

第61回試錐研究会

講演資料集

- 開催日 令和5年(2023年)3月3日(金)
- 会場 北海道立道民活動センターかでの2.7 1階「かでのホール」
(札幌市中央区北2条西7丁目 道民活動センタービル)
- 主催 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所
- 協賛 一般社団法人 北海道地質調査業協会
一般社団法人 全国さく井協会北海道支部
- 後援 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部
一般社団法人 資源・素材学会北海道支部
北海道地域産業技術連携推進会議

第 61 回試錐研究会プログラム

日 時 : 令和 5 年 3 月 3 日(金) 13:30~17:20 (開場・受付開始 12:30)

場 所 : 北海道立道民活動センター かでる 2.7 1 階「かでるホール」

(札幌市中央区北 2 条西 7 丁目 道民活動センタービル Tel. 011-204-5100)

主 催 : 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所

協 賛 : 一般社団法人 北海道地質調査業協会 / 一般社団法人 全国さく井協会北海道支部

後 援 : 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部 / 一般社団法人 資源・素材学会北海道支部 /
北海道地域産業技術連携推進会議

13:30 開会

13:30 ~ 13:40 開会の挨拶

北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所
所長 大津 直

13:40 ~ 14:10 高解像度ボアホールカメラの活用

株式会社レアックス
執行役員 石井 啓滋

14:10 ~ 14:35 白金温泉 21 号井新設工事結果報告

大地コンサルタント株式会社 工務部
工務課長 山本 勇

14:35 ~ 15:20 温泉モニタリングシステム〈おゆれこ〉の活用について
～弟子屈町における持続可能な温泉事業～

株式会社物理計測コンサルタント 新技術事業室
平石 朋香
石油資源開発株式会社 新規事業推進部
藪田 明野
弟子屈町役場 水道課 管理係
係長 船坂 智也

----- 休憩 (15:20 ~ 15:50) -----

15:50 ~ 16:20 長万部町と水柱対応について

長万部町役場 水道ガス課 ガス小売係
係長 廣田 栄

16:20 ~ 17:10 温泉に付随する可燃性ガスの利活用に向けて
ー北海道内の温泉付随ガスの現状把握と地質学的背景ー

北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 資源エネルギー部
主査 林 圭一

ーメタン直接改質反応による北海道内の温泉付随ガスからの水素生成ー

北海道国立大学機構 北見工業大学 エネルギー総合工学コース
助教 坂上 寛敏

17:10 ~ 17:20 閉会の挨拶

北海道地質調査業協会
理事長 千葉 新次

17:20 閉会

18:00 意見交換会 (北海道地質調査業協会・全国さく井協会北海道支部 主催)

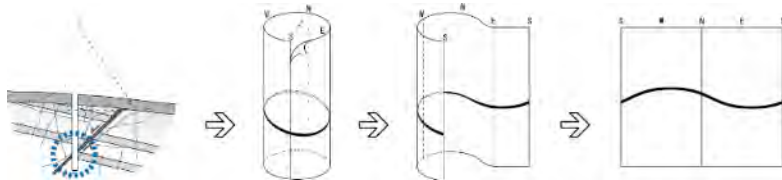
目 次

■ 一般講演

高解像度ボアホールカメラの活用	1
株式会社レアックス 執行役員 石井 啓滋	
白金温泉 21 号井新設工事結果報告	27
大地コンサルタント株式会社 工務部 工務課長 山本 勇	
温泉モニタリングシステム〈おゆれこ〉の活用について ～弟子屈町における持続可能な温泉事業～	63
株式会社物理計測コンサルタント 新技術事業室 平石 朋香	
石油資源開発株式会社 新規事業推進部 藪田 明野	85
弟子屈町役場 水道課 管理係 係長 船坂 智也	101
長万部町と水柱対応について	111
長万部町役場 水道ガス課 ガス小売係 係長 廣田 栄	
温泉に付随する可燃性ガスの利活用に向けて ー北海道内の温泉付随ガスの現状把握と地質学的背景ー	173
北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所 資源エネルギー部 主査 林 圭一	
ーメタン直接改質反応による北海道内の温泉付随ガスからの水素生成ー	189
北海道国立大学機構 北見工業大学 エネルギー総合工学コース 助教 坂上 寛敏	



孔壁展開画像のイメージ



高解像度 ボアホールカメラ の活用

2023年3月3日

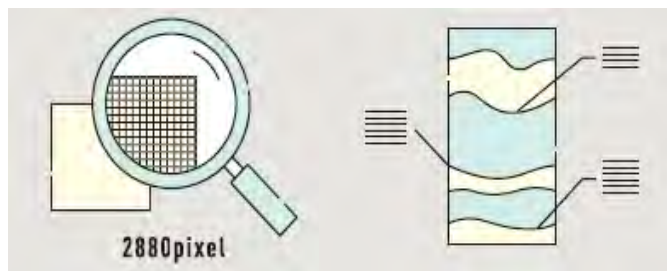
株式会社レアックス 石井啓滋



内容

1. 高解像度ボアホールカメラとは

- ボアホールカメラの種類と用途
- 高解像度ボアホールカメラとは



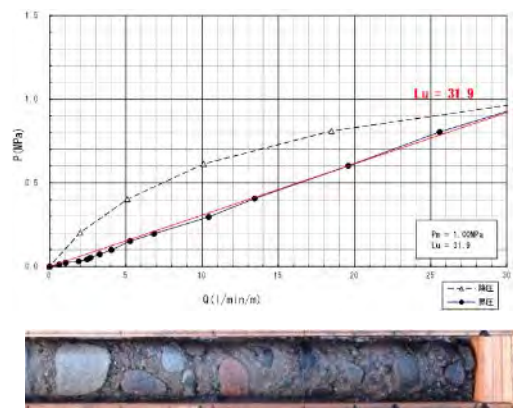
3. VR技術の導入

- 孔壁実体視への期待
- 地質観察ツールの開発



2. 土木地質調査(ダムサイト)への適用

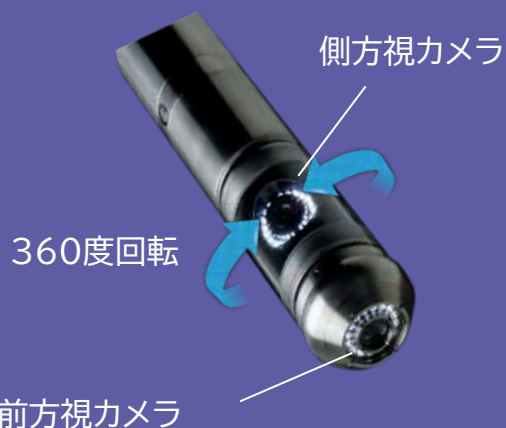
- 透水性の評価・解釈



ボアホールカメラの種類と用途

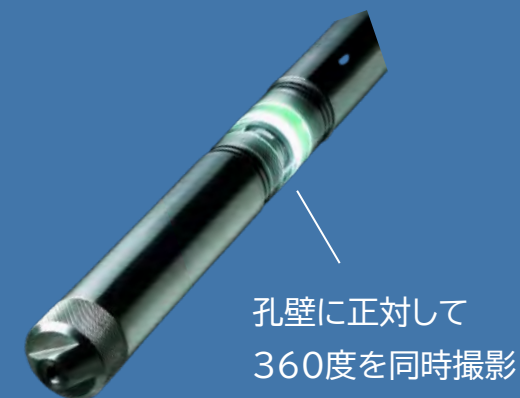
スポット直視タイプ

- 別称：井戸カメラ
- 主な対象：井戸
- 目的：観察
- 成果：動画、キャプチャー画像



全周スキャンタイプ

- 別称：ボアホールスキャナー
- 主な対象：岩盤
- 目的：解析
- 成果：孔壁展開画像、解析図



スポット直視タイプ



【用途】リアルタイムでの状態把握

穴あき漏水井戸(側方視)



孔内落下物(前方視)



スクリーン目詰まりの洗浄効果(側方視)

洗浄前



洗浄後

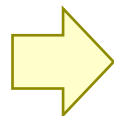




【用途】的確な地盤情報の提供



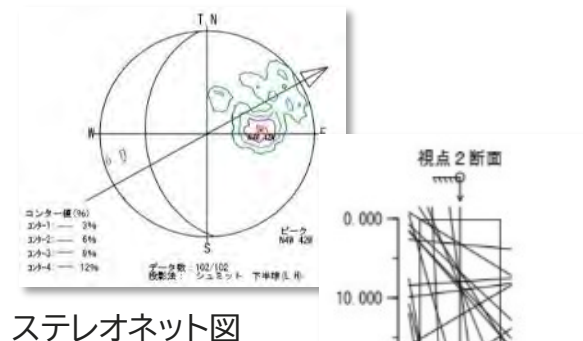
孔壁展開画像のイメージ



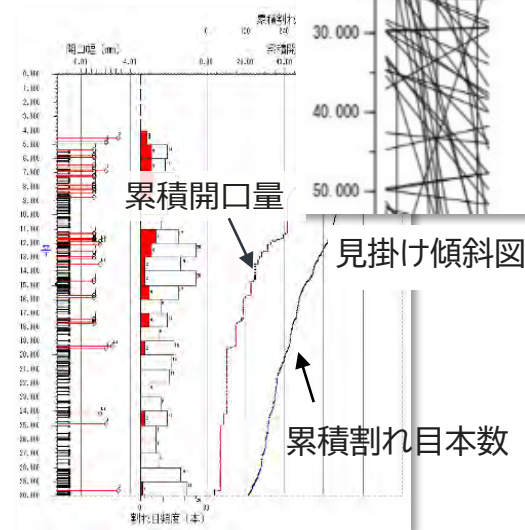
状態、模様、色調、
質感の認識



- 面要素の抽出
- 面要素の特徴づけ
- 開口幅の計測



ステレオネット図



岩盤状態図
(緩み解析図)



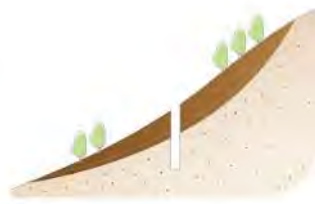
ダム建設

- 不連続面に関連した物理・水理特性の確認
- グラウト効果の確認



斜面崩壊

- 不安定ゾーンの決定
- 対策工法の検討



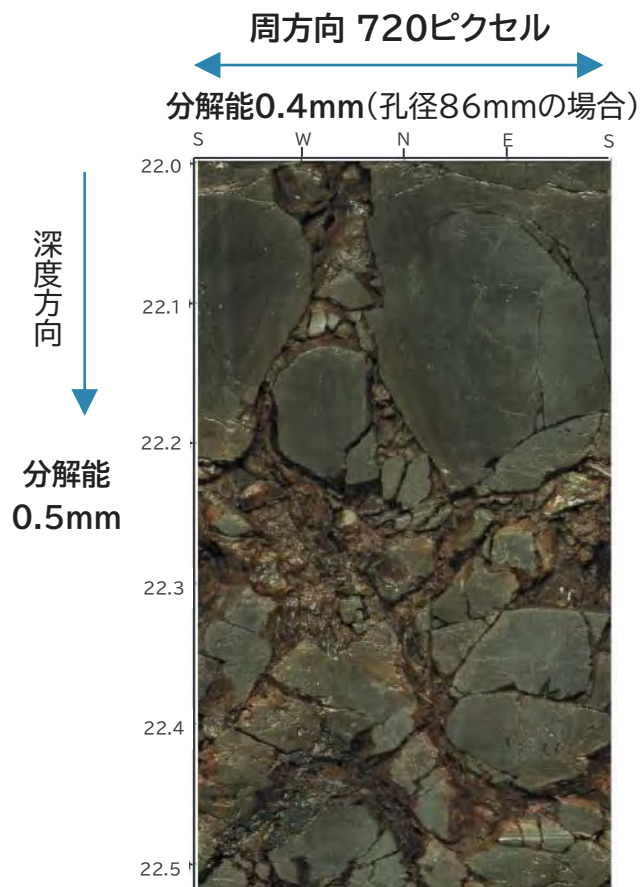
地すべり

- 不安定ゾーンの決定
- 地すべり面の特定

高解像度ボアホールカメラとは

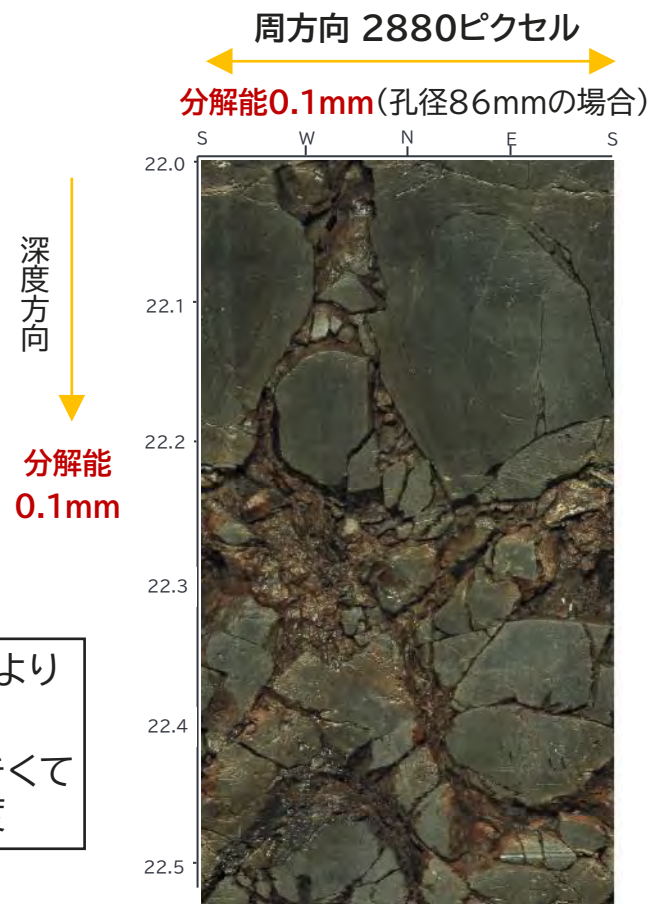
(破碎質泥岩の質感)

標準解像度



アナログビデオカメラ

高解像度



デジタルビデオカメラ

- 0.1mm程度のより微細な割れ目
- 対象孔径が大きくても一定の解像度

標準解像度



(破碎質泥岩の質感)

高解像度

周方向 2880ピクセル

分解能0.1mm(孔径86mmの場合)



分解能
0.5mm

22.2
22.3
22.4
22.5



アナログビデオカメラ

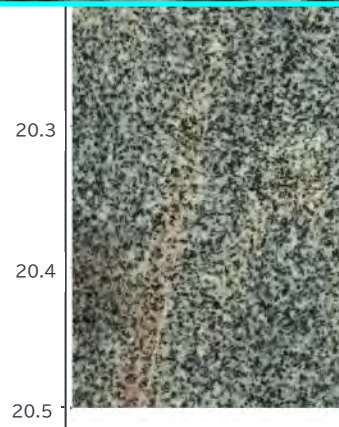
高解像度



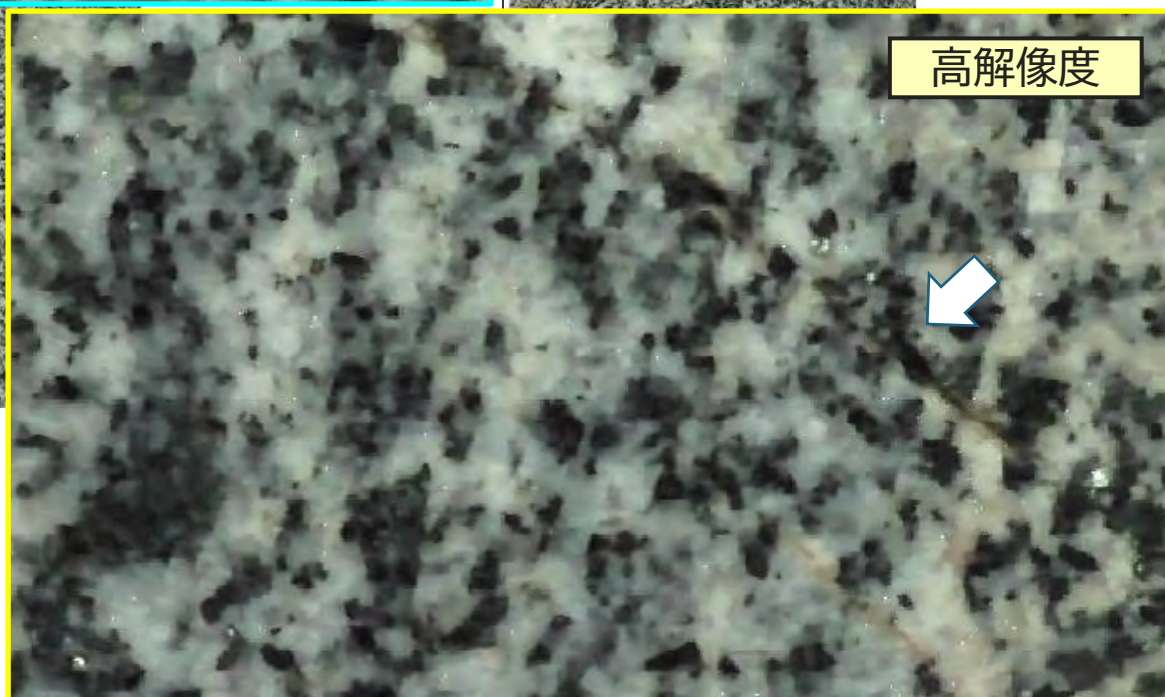
標準解像度

(花崗岩中の割れ目)

高解像度

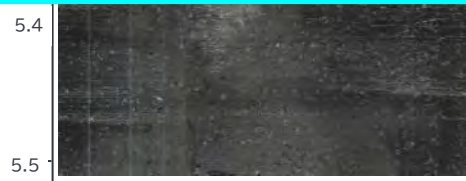
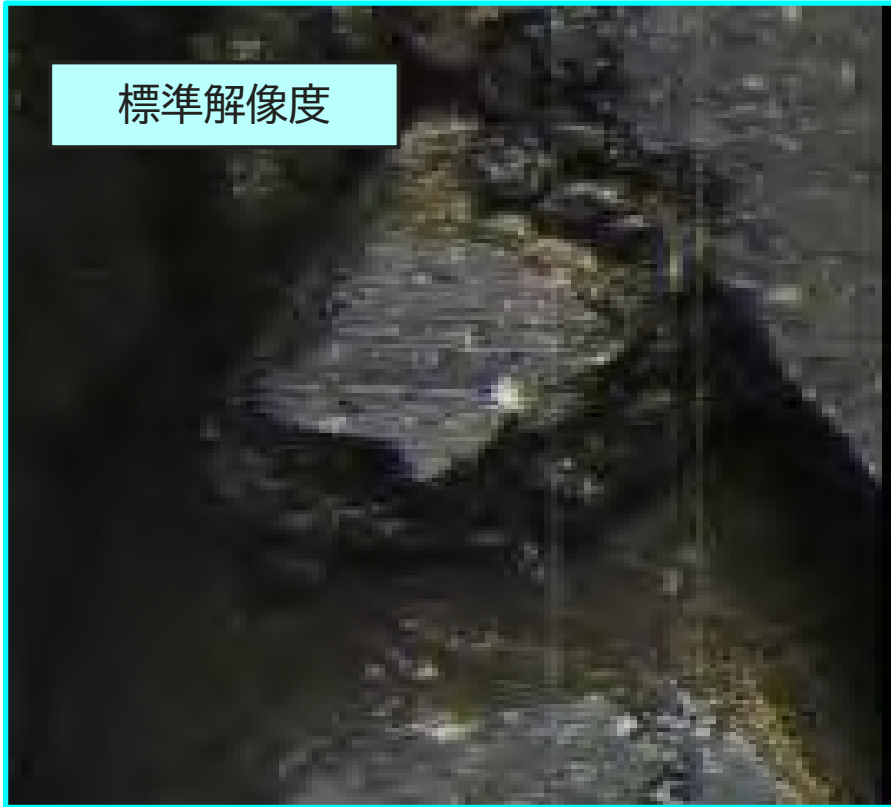


高解像度



(安山岩の奥行き感)

標準解像度



高解像度

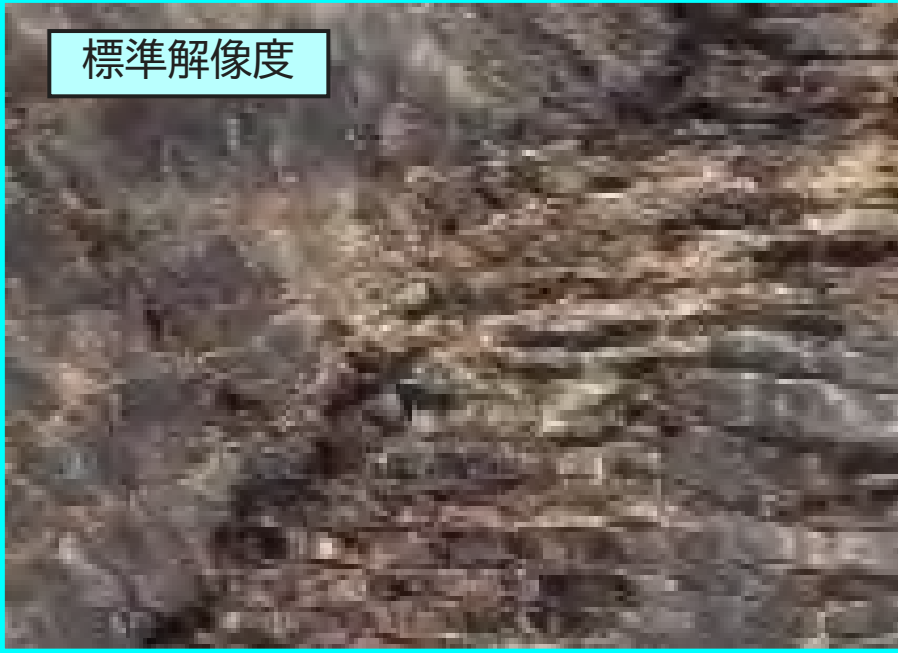


高解像度

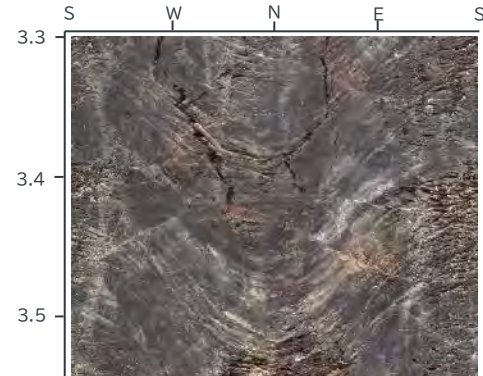


(緑色片岩の破碎部の状況)

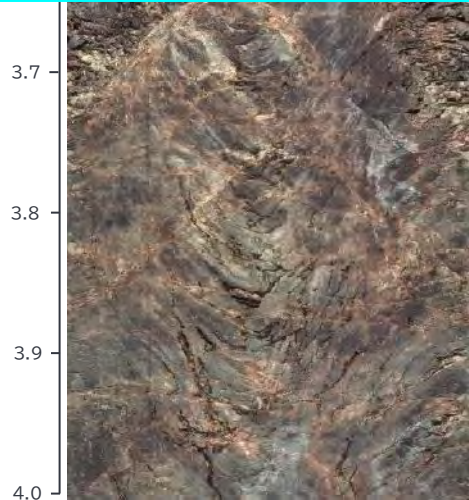
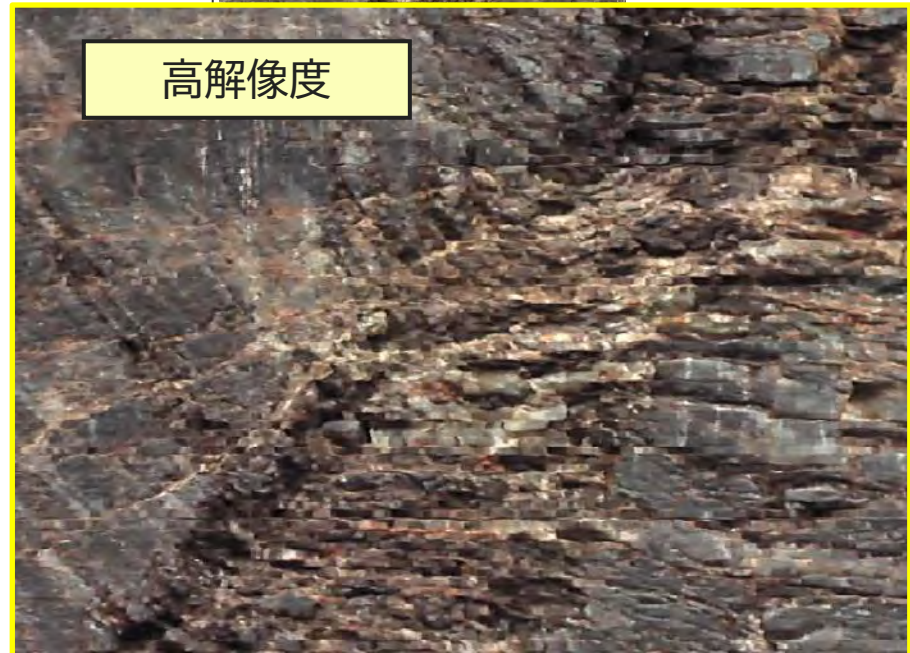
標準解像度



高解像度

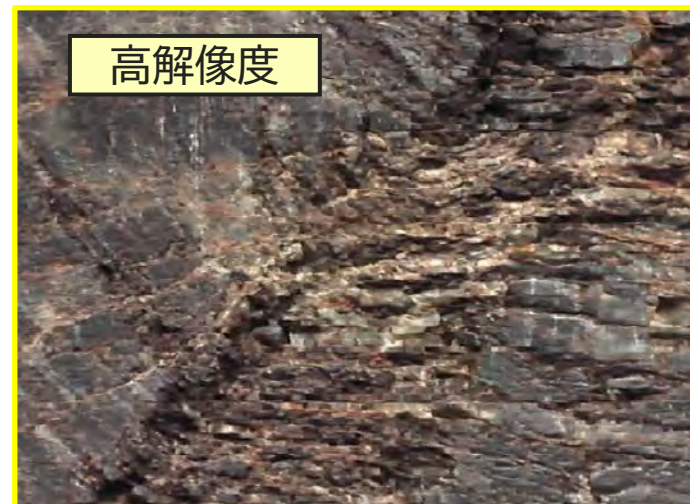
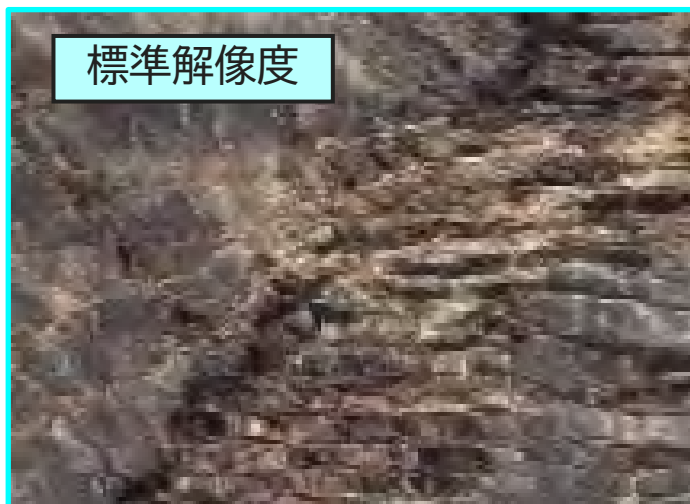


高解像度



高解像度ボアホールカメラとは

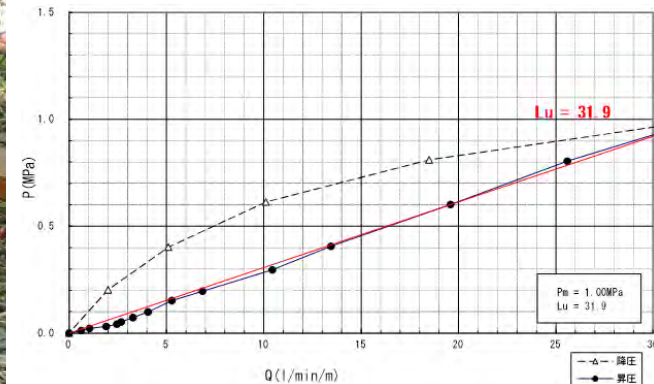
- 一般的な土木地質調査では標準解像度で必要十分
- 高解像度ボアホールカメラが求められるケース
 - 0.1mmレベルの微細割れ目の評価
 - 孔径が大きい井戸での一定解像度の保持
- 礫や鉱物の輪郭が明瞭になり、質感や奥行き感も高まる





土木地質調査(ダム サイト)への適用

- 透水性の評価・解釈



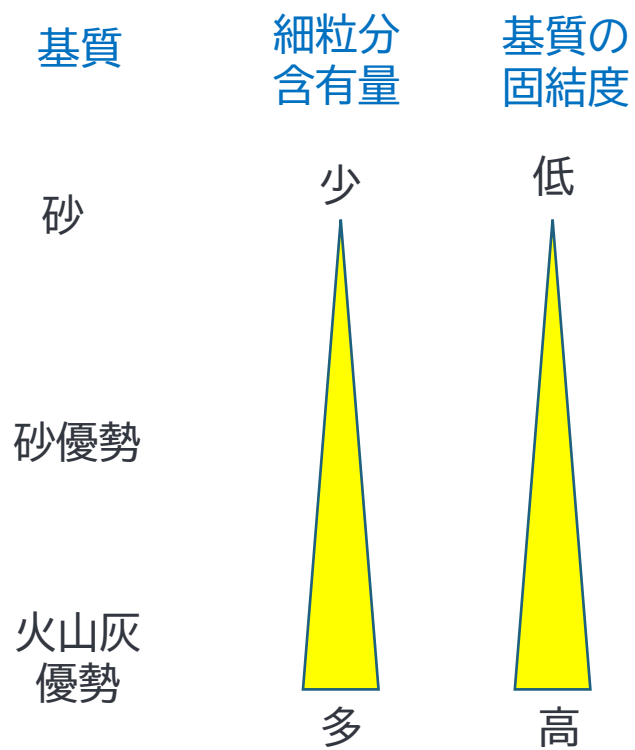
P-Q曲線



採取コア

ダムサイトでの透水性の評価・解釈

- 種別：治水ダム
- 目的：止水基盤の選定
- 課題：河床浅部の**高透水部(20Lu以上)**の分布状況の把握と要因評価、ダムサイト深部の**低透水部(2Lu以下)**の分布状況の把握
- 地質：火山堆積物
(層相の異なる凝灰角礫層)



ダムサイトでの透水性の評価・解釈

- 着目点：基質の粒度構成、固結度、空隙、割れ目の存在は透水性に影響



- 精度良い透水試験（ルジオンテスト）
- 高品質コアの観察
- 高精細孔壁画像の観察

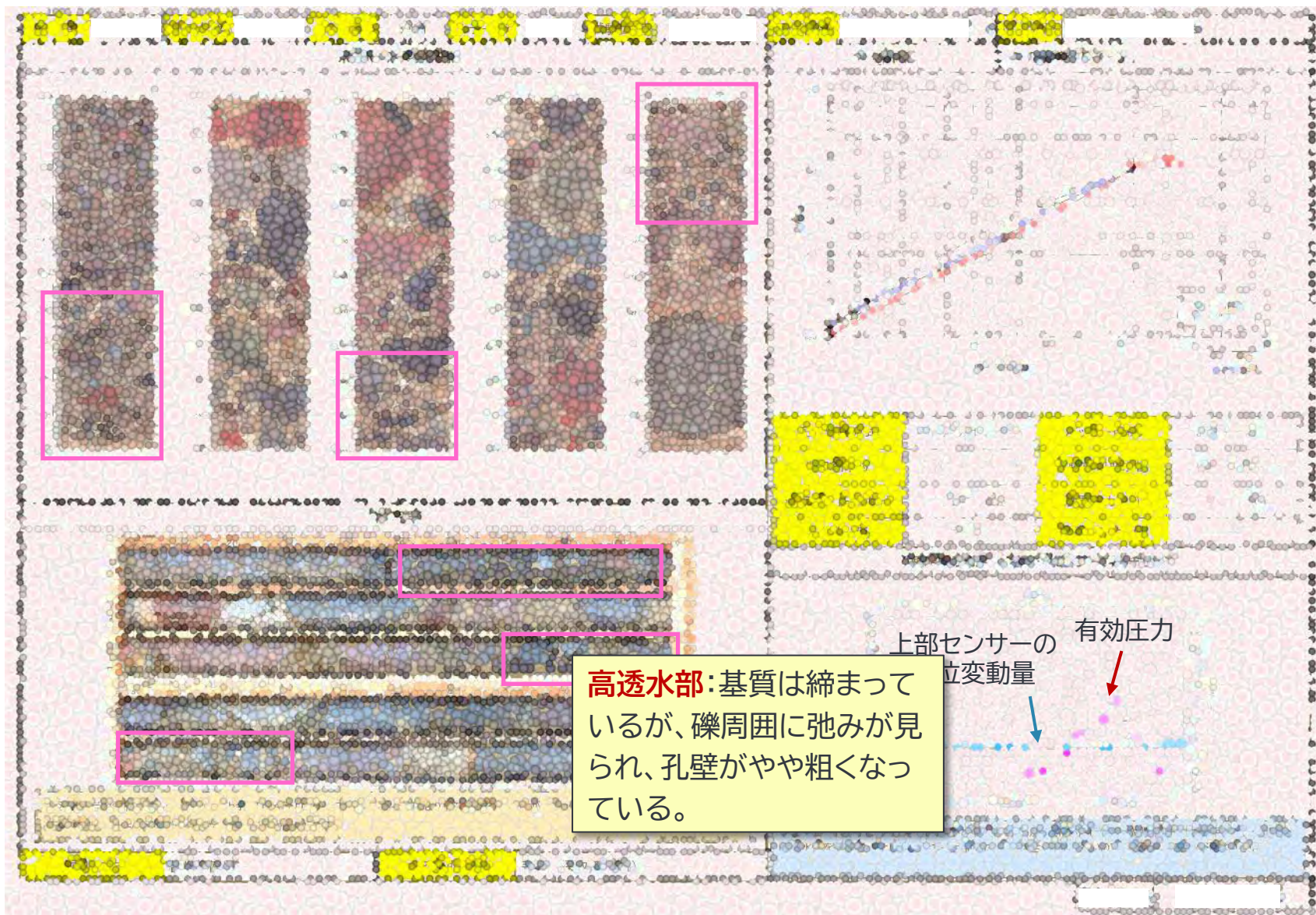
<実施手順>

- ① 掘削
- ② 孔内洗浄
- ③ 孔壁観察
- ④ ルジオンテスト

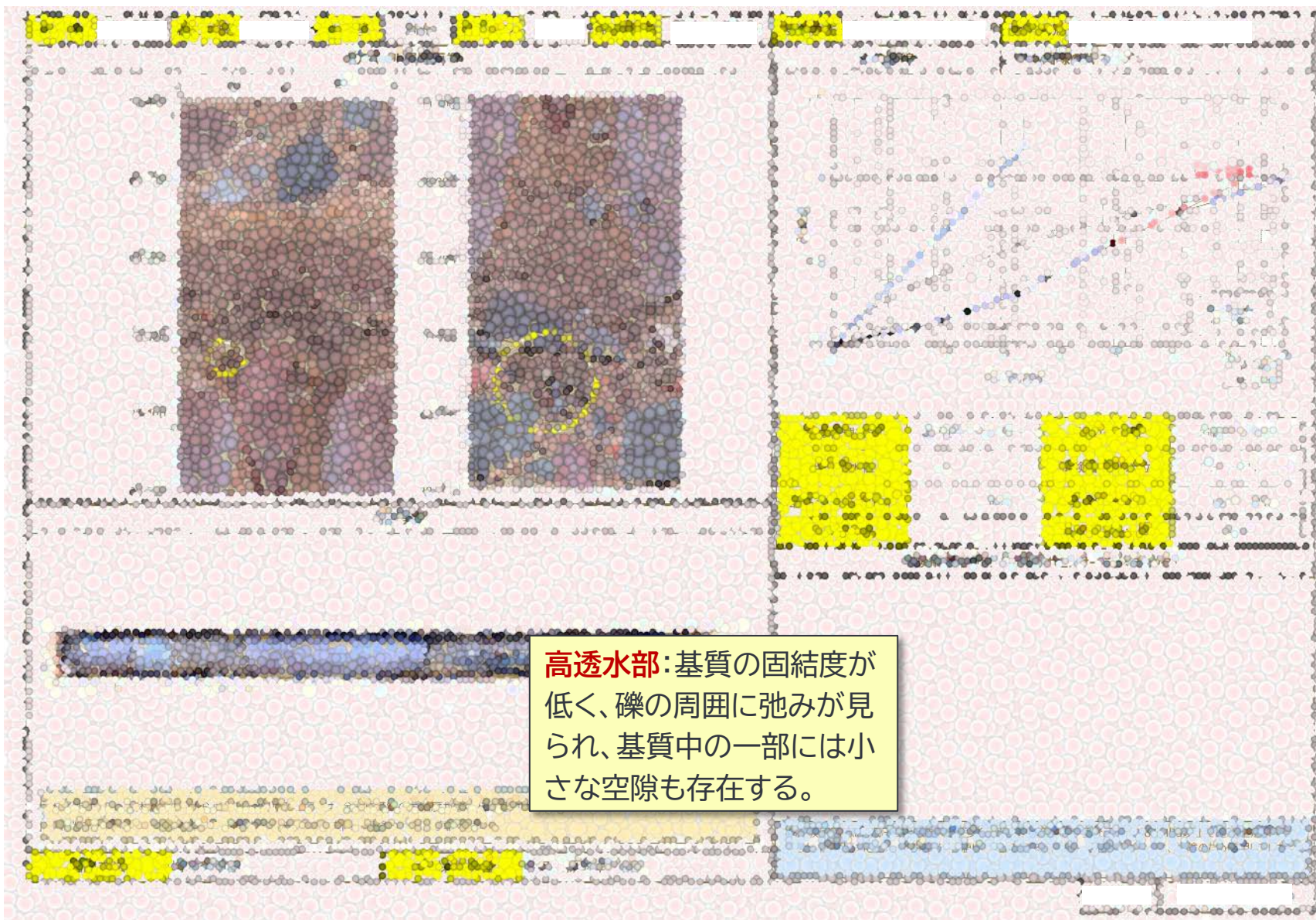
} 得られる情報が非常に多い
透水試験結果の検証に有効！

総括表にとりまとめ、試験値の**妥当性および要因を考察**

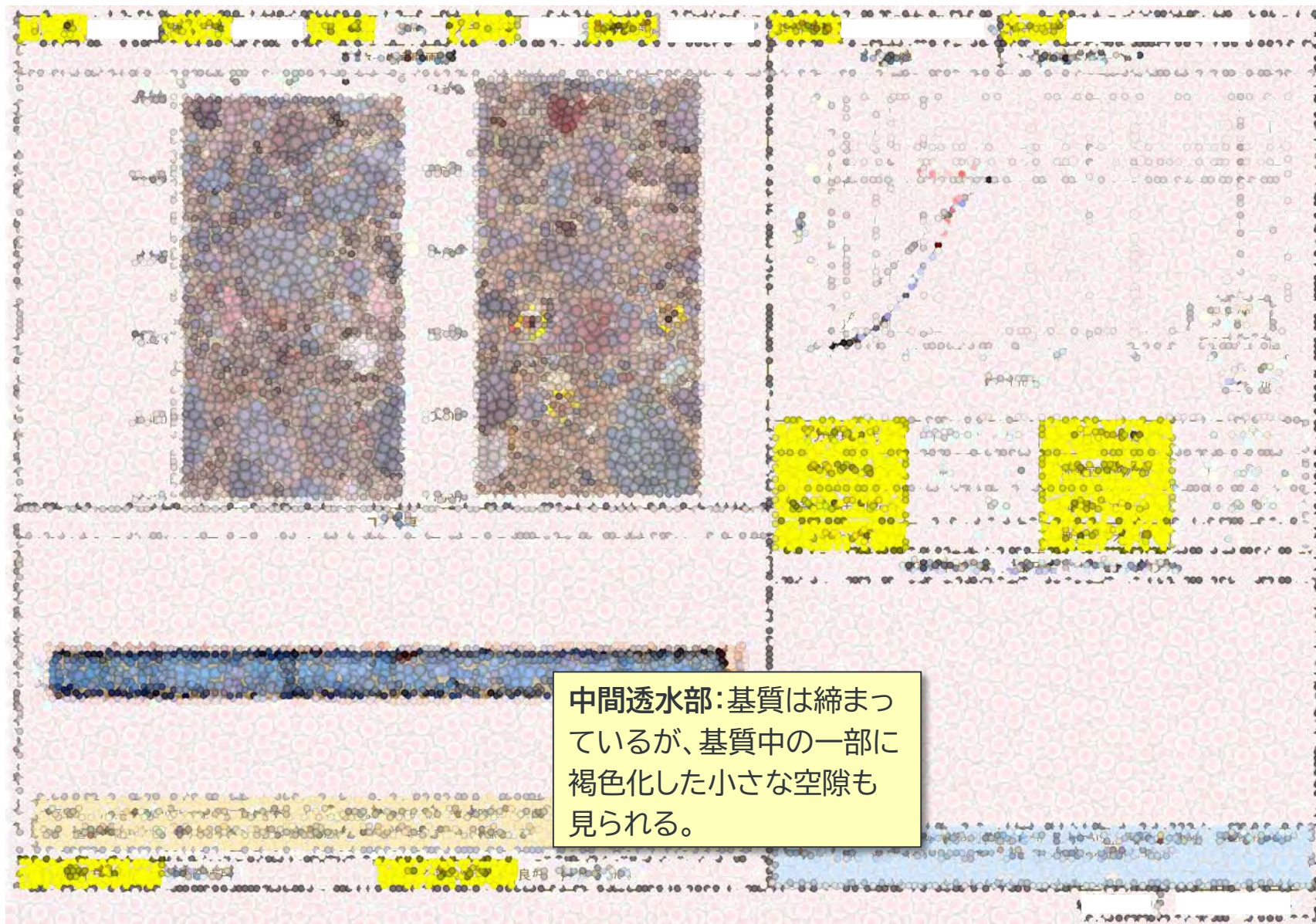
総括表(例1)



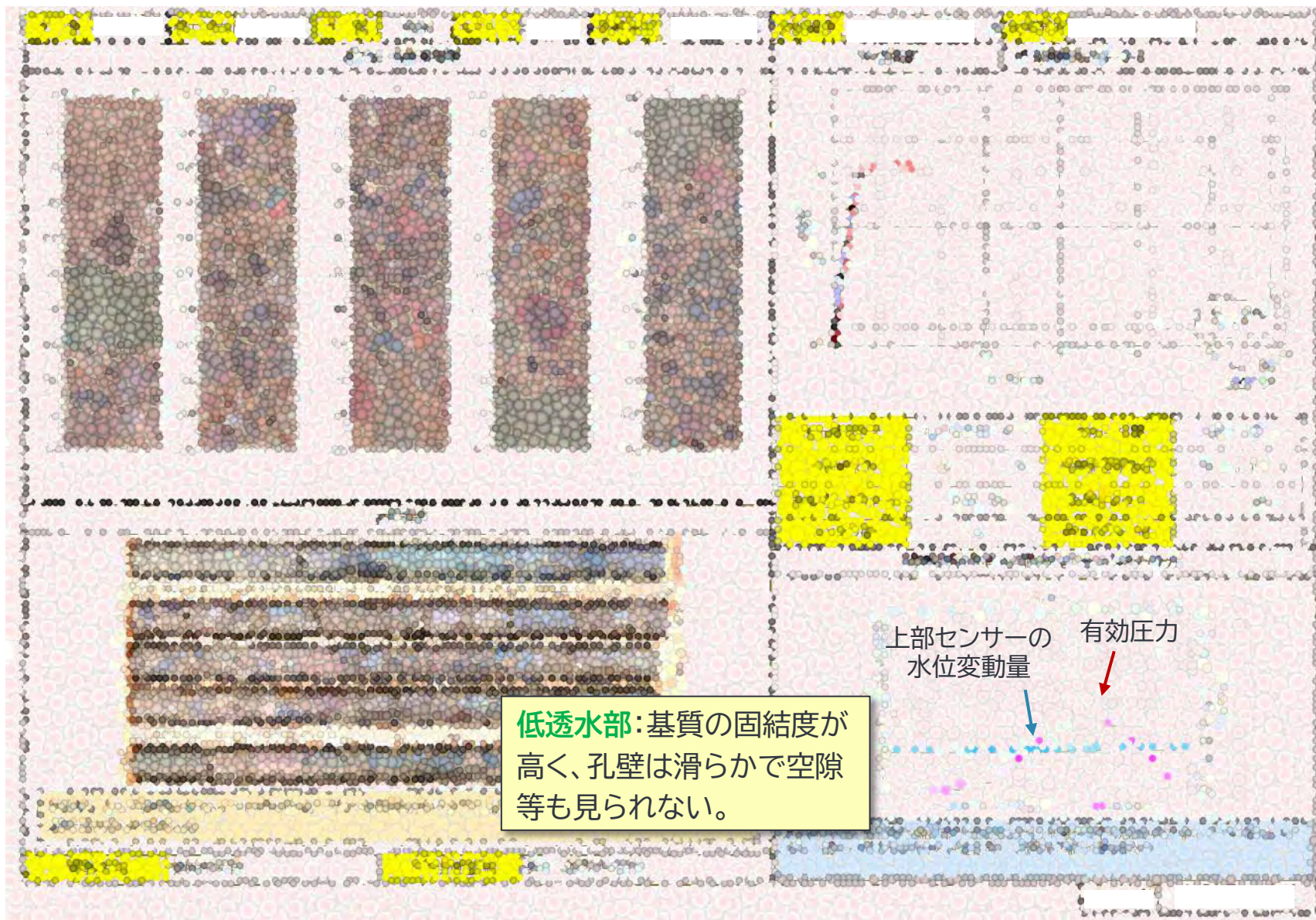
総括表(例2)



総括表(例3)



総括表(例4)





VR技術の導入

- 孔壁実体視への期待
- 地質観察ツールの開発



孔壁実体視への期待

<背景>

- 開口割れ目、空洞、孔壁の崩壊など、孔壁の凹凸が示す地質現象
- 孔壁を正対撮影し、平面投影した画像での実体視は不可
- 一对の左右眼用展開画像を連続的に撮影する工夫*1

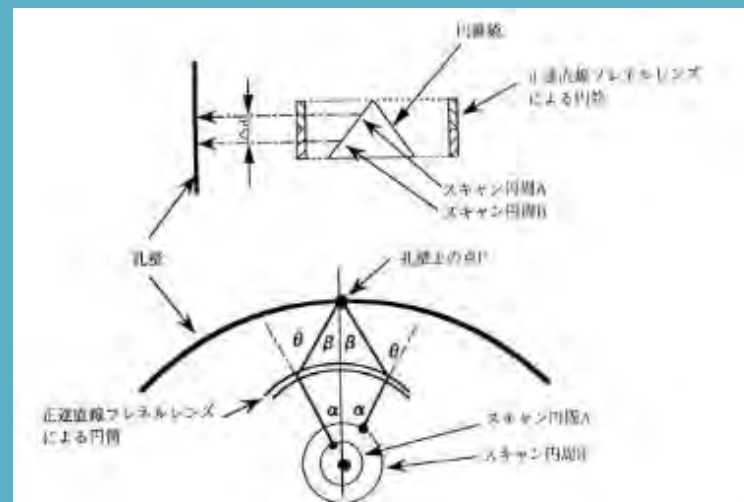


図4 円筒状シートプリズムによる孔壁実体視画像の取得

<実態視への期待>

- 開口割れ目の実態把握
- 多孔質岩盤の空隙量の推定
- せん断や変形の定量把握による岩盤応力状態の推定
- 井戸のスケールの発生状況
- 未固結部の硬軟判定



実用化されていない

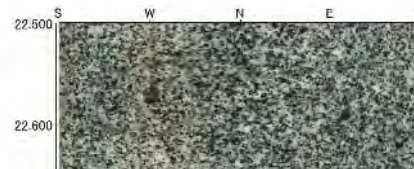


図5 リニア反転プリズムコンミラーによる孔壁実体視展開画像 図6 リアルタイム孔壁立体画像観察のイメージ

*1 亀和田俊一,牛渡聡,金内正直: ボーリング孔壁の実体視展開画像観察記録装置の開発, 日本応用地質学会平成8年度研究発表会講演論文集, (1996), 33-36

地質観察ツールの開発

目的：地質調査技術の認知度向上と
小中高生向けの体験型教育ツール



Ver.1

VRアプリの開発（北海道情報大学との共同開発）

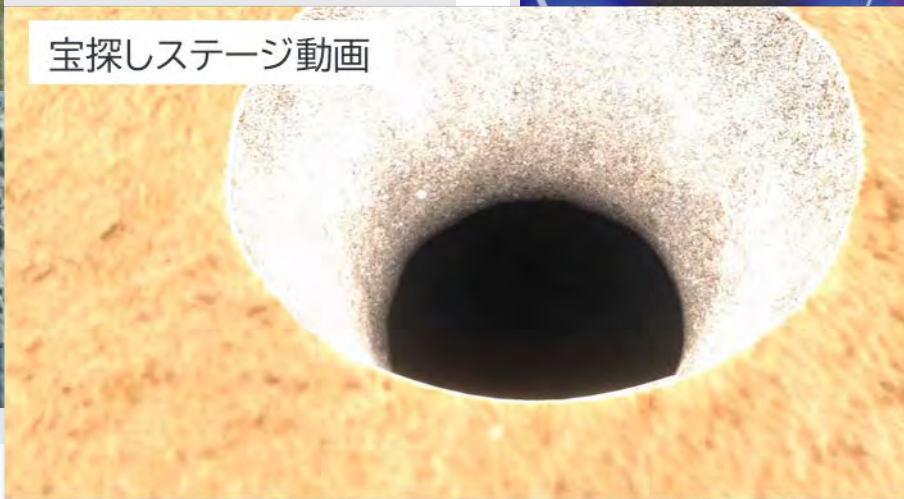
Ver.2

地中体験（2019年）

VRならではの迫力ある映像で、人間が入ることが出来ない地中内部の割れ目など地質構造を見ることができます。



宝探しステージ動画



VRゲーム（2020年）

トレース・ステージ
地面の中に広がる地層。地中の世界に飛び込んで、地層と地層の境界にある断層、青いレーザーを制限時間内に配置！楽しみながら地層の傾斜を調べるゲームです。

