

第55回試錐研究会

講演資料集

- 開催日 平成29年2月23日(木)
- 会場 札幌サンプラザ 「金枝の間」
(札幌市北区北24条西5丁目)
- 主催 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所
- 協賛 北海道地質調査業協会
社団法人 全国さく井協会北海道支部
- 後援 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部
一般社団法人 資源・素材学会北海道支部
北海道地域産業技術連携推進会議

第 55 回試錐研究会プログラム

日時 : 平成 29 年 2 月 23 日 (木) 13:15~17:30 (受付開始 12:30)
場所 : 札幌サンプラザ 2 階 「金枝の間」
(札幌市北区北 24 条西 5 丁目 Tel. 011-758-3111)
主催 : 地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所
協賛 : 一般社団法人北海道地質調査業協会／一般社団法人全国さく井協会北海道支部
後援 : 一般社団法人日本応用地質学会北海道支部／一般社団法人資源・素材学会北海道支部
北海道地域産業技術連携推進会議

■ 開会の挨拶 (13:15 ~ 13:25)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
環境・地質研究本部 地質研究所
所長 秋田 藤夫

■ 特別講演 (13:25 ~ 15:10)

13:25 ~ 15:10 地震・火山・豪雨による複合連鎖型土砂災害

国立大学法人北海道大学大学院農学研究院
特任教授 丸谷 知己

休憩 (15:10 ~ 15:30)

■ 一般講演 (15:30 ~ 17:20)

15:30 ~ 15:55 2016年8月の台風による斜面災害

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
環境・地質研究本部 地質研究所
主査 石丸 聡

15:55 ~ 16:20 最近の北海道における斜面災害と周氷河性斜面堆積物

防災地質工業株式会社
代表取締役 雨宮 和夫

16:20 ~ 17:20 熊本地震 水井戸被害調査

株式会社アクアジオテクノ
代表取締役 石塚 学

■ 閉会の挨拶 (17:20 ~ 17:30)

一般社団法人北海道地質調査業協会
理事長 千葉 新次

17:30 閉会

18:00 ~ 意見交換会

目 次

■ 特別講演

- 地震・火山・豪雨による複合連鎖型土砂災害 1
国立大学法人北海道大学大学院農学研究院
特任教授 丸谷 知己

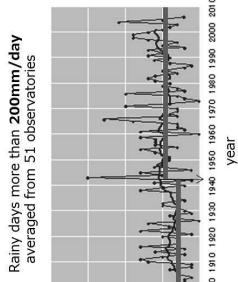
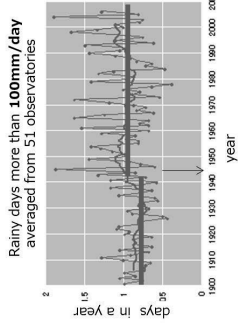
■ 一般講演

- 2016 年 8 月の台風による斜面災害 13
地方独立行政法人北海道立総合研究機構
環境・地質研究本部 地質研究所
主査 石丸 聡
- 最近の北海道における斜面災害と周氷河性斜面堆積物 21
防災地質工業株式会社
代表取締役 雨宮 和夫
- 熊本地震 水井戸被害調査 31
株式会社アクアジオテクノ
代表取締役 石塚 学

特別講演

地震・火山・豪雨による複合連鎖型土砂災害	1
----------------------------	---

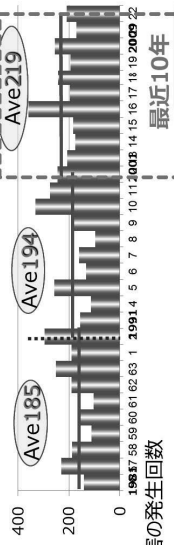
国立大学法人北海道大学大学院農学研究院
特任教授 丸谷 知己



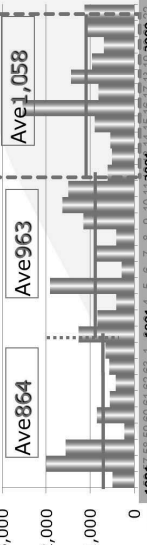
Japan meteorological Agency
<http://www.data.jma.go.jp/epdinfo/rishanap/heavyrain.html>

The rainy days more than 100mm/day in Japan are increasing from 0.8 to 1.0 per year, as well those more than 200mm/day in Japan are increasing from 0.5 to 1.0 per year. Those tendency suggest that heavy rainfall is increasing to twice of the past decade. We must focus on the climate change not for temperature increase but for rainfall increase.

時間雨量 50mm/h 以上の豪雨の発生回数



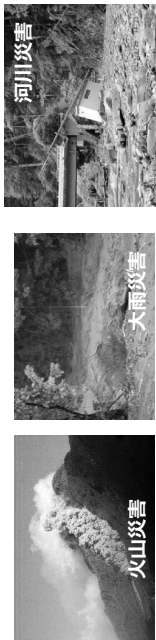
土砂災害の発生回数



a number of the occurrence of hourly rainfall more than 50mm/h (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) originated from AVEDAS 13000poits data



土砂災害に関連する様々な災害の呼び方



- (1) これらの現象として違い、予測や対策の違いが、問われたらどうか？
- (2) これらの呼称があらわすような単純な災害だったのだろうか？
- (3) これらの表現が「災害予測」や「復旧対策」に与えた影響は？

* 気象庁は、災害呼称を厳密に行っているが、それでも地震は地震、豪雨は豪雨という枠の中で把握しており、近年の複雑な災害を表現してはいない

気象庁ホームページ「顕著な災害を起こした自然現象の命名についての考え方」
(<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/memei/memei.html>)

2016年北海道東部を連続3回襲った台風による災害は、「大雨災害」ないしは「水害」と呼ばれている
(北海道総務部危機対策課、日本経済新聞2017年1月7日)

北海道総務部危機対策課ホームページ
(http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/saigainenpou_20150609.pdf)
日本経済新聞電子版1月7日
(http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG28H7Y_Y6A920C1CC1000/)

2016年熊本県阿蘇地方で起きた山地斜面の崩壊は、周辺の住宅被害とまとめて「地震災害」と呼ばれている
(大規模地震対策特別措置法第2条1号)

しかし

2016年北海道東部
単純に洪水流量が超過して河川堤防を越流しただけではなく、
上流から流出した土砂が河床を上昇させることにより、
流下断面を減じて水位が上昇したことが観察されている (小川内、2016)

小川内信智、2016、北海道新聞(帯広・十勝版)平成28年10月28日朝27面

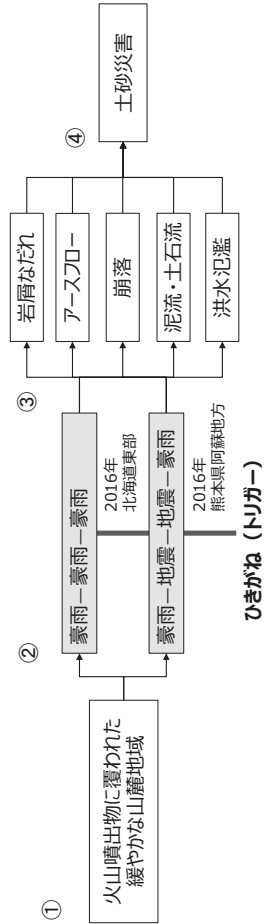


2016年熊本県阿蘇地方

地震だけでなくその前後の豪雨により崩壊の拡大や新規崩壊が発生している (石川ら、2016)



石川芳治ほか、「平成28年熊本地震後の
降雨による二次土砂移動と二次土砂災害」、
砂防学会誌、69(4)、25-36、2016



連鎖複合型土砂災害

火山噴出物の地盤(①)に、いくつもの「ひきがね」が立て続けに起こる(②)ことによって(=連鎖的)、いくつもの水・土砂の移動が同時に発生し(③)(=複合的)、極めて複雑かつ激甚な土砂災(④)となる。このような災害を「連鎖複合型土砂災害」と定義する。

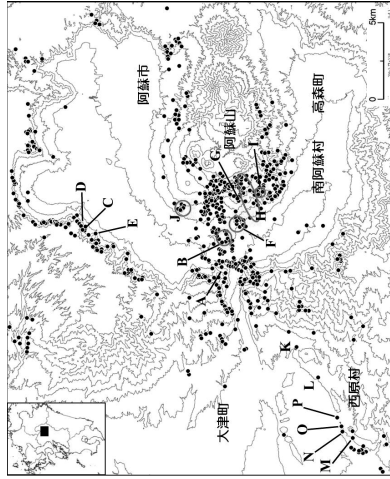
JSECE Publication No.80

平成28年熊本地震による土砂災害
に関する緊急調査報告書(pp1-81)

平成28年度(公社)砂防学会講習会資料
テーマ「熊本地震から学ぶ地震と土砂災害」

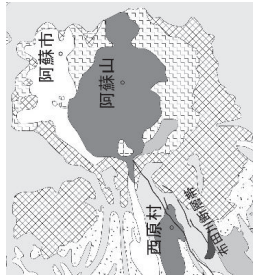
平成28年12月13日

公益社団法人 砂防学会
平成28年熊本地震に係る土砂災害緊急調査団



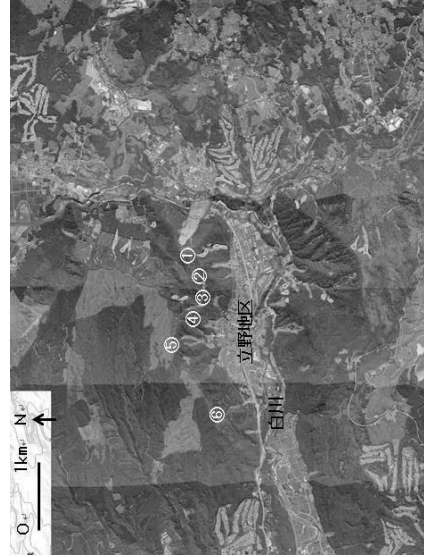
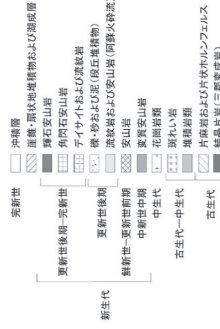
崩壊地の分布図（国土交通省国土地理院，2016に加筆）

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
免死谷防犯地蔵及長門アロシエ・クド地点



熊本地域の地質図

50万分の1地質図幅 No.14「福岡
(第3版)」(1976)、No.15
「鹿児島(第2版)」(1980)、
50万分の1活構造図 No.14「福
岡」(1985)、No.15「鹿児島」
(1984)の合成、加筆

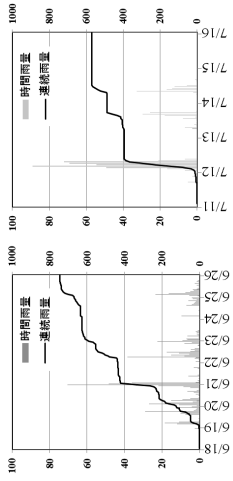


南阿蘇村立野地区周辺における地震による土砂移動現象とその後（4月16日～7月29日）の降雨による二次土砂移動現象の影響範囲の分布
(国土地理院のHP掲載の空中写真を用いて判読)

- 赤色の区域
→地震により発生した土砂移動現象の影響範囲、
黄色の区域
→4月21日の降雨によるもの
水色の区域
→6月19～29日の降雨によるもの
①、②、⑤、⑥
③（地震により小崩壊、降雨により崩壊が拡大）
④（地震により小崩壊、降雨による拡大はない）
④（降雨により崩壊が新規に発生）

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
免死谷防犯地蔵及長門アロシエ・クド地点

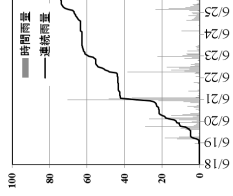
【2016年6月18日～25日】



カルデラ中央に位置する阿蘇山のハイエ

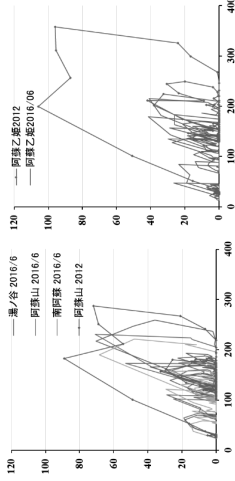
連続雨量としては2016年の方が大きいですが、2012年は7月12日未明の5時間程度に強雨が集中していた

【2012年7月11日～15日】

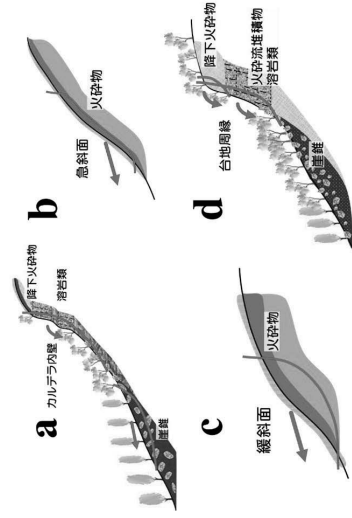


阿蘇山・南阿蘇・阿蘇乙姫・湯ノ谷のスネーク図

阿蘇乙姫の雨量を比較すると2016年の方が2012年よりほるかに少ない



流城砂防学研究室・国土保全学研究室
免死谷防犯地蔵及長門アロシエ・クド地点



カルデラ内壁の崩壊

カルデラ内壁の草地や林地の急斜面において、表層の火山灰などの降下火砕物とその下位の風化した溶岩類の崩壊が多数発生。崩壊規模は、土砂量数百m³から数十万m³（阿蘇大嶽地区）という大規模なものまで様々。

中央火口丘群周辺の急斜面の崩壊

中央火口丘群周辺の草地や林地の急斜面で火山灰を主体とする表層土が滑り落ちる表層崩壊が多数発生した。崩壊規模は土砂量数百m³から数千m³。

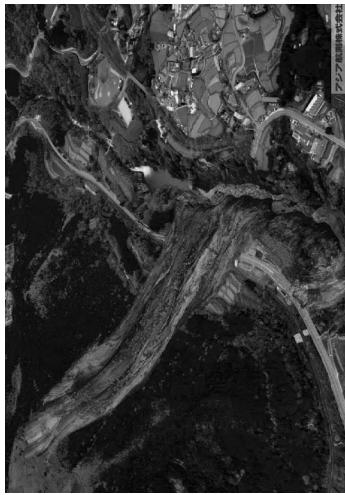
中央火口丘群周辺の緩斜面の崩壊や地すべり

火山灰やスコリアなどの火砕物や溶岩類が厚く堆積した中央火口丘群周辺丘陵地の緩斜面において深さ数mから10m程度の崩壊や地すべりが発生。

外輪山周辺の台地周縁の崩壊

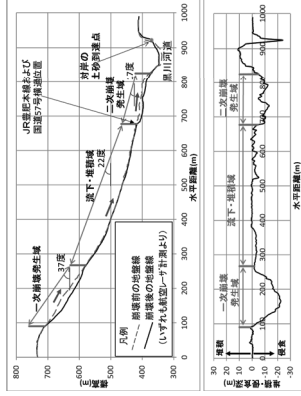
台地周縁の急斜面では多数の崩壊が発生し、表層の火山灰などの降下火砕物やその下位の火砕流堆積物や溶岩が崩壊。

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
免死谷防犯地蔵及長門アロシエ・クド地点

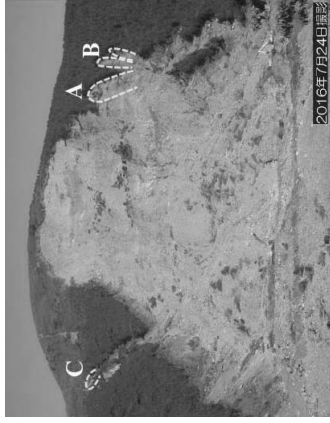


阿蘇大橋地区の崩壊（2016年4月16日撮影）

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
発災及び防犯施設及び調査プロシエドクド地点



縦断面図および堆積・侵食深縦断面図

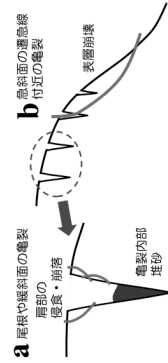
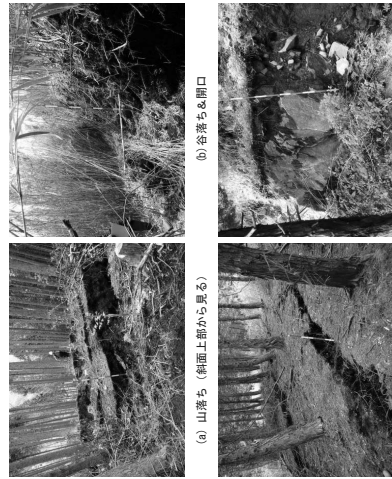


崩壊Aは4月21日、崩壊BとCは6月19～22日の降雨で発生

- (1) 阿蘇大橋地区では、地震によって土砂量約54万m³の大規模崩壊が発生、崩壊地周辺の斜面には最大幅約2mの亀裂が多数発生。
- (2) 崩壊A→6月19～22日の降雨により崩壊Aの隣と大規模崩壊地の南側縁の標高650mで崩壊発生。

阿蘇大橋地区の大規模崩壊地周囲の降雨による崩壊

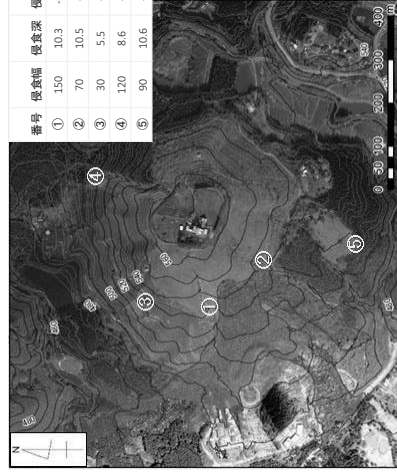
流城砂防学研究室・国土保全学研究室
発災及び防犯施設及び調査プロシエドクド地点



地震で生じた亀裂の降雨後の変化

山腹斜面の亀裂発生状況

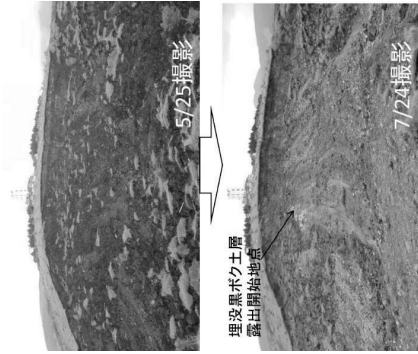
流城砂防学研究室・国土保全学研究室
発災及び防犯施設及び調査プロシエドクド地点



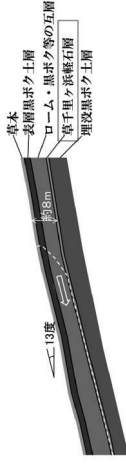
京大火山研究センター周囲の地すべり発生状況

京大火山研究センター周囲の土砂移動状況図

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
発災及び防犯施設及び調査プロシエドクド地点



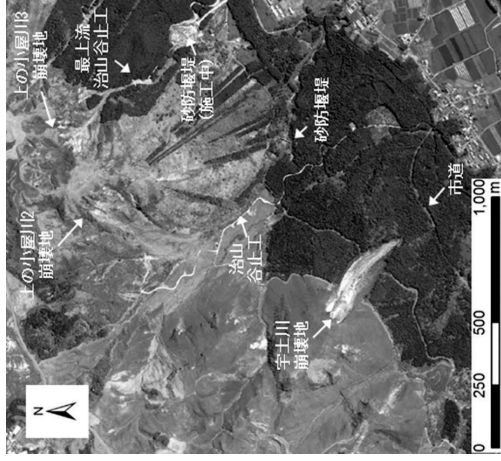
地すべり頭部の滑落崖と背後のクラック



地すべり発生域の模式断面図

京大火山研究センターの地すべり地の降雨による土塊流出

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
防災応用防災圏プロジェクト拠点



流城砂防学研究室・国土保全学研究室
防災応用防災圏プロジェクト拠点

地震後の降雨による二次土砂移動現象と二次土砂災害

上の小屋川3

2016年6月19日～7月20日にかけて、で、時間雨量30mm以上の降雨が8回、連続雨量100mm以上の降雨が6回観測された(上の小屋川3工事現場事務所雨量計)。このうち、2016年6月25日午前4時44分に連続雨量100mmを超過した降雨では、上の小屋川3で土石流が発生。

上の小屋川2

崩壊発生後、降雨時に斜面や堆積地で流路が塞ぎ、土砂が下流に流出。粒径の大きなものが治山谷止工に捕捉され、細かなものは砂防堰堤に捕捉され、それより下流にはあまり流出していない。砂防堰堤での堆積から推定すると、2016年6～7月の降雨による総侵食量は約5,000 m³。

宇土川

崩壊地の拡大は見られず、崩壊地の下方斜面に岩塊(最大粒径1.6m)の堆積。斜面形状が直線型であり、集水地形でないため表面流の発生も見られず、崩壊土砂は下流に流出していなかった。

今後の緊急課題

- 1) 地震による土砂移動現象の発生機構に関する研究
- 2) 地震による土砂災害発生箇所の特性に研究
- 3) 地震による土砂災害に対する効果的な震前対策工法の開発
- 4) 地震による土砂災害に対する知識の普及
- 5) 地震により発生する亀裂が二次土砂災害に与える影響の解明
- 6) 地震後の降雨による流域の土砂移動ポテンシャルの把握手法に関する研究
- 7) 地震後の二次土砂移動現象による災害に対する効果的な応急対策工法の開発
- 8) 火山噴火等に起因する土砂災害に関する研究

流城砂防学研究室・国土保全学研究室
防災応用防災圏プロジェクト拠点

2016年北海道東部

砂防学会誌, 69(6), 2017.3 (印刷中)

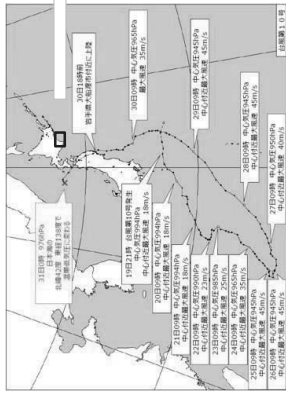
平成28年台風10号豪雨により北海道十勝地方で発生した土砂流出

Sediment discharge in the Tokachi region, Hokkaido, caused by Typhoon No. 10 (Lionrock), 2016

- 小山内 信智¹ 笠井 美青¹ 林 真一郎¹ 桂 真也¹ 古市 剛久¹
Nobutomo OSANAI¹ Mio KASAI¹ Shin-ichiro HAYASHI¹ Shin-ya KATSURA¹ Takahisa FURUICHI
伊倉 万理² 高坂 宗昭³ 藤波 武史⁴ 水垣 滋⁴ 阿部 孝章⁴
Mari IGURA² Munehiko KOSAKA³ Takeshi FUJINAMI³ Shigeru MIZUGAKI⁴ Takaaki ABE
布川 雅典⁴ 吉井 厚志⁴ 紅葉 克也⁴ 渡邊 康玄⁷ 植野 康浩⁸
Masanori NUNOKAWA⁴ Atsushi YOSHII⁴ Katsuya MOMIHI⁴ Yasuharu WATANABE⁷ Yasuhiro SHIONO
宮崎 知与⁸ 澤田 雅代⁸ 早川 智也¹⁰ 松岡 睦¹⁰ 佐伯 哲朗¹⁰
Tomoyoshi MIYAZAKI⁸ Masayo SAWADA⁸ Tomoya HAYAKAWA¹⁰ Akira MATSUOKA¹⁰ Tetsuro SAEKI
稲葉 千秋¹¹ 永田 直己¹¹ 松岡 直基¹² 井上 涼子¹²
Chika Inaba¹¹ Naomi NAGATA¹¹ Naoki MATSUOKA¹² Ryoko INOUE

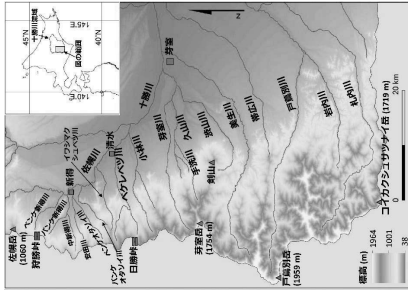
流城砂防学研究室・国土保全学研究室
防災応用防災圏プロジェクト拠点

平成28年(2016年)8月下旬、北海道には台風第7号、第11号、第9号が上陸し、道内各地で水害・土砂災害が多発した。さらに、8月28日から31日にかけて、北海道への台風第10号の接近によっても、十勝・上川・日高地方を中心に水害・土砂災害が多発した。



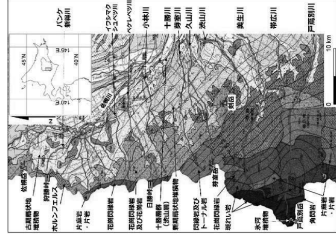
台風第10号の進路 (気象庁札幌管区気象台, 2016 年から転載)

