

トンネル湧水と周辺の沢水・降水の関連性の解明

和歌山大学システム工学部	学生会員	○後藤 大輔
和歌山大学システム工学部	正会員	井伊 博行
和歌山大学システム工学部	正会員	平田 健正

1. 研究の背景と目的

一般国道 482 号蘇武トンネルは、兵庫県城崎郡日高町と同美方郡村岡町を結ぶ 3692m のトンネルであり、両町の通行が不便であるため、その解消を目的として平成 9 年 10 月から着手された。日高町側(工事区間 2478m) 村岡町側(工事区間 1214m) の両坑口から掘削工事を進める中、平成 11 年 8 月 17 日に日高町側坑口から約 2km の地点で、約 8t/分の異常出水と天端崩落が発生した。トンネル湧水は掘削の進行に伴い切羽・側壁からの湧水が増大し、平成 12 年 11 月の貫通時には日高工区で約 20m³/分、村岡工区で約 12m³/分、合計約 32m³/分の湧水量となった。現在でも湧水量が日高工区で約 11m³/分、村岡工区で約 7m³/分、合計約 18m³/分の湧水を湛えている。この持続的な膨大な量のトンネル湧水は、周辺流域の河川の枯渇、流量減少が考えられた。そのため、比流量解析と同位体比解析、そして地質的考察を加え、湧水の起源となる流域を示し、影響の受けた流域を選定することを目的とした。

2. 調査対象地域の概要

調査対象地域は、蘇武トンネル周辺の標高 400m から 1000m の山岳地帯の流域である。近畿地方では珍しい急峻な地形が発達し、1000m 級の山々が連なる山岳地帯である。年間 2000mm を超える多雨地域に加え、豪雪地帯でもある。蘇武トンネルの南南東約 4km にある調査地付近の最高峰である蘇武岳(標高 1074m) から北から北西へと伸びる尾根は、蘇武トンネルを中央部で横切って北西の白菅山(標高 894m)へと連なっている。図 2-1 は、流域と採水地点を示す

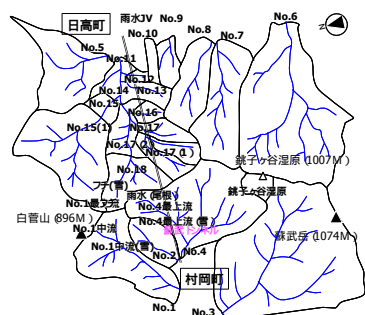


図2-1 流域図と採水地点

地質・地形構造としては、新第三紀中新世(約 1000 万年前)に形成された北但層群が広く分布しており、八鹿累層・豊岡累層・村岡累層に区分され、トンネル位置では豊岡累層および村岡累層が分布する。各累層は堆積岩と火山岩類を含み、堆積岩類には礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩、火山岩には安山岩・流紋岩が含まれる。東西で南に緩やかに傾斜し、これに北北西-南南東に走る断層や褶曲が発達して、地層の成層構造が断ち切られている。トンネルを挟むように蘇武岳・白菅山の 2 つのピークが存在し谷地形を形成している

3. 比流量

湧水に富むこの地域は、トンネル建設以前は、河川流量が豊富だったが、建設によって一部(流域によって大小はある)がトンネルへ供給され河川流量が著しく減少したと思われる。そのため各流域の流量を測定し、流出強度を比較するためには流量を流域面積で割った値、つまり単位面積(1km²)あたりの流量(比流量)を用い解析を行った。比流量は、流域の形状・地被・地質構造などによって異なるとされ透水性・保水性に関して関連性を持っていると考えられる。各流域の全期間(1999 年 9 月 28 日から 2003 年 11 月 21 日)における 1 ヶ月毎の定期観測流量データより算出。8 日間の短期間(1999 年 11 月 21 日から 11 月 28 日)における毎日の連続観測流量データより、降雨後の安定した流量である基底流量から、基底比流量を算出。

結果、より全期間の解析の結果(図3-1)、1000mm 未満の流域は no.12 であり、1000mm 以上 1500 未満の流域は、

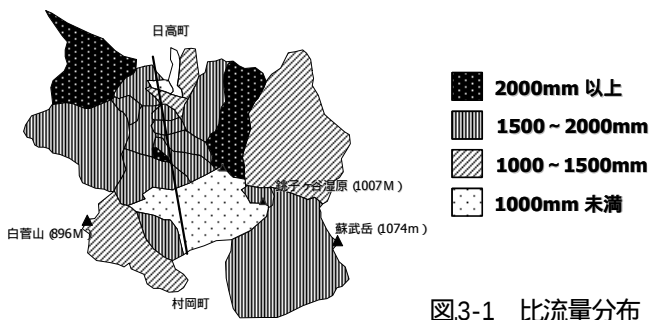


図3-1 比流量分布

no.1, no.4, no.6, no.13, no.17(2)となった。しかし、2000

キーワード トンネル湧水 比流量 基底比流量 同位体比
連絡先 〒640-8510 和歌山市栄谷 930 番地

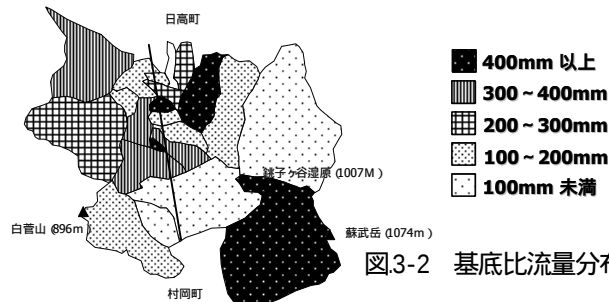


図3-2 基底比流量分布

mmを超える流域があり，山体に供給された水量をはるかに上回る流域があった．豪雪地帯のため融雪の影響が出たと考えられる．また，より基底比流量において，100mm未満は，no.2, no.4, no.6, no.1で100~200mmは，no.7, no.11, no.12, no.15, no.17, no.17(2)となった（図3-2）．

