

東京大学工学部 土木工学科 正員 ○安藤義久
 東京大学 生産技術研究所 正員 虫明 功臣
 長 崎 県 正員 山本 聡

1 はじめに

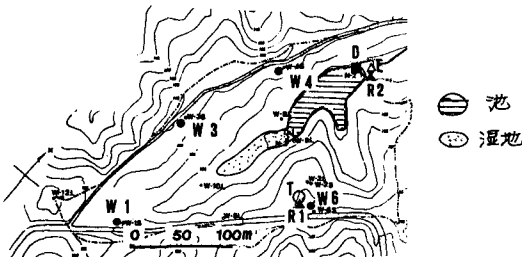
筆者らは、丘陵地の水循環機構と都市化によるその変化を究明する目的で、多摩丘陵の多摩ニュータウン内に自然流域と都市流域の小試験流域を設定し、水循環過程に沿って一貫した水文観測を行ってきた。自然流域の水収支解析とそれを踏まえた水循環機構については、既に発表済^{1,2)}であるが、本篇では自然流域と都市流域の降雨期間単位の水収支の比較について述べる。

2 対象流域の概要

図1. (a), (b)には、対象流域の概要を示す。長池試験流域は、流域面積4.4haの自然流域であり、永山試験流域は、流域面積2.8haの都市流域である。長池試験流域は、谷部が池や湿地となっており、尾根や斜面は雑木林となっている。永山試験流域は、中層集合住宅が建ち、建物・道路などの不透透面積率 $I_{imp} = 0.52$ である。両試験流域内には、雨量と流量の観測所だけでなく、テンソ・メーター・地下水位計・蒸発計も設置されており、水循環過程に沿って一貫した水文観測が行われている。

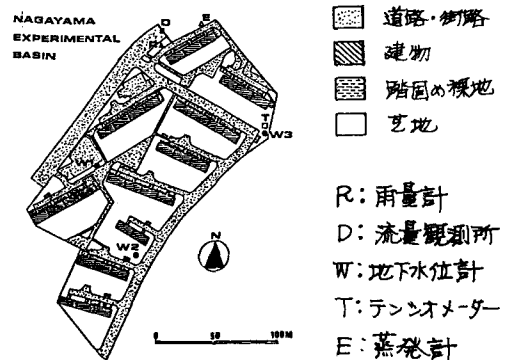
図1. 対象流域の概要

(a) 長池試験流域 (自然流域)



[R: 雨量計 D: 流量観測所 W: 地下水位計
 T: テンソ・メーター E: 蒸発計]

(b) 永山試験流域 (都市流域)



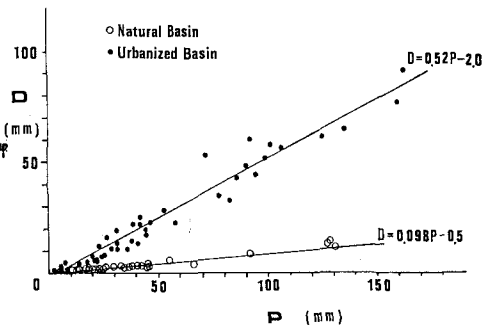
R: 雨量計
 D: 流量観測所
 W: 地下水位計
 T: テンソ・メーター
 E: 蒸発計

3 自然流域と都市流域の一雨ごとの直接流出率の比較³⁾

自然流域と都市流域の一雨雨量 P と直接流出量 D の相關図を図2. に示す。これを見ると、自然流域の直接流出率は、雨量130mm位まで、9.8%であり、直接流出率は谷部の池や湿地などの飽和域面積率 I_s にほぼ等しいことがわかる。一方、都市流域の直接流出率は、雨量160mm位まで5.2%であり、直接流出率は、建物・道路などの不透透面積率 I_{imp} にほぼ等しいことがわかる。従って、都市化に伴い、直接流出率は0.098から0.052へと約5倍に増大していることがわかる。これを式で書くと次のようにかける。[f: 直接流出率]

{ 自然流域 $f \equiv I_s$ (長池流域では $I_s = 0.098$)
 { 都市流域 $f \equiv I_{imp}$ (永山流域では $I_{imp} = 0.52$)

図2. 自然流域と都市流域の一雨ごとの直接流出率の比較



4. 自然流域と都市流域の水収支の比較

(1) 自然流域の水収支

降雨期間を対象期間とする場合の水収支式は、既に述べたように次式で表される。¹⁾

$$P - Q = I_c + \Delta M_s + \Delta H + \Delta W_s \cdots \textcircled{1}$$

$$P - (D + Q_g) = I_c + \Delta M_s + \Delta H + \Delta W_s \cdots \textcircled{1'}$$

