

# 夜次2号坑雨水浸透抑制に関する解析

(2019.3.15 第20回鈷山跡措置技術委員会 資料)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門

人形峠環境技術センター

# 目次

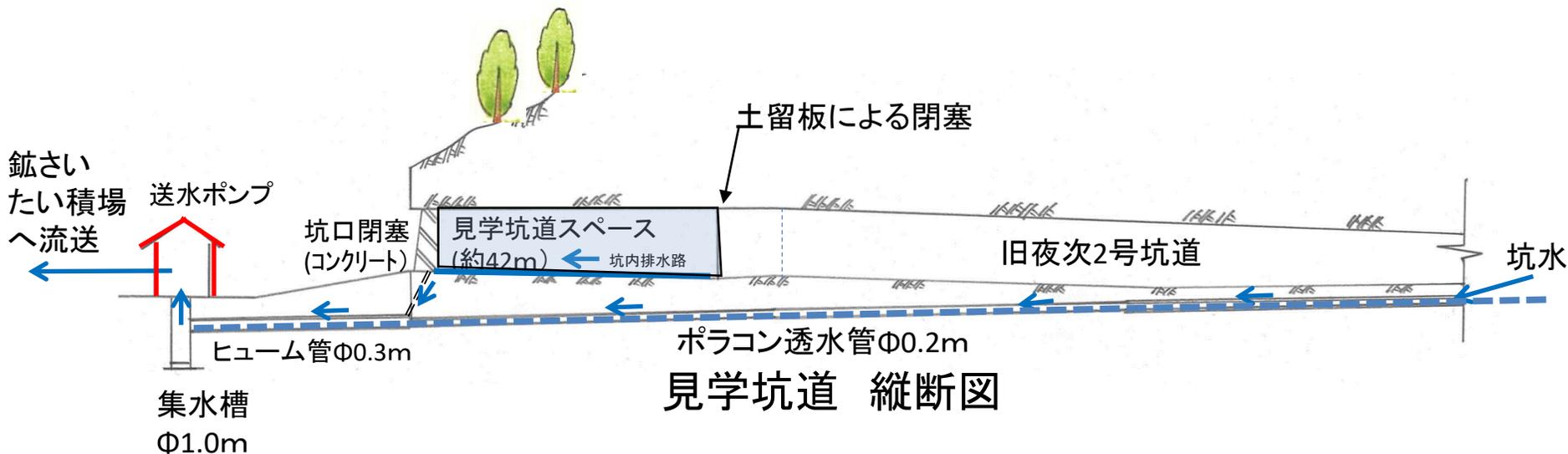
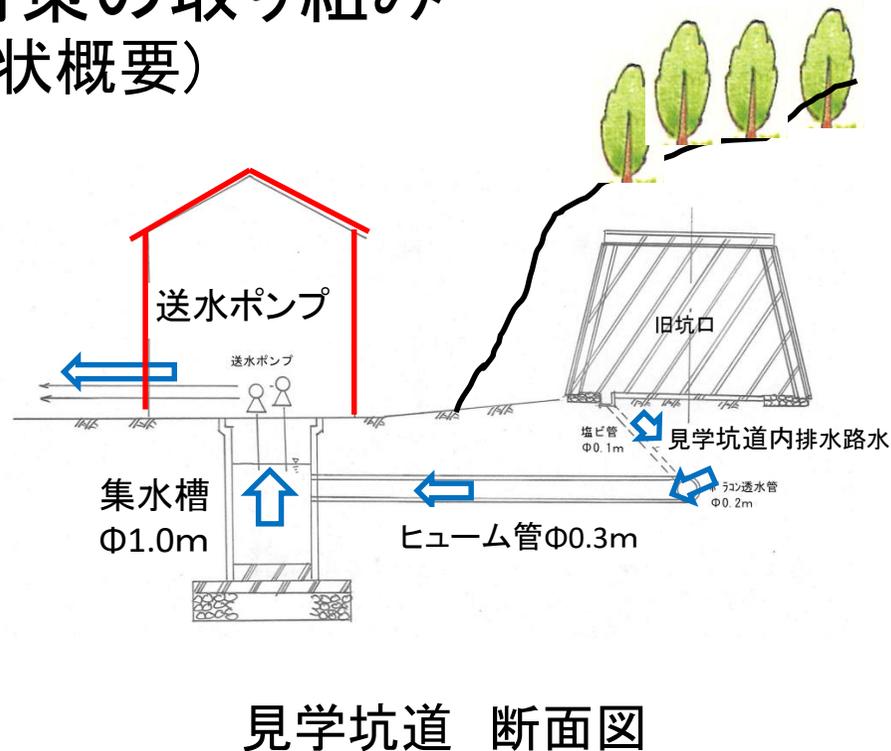
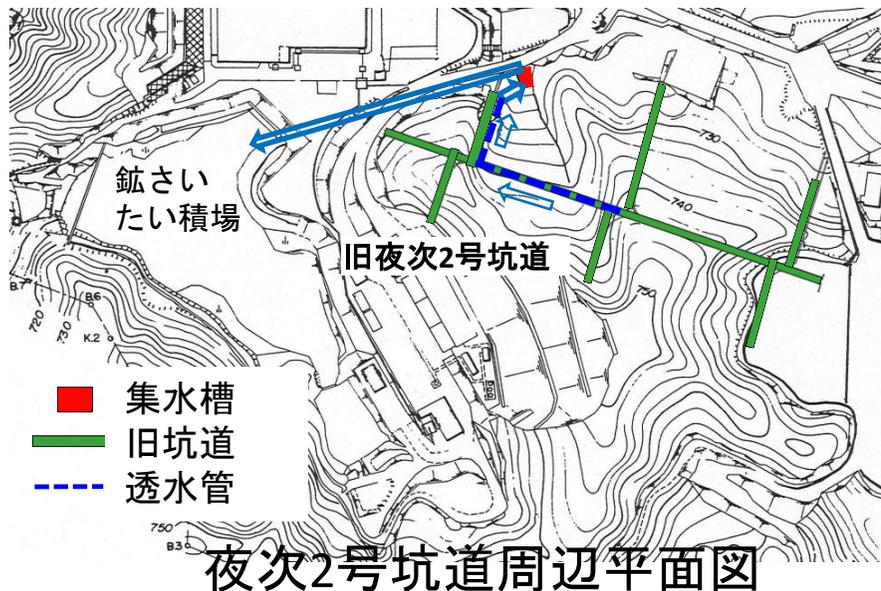
1. 坑水発生源対策の取り組み
2. 夜次2号坑道に関する調査
3. モデル作成
4. 数値解析
5. まとめ

# 1. 坑水発生源対策の取り組み (夜次2号坑道)

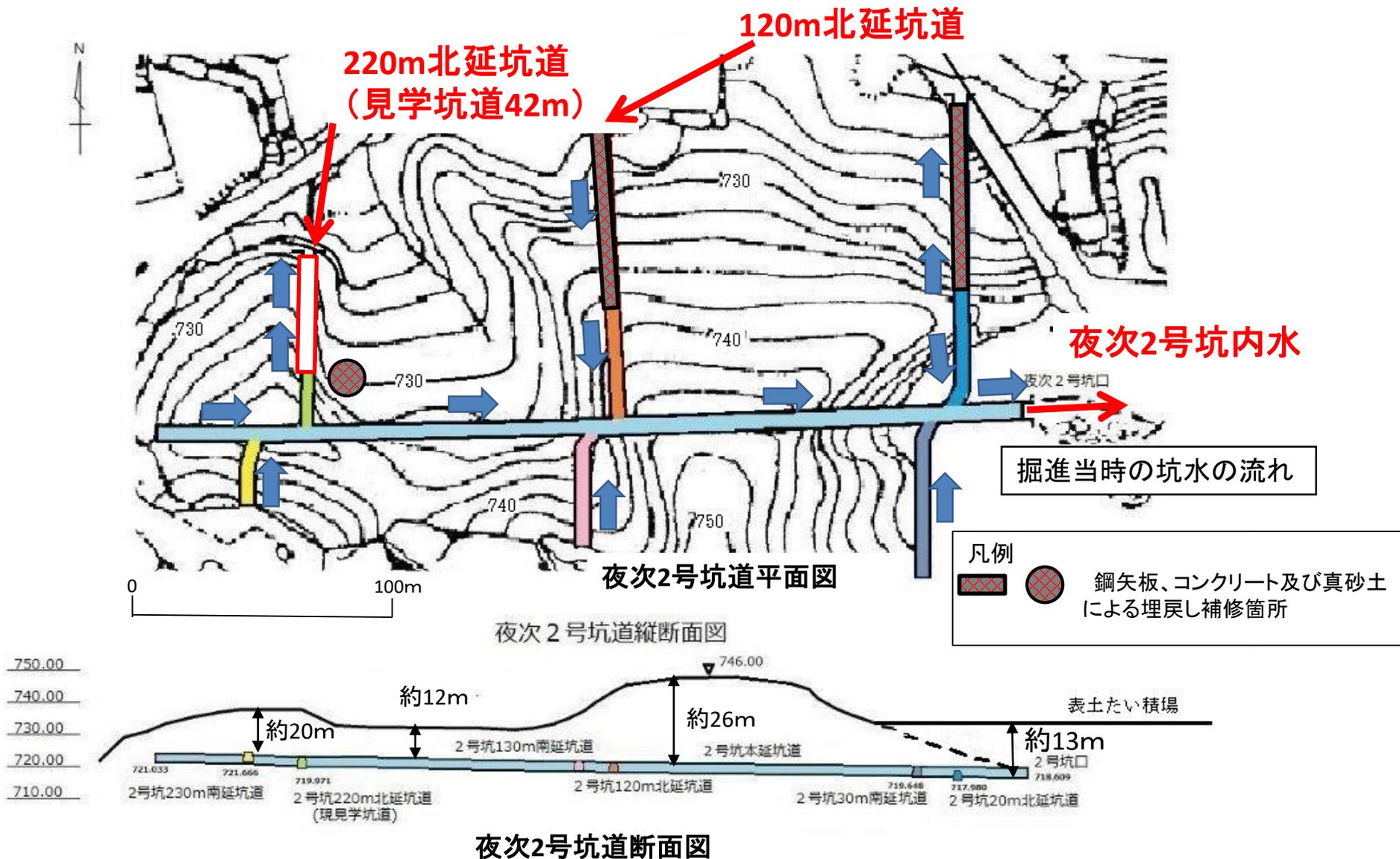
- 坑水発生源対策の取り組みとして、大排水溝、露天採掘場跡地、**夜次2号坑道**(見学坑道)の坑水対策に取り組んでいる。
- 見学坑道から発生する坑水は他の坑水と比較して**水量も少なく**、坑水中の**ラジウム濃度も低い**ため、坑水発生源対策のモデルケースとすべく優先して取り組んでいる。



