

## 7. 和泉層群中における古期大規模地すべり地形の形成過程

日本道路公団 四国支社徳島工事事務所 富田 守  
 応用地質(株) 徳島支店 ○市原 健  
 応用地質(株) 技術本部 上野将司、水野敏実

### 1. はじめに

阿讃山地を通る関柱トンネル（徳島県板野 I C—津田 I C間）はトンネル直上部に池が存在し、周囲の地形状況からトンネルが古期大規模地すべりを通過する難工事となることが予想された。この古期大規模地すべりを確認するため各種地質調査を行った結果、トンネル計画深度において炭化木片を含む還元色を呈する破砕物からなる未固結堆積物が確認された。また、池直下に火山灰層 3 層を含む腐植質土が 20m 以上分布することから、その直上の池は陥没帯凹地に形成されたものと想定し、古期大規模地すべりの発生時期とその後の地形形成過程を考察した。トンネル掘削時の切羽観察結果によって、古期大規模地すべりによる地形形成は、掘削範囲では想定した通りであることが確認できた。

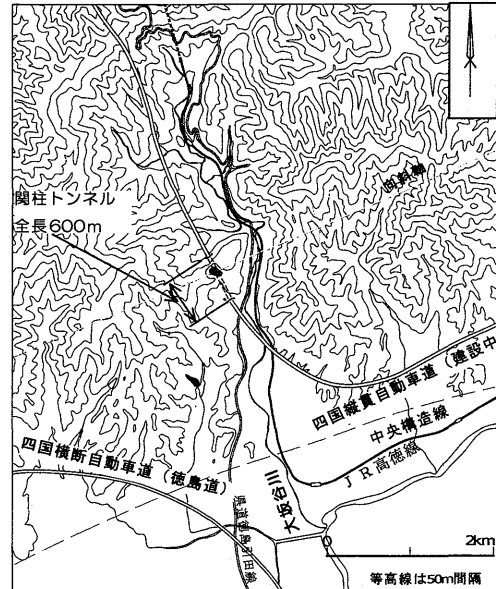


図-1 位置図

### 2. 古期大規模地すべりの想定

関柱トンネルは全長 600m、吉野川の左支流で阿讃山地を南流する大坂谷川右岸に位置する。大坂谷川左岸の斜面はほぼ 40° で単調な傾斜であるが、右岸では山地高度が標高 100m から 160m で起伏に富み、その山地中の標高 130m 付近に池が分布する。また、大坂谷川は、トンネルの北方でやや東へクランク状の流路を示している。

池は長径約 170m、面積約 0.013km<sup>2</sup>、水深 2m 弱であり、池の東端直下を約 40m 強の土被りでトンネルが通過する。また、池の水面は周囲の水系より約 100m 弱高位に位置する。

分布する地質は和泉層群からなる砂岩優勢砂岩頁岩互層であり、トンネル付近は向斜軸が通過するため、地層構造は全体には南北走向で東傾斜をなすが、池を中心とした大坂谷川より右岸側東西に最大 400m、上記クランク部から南へおよそ 1km の区間のトンネルが計画されている山地中では、地層の走向傾斜が一定しない。なお中央構造線はトンネルの約 2km 南方に位置する。

上記の地形状況やトンネル付近の地層の走向傾斜が一定しないことから、池を含む山塊が大規模な地すべりである可能性があるかと判断し、その場合にはトンネル施工に重大な影響がある恐れがあった。そのため、後述する追加調査を実施し、地山条件の把握に努めた。

