

坑水発生源対策の取組み (地下水・坑内水、河川の水質・水量等調査)

(2017.3.27 第18回鉦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. 取組概要
2. 峠地区
3. 夜次(北部)地区
4. 夜次(南部)地区
5. 人形峠の沢水、河川水、湧水
6. 見学坑道坑水
7. まとめ

1. 取組概要

1. 目的

露天採掘場跡地、大排水溝、見学坑道から流出している坑水を直接河川放流、坑道空洞充填による坑口からの坑水低減の坑水発生源対策の可能性について検討するための水質データ等の収集を行った。

2. 取組内容及び項目

(1) 内容

- ①人形峠センター内の鉱山活動当時の坑内水、河川水などの水質、水量データの収集。
- ②現状の坑内水等の水質、水量データの収集。

(2) 項目

人形峠センター内の坑内水、河川水、地下水の水質・水量について収集。

1) 峠地区

- ・ 峠 1号坑～5号坑坑内水 : 昭和43年～昭和50年
- ・ 大排水溝 : 昭和46年～昭和50年

2) 夜次（北部）地区

- ・ 夜次 1号坑坑内水 : 昭和44年～昭和49年

3) 夜次（南部）地区

- ・ 夜次 2号坑坑内水 : 昭和46年～昭和50年
- ・ 見学坑道坑内水 : 平成28年

4) 人形峠の沢水、河川水、湧水

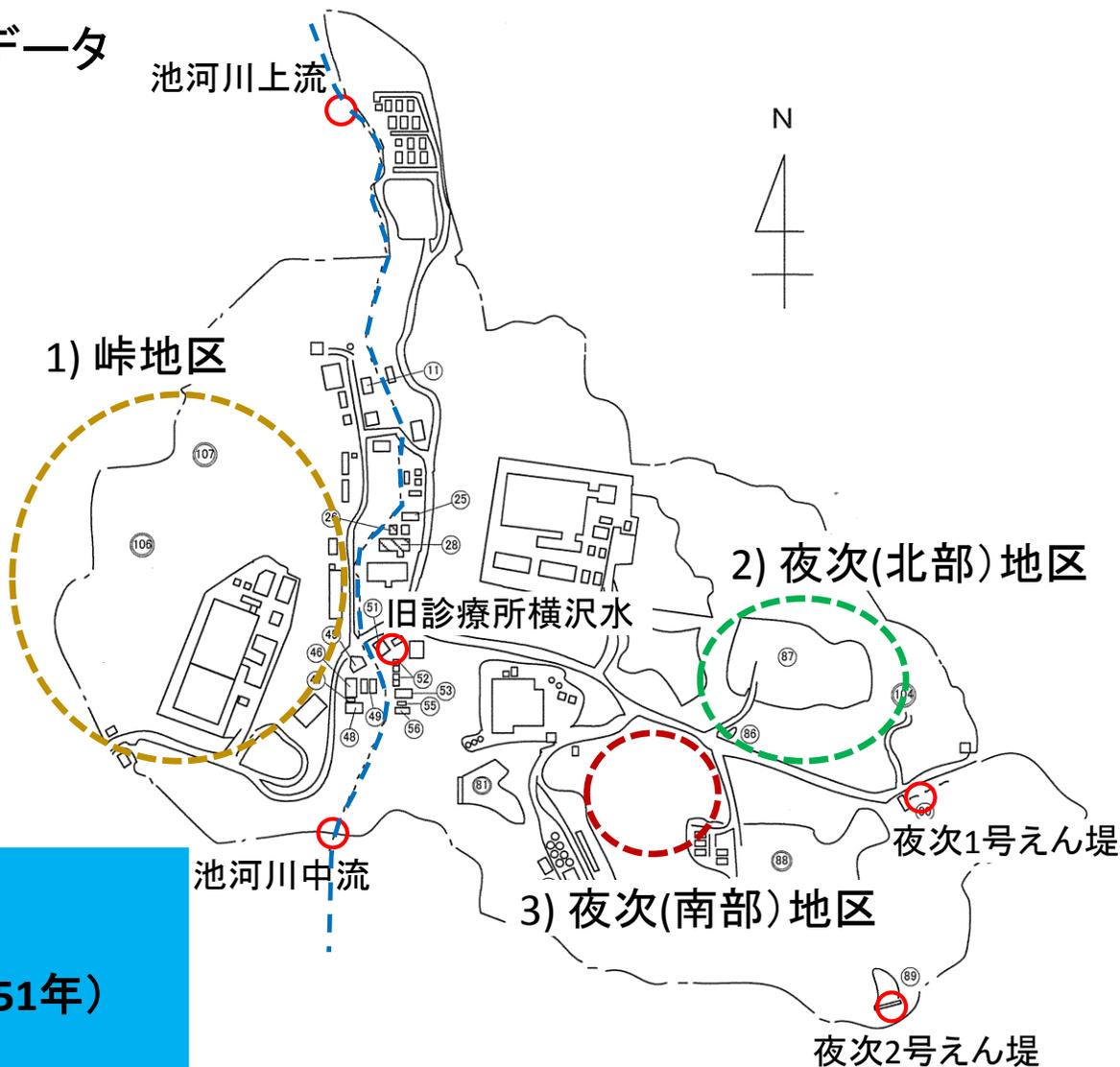
- ・ 旧診療所横沢水（現体育館南側） : 昭和54年～昭和62年
- ・ 夜次 1号えん堤、夜次 2号えん堤 : 昭和53年～昭和59年
- ・ 池河川上流、池河川中流（敷地境界） : 昭和54年～昭和63年

1. 取組概要

水量、水質の昭和40～50年代などのデータ

【場所】

- 1) 峠地区:
峠1号～5号坑
大排水溝
- 2) 夜次(北部)地区:
夜次1号坑
(露天集水井)
- 3) 夜次(南部)地区:
夜次2号坑、120m北延、220m北延
(見学坑道)
- 4) 人形峠センター内: ○
河川の敷地境界、沢水、えん堤



【調査資料】

- ・施業案(昭和33年～昭和63年)
- ・ウラン資源探鉱開発成果報告書(昭和51年)
- ・測定報告書(昭和54年～昭和60年)
- ・水質調査資料(昭和54年～昭和60年)
- など

1. 取組概要

坑水低減化対象の坑水

	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(m ³ /年)*1	1.8万	1.3万	7.4万	1.1万		
²²⁶ Ra(Bq/cm ³)*2	1.59 × 10 ⁻³	1.06 × 10 ⁻⁴	2.27 × 10 ⁻⁴	7.92 × 10 ⁻⁵	2.0 × 10 ⁻³	3.7 × 10 ⁻⁵
²³⁸ U(Bq/cm ³)*2	5.86 × 10 ⁻⁴	2.00 × 10 ⁻⁴	1.19 × 10 ⁻⁴	9.48 × 10 ⁻⁵	2.0 × 10 ⁻²	1.1 × 10 ⁻³
Fe(μg/cm ³)*2	17.0	0.3	3.1	0.4	10	1.0

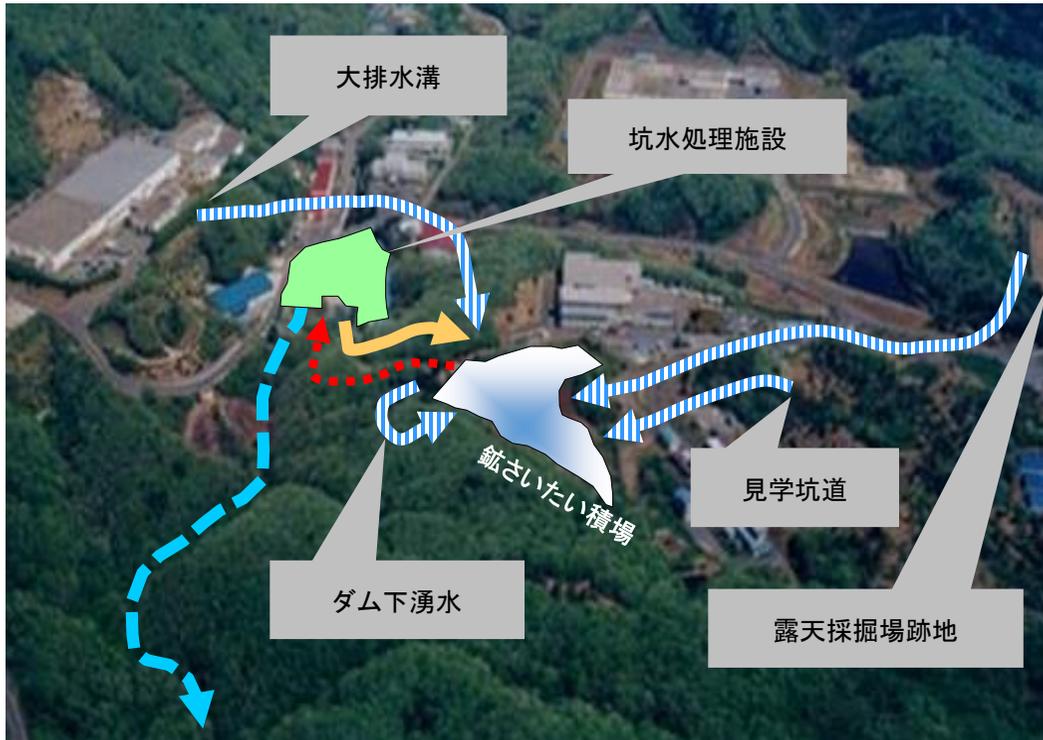
* 1: H21年度～H25年度の年平均、* 2: H22年度第4四半期～H26年度第2四半期の平均



