



鈷委22-02

鈷山跡措置技術委員会の総括

(2021.3.18 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

- ・はじめに

- ・鉱山跡措置の基本的考え方
- ・措置方策実現に向けてのアクションプラン

- ・実施計画(案)の策定にあたって
- ・坑水発生源対策の審議・検討状況
- ・坑水処理対策の審議・検討状況
- ・鉱さいたい積場の措置の審議・検討状況

- ・地域社会の理解と合意に向けた取り組み
- ・おわりに



はじめに

平成13年1月の設立以来、鉱山跡措置技術委員会では原子力機構が管理している鉱山関連施設・設備の跡措置の進め方、目標、実施結果について技術的な観点から審議検討、客観的な助言、指導、評価をいただいております。

人形峠環境技術センターでは鉱山跡措置技術委員会のご指導の下、平成14年度に「**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**」を策定し、基本計画に基づいて跡措置を実施して参りました。

鉱山跡措置技術委員会では、設立から約20年に亘り、跡措置について審議検討いただき、基本計画に基づく取り組みにより、**坑水の発生源対策・処理対策に重点**を置いた各施設の具体的な方向性を示すことができました。

これまでの成果を踏まえ、今後、鉱山跡措置は、調査研究から閉山措置事業に徐々に移行することになると考えます。このことから、これまでの鉱山跡措置技術委員会の取り組みを総括するとともに、これまでの成果に基づき新たな取り組みを進めることといたしました。

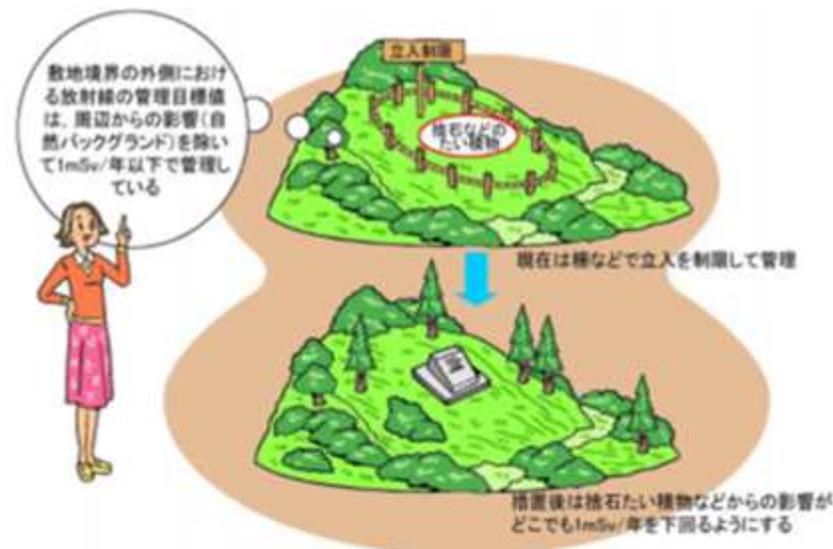


鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)

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。

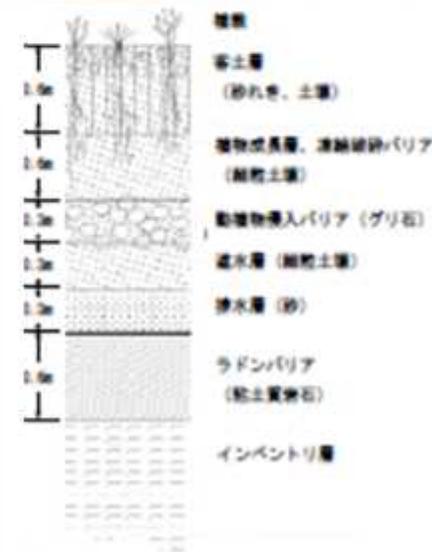
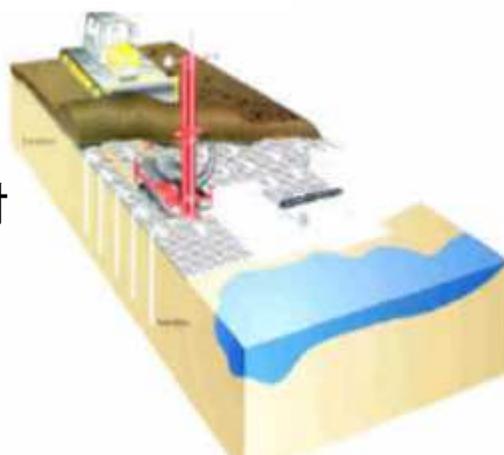
(1) 鉱山施設における放射線防護

- 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)



(2) 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

ドイツ、ゼーリングシュート地域の復旧の概念



鉱山跡措置の基本的考え方(基本計画策定時)

(3) 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

項目		法規等	鉱山保安法 関係法令	瀬戸内海環境保全 特別措置法に基づく 特定施設変更認可申請	岡山県・鳥取県との 環境保全協定
水質	^{238}U (Bq/cm ³)		2.0×10^{-2}	—	1.1×10^{-3} (敷地境界における数値)
	^{226}Ra (Bq/cm ³)		2.0×10^{-3}	—	3.7×10^{-5} (敷地境界における数値)
	F (mg/L)		15	0.2(通常) 0.5(最大)	0.5 (敷地境界における数値)
	Fe (mg/L)		10	<1.0(通常) 1.0(最大)	—
	As (mg/L)		0.1	<0.02(通常) 0.02(最大)	—
線量率			1mSv/y (周辺監視区域の 外側における線量限度)	—	0.087 μGy/h (敷地境界における 空間線量率)
措置方法			・捨石、鉱さい又は沈殿物の処理 ・鉱業廃棄物の処理 ・坑水又は排水の処理	—	—

※記載の値は現在のもの

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。

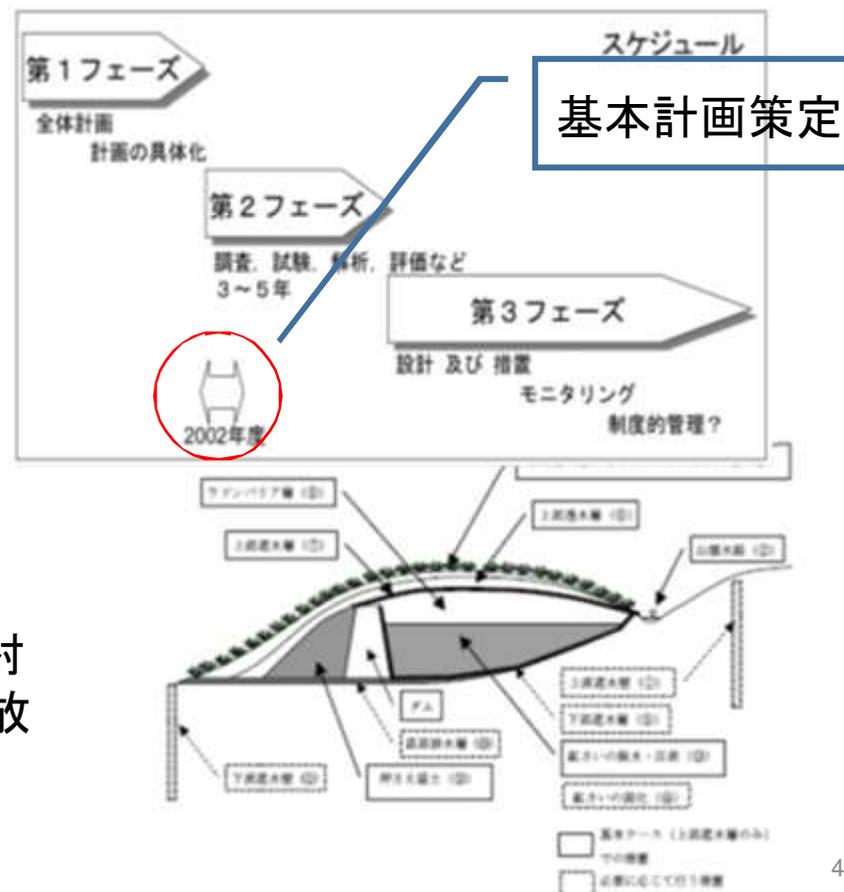
また、措置対象物は、掘り出した場所及びその周辺の屋外で管理し、既に地山化が進み安定化し、そのウラン含有率は捨石で約0.42Bq/gU、鉱さいで約2.4Bq/gUである。

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。



(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び敷地境界での被ばく(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を確認している。

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
- 中津河大切坑捨石たい積場

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1mSv/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。



措置方策実現に向けてのアクションプラン (基本計画策定時)

第1フェーズ

(基本計画の策定)

○基本計画の策定(第1フェーズ)(平成13年～平成14年)

基本計画を策定する上では、捨石や鉱さいなどの跡措置の技術的安全性、経済的合理性の観点はもとより、計画そのものが社会的認知されたものである必要がある。

このため、技術的安全性及び経済的合理性の向上の観点から本計画案に関して外部の専門家による技術的な評価を受けることとする。また、計画策定段階で社会的認知の高いものとするため、外部専門家による技術評価委員会などでの審議過程を極力公開していくこととする。

第2フェーズ

(技術基盤の確立)

○技術基盤の確立(第2フェーズ)

第2フェーズでは、基本計画に基づき、捨石、鉱さいの恒久的対策、ヒープリーチング施設設備の処置等を実現していくために必要な課題解決を図ることとし、技術課題に関して、捨石と鉱さいの恒久的対策を策定する上での共通性や捨石対策に対する緊急性の観点から以下の4つの技術テーマに分類して体系的かつ合理的に進めていく。