# 1. 坑水発生源対策の取り組み (坑水の現状概要)



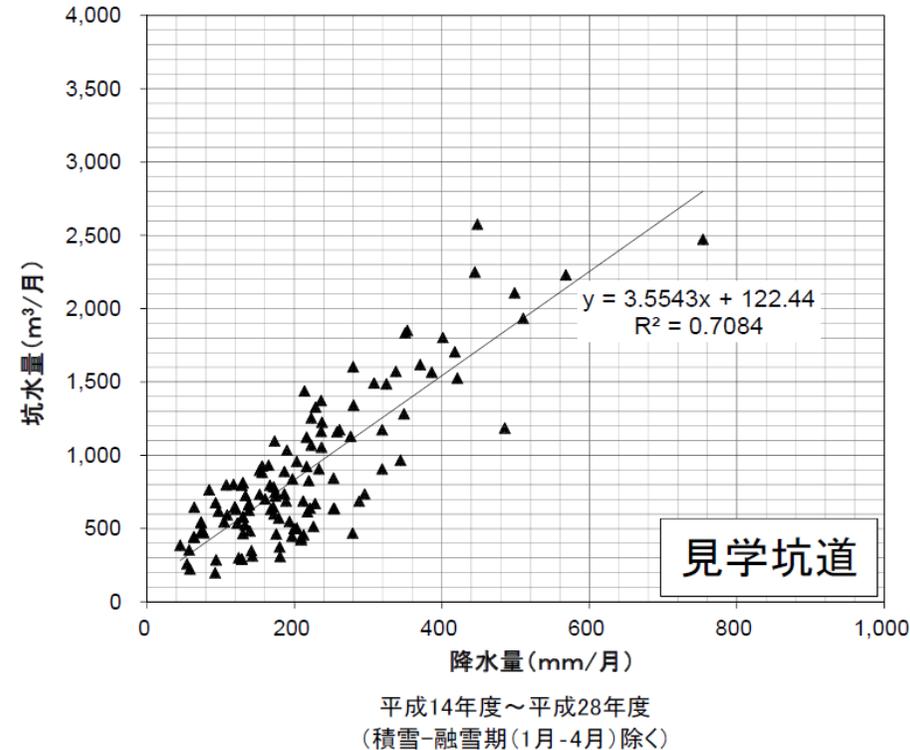
# 1. 坑水発生源対策の取り組み (見学坑道の概要)



## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (発生源対策検討上の課題)

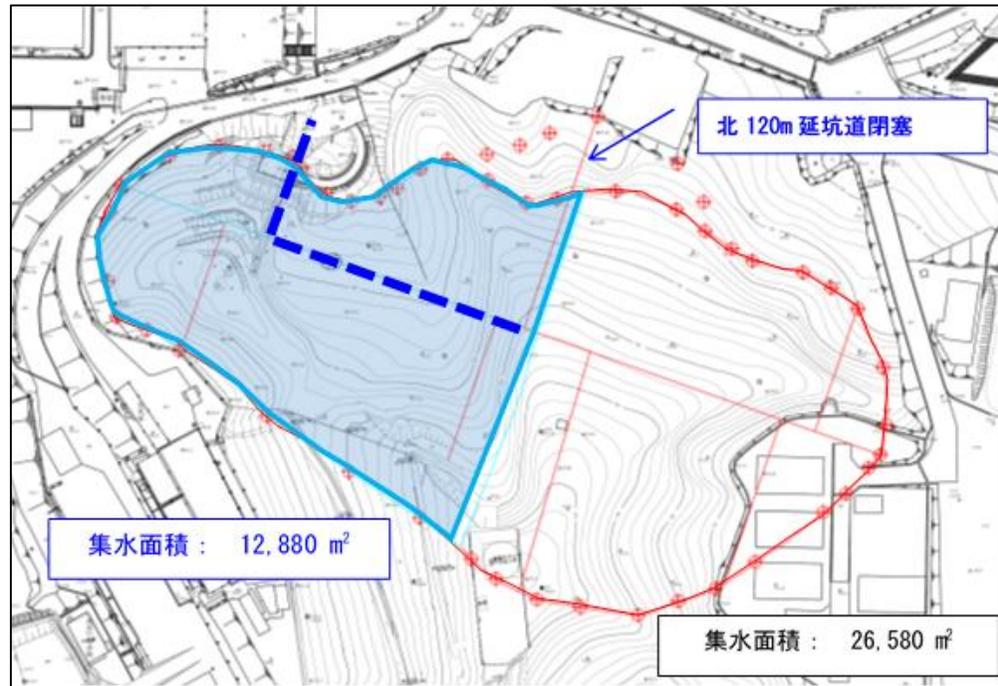
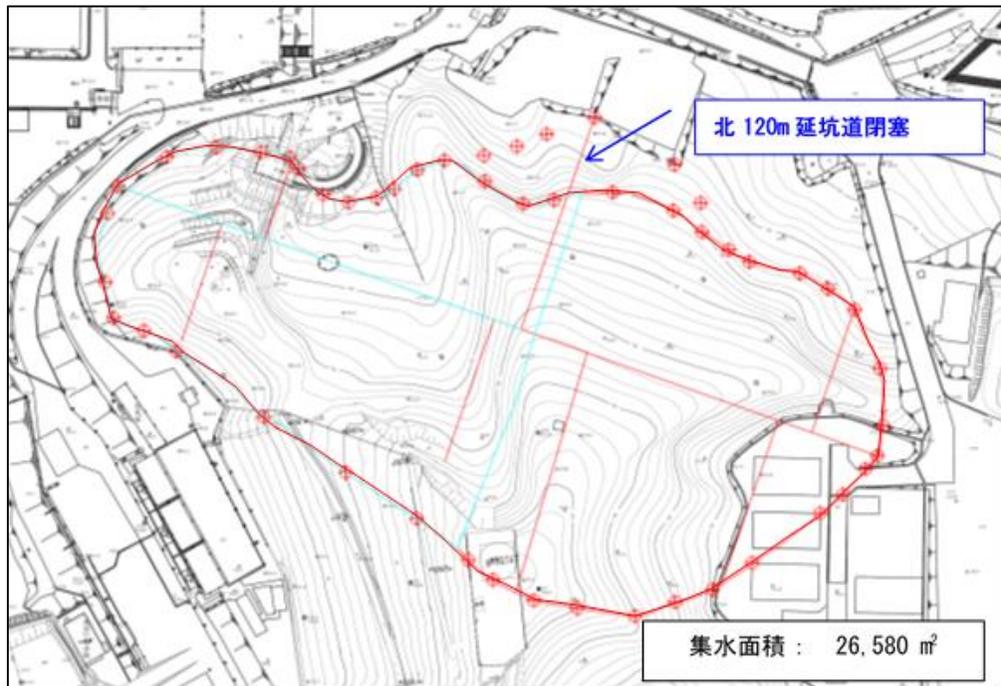
- 降雨量と見学坑道の坑水量との関係等から坑水の起源を明らかにし、坑水量への周辺流域の地下水の影響についても明確にする。
- 池河川の流量モニタリングデータからセンター周辺流域の降雨ごとの浸透水量を算出し、人形峠周辺の降雨浸透率を推定する。
- 夜次2号坑道周辺の情報を調査・踏査し、発生源対策として考慮すべき雨水等の流入出の条件となりえる周辺の情報を整理する。

## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (坑水の起源に関する調査)



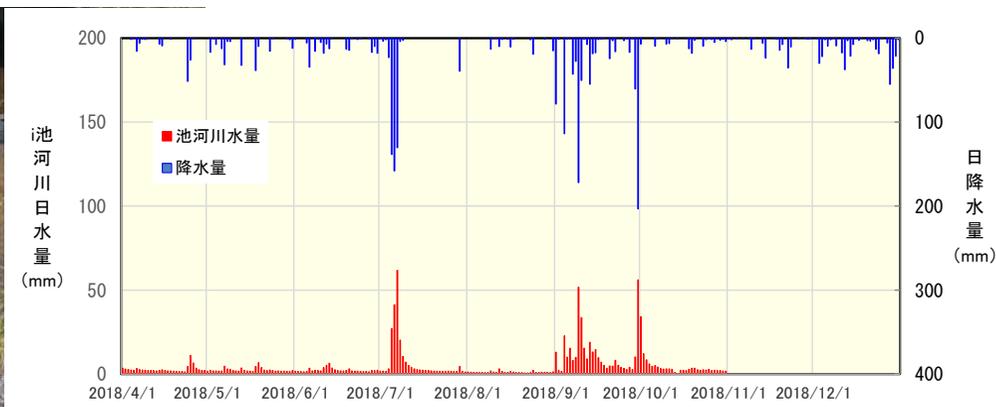
- 月毎の降雨量と坑水量はおおよそ比例関係にあり、坑水は降雨を起源とし、周辺流域からの地下水の影響はないと推定できる。
- 降雨浸透率を30%と仮定すれば、集水面積は11,500m<sup>2</sup>程度である。

## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (坑水の起源に関する調査)



- 坑道の掘削範囲、ポラコン透水管の敷設位置から、水文学的手法(高橋の方法)を用いて坑水の集水面積を推定した。
- 集水面積の推定結果からも見学坑道の坑水の起源は夜次2号坑周辺の降雨であることが推定できる。

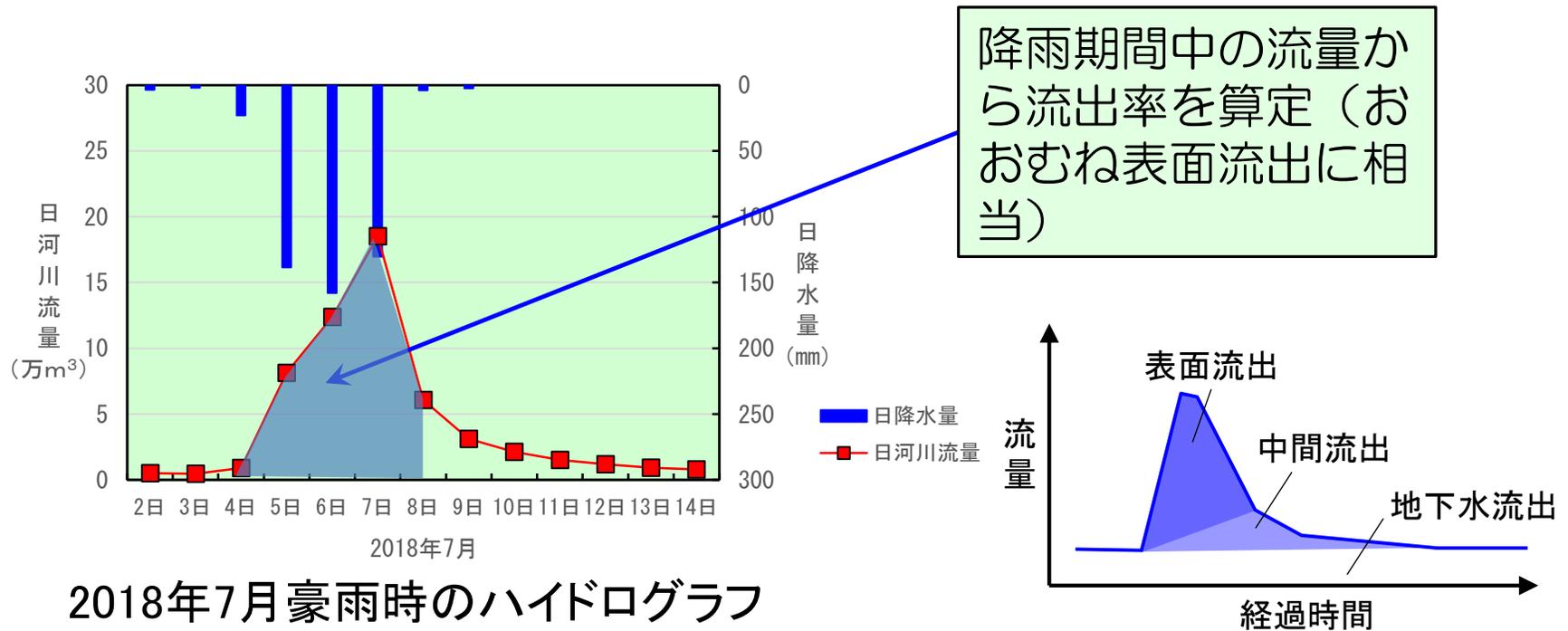
## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (降雨浸透率に関する調査)



■ 人形峠周辺の降雨浸透率を推定する方法として、池河川の河川流量の測定結果を用いて検討を行った。

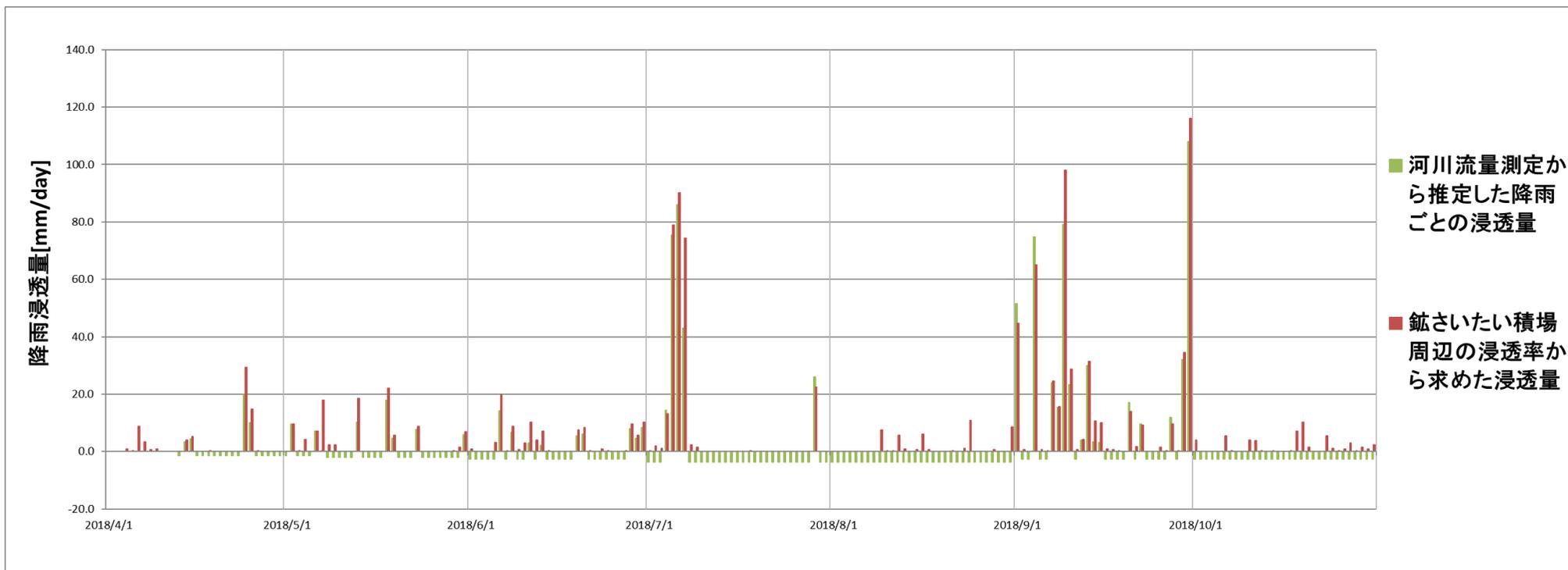
## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (降雨浸透率に関する調査)

- 池河川の河川流量の測定結果を用いて、平成30年4月から10月間の降雨について降雨ごとに流出率を算定した。



- ソーンズウエイト式により求めた蒸発散量から蒸発散率を算出  
(浸透率 = 1 - 流出率 - 蒸発散率)

## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (降雨浸透率に関する調査)



■ 池河川の流量測定結果から推定した降雨ごとの浸透量と過去に実施した鉱さいたい積場の周辺場外の浸透率の約57%から求めた浸透量を比較した。

■ 人形峠周辺の広い領域(約2km<sup>2</sup>)と鉱さいたい積場周辺の狭い領域(約5万m<sup>2</sup>)での浸透量を比較した結果、浸透量の推定結果はおおよそ同程度となった。