国土交通省 (2016a) : 社会資本整備審議会河川分科会大規模災害に対する減災のための治水対策検討小委員会 第3 回配布資料【資料2】中・小河川等における水防防災意識の再構築のあり方, http://www.mlit.go.jp/river/shindoukai_blog/shaseishin/
 国土交通省北海道開発局 (2016) : 第1 回平成28 年8 月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防対策検討委員会【資料3】平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防対策検討委員会の報告書【資料3-1-1.pdf, 参照2017-01-16



十勝平野西部の河川と標高図

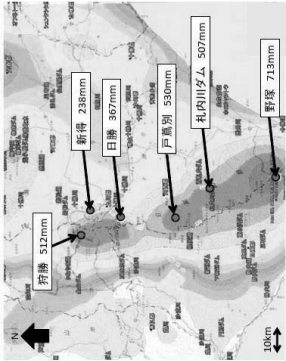
(標高図は国土地理院基礎地図情報10mメッシュDEMから作成)



十勝平野西部の河川と地質図
(地質分布は中川ら, 1996をもとに作成)

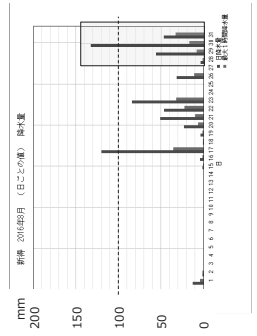
中川 充・渡辺 肇・紀藤 典夫・瀬井 彰・柳沢 未・広島 俊男 (1996) : 20 万分の1 地質図「夕張岳」, 地質調査所

平成28年(2016年)8月下旬、北海道には台風第7号、第11号、第9号が上陸し、道内各地で水害・土砂災害が多発した。さらに、8月28日から31日にかけて、北海道への台風第10号の接近によっても、十勝・上川・日高地方を中心に水害・土砂災害が多発した。



日高山脈周辺の降雨分布図

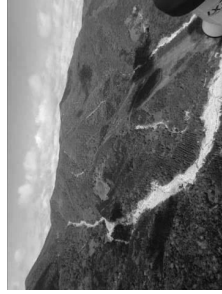
国土交通省 (2016a) : 社会資本整備審議会河川分科会大規模災害に対する減災のための治水対策検討小委員会 第3 回配布資料【資料2】中・小河川等における水防防災意識の再構築のあり方, http://www.mlit.go.jp/river/shindoukai_blog/shaseishin/
 国土交通省北海道開発局 (2016) : 第1 回平成28 年8 月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防対策検討委員会【資料3】平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防対策検討委員会の報告書【資料3-1-1.pdf, 参照2017-01-16



新得の2016年8月の日降雨量

28 日から降りはじめ降雨は、台風第10号が関東の沖合にあった29 日からは、狩勝においては、時間10mm 程度の降雨が間断なく降り続いた。台風第10 号が北海道に接近した30 日18 時までに新得で約130mm、狩勝で約300mmの累加雨量となっていた。その後、台風の外側のアウターバンド(雨域)が日高山脈・大雪山系にぶつかり、地形性降雨も加わって、わずか6時間ほどで更に新得で約100mm、狩勝で約200mm を超える降雨が降り、山地河川からの出水や土砂流出が一気に発生したと推定される。

ベケレバツ川



ベケレバツ川では、最上流部の比較的小規模な表層崩壊に起因して土砂が発生した。土砂は流下過程で、周水河地形の斜面の堆積物を侵食しながら規模を増加し、花崗岩の礫・マサ土と深畔樹木を下流へ大量に運搬した。

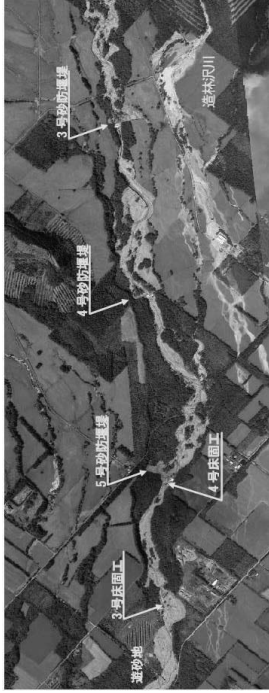


左岸側に土石流によると思われる2~3mの巨礫が堆積している。旧日勝スキー場に向かう両岸の道路に土砂が堆積していることから、橋梁が一旦閉塞したのち、側岸を侵食した後、後続流によって土砂が下流へ流出したと思われる。



上流の1号砂防ダム(標高370m)には、1~2m 程度の花崗岩質の礫、マサ土、流木の堆積が見られた。土砂は勾配3~4°程度の堆積している。このように巨礫及び流木の堆積は1号砂防ダム下流においても見られる。

芽室川



芽室川上流域の多くの山地支流から土石流が発生し、渓岸・渓床を侵食しながら発達して本川を流下し、多量の土砂と流木が下流に流出した。土石流により谷幅が広がり、渓床勾配 3°以下となる標高 550m 付近から、砂防床固工 1号・2号を経て土砂が堆積しはじめ、3号砂防堰堤の堆砂域（深床勾配約2°、標高約400m）に達している。掃流区間においても流路は大きく迂回し、段丘崖の渓岸を侵食して土砂を生産し、橋梁・道路にまで流出し、その結果背後地への洪水氾濫が生じている。

久山川



久山川では表層崩壊に起因して土石流が発生し、河床・側岸侵食しており、平野部で氾濫が見られた。谷出口から近い清水町旭山地区付近では、川幅は約100m程度に広がり、最大1m程度の巨礫をばしめとする花崗岩の礫とマサ土が河床を覆っている。



久山川出水前



久山川出水後

芽室川合流点から約2.5km 上流のインソイ川合流点上流付近では、風化・洗掘を受けやすい未固結の凝灰岩層である炭山層が露出しており、そのため今回の出水以前には、河床は低下傾向にあった。しかし、今回の土砂流出により、出水前に比べ約2 m程度河床が上昇しているのが見られた。

結論

- ①地形性降雨に起因する豪雨により、日高山脈の標高の高い地域では3日間の合計雨量で500mmを超える降雨がもたらされた。
- ②大規模な土砂流出が生じた地域は、最も降雨の多い地域とは一致せず、花崗閃緑岩・花崗岩の地質の地域と一致する。
- ③十勝川の9つの支流（日高山脈東側斜面の新得町のパンゲ新得川から帯広市の戸鶯別川にかけて）では、やや規模の大きい土石流が発生し、その結果下流域で洪水氾濫・河岸侵食・JR・高速道路・国道等への被害が生じた。
- ④土石流は、源頭部の小規模な崩壊を契機に、周水河作用で形成された緩斜面にある不安定な花崗岩の巨礫、マサ土、溪畔林を渓床・側岸を侵食しながら発達し、大量に土砂・流木を流下させた。
- ⑤砂防施設は、土砂の捕捉・調節により下流への土砂流出を軽減した。また、砂防堰堤による流向規制で側岸侵食を防いでいる。一方で、統断方向への侵食により、砂防堰堤直下の施設に損傷が見られることもあった。
- ⑥ベネレツ川の砂防堰堤の完成時期と空き容量の存在期間から、最近50年は、今回のような大規模な土砂移動は無かったと推測される。

気候変動で豪雨（土砂流出のトリガー）の頻度が増せば河川流域はどうなるか

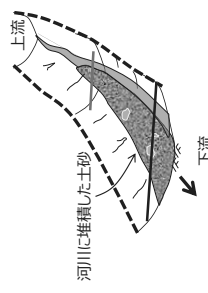
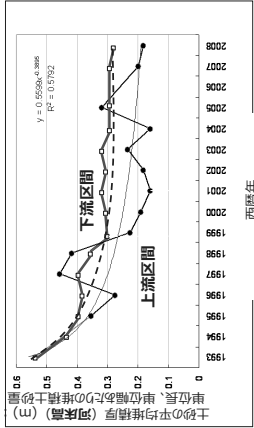
樹木群を利用した洪水履歴の推定
—洪水頻度と河床変動の推定—

笠井 義重, 丸谷 知己, 1997. 山地源流域における合流点での土砂の滞留機構. *砂防学命題* 49-6, 17-23.
 Kasai, M., Marutani, T. and Briefley, G.J., 2004. 崩壊地を食む小面積流域における流出土砂量. *砂防学命題* 2, 46-87-94.
 Kasai, M., Marutani, T. and Briefley, G.J., 2004. Patterns of sediment slug translation and dispersion following typhoon-induced disturbance, Oyabu Creek, Kyushu, Japan. *Earth Surface Processes and Landforms* 29, 59-76.
 Kasai, M., Marutani, T. and Briefley, G.J., 2004. Channel bed adjustments following major aggradation in a steep headwater setting: Findings from Oyabu Creek, Kyushu, Japan. *Geomorphology* 62, 199-215.

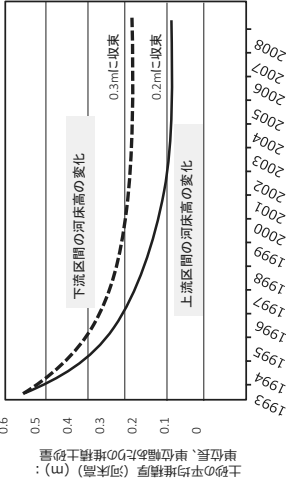
河床変動の計測

山地からの土砂生産により河床は、「急激な上昇」と「緩やかな減少」を繰り返す。そして、緩やかな減少のあとには、河川（区間）ごとに一定の河床高に落ちつく（河川のレジーム）。

→Relaxation time



河川に堆積した土砂



土砂の平均堆積厚（河床高）(m) 単位長、単位幅あたりの堆積土砂量

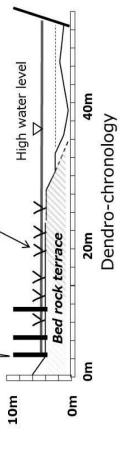
河床変動の周期の推定



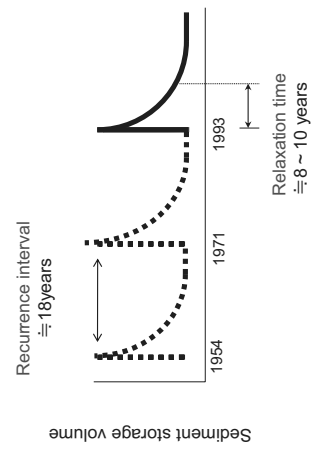
2001年調査

山地斜面は時間とともに劣化（風化）し、それとともに確率的な豪雨に見舞われるため、河床は、周期的に上昇する。この周期を、河畔の森林の樹齢を利用して推定する。

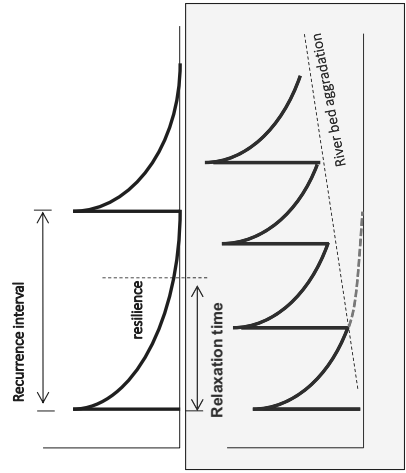
→Recurrence interval



Reoccurrence interval と河川流域固有の Relaxation time を組み合わせると河床変動が分かる。しかし、気候変動などにより、この Reoccurrence interval が変化すると、どうなるか？

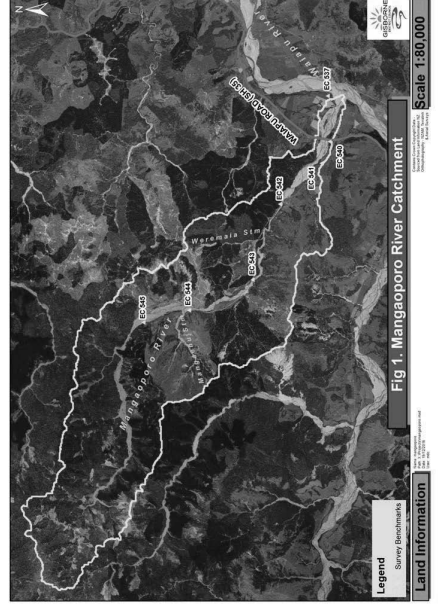


in river channel

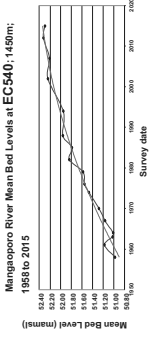
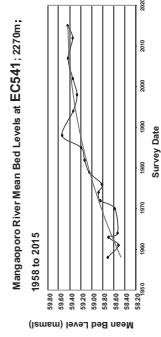
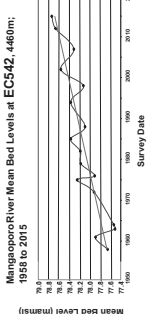
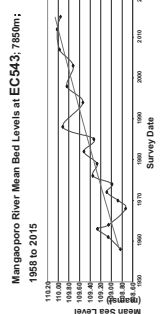
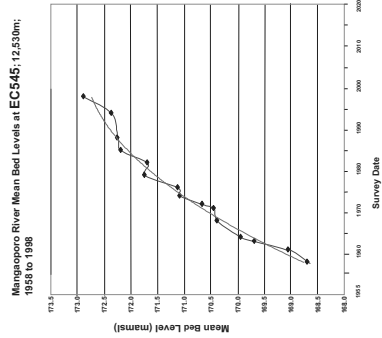


Mangaoporo River catchment
流域面積 72.6 km² 流路延長 23km

ニュージーランド East Coast Catchment は、世界有数の隆起速度の速い Tectonic system の地域である。そのため、陸域の地形は未固結な地層で構成されており、非常に侵食速度が速い。加えて、赤道を挟んで日本とちよど反対の位置にあり、気候変動の影響を強く受けている。そのため、近50年ほどは、Gully erosion や Earth flow などによる山地斜面からの土砂生産速度が非常に速く、それらが流入した河川では激しい河床変動が繰り返されている。河川の洪水すなわち河床上昇と河床低下が大きいことにより、河川の洪水流量の許容量 (= 河積) が大きく変化し、その結果として下流部での洪水氾濫の危険性をもたらすことになる



Mangaoporo River catchment and the location of the cross sections



Mangaoporo riverのX-section “EC545(最上流)”から“EC540 (最下流：扇状地頂部)”まで、60年間にわたり、河床高は増減しながら急速に増加している。これは、Recurrence interval (豪雨 = 洪水による土砂流入の頻度) がRelaxation time (土砂流出に要する期間) を上回って (洪水の頻度が高い) ために河床上昇が続いていると思われる。



Mangaoporo riverの河床上昇：下流部のX-section EC541～EC540付近の河川状態。河床がほぼ沿岸段丘の高さまで迫っており、わずかな流量の増加によって洪水氾濫が起きる。また、水位が上がることで、合流点での対岸の侵食が激しくなり、利用できる土地が消失し、道路が破壊され始めている。

予測の問題点

1. (頻度) 斜面の劣化 (風化) と降雨についてはある程度の予測はできるが、地震・火山活動についての予測ができない。
—「いつ?」の予測不可能性
2. (規模) 仮にタイミング (= recurrence interval) が予測できても、規模 (= magnitude) がわからない。
—「(何が) どれくらい?」の予測不可能性
3. (調査・観測) 前回の痕跡から次回の危険性を予測する確実な技術がない。
—地中や地表のひずみや破壊を発見する技術、河川全体の地形変化を高精度で把握する方法の未完成
4. (予算) 広域 (国土全域) の調査・観測をする人材と機材およびその資金がない。

減災の問題点

1. 仮に「場の予測 (危険地予測)」が国土全域でできたとしても、危険地すべてにハード対策を実施できない。
—予算上の問題、実施者の不足、資材の不足、環境への重大な影響
2. 過剰な人口とそれを養う生産基盤を犠牲にしなければならぬ。
—人口減少対策や都市分散対策の無策、農業・林業・物資輸送の縮小の困難性

問題解決の方法（考え方）

災害の軽減には、「時」の予測より「場」の予測

災害予測には、発想の転換が必要である。

〔 地震予測の研究は限界（海溝型地震の前著予測のみに絞る）

〔 火山噴火予測の研究は限界（噴火予測よりもそのあとの土砂移動予測に重点）

〕 減災の降雨－災害予測は限界（避難警戒基準に土壌雨量指数を使わない）

〕 とならずこれらは『予測できなくても問題ない！』

時の予測……降雨予測・地震予測・火山噴火予知

場の予測……危険地予測（地すべり・崩壊・土石流）

時の予測は、まず場の予測ができてこそ、はじめて有効性を発揮する

「場の予測」こそが、これからの災害予測の鍵である。

問題解決の方法（具体的提案）

予測

固定(長期)観測と移動観測の整理

重装備（航空機、衛星）での移動観測は抑制し、軽装備（UAV、ドローン）での広域観測に重点

固定長期での観測は「代表点」だけに絞り、ただし全国でネットワーク（リンク）化

地表情報（微地形と表層構造(水文現象を含む)など）を時系列で国土全域を対象に整備

対策

国土強「韌」化：災害にと「しなやかに」付き合う

災害は抑えるだけでなく、逃げることも大切 → 避難（避難場所・避難経路）方法の確立

土地利用（農業・林業・住宅適地）の根本的見直し、都市の分散、輸送経路の再整備

→ 「新日本列島改造論

一般講演

2016年8月の台風による斜面災害	13
地方独立行政法人北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 地質研究所 主査 石丸 聡	
最近の北海道における斜面災害と周氷河性斜面堆積物	21
防災地質工業株式会社 代表取締役 雨宮 和夫	
熊本地震 水井戸被害調査	31
株式会社アクアジオテクノ 代表取締役 石塚 学	

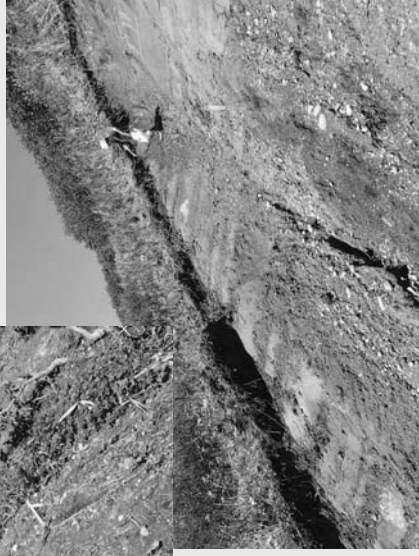
日高海岸の斜面崩壊

8月23日発生



海岸段丘の段丘崖で崩壊

日高町豊郷1

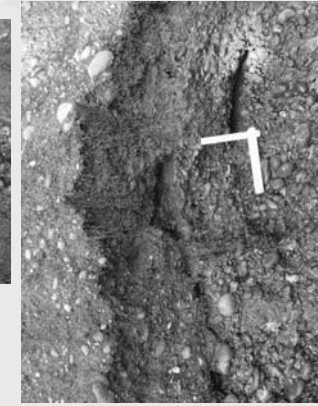
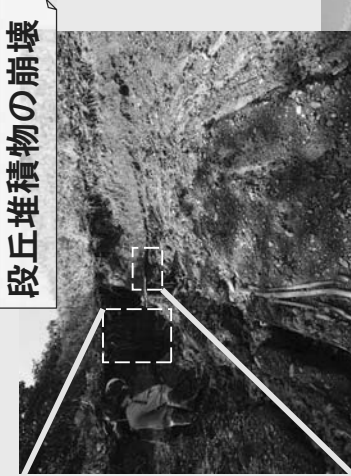


