

# 坑水発生源対策(坑水処理負荷低減化)

(2016.3.22 第17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. 坑水発生源の現状
2. 降雨水の流入低減対策
3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策
4. まとめ

## 〔概要〕

坑水処理施設で処理をしている坑水は、鉍さいたい積場内に貯留されている坑水である。

### たい積場内へ流入する水

- 1) 露天採掘場跡地からの坑水
- 2) 見学坑道からの坑水
- 3) 大排水溝からの坑水
- 4) ダム下湧水
- 5) 降雨水(鉍さいたい積場、旧ヒーブ)
- 6) 地下水

坑水処理負荷低減化のための発生源対策が必要。

# 1. 坑水発生源の現状

1. 坑水を鉍さいたい積場内に一時貯留
2. 坑水を坑水処理施設へ流送
3. 坑水処理
4. 発生した鉍業廃棄物を鉍さいたい積場へ返送
5. 処理済みの水を河川へ放流



H21～H25年度の年平均値

	坑水の処理量	1) 露天採掘場跡地	2) 見学坑道	3) 大排水溝	4) ダム下湧水	5,6) 場内流入水 降雨水・地下水
水量(m <sup>3</sup> /年) (割合)	236,509 (100%)	18,129 (7.6%)	13,274 (5.6%)	73,770 (31.2%)	10,846 (4.6%)	120,490 (50.9%)

# 1. 坑水発生源の現状

(各坑水等の坑水量と水質)

項目	露天採掘場跡地	見学坑道	大排水溝	ダム下湧水	法令値	排出基準値
坑水量*1 (m <sup>3</sup> /年)	18,129 (15.6%)	13,274 (11.4%)	73,770 (63.6%)	10,846 (9.4%)	—	—
238U*2 (Bq/cm <sup>3</sup> )	7.03 × 10 <sup>-4</sup>	2.28 × 10 <sup>-4</sup>	1.93 × 10 <sup>-4</sup>	2.24 × 10 <sup>-4</sup>	2.0 × 10 <sup>-2</sup> (鉱山保安法)	1.1 × 10 <sup>-3</sup> *4
	5.86 × 10 <sup>-4</sup>	2.00 × 10 <sup>-4</sup>	1.19 × 10 <sup>-4</sup>	9.48 × 10 <sup>-5</sup>		
226Ra*2 (Bq/cm <sup>3</sup> )	1.73 × 10 <sup>-3</sup>	1.53 × 10 <sup>-4</sup>	3.23 × 10 <sup>-4</sup>	1.56 × 10 <sup>-4</sup>	2.0 × 10 <sup>-3</sup> (鉱山保安法)	3.7 × 10 <sup>-5</sup> *4
	1.59 × 10 <sup>-3</sup>	1.06 × 10 <sup>-4</sup>	2.27 × 10 <sup>-4</sup>	7.92 × 10 <sup>-5</sup>		
Fe*2 (mg/L)	18.7	0.6	5.1	0.7	10 (鉱山保安法) (水濁法)	1.0 (瀬戸法) 届出値
	17.0	0.3	3.1	0.4		
As*3 (mg/L)	0.1090	0.0008	0.0061	0.0047	0.1 (鉱山保安法) (水濁法)	0.02 (瀬戸法) 届出値
	0.0878	0.0005	0.0051	0.0023		

\*1: 平成21年度～25年度の年平均値

\*2: 四半期毎の分析結果(上⇒最大値 下⇒平均値)平成22年度第4四半期～平成26年度第2四半期: 15件

\*3: 四半期毎の分析結果(上⇒最大値 下⇒平均値)平成23年度第4四半期～平成26年度第2四半期: 11件

\*4: 周辺環境保全等に関する協定書(敷地境界における管理目標値)

## 2. 降雨水の流入低減対策

### 降雨水(表流水)

鉦さいたい積場へ流入している水は、鉦さいたい積場(廃泥)の降雨水及び旧ヒープリーチング施設跡地からの表流水である。

鉦さいたい積場 (廃泥:  $18,419\text{m}^2$ )

(廃砂:  $6,458\text{m}^2$ )・・・H23,24措置完了

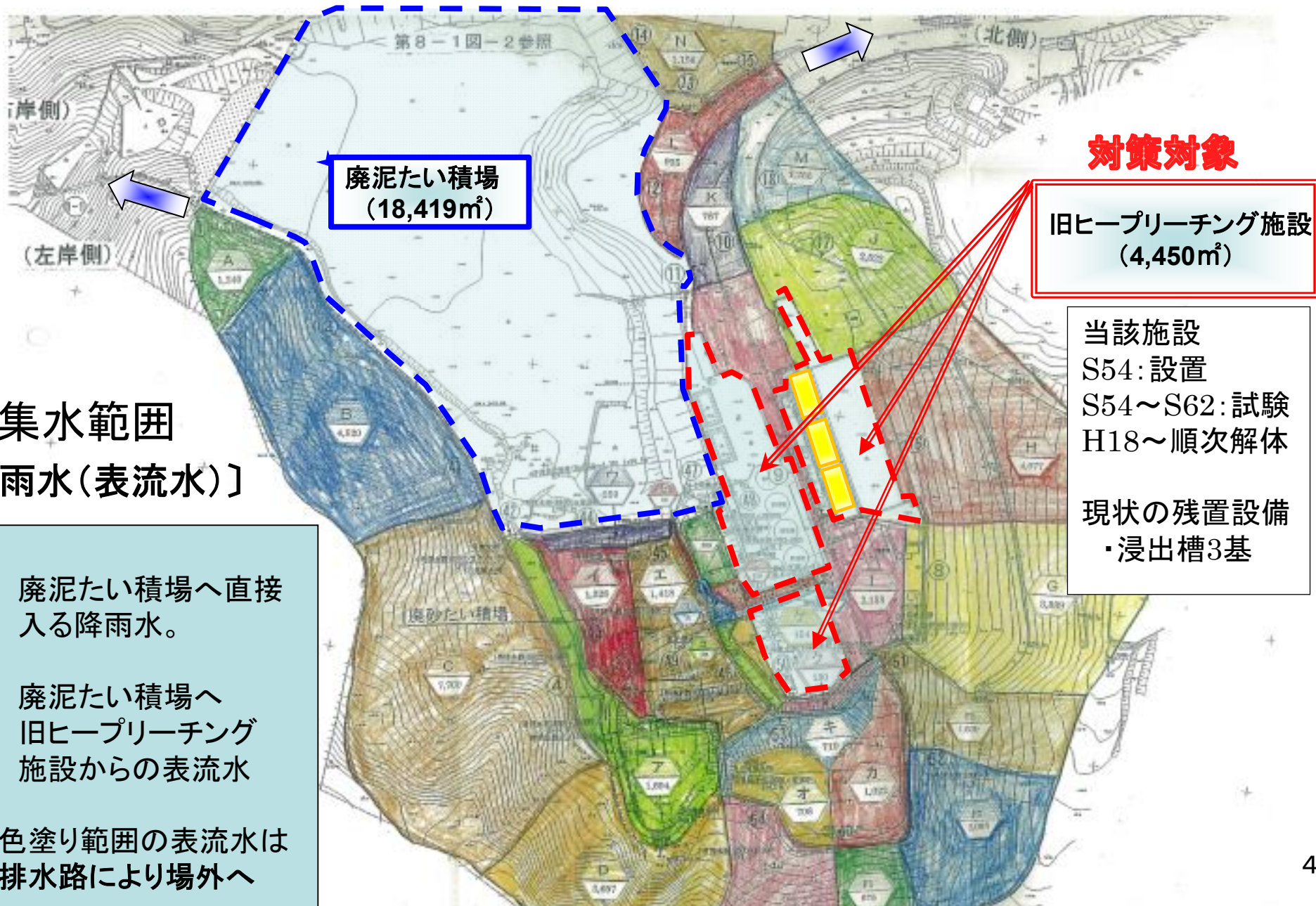
旧ヒープリーチング施設 ( $4,450\text{m}^2$ )

