

凍土方式の小規模遮水壁実証試験【FS①】 状況報告

- (1) 凍結管 1.2m ピッチ追加施工部 凍土造成状況
- (2) 複列配置施工部 凍土造成状況
- (3) 凍土制御運転（間欠運転・間引き運転）状況

(1) 凍結管 1.2mピッチ追加施工部 凍土造成状況

■試験概要

図-1 に試験平面配置を示す。

- ・ 矩形凍土から 20m 南側に凍結管 4 本と測温管 4 本を設置
- ・ 凍結管は 1.2m ピッチ
- ・ 測温管は、凍土中心線から 0.5m と 1.0m 離れに設置
- ・ とくに AS-2 と AS-4 が 4 本の凍結管の中央に配置しており、AS-2 は凍土中心線直近にて閉合状況を監視している。

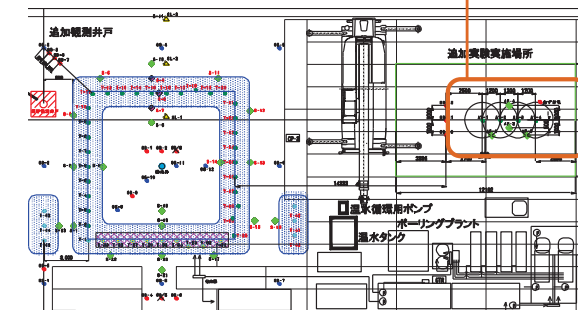
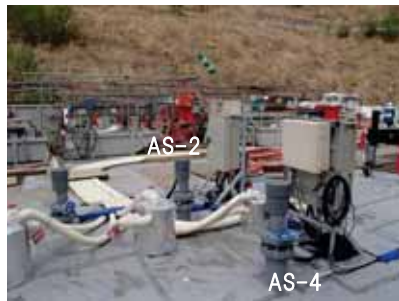
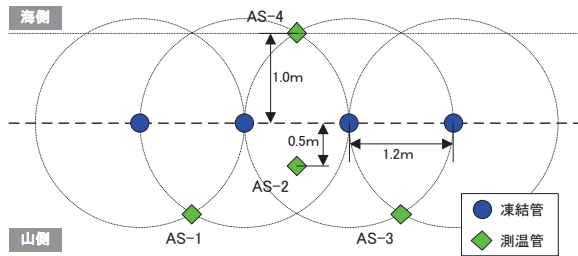


図-1 1.2m ピッチ追加施工部平面配置図及び写真

■土中温度データ（深度分布及び時系列変化グラフ）

測温管 AS-1～AS-4 の深度分布を図-2 に示す。また、中央部に位置する AS-2 及び AS-4 について、全測点の時系列変化グラフを図-3 に示す。

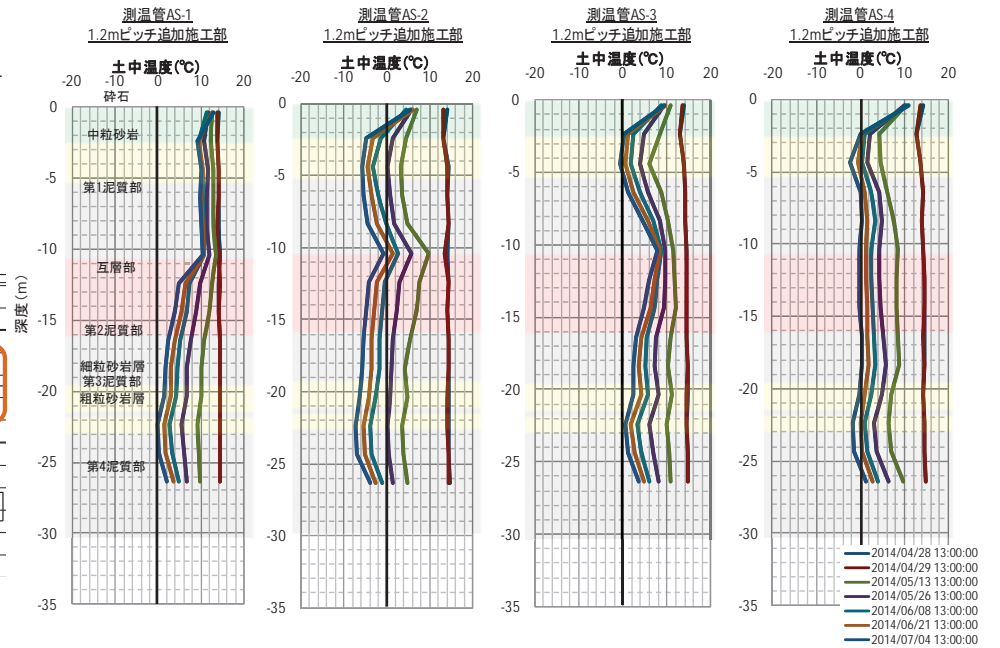


図-2 地中温度深度分布図

考察

- ・ 土中温度の深度分布から、追加凍結管の中央に位置する AS-2 と AS-4 において地表面付近を除いて概ね氷点下に到達しており、凍土は閉合している。
- ・ 山側に位置する AS-1～AS-3 において、互層部の凍結に時間を要している。一方、海側に位置する AS-4 では、地表面付近を除いて一様に温度が低下していることから、中央部で凍土が造成されている
- ・ 時系列グラフから、凍土中央部で約 60～70 日間で所定の凍土厚さまで成長したことがわかる。矩形凍土 (1.0m ピッチ) では約 50 日前後であったことから、1.2～1.4 倍程度の所要時間増との結果を得た。

