

平成27年9月関東・東北豪雨での栃木県小山市 における浸水被害の発生状況について

FLOOD PATTERN IN OYAMA CITY, TOCHIGI PREFECTURE, DUE TO
THE HEAVY RAIN IN KANTO AND TOHOKU REGION IN SEPTEMBER 2015

池田裕一¹・飯村耕介²・柴沼莉沙³
Hirokazu IKEDA, Kosuke IIMURA and Risa SHIBANUMA

¹正会員 博士（工学）宇都宮大学地域デザイン科学部 教授 （〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2）

²正会員 博士（工学）宇都宮大学地域デザイン科学部 助教（同上）

³株式会社 ミカミ

The right side region of the Omoigawa River in Oyama City was seriously damaged by a flood caused by the heavy rain in Kanto and Tohoku region in September 2015. The topological characteristics and the hearing investigations to the residents revealed three factors of this flood; (1) artificial closing of the sluice gate of Oyama-Tochigi drainage channel converging to the Omoigawa River, which caused overflow into the inside area of the levee, (2) automatic closing of the flap gates to the Toyoho River (branch of the the Omoigawa River) due to rise of the water level of the Toyoho River, which caused difficult situations to drain the unprecedented heavy rain, resulting in concentration of rainwater to the lower landside area, (3) back water from the Omoigawa River, which caused overflow from the Toyoho River into this region. Flood inundation simulations were carried out, which supports these three factors, and showed that only the rain fall on to this region would have caused considerable inundation.

Key Words : Oyama City, Omoigawa River, inundation inside levee, inundation by river water, inundation simulation, the heavy rain in Kanto and Tohoku region in September 2015

1. はじめに

平成27年9月9日から11日にかけて台風17号および台風18号によって線状降水帯が発生し、局地的に大雨が降り続いた。栃木県日光市五十里観測所では9日から10日にかけて24時間雨量551mmを記録するなど、各地で観測史上最多雨量を記録した。この記録的な豪雨は関東地方、東北地方を中心として各地で決壊、越水、溢水、河岸浸食等の被害をもたらした¹⁾。

この平成27年9月関東・東北豪雨においては、栃木県小山市でも多大な被害を受けた。線状降水帯が栃木県上空に長時間滞留していたことによって、降り始めからの総雨量は376.0mm、思川観見橋水位観測所では氾濫危険水位まで10cmに迫るなど、前例のない状況に見舞われた。特に思川右岸側観見橋付近の大行寺・立木地区は建物への浸水（床上浸水689棟、床下浸水226棟）や、道路の冠水など広域で大きな被害を受けた^{2) 3)}。

この地区は、思川の右岸に支流の豊穂川が合流する周

辺に位置する。平成23年9月にも台風15号により浸水被害が生じており、その原因は思川から豊穂川へのバックウォーターであったといわれている^{4) 5)}。今次災害においても、思川からのバックウォーターが被災要因（の1つ）になっていることは、確かであろう。ただし、今次災害の場合、小山市による住民への聞き取り調査によると、このバックウォーターにより豊穂川からの溢水が始まる前に、浸水被害が出始めていたといわれている。また、思川に合流する別の農業排水路では、思川からのバックウォーターによる被災を恐れて、早くに思川への樋門を閉鎖しており、そこからの溢水の影響も少なくなると推察される⁶⁾。

このように、観測史上最大の豪雨の下で、これまでとは異なる態様で浸水被害が発生していた可能性があり、このことを踏まえて今後の対策を講ずる必要があると考えられる。本報告では、この地区の地形的特徴を捉えたうえで、住民からの聞き取り調査結果を整理し直し、また氾濫シミュレーションを実施して、今次災害での被災要因の推察を試みることにする。

2. 対象地域の概要

本報告の対象となる地域は、図-1の破線で囲まれた部分で、東側には思川が流れ、北部は水田が広がり、南部は住宅が集まっている。図-2はこの地域の標高分布を示したもので、これを見てわかるように北から南、西から東へ傾斜している。南北方向については、この地域の長さ約3kmに対して標高差は7m、勾配にして1/420弱である。また、中央を走る県道栃木小山線は周囲と比べて若干標高が高く建設されており、この地域を地形的にも南北に分ける役割を有している。

