

# 幌延フォーラム2011



平成23年10月27日  
独立行政法人 日本原子力研究開発機構  
幌延深地層研究センター

# 幌延深地層研究センターの現況について



地下施設建設現場  
(平成23年10月21日撮影)



PR施設「ゆめ地創館」・地層処分実規模試験施設  
(平成23年10月13日撮影)

# PR施設「ゆめ地創館」



実験・工作教室「シャボン玉をつくって飛ばそう！！  
～いろいろなシャボン玉を体験してみよう！！～  
(平成23年6月19日)



「ゆめ地創館 なつやすみたなばた祭」  
(平成23年7月30日・31日、8月2日～7日)



「おもしろ科学館」第2会場ゆめ地創館での  
缶バッチプレゼントコーナー  
(平成23年9月3日、4日)



ふれあいギャラリー  
「水谷啓一写真展『利尻富士のある風景』」  
(平成23年10月4日～10月30日)

# アウトリーチ活動



地下水に関する講義・実習・野外地質路頭見学の様子  
サマーサイエンスキャンプ  
(平成23年8月3日～5日)

## 町行事などへの参加



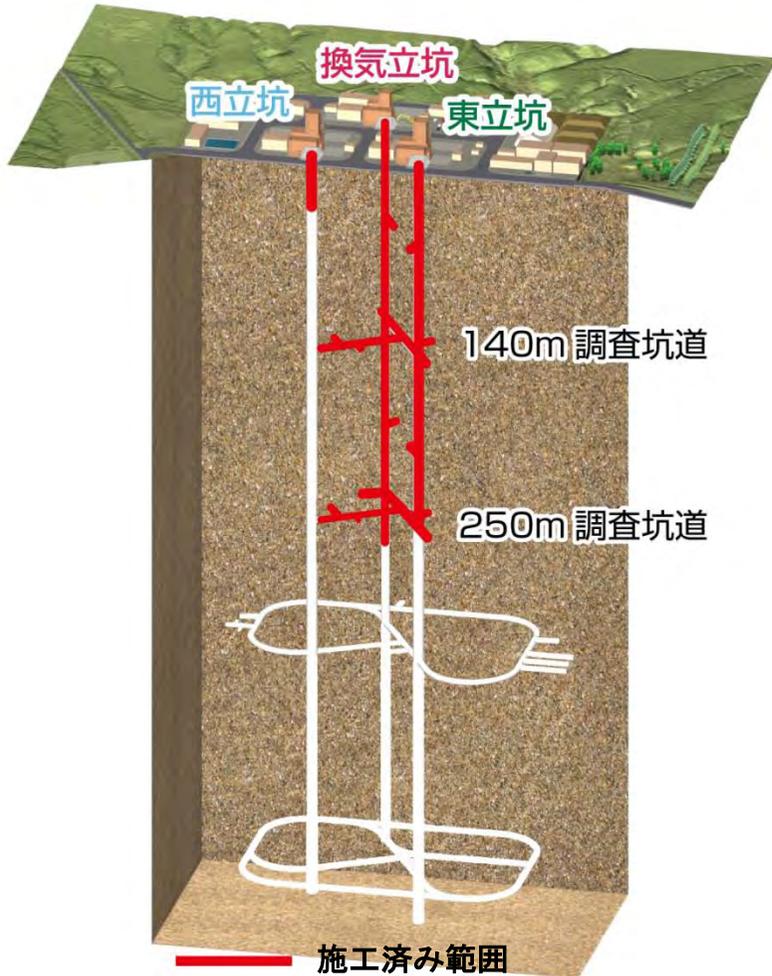
北海道クリーン作戦(10月6日)  
ほろのべ名林公園まつり(8月13日・14日)など

# 施設見学会



深度140m調査坑道での見学の様子  
平成23年4月から10月まで毎月開催

# 地下施設の建設工事



換気立坑工事  
(平成23年8月25日撮影)



西立坑工事  
(平成23年10月21日撮影)

## 【立坑掘削状況 (10/26現在)】

東立坑	:	掘削深度	<b>253.0</b>	m
換気立坑	:	掘削深度	<b>292.0</b>	m
西立坑	:	掘削深度	<b>47.0</b>	m

## 【調査坑道掘削状況 (10/26現在)】

深度140m調査坑道	:	掘削長	<b>183.5</b>	m
深度250m調査坑道	:	掘削長	<b>188.1</b>	m

※このイメージ図は  
今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

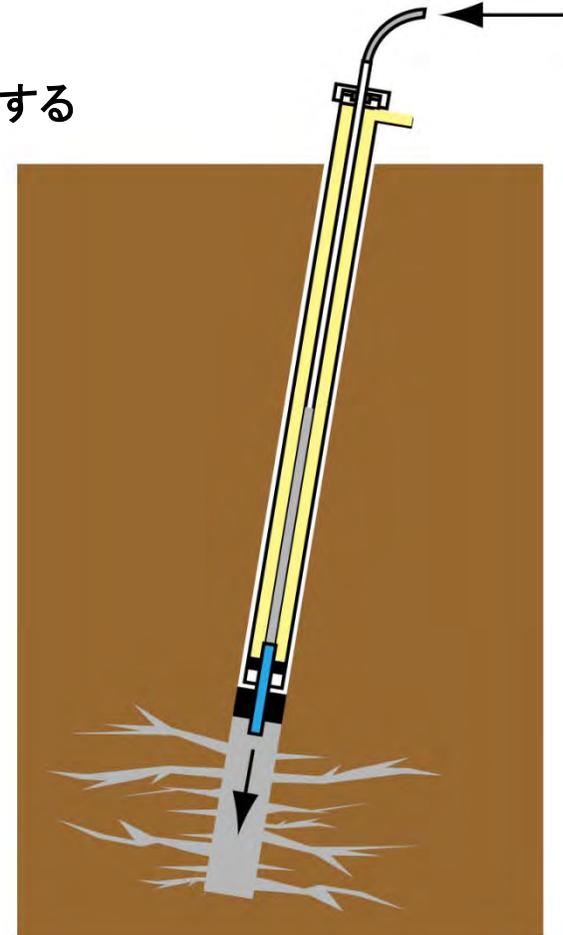
# 地下施設の建設

## 【グラウト工事】(岩盤の割れ目にセメントを注入)

- ・深度250m～370m程度の範囲に、地下水の通り道が集中
- ・地下水の通り道にセメント注入し、坑道の中に地下水を出にくくする



換気立坑深度250m地点におけるグラウト工事の様子



グラウト工事イメージ図

# 平成23年度の計画説明、平成22年度の成果報告



「平成23年度計画説明会」(平成23年4月13日)



「平成22年度成果報告会」(平成23年7月26日)



「札幌報告会2011」(平成23年7月29日)

# 開かれた研究

## ● 国外機関との研究協力

### ○Nagra(スイス)

▽深地層の研究施設計画における調査研究の計画立案や成果に関する技術的検討など

### ○モンテリ・プロジェクト(スイス)

▽鉄材料の腐食に関する原位置試験など

### ○ANDRA(フランス)など

▽地質環境調査技術や地下施設における調査手法および原位置試験など

## ● 国内機関との研究協力

### ○(財)電力中央研究所

▽幌延地域における地質・地下水環境特性評価に関する研究

### ○(独)産業技術総合研究所

▽沿岸域塩淡境界・断層評価技術に関する研究

### ○(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター

▽地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究

### ○(独)原子力安全基盤機構、(独)産業技術総合研究所

▽幌延深地層研究計画における安全評価手法の適用性に関する研究

### ○(財)北海道科学技術総合振興センター・幌延地圏環境研究所など

## ● 大学との研究協力

北海道大学、静岡大学、東京都市大学、岡山大学など



Nagra-JAEA共同研究技術検討会議の様子  
(平成23年5月10日)

