

平成25年度 発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業
(地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業)

実証試験 現況報告

2014年 2月25日

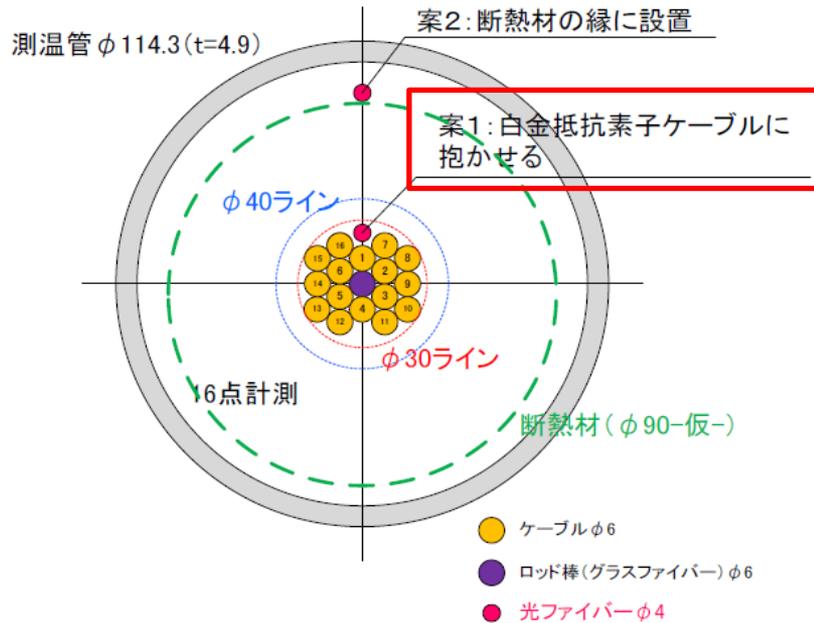
鹿島建設株式会社

実証試験①

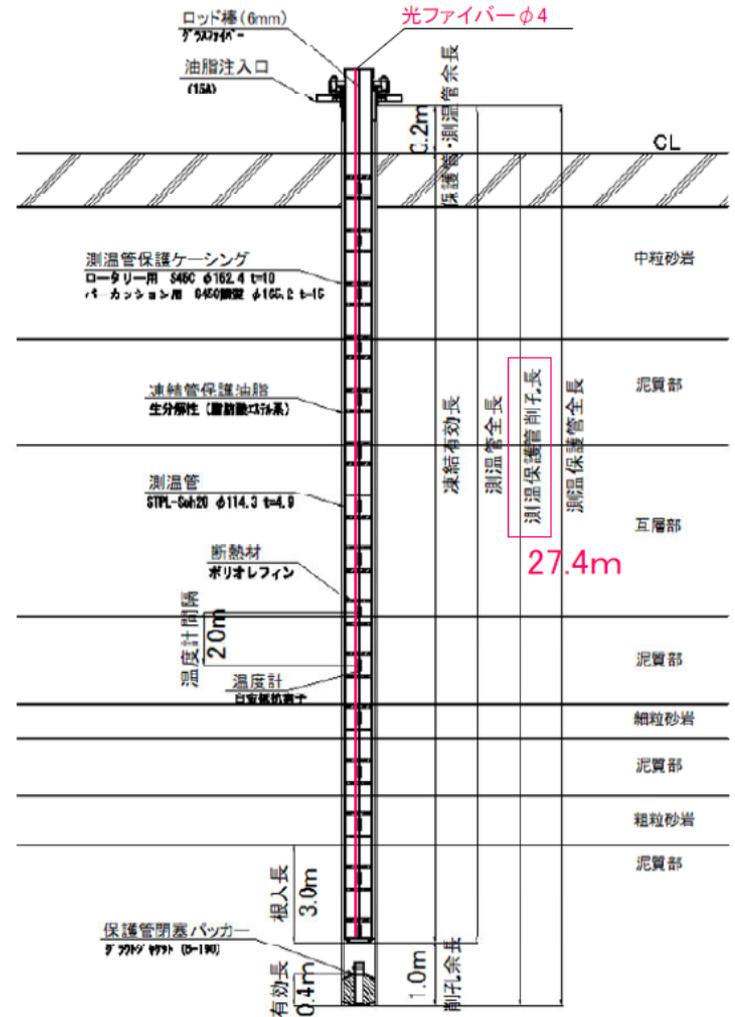
小規模遮水壁実証試験

光ファイバー方式測温システムの試適用（案）

- 凍土遮水壁本体の地中測温システムは長期の運用を想定しているため、従来の電気式温度計に加え、**長期耐久性**に優れた光ファイバー方式も検討の余地がある。
- このため、小規模遮水壁実証試験の一部の測温管(2本)において、従来型温度計と併用する形で、光ファイバー方式の適用実証を行う。



測温管断面図

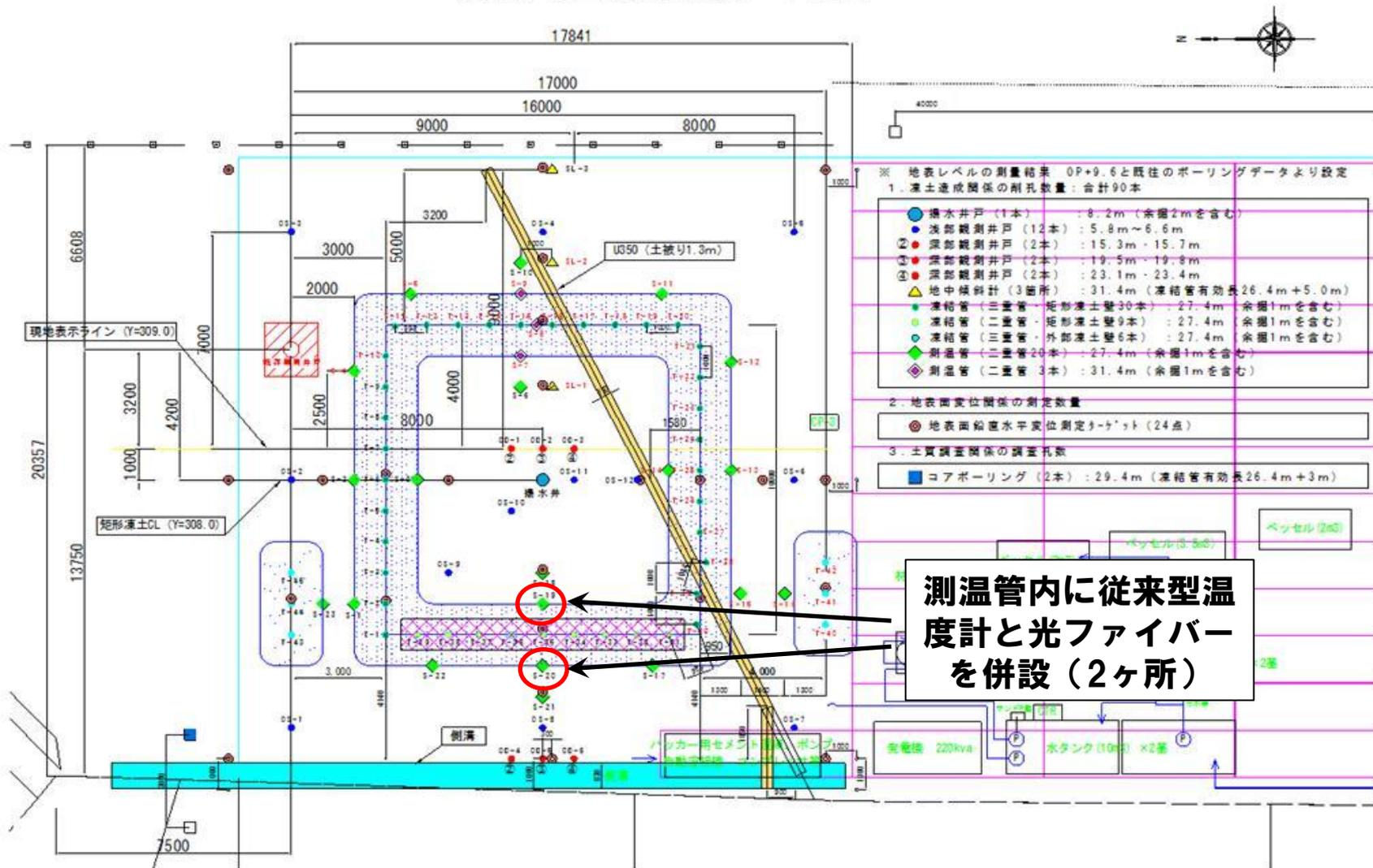


光ファイバー設置断面図 (小規模遮水壁)

実証試験①：小規模遮水壁実証試験

光ファイバー方式測温システム試適用位置

凍土遮水壁実証試験 平面図

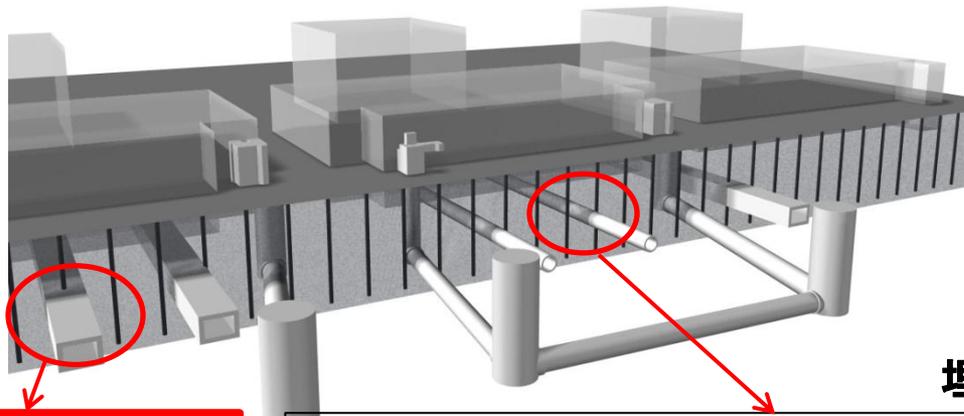


実証試験②

埋設物の存在を前提とした遮水壁 施工技術に関する実証試験

実証試験②：埋設物の存在を前提とした遮水壁施工技術に関する実証試験

目的：埋設物存在箇所の施工技術の成立性検証（モックアップ）



埋設物幅が4m程度以上

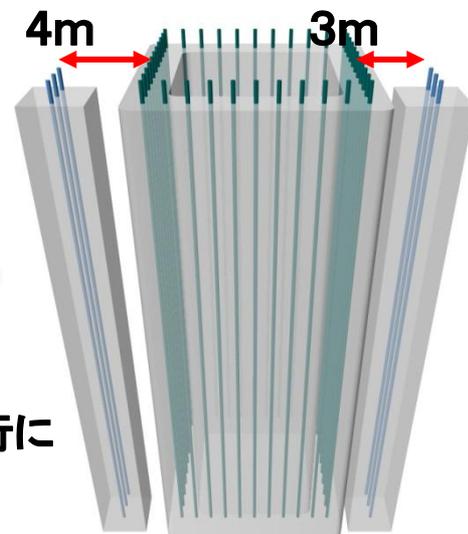
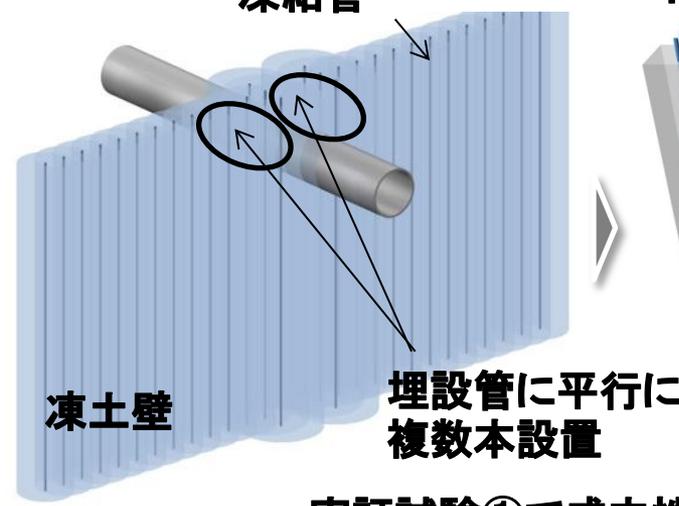
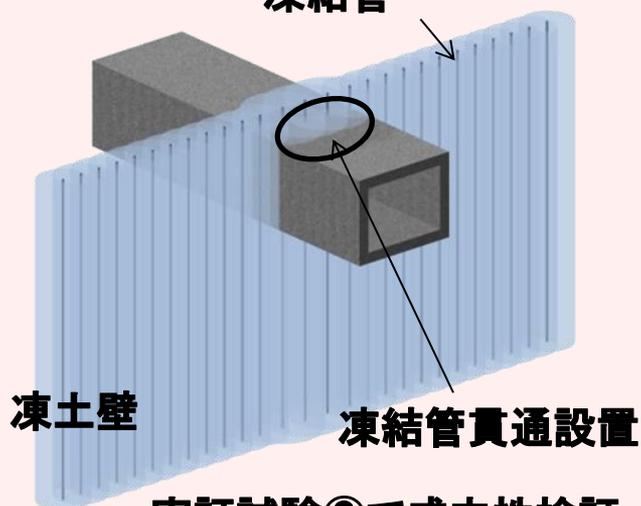
埋設物幅が4m程度未満

