

宅地開発に伴う親水河川計画に関する水文環境的考察

Hydro-environmental Consideration on River Planning with Urban Development

東京都立大学工学部土木工学科 安藤 義久 Y. Ando
三井共同建設コンサルタント(株) 坂本 洋二 Y. Sakamoto

This paper discusses a hydro-environmental consideration on a river planning with an urban development. The low flow regimes of the K river in the Tama New Town after the urban development is successfully assessed with the daily hydrological model proposed by Ando et al. Then comments and counterplans are considered in order to achieve the purposes of the river plan for the K river.

Keywords: hydro-environmental consideration, river planning, urban development

1. はじめに

親水河川計画においては、水文環境に関連した問題が重要な位置を占めている。特に流域内で大規模な宅地開発が予定されている河川では、宅地開発後も従前と同様な水文環境の保全が必要である。しかし、宅地開発後も従前の水文環境を保全するためには、宅地開発による水文環境の変化を予測し、影響を把握した上で、その対策案を立案することが必要となる。多摩ニュータウンではこれまでに、流域の都市化に伴う水循環機構の変化に高い適合性を有する、実用的な日単位の水循環モデルが研究されてきた。本研究では、多摩ニュータウン地区のK川において、雨量、流量の観測がなされている特徴を生かして、これまでに研究された水循環モデルにより宅地開発後の低水流況を予測し、K川の親水河川計画に関する水文環境状況を明らかにするとともに、親水河川計画において設定された設計流量を確保するために、水文環境保全対応策を検討したものである。

2. 対象河川と親水河川計画の概要

(1) 対象河川の概要

対象河川であるK川は多摩川の支川であり、多摩丘陵に位置する流域面積1.4km²の小河川である。K川流域の約60%は多摩ニュータウンとして宅地造成が進められており、また約25%はゴルフ場として利用されている。残りの約15%がK川に沿って開けた谷筋の土地であり、ここには、50戸ほどの宅地が点在する他は、水田と河川沿いの緑地が広がる自然状態の残る河川である。K川の低水流量は、河川沿いの湧水から供給されている。

(2) 親水河川計画

K川の親水河川計画は、I市の長期総合計画として企画されたものであり、東京都の「都市美モデル実施地区」の指定も受けている。K川の親水河川計画では、沿川の約4haを6地区に区分し、それぞれ表-1に示すような機能を予定しており、渇水時においても設計流量として $Q=0.0048\text{m}^3/\text{s}$ を確保することが前提条件となっている。

表-1 K川親水河川計画

地区排水	A	B	C	D	E	F
河川形状	水源 湧水面	小川 自然のせせらぎ	同左	堰 (小滝)	小河川 小溪谷	同左
計画施設	展望台 郷土資料館 駐車場 水辺園地 あずまや	修景園地 橋	水生植物 水辺園地 つり橋 あずまや 芝生広場	堰(小滝) 水辺園地 多目的広場 便所 駐車場	入口広場 案内抜 水車 駐車場	文化センター 防災センター 駐車場
河川位置	上流			下流		

(3) 農業用水

K川周辺の水田は約2haであり、農業用水は、K川に設けられた取水堰より取水するとともに、一部は井戸からの取水も行なっている。水田全体での必要水量は $Q=0.00605\text{m}^3/\text{s}$ とされており、この内の約77%に相当する $Q=0.00465\text{m}^3/\text{s}$ がK川から取水され、その内の大部分は再度K川へ排水されている。K川の周辺の農業用水の利用形態を図-1に示す。

