

#### (4) 掘削土（ズリ）置場周辺の地下水の水質調査結果

地下施設の建設により発生した掘削土（ズリ）は、二重に遮水された掘削土（ズリ）置場で管理していますが、遮水された外側となる掘削土（ズリ）置場周辺への影響を監視するため、図 93に示す調査地点において、観測用のボーリング孔から地下水を定期的（原則4回/年）に採水し（写真13）、水質調査を実施しています。

令和元年度における調査結果は、表 6に示すとおり、これまでの調査結果と同等であることから、掘削土（ズリ）置場が周辺環境に影響を与えていないものと判断しています。

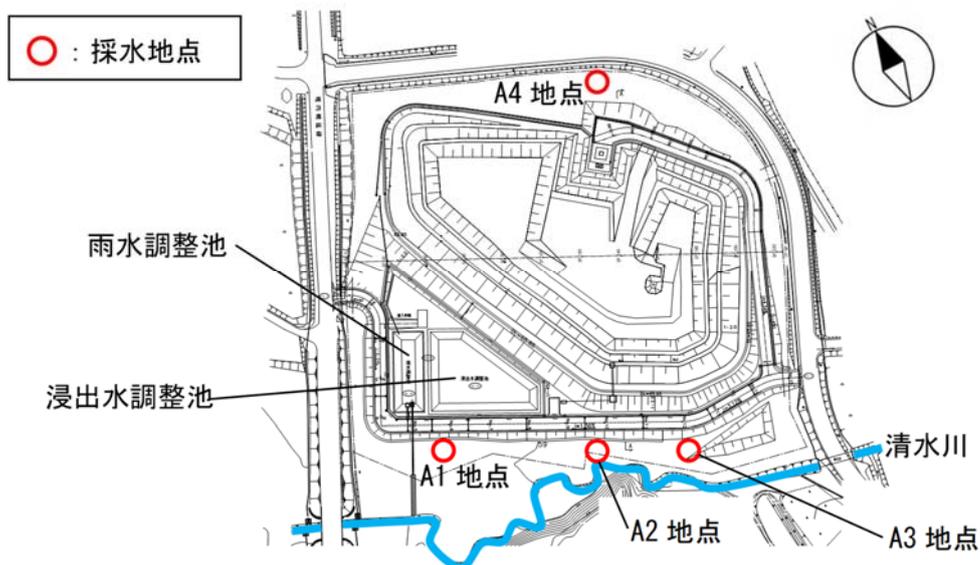


図 93 掘削土（ズリ）置場周辺の地下水の採水地点



写真 13 掘削土（ズリ）置場周辺の地下水の採水状況（A1～A4）

表 6 掘削土(ズリ)置場周辺の地下水の水質調査結果

分析項目*1	採水地点*2	過年度		令和元年度			
		平成18年6月 ～平成19年4月 掘削土(ズリ) 搬入前	平成19年5月 ～平成31年2月 掘削土(ズリ) 搬入後	令和元年			令和 2年
				5月	8月	11月	
カドミウム (mg/L)	A1	<0.001～0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	A2	<0.001～0.004	<0.001～0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	A3	<0.001～0.003	<0.001～0.009	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	A4	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛 (mg/L)	A1	<0.005～0.171	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A2	<0.005～0.006	<0.005～0.007	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A3	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A4	<0.005～0.022	<0.005～0.006	<0.005	0.007	<0.005	<0.005
ヒ素 (mg/L)	A1	<0.005	<0.005～0.012	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A2	<0.005	<0.005～0.007	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A3	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	A4	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
セレン (mg/L)	A1	<0.002	<0.002～0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	A2	<0.002	<0.002～0.003	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	A3	<0.002	<0.002～0.005	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	A4	<0.002	<0.002～0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
フッ素 (mg/L)	A1	<0.1～0.3	<0.1～0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	A2	<0.1～0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	A3	<0.1～0.2	<0.1～0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	A4	<0.1	<0.1～0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
ホウ素 (mg/L)	A1	19.8～50.7	0.40～63.0	11	11	16	24
	A2	1.29～43.5	0.43～19.0	11	6.2	6.4	14
	A3	12.5～34.0	0.18～41.8	0.55	0.48	2.7	24
	A4	<0.02～0.06	<0.02～0.47	<0.02	0.02	0.40	0.04
pH	A1	6.9～7.2	6.3～7.9	6.2	6.1	6.3	6.5
	A2	4.6～6.3	3.7～6.9	6.6	6.3	6.5	6.6
	A3	6.8～7.3	4.2～7.4	6.4	6.2	6.5	6.7
	A4	5.4～6.6	5.0～6.7	5.0	5.0	5.0	5.1
塩化物 イオン (mg/L)	A1	1,810～2,760	79～3,400	950	900	1,000	1700
	A2	147～2,910	23～1,200	680	280	370	890
	A3	631～1,550	27～1,700	32	26	130	940
	A4	9.7～11.9	8.4～17.0	8.8	10	10	14

\*1：主な分析項目を抜粋

\*2：採水地点は図 93 参照

## (5) 清水川および掘削土（ズリ）置場雨水調整池の水質調査結果

掘削土（ズリ）置場雨水調整池による清水川への影響がないことを確認するため、図 94に示す清水川の上流（A5）と下流（A7）の2地点および掘削土（ズリ）置場雨水調整池（A6）において、定期的（原則1回/月）に採水を行い（写真 14）、水質調査を実施しています。

令和元年度における調査結果は、表 7に示すとおりです。雨水調整池（A6）において、微量の鉛（0.007 mg/L）が検出されましたが、過去の調査においても清水川（A7）を含め、同程度の値を検出しており、排水基準（0.1 mg/L）と比べても小さな値であることから、周辺環境への影響はないものと判断しています。