凍結管埋設物貫通設置

凍結管埋設物挟込複数本設置

凍結管

凍結管



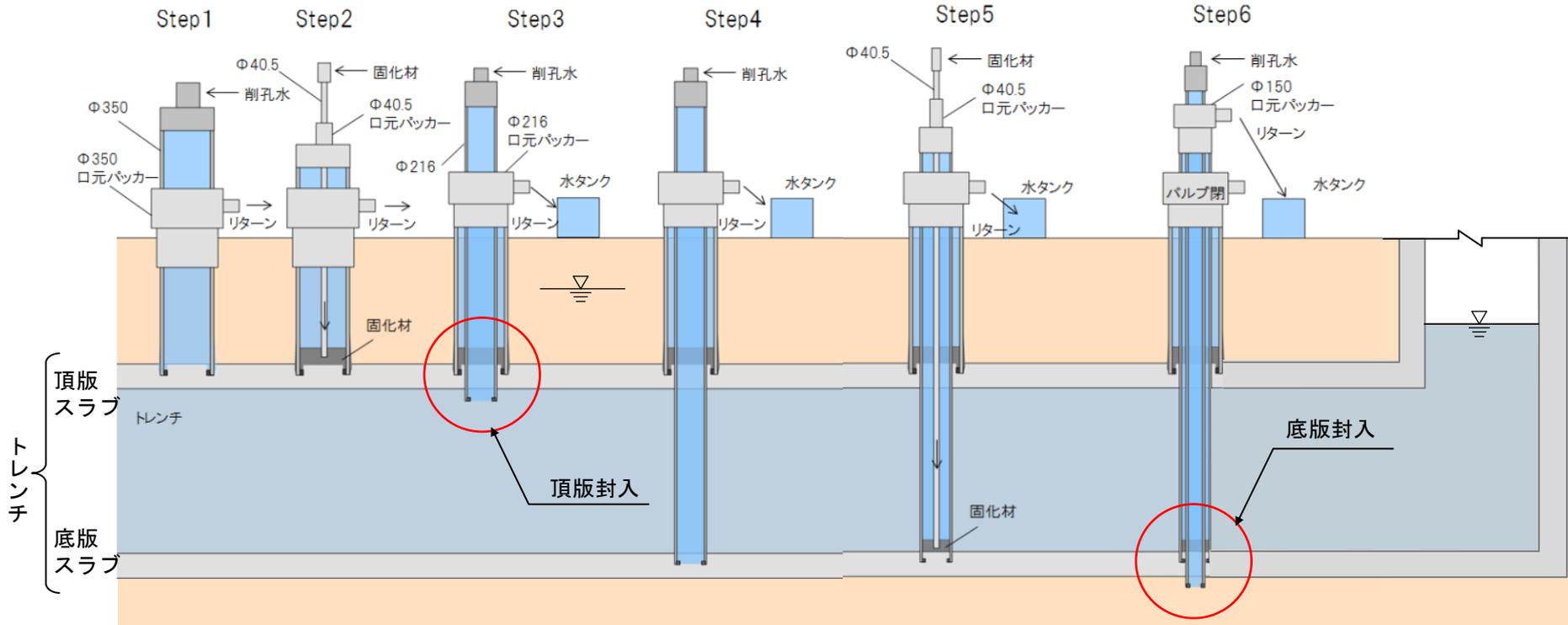
実証試験②で成立性検証

実証試験①で成立性検証

【トレンチ横断箇所の凍結イメージ】

実証試験②：埋設物の存在を前提とした遮水壁施工技術に関する実証試験

埋設物貫通削孔方法(マルチステップボーリング)の施工手順

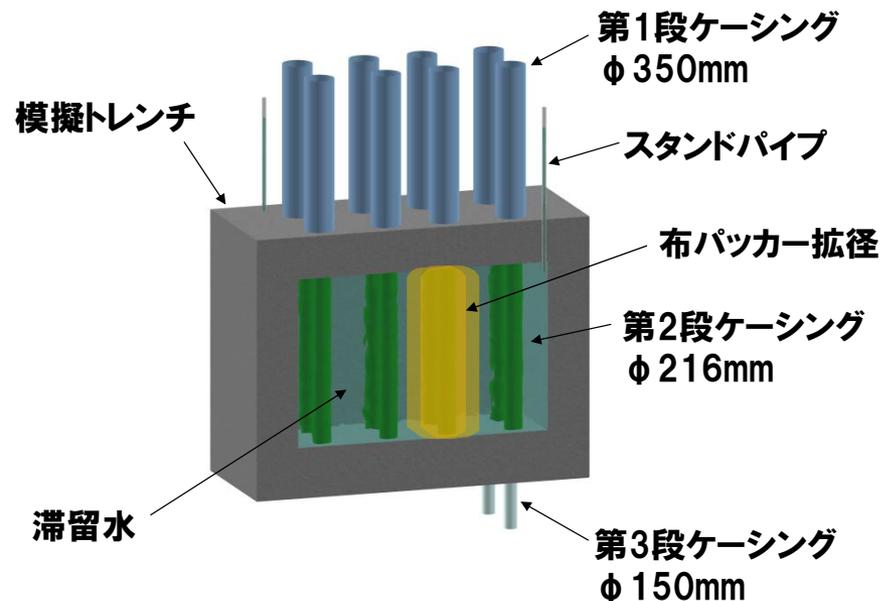
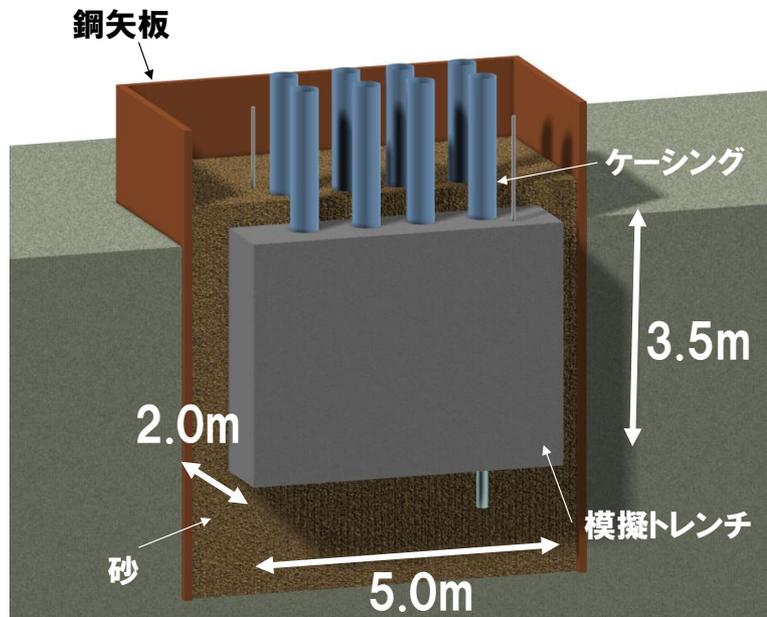


実証(確認)項目

- 埋設物(RC構造)の削孔・貫通施工が可能で、トレンチ内へのケーシング(凍結管)建込みとパッカー充填膨張が確実に施工できることを確認する。
- 貫通スラブへのケーシング封入性能を確認し、ダクト周囲地盤の地下水とダクト内滞留水との遮断能力を確認する。

実証試験②：埋設物の存在を前提とした遮水壁施工技術に関する実証試験

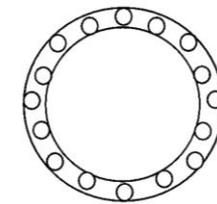
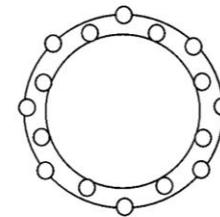
モックアップ試験概要（ケミカルグラウト機材センターで実施）



項目	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
頂版・底盤コンクリート切込長	8cm		18cm	
シール材配合 (W/C)	60%		100%	
ビット形状 (第1段・第2段ケーシング共通)	内ビット	外ビット	内ビット	外ビット
底版貫通削孔	なし			あり
パッカー施工	なし		あり	なし
試験数量	2本	2本	2本	2本

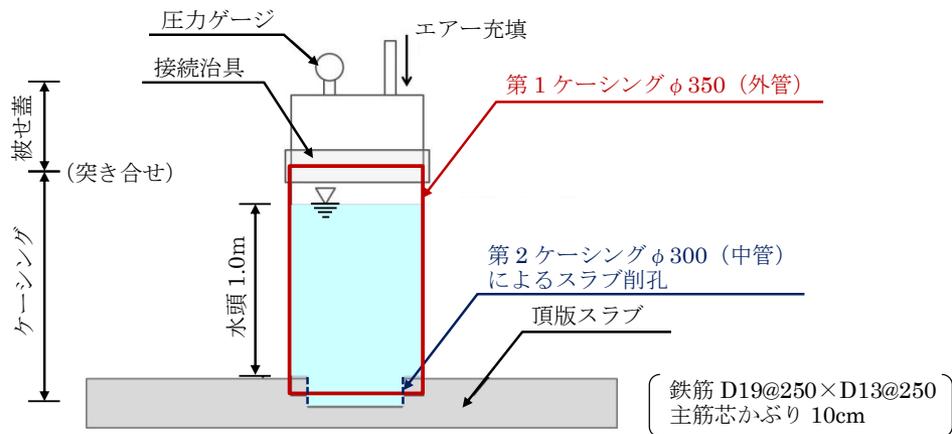
外ビット

内ビット



実証試験②：埋設物の存在を前提とした遮水壁施工技術に関する実証試験

頂版スラブ封入性能確認試験



試験全景



削孔状況 (中管)



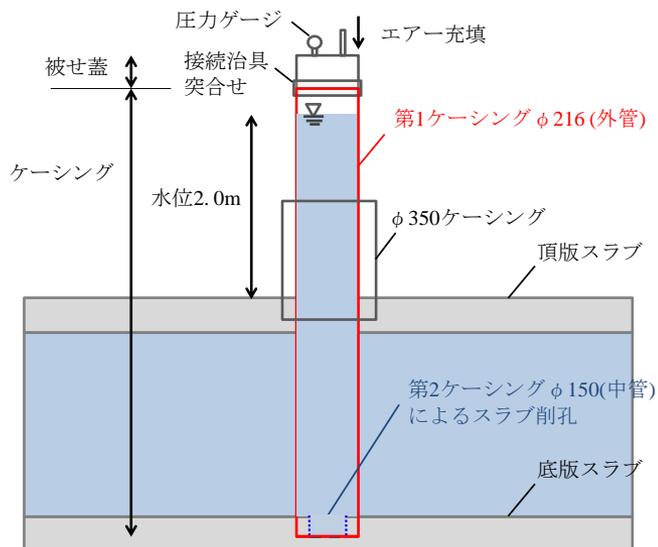
封入試験状況



封入圧力確認状況

実証試験②：埋設物の存在を前提とした遮水壁施工技術に関する実証試験

底版スラブ封入性能確認試験



削孔状況



パッカー建込み状況

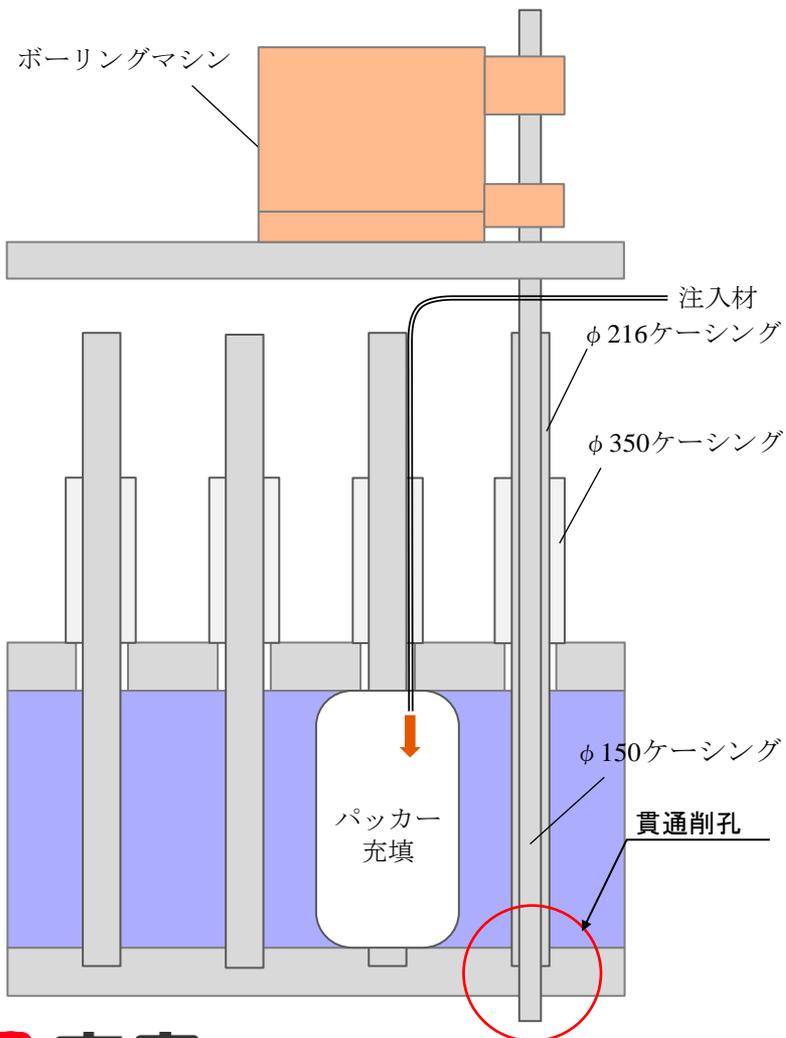


封入試験状況



封入圧力確認状況

底版スラブ貫通削孔・パッカー充填試験



底版貫通状況



注入設備



トレンチ側面解体状況



パッカー充填状況



パッカー充填状況

スラブ封入性能確認試験結果概要

	Case	設定圧力 (kPa)						
		10	20	30	40	50	60	
頂版スラブ	1	a	×					
		b	○	○	○	○	○	○
	2	a	○	○	○	○	○	○
		b	○	○	○	○	○	○
	3	a	○	○	○	○	○	○
		b	○	○	○	○	○	○
	4	a	○	○	○	○	○	×
		b	○	○	○	○	○	○
底版スラブ	4	a	○	○	○	○	○	○
		b	○	○	○	○	○	○

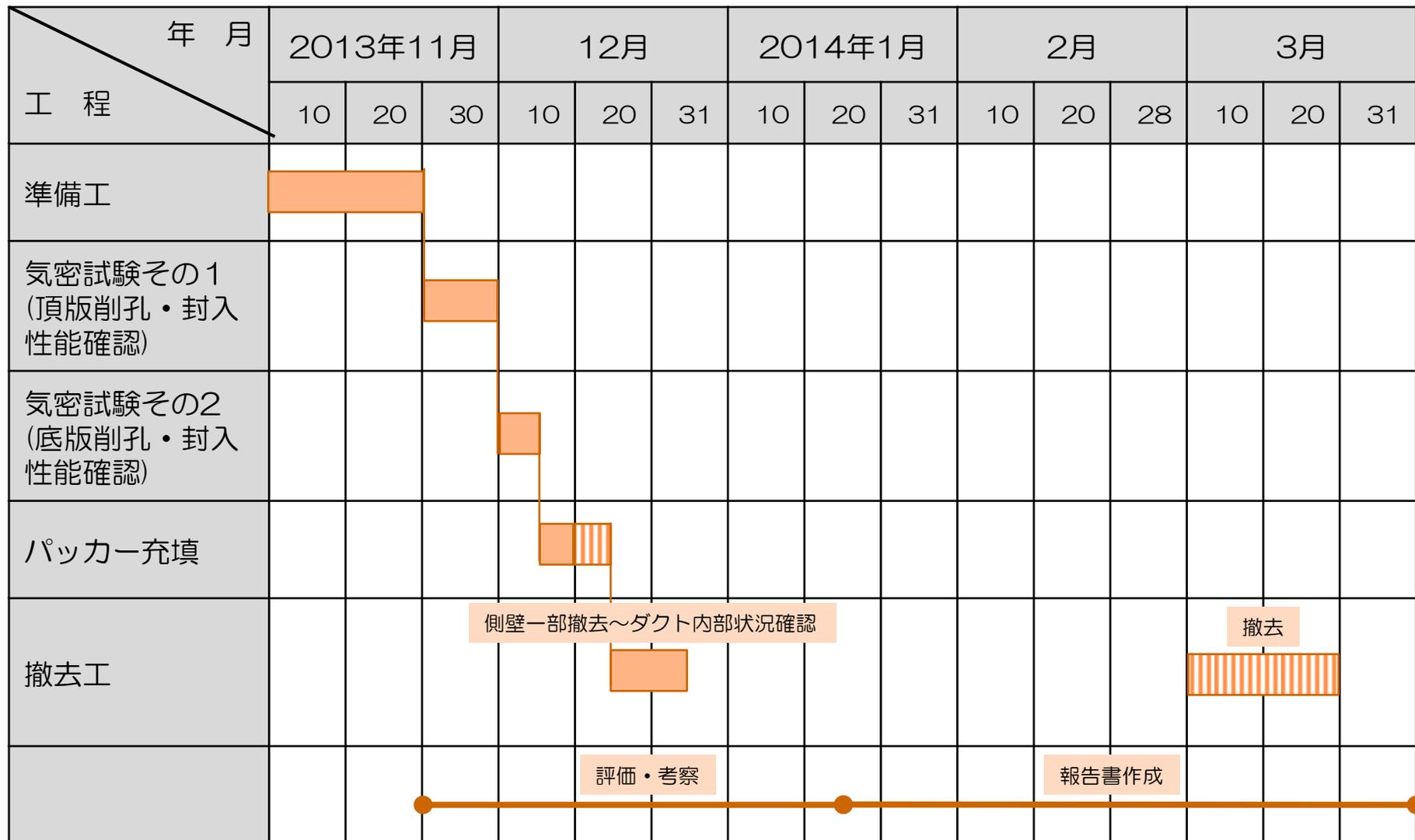
■ 模擬トレンチスラブに対する削孔・貫通の施工確認を実施し、トレンチ内へのケーシング(凍結管)建込みとパッカー充填膨張が確実に施工できることが確認できた。

