

水抜きボーリングの目詰まり原因とその対策

～農村地域地すべり対策施設機能維持検討調査の概要～

農林水産省農村振興局企画部資源課

1 水抜きボーリングの目詰まりとその問題点

昭和33年に地すべり等防止法が制定されて以降、全国で多くの地すべり防止施設が設置されてきました。これらの施設は、地すべりの安定化に貢献しており、農地地すべり地域の安全・安心な暮らしに不可欠な存在となっています(図1)。

しかし施設の中には、長い年月を経て、老朽化や機能低下が生じているものもあります。特に、地すべりの誘因となる地下水を排除するために設置されている水抜きボーリング工では、管に目詰まりが生じる事例が報告されています(図2)。目詰まりによる排水機能の低下は地下水位を上昇させ、再び地すべりを不安定化させることが懸念されています(図3)。

農林水産省農村振興局企画部資源課では、農地地すべり地域での水抜きボーリング工の目詰まり対策を進め、施設の長寿命化や管理コストの低減を図るため、平成15年度から平成18年度の4年間で、水抜きボーリング工における目詰まりの実態把握を行うとともに、その原因と対策手法について検討を行いました。



図1 地下水を排除する水抜きボーリング



図2 目詰まりが生じた水抜きボーリング



水抜きボーリング等による
地すべりの安定化

地下水位上昇

地すべり再発

図3 目詰まりによる地すべり再発の危険性(イメージ図)

2 水抜きボーリングの目詰まり状況の調査

全国※の地すべり防止区域に設置されている約120箇所の水抜きボーリング施設で、孔口の断面積に対する目詰まり物質の閉塞面積率を「孔口付着度」と定義して以下のように6段階に区分し、各施設の孔口付着度を測定しました(図4)。※東海・沖縄を除く

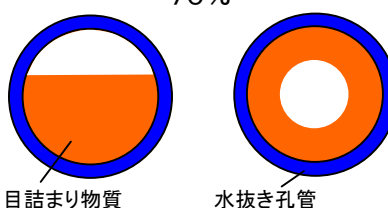

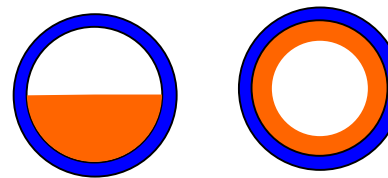

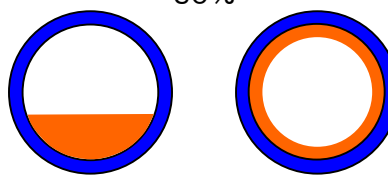

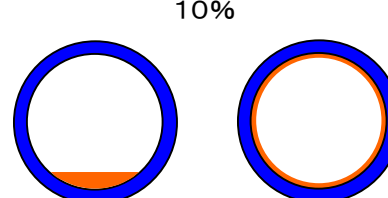

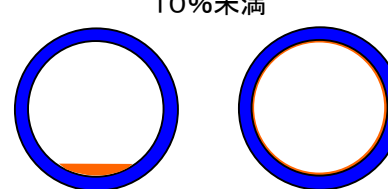

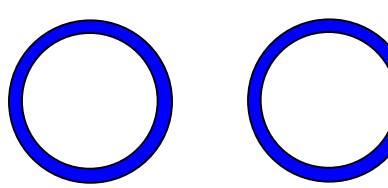

孔口付着度	閉塞面積率	付着度の目安	実測例
A	70%以上	70% 	
B	50%以上70%未満	50% 	
C	30%以上50%未満	30% 	
D	10%以上30%未満	10% 	
E	10%未満	10%未満 	
F	なし		