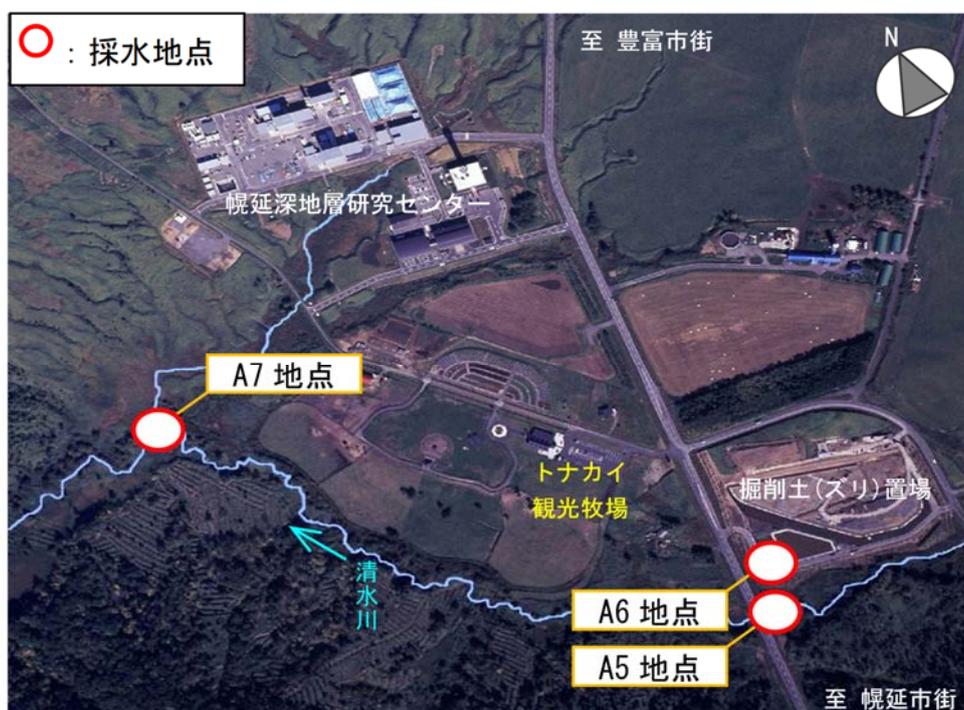


図 94 清水川および掘削土（ズリ）置場雨水調整池の採水地点



写真 14 清水川の採水状況

表 7 清水川および掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質調査結果

分析項目*1	採水地点*2	過年度		令和元年度
		平成18年6月 ～平成19年4月 掘削土(ズリ) 搬入前	平成19年5月 ～平成31年3月 掘削土(ズリ) 搬入後	平成31年4月 ～令和2年3月
カドミウム (mg/L)	A5	<0.001	<0.001	<0.001
	A6	<0.001～0.001	<0.001～0.002	<0.001
	A7	<0.001	<0.001	<0.001
鉛 (mg/L)	A5	<0.005	<0.005	<0.005
	A6	<0.005	<0.005～0.006	<0.005～0.007
	A7	<0.005	<0.005～0.008	<0.005
ヒ素 (mg/L)	A5	<0.005	<0.005～0.006	<0.005
	A6	<0.005～0.011	<0.005～0.015	<0.005
	A7	<0.005	<0.005～0.009	<0.005
セレン (mg/L)	A5	<0.002	<0.002～0.002	<0.002
	A6	<0.002	<0.002～0.003	<0.002
	A7	<0.002	<0.002	<0.002
フッ素 (mg/L)	A5	<0.1～0.1	<0.1～0.2	<0.1
	A6	<0.1～0.7	<0.1～1.1	<0.1～0.1
	A7	<0.1	<0.1～0.3	<0.1
ホウ素 (mg/L)	A5	0.03～0.25	<0.02～0.44	0.08～0.38
	A6	<0.02～0.09	<0.02～0.43	<0.02～0.21
	A7	0.03～0.30	<0.02～0.42	0.09～0.39
pH	A5	6.4～7.1	6.0～7.9	6.3～7.5
	A6	5.8～7.4	5.7～9.1	6.3～8.6
	A7	6.5～7.0	6.1～7.8	6.6～7.1
浮遊 物質 量 (mg/L)	A5	1～20	<1～66	1～7
	A6	12～173	<1～500	1～50
	A7	1～11	<1～270	1～9
塩化物 イオン (mg/L)	A5	14.4～30.5	7.2～70	11～43
	A6	5.1～24.7	2.7～269	1.7～37
	A7	15.6～28.7	8.1～100	16～49

\*1：主な分析項目を抜粋

\*2：採水地点は図 94 参照

## (6) 浄化槽排水の水質調査結果

研究所用地から排出される生活排水による環境への影響を監視するため、研究管理棟および地下施設現場事務所の浄化槽の排水について、定期的（原則1回/4週）に水質調査を実施しています。

令和元年度における水質調査結果は、表 8に示すとおり、全ての項目において協定値を満足しています。

表 8 浄化槽排水の水質調査結果

分析項目	採水地点	過年度	令和元年度	北るもい 漁業協同組合 協定値
		平成 18 年 12 月 ～平成 31 年 3 月	平成 31 年 4 月 ～令和 2 年 3 月	
pH	研究管理棟	5.9～7.5	6.1～7.7	5.8～8.6
	地下施設 現場事務所	6.8～7.9	7.1～7.9	
生物化学的 酸素要求量 (mg/L)	研究管理棟	<0.5～17	2.8～10	20
	地下施設 現場事務所	<0.2～28	1.1～11	
浮遊物質 量(mg/L)	研究管理棟	0.5～10	<1.0～4	20
	地下施設 現場事務所	<1.0～8.0	<1.0～2	
全窒素 (mg/L)	研究管理棟	6.6～52	10～29	60
	地下施設 現場事務所	0.2～45	0.3～2.4	
全リン (mg/L)	研究管理棟	0.5～5.0	1.5～3.3	8
	地下施設 現場事務所	<0.1～7.8	<0.1～0.5	
透視度 (cm)	研究管理棟	30	30	30
	地下施設 現場事務所	30	30	
大腸菌群数 (個/mL)	研究管理棟	0～30	0	3,000
	地下施設 現場事務所	0～2,100	0～130	

## 6.2 研究所用地周辺の環境影響調査結果

研究所用地周辺の環境影響調査として、図 95に示す地点にて清水川の水質および魚類を対象に調査を実施しています。令和元年度における各調査結果は、これまでと比較して大きな変化がないことを確認しています。