この地域には農業用排水路として、豊徳川、小山・栃木排水路、立木排水路が供用されている。これらは思川へ排水するよう北から南、西から東に流れている。南側を流れる豊徳川は、隣接する栃木市から発しており、その集水域は広く、1,607.38haである。また北側の小山・栃木排水路と中央部の立木排水路には、思川への合流点で樋門が設置されている。このうち立木排水路は小規模なので、図-1～3には示していない。

図-3は、なかでも浸水被害の大きかった地域の治水地形分類図である。これを見ると、県道栃木小山線と豊徳川の周辺に、少なくとも4本の旧河道が存在することがわかる。このうち旧河道①から②に至る領域は、明治中期頃は思川の旧堤防の堤外地で、旧河道や沼地、氾濫原の樹林帯となっていた時期があったことが、迅速測図からも確認できた⁸⁾。また、旧河道①は自然堤防地形の中にあり、旧河道②とは微高地を挟んだ形になっている。この微高地の上を県道小山結城線が走っている（図-3ではわかりにくい、図-1,2ではくっきり表示されている）。旧河道③は、氾濫平野地形の中で一段と低く、氾濫時水が局所的に集まりやすく、豊徳川が溢した場合には、豊徳川の南に抜ける旧河道に沿って、氾濫が右岸側に広がる可能性がある。また旧河道④は北側からの雨水を集めて、県道栃木小山線のすぐ北側まで誘導する作用がある。ただし、県道は周囲よりも高くなっているため、県道を越えるに十分な水位になるまで、雨水はここに集積するようになると考えられる。このように、対象地域では、全体的には北から南へ、西から東へ、すなわち豊徳川・思川合流点に向けて傾斜しながら、旧河道や自然堤防によって、局所的な地盤の高低が連なっているところがあり、地表面での雨水の挙動を複雑なものにすると考えられる。

この地区の雨水排除は、豊徳川に頼るところが大きい。図-4は、この地区から豊徳川への主な雨水排水口の位置を示したものである。この地区は宅地の地盤高が低いので、豊徳川の増水時に宅地への逆流を防止するために、排水口にはフラップゲートが設置されている（写真-1参照）。ただし、写真に見られるように、排水口の高さが平水時の水面から十分に高いとはいえず、豊徳川の増水

