

# 自然教育園の水収支

## (4) 水文気象について

三寺 光雄\* 菅原 十一\*\*

## Report on the Water Barance in the National Park for Nature Study

### (4) On the Hydrometeorology

Mitsuo Mitsudera\* and Touichi Sugawara\*\*

#### 1. は じ め に

自然教育園周辺での地表面構造物の改変は、以前にくらべて著しく、特に自然教育園をとりまく高速道路が園内の生物群集に及ぼす影響については、生態学的観点からも大きな関心事である。高速道路の建設が自然教育園の生態系に及ぼす影響をみるための事前調査は、1963年に実施された（宮脇他、1966）。その後における自然教育園内の生物群集の変化については、都市生態系の特性に関する基礎的研究（沼田、1973、1974、1975）でものべられている。

高速道路をふくめて、自然教育園の周辺は、家屋密度の増大、舗装率の増加など、不透水性の面積が増大しているが、その結果、自然教育園内の小流域にみられる流量にどのような影響を及ぼしているかを検討するため、水文気象学的な観点から調査を行なってきた。

今回は、自然教育園における蒸発の観測についてのべた（三寺他、1979、1980）が、今回は、園内の小流域における水収支特性についてのべたい。

#### 2. 流 域 の 概 要

われわれが水収支の対象としてきた自然教育園における流域は、東京都港区の北端に位置し、白金台と呼ばれる台地にある。対象流域の総面積は約20ha、流域内の標高は15～32mの範囲にある。自然教育園の西方約7kmには目黒川があり、北西より南西に向かって流れている。西側境界線と南側境界線は分水嶺に当たっている。園内は鹿の角状に3つの谷が開折され、そのうち、2つの谷の奥部に湧水源が認められる。これらの谷の途中には、せき止められた3つの池がある。園内における3つの支流は、園内北端で合流し、渋谷川の支流に流出している。園の台地部は、海拔高26～28m程度で、低部は15～18mとなっている。園内における表層地質の分布は、台地部はローム層と渋谷粘土層、湿地帯は腐蝕土層が堆積している。谷の途中にせき止められた3つの池への供給水源は、ローム層下部からの地下水が主である。流量観測地点は図1に示したが

\* 広島大学総合科学部, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

\*\* 国立科学博物館付属自然教育園, National Park of Nature Study, National Science Museum

水生池（B）、ひょうたん池（C）、水鳥の池（D）の3つの池についてそれぞれ直角三角形せきと、自記水位計が設置され、また、園外に流出する流出口付近（A）でも、同様な観測点施設がもうけられている。流量計算は次式によった。

$$Q = AH\alpha$$

$A$ 、 $\alpha$  は常数、 $Q$  (m<sup>3</sup>/sec) は流量  $H$  (m) はせき底からの水位である。降水量の観測は、園内で森林の直接的影響をうけない空間に、自記雨量計が設置されている（図1）。

### 3. 水文気象観測の問題点

一般に、水収支に関する諸因子として流域が取得する面積降水量 ( $p$ )、流域が消費する全流出量 ( $q$ ) 及び流域蒸発散量 ( $e$ )、流域保水量 ( $s$ ) が考えられる。

ある期間における上述の諸量の一般的な関係は、次式（正務，1970）で表わすことができる。

$$\int_0^{T_i} p dt = \int_0^{T_i} q dt + \int_0^{T_i} e dt + \int_0^{T_i} s dt$$

今回の調査では、流域における全取得水量、消費量と保水量の関係、河川の流出量の変化、ピーク流量の増大、流出の遅れ時間、地下水位の変動を問題とした。当流域では、その後の調査によって周辺からの表面流入水はほとんどないと考えられ、また、地下水については、ローム下層部の地下水が園の収支に直接影響するものと考えられる。

