

①町中エリアにおけるエネルギー事業（バイナリー発電事業）の推進に向けた調査・検討

- 昨年度、町中の熱水上昇域（既存検層データより500m以深の掘削で120～130℃レベルの蒸気・熱水産出可能性あり）において、バイナリー発電用の掘削候補地を5か所選定した。当初、候補地の中で「弟子屈小学校上駐車場」は、代替井の扱い、熱水上昇域の中心付近にあり、標高が高く給湯事業上も有利なことから有望としていたが、当該地区の都市計画用途上の課題および、熱配管ルート確保の困難性の観点から、最終的に「営林署跡地」での調査井掘削が決定された。
- 今年度は、調査坑井の掘削計画の立案・北海道環境審議会温泉部会申請図書の作成を支援し、所要の許可を得た後（8/28審議会開催、9/3掘削許可。図表1）、9-11月にかけて概ね当初計画通り掘削作業を実施した（実作業日数54日、掘削深度1007.23m）。掘削直後の温度検層では深度1001.8mで86℃、エアリフトによる坑内洗浄（簡易産出）では、流体温度87.7℃、産出量平均170ℓ/m（最大192ℓ/m）を記録した。
- 昨年度に引き続き、調査坑井周辺での連続自動温泉モニタリングの実施に加え、最も近隣の民間井については調査井掘削作業期間に水位、温度を観測した。坑内作業中の逸水やエアリフトによる坑内洗浄（簡易産出）に伴う、近隣坑井の水位変化を確認した。来年度、噴出試験の実施も計画されていることから、同結果を踏まえて最適揚湯量を求めるとともに、継続的・長期的なモニタリングによる温泉帯水層の監視が重要である。
- これに加え、産出水の既存公共井（1号井）への地下還元を計画しており、同坑井および周辺のモニタリングを継続しながら既存遊休温泉配管の活用などコスト効率的な還元方式を検討していく。

②温泉給湯事業の実施に向けた調査・検討

- 温泉給湯事業の実施に当たり、営林署跡地近隣の小学校への熱供給および、同校舎棟・体育館への温水循環による空調システムの適用可能性を検討した。
- 校舎棟、体育館の2棟でそれぞれA重油を燃料とした設備を利用している（年間の総消費燃料は約30,000ℓ）。校舎棟には床暖房設備があるが燃料節約の観点から利用されておらず、パネルヒーターのみを利用。体育館は暖気をダクトで循環させている。
- 上記①の調査井を継続使用する前提で産出熱水を熱交換し小学校の暖房・給湯に利用することで、従来の供給熱エネルギーに加えて燃料節約の観点から使用抑制対象の床暖房施設分も含め未利用工ネを通じた供給が可能となる。必要投資額は現時点想定で約1.6千万円、燃料費削減による投資回収は約6年と想定できる（今後、補助金の活用による経済性向上も検討）。

町中エリアのバイナリー発電の推進に向けた調査・検討

温泉給湯事業の実施に向けた調査・検討

計画立案
・許認可申請

－営林署跡地での調査井掘削に当たり、温泉準保護地区に該当することから（制限距離－既存源泉より200m以上）、
1)今回申請する坑井は、町有の弟子屈町4号井（未利用）、弟子屈町新4号井（未利用）の代替井として掘削した。
2)町中での新規坑井（代替井）掘削が成功した場合、市街地の温泉資源保護と有効活用を目指し、町有源泉を中心に既存坑井の廃坑や揚湯量の縮小を考えていく（図表2）。

調査坑井掘削

－作業期間：平成30年9月21日～平成30年11月20日
1007.23mにて掘削終了（11/7）、実作業日数：54日
－主な逸水箇所は① 541.5m ② 632.0m ③ 752.6m ④ 815.0m ⑤ 915.0m
－スリット管設置箇所は、既存温泉貯留層への影響を最小とするよう「742.39m～836.15m」「885.88m～996.18m」
－温度検層では最高温度は1001.8mで86.0℃。
－エアリフトによる坑内洗浄の結果、流体温度：87.7℃、産出量：平均170ℓ/min 最大192ℓ/minとなった（図表3・4）

温泉モニタリング

－昨年度に引き続き、調査坑井周辺での連続自動温泉モニタリングを実施した。
（公共井7孔、民間井1孔 図表5）。
温泉湧出中の4孔：温度、揚湯量、電気伝導度、pH等
温泉未湧出の4孔：水位
－また、調査井に最も近接した民間井については調査井掘削作業期間に別途、水位、温度を観測した。

今後の検討項目

・最適揚湯量の見極めと、発電機の選定・レイアウトの検討。

熱需要側
（潜在需要家）
の受入れ可能性
検討

今後の検討項目

- －将来的な調査井からの熱水利用を前提に、近隣小学校の暖房・給湯利用実態について調査を実施した（需要期の12月 図表6・8）
- －現状、校舎棟、体育館の2棟でそれぞれA重油燃料の暖房・給湯設備を利用している。校舎棟には床暖房設備があるが燃料節約の観点から利用されておらず、パネルヒーターのみを利用。体育館は暖気をダクトで循環させるシステムを採用。
- －このため、校舎等における暖房空調はニーズがあるにもかかわらず十分に活用できていない。
- －上記を踏まえた改善提案は以下の通り（図表6・7）。
【提案システムのイメージ】
・ポンプを設置し、調査井から小学校まで配管を敷設。
・熱交換器を営林署跡地に設置。（既存ボイラーは非常時用に残置）校舎棟で未利用の床暖房設備（既設）を活用。
・体育館の温風ダクト内に温水配管を敷設または全熱交換機を設置して、送風機（既設）で風気口から温風供給。
- 【効果】
・校舎棟の床暖房活用により、連続的に暖気し、温熱効果が持続。利用抑制している給湯設備等、柔軟な温水の利用が可能。

- ・設備設置コストの縮小に資する補助金の活用。
- ・削減される燃料費・管理費等 / 必要設備投資からみた経済性評価、小学校までの熱水配管敷設ルートの精査。

5カ年の事業計画

町中バイナリー発電に関する検討

【初年度】

- ・源泉調査
- ・物理探査
- ・ロケーション
選定/経済性検討
- ・掘削計画
- ・温泉モニタリング

【2年目】

- ・許認可申請書
作成
- ・坑井掘削
- ・検層
- ・温泉モニタリング

【3年目】

- ・噴気試験、
ポンプ揚湯試験
- ・発電機の選定
- ・系統連系協議
- ・温泉モニタリング

【4年目】

- ・EPC（敷地工
事、設置）
- ・発電機の試運
転
- ・温泉モニタリ
ング

【最終年】

- ・試運転
- ・温泉モニタリ
ング

町中熱供給に関する検討

【初年度】

- ・現況把握
- ・現況モデル化
- ・町中温泉熱利
用システムの効
率化案整理

【2年目】

- ・熱需要側（潜
在需要家）
の受け入れ
可能性検討

【3年目】

- ・熱供給システ
ムの概略設計
- ・コスト縮小検
討も含めた経
済性の精査
- ・敷地内レイア
ウト検討

【4年目】

- ・熱供給システ
ムの詳細設
計

【最終年】

- ・現地工事
- ・試運転

町中エリアのバイナリー発電の推進に向けた調査・検討

図表1 温泉法：温泉の掘削・増掘許可

温泉予定地の調査・
探査

温泉掘削許可申請

温泉掘削

動力・ポンプ設置
許可申請

揚湯設備設置

申請書類の提出

※申請事業者・自治体→所管エリアの保健所→道庁

- ・利用計画書（温泉利用施設の計画、必要温泉量、排水計画等）
- ・地形図、周囲見取り図
- ・工事施工方法書類、孔口装置図、掘削位置の記載された地籍図or測量図
- ・土地使用権利の証明書類、申請法人の定款or登記事項証明書
- ・掘削場所の周辺500mの源泉所有者の同意書、または同意が取れない場合の理由書
- ・設備の配置図・構造図、掘削方式が温泉法の技術基準に適合することを証明する書類
- ・掘削時災害防止規程
など

温泉審議会

北海道の場合、「北海道環境審議会温泉部会」が該当（年3～4回開催）。有識者を含めた協議を得て掘削許可が得られる（許可有効期間：許可日から2年間）

【関係URL】 <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/hf/kse/seikatueisei-index.htm#shingikai>