# 地層処分実規模設備整備事業<共同研究契約に基づく事業>

## 工学技術試験設備

### (1) 緩衝材定置試験装置(ブロック方式)の製作

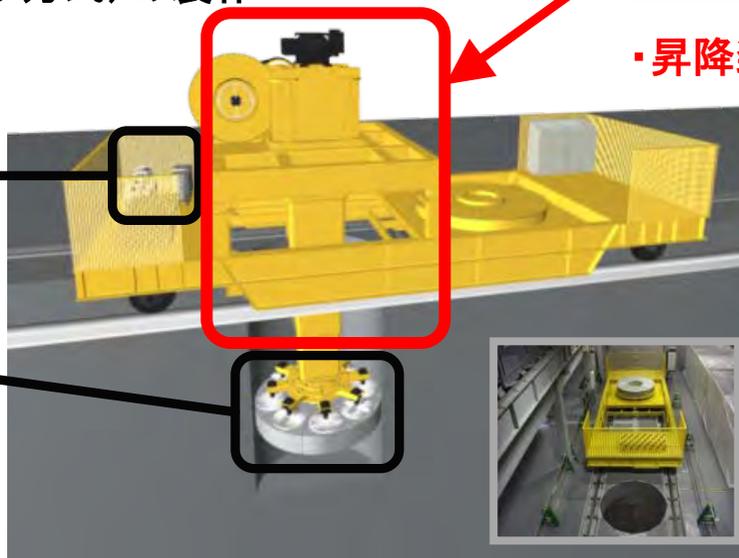
### 今年度製作対象

・昇降装置(テレスコピック)等

真空ポンプ  
平成20年度製作



把持装置  
(真空吸引パッド)  
平成20年度製作



緩衝材定置装置  
走行台車・緩衝材台車  
平成21年度、22年度製作

### (2) 緩衝材可視化試験装置の注水試験

緩衝材に水が供給され、膨潤により隙間が閉じる状況が確認できました。



試験開始時  
(H22 4/28)

1週間後  
(5/5)

1ヶ月後  
(5/28)

3ヶ月後  
(7/28)

6ヶ月後  
(10/31)

12ヶ月後  
(4/26)

# 福島第一原子力発電所事故に関わる取り組み

## 幌延深地層研究センターの取り組み

- 文部科学省原子力災害対策支援本部へ職員を派遣
- 福島県内における「土壌中における深度方向の放射性物質分布の確認調査」の実施
- 除染に係る活動

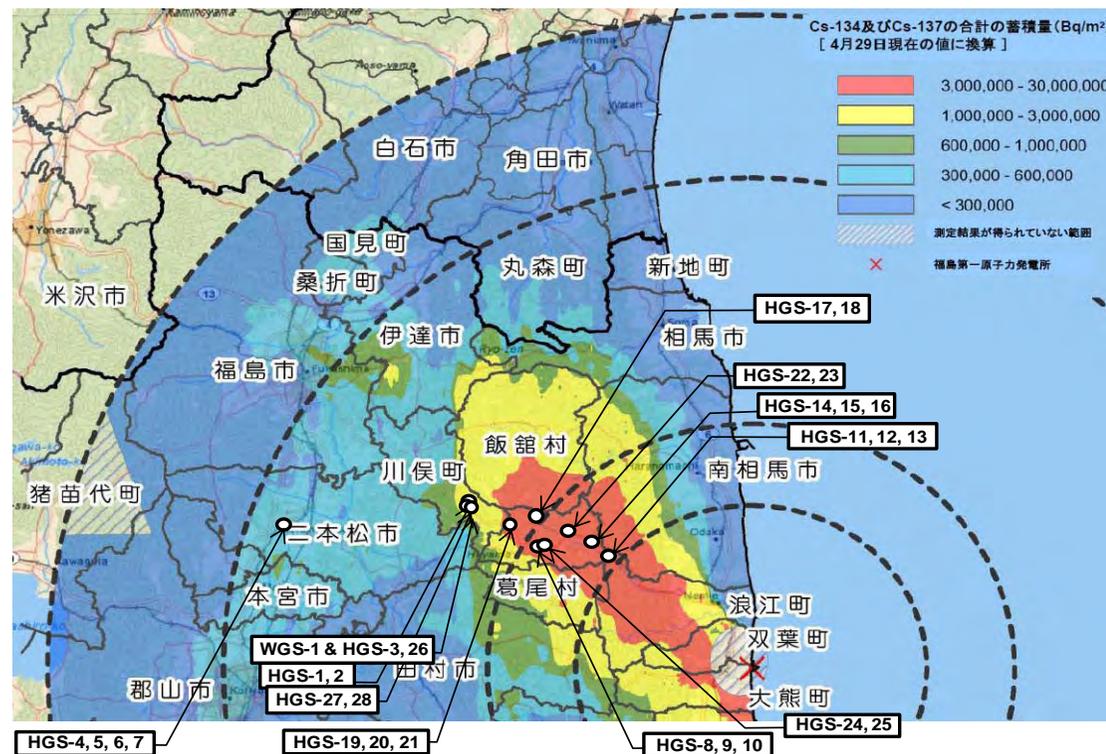
# 土壌中における深度方向の放射性物質分布の確認調査

## 目的

- ・ セシウムやヨウ素がどのくらいの深さまで存在しているかを確認する
- ・ 放射性物質の深度分布を求め、事故発生直後の放射性物質の蓄積状況を推定する

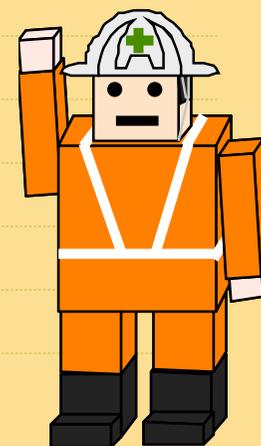


今回の調査で取得した土壌試料  
(ワイドジオスライサー)

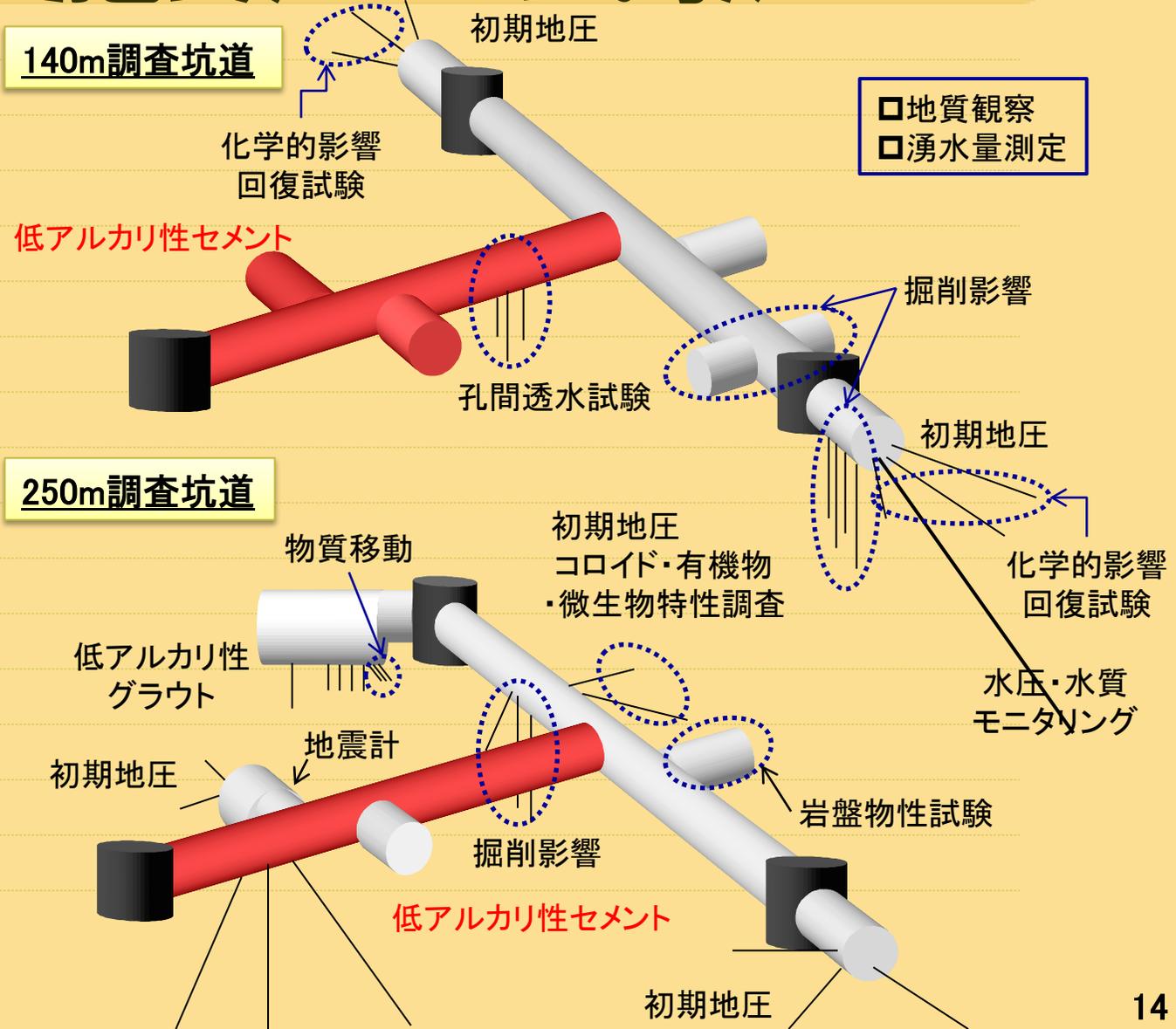
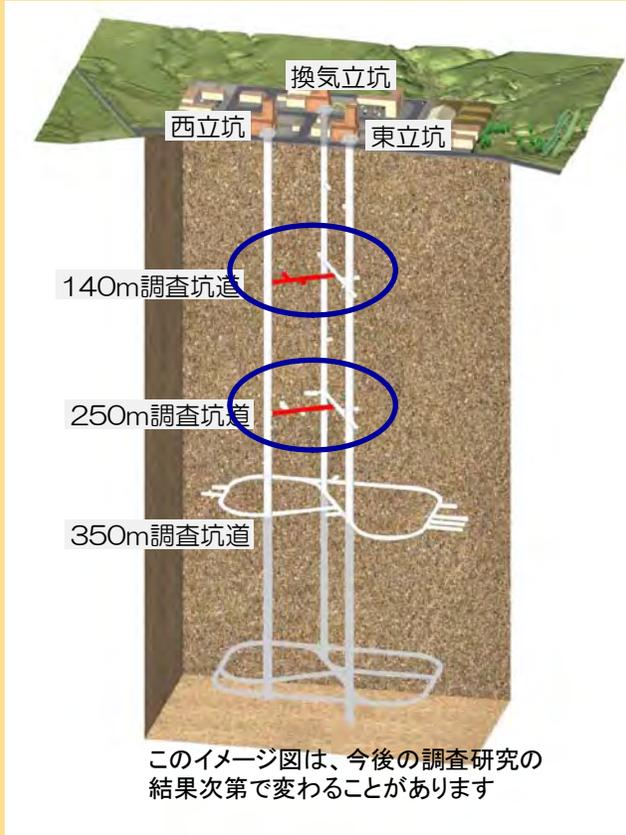


