

# 地質・地盤のリスクとリスクマネジメント



2016年11月8日 博多駅前陥没事故 朝日新聞デジタルより

令和元年 11月22日

新協地水(株) 地質リスク・エンジニア 原 勝重



# お話しする項目

はじめに

1. 地質と地盤について
2. リスクとリスクマネジメントについて
3. 地質・地盤のリスクとリスクマネジメントについて
4. 地質・地盤に関わるリスクマネジメントの動向
5. 米国と英国の建設事業に関わるリスクマネジメント
6. 地質・地盤のリスクとリスク対応事例

おわりに



# はじめに

地質・地盤に関わる建設事業のリスクを、

- ①コスト増大リスク, 建設事業コストの損失そのものと
  - ②その要因の不確実性(地質・地盤条件が複雑ということ)
- とした場合のリスクマネジメントについてお話します。



# 1. 地質と地盤について



## 「地質」と「地盤」は、どう違うのか？

**地質**：理学の分野の用語で、岩石および岩石の積み重なりの地層を指すものであり、岩石の種類（火成岩・堆積岩・変成岩など）や地質の構造によって人間の社会生活に影響を及ぼすもの

**地盤**：工学の分野の用語で、建物などを建てる時に、地面の下を構成する土や岩石の重なりを指し、建物の荷重による耐性や地震による耐性を試験、検査したりするとき用いる



地盤に関わるコンサルタントは、成果品である報告書の中で必ずその場所や地点の「地形」・「地質」・「地質構造」・「災害履歴」などについて示します。

それは、これらのことを示すことにより、その場所に存在するリスクの素因を想定することができるからです。

(一社)全地連※  
地質リスク

(公社)地盤工学会  
地盤リスク

「地質・地盤のリスク」

※全地連:全国地質調査業協会連合会



## 2. リスクと リスクマネジメントについて



## 2.1 工事でリスクが発現した事例



2016年11月8日に発生した博多駅前陥没事故

陥没：幅約27m × 長さ約30m × 深さ約15m

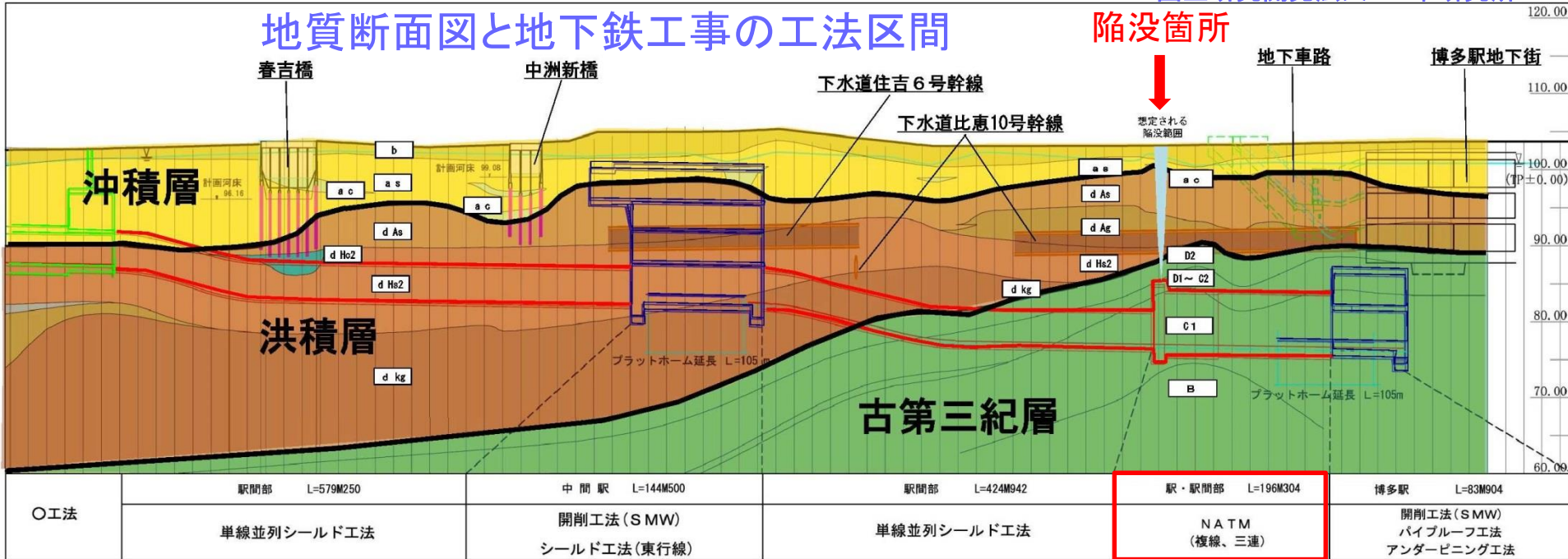




# 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会

国立研究開発法人 土木研究所

## 地質断面図と地下鉄工事の工法区間



## 道路陥没事故検討委員会報告書概要(平成29年5月)の最後には

- 難易度が高くリスクを多く包含する工事においては総合的な判断も求められることから日頃の関係する技術者の技術力向上はもとより、工事中においても然るべき場を設け、関係者間における現場状況の共有と真摯な技術的議論、その結果のフィードバックにより、高度な技術的知見を設計・施工に反映させるとともに、地質・地盤条件が複雑な我が国においては、関連する知見等を全国的に収集・活用できるしくみが必要である

と締めくくっている。

つまり、リスクマネジメント、リスクコミュニケーション、ナレッジマネジメント、データベースが必要である。

# 施工者の賠償額は10億円超え

## 博多の道路陥没、民間事業者などの請求が442件

日経コンストラクション

2018.4.23

2016年11月にJR博多駅前の地下鉄工事で起こった道路陥没事故で、現場周辺の民間事業者などに対する施工者の損害賠償額が10億円を超えることが分かった。福岡市が3月23日、市議会の条例予算特別委員会で明らかにした。下水道などライフラインの本復旧費用の一部はまだ計上していないので、さらに億単位で増える見込みだ。

賠償費用は、施工者の大成建設・佐藤工業・森本組・三軌建設・西光建設JVが全額を負担することで福岡市と合意済みだ。市は17年1月に賠償に関する受付窓口を開設し、市の職員と大成建設の社員が2人1組のチームを編成して対応してきた（最大で15チーム）。合意した賠償額は、大成建設JVが請求者に直接

支払っている。

福岡市交通局によると、民間事業者やライフライン事業者などによる損害賠償の請求件数は、今年3月15日までに442件。このうち、99%以上に当たる439件で、請求者との間で賠償額に合意が得られた。合意済みの賠償額は約5億9700万円に上る。

### 下水道幹線などの工法が未定

仮復旧を終えた上下水道や電力などのインフラは今後、本復旧が必要になる。本復旧費用は既に、電気、水道、ガス、通信の4事業者と約3億500万円で合意。さらに、市道の復旧に約1億3800万円がかかっている。これらを合わせると賠償額は



JR博多駅前で発生した道路陥没事故の様子(写真:本誌)

約10億4000万円に上る。

ただし、トンネルの復旧方法が昨年12月まで定まっていなかったことから、内径2.4mの下水道幹線など地中に構築するライフラインの工法や埋設順序などが一部決まっていない。こうした費用は未計上で、今後、億単位で増えるとみられる。

(山崎 一邦=フリーライター)

## 2.2 リスクとは

# リスクとは

### リスクが一般的に示す意味

- イ. 事故(peril)
- ロ. 危険事象(ハザード:hazard)
- ハ. 事故発生の対象(exposure)
- ニ. 危険状態(danger)
- ホ. 偶発事故(accident)
- ヘ. 危機(crisis)
- ト. 不足事態(contingency)
- チ. 脅威(threat)
- リ. 事故発生の可能性(possibility)
- ヌ. 事故発生の不確実性(uncertainty)
- ル. 予測と結果の差異など

### JIS Q 31000-2010

リスク(risk)とは  
「目的に対する不確かさの影響」と定義

リスクマネジメント(Risk Management)とは  
「リスクについて、組織を指揮統制するための調整された活動」と定義

リスクをマネジメントする方法として、  
1. リスクをコントロールする技術  
2. リスク事象による被害を分散させる技術(リスクファイナンス)

中島秀諮嗣:リスク工学と地盤工学, 地盤工学会誌, vol.52-5, 2004.5



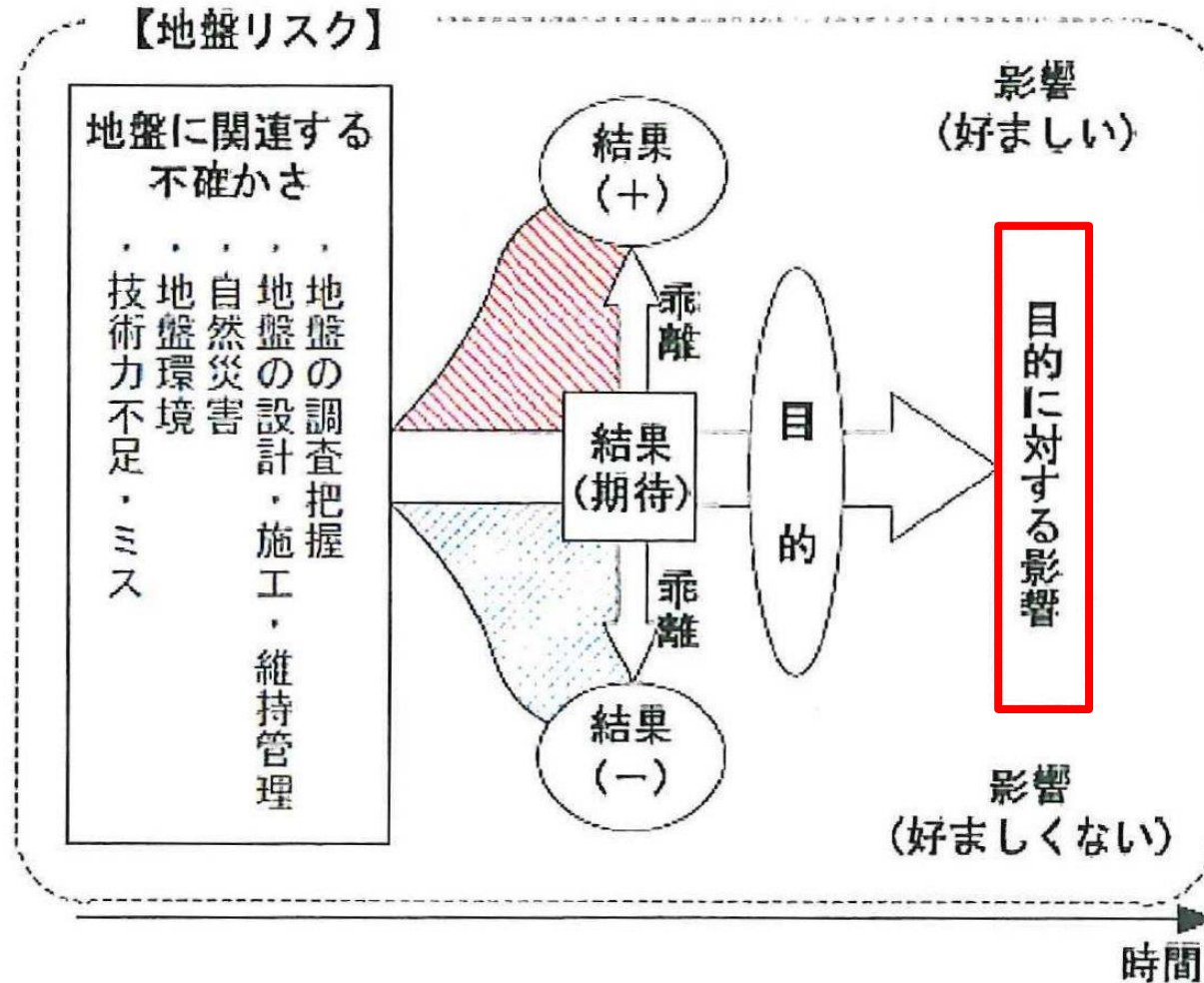
## リスクには主体があります

リスクは、個人、家族、地域、企業、国や自治体など、その個人、集合体、組織などの主体によって異なり、その主体によってリスクに対する対応も異なります。

ここでは、地盤工学に携わる技術者や土木構造物・建築構造物の建設に携わる技術者を主体とした地質・地盤のリスクと建設事業に係わるリスクマネジメントの話をしていきます。



# 地質・地盤に関わるリスクの一般的な定義



大日方・正垣・伊藤・稲垣:地盤工学におけるリスクマネジメント 2. リスクとリスクマネジメント,地盤工学会誌vol.59-7, pp.100~107, 2011

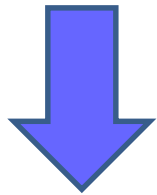
# 参考とした地質・地盤のリスクに関する書籍等

- ・リスク工学と地盤工学：地盤工学会誌の講座，2004.4～2004.9
- ・岩盤崩壊のリスク評価に向けて：土木学会岩盤力学委員会  
リスク評価研究小委員会，2006.5
- ・地質リスクマネジメント入門：(社)全国地質調査業連合会，2010.4
- ・地盤工学におけるリスクマネジメント：地盤工学会誌の講座，  
2011.7～2011.12
- ・役立つ地盤リスクの知識：(公社)地盤工学会，2013.4
- ・地盤リスク低減に向けて：日下部 治，地盤工学会誌，2013.7
- ・ジオリスクマネジメント：C.R.I. Clayton，英国土木学会編，  
(社)全国地質調査業連合会訳，2016.12
- ・地盤災害リスクマネージメントと気候変動適応の融合に関する研究報告書：  
(公社)地盤工学会，2016.12



## リスクのとらえ方の例

- a. その事象が顕在化すると好ましくない影響が発生する。
- b. その事象が顕在化した場合の影響の大きさが明らかではないという結果の不確実性がある。
- c. その事象がいつ顕在化するかわからないという発生の不確実性がある。



このことを「地震動」による災害で考えてみると

a)について:地震が発生すると色々な被害が発生する

(道路・鉄道・上下水道・電気・ガス・通信などライフラインの被害, 家・建物等の被害, 地盤災害(液状化, 崩壊), 津波災害など)

b)について:地震が発生すると場所や構造物によって被害の程度が異なる

(全壊・半壊, 機能不全, 使用限界・許容限界など)

c)について:地震がいつ・どこで・どのくらいの大きさに発生するかわからない

(海溝(プレート境界)型・内陸(直下)型, マグニチュード・震度など)

## 2.3 リスクマネージメントとは

リスクをマネージメントすることとは、

実践リスクマネジメント[第四版]では、

「リスクマネジメント(Risk Management)とは、  
リスクの発生予防に努め、リスクが実際に発生した時には、  
被害を最小限にとどめるような活動を行うことである。」  
と定義されている。

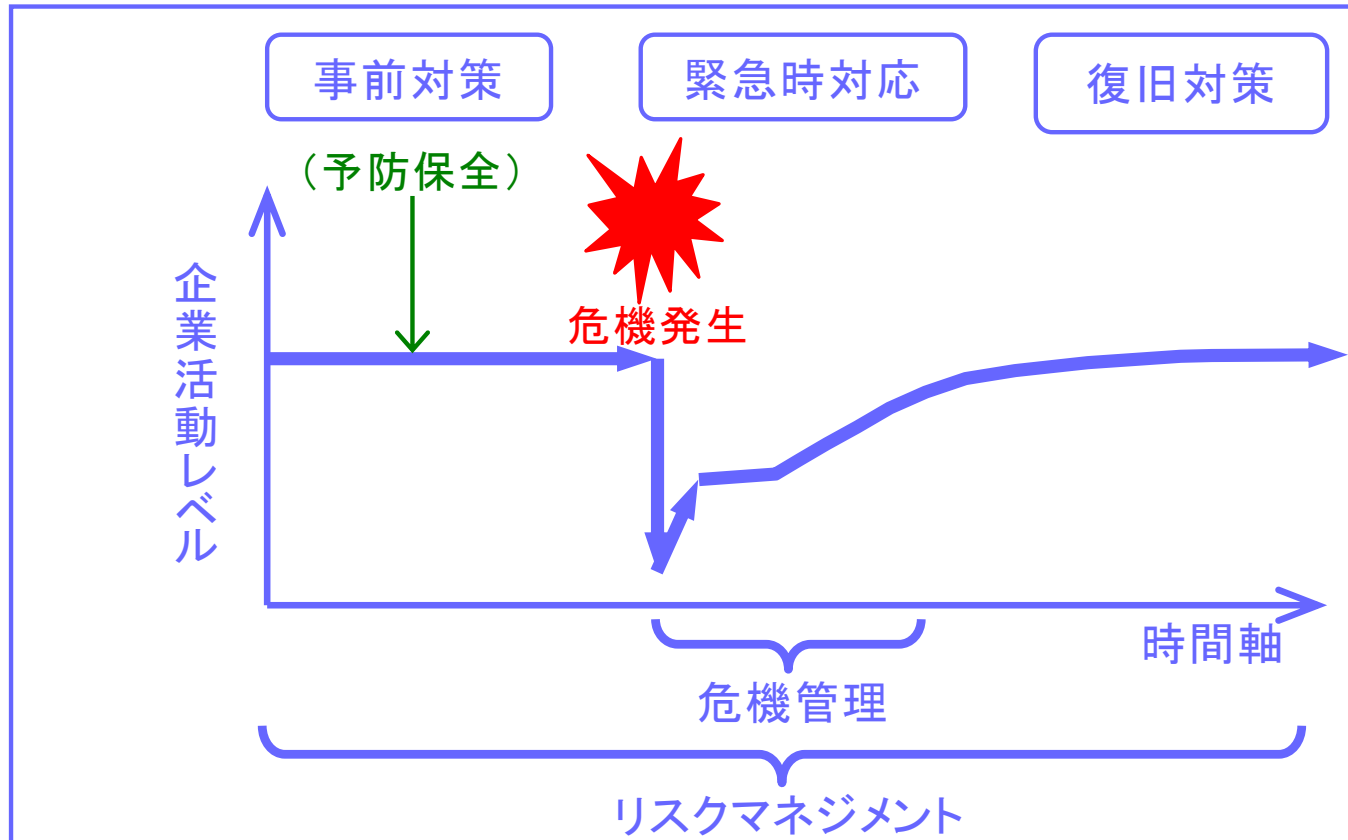
JIS Q 31000-2010 においては、

「リスクマネジメント(Risk Management)とは、  
リスクについて、組織を指揮統制するための調整された活動」  
と定義されている。





# 危機管理とリスクマネジメントについて



中島秀諮嗣:リスク工学と地盤工学, 地盤工学会誌, vol.52-5, 2004.5

## リスクをマネージメントする方法 とは,

1. 万が一，不幸な事象が発生したときに起こるであろう被害を出来るだけ小さくするよう準備しておくこと



リスク事象の生起確率そのものを減少させる技術  
(リスクコントロール)

2. 被害が生じた時の補償を行う方法や復旧のための資金をあらかじめ用意しておくこと



リスク事象により生じた被害を社会全体に分散させる技術  
(リスクファイナンス, 転嫁)

### 3. 地質・地盤のリスクと リスクマネジメントについて



# 3.1 地質・地盤のリスク

地質・地盤リスクを事業コストと定義した場合

地質・地盤に関わる建設事業のリスクを、

## ①コスト増大リスク，建設事業コストの損失そのもの

例えば，  
博多駅前陥没事故など

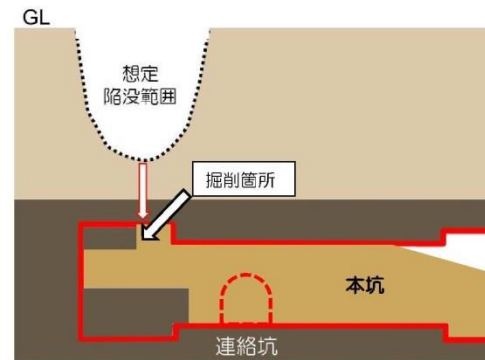
と

## ②その要因の不確実性

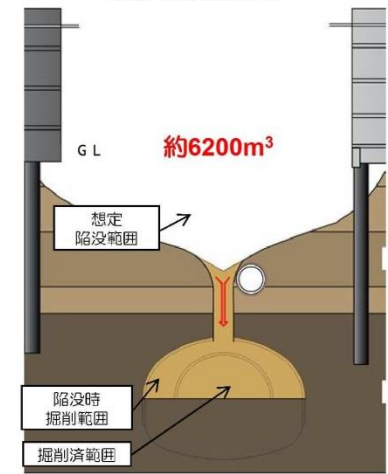
(地質・地盤条件が複雑ということ)

とした。

〔陥没箇所縦断面図〕



〔陥没箇所横断面図〕

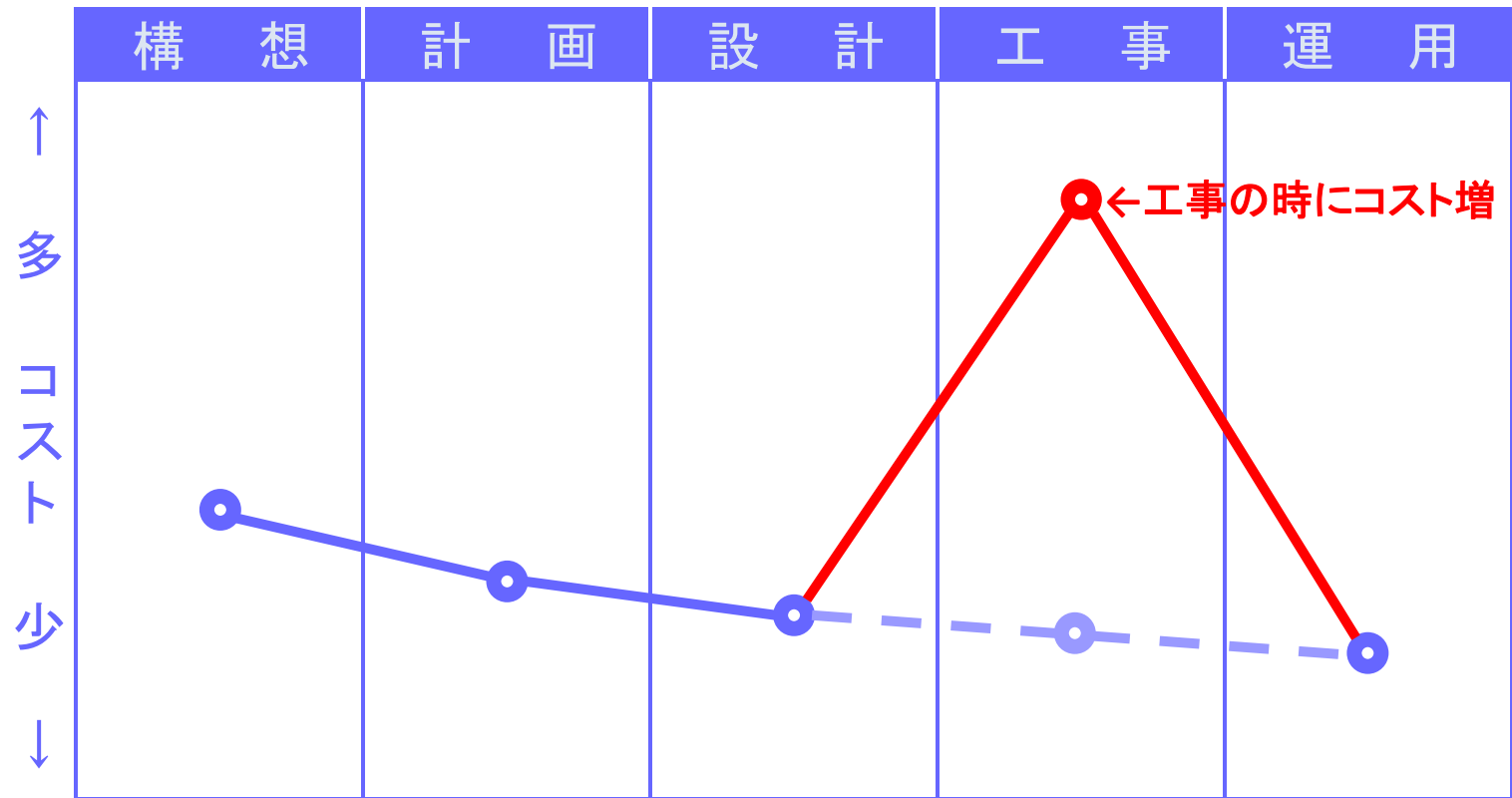


道路陥没概要 (福岡市公表資料より抜粋)

