

陸側遮水壁タスクフォース
陸側遮水壁の維持管理運転【審議事項】

2017年3月2日



【本日の説明内容】

① 維持管理運転へ移行する背景

- ・現状において、凍土は十分に凍結し、かつ遮水効果が現れている。
- ・凍土が十分な厚さになったことから、これを制御していく段階への移行を検討する。
 - －未凍結箇所全7箇所を除く -5°C 以下の測温点は全体の約99% (-10°C 以下の測温点は全体の約97%)
 - －代表点の地中温度による凍土厚の評価は5～6m程度となっている

② 維持管理運転の運用方針

- ・未凍結箇所の凍結を継続している現状では、間欠運転での制御が現場実態に即している。
 - －ヘッダー管（凍結管を集約している管）単位での制御（全体が49区間に分割）
- ・間欠運転でのライン循環のOn/Offは、測温管の地中温度データより判断する。

③ 維持管理運転へ移行する箇所の選定

- ・凍土が安定して凍結している箇所をヘッダー管単位で選定する。
 - －凍土が安定している目安である -5°C 以下が2週間以上持続していることを箇所選定の条件
- ・ただし、未凍結箇所と4m盤の地下水流入量の増加が懸念される箇所は除く。
 - －後者は4m盤と10m盤の地下水位がバランスし、4m盤への地下水流出がなくなるまで

④ 維持管理運転の管理方法

- ・ライン循環をOn/Offする地中温度の管理値を設定し、維持管理運転の管理とする。
 - －ライン(再)循環の初期管理値は、測温点のいずれか1点が、 -5°C 以上
 - －ライン(再)循環停止の初期管理値は、全測温点平均 -10°C 以下、かつ全測温点が -5°C 以下

⑤ 今後の取組について

- ・慎重に維持管理運転へ移行を検討する。
 - －条件が整っている箇所は、様子を見て、適宜維持管理運転へ移行する
- ・将来的に完全凍結した場合は、ラインの温度設定を可能とする温度制御運転を検討する。

1 維持管理運転の実施について

■ 陸側遮水壁の凍結状況

- ・ 陸側遮水壁は、最も早いところで約11ヶ月前に凍結を開始している※1。
- ・ 全測点※2数に占める0℃以下の割合は約99%、-10℃以下は約97%で凍結が進んでいる。
(図1参照)

■ 維持管理運転への移行

- ・ 凍結管間の測温管位置で0℃が確認できれば、凍土厚は2m程度となる。
- ・ 地中温度追加モニタリング※3のデータより、現状の凍土厚は5~6m程度に達している。
(スライド8,9参照) (図2参照)
- ・ 凍土厚は十分な厚さになったことから、維持管理運転へ移行する。
(スライド9参照)

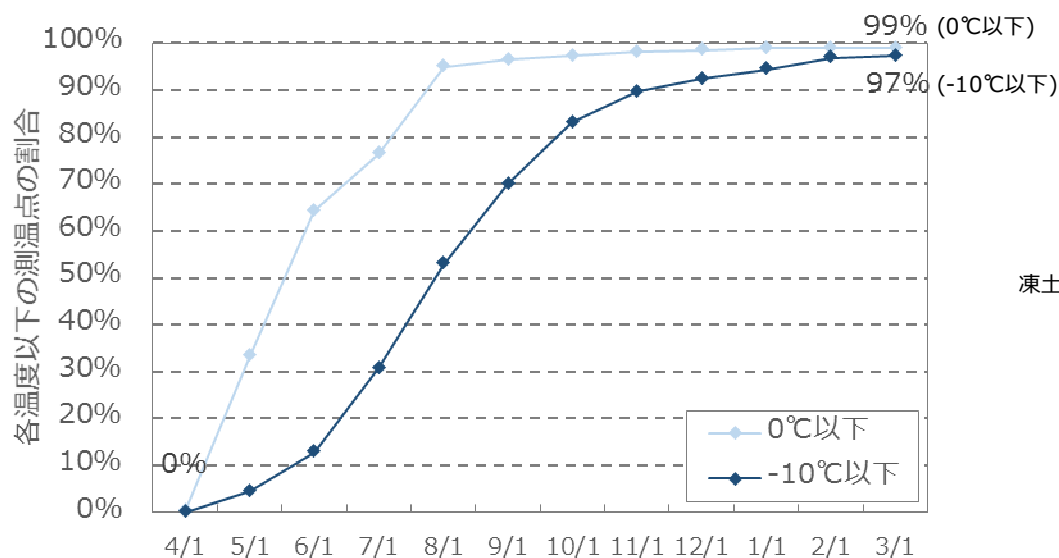


図1-各温度以下の測温点数の割合 (未凍結箇所分は除く)

