

長野市街地における内水災害データと降水特性および 地形情報からみた内水災害危険区域の抽出

SPECIFICATION OF THE DANGER DISTRICT ON INSIDE WATER INUNDATION DISASTER FROM THE VIEWPOINT
OF THE RAINFALL CHARACTERISTICS AND LAND INFORMATION IN NAGANO CITY

村林信鷹*, 豊田政史**, 大上俊之***, 鶴飼尚弘****, 吉澤孝和*****
Nobutaka Murabayashi, Masashi Toyota, Toshiyuki Ohkami,
Naohiro Ukai and Norikazu Yoshizawa

- * 国土交通省中部地方整備局名古屋国道事務所 (〒467-0833 愛知県名古屋市瑞穂区鍵田町 2-30)
** 博 (工) 信州大学助教 工学部土木工学科 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)
*** 工博 信州大学准教授 工学部土木工学科 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)
**** 中日本航空株式会社 調査測量事業本部 (〒480-0202 愛知県西春日井郡豊山町豊場若宮 17-1)
***** 工博 信州大学名誉教授 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

It is examined the actual results of inside water inundation disasters in Nagano city recorded from 2006 to 2009 from the viewpoint of the rainfall characteristics and land information. Results show that inside water inundation disasters are prone to occur as the following conditions and places, 1) The intensity of hourly rainfall reaches 20-25mm. 2) Housing sites where used to be mulberry fields, orchards and paddy fields inside the bed slope changing area. 3) Valley between the alluvial fans. Besides, it is grouped the factors of inside water inundation disasters in Nagano city into four classes (topography, channel structure, urban frame and combined). As a result, the topographic factor, which is rarely seen in the city area, is occupied nearly 30%.

Key Words: inside water inundation disaster, danger district, land information, rainfall characteristics, Nagano city

キーワード: 地方都市における内水災害, 危険区域, 地形情報,
降水特性, 長野市

1. はじめに

近年, 局地的な大雨にともなう内水災害が頻発しており, その対策は喫緊の課題である. そのため, 過去の豪雨時を対象として, 下水道管網や土地利用等の影響を考慮した精緻なモデルによる再現計算が数多く行われている¹⁾²⁾. また, 航空レーザー測量などの測量技術の進歩にともなう, 地形を詳しく把握することが可能となり, 詳細な地形情報を組み込んだ氾濫解析³⁾もみられるようになってきた. さらに, これらのモデルを用いて, さまざまな降水パターンの詳細な数値実験を行い, 行政にあたっての重要事項である「氾濫の危険度」を評価するような研究も行われている⁴⁾⁵⁾. しかしながら, 過去に発生した水害データから対象領域内のどのような場所で内

水災害が発生しやすいかを細かく分析した研究は, 著者の知る限りみられない. 本研究では, 地方都市における内水災害発生地点の特徴を明らかにするために, 長野市街地を対象として,

- ・過去数年の内水災害データ
- ・被災時の降水量データ
- ・航空レーザー測量から得られる地形情報
- ・約 100 年前の地形図

を用いて, 内水災害発生要因を分析する. また, それに基づいて内水災害危険区域の抽出を行う.

