

古記録を用いた歴史時代における 瀬田川疏通能力の検証

EVALUATION OF H-Q RELATION OF THE SETA RIVER
IN 18-19 CENTURIES USING HISTORICAL DOCUMENTS

庄 建治朗¹・長尾 正志²・富永 晃宏³

Kenjiro SHO, Masashi NAGAO and Akihiro TOMINAGA

¹正会員 工修 名古屋工業大学助手 工学部システムマネジメント工学科
(〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

²フェロー 工博 名城大学教授 都市情報学部都市情報学科 (〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3)

³正会員 工博 名古屋工業大学教授 工学部社会開発工学科 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

The Seta River is the only one natural outlet river of Lake Biwa. This paper examines the relationship between water level of Lake Biwa and discharge of the Seta River in historical years. Since there are no gauged discharge data in historical years, water level data are transformed into differences of outflow from inflow ($Q_{out} - Q_{in}$) using the relationship between water level and storage volume (H-V relation) of Lake Biwa. The results indicate that flow capacity of the Seta River was expanded after the dredging in Tempo years (1831-1833), and that there were no notable changes in flow capacity during Meiji Period (1874-1899).

Key Words : Historical hydrology, H-Q relation, water level, the Seta River, Lake Biwa

1. はじめに

瀬田川は広大な琵琶湖から発する唯一の流出河川である。1904 (明治 37) 年に南郷洗堰が完成し人工的に流量調節が行われるようになるまでは、瀬田川の流量は専ら琵琶湖の水位によって決まり、また瀬田川からの流出流量が湖水位の変化を決定していた。それ故、この水位-流量関係を正確に知ることはとりわけ洗堰設置以前における琵琶湖の水理を考える上で極めて重要である。

1900 (明治 33) 年 4 月に始まる瀬田川改修工事の結果、瀬田川疏通能力は大きく変化した。その前後の期間の流量曲線の変遷については実測データを基に詳細な検討が加えられている¹⁾が、さらにそれ以前となると流量観測データがないため十分に検討されていない。しかし、明治時代前期以前においても、瀬田川への土砂堆積によって疏通能力が低下したり、天保の大浚渫を始め数回の川浚えが行われたことが知られており、そうした情報は湖辺村落等に古記録として残されている。

江戸時代中期以降については、膳所藩による月 1 回の

水位観測記録があり、かなり信頼性の高い水位データを得ることができる。水位変化が明らかであれば、水位と琵琶湖貯水量との関係 (琵琶湖 $H-V$) から流出量と流入量の差を逆算することができ、これより流量データがなくても水位-流量関係についてある程度の情報を得ることができる。本研究は、歴史時代における限られた資料から江戸時代中期から明治時代にかけての瀬田川疏通能力の変遷について検証を試みようとするものである。

2. 明治時代の瀬田川疏通能力

明治時代の瀬田川改修工事着手前における流量曲線は、1891 (明治 24) ~ 1897 (明治 30) 年の瀬田川流量の実測データから次の様に算定されている¹⁾。

$$Q = 52.72 (H + 0.938)^2 \quad (1)$$

H : 鳥居川水位 (m), Q : 瀬田川流出流量 (m^3/s)

明治時代前期については流量データは存在しないが、

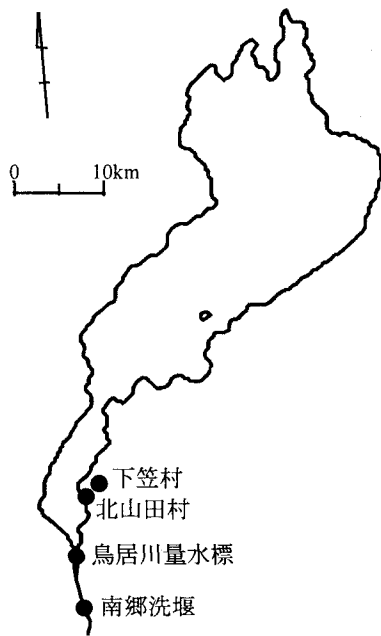


図-1 琵琶湖水位記録関係地図

1874 (明治7) 年2月には琵琶湖から瀬田川への流出口に位置する滋賀郡石山村鳥居川 (当時) に量水標が設置され、それ以降は1日1回の水位観測データが得られる。そして水位変化が明らかであれば、以下に述べるように流入、流出の状況もある程度知ることができる。