## 3.2 コスト増大リスクと事業コストの損失

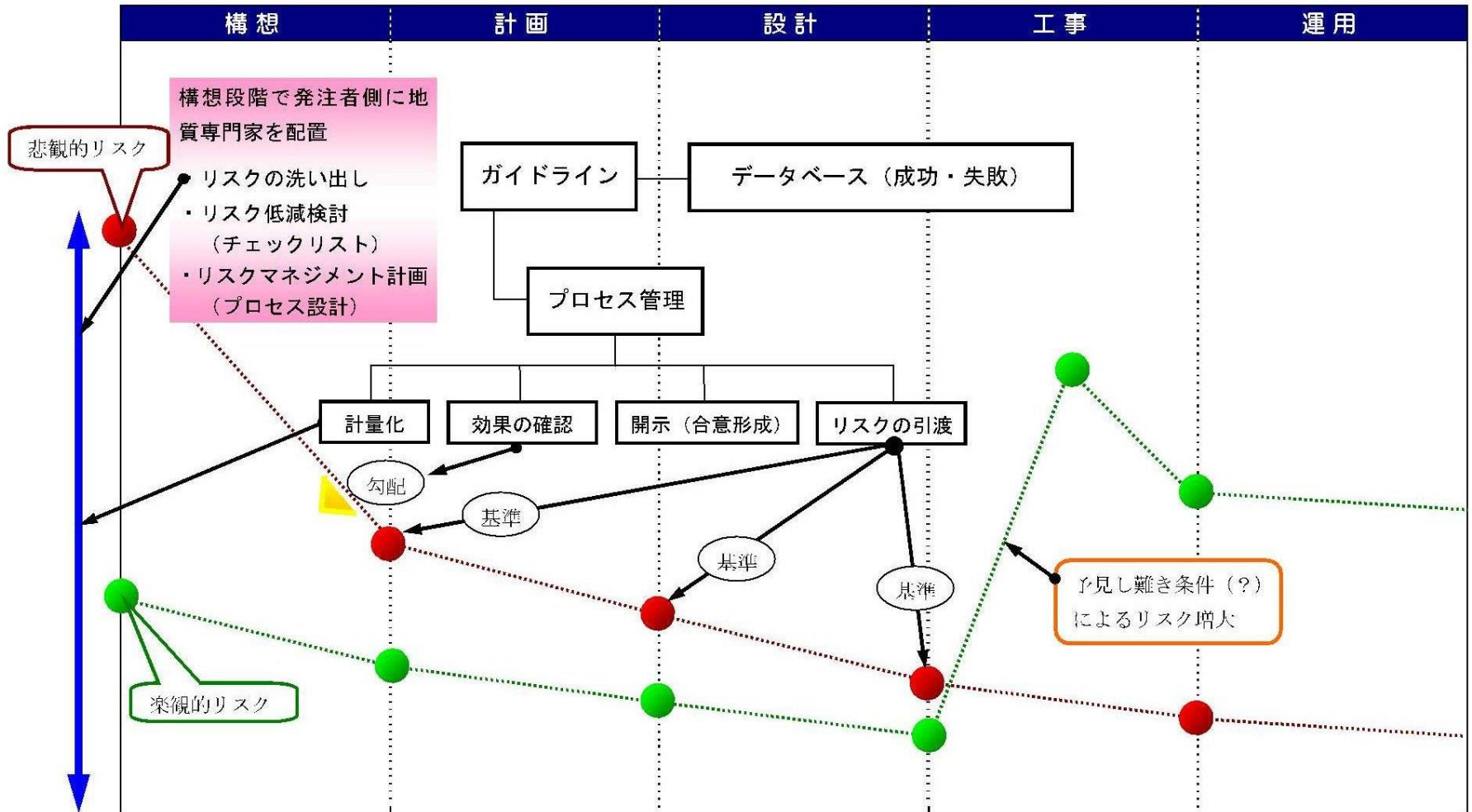
### ①コスト増大リスク，建設事業コストの損失

(本来は，コスト縮減へ貢献しなければならない)



# 地質・地盤リスクのリスクマネジメントのイメージ

悲観的リスクから始めると施工時のリスクが少なく、コストも低減できるシナリオとなる

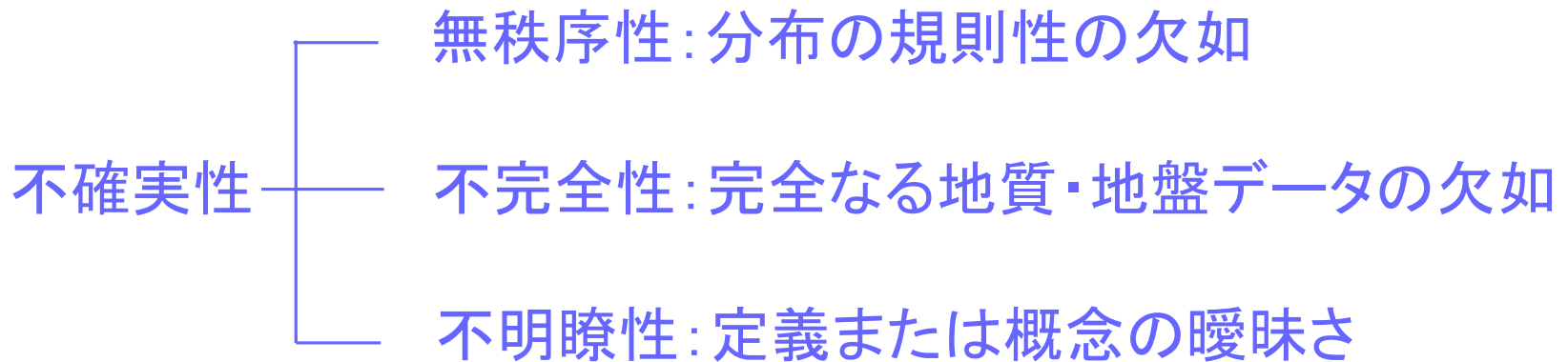


地質リスクマネジメント入門:(社)全国地質調査業連合会, 2010.4 p.30

## 3.3 リスク要因の不確実性

### ② 地質・地盤リスクの不確実性

地質・地盤の事象の把握における不確実性は、以下の3要因



無秩序性は、  
地質・土質分布の規則性の欠如(断層・付加体内部・洗掘再堆積など)

不完全性は、  
完全なる地質・地盤データの欠如(地質・地盤リスクの主要因)

不明瞭性は、  
定義または概念の曖昧さ(地質・土質の解釈が進めば消滅する?)

# 地質・地盤の不確かさの区分と原因

対象区分	不確かさの原因
地盤の調査把握	地盤本来の不均一性, 地盤評価の不確実性, 調査・試験法の不確実性, 測定値から設計値を決定する際の不確実性, データ数に依存する不確実性
地盤の設計・施工・維持管理	計算式の精度, 調査・設計・施工法の調和, 施工精度, 施工中の防災措置, 周辺環境, 構造物の劣化, 社会・経済情勢の変化
自然災害	降雨, 地震, 火山噴火, 津波, 台風, 高潮, 高波などによる土砂災害(表層崩壊・深層崩壊・地すべり), 液状化, 海岸・堤防侵食, 洪水, ライフラインの停止による都市災害
地盤環境	土壌・地下水汚染, 地盤沈下, 地球温暖化
技術力不足・ミス	地盤調査計画, 地盤評価, 地盤設計, 地盤に係る施工などにおける技術力不足やミス

大日方・正垣・伊藤・稲垣: 地盤工学におけるリスクマネジメント 2. リスクとリスクマネジメント, 地盤工学会誌vol.59-7, pp.101, 2011に修正・加筆





# 地質・地盤リスクの代表的な発現例

道路・鉄道	切土のり面	すべり破壊, 落石, 豪雨時表層崩壊, のり面保護工の劣化・背面空洞, 掘削土の重金属汚染
	盛土	すべり破壊, 材料劣化, 基礎地盤沈下, 基礎地盤・盛土材料の液状化, 路面不陸, 長期沈下, 周辺施設の沈下・傾斜
	橋梁	橋脚・橋台基礎の沈下・傾斜, 側方流動, 基礎地盤の液状化, 仮設構造物の沈下・破壊
	山岳トンネル	異常出水, 破碎帯の存在誤認, 覆工亀裂, 坑口斜面破壊, 周辺井戸の枯渇, ずりの重金属汚染, ガス発生
	都市トンネル	地層変化, 地表面沈下, 建築物の沈下・傾斜, メタンガス発生
	開削	周辺地下水位低下, 近接構造物の沈下・傾斜, 土留壁の変形・破壊, 掘削底面の盤膨れ・パイピング
河川・海岸	堤防	沈下, すべり破壊, 浸透破壊, 地震時崩壊, 漏水, 堤体及び基礎地盤の液状化
	河川・海岸施設 ダム	沈下・傾斜, 漏水, 地震時損傷 亀裂, 沈下・傾斜, 漏水, 地震時損傷, ダム貯水池周辺地すべり
砂防	地すべり	すべり面誤認, 対策工の変状, 水抜き工の不良, 地すべり範囲の誤認
	がけ地	降雨時崩壊, 危険度ランク評価の誤り, のり面保護工の劣化・背面空洞
	土石流	土石流土砂量・崩壊規模想定 of 誤り, 範囲誤認, 砂防堰堤の沈下・傾斜
建築	宅地	降雨時の沈下, 基礎地盤の液状化, 盛土部の基礎変状, のり面の崩壊, 道路路面の不陸
	建築基礎	建物の不同沈下, 支持層の急変, 軟弱層の存在, 地盤の液状化
	地下掘削	山留め壁の変形・破壊, 周辺地下水位の低下, 近接構造物の沈下・傾斜, 掘削底面の盤膨れ・パイピング
共通		地層断面の誤り, 設計モデルの誤り, 解析モデルの誤り, 設計・解析パラメーターの誤り

地質リスク調査検討業務発注ガイドー建設事業の生産性向上と品質向上のためにー: (一社)全国地質調査業協会連合会編, p.2, 2016年



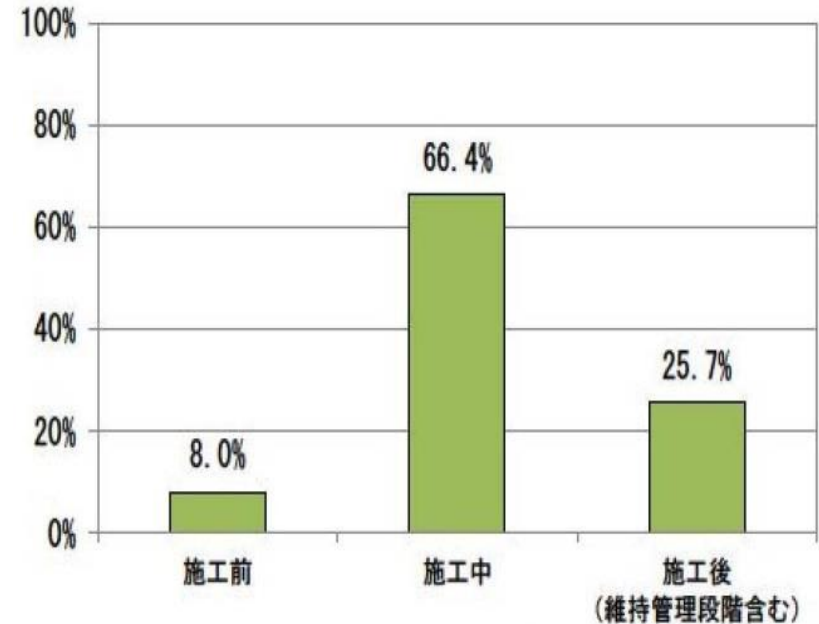
# 地質・地盤リスク顕在化のタイミング

## リスク発生要因の分類

大分類	データの個数	
1. 調査不足	70	25.6%
2. 認識不足	121	44.3%
3. 人的要因	27	9.9%
4. 組織的要因	18	6.6%
5. 予測不能	37	13.6%
計	273	100.0%

地質構造や地質・地盤リスクの認識不足と調査数量の不足が約70%を占める

## 地質・地盤リスクが顕在化したタイミング



施工中にリスクが顕在化が最も多い  
これは、施工に影響を及ぼすだけの  
地質・地盤リスクを把握出来なかった

長谷川怜思: 事例収集に基づく土木地質分野における現状と課題, 2013年

# リスクの起因、発生要因、不確実性、リスクを受ける主体

リスクの起因		発生要因		不確実性			リスクを受ける主体			
		自然	人間活動	発生時期	場所	規模	社会	国・自治体	企業	個人
自然現象に起因する リスク	火山噴火	◎		◎	○	○	◎	◎	◎	◎
	地震	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	津波	◎		◎(○)	◎(○)	◎	◎	◎	◎	◎
	豪雨(洪水・土石流)	◎	○	○	○	◎		◎		◎
	地すべり(斜面災害)	◎	○	○	○	○		◎		◎
	天然ガス	◎			○	○				◎
人間活動に起因する 地質環境リスク	地盤沈下		◎		○	○	◎	◎	◎	◎
	土壌・地下水汚染		◎		○	○	◎	○	◎	◎
開発事業に伴う地質 リスク	建設工事	◎	◎		◎	◎	○	◎	◎	
	資源開発	◎	○		◎	◎			◎	

地質リスク・エンジニア(GRE)養成講座講義テキスト集p.16、表2-1に修正・加筆

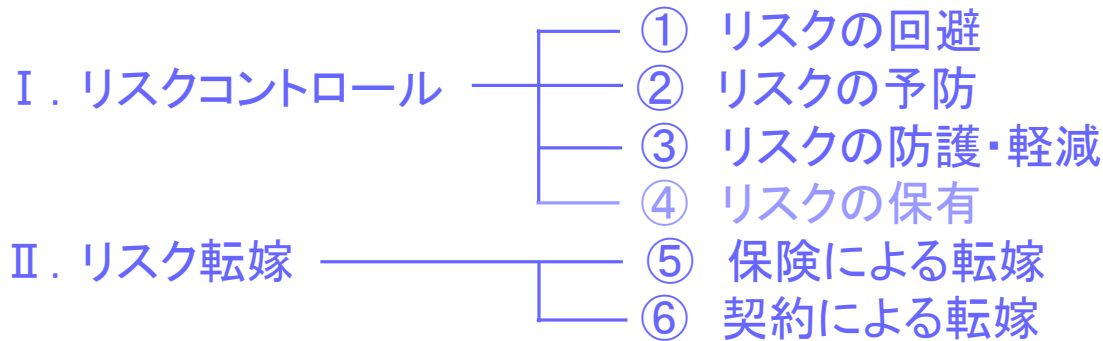
## 自然現象に起因するリスクの対策

リスクの発生時期、発生場所、規模などが不確実であり、リスクを受ける主体も様々で、被害の程度も不確実であるが、各種ハザードマップの作成が行われ、リスクマネジメントとしてエリアメール等で避難命令等が発令されるなど、ソフト的な対策が行われるようになってきている。



# 3.4 地質・地盤のリスクとリスク処理の考え方

リスクの処理は、リスクコントロールとリスク転嫁に2つに大別される。



- ・リスク「回避, 予防, 防護・軽減」は、損害が大きく、発生頻度が高いものに
- ・リスク「予防, 防護・軽減, 転嫁」は、損害が大きく、発生頻度が低いものに、また、損害が小さく、発生頻度が高いものに
- ・リスク「保有」は、損害が小さく、発生頻度が低いものに

それぞれ適用が考えられる。

発生頻度 ↑	高	予防 防護・軽減 転嫁	回避 予防 防護・軽減
	低	保有	予防 防護・軽減 転嫁
		小 ←	→ 大

損害の大きさ

## 3.5 地質リスク・エンジニア (GRE) について

### リスクマネジメント計画(プロセス設計)

- 悲観的リスクの概念から始める
- 構想段階において
  - ・リスクの洗い出し
  - ・リスク低減検討などの計画を行う
- 計画・設計・工事・運用においてトータル減となることを目指す
- 要求性能, 目的, 方法などの情報共有が必要  
(リスクコミュニケーション)



今後は、地質リスク・エンジニア (GRE) が行う？

**地質リスク調査検討業務など**



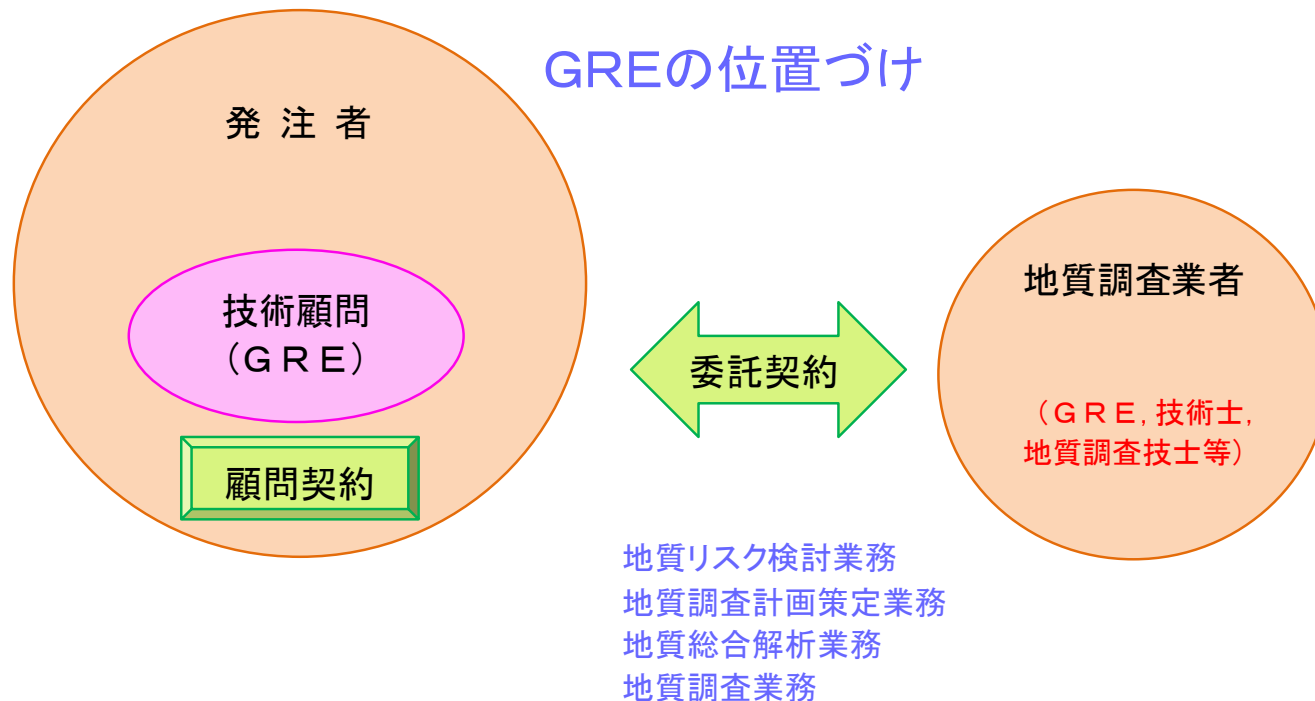
# (一社)全国地質調査業協会連合会において配布している発注ガイド



(一社)全国地質調査業協会連合会のHPからダウンロード可能

## 地質リスク・エンジニア (GRE: Geo Risk Engineer) とは

- ・地形・地質や地盤に関する高度な専門知識と経験ならびにマネジメント力を有する技術者であって、
- ・地質リスク学会が認定したもの (2019.3.31現在90名)



地質リスク・エンジニア(GRE)養成講座講義テキスト集p.11、図1-16に加筆

# 地質リスク・エンジニア(GRE)が行う業務

場面(立場) 建設段階	GRE	地質リスク 検討業務 (業務委託者)	通常業務 (業務委託者)	備 考
	(発注者側アドバイザー, 監督支援)			
計 画	◎	◎	—	地質リスクの洗い出し・評価
地質調査	◎	◎	○	地質リスクの分析のための地質調査計画, リスク評価
設 計	○	○	△	設計条件の照査, 補足調査の提案
工 事	○ ※1, ※3	○ ※1, ※2	△	工事契約に必要な地質地盤条件の整理, リスクの引き渡し ※1) GBR作成 ※2) 地質総合解析業務で実施してもよい ※3) CMアドバイザーの役割も可能
維持管理	○	○	△	長期の維持管理計画における地質リスクの洗い出し・評価, 調査計画, モニタリング計画策定

地質リスク・エンジニア(GRE)養成講座講義テキスト集p.12、表1-2





# 建設段階における地質リスクの評価検討項目の例

建設段階	概要	評価検討項目										
		当抽出 リスクの妥 当性	リスク 管理表	入札・契 約方式	仕様書	積算 調査・モ ニタリ	調査・モ ニタリ	設計条 件	施工条 件	GBR	工事設 計変更の 妥当性	
計画	発注者あるいは地質リスク調査検討業務等により作成されるリスク管理表および地質調査計画の妥当性を評価し、技術アドバイスを行う。発注者の作成を支援する場合もある。	◎	◎			◎						
調査	既作成のリスク管理表、発注者あるいは地質リスク調査検討業務等により作成される。地質調査計画、調査結果およびリスク管理表の妥当性を評価し、技術アドバイスを行う。発注者のリスク管理表作成を支援する場合もある。	◎	◎	◎		◎	◎					
設計	既作成のリスク管理表、発注者あるいは地質リスク調査検討業務等により作成される。地質調査計画、調査結果およびリスク管理表の妥当性を評価し、技術アドバイスを行う。発注者のリスク管理表作成を支援する場合もある。	○	○	○		○	○	○				
工事	既作成のリスク管理表、発注者あるいは委託業務により作成されるGBR、施工業者により提案された施工管理モニタリング計画および結果、ならびに設計変更等の妥当性を評価し、技術アドバイスを行う。	○	○	○		○	○			○		○
維持管理	既作成のリスク管理表、発注者あるいは地質リスク調査検討業務等により作成される維持管理のための地質調査計画、調査結果およびリスク管理表の妥当性を評価し、技術アドバイスを行う。発注者のリスク管理表作成を支援する場合もある。	○	○	○		○	○			○		

ここで、GBRとはジオテクニカル・ベースライン・レポートのことである

※ ◎:大きな効果が期待できる , ○:効果が期待できる

地質リスク・エンジニア(GRE)養成講座講義テキスト集p.68、表6-1-1



## 4. 地質・地盤に関わるリスク マネジメントの動向

- ※ ここでは、2019年11月1日に開催された第10回地質リスク学会事例研究発表会の全体会において講演された
- ①地盤情報データベースと地質リスク
  - ②地質リスクマネジメントの現状と今後の展開についてを簡単に紹介します。



# 4.1 地盤情報データベースと地質リスク

第10回地質リスク学会事例研究発表会, (一財)国土地盤情報センター理事秋山泰久「国土情報センターの活動について-地盤情報の有効活用について-」より

## (一財) 国土地盤情報センターの設立

平成30年4月2日 設立

平成30年4月27日 国土交通省「地盤情報データベースに関する事務事業 実施者」として決定



機関名称の商標登録も取得→

# 災害時における地盤情報の一定期間公開

一般財団法人国土地盤情報センター

北海道ボーリングデータ 緊急公開サイト

国土地盤情報検索サイト KuniJiban

こうち地盤情報公開サイト

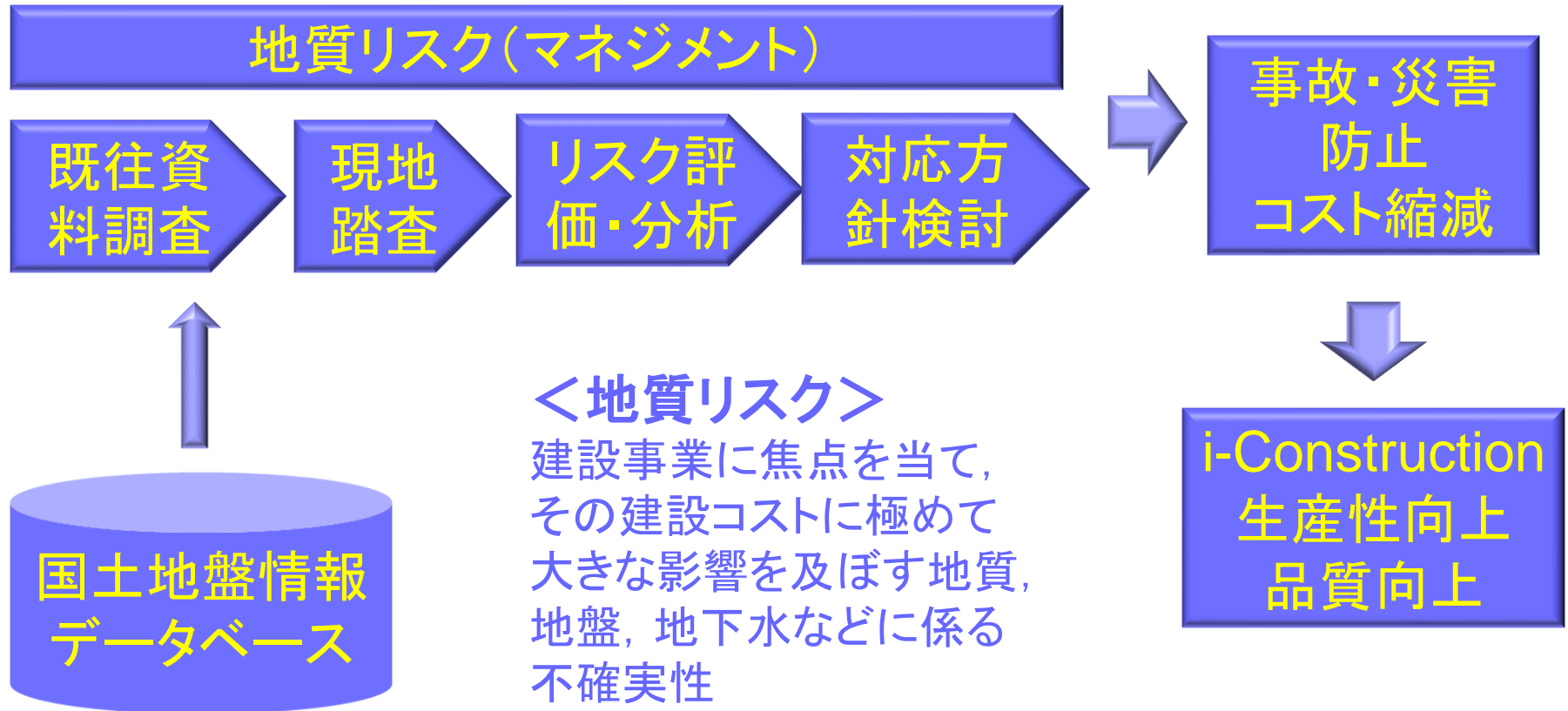
センターからのお知らせ  
 ・検定申込サイトの休止について  
 3月31日(日)は検定申込サイトの更新作業のため、検定のお申込みを休止いたします。  
 ※検定の期間について (ここをクリック!)

