

平成 16 年洪水災害報告 - 福井豪雨災害を中心として -

立川 康人

要 旨

平成 16 年は観測史上最多となる 10 個の台風の上陸や梅雨前線の活動により全国各地で風水害が相次いだ。これらによる死者・行方不明者数は合計で 232 名に上り、最近の風水害の中で見ると、1982 年の長崎水害に次ぐ犠牲者数となった。平成 16 年の風水害の特徴として、短時間内の降雨規模の大きさとともに中小河川流域での被害が多発したことが挙げられる。7 月 18 日に発生した福井豪雨はその代表的な例であり、九頭竜川水系の足羽川(基準点の天神橋上流で 351 km²)では、流域平均雨量で 6 時間に 265mm の降雨が推定され、河川水位もこれまでの記録を大きく値を観測した。この豪雨により流域全体で甚大な洪水災害・土砂災害が発生し、下流の福井市街地では堤防の決壊による洪水氾濫が発生した。本稿では平成 16 年の水害の中で福井豪雨災害を中心として災害の特徴を報告し、今回の災害から得られた教訓を考えたい。

キーワード：福井豪雨災害，足羽川，中小河川，洪水災害，河川計画

1. はじめに

2004 年は、6 月に上陸した台風 4 号を皮切りに観測史上最多の 10 個の台風が上陸し、全国で風水害が発生した。また梅雨前線の活動により、新潟・福島、福井では短時間に集中する豪雨により甚大な洪水災害が発生した。消防庁の調べによれば、台風 6 号以降、台風 23 号までの死者・行方不明者数は 232 名に上り、最近の風水害では 1982 年の長崎水害に次ぐ犠牲者となった。

今回の水害の特徴をまとめると以下のようなになる。まず、気象外力の特徴として、活発な梅雨前線により非常に強い降雨が短時間に狭い範囲に集中したこと、台風の上陸数が最多であったことに加えてその勢力が強く、広範囲に強い風雨がもたらされたことが挙げられる。国土交通省によれば、平成 16 年に計画高水位を超えた河川は延べ 16 水系 20 河川、警戒水位を超えた河川は延べ 228 水系 387 河川となっており、警戒水位を超えた河川は全国に広がった。

被害の特徴として、この強雨により複数の河川で

堤防が決壊し、中小河川を中心として多くの被害が発生したこと、平成 16 年の水害では土砂災害による犠牲者が 58 名とされており、土砂災害以外の風水害での犠牲者が多かったこと、6 割の犠牲者が 65 歳以上の高齢者であったことが挙げられる。

平成 16 年に発生した水害の概要を順に述べると、まず台風 6 号によって 6 月 18 日から 22 日にかけて九州から本州太平洋側で 300mm 以上の降水がもたらされ、土砂災害が発生した。次に、7 月 12 日から 13 日にかけては梅雨前線の活動が活発化し、新潟県・福島県で集中的な豪雨が発生した。13 日には栃尾で観測史上最大の日降水量 421mm を観測した。この豪雨によって信濃川水系の五十嵐川、刈谷田川などで堤防が決壊し、16 名の犠牲者が出た。その梅雨前線が南下し、7 月 17 日から 18 日にかけて北陸・岐阜において豪雨をもたらした。福井県の足羽川流域において観測開始以来最大となる洪水が発生し、福井市街地で足羽川の堤防が決壊する他、流域全体で甚大な洪水災害が発生した。さらに、台風 10 号、11 号、15 号、16 号、18 号、21 号、22 号、23 号と 7 月

下旬から10月中旬まで、2週間に1個の割合で台風が上陸し被害をもたらした。特に、この年10個目に上陸した台風23号は10月19日から21にかけて、日本全国に被害をもたらした。死者・行方不明者数の総計は94名に上っており、中でも兵庫県・京都府の河川で多くの被害が発生した。

本稿ではこれらの洪水災害の中で福井豪雨を対象として被災状況を報告する。また、中小河川における洪水流出予測の課題を示し、中小河川流域における治水計画を考察して今回の災害から得られる教訓を考えたい。

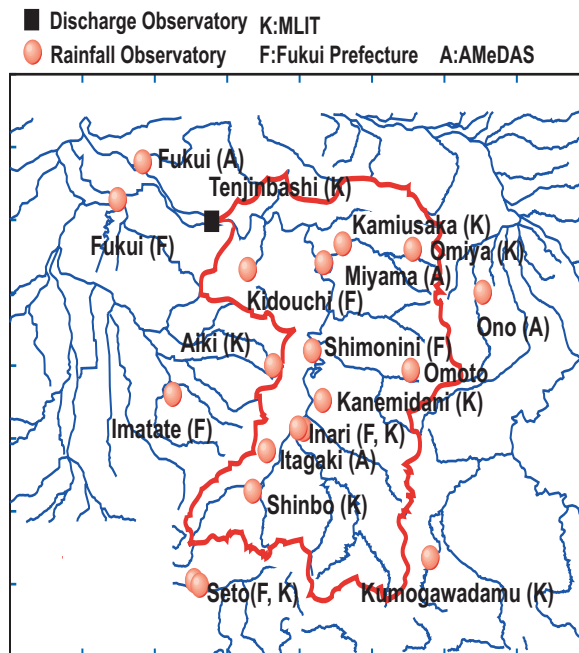


Fig. 1 Asuwa River basin and the locations of hydrologic observatories.

