

信濃川「横田切れ」の洪水規模の推定と 水文統計による評価

Estimation of the magnitude of the flood flow and evaluation of its statistical significance of
the Yokota-gire, the historical flood of the Shinano River

早川典生¹・高島和夫²・安原達³・森川一郎⁴・村田文人⁵

Norio HAYAKAWA, Kazuo TAKASHIMA, Tatsushi YASUHARA, Ichiro MORIKAWA and Fumito MURATA

¹フェロー会員 Ph.D. 長岡技術科学大学 名誉教授 (〒940-2188 長岡市上富岡 1603-1)

²正会員 国土交通省北陸地方整備局 富山河川国道事務所 工務第一課長 (〒930-8537 富山市石金 3-2-37)

³国土交通省北陸地方整備局 企画部 企画課長補佐 (〒951-8505 新潟市白山浦 1-425-2)

⁴正会員 国土交通省北陸地方整備局 信濃川河川事務所長 (〒940-0098 長岡市信濃 1-5-30)

⁵国土交通省北陸地方整備局 河川部 地域河川課 整備第一係長 (〒951-8505 新潟市白山浦 1-425-2)

More than 100 years ago, on July 22, 1896, the "Yokota-gire", the hitherto unprecedented, devastating flood disaster struck the Shinano River, reducing the vast area of the Echigo Plain to a muddy pool. This flood disaster has an immense historical meaning in that it initiated the construction of the Oukouzu Diversion work, the civil engineering landmark of that time. In this Yokota-gire, a large amount of the disaster record is known to exist, whereas the hydrological data are scarce, with the only known data of the daily rainfall data and the data of the gauging stations with twice-a-day measurement. Thus it is impossible to tell the magnitude of the flood, e.g. the maximum river flow rate.

This paper analyzes the cause of the flood, i.e. rainfall, the result of the flood, i.e. river flow, and the influence of the flood, i.e. inundation, in the integrated manner and attempts to estimate the magnitude of the flood. The estimated maximum river flow discharge of the Yokota-gire will then be used to evaluate its statistical standing applying to the statistical property of the annual maximum flow discharge obtained for the data gathered after 1956, the year that the hydrological measurement technique was well established.

Key Words : *Historical flood, rainfall distribution, runoff analysis, inundation analysis statistics of the maximum flood flow*

1. はじめに

新潟市は低平な沖積平野に発展した都市で、昔の越後平野には潟が点在し、現在の社会生活からは想像し得ぬ困難な環境の中で人々の生活が営まれていた。今日良質な米の大生産地となり、人口 50 万を超える県都を抱えるまでに至った越後平野の発展の基盤は、大河津分水による大水害の根絶とその後の土地改良事業であったことはいままでもない¹⁾。財政と技術の面で厳しい制約のある当時において、大河津分水路建設着手のきっかけとなった明治 29 年(1896) 7 月洪水は、信濃川の横田村(現分水町横田地先)で破堤し、越後平野に甚大な洪水被害をも

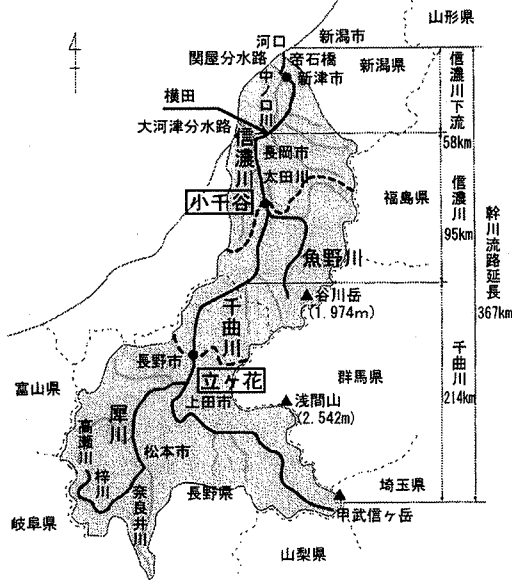
たらしたため「横田切れ」という呼称で多くの史誌に記録されているばかりか、越後平野の住民に広く記憶されている。しかし、当時は十分な水文観測が実施されてなく、横田切れの洪水規模等の水文学的な実態については明らかになっていない。本論文では、現存する日雨量や洪水氾濫などの記録をもとに、横田切れにおける小千谷地点の洪水最大流量を推定するとともに、昭和 31 年(1956)以降の現在までの実測の年最大流量について水文統計解析を行い、その中で横田切れ洪水の位置付けを明らかにする。

