中小河川を対象とした可能最大洪水氾濫の推定とその不確実性

富山県立大学環境工学科　正会員
○呉　修一

１．はじめに

2015 年 9 月関東・東北豪雨など近年多くの洪水災害が発生している．水防法の改正も 2015 年 5 月 20 日に公布，11 月 19 日に完全施工され，現行の洪水に係る浸水想定区域について，想定し得る最大規模の洪水に係る区域に拡充して公表することとなった．今後中小河川においても，家屋に甚大な被害が生じえる洪水氾濫の可能性を検討することは非常に重要である．本研究の目的は，2015 年 9 月に洪水氾濫が生じた鳴瀬川水系多田川支川の渋井川を対象とし，可能最大洪水氾濫を算定するとともに，その不確実性を評価することを目的とする．

２．対象流域の概要

図−1 に渋井川および周辺河川を示す．図に示されるよう，渋井川は多田川の支川であり，多田川は鳴瀬川へと流入する．多田川は流路延長約 35 km，流域面積約 126 km^2 の 1 級河川であり宮城県の鳴子町，岩出山町，宮崎町，中神田町，古川市，三本木町の 6 市町にまたがっている．渋井川は流路延長約 7.88 km，流域面積約 18.6 km^2 の県管理河川であり，下流部は水田地帯として有名な大崎平野である．

渋井川では，2015 年 9 月 10 日から 11 日の関東・東北豪雨の際に，3 箇所で堤防決壊が生じ 2,100 ha の浸水，床上浸水 399 棟，床下浸水 150 棟の被害等が生じた [1)]．

３．降雨流出・洪水氾濫モデルの概要

降雨流出モデルは，呉ら [2)]の土壌・地形特性に基づく降雨流出計算手法を用いる．本モデルはサブ分布型の降雨流出モデルであり，河道部の洪水追跡には 1 次元不定流計算が用いられる．渋井川以外にも多田川および多田川上流支川の渋川，名蓋川の流出計算を行う．洪水氾濫計算は 2 次元不定流計算を行っている．降雨流出モデルから算出される流域からの流出量を横流入量として河川・洪水氾濫が計算される．本計算の詳細は呉ら [3)]に詳しいのでそちらを参照された．洪水氾濫再現計算の一例を**図−2** に示す．

４．可能最大洪水・可能最大流体力の算定

可能最大降水量(PMP)とは，対象流域に物理的に生じえる最大の降水量である．本研究では，対象流域に物理的に生じ得る洪水を可能最大洪水(PMF)と定義している．また，可能最大流体力(Probable Maximum Hydrodynamic Force of Flood Inundation [PMHF])という概念が呉ら [3)]によって提案されている．以下，PMF および PMHF の算定方法を記述する．

本論文では PMF を角屋・永井 [4)]の最大洪水比流量包絡式(1)を用いて算定する．

$$q = KA^{-0.06}\exp(-0.04A^{0.45}) \tag{1}$$

ここに，q：洪水比流量[m^3/sec/km^2]，A：流域面積[km^2]，K：地域係数である．対象流域（東北地方）における地域係数は 26.0 である．式(1)は，複数流域の DD 式や DAD 式を整理し，その包絡線と合理式を関係付けることでピーク流量の式形が導出されている．係数は過去の多くの出水情報から決定されている．

可能最大流体力(PMHF)は，複数堤防決壊シナリオや堤内地の粗度係数を変化させることで，算定されている [3)]．流体力の評価には以下の(2)式が用いられている．

$$F = \frac{1}{2}C_D u^2 h \tag{2}$$

ここに，F:単位幅抗力 [kg/s^2], C_D:抗力係数，u:流速[m/s], h:水深[m]である．抗力係数は可能最大流体力の算定が本研究の目的であるため，1.0 の値が用いられている．

キーワード　渋井川，可能最大洪水，可能最大流体力，降雨流出・洪水氾濫モデル

連絡先　〒39-0398　富山県射水市黒河 5180 富山県立大学工学部環境工学科　ＴＥＬ 0766-56-7500

５．可能最大洪水・流体力算定時の不確実性

可能最大洪水を算定する際には多くの不確実性が存在する．以下にその要因を列挙する．

(1) 可能最大洪水を本研究では，式(1)より算定している．これは可能最大クラスの雨量では流域の土壌・地形特性や降雨の時空間分布等の影響は少なく，流域面積のみで最大洪水を議論できるという仮定に基づいている．しかしながら，流域の位置・地形的な要因により当然可能最大降水量(PMP)は異なり，これらを評価するためには領域気象モデル等を用いた詳細な検討が不可欠である．

