

河川の低水時流量の地域的偏在とその要因(2)

—多摩丘陵の河川の場合—

Low Flow Characteristics in Tama Hilly Land Underlain by Unconsolidated and Stratified Formations

虫 明 功 臣*・安 藤 義 久**・小 池 雅 洋*

Katumi MUSIAKE, Yoshihisa ANDÔ and Masahiro KOIKE

1. はじめに

近年、丘陵・台地部のいくつかのニュータウン造成計画において豊かな環境づくりの一環として、いろいろなタイプの水空間の導入が模索されている。そのなかには既存の水域の保全やニュータウン内への小川の再現というアイデアなども含まれているが、その立地条件や造成後に確保される自然流量など不明な点が多い。

いっぽう、筆者らは千葉県西上総丘陵における調査から、透水層と難透水層が互層をなす固結度が低い海成堆積層では、低水流出量の地域的相違は流域の水文地質構造と密接な関係があることを指摘した。本研究は、同様の視点に立って、都市開発後の環境用水源確保の条件を検討するための基礎資料を提供する目的で行われた。

2. 対象流域とその水文地質特性

2.1 対象流域の概要

今回検討の対象とされたのは、多摩ニュータウン区域内の東京都八王子市南東部の別所地区を貫流する多摩川水系大栗川の小支川（以下「別所川」と呼ぶ、流域面積1.38 km²）の流域である。標高170～120 mの丘陵を開折して、本川沿いと右岸流域に谷地が発達する。丘陵斜面と尾根部には、クヌギ・コナラ林が支配的である。

この地区では、近い将来新住宅地開発事業が着工される予定であるが、上流の2つの池を利用した流水空間の導入が模索されている。

2.2 流域の水文地質構造

多摩丘陵は一般に、砂層、砂礫層、泥層が互層をなす三浦層群（平山砂層；H_s、連光寺互層；R_a）と稲城砂層；I_s、さらに古相模川のはんらんで形成された御殿峠礫層；G_s、および各時代のローム（下位から多摩ローム；T_L、下末吉ローム；S_L、武蔵野ローム；M_L、立川ローム；T_{AL}）層で構成されており、基盤の三浦層群は全体的に北東に下る傾斜をもっている。

別所流域でも例外ではなく、図2に示すように、上位

から関東ローム層、御殿峠礫層、稲城砂層、連光寺互層、平山砂層を主要な構成地質にしている。これらのうち河川の低水流出と関連のある地質は、関東ローム層下位の火山灰質粘土層と連光寺互層中の連光寺泥層があげられる。火山灰質粘土層は、比較的幅の広い尾根の新鮮なローム層の下位に分布している。上位の新鮮なローム層が粘土化が弱いのに対して、下位のローム層は強度に粘土化が進んでいる。これが火山灰質粘土層と呼ばれる地層である。この火山灰質粘土層には、透水係数が 1×10^{-6} cm/s の値を示す層もあり難透水性基盤をなし、その上部に不圧地下水を存在させている。²⁾このことは、道路沿いの露頭などを観察すると、粘土化の進んだローム層の上部から湧水や浸出水が常に見られることから理解できる。

次に、連光寺泥層であるが、別所流域の中下流域の地下に広く存在しており、露頭を観察すると、連光寺泥層（土木用語では土丹と呼ばれる地層）が不透水性基盤とな

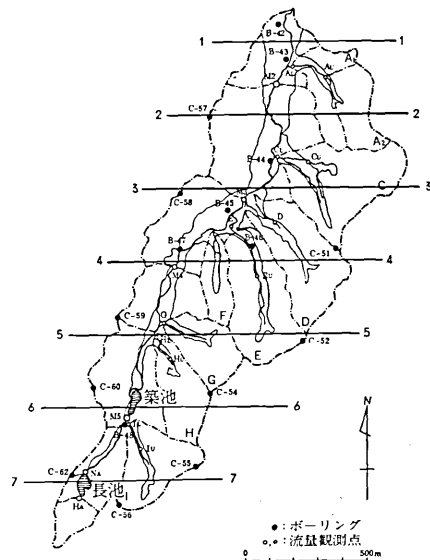


図1 地質断面ならびに流量観測点

* 東京大学生産技術研究所 第5部

** 東京大学大学院工学系研究科

研究速報
 り、その上部の砂層から湧水や浸出水が見られる箇所が多い。また、別所川の右岸のE流域から下流のA, C, Dの谷地(図3参照)の上流部は、強度の湿地状を呈しているが、こうした湿地の下には連光寺泥層が地表より比較的浅い所に存在しているという共通性がある。なお、連光寺泥層の透水係数は、100ccサンプルの透水試験に