2. 信濃川の洪水と治水の歴史

(1) 越後平野と洪水の歴史

信濃川は図－1 に示すとおり甲武信ヶ岳(2,475m)を源に発し長野県と新潟県を貫流して日本海に注ぐ延長 367km、流域面積 11,900km² の日本を代表する河川である。最下流部を擁する越後平野は、当時はいくつもの潟湖が存在し、その周囲を数々の川が流れていた²⁾。

江戸時代に信濃川下流域で開墾が進められた一方、信濃川の破堤は下流域を中心に 85 回にのぼったといわれる³⁾。横田切れで破堤した横田村(現分水町横田地先)では宝暦 8 年(1758)にも破堤しており、幾度となく生じた洪水による惨状は「横田切れ口説」なる民間伝承の中にも描かれ語り継がれた。



図－1 信濃川流域図

(2) 大河津分水の建設と横田切れ

明治 3 年(1870)に大河津分水建設工事が始められるが、明治 8 年(1875)に中止された。分水路の建設ではなく現川の改修による信濃川河身工事が明治 20 年(1887)から進められたのは、当時の財政事情、山地掘削は人力運搬によるなど近代前の技術で遅々として進まなかったこと、分水による下流の水位低下が灌漑や舟運に対して影響するという懸念などといわれている。その後、明治 29 年(1896)には当時の河道では防御することが出来ない未曾有の大洪水「横田切れ」を経験し、ようやく大河津分水路建設が明治 40 年(1907)帝国議会において議決されることとなった。

横田切れでは大河津上流において 20 万立法尺(5,570m³/s)の流量に達したとされ、それをもとに大河津分水建設当時の計画流量が定められたと言わ

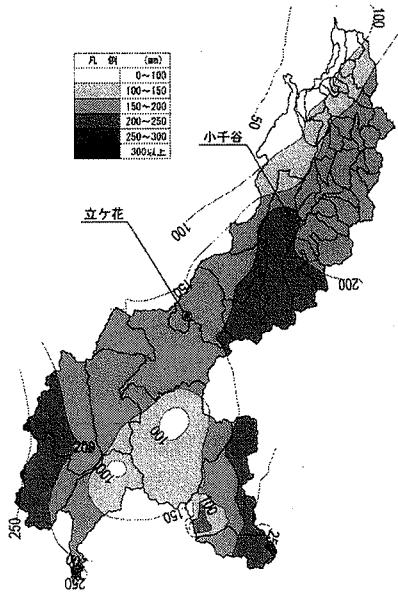
れている⁴⁾。しかしながら、この値は、大河津上流においても破堤氾濫が発生していることや、計画された洪水流量が大きく改修工費が膨大となる場合には、議会の議決承認を受けるのが難しくなることを恐れて、当時の財政規模に合わせて計画の縮小を図ったとも言われており、横田切れの実際の洪水規模は、この規模よりさらに大きなものであったと考えられる⁵⁾⁶⁾。

3. 横田切れの概要

既存の文献、史誌、新聞等をもとに横田切れ洪水に関し、主として水文学的な点についてとりまとめる。

(1) 降雨量

小千谷市史によると、「7月上旬から雨量が多かったが、20 日ごろから豪雨増水し、21 日やや減水したが、22 日大増水」(引用)との記述がある。この記述から、梅雨期に長らく雨が降り続いた後に大洪水が発生したと思われる。当時、新潟県内の気象観測は明治 22 年(1889)より県内の郡役所 13 箇所にて開始され⁷⁾、横田切れに関しては日雨量記録が 23 地点存在している。図－2 に示す 2 日雨量の等雨量線図のとおり、流域全体で大きな降雨が発生している。



