

## 千曲川歴史洪水の頻度分析への導入と考察

寒川典昭\*・加藤一郎\*\*・山下伊千造\*\*\*

(平成6年10月17日 受理)

### Introduction into Frequency Analysis of Historical Floods in the Chikuma River and its Consideration

Noriaki SOGAWA\*, Ichiro KATO\*\*, and Ichizo YAMASHITA\*\*\*

Historical flood discharges were introduced into a flood frequency analysis, and hydrological circumstances were considered in 3 main historical floods. First, the historical flood discharges were reconstructed by using Manning equation at Tategahana in the Chikuma river, where the water levels from datums of historical flood peaks were known. The values reconstructed were bigger than the biggest value of systematic observed data in some cases. Next, Gumbel distribution was employed as a probabilistic model and its parameters were identified by a moment method in the flood frequency analysis, where the systematic data only, and both the systematic data and the historical data were used. The hydrological variables with the systematic data and the historical data were bigger than those with the systematic data only in the higher elevation of basic point at Tategahana. Lastly, the hydrological circumstances of historical floods in 1742 (kanpo2), 1847 (Koka4) and 1896 (Meiji29) were considered by using much historical information. It was grasped that they have been considerably large in scale.

#### 1. はじめに

河川の治水計画を行うには、年最大流量のデータができるだけ長期にわたって必要である。しかしながら、ほとんどの河川がそうであるように、千曲川においてもその観測記録は非常に少なく、1951（昭和26）年からのデータが存在するに過ぎない。治水計画に対応する水文頻度分析を実施するとき、この程度のデータ数では大きなリターンピリオドの超過確率水文量を正確に算定することは困難であり、大洪水の出現確率を過小にあるいは過大に評価する可能性を多分にはらんでいる。この問題を解決する1つの方法として、データ数を増加させることが考えられる。例えば、池淵等<sup>1)</sup>は歴史時代の文献から、琵琶湖における洪水時の最大水位とその時の迎水位を推定している。寒川等<sup>2)</sup>もやはり歴史時代の文献から、千曲川下流の妙笑寺と赤沼における最大流量を算定している。また、

\* 社会開発工学科 助教授

\*\* ㈱関電工

\*\*\* 社会開発工学科 技官

Mccord<sup>3)</sup>は樹木の洪水痕跡を用いて、Baker<sup>4)</sup>は河川堆積物を用いて、米国の諸河川における歴史洪水の復元を試みている。これらの研究はいずれも大規模であった歴史洪水を、残されている何らかの手がかりを利用して数量的に把握しようとしたものである。本研究もこのような立場に立つものであるが、千曲川の治水計画を目的とし、1951(昭和26)年からの年最大流量のデータが保存されている千曲川下流の立ヶ花地点を対象として、歴史時代の文献に残されている最大水位から最大流量を復元し、それを頻度分析に導入して治水計画に必要な超過確率水水量を算定すると共に、主要な歴史洪水についてその時の水文状況を調査したものである。ただし、ここで用いたデータには、記録のあるデータに対しても、また復元したデータに対しても定常性及び等質性の仮定を置いている。いずれはこのような場合についても非定常性<sup>5)</sup>及び非等質性<sup>6)</sup>を考慮した頻度分析手法を開発することが必要であるが、現時点では定常・等質頻度分析に留まっていることを付言しておくたい。

## 2. 対象とした歴史洪水

千曲川歴史洪水の記録は下流の妙笑寺、赤沼、立ヶ花の3地点で残されている。本稿では、近年の最大流量の記録が立ヶ花で観測されていることから立ヶ花におけるデータを採用する。立ヶ花量水標の歴史洪水の最高水位は、文献<sup>7),8)</sup>に記載されているが、このうち同所において、年最大流量の観測が始められていない1950(昭和25)年より前のすべてのデータを対象とする。但し、1年に複数回洪水が起こっている場合は、その内最大のものをを用いる。Table 1は、歴史洪水の基準点からの最高水位を示したものである。

ところで、立ヶ花における洪水水位は、ある基準点からの水位として存在するのだが、この基準点の標高が明らかではない。そこで、何らかの方法でそれを推定する必要がある。幸いなことに、Table 2に示したように1910(明治43)年8月11日洪水<sup>9)</sup>と1914(大正

Table 1 Water levels from datums of historical flood peaks.

