

2017年7月秋田豪雨による雄物川の洪水氾濫について*

秋田大学 松富英夫 今野史子

1. はじめに

2017年7月22～23日の前線性秋田豪雨(以下、本豪雨)により雄物川沿いの横手市大森町、大仙市神宮寺、刈和野、峰吉川、寺館大巻(峰吉川の対岸)、淀川、秋田市新波などで大規模な洪水氾濫が発生した。内水や支川からの溢水・越水ばかりでなく、本川の無堤部から溢水が発生したため、総氾濫面積は36 km²程度¹⁾に達した。死傷者はおらず、2016年台風10号豪雨のときのような流木灾害²⁾も目立たなかったが、土木施設や農作物・農業用施設、住家被害(全壊3棟、半壊38棟、床上浸水635棟、床下浸水1,413棟)が大規模に発生した³⁾。

本研究は降水や洪水(水位、流量)の観測データ¹⁾および洪水氾濫域の現地調査に基づき、本豪雨による雄物川沿いの主な氾濫域における氾濫状況の実態、本豪雨や洪水氾濫の特徴、雄物川における治水の課題を論じる。

2. 流域、降水、洪水の概要

2.1 流域

図-1に雄物川本川の領域分割図を示す⁴⁾。雄物川本川は下流部(河口～椿川)、中流部①(椿川～玉川合流点)、中流部②(玉川合流点～皆瀬川合流点)と上流部(皆瀬川合流点から上流)の4領域に分割される。この領域分割は雄物川の災害や整備と密接に関係している。

図-2に雄物川流域(以下、本流域)の水系図、主要地点などを示す⁴⁾。雄物川は本川流路延長が133 km、流域面積が4,710 km²(秋田県面積の約4割)の一級河川で、本流域内人口は秋田県人口100万人の約6割である。本流域の年間降水量は平地部が1,500～1,700 mm、山地部が2,000～2,300 mmで、約40%は降雪である。河川整備基本方針⁵⁾における治水安全度は下流部が1/150、中・上流部が1/100、計画高水流量は河口で9,300(7,200) m³/s、椿川で8,700(6,800) m³/s、大曲で5,600(4,200) m³/s、雄物川橋で4,400(2,800) m³/sである。()内は河川整備計画⁴⁾における配分流量である。2006年8月時点の本川の治水安全度は下流部が1/30～1/50、中流部①が1/30以下、中流部②が1/30以下～1/50の混在、上流部が1/30以下である⁶⁾。

2.2 降水

図-2中に本流域の主要地点における降水状況(ハイエトグラフ)を示す⁷⁾。図によって左縦軸の降水強度目盛が異なっていることに注意を要する。最大期間降水量は秋田市雄和(気象庁)で348.5 mm、最大時間降水量は同じく秋田市雄和で73.5 mm/hである(秋田県⁷⁾と値が異なる)⁸⁾。これらの観測点値は7月としては観測史上最大である。また、本豪雨は全域的に2ピーク型の降水である(後述)。

2.3 洪水

図-3に本豪雨による主要地点における水位hのハイドログラフを示す。雄物川橋(本川)、大上橋(本川)、長野(支川)や淀川(支川)地点のような本川上流や支川ではそれらの上流におけるハイエトグラフを反映したハイドログラフとなっている。しかし、大曲地点から下流の本川では2ピーク型のパターンが消えている。

本川沿いの神宮寺や椿川地点で1日程度氾濫危険水位(図中の赤破線)を超えた。本豪雨による大規模な溢水氾濫はまさにこの区間の無堤部で発生し、刈和野橋地点の最大流量6,740 m³/s(≒河川整備計画における椿川の配分流量6,800 m³/s)が新波では3,940 m³/sに激減している。

3. 泛濫状況の実態例

本豪雨による総氾濫面積は36 km²に達したが、河川整備計画で想定された洪水が発生した場合の最大氾濫面積は112 km²と評価されており⁴⁾、これに比べれば狭い。

