

地すべり地における地下水排除工の閉塞の実態とその原因

丸山清輝* 石井靖雄**ハスバートル***

1. はじめに

地すべり対策事業では、地すべりの誘因である地下水を排除する目的で、横ボーリングや集水井などの地下水排除施設が設置される。これらの施設の中には、時間の経過とともにスライムと呼ばれるヘドロ状の物質により閉塞しているものがある。これらの施設が機能低下（集水管の閉塞）した場合、地すべり斜面の地下水位が上昇し、地すべりが発生する可能性が高くなると考えられる。

雪崩・地すべり研究センターでは、これまで第三紀層地すべりの多発地帯である新潟県上越地方で地下水排除工の実態調査を行ってきた^{1),2),3)}。その結果、横ボーリングの主な閉塞原因は鉄細菌が生成するスライムの付着であり、スライムの生成は地下水の酸化還元電位、鉄分量などに関係していることが明らかになっている。

平成20年度には、第三紀層地すべり以外の地すべりも含めて、全国地すべり・がけ崩れ対策協議会と共同で全国的な調査を実施したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

調査では、横ボーリングの閉塞の著しい箇所、閉塞を起こしていない箇所を各都道府県から1個所以上抽出し、それらの横ボーリングから排水



写真-1 閉塞した横ボーリング

されている地下水と孔口に付着しているスライムを採取した他、横ボーリング孔口の状況、地すべり斜面の基岩地質、横ボーリング設置年を調べた。

写真-1は、宮城県の宿地すべりの閉塞した横ボーリングの状況である。横ボーリングは平成5

年に施工されたもので、この地すべりの基岩地質は新第三紀中新世細倉層軽石凝灰岩となっている。今回の調査では、このように横ボーリングを閉塞させているスライム等の閉塞物質を採取し分析した。

試料は、横ボーリングの孔口から排水される地下水を採水容器に、孔口に付着しているスライムを採取バックにそれぞれ採取した。採取された地下水については、pH、酸化還元電位、全鉄量を計測し、スライムについては顕微鏡観察を行い閉塞物の構成物質を調べた。その上で、閉塞の原因を明らかにするために、基岩の地質、pH、閉塞物の構成物質、酸化還元電位、全鉄量などと横ボーリングの閉塞との関連性を分析した。

3. 調査結果

図-1には、横ボーリングの閉塞事例を収集した都道府県を示した。試料は、閉塞していた横ボーリングの地下水27試料とスライム25試料が26都道府県から、閉塞していなかった横ボーリングからの地下水66試料が45都道府県から採取された。

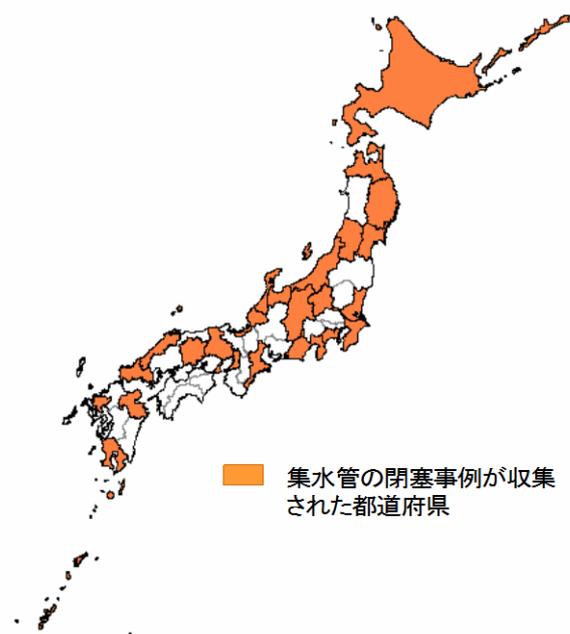


図-1 横ボーリングの閉塞事例が収集された都道府県

Actual conditions of groundwater drainage work blockage and its cause in landslide site

3.1 地質と横ボーリングの閉塞との関係

図-2は、横ボーリングの閉塞と基岩との関係を示したものである。なお、閉塞レベルは表-1をもとに横ボーリング孔口の閉塞状況を判定して求め、閉塞レベル3~5は閉塞あり、閉塞レベル1~2は閉塞なしとした。堆積岩は、主に泥岩、砂岩、頁岩であった。図-2に示した基岩の区分からは、基岩地質と横ボーリング閉塞の有無との関連性は認められなかった。