参考: 年間雨量:  $2,562\text{mm}/\text{年}$  (H24~26年平均)

降雨量:  $22,869\text{m}^2 \times 2.562\text{m} = 58,590\text{m}^3/\text{年}$

➤ 処理することなく河川放流への可能性について検討する。

## 2. 降雨水の流入低減対策






### 対策対象

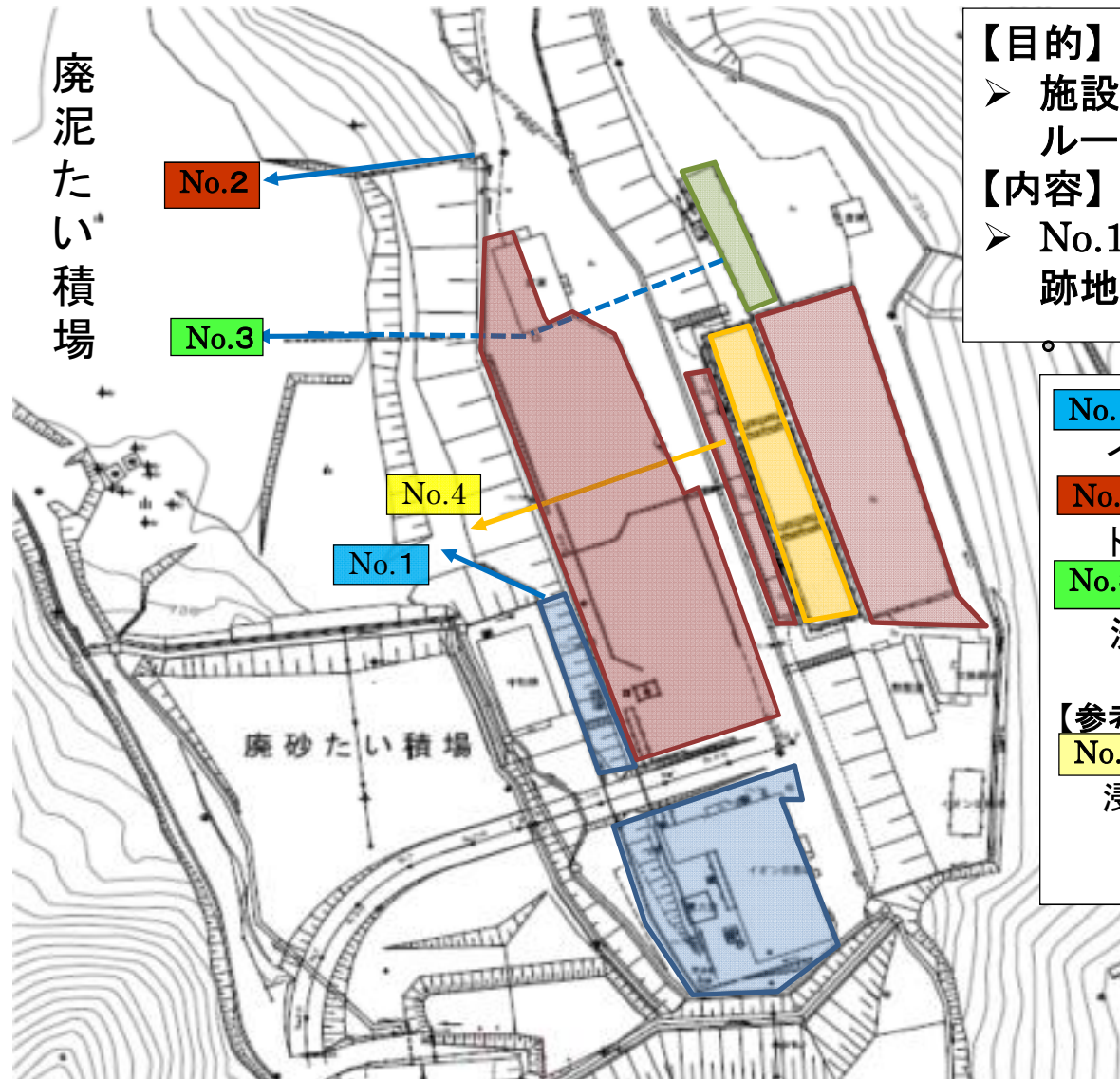
旧ヒープリーチング施設  
(4,450㎡)

当該施設  
S54:設置  
S54~S62:試験  
H18~順次解体  
  
現状の残置設備  
・浸出槽3基

集水範囲  
〔降雨水(表流水)〕

-  廃泥たい積場へ直接  
入る降雨水。
-  廃泥たい積場へ  
旧ヒープリーチング  
施設からの表流水
-  色塗り範囲の表流水は  
排水路により場外へ

## 2. 降雨水の流入低減対策 (旧ヒープリーチング施設跡地の表流水)



### 【目的】

- 施設は、ほぼ解体され更地となっており、排水ルートを見直す。

### 【内容】

- No.1～No.3の流入水が基準値以下であり、跡地に放射性物質の発生源のないことを確認

#### No.1

イオン交換棟周囲からの表流水(青色)

#### No.2

トラックヤード及び設備跡地からの表流水(茶色)

#### No.3

洗車場からの表流水(緑色)

### 【参考】残置する浸出槽からの降雨水

#### No.4

浸出槽(コンクリート)3基からの排水(黄色)

