

# 人形峠鈷山跡措置に関する 基本計画策定からの取組み

(2018.3.22 第19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  
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. 鉱山施設の閉山措置の信頼性・透明性について
2. 鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)
3. 基本計画策定後に新たな発見で示唆された方向性
4. 鉱山施設の閉山措置に向けた新たな取り組み
5. これからの閉山措置に向けた流れ
6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案
7. 人形峠流域における地下水流動の評価・推定と検証について
8. 鉱山施設の閉山措置実施計画策定について



# 1. 鉱山施設の閉山措置の信頼性・透明性について

- 昭和30年代から行われてきたウラン鉱山の探鉱・採掘・選鉱試験・製錬試験の結果生じた鉱さいや捨石のたい積場等の施設による危害及び鉱害防止の観点から、恒久的な措置を実施することとした。
- 閉山措置を適切に進めるため、外部の専門家の方々に技術的、客観的な観点から助言、指導、評価をいただくために、平成13年1月に原子力、放射線、鉱山、土木工学の専門家で構成した「鉱山跡措置技術委員会」を設置した。
- 鉱山施設の跡措置全体の考え方、進め方について鉱山跡措置技術委員会での審議を受け、平成14年4月に「**人形峠環境技術センターにおける鉱山施設の跡措置に関する基本計画**」としてまとめた。
- 新たに得られた知見・情報等を基に具体的な措置計画を策定し、地域社会及び関係各機関の理解を得ながら、外部発信に努め閉山に向け取り組んできた。



閉山措置事業に向け、新たな取組みが必要

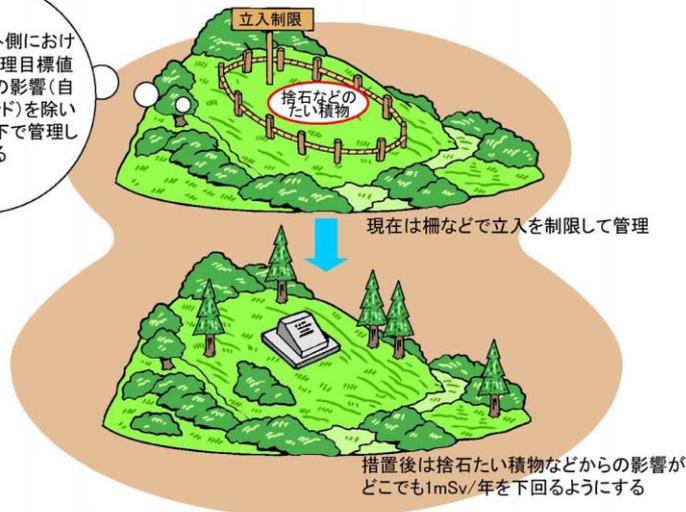
## 2. 鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)

核原料物質鉱山の措置においては、IAEA、ICRP等による安全基準、指針を考慮して措置及び管理方法を決定する。

### (1) 鉱山施設における放射線防護

- 鉱山施設での公衆の線量目標値  
: **1mSv/年(ICRP勧告を踏まえ)**
- 廃棄物管理施設の操業において担保する値  
: **0.3mSv/年(線量拘束値)**

敷地境界の外側における放射線の管理目標値は、周辺からの影響(自然バックグラウンド)を除いて1mSv/年以下で管理している

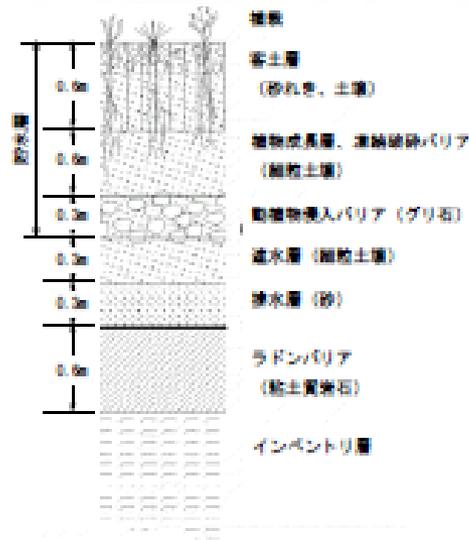
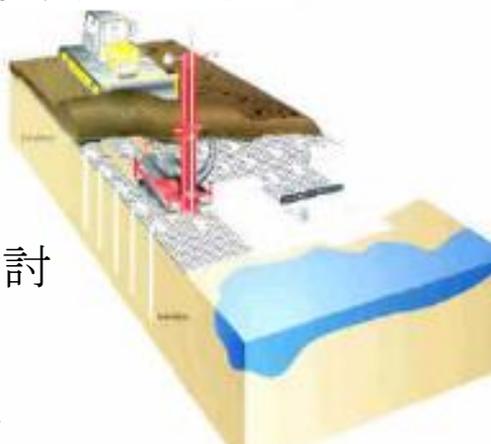


### (2) 跡措置に適用される法規等

- 鉱山保安法
- 瀬戸内海環境保全特別措置法
- 環境保全協定

### (3) 跡措置方法を決定する上での検討すべき一般事項

- サイトの特性調査
- 放射線防護基準の定義づけ
- 鉱さい、捨石等措置対象物の特性調査
- 工学的対策を含めた管理方策検討
- 将来増加するリスクの検討(環境の変化、自然災害等)
- 作業従事者、公衆への影響評価



米国モンチセロの覆土方法

## 2. 鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)

### (4) 基本的な措置方法

鉱山跡措置は、鉱さいや捨石が措置対象物となるが含有するウランは半減期が長く、放射性崩壊による放射性物質核種濃度の低減は期待できない。しかし、既にウランとその子孫核種との放射平衡が成り立っているなどの状況であり、子孫核種の増加により総放射線量が増加する長期的なビルドアップを想定する必要はない。

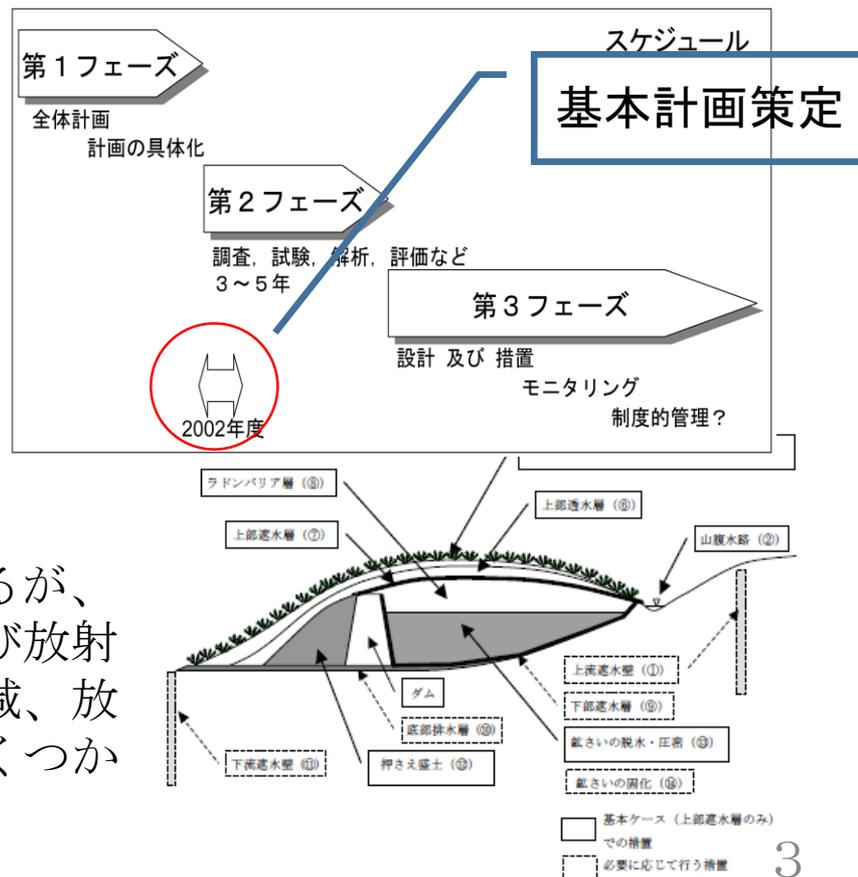
また、措置対象物は、掘り出した場所及びその周辺の屋外で管理し、既に地山化が進み安定化し、そのウラン含有率は捨石で約0.42Bq/gU、鉱さいで約2.4Bq/gUである。

措置においては、以上のことや国内、海外の事例を踏まえ、次の項目を考慮する。

- ① たい積場の構造安定化
- ② たい積物からの溶出量低減
- ③ たい積物からの溶出成分の流出抑制
- ④ 放射線の遮蔽及びラドン散逸抑制
- ⑤ 動植物の侵入及び毛管上昇の抑制

#### ● 鉱さいたい積場措置方法の例

整形、覆土、植栽による措置が考えられるが、これら措置においては、危害、鉱害防止及び放射線防護の観点から、構造安定化、溶出量低減、放射線遮蔽、ラドン散逸抑制を取り入れたいくつかの方法を想定することができる。



## 2. 鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)

### (5) 環境影響評価等

#### ① 維持管理状態における環境評価

人形峠センター及び各捨石たい積場の維持管理における作業従事者及敷地境界で被ばく(内部、外部)については、安全管理課による環境測定(核燃料取扱施設を含む)において法令値または管理基準値以下であることは確認している。

#### ② 跡措置における環境評価

捨石たい積場、鉱さいたい積場の措置において、放射線学的な安全性の概要を把握する目的から、想定される措置形態での評価点、被ばくシナリオ、現在得られている情報に基づき措置後の被ばく線量を評価した。

##### 1) 評価場所

(人形峠鉱山、東郷鉱山で表面線量率、放射能濃度、集積量が多く環境影響が大きい施設)