2 STAGES

宝探し・ステージ

地殻変動によって生じた空洞。その割れ目に隠された鉱物や宝石の原石を制限時間にお宝を集めて箱に入れるゲーム！実際に地中にいるかのような疑似体験ゲームです。

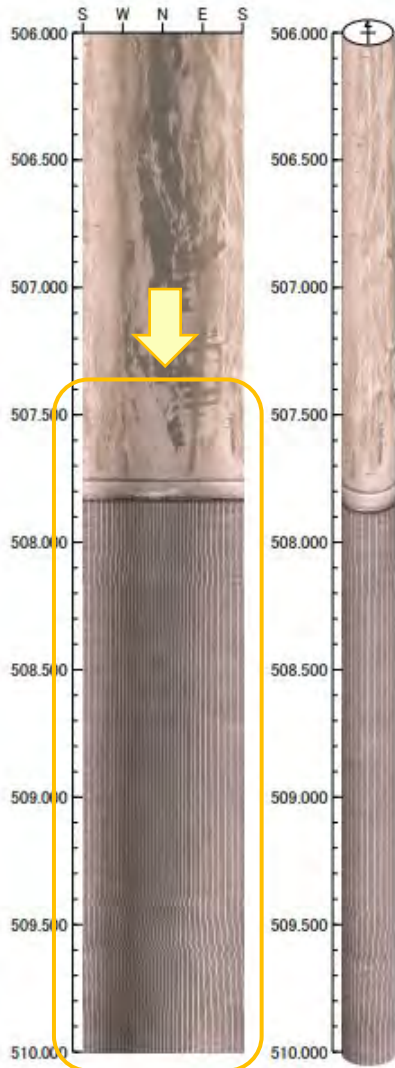
(イベントの様子)



VR化サンプル (標準～低解像度の場合)

- ◆ 対象: 井戸
- ◆ 側方分解能: 0.8mm (=孔径180mm/720px)
- ◆ 深度分解能: 1mm

孔壁展開画像 3Dイメージ

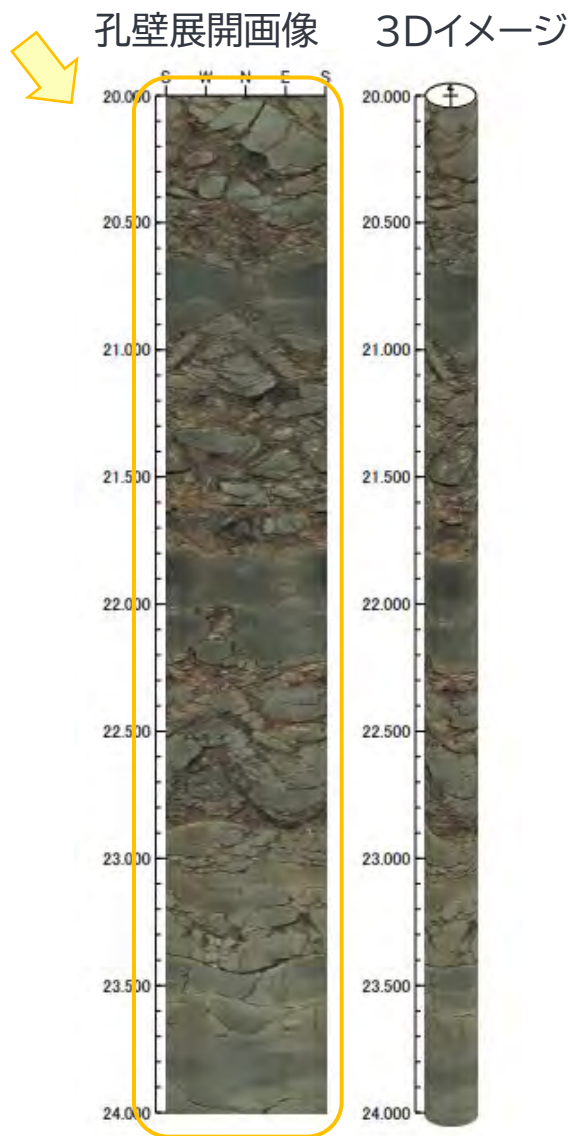


VR動画

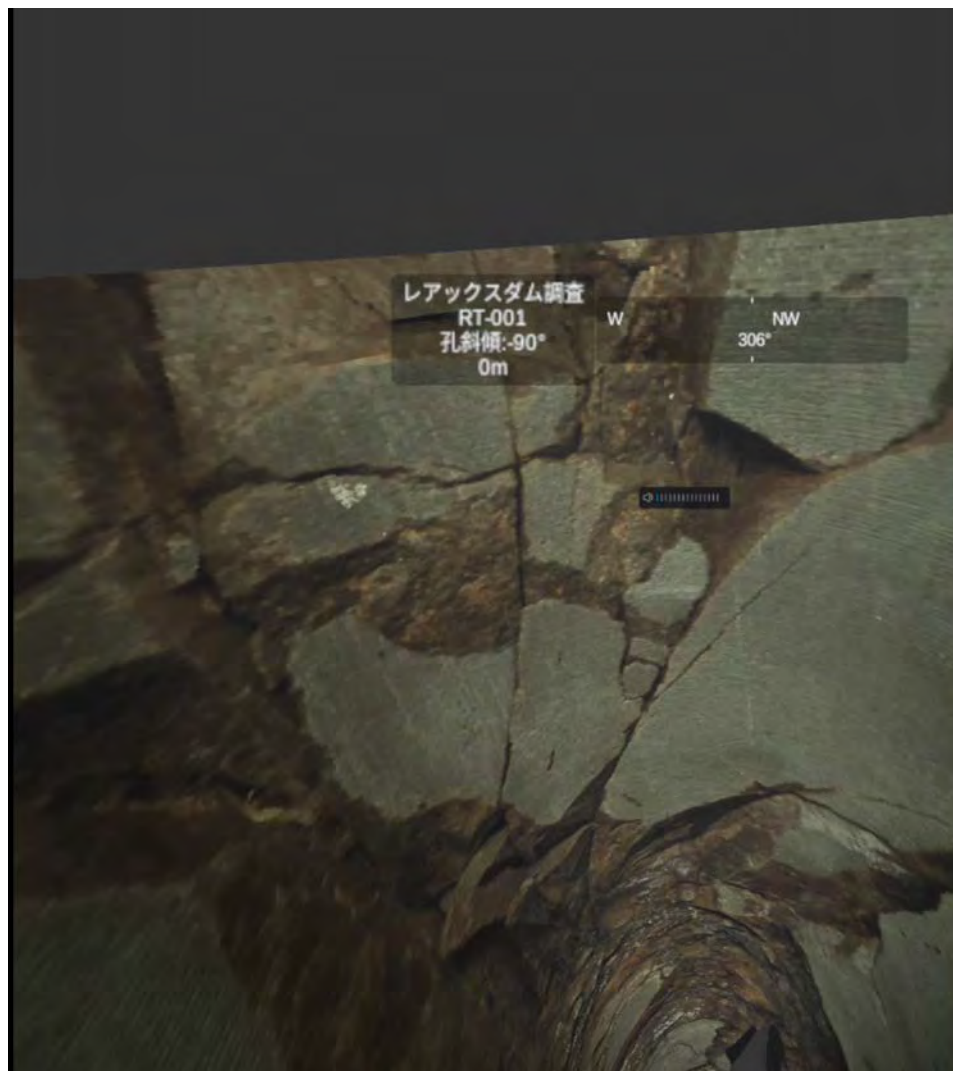


VR化サンプル (高解像度の場合)

- ◆ 対象: 破碎質泥岩
- ◆ 側方分解能: 0.1mm (= 孔径86mm/2880px)
- ◆ 深度分解能: 0.1mm

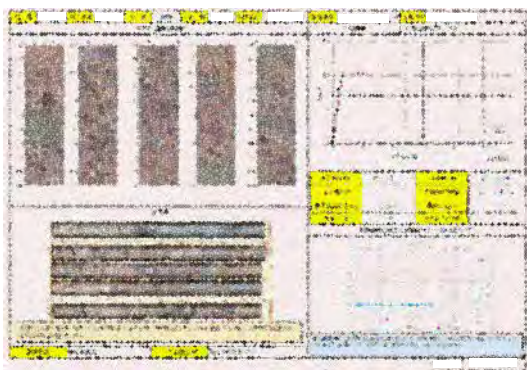


VR動画



高解像度ボアホールカメラ活用の展望

- 高度な地質工学的解釈の基礎資料
- 大口径の井戸やボーリング孔の精緻な状態記録
- **(VR技術との組み合わせによる)** 一般の方向けの地質調査技術のアピールや教育支援
- 研究者のインスピレーションの刺激

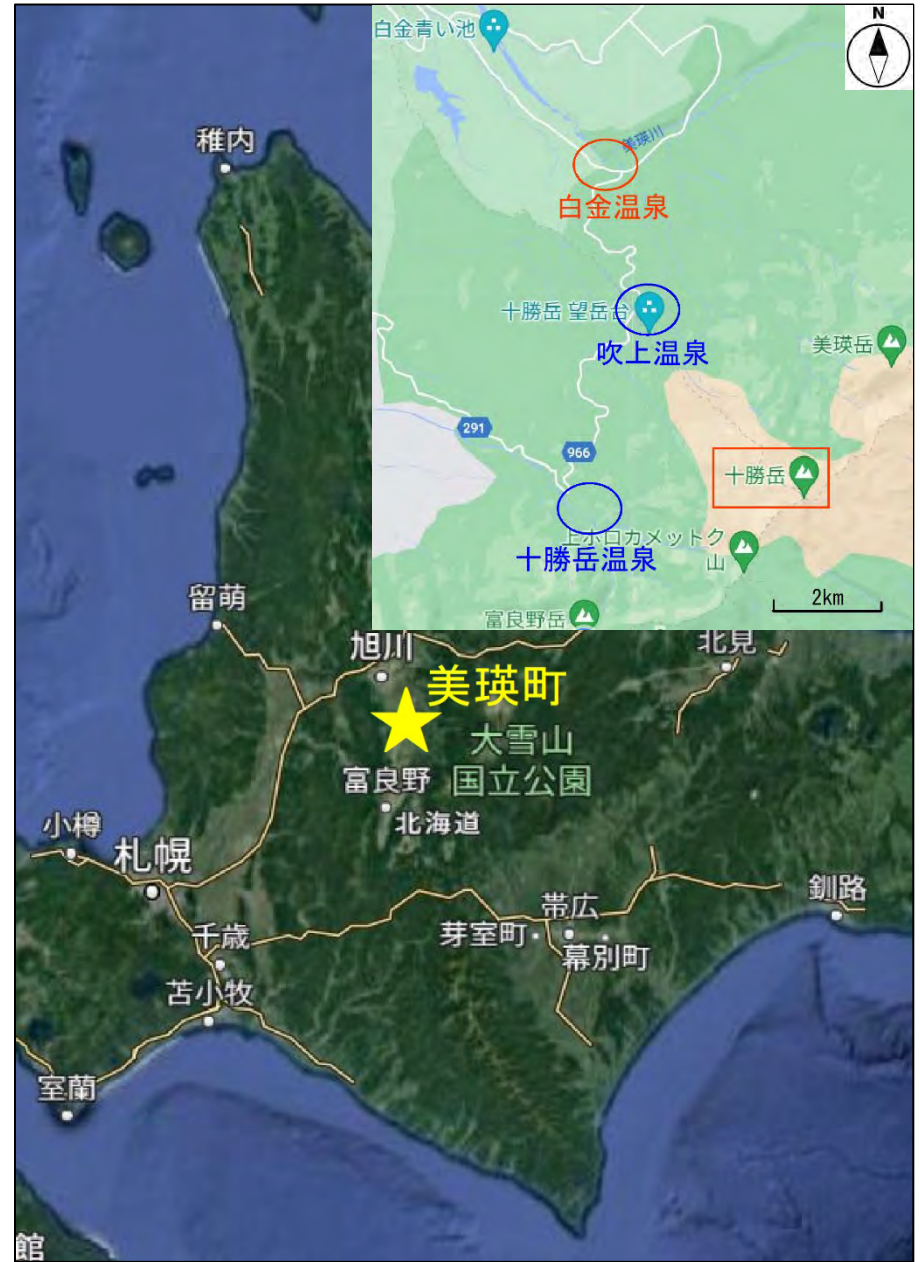


ご清聴 ありがとうございます

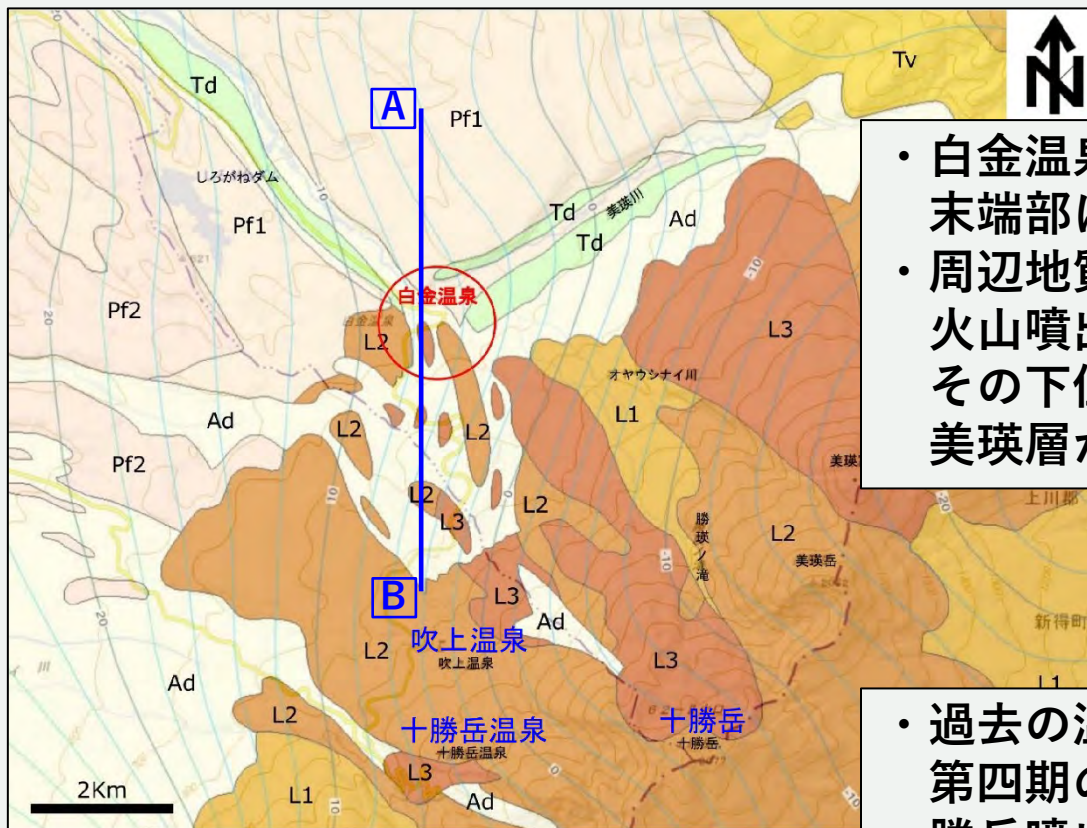


白金温泉21号井 新設工事結果報告

- 1.白金温泉周辺の地質分布と地質構造
- 2.白金地区の源泉状況
- 3.白金温泉21号井着工までの経緯
- 4.工事結果
- 5.まとめ
- 6.おわりに



1.白金温泉周辺の地質分布と地質構造



【地質分布】

- 白金温泉付近は十勝岳火山群の溶岩流の末端部に位置している。
- 周辺地質は、表層から浅い深度に十勝岳火山噴出物及び白金砂礫層が分布し、その下位に十勝溶結凝灰岩、さらに下位に美瑛層が分布するとされている。

【地質構造】

- 過去の温泉ボーリング結果から、上位より、第四期の現河床堆積物,段丘堆積物,新期十勝岳噴出物,中期十勝岳噴出物,白金砂礫,古期十勝岳噴出物,十勝火砕流堆積物,美瑛火砕流堆積物、そして**新第三期中新世の美瑛層**からなる。
- 1980年以降の温泉開発は、この美瑛層の裂力泉が開発ターゲットとなっている。

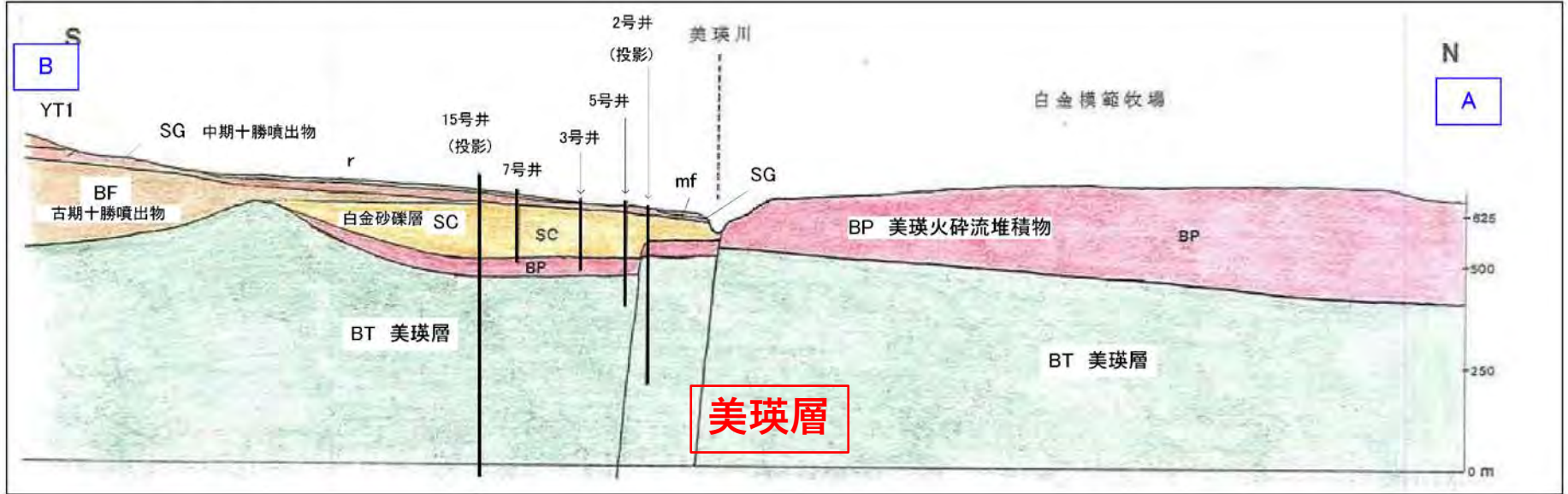
地質凡例

第四紀	火山麓扇状地堆積物・火山岩 (Ad)
	安山岩・玄武岩質安山岩溶岩・火砕岩 (L3)
第四紀	段丘堆積物 (Td)
	安山岩・玄武岩質安山岩溶岩・火砕岩 (L2)
	デイサイト・流紋岩大規模火砕流 (Pf2)
	デイサイト・流紋岩大規模火砕流 (Pf1)
新第三紀	安山岩・玄武岩質安山岩溶岩・火砕岩 (L1)
	安山岩・玄武岩質安山岩溶岩・火砕岩 (Tv)

【地質断面図】

白金温泉地域の地質断面図

(美瑛町,1996より)



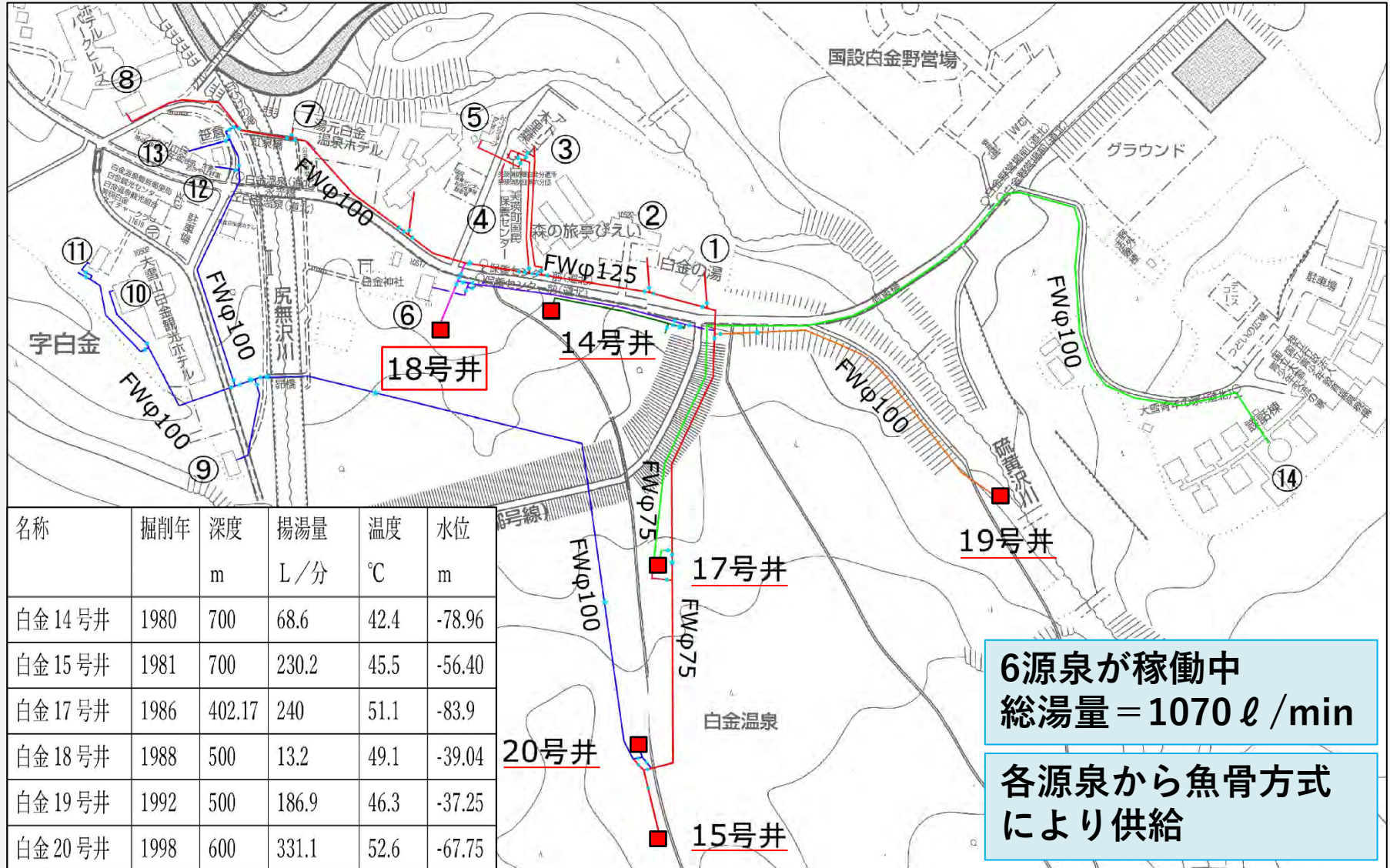
凡例

第四紀	完新世	現河床堆積物	r	礫・砂および粘土	
	更新世	段丘堆積物	rf	礫・砂および粘土	
		泥流堆積物	mf	礫・砂および粘土	
		新期十勝岳噴出物 (ステーション1)	YTI	溶岩および凝灰岩類	
	更新世	中期十勝岳噴出物 (白金溶岩)	SG	溶岩および凝灰岩類	
		古期十勝岳噴出物 (美瑛富士上部溶岩)	BF	溶岩および凝灰岩類	
		白金砂礫層	SC	礫岩, 砂岩, シルト岩	
		美瑛火砕流堆積物	BP	流紋岩質凝灰岩	
	第三紀	鮮新世	依真布層および美瑛層	BT	砂岩, 泥岩, 溶岩凝灰岩類



2.白金地区の源泉状況

【美瑛町白金温泉の源泉位置および稼働状況】



3.白金温泉21号井着工までの経緯

揚湯量が減少していた18号井において、2020年度に浚渫工事を実施！
しかし、揚湯量を回復することはできず・・・

名称	掘削年	深度 m	揚湯量 L/分	温度 ℃	水位 m
白金14号井	1980	700	68.6	42.4	-78.96
白金15号井	1981	700	230.2	45.5	-56.40
白金17号井	1986	402.17	240	51.1	-83.9
白金18号井	1988	500	13.2	49.1	-39.04
白金19号井	1992	500	186.9	46.3	-37.25
白金20号井	1998	600	331.1	52.6	-67.75

新設当時(1988)
300 ℓ / min



泉源評価調査(2010)
150 ℓ / minまで減少



浚渫工事後(2020)
13.2 ℓ / minまで減少

新たな施設（温泉・旅館等）の進出により温泉利用量が
増大する可能性が懸念される！

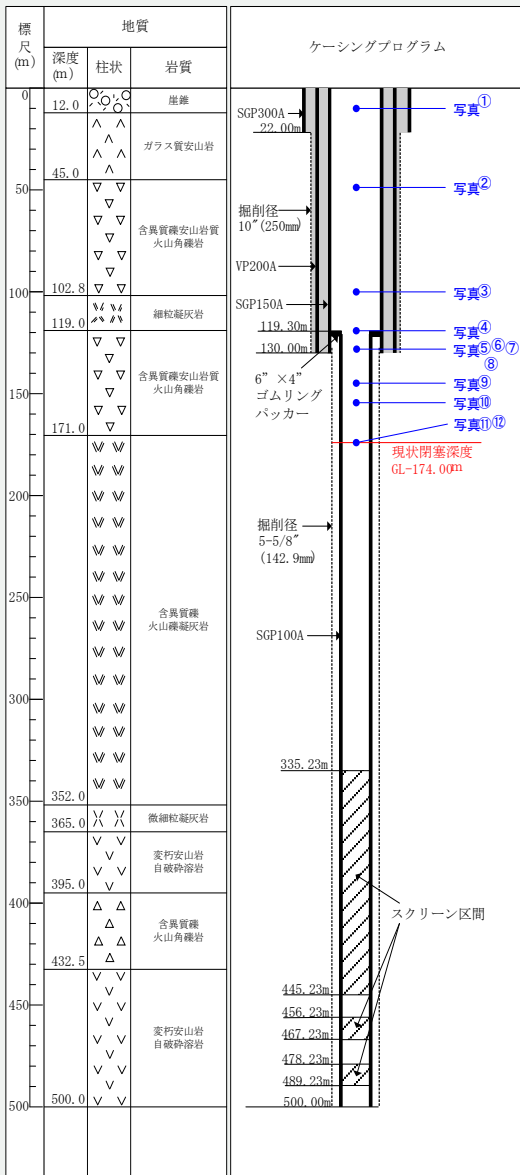


大幅に能力低下

代替井として21号井の新設を決定

【浚渫工事時の井戸カメラ調査結果】

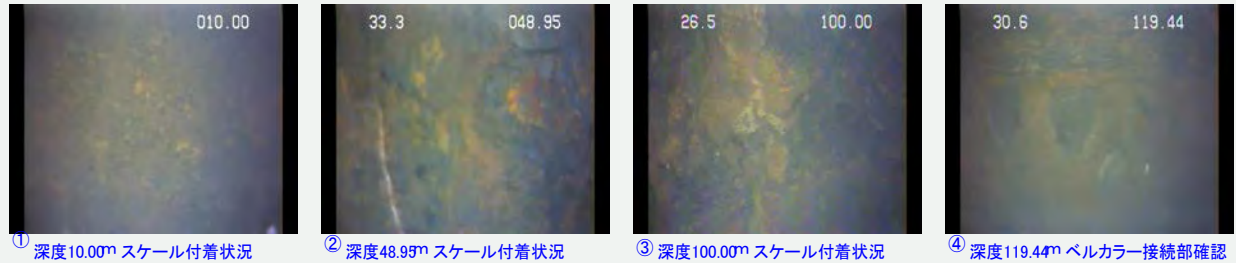
白金泉源18号井戸構造図



水中テレビカメラ撮影結果

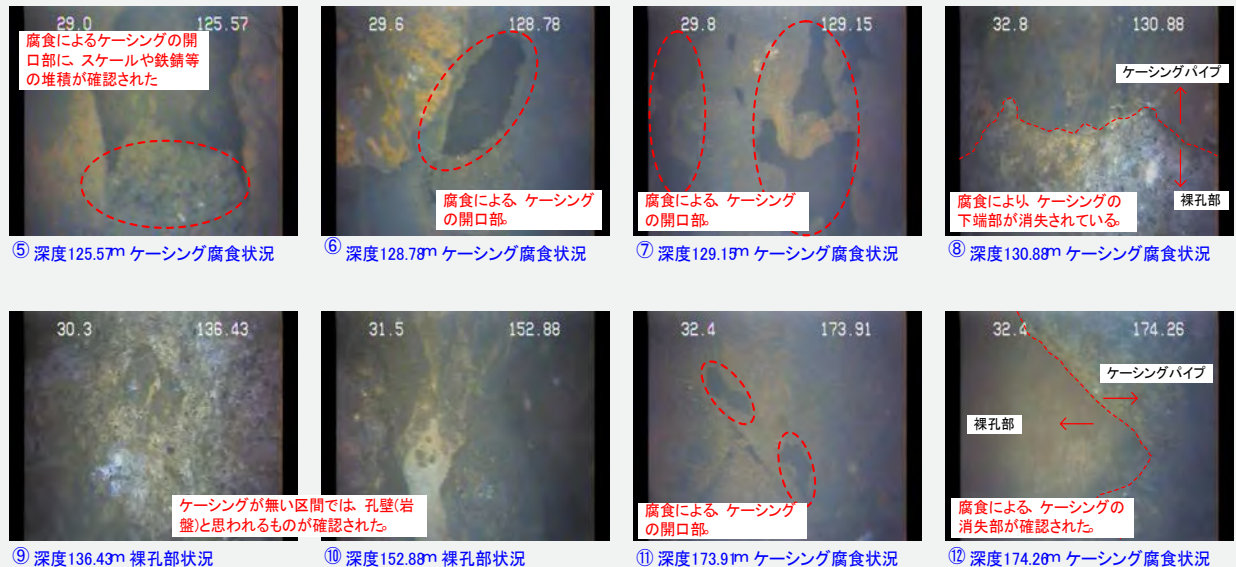
【深度GL-0.00 ~ 119.00m (SGP150A区間)】

スケールや鉄錆の付着は確認されるが、ケーシングパイプの腐食等による異常は確認されなかった。

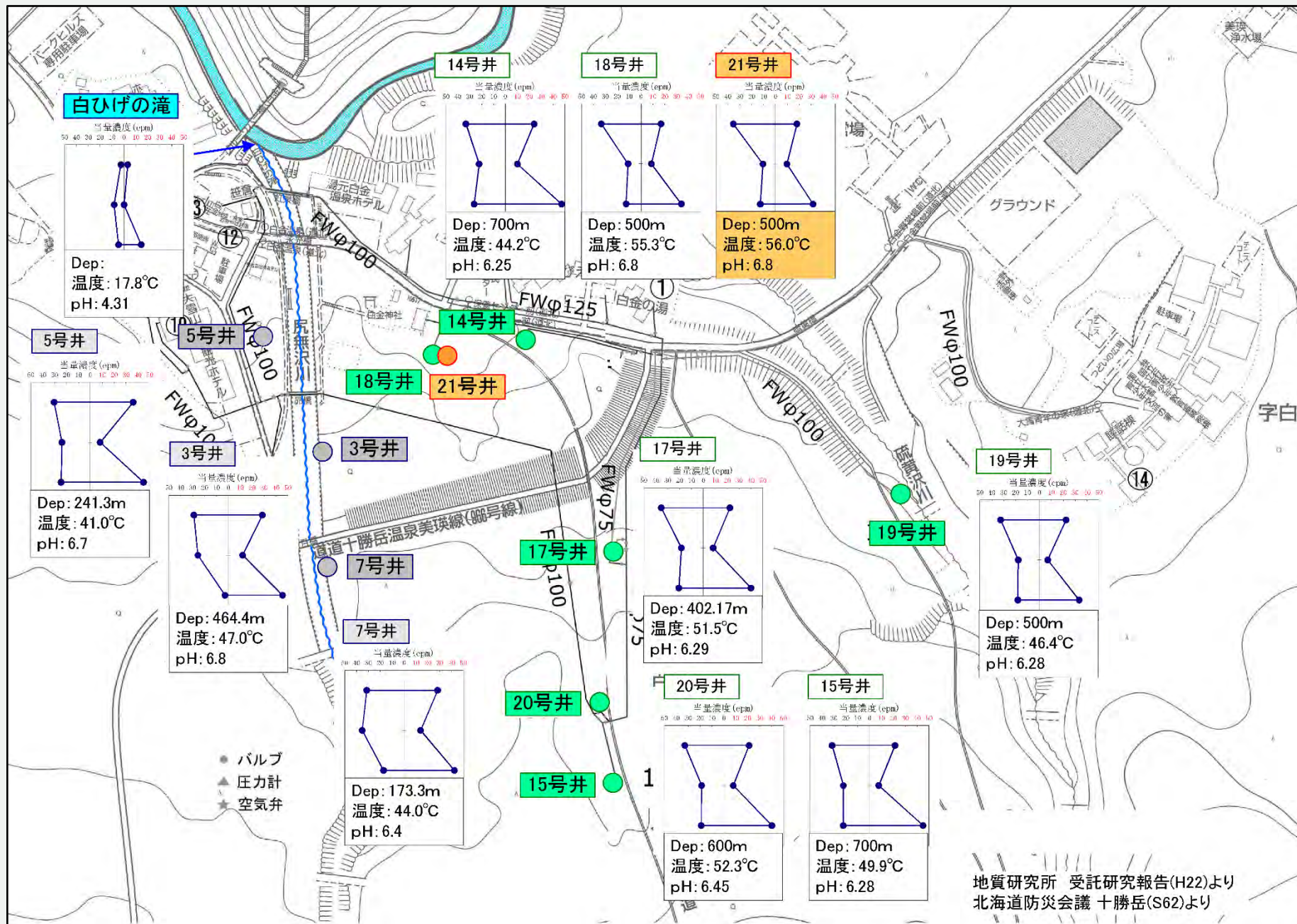


【深度GL-119.00 ~ 174.00m (SGP100A区間)】

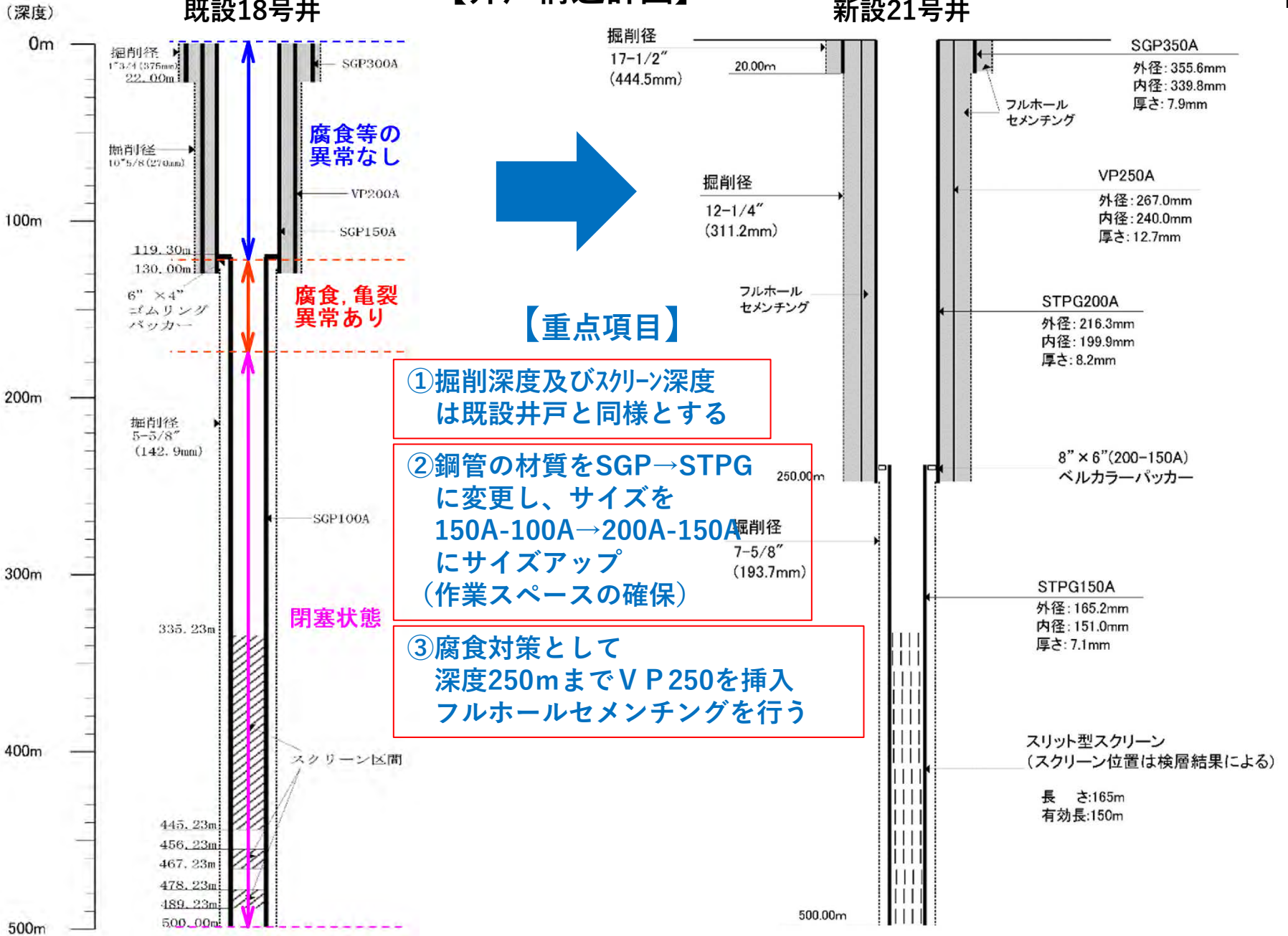
深度123.00m以深から、ケーシングパイプの大規模な腐食が進行しており、無数の腐食孔や亀裂がみられる。またケーシングパイプが無い裸孔状態の区間も確認された。深度174.2mでカメラは着底し、それ以深の撮影は不可能であった。スケールや鉄錆等により、孔内が閉塞されていると思われる。



【白金地区における各温泉井の泉質】



【井戸構造計画】



3. 工事結果

■ 工事概要

項 目		内 容 及 び 数 量
ボーリング工		掘削深度：501.5m 仕上深度：501.5m 仕上口径：200A STPG sch40（深度 0.00 ～ 230.62m） 150A STPG sch40（深度 230.62 ～ 501.50m） スクリーン：スリット型（150A 区間） 延長 137.50m（有孔長：125.00m）
試 験 工	物理検層	検層深度：深度 250.0m・501.5m 検層項目：温度・比抵抗・SP （回復温度検層(st24Hr) 501.5m）
	揚湯試験	段階揚湯試験：4 段階（12 時間揚水/12 時間回復） 一定量揚湯試験：24 時間揚水・24 時間回復
	泉質分析・ガス分析	温泉水分析・医治効能判定 可燃性天然ガス測定

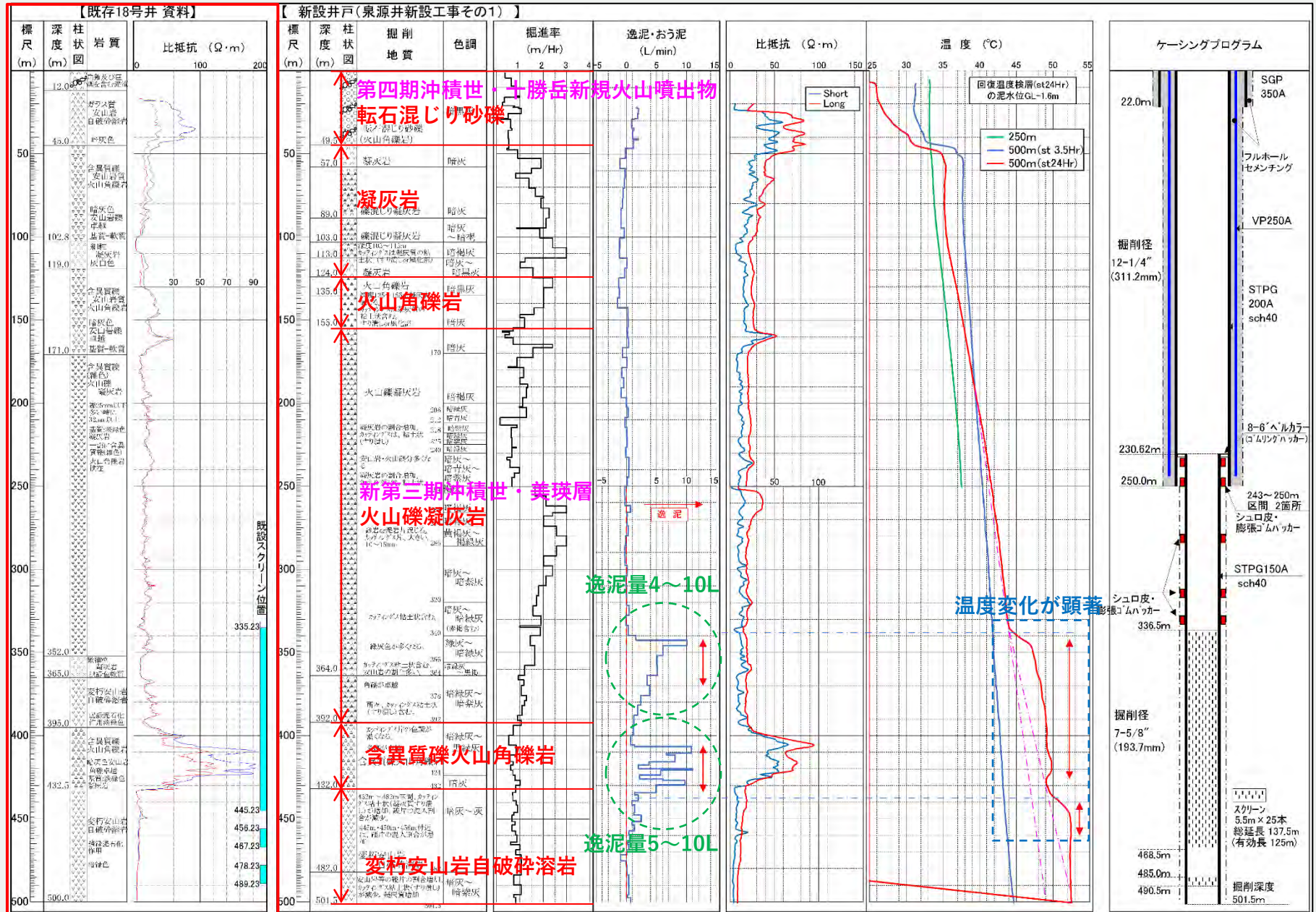
■ 機材配置図



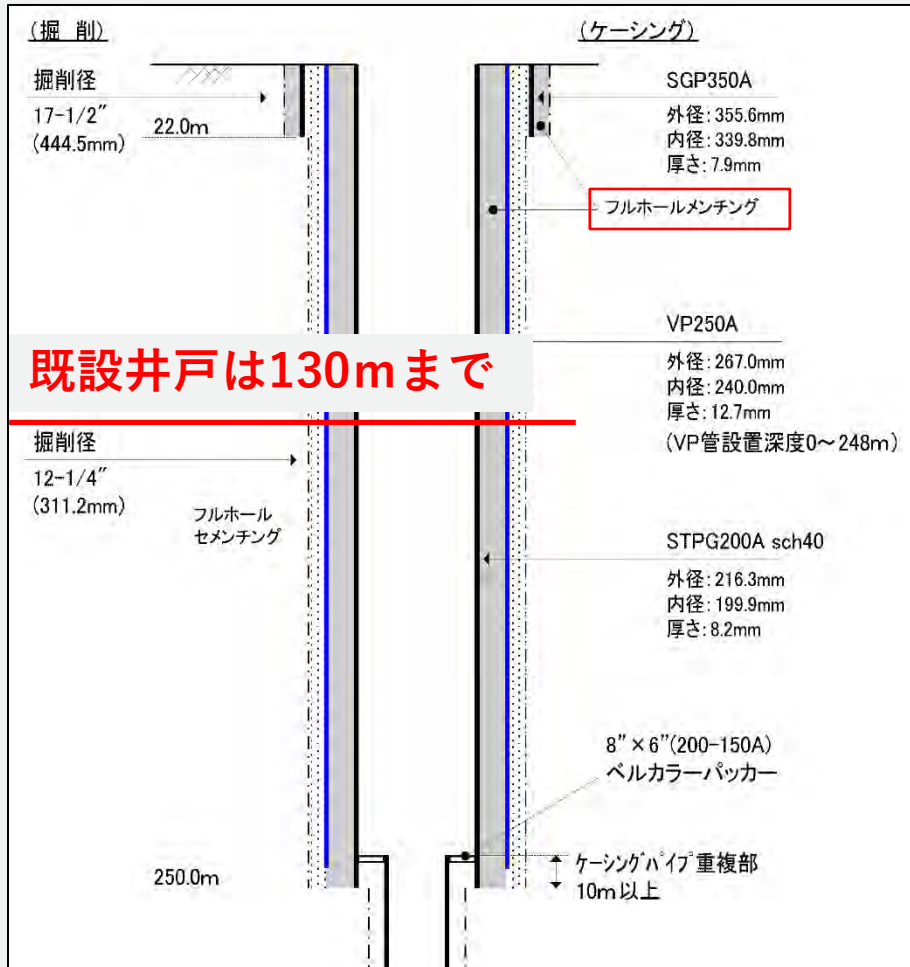
■井戸構造一覧

井戸設置年月	令和4年10月(2022.10)
井戸深度	501.5m
仕上口径	200A STPG sch40 : 深度 0.00~250.00m 150A STPG sch40 : 深度 230.62~501.50m
掘削口径と遮水工 (フルホールセメンチング区間)	1段目(0~22m) : 掘削径φ558.8mm(22") 挿入パイプ : 350A SGP (フルホールセメンチング)
	2段目(22~250m) : 掘削径φ311.2mm(12"1/4) 挿入パイプ : 250 VP (フルホールセメンチング) 挿入パイプ : 200A STPG sch40 (フルホールセメンチング)
	3段目(250~501.5m) : 掘削径φ193.7mm(7"5/8) 挿入パイプ : 150A STPG sch40
スクリーン設置深度	深度 336.5m~468.5m (延長 132.0m : 有効長 120.0m) 深度 485.0m~490.5m (延長 5.5m : 有効長 5.0m) 総延長 137.5m (有効長 125.0m)
スクリーン形状	スリット型 (スリット幅 3mm×150mm・8通/周・25段・開孔率 5.01%)

■ 総合柱状図および井戸構造図



■井戸仕上



【井戸構造】

既設井戸ではケーシングパイプの腐食対策(0~130m)が行われていたが、それ以深の区間でケーシングパイプの腐食・消失が確認されたことから、白金21号井では、深度0~250m区間をケーシングパイプの外側に塩ビパイプ(VP250)を配置し、フルホールセメンチングを施工。

【セメンチング】

1段目(SGP350A)及び2段目(STPG200A,VP250)の環状部は、低温の地下水の流入を防止する目的で、フルホールセメンチングを実施。
2段目のセメンチングはインナーストリング方式により施工。

【2段目フルホールセメンチング】
（インナーリング方式）



【VP250環状部】
セメントスラリー回帰確認



【STPG200A環状部】
セメントスラリー回帰確認

【その他の遮水対策】



【ナイスシール・シュロ皮】



【ベルカラーパッカー】

【井戸洗淨方法】



【送水洗浄】



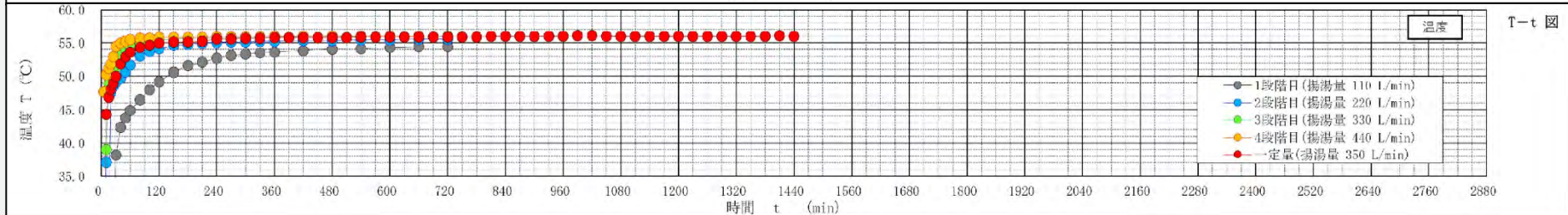
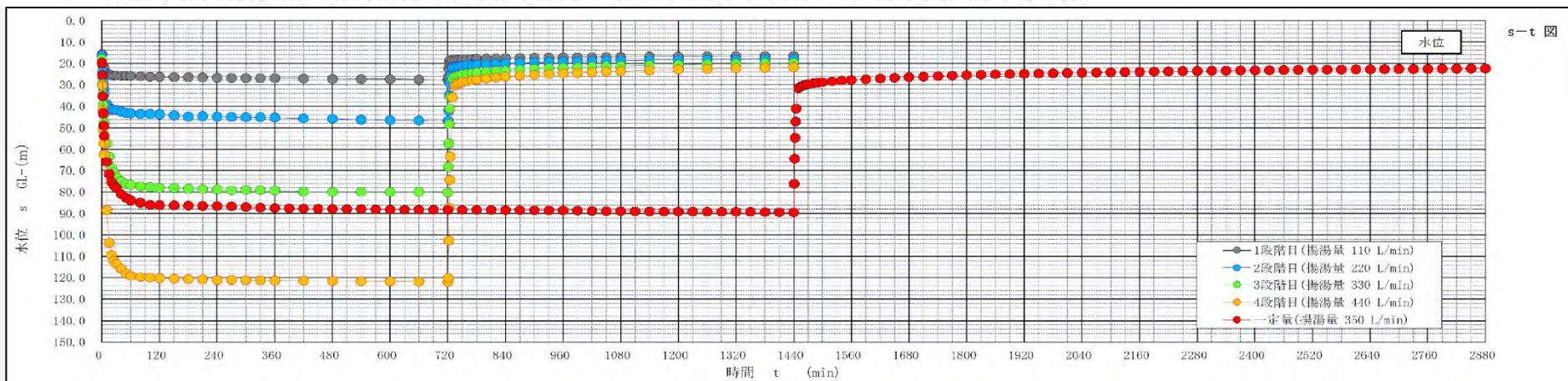
【エアークリフト】