日高海岸の崩壊は、
ほとんどが
土層の平滑すべり

段丘堆積物の崩壊



豊郷2



豊郷3：日高海岸最大規模の崩壊



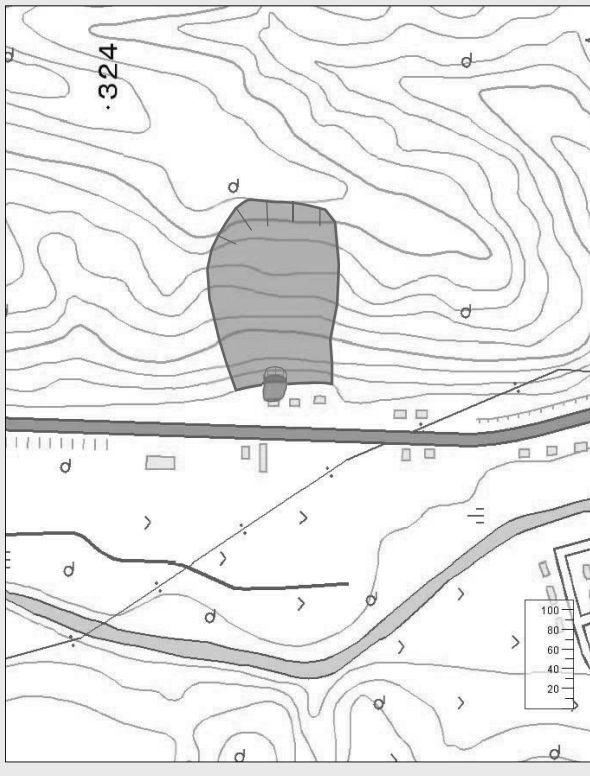
段丘脚部の山麓斜面堆積物
が崩壊



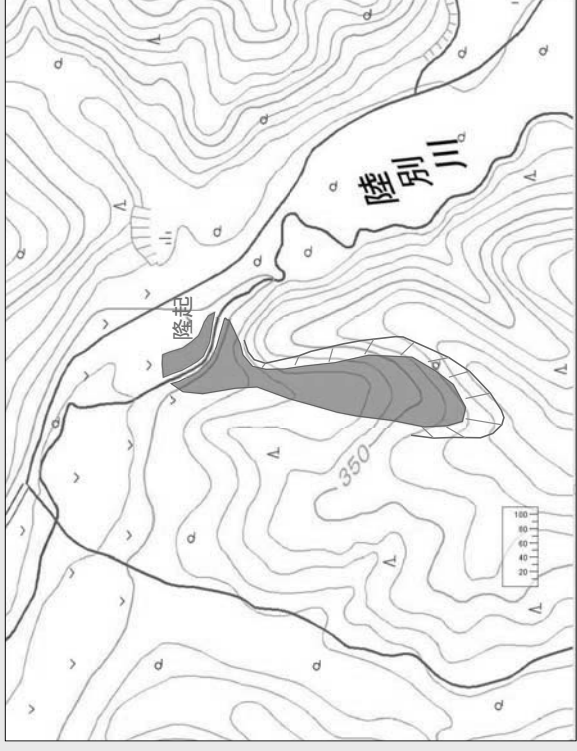
地すべり末端はさらに隆起しているよう



陸別：地すべり地形末端で発生したスランプ



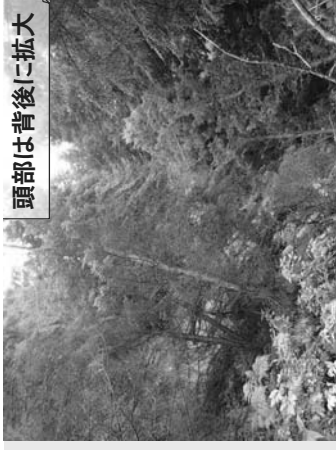
春に発見された上陸別の隆起は？



側部に新たな段差？



頭部は背後に拡大



末端隆起対岸の表層すべり削痕



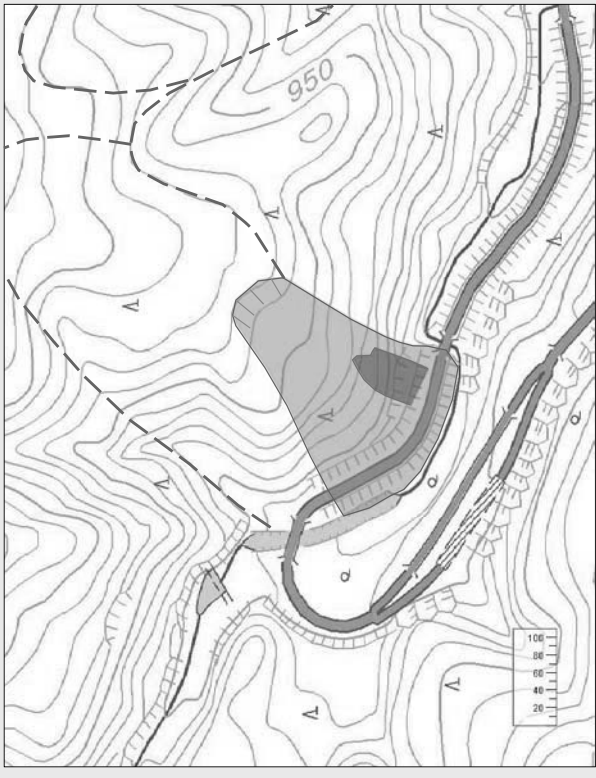
地すべり下部の浸食



地すべり土塊の押し出しにより 物置小屋が倒壊



石北峠北見側5合目：地すべり内で崩壊発生

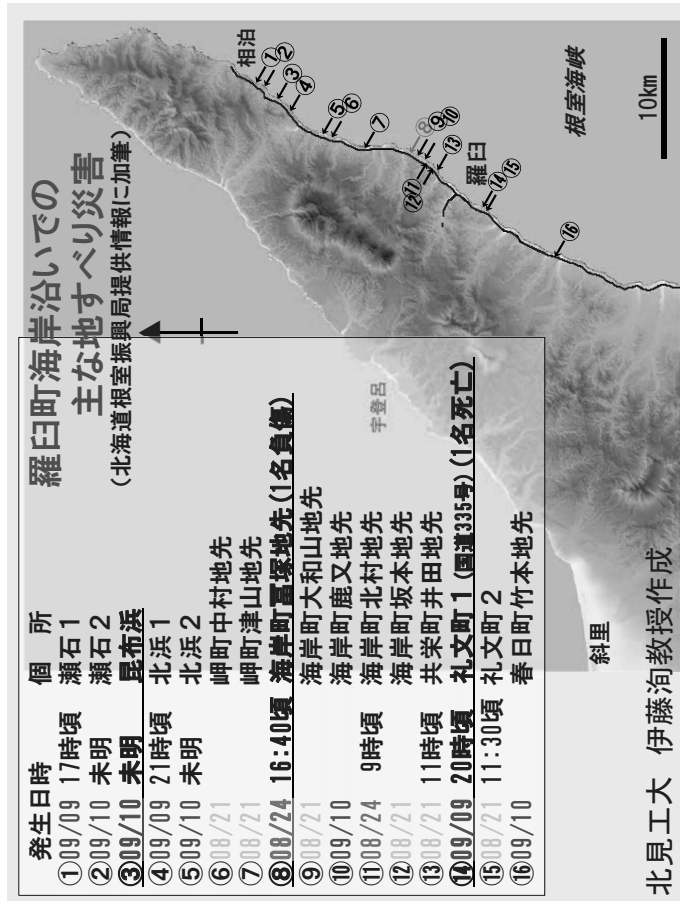


風化岩盤(地すべり移動体)の崩壊 8/21発生

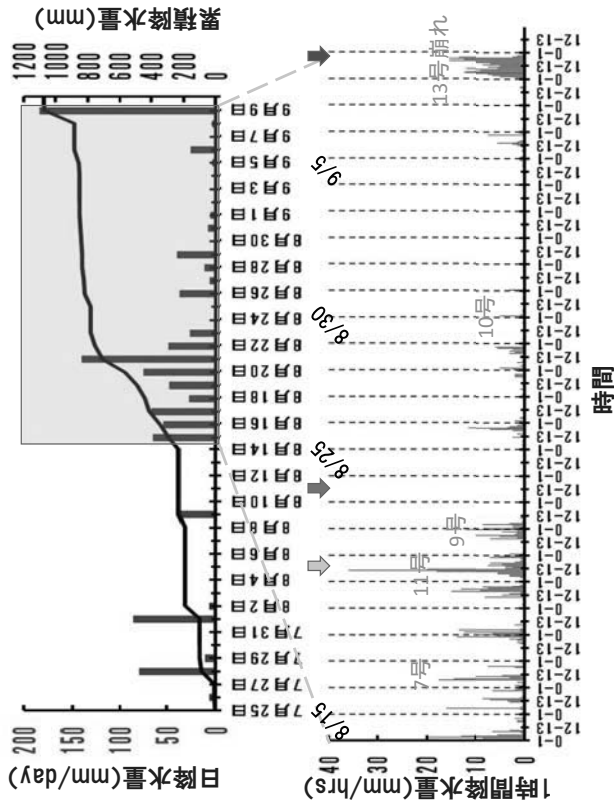


発生日時	個所
①09/09 17時頃	瀬石 1
②09/10 未明	瀬石 2
③09/10 未明	昆布浜
④09/09 21時頃	北浜 1
⑤09/10 未明	北浜 2
⑥08/21	岬町中村地先
⑦08/21	岬町津山地先
⑧08/24 16:40頃	海岸町富塚地先(1名負傷)
⑨08/21	海岸町大和山地先
⑩09/10	海岸町鹿又地先
⑪08/24 9時頃	海岸町北村地先
⑫08/21	海岸町坂本地先
⑬08/21 11時頃	共栄町井田地先
⑭09/09 20時頃	礼文町 1 (国道335号)(1名死亡)
⑮08/21 11:30頃	礼文町 2
⑯09/10	春日町竹本地先

羅臼町海岸沿いでの 主な地すべり災害 (北海道根室振興局提供情報に加筆)



AMeDAS羅臼観測所の降水状況



海岸町の斜面崩壊

8月24日発生



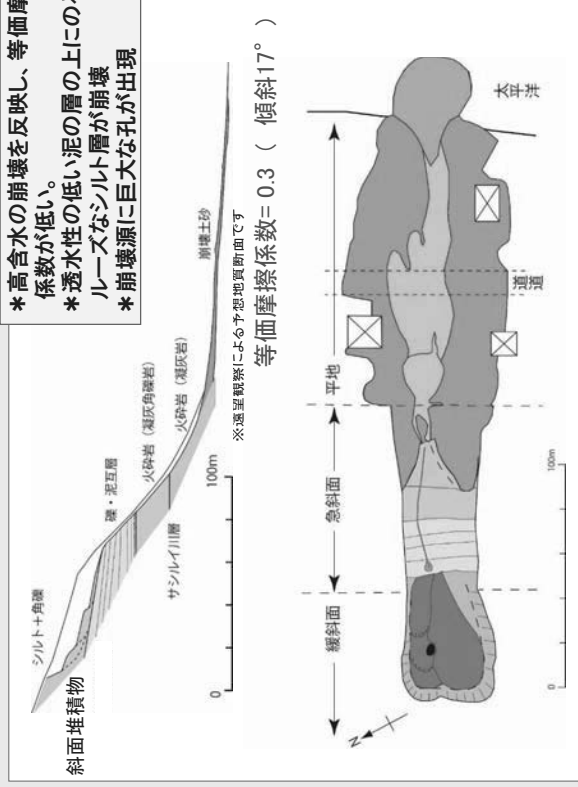
開発調査研究所: 8/25撮影

斜面堆積物による“埋没段丘”で発生



海岸に面する急斜面上の緩斜面堆積物が崩壊

- * 高含水の崩壊を反映し、等面摩擦係数が低い。
- * 透水性の低い泥の層の上におけるシルト層が崩壊
- * 崩壊源に巨大な孔が出現



等面摩擦係数=0.3 (傾斜17°)

斜面崩壊下部(移動域)の様子

8月24日発生



8月31日撮影

- *土砂のほとんどは遷急線より上の緩斜面から。急斜面からは表層のみ。
- *斜面直下に崩壊した土砂の高まり。

堆積域の様子:大量の水を含む土砂が流動

- *水を大量に含む土砂がしぶきを上げて海岸まで流走した。

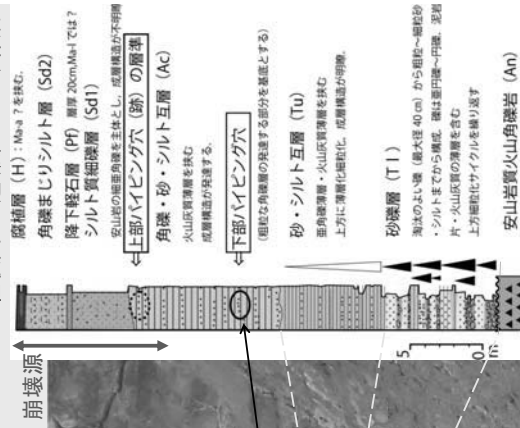


8月31日撮影

崩壊斜面の地質

崩壊源

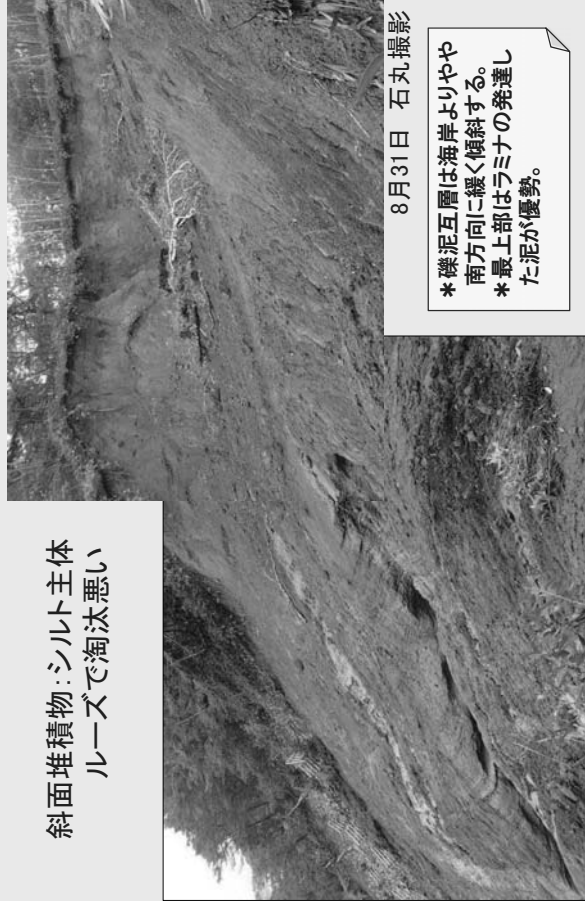
柱状図: 田近(楨トーコン)作成



8月30日撮影

透水性低い層の上における斜面堆積物が崩壊

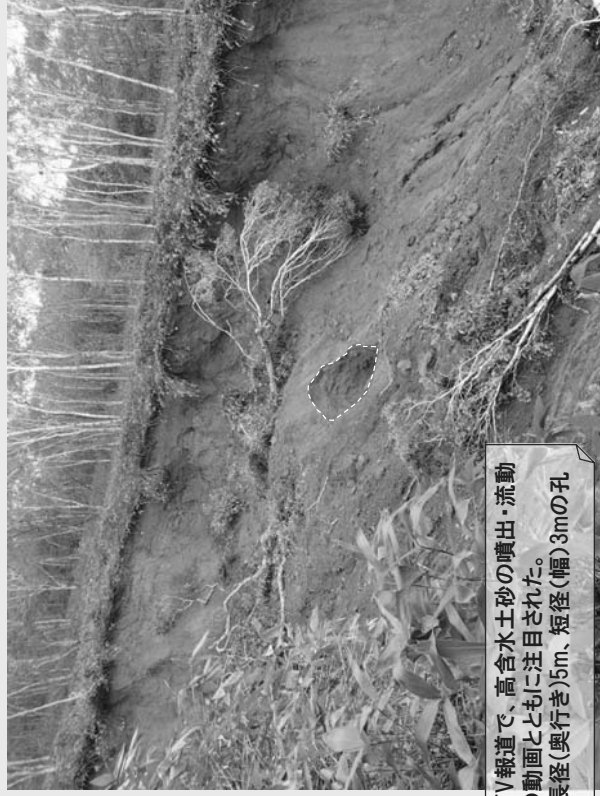
斜面堆積物:シルト主体
ルーズで淘汰悪い



8月31日 石丸撮影

- *礫泥互層は海岸よりやや南方方向に緩く傾斜する。
- *最上部はラミナの発達した泥が優勢。

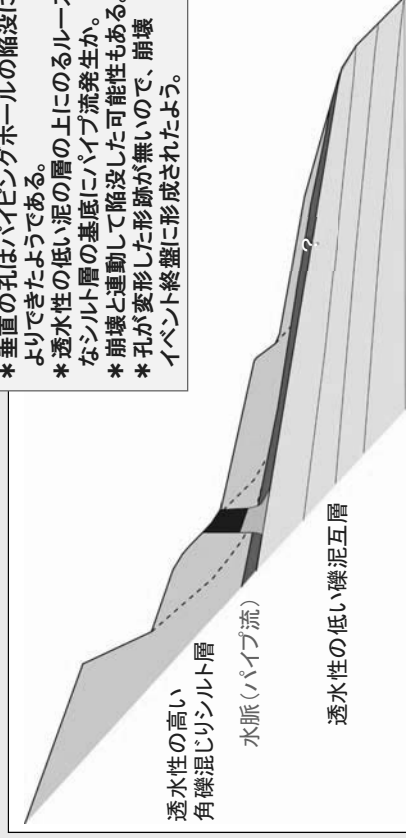
崩壊斜面上部に巨大な孔



- *TV報道で、高含水土砂の噴出・流動の動画とともに注目された。
- *長径(奥行き)5m、短径(幅)3mの孔

孔の断面イメージ(縦断面)

- *垂直の孔はパイピングホールの陥没によりできたようである。
- *透水性の低い泥の層の上のゆるいシルト層の基底にパイプ流発生か。
- *崩壊と連動して陥没した可能性もある。
- *孔が変形した形跡が無いので、崩壊イベント終盤に形成されたよう。



※遠望観察による予想地質断面に基づく

- 斜面堆積物基底に形成されたパイピングへの陥没か？



- *選急線より上の緩斜面から崩壊(写真中央)。
- *50m南側の急斜面(写真左)で、先行して崩壊が発生していた。

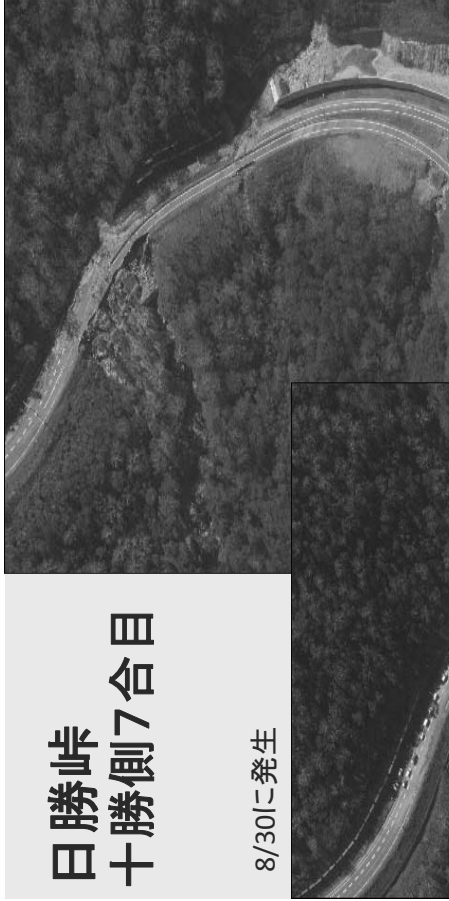
釧路建設管理部2006年撮影

山腹の緩斜面がえぐられる—後氷期開析前線の侵入



日勝峠 十勝側7合目

8/30に発生



平滑斜面は
最終氷期に形成された
“周水河性斜面”

(株シン技術コンサル撮影)

最終氷期の寒冷・乾燥気候

約2万年前
(酸素同位体ステージ2)

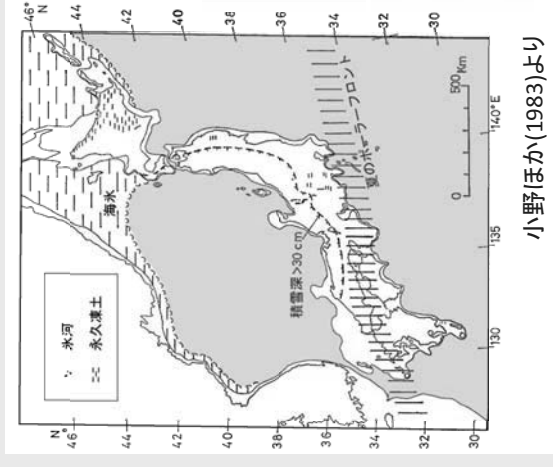
北海道

夏: 台風, 停滞前線の影響小

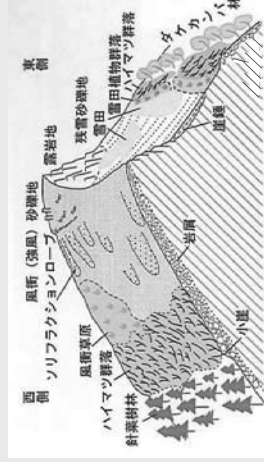
↓
豪雨少ない

冬: 日本海の水分供給小

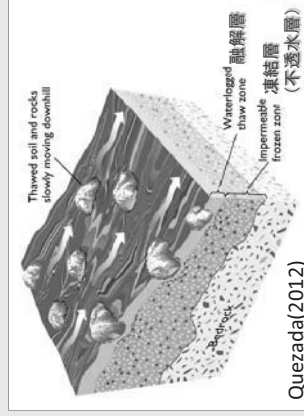
↓
積雪量少ない



周水河地形：面的な剝削と移動



岩田・清水(1992)



凍結破碎により, 角礫~シルトが生産される.
表層部融解時に, 斜面の傾斜方向にゆっくりと流動する.

→ 段丘上や谷沿いに緩斜面が形成される.
堆積物は淘汰が悪く不均質, 弱い層理構造.

まとめ

- 2016年夏, 北海道では観測史上例のない頻繁な台風襲来.
- 斜面崩壊は, 発生場の地形・地質(+土層)に応じた形状となる.
- 規模の大きな斜面崩壊は, 最終氷期に形成された厚い緩斜面堆積物(周水河性斜面堆積物)で発生した.
- 厚い斜面堆積物はMIS 5e (最終間氷期)上や, 山腹斜面に残存.
- 日勝・狩勝峠では, 浸食前線が周水河性斜面に侵入しつつある.
- 極値を大きく上回る降水量の割には崩壊発生箇所は局所的.
→ 誘因となる地中水の振る舞いが崩壊発生鍵を握る?

最近の北海道における斜面災害と 周水河性斜面堆積物

雨宮 和夫（防災地質工業株式会社）

1. 典型的崩壊事例 2名が犠牲となった高山地区

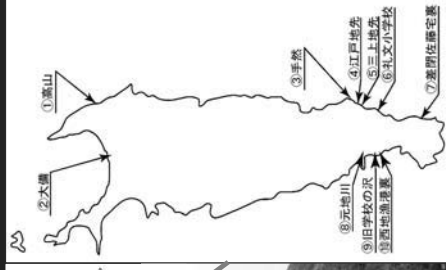
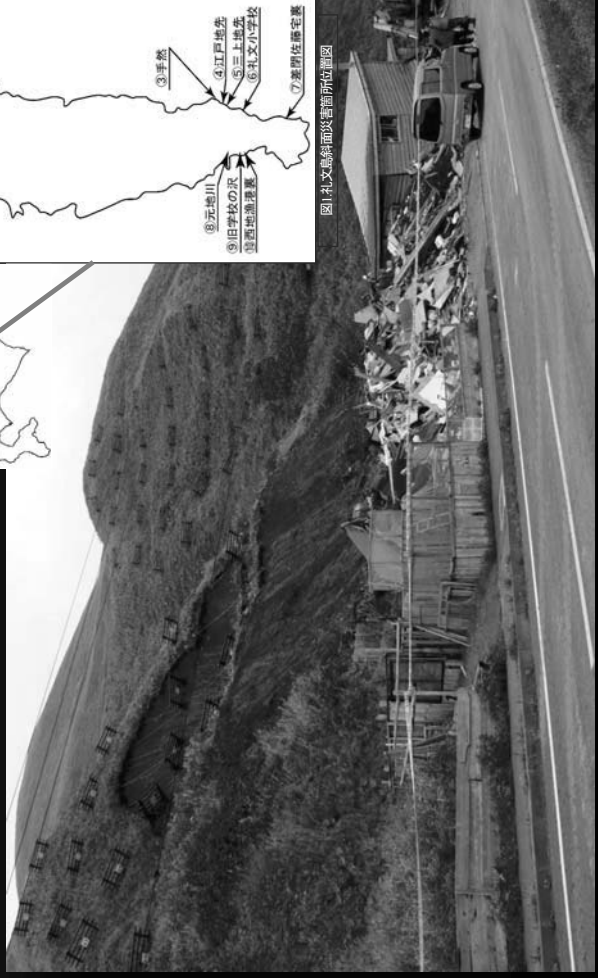


図1. 礼文島斜面災害箇所位置図

- ### 要旨
1. 周水河性斜面堆積物が関与する（と思われる）斜面災害（6）
 - ① 礼文島（2014.8）
 - ② 羅臼（2016.8,9）（前講；石丸さん）
 - ③ 日勝峠・狩勝峠（2016.8-9）
 - ④ 積丹神恵内（2016.12）
 2. 周水河性斜面堆積物の地質・土質特性と斜面変動（8-14）
 3. 災害の場としての特徴（4-18）
 - ① 斜面の構成（重なり方）
 - ② 侵食フロントとしての位置
 4. まとめと課題（5-23）
 - ① 周水河性斜面堆積物はどこに分布しているか
 - ② 地質土質特性の深化
 - ③ 今後の心構え

a. 周水河性斜面堆積物のスランプ

高山地区

発生源；深いスランプ
＝円弧すべり
移動体；高速流動
→死亡災害

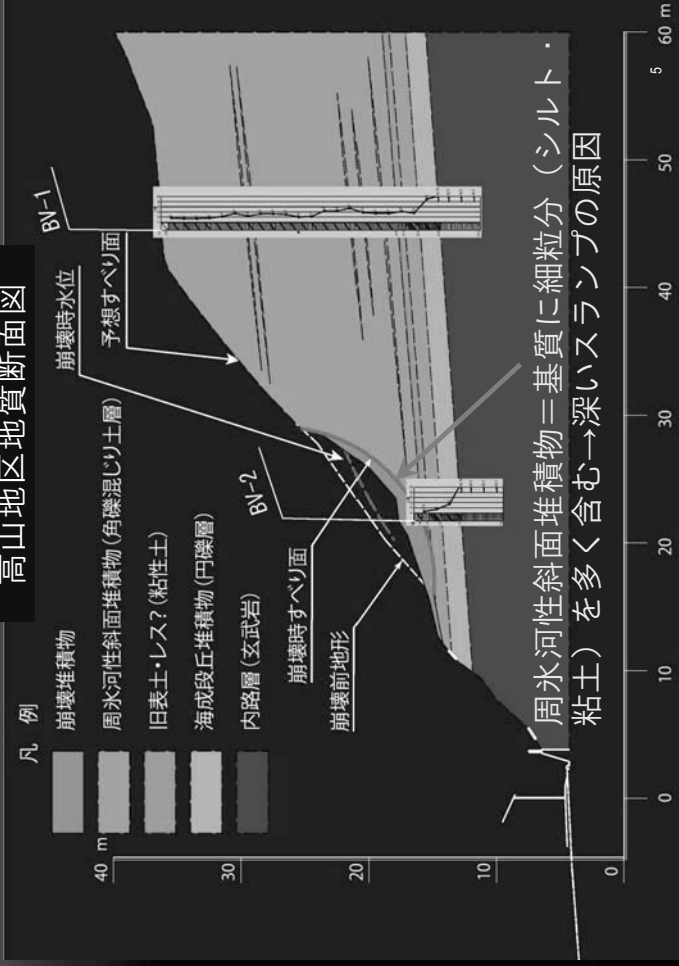


過剰間隙水の放出跡
＝高速流動の証拠

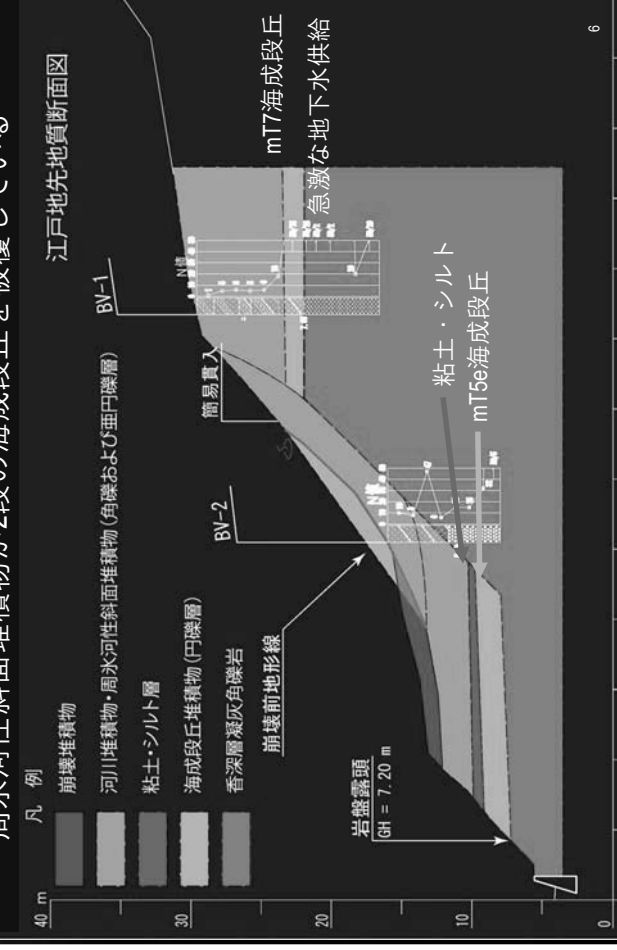
ジャンプしている
下部斜面はほとんど壊れていない

海成段丘面 mT5e
海成段丘のベンチ
岩盤

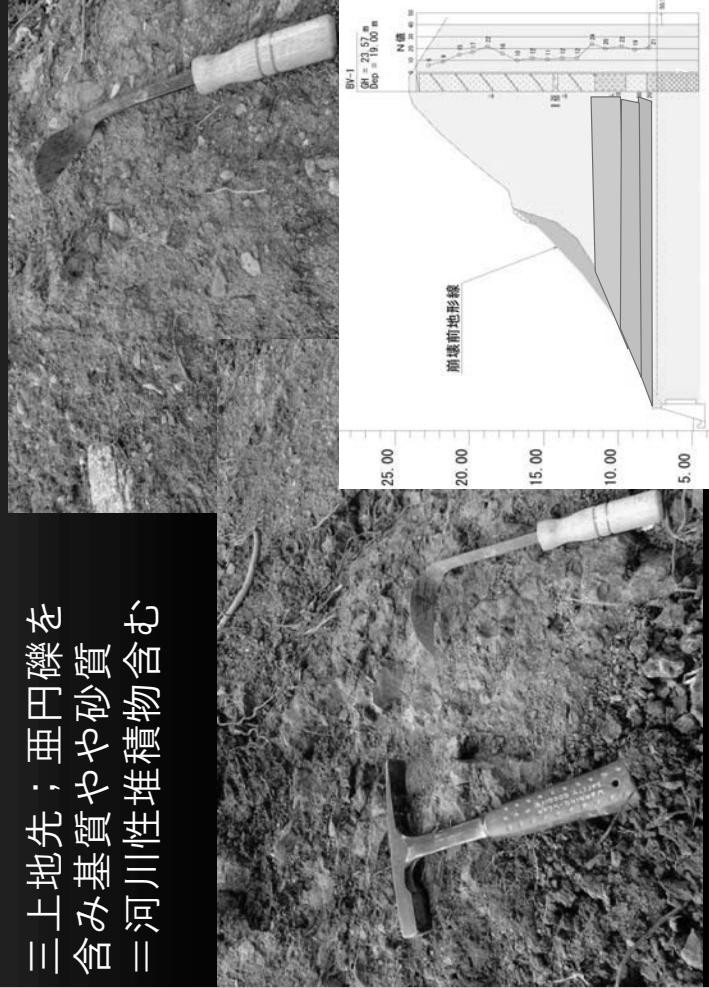
高山地区地質断面図



- b. 砂・亜円礫層を挟む直線～浅い円弧すべり
 ・段丘堆積物上の粘土・シルトがすべりの基底・地下水を形成
 ・周氷河性斜面堆積物が2段の海成段丘を被覆している