図－2 等雨量線図(明治 29 年(1896) 7 月 20～21 日の 2 日間雨量)

(2) 水位

信濃川では上流千曲川の出水が伝播してくることから、小千谷等の水位の上昇を新潟市等の下流域に「通電」するため、明治 29 年(1896)頃から水位の普通観測が始められていたといわれている。横田

切れの小千谷観測所の水位を示したのが図-3で、朝夕1日2回の観測記録が残されている。20日頃から小千谷の水位は急上昇し、21日から22日にかけて高い水位が1日にわたり継続している。このことより、洪水ピークがこの間に発生していること等が推察される。しかし、絶対標高が不明であること、当時の横断形状記録が存在していないこと等より、このデータから流量を推定することは困難である。

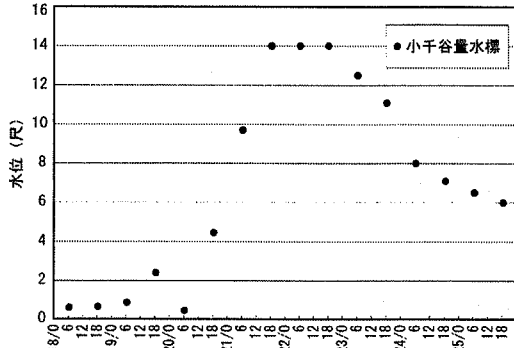


図-3 小千谷観測所における洪水位の変化

(3) 氾濫等の状況

7月22日の新潟新聞に最初の破堤の記事が掲載され、延べ55カ所での破堤が伝えられている。新潟県がこの洪水の氾濫範囲をとりまとめた「新潟県水災状況」附図を図-4に示す。これをみると、信濃川の小千谷下流一帯が氾濫していることがわかる。

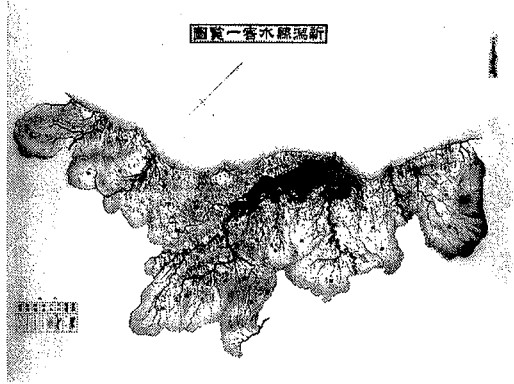


図-4 「新潟県水災状況」附図

この洪水による新潟県内の被害は、死者134人、全半壊家屋12,622戸、浸水家屋55,097戸、流失埋没耕地6,859ha、冠水73,430haであったとされる⁸⁾。また、新聞などには、各地で2～3尺の浸水を記録したとの記事が残されている。

4. 横田切れの洪水最大流量の推定

横田切れの原因（雨量）及び結果、影響（氾濫面積、氾濫水深）の記録をもとに、信濃川小千谷地点における洪水最大流量の推定を行う。

(1) 観測開始以降の主要洪水との比較

明治29年（1896）以降、小千谷地点上流の年最大流域平均2日雨量についてティーセン法により求め、経年変化を示したのが図-5である。比較的雨量観測所が整備されてきた昭和元年以降で最大となっているのは昭和57年（1982）9月の台風18号の168mm/2日である。横田切れにおける23観測所の日雨量観測結果を基に同様の方法により流域平均2日雨量を計算したところ169mm/2日となり、これは、観測史上最大値である。