- ①地質環境・解体物データベース化
- ②捨石実証試験(土木構造物の設計及び安全評価解析用データの取得)
- ③鉱さい安定化技術開発(土木構造物の設計及び安全評価解析用データの取得)
- ④安全評価技術開発(個別モデルの開発、管理・評価技術開発)



措置方策実現に向けてのアクションプラン (基本計画策定時)

第3フェーズ (措置の実施)

○措置の実施(第3フェーズ)

第2フェーズで得られた成果に基づいて、具体的な恒久的対策を施すこととなるが、基本的には以下の手順を基本として進めることとする。

①捨石たい積場

現地での措置を基本とし、地表面での放射線影響やラドンの散逸防止、捨石中に含まれるウラン、ラジウムなどの地表水、地下水への溶出防止策及び地表の安定化を図るために、整形、覆土、植栽などを実施し、その後、環境への影響を調査するためモニタリングを行う。

②鉱さいたい積場

鉱さいたい積場への流入水低減対策、坑廃水処理対策、ならびに鉱さい中に含まれるウラン、ラジウムなどの地表水への溶出防止策及び鉱さいたい積場たい積物の安定化を図るための鉱さい固定化措置、整形、覆土、植栽などを実施し、その後、環境への影響を調査するためのモニタリングを行う。

③施設設備の解体物

ヒープリーチング施設は捨石を用いた実証試験の場としての活用を図り、実証終了後直ちに解体撤去を行い、リサイクル可能な解体物はリサイクル方策を模索するとともに、その他の解体物は鉱業廃棄物として放射線防護上の安全性を担保した上で措置する。

④露天採掘場跡地

現在行っている地下水のモニタリング結果を検討し、検討結果に応じて測定頻度を減らすなどの措置を行いながら管理を継続する。



措置方策実現に向けてのアクションプラン (実施状況、進め方)

第2フェーズ (技術基盤の確立)

第3フェーズ (措置の実施)

露天採掘場跡地

水収支の推定 **終了**
 溶解性鉄の起源の調査 **終了**
 地下水の流動解析
 ラジウム挙動調査
 ラジウム、ウラン、溶解性鉄、ヒ素の挙動と移行解析

坑水量低減化対策
 管理・モニタリング

夜次2号坑、大排水溝

現状の整理、過去からの水質の変化 **終了**
 夜次2号坑の涵養域に関する調査、研究
 浸透流解析、坑水量を対象とした逆解析

坑水量低減化対策
 管理・モニタリング

坑水処理施設

露天採掘場跡地での個別処理
 マンガン酸化菌
 鉱さいたい積場での坑水浄化メカニズム

坑水個別処理施設設計・建設
 鉱業廃棄物埋立場、坑水調整槽設計・建設

鉱さいたい積場

廃砂たい積場跡措置工事、覆土の効果確認
 圧密工法、固結工法の比較検討
 措置中に発生する坑廃水の水質・水量の調査

設計・措置(覆土/遮水)工事
 措置後のモニタリング
 管理

旧ヒープリング施設

解体に係るデータ(表面線量等)収集 **終了**
 解体計画立案

施設の解体、清浄化処理 **一部実施**
 解体物のセンター内保管場設置 **調査実施中**

捨石たい積場(方面)

ウラン残土問題対応
 捨石撤去 **終了**

跡措置 **H19年度実施**

捨石たい積場(方面除く)

データ収集(地質等)
 安定化調査、解析、設計

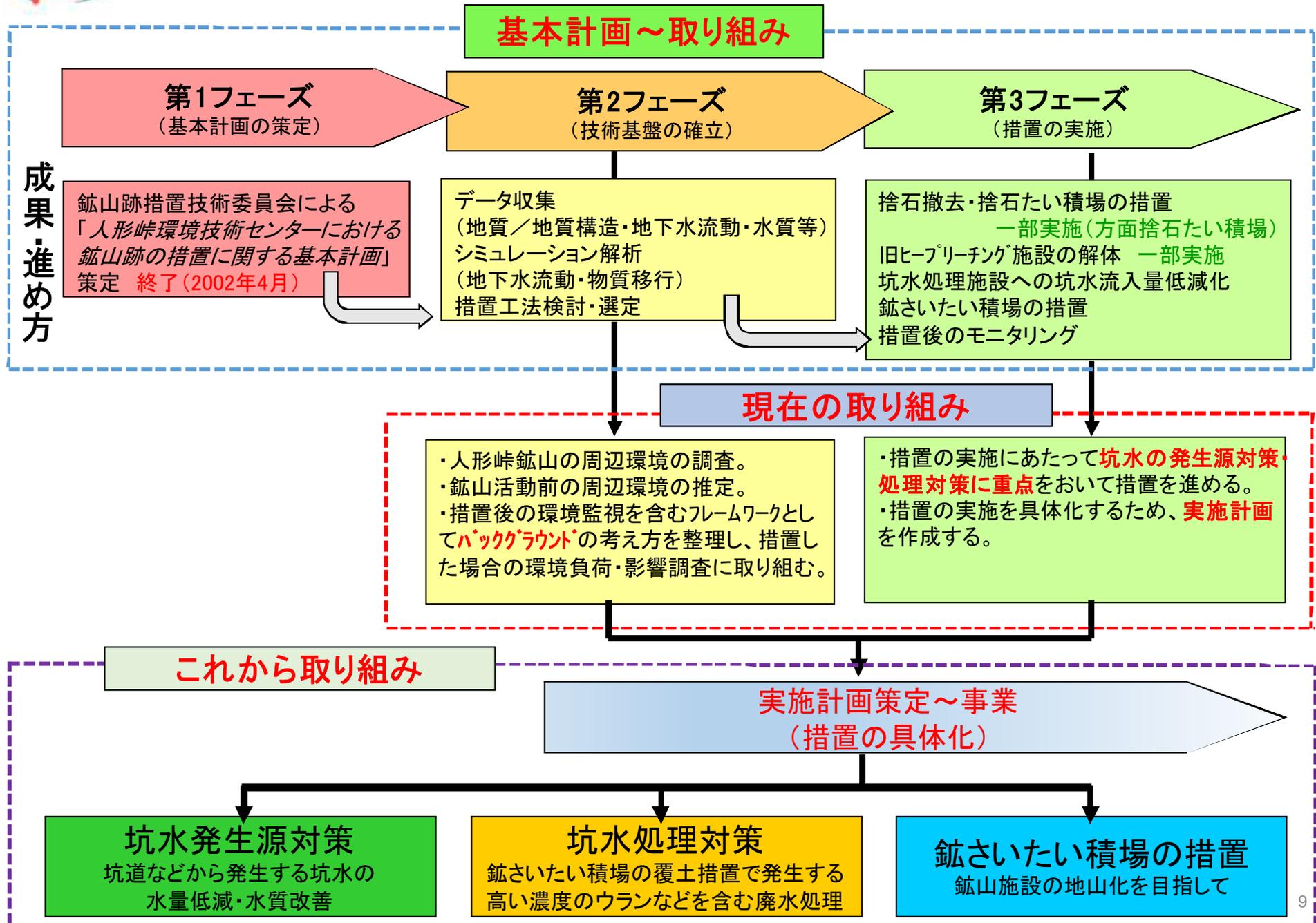
跡措置(安定化、線量低減化対策)

施設の維持管理・坑水処理 **継続中**
 坑水処理施設の合理化

外部専門家による技術的な評価(鉱山跡措置技術委員会) **継続中**



実施計画(案)の策定にあたって





実施計画(案)の策定にあたって

「人形峠環境技術センターにおける鉱山跡措置に関する基本計画」に示したアクションプランに基づいて、**第2フェーズ(技術基盤の確立)**、及び**第3フェーズ(措置の実施)**の一部に取り組んできた。

第2フェーズ(技術基盤の確立)において各鉱山施設周辺の地質、坑水の水量・水質の調査を行うとともに措置方法を検討してきた成果として、各施設の措置を進めるだけでなく、鉱山施設全体としての坑水のハンドリングの重要性が明らかとなり、**第3フェーズ(措置の実施)**を進める方向性がまとまった。

第19回の鉱山跡措置技術委員会(平成30年3月、鉱委19-04「人形峠鉱山跡措置に関する基本計画策定からの取り組み」)において「これからの閉山措置に向けた流れ」として**坑水発生源対策・坑水処理対策**に重点を置いた措置方針を示した。

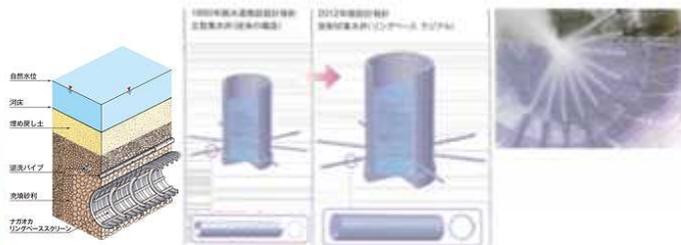
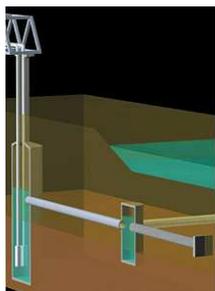
この措置方針を具体化するため、**実施計画(案)**として鉱山施設全体の**将来の坑水システムの構想**を示すと共に、これまでの鉱山跡措置の取り組み及び鉱山跡措置技術委員会における審議事項を**坑水発生源対策**、**坑水処理対策**、**鉱さいたい積場の措置**の項目に分類して整理する。

実施計画(案)の策定にあたって (これからの閉山措置に向けた流れ)