*Features and problems of flood inundation occurred at the Omono River caused by the Akita torrential rainfall in July, 2017
by Hideo MATSUTOMI and Fumiko KONNO

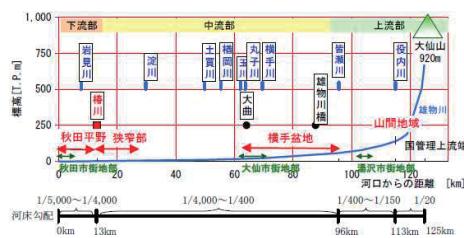


図-1 河川管理者による雄物川本川の領域分割⁴⁾

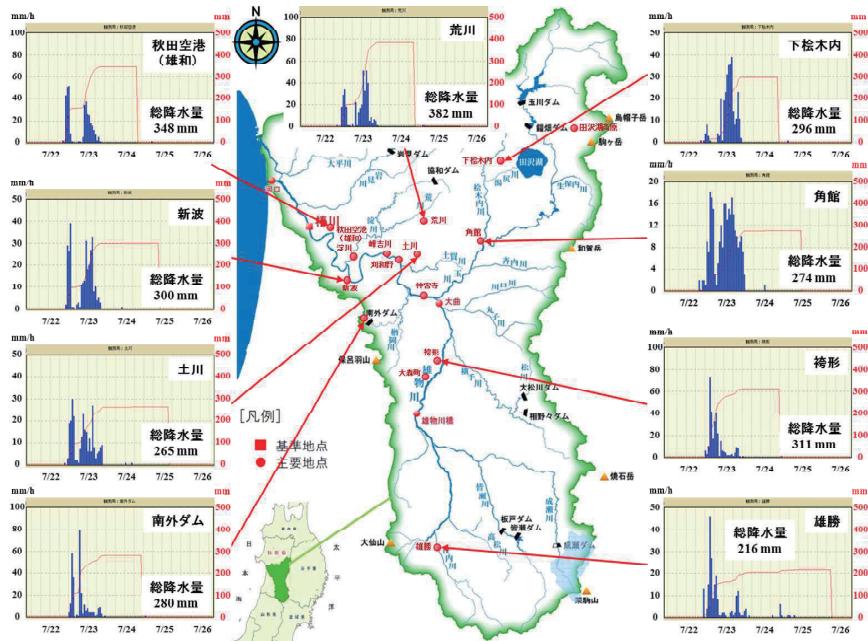


図-2 雄物川流域の水系図と主要地点における今回降水のハイエトグラフ（国交省の流域水系図⁴と秋田県の雨量図⁷を利用）

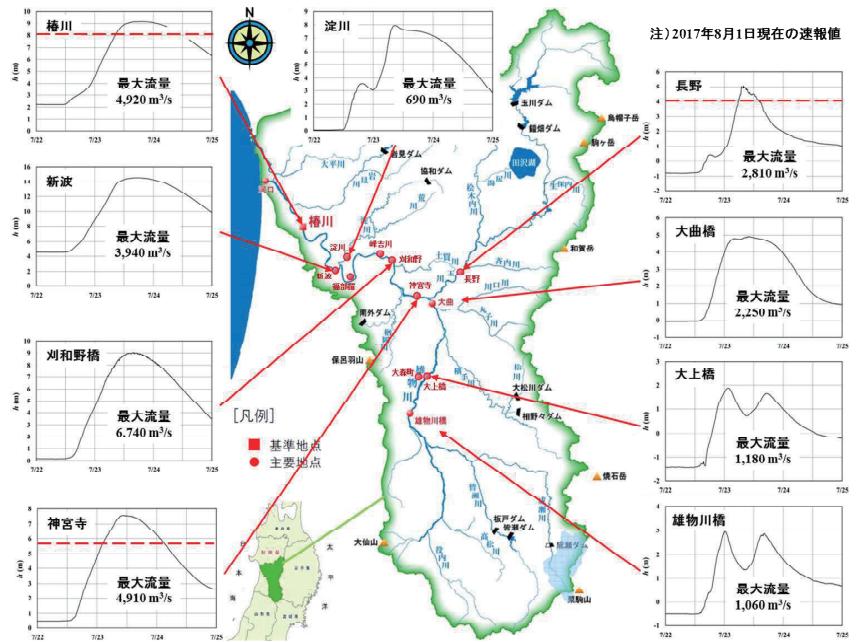


図-3 雄物川流域とその主要地点における今回降水のハイドログラフ（国交省の流域図²と国交省・秋田県の水位データ¹⁾を利用）

以下に主な氾濫域の氾濫実態を現地調査に基づいて示す。現地調査は2017年7月23日～9月2日の14日間行った。主な調査項目は氾濫域の各地点における最大浸水痕跡水位と地盤高の水準測量である。測点は不動な目印がある地点とし、測点間の位置関係や距離はGoogle Earthから評価した。水準測量には自動レベルを用いた。

3.1 大仙市峰吉川地区

大仙市峰吉川地区はかなりの部分が無堤（築堤途上）状態で、氾濫は主に雄物川本川からの溢水による。

図-4に本氾濫域における最大浸水痕跡水位（白○地点）と地盤高（白△や赤▲地点）の調査結果を示す。数値は水色が最大浸水痕跡水位で、白色が地盤高である。白○地点において両色の数値が示されていれば、浸水深が評価できる。黄色数値は氾濫域際に堆積した漂流ゴミ（枯草）上端や植生上の浸水痕跡を最大浸水痕跡水位としたもので、低めである。これらの水位や地盤高は国道13号沿いの一等水準点（白☆地点、TP 22.8 m）と対応づけられている。本氾濫域では国道13号のTP 18.26 m地点を含む約210 m区間が冠水し、交通が渋滞した。