調査地点位置図

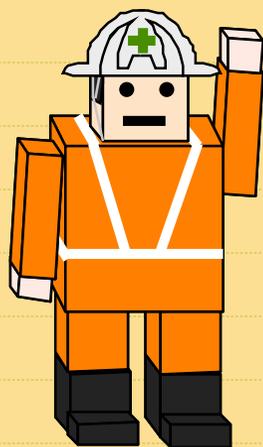
# 調査研究のトピックス



# 地下施設での試験



# 低アルカリ性セメント 材料の開発



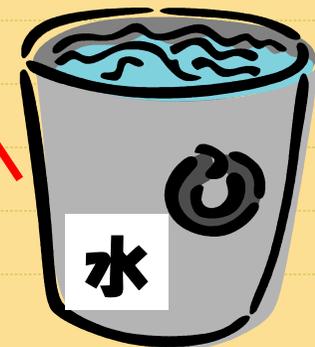
# セメントとは？

## ■ セメント

- 水と反応することで、固まる性質をもつ粉体
- 主成分は石灰(粘土を含む石灰岩と石膏を焼いて作る)
  - ✓ 日本では1875(明治8)年から市販
  - ✓ 世界最古のセメントはピラミッドに使われた



# セメントとコンクリートの違い



# 地下で使われるコンクリート

- 地下坑道はコンクリートで覆われています

140m調査坑道



換気立坑



参考：青函トンネル

- 全長：53.85km
- 使用セメント量：85万t

# なぜ低アルカリ性セメントが必要か？

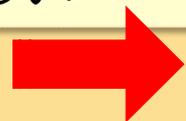
通常のセメントの場合



地層処分では・・・

地下水が**高アルカリ化**(pH13程度)  
⇒ 緩衝材・岩盤を変質  
⇒ 人工バリア・天然バリアとしての性能に影響  
⇒ **pH<11**が望ましい

地下水のアルカリ性が  
高くなる  
(pH13程度)



**低アルカリ性セメントの開発が必要**

# 低アルカリ性セメント

通常のセメント



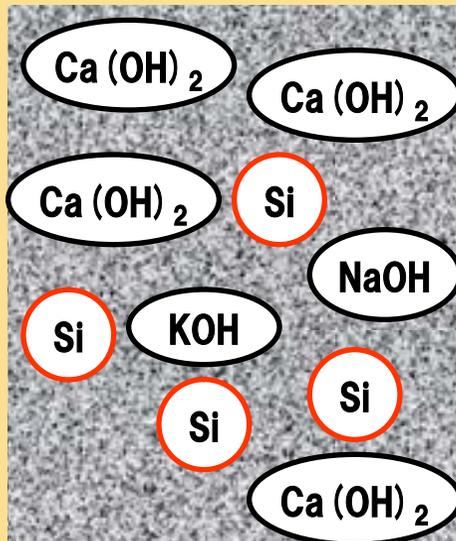
シリカフューム

石英の微粉末

フライアッシュ

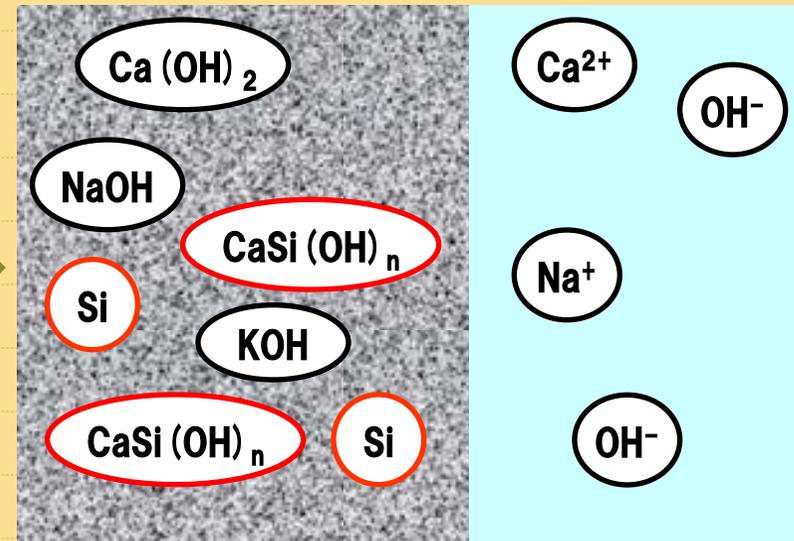
石炭火力発電所から出る石炭灰

ガラス質(Si)を多く含む材料



低アルカリ性の  
コンクリート

地下水



アルカリ性を高くする物質を  
溶けにくくする！

# 低アルカリ性セメントの特許

特許出願公開番号：特開2000-65992

公開日：平成12年3月3日

発明の名称：放射性廃棄物処分場用セメント系材料

(19) 日本国特許庁 (J P)	(12) 公開特許公報 (A)	(11) 特許出願公開番号 特開2000-65992 (P2000-65992A)
		(43) 公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I
G 2 1 F 9/36	5 4 1	G 2 1 F 9/36
B 0 9 B 5/00		C 0 4 B 28/04
C 0 4 B 28/04	Z A B	G 2 1 F 9/16
G 2 1 F 9/16	5 2 1	B 0 9 B 5/00
// (C 0 4 B 28/04		
審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 4 頁) 最終頁に続く		
(21) 出願番号	特願平10-234000	(71) 出願人
(22) 出願日	平成10年8月20日(1998.8.20)	000224754 核燃料サイクル開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
特許法第30条第1項適用申請有り 1998年3月10日 社団法人日本原子力学会発行の「日本原子力学会1998年(第36回)春の年会要旨集 第▲I I I ▼分冊」に発表		(71) 出願人 000000549 株式会社大林組 大阪府大阪市中央区北浜東4番33号
		(72) 発明者 三原 守弘 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33 動力炉・核燃料開発事業団東海事業所内
		(74) 代理人 100087686 弁理士 松本 雅利
最終頁に続く		