三上地先；亜円礫を
 含み基質やや砂質
 三河川性堆積物含む



- c. 周氷河性斜面堆積物起源の地すべりの存在！

津軽地区 かつては新第三紀凝灰岩の
 地すべりと考えられていた！



津軽地区地すべり 末端の露頭



すべり面粘土

すべり面粘土

海成段丘堆積物

d. 礼文町赤岩 周水河性斜面 堆積物の地すべり

小規模な地すべり地形が分布している



図1 礼文島斜面災害箇所位置図

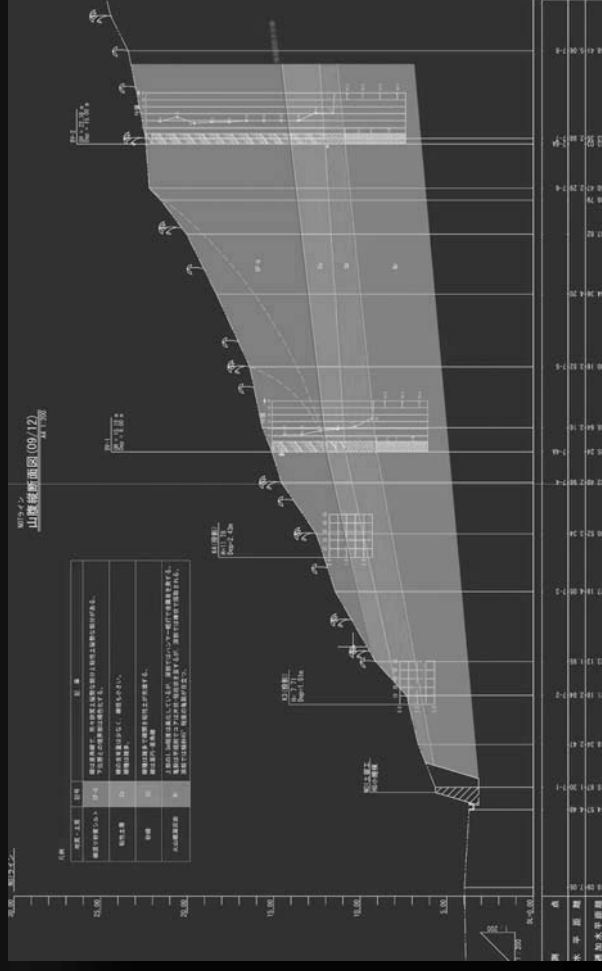
表層 0.35m は赤土。
 深度 2.10m 付近は淡褐色の粘土が優勢で礫の含有量も少ない。礫は火山砕屑岩で2mm 程度の角礫。
 深度 2.10~3.30m の区間は砂分が多く、基質は膨潤時に流失。礫は火山砕屑岩で20mm 程度の角礫。
 深度 3.30~6.00m は礫が少なくなり砂質シルトが主体となる。
 深度 6.00~8.40m は礫が多くなる。礫は火山砕屑岩の亜角礫で平均粒径5mm。最大粒径30mm。
 深度 8.40m 付近に褐色粘土を挟む。
 砂質シルト : 深度 8.40~10.35m
 付々著しく風化し、土砂状で採取される。
 礫は凝灰岩及び安山岩の角礫を主体とし、基質は陶状が悪い。
 深度 2.00~3.50m、深度 8.00~8.50m 付近は岩盤構造が残存する。
 深度 4.00m 付近は土砂状を呈する。
 深度 8.00~8.50m 区間は褐色化する。
 砂 : 深度 10.35~11.50m
 礫種は雑多で、間隙を粘性土が充填する。
 礫は亜中-亜角礫で粒径は 2~50mm 程度



BV-2のコア写真

赤岩地区 ボーリングコア

d. 礼文町赤岩 周水河性斜面堆積物の地すべり 断面図



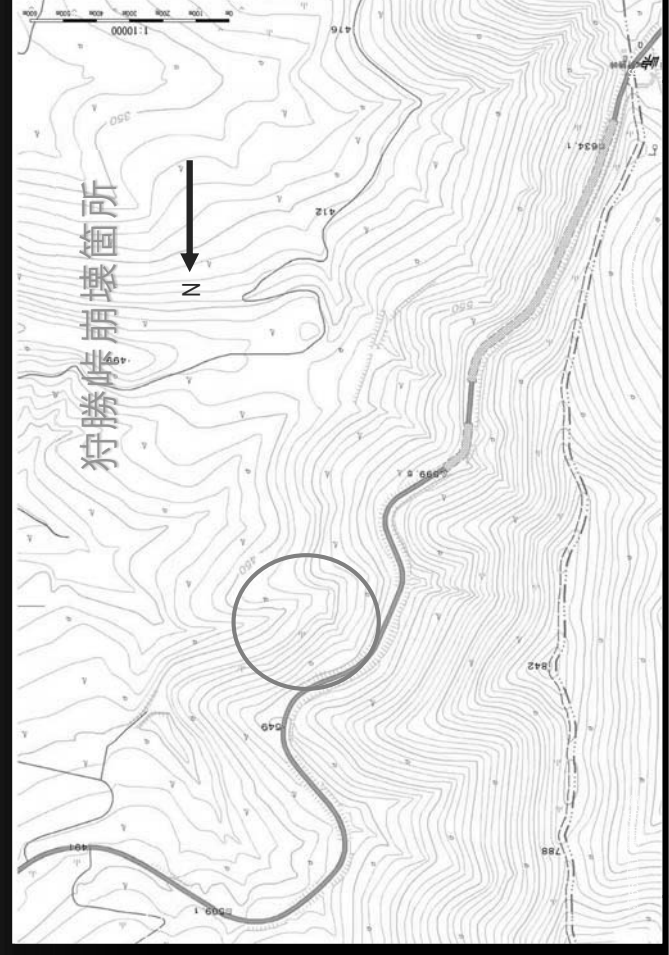
a. 日勝峠7合目の崩壊 (2016.8.30~31)



日勝峠7合目の崩壊の場

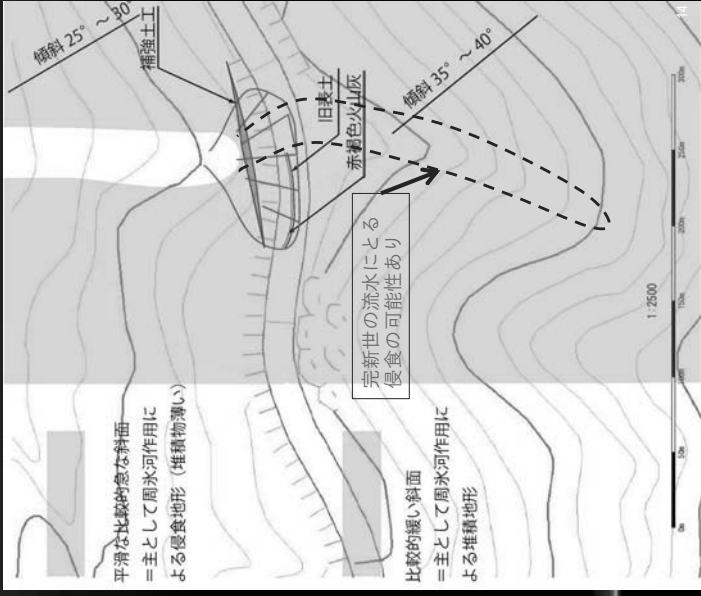
- 崩壊源；完新世期以前（氷期？）の堆積物が主体（緩い傾斜の地形に対応）
- 9000年以降侵食前線がおよんでこなかった。今、まさに侵食がおよんだ

b. 狩勝峠の崩壊 (KP120.7付近 2016.8.31)



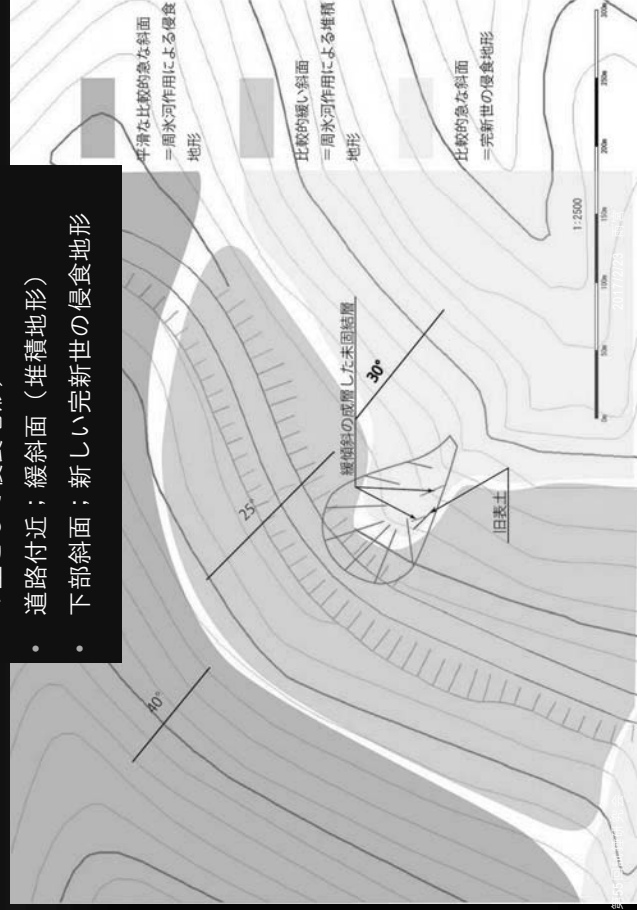
日勝峠7合目の崩壊の場

- 道路上部；急な平滑斜面（主として侵食地形＝周氷河作用による侵食地形（堆積物薄い）形？）
- 道路下部；やや緩斜面（堆積地形）



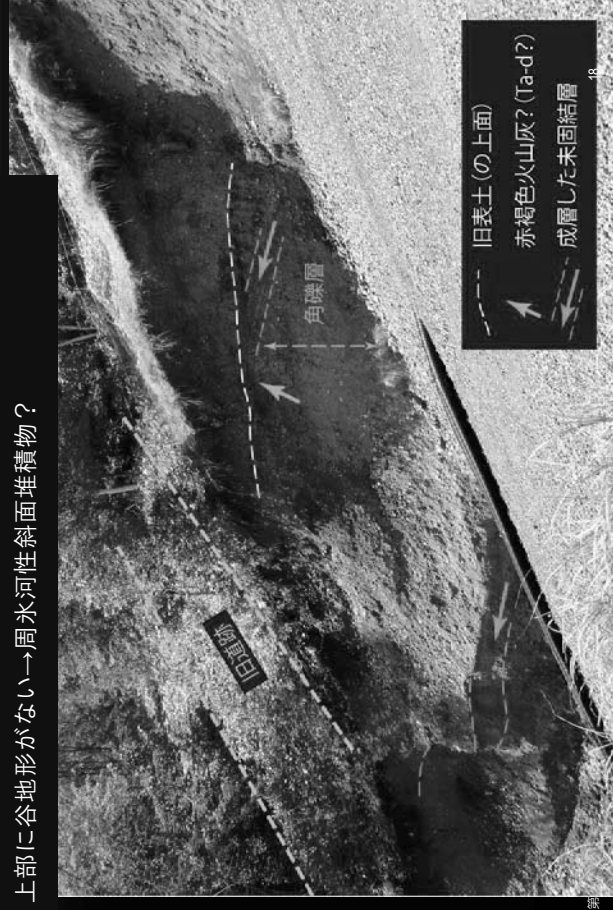
狩勝峠崩壊の場

- 上部斜面；平滑な急斜面（周氷河作用の主として侵食地形）
- 道路付近；緩斜面（堆積地形）
- 下部斜面；新しい更新世の侵食地形

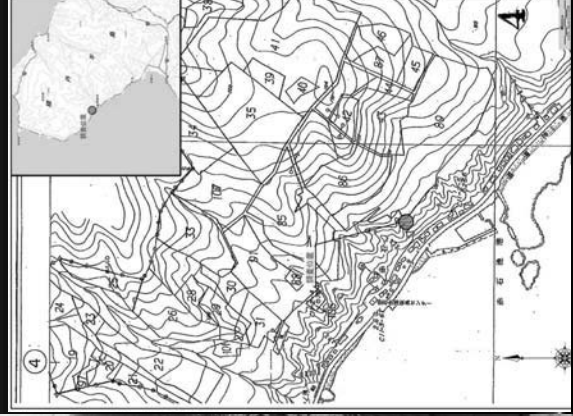


狩勝峠崩壊の場

- 崩壊源の下部；低角度の成層した未固結層＝緩い地形に対応）
- 上部に谷地形がない→周氷河性斜面堆積物？

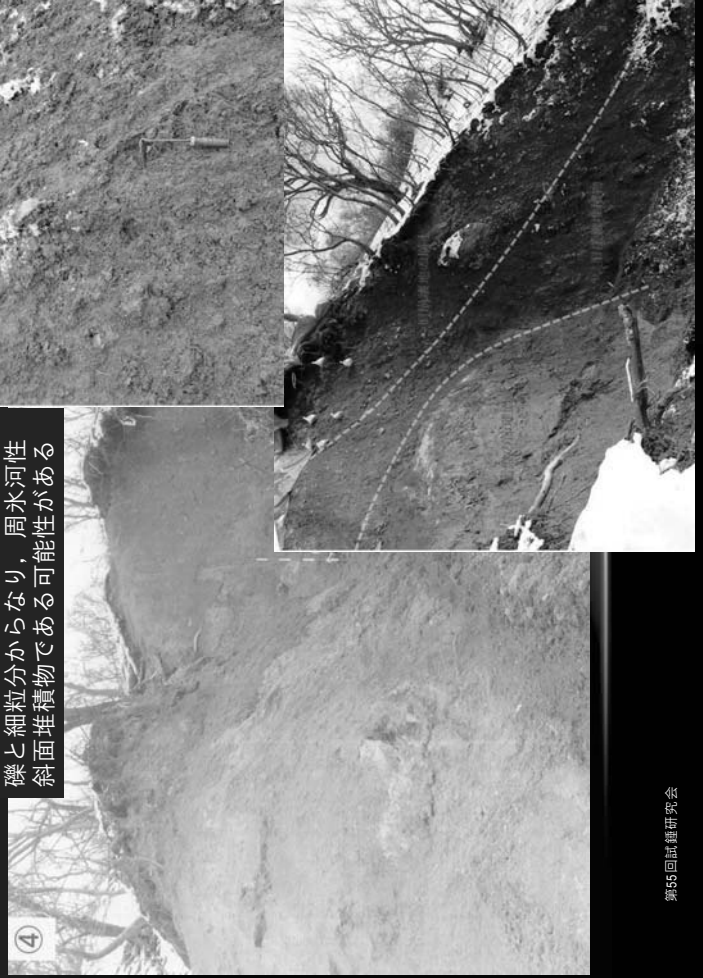


神恵内村赤石地区（2016/12/31）の崩壊



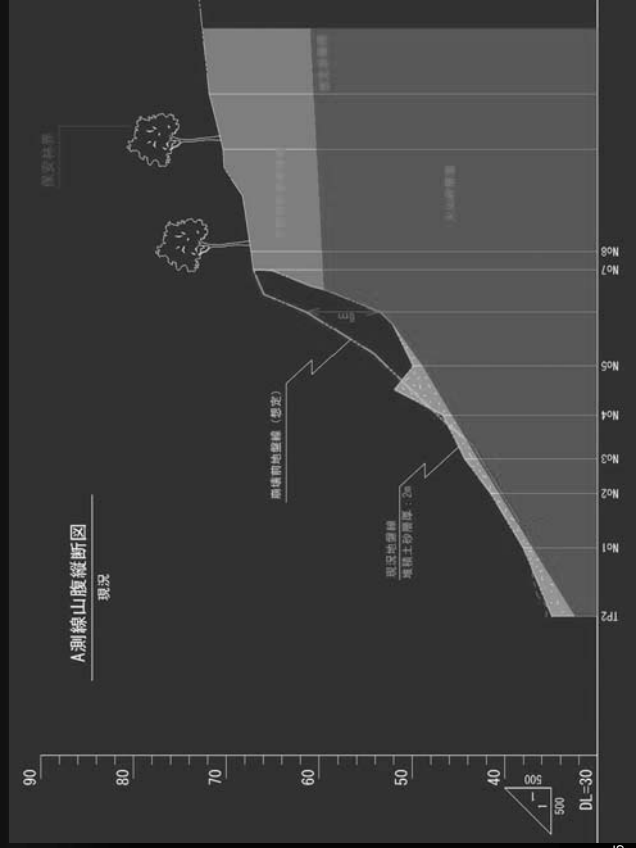


未固結斜面堆積物は主として角礫と細粒分からなり，周水河性斜面堆積物である可能性がある

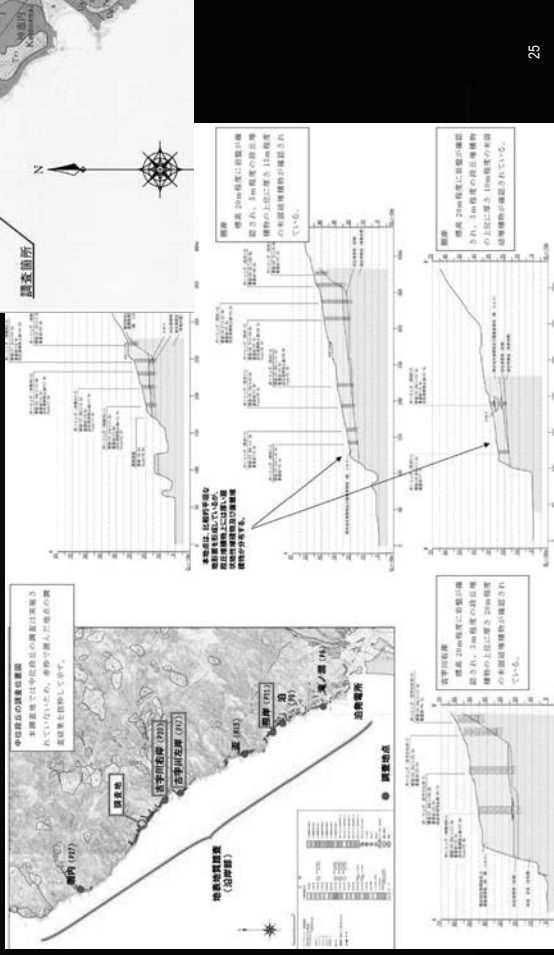


1.周水河性斜面堆積物が関与する（と思われる）斜面災害 ③神慮内村赤石地区（2016.12）

神慮内村赤石地区（2016/12/31）の崩壊地断面図



5万分の1地質図幅説明書の段丘としているものは、mT5e などの上を覆う未固結層



2. 周水河性斜面堆積物の地質・土質特性と斜面変動

① 地質特性

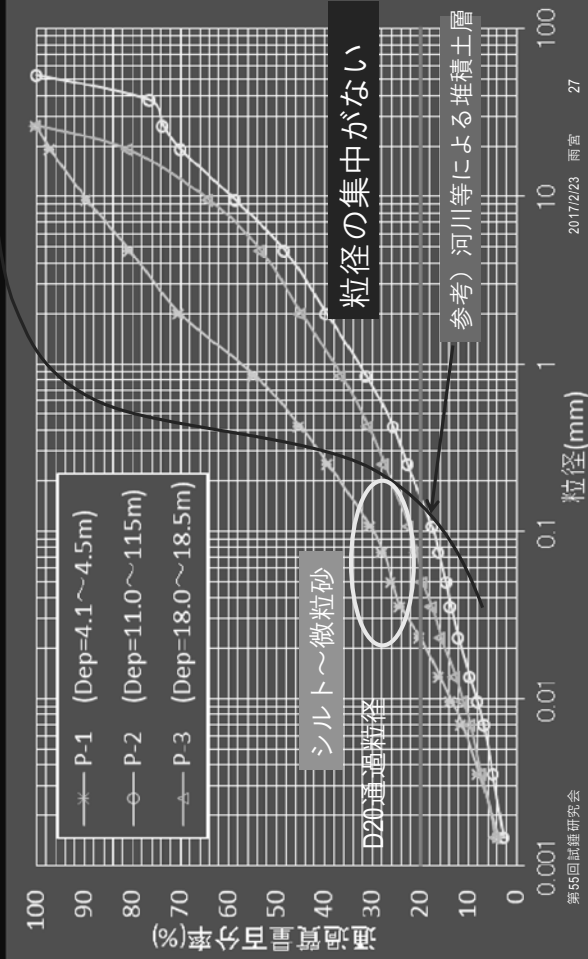


周水河性斜面堆積物と2014北海道礼文島の大雨災害

2. 周水河性斜面堆積物の地質・土質特性と斜面変動

周水河性斜面堆積物の粒度特性

非常に淘汰が悪い＝流水による運搬・堆積によらない



② 土質特性

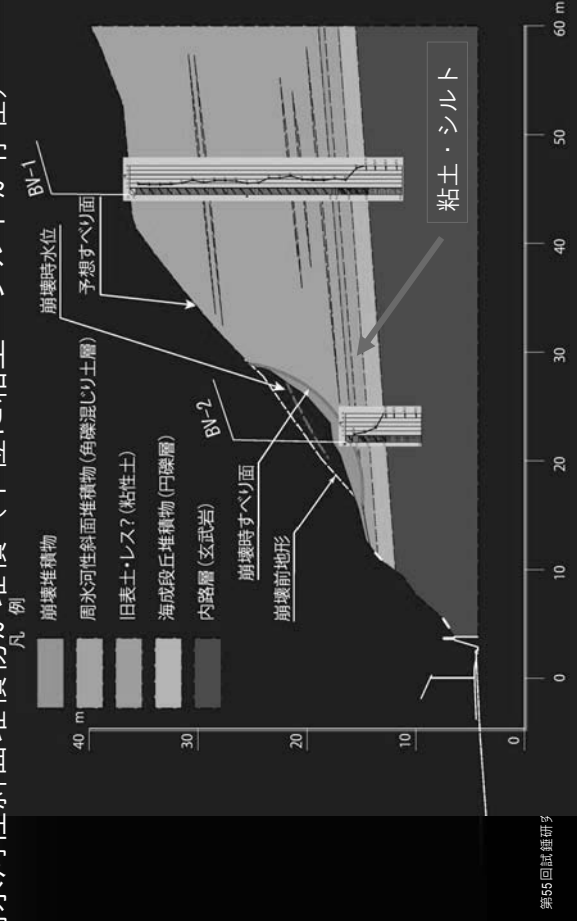
クレーガーの (D20) 粒径から透水係数を推定する方法を参考にすると

周水河性斜面堆積物は、粘性土特性を示す土質（シルト〜細砂）から砂質土中間的特性

- a. 粘性土的特性
円弧すべり⇒体積が大きくなる⇒被害が拡大
- b. 砂質土的特性
飽和状態で急速なせん断が発生
⇒過剰間隙水圧が発生 液状化
高速流動⇒衝撃力の増大