Occurrence year of flood	Water level from datums	Occurrence year of flood	Water level from datums
1742(Kanpo 2)	36shaku	1897(Meiji 30)	25shaku
1847(Koka 4)	27	1898(Meiji 31)	27
1868(Meiji 1)	24	1903(Meiji 36)	17.4
1869(Meiji 2)	16	1905(Meiji 38)	19.6
1874(Meiji 7)	16	1906(Meiji 39)	23.3
1876(Meiji 9)	16	1907(Meiji 40)	19.3
1882(Meiji 15)	20	1910(Meiji 43)	27.35
1885(Meiji 18)	24	1911(Meiji 44)	26.6
1889(Meiji 22)	20	1914(Taisho 3)	20.3
1890(Meiji 23)	18	1945(Showa 20)	9.0m
1892(Meiji 25)	18	1947(Showa 22)	3.8
1894(Meiji 27)	19	1949(Showa 24)	7.57
1896(Meiji 29)	32	1950(Showa 25)	7.2

Table 2 Water levels as elevation and water levels from datums.

Occurrence year of flood	Elevation (shaku)	Water level from datums (shaku)
August 11, 1910 (Meiji 43)	1100.442	27.35
August 30, 1914 (Taisho 3)	1098.392	20.30

3) 年8月30日洪水<sup>10)</sup>の水位記録が、基準点からの水位と標高としての水位との2通りの記録が残っているため、逆算することにより基準点の標高が下記のように推定できる。

① 1910(明治43)年8月11日洪水:1073.092(尺)(325.179m:立ヶ花I)

② 1914(大正3)年8月30日洪水:1078.092(尺)(326.694m:立ヶ花II)

残念ながら2つの洪水で基準点の標高が一致しなかった。しかしながら、現時点ではどちらの標高が正しいのか判断しかねるため、2通りの水位に対して洪水流量の復元を行った。但し、昭和時代の洪水は、現在の量水標の基準点の標高324.200mと同一であるので問題はない。

### 3. 歴史洪水流量の復元

山田<sup>11)</sup>は1742(寛保2)年洪水について調査し、浸水位を連ねた線は河床にほぼ平行するなめらかな曲線となることを報告している。従って、寒川等<sup>2)</sup>の研究と同様に、本研究でも歴史洪水時の最大流量の復元は次のマニング式を用いて行った。

$$Q = (1/n)AR^{2/3}I^{1/2} \quad (1)$$

ここに、Qは最大流量、Aは流水断面積、Rは径深、Iは動水勾配、nはマニングの粗度係数であり、流水断面積以降の各項のそれぞれの推定方法は以下の通りである。

#### ① 流水断面積の推定

まず、堤内地は国土基本図の等高線から推定したものを、堤外地は河道横断面図を用いて、この2つを組み合わせたものを堤内外地の横断面図とした。ここで利用した立ヶ花地点の河道横断面図は、1971(昭和46)～1972(昭和47)年次のものから順に1972(昭和47)～1973(昭和48)年次、1974(昭和49)年次、1975(昭和50)年次、1976(昭和51)年次、1980(昭和55)～1981(昭和56)年次、1981(昭和56)年次、1982(昭和57)年次、1983(昭和58)年次、1986(昭和61)年次、1988(昭和63)年次、1989(平成元)年次のものまで12種類ある。従って、1つの洪水に対する流水断面積が12種類存在することになる。そこで、これに対処するために、Table 1に示した歴史洪水の最高水位をそれぞれの断面に与え、そうして得られる12個の流量を求めて、それらの平均値を該当歴史洪水の流量とした。

#### ② 径深の推定

径深Rは潤辺をSとすると、A/Sで表される。従って、12種類のそれぞれの断面に対して径深が得られる。そこで、Table 1に示した歴史洪水の最高水位をそれぞれの断面に