届出書の提出

工事に着手したときは、着手した日から10日以内に工事着手届出書を提出する
※提出後、温泉監視員が現地調査を行い、許可条件に合致しているか確認

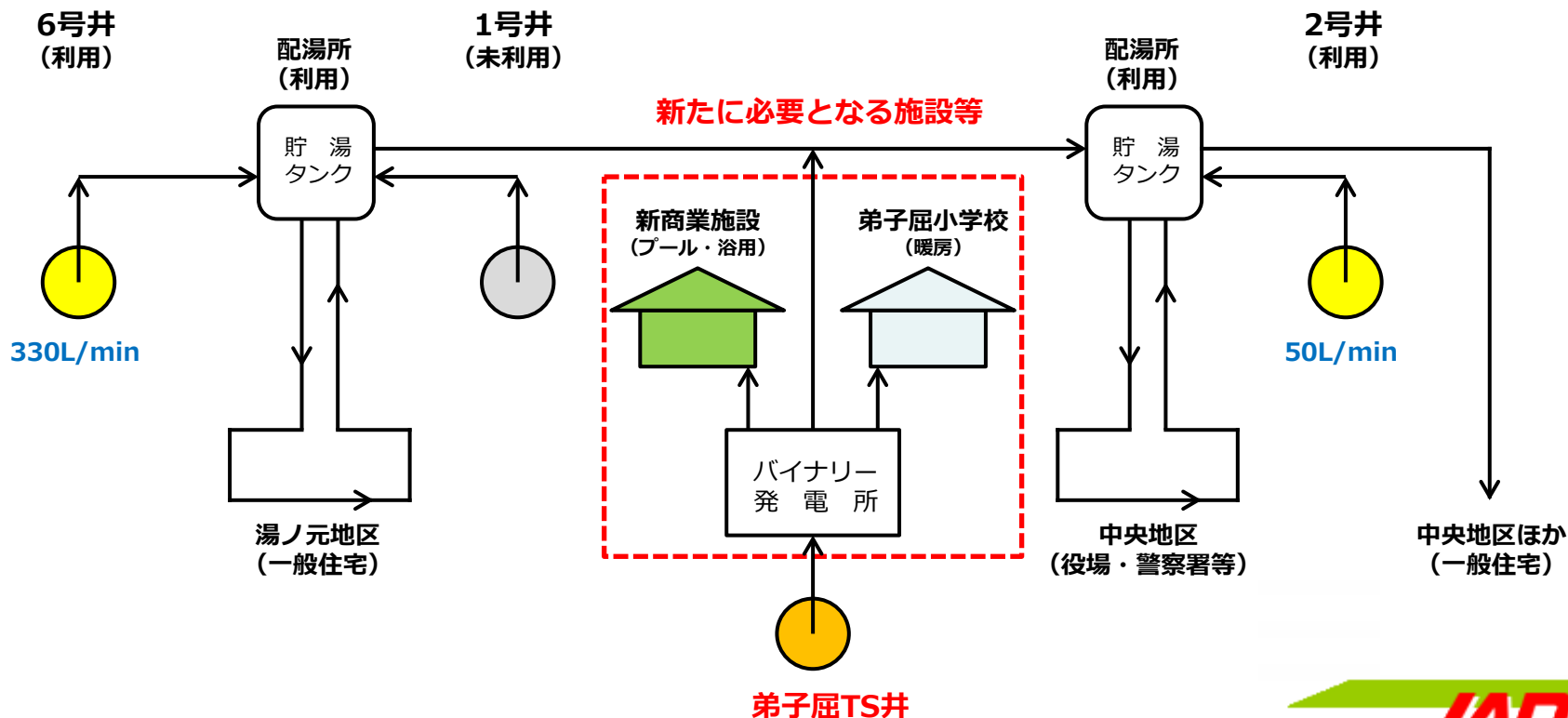
補助動力を用いて揚湯する場合は、許可が必要（温泉動力装置許可申請）

申請書類の提出

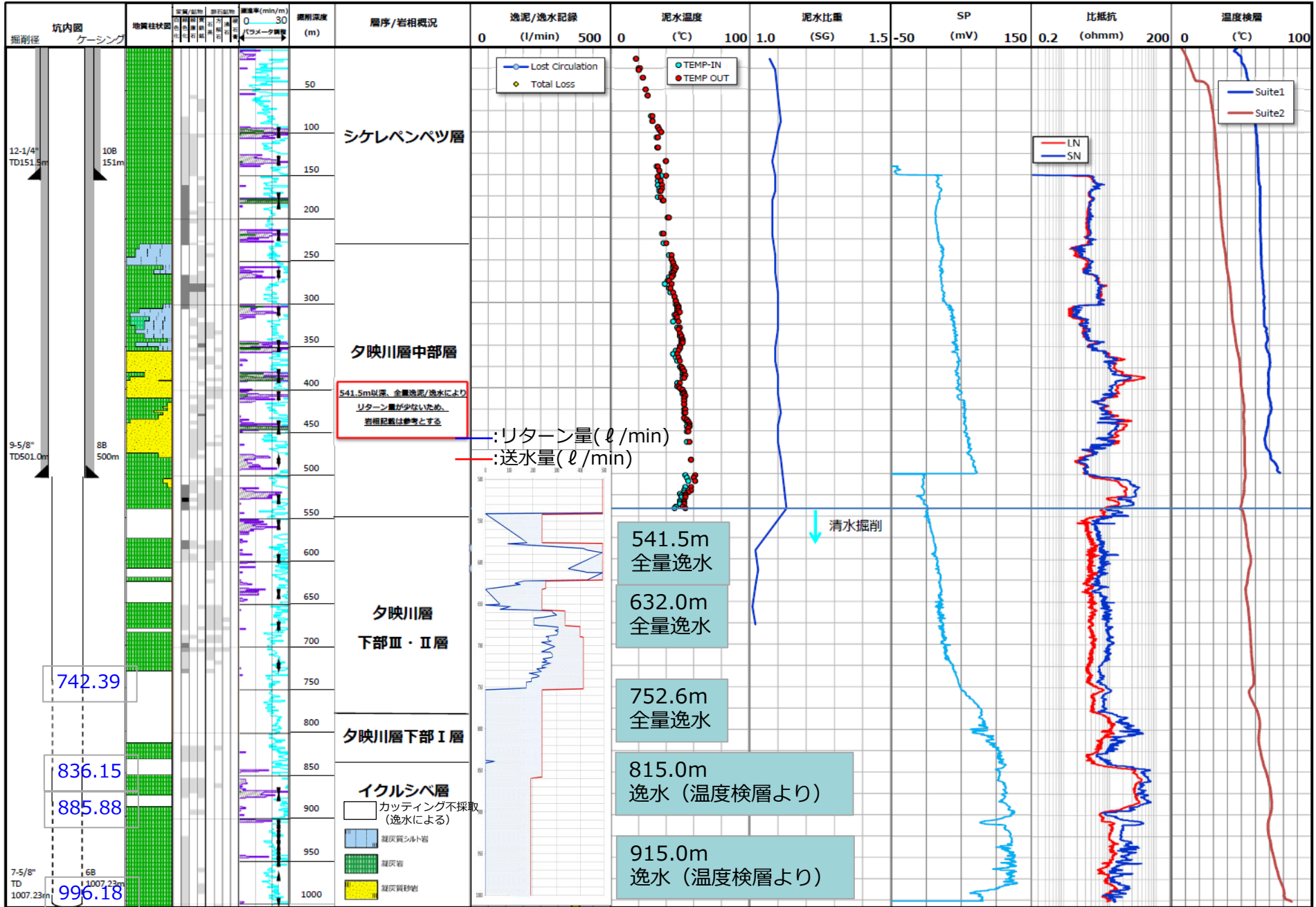
- ・利用計画書、地形図、周囲見取り図、温泉成分分析に関する書類
- ・動力装置仕上げ断面図、仕様書（写）、選定理由書
- ・揚水試験結果報告書、（付近源泉への）影響調査結果報告書
- ・土地使用権利の証明書類、申請法人の定款or登記事項証明書
- ・同意書、または同意が取れない場合の理由書、柱状図
など

図表2：弟子屈TS井による産出熱水の利用フローイメージ

- ・温泉準保護地区（制限距離－既存源泉より200m以上）において掘削した弟子屈TS井は、町有井弟子屈町4号井（未利用）、弟子屈町新4号井（未利用）の代替井とした。よって、これらの町有井は廃坑した。
- ・更に、来年度実施する弟子屈TS井（代替井）の噴出試験結果を踏まえ、市街地の温泉資源保護と有効活用を目指し、町有源泉を中心に既存坑井の廃坑や揚湯量の縮小を考えていく。
- ・具体的には、代替井に対して、町有源泉のうち弟子屈町1号井、弟子屈町8号井の廃坑や他目的利用（水位観測井、還元井）を検討する。弟子屈町2号井や弟子屈町6号井、弟子屈町道の駅井については、弟子屈TS井の湧出状況に応じて、揚湯量の縮小等を検討する。



図表3：総合柱状図



図表4：調査井掘削結果

1. 作業期間：平成30年9月21日～平成30年11月20日
1007.23mにて掘削終了（11/7）、実作業日数：54日

2. 主な逸水箇所

- ① 541.5m ② 632.0m ③ 752.6m
- ④ 815.0m ⑤ 915.0m

3. スリット管設置箇所

- スリット管は、既存温泉貯留層への影響を与えないよう上記逸泥箇所①および②へは設置しないこととした。
- 設置深度 ① 742.39m～836.15m
 ② 885.88m～996.18m