図4 目詰まり物質の孔口付着度の定義と測定例

地すべり地の基盤地質ごとに孔口付着度を調べた結果、調査施設数が多い基盤地質の中では第三紀堆積岩で孔口付着度が高い傾向がみられました(図5)。

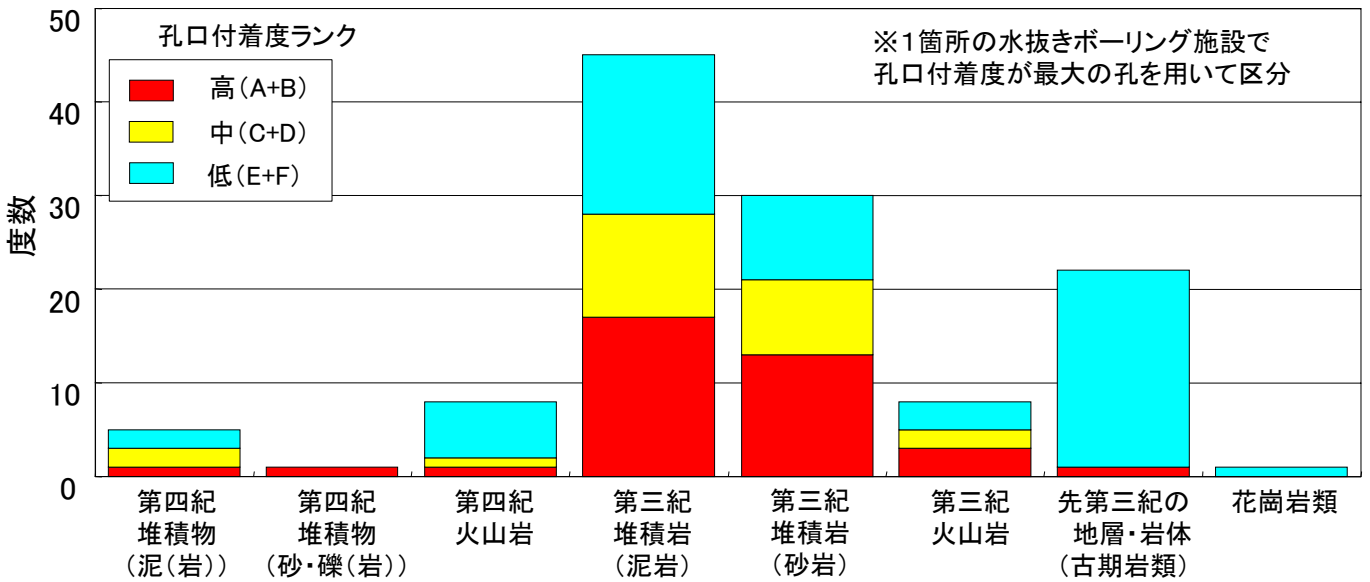
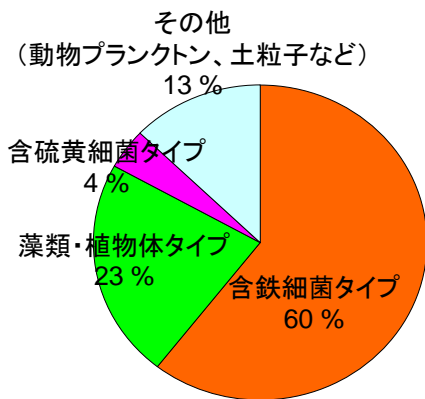


図5 基盤地質別の目詰まり物質の付着

3 目詰まり物質の実態

約120箇所の水抜きボーリング施設で目詰まり物質を採取し、その種類を調べました(図6)。目詰まり物質は、鉄細菌を含むもの(含鉄細菌タイプ)、藻類やコケ類などの植物体を主とするもの(藻類・植物体タイプ)、硫黄細菌を含むもの(含硫黄細菌タイプ)、その他に分類されます(図7)。地域により多少の差がありますが、目詰まり物質の約9割は細菌や藻類・植物体などを伴うもので、特に鉄細菌を含む目詰まりが全体の約6割を占めました。



