されるということが言える。すなわち、堤防等の従来の治水対策では、万が一の場合の被害は防げず、根本的な解決には自然地形の大規模な改変が必要になる。そうした大規模な地形改変は現実的ではないので、本章では、市街地の水害危険性を評価したのち、避難時間の確保と、避難場所の確保という最低限必要な人命確保のための水害対策について論じた。またその際、若松地区の社会的背景にも触れ、市街地構造による水害対策の波及的な効果についても論じた。

4.1. 市街地氾濫モデル

4.1.1. 構造物評価モデルの背景と目的

市街地における氾濫水の挙動を考える上では、その多くを占めている建物をはじめとする構造物の影響を評価することが必要である。特に避難経路等を検討する場合には、より詳細な水の動きをとらえることが必要である。また、構造物の評価は、これまで行われてこなかった市街地内の構造物配置を変化させることによる水害軽減効果の算出へも道を開く。これは、今まで都市計画や街区の配置計画とは無関係に進められていた堤防等の水害対策を、その被害を受ける市街地自身が水害対策を考慮した形態となるような都市の計画による水害対策にも拡大させる上で重要なステップとなる。こうした、河川等自然領域に対する水害対策ではなく、その根本的な原因である人工領域である氾濫場に対策を講じることは、水害問題解決の最も効果の大きい対策である。本研究ではこうした背景を踏まえ、洪水氾濫モデルへの構造物評価の導入について検討することとした。

現在、学問レベルでは、氾濫場の構造物を反映させる優れた方法として、氾濫場をモデル化する際に、構造物の形に合わせて計算メッシュを作成する「非構造格子モデル」が積極的に用いられている。一方、このモデルを適用するには、厳密な建物形状データが必要となり、また計算の煩雑さからその労力が大きくなるという問題がある。そのため、現実のハザードマップ等においては利用されておらず、実用化には至っていない。

現状では、建物等の構造物がある場所に対して、粗度係数を大きく設定し、水が流れにくくなるという

現象を引き起こすことで構造物の影響を再現している。実際には、構造物がある場合は、水がほとんど通らず、せき止められるのが一般的である。この水が通る場合と、通らない場合では大きな差が生じる。構造物を通った後の水の挙動が変化するため、市街地の奥へ行けばいくほど、実際の氾濫水の挙動に対し、その誤差が大きくなり、精度が落ちていくことになる。

このことから、実用レベルにおいても、「構造物のある場所は水が流れない」というモデルを用いることが、最低限必要であると考えられる。そこで、本研究においては、建物の形状を「形状抵抗」として計算モデルに反映させ、構造物の影響を取り入れた。簡易的な正方形の構造メッシュでありながら、メッシュ内構造物の各座標軸への投影長を計算することで、構造物が各座標軸に対して傾きをもっている場合でも反映可能とした。

4.1.2. モデル概要

従来の Manning 式による抵抗評価に、建物の形状抵抗を合わせることで建物評価モデルを作成した。すなわち、建物のある部分については建物形状抵抗を用い、建物のない部分については従来の Manning 式による摩擦抵抗を用いた次式で摩擦項を評価した。

$$\tau_x = (1 - \lambda) \frac{\rho g n^2 U \sqrt{U^2 + V^2}}{h^{\frac{1}{3}}} + N_d D_x$$

$$\tau_y = (1 - \lambda) \frac{\rho g n^2 V \sqrt{U^2 + V^2}}{h^{\frac{1}{3}}} + N_d D_y$$

$$D_x = C_D \frac{\rho U A}{2} \sqrt{U^2 + V^2}$$

$$D_y = C_D \frac{\rho V A}{2} \sqrt{U^2 + V^2}$$

ここに、 τ_x 、 τ_y は抵抗力の x, y 成分、U, V は x, y 方向の流速、 λ は建物の占有率、 N_d は建物の棟数、 D_x 、 D_y は建物の流体力の x, y 成分、A は流れに直角な建物の浸水断面積、 C_D は抵抗係数、n は等価粗度係数である。

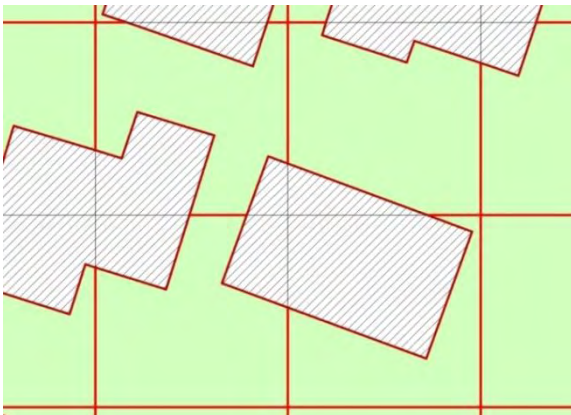


図 284 摩擦抵抗で評価する部分(緑色)