法令値を超えている



排出基準値を超えている



坑水



坑水処理対象水



鉱業廃棄物

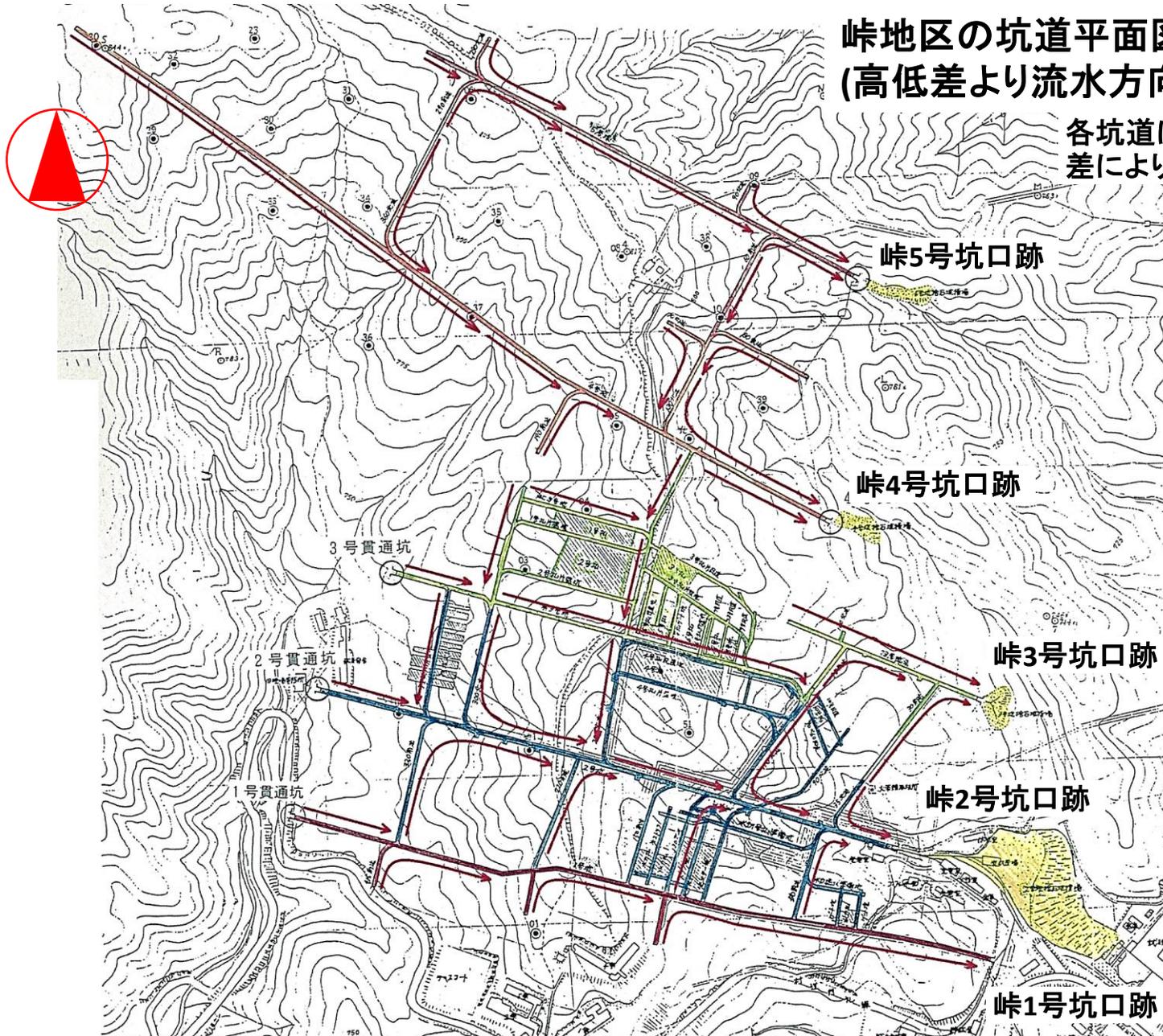


処理水

2. 峠地区

峠地区の坑道平面図
(高低差より流水方向推定)

各坑道は繋がっており、坑道の高
低差により流水方向が推定できる。



1号坑口閉塞

コンクリート閉塞及び施設建設
に伴う盛土閉塞

2号坑口閉塞

施設建設に伴う盛土閉塞
坑道排水ピット貯留

3号坑口閉塞

崩落及び碎石充填

4号坑口閉塞

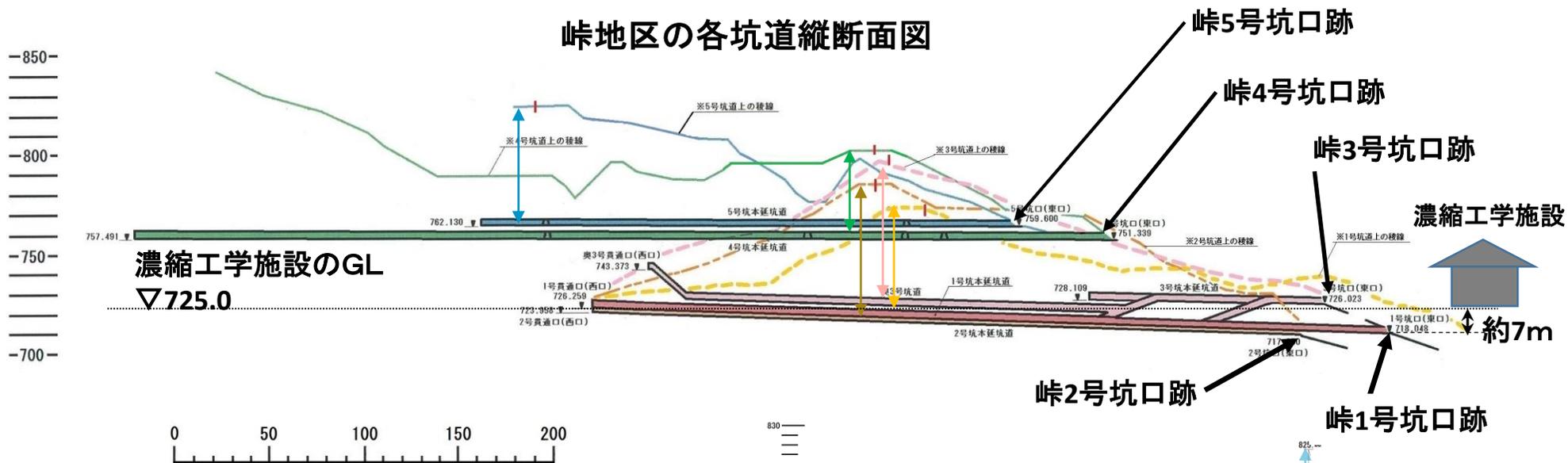
ずり充填閉塞

5号坑口閉塞

コンクリートブロック積閉塞
坑水配管設置
坑水あり(平均12ℓ/min)
(3.3~70ℓ/min)