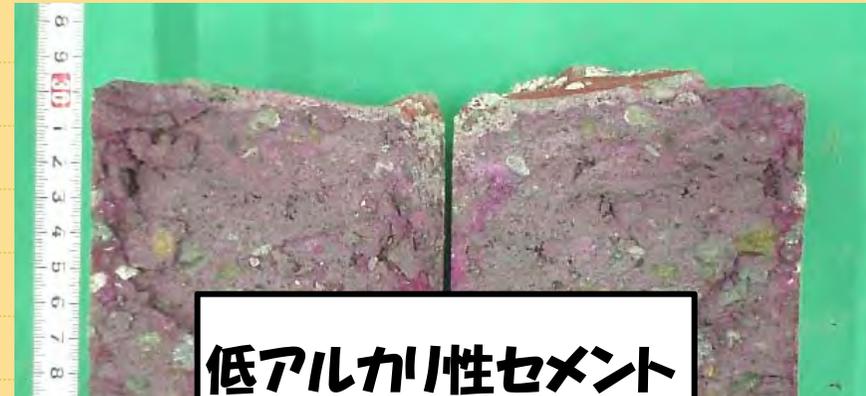
# 通常的水泥との違い

低アルカリ性  
セメント

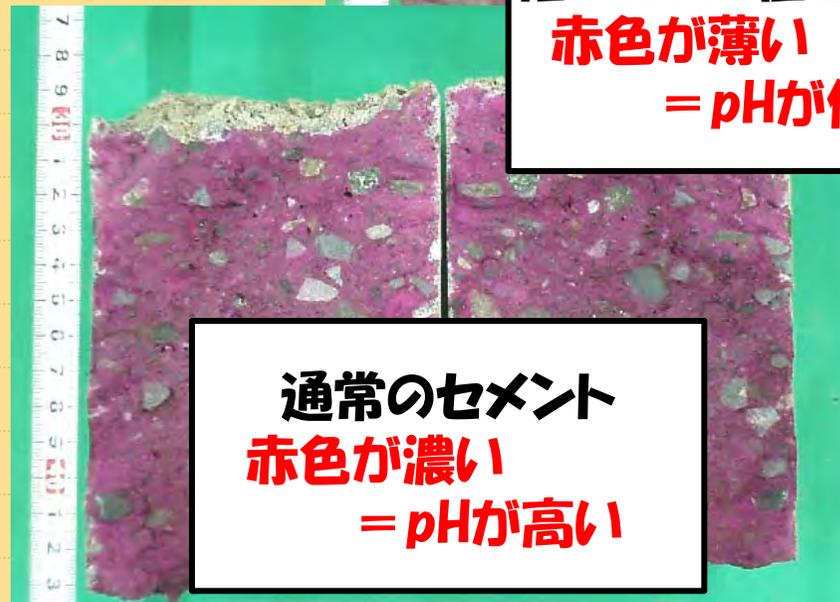
通常のセメント



吹付けたコンクリートから  
採取したもの



低アルカリ性セメント  
赤色が薄い  
= pHが低い



通常的水泥  
赤色が濃い  
= pHが高い

# 開発における課題(1)

低アルカリ性セメント

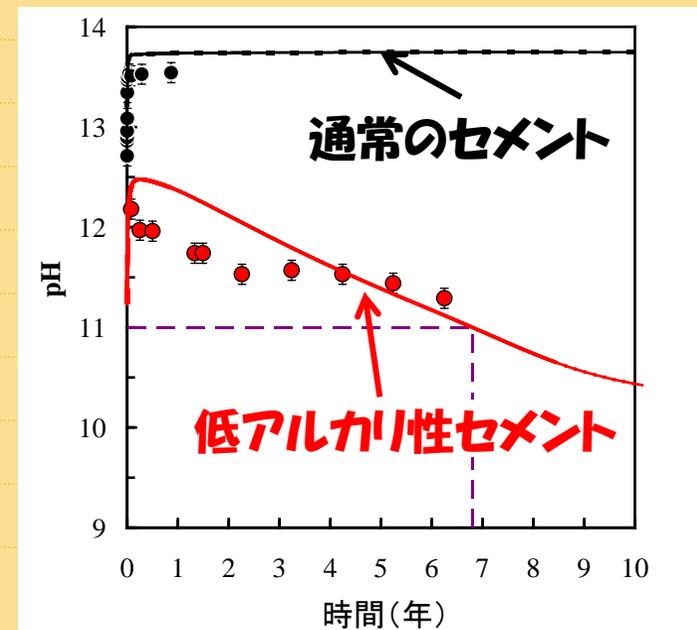
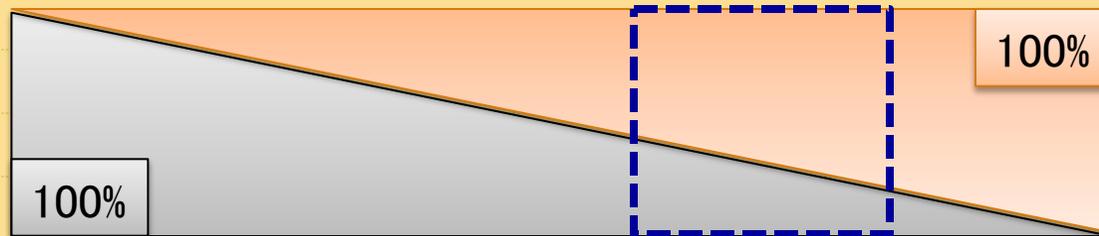