## 2. 降雨水の流入低減対策

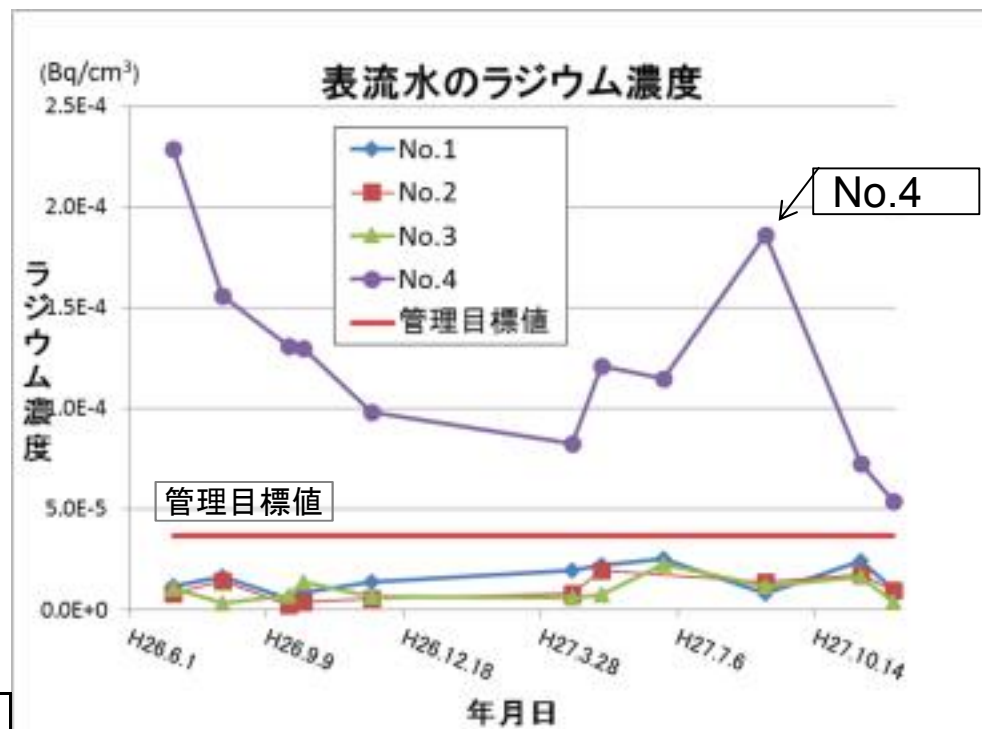
### 【水質汚濁防止法 結果】

水質汚濁防止法の有害物質(28項目)及び生活環境(15項目)の分析結果(H26.9.25)は、No.1~No.3について、**全て排水基準値以下であった。**



### 【放射性物質 結果】

放射性物質(U,Ra)の分析結果は、No.1~No.3については、**管理目標値以下であった。**



分析項目	環境保全協定(管理目標値)	鉱山保安法(基準値)
	Bq/cm <sup>3</sup>	Bq/cm <sup>3</sup>
ウラン ( <sup>238</sup> U)	1.1 × 10 <sup>-3</sup>	2.0 × 10 <sup>-2</sup>
ラジウム ( <sup>226</sup> Ra)	3.7 × 10 <sup>-5</sup>	2.0 × 10 <sup>-3</sup>

\* 参考のNo.4については、管理目標値を超過していた。



## 2. 降雨水の流入低減対策

### 【目的】

施設解体後の敷地内に放射性物質の発生源のないことを確認する。

### 【2mメッシュ線量測定】

測 点:612点

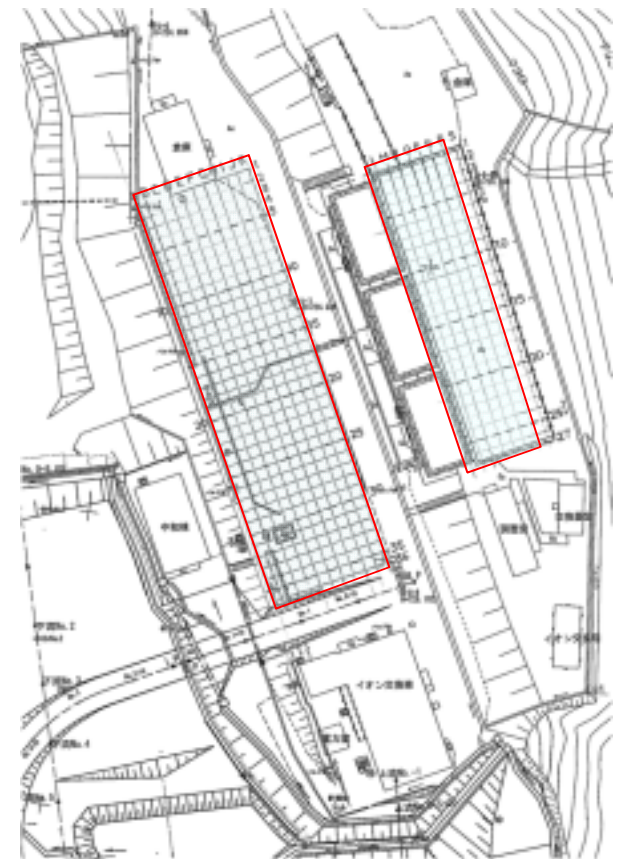
測定位置:地表、at1m

測定時期:H27.8月



### 【結果】

測定値に異常な値はなく、解体後の跡地に放射性物質の発生源はないことを確認できた。



### 【低減対策 まとめ】

No.1～No.3の表流水は、水質は基準値以下であり、跡地に放射性物質の発生源のないことから、水質データを積み重ね、旧ヒープリーチング施設跡地からの表流水のルートを変更していく。

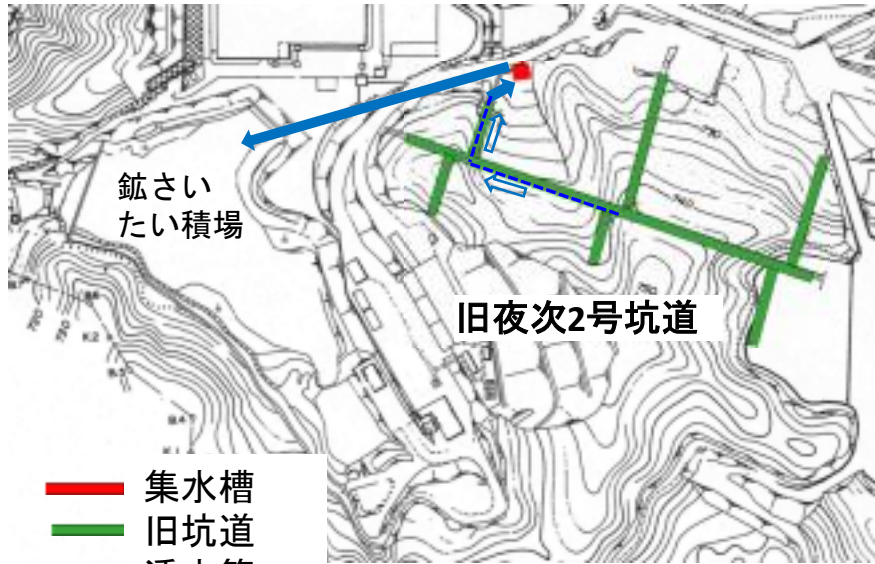
### 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

1. 坑水を鉱さいたい積場内に一時貯留
2. 坑水を坑水処理施設へ流送
3. 坑水処理
4. 発生した鉱業廃棄物を鉱さいたい積場へ返送
5. 処理済みの水を河川へ放流