4.同位体比

流出過程における同位体比の保存性を利用し，湧水の低い同位体比に相当する水源流域を検討するために，同位体比解析を行った．トンネル湧水の同位体比は，周辺の沢水に比べ非常に低い．図4-1に標高と同位体比の関係を示した．また，図4-2に分布図を示す．結果，白菅山周辺や銚子ヶ谷湿原周辺の標高の高い所に，低い同位体比の水が分布した．これらの流域を水源となっていたと考えられた

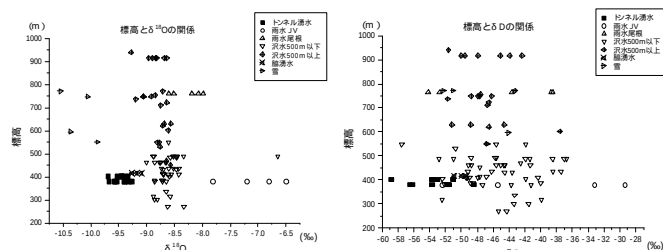
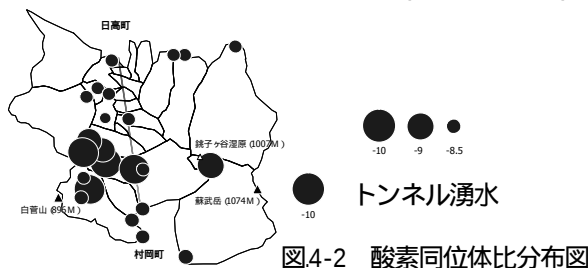
図4-1 標高と同位体比の関係（ $\delta^{18}\text{O}$ ・ δD ）

図4-2 酸素同位体比分布図

5.水理地質特性

頁岩は，堆積岩で粘土岩のうち特に細かい粒子からなり吸水性に富む．ひん岩は，火成岩の脈岩に属し，細かい結晶と大きな斑晶からできている．ひん岩は，白菅山・銚子ヶ谷湿原・蘇武岳の標高の高いところに分布している．頁岩は本流域において，全体的に広く分布しており，no.2, no.4, no.18の最上流部，蘇武岳や銚子ヶ谷湿原近辺にも分布している．またトンネルと直交する断層が多く走っているため，地下水の通路となると考えられる．（図6-2）頁岩が吸水性

に富むことから，トンネル湧水の水源となる流域に関して，関係性があると考えられる．ひん岩についても白菅山・蘇武岳・銚子ヶ谷湿原の標高の高いところに分布していることから，同様のことが考える

6.結果

図6-1に示すように，比流量と酸素同位体比の分布より，標高の高い流域（銚子ヶ谷湿原・白菅山，800m~1000m地点）に同位体比の低い水が存在する事から，トンネル湧水の水源となっていたと考えられた．必ずしもトンネル直上（300~600m）を水源としているわけではなく，標高の高い流域に存在した．また，比流量の低い流域と高い流域の違いは，地質・地形構造にあると考えられ，同位体比の低い水の流れが地質・地形的要素によって作用を受けたために，トンネルへと向かいその結果，影響の受けた流域は，流量が減少し比流量が低くなったと考えられた．つまり，建設以前は多く流れていた河川の水が，トンネル掘削によって流量が減少し始めた反面，湧水として大量に供給されたためにそれが膨大に増加した．そのトンネル湧水の水源は，標高の高い流域である白菅山周辺（no.1, no.2, no.4, no.18の流域上流部）や銚子ヶ谷湿原周辺に分布した．

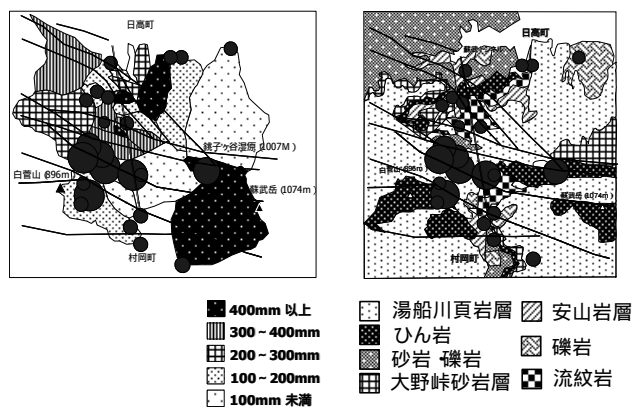


図6-1 基底比流量分布図と酸素同位体比分布（左）

図6-2 地質平面図と酸素同位体比分布（右）

参考文献

- 1) 応用地質株式会社，兵庫県豊岡土木工事事務所：482号村岡道路（蘇武トンネル）水文調査業務委託報告書（別冊資料1 報告書概要版）
- 2) 高橋彦治：トンネル湧水に関する応用地質学的考察
- 3) 高橋彦春：トンネル湧水の特性と問題点，鉄道技研
- 4) H. Ii, S. Misawa: Groundwater chemistry within a plateau neighboring Matsumoto city, Japan
- 5) 山本莊毅：陸水，地球科学講座，共立出版，p. 65