

## 水質分析によるダム浸透流経路の推定事例

### Estimation of Dam penetration flow path by water quality analysis

○西尾 利哉\* 楠本 岳志\* 菊地 藤利\* 福田 晃\* 橋本 智雄\*\*  
(NISHIO Toshiya) (KUSUMOTO Takeshi) (KIKUCHI Fujitoshi) (FUKUDA Akira) (HASHIMOTO Tomoo)

#### 1. はじめに

ダムの安全管理、施工後の挙動監視、正常・異常の判断および対策の検討にあたり、浸透流量は測定項目として重要な指標である。また、ダムの安全管理上も重要である。特に大きな地震を経験した後の浸透流量の観測は、ダムの水理的な安全性を見る上で重要である。ここでは、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（以下、「H23 地震」という）後に浸透流量が増加したロックフィルダムにおいて、浸透流量観測施設（以下、「漏観施設」という）のほか監査廊に設置した浸透流観測孔等で採取した試料について水質分析を行い、その結果から浸透流の流動系について検討を行いリムグラウト等に変状がないことを確認したので、その結果を報告する。

#### 2. 地震後におけるダム浸透流量観測値の増加状況と水質分析試料の採取

本ダムでは、H23 地震時に監査廊に設置した地震計で 128gal（上下流方向）を記録した。H23 地震直後から漏観施設の浸透流量が増加し、増加量は最大で 270L/min となった後、平成 29 年度においても H23 地震前と比較して 150L/min 程度増加した状態が続いている。このため、漏観施設等ダムおよびダム周辺の表流水と地下水を採水し、溶存イオンの濃度分析を行った。試料を採取したのは、堤体の下底面に基盤を掘削して設置されている監査廊（以下、A 監査廊）という）に設けられた浸透流観測孔（カーテングラウト内に 5 本、カーテングラウトラインよりも下流側に向かって 6 本）、監査廊への通廊（以下、「B 監査廊」という）にありカーテングラウト下端標高よりも下に設けられた浸透流観測孔（鉛直下方に 3 本、下流側に向かって 1 本）、堤体の左岸側に設置された仮排水トンネルおよび導水トンネル、堤体と洪水吐との間の地山に設置された地下水観測孔（6 本）、漏観施設に隣接する洪水吐静水池でみられる湧水等の計 37 地点である。また、分析の対象としたのはナトリウム ( $\text{Na}^+$ )、カリウム ( $\text{K}^+$ )、カルシウム ( $\text{Ca}^{2+}$ )、マグネシウム ( $\text{Mg}^+$ )、塩化物 ( $\text{Cl}^-$ )、炭酸水素 ( $\text{HCO}_3^-$ )、硫酸 ( $\text{SO}_4^-$ ) および硝酸 ( $\text{NO}_3^-$ ) の計 8 種のイオンである。これらの水質分析は、貯水位の変化との連動の有無を把握するために、平成 24 年 10 月以降平成 29 年度末までに 27 回実施した。

#### 3. 水質の分布

A 監査廊の浸透量観測孔から採取した試料は、アニオンではカルシウムイオンが、カチオンでは炭酸水素イオンが最も多く、ともに 1meq/L 程度であった。カルシウムイオンと炭酸水素イオン以外は 0.3meq/L 以下のものが多く、ヘキサダイアグラムに示すと左右対称かつ上下対称の形状を示した。またこれらの孔から採取した試料の分析値は、貯水位の高低に関わらず概ね一定の値を示した。一方、B 監査廊の孔から採取した試料は、炭酸水素イオンの濃度が最も高くカルシウムイオンよりも常に高い値を示した。また、貯水位を長期

\*東北農政局 (Tohoku Regional Agricultural office), \*\*中央開発(株) (Chuo-Kaihatsu Co.)

〔キーワード〕ダム、浸透流、水質、安全管理

間にわたって維持すると各イオン濃度が徐々に低下する傾向がみられた。さらに、漏観施設に隣接する洪水吐静水池に湧出する地下水は、分析を行った全試料のうちでイオン濃度が最も大きく炭酸水素イオンは2~3meq/Lであったが、カルシウムイオンは1meq/Lあまりで、ヘキサダイグラムは左右に非対称な形状を示した。このような水質の特徴は、漏観施設やB監査廊の浸透量観測孔、仮排水トンネルおよび導水トンネルでも類似した傾向を示し、A監査廊の浸透量観測孔とは異なる傾向を示した。なお、貯水やダム周辺の表流水はいずれのイオン濃度も0.3meq/L程度以下であり、カリウムイオンとナトリウムイオンの合計がカルシウムイオンと同等もしくは大きい濃度を示す特徴があることから、漏観施設とはヘキサダイグラムの形状が異なっている。

#### 4. 水質の分布から推定した漏観施設を流下する水の浸透経路の検討結果

本ダムは、河床部に上下流方向に伸びる断層が存在しており、湛水試験時に入念な施工が行われている。このため、H23地震後に浸透流量が増加した際には、この断層に対する止水機能の低下が懸念された。しかし、カーテングラウト周辺の水質（A監査廊の浸透量観測孔）が貯水位の高低に関わらず概ね一定の値を示すこと等から、堤体の基盤に施工されたカーテングラウト等による止水機能は損なわれていないことが確認された。さらに、漏観施設に流入する水は、貯水位の高低にかかわらず溶存イオン量が多く、ダム貯水池からの直接の浸透に起因するものではなく、周辺の地盤の水理地質環境に変化が生じて、そこに賦存する地下水の流入量が増加している可能性が示唆された。このことは、フィルダムにおいて必須の監視項目となっている浸透流量について、流量の変化だけでなく水質の観点からも評価することで、安全性を検討する上で有益な指標を得られる可能性があると考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

漏観施設が1系統のダムにおける浸透流量の経路を推定するうえで、水質分析が有効な指標となり得る可能性があることが今回の検討で判った。しかし、水質分析は試料採取から分析結果が判明するまでに時間を要し、連続した値を得ることやリアルタイムで濃度を把握することができない。また、分析に要する費用もダム管理上において無視できない。このことから、リアルタイムに測定が可能な電気伝導度や水温といった指標との関係を整理し、平時には電気伝導度等の連続観測を行いつつ、ダムおよびその周辺における地表水や地下水のイオン濃度をバックグラウンドとして把握しておき、浸透流量が増加した際には採水および水質分析を行うことが、ダムの安全管理上において効果的であると考えられる。

今後、今回の検討結果を活用し、大規模地震等に伴う浸透流量の増加があった際にダムの安全性確認が適切に行われるよう、管理マニュアル等にとりまとめて参りたい。

#### 参考文献

- 1) 長谷川高士・村上章（1986）Kalman フィルタによるダム漏水量の予測，農土論集, No126, p1-8.