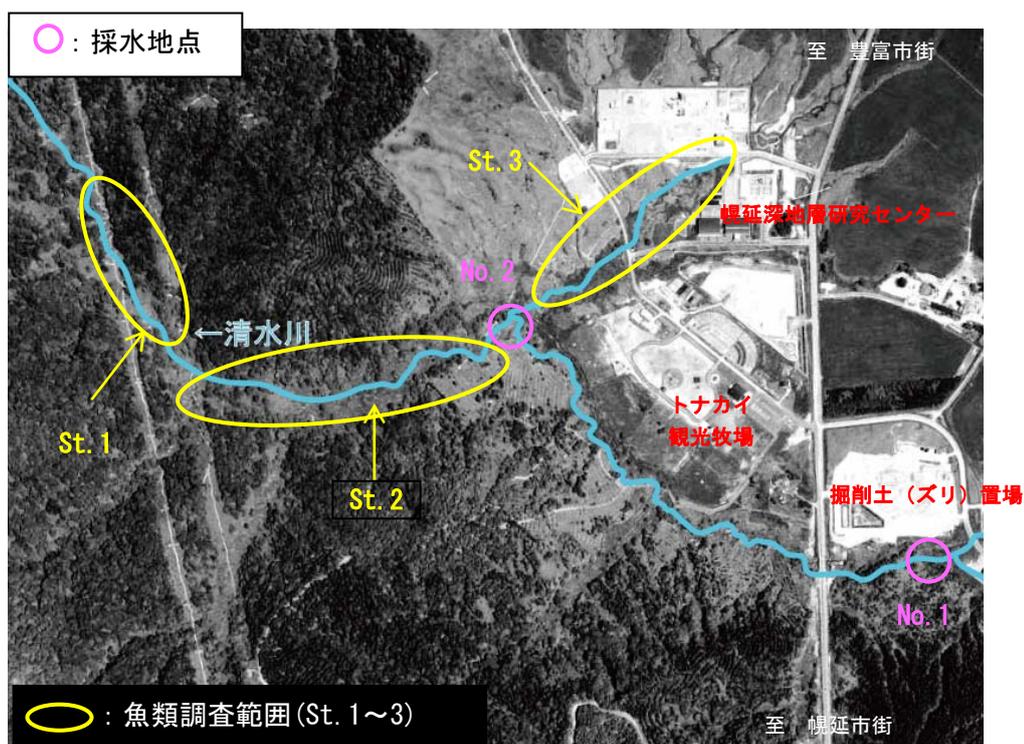


図 95 環境調査実施場所

## (1) 清水川の水質調査結果

清水川の2地点において、定期的(原則4回/年)に採水を行い(写真 15)、水質調査を実施しています。本調査は、清水川および掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質調査結果と別に、「水質汚濁に係る環境基準」に準拠して実施しているものです。

令和元年度における調査結果は、表 9に示すとおりです。これまでと比較して大きな変化がないことを確認しています。



写真 15 清水川の水質調査

表 9 清水川の水質調査結果

分析項目*1	採水地点*2	過年度	令和元年度			
		平成14年8月 ～平成31年2月	令和元年			令和2年
			6月	9月	11月	2月
pH	No. 1	6.3～7.9	7.4	6.6	7.1	6.8
	No. 2	6.4～7.7	7.0	6.8	6.9	6.7
生物化学的 酸素要求量 (mg/L)	No. 1	<0.5～62	7.3	0.8	3.7	0.8
	No. 2	<0.5～10.0	2.1	1.5	5.9	1.9
浮遊物質 (mg/L)	No. 1	1～70	2	2	6	1
	No. 2	<1～69	2	4	9	2
溶存酸素量 (mg/L)	No. 1	6.6～13.9	8.4	9.8	9.5	12.8
	No. 2	5.5～12.5	8.0	8.5	7.5	8.6

\*1：主な分析項目のみを抜粋

\*2：採水地点は図 95 参照

## (2) 魚類の調査結果

清水川において、定期的（原則3回/年（春・夏・秋））に生息魚類の調査を行っています（写真 16）。調査は、St.1～St.3の3箇所で行っています。

令和元年度における調査結果は、これまでと大きな変化は認められませんでした。重要種としては、表 10に示すとおり、スナヤツメ、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、サクラマス（ヤマメ）、エゾトミヨ、ハナカジカの6種が確認されました。



写真 16 生息魚類調査

表 10 確認された重要種（魚類）

目	科	種	選定根拠*1						
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ北方種			VU		希		
コイ	コイ	エゾウグイ				N			
〃	ドジョウ	エゾホトケドジョウ			EN	En			
サケ	サケ	サクラマス（ヤマメ）			NT	N	減		
トゲウオ	トゲウオ	エゾトミヨ			VU	Nt			○
カサゴ	カジカ	ハナカジカ				N			

\*1:重要種の選定根拠

- ①:「文化財保護法」(昭和 25 年 法律第 214 号)に基づく天然記念物および特別天然記念物
- ②:「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」(平成 4 年 法律第 75 号)に基づく野生動植物種
- ③:「環境省レッドリスト 2017【汽水・淡水魚類】」(環境省 2019 年)の記載種  
EN:絶滅危惧 IB 類 VU:絶滅危惧 II 類 NT:準絶滅危惧
- ④:「北海道レッドリスト【魚類編(淡水・汽水)】改訂版(2018 年)」(北海道 平成 30 年)の記載種  
En:絶滅危惧 IB 類 Nt:準絶滅危惧 N:留意
- ⑤:「日本の希少な野生水生生物に関するデータブック(水産庁編)」(日本水産資源保護協会 1998 年)の記載種
- ⑥:「緑の国勢調査－自然環境保全調査報告書－」(環境庁 昭和 51 年)に基づく選定種
- ⑦:「第 2 回自然環境保全基礎調査報告書(緑の国勢調査)」(環境庁 昭和 57 年)に基づく選定種
- :調査対象種

※③、④については、レッドリストの更新に伴い出典が変更となっている。

## 7. 安全確保の取組み

安全確保の取組みとして、直営作業、請負作業、共同研究作業においては、作業の計画段階からリスクアセスメント評価を実施し、安全対策の妥当性の確認や改善に努めました。

そのほか、所長や保安・建設課などによる定期的な安全パトロールを実施し、現場の安全確認や改善などに努めました（写真 17）。

さらに、新規配属者や請負作業・共同研究作業の責任者などに対して安全教育を実施したほか、全国安全週間などの機会を捉えて、従業員のみならず請負企業も含めた安全行事に積極的に取り組むなど、安全意識の高揚に努めました（写真 18）。



写真 17 安全パトロールの状況



写真 18 安全行事の状況（安全大会）

## 8. 開かれた研究

幌延深地層研究計画で実施する地下深部を対象とした研究は、国内外の研究機関との共同研究や研究協力をはじめ、広く関連する専門家の参加を得て進めています。令和元年度に実施した主な研究協力は以下のとおりです。

### 8.1 国内機関との研究協力

#### 8.1.1 大学との研究協力

##### 東京大学

地下深部に生息するメタン酸化機能を有する微生物生態系が地下水や岩石などの性質に与える影響を評価する手法開発を目的として、地下施設の深度140m調査坑道から掘削されたボーリング孔を用いて地下水中の微生物を採取しました。採取した試料を用いて、東京大学において地下深部の環境を模擬した高圧培養実験を実施し、微生物によるメタン酸化速度を測定しました。今後は、実験を継続し、メタン酸化微生物による酸化剤の利用選択性や代謝速度を調べ、メタン酸化機能を有する微生物生態系が地下深部環境における放射性核種の物質移行に与える影響について考察していきます。

また、地下深部の原位置における微生物生態系の生息環境を詳細に調べるため、冷凍保存された岩石コア試料を用いて薄片を作成し、蛍光染料を用いて微生物細胞を染色することで、岩石中のどのような箇所でも微生物が活動しているのかを調べました。今後は、微生物の存在箇所における岩石の元素組成や鉱物組成を調べていきます。

また、堆積軟岩の坑道掘削時や長期的な変形挙動、岩盤内部の水分状態変化による強度・剛性変化および変形挙動などの評価手法の確立を目的とした共同研究を実施しています。

平成29年度と平成30年度の2年間の共同研究において、これまでに得られている過去の研究成果を改めて分析・評価し、堆積軟岩に特有な特性を明らかにするための研究アプローチを提示しました。具体的には、平成28年度に実施したX線CTスキャナによる内部の観察結果を踏まえて、これまで解釈が困難であった、堆積軟岩に特徴的な時間依存性や水分依存性の

