

九州地方の火山灰地帯・非火山灰地帯における 諸河川の流出特性

岸 井 徳 雄*

国立防災科学技術センター

On Daily Runoff of the Rivers in the Volcanic Ash Regions and Non-Volcanic Ash Regions of Kyushu District

By

Tokuo Kishii

*National Research Center for Disaster Prevention,
No. 4489-1, Kurihara, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki-ken, 300-32*

Abstract

This study shows characteristics of daily runoff of rivers in the volcanic ash regions. It has been said that low flow is stable and rish in rivers in such regions.

Six rivers in Kyushu district were selected as objects of this study. Three of them are in the volcanic ash regions and their basins are covered with the volcanic ash, completely or partially. The others are in the regions other than volcanic ash.

Using observed data for long years, the analysis of the characteristics of daily runoff were carried out by statistic methods on these rivers. The frequency distributions and the accumulated curves on the depths of daily runoff were also obtained. In order to compare the frequency distributions and the accumulated curves of the rivers under similar hydrologic condition, the artificial daily rainfall series for one year were attempted in all the river basins by the tank model method. In addition to these analyses, the degree of infiltration was estimated using the top tank of the tank model of each river.

As a result of these analyses, the rivers where almost 100% of the whole basin is covered with volcanic ash show stable functions of moisture holding, being not affected by rainfall amount. On the contrary, no stable functions of moisture holding are expected at all for the rivers where the volcanic ash area is less than about 40% of the whole basin. In addition to these results, the rivers whose basin is covered with the weathered granitic rocks show low flows as stable as the rivers where about 60% of the whole basin is covered with volcanic ash.

1. はじめに

一般に火山地帯を流域とする河川の流量は安定である。その理由は火山放出物が多孔質な

* 第1研究部風水害防災研究室

内部構造を有して浸透性に富むため雨水の大部分が浸透し地下からゆっくり流出するためである。

本研究はいろいろな表層地質からなる河川の日流量を解析しその結果をまず火山灰地帯河川と非火山灰地帯河川に分類・比較し、さらに火山灰地帯河川については、火山灰地帯の流域に占める面積の割合と日流量の関係を検討のうえ火山灰地帯の流出特性を結論づけている。

対象河川は全て積雪量の少ない九州地方の諸河川から選定している。すなわち、火山灰地帯河川としては、大鳥川（火山灰地帯の面積の割合 94%）、緑川（62%）、七瀬川（41%）の3河川を、また非火山灰地帯河川として川上川（風化花崗岩地帯）、広渡川（第三紀層）、一ツ瀬川（中生層）の3河川を選定した。

第5章では、既往の日雨量・日流量データを用いて、各河川の実態をそのまま日流量別ヒストグラムや年間総流量についての流量別累加曲線に変えて、それぞれの特徴を表現している。

第6章では、仮想雨量による対象河川の流況を検討している。ここではあらかじめ作成された各河川のタンクモデルを用いて1年間分の同一雨量データをインプットして得られた日流量を第5章と同様の方法により解析し、各河川の流出特性の検討資料としたものである。

第7章では、各流域の浸透性の定量的表現の試みとして、日流量解析用タンクモデルの1段目を用いて、雨量を流出孔からの流出量と浸透孔からの浸透量に分離して、浸透度を求め、これを流出特性に関する一つの目安としている。

2. 対象河川の選定と基礎資料の範囲

流域に占める火山灰地帯の面積の割合の違いによる流出特性の差異を調べるため、火山灰地帯河川として、大鳥川、緑川、七瀬川を選んだ。この3河川は、流域に占める火山灰地帯の面積の割合の程度が異なるように選ばれた。流域に占める火山灰地帯の面積の百分率は、大鳥川流域で 94%、緑川流域で 62%、七瀬川流域で 41% である。

表 1 対象河川の諸元

Table 1 Names of rivers, river systems, gauging stations, rainfall stations and drainage areas, surface geology of the objective rivers.

河川	水系	測水所	測水所 番号 (図1)	雨量地点	雨量地 点記号 (図1)	流域面積 (km ²)	表層地質
川上川	嘉瀬川	三瀬村字詰ノ瀬	1	三瀬	A	25.7	花崗岩
七瀬川	大分川	野津原町大字廻栖野	2	今市	B	83.1	右岸; 古生層, 花崗岩 左岸; 溶結凝灰岩
緑川	緑川	砥用町大字大井早	3	浜	C	337.0	右岸; 溶結凝灰岩 左岸; 中生層
一ツ瀬川	一ツ瀬川	西米良村大字村所	4	村所	D	213.0	中生層
広渡川	広渡川	北郷町字坂元	5	北河内	E	119.0	第3紀層
大鳥川	菱田川	有明町字倉ヶ崎	6	笠木	F	89.6	火山灰

