

V-10 地すべり斜面における地表水・地下水排除施設の老朽化に関する試験調査

研究予算：運営費交付金（治水勘定）

研究期間：平12～平15

担当チーム：新潟試験所

研究担当者：武士 俊也、丸山 清輝、
吉田 克美、小嶋 伸一

【要旨】

地すべり防止施設として数多く用いられている地下水・地表水排除施設は、これまで施工後の調査が行われている事例も少なく実態は明らかではないが、施工から数十年が経過し目詰まりや破損変形等が認められている場合もあり、地すべり対策施設においてもメンテナンス等の対策の必要性が認識されてきている。

そこで、本調査では、地すべり防止施設の内、数多く採用されている地表水排除施設（水路）、地下水排除施設（集水井、横ボーリング）の適切な維持管理を行うために、これらの施設の実態調査を実施し、施設に生じる問題点等を明らかにした。

また、その結果、これらの施設の点検方法や点検頻度等の検討や維持管理に適した地すべり防止施設の構造等を検討した。

キーワード：地すべり、集水井、横ボーリング、水路、維持管理

1. はじめに

昭和33年の地すべり等防止法制定に伴い、全国各地で数多くの地すべり防止施設が施工され、大きな効果をもたらしてきた。しかしながら、これらの施設に対して施工後の実態調査が行われることは少なく、地すべり防止施設の維持修繕に係わる基礎的な資料が不足している現状にある。また、地すべり学会新潟支部のシンポジウム(H12)において「地すべり防止施設の維持管理と問題点」が開催されているように、地すべり防止施設においてもメンテナンス等の対策の必要性が認識されてきているところである^{1)~3)}。

このような背景のもと、本調査では、地すべり防止施設の内、数多く設置されている地表水排除施設（水路）、地下水排除施設（集水井、横ボーリング）に着目し、新潟県の8箇所の地すべり地において、これらの施設の実態調査を行ない、点検方法や点検頻度等、地すべり防止施設の適切な維持管理の方法について検討した。

2. 地表水、地下水排除施設の実態調査

2.1 調査箇所

実態調査は、新潟県新井市に位置する新潟試験所周辺の地すべり地から選択して行った。

図-2に新潟試験所周辺の地質状況を示す。本地

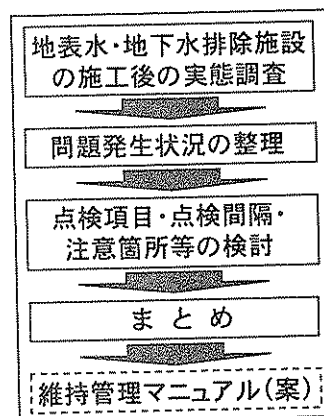


図-1 研究のフロー

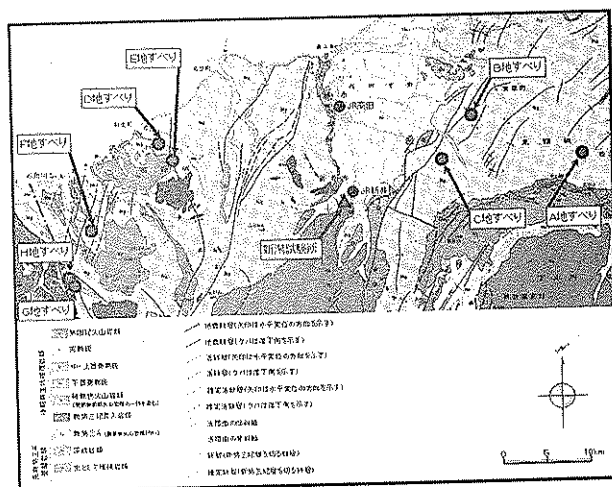


図-2 調査地周辺地質の状況

域は、北部フォッサマグナ地域を含み、主に第三紀系～第四紀の比較的新しい堆積物が広く分布し、妙高山周辺等には第四紀火成岩が分布している。試験所周辺には、多くの地すべり地があるが、特に関川右岸の新第三紀地帯は不安定な地形を呈し、脆弱な地質と日本海側の気候が相まって、日本有数の地すべり発生地帯となっている。

実態調査では、これらの新潟試験所周辺に分布する第三紀層地すべりから、地すべりの活動状況や防止施設の状況等を参考に図-3に示す8箇所について平成12年度、平成13年度に現地調査を行った。

なお、調査地では、地すべり地がいくつかのブロックに分けられ、防止施設は数年にわたりブロック毎等に施工されている。地すべり地（地すべりブロック）によっては、防止施設施工後も豪雨期、融雪期等に間欠的な活動を生じている場合があった。

防止施設施工後も活動が認められた地すべりはA地すべり及びB、G、H地すべりであり、A地すべりでは、施工後も地すべり地内を通る道路で亀裂の発生等が生じ、緩慢な移動が認められたようである。また、B地すべり、G、H地すべりでも、いくつかのブロックにおいては融雪期等に活発な活動が認められている。

2.2 実態調査の方法

施設の調査は、集水井、横ボーリング、水路の各施設毎に目視観察による調査表を作成し、施工年度、材質、形状等の施設諸元、及び以下に示す内容について行った。調査数量は表-1に示す通り、総計で集水井82基、横ボーリング203基、水路延長23.5kmである。

1) 集水井

- ①集水井本体の破損変形、腐食状況及び湛水状況
(内部は地表部から確認できる範囲で調査実施)
- ②集水管孔口の腐食、閉塞状況及び集水状況
(地表部から確認できる範囲で調査実施)
- ③排水管孔口の腐食、閉塞状況及び排水状況
- ④付帯施設(天蓋、防護柵、タラップ)の破損変形、腐食状況