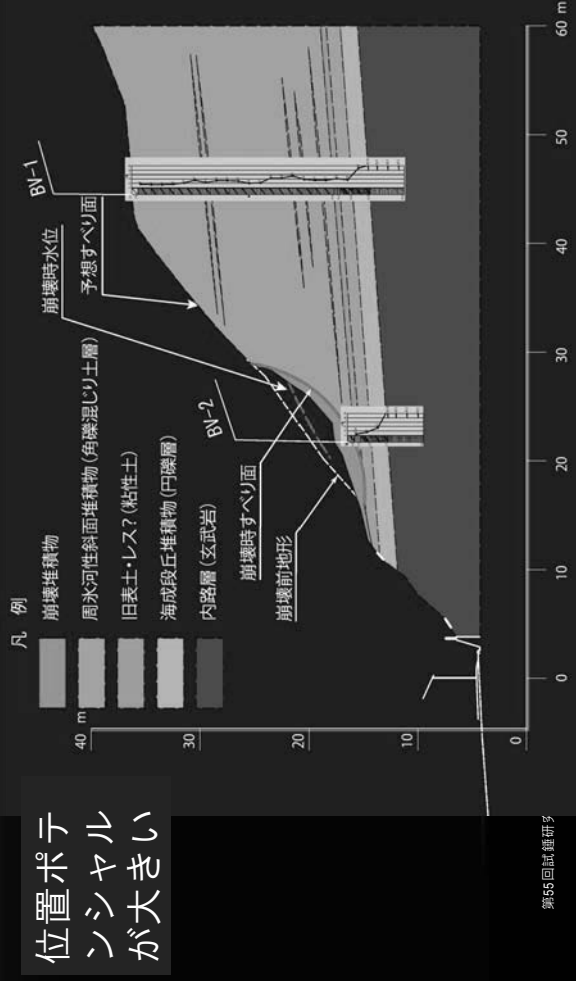
3. 災害の場としての特徴 ① 斜面の構成 (重なり方)

海成段丘が離水した後や沖積錐、周水河環境で沢沼地の上に周水河性斜面堆積物が堆積 (下位に粘土・シルトが存在)



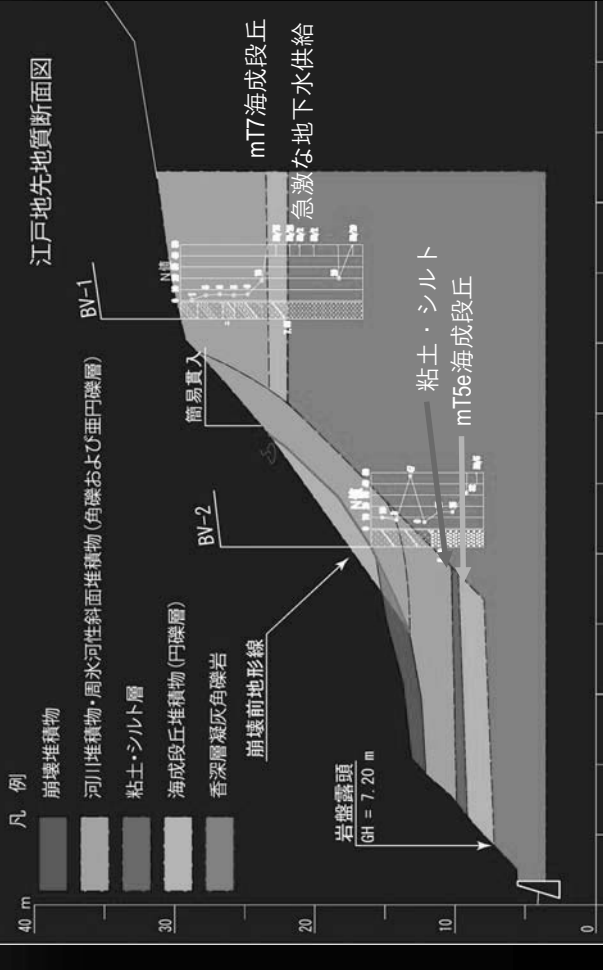
3. 災害の場としての特徴 ② 侵食フロントとしての位置

完新世の侵食前線が及んだ位置の急斜面の上に未固結な不安定層が厚く残っている



3. 災害の場としての特徴 ① 斜面の構成 (重なり方)

海成段丘が離水した後や沖積錐、周水河環境で沢沼地の上に周水河性斜面堆積物が堆積 (下位に粘土・シルトが存在)



江戸地先地質断面図

3. 災害の場としての特徴 ② 侵食フロントとしての位置

完新世の侵食前線が及んだ位置の急斜面の上に未固結な不安定層が厚く残っている



4. まとめと課題

- ① 周水河性斜面堆積物はどこに分布しているか
- a. 段丘の上など緩斜面に厚く堆積している
段丘と認識されていない標高の高い地域でも
侵食小起伏面が複数存在する その上に



第55回試錐研究会

① 周水河性斜面堆積物はどこに分布しているか

- b. 背後に（急）斜面が分布しているところは周水河作用による物質の供給が大きい



第55回試錐研究会

② 周水河性斜面堆積物の地質土質特性の深化

a. 地質

- I. 形成時代
- II. 形成・堆積環境

b. 土質特性

- I. 粒度特性

淘汰がほとんどない（流水による運搬がない）堆積物

周水河性斜面堆積物をさがす手がかり 粒度分析が重要

- II. 土質力学など

強度特性の解明（大きな角礫を含むので難しいが）

不安定性の解明 流動化のメカニズム

第55回試錐研究会

2017/2/23 雨宮

35

③ 今後の心構え

1. 特異な崩壊形態 大きな被害が発生する

- ① 崩壊土砂の体積が比較的大きい＝円弧すべり
厚い周水河性斜面堆積物の存在

- ② 高速な流動 過剰間隙水圧（液状化）の発生

2. 気候の変化 北日本（北海道）でも降雨が増大

侵食し残った周水河性斜面堆積物の崩壊

3. 類似な過去・現在の寒冷な環境のところでは

- ① 同様の災害が発生するおそれ

- ② 過去の対象＝崩壊した場所＝下部の表層滑落
（内部＝岩盤）今回の崩壊＝上部の未固結層

- ③ 北海道（道北）以外でも、標高が高いところなどで

4. 周水河性斜面堆積物の人的改変の崩壊危険

鋭敏比が高い土質 盛土に使用しない

第55回試錐研究会

2017/2/23 雨宮

36

熊本地震 水井戸被害調査

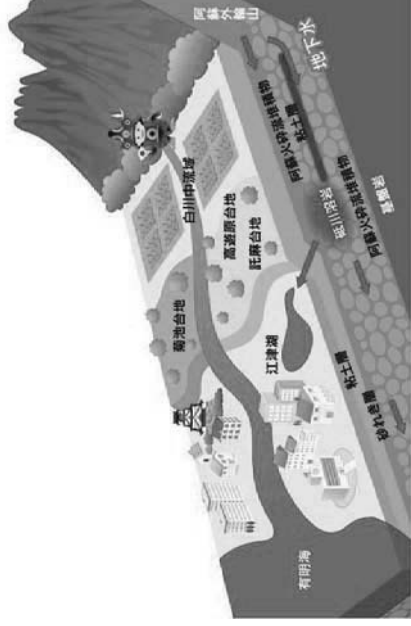
第55回試錐研究会

平成29年2月23日

(社)全国さく井協会 理事・副会長 学
北海道支部長 石塚

世界に誇る地下水都市・熊本

- 熊本地域の東に位置する阿蘇山は、約27万年前から約9万年前にかけて4度にわたる大火山噴火を起こしました。
- この火山砕屑物が100m以上も厚く降り積もって熊本の大地はできあがりしました。この大地の地層はすきまに富み、水が浸透しやすい特徴を持っているので、熊本地域に降った雨は地下水になりやすく、地下に豊富で良質な水が蓄えられます。



熊本地域の地質イメージ図

出典:公益財団法人 くまもと地下水財団 ホームページ

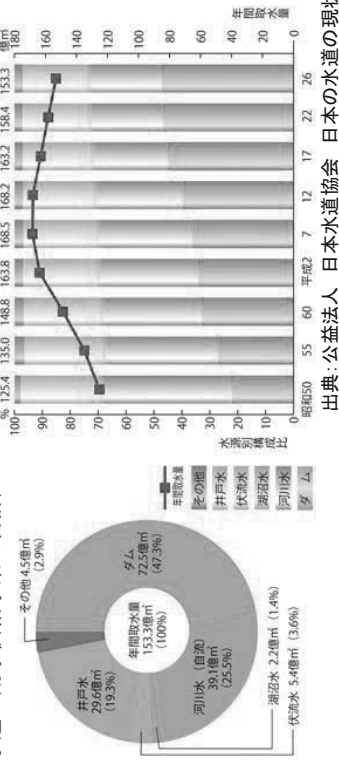
本日の話題

1. 熊本地域の地下水
2. 熊本地震
3. 水井戸被害調査概要
4. 障害井戸原因調査結果(N10号井)
5. 災害から学ぶこと
6. おわりに

水道水源の地下水依存割合

大都市の水道では、大量の水を確保するため、ほとんどの水源をダム貯留水や河川水等の表流水に依存しています。地下水の依存割合は19.3%

- 水道水源に種別(平成26年度)
(上水道+用水供給事業の合計)
- 水道の年間取水量と
水源別構成比の推移



- 熊本県は水道水源の約80%を地下水に依存しています。とりわけ熊本地域は、ほぼ100%を地下水でまかなっている全国でも稀な地域です。

地下水保全⇒熊本地域全体で連携

熊本地域※で地下水保全のために活動してきた3つの組織（財団法人熊本地下水基金、熊本地域地下水保全対策会議、熊本地域地下水保全活用協議会）を統合し、平成24年4月に『くまもと地下水財団』が設立されました。

主な事業として、以下の事業に取り組み、地下水を守っています。

- (1) 地下水環境調査研究事業
- (2) 地下水水質保全事業
- (3) 地下水かん養事業
- (4) 地下水採取・使用適正化事業

※熊本地域

熊本市、菊池市(旧泗水町・旧旭志村)、宇土市、合志市、大津町、菊陽町、西原村、御船町、嘉島町、益城町、甲佐町からなる11市町村



かん養域の減少 ⇒ 地下水の減少
 出典：公益財団法人 くまもと地下水財団 ホームページ

この熊本地域で行う地下水保全の取り組みが高く評価され「2013国連“生命の水”最優秀賞」を受賞しました。

熊本県では、地下水位の経年変化を把握し、地下水賦存量などの解析のための基礎資料を得ることを目的として、県内33ヶ所に地下水観測井を設置・観測し、地下水量の保全に努めています。

熊本地震の被害概要

出典：さく井協会九州支部 岩隈支部長『防災用戸のススメ』

- 震度6弱以上の地震が7回、うち震度7は28時間内に2回発生（観測史上初）
- 余震（震度1以上）は、発災から15日間で1,028回（※6月7日17時現在で1,674回）
- 少なくとも県民の10%以上が避難（阪神・淡路大震災の約2倍）
- 危険と判定された建物は1万5千棟超（阪神・淡路大震災の2倍以上）
- 余震が続いているため、車中泊をする被災者が多数に及んだ（実数把握できず）

地震・被害の規模

震度6弱以上	余震 発災から15日間	被災市町村人口 (震度6弱以上)	最大避難者数 ※1	被災建築物 応急修復率判定 ※2
7回 うち震度7が2回	1,028回	約148万人 (県人口の約83%)	約18.4万人 (県人口の10.3%)	15,708棟
阪神・淡路 大震災	1回	約232万人 (同42%)	約31.7万人 (同5.7%)	6,476棟
新潟県中越地 震	5回	約38万人 (同16%)	約10.3万人 (同4.2%)	5,243棟

※1 避難者数は、指定避難所内の人数であり、避難所以外の車中泊等の人数は含まれない。
 ※2 応急修復率は発災10月4日現在の件数。

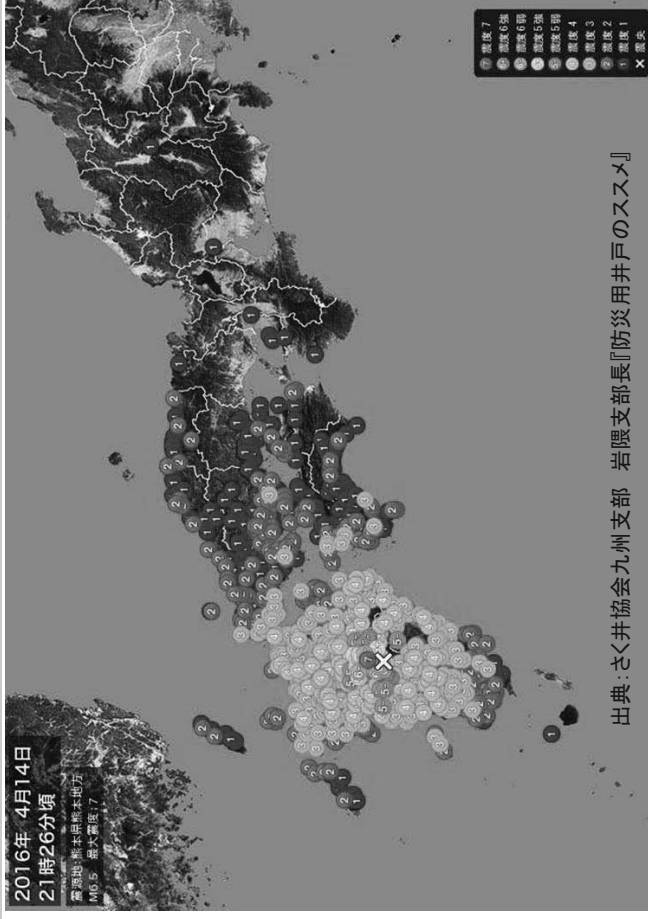


出典：さく井協会九州支部 岩隈支部長『防災用戸のススメ』

本日の話題

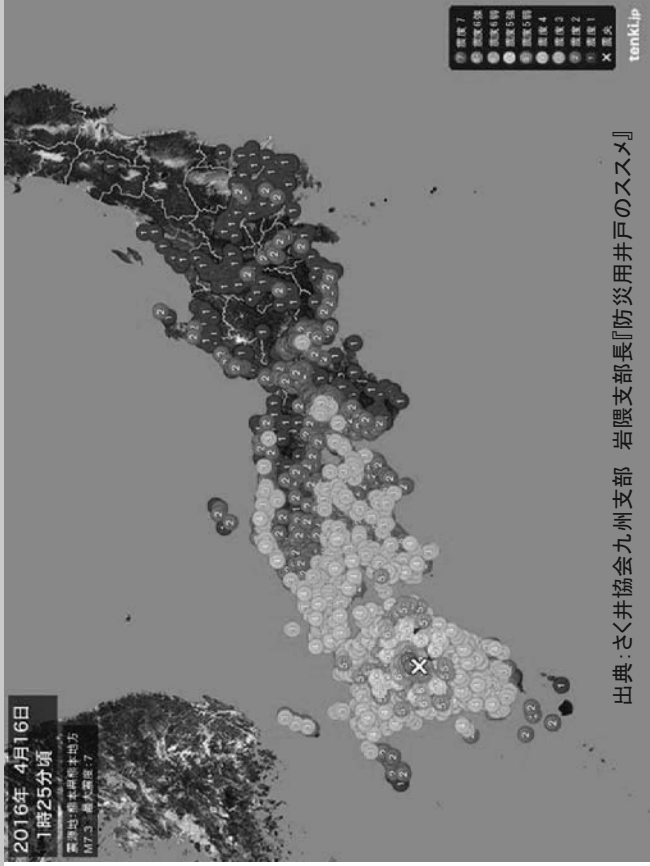
1. 熊本地域の地下水
2. 熊本地震
3. 水井戸被害調査概要
4. 障害井戸原因調査結果(N10号井)
5. 災害から学ぶこと
6. おわりに

熊本地震 2016年4月14日 21時26分頃



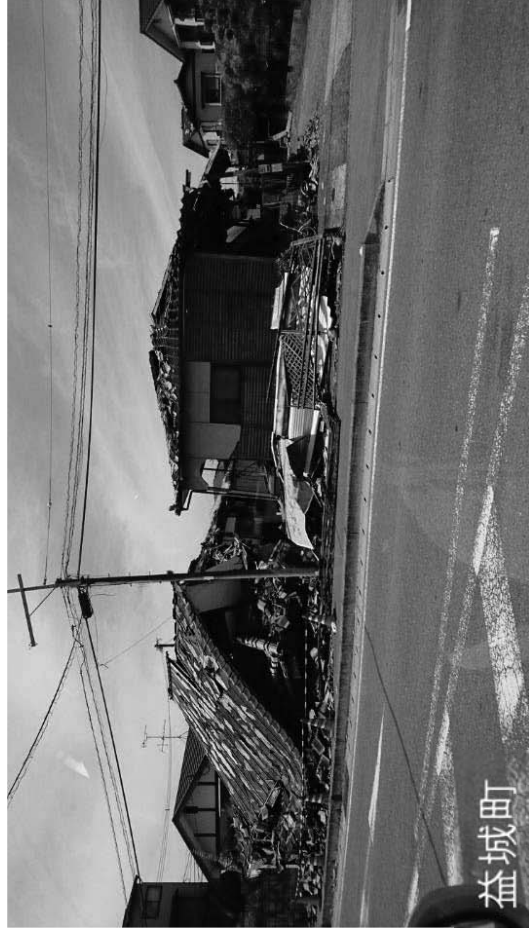
出典：さく井協会九州支部 岩隈支部長『防災用戸のススメ』

熊本地震 2016年4月16日 1時25分頃

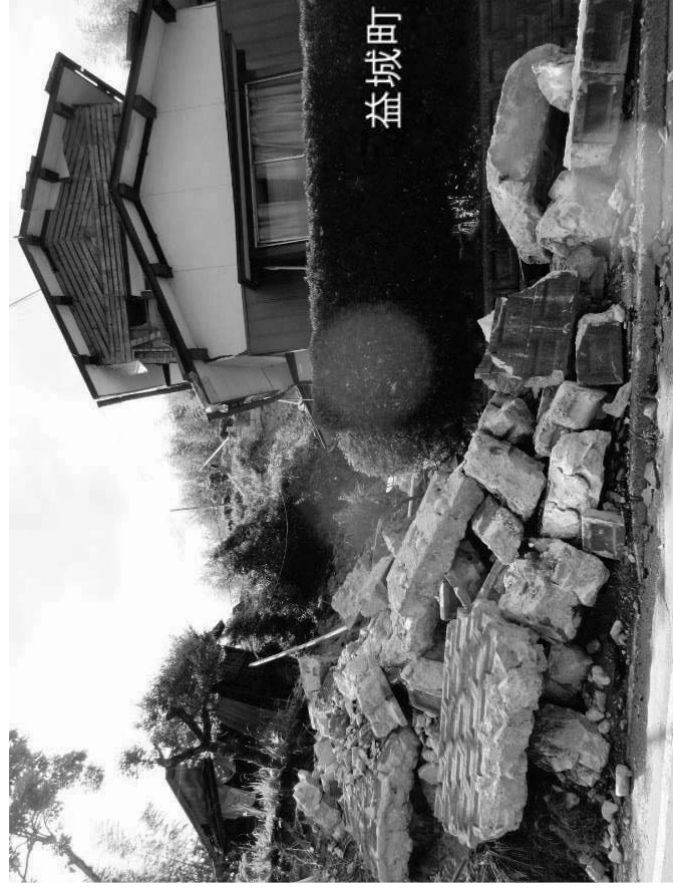


出典: さく井協会九州支部 岩隈支部長『防災用井戸のススメ』

熊本地震の被害状況



出典: さく井協会九州支部 岩隈支部長『防災用井戸のススメ』

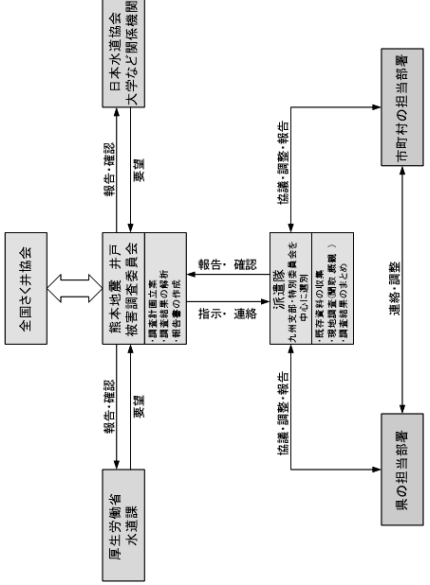




井戸被害調査の体制

- 井戸被害調査並びに支援活動を有効かつ機能的に実施するため協会内部に「熊本地震井戸被害調査委員会」を設置した。被害調査の実施体制、関係機関を下図に示した。
- 知久副会長をはじめとする調査団は関係機関を訪問し、『熊本地震における支援活動の提言書』を持参して主旨を説明し、ご協力をお願いするとともに、ご要望などをお聞きました。

● 本調査は、この打合せ結果を踏まえ、平成28年熊本地震における井戸施設の被害状況などについて調査し、損傷した施設の原因解明と対策について提案するとともに、調査結果から教訓を学び、災害時の井戸施設の被害防止・軽減への対策、災害対策としての地下水活用の提言することを目的として立案したものである。

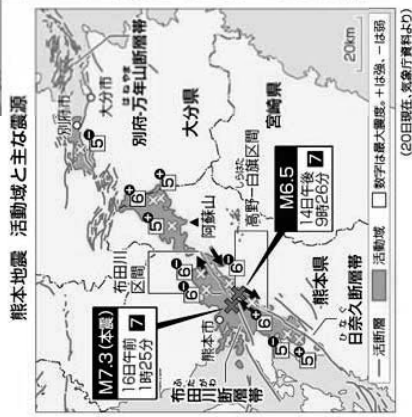


本日の話題

1. 熊本地域の地下水
2. 熊本地震
3. 水井戸被害調査概要
4. 障害井戸原因調査結果(N10号井)
5. 災害から学ぶこと
6. おわりに

調査対象地域

- 調査対象の範囲は、地震活動の大きかった熊本県全域とする。
- その中でも、被害の大きかった熊本市、阿蘇市、益城町、西原村、南阿曾村の水道水源を中心として調査を実施する。



関係機関打合せ結果

支援活動関係機関一覧

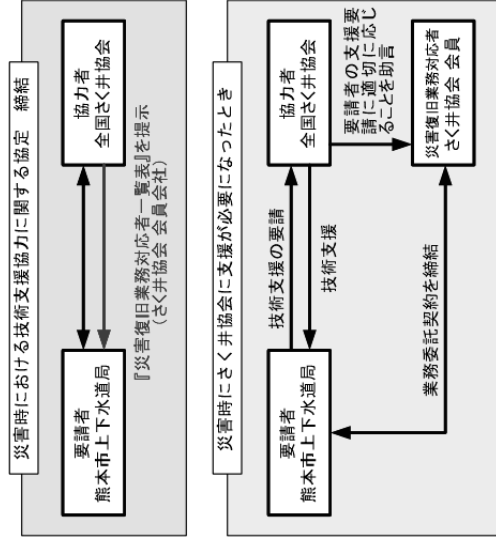
機関名	部署名	備考
熊本県	環境生活部 環境立県推進課	
	環境局 環境保全課 水道班	市町村水道管轄
熊本市	上下水道局 計画整備部	
	水道整備課 施設班	地下水に関する条例 民間井戸管轄
公益財団法人 くまもと 地下水財団	熊本大学理学部水門学研究室	
熊本大学	熊本大学特任・名誉教授 嶋田 先生	日本水文学会会長

関係機関との打合せ確認事項一覧

機関名	協会の要望⇒関係機関承諾	関係団体要望⇒協会承諾
熊本県	・既存資料の提供 ・水道水源(井戸)被害情報の提供	阿蘇市一の宮町の湧水減少の原因についてコメント⇒現地確認・既存資料整理
熊本市	・既存資料の提供 ・水道水源(井戸)被害情報の提供 ・災害時における技術支援協力に関する協定	・障害の発生した4井についての原因説明・対策工に対する技術支援 ・今後の井戸管理方法の提案
公益財団法人 くまもと 地下水財団	財団が実施している民間井戸被害調査結果の提供(案件付き)	特になし
熊本大学	解析・取りまとめの指導	防災井戸設置⇒九州支部で対応