通常のセメント



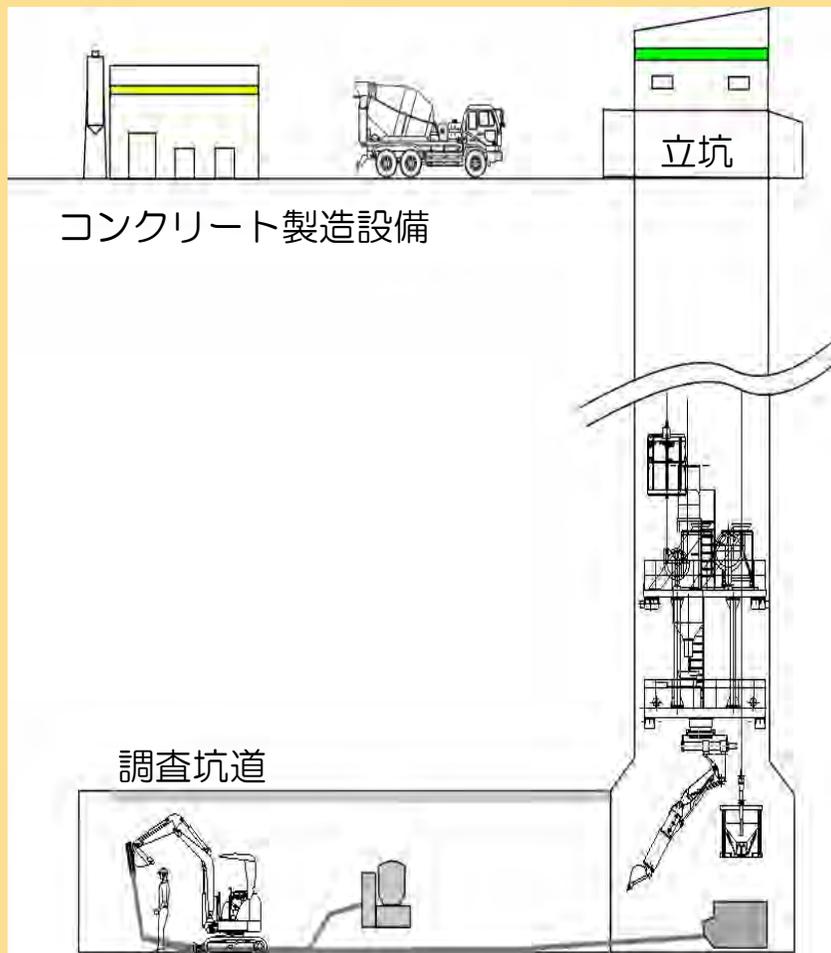
シリカフューム

フライアッシュ

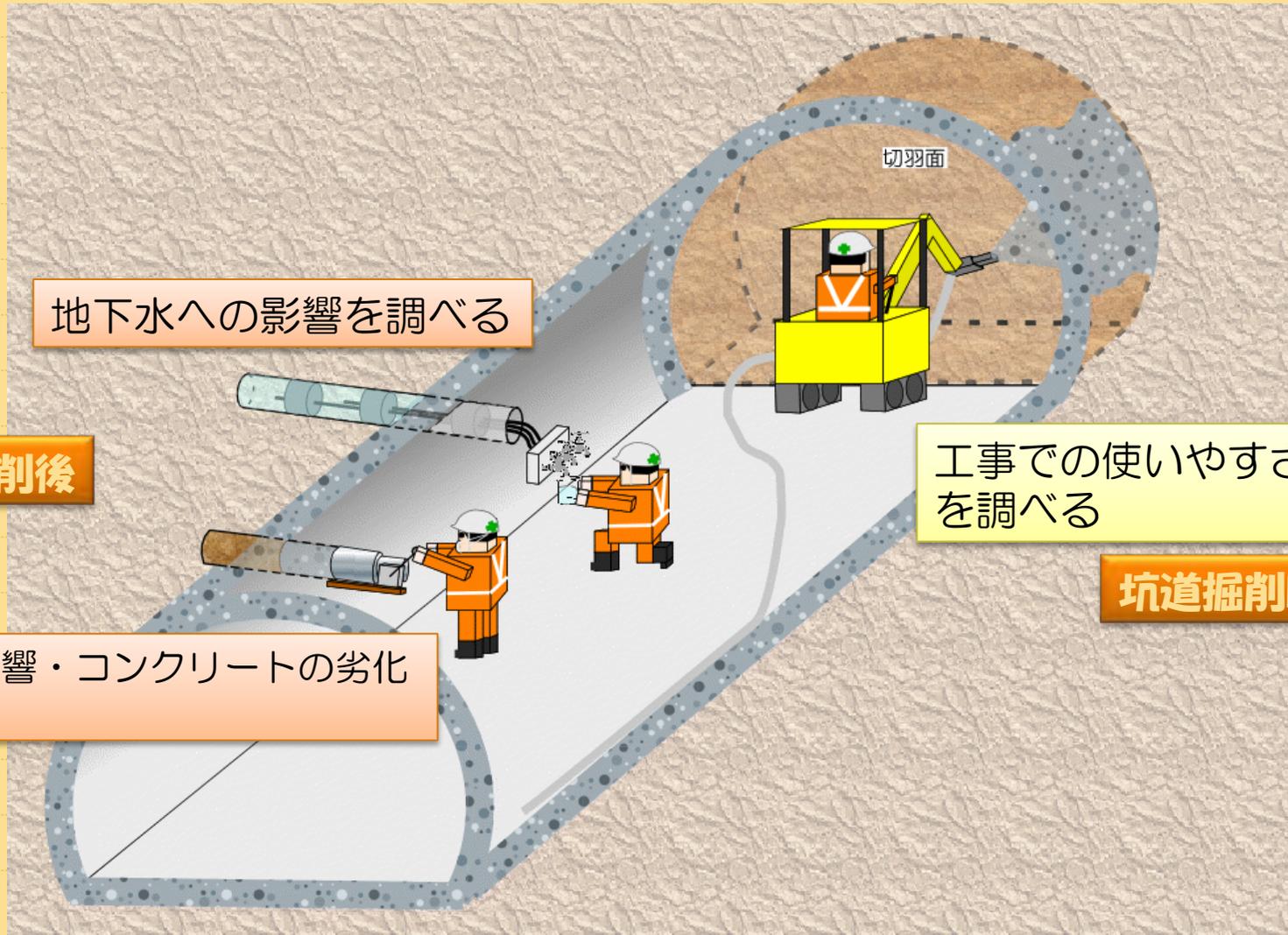


# 開発における課題(2)

## ■ 工事での使いやすさ



# 地下施設での試験イメージ



地下水への影響を調べる

坑道掘削後

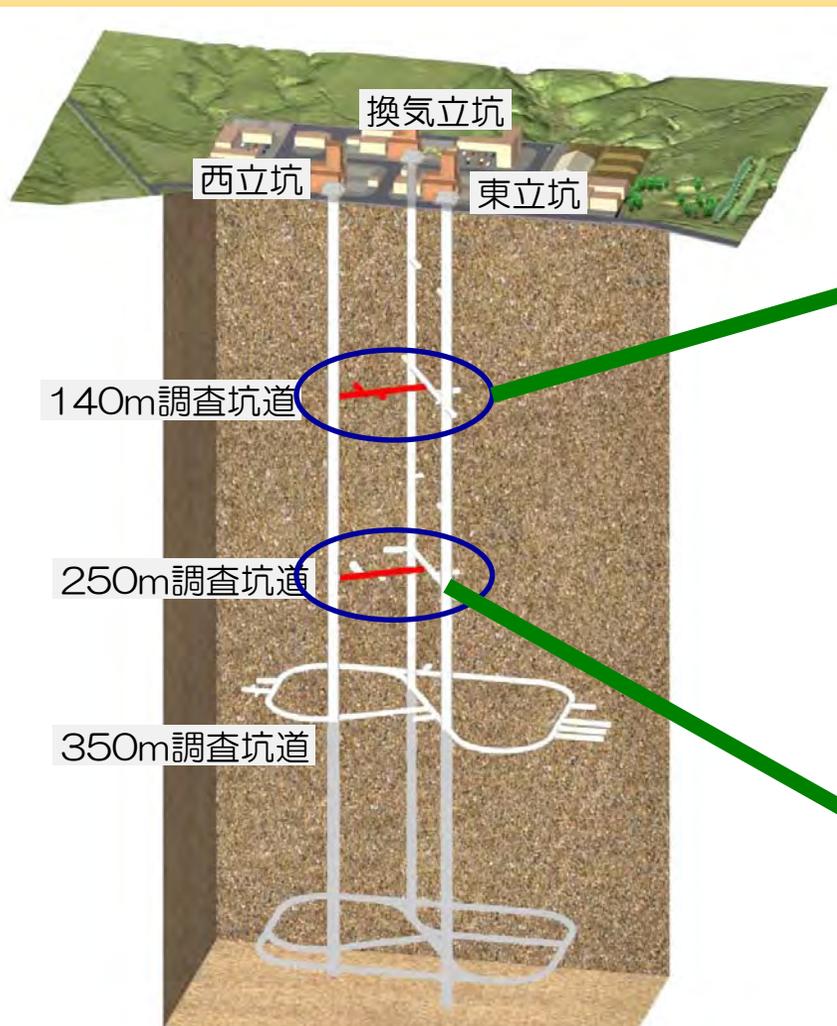
岩盤へ影響・コンクリートの劣化を調べる

工事での使いやすさを調べる

坑道掘削時

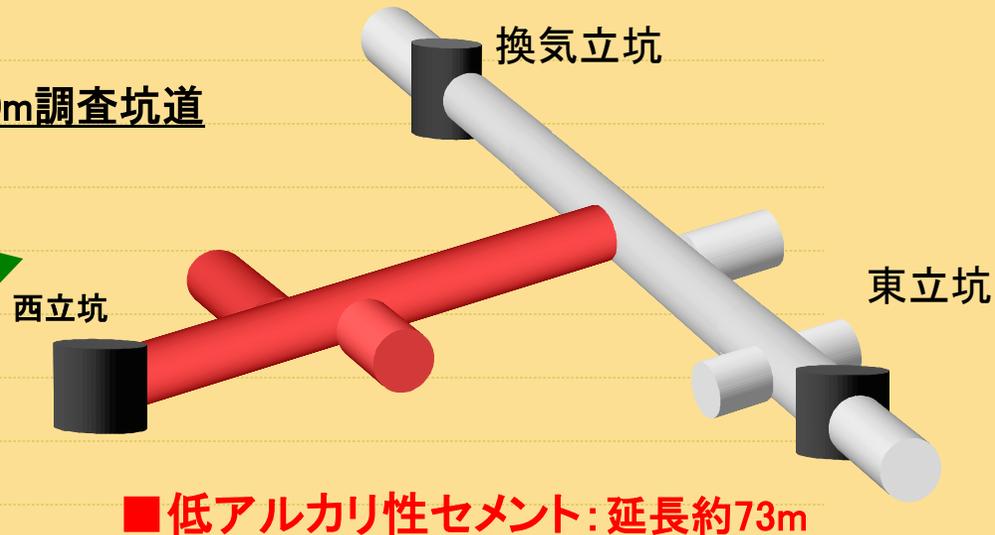


# 地下施設での試験場所



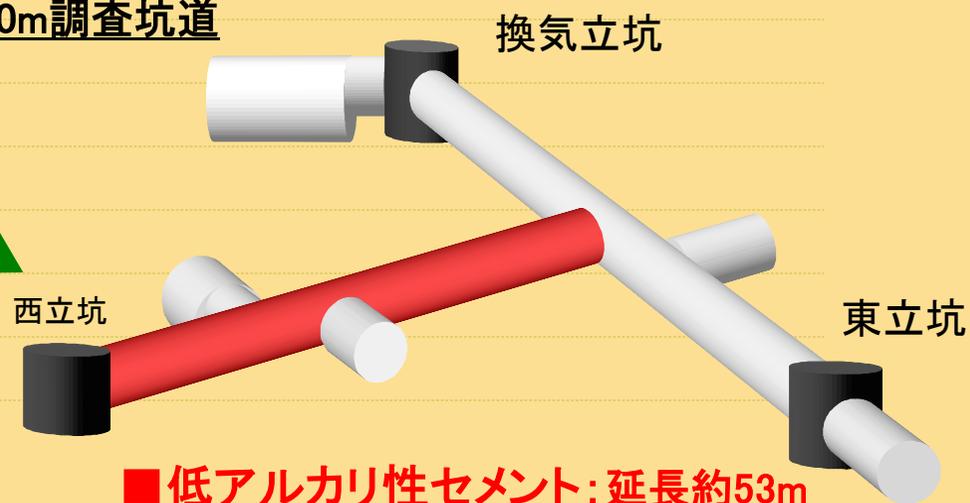
このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります

140m調査坑道



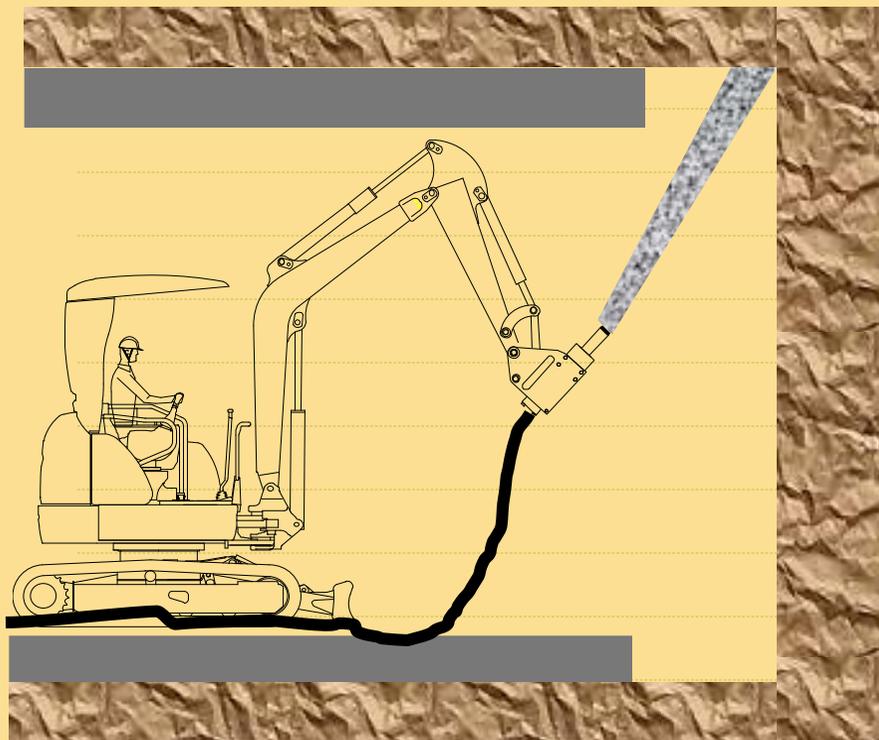
■低アルカリ性セメント:延長約73m

250m調査坑道



■低アルカリ性セメント:延長約53m

# 地下施設での試験状況



粉じん量

- 通常のセメント：16~24mg/m<sup>3</sup>
- 低アルカリ性セメント：5~16mg/m<sup>3</sup>

# 本格的な施工は世界初

・北海道新聞  
平成21年10月16日  
朝刊27面

・電気新聞  
平成21年10月22日  
朝刊2面

### Low Alkaline Cement used in the Construction of a Gallery in the Horonobe Underground Research Laboratory

M. Nakayama, H. Sato, Y. Sugita, S. Ito<sup>1</sup>, M. Minamide<sup>2</sup>, Y. Kitagawa<sup>2</sup>  
Japan Atomic Energy Agency Horonobe Underground Research Unit,  
Japan Atomic Energy Agency Underground Research Center,  
<sup>1</sup>Taisei Corporation

**INTRODUCTION**  
Since a leaching solution from OPC shows high alkalinity by dissolution of portlandite (Ca(OH)<sub>2</sub>), decrement of portlandite production in hardened cement is required in order to reduce the pH of the leaching water of the cementitious materials. JAEA has been developing cement with a lower leaching solution pH from cement hydrate. The low alkaline cement was named HFSC. The early strength of HFSC tends to be lower compared with that of OPC, because of the low OPC content. With respect to low-pH, the content of pozzolanic materials in HFSC should be over 40 wt%. The content of HFSC (OPC:SF:FA=40:20:40 wt%) was determined based on compressive strength tests.

**MIXED PROPORTION**  
Mixed proportion of OPC/HFSC

	Water/Binder Ratio (%)	Sand Ratio (%)	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )							
			Water	Binder	Fine Aggregate	Coarse Aggregate	Fiber			