挙動を解明するための研究アプローチを提示しました。

### 京都大学、東北大学

地下水中の微量元素と微小な物質（コロイド・有機物・微生物）との相互作用に関わる現象の理解の向上のため、平成30年度に、深度250mおよび350m調査坑道から得られた地下水試料に微量元素を添加する実験を実施しました。添加後の地下水試料をフィルタでろ過し、ろ液およびフィルタを分析することで、地下水中に微量に存在する有機物などとの相互作用を調べました。令和元年度は、同様の追試を実施し、実験結果の確からしさを確認しました。その結果、希土類元素は原子番号が大きくなるほど地下水中の濃度が減少する結果が得られました。幌延の地下水中には、添加した希土類元素はリン酸塩などの鉱物を形成している可能性が分かりました。また、これまでの共同研究成果を基に、日本学術振興会の運営する科学研究費助成事業に応募・採択され、基盤研究（B）として「深部地下水環境での長半減期核種の移行を支配する物質の解明」に取り組んでいます。

高レベル放射性廃棄物に含まれる長半減期核種である3価アクチニドは、天然には存在しないため、堆積岩地域の地下深部における3価アクチニドの挙動の理解をするためには、3価アクチニドと挙動が似ている希土類元素の挙動を調べるのが有効になります。そこで、深度250mおよび350m調査坑道から掘削されたボーリング孔を利用して、地下水試料および岩石試料を採取しました。地下施設内においてボーリング孔から直接、酸素と触れることなく地下水をろ過し、また、実験室に設置してあるグローブボックスを用いて、酸素と触れることなく岩石試料を粉砕しました。今後は、これらの試料を用いて希土類元素濃度の測定や、溶出試験などを実施する予定です。

### 東京工業大学、サンコーコンサルタント

深度250m調査坑道において、坑道掘削後から定期的実施してきた弾性波トモグラフィ調査のデータを活用して、坑道周辺の詳細な速度分布の把握と長期間にわたる弾性波速度の変化から将来の掘削影響領域の挙

動の把握を目標とした解析技術の開発を行いました。

令和元年度は、統計科学や機械学習の分野で発達してきたスパースモデリングという手法を弾性波トモグラフィ調査結果の解析に応用し、従来の手法よりも高解像度な速度構造を求める技術の開発を行いました。

## 関西学院大学

幌延地域の地下深部で想定される地下水の流れが非常に遅い場を対象に、岩石や地下水中に存在する天然ウランの放射平衡/非平衡の関係を基に、長期（～100万年程度）にわたる地下水流動評価の可能性の検討を目的として、試料中に含まれる極微量のウランの放射能比の測定法の確立を行いました。また、確立した測定法を用いて、地下施設を利用して採取した地下水や、地下施設掘削時に得られた炭酸塩脈中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比の測定を試みました。その結果、地下水中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比は平衡に達していない一方で、炭酸塩脈中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比は平衡に近い値を示すことが分かりました。今後は、得られた結果について、本地域の地史を考慮しながら考察を行う予定です。

## 山口大学、地層科学研究所

これまで、坑道掘削時の支保工の応力変化に対しては、実施設計や坑道掘削を想定した解析的検討などによって、定量的な評価がなされてきたものの、岩盤挙動に関する定量的評価までには至っていませんでした。その要因の1つは、掘削に伴う地下水挙動の変化が岩盤の変形挙動に及ぼす影響を無視できないためと考えられていました。そこで本共同研究では、立坑および水平坑道の掘削時に取得した計測データに基づき水理-力学連成解析による数値シミュレーションを実施し、掘削時の岩盤・地下水挙動の予測への適用性を評価することを目的としました。令和元年度は、立坑および水平坑道掘削時に取得した支保工応力や岩盤変位の計測結果、湧水量のデータ、幌延深地層研究センター周辺のボーリング孔で取得された間隙水圧計測結果、水理試験結果等を整理し、立坑の掘削を模擬した三次元的な試解析を実施しました。

## 8.1.2 その他の機関との研究協力

### 幌延地圏環境研究所

両機関の試験設備を活用した研究協力として、堆積岩の地下深部の微生物の生態系の把握および地下施設の建設に伴う生態系への影響などの調査、および新規微生物の探索や取得等を目的として、これまでに地下施設を利用して微生物に関するデータを取得してきました。平成30年度は、地下施設のボーリング孔から大気に触れることなく地下水中の微生物をろ紙上にろ過採取しました。令和元年度は、平成30年度に採取した微生物試料を用いて発酵性微生物を分離培養し、その機能を解析しました。その結果、新規発酵性微生物の単離に成功し、その新規発酵性微生物が、現在も地下環境で生息しており、炭素および鉄循環に寄与している可能性が示唆されました<sup>(49)</sup>。

今後は、同一の新規発酵性微生物の生息深度を調べるとともに、地質環境などとの関連性について考察していきます。また、ここで得られた成果は、主に幌延地圏環境研究所が実施する地下深部における微生物の活動に関する調査研究に活用しています。

### 原子力環境整備促進・資金管理センター

地下環境での人工バリアの搬送定置・回収技術に関する研究について共同研究を実施しました。

地層処分実規模試験施設は、地層処分概念とその工学的な実現性や人工バリアの長期挙動を実感・体感できる地上設備を利用し、人工バリアの搬送・定置に係る操業技術や長期挙動などの工学技術に関する研究を行うものです。

令和元年度は、4.1.3でも述べたように、地層処分実規模試験施設において緩衝材の定置試験を実施し、その様子を公開するとともに、緩衝材が膨潤して隙間が閉塞される過程を観察できる装置を用いた浸潤試験を継続しました。搬送定置・回収技術に関する研究では、地下での実証試験として、模擬 PEM と坑道との隙間を充填した粘土系材料を除去し、模擬 PEM を回収する試験を行い、その装置や手法の適用性を確認しました。

## 産業技術総合研究所

地下深部における長期的な放射性核種の移行挙動に関わる岩盤の水理特性および化学特性の調査解析技術の高度化を目的として、堆積岩地域における地下水流動・物質移行に関する研究を実施しました。令和元年度は、岩盤力学モデルと水理モデルの連成モデルを構築するために、力学特性および水理特性の評価における知見を取得することを目的とした坑道掘削による応力解放と水理特性変化を模擬した試験を実施しました。また、モデル化にあたり、掘削影響による応力再配分や既存の割れ目などが水理特性変化に与える影響について検討し、課題の抽出・整理を行いました。今後は、力学・水理連成モデルに必要な物性を室内岩石実験によって拡充し、より高度なモデル化を実施する予定です。