ある日の湖水位を H_1 、翌日の水位を H_2 とすると、流入-貯留-流出の連続関係から次式が成り立つ。

$$V(H_1) - V(H_2) = \sum Q_{out} - \sum Q_{in} + \sum E$$

ここに、 V は琵琶湖貯水量 (m^3) であり、水位 H の関数として表される。また、 $\sum Q_{out}$ 、 $\sum Q_{in}$ 、 $\sum E$ はそれぞれ期間中の総流入量、総流出量、湖面蒸発量である。 $\sum Q_{out}$ を時間 (s) で除することにより流出流量が得られるので、 $\sum Q_{in}$ 、 $\sum E$ 及び $V(H)$ の関数形が明らかであれば、流量データがなくとも水位データのみから瀬田川 $H-Q$ を推定することができる。

(1) 琵琶湖 $H-V$

水位-貯水量関係 (琵琶湖 $H-V$) については、建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所²⁾ が戦後の干拓による変化前のものとして次式を算定している。

$$V(H) = (23.5528 H^2 + 718.4235 H) \times 10^6$$

江戸時代以前においても新田開発やデルタの成長等による湖盆形状の変動が知られているが、その変動量は総貯水量に比して非常に小さいと考えられるため、本研究では上式が歴史時代においても適用可能なものとする。

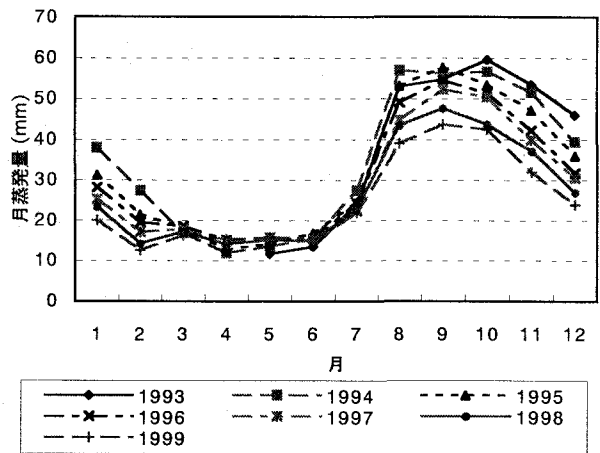


図-2 琵琶湖月蒸発量 (1993~1999年)

(2) 湖面蒸発量

1993~1999 年の月毎の琵琶湖湖面蒸発量の観測値 (バルク法、安曇川沖と雄琴沖の2点単純平均値) を図-2 に示す。ここに見られるように、蒸発量は毎年規則的な変動を示している。春から初夏にかけては、蒸発量は1日あたり1mm以下であり流出量に比べ非常に小さいと考えられるが、9月から11月にかけては日蒸発量が数mm程度になることもあり、水位から流量を逆算する際に無視できない大きさである。湖面蒸発量は表面水温や日射量、風速等をパラメータとしてモデル化されるが、歴史時代においてこれらの値を知ることは不可能であるため、ここでは1993~1999年のデータを月毎に平均することによりその月の平均的な蒸発量を求め、これを月日数で除したものを日あたりの蒸発量とする。そしてこれを水位データの観測月 (新暦) に応じて与えることとする。

