

# 河川の低水時流量の地域的偏在とその要因

—台地・丘陵河川の場合—

Spatial Distribution of Low Flow Discharges in River Basins  
Underlain by Pleistocene and Pliocene Formations

虫 明 功 臣\*・村 上 雅 博\*\*・小 池 雅 洋\*

Katsumi MŪSIAKE, Masahiro MURAKAMI and Masahiro KOIKE

## はじめに

無降雨期間の河川流量は、流域の地下帯水層から流出する水によって涵養されている。したがって、入力である降水の条件が同じ地域では、河川の低水時流量は流域の地下帯水層の特性言い換えれば地下構造に支配的な影響を受ける。日本の山地流域の低水流出特性は、第四紀

火山岩類、第三紀火山岩類、花崗岩類、中・古生層という地質の大区分に対応させて分類できることが著者らによって明らかにされている<sup>1)~3)</sup>。しかし、丘陵や台地を流域とする河川では、流量の実測記録も少なく、その流出特性についてあまり検討が進んでいない。

丘陵や台地は、近年大規模宅地開発の対象とされ、下

表1 対象流域内の地層とそれらの水理特性

地 層 名	記号	地 質 構 成	試 料 名	間 隙 率 %	有効間隙率 %	透 水 係 数 cm / sec	
新 期 ロ ー ム 層 (立川・武蔵野ローム)	Lm	風 化 火 山 灰 土		80	11		
段 丘 礫 層 (武蔵野礫層相当?)	Tg	砂 礫					
常 総 粘 土 層 (松 戸 粘 土 層)	Tc	疑 灰 質 粘 土					
成 田 層	姉 ヶ 崎 層 (成田層相当?)	Nm	シルト・粘土 (一部砂層を伴う)				
		Ns	砂 (砂層を主とする部分)	成田層上部	58	26	$4.0 \times 10^{-3}$
		Ng(sg)	砂礫 (Ng) 礫混り砂 (Nsg)	姉ヶ崎砂層	60	22	$5.7 \times 10^{-4}$
	藪 層	Ym	シルト・粘土(一部シルト 勝ちの砂泥互層を含む)	藪シルト層	56	3	$3.2 \times 10^{-5}$
		Ys	砂 (一部砂に富む砂泥 互層)	藪 砂 層	54	28	$3.3 \times 10^{-3}$
		Yg	砂礫~礫混り砂				
群 地 蔵 堂 層	Jm	泥 岩 (固結シルト粘土)	地蔵堂シルト層	53	10	$5.9 \times 10^{-4}$	
	Jat	泥 岩 砂 互 層					
	Js	砂	地蔵堂砂層	52	29	$6.1 \times 10^{-3}$	
	Jg	砂 礫					
笠 森 層	Km	泥 岩 (砂岩・泥岩互層有り)	笠森シルト層	53	10	$2.0 \times 10^{-4}$	
	Ks	砂	笠森砂層	53	22	$1.7 \times 10^{-3}$	

註) 有効間隙率は、吸引試験において  $pF = 2.0$  までの容積の全容積に対する割合

\* 東京大学生産技術研究所 第5部

\*\* 日本工営株式会社

研究速報

流域の洪水流出量の増大が問題にされるとともに、平時の農業用水や環境用水への影響が問題になっている。本報告は、おもに後者の問題、すなわち開発が低水流出に及ぼす影響の予測の基礎として、丘陵河川を対象に低水時流出量の空間的分布特性について検討したものである。

1. 対象流域とその水文地質特性

1・1 対象流域の概要

今回検討の対象とされたのは、房総半島中部千葉県木更津市の東側の台地・丘陵部を水源とする矢那川流域(伊豆島川合流点で流域面積 30.6 km<sup>2</sup>)である。右支伊豆島川流域および本川下流域は台地状をなし、中流域から上流域にゆくにつれて起状が比較的大きい丘陵地形となる。これらの台地・丘陵を開析して谷地が発達し、そのほとんどが水田として利用されている。昭和42年時点

で流域に対する水田面積の比率は 14.4%であり、揚水ポンプが導入されるまで水田用水は湧水や浸出水および矢那川本支川の自流により供給されていた。

この流域は京葉工業地帯の後背地に当り、木更津周辺から順次都市化が進んでいる。さらに中・上流域の台地・丘陵部に及ぶ大規模都市開発も計画されており、それが農業用水や河川の流水に与える影響が問題にされている。