熊本市と『災害時における技術支援協力に関する協定』締結

熊本市とさく井協会において『災害時における技術支援協力に関する協定』を締結し、災害時に熊本市がさく井協会に支援が必要になったときは、さく井協会は下図に示す手順で技術支援を適切に実施し、被災した上下水道施設の応急対策や早期の機能回復に向けた対策の強化を図る。



調査の概要

熊本地震井戸被害調査実施(予定) 一覧

調査名	調査内容	調査数量
井戸被害調査	井戸本体・揚水設備	熊本市、阿蘇市、益城町、西原村、南阿曾村の水道水源
障害井戸原因調査	井戸点検:4カ所	熊本市の4カ所
被災者(避難所・自宅)の水事情	避難所・自宅被災者の水事情と問題点	熊本市
阿蘇一の宮の湧水減少原因調査	既存資料調査・現地踏査	一式

(1) 井戸被害調査

- 国土交通省の水井戸台帳を基礎データとして熊本県の『井戸データベース (SQL)』および『被害調査用 Webシステム』を構築した。
- 調査は、最初に概略調査として、井戸管理者にアンケート形式の調査票を送付し、概略の被害状況を把握する。この概略調査の結果を踏まえ、各井戸担当者に対して聞き取り調査を行うとともに、必要に応じて現地井戸の外観調査も実施し、井戸の被災判定を行う。

市町村	井戸データベース 井戸数
市町村	
阿蘇市	79
西原村	10
南阿蘇村	9
熊本市	266
益城町	21
その他	1053
熊本県全体	1438

調査の結果(中間報告)

熊本地震井戸被害調査の調査期間は、今年度末までを目標としており、まだ途中の段階である。したがって、ここでは中間報告として紹介することとする。

熊本地震による井戸調査結果(中間報告)

市町村名	担当部署	水源		被害状況	備考
		井戸	湧水		
熊本市	熊本市上下水道局	113	0	地震発生時、およそ8割の井戸で濁りが発生したが、ほとんどの井戸が短期間で解消した。しかし、4本の井戸が運用停止状態にある。	運用停止状態の本は、湧水設備の損傷が確認されているが、井戸構造の破損も懸念されるため、井戸点検を実施予定。
阿蘇市	阿蘇市水道局	19	11	地震発生時、ほとんど井戸で濁りが発生したが、が短期間で解消した。	
益城町	益城町水道課	16	0	同上	
西原村	西原村産業課水道係	6	0	同上	
南阿蘇村	南阿蘇村環境対策課水道係	?	?	不明	

※被害状況は聞き取り調査による。

地震により被害を、熊本市の4本とした場合、地震による被害発生率は全井戸154本の2.6%。

東日本大震災井戸被害調査結果総括一覧

要因	被害		井戸別被害箇所数		小計		計		合計		
	被害区分	被害数	青森	岩手	宮城	福島	被害数	%	被害数	%	
調査井戸数			45	83	46	50	284		284	100	
被害なし			43	55	31	57	196	69.0	196	69.0	
被害あり ↓ 復旧	津波		0	4	3	不明	7	2.5	8	3.4	
	塩水化		0	1	不明	不明	1	0.4			
	湧水設備破損		0	1			1	0.4			
	水重減少		1	8	6	1	16	5.6	17	7.3	
被害あり ↓ 未復旧	地震		0				0	0.0			
	井戸破損		0				0	0.0			
	湧水設備破損		0	2	1	不明	3	1.2	8	3.4	
	井戸破損		0	2	0	不明	2	0.8	3	1.2	
未復旧			1			1	0.4	2	0.8		
地震								3	1.2		
井戸破損								5	2.1		
合計								25	10.7	221	84.4

地震による被害発生率
2.1%

(2) 障害井戸原因調査

井戸点検対象井戸

対象井戸	震災後の井戸状況(聞き取り調査)	調査・対策必要項目
N1号井	● 濁水が発生し、ケーシング破損など、井戸の構造障害が懸念される。 ● また、井戸能力低下が懸念される。	○ 井戸構造調査 ○ 井戸能力調査
T3号井	● 地震後、過負荷でポンプに障害が発生した。ケーシング破損による揚砂発生が懸念される。	○ 異常があった場合の対策工の検討 ○ 井戸構造調査
N9号井	● 井戸の抜け上がり現象が確認され、井戸の構造障害が懸念される。	○ 井戸構造調査(改修前後)
N10号井	● 井戸能力低下が発生している。 ● 10号は、上屋・地上設備が破損。	○ 井戸能力調査(改修前後) ○ 異常があった場合の対策工の検討 ○ 井戸改修(アクアリード工法)

事前井戸調査により実施を判断

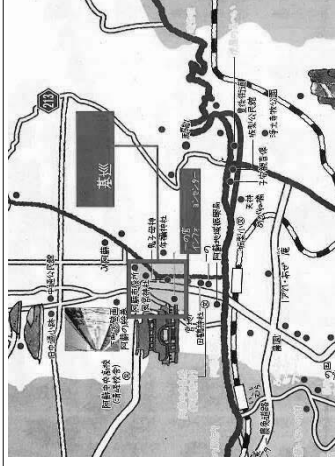
結果は4章で説明する

(3) 被災者(避難所・自宅)の水事情

自治体防災担当者に聞き取り調査を実施し、被災直後から現在に至る被災者の水に関する情報を収集する。避難所・自宅被災者の水事情と問題点整理し、防災対策としての地下水の有効活用について提言する。

(4) 阿蘇市一の宮町の湧水減少原因調査

阿蘇の門前町『阿蘇一の宮』は、わき水の里として有名な観光地として36カ所の水基(水飲み場)を有している。
震災後、4カ所の湧水が減少したことから、熊本県より、さく井協会に対し、専門の立場から現地を調査し、原因解明と対策の提案する要請を受けた。
調査は1次調査として、既存資料の収集⇒現地調査(聞き取り・湧水状況の確認)⇒解析・取りまとめ(原因の推定・問題解決の手順の立案)を行う。



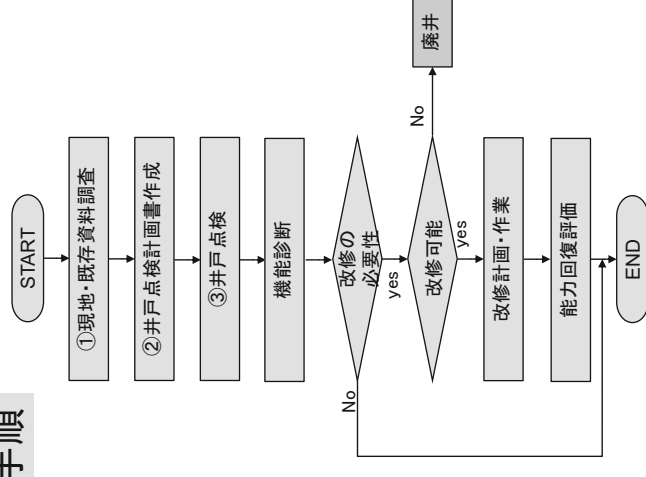
現在、取りまとめ中

結果は5章で説明する

本日の話題

1. 熊本地域の地下水
2. 熊本地震
3. 水井戸被害調査概要
4. 障害水井戸原因調査結果(N10号井)
5. 災害から学ぶこと
6. おわりに

障害水井戸原因調査の手順



N10号井の被害状況

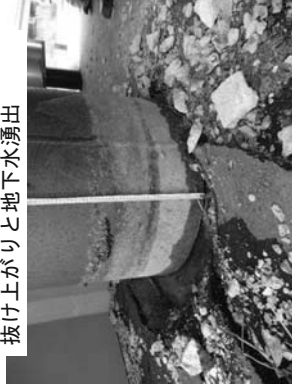
建屋が右側へ傾いた
(自噴防止の為、2階建)



建屋周辺のキレツ



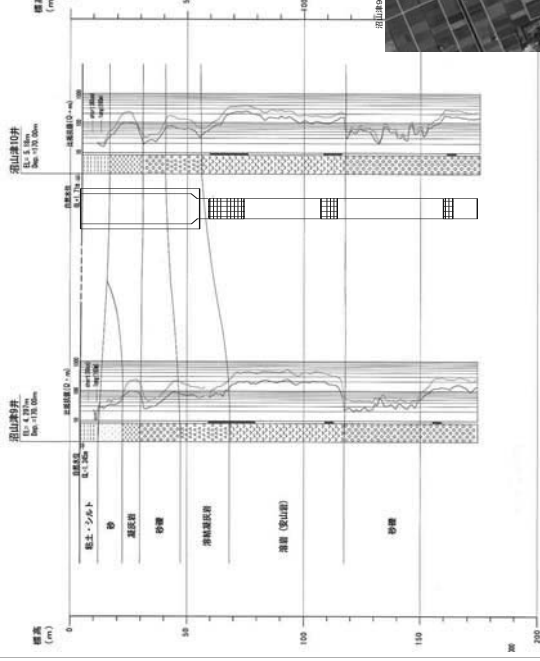
水井戸元 (6L) の変状
抜け上がりで地下水湧出



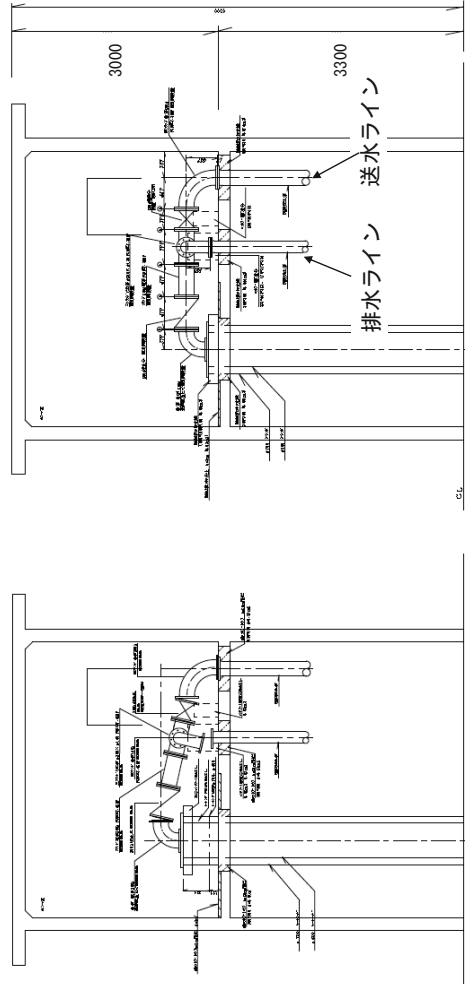
2F口元の変状況 (OPの抜け上がり)



N9号井—N10号井 地質断面図



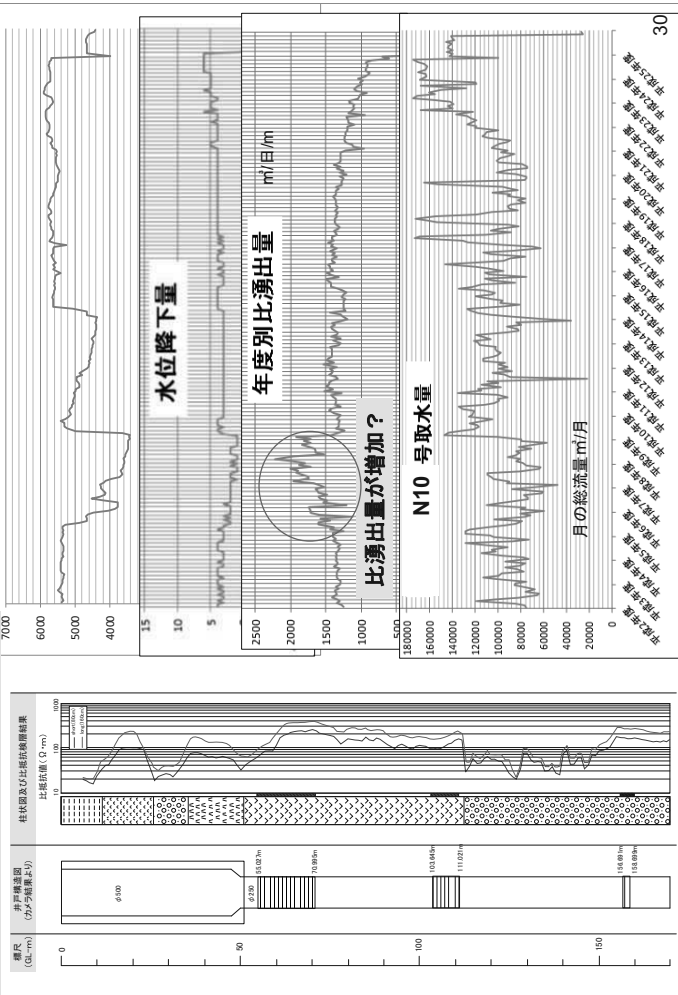
N10号井のポンプ室断面図



井戸元 (GL) の変状
 抜け上りにより地上配管破壊

井戸起動時、砂出るため排水
 その後、送水

①現地・既存資料調査



N9号井改修記録

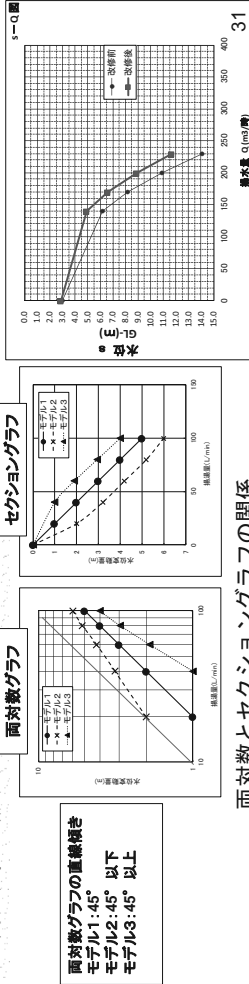
更生前、更生後にそれぞれ実施した段階揚水試験の結果を表IV-2-1、にまとめた。

表IV-2-1 段階揚水試験結果一覧表

段階	揚水量 Q m³/時	揚水水位 s m		水位低下量 Sw m	比湧出量 Q/Sw m³/時/m	比水位低下量 Sw/Q m/m³/時			
		前	後			前	後		
1	140	9.15	7.78	6.17	4.91	23	29	0.044	0.035
2	170	11.17	9.45	8.19	6.58	21	26	0.048	0.039
3	200	13.88	11.75	10.90	8.88	18	23	0.055	0.044
4	230	17.05	14.57	14.07	11.70	16	20	0.061	0.051

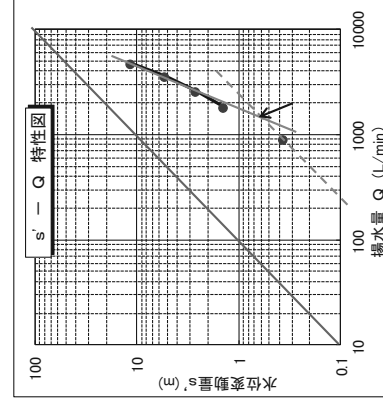
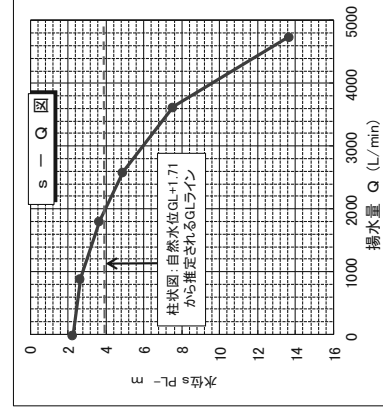
静水位
 更生前：2.96m
 更生後：2.87m

本試験の結果を図にプロットすると図IV-2-1のQ~Sグラフが得られる。グラフを見ると更生前、更生後ともほぼ一直線上に並び明確な変化点は見出せない。



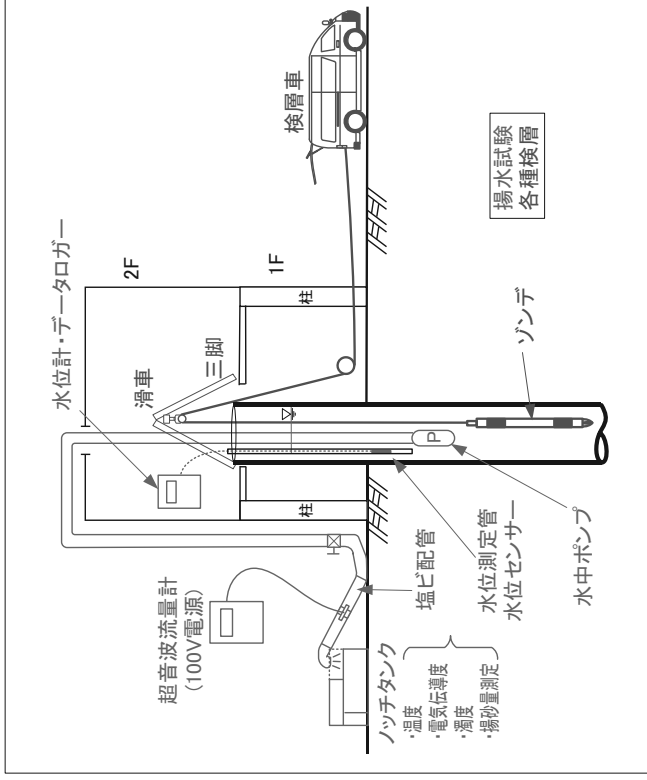
面対数とセクショングラフの関係

N10号井 初期井戸能力



多く見積もっても
 限界揚水量は1500L/min程度

N10号井 各種試験実施概念図



②井戸点検計画書

検層	水中TVカメラ	井戸内を直接水中TVカメラで観察し、スクリーンや接続部等の状態を把握する。	施工前	施工後
温度・電気伝導度	井戸内の水温やECを連続的に測定し、流入・流出層の位置を把握する	○	○	○
微流速検層	揚水状態で孔内のたて流速を測定し、深度毎に地下水流動層の位置を把握するため、スクリーン毎の能力評価が可能。	○	○	○
揚水試験	揚水試験は、井戸の限界揚水量を把握するとともに、各段階の長期的安定性を把握するため、一日1段階(8時間揚水+16時間回復)×5段階とする。	○	○	○
測定項目	水位・水量・水温 電気伝導度・揚砂量、色度・濁度	○	○	○

【使用機器】

プローブ型 濁度/色度センサー TCR-5Z



品名	メーカー	主な仕様
濁度/色度センサー	フジエレクトロニクス	測定範囲: 濁度 0.01~100 NTU, 色度 0.01~100 PCU
温度/電気伝導度/濁度/揚砂量測定器	フジエレクトロニクス	測定項目: 温度、電気伝導度、濁度、揚砂量



ポータブル電気伝導率計

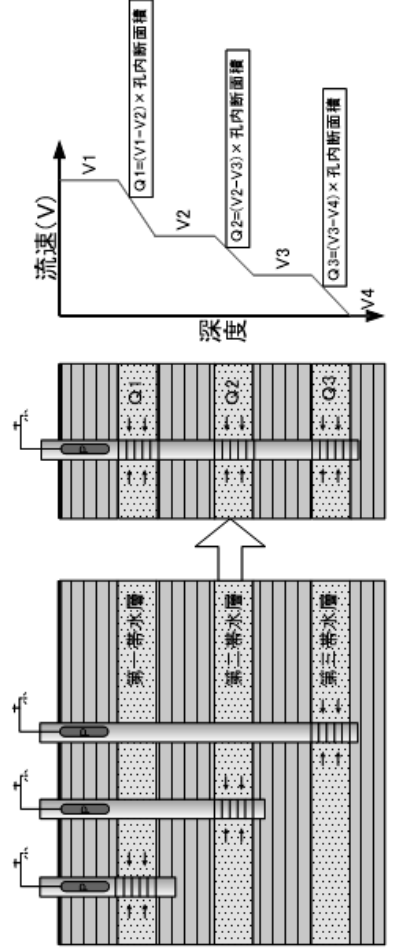
品名	メーカー	主な仕様
電気伝導率計/濁度計	フジエレクトロニクス	測定範囲: 電気伝導度 0.01~1000 μS/cm, 濁度 0.01~100 NTU
温度/電気伝導度/濁度/揚砂量測定器	フジエレクトロニクス	測定項目: 温度、電気伝導度、濁度、揚砂量

ポータブル電気伝導率計

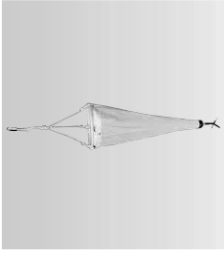
【孔内微流速検層】

孔内（井戸内）で測定した鉛直方向の流速を流量換算することによって、地下水流動層（帯水層）の位置と層毎の揚水量（流入量）を把握できます。これまでは、図に示すように複数の帯水層の揚水能力評価は帯水層の数だけの調査井が必要でしたが、孔内微流速検層を行うことで一本の調査井で複数の帯水層の調査が可能になります。

測定の方法は、非揚水状態と揚水量を2~3段階に変化させた状態で行います。



【使用機器】



砂分測定 cc/m³

Cat. No.5512 簡易プランクトンネット			
SIMPLE PLANKTON NET			
河川、池、沼で使われる錐円錐型の簡易表面ネットで、素材としても使われています。底層は透明プラスチック製でピンチロックで止めるようになっています。			
網	地: NXX13(目含0.1mm)		
Cat. No.	口径 cm	備	長さ cm
5512A	20(0.07m)		60
5512B	25(0.09m)		60
5512-C	30(0.07m)		75

孔内微流速検層使用機器一覧

項目	型式	等
マイクロフローメーター	輸出部(ロープ)	羽根車式MODEL-3216(5用材質製)
測定器		ハンディロガー-MODEL-3217()

温度・電気伝導度測定プローブ仕様

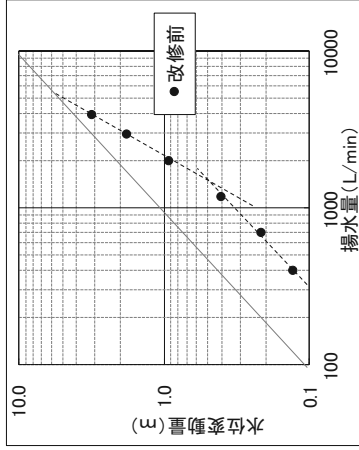
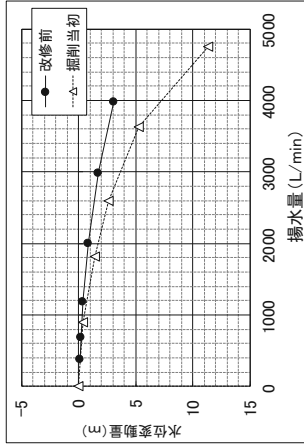
型式	温度/孔内水導電率プローブ TCDS (ハートワグとベック社製)
外形および重量	φ38mm、長さ2440mm
レンジ	0~70℃
精度	±0.5℃
示差	1m当りの温度変化
レンジ	50~50000 μS/cm
精度	500 μS/cm ±2.5%
示差	1mでの伝導率の傾き



③井戸点検

N10号井 揚水試験結果 (改修前)

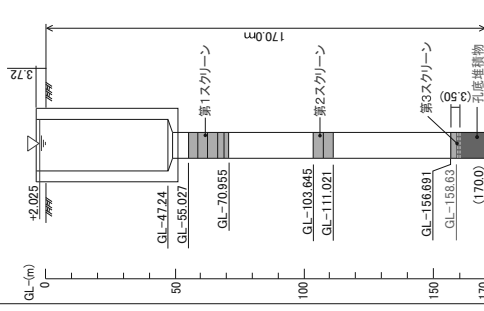
段階	揚水量		水位 (GL-m)		比湧出量	時間 (min)
	GL(L/min)	Q(m ³ /d)	初期水位	動水位		
1	402	579	-2.061	-1.933	0.13	3,141 720
2	708	1,020	-2.053	-1.841	0.21	3,340 720
3	1,204	1,734	-2.082	-1.685	0.40	3,033 720
4	2,023	2,913	-2.095	-1.185	0.91	2,223 720
5	3,008	4,320	-2.053	-0.260	1.79	1,678 720
6	3,997	5,756	-2.052	1.076	3.13	1,278 720