また、沿岸域の帯水層の特性や深部地下水の挙動を把握するための調査・解析技術の高度化を目的として、幌延町浜里地区に掘削されたボーリング孔（DD-2孔：100 m）の最深部において、高精度の注揚水試験システムによる試験（プッシュプル試験）を実施しました。試験区間の帯水層は被圧しており、透水係数は $1.3\sim 3.3\times 10^{-5}$  m/s でした。試験結果より、深度100 m程度と浅層の領域の地下水の流速が年間0.05 m以下と極めて遅いことが推定されました。また、この地下水は氷期の降水を起源としており、浜里海底下の地下水が長期的に滞留状態にあったことが示唆されます。今後は得られた結果に対して詳細な解析を進めるとともに、より深層の領域や亀裂性岩盤などを対象とした注揚水試験の実施を検討中です。

## 電力中央研究所

地下施設建設時に周辺地質環境の初期状態と建設に伴う変化を観測し、施設建設に関わる影響領域の空間分布とその経時変化、変化のプロセスに関わる基礎的知見を得ることが重要であることから、地下施設建設時の坑道掘削影響領域の調査技術の高度化を図ることを目的として、継続的に共同研究を実施してきました。令和元年度は平成30年度までに引き続き、坑道掘削に伴う周辺岩盤への力学的な影響を把握するための調査として、深度140m、250mの調査坑道において比抵抗トモグラフィや弾性波トモグラフィを継続して行いました。また、3.1.2(3)で述べたように、

物理探査で得られた坑道周辺の地下水の飽和度の違いに着目し、気液二相流に関する数値解析による地下水の不飽和領域の形成要因について検討しました<sup>(20)</sup>。今後も、実測データの拡充および数値解析を活用した解釈などを通して、坑道周辺の不飽和領域の形成メカニズムの解明に取り組めます。

## 国立環境研究所

深部地下水中に溶存する有機物の特性評価ならびに調査解析手法の開発を目的として、国立環境研究所との共同研究を実施しました。令和元年度は、地下水中の有機物をその性質に応じて分画しました。また、地下水中に含まれる、微生物によって分解されにくい有機物（難分解性有機物）の特性を評価するための室内試験にも着手しました。今後は、分離された各有機物成分の特性評価を進めていくとともに、室内試験の結果の評価や試験方法の改良も実施する予定です。

## 8.2 国外機関との研究協力

### モンテリ・プロジェクト<sup>\*56</sup>

国際共同研究のモンテリ・プロジェクトで実施されている各種試験のうち、原子力機構は「オパリナス粘土の摩擦特性に関する室内試験」に参加しています。令和元年度は、断層すべり、間隙水圧、流体化学および流体移動間の複合的な関係性を評価するための試験が継続されました。これらの試験で得られた成果は、地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証などに反映していきます。

上記のほか、クレイクラブ（Clay Club）<sup>\*57</sup>定例会合（令和元年9月）に出席し、諸外国や日本における堆積岩を対象とした研究の進捗状況について情報交換を行いました。

---

\*56: 堆積岩を対象とした地層処分研究に関する国際共同研究です。原子力機構を含め9ヶ国から21機関が参加し、スイスのモンテリ・トンネル内において地層処分に関連する各種の原位置試験が実施されています。

\*57: Clay Clubは、経済協力開発機構 原子力機関（OECD/NEA）の放射性廃棄物管理委員会の下に置かれたプロジェクトのひとつです。地層処分の実施・規制・研究機関を中心とした組織であり、様々な粘土質媒体の特性の比較や粘土の物性や挙動および、地下施設で実施される試験に関する技術的かつ科学的情報の交換、さらには、サイト特性調査技術の詳細な評価を実施しています。

## 引用文献

- (1) 中山雅, 雑賀敦, 木村駿, 望月陽人, 青柳和平, 大野宏和, 宮川和也, 武田匡樹, 早野明, 松岡稔幸, 櫻井彰孝, 宮良信勝, 石井英一, 杉田裕, 笹本広, 棚井憲治, 佐藤稔紀, 大澤英昭, 北山彩水, 谷口直樹 (2020): 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階; (第3段階: 必須の課題 2015-2019年度)研究成果報告書, JAEA-Research 2019-013.
- (2) 青柳和平(編) (2019): 幌延深地層研究計画 平成31年度調査研究計画, JAEA-Review 2019-008, 20p.
- (3) 太田久仁雄, 阿部寛信, 山口雄大, 國丸貴紀, 石井英一, 操上広志, 戸村豪治, 柴野一則, 濱克宏, 松井裕哉, 新里忠史, 高橋一晴, 丹生屋純夫, 大原英史, 浅森浩一, 森岡宏之, 舟木泰智, 茂田直孝, 福島龍朗 (2007): “幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階(第1段階)研究成果報告書 分冊「深地層の科学的研究」”, JAEA-Research 2007-044.
- (4) Hayano, A. and Ishii, E. (2016): “Relationship between faults oriented parallel and oblique to bedding in Neogene massive siliceous mudstones at the Horonobe Underground Research Laboratory, Japan”, IOP Conference Series; Earth and Environmental Science, Vol. 44, pp. 022004\_1 - 022004\_8, DOI:10.1088/1755-1315/44/2/022004
- (5) 石井英一, 福島龍朗 (2006): “新第三紀珪質岩における断層の解析事例”, 応用地質, 47巻, 5号, pp. 280-291, <http://doi.org/10.5110/jjseg.47.280>
- (6) 舟木泰智, 石井英一, 常盤哲也 (2009): “新第三紀堆積岩中の割れ目は主要な水みちとなり得るか?”, 応用地質, 50巻, 4号, pp. 238-247, <https://doi.org/10.5110/jjseg.50.238>
- (7) 早野明, 石井英一, 新第三紀塊状珪質泥岩に分布する断層を対象とした亀裂ネットワークモデル, 平成30年度(2018年)資源・素材学会春季大会資源・素材講演集(インターネット), 5(1), 9p., 2018.
- (8) Doughty, C., C.-F. Tsang, K. Hatanaka, S. Yabuuchi, and H. Kurikami (2008), Application of direct-fitting, mass integral, and multirate methods to analysis of flowing fluid electric conductivity logs from Horonobe, Japan, *Water Resour. Res.*, 44, W08403, doi:10.1029/2007WR006441.
- (9) Doughty, C., C.-F. Tsang, S. Yabuuchi, and T. Kunimaru (2013), Flowing fluid electric conductivity logging for a deep artesian well in fractured rock with regional flow, *J. Hydrol.*, 482, 1-13.
- (10) Bruines, P., S. Niunoya, M. Munakata, H. Kimura, and H. Kawamura (2013), FEC analysis carried out in SAB-2 borehole located near Horonobe, in *Proceedings of the 13th Japan Symposium on Rock Mechanics & the 6th Japan-Korea Joint Symposium on Rock Engineering*, pp. 893-898, Japanese Committee for Rock Mechanics, Tokyo.
- (11) Ishii, E. (2015): “Predictions of the highest potential transmissivity of fractures in fault zones from rock rheology: Preliminary results”, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120, pp. 2220-2241.
- (12) Ishii, E. (2017): “Estimation of the highest potential transmissivity of