2018年 9月 3日 「地盤情報公開サイト(国土地盤情報データベース)」を開設しました。  
 2018年 8月 1日 「検定申込サイト(地盤情報検定受付システム)」を開設しました。

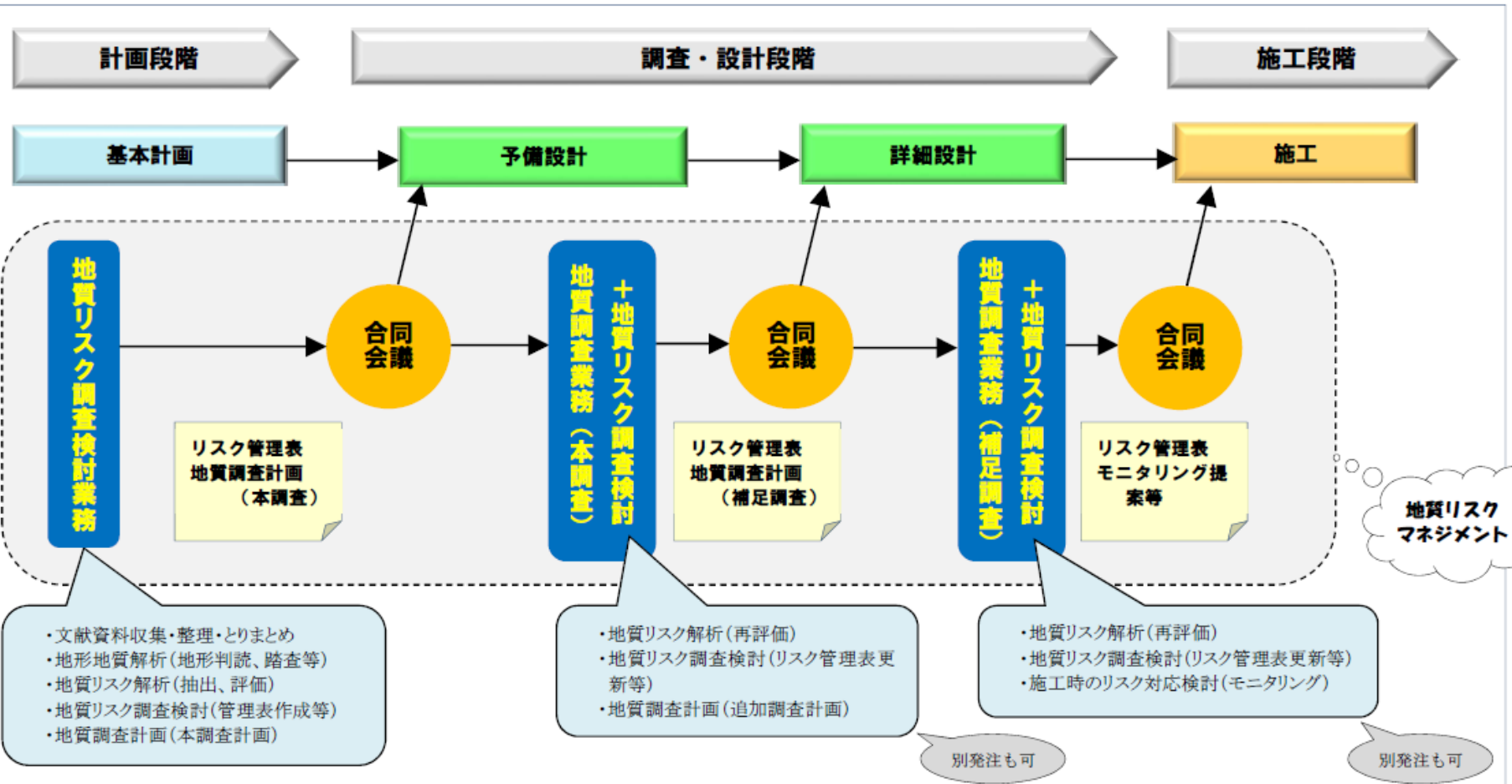
平成30年北海道胆振東部地震(9月6日発生)に対する[復興支援]ボーリング柱状図 緊急公開サイトを平成30年9月8日に開設  
 令和元年7月末に閉鎖



# 地盤情報データベースと地質リスク



# 一貫通貫の地質リスクマネジメント



# 4.2 地質リスクマネジメントの現状 と今後の展開について

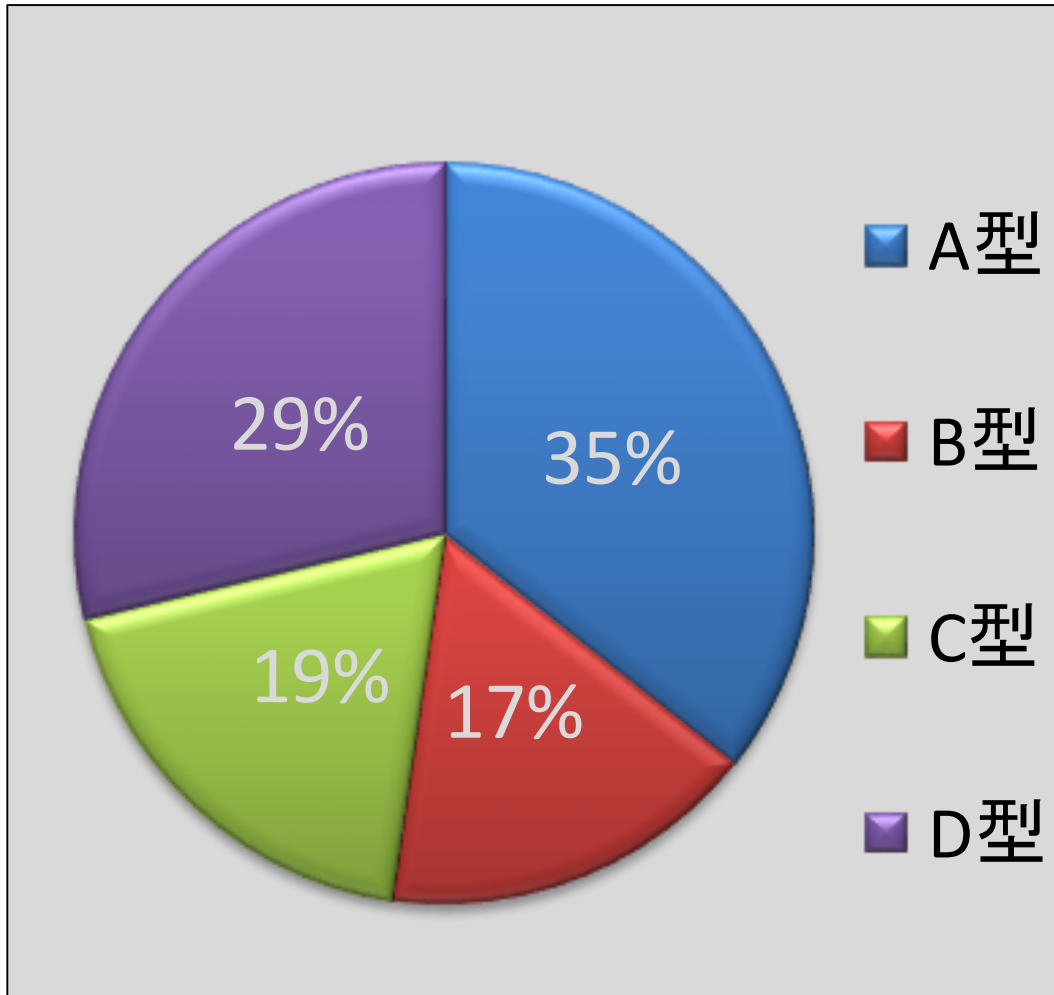
第10回地質リスクマネジメント事例研究発表会，渡辺寛地質リスク学会専門委員会委員より

## 地質リスクマネジメント事例研究発表会



# 地質リスクマネジメント事例研究発表会

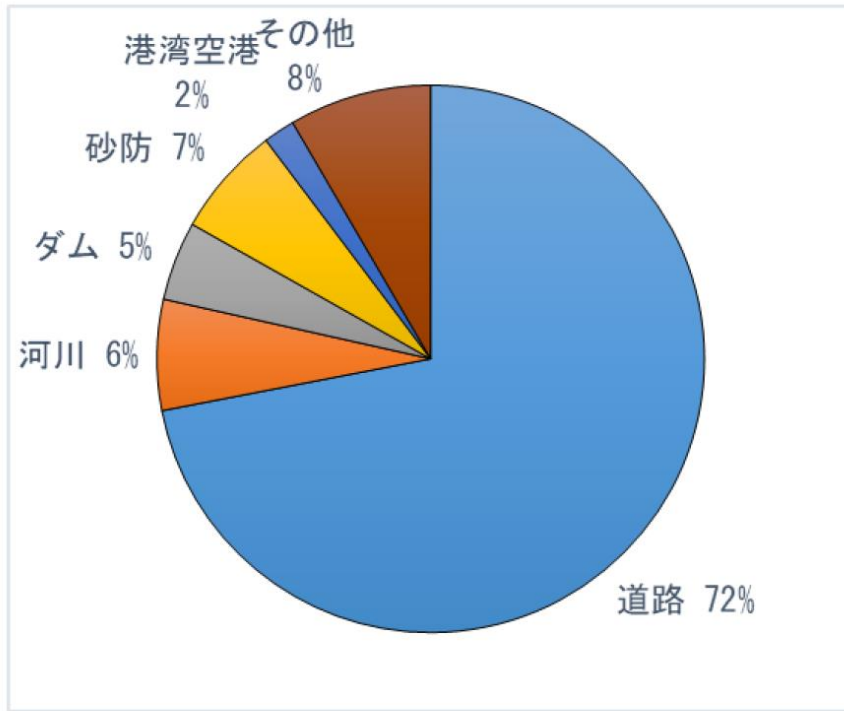
## 発表内容の割合 1 (1~10回)



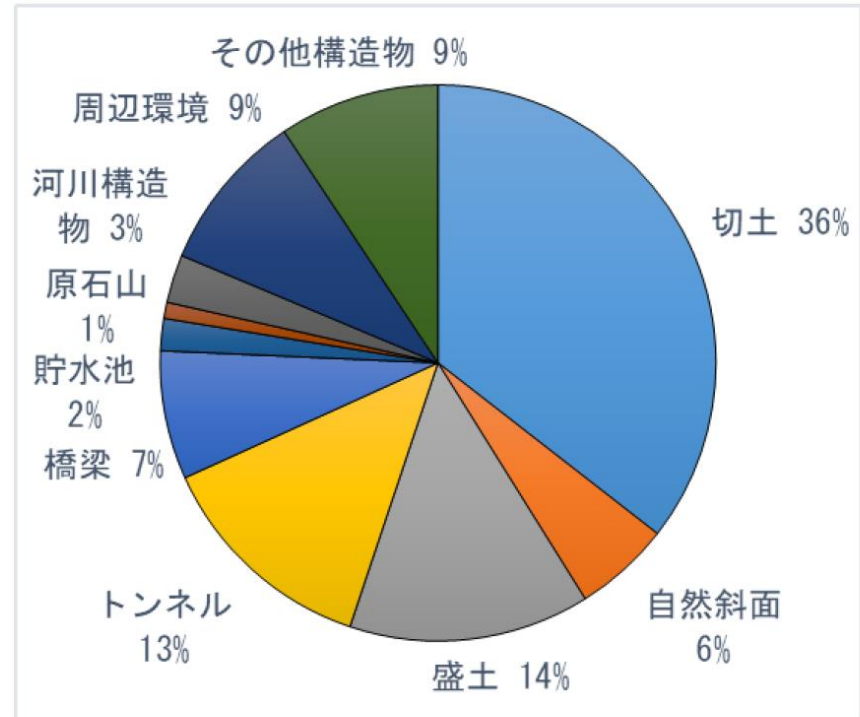
区分	内容
A型	回避した事例
B型	発現した事例
C型	発現した地質リスクを最小限に回避した事例
D型	A型, B型, C型以外的事例



# 地質リスクマネジメント事例研究発表会 発表内容の割合 2 (1~9回)



事業分野



構造物種別

地質リスクマネジメント事例研究発表会講演集 (地質リスク学会) N=107

「土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会」資料

事業分野だと道路事業が約70%、河川・ダム・砂防が6~7%

構造物種別だと切土が36%、盛土が14%、トンネルが13%

# 近畿地方整備局(関西地質調査業協会) の取り組み(H30.2)

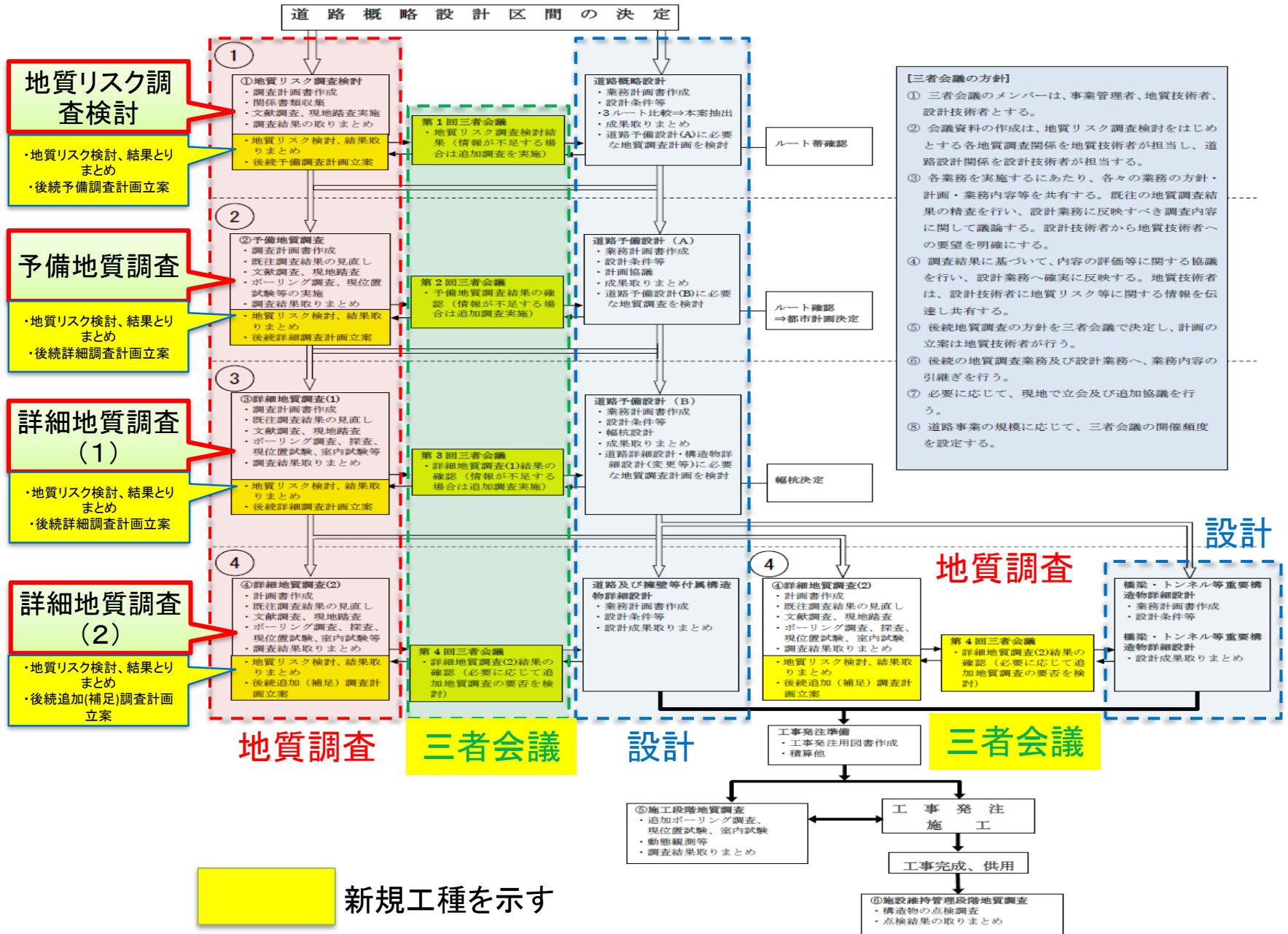
地質リスク低減のための調査・設計マニュアル(案)

平成30年2月

国土交通省近畿地方整備局

- ◆ 近畿地方整備局、(一社)建設コンサルタント協会近畿支部、(一社)関西地質調査業協会の三者が協働し作成
- ◆ 各段階で地形・地質等を要因とする事業リスクを、事業管理者、地質技術者、設計技術者で共有
- ◆ 三者共通の調査・設計システムの構築
- ◆ マニュアルは山岳道路事業を中心にとりまとめ
- ◆ 近畿地方整備局のHPからダウンロード可能

# 図3-1 地質リスク低減のための対応フロー図



# 関東地質調査業協会の取り組み (H31.3)



- ◆H30年度：関東地質調査業協会が関東地整と勉強会開催
- ◆H31.2に「『地質リスク調査検討業務』実施の手引き」を作成（公表中）
- ◆地質リスク調査検討業務と一般調査業務との相違点
- ◆地質リスク調査検討業務の仕様書として使える案の提示
- ◆関東地質調査業協会のHPからダウンロード可能