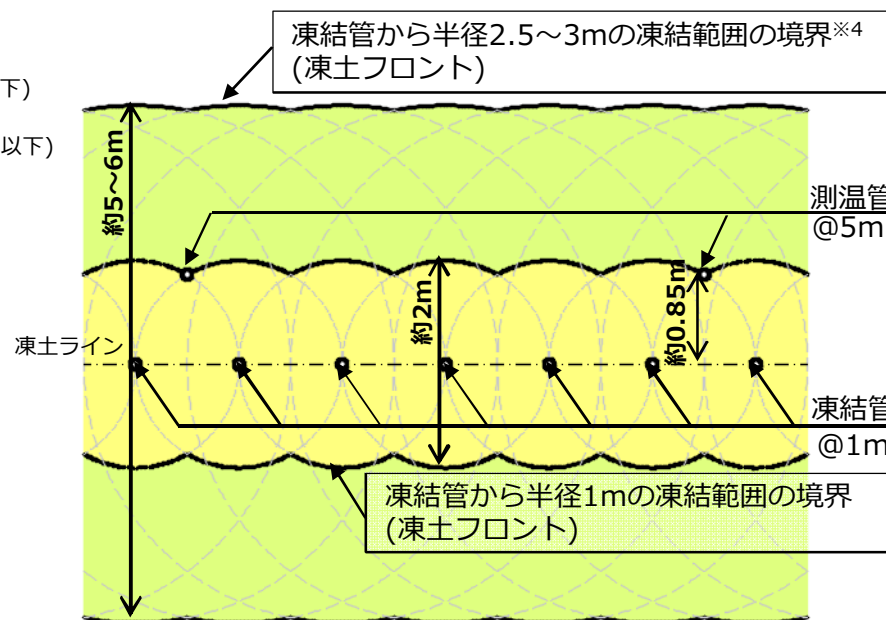


図2-凍土厚のイメージ

- ※1 2016.3.31に海側と山側の一部（北側）、2016.6.6に未凍結箇所7箇所を除く山側、2016.12.3に山側未凍結箇所（7箇所）のうち2箇所の凍結を開始
- ※2 凍土ラインから85cm程度離れた測温管の測点であり、未凍結箇所分を除く
- ※3 凍土ラインに直交する追加測温管計測箇所（山側：6BLK、海側：13BLK）
- ※4 地中温度0℃の位置

2 維持管理運転の運用方針

■ 維持管理運転の方法

- ・維持管理運転の方法は、次の3つが考えられる。

1) 間欠運転

ヘッダー管単位でライン循環・停止を繰り返すことで、凍土厚を制御する運転

2) 間引き運転

一定間隔の凍結管を1本単位で、ライン循環を停止し、凍結範囲の冷却熱供給箇所に規則的な強弱をつけて制御する運転

3) 温度制御運転

ラインの冷媒温度設定を変更し、凍結範囲への冷却熱供給を制御する運転

(現状の凍土造成システムにおいては、ヘッダー管単位で冷媒温度の設定変更は対応できない)

- ・現状においては“間欠運転”を採用し、完全凍結後に向けて、最適な運転方法を検討する。

“間引き運転”は、凍結管単位の開閉作業が伴うため、作業員の被ばく量の観点に留意が必要

“温度制御運転”は、未凍結箇所の凍結が必要となる現状においては、移行するタイミングへの配慮が必要

■ 間欠運転の運用方針

- ・ライン循環の停止と再循環は、測温管の地中温度データより判断する。

- ・初期のライン循環の停止（維持管理運転の開始）は、十分に凍結した箇所から実施する。

- ・ライン再循環は、凍土の融解防止を念頭においた地中温度で判断する。

- ・ライン循環の再停止は、凍土厚の増加防止を念頭においた地中温度で判断する。

—初期のライン循環停止時の地中温度以上

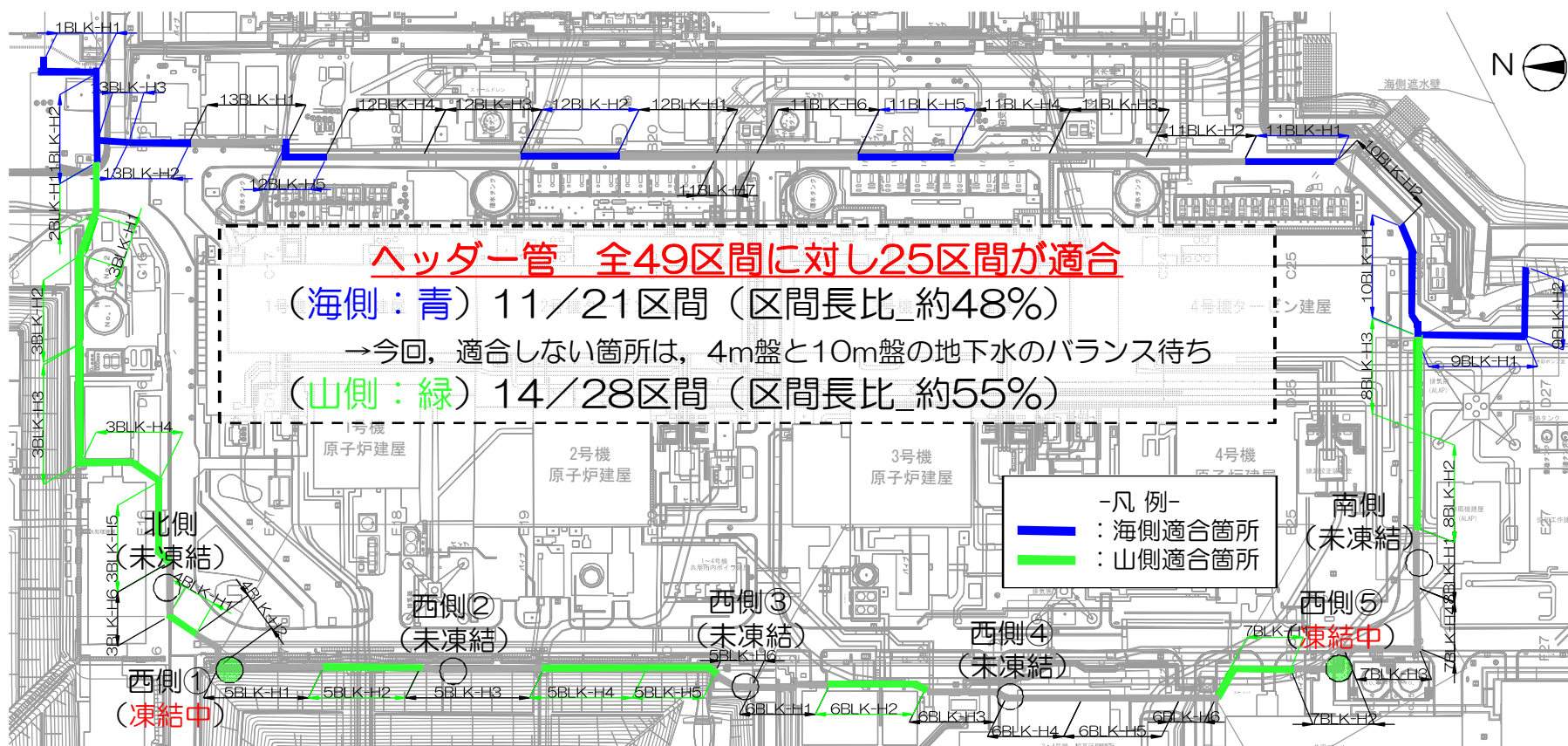
(凍結開始から維持管理運転までの地中温度経時変化のイメージは、スライド10参照)

