

## 報 文 営団南北線建設工事に伴う地下水モニタリング調査

野焼 計史\* 田邊 滋\*\* 千葉 幸治\*\*\*

## 1. はじめに

営団地下鉄南北線は、目黒を起点に東京都内をほぼ南北に縦断して赤羽岩淵に至る延長21.4kmの路線であり、昭和61年2月に工事着手し、平成12年9月26日に全線が開業した。

同線の建設工事は北側の赤羽岩淵方から3期に分けて行い、溜池山王～目黒間を第3期区間として、平成4年8月に着工した。この区間のうち、目黒駅と白金台駅との間で国立科学博物館附属自然教育園の前面道路(目黒通り)下をトンネルが通過している(図-1)。自然教育園は東京都心に位置するにもかかわらず、貴重な武蔵野の自然をとどめている。このため、南北線の建設計画に対して、自然教育園の自然環境が損なわれるのではないかと、地元の自然保護団体より路線変更を求める反対運動が起こった。

このような背景から、営団では建設工事開始前から園内およびその周辺部において、地盤・地下水、水文・水質、土壌、植物・動物・水生生物など多岐にわたる環境調査を行ってきた。

調査は、第3期工事開始前の約5年間(昭和62年6月～平成4年10月)と、工事開始からトンネル完成までの

約7年間(平成4年11月～平成11年7月)および開業後の現在も継続して行っている。

本稿では工事中の地下水位のモニタリング調査結果を中心に、工事の状況と地下水位の変化について報告する。

## 2. 調査経緯

南北線建設に伴う自然教育園生態系への影響に関しては、旧運輸省・旧文部省・文化庁の3省庁が連絡会を設置し、その指導に基づいて環境調査とその後のモニタリング調査を行っている。

調査に当たっては、公正・中立を期するため、学識経験者による「環境保全特別委員会」を設置し、調査計画から結果の判断に至るまで委員会のご指導をいただいている。モニタリング調査は、工事前、工事中から工事完成後の現在まで実施しており、影響予測・工事中の管理・構築完成後の影響について、委員会での審議結果を反映している。

## 3. 地質

自然教育園のある白金台の台地は、東京都中部から東部に位置する武蔵野台地のうち、「淀橋台」と呼ばれ、標高TP+30m前後である。地表より50m程度までの地質構成は、表土、関東ローム層、上部東京層、東京礫層、上総層群となっている。

このうち帯水層は、上位からローム層(TM1)、上部東京層上部砂層(Tos1)、東京礫層・上部東京層下部砂層(Tog・Tos2)の3層が存在する。これらの帯水層の間には、凝灰質粘土層(lc)、上部東京層粘土層(Toc)などの難透水層が分布している(図-2)。

## 4. 建設工事の概要

自然教育園に近接した白金台駅、白金台～目黒駅間トンネル等の施工



図-1 平面図

\*NOYAKI Kazufumi 帝都高速度交通営団 建設本部 工事部 環境対策課 課長 東京都台東区東上野3-19-6  
 \*\*TANABE Shigeru 同 上 課長補佐 同 上  
 \*\*\*CHIBA Yukiharu 応用地質(株) 環境エンジニアリング事業部 技術部 課長 さいたま市土呂町2-61-5