- 夜次鉱さいたい積場
- 麻畑2号坑捨石たい積場
- 中津河大切捨石たい積場

##### 2) 措置の考え方

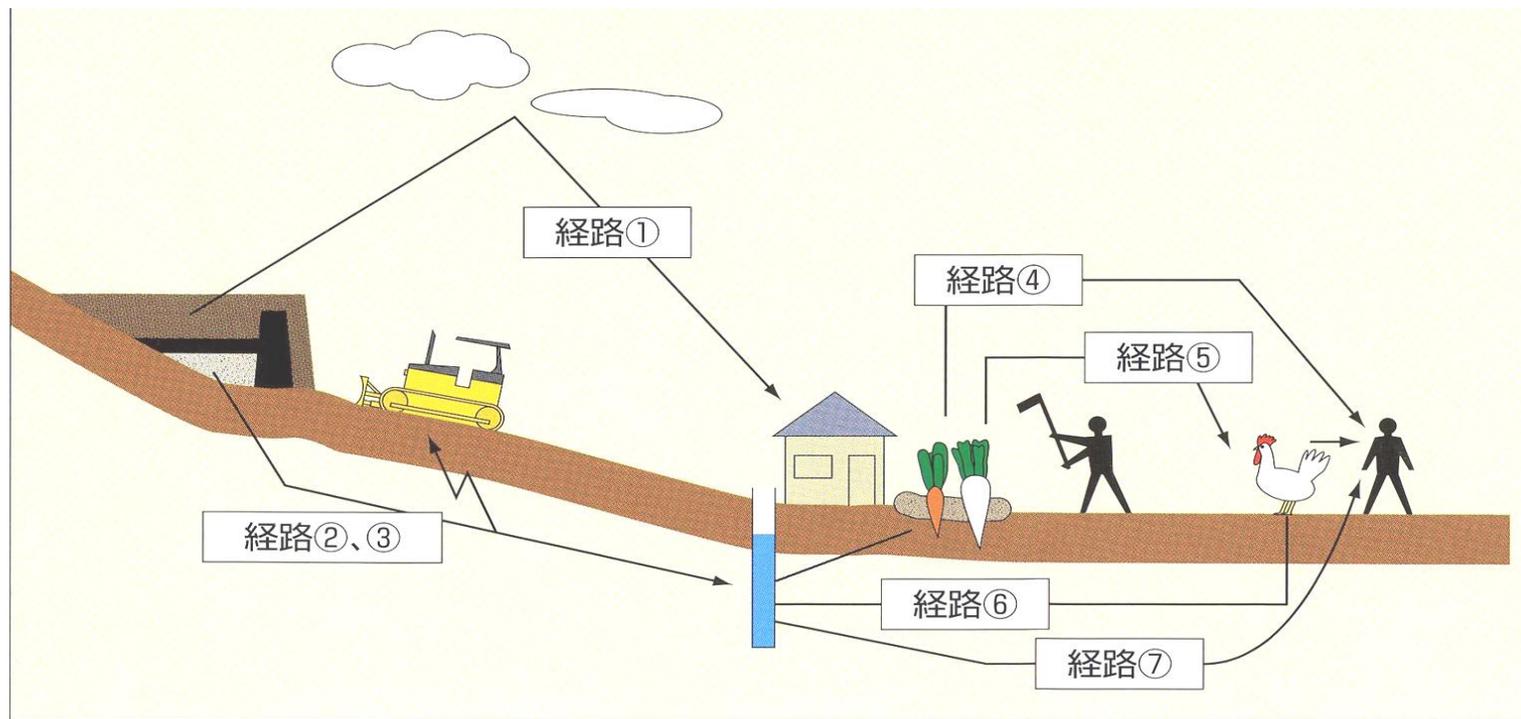
- 捨石・鉱さいは、整形、覆土、植栽による措置を行う。
- ラドンによる被ばく線量が1 mSv/年以下となる覆土厚を設定する。
- バックグラウンドを含めて、ラドンによる被ばくを考慮しない。

##### 3) 評価経路設定

- **放射性廃棄物処分に係る安全評価経路の浅地中に係る経路を参考とする。**
- 捨石及び鉱さいは、覆土、整形、植栽等措置を行い、放射線防護及び鉱害防止上の管理を行う。
- それぞれのたい積場は、現在の場所で措置を行う。
- たい積場の立地条件(地形、水理等)に応じた評価を行う。

## 2. 鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)

### 4) 評価経路の設定



### 5) 評価結果

各評価場所における経路における総被ばく線量を以下に示す。

- 夜次鉱さいたい積場 :  $4.6 \times 10^{-3} \text{mSv/y}$
- 麻畑2号捨石たい積場 :  $5.6 \times 10^{-3} \text{mSv/y}$
- 中津河大切坑捨石たい積場 :  $5.2 \times 10^{-3} \text{mSv/y}$

### 3. 基本計画策定後に新たな発見で示唆された方向性

基本計画策定以降の調査・研究で、以下の状況及び課題が分かった。

#### (1) 坑水発生源対策

- ① 人形峠センターの河川、湧水、地下水には自然由来の放射性物質 (U, Ra) が含まれている。
- ② 旧坑道から発生する坑水の水質は、ウラン鉱床の成因環境により異なる。
- ③ 人形峠のウラン鉱床は地表から浅い位置で成因しており、坑水は雨水の浸透水である。
- ④ 露天坑水は、還元環境で捨石中の鉄鉱物から溶出して鉄濃度が上昇している。
- ⑤ 露天場内で溶出したRaは、捨石深部の風化花崗岩でトラップされている可能性がある。

#### (2) 坑水処理対策

- ① 鉱さいたい積場の水収支は、坑水50%、雨水・地下水50%である。
- ② 鉱さいたい積場覆土措置する過程で高濃度のFe、As、U、Ra及びSSを含み廃水が発生する。
- ③ 既存の坑水処理設備は、高濃度のU、Ra、As、Feを含む廃水を処理する機能・能力を有していない。
- ④ 鉱さいたい積場は、一時貯留している坑水の水質分析・解析を行った結果、場内の上流から下流への流れ場の中でFe、As、Uの除去・溶出する環境であることが分かった。
- ⑤ 旧坑道から排出される坑水には、マンガン酸化菌が生育しており、Ra処理に寄与する可能性がある。

#### (3) 鉱さいたい積場覆土等措置

- ① 鉱さいを安定化するため、圧密・固結工法を調査・試験した結果、高炉セメントB種+塩化バリウムではRaの溶出を抑えられない他、一軸強度が低下し構造安定性に問題がある。
- ② 鉱さいたい積場の天然素材による覆土について、放射線量低減化、ラドン散逸抑制効果は確認されたが、植物の繁茂、降雨・積雪及び地震による自然災害における構造安定性に課題がある。
- ③ 現在の坑水処理で必要としなかったFe、As、SSの処理が必要となるため、新たに鉱業廃棄物の埋立場が必要となる。

### 3. 基本計画策定後に新たな発見で示唆された方向性

#### (4) 安全対策の必要性について

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震において、東北地方の非鉄金属鉱山では、集積場の鉱さいが液状化により下流域に流出する被害が発生している。

また、平成25年度には、秋田県内の鉱山施設で豪雨により、未処理の坑水が河川に流出する被害が報告されている。

人形峠センターにおいても、平成28年10月の鳥取県中部地震、昨年10月には日降雨量が300mmを超える豪雨が発生しており、監督官庁、自治体、地域住民から安全対策が求められている。

一方、鳥取県内の捨石たい積場では、平成元年に鳥取県から要請のあった恒久対策について、未だ了解が得られていない。

以上の状況を踏まえて、以下の事項に取り組まなければならない。

#### ① 鉱さいたい積場等

⇒ 巨大地震、ゲリラ豪雨によるコンクリートかん止堤の損壊・越流による鉱さい及び未処理坑水の河川流出に関する予防対策

⇒ 地震時の液状化、崩落等による鉱さい、坑水の河川流出対策

⇒ 鉱さいたい積場措置における既設のコンクリートかん止堤の長期安定性に係る評価及び措置した後の地下水(坑水)の化学的安定性(坑水量、水質管理、処理方法等)に係る評価

#### ② 坑水処理施設

⇒ 岡山県北部で想定される巨大地震(震度6弱)への対応

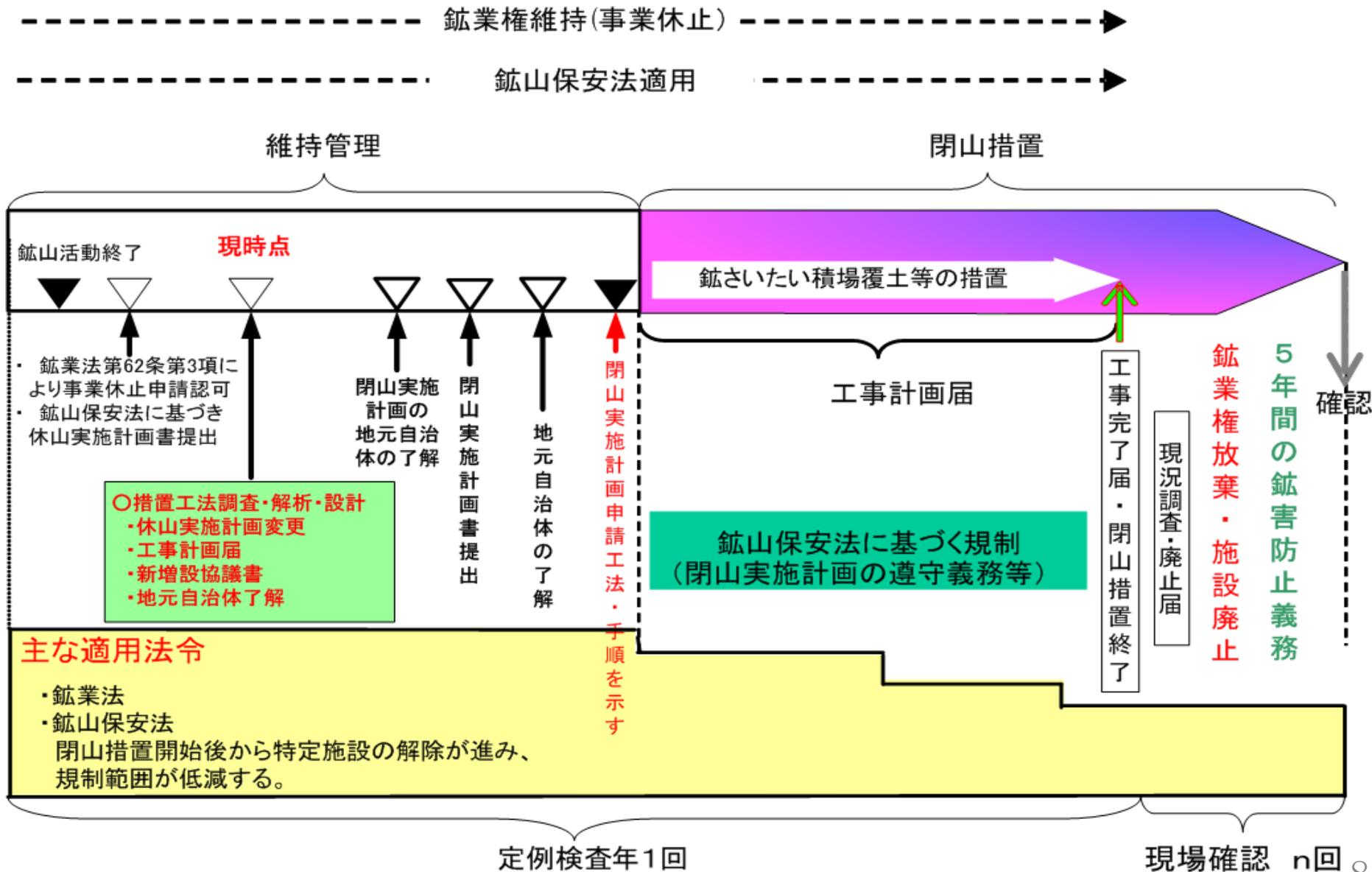
⇒ 200年豪雨を超える雨量に対する設備処理能力、運転体制等の対応策

#### ③ 捨石たい積場

鳥取県から要請のあった恒久対策への取り組み

### 3. 基本計画策定後に新たな発見で示唆された方向性

#### (5) 鉱山施設の閉山措置終了への道筋 -法的対応-

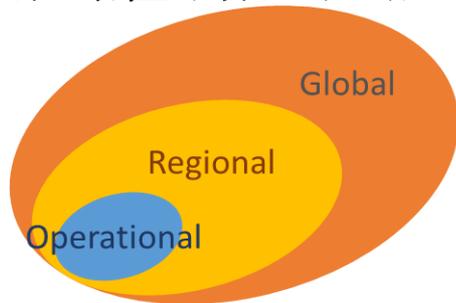


## 4. 鉱山施設の閉山措置に向けた新たな取り組み

基本計画策定から取り組んできた調査・研究から、閉山措置に向けての課題、手順が明らかになってきており、今後は、閉山措置工法の安全性、合理性を関係機関、地域社会に示していかなければならない。