2. 2004年福井豪雨の特徴

足羽川流域の基準点、天神橋地点において流量観測データが存在する昭和53年以降のピーク流量が $400\text{m}^3/\text{s}$ 以上の9洪水を対象に水位・流量データ(国土交通省足羽川ダム工事事務所ホームページ)、地上雨量データを収集した。Fig. 1に足羽川の概要と流域の水文観測所の観測位置を示す。Table 1は対象とした既往洪水の期間と流量・雨量の概要を示したものであり、天神橋地点での流量、天神橋上流域の面積平均雨量に関する値を示している。

Table 2に収集した雨量データ観測地点の一覧を示す。雨量データはそれぞれの年で観測地点数が異なり、年を経るにつれて使用可能な観測地点が増加している。ここでは、流域平均面積雨量の算定や次節での流出計算のために、最近隣法を用いて地点観測雨量を空間分布雨量に変換した。具体的には、対象流域に一辺3kmのメッシュをかけ、グリッドセルの中心から最も近い雨量観測地点の雨量をそれぞれのグリッドセルの雨量とした。

Table 1に示した既往洪水の流量ハイドログラフをFig. 2に示す。左図は2004年の洪水であり、右図は既往洪水を、洪水規模の違いがわかるように基点をずらして表示している。2004年7月洪水の流量データは国土交通省が推定した洪水ハイドログラフから読み取ったものであり、ピーク流量が約 $2,400\text{m}^3/\text{s}$ と推定されている(九頭竜川流域委員会, 2004)。流量観測開始後の約25年間の中では2004年洪水はこれまでの観測流量の2倍近い値となっている。2004年7月11日の午前6時以降はほとんどの観測地点で降雨は観測されておらず、流域がある程度乾燥した状態から急激に流量が増加した洪水であった。

Table 1の流域平均最大6時間雨量、流域平均最大2日間雨量およびそれらの比率を見ると、2004年豪雨がほとんど6時間の中で集中して発生したことが分かる。2004年洪水以外で今回のように時間的に集中した豪雨例は1979年9月の洪水しかない。国土交通省によれば天神橋上流の2日雨量 268.8mm は明治30年以降の記録で既往第3位、その年超過確率は明治30年から昭和51年のデータを用いて $1/25$ 、一

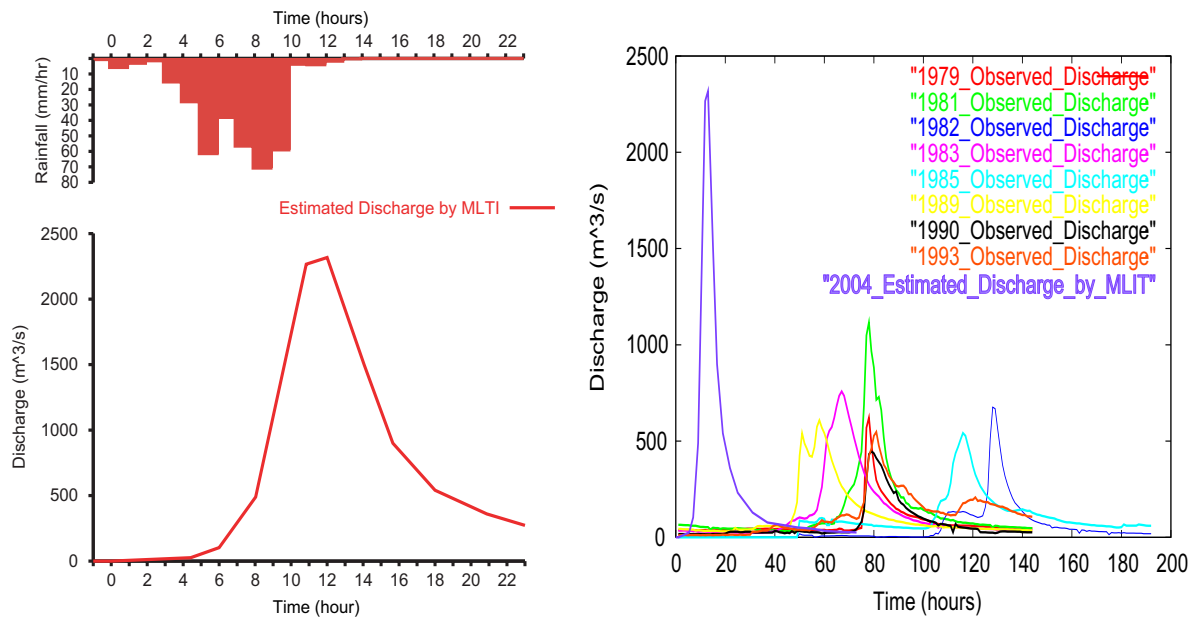


Fig. 2 Historical hydrographs at the Tenjinbashi station, the outlet of the Asuwa River basin.