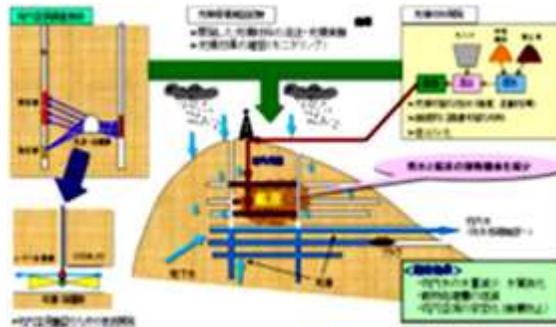


坑水発生源対策

- 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

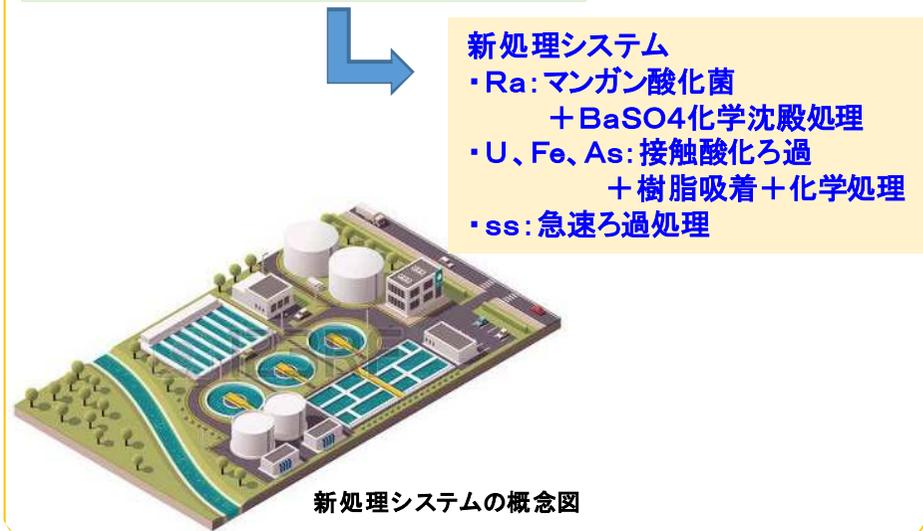


* JOGMEC 坑廃水水質改善技術開発事業資料より参照
坑道空洞充填概念図

坑水処理対策

- 鉍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

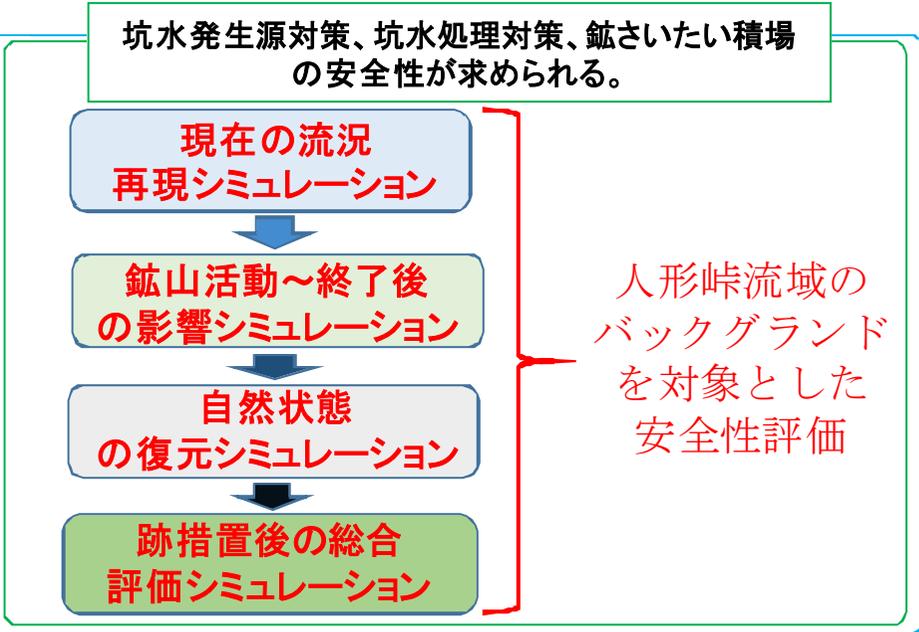
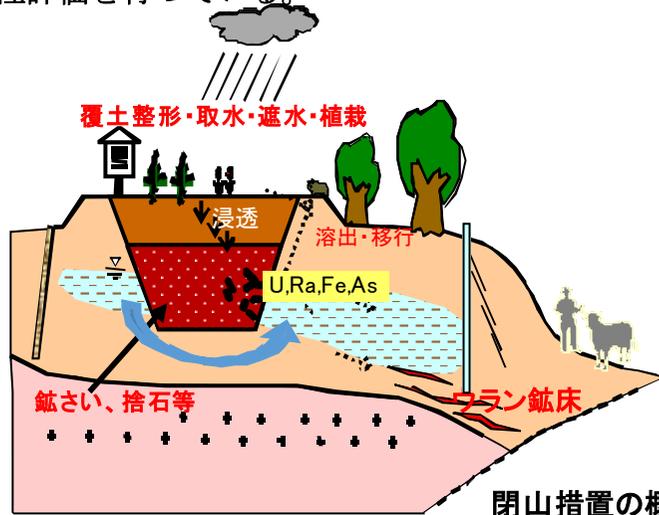


実施計画(案)の策定にあたって (これからの閉山措置に向けた流れ)



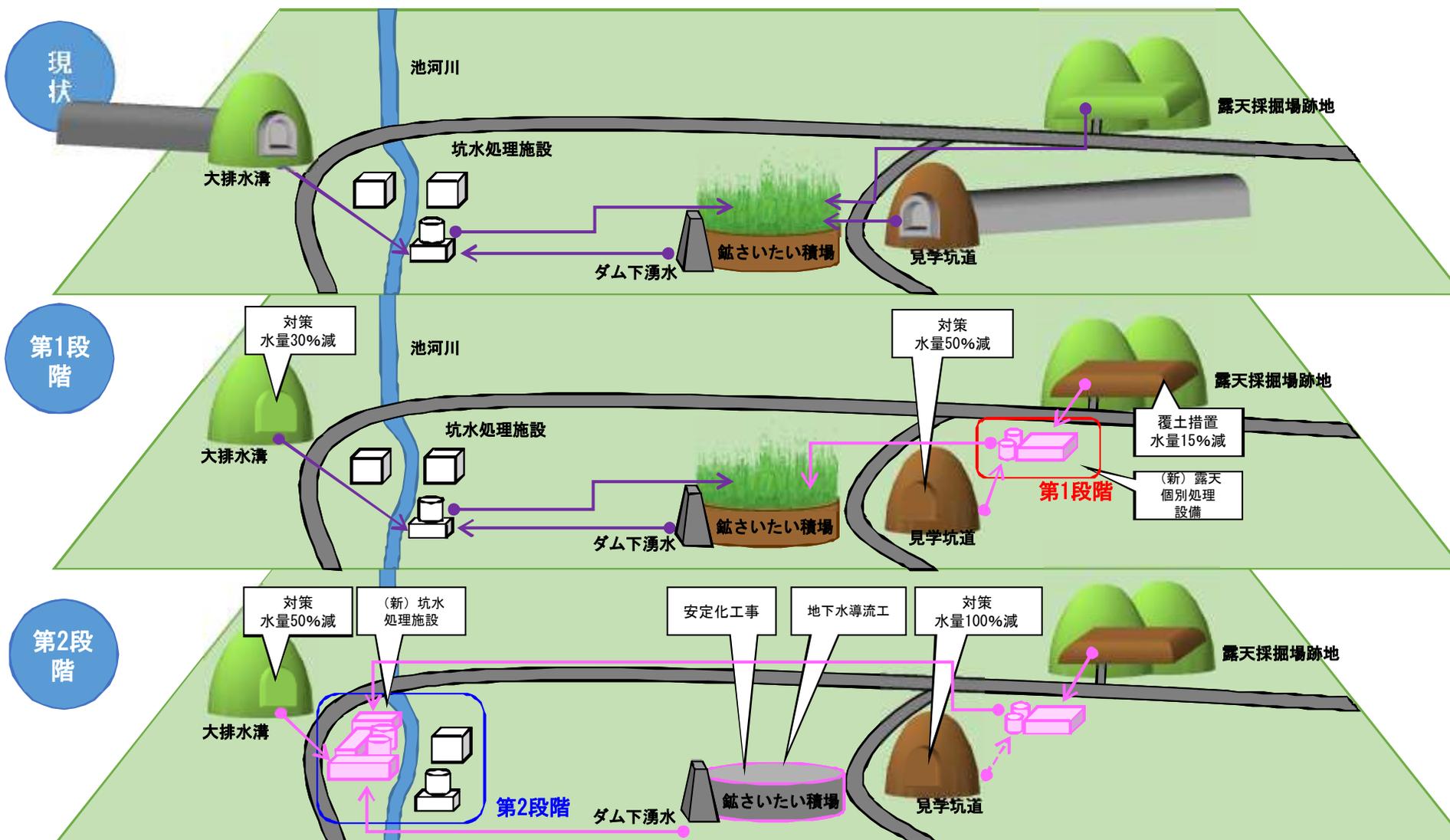
鉱さいたい積場の措置

- 鉱山保安法の閉山措置は、地山化か全量撤去となる。
- 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。



【安全への備え】
地震及びこれからの気象変動における自然災害への対応として、様々な条件を想定し、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。

実施計画(案)の策定にあたって (将来の坑水システムの構想)





実施計画(案)の策定にあたって (これまでの取り組み・審議状況の整理)