■ スラブ封入性能確認試験において、切込長・シール材配合の影響は明瞭でなかった。ビット形状は内ビットが有利(Case3と4の比較)
 ⇒ Case3の採用により、現地埋設情報から想定する作用水圧(60kPa)に対する封入性能を満足できると考えられる。

※1 スラブ削孔において、鉄筋接触時にケーシングが揺動。ケーシングの回転数30rpmが結果的に速かったと判断し、以降のケース(Case1b以下)では、15rpmで実施した。

実証試験②：埋設物の存在を前提とした遮水壁施工技術に関する実証試験

実施工程

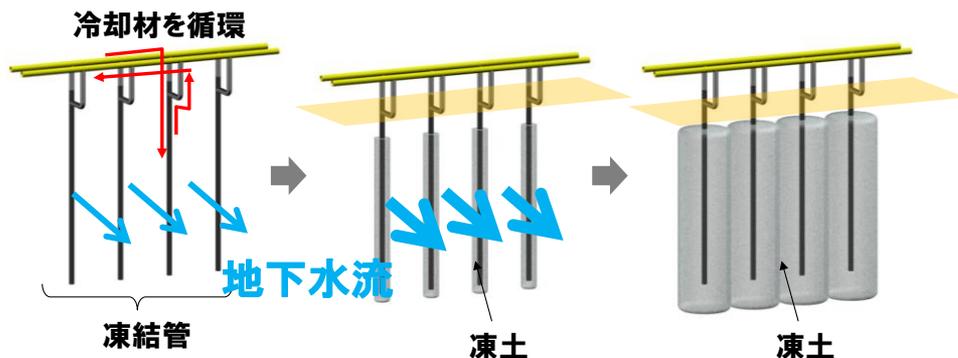


実証試験③

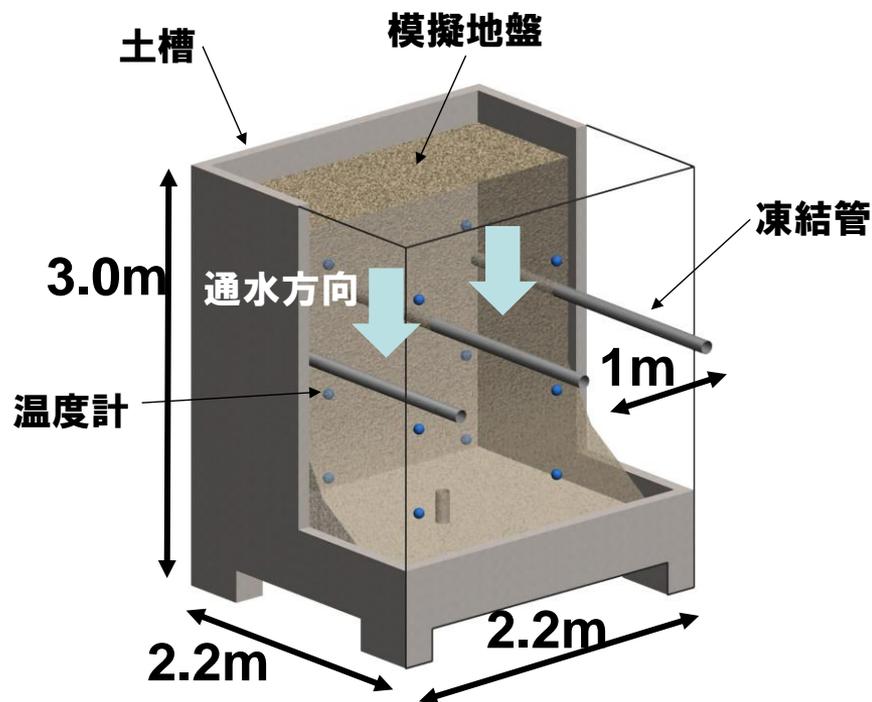
高地下水流速下実証試験

モックアップ試験概要

目的: 高地下水流速下での施工技術の成立性の検証



【モックアップ試験イメージ】



高地下水流速対策

- **ブライン温度の低温化**
- **地盤改良により地下水流速を低減**
- **凍結管複列化、間隔縮小**
- **液体窒素併用**

■ 試験ケース

ブライン温度: -30°C 、 -40°C
流速: 0.1 、 0.7 、 2.0m/日

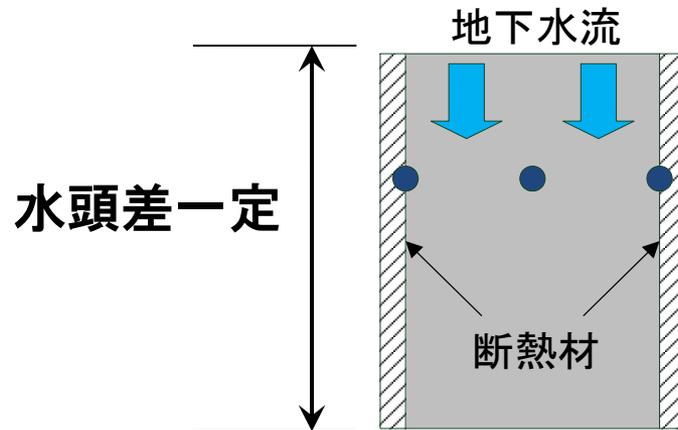
ブライン低温化の効果を定量把握

実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

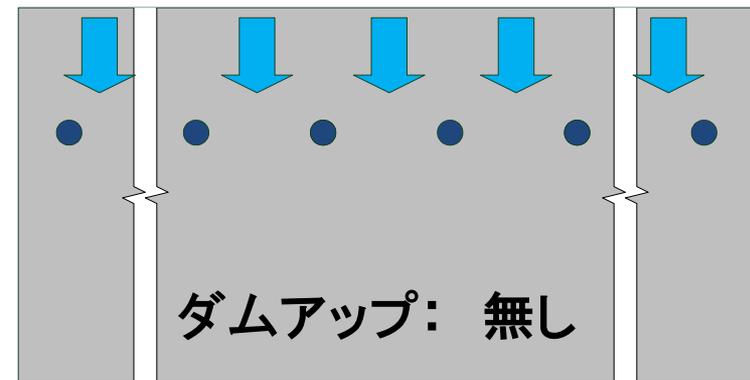
試験条件

ケース	ブライン温度 (°C)	凍結前の初期流速 (m/day)		凍土閉合結果	状況
		当初計画	見直し(第6回タスクフォーカス)		
Case1	-30	0.1	0.1(変更なし)	○	終了(報告済)
Case2		2.0	2.0(変更なし)	×	終了(報告済)
Case2'		—	0.7(追加)	×	終了
Case3	-40	0.1	0.7(変更)	○(見込)	2/24開始予定
Case4		2.0	2.0(変更なし)	×	終了

試験モデルの解釈



無限長の凍結管列

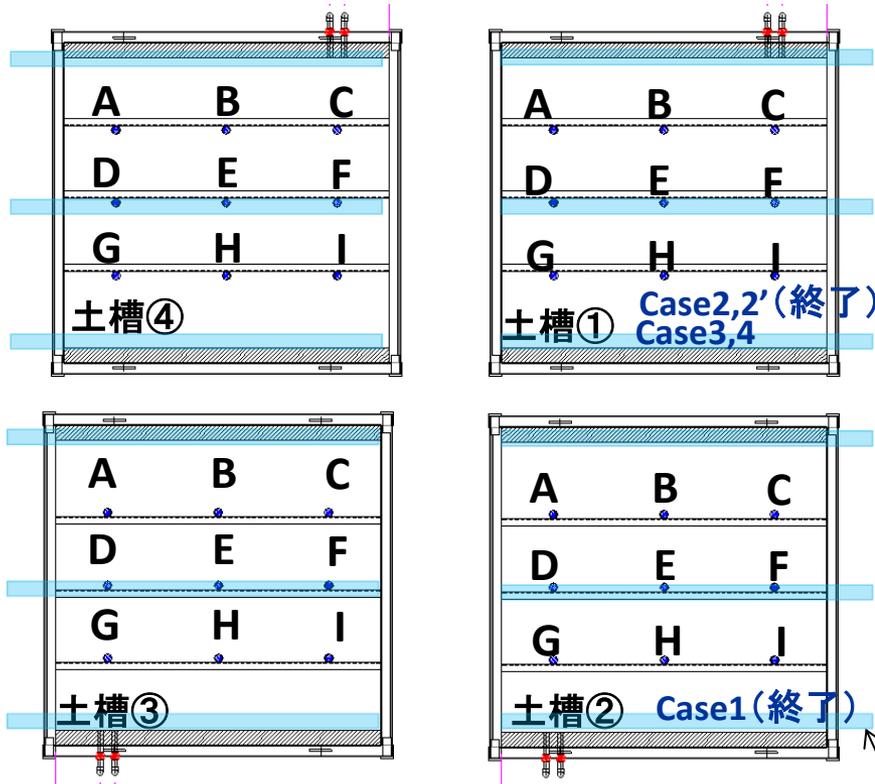


実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)



土槽配置平面図

【ケミカルグラウト(株)機材センター】

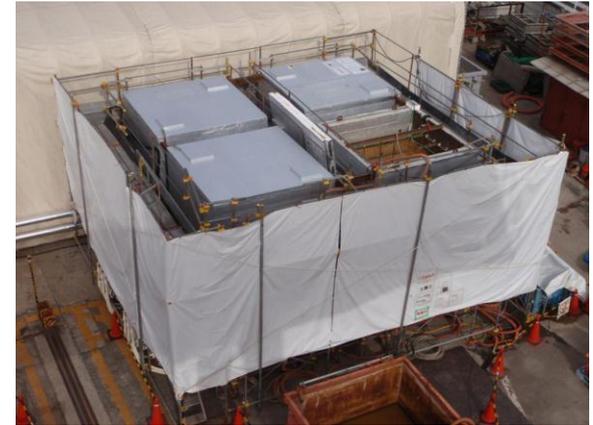


※土槽③④は使用中止

凍結管



(1) 組立状況

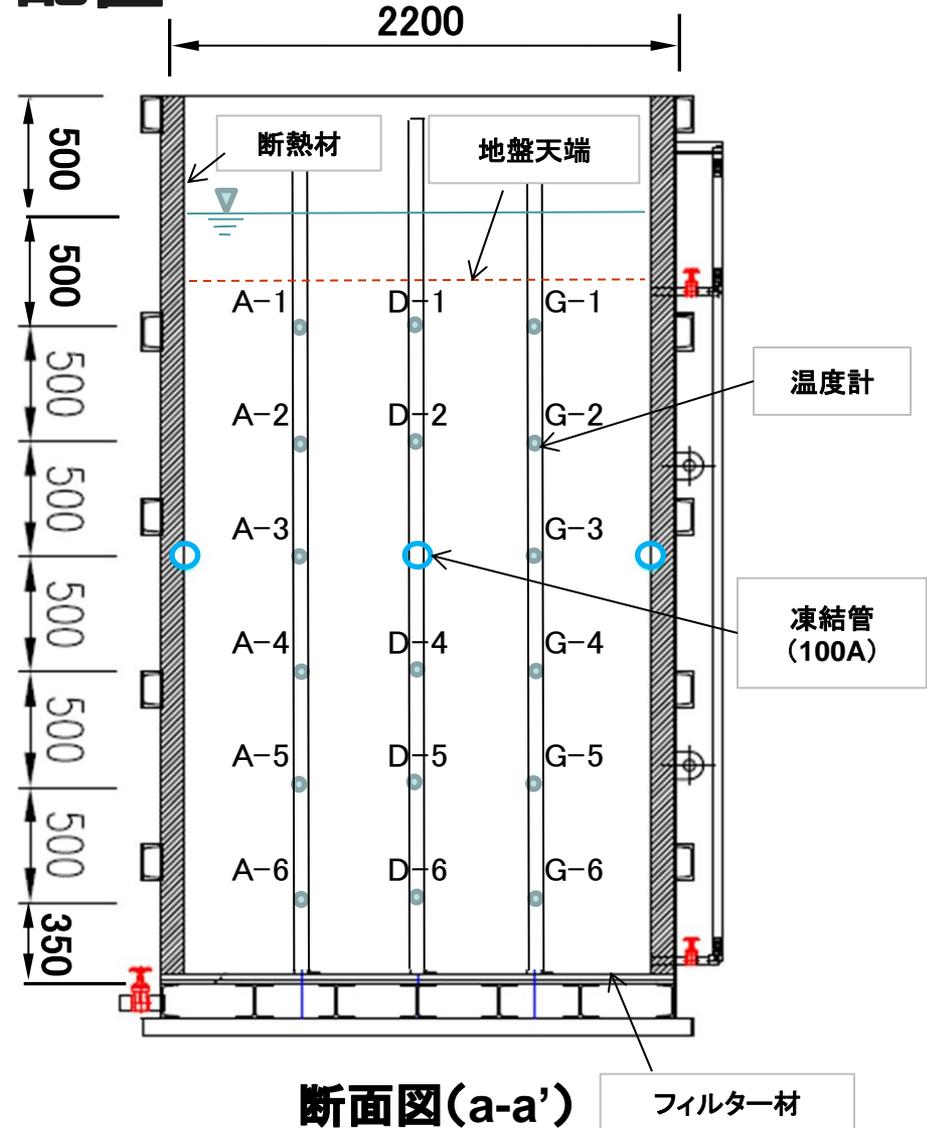
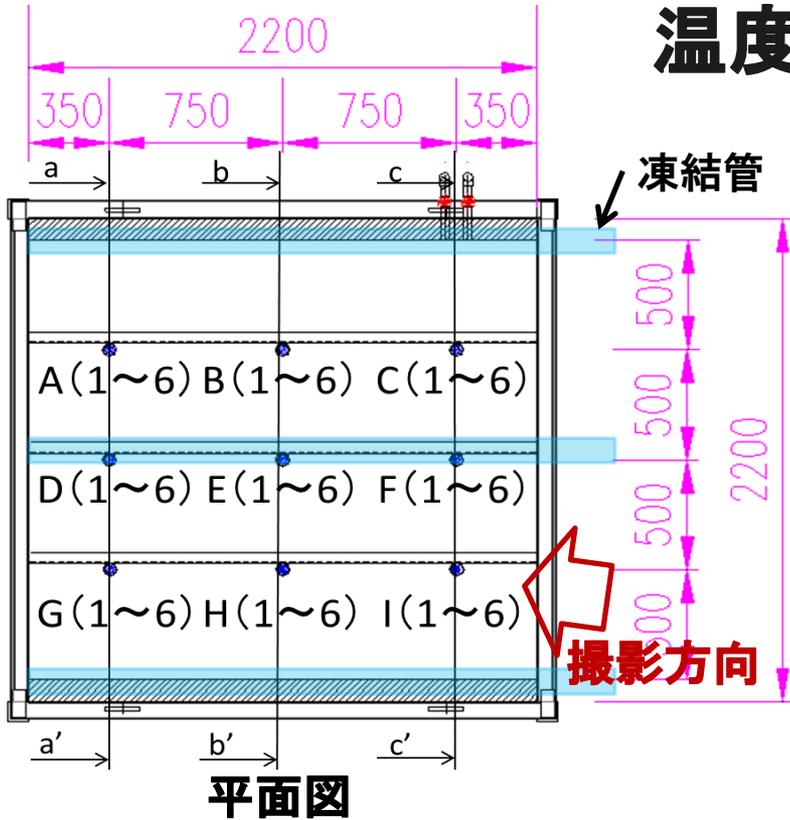