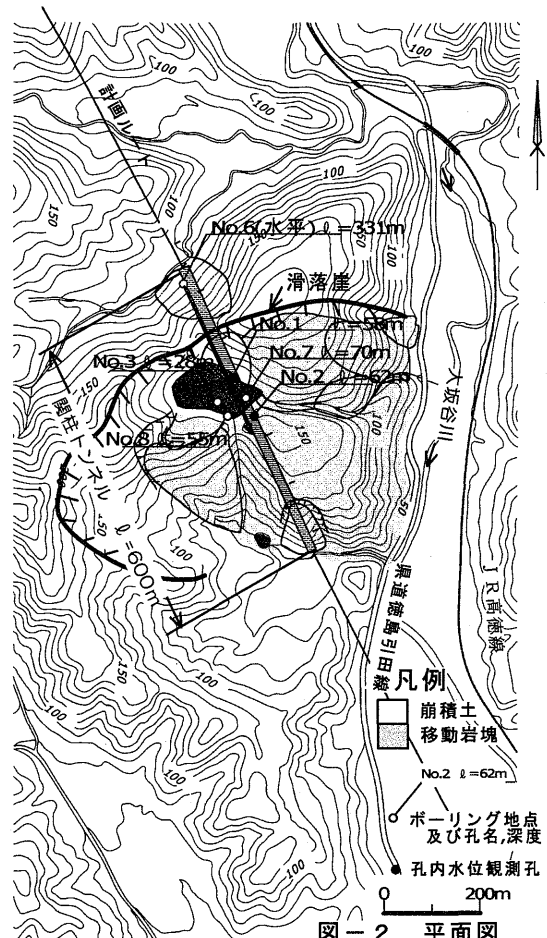


図-2 平面図

### 3. 調査計画と結果

関柱トンネルについては、既往調査として両坑口部のボーリング調査および全縦断を通した弾性波探査が実施されていた。今回、新たに、高密度二次元電気探査（測線長 400m）、水平長尺ボーリング（延長 331m）をトンネルルート上で実施し、池およびその周辺部では鉛直ボーリング（5孔；総掘進長 273m）を実施した。

#### 3.1 物理探査結果

既往の弾性波探査による地山弾性波速度は、トンネル計画深度付近が最下層（4.2km/s）と第2層（2.3km/s程度）との境界にあたる。しかし、最下層は高いものの、2km/s程度の低速度帯が3箇所程度あり、その分布幅も全体の3分の1程度を占め、一義的に良好な地山状態とは考えられなかった。

高密度二次元電気探査を実施した結果、池周辺で100Ωm以下の低比抵抗が広く厚く分布するが、池面から両坑口にかけては高い比抵抗を示し、池の南東では200Ωm以上の高比抵抗を示す。

池の直下では地山弾性波速度が低く低比抵抗値を示す一方、池よりも南東側では高比抵抗値を示す。この結果から、池付近では湿潤し、腐植土などの低比抵抗を示すルーズな地層の分布が、池より南東では空隙が多い地山の分布することが推定された。

#### 3.2 ボーリング結果

トンネル北坑口からトンネル計画方向へ水平長尺ボーリング（No.6孔）を実施し、深度250～280m付近に、炭化木片（樹種；ヒノキ、14C年代；46,000年前）や腐植物を含む還元色を呈する角レキ混じりの末固結土を確認した。また、スパット台船を用いて実施した池上での鉛直ボーリング（No.8,延長55m）では、火山灰3層を含む腐植土が深度20mまで分布し、その下位には堅硬な砂岩層（コア長10m以上）をはさみながら水平ボーリングでも確認された還元色土砂が深度17～24mで出現した。一方、トンネル計画位置を挟んでNo.8孔と35m離れた池上で実施したNo.7（延長70m）では、腐植土層は7m程度と薄かったが、その下位に砂岩層・頁岩層を幅15m挟んで、炭化木片や腐植物を含む還元色土砂が深度26.3～39m付近で再び出現した。