3. 被災状況の概要

Fig. 1 に足羽川流域の概要を示す。基準点となる天神橋地点は日野川との合流地点の上流約 12.5km であり、扇状地の扇頂部にあたる。この地点を境に上流部では足羽川は谷底平野の最下部を流れ、流下能力は $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 以下と推定されている。天神橋地点より下流約 5km の区間は $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 近くの流下能力を有し、河川の両側には水田が広がる。しかし、それより下流の福井市街地では河川の両側まで住宅がせまり、現行の流下能力は $1,500\text{m}^3/\text{s}$ 程度となっている(九頭竜川流域委員会, 2004)。

被害は流域全体に及んでおり、下流部では福井市街地の春日地区で破堤し、外水・内水による浸水被害が発生した。天神橋上流部では谷底平野全体が氾濫流で流され、JR 西日本の越美北線の橋梁 5 橋が倒壊した。また、上流部では多くの土砂災害が発生した。この災害による福井県内の犠牲者は 5 名、床上浸水 4219 戸、床下浸水 9761 個(8 月 12 日付消防庁資料)であった。

Photo 1(a) に足羽川左岸の破堤地点(日野川との合流点から上流 4.7km 地点)を示す。破堤時刻は 13 時 34 分頃とされており、この時刻の約 40~50 分前には最高水位に到達したと推定されている(廣部, 2005)。この地点を含む区間では破堤前に一時間以上にわたって越流していたことが分かっている。Photo 1(b) は破堤地点から堤内地側を見たものであり、あたり一面がごみと泥に覆われた様子を示している。



(a) Dyke break point along the Asuwa River.



(b) Inundated area in the Kasuga district.

Photo 1 Dyke break point and inundated area at the Kasuga district in the Fukui City area.



(a) Evidence of flood water stage



(b) Floodwood remaining at plain field of valley



(c) Devastated plain field of valley



(d) Remaining cat in paddy field



(e) Collapsed railway bridge



(f) Railway bridge washed away

Photo 2 Devastated plain field of valley along the Asuwa River in the Ichijyodani district located at upper part of the Tenjinbasi.

Photo 2 に天神橋地点のすぐ上流にあたる一乗谷地区の被災状況を示す。この地域は足羽川によって形成された谷底平野であり、その最も低いところを足羽川が流れている。Photo 2(a) その谷底平野に立つ家屋である。一階の中ほどに洪水痕跡跡を見るこ

とができる。(b)(c)(d)は同地域の被災状況を撮影したものである。(e)(f)はこの地区にかかる JR 西日本の越美北線第一鉄橋が破壊された様子と流された橋梁である。ピーク時、洪水水位はこの鉄橋の高さまで上がっていたことが分かっている。



(a) Left shows devastated area just after the heavy rainfall. Right photo was taken on September 30, 2004. Heavy amount of sedimentation flows along the small creek.



(b) Left shows devastated area just after the heavy rainfall. Right photo was taken on September 30, 2004. The figures show the depth of sedimentation.

Photo 3 Devastated plain field of valley along the Asuwa River in the Ichijyodani district located at upper part of the Tenjinbasi.

Photo 3 に足羽川中流部左岸の蔵作地区の土砂災害の様子を示す。(a)(b)ともに左写真が災害直後の7月20日に撮影したものであり右写真が9月30日に撮影したものである。これらの写真を比較することで土砂が1m以上堆積していたことがわかる。この地域では午前8時ころに大量の土砂が流出したとのことだが、幸いにも土砂災害による犠牲者は出なかった。

4. 洪水流出の再現

治水計画を考える場合、ある確率規模の計画降雨を定めて基本高水を算定することが計画の基本とされているが、中小河川ではその算定の元となる水文データの蓄積が十分でなく、特に2004年7月洪水の

ような計画規模に匹敵する、あるいはそれを上回る洪水データはモデル同定時にはほとんど存在しない。これまで数多くの洪水流出モデルが開発されているが、こうした水文観測が十分でない流域において観測したことがないような大洪水をどの程度、予測・再現できるかは、そのようなデータが存在しないこともあって十分検討されていない。

一般に中小河川では降雨の時間空間分布の仕方によって洪水ピーク流量が大きく変動するため、洪水予測は大河川と比べると難しい。水文観測が十分でない数百 km² の流域における河川流量の予測値を予測の不確かさや信頼性を合わせて示し、予測が合わない原因を追究して予測の信頼性を向上させることが、中小河川流域の洪水軽減対策の基本であると考えられる。