2) 横ボーリング

- ①孔口保護施設の破損変形状況
- ②集水ますの破損変形、堆積状況
- ③集水管孔口の腐食、閉塞状況及び集水状況

3) 水路

- ①水路の破損変形、堆積状況

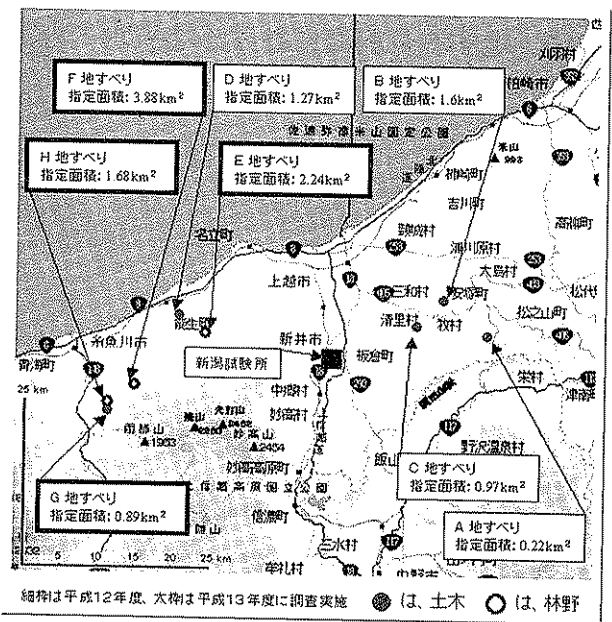


図-3 調査地位置図

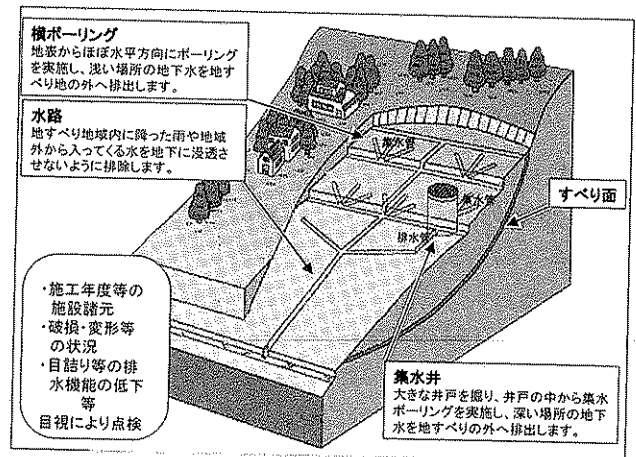


図-4 実態調査の概要図

表-1 地すべり地毎の施設調査数量

地すべり地	調査年度	調査施設数		
		集水井 (箇所)	横ボーリング (箇所)	水路 (km)
A	H12	5	17	2.3
B	H12	17	18	2
C	H12	12	45	5.7
D	H12	14	49	4.2
E	H13	5	25	2.4
F	H13	5	11	2.5
G	H13	19	13	2
H	H13	5	25	2.4
合計		82	203	23.5

3. 実態調査の結果

3.1 集水井の実態調査結果

今回調査した集水井は、82基である。調査結果を表-2に示す。

表-2 集水井の調査結果

施設	調査数	調査項目	確認数		主に確認された問題点			その他		
			確認数	割合	著しい破損・変形	著しい腐食	軽微な破損・変形	軽微な腐食		
集水井	82箇所	井筒	コンクリート	59箇所	著しい破損・変形	6	湛水	14	軽微な破損・変形	11
			ライナープレート	23箇所	著しい破損・変形	1	湛水	7	軽微な破損・変形	4
		集水管	塩ビ(40箇所)	622孔	スライム多	50	閉塞	18	スライム少	127
			鋼管(2箇所)	24孔	スライム多	8	閉塞	0	スライム少	5
		排水管	塩ビ	5箇所		0	スライム多	0	スライム少	0
			鋼管	50箇所	著しい破損・変形	0	スライム多	1	軽微な腐食	22
		タラップ	らせん	30箇所	著しい破損・変形	2	著しい腐食	6	軽微な破損・変形	4
			直	11箇所	著しい破損・変形	2	著しい腐食	3	軽微な破損・変形	1
			直スチール	38箇所					軽微な腐食	11
			エキスパト	24箇所	著しい破損・変形	5	著しい腐食	8	軽微な破損・変形	3
		天蓋	鉄蓋	6箇所					軽微な破損・変形	2
			コンクリート	52箇所					軽微な破損・変形	1
		保護柵	鋼製	41箇所	著しい破損・変形	7	著しい腐食	3	軽微な破損・変形	5
			木製	5箇所	著しい破損・変形	4	著しい腐食	4	軽微な破損・変形	1

集水井では、井筒の傾動や剪断による破損、湛水、鋼製のものでは腐食や集水管等のスライムの付着及び付帯施設の腐食・破損等の問題点が認められた。

集水井の傾動等については、地すべり地毎の状況を図-5に示すが、B地すべり(著しい破損変形(傾動や剪断)5基、湛水13基)、G地すべり(著しい破損変形(傾動)1基、湛水6基)、H地すべり(湛水1基)の防止施設施工後にも活動があった地すべり地で認められる。

また、ライナープレート製集水井については、74%の井筒において、写真-1に示すような腐食によるサビが認められる。

排水管には鋼管(50箇所)が多く用いられていた。集水井に湛水の認められるものが21箇所あり、図-5から分かるように大部分がB、G、H地すべりで認められていることから、これらの集水井では地すべり活動等により排水管が途中で破損したものと推定される。また、概ね半数の23箇所についてはサビによる表面の腐食が認められ、今後の腐食進行に伴う排水機能の低下が懸念される。

集水管については大部分が塩ビ管であった。集水管には写真-2に示すようなスライムの付着が認められた。集水管の28%(622孔中177孔)にスライムの付着が認められ、その中でスライムが多量に付着しているものが8%(622孔中50孔)認められた。このようなスライムの発生は、洗浄工の実施によりその前後で集水量の増加が認められる⁴⁾ことから、集水管へのスライムの付着が、その集水機能を低下させていると推測される。