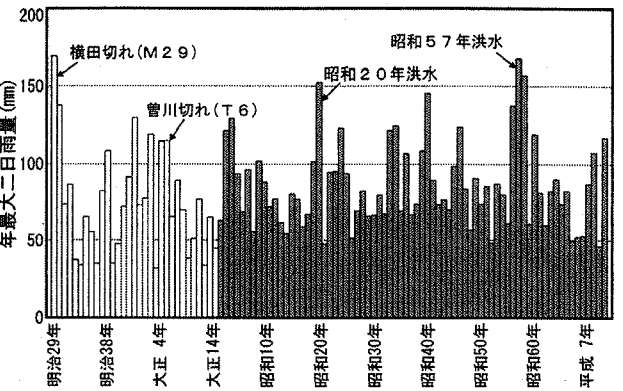


図-5 年最大二日雨量（小千谷上流域）の経年変化

一方、小千谷地点で流量観測が開始された昭和26年（1951）以降、観測史上最大の値を記録したのは昭和56年（1981）8月洪水であり、降雨の既往最大と発生洪水が異なる。一般に雨量と流量の関係が単純な相関関係にないのは以下の理由が考えられる。

- a) 地盤の湿潤条件の違いによる流出の非線形性
- b) 降雨の地域・時間分布による流出の非線形性
- c) 統計期間中の流出特性の変化
- d) 観測精度

ここでは、特にa)について着目し、近年（昭和53年（1978）以降）の小千谷地点で流量の大きな8洪水を抽出し、前期降雨と2日雨量の関係を図-6に示した。ここで「前期降雨」とは、各洪水前14日間の累積降雨を指す。また、図中「梅雨期」とは、

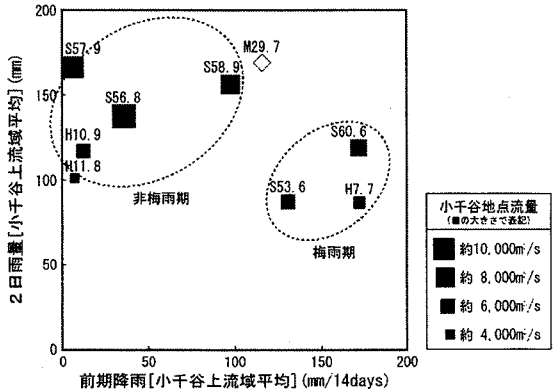


図-6 近年洪水の小千谷上流流域平均2日雨量と前期降雨の関係

この前期降雨期間が気象庁発表の梅雨期にあたる場合である。図をみると、横田切れの2日雨量は近年の大洪水である昭和56年(1981)8月、昭和57年(1982)9月、昭和58年(1983)9月洪水の2日雨量と同規模であるが、横田切れの前期降雨はそれらに比べ大きく、むしろ梅雨期の洪水に近い。このことより、横田切れは、より湿潤な地盤条件が形成されており、近年洪水に比べ、より大きな流出を生起させていた可能性がうかがえる。

続いて、横田切れの下流(新潟県内)と上流(長野県内)の降雨分布について近年10洪水との類似性を比較するため地域分布(新潟県と長野県の2日降雨量比)、降雨分布の時間変化について検証した。

図-7は新潟県内と長野県内の降雨の地域分布をみたもので、小千谷上流の流域平均2日雨量に対する立ヶ花上流域の(長野県内)平均2日雨量の割合 γ と小千谷上流域平均2日雨量との関係を示したものである。 γ が50%を超えると上流長野県での降雨が卓越していることを表すことになる。横田切れ洪水の地域分布は、流域平均2日雨量が大きな近年洪水の中では、昭和56年(1981)8月洪水及び昭和57年(1982)9月洪水との類似性が比較的高く、長野県側と新潟県側でほぼ均等に降っているか新潟県側に多い傾向にある。