### (1) 検討の位置づけの再確認

閉山措置事業の円滑な実施は「**地域社会の持続的な安全・安心及び繁栄**」を支える。



ステークホルダー・エンゲージメントは、その組織が社会的にどのような役割を担い、果たしているかということを示すことが非常に重要なのである。そのためには、事業者を取り巻くすべての利害関係者と対話し、相互に意見を交わしあい、一体感を持っていくことが大事である。「みんなで社会を作り上げていくという感覚を持つ」というようにも言える。

#### “Stakeholder engagement”

地域社会と事業者のより良い関係性を形成・持続するためには、地域社会の抱える不安に適切に向き合い、**将来を見据えて一歩先駆けた取り組み**と**積極的な情報発信**が不可欠

- 事業対象となるオンサイト、オフサイトを含めた包括的な環境調査と監視
- 地域固有のバックグラウンドとしての場を理解しようとする取り組みを重視



- ① 次世代への継承を地域社会と共に見据え、
- ② 環境監視の基幹となるPDCAの反復的取組みを可視化・共有し、
- ③ そこに科学的根拠（データ）を関連付けて対話を継続させていくこと。
- ④ また、閉山措置を通しウラン鉱山の開発から閉山措置の一連の事業の軌跡を残す取組みが**事業者の役割**である。

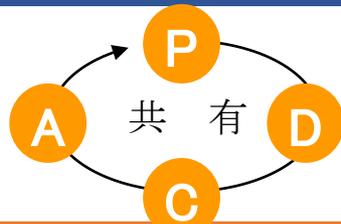
# 4. 鉱山施設の閉山措置に向けた新たな取り組み

## (2) 閉山措置事業を進める上での取り組み方

50年、100年先の安心・安全次世代へ継承

**地域社会/ステークホルダ**

環境監視のためのPDCAサイクル  
(=反復的取組み状況) を共有



対話の継続

**県・自治体協定**

**事業者**

**関連法令規制**

要請

インベントリー-移動経路-暴露対象の同定  
(想定される評価経路の同定)

科学的根拠

回答

科学的根拠

広域バックグラウンドに関する  
オフサイト情報 (流域科学研究)

跡措置事業に関するオンサイト情報  
(工学的対策立案・設計、安全評価)

- 広範な時間・空間データの一元化
- 地下水流動・物質移動現象の理解
- データ可視化

人形峠

旧倉吉鉱山

東郷鉱山

シナリオ解析

計測分析技術

土木工事・施工関連技術

数値解析技術

## 4. 鉱山施設の閉山措置に向けた新たな取り組み

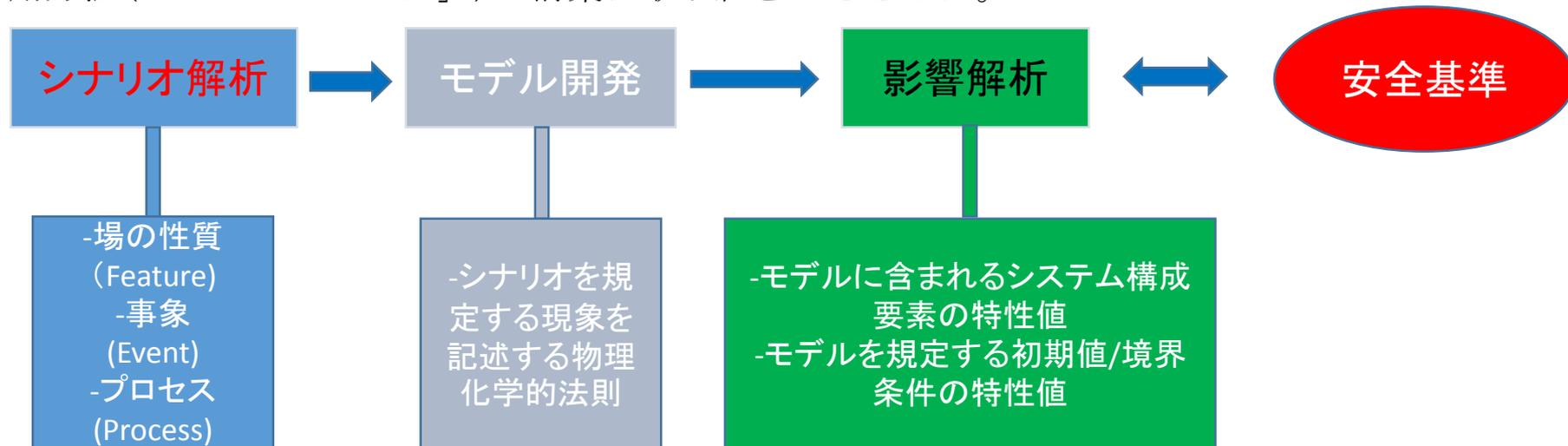
### (3) 安全性評価の適用方法構築

人形峠センターでは、基本計画に基づき、様々な調査・解析を行った結果、3.章に示す課題が明らかになるとともに、事業の透明性・信頼性が地元地域から強く求められている。

このため、人形峠センターの閉山措置は、これまでの調査・研究から具体的措置計画策定に移行し措置工法を選定する上で、その措置工法が環境に与える影響を事前に評価する手順、方法の整備が必要である。

例えば、自然由来の放射性核種を含めた環境への影響に対して、本閉山措置事業の中でどのように位置づけ、どのような解析・評価を行う必要があるか、また現在進めている閉山措置事業及びその後の環境監視を適切（戦略的）に実施するための方法論等を具体化する等が考えられる。

そこで、今年度、他の事業分野を参考としつつ人形峠センターに適した安全性評価の適用方法（「フレームワーク」）の構築に取り組むこととした。



安全評価の一般的方法論(核燃料サイクル開発機構1999)

# 4. 鉱山施設の閉山措置に向けた新たな取り組み

## (4) 自然由来の放射性核種を含めた環境影響の基本的考え方

① 人形峠周辺の鉱山未開発地域から人形峠センターに流入する地下水（水環境）に含まれる放射性核種の動態は、閉山措置後どのように環境に関与するのか重要な関心事項であるが、この放射性核種が人為・自然由来の区別することは容易でない。

② 人形峠センター以外のウラン鉱床の存在を踏まえると、考慮すべきインベントリ—移動経路—暴露対象の関連性は様々な組み合わせが想定される。

人形峠センター敷地から周辺地域までを含めた広域スケールで「インベントリ—移動経路—暴露対象」の関連性に着目して、広域地下水流動系における反応性物質移動を取り入れ、バックグラウンドを対象とした総合的評価を行う。

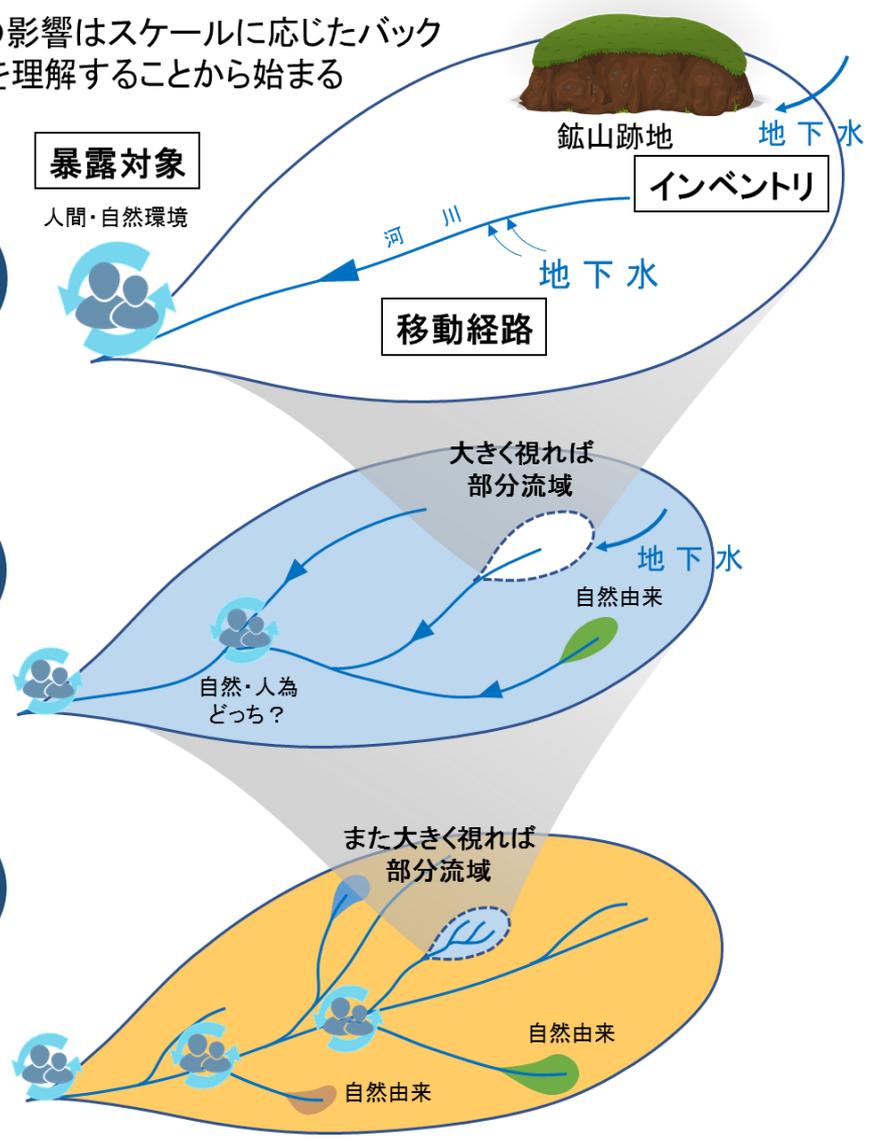
下流域への影響はスケールに応じたバックグラウンドを理解することから始まる

10<sup>0</sup> km

10<sup>1</sup> km

10<sup>2</sup> km

ハートスウェーデン・問題



# 5. これからの閉山措置に向けた流れ

## 坑水発生源対策

坑道などから発生する坑水の水量低減・水質改善

## 坑水処理対策

鉱さいたい積場の覆土措置で発生する高い濃度のウランなどを含む廃水処理

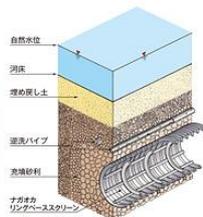
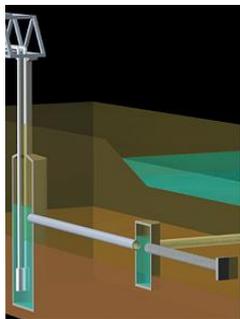


## 閉山措置

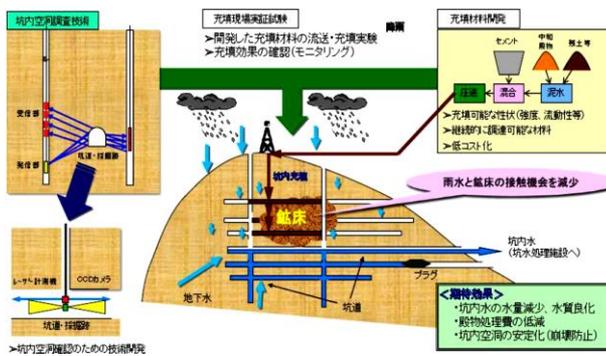
鉱山施設のグリーンフィールド化を目指して

## 坑水発生源対策

- 現在、旧坑道から出てくる坑水中のラジウムや鉄が法令値、排出基準値を超えている。
- 発生原因を調査・解析し、対処方法を検討している。
- 原因を取り除くため、覆土や取水、坑道の空洞を充填などにより、水量の低減や水質改善を図る。