その他、付帯設備(タラップ、天蓋、防護柵)については、老朽化に伴う腐食及び腐食等の影響による破損や変形が多数確認された。

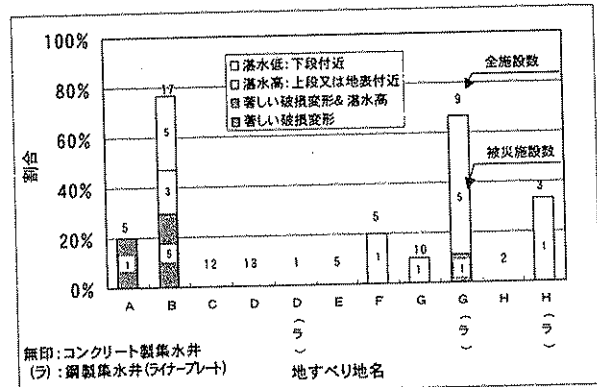


図-5 地すべり地毎の井筒の問題発生状況

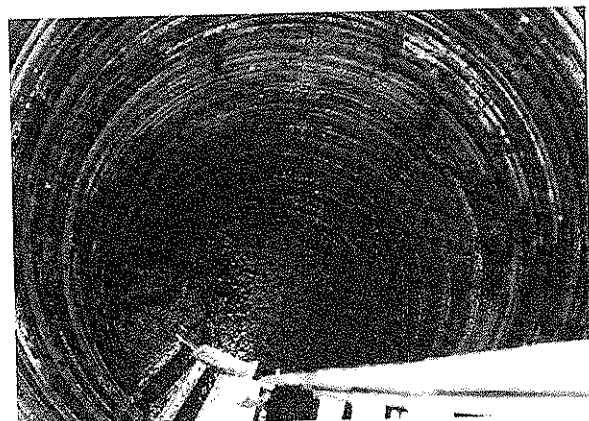


写真-1 ライナープレート製集水井(井筒)の腐食状況例

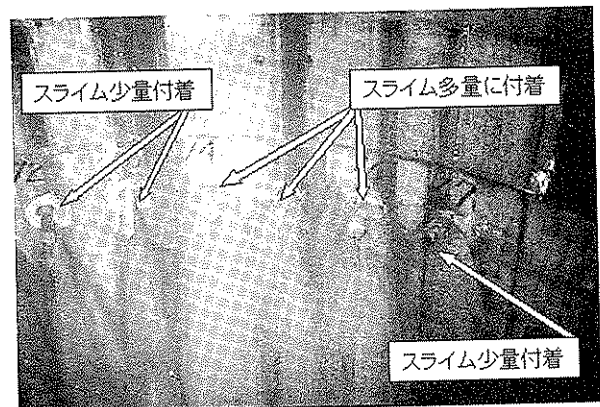


写真-2 集水管のスライム付着状況例(集水井)

表-3 横ボーリングの調査結果

調査数	調査項目	確認数	主に確認された問題点		その他						
203箇所	保護工	有り	150箇所	著しい破損変形(割れ)	1	軽微な破損変形	3				
		無し	53箇所								
	集水枡	有り	159箇所	破損(集水枡割れ)	2	全面堆積	8	軽微な破損変形	1	1/2~1/3の堆積	79
		水路など	38箇所			全面堆積	2	軽微な破損変形	1	1/2~1/3の堆積	2
	集水管	無し	6箇所								
	塩ビ(189箇所)	945孔	スライム多	69	軽微な破損変形	28	スライム少	223			

3.2 横ボーリングの実態調査結果

今回調査した横ボーリングは203箇所であり、集水管のほとんどが塩ビ管であった。表-3に調査結果を示す。

横ボーリングでは、集水管のスライム等の付着や集水枡への植物等の堆積の問題点が認められた。

集水管には、写真-3に示すように、集水井と同様にスライムの付着が認められた。集水管へのスライム付着については、31% (945孔中292孔)で認められ、7% (945孔中69孔)には多量の付着が認められた。集水管へのスライムの付着率は、横ボーリングも集水井も同程度であることがわかる。

集水枡では、植物や土砂等の堆積は55% (159箇所中87箇所)で認められ、8箇所が満砂となっていた。また、堆積物の多くは、図-6に示すように植物であった。

3.3 水路の実態調査結果

表-4は、水路の調査結果を示したものである。

水路では、割れや押し潰れているもの、目地の開き等により漏水の認められるもの、植物等の堆積による機能低下や越流等の問題点が認められた。

図-7は、地すべり地毎の水路の問題発生状況を示す。活動が活発なB地すべりや、G地すべりでは、割れ、押し潰れ、屈曲等の破損が目立っている。

また、それらに伴い土砂等による水路の閉塞等が認められた。割れ・押し潰れ、屈曲等は、E地すべり、F地すべりでも認められたが、原因は植物根や転石等による破損、鋼製水路の著しい腐食によるものであり、鋼製水路では腐食により底が抜けている

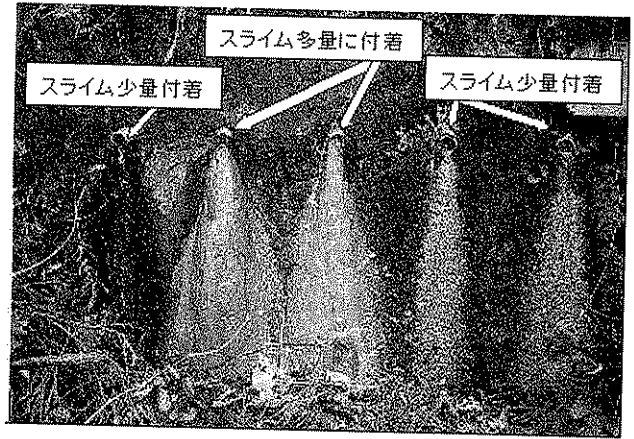


写真-3 集水管のスライム付着状況例 (横ボーリング)

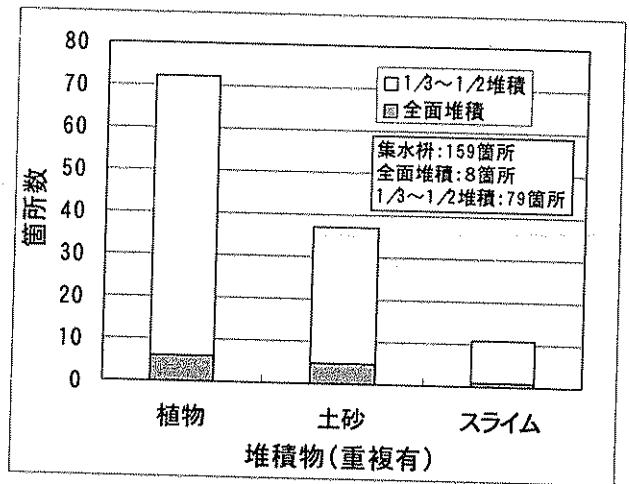


図-6 集水枡への堆積物状況 (横ボーリング)