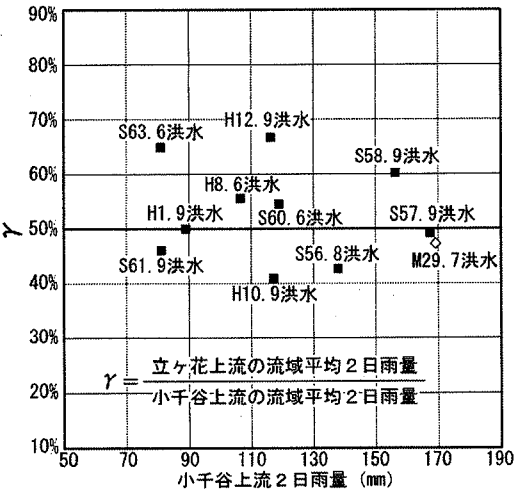


図-7 降雨の地域分布の比較

さらに、雨量の時間分布の特性を調べるために、昭和56年(1981)8月、昭和57年(1982)9月及び昭和58年(1983)9月洪水における上流域と下流域での雨量の時間的変化を示したものが図-8である。図で横軸は小千谷上流域の雨量値から立ヶ花上流域の雨量値を差し引いた値であり、新潟県内(下流域)に降った雨の量を示している。また、白抜き記号は前半24時間、黒塗りの記号は後半24時間の値を示している。図は、横田切れでは降雨は長野県側から新潟県側に移動したこと、降雨の時間変化

が同様の傾向を示すのは昭和56年(1981)8月洪水であることを示している。

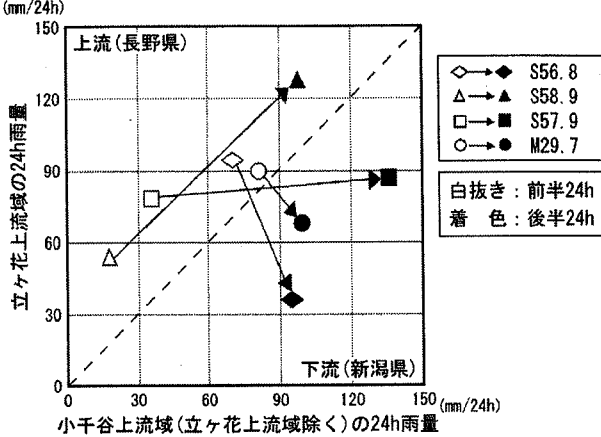


図-8 近年3洪水の降雨の時間的な分布特性

(2) 貯留関数法を用いた流出計算による推定

前節の結果から横田切れの日雨量データを、昭和56年(1981)8月洪水の時間分布と同様であったと仮定し、推定した時間ハイトグラフから貯留関数を用いて流出解析を行い、横田切れ洪水最大流量を推定する。

a) 流出計算の概要

貯留関数法における地盤や河道の状態を表すパラメータの値は、当時の状態が不明のため、近年の主要な洪水の同定実績を用いて推定することとした。特に地盤の湿潤状態をあらわす飽和雨量値 R_{sa} については、近年5洪水で同定された R_{sa} を用いて流出解析を行い、横田切れ洪水時の値はその中間にあるものと考えた。

b) 洪水最大流量(推定)群

図-9は、近年5洪水で同定された飽和雨量を用いて求めた小千谷地点最大流量の推定値である。また、右端にはそれらの平均値を示した。その結果、

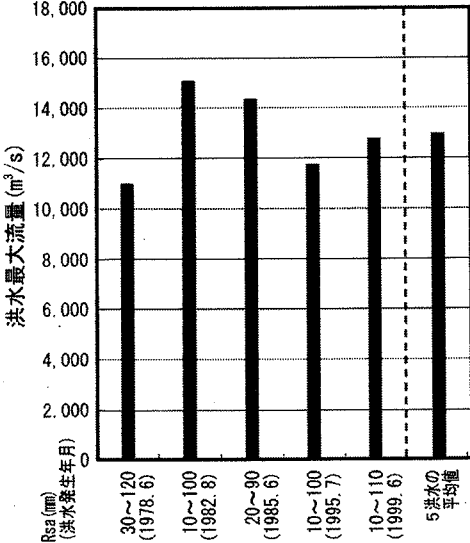


図-9 推定した小千谷洪水最大流量群

横田切れは $11,000 \sim 15,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の最大流量を生起させていたと推定できる。