# 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

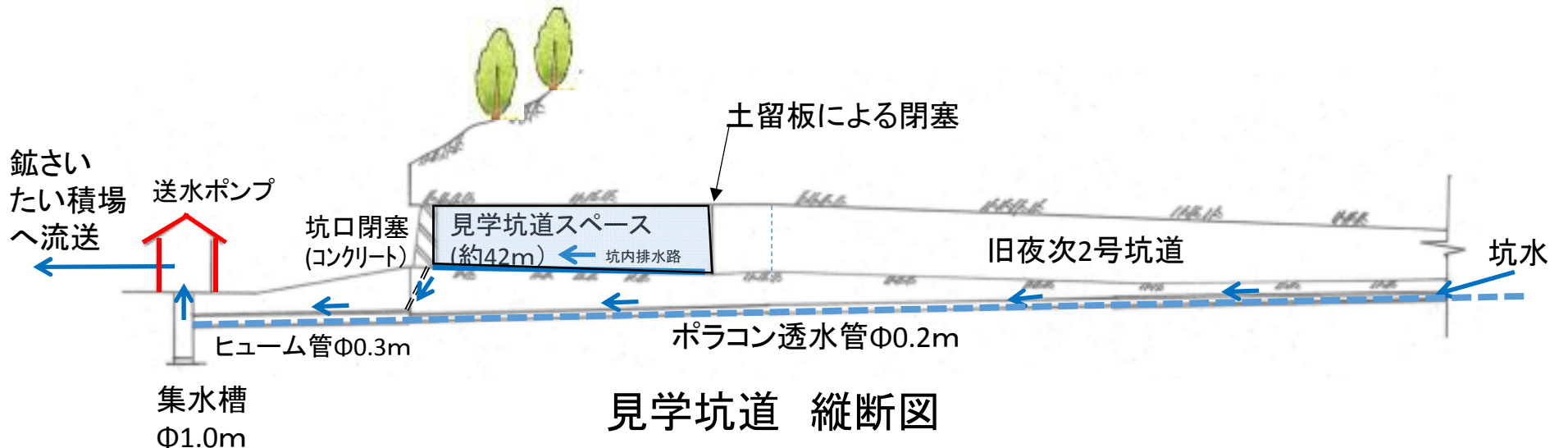
## 【見学坑道 坑水の概要】



見学坑道周辺平面図



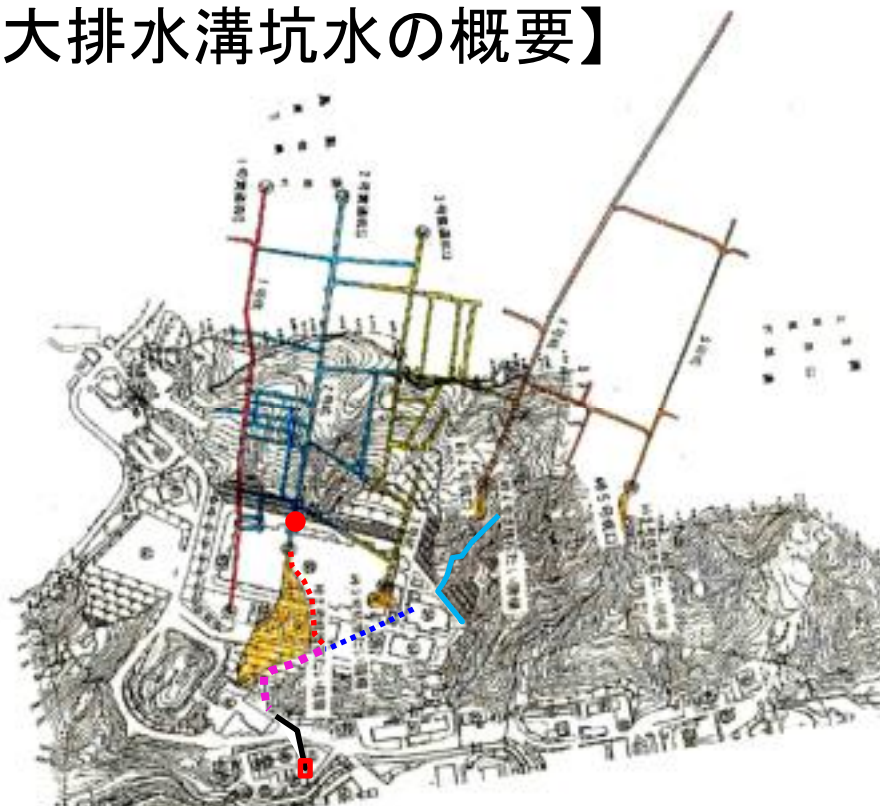
見学坑道 断面図



見学坑道 縦断図

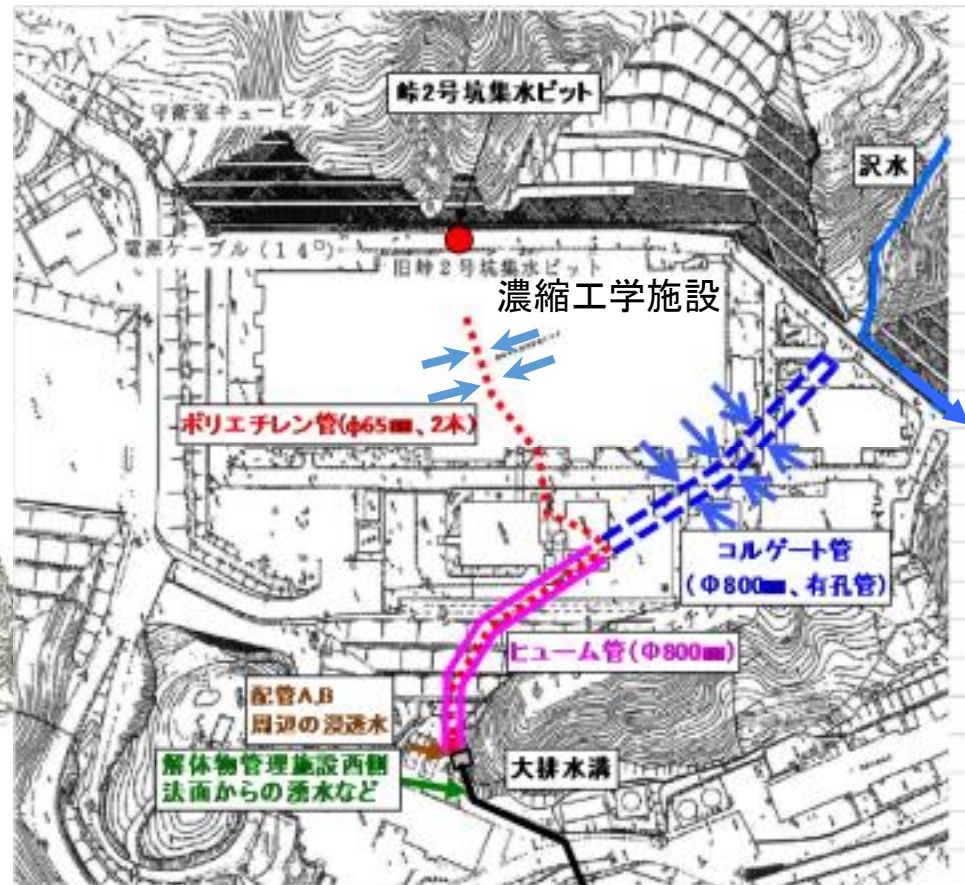
### 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