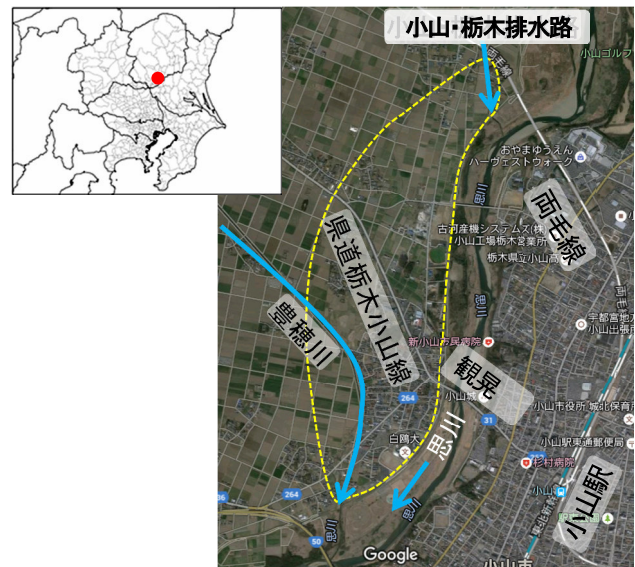


図-1 対象地域の位置と概要

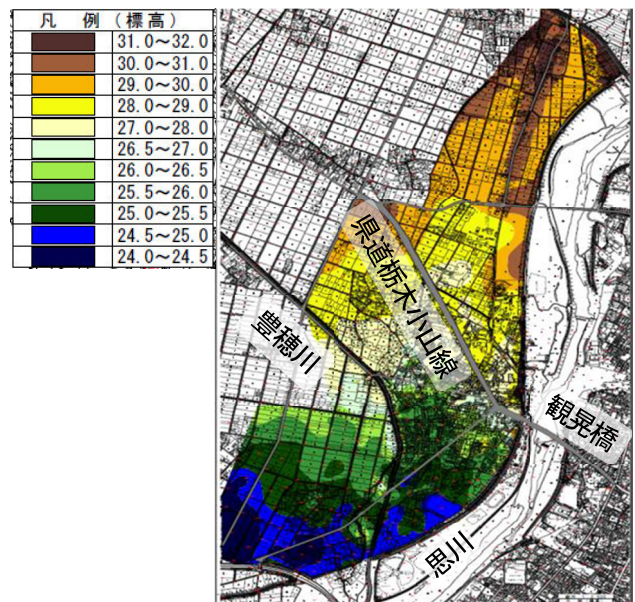


図-2 対象地域の標高分布⁶⁾



図-3 対象地域付近の治水地形分類図
国土地理院HP⁷⁾より取得したものを改変

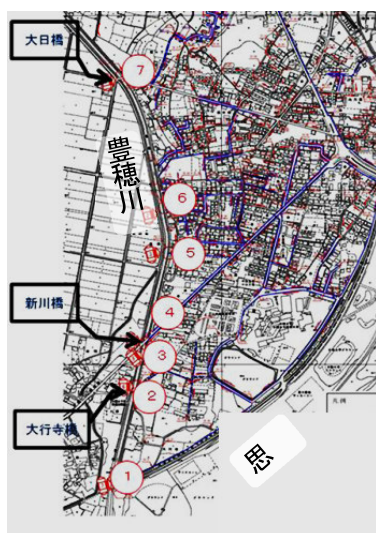


図-4 豊徳川の雨水排水口の位置⁶⁾



写真-1 豊徳川の雨水排水口の例(番号は図-4に対応)⁶⁾

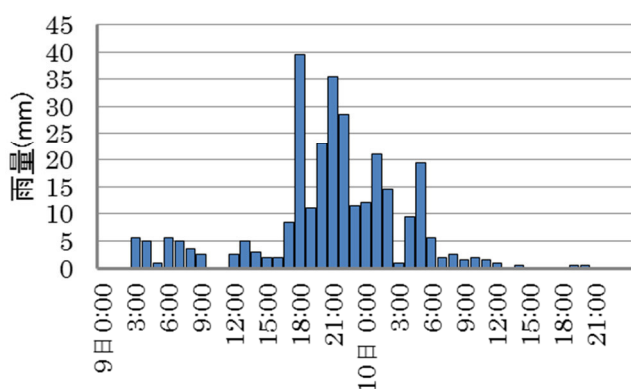


図-5 平成27年9月9～10日時間雨量

や思川からのバックウォーターによって豊徳川の水位が上昇した際には、フラップゲートが自動的に閉鎖されて宅地からの雨水排除が困難になる可能性がある。

3. 浸水被害の発生状況

図-5は気象庁による栃木県小山の9月9日0時～11日0時の1時間雨量データである。9日18時から10日6時までの間に10～15mmの降雨が継続しながら、線状降水帯により20～40mmのかなり強い降雨が波状的に見られる。思川の計画降雨(平均3日雨量)は1/100確率で323mmであるのに対し、今次災害では429mmと大きく上回っていた。

図-6は、思川の水位の時間変化を示したものである。縦軸は水位標の読みであり、これに21.9mを加算してTP値を得る。これを見ると降雨が強まってすぐの9日19時には氾濫注意水位(TP+25.3m)相当のTP+25.26m、10日1時には避難判断水位(TP+27.7m)近くのTP+27.63m、同日5時には氾濫危険水位(TP+28.4m)相当のTP+28.3mとなり、その後、次第に水位が下がっていった。

