

## 36. 扇状地研究その1. 豊平川扇状地の地質と水理地質構造

### Study of alluvial fan 1 Geology and Hydrogeology in Toyohira River Alluvial Fan.

○長岡大輔、小西弘将、向井和行（レアックス）、扇状地水環境研究会

NAGAOKA Daisuke, KONISHI Hiromasa, MUKAI Kazuyuki and RHF (Research Group on Hydro-environment around Alluvial Fans)

#### 1. はじめに

我国には、数多くの扇状地が分布し、豊富な地下水賦存地帯となっている。この淡水資源は、我々の生活と深く結びついており、その賦存量が今後の気候変動によってどのように変化するか重要な問題となってくる。本研究のフィールドである豊平川扇状地は、多雪地域に位置し、地下水利用が多い札幌市街地をのせる。ここを、気象変化が扇状地の水環境に与える影響を考察するためのモデル地域の一つとし、その水収支の検討から適切な地下水利用の将来像を構築することが本研究の最終目標となる。

本論では、この水収支の検討に先立ち、地表踏査、ボーリング調査や既存ボーリング資料を基に豊平川扇状地の地質および地形発達史についてまず述べる。つづいて、現場透水試験や地下水の水質分析の結果を踏まえ、水理地質構造（帯水層区分）を考察する。

#### 2. 研究地域の概要

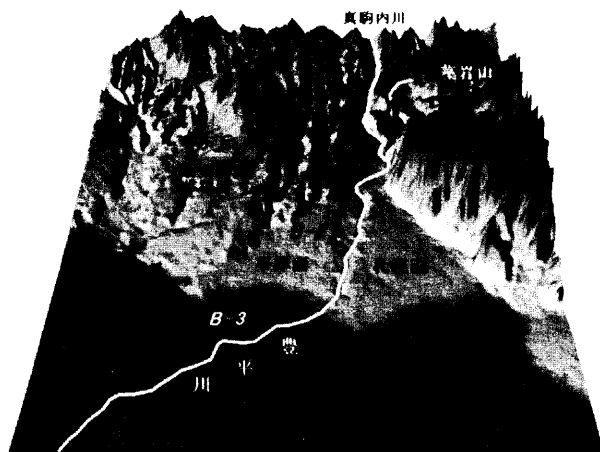


図1 研究地域の地形とボーリング地点

豊平川は、札幌市の南西の山地に源を発し、石狩川に注ぐ流路長約 73km の河川である。豊平川扇状地は、この豊平川が札幌市街地を中心に形成した扇状地で、標高の異なる2つの地形面(平岸面と札幌面)から構成される。豊平川扇状地の上流には、豊平川のほかに真駒内川が流れ、扇頂部で豊平川に合流する(図1)。

扇状地周辺の地質は、豊平川上流から扇状地西側にかけての山地に新第三紀の火山岩類や堆積岩が分布し、扇状地南東～東側にかけての丘陵には更新世後期に噴出した支笏軽石流堆積物が主に分布する。豊平川扇状地は、この山地

と丘陵を両翼の境界として分布する。

豊平川扇状地を構成する平岸面と札幌面は、扇頂から中央部にかけて約 10m の比高をもつ。平岸面は、豊平川の右岸側に連続する平坦面で、その標高は、扇頂付近で約 90m、扇端周辺で約 20m である。札幌面は、豊平川の左岸側に連続する平坦面で、扇頂で約 50m、扇端で約 15m の標高で分布する。

#### 3. 研究方法

##### 3.1 地形・地質調査

1) 地形調査：扇状地上流に分布する豊平川と真駒内川の段丘を空中写真(1946～1948年米軍撮影：1/43,000)を用いて区分し、扇状地を構成する平岸面と札幌面との関係を調べた。また、区分した段丘の補足調査として地表踏査を行った。

2) 地質調査：扇状地とその周辺における既存の地質調査資料(ボーリング資料は7000箇所以上)を収集し、広域的な地質の分布状況を把握した。ボーリング調査は図1に示す扇状地の縦断方向の3地点(B-1～B-3)において、深度32～100mのオールコアボーリングを行った。ボーリングは、特殊ビットを使用してコアの採取率を上げ、砂礫層においてもマトリックスを流さず、良好なコアを取得することに努めた(図2)。また、このボーリングコアを用い、1cm以上の礫径を1m毎に計測し、砂礫層の粒径の変化を定量的に把握した。