2. 峠地区

峠地区の各坑道縦断面図

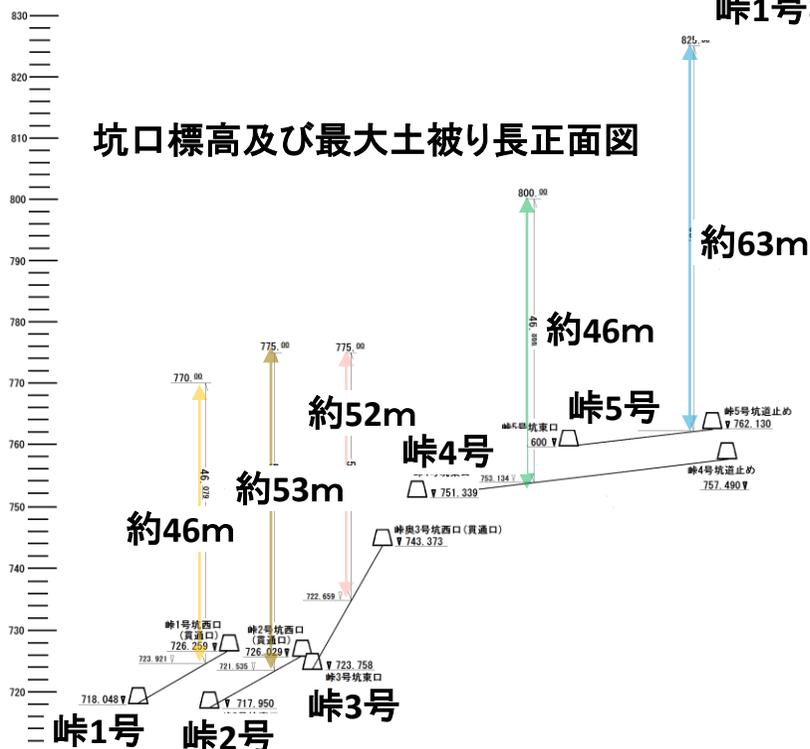


最大土被り(坑道と地表の距離)

- 峠1号坑道の最大土被り 約46m
- 峠2号坑道の最大土被り 約53m
- 峠3号坑道の最大土被り 約52m
- 峠4号坑道の最大土被り 約46m
- 峠5号坑道の最大土被り 約63m

* 地表からかなり深い位置に坑道が位置する

坑口標高及び最大土被り長正面図



2. 峠地区

峠地区

昭和31年掘進開始し、1号～5号を採鉱掘進を行い、昭和33年度に終了

昭和34年度～昭和44年度は、採鉱試験及び採掘を実施

昭和52年度に、ウラン濃縮パイロットプラント建設の土地造成(1～3号坑口は閉塞)

昭和53年度に、ウラン濃縮パイロットプラント建設開始

場所	項目	排水量	PH	鉄(Fe)	マンガン(Mn)	フッ素	浮遊物質(SS)	ウラン	ラジウム	備考
		(m ³ /min)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	
峠1号坑坑内水		0.001 ~ 0.005	6.4 ~ 7.4	0.1 ~ 0.2	—	—	0 ~ 0.4	0 ~ 3.7	—	S43年より濁水
峠2号坑坑内水		0.05 ~ 0.82	5.8 ~ 7.4	3.4 ~ 70	—	—	2.8 ~ 8.9	122 ~ 5043	40.7 ~ 159	S46～S50年
峠3号坑坑内水		0.001 ~ 0.01	6.9 ~ 7.5	0.9 ~ 3.4	—	—	1.2 ~ 11	85 ~ 270	2.96	S46～S50年
峠4号坑坑内水		0.005 ~ 0.02	6.0 ~ 7.2	0.3 ~ 0.4	—	—	—	<37 ~ 11	<0.37	S45年より濁水
峠5号坑坑内水		0.002 ~ 0.1	6.3 ~ 7.0	0.5 ~ 3.5	—	—	—	11 ~ 148	1.48	S45～S50年
		0.003 ~ 0.07	5.9 ~ 6.7	0.06 ~ 0.18	0.01~0.16	—	0.3 ~ 1.2	0.7 ~ 1.5	0.31 ~ 0.58	H20～H23
		0.004 ~ 0.009	6.0 ~ 6.5	0.1 ~ 0.1	0.04~0.09	—	0.1 ~ 0.4	0.77 ~ 1.1	0.18 ~ 0.33	H27.7～H28.7
大排水溝		0.12 ~ 4.8	6.1 ~ 7.2	<0.1 ~ 3	0.3~1.6	0~0.2	0.4 ~ 22	12 ~ 308	3.7 ~ 59.2	S46～S50年
		0.096 ~ 0.219	6.4 ~ 6.8	2.1 ~ 4.4	1.3~1.9	—	—	7.3 ~ 13.3	11.5 ~ 29.5	H24～H28

* 大排水溝は、H11年に表流水(雨水)を分離。

現在、峠1～3号坑水の浸透水である大排水溝排水は、鉱さいたい積場へ流送、処理後、河川へ排水。
峠5号坑水は、河川へ直接排水。 峠4号坑水は濁水。

考察

峠2号坑が排水量も多く、ウラン、ラジウム濃度が高い。

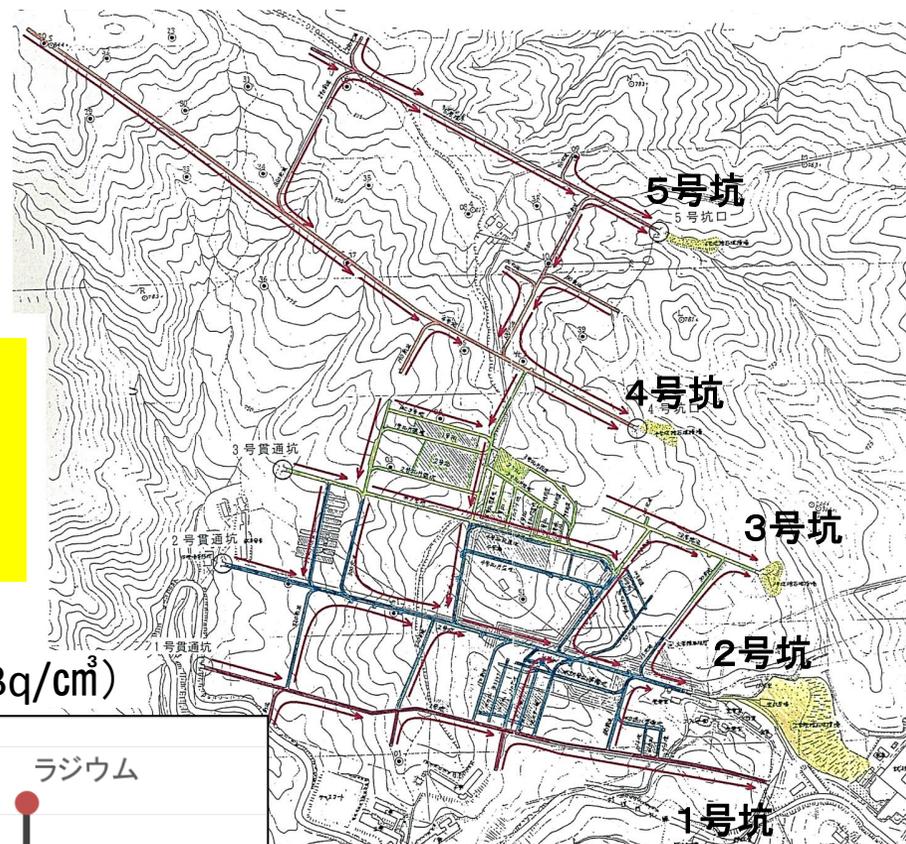
大排水溝のS40年代と現在の比較:ウラン濃度、ラジウム濃度の最大値は、50%程度である。

2. 峠地区

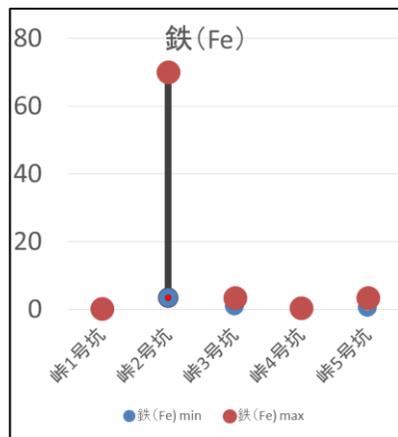
峠1号坑、2号坑、3号坑、4号坑、5号坑の坑水

鉄(Fe)、ウラン(U)、 ラジウム(Ra)