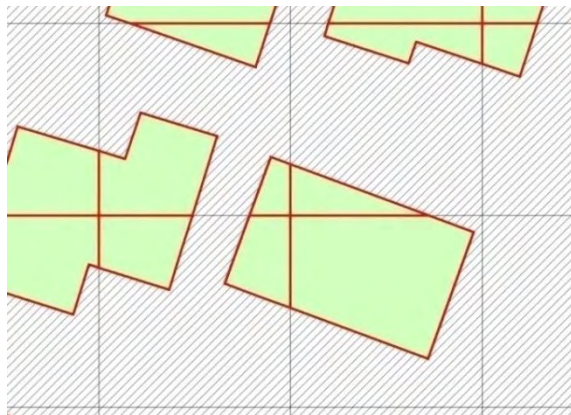


図 285 形状抵抗を用いる部分(緑色)

4.1.3. シミュレーション結果と考察

構造物評価モデルを、手賀沼沿岸の若松地区に適用し、その効果を検証した。若松地区を含む 1km 四方あるいは 900m 四方の計算領域を設定し、そこに 10m, 30m, 100m のグリッドを作成し、GIS 上で建物データと標高、土地利用各データをインターセクトし、計算データを作成した。建物のデータについては、同様に GIS 上で、占有率、投影長、棟数を計算した。

占有率については、各建物をグリッドデータで切断することにより、各セルに占める建物面積を算出し、そこから占有率を導いた。建物棟数については、切断された各建物に棟数 1 を割り当て、それをセルに与えた個別の ID を用いてディゾルブし、その際に統計フィールドとして棟数の SUM を指定することで算出した。

投影長については、建物の各頂点の座標を計算し、その最大値と最小値の差を用いた。また、セルに複数個建物が存在する場合は、その平均値をセル内構造物の投影長として代表させた。

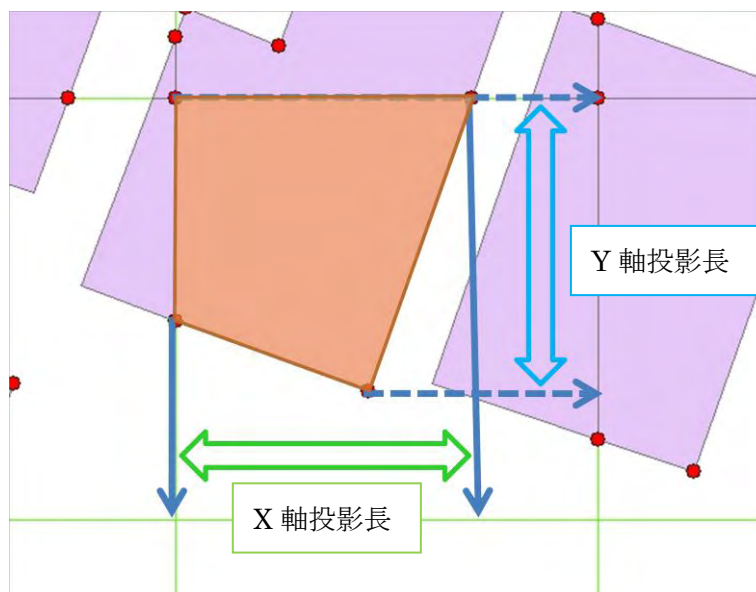


図 286 投影長算出方法

まず、市街地に適当なセルサイズを検証するため、100m, 30m, 10m の各セルサイズの計算を行い、その浸水深分布と流速分布を算出した。

その結果、セルサイズによる決定的な違いは、伝播速度であった。100m のセルサイズの計算結果で得られる約 1 時間後の浸水深は、10m セルの場合の 10 分程度であった。同様に 30m のセルサイズの場合は 20 分程度であった。

これは、セル内標高を平均化していることによる影響であると思われる。現実の市街地表面地形は連続的に変化している場合が多いが、計算に用いるデータとしては、1セルに対し 1つの標高値を与えることしかできない。そのため、セル内の標高を平均化し表現している。今回の計算で用いている標高データは、50m メッシュ標高を内挿補間して作成した 10m メッシュであるので、10m メッシュよりも大きなサイズで計算する場合は、セル内にある標高の平均値を、セルの標高値として代表させている。