2. 研究対象領域および対象とした水害の概要

研究対象領域は, 図-1 の点線で示した長野盆地内の

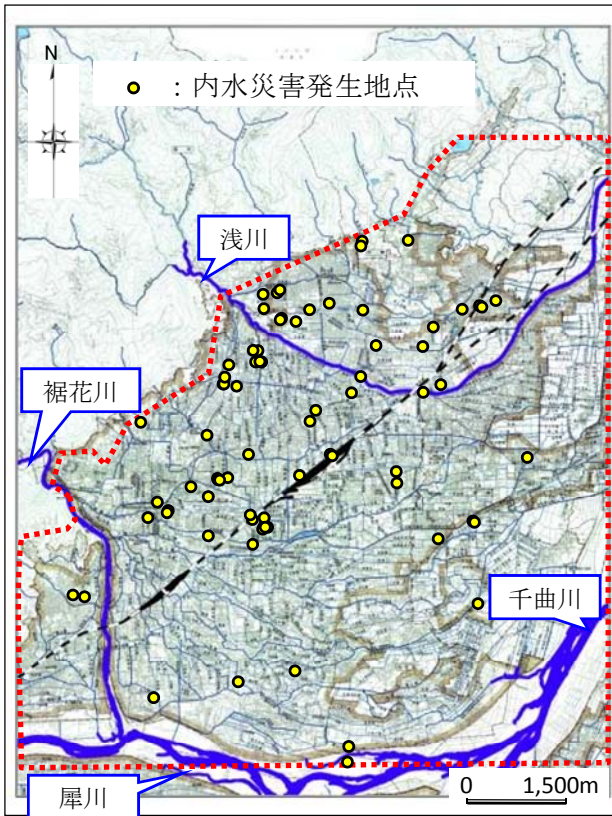


図-1 研究対象領域と内水災害発生地点

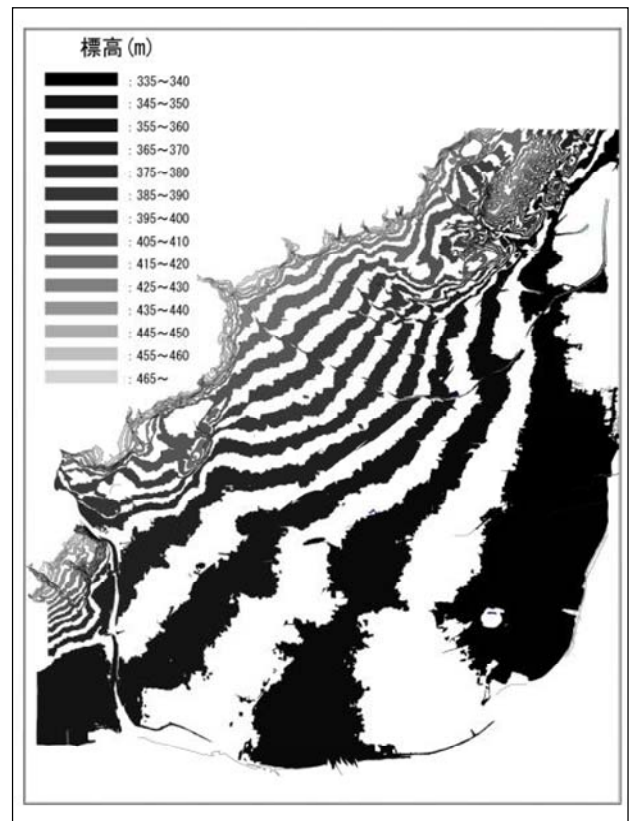


図-2 標高コンター

裾花川流域と浅川流域を含む面積約 55km²の長野市街地である。図-2 は、対象領域内の地形を視覚的にとらえやすいように、「数値地図 5m メッシュ (標高)」で与えられる 5m 間隔の標高値を内挿して、地形情報から段彩図形式で作成した標高コンターである。この図から、対象領域西側の標高は約 460m であるのに対し、千曲川に合流する対象領域東側では約 340m となっており、対象領域は、市街地としては標高差が大きい地域であることがわかる。また、長野市の「豪雨災害資料」⁶⁾に記載されている 2006 年から 2009 年までの 4 年間に発生した内水災害のうちから、発生地点を特定できた 75 地点を図-1 中に○印で示す。

3. 降水量と内水災害発生との関係

降水量と内水災害との関連を検討するにあたり、時間最大降水量を主に採用し、降水量と内水災害の分布について考察する。なお、本研究において、時間最大降水量は「毎正時降水量のうちの最大値」と定義した。本来、短時間の豪雨によって引き起こされる内水災害を検討するにあたっては、10 分間降水量をどう評価するかが重要となってきた⁷⁾。しかしながら、本研究対象領域では 10 分間降水量のデータがないため、ここでは 1 時間降水量から内水災害発生の特徴を考察する。