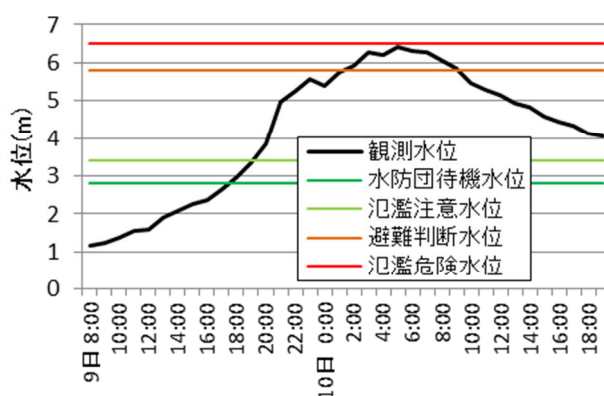


図-6 平成27年9月9～10日水位(思川観晃橋)

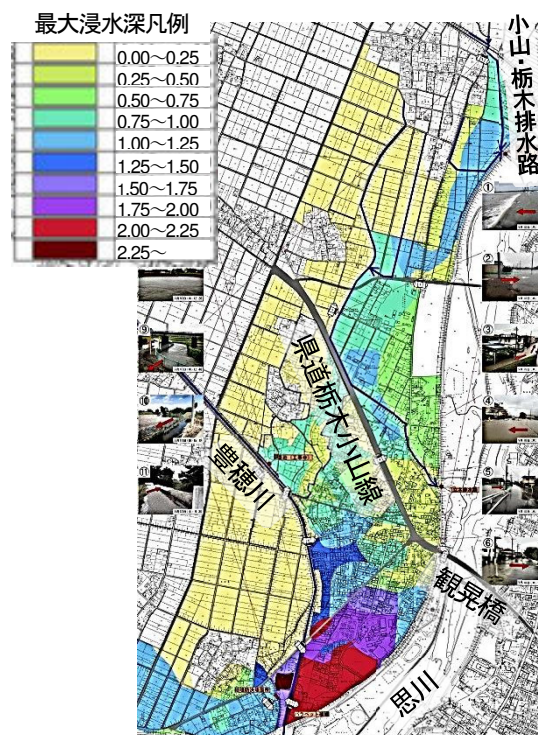


図-7 最大浸水深の分布

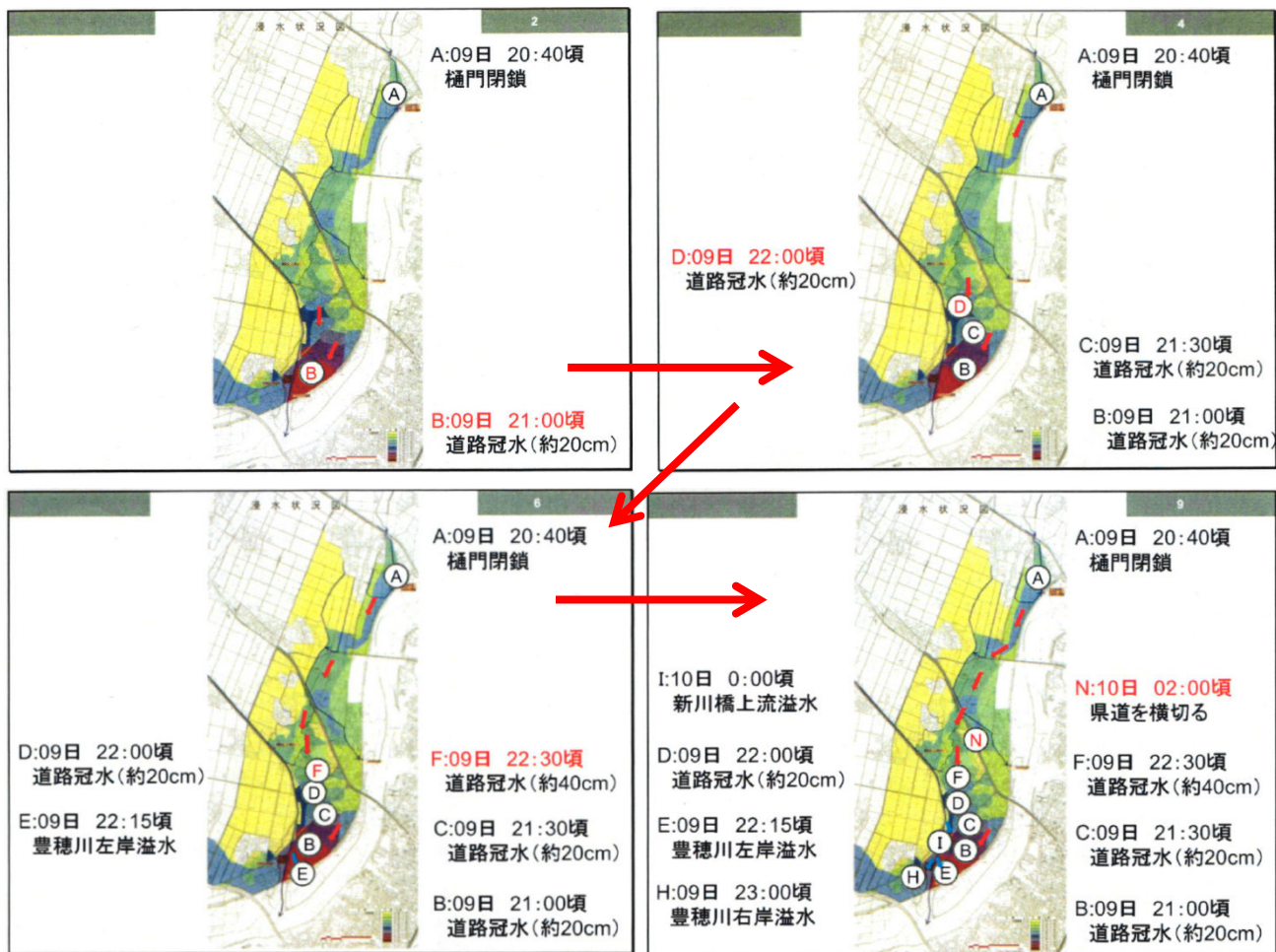


図-8 浸水被害の進行状況

一方、豊穂川では9日22時から23時までに思川合流部付近で溢水が始まっている。やがて左岸側のパラペットが崩落し、10日5時頃には右岸側の思川旧堤防の決壊が確認されている。

図-7は最大浸水深の分布を示したもので、豊穂川と思川合流点近くの被害が大きく発生したことが分かる。特に、豊穂川の思川合流点付近の建物では1階天井付近まで浸水した。本報告の対象地域である大行寺・立木地区は小山市の中でも特に甚大な浸水被害を受け、床上浸水は689棟、床下浸水は226棟であり、それぞれ小山市全体の73.9%、38.1%に及ぶ。

図-8は、小山市による住民の方からの聞き取り調査結果をもとに、浸水被害の進行状況を時系列的に示したものである。まず9日20時40分、思川の水位上昇によるバックウォーターを警戒して、小山・栃木排水路の樋門を閉鎖している（A地点）。