- discrete shear fractures using the ductility index”, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 100, pp.10–22.
- (13) Ishii, E. (2018) : “Assessment of hydraulic connectivity of fractures in mudstones by single-borehole investigations”, *Water Resources Research*, 54, pp.3335–3356.
- (14) 青柳和平, 陳友晴, 石井英一, 櫻井彰孝, 宮良信勝, 石田毅 (2020) : 幌延深地層研究センターにおける掘削損傷領域の可視化手法の検討(その2)(共同研究), *JAEA-Research 2019-011*.
- (15) Terashima, M., Endo, T. and Miyakawa, K. (2019) : Determination of humic substances in deep groundwater from sedimentary formations by the carbon concentration-based DAX-8 resin isolation technique, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 57, pp.380–387.
- (16) 望月陽人, 笹本広, 馬場大哉, 生垣加代子 (2020) : 少量試料に適用可能な簡易分析法に基づく深部地下水中の溶存有機物の特性評価, *陸水学雑誌*, 印刷中.
- (17) 雑賀敦 (2019) : 幌延深地層研究計画; 平成30年度調査研究成果報告, *JAEA-Review 2019-018*, 122p.
- (18) 望月陽人, 宮川和也, 笹本広 (2020) : 幌延深地層研究センター350 m調査坑道における地下水の地球化学モニタリング装置による地下水圧の連続観測結果(2016~2018年度), *JAEA-Data/Code 2019-014*, 56p.
- (19) Pruess, K., Battistelli, A. (2002): “TMVOC, a numerical simulator for three-phase non-isothermal flows of multicomponent hydrocarbon mixtures in saturated-unsaturated heterogeneous media”, LBNL-49375, Lawrence Berkeley National Lab., Berkeley, CA.
- (20) Miyakawa, K., Aoyagi, K., Sasamoto, H., Akaki, T., Yamamoto, H. (2019): “The effect of dissolved gas on rock desaturation in artificial openings in geological formations”, *The Extended Abstract of the ISRM 2019 Specialized Conference*, 6p.
- (21) Mochizuki, A., Ishii, E., Miyakawa, K., Sasamoto, H. (2020) “Mudstone redox conditions at the Horonobe Underground Research Laboratory, Hokkaido, Japan: Effects of drift excavation”, *Engineering Geology*, 267, 105496.
- (22) 大山隆弘, 窪田健二 (2018) 堆積性軟岩地域のトンネル坑壁表面の掘削後の変化-幌延深地層研究施設での調査-, 応用地質学会平成30年度研究発表会, 札幌市.
- (23) 中山雅, 佐野満昭, 真田祐幸, 杉田裕 (編) (2009) : “幌延深地層研究計画 平成20年度調査研究成果報告”, *JAEA-Research 2009-032*.
- (24) 日本原子力研究開発機構, 電力中央研究所 (2020) : 平成31年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に關する技術開発事業 岩盤中地下水流動評価技術高度化開発 報告書, .
- (25) Pearson, F. J., D. Arcos, A. Bath, J.Y. Boisson, A.M. Fernandez, H.E. Gäbler, E. Gaucher, A. Gautschi, L. Griffault, P. Hernan and H.N. Waber. (2003) : Mont Terri project – Geochemistry of water in the Opalinus Clay formation at the Mont Terri Rock Laboratory. Federal

- Office for Water and Geology Report 5, Bern, Switzerland.
- (26) 馬原保典, 中田英二, 大山隆弘, 宮川公雄, 五十嵐敏文, 市原義久, 松本裕之(2006): 化石海水の同定法の提案—太平洋炭鉱における地下水水質・同位体分布と地下水年代評価—, 地下水学会誌, vol. 48, no. 1, pp. 17-33.
  - (27) Mazurek, M., Alt-Epping, P., Bath, A., Gimmi, T. and Waber, H.N. (2009): Natural tracer profiles across argillaceous formations: The CLAYTRAC project. OECD/NEA Report 6253, OECD Nuclear Energy Agency, Paris, France.
  - (28) 日本原子力研究開発機構 (2016): 平成 27 年度 地層処分技術調査等事業 地質環境長期安定性評価確証技術開発報告書, 265p.
  - (29) 日本原子力研究開発機構 (2017): 平成 28 年度 地層処分技術調査等事業 地質環境長期安定性評価確証技術開発報告書, 230p.
  - (30) 花室孝広 (編) (2016): 幌延深地層研究計画 平成 27 年度調査研究成果報告, JAEA-Review 2016-022, 29p.
  - (31) Ishii, E., Hashimoto, Y. and Inagaki, D. (2015): “Washout of clay-rich gouge in a pre-grouted fault zone and increase in groundwater inflow during tunnel excavation in Neogene siliceous mudstone (Horonobe, Japan)”, Proceedings of 10th Asian Regional Conference of IAEG, Tp3-P02.
  - (32) Ishii, E. (2019): “Protolith identification of bedding-parallel, smectite-bearing shear zones in argillaceous and siliceous marine sediments: Discriminating between tephra-derived shear zones and host-rock-derived fault gouges”, Engineering Geology, 259, 105203.
  - (33) Ishii, E. and Furusawa, A. (2017): “Detection and correlation of tephra-derived smectite-rich shear zones by analyzing glass melt inclusions in mineral grains”, Engineering Geology, 228, pp.158-166.
  - (34) Taniguchi, N., Suzuki, H., Kawasaki, M., Naito, M., Kobayashi, M., Takahashi, R. and Asano, H. (2011): Propagation behaviour of general and localised corrosion of carbon steel in simulated groundwater under aerobic conditions, Corrosion Engineering Science and Technology, Vol. 46, No. 2, pp. 117-123.
  - (35) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2020): 平成 31 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発報告書.
  - (36) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2010): 平成 21 年度核燃料サイクル関係推進調整等委託費 (地層処分実規模設備整備事業) 報告書, 53p.
  - (37) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2011): 平成 22 年度原子力施設立地推進調整委託費 (地層処分実規模設備整備事業) 報告書, 75p.
  - (38) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2012): 平成 23 年度原子力施設立地推進調整事業 (地層処分実規模設備整備事業) 報告書, 87p.
  - (39) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2013): 平成 24 年度原子力発電施設広聴・広報等事業 (地層処分実規模設備整備事業) 報告書, 98p.
  - (40) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2014): 平成 25 年度原子力発電施設広聴・広報等事業 (地層処分実規模設備事業) 報告書, 79p.