本氾濫域におけるA-B間の水面勾配と地面勾配は各々 $(1.24-1.01)/920 \approx 1/4,000$ と $(3.95-1.55)/920 \approx 1/380$ で、B-C間は各々 $(1.42-1.24)/740 \approx 1/4,100$ と $(6.08-3.95)/740 \approx 1/350$ である。水面形は下流の水面勾配が緩いM₁曲線である。定常等流と広矩形を仮定し、マンニングの粗度係数を0.04とすれば、B点近傍の浸水深 $3.98-1.21=2.77$ m、D点の浸水深 $3.13-1.19=1.94$ mに対する最大浸水位時の氾濫流速は各々0.78 m/sと0.61 m/sと評価される。ここで、B点近傍の勾配は1/4,000、D点の勾配は1/4,100を採用している。フルード数は各々0.15、0.14と評価される。

一方、B点近傍とD点にある窓なしの農業用倉庫（幅3.8 m×奥行6.5 mと3.4 m×4.8 m）の前背面における浸水痕跡水位差⁹⁾は各々0.048 mと0.031 mであった。したがって、氾濫流速は、エネルギー損失を考えない場合はベルヌーイの定理から $\sqrt{(19.6 \times 0.048)} \approx 0.97$ m/sと $\sqrt{(19.6 \times 0.031)} \approx 0.78$ m/s、障害物がない平坦地の氾濫流と考えて流速係数を0.6（フルード数が0.50～1.45の定常流や氾濫流の実験で得たもの）とすれば⁹⁾、 $0.6 \times 0.97 \approx 0.58$ m/sと $0.6 \times 0.78 \approx 0.47$ m/sと評価される。本氾濫域は湛水性の傾斜域で、障害物がない平坦地に比べて氾濫水深は大きく、氾濫流速は小さくなり、流速係数0.6は不適と考えられる。流速係数を0.8とすれば、氾濫流速は各々0.76 m/s、0.62 m/sとなり、マンニング式から評価したものとほぼ同じになる。以下、経験値として氾濫域の流速係数0.8を採用する。