氾濫水がセルから隣のセルへと流れていく際には、2つのセルの間の標高差が大きければ大きいほど、伝播するのに時間がかかる。起伏の激しい土地の場合について考えてみると、セルサイズを大きくすることで標高がなだらかになり、市街地の場合とは逆に伝播速度が大きくなってしまふことが予想される。市街地だけでなく起伏の激しい土地においても、セルサイズを小さくすることで、正確な伝播時間を考慮することができるということがわかった。伝播時間について考えず、堤内地と堤外地が平衡状態に達するような、最終的な浸水深について議論する場合には、計算が安定する範囲であれば、セルサイズは大きくても問題ないと考えられる。

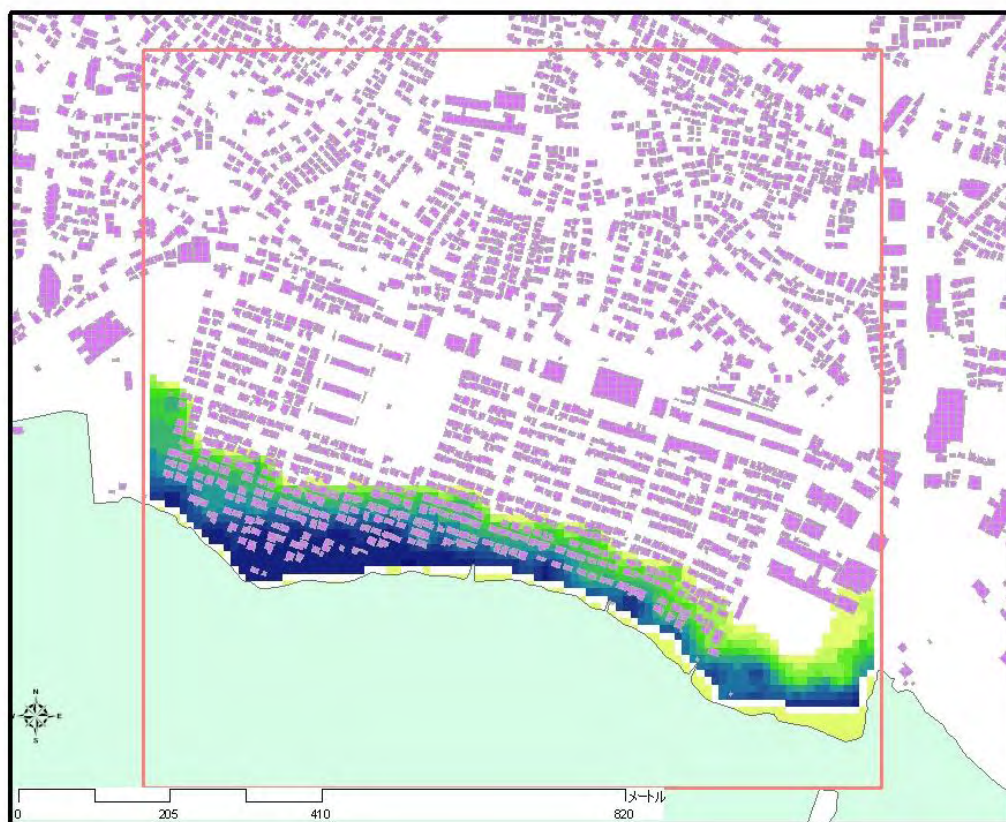


図 287 10m メッシュ 58 分後浸水深



図 288 100m メッシュ 58 分後浸水深



図 289 10m メッシュ 10 分後浸水深



図 290 30m メッシュ 58 分後浸水深



図 291 10m メッシュ 20 分後浸水深

本研究では、避難等の水害対策について論じるので、伝播時間は重要である．よってセルサイズは 10m を用いた．

まず建物を評価しない従来のモデルでシミュレーションを行った後、建物を評価したモデルでシミュレーションを行い、その結果を比較した．

コンター図を作成し、空間的な氾濫水の伝播状況について観察した．その結果、全体的に建物を評価しない方が、伝播時間は早くなるという結果であった．建物を評価したことで、水が通らない部分が多くなり、壁ができたような状態になっていることが影響したと思われ、建物が評価されたということが確認された．