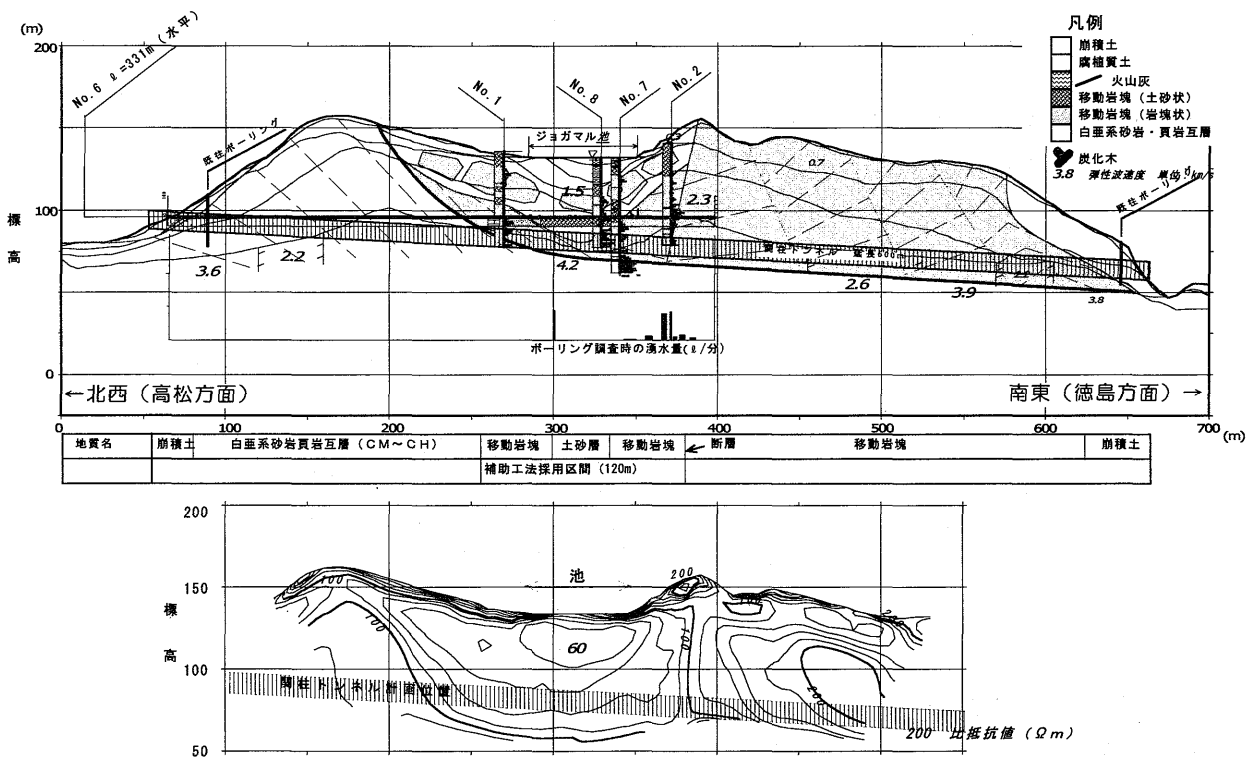


図-3 トンネル縦断図

#### 4. トンネル周辺を含む古期大規模地すべりと形成過程

調査結果から、池周辺では、破碎物を中心にした腐植物を含む未固結の堆積物がトンネル計画位置まで分布し、その上位に腐植土を主体とする池の堆積物が分布する。一方、池の南東では、亀裂の発達した空隙の多い地山の分布が確認された。

これらのことから、池を中心とし、山地高度が周囲よりも低く、地層の走向傾斜が一定しない地域が、池付近を冠頭部の陥没帯とする大規模な地すべりであることを確認し、地すべりの形成過程を推定した。

まず、①低角度のすべり面をもった岩盤すべりが発生し、②同時に冠頭部が不安定となり、二次的な崩壊が発生、③①または②の時期に地表の樹木（ヒノキ）も取り込んだ。その年代は 46,000 年前と推定される。さらに冠頭部の凹地は湿地となり、腐植土を形成した。④さらに湿地には周囲の不安定な土塊が継続的に落ち込んだと同時に、降下火山灰を腐植土層に取り込んだ。少なくとも AT（始良 Tn 火山灰）降下時には、池中央部には崩壊土砂の影響は及んでいない。