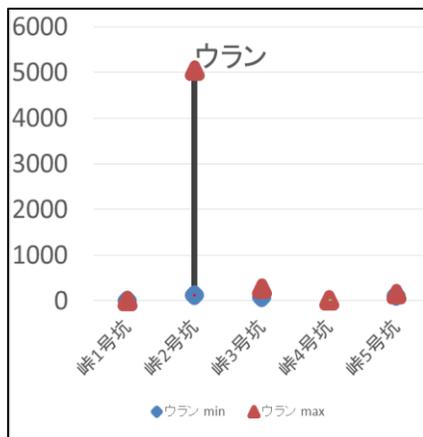
鉱山活動当時の各峠坑道からの坑水において、峠2号坑からの坑水は、他と比べ鉄、ウラン、ラジウムが、大きな値を示している。



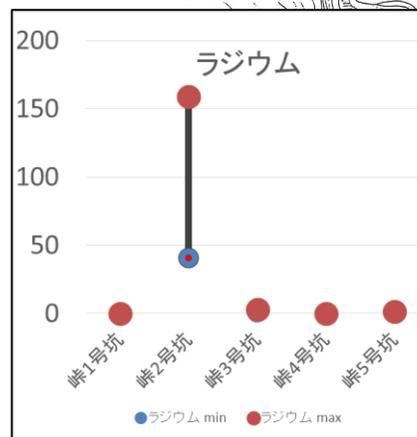
($\mu\text{g}/\text{mg}$)



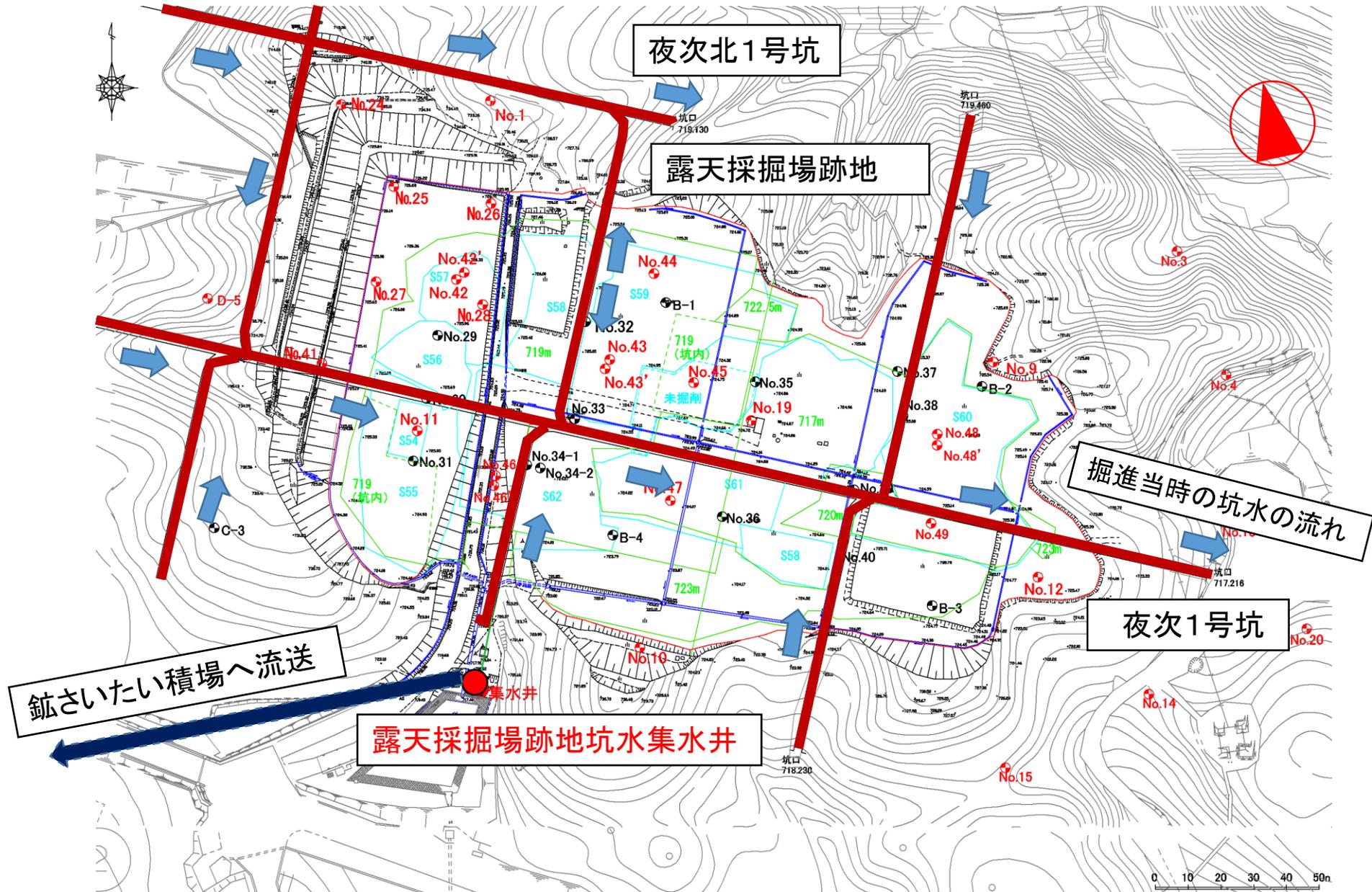
($\times 10^{-5}\text{Bq}/\text{cm}^3$)



($\times 10^{-5}\text{Bq}/\text{cm}^3$)



3. 夜次(北部)地区



3. 夜次(北部)地区

夜次(北部)地区

昭和32年度:夜次1号坑掘進開始し、探鉱掘進を昭和33年度に終了

昭和44年度～昭和49年度は、採掘を実施

昭和46年度:坑水を鉱さいたい積場へポンプ流送開始

昭和52年度:露天掘り準備(暗渠、集水井設置)、剝土工事開始

昭和54年度:露天採掘開始

昭和62年度:露天採掘終了

昭和63年度:排水路等の跡措置実施

場所	項目	排水量	PH	鉄(Fe)	マンガン(Mn)	浮遊物質(SS)	ウラン	ラジウム	備考
		(m ³ /min)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	
夜次1号坑坑内水		0.021 ~ 0.18	5.9 ~ 7.0	0.1 ~ 2.6	—	2.7 ~ 36	41 ~ 1254	4 ~ 259	S44~S49
		0.06	6.5	0.84	—	5.6	462.6	57.4	上記の平均
露天採掘場跡地 (集水井)		0.02 ~ 0.06	—	18.1 ~ 22.6	3.29~4.79	—	68.1 ~ 103	129 ~ 168	H14~H16
		0.016 ~ 0.06	6.0 ~ 6.4	15.4 ~ 21.3	2.65~3.67	—	41.9 ~ 64.1	136 ~ 225	H24~H28
		0.035	6.1	17.9	3.0	—	51.1	157	上記の平均