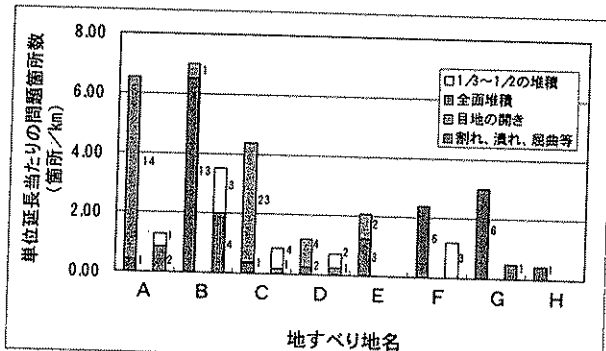


図-7 地すべり地毎の水路の問題発生状況

表-4 水路の調査結果

地すべり地	調査数量	問題点
A	2.3km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(1箇所)、目地の開き等(14箇所) 堆積 全面堆積(2箇所)、断面の1/2~1/3程度(1箇所)
B	2.0km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(13箇所)、目地の開き等(1箇所) 堆積 全面堆積(4箇所)、断面の1/2~1/3程度(3箇所)
C	5.7km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(1箇所)、目地の開き等(23箇所) 堆積 全面堆積(1箇所)、断面の1/2~1/3程度(4箇所)
D	4.2km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(2箇所)、目地の開き等(4箇所) 堆積 全面堆積(1箇所)、断面の1/2~1/3程度(2箇所)
E	2.4km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(3箇所)、目地の開き等(2箇所) 堆積
F	2.5km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(6箇所) 堆積 断面の1/2~1/3程度(3箇所)
G	2.0km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(6箇所) 堆積 全面堆積(1箇所)
H	2.4km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(1箇所) 堆積
計	23.5km	破損 割れ・押し潰れ・屈曲等(33箇所) 目地の開き等(44箇所) 堆積 全面堆積(9箇所)、断面の1/2~1/3程度(13箇所)

部分も認められた。

また、水路では、写真-4に示すような浸食や目地材の老朽化等によると思われる目地の開きが多く、地すべり地と認められた。

水路の問題点としては、植物・土砂等の堆積も多く認められた。図-8は水路への堆積物の種類と箇所数を整理した図である。水路における堆積物は図-8に示すように横ポーリングの場合と同様に植物が多くなっていることがわかる。



写真-4 水路の目地の開き例

4. 実態調査結果の検討

地すべり防止施設の適切な維持管理を行うためには、点検項目や点検間隔の設定、要注意箇所の把握や維持管理が容易な構造等の検討が必要である。

4.1 点検項目の検討

実態調査から防止施設に発生している問題点を整理すると調査では特に次の点に注意する必要があることがわかる。

- ①地すべり活動が活発な地すべり地では、防止施設の破損が認められる。
- ②ライナープレート製集水井や鋼製施設では腐食や腐食による破損が認められる。
- ③集水管では、スライム付着が多く認められ、集水機能低下が懸念される。
- ④集水枡・水路内では、植物等の堆積が認められ、機能低下や越水による破損が懸念される。
- ⑤水路では、目地の開き等による漏水も認められた。

4.2 点検間隔の検討

点検間隔については、地すべりの活動状況により問題発生形態が異なるため、活動状況により考える必要がある。

慢性的あるいは、間欠的な活動が認められる地すべり（地すべりブロック）では、地すべり活動による施設の破損が認められる。このような地すべりでは、地すべりが活動しやすい梅雨期や融雪期等に注意を要するとともに、年に1回程度の定期的な点検をすることが望ましいと思われる。

比較的安定している地すべり地では、鋼製施設の腐食や集水管へのスライムの付着等による防止施設の機能低下が認められ、定期的な点検が必要である。これらの問題は、施設施工後の経過年度により進展すると考えられ、その状況から点検間隔を検討する必要がある。

図-9は、実態調査結果からライナープレート製

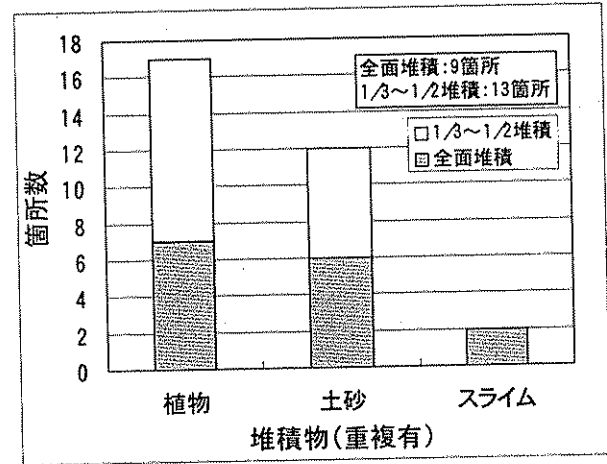


図-8 水路での堆積物状況

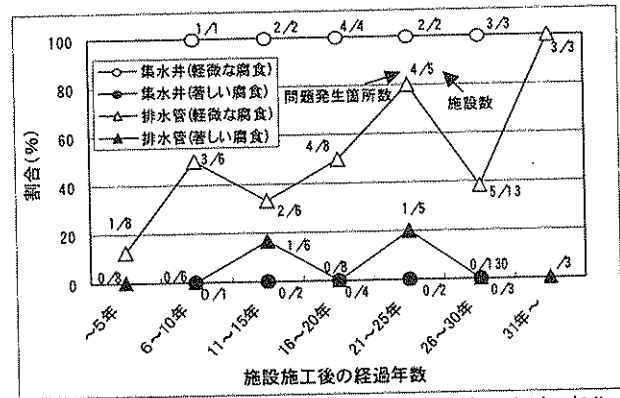


図-9 集水井(ライナープレート製)と排水管の経年変化

集水井と鋼製排水管について防止施設の施工年度と腐食の程度を整理したものである。排水管では、施工後11~15年経過している施設で著しい腐食が認められる。しかしながら、集水井では、図-9からは経過年度による問題点の増加傾向は明瞭には認められない。これは、腐食の状況を「無し」、「軽微な腐食」、「著しい腐食」として、分類を少なくしたためと思われ、集水井の場合、腐食の程度を適切に表せなかったことによるものと考えられる。