			OPC	SF	FA	Admix-ture				
OPC	43.3	56.9	173	400	-	1,068	806	2.00 (0.2%)	(9.1)	
HFSC	30.0	59.7	150	200	100	200	974	655	3.25 (0.65%)	(9.1)

Mixed proportion of OPC/HFSC was determined by using batch plant which for construction of Horonobe URL.

It was confirmed that the uniaxial strength of OPC/HFSC was superior to design strength (2N/mm<sup>2</sup> after 28 days).

**WORKABILITY OF HFSC SHOTCRETE**  
To evaluate the workability of HFSC shotcrete, it was checked by visual confirmation. The items to evaluate the workability were follows: mixing state, pulsed condition of pipes, drips from nozzle, flash setting state, dust, adherent state. In order to quantitatively compare the workability of HFSC and OPC shotcrete, experienced experts of tunnel construction put the point on the above-mentioned items by 5 point full marks at the in-situ test of HFSC and OPC shotcrete. The table shows the result of HFSC shotcrete's workability compared with OPC shotcrete's.

As shown in the table, workability of HFSC shotcrete was almost equivalent to that of OPC shotcrete. In particular, HFSC shotcrete was better than OPC shotcrete for quick setting state, dust and adherent state.

Items	Evaluation point of OPC/HFSC
Mixing state	Equivalent to OPC(4-4)
Pulsed condition of pipes	Equivalent to OPC(4-4)
Drips from nozzle	Slightly inferior to OPC(4-3)
Quick-setting state	Better than OPC(3-4)
Dust	Better than OPC(3-4)
Adherent state	Better than OPC(3-4)

Workability of HFSC shotcrete compared with that of OPC shotcrete in the 140m depth drift.

**CONFIRMATION OF STABILITY OF THE DRIFT**  
To evaluate stability of the 140m drift construction using OPC and HFSC shotcrete, inner section displacement of the drift was monitored. The change of inner section displacement in each section after the shotcrete construction is shown in the figure. From these results, it was observed that the displacement was convergent after 30 days, and the stability of the drift was ensured in each section.