実施計画(案)は鉱山施設全体を俯瞰して、坑水処理を中心として具体化した計画となる。

坑水発生源対策は露天採掘場跡地、夜次2号坑道、大排水溝の各坑水の発生源に対する水量の低減、水質の改善のための取り組みとして整理する。

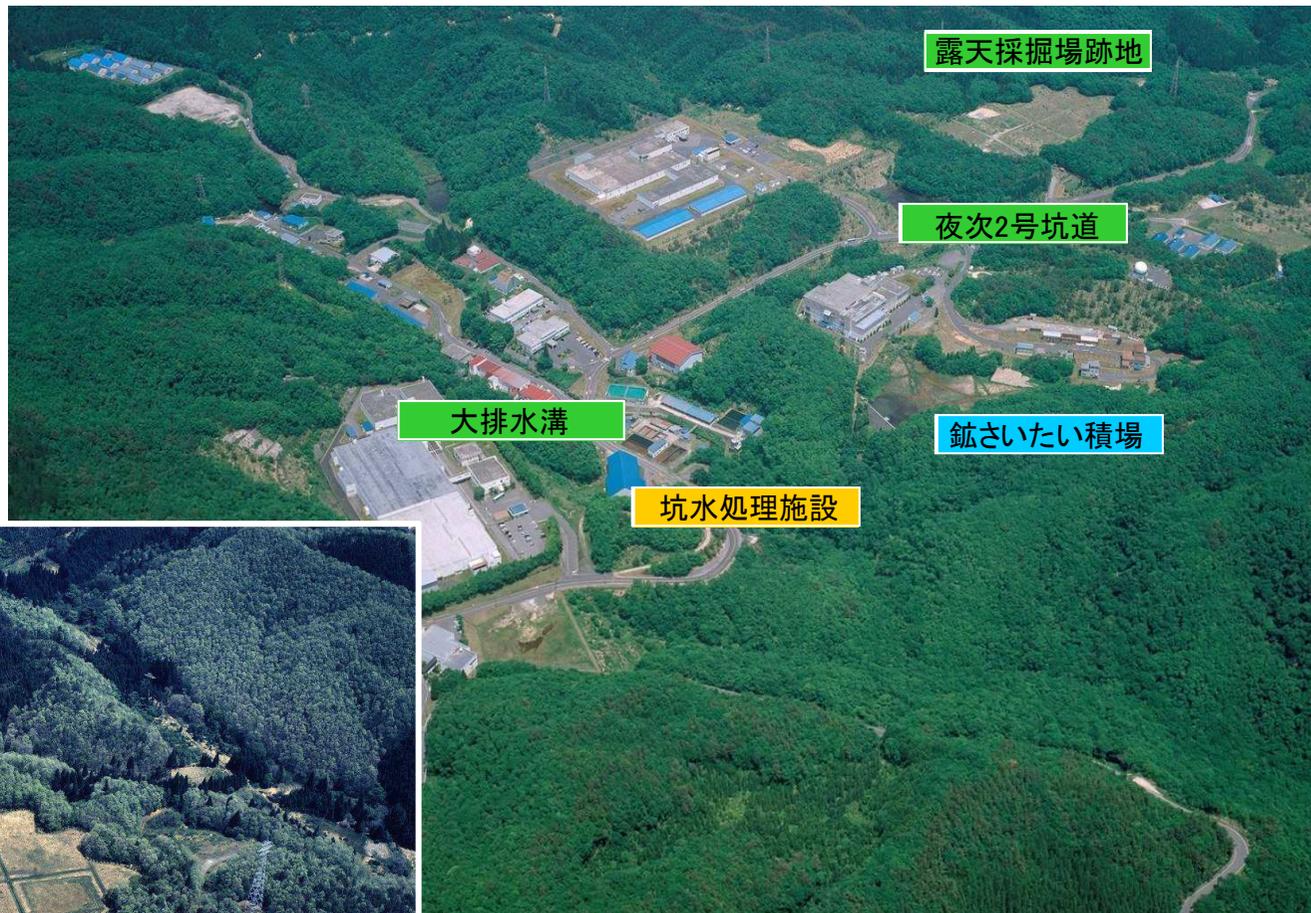
露天採掘場跡地の溶解性鉄の処理などの坑水の個別処理については坑水処理対策において取り組みを整理する。

坑水処理対策は露天採掘場跡地等の坑水発生源からの坑水個別処理、大排水溝等の坑水を合わせた処理、処理に伴う沈殿物等の処理及び鉱さいたい積場の措置中に発生する坑水の処理などの将来の坑水システムの構想を含む取り組みとして整理する。

鉱さいたい積場の措置は鉱山施設のミドルステート(地山化)を目指す取り組みを整理する。鉱山施設のミドルステート(地山化)を目指す取り組みとしては露天採掘場跡地なども含まれるが、鉱さいたい積場を対象として整理する。

坑水発生源対策の審議・検討状況 (露天採掘場跡地)

坑水発生源対策



露天採掘場跡地





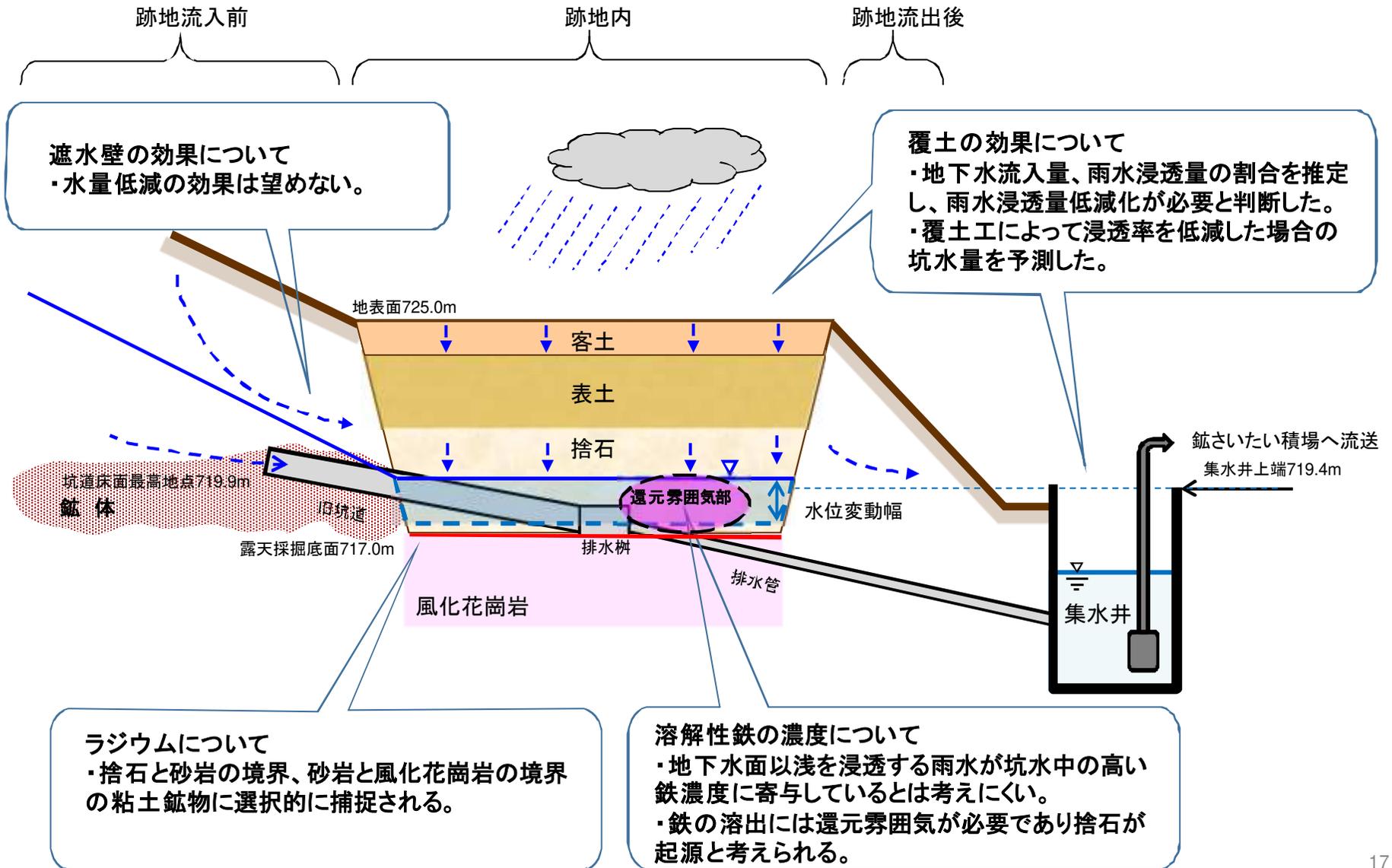
坑水発生源対策の審議・検討状況 (鉱山跡措置技術委員会における審議状況)