3 初期のブライン循環停止条件（維持管理運転へ移行する条件）と選定箇所

■ 条件

- ・ハッダー管で集束する測温管の全測点で、**-5℃以下となり2週間以上※5が経過した箇所**
- ・**未凍結箇所は除く**
- ・**4m盤の地下水流入量の増加が想定される箇所※6は除く**

■ 条件に適合した箇所

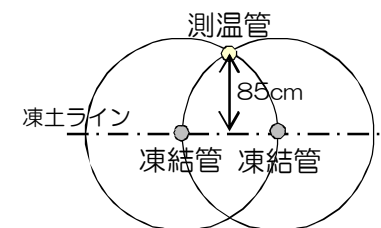


※5 補助工法の判断に要する期間を参考に設定
 ※6 海水配管トレンチ下部の開口や放水管周り

4 管理方法

■ 管理方法

- 測温管の地中温度データに基づき、凍結状況を管理する。
 - 凍土ラインから法線方向で85cm離れており、安全側の判断が可能



■ 維持管理運転中の地中温度管理

- 維持管理運転開始後のブライン再循環・再停止（初期）の地中温度管理値は次のとおり。
 - ブライン再循環は、測温点のうちいずれか1点で地中温度 -5°C 以上
 - 安定化した凍土におけるブライン循環停止後の凍土内温度特性を考慮(スライド12・13参照)
 - ブライン再循環後に温度上昇のピークに達するタイムラグに留意(スライド14参照)
 - ブライン循環の再停止は、全測温点が -5°C 以下、かつ全測温点平均で地中温度 -10°C 以下
 - 維持管理運転開始時の温度以上とすることで、凍土厚増加の抑制
- ブライン再循環・再停止を1サイクル実施し、データの蓄積を行う。
- 2サイクル以降の地中温度管理値は、1サイクル目の維持管理運転の実績に基づき、最適化を図る。
 - ブライン再循環の地中温度管理値は、測温点のいずれか1点が地中温度 -2.5°C 以上、もしくは全測温点平均で地中温度 -5°C 以上に変更する余地あり

■ 緊急時の対応

- ブライン循環の停止中に地中温度 0°C を超える見込みとなった場合は、ただちにブライン再循環を実施し、地中温度の低下を図る。
- 緊急時の対応が生じた際は、原因分析を行い、以後の維持管理運転に役立てていく。