※鉄細菌と藻類・植物体の両方を含むもの(全体の9%)は含鉄細菌タイプ、硫黄細菌と藻類・植物体の両方を含むもの(全体の2%)は含硫黄菌タイプに分類

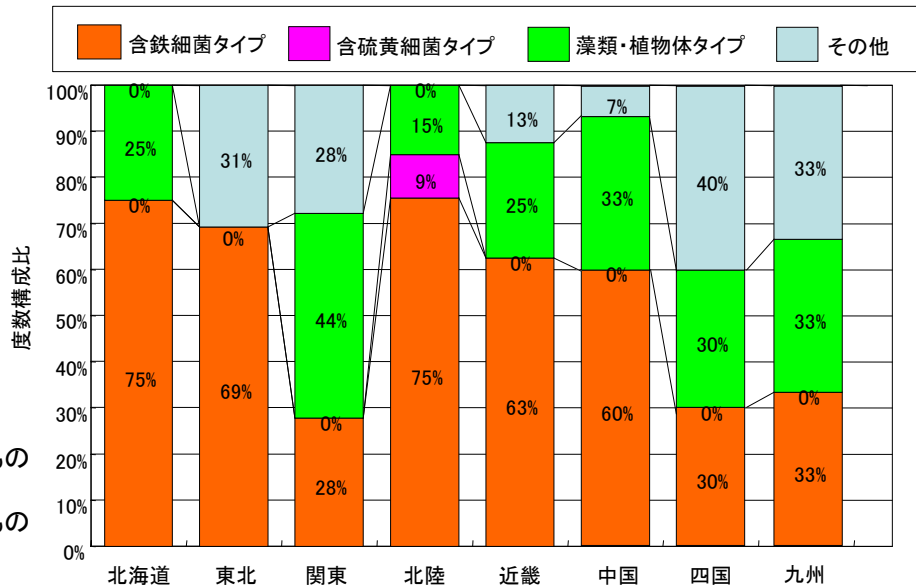
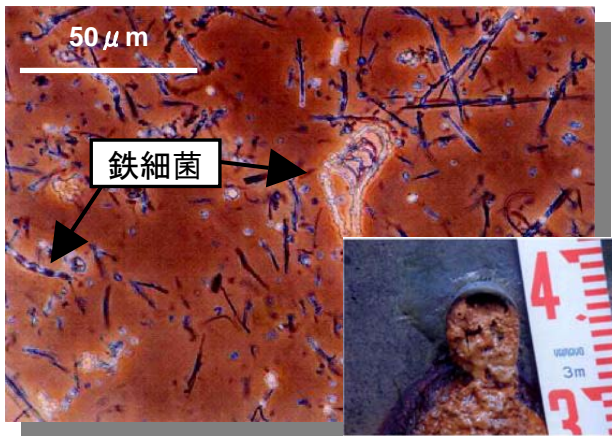
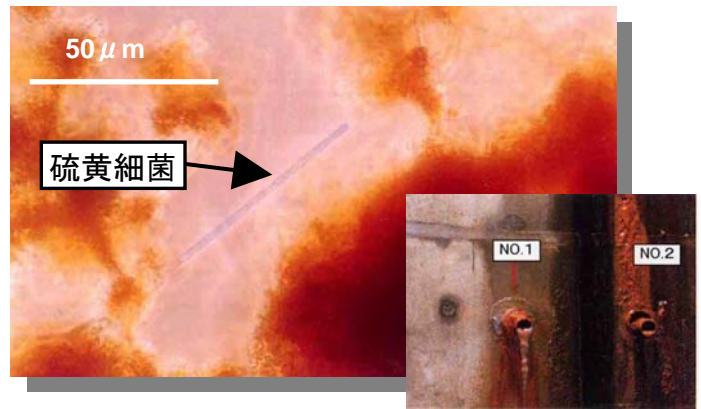


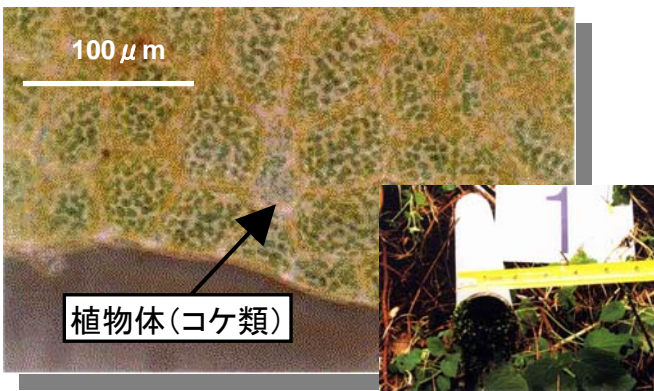
図6 目詰まり物質の種類



含鉄細菌タイプ



含硫黄細菌タイプ



藻類・植物体タイプ



その他(動物性プランクトン、土粒子など)

図7 目詰まり物質の顕微鏡写真と目詰まりの例

また、目詰まり物質の種類ごとに孔口付着度を調べた結果、特に含鉄細菌タイプで孔口付着度が高いこと、逆に藻類・植物体タイプは孔口付着度が低いことがわかりました(図8)。