与えて径深を計算し、そうして得られる12個の流量を求めて、流水断面積と同様の方法で対処した。

③ 動水勾配の推定

山田<sup>11)</sup>の研究から動水勾配は河床勾配で代用することとし、河床勾配として寒川等<sup>2)</sup>の研究で求めた0.0009166を用いた。

④ 粗度係数の推定

河道部の粗度係数は寒川等<sup>2)</sup>の研究で求めた0.041を用いた。一方、氾濫原は、度々洪水に見舞われていたことから、かなりの広範囲があまり手が加えられていない荒れた状態であったと思われる。従って、その地域の粗度係数として0.10<sup>12)</sup>を採用した。

上述のようにして推定した値を用いて復元した歴史洪水の最大流量が Table 3 に示し

Table 3 Historical flood discharges.

Occurrence year of flood	Maximum discharge (m <sup>3</sup> /s)	
	Tategahana I	Tategahana II
1742(Kanpo 2)	8315	10586
1847(Koka 4)	5187	6895
1868(Meiji 1)	4273	5843
1869(Meiji 2)	2600	3491
1874(Meiji 7)	2600	3491
1876(Meiji 9)	2600	3491
1882(Meiji 15)	3260	4568
1885(Meiji 18)	4273	5843
1889(Meiji 22)	3260	4568
1890(Meiji 23)	2900	3999
1892(Meiji 25)	2900	3999
1894(Meiji 27)	3058	4273
1896(Meiji 29)	6895	8482
1897(Meiji 30)	4568	6185
1898(Meiji 31)	5187	6895
1903(Meiji 36)	2842	3842
1905(Meiji 38)	3179	4448
1906(Meiji 39)	4072	5609
1907(Meiji 40)	3120	4360
1910(Meiji 43)	5299	7023
1911(Meiji 44)	5061	6750
1914(Taisho 3)	3329	4659
1945(Showa 20)		5071
1947(Showa 22)		1485
1949(Showa 24)		3718
1950(Showa 25)		3420

Tategahana I : Elevation of datums 325.179m

Tategahana II : Elevation of datums 326.694m

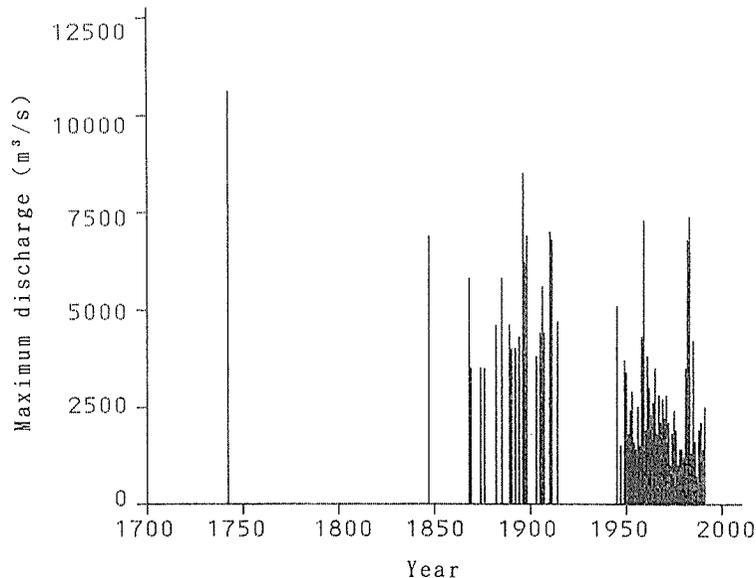


Fig. 1 Time series graph of systematic observed discharges and historical flood discharges (Tategahana II).