1・2 流域の水文地質構造

上総丘陵は、第四紀洪積世から第三紀にかけての比較的固結度の低いシルト・砂・砂礫およびそれらの互層よりなる一連の海成堆積層で構成されている。流域の低水流出と関連を持つ地層は、表1に示すとおり、下位から笠森層・地蔵堂層・簸層および姉ヶ崎層で、各層のなかにシルト・粘土・砂・砂礫が互層をなしている。さらに

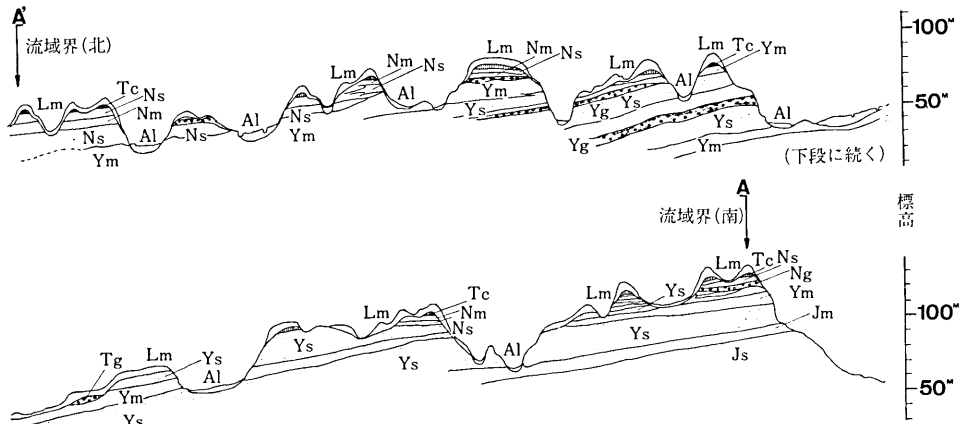


図1 流域の地質断面の一例(図4におけるA-A'断面)

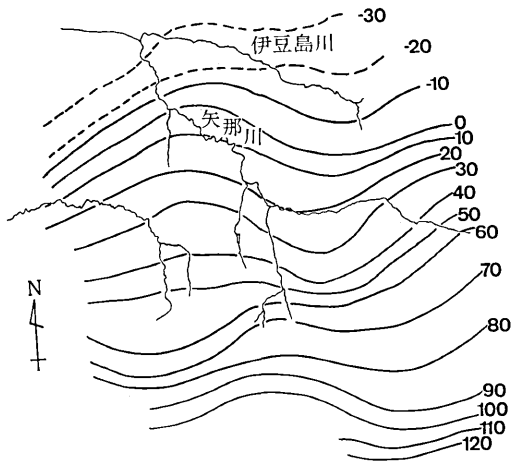


図2 簸層基底の等高線

その頂部は武蔵野・立川ローム層で覆われているが、厚さは5m以下の場合が多い。<sup>4)</sup>

各地層の水理特性を把握するために、対象域内の露頭で内径5cm容積100mlの円筒試料(同一地層につき異なる3地点で各3サンプル)を採取し、透水試験とpF試験を行なった。結果は表1の右の欄に示す。透水係数をみると、砂層はシルト層の10~100倍の値であり、有効間隙率も砂層の22~29%に対してシルト層では3~10%である。すなわち、姉ヶ崎・簸・地蔵堂の各層の砂および砂礫層が優れた帯水能を示し、それぞれの層中のシルト層が難透水層を形成している。

図4に対象流域の地質の概要が、図1には南北方向の地質縦断の一例が示されている。上述した透水層と難透水層の互層が全体として北~北西に下がるゆるやかな傾斜をもっており(図2)、こうした水文地質構造が、山体からの湧水・浸出水、ひいては地下水流出源の流域内分布と密接な関係をもつものと推察される。

2. 現地踏査によって得られる知見

現地踏査によって明らかとなった低水流出現象と関連の深い事項を以下に要約する。

- (1) 谷地は一般に水田として利用されているが、砂層が地表面に表れその層厚が厚い谷地は、畑地となっている。これは砂層の透水性が高いため、漏水が激しくて湛水できないからである。また、本川上流域に比較的広く分布する地藏堂砂層(図4参照)上の流路には、平時はもちろん30mm/日程度の雨では表流水が表れない。
- (2) 無降雨日が長く続いた後の露頭を観察すると、浸出水・湧水はシルト層上の砂・砂礫層から多いことが認められる。しかもシルト層が傾斜しているところでは、露頭の方へシルト層が下がっている場合に浸出水・湧水が多く、逆の場合には露頭面に水分があまりみられない。
- (3) この流域内の谷地には16の農業用ため池があるが、そのうちの13は南から北、あるいは南東から北西方向に開けた谷地に分布する。しかも、その立地条件には次のような共通性が認められる。ため池上流の谷地頭に湿地状をなす湧水あるいは浸出水帯があり、これは、露頭の浸出水と同様、シルト層の難透水層と下部で接する砂層中からの地下水流出である。また、ため池の底面はいずれもシルト層の上に位置している。谷地方向の縦断