よれば 1×10^{-7} cm/s 以下である。

以上のように、粘土化したローム層(火山灰質粘土層)と連光寺泥層が、別所流域の主要な難透水層あるいは不透水層を形成しており、それぞれの上部の帯水層から無降雨期の河川流量(地下水流出量)の多くが供給されている。という作業仮説が導き出される。

3. 冬季渇水期の流量観測とその結果

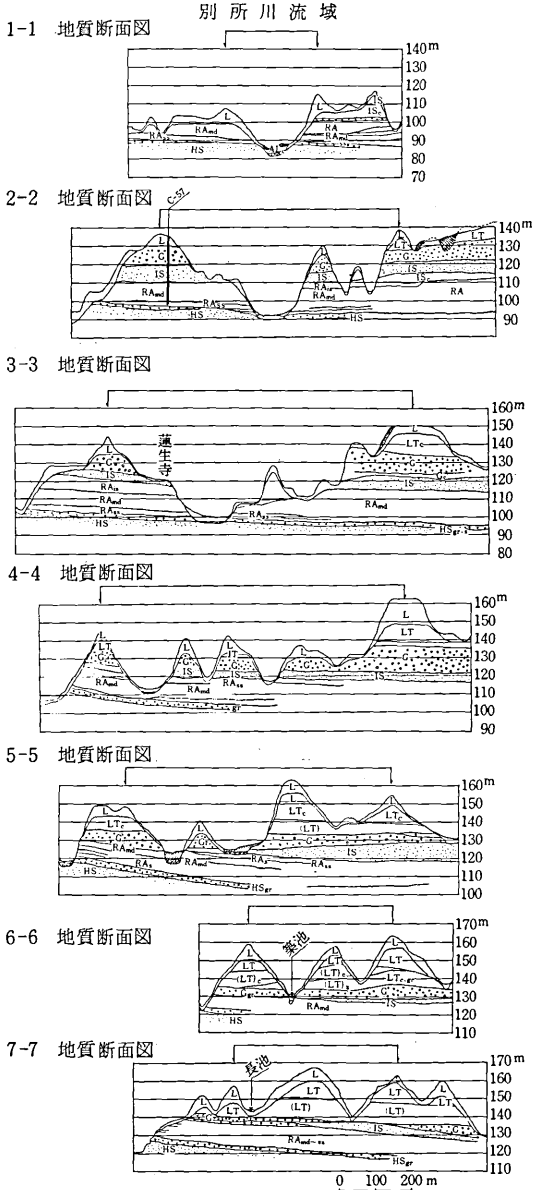
前述の作業仮説を裏付けるために、1977年12月から1978年2月の冬季渇水期に別所流域の本・支川19ヶ所の流量観測点と、既開発流域の流出量と比較するために東京都多摩市諏訪地区の雨水管に1ヶ所の流量観測点(流域面積83.1ha)を設定し、1週間毎に観測を行った。観測点の位置は図1に示す通りである。別所流域では、すべての観測点に実験から水位-流量関係を求めた三角堰を設置し、水位の測定から流量を算定した。

観測期間内に数回の降雨あるいは、降雪があり流量は変動しているが、観測日に表面流出をみる程の降雨は経験していないので、観測された流量はいずれも地下水流出である。なお、これらの流量は、流況区分でいえば、年間最小流量から低水流量(1年のうち275日はこれを下らない流量)の間に入るものと推定される。

流量観測結果を表1に、別所流域の本川・支川別にそれらを図示したものを図4(a),(b)に示す。流量単位は流域間の比較のためにmm/日で表されている。

4. 低水時流量分布と水文地質構造

図4を見ると、流出高の大小によって、観測点が3つのグループに明瞭に分けることができる。すなわち、
 グループI: 観測点N_A, H_A. 上流域に属し、無降雨期