最後に流入量については、降雨量観測の行われていない歴史時代についてこれを見積もるのは非常に困難であるが、渇水期は流出量に対し流入量が相対的に小さく、渇水期の水位データを用いることにより流入量の影響を小さくできるものと考えられる。図-3 は、鳥居川で水位観測が開始された1874年から瀬田川改修工事が始まる前年の1899年までの期間をおよそ5年毎に分割し、それぞれ流入量が相対的に小さい (水位低下が大きい) 期間について、日毎に水位 $H = (H_0 + H_1) / 2$ を横軸に、水位データから逆算した流出流量と流入流量の差 $Q_{out} - Q_{in}$ を縦軸にとりプロットしたものである。また、明治時代後期における流量曲線 ((1)式) をグラフ上に破線で重ねて示した。但し、この時期の水位観測は鳥居川1箇所での1日1回観測であるため、水位観測値は風による吹き寄せや静振等、局地的・一時的な現象の影響を受け易い。流量逆算値はわずかな水位観測値のゆらぎ

によって大きな影響を受けるため、ここでは毎日の水位データを5点移動平均により平滑化した値を計算に用いた。また、1890年4月以降については、琵琶湖第一疏水が開通し毎秒8.3m³（300立方尺）の引水を行っているため、その分を差し引いてある。

図-3 d)、e)については、流量曲線が図中破線の位置にあったことが瀬田川流量の実測データにより確かめられている。これらの場合にはやはりプロットの分布の上端付近を流量曲線の破線が通っており、プロットの破線から下方へ離れている分がその時の流入流量に相当する。一部プロットが破線の上にあるのは、水位データが1地点での瞬時値であるため、5点移動平均によっても完全に平滑化されず、 $Q_{out} - Q_{in}$ が過大に計算されたためであろう。また、水位が大きくなるにつれプロットが破線から離れていくように見えるのは、そうした大きい水位が実現するのは通常洪水直後であるため、流入量もそれなりに大きい値を取るためであろう。いずれにせよ、d)、e)のグラフにおけるプロット分布と破線の位置関係を同じ条件で計算された a)、b)、c)のグラフと比較することにより、瀬田川疏通能力の時間的変化をある程度把握することができる。これらの図を比較する限り、両者の位置関係に明確な時期による変化は見られず、瀬田川改修工事以前は明治時代を通じて流量曲線に顕著な変動はなかったと考えてよさそうである。

3. 江戸時代中～後期の瀬田川疏通能力

江戸時代においても、瀬田川疏通能力に幾度かの変動があったことが知られている。そのうち最も大きなものは、天保2（1831）、天保4（1833）年の2度にわたる大浚渫で、これにより琵琶湖水位は大きく低下し、湖辺の低地に新田開発が盛んに行われる契機となった。それ以前にも、例えば天明元（1781）年の瀬田川浚渫の嘆願書の中には、

（前略）勢多堀有之候節ハ、湖水一日一夜_二ハ、寸五分より式寸計も水引候様_一、老人共申伝承り罷在候、其後年数相立二随ひ、又々湖水引下、諸川々より駆出し、砂溜り所々出来仕、又ハ引水した悪敷、
（中略）、六年以前（中略）、春夏兩度砂取普請仕候由、（中略）、其節ハ、湖水昼夜_二四分、天氣相續候節ハ、昼夜_一一寸計も水引申候様_一申伝罷在候、
（後略）

〔北村文書・用留〕³⁾

とあり、土砂の堆積により徐々に低下していた疏通能力が浚渫により幾分改善された様子が記されている。因みに、1日で1寸5分（4.5cm）、2寸（6.1cm）、4分（1.2cm）、1寸（3cm）の水位低下は、流出流量（流

出-流入流量差）にするとそれぞれおよそ380、510、100、250m³/sとなる。

鳥居川量水標設置以前の琵琶湖水位は、洪水時には浸水記録等からある程度定量的な推定が可能であるが、平水時や渇水時の水位記録は非常に少ない。そうした中で、膳所藩による水位記録は、洪水時以外における継続的で信頼性の高い水位記録として非常に重要である。