#### 【大排水溝坑水の概要】



旧峠2号坑に係る坑水、浸透水であり、下記5か所からの集水している。

- ・ヒューム管
- ・ポリエチレン管
- ・配管A
- ・配管B
- ・法面湧水配管



ポリエチレン管 ヒューム管



配管A,B

ピットより鉞さいたい積場へ  
ポンプ流送



### 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

#### 各坑水の水質

- ・水濁法(有害物質28項目、生活環境15項目)
- ・放射性物質(ウラン、ラジウム)

尚、大排水溝については5つの排出口を3つに分けて測定。

水質測定結果(H25,H26に各2回、計4回測定)

	見学坑道	大排水溝 (ヒューム管)	大排水溝 (ポリエチレン管)	大排水溝 (その他3か所)
水濁法(43項目)	全項目基準値以下	全項目基準値以下	全項目基準値以下	全項目基準値以下
ウラン(保安法・協定)	管理目標値以下	管理目標値以下	管理目標値以下	管理目標値以下
ラジウム(保安法)	基準値以下	基準値以下	基準値以下	基準値以下
<b>ラジウム(協定)</b>	<b>管理目標値を超過</b> ( $1.1 \sim 1.3 \times 10^{-4} \text{Bq/cm}^3$ )	<b>管理目標値を超過</b> ( $3.9 \sim 4.9 \times 10^{-4} \text{Bq/cm}^3$ )	<b>管理目標値を超過</b> ( $2.6 \sim 2.8 \times 10^{-4} \text{Bq/cm}^3$ )	<b>管理目標値を超過</b> ( $3.9 \sim 4.9 \times 10^{-5} \text{Bq/cm}^3$ )

分析項目	環境保全協定(管理目標値) Bq/cm <sup>3</sup>	鉱山保安法(基準値) Bq/cm <sup>3</sup>
ウラン238 ( <sup>238</sup> U)	$1.1 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-2}$
ラジウム226 ( <sup>226</sup> Ra)	<b><math>3.7 \times 10^{-5}</math></b>	$2.0 \times 10^{-3}$
	(敷地境界)	(公共用水域に入る坑水)

水質結果:

- 各坑水とも、環境保全協定のラジウムの管理目標値を超過している。
- その他の値は、全て目標値、基準値以下の値である。

### 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

坑水の水質結果より、水濁法の基準値以下及び環境保全協定のウランの管理目標値以下であるが、協定のラジウムの管理目標値を超えており、低減化対策が必要となる。

下記の主な対策の方向性が考えられる。

#### 1. 河川へ直接放流

(河川水による希釈により、敷地境界で管理目標値を超えない坑水を放流)

#### 2. 環境保全協定値の見直し

(濃縮試験等終了に伴う協定値の見直しの提案)

#### 3. ラジウム濃度の低減化

(パッシブトリートメント等の対策によりラジウム濃度の低減を図る)

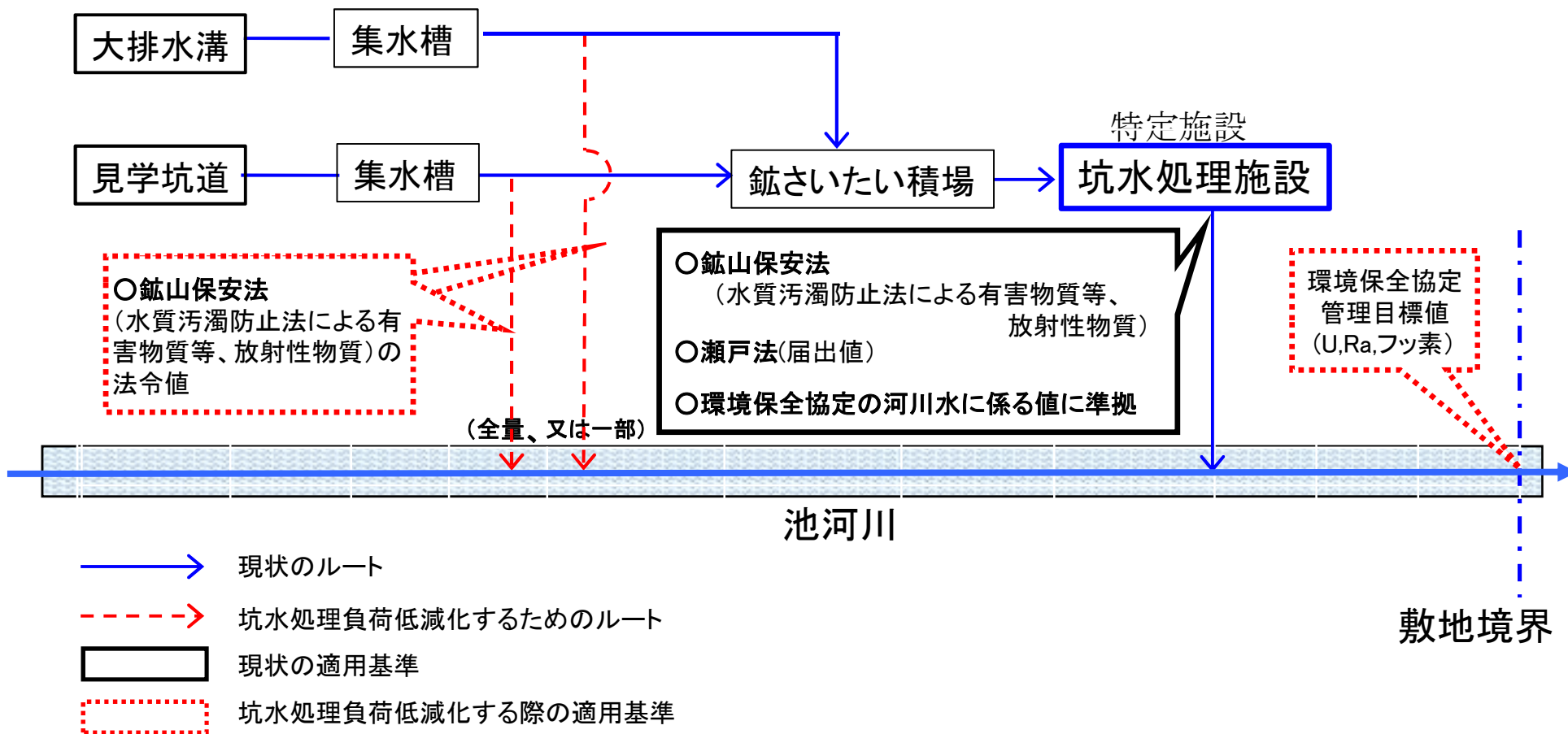
#### 4. 坑口閉塞・坑内空洞充填

(坑水量の低減、水質の改善を図る)

◎ 今回は、1. 河川へ直接放流について検討。 (2. 3. 4は、次とする。)