AL: 沖積層 L: 立川・武蔵野ローム LT: 多摩ローム
 G: 御殿峠礫層 IS: 稲成砂層 RA: 連光寺互層
 HS: 平山砂層

図2 地質断面図
 (注) 地質断面図は、日本住宅公団: 南多摩B-4地区土質調査、日本工営(株)、昭和41年、をもとに作成した。

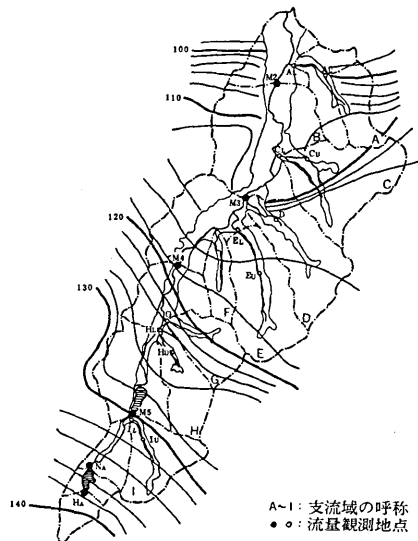


図3 連光寺泥層上面の等高線

A~I: 支流域の呼称
 ●: 流量観測地点

研究速報
には流出量が0になることがある。つまり、渇水期流出
高が最も小さい。
グループⅡ：観測点 E_u, G, H_L, H_u, M₅, I_L, I_u. いず
れも中流域に属し、最小流出高は 0.2 mm/日 前後の中
間的な値を示す。

グループⅡ：観測点 E_u, G, H_L, H_u, M₅, I_L, I_u. いず

グループⅢ：観測点 A_L, A_u, C_L, C_u, D, E_L. いずれも

表1 冬季低水量同時観測結果 '77~'78

| 観測地 | 河川 | 流域面積 (ha) | 係数 β | 12月 | | | 1月 | | | | | 2月 | | | | 備考 | |
|----------|----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|-----------------------|
| | | | | 9日 | 23 | 28 | 2 | 6 | 13 | 14 | 20 | 27 | 3 | 10 | 17 | | 24 |
| 別所川 | A _L | 10.1 | 1.16 | 0.65 | 0.71 | 0.61 | | 1.12 | 0.78 | | 0.94 | 0.78 | 0.55 | 0.81 | 0.51 | 0.65 | 渇水期流出高 大 中 小 |
| | A _U | 7.12 | 0.82 | 0.72 | 0.76 | 0.67 | | 1.25 | 0.87 | | 1.01 | 0.72 | 0.50 | 0.96 | 0.58 | 0.47 | |
| | C _L | 13.6 | 1.58 | 0.86 | 0.90 | 0.79 | | 1.33 | 0.86 | | 1.11 | 0.90 | 0.79 | 0.98 | 0.65 | 0.69 | |
| | C _U | 11.1 | 1.28 | 0.68 | 0.62 | 0.62 | | 1.21 | 0.62 | | 0.73 | 0.49 | 0.46 | 0.85 | 0.53 | 0.49 | |
| | D | 9.4 | 1.09 | | | 0.55 | | 0.90 | 0.73 | | 0.90 | 0.69 | 0.55 | 0.87 | 0.55 | 0.58 | |
| | E _L | 11.7 | 1.35 | 0.70 | 0.76 | 0.64 | | 0.96 | 0.70 | | 0.88 | 0.67 | 0.50 | 0.70 | 0.53 | 0.45 | |
| | E _U | 6.53 | 0.76 | 0.36 | 0.35 | | | 0.45 | | | 0.39 | 0.29 | 0.25 | 0.21 | 0.10 | 0.18 | |
| | G | 5.75 | 0.67 | 0.31 | 0.24 | 0.37 | | 0.48 | 0.26 | | 0.33 | 0.28 | 0.12 | 0.37 | 0.17 | 0.15 | |
| | H _L | 6.58 | 0.76 | 0.45 | 0.32 | 0.32 | | 0.36 | 0.38 | | 0.42 | 0.35 | 0.27 | 0.42 | 0.23 | 0.21 | |
| | H _U | 5.82 | 0.67 | 0.40 | 0.30 | 0.28 | | 0.43 | 0.33 | | 0.33 | 0.30 | 0.19 | 0.30 | 0.16 | 0.15 | |
| | M _u | 16.1 | 1.86 | | | 0.34 | | 0.61 | 0.36 | | 0.53 | 0.43 | 0.22 | 0.47 | 0.21 | 0.17 | |
| | I _L | 7.76 | 0.90 | 0.43 | 0.33 | 0.25 | | 0.66 | 0.30 | | 0.53 | 0.38 | 0.18 | 0.57 | 0.19 | 0.21 | |
| | I _U | 6.19 | 0.72 | 0.31 | 0.34 | 0.15 | | 0.44 | 0.20 | | 0.44 | 0.29 | 0.13 | 0.34 | 0.12 | 0.12 | |
| | NA | 4.40 | 0.51 | | 0.20 | 0.20 | | 0.39 | 0.39 | | 0.24 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| HA | 2.52 | 0.29 | 0 | 0 | 0 | | 0.01 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 別所本川 | M _u | 138.2 | 15.9 | 0.39 | 0.49 | | | | | | | | | | | 電気伝導度 60~80 μS/cm | |
| | M _u | 113.0 | 13.2 | | | | 0.69 | 1.01 | | 0.60 | 0.67 | | 0.40 | 0.64 | 0.37 | | 0.32 |
| | M _u | 71.1 | 8.22 | 0.63 | 0.51 | 0.54 | | 1.05 | 0.66 | | 0.81 | 0.59 | 0.49 | 0.56 | 0.42 | | 0.37 |
| | M _u | 42.6 | 4.93 | 0.73 | 0.57 | 0.59 | | 0.90 | 0.67 | | 0.71 | 0.63 | 0.47 | 0.63 | 0.46 | | 0.41 |
| | M _u | 16.1 | 1.86 | | | 0.34 | | 0.61 | 0.36 | | 0.53 | 0.43 | 0.22 | 0.47 | 0.21 | | 0.17 |
| | NA | 4.40 | 0.51 | | 0.20 | 0.20 | | 0.39 | 0.39 | | 0.24 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| HA | 2.52 | 0.29 | 0 | 0 | 0 | | 0.01 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 既晴陸・森跡地区 | | 8.31 | 9.66 | 0.59 | 0.62 | | 0.57 | 0.96 | | 0.65 | 0.66 | | 0.48 | 0.59 | 0.48 | 0.42 | 電気伝導度 190μS/cm |