そこで、孔口付着度が高く目詰まり物質の約6割を占める含鉄細菌タイプに着目し、その目詰まりの原因と対策手法について調査しました。

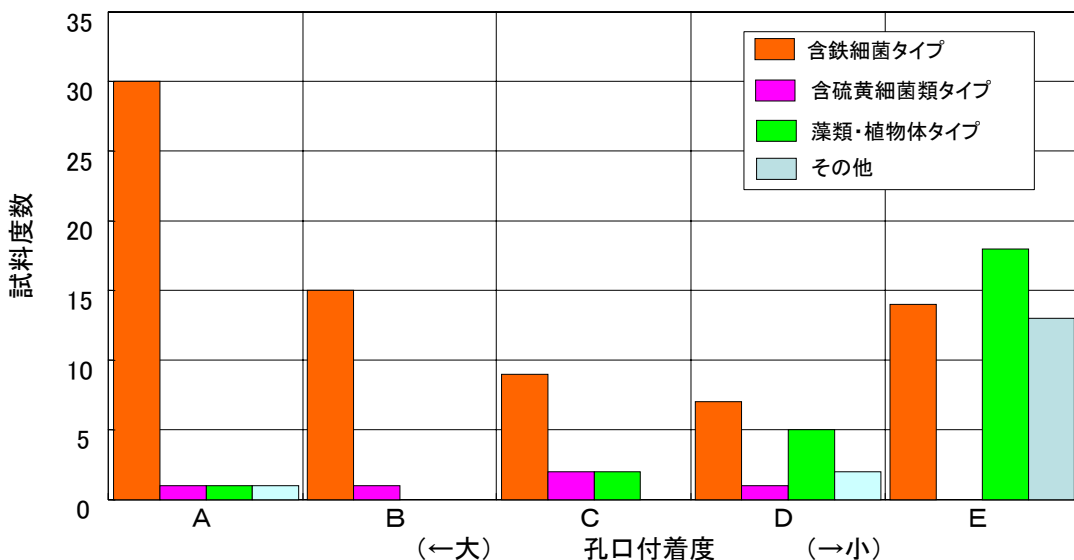
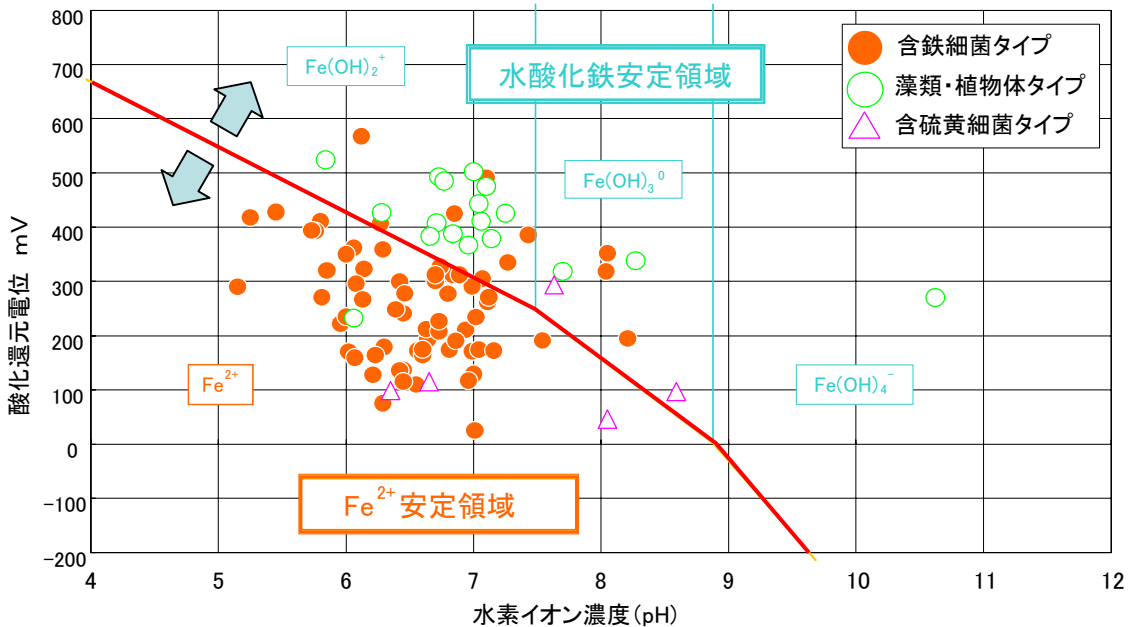


図8 目詰まり物質別の付着度

4 鉄細菌による目詰まりの発生過程

鉄細菌は、地下水中などに生息し、水中に溶けている鉄(溶存鉄)の酸化($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$)を利用して増殖し、その際に水酸化鉄などの沈殿物を生成すると考えられています。このため、その生息には、溶存鉄の存在とその状態(Fe^{2+} 、 Fe^{3+})が関係していると考えられます。