### 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

#### 河川へ直接放流の考え方(概要)

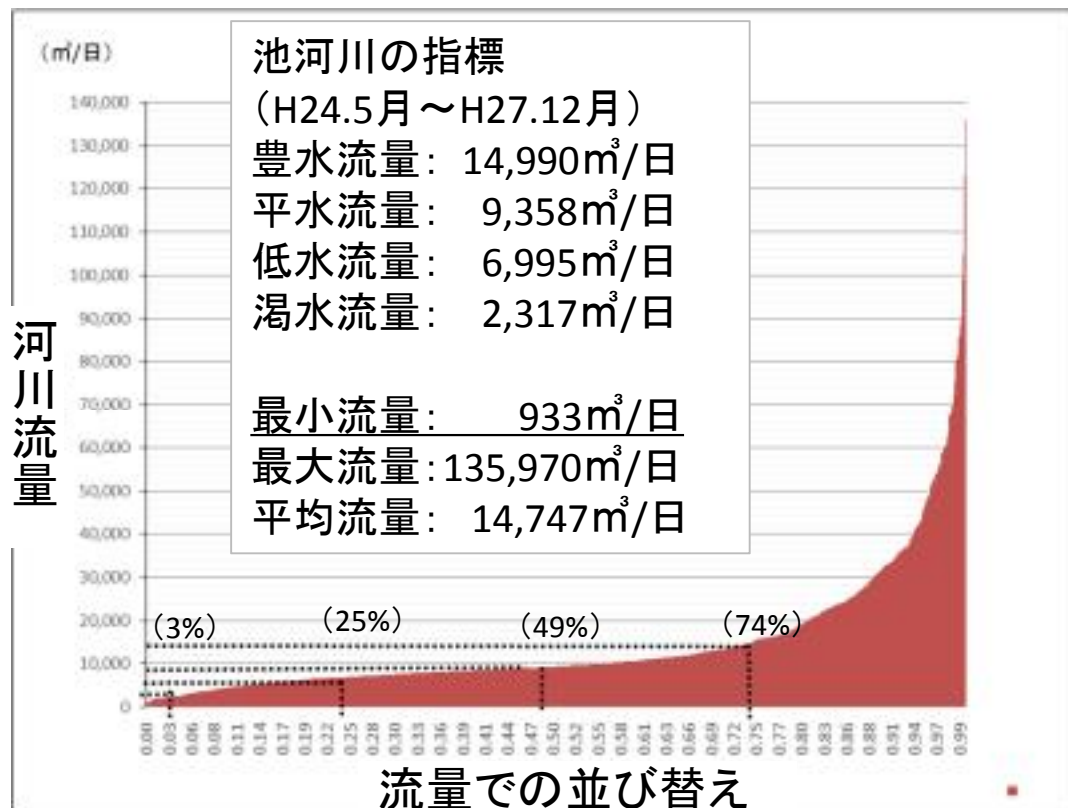


### 3. 見学坑道・大排水溝坑水の低減対策

直接放流で、周辺監視区域境界において環境保全協定のラジウムの管理目標値を超えないことを確認(試算)する必要がある。

河川流量、坑水量のデータを収集。

- ①各坑水の鉱さいダムへの送水量を流量計にて計測
- ②河川流量の計測(H24. 5月から計測)  
面速式流量計にて計測



流量計設置

- ・水位を圧力センサーにより測定
- ・流速を超音波ドップラー式の流速計により測定



### 3. 見学坑道・大排水溝の低減対策

周辺監視区域境界でのラジウム値の試算条件

- ①各坑水のラジウム値は、過去データでの最大値を採用
- ②H24年5月からの各流量により下式で試算

凡 例

$$C_a \geq C_d = \frac{C_b V_b + C_c V_c}{V_b + V_c}$$

単純濃度式 濃度 =  $\frac{\text{物質質量}}{\text{水量}}$

$C_a$ : 環境保全協定に定めるRaの管理目標値

$C_b$ : 池河川のRa濃度

$C_c$ : 組合せによる坑水のRa濃度

$C_d$ : 周辺監視区域境界でのRa濃度

$V_b$ : 池河川の流量

$V_c$ : 組合せによる坑水の坑水量



### 3. 見学坑道・大排水溝の低減対策

組み合わせによる試算結果

※河川流量が特に少ない月を対象とした。

組み合わせ	大排水溝			見学坑道	敷地境界でのラジウム濃度(算定の最大値)					
	塩ビ配管A 塩ビ配管B 法面湧水配管	ポリエチレン管	ヒューム管		平成24年度 8月	平成25年度 6月	平成25年度 8月	平成26年度 6月	平成27年度 6月	平成27年度 11月
	I	II	III		IV	(Bq/cm <sup>3</sup> )	(Bq/cm <sup>3</sup> )	(Bq/cm <sup>3</sup> )	(Bq/cm <sup>3</sup> )	(Bq/cm <sup>3</sup> )
ケース1	○	○	○	○	5.05E-05	7.13E-05	3.24E-05	3.29E-05	3.87E-05	3.39E-05
ケース2	○	○	○	—	4.96E-05	7.05E-05	3.18E-05	3.15E-05	3.80E-05	3.36E-05
ケース3	○	○	—	○	3.04E-05	4.25E-05	1.98E-05	2.05E-05	2.35E-05	2.11E-05
ケース4	○	—	○	○	2.95E-05	4.16E-05	1.89E-05	1.97E-05	2.25E-05	2.03E-05
ケース5	—	○	○	○	5.03E-05	7.18E-05	3.19E-05	3.24E-05	3.83E-05	3.35E-05
ケース6	○	○	—	—	2.92E-05	4.14E-05	1.91E-05	1.89E-05	2.26E-05	2.01E-05
ケース7	○	—	○	—	2.81E-05	4.05E-05	1.82E-05	1.81E-05	2.16E-05	1.92E-05
ケース8	○	—	—	○	9.11E-06	7.78E-06	6.10E-06	6.45E-06	6.29E-06	6.56E-06
ケース9	—	○	○	—	4.94E-05	7.10E-05	3.13E-05	3.10E-05	3.75E-05	3.31E-05
ケース10	—	○	—	○	2.97E-05	4.18E-05	1.91E-05	1.98E-05	2.27E-05	2.04E-05
ケース11	—	—	○	○	2.87E-05	4.08E-05	1.82E-05	1.90E-05	2.17E-05	1.96E-05
ケース12	○	—	—	—	5.41E-06	6.33E-06	4.70E-06	4.69E-06	4.94E-06	4.77E-06
ケース13	—	○	—	—	2.84E-05	4.07E-05	1.84E-05	1.82E-05	2.18E-05	1.94E-05
ケース14	—	—	○	—	2.72E-05	3.97E-05	1.75E-05	1.73E-05	2.08E-05	1.84E-05
ケース15	—	—	—	○	7.68E-06	6.35E-06	5.19E-06	5.50E-06	5.32E-06	5.58E-06

:管理目標値を超過した算定値 (3.7 × 10<sup>-5</sup>Bq/cm<sup>3</sup>)

### 3. 見学坑道・大排水溝の低減対策

試算結果(直接放流の可否)

・見学坑道坑水及び大排水溝のその他3か所は、河川に直接放流しても、渇水期においても境界において管理目標値を超えることがないことを確認できた。(約28,000m<sup>3</sup>/年の低減が可能)