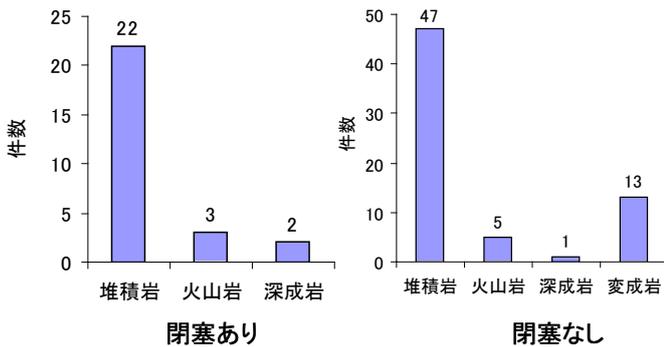


図-2 横ボーリングの閉塞と基岩との関係

表-1 閉塞レベルの判定

閉塞レベル	集水管閉塞状況
1	スライムなし
2	孔口に赤褐色の付着物が少量認められる。
3	孔口の約25%以下にスライムが付着し、スライムの垂れ下がりが認められる。
4	孔口の約25~50%にスライムが付着している。
5	孔口の約50%以上にスライムが付着している。

3.2 横ボーリングの閉塞とpHとの関係

図-3には、横ボーリングの閉塞とpHとの関係を示した。pHの度数の最も大きい区間は、閉塞ありで7.1以上、閉塞なしで6.1~7.0となっている。閉塞ありの方が閉塞なしよりpHが低い傾向があるが、pHが横ボーリングの閉塞のしやすさの判定に活用できることを示す明瞭な傾向は認められなかった。

3.3 横ボーリング閉塞物質の顕微鏡観察

図-4は、横ボーリングの閉塞物の構成物質を示したものである。横ボーリング孔口に付着したスライムを顕微鏡観察した結果、鉄細菌、藻類、泥が認められ、それらが横ボーリングを閉塞させていることが分かった。一番数多く認められたもの

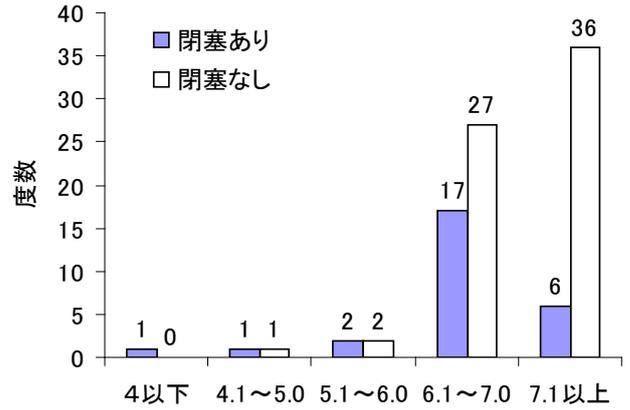


図-3 横ボーリングの閉塞とpHとの関係

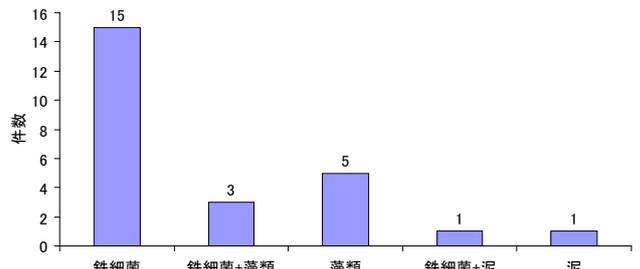


図-4 横ボーリングの閉塞物質の構成物

は鉄細菌であり、ついで藻類であった。また、スライム中には、鉄細菌と藻類が単独で認められる場合と両者が認められる場合、鉄細菌と泥が認められる場合があった。

図-5には、スライムの顕微鏡観察で確認された鉄細菌の種類を示した。鉄細菌は、Gallionella属、Leptothrix属、Toxothrix属であった。Gallionella属とLeptothrix属が共存するものが多く、Toxothrix属単独は少ない。これらのことから、横ボーリングの閉塞に関与している鉄細菌

