

陸側遮水壁タスクフォースにおける 検討状況について

2014年11月13日
汚染水処理対策委員会事務局

陸側遮水壁タスクフォースにおける検討状況

◇8月18日 第12回陸側遮水壁タスクフォース

- ・大規模実証事業の進捗状況及び検討事項を報告
- ・凍土壁の凍結管間隔、地中埋設管等の存在箇所における施工方法、汚染箇所における施工方法 等について討議

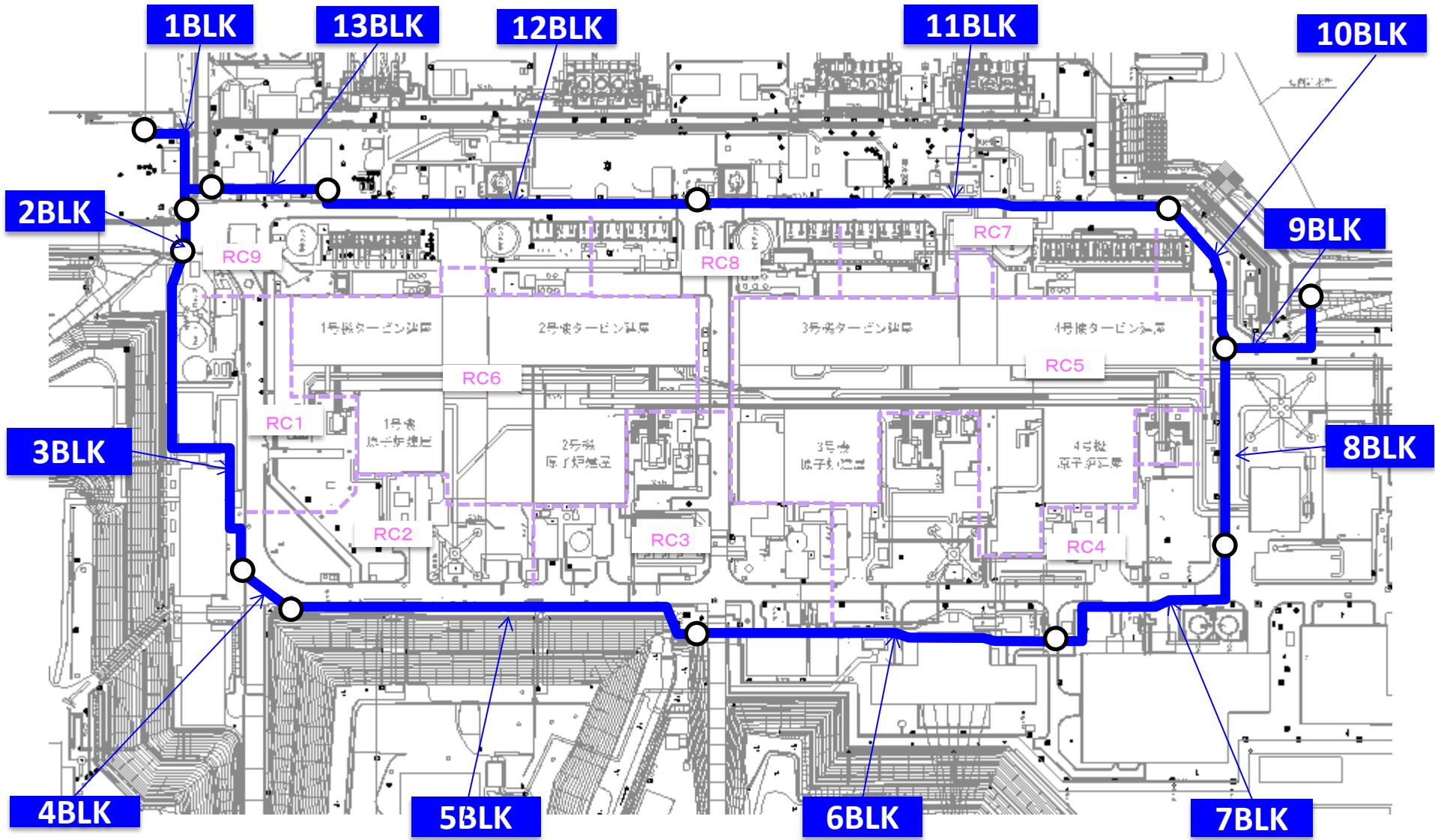
◇10月22日 第13回陸側遮水壁タスクフォース

- ・大規模実証事業の進捗状況及び検討事項を報告
- ・凍土壁の閉合手順、凍土壁の維持管理方法 等について討議

全体工程

	平成26年										平成27年					
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
準備工 (ガレキ撤去、ヤード整備、 試掘、トレンチ構築、足場 構築、調査ボーリング)		■														
削孔・建込み				▼	■											
				6月2日着工												
凍土造成														■		

凍土壁の施工箇所



大規模整備実証事業の進捗状況について(11月8日時点)