5 今後の進め方

■ 今後の進め方

- ・大規模な維持管理運転の実績がないため、慎重に維持管理運転への移行を検討する。

■ 全箇所が凍結した後の維持管理運転の準備

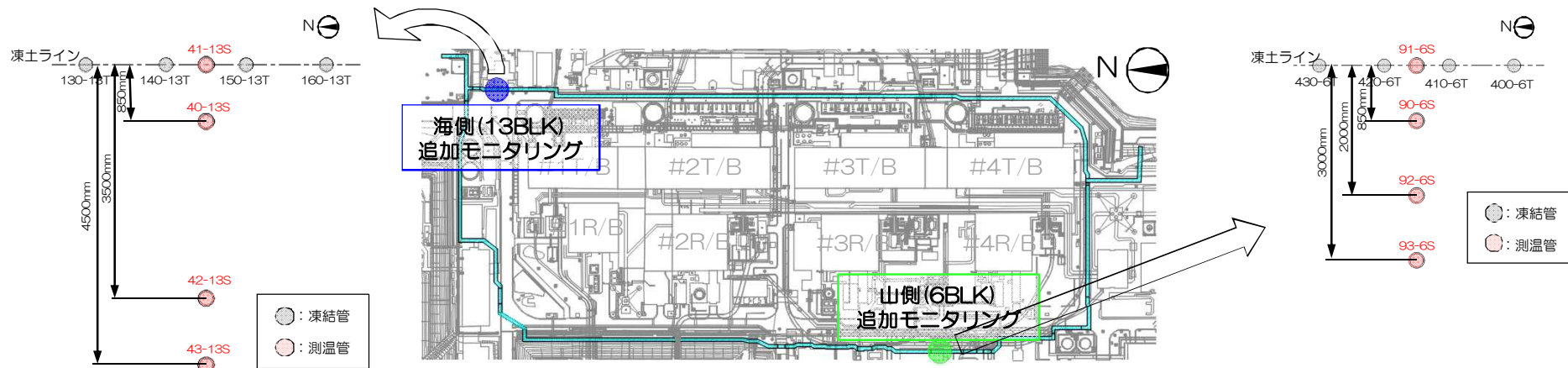
- ・全箇所が凍結した後は、“温度制御運転”への移行を検討する。

参考資料

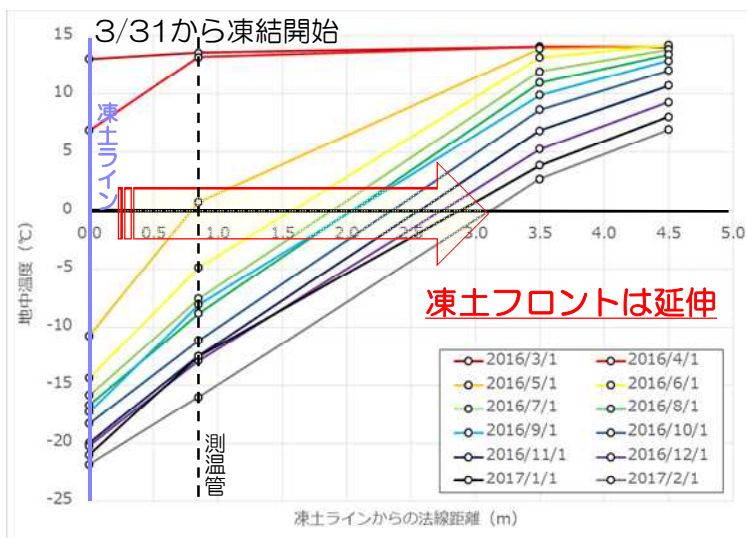
【参考】維持管理運転に移行しない場合の凍土厚の評価

■ 実測データに基づく評価(1)

- ・ 地中温度追加モニタリングによる温度勾配より、凍土フロントを評価。
- ・ 凍土フロントは、延伸している。

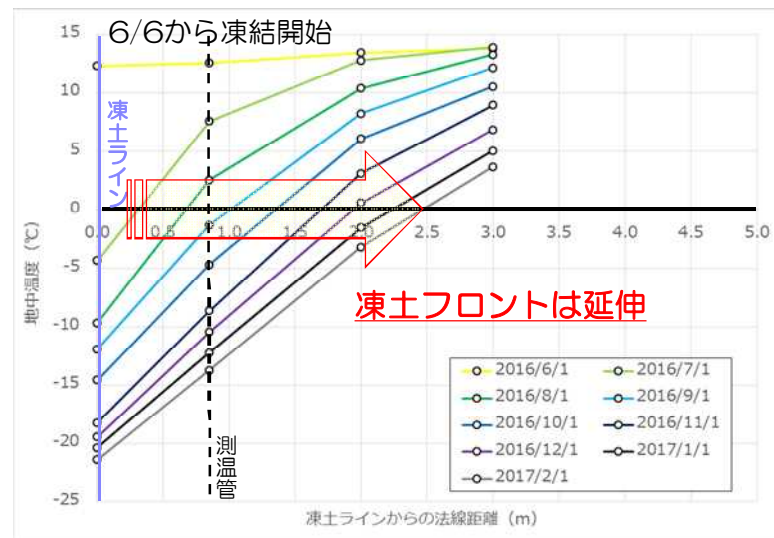


地中温度追加モニタリング箇所 Key Plan



(表層部および凍結管より深部の測温点を除く)

図3-陸側遮水壁海側(13BLK)の地中温度勾配(全深度平均)



(表層部および凍結管より深部の測温点を除く)

図4-陸側遮水壁山側(6BLK)の地中温度勾配(全深度平均)

【参考】維持管理運転に移行しない場合の凍土厚の評価

■ 実測データに基づく評価(2)

- ・凍土フロント位置より，凍土厚を評価。
- ・凍土厚は増加している。

表1-凍土厚の評価結果

単位：m

	山側(6BLK)		海側(13BLK)	
	片側凍土厚	増分	片側凍土厚	増分
2016.4	—	—	0.00	—
2016.5	—	—	0.79	0.79
2016.6	0.00	—	1.57	0.78
2016.7	0.31	0.31	1.88	0.31
2016.8	0.67	0.36	2.03	0.15
2016.9	1.01	0.34	2.04	0.01
2016.10	1.35	0.34	2.34	0.30
2016.11	1.69	0.35	2.56	0.22
2016.12	1.94	0.24	2.73	0.17
2017.1	2.23	0.29	2.87	0.14
2017.2	2.46	0.23	3.11	0.24