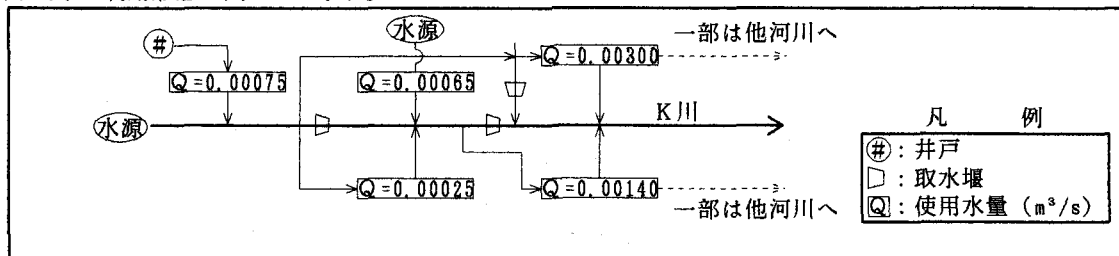


図-1 K川周辺農業用水取水状況

(4) 水文観測状況

K川は多摩丘陵の中央部北側に位置し、地質的には、御殿峠礫層(T_1)面の広がる標高130m~160m前後の丘陵地の沖積谷にあたり、御殿峠礫層の下位の稲城砂層の第二帯水層からの湧水がK川へ流出していると判断される(図-2参照)。このK川では、図-3に示す3地点において1984年の1月より7月まで流量が測定された。これらの流量には、雑排水も含まれているため、これらを分離し、自然流量を求めたところ、R-4地点での測定値にはマイナスが多く発生し、観測方法に問題が多いことが判明した。また、R-16地点とR-7地点の流量を比較すると、自然流量はほぼ流域面積に比例しているため、パラメーター値の同定には、最下流に位置し水量の豊富なR-7地点の自然流量を用いることにした。なお、雨量はK川近傍の住宅・都市整備公団南多摩開発局において観測された日雨量を使用することにした。

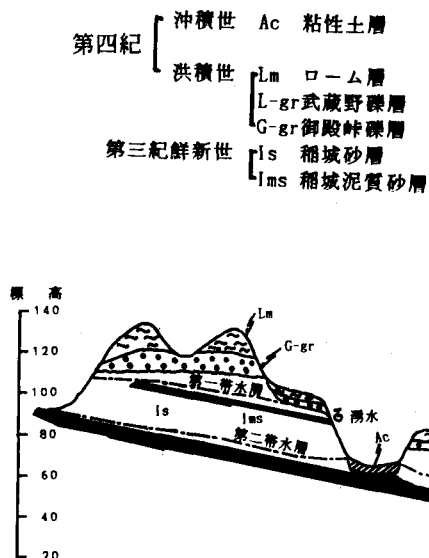


図-2 K川地質断面図



図-3 K川の流量観測所位置

3. 宅地開発後の低水流況予測

(1) 水循環モデル

丘陵地の水循環モデルには、安藤・虫明・高橋¹⁾が提案した日単位の水循環モデルの中で、宅地開発以前には自然流域用のモデルを、宅地開発後には都市流域用のモデルを、それぞれ使用する。

①自然流域の水循環モデル

自然流域の水循環モデルは図-2に示すように、自然の水循環に沿った計算プロセスを有する。まず降雨 $P(t)$ を、谷部の河道、池、湿地などの飽和域に降る降雨 $P_s(t)$ と尾根・斜面の山林といった浸透域に降る降雨 $P_i(t)$ に分ける。 $P_s(t)$ は飽和域面積率を l_s とすると、 $l_s \cdot P(t)$ に相当し、全部が直接流出 $D(t)$ となる。 $P_i(t)$ は浸透域面積率を l_i とかくと $l_i \cdot P(t)$ に相当し、全部が浸透量 $I(t)$ となる。表層の水分保留量を $M_s(t)$ とかくと、 $M_s(t)$ には $I(t)$ が加わり、浸透域からの蒸発散 $E_i(t)$ が消費される。 $E_i(t)$ は、流域全体からの蒸発散を $E(t)$ とすると、 $l_i \cdot E(t)$ に相当する。浸透量 $I(t)$ が加わり、浸透域からの蒸発散 $E_i(t)$ がひかれた後の表層の水分保留量を $M_s'(t)$ とすると、 $M_s'(t)$ が最小含水量 M_n 未満の場合には土湿不足が補われ、 M_n 以上の場合にはその超過保留分 $\{M_s'(t) - M_n\}$ に地下水涵養の定数 β をかけたものが地下水涵養量 $G(t)$ となる。地下水貯留量を $S_g(t)$ 、地下水流出量を $Q_g(t)$ 、不圧減水定数を A_u とかくと、地下水流出量 $Q_g(t)$ は不圧地下水流出の貯留関数 $\{Q_g(t) = A_u^2 \cdot S_g(t)^2\}$ により得られる。総流出量 $Q(t)$ は、直接流出量 $D(t)$ と地下水流出量 $Q_g(t)$ の和から、飽和域からの蒸発散量 $E_s(t)$ をひいて求められる。なお、 $E_s(t)$ は流域全体からの蒸発散量 $E(t)$ に飽和域面積率 l_s をかけたものに等しい。