現在、露天採掘場跡地からの坑水は、鉱さいたい積場へ流送し、処理後、河川へ排水。

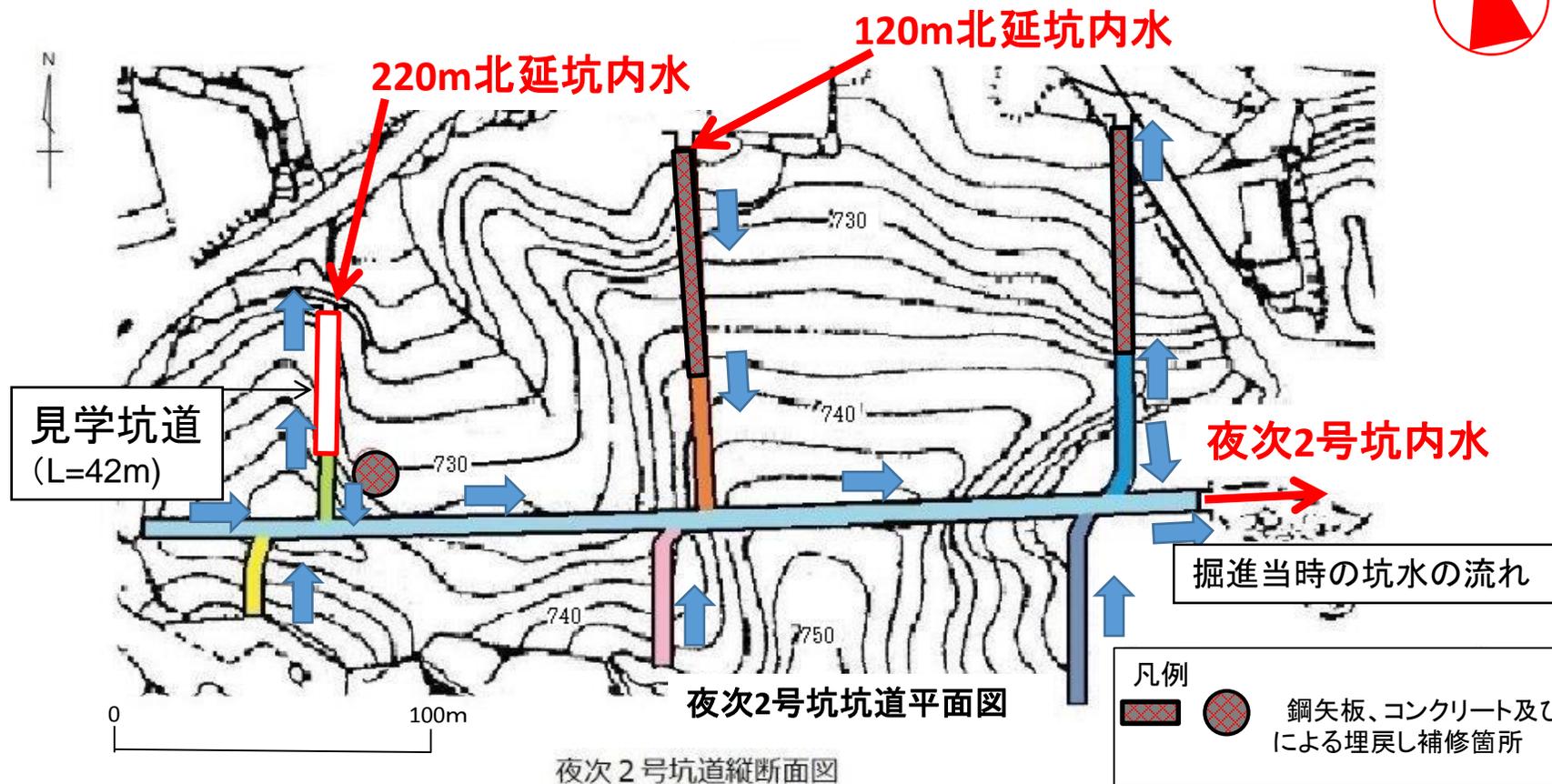
考察(昭和40年代と比較)

鉄濃度は、約20倍となっている。

ウラン濃度は、約1/10となっている。

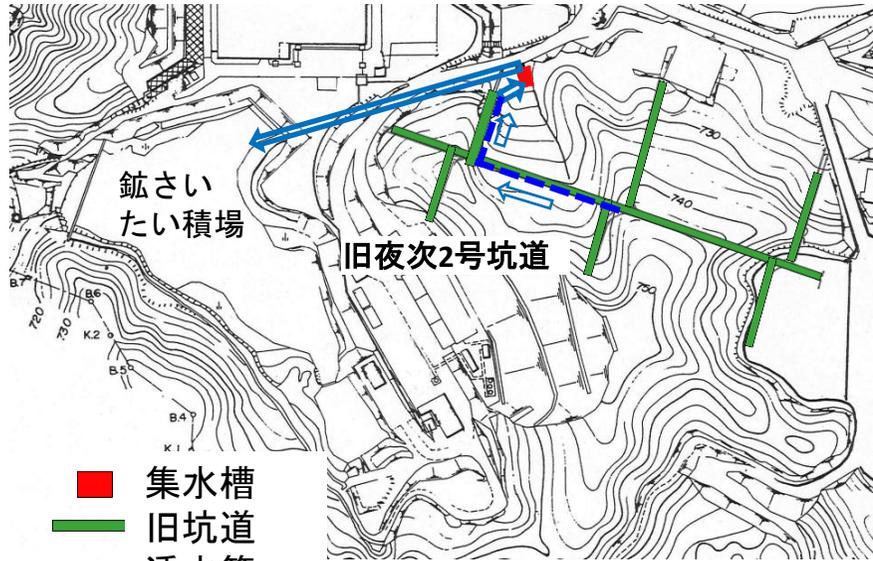
ラジウム濃度は、約3倍となっている。

4. 夜次(南部)地区



4. 夜次(南部)地区

【見学坑道 坑水の現状概要】

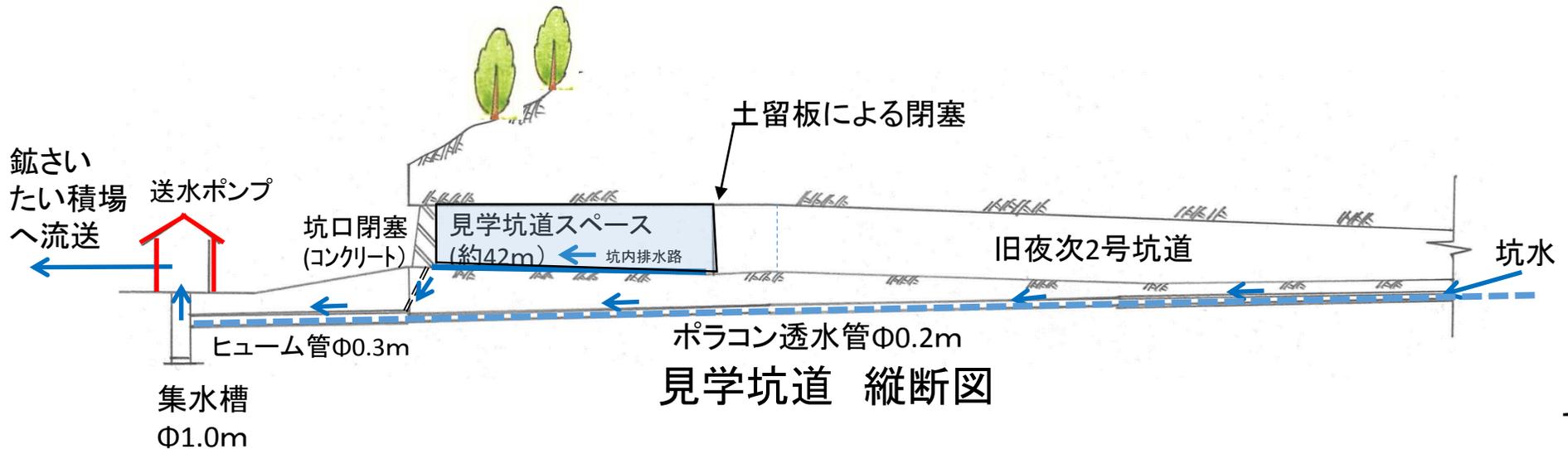


- 集水槽
- 旧坑道
- - - 透水管

見学坑道周辺平面図



見学坑道 断面図



見学坑道 縦断図

4. 夜次(南部)地区

夜次(南部)地区

昭和32年度:夜次2号坑掘進開始し、探鉱掘進を昭和33年度に終了

昭和49年度は、採掘を実施

昭和51年頃は、夜次2号坑口は崩壊状態。

昭和53年度:坑内排水路設置(暗渠、ヒューム管、集水井設置)、剝土工事により2号坑口閉塞(見学坑道からの排水となる。)

昭和56年度:坑水を鉱さいたい積場へ送水開始

場所	項目	排水量	PH	鉄(Fe)	マンガン(Mn)	フッ素	浮遊物質(SS)	ウラン	ラジウム	備考
		(m ³ /min)		(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	
夜次2号坑坑内水		0.003 ~ 0.18	5.8 ~ 7.0	0.1 ~ 0.2	—	—	0.1 ~ 2.8	11 ~ 37	<0.37 ~ 1.7	S46~S50年
夜次2号坑120m北延坑内水		0.01 ~ 0.27	6.2 ~ 7.3	0.1 ~ 1.0	<0.1~1.0	<0.1~0.2	0.3 ~ 8.8	0 ~ 222	3.7 ~ 74	S46~S48年
夜次2号坑220m北延坑内水		0.007 ~ 0.06	6.4 ~ 7.2	<0.1 ~ 0.4	<0.1	<0.1~0.1	<0.1 ~ 11	12 ~ 123	2 ~ 25.9	S46~S50年
見学坑道坑内水(集水井)		0.0004 ~ 0.11	5.9 ~ 6.5	0.12 ~ 0.65	0.029~0.241	—	—	15.3 ~ 50	7.2 ~ 18	H14~H28
		0.027	6.1	0.36	0.121	—	—	24.6	11.4	上記の平均