# 2. 地質リスク調査検討業務と一般調査業務の関係と流れ

→ : 業務成果や地質リスクの申し送りなどの流れ  
 青字 : 事業段階ごとの要点、主な相違点

事業段階	地質調査の流れ		地質リスク調査検討業務の利点・効果	具体的な地質リスク調査検討項目					
	一般調査業務	地質リスク調査検討業務		①対応方針	②情報抽出	③現地踏査	④解析	⑤対策の検討	
構想・計画	<b>計画立案</b> 概略設計段階の調査 ●現地調査 (調査ボーリング (原位置試験) (サウンディング) (地下水調査) (観測孔設置) (室内試験) (重金属簡易分析等)) ●主な成果品イメージ ・地質総合解析 ※ ( ) 内は状況に応じ実施	<b>地質リスク調査検討業務 (概略設計段階)</b> ●現地調査 ・地形判読 ・地表地質踏査 (概査) ・既存文献調査 ●主な成果品イメージ ・地質リスク解析 (地質リスク区分・評価) ・地質リスク対策検討 ・地質リスク縦横断面図 ・地質リスク管理表 ・本調査計画立案	●構想・計画段階で地質リスク調査検討業務を行うことで、適切なルート選定、コスト試算・低減等の検討が可能になる。 ●具体的には、社会環境や一般的な自然環境と同様に、地すべり・断層・軟弱地盤・液状化・温泉資源・自然由来土壌汚染などに関連する地質リスクを抽出・評価し、対応方針を検討する (保有、低減、回避、移転の選択)。 ●計画段階で地質リスク調査検討業務を行うことで、地質調査を計画・立案できる。	<b>①対応方針</b> 計画諸条件の確認 業務の目的、業務内容の確認 業務範囲、広域環境、用地、予算 コントロールポイント等 優先的に達成すべき目標 発注者要求事項確認 優先順位 許容リスクの確認 事前認定リスク確認	<b>②情報抽出</b> 地形判読 縦尺1/25,000~1/50,000程度 空中写真判読 大規模地すべり・崩壊地形の抽出 断層、活断層の抽出 崖線、活断層の抽出 自然由来重金属 (鉛) 河川・漢流状況、地下水状況 地すべり・崩壊地の分布 土質、岩盤層厚度及び発生の可能性 文献資料収集整理 計画地周辺の空中写真 原簿地籍簿、市町村土地 地形地質、水文、活断層、地すべり 地盤状況に関する文献資料 災害履歴に関する資料 地質・津波に関する資料 ハザードマップ (河川災害、斜面災害、火山災害)	<b>③現地踏査</b> 山間部における踏査 縦尺1/10,000程度 現地地質踏査 (概査) 地質構成・分布 地質構造 (断層、活断層、活褶曲) 河川・漢流状況、地下水状況 地すべり・崩壊地の分布 土質、岩盤層厚度及び発生の可能性 低地部における踏査 縦尺1/10,000程度 現地地質踏査 (概査) 沖積低地、段丘、洪水氾濫の可能性・履歴 土地利用 土木構造物付近の調査 例えはトンネル坑口 縦尺1/10,000程度 地質構成・分布、変質の程度 自然由来重金属 (鉛) 地下水 (湧水、pH、利用) 地すべり・崩壊地の有無、規模、 対応状況、落石、崩落、 岩盤層厚の履歴及び発生の可能性 地形地質解析 地形・地質の特徴 (1/10,000スケールでのコメント) 地質平面図 (全体)、地質平面図 (ルート)	<b>④解析</b> 地質リスク要因の特定 発現する事象の分類 (例えは地すべり、斜面崩壊等) リスク管理表作成 地質リスク区分 被害規模のランク区分設定 発生確率のランク区分再設定 リスクランク評価基準の作成 (事業ごと) 被害規模の予測 発生確率予測 リスクランク区分 本調査計画 予定される構造物別の調査 主要調査範囲・項目 合同調整会議 (三者会議) 調査、設計、国交等との協議 (概略設計段階)	<b>⑤対策の検討</b> リスク対応方針の検討 不確実性の評価 (例えは) 回避：ルート変更 低減：小シフト (線形変更) 保持：対策工 リスク対応方針の比較検討 対応策検討 (リスク保有、削減、回避、転移) 残存リスク (リスクスコア) の整理 地質リスク管理表 (登録表、措置計画表) 作成 地質リスク管理要項作成 報告書作成 報告書作成項目 資料集管理結果 地形判読結果 現地踏査結果 (縦尺に応じて) 地質リスク評価検討結果 リスク管理表 (登録表、措置計画表) 本調査計画 合同調整会議検討事項 電子成果品 電子納品運用ガイドラインに基づき実施	
	調査・設計	<b>本調査</b> ●現地調査 ・物理探査 ・調査ボーリング ・原位置試験 ・サウンディング ・地下水調査 ・観測孔設置 ・室内試験 ・重金属分析等 ●主な成果品イメージ ・地質総合解析	<b>地質リスク調査検討業務 (本調査段階)</b> 構想・計画段階の地質リスクを考慮し実施 ●作業内容 ・再地表地質踏査 (精査) ・既存地質調査結果更新 ●主な成果品イメージ ・地質リスク再解析 (地質リスク区分・再評価) ・地質リスク対策詳細検討 ・地質リスク縦横断面図更新 ・地質リスク管理表更新 ・詳細調査計画立案 リスク評価の精度向上 広範範囲から対象区間へ リスク評価の精度向上 対象区間から対象物へ	●調査・設計段階は、一般的な地質調査業務が最も多く発注される事業段階であり、検討に有用な情報を最も多く取得できる段階である。 ●本調査段階で地質リスク調査検討業務を行うことで、地質リスク解析や対策の検討の精度向上が期待できる。 ●本調査段階で地質リスク調査検討業務を行うことで、細部の構造、施工方法や維持管理方針等の検討に必要な情報を補完するための追加詳細調査を計画・立案できる。 ●細部の構造検討や施工方法に関する検討の際に地質リスク調査検討業務を行うことで、施工・供用段階での地質リスクを低減したり、発現を未然に回避し、安全な施工、適切な維持管理に寄与できる。 ●段階ごとのリスク管理表 (登録表、措置計画表)、地質リスク概要図などの成果品を活用し、地質リスクを共有 (次段階への申し送り) することにより、適切な対策ができる。	<b>①対応方針</b> 計画諸条件の確認 業務の目的、業務内容の確認 業務範囲、路線付近環境 路線付近用地状況、概略予算等 優先的に達成すべき目標 発注者要求事項確認 (ルート範囲) 計画諸条件の確認 優先順位 (区間、構造物) 許容リスクの確認 計画諸線のリスクの確認 認定リスクの確認	<b>②情報抽出</b> 地形判読 縦尺1/1,000~1/5,000程度 空中写真判読 崖山、遺棄、文化財等に関する資料 岩盤層厚の抽出 活断層の抽出 文献資料収集整理 地形地質、水文、活断層、地すべり 地盤状況に関する文献資料 計画地周辺の地盤踏査 地質特性等に関する資料 砂防基礎調査資料 地すべり防止区域、急傾斜地危険区域 土石流危険渓流等の指定状況 ハザードマップ (河川災害、斜面災害、火山災害) 道路防災危険カルテ、道路管理記録	<b>③現地踏査</b> 山間部における踏査 縦尺1/1,000~1/5,000程度 再地質地質踏査 地質構成・分布、地質構造 (断層、活断層、活褶曲) 地質の劣化程度、風化の程度、 風化層の厚さ、スレーキング・膨潤特性 岩盤の力学特性 変質帯の分布、変質の程度 自然由来重金属 (鉛) 地下水 (湧水、pH、利用) 地すべり・崩壊地の有無、規模、 対応状況、落石、崩落、 岩盤層厚の履歴及び発生の可能性 低地部における踏査 縦尺1/1,000~1/5,000程度 再地質地質踏査 (詳査) 地質構成・分布、変質の程度、 風化の程度、 風化層の厚さ、スレーキング・膨潤特性 岩盤の力学特性 変質帯の分布、変質の程度 自然由来重金属 (鉛) 地下水 (湧水、pH、利用)、 地すべり・崩壊地の有無、規模、 対応状況、落石、崩落、 岩盤層厚の履歴及び発生の可能性 土木構造物付近の調査 例えはトンネル坑口 縦尺1/500~1/1,000の詳細地質踏査 地すべり・崩壊地形、断層と坑口の関係 坑口切削の自立性 坑口の支持地盤 坑口際の湧石、崩落、岩盤層厚 坑口付近の地盤の断面スレーキング特性 坑口付近の地下水状況 地下水低下、湧水 掘削工法 (掘削・振動等)	<b>④解析</b> 地質リスク要因の特定 発現する事象の分類 (例えは重金属、埋壊物) 構造物別の地質リスク抽出 リスク管理表 (登録表) 更新 地質リスク管理要項更新 (事業ごと) 被害規模の予測 発生確率予測 リスクランク再区分 追加詳細調査計画 構造物別の詳細調査計画 合同調整会議 (三者会議) 調査、設計、国交等との協議 (基本~詳細設計段階)	<b>⑤対策の検討</b> リスク対応方針の検討 不確実性の評価 (例えは) 回避：掘削 (リスク除去) 低減：小シフト (観測のみ) 保持：対策工 リスク対応方針の比較検討 対応策検討 (リスク保有、削減、回避、転移) 残存リスク (リスクスコア) の再整理 地質リスク管理表 (登録表、措置計画表) 更新 地質リスク管理要項更新 報告書作成 報告書作成項目 資料集管理結果 地形判読結果 現地踏査結果 (縦尺に応じて) 地質リスク評価検討結果 (再整理) リスク管理表 (登録表、措置計画表) (更新) 追加詳細調査計画 維持管理記録 合同調整会議検討事項 電子成果品 電子納品運用ガイドラインに基づき実施
		<b>追加詳細調査</b> ●現地調査 ・調査ボーリング ・室内試験 ・重金属分析等 ●主な成果品イメージ ・地質リスク再々解析 (地質リスク区分・再々評価) ・地質リスク対策詳細検討 ・地質リスク縦横断面修正 ・地質リスク管理表更新	<b>地質リスク調査検討業務 (詳細設計段階)</b> 予備設計段階までの地質リスクを考慮し実施 ●作業内容 ・再々地表地質踏査 ・既存地質調査結果再更新 ●主な成果品イメージ ・地質リスク再々解析 (地質リスク区分・再々評価) ・地質リスク対策詳細検討 ・地質リスク縦横断面修正 ・地質リスク管理表更新	●追加詳細調査を計画・立案することで、施工・供用段階での地質リスクを低減したり、発現を未然に回避し、安全な施工、適切な維持管理に寄与できる。	<b>①対応方針</b> 計画諸条件の確認 業務の目的、業務内容の確認 業務範囲、路線付近環境 路線付近用地状況、概略予算等 優先的に達成すべき目標 発注者要求事項確認 (ルート範囲) 計画諸条件の確認 優先順位 (区間、構造物) 許容リスクの確認 計画諸線のリスクの確認 認定リスクの確認	<b>②情報抽出</b> 地形判読 縦尺1/500~1/1,000程度 空中写真判読 崖山、遺棄、文化財等に関する資料 岩盤層厚の抽出 活断層の抽出 文献資料収集整理 地形地質、水文、活断層、地すべり 地盤状況に関する文献資料 計画地周辺の地盤踏査 地質特性等に関する資料 砂防基礎調査資料 地すべり防止区域、急傾斜地危険区域 土石流危険渓流等の指定状況 ハザードマップ (河川災害、斜面災害、火山災害) 道路防災危険カルテ、道路管理記録	<b>③現地踏査</b> 山間部における踏査 縦尺1/500~1/1,000程度 再地質地質踏査 (詳査) 地質構成・分布、地質構造 (断層、活断層、活褶曲) 地質の劣化程度、風化の程度、 風化層の厚さ、スレーキング・膨潤特性 岩盤の力学特性 変質帯の分布、変質の程度 自然由来重金属 (鉛) 地下水 (湧水、pH、利用)、 地すべり・崩壊地の有無、規模、 対応状況、落石、崩落、 岩盤層厚の履歴及び発生の可能性 土木構造物付近の調査 例えはトンネル坑口 縦尺1/500~1/1,000の詳細地質踏査 地すべり・崩壊地形、断層と坑口の関係 坑口切削の自立性 坑口の支持地盤 坑口際の湧石、崩落、岩盤層厚 坑口付近の地盤の断面スレーキング特性 坑口付近の地下水状況 地下水低下、湧水 掘削工法 (掘削・振動等)	<b>④解析</b> 地質リスク要因の特定 発現する事象の分類 (例えは重金属、埋壊物) 構造物別の地質リスク抽出 リスク管理表 (登録表) 更新 地質リスク管理要項更新 (事業ごと) 被害規模の予測 発生確率予測 リスクランク再区分 追加詳細調査計画 構造物別の詳細調査計画 合同調整会議 (三者会議) 調査、設計、国交等との協議 (基本~詳細設計段階)	<b>⑤対策の検討</b> リスク対応方針の検討 不確実性の評価 (例えは) 回避：掘削 (リスク除去) 低減：小シフト (観測のみ) 保持：対策工 リスク対応方針の比較検討 対応策検討 (リスク保有、削減、回避、転移) 残存リスク (リスクスコア) の再整理 地質リスク管理表 (登録表、措置計画表) 更新 地質リスク管理要項更新 報告書作成 報告書作成項目 資料集管理結果 地形判読結果 現地踏査結果 (縦尺に応じて) 地質リスク評価検討結果 (再整理) リスク管理表 (登録表、措置計画表) (更新) 追加詳細調査計画 維持管理記録 合同調整会議検討事項 電子成果品 電子納品運用ガイドラインに基づき実施

図2.1 地質リスク調査検討業務と一般調査業務の関係と流れ

# 地質リスク調査検討業務等の発注実績

発注年度	発注件数	発注事務所等
H26 2014	2	関東・長野(変更)、近畿・明石(調査計画)
H27 2015	5	東北・能代(変更)、北陸・新潟(変更)、関東・長野(変更)、中国・鳥取(変更)、九州・大隅
H28 2016	7	北海道・小樽(調査計画)、北海道・苫小牧、北陸・千曲川、近畿・紀南(4件)
H29 2017	3	北海道・小樽(調査計画)、四国・那珂川(変更)、九州・大隅
H30 2018	11	本省・技調課(手法検討)、北陸・新潟、関東・長野、中部・多治見、近畿・技術(資料整理)、中国・倉吉(2件)、中国・浜田、四国・中村、九州・佐賀、九州・鹿児島

- ・当初は通常業務の変更処理での実施が多かった
- ・対象は道路が大半



# 地質リスクに関する全国の動き

地方	業務発注件数	その他の動き
北海道	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H30.12 <b>開発局長が地質リスクの特別講演実施</b></li> <li>■ H31.1 北海道技術研修において地質リスクが特別講演で取り上げられた(自治体で初の取組み)</li> </ul>
東北地方	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>H26年頃 秋田県が地質アドバイザー業務を発注</b></li> <li>■ H27年度 東北地整がアドバイザー・コンサルタント制度のテーマの一つに地質リスクを採用(実績不詳)</li> </ul>
北陸地方	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H31.2 <b>国・県の職員も対象にした講習会開催</b>(その後、新潟県より勉強会の要請あり)</li> </ul>
関東地方	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H27から <b>地整若手職員研修</b>で講演</li> <li>■ H30年度: <b>関東地質調査業協会が関東地整と勉強会開催、「『地質リスク調査検討業務』実施の手引き」を作成</b></li> </ul>
中部地方	1	
関西地方	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ H30.2 <b>近畿地整: 関西地質調査業協会と地質リスクの勉強会実施(マニュアル作成)</b></li> </ul>
中国地方	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 中国建設弘済会主催の講習会で地質リスクマネジメントについて講演</li> </ul>
四国地方	2	
九州地方	4	

※発注件数はH30までの地質リスク調査に関する業務(変更分も含む)

## 5. 米国と英国の建設事業に 関わるリスクマネジメント

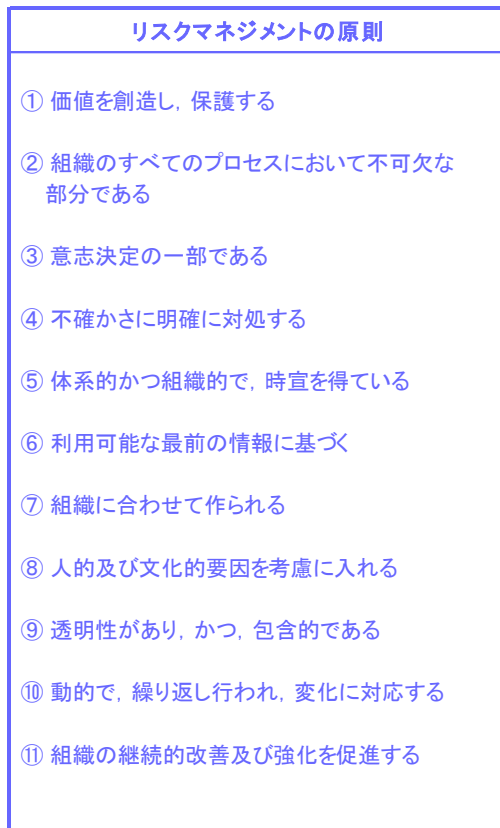




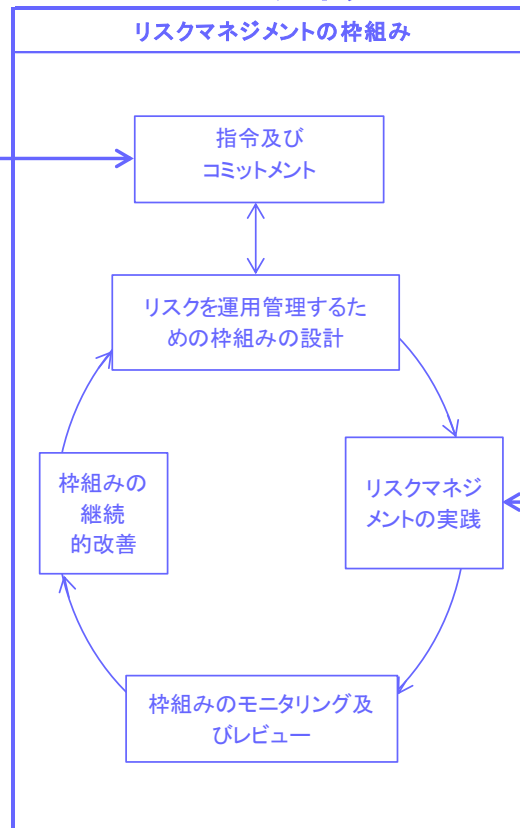
# 5.1 ジオテクニカル・ベースライン・レポート (GBR作成ガイドライン：米国土木学会)

## ISO/EC Guide 73のリスクマネジメントの原則、枠組み、プロセス

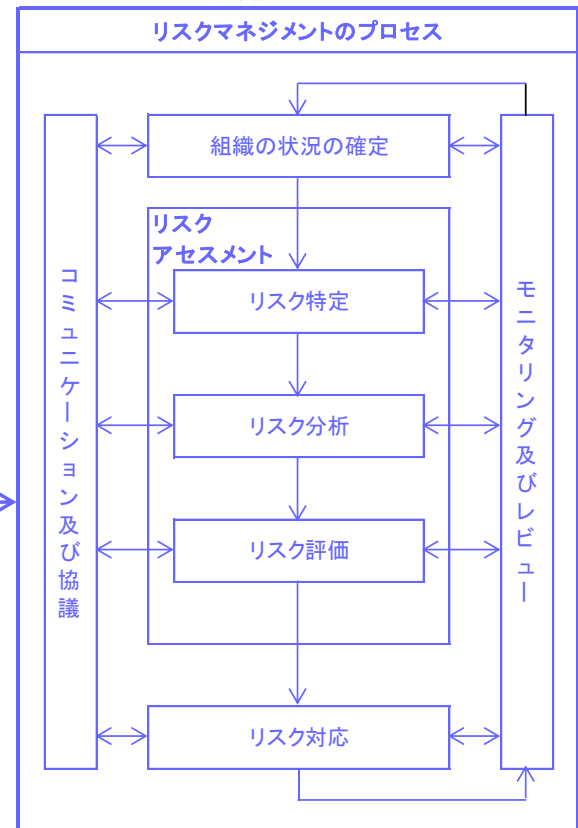
### 組織を指揮統制する ためのガバナンス



### PDCAサイクル



### リスクの具体的な対処方法



ISO/EC Guide 73 : Risk management —Vocabulary— Guidelines for use in standards,2002.



# GBR(ジオテクニカル・ベースライン・レポート)

目的: 建設コストの縮減

欧米の工事契約: 発注者と請負者が責任を負うべき  
地質・地盤条件を明示する契約図書

DSC条項: 地質・地盤条件の相違による契約変更について想定外の現場条件の出現に対する発注者の責任を規定(米国1921年)

※ DSC: Differing Site Condition(現場条件の相違)



しかし、地盤条件が曖昧、地質・地盤に関するリスク分担が曖昧、入札価格を検討する際の地盤情報の提供に不備などがあり、係争が絶えなかった。



地下工事に関連したプロジェクトを対象  
1997年に米国土木学会がGBR作成ガイドラインを作成  
2007年には第2版が発行された。

## ベースライン(BL:Base Line)とは、

発注者と請負者が共有するリスク分担の基準値

地質・地盤条件がGBRに明記されたベースライン(基準値)を超過した場合、発注者は設計変更を認めて追加工事費を支払うことになる。

逆に、ベースラインを超えない場合には請負者がすべてのリスクを負担する。

※ GBR: Geotechnical Base Line Report



## ベースライン(基準値)の決定方法

地盤工学データ報告書(GDR)を基本として、プロジェクトサイトの地質・地盤条件に関する調査や試験の結果に対する発注者の契約上の解釈を具体的に・定量的に示し、発注者が責任を負う地質・地盤条件の範囲を明記する。

※ GDR : Geotechnical Data Report



## ベースラインの設定による影響

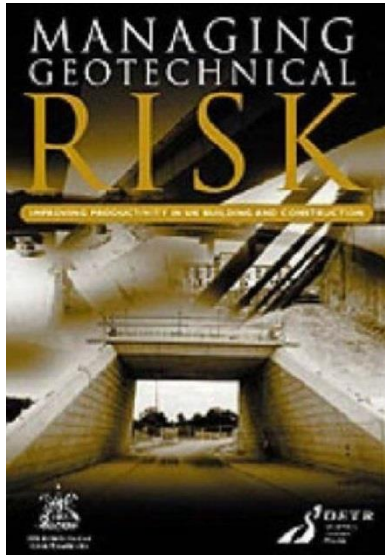
ベースライン(BL,基準値)の設定が厳しいか緩いかによって、入札額の高低、クレームの多寡、コスト変動量などに影響する。

ベースライン (一軸圧縮強度最大値)	実工事での状況	入札額	クレームの多寡	コスト変動量
高い水準に設定 (大きな値に設定)	さくさく掘れたので、 BLは超過せず	(工事費+予備費) は高い	ほとんど無し	最小
	時折硬くて掘りにくく、 BLをまれに超過		少ない	小
低い水準に設定 (小さい値に設定)	そこそこ掘れたが、 BLはしばしば超過	(工事費+予備費) は安い	多い	大
	そこそこ掘れたが、 BLは頻繁に超過		非常に多い	最大

地質リスク・エンジニア(GRE)養成講座講義テキスト集p.58、表4-2



## 5.2 ジオリスクマネジメント (英国土木学会編)



英国土木学会(Institution of Civil Engineers:ICE)では、英国サウザンプトン大学のC.R.I.Clayton教授による  
**Managing Geotechnical Risk**  
- Improving Productivity in UK Building and Construction -

を地質リスクマネジメントに用いている。

ここでは発注者，設計者および施工者の役割が明確に示されている。

この本は，英国内外の実務者の間で「地質リスクマネジメント」に関する最も重要な解説書として2001年から用いられている。

## ジオリスクとは

「現場の地盤状況によって引き起こされる建設工事に対するリスクである。地盤に関連したこの問題は、コスト、工期、利潤、安全衛生、品質ならびに適合性に対して不利益な方向に影響し、また、環境破壊にもつながる。」としている。

また、施工リスクの定義の一つには「リスクは、発生確率とプロジェクトの目的達成にインパクトを与える有害事象」としている。





# ジオリスクマネジメントの基本的考え方と 建設事業に携わる人々の役割

- A.ジオリスクマネジメントの基本的な考え方
- B.発注者の役割
- C.設計者の役割
- D.施工者の役割
- E.ジオアドバイザーの役割
- F.リスクコミュニケーション



## F. リスクコミュニケーション

発注者，設計者，施工者，ジオアドバイザー間各々のコミュニケーションは，リスク管理表が受け持つものであるが，その他，

- ・計画段階から調査・設計段階への移行時，
- ・調査・設計段階から施工段階への移行時，
- ・施工後の維持管理段階への移行時には，

公式にリスクコミュニケーションを行う必要があり，このリスクコミュニケーションをとっていくことが重要なプロセスでもある。

ジオリスクマネジメント：C.R.I. Clayton, 英国土木学会編，(社)全国地質調査業連合会誌，2016.12 を参考として作成



# 各段階における リスクコミュニケーション

## 計画段階

発注者と設計者およびジオアドバイザーの3者においてジオリスクをどのように、いつ、誰が管理するかについてとジオリスクに対するプロジェクトの脆弱性評価等に関するリスクコミュニケーションを行い、調査・設計段階へ移行する。

## 調査・設計段階

施工中の観測およびモニタリングのニーズや残余リスクの受容に対する責任の明確化および契約がどのようにジオリスクを配分するかなどについて発注者、設計者、施工者およびジオアドバイザーの4者においてリスクコミュニケーションを行う。

## 施工段階

適切な施工法の選定とプロジェクト内におけるジオリスクの周知徹底および設計者へのフィードバックなどのリスクコミュニケーションを行う。さらに、施工後には、施工中に特定されたリスクや残余リスクについて施工者と発注者においてリスクコミュニケーションを行い、維持管理段階へ移行する。