(2) 全景

写真(2)

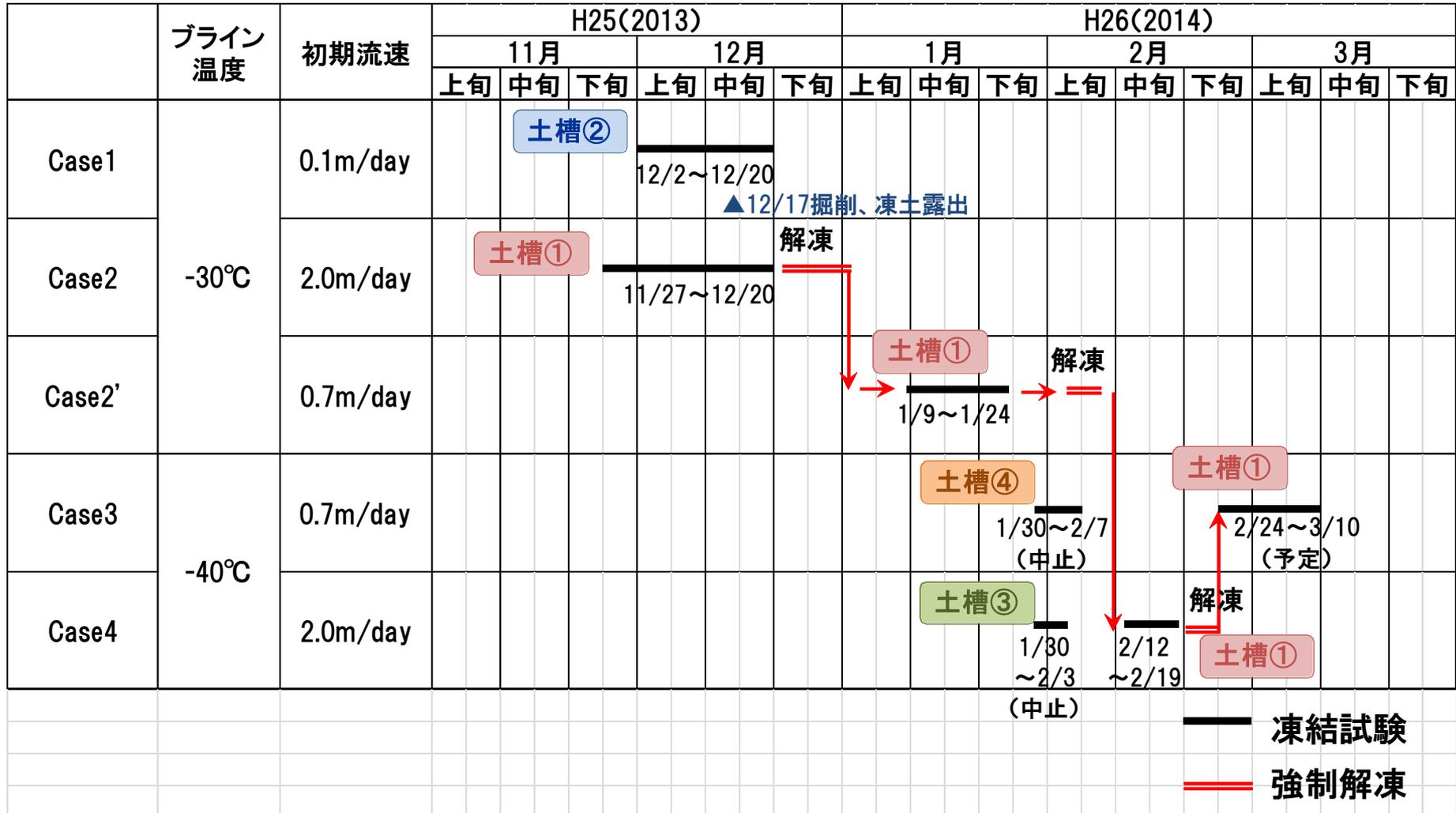
実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

温度計配置



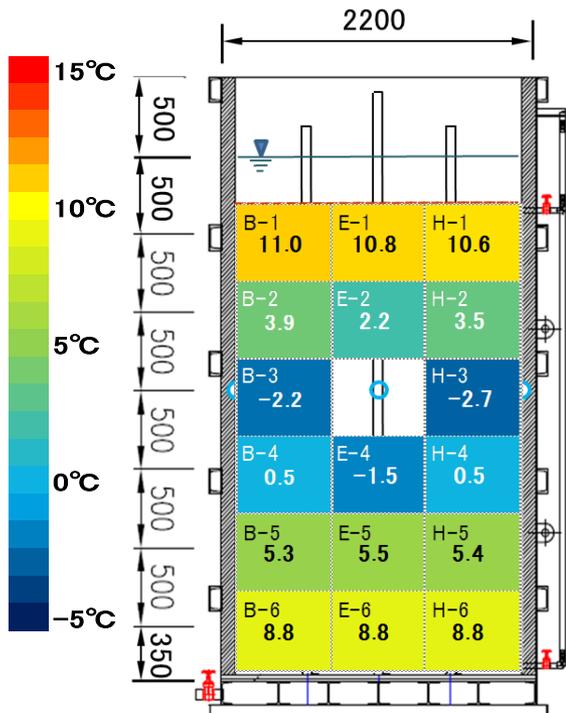
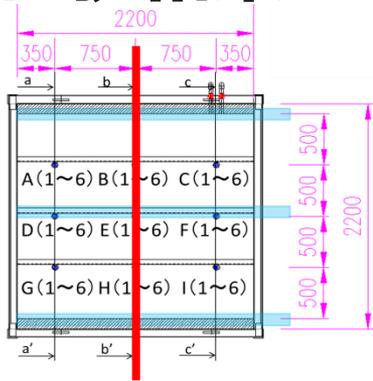
実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

実施スケジュール(実績)



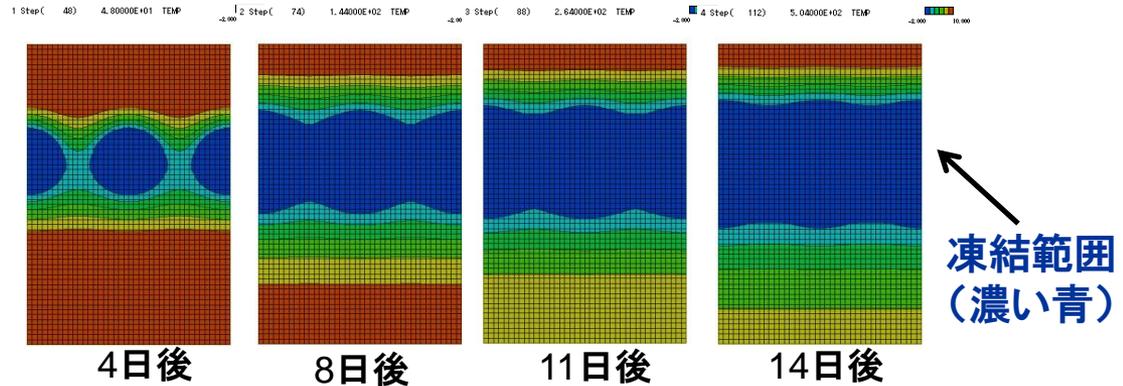
実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case1 -30°C V=0.1m/day



温度分布(b-b' 断面) : 8日後

数値解析結果(0.1m/day)

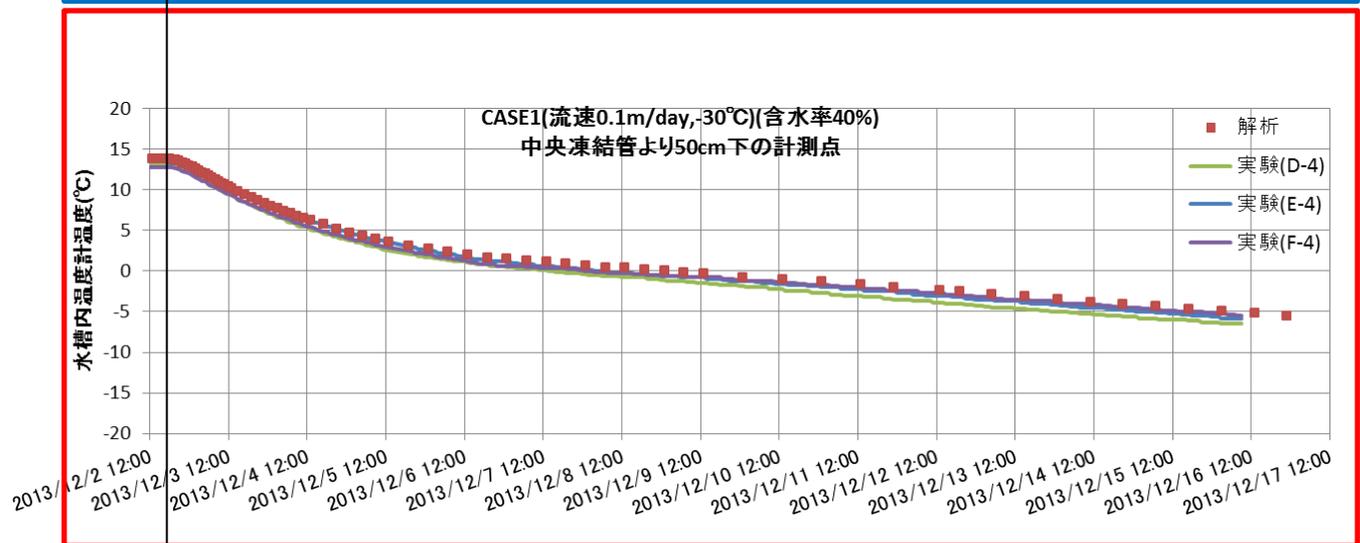
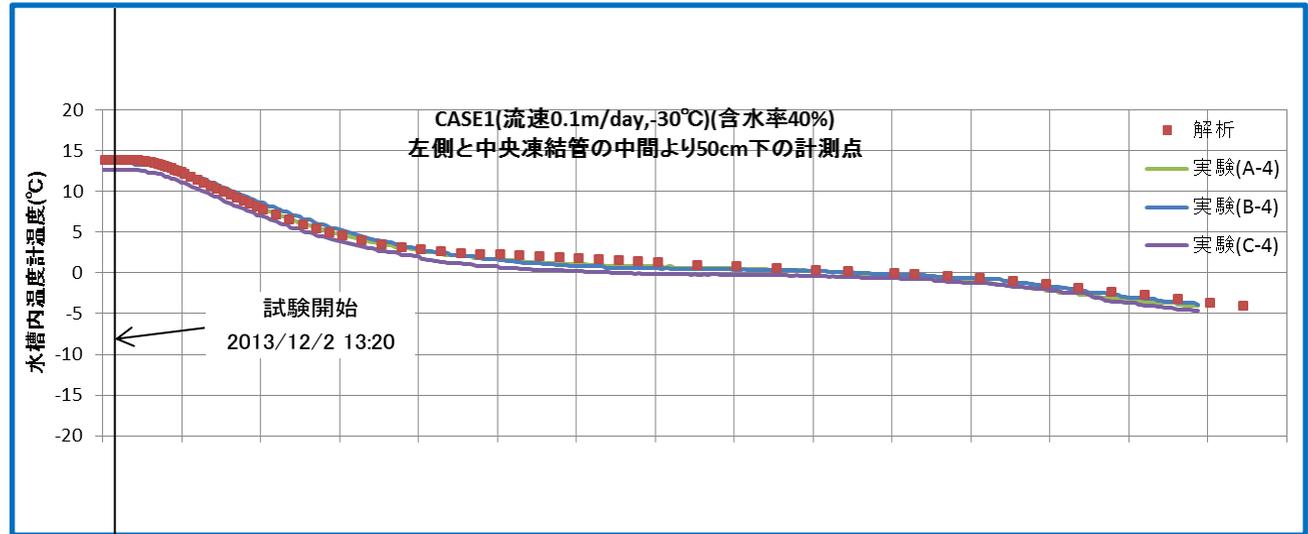
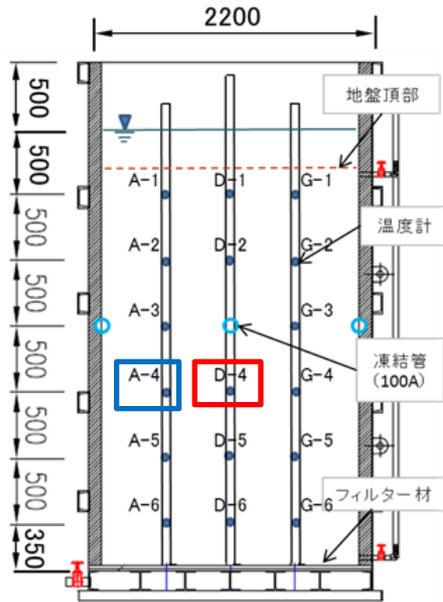
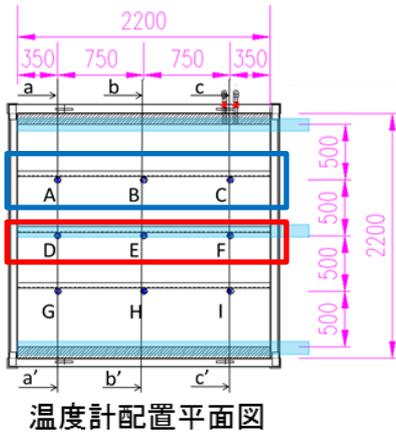