これにより思川から堤内への流入は防ぐことができたが、小山・栃木排水路の排水が滞り、溢水が始まった。つぎに21時頃にB地点で、21時30分頃はC地点で浸水被害が確認されている。この時点ではまだ、豊穂川からの溢水はなく、小山・栃木排水路からの溢水は県道栃木小山線を越えてきてはいない。ただし、豊穂川大行寺橋観測所では堤内地への降水によってTP+24.29mを記録しており、水位は約2.5m上昇し

ていた。これより、豊穂川への雨水排水口の多くは冠水して、フラップゲートが自動的に閉じてしまったため、堤内地からの雨水排除が困難となり、内水氾濫という形で浸水被害が始まったと推察される。B、C地点はそれぞれ旧河道①、②のあるところに対応しており、周囲より地盤が低い場所であったといえる。

これ以降も雨は降り続き、この地域に降った雨水は地盤の高いところから低いところへ移動・集中していく。22時頃のD地点および22時30分頃のF地点での冠水は、C地点と同様に旧河道②の領域で派生している。このように豊穂川左岸の内水被害が拡大していった。

これと並行して22時15分頃にはE地点の豊穂川大行寺橋付近左岸にて溢水が始まった。これは思川の水位が上昇したことによるバックウォーターが生じたことが原因と考えられる。そして23時頃にはH地点で、10日0時ではI地点でも溢水が始まった。