水文の立場から、自然教育園の状況をみると、園の周辺はアスファルト道路でかこまれ、それ以外の空間も大部分が不透水性の構造物である。したがって周辺から園への表面流として流入はほとんどないと考えられる。周辺からの流入水として考えられるのは地下水である。園内での地下水系としては、ローム下層部及び上部東京砂層の2つの水系が考えられるが、園内の湧水源となっているのは、ローム層下部にみられる地下水である。ローム層下部の地下水位観測によると、地下水位は、降水は直接影響され、変化はきわめて大きい。自然教育園の地形的、地質的状况から考えると周辺の地下水（ローム層下部）流による関連はきわめて少ない。したがって、ここでは園内の水は、周辺からの影響をほとんど受けないことを前提として、園内の水収支を検討することにした。その場合、評価すべき項目は、面積雨量、流出量、蒸発散量、保水量である。保水量 ( $D$ ) は、面積雨量 ( $R$ ) と直接流出量 ( $Qd$ ) の差として考える。面積雨量は、雨量観測で求められる。流域での蒸発散量の決定はきわめてむづかしい。小面積からの蒸発散量については、多くの研究はあるが、それらの結果は、広域への推定方法として役立つまでに至っていない。ここでは、Thornthwaiteによる蒸発散量を蒸発散量とした。

### 4. 地下水位の特性

園内における地下水位の特性を明らかにするため、17ヶ所の水位観測孔を設けた（図1）、又図2は各観測孔における柱状図である。そのうち、水位の自記録計が設置してあるのは図1で示したNo.2, 6, 7地点である。17ヶ所の測定孔のうち、常時地下水位の存在する地点はNo.2, 4, 5, 8, 14の5地点、降水の多いときを中心に水位がみられる地点はNo.6, 7, 9, 11, 12, 13, 16の7地点、No.1, 3, 10, 15, 17の地点では、地表から3～5mの水位観測孔をもうけたが、水位の存在は確認できなかった。表1はNo.2, No.6, No.7地点での地下水位ピーク後の減少状況を示した。単位は水位孔底よりの水深で示した。表1の資料によって水位の減水状況を図3～5で示した。図6は、各地点における降水量と地下水位

の状況（1977年3月30日～4月5日）を示した。この結果からわかるように、30日の日降水量 80mmでは、地下水位のピークは No.2, 5, 9 地点で、また No.11, 4, 12, 7, 13, 16 地点では1日後にピークが現われている。これ以外に、No.6 のピークは5日後にみられ、No.8, 15では明確なピークはみられないが、No.15は降雨の2日後、No.8では3日後となっている。図7, 8は1978年と1979年の地下水位の状況（単位標高m）を示した。地点は、No.2, 6, 7である。

この図からわかるように、No.2 地点では、地下水位と降水量とはよく対応していることがわかる。1978年の夏期は7月12日から31日までは無降水期間であり、また8月2日から9月3日の期間も降雨がほとんどなかった。この期間でも、No.2, 4, 5, 8, 14の地点では地下水位が確認された。