限界揚水量 : 1500L/min

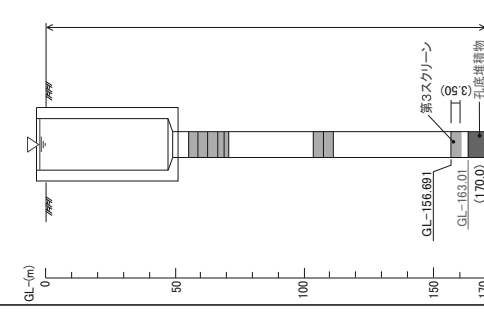
N10号井 孔内状況の推移

井戸点検前



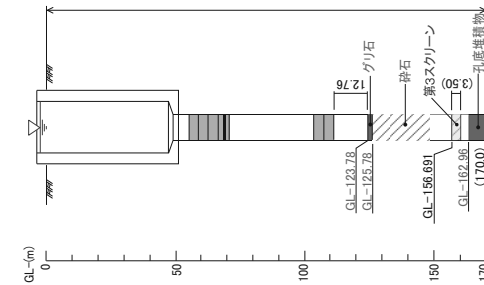
○温度・電気伝導度検査
○揚水試験
○孔内微流速検査
○水中カメラ

孔内ブラッシング・埋設物除去後



○水中カメラ
○深さ156.5m付近のケーシングおよび160m付近のスクリーンに損傷が確認された。

孔内下部埋設後

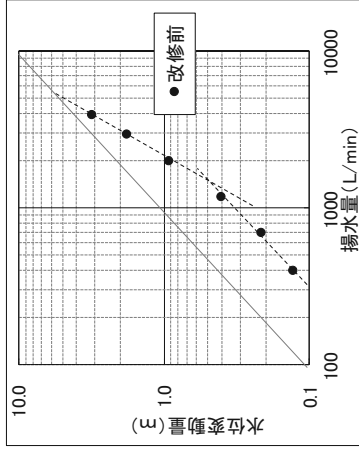
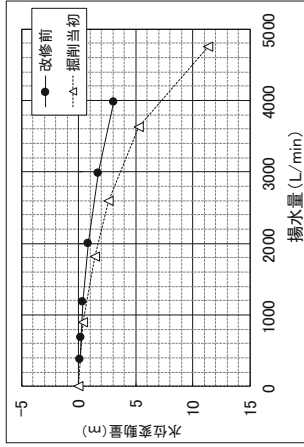


○温度・電気伝導度検査
○揚水試験
○孔内微流速検査
○水中カメラ

③井戸点検

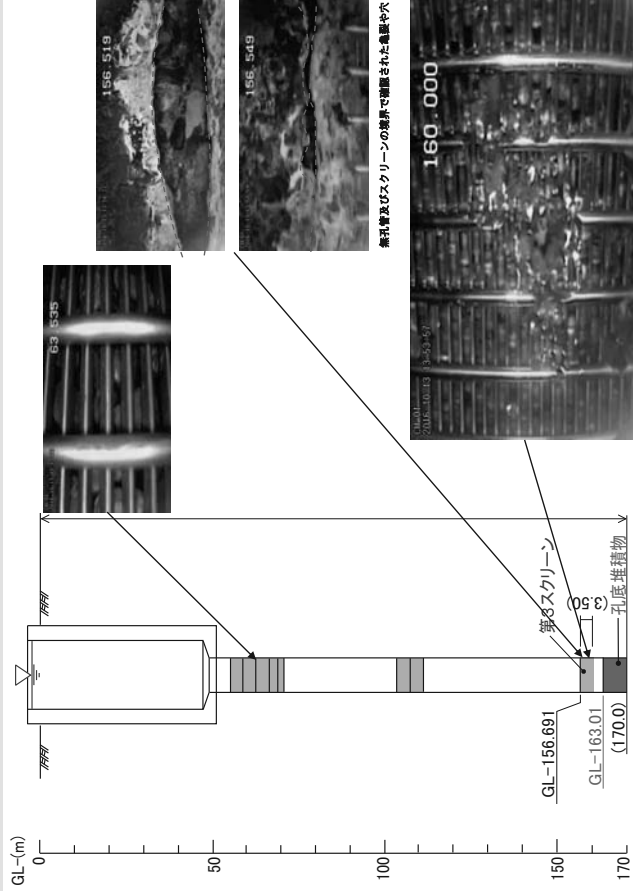
N10号井 揚水試験結果 (改修前)

段階	揚水量		水位 (GL-m)		比湧出量	時間 (min)
	GL(L/min)	Q(m ³ /d)	初期水位	動水位		
1	402	579	-2.061	-1.933	0.13	3,141 720
2	708	1,020	-2.053	-1.841	0.21	3,340 720
3	1,204	1,734	-2.082	-1.685	0.40	3,033 720
4	2,023	2,913	-2.095	-1.185	0.91	2,223 720
5	3,008	4,320	-2.053	-0.260	1.79	1,678 720
6	3,997	5,756	-2.052	1.076	3.13	1,278 720

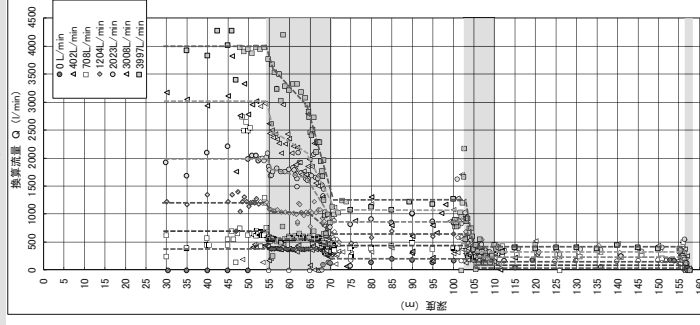


限界揚水量 : 1500L/min

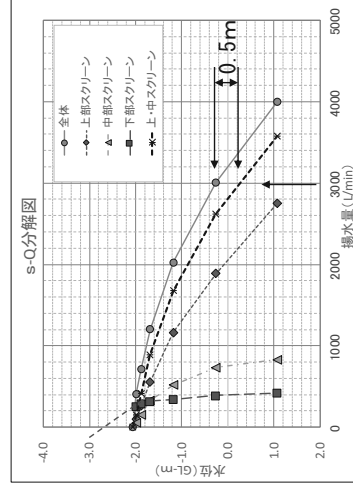
N10号井 水中テレビカメラ撮影結果



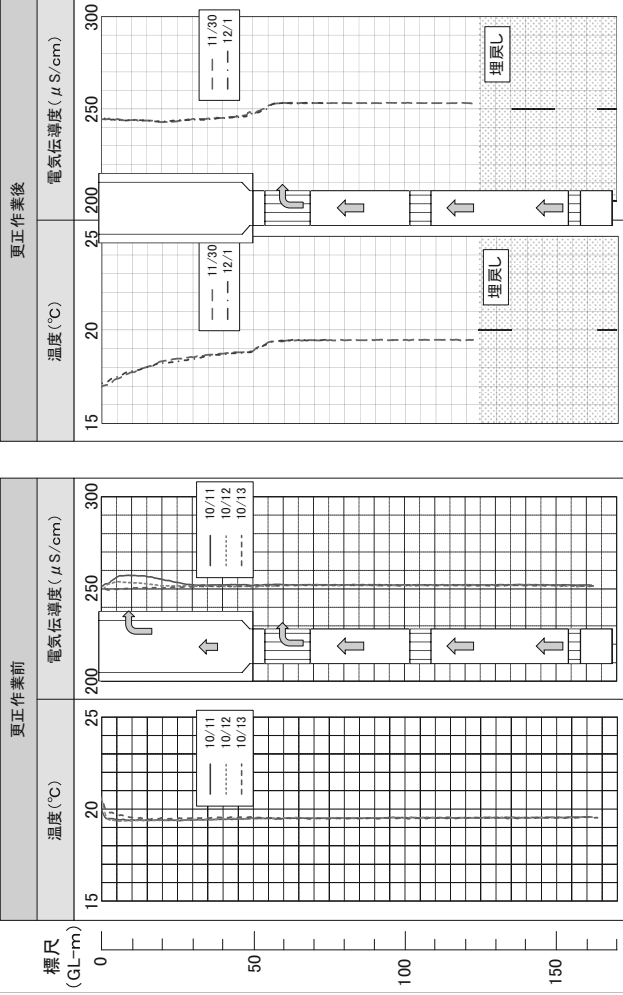
N10号井 孔内微流速検査結果による s-Q 図の分解



下部スクリーンを完全に閉鎖した場合、N10号井の s-Q 曲線は下図の黒色破線のよう計算される。
したがって、閉鎖前の動水位より 0.5m 程度の低下で、3000L/min は揚水可能と判断される。



N10号井 温度・電気伝導度検層結果からの孔内破損個所の検討



41

2 内挿管設置を設する場合

この方法は、図2に示すように口径200mmの内挿管を設置する工法である。この方法を選択すれば、現状の揚水能力を低下させることなく安全に施工可能であり、最適な工法である。

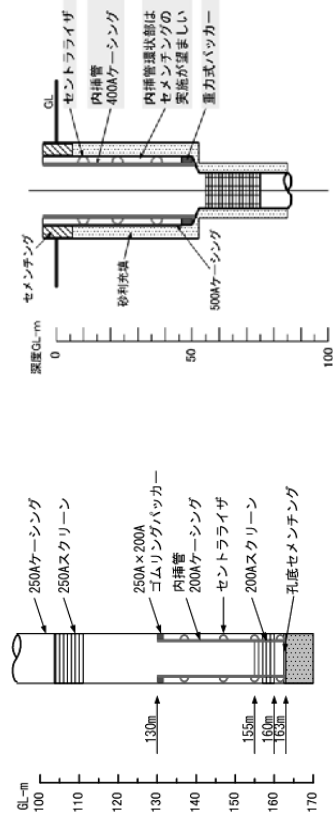


図2 改修計画図 (内挿管設置)

43

N10号井 下部スクリーン破損の対応策について (抜粋)

平成28年10月17日
一般社団法人 全国さく井協会
石塚 学

カメラで確認された破損部から、孔内に流入した環状部の充填砂利は僅かであり、現状では井戸構造の機能は維持されているが、この状況で井戸の使用すれば、さらに孔内に充填砂利が流入する可能性が高く、大量に流入すれば井戸の修復は困難となることから、早期の対策が必要である。対策の方法としては、以下の2つの方法が考えられる。

- ① 破損部付近を砕石・セメント等で閉鎖する。
- ② 破損部に内挿管を設置し、下部スクリーン付近を修復する。

(1) 破損部付近をセメント等で閉鎖する場合

本井は、揚水しない状態において、最下部スクリーンから最上部スクリーンへ約200L/minの地下水が上昇・流入している。その為、砕石の細粒分やセメント粒子が上部スクリーンへ流入し、目詰まりを生じる可能性がある。

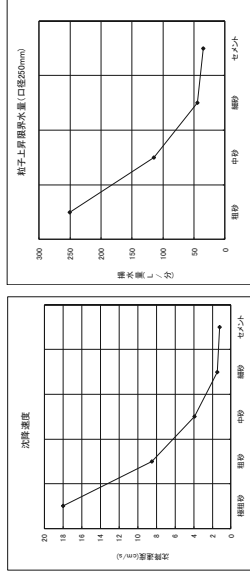
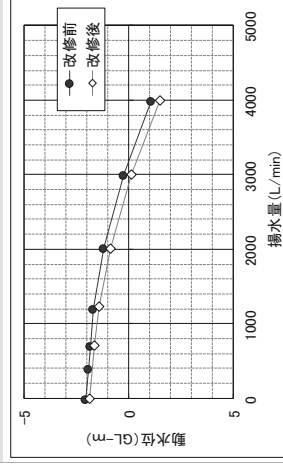
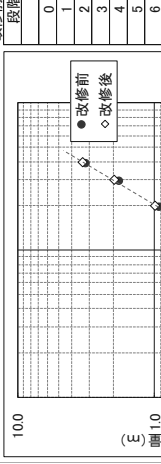


図1 粒子の沈降速度と上昇限界水量

N10号井 揚水試験結果



改修前



改修後

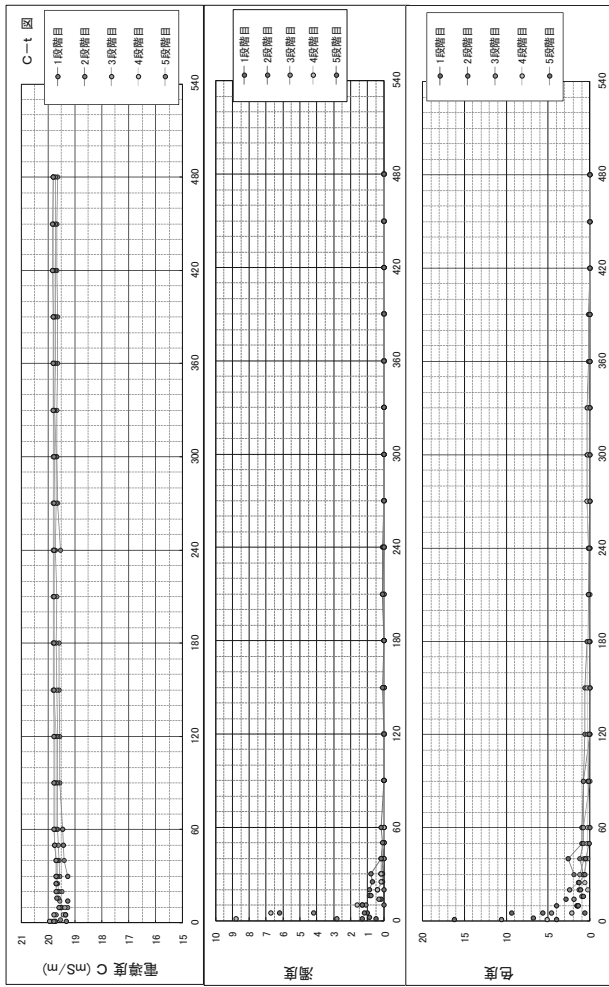
段階	揚水量 Q(L/min)	水位(GL-m) 初期水位	動水位	低下水位 SW(m)	比湧水量 Q(L/min/m)	時間 min
0	0	-2.061	-2.061	0.13	3.141	720
1	402	-2.061	-1.933	0.21	3.340	720
2	708	-2.053	-1.841	0.40	3.033	720
3	1,204	-2.082	-1.685	0.91	2.223	720
4	2,023	-2.095	-1.185	2.023	1.678	720
5	3,008	-2.053	-0.263	3.13	1.278	720
6	3,997	-2.052	-0.263	3.13	1.278	720

段階	揚水量 Q(L/min)	水位(GL-m) 初期水位	動水位	低下水位 SW(m)	比湧水量 Q(L/min/m)	時間 min
0	0	-1.862	-1.862	0.19	3.731	720
1	708	-1.862	-1.672	0.41	3.011	720
2	1,228.5	-1.843	-1.435	0.88	2.052	720
3	2,015.4	-1.842	-0.860	1.96	1.535	720
4	3,007.3	-1.839	-0.120	3.34	1.199	720
5	4,002.2	-1.840	-0.120	3.34	1.199	720

3000L/minの動水位は、改修前後で0.48mの低下

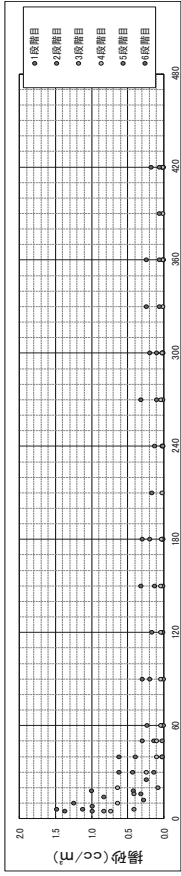
44

N10号井 電気伝導度・色度・濁度測定結果 (改修後)

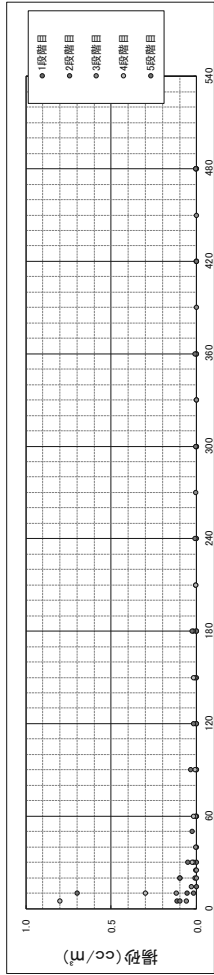


N10号井 揚砂測定結果

改修前

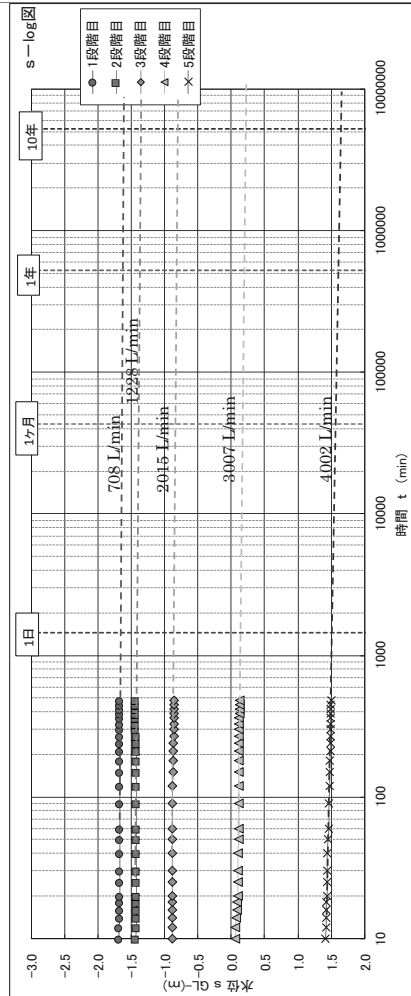


改修後



揚砂のほとんどは、下部スクリーンから発生

N10号井 揚水水位長期予測

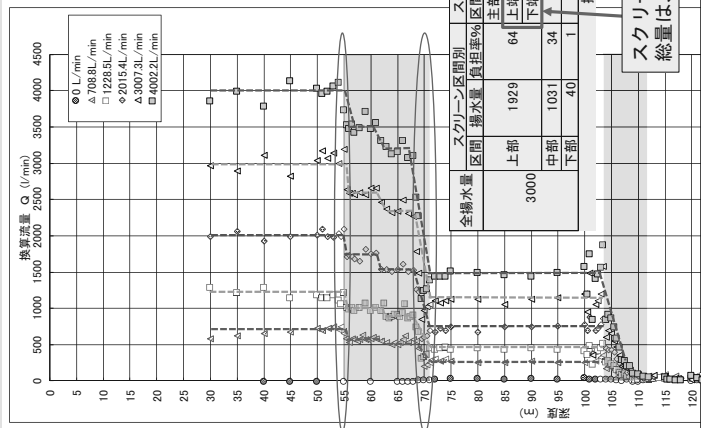


12時間後：GL-1.5m ⇒ 10年後：GL-1.65m
僅か0.15mの低下

4002L/min動水位

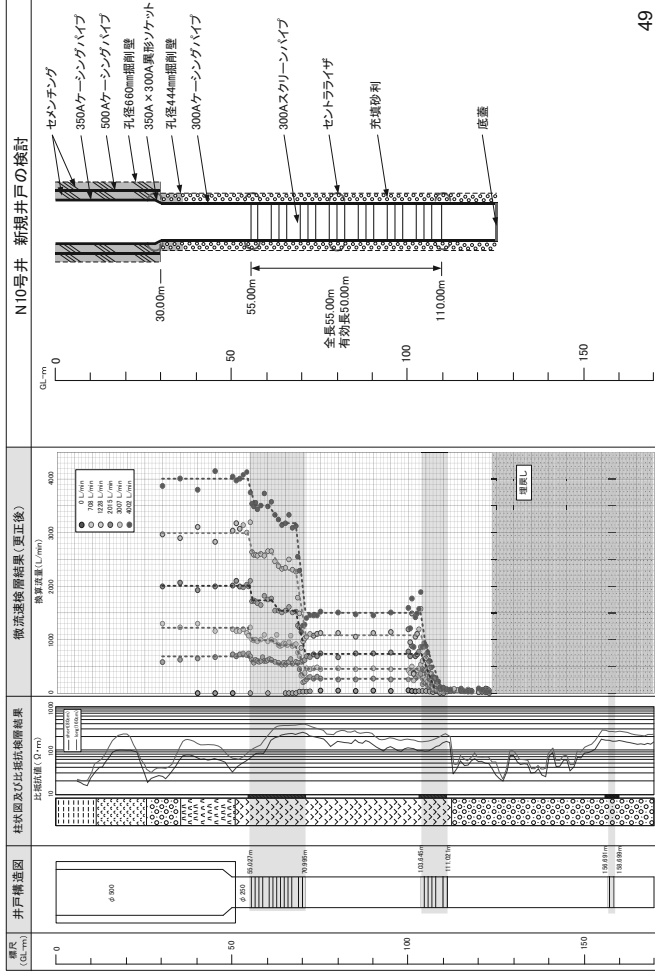
4002L/min揚水においても、
帯水層に余裕あり
限界は超えているが揚水可能

N10号井 孔内微流速検層結果による地下水流出層の検討



スクリーン区間以外から流入していると思われる上・下端部の総量は、全体の半分以上の51% ⇒ 井戸効率を低下させている。

N10号井 新規井戸の検討



49

〇砂を流入させない（防砂）ための検討

揚水時の砂の流入を防止するためには、計画水量揚水時のスクリーンの流入流速を掃流限界速度以下にしなければならぬ。
掃流限界速度を求めるためには、掘削時の地層サンプルや既存井の揚砂でふるい分け試験による砂の有粒粒径・比重などの確認が必要だが、実際は事前に知ることができない場合が多く、一般的には表1に示した値で検討する。
常水層からの流入速度をVとすると、流入量Qは以下のよう求められるので、掃流限界流速1.0cm/sと1.5cm/sの時のスクリーン1m当たりの流入量を計算すると表2のようになる。

表1 土の分類と掃流限界速度

土の分類	細砂	中砂	荒砂
粒径mm	0.05~0.25	0.25~0.5	0.65~2.0
限界流速cm/s	1.0~1.5	1.5~1.7	1.7~3.7

(出典) 『水道施設設計指針』2010 ((公社) 日本水道協会)

$$Q = A \times V \times 60 \div 1000$$

ここに Q: 流入量 (L/分)

A: 流入断面積

= 土質の間げ率0.3 (一般値) × 開孔面積 (cm²/m)

V: 流入流速 (cm/秒)

表2 流入流速1.0cm/s、1.5cm/s時の1m当たりの流入量

呼び径	スロットサイズ					
	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm	3.0 mm
流入量 (L/分)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
150A	11.1	17	20	30	27.3	41
175	17.3	26	30.3	43	39.3	57
200A	11.1	14	22	25	38	55.0
250A	17.3	22	33	30.3	57	33.3
300A	11.1	16	23	18.2	28	43
350A	17.3	22	33	25	39	59
400A	11.1	20	29	18.2	34	51
450A	17.3	26	37	25	47	70
500A	11.1	20	31	27	55	77
550A	17.3	26	36	33	62	92
600A	11.1	29	39	59	71	106

計画水量: 3,000 L/分 取水層厚 (スクリーン長): 5.0 m 取水層: 砂礫 (砂は中砂)

取水層の砂分は中砂であることから、掃流限界速度1.5cm/秒、スクリーンはスロットサイズ (目幅) 1.5mm、開孔率25%を選択し、口径250mmと300mmで検討すると、下表からスクリーン1m当たりの地下水流入量は59L/分と70L/分となる。

したがって、計画水量3,000 L/分を確保するために必要な、それぞれのスクリーン長は

$$\text{口径250A } L = 3000 \div 59 = 50.9m > 50m \Rightarrow \times$$

$$\text{口径300A } L = 3000 \div 70 = 42.9m < 50m \Rightarrow \circ$$

50

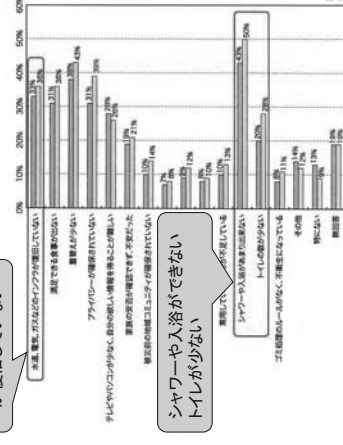
本日の話題

1. 熊本地域の地下水
2. 熊本地震
3. 水井戸被害調査概要
4. 障害井戸原因調査結果 (N10号井)
5. 災害から学ぶこと
6. おわりに

51

東日本大震災 避難所・自宅で困ったこと

水道などのインフラが復旧していない



(注) 内閣府中部地方振興局が実施した東日本大震災被害調査の結果

避難所生活で困っていること (アンケート)
平成24年度日本の水資源 (国土交通省) より引用

断水でトイレ風呂などが確保できない

3月11日以降、自宅で生活する中で特に不自由を感じたこと
仙台市ホームページより引用

52

熊本地震において避難所の設備で困ったこと、役に立った機能

※ 4 6 設置者（県及び全市町村）へ照会し、2 7 設置者から回答あり。（うち、有効回答は 2 4 設置者分。）

◆ 備えられていなかったために困った機能

- 全般を通して、外にあるトイレの往復が不便とのことから、多くの設置者が体育館内の多目的トイレの必要性を挙げた。
- 地震発生時は広い範囲で停電が発生し、自家発電設備の必要性を求める設置者が多かった。
- 夜間は館内が真っ暗になるため、調光機能を備えた照明や館内出入口の照明が必要という回答があった。
- 避難当初はライフラインの断絶により水の確保、とりわけトイレの水が確保できずに困ったと多くの設置者が回答。
- 断水解消後は、生活スペースとしての機能を求める住民が多くなったとして、空調やプライバシー配慮スペースが必要とほとんどの設置者が回答。