膳所藩では、北山田村と下笠村（ともに現在の草津市）に定水杭を設置し、毎月15日に水位観測を行っていた。膳所藩史料には、多くの欠落を含むものの享保6（1721）年から明治元（1868）年までの72年分の水位記録が残されている。これらの水位観測には現在の鳥居川量水標とは異なる水位基準が用いられているため、まず両者の関係を明らかにしなければならないが、その問題についてはこれまでも幾つかの考察^{4),5),6)}があるため、本研究ではそれらの成果を利用することとし、ここでは詳しく触れない。

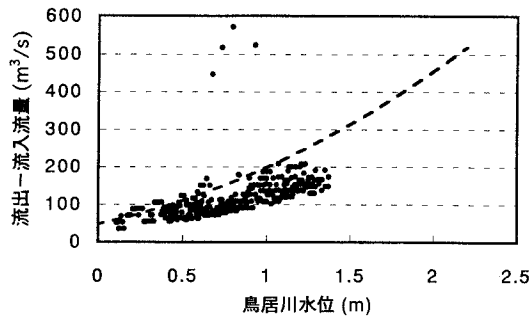
図-4 は、膳所藩史料の水位観測記録から水位低下が顕著な（流入量が小さい）期間を抽出して前章と同様の計算を行い、水位 H （北山田村と下笠村の平均水位を鳥居川基準に換算⁹⁾）と流量差 $Q_{out} - Q_{in}$ の関係をプロットしたものである。但し、膳所藩による水位観測は月1回であるため、 H_1 から H_2 までの期間は約30日間となっている。

前にも述べたように、江戸時代中期から後期にかけての瀬田川疏通能力を変化させた主な要因は天保2、4年の浚渫とそれ以前の瀬田川への土砂堆積であるが、他に元文2（1737）、天明5（1885）年にも小規模な浚渫が行われている。これらの瀬田川疏通能力への影響は限定的であったとされているが、一応これらのことも考慮し、江戸時代を次の4つの期間に分けて計算した（図-4 a)～d)）。

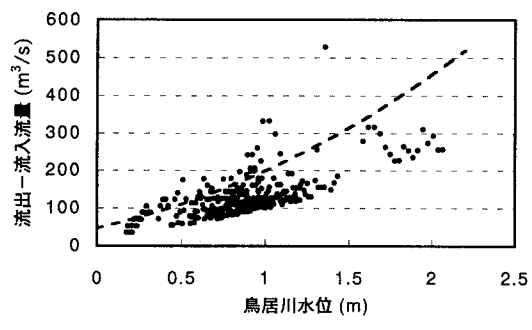
- a) 元文2年の浚渫以前（1721～1731年）
- b) 元文2年の浚渫以後（1743～1775年）
- c) 天保の大浚渫以前（1806～1830年）
- d) 天保の大浚渫以後（1834～1864年）

これらの期間が連続していないのは、その間の膳所藩の水位記録が欠落しているためである。また、図-4 e)には、比較のために明治時代（1974～1999年）についても同様に30日間の水位低下量から流量差を逆算しプロットしたものを示す。

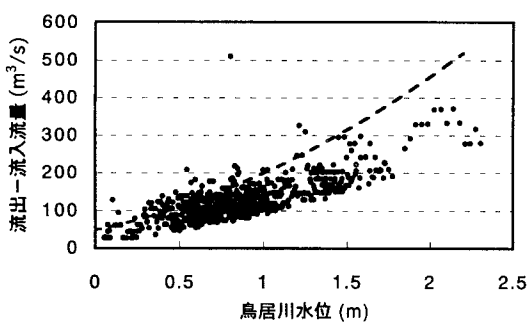
流入流量が不明確である以上、グラフの各プロットは流出流量の下限值を示す意味しか持たない。従って、これだけのデータ数では確実なことは言えないが、図-4 a)～c)のプロットの分布の上端は d)、e)と比較して明治時代の流量曲線を示す破線から離れた下方に位置しており、天保浚渫以前の瀬田川疏通能力はやはり浚渫以後よりも小さかった可能性が大きい。天保浚渫以後の江戸時