- (41) 原子力環境整備促進・資金管理センター (2015) : 平成 26 年度原子力発電施設  
広聴・広報等事業 (地層処分実規模設備運営等事業) 報告書, 41p.
- (42) 中山雅, 大野宏和, 中山真理子, 小林正人 (2016) : 幌延深地層研究計画にお  
ける人工バリア性能確認試験計測データ集 (平成 27 年度), JAEA-Data/Code  
2016-005, 55p.
- (43) 日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター (2020) :  
平成 31 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (地層  
処分施設閉鎖技術確証試験) 報告書, 24p.
- (44) 花室孝広、雑賀敦 (編) (2018) : 幌延深地層研究計画 平成 29 年度調査研究成  
果報告, JAEA-Review 2018-027, 84p.
- (45) 花室孝広、(編) (2017) : 幌延深地層研究計画 平成 28 年度調査研究成果報告,  
JAEA-Review 2017-025, 76p.
- (46) Takeda, M., Ishii, E., Ohno, H., Tachi, Y., Ito, T. and Nemoto, K. :  
Evaluating the Mass Transport Characteristics for Fault Zone in Mudstone  
at the Horonobe Underground Research Laboratory, 17th International  
Conference on the Chemistry and Migration Behavior of Actinides and  
Fission Products in the Geosphere, Japan, PB-5-2, 2019.
- (47) 日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター (2020) : 高  
レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 ニアフィールドシス  
テム評価確証技術開発報告書, 3-33p-3-38p
- (48) 雑賀敦 (編) (2019) : 幌延深地層研究計画平成 30 年度調査研究成果報告, JAEA-  
Review 2019-018, 92p.
- (49) 玉澤聡, 上野晃生, 玉木秀幸, 玉村修司, 村上拓馬, 木山保, 猪股英紀, 宮川和  
也, 長沼毅, 金子勝比古 (2019) : 陸域深部地下珪藻質泥岩層から単離した鉄還  
元能を有する新規Bacteroidetes門発酵性細菌の機能解析, 日本微生物生態学会  
第33回大会, 02-12

## 参考資料

(令和元年度外部発表)

著者アルファベット順に記載

- 青柳和平 (編) (2019) : 幌延深地層研究計画 ; 平成 31 年度調査研究計画, JAEA-Review 2019-008
- Aoyagi, K., Chen, Y., Ishii, E., Sakurai, A. and Ishida, T. (2019): Visualization of fractures induced around the gallery wall in Horonobe Underground Research Laboratory , Proceedings of 5th ISRM Young Scholars' Symposium on Rock Mechanics and International Symposium on Rock Engineering for Innovative Future (YSRM 2019 and REIF 2019) (USB Flash Drive), 6p.
- 青柳和平, 陳友晴, 石井英一, 櫻井彰孝, 宮良信勝, 石田毅 (2020) : 幌延深地層研究センターにおける掘削損傷領域の可視化手法の検討 (その 2) (共同研究), JAEA-Research 2019-011
- 青柳和平, 櫻井彰孝, 宮良信勝, 杉田裕, 棚井憲治 (2019) : 坑道掘削後の岩盤や支保工の長期挙動計測手法の検討 ; 幌延深地層研究センターにおける事例, 資源・素材講演集(インターネット), 6(2), 7p.
- Aoyagi, K., Tokiwa, T., Sato, T. and Hayano, A.: Fracture characterization and rock mass behavior induced by blasting and mechanical excavation of shafts in Horonobe Underground Research Laboratory, Proceedings of 2019 Rock Dynamics Summit in Okinawa, 7-11 May, 2019, Okinawa, JAPAN, pp.682-687, 2019.
- 飯野麻里, 大沼進, 広瀬幸雄, 大澤英昭, 大友章司 (2019) : NIMBY 施設の受容に対する補償の交換フレームの効果と Taboo trade-offs : 高レベル放射性廃棄物地層処分場のシナリオ実験, 日本リスク研究学会誌, 29(2), pp.95-102.
- Ishii, E. (2019): Protolith identification of bedding-parallel, smectite-bearing shear zones in argillaceous and siliceous marine sediments: Discriminating between tephra-derived shear zones and host-rock-derived fault gouges, Engineering Geology, 259, 105203.
- 石井英一 (2019) : 従来のパッカーシステムを用いた注入試験による断層帯亀裂の潜在的な最大透水量係数の検証と水理力学応答の解析, 日本地質学会第 126 年学術大会
- 磯さち恵, 本島貴之, 白瀬光泰, 小林正人, 中山雅 (2019) : 幌延地下 URL におけるベントナイト混合土の原位置機械吹付け施工試験, 土木学会 2019 年度全国大会第 74 回年次学術講演会
- Iwatsuki, T. and Ishii, E. (2019): Comprehensive study of the migration property in representative rock of Japan at underground research laboratories, Migration 2019, Kyoto, September 15 – 20, B5-1.
- 木村駿, 木野田君公, 杉田裕, 森岩寛稀, 丹生屋純夫, 志村友行 (2020) : 埋め戻し材

- との力学的相互作用を考慮した緩衝材の膨潤挙動に関する検討, 日本原子力学会  
2020年春の年会
- 木村駿, 中山雅, 木野田君公, 棚井憲治, 丹生屋純夫, 志村友行, 深谷正明 (2019) :  
人工バリア性能確認試験における緩衝材膨出センサーを用いた膨出量評価, 日本  
原子力学会 2019年秋の大会
- Kubota, K., Aoyagi, K. and Sugita, Y. (2019) : Evaluation of the excavation disturbed zone of  
sedimentary rock in the Horonobe Underground Research Laboratory, Proceedings of 2019  
Rock Dynamics Summit in Okinawa (USB Flash Drive), p.729 – 733.
- Martikainen, J., Tsuji, M., Nakashima, H., Okihara, M., Aoyagi, K. and Sato, T. (2019) :  
Characterisation of colloidal silica grout under saline groundwater - Penetration theory and  
injection tests a fracture test system, Nordic Grouting Symposium 2019
- 松岡稔幸, 宮川和也, 早野明, 中安昭夫, 笹本広, 増岡健太郎, 山本肇 (2019) : 幌延  
地域を事例とした天水浸透領域評価のための予察解析, 日本地質学会第 126 年学  
術大会
- Matsuura, Y., Hayano, A., Itakura, K. and Suzuki, Y. (2019) : Estimation of planes of a rock  
mass in a gallery wall from point cloud data based on MD PSO, Applied Soft Computing,  
84, p.105737\_1 - 105737\_9.
- Miyakawa, K., Aoyagi, K., Sasamoto, H., Akaki, T. and Yamamoto, H. (2019) : The effect of  
dissolved gas on rock desaturation in artificial openings in geological formations,  
Proceedings of 5th ISRM Young Scholars' Symposium on Rock Mechanics and  
International Symposium on Rock Engineering for Innovative Future (YSRM 2019 and  
REIF 2019) (USB Flash Drive), 6p.
- 宮川和也, 女澤徹也, 望月陽人, 笹本広 (2020) : 幌延深地層研究計画で得られた地  
下水の水質データ(2017年度~2019年度), JAEA-Data/Code 2020-001
- 宮良信勝, 松岡稔幸 (2020) : 幌延深地層研究計画(第2段階)における地震観測データ  
集, JAEA-Data/Code 2019-013
- Mochizuki, A., Ishii, E., Miyakawa, K. and Sasamoto, H. (2020): Mudstone redox conditions at  
the Horonobe Underground Research Laboratory, Hokkaido, Japan: Effects of drift  
excavation, Engineering Geology, 267, 105496.
- 望月陽人, 宮川和也, 笹本広 (2020) : 幌延深地層研究センター350m 調査坑道におけ  
る地下水の地球化学モニタリング装置による地下水圧の連続観測結果(2016~  
2018年度), JAEA-Data/Code 2019-014
- 望月陽人, 笹本広, 馬場大哉, 生垣加代子 (2019) : 少量試料に適用可能な簡易分析法  
に基づく深部地下水中の溶存有機物の特性評価, 陸水学雑誌
- 望月陽人, 笹本広, 生垣加代子 (2019) : 深部地下水中の溶存有機物の簡易特性評価,