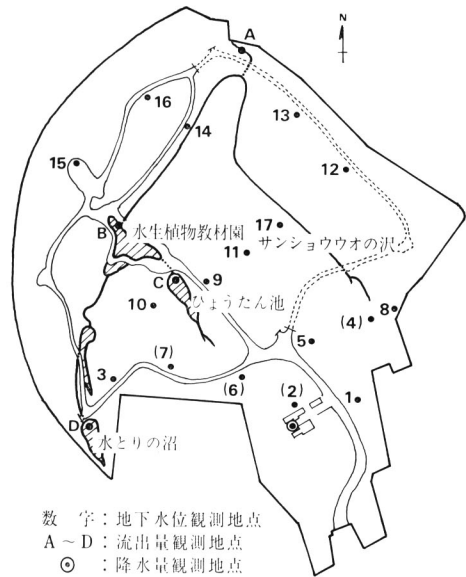


図 1. 地下水位、流量、降雨量の観測地点配置図

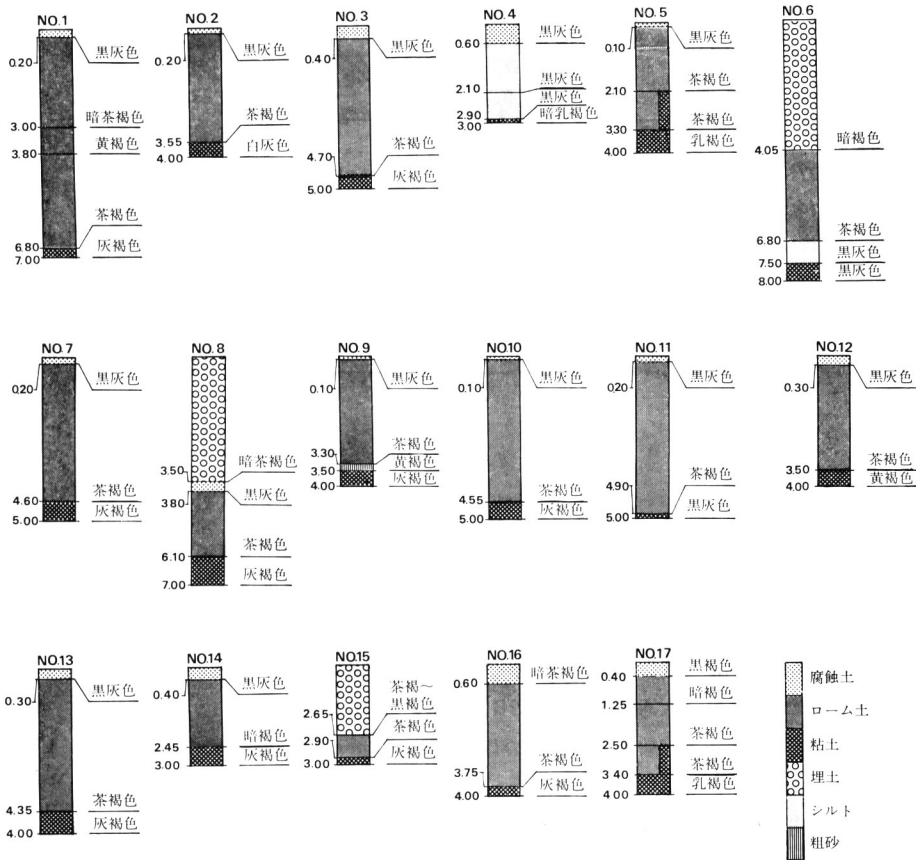


図 2. 地下水位観測孔の柱状図

表 1. 地下水位ピーク後の減少状況 (単位: cm)