地下水取水設備概念図



\* JOGMEC 坑廃水水質改善技術開発事業資料より参照  
坑道空洞充填概念図

## 坑水処理対策

- 鉱さいたい積場の覆土措置を行うと高い濃度のウランやラジウム、鉄などを含む廃水が発生し、現在の処理能力が不足する。
- このため、処理速度の向上や高効率化など、新たな坑廃水処理システムの構築を図る。

### 既存処理システム

Ra: マンガン砂 + Ra・U: 化学沈殿処理



### 新処理システム

- ・Ra: マンガン酸化菌 + BaSO<sub>4</sub> 化学沈殿処理
- ・U、Fe、As: 接触酸化ろ過 + 樹脂吸着 + 化学処理
- ・ss: 急速ろ過処理



新処理システムの概念図

# 5. これからの閉山措置に向けた流れ

## 坑水発生源対策

坑道などから発生する坑水の水量低減・水質改善

## 坑水処理対策

鉱さいたい積場の覆土措置で発生する高い濃度のウランなどを含む廃水処理

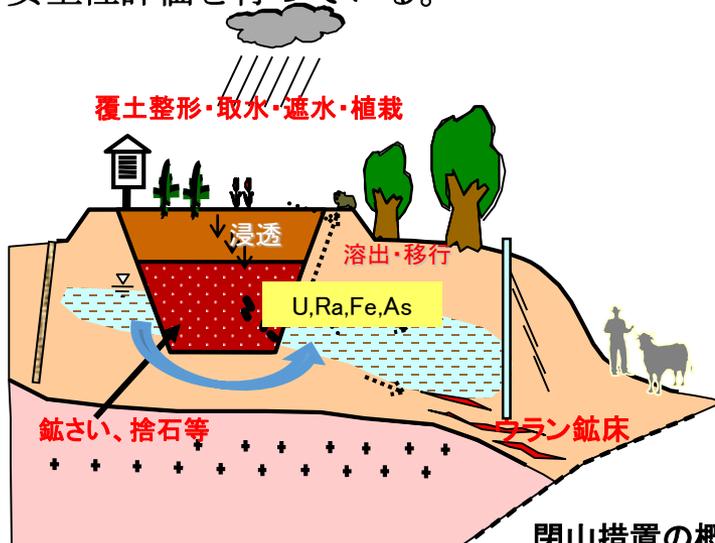


## 閉山措置

鉱山施設のグリーンフィールド化を目指して

## 閉山措置

- 鉱山施設のグリーンフィールド化を目指す。
- そのためには、例えば鉱さいたい積場で考慮しなければならない。
  - ・放射線量の低減化、ラドン散逸の抑制
  - ・雨水の浸透や地下水の流入の抑制
  - ・覆土構造が長期的に安定であることが必要である。これらの対処方法の検討及び長期的な安全性評価を行っている。



閉山措置の概念図

坑水発生源対策、坑水処理対策、閉山措置の安全性評価の進め方



人形峠流域のバックグラウンドを対象とした安全性評価

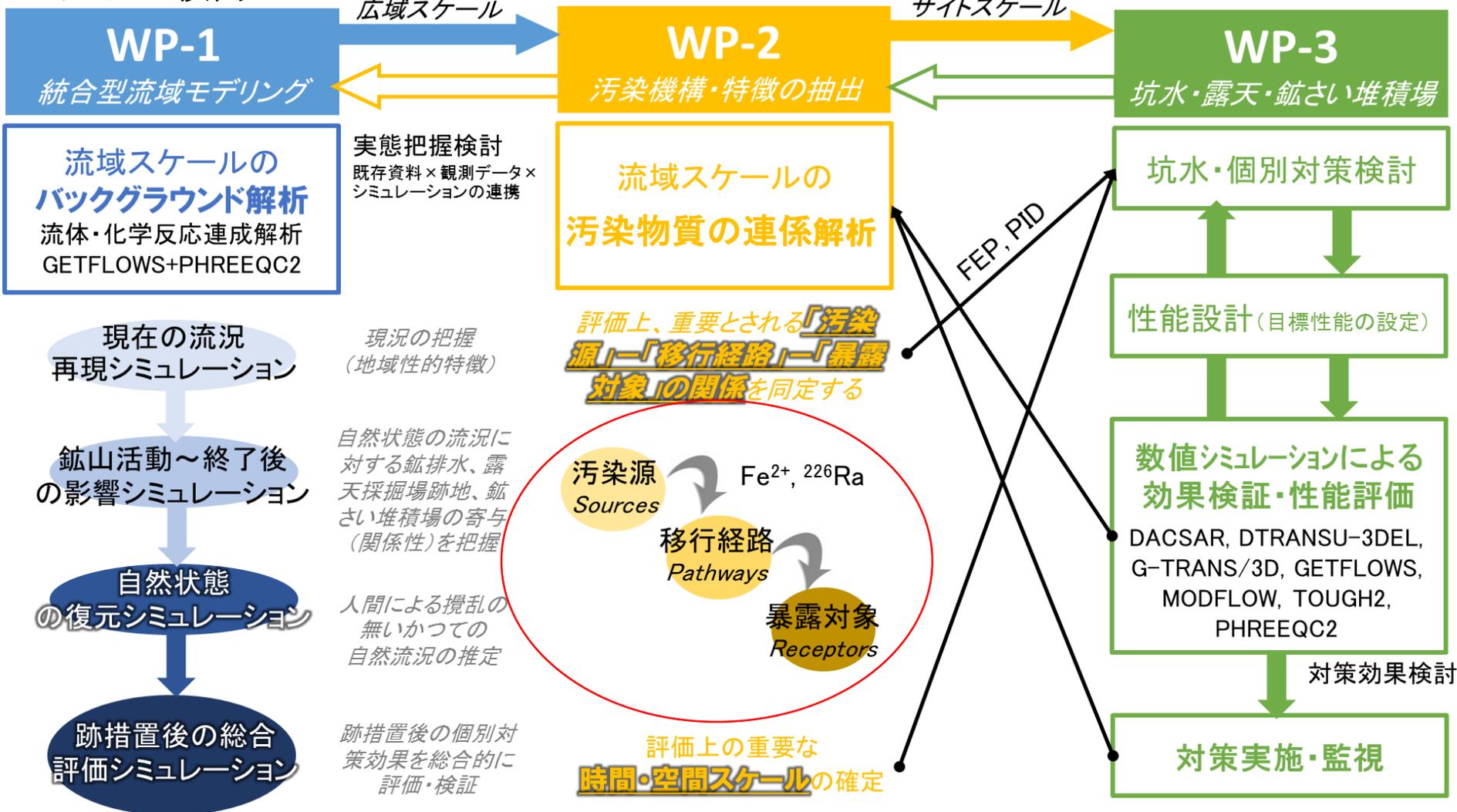
### 【安全への備え】

大きな地震への備えとして、再度、様々な揺れ方を想定し、鉱さいたい積場及び周辺地盤の損傷や崩落などの解析を行う。

解析結果に基づき、必要な場合には適切な対策を検討して実施する。

# 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

局地から広域，短期から長期にわたるバックグラウンドの実態把握を視野に入れた検討



PID: 過程・経過(Process), 影響(Influence), 図形(Diagram)

FEP: 特性(Feature), 出来事(Event), 過程・経過(Process)