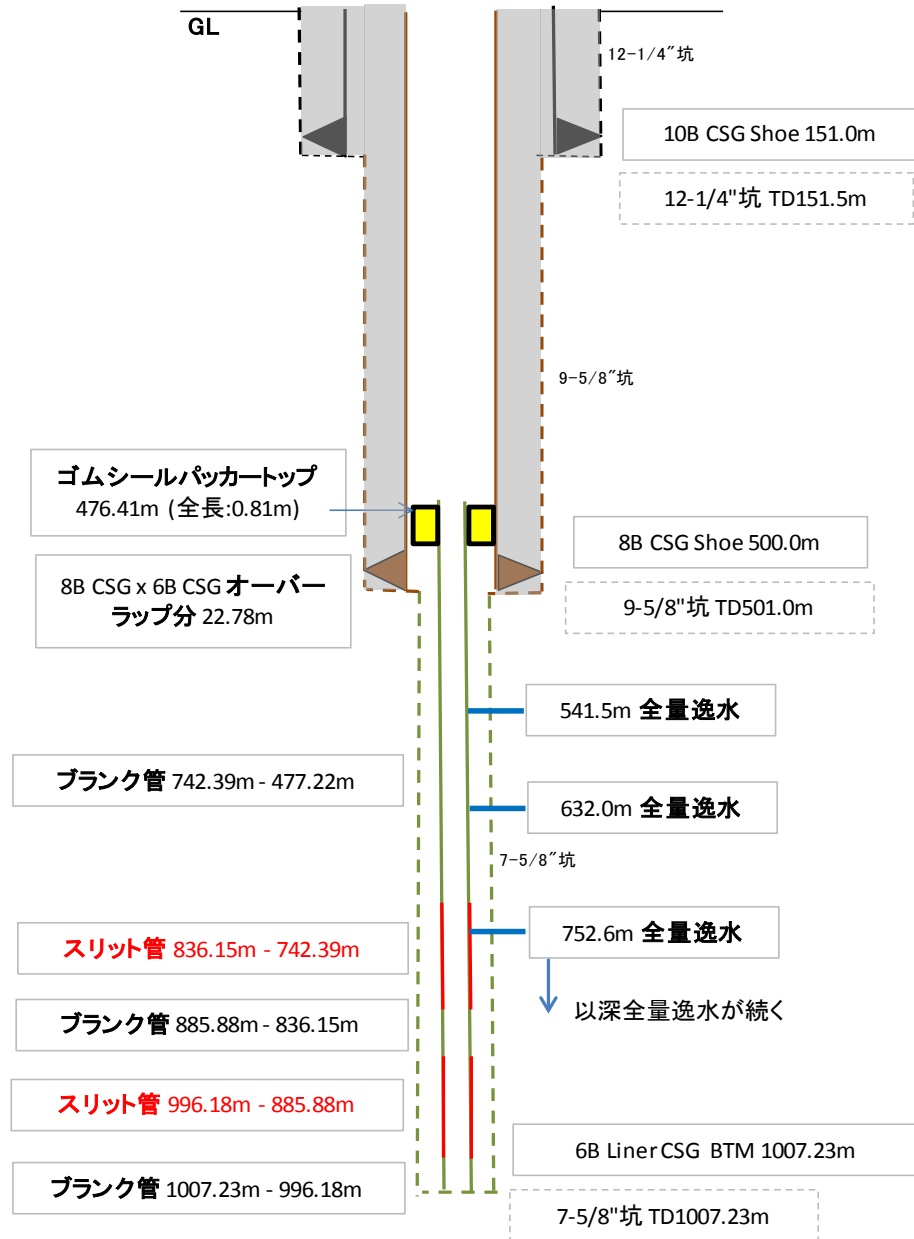
4. 検層結果

- 温度検層では地層温度、熱水の流出入を特定した。最高温度は1001.8mで86.0℃であった。
- 電気検層では、熱水流動、地層の性状などを推定した。

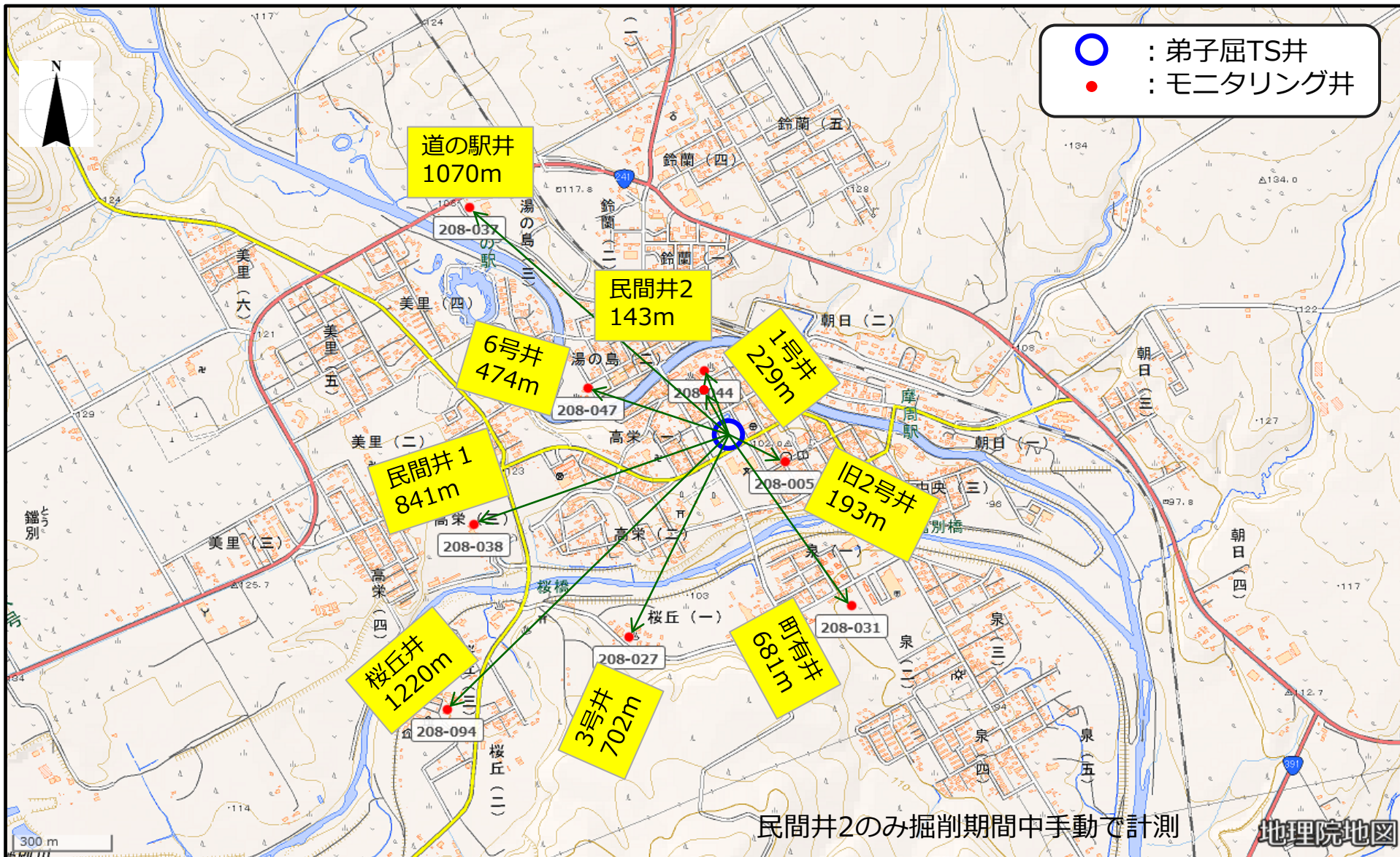
5. エアリフトによる坑内洗浄

- エア圧力：0.6MPa
 - ノズル位置：90.0m
 - 流体温度：87.7℃
 - 産出量：平均170ℓ/min 最大192ℓ/min
- 熱水の温度/産出量については来年度、噴出試験の実施によってより詳細な情報を取得する。

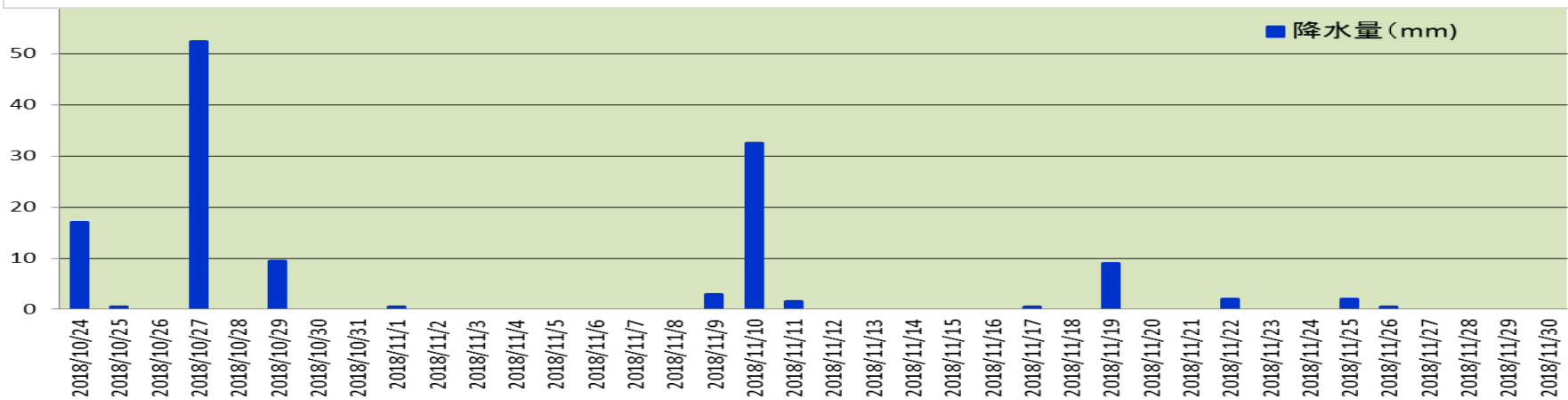
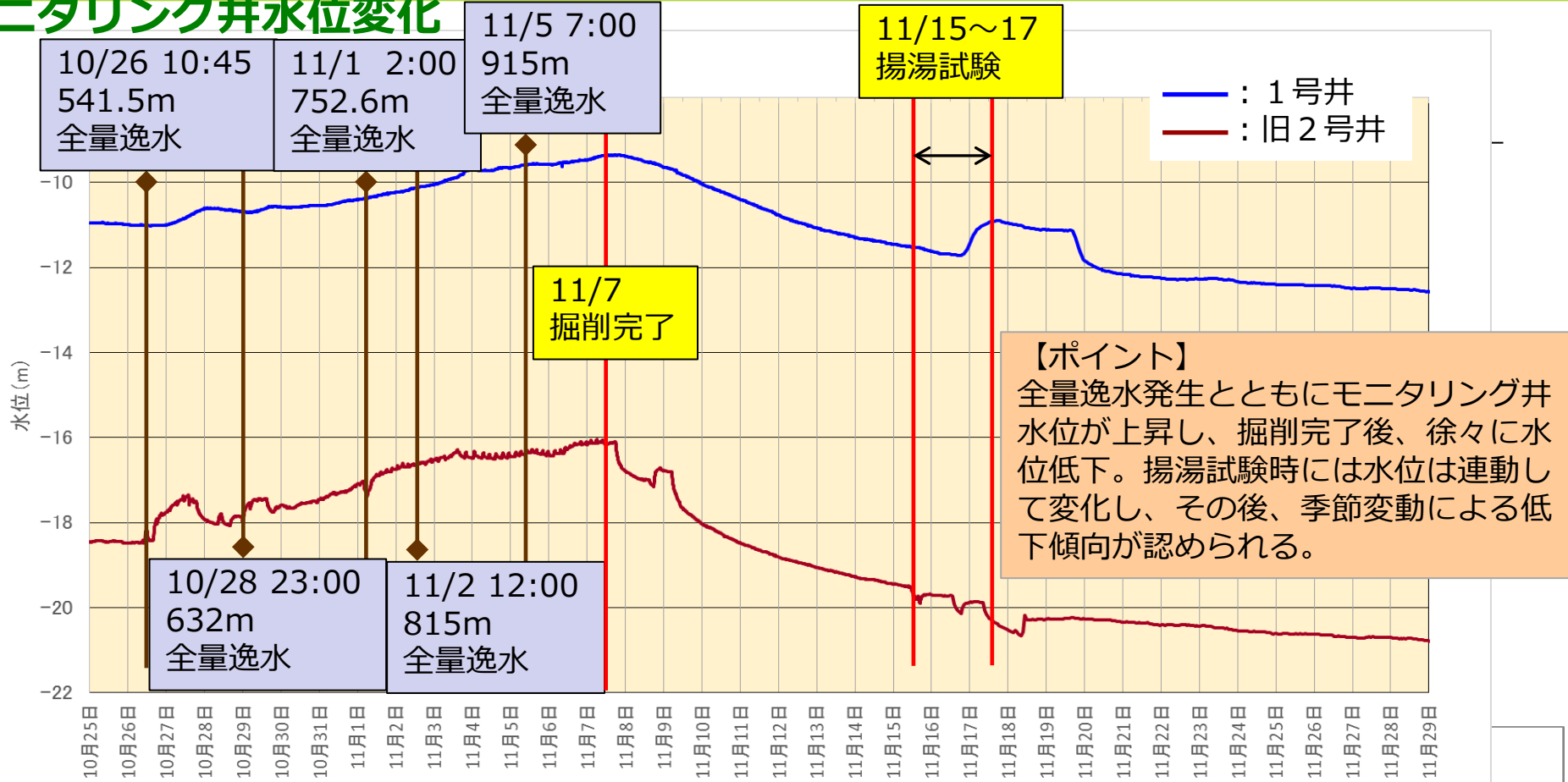
弟子屈TS井坑内図(6Bケーシング[CSG]降下後)