- ・凍土が完全に閉合し、流量ゼロ
- ・解析結果と概ね合致

実証試験③: 高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case1 -30°C $V=0.1\text{m/day}$

【12/16 9時】凍結期間:14日

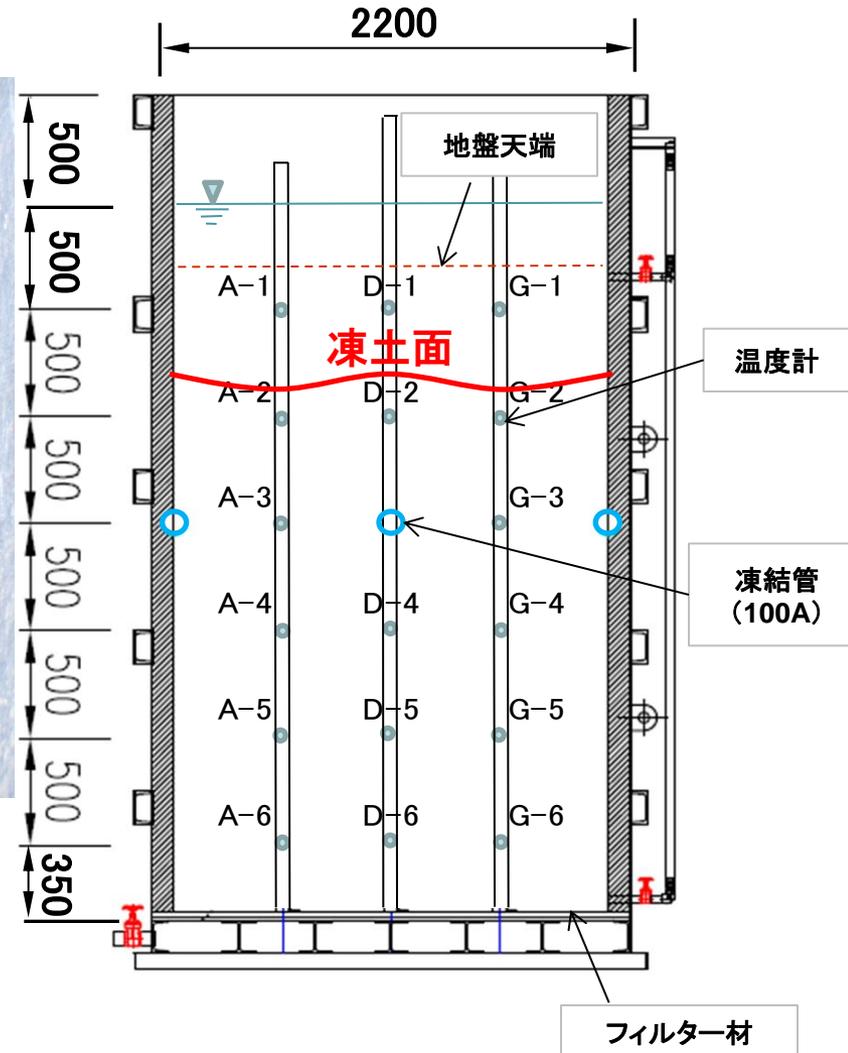


実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case1 -30°C V=0.1m/day

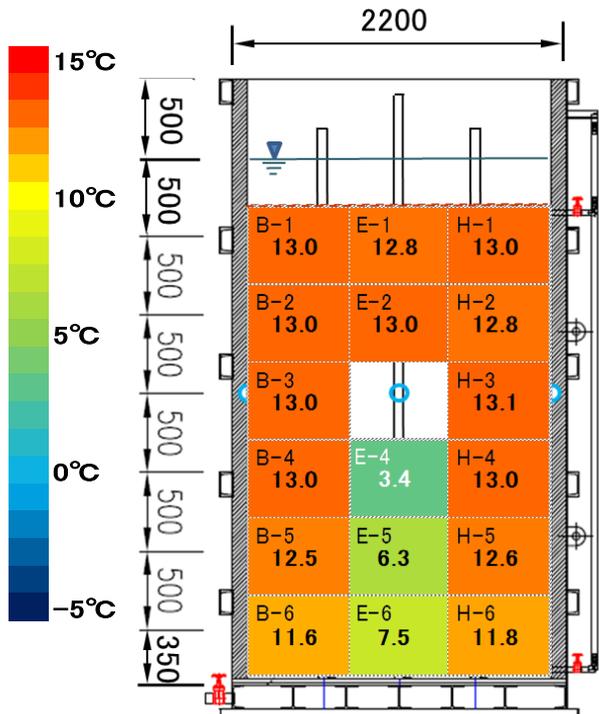
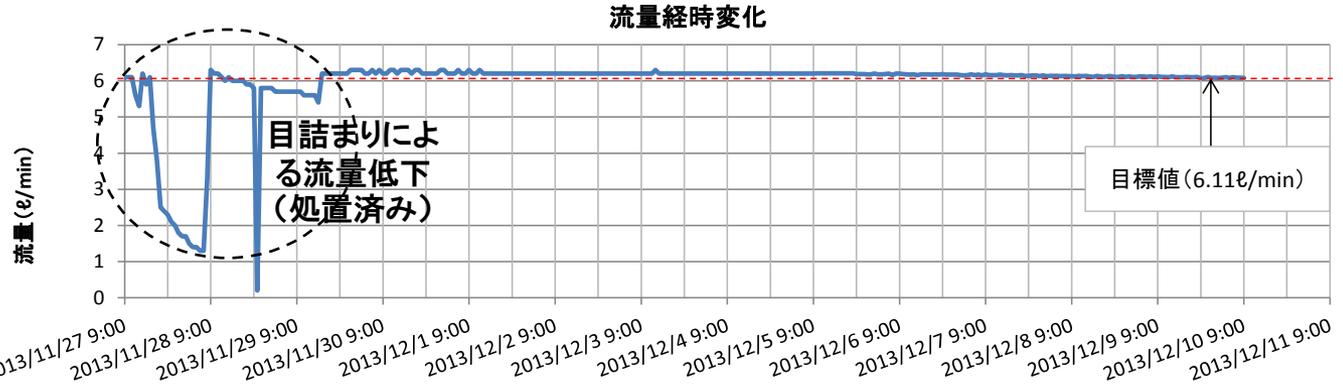
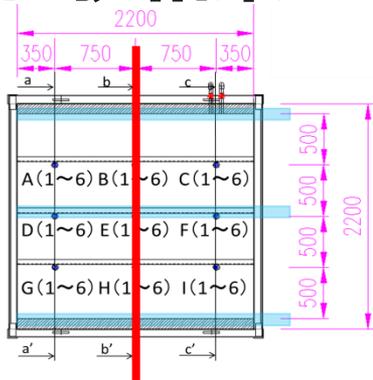


【凍土形成状況】
12/17掘削、凍結期間15日
(12/18撮影)



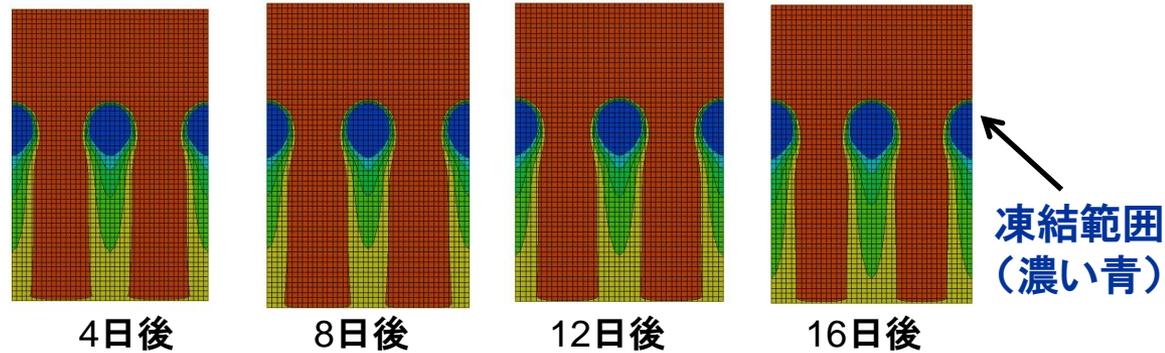
実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case2 -30°C V=2.0m/day



温度分布(b-b'断面)：13日後

数値解析結果(V=2.0m/day)

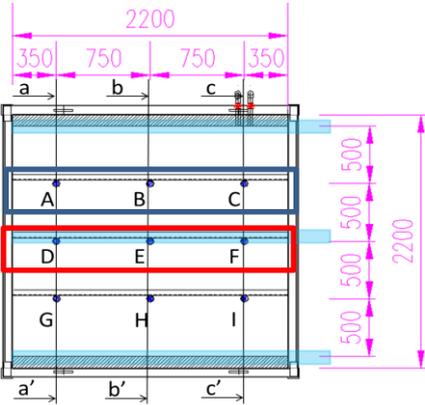


- ・凍土閉合の見込みなし
- ・解析結果と概ね合致

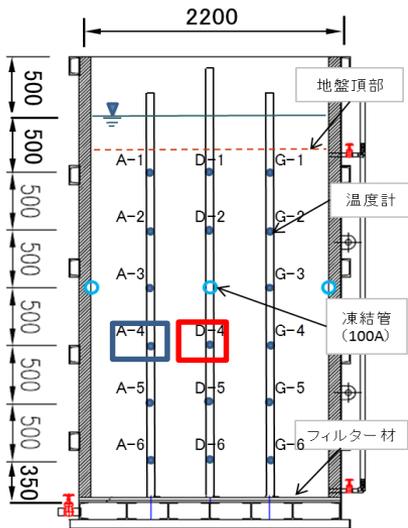
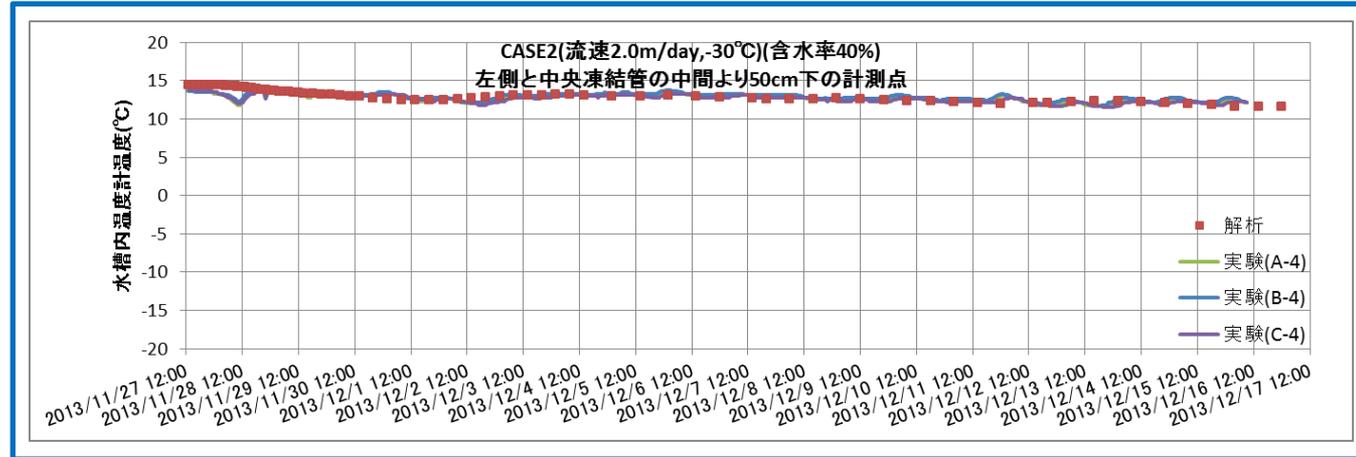
実証試験③: 高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case2 -30°C V=2.0m/day

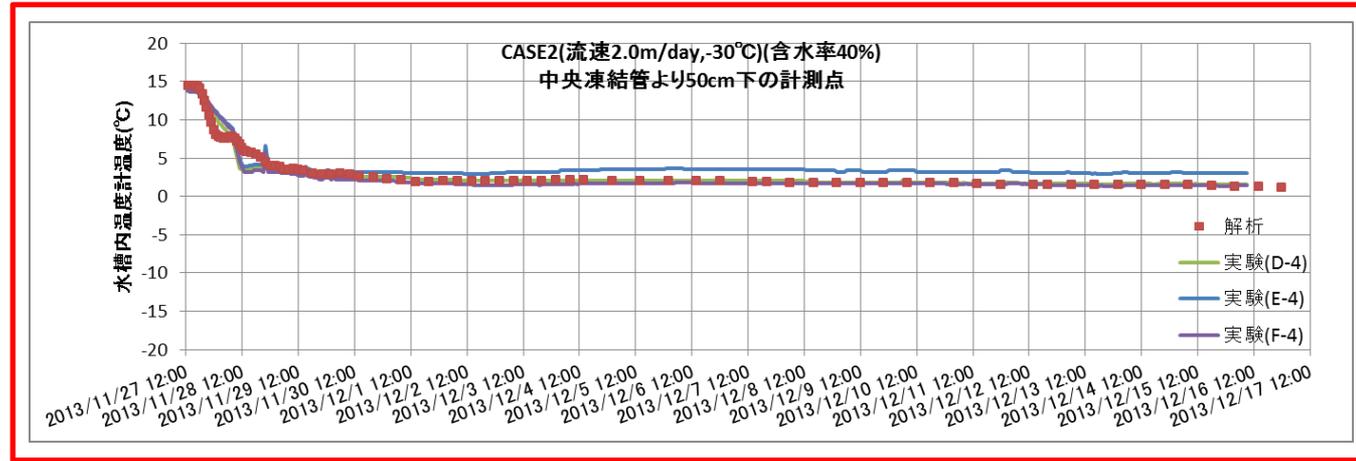
【12/10 9時】
凍結期間: 13日



温度計配置平面図

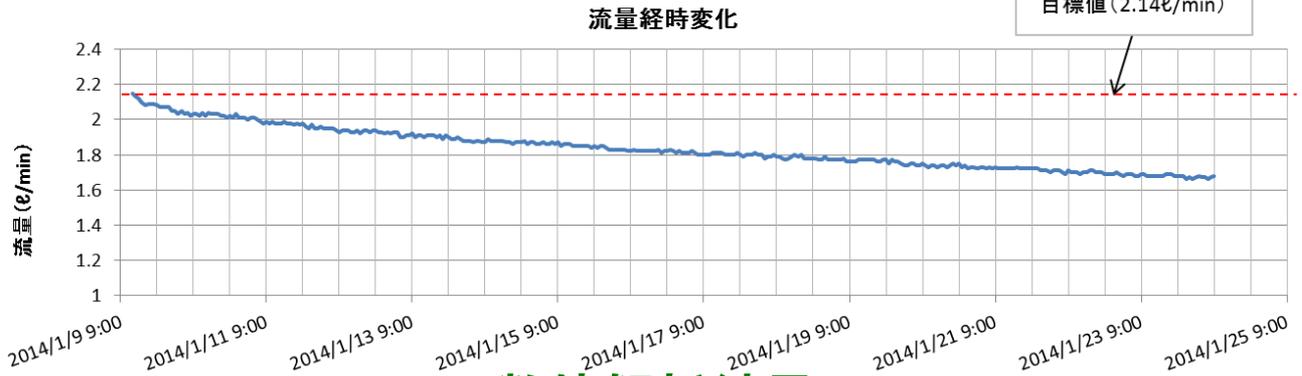
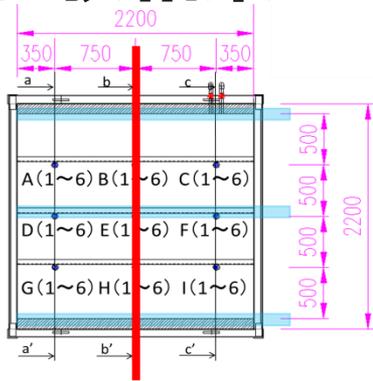