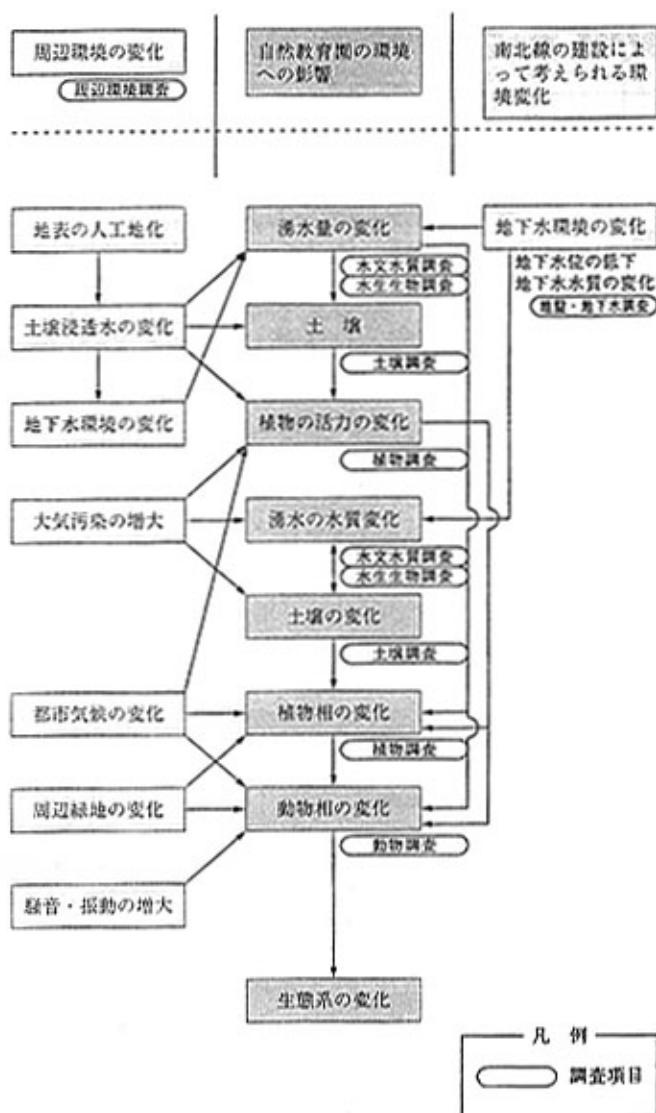


図-3 自然教育園の環境の変化フロー

## 5. モニタリング調査の内容

### 5.1 環境変化フロー

地下鉄建設工事によって想定される自然教育園の環境変化を概念的に表わしたものが図-3である。すなわち、万一地下水位の低下や地下水水質の変化が生じた場合、園内の沢・池の湧水の量・水質に影響を及ぼし、生態系に影響を及ぼすことが懸念されることから、地盤・地下水の継続的なモニタリングが最も重要な調査と位置づけられた。表-2に、生態系に関する調査を含めた全体のモニタリング調査内容を、表-3に地下水モニタリング調査内容を示した。

### 5.2 モニタリング方法

地下水モニタリングには、自然教育園内など電源のない場所での観測が可能な電池式の自記水位計(図-4)を用いた。

地下水位観測は、工事開始前の昭和62年より2時間ごと(工事近傍の地点では工事期間中1時間ごと)に連続した観測を行った。

表-2 モニタリング調査内容(全体)

調査項目	調査内容	
地盤・地下水に関する調査	地下水位観測	帯水層ごとの地下水位を連続観測
	地下水水質調査	定期的に地下水の水質を調査
生態系に関する調査	植物相・植生分布調査	湿原植物の種類・生育状況を調査 森林植生の種類・生育状況を調査
	森林群落調査	森林の群落組成と構造を調査
	草地群落調査	草地の群落組成と構造を調査
	植物個体調査	樹木の分布と生育状況を調査
	樹木生育調査	樹木の幹径・樹液流速の連続測定
	動物調査	トンボの個体数を調査
		土壌動物・陸生甲殻類の個体数を調査
	水生生物調査	藻類の分布を調査
		水辺生物の成虫の個体数を調査
	流量調査	流量調査表流水などの流量を連続観測
	水質調査	湧水・表流水・雨水などの水質を調査
	底質調査	池・沢の底質の性質を調査
	土壌分布調査	土壌の断面構造を調査 土壌の構成成分を調査
	土壌水分調査	土層のpF値の連続測定

表-3 モニタリングの調査内容(地下水)

調査項目	調査内容	調査地点数	調査頻度
水位観測	帯水層ごとの地下水位観測	20地点56深度	2時間ごと
水質調査	水質測定 水温・電気伝導率自記連続測定	1地点3深度	12時間ごと
	水質分析	15項目水質分析	10地点27深度 年1回