ている。Fig. 1は、Table 3の立ヶ花IIの値に1951（昭和26）年からの立ヶ花地点における記録のある年最大流量を合成して、時系列のグラフにしたものである。近年時代の既往最大流量が1983（昭和58）年の7440m<sup>3</sup>/sであるのに対し、立ヶ花Iでは1742（寛保2）年で8315m<sup>3</sup>/sの最大流量が、立ヶ花IIでは1742（寛保2）年で10586m<sup>3</sup>/s、1896（明治29）年で8482m<sup>3</sup>/sの最大流量が算定されており、これらは近年時代の既往最大値を超過するものであり、治水計面上重要な情報として考慮されなければならない。

#### 4. 歴史洪水流量の頻度分析への導入の準備

##### 4. 1 近年時代と歴史時代

立ヶ花地点において、年最大流量が正確に毎年観測されている1951（昭和26）～1991（平成3）年を近年時代、1950（昭和25）年以前を歴史時代というように時代を区分する。この歴史時代は、最大流量がある一定値（しきい値）以上の洪水が発生した場合のみその記録が残され、それ以外の年は、最大流量がしきい値以下の洪水であったがその値は不明であるという期間とする。更に、歴史時代はその期間が長い為、しきい値が時代の経過と共にかなり変化するものと推察される。従って、適切なしきい値を求めるためには、歴史時代をいくつかに区分する必要がある。

##### 4. 2 歴史時代の区分

本稿では、データの存在状況等から判断して歴史時代を4つに区分した。その内容は、1950（昭和25）年以前の昭和の洪水を中心とする歴史時代I、明治・大正年間の洪水を中心とする歴史時代II、1847（弘化4）年洪水を含む歴史時代III、1742（寛保2）年洪水を含む歴史時代IVである。各時代の区分点は、古い時代の最後に発生した洪水と新しい時代

Table 4 Division of term.

Period	Term	Length
Recent period	1951 (Showa 26) ~1991 (Heisei 3)	41 years
Historical period I	1930 (Showa 5) ~1950 (Showa 25)	21 years
Historical period II	1858 (Ansei 5) ~1929 (Showa 4)	72 years
Historical period III	1795 (Kansei 7) ~1857 (Ansei 4)	63 years
Historical period IV	1742 (Kanpo 2) ~1794 (Kansei 6)	53 years

Table 5 Minimum and threshold discharges in each historical period.

Period	Tategahana I (m <sup>3</sup> /s)		Tategahana II (m <sup>3</sup> /s)	
	Minimum value	Threshold value	Minimum value	Threshold value
Historical period I	1485	1450	1485	1450
Historical period II	2600	2550	3491	3450
Historical period III	5187	5150	6895	6850
Historical period IV	8315	8300	10586	10550

の最初に発生した洪水の中間とし、その間が奇数の場合は中間年を古い時代を含めた。また、歴史時代Ⅳの開始年は1742（寛保2）年洪水の発生年とした。Table 4は上述のようにして得られた各時代の区分を示したものである。

#### 4.3 しきい値の決定

しきい値は、4.1で述べた定義から、各歴史時代における復元洪水流量の最小値を用いるのが適当と考えられる。しかし、復元した歴史洪水にはある程度の誤差を見込まねばならず、従って本稿ではしきい値として復元洪水流量の最小値未満でそれに最も近い50m<sup>3</sup>/s刻みのラウンドナンバーを採用した。Table 5は各時代の洪水流量の最小値としきい値を示したものである。

### 5. 近年時代と歴史時代を合成した洪水流量の頻度分析

#### 5.1 使用する確率分布とパラメータ同定法

本稿では、年最大流量の母集団として、対象水文量の分布に良好な適合性を示すと考えられているグンベル分布<sup>13)</sup>を採用した。その密度関数および分布関数は次式で表される。

$$f(x) = a \cdot \exp[-a(x-b)] - \exp\{-a(x-b)\} \quad (2)$$

$$F(x) = \exp[-\exp\{-a(x-b)\}] \quad (3)$$

ここに、 $f(\cdot)$ は密度関数、 $F(\cdot)$ は分布関数であり、 $a$ は尺度母数、 $b$ は位置母数である。この分布の平均 $\mu$ 、分散 $\sigma^2$ は次のように与えられる。

$$\mu = b + 0.5772/a \quad (4)$$

$$\sigma^2 = 1.6449/a^2 \quad (5)$$

Table 6 Hydrological variables for return periods of exceedance.