| 観測<br>孔<br>No. | 降 雨 量 (期間)             | 経過日数<br>ピーク起日 | 0      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5      | 6     | 7     | 8     | 9              | 10    |
|----------------|------------------------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------------|-------|
|                |                        |               |        |       |       |       |       |        |       |       |       |                |       |
| No.2           | 109.5mm('77. 9/8—10)   | '77. 9/10     | 360.0  | 323.5 | 295.0 | 270.0 | 265.0 | 次の降雨あり |       |       |       |                |       |
|                | 104.5mm('77. 9/19)     | '77. 9/19     | 320.0  | 295.0 | 280.0 | 265.0 | 254.0 | 248.0  | 242.0 | 235.0 | 228.0 | 220.0          | 220.0 |
|                | 54.5mm('77. 10/3—4)    | '77. 10/4     | 384.0  | 344.0 | 313.0 | 305.0 | 300.0 | 295.0  | 290.0 | 285.0 | 280.0 | 275.0          | 270.0 |
|                | 18.0mm('78. 11/27)     | '78. 11/27    | 239.0  | 238.2 | 237.8 | 234.0 | 228.0 | 226.0  | 225.0 | 224.2 | 222.0 | 220.0          | 216.0 |
|                | 158.5mm('79. 10/18—19) | '79. 10/19    | 390.0  | 318.0 | 310.4 | 305.6 | 302.0 | 297.0  | 290.8 | 286.5 | 275.5 | 270.5          | 268.0 |
| No.6           | 109.5mm('77. 9/8—10)   | '77. 9/12     | 258.0  | 258.0 | 257.0 | 254.0 | 250.5 | 247.0  | 246.0 |       |       |                |       |
|                | 104.5mm('77. 9/19)     | '77. 9/22     | 282.0  | 282.0 | 278.5 | 271.0 | 268.0 | 265.0  | 262.5 | 259.0 | 255.0 | 251.0          | 247.0 |
|                | 43.0mm('78. 4/18—19)   | '78. 4/21     | 250.5  | 250.5 | 250.5 | 250.5 | 249.0 | 247.0  | 245.0 | 242.0 | 239.5 | 237.0          | 235.0 |
|                | 158.5mm('79. 10/18—19) | '79. 10/21    | 243.0  | 243.0 | 242.5 | 241.0 | 237.0 | 233.5  | 230.0 | 227.0 | 219.0 | 213.0          | 215.0 |
|                | 40.0mm('79. 11/28—29)  | '79. 12/5     | 211.5  | 211.5 | 210.0 | 208.0 | 205.0 | 202.0  | 198.0 | 196.5 | 193.5 | 191.0          | 189.0 |
| No.7           | 25.0mm('79. 4/8)       | '79. 4/11     | 158.0  | 157.0 | 155.0 | 155.0 | 149.2 | 149.2  | 138.0 | 126.0 | 126.0 | 125.0          | 123.0 |
|                | 93.5mm('79. 5/14—15)   | '79. 5/15     | 199.0  | 170.0 | 167.0 | 164.0 | 163.0 | 158.0  | 150.4 | 146.6 | 142.0 | 132.0          | 129.0 |
| 観測<br>孔<br>No. | 降 雨 量 (期間)             | 経過日数<br>ピーク起日 | 11     | 12    | 13    | 14    | 15    | 16     | 17    | 18    | 19    | 備 考            |       |
|                |                        |               |        |       |       |       |       |        |       |       |       |                |       |
| No.2           | 109.5mm('77. 9/8—10)   | '77. 9/10     |        |       |       |       |       |        |       |       |       | 観測孔深<br>さ500cm |       |
|                | 104.5mm('77. 9/19)     | '77. 9/19     |        |       |       |       |       |        |       |       |       |                |       |
|                | 54.5mm('77. 10/3—4)    | '77. 10/4     | 267.0  | 264.0 | 261.0 | 261.0 |       |        |       |       |       |                |       |
|                | 18.0mm('78. 11/27)     | '78. 11/27    | 次の降雨あり |       |       |       |       |        |       |       |       |                |       |
|                | 158.5mm('79. 10/18—19) | '79. 10/19    | 264.0  | 262.8 | 261.0 | 258.4 | 258.4 | 258.2  | 254.4 |       |       |                |       |
| No.6           | 109.5mm('77. 9/8—10)   | '77. 9/12     |        |       |       |       |       |        |       |       |       | 観測孔深<br>さ800cm |       |
|                | 104.5mm('77. 9/19)     | '77. 9/22     |        |       |       |       |       |        |       |       |       |                |       |
|                | 43.0mm('78. 4/18—19)   | '78. 4/21     | 232.0  | 230.0 | 227.0 | 224.0 | 220.0 | 218.0  | 216.0 | 214.5 | 213.0 |                |       |
|                | 158.5mm('79. 10/18—19) | '79. 10/21    | 211.5  | 207.0 | 205.0 | 203.0 | 199.0 | 195.0  | 193.0 | 185.0 | 186.5 |                |       |
|                | 40.0mm('79. 11/28—29)  | '79. 12/5     | 186.0  | 183.0 | 180.5 | 178.5 | 176.0 | 174.0  | 171.0 | 169.0 | 169.0 |                |       |
| No.7           | 25.0mm('79. 4/8)       | '79. 4/11     |        |       |       |       |       |        |       |       |       | 観測孔深<br>さ500cm |       |
|                | 93.5mm('79. 5/14—15)   | '79. 5/15     | 125.0  | 120.0 | 116.0 | 112.0 | 117.6 | 114.8  | 109.0 | 101.0 | 100.9 |                |       |

## 5. 園内の流出量の特徴

1978年の夏期(7, 8月)における降水はきわめて少ない年であった。このことについてはすでに前号(三寺他, 1969)で述べた。ここでは、無降水期間を中心として、園内からの流出量についてのべる。園内の総流出量は3つの支流が園内北端で合流し、渋谷川の支流に流出している。この流出量は図1に示したA地点(園内北端)の流路に設置した直角三角形せきと自記水位計によって観測が行なわれている。