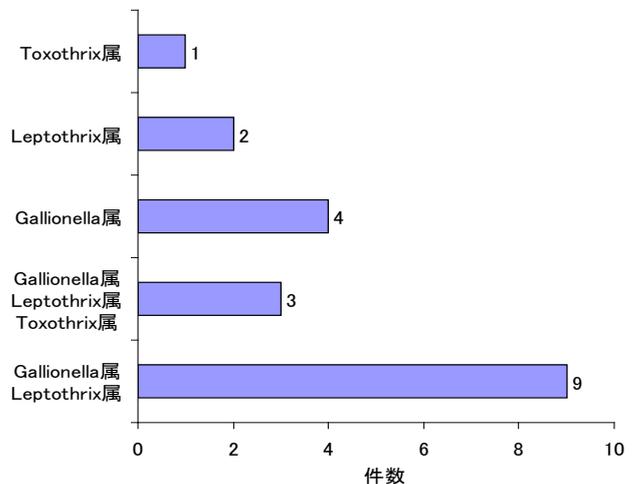


図-5 スライムの顕微鏡観察で確認された鉄細菌の種類

は、主にGallionella属とLeptothrix属であることが分かった。なお、鉄細菌とは、地下水中に生息し、2価の鉄イオン (Fe²⁺) を3価の鉄イオン (Fe³⁺) に酸化する時に得られるエネルギーを活動源にしており、スライムを生成するとされている⁴⁾。

表-2は、今回調査した箇所 の閉塞原因と閉塞レベルとの関係を示したものである。閉塞レベル4、5の場合は、鉄細菌が原因の箇所が他のものに比べて多い。

表-3には、鉄細菌の種類と閉塞レベル毎の箇所数との関係を示した。閉塞レベル4、5では、Gallionella属とLeptothrix属が共存する場合とGallionella属単独の場合が、Leptothrix属及びToxothrix属単独に比べて多い。これらのことから、横ボーリングを閉塞させる鉄細菌はGallionella属とLeptothrix属の場合が多く、横ボーリングの閉塞を防ぐためには、これらの鉄細菌の活動を抑制することが重要となる。

表-2 閉塞原因と閉塞レベルに該当する箇所数

閉塞原因	閉塞レベル				
	1	2	3	4	5
鉄細菌	-	-	3	4	8
鉄細菌 藻類	-	-	1	2	0
鉄細菌 泥	-	-	0	0	1
藻類	-	-	4	0	1
泥	-	-	0	0	1

表-3 鉄細菌の種類と閉塞レベル

鉄細菌	閉塞レベル				
	1	2	3	4	5
Gallionella属 Leptothrix属	-	-	1	3	5
Gallionella属 Leptothrix属 Toxothrix属	-	-	2	0	1
Gallionella属	-	-	0	1	3
Leptothrix属	-	-	1	1	0
Toxothrix属	-	-	0	1	0

3.4 横ボーリング設置後の経過年数における閉塞状況

図-6は、今回の調査時における横ボーリング設置後の経過年数と閉塞レベルを示したものである。鉄細菌が閉塞原因となっている箇所では、施設

置後の経過年数が6年で閉塞レベル5のものがあるが、これはスライム中の鉄細菌の生息数が少なく泥が多かったことから、泥が主な原因であった。それ以外の事例については、鉄細菌により閉塞した施設の経過年数が10年以上となっている。藻類については、9年で閉塞レベル3になっているものがあった。横ボーリング閉塞レベルは、今回収集した事例の範囲では施設設置後の経過年数の増大に伴って上がるとまでは言えない。

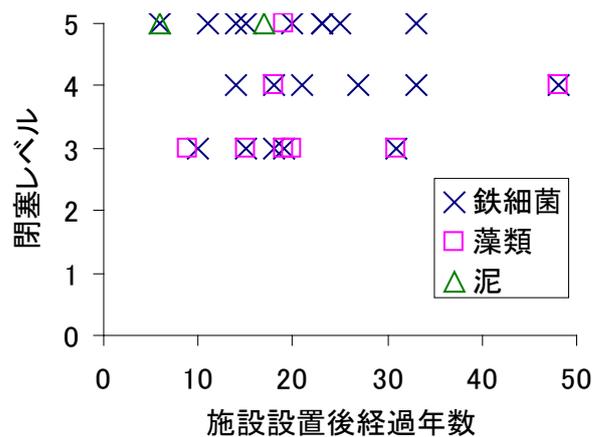


図-6 施設設置後経過年数と横ボーリング閉塞レベルとの関係

3.5 横ボーリングの閉塞と全鉄、酸化還元電位との関係

図-7には、横ボーリングの閉塞の有無と全鉄及び酸化還元電位との関係を示した。酸化還元電位は、その物質が他の物質を酸化しやすい状態にあるのか、還元しやすい状態にあるのかを表す指標であり、この値が正の値となると酸化力が強く、負の値となると還元力が強いことを示す。閉塞ありは大部分が酸化還元電位に関係なく全鉄