露天採掘場跡地

年度	審議事項(今までの取り組み)	調査で分かったこと
H21(第11回) H22(第12回)	露天採掘場跡地の水収支の推定 ・ホーリング孔掘削、調査(北西部) ・地下水流入量、雨水浸透量を推定	・露天西側、北側から場内への暗渠からの水量がないことを確認。 ・「坑水量+地下水流出量」のうち地下水流入量、雨水浸透量の割合を推定し、雨水浸透量低減化が必要と判断した。
H23(第13回) H24(第14回) H25(第15回)	溶解性鉄の起源の調査 ・モニタリング孔の新設と水位、水質の測定 ・鉄鉱物の含有量調査 ・鉄の溶出しやすい成分の多寡(抽出実験) ・鉄の溶出試験(カラム試験)	・地下水面以浅を浸透する雨水が坑水中の高い鉄濃度に寄与しているとは考えにくい。 ・鉄の溶出には還元雰囲気が必要であり、鉱床ではなく捨石が起源と考えられる。露天採掘後期(ヒープリーチング)場所で鉄濃度が高い。
H26(第16回) H27(第17回)	地下水の流動解析(Dtransu-3D・EL) ・対策工(遮水壁)の効果予測 ・対策工(覆土)の効果予測 ・Ra濃度の同定解析 化学反応解析(PHREEQC) ・露天地下水と捨石の反応解析 ・ヒープリーチング処理水と鉄鉱物の反応解析	・遮水壁では水量低減の効果は望めない。 ・覆土工では現状の浸透率を26%として、20%で2割の水量低減、0%で7割の水量低減と予測。 ・覆土を施工した場合の予測解析を行い、水量は低減できると予測した。ただし、捨石以深までの地下水低減化は望めない。 ・露天坑水中の現状のRa濃度を再現できたが、露天周辺から流入するRaのバックグラウンドの問題が残る。 ・Fe濃度が発生する主要な反応系を把握した。
H28(第18回) H29(第19回) H30(第20回) R1(第21回)	ラジウムの挙動調査 ・採掘場内外の地下水中の主成分濃度測定 ・採掘場内外の地下水中のRa濃度測定 ・コア試料分析 ラジウム、ウラン、溶解性鉄、ヒ素の挙動と移行解析 ・対策工(覆土)の効果予測(Dtransu-3D・EL)	・地下水の主成分濃度は捨石分布範囲で高く、場外で低い。 ・地下水のRa濃度は捨石分布範囲の深部花崗岩で低く、堆積岩と花崗岩の不整合部付近でのRa吸着を示唆する結果を得た。 ・Raは砂岩と風化花崗岩の境界などの粘土鉱物に捕捉される。 ・ラジウムの移行は数十年の時間スケールの現象と推定。 ・覆土の効果予測では、ウランと溶解性鉄の濃度が現状より高くなる場合があるが、負荷量ではウラン、ラジウム、溶解性鉄、ヒ素のすべてについて現状より低減する予測となった。

坑水発生源対策の審議・検討状況 (鉦山跡措置技術委員会における審議状況)

露天採掘場跡地





坑水発生源対策の審議・検討状況 (今後の取り組み)

坑水発生源対策

○露天採掘場跡地

- ラジウムを含む坑水の水質の予測及び水質改善に資するため、ラジウムの吸着、移行に関する試験を実施する。
- 表流水・地下水位の測定を行い、覆土を行った場合の坑水量の低減効果を精査する。
- 覆土工等の対策を実施した場合の溶解性鉄、ヒ素、ウラン、ラジウムの溶出挙動を予測解析する。
- 坑水量低減化対策として有効な覆土措置の概念設計、基本設計、許認可、対策工事を実施する。

坑水発生源対策の審議・検討状況 (夜次2号坑道、大排水溝)

坑水発生源対策



夜次2号坑道



大排水溝





坑水発生源対策の審議・検討状況 (鉾山跡措置技術委員会における審議状況)

夜次2号坑道

年度	審議事項(今までの取り組み)	調査で分かったこと
H27(第17回)	現状の整理 ・直接放流の可能性の検討	・水質はラジウムのみが環境保全協定値を超える値である。 ・見学坑道の坑水は渇水期に河川へ 直接放流しても敷地境界における協定の管理目標値を超えないと推定 した。
H28(第18回)	過去からの水質変化の整理 ・過去の経緯、水質の調査	・ 過去からの水質の変化を整理 した。昭和40年代の水質と比較し、ウラン・ラジウム濃度の最大値は約1/4に変化。
H29(第19回) H30(第20回) H31(第21回)	夜次2号坑道に関する調査 ・涵養域に関する調査、研究 ・ボーリング孔の掘削、現場透水試験 ・浸透流解析、坑水量を対象とした逆解析	・ 起源は夜次2号坑周辺の降雨 と推定。 ・坑道周辺の地質構造を把握、 坑道の上部に難透水層が存在 する。 ・各地層について透水係数を把握。 ・坑道の上部に水みちを仮定した場合の坑水量に整合的な結果となるため、水みちの存在を推定した。

大排水溝

年度	審議事項(今までの取り組み)	調査で分かったこと
H27(第17回)	現状の整理 ・直接放流の可能性の検討	・水質はラジウムが環境保全協定値を超過し、溶解性鉄が瀬戸法の届出値を超過する。 ・大排水溝の坑水のうち、流量の少ない塩ビ配管A・B、法面湧水配管の坑水は渇水期に河川へ直接放流可能だが、流量の多い ポリエチレン管・ヒューム管の坑水は直接放流できない と推定した。
H28(第18回)	過去からの水質変化の整理 ・過去の経緯、水質の調査	・ 過去からの水質の変化を整理 した。昭和40年代の水質と比較し、ウラン・ラジウム濃度の最大値は約1/2に変化。

坑水発生源対策の審議・検討状況 (鉱山跡措置技術委員会における審議状況)