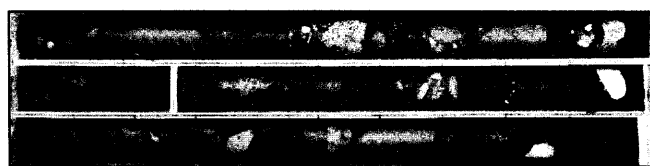
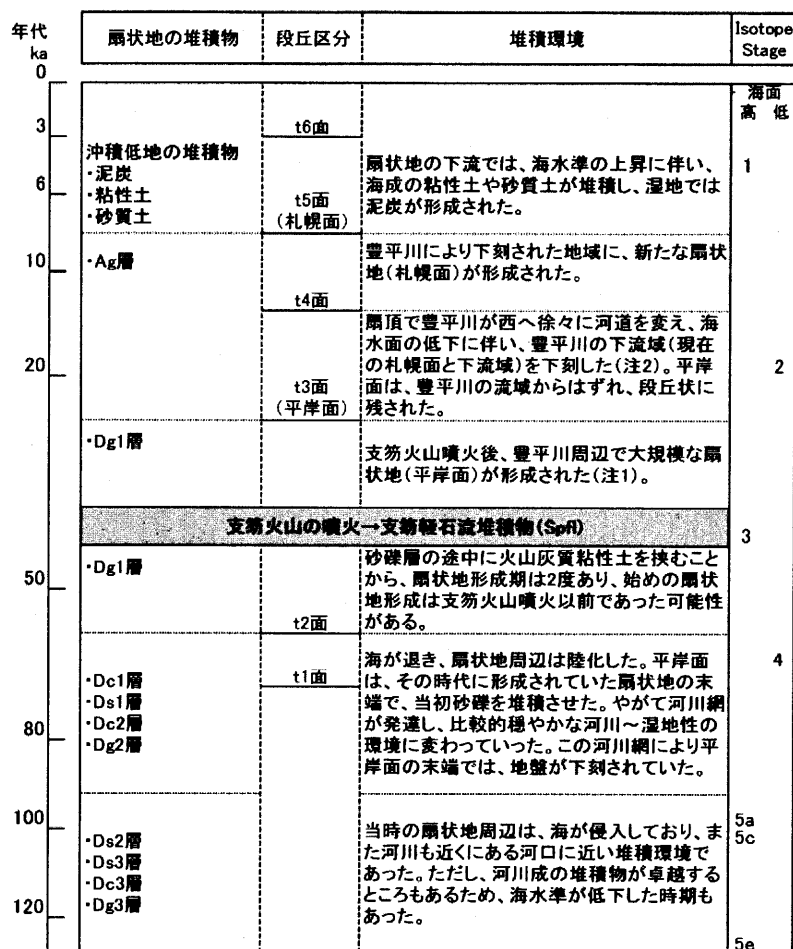


図2 採取したボーリングコア試料

##### 3.2 水理地質調査

扇状地の水理地質構造の検討は、地質調査結果から推定される地質分布とボーリング調査と同時に実施した現場透水試験(ピエゾメータ法)結果から、透水層と難透水層を区分した。さらに帯水層の区分と地下水の流動について考察するため、ボーリング孔から地下水を採取し、イオン9項目( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ の基本7成分と硝酸性窒素、亜硝酸性窒素)と安定同位体( $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )の分析を実施した。





注1: 当時は、支笏火山の噴火による火砕流の堆積によって、水系がそれ以前とは大きく変わったと考えられる。豊平川は、上流で河道が東へ寄っており、火砕流台地を流下してきた真駒内川と合流することにより、大きな扇状地を形成される要因ができたと考えられる。

注2: Stage2の時期は、非常に寒冷な時期で、海水面が現在より100m以上低下していたと考えられている。この時期、河川の下流域は地盤が下刻され、広く沖積平野の基底の地形面を形作っていた。本研究でも、B-1地点では沖積層の基底が深度27m程度と考えている。

図5 豊平川扇状地の地形発達過程

## 5. 扇状地の水理地質構造

### 5.1 扇状地の地質分布と透水性

前述の堆積環境と既存のボーリング資料を基に推定した扇状地(平岸面側)の地質断面を図6に示す。B-2地点の標高-30m以下には、海成の砂質土層(Ds3層とDs2層上部)が河成の砂礫層(Dg3層)などを挟んで分布する。その上位に砂礫層(Dg2層)と緩い河川～湿地の堆積物である砂質土層(Ds1層)および粘性土層(Dc1層)が、下流(B-3地点)側に高度を下げながら連続する。平岸面における表層から40～60m間には扇状地性の砂礫層(Dg1層)が厚く分布する。また、扇頂部の札幌面の直下には、20m程度の厚さの沖積砂礫層(Ag層)が分布する。