ジオリスクマネジメント:C.R.I. Clayton, 英国土木学会編, (社)全国地質調査業連合会誌, 2016.12 を参考として作成

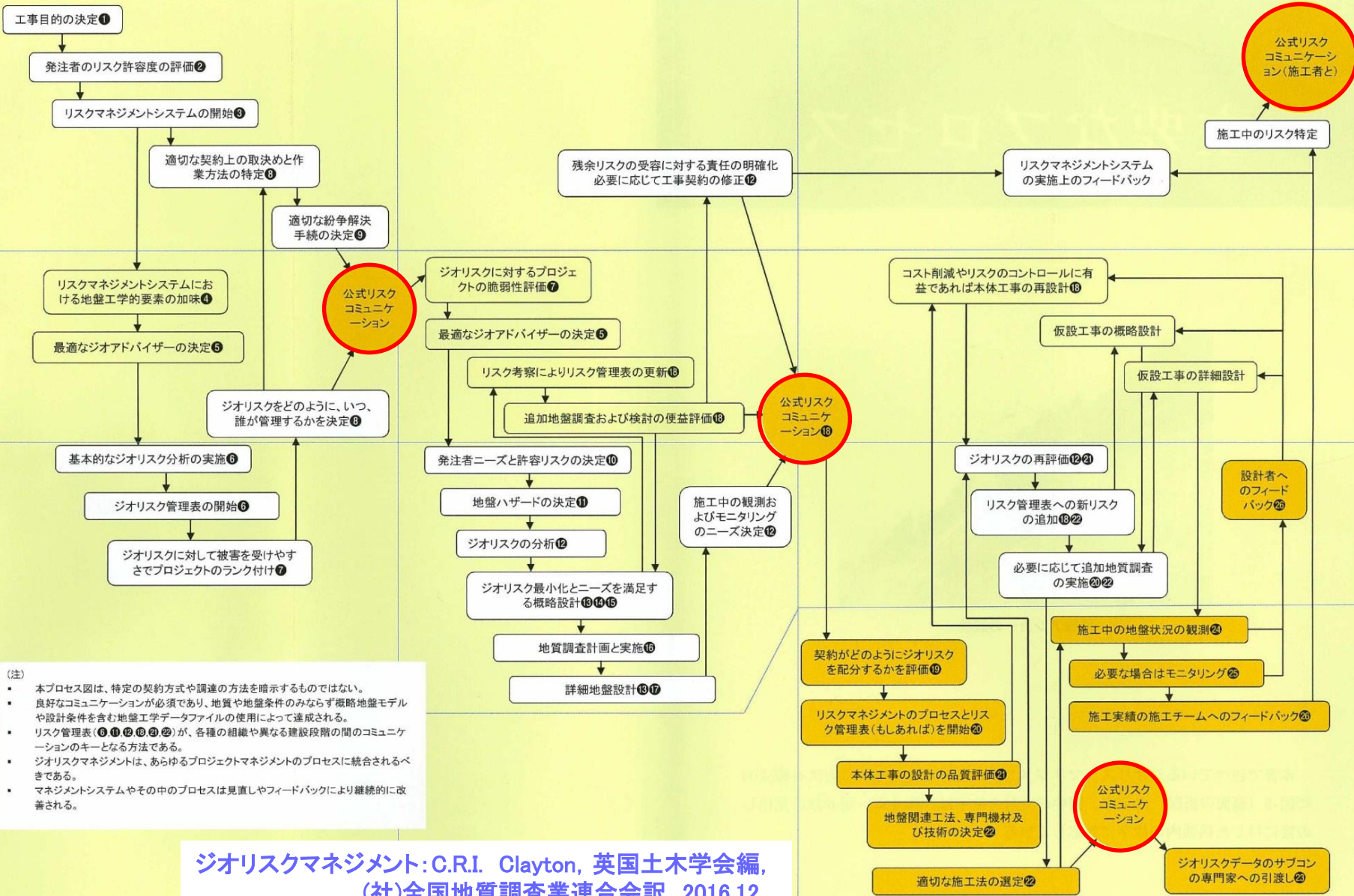


発注者/プロジェクトマネージャー

設計者

ジオアドバイザー

施工者



(注)

- 本プロセス図は、特定の契約方式や調達の方法を暗示するものではない。
- 良好なコミュニケーションが必須であり、地質や地盤条件のみならず概略地盤モデルや設計条件を含む地盤工学データファイルの使用によって達成される。
- リスク管理表(⑧、⑨、⑩、⑪、⑫、⑬)が、各種の組織や異なる建設段階間のコミュニケーションのキーとなる方法である。
- ジオリスクマネジメントは、あらゆるプロジェクトマネジメントのプロセスに統合されるべきである。
- マネジメントシステムやその中のプロセスは見直しやフィードバックにより継続的に改善される。

ジオリスクマネジメント:C.R.I. Clayton, 英国土木学会編,  
(社)全国地質調査業連合会訳, 2016.12

## リスク管理表

リスク管理表は、認識されたリスクとその重要性を文書化し、それらを管理するための措置を記録する手段として用いるものである。

リスク管理表は、非常に簡易な文書であり、特殊な構造物や建設プロジェクトにおいて、情報が各種の組織間あるいは同じ組織内で働く別の部署間で情報を共有する際の強力なコミュニケーションツールである。

まず、リスクが回避できるかどうか、その重大さを推定することが必要であり、このプロセスは、リスク分析と呼ばれる。リスクの程度は、ハザードからの損害、損失または危害の予測されたインパクトであり、以下のように表される。

# リスクの程度 $R = \text{可能性 } L \times \text{影響 } E$

ジオリスクマネジメント：C.R.I. Clayton, 英国土木学会編, (社)全国地質調査業連合会訳, 2016.12



## 6. 地質・地盤のリスクと リスク対応事例



## 6. 地質・地盤のリスクとリスク対応事例

- 6.1 A型：事前に対応策を検討出来た事例(H21)
- 6.2 C型：施工中にリスクが発生した事例(H28)
- 6.3 B型：施工中に再度リスクが顕在化した事例(R01)

地質リスク学会における事例研究収集の事例区分  
(地質リスクマネジメント効果の計量化のための事例区分)

- A型：地質リスクを回避した事例
- B型：地質リスクが発現した事例
- C型：発現した地質リスクを最小限に回避した事例
- D型：A型，B型，C型以外の事例

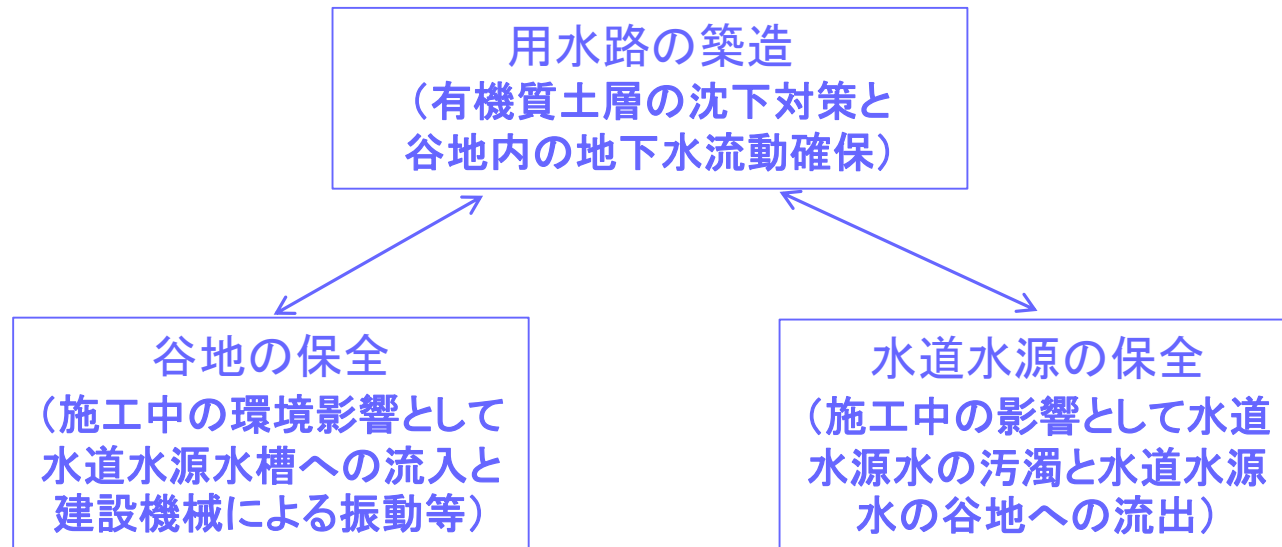


# 6.1 事前に対応策を検討出来た事例（H21）

谷地(沼野植物群落)の中には江戸時代中期に灌漑用水として開削された水路がある。

谷地湿原の乾燥化を防ぐことを目的として水路を管きよとして山際に付け替える事業が発足した。

しかし、その他にも事業リスクが存在した。



谷地の保全および水道水源の保全に関する合意形成が必要

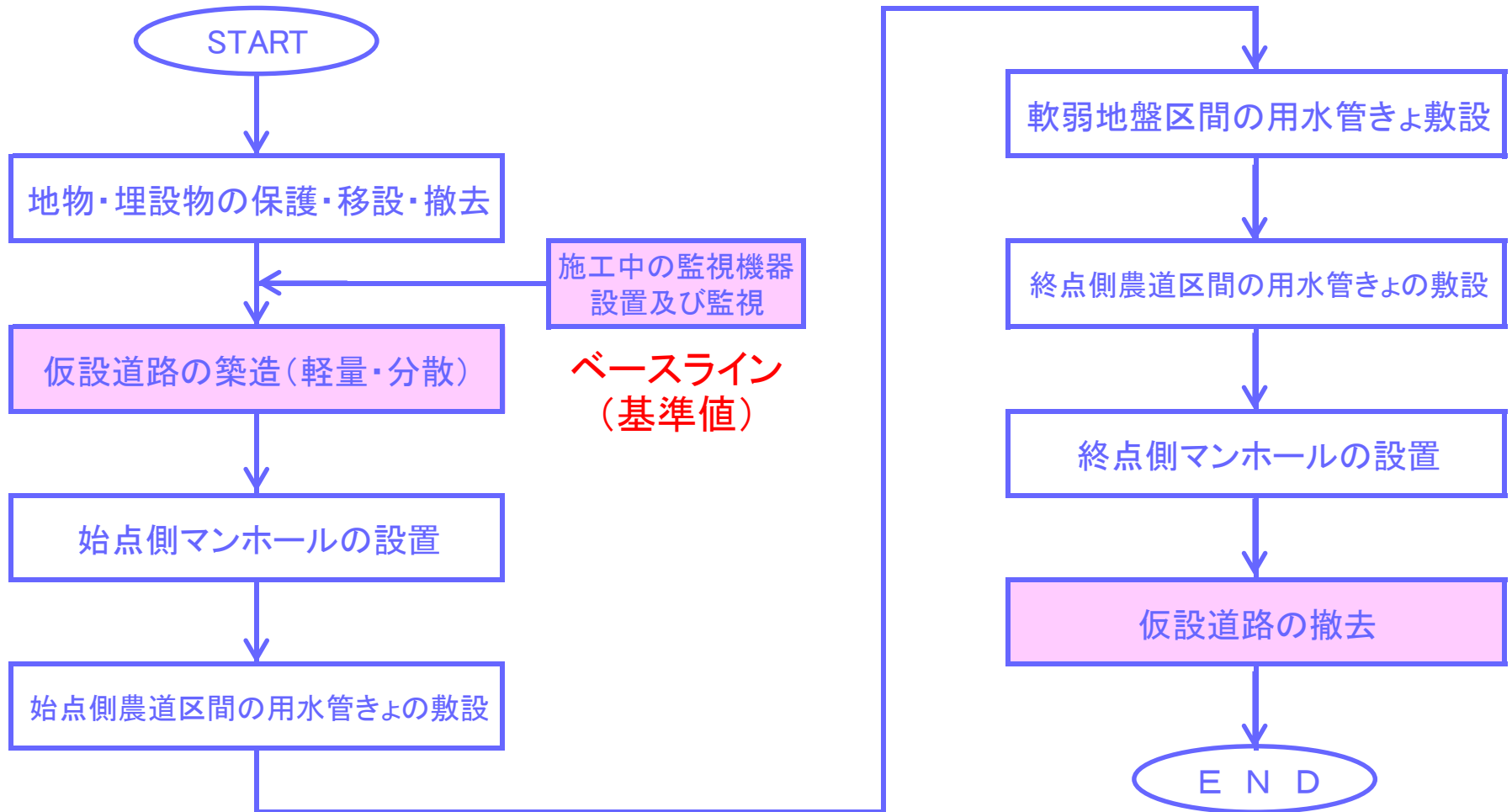




## 4者会議における協議結果・検討結果

	内 容
軟弱地盤 対 策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沈下防止, 地下水流動阻害防止対策: 鳥居基礎(地場の松材・松杭を使用)</li> <li>・積雪時の偏荷重による横方向の土圧に対策: 松杭を管きよの谷地湿原側へ設置</li> </ul>
水道水源 地に関する 項 目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道水源になるべく遠いところで谷地湿原側に迂回させる。</li> <li>・迂回するための農道掘削時には, 水源地山側からの地下水が谷地湿原側に流出しないように遮水シートを設ける。</li> <li>・豪雨時の表流水の排水は, 水源地山側と農道の間水路で縦断的に流下させ, 水源地から約100m先で農道を横断排水させる。</li> <li>・施工時の水質汚濁が無いような施工方法に留意し, 種々の計測監視を行う。</li> </ul>
谷地湿原 に関する 項 目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・用水管きよの敷設位置は, 極力谷地湿原側に入らないルートとする。</li> <li>・谷地湿原内にはコンクリート構造物・製品は用いない(マンホールは不可)。</li> <li>・谷地湿原内の管きよは, 盛土により保護を行い, 盛土材には, 近隣の山砂あるいは環境に配慮した軽量盛土材を用いる。</li> <li>・植生は, 時間がかかっても地場の植生が生えるのを待つこととする。</li> <li>・施工時の仮設道路は, 谷地湿原側へ荷重分散型の軽量仮設材で構築する。</li> </ul>

# 施工フロー



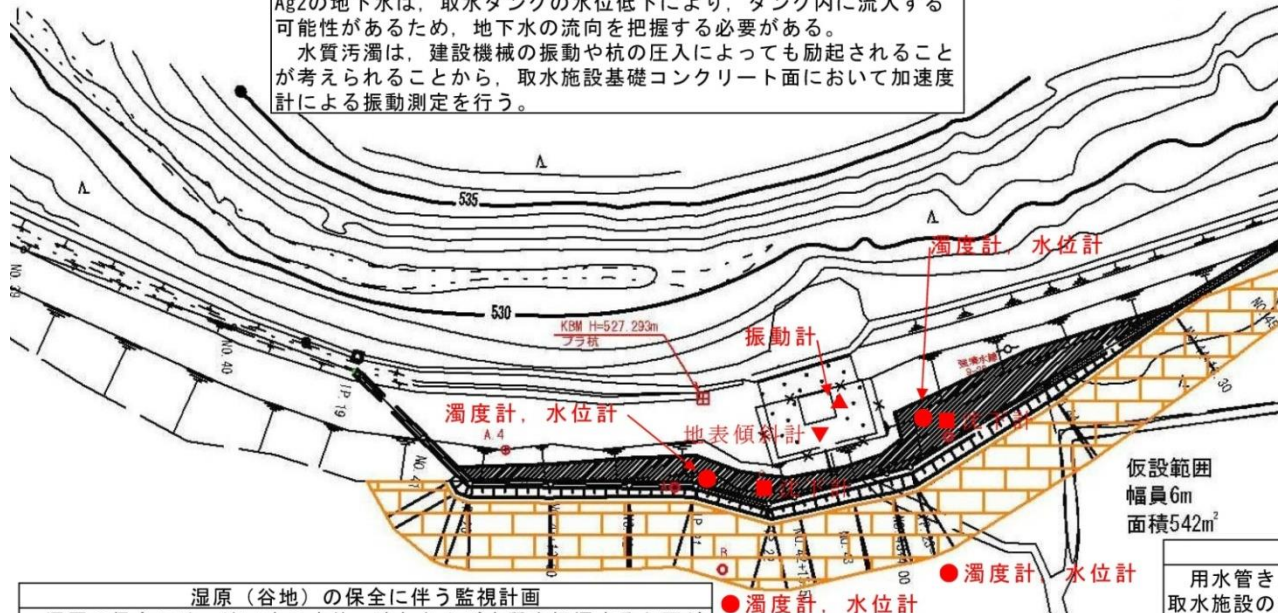
# 監視計画(施工中のベースライン)

**水道水源の保全に伴う監視計画**

水道水源の取水施設近傍の用水管きよの敷設工事のため、施工中の水道水源の水質汚濁や地下水位低下が懸念される。このため、取水タンクの水質試験(水道法)と濁度計による水質汚濁の監視および水位観測を行い、工事の環境影響評価を行う。

取水タンクの計画低水位L.W.Lより高い水頭をもつ沖積第2礫質土Ag2の地下水は、取水タンクの水位低下により、タンク内に流入する可能性があるため、地下水の流向を把握する必要がある。

水質汚濁は、建設機械の振動や杭の圧入によっても励起されることが考えられることから、取水施設基礎コンクリート面において加速度計による振動測定を行う。



観測項目	観測の管理基準値
水源貯水槽の濁度	濁度0.3度以下
水源施設の傾斜	1秒以下
水源施設の振動	60デシベル以下
水源貯水槽の水位	—
水源近傍の地下水位	—
湿原の地下水位	—
軟弱地盤の沈下	(最大沈下量20cm以下)

**湿原(谷地)の保全に伴う監視計画**

湿原の保全には、地下水の水位、流れおよび水質を把握する必要がある。地下水位測定と地下水流向流速測定を行ってきた。このため、施工中・施工後においてもこれらの測定を継続する必要がある。なお、観測孔(井戸)が施工箇所となっているため、観測孔(井戸)を移設する必要がある。

水質については、現地ですぐに行える簡易水質試験(EC:電気伝導度とpH:水素イオン濃度)によって把握する。

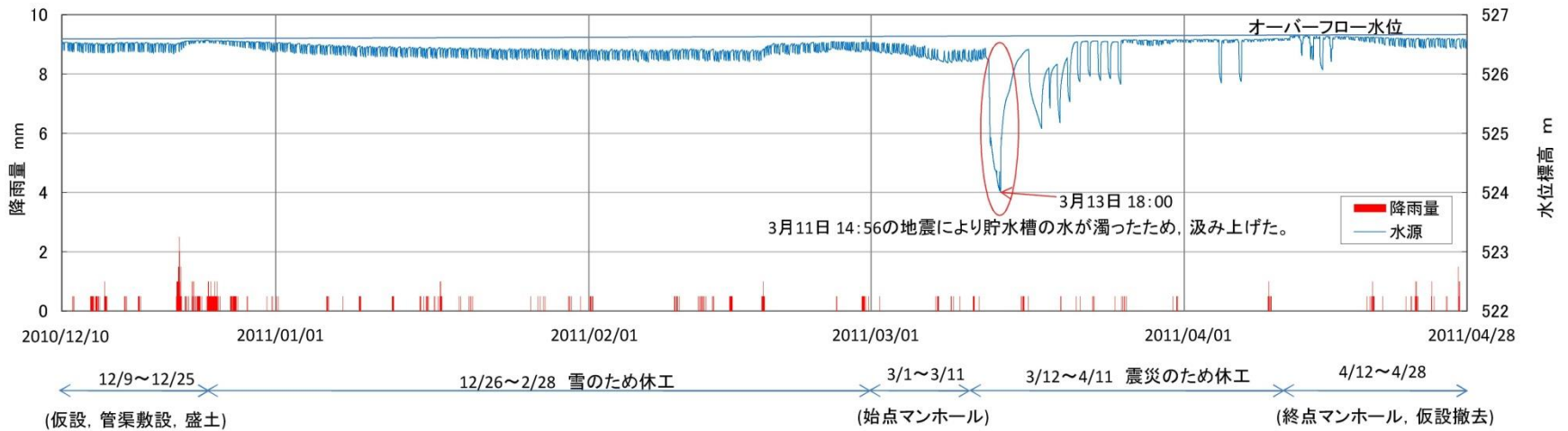
場合によっては、イオン分析を行い、トリリニアダイアグラムやヘキサダイアグラムによって地下水の性質を把握する。

**施工中の変状監視計画**

用水管きよ敷設時には、掘削と盛土が実施される。このため、水源取水施設の変状監視として、地表傾斜計により、掘削時・盛土時の変状を監視する。

また、用水管きよに衣土を覆工する場合には、農道のり尻や取水施設のり尻に盛土が実施される。この盛土により、軟弱な高有機質土が圧密沈下を生じるため、沈下板を設置し、沈下量と鎮火時間の関係を計測し、沈下変状を監視する。特に、IP.23~No.44+13.20m間は、取水施設から配水池への送水管が埋設されており、沈下変状の監視は、重要である。

# 水道水源貯水槽の水位変動結果



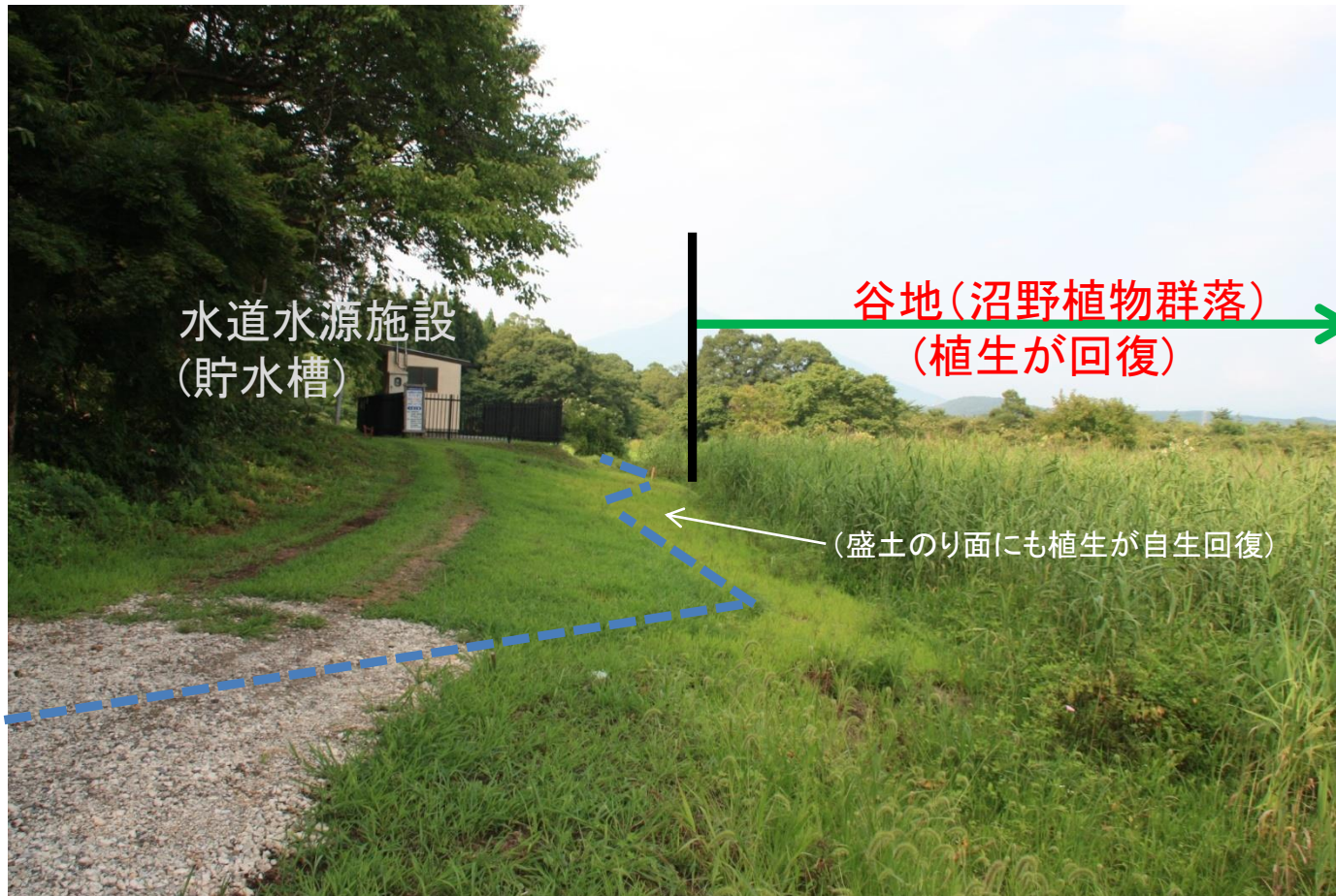
# 監視結果

観測項目	観測の管理基準値	観測結果	判定
水源貯水槽の濁度	濁度0.3度以下	12/9,12/24に0.32～0.39であったが異常は見られなかった。	○
水源施設の傾斜	1秒以下	施工中の最大傾斜は、0.071秒と非常に小さい傾斜であった。	○
水源施設の振動	60デシベル以下	施工中の最大振動は、43.8デシベルと60デシベル以下であった。	○
水源貯水槽の水位	—	施工中に目立った水位変動は見られなかった。ただし、3/11、4/11の地震後には大きな変動が見られる。	○
水源近傍の地下水位	—	施工開始時に低いものの施工中は水位変動は見られなかった。	○
湿原の地下水位	—	架設道の重機通行による若干の水位変動は見られるものの急激な水位変動は見られなかった。	○
軟弱地盤の沈下	(最大沈下量20cm以下)	最大沈下量は、12mmであり、予測最大沈下量200mmの約6%の沈下しか生じなかった。	○