- ①管内泥水を清水交換
- ②送水洗浄
- ③エアークリフトによる坑内沈殿物除去
- ④水中ポンプによる揚湯洗浄

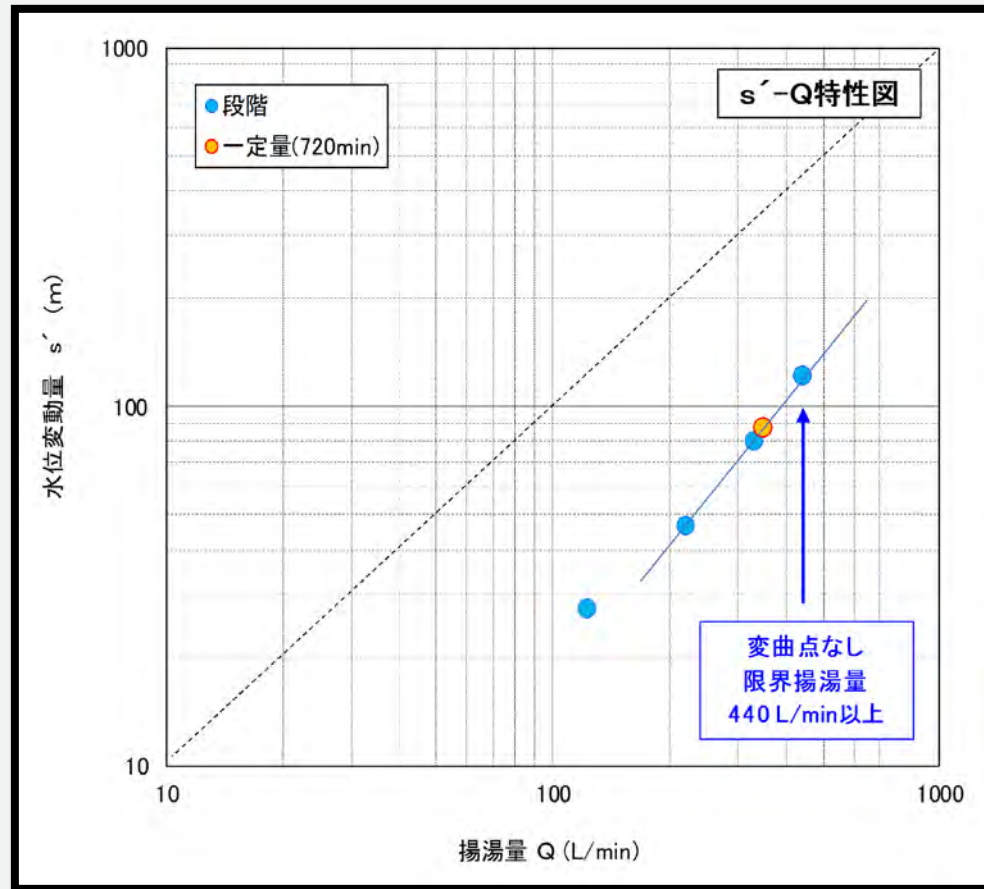
■揚湯試験結果

試験名		揚湯量 (L/min)	水位 GL-(m)	水位変動量 (m)※1	比湧出量 (L/min/m)	湯温 (°C)	電導度 (S/m)	時間 (min)
段階	初期水位	0.0	15.930	—	—	—	—	—
	第1段階目	121.8	27.608	11.678	10.43	54.4	0.502	720
	第2段階目	220.8	46.733	30.803	7.17	55.6	0.471	720
	第3段階目	331.5	80.240	64.310	5.15	56.0	0.473	720
	第4段階目	442.8	122.060	106.09	4.17	56.0	0.475	720
一定量	初期水位	0.0	19.805	3.870	—	—	—	—
	揚水時	351.5	89.471	73.541	4.78	56.0	0.431	1440
	回復時	0.0	22.388	6.458	—	—	—	1440

※1：水位変動量の算出には、第1段階の初期水位 (GL-15.93 m) を使用



【限界揚湯量および適正揚湯量について】



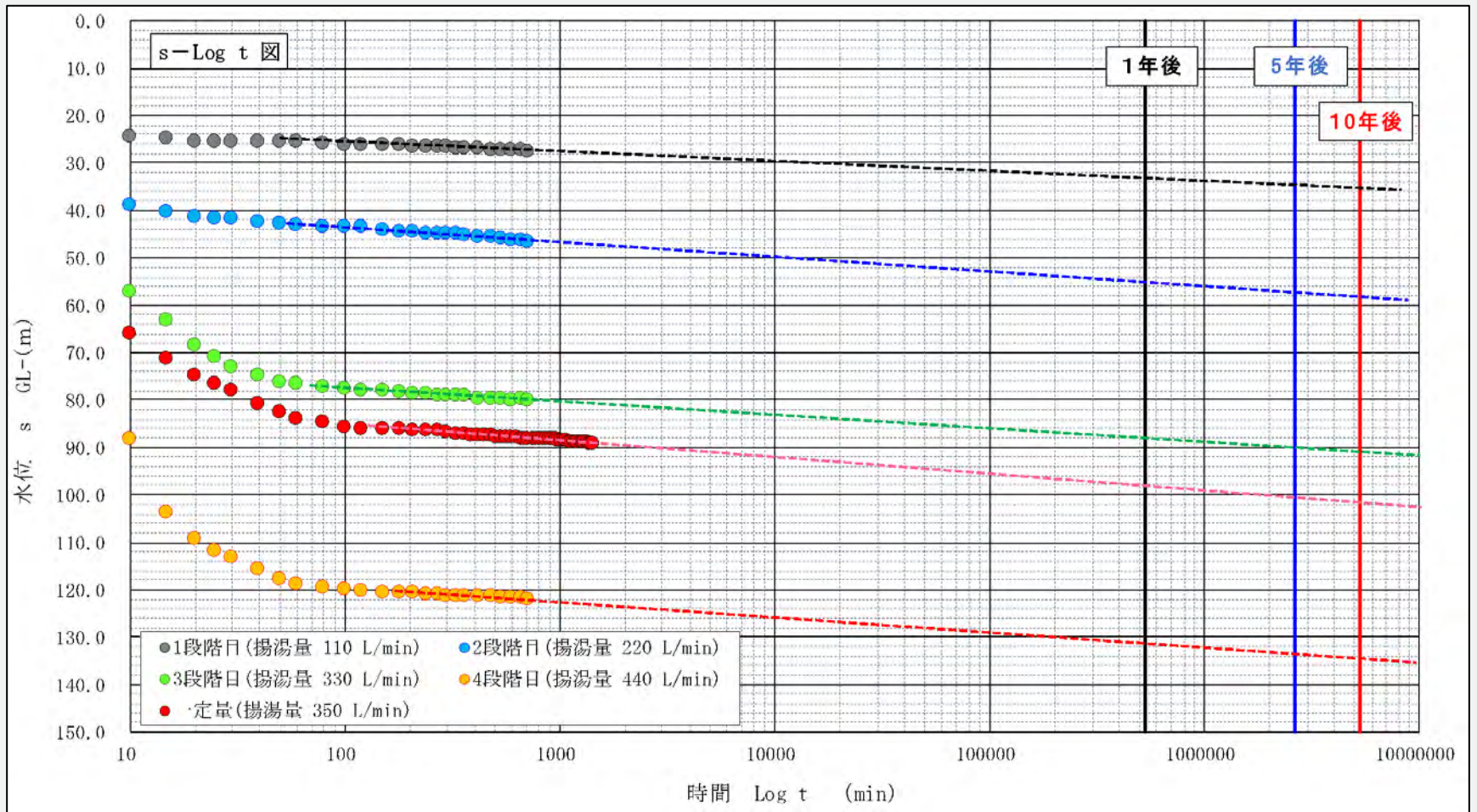
【限界揚湯量】

s' - Q 特性図から変曲点は確認できないことから
限界揚湯量は最大揚湯量の440 L/min以上と判断

【適正揚湯量】

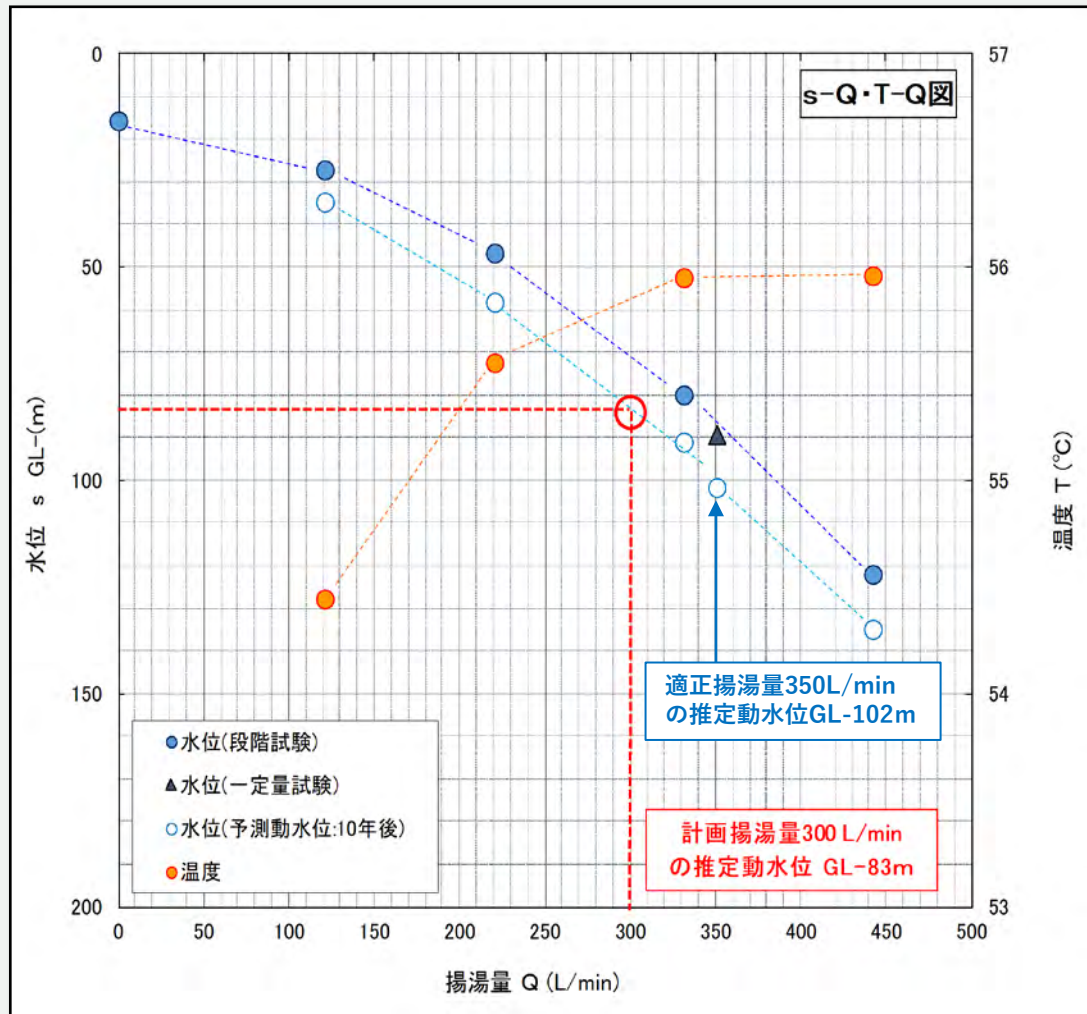
最大揚湯量の440 L/minを限界揚湯量と仮定すると
適正揚湯量は440 L/min \times 80% \doteq 350 L/min以内

【長期連続揚湯時の動水位予測】



揚湯量 (L/min)	試験水位 (GL-m)	推定動水位 GL-(m)			備考
		1年後	5年後	10年後	
110.8	27.61	33.0	34.5	35.0	段階試験1段階目
220.8	46.73	55.0	57.5	58.5	段階試験2段階目
331.5	80.24	88.0	90.0	91.0	段階試験3段階目
442.8	122.06	131.0	133.0	135.0	段階試験4段階目
351.5	103.95	98.0	100.5	102.0	一定量試験

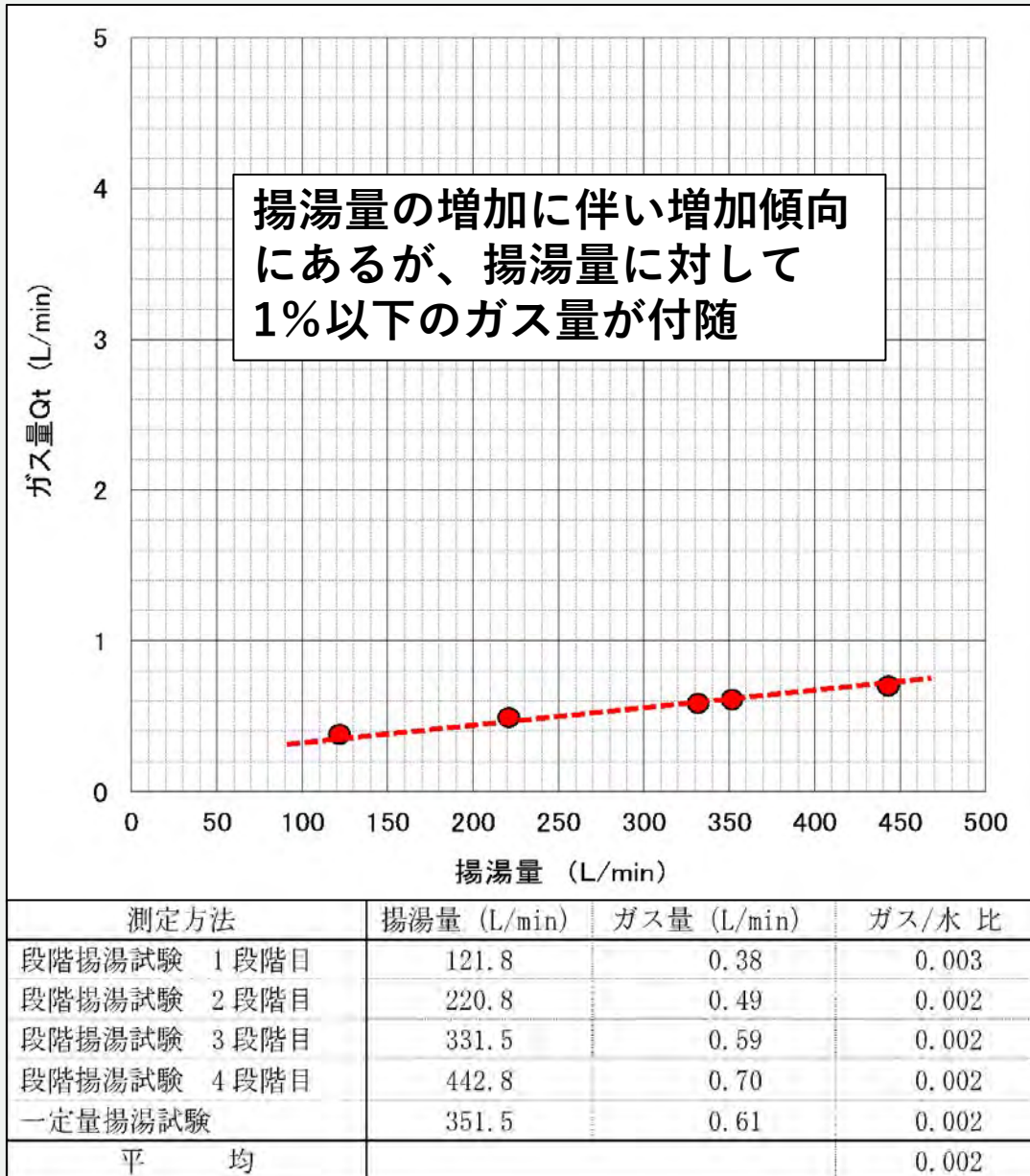
【長期連続揚湯時の動水位予測】



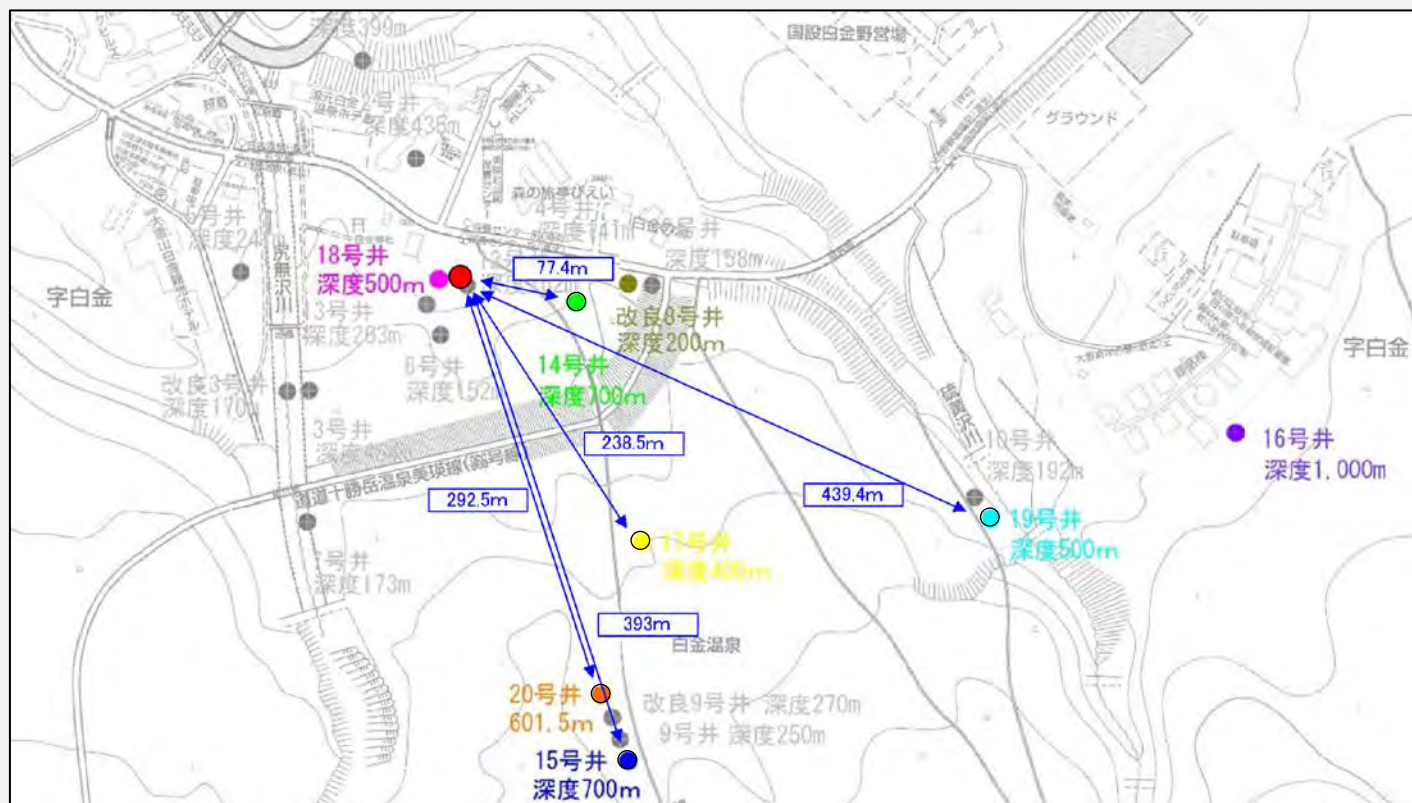
【計画揚湯量の10年後の動水位予測】

計画揚湯量の300L/minにおける10年後の動水位はGL-83m程度と推定され、長期的な揚湯でも安定して揚湯が可能と判断される。

■ガス測定結果

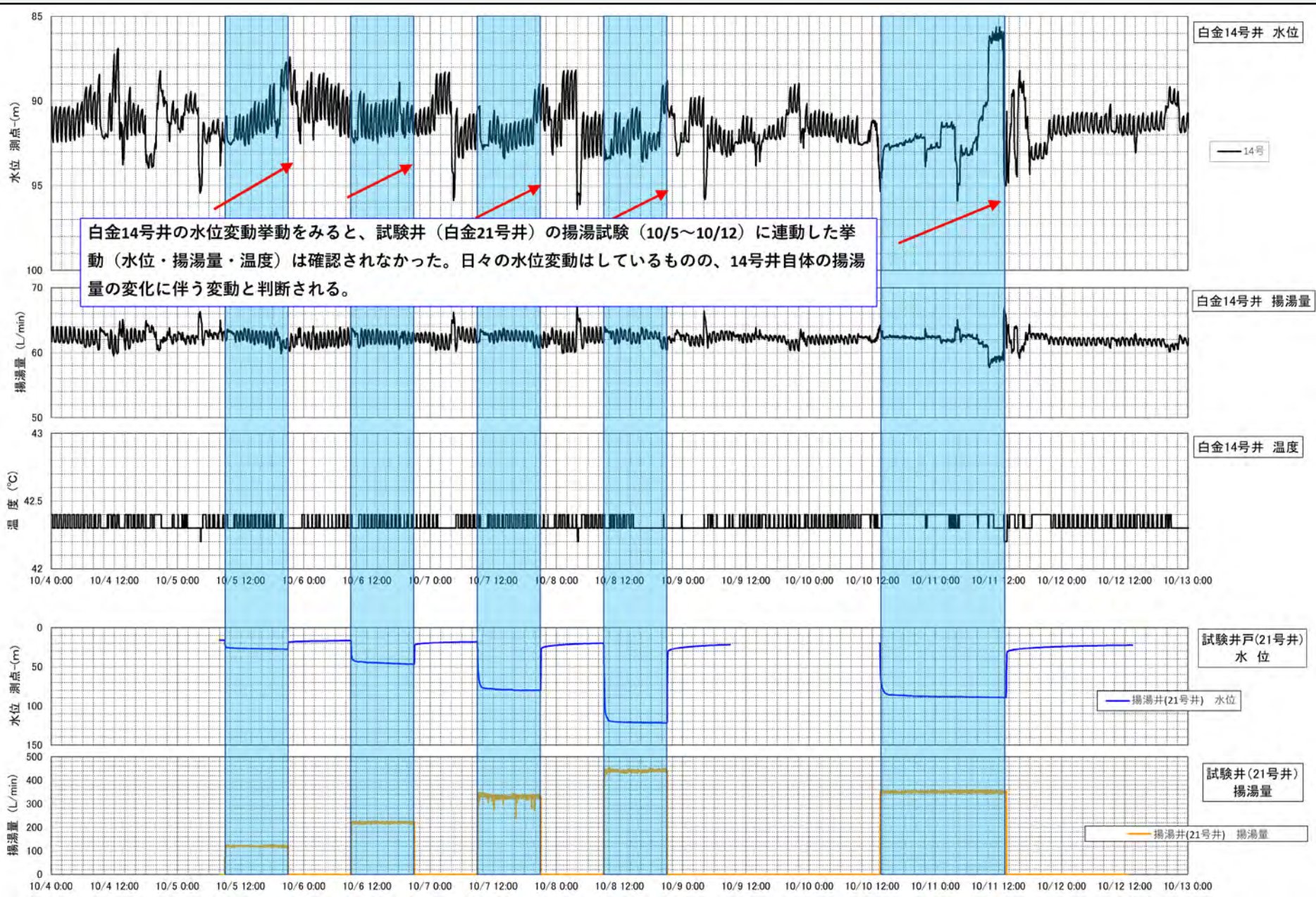


■影響試験結果

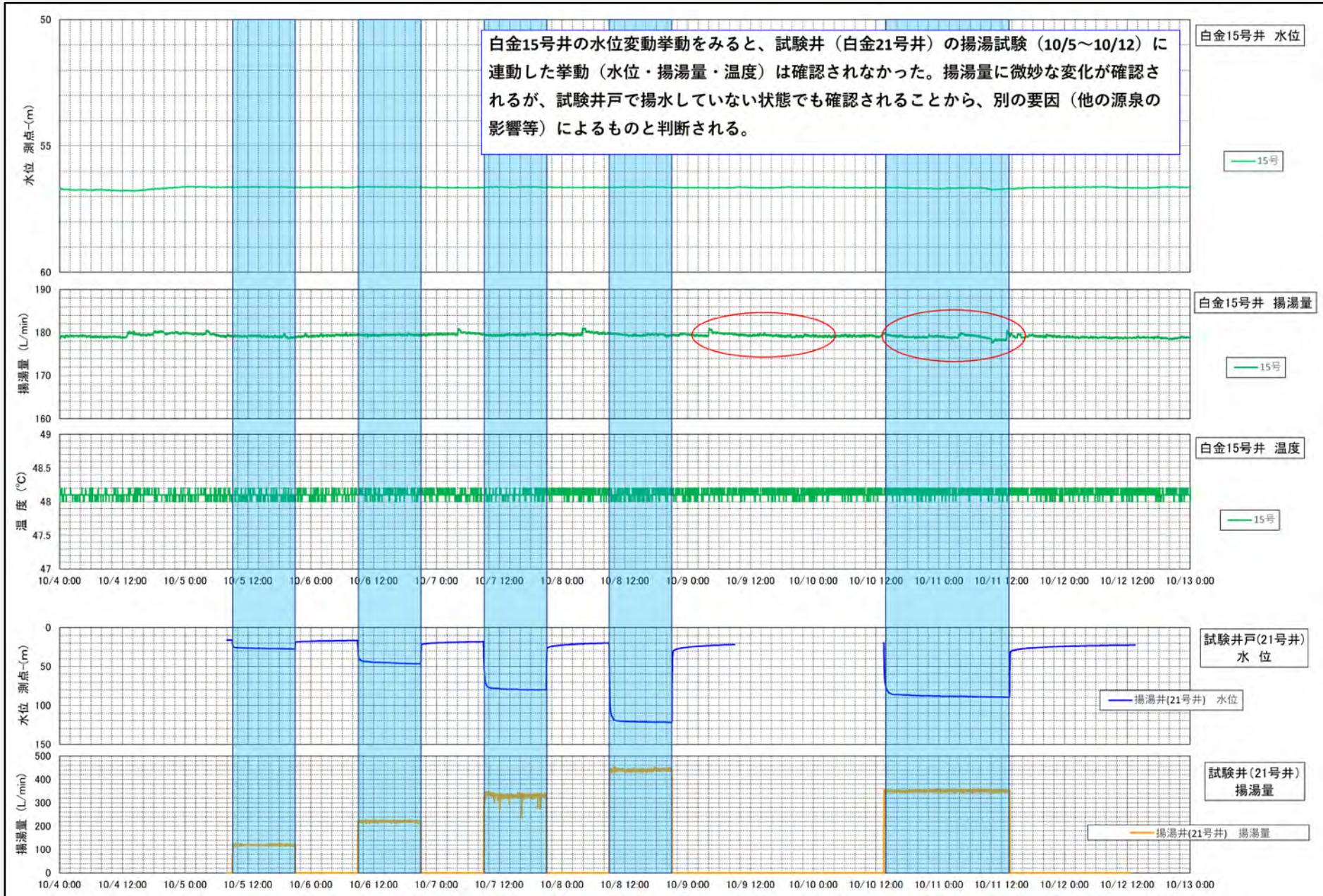


No.	源泉名	既設源泉 までの距離 (m)	モニタリング項目	源泉の状況
1	白金 14 号井	77.4	水位・揚湯量・温度	常時運転中
2	白金 15 号井	393	水位・揚湯量・温度	常時運転中
3	白金 17 号井	238.5	水位・揚湯量・温度	常時運転中
4	白金 19 号井	439.4	水位・揚湯量・温度	常時運転中
5	白金 20 号井	292.5	水位・揚湯量・温度	常時運転中

【14号井】

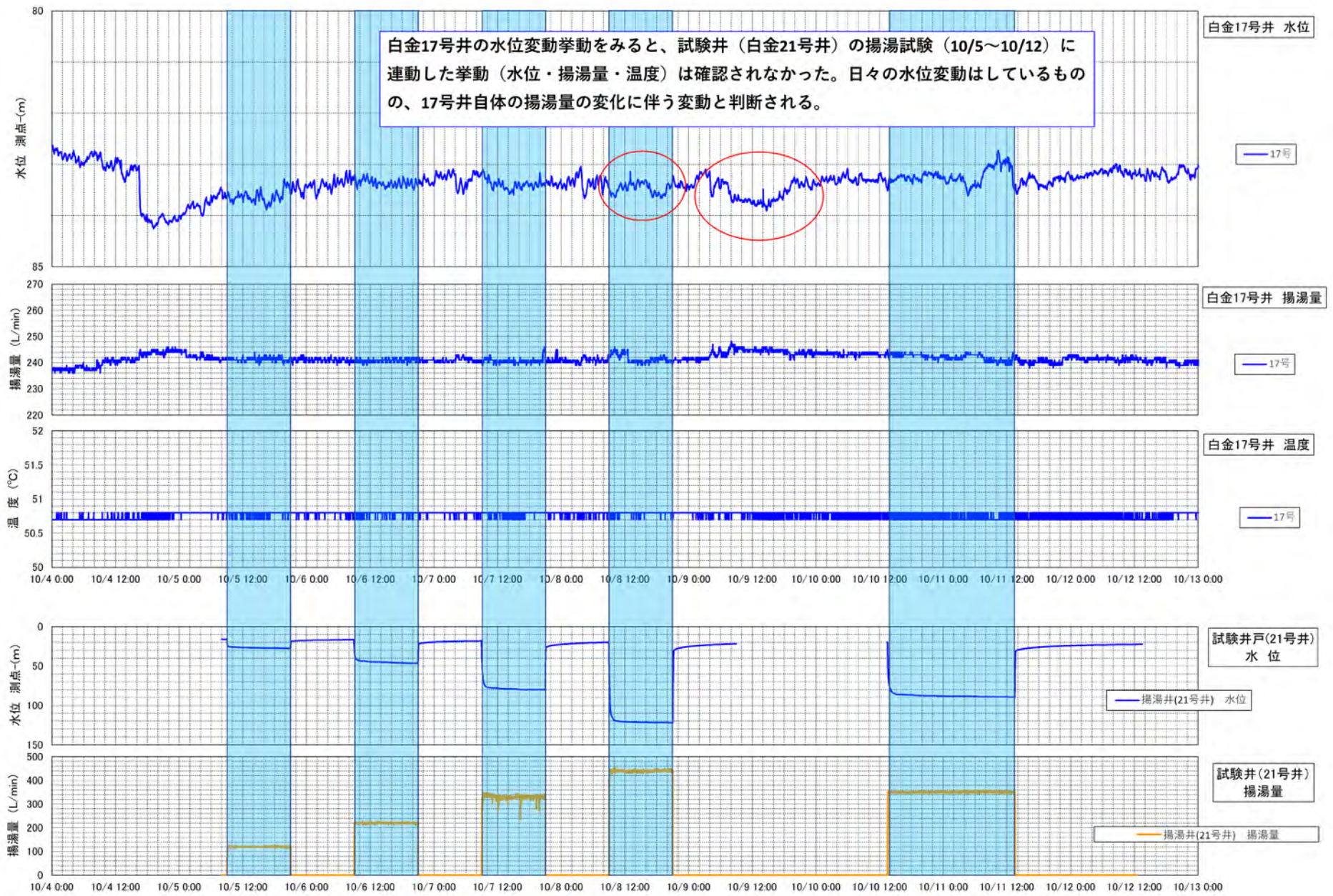


【15号井】



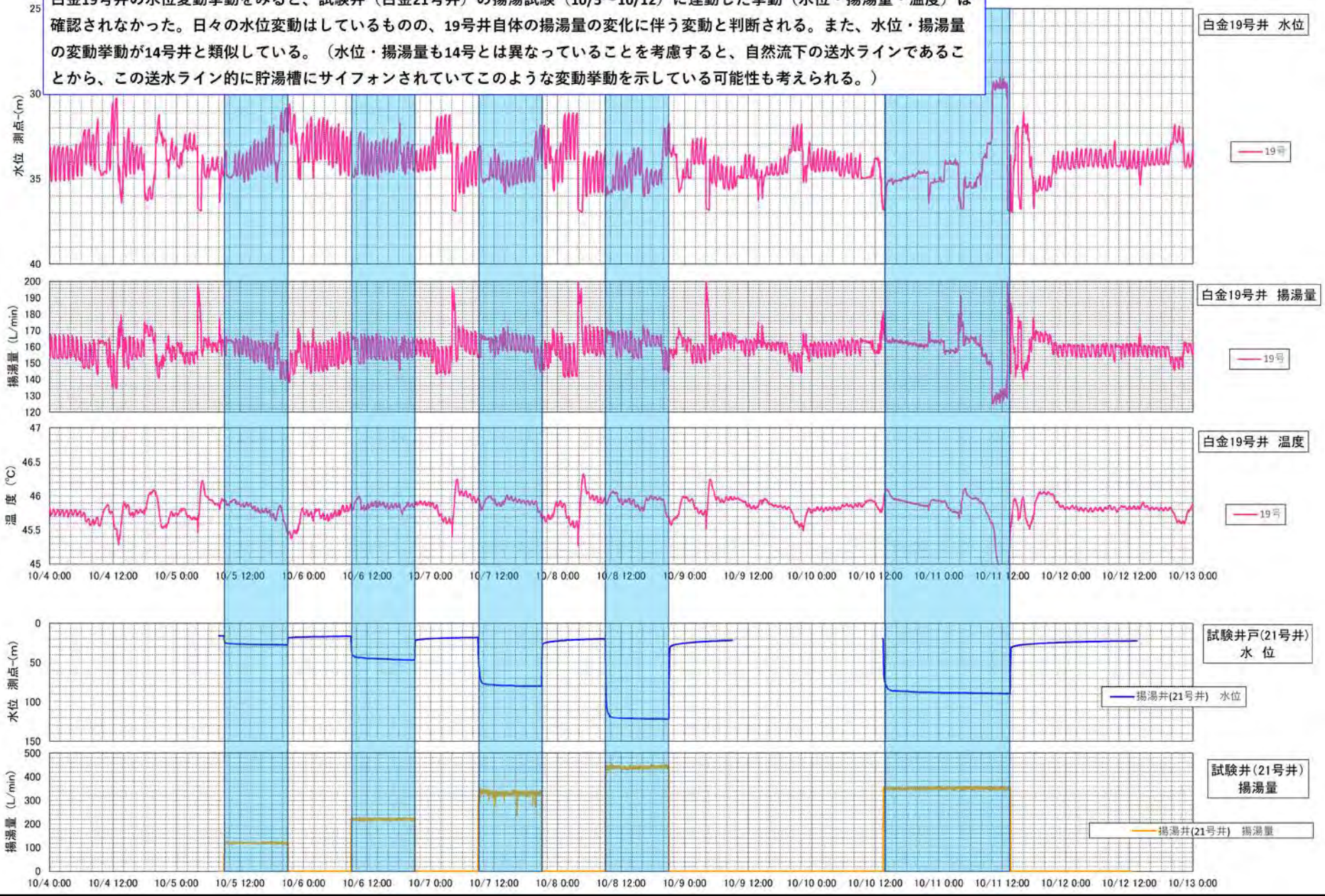
【17号井】

白金17号井の水位変動挙動をみると、試験井（白金21号井）の揚湯試験（10/5～10/12）に連動した挙動（水位・揚湯量・温度）は確認されなかった。日々の水位変動はしているものの、17号井自体の揚湯量の変化に伴う変動と判断される。



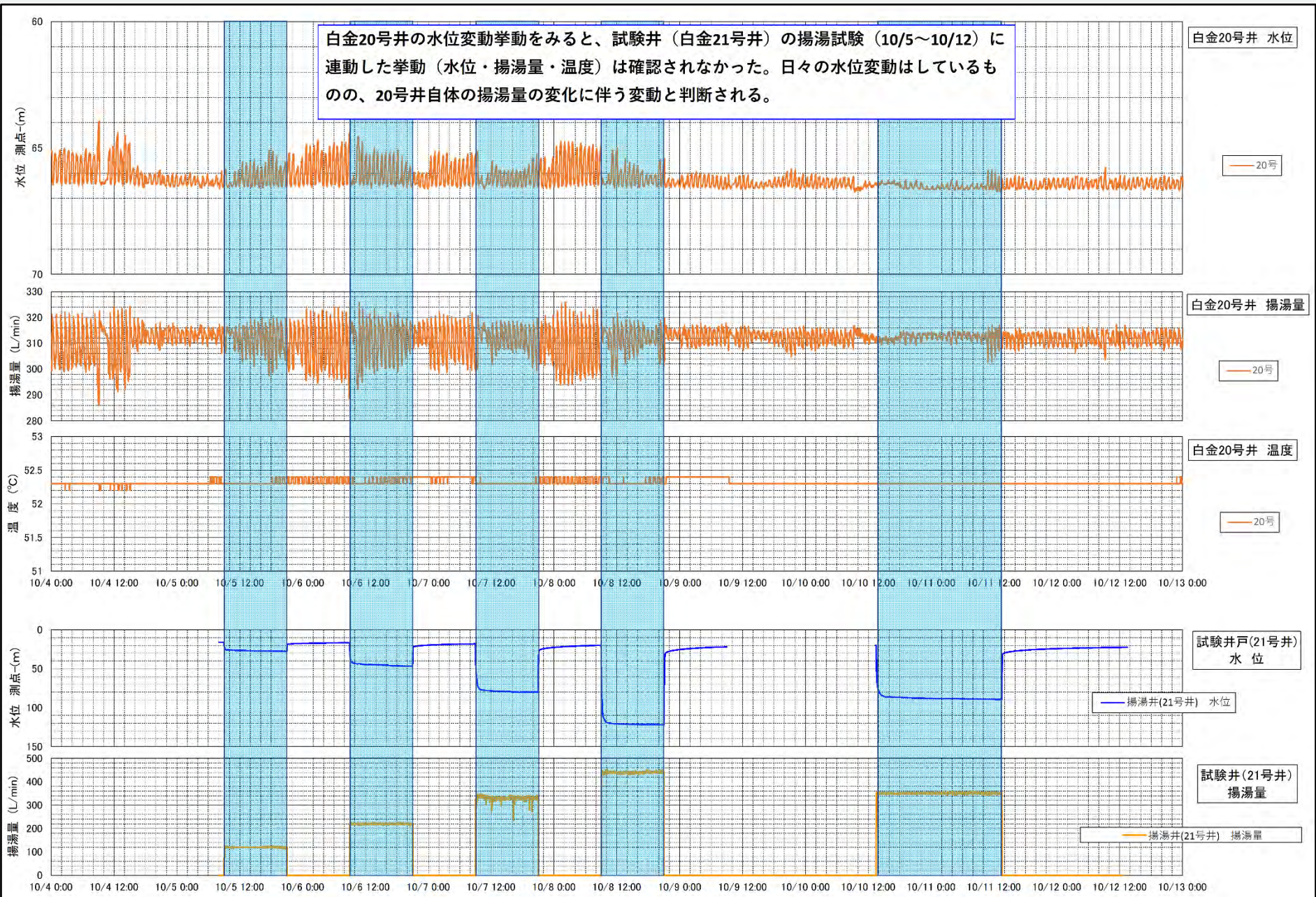
【19号井】

白金19号井の水位変動挙動をみると、試験井（白金21号井）の揚湯試験（10/5～10/12）に連動した挙動（水位・揚湯量・温度）は確認されなかった。日々の水位変動はしているものの、19号井自体の揚湯量の変化に伴う変動と判断される。また、水位・揚湯量の変動挙動が14号井と類似している。（水位・揚湯量も14号とは異なっていることを考慮すると、自然流下の送水ラインであることから、この送水ライン的に貯湯槽にサイフォンされていてこのような変動挙動を示している可能性も考えられる。）



【20号井】

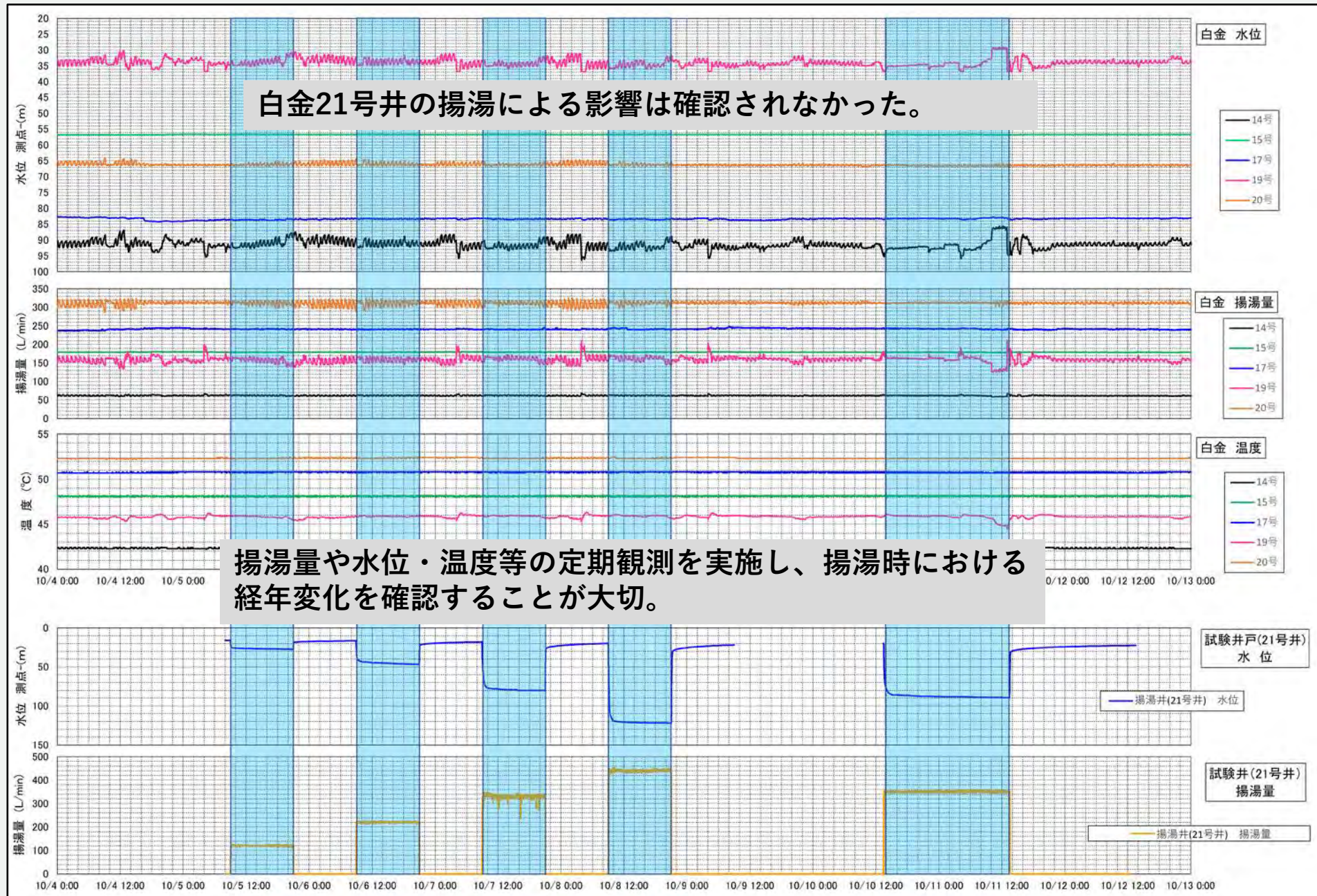
白金20号井の水位変動挙動をみると、試験井（白金21号井）の揚湯試験（10/5～10/12）に連動した挙動（水位・揚湯量・温度）は確認されなかった。日々の水位変動はしているものの、20号井自体の揚湯量の変化に伴う変動と判断される。



【モニタリング結果全体図】

白金21号井の揚湯による影響は確認されなかった。

揚湯量や水位・温度等の定期観測を実施し、揚湯時における経年変化を確認することが大切。



■ 泉質分析結果

温泉分析書

標本位置 第221001号

1 申請者住所氏名	北海道 上川郡美瑛町本町4丁目6番1号	美瑛町長 角和 浩幸
2 源泉および湧出地	白金温泉（源泉名 白金21号井） 上川郡美瑛町字白金上川中部森林管理署1072林班レ小車	
3 湧出地における調査および試験成績	(イ) 調査および試験者：株式会社 環境プロジェクト 原谷 学 (ロ) 調査および試験年月日：令和4年10月11日 (ハ) 泉 温：56.0℃（気温：14℃） (ニ) 湧出量：350 l/min（動力湧湯） (ホ) 知覚的試験：無色透明、弱塩味、微強硫化水素臭（ガス付随） (ヘ) pH 値：6.8 (ト) 電気伝導率：0.46 S/m(25℃) (チ) ラドン (Rn)：マッヘ単位/kg	
4 試験室における試験成績	(イ) 試験者：株式会社 環境プロジェクト 原谷 学 (ロ) 分析終了の年月日：令和4年10月20日 (ハ) 知覚的試験：弱淡黄色・微濁、弱塩味、弱金気臭（採水後24時間） (ニ) 密度：1.0019 (20/4℃) (ホ) pH 値：6.72 (ヘ) 蒸発残留物：4.068 g/kg (180℃)	
5 試料1kg中の成分：分量および組成		

(イ) 陽イオン	330.24 (mg)	330.4 (mg/L)	330.4 (mg/L)	(ロ) 陰イオン	330.4 (mg)
水素イオン H ⁺				ふっ化物イオン F ⁻	
ナトリウムイオン Na ⁺	753.5	32.78	55.53	塩化物イオン Cl ⁻	63
カリウムイオン K ⁺	103.0	2.05	4.49	水酸化物イオン OH ⁻	
アンモニウムイオン NH ₄ ⁺	0.7	0.04	0.07	硫酸水素イオン HS ⁻	
マグネシウムイオン Mg ²⁺	154.4	12.70	21.51	チオ硫酸イオン S ₂ O ₃ ²⁻	
カルシウムイオン Ca ²⁺	218.4	10.05	18.04	硫酸イオン SO ₄ ²⁻	151
アルミニウムイオン Al ³⁺				りん酸イオン HPO ₄ ²⁻	
マンガンイオン Mn ²⁺	0.3	0.01	0.02	炭酸水素イオン HCO ₃ ⁻	58
鉄(Ⅱ)イオン Fe ²⁺	5.6	0.20	0.34	炭酸イオン CO ₃ ²⁻	
鉄(Ⅲ)イオン Fe ³⁺					
計	1232	59.03	100	計	274
(ハ) 遊離成分					
非遊離成分	330.24 (mg)	330.4 (mg/L)	330.4 (mg/L)	非遊離成分	
メタけい酸 H ₂ SiO ₃	209.2	2.68		メタ亜硫酸 HAsO ₃	
メタほう酸 H ₂ BO ₃	14.5	0.33			
計	223.9	3.01			
溶存物質(ガス性のものを除く)	4.198	g/kg			
溶解ガス成分	330.24 (mg)	330.4 (mg/L)	330.4 (mg/L)		
遊離二酸化炭素					
遊離硫化水素					
計					
成分総計					
(ニ) その他微量成分					
6 泉 質					
7 禁忌症、適応症					
令和4年10月					

温泉分析書別表

新研依第7-62号

1 源泉名：白金21号井	2 湧出地：北海道 上川郡美瑛町字白金 上川中部森林管理署1072林班レ小車
3 温泉分析申請者：上川郡美瑛町本町4丁目6番1号	美瑛町長 角和 浩幸
4 泉 質： (低張性中性高温泉) (旧泉質名：含塩化土類・食塩・芒硝泉)	
5.1 禁忌症は次のとおりである。 (1) 血象の一般的禁忌症 (浴用) 病気の活動期（特に熱のあるとき）、活動性の結核、進行した悪性腫瘍又は高度の貧血など身体衰弱の著しい場合、少し動くとも息苦しくなるような重い心臓又は肺の病気、むくみのあるような重い腎臓の病気、消化管出血、目に見える出血があるとき、慢性的病気の急性増悪期。 (2) 泉質別禁忌症 (浴用) 該当項目なし。 (3) 含有成分別禁忌症 (飲用) この温泉は飲用に利用しない。	
5.2 適応症は次のとおりである。 (1) 療養泉の一般的適応症 (浴用) 筋肉若しくは関節の慢性的な痛み又はこわばり（関節リウマチ、変形性関節症、腰痛症、神経痛、五十肩、打撲、捻挫などの慢性期）、運動麻痺における筋肉のこわばり、胃腸機能の低下（胃がもたれる、腸にガスがたまるなど）、軽症高血圧、耐糖能異常（糖尿病）、軽い高コレステロール血症、軽い喘息又は肺気腫、自律神経不安定症、	

- ・ 泉 温：56.0℃(高温泉42℃以上)
- ・ 溶存物質：4.198g/kg(1.00 g /kg以上)
- ・ メタけい酸：209.2mg(50mg以上)
- ・ メタほう酸：14.5mg(5mg以上)
- ・ 泉質：ナトリウム・マグネシウム-硫酸塩・塩化物温泉
- ・ 泉質は既設18号井と同じ

※溶存物質の総量が高い数値を示しており、利用時においては貯湯槽や配管、浴槽等へのスケール等付着が懸念されることから、利用時に併せメンテナンス計画を立案することが望ましい。

(ウ) ぬまぬまが生じ、又は気分が不良になった時は、近くの入に助けを求めつつ、浴槽から湯を低い位置に流すことによって、湯の循環を促すこと。

■可燃性天然ガス測定結果

第 42112 号

可燃性天然ガス測定結果報告書 (A) (温泉法施行規則第6条の6第1項に係る測定調査)

1. 分析申請者 住所 北海道 上川郡 美瑛町 本町4丁目6番1号
氏名 美瑛町長 角和 浩幸
2. 湧出地及び源泉名 住所 上川郡 美瑛町 字白金 上川中部森林管理署1072林班レ小班
源泉名 白金21号井
3. 源泉の分析書 (イ) 分析書発行年月日 令和4年10月20日
(ロ) 分析書整理番号 環プロ測 第221001号
(ハ) 分析機関 株式会社 環境プロジェクト
4. 現地における調査及び試験成績
(イ) 調査及び試験者 株式会社 環境プロジェクト 顧谷 学
(ロ) 調査及び試験年月日 令和4年10月11日
(ハ) 泉温 56.0 ℃ (気温 14 ℃)
(ニ) 湧出量 350 リットル/分
(ホ) ガス水比 不明
(ヘ) 揚湯方法

<input type="checkbox"/>	自然湧出
<input type="checkbox"/>	掘削自噴
<input checked="" type="checkbox"/>	掘削動力揚湯 (水中ポンプ)
<input type="checkbox"/>	掘削動力揚湯 (エアリフト)
<input type="checkbox"/>	その他の掘削動力揚湯 (遠心ポンプ)

(ト) 採用した測定方法

測定方法	基準値
<input checked="" type="checkbox"/> 水上置換法	50 %LEL
水上置換法-ガスクロマトグラフ法	50 %LEL
槽内空気測定法	2.5 vol%
ヘッドスペース法	25 %LEL
予備的空気濃度測定	5 %LEL
水上置換法、槽内空気測定法ができなかった理由	-

(チ) 測定場所

<input checked="" type="checkbox"/>	温泉井戸
<input type="checkbox"/>	温泉井戸に最も近い開口部
<input type="checkbox"/>	その他 (測定場所:)
	(選定の理由:)

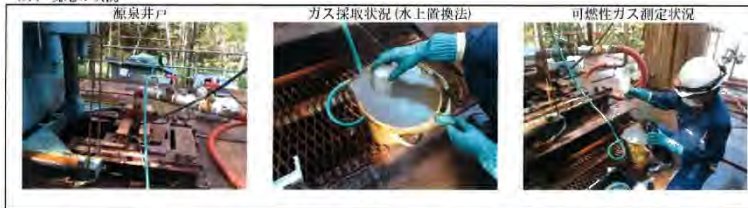
(ツ) 測定できない理由

<input type="checkbox"/>	()
--------------------------	-----

(テ) 測定機器のセンサ方式

<input checked="" type="checkbox"/>	接触燃焼式ガスセンサ (機種: 新コタ電機 XP-3110)
<input type="checkbox"/>	その他のセンサ ()
<input type="checkbox"/>	ガスクロマトグラフ (検出器:)

(ト) 現地の状況



(ツ) 測定値 7 %LEL (基準値 50 %LEL以下)

(ワ) 所見

その他の測定結果 6 %LEL、 6 %LEL

令和 4 年 10 月 21 日

登録分析機関 登録番号 北海道第9号
札幌市厚別区厚別西1条1丁目8-10
株式会社 環境プロジェクト



・ガス測定値：7%LEL(基準値50%LEL以下)

【注意事項】

可燃性天然ガスの安全対策・許可申請の必要はなく、基準値以内ではあるが可燃性天然ガスを含んでいることから、貯湯槽や機械室等の密閉した空間に温泉水を貯留する場合には、換気等には十分な注意が必要。

4.まとめ

5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	月 日	日 数	作 業 内 容
							R4/ 6/ 8~ 6/28 の内	10	伐採・整地作業・孫井戸掘削・井戸芯抜き
							7/ 4~ 7/14	10	機材運搬、掘削機材仮設
							7/15~ 7/20	5	1 段目掘削 558.8mm(22"1/4) 0~22.0m
							7/21~ 7/22	2	350A ケーシング挿入、セメンチング、硬化待ち
							7/23~ 8/ 5	13(24Hr)	2 段目掘削 311.2mm(12"1/4) 22~250m
							8/ 6~ 8/ 8	3	検層、VP250 ケーシング挿入 200A STPG sch40 ケーシング挿入、 セメンチング、硬化待ち
							8/ 9~ 8/10	2	3 段目ツールス編成・現場養生
							8/11~ 8/16	2	休工 (お盆休み)
							8/17~ 9/16	26	3 段目掘削 193.7mm(7"5/8) 250~501.5m
							9/17~ 9/20	4	検層、回復温度検層 150A STPG sch40 ケーシング挿入
							9/21~10/ 4	10	坑内洗浄 (送水・エアリフト・ポンプ揚湯)
							10/ 5~10/12	8	揚湯試験、温泉分析、可燃性ガス測定 温度・電気伝導度検層
							10/13~11/10	20	資材解体、撤去、搬出
							延べ日数	113 日	

- ・現場施工日数は延べ113日（工期内完了）
- ・温泉は温度（56℃）、揚湯量（300L/min以上）、成分とすべてをクリア
- ・揚湯による他の泉源への影響はなし（影響調査結果より）

既設白金18号井の完成当時（1988） ➡ 白金21号井（2022）として復活

5.おわりに

■温泉資源の持続化

- ・近年、各地で温泉の揚湯量の減少や泉温の低下など温泉の枯渇が問題視されている。
- ・温泉は限りある資源という位置付で、過剰な揚湯を続ければ枯渇する可能性があり、需要と供給のバランスが非常に重要である。
- ・枯渇問題等を解決するためには、適正な揚湯量を見極めて利用計画をたてることが大切であり、そのためには井戸の定期点検や影響調査により、井戸の経年変化を確認し、過剰揚湯の回避が必要である。
- ・定期点検等で井戸に異常が確認された場合は、適切な対策をすることにより、井戸の延命が可能となる。
- ・影響調査については、源泉所有者の協力が不可欠であるとともに、調査結果から源泉の状況把握や異常の有無等により、自己所有の源泉の健全性の確認や井戸の適切な維持管理が可能となる。
- ・これらのことも含め、地域全体で課題解決に取り組むことが重要であり、そうすることで持続可能な温泉利用が期待でき、温泉資源保護にもつながる。

温泉は私たちの大切な資源です。

その資源を守るために、これからも温泉工事に携わり
地域の温泉の安定供給に貢献していきたいと思えます。

ご清聴ありがとうございました。

温泉モニタリングシステム〈おゆれこ〉の活用について ～弟子屈町における持続可能な温泉事業～



温泉モニタリングシステム

おゆれこ

温度 流量 pH 送電率 大気圧 水位 コンプレッサ圧力 ポンプ電流 IoT

温泉の温度や流量がリアルタイムで閲覧できる!