温度計配置断面図(a-a'断面)

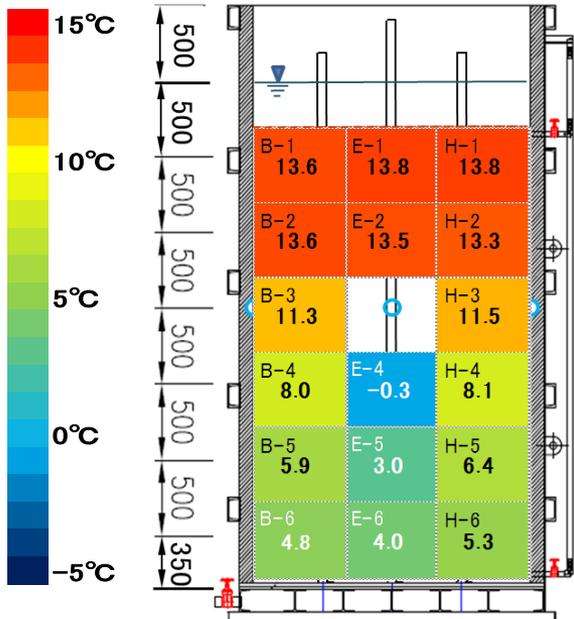


実証試験③: 高地下水流速下実証試験(モックアップ)

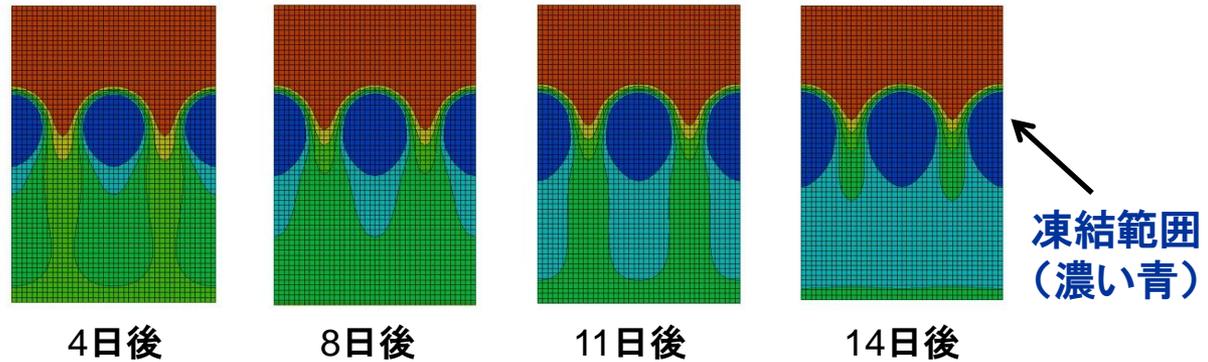
試験結果 Case2' -30°C V=0.7m/day



数値解析結果 (0.7m/day)



温度分布(b-b'断面): 14日後

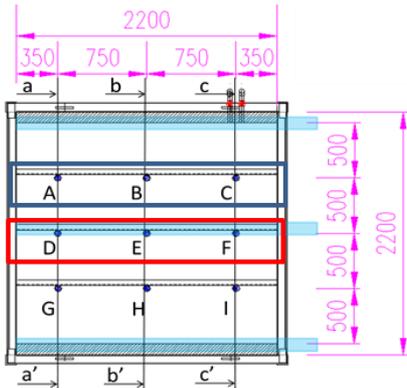


- ・凍土閉合の見込みなし
- ・解析結果と概ね合致

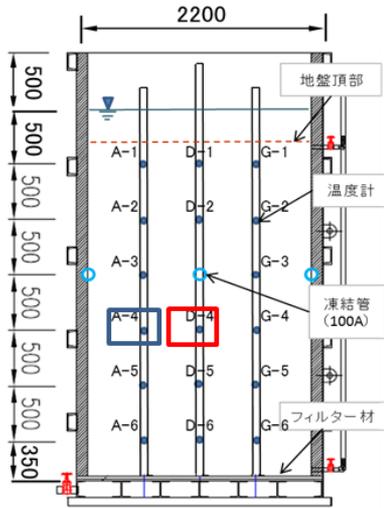
実証試験③: 高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case2' -30°C V=0.7m/day

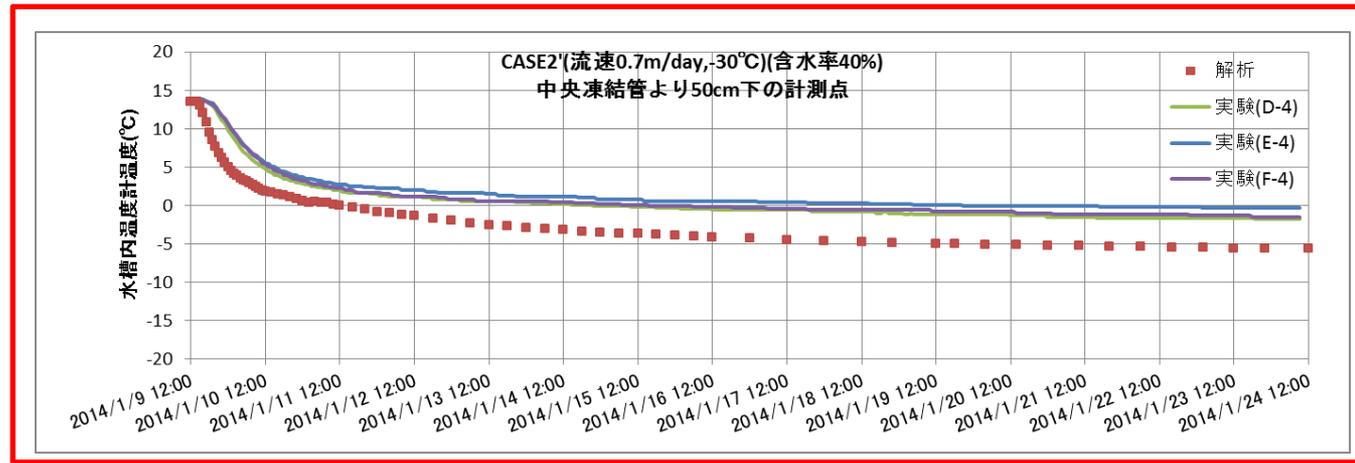
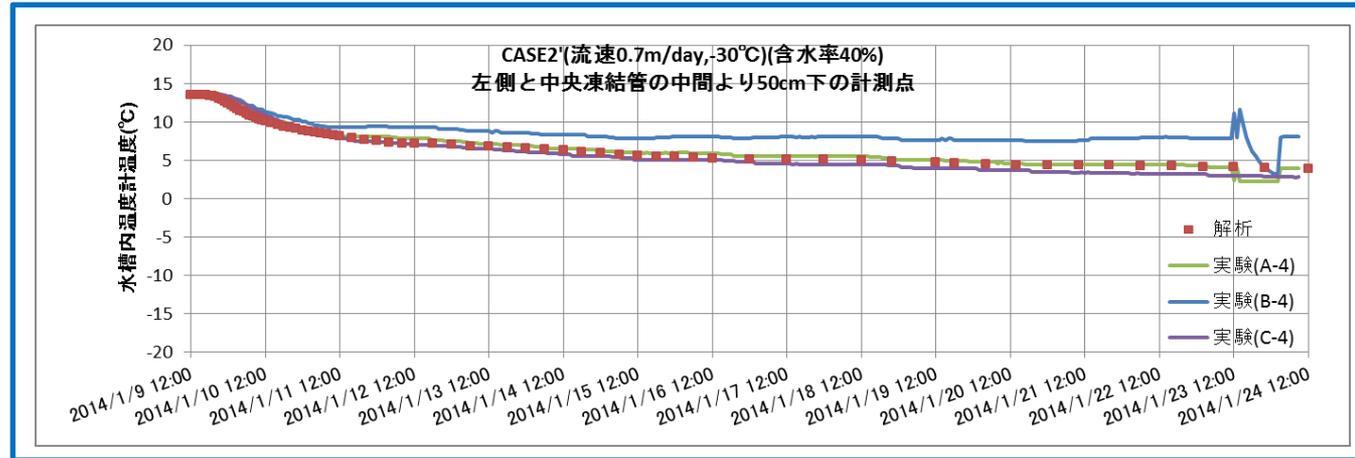
【2014/01/23 13時】
凍結期間: 14日



温度計配置平面図



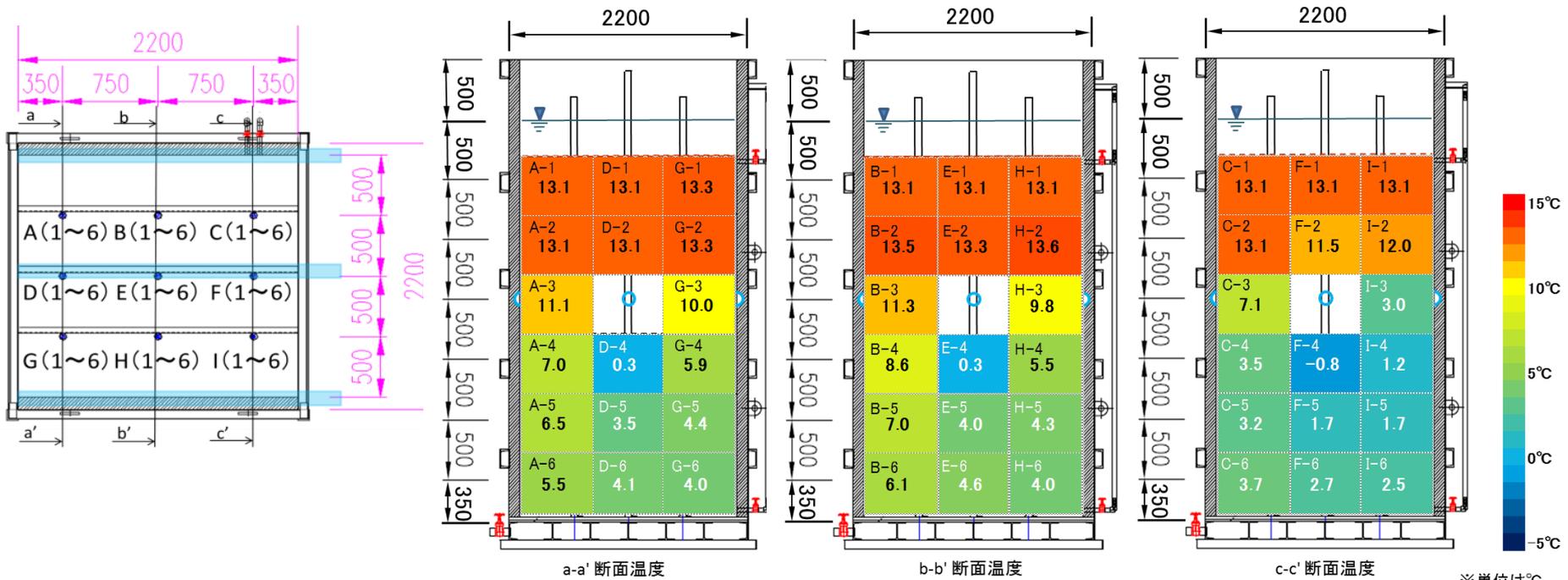
温度計配置断面図(a-a'断面)



実証試験③：高地下水流速下実証試験（モックアップ）

試験経過 Case3 -40°C V=0.7m/day
Case4 -40°C V=2.0m/day

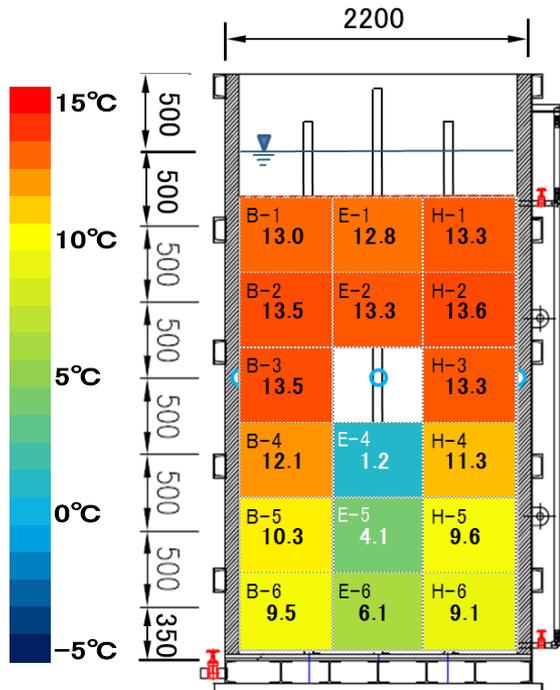
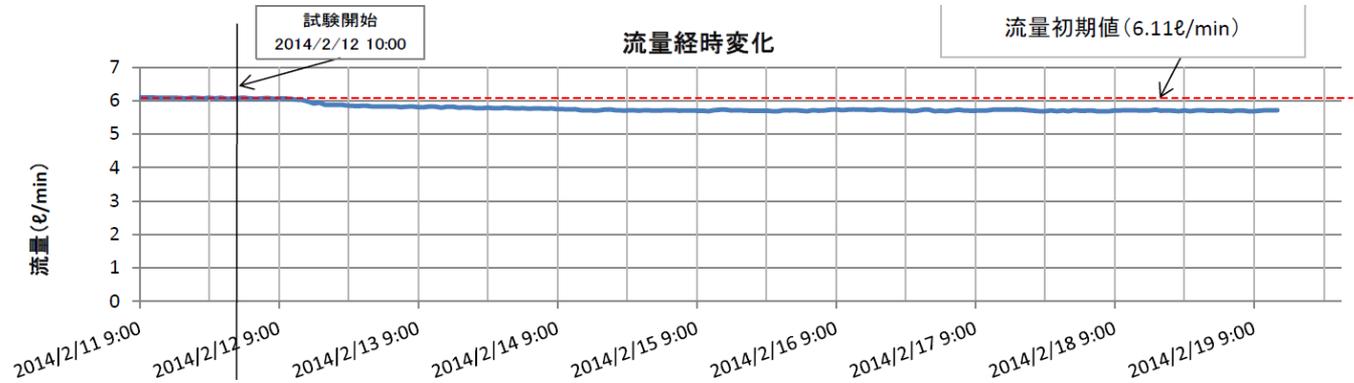
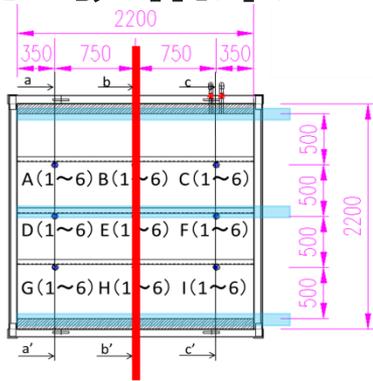
・両ケースとも、温度分布に偏りが発生し、試験を中断
⇒ 健全な土槽①を使用して再試験中（Case4は完了）