## 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

WP-1～WP-3で示す局地から広域、短期から長期にわたるバックグラウンドを対象とした流体・地球化学反応解析に係る取り組みを以下に示す。

### (1) 広域バックグラウンド評価手順

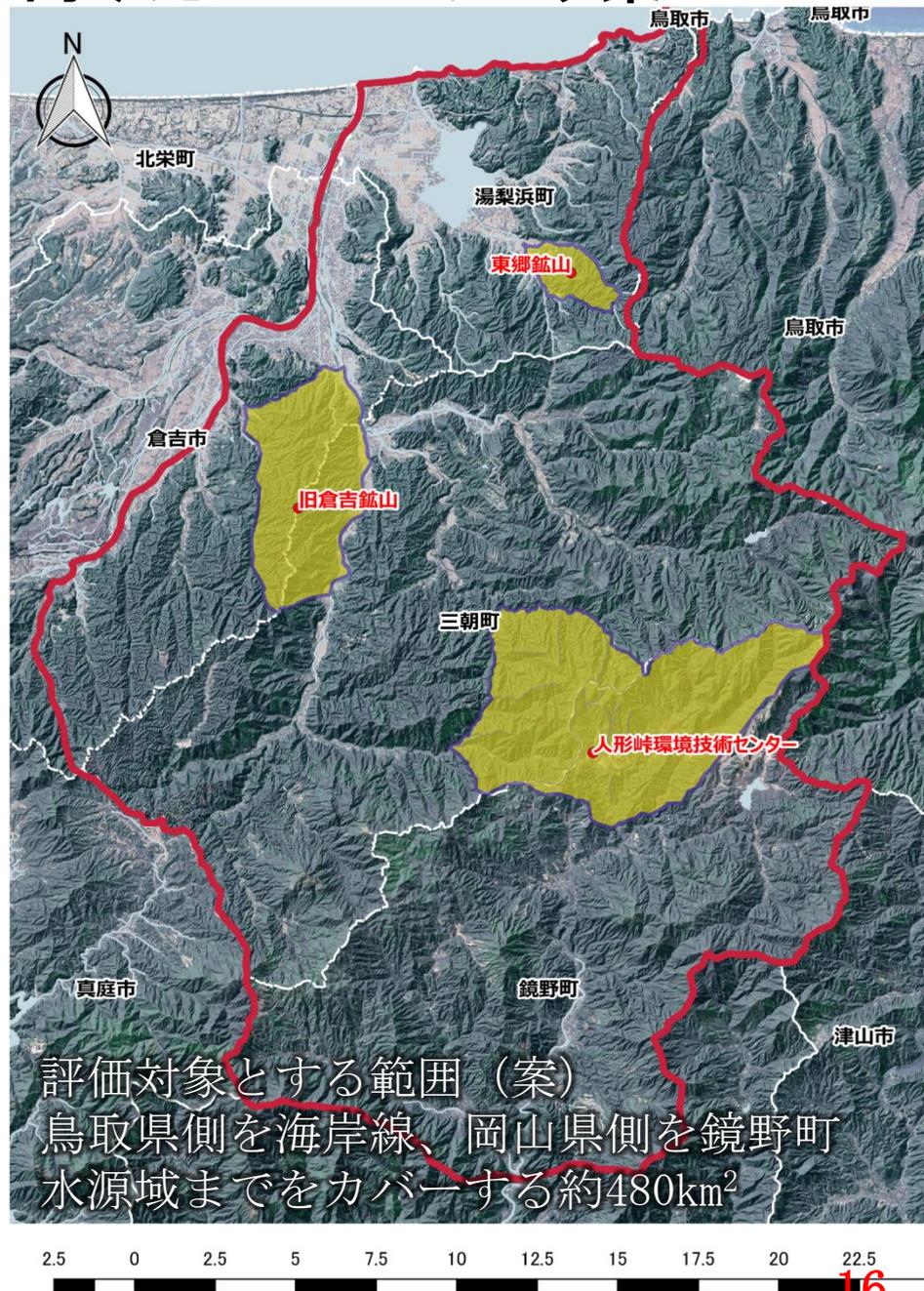
局地～広域、短期～長期に至る広範な時間・空間スケールを包括可能な流域の視点で、

1. 時空間データの一元化

2. 水・物質移動現象の理解

3. オンサイト・オフサイト連携

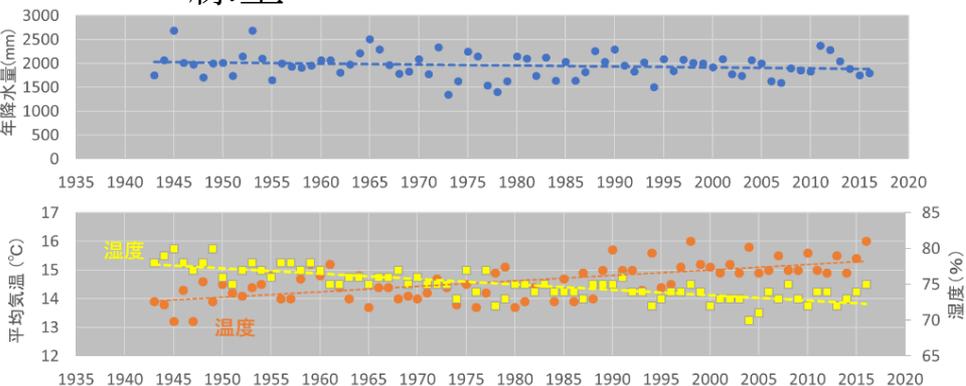
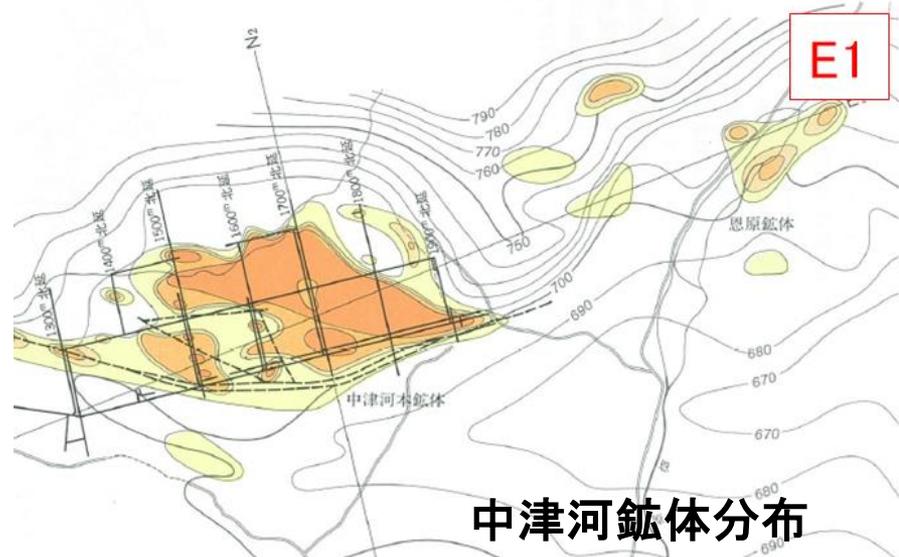
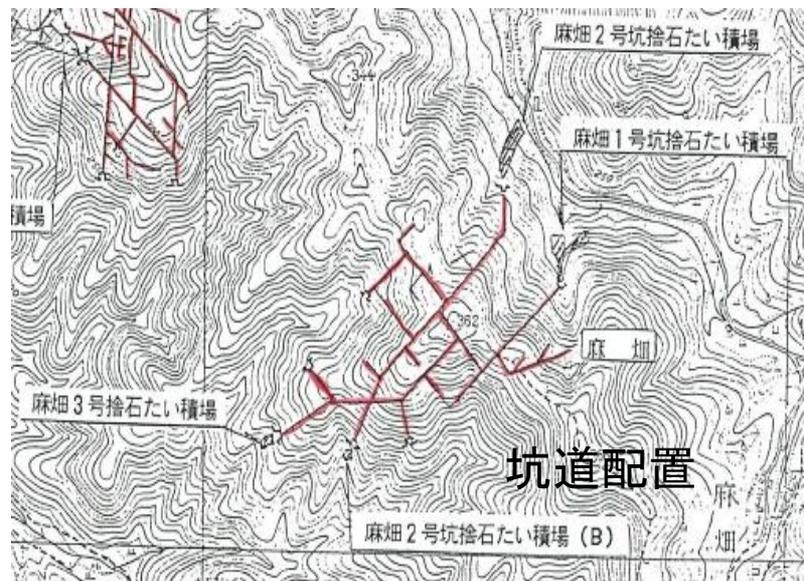
地域社会の持続的な安全・安心への貢献



# 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

## (2) 保有データの再確認と効率的利用時空間データ一元化

- 気象 (降水、気温、日射、湿度等)
- 地形
- 土地・水利用  
(河川水取排水、地下水揚水、坑水管理等)
- 地質 (水文地質調査データ、各種図面等)
- 構造物 (立坑、坑道等)
- モニタリングデータ
  - ✓ 水質 (陽イオン、陰イオン、放射性核種、同位体等)
  - ✓ 水量 (河川水位・流量、地下水位等)
  - ✓ 線量



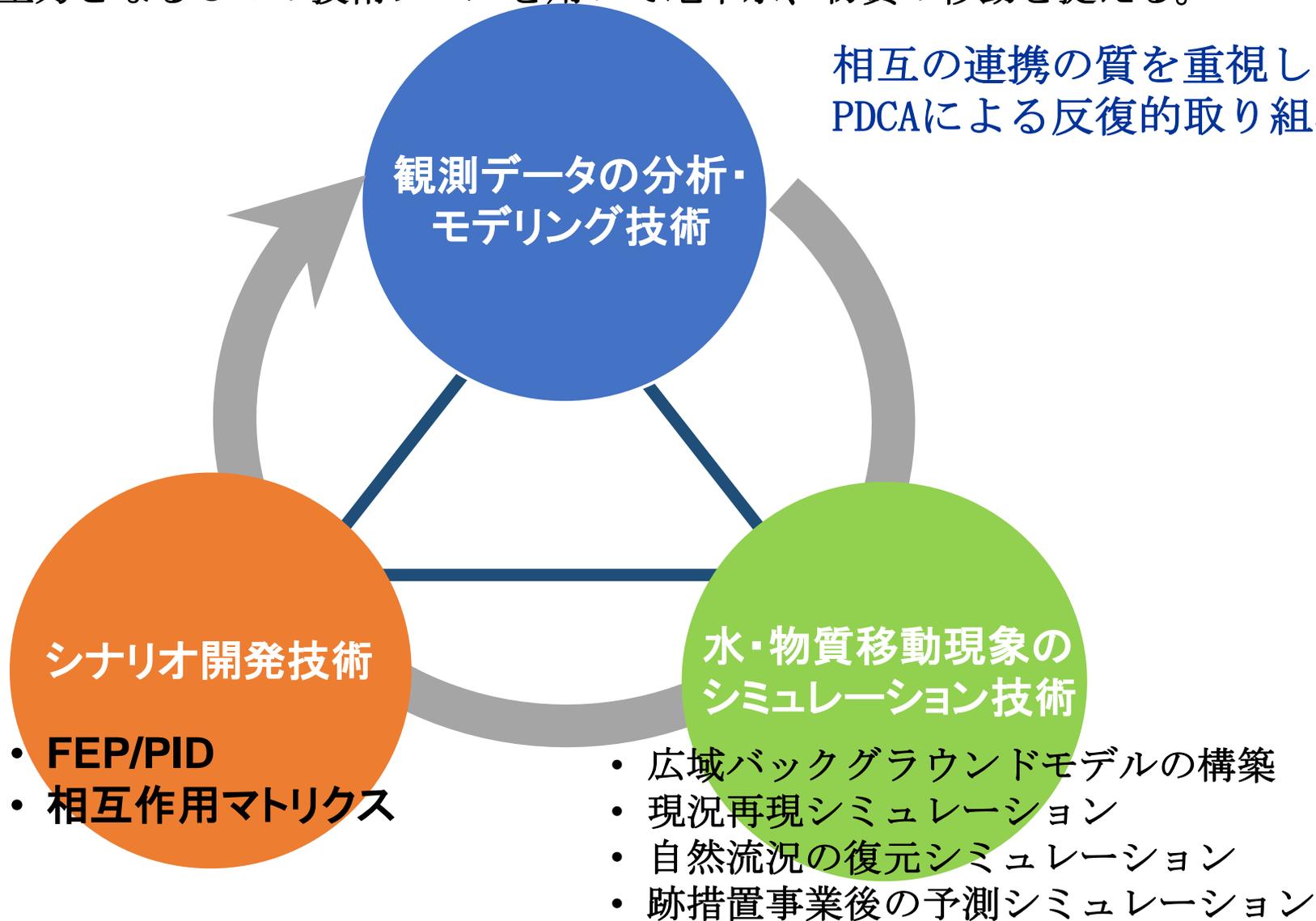
気象庁 山陰地方気象観測データ  
1946年～2016年

## 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

### (3) 水・物質移動現象の理解

主力となる3つの技術ツールを用いて地下水、物質の移動を捉える。

相互の連携の質を重視した  
PDCAによる反復的取り組み



# 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

## ① 観測データの分析・モデリング技術

### 1) 長期観測データのメタ・アナリシス

これまでの調査・研究から得られた複数の結果を統合し、より高い見地から分析・解析する。

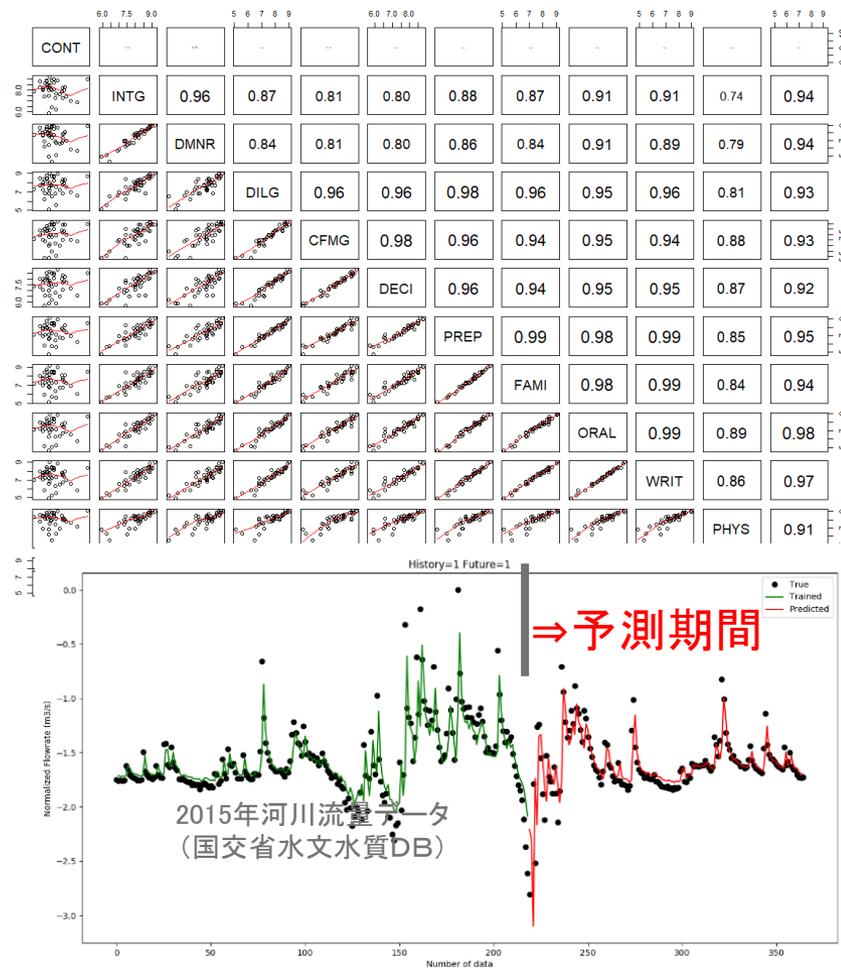
### 2) 時間、空間変動特性の抽出

(人形峠流域、鉱山施設の特徴を示す)