以下では、地形や降雨の空間分布を考慮すること

ができる分布型洪水流出モデル (市川ら, 2001) を用い, 既存洪水から決定したモデルパラメータを設定して2004年洪水の再現結果がどのようなであったかを示す。対象地点は足羽川の計画基準点である天神橋地点 (Fig. 1 参照) であり, 天神橋上流の流域面積は 351 km^2 (ここで用いる分布型洪水流出モデル上では 353.6 km^2) である。なお, ここではその概略を示す。詳しくは立川ら (2005) を参照されたい。

4.1 流域地形モデル

流出モデルは市川らが開発した分布型流出モデル (2001) を用いる。流域モデルは, 椎葉らによる流域地形の数値表現形式 (1998, 1999) を採用し, 国土地理院が発行する数値地図 50 m メッシュ (標高) を用いて 50 m 分解能で斜面要素の流れ方向を一次的に決定する。Fig. 3 に本モデルで用いている足羽川流域 (天神橋より上流 353.6 km^2) の流域モデルを示す。位置座標は, 東経 136 度 7 分 30 秒, 北緯 35 度 45 分

0 秒に原点をずらした UTM 座標系 (第 53 帯) で表す。

4.2 流れのモデル

Fig. 3 に示す流れ方向に従って, すべての斜面要素での流れを一次的に追跡して河道への流出量を算定する。次に, 河道における流れを追跡して, 流域下端での河川流量を算定する。流れの追跡計算には斜面部, 河道部ともキネマティックウェーブモデルを用いる。

斜面部の土層は Fig. 4 に示すように重力水が発生する大空隙部分と毛管移動水の流れの場であるマトリックス部分から構成されると考える (立川ら 2004)。土層厚を D とし, マトリックス部の最大水分量を水深で表した値を d_c , 重力水を含めて表層土壌中に存在し得る最大水深を d_s と考え, 次の流量流積関係式を仮定する。この流量流積関係式 (1) と連続式 (2) とから雨水を追跡する。河道においては, 矩形断面を仮定し土層厚をゼロとして表面流のみを考える。

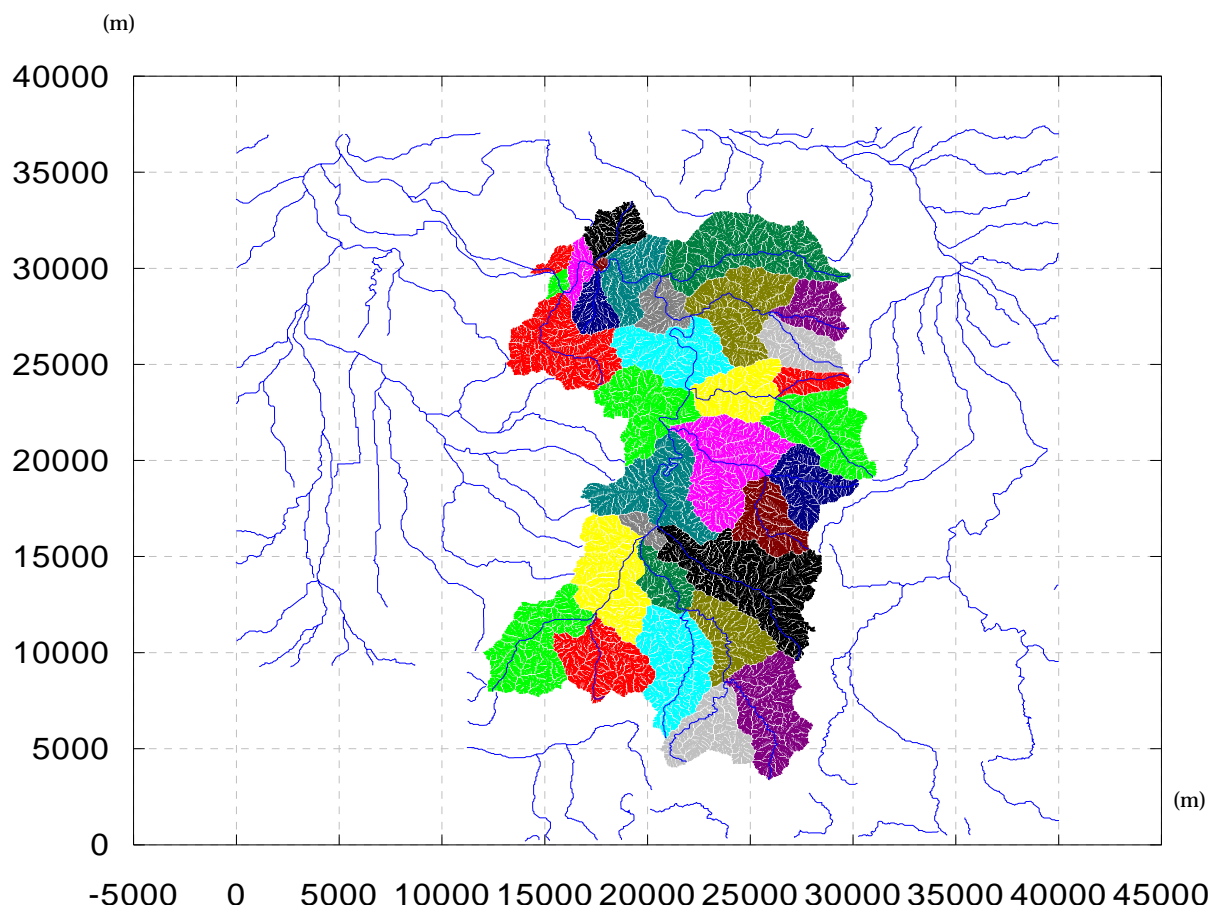


Fig. 3 Watershed model for the Asuwa River basin with the upper part of the Tenjinbashi station. The location is specified using UTM coordinate with m unit.