凍土厚は約5m

凍土厚は約6m

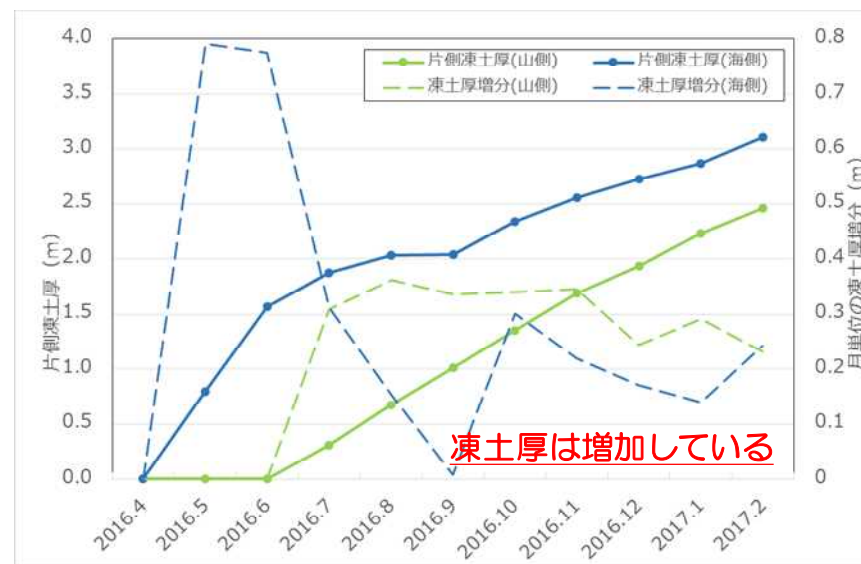


図5-凍土厚の増加傾向

■ 解析データに基づく評価

- ・別紙参照（鹿島建設より説明）

【参考】維持管理運転における地中温度変化

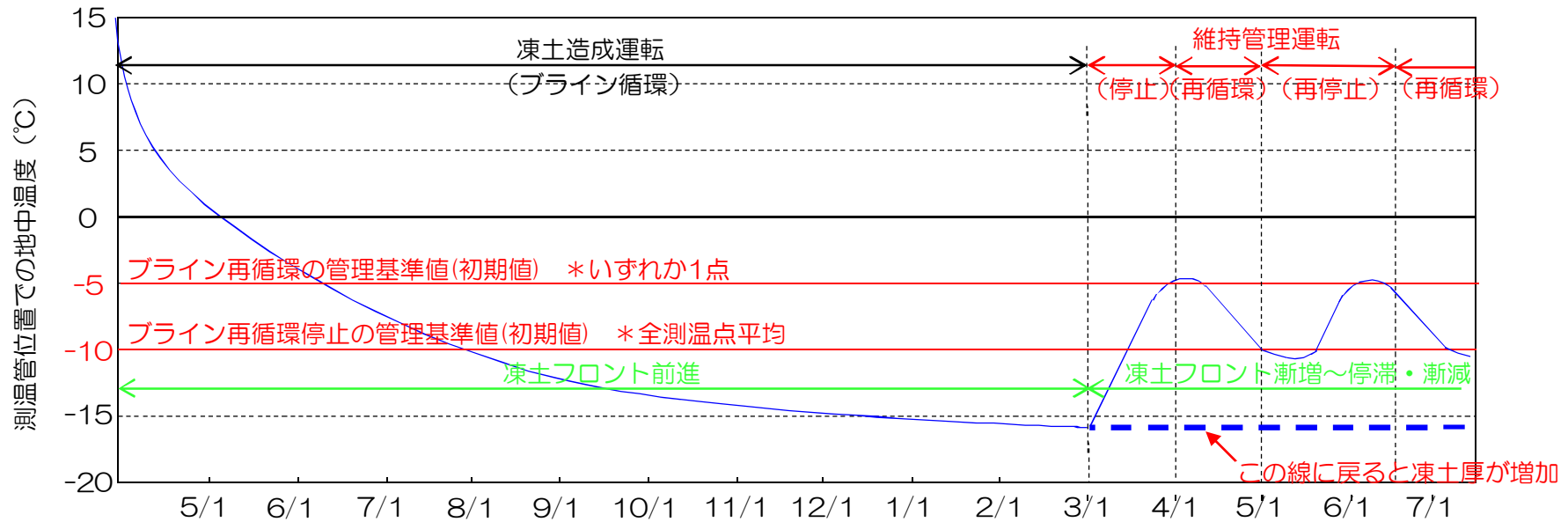


図6-凍結開始から維持管理運転までの地中温度経時グラフ (イメージ)

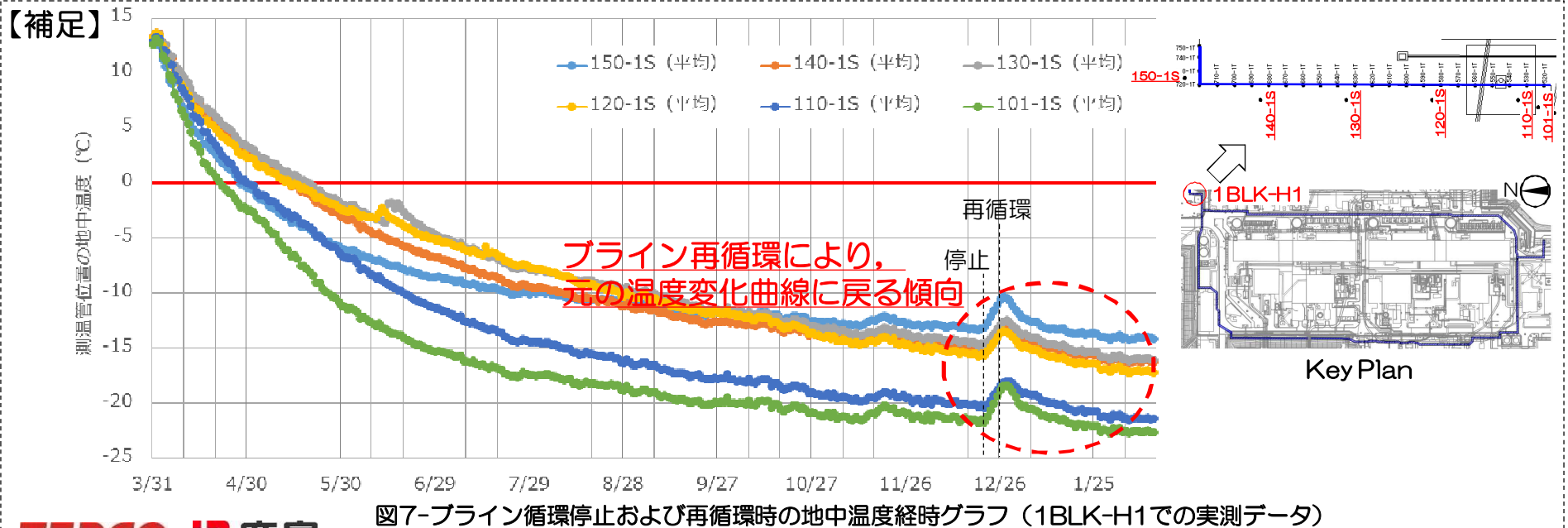


図7-ブライン循環停止および再循環時の地中温度経時グラフ (1BLK-H1での実測データ)