図-3 に 2008 年 8 月 19 日の降水量データを示す。図

中には、災害発生地点と、各雨量観測所における時間最大降水量 (枠内上段) と雨の降り始めから降り終わりまでの累計降水量 (枠内下段) を示してある。この図をみると、若槻局や三才局周辺においては、時間最大降水量が 30mm 近くを観測しても災害が発生していないことがわかる。それに対し、25mm 前後の降水量が近隣の観測所で観測された長野局の北側や、丸で囲んだ上松・浅川地域のように 30mm に達していなくても災害が集中している地域が存在している。このような傾向は、他の災害発生時にもみられた。なお、若槻局や三才局周辺では、住居が他の地域より少ないことから、内水災害が発生したとしても報告されていないことが考えられるので、解釈には注意が必要である。

長野市地域防災計画⁸⁾では、長野市の大雨注意報と大雨警報を出す 1 時間降水量の基準値はそれぞれ 25mm、40mm と設定されている。本研究で対象とした内水災害が発生した日、および比較的大雨が降ったにもかかわらず内水災害が発生しなかった日それぞれの降水量データを整理した結果、1 時間降水量 (R1mm) と雨量観測所付近で発生する内水災害との間に次のような傾向がみられることが判明した。

- 0mm ≤ R1 < 20mm : 発生しにくい、この状態が数時間継続すると危険な場合がある。
- 20mm ≤ R1 < 25mm : 発生し始める。
- 25mm ≤ R1 < 40mm : 発生地点数が増加する。