# 施工後全景

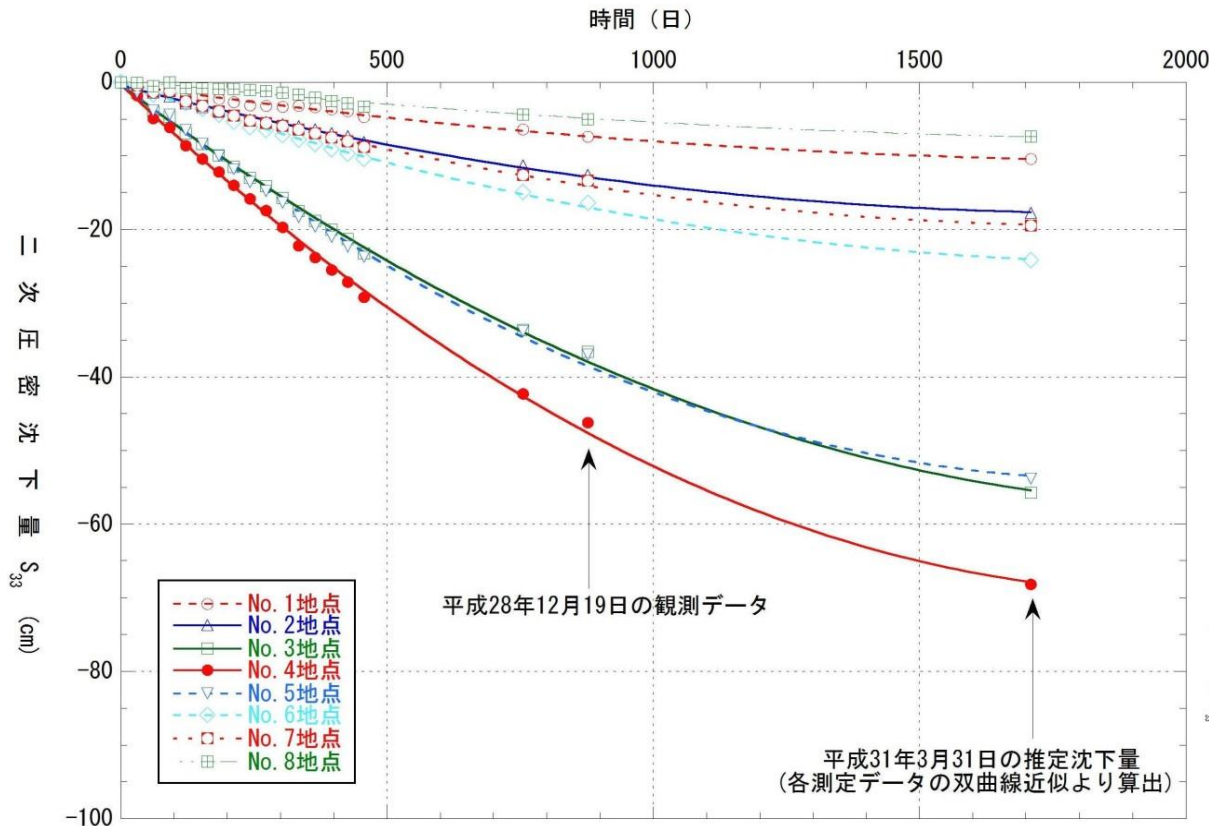
(始点側から水道水源施設と沼野植物群落を望む)



# 6.2 施工中にリスクが発生した事例 (H28)

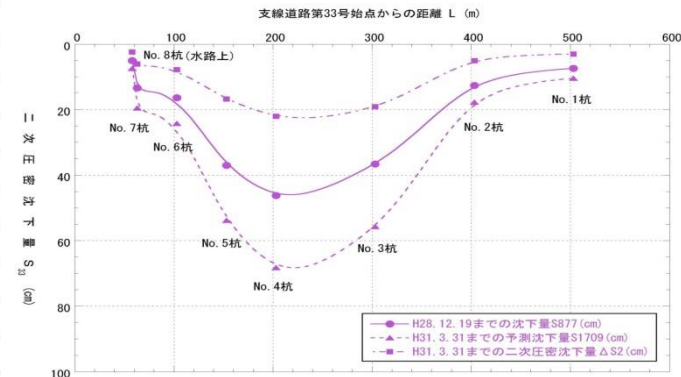
平成23年5月から道路盛土が行われ、沈下が発生した。

沈下量が著しいため、平成26年9月より平成28年12月まで沈下量の観測が行われていた。 ← この段階から業務がSTARTした。

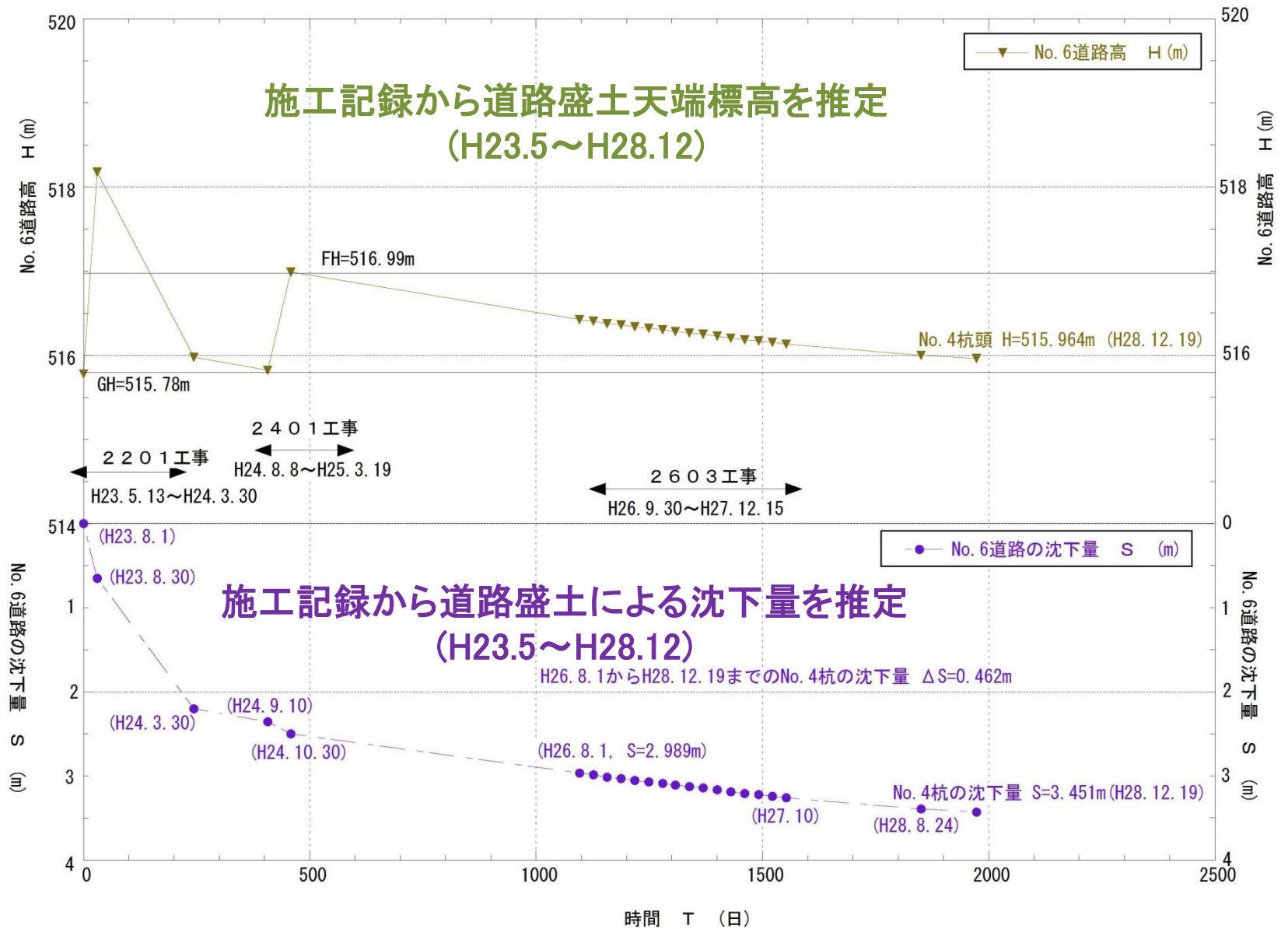


沈下量－時間曲線を整理したところ、観測していた沈下量は、二次圧密ではないかと推定

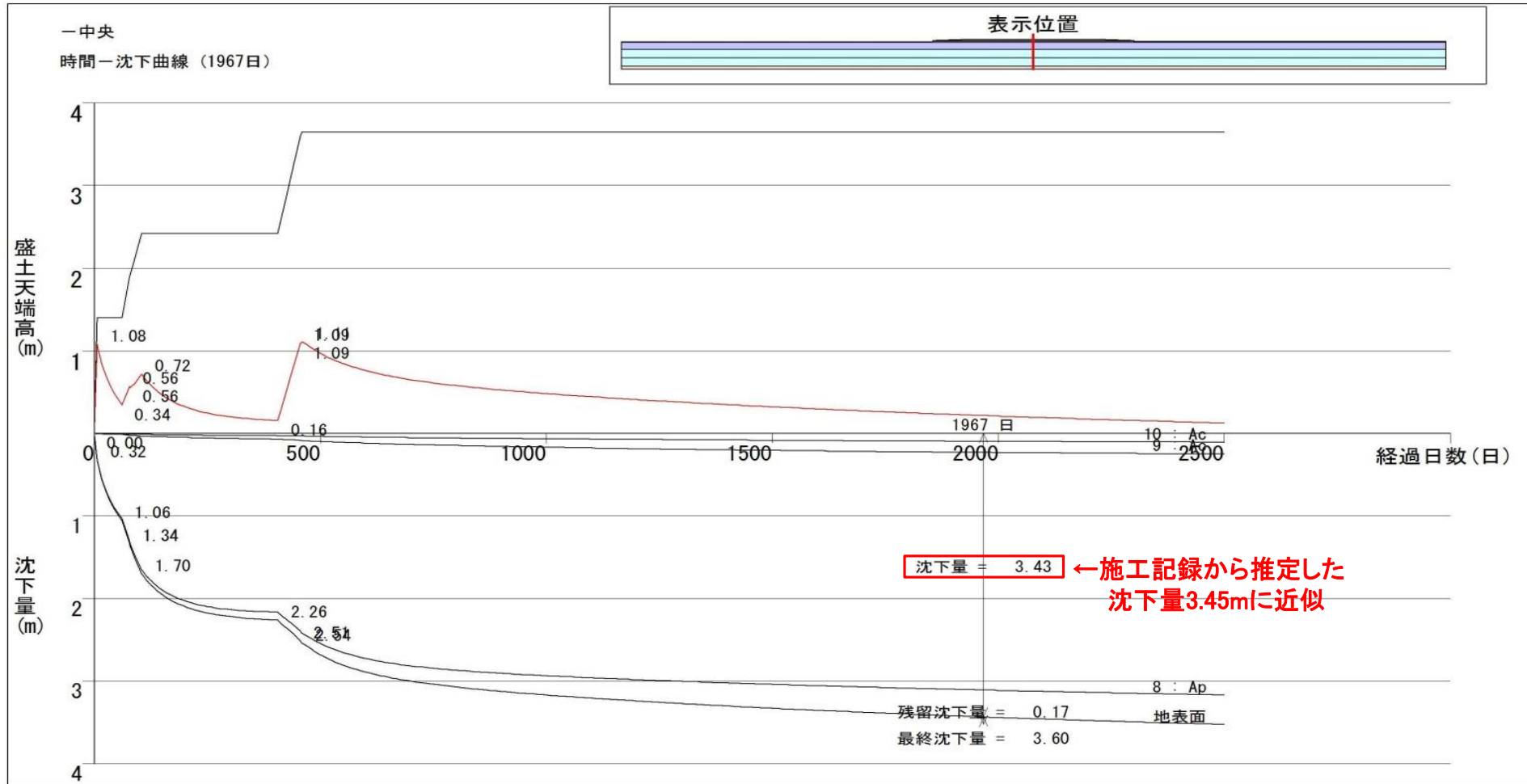
## 道路横断方向の沈下量







# 圧密沈下計算による沈下量～時間曲線



以下に当該地区に生じている沈下現象に関して①リスクの回避，②リスクの除去・低減，③リスク保有などの処理手段についてのリスクマネジメントを示す。

	①リスクの回避	②リスクの除去・軽減		③リスクの保有
		②-1 リスクの除去	②-2 リスクの軽減	
内容	動線を変える。つまり、現在の道路を使用せずに、周辺の道路を使用することによってリスクを回避する。	軽量盛土(EDO-EPS)によって、沈下を生じさせないようにする。	軽量盛土(EDO-EPS)は行うが計画盛土高を見直して0.5m程度低くする。また、EPSを行わない箇所を増やすことなどによって、沈下を低減させる。	現在のままで道路を使用する。今後の圧密沈下(2年後で22cmの増)することをわかって使用する。ただし、水路は、流下出来るように修繕する必要がある。
概算	—	¥196,590,584.-	¥120,097,186.-	(—)
判定	×	○	◎	△

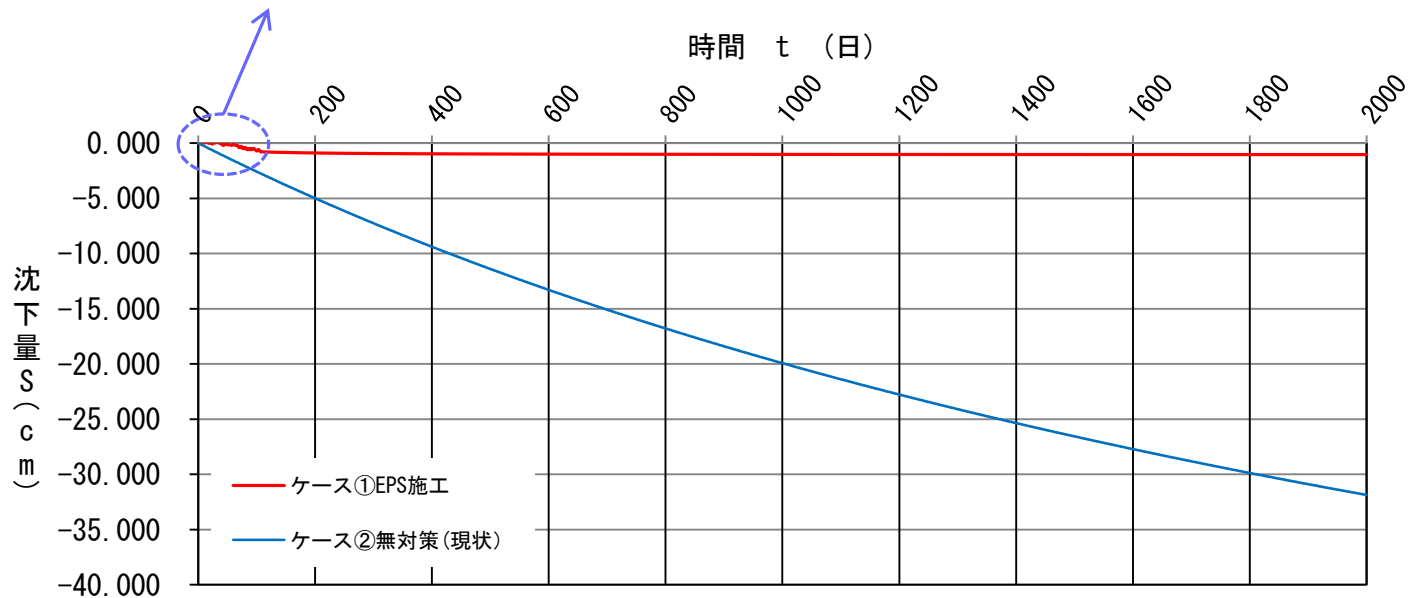
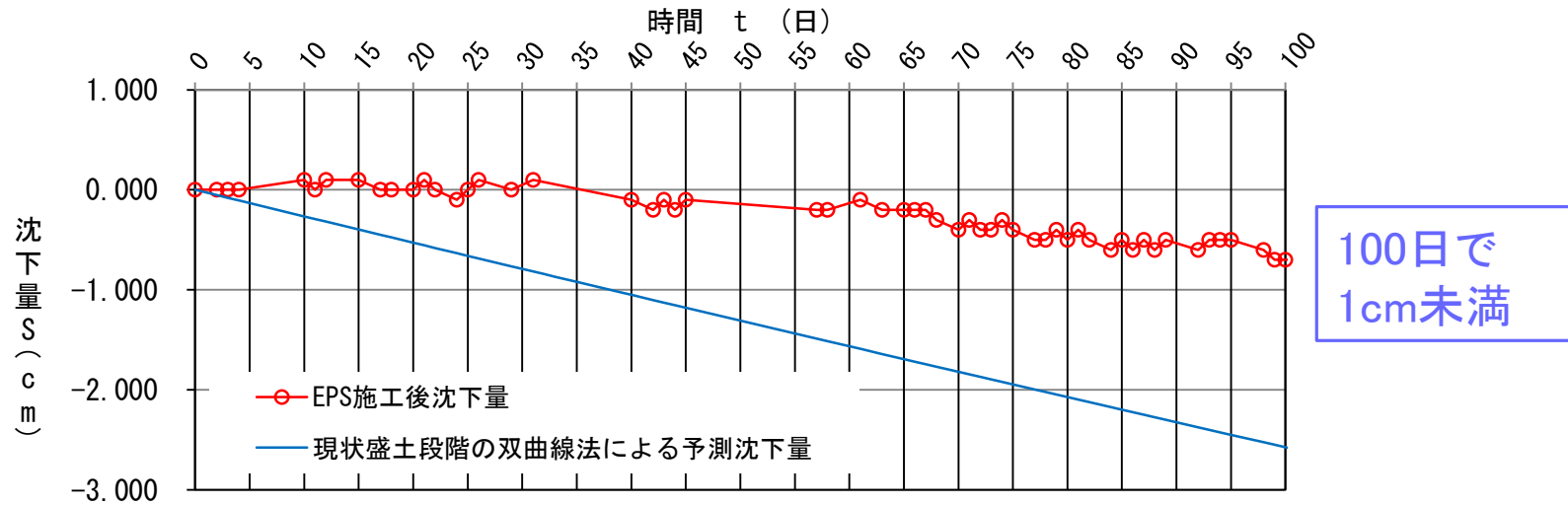
- 対策予定範囲の一部区間(80m)について、試験施工
- EPSの置き換え厚さ1.5m, 新規盛土厚さ0.8m
- 許容沈下量は、供用開始後に3年間で沈下量が30cm未満



## 試験施工中のベースライン

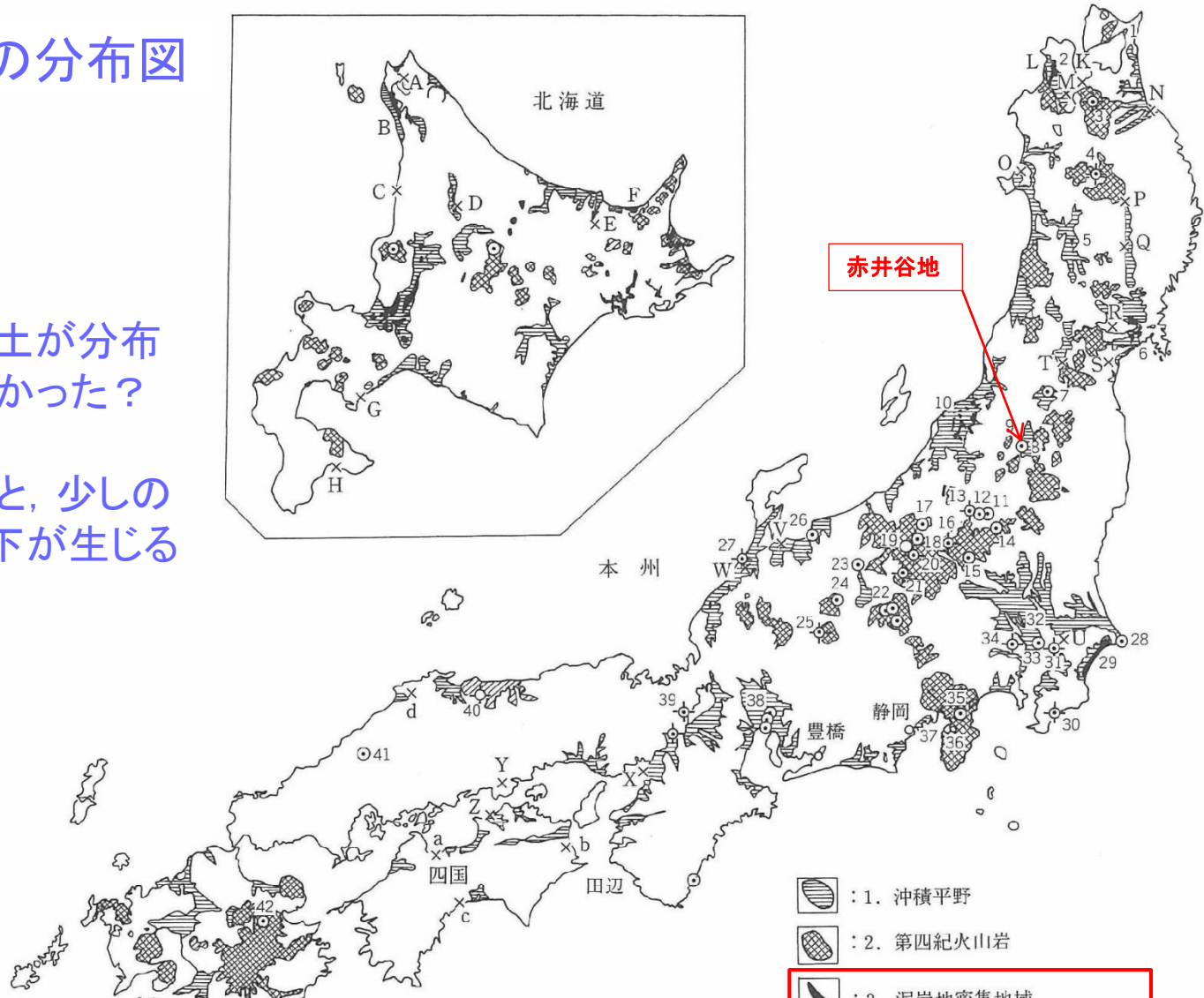
- ・EPS対策前の二次圧密量より少ない沈下量  
(年10cm以下の沈下量: 3年で30cm未満)
- ・周辺田圃の沈下量3cm以下(引き込み沈下)  
(農地基準)