[P: 雨量, Q: 流出量, I_c : 樹冠遮断量, ΔM_s : 不飽和帯水分
量の変化, ΔH : 地下水貯留量変化, ΔW_s : 地表面貯留量変化]

①'式は、 $Q + \Delta W_s$ を勾配変点法により、直接流出量Dと地下水流出力 Q_g に分離して表示した式である。①式において、 ΔM_s だけが未知数なので解ける。なお、 ΔH は地下水位変化、 P_a は有効空隙率で0.04とする。

(2) 都市流域の水収支

都市流域の場合には、水収支式は次のようにかける。

$$P - (D + Q_g) = \Delta M_s + \Delta H + P_a \cdots \textcircled{2}$$

永山流域の場合、流量観測所で地下水流出力観測されていないので、降雨直前の地下水貯留量の減少量 $\Delta H + P_a$ を地下水流出力と考え、これに降雨継続時間Tをかけて、降雨期間中の地下水流出力 Q_g を推算する。なお、永山流域には、W-1, 2, 3の3観測井があるが、W-3は枯渇をおこしているようなので、W-1とW-2の観測結果を用いた。 P_a は、オール・コア・ボーリングの土質試験の室内実験結果より、0.014とした。

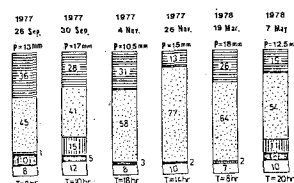
(3) 自然流域と都市流域の水収支の比較

図3. には、こうして求めた自然流域と都市流域の降雨期間単位の水収支結果が、雨量階級別に示されている。この図をみると、前節で述べたように直接流出率が自然流域では10%程度であるのに対して、都市流域では20~60%程度であることがわかる。また、自然流域では10~30%の樹冠遮断があるが、都市流域では当然ながら樹冠遮断はない。50mm以上の比較的大きい降雨に着目すると、不飽和帯と地下水帯の貯留量変化の合計である地下貯留量変化が自然流域では70%程度あるのに、都市流域では40%程度しかないことがわかる。地下水貯留量変化も、都市域の方が若干少ない傾向がみられる。なお、地下水流出力には大差がみられない。

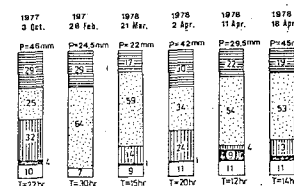
図3. 自然流域と都市流域の降雨期間単位の水収支の比較

(a) 自然流域

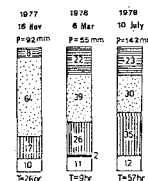
0 ≤ P < 20 mm



20 ≤ P < 50 mm

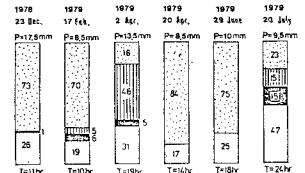


50 ≤ P

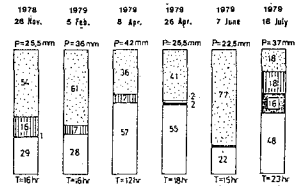


(b) 都市流域

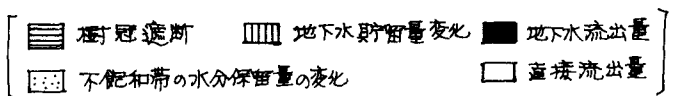
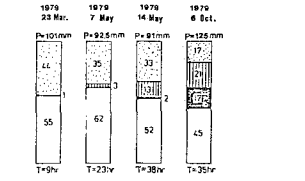
0 ≤ P < 20 mm



20 ≤ P < 50 mm



50 ≤ P



5 まとめ

都市化に伴う下浸透域の出現が浸透域の減少と表裏一体となり、直接流出率の増大・浸透機会の減少をもたらすことを定量的に把握することができた。

- 参考文献 1) 安藤・由明・内田: 丘陵地の小流域における水循環機構について, 第23回水理講演会論文集, 1979.
2) 安藤・由明: 丘陵地の自然状態の小流域における水循環機構, 第24回水理講演会論文集, 1980.
3) 安藤・高橋・由明: 丘陵地における洪水流出率と流域の地被条件, 第14回自然災害科学総合シンポジウム, 1980.