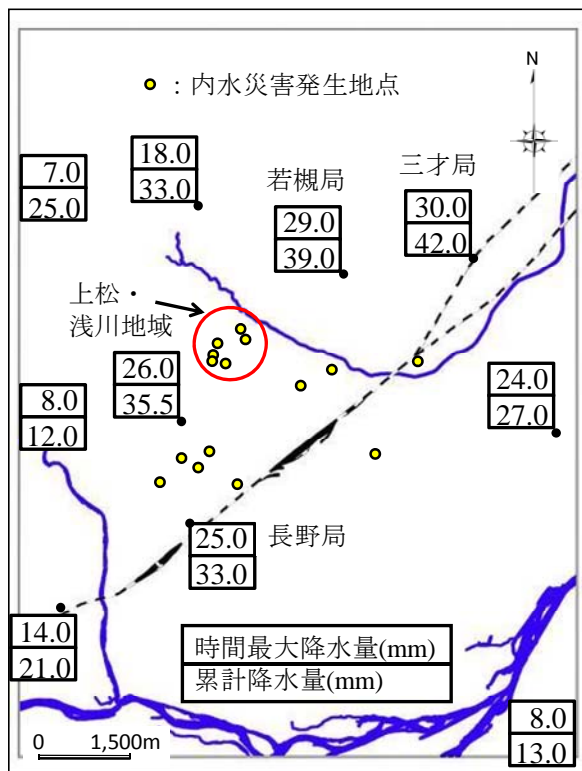


図-3 2008年8月19日の降水量データと内水災害発生地点

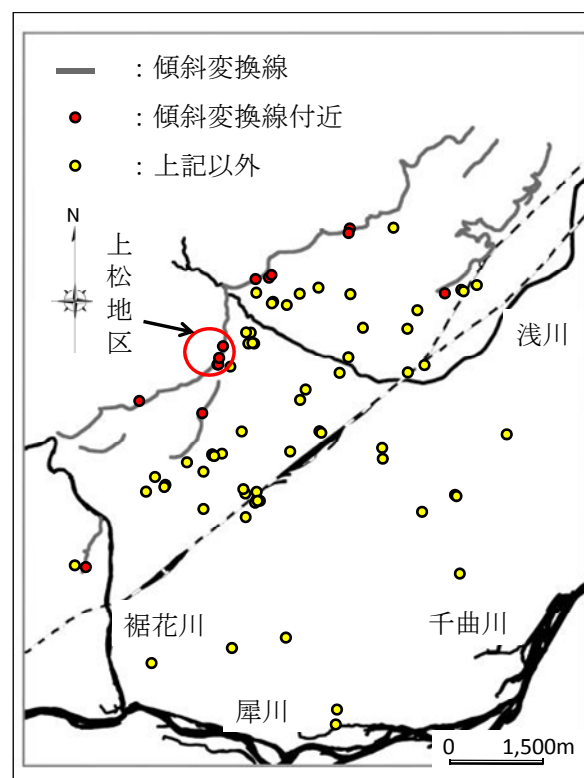


図-4 傾斜変換線と内水災害発生地点

40mm ≤ R1 < 25mm ≤ R1 < 40mm で発生していない地域でも発生する。

これは、おおむね長野市における注意報・警報の基準値と同じ傾向となった。現在の上記発令基準は長野地方気象台における観測値のみに基づいている。しかしながら、上述したように長野市街地において、降水量の空間的な非一様性がみられるため、内水災害に関しては雨量観測所ごとの発令基準を持つことが適切であると考えられる。そのためは、今後も内水災害と降水量データを蓄積し、地域ごとの発令基準を定める必要がある。

4. 地形と内水災害発生との関係

4.1. 傾斜変換線と内水災害

本節では、急勾配から緩勾配に勾配が急に变化する境界線を「傾斜変換線」と定義し、傾斜変換線と内水災害発生との関連について検討する。傾斜変換線付近では、その地形条件から、水が停滞し、内水災害が発生しやすくなると予想される。ここでは、「数値地図5mメッシュ(標高)」のデータをもとに作成した1m間隔の等高線図を用いて、等高線が密な地域と疎な地域との境界を「傾斜変換線」として特定した。図-4に、傾斜変換線(薄い太線)と2章で述べた内水災害発生地点を示す。なお、この図には、黒の太線で河川をあわせて示してある。

内水災害は、傾斜変換線からその標高よりも低い方向

に向かって水平距離100m以内の地域に集中して発生していることがわかった。以下では、この範囲を「傾斜変換線の下部」、傾斜変換線の標高よりも高い場所については「傾斜変換線の上部」と定義する。研究対象とした災害発生地点75地点のうち13地点が傾斜変換線の下部に存在していた。これらを見ると、傾斜変換線の下部において、内水災害が起きやすい場所と起きにくい場所があることがわかる。傾斜変換線の下部に内水災害が集中している上松地区(図-4中に○で囲んだ範囲)についてみてみると、この地区の傾斜変換線の上部には、湯谷団地が立地していた。ここで、1912(大正元)年の土地利用(図-5)をみると、湯谷団地の立地している位置は桑畑であったことがわかる。しかしながら、現在ではその全域が宅地化されており、この宅地化が災害発生の要因と考えられる。また、上記と同様に傾斜変換線の上部において大正元年以降に宅地化した場所は、上述した傾斜変換線の下部の災害発生地点全13地点のうち10地点と多くみられた。このことから、傾斜変換線の上部において宅地化がなされた地域では、その線の下部が内水災害の発生しやすい要注意地域であるということが出来る。

4.2. 扇状地内の内水災害

図-6に、扇状地・沖積錐と内水災害発生地点を示す。ここでは、扇面面積が大きい裾花川扇状地と浅川扇状地を比較する。内水災害発生数は、裾花川扇状地で3地点であるのに対し、浅川扇状地で33地点とかなり多かった。