【参考】凍土の温度変化が安定化する目安

■ 地中温度 -5°C 以下を安定化の目安とする根拠

- ・ 測温管による地中温度モニタリングデータより、 -5°C 前後における降雨の影響を評価

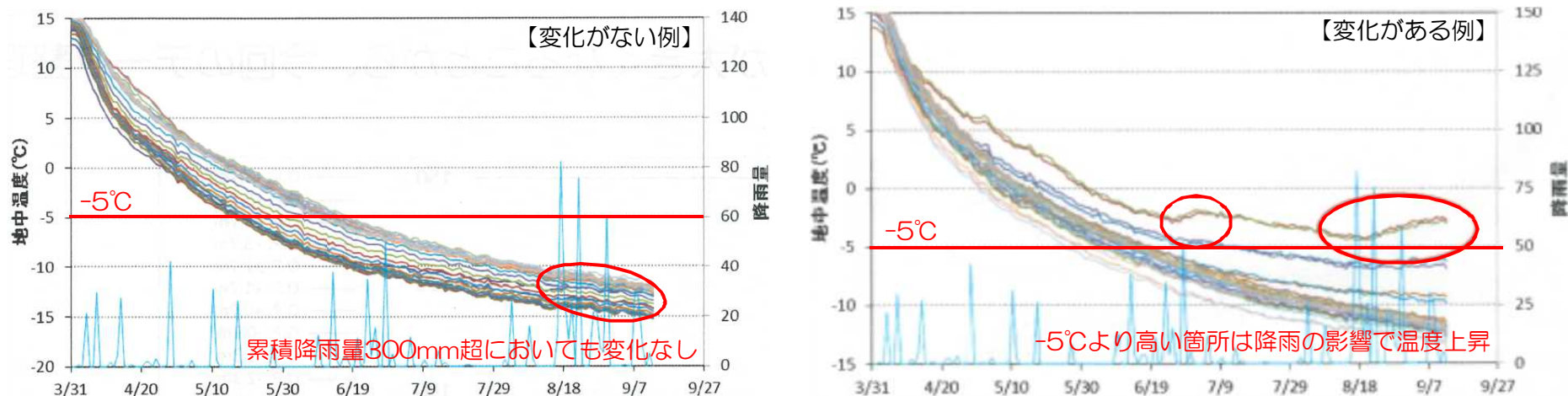
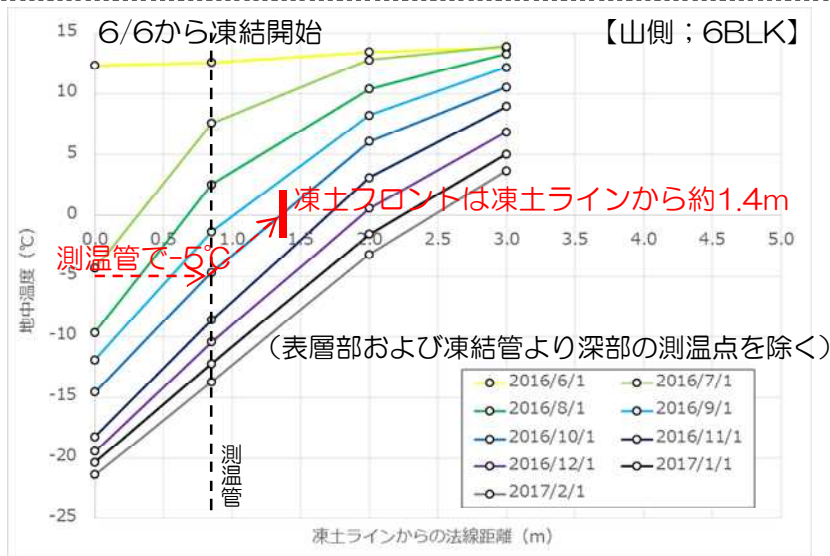
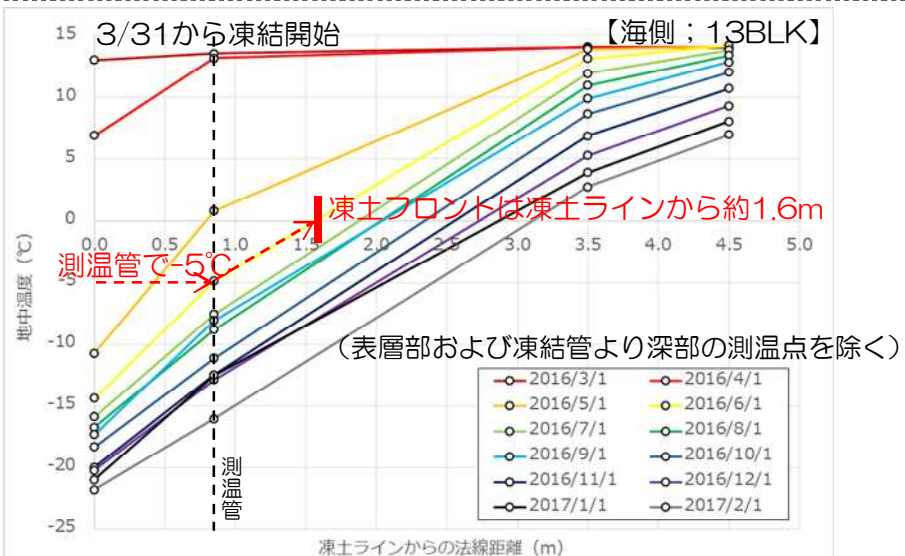


図8-凍土造成運転中の地中温度と降雨(実測データによる)

【補足】



凍土の成長過程において、測温管で -5°C を計測した場合、測温管位置より50~70cm先に凍土フロント

図9-測温管位置で地中温度が -5°C の場合の地中温度 0°C の位置

【参考】安定化した凍土におけるブライン循環停止後の凍土内温度特性

■ ブライン循環停止後の凍土内温度特性

- 凍土ライン付近では、ブライン循環停止直後の地中温度上昇量が比較的大きい
- 地中温度が -5°C 付近になると、地中温度勾配がフラットに近づき、温度上昇も鈍化
- ブライン循環停止後、200日を経ても地中温度 0°C 位置は顕著に移動しない傾向
⇒凍土内での熱平衡で凍結範囲を保持する特性