(3) 氾濫シミュレーションによる推定

次に、氾濫面積、氾濫水位などの洪水の痕跡情報から、氾濫シミュレーションにより小千谷地点の洪水最大流量を推定する。

a) 氾濫シミュレーションモデルの概要

氾濫計算を行うための当時の地盤高データは存在しないため、現在ある市町村の都市計画図等をもとに、その間に行われた道路盛土や堤防などの土地の形状変化、新潟市近郊で高度成長期に天然ガスの採掘により発生した地盤沈下による補正を行い、氾濫区域内の地盤高を設定した。

また、河道の中の地盤高は、できるかぎり当時に近い明治 44 年 (1911) の地形図をもとに、大正 12 年 (1923) の河床高を考慮し設定した。

氾濫シミュレーションは小千谷地点から下流越後

平野一帯を対象に $250\text{m} \times 250\text{m}$ のメッシュを作成し、不定流計算により実施した。氾濫原の粗度は、家屋等の土地利用を考慮し設定した。

上流の境界条件となる小千谷地点での流量ハイドログラフについては、前章のとおり横田切れとの類似性が高い昭和 56 年 (1981) 8 月洪水のハイドログラフを、引き伸ばす方法 (式 (1) 参照) により流量ハイドログラフ群を設定した。

$$Q_{M29}(t) = \beta Q_{S56}(t) \dots\dots (1)$$

ここで β は流量ハイドログラフの引き延ばし率で、0.8 から 2.0 の間で 0.2 刻みで設定して与えた。

b) 推定される流量ハイドログラフ群と最大流量

氾濫シミュレーションが当時の氾濫状況を再現しているかどうかの基準として、氾濫区域、氾濫水位を用いることとした。

図-10 は β を変化させたときの氾濫区域を比較したものである。特に、信濃川と中ノ口川に挟まれ

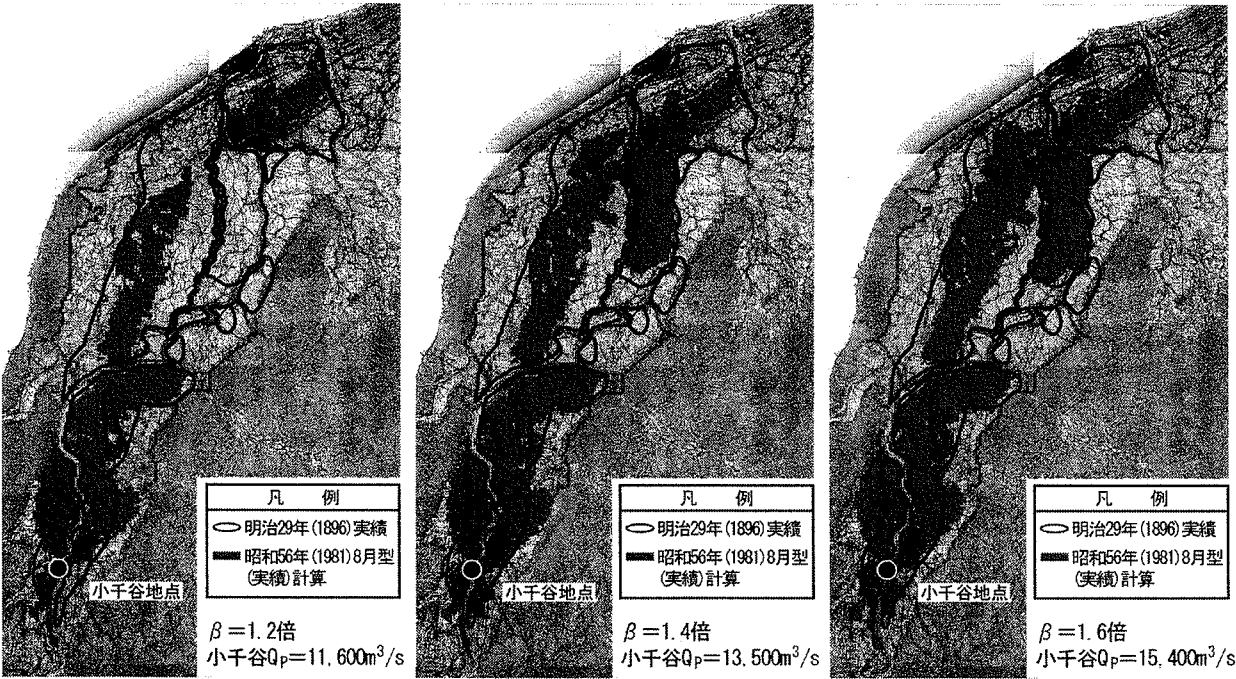


図-10 氾濫シミュレーションによる結果 (氾濫区域)