	30 years (m <sup>3</sup> /s)	50 years (m <sup>3</sup> /s)	100 years (m <sup>3</sup> /s)	200 years (m <sup>3</sup> /s)
Tategahana I	5271	5811	6539	7265
Tategahana II	6014	6656	7521	8384
Recent period	5955	6587	7437	8288

上述の分布のパラメータは、近年時代だけのデータ、及び近年時代と歴史時代の両者のデータを用いて同定される。本稿ではパラメータ同定法として計算が容易なモーメント法を採用した。従って、近年時代だけのデータからパラメータを同定する場合は、その時代のデータから平均と分散を計算し、(4)、(5)式から a と b を求めればよい。一方、近年時代と歴史時代の両者のデータを用いる場合は、歴史時代においてその流量がしきい値を越えない時の平均及び分散は、近年時代においてその流量がしきい値を越えない時の平均及び分散と同じであると仮定して、全期間にわたっての平均と分散を求め、(4)、(5)式から a と b が同定されることになる。近年時代と歴史時代の両者のデータを用いる場合のモーメント法によるパラメータ同定法については、池淵等<sup>1)</sup>により詳しく紹介されているので、ここでは省略する。

## 5. 2 確率水文量の算定

5. 1で同定されたパラメータを用いると、超過リターンピリオド T 年の確率水文量  $x_T$  は次式から算定される。

$$x_T = -\log[\log\{T/(T-1)\}]/a + b \quad (6)$$

上式より求めた超過リターンピリオド T=30, 50, 100, 200年の超過確率水文量を Table 6 に示している。この表より、超過確率水文量は、近年時代だけで求めたものより、立ヶ花 I の歴史洪水を考慮した場合の方が小さく、立ヶ花 II の歴史洪水を考慮した場合の方が大きくなっていることが分る。歴史時代 III では 1847 (弘化 4) 年のデータが 1 個のみ、歴史時代 IV では 1742 (寛保 2) 年のデータがやはり 1 個のみしか存在しないので、立ヶ花 I, II ともに超過確率水文量が過小評価された感が否めないが、それにも拘わらず、立ヶ花 II では近年時代の超過確率水文量より大きな値が算定されており、治水計画の見直しに対する 1 つの重要な情報を提供している。

## 6. 主要な歴史洪水時の水文状況

ここでは 3. で最大流量を復元した 26 個の歴史洪水のうち、大規模であり、数多くの文献に記録が残されている 1742 (寛保 2) 年洪水, 1847 (弘化 4) 年洪水, 1896 (明治 29) 年洪水の 3 つを取り上げる。以下では、これらの洪水時の水文状況を時間の経過と対応させながらまとめた。ただし、本研究では多くの地方誌を調査したが、ここでは紙面の都合上各洪水について千曲川下流の 1 つの地方誌のみ掲げるに留めた。また、日付については、旧暦で記載されていたものは全て新暦に直してある。

### ① 1742 (寛保 2) 年洪水

これは、大阪周辺に上陸し、中部・関東地方を経て、東北地方あたりで三陸沖に抜けたと推定される大型台風によるものであり、千曲川水系で最も大きな被害を引き起こし、最も悲惨な洪水であった。また、この洪水は、この年が成年であったため、俗に「寛保戌の満水」と呼ばれている<sup>14)</sup>。

〈飯山市誌〉<sup>15)</sup>

8月28日：大雨が開始される。

8月29日：「篠をたばねて突くが如く」、「白布をたれたような」と当時の文献に表されるような集中豪雨となる。

8月30日：豪雨が続く。夜半に千曲川の堤防が各所で決壊し、濁流が黒山のように押し寄せ、田畑、家屋を呑み込む。

8月31日：降雨が終了する。

9月1日：夜明けになって、水が少し引き始める。

この洪水で飯山盆地一帯は、東山の麓から西山の麓まで一大湖水のようになる。木島では平地で4メートルの深さまで水をかぶり、土が見えるようになったのは9月4日である。木製の臼が水に浮かび、家の梁の上に残っていたという話も残されている。