②都市流域の水循環モデル

都市流域の水循環モデルも基本的には自然流域の水循環と同様であるが、降雨 $P(t)$ の配分を図-3に示す様に、不浸透域と浸透域に区分して行う所が相違する。すなわち、都市流域の水循環モデルでは降雨 $P(t)$ は、屋根・道路などの不浸透域に降る降雨 $P_{imp}(t)$ と芝生地・公園などの浸透域に降る降雨 $P_i(t)$ に分けられる。 $P_{imp}(t)$ は不浸透域面積率を l_{imp} とすると、 $l_{imp} \cdot P(t)$ に相当し、初期損失 L 以外は全て直接流出 $D(t)$ となる。初期損失 L はその後不浸透域からの蒸発 $E_{imp}(t)$ となる。浸透域に降る降雨 $P_i(t)$ は浸透域面積率を l_i とかくと、 $l_i \cdot P(t)$ に相当し、全部が浸透量 $I(t)$ となる。このように、自然流域では飽和域で生起する直接流出が、都市流域では不浸透域で生起する。

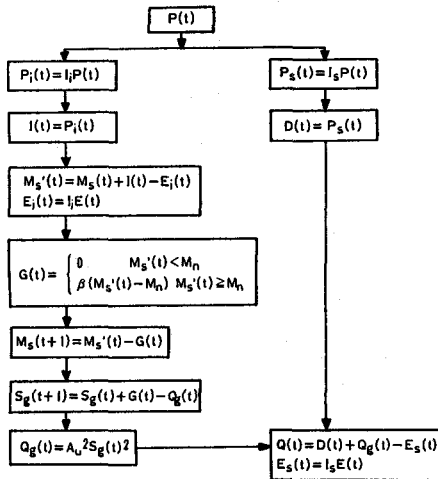


図-4 自然流域の水循環モデル

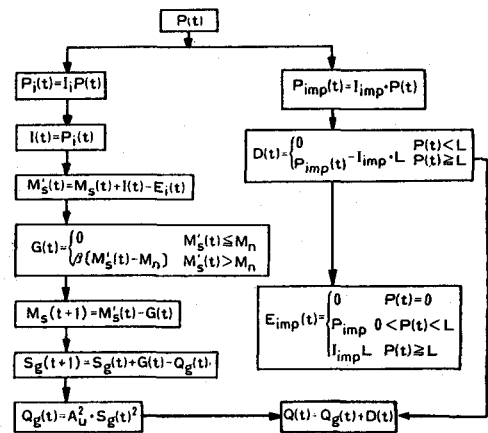


図-5 都市流域の水循環モデル

(2) K川への水循環モデルの適用

K川へ水循環モデルを適用するために、まず、宅地開発以前の現況流域状態でのパラメーターをK川のR-7地点の実測値から同定する。次に、パラメーターの中で、宅地開発による影響を受ける地表面のパラメーターである不浸透面積率 l_{imp} と浸透域面積率 l_i については土地利用計画から設定する。

①現況のモデルの作成

現況には自然流域の水循環モデルを適用するが、このモデルに含まれるパラメーターは飽和域面積率 l_s 、浸透域面積率 l_i 、最小容水量 M_n 、地下水涵養の定数 β 、不圧減水定数 A_u の5つである。飽和域面積率 l_s は1/2500の地形図によりK川流域の飽和域（河道とその周辺の湿地、水田など）を計測し、 $l_s=0.037$ という値を求めた。同様に、浸透域面積率 $l_i=0.963$ を求めた。最小容水量 M_n は、多摩ニュータウンの長池試験流域で得られた値を参考にして、 $M_n=200\text{mm}$ とした。また、地下水涵養の定数 β は、流域特性の類似している永山試験流域で得られた値と同じ $\beta=0.7$ とした。不圧減水定数 A_u は、1984年の1～7月の間の月に1回のR-7地点の実測流量に計算流量が一致するように同定した。すなわち、最初はK川流域と地質特性が類似している乞田川試験流域に対して、安藤・高橋・有賀・金尾²⁾が得た $A_u=0.003$ を仮定し、水循環モデルにより計算した流量と実測流量を比較した。その結果をみて、 $A_u=0.004$ と仮定し直し、計算流量と実測流量を比較したところ、図-6に示すように7回の実測流量と計算流量はほぼ一致していることがわかった。従って、 $A_u=0.004$ とした。以上のようにして求めた現況の水循環モデルのパラメーター値の一覧表を表-2に示す。