湛水性の本氾濫域では、障害物がない平坦地を対象としたときの上述の流速係数0.6と一緒に実験で得た前面浸水深を用いる氾濫流速の評価式^{2), 9)}も利用できない。

3.2 大仙市刈和野地区

図-5に大仙市刈和野地区における最大浸水痕跡水位と地盤高の調査結果を示す。凡例は**図-4**と同じである。本氾濫域は湛水性で、内水と国道13号以東の雄物川右支川土買川からの外水による。TP 16.50 m地点の北100 mで左岸堤防裏法面の一部崩壊が認められたが、外水は越水である。F点西側すぐの南北方向に低湿地が広がっている。

本氾濫域におけるF-G間の水面勾配と地面勾配は各々 $(1.35-0.61)/1,190 \approx 1/1,610$ と $(4.62-1.91)/1,190 \approx 1/440$ である。本氾濫域は低湿地があるなど地形や流向が複雑である。したがって、氾濫流速は評価しないことにする。

3.3 横手市大森町地区

図-6に横手市大森町地区における最大浸水痕跡水位と地盤高の調査結果を示す。凡例は**図-4**と同じである。白○地点の橙色の数値は浸水深である。本氾濫域は内水と雄物川の左支川大納川からの外水による。この地区的河川断面は単断面で、堤防の決壊は認められなかった。

本氾濫域におけるH-I間の水面勾配は $(3.34-1.20)/915 \approx 1/430$ 、I-J間は $(1.20-0.29)/544 \approx 1/600$ である。H-J間の地面勾配は $(1.87+0.31)/1381 \approx 1/633$ である。流下するにつれて、水面勾配は緩く（M₁曲線）、浸水深が小さくなっている。水面勾配に比べて地面勾配が緩い。これは河川から越流した氾濫水が幅広に拡がったためである。

定常等流と広矩形を仮定し、マンニングの粗度係数を0.04とすれば、H-I間の平均浸水深 $(0.99+0.43+0.86+0.87)/4 \approx 0.79$ m、I-J間の平均浸水深 $(0.86+0.87+0.47+0.60)/4 \approx 0.70$ mに対する最大浸水位時の氾濫流速は各々1.03 m/sと0.81 m/sと評価される。ここで、H-I間の勾配は1/430、I-J間は1/600を採用している。フルード数は各々0.37、0.31と評価され、本氾濫域も湛水傾向を持った氾濫域と言えよう。

4. 泛濫域の貯留量

代表的な2つの氾濫域（峰吉川地区と刈和野地区）における最大浸水位時の氾濫面積A_tと貯留量V_tを概算してみる。**図-7**に7月24日撮影の2地区の斜め写真を示す¹⁾。**図-3**のハイドログラフから理解されるように、2地区は7月23日の16時前後に最大浸水位に達したと推定される。

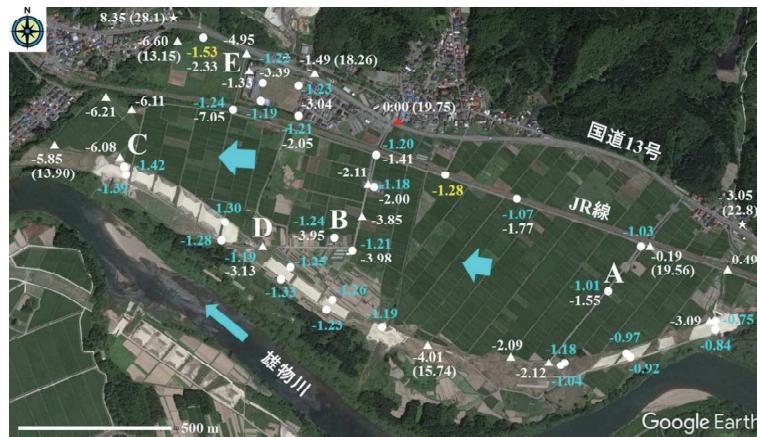


図-4 大仙市峰吉川地区(雄物川右岸)における雄物川の溢水氾濫による最大浸水痕跡水位などの空間分布(Google Earthに加筆。赤▲地点を基準、白☆は一等水準点、△は推定氾濫方向、○内は標高、単位はm)。本地区で確認できた最大浸水深は5.81 m。