◆ 備えられていて役に立った機能

- 全般を通して、避難所として活用できた施設は構造体はもちろん、非構造部材における耐震化を行っている施設だった。
- 断水後は井戸や中水道施設が、停電時には自立運転機能等を備えた太陽光発電設備が役に立ったとの回答が多かった。
- 今回の地震の特徴として、車中泊が多かったためナイター照明が安心感を得られる等の理由からも役に立ったとの回答が多かった。

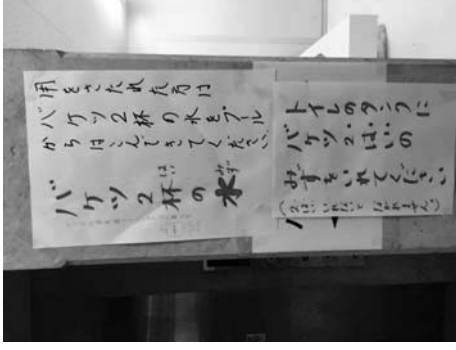
出典：さく井協会九州支部 岩隈支部長『防災用井戸のススメ』



53

避難所の給水源はおもにプールと給水車

- プールの場合、バケツ等で取水時に余震が起きたり、バランスを崩してプールに転落する恐れがあり、子供や高齢者には特に危険であった。



危険回避のため
さく井協会九州支部
岩隈支部長が提供した、
移動式手押しポンプ



- 給水車の場合、1回の運搬量に限度（2000リットル/台）があり、次の給水車が来るまでに長時間待つ必要がある。

54

水を求める大行列



17日午前7時51分、熊本県益城町、朝日新聞社ハブリから撮影された水を求める大行列



千代田工業（さく井協会会員）所有の災害用井戸に水を求める行列

55

熊本地震における水不足の記事



熊本国府高校ハイブ椅子でSOS
朝日新聞：4月17日

【避難所からのメッセージ】熊本地震 水が
足らず民家の井戸水利用も

熊本県民生活 2016年04月16日 16時59分掲載



熊本県民生活の取材では民衆が足りず井戸水を利用して水の確保に努めている

熊本地震では、最も多いときで366校が避難所として機能していた。これは避難所の約5割を占める。

しかし、学校施設には避難所としての設備が備わっていないため、トイレや電気、水の確保など、さまざまな不具合や不便が発生。

56

災害時の水に関する大きな勘違い

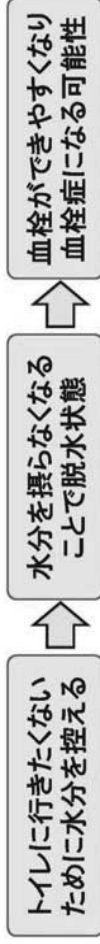
災害時に最も必要なのは飲料水ではなく、トイレやお風呂などに使う生活雑用水

戦後、災害時に飲み水が手に入らずに死亡した例はない。そのかわり生活雑用水が手に入らずに亡くなった被災者は1000人近い

なぜ地震で生き残った被災者が亡くなるのか？

エコノミークラス症候群

避難民の行動



阪神淡路大震災の地震後に亡くなられた方の死因は、心不全、心筋梗塞、脳梗塞、エコノミークラス症候群(肺塞栓)など、3割の人が血管を詰まらせる病気が原因

生活水さえ確保できれば、トイレを気にすることなく水分を補給でき、また自宅の安全が確認できれば断水状態でも十分に暮らすことができますので、血栓症になる確率も大幅に減少させると考えられます。

エコノミークラス症候群の記事

産経WEST 大原 29℃ 産経ニュース IRONNA フォト

WESTトップ 西論 猛虎 宝塚 夕陽エンセ 海運東証 経済ニュース 西論 猛虎 宝塚 夕陽エンセ 海運東証

速報 | できごと | スポーツ | ライフ | 経済 | 地域 | 特集 | 写真 | アンケング

東京産経メニュウ: ホーム | 速報 | 事件 | 政治 | 国際 | 経済 | コラム | スポーツ

【今日中にお金が必要!?】今すぐ借りれるカードローン [PR]

2016.5.10 11:20

【熊本地震】

エコノミークラス症候群の発症者計50人に 熊本県 新たに65歳男性

文字の大きさ 小 中 大 印刷

【熊本地震】



避難所では住民の間に検査器を当て、血圧の異常を調べる臨床検査技師＝熊本県益城町

熊本県は10日、エコノミークラス症候群を発症し、入院が必要があると診断された患者が新たに1人増え、計50人になったと発表しました。

新たな発症者は65歳以上の男性で、8日午後4時～9日午後4時に県内の医療機関を受診した。

熊本地震での感染症に関する記事

健康ニュース

2016年5月13日

熊本地震避難所、感染症疑い100人超す…ノロウイルスやインフルなど

ニュース・解説

ツイート いいね! 35 G+1 0 0 チェック

熊本地震を受けて開設された熊本県内の避難所で、ノロウイルスなどによる感染症の疑いのあった人が累計で100人を超えたことが、県と熊本市への取材でわかった。

食中毒対策は確実に
食中毒などが広がりやすい梅雨期が近づく中、熊本市では「拠点避難所」22か所への避難者の移動を本格化させており、専門家は「再び共同生活の規模が大きくなり、集団感染のリスクは高まっている」と警戒を強めている。

水不足が原因で亡くなった被災者はなぜ報道されないのか？

- ・ 報道はされているが全ての事案をある言葉でまとめて報道してしまうマスコミの功罪。



震災関連死

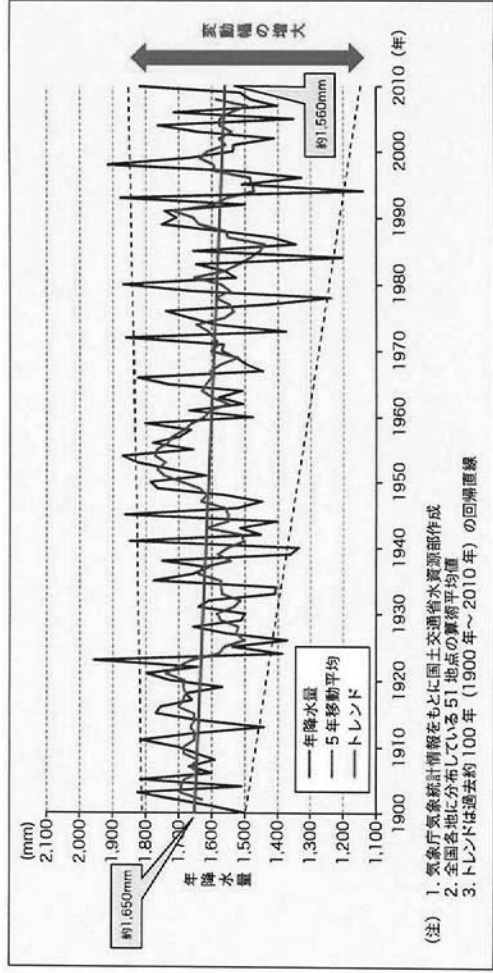
震災瓦礫につまづき転倒死しても震災関連死
血栓ができてそれが原因で亡くなってても震災関連死
ストレスによる心筋梗塞でも震災関連死

水道における災害・事故の状況

災害	要因	水源域現象	水道施設の影響		最近の発生事例
			原水水質	取水・浄水施設	
自然災害	風水害	土石流、地盤崩壊、シャワーベント・水発生	濁度、鉄・マンガン濃度上昇等	<ul style="list-style-type: none"> 取水口土砂埋塞 急速・緩速ろ過池機能停止等 取水スクリーン結水（目詰り現象、取水量減） 	2009年9月；台風9号でA町5浄水場冠水断水（約4600世帯、22日間）
	豪雪災害	流量減少	水源域の藻類による臭気発生	<ul style="list-style-type: none"> 取水量減少・停止 	2009年5月～7月；A市水道給水制限、B町は6月に22日間の夜間断水
	洪水災害	火山噴火、降灰	濁度、PH上昇	<ul style="list-style-type: none"> ろ過砂に灰付着等（ろ過能力低下、停止） 	1978年5月；有珠山噴火降灰で浄水場停止、断水
	火山災害	津波災害	塩水化	<ul style="list-style-type: none"> 構造物損壊 取水量減少・停止 	2009年8月；駿河湾を震源とする地震で静岡県、神奈川県内で断水（75,000戸、最大3日間）2011.3；東日本大震災で断水（230万戸）
	地震災害	山崩れ、土石流、地盤崩壊	濁度、鉄・マンガン濃度上昇等	<ul style="list-style-type: none"> 取水口土砂埋塞 施設設備損傷 取水量減少・停止 	2012年5；利根川水系化糞物質汚濁水流出、減断水（36万戸、87万人に影響）
人為災害	化学物質の流出	水源流域での工場、事業所排水等	油類、薬品類	<ul style="list-style-type: none"> 活性炭注入 取水量減少・停止 	

* 最近の発生事例は「国土交通省平成21年水資源白書及び被災県HPなど」より作成

日本の年降水量の経年変化



水道における災害・事故の対策

対策と効果
<p>地下水の活用（表流水と併用又は単独使用）</p> <p>平常時</p> <p>70% 地下水取水 → 浄水場 → 配水池</p> <p>30% 地下水 → 配水池</p> <p>平常時</p> <p>80～50% 地下水取水 → 浄水場 → 配水池</p> <p>20～50% 地下水 → 配水池</p> <p>*%数値は原水重の負荷分散比率の割合を示す</p> <p>水源域で水量・水質に影響を及ぼす諸現象（渇水、水質汚染等）発生時</p> <p>平常時</p> <p>0% 地下水取水 → 浄水場 → 配水池</p> <p>100% 地下水 → 配水池</p> <p>*地下水併用時の揚水量は地表水取水量で変動</p> <p>地震、集中豪雨、土石流、火山噴火などにより施設損傷、損壊及び機能低下発生時</p> <p>災害時</p> <p>0% 地下水取水 → 浄水場 → 配水池</p> <p>100% 地下水 → 配水池</p> <p>*過剰な揚水量を維持できない場合は、地下水の揚水量の削減を出発確認し、減量後に重複配水池に送水</p>
<p>対策と効果</p> <p>□ 予備水源及び水質の多系統化</p> <ul style="list-style-type: none"> 災害時の予備水源の確保 浄水処理の安定化 薬品処理コストの軽減化策など 災害リスクの低減化策 <p>□ 取水水量減少及び水質の異常時</p> <ul style="list-style-type: none"> 高水時対応（水量不足） 濁度上昇等水質異常時の浄水処理の対応（処理プロセスの負荷軽減、処理コスト薬品・汚泥発生量などの軽減） <p>□ 取水・浄水処理不能及び水質異常時など</p> <ul style="list-style-type: none"> 土石流等による取水不能対応 災害で浄水システム停止時の対応 応急給水拠点としての機能確保

地表水を水源とする水道では、予備水源または代替水源を備えることが必要である。

地下水の活用を図ることが、有効な対策となる。

水道システムでの地下水の活用例(水道)

地域防災計画における地下水利用の優位性

河川・池・湖沼水や海水⇒△

これらの水資源の水質は不安定で取水位置も限定される。

プール⇒△

施設が耐震化されていない場合が多い、特に古い施設は液状化等により損壊する恐れがある(東日本大震災において損壊率46.8%)。また、一般的にプール容量約660立方メートルは容量不足(収容500人×250Lで5.3日分)。

地下水⇒◎

- 気象条件に左右されない身近な水資源であり、水質が良好であれば飲料水や医療用水に活用できる。また、飲料水として直接使用することが水質面から難しい場合でも、トイレ用水などの生活用水として利用可能であり、災害後の公衆衛生を確保するうえで極めて有効である。
- 「東日本大震災・熊本地震による井戸の被害調査」から、井戸は地震に強く、耐震性に富んでいることが再確認された。
- さらに、需要(必要とされる場所)と供給場所(井戸の設置箇所)が同一または近接しているため、配管の寸断などのリスクは少ない等、他水源に比し優位性に富んだ水資源である。

地域防災計画における地下水利用の現状

(1) 国土交通省の地下水有効利用の取り組み

- 平成19年3月：『健全な地下水の保全・利用に向けて』
- 平成21年3月：『震災時地下水利用指針(案)』

(2) 自治体の災害用協力井戸(応急給水用井戸)制度の展開

- 災害時に個人や企業が保有する水井戸を生活用水として提供してもらう「災害用協力井戸の制度」が全国の自治体で導入されてきている。
- この制度は、個人や事業所で保有する井戸を自治体に登録し、災害時に水道が断水した際に近隣住民に生活用水として無料で開放・使用できる仕組みで、これまでに都内21区のほか政令指定都市など15市で、12,000個所の井戸が登録されているとの報道もある。

(3) 災害時の医療活動用水の事例

『災害医療等のあり方に関する検討会(平成23年10月厚生労働省)』によると、東日本大震災における医療活動用水について、以下のように報告されている。

- 井戸設備を備えている病院は229病院(46.8%)であった。
- 〔参考〕国立病院機構水戸医療センター(病床500床)で2011年1月に地下水飲料化システム導入⇒ライフラインの2WAY化
- 東日本大震災時には、水が使用可能だったことから、患者の受け入れが可能であった。

(4) 災害時の防火用水の事例

東日本大震災での東京都対応(消防水利の確保に関して)

【課題】

今回の震災では、大津波による被害だけでなく火災も発生し、被害を受けている。首都直下地震の際、都内においては、木造住宅密集地域を中心に、同時多発火災や大規模市街地火災が発生する可能性が高い。しかしながら、消防水利の不足地域を見ると、そのほとんどが木造住宅密集地域に集中しており、この地域内では防火水槽の設置用地の確保が困難になりつつある。そのため、迅速な消火活動の実現に向けた、消防水利の整備のための方策を講じる必要がある。

【対応】

今回の震災を踏まえて、区市町村では、地元消防署と連携した水利整備や、都市構造の変化に対応した水利整備計画の推進の検討などが進められている。都としては、防火水槽の整備等の既存の手法だけではなく、震災時における生活用水等にも活用が図られる多機能型深井戸の整備を推進し、木造住宅密集地域における水利の確保を図っていく。

東京都：防災対応指針(平成23年11月)

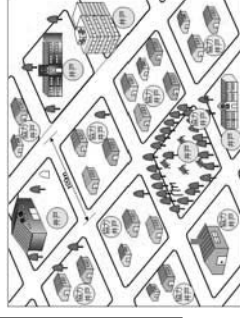
地域防災計画における地下水利用 (1) 地域防災計画における非常用給水計画

- 大規模震災時に求められる水需要は、下表に示すように震災発生直後から各段階で変化する。

応急給水の目標設定例

地震発生からの日数	目標水量	市民の水の運搬距離	主な給水方法
地震発生～3日まで	3 日ノ人・日	概ね 1km 以内	簡便な水櫃、タンク車
10日	20 日ノ人・日	概ね 250m 以内	配水幹線沿いの既設給水栓
21日	100 日ノ人・日	概ね 100m 以内	配水支線上の既設給水栓
28日	被災前給水量 (約 250 日ノ人・日)	概ね 100m 以内	仮置場からの各戸給水 共用栓

資料) 厚生労働省「水道耐震化計画等策定指針」(2008年)より抜粋



- 防災井戸は、前章で述べたように自治体の災害用協力井戸(応急給水用井戸)制度を構築・活用するのが有効である。
- 特に、災害対策の重要な拠点となる「収容避難場所(学校・公民館など)」、「病院・診療所などの医療施設」等には、水供給施設として防災井戸とともに揚水ポンプ用の非常用発電設備を備えることは、災害時の断水対策として極めて有効である。
- 防災井戸は災害時のみに利用するのではなく、平常時から必要な給水量の一部または全部を利用することが望ましい。そうすることで、水等のコスト低減化に寄与し、井戸の維持管理も容易となる。

(2) さく井協会 防災用井戸普及の取り組み

女川町森公園で、親子井戸掘り教室を実施しました！

NPO法人女川ネイチャーガイド協会主催、女川町共催、女川町ホールディングス（HD）と一般社団法人全国さく井協会の協賛により、平成27年8月23日に、奥清水溪流の森公園において『親子井戸掘教室』を開催しました。子どもたちに『人の力か井戸が掘れること・水の大切さ』をみんなで学んでもらう企画です。



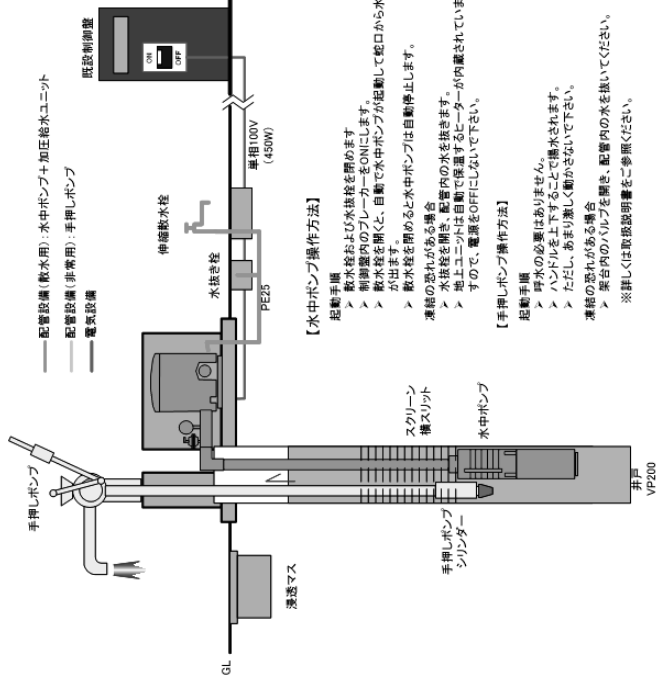
手掘りの打ち込み井戸を、親子みんなで掘さくしました



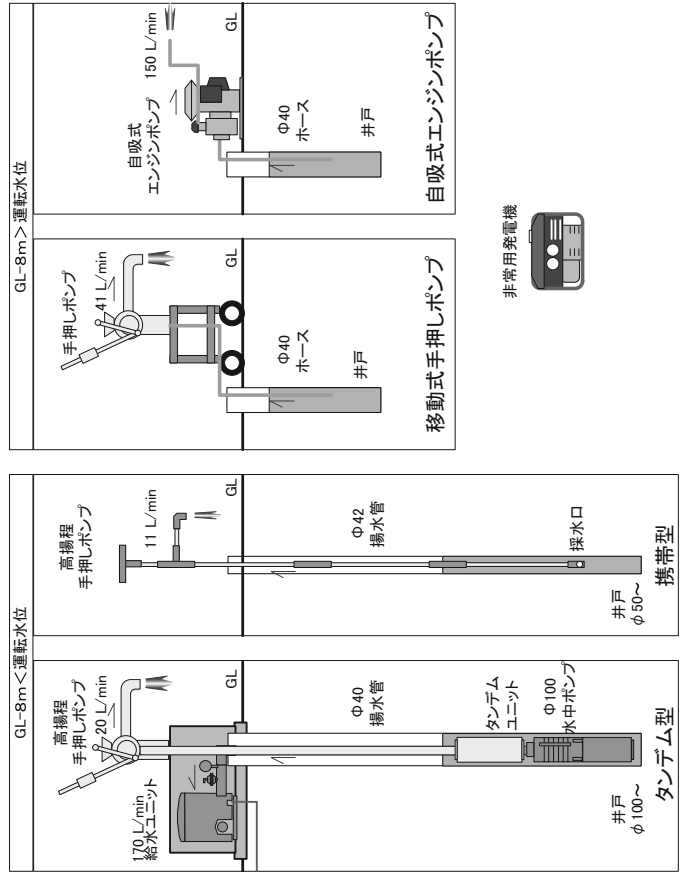
押しポンプを設置し、夢中で汲み上げの子供達



女川町 女川駅前広場に、防災井戸を設置しました！

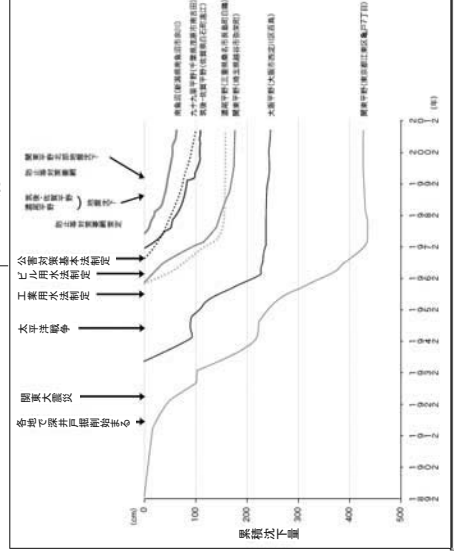


防災井戸の設置モデル



地下水の保全・利用に向けた課題

地下水使用に関しては、昭和30年代から40年代にかけて地下水の過剰な揚水で大都市圏を中心に地盤沈下を惹起し社会問題となった経緯がある。このため、法律や条例・要綱・指針など(平成25年5月現在、32都道府県385市区町村)による揚水規制を推し進めてきた結果、大部分の地域で地下水水位は上昇し、地盤沈下は沈静化しつつある。



代表地域の地盤沈下の経年変化
(国土交通省・平成24年度版日本の水資源より抜粋)

規制により沈静化



コントロール可能



地下水は循環型の資源であり、『健全な水循環を維持すれば、安定的な地下水利用』は可能である』ということを示している。

地下水の保全・利用に向けた提言

- 安全で良質な水供給に対する要請がますます強まるとともに、降水量の多い年と少ない年の変動幅が次第に増加し、渇水年の年降水量が減少傾向にある。
- また、地震や豪雨などの自然災害や化学薬品の流出事故などの人為災害により、減水・断水となるケースも多発し、大都市を中心に、安全で安心な水を供給するため、その危機管理に備える必要性が高まっている。
- その対策として、地下水の活用が極めて有効である。



- 地下水は循環型の資源であり、地表からしみこむ供給量以内で利用すれば、持続可能な資源として安定的に利用することができる。

- したがって、『地下水は地域（地下水盆）の共有財産』という認識に立ち、継続可能な地下水の適正利用のあり方を検討し、地下水の保全・利用に関する計画を策定・運用する必要がある。

資料）一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会 北海道支部、『大切な水』

73

本日の話題

1. 熊本地域の地下水
2. 熊本地震
3. 水井戸被害調査概要
4. 障害水井戸原因調査結果(N10号井)
5. 災害から学ぶこと
6. おわりに

74



ご清聴ありがとうございました！

76

- 最大規模の地震により、大きな被害を受けた状況下において、大部分の水井戸は、未曾有の地震に耐え機能を維持し、水供給の役割を果たしていたといえる。

- 地域の水供給施設として、水道が唯一の手段となっており、近年の地震・風水害など自然災害が多いなかで、災害時の水確保対策として地下水資源の活用例が大都市圏を中心に進められてきている。しかしながら、このような目的で設置された水井戸の平常時の活用例は少なく、維持管理などの問題から全国的な展開となっているとは言えない。水井戸機能を維持する上でも平時の有効活用とその効果について、当協会として情報発信をしていく必要があると考えている。

- 地下水は循環型の資源であり、安定的に地下水を確保するためには健全な水循環を維持することが前提であることから、その有効利用に当たっては、『地下水は地域（地下水流域）の共有財産』という認識に立ち、地域全体の責任で有効に管理できる体制と適正な利用方法（ルール作り）の検討が必要である。

水井戸データベースの構築 → 地下水盆の構造説明 が第一歩

- 北海道水井戸データベース 約2,000件構築済み（地質研究所共同開発）
- 福島県水井戸データベース 約1,100件構築済み
- 国交省水井戸データベースを検証修復⇒モデル事業としてH26・27・28年度（各2県）実施
- 国交省地下水台帳レコード作成ツール⇒Webアプリケーションとして構築済み
- 関係団体とのデータ共有化⇒データベースの標準化

- （一社）全国さく井協会は、熊本地震における水井戸施設の被害状況などを調査を実施した。現在、損傷した水井戸の原因解明と対策、調査結果から得た教訓をもとに災害時の水井戸施設の被害防止・軽減への対策、新規水井戸の設計、水井戸維持管理システムの提案などをまとめ中である。

75

第 55 回試錐研究会講演資料集

平成 29 年（2017 年）2 月 23 日 発行

編集 試錐研究会

出版 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所

〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 12 丁目

TEL 011-747-2420

FAX 011-737-9071

URL <http://www.hro.or.jp/gsh.html>

印刷 岩橋印刷株式会社

〒063-8580 北海道札幌市西区西町南 18 丁目 1-34

TEL 011-669-2512