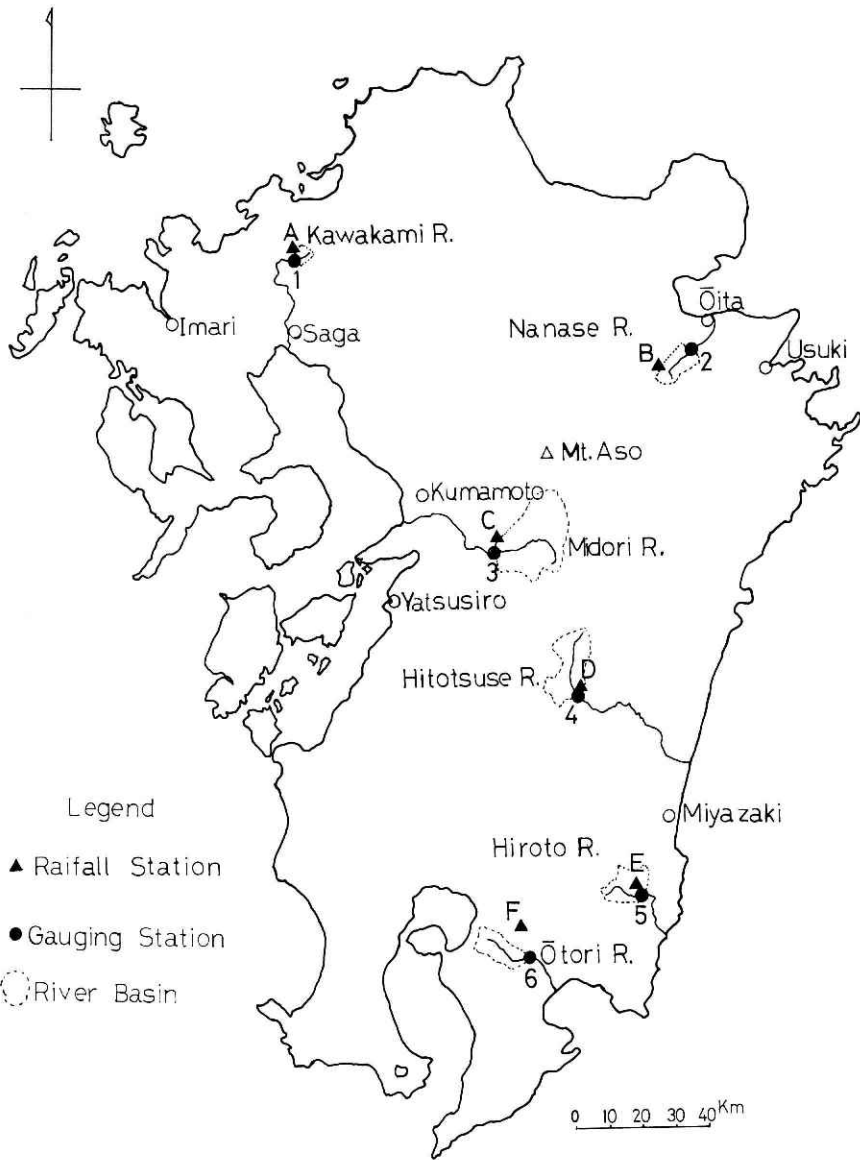


図1 河川流域図。

Fig. 1 Location of the six river basins of study in Kyushu district.

非火山灰地帯河川としては、流域に火山灰地帯が無く、各流域で表層地質が異なる3河川を選んだ。その3河川は、川上川、一ツ瀬川、広渡川である。

次に、本研究を行なうために使われた基礎資料について述べる。

日雨量は、全国気象旬報に、日流量は、流量報告書(年報)によった。日雨量、日流量とも、1958年1月1日から1964年12月31日までの7年間である。地質は、土地分類図内の表層地質図によった。この表層地質図は、県単位でまとめられており、対象河川流域は、

佐賀県，大分県，熊本県，宮崎県，鹿児島県の5県にわたる。

3. 対象河川の諸元

火山灰地帯3河川と非火山灰地帯3河川，計6河川の流域の諸元は，表1のとおりである。測水所と雨量地点の番号は，図1の河川流域図の番号に対応する。

各河川で流域面積が異なり，日流量による各河川の流出特性は比較できないので，日流量は，次のように日流出高に変換された。

$$\text{日流量 (m}^3/\text{秒)} \times \frac{86.4}{\text{流域面積 (km}^2\text{)}} = \text{日流出高 (mm/日)}$$

この日流出高 (mm/日) を用いて，各河川のタンクモデル，日流量別ヒストグラム，累加曲線等が作成された。

次に，各流域の表層地質を述べる。まず，流域の表層が，火山灰や溶結凝灰岩でおおわれる火山灰地帯河川から述べる。

大鳥川流域：桜島の東 20 km に位置し，流域の大半が火山灰でおおわれ，上流域と谷部に溶結凝灰岩が，わずかにある。この溶結凝灰岩は，鹿児島湾奥の始良火山，湾口の阿多火山の両カルデラ火山から噴出されたものとされている。その他，中，上流域に砂岩，頁岩の互層からなる中生層が点在する。

緑川流域：阿蘇外輪山の南斜面を源流とし，松山—伊万里線と臼杵—八代線にはさまれた中部九州に属する。右岸流域全体は溶結凝灰岩で大半がおおわれる。左岸流域は中生層と古生層が卓越する。

七瀬川流域：大分川の右支川で，緑川とともに中部九州に属する。右岸流域では，古生層と花崗岩が，卓越し，左岸流域は，火山性岩の安山岩と溶結凝灰岩でおおわれている。

大鳥川，緑川，七瀬川流域にみられる溶結凝灰岩の生成機構は，マグマが多量のガスと混合し，高熱のままきわめて流動性をおびつつ，火口から熱雲や軽石流として放出され，高速度で斜面を流下したたい積物とみなされている。なお，このたい積物は浸透性が高い。

続いて非火山灰地帯の河川流域の表層地質を述べる。

川上川流域：嘉瀬川上流域の背振山の西に位置する。松山—伊万里線より北にあり，地質区分は北部九州に属する。中生代の貫入岩である花崗岩が流域全体を占め，その風化深度は，はなはだ深いとされている。

一ツ瀬川流域：宮崎・熊本県境の市房山の東側を流域とする。臼杵—八代線以南の南部九州に属する。流域の大半は中生層でおおわれ，中流域の一部に古第三紀層等がある。

広渡川流域：宮崎県南部の鹿児島県境近くに位置し，一ツ瀬川流域と同じ南部九州に属する。流域全体は，第三紀層でおおわれ，そのほとんどが古第三紀層であり，下流域の一部に，新第三紀層がある。