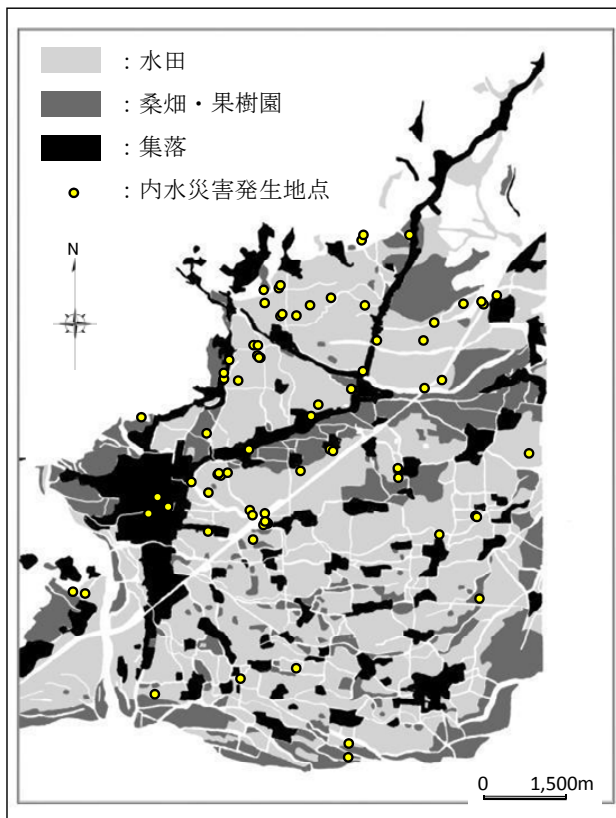


図-5 土地利用分布(1912年)と内水災害発生地点

この理由として、長野市南部の降水量が少ないことが考えられたが、そのような傾向は特にみられなかった。扇状地の平均勾配に着目すると、浅川扇状地が1.8%、裾花川扇状地が0.7%となっており、浅川扇状地の平均勾配が裾花川扇状地の約2.5倍となっていた。また、他の扇状地の平均勾配と内水災害発生数をみても、平均勾配が大きくなると内水災害の発生件数は増加しており、平均勾配が内水災害の発生にある程度の影響力を持っていることが読み取れた。

次に、両扇状地内の1912(大正元)年の地目(図-5)をみると、浅川扇状地内には集落があまり存在せず、ほとんどが水田であったことがわかる。そのため、もともとの地形が集水しやすい地形であったと考えられる。そこで、大正時代の水田の分布と内水災害との関連をみるために、地目別に内水災害の発生数を調べたところ、全75地点中52地点が大正元年の水田内であった。対象領域内における大正時代の水田面積が全体の60%程度で、その内部に全内水災害の70%が集中していることを考えると、大正時代に水田であった地域において内水災害が発生する可能性が高いことが予想される。また、他の扇状地における大正時代の地目は、金山沢沖積錐上で集落と桑畑・果樹園が、湯福川扇状地上で集落が多くを占めている。裾花川扇状地上では、地形の凹凸が他の扇状地よりも大きいことから微高地も多く、そのような微高地に集落が多くできていたことがわかっている。そのた

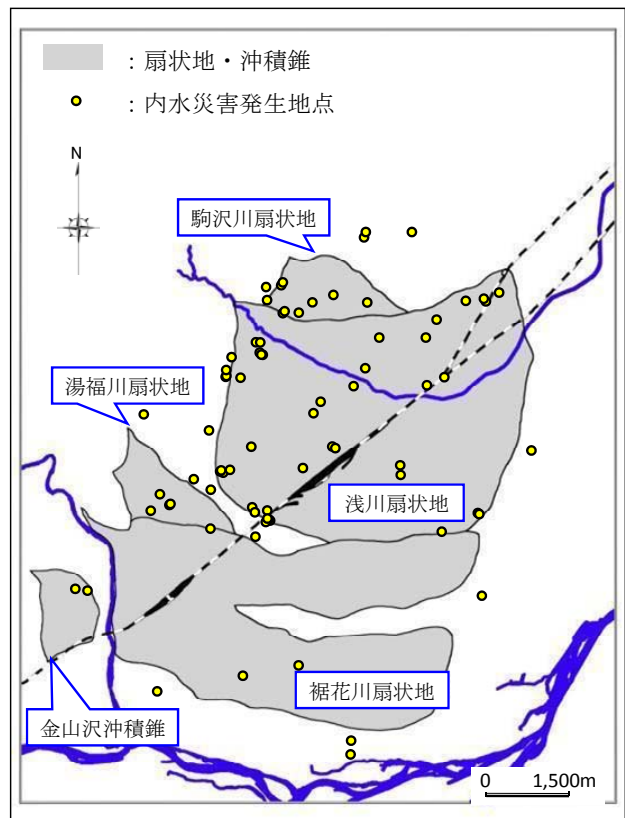


図-6 扇状地と内水災害発生地点

め、水田の少なかったこれらの扇状地・沖積錐においては内水災害の発生も少ない。一方、駒沢川扇状地においては、水田が扇状地上のほぼ全域を占めており、この扇状地内の内水災害数をみると、扇状地の面積が小さいにもかかわらず、7地点と比較的多く発生していた。