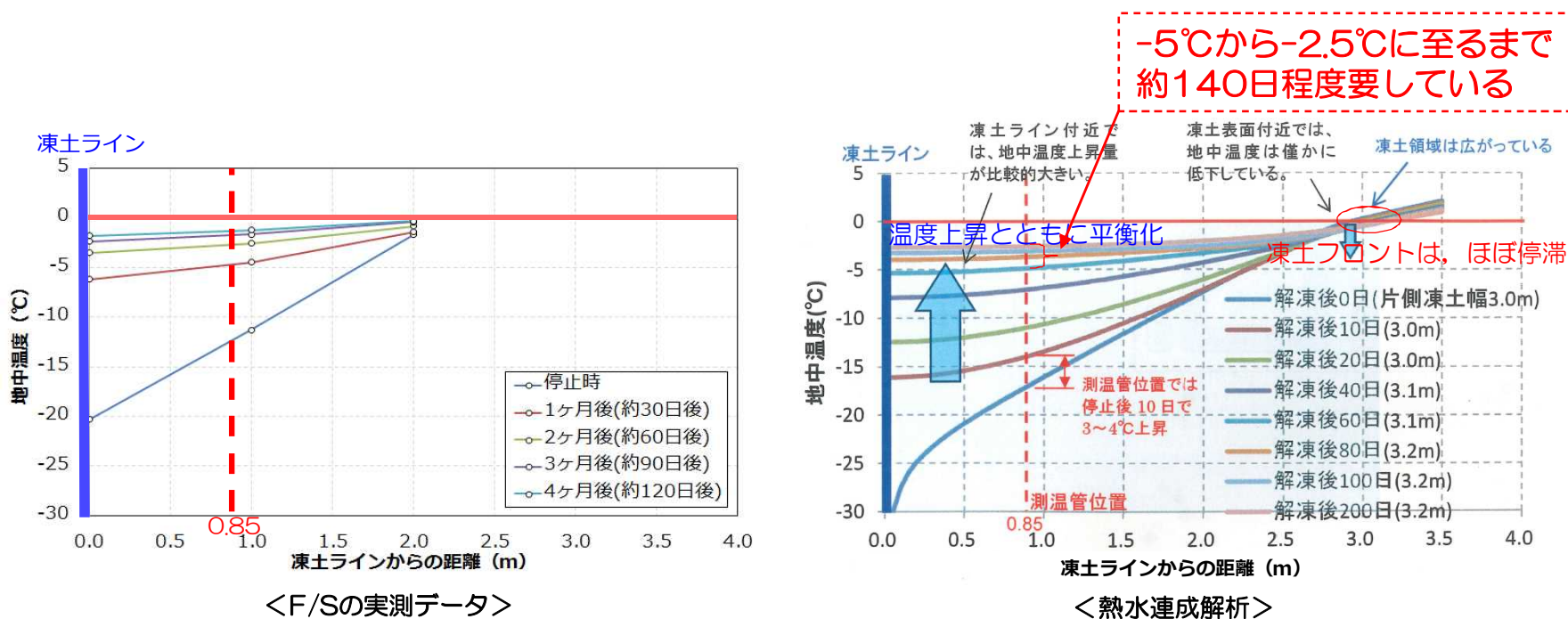


図10-運転停止後の凍土ラインからの離隔ごとの地中温度変化特性

【参考】安定化した凍土におけるブライン循環停止後の凍土内温度特性

■ ブライン循環停止後の凍土内温度特性

- 解析によるブライン循環停止後の凍土内の温度変化を温度コンターで表現した。
- 片側凍土厚を3mと仮定した場合、ブライン循環停止後200日を経過しても、凍土フロントの位置は保持されている。