$$q = \begin{cases} v_c d_c (h/d_c)^\beta, & (0 \leq h \leq d_c) \\ v_c d_c + v_a (h-d_c), & (d_c < h \leq d_s) \\ v_c d_c + v_a (h-d_c) + \alpha (h-d_s)^m, & (d_s < h) \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = r \quad (2)$$

ここで

$$v_c = k_c i, v_a = k_a i, k_a = \beta k_c, \alpha = \sqrt{i} / n$$

であり、モデルパラメータは流量流積関係式を決定する n ($m^{-1/3}s$), k_a (m/s), d_c (m), d_s (m), $(-)$ の5からなる。 n は地表面流が発生する場合のマニングの粗度係数, k_a は重力水が卓越する A 層内の透水係数, は重力水部と不飽和水部との飽和透水係数の比である。

4.3 2004年洪水の再現結果

これまで他流域で得ているパラメータ値を出発点として試行錯誤的に適合するパラメータを求めた。計算開始時刻は洪水開始前かつそれ以前の降雨から十分時間が経っている時刻を選択し、計算開始時において雨水の移動は定常状態にあると仮定して、天神橋地点の観測流量を与えて流域の初期土壌水分量を決定した。Table 3 は決定したモデルパラメータの値である。また河道での粗度係数はすべての区間で $0.03 m^{-1/3}s$ とした。

すべての洪水に適合するようなパラメータセット

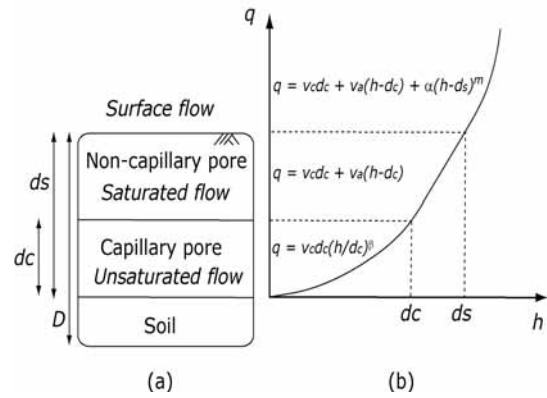


Fig. 4 Model soil structure and discharge stage relationship.

を見出すことはできず、1979年から1993年までの洪水から得られたパラメータをそれぞれ設定して2004年洪水を再現すると、Fig. 5のようにいずれのパラメータセットを用いた場合も国土交通省の推定する $2400 m^3/s$ のピーク流量を上回り、 $2500m^3/s$ から $4200m^3/s$ の範囲にばらつくという結果となった。

次に、2004年洪水を用いてその洪水に適合するパラメータを決定し、他の洪水にそのパラメータを当てはめてみた。つまり、1979年から1993年の洪水で求めたパラメータを用いて2004年洪水を再現することは規模の小さな洪水から大きな洪水を推定することになるため、逆に規模の大きな洪水から得られたパラメータを用いた場合に、規模の小さな洪水がどのように再現されるかを確認した。Fig. 6に2004年洪水に適合するパラメータを求めた場合の2004年洪水の再現結果を示す。このパラメータを用いて各年の洪水の再現した場合は、すべての洪水のピーク流量を小さく計算するという結果となった。

Table 3 Identified model parameter values for each year flood.

parameter	1979	1981	1982	1983	1985	1989	1990	1993	2004
n ($m^{-1/3}s$)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
k_a (m/s)	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
d_s (m)	0.17	0.4	0.2	0.6	0.2	0.25	0.325	0.25	0.26
d_c (m)	0.1	0.35	0.15	0.15	0.1	0.18	0.2	0.18	0.16
(-)	4	24	12	12	8	4	8	24	4

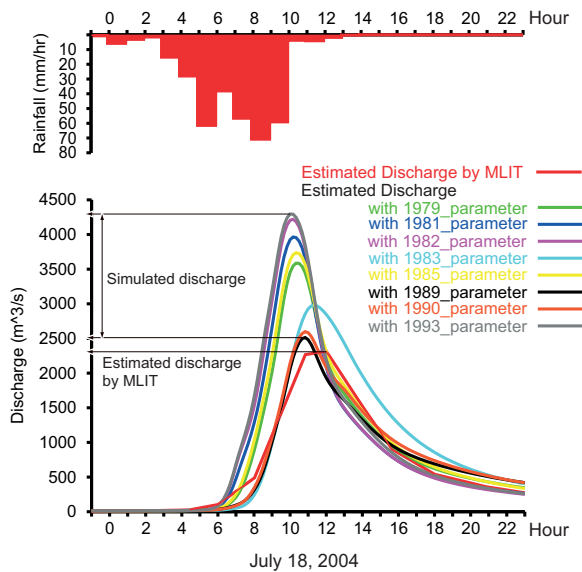


Fig. 5 Reproduction of 2004 flood with identified parameter values.