(2) 式(1)は過去の実測の大規模出水データに基づいており，将来の地球温暖化等に伴う降水強度の変化等は考慮できない．温暖化に伴い各流域の PMP が変化することは容易に想像できるため，これらを検討することが必要不可欠である．

(3) 呉ら [3]が算定した PMHF では周辺の鳴瀬川や多田川といった大きい河川の堤防決壊は想定していない．これらの河川の堤防決壊が生じた場合は更に甚大な被害が想定される．このように想定されえるシナリオを全て網羅する必要がある．これら全てのシナリオを考慮してある PMHF の値に収束させることが必要となる．

(4) 本研究の計算では 1 次元不定流計算と 2 次元不定流計算を用いて氾濫解析を行っているため，堤防決壊部の 2 次元，3 次元的な流れの詳細な挙動は計算出来ていない．堤防決壊時の流体力を正確に評価するためには，更に詳細な計算が必要となる．

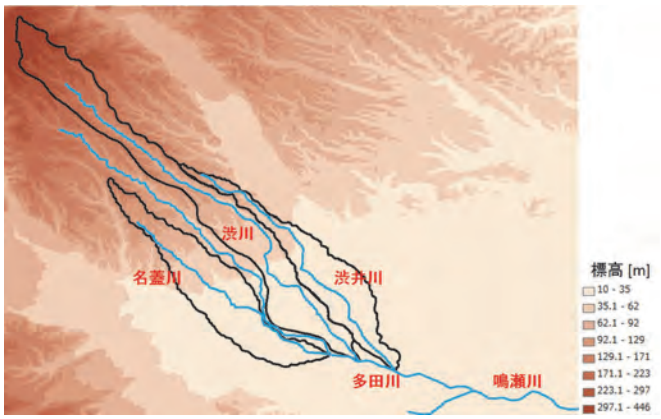

図-1 渋井川および周辺河川の位置関係

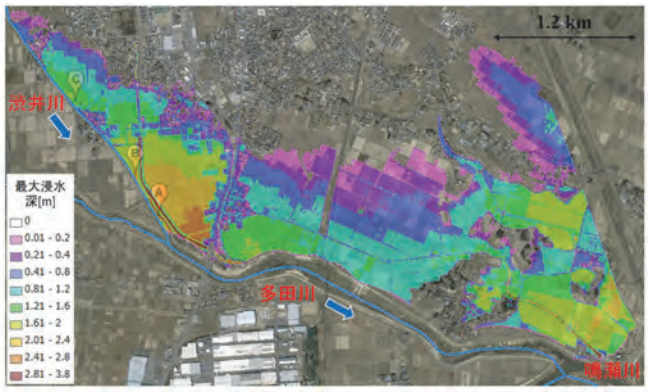

図-2 渋井川洪水氾濫計算結果の一例[3] (A-Cは堤防決壊地点)

６．まとめ

本研究では 2015 年 9 月に洪水氾濫が生じた鳴瀬川水系多田川支川の渋井川を対象として可能最大洪水・可能最大流体力の評価を行っている．しかしながら未だに多くの不確実性が存在するため，これらを定量的に評価することが重要となる．また正確な PMP の算定には，領域気象モデルを用い物理的な検討が必要不可欠である．

謝辞：本研究は，JSPS 科研費 15K18120 の助成を受けたものです．本論文の計算を行うにあたり，河道横断面形状は宮城県河川課および国土交通省東北地方整備局に，鳴瀬川痕跡水位は国土交通省東北地方整備局に提供頂きました．末尾ながらここに記して謝意を表します．

参考文献：

1) 呉修一，森口周二，堀合孝博，小森大輔，風間聡，田中仁：2015年9月東北豪雨による渋井川洪水氾濫の特徴，自然災害科学，投稿中.

2) 呉修一，山田正，吉川秀夫：表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究，土木学会水工学論文集，Vol.49, pp.169-174, 2005.

3) 呉修一，林晃大，森口周二，堀合孝博，田中仁 : 2015 年 9 月渋井川洪水氾濫を対象とした可能最大流体力の算定，土木学会河川技術論文集，Vol.22，投稿中.

4) 角屋睦，永井明博：洪水比流量曲線へのアプローチ，京都大学防災研究所年報，Vol. 22B-2, pp. 1-14, 1979.