表-2 現況の水循環モデルのパラメーター値

	名 称	値
l_s	飽和域面積率	0.037
l_i	浸透域面積率	0.963
M_n	最小容水量	200
β	地下水涵養の定数	0.7
A_u	不圧減水定数	0.004

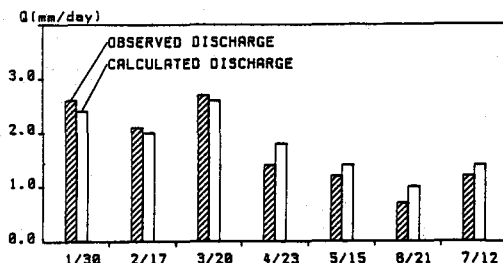


図-6 K川流域の計算流量と実測流量の比較

②宅地開発後のモデルの作成

宅地開発後には都市流域の水循環モデルを適用するが、このモデルに含まれるパラメーターは不浸透域面積率 l_{imp} 、浸透域面積率 l_i 、最小容水量 M_n 、地下水涵養の定数 β 、不圧減水定数 A_u の5つである。不浸透域面積率 l_{imp} は建物配置計画図より計測し、 $l_{imp}=0.200$ を得た。浸透域面積率 l_i は同様にして $l_i=0.800$ を得た。他のパラメーターの値は現況のモデルと同じに設定した。表-3に開発後の水循環モデルのパラメーター値の一覧表を示す。

表-3 開発後の水循環モデルのパラメーター値

	名 称	値
l_{imp}	不浸透域面積率	0.200
l_i	浸透域面積率	0.800
M_n	最小容水量	200
β	地下水涵養の定数	0.7
A_u	不圧減水定数	0.004

(3) 宅地開発による水文環境の変化の予測

①検討対象年

八王子における年降水量を1953年～1981年までの29年間収集し、図-7に示すように整理し、検討対象年を次に示すよに決定した。

渇水年：1978年（29位最小）
 豊水年：1979年（6位）
 平水年：1980年（17位）

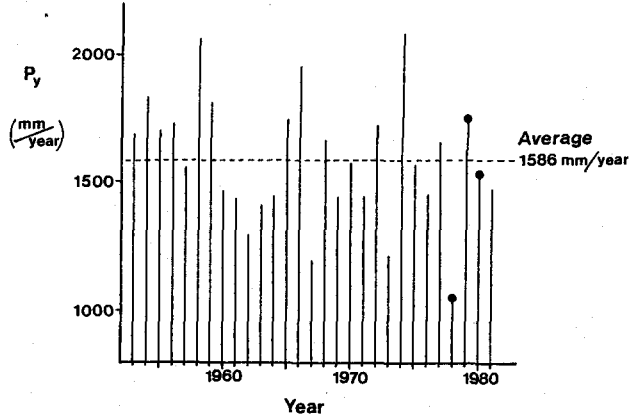


図-7 八王子における年降水量の変動（1953年～1981年）

②予測計算結果

以上の条件により、宅地開発前後の日流量をシミュレートした。この内、渇水年である1978年のハイドログラフを図-8に、流況曲線を図-9に示す。これらの結果より判断すれば、年最小流量と渇水流量はいずれも開発前後で同じ値0.4mm/day（約6ℓ/s）である。この理由は、開発後の不浸透域面積率が比較的小さいことと、K川流域の減水定数が極めて小さく、地下水貯留能が大きいためと考えられる。なお、不圧減水定数の値がK川流域に比べて1ケタ大きい大栗川流域では安藤・高橋・和泉・金尾³⁾により都市化により低水流況が大きく悪化することが予測されている。