(註) 1) 流量単位はmm/日、これに係数βを乗ずればℓ/秒の単位になる。また、mm/日の上記流量に0.116を乗ずれば、ℓ/秒/ha単位となる。
 g (mm/日) Q (ℓ/秒) = $\beta \times g$ (mm/日) g' (ℓ/秒/ha) = $0.116 \times g$ (mm/日)

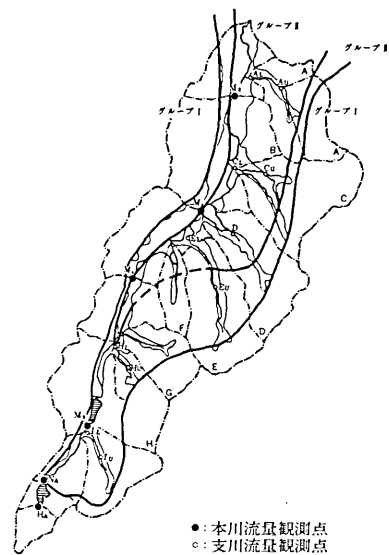
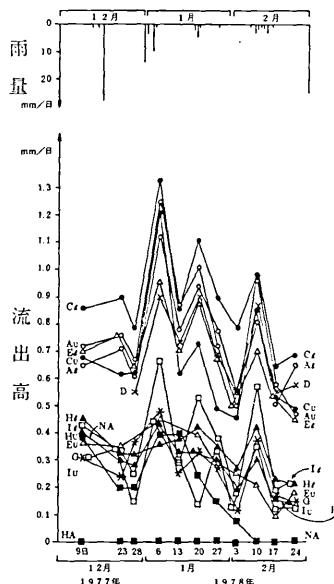
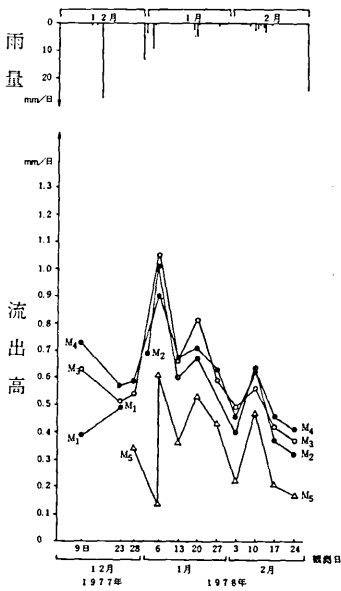


図4 (a) 別所流域の本川筋の冬季流出高

(b) 別所流域の支川別の冬季流出高

図5 低水流出高の多小による地帯区分

研究速報

下流域に属し、最小流出高は0.5 mm/日前後の最も大きな値を示す。

これらの観測結果に現地踏査による観察を加味して、渇水期流出高が小さい地帯(グループⅠ)、渇水期流出高が中間的な値を示す地帯(グループⅡ)、渇水期流出高が大きい地帯(グループⅢ)を概念的に地図上で示せば図5ようになる。