温泉資源を大切に末永く利用するために

枯渇や泉質低下等の異常兆候の早期検知につながり、モニタリング情報を基に適切な対策を講じることで、安定的な温泉維持が可能となります。

当社は物理計測、監視モニタリングで培った技術を用い、様々な状況に対応できる温泉モニタリングサービスを展開しています。源泉や配湯場でのお湯の温度、流量のほか、電気導電率、水素イオン濃度(pH)、水位、源泉監視等を遠隔測定し、インターネット経由でリアルタイムに閲覧できるシステムを提供しています。

2023年3月3日 試錐研究会

株式会社物理計測コンサルタント 平石 朋香



• 温泉モニタリングの目的

- 温泉地における源泉保護
- 地熱開発による温泉資源への影響を調査
- 地熱井掘削前から温泉の湯量、泉質を計測監視
- 異常を早期に検知

• 弟子屈町地熱開発

- 弟子屈町における地熱の有効活用
- 地熱井を新規に掘削してバイナリー発電を行う
- 発電時の熱水を暖房に利用等
- 2017年から5年計画のプロジェクト
- 温泉モニタリングは2017年12月から開始・継続中

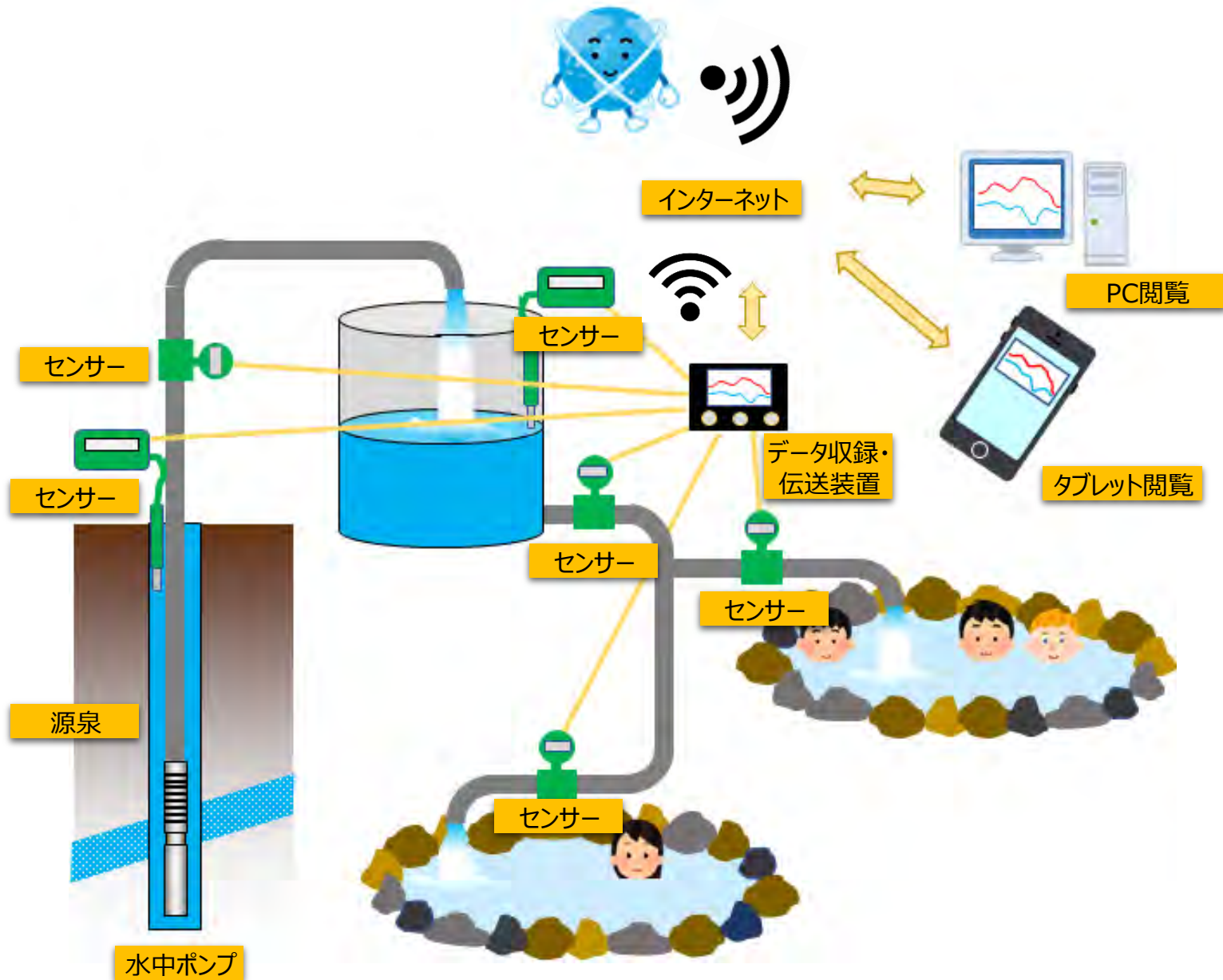
• モニタリング種目（連続測定）

- 近隣井水位、源泉温度、泉質（pH,電気伝導度）
- 配湯各所への流量、貯湯タンクの湯量等
- データはインターネットを介してモニタリング可能



- おゆれこ概要
- おゆれこの特徴
- モニタリング画面デモンストレーション
- おゆれこ施工例
- おゆれこ施工実績

おゆれこシステム概要



- おゆれこ概要
- おゆれこの特徴
- モニタリング画面デモンストレーション
- おゆれこ施工例
- おゆれこ施工実績

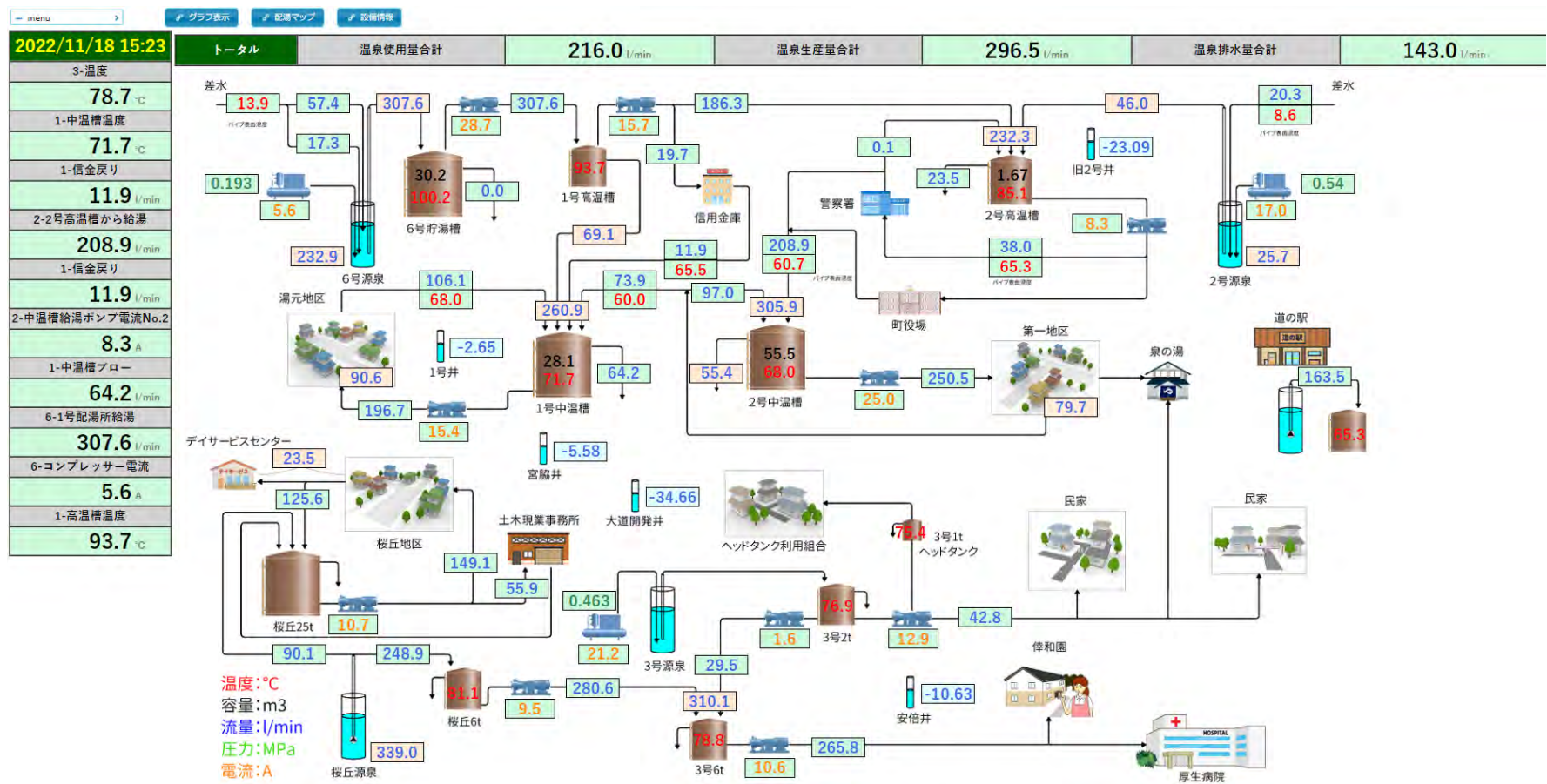
- インターネットを利用し、遠隔地のPCやスマートフォンでリアルタイムにデータをモニタリング可能
- 設定した上下限閾値の超過をいち早く検知
- 最短1分間隔から連続モニタリングが可能
- 外部電源が無くても、バッテリーを使用することで無電源化も可能
- 取得したデータの演算処理による配湯量の算出
- データ収録・伝送装置は自社開発したコンパクトな装置
- 測定環境の違いに柔軟に対応した最適な計測システムをデザイン



- おゆれこ概要
- おゆれこの特徴
- モニタリング画面デモンストレーション
- おゆれこ施工例
- おゆれこ施工実績

モニタリング画面：温泉配湯スクリーン

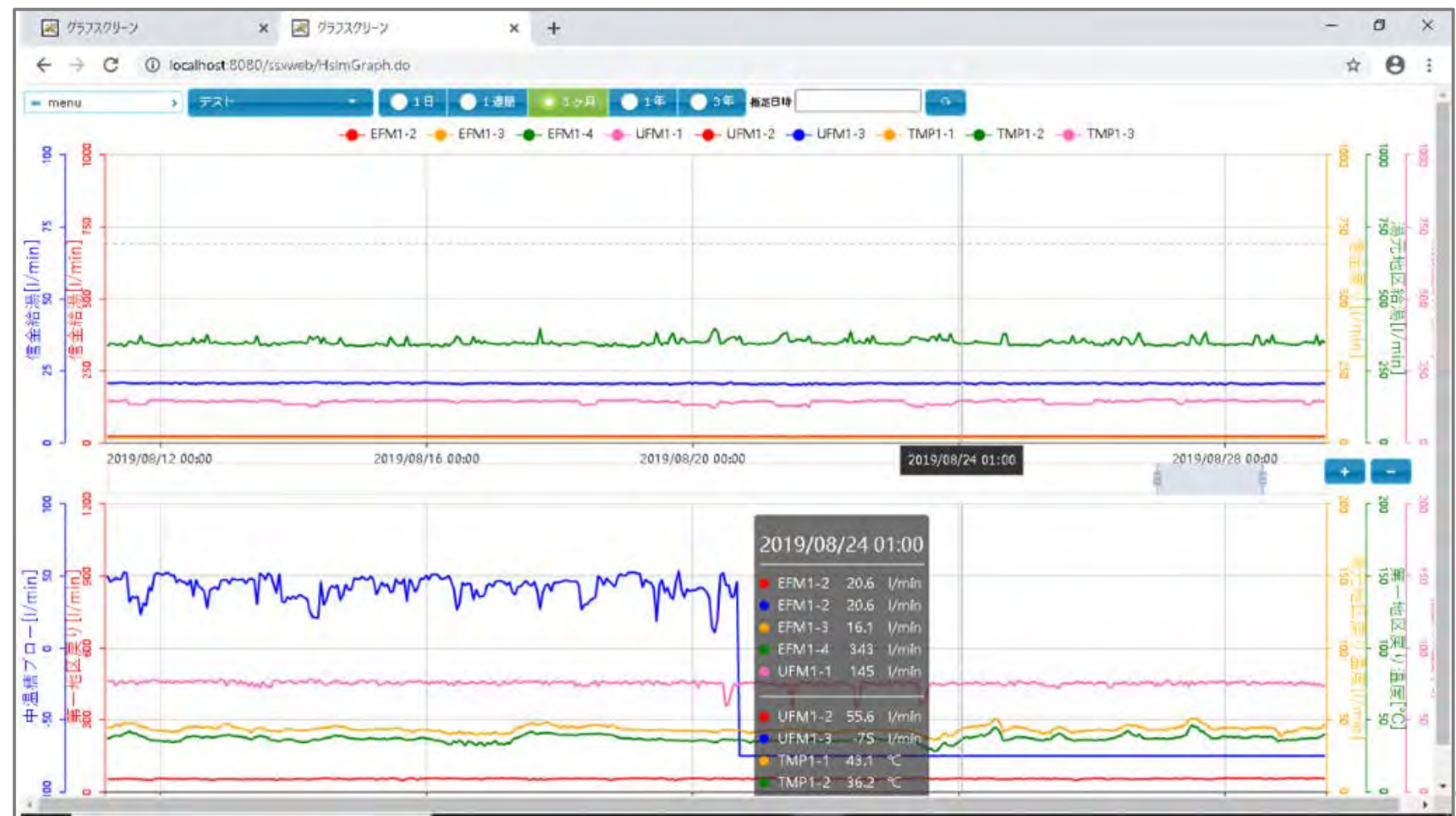
- 「おゆれこ」のメインスクリーン
- 温泉の流れをわかりやすく「見える化」
- 各測定値を測定種目で色分け



モニタリング画面：グラフスクリーン



- 温泉モニタリングで重要な季節・年単位の变化を比較できるスケールを用意
- マウスカーソルによる測定値のスキャン機能
- 測定データを蓄積し、過去データを参照可能



モニタリング画面：給湯スクリーンマップ



- 源泉と供給先の位置関係を地図上に「見える化」
- 温泉の需給量を棒グラフで「見える化」



モニタリング画面：設備情報スクリーン



- 温泉の配湯設備運転状況を一覧表で「見える化」
- 設備のメンテナンス履歴を管理

menu 2020/07/20 20:21

1号配湯所		2号源泉・配湯所		6号源泉	
設備種別					
供給先	湯元	湯元地区	2号配湯所	2号源泉エアリフト	
状態	稼働中	稼働中	稼働中	稼働中	
形式	AB0		LPP55	ACV35	
容量[kW]	7		5.5	3.5	
電流定格[A]	3		27.5	17.5	
電流実測値[A]	3		27.6	18.1	
圧力定格[MPa]			-	0.7	
圧力実測値[MPa]			-	1.1	
メンテナンス履歴	2020/07/20	—	2020/06/23	—	—

メンテナンス履歴

2020/06/20
絶縁抵抗測定 (異常なし)

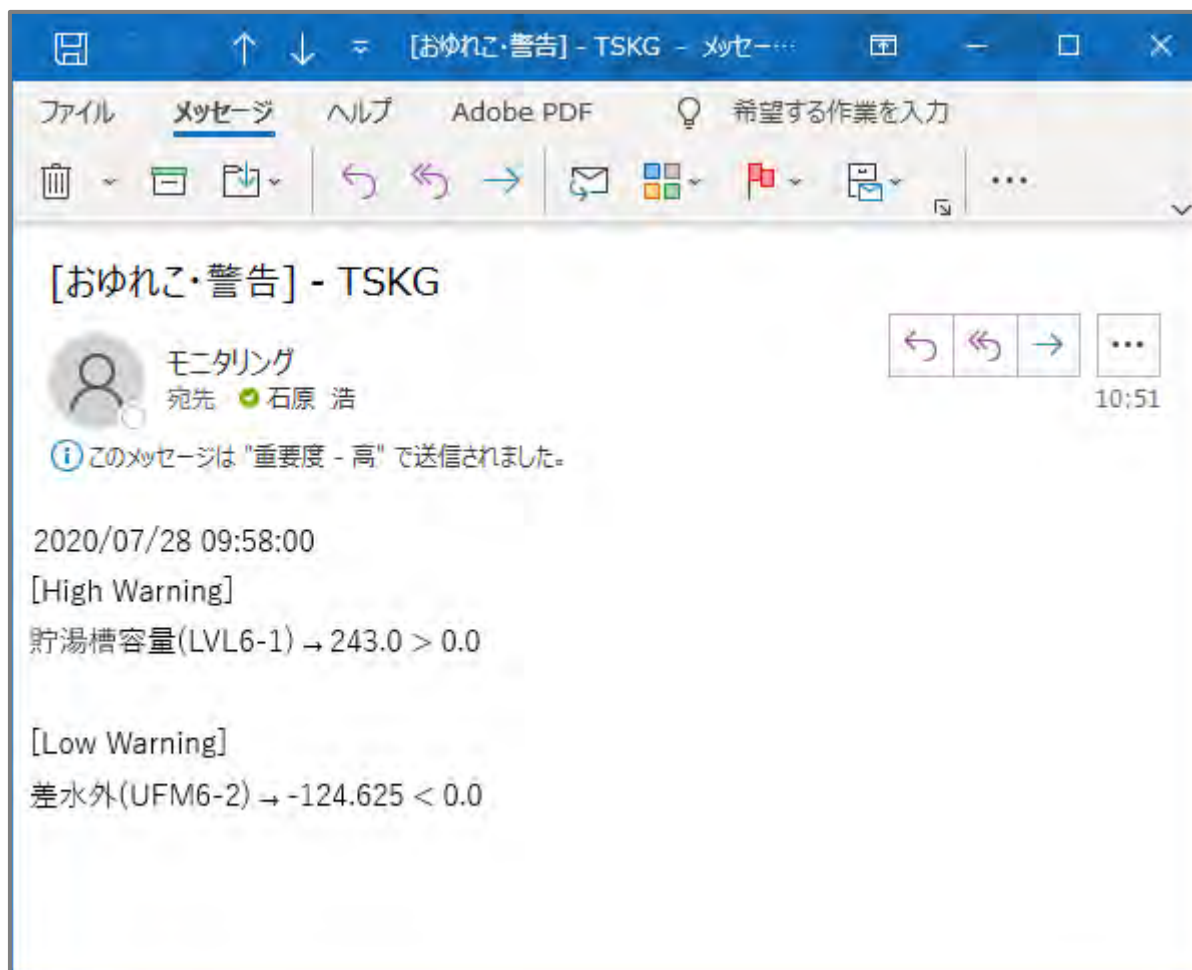
2020/02/23
定期点検 (異常なし)

return

モニタリング画面：アラームメール



- 任意の測定項目に設定したアラームを電子メールでお知らせ



- おゆれこ概要
- おゆれこの特徴
- モニタリング画面デモンストレーション
- おゆれこ施工例
- おゆれこ施工実績

おゆれこ施工例①-1



- 最適なシステム設計のための事前調査
- 顧客の施設に合わせた柔軟な施工
- 地元業者と協働



- 弟子屈水道課で設置済みセンサの取り込み
- 取り込んだデータは「おゆれこ」で閲覧可能
- 設置機器コスト削減



弟子屈町が設置した流量計



おゆれこへの取り込み

- 貯湯槽2カ所のモニタリング(電気伝導率, 水位, 流量, 温度)
- 水位観測井の水位モニタリング
- 圧力観測井の圧力モニタリング



おゆれこ施工例③



- 5カ所の源泉モニタリング(温度,流量,水位)
- バッテリーによる無電源運転
- 硫化水素対策、積雪対策



おゆれこ施工例④

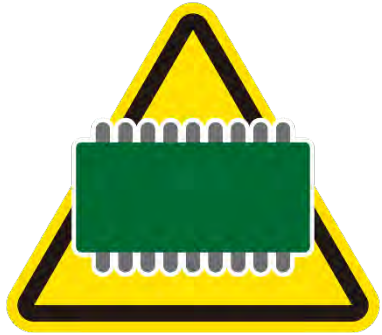


- 「おゆれこ」を使用して地熱井の温度・流量モニタリング
- 地熱井の冬季長期間圧力モニタリング
- ソーラーパネルによる無電源運転



- おゆれこ概要
- おゆれこの特徴
- モニタリング画面デモンストレーション
- おゆれこ施工例
- おゆれこ施工実績と今後の予定

「おゆれこ」設置 & 予定箇所



半導体不足のため
入荷未定

THE ARRIVAL DATE IS UNDECIDED
DUE TO SEMICONDUCTORS SHORTAGE



★ 設置済み

★ 設置相談依頼中

温泉水を利用した床暖房管理

- 従来は加温のため多量の重油を使用
- 温泉水と不凍液を熱交換し、暖められた不凍液をチューブに流して床を暖める
- 「おゆれこ」を使用して熱交換前後の温度や温泉使用量・圧力のモニタリング



ご清聴ありがとうございました。

お問合せ先

株式会社物理計測コンサルタント

TEL 03-5294-6711

E-mail info@gsct.jp

担当 藤井、平石



第61回試錐研究会

温泉モニタリングシステム〈おゆれこ〉の活用について
～弟子屈町における持続可能な温泉事業～

2023.3.3

石油資源開発株式会社
新規事業推進部 藪田明野

石油資源開発株式会社

地熱活用計画とモニタリングの必要性

弟子屈町では、町中でのバイナリー発電事業や温泉給湯事業に地熱を活用する計画を策定し、2017～2021年度にかけて北海道の助成制度を活用して推進

弟子屈町(地熱)

地熱資源を活用した「弟子屈・ジオ・エネルギー事業」

【補助対象者】

弟子屈町

【計画期間】

5年間

【事業費】

総事業費 6億7,296万2千円(うち道補助3億4,334万6千円)

【計画内容】

- ・町民や町内の企業等が出資・参画する地域エネルギー会社を設立し、地域の地熱資源を一括管理するとともに、新たな活用を推進
- ・新たに地熱井を掘削し、市街地でバイナリー発電を行い、公共施設に電気を供給
- ・発電時の熱水を暖房用に供給した後、一般住宅等の浴用向けに活用するなど、地熱を有効活用



北海道〈エネルギー地産地消モデル化支援事業〉

その計画において、市街地の中心で新しい地熱井を1本掘削

➡掘削地点の周囲では多数の温泉井が利用されているため、影響を与えないか配慮が必要

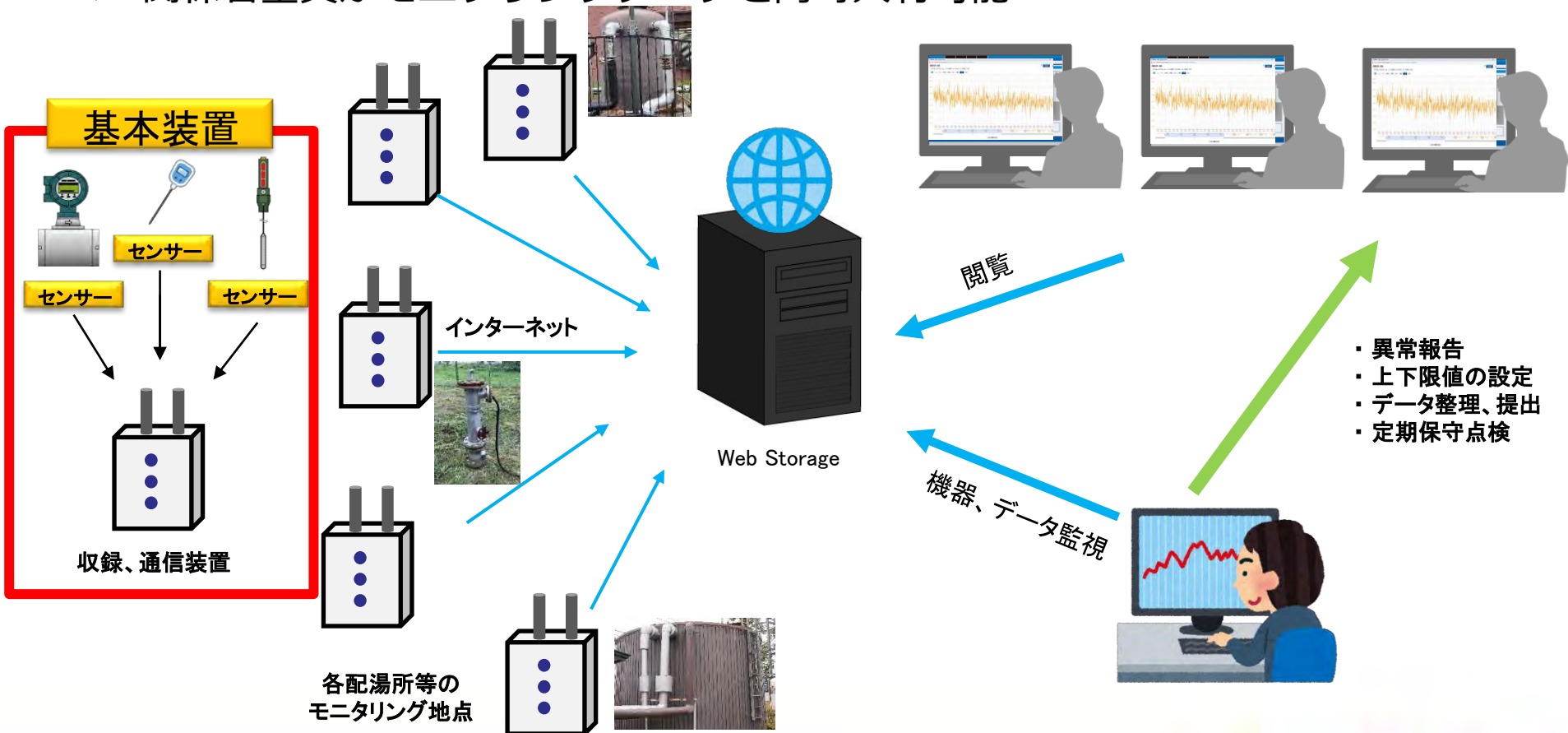
➡ モニタリング導入

新規坑井掘削地点とモニタリング井の位置関係



遠隔モニタリング概要図

- リアルタイムで源泉の状況を把握
- 敷地準備～掘削～噴気試験といった動きと源泉との関係を遠隔監視し、状況変化が生じた場合にも直ちに対応可能
- 関係者全員がモニタリングデータを同時共有可能



参考：弟子屈町の新規坑井掘削結果

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. 検層結果

- 掘削直後の温度検層では熱水の流出点を特定した。
最高温度86.0℃（深度1001.8m）であった。
- 電気検層では、熱水流動、地層の性状等を推定した。
- 翌年実施した噴気試験時の温度検層では、**最高温度127.5℃（深度990m）**を記録した。

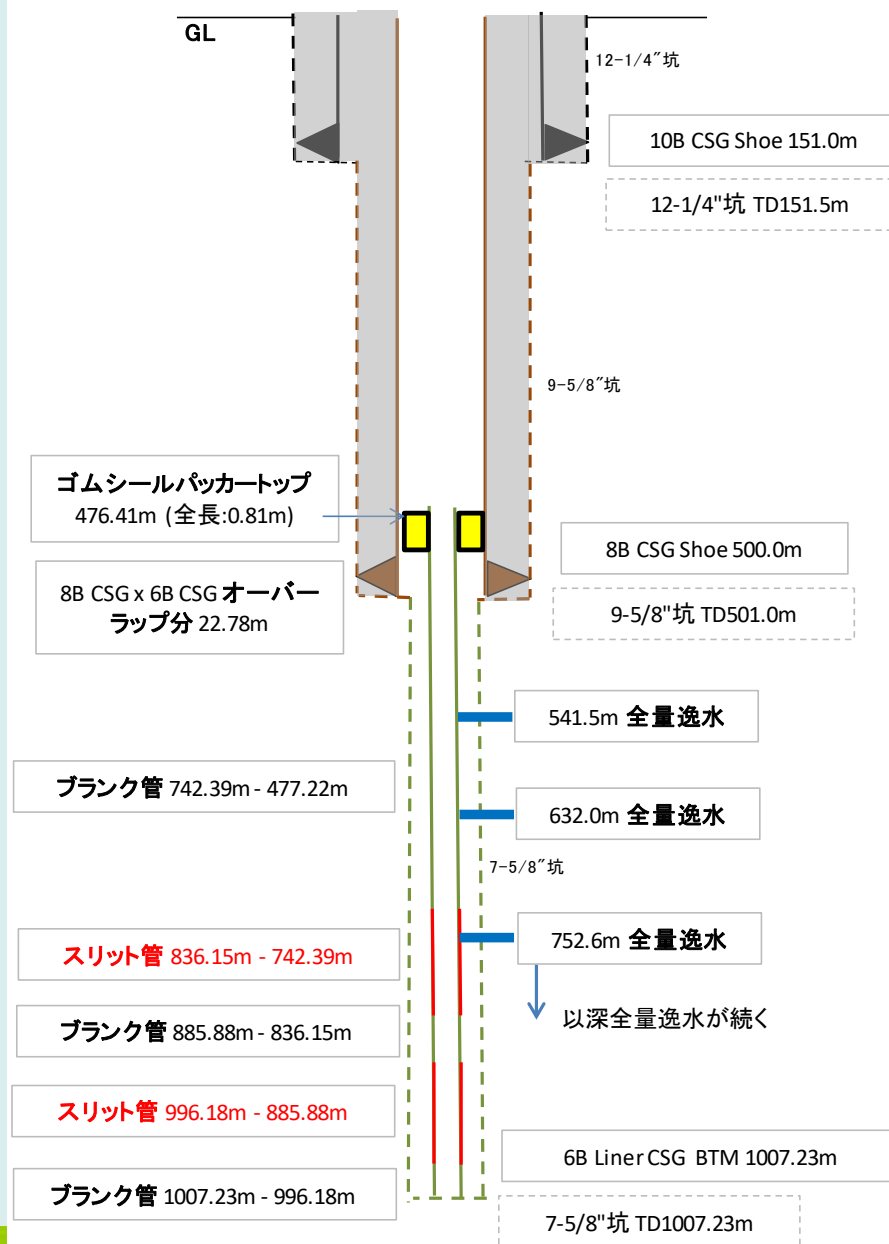
4. 噴出試験結果

- エアリフトでは坑口最高温度102℃、最大流量1180ℓ/分を記録するが、自噴には至らなかった。
- 水中ポンプによる揚湯試験を230～690ℓ/分の6段階に分けて実施した。どの段階でも安定的に揚湯することができ、水位回復も非常に速い。

5. 動力申請

- 温泉保護の観点から**500ℓ/分**を申請し、許可された。

弟子屈TS 坑内図 (6B CSG降下後)



参考：発電機の検討

代理店	第一実業			地熱開発			Climeon Japan			-			梶原鉄工所			-			
メーカー/機体名	Access Energy Thermpower 125XLT			Electratherm 4400B			Climeon HP150			Xenesys			Zuccato Energia ZE-50-ULH			パワートイパティフ テクノロジー JRET30			
供給温度 °C	116			116			116			116			116			116			
発電後温度 °C	90			90			90			92.3~93.9			95.9			90			
揚湯方式	水中ポンプ			水中ポンプ			水中ポンプ			水中ポンプ			水中ポンプ			水中ポンプ			
冷却水温度 °C	10			10			10			10			10			10			
冷却水量 ℓ/分	100	300	500	100	300	500	100	300	600	100	300	500	100	300	500	空冷式			
冷却後温度 °C							-	-	28.6		28.4	19.4	29.9	28.8	27.3				
必要空冷能力 kW																			
発電端出力 kW									59		56	58	52.5	52.5	52.5				
送電端出力 kW											-	44.5	46	29.8	32.5	36.1	31.7	47.6	60
メンテナンス先	海外			海外			海外			国内			海外			国内			
価格（工事費含）	不提示						1.5億円									0.85億円			

発電ユニットの概要

小型バイナリー発電装置 30kw

商品名：JRET30



- ・送電端出力 MAX 30kw
- ・発電機 IPM同期発電機
- ・定格回転速度 31500rpm
- ・出力電圧 200-220V
- ・周波数 50-60Hz
- ・系統連系機能保護付き
- ・作動流体 R245fa
- ・寸法 幅1.0m × 奥行き1.6m × 高さ1.7m
- ・重量 約900kg（作動流体含まず）



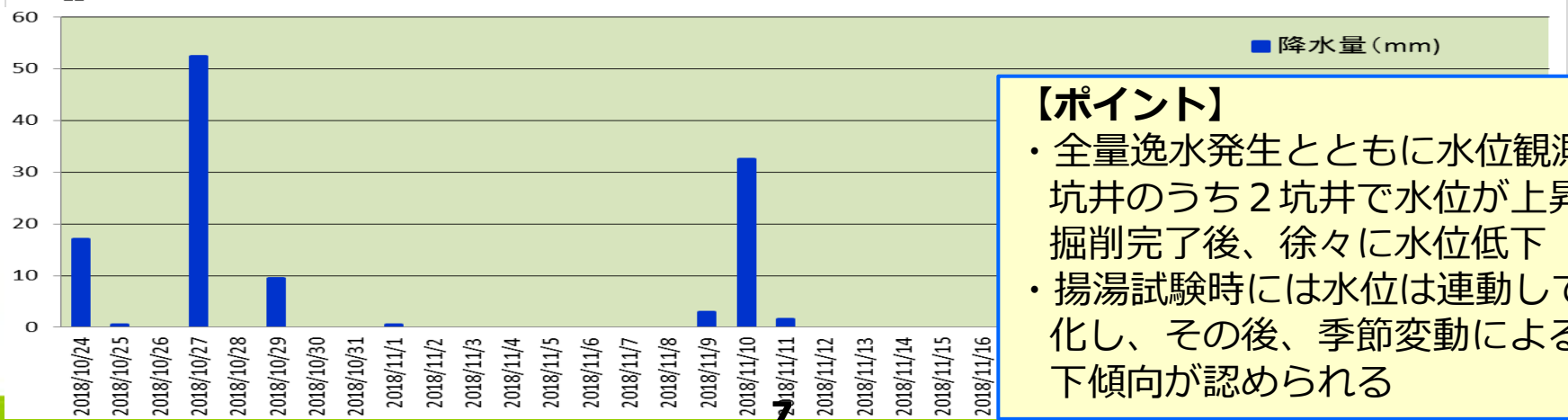
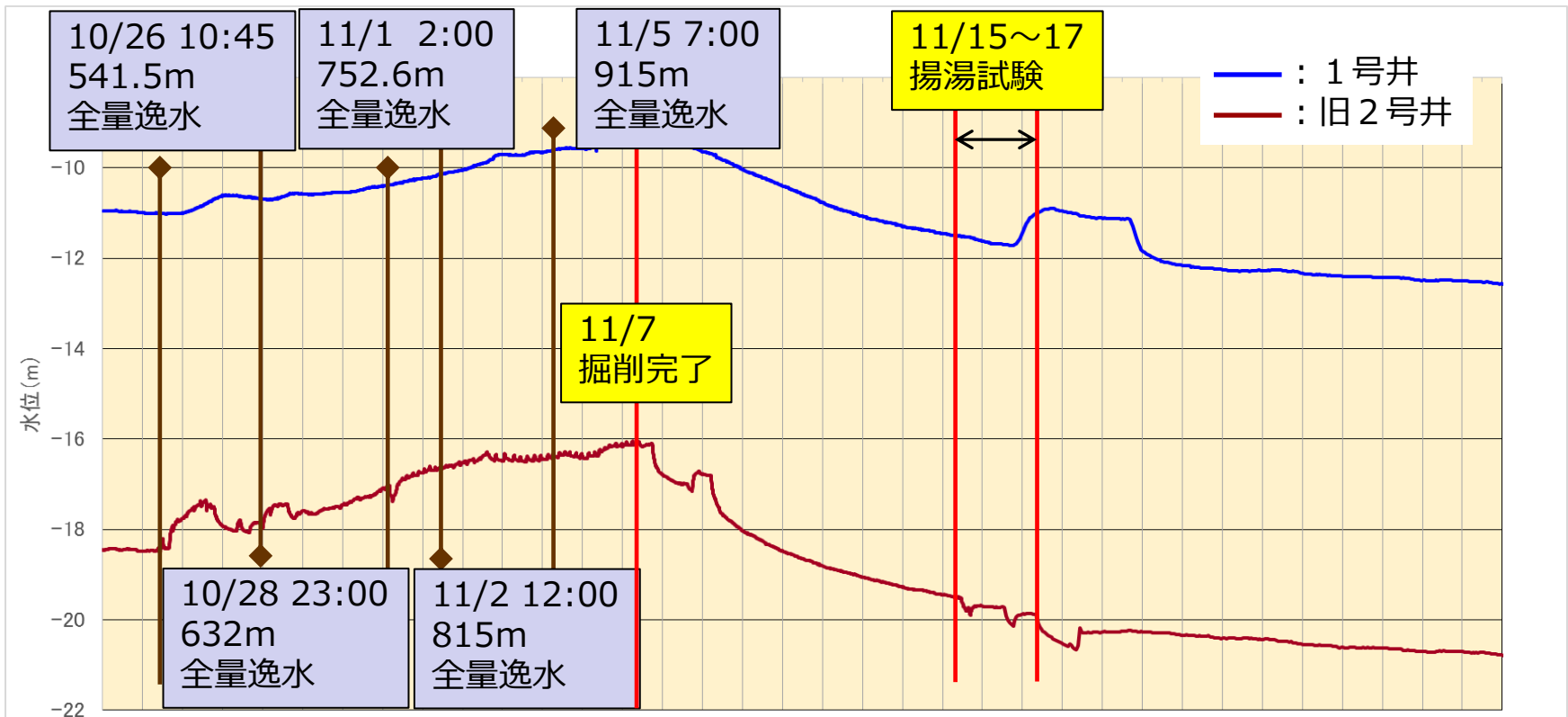
空冷式冷却システムの特徴



- ・冬場は冷却水が無いので、凍結の心配がいらぬ
- ・夏場は外気温が30°Cを超えても運転が可能
- ・オプションとして、短期間にスプレーシステム追加可能



モニタリング井水位変化【掘削時】



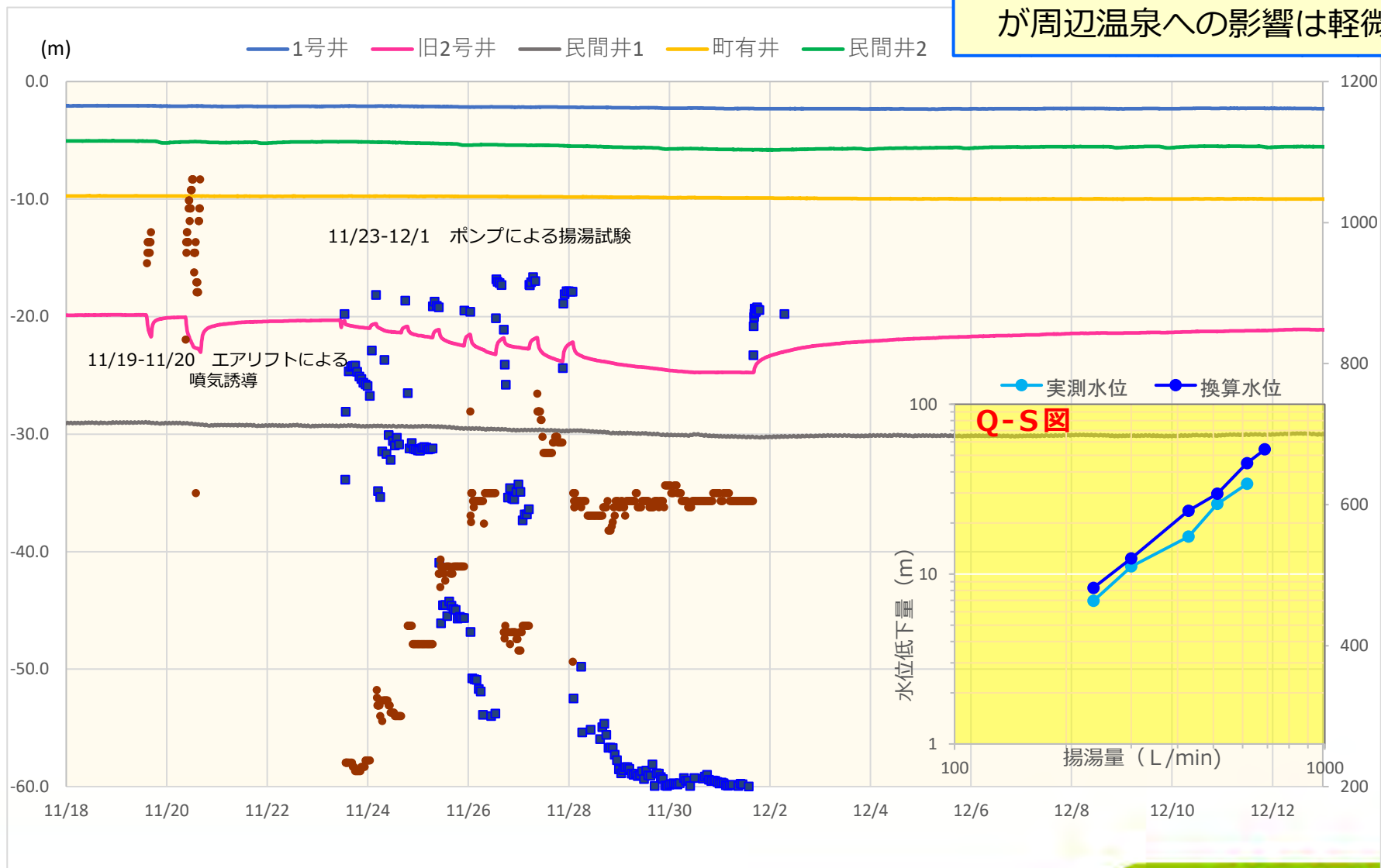
【ポイント】

- 全量逸水発生とともに水位観測5坑井のうち2坑井で水位が上昇し、掘削完了後、徐々に水位低下
- 揚湯試験時には水位は連動して変化し、その後、季節変動による低下傾向が認められる

モニタリング井水位変化【噴出試験時】

【ポイント】

- ・用意した水中ポンプの揚湯限界は690 ℓ / 分
- ・1坑井で水位変化があったが周辺温泉への影響は軽微

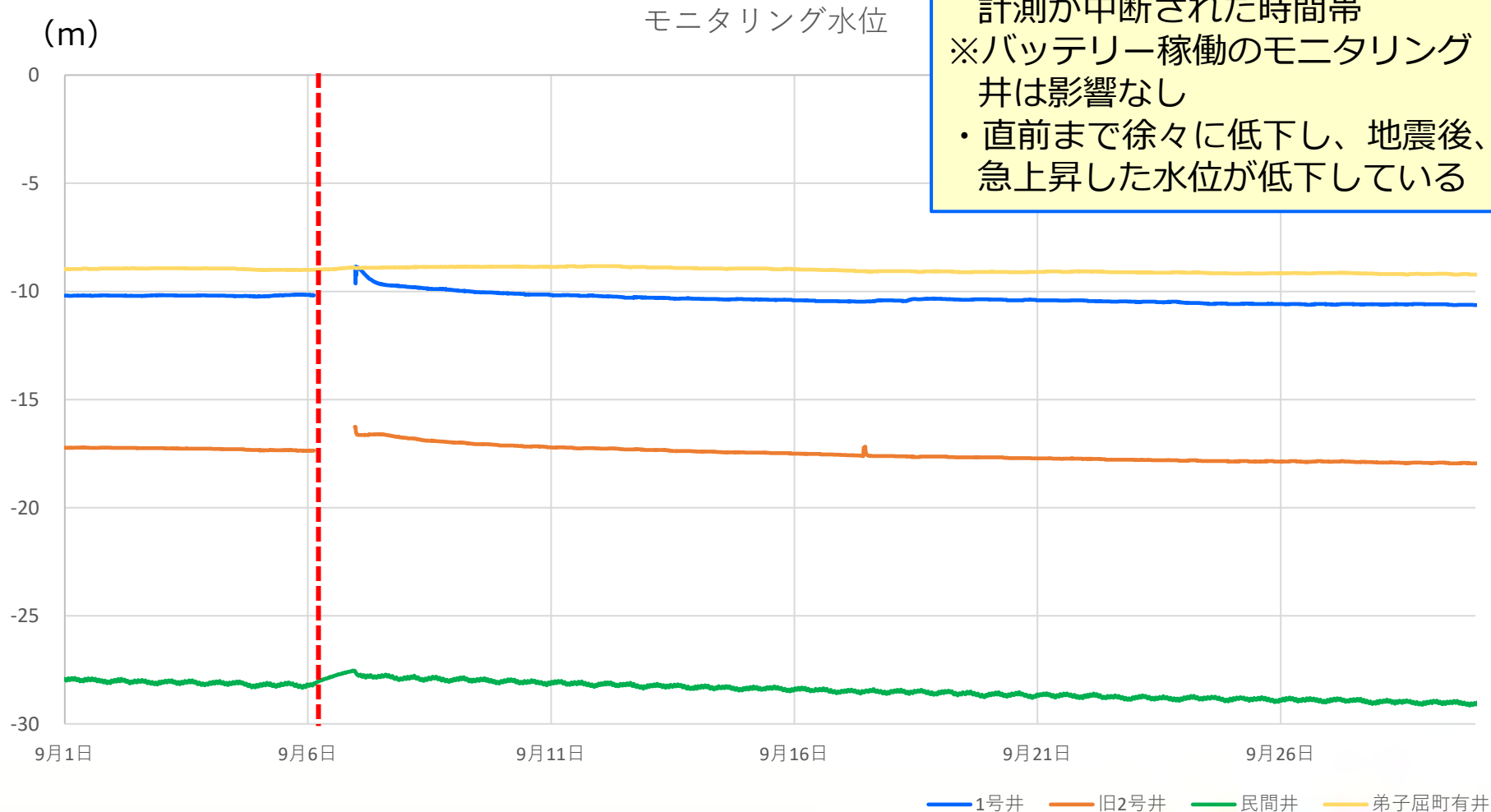


モニタリング井水位変化【北海道胆振東部地震時】

2018年9月6日 3時08分ごろ 胆振東部地震(M6.7)