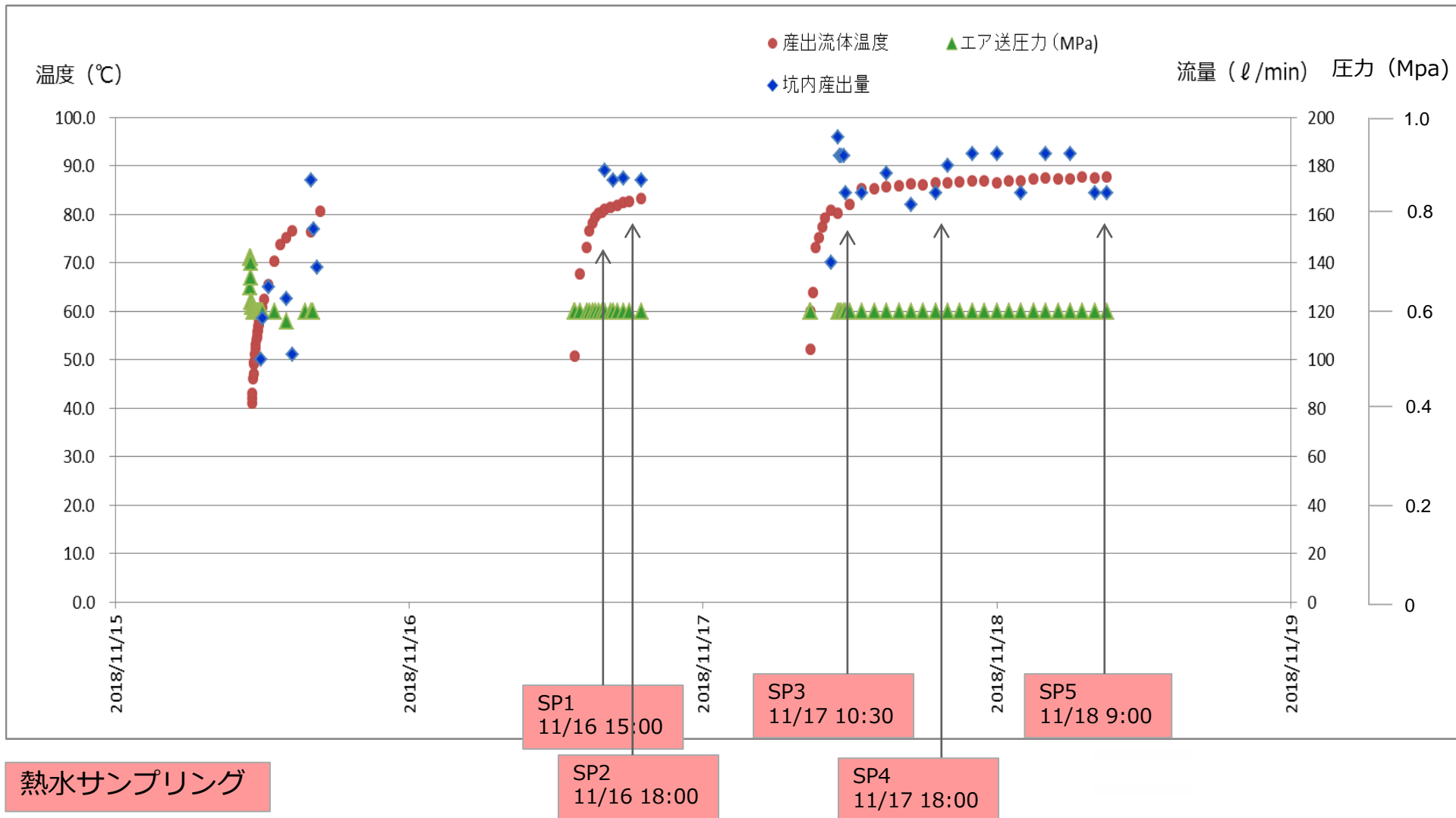
図表5：温泉モニタリング井と弟子屈TS井との距離



モニタリング井水位変化



弟子屈TS井坑内洗浄結果



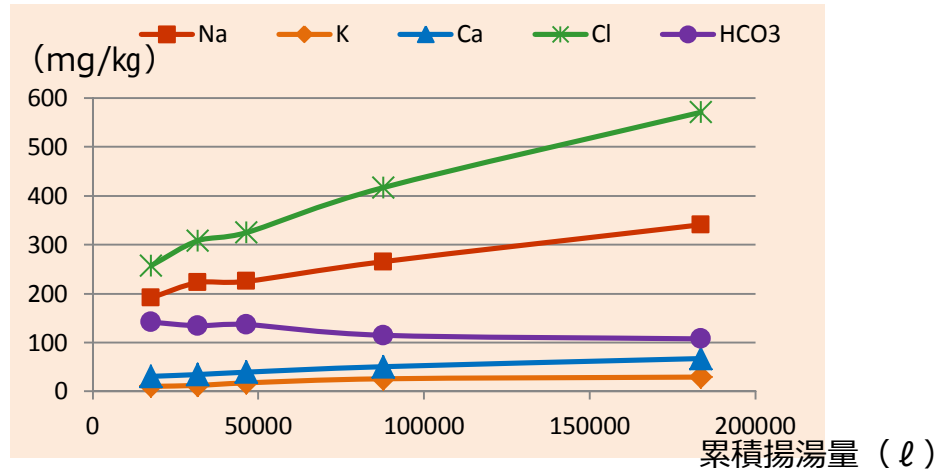
弟子屈TS井試料分析結果 (道立総合研究機構 地質研究所)

試料名	温度	R-pH	EC	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	δ ¹⁸ O	δD
	℃		mS/m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	‰	‰
弟子屈_TS井_Sp.1	78.2	8.6	235	191.7	10.2	0.	30.7	257.6	29.2	141.6	2.4	-9.0	-63.7
弟子屈_TS井_Sp.2	82.7	8.7	231	222.7	12.2	0.	34.4	308.4	38.8	134.2	9.6	-9.1	-64.3
弟子屈_TS井_Sp.3	80.7	8.8	233	225.1	17.3	0.	39.3	324.9	40.4	136.7	3.6	-9.0	-64.0
弟子屈_TS井_Sp.4	86.1	8.7	333	265.5	25.7	0.	50.5	417.2	49.6	114.7	3.6	-8.9	-63.8
弟子屈_TS井_Sp.5	87.7	8.8	381	340.9	29.2	0.	67.1	571.1	58.4	107.4	7.2	-9.2	-65.3

【ポイント】
各イオンの値はまだ変化を続けており、真値には達していない。
6号井の値に近づいていくと想定される。

試料名	Ion blance	Total Cation	Total Anion	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃
				mval	mval	mval	mval	mval	mval	mval	mval
弟子屈_TS井_Sp.1	-0.01	10.1	10.3	8.3	0.3	0.0	1.5	7.3	0.6	2.3	0.1
弟子屈_TS井_Sp.2	-0.01	11.7	12.0	9.7	0.3	0.0	1.7	8.7	0.8	2.2	0.3
弟子屈_TS井_Sp.3	-0.01	12.2	12.4	9.8	0.4	0.0	2.0	9.2	0.8	2.2	0.1
弟子屈_TS井_Sp.4	0.00	14.7	14.8	11.5	0.7	0.0	2.5	11.8	1.0	1.9	0.1
弟子屈_TS井_Sp.5	-0.01	18.9	19.3	14.8	0.7	0.0	3.4	16.1	1.2	1.8	0.2

試料名	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃
	mval%	mval%	mval%	mval%	mval%	mval%	mval%	mval%
弟子屈_TS井_Sp.1	82.3	2.6	0.0	15.1	70.7	5.9	22.6	0.8
弟子屈_TS井_Sp.2	82.7	2.7	0.0	14.7	72.3	6.7	18.3	2.7
弟子屈_TS井_Sp.3	80.3	3.6	0.0	16.1	74.1	6.8	18.1	1.0
弟子屈_TS井_Sp.4	78.4	4.5	0.0	17.1	79.5	7.0	12.7	0.8
弟子屈_TS井_Sp.5	78.4	3.9	0.0	17.7	83.4	6.3	9.1	1.2



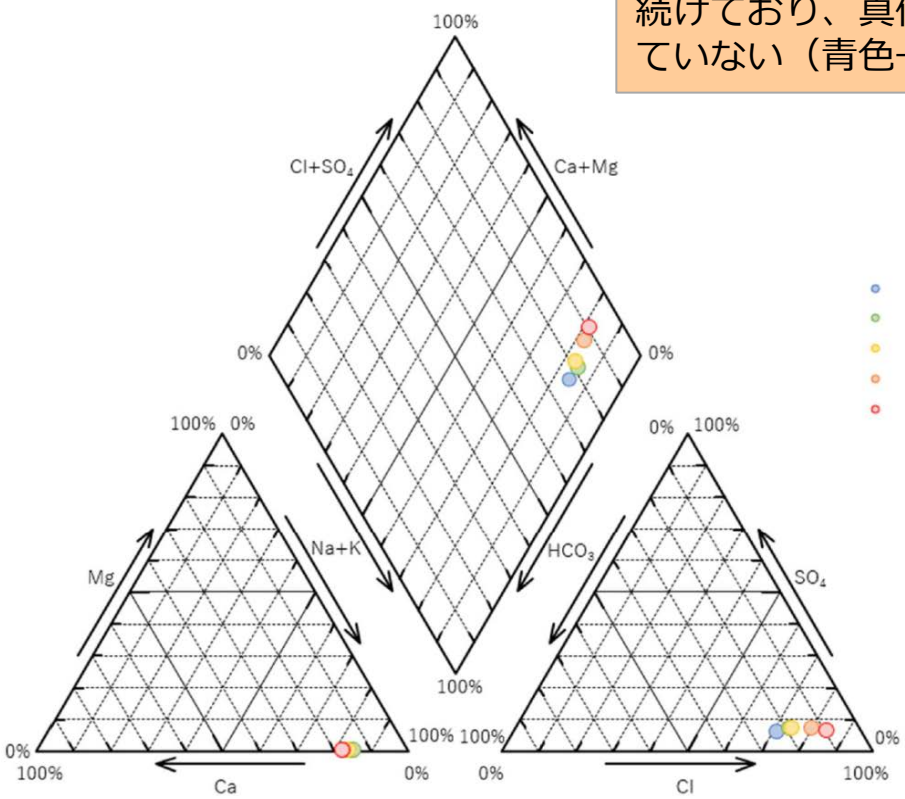
参考 (2017年度報告書より抜粋)

試料名	pH	EC	Na+	K+	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl-	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
6号井	7.91	837	713	36	1.14	121	1190	150	77	<1
ホテル摩周代替井	8.59	350	51.9	1.87	0.02	3.58	17.6	28	81	2
桜丘井	8.11	458	372	6.16	0.05	111	401	170	13	<1
道の駅井	9.74	42	75.8	0.79	ND	0.06	12.3	38	58	13
摩周湖JA2号井	8.64	48	74.8	2.48	0.04	2.15	35.9	70	55	1
柘湯政喜	8.70	30	46.9	2.25	ND	0.01	11.7	21	42	2
飯村和子	8.86	240	249	2.84	0.02	11.6	150	300	33	1
大道開発	8.90	138	114	2.5	0.02	86.6	22.9	380	26	1
行木紘一	8.13	251	347	19.5	0.16	3.89	272	15	370	3
鈴木彰1/2菅野好明1/2	7.35	2090	1780	35.3	0.76	424	3360	130	19	<1