九州地方の火山灰地帯・非火山灰地帯における諸河川の流出特性一岸井

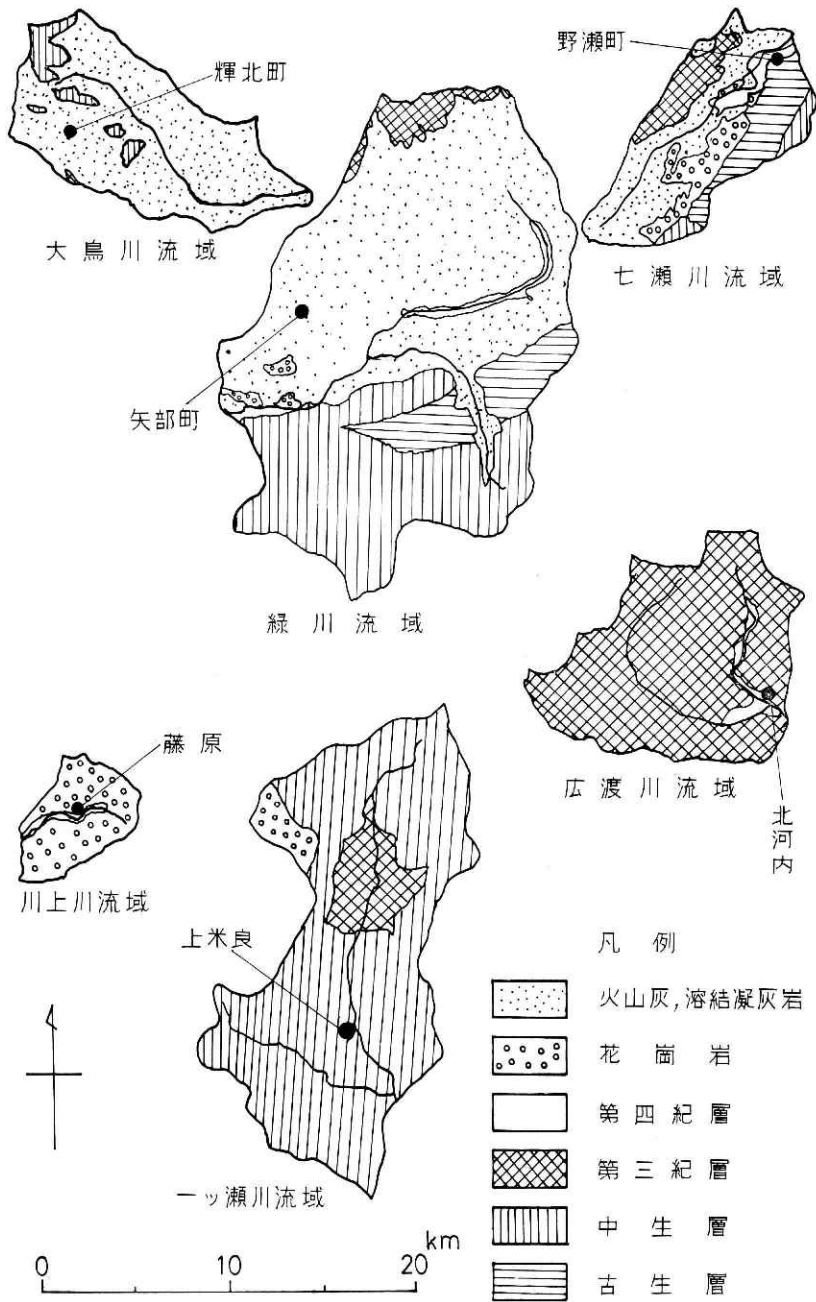


図 2 各河川流域表層地質図
 Fig. 2 Superficial geologic maps of each river basin.

以上、河川流域の表層地質図を図 2 に示す。

4. タンクモデル

4.1 タンクモデルの作成

表 2 月 別 日 蒸 発 散 量 (mm/日)
Table 2 Daily evapotranspiration in each month. unit: mm/day

月 流 域	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
川上川, 七瀬川, 緑川	2.2	2.4	2.9	3.5	4.2	4.0	5.1	5.3	4.0	3.2	2.5	2.2
一ツ瀬川, 広渡川, 大鳥川	2.4	2.5	3.3	3.7	4.1	4.5	5.2	5.2	4.1	3.6	3.3	3.0

雨量データに基づいて河川流量の予測, 再現を行なう場合, Nash の線型貯水池モデル, タンクモデル, 貯留関数法等の流出モデルが使われる.

一般に流出現象は, 表面流出, 中間流出および地下水流出の各成分からなり, それぞれの半減期は表面流出, 中間流出, 地下水流出の順に大きくなる.

火山灰地帯では, 浸透量が大きく, 流出成分としては, 地下水流出が大きい. このような地帯の河川の日流量を解析するためのモデルは, 表面流出, 中間流出ばかりでなく, 半減期の大きい地下水流出をも流出モデルの中に含んでいなければならない. タンクモデルは, それらの要件を満たしている. そこで本報告では, 日流量解析用のタンクモデルを作成し解析を行なった.

4.2 タンクモデル作成上の条件

作成されたタンクモデルの良否は流域の日蒸発散量および雨量の割増し率のよりよい推定にかかっているといわれている. 日蒸発散量は, 雨量 0 および無降雨日に, タンク内の貯留高より引かれる. 1 段目の貯留高が 0 になれば, 2 段目のタンクより引かれる. 以下, 同様に 3 段目, 4 段目より引かれる. 月別の日蒸発散量は, 表 2 に示す. この値は, 菅原氏が大分川水系芹川で使った値で, それらを川上川, 七瀬川, 緑川に適用し, 同じく大淀川水系綾北川, 綾南川で使った値を一ツ瀬川, 広渡川, 大鳥川に適用している.

次に, 全国気象旬報から, 各河川共 1958 年から 1964 年までの当該流域の 7 年間の降水量データを用いて, 当該河川のタンクモデルを作成した. 係数は, 半減期の小さい 1 段目から決定され, 次いで 2 段目以下へと決められていく. 2 段目の浸透孔からの浸透をなくしたり, 1 段目の浸透孔の係数を大きくしても, 減衰部のすその部分の日流出高が足りない場合や, 計算された年流出高が, 実測の年流出高に比べ, 7 年間を通じて小さい場合は, 雨量に割増し率をかける. 各地点の雨量の割増し率は, 三瀬 1.0, 今市 1.4, 浜, 村所, 北河内, 笠木はいづれも 1.2 である. 遅れ時間は, 各河川とも, 1 日とした.

4.3. 対象河川のタンクモデル

決定された各河川のタンクモデルを図 3 に示す. これを用いて 1958 年から 1964 年までの各河川の日流量を計算した. 計算と実測の日流量の適合について, 1960 年の大鳥川, 1958 年の広渡川を例にとり, 図 4 に示す. 1960 年の大鳥川流域の年雨量は, 2,225 mm, 1958 年の広渡川流域の年雨量は, 2,964 mm で 700 mm 程度の違いはあるが, この図からも火山灰