図-5 大仙市刈和野地区における右支川土買川の外水と内水の氾濫による最大浸水痕跡水位などの空間分布（Google Earthに加筆。凡例は図-4と同じ）。本地区で確認できた最大浸水深は6.02 m。



図-6 横手市大森町地区における左支川大納川の外水と内水の氾濫による最大浸水痕跡水位などの空間分布（Google Earthに加筆、一部を除き、凡例は図-4と同じ）。本地区で確認できた最大浸水深は218 m。

峰吉川地区の氾濫面積と貯留量は、氾濫域は2つの長方形からなると仮定し、浸水深は測量結果に基づけば、

$$A = 2.17 \text{ km} \times 0.34 \text{ km} + 0.33 \text{ km} \times 0.19 \text{ km} \approx 0.80 \text{ km}^2$$

$$V_I = 2,170 \text{ m} \times 340 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} + 330 \text{ m} \times 190 \text{ m} \times 4.8 \text{ m} = 2.1 \times 10^6 \text{ m}^3$$

刈和野地区の氾濫面積と貯留量は、氾濫域は台形と仮定し、浸水深は測量結果に基づけば、

$$A = 0.5 \times (1.33 \text{ km} + 0.57 \text{ km}) \times 0.86 \text{ km} \approx 0.82 \text{ km}^2$$

$$V_I = 0.5 \times (1,330 \text{ m} + 570 \text{ m}) \times 860 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \approx 2.0 \times 10^6 \text{ m}^3$$

一方、総降水量(体積) V_R は流域平均の期間降水量を 212 mm (本流域内38観測点¹⁾の算術平均値。ティーセン法では 220 mm¹⁾) とすれば、

$$V_R = 4,710 \text{ km}^2 \times 0.212 \text{ m} = 9.99 \times 10^8 \text{ m}^3$$

氾濫域の総貯留量 V_H は総氾濫面積を 36 km²、浸水深を 1~2 m(斜め写真¹⁾、地形図、踏査から推定) とすれば、

$$V_H = 36 \text{ km}^2 \times (1 \sim 2) \text{ m} = 4 \sim 7 \times 10^7 \text{ m}^3$$

したがって、氾濫域(峰吉川地区は穴あきダムに相当)は最大で総降水量の4~7%程度を貯留したことになる。これは国交省管理の玉川ダムと秋田県管理の5ダム(6ダム合計の最大洪水調節容量は $1.76 \times 10^8 \text{ m}^3$) の総洪水調節量約 $5.2 \times 10^7 \text{ m}^3$ (東京ドーム42個分。うち玉川ダムは25個分)¹⁰⁾ に匹敵する。ただし、両者の洪水調節効果を比較するときは貯留場所や調節状況、調節時間帯の違いなどに注意する必要がある。

5. 特徴と課題

5.1 降水

本豪雨は日最大降水量が7月としては観測史上

最大となった流域内観測点が7地点⁸⁾も存在する大雨である。

本流域におけるこれまでの降水パターンは全流域型、玉川流域型、上流域型の3つに大別されている⁴⁾。本豪雨¹⁰⁾は上流域を除く玉川・中・下流域型の新型である。河川整備計画では上流部は全流域型、玉川は玉川流域型、中・下流部は全流域型の降水による洪水を対象としている。今回氾濫した中流部①は新型の降水による洪水を対象とするべきかどうか再検証が必要と思われる。

本豪雨は12時間程度の時間差を持つ2ピーク型の降水で、後半に降水量が多い。**図-8**に示すように同量の雨が同時に降る場合、一様型の場合(水色)に比べて、2ピーク型の場合(黄)は初期の内水や支川の排水が厳しく、避難にも影響する。同量の雨が短時間に集中する場合(赤)が最も厳しい。現計画降雨⁵⁾は1896年~1972年の降水データに基づく24時間程度の時間差を持つ2ピーク型の2日間降水で、本降水と時間パターンが異なり、計画降雨の時間パターンに関して再検証(1972年から45年経過)が必要と思われる。