現在、見学坑道の坑水は、集水井から鉱さいたい積場へ流送し、処理後、河川へ排水。

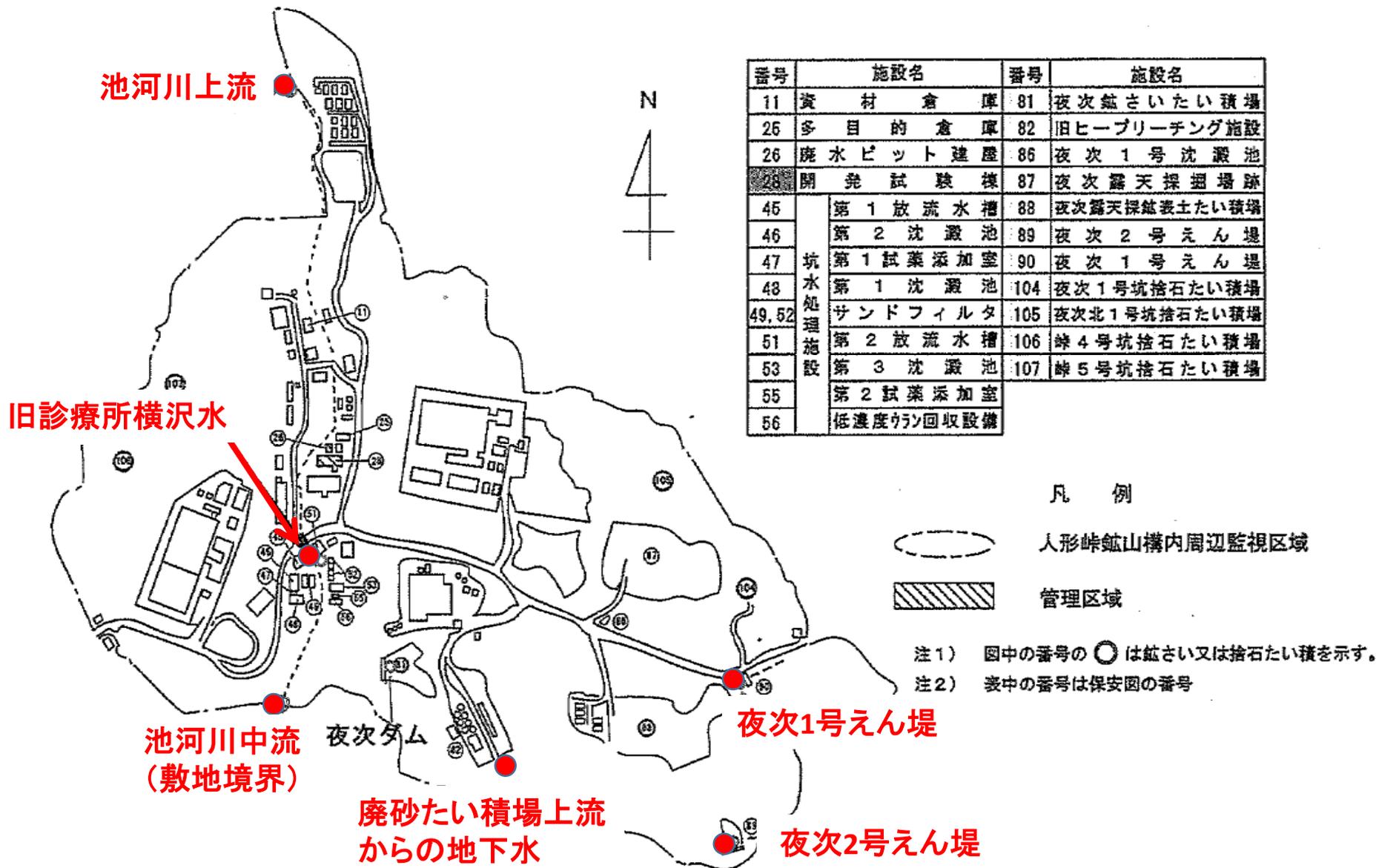
考察(昭和40年代と比較)

坑口により、ウラン濃度、ラジウム濃度が異なっている。

ウラン濃度の最大値は、約1/4となっている。

ラジウム濃度の最大値は、約1/4となっている。

5. 人形峠の沢水、河川水、湧水



5. 人形峠の沢水、河川水、湧水

人形峠の沢水、河川水、湧水

場所	項目	排水量	PH	鉄(Fe)	マンガン(Mn)	フッ素	浮遊物質(SS)	ウラン	ラジウム	備考
		(m ³ /min)		(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	
旧診療所横沢水 (現体育館南側)	-	6.3 ~ 7.4	0.1 ~ 0.8	<0.01~0.6	<0.02~0.04	0.6 ~ 75	<0.18 ~ 24.79	<0.37 ~ 9.6	S54~S62	
	-	7.0 ~ 7.3	-	-	<0.05	0.4 ~ 6.1	<0.14 ~ <0.32	<0.29 ~ 0.40	H27.7~H28.7 5回	
夜次1号えん堤	微量 ~ 2.1	6.3 ~ 7.8	0 ~ 2.9	<0.01~0.68	<0.02~0.04	0.6 ~ 15	<0.037 ~ 1.22	<0.111 ~ 2.9	S53~S59	
	0.16 ~ 0.43	7.0 ~ 7.4	0.15 ~ 0.59	0.07~0.23	<0.05	0.2 ~ 1.5	<0.11 ~ 0.63	0.39 ~ 0.58	H27.7~H28.7 5回	
夜次2号えん堤	微量 ~ 1.93	6.5 ~ 7.6	<0.0 ~ 1.4	<0.01~2.04	<0.02~0.6	0.2 ~ 68	<0.037 ~ 4.7	<0.111 ~ 2.2	S53~S59	
	0.18 ~ 0.31	7.0 ~ 7.3	0.16 ~ 0.28	0.14~0.28	<0.05	1.3 ~ 3.9	<0.032 ~ <0.23	0.33 ~ 0.64	H27.7~H28.7 5回	
池河川上流(敷地境界)	-	5.9 ~ 7.7	<0.0 ~ 0.1	-	<0.01~0.05	<0.1~ 10	<0.037 ~ 2.22	<0.037 ~ 2.2	S53~S63	
	-	7.1 ~ 7.6	-	-	<0.05	<0.1~ 6.1	<0.032 ~ <0.15	<0.28 ~ 0.30	H27.7~H28.7 5回	
池河川中流(敷地境界)	1 ~ 81.6	6.6 ~ 9.8	<0.0 ~ 1.8	<0.01~0.6	<0.02~0.09	0.4 ~ 81	<0.185 ~ 12.95	<0.37 ~ 3.6	S54~S63	
	19.2 ~ 30.1	7.3 ~ 7.5	0.03 ~ 0.07	0.02~0.03	<0.05	0.5 ~ 2.9	0.54 ~ 1.5	0.36 ~ 0.46	H27.7~H28.7 5回	
廃砂たい積場上流山側 からの地下水	0.0054	6.5	0.059	0.399	-	-	5.65	2.35	H28.11.9	

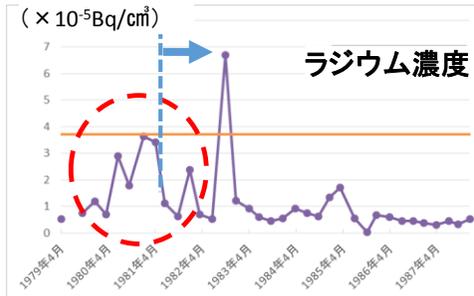
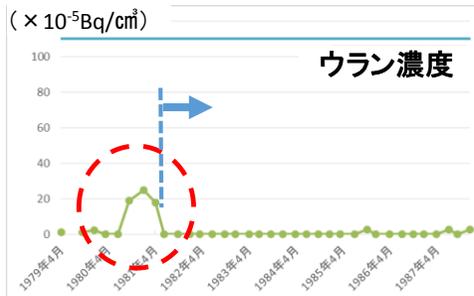
考察