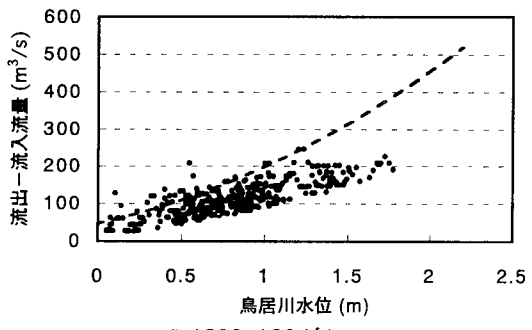
a) 1874-1879年



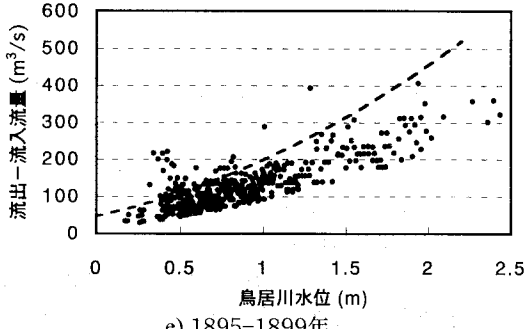
b) 1880-1884年



c) 1885-1889年

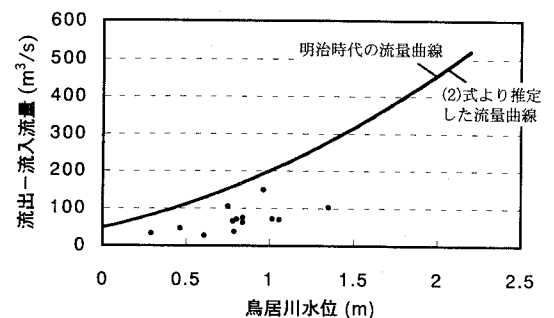


d) 1890-1894年

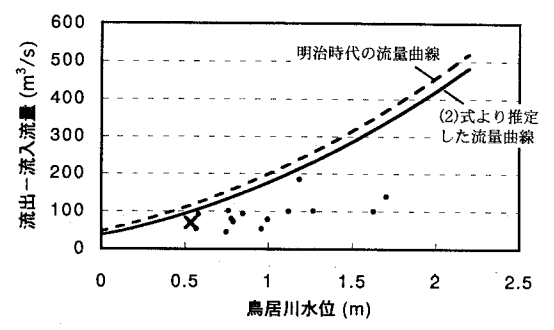


e) 1895-1899年

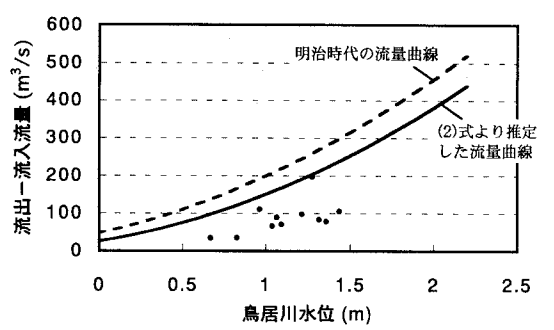
図-3 明治時代の水位-流量関係



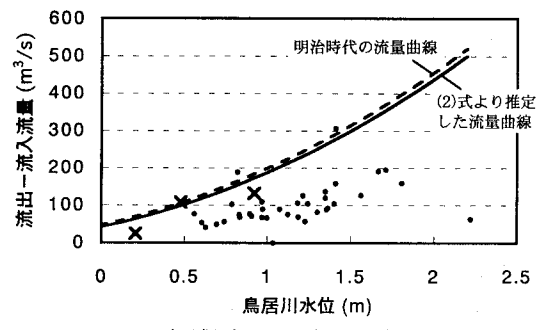
a) 1721(享保6)-1731(享保16)年



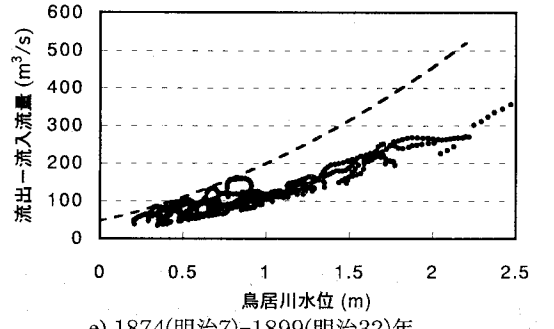
b) 1743(寛保3)-1775(安永4)年



c) 1806(文化3)-1830(天保元)年



d) 1834(天保5)-1864(元治元)年



e) 1874(明治7)-1899(明治32)年

図-4 江戸中期～明治時代の水位-流量関係

代末期 (図-4 d) については、明治時代と同程度の疏通能力であったと考えられる。なお、図-4 b)、d) 中の×印は、それぞれ明和 8 (1771)、嘉永 6 (1853) 年の大干魃の期間に対応するプロットである。この時期には流域で無降雨状態が長期間続いたことが古記録に明記されており、流入流量は非常に小さいと考えられる。それ故、流量曲線はこれらのプロットの近傍を通ると考えられる。

4. 瀬田川流量曲線の変遷

前章までの結果を用い、ここでは歴史時代の瀬田川流量曲線について若干の検証を試みたい。池淵ら⁶⁾は、歴史時代の限られた情報から流量曲線の関数形を知るのとは不可能であるとして、明治時代の流量曲線の H 切片に常水位 (年間を通しての平均的な水位) の変化を加味した次式を歴史時代の流量曲線として提案している。