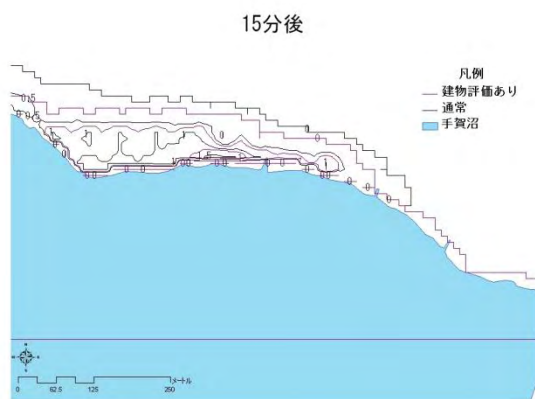


図 292 15 分後浸水深コンターライン

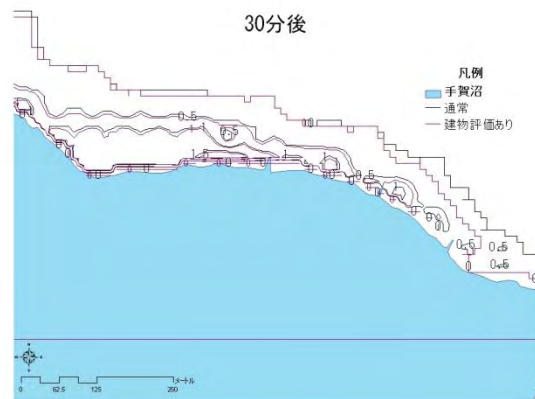


図 293 30 分後浸水深コンターライン

ある程度時間の経過した状態では、越流地点の左側と右側で異なる浸水深分布が得られた。左側では、建物を評価した方が浸水深は大きく、逆に右側では建物を評価しない方が大きな浸水深になった。流速分布をみると、58 分後はすでに流速が減少傾向にあることから、左側はすでに平衡状態となっていると思われる。すなわち、氾濫水が池のようにたまり、流れが止まっている状態である。建物を評価した場合、建物の部分には水が流れ込まないため、その分の氾濫水が、建物の無い部分に集まり浸水深を上昇させた結果と考えられる。

越流地点の右側については、標高の低い部分でまだ氾濫水の到達していない部分があり、流速も大きいままであることから、平衡状態には達していないと考えられる。そのため、建物を評価した場合の方が、浸水深が小さくなったと思われる。