5.2 人的被害

本豪雨では死傷者がいない³⁾。本流域では1955年6月洪水を最後に洪水のみによる死者・行方不明者の記録はない¹¹⁾。今回を含めてこの間に11回の洪水が発生しており、これまで積重ねてきたハードとソフトの治水対策や地域の絆が効果を發揮していると言える。今回は「事前防災行動計画」¹⁰⁾、「秋田式の気象台ホットライン」¹²⁾、「見逃し三振より空振り三振の姿勢」¹²⁾も功を奏した。とは言え、2016年3月時点の本川4領域の河川整備率は下流から順に77, 48, 75, 57%である⁴⁾。河川整備率の向上を急ぐ必要がある。

5.3 建物被害

氾濫面積が広い割に全壊住家が3棟と重大な建物被害が少なかった。理由として、1)本川からの氾濫は溢水で、氾濫域は湛水性の農地が多く、氾濫流速が小さかった、2)支川では越流氾濫も発生したが、堤防近傍に

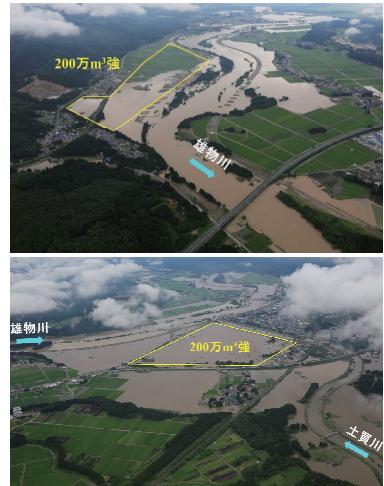


図-7 大仙市峰吉川地区(上図)と刈和野地区(下図)における最大貯留量評価域(国交省提供写真に対象域を加筆)

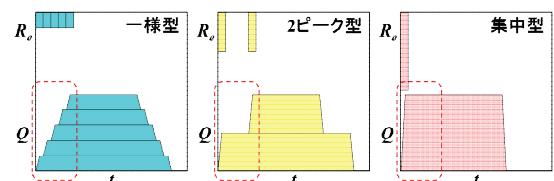


図-8 単位雨量の基底長が十分に長い場合における降水と流出の3パターン (R_e : 有効雨量, Q : 流出流量, t : 時間)

建物がないか(刈和野地区), 越流水の流勢が弱かった(大森町地区), 3)浸水深が大きいところに気密性の高い最近の住家がなかったことが考えられる。3)の例として, 図-4中のB点近傍の農業用倉庫や図-9に示す雄物川の右支川淀川(図-3参照)の中・下流域境界域(淀川地区)におけるN点の農業用倉庫(4.7 m×7.4 m)がある。N点の倉庫は浸水深が1.89 mに達したが, 気密性の問題と前背面における浸水痕跡水位差がなく, 最大浸水位時の倉庫周辺の氾濫水が淀んでいたため, 浸水被害に止まった。

5.4 揚排水機場建屋の根入れ問題

図-9に示す淀川地区のK点において2.3 m程根入れした揚排水機場のRC造建屋(7.9 m×8.6 m)が溢水した氾濫流による洗掘で傾斜し, 回転する被害を受けた。下流側から見た被災状況を図-10に示す。この建屋は道路橋の下流約140 m, 河川右岸法肩から約25 mのところに位置し, 建屋周りは舗装されていた。建屋の陸側は水田であるが, 泛濫水が大規模に湛水するような地形ではない。この建屋から川に沿って約250 m下流のL点に位置する簡易水道浄水場のRC造建屋(7.9 m×6.9 m)は洗掘被害を受けず, 建屋の前背面における浸水痕跡水位差は $1.60-1.17=0.43$ mであった。氾濫流速は流速係数を0.8とすれば $0.8 \times \sqrt{(19.6 \times 0.43)} \approx 2.3$ m/s, 著者らの前面浸水深を用いる評価式によれば $0.66 \times \sqrt{(9.8 \times 1.60)} \approx 2.6$ mと評価される。この浄水場建屋はそばの河畔林に守られており, 被災した揚排水機場建屋における氾濫流速は上流の橋の影響もあり, このものより大きいと推定される。今回の被災により, 揚排水機場建屋の根入れ深さの再検証が必要と思われる。