- ✓ 統計諸量の評価
- ✓ 時系列データの応答特性  
(相関、重回帰、深層学習など)



バックグラウンド（閉山措置事業の効果を示す現状を表すベースライン）の定量化

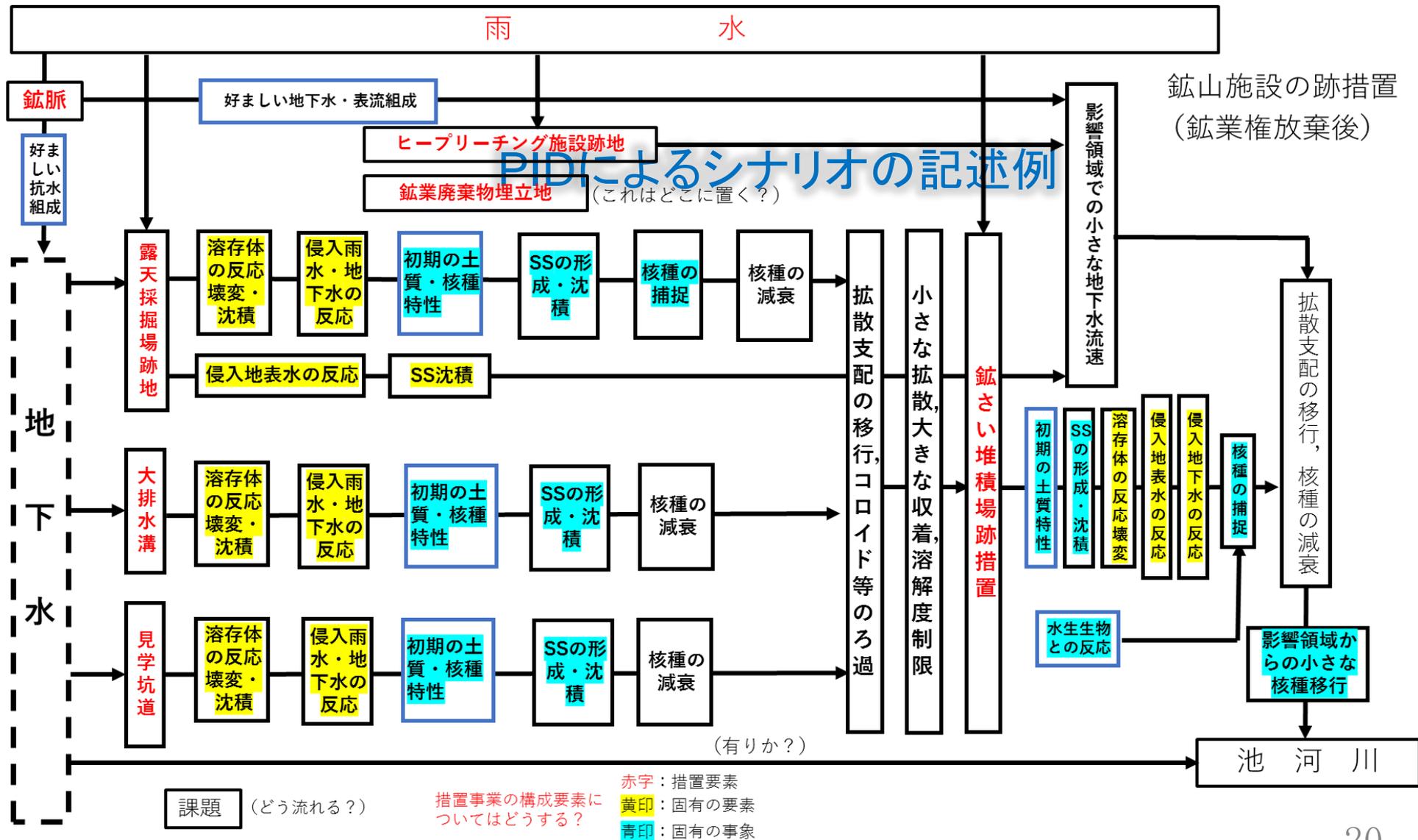


河川流量データのモデリング事例(熊本県白川)

# 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

## ② シナリオ開発

### 1) 人形峠鉱山の条件や現象、過程のPIDによる整理案



# 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

## ② シナリオ開発

### 2) 相互作用マトリクスによるシナリオの記述例

- 保存される物理量（運動量、質量、熱量等）に着目した相互作用マトリクス
- 実体をコンパートメント(区分け)として、コンパートメント間の関係を記述

<b>大気</b>	interception rainfall snowfall	interception	interception rainfall snowfall			interception	interception rainfall snowfall	interception inhalation
transpiration burning	<b>樹葉</b>	translocation	leaves fall weathering			weathering interception	weathering interception	ingestion
burning	translocation	<b>樹幹</b>	weathering interception	Fertilisation	Fertilisation	mycorrhizae	weathering interception	ingestion
resuspension		rain splash	<b>林床</b>	Decomposition Percolation	Percolation	root uptake	rain splash	ingestion
		root uptake		<b>有機</b>	Percolation, diffusion/advection	root uptake	root uptake	
<b>Canopy</b>		<b>Canopy interception</b>	<b>鉱物</b>	uptake	uptake			
<b>Litter</b>			<b>Fungi</b>	root uptake (mycorrhizae)	ingestion			
<b>Org.soil</b>			<b>Understorey</b>	ingestion				
<b>Min.soil</b>				consumption	consumption	<b>Wild animals</b>		

(Mori et al., 2015)

(A. Avila and L. Moberg, 1998)

<b>露天採掘場跡地外(上流域) 広域涵養域</b>				
				<b>客土</b>
<b>熱</b>	蒸発散 積雪融雪 物性変化	熱応力	反応速度	
熱移流	<b>流体流動</b>	間隙圧変化	溶質移流 分散拡散	
変形 間隙変化	変形 間隙変化	<b>力学</b>	間隙変化	
間隙変化 反応熱	溶解沈殿 間隙変化	溶解沈殿 間隙変化	<b>化学</b>	
	<b>熱</b>	蒸発散 積雪融雪 物性変化		
熱移流	<b>流体流動</b>			

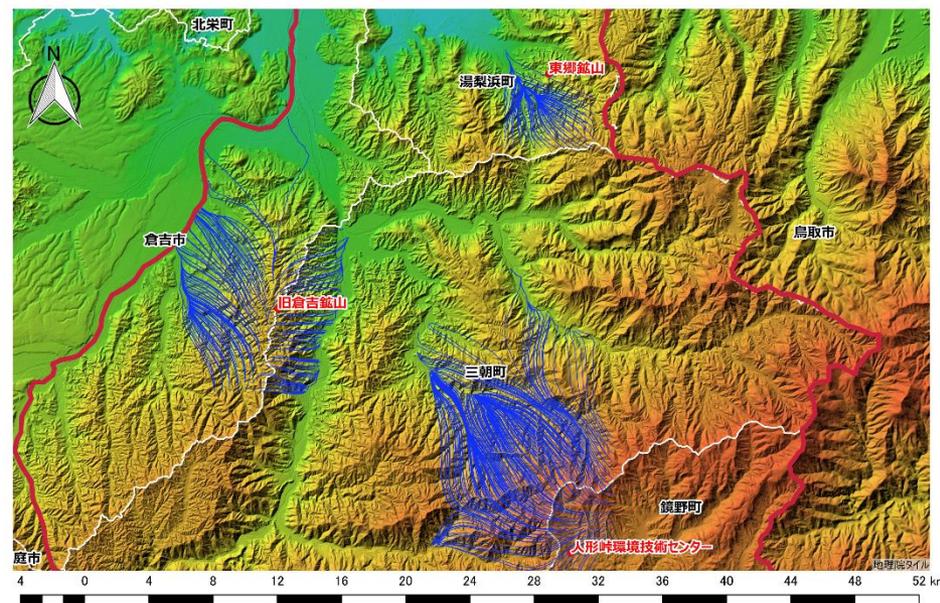
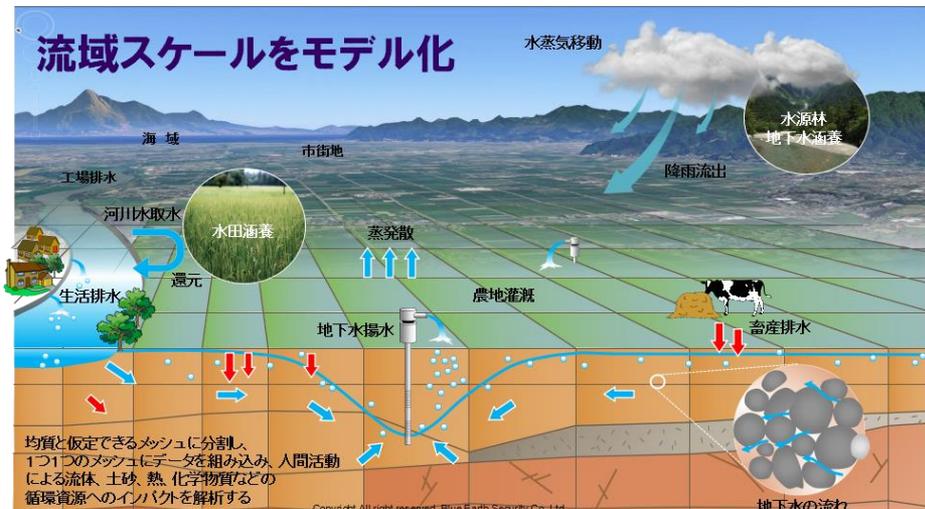
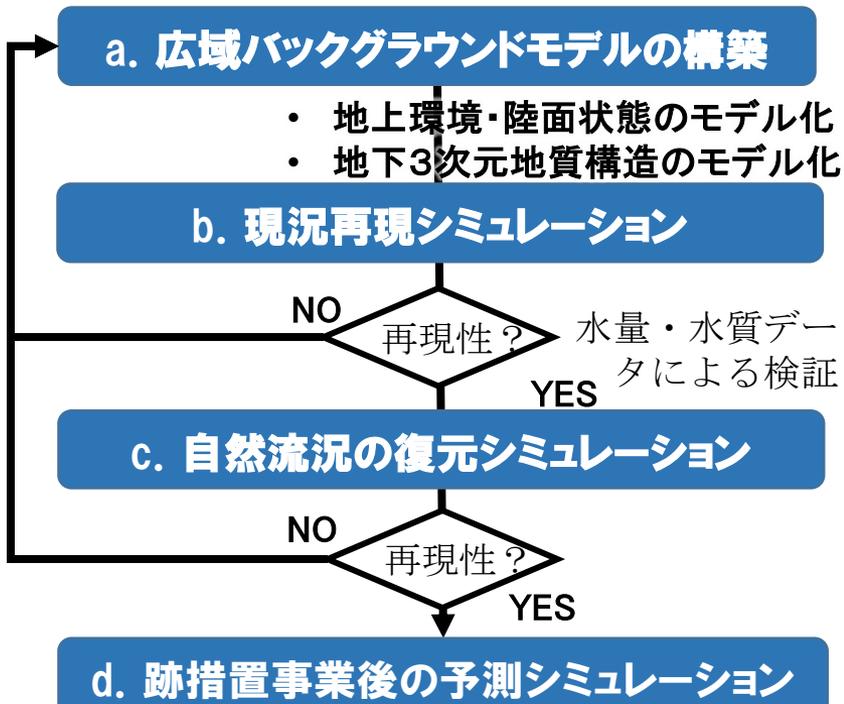
複合的現象と素過程間の相互作用に着目