【ポイント】

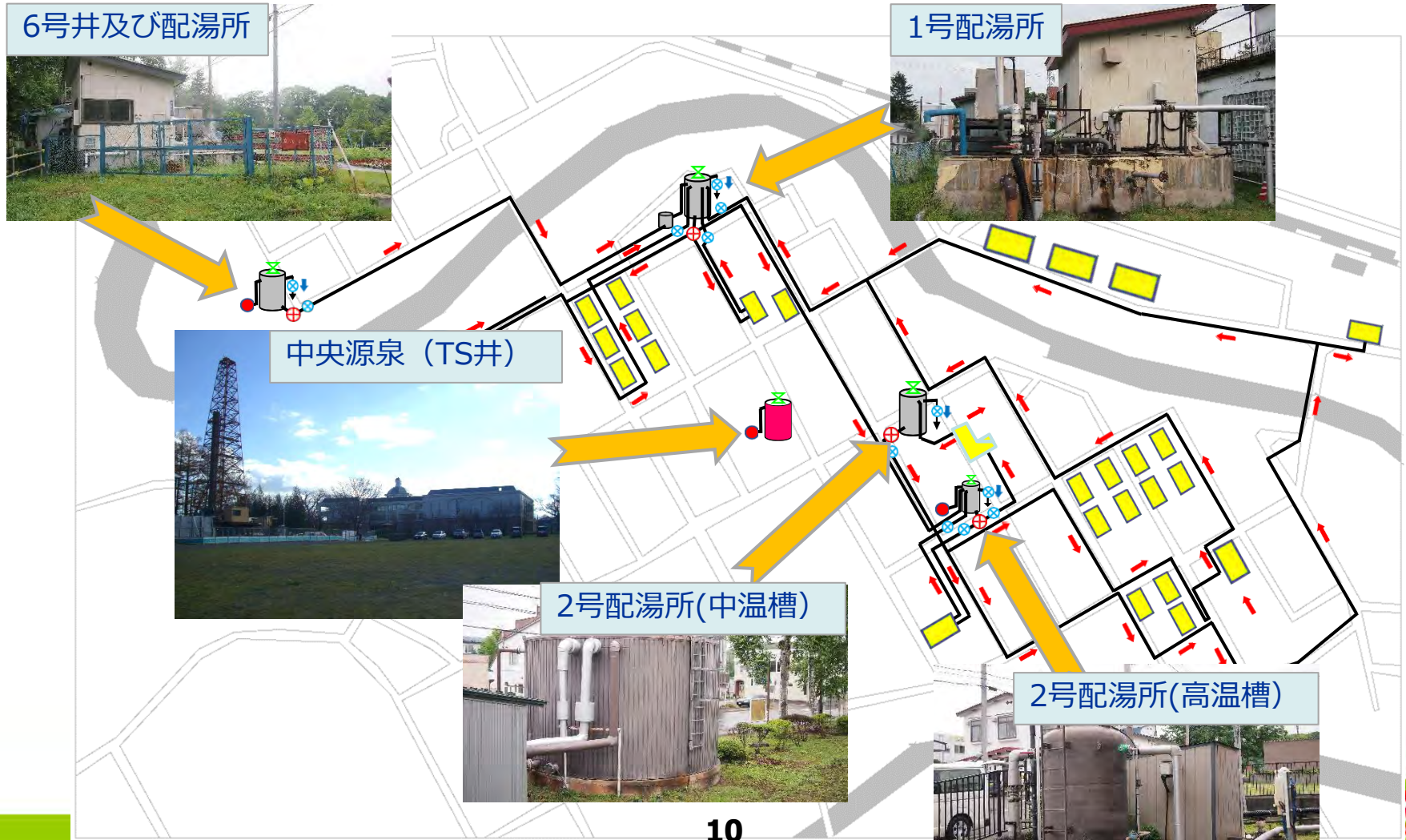
- ・途切れている箇所は停電により計測が中断された時間帯
- ※バッテリー稼働のモニタリング井は影響なし
- ・直前まで徐々に低下し、地震後、急上昇した水位が低下している



弟子屈町の温泉給湯事業の現状

現在は主要源泉である6号井を中心として需要家に配湯。2025年より新規の中央源泉を主源泉として効率的な運用を計画中

➡モニタリングにより状況を見える化し、管理を効率化



温泉・給湯モニタリングシステム「おゆれこ」開発

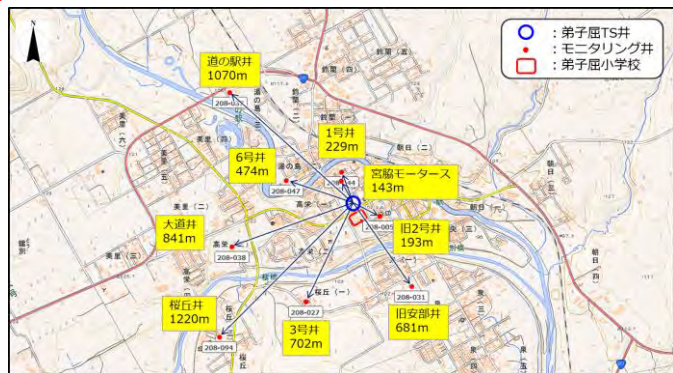
点データから面データへ

旧システムは各測定箇所データの閲覧のみ ➡ おゆれこは各箇所との関係性が「見える」
グラフの精緻化

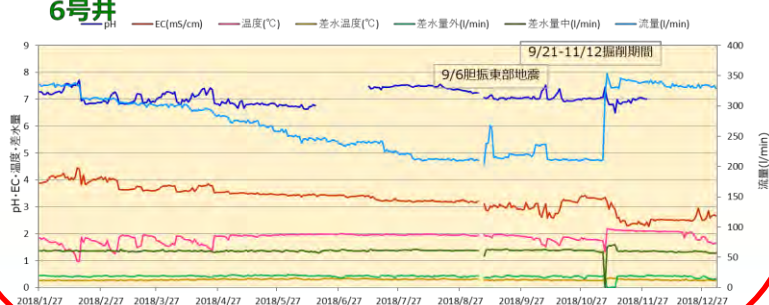
旧システムは最長2ヶ月間の閲覧、スケール変更不可 ➡ おゆれこは最長3年、スケール変更可
設備管理

旧システムは不可 ➡ おゆれこはポンプ、コンプレッサーの運転状況メンテナンス履歴を管理

おゆれこ



6号井



おゆれこ

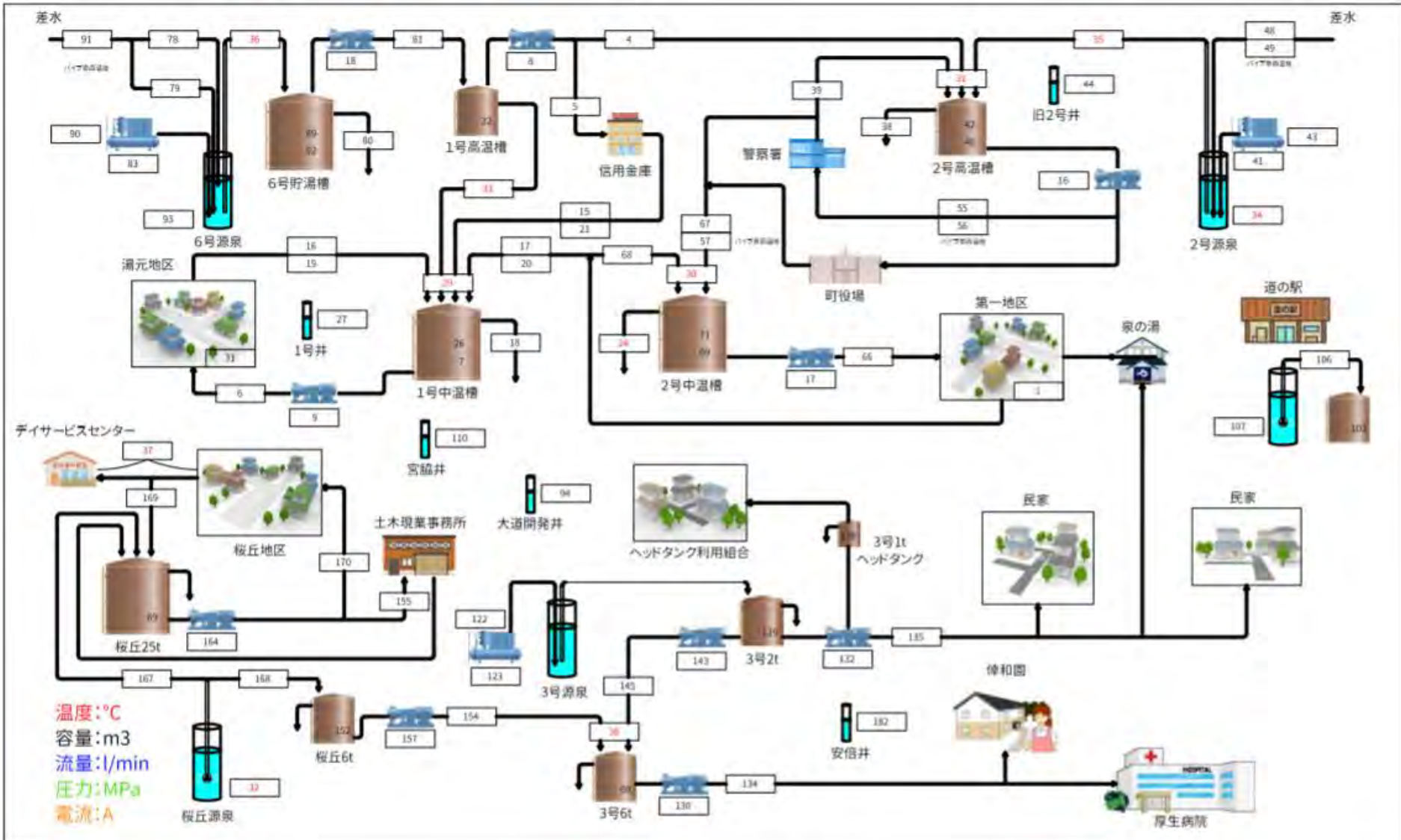


〈おゆれこ〉の特徴

- ▶ インターネットを利用し、遠隔地のPCやスマートフォンでリアルタイムにデータをモニタリング可能
- ▶ 設定した上下限閾値の超過をいち早く検知
- ▶ 最短1分間隔から連続モニタリングが可能
- ▶ 外部電源が無くても、バッテリーを使用することで無電源化も可能
- ▶ 取得したデータの演算処理による配湯量の算出
- ▶ データ収録・伝送装置は自社開発したコンパクトな装置
- ▶ 測定環境の違いに柔軟に対応した最適な計測システムをデザイン



弟子屈町への〈おゆれこ〉の導入

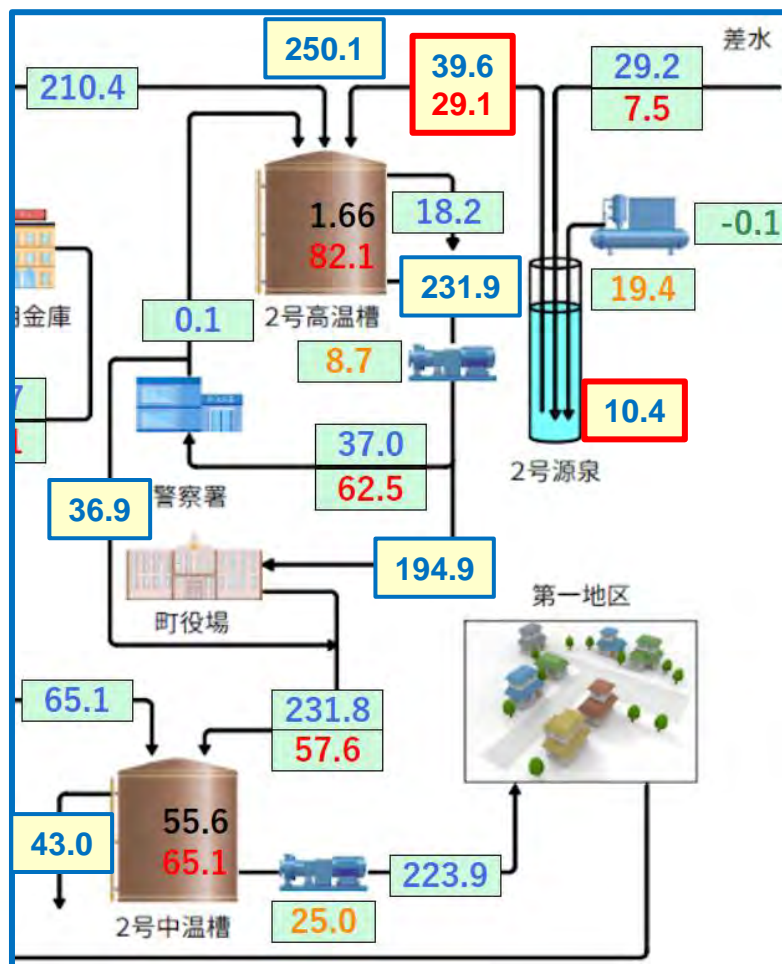


〈おゆれこ〉から見た改善点例 1/2

① 差水による温度低下

源泉は高温だが、低温の差水を倍の流量で足したものを貯湯タンクへ入れている

➡ 貯湯タンクの温度を下げているのではないか？



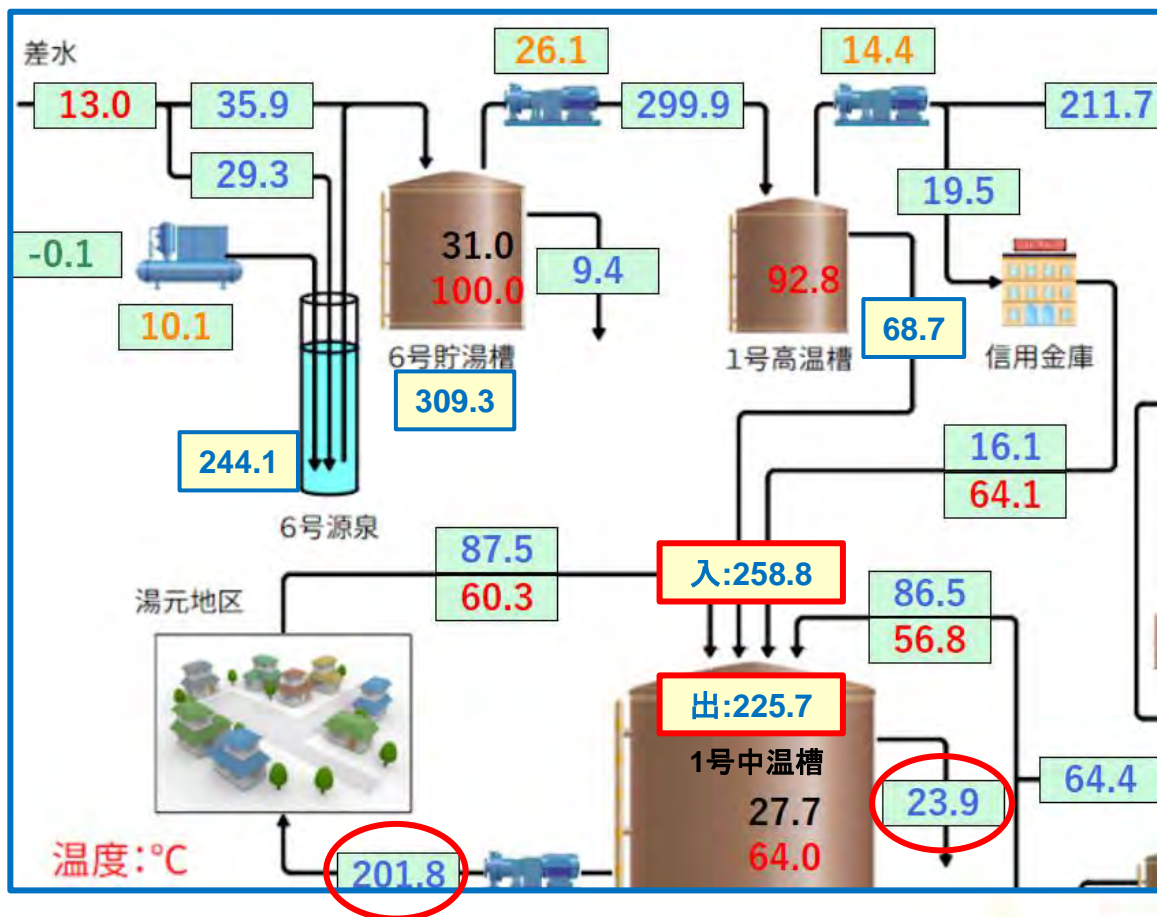
2021.02.02の計測例

〈おゆれこ〉から見た改善点例 2/2

②貯湯タンクへ入る湯量と出る湯量の不一致

貯湯タンクへ入る湯量の総量と、出ていく湯量が異なる

➡漏水が起きている可能性があるのではないかと？



2021.02.02の計測例

第61回 試錐研究会

温泉モニタリングシステム 〈 おゆれこ 〉

の活用について

～弟子屈町における持続可能な温泉事業～

弟子屈町について



摩周湖・硫黄山・屈斜路湖などの雄大な自然を有する観光業と農業のまちで、阿寒摩周国立公園の56%は弟子屈町が占めている。

地熱資源が非常に豊富で、良質な温泉が楽しめる川湯温泉があり、現在はフラッシュ発電に向けた開発も進行している。

特産品：摩周和牛、摩周そば、摩周メロン
マンゴー、イチゴなど



川湯温泉

Ph1.7の強酸性の良質な温泉と源泉かけ流しが楽しめる。



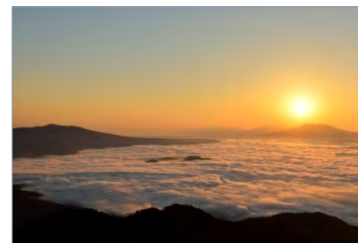
摩周湖

世界有数の透明度を誇る。深い青色は摩周ブルーと呼ばれる。



硫黄山

活火山で、山肌からは火山ガスが噴気し、硫黄の結晶が見られる。



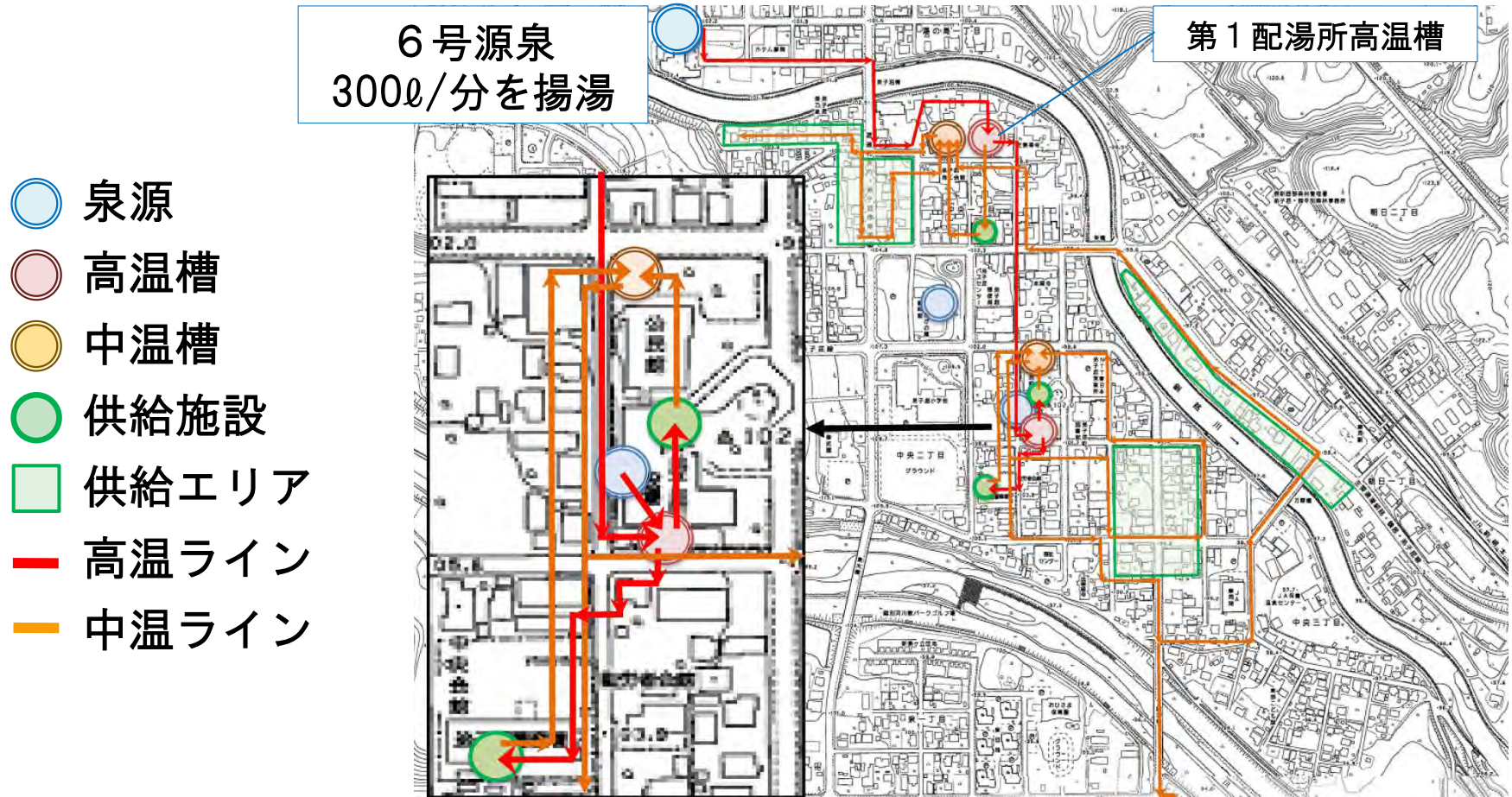
屈斜路湖

日本最大のカルデラ湖。湖畔には多くの温泉が湧出している。

弟子屈町の温泉事業

- 昭和40年代
 - 市街地での温泉開発が進む
- 昭和52年
 - 役場、老人ホーム、ホテル等で暖房等の熱源として利用開始
 - 地域暖房温泉利用基本計画を策定し温泉集中管理を基本とした給湯事業を目指す
- 昭和55年
 - 6号源泉掘削完了
- 昭和57年
 - 町による給湯事業開始
- 平成30年
 - 中央井(バイナリー発電用)掘削完了

給湯網の現況



各貯湯槽は複数の流入・流出があり、温泉を循環させていることから、複雑な構成となっている。



バランスを取るためには
勘と経験が必要

おゆれこ による給湯管理

おゆれこ導入 前

- 配湯所に行かなければ流量が不明
- 温度やブローは現地で直接計測するしかない
- 事故発生時点で把握する術が無く、事故を把握した時点で相当の時間が経過している



おゆれこ導入 後

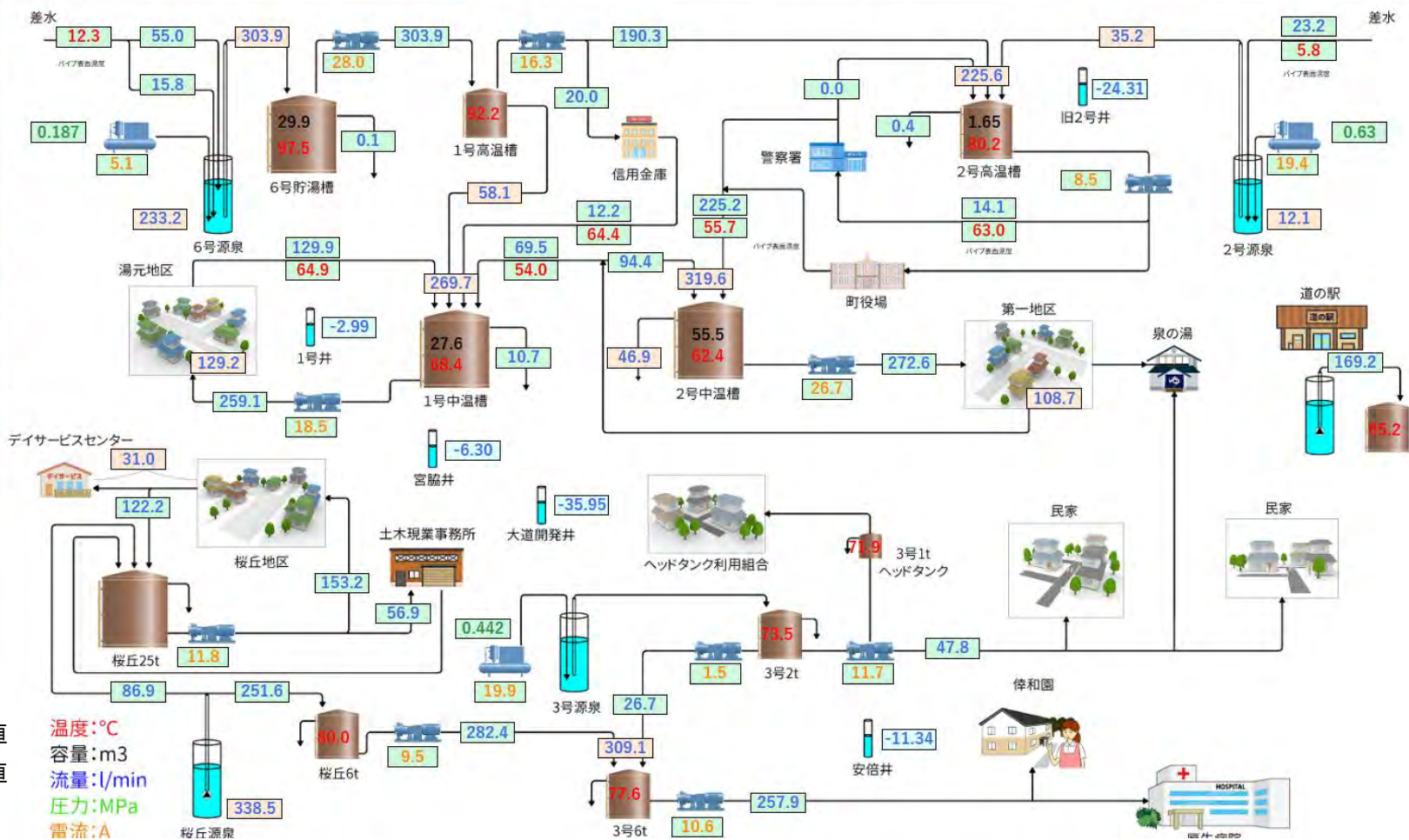
- 現地へ行かなくても、流量、温度等が確認可能
- 複数の施設の情報が同時に把握できる
- 水位低下、揚湯停止等の様々な警報が発出可能なため、事故発生時に迅速に対応可能

おゆれこ による給湯管理

2023/02/03 15:35

6号源泉生産量	233.2 l/min
6-差水中	55.0 l/min
6-差水外	15.8 l/min
2号源泉生産量	12.1 l/min
2-差水	23.2 l/min
第一地区温泉使用量	108.7 l/min
湯元地区温泉使用量	129.2 l/min
信金温泉使用量	7.8 l/min
6-貯湯槽フロー	0.1 l/min
1-中温槽フロー	10.7 l/min

トータル	温泉生産積算量 (日)	249.2 m ³	温泉使用積算量 (日)	233.8 m ³	温泉排出積算量 (日)
------	-------------	----------------------	-------------	----------------------	-------------



小学校への温泉暖房導入



H12年度建設 町立弟子屈小学校

建設時、温泉暖房が検討されたが、供給可能な温泉の量・温度が把握できず、温泉暖房を断念

脱炭素政策の一環として、温泉暖房の導入を決定

おゆれこを活用し、温泉資源量を把握。給湯網からの供給可能量調査を実施

給湯網のバランスを保ちつつ、小学校の温泉暖房が導入可能な供給条件を把握

200ℓ/分を送湯し、熱利用で30℃低下

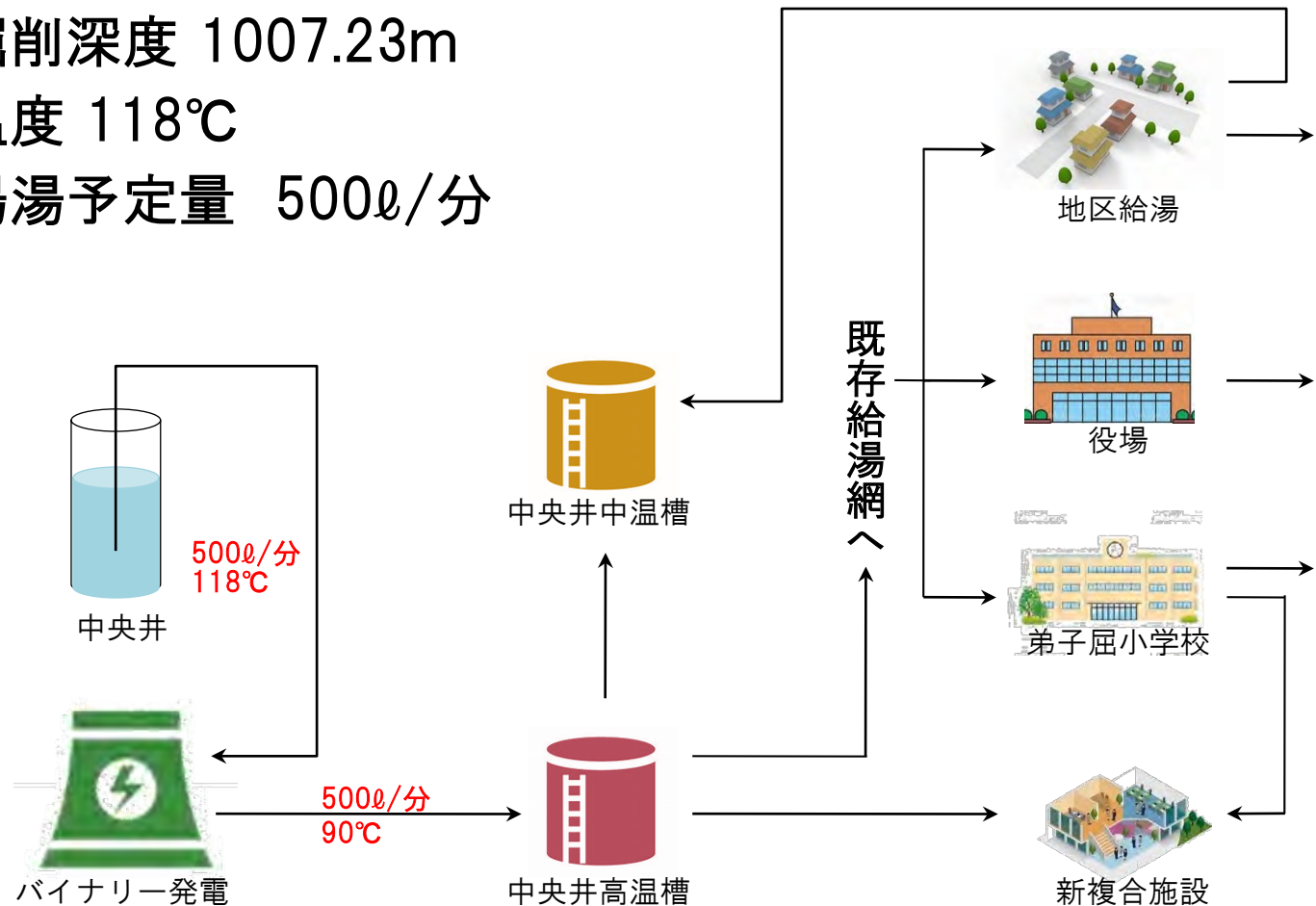
6号井では給湯網のバランスを保てないが、中央井であれば、配湯量の調整により供給可能。

おゆれこで資源管理・給湯管理できている

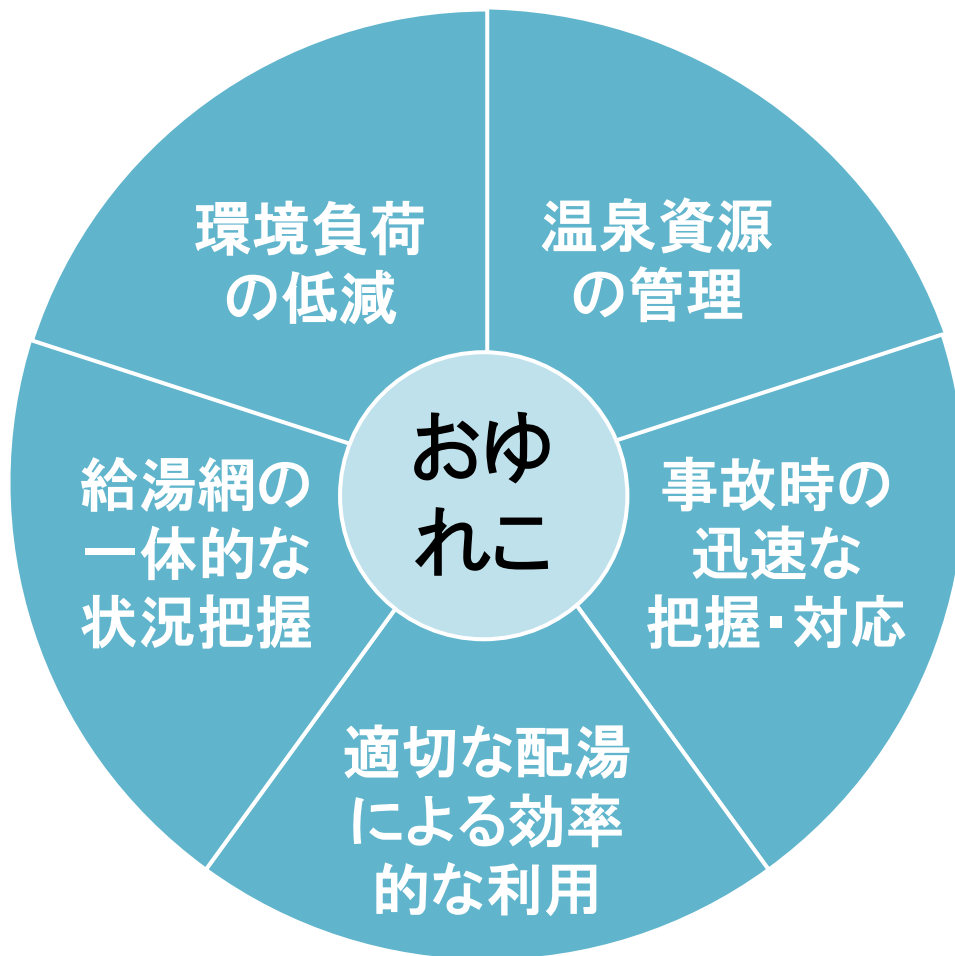
からこそ、導入可否が判断できた！

中央井稼働後の給湯網

- 平成30年11月 掘削完了
- 掘削深度 1007.23m
- 温度 118℃
- 揚湯予定量 500ℓ/分



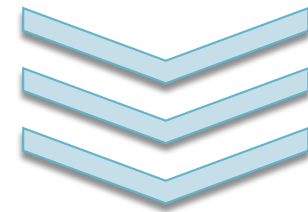
持続可能な温泉事業のために



生活・観光・農業・

インフラ・発電…etc

限りある温泉資源を
見える化で効率的かつ
最大限に活用



持続可能な
温泉事業の
実現へ！



長万部町と水柱対応について

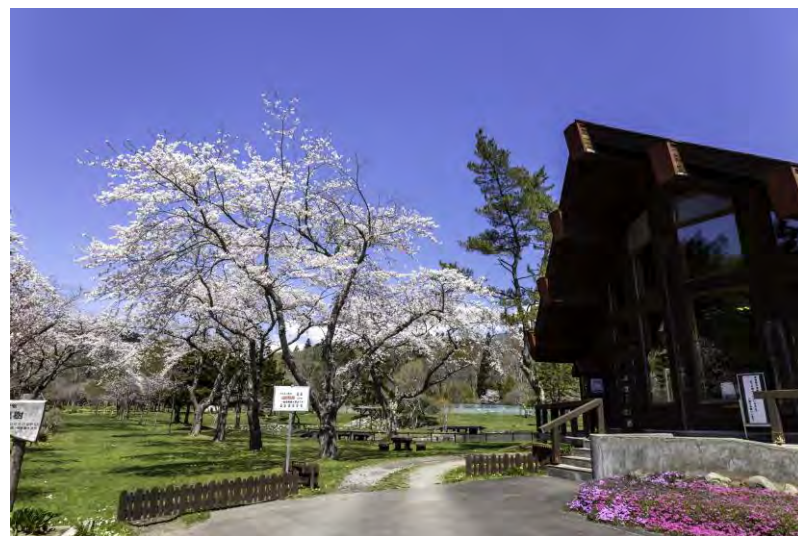
長万部町役場 水道ガス課 廣田 栄



本日の話題

長万部町

- ◆町の概要
- ◆ガス事業
- ◆鉱山事業
- ◆天然ガスと温泉



水柱

- ◆水柱の概要
- ◆地域・住民への影響/対応
- ◆噴出停止/調査
- ◆対策設備

長万部町 概要



由来

- ・オ:川口 シャマンペ:鯨
- ・鯨(カレイ)のたくさんとれる川口

位置

- ・渡島半島 内浦湾の最奥部
- ・札幌まで174km、函館まで112km

人口

4,880人 [令和4年12月]

気候

比較的雪の少ない温暖な地域

長万部町 内浦湾



撮影: 辻伸互

長万部町 二股らぢうむ温泉



出典:長万部観光協会HP

長万部町 かにめし



長万部町 ガス事業

事業開始

• 昭和34年12月

供給戸数

• 992戸

販売量

• 271千m³

普及率

• 53.6%

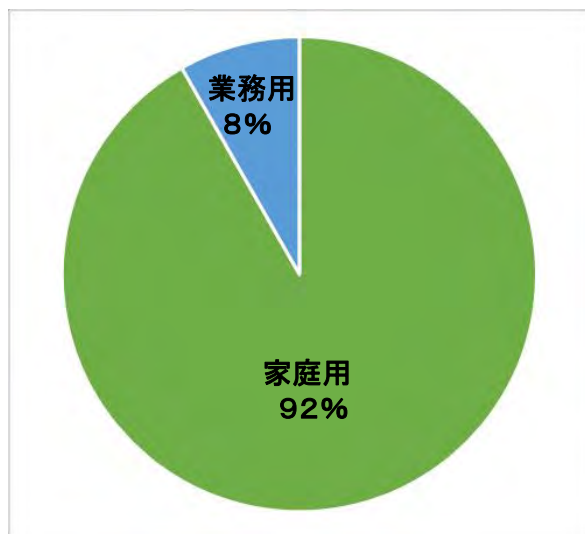
売上高

• 73百万円

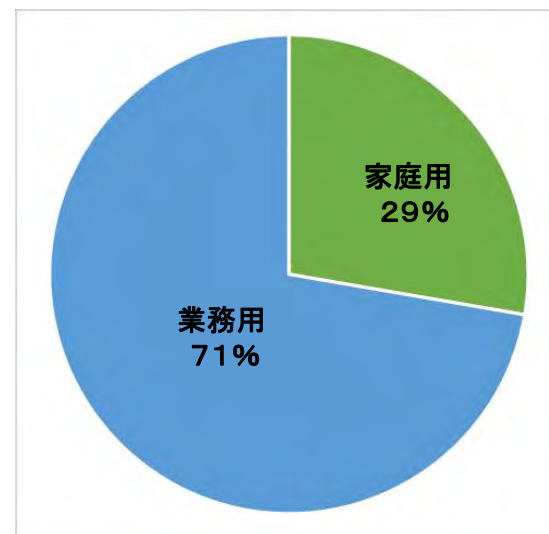
導管延長

• 21.9km

お客様用途別構成比



ガス販売量比



長万部町 鉾山事業

- 天然ガス事業所 平里地区
- 鉾区設定 [採243号・採378号・採379号]
- 長万部ガス田 黒松内層の上部に水溶性ガス
- 3抗井が稼働井 [GR-1・GR-2・GR-3]

GR-1号井(稼働井)

掘削=S49年
生産=S52年
深度=1,265m
ガス生産量=312m³/日
泉質=ナトリウム塩化物泉
泉温=31°C

GR-2号井(稼働井)

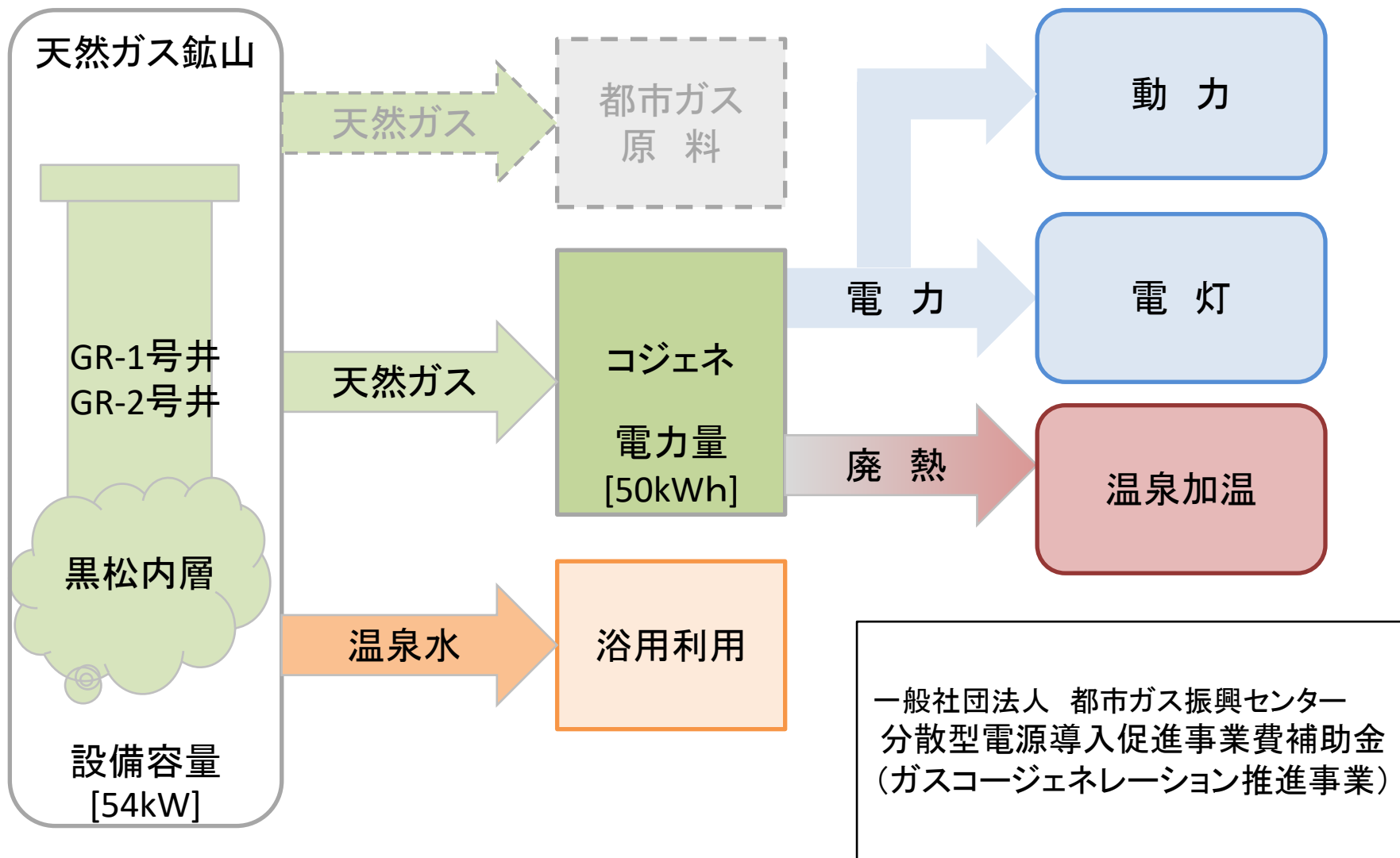
掘削=S51年
生産=S52年
深度=936m
ガス生産量=240m³/日
泉質=ナトリウム塩化物泉
泉温=52°C

GR-3号井(予備井)

掘削=S50年
深度=811m

- 温泉水を、東京理科大学・老人福祉センター・温泉スタンドに浴用として供給

長万部町 鉱山事業



長万部町 天然ガスと温泉



長万部町 天然ガスと温泉

S30年頃の現況
(S32年申請図を一部加工)

温泉附近現況見取図



長万部町 天然ガスと温泉



機関区から現在の温泉街を望む

昭和11年撮影

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

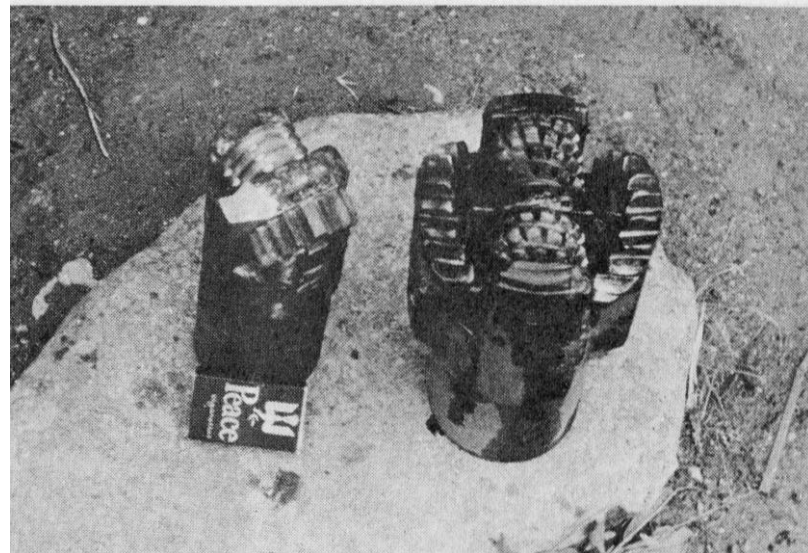
昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

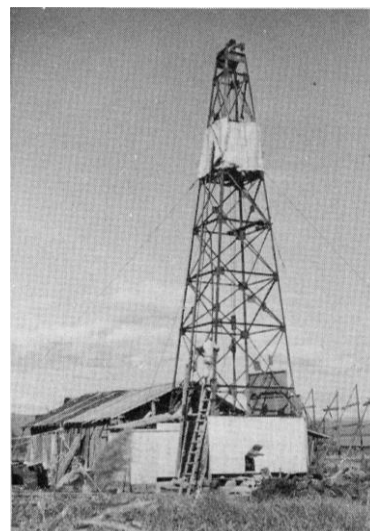
昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



【写真上】
OR-1号井用の小
型ビット。



【写真左】
OR-1号井用の櫓。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



澤 薫(個人蔵)

場所は長万部機関区の裏で、掘削のための櫓の付近は大円寺と修法寺があるほか人家がなかった。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



澤 薫(個人蔵)

自噴をつづける掘削井の周辺は誰がつくったでもなく野天風呂的なものができてしまっていた。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



澤 薫(個人蔵)

保健所は保健衛生、警察は公序良俗保持のため野天風呂は禁止された。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

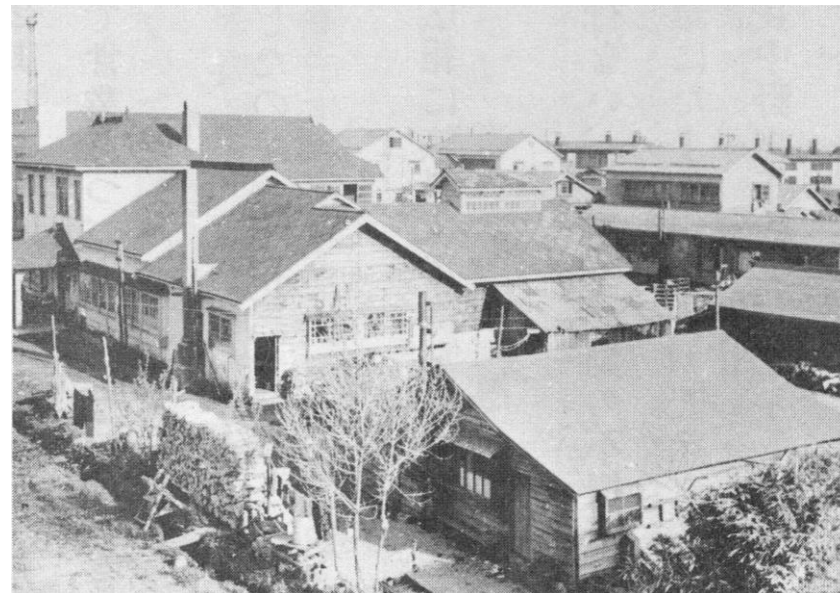
昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