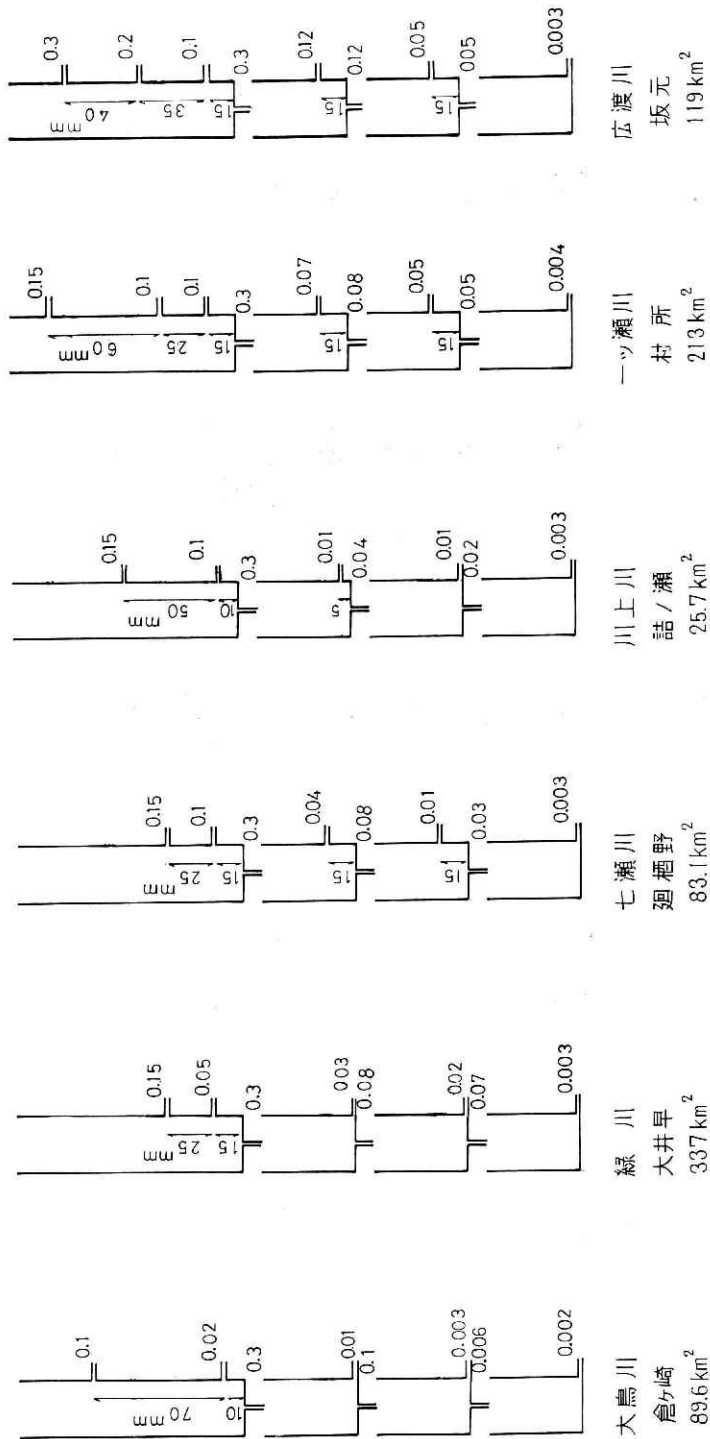


図 3 各河川のタンクモデル。
Fig. 3 Tank model of each river.

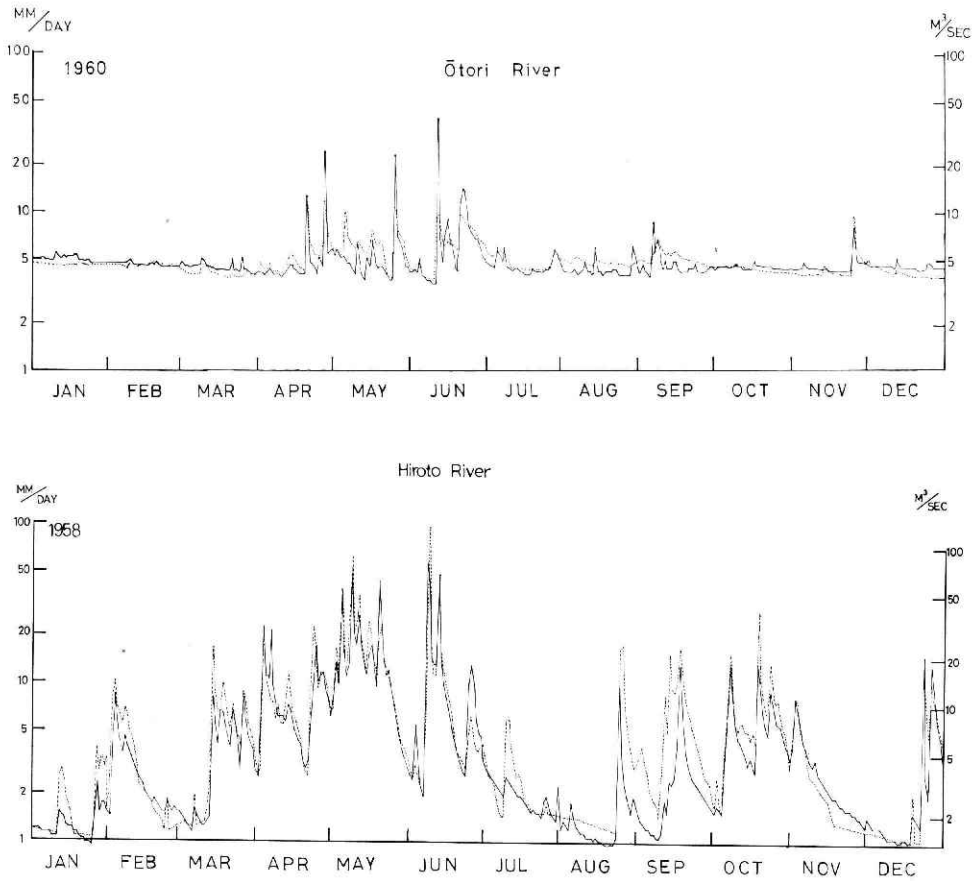


図4 大鳥川、広渡川の日流量図 (実線: 実測値, 破線: 計算値)

Fig. 4 Daily hydrographs of Otori River and Hiroto River. (solid lines show the observed values and dotted lines are the calculated values.)

表3 年雨量 (上段; 流域平均雨量, 下段 (); 地点雨量), (mm)

Table 3 Annual rainfall of each river basin from 1958 to 1964. (numbers above are areal rainfall and those in parentheses are point rainfall) unit: mm

年 河川名	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	7ヶ年 平均雨量
大鳥川	2735 (2279)	3200 (2667)	2225 (1854)	3018 (2515)	2830 (2358)	2545 (2121)	3440 (2867)	2856 (2380)
緑川	2365 (1971)	2670 (2225)	2246 (1872)	2508 (2090)	3148 (2623)	3259 (2716)	2810 (2342)	2715 (2263)
七瀬川	2370 (1693)	2600 (1857)	2036 (1454)	3244 (2317)	2815 (2011)	3545 (2532)	2699 (1928)	2758 (1970)
川上川	2583 (2583)	2720 (2720)	2294 (2294)	2623 (2623)	2640 (2640)	3711 (3711)	2378 (2378)	2707 (2707)
一ツ瀬川	2746 (2288)	3887 (3239)	2700 (2250)	3834 (3195)	3901 (3251)	3334 (2778)	3598 (2998)	3429 (2857)
広渡川	2964 (2470)	4306 (3588)	3200 (2667)	5092 (4243)	3708 (3090)	3558 (2965)	4038 (3365)	3838 (3198)