- オフサイト（広域）-オンサイト（例えば、露天採掘跡地）で生じる現象に着目した相互作用マトリクス

# 6. 人形峠閉山措置事業に向けたフレームワーク案

## ③ 水・物質移動現象のシミュレーション技術

モデル化の再検討・修正



	①現況	②自然	③事業後
捨石たい積場	○	×	○
坑道システム	○	×	○
鉱床	○	○	○
核種インベントリ	○	×	○
酸化還元状態	酸化的	還元的	還元?
跡措置対策	×	×	○
水利用	○	×	○

# JAEA 7. 人形峠流域における地下水流動の評価・推定と検証について

人形峠流域スケールのバックグラウンドを、地下水流動系における反応性物質の移動挙動に着目して既往研究成果、解析を用いて推定する。

使用する解析コードには、広域地下水流動解析コード、地球化学コード等を用い、両者を対象プロセスに応じて結合または連成させることを想定している。

## (1) 流域モデリング

対象とする場を大気、海洋、陸面、地下に大別し、様々な物質やエネルギーの流域内の輸送過程をコンピュータ上で一体的に捉えようとするアプローチ

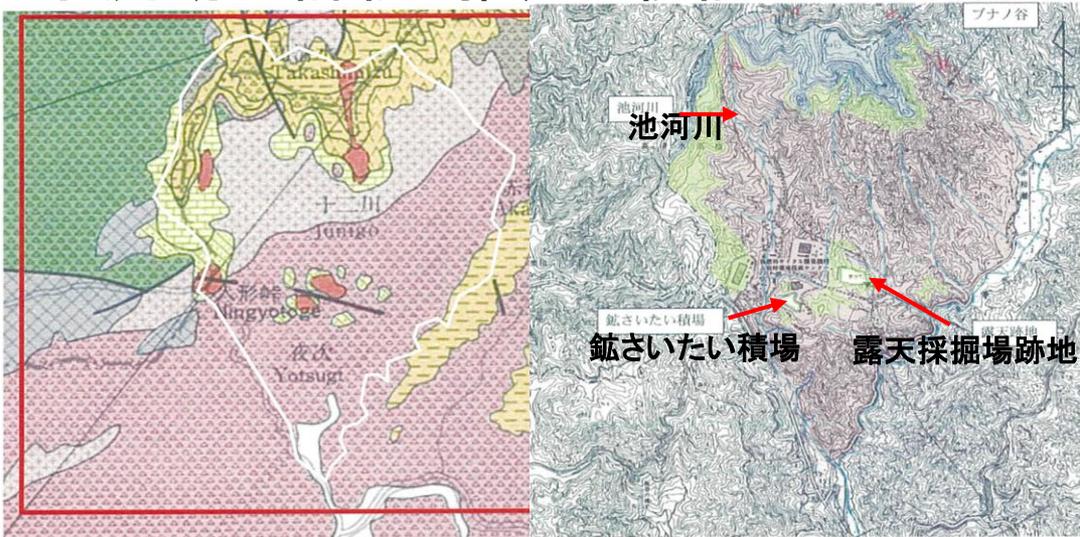
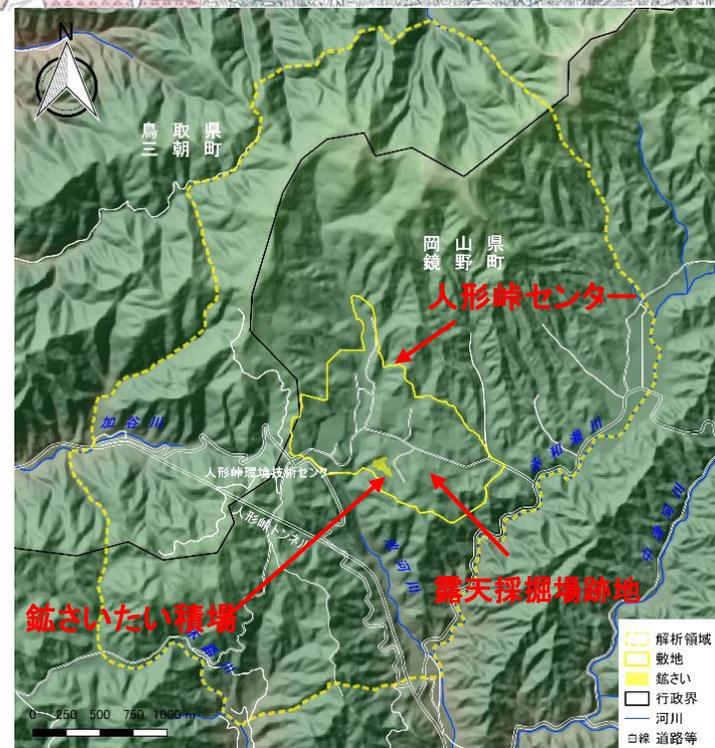


表-1 流域モデリングで取り扱う主な素過程

分類	データ項目	資料名
気象	降水量、気温、風速、日射時間、積雪、湿度	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象台・アメダス(気象庁)</li> <li>メッシュ平年値2010(気象庁)</li> <li>テレメーター(国交省)</li> <li>センター内気象観測点【JAEAデータ】</li> </ul>
土地利用・土地被覆	土地利用、植生、土地被覆	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地利用細分メッシュデータ(国交省)</li> <li>高解像度土地被覆図(JAXA)</li> <li>植生調査(環境省)</li> </ul>
地形	地表標高、湖沼水深	<ul style="list-style-type: none"> <li>基盤地図情報数値標高モデル(国土地理院)</li> <li>旧地図</li> <li>堤体基準の等高線【JAEAデータ】</li> </ul>
地質	表層地質、地下地質、地下構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>20万分の1日本シームレス地質図(産総研)</li> <li>5万分の1地質図幅(産総研)</li> <li>日本のウラン資源【JAEAデータ】</li> </ul>
水利用	ダム、河川取排水	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉱さい堆積場ダム水位データ【JAEAデータ】</li> </ul>
モニタリング	河川流量、水質、地下水水位、水質、坑水量、水質	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川水量まとめ【JAEAデータ】</li> <li>河川流量、水質観測点【JAEAデータ】</li> <li>地下水モニタリング【JAEAデータ】</li> <li>地下水水位測定及び水収支推定報告書【JAEAデータ】</li> <li>坑水データ集計表【JAEAデータ】</li> </ul>



解析対象領域

# 7. 人形峠流域における地下水流動の評価・推定と検証について

## (2) 地下水流動解析の経過について

表 大排水溝、見学坑道、露天坑道からの坑水量及び鉞さいたい積場からの坑水処理量比較

	観測	計算
大排水溝	197.6 (m <sup>3</sup> /d)	226.3 (m <sup>3</sup> /d)
見学坑道	23.3 (m <sup>3</sup> /d)	14.9 (m <sup>3</sup> /d)
露天坑道	52.5 (m <sup>3</sup> /d)	36.9 (m <sup>3</sup> /d)
坑水処理量	642.0 (m <sup>3</sup> /d)	614.5 (m <sup>3</sup> /d)

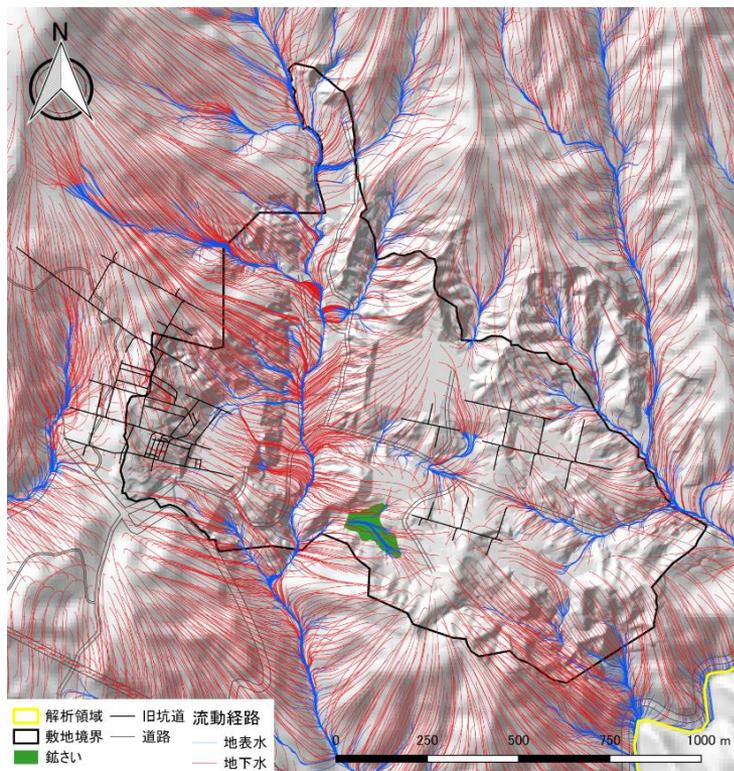


図 地表面直下に配置した粒子の流動経路 (敷地周辺拡大図)

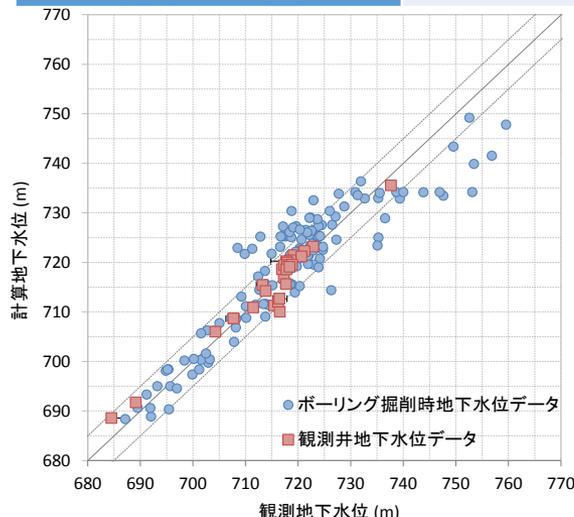


図 地下水位の比較

観測：各地点における全データの平均値  
計算：平衡状態

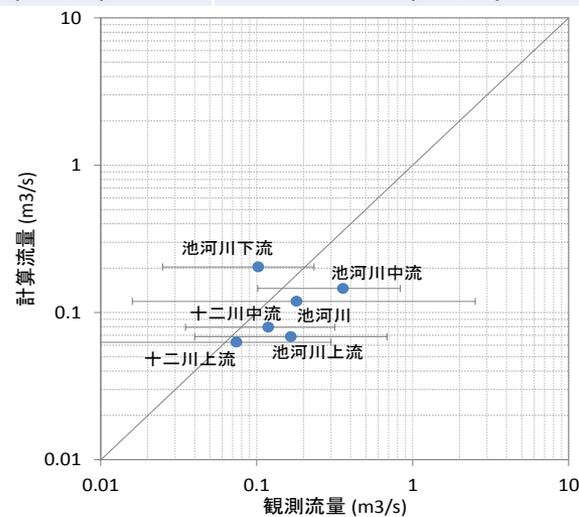


図 河川流量の比較

観測：各地点における全データの平均値  
計算：平衡状態

### ※ 課題

- ・ 同じ地質での透水係数の既存データのばらつきがあり、透水試験が必要である。
- ・ 湧水、地下水の池河川への寄与率を求めていくために、ボーリング調査が必要である。