ブロック	種別	本数	削孔					スタンドパイプ		建込		備考
			実績	進捗	貫通	実績	進捗	実績	進捗	実績	進捗	
1BLK	凍結管	75本	71本	94.7%						31本		
	測温管	16本	16本	100.0%						5本		
	計	91本	87本	95.6%						36本		
2BLK	凍結管	18本	17本	94.4%								
	測温管	4本	3本	75.0%								
	計	22本	20本	90.9%								
3BLK	凍結管	196本	67本	34.2%	2本	0本	0.0%					
	測温管	38本	4本	10.5%								
	計	234本	71本	30.3%	2本	0本	0.0%					
4BLK	凍結管	28本	21本	75.0%	4本	4本	100.0%					
	測温管	6本	4本	66.7%								
	計	34本	25本	73.5%	4本	4本	100.0%					
5BLK	凍結管	221本	155本	70.1%	19本					54本	24.4%	
	測温管	44本	31本	70.5%	2本					13本	29.5%	
	計	265本	186本	70.2%	21本					67本	25.3%	
6BLK	凍結管	190本	85本	44.7%	18本	3本	16.7%					
	測温管	41本	18本	43.9%								
	計	231本	103本	44.6%	18本	3本	16.7%					
7BLK	凍結管	125本	55本	44.0%	8本	0本	0.0%			4本	3.2%	
	測温管	27本	14本	51.9%	3本	0本	0.0%			0本	0.0%	
	計	152本	69本	45.4%	11本	0本	0.0%			4本	2.6%	
8BLK	凍結管	104本	96本	92.3%						93本	89.4%	
	測温管	21本	20本	95.2%						19本	90.5%	
	計	125本	116本	92.8%						112本	89.6%	
9BLK	凍結管	73本	50本	68.5%	7本							
	測温管	14本	11本	78.6%	1本							
	計	87本	61本	70.1%	8本							
10BLK	凍結管	75本			9本			14本	18.7%			
	測温管	15本			0本			2本	13.3%			
	計	90本			9本			16本	17.8%			
11BLK	凍結管	225本			47本				0.0%			
	測温管	45本			3本				0.0%			
	計	270本			50本				0.0%			
12BLK	凍結管	159本			45本				0.0%			
	測温管	32本			0本				0.0%			
	計	191本			45本				0.0%			
13BLK	凍結管	56本			6本							
	測温管	13本			1本							
	計	69本			7本							
合計	凍結管	1,545本	617本	39.9%	165本	7本	4.2%	14本	3.1%	182本	11.8%	
	測温管	316本	121本	38.3%	10本	0本	0.0%	2本	2.2%	35本	11.1%	
	計	1,861本	738本	39.7%	175本	7本	4.0%	16本	2.9%	217本	11.7%	

凍結管間隔について①

凍結管の設置間隔は1.0mピッチを基本としているが、予測解析およびFS①の結果、1.2mピッチで閉合することを確認した。そこで、解析による検討を行った結果、地下水流速が比較的緩やかな海側で、凍結管間隔を1.2mピッチとすることとした。

検討内容：

海側凍土ラインの凍結管間隔を1.2mとした場合の凍土閉合可能性を検討する。

検討フロー

FS①で1.2m間隔の実規模凍土壁
閉合確認試験を実施

FS①を反映した実規模凍土壁解析
による1.2m間隔の成立性検討

地下水流の集中を考慮した
場合の1.2m間隔の成立性検討

現地で4本の凍結管(凍結管間隔1.2m)による閉合確認試験を実施し、閉合を確認。1.2mピッチで凍土が閉合することを実証。
(現地地盤での閉合を確認)

FS①を反映した実規模凍土壁解析を実施した結果、凍結管を1.2mピッチにした場合でも凍土壁が閉合することを確認した。
(解析による実現可能性の検討)

部分的に地下水流が集中するような状況が生じた場合、凍土の閉合に相当の時間を要することから、地下水流速が比較的緩やかな海側ラインにおいて、凍結管間隔を1.2mピッチとする。尚、1.2mピッチの適用範囲を海側ラインに限定する場合、凍土閉合に要する日数は約10日間延びるが、施工日数が約30日間短縮されるため、効率性の観点からも有利となる。