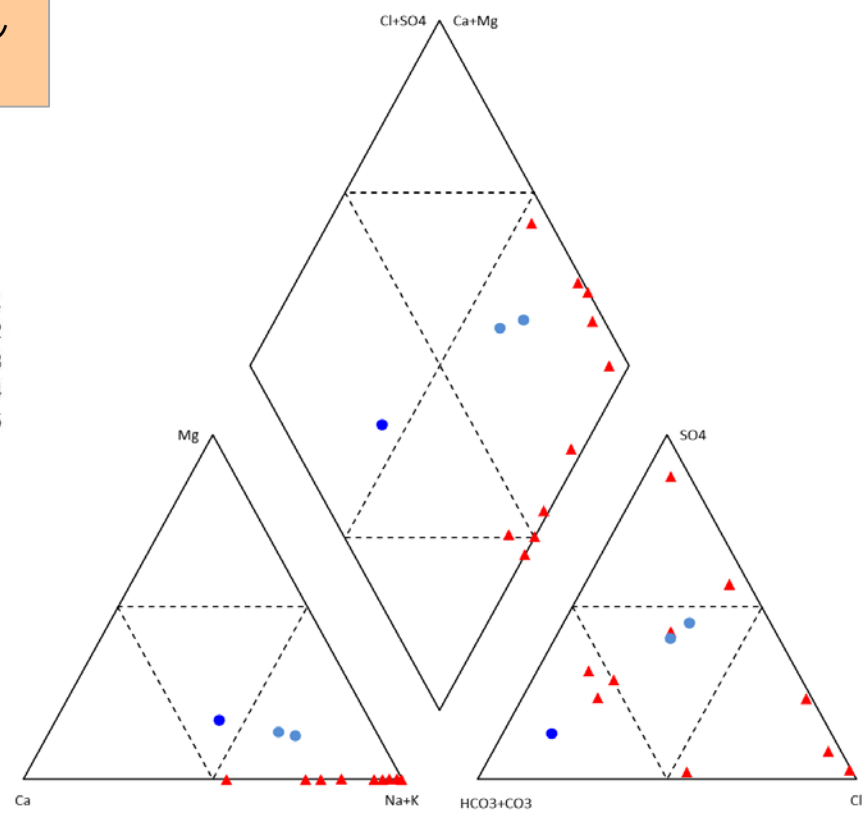
弟子屈TS井トリリニアダイアグラム (道立総合研究機構 地質研究所)

【ポイント】
各イオンの値はまだ変化を
続けており、真値には達し
ていない (青色→赤色)。



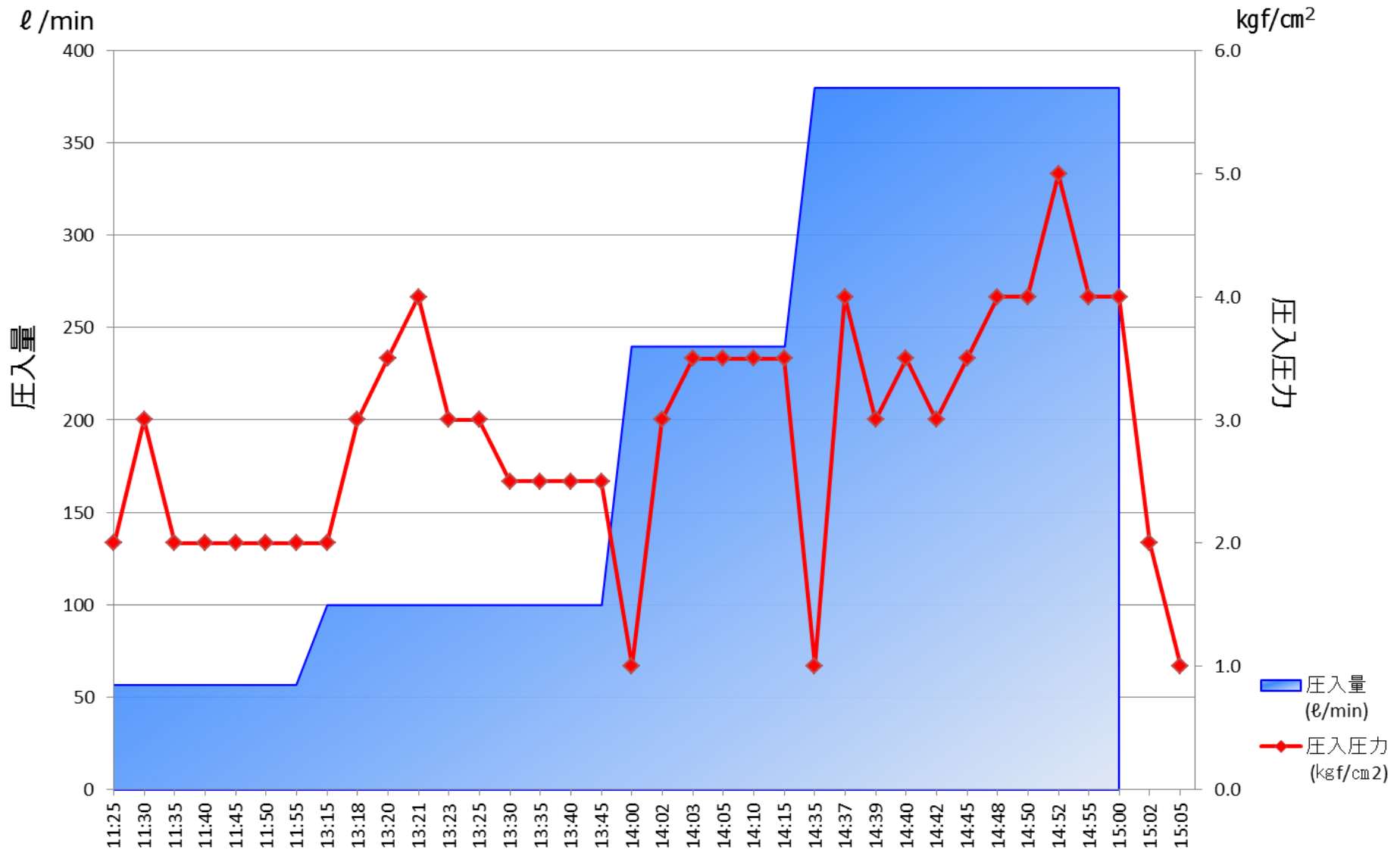
- 弟子屈_TS井_Sp.1
- 弟子屈_TS井_Sp.2
- 弟子屈_TS井_Sp.3
- 弟子屈_TS井_Sp.4
- 弟子屈_TS井_Sp.5

道立総合研究機構 地質研究所 (2018)

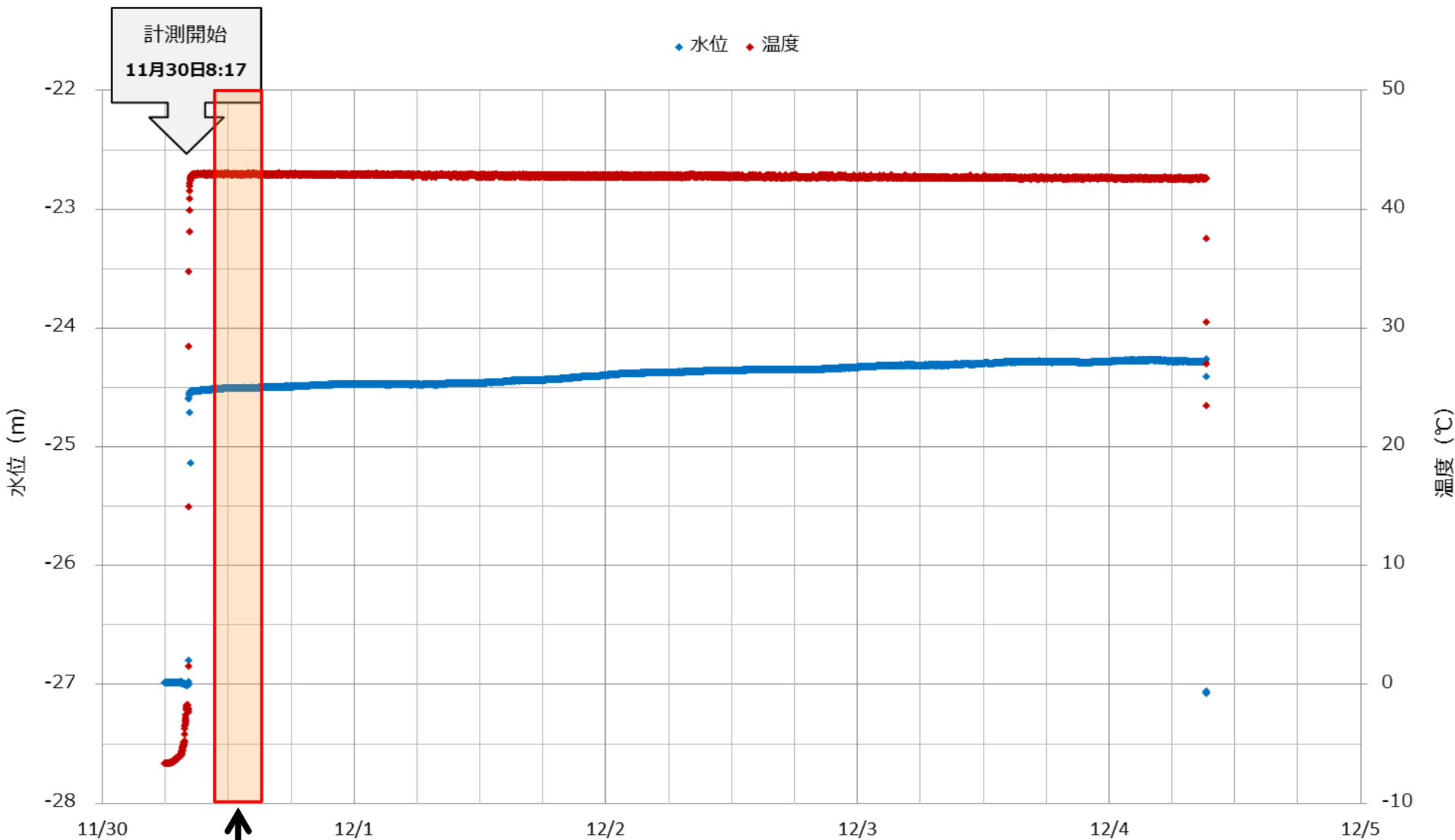


石油資源開発 (2017)

1号井圧入試験結果 (2018/11/30)



弟子屈TS井水位変動グラフ（1号井圧入時）



1号井圧入試験実施期間

資料提供：北海道立総合研究機構地質研究所

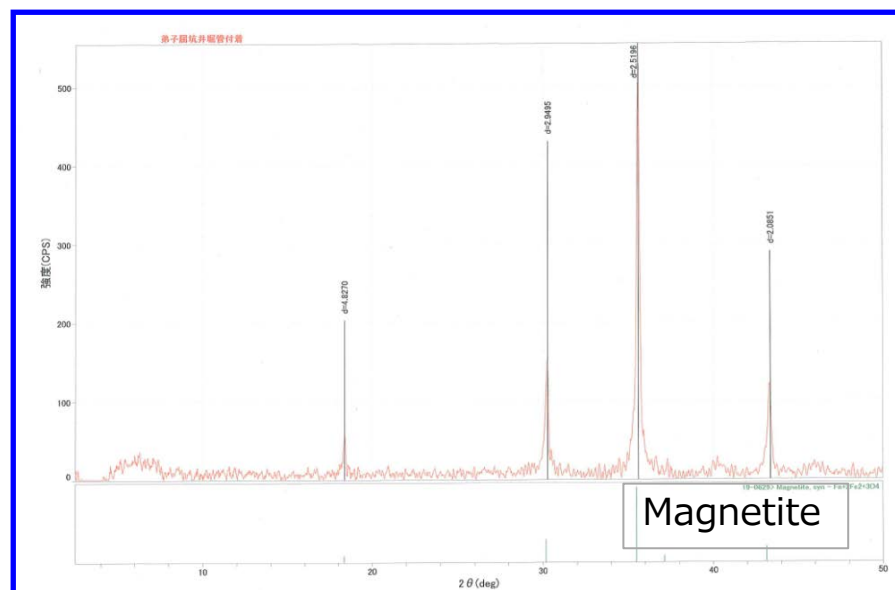


エアリフトによる坑内洗浄時の掘り管付着物について

XRD 解析結果によれば、磁鉄鉱のみが検出された。また、 $40.4^\circ(2\theta)$ および $45.8^\circ(2\theta)$ あたりに弱いピークがあり、鉄の水酸化物であるFerrihydrite が若干量存在する可能性も考えられる。