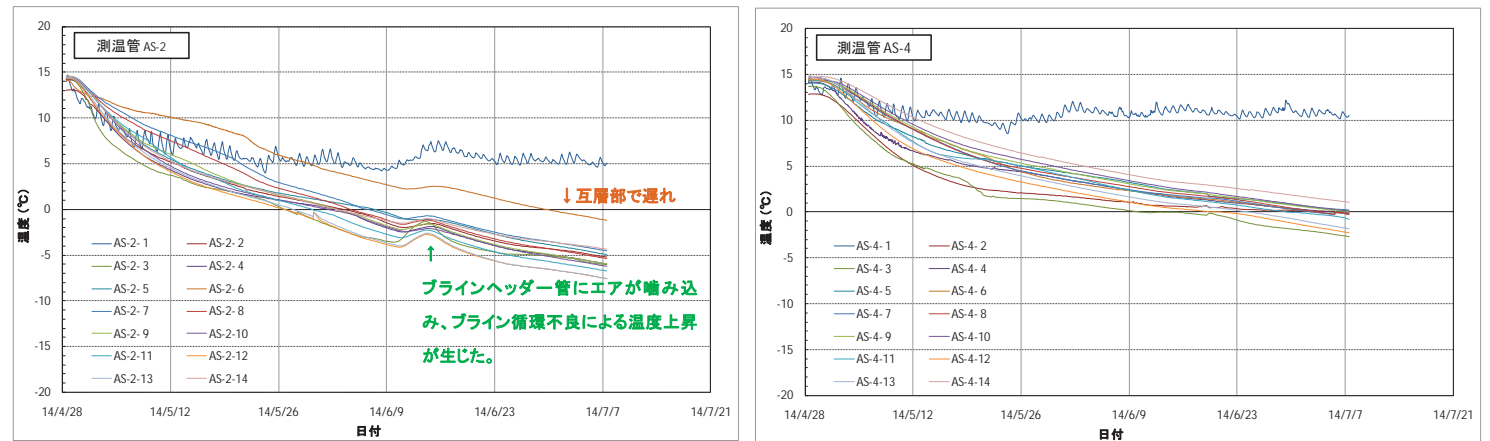


図-3 地中温度経時変化

(2) 複列配置施工部 凍土造成状況

■試験概要

- ・複列施工部(3m、4m)の凍結管間に測温管設置
- ・3m 施工部については、凍土閉合状況を確認するために凍結管中心位置に測温管 S-24 を追加で設置

考察

- ・3m 複列施工部については、地表面付近を除くすべての深度で氷点下に到達している。また、今回新たに設置した測温管 S-24 は、計測期間が短いため温度低下中であるが、すでに氷点下に到達しており閉合が確認できた。
- ・4m 複列部については、南側 S-16 で互層部温度が氷点下に到達していない。温度の経時変化より、閉合は 8 月上旬と推測される。

複列施工は 3m 以下を基本として設計する。

■土中温度データ(深度分布及び時系列変化グラフ)

複列部(3m、4m)測温管について、図-5に深度分布、図-6に時系列変化グラフを示す。

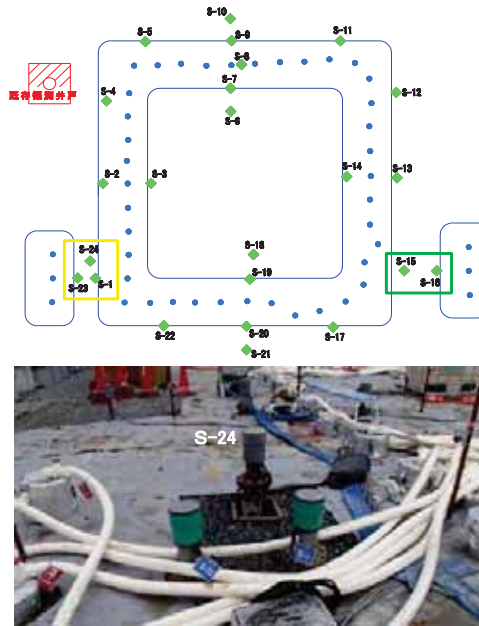
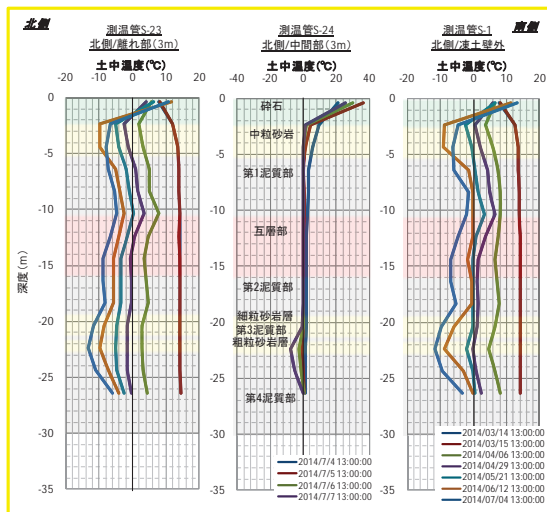