一例ではあるが、写真-5には、ライナープレー

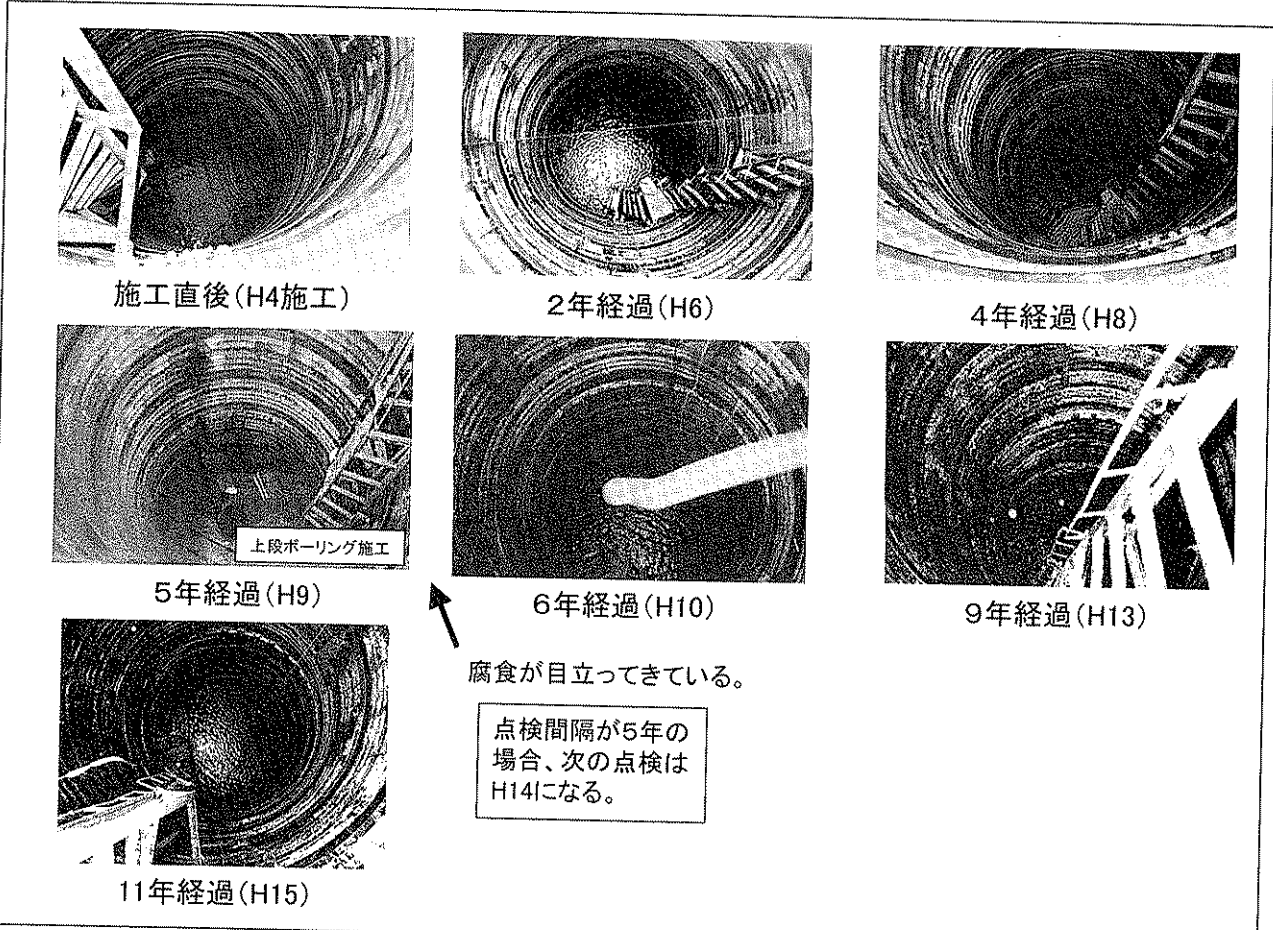


写真-5 鋼製集水井（排水路）の腐食状況経年変化の一例

製集水井の腐食状況の経年変化を示す。本事例では、構造上問題となる程ではないが、経年変化に応じて腐食が進展している様子が伺える。また、本事例では施工後から5年程度で腐食が目出でており、5年程度に1度は点検が必要であろう。

図-10 は、集水管へのスライム付着状況の経年変化を示したものである。5年毎の経年変化では、スライム付着の増加傾向は認められない。

写真-6, 7は、個々の横ポーリングにおけるスライム付着状況の経年変化状況の一例である。

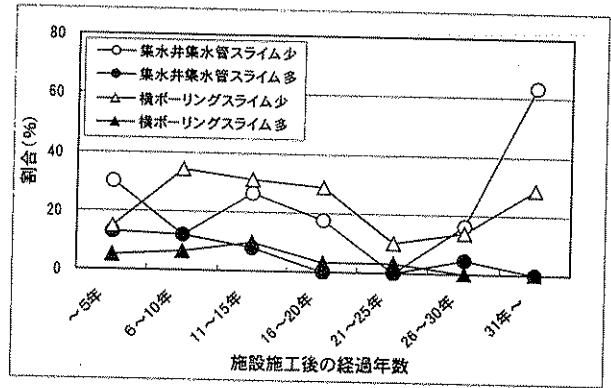


図-10 集水管のスライム付着状況の経年変化



写真-6 スライム付着ありの横ポーリングの経年変化の一例

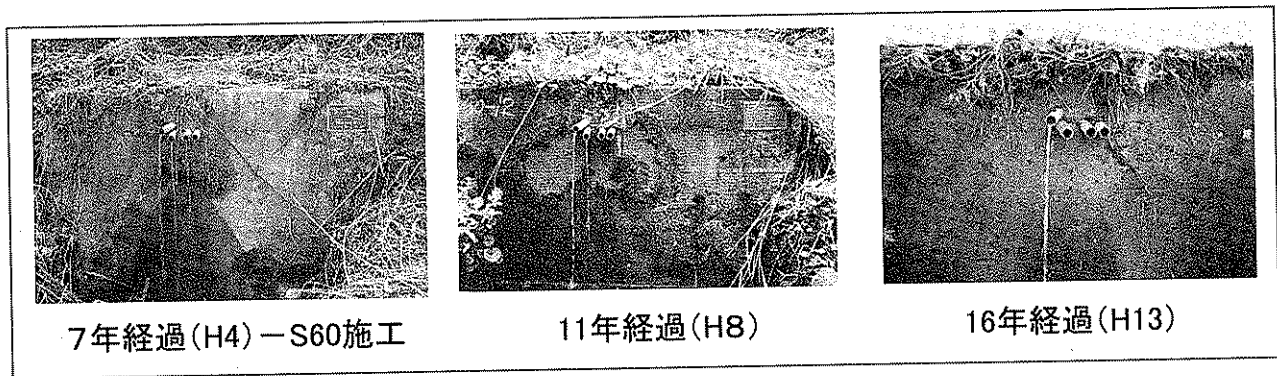


写真-7 スライム付着無しの横ボーリングの経年変化の一例

この事例では、スライムが付着する集水管は5年以内で付着し、付着しない集水管は何年を経てもスライムは付着していない。これらのスライムは、集水管内を流れる地下水中の鉄分が細菌の影響により酸化されて生成されるものであり⁵⁾、スライム付着状況の経年変化は少ないことが推定される。