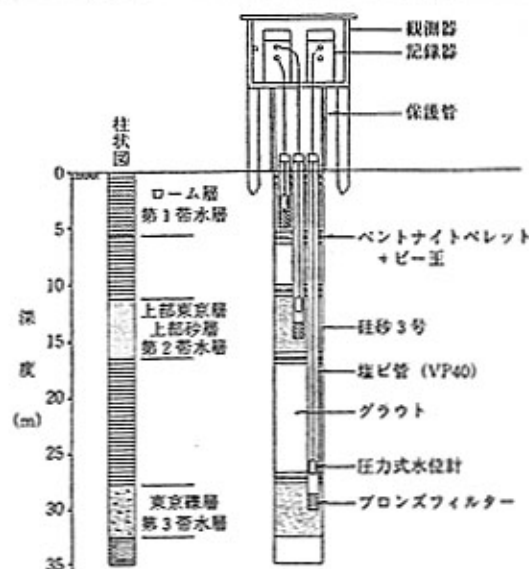


図-4 地下水位観測システム

工事期間中の地下水位観測データのうち、工事近傍の地点では毎週回収し、異常値の出現について注意を払った。

地下水位の異常値の判断基準は以下の2点とした。

- ①工事前に測定された最低水位との比較。
- ②工事前の降雨時・無降雨時の水位変動とは異なった

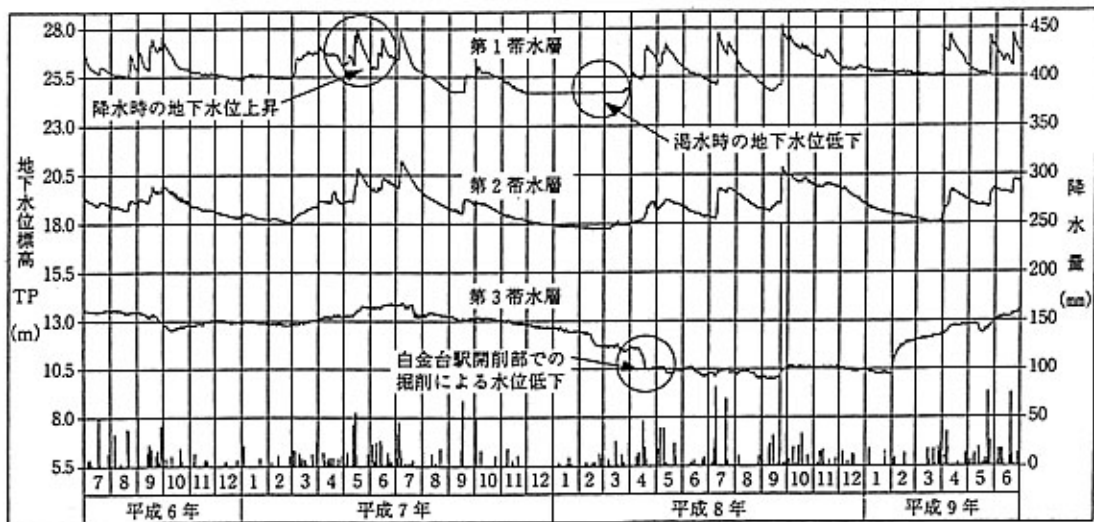


図-5 白金台駅開削工事期間中の地下水位変動図

変動。

地下水位に異常が生じた場合は、その原因となる作業を中断し、委員会において対応策を検討することとした。

なお、委員会は年3回/年のペースで定期的開催したほか、異常値発生などの緊急時には臨時に招集することとした。

## 6. 地下水位の挙動

### 6.1 工事前

工事前5年間（昭和62年～平成4年）における地下水位の連続観測を通じて、自然教育園周辺における各帯水層の地下水の特性が以下のとおり把握された。

- ① 各帯水層の地下水位は、帯水層間に難透水層が分布するため、おおむね独立した挙動をしている。
  - ・第1帯水層の地下水は、降水の影響を直接受ける不圧地下水として局所的に存在している。
  - ・第2帯水層の地下水はほとんどが被圧地下水で、地下水位は淀橋台の地形に沿い、台地中心部で高く谷に向かって低くなる分布をしている。
  - ・第3帯水層の地下水は被圧地下水で、大局的には北西から南東方向へ、すなわち武蔵野台地に沿って東京湾方向へ流動している。
- ② これらの地下水のうち、地表に近い第1・第2帯水層の地下水が自然教育園内の湧水の供給源となっている。この湧水が、地上の生態系との関係が深い自然教育園内の沢の流れとなっている。
- ③ 各帯水層の地下水がおおむね独立した存在であることは①に記したとおりであるが、第3帯水層の地下水位にもわずかではあるが、第1・第2帯水層の挙動と相関性のある挙動が見られることから、各帯水層間につながりのある可能性も考えられる。