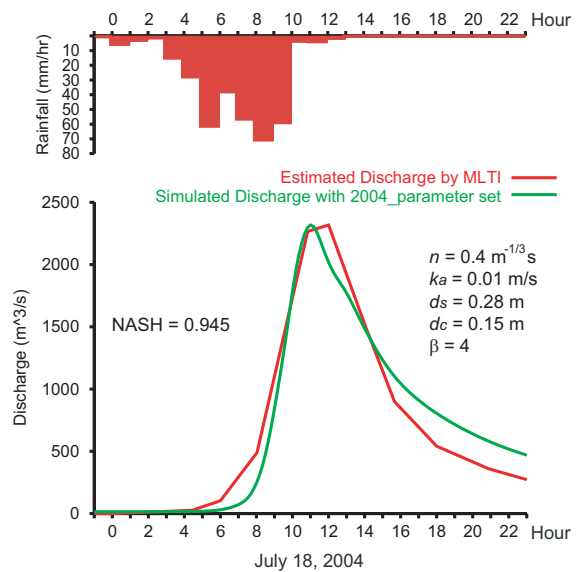


Fig. 6 Parameter identification using 2004 flood.

4.4 考察

以上の結果について考察する。Table 4 はモデルパラメータの同定結果をもとに Table 3 のモデルパラメータの値をグループごとに並べなおし、それに Table 1 の豪雨・洪水の特性を合わせて示したものである。グループ 1 はそのパラメータセットを用いるとそれ以外の年のピーク流量を大きく計算してしまうグループ、グループ 3 は逆に小さく計算してしまうグループ、グループ 2 はその両方のケースが現れるグループである。

グループ間のパラメータ値の違いでもっとも特徴があるのは n の値と重力水部の土層厚 d_s-d_c の値の違いである。グループ 1 では n の値が大きく不飽和部の流れが非常に遅いこと、また重力水部の土層厚がグループ 3 よりも小さいことが特徴である。これらのパラメータセットを用いると、降雨強度が小さく大半の雨水が土層内を流れる場合には、洪水ハイドログラフはなだらかでピーク流量は小さなものとなる。ところが降雨強度が非常に大きくなる場合には、土層がすぐに飽和して地表面流が発生し流量が急激に増加する。重力水部の土層厚が薄いことがさらに地表面流を発生させやすくしている。

一方、グループ 3 では n の値が小さく重力水部の土層厚が大きい。 n の値が小さいために不飽和土層内の流速が大きくなり、降雨強度が小さい場合はグループ 1 の場合よりもピーク流量は大きくなる。ただし、降雨高度が大きい場合は地表面流として流出する流量がグループ 1 よりも少なくなるため、同じ

降水量を与えた場合はグループ 3 のパラメータを持つモデルの方がピーク流量は小さくなる。グループ 2 のパラメータの値はこれらの中間にある。

このようなパラメータの値の違いがどうして発生するかが問題である。3 つのグループ間で、ピーク流量、初期流量、雨量、雨量比率とも際立った特徴の違いが見られない。唯一違いが見られるのは雨量観測所の地点数である。グループ 3 は 3 年分のすべての洪水において雨量観測の地点数が 10 地点以上あり、それ以外の年の洪水データよりも雨量観測の精度が高いことが推測される。雨量の観測精度が悪いとモデルパラメータの決定過程に影響を及ぼし、モデルが現実を反映しないものになってしまう。ただし、グループ 1, 2 と雨量観測が 10 地点ある洪水データを一つずつ含んでおり、これらの洪水データとグループ 3 の洪水データとの条件の違いを考える必要がある。

Table 4 からそれらの違いを挙げるとすれば、グループ 1 の 1993 年洪水は初期流量が対象とした 9 洪水の中でもっとも小さいこと、グループ 2 の 1985 年洪水は計算開始時刻の初期流量がもっとも大きいことである。1985 年洪水は計算開始時刻以降も明瞭に流量が低減しており、定常状態を仮定して初期状態を決定したことに問題があった可能性がある。降雨は時空間的に分布し、土壌の水分状態にはその時空間分布の履歴が記憶される。したがって流量が十分低減した状態でない場合は定常状態を仮定できない。1993 年洪水の場合は、非常に小さい流量が長期間続

いた後で急激に河川流量が増大するため、現在用いているモデルでは、不飽和部の流れを非常に遅くし、ある程度の土壌水分を土層に保持しないと1993年洪水を再現することができない。1993年の低水流量の

観測値が正しいとすれば、地下水を含めた低水流量の表現機構と初期状態の設定方法が予測モデル改善の鍵となる。

Table 4 Model parameter values fitted to each year flood and the characteristics of each year heavy rainfall and flood discharge.