た区域の浸水状況などからみて、 β は 1.4 以上が適当であるといえる。

氾濫水位は、12 地点での氾濫実績と比較するもた区域の浸水状況などからみて、 β は 1.4 以上が適当なので、図-11 は β を変化させたときのそれぞれの氾濫水位を比較したものである。図から氾濫水位については概ね $\beta = 1.4 \sim 1.6$ のあたりが適合性が高いと考えられる。

以上の結果、横田切れは、 $\beta = 1.4 \sim 1.6$ 、すなわち最大流量 $13,000 \sim 15,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 規模の出水が発生したものと考えられる。

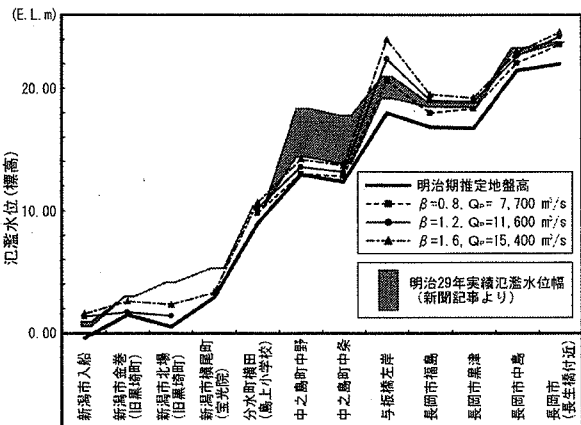


図-11 氾濫シミュレーションによる結果 (氾濫水位)

(4) 横田切れにおける洪水最大流量

降雨量及び氾濫状況からハイドログラフ群を仮定して洪水最大流量の推定を行った結果、小千谷地点における洪水最大流量は、 $11,000\text{m}^3/\text{s}$ から $15,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度の規模の洪水であったと推定され、過去に例のない規模の洪水であったことが明らかとなった。図-12 に横田切れと流量観測開始以降の年最大流量を示す。

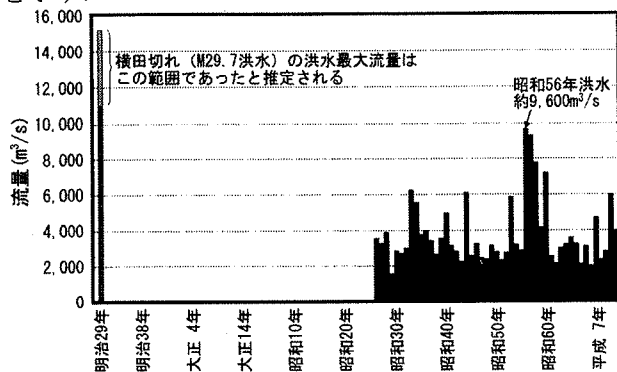


図-12 信濃川小千谷地点年最大流量の経年変化

4. 流量確率評価

小千谷地点の年最大流量を水文統計解析することにより、横田切れの洪水規模を検証する。

確率評価における標本としては各年1個の値が必要となる。ここでは、実績の年最大流量が整って存在する昭和31年(1956)以降、平成12年(2000)までの44個の標本により確率評価を行うこととした。