その後10日2時頃には小山・栃木排水路から溢れた水が、若干地盤が高くなっている県道栃木小山線を越え、大行寺・立木地区に流入したことで浸水被害はより大きくなっていった。5時には思川観見橋観測所では最高水位TP+28.3mと最高水位を記録したが、これ以降は雨も徐々に勢力が弱まり、水位も減少していった。

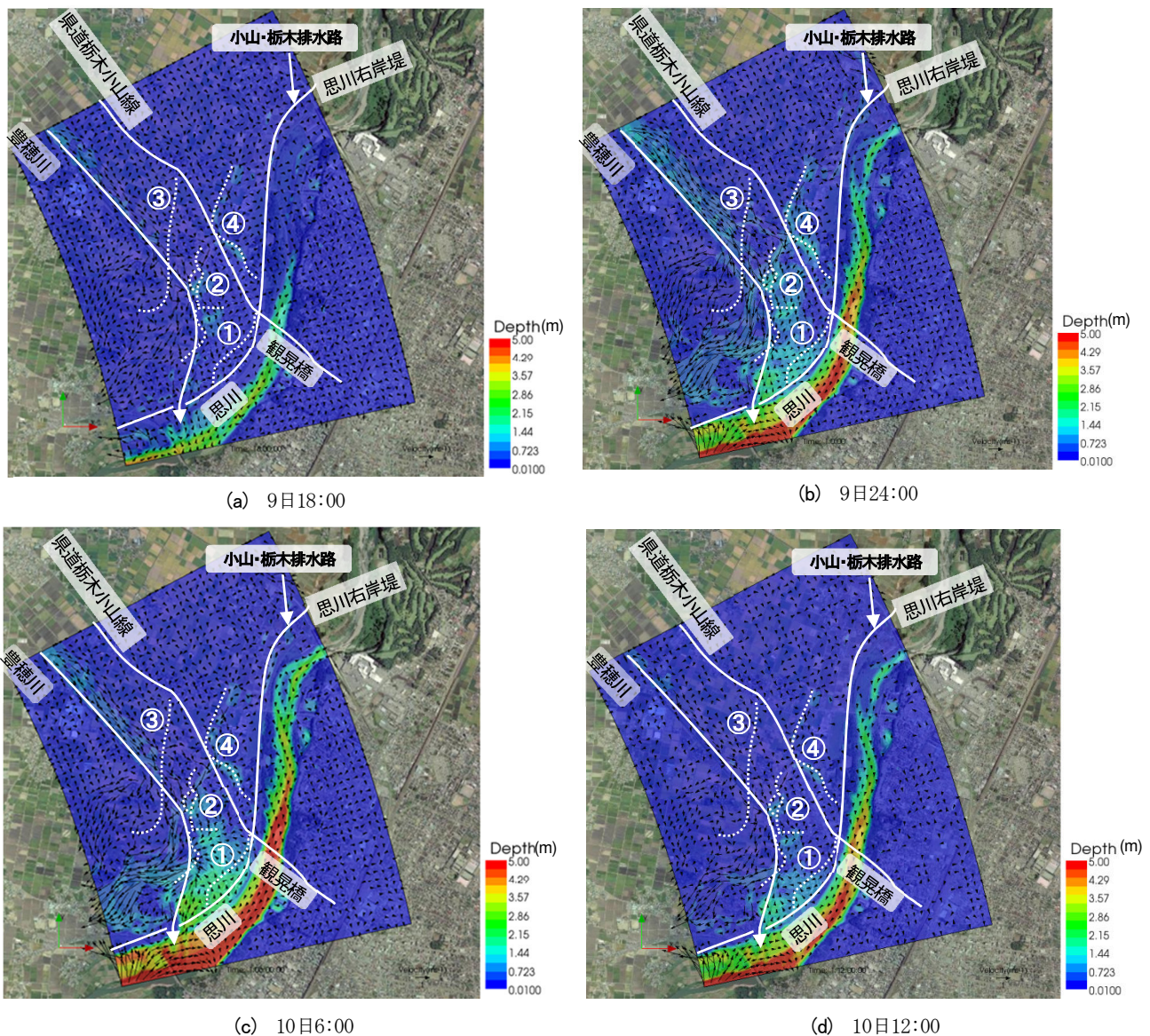


図-9 氾濫シミュレーション結果(時系列)