Case3 【2/5 1時】凍結期間:6日

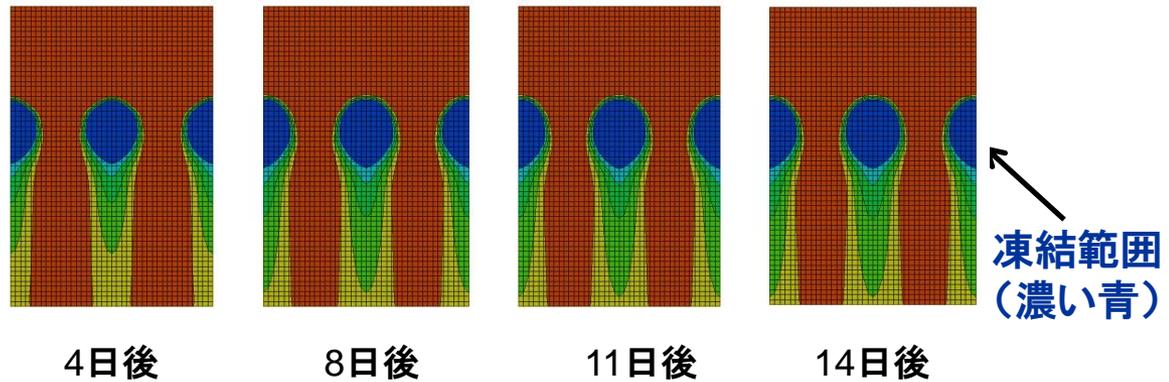
実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case4 -40°C V=2.0m/day



温度分布(b-b'断面)：5日後

数値解析結果(V=2.0m/day)

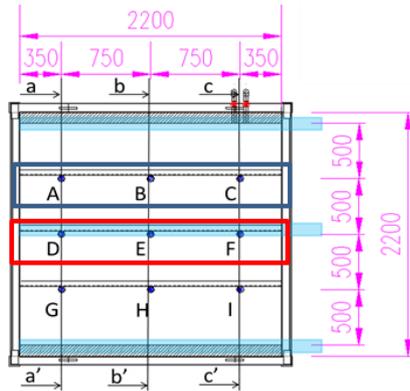


- ・凍土閉合の見込みなし
- ・解析結果と概ね合致

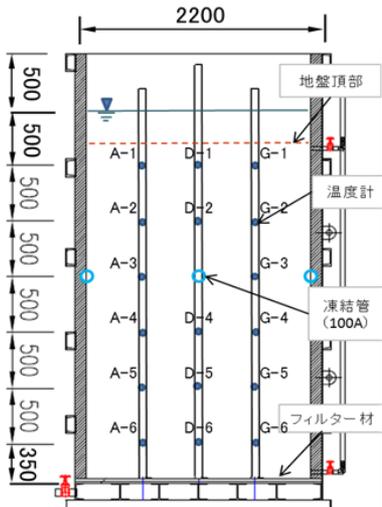
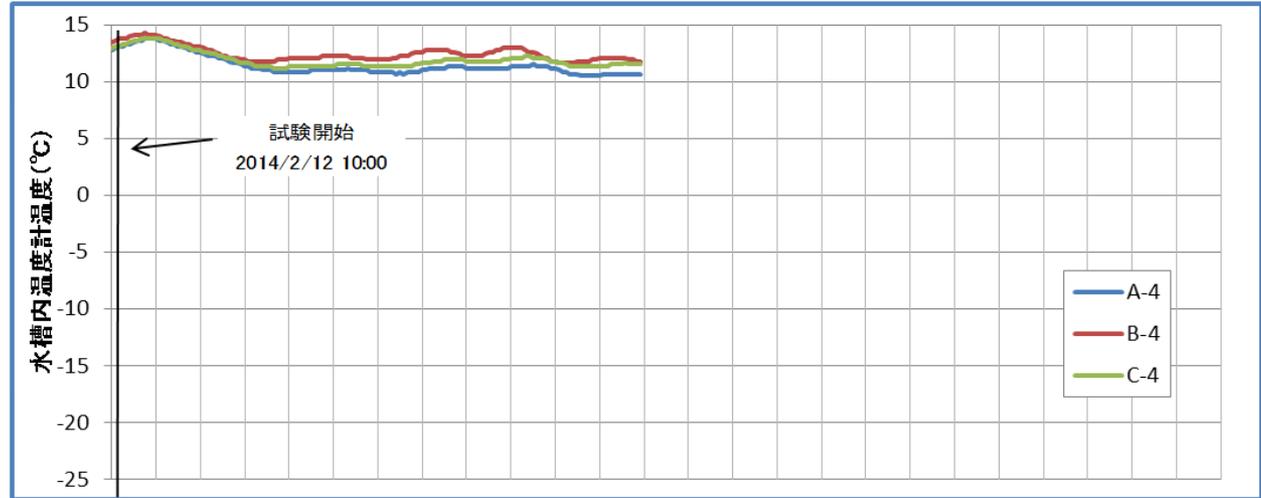
実証試験③: 高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験結果 Case4 -40°C V=2.0m/day

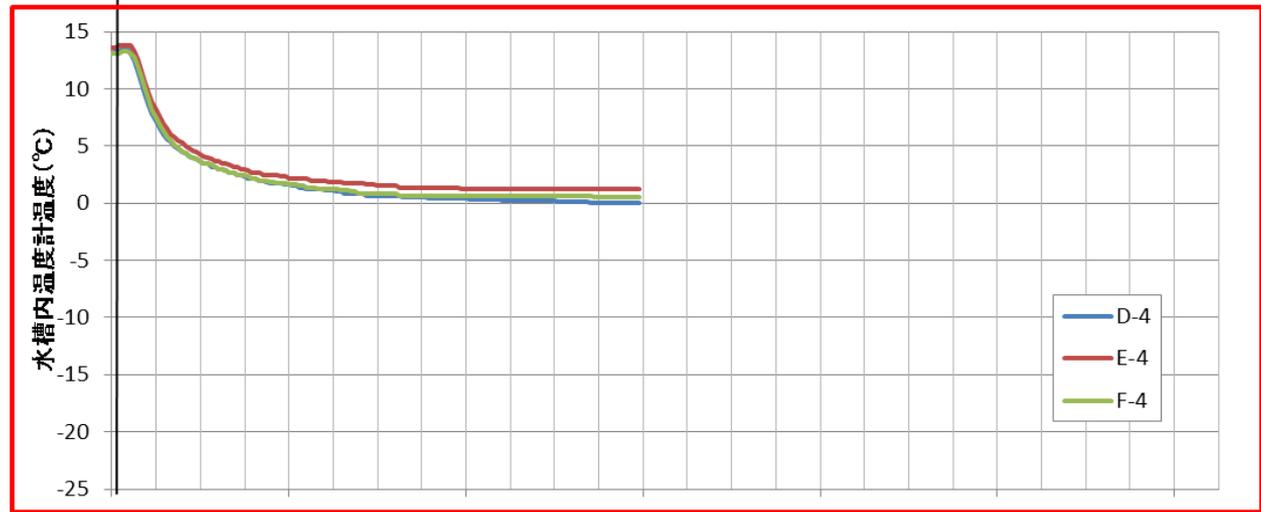
【2014/02/17 22時】
凍結期間:5日



温度計配置平面図



温度計配置断面図(a-a'断面)



2014/2/12 9:00 2014/2/14 9:00 2014/2/16 9:00 2014/2/18 9:00 2014/2/20 9:00 2014/2/22 9:00 2014/2/24 9:00

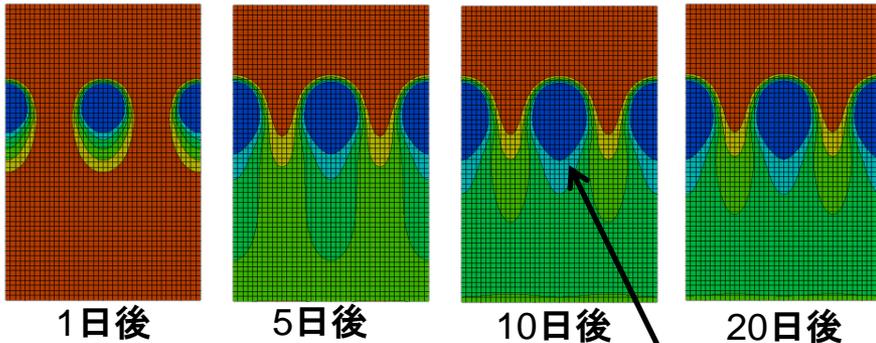
実証試験③：高地下水流速下実証試験(モックアップ)

試験成果の活用

数値解析による予測

Case2' -30°C $V=0.7\text{m/day}$ (不閉合)

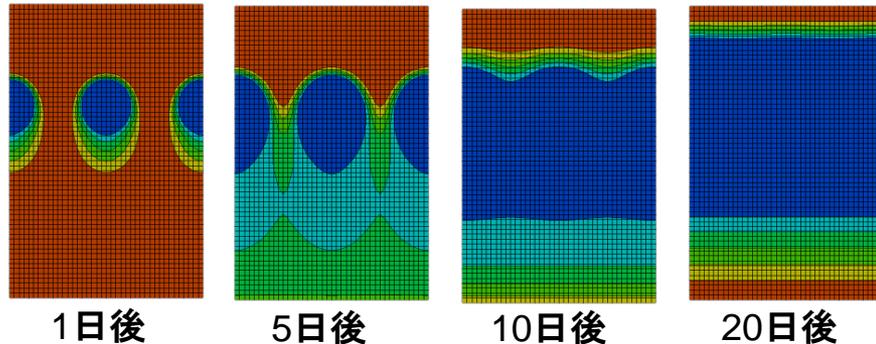
1 Step (48) 4.8000E+01 TEMP 2 Step (74) 1.4400E+02 TEMP 3 Step (88) 2.6400E+02 TEMP 4 Step (112) 5.0400E+02 TEMP



凍結範囲(濃い青)

Case3 -40°C $V=0.7\text{m/day}$ (閉合)

1 Step (48) 4.8000E+01 TEMP 2 Step (74) 1.4400E+02 TEMP 3 Step (88) 2.6400E+02 TEMP 4 Step (112) 5.0400E+02 TEMP



■ **ブライン低温化で閉合可能な
限界初期流速(0.7m/day前後)**

■ 解析の精度チェック
■ 解析による**限界初期流速と
閉合直前最大流速**の評価

閉合可能性と対策工の検討

■ 凍土造成中の**ダムアップに
よる流速変化**の予測解析

■ 地下水流向流速調査
■ 広域浸透流解析

実証試験④

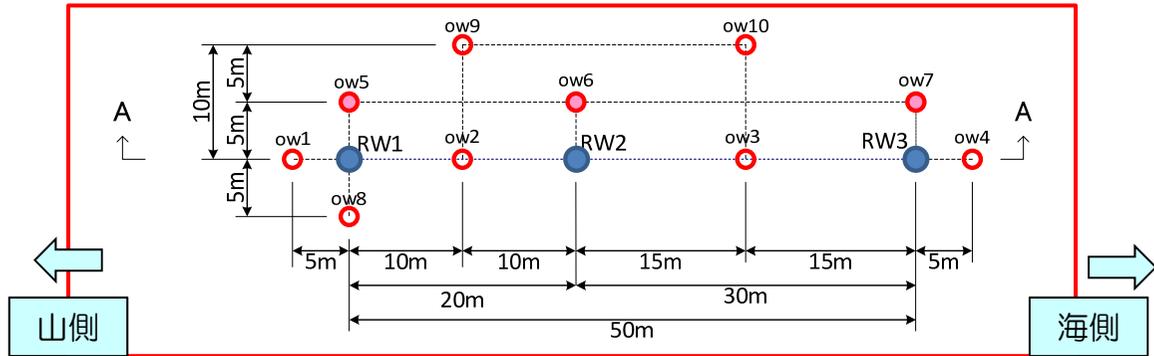
リチャージ特性評価試験

実証試験④：リチャージ特性評価試験

【資料3-④】

リチャージ特性評価試験の概要 **目的**：遮水壁閉合区域内的の地下水位をコントロールするための技術の成立性に関する検証

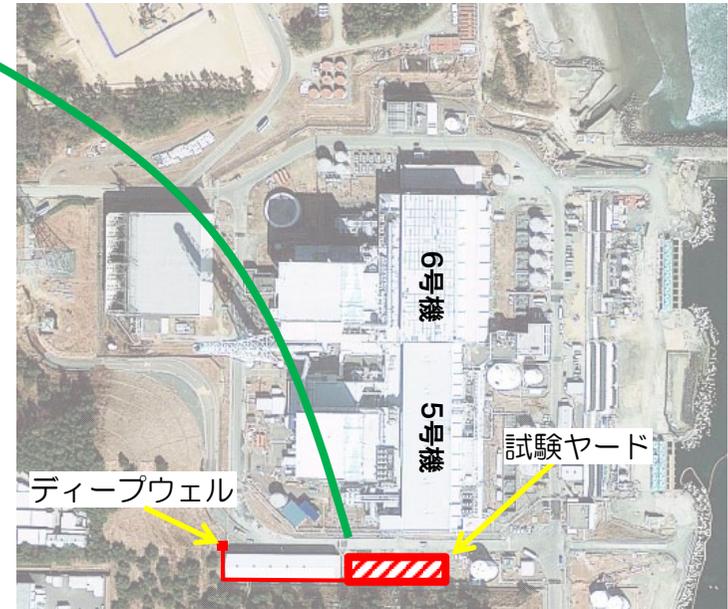
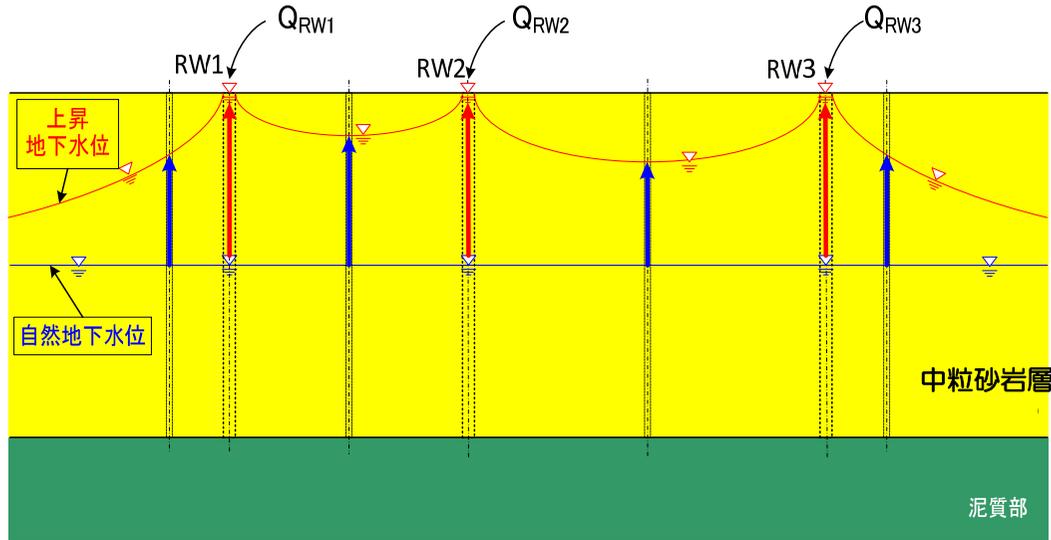
5号T/B ↑ **【平面計画】**