したがって、集水管に対する点検は5年以内で行い、必要に応じて洗浄等の対策を行う必要がある。

4.3 スライム付着可能性の検討

スライムは、集水管内を流れる地下水中の鉄分が

細菌の影響により酸化されて生成される⁵⁾ものであり、地下水中の鉄分等が多いと発生する。

したがって、鉄分濃度によりスライムが発生しやすい箇所が推定され、あらかじめスライムの付着しやすい箇所を予測することで、重点的な点検を実施する等の効率的な点検が可能となると考えられる。写真-8(1)、(2)は、施工直後の状況と調査時のスライム発生状況の例を示したものである。地下水中に鉄分が多く施工後に保護施設等にさび色が付く場合には、スライム付着の可能性があるとわかる。

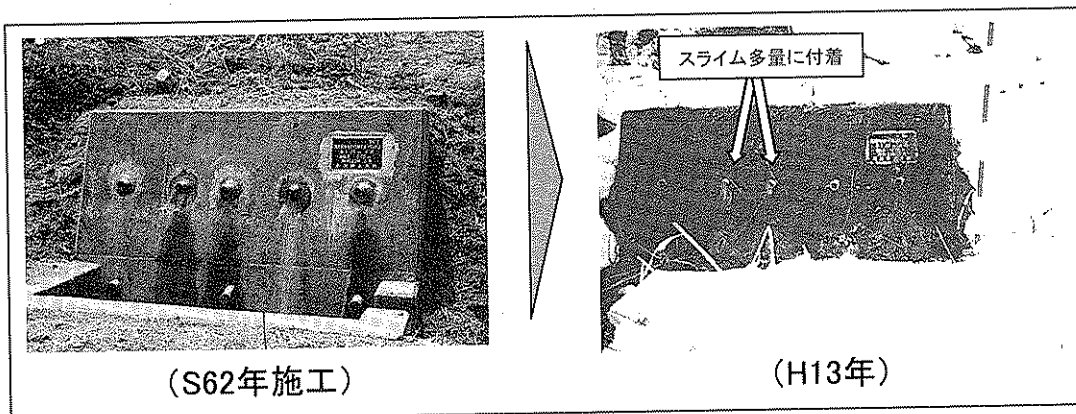


写真-8(1) 施工直後と現況の比較の一例(その1)

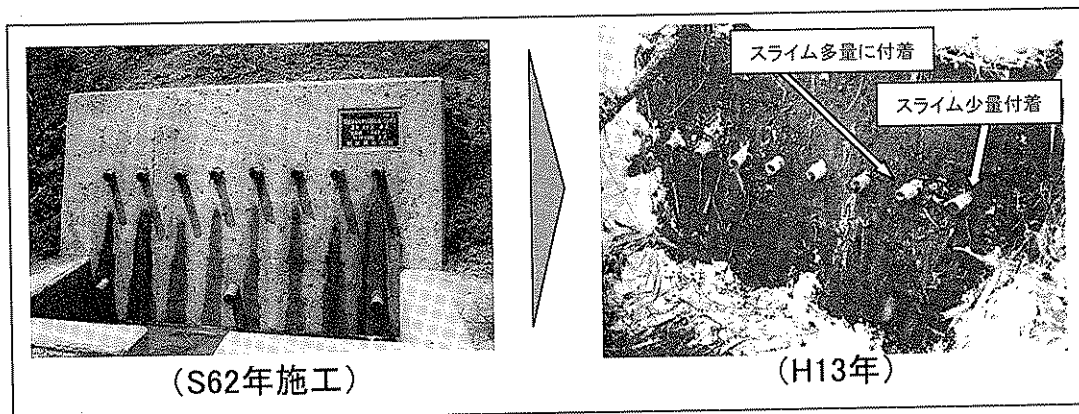


写真-8(2) 施工直後と現況の比較の一例(その2)



写真-9 テストキットによる鉄分濃度（全鉄）計測

また、現場で簡易に排水中の鉄分濃度（全鉄）を調査できるテストキットを用いて、スライムの付着可能性を調査する方法を検討した⁷⁾。

写真-9にテストキットによる集水管排水中の鉄分濃度（全鉄）の計測概要を示す。鉄分濃度（全鉄）は、目視により比色盤との色調を比較することで、計測する。

写真-10は、集水管孔口に付着したスライムの付着程度を分類した例である。横ボーリングの集水管64孔において、テストキットによる集水管排水中の鉄分濃度（全鉄）と、写真-9のように分類したスライムの付着程度との関係を調査した。図-11に調査結果を示す。

図-11を見ると鉄分濃度（全鉄）が高いほどスライムの付着程度が大きいことがわかる。

また、鉄分濃度（全鉄）1 mg/l 未満の場合スライムの付着が無しの割合は2/3程度であり、鉄分濃度（全鉄）が4 mg/l を超える場合にはスライム付着が孔口の25%程度以上高さで多量のスライムが付着することがわかる。

すなわち、集水管排水中の鉄分濃度（全鉄）の計測によりスライムの付着の可能性が推測しスライムの付着しやすい場合、点検間隔を短くすることや優先して点検する等の効率的な維持管理を実施することが重要であると考えられる。

図-12には、地すべり地単位で集水井、横ボーリングのスライム付着率を示す。図-12から、横ボーリングのスライム発生率が高い場合、集水井でも同程度の発生率となっている。横ボーリングでスライムが多く認められる場合、集水井でもスライムが付着する可能性が高く注意が必要である。