地帯河川と非火山灰地帯河川の流出特性が概観できる。

5. 日流出高にみる対象河川の流況

5.1 雨量の取り扱い方

対象河川流域の 1958 年から 1964 年までの 7 年間の年雨量は表 3 に示すとおりである。各河川の流出特性を表わす日流量別ヒストグラムおよび累加曲線は、この 7 年間のうち、年雨量が近似している年を選んで作成されている。すなわち、火山灰地帯河川の大鳥川は 1958 年、緑川と七瀬川は 1959 年である。又非火山灰地帯河川の川上川は 1959 年、一ツ瀬川と広渡川は、いずれも 1958 年である。

5.2 各河川の日流出高

4.3. で決定した各河川のタンクモデルを使って各々の流域の 1 年間分の日雨量を入力データとして日流出高を計算する。計算の結果は、日流量別ヒストグラムおよび累加曲線にまとめられている。流出高は、0 mm/日から 120 mm/日まで、1 mm/日毎の階級区分を行ない、日流量別ヒストグラムを作った。しかし、20 mm/日以上の日流出高の度数は、最大で年間の 4% 以下であり、したがって 20 mm/日以上の日流出高の階級区分は、10 mm/日毎として日流量別ヒストグラムを作った。(図 5～図 10)

図 5～図 10 に記入された曲線は、階級別年間総流出高と年流出高の比を累加したものである。この曲線を累加曲線と定義する。累加曲線は、次のようにして作成する。ある階級の流出高の中央値(たとえば 1 mm/日から 2 mm/日の区間の階級値では 1.5 mm/日)を S_i 、その階級の度数を f_i とすると、その階級の年間の総流出高 q_i は、 $q_i = S_i \cdot f_i$ となる。年流出高を Q とすると、累加曲線は、 $F = \sum_{i=1}^n q_i / Q$ と表わされる。 F は、年流出高 Q を分母に持つから、各流域間の年流出高の違いを打ち消すので、各河川の累加曲線は、ある程度同一基準で、比較できる。次に各河川について、日流量別ヒストグラムと累加曲線の特性について述べる。

大鳥川では、4 mm/日から 5 mm/日の日流出高の度数が最大である。10 mm/日までの日流出高の日数は、年間の 98% に達する。累加曲線のこう配は 5 mm/日と 6 mm/日の間が最大である。このことは、5 mm/日から 6 mm/日までの日流出高の総和が、最大であることを示す。10 mm/日の累加曲線の値は、0.96 である。このことは、年流出高の 96% が 10 mm/日以下の日流出高の総和で、しめられることになり、10 mm/日以上の大い日流出高を生じる流出は、たいへん少ないことになる。(図 5)

緑川では、3 mm/日から 4 mm/日までの日流出高の度数が最大である。10 mm/日までの日流出高の日数は、年間の 94% に達する。累加曲線のこう配、4 mm/日から 5 mm/日の間が最大である。10 mm/日の累加曲線の値は、0.84 である。(図 6)

七瀬川では、2 mm/日から 3 mm/日までの日流出高の度数が、最大である。10 mm/日まで

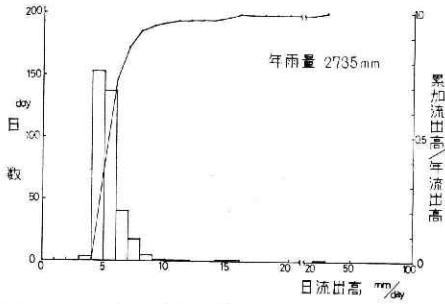


図 5 大鳥川の日流量別ヒストグラムと累加曲線 (1958年).

Fig. 5 Frequency distribution and accumulated curve by the depth of daily runoff of Otori River in 1958.

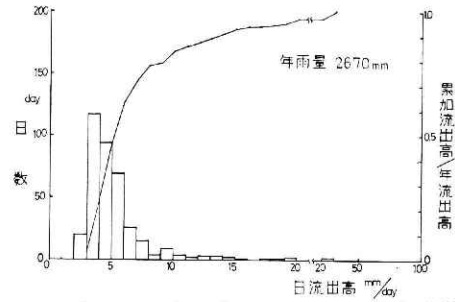


図 6 緑川の日流量別ヒストグラムと累加曲線 (1959年).

Fig. 6 Frequency distribution and accumulated curve by the depths of daily runoff of Midori River in 1959.

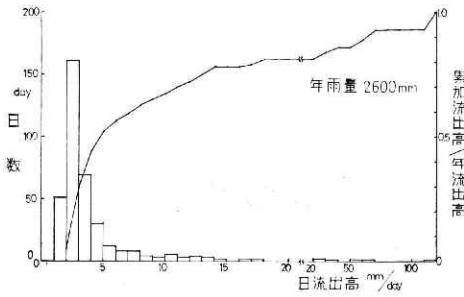


図 7 七瀬川の日流量別ヒストグラムと累加曲線 (1959年).

Fig. 7 Frequency distribution and accumulated curve by the depths of daily runoff of Nanase River in 1959.

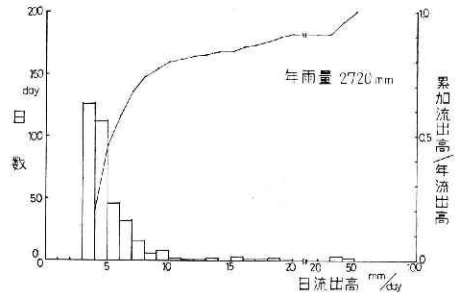


図 8 川上川の日流量別ヒストグラムと累加曲線 (1959年).

Fig. 8 Frequency distribution and accumulated curve by the depths of daily runoff of Kawakami River in 1959.

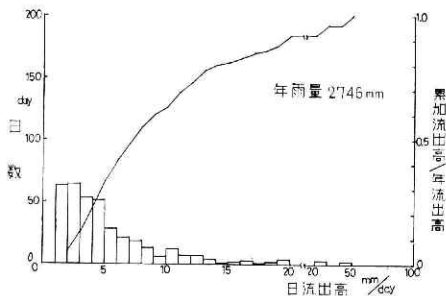


図 9 一ツ瀬川の日流量別ヒストグラムと累加曲線 (1958年).

Fig. 9 Frequency distribution and accumulated curve by the depths of daily runoff of Hitotsuse River in 1958.