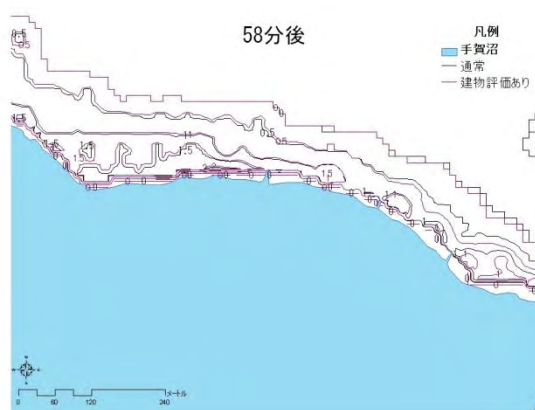


図 294 58 分後浸水深コンターライン

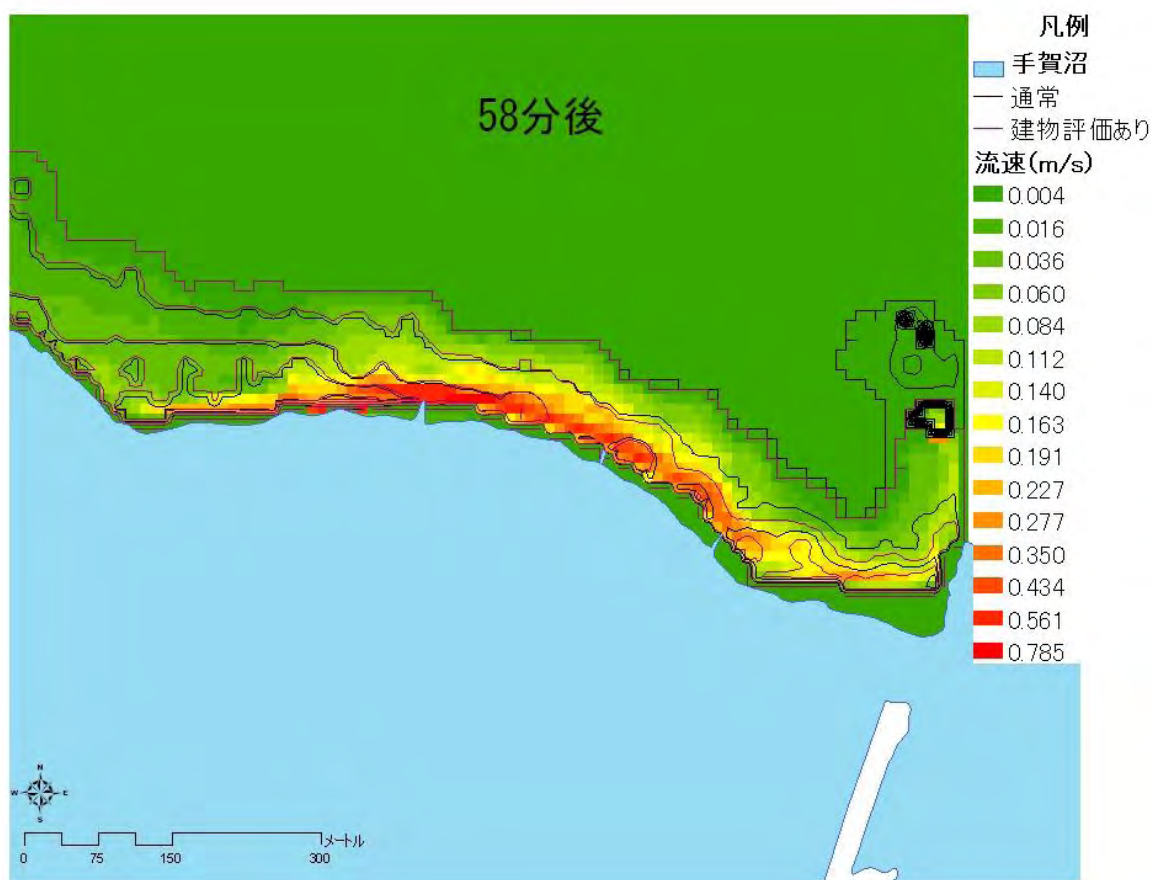


図 295 58 分後浸水深コンターラインと流速分布

次に，時間による浸水深，浸水深上昇量，流速の各変化を，適当なセルを選び出し観察した．セルを選び出す個所は，越流地点左(Area1)，越流地点奥(Area2)，越流地点直下(Area3)，越流地点右(Area4)の 4 か所とした．その各地域から，主に建物の近くと，街路や広場等のオープンスペースの 2 つに分けて観察した．



図 296 エリアの指定

Area1 では、空間的な分析でも見られたように、浸水深、浸水深上昇、流速のすべての変化について、伝播する速度が遅くなった。また流速については、建物の間のセルにおいて、建物进行评估したモデルの場合、ピークが小さくなるという結果であった。逆に、オープンスペースでは建物进行评估した方が流速のピークは大きくなった。建物进行评估することで、氾濫水の通り道となる部分が減り、オープンスペースに流れが集中し、流速が大きくなる。逆に建物の周辺では流れが滞留し、流速が遅くなる。こうした現象を再現することができたと考えられる。

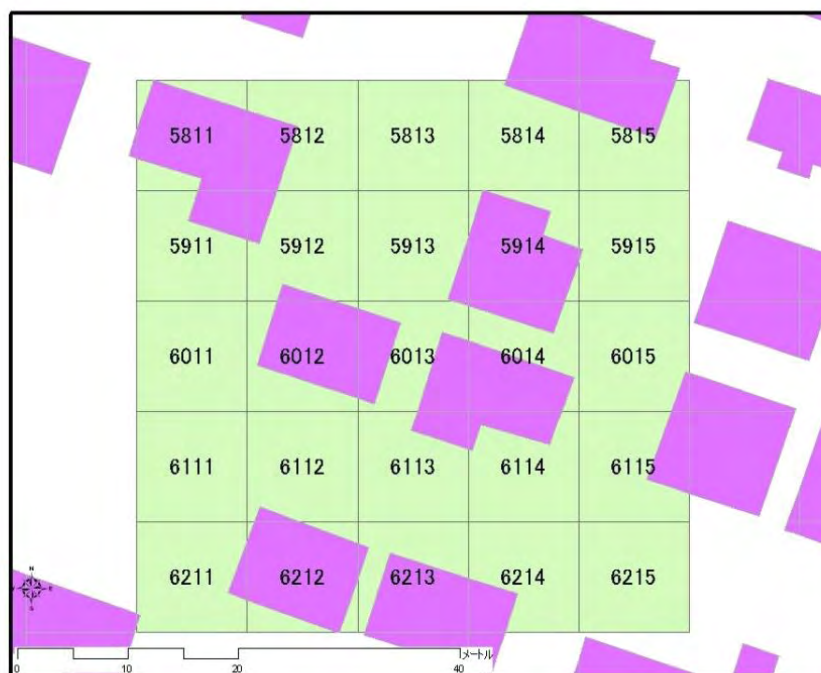
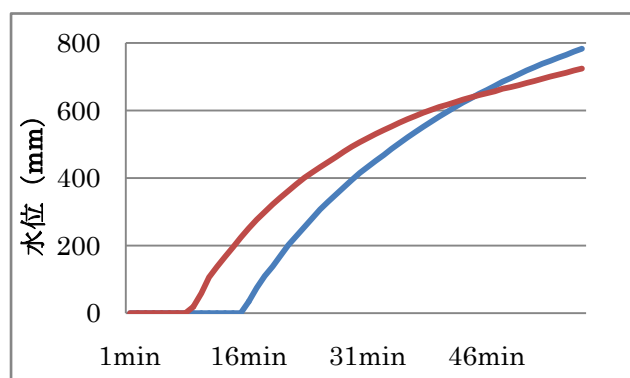