1978年の夏期における無降水期間は、7月12日から31日までと8月2日から9月3日までの2期にわけることができる。第1期に入る直前(7月11日の日降水量は7.5mm)での最大流出量は1時間当たり、14.4トンで、流出量はその後いちぢるしい減少を示し、7月31日の最大流出量は1時間当たり5.5トンとなった。第2期の無降水期間(8月2日から9月3日)における流量をみると、8月1日に22.5mmの日雨量があり、当日の最大流出量は1時間当たり約44.6トンが観測されたがその後、流量は急速に減少し、8月15日には流量はほとんどみられなくなった。この状況は9月10日まで続き、9月11日朝方、20mmの降雨があり、3時間

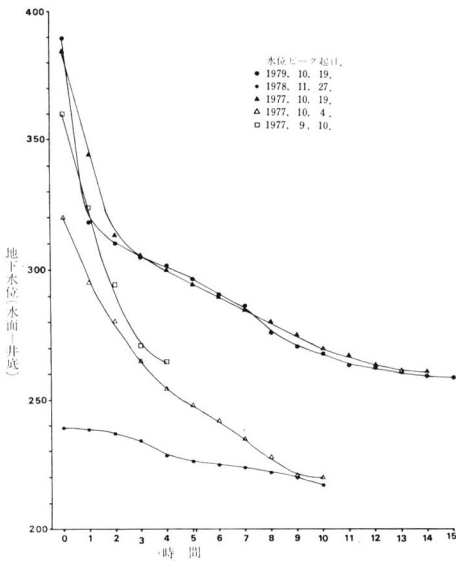


図 3. No. 2 観測孔の地下水位減少状況

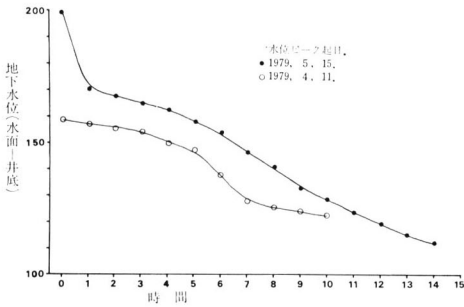


図 4. No. 7 観測孔の地下水位減少状況

後に約1時間当たり、3.7トンの流量が観測された。

## 6. 自然教育園の水収支

自然教育園の水収支に関する検討は、園内の生態系管理としての水問題及び周辺からの影響についての監視と対策を考えるうえで重要となる。園に関する水収支の全般的な検討は、資料の充実を計って行ないたいが、今回は早魃年であった1978年の5月から11月までの資料についてのべる。

1978年の早魃は、7月と8月にかけて無降水期間が長期にわたったためである。自然教育園における7月と8月の面積雨量は、平年値にくらべて約47,000トン不足したことになる。この期間の面積雨量は $1.26 \times 10^4$ トン、蒸発散量(蒸発散位)は約 $4 \times 10^4$ トン、総流出量は $1 \times 10^4$ トン、したがって、消費量は約 $5 \times 10^4$ トン、全取得量は $1.26 \times 10^4$ トンで、 $3.74 \times 10^4$ トン不足したことになる。しかし、園内での基底流は、8月15日まで続き、それ以後、流出は9月10日まで