# EPS試験施工中の沈下状況



# 高有機質土(泥炭)の分布図

- ・この付近に高有機質土が分布していることを知らなかった？
- ・高有機質土層があると、少しの載荷重でも著しい沈下が生じることも知らなかった？



- A. 沼川, B. サロベツ, C. 古丹別, D. 上別, E. 美幌, F. 斜里, G. 幌別, H. 函館, K. 青森, L. 西津軽, M. 浪岡, N. 八戸, O. 八郎潟, P. 盛岡, Q. 北上, R. 古川, S. 仙台, T. 山形, U. 印旛沼, V. 高岡, W. 金沢, X. 大阪, Y. 鹿島湾, Z. 九尾, a. 西条, b. 小松島, c. 高知, d. 出雲, 1. 亀ヶ岡, 2. 津軽平野, 3. 八甲田山, 4. 八幡平, 5. 大曲, 6. 仙台平野, 7. 大谷地, 8. 赤井谷地, 9. 蓋沼, 10. 新潟平野, 11. 鬼怒沼, 12. 尾瀬沼, 13. 尾瀬ヶ原, 14. 戦場ヶ原, 15. 覚満淵, 16. 大峰沼, 17. 苗場山, 18. 野反池, 19. 志賀高原, 20. 草津白根山, 21. 菅平, 22. 八嶋ヶ原・蓼科, 23. 唐花見, 24. 上高地, 25. 御岳, 26. 魚津, 27. 金沢, 28. 銚子, 29. 九十九里平野, 30. 加茂, 31. 検見川, 32. 中川低地, 33. 市川, 34. 三宝寺池, 35. 仙石原, 36. 狩野川沖積平野, 37. 浮高ヶ原, 38. 濃尾平野, 39. 京都, 40. 大山, 41. 八幡, 42. 九重山, 43. 霧島山, 44. 肝属平野, 45. 屋久島

- : 1. 沖積平野
- : 2. 第四紀火山岩
- : 3. 泥炭地密集地域
- : 4. 埋没腐植層
- : 5. 小泥炭地
- : 6. 花粉分析の行われた泥炭地

(4~6には1961年以後のデータは含まれていない)

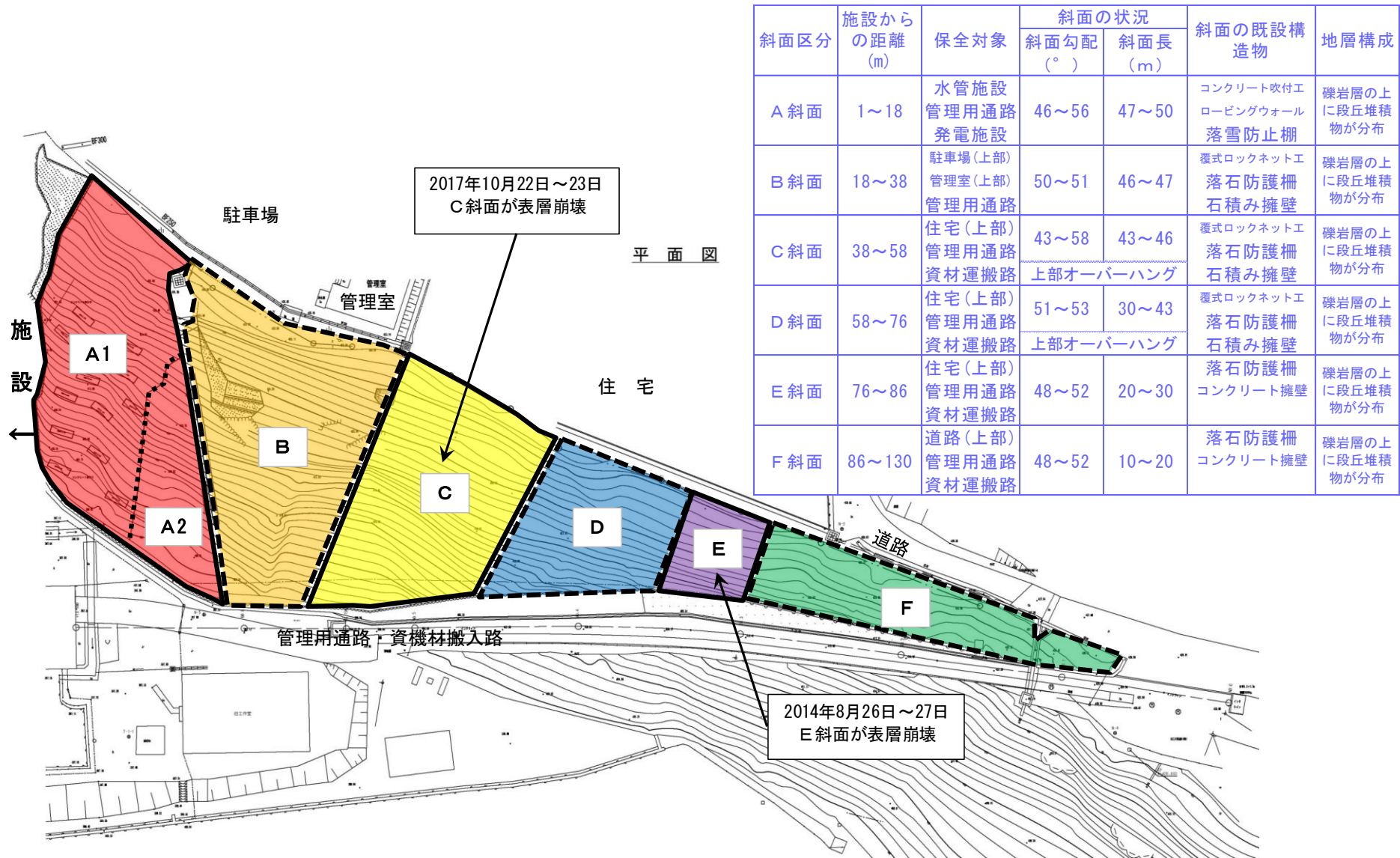
# 技術力不足・ミスなど，設計における失敗原因の10の分類

要 因	概 要	要因の細別
① 未 知	既知の対策が通用しない未知の領域に由来すること	異常現象発見 物理現象発見
② 無 知	知識の欠落により既知の対策を実施出来ないこと	学識不足 伝承無視
③ 不注意	本来防げていたものが注意力の低下により防げないこと	設計者 生産組織
④ 手順の不遵守	本来守るべき約束・習慣・規則が守られないこと	連絡不足 設計手順
⑤ 誤判断	判断における基準・手順・検討項目等に誤りがあること	ポンチ絵段階 計画図段階 仮想演習不足
⑥ 調査・検討の不足	判断に用いる情報の量や質，判断そのものの深さが不十分な こと	規制・特許 使用環境 購入品・制作
⑦ 制約条件の変化	前提としている事柄が想定外の変化をすること	使用条件 使用文化変化 経済環境変化
⑧ 企画不良	計画自体に無理があること	戦略・企画 組織構成 権利取得
⑨ 価値観不良	内部の価値観が周囲の価値観と著しく乖離してしまうこと	異文化 規範の違い
⑩ 組織運営不良	組織が正常に運営されていないこと	運営の硬直化 管理の緩み 構成員の疲労

※畑村洋太郎:失敗学より，設計における失敗原因の曼陀羅図を参考に作成

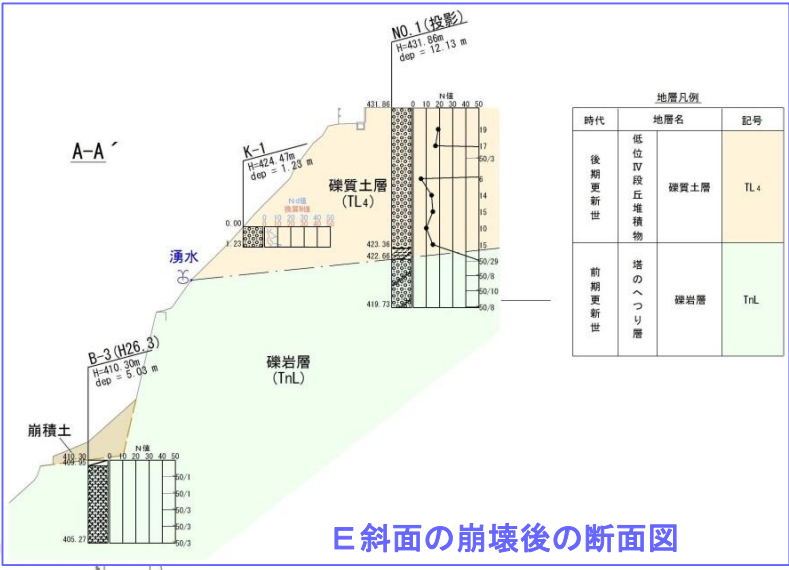
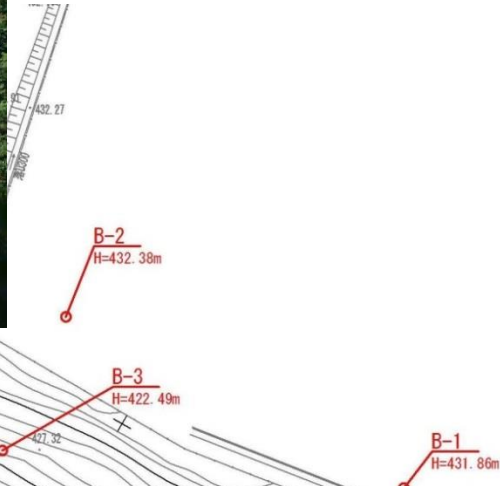


## 6.3 施工中に再度リスクが顕在化した事例 (R01)

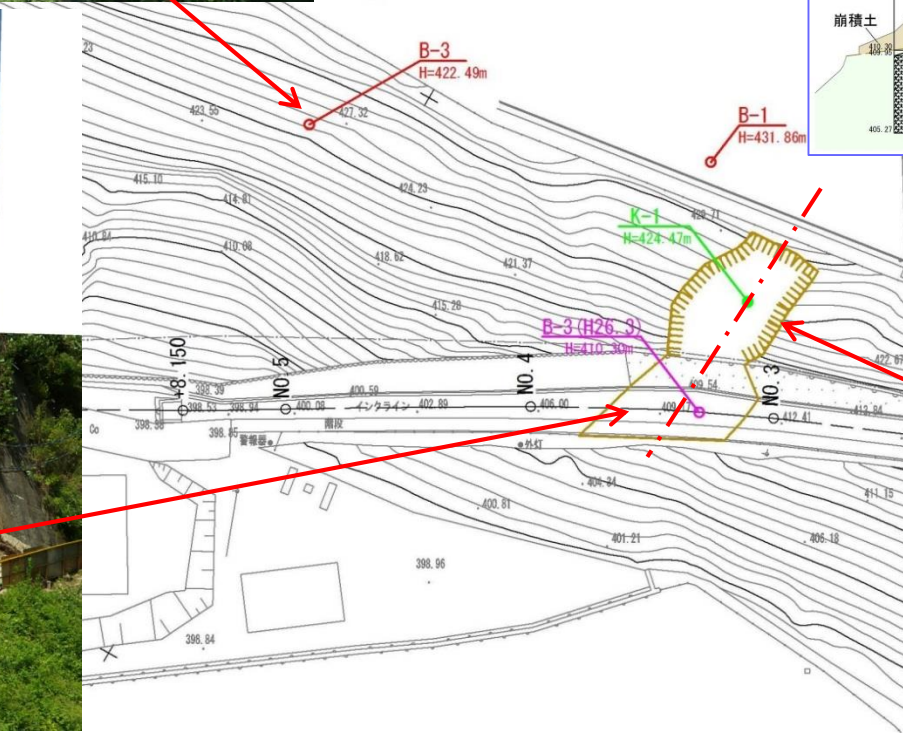




# 2014年8月26日～27日の表層崩壊（E斜面）



E斜面の崩壊後の断面図

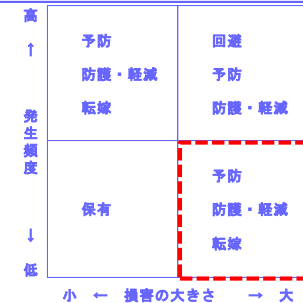
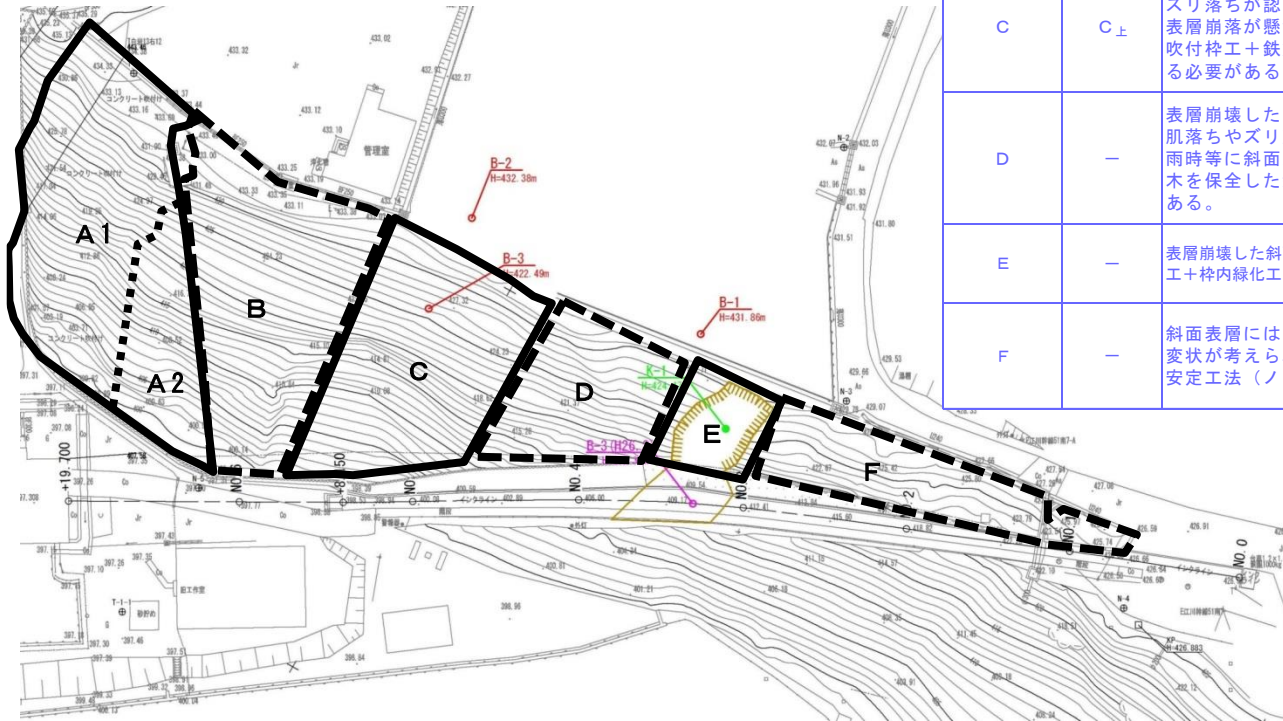


E斜面の表層崩壊

# 2014年8月時の斜面の安定度ランクと現況斜面の安定度

安定度のランク	内 容	
I	継続監視	最近、斜面の補修・補強の対策工が施されたが、豪雨時等の継続監視や定期的な点検が必要である。
II	予防保全	現在、斜面の対策工としてのり面保護工が施されているが、施工から年数が経過しているため、対策工としての健全度を把握する必要がある。
III	抑制工	斜面表層に植生があり、斜面は比較的安定しているものの、湧水があり、豪雨時にはパイピング現象が発現することが予測されるため、湧水対策や表層保護工などの抑制工が望まれる。
IV	抑止工	斜面表層に崩壊地形や段差が認められ、そのまま放置した場合には崩壊する可能性がある斜面のため、斜面を補強する抑止工が必要である。
V	緊急対策	表層崩壊した箇所ので緊急的に抑止対策が必要な斜面、あるいは、斜面表層部に亀裂や空隙・空洞が認められ、表層崩壊の危険性があり緊急的に抑止対策を行う必要がある斜面である。

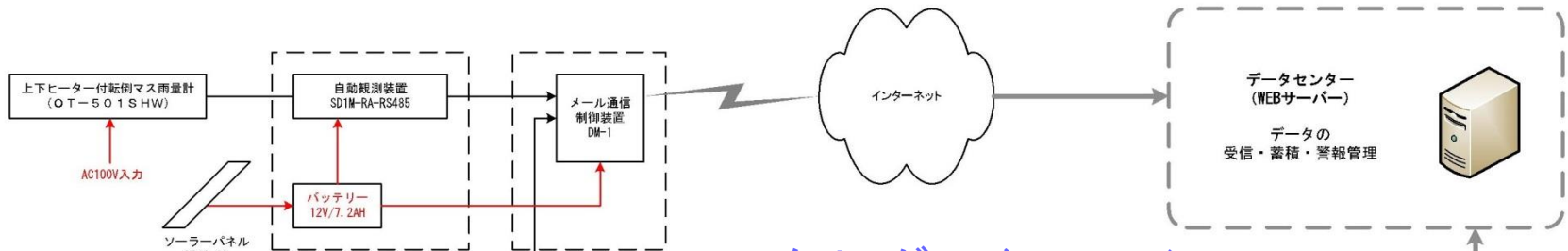
斜面区分名	細区分	斜面の表層崩壊に関する現況	現況の安定度
A	A1	のり面保護工としてコンクリート吹付工が施されているが、施工から40年以上経過しており、コンクリートの浮き・はく離・はく落・亀裂・亀裂からの植生など経年劣化が進行している可能性があり、のり面点検が必要である。	II
	A2	のり面保護工としてローピングウォール工が施されているが、施工から10年以上が経過しており、経年劣化が進行している可能性があり、のり面点検が必要である。	II
B	B <sub>上</sub>	斜面表層には、植生が多く見られるが木の切り株が腐食しており、豪雨時等には斜面が変状することが考えられる。斜面保護工として樹木を保全した斜面安定工法（ノンフレーム工）の抑制工が必要である。	III
C	C <sub>上</sub>	斜面はオーバーハングしており、植生が少なく、表層の肌落ちやズリ落ちが認められる。そのまま放置した場合には、豪雨時等に表層崩落が懸念されるため、抑止工が必要である。斜面補強工を吹付砕工+鉄筋挿入工+枠内緑化工（フリーフレーム工）で抑止する必要がある。	IV
D	—	表層崩壊したE斜面に隣接し、オーバーハングしており、表層の肌落ちやズリ落ちが認められる。そのまま放置した場合には、豪雨時等に斜面が変状することが考えられる。斜面保護工として樹木を保全した斜面安定工法（ノンフレーム工）の抑制工が必要である。	III
E	—	表層崩壊した斜面であり、緊急対策として斜面補強工を吹付砕工+鉄筋挿入工+枠内緑化工（フリーフレーム工）で抑止する必要がある。	V
F	—	斜面表層には、植生が比較的多く見られるが豪雨時等には斜面の変状が考えられることから斜面保護工として樹木を保全した斜面安定工法（ノンフレーム工）の抑制工が必要である。	III



# 雨量計と土壌水分計によるモニタリングの提案・実施

自動観測システム ブロック図

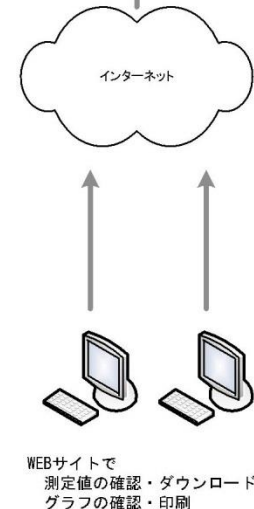
株式会社 測商技研  
作成日：2014/9/22



## モニタリングのベースライン

機器名	管理基準案
雨量計	時間雨量 20mm/h
	連続雨量 80mm以上
土壌水分計	飽和度 80% → 注意喚起
	飽和度 100% → 通行規制, 工事中止, 安全確認

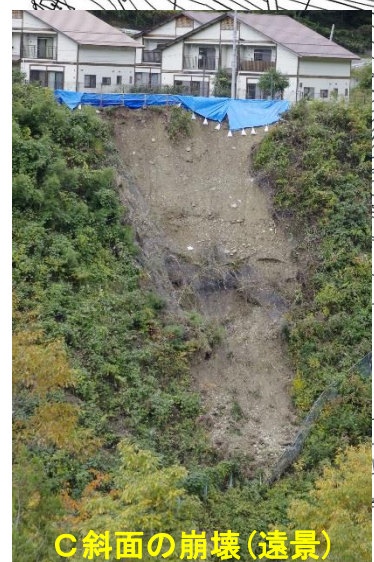
} 通行規制, 工事中止, 安全確認



- ソーラーパネルは南向きで十分に日の当たる場所へ設置する必要があります。
- メール通信制御装置DM-1はNTTドコモのFOMA回線を利用しているため、現場がFOMAエリア内かつ十分に電波の届く環境である必要があります。また通用の際にはFOMA回線契約が必要です。
- 送信されたデータはWEBサーバーへ蓄積され、WEB上で測定値の確認・ダウンロード、グラフの確認・印刷が行えます。(測定表の印刷は不可)
- またサーバーへ警報値を設定することにより、警報発生時に通報メールを送信することができます。(警報値はサーバーへリモートデスクトップ経由で直接ログインして、お客様自身で設定・変更できます。)
- 自動観測装置SD4Mは土壌水分計EC-10の仕様に合わせて特注品となります。

WEBサイトで  
測定値の確認・ダウンロード  
グラフの確認・印刷

# 2017年10月22日～23日の表層崩壊（C斜面）



C斜面の崩壊(遠景)

C斜面の崩壊後の断面図

C斜面の崩壊を下から撮影

# リスク顕在化のメカニズム

2017年10月22日から23日にかけて  
通過した台風21号の豪雨によって

総雨量：189.5mm

時間降水量：10～28mm

D斜面肩部23日3時の  
土壌水分量：59.05%

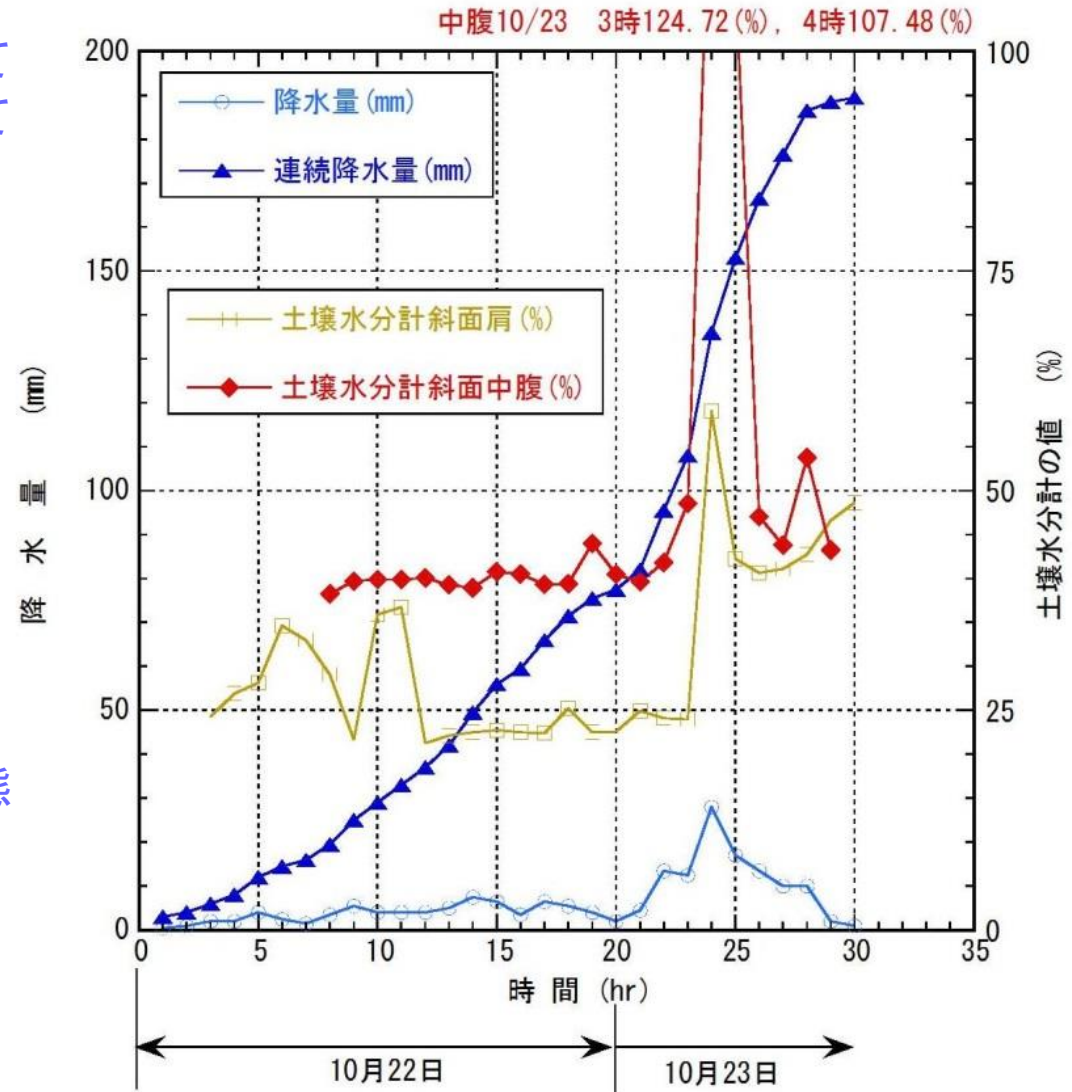
D斜面中腹の土壌水分量  
23日3時に124.72%  
23日4時に107.48%