浴場に来る人をめあてに売店や食堂、酒場があらわれた。

これに応じて町は道路をなおしたり、街路灯をつけたりした。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



温泉噴出後、いくらもたたないうちに湯元を中心に温泉街が形成された。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

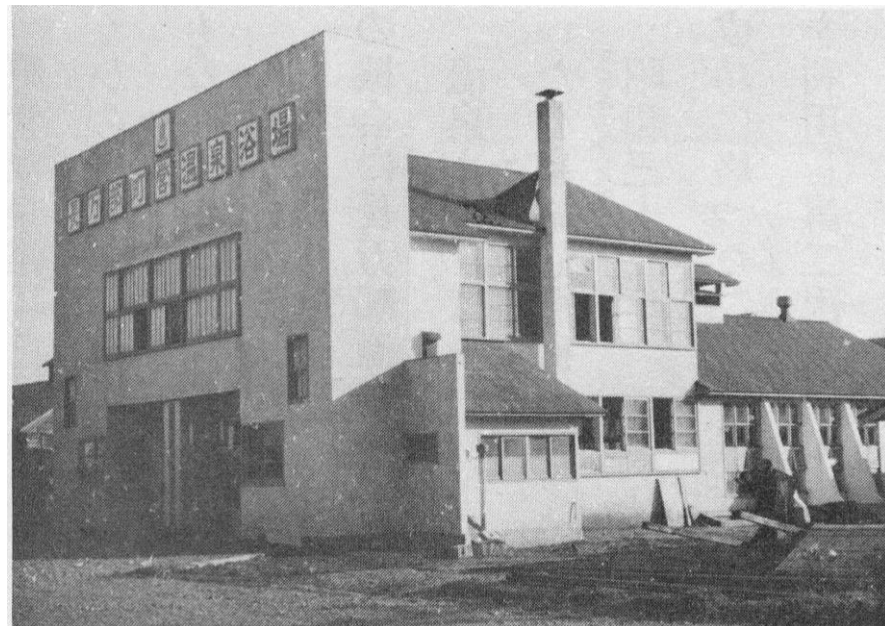
昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



野天で入浴する町民が現れたため、町はすぐさま公衆浴場をつくることを決めた。

町営温泉浴場は開業後1年で約19万人の入浴者があった。

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



澤 薫(個人蔵)

町は長万部温泉を宣伝するべく第一回温泉まつりを企画した。

長万部町 天然ガスと温泉



澤 薫(個人蔵)

温泉広場の吉葉山一行

長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



温泉とガスを利用する目的の温室

坑井名	採揚方式	ガス量 (m ³ /d)	水量 (kℓ/d)	温度 (°C)
OR-1	自噴	350	650	49.0
OR-2	リフト	340	790	44.5

長万部町 天然ガスと温泉

S32年の現況
(S32年申請図を一部加工)

温泉附近現況見取図



長万部町 天然ガスと温泉

大正12年 郵便局で天然ガス湧出

昭和 3年 合田商店で天然ガス湧出

昭和29年 天然ガスOR-1号試掘開始

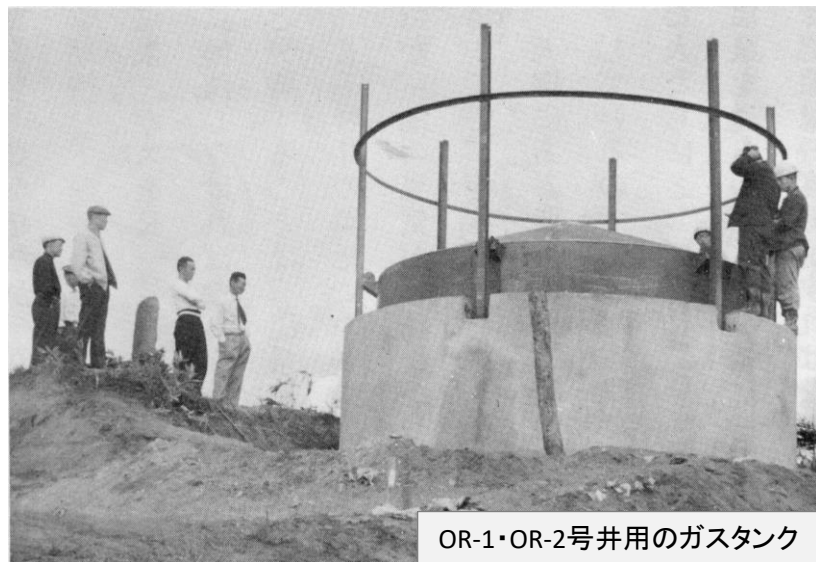
昭和30年 天然ガスと温泉噴出

温泉旅館開業(温泉街)

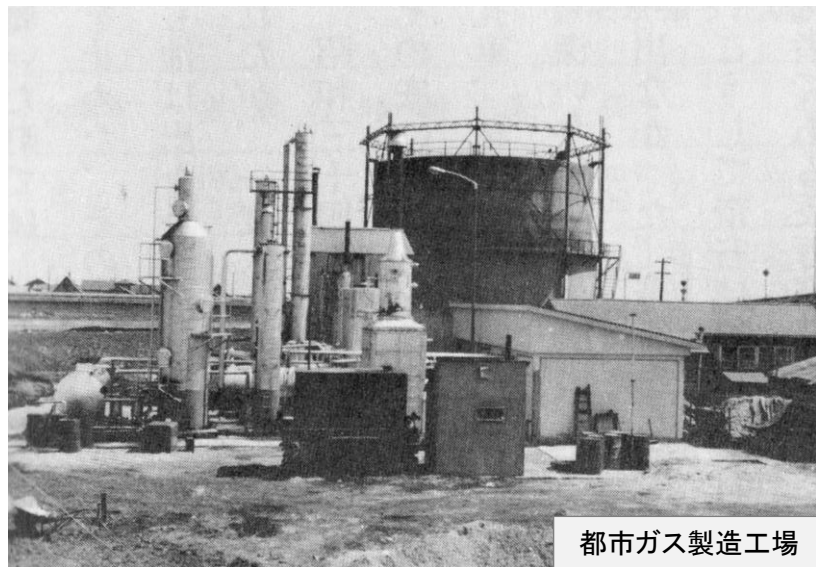
昭和31年 町営温泉浴場落成

昭和32年 天然ガスOR-2号掘削開始

昭和34年 町営ガス供給開始



OR-1・OR-2号井用のガスタンク

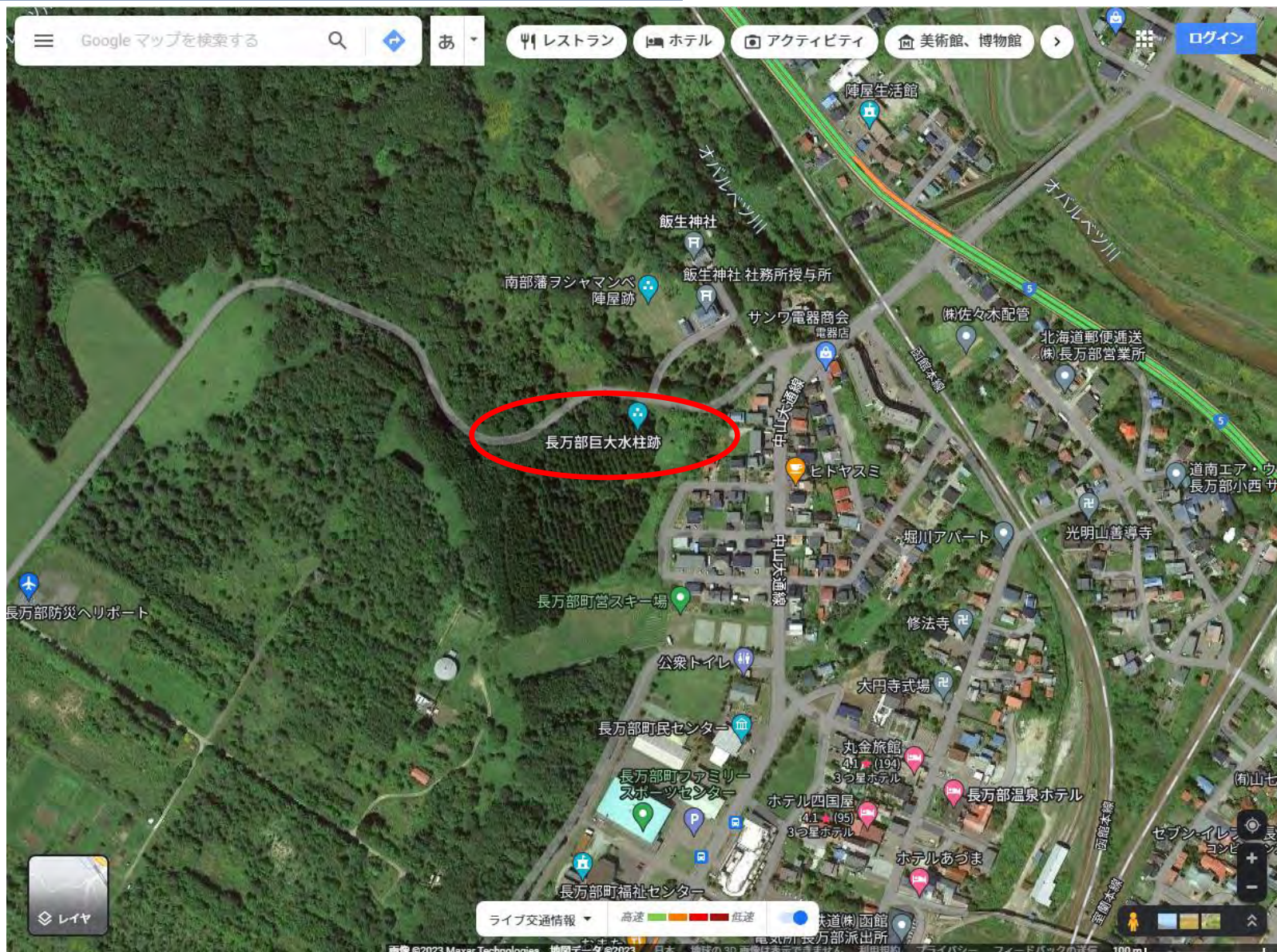


都市ガス製造工場

水柱 概要



水柱 概要



出典: Googleマップ(一部加筆)

水柱 概要

位置

- 飯生神社敷地

液体

- 低温泉水(21.5°C・食塩泉)

気体

- 天然ガス(メタン主成分)

高さ

- 30m(連続的・直上に噴出)

音

- 住宅地域:70db 噴出地点:100db

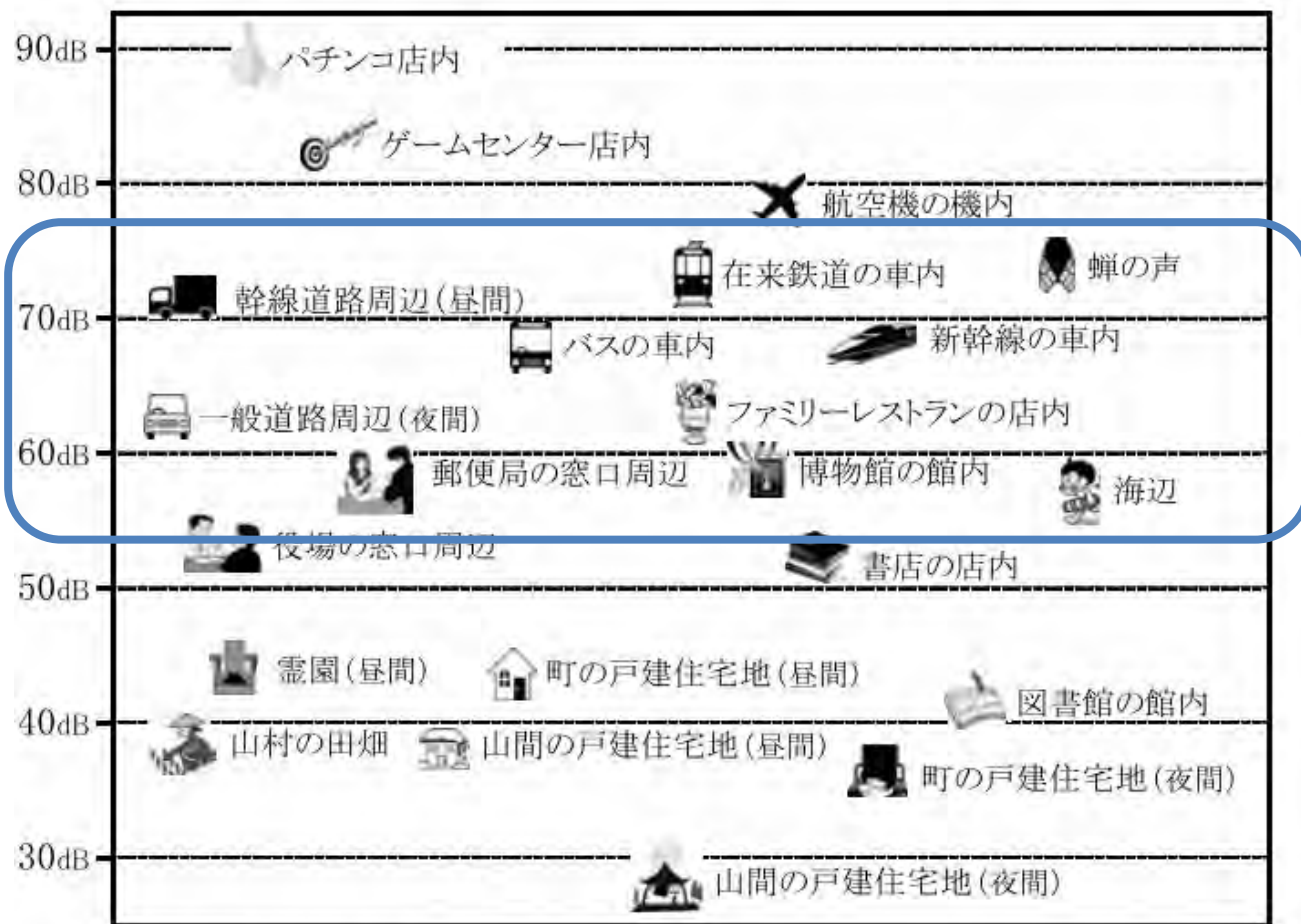
期間

- 50日間(8月8日～9月26日)

履歴

- 昭和36年に2日間噴出

水柱 概要



騒音の目安(地方都市・山村部用)(新たに作成した地域ごとによる「騒音の目安」で、地方都市・山村部地域を対象とした「騒音の目安」を示した。)

水柱 概要

8月8日

- 水柱 噴出

11日

- 大勢の見学者

22日

- 防音パネル設置(町)

29日

- 耳栓配布(寄贈)
- **避難所 開設**

30日

- 対策本部 設置

9月6日

- 消防 飛散水清掃

13日

- 水道基本料金 免除

26日

- 水柱 止まる、坑内調査

30日

- 大型サイレンサー設置

10月20日

- ガスセパレーター設置

水柱 地域・住民への影響と対応

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき

二次的影響

見学者

路上駐車
交通渋滞

報道取材

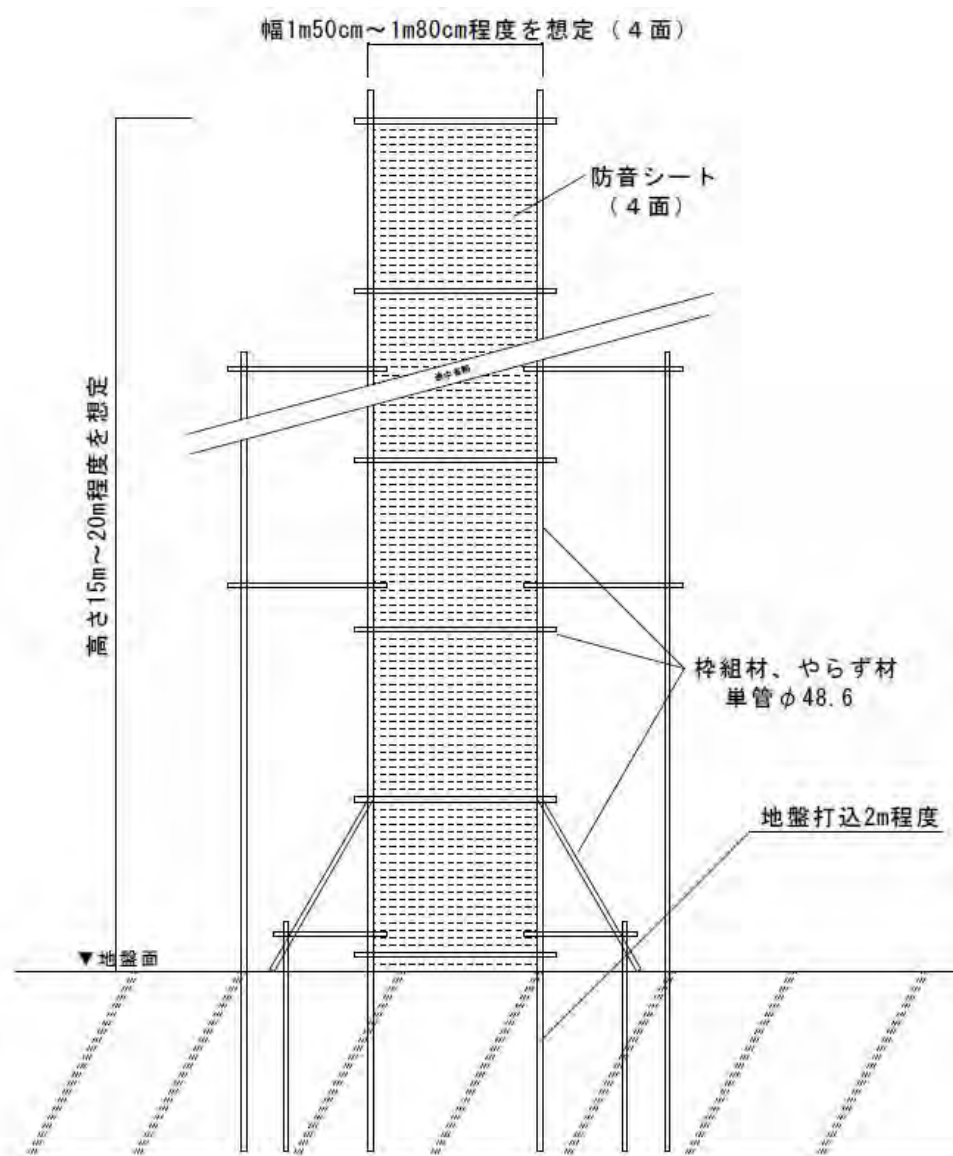
水柱 地域・住民への影響と対応

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき



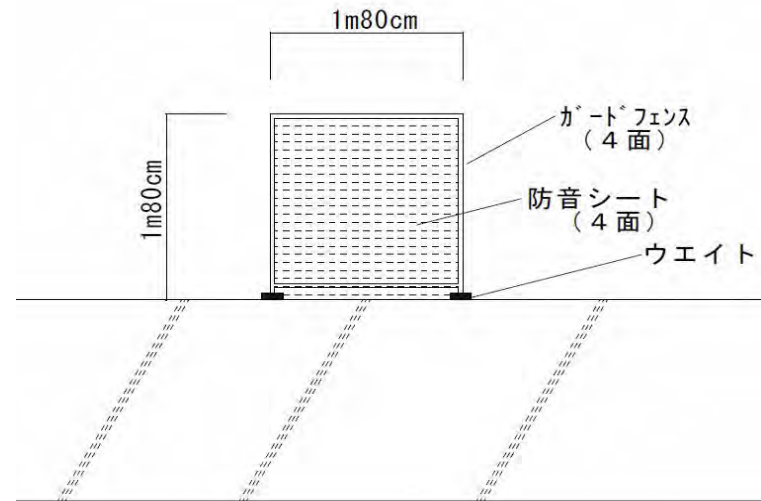
水柱 地域・住民への影響と対応

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき



“応急措置”自分たちで出来ることを”

水柱 地域・住民への影響と対応

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき



効果は限定的(3dB低下)

水柱 地域・住民への影響と対応

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき

水道

- 基本料金免除

消防

- 飛散水清掃



水柱 地域・住民への影響と対応

一次的影響

防災
ラジオ

- 発生当日から周知
- 1回／3～4日

ごう音

個別訪問

- ヒアリング
- 保健師による巡回相談

周 知

- 文書による説明
- HPへの情報掲載

不 安

噴出が
しぶき

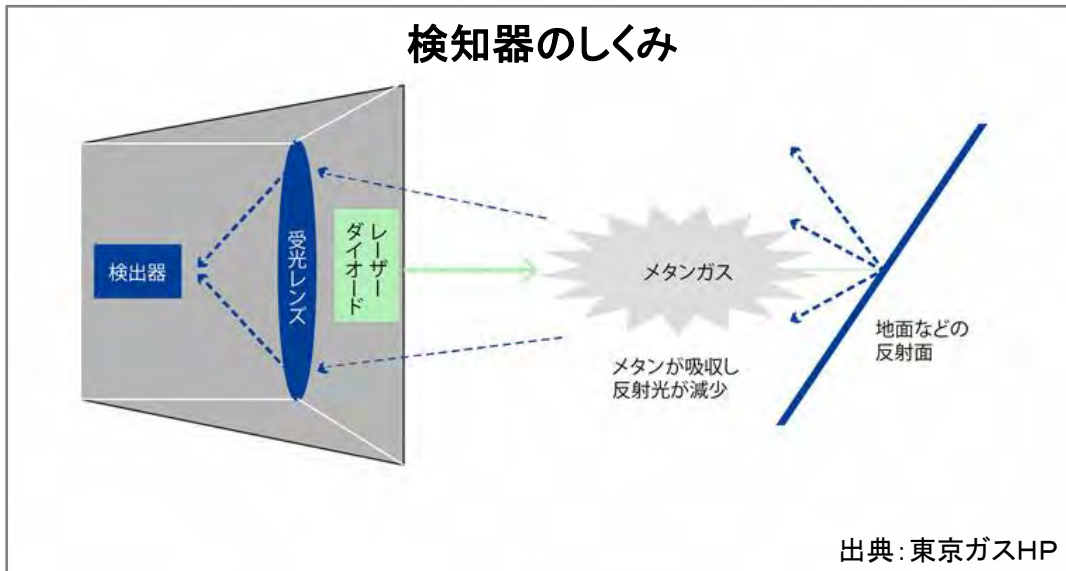
避難所

- ごう音対策として
- 宿泊も利用可

水柱 企業からの支援



道内都市ガス事業者より
貸し出しの申し出



メタンガスに吸収される波長のレーザーを照射し、
反射した光を、検知器のレンズで検知する。

対象にメタンガスが存在する場合は反射光がメタン
ガスに吸収される波長のレーザーを照射し、反射
した光を、検知器のレンズで検知する。

検知空間にメタンガスが存在する場合は反射光
が減少する。

水柱 企業からの支援

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき



SILENCIA®



耳栓500セットの無償提供

水柱 企業からの支援

一次的影響

ごう音

不安

噴出水
しぶき



大型サイレンサーの無償提供



1. 基本の枠を組み上げる



2. 枠にパネルを固定する



3. ガスの滞留に配慮



4. 最上部は開放口

水柱 地域・住民への影響と対応

二次的影響

見学者

路上駐車
交通渋滞

報道取材



8月9日撮影 「日頃は静かな地域」

水柱 地域・住民への影響と対応

二次的影響

見学者

路上駐車
交通渋滞

報道取材



1日に3,000~5,000人の見学者

水柱 地域・住民への影響と対応

二次的影響

見学者

路上駐車
交通渋滞

報道取材



交通誘導警備が必要となった

水柱 地域・住民への影響と対応

二次的影響

見学者

路上駐車
交通渋滞

報道取材



水柱 噴出停止



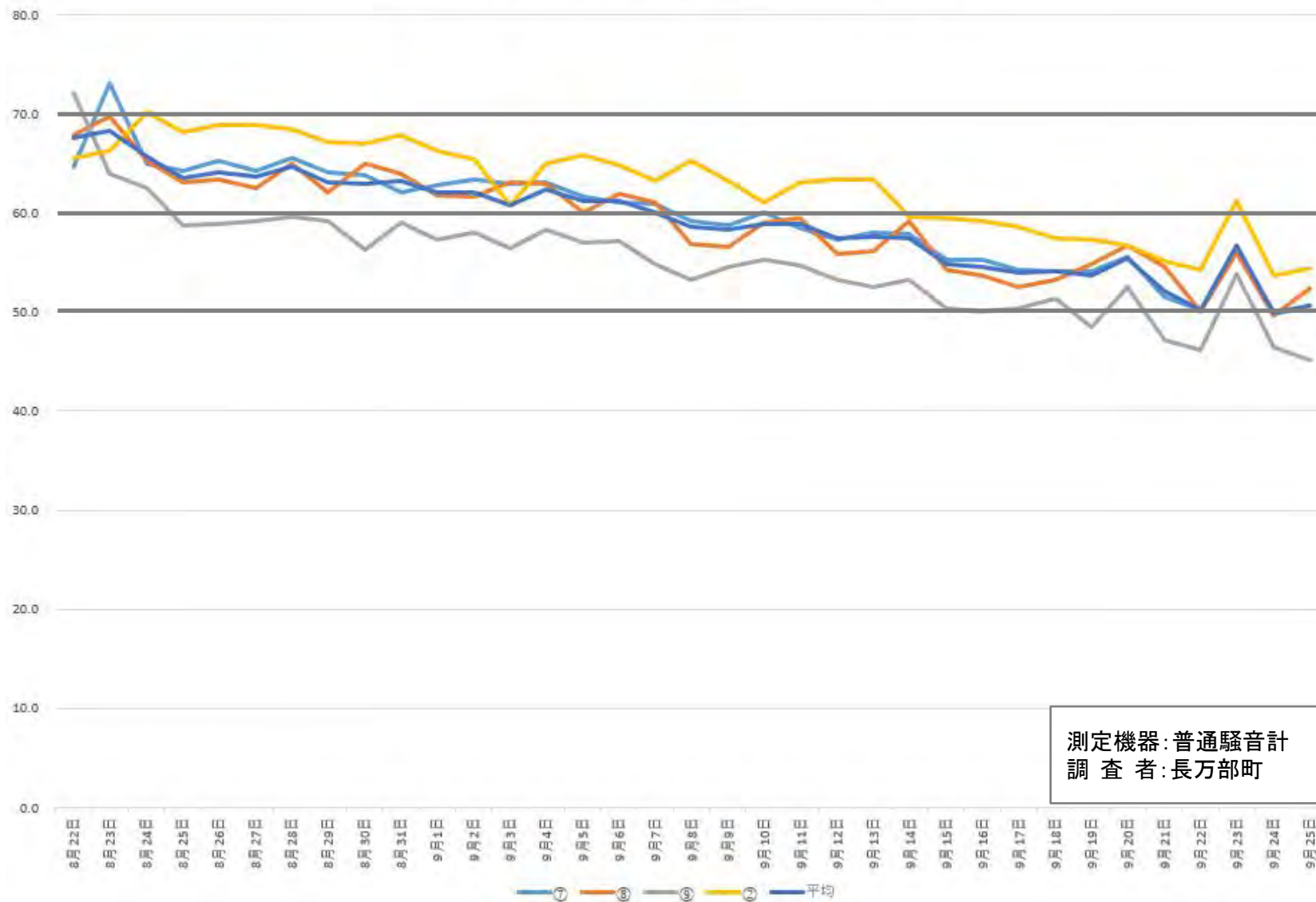
- 【8月11日撮影】
- ・連続的に噴出
 - ・高さは常時維持



- 【9月15日撮影】
- ・間欠的に噴出
 - ・高さは低下

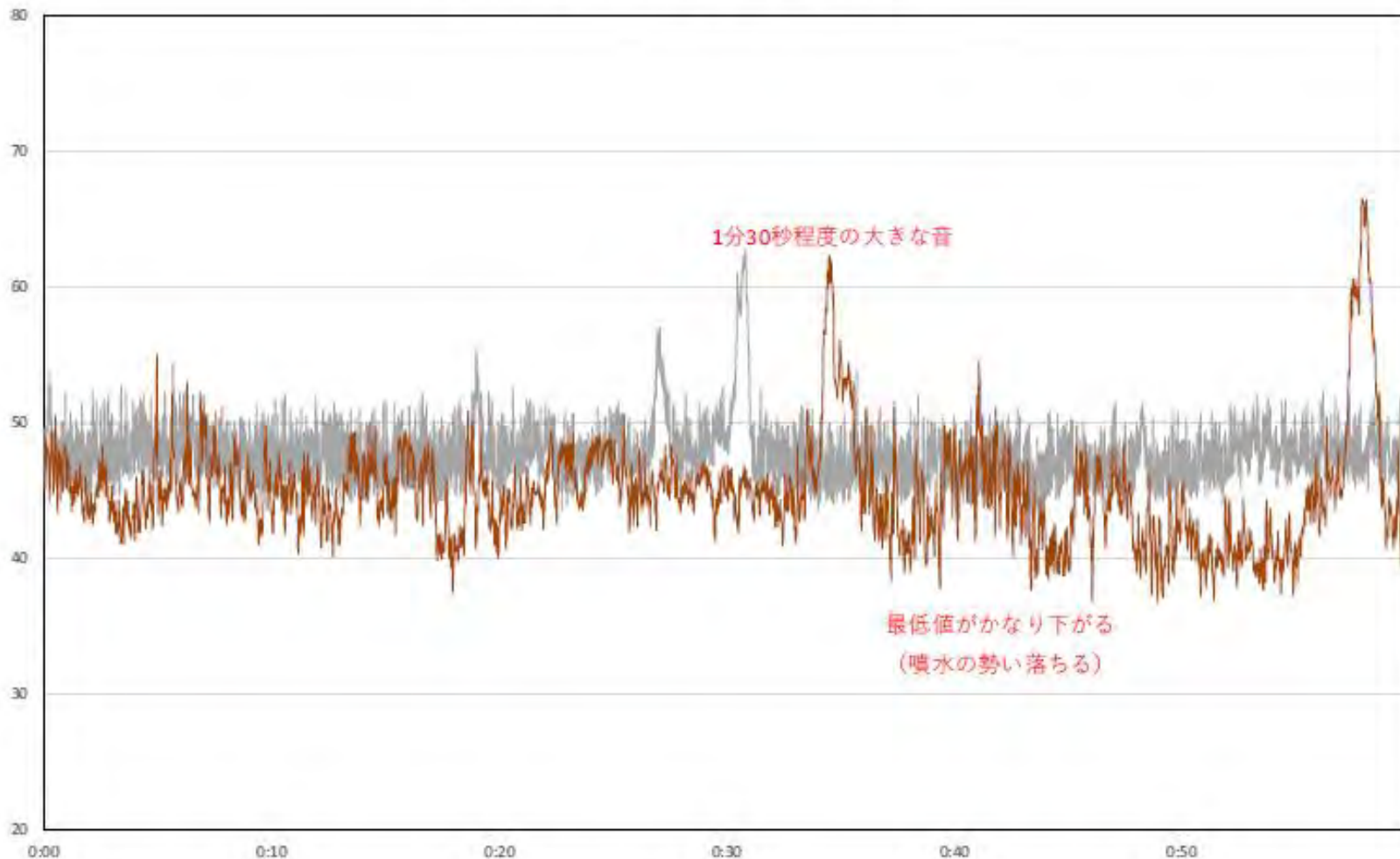
水柱 噴出停止

8～9月 騒音測定値（測定単位：dB）



水柱 噴出停止

安定して噴出している時間帯(9月25日20時)との比較

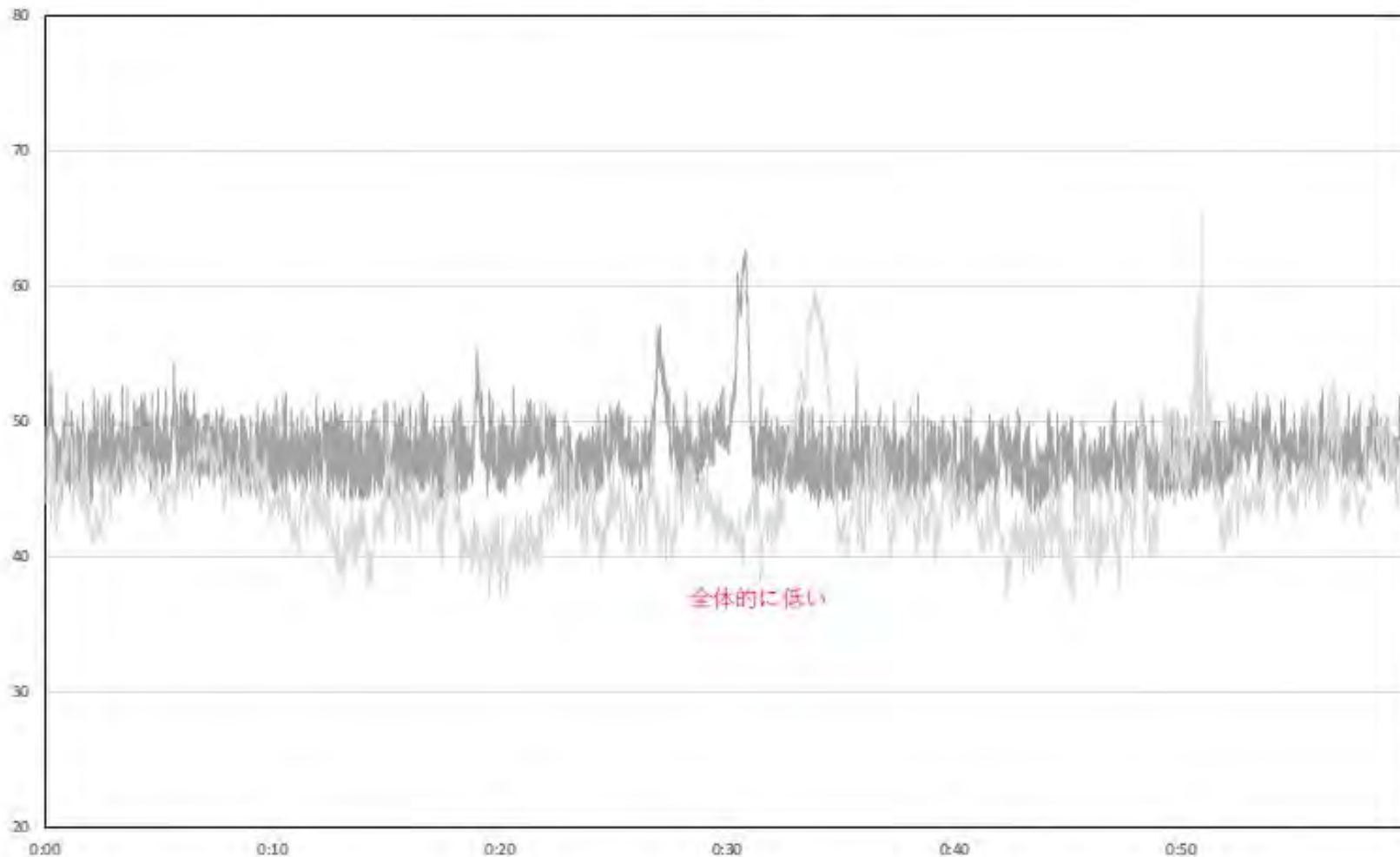


—9/25 20時 —9/26 1時

調査方法: JIS Z 8731
測定機器: 普通騒音計
調査者: 野外科学研究所

水柱 噴出停止

安定して噴出している時間帯(9月25日20時)との比較

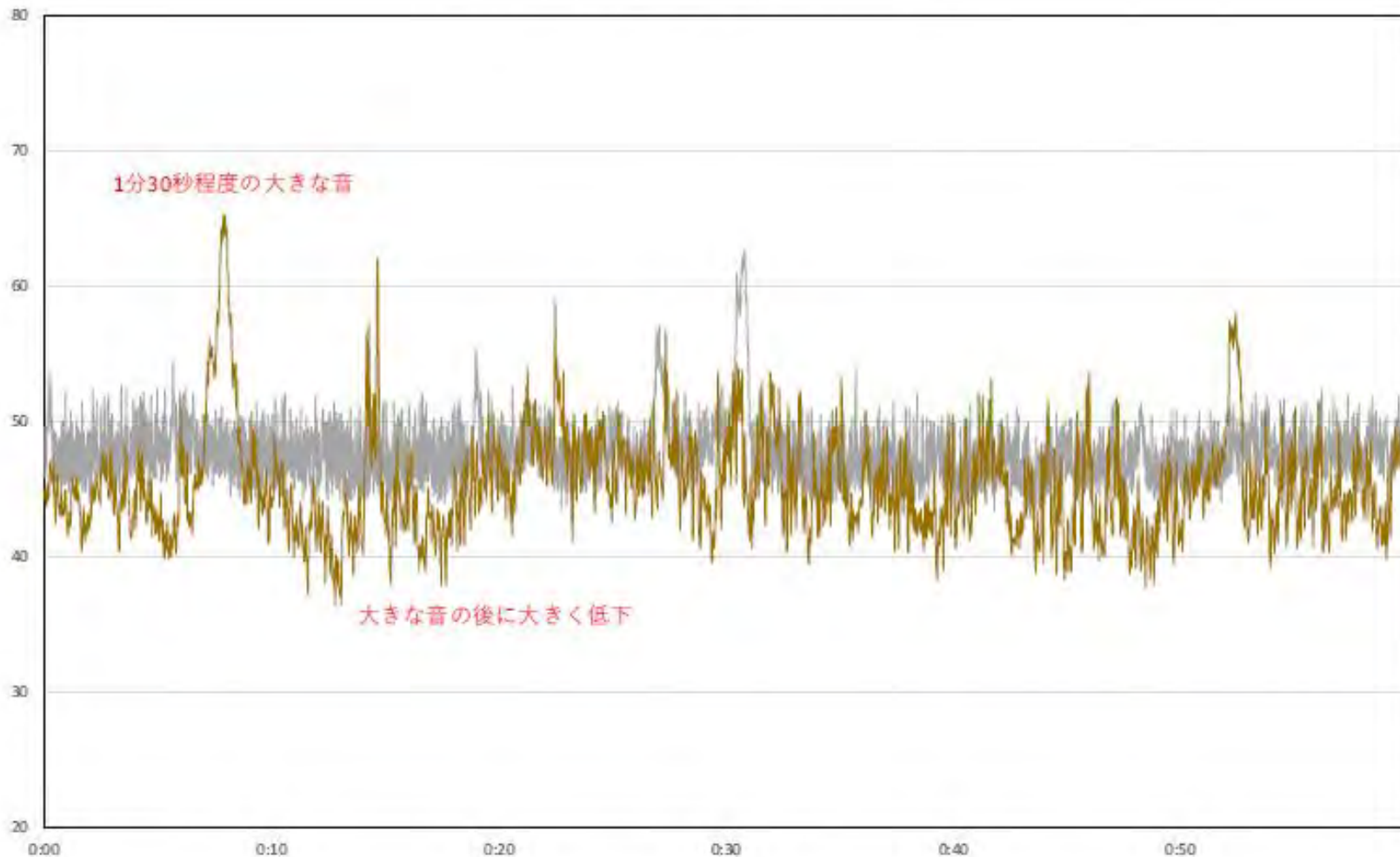


—9/25 20時 —9/26 2時

調査方法: JIS Z 8731
測定機器: 普通騒音計
調査者: 野外科学研究所

水柱 噴出停止

安定して噴出している時間帯(9月25日20時)との比較



—9/25 20時 —9/26 3時

調査方法: JIS Z 8731
測定機器: 普通騒音計
調査者: 野外科学研究所

水柱 調査

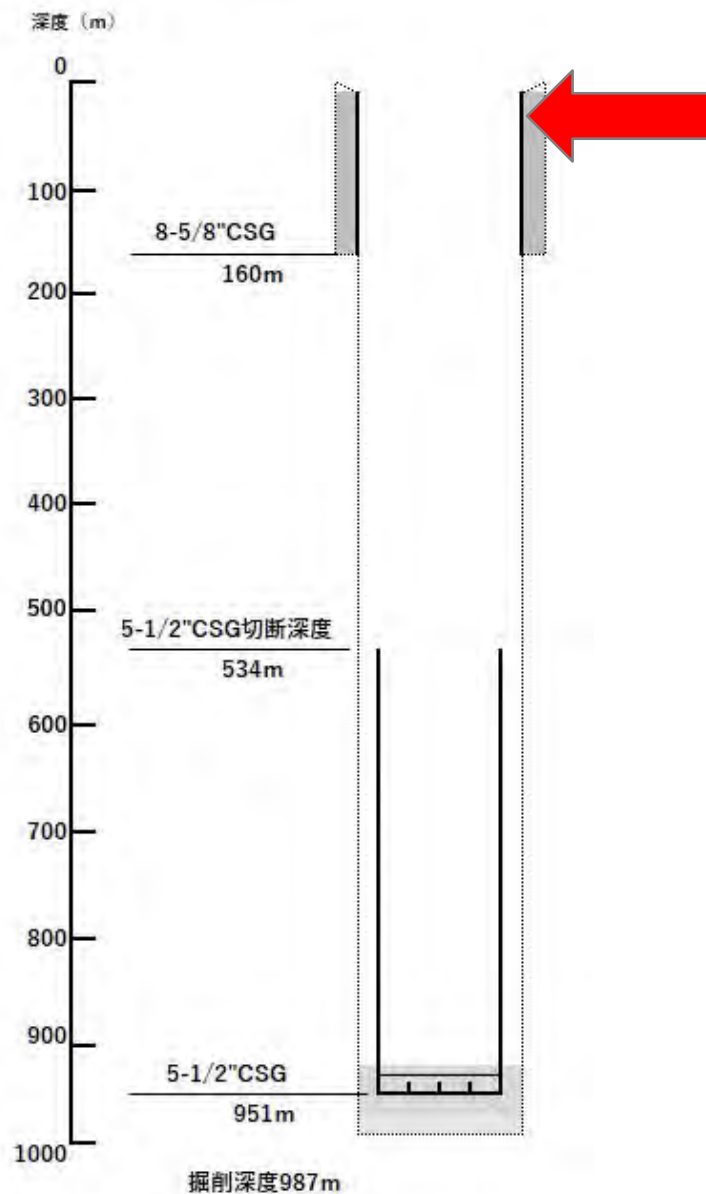


・9月26日 噴出停止直後



・8-5/8" CSGの上に鉄板が溶接
・50Aソケット溶接

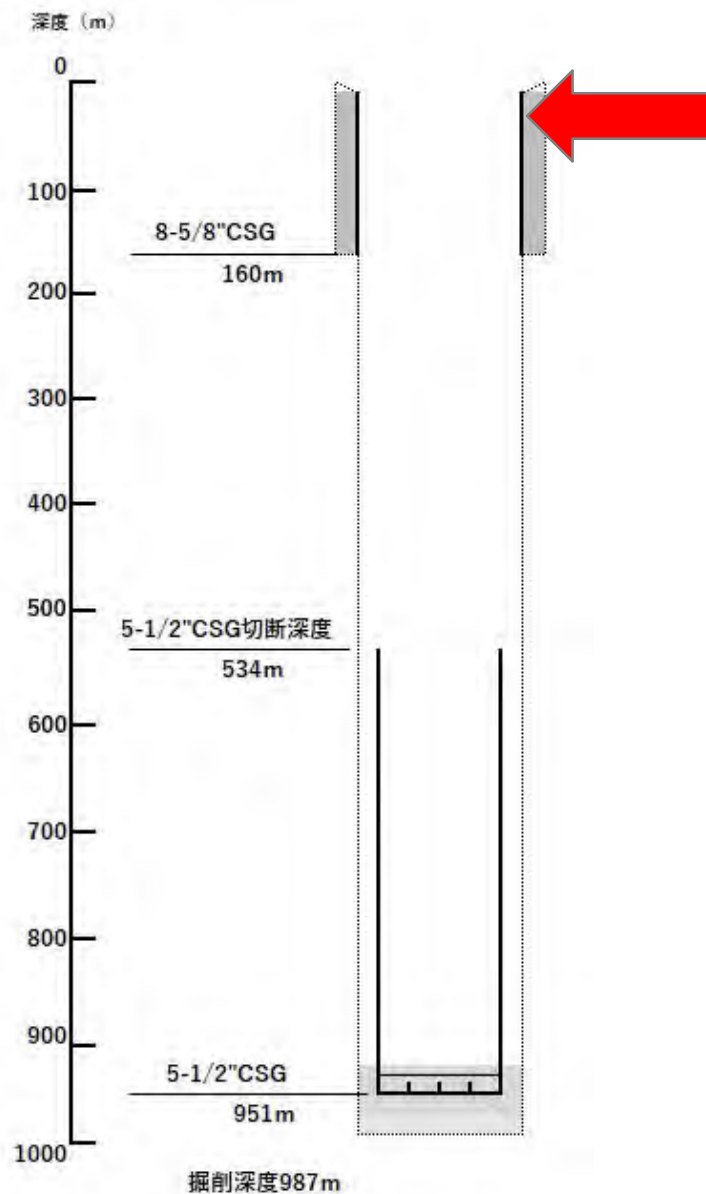
水柱 調査(井戸カメラ)



【側方カメラ撮影】

- ・8-5/8" (200A) ケーシング接続部分
- ・5~6m/本 (乱尺)
- ・ケーシングに腐食はほとんど見られない

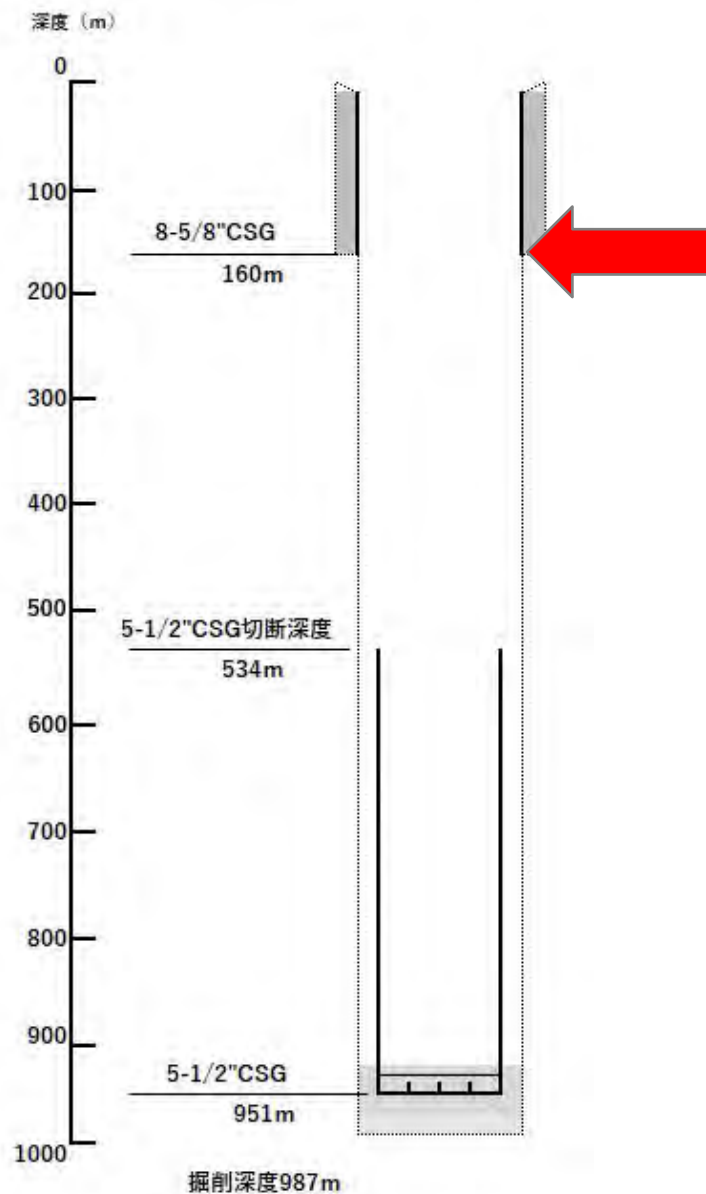
水柱 調査(井戸カメラ)



【下方カメラ撮影】

- ・水位GL-39.8m
- ・水面にガスの気泡を連続的に確認

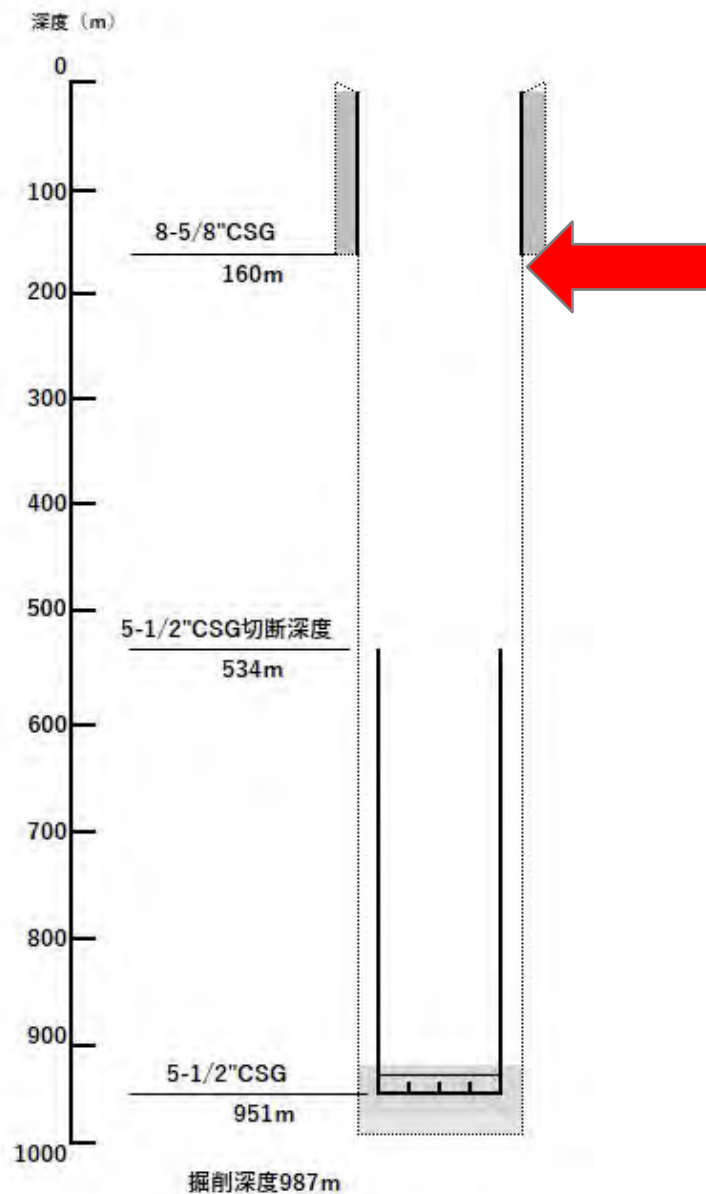
水柱 調査(井戸カメラ)