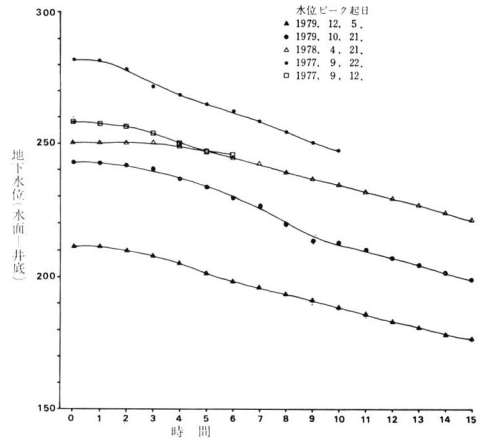


図 5. No. 6 観測孔の地下水位減少状況

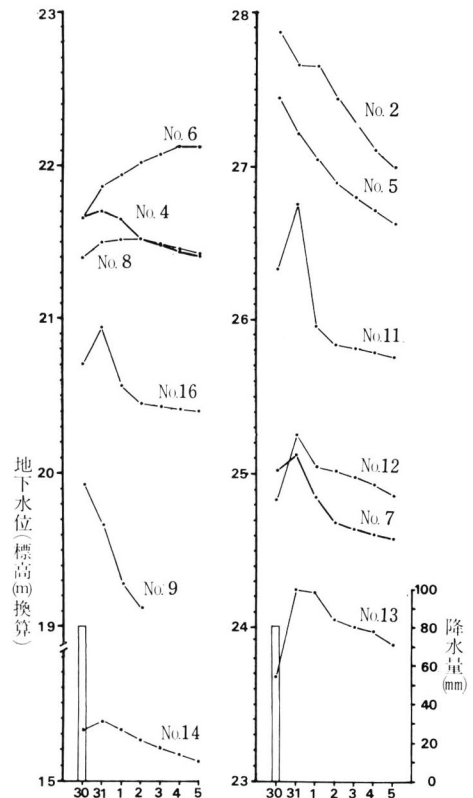


図 6. 降水量と地下水位変化

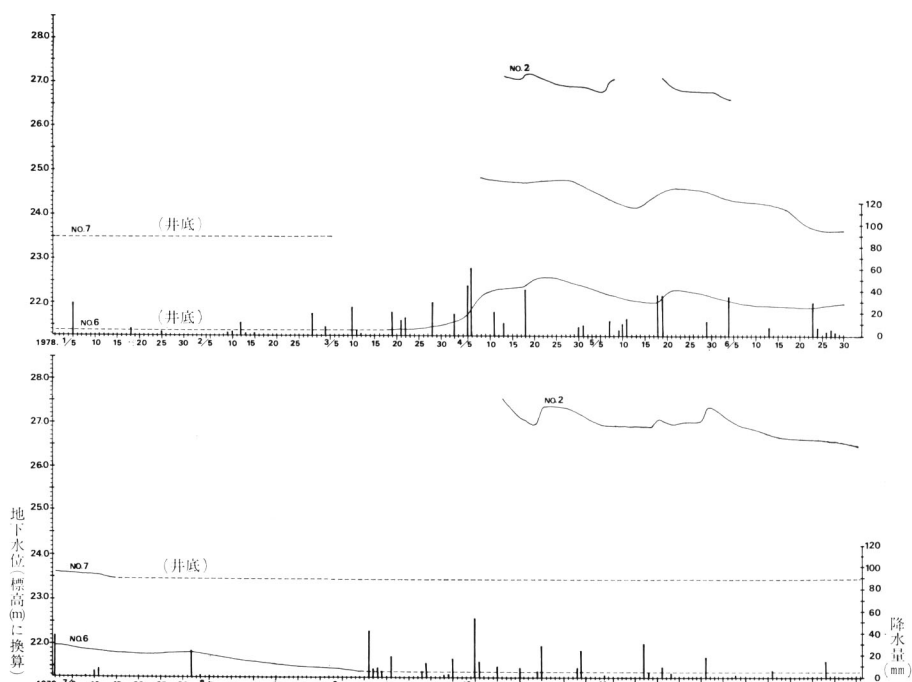


図 7. 地下水位変化状況 (1978)