## 2. 夜次2号坑道に関する調査 (坑道周辺の情報に関する調査)



■ 雨水の流入出の条件となりえる周辺の情報として、周辺のボーリングによる地質データ、夜次2号坑の陥没や周辺での湧水などの情報を整理した。

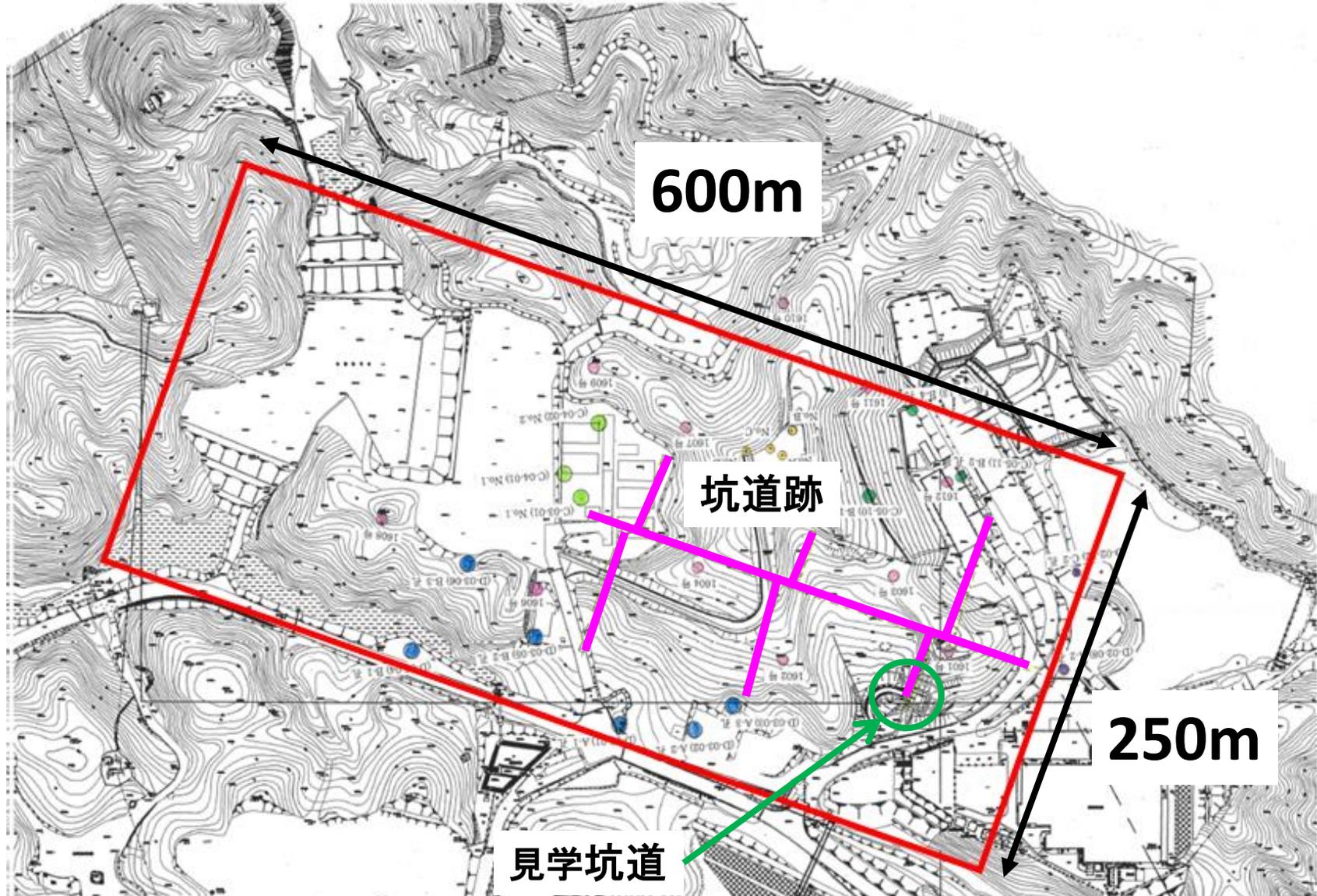
## 2. 夜次2号坑に関する調査 (調査の結果)

- 降雨量と坑水量の関係から見学坑道の坑水は夜次2号坑道周辺の**雨水を起源**としており、周辺流域からの地下水の影響はないと考えられる。
- 池河川の流量測定結果から算出したセンター周辺流域での浸透量は**鉱さいたい積場の水収支**から算出した値と整合的な結果となった。
- 夜次2号坑道周辺の情報を調査・踏査し、発生源対策として考慮すべき**周辺の地質データ、坑道の陥没や湧水等の状況**について整理した。



これらの結果に基づき、浸透流解析を実施する。

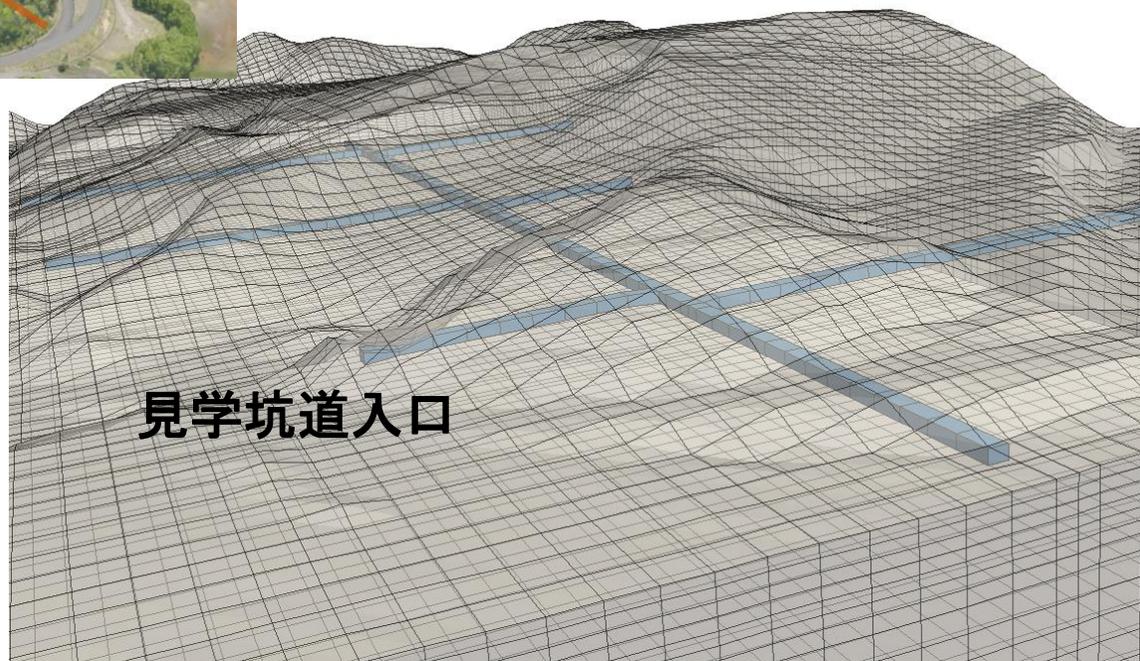
### 3. モデル作成 (モデル範囲)