日本陸水学会第 84 回大会

望月陽人, 笹本広, 生垣加代子 (2020) : 深部地下水中の溶存有機物の簡易特性評価; 北海道幌延地域の事例, 日本原子力学会北海道支部第 37 回研究発表会

森拓雄, 丹生屋純夫, 小林正人, 西村政展, 中山雅 (2019) : ベントナイトペレットによる PEM 隙間充填技術の実規模実証試験, 土木学会 2019 年度全国大会第 74 回年次学術講演会

Nakata, K., Hasegawa, T., Solomon, D.K., Miyakawa, K., Tomioka, Y., Ota, T., Matsumoto, T., Hama, K. Iwatsuki, T., Ono, M. and Marui, A. (2019) : Degassing behavior of noble gases from groundwater during groundwater sampling, *Applied Geochemistry*, 104, p.60 – 70.

中山雅, 大野宏和 (2019) : 幌延深地層研究計画における人工バリア性能確認試験; 350m 調査坑道における人工バリアの設置および坑道の埋め戻し, *JAEA-Research 2019-007*

中山雅, 雑賀敦, 木村駿, 望月陽人, 青柳和平, 大野宏和, 宮川和也, 武田匡樹, 早野明, 松岡稔幸, 櫻井彰孝, 宮良信勝, 石井英一, 杉田裕, 笹本広, 棚井憲治, 佐藤稔紀, 大澤英昭, 北山彩水, 谷口直樹 (2020) : 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階; (第 3 段階: 必須の課題 2015-2019 年度)研究成果報告書, *JAEA-Research 2019-013*

中山雅, 棚井憲治 (2020) : モニタリング機器の放射線影響に関する検討, *JAEA-Review 2019-032*

Nara, Y., Kato, M., Sato, T., Kono, M. and Sato, T. (2019) : Permeability Measurement for Macro-Fractured Granite Using Water Including Clay, *The 5th ISRM Young Scholar's Symposium on Rock Mechanics and International Symposium on Rock Engineering for Innovative Future*

西柝作, 斉藤拓巳, 渡辺勇輔, 宮川和也 (2020) : 蛍光分光測定と多変量解析を用いた深部地下天然有機物の分類, 日本原子力学会 2020 年春の年会

丹生屋純夫, 畑浩二, 鶴山雅夫, 青柳和平, 棚井憲治 (2020) : 気液二相流実験による AE 発生メカニズムの解明, 第 47 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集(インターネット), pp.92 – 97.

野上利信, 星野雅人, 徳永博昭, 堀越秀彦 (2019) : 幌延深地層研究センターゆめ地創館を活用したリスク・コミュニケーションについて (2017 年度), *JAEA-Review 2019-004*.

Ogata, S., Yasuhara, H., Aoyagi, K. and Kishida, K. (2019) : Coupled THMC analysis for predicting hydro-mechanical evolution in siliceous mudstone, *Proceedings of 53rd US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium (USB Flash Drive)*, 6p.

大野宏和, 武田匡樹, 石井英一 (2019) : 幌延 URL における稚内層深部領域の断層を

- 対象とした原位置物質移行試験，日本原子力学会バックエンド部会第 35 回バック  
エンド夏期セミナー
- 大沼進，横山実紀，広瀬幸雄，大澤英昭，大友章司（2019）：無知のヴェールによる手  
続きの公平さが社会的受容に及ぼす効果，第 60 回日本社会心理学会
- 大沼進，横山実紀，広瀬幸雄，大澤英昭，大友章司（2019）：無知のヴェールを用いた  
手続的公正に基づく社会的決定：日本における高レベル放射性廃棄物地層処分候補  
地選定を題材とした仮想シナリオ実験，日本リスク研究学会第 32 回年次大会
- 大澤英昭，野上利信，星野雅人，徳永博昭，堀越秀彦（2019）：幌延深地層研究センタ  
ーゆめ地創館および地下研究施設を活用したリスク・コミュニケーション，原子  
力バックエンド研究(CD-ROM), 26(1), pp.45 – 55.
- 大澤英昭，大友章司，広瀬幸雄，大沼進（2019）：高レベル放射性廃棄物地層処分施設  
の立地調査受容に信頼と手続的公正が及ぼす影響，人間環境学研究, 17(1), p.59  
– 64.
- Okazaki, Y., Hayashi, H., Aoyagi, K., Morimoto, S. and Shinji, M.（2019）：Effects of  
Heterogeneity of Geomechanical Properties Tunnel Support Stress during Tunnel  
Excavation, Proceedings of 5th ISRM Young Scholars' Symposium on Rock Mechanics  
and International Symposium on Rock Engineering for Innovative Future (YSRM 2019 and  
REIF 2019) (USB Flash Drive), 6p.
- 雑賀敦（編）（2020）：幌延深地層研究計画；平成 30 年度調査研究成果報告, JAEA-Review  
2019-018
- 酒井利啓，松岡稔幸（2019）：幌延深地層研究計画における広域スケールを対象とした  
地質構造モデルの構築データ集，JAEA-Data/Code 2019-007
- 佐俣洋一，石井英一（2020）：幌延深地層研究計画における 350m 試験坑道掘削影響領  
域を対象とした透水試験（その 2），JAEA-Data/Code 2019-020
- 佐俣洋一，岩田樹哉，石井英一（2019）：幌延深地層研究計画における PB-V01 孔を利用  
した原位置透水試験，JAEA-Data/Code 2019-008
- 佐藤伸，大野宏和，棚井憲治，山本修一，深谷正明，志村友行，丹生屋純夫（2019）：  
熱・流体・応力連成解析による水蒸気が及ぼす再冠水時のバリア性能への影響，第  
13 回環境地盤工学シンポジウム
- Sato, S., Ohno, H., Tanai, K., Yamamoto, S., Fukaya, M., Simura, T. and Niunoya, S.（2019）：  
Influence of pore water vaporization on saturation process in the buffer material coupled  
Thermo Hydro Mechanical analysis, DECOVALEX 2019 Symposium on Coupled  
Processes in Radioactive Waste Disposal and Subsurface Engineering Applications
- Sato, T., Aoyagi, K., Miyara, N., Aydan, Ö., Tomiyama, J. and Morita, T.（2019）：  
The dynamic response of Horonobe Underground Research Center during the