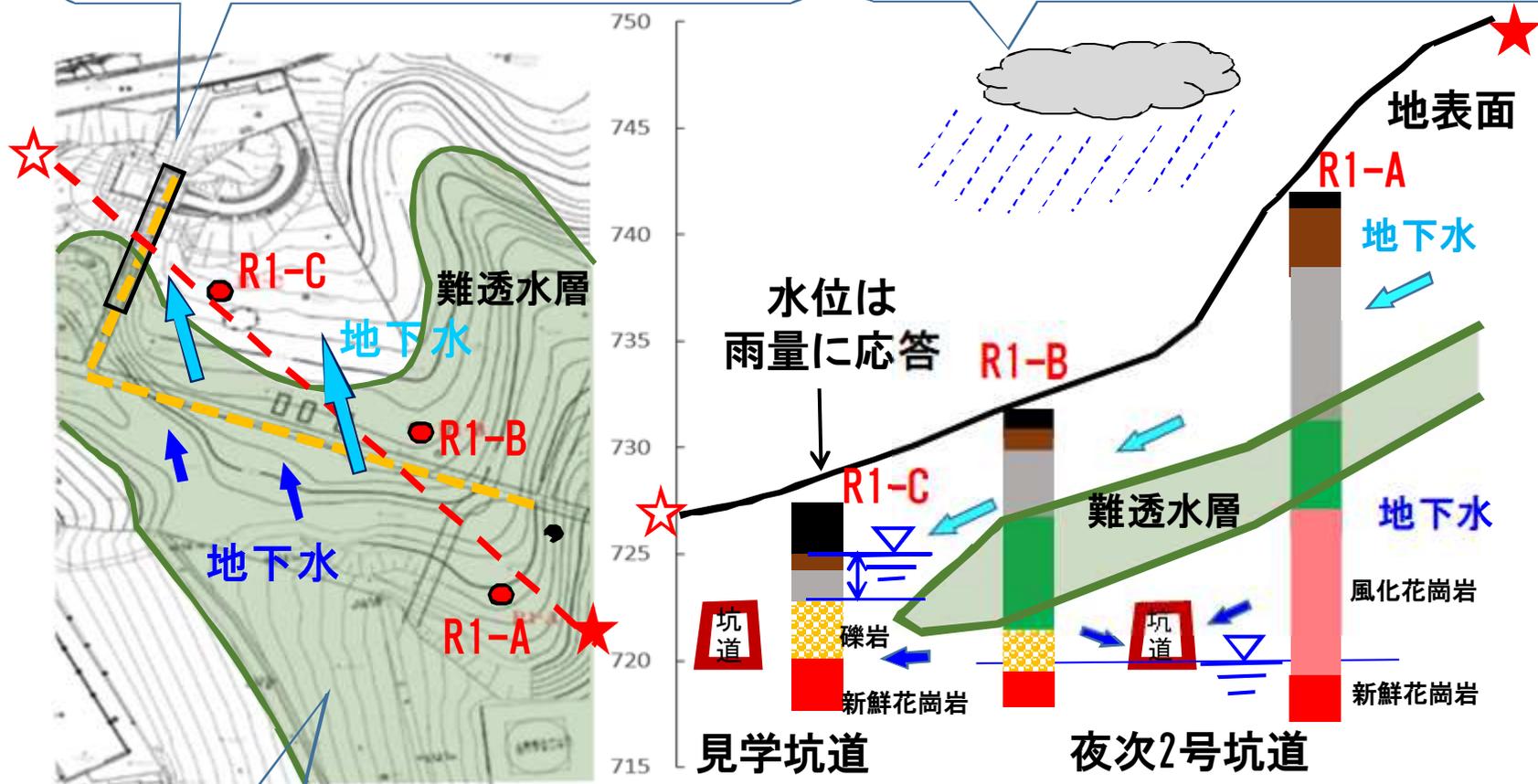
夜次2号坑道

坑水の水質・水量について

- ・夜次2号坑の水質について過去からの状況を整理した。
- ・河川への直接放流の可能性を検討した。

坑水の起源について

- ・坑水の起源は広域的な地下水の影響ではなく、坑道周辺の降雨と推定した。



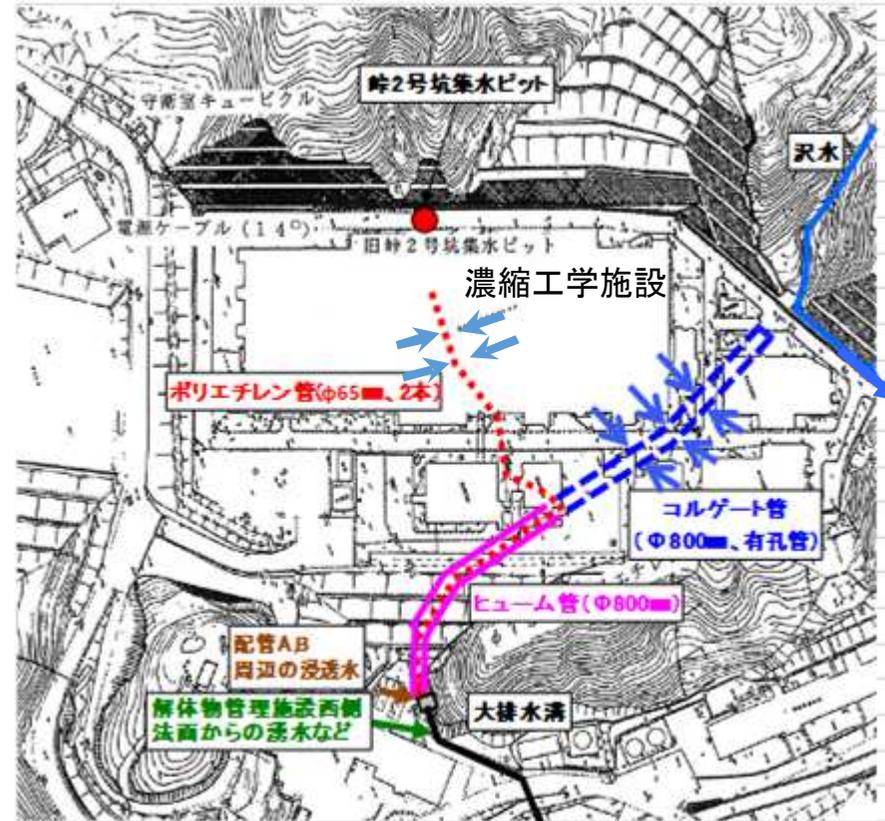
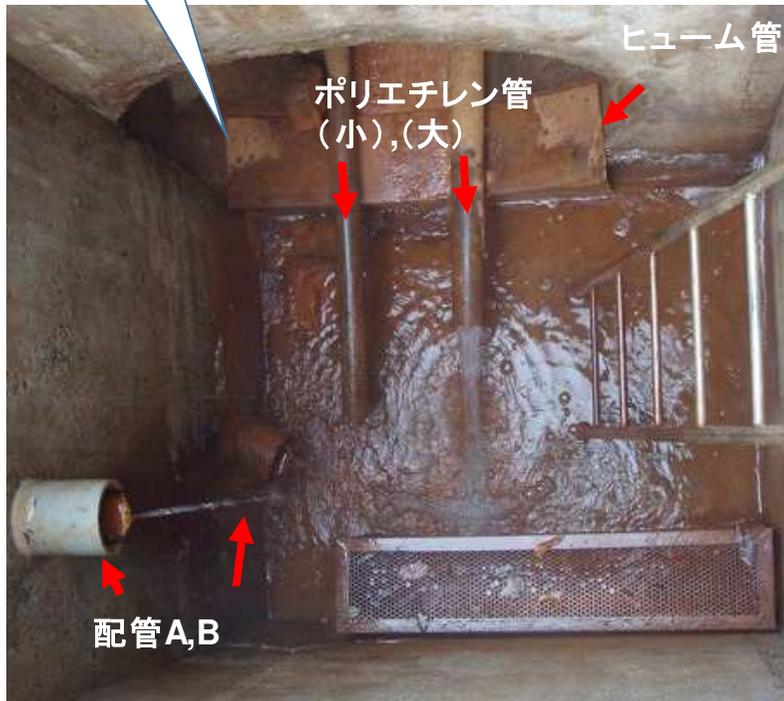
地質調査、浸透流解析について

- ・坑道の上部は難透水層が覆っており降雨が浸透しにくい状況である。
- ・坑水量の低減のため、坑水の浸透経路の特定が必要となる。

坑水発生源対策の審議・検討状況 (鉾山跡措置技術委員会における審議状況)

大排水溝

坑水の水質・水量について
 ・大排水溝の水質について過去からの状況を整理した。
 ・大排水溝の各配管ごとに水量、水質の調査を行い、河川への直接放流の可能性を検討した。



ピットより鉾
 さいたい積
 場へポンプ
 流送





坑水発生源対策の審議・検討状況 (今後の取り組み)

坑水発生源対策

○夜次2号坑道

- ・坑水の発生源は浸透した雨水と考えられるが、坑道上部には難透水層が分布するため、浸透経路(水みち)を特定し、対策を講じた場合の水量、水質を予測する。
- ・坑水の起源は雨水のため、表流水の浸透抑制工、鉱床浸透前の水抜き工の概念設計、基本設計、許認可、対策工事を実施する。

○大排水溝

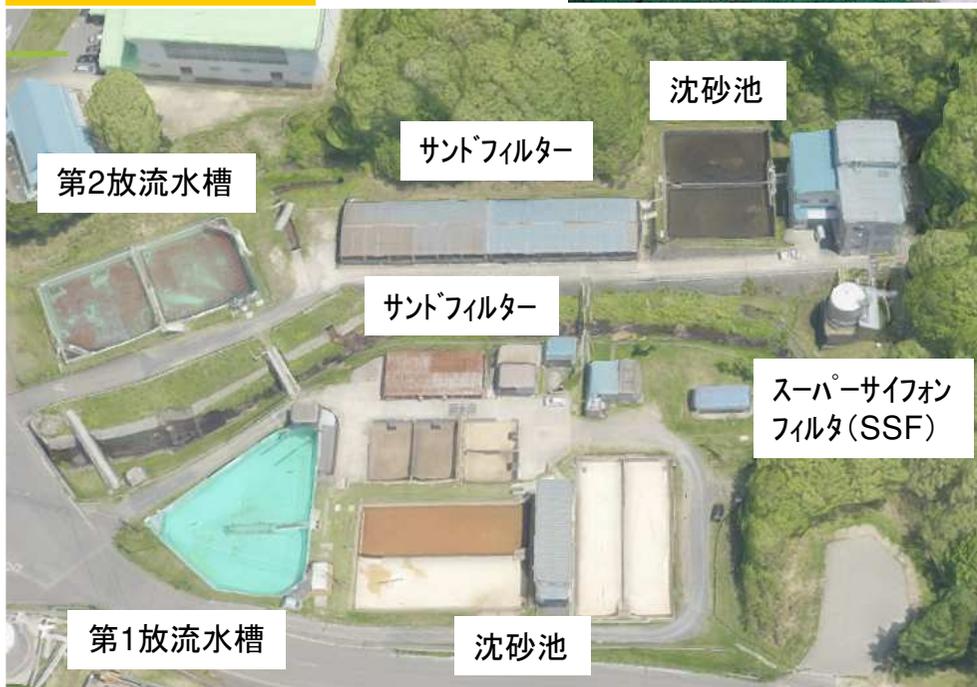
- ・夜次2号坑道の措置を先行して実施し、概成状況を確認して、大排水溝の発生源対策の選定に移行する。
- ・峠2号坑集水ピットと大排水溝坑水の関係について現地調査や浸透流解析を行う。
- ・陥没箇所から坑道への流入を調査し、遮水を行う。
- ・EEF裏側の沢水の排水を改善するための工事を行い、坑水量の低減化を行う。

坑水処理対策の審議・検討状況

坑水処理対策



坑水処理施設





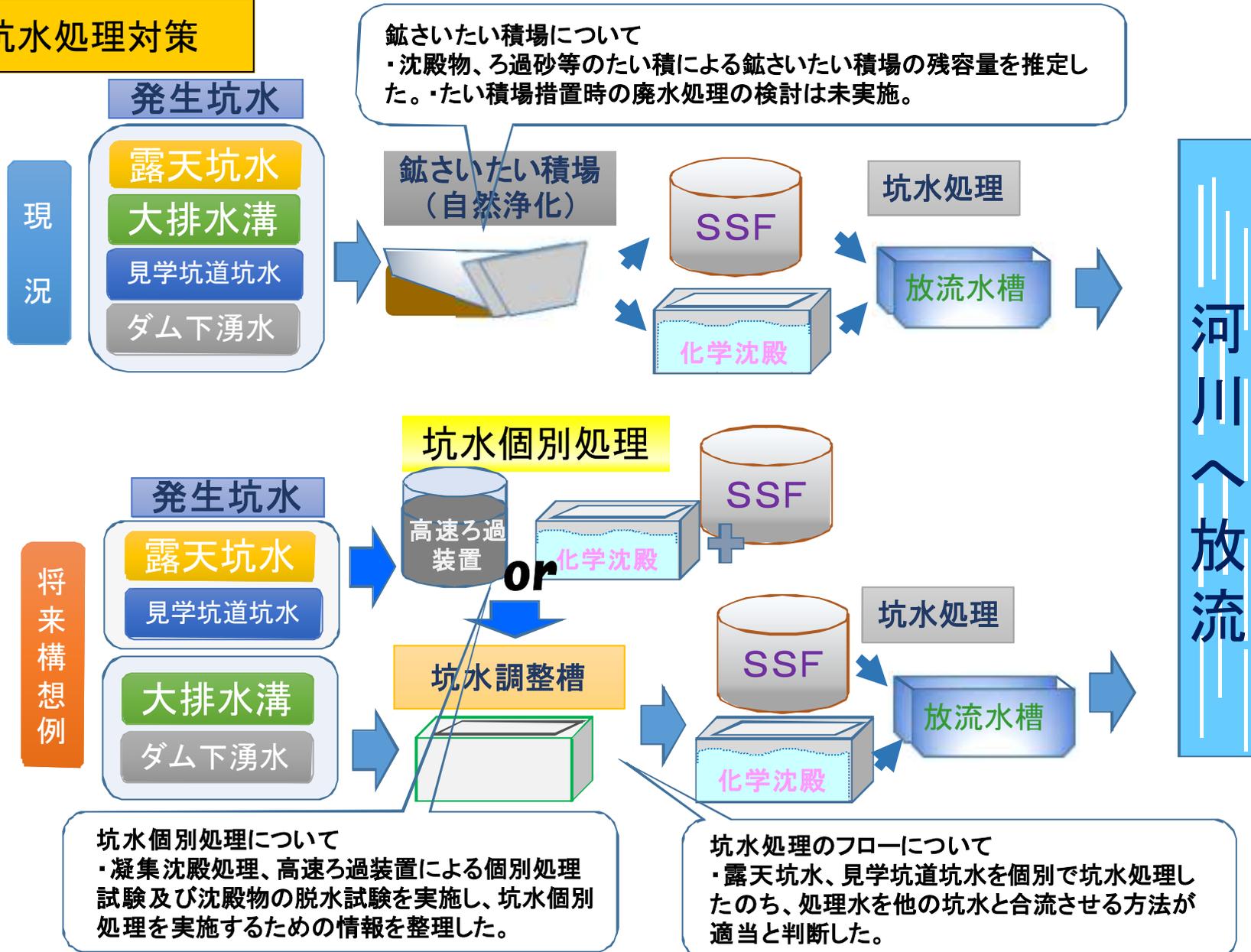
坑水処理対策の審議・検討状況 (鉍山跡措置技術委員会における審議状況)