$$Q_{out} = 52.72(H - \bar{H} + 1.771)^2 \quad (2)$$

ここに、 \bar{H} は鳥居川基準で表した常水位である。歴史時代における常水位を推定するには、やはり長期間に亘り一定の水位基準により観測が行われていた膳所藩史料の水位記録を用いる。毎月膳所藩の水位データを年毎に平均し、鳥居川基準に換算して明治時代のデータとともにプロットしたものが 図-5 である。これに年毎に水位記録の得られる月数に比例した重率を与えて回帰計算を行うと次式が得られる⁶⁾。

$$\begin{cases} \bar{H} = -4.026 + (2.813 \times 10^{-3})Y & (1721 \leq Y \leq 1831) \\ \bar{H} = +2.392 - (0.812 \times 10^{-3})Y & (1834 \leq Y \leq 1889) \\ \bar{H} = +0.695 & (1890 \leq Y \leq 1901) \end{cases}$$

Y: 西暦年

但し、天保の浚渫と 1890 年の琵琶湖第一疎水開通に伴って水位変化があったことを考慮し、それぞれの前後の期間で別個に計算を行った。また、1890 年以降の期間は短いので、回帰計算を行わず単純平均をとった。

上式を用いて、図-4 a) ~ d) の各期間について期間の中央の年における常水位を計算し、その年の流量曲線 ((2)式) を書き入れたものが 図-4 a) ~ d) 中の実線である。今回の検証で用いたデータ数では関数形にまで踏み込んで考察を加えることはできないが、図中の実線は破線よりもプロットの分布の上端に近いところを通っており、他に有力な推定方法が見あたらない現時点では、池淵らの提案した歴史時代における瀬田川流量曲線の設定方法は概ね妥当であったことが確かめられたといえよ