尚、上述の飯山市誌の他に、佐久市誌<sup>16)</sup>、及び東部町誌<sup>17)</sup>も調査し、この洪水が如何に大規模であったかを把握した。

## ② 1847（弘化4）年洪水

この洪水は、善光寺地震のあとに引き起こされた犀川の大氾濫であり、「寛保戌の満水」と並ぶ江戸時代における大災害である。地震は、震源地は長野付近で、長野県北部から新潟県南部にかけて起こり、マグニチュード7.4であったと推定されている<sup>18)</sup>。

〈飯山市誌〉<sup>19)</sup>

5月8日：善光寺地震により、現在の上下内郡信州新町の水篠橋東にある虚空蔵山が犀川に崩れ落ちる。これが自然の巨大な堤防となり、犀川を20日間せき止める。

5月8日～26日：この自然のダムにより、下流の飯山町近辺の千曲川は干上がる。このとき対岸の木島まで徒歩で渡ることができる。

5月27日：午後5時頃、松代・須坂・中野まで聞こえたという大音響と併に大堤防が決壊する。激流が小市（長野市）で水かさ6丈あまりとなって川中島平を襲い、千曲川に流れ込む。中野市立ヶ花では午後9時頃から出水し、同12時頃に2丈8～9尺の水かさとなる。飯山町では午後10時過ぎからにわかに出水し、水かさ3～4尺となる。

5月28日：飯山町では、午前2時過ぎ水かさ1丈1尺、同4時1丈2尺、同6時1丈3尺となる。同8時過ぎより、少しずつ水が引き始め、同12時過ぎに全て引く。

尚、上述の飯山市誌の他に、松本市誌<sup>20)</sup>、中野市誌<sup>21)</sup>、及び更埴市誌<sup>22)</sup>も調査し、この洪水も1742（寛保2）年洪水と同様にかなり大規模であったことを把握した。

## ③ 1896（明治29）年洪水

これは、明治年間最大の洪水で、立ヶ花量水標において洪水位32尺を記録し、支流の犀川上流でも大災害を引き起こした<sup>23)</sup>。

〈中野市誌〉<sup>24)</sup>

7月20日：中野地方の降水量が108mmを記録し、夜間瀬川の増水量は8尺余りに達す

る。

7月21日：午前9時頃、夜間瀬川左岸の大字金井字大河原堤防が破壊され、洪水が南北間長瀬の耕地に浸水する。更にそれは大字笠原字火打田の堤防を破壊し、上・下笠原を襲う。また、午前5時頃から篠井・真引の2川が氾濫し、同11時頃に千曲川があふれて逆流する。それは耕地・人家に浸入し、延徳沖は一大湖となる。降雨はなお続き、増水は延徳村役場において床上1.2尺に達する。

7月22日：午前6時頃、増水が役場の鴨居にまで達する。午後になって減水し始める。

尚、上述の中野市誌の他に、須坂市誌<sup>25)</sup>、及び松本市誌<sup>26)</sup>も調査し、この洪水も1742（寛保2）年洪水及び1847（弘化4）年洪水と同様にかかなり大規模であったことを把握した。

## 7. あとがき

千曲川下流の河岸地域は古くから洪水に悩まされ続けてきたため、その記述の歴史は長い。それに比べて、年最大流量が毎年正確に記録されているのは、1951（昭和26）年から現在までのわずか40数年間という短い期間である。そのため、本稿では歴史洪水に着目して、その復元、復元流量の頻度分析への導入、及び主要な歴史洪水時の水文状況の考察を行った。得られた成果は以下の通りである。

- 1) 最大水位のみしか残されていない歴史洪水の最大流量をマニング式を用いて復元した。推定された復元流量の中には、記録のある既往最大流量よりも大きな値を持つものが存在した。
- 2) 近年時代の年最大流量と歴史時代の最大流量を合成して、モーメント法により超過確率水文学量を求めた。算定された超過確率水文学量は、過小評価の感否めないが、それにも拘わらず、歴史洪水の水位の基準点の高い方を採用した場合、近年時代の年最大流量のみから得られる超過確率水文学量より大きな値となった。
- 3) 主要な3つの歴史洪水である、1742（寛保2）年洪水、1847（弘化4）年洪水、1896（明治29）年洪水について、その時の水文状況を時系列的に考察した。その結果、これら3つの洪水がかかなり大規模であったことが分かった。