図-4 測温管配置図及び追加 S-24 設置状況

3m複列施工部



4m複列施工部

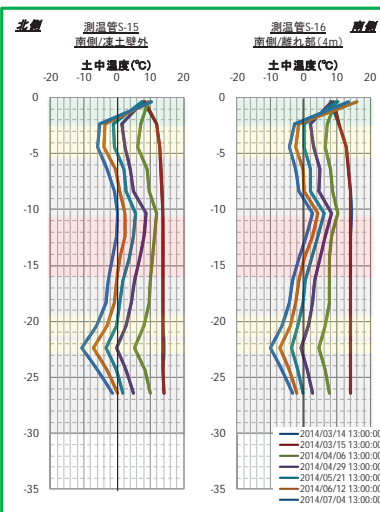
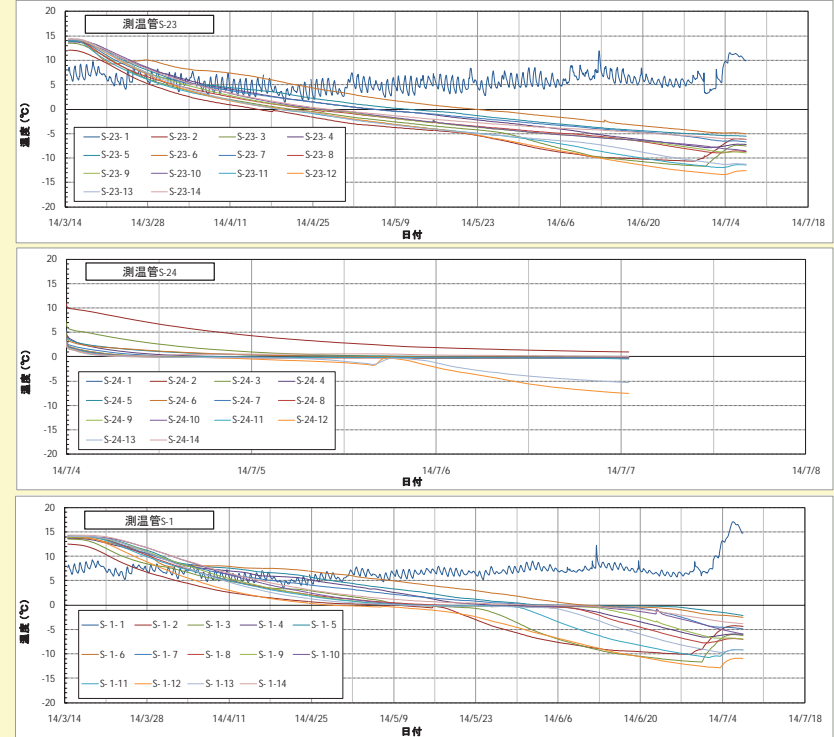


図-5 地中温度深度分布図(複列施工部 3m、4m)

3m複列 施工部



4m複列 施工部

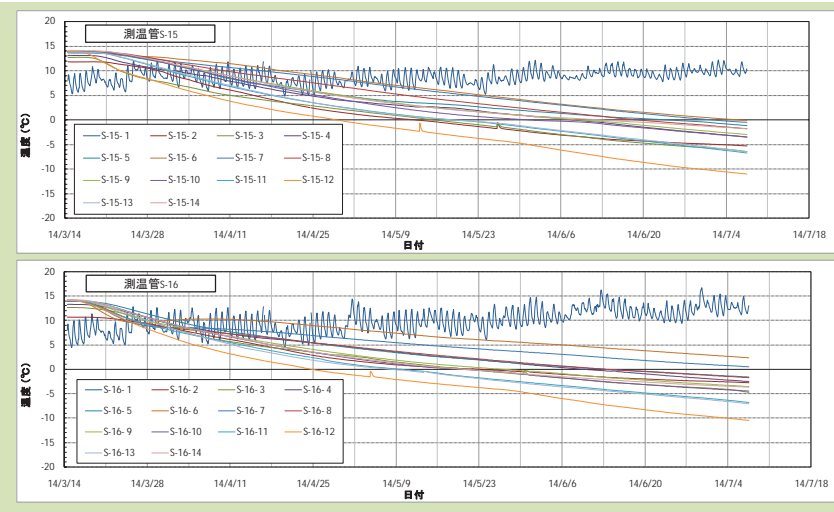
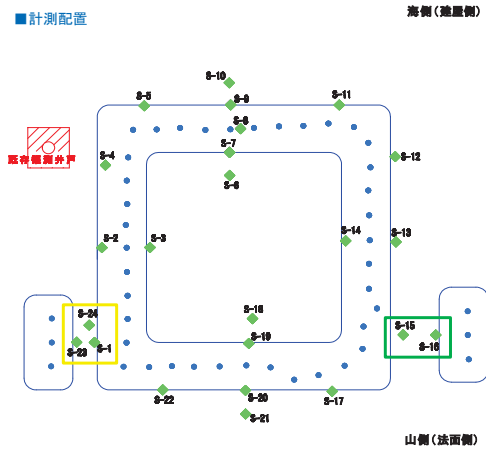


図-6 地中温度経時変化(複列施工部 3m、4m)

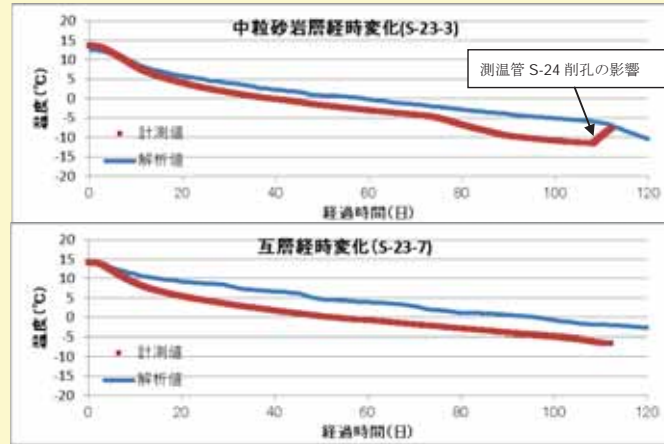
■【参考】複列施工部における解析結果との比較

■計測配置

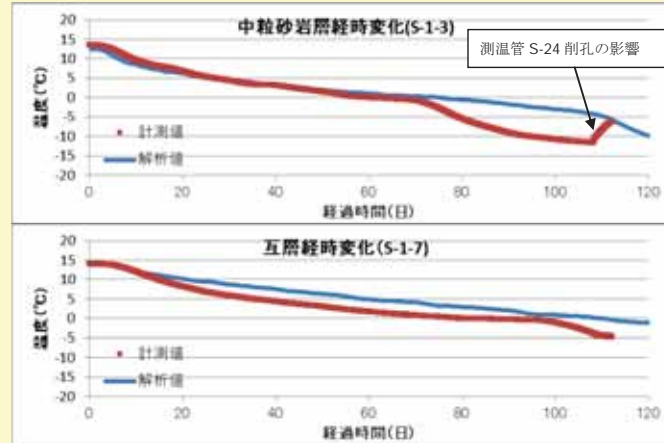


3m複列施工部

S-23(北側)