これらの結果、駅立坑掘削やシールドトンネル掘削の影響が、第3帯水層の地下水位低下を招いた場合それが上部に波及し、湧水の源である第1・第2帯水層の地下水位低下を招く可能性があるのではないかと懸念された。

このため、工事期間中、自然教育園の湧水に直接関連

がある第1・第2帯水層に加えて、第3帯水層の地下水位をモニタリングすることとした。

### 6.2 工事中

#### 6.2.1 白金台駅開削工事

工事中を通じて、第1・第2帯水層の地下水位への影響は全く見られず、降水量に敏感に反応して水位の変化を繰り返した。

第3帯水層の地下水については、平成8年2月から平成9年1月にかけて、Na24, 25, 26をはじめ調査地中央部から東部にかけての観測井において水位が低下し、それまでの最低水位を下回り、明らかに工事による影響が見られた（図-5）。

この水位低下は、白金台駅の終端側立坑掘削が第3帯水層の砂礫層にかかった頃から徐々に現われ、砂礫層を掘り進んだ平成8年2月上旬から中旬にかけて、掘削の進行に伴い徐々に低下した。それ以降、掘削の完了に伴い一定の水位を保っていたが、白金台駅始端側立坑の掘削が砂礫層にかかった3月中旬頃さらに低下した。

この時期、掘削底面からの地下水の浸出など、工事自体では異常な出水は見られなかったが、土留め壁からの若干の漏水や壁面からの蒸発等による影響ではないかと想定された。しかし、周辺の水位低下量は小さく、しかも第1帯水層や第2帯水層の水位に影響が及んでいないことから、状況を監視しつつ工事を進めた。なお、第3帯水層に位置する地下鉄構築の築造が完了した平成9年1月末に、第3帯水層の地下水位は回復した。

#### 6.2.2 シールド工事(三連駅シールド、複線シールド)

シールド工事においても、開削工事同様、第1・第2帯水層へは全く影響が現われない結果となった。

一方、シールドが通過する第3帯水層においては、平成9年9月から11月にかけて、白金台駅三連駅シールドの掘削時に数十cmの小刻みな水位上昇が見られた（図-6）。しかし、この地下水位変化は小規模なもので、しかも上昇傾向であることから、生態系への影響はないものと判断された。