6. おわりに

降水や洪水の観測データおよび氾濫域の現地調査に基づいて, 降水域パターンがこれまでと異なる玉川・中・下流域型の新型であること, 湛水性の氾濫域における氾濫流の流速係数が0.8程度であること, 泛濫域の貯留量が総降水量の4~7%で, 6ダムの総洪水調節量とほぼ同じであること等を明らかにし, 計画降水の時・空間分布の再検証や河川整備率の早急な向上, 揚排水機場建屋の根入れ深さの再検証の必要性を指摘した。

謝辞: 現地調査では本学卒論生 石田将貴, 内館美紀, 大島尚也, 岡田隼人, 久保田友寛, 照井裕介各氏の助力を得た。また, 秋田大学 渡邊一也先生, 岩手大学 松林由里子先生にもご協力頂いた。謝意を表する。

参考文献

- 1) 國土交通省秋田・湯沢両河川国道事務所提供(速報値).
- 2) 土木学会・地盤工学会合同調査団: 平成28年台風10号による岩手県災害調査報告書, pp.18-22, 2017.
- 3) 秋田県: 平成29年7月22日からの大雨による被害状況, http://www.bousai-akita.jp/uploads/user/system/File/higaihou_2017.pdf, 2017/8/16参照.
- 4) 國土交通省東北地方整備局: 雄物川水系河川整備計画(大臣管理区間), p.173, 2017.4.
- 5) 國土交通省河川局: 雄物川水系河川整備基本方針, p.16, および基本高水等に関する資料, p.21, 2008.
- 6) 國土交通省: 雄物川圏域 治水安全度現況図, http://www.thr.mlit.go.jp/akita/kasen/chisui/pdf/omo_005.pdf, 2017/9/6参照.
- 7) 秋田県河川砂防課: 雨量情報, <http://sabo.pref.akita.jp/uryo/menutop.htm>, 2017/7/26参照.
- 8) 秋田気象台: 秋田県災害時気象資料, http://www.jma-net.go.jp/akita/pdf/kentyogenshou/20170723_saigaji.pdf, 2017/7/26参照.
- 9) Matsutomi, H. and Okamoto, K.: Inundation flow velocity of tsunami on land, Island Arc, Vol.19, Issue-3, pp.443-457, 2010.
- 10) 國土交通省東北地方整備局: 平成29年7月22日出水(梅雨前線)の概要, 第2報 7月28日17時時点, 2017.
- 11) 松富英夫: 出羽の穀倉地帯を育んだ雄物川, 季刊 河川レビュー, 第161号, pp.4-13, 2013.
- 12) 読売新聞社: 《上》雄物川中流の整備不十分, 《下》避難情報 空振り辞さず, <http://www.yomiuri.co.jp/local/akita/feature/CO030571/20170822-OYTAT50025.html>, 2017/08/25参照.

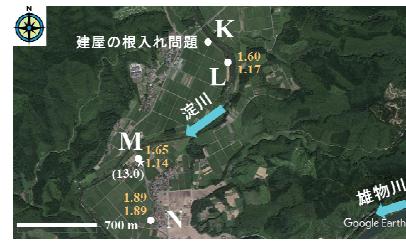


図-9 大仙市淀川地区における最大浸水深の空間分布と被災した建屋位置 (Google Earthに加筆。凡例は図-6と同じ)



図-10 大仙市淀川地区の傾斜・回転した揚排水機場建屋