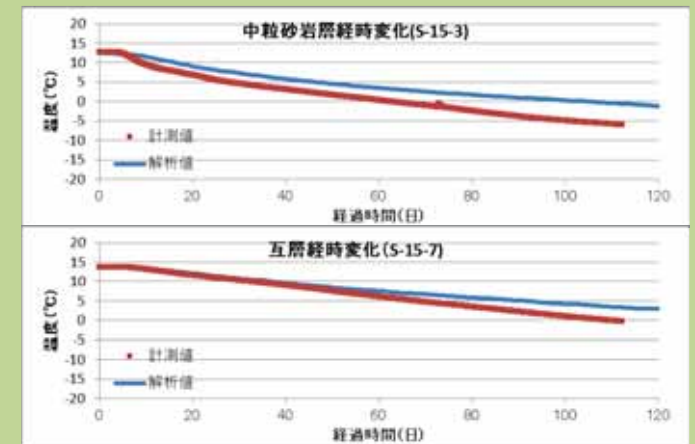


S-1(南側)

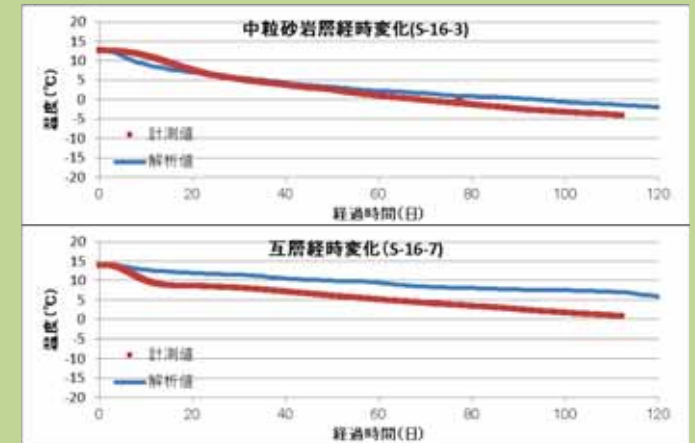


4m複列施工部

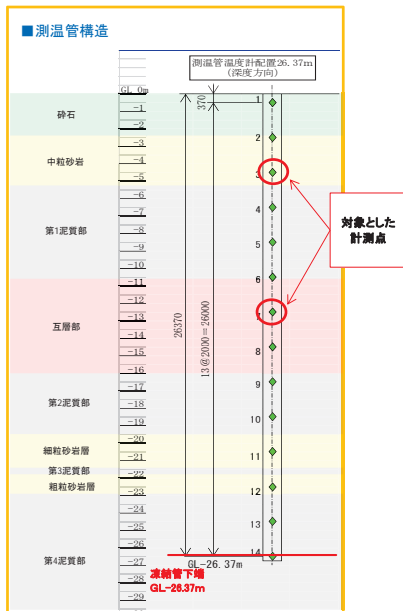
S-15(北側)



S-16(南側)



■測温管構造



(3) 凍土制御運転（間欠運転・間引き運転）状況

■試験目的

凍土遮水壁では、凍土造成による閉合が確認された後（目標壁厚 2m）は、①地盤変位の抑制、②省電力、などの観点から、凍土の過度な成長を抑制する。従って、凍土閉合後の凍結抑制運転方法について検討する。FS 試験の後、解析的検討を行い、本施工における制御運転方法を確立する。

■試験概要

小規模凍土の海側面で間欠運転、山側面で間引き運転を実施。

配置は以下のとおり。

海側：間欠（全凍結管停止）運転試験 ⇒ 10 本停止

山側：間引き（1 本とばし）運転試験 ⇒ 3 本停止

試験スケジュールを右に示す。

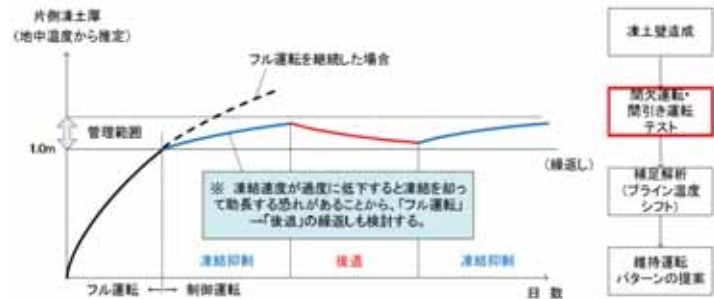
間欠運転：5/26 開始（継続中）

サイクル①（停止 10 日 + 稼動 9 日）

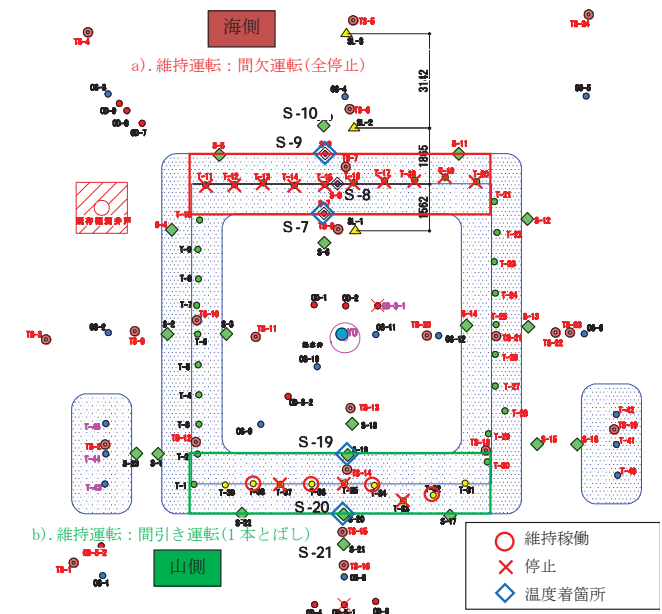
サイクル②（停止 10 日 + 稼動 9 日）

サイクル③（停止 14 日 + 稼動 15 日）

間引き運転：5/26 開始（継続中）



月・日・曜日	2014年5月						2014年6月						2014年7月							
	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
海側 間欠運転 10本(T-11~T-20)	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動
山側 間引き運転 3本(T-33, 35, 37)	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動	稼動