### 3. モデル作成 (地形形状)



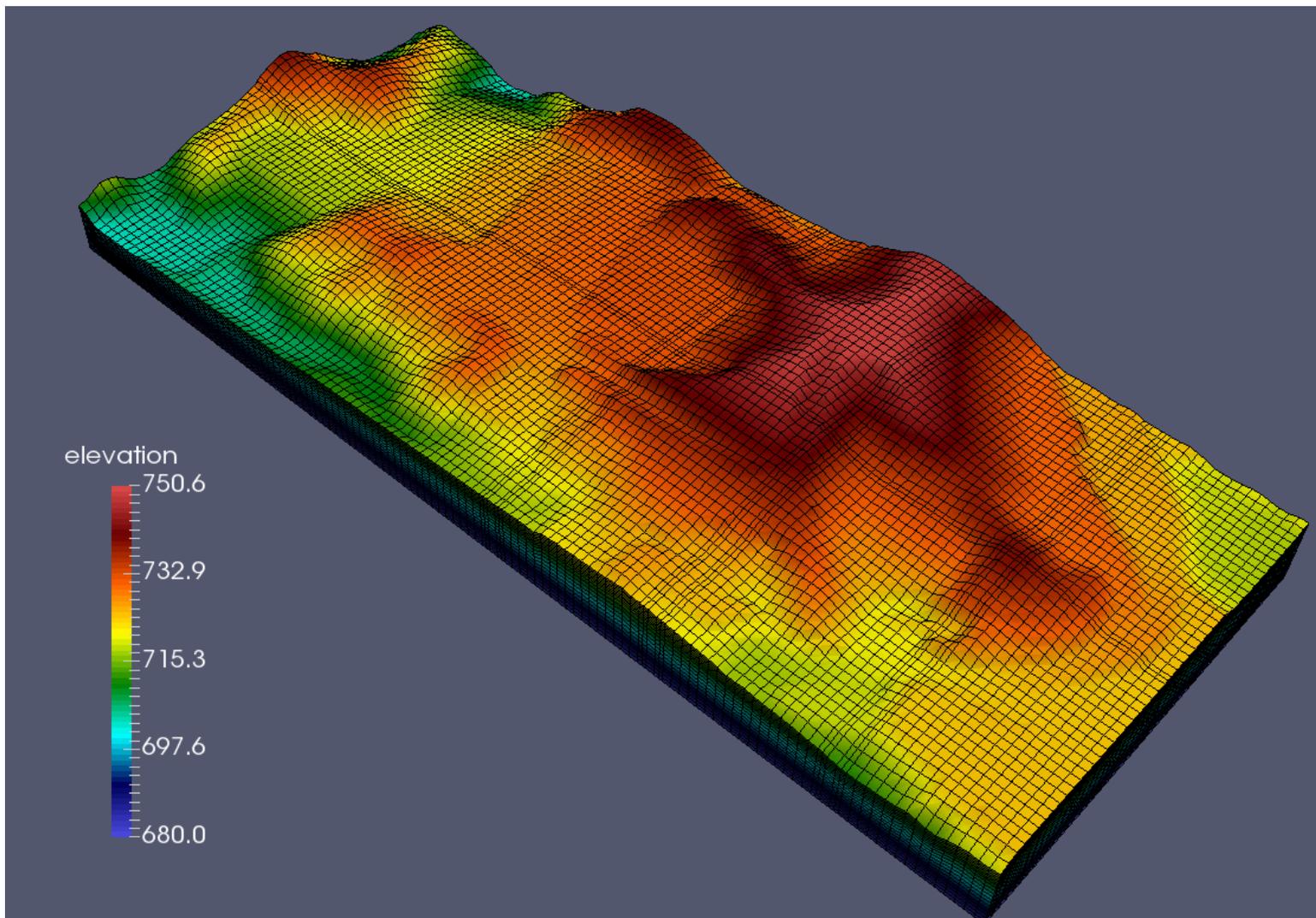
地形形状



見学坑道入口

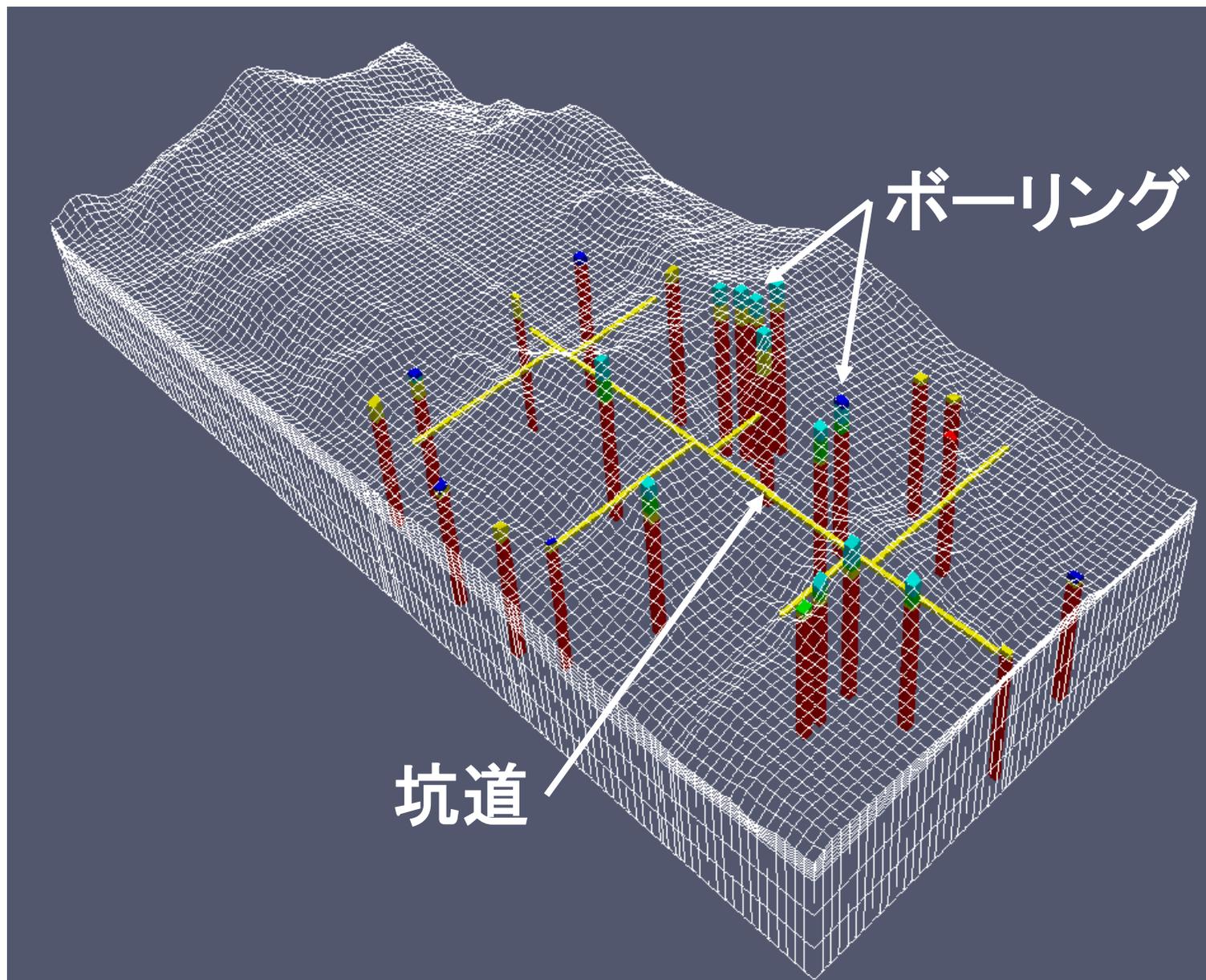
坑道を透視して表示

### 3. モデル作成 (地形形状の反映)

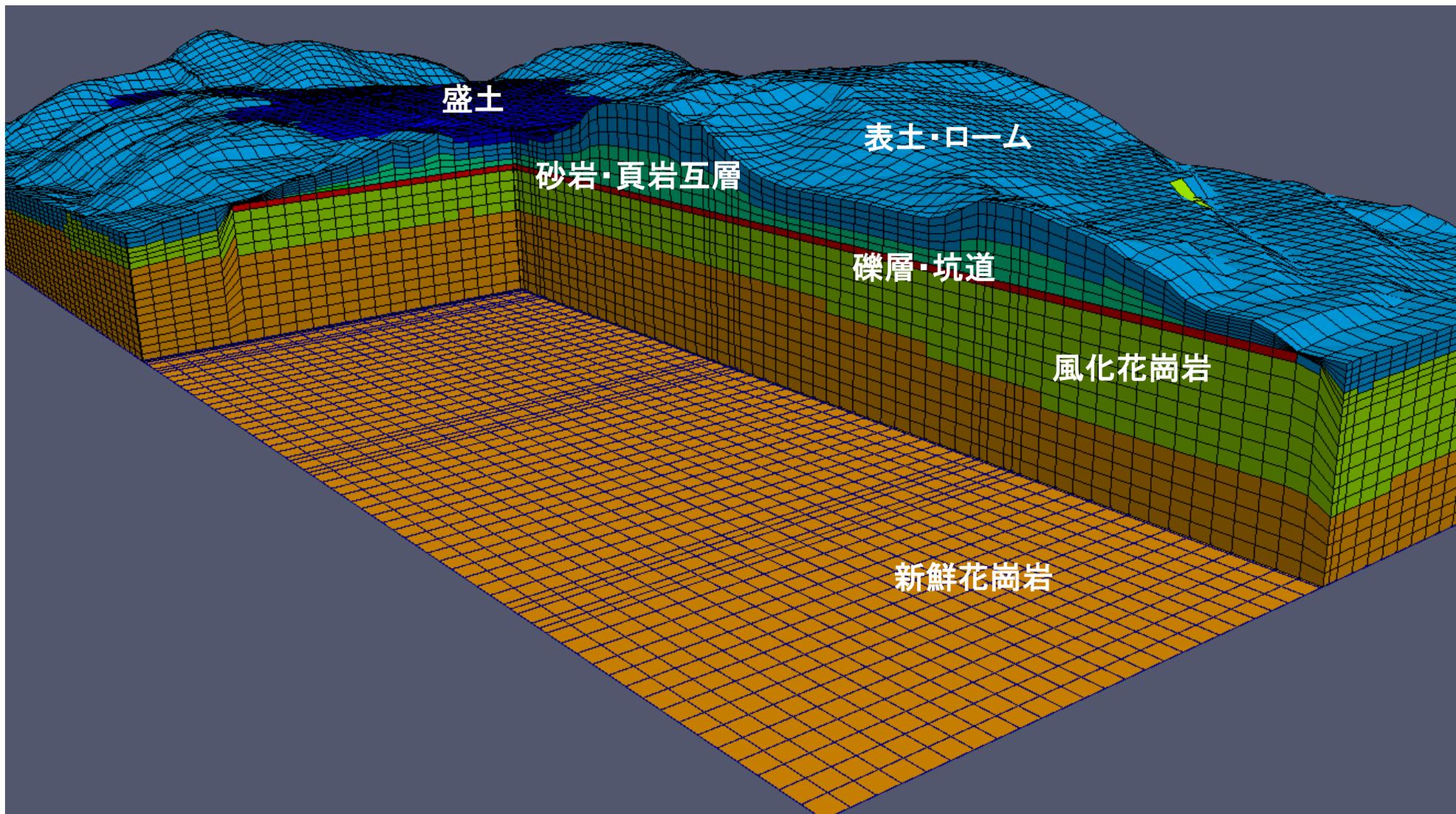


■ レーザー測定による標高データの反映

### 3. モデル作成 (坑道、ボーリングデータの反映)

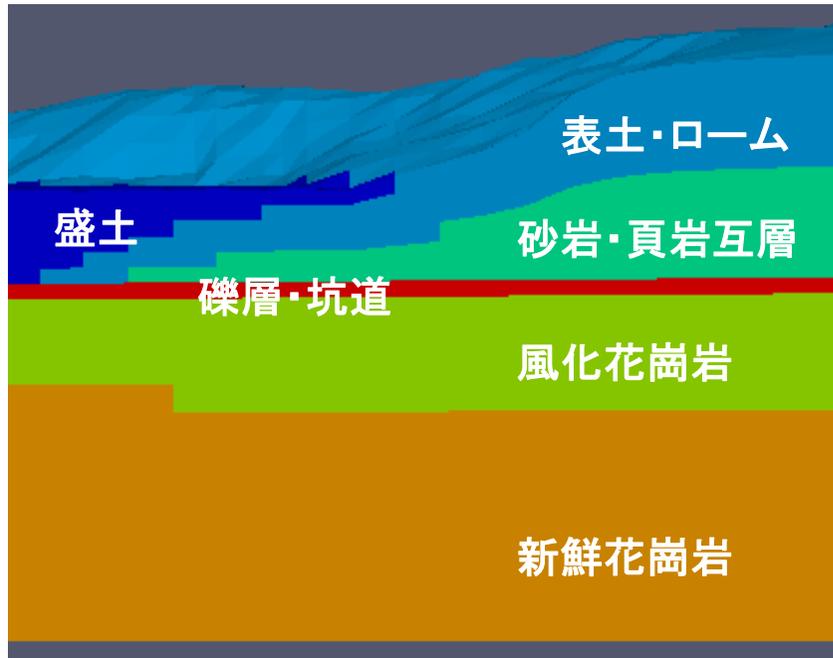


### 3. モデル作成 (地質構造の反映)



■ ボーリングデータを参考に地質構造を作成

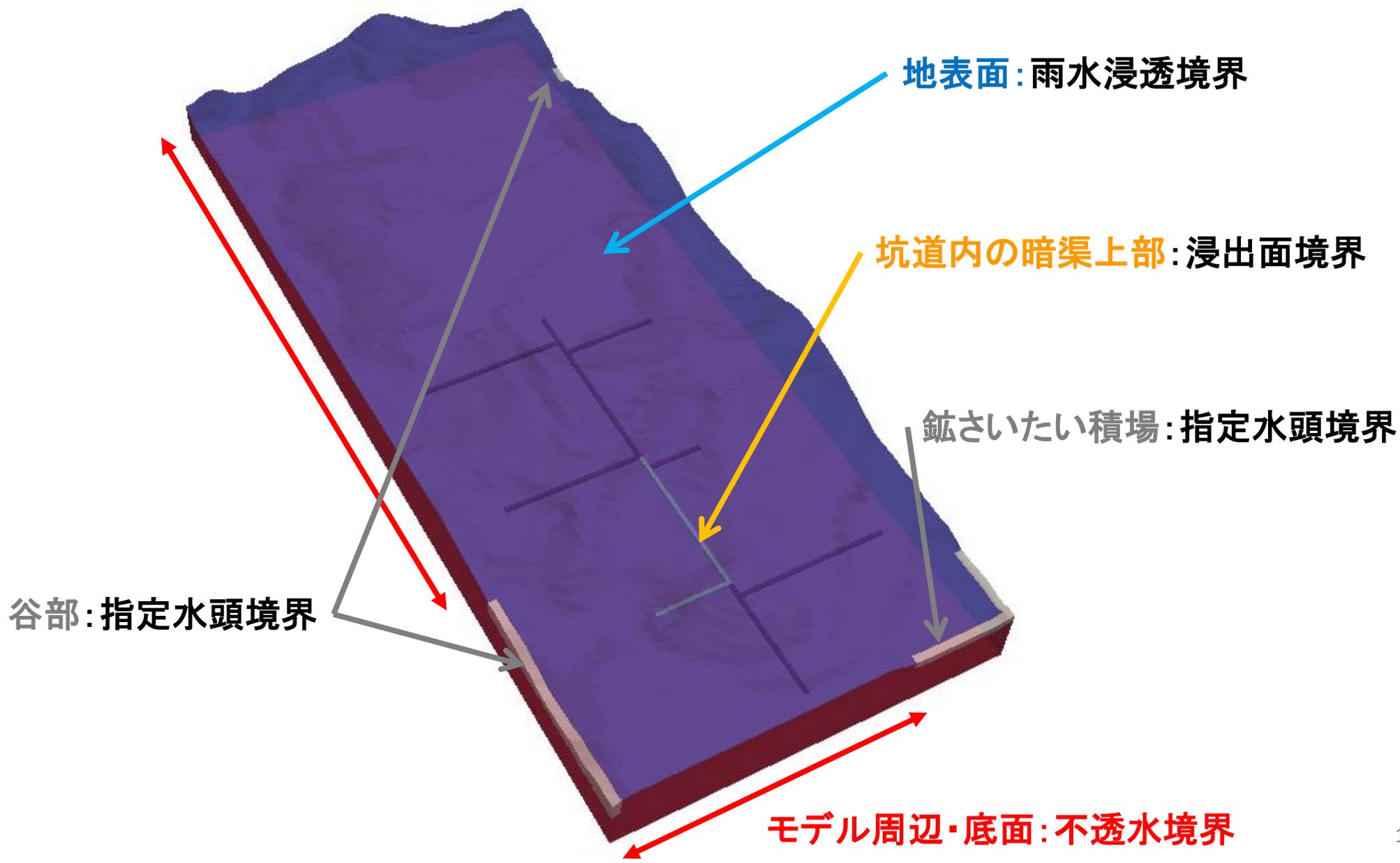
### 3. モデル作成 (透水係数)



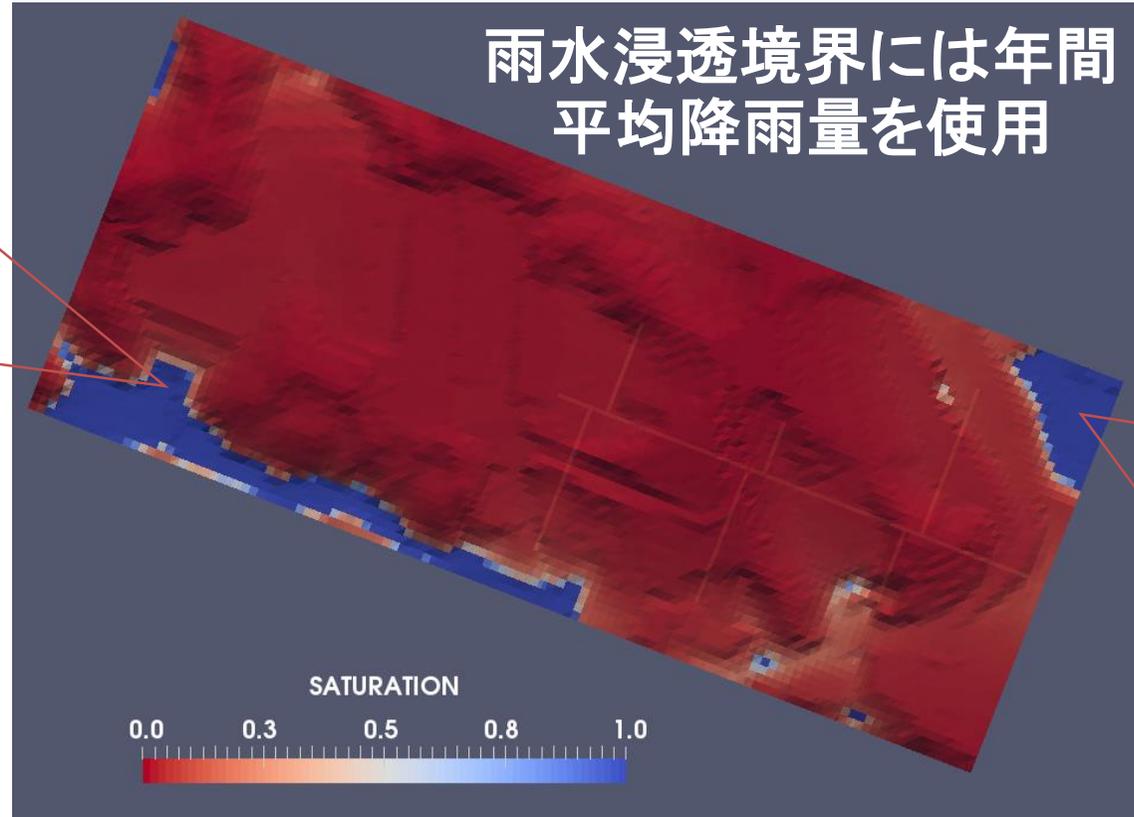
地層	透水係数(m/day)	透水係数(m/s)
盛土	$8.64 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^{-5}$
表土・ローム	$8.64 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^{-5}$
砂岩・頁岩互層	$8.64 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-7}$
礫層	1.67	$1.93 \times 10^{-5}$
風化花崗岩	$1.67 \times 10^{-2}$	$1.93 \times 10^{-7}$
新鮮花崗岩	$3.23 \times 10^{-3}$	$3.74 \times 10^{-8}$
坑道	16.7	$1.93 \times 10^{-4}$