確率計算は、現在、最も一般的に用いられている指数分布、グンベル、GEV、平方根指数型最大値分布、LP3、LogP3、岩井法、石原高瀬法、対数正規3母数Q、対数正規3母数PM、対数正規2母数LM、対数正規2母数PMの12手法によるものとした⁹⁾。

各手法から求められる値の評価は、標本と確率曲線の適合度が良いと判断される手法の平均値とした。適合度の判断としては、SLSC⁹⁾を用いるものとし、 $SLSC < 0.04$ となる手法が標本と確率曲線との適合度が良いと判断した。

その結果を、図-13に示す。適合度が良い手法は指数分布、平方根指数型最大値分布、GEVの3手法となり、横田切れの推定流量 $11,000 \sim 15,000\text{m}^3/\text{s}$ の流量確率は $1/80 \sim 1/400$ 相当となり、水文統計解析からみても、非常に大きな洪水であることが、明らかとなった。

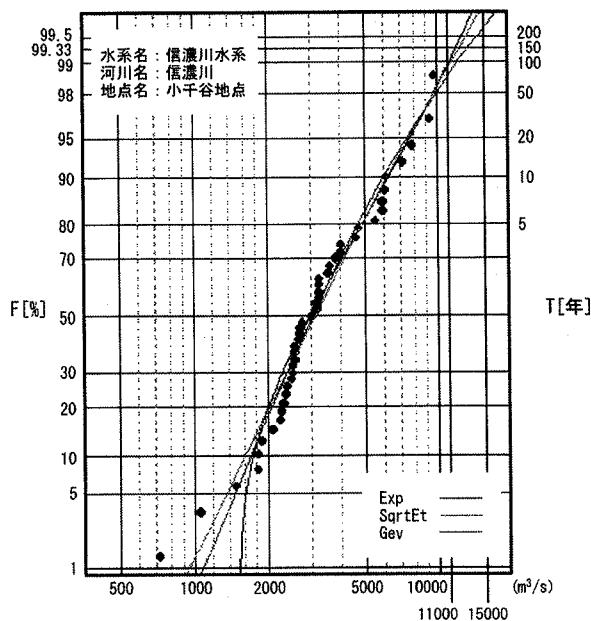


図-13 小千谷実績確率流量(昭和31年(1956)～平成12年(2000))

5. おわりに

横田切れから100余年が経過した今、現存する当時の雨量データや氾濫痕跡情報等の記録とその後に蓄積された洪水の実測流量から、横田切れが観測史上類をみない洪水規模であったことが、明らかとなった。今後も精度向上を図っていきたい。

謝辞：なお、本論文をまとめるにあたり、ご指導等たまわった方々に深くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 本間恂一・溝口敏磨：新潟県の百年と民衆，野島出版，1999.7
- 2) 榎根勇：越後平野の1000年，新潟日報事業社，1985.7
- 3) 新潟県：「新潟県史」通史編5近代三，新潟県，1990
- 4) 建設省北陸地方建設局長岡工事事務所：大河津分水誌(第2集)，建設省北陸地方建設局長岡工事事務所，1969.3
- 5) 山本晃一：河道計画の技術史，山海堂，1999
- 6) 富永正義：信濃川水系に於ける河川改修工事，(社)日本河川協会，『河川』1958.1-2
- 7) 新潟地方气象台：創立百年誌，新潟地方气象台，1981
- 8) 新潟県：新潟県水災状況，新潟県農地改革史前史，新潟県，1956
- 9) 水文・水資源学会：水文・水資源ハンドブック，朝倉書店，1997.10

(2004.4.7受付)