また、平成10年6月から10月にかけて、駅間の複線



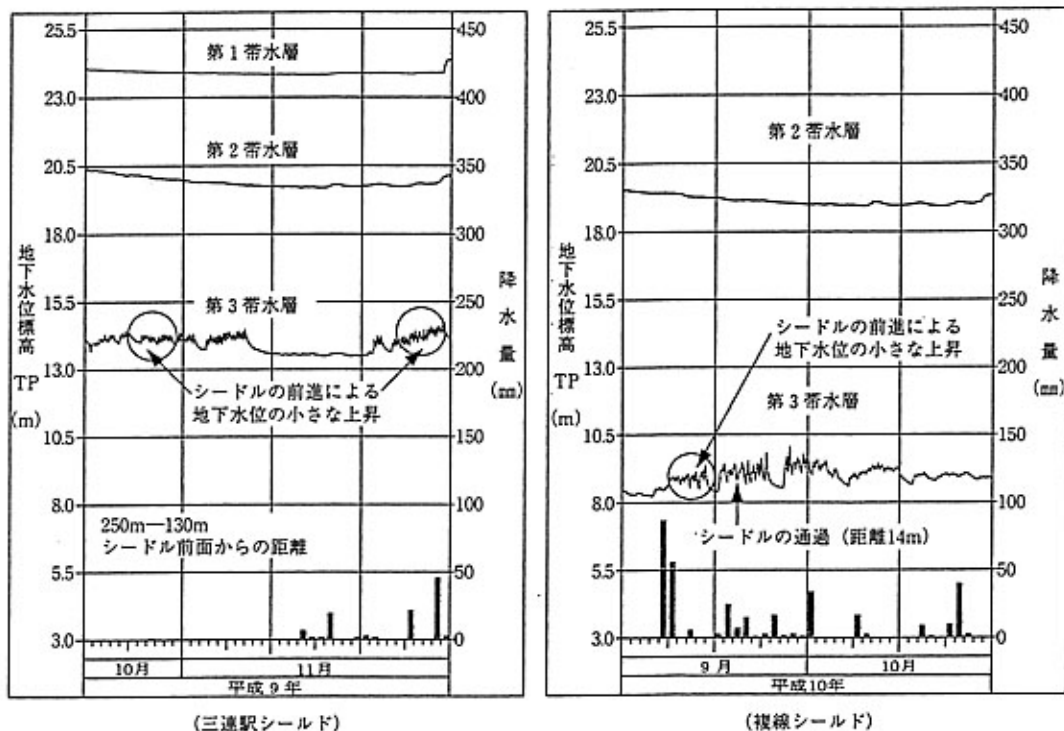


図-6 シールドトンネル掘削時(三連駅シールド・複線シールド)の地下水位変動図

シールド掘削時に三連駅シールド掘削時同様、数十cmの小刻みな水位上昇がNo.8等の第3帯水層で見られた。

ちなみに、トンネルに近いNo.2地点におけるシールド切羽からの距離と第3帯水層の地下水位の上昇量との関係を示したものが図-7である。

地下水位の上昇量は、地質状況や切羽における泥水圧変化等の影響を受けているが、当然のことながら、シールドからの距離が大きくなるに従って地下水位上昇量が小さくなっている。地下水位上昇量はシールドから50mの距離で約55%に、100mの距離で約30%に減衰していることがわかる。

以上の2例については、いずれの場合も第3帯水層の地下水には小さな影響を与えたが、自然教育園の生態系に関係する表層の地下水には、全く影響を与えることなく工事を終了した。

## 7. おわりに

以上のように綿密な地下水モニタリング調査を行った結果、地下鉄建設工事による影響は周辺の第3帯水層の地下水に短期間現われたものの、上部の第1・第2帯水層には波及していない状況がほぼリアルタイムで確認でき、自然教育園内の湧水量には全く影響を及ぼさないことが明らかになった。

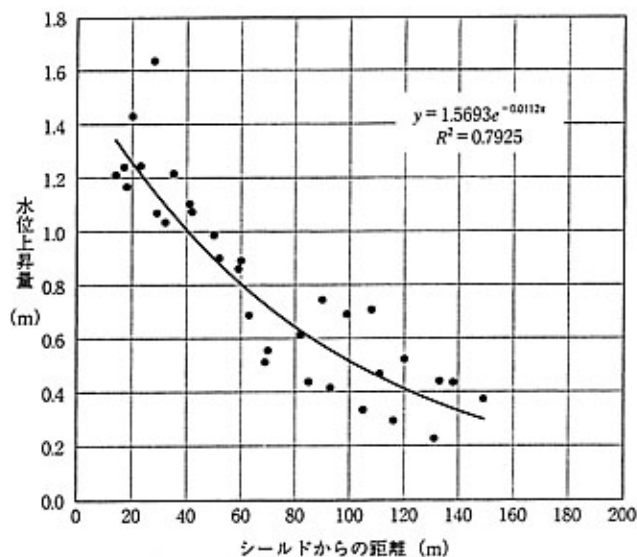


図-7 シールドからの距離と地下水位の変動との関係

なお、本稿では触れなかったが、地下水の水質についても、陸水7項目(Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Na<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>)をモニタリングした結果、工事開始前から現在までほとんど変化がないことが判明した。

今回採用したモニタリングシステムは、工事中の地下水挙動を把握し、その結果を工事に反映させるという目的を十分に果たしたものと考えている。