面をとって、ため池および湧水地帯と地層との関係を模式的に示すと図3のようになる。

すなわち、ため池は、北～北西方向へ下降する地層構造を巧みに利用して、難透水層上部を流下する水を受け、しかも漏水しない所に立地していることがわかる。

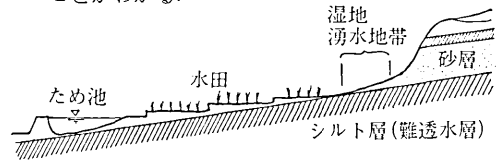


図3 ため池がある谷地田の地層と湧水地帯の模式図

3. 冬季渇水期の流量測定と結果の考察

支川別の低水流量の分布を知るために、農業取水の影響のない冬季を選んで1976年2月13日から28日かけて、流量測定を行なった。測定点と測定結果を図4に示す。前年12月10日から2月4日までの57日間は無降雨であり、測定期間中に15日3mm、16日28mm、20日2mm、23日25mmの雨量を記録しているが、長期無降雨継続後のこの程度の雨は不飽和帯に保留されほとんど地下水流出に影響しないと推察される。したがって、測定日が厳密には同じではないが、同時測定値とみなして比較を行なう。

図中、長方形の横軸が流域面積を、縦軸が流出高(mm/日)を表すから、その面積が流量の絶対値の大きさを

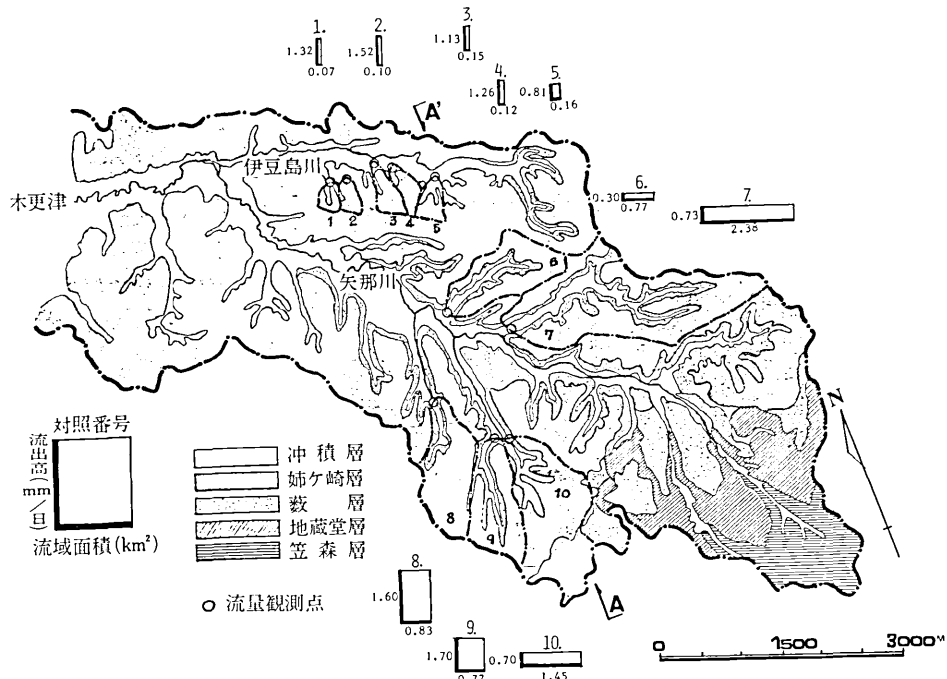


図4 矢那川流域の地質の概要および冬季流量測定結果

研究速報  
 示している。流出高に着目すると、南から北に流下する支川(No. 1~5, 8~10)で全般的にその値が大きい。ただし、支川No. 10の流出高は0.7mm/日と例外的に小さな値となっている。この流域の上流部には簀砂層(Ys)の上部が露出しており、ここで涵養される雨水は地下水となって、隣接するNo. 8あるいは9流域とそれらの下流に流出するためであろうと推定される。