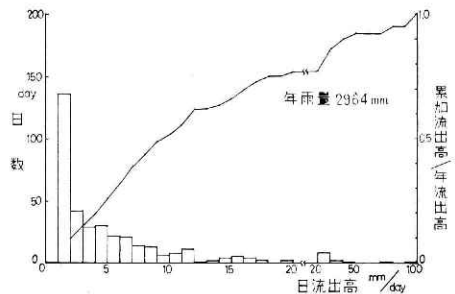


図 10 広渡川の日流量別ヒストグラムと累加曲線 (1958年).

Fig. 10 Frequency distribution and accumulated curve by the depths of daily runoff of Hiroto River in 1958.

九州地方の火山灰地帯・非火山灰地帯における諸河川の流出特性一岸井

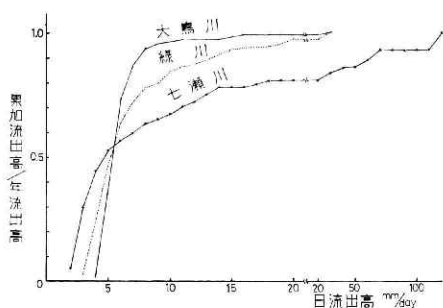


図 11 火山灰地帯河川の累加曲線。

Fig. 11 Accumulated curves of the depths of daily runoff on rivers in the volcanic ash regions for a year.

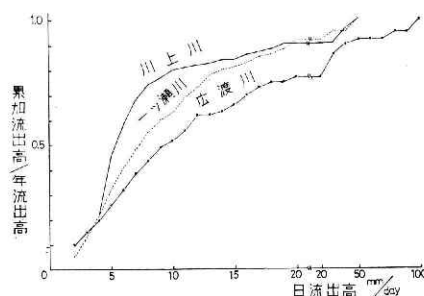


図 12 非火山灰地帯河川の累加曲線。

Fig. 12 Accumulated curves of the depths of daily runoff on rivers in the non-volcanic ash regions for a year.

の日流出高の日数は、年間の 95% に達する。累加曲線のこう配は、2 mm/日から 3 mm/日の間が最大である。10 mm/日の累加曲線の値は、0.67 である。(図 7)

次に非火山灰地帯河川の川上川、一ツ瀬川、広渡川については、図 8 から図 10 に、日流量別ヒストグラムと累加曲線を示す。川上川では、3 mm/日から 4 mm/日までの日流出高の度数が、最大である。一ツ瀬川では、2 mm/日から 3 mm/日までの日流出高の度数が最大である。広渡川では、1 mm/日から 2 mm/日までの日流出高の度数が最大である。

5.3 火山灰地帯河川と非火山灰地帯河川の流況の差異

図 11 および図 12 は、各河川の累加曲線を同一図面上に表わしたものである。図 11 と図 12 を比較すると、火山灰地帯河川の累加曲線は、非火山灰地帯河川のそれに比較し、累加曲線のこう配は、日流出高 10 mm/日以下では、一般的に大きい。しかし、川上川は火山灰地帯河川と近似した累加曲線を示す。川上川は、全流域が風化の進んだ花崗岩でおおわれ、浸透能が大きく、火山灰地帯河川と同じような傾向を示すと推定される。

火山灰地帯河川だけについて、10 mm/日の日流出高での累加曲線の値を比べる。大鳥川では、0.96、緑川では、0.84、七瀬川では、0.67 である。すなわち、流域にしめる火山灰地帯の面積の割合が大きい程、10 mm/日以下の低水流出高の和が大きく、流況が安定している。

6. 仮想雨量による対象河川の流況

6.1 仮想雨量の作成

第 5 章の解析は、対象河川流域間の年雨量が、近似的に等しい年を選んで行なわれた。その場合、日雨量強度、日雨量の時系列、無降雨日数等の日雨量の特性は、各河川流域間の雨量で当然異なっている。したがって、次の観点から、前章までの研究成果は十分とはいえない。日雨量強度が大きい日が多く、日雨量強度が小さい日が少ない場合は、大きい日流出高の日が多くなる。日雨量の時系列が異なる場合、たとえば、日雨量強度の大きい降雨の日の後に、日雨量強度の小さい降雨の日がある場合と、反対に、それらの降雨の日が前後逆に来

た場合には、日流出高は、異なる。又、無降雨日数が、少なくなれば蒸発散による損失雨量は、小さくなる。このように日雨量の特性が、各河川流域間で異なることにより、日流量別ヒストグラムや累加曲線が変わることが考えられる。その結果、各河川の累加曲線を比較して、その違いが、日雨量の特性の違いによるものか、各河川流域固有の流出機構の違いによるものか結論できない。

そこで、この難点を取り除くために、ある流域の1年間分の日雨量データを他のすべての流域の仮想雨量として、各河川のタンクモデルによって日流量計算を行なった。計算結果は第5章と同様に日流量別ヒストグラムおよび累加曲線にまとめられている。ここでは、日雨量強度、日雨量系列、無降雨日数等すべて同一として、各河川間の累加曲線を比較できる。その結果、なお、各河川の累加曲線が、第5章で述べたことと同じ傾向を示せば、それは、各河川の流出機構の違いと結論づけることができる。

仮想雨量としてつ2つのケースを作成した。1つは、大鳥川流域の日雨量であり、もう1つのケースは、広渡川流域の日雨量であり、2つのケースとも、日雨量を採用した年は、1958年である。

6.2 仮想雨量による各河川の流況

火山灰地帯河川について仮想雨量を用いて、累加曲線を作ったのが、図13、図14である。図13は、大鳥川流域の雨量を仮想雨量とした場合である。図13で、10mm/日の累加曲線の値は、大鳥川では、0.96、緑川では、0.76、七瀬川では、0.71である。一方、図14は、広渡川流域の雨量を仮想雨量とした場合である。図14で、10mm/日の累加曲線の値は、大鳥川では、0.94、緑川では、0.69、七瀬川では、0.64である。図13、図14の10mm/日の累加曲線の値の大きさの各河川間の順は、変化していない。

非火山灰地帯河川について同じように、仮想雨量を用いて、累加曲線を作ったのが、図15、

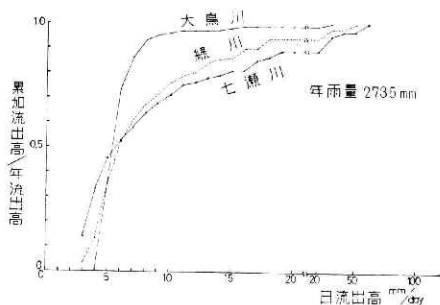


図13 火山灰地帯河川の累加曲線(大鳥川流域の雨量を仮想雨量とした場合)。

Fig. 13 Accumulated curves of the depths of daily runoff on rivers in the volcanic ash regions assuming that the areal rainfall of Otori River basin coincides with that of each river basin.