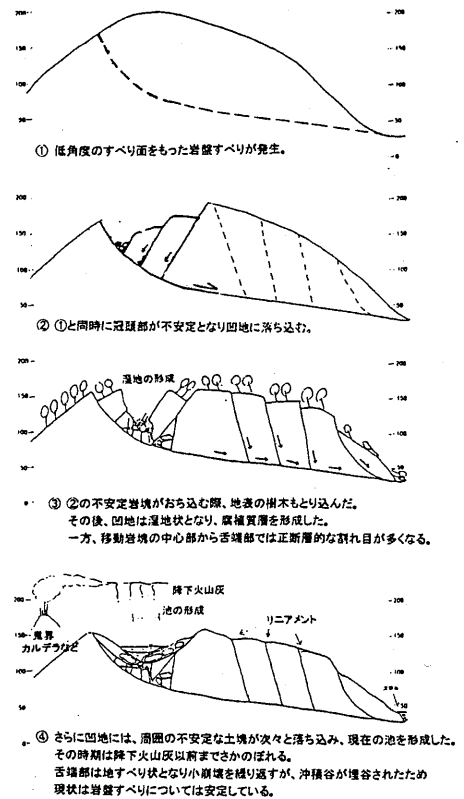


図-4 池の形成過程推定イメージ

#### 5. トンネル掘削での切羽観察

トンネル施工は水平長尺ボーリングとは反対側の南坑口より実施し、ほぼ想定したとおりの地山が確認できた。切羽では、当初、全般にわたり層理面・片理面ともに開口し、流入粘土が混入するようゆるんだ岩盤が出現し、その走向傾斜も一定しない状態であった。その後、池直下の 30m 区間のトンネル掘削では、水平ボーリングで確認した還元色の未固結土砂が上半切羽の半分以上を占める箇所があり、最大 5m<sup>3</sup>程度の切羽崩壊が発生したが、あらかじめ長尺鋼管フォアパイリングなどの補助工法を採用していたため、崩壊は小規模にとどまった。