XRF (FP 法 ; UniQuant 法) では鉄が約89%を占め、XRD の解析結果の磁鉄鉱が主体であることを支持している。また、 SiO_2 が約7%含まれるほか、若干量のMg, Al, Ca, Mn, Ti, Pなどが含まれる。また、Clが約1%, SO_3 が約0.7%含まれる。

上記の結果から、主体は磁鉄鉱（鉄の酸化物）で若干の鉄の水酸化物を伴う可能性がある。XRF 分析で認められた微量のCr や Moはグリースが起源である可能性が高い。



炭素鋼管	化学成分 (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ti
8B	0.08	0.01	0.35	0.008	0.004	0.12	0.032
6B	0.08	0.01	0.34	0.011	0.004	0.12	0.03

来年度の調査内容

町中エリアのバイナリー発電の推進に向けた調査・検討

温度圧力検層

- ・ 弟子屈TS井の能力把握のために長期放置後の自然状態で温度、圧力を測定する。

噴気試験・
ポンプ揚湯試験

- ・ 弟子屈TS井の自然噴気を促し、自噴した場合は、噴気中の温度、圧力、流量および蒸気量測定を実施する。
- ・ 噴気試験実施後または自噴しなかった場合には、ポンプによる揚湯試験を実施する。

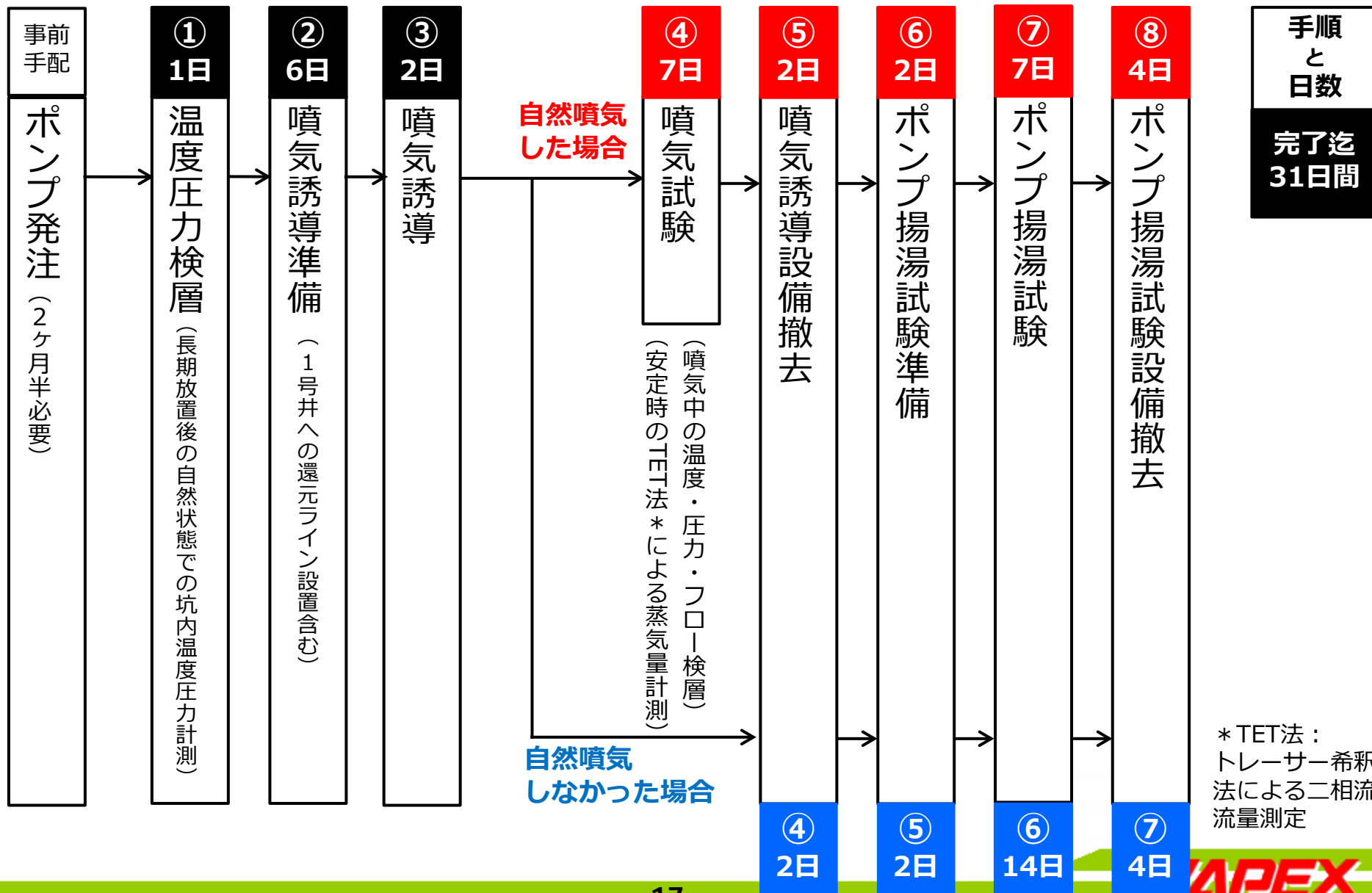
発電機の選定

- ・ 噴気試験および揚湯試験の結果を踏まえて、最適なバイナリー発電機の仕様を決定する。

温泉
モニタリング

- ・ 弟子屈TS井噴出試験時の影響範囲、1号井還元時の影響範囲をより精確に把握するため、既設のモニタリング井に加え、民間井2において新規の水位観測モニタリングを実施する。

噴出試験の作業フロー

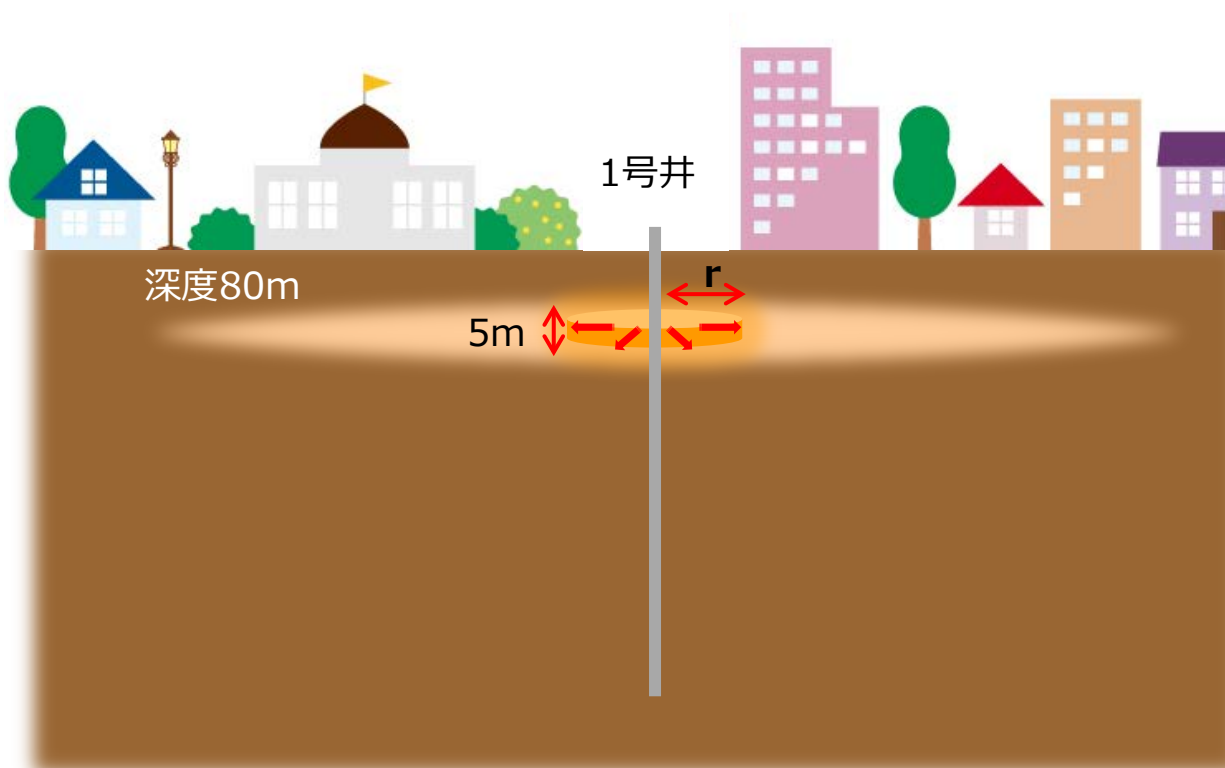


噴出試験で想定される最大影響範囲(熱水の浸透範囲)

噴出試験においては1号井を還元井として利用することを想定している。

1号井の地下80mには透水性の良い層が存在しているため、還元による熱水の地下浸透は80m付近で起こる可能性が高い。その場合、影響範囲(熱水到達範囲)は半径約35m程度と考えられる。

※圧力伝播の範囲はさらに広がる(約200m程度)可能性がある。



計算方法

弟子屈TS井の予想熱水産出量：
 $500 \text{ l / 分} = 0.5 \text{ m}^3 / \text{分}$

噴出試験時に産出される全熱水量：
 $0.5 \text{ m}^3 / \text{分} \times 60 \text{ 分} \times 24 \text{ 時間} \times 7 \text{ 日}$
 $= 5040 \text{ m}^3$

影響半径： $r \text{ m}$
円柱形状に浸透する場合の厚さ： 5 m
孔隙率： 0.3 とすると

$$r^2 \times 3.14 \times 5 \times 0.3 = 5040$$

$$r = 32.7 \text{ m}$$

温泉給湯事業の実施に向けた調査・検討

図表6：新規需要先（弟子屈小学校）の現状と改善ポイント

新規坑井から産出する熱水の供給先として、弟子屈小学校を想定し、昨年11月～12月に現状設備の実態を調査した。

現状ポイント

- 校舎棟、体育館の2棟でそれぞれ **A重油を燃料とした設備** を利用しており、年間の総消費燃料は、約 **30,000 ℓ** である。
- 校舎棟には床暖房設備があるが、燃料節約の観点から利用されておらず、**パネルヒーターのみ** を利用。体育館はあたためた外気をダクトで循環させている。
- 給湯設備に対するボイラーの燃料効率が悪いため、**給湯は厳寒期まで利用を抑制** している。