【側方カメラ撮影】

- ・8-5/8" (200A) ケーシング管尻
- ・以深は裸坑部になる
- ・奥行きがある

水柱 調査(井戸カメラ)



【下方カメラ撮影】

- ・崩壊物による坑内埋没
- ・これより以深の坑内調査は出来ず

水柱 対策設備



水柱 対策設備



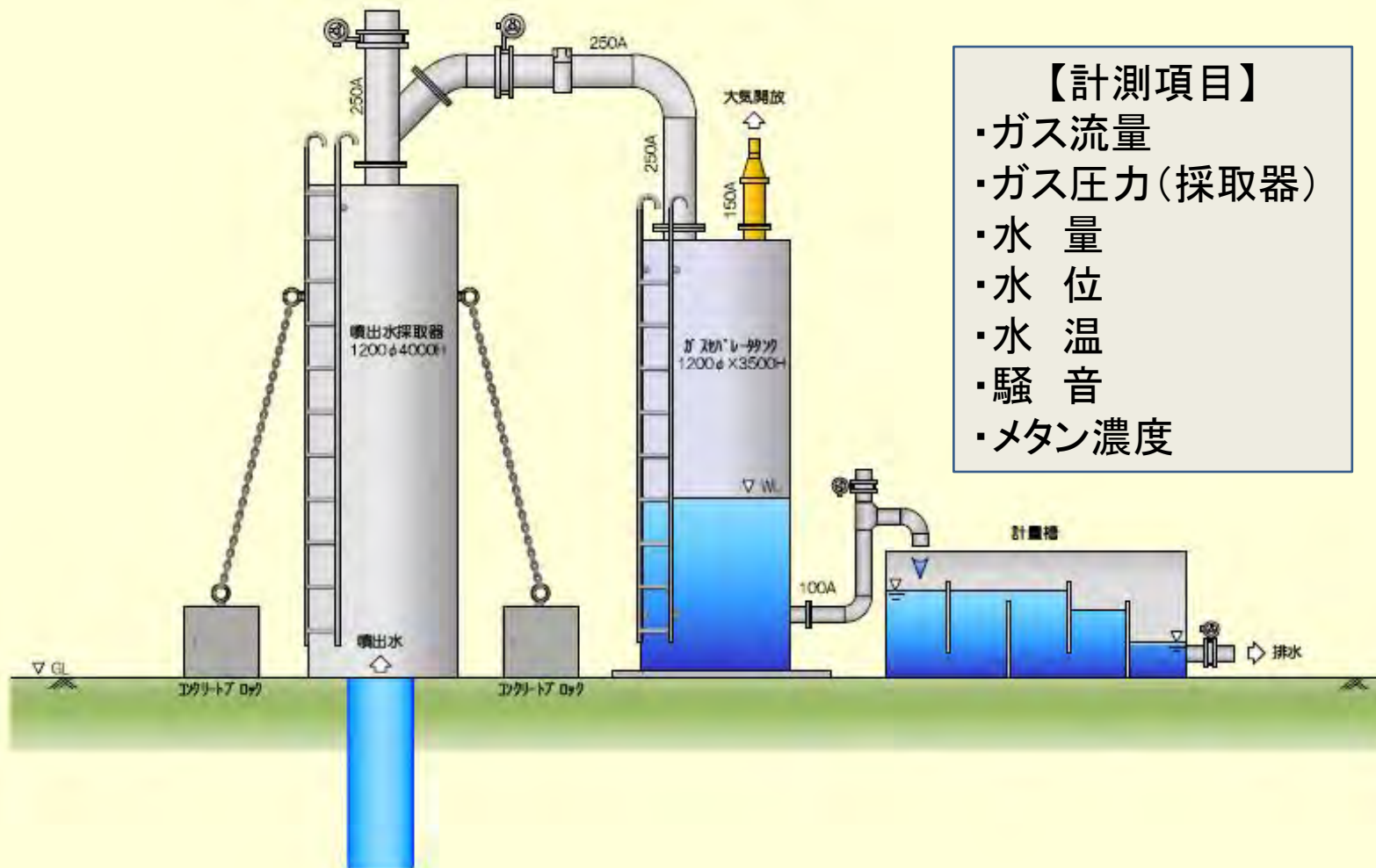
・CSG立上げ、仮バルブ設置



・坑口装置設置

水柱 対策設備

概略図

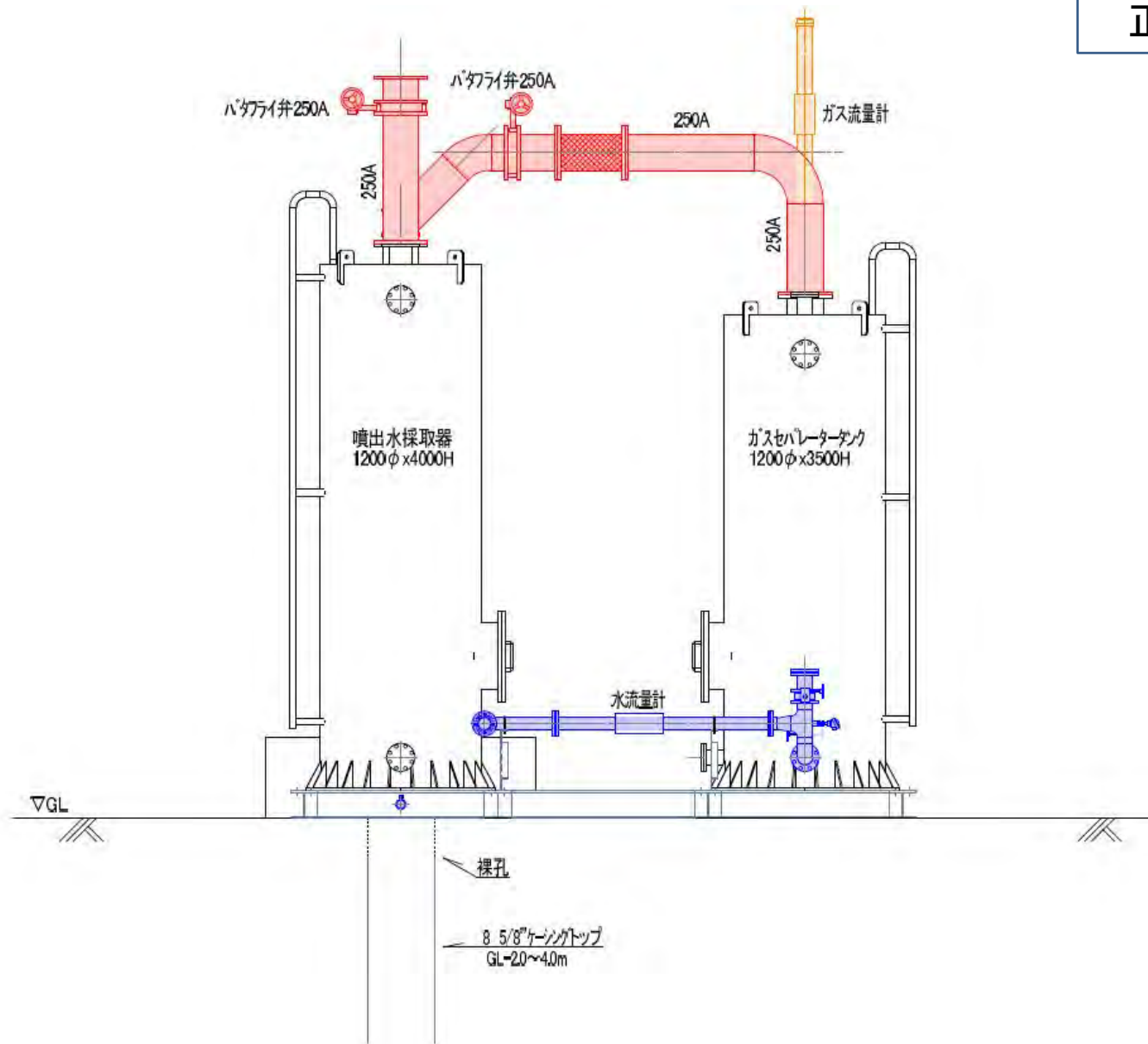


【計測項目】

- ・ガス流量
- ・ガス圧力(採取器)
- ・水量
- ・水位
- ・水温
- ・騒音
- ・メタン濃度

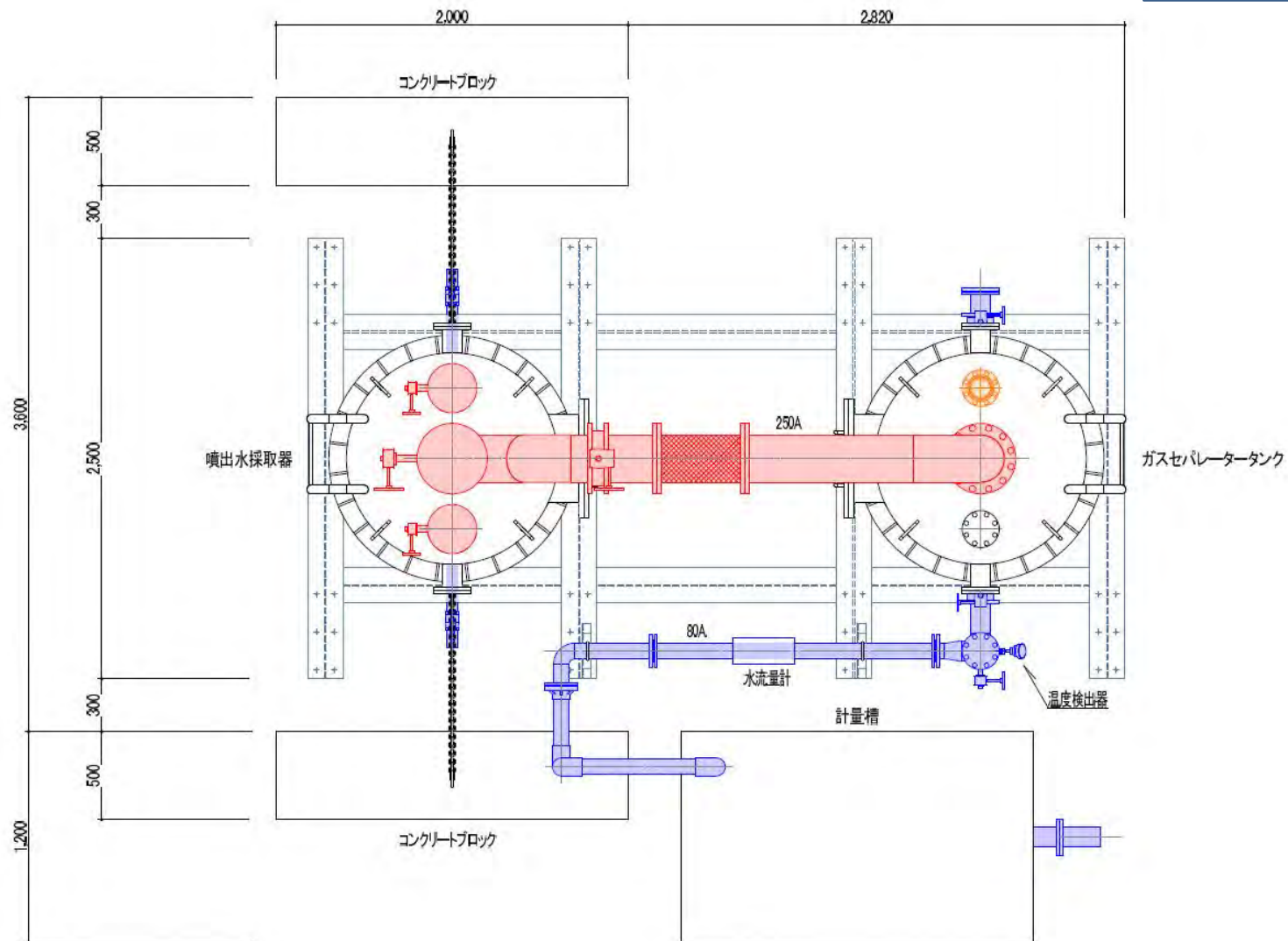
水柱 対策設備

正面図

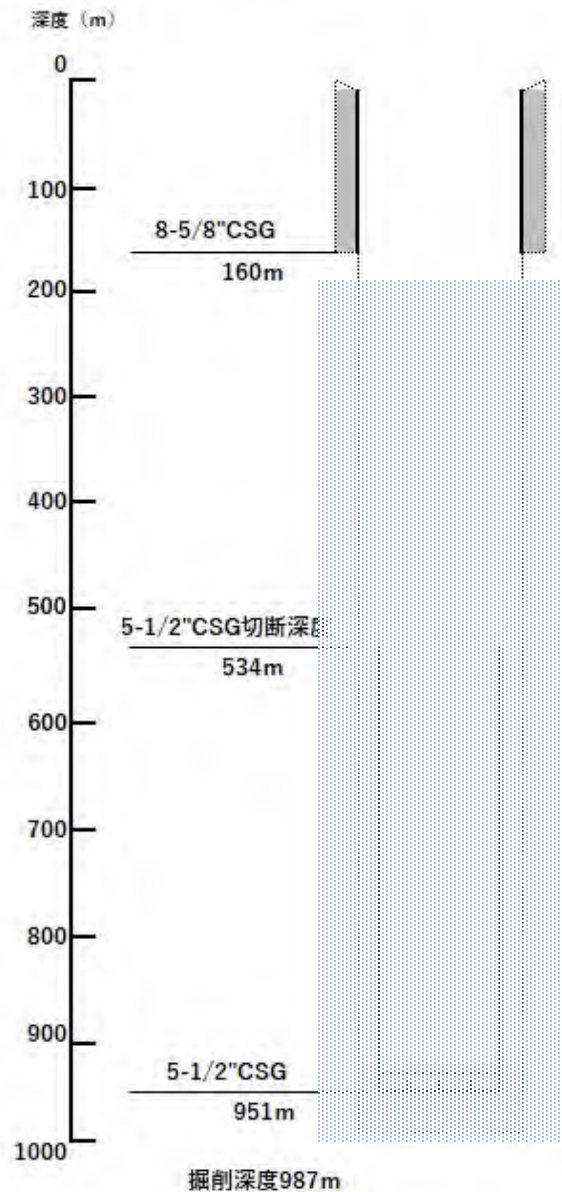


水柱 対策設備

平面図



水柱 今後の課題



- ◆崩壊、埋没状況の確認。
- ◆裸坑部の坑壁保護。
- ◆ガス層(ガスの供給源)の確認。
- ◆ガス評価
(ガス量、ガス水比、ガス組成)
- ◆長期間にわたる坑内状況の観測。

水柱 企業版ふるさと納税



【問合せ先】
北海道長万部町
まちづくり推進課
01377-2-2450



巨大「水柱」対策支援プロジェクト

寄附募集額

20,000千円

背景

令和4年8月8日より、飯生神社前の林地から、突如として地下水と思われる液体が30メートル以上の高さまで吹き出しましたが、9月26日早朝に噴出が止まっている事が確認されました。

現在、噴出が止まっている「水柱」ですが、今後再噴出の可能性もあることから、「水柱」噴出水採取装置及びガスセパレーターを設置するなどの対策を継続しております。

今後も再噴出した場合に対応できるよう、さらなる設備の導入や継続した被害対策に向け、各種対応を企業様と連携し、行ってまいります。

地域課題

- ・噴出対策
- ・住民ケア
- ・環境・対策調査

事業目的

- 噴出水対策の設備設置及び技術支援
- 噴出水の原因究明に向けた共同研究及び技術支援
- 付近住民の安全確保対策
- 上記対策に係る資金援助及び人材派遣等

企業側のメリット

- ✓ 北海道長万部町と連携した地域・社会貢献事業への参画(実質負担10%)
- ✓ 北海道長万部町との共創パートナーシップの構築
- ✓ 企業名告知(PR)の実施
- ✓ 企業様と北海道長万部町が相互の発展に寄与する連携事業への展開



総合戦略の主な施策

- ・安心して暮らせる地域づくり
- ・地域防災体制の充実

ご清聴ありがとうございました



温泉に付随する可燃性ガスの利活用に向けて

—北海道内の温泉付随ガスの現状把握と地質学的背景—

エネルギー・環境・地質研究所 林 圭一，鈴木 隆広，大森 一人

北見工業大学 地球環境工学科 坂上 寛敏

（協力機関：道保健福祉部，道経済部環境・エネルギー局，関係市町村）



源泉周辺にある温泉付随ガスの分離施設



天然ガスとともに自噴する温泉

背景：温泉に付随する可燃性天然ガスとは？

- 胆振東部地震などを契機として、地域エネルギーを利用した非常時に対応可能な分散型エネルギーシステムの検討が進んでいる
- **温泉に付随する可燃性天然ガス**（温泉付随ガス）が注目されている
- 温泉付随ガスは、通常、地上で温泉と分離して大気放散されている
- 主成分であるメタンは**地球温暖化係数が二酸化炭素の約28倍**であり、**燃烧利用することで環境負荷を低減**できる

➡ **地域の未利用燃料資源として利活用を促進していく**



出典 (GWP ₁₀₀)		AR4 京都	AR5
二酸化炭素	CO ₂	1	1
メタン	CH ₄	25	28

※京都：京都議定書、AR4,5：IPCC 第4,5次報告書
数値の出典は各資料

背景：温泉付随ガスの利用と鉱業法



天然ガスを利用したいけれど、いままで棄てていたもの。
何が必要かわからない

自治体・事業者

“強い権利”を許可する
厳密な審査が必要

←

すれ違いが生じている

→

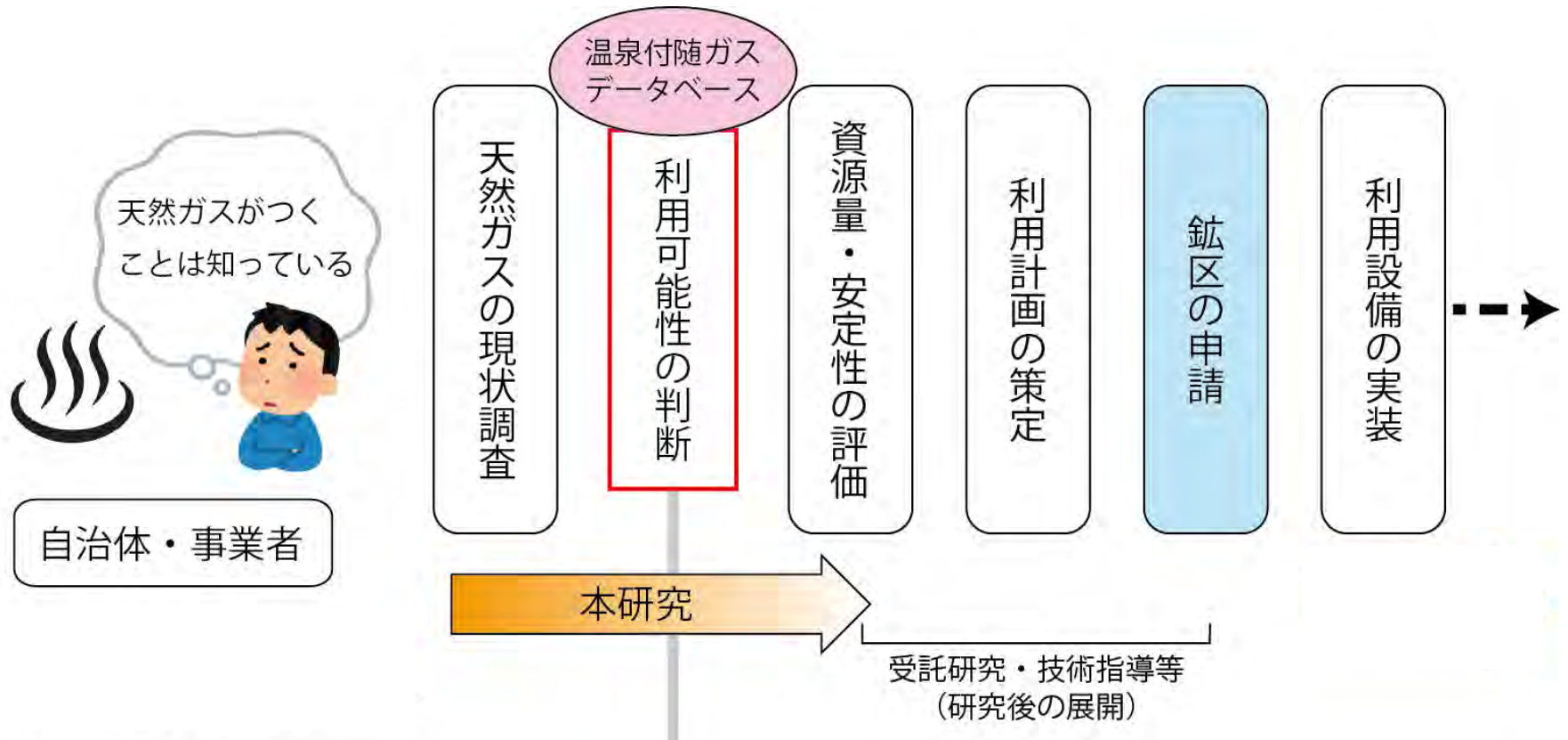
鉱業権の審査 (北海道経産局)

- 事業計画資料
天然ガスの現況は？
資源量は？ 地質背景は？
計画の妥当性は？



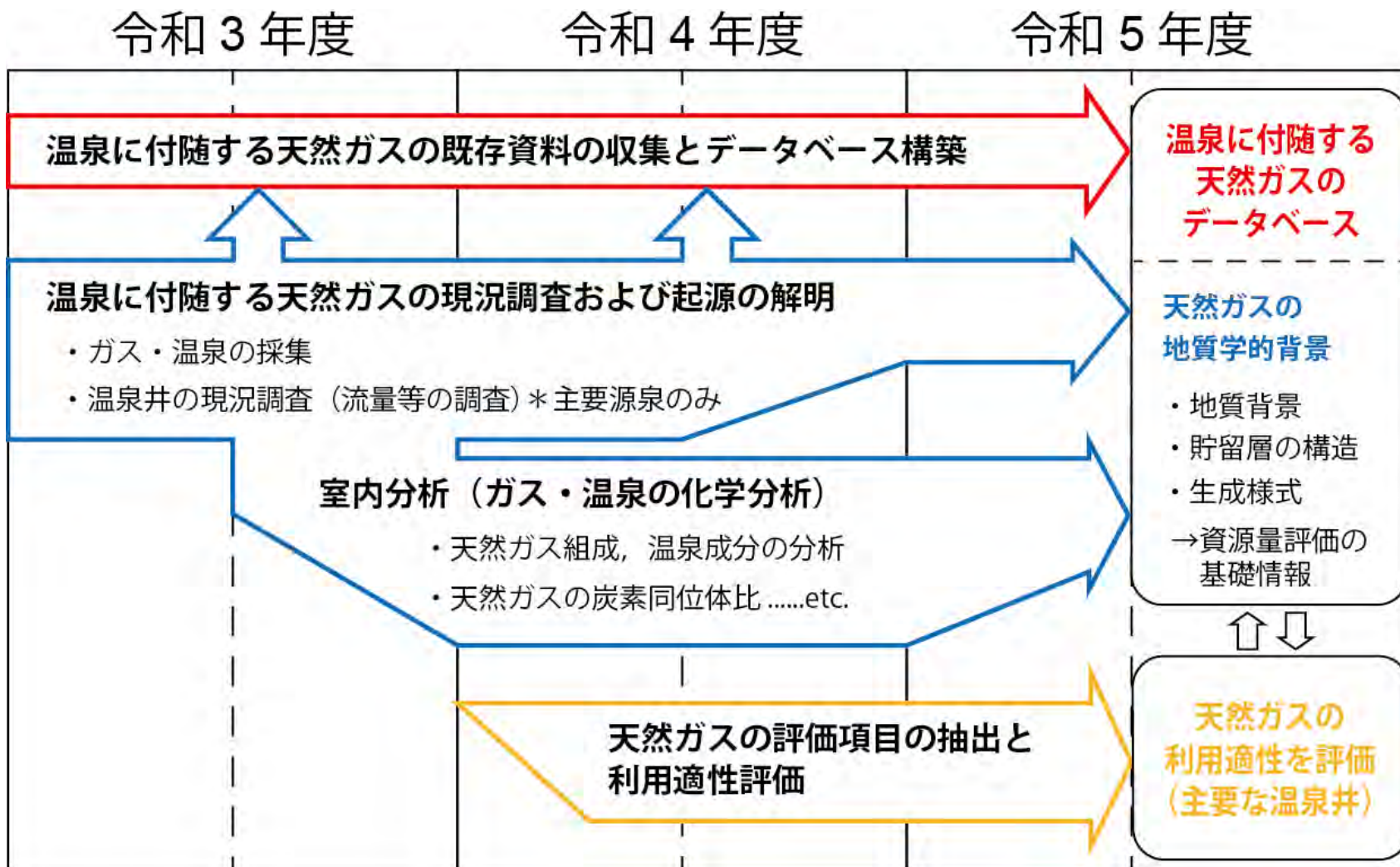
- 温泉付随ガスの基礎的な情報は、**開発当時のものしかなく、情報整備が十分ではない**
- 資源の現況、地質学的背景およびガスの起源などについて情報整備が必要である

研究の目的：温泉付随ガス情報基盤の役割

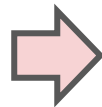
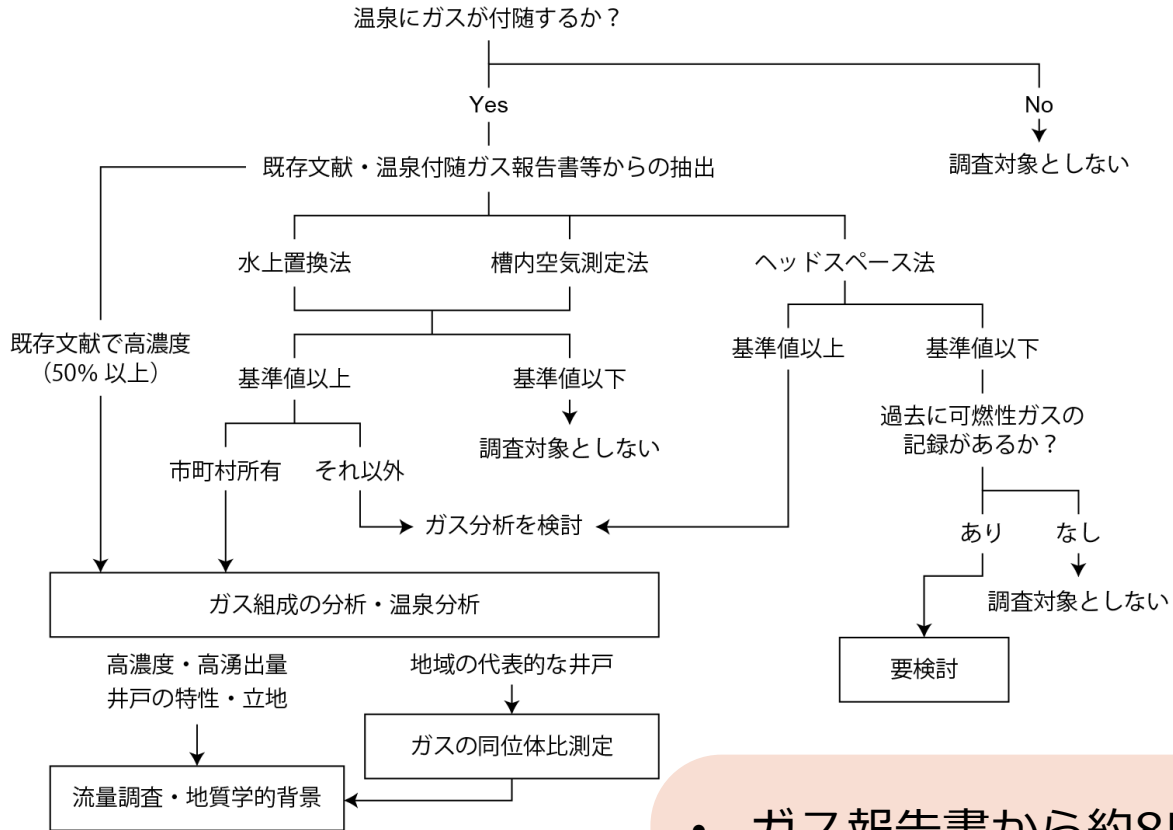


- 全道の温泉について温泉付随ガスに関する**基礎的な情報を提供するための情報基盤**を構築する

研究内容と3ヶ年の研究ロードマップ

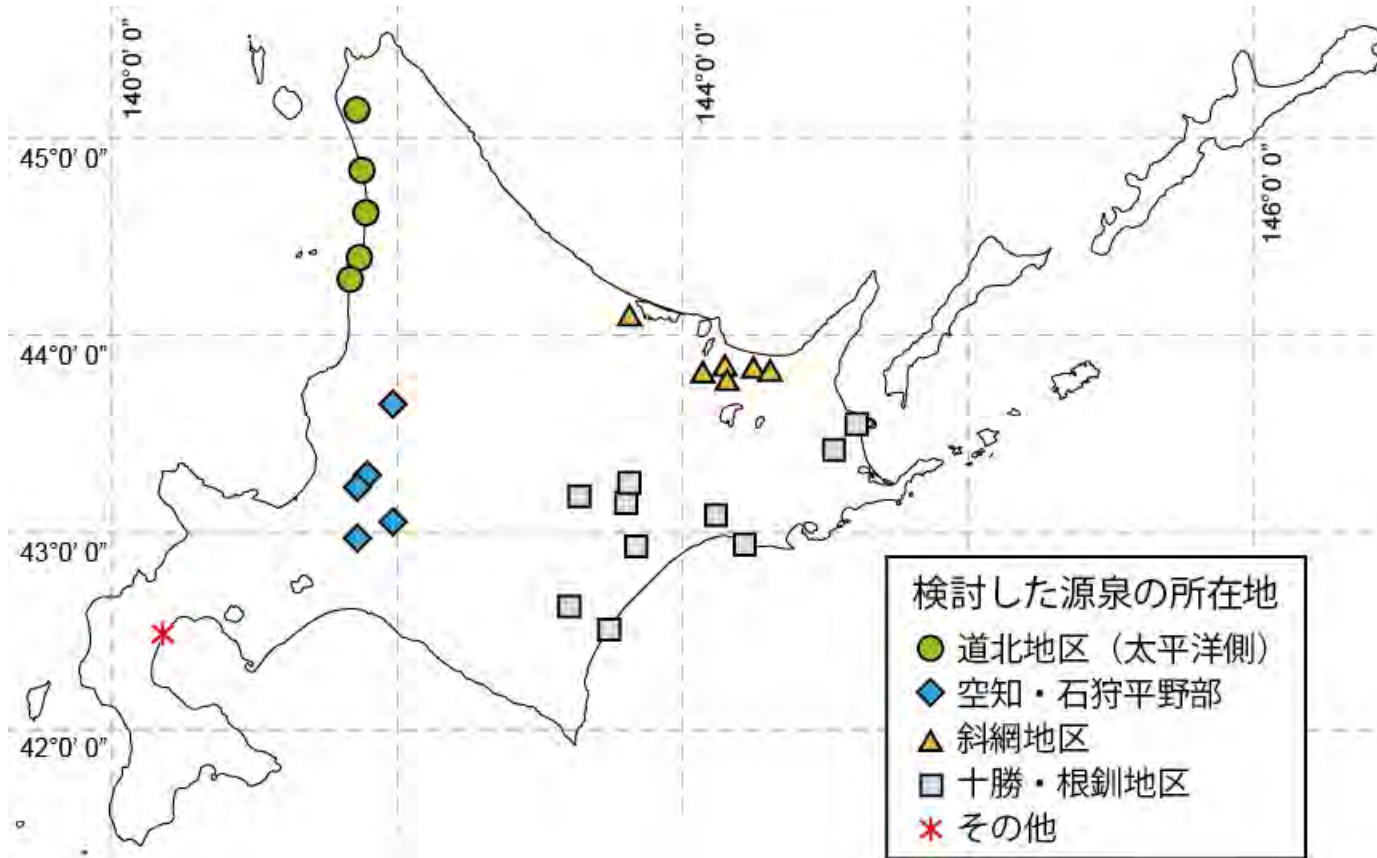


既存文献からの温泉付随ガスの情報整理



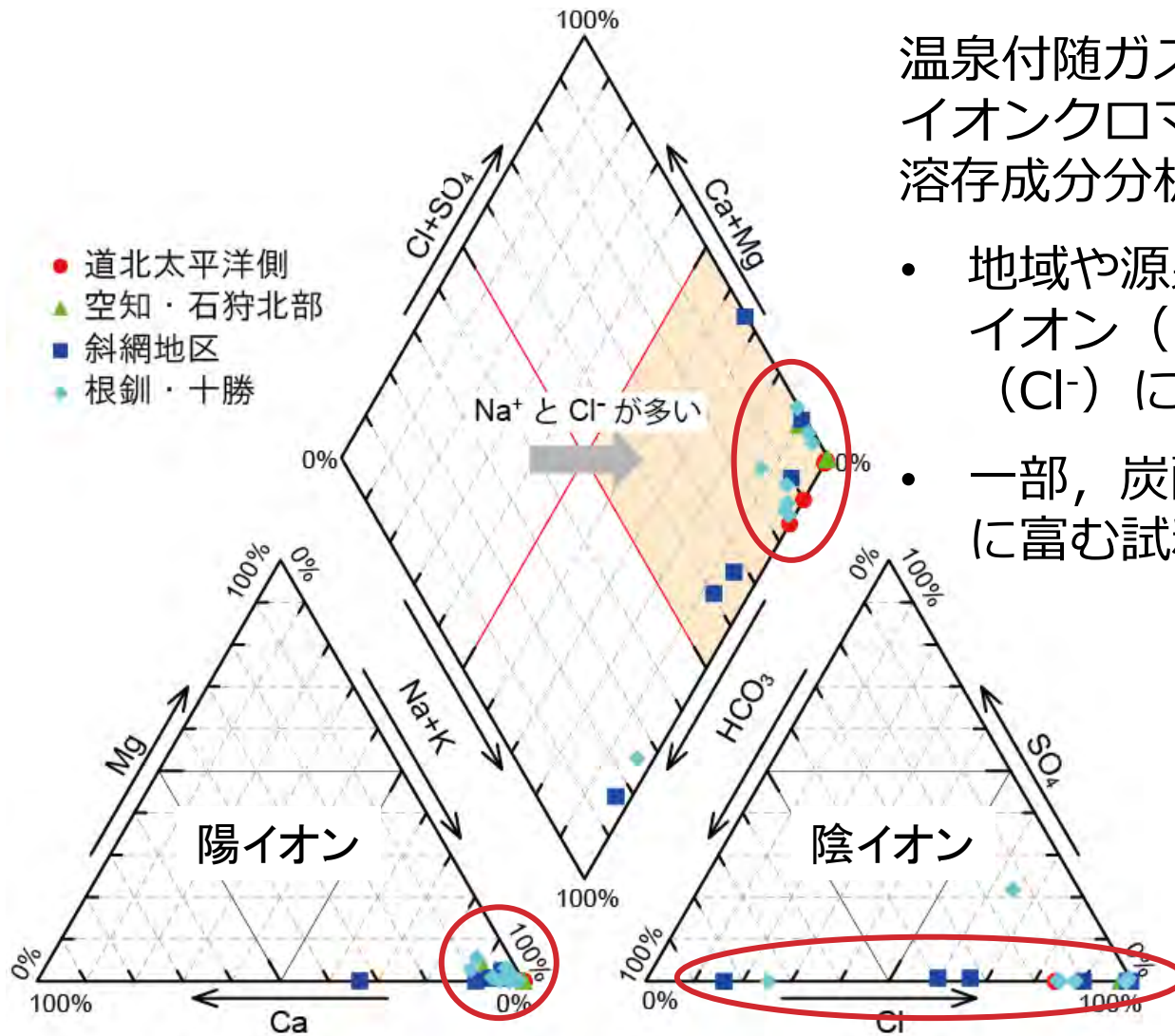
- ガス報告書から約850源泉分のデータを整理
- 既知の道内温泉のガス組成データ（横山・松波，1998 など）から数値を抽出（約450源泉）
→ 各種調査を実施するメタン含有量の高い源泉を抽出した（約50源泉）

温泉付随ガスの現地調査の実施状況



- ◆ 令和3～4年度にかけて、温泉付随ガス量が豊富な道北地区、空知・石狩平野部、斜網地区、十勝・根釧地区を中心に、**26地域、39源泉***を調査し、温泉付随ガスと温泉水を採集した (* ガス井を4ヶ所含む)

温泉付随ガスの付随する温泉の泉質



温泉付随ガスの付随した温泉水は、イオンクロマトグラフィによる主要溶存成分分析を実施した

- 地域や源泉によらず、ナトリウムイオン (Na⁺) と塩化物イオン (Cl⁻) に富む特徴がある
- 一部、炭酸水素イオン (HCO₃⁻) に富む試料もあった

天然ガスの付随する温泉の主要溶存成分比

温泉付随ガスの現地採取の様子



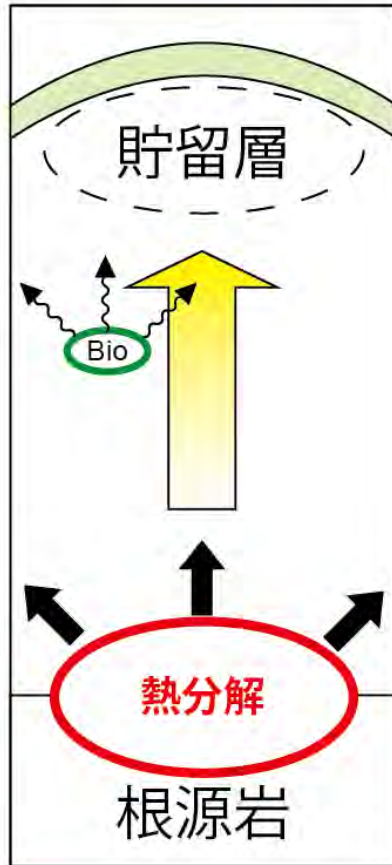
井戸元から温泉とガスを誘導



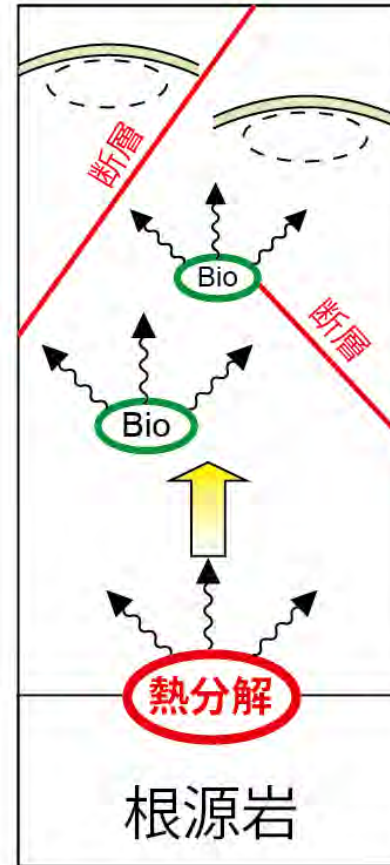
水上置換法によるガスの採取

資源量は起源と貯留構造のバランス

資源量の期待大



資源量の期待小



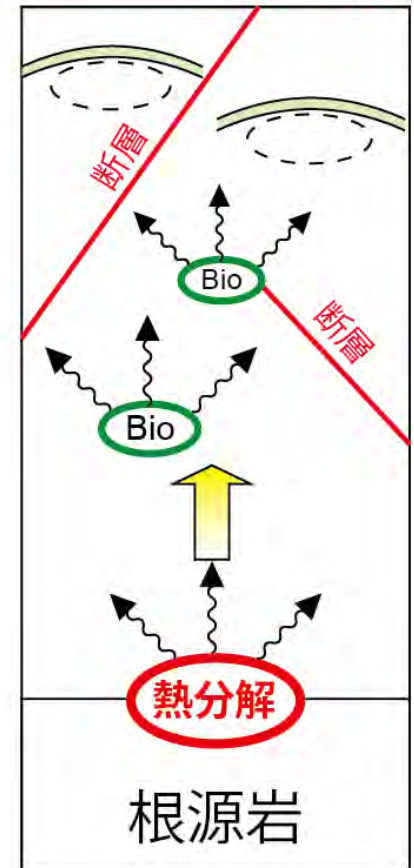
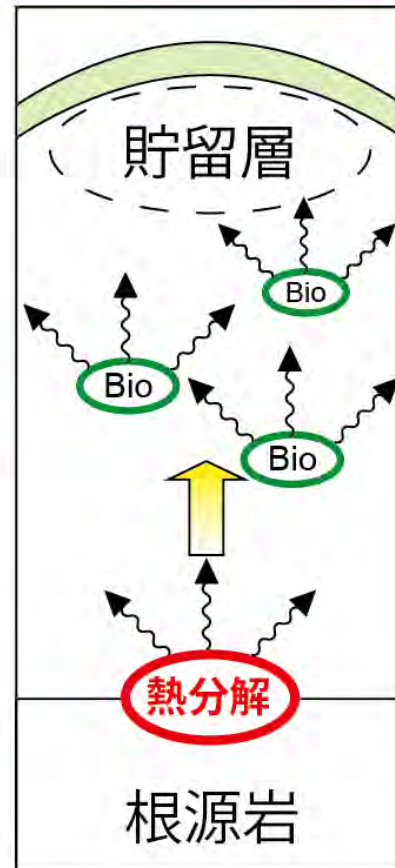
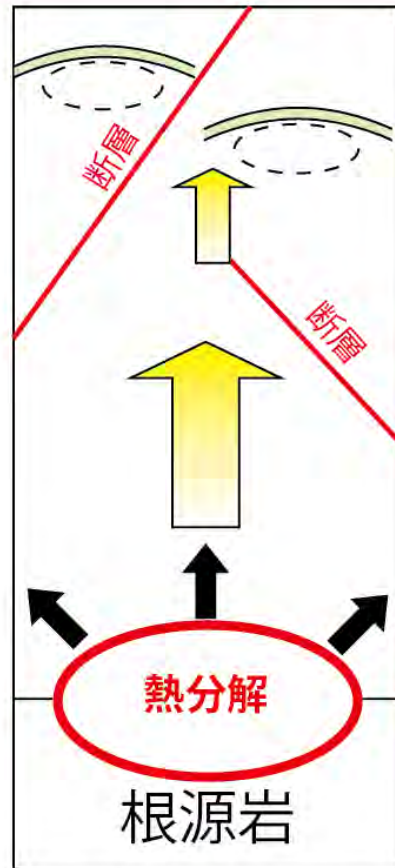
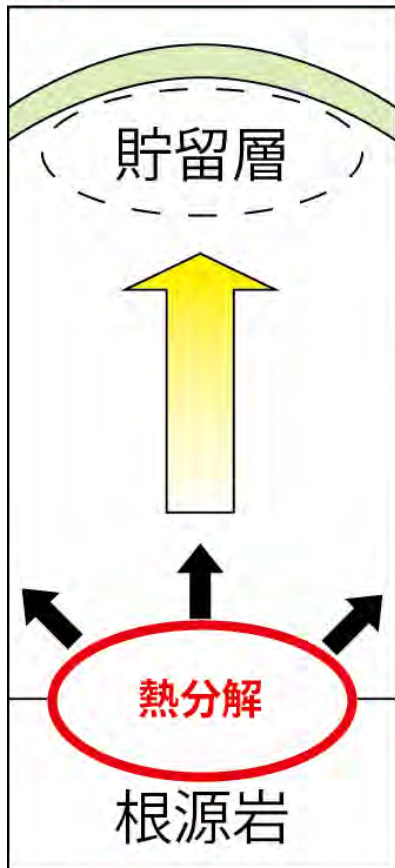
熱分解 : 地下深部の高温高圧下で有機物が分解してメタンが生成

Bio : 地下浅部で微生物の働きによりメタンが生成

起源と地質構造による資源量評価

資源量の期待大

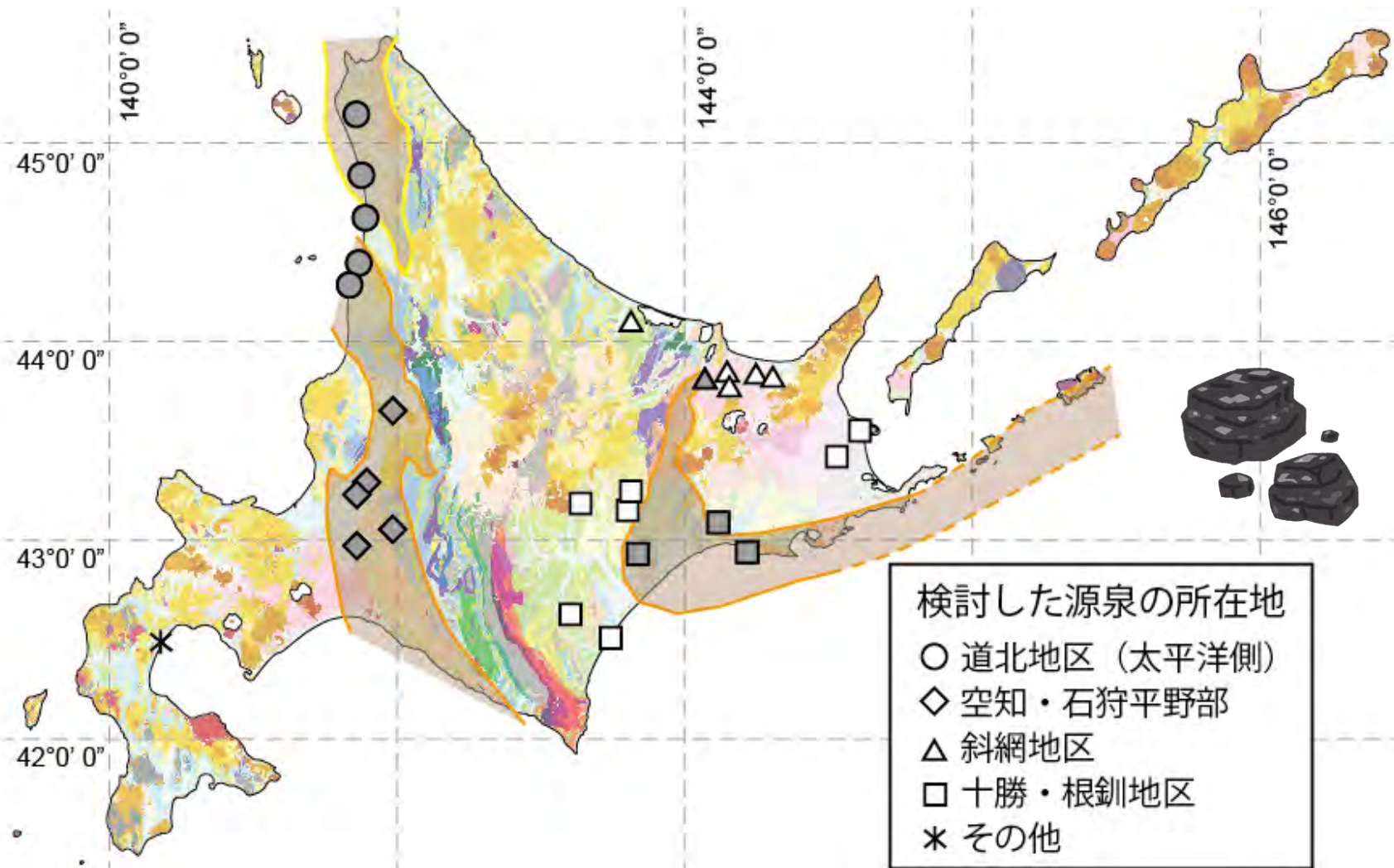
資源量の期待小



熱分解：地下深部の高温高圧下で有機物が分解してメタンが生成

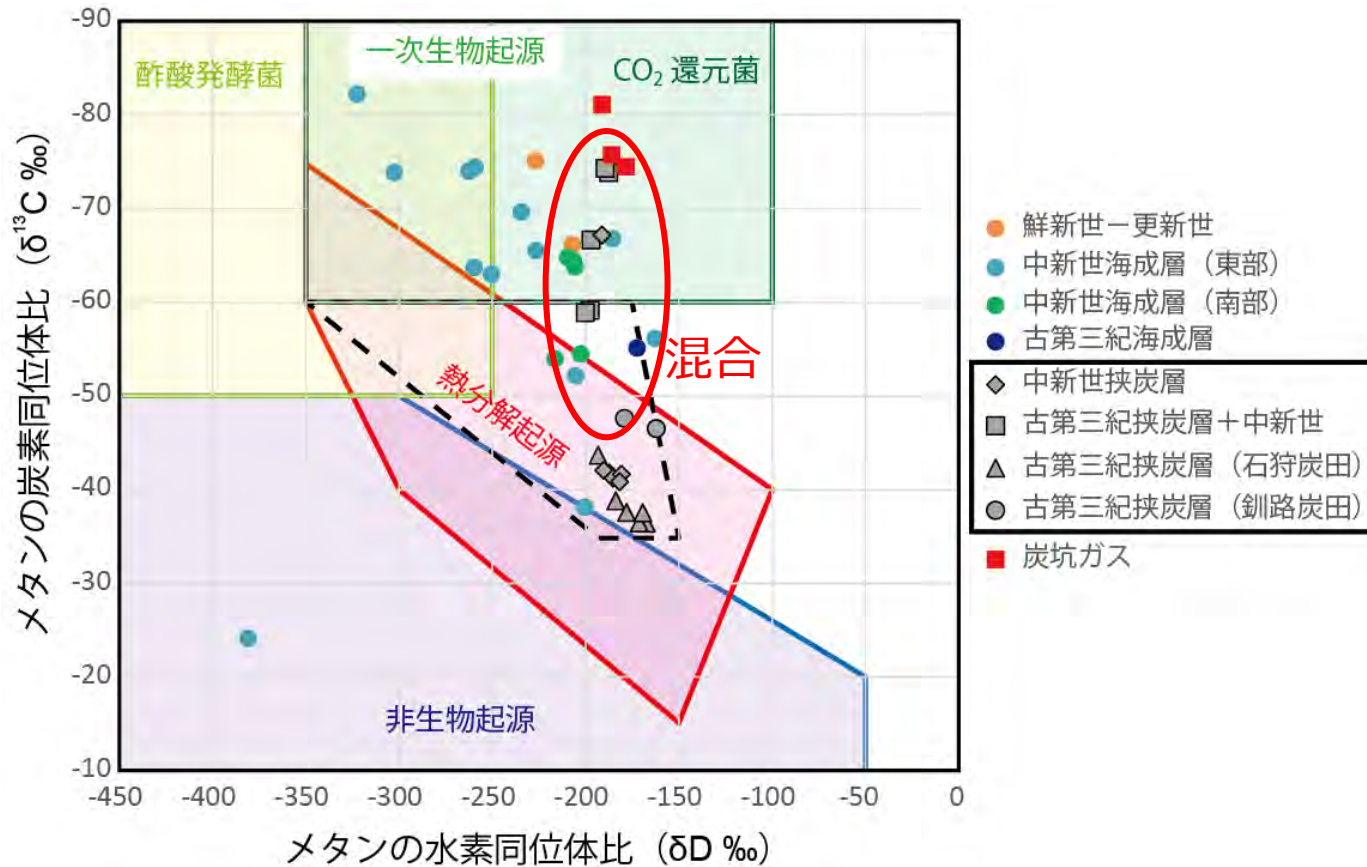
Bio：地下浅部で微生物の働きによりメタンが生成

温泉付随ガスの湧出地点と挟炭層の関係



基図として、「20万分の1日本シームレス地質図® V.2」を利用した挟炭層分布については、栗田（2010）等をもとに編集した

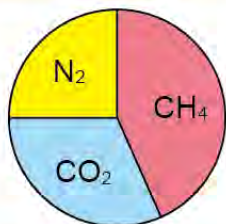
温泉付随ガスの起源と背景地質の関係



- 主に熱分解起源によるガスと生物起源のガスがある
- 挟炭層を母岩とするガスは、ほとんどが熱分解起源である
- 挟炭層の上位に厚く中新世の地層が覆う源泉では、生物起源ガスとの混合が起こっている

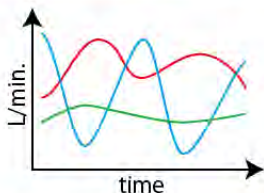
温泉付随ガスの利用適性評価項目

ガス組成による評価



- 直接利用可能
- 要メタン濃縮
- 利用困難

ガス流量による評価



- 平均湧出量
- 湧出の安定性

井戸の形態、立地等による評価

自噴 or 動力揚湯

山間 → 自家利用以外は困難

平野 → 周辺の状況に応じた評価

- 自施設利用
- 産業利用

地質学的背景による評価

賦存量、持続・安定性に関する評価

☆ 天然ガス資源量として算定
利用可能な規模の見積り
利用形態・計画の策定etc.