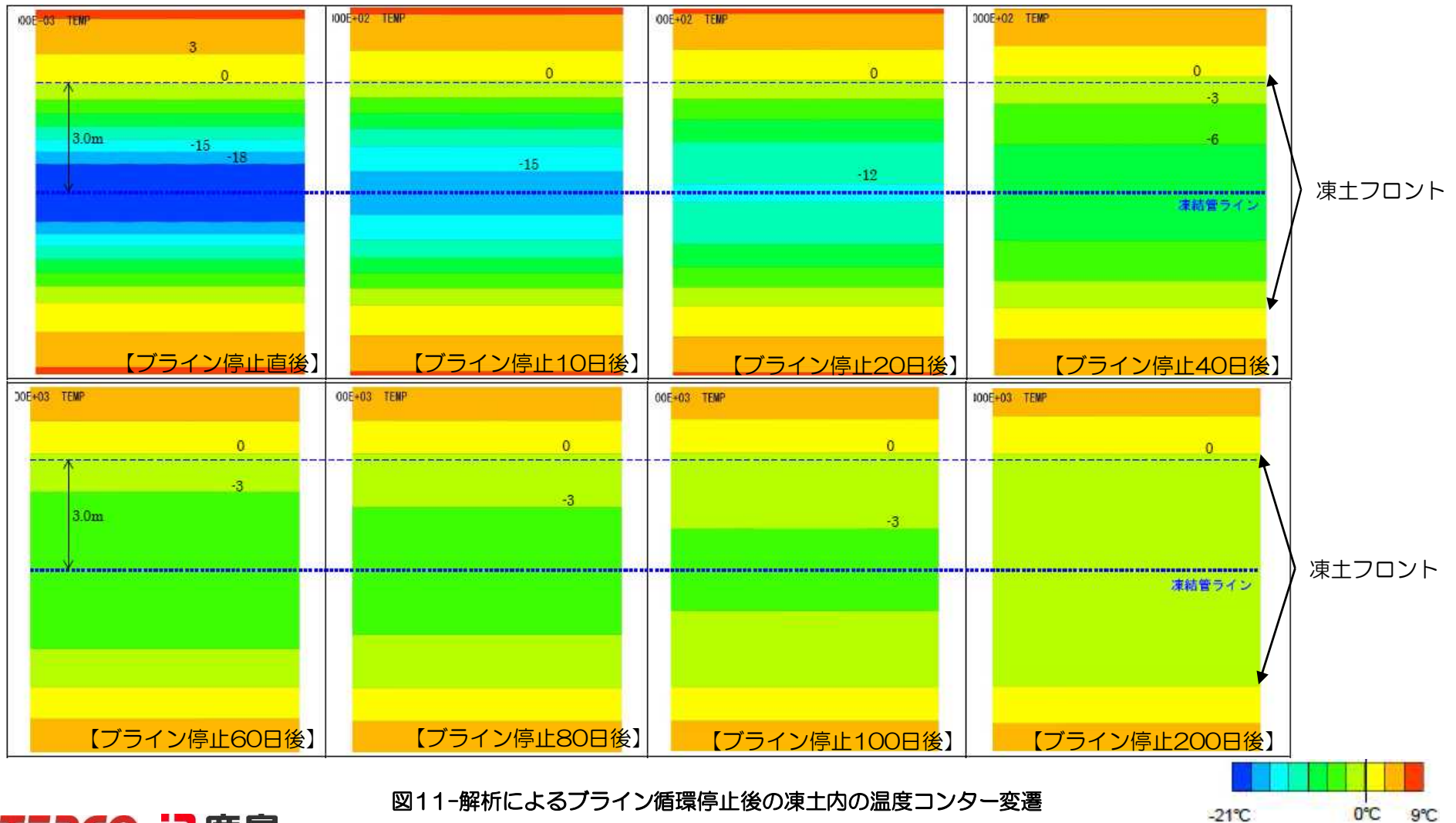


図11-解析によるブライン循環停止後の凍土内の温度コンター変遷

【参考】 ブライン循環停止直後の地中温度

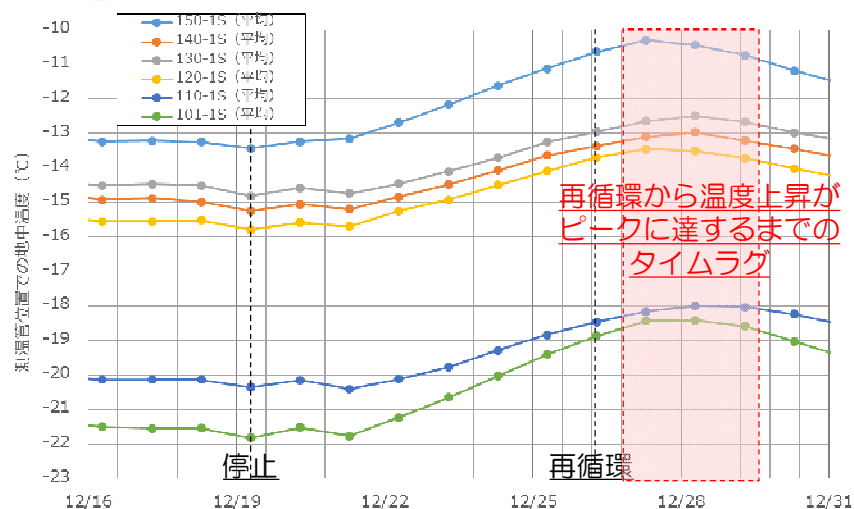
■ 1BLKのブライン循環停止直後の地中温度傾向

- ・ブライン循環停止から約1週間で、約1.7～5.0℃の温度上昇（運転停止直前は-11～-23℃）
- ・ブライン再循環から温度上昇のピークまでのタイムラグは、0～2日以内のものが約86%であるが、3日以上要するものもあり
- ・ブライン再循環から温度上昇のピークまでの温度上昇幅は、最大でも0.9℃程度

表2-1BLKのブライン循環停止後の地中温度分析

ブライン循環停止直前の温度帯	停止直前の測点数と割合	温度上昇幅	停止後のピーク温度	温度上昇の平均	ブライン再循環からピーク温度まで				
					タイムラグ			温度上昇幅	
					0～1日以内	1～2日以内	3日以上		
-10.0≥T>-12.5	8	5%	2.4～4.7℃	-10.0～-7.3℃	2.9℃	4	4	0	0.2～0.4℃
-12.5≥T>-15.0	37	23%	2.1～4.3℃	-12.7～-8.8℃	2.9℃	23	13	1	0.2～0.6℃
-15.0≥T>-17.5	64	40%	1.7～3.5℃	-14.9～-12.0℃	2.2℃	17	42	5	0.0～0.7℃
-17.5≥T>-20.0	5	3%	2.2～5.0℃	-17.8～-13.8℃	3.1℃	3	1	1	0.3～0.5℃
-20.0≥T>-22.5	40	25%	1.8～4.8℃	-19.5～-15.6℃	2.8℃	10	15	15	0.2～0.9℃
-22.5≥T>-25.0	8	5%	3.0～3.3℃	-19.8～-19.3℃	3.2℃	2	5	1	0.4～0.7℃

Σ= 162



59 80 23

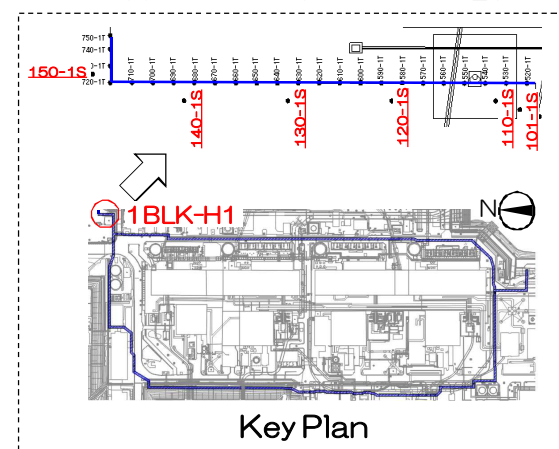


図12-ブライン循環停止および再循環時の地中温度経時グラフ（1BLK-H1での実測データ）