昭和50年代と比較し、ウラン濃度、ラジウム濃度の最大値では1/4~1/10程度の変化(低下)が見られる。
 現在のセンター内の河川水等のウラン濃度は、~1.5 × 10⁻⁵Bq/cm³程度。(協定値1.1 × 10⁻³Bq/cm³)
 現在のセンター内の河川水等のラジウム濃度は、~0.6 × 10⁻⁵Bq/cm³程度。(協定値3.7 × 10⁻⁵Bq/cm³)

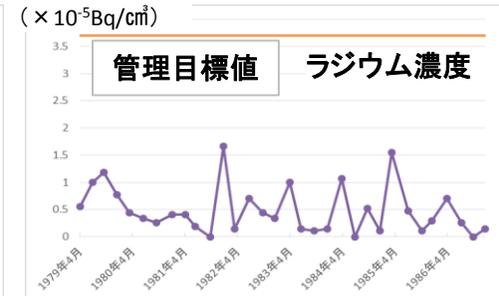
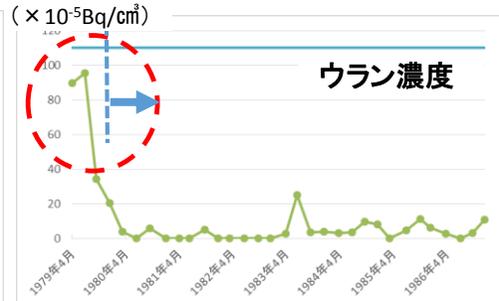


5. 人形峠の沢水、河川水、湧水

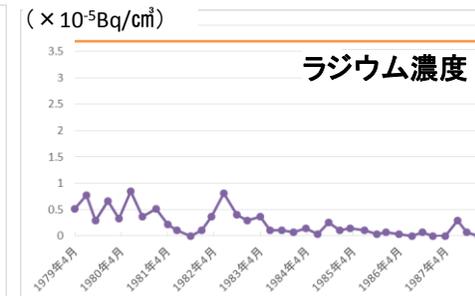
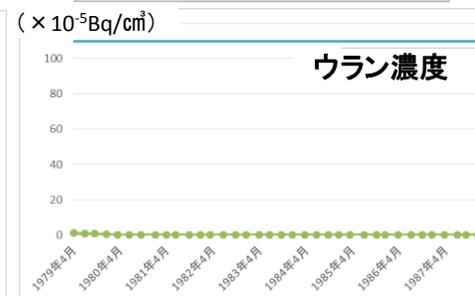
旧診療所横沢水



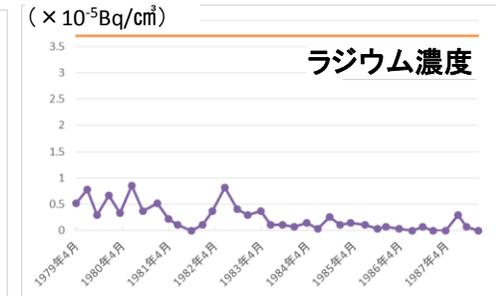
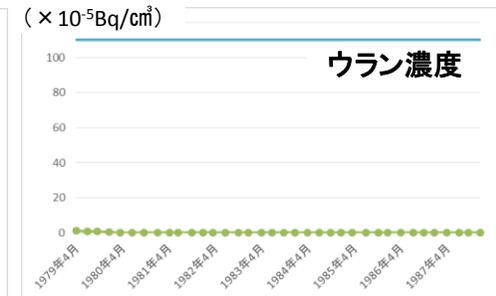
大排水溝



池河川上流(敷地境界)



池河川中流(敷地境界)



人形峠の鉱さいダムへの坑水の送水の経緯について

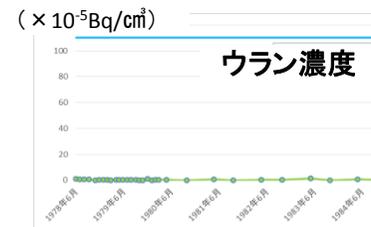
見学坑道(夜次2号坑)

旧診療所横沢水でウラン、ラジウムが一時的にやや高めであったことから、昭和56年より河川放流からダムへ変更した。

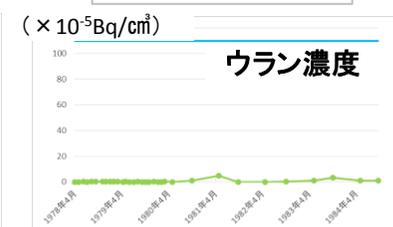
大排水溝(峠地区)