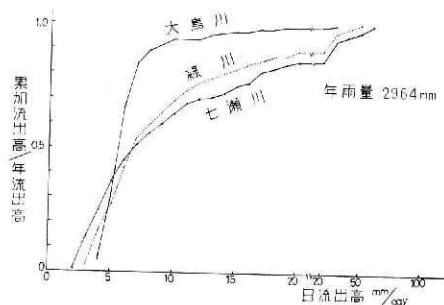


図14 火山灰地帯河川の累加曲線(広渡川流域の雨量を仮想雨量とした場合)。

Fig. 14 Accumulated curves of the depths of daily runoff on rivers in the volcanic ash regions assuming that the areal rainfall of Hiroto River basin coincides with that of each river basin.

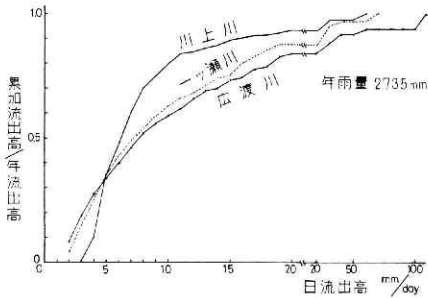


図 15 非火山灰地帯河川の累加曲線（大鳥川流域の雨量を仮想雨量とした場合）。

Fig. 15 Accumulated curves of the depths of daily runoff on rivers in the non-volcanic ash regions assuming that the areal rainfall of Otori River basin coincides with that of each river basin.

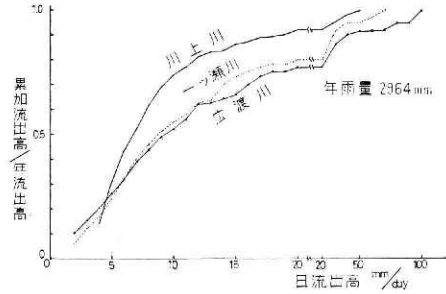


図 16 非火山灰地帯河川の累加曲線（広渡川流域の雨量を仮想雨量とした場合）。

Fig. 16 Accumulated curves of the depths of daily runoff on rivers in the non-volcanic ash regions assuming that the areal rainfall of Hiroto River basin coincides with that of each river basin.

図 16 である。図 15 は、大鳥川流域の雨量を仮想雨量とした場合である。図 15 で 10 mm/日の累加曲線の値は、川上川で 0.80、一ツ瀬川で 0.63、広渡川で 0.59 である。一方、図 16 は、広渡川流域の雨量を仮想雨量とした場合である。図 16 で、10 mm/日の累加曲線の値は、川上川で 0.74、一ツ瀬川で 0.55、広渡川で 0.52 である。火山灰地帯河川と同様に、10 mm/日の累加曲線の値の大きさの各河川間の順は、変化していない。

各河川流域自体の雨量による累加曲線（図 11～図 12）と仮想雨量による累加曲線（図 13～図 16）を比較し、各河川の流況の傾向は一定しているといえる。

特に、大鳥川では、河川流域自体の雨量による累加曲線と仮想雨量による累加曲線の間にほとんど変化がなく、年流出高の 90% 以上は、10 mm/日以下の流出となり、安定した低水流出を示す。

7. 対象河川の浸透高の割合

7.1 計算方法

対象河川の流況の差異に影響を与える要素のうち、流域の地表から、地中への浸透量が大きなウエイトをもつと推定される。実際の降雨時に表層における河川流域全体の平均浸透量を観測することは、むづかしい。

本章では、タンクモデル 1 段目からの流出高と浸透高を計算し、各河川流域の浸透の程度を比較する。

日流量解析用タンクモデルの 1 段目は、洪水解析用タンクモデルの 3 段分に相当するとされている。だから、日雨量解析用タンクモデルの 1 段目の浸透孔から 2 段目以下への浸透量は、安定した河川流量の源となる。

浸透の程度を各河川で比較するには、各河川のタンクモデルの 1 段目の流出孔と浸透孔の

係数の比をとって調べればよい。しかし、その係数の比は、タンク内の貯留高によって変化する。

そこで、各河川流域自体の1年間の日雨量をタンクモデルの1段目に入れ、流出孔からの流出高と浸透孔からの浸透高のそれぞれ、1年間の総和を計算した。次に、流出孔からの1年間の総流出高を R 、浸透孔からの1年間の総浸透高を I とする。タンクモデル1段目からの全流出高 ($I+R$) にしめる浸透高の割り合い (S) を計算する。 $S=I/(I+R)$ である。1年間の日雨量としては、各河川流域とも、5.1 で述べた同一のものを使った。

次に、6.1 で述べた仮想雨量をタンクモデルの1段目に入れ、全流出高にしめる浸透高の割り合い、 S' を各河川について計算する。 S を浸透度と名付ける。

7.2 計算結果

表4に、各河川流域自体の1年間の日雨量を入れた場合の浸透度を示す。火山灰地帯河川

表4 各河川流域自体の雨量による浸透度
Table 4 Degree of infiltration by use of the areal rainfall of each river basin through the top tank of the tank models.

河川名 浸透度等	火山灰地帯河川			非火山灰地帯河川		
	大鳥川	緑川	七瀬川	川上川	一ツ瀬川	広渡川
年雨量 (mm)	2,735	2,670	2,600	2,720	2,746	2,964
総浸透高 (I) (mm)	2,109	1,871	1,580	1,817	1,781	1,902
総流出高 (R) (mm)	140	307	524	443	518	629
浸透度 ($S=I/(I+R)$)	0.94	0.86	0.75	0.80	0.77	0.75

表5 仮想雨量による浸透度
Table 5 Degree of infiltration through the top tank of the tank models assuming that the areal rainfall of Hiroto and Otori River basins become those of each river basin.