■試験経過報告

現時点で得られた知見を以下に示す。

1) 地中温度

・間欠運転：停止と稼動を繰り返すことで地中温度も増減を繰り返しており、凍土壁中心では停止と稼動の温度増減が同程度である。増減を示しつつも、中心から離れるほど温度低下傾向を示している。

⇒ 凍土フロント(0°Cライン)を推定すると、凍土壁は継続して成長していることが確認された。

・間引き運転：間引き運転開始後、凍土壁外側では温度低下が鈍くなっているが低下傾向である。凍土壁内側は凍土で囲われているため、運転中の凍結管の影響により温度低下は継続している。

2) 土中変位（海側設置のため間欠運転のみ評価）

・凍土壁内側の SL-1 はほとんど変化していないが、外側の SL-2 及び SL-3 は、時間の経過とともに海側に変位しており、深度方向では深くなるほど変位量が小さい。

・次に凍土造成状況と変位の関係について、測温管 S-9 と傾斜計 SL-2 を用いて土層別に整理分析した。

・地中温度についてはサイクル①及び②で、停止 10 日後、稼動 9 日としたが、停止時温度よりも稼動終了後の温度の方が低く、全体的に温度低下が継続している。

・土中変位については停止で減少し、稼動で増加しているが、全体傾向としては変位は増加傾向にある。

・地中温度と土中変位の相関性に注目すると、停止後の温度上昇で変位が戻り、再稼動すると停止前に戻り、ループ状を描く傾向にあるが、全体としては温度低下とともに変位も増加していくことが伺える。

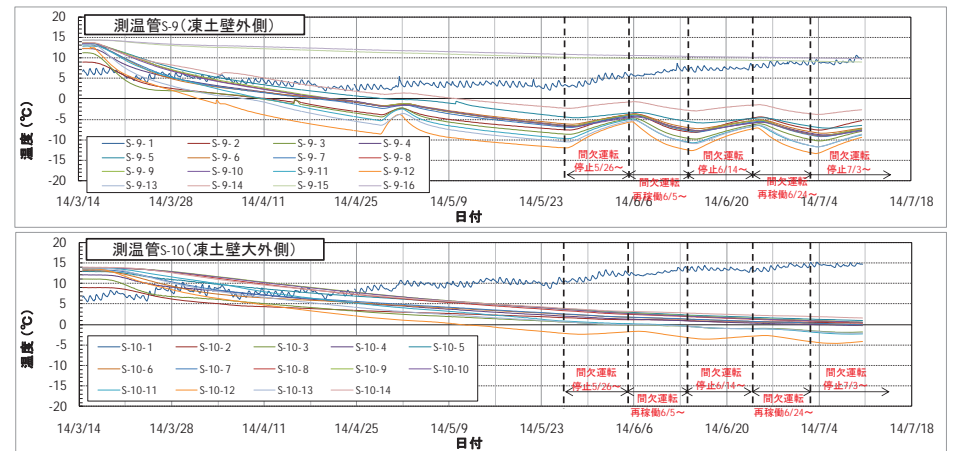
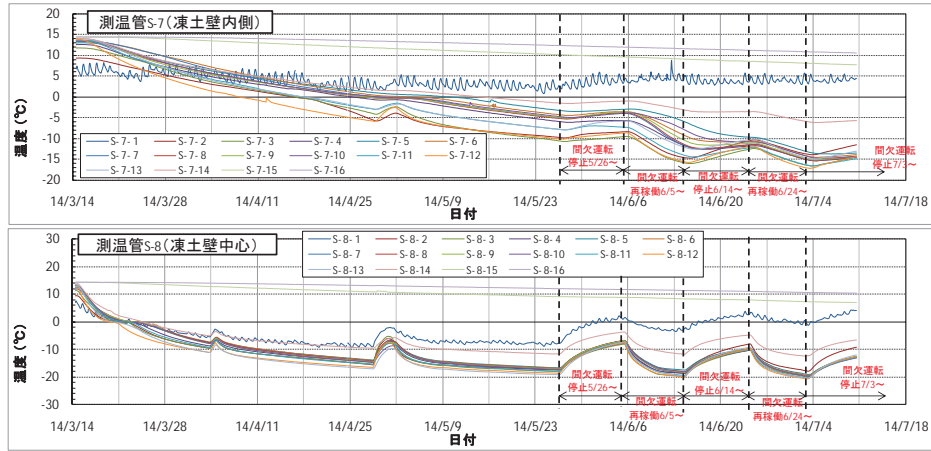
3) 凍土制御運転方法への展開見通し

制御運転方法について、管理上は冷凍機のオン・オフ制御による間欠運転の方が適している。本試験では、停止・稼動日数を約 10 日間として制御したが、土中温度（凍土厚さ）が定常状態になることはなく、土中変位も大局的には増加傾向となった。冷熱供給が一定期間停止して凍土中心温度が上昇回復しても、凍土壁として冷熱を保持しているためと考えられる。つまり、間欠運転の場合、「停止日数 > 稼動日数」として冷熱供給日数に差を与えることにより、土中温度をコントロールすることができると考えられる。