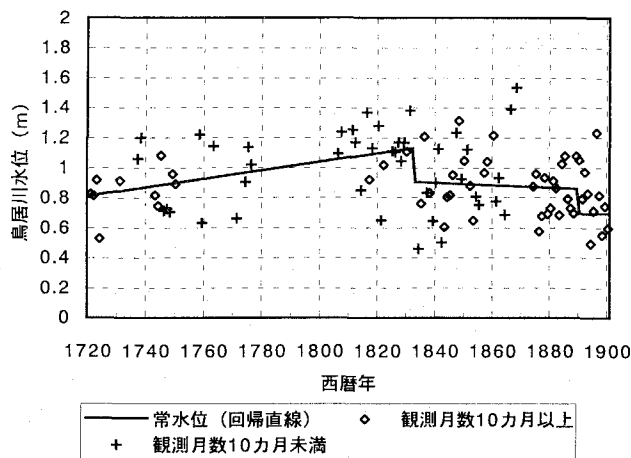


図-5 歴史時代の常水位

う。

5. おわりに

本研究では、流量データの存在しない歴史時代について、水位データから流出-流入流量差を逆算し、瀬田川疏通能力の変動を考察した。その結果、データ数の限界から十分な検討とはいえないが、天保の大浚渫以後、明治時代末期の瀬田川改修の着手まで瀬田川疏通能力はほぼ一定であり、天保浚渫以前は多くの古記録にも記されているとおり疏通能力が低下していた可能性が大きいことが見出された。また、歴史時代の瀬田川流量曲線として、池淵らの提案した明治時代の流量曲線の H 切片に常水位の変化分を加味する方法が概ね妥当であったことが確かめられた。

著者らは、水位記録と天候記録から流入-貯留-流出の連続関係を介して琵琶湖流域平均降雨量を逆算するモデルを考案している⁷⁾が、水位から流出量を算定する際に用いる瀬田川 $H-Q$ は本モデルの要をなす部分を占めており、これを正確に把握することは正確な降水量復元を行うために非常に重要である。情報量の限られた歴史時代の水文学について定量的な議論を行うことにはつねに困難が伴うが、限られた記録から最大限の情報を引き出すことに今後とも努力を払いたい。瀬田川流量曲線については、古日記の天候記録を用いて湖面蒸発量を見積もったり、また本研究では未知量として扱った流入量も先行降雨日数との相関をとるなどの方法により天候記録からある程度推定できる可能性があり、現在収集中の天候データの蓄積を待って再検討してみたい。

謝辞：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所、水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所には各種水文データの提供をいただいた。また、滋賀県立図書館には膳所藩史料の調査に際してお世話になった。記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 金森敏太郎：瀬田川二於ケル流量曲線ノ時間的變遷, 土木學會誌, 2(1), pp.93-187, 1916.
- 2) 琵琶湖の歴史洪水と洪水確率検討業務調査報告書, 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所・水資源開発公団関西支社, pp.25-32, 1987.
- 3) 琵琶湖の水位変動に関する記録の調査研究業務調査報告書, 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所・水資源開発公団関西支社・滋賀県地方史研究家連絡会, 1988.
- 4) 池淵周一, 庄建治朗, 宮井宏：琵琶湖の歴史洪水の復元とその定性的検証, 水文・水資源学会誌, 8(1), pp.67-71, 1995.
- 5) 秋田裕毅：びわ湖 湖底遺跡の謎, 創元社, pp.120-148, 1997.
- 6) 庄建治朗, 長尾正志, 富永晃宏：古記録による琵琶湖歴史洪水の水位推定, 水工学論文集, 44, pp.371-376, 2000.
- 7) 庄建治朗, 長尾正志, 富永晃宏：古日記天候記録を用いた琵琶湖歴史洪水の復元, 土木学会論文集, 656, pp.15-25, 2000.
- 8) 琵琶湖治水沿革誌第壹巻, 琵琶湖治水会, pp.57-222, 256, 1968.
- 9) 琵琶湖の総合的水管理に関する調査・研究報告書 調査・研究編, 琵琶湖総合水管理研究委員会, p.112, 1989.
- 10) 滋賀県の気象 -彦根地方気象台創立100周年記念-, 彦根地方気象台編, pp.189-200, 1993.

(2000.10.2受付)