校舎棟

- ・熱源機：昭和鉄鋼製 SVヒータ
- ・発熱量：400,000kcal/h×2基
- ・燃料種：A重油

体育館

- ・熱源機：IHI製 温風機
- ・発熱量：116kw×2基（100,000kcal/h）
- ・燃料種：A重油

改善ポイント

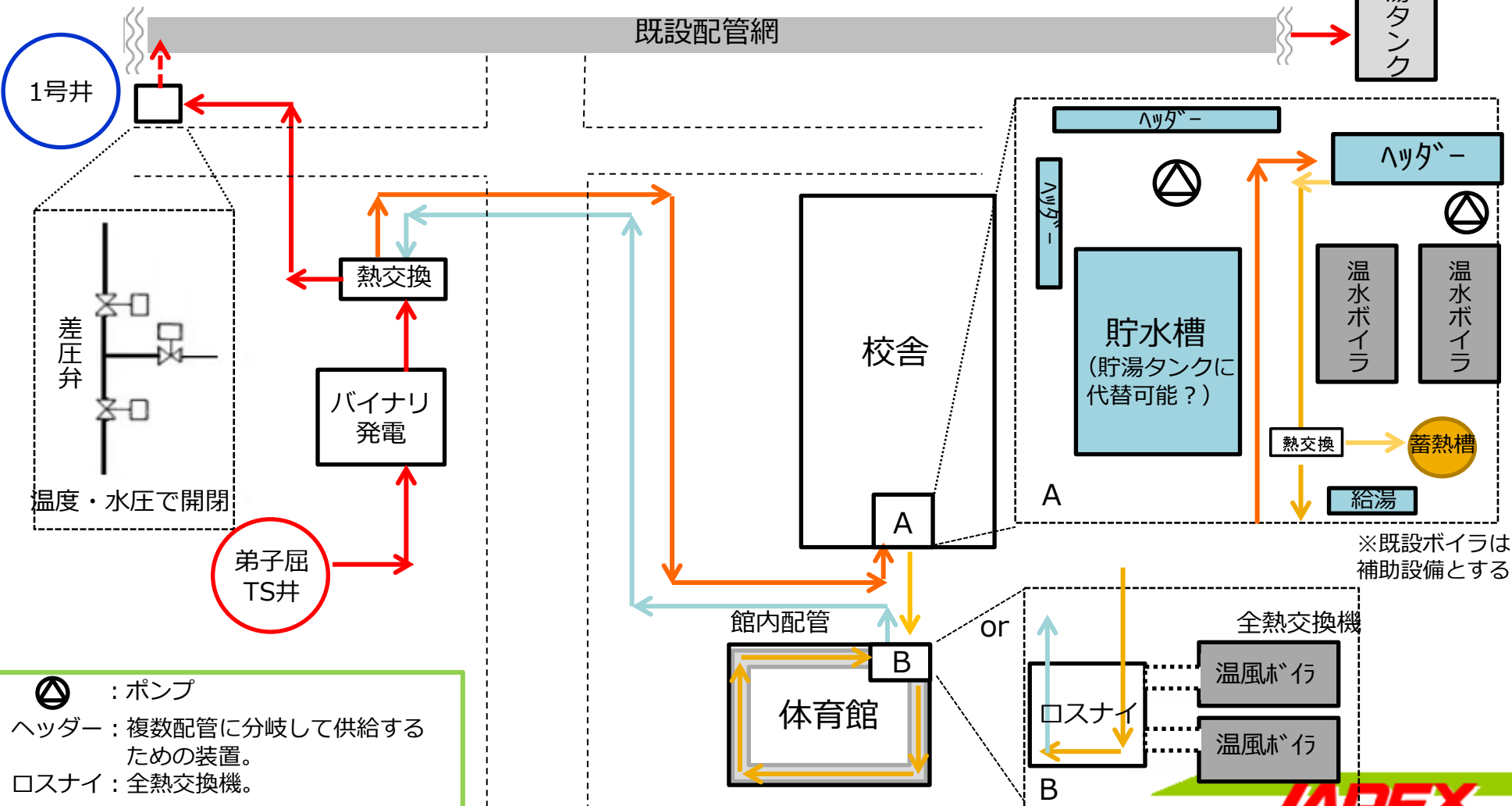
- 営林署跡地に熱交換器を設置し、小学校まで熱水配管を敷設する。
- 校舎棟、体育館の2棟の熱源を熱水で熱交換した **温水に置き換える**。
- 校舎棟で現在利用していない **床暖房設備** を温水を利用して稼働する。
- 給湯設備として **蓄熱槽を設置** する。

効果

- ・消費燃料を大幅に削減できる。
- ・燃料追加の負担なく既存設備を有効利用でき、持続的な温熱効果を期待できる。
- ・通年利用を可能にする。

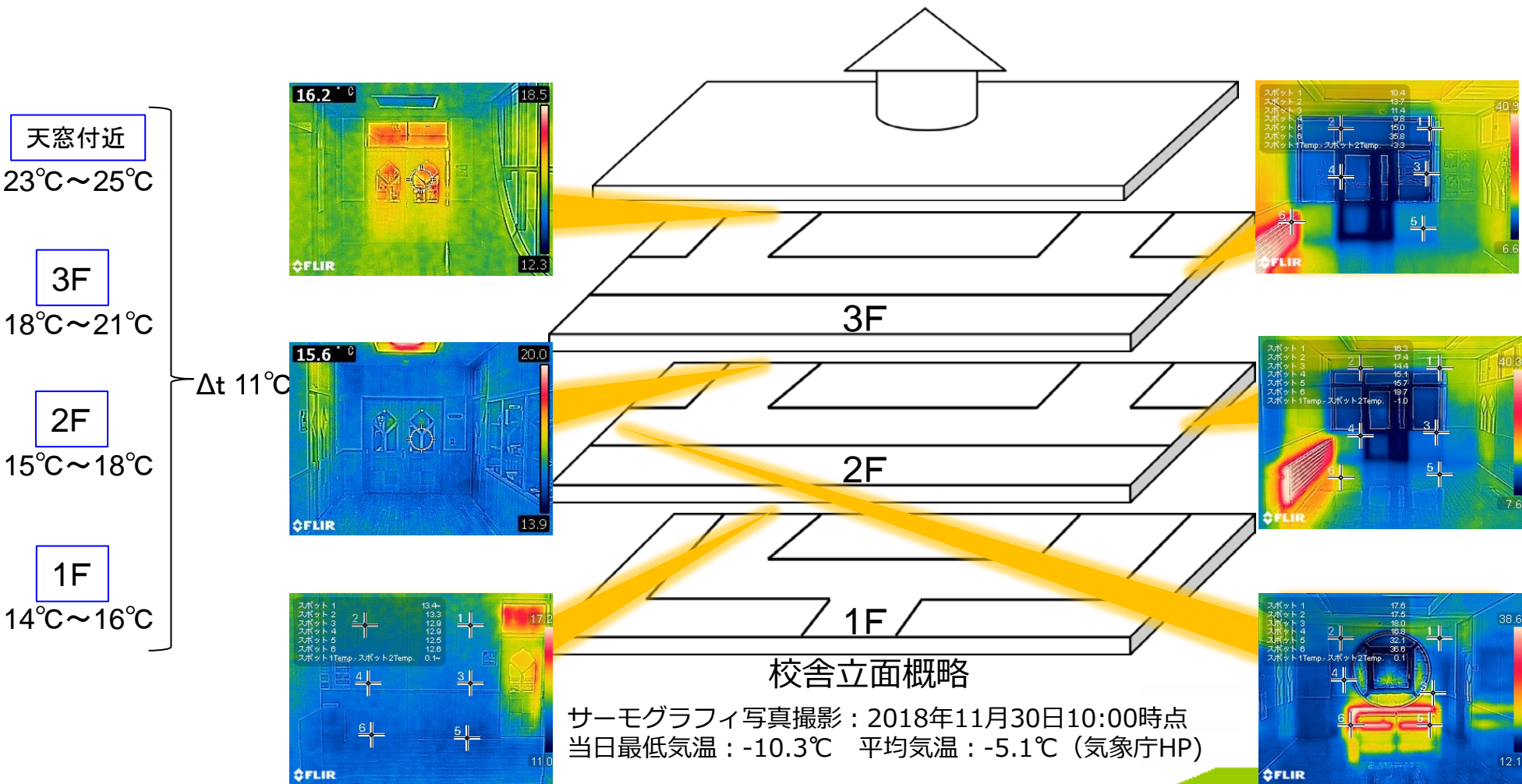
図表7：弟子屈小学校への新規熱水のフローイメージ

- ①産出熱水によるバイナリー発電
- ②発電後、熱水を熱交換した温水を小学校へ 熱水は公共井から地下還元するか既設熱水配管網へ流す
- ③温水の配管を小学校校舎棟の既存暖房設備へつなぐ（既存のボイラー設備は予備にまわす）
- ④校舎棟から体育館へ温水配管をつなぐ（館内で循環する空気をあたためる熱源として利用）