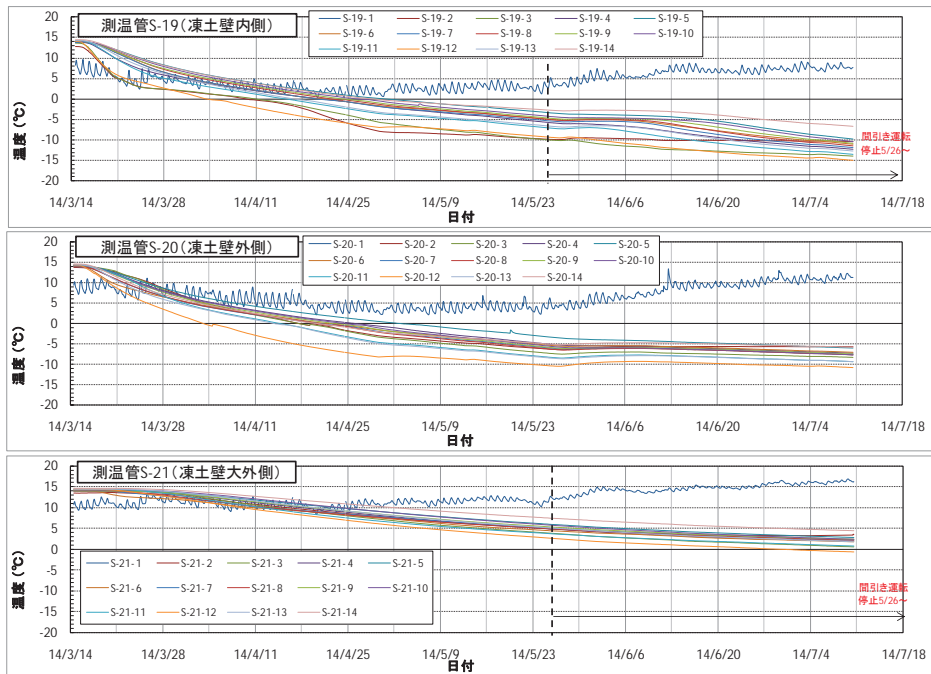
一方、間引き運転については、温度低下が緩やかになっており、地熱とのバランス傾向が見られた。これについては、引き続き検討する。

■地中温度による評価

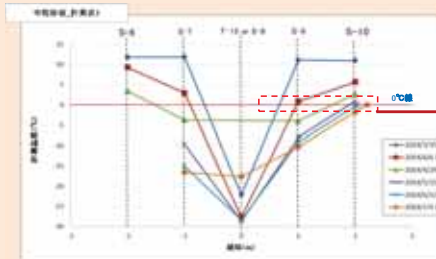
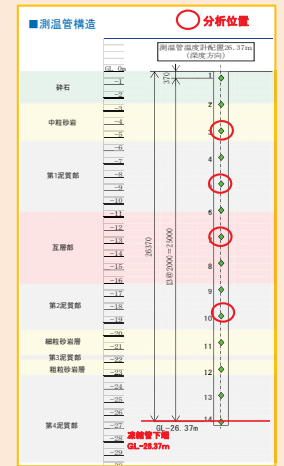
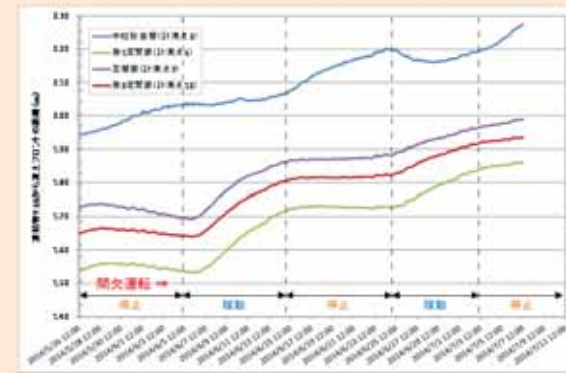
地中温度経時変化【間欠運転試験】