流出高の大小によるこうした地帯区分は、流域の水文地質構造、言い換えれば帯水層と難透水層の層序と流路との位置関係によく対応していることがわかる。図6に模式図を示すように、グループⅠは上流流域で標高が高いために、火山灰質粘土層上の不圧地下水の流出だけが供給されるに過ぎない。この不圧地下水の流域界は、地表の流域界とほぼ一致すると見なされるから、帯水層の規模が比較的小さい。これが、グループⅠの地帯で渇水期流出高が小さい理由である。これに対して、グループⅢは連光寺泥層の上面が流路よりも高い所に露われる地帯である。したがって、この不透水性基盤の上部のすべての帯水層からの流出が流路に供給される。しかも、図3の連光寺泥層上面の等高線からもわかるように、右岸側A~Eの支川では、流路の傾斜方向がほぼ一致している。連光寺泥層は、この地区の南東方向の地下に広く広がっており、その上部の帯水層の規模がきわめて大きい。これらの理由により、グループⅢの地帯で渇水期流出高が大きいものと考えられる。

本川筋の流出高の変化に着目すると、この関係がより明瞭に理解できる。本川の河床と連光寺泥層の上面の位置関係を模式的に描くと、図7のようになる。すなわち、泥層は本川の流下方向とほぼ同じ傾斜(約1/50の勾配)をもっているが、本川の河床勾配(約1/40)よりも緩やかな勾配であり、H沢合流点付近で河床に露出する。つまり、泥層は、上流側では河床以下に没し、下流側では河床より高く、崖の中腹に露頭がみられるようになる。泥層が河床に露われる前後の観測点M₅とM₄を比較すると、この間で流出高が急に増大していることがわかる。これは、前述した地下水流出機構で説明できるであろう。

グループⅡは、中間的な位置に属し、ローム層中の不圧地下水、水成多摩ローム、御殿峠礫層などの帯水層からの流出を受ける地帯である。

5. 今後の課題

すでに市街化されている諏訪地区は、造成によって尾根部は切土、谷部は盛土され、原地形は著しく改変されているが、地下構造は別所地区と類似している。ただし、地層名は異なり、別所で連光寺砂層にあたる層が稲城砂層、連光寺泥層にあたる層が稲城泥層となっている。

原地形の谷部に幹線雨水管が敷設されており、その流

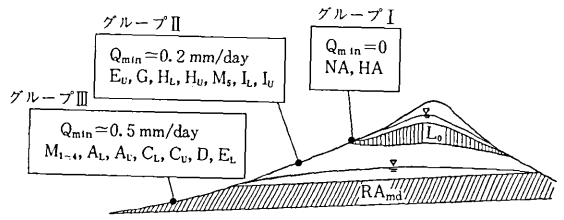


図6 別所試験流域における地下水流出量の分布と水文地質構造の模式図

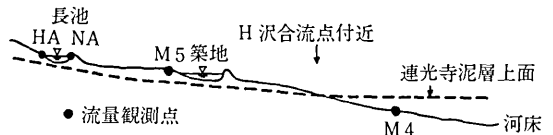


図7 縦断面模式図

末に筆者らの流量観測点が設定された。既存の地質資料³⁾を参照することにより、この雨水管と難透水層をなす稲城泥層の上面の位置関係は、別所流域における別所川河床と連光寺泥層上面の位置関係とほぼ同じと見なされる。

この観測点の流量観測結果は、自然流域-別所地区-でも流出高の大きいグループに相当している。諏訪地区の切土斜面でも、稲城泥層の上面からの湧水、浸出水が観察され、これが側溝などを通して雨水管内に流入している所が認められる。

これらの事実から、地表付近が改変され、不浸透域が30~40%程度になっても、地下水流出はあまり影響されないのではないかという推論が生ずる。この点については、1979年2月に設置した既開発地区の永山試験流域における水文諸量の解析も含めて、今後検討する予定である。

この研究に当たっては、日本住宅公団南多摩開発局の各位から甚大な協力をいただいている。また、学習院大学の町田端男氏並びに日本工営(株)の村上雅博氏には地質調査の御協力をいただき、当時日本大学の石川暢康氏には流量観測に当たって御協力を得ました。なお、研究費の一部として財団法人とうきゅう環境浄化財団の助成を受けている。記して謝意を表します。

(1979年5月25日受理)

参考文献

- 1) 虫明功臣・村上雅博・小池雅洋: 河川の低水時流量の地域的偏在とその要因, 生産研究, 30(1978), pp. 201~204.
- 2) 虫明功臣・安藤義久・村上雅博・小池雅洋・大矢哲朗: 多摩丘陵への試験流域の設置とその水文地質構造, 生産研究, 30(1978), pp. 432~435.
- 3) 日本住宅公団南多摩開発局: 南多摩B-4地区土質調査, 日本工営(株), 1966.