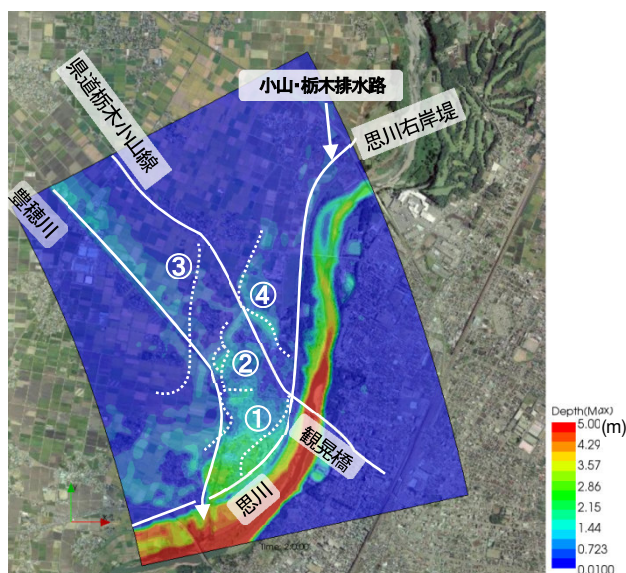
4. 氾濫シミュレーションによる検証

以上より、今回の浸水被害は、豊徳川の水位上昇による雨水排除機能の停止、地形的な特徴による雨水の集中、思川からのバックウォーター、小山・栃木排水路からの溢水によるところが大きいと考えられる。そこで、氾濫シミュレーションを実施して、その検証を試みることにする。シミュレーション手法としては、今回の場合、水路網を詳細に考慮できるものが適切ではあるが⁹⁾、本報告は緊急性も要するので、より簡便なiRIC¹⁰⁾のNays2D Floodを用いることにする。

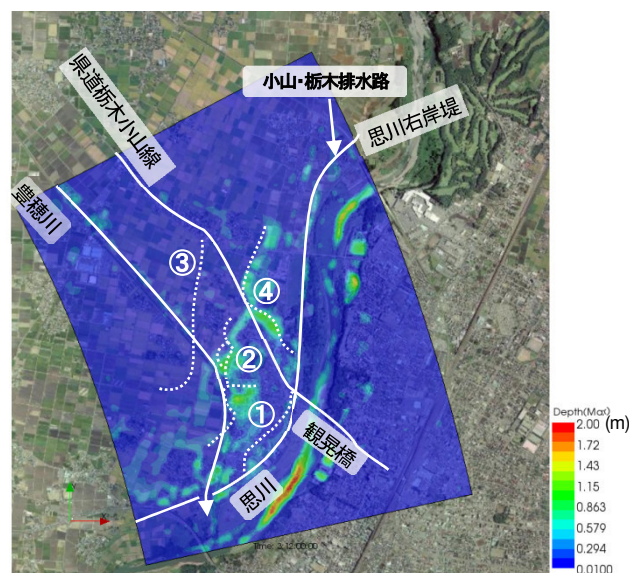
シミュレーションに必要な地形データは、国土地理院基盤地図情報¹¹⁾の10mメッシュデータを用いた。豊徳川および小山・栃木排水路の上流端の流量時系列は、上流地域を100mメッシュに分割して図-5の降雨データを与え、Nays2D Floodを用いて求めた。その結果、豊徳川および小山・栃木排水路の流入量のピークはともに9日23時に

発生し、それぞれおよそ $180\text{m}^3/\text{s}$ 、 $50\text{m}^3/\text{s}$ であった。対象地域は5mメッシュに分割し、やはり図-5の降雨データを与えて氾濫シミュレーションを実施した。ただし、豊徳川および小山・栃木排水路の初期水深は、出水時に比べて極めて小さいので、0mとした。また、思川は越水していないので、その影響は豊徳川合流点を介してのみに限定される。そこで、思川については上流端で流量を与えて河道内の流れを計算することはせずに、豊徳川合流点での水位時系列の推定値（観見橋での水位観測値を地盤高の差に合わせて平行移動したもの）を与えて、堤内地の流況のみに着目することにした。シミュレーションは時間刻み0.1秒で、9日0時から10日24時まで実施した。