図 297 Area1 Cell_ID

Area1 CellID6215 街路



Area1 CellID6013 建物間

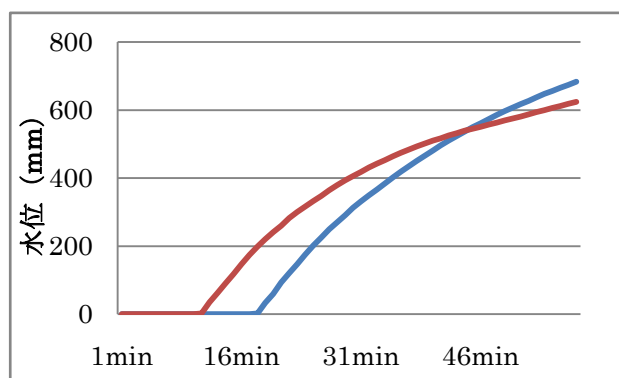


図 298 水位

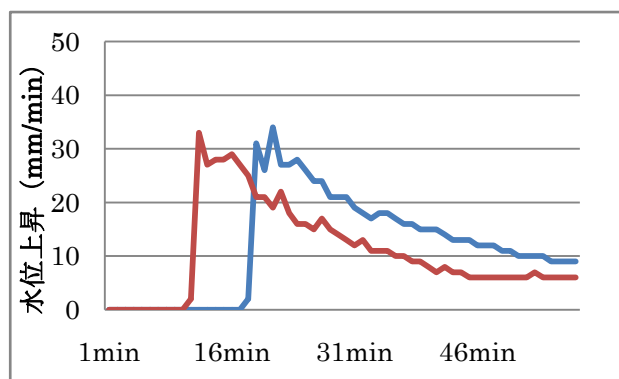
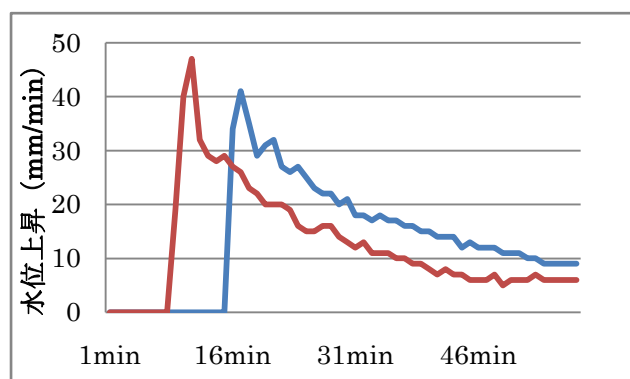


図 299 水位上昇

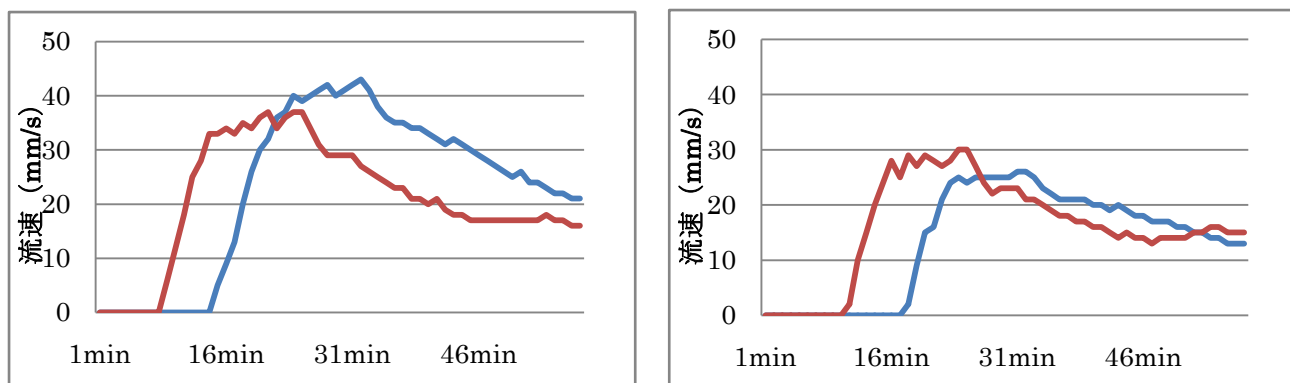


図 300 流速

(青線:建物を考慮、赤線:従来)