坑水処理対策

年度	審議事項(今までの取り組み)	調査で分かったこと
H27(17回)	露天採掘場跡地での個別処理 ・NaOH添加による凝集沈殿 ・Ca(OH) ₂ 添加による凝集沈殿 鉍さいたい積場での坑水浄化メカニズム	・ ²²⁶ Raは94%除去可能、ケーキ量2.8t/年 ・ ²²⁶ Raは80%除去可能、ケーキ量3.1t/年 凝集沈殿処理により露天坑水は見学坑道坑水の水質程度へ処理可能。 鉄、ヒ素は排水基準を満足するが、ラジウムは再度の処理が必要。
H28(18回)	露天採掘場跡地での個別処理 ・高速ろ過装置(接触酸化・生物処理)による処理 鉍さいたい積場での坑水浄化メカニズム	・ 鉄、ヒ素はほぼ100%除去可能。 ・NaOH添加による鉄水酸化物の生成がMn除去を妨げている可能性がある。
H29(19回) H30(20回)	露天採掘場跡地坑水個別処理実証試験 ・高速ろ過装置(接触酸化・生物処理)のマンガン除去槽を分離し、pH調整時の鉄水酸化物の影響を除去 マンガン酸化菌	・ 高速ろ過装置(接触酸化・生物処理)による個別処理試験を実施した。 ・マンガン酸化物の早期形成のためには水温が高い方が良い。 ・pHを安定的に中性に維持しなければ、マンガンの除去が安定しない。 ・ ラジウムを除去可能。 ・各坑水にMn酸化能を有する糸状菌の存在を確認 ・無薬注高速ろ過装置のろ過砂に被覆するマンガン酸化物はTodorokite(轟石)である。
H31(21回)	将来の坑水処理システムの構想	・ 鉍さいたい積場の残容量を推定した。 ・ 露天坑水、見学坑道坑水を個別で坑水処理したのち、処理水を他の坑水と合流させる方法が最適と判断した。

坑水処理対策の審議・検討状況 (鉾山跡措置技術委員会における審議状況)

坑水処理対策





坑水処理対策の審議・検討状況 (今後の取り組み)

坑水処理対策

○坑水の個別処理

- ・露天採掘場跡地、見学坑道の坑水を個別処理するための施設を建設する。

○合流後の坑水処理

- ・個別処理した坑水を大排水溝・ダム下湧水と合流させた後、処理を行う。
- ・SSF逆洗水処理設備、坑水調整槽、殿物の処理施設を建設する。
- ・既存施設(SSF、化学沈殿処理施設)を更新する。

○鉱さいたい積場の措置中の廃水処理

- ・鉱さいたい積場跡措置時に発生する廃水の水量及び水質を把握し、措置中の廃水処理を行う。

○坑水処理の2次廃棄物

- ・坑水処理から発生する沈殿物等の減容化に取り組む。
- ・水処理方法によって異なる沈殿物の量や性状を把握し、鉱業廃棄物の埋め立て場を建設する。
- ・坑水処理において発生する沈殿物・ろ過砂は鉱業廃棄物の埋立場へ処分する。

鉦さいたい積場の措置の審議・検討状況

鉦さいたい積場の措置



鉦さいたい積場





鈷さいたい積場の措置の審議・検討状況 (鈷山跡措置技術委員会における審議状況)

廃砂たい積場

年度	今までの取り組み	調査で分かったこと
H23(第13回) H24(第14回) H25(第15回)	廃砂たい積場跡措置工事 覆土による沈下量評価 ・2次元沈下解析(DACSAR-MP) 覆土表層の浸食防止対策	・ 即時沈下量は工事前の評価と同程度 となった。 ・変位は微小であるが長期的沈下が継続する。 ・沈下解析では地盤改良によって変位が抑えられる結果となった。 ・貫入試験で覆土表層5cm程度の柔化を確認した。
H26(第16回) H27(第17回) H28(第18回) H29(第19回)	覆土後の地下水変動について ・フンかご周辺の湧水についての検討 覆土内の雨水浸透流解析 ・2次元、3次元浸透流解析(Dtransu)	・フンかご下湧水の起源は覆土を通かした雨水と推定した。 ・フンかご横湧水の起源は周辺からの地下水と推定した。 ・土質試験結果に基づく解析では浸透は起こりにくいため、実際の 覆土には水路付近に水みちがあるものと推定 。

廃泥たい積場

年度	今までの取り組み	調査で分かったこと
H24(第14回) H26(第16回)	工法の検討 ・圧密工法、固結工法の比較検討 ・措置中に発生する坑廃水の水質・水量	・廃泥たい積場の措置工法として 圧密工法、固結工法に対して工事期間、施工実績、コストなどの比較検討 を行った。 ・廃泥たい積場において圧密工法、固結工法を用いて施工した場合の 措置中の廃水を予測 し、既存の施設での処理の可否、逆洗水・廃棄物の行き先などの問題点を洗い出した。
H26(第16回) H27(第17回)	覆土表層浸食・植物根侵入対策に係る調査 ・文献調査、ヒアリング、現地調査 ・低レベル放射性廃棄物の段階管理の考え方の整理 ・事例調査	・他の鈷山のたい積場の植生遷移状況や古墳石室内への植物根の侵入状況を確認し、石室が植物根の成長で押され乱れる状況を確認した。 ・低レベル放射性廃棄物の段階管理、管理期間の終了の考え方を整理した。 ・覆土構成により、根の侵入深さが異なることが予測される。
H30(第20回)	鈷さいたい積場跡措置工法選定の取り組み ・固結鈷さい試験	・ 一軸圧縮強度試験、Ra溶出試験を実施 した。試験からNB46セメントが有効な固化材と考えているが、長期強度発現に優れた固化材などでも実用試験を行い、強度特性、Ra溶出低減効果を検証する。

鉍さいたい積場の措置の審議・検討状況 (鉍山跡措置技術委員会における審議状況)



廃砂たい積場の覆土について

- ・即時沈下量は事前評価と同程度となった。
- ・廃砂たい積場上流側を対象として覆土による雨水浸透量の低減効果の検討を行った。
- ・水路の排水孔からの排水量が少ない理由として、排水路周辺での水みちの存在を推定した。

地下水について

- ・廃砂たい積場の覆土の末端部からの湧水について、坑水処理量低減化の観点から起源を推定した。

廃泥たい積場の跡措置方法について

- ・跡措置工法措置として圧密工法と固結工法の工事期間、施工実績、コストなどを比較検討した。
- ・圧密工法、固結工法の措置中の廃水を予測し、既存の施設での処理の可否、逆洗水・廃棄物の行き先などの問題点を洗い出した。
- ・固結工法の固化材量について強度特性、Ra溶出低減効果を試験している。



鉍さいたい積場の措置の審議・検討状況 (今後の取り組み)

鉍さいたい積場の措置

○鉍さいたい積場

- ・鉍さいたい積場の周りに導水管を敷設し、周辺地山からの流入水量を低減する。

○廃砂たい積場

- ・廃砂たい積場、廃泥たい積場の境界付近(フンかご)からの湧水はラジウム濃度のみが管理目標値をわずかに超えているが、濃度は低下傾向にあり、測定を継続して直接放流の可能性を検討する。