しかし、現実的に関係機関の了解は難しいのが現状である。

★低減対策1～4案のうち、

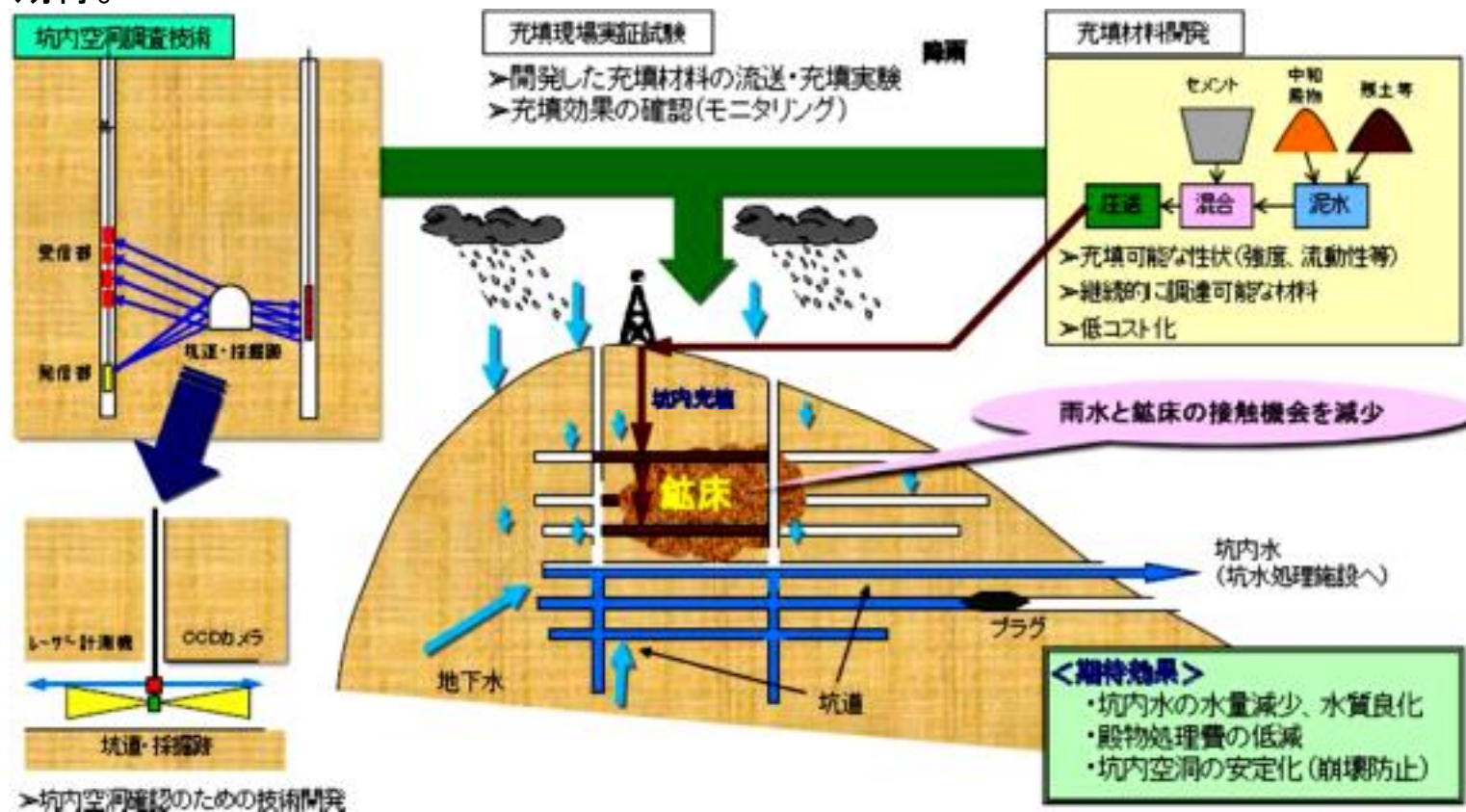
1, 2案の河川放流及び協定値見直しは、対外的な協議が必要な対策であり、3, 4案のパッシブトリートメントや坑内空洞充填などの直接的な技術的対策の検討が必要と思われる。

### 3. 見学坑道・大排水溝の低減対策

#### 今後の検討 技術的対策の坑内空洞充填の検討

JOGMECは、平成24～26年度に経済産業省からの委託を受け、鉱害防止事業のコスト低減を目的とした「先進型坑廃水処理技術開発事業」を関係企業と共に実施。

人が立ち入ることが困難な休廃止鉱山の坑内空洞を、充填材で埋め戻す技術を開発。本技術により、地下に浸透した雨水と鉱石等との接触が減り、坑廃水の水量減少や水質良化、坑内空洞の安定化等が期待。