Area2 では、Area1 と同じような変化傾向であるが、より越流地点に近いことから、流速のピーク値変化がよりはっきりと確認できた。また、水位上昇について、Area1 でははっきりと確認できなかった変化が現れた。それは、建物の周辺における、水位上昇のピーク減少である。建物周辺では、流れが妨げられ流速が落ちるために、氾濫水の動きが鈍り、水位の上昇の速さが遅くなるという現象が起きたためと思われる。

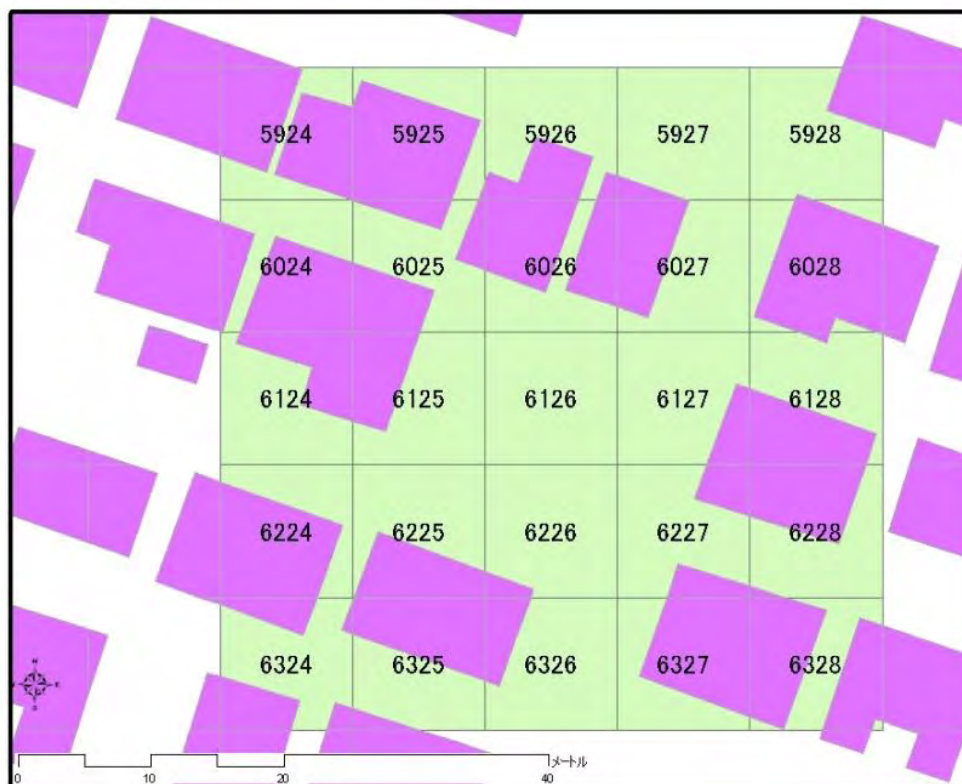
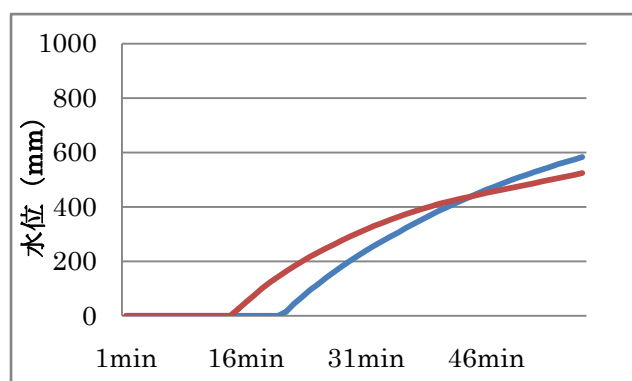