これらの層の透水係数は、現場透水試験の結果から次のようにまとめられる。

- ・Ag層:  $1 \times 10^{-2}$  cm/sec
- ・Dg1層:  $7 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$  cm/sec
- ・Ds1層:  $1 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-4}$  cm/sec
- ・Dg2層:  $1 \times 10^{-6}$  cm/sec

- ・Ds2層:  $1 \times 10^{-4}$  cm/sec
- ・Dg3層:  $1 \times 10^{-3}$  cm/sec
- ・Ds3層:  $1 \times 10^{-4}$  cm/sec

この中でDs1層の一部とDg2層が  $1 \times 10^{-6}$  cm/sec と低い透水係数を示し、難透水性であることが判った。

### 5.2 帯水層区分

水質分析の結果では、B-3地点のDs1層の地下水で「被圧水、深層水」の指標となる<sup>4)</sup>アルカリ重炭酸塩( $\text{NaHCO}_3$ )型を示した以外は、ほとんどが「普通の淡水」を示す<sup>4)</sup>アルカリ土類重炭酸塩( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ )型に分類された。

札幌面と平岸面の地表面付近にそれぞれ分布するAg層とDg1層は、透水性が良く、自由地下水を持つ帯水層と判断できる。Ds1層は、地質分布と現場透水試験結果から、上下に難透水層(Ds1層の一部とDg2層)を持つことが判り、一つの帯水層を形成していると考えられる。そして、扇状地の下流側に向かって、徐々に不圧型から被圧型の地下水に変化していると考えられる。B-2地点の地下深部に分布するDs3層、Ds2層およびDg3層に胚胎する地下水は、不圧水と同じアルカリ土類重炭酸塩型であることから、比較的水の循環が速い帯水層であることが推定される。

以上をまとめ、表1と図7に扇状地における帯水層の区分と分布(水理地質断面図)を示す。

表1 豊平川扇状地の帯水層区分

| 帯水層区分   | 地層区分                 | 層厚<br>(m) | 透水係数<br>(cm/sec)                              | 地下水型              |                   |
|---------|----------------------|-----------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 沖積帯水層   | Ag層                  | ～20       | $1 \times 10^{-2}$                            | 不圧水、循環型           |                   |
| 洪積上位帯水層 | Dg1層                 | ～55       | $7 \times 10^{-4}$<br>$\sim 1 \times 10^{-3}$ | 不圧水、循環型           |                   |
| 不透水層    | Dc1層                 | 10        | -                                             | -                 |                   |
| 洪積中位帯水層 | Ds1層                 | 10        | $8 \times 10^{-4}$                            | B-2<br>不圧水<br>循環型 | B-3<br>被圧水<br>深層水 |
| 不透水層    | Dc2層                 | ～10       | $1 \times 10^{-6}$                            | -                 |                   |
|         | Dg2層                 |           | $1 \times 10^{-6}$                            |                   |                   |
| 洪積下位帯水層 | Ds2層<br>Dg3層<br>Ds3層 | 40～       | $1 \times 10^{-4}$<br>$\sim 1 \times 10^{-3}$ | 不圧水、循環型           |                   |

### 5.3 地下水流動

図7の水理地質断面図に現場透水試験を実施した深度の代表的な地下水位を示した。沖積帯水層や洪積上位帯水層に分布する浅層地下水位をみると、地盤標高の高い扇頂(B-1地点)から扇端(B-3地点)に向かい、水位標高が下がっており、扇頂から扇端に向かう地下水の流れがあることがわかる。B-2地点における洪積中位帯水層と洪積下位帯水層は、浅層の沖積帯水層や洪積上位帯水層に比べ水