排水口でウランがやや高い値であったことから、昭和54年度から河川放流から経路変更した。

夜次1号えん堤

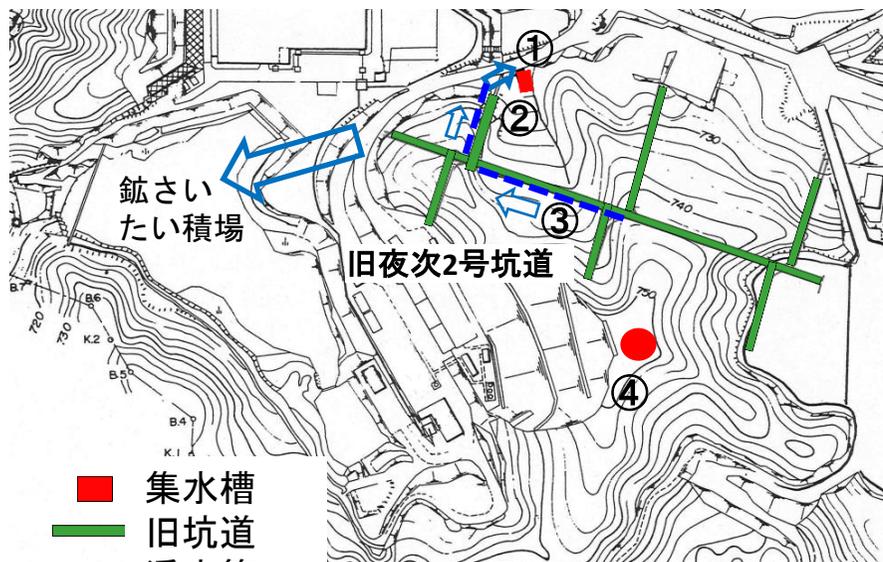


夜次2号えん堤



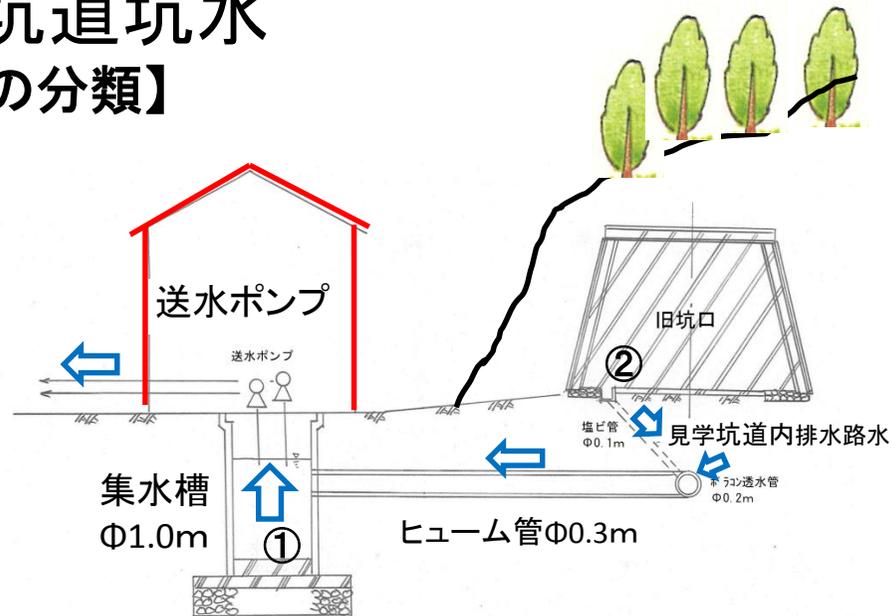
6. 見学坑道坑水

【見学坑道 坑水の分類】

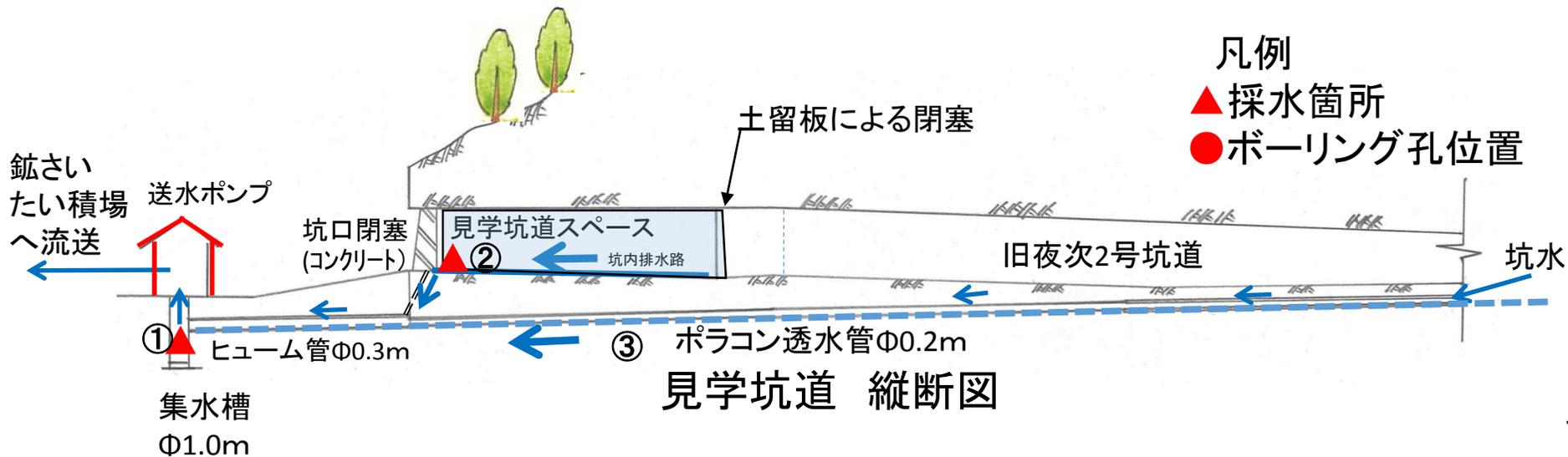


- 集水槽
- 旧坑道
- - - 透水管

見学坑道周辺平面図



見学坑道 断面図



- 凡例
- ▲ 採水箇所
 - ボーリング孔位置

見学坑道 縦断図

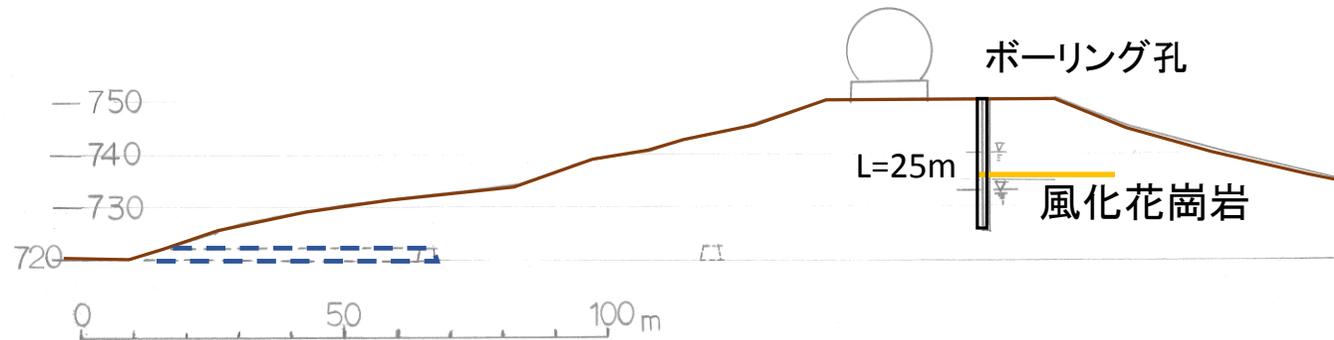
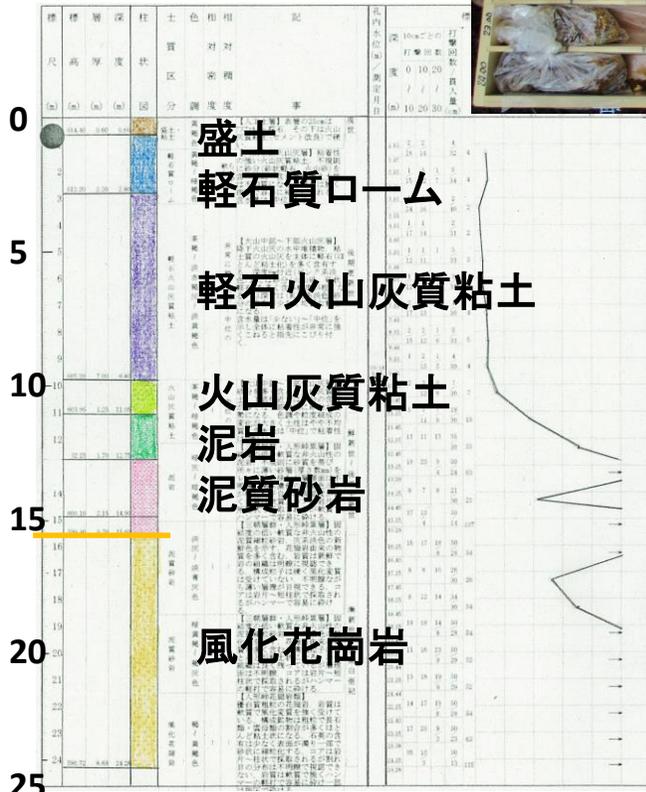
6. 見学坑道坑水

ボーリング孔

15~20mコア



20~25mコア



断面図

6. 見学坑道坑水

見学坑道坑水及びモニタリング孔の水質調査

集水井(合流後)の坑水及び坑道内の排水路の坑水の水量・水質を測定し、奥からの水質を算出。また、周囲のモニタリング孔の水質調査を実施。

場所 \ 項目	排水量	PH	鉄(Fe)	マンガン(Mn)	ウラン	ラジウム	備考
	(m ³ /min)		(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	× 10 ⁻⁵ Bq/cm ³	
①坑内水(集水井)	0.026 ~ 0.063	5.95 ~ 6.25	0.37 ~ 0.49	0.089~0.141	11.6 ~ 29.0	9.9 ~ 13.2	H28(6, 9,12月) (平均)
	0.040	6.08	0.45	0.11	20.8	11.9	
②(坑内)坑内水	0.002 ~ 0.015	—	0.18 ~ 0.43	0.055~0.119	37.5 ~ 58.3	13.5 ~ 16.7	H28(6, 9,12月) (平均)
	0.006	—	0.339	0.10	47.0	15.5	
③(奥から)坑内水(算出)	0.025 ~ 0.048	—	0.36 ~ 0.59	0.09~0.17	3.37 ~ 28.0	9.47 ~ 13.1	算定(単純濃度式) (平均)
	0.034	—	0.48	0.12	16.9	11.6	
④デブリのAモニタリング孔	—	6.1	0.091	0.40	0.21	2.04	H28.11.18

考察

- ・見学坑道内及びその奥からの坑水のラジウム濃度は、排出基準値 ($3.7 \times 10^{-5} \text{Bq/cm}^3$) より高い。
- ・見学坑道坑内水量と奥からの水量の比は、0.15:0.85程度
- ・地下水(モニタリング孔)のラジウム濃度は、排出基準値以下。
- ・見学坑道の奥を充填することにより、坑水量は8割程度減らすことができるが、水質は現状とあまり変化しないと推定。

7. まとめ

1. 峠地区では、峠2号坑水が水量、ウラン・ラジウム・鉄の濃度が高かった。
2. 夜次(北部)地区では昭和40年代から、鉄は約20倍、ウランは約1/10、ラジウムは約3倍と変化している。
3. 夜次(南部)地区では昭和40年代から、ウラン・ラジウムの最大値は約1/4と変化している。
4. 河川水等では、昭和50年代から、ウラン・ラジウムの最大値は約1/4～1/10と変化(低下)している。

今後は、さらなる資料調査から坑道地質(探鉱活動)や周辺地質資料の調査・確認・整理、現地踏査から周囲の湧水状況などの把握を進める。

また、広範囲での地下水流動を把握するため、センター周辺範囲の地下水流動解析を進めていく。

以上