図 301 Area2 CellID

Area2 CellID6126 オープンスペース



Area2 CellID6326 建物間

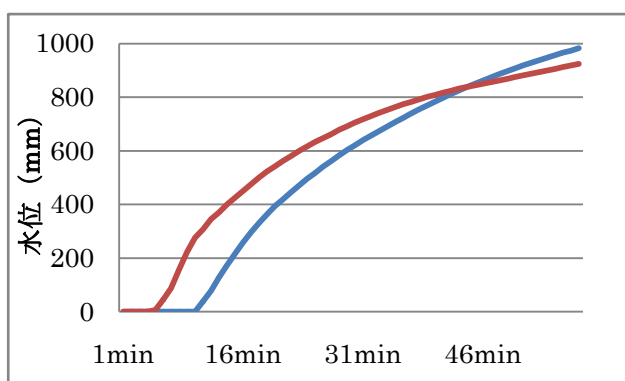


図 302 水位

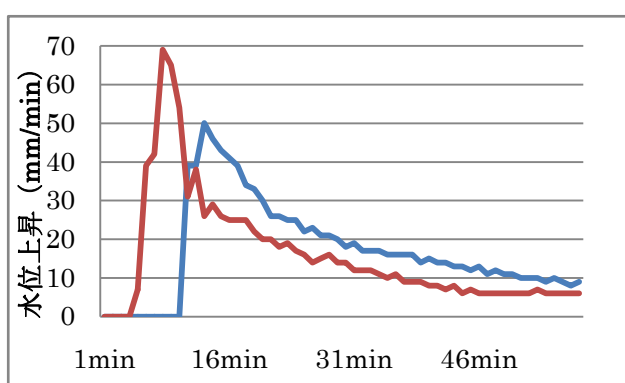
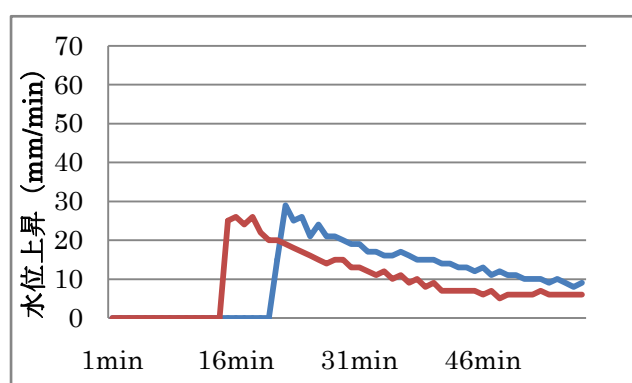


図 303 水位上昇

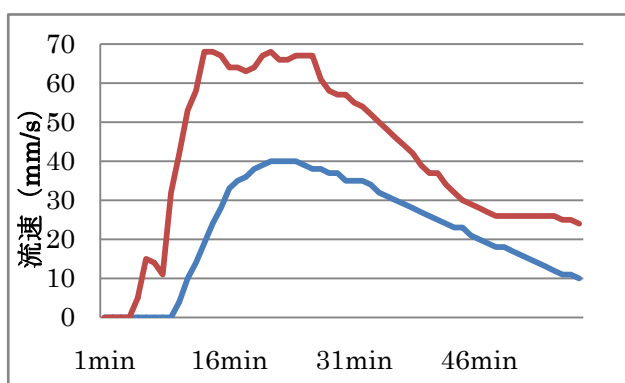
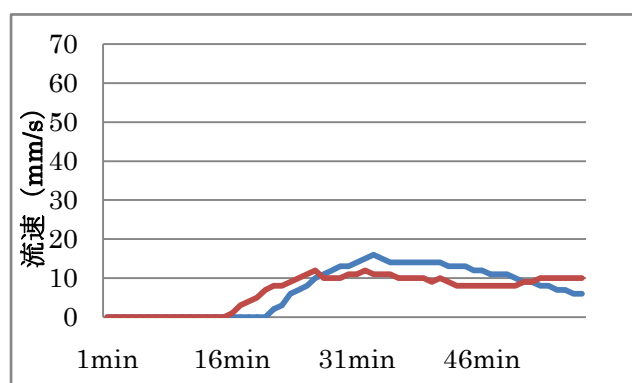


図 304 流速

Area3 は、越流地点直下のため越流直後の水位上昇や流速が極端に大きい。建物がある場合、流れに対して建物裏にあたる部分では、建物があるために流れは一度せき止められ、こうした急激な変化ではなく、滑らかに変化するようになる。しかし、建物を単に摩擦として反映させる従来のモデルでは、水が通るように計算されるため、建物にぶつかる前の急激な変化が、建物の裏まで伝播してしまっている。建物を考慮することで、こうした問題も解決できることがこの Area3 の観察結果から明らかになった。