Properties	Group 1 (overestimating peak discharge)			Group 2 (over/underestimating peak discharge)			Group 3 (underestimating peak discharge)		
	1993	1981	1982	1985	1983	1979	1989	1990	2004
Parameters									
n ($m^{-1/3}s$)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
k_a (m/s)	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
d_s (m)	0.25	0.4	0.2	0.2	0.6	0.17	0.25	0.325	0.26
d_c (m)	0.18	0.35	0.15	0.1	0.15	0.1	0.18	0.2	0.16
$d_s - d_c$ (m)	0.07	0.05	0.05	0.1	0.45	0.07	0.07	0.125	0.10
β (-)	24	24	12	8	12	4	4	8	4
Peak discharge (m^3/s)	548	1117	676	542	758	622	608	447	2400
Discharge before flood (m^3/s)	11	65	18	86	36	37	44	17	25
6 hours rainfall R_{6h} (mm)	60	73	42	43	54	84	67	56	265
2 days rainfall R_{2d} (mm)	116	163	136	116	169	103	174	127	297
Rainfall ratio R_{6h}/R_{2d}	0.52	0.45	0.31	0.37	0.32	0.82	0.39	0.44	0.89
Station number	10	4	7	10	4	6	10	10	12

5. 福井豪雨から得られた教訓と今後の課題

5.1 中小河川での河川計画

今回の福井豪雨の特徴は、6時間から12時間の雨量が極めて大きなことであった。現行の治水計画の基本となっている流域平均2日雨量でみると、2004年豪雨の最大2日流域平均雨量は268.8mmと推定され、明治30年以降の記録で既往第3位、年超過確率で評価すると1/25(国土交通省推定)であり、これらの数字からすればそれほど大きな洪水ではない。ところが、降雨が極めて短時間に集中したために、洪水流量はこれまでのピーク流量を2倍近く上回る観測開始以降の最大の洪水となり、計画上の降雨規模と実際の洪水規模とが大きく異なるという問題点が発生した。

降雨強度が大きいほど、また流域面積が小さい流

域ほど洪水の到達時間が短くなるのは水文学の基本的な知見であるが、それが中小河川での河川計画に十分生かされていない。足羽川流域(351 km²)程度の大きさでは、継続時間として6時間から12時間程度が適当と考えられる。今回の福井豪雨は最大6時間雨量で確率評価すると年超過確率1/1000(国土交通省推定)となって極めて大きな値を示し、ピーク流量の確率規模とも対応すると考えられる。降雨継続時間とピーク流量、流域サイズとの関連はすでに指摘されており理論的にも明らかである。時間雨量データが蓄積しつつあるので、流域面積を基本情報として継続時間を決めることを技術基準として示すべきであろう。

もう一つの問題点として、計画降雨の設定の問題がある。これまでの洪水防御計画に従って福井豪雨を考えると、今回の豪雨を2日雨量を基準としてさ

らに引き伸ばすことになるために、時間雨量が極めて大きな値となる。そのため、計算されるピーク流量は過大な値となり、この降雨パターンは通常、計画対象降雨から除外されることになる。実際に災害をもたらした降雨パターンが、計画では極めて特異な降雨パターンとして計画対象降雨から除外される可能性が高く、このことは中小河川を対象とする計画においてしばしば発生すると考えられる。このことは、降雨継続時間の取り方に起因している。適切な降雨継続時間を設定し、実際に災害を引き起こした極端な降雨パターンを治水計画に反映させる必要がある。

5.2 治水安全度の提供の重要性

現在の最新の水理・水文データや水理・水文モデルを駆使して、流域の各地点での現在の治水に対する安全度を常に示す必要がある。すでに高度に治水施設が設置されている流域では、治水施設がないことを前提として設定する基本高水を求め直すことは難しい。豪雨が発生するたびに基本高水を計算し直すことは、現在では意味が少なく、むしろ、現在の治水施設の整備状況ではどの程度の洪水に対応できるのか、そしてその洪水の発生頻度は現在どの程度なのかを示し、その発生頻度がどのように変わってきているかを示す必要がある。この治水安全度を提供し、それを超える外力が発生する場合は、災害が発生することを住民に認識してもらう必要がある。

また、いかに災害を減らすかを災害対策の根本とし、想定外力を超えた場合にも機能するような治水施設の運用の可能性、現状の治水施設の能力を最大限引き出すような運用ルールを考え、実施に移す必要がある。