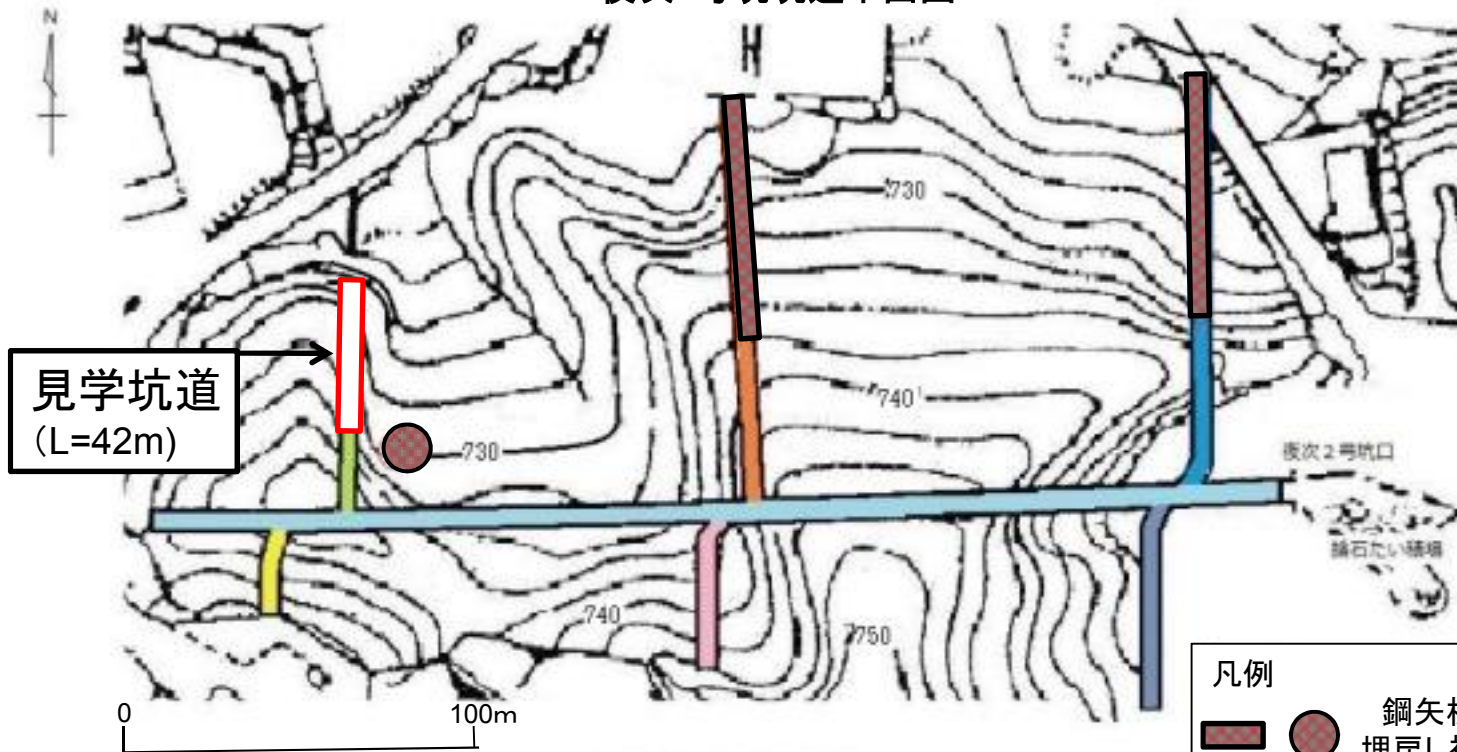


### 3. 見学坑道・大排水溝の低減対策

#### 坑内空洞充填による低減対策の適用検討

- ①夜次2号坑の坑道は、地表から12m~26mと比較的浅い
- ②坑水送水量測定を継続していることから、措置による効果確認ができる。

夜次2号坑坑道平面図



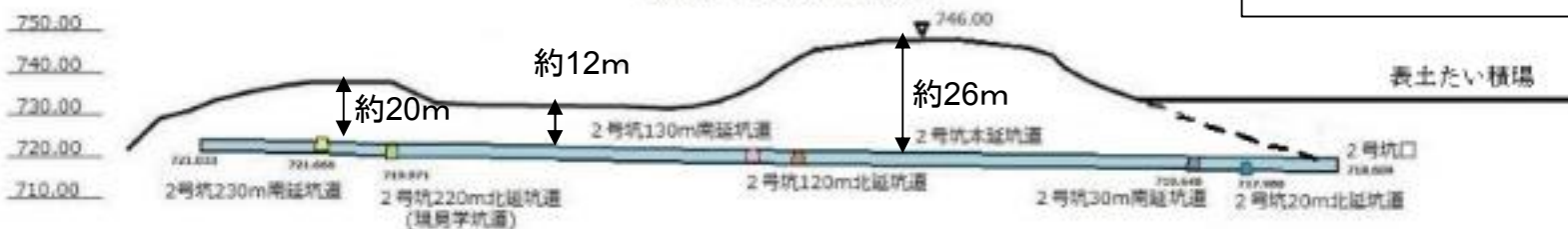
#### 夜次2号坑

- ①昭和33年~34年掘進  
(掘進後58年経過している)
- ②坑道延長約730m  
(内約120mは充填対象外)
- ③坑道は水平坑道  
(平均幅約2.4m×高さ約1.8m)

凡例

- 鋼矢板、コンクリート及び真砂土による埋戻し補修箇所

夜次2号坑道縦断面図



### 3. 見学坑道・大排水溝の低減対策

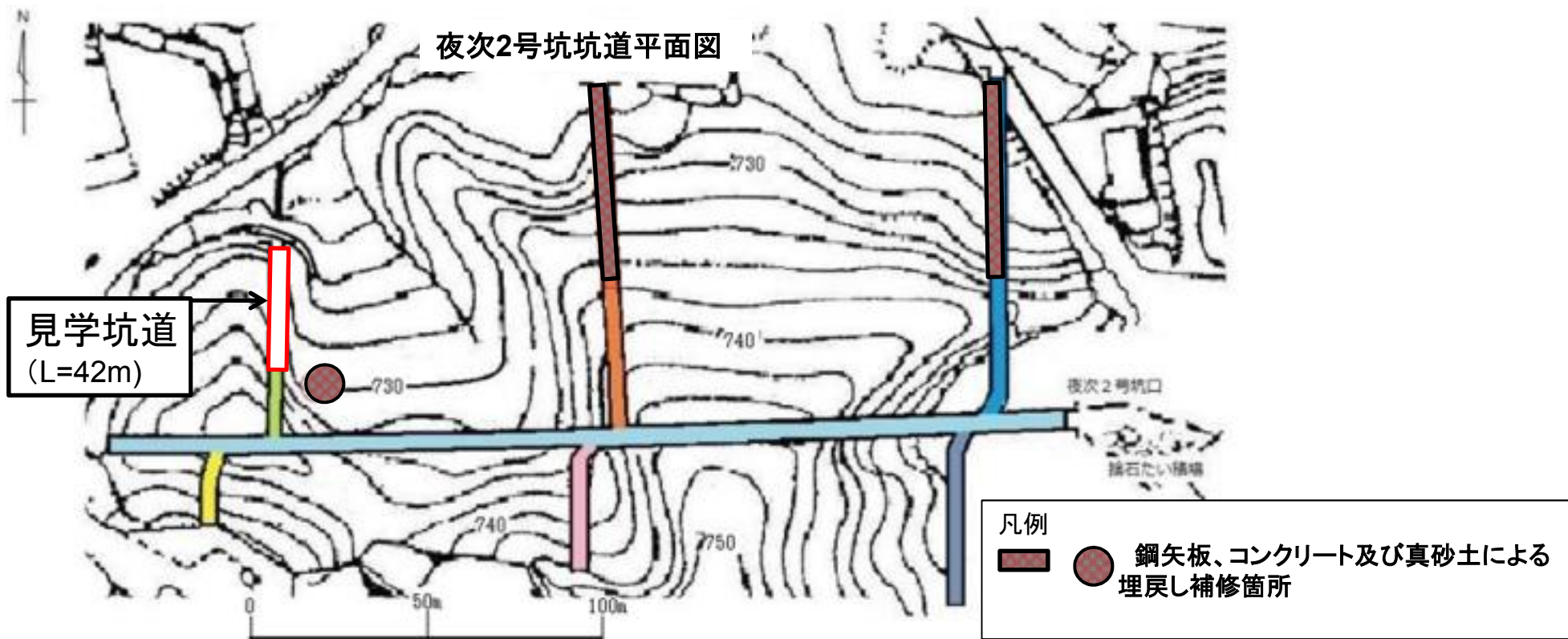
#### 坑内空洞充填による低減対策の適用検討

##### ①事前調査及び計画検討

- ・坑水、見学坑道内水、周辺湧水、周辺表流水の確認及び水質測定
- ・既知資料の整理
- ・計画検討(モニタリング計画、空洞探査(ホーリング位置等)、充填方法など)

##### ②対策の進め方

JOGMECなどからの情報収集や役割分担(技術指導、アドバイスや助言など)



## 4. まとめ

### 1. 場内流入水の対策:

処理の必要ない流入水(表流水)は、ルートを変更し河川へ流入するよう変更していく。

### 2. 見学坑道・大排水溝坑水の対策:

見学坑道及び大排水溝の他3か所を河川放流した場合、渇水期においても境界での管理目標値を超えないことが確認できた。

しかし、現実的に関係機関の了解は難しいのが現状である。

よって、今後はこれらの結果を踏まえながら、技術的対策検討を進めていく。

以上