地中温度経時変化【間引き運転試験】



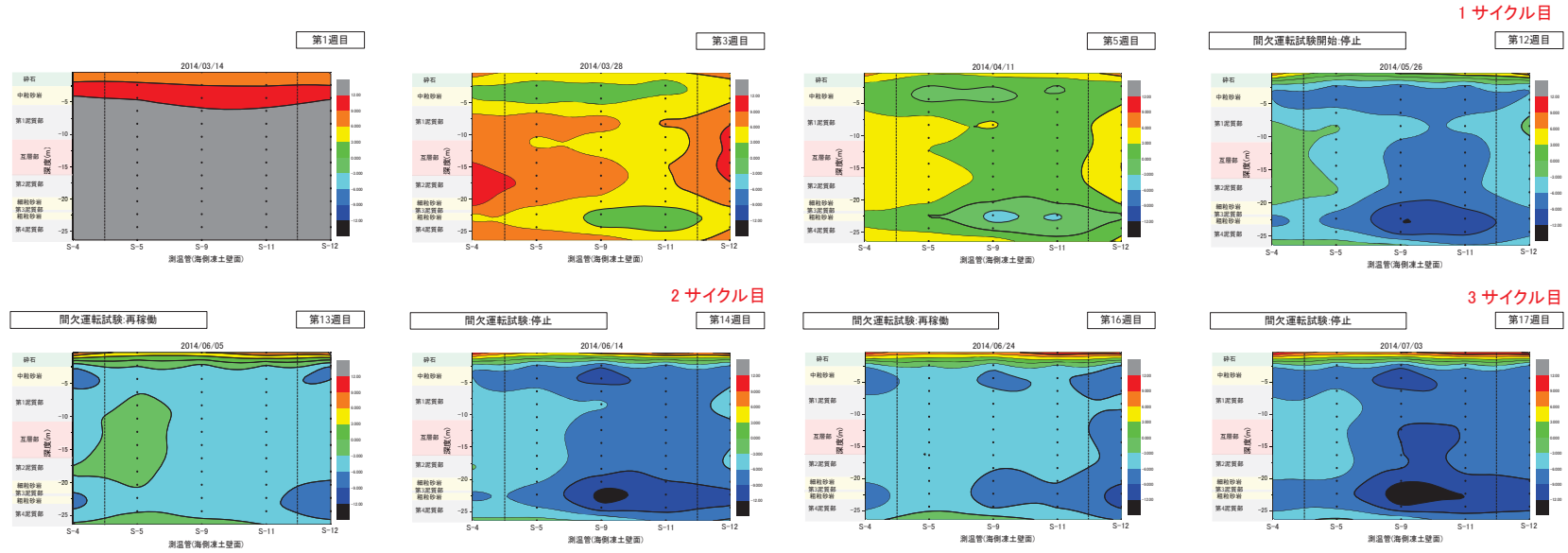
0°C線の成長度合い評価（凍土フロント経過時間）※間欠運転開始から



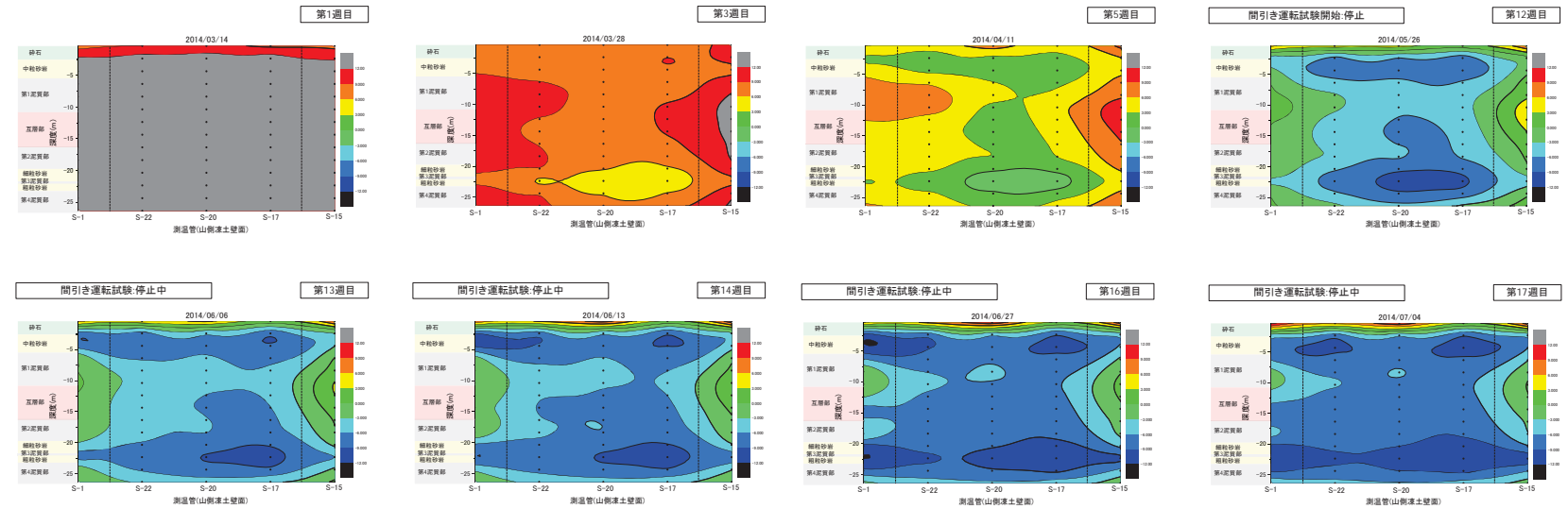
算出方法

- ・測温管間の温度勾配を求め、0°C線との交点を凍土フロントと仮定した。
- ・間欠運転中：造成運転中はT-15の温度、ブライン停止中はS-8の温度を使用した。
- ・凍土フロントを算出した場所は海側凍土外壁側(T-15 or S-8、S-9、S-10)を使用した。