4.3. 谷地形と内水災害

図-7に谷地形(旧流路による谷、裾合谷、その他の谷)と内水災害発生地点を示す。谷地形で発生した内水災害は、全75地点中23地点と全体の30%を占めていた。ここに、裾合谷とは、二つの扇状地が接することで作られた浅い谷⁹⁾のことであり、裾合谷aとbに、内水災害が合計19地点と集中して発生していた。これらの谷地形の面積は、谷aが約1.3km²、谷bが約0.2km²である。両谷地形の合計面積は対象領域全体(約55km²)の3%に満たないにもかかわらず、その中に全体の約25%の内水災害発生地点が含まれており、裾合谷において内水災害発生率の高さがわかって高いことがわかる。谷c~eについては、谷fで見られるような大きめの堰や用水が谷の中にみられず、集水された表流水を流す水路のないことが災害発生の原因である可能性が高いと考えられる。

また、大正時代の地目(図-5)をみると、谷地形内における内水災害発生地点全23地点中22地点が、水田であった。よって、谷地形内においても、大正時代の地目が水田であった地域が、特に内水災害発生率の可能性が高

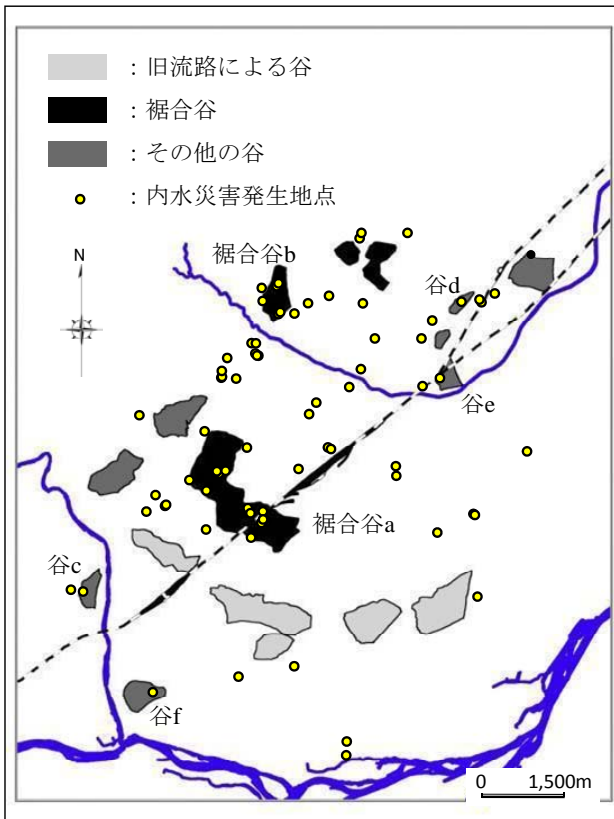


図-7 谷地形と内水災害発生地点

いということが確認できた。

5. 内水災害発生要因の分類

次に、地形図から読み取れる長野市の地形と「豪雨災害資料」の記述内容に基づいて、内水災害発生要因の分類を試みた。なお、対象とした内水災害において、溢水したとされる水路の中には道路側溝など、河川と比べて規模が非常に小さいものもある。そのような小水路の流下能力を全て把握することは難しいため、本研究では水路の流下能力は考慮しないこととした。

「豪雨災害資料」に記述されていた内水災害の原因と、長野市河川水路図(北部)¹⁰⁾から読み取れる水路の形状、現在の地形図や等高線に基づき、表-1 のような内水災害の分類項目を定めた。分類した結果を図-8 に示す。「地形的」と分類されたものが23地点(全体の約30%)で最も多く、次いで「水路構造的」、「複合的」、「都市構造的」の順となった。また、分類した4項目に当てはまらない「不明」が15地点であり、これらの地点では、主に、本研究で考慮していない「水路の流下能力」が不足していたと予想される。

水路の流下能力を無視した場合、内水災害が頻発する都市部の低平地では、一般的には「水路構造」や「都市構造」が内水災害の要因となることが多いと思われる。しかし、本研究の対象である長野市街地のような標高差