○廃泥たい積場

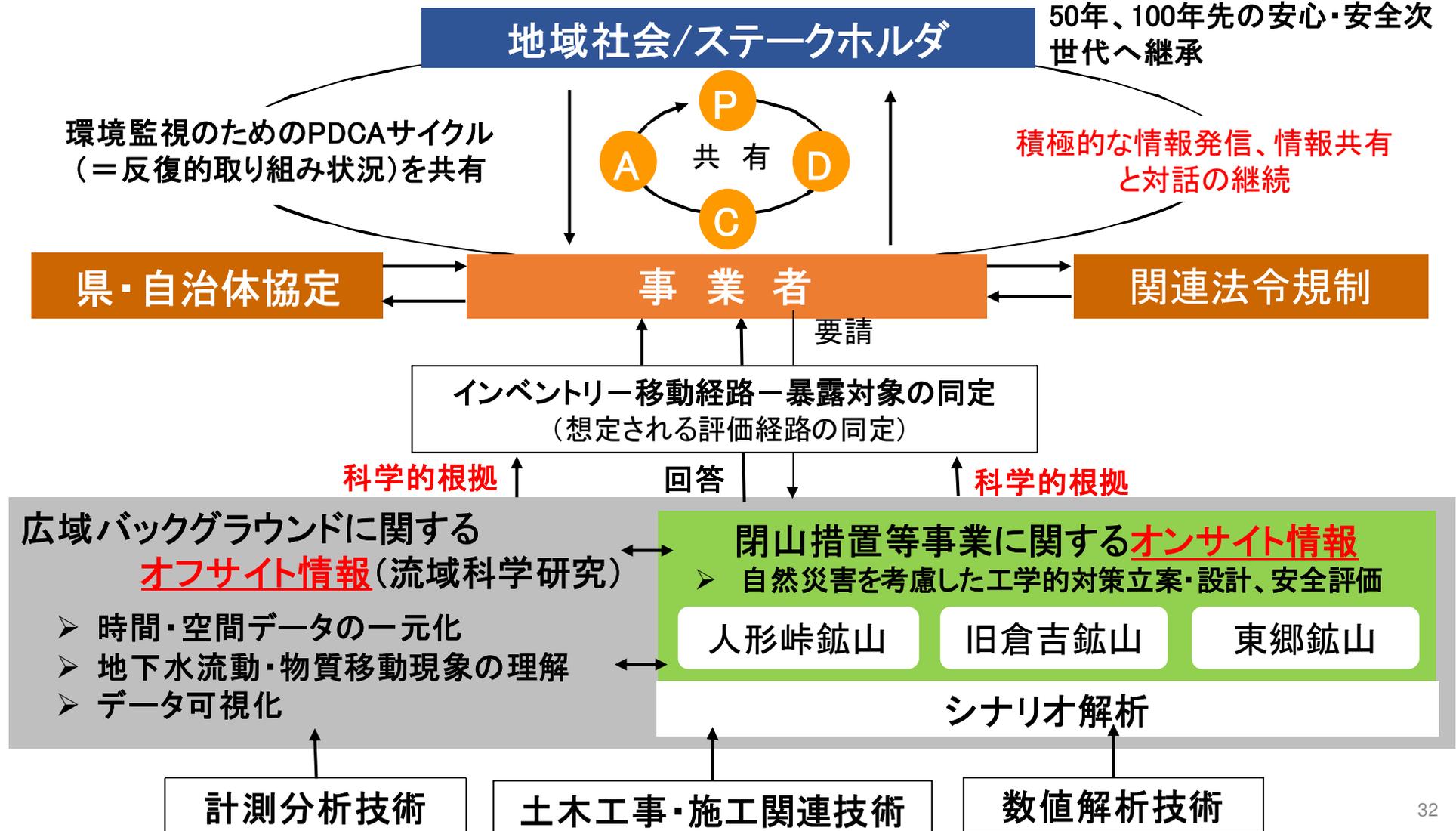
- ・固結工法の経済的な固化剤の配合及び、措置後の水質改善のため、ラジウム・ヒ素等の溶出量を低減するための試験を実施して工法を決定すると共に、たい積場措置後の環境への影響を評価する。
- ・廃砂たい積場の覆土試験によって得られた沈下量、排水機能の測定結果に基づいて、廃泥たい積場の覆土へ期待する効果を明確にして覆土設計を行う。
- ・鉍さいたい積場の措置工・覆土工の概念設計、基本設計、許認可、対策工事を実施する。



地域社会の理解と合意に向けた取り組み

(閉山措置事業の進めるためのスキーム)

地域社会の持続的な安全・安心を支えるための事業者側の重要な考慮事項として、①次世代への継承を共に見据え、②環境監視の基幹となるPDCAの反復的取り組みをできる限り可視化・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るためのスキームを以下に示す。



地域社会の理解と合意に向けた取り組み (ウランと環境研究懇話会について)

1. 背景

- ✓ 人形峠センターは平成13年3月のウラン濃縮原型プラントの運転終了をもって、ウラン濃縮等の技術開発を終了し、設備等の解体等を行ってきた。
- ✓ 設備等の解体、解体物の処理・処分を行うためには、今後も様々な研究開発や技術開発を長期間に渡って実施することが必要となった。
平成28年12月、これらを整理した人形峠センターの事業計画案『「ウランと環境研究プラットフォーム」構想』を公表し、この構想について地域の皆様と意見交換を行う場として「ウランと環境研究懇話会」を設置した。
- ✓ この「ウランと環境研究懇話会」では、地域共生や研究活動の安全・安心等の視点からご意見やご提言をいただき、研究開発の信頼性・透明性を確保することとした。



第5回懇話会の様子（平成29年12月）

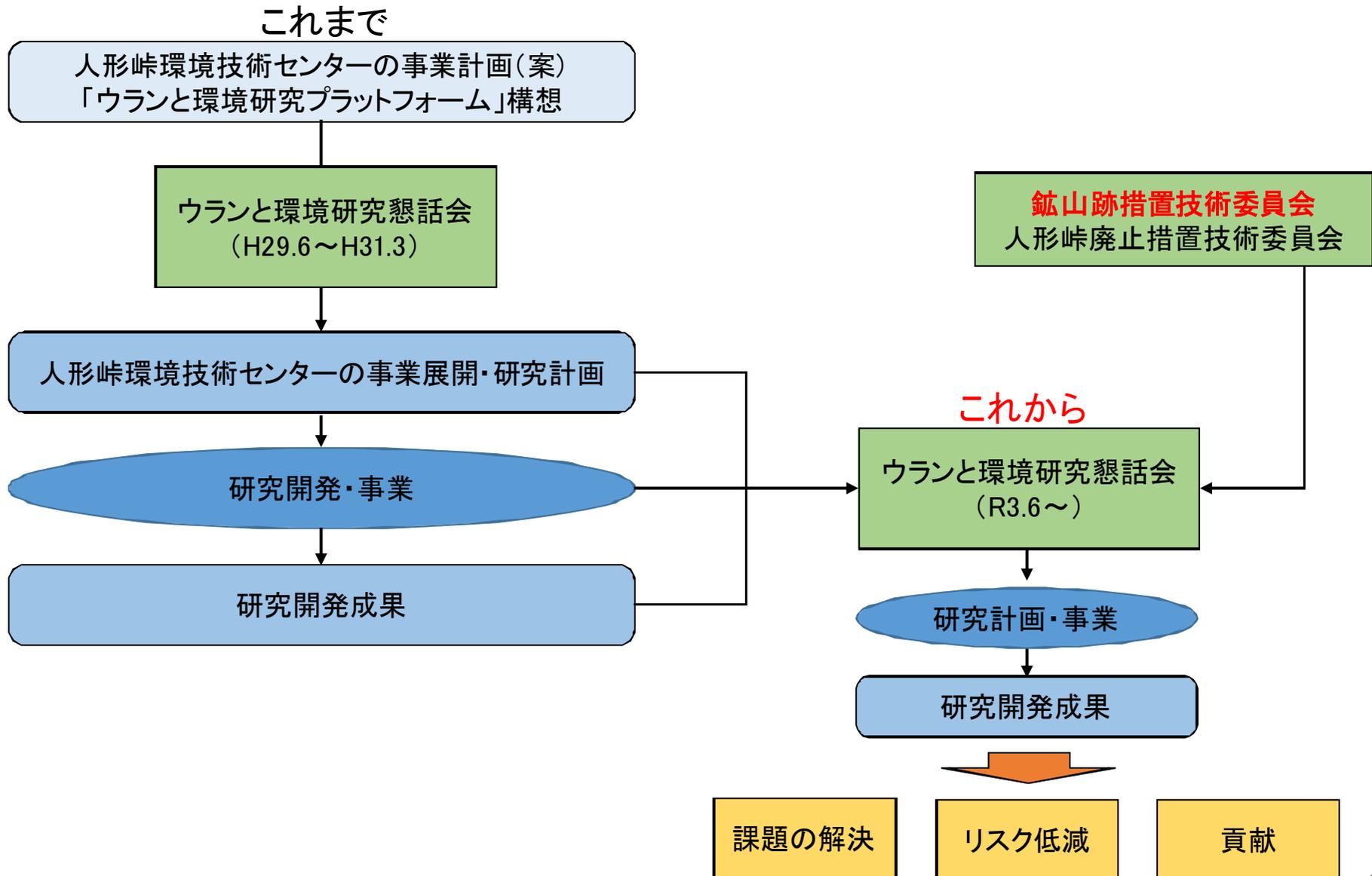
2. ウランと環境研究懇話会の総括

- ✓ 懇話会を通して、人形峠センターの事業を進める上では、地域の方々の安全・安心が前提であるとともに、事業の透明性を確保しつつ、地域の皆様のご理解を得ていくことが重要であることを改めて認識した。
- ✓ 「どうすれば地域の皆様が安心できるかという視点に立って事業を進めること」、「安全確保を最優先に3つの課題(鉱山施設の閉山措置、減損ウランの安定的保管管理等の対策及び放射性廃棄物の処理・処分)に取り組むことは適切である。」との認識が懇話会で示された。この内容を、「ウランと環境研究プラットフォームにおける取り組み及び解説版」の作成や人形峠センターの今後の事業へ反映させた。
- ✓ 人形峠センターで事業を展開していくためには、地域の方々の立場に立った情報公開・地域の方の信頼を得るという活動が足りないとのご意見をいただいた。また、放射線による地域の方々に対するリスクについては、リスクを与える人形峠センターと受ける側の地域の方々との双方がリスクを理解するための活動が必要であるとのご意見をいただいた。これらのご意見を踏まえた積極的な活動を展開していきたいと考えている。



地域社会の理解と合意に向けた取り組み

(第2期懇話会と鉱山跡措置技術委員会の位置付け)





おわりに

鉦山跡措置技術委員会のご指導の下、これまで進めてきた検討事項を実施計画(案)として策定するために整理しました。

基本計画の内容を踏襲しつつ、実施段階にあわせた実施計画を作成して、今後の跡措置を進めていきたいと思っておりますので、今後ともご指導いただきますようお願い致します。