(その1. 大鳥川流域の日雨量を仮想雨量とした場合、年雨量 2,735 mm)

河川名 浸透度等	火山灰地帯河川			非火山灰地帯河川		
	大鳥川	緑川	七瀬川	川上川	一ツ瀬川	広渡川
総浸透高 (I) (mm)	2,109	1,903	1,793	1,813	1,799	1,768
総流出高 (R) (mm)	140	357	476	455	477	501
浸透度 ($S=I/(I+R)$)	0.94	0.84	0.79	0.80	0.79	0.78

(その2. 広渡川流域の日雨量を仮想雨量とした場合、年雨量 2,964 mm)

河川名 浸透度等	大鳥川	緑川	七瀬川	川上川	一ツ瀬川	広渡川
	総浸透高 (I) (mm)	2,334	2,083	1,952	1,962	1,981
総流出高 (R) (mm)	174	462	603	568	579	629
浸透度 ($S=I/(I+R)$)	0.93	0.82	0.76	0.78	0.77	0.75

表 6 各河川の半減期 (日)

Table 6 Half life periods by use of the top tank of the tank models of each river.
unit: day

河川名	火山灰地帯河川			非火山灰地帯河川		
	大鳥川	緑川	七瀬川	川上川	一ツ瀬川	広渡川
半減期	1.7	1.4	1.3	1.3	1.1	0.78

において、浸透度の値は、大鳥川、緑川、七瀬川の順に小さくなっている。すなわち、流域にしめる火山灰の面積の割合が、大きい程、浸透度が大きい。非火山灰地帯河川の浸透度は、広渡川の 0.75 から川上川の 0.80 までの値をとっている。この値は、火山灰地帯河川の大鳥川や緑川に比べて、小さい。しかし、七瀬川の値と同じかそれより大きい値をとっている。七瀬川は、流域にしめる火山灰地帯の面積の割合が小さく、流域平均の浸透高が小さくなるためと推定される。

次に、仮想雨量を、タンクモデルの 1 段目に入れ、浸透度を計算した結果が表 5 である。浸透度の値は、大鳥川流域の日雨量を仮想雨量とした場合と広渡川流域の日雨量を仮想雨量とした場合とでは、日雨量の特性が異なるので、差異が出ている。しかし、各河川流域自体の雨量による各河川流域の浸透度の大きさの順と変わらない。

すなわち、火山灰地帯河川では、大鳥川、緑川、七瀬川の順であり、非火山灰地帯では、川上川、一ツ瀬川、広渡川の順である。

なお、表 6 は、タンクモデルの 1 段目について、タンク内の貯留高が十分高いと仮定した場合の半減期を示したものである。最大の半減期の値は大鳥川で 1.7 日であり、最小は、広渡川の 0.78 日である。半減期の値も、浸透度の値と同じく、浸透性の高い表層を持つ流域が大きい値を示している。このことは、表層の浸透性が大きい流域ほど降雨は直接流出として短期間で河道に入るより、地中へ浸透して半減期の大きい流出成分となって、河道を流下する量が大きくなることを示している。

8. ま と め

本研究では火山灰地帯の流出特性を調べるために、九州地方の諸河川について既往資料に基づく日流量の実態解析と仮想雨量による日流量の解析を実行して、その結果を総合的に判断して結論を得ている。以下、順に結論を述べる。

火山灰地帯が明確に、その流出特性を発揮するためには少なくとも流域面積のうち 60% 以上が火山灰地帯で占められていなければならない。七瀬川は、流域面積の約 40% が溶結凝灰岩で被覆され、他の 60% は古生層、花崗岩地帯となっている。この河川の渇水流量は、1.5 mm/日で非火山灰地帯河川の一ツ瀬川、広渡川と同値である。また、既往資料に基づく累加曲線の 10 mm/日の値をみても 0.67 であり、大鳥川の 0.96、緑川の 0.84 に比べ、一

ツ瀬川の 0.63, 広渡川の 0.52 に近い傾向を示している。

意外だったのは、川上川の流況である。この流域は、全域風化花崗岩地帯であるが、その流況は約 60% の火山灰地帯をもつ緑川とほぼ同じである。風化花崗岩地帯の河川が水文的特徴において火山灰河川とほぼ同じ特性をもつことは、当初予想しなかったことである。

仮想雨量による流出特性の検定では、大鳥川の年雨量 2,735 mm (1958 年) と広渡川の年雨量 2,964 mm (1958 年) を用いたが、各河川の累加曲線における 10 mm/日の値が、年雨量の増加にとまじい様に減じるという面白い結果を得ている。すなわち、流域内に火山灰地帯 94% をもつ大鳥川では 2%, その他の 5 河川では 6~8% 減じている。このことから、降雨量の多少の変化にもかかわらず安定した火山灰地帯河川としての保水機能、水調節機能が期待できるのは、全流域が火山灰地帯の場合のみと言える。

なお、この結論は、浸透度の計算結果からも裏付けられている。

9. 謝 辞

本報告をまとめるに当たり、多くの方々から助言や御協力を賜りました。とくに仮想降雨による流出特性の検定方法は、タンクモデルの考案者である菅原正巳前所長と交わした雑談中にヒントを得たものであることを申し添えます。

また、終始懇切な指導をして下さった風水害防災研究室長橋本明氏、電子計算機の使用の便宜を計って下さった第 3 研究部の方々、原稿の清書、製図に協力して頂いた第 1 研究部の西口哲夫氏、青木尚子氏に対し、記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 青木佑久 (1972): 山地流域における洪水流出の追跡. 建設省土木研究所報告, 第 143 号, 27-58
- 2) 科学技術庁資源調査会 (1969): 水資源の循環機構に関する調査報告. 科学技術庁資源調査会報告 第 47 号, 3-22, 365-426
- 3) 気象庁 (1958-1965): 全国気象旬報 (降水, 気温, 積雪)
- 4) 経済企画庁総合開発局* (1974): 土地分類図 41, (佐賀県)
- 5) 経済企画庁総合開発局* (1972): 土地分類図 44, (大分県)
- 6) 経済企画庁総合開発局* (1973): 土地分類図 43, (熊本県)
- 7) 経済企画庁総合開発局* (1974): 土地分類図 45, (宮崎県)
- 8) 経済企画庁総合開発局* (1971): 土地分類図 46, (鹿児島県)
- 9) 九州電力株式会社 (1959-1965): 流量報告書. 嘉瀬川水系川上川詰ノ瀬測水所
- 10) 九州電力株式会社 (1959-1965): 流量報告書. 大分川水系七瀬川廻栖野測水所
- 11) 九州電力株式会社 (1959-1965): 流量報告書. 緑川水系緑川大井早測水所
- 12) 九州電力株式会社 (1959-1965): 流量報告書. 一ツ瀬川水系一ツ瀬川村所測水所
- 13) 九州電力株式会社 (1959-1965): 流量報告書. 広渡川水系広渡川坂元測水所
- 14) 九州電力株式会社 (1959-1965): 流量報告書. 菱田川水系大鳥川倉ヶ崎測水所
- 15) 菅原正巳 (1972): 流出解析法. 144-161

(1976 年 11 月 27 日原稿受理)

* 現在, 国土庁土地局