5.3 予測情報提供の重要性

河川流量や水位を時々刻々予測し、それを日々、一般を対象として提供する必要がある。予測情報を日々提供する意味は二つある。一つは、情報提供者がその予測結果を日々チェックし、予測結果の精度向上に役立てることができること、また住民にそのような予測情報が存在することを普段から認識してもらうことである。天気予報の技術は日々進歩している。これは毎日予報結果が評価されるからであろう。予測情報を提供することが予測技術の進歩につながり、かつ住民の関心と呼ぶことにつながる。普段から予測情報に接することがいざというときの行動につながるはずである。

予測情報の提供の仕方も、予測の不確かさを考慮して、今後何時間のうちに危険水位を超える可能性

は何パーセントある、といった情報提供の仕方を考える必要がある。

5.4 中小河川は Ungauged Basin

最新の成果を取り入れたと思われる流出モデルを用いても昨年の洪水を精度よく再現することはできなかった。予測の不確かさや信頼性は、降雨・流量の観測データが不十分であること、流出モデルの構造が不十分であること、モデルパラメータの同定が不十分であることがその原因であるが、中小河川においては、水文データ、特に流量データの蓄積が十分でないためにモデルの同定が十分にできない。また、流域面積が小さいほどピーク流量は降雨の時空間分布、特に時間分布に影響されるため、密な降雨観測が要求される。

データを蓄積することが将来の精度よい予測を得るための資産となる。水理・水文データの整備が非常に重要である。同時に単に予測値を出すだけでなく、予測値の不確かさや信頼性を合わせて示すことができるような方法を考える必要がある。新しいモデルは予測値の不確かさをどの程度減少させたか、信頼性をどの程度向上させたかで評価されねばならない。

謝 辞

本研究は土木学会・平成 16 年 7 月北陸豪雨災害緊急調査団（代表：玉井信行，金沢大学）の調査研究の一環として進められた。また科学研究費特別研究推進費「平成 16 年 7 月新潟・福島，福井豪雨災害に関する調査研究（代表：高濱信行，新潟大学）」の補助を得た。

参考文献

- 市川 温・村上将道・立川康人・椎葉充晴 (2001) : 流域地形の新たな数理表現形式に基づく流域流出系シミュレーションシステムの開発, 土木学会論文集, No. 691/11-57, pp. 43-52.
- 国土交通省近畿整備局足羽川ダム工事事務所: 足羽川ダムのホームページ, データ・資料, <http://www.kkr.mlit.go.jp/asuwa/>
- 九頭竜川流域委員会 (2004) : 第 20 回九頭竜川流域委員会資料, 九頭竜川水系の治水計画について, 平成 16 年 3 月 30 日, <http://www.fukui-moc.go.jp/ryuiki/index.html>
- 椎九頭竜川流域委員会 (2004) : 第 23 回九頭竜川流域委員会資料, 福井豪雨の報告及びダムの効果に

ついて，平成 16 年 8 月 31 日，

<http://www.fukui-moc.go.jp/ryuiki/index.html>

椎葉充晴・立川康人・市川 温 (1998)：流域地形の新しい表現形式とその流域モデリングシステムとの結合，京都大学水文研究グループ研究資料，No. 1，pp. 5-44，pp. 61-82.

椎葉充晴・市川 温・榊原哲由・立川康人 (1999)：河川流域地形の新しい数理表現形式，土木学会論文集，No. 621/II-47，pp. 1-9.

立川康人・永谷 言・竇 馨 (2004)：飽和不飽和流れ

の機構を導入した流量流積関係式の開発，水工学論文集，vol. 48，pp. 7-12.

立川康人・田窪遼一・佐山敬洋・竇 馨 (2005)：平成 16 年福井豪雨における洪水流量の推定と中小河川流域の治水計画に関する考察，京都大学防災研究所年報，no. 48B.

廣部英一 (2005)：土木学会北陸豪雨災害緊急調査団報告書，3.2 足羽川中・下流域の洪水流の1次元解析，3.3 足羽川中・下流域の洪水流の2次元解析.

Flood Disasters in 2004 with a Central Focus on Fukui Heavy Rainfall Disaster

Yasuto TACHIKAWA

Synopsis

In 2004, Bai-u front and 10 typhoons, which are the highest number of typhoons landed on Japanese islands in recorded history, caused heavy rainfall disasters in many parts of Japan. The number of casualties hits 232; it follows the Nagasaki heavy rainfall disaster in 1982. Some characteristics of heavy rainfall disasters in 2004 are heavy rainfall concentration on several hours and a number of flood disasters which happened at small scale catchments. The Fukui heavy rainfall disaster on July 18 in 2004 is one of representative examples. The Asuwa River basin (351 km²) recorded 265mm rainfall in six hours, and the peak flood stage exceeded the highest water level ever recorded. The heavy rainfall caused devastated flood and sedimentation disaster in many parts of the catchment. In this paper, the characteristics of flood disasters in 2004 are reported; especially a central focus are put on the Fukui heavy rainfall disaster; and some lessons and future actions are discussed.

Keywords : Fukui heavy rainfall disaster , Asuwa River , small scale basin, flood disaster, flood control planning