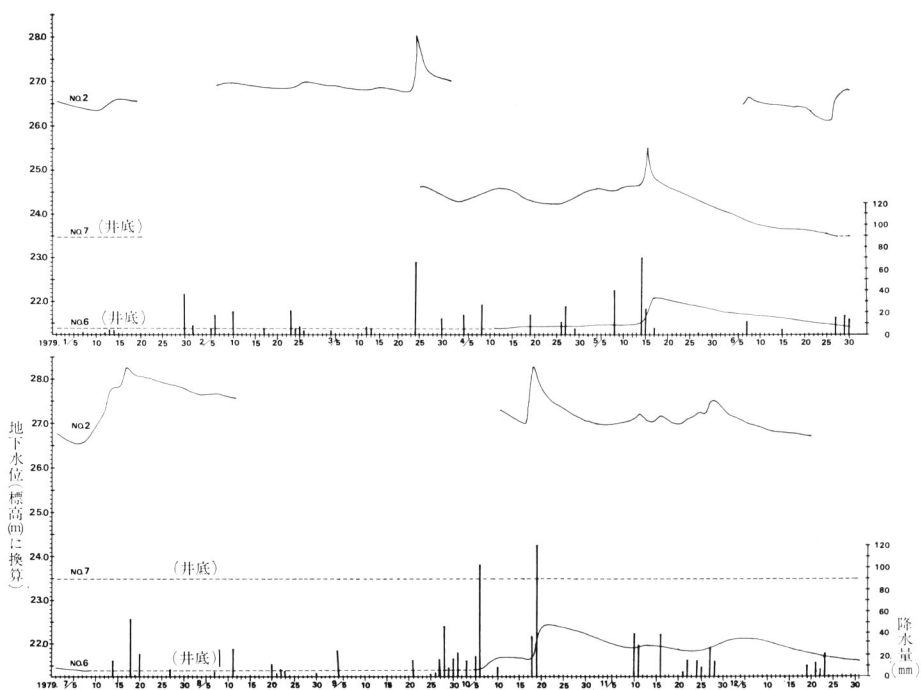


図 8. 地下水位変化状況 (1979)

みられなかった。こうした事実から、この期間における地域保水量は7月以前の降水の影響が含まれていると考えなければならない。

## 7. ま と め

今回の調査は、周辺地域の開発が自然教育園に及ぼす影響について、水文気象学的な立場から検討した。

調査に当って、ローム下層部の地下水が園の湧水源であること、地下水流は園外からの流入はきわめて少ないことを前提としている。早魃年であった1978年の夏期（7、8月）の地域保水量の推定値は負の値となる。だが実際に園内では、早魃による枯損木はなく、土壌にはまだ貯留量がみられた。

今回は、園の生態系に必要な水は降水のみによるとしたが、今後は保水量と地下水の問題を含めて検討したい。

## 参 考 文 献

- 沼田 真. 1972. 都市生態系の基礎的研究.  
沼田 真. 1973. 都市生態系の基礎的研究.  
沼田 真. 1974. 都市生態系の基礎的研究.  
三寺光雄・菅原十一・当舍万寿夫. 1977. 自然教育園の水収支(1) 流出量の解析. 自然教育園報告, 7: 1—6.  
三寺光雄・菅原十一・当舍万寿夫. 1979. 自然教育園の水収支(2) 蒸発量について. 自然教育園報告, 9: 43—50.  
三寺光雄・菅原十一・当舍万寿夫. 1980. 自然教育園の水収支(3) 蒸発量の解析. 自然教育園報告, 10: 19—23.  
宮脇 昭・沼田 真・北沢右三. 1966 自然教育園の生物群集に関する基礎的研究(1). (野外自然博物館後援会).  
正務 章. 1970. 山岳地域の水文気象に関する解析的研究. 研究時報, 22: 497—493.

## 抄 録

三寺光雄・菅原十一・当舍万寿夫. 1977. 自然教育園の水収支(1) 流出量の解析. 自然教育園報告, 7: 1—6. 三寺光雄・菅原十一・当舍万寿夫. 1978. 自然教育園の水収支(2) 蒸発量について. 自然教育園報告, 8: 43—50. 三寺光雄・菅原十一・当舍万寿夫. 1980. 自然教育園の水収支(3) 蒸発量の解析. 自然教育園報告, 10: 19—23.

自然教育園内生態系の水分経済を明らかにするための調査である。

第1～3報は、園内における降水配分機構の内、流出量及び蒸発散の特性について示したものである。

1 降雨期間ごとのハイドログラフ, 20 例より推定すると、当園の基底流出量は年間値で  $9 \times 10^4$  トンであり、これは年間平均降水量 (1,200mm) の約30%になること、地表面流出量は降水量の約20% (ただし、期間雨量20—80mmの場合) になることが示された。

以上は、あくまでも概算であり、さらに検討の要があることが付記されている。

また、当園では山林流域 (小河内ダム上流ハビロ沢) に比較して、降水に対する影響時間が長く、地表面

流出率も大きいことが示された。

蒸発散量については、水面蒸発を一応の目安として、1978—1979年にわたって観測した結果、兩年とも夏期は蒸発散量が増大し、乾燥状態であったことを確認した。

また、蒸発がどのような気象要素と関連するかについて、異なった2地点（食草園と水生池）の蒸発量のちがいについて比較した結果、食草園より水生池の蒸発量がわずかに多くなり、その原因については、風速の同時観測などにより、日射量が同じであれば、蒸発量の差は風速のちがいによるとみられることなどが示された。