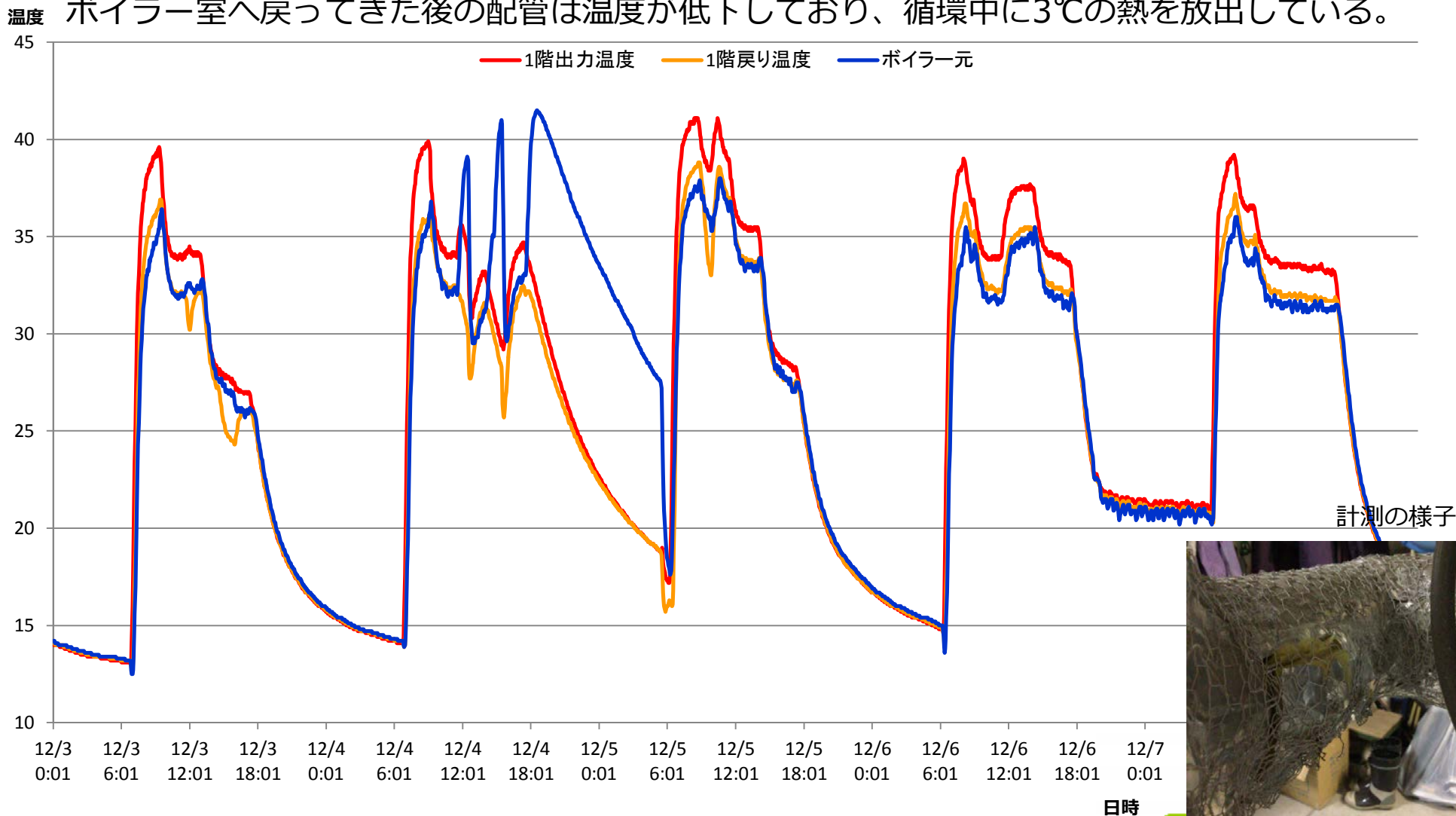
図表8-1：各フロアの温度状況～校舎棟全体～

暖房稼働時の温度状況では、温熱効果を得られているのは暖房設備の周辺のみ。
 同じフロア内でも方角・窓の有無によって温度が異なる。
 上層階は下層階より温度が高い傾向にあり、暖められた空気が上昇していると考えられる。



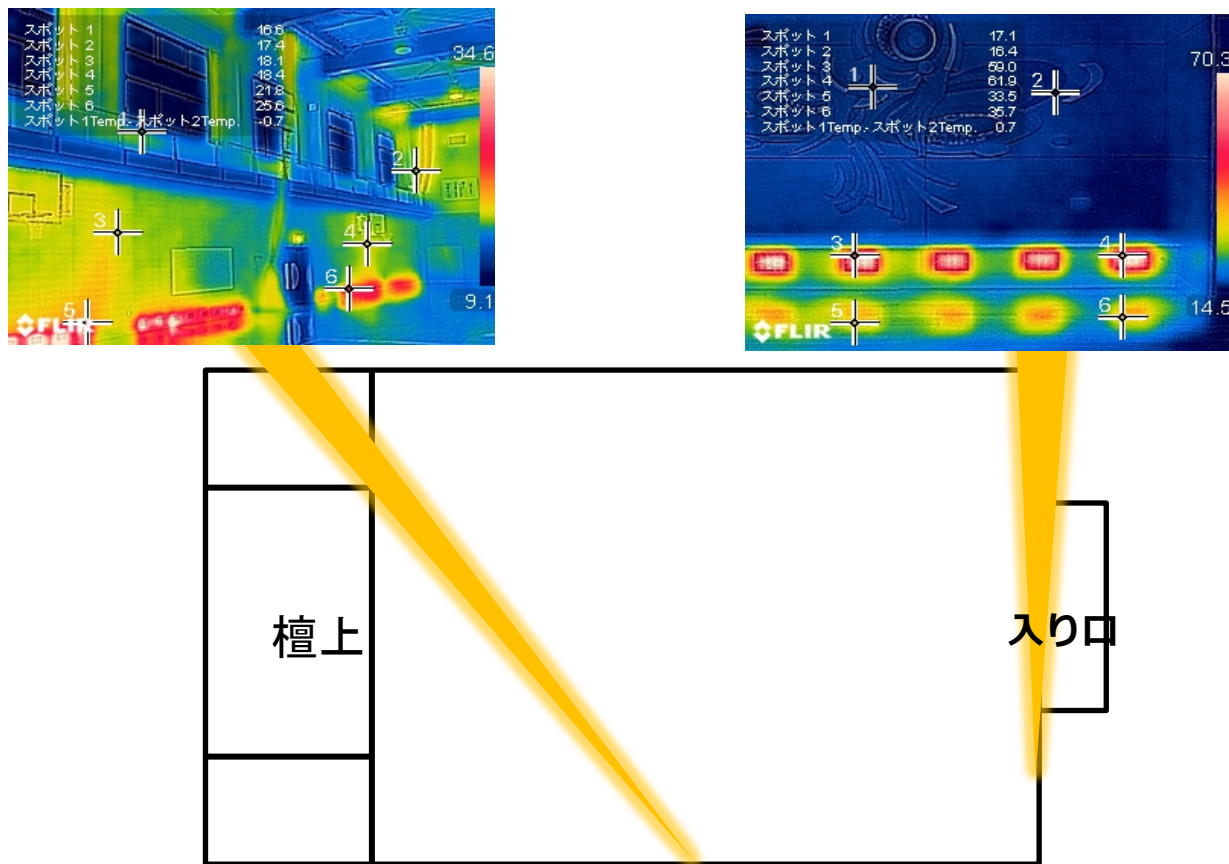
図表8-2：各フロアの温度状況～校舎棟全体～

ボイラーで暖められ、1階教室へ向かう配管の温度は40℃程度。フロア内を循環し、ボイラー室へ戻ってきた後の配管は温度が低下しており、循環中に3℃の熱を放出している。



図表8-3：各フロアの温度状況～体育館～

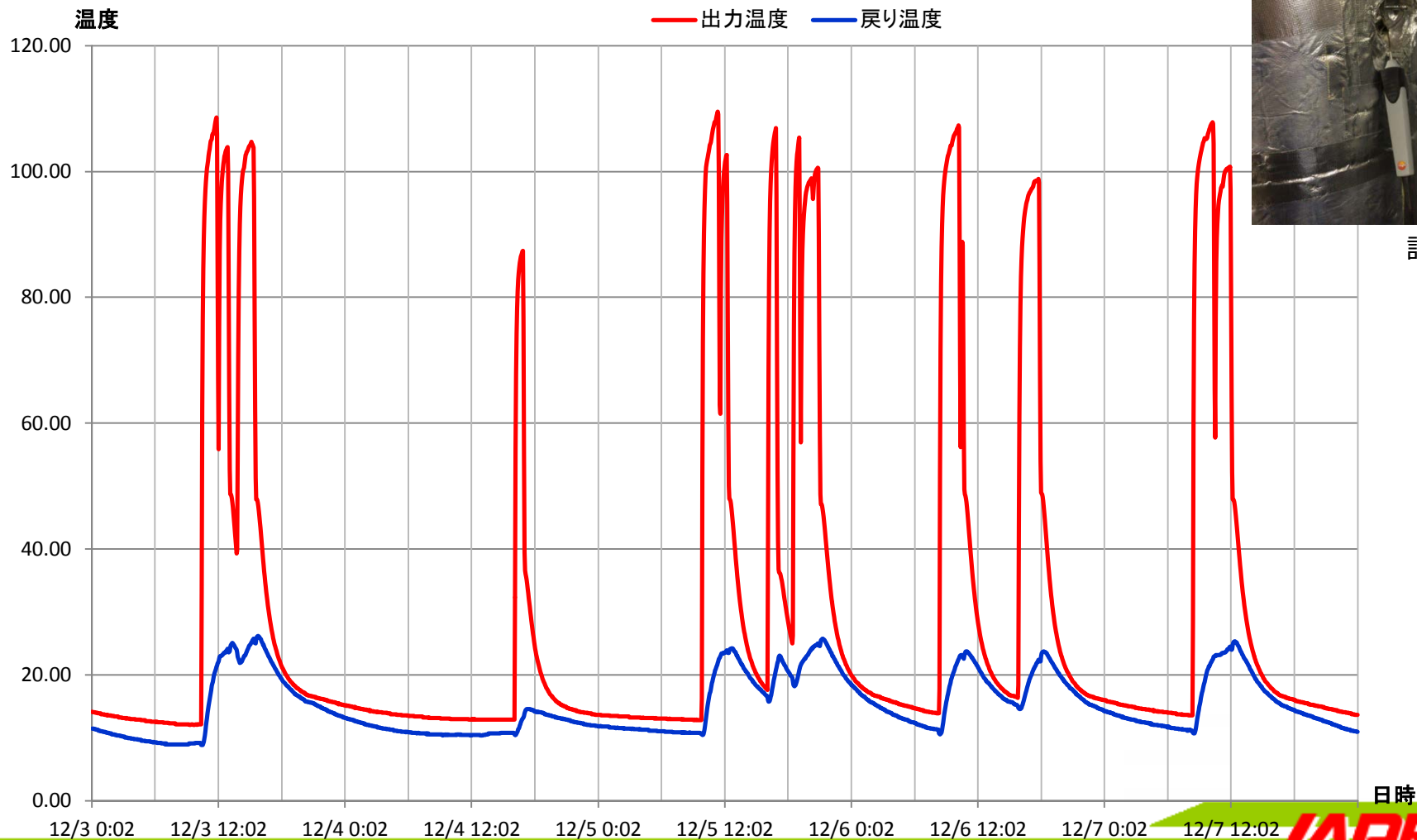
温風機稼働時の温度状況では、温熱効果を得られているのは風気口周辺のみ。フロアや壁に温熱効果は見られず、温度差が大きい。



体育館 平面概略図

図表8-4：各フロアの温度状況～体育館～

ボイラーで暖められた空気は瞬間的には100℃を超す。通気口で放出されるまでに60℃近くまで下がり、館内の空気と混ざってさらに下がって、持続的な温熱効果は見られない。



計測の様子

来年度の調査内容

温泉給湯事業の実施に向けた調査・検討

熱供給システムの概略設計

- ・バイナリー発電における噴出試験の結果を踏まえて、バイナリー発電所～弟子屈小学校～町中既設配管網/公共井（1号井）+地下還元システムを接続する熱水配管網・流量制御系の設計と、小学校内の熱水利用システムの詳細を検討する。
- ・町中温泉配管ネットワークの実態把握と制御機能を高めるため、同配管ネットワークの主要結節点における流量・温度・圧力の計測、貯湯タンクの水位（残量）計測とタンク水位に応じた送出ポンプの制御システムを検討する。

経済性評価の精査

- ・温泉熱利用により削減される燃料費と、上記の熱水利用システム整備に必要な設備投資等から経済性の評価と適用可能性のある補助金を調査する。

発電所敷地内レイアウト検討

- ・弟子屈小学校へ熱水を引く配管の敷設ルートを検討、給湯用ポンプ/熱交換器の設置位置等について、バイナリー発電設備の配置（冷却システムの選定含）と合わせて検討する。

【結節点での計測、制御のイメージ】