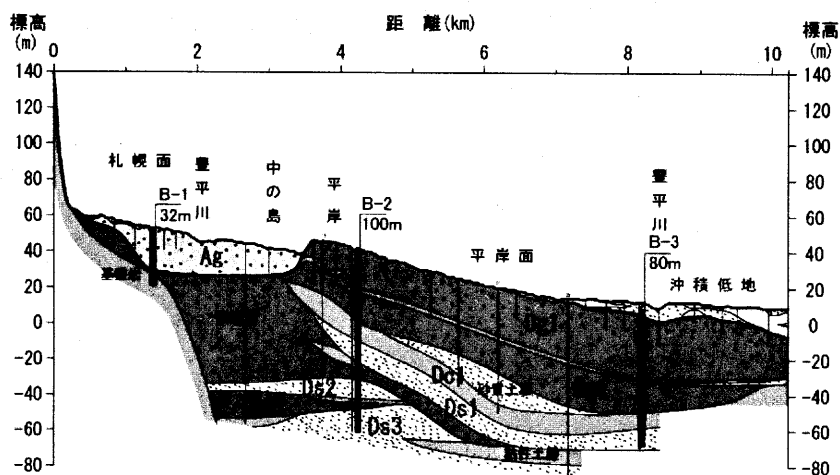


図6 豊平川扇状地の地質縦断面図

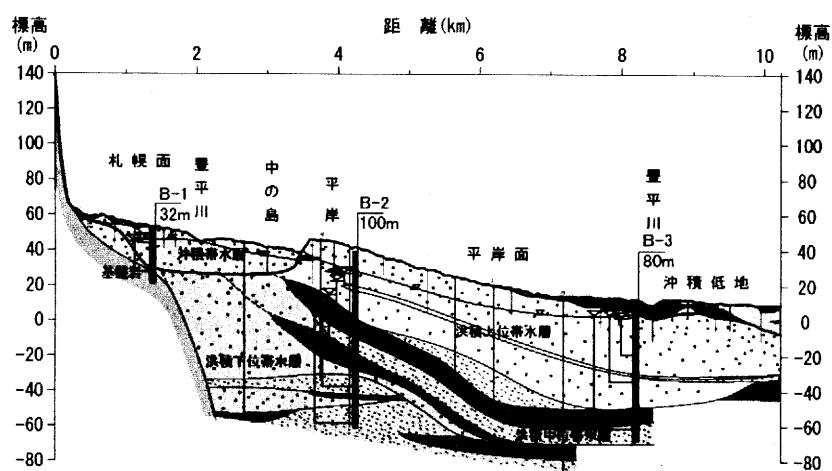


図7 豊平川扇状地の水理地質縦断面図

位が低い。一方、B-3地点の洪積中位帯水層は、洪積上位帯水層やB-2地点の洪積中位帯水層の水位とほぼ同じである。このことから、B-2地点付近では、扇頂の沖積帯水層あるいは洪積上位帯水層から地下深部に向かう水の流れが想定される。特に洪積下位帯水層の地下水は、不圧型の水質を示すことから、浅層の地下水が地下深部にまで循環している可能性が考えられる。これに対し、B-3地点の洪積中位帯水層の地下水は、水質および水位から水の循環がほとんどなく停滞していると考えられる。

## 6. 今後の課題

以上、豊平川扇状地における地質および水理地質の現時点での調査・検討結果を述べてきた。本研究の最終目標である扇状地の水収支や水利用の将来像の検討に向けて、今後さらに次のような検討が必要になると考えられる。

- 1) 札幌面の水理地質構造: 本論では豊平川扇状地の扇頂から平岸面における地質および水理地質構造について検討した。しかし、扇状地の広い面積を占める札幌面の地質状況についてはまだ明らかになっていない。

したがって、今後は札幌面における調査を進めていく。

- 2) 扇状地への水の供給源: 扇状地の概略水収支を考える上で、現状では地下水の涵養源を豊平川と扇状地の降水に求めている<sup>5)</sup>。しかし、扇状地の南東には、支笏火砕流台地が拡がり、この台地から扇状地に向かう地下水の流れも無視できないと考えられる。今回、安定同位体の分析結果からは、地下水の起源について詳細に判らなかつた。今後、支笏火砕流台地の地下水(湧水)や豊平川の水の分析データを増やすと共に、火砕流台地の水理地質構造や地下水面標高の検討を行い、扇状地の地下水の供給源について考察を深めたい。
- 3) 地下水の流動系と水収支モデルの構築: 平岸面の水理地質構造の検討で、扇頂から地下深部に向かう地下水の動きが推定された。水収支の検討モデルを構築する上で、このような水の動きの原因を解明することが必要となる。

## 引用文献

- 1) 山岸宏光・香河正人(1978): 豊平川流域の河岸段丘 - そのテフラによる検討. 地下資源調査所報告, 50, 173-182.
- 2) 町田洋・新井房夫(2003): 新編火山灰アトラス - 日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- 3) 大丸裕武(1989): 完新世における豊平川扇状地とその下流氾濫原の形成過程. 地理学評論, 62A-8, 589-603.
- 4) 地盤工学会編(2004): 地盤調査の方法と解説. 地盤工学会, 889p.
- 5) 向井和行・小泉謙・扇状地水環境研究会(2006): 扇状地研究その2 - 豊平川扇状地の水収支解析. 日本応用地質学会平成18年度研究発表会講演論文集.