の大きい場所では、地形が内水災害の大きな要因の一つであることがいえる。

6. 地形からみた内水災害危険区域図の作成

最後に、4章の結果に基づいて、長野市街地における地形からみた内水災害危険区域の抽出を行った。その結果を、図-9に示す。危険区域の抽出条件は以下の2つとした。

- ・ 傾斜変換線付近：傾斜変換線の上部が大正元(1912)年以降に宅地化されたとみられる場合、同線の下部100m以内の地域。
- ・ 谷地形内：裾合谷あるいは大型の水路が整備されていない谷地形

扇状地内において大正時代の地目が水田であった部分も危険区域に含めることが望ましいが、対象領域内において、水田の占める割合が大きく、その中からさらに危険な地域を限定しにくいいため、本研究では危険区域に含めなかった。今後は、国土交通省が全国に先駆けて更新した千曲川流域の治水地形分類図¹¹⁾に基づいた検討を加えていく予定である。

表-1 内水災害の分類項目

分類項目	内容
都市構造的	学校や公園のグラウンドによる特殊地形
	マンホールの蓋が外れていたことによる負傷事故
	人為的に標高が低くされたことによる降雨の集水
地形的	地下道路の冠水
	傾斜変換線付近
	谷地形内
水路構造的	集水面積が大きい
	水路合流部、屈曲部
	水路断面が小さくなる地点
	開渠から暗渠に変わる地点
	排水先の水路が満水に近くなることによる逆流
	ごみ詰まり
複合的	水門を閉じたことによる逆流
	上記3項目の2つ以上に当てはまった地点
不明	上記3項目のどこにも当てはまらなかった地点

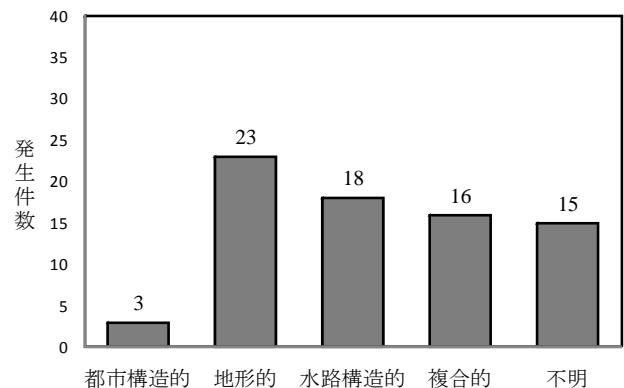


図-8 内水災害の要因別発生件数

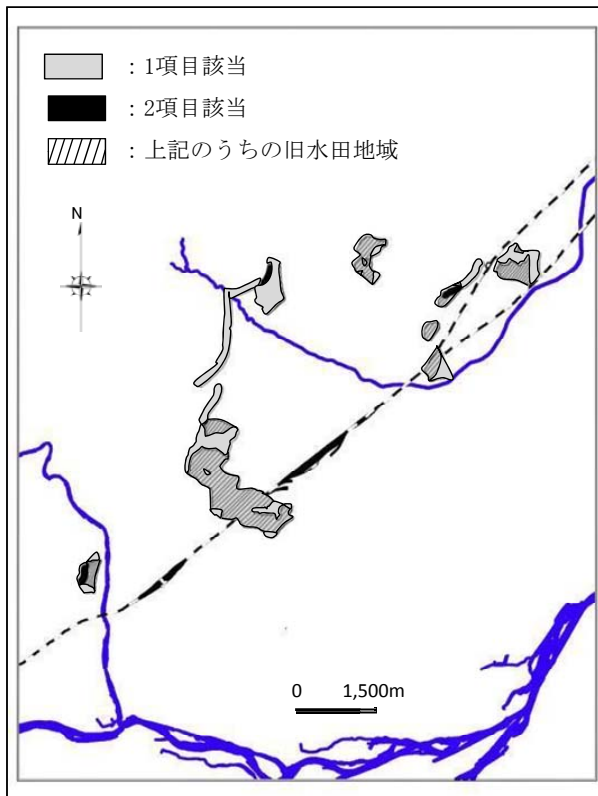


図-9 地形からみた内水災害危険区域図

7. おわりに

本研究では、長野市が所有している「豪雨災害資料」（2006年～2009年）の内水災害データをもとに、被災時の降水量データ、航空レーザー測量結果に基づく地形特性および過去の地形図による土地利用変遷などを分析し、長野市街地における内水災害発生地点の特徴を明らかにした。また、それに基づいて、地形からみた内水災害危険区域図を作成した。得られた結果は以下の通りである。