渇水期流出高のこうした地域的相違と水文地質構造の関係をみるために、既存地質資料<sup>4)</sup>に現地踏査による修正を加えて、各支川ごとに流域の地質断面図を作成した。ここでは、流出高が最大を示すNo. 8の支川と最小を示すNo. 6の支川について例示し考察を加える。図5、図6はそれぞれ支流域No. 8, No. 6の河道方向とそれに直交する方向の地質断面である。両流域を構成する地層はいずれも上部に姉ヶ崎層を被った簀層であるが、河道方向に対する地層傾斜および河道と各地層の位置関係が異なっている。支流域No. 8では、河道勾配とほぼ平行

に地層が傾斜しており、しかも河床付近に難透水性の簀シルト層(Ym)が位置する。つまり、シルト層上の砂層の地下水流出のほとんどを流路が受ける形となっており、これがこの流域の渇水期流出高が第四紀火山流域並みの2.6mm/日と大きい理由である。

いっぽう、支流域No. 6では、地層の主傾斜は左岸から右岸へと河道と直交する方向であり、流路は左岸流域からの地下水流出しか受けない。さらに、河道が上流部で簀シルト層(Ym)を下刻し、中流部以下ではその下位の簀砂層(Ys)を流下する。このため下位のYs層からほとんど流出を受けず、むしろ上流域で供給された表流水が下流部では浸透している可能性がある。測点No.6上流約500mの沿川の谷地は畑地として利用されており、この点からも、Ysの透水性がよく、地下水位もかなり低いと判断される。

他の支流域についても同様な検討を行なうことにより、渇水期流出高の地域的相違は、流域の水文質的構造およびそれと流路との位置関係によって、定性的に説明できることがわかった。

むすび

第三紀から第四紀洪積世にかけての推積地層によって形成された台地・丘陵は、一般に、シルト・砂・砂礫が互層をなし、しかも同斜構造をもっている。したがって、本報告で得られた知見は、他の台地・丘陵流域にも適用できる。

こうした定性的な成果を踏まえて、筆者らの研究室では、多摩丘陵に流出試験地を設定し、大規模な都市化が流域の水循環機構に及ぼす影響を評価するための基礎的研究に着手している。

土質試験に際しては、東京農業大学駒村正治氏の協力を得た。記して謝意を表します。

(1978年3月7日受理)

参考文献および資料

- 1) Katumi MUSIAKE, Syohei INOKUTI and Yutaka TAKAHASI, Dependence of Low Flow Characteristics on Basin Geology in Mountainous Areas of Japan, Proc. of IAHS Tokyo Symposium, Dec. 1975
- 2) 虫明功臣, 水力開発の結果からみた山地河川の低水流出の特性, にほんのかわ, 第7号, 昭51.6
- 3) 安藤義久, 虫明功臣, 河川の低水流出特性と流域の地質区分・気候区分の対応関係について, 第5回関東支部年次研究発表会講演概要集, 昭53.1
- 4) 千葉県南総地区土質簡易調査, 応用地質調査事務所, 昭49.3

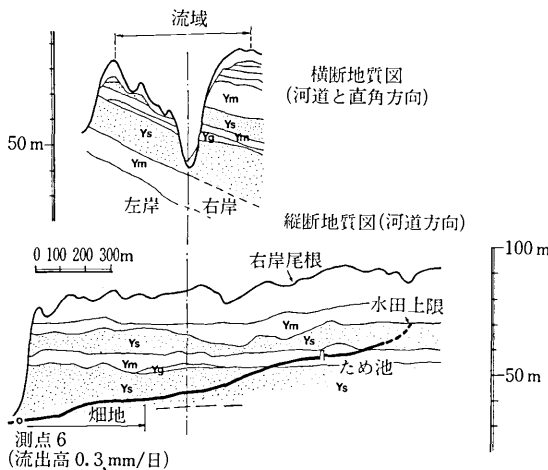


図5 支流域No. 6の地質断面

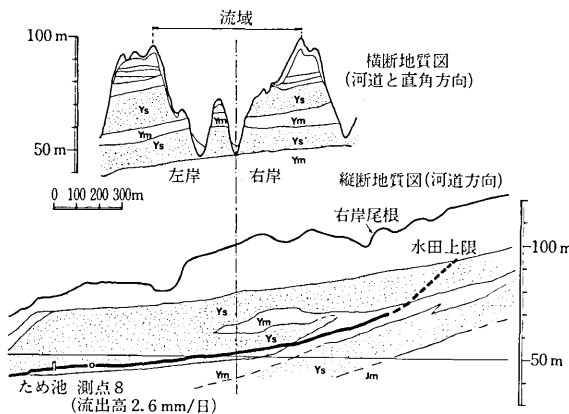


図6 支流域No. 8の地質断面