■ 見学坑道周辺では透水試験を行っていないため、露天採掘場跡のデータおよび文献等の一般的な値を参考とした。

### 3. モデル作成 (境界条件の設定)

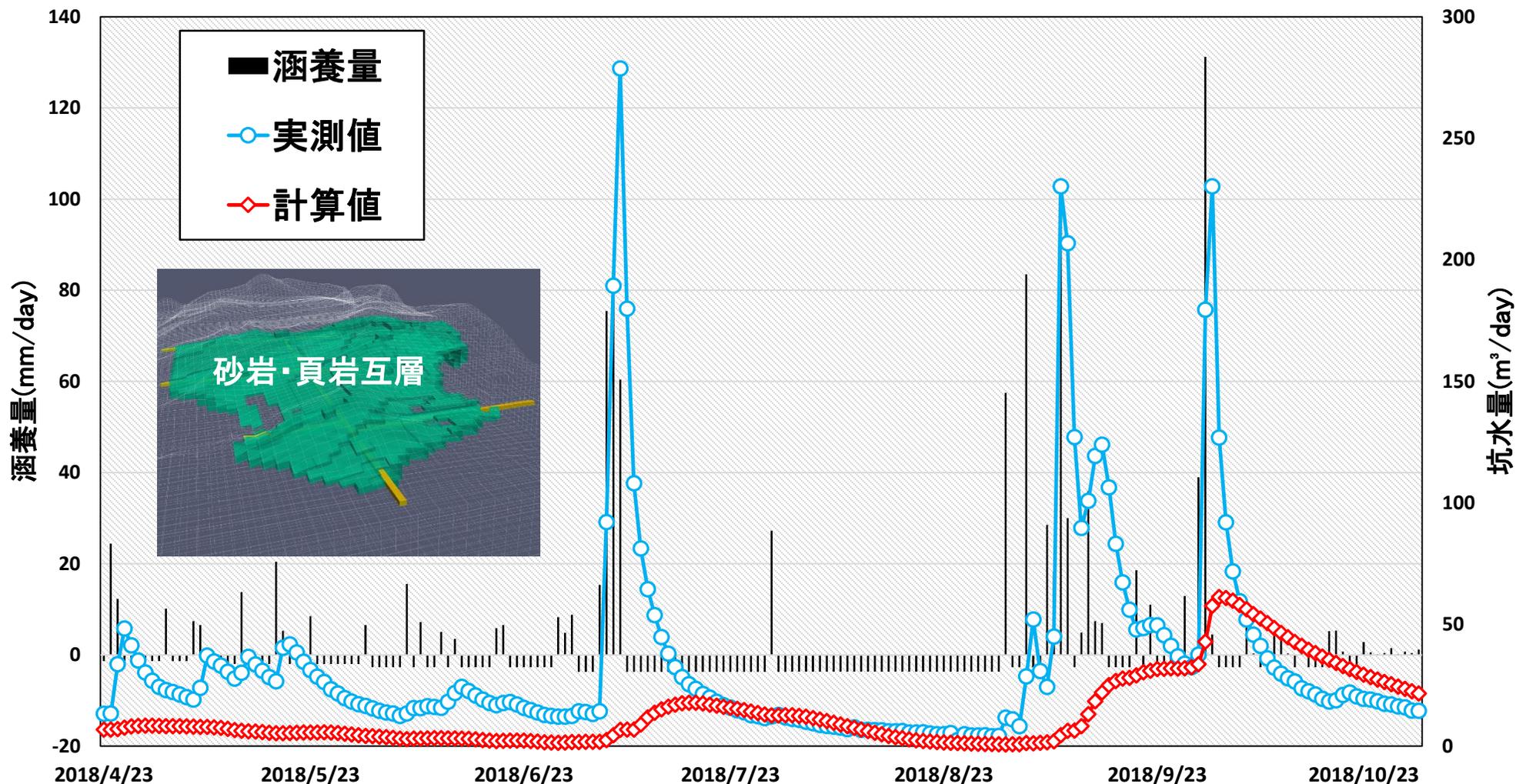


## 4. 数値解析 (定常解析)



- 鉱さいたい積場、湿地帯、川にあたる個所に水が湧いており、作成したモデルにおいて整合的な結果となった。

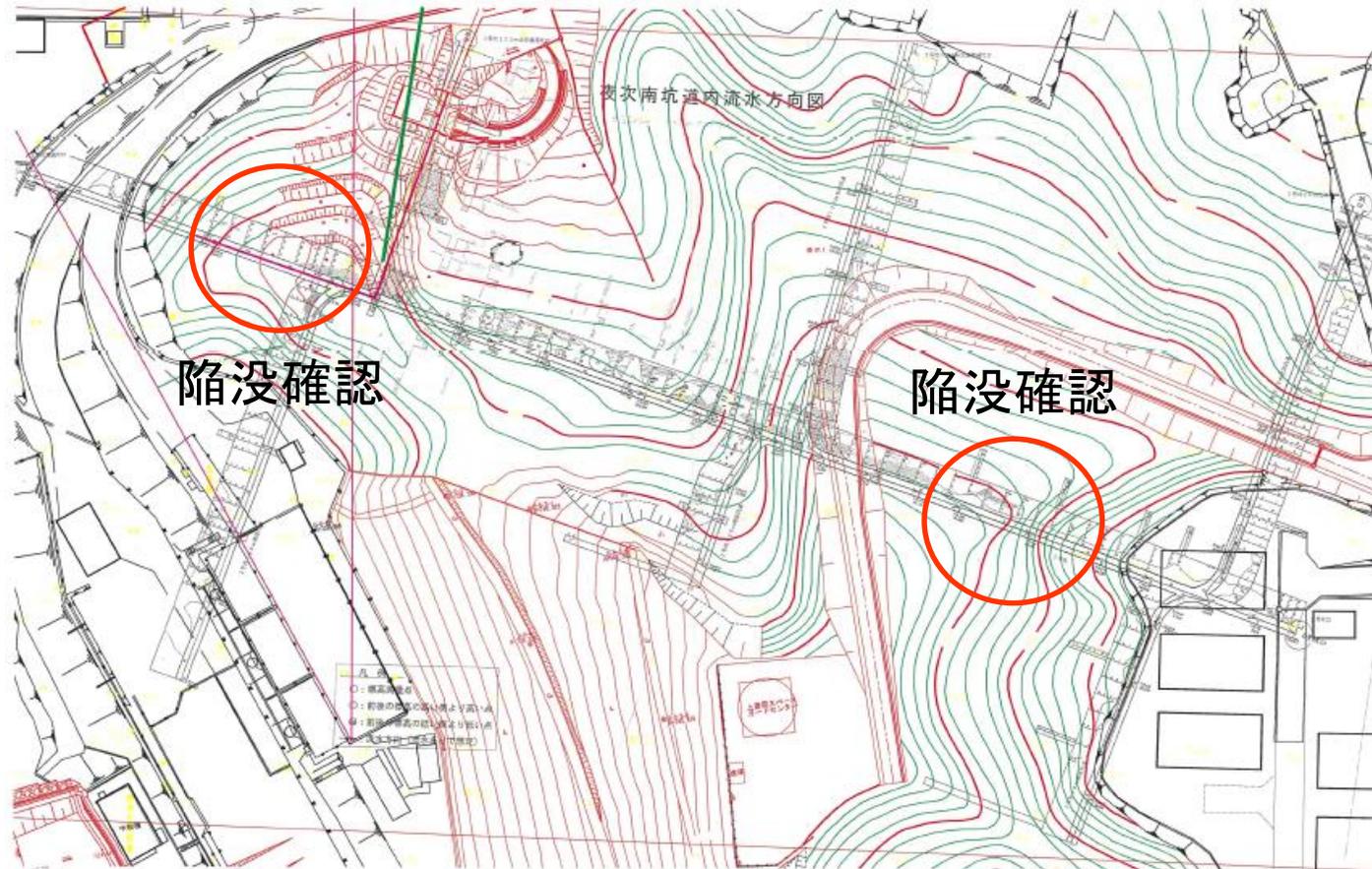
# 4. 数値解析 (非定常解析)