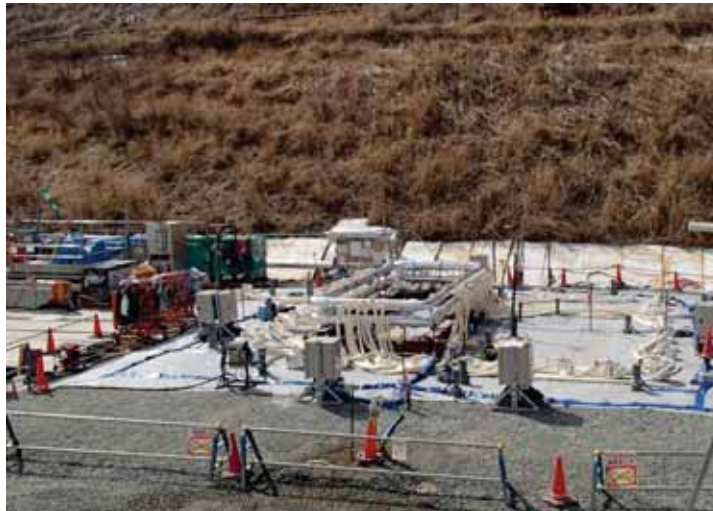
温度コンター図一覧(海側凍土壁面)【間欠運転試験】



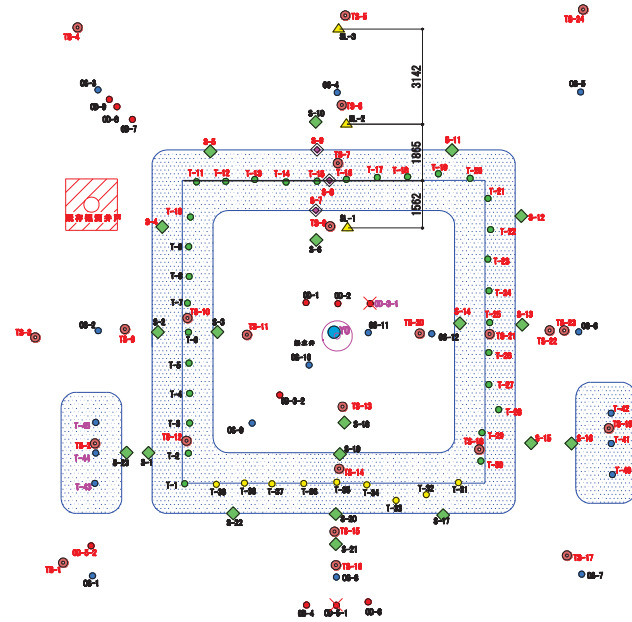
温度コンター図一覧(山側凍土壁面)【間引き運転試験】



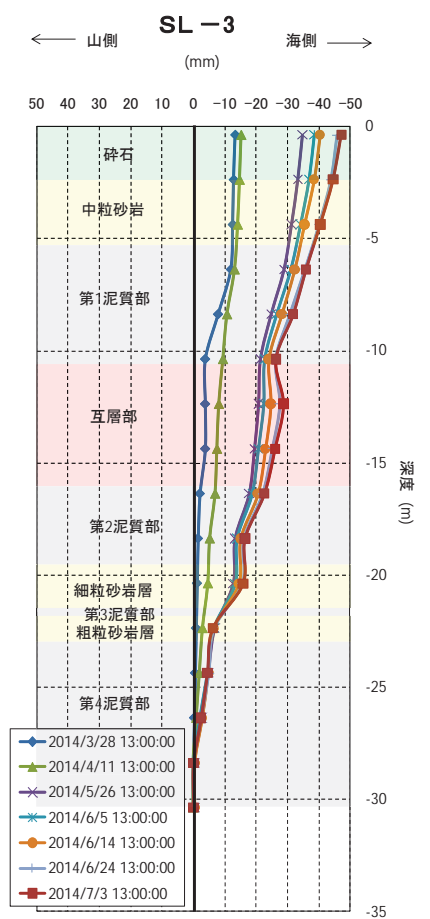
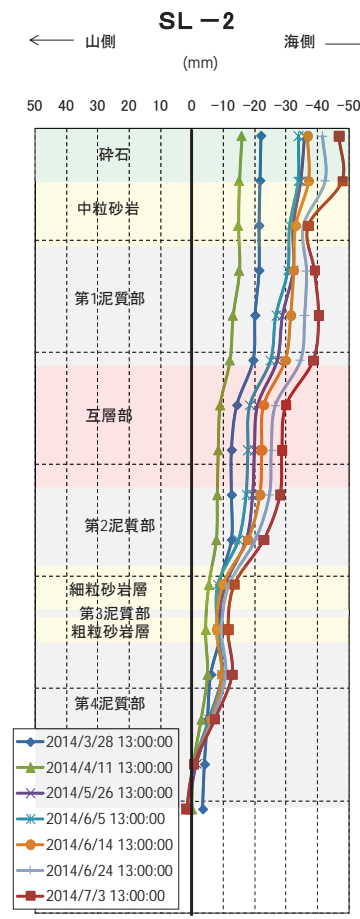
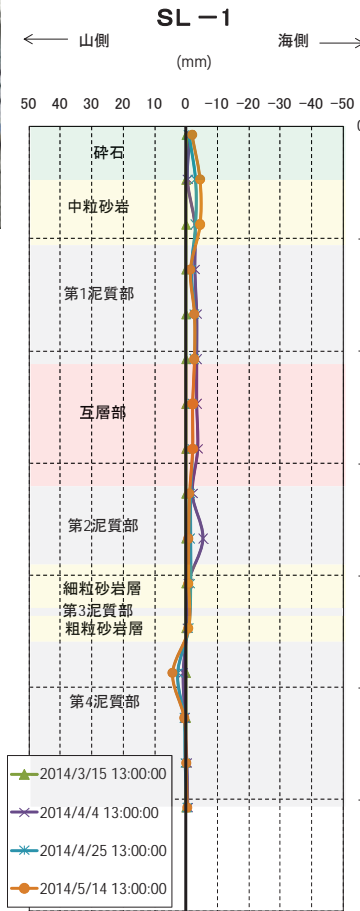
■土中変位データによる評価



小規模凍土全景

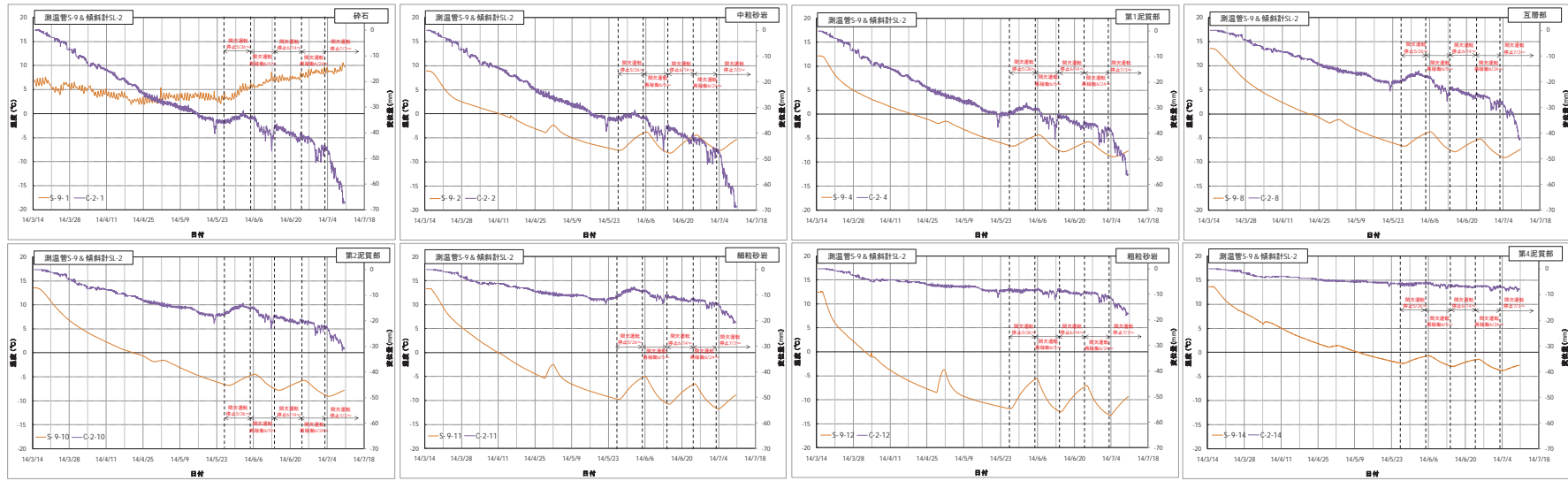


計測器配置図



土中変位深度分布図

地中温度及び変位 層別経時変化グラフ



地中温度～変位 層別相関グラフ