- ・ 長野市街地における内水災害は、1時間降水量が20mmを超えると発生し始め、25mmを超えると増加する傾向にあった。また、市街地内において、降水量の空間的な非一様性がみられた。これらのことから、内水災害に関しては雨量観測所ごとの注意報・警報発令基準を持つことが適切であると考えられる。
- ・ 地形勾配が急変する「傾斜変換線」の上部において、桑畑・果樹園・水田を宅地に転換した場所においては、同線の直下100mで内水災害が多く発生していた。
- ・ 扇状地内における内水災害は、扇状地の平均勾配と大正時代における水田の分布に大きく関わっていた。
- ・ 裾合谷あるいは大型の水路が整備されていない谷地形において、内水災害が多く発生していた。
- ・ 長野市街地における内水災害の発生要因は、「地形的」、「水路構造的」、「都市構造的」、「複合的」の4つに分類され、その中で「地形的」要因が全体の30%に及んでいた。地方都市における内水災害では、「地

形的」要因が大きな発生要因の1つであるという特徴が明らかになった。

長野市においては、地球温暖化にともなって100年確率日降水量の増大が見込まれている¹²⁾。また、長野市街地は、背後に千曲川のネックポイントである立ヶ花狭窄部を擁し、内水排除が難しい地域の一つである。そのため、さまざまな流出抑制施設が整備されており、その中でも雨水貯留施設助成実績は全国でもトップクラス¹³⁾といわれている。今後は、千曲川との連携排水を視野に入れたさらなる内水対策を検討することが必要である。

謝辞

本研究は、(財)日本建設情報総合センターより研究助成を受けた。また、長野市建設部河川課には貴重な情報の提供をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 川池健司ほか：低平地河川流域での豪雨による都市氾濫解析，土木学会論文集，No.761/II-67，pp.57-68，2004.
- 2) 武田誠ほか：都市内水氾濫解析における複雑な下水道管網のモデル化に関する検討，河川技術論文集，第15巻，pp.393-398，2009.
- 3) 重枝未玲ほか：GISを用いた飯塚市街地の地形特性に基づく地表面流の挙動解析，水工学論文集，第52巻，pp.829-834，2008.
- 4) 大塚健太ほか：短時間降雨情報に基づく中小河川の洪水氾濫危険度予測法の提案と新潟県中小河川への適用，河川技術論文集，第14巻，pp.229-234，2008.
- 5) 尾崎平ほか：低平地住宅密集地域における内水氾濫の危険度評価に関する研究，水工学論文集，第53巻，pp.823-828，2009.
- 6) 長野市河川課：豪雨災害資料，2006～2009.
- 7) 辻本哲郎：豪雨・洪水災害の減災にむけて ソフト対策とハード対策の一体化，技報堂出版，pp.93-112，2006.
- 8) 長野市防災会議：長野市地域防災計画・長野市水防計画【総合編】，pp.135-136，2007.
- 9) 長野市誌編さん委員会：長野市誌 第1巻 自然編，pp.14-74，1997.
- 10) 長野市河川課：長野市河川水路図（北部），1991.
- 11) 国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所：第27回千曲塾「地図から見える治水と歴史」配付資料，2010.
- 12) 小林健一郎ほか：全球気候モデル出力を用いた日本域の100年確率日降水量の将来予測，水工学論文集，第54巻，pp.223-228，2010.
- 13) 山口卓也：平成21年度第3回時空間測量研究会資料，<http://www.eng.cs.shinshu-u.ac.jp/CIVIL/ARCH/TASS/tomilab/shiryou/21-3yamaguchi.pdf>，2010.

(2010年8月6日受付)