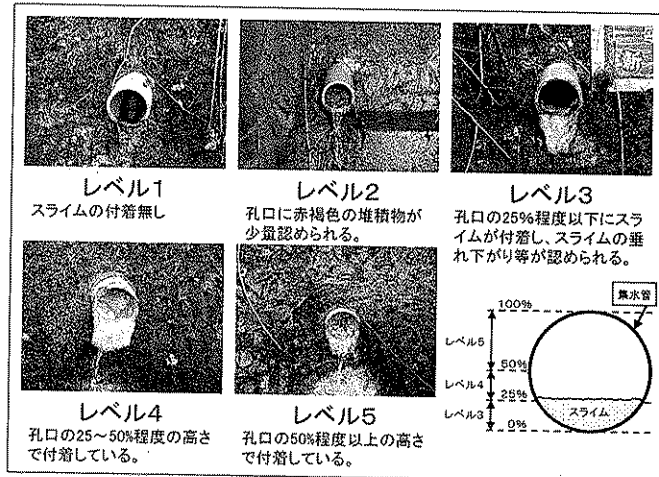


写真-10 スライムの付着程度例

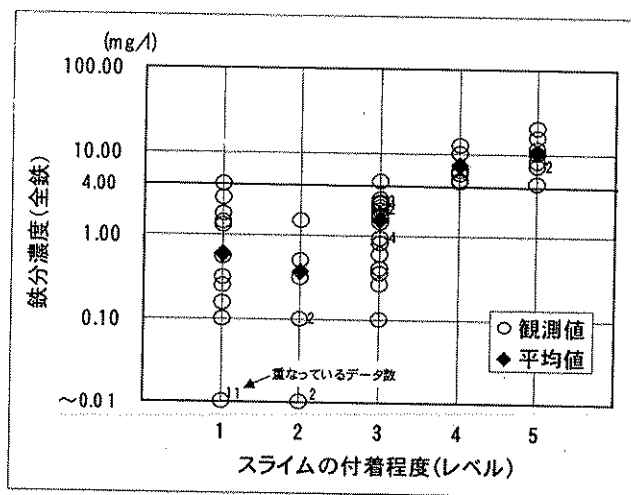


図-11 鉄分濃度(全鉄)とスライム付着程度⁷⁾

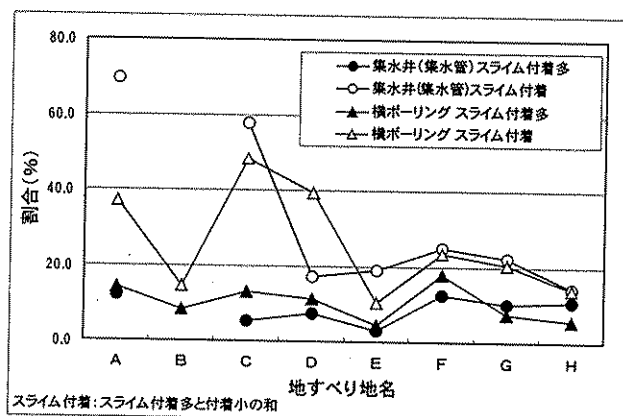


図-12 地すべり地毎のスライム付着率

4. 4 維持管理に対応した構造等の検討

活動的な地すべり地では、施設の破損等の問題点が認められている。このような地すべり地には、地すべり活動により変形しても機能低下が起こらないようなフレキシブルな材料や構造による防止施設が考えられる。

また、鋼製施設においては腐食が問題点であり、腐食の心配の少ないコンクリート製やプラスチック製の施設での対応も考えられる。

集水枡・水路では植物等の堆積による機能低下が問題点であり、植生が集水枡や水路内に入らないようにすることが重要である。

近年、新潟試験所周辺の地すべり地では、写真-11に示すように水路の脇に1m程度コンクリートを打設しているものが見られる。植生が水路内に入りやすく、また、点検路として非常に便利である。

その他、現地調査を実施して、植生の繁茂により集水井等の施設の発見に時間を要す場合があること、コンクリート製等の天蓋では集水井の内部が確認しづらいこと等に気がついた。

調査時期を、植生の少ない時期（融雪期等）に設定する、施設の位置をGPS等で把握する、コンクリート製等の天蓋の集水井では調査用の窓を設置する、集水井内部をマーキングしカメラ等の機器を用いて撮影する等の対応が考えられる（図-13）。

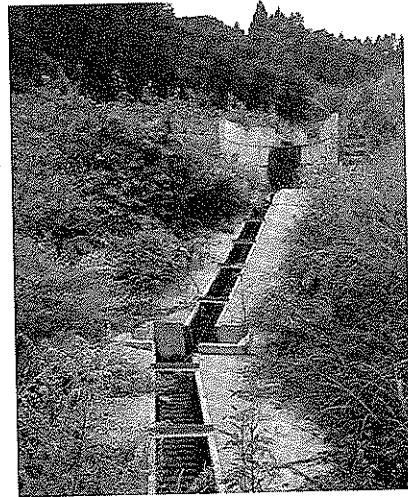


写真-11 水路の事例（撮影：平成15年8月）

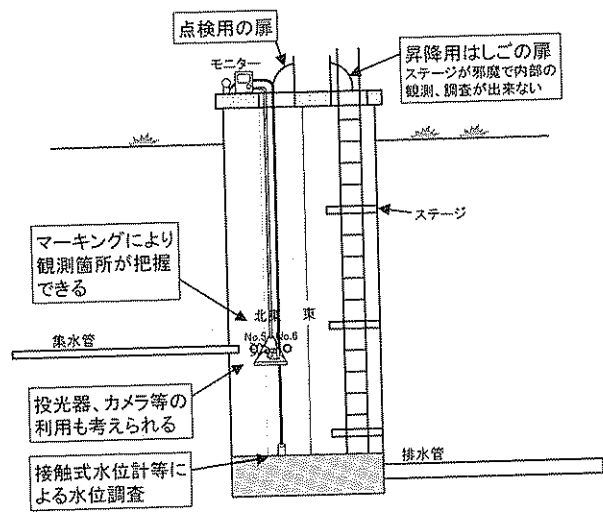


図-13 点検を容易とする集水井への工夫

5. まとめ

本調査では、地表水排除施設（水路）、地下水排除施設（集水井、横ボーリング）について、維持管理手法を提案するために、新潟試験場周辺の8箇所の地すべり地において実態調査を行かない、点検方法や点検頻度等、地表水・地下水排除施設の適切な維持管理の方法について検討した。