図-9は、9日18時から6時間おきの浸水深と流速ベクトルを示したものである。思川の河道内にも何らかの流れが見られるが、上述したように堤内地のみに着目する。これを見ると、9日18時にはすでに旧流路②周辺に雨水が集まってきているのがわかる。つぎに9日24時（10日0時）には、豊徳川が溢水しており、旧流路③と②が近接



(a) 降水および河川からの氾濫を考慮した結果



(b) 降水のみを考慮した結果

図-10 氾濫シミュレーション結果(最大浸水深)

している右岸側でも浸水が顕著になっている。旧河道②周辺にはその周囲から表流水が集中しており、旧河道①周辺ではさらに思川からのバックウォーターの影響で浸水深が大きくなっていることがわかる。また、旧河道④に沿って移動してきた表流水が県道栃木小山線のすぐ北に滞留している。10日6時では、浸水状況はピークになり、豊徳川右岸への溢水、思川から旧河道①領域へのバックウォーター、旧河道②領域への表流水の集中が顕著になっている。以上、時間的な齟齬が多少見られるものの、全体的な傾向は再現できたものといえる。

図-10では、図-9に示したシミュレーションでの最大浸水深を示したもので、豊徳川および小山・栃木排水路の上流端の流量を0として降水のみ考慮して得られた結果と比較している。降水のみでも相当量の浸水が生じることがわかる。また旧河道④に導かれて表流水が県道を越えて旧河道②に集中していく様子がみられる。

5. おわりに

本報告では、平成27年9月関東・東北豪雨において、小山市での浸水被害の発生要因について検討を加えた。その結果、未曾有の大雨による内水氾濫と外水氾濫が時間差をもって重層的に発生し、今回のような甚大な被害に繋がったことがわかった。

もともと平成23年の浸水被害を受けて、思川から豊徳川へのバックウォーターを防ぐための樋門の建設が必要といわれている⁵⁾。しかし、今次災害の発生要因をみれば、それだけでは対応できない懸念がある。地形的特徴を見てもわかるように、ハードウェアの建設だけでなく、土地利用や住民の方々との協働も視野に入れた総合的な基盤整備が必要とされている。

謝辞：本報告に当たって、小山市役所の方々に多大な協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府：平成27年9月関東・東北豪雨による被害状況等について（台風18号等による大雨に係る被害等を含む），http://www.bousai.go.jp/updates/h27typhoon18/pdf/h27typhoon18_28.pdf（平成28年2月19日12:00現在），
- 2) 栃木県河川課：平成27年9月関東・東北豪雨による被災状況（平成27年9月9日～11日），関東地方整備局提出資料，2015。
- 3) 栃木県災害対策本部事務局：平成27年9月 関東・東北豪雨による被害について，<http://www.pref.tochigi.lg.jp/kinkyu/documents/20160216.pdf>（2016年2月16日現在）
- 4) 栃木県：思川圏域河川整備計画（変更），2015。
- 5) 建設技術研究所：豊徳川合流部内水処理検討業務報告書，2014。
- 6) 台風18号による大行寺・立木地区実証委員会（委員長：池田裕一）：実証報告書，小山市，2015。
- 7) 国土地理院：主題図 Web ページ，<http://www.gsi.go.jp/kikaku/index.html>（2016年3月現在）
- 8) 例えば，農業環境技術研究所：歴史的農業環境閲覧システム，<http://habs.dc.affrc.go.jp/index.html>（2016年3月現在）
- 9) 例えば，中田俊也、八木剛、豊田政史、富所五郎：農業用水路を詳細に考慮した氾濫解析、河川技術論文集、第11巻、2005。
- 10) iRIC Project：<http://i-ric.org/ja/>
- 11) 国土地理院：基盤地図情報，<http://www.gsi.go.jp/kiban/>（2016年3月現在）

(2016. 4. 4受付)