In the bedrock that the URL was constructed, maximum principal stress acts on the northwest-southeast direction, the minimum principal stress in the northeast-southwest direction. The displacement of northeast-southwest direction was 2-3 larger times than that of northwest-southeast direction. It was confirmed that the displacement in each drift was in good agreement with the direction of the principal stress. These displacement values of HFSC and OPC show similar tendency, and it depended on the directions.

For the drift which used OPC shotcrete, there were sections that showed relatively large inner section displacement (around 15 mm at the maximum), but the stress values which measured by concrete stress meter were lower than the allowable stress value. In addition, destructions such as crack were not observed in the drifts where OPC and HFSC shotcrete were used.

**EXPERIMENT IN UNDERGROUND**  
Layout of the Horonobe URL  
OPC (17m)  
No Fiber  
West Access Shaft  
HFSC (73m)  
East Access Shaft  
Test area of HFSC/OPC shotcrete in the 140m Gallery  
Confirmation of Workability  
Groundwater sampling  
Core sampling  
Evaluation the influence on groundwater and rock  
The image of in-situ experiment using HFSC shotcrete  
Spraying HFSC shotcrete to the drift  
The drift sprayed with HFSC shotcrete

**SUMMARY**  
Low alkaline cement (HFSC) which was developed by JAEA was used in construction of a part of the Horonobe URL.  
The workability of HFSC was evaluated through comparison with OPC.  
As the result, it was confirmed that  

- the strength of HFSC shotcrete with local aggregates showed larger than the design strength.
- the workability of HFSC shotcrete with local aggregates showed larger than the design strength.
- the inner section displacement of HFSC shotcrete showed a tendency to equal to that of OPC shotcrete
- stability of the gallery was secured even if HFSC shotcrete was used.

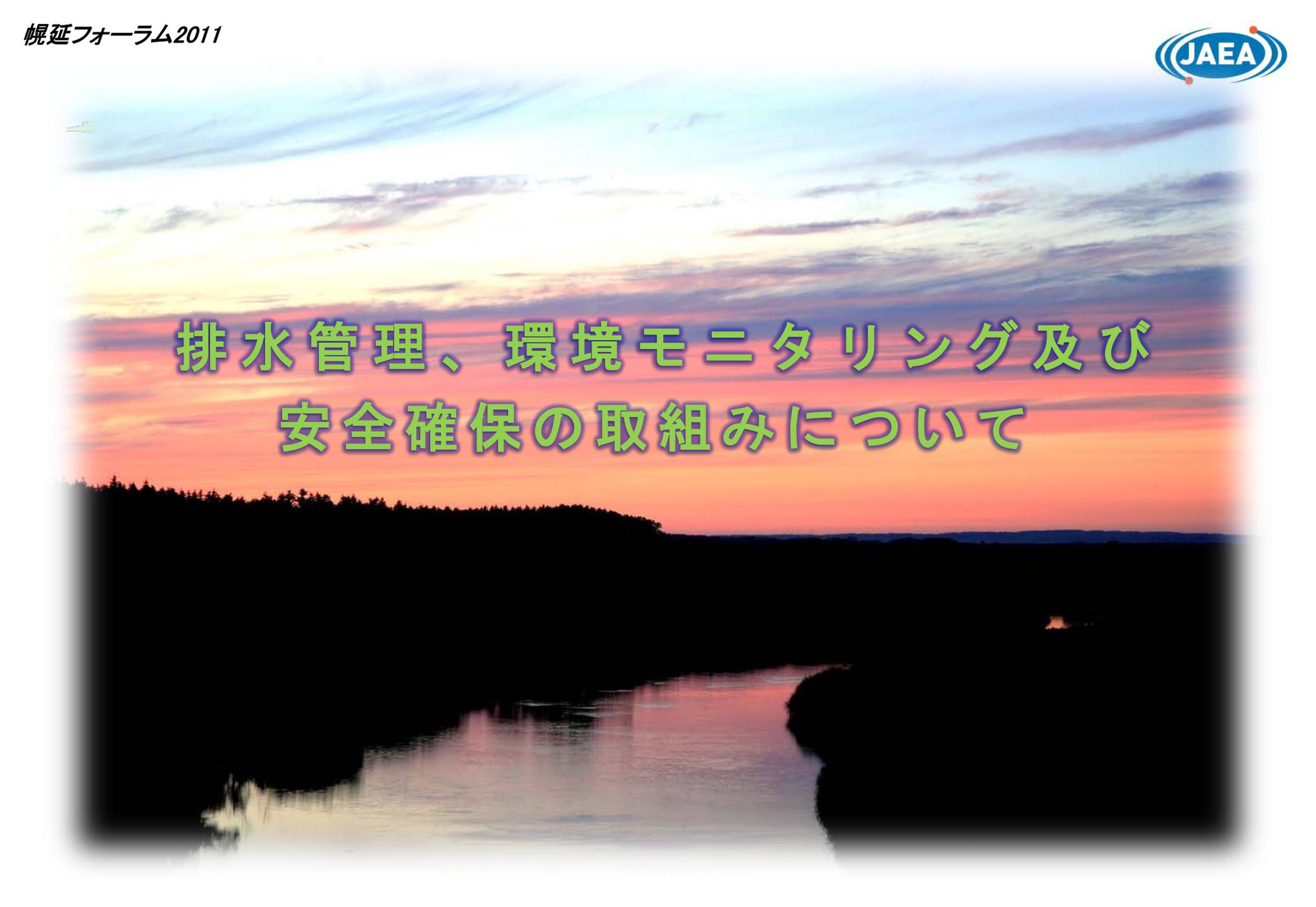
**HFSC shotcrete was able to apply to the construction of drift in underground facility.**

**FUTURE WORKS**  
For the next around decade  

- the influence of HFSC and OPC on groundwater and rock to be evaluated by sampling water and core from the drift wall.
- HFSC shotcrete would be used in the 250m/350m Gallery construction
- HFSC will be used in construction not only as the shotcrete but also as the segmental liner concrete in a shaft
- Through these constructions using HFSC concrete, the effectivity of HFSC concrete in deep underground and the influence of HFSC shotcrete and/or HFSC lining to geological feature will be synthetically evaluated.

**Change of inner section displacement**  
Monitoring line  
Typical cross section of the 140m Gallery

国際学会での発表

A scenic photograph of a sunset over a river. The sky is filled with soft, colorful clouds in shades of blue, orange, and red. The sun is low on the horizon, casting a warm glow. The foreground shows the dark silhouette of a forest along the riverbank, with the water reflecting the colors of the sky.