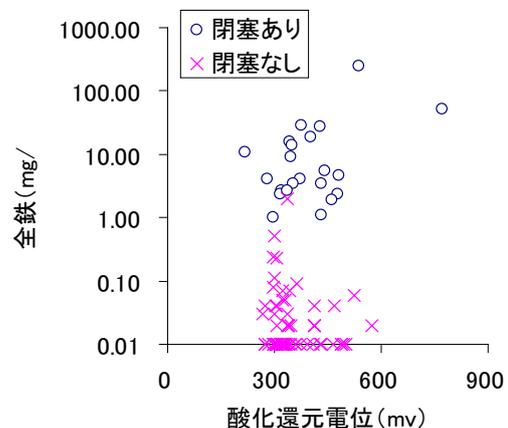


図-7 横ボーリング閉塞の有無と酸化還元電位及び全鉄との関係

1.00mg/l 以上に分布し、鉄細菌が関与した横ボーリングの閉塞は、地下水中の全鉄の量が約1.00mg/l 以上で顕著となっていることが分かる。

3.6 全鉄の量と横ボーリング閉塞レベルとの関係

図-8は、鉄細菌が関与した場合の全鉄の量と横ボーリングの閉塞レベルとの関係を示したものである。横ボーリング閉塞レベルは、全鉄の量が増大すると高くなる傾向が認められる。

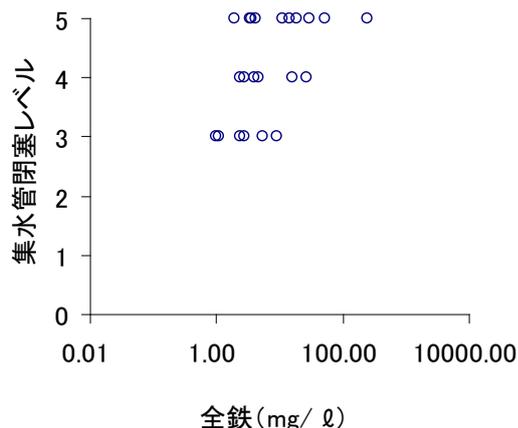


図-8 全鉄の量と横ボーリングの閉塞レベルとの関係

4. まとめ

今回の調査では、以下の傾向が認められた。

- (1) 横ボーリング孔口に付着したスライムの顕微鏡観察を実施した結果、鉄細菌、藻類、泥が認められ、それらが横ボーリングを閉塞させている原因（複数の場合もある）であることが示された。また、特に鉄細菌が原因である場合が、他のものより多いことが示された。
- (2) 鉄細菌が関与した横ボーリングの閉塞は、地下水中の全鉄の量が約1.00mg/l 以上で顕著となった。

- (3) 鉄細菌が関与している場合、地下水中の全鉄の量の増大にともない閉塞レベルが大きくなる傾向がみられた。

以上の結果から、鉄細菌が原因となっているものについては、地すべり調査の段階で地下水中の全鉄の量を計測することにより、地下水排除施設における横ボーリングの閉塞のしやすさを推定できることが考えられる。また、閉塞しやすい箇所では、施設設置後の洗浄などによる機能回復措置を計画的に実施することや、閉塞しにくい構造を検討して行く必要がある。

今後は、より詳細な閉塞実態調査及び集排水管的閉塞への対処法について調査を実施し、地下水排除施設の維持・管理手法について検討する予定である。

謝 辞

本調査では、全国地すべり・がけ崩れ対策協議会を通して各都道府県に試料の採取等をして頂いた。ここに記して、関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 丸山清輝ほか：地すべり地における地下水排除施設横ボーリングの目詰りに関する調査、土木技術資料、Vol.42、No.6、pp.56-61、2000
- 2) 丸山清輝ほか：地下水排除施設横ボーリングの目詰りに関する検討、日本地すべり学会誌、Vol.39、No.4、pp.23-29、2003
- 3) 小嶋伸一ほか：簡易な水質調査による地下水排除施設へのスライム付着可能性調査、日本地すべり学会誌、Vol.41、No.4、pp.67-70、2004
- 4) 日さく水質試験室：鉄細菌の障害と対策について、1980

丸山清輝*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管
理研究グループ雪崩・地
すべり研究センター 総
括主任研究員、博(学)
Dr.Kiyoteru MARUYAMA

石井靖雄**



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管
理研究グループ雪崩・地
すべり研究センター 上
席研究員
Yasuo ISHII

ハスバートル***



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管
理研究グループ雪崩・地
すべり研究センター 専
門研究員、理博
Dr.HAS Baator