具体的な利用を検討しはじめる
ための基礎資料

項目別に 適・不適 を
ポイント化

まとめ

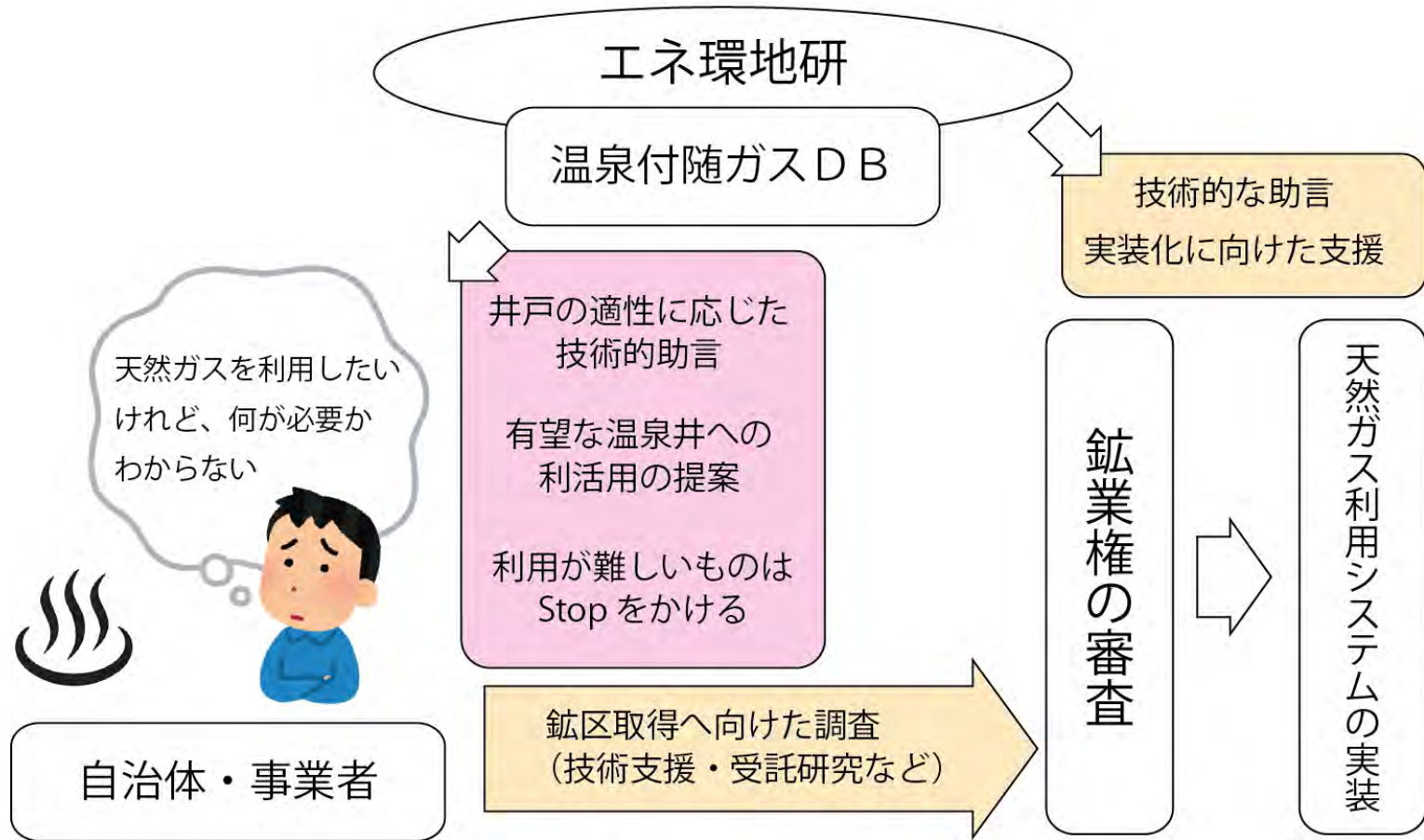
道内の温泉付随ガスの化学分析からガスの起源を明らかにした

- 検討した試料は、地下深部で石炭が**熱分解**した天然ガス、**生物起源**の天然ガスおよびその混合であった
- 地域の基盤地質と温泉付随ガスの起源には、特に、**挟炭層との関係において明確な相関が認められる**

有望地における温泉付随ガス湧出量変化のモニタリング

- 流量計による1ヶ月程度のモニタリングから短期的な変動様式、その要因を検討する（自然変化と人為変化の区別等）
- 過去の記録から長期的な変化をコンパイルし、長期的な湧出量の安定性を検討している
- **利用計画策定の基礎的なデータとして活用する**

成果の活用策：情報基盤を活用した利用促進



しかし、燃烧利用（発電）では、脱炭素にならない．．．

➤ 二酸化炭素を出さないメタンの直接改質は完全なゼロカーボンを実現！

温泉に付随する可燃性ガスの利活用に向けて
ーメタン直接改質反応による
北海道内の温泉付随ガスからの水素生成ー

第61回試錐研究会
令和5年03月03日
(金)

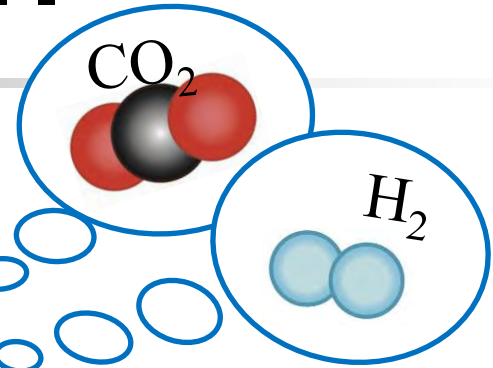
北見工業大学 工学部 地球環境工学科
エネルギー総合工学コース
助教 坂上 寛敏

メタン直接水素化とは・・・

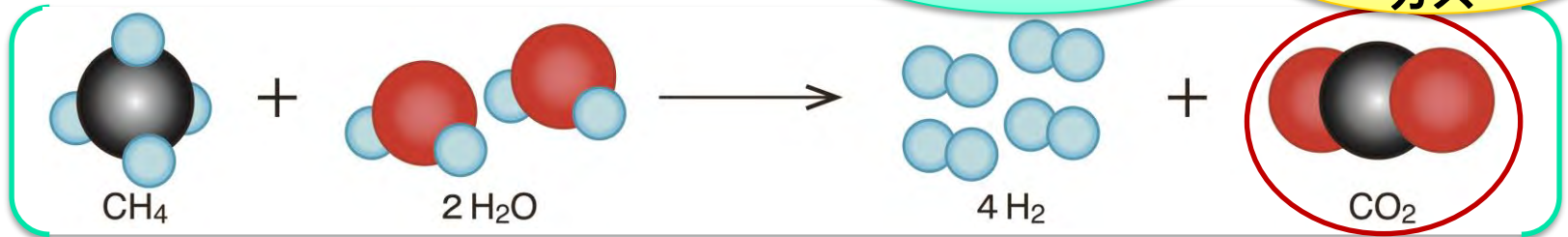
地球温暖化の対策として・・・

温室効果ガスの削減
クリーンエネルギーの活用

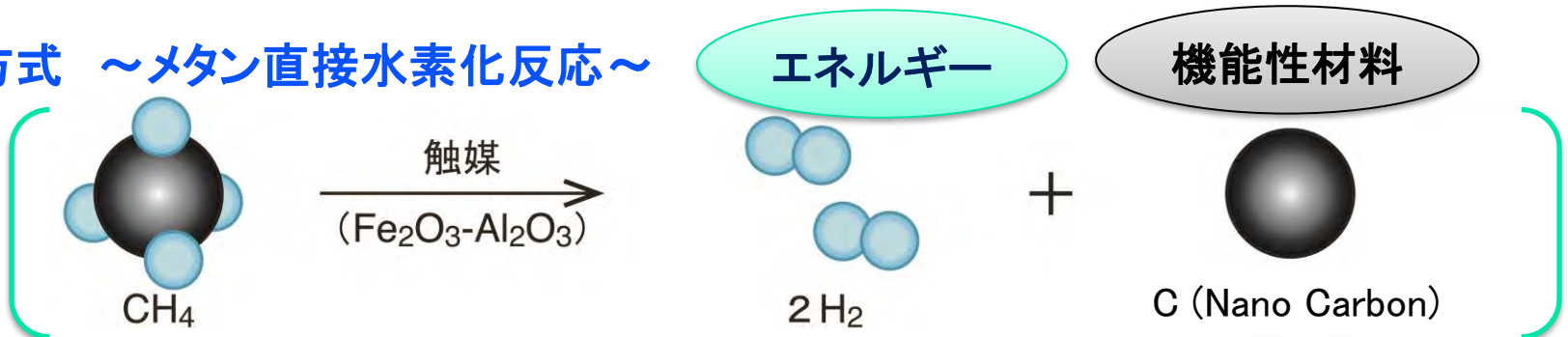
(例)
CO₂
H₂



従来法 ～水蒸気改質反応～



新方式 ～メタン直接水素化反応～



CO₂を排出せずに水素を生成

バイオマスを利用するとCO₂削減

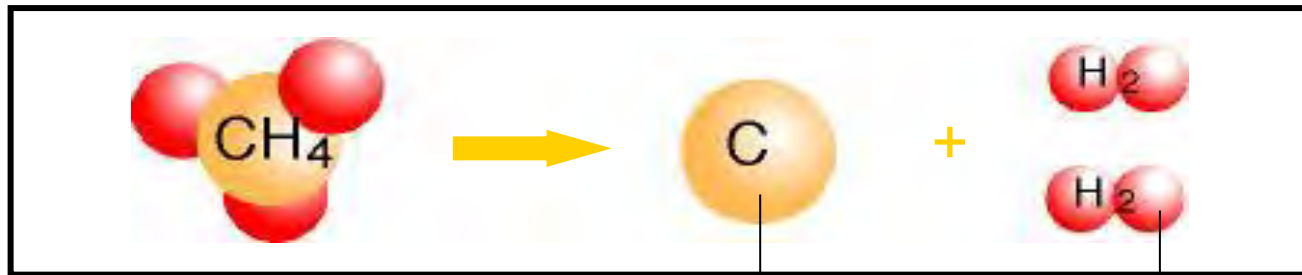
メタン直接水素化の小史、ポテンシャル

金属触媒が係わる繊維状炭素の生成

- ・「金属製坩堝で含炭素ガスを加熱すると炭素フィラメントができる」
USP 405480(1889)
- ・「メタンと金属表面の相互作用により黒鉛質炭素が、より低温で生成する」 S.D.Robertson, Nature, 221, 1044(1969)

メタン直接水素化は、メタン水蒸気改質における厄介な副反応であった。

ポテンシャル:メタン直接水素化は一石三鳥の技術になる！



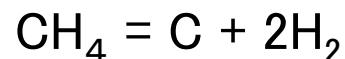
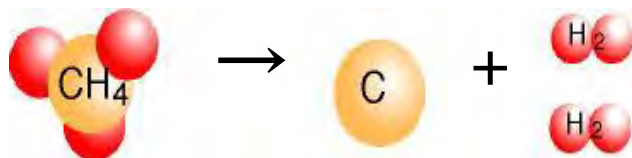
① **バイオメタン**を原料に使うと
大気中のCO₂を固定(CNT化)
できる ⇒ “カーボンマイナス”

③ CNTの低コスト製造法

② CO₂を出さない
水素の新製法

メタン直接水素化は革新的な温暖化防止技術

メタンの直接水素化(新しい方法)

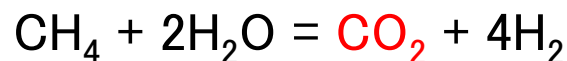


$$\Delta H = +37.4 \text{ kJ/mol-H}_2$$

2ℓの水素をつくと
約1mlのナノカーボン
が生成する。

CO₂地中貯留が不要!

メタンの水蒸気改質(現在の方法)

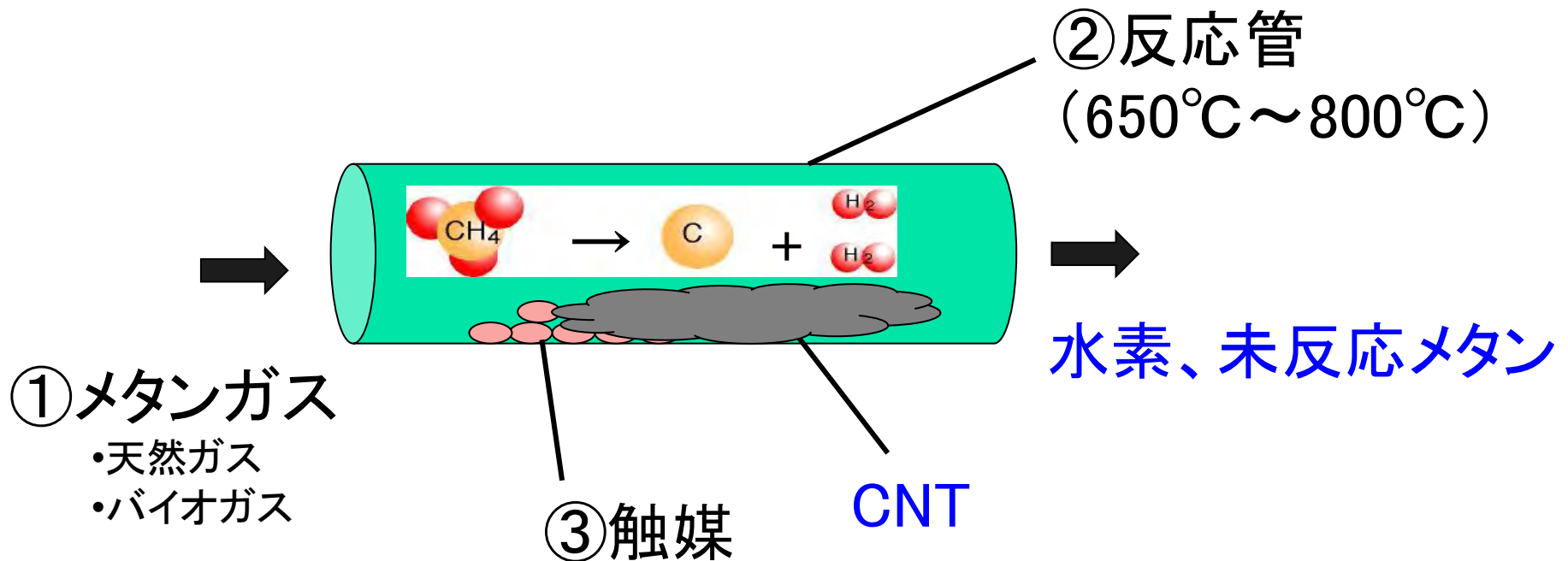


$$\Delta H = +41.2 \text{ kJ/mol-H}_2$$

2ℓの水素をつくと
0.5ℓの二酸化炭素
が生成する。

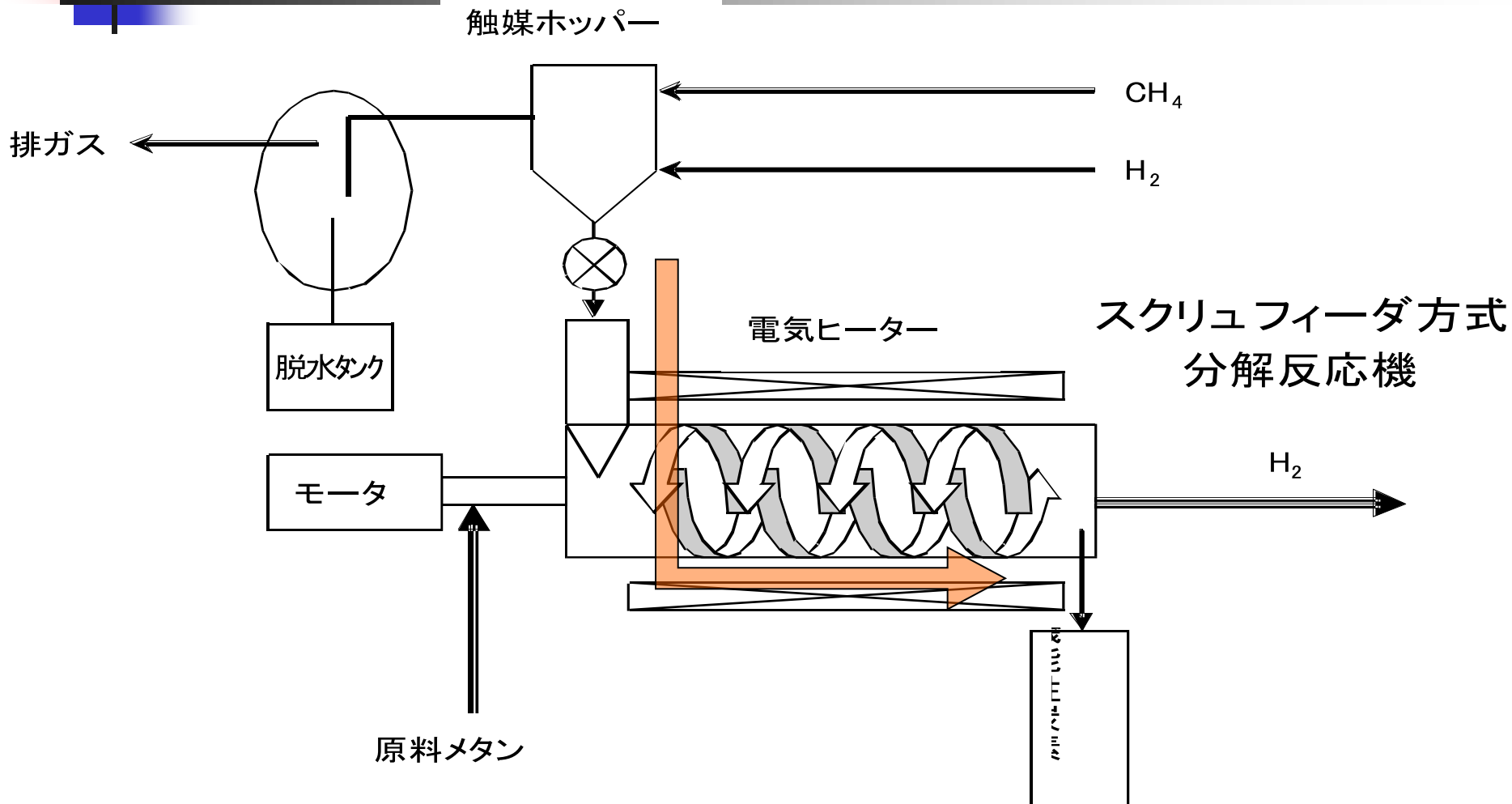
CO₂地中貯留が必要。

メタン直接水素化実験装置



- ・CNTは反応管内に溜まるので、CNTを管外に連続的に取り出す機構をもつ反応装置が必須。
- ・CNTの特性は、触媒の種類、反応温度、反応時間などで制御できる。

移動床反応器：スクリュューフィーダー方式



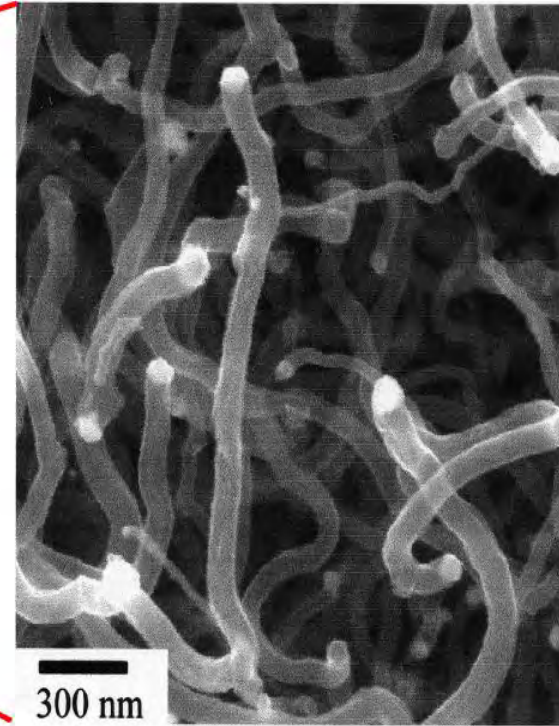
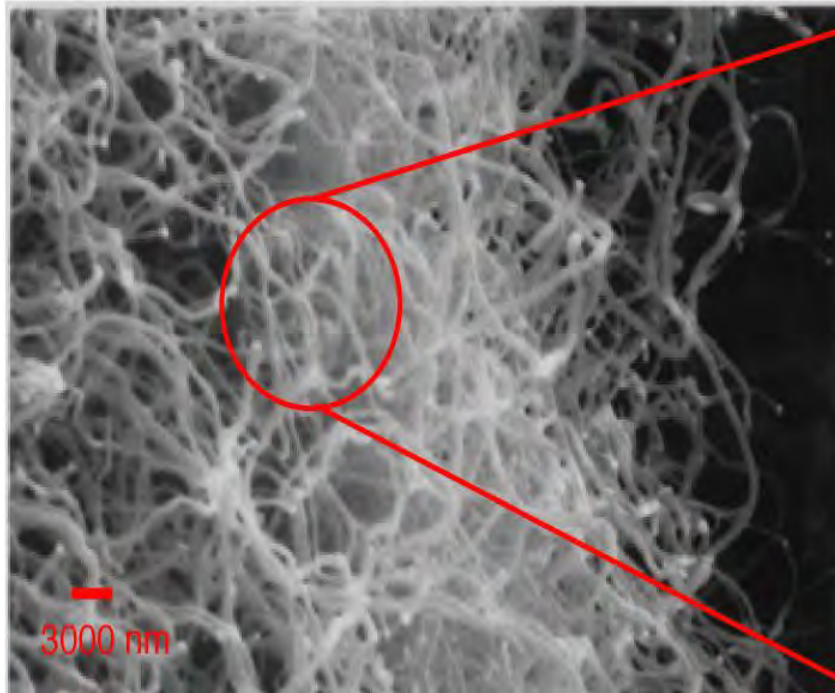
メタン直接分解反応装置 (移動床型実証機)

24 m³/day の水素、
4 kg/day のCNT 製造可能

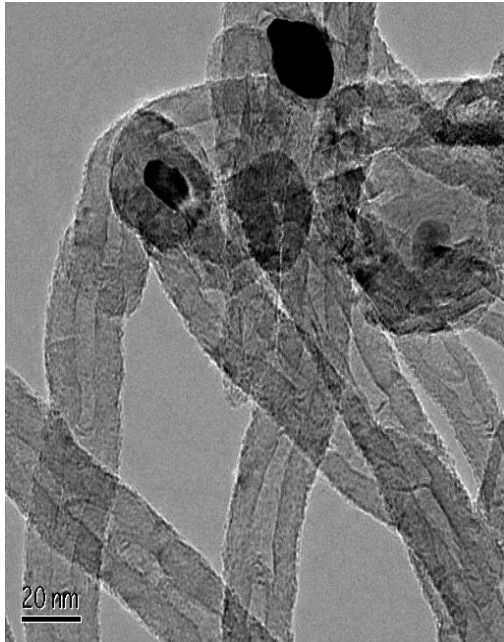
平成21年度NEDOエコイノベーション事業(実証研究)
可搬型移動床反応装置



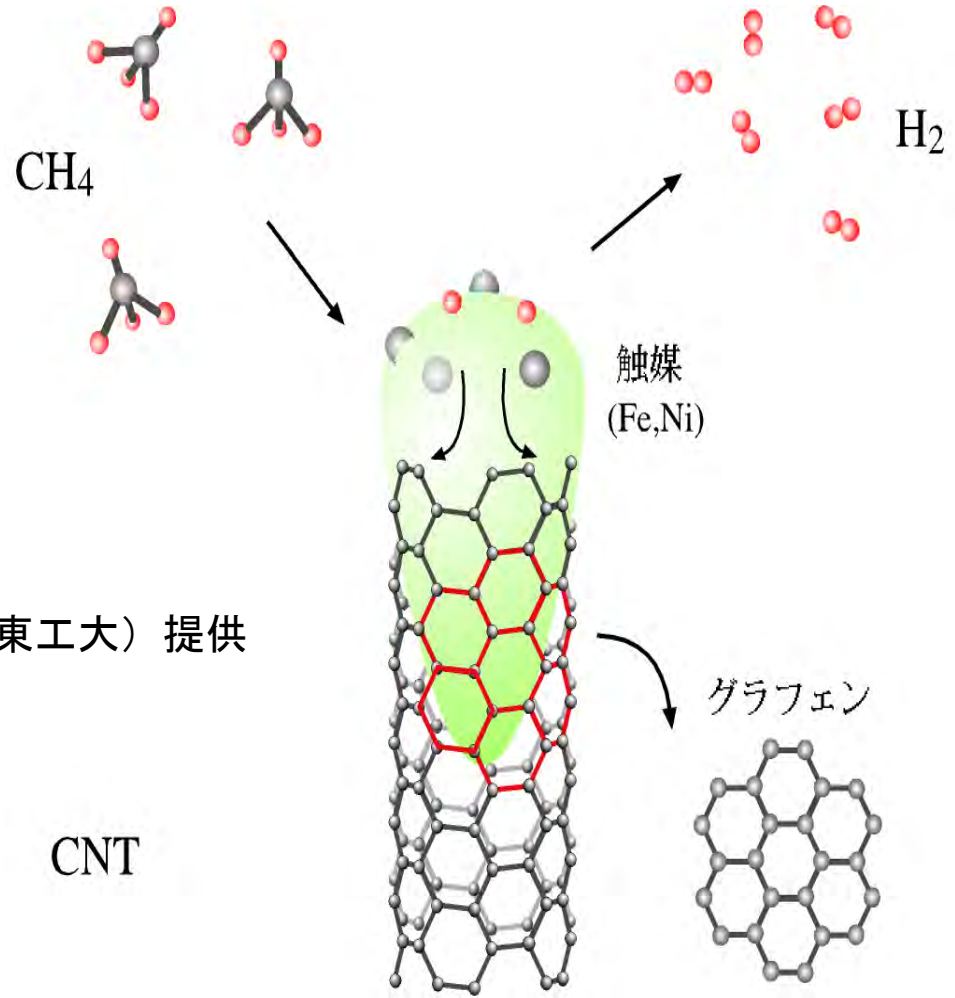
メタン系ナノカーボンのSEM像



メタン直接水素化法によるMWCNT合成



TEM : 大塚研 (東工大) 提供



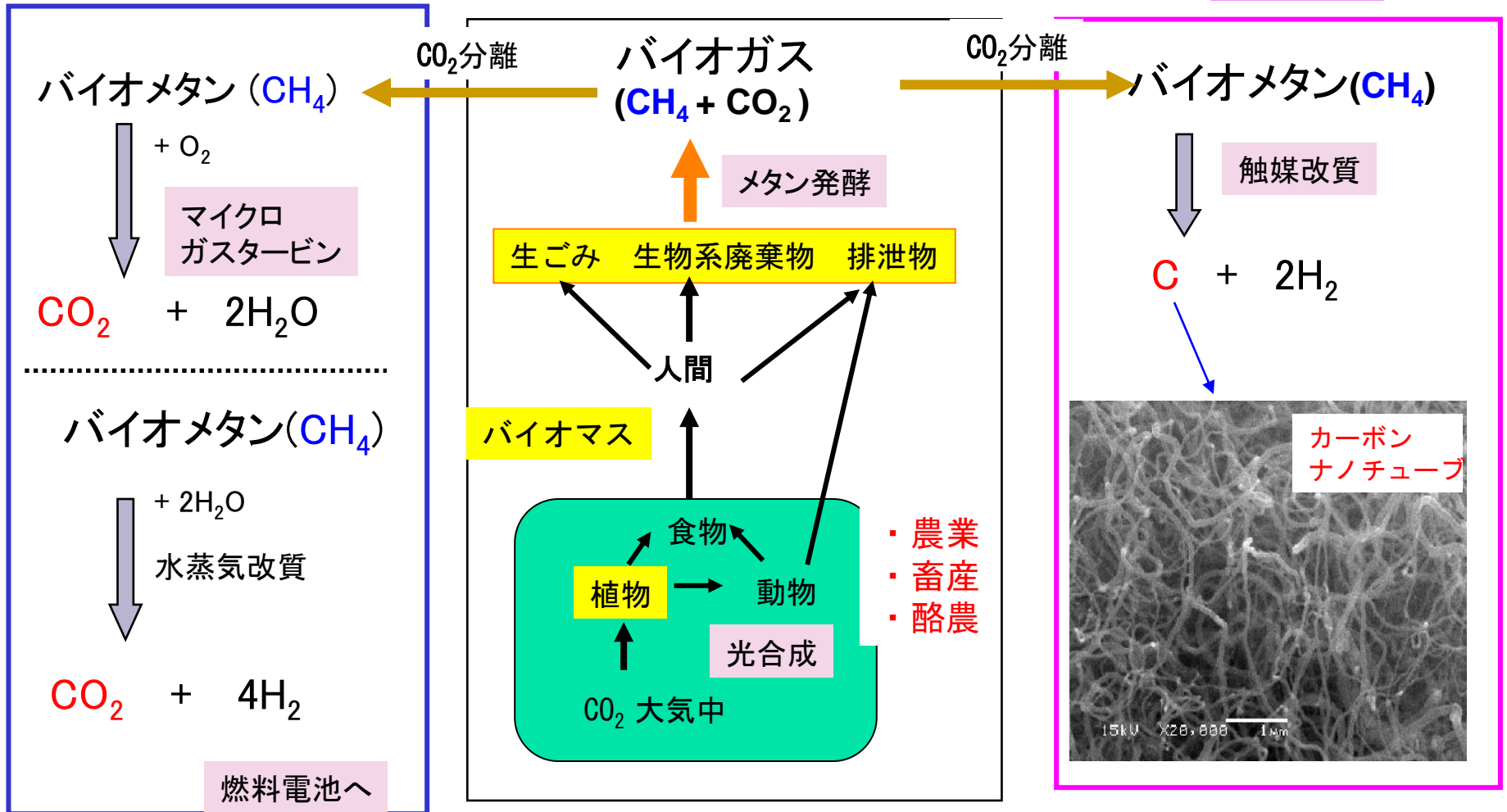
CNTの一般的特徴

- 高い軽量性 (アルミニウムの約半分)
- 高機械強度 (鉄鋼の約20倍)
- 高弾力性
- 高電流密度 (銅の百倍以上)

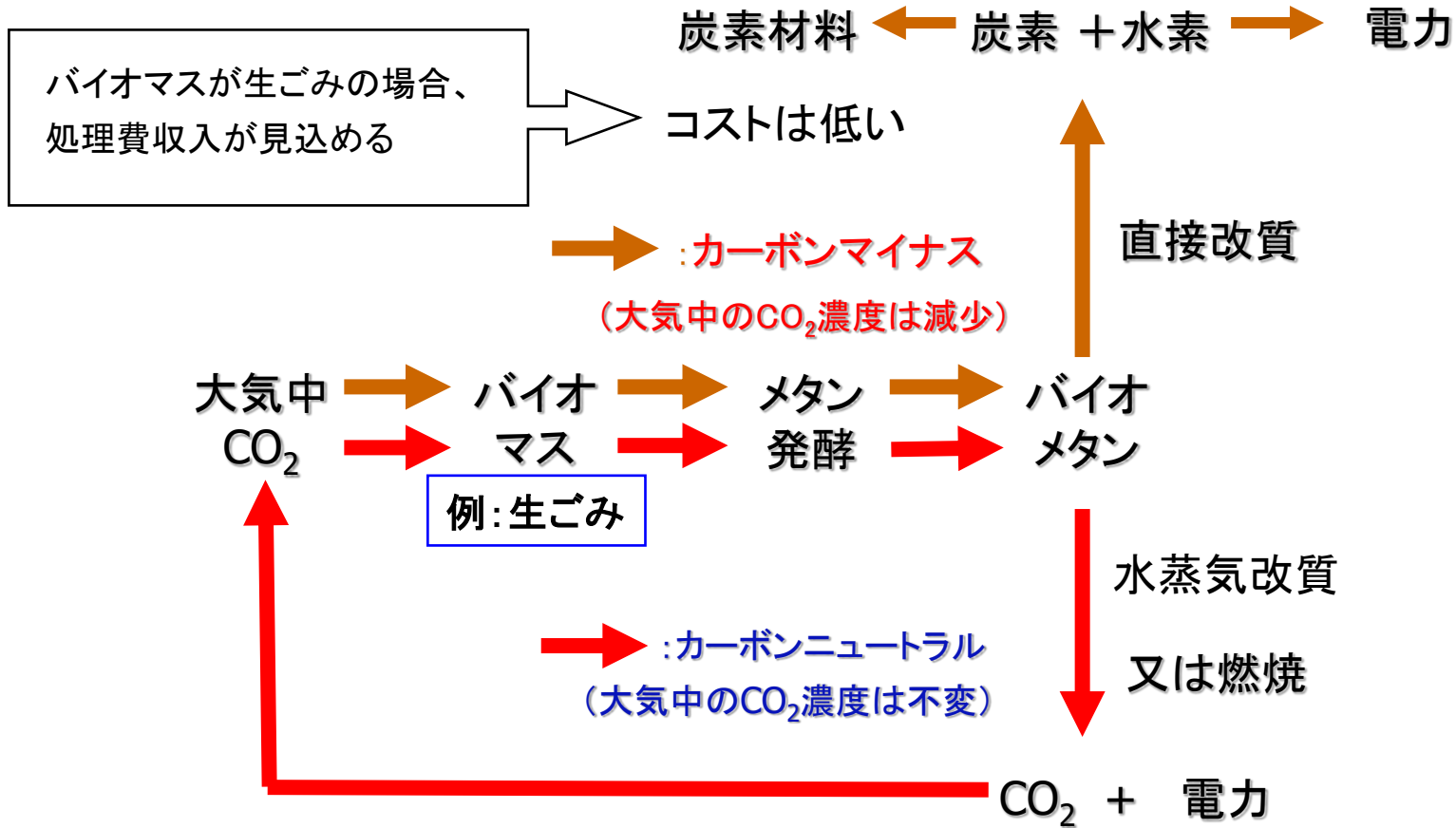
メタン直接水素化の良さ： バイオガスの新利用が拓ける

現在

これから

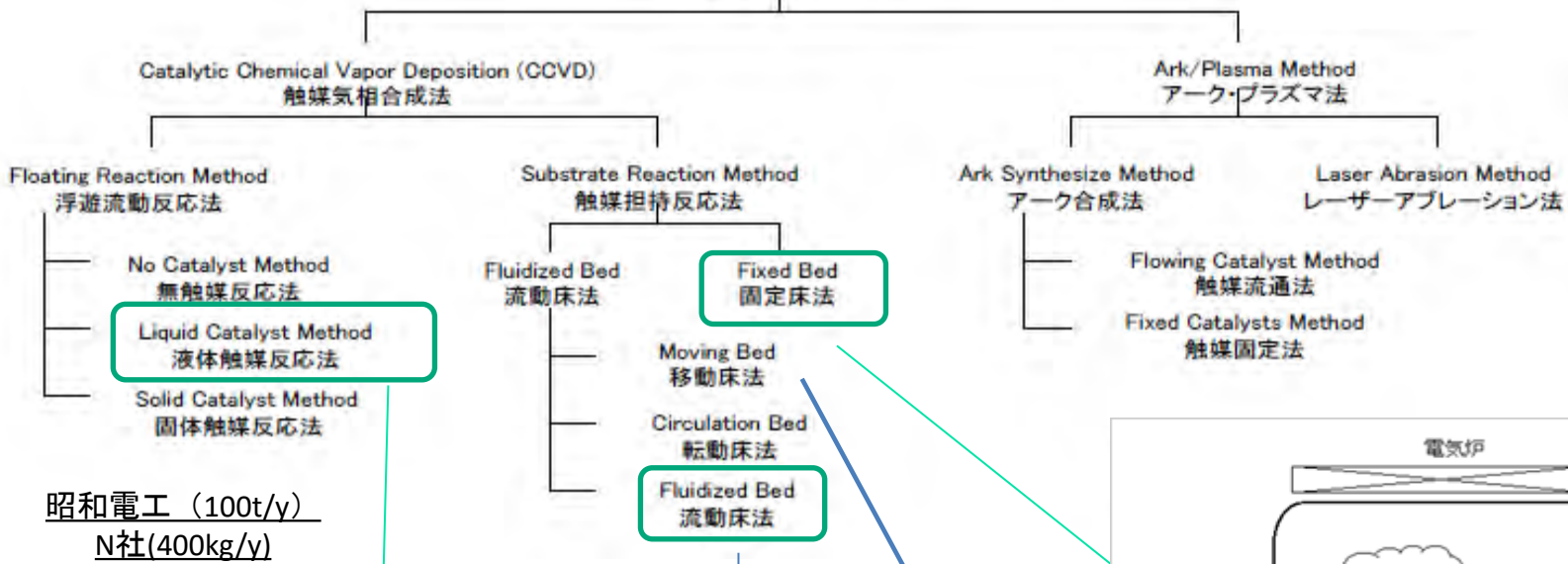


カーボンマイナスシステム

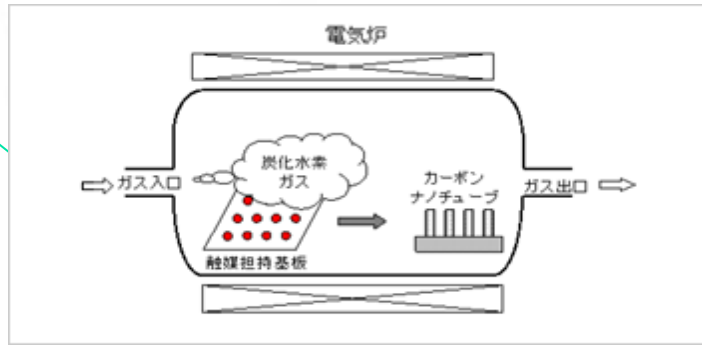


メタン直接水素化法CNT合成の位置づけ

CNT合成法

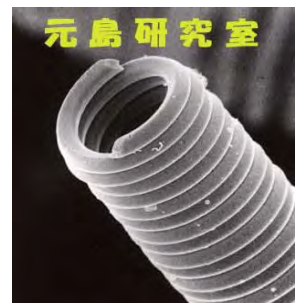


昭和電工 (100t/y)
N社(400kg/y)



北見工業大学
 $CH_4 \rightarrow CNT + 2H_2$
 移動床 (実証装置)
 ⇒ 流動層も検討 (特許出願済み)

岐阜大学元島研究室



メタン直接水素化法によるCNT合成の先導性

	既存のCNT製造技術	メタン直接水素化技術
原料ガス	<ul style="list-style-type: none"> ・オレフィン, 芳香族が多い ・希釈 	メタン (エタン, プロパン, オレフィン, 芳香族なども使用できる) <ul style="list-style-type: none"> ・ 無希釈
生成物 (触媒担体: 粉末, 基板)	CNT	CNT + 水素 (コプロダクション)
コスト	1万円/kg	<0.5万円/kg (目標)
生成物 (触媒担体: 粒状, 炭素繊維, 炭素布, セラミックフォーム, セメント)	—	新規なCNT複合材料 (CNT/触媒担体) の製造が容易
バイオメタンの炭素固定	—	カーボンマイナスに有効

メタン直接水素化法CNTと他社CNTとの比較

	メタン直接改質法	昭和電工	保土ヶ谷化学	バイエル	シーナノ
	DMR-CNT	VGCF	MWNT-7	C150P	FloTube 9000
直径/nm	20-100	150	40-90	13-16	11
長さ/ μm	1-10	10-20	4-10	1-10	10
純度/%	>96	99.9	>99.5	>95	>95
導電性	良	良	良	良	良
CO ₂ 排出	少良	多量	多量	多量	多量
水素併産	可	不可	不可	不可	不可
価格/kg	<1万円	数万円	数万円	数万円	1.1万円

注 DMR: メタン直接改質(Direct Methane Reforming)

CNTの用途

- リチウムイオン二次電池負極炭素材
- 炭素系電磁波吸収体
- 面状発熱体
- 電子線放射材
- 吸着剤
- 水処理剤
- ⋮

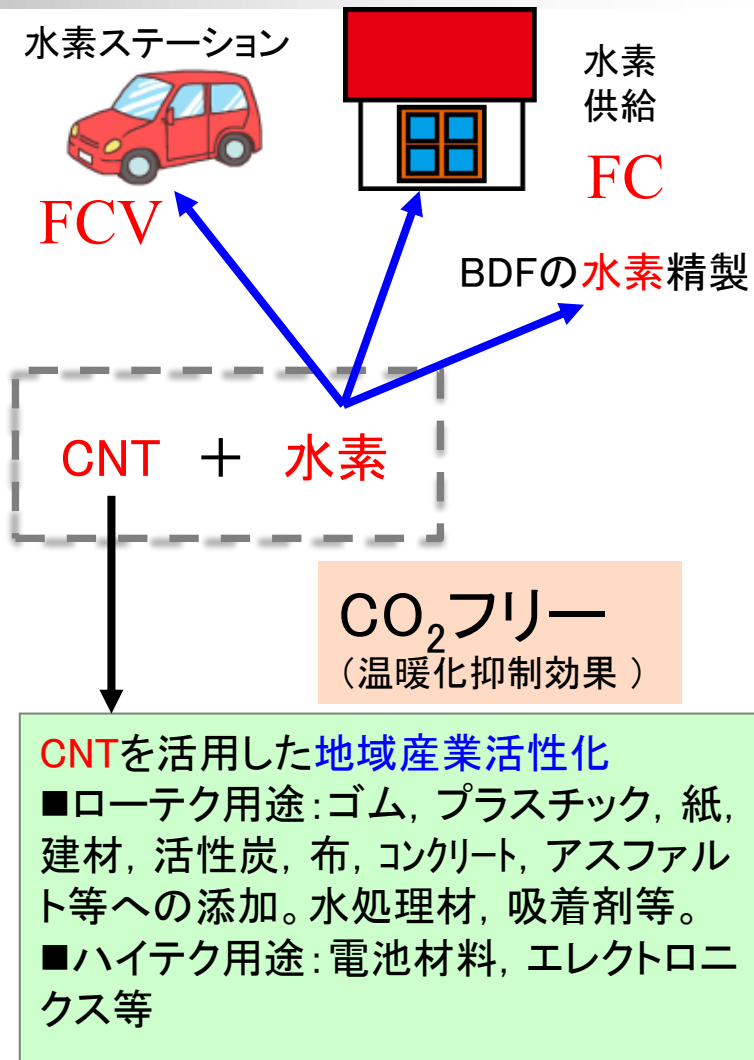
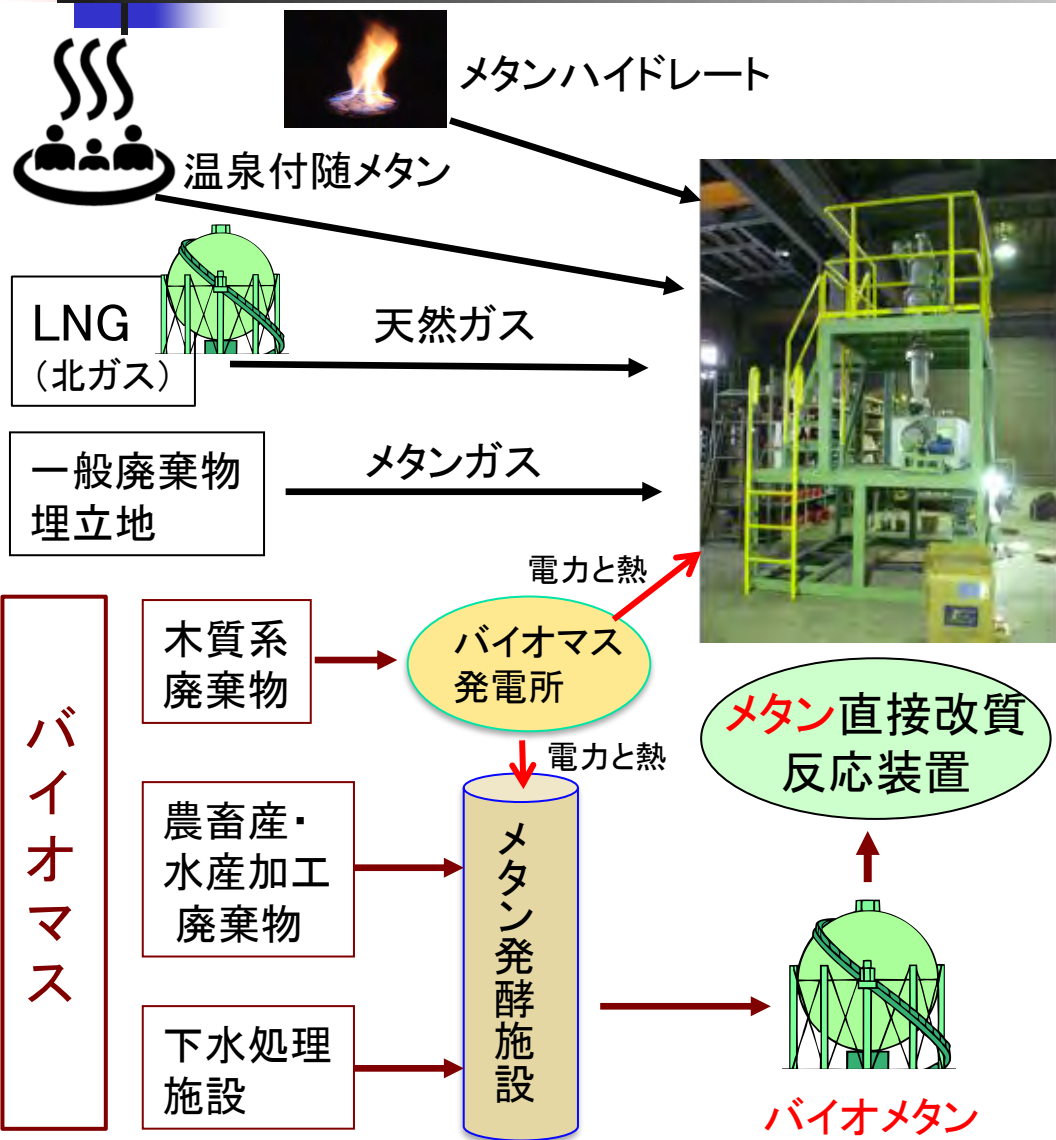
生成炭素の特性・機能の測定項目

構造：XRD、ラマン分光, ...

形状：ナノスコープ、SEM、TEM, ...

特性：電気特性、吸着特性、燃焼性、反応性、 ...

北見発「メタン直接水素化反応」と「多様な地域メタン」を利用した水素社会づくり



第 61 回試錐研究会講演資料集

令和 5 年（2023 年）3 月 3 日 発行

編集 試錐研究会

出版 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所
〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 12 丁目

TEL 011-747-3521

FAX 011-747-3254

URL <https://www.hro.or.jp/eeg.html>