# 排水管理、環境モニタリング及び 安全確保の取組みについて

# 幌延深地層研究センターにおける水質調査

## 北るもい漁協との協定（覚書）に基づく水質調査

- ① 天塩川の水質
- ② 研究管理棟等浄化槽排水の水質

## 協定（覚書）以外の水質調査

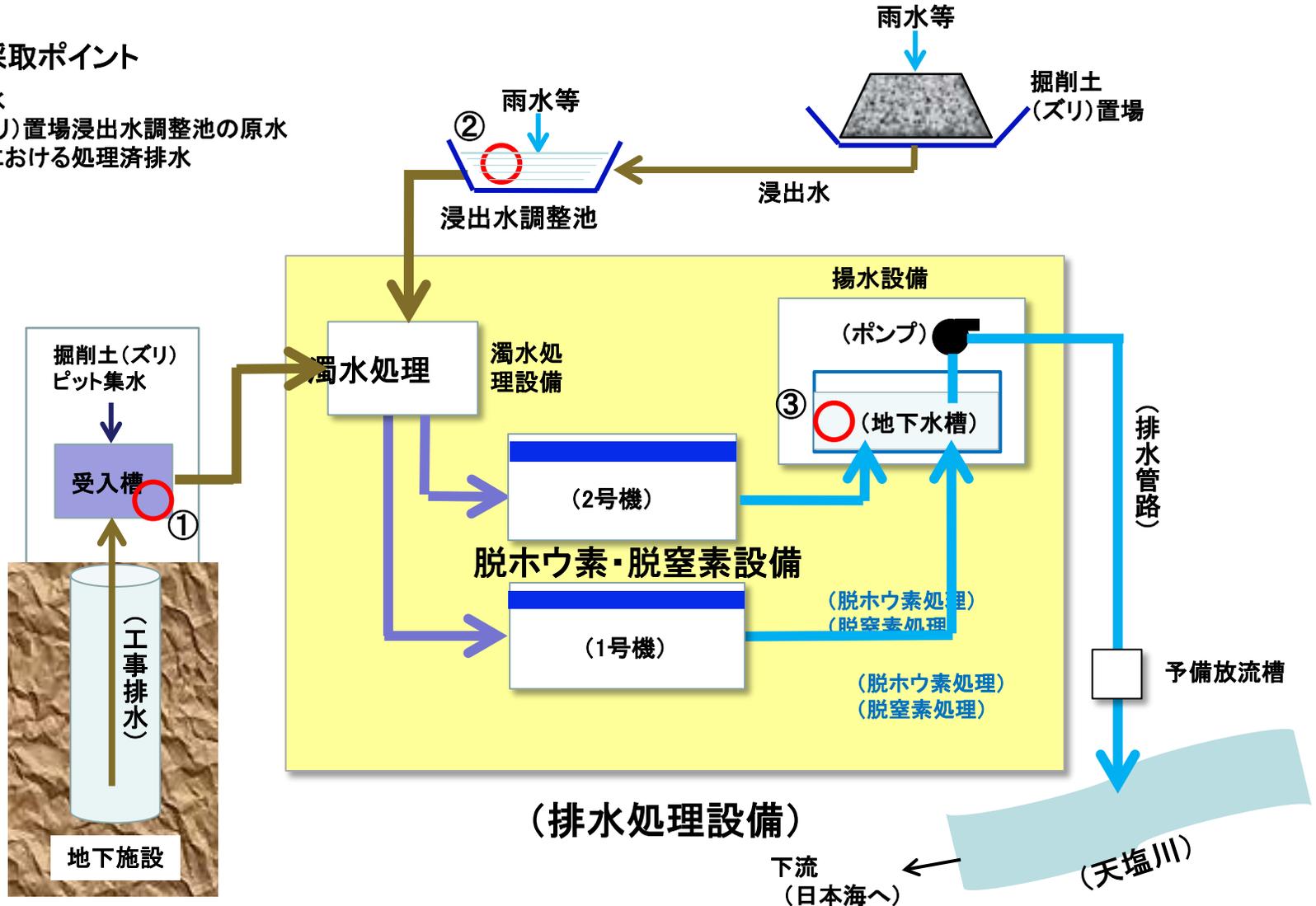
- ① 立坑等の原水の水質
- ② 処理済排水の水質
- ③ 掘削土（ズリ）置場周辺の地下水の水質
- ④ 清水川の水質

# 地下施設等からの排水の処理フロー

H23. 9現在

○ : 試料採取ポイント

- ①立坑の原水
- ②掘削土(ズリ)置場浸出水調整池の原水
- ③揚水設備における処理済排水





# 河川等の水質調査状況（平成23年度上期）



掘削土（ズリ）置場周辺及び河川水の水質調査

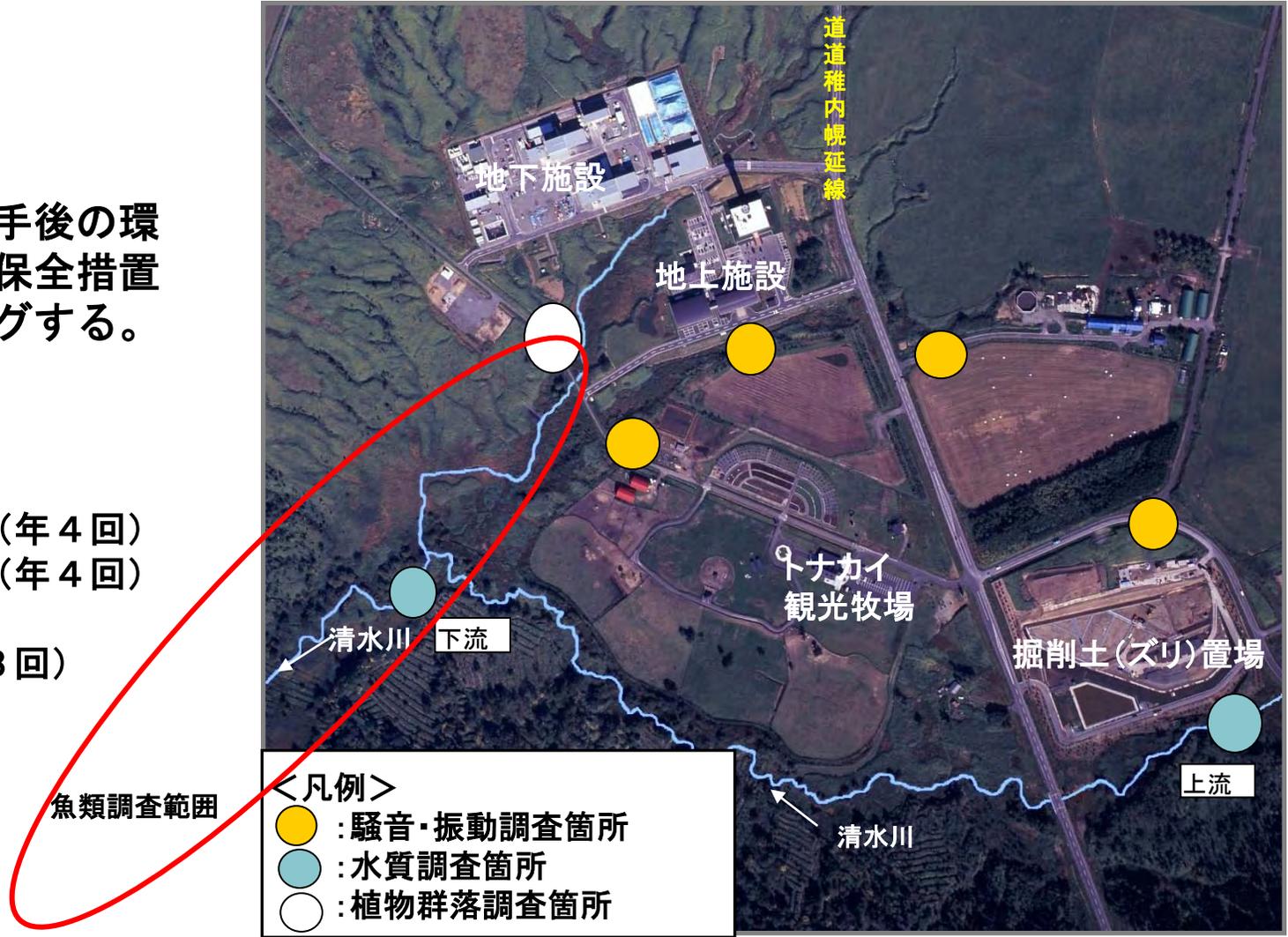


天塩川の水質調査

# 環境モニタリングの調査項目と調査地点

(調査項目)  
 研究施設の建設着手後の環境への影響及び環境保全措置の経過をモニタリングする。

- (調査項目)
1. 騒音及び振動 (年4回)
  2. 清水川の水質 (年4回)
  3. 魚類 (年3回)
  4. 植物群落 (年3回)



# 環境モニタリング状況（平成23年度上期）



騒音・振動測定



魚類生息調査



植物群落調査



清水川の水質調査

# 排水管理及び環境モニタリング結果について

## 1. 協定（覚書）に基づく水質調査結果

- ・天塩川の透視度など一部協定値を超過していましたが、例年通りの傾向で融雪に伴う増水による天塩川の濁りでした。

\* 詳細なデータは毎月ホームページで公開しています。

## 2. 協定（覚書）に実施している水質調査結果

- ・処理済排水は、排水基準値を満足していました。
- ・掘削土（ズリ）置場周辺や清水川の水質に地下施設建設工事による影響は認められませんでした。

\* 詳細なデータは毎月ホームページで公開しています。

## 3. 環境モニタリング調査結果

- ・地下施設建設工事による環境への影響は認められませんでした。

# 安全確保の取組み

(AEDの使用)



(140m  
調査坑道)



(地上への搬出)

急病者救出訓練(7月6日)



(西立坑上部工事)

安全巡視(7月14日)

安全確保を第一として水質調査及び環境モニタリングを今後も継続して実施し、健全な環境を維持して幌延深地層研究計画を進めてまいります

ご清聴ありがとうございました