ただし、本稿での歴史洪水の最大流量の復元において、マニング式の各項の値を近年のもので代用しているが、それを歴史時代に用いた場合にどの程度の誤差を考慮しなければならないのか明らかでない。また、頻度分析において、定常性及び等質性の仮定を置いているが、厳密には非定常、非等質の問題として取り扱わなければならない。今後はこれらの残された課題の解決に取り組むたいと考えるが、本稿で得られた成果は、現在の治水計画で実施されている洪水防御体制を見直し、今後の治水計画を策定する上で重要な情報を提供するものである。

尚、最後になりましたが、本研究を実施するにあたり、貴重な資料を提供して頂いた建設省北陸地方建設局千曲川工事事務所に深甚なる感謝の意を表すものである。

## 参 考 文 献

- 1) 池淵周一・前田 勝：歴史洪水資料を利用した計画降雨算定手法、京都大学防災研究所年報、第34

- 号, B-2, pp. 103-125 (1991).
- 2) 寒川典昭, 山下伊千造, 南 志郎: 千曲川下流の歴史洪水の復元と考察, 土木史研究, 第12号, pp. 251-262 (1992).
  - 3) V. A. S. Mccord: Augmenting flood frequency estimates using flood-scarred trees, Ph. D. Dissertation, The University of Arizona (1990).
  - 4) V. R. Baker: Pareoflood hydrology and hydroclimatic change, The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources, IAHS Publ. no. 168, pp. 123-131 (1987).
  - 5) 寒川典昭, 中村 哲, 山田広樹: 年最大1・2・3日降水量時系列に存在する非定常性と非定常確率水文学量の推定, 日本統計学会誌, 第23巻, 第2号, pp. 249-262 (1993).
  - 6) 寒川典昭, 河上岳史, 福本 徹: 等質性を考慮した極値降水量の頻度分析, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集, 第2部(A), pp. 130-131 (1994).
  - 7) 建設省北陸地方建設局: 信濃川百年史(社団法人北陸建設弘済会, 1979) p. 147, p. 151, p. 536.
  - 8) 建設省北陸地方建設局: 千曲川・犀川三十年のあゆみ(千曲川工事事務所, 1980) p. 219.
  - 9) 文献7)と同じ, p. 537.
  - 10) 文献9)と同じ.
  - 11) 山田啓一: 千曲川における寛保2年(1742年)洪水の規模推定について, 第9回日本土木史研究発表会論文集, pp. 131-134 (1989).
  - 12) 土木学会水理委員会水理公式集改訂委員会: 水理公式集一昭和60年版一(社団法人土木学会, 1985) p. 199.
  - 13) 藤田睦博・神田 徹: 水文学一確率論的手法とその応用一, 新体系土木工学26(技報堂, 1982) pp. 44-45.
  - 14) 文献7)と同じ, pp. 140-143.
  - 15) 飯山市誌編纂専門委員会: 飯山市誌・歴史編上(1993) pp. 606-609.
  - 16) 佐久市誌編纂委員会: 佐久市誌・歴史編(三)近世(1992) pp. 582-584.
  - 17) 東部町誌編纂委員会: 東部町誌・歴史編下(1990) p. 563.
  - 18) 文献7)と同じ, pp. 143-145.
  - 19) 文献15)と同じ, pp. 856-857.
  - 20) 松本市役所: 松本市史・上巻(1933) pp. 804-805.
  - 21) 中野市誌編纂委員会: 中野市誌・歴史編(前編)(1981) pp. 716-718.
  - 22) 更埴市史編纂委員会: 更埴市史・第二巻近世編(1988) p. 432.
  - 23) 文献7)と同じ, pp. 145-148.
  - 24) 中野市誌編纂委員会: 中野市誌・歴史編(後編)(1981) pp. 273-275.
  - 25) 須坂市史編纂委員会: 須坂市史(1981) pp.692.
  - 26) 文献20)と同じ, pp. 745-746.