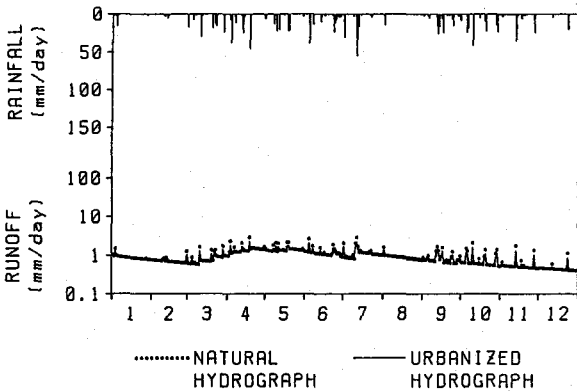


図-8 開発前後の計算ハイドログラフの比較（1978年）

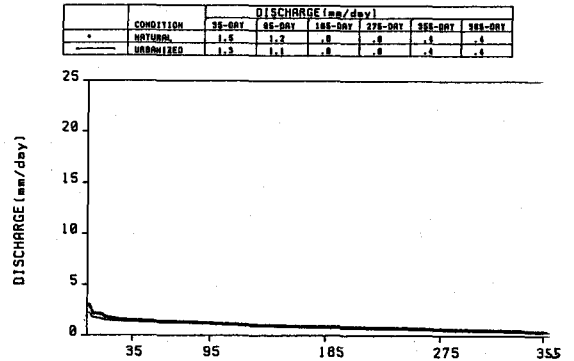


図-9 開発前後の流況曲線の比較（1978年）

4. 親水河川計画における対応策

K川では宅地開発による低水流況に与える影響は少なく、渇水年（1978年）であっても、宅地開発後のR-7地点での渇水流量（355日流量）は 0.4mm/day （ $=0.0064\text{m}^3/\text{s}$ ）と求まることがわかった。しかし、これらの低水流量は、河道沿いの湧水により供給されており、K川上流部においては親水河川計画に必要となる $Q=0.0048\text{m}^3/\text{s}$ を確保することは現状においても困難であることが判明した。このため、K川の上流部においても親水河川計画において必要な流量を確保するための対応策として次に示す様に2案を比較検討した結果、循環利用案が採用された。

表-4 親水河川計画における対応策

対応策	循環利用案	地下ダム案
内 容	流量の豊富なK川下流で取水し、上流端まで導水し、循環利用する。	低水流況を確保するための地下ダムを洪水対策と共同で、K川上流に位置する中学校の校庭地下に設置する。
特 徴	地下ダム案と比較すると工事費が1/17程度であり、親水河川計画の確保流量が常に確保できる。ただし、維持費（電気代）は必要	洪水対策とのアロケーション後であっても工事費が高い。また、渇水年には低水流量が確保できない。

5. むすび

本研究では、安藤らの研究によって提案された日単位の水循環モデルをK川に適用することで、宅地開発が親水河川計画に与える影響を予測し、望ましい対応策を選定した。本研究により得られた結論をまとめると以下のとおりとなる。

- ①安藤らの研究によって提案された日単位の水循環モデルによってK川においても高い精度で低水流況が再現出来たことで、丘陵地に位置する河川であれば、基本的に同モデルの適合性は高いものと思われる。
- ②同モデルは丘陵地の水循環機構をモデル化したものであるため、K川のように実測データの少ない河川においても容易にパラメーター値の同定を行うことが出来る。
- ③K川においては宅地開発による低水流況の変化が少ないところが予測された。これはK川では不圧減水定数 A_u が極めて小さく、このため、地下水貯留能が大きく、開発以前とほぼ同様な河道沿いの湧水を生じさせるためであると思われる。このため、親水河川計画での河道周辺の造成・改変については、地下水の流出保全に十分な配慮が望まれる。
- ④親水河川計画の対応策として循環利用案と地下ダム案を比較した結果、K川においては循環利用案の採用が望ましいものと判断された。しかし、不圧減水定数 A_u の大きな河川においては、宅地開発による影響が大きく現れるため、地下ダム案でなければ親水河川計画における計画流量を確保できないことも予想される。

最後に、本研究には、住宅・都市整備公団南多摩開発局の基礎データを使用させていただいた。ここに記して謝意を表する次第である。

[参考文献]

- 1) 安藤 義久・虫明 功臣・高橋 裕：丘陵地の水循環機構とそれに対する都市化の影響、第25回水理講演会論文集、pp.197~208, 1981.
- 2) 安藤 義久・高橋 裕・有賀 茂・金尾 健司：丘陵地の中小河川流域の水循環機構と都市化によるその変化、第26回水理講演会論文集、pp.251~260, 1982.
- 3) 安藤 義久・高橋 裕・和泉 清・金尾 健司：流域の都市化に伴う水文環境アセスメントに関する一考察、第9回環境問題シンポジウム講演論文集、pp.83~90, 1981.