(真水の場合には100%を超える)

- ・ 段丘堆積物層の斜面が飽和状態
- ・ 粘着力0
- ・ 湧水圧も作用？



斜面表層の崩壊に至る



# 施工中に再度リスクが顕在化した斜面のリスク処理の考え方の変更



高 ↑	予防 防護・軽減 転嫁	回避 <u>予防</u> <u>防護・軽減</u> ↑ 2017.10
	保有	<u>予防</u> 2014.8 <u>防護・軽減</u> 転嫁
低 ↓		
小 ← 損害の大きさ → 大		

## 当該斜面の危機管理とリスクマネジメントの模式図

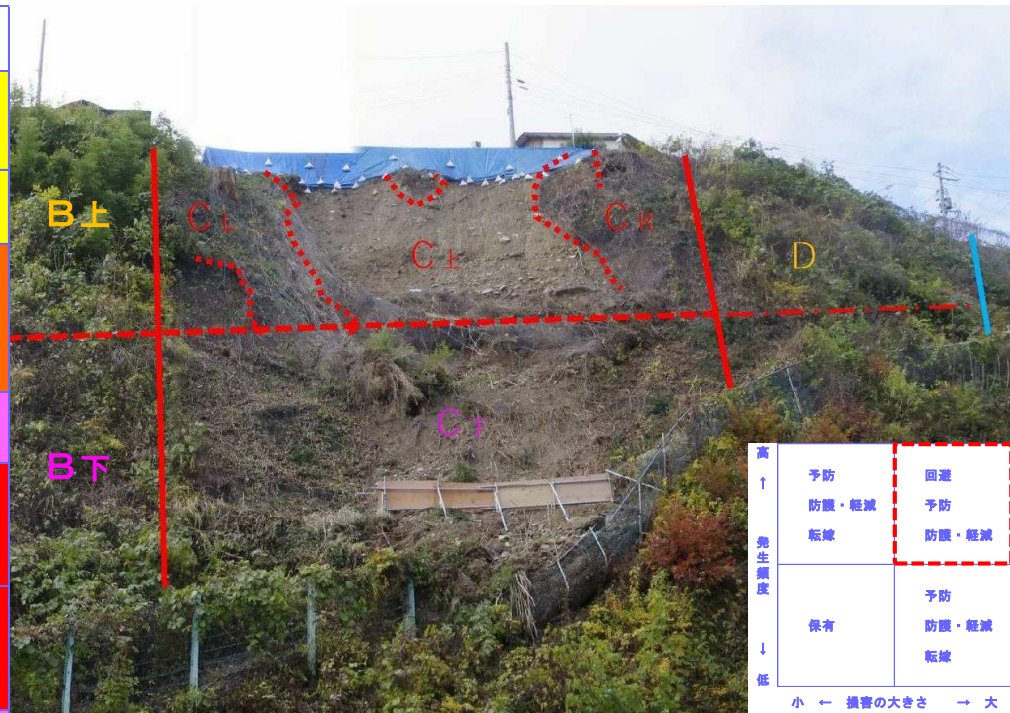
中島秀諮詞：リスク工学と地盤工学，地盤工学会誌，vol. 52-5，2004. 5 に加筆

## リスク処理の考え方の変更

役立つ！地盤リスクの知識：(公社)地盤工学会，p. 53，2013年4月26日に加筆

# 2017年10月時の斜面の安定度ランクと現況斜面の安定度

斜面区分名	細区分	斜面の表層崩壊に関する現況	現況の安定度
A	A1	のり面保護工としてコンクリート吹付工が施されているが、施工から40年以上経過しており、コンクリートの浮き・はく離・はく落・亀裂・亀裂からの植生など経年劣化が進行している可能性があり、のり面点検が必要である。	II
	A2	のり面保護工としてローピングウォール工が施されているが、施工から10年以上が経過しており、経年劣化が進行している可能性があり、のり面点検が必要である。	II
B	B上	表層崩壊した斜面に隣接し、表層斜面に崩壊地形が認められる。このまま放置した場合には、豪雨時等に斜面崩壊する可能性が考えられる。このまま放置した場合には、表層崩壊する可能性がある。残存表土層を排土した後、抑止工として斜面を補強する必要がある。また、斜面表層崩壊の誘因である地下水位を上げない抑制工として地下水排除工が必要である。	IV
	B下	C斜面の下側に位置する礫岩層の斜面である。表層のズリ落ちや肌落ちが考えられることから、表土処理を行った後に抑制工として斜面保護工が必要である。	III
C	C上	台風21号の豪雨により斜面崩壊した斜面であり、地山が露出している。このまま放置した場合には、後退的に斜面崩壊が生じる可能性がある。抑止工として斜面を補強する必要があるとともに、斜面表層崩壊の誘因である地下水位を上げない抑制工として地下水排除工が必要である。	V
	C <sub>L</sub> , C <sub>R</sub>	台風21号の豪雨により斜面崩壊したB地区の右側・左側の残存斜面であり、亀裂や空隙・空洞が認められることから、このまま放置した場合には、表層崩壊する可能性がある。残存表土層を排土した後、抑止工として斜面を補強する必要がある。	V
	C下	台風21号の豪雨により斜面崩壊したB斜面の下側に位置する礫岩層の斜面である。表層のズリ落ちや上部斜面の表層崩壊土砂が堆積しており、排土や表土処理を行った後に抑制工として斜面保護工が必要である。	III
D	表層崩壊したB斜面に隣接し、表層斜面に崩壊地形が認められる。このまま放置した場合には、豪雨時等に斜面崩壊する可能性が考えられる。抑止工として斜面を補強する必要があるとともに、誘因である地下水位を上げない抑制工として地下水排除工が必要である。また、斜面下側に位置する礫岩層の斜面についても表層の肌落ちやズリ落ちが考えられることから、表土処理を行った後に抑制工として斜面保護工が必要である。	IV	
E	2015年に斜面補強工として吹付枠工+鉄筋挿入工+枠内緑化工(フリーフレーム工)が施されているが、フレームの浮き・はく離・はく落・亀裂や枠内植生の枯れや肌落ちなど経年劣化が進行している可能性があり、定期的な斜面点検が必要である。	I	
F	2016年に斜面保護工として樹木を保全した斜面安定工法(ノンフレーム工)が施されているが、植生などの経年劣化が進行している可能性があり、定期的な斜面の点検が必要である。	I	



安定度のランク	内 容	
I	継続監視	最近、斜面の補修・補強の対策工が施されたが、豪雨時等の継続監視や定期的な点検が必要である。
II	予防保全	現在、斜面の対策工としてののり面保護工が施されているが、施工から年数が経過しているため、対策工としての健全度を把握する必要がある。
III	抑制工	斜面表層に植生があり、斜面は比較的安定しているものの、湧水があり、豪雨時にはパイピング現象が発現することが予測されるため、湧水対策や表層保護工などの抑制工が望まれる。
IV	抑止工	斜面表層に崩壊地形や段差が認められ、このまま放置した場合には崩壊する可能性がある斜面のため、斜面を補強する抑止工が必要である。
V	緊急対策	表層崩壊した箇所でも緊急的に抑止対策が必要な斜面、あるいは、斜面表層部に亀裂や空隙・空洞が認められ、表層崩壊の危険性があり緊急的に抑止対策を行う必要がある斜面である。

## 斜面の安定度ランクと施工順序及び対策工の経緯

斜面区分	斜面表層崩壊の発現時期と規模	斜面の安定度ランクと施工順序及び対策工						
		対策工立案時の施工順序	既設構造物の防護力評価により変更された対策工の施工順序			2017年10月のリスク顕在化後に変更した対策工の施工順序		
		2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	
A 斜面	—	Ⅱ 予防保全 —	Ⅱ 予防保全 —	Ⅱ 予防保全 —	Ⅱ 予防保全 点検調査の立案	Ⅱ 予防保全 点検調査の立案	Ⅱ 予防保全 点検調査の実施	
B 斜面	—	Ⅲ 抑制工 ⑤ ノンフレーム	Ⅲ 抑制工 ④ ノンフレーム	Ⅲ 抑制工 ③ ノンフレーム	Ⅳ 抑止工 ③ フリーフレーム	Ⅳ 抑止工 ② フリーフレーム	Ⅳ 抑止工 ① フリーフレーム	
C 斜面	2017. 10. 22~23 幅15m, 長さ15m, 厚さ0.6~1.0m	Ⅳ 抑止工 ② フリーフレーム	Ⅳ 抑止工 ② フリーフレーム	Ⅳ 抑止工 ① フリーフレーム	Ⅴ 緊急対策 ① フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	
D 斜面	2018. 11 段丘堆積物斜面に数条の開口亀裂発見	Ⅲ 抑制工 ③ ノンフレーム	Ⅲ 抑制工 ③ ノンフレーム	Ⅲ 抑制工 ② ノンフレーム	Ⅳ 抑止工 ② フリーフレーム	Ⅳ 抑止工 ① フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	
E 斜面	2014. 8. 26~27 幅10m, 長さ15m, 厚さ0.6~1.0m	Ⅴ 緊急対策 ① フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 フリーフレーム	
F 斜面	—	Ⅲ 抑制工 ④ ノンフレーム	Ⅲ 抑制工 ① ノンフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 ノンフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 ノンフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 ノンフレーム	Ⅰ 継続監視 対策済 ノンフレーム	

### C 斜面の対策工

段丘堆積物層：水平ボーリング工  
フリーフレーム工+鉄筋挿入工+枠内緑化  
礫岩層：フリーフレーム工+枠内緑化

C 斜面の表土処理および排土工状況 (2018年8月)

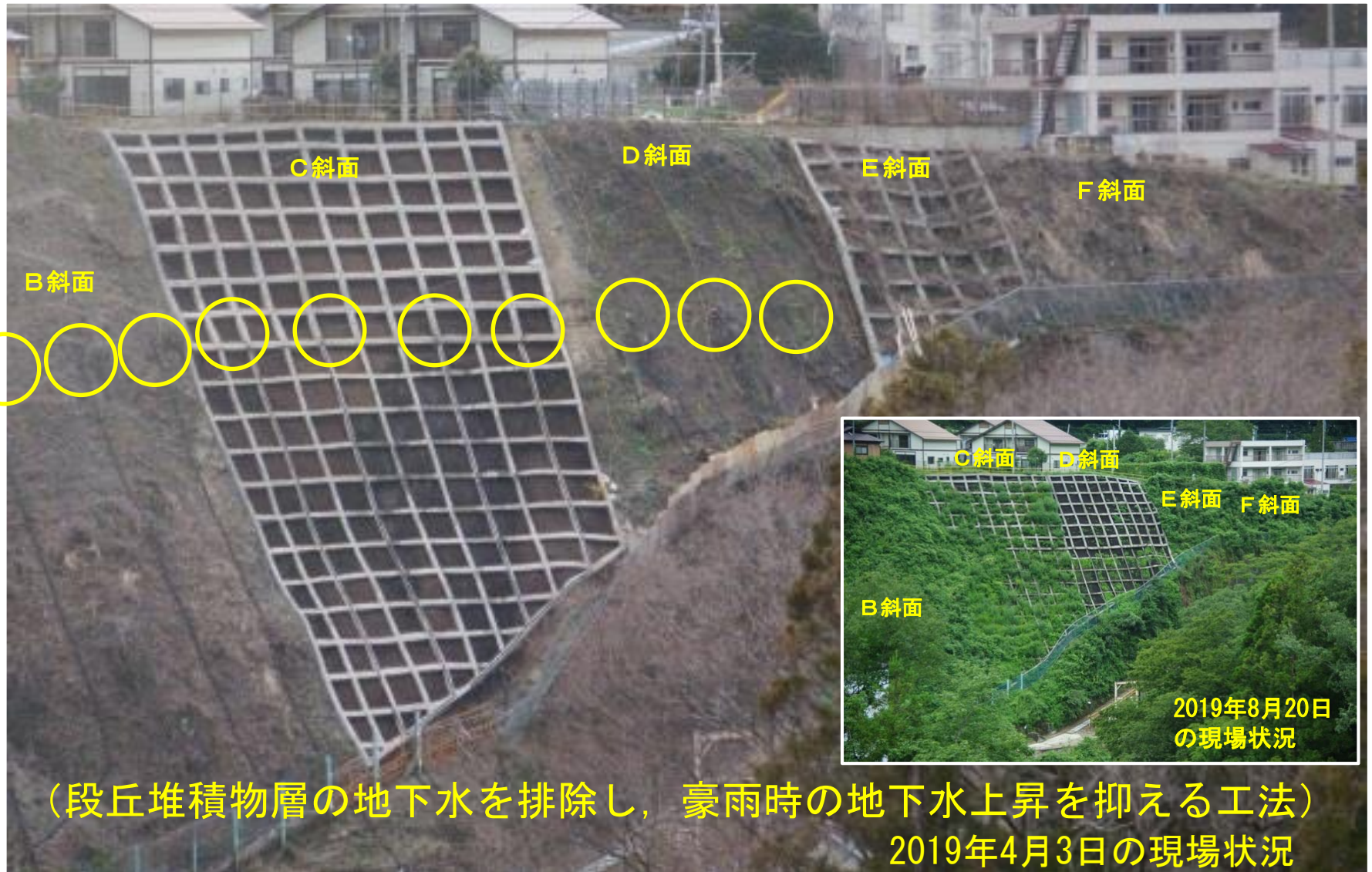


- 2015年：E 斜面の緊急対策（抑止工：30,000千円）
- 2016年：C 斜面の抑止工から F 斜面の抑制工に変更（抑制工：25,000千円）
- 2017年：C 斜面表層崩壊のため調査・対策工の再検討
- 2018年：C 斜面の緊急対策（抑止工+抑制工：50,000千円）
- 2019年：D 斜面の抑止工と抑制工（抑止工+抑制工：40,000千円）
- 2020年：B 斜面上部の抑止工予定（抑止工：30,000千円）
- 2021年：B 斜面下部の抑制工予定（抑制工：30,000千円）





# 抑制工：水平ボーリングの設置位置



(段丘堆積物層の地下水を排除し、豪雨時の地下水上昇を抑える工法)  
2019年4月3日の現場状況

## 再度リスクが顕在化した事例のまとめ

1. リスクが発現した時点
  - ・ 緊急対策を提案し実施
  - ・ その他の斜面の崩壊リスクを安定度ランクをもとに抑止工，抑制工，予防保全を提案した
  - ・ 雨量計と土壌水分計によるモニタリングを提案実施

①の未知の要因として異常気象のあることを予測は出来たが②の無知や⑥の調査・検討の不足有り

2. 施工順序を変更した  
2016年の対策工をC→Fに変更

④の手順の不遵守があったが三者打合せで解決できた？！

3. リスクが再度顕在化した時点
  - ・ モニタリングの効果確認
  - ・ 斜面の崩壊リスクをもとに再度緊急対策，抑止対策，抑制対策，予防保全，継続監視を再提案

①の未知の要因に対する対策が必要

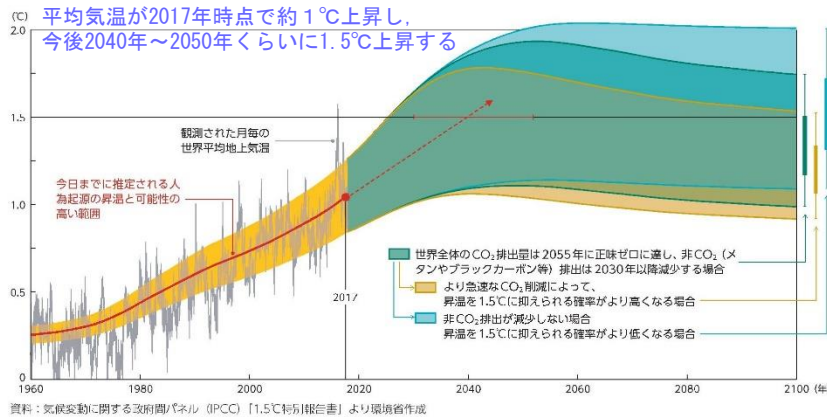
## 失敗の要因と概要及び細別

要 因	概 要	要因の細別
① 未 知	既知の対策が通用しない未知の領域に由来すること	異常現象発見 物理現象発見
② 無 知	知識の欠落により既知の対策を実施出来ないこと	学識不足 伝承無視
③ 不注意	本来防げていたものが注意力の低下により防げないこと	設計者 生産組織
④ 手順の不遵守	本来守るべき約束・習慣・規則が守られないこと	連絡不足 設計手順
⑤ 誤判断	判断における基準・手順・検討項目等に誤りがあること	ボンチ絵段階 計画図段階 仮想演習不足
⑥ 調査・検討の不足	判断に用いる情報の量や質，判断そのものの深さが不十分なこと	規制・特許 使用環境 購入品・制作
⑦ 制約条件の変化	前提としている事柄が想定外の変化をすること	使用条件 使用文化変化 経済環境変化
⑧ 企画不良	計画自体に無理があること	戦略・企画 組織構成 権利取得
⑨ 価値観不良	内部の価値観が周囲の価値観と著しく乖離してしまうこと	異文化 規範の違い
⑩ 組織運営不良	組織が正常に運営されていないこと	運営の硬直化 管理の緩み 構成員の疲労

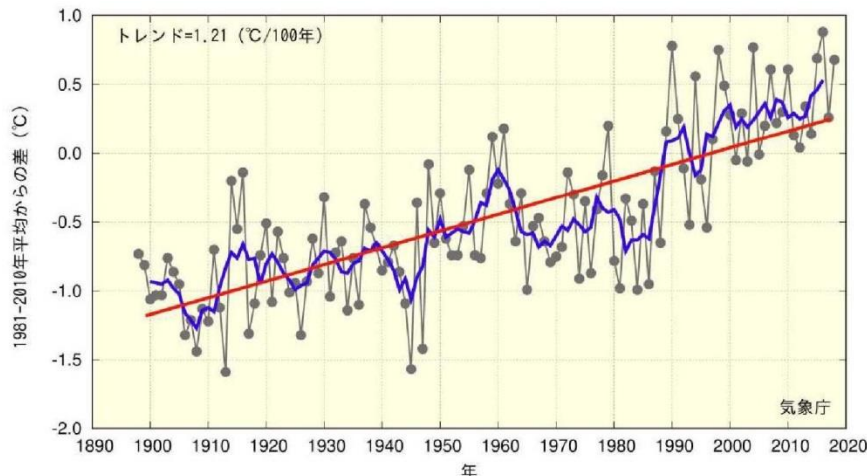
※畑村洋太郎：失敗学より，設計における失敗原因の曼陀羅図を参考に作成



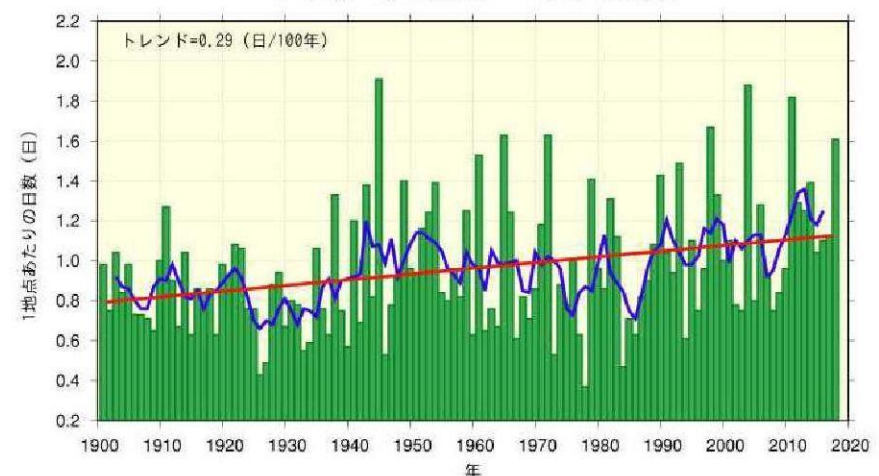
# ①未知の要因 に対するリスクマネジメントの必要性



地球温暖化の影響？！  
 これまで経験したことのない領域である豪雨に対する斜面災害へのリスクマネジメントが重要となる



日本の年平均気温偏差の経年変化（1898年～2018年）



日本の日降水量100mm以上の年間日数の経年変化（1901年～2018年）

※気象庁：気候変動監視レポート2018(世界と日本の気候変動及び温室効果ガスとオゾン層等の状況)，令和元年7月 より

# おわりに

## 建設事業遂行中のリスク

### リスク顕在化の不確実性

(構想・計画・設計(測量調査を含む)・施工・維持管理)

地質・地盤  
のリスク

事業を主体的  
に実行する  
人々の関係性

自然災害  
のリスク

環境  
(物理的・社会的)

# 建設事業遂行中の不確実性とリスクの対象区分

リスク顕在化の不確実性		構想・計画・(測量調査を含む)設計・施工・維持管理の流れの中でいつリスクが顕在化するか不明であること, その大きさ・影響が不明であること	
リスクの対象区分	地質・地盤のリスク	地質・地盤本来の不均一性, 地質・地盤評価の不確実性, 調査・試験法の不確実性, 測定値から設計値を決定する際の不確実性, データ数に依存する不確実性などを起因として発現するもの	
	事業を主体的に遂行する人々の関係性	構想・計画・(測量調査を含む)設計・施工・維持管理の流れの中でそれぞれの段階におけるリスクとそのリスクの申し送りが適正に行われる関係性(リスクコミュニケーション)のことで, 特に, 地質・地盤調査計画, 地質・地盤評価, 地質・地盤設計, 地質・地盤に係る施工における技術不足やミスを次の段階の前に把握し, 対処することが出来る関係性	
	環境	社会的環境	地球環境の変化(温暖化など), 社会・経済情勢の変化
		地質・地盤環境	地下水変動, 地盤沈下, 地下水・土壌汚染
	自然災害	降雨, 台風, 地震, 津波, 高潮, 高波, 火山噴火などによって引き起こされる洪水, 土砂災害(表層崩壊・深層崩壊・土石流), 堤防決壊, 液状化, 斜面・盛土等の崩壊, 種々の都市災害, 海岸・堤防浸食, 噴石・火砕流, 火山泥流など	
構造物の設計・施工・維持管理の不確実性		計算式の精度, 調査・設計・施工法の調和, 施工精度, 施工中の防災措置, 周辺環境, 構造物の劣化, 社会・経済情勢の変化など, 研究や技術開発が進歩することにより将来は解消される不明瞭性	

大日方・正垣・伊藤・稲垣:地盤工学におけるリスクマネジメント 2. リスクとリスクマネジメント,地盤工学会誌vol.59-7, pp.101, 2011に修正・加筆



# ご清聴ありがとうございました



谷田川

国道49号

帝京安積高校

日本大学工学部

日本大学附属東北高校

阿武隈川

郡山市立永盛小学校

笹原川

JR東北新幹線

台風15号に伴う風雨, 台風19号に伴う豪雨及び台風21号に伴う豪雨  
において被災された皆様にお見舞い申しあげるとともに犠牲となられた  
方々にご遺族の皆様へ深くお悔やみ申し上げます。

令和元年10月13日撮影 国土地理院 台風19号空中写真正射画像より 郡山市田村町・安積町付近