## (3) 人形峠流域の地下水流動系をより明らかにしていくために

- ① 広域の水文学的な水循環を捉えるため安定同位体トレーサ等の活用
- ② 人形峠流域の河川水、湧水、沢水の水量、水質データの活用
- ③ ボーリングによる地下水データの収集・活用

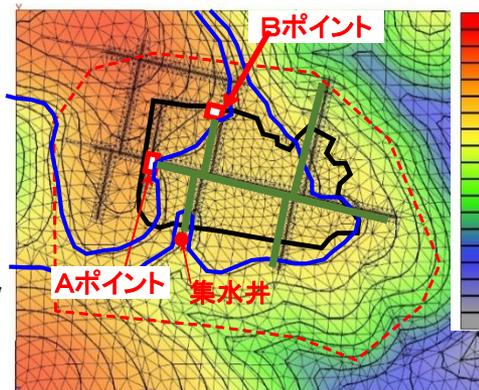
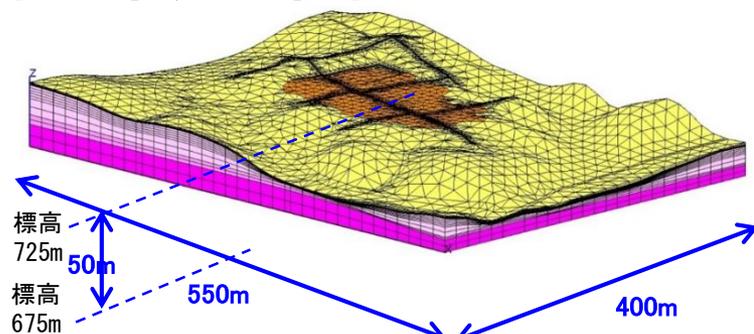


環境影響評価に反映

# 7. 人形峠流域における地下水流動の評価・推定と検証について

## (4) 地下水流動解析による覆土効果の予測

- ・ 定常解析結果の地下水面コンターは、観測水位結果から作成した地下水面図と**ほぼ整合**
- ・ 観測孔水位と同定水位の差は**±1.5 m**以内に収まった。
- ・ 年平均坑水量 54.9 m<sup>3</sup>/日に対し、同定坑水量は54.0m<sup>3</sup>/日となり、誤差1 m<sup>3</sup>/日未満であった。
- ・ 覆土により、最大70%坑水の低減が可能であると予測された。



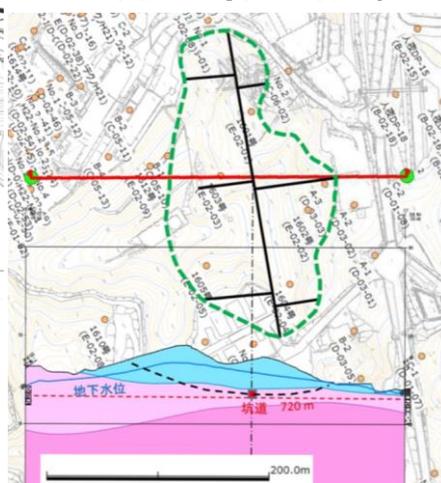
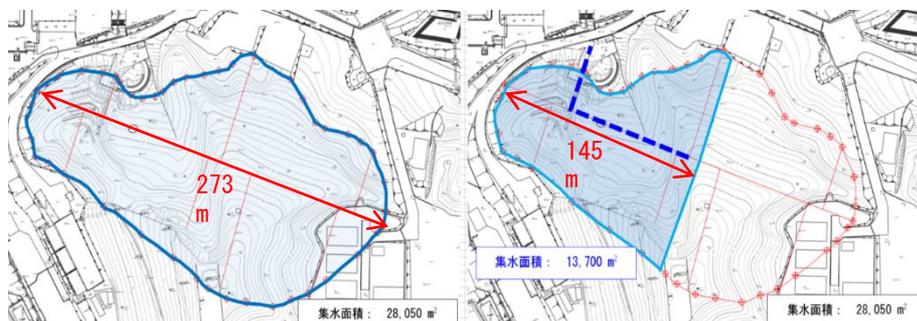
定常解析結果図



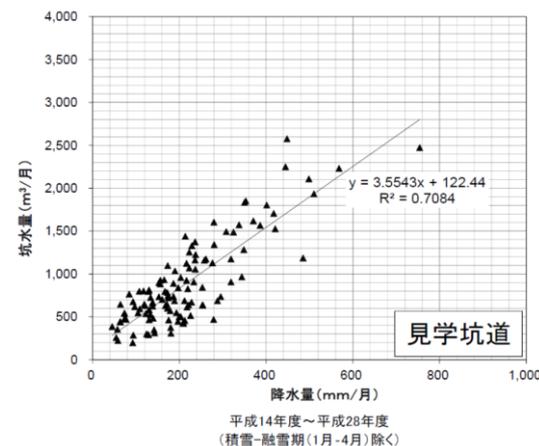
(平成26/10/27測定)  
定常解析の検証に用いた地下水面図

## (5) 広域バックグラウンドモデルとの連携

- ・ 事業区画の詳細モデルに対する広域バックグラウンド解析結果(初期、境界条件)の反映
- ・ 下流への影響把握など

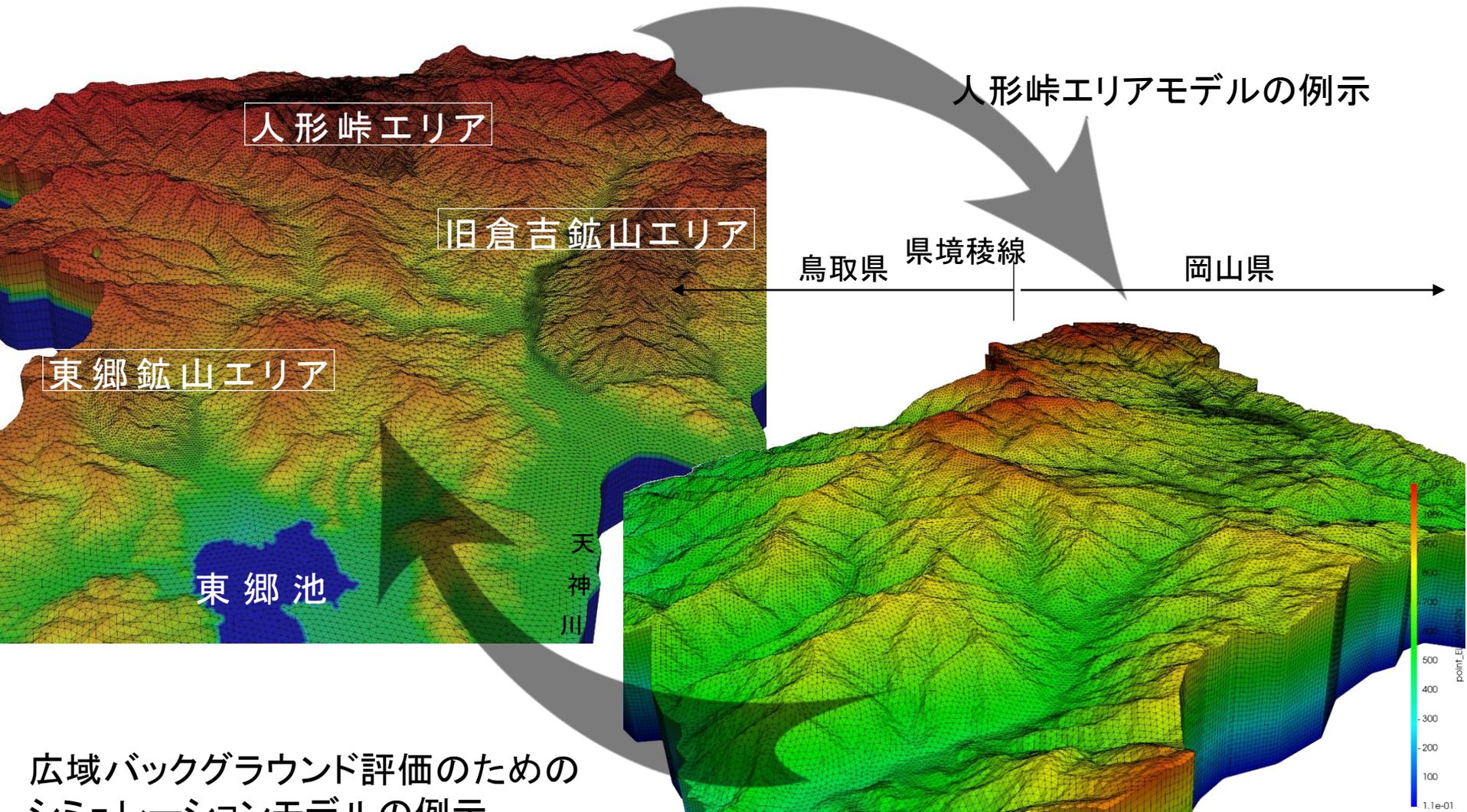


見学坑道集水範囲の解析



# 7.人形峠流域における地下水流動の評価・推定と検証について

## (6) オンサイト・オフサイト連携で相互のフィードバックを持続する



人形峠エリアモデルの例示

広域バックグラウンド評価のためのシミュレーションモデルの例示

フィールド調査の機動的な変更・拡充  
モニタリング配置計画への反映など...

# 7.人形峠流域における地下水流動の評価・推定と検証について

## (7) オンサイト・オフサイト連携

**オフサイト**  
(広域バックグラウンド)

水の量と質に関するバックグラウンドデータ



排水負荷、下流への影響評価データ



**オンサイト**  
(閉山措置事業エリア)

地下水流速、濃度など

上流域

中流域

下流域



覆土、空洞充填等

処理設備更新等

地下水導水、災害対策等

埋立処分等

埋立処分等

覆土工等

経年劣化、災害対策等

## 8. 鉱山施設の閉山措置実施計画策定について

人形峠鉱山、東郷鉱山の閉山措置に向け、短期から長期、局地から広域スケールでのバックグラウンドを対象とした河川、地下水、気象観測等時空間データの収集、観測、流体・地球科学反応解析、閉山措置工法選定及び閉山措置に伴う環境影響評価を閉山措置実施計画として取りまとめる。

JNC TN6410 2002-001

人形峠環境技術センターにおける  
鉱山跡の措置に関する基本計画

2002年4月

核燃料サイクル開発機構  
人形峠環境技術センター



JAEA-Research

人形峠環境技術センターの閉山措置  
及び環境影響評価に関する実施計画

Study on Dose Assessment in Surrounding Environment  
of the Tono Mine Associated with Closure Activity

人形峠環境技術センター  
Tono Geoscience Center

JAEA-Research



ご清聴ありがとうございました。