- リチャージウェル (3孔)
- 調査ボーリング併用地下水観測孔 (3孔)
- 地下水観測孔 (7孔)
- ディープウェル (1孔)

【試験位置】

【断面計画】 A-A断面



提供：日本スペースイメージング（株）、©DigitalGlobe

実証試験④：リチャージ特性評価試験

注水試験パターン（案）

Case	試験概要	試験パターン案	試験目的
1-1	<p>(試験Case1-1)</p>		<p>【段階試験】 限界注水量の評価 ⇒適正注水量の把握</p> <p>【連続試験】 ・水理定数の算定 ⇒透水系数・貯留係数 ・注水能力の確認 ⇒（注水量／揚水量）</p>
1-2			
1-3			
2-1	<p>(試験Case2-2)</p>		<p>【連続試験】 ・井戸間距離の違いによる注水干渉 ・2孔同時注水による地下水水位上昇量の確認</p>
2-2			
2-3			
3-1	<p>(試験Case3-1)</p>		<p>【連続試験】 ・3孔同時注水による注水干渉 ・3孔同時注水による地下水水位上昇量の確認 ・長期的な井戸の目詰り傾向</p>

実証試験④：リチャージ特性評価試験

現場状況

リチャージ井



観測井戸



ディープウェル



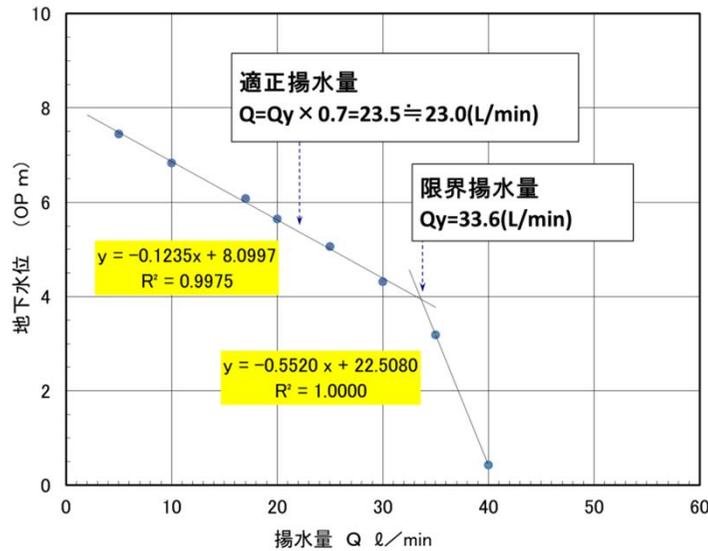
試験状況



実証試験④：リチャージ特性評価試験

試験結果例1（1孔揚水試験@RW2）

【段階試験】

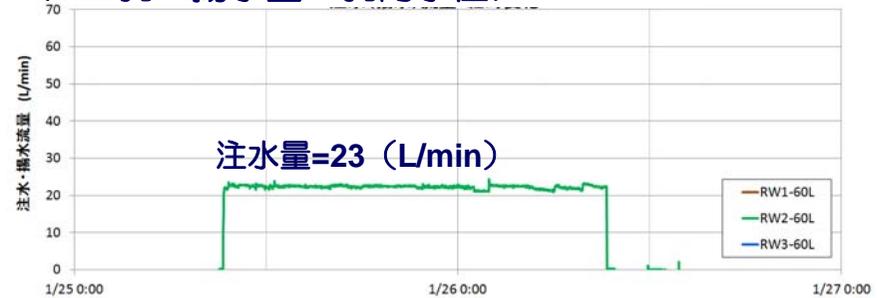


限界揚水量 = 33.6 L/min

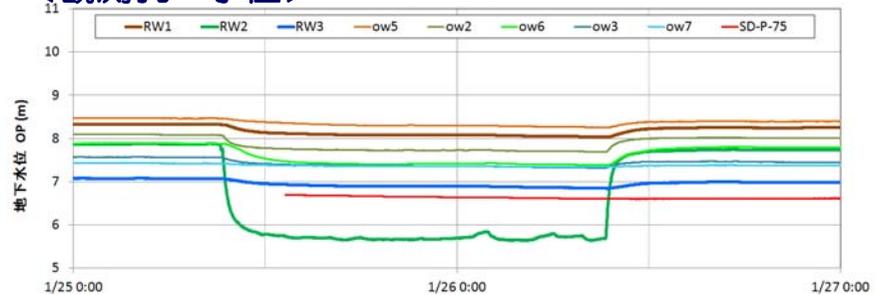
⇒ 適正揚水量 ≒ 23 L/min

【連続試験】

<RW孔 揚水量・孔内水位>



<観測孔 水位>



Theis (タイス) の式 (for観測孔ow2)

透水係数 $K = 4.2 \times 10^{-3} \text{ (cm/s)}$

※現在解析 (分析) 中の為、値については今後変更の可能性がある。

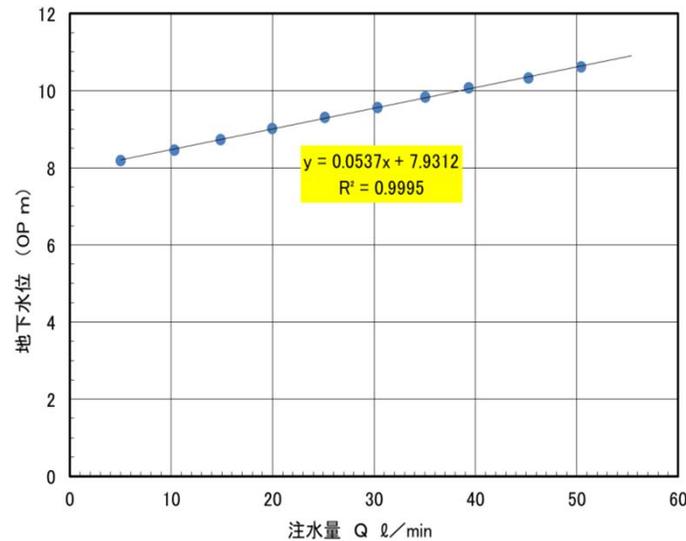
※他の手法 (Jacobの式、回復法) および他観測孔による透水係数の算定も実施中。

■得られた透水係数は、1-4号周りで当初想定された透水係数 ($K = 3.0 \times 10^{-3} \text{ (cm/s)}$) と比べ同等以上。

実証試験④：リチャージ特性評価試験

試験結果例2（1孔注水試験@RW2）

【段階試験】



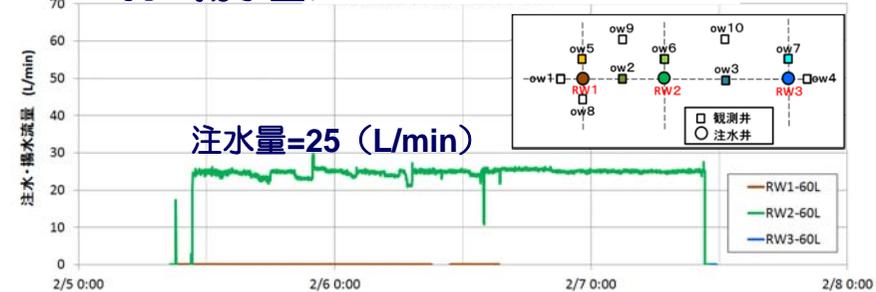
限界注水量

⇒地表付近まで確認できず

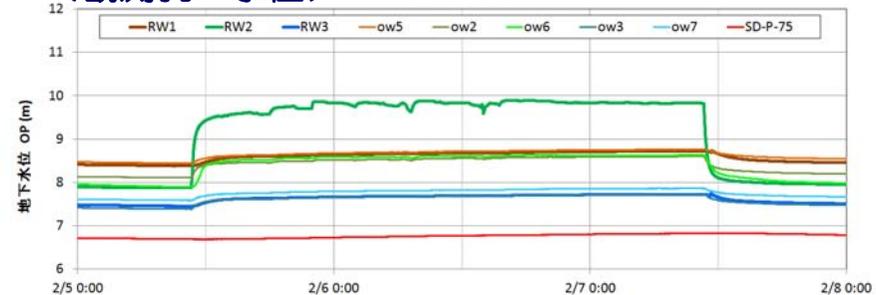
他孔 (RW1.RW3) も同傾向

【連続試験】

<RW孔 揚水量>



<観測孔 水位>



Theis (タイス) の式 (for 観測孔ow2)

透水係数 $K=5.5 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$

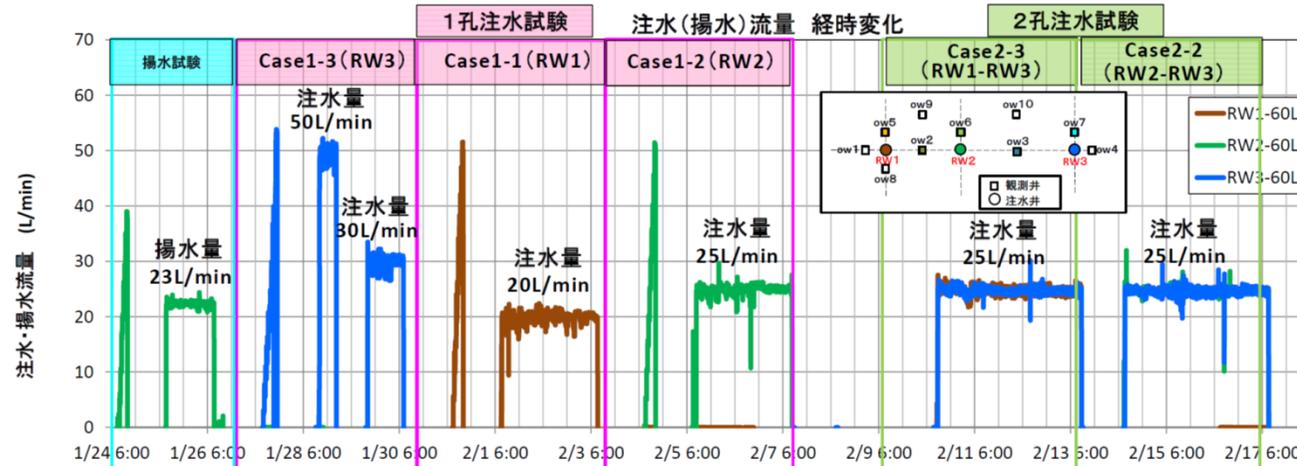
※現在解析 (分析) 中の為、値は今後変更の可能性がある。
※他の手法 (Jacobの式、回復法) および他観測孔による
透水係数の算定も実施中

■注水による透水係数は、揚水試験による透水係数とほぼ同じ。⇒注水効率が高い

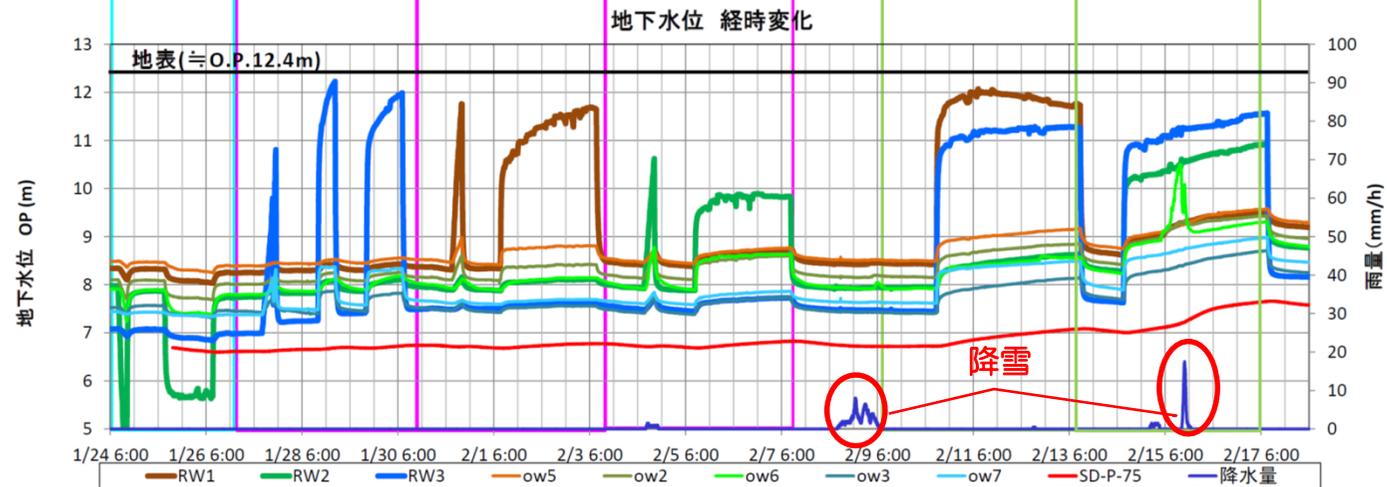
実証試験④：リチャージ特性評価試験

流量・水位 経時変化（試験開始～2孔注水②）

注（揚）水量



地下水位



- 限界揚水量と同等程度の注水量設定（20~30L/min）でも、継続して安定的に注水可能
- 周辺井戸の水位の反応も高く、5号T/B建屋近傍サブドレン（SD75：注水井戸からの距離 27.5m）も水位上昇を確認。

実証試験④：リチャージ特性評価試験

実施スケジュール（案）

項目	2013年					2014年			備考
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
検討・評価・まとめ		地下水コントロール(複数案)成立性の評価(机上検討) リチャージに関する事前解析・詳細実証計画					事後評価解析 考察・まとめ		
準備									
ディープウェル工									1本
リチャージ孔設置									3本
復水準備									
観測孔設置									10本
計測機器設置									
リチャージ特性確認試験									7ケース
片付									