トンネル施工の結果、未固結土砂は二期線が計画されている東側に傾斜して分布しており、今後、二期線施工時には十分な注意を要するものとする。

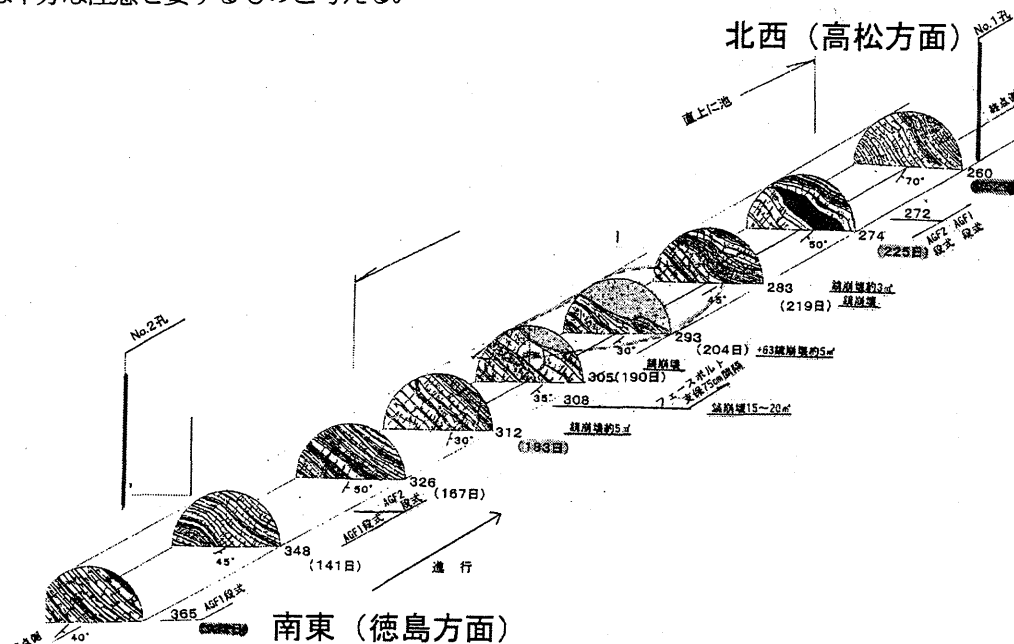


図-5 上半掘削の切羽スケッチ

## 6. 池に出現した堆積物について

池の鉛直ボーリングでは 20m 弱の層厚をもった 3 層の火山灰層を挟む腐植土層が出現した。

火山灰層は、構成鉱物やガラスの形態および屈折率より、最上位の深度 5.9~6.0m (No.8 孔) は鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah;6,300 年前)、最下位の深度 15.55~16.45m (同) は始良 Tn 火山灰 (AT;22,000~25,000 年前) と確認された。両火山灰の間にある深度 12.7~13.6m (同) に分布するものは、層位と火山ガラス形態 (軽石型) および屈折率 (1.503~1.508) から三瓶浮布火山灰 (SUP;16,000 年前以前) と推定される。

三瓶浮布火山灰は、未公開資料には吉野川の沖積低地下の深部に所見があるものの、町田・新井(1992)によると、四国での分布は知られていない。しかし、池におけるその層厚は 1m 程度と厚い。沖積低地とは異なり、池は浸食作用を受けないため形成後の堆積物を保存するいわゆる「タイムカプセル」の状態にあり、地形形成の時代や地層の堆積状況を知るには貴重な資料であると考えられる。

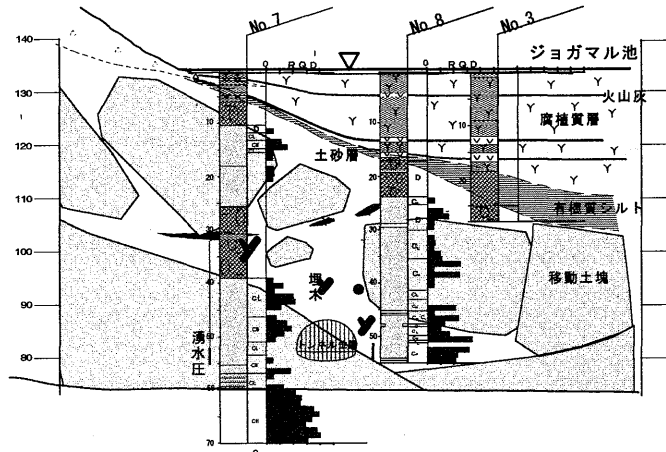


図-6 横断面図(池直下付近)

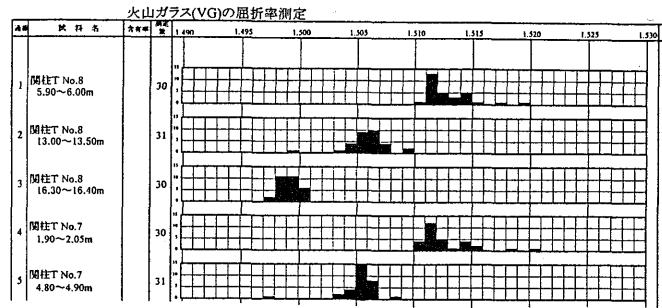


図-7 火山灰分析の結果

## 7. まとめ

トンネルが計画されている山地において、地形的要素から古期大規模地すべりを指摘し、追加調査を実施して、地形の形成過程を推定し、難工事が予想されるトンネル掘削に対して補助工法の採用を提案した。トンネル掘削中の切羽の観察によっても古期大規模地すべりの存在が確認され、調査結果とそれに対応する施工は妥当であったと考える。

また、大規模地すべりの発生原因については、今回十分な解析はできなかったが、中央構造線に近接した位置にあることからその活動による影響であるとも考えられる。

さらに、池の特殊な形成過程と地層の堆積環境から、四国においては事例の少ない三瓶浮布火山灰 (SUP) と推定されるテフラを確認することができた。

## 引用文献

町田洋・新井房夫(1992)火山灰アトラス[日本列島とその周辺,東京大学出版会