■ 使用したモデルでは透水性の低い砂岩頁岩互層がキャップロック構造を形成するため坑道に雨水が浸透しない。

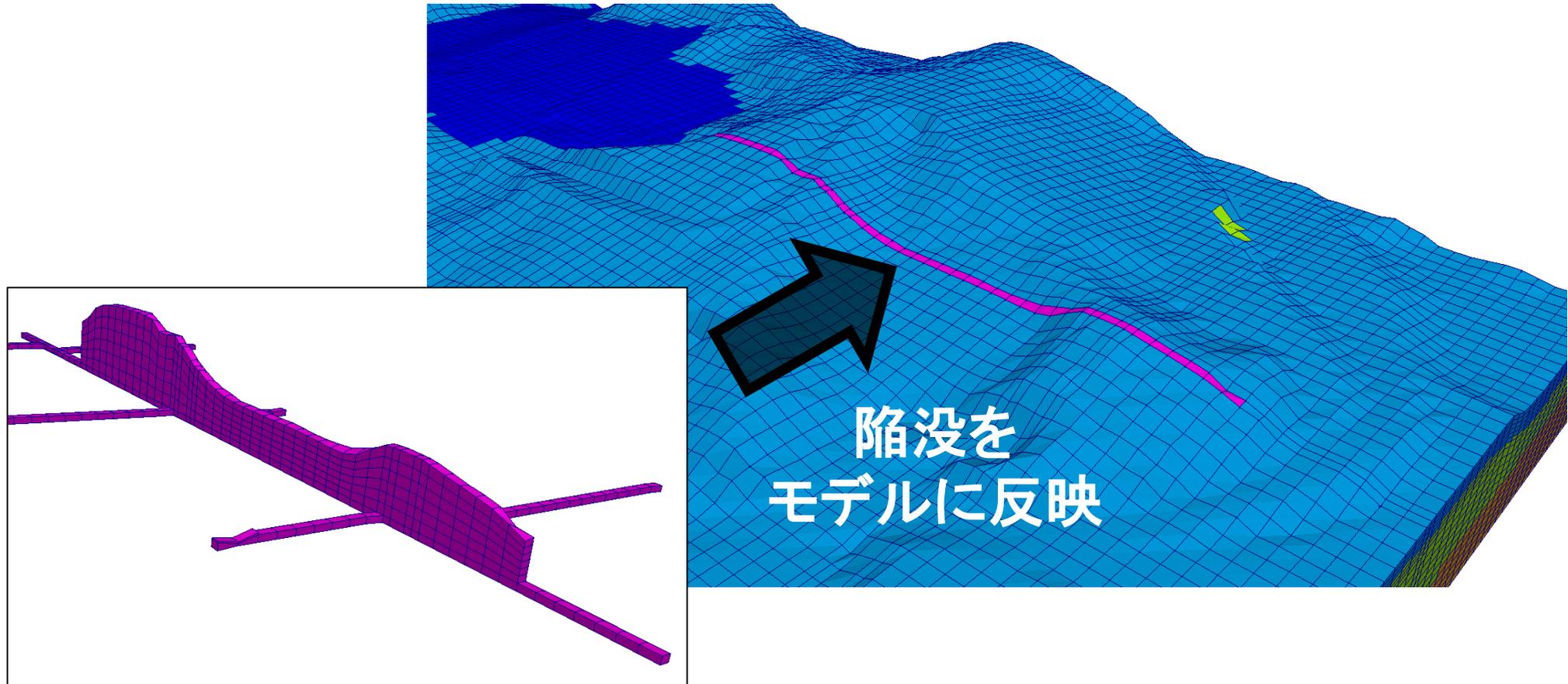
# 4. 数値解析 (モデルへの陥没構造の反映)

■ 坑道上の地表部の陥没を解析モデルに反映する。



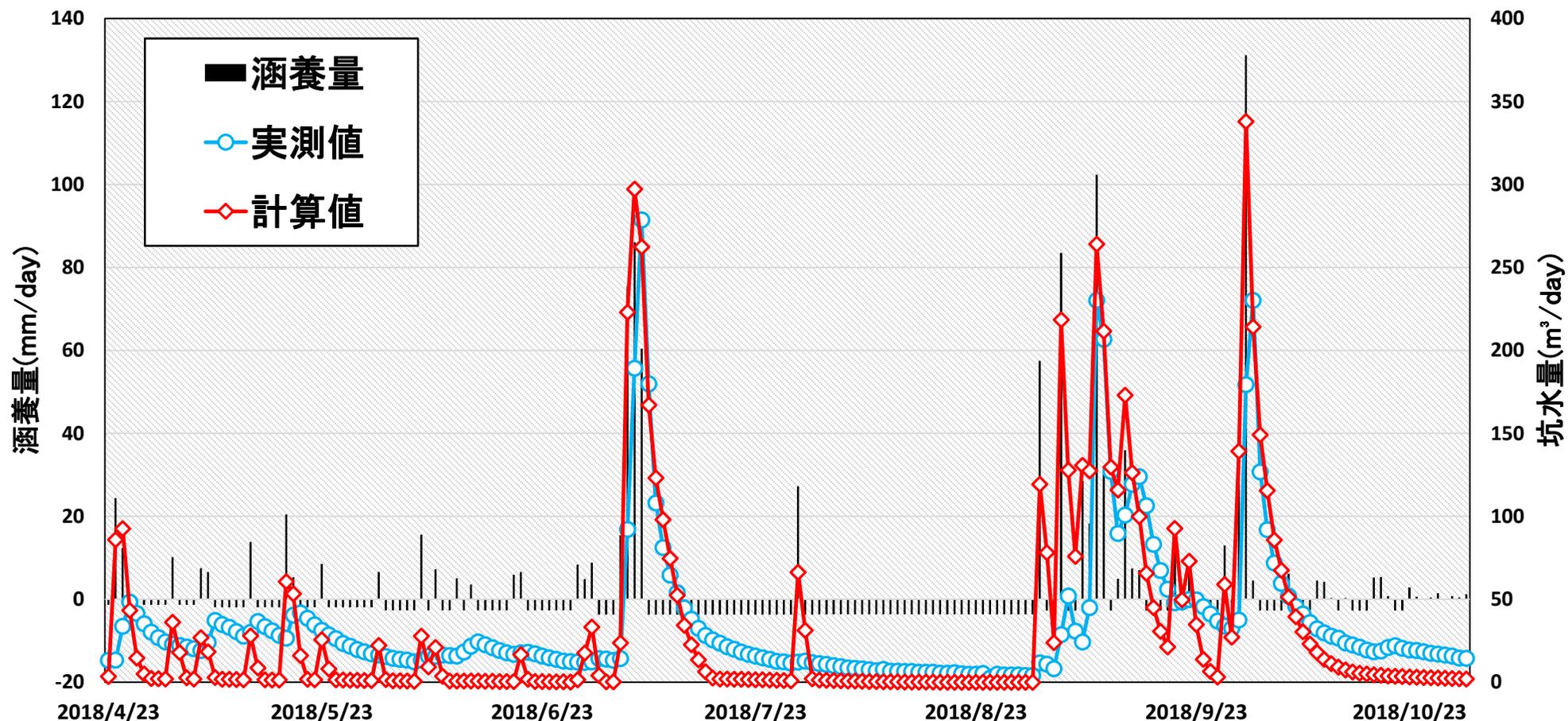
陥没箇所

## 4. 数値解析 (モデルの改良)



- 坑道上部に水みちを想定
- 陥没の透水係数は $10^{-3}$ (m/s)を設定

# 4. 数値解析 (解析結果(改良モデル))



■ 陥没を反映することで、降雨と坑水量の応答傾向再現が改善された。

⇒ 発生源対策として高透水性箇所<sup>①</sup>の浸透防止や浸透水の抜水の有効性が示唆される。

## 5. まとめ

- 陥没構造など坑道直上部が全般的に高透水性を有していることを仮定したモデルにおいて整合的な結果となったが、これは必ずしも水みちが坑道直上部の全般にあることを示すものではない。
- 浸透流解析の逆解析により、水みちや境界流量、初期条件などの推定を行い、発生源対策の施工方法・パラメータを検討し、効果の予測解析を実施する。
- 逆解析により水みちと推定された箇所等を対象に透水試験を行い逆解析の有用性を確認する。
- センター周辺の水理・水文調査および対策施工を模擬した現地試験を行い、解析結果との比較・検討により見学坑道の水理・地質構造の解明および発生源対策を並行して進める。