溶存鉄の状態は、水質(水素イオン濃度(pH)と酸化還元電位)で決まります。pHと酸化還元電位に対する鉄の安定領域図に、目詰まりが生じている水抜きボーリング孔の排水の水質をプロットし、目詰まり物質の種類ごとに分類すると、 Fe^{2+} 安定領域には、含鉄細菌タイプの排水が多く分布し、逆に水酸化鉄安定領域には、藻類・植物体タイプの排水が多く分布する傾向が認められ、水質によって目詰まり物質の種類が異なることがわかりました(図9)。



(各種鉄安定領域は杉田・佐藤(2000)「地下水水質の基礎」より引用)

図9 目詰まり物質別に分類した排水の水素イオン濃度と酸化還元電位との関係

以上の結果から、鉄細菌による目詰まりの発生過程を整理すると以下のようになります。

- 1) 長い間地中を流れてきた地下水は溶存酸素が少なく還元的な状態になっているため、溶存鉄は Fe^{2+} として存在。
- 2) 地表付近で大気中の酸素が地下水に供給。
- 3) 溶存鉄の酸化を利用して鉄細菌が増殖し、鉄細菌とその生成物により目詰まりが発生。

よって、鉄細菌による目詰まりの生成には、「 Fe^{2+} (溶存鉄)」と「酸素」の両方が必要であることが推測されました。

5 目詰まり対策手法の検討

目詰まりを防止するには、「 Fe^{2+} (溶存鉄)」と「酸素」のいずれかを抑制する必要があります。本調査では、比較的簡単に抑制可能な「酸素」に着目し、酸素濃度を抑制することにより、孔内の目詰まり物質の付着を軽減できるか検討を行いました。

水抜きボーリング孔口にアタッチメントを設置し、孔内の地下水を大気中の酸素に接しにくくすることにより、孔内の酸素濃度を低下させ、鉄細菌の増殖を低減させる手法の実証試験を行いました(図10)。

試験を行った多くの孔で目詰まり物質はアタッチメントに付着し、従来の孔口への付着を減少させることができました(図11)。

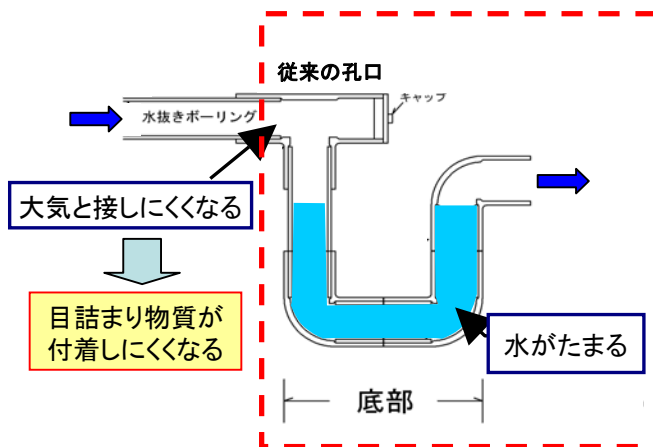


図10 目詰まり対策アタッチメント



図11 目詰まり対策アタッチメント実証試験

以上の結果から、アタッチメントにより、目詰まり物質の孔内への付着を減少させることができる可能性があることがわかりました。アタッチメントは取り外しが簡単で、定期的な洗浄が容易に実施できるため、従来よりも低コストで水抜きボーリング工の維持管理が可能になると考えられます。

このような孔内の酸素を抑制する工夫を行うことによって、目詰まり物質の孔内への付着を制御できる可能性があることがわかりました。

～まとめ～

- ・目詰まり物質の原因の約6割は鉄細菌の存在による
- ・排水の水質によって目詰まり物質の種類が異なる
- ・孔内の酸素を抑制する工夫により、目詰まり物質の孔内への付着を制御できる可能性がある

<参考> 岸、浅野、河野、森田(2006)北陸地方の地すべりにおける水抜きボーリング工の目詰まりの実態と要因、日本地すべり学会誌、第43巻、第4号、p1-8

(問い合わせ先) 農林水産省農村振興局企画部資源課

〒100-8950 東京都千代田区霞ヶ関1丁目2番1号 TEL:03-3502-8111

(平成20年3月)