その結果をまとめると以下のようになる。

①点検項目（チェックポイント）

集水井、横ボーリング、水路では、図-14～16に示すような問題点が発生する。また、特に以下の点に注意が必要である。

- ・活動的な地すべりでは、防止施設の破損
- ・ライナープレート製集水井や鋼製施設では腐食や腐食による破損
- ・集水管では、スライム付着による集水機能低下
- ・集水枡・水路内では、植物等の堆積による機能低下や漏水
- ・コンクリート製水路では、目地の開き

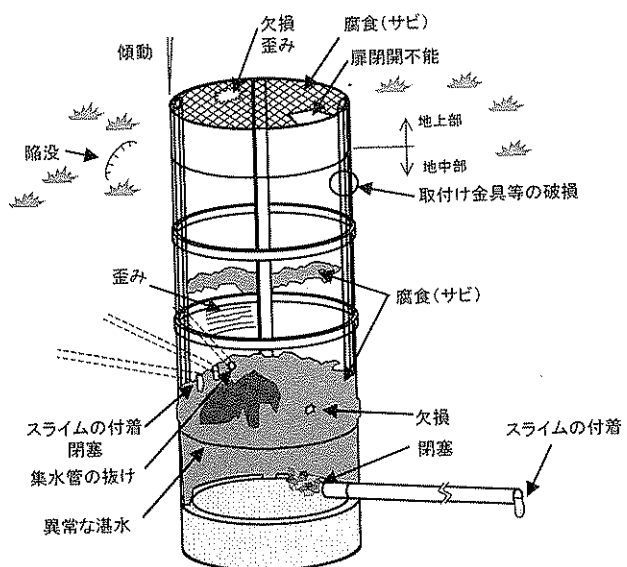


図-14 集水井(ライナープレート)での問題発生例

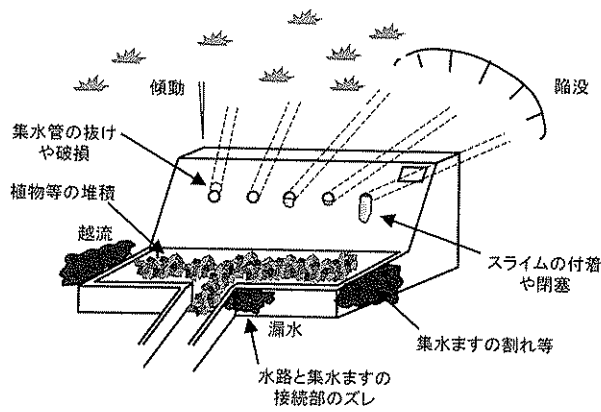


図-15 横ボーリングでの問題発生例

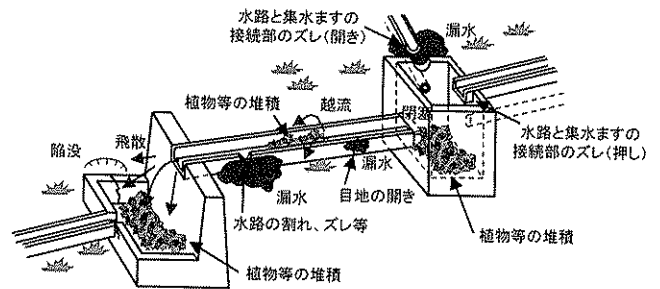


図-16 水路での問題発生例

②点検間隔

- ・活動的な地すべりでは、1年に1回以上
- ・比較的安定した地すべりでは、少なくとも5年に1回以上

③要注意箇所

集水管排水中の鉄分濃度（全鉄）が1mg/l未満の場合は、スライム付着の可能性は少ない。また、4mg/lを超える場合、スライムが多量に付着する可能性があり、重点的な点検が必要

④点検時期

施設の点検時期は融雪期等の植生が少ない時期が良い。

⑤その他

防止施設には、フレキシブル・腐食の少ない材料や構造を用いることが考えられる。また、水路等では植物等が堆積しないような構造とすることが考えられる。

また、これらの検討結果をまとめた土木研究所資料等を作成し、現場への技術普及を図っていく。

おわりに、本調査を実施するにあたり、新潟県新井砂防事務所、糸魚川土木事務所、糸魚川林業事務所、安塚地区振興事務所の関係者の皆様にはご協力を頂き、ここに深く感謝の意を表し、御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 地すべり学会新潟支部：地すべり防止施設の維持管理と問題点、第28回シンポジウム講演集、2000
- 2) 嶋井幸彦：その後の地すべり対策工、第38回地すべり学会研究発表会講演集、pp.341-344、1999.8
- 3) 安藤達弥・丸山清輝：地表水・地下水排除施設の施工後における問題点、第40回地すべり学会研究発表会

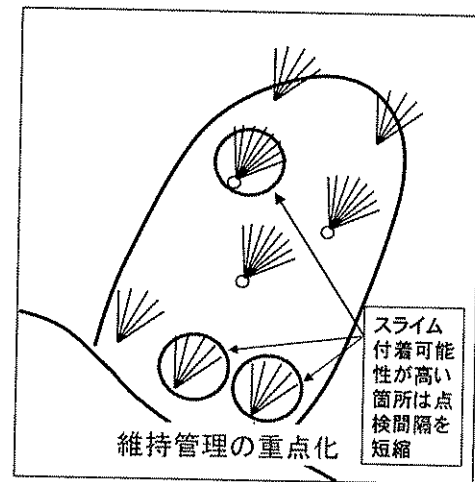


図-17 鉄分濃度計測による点検の重点化

講演集、pp.429-432、2001.8

- 4) 古城正明・堀江四郎・小野博之・三浦靖彦：地すべり防止施設修繕工事について（9）、第43回地すべり学会研究発表会講演集、pp.47-50、2003.8
- 5) 丸山清輝・安藤達弥・飯田正巳：地下水排除施設集水管の目詰まりに関する検討、地すべり Vol.39 No.4、pp.23-29、2003.5
- 6) 小嶋伸一・丸山清輝・武士俊也・安藤達弥：地表水・地下水排除施設の維持管理に関する検討、第41回地すべり学会研究発表会講演集、pp.371-374、2002.8
- 7) 小嶋伸一：簡易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、新潟試験所ニュース、2004.2