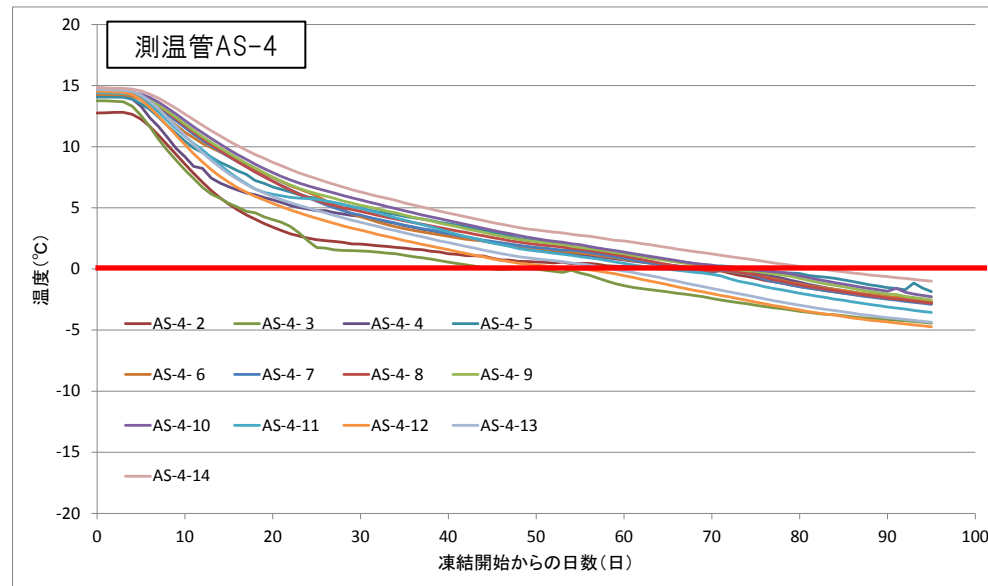
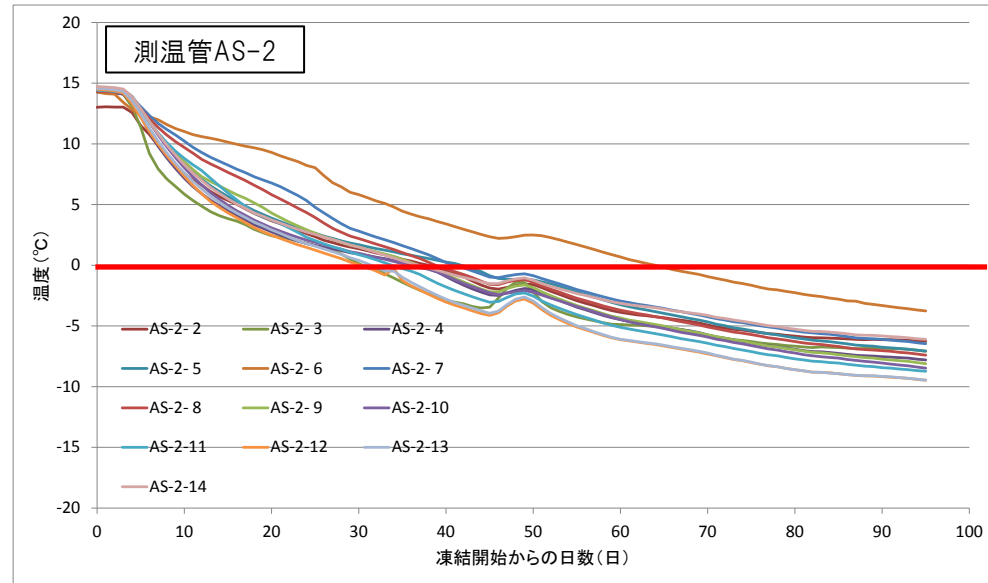
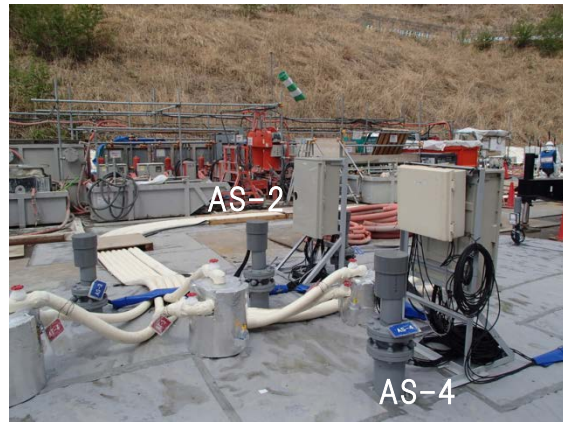
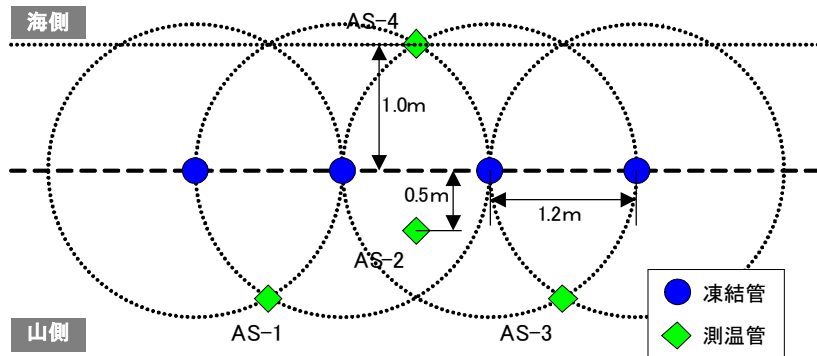
凍結管ピッチ	凍結管設置工期	凍土閉合日数	工期差
1.0m	—	12日	—
1.2m	-30日*	22日	-20日*

* 延長500m相当。1.0mピッチ比

海側ラインの凍結管間隔を1.2mピッチとする。

凍結管間隔について②

- FS①小規模凍土付近にて、1.2m凍土の造成確認試験を実施。測温管にて閉合を確認。
- 閉合時間は1.0mピッチに比べ10日超。
- FS①は4本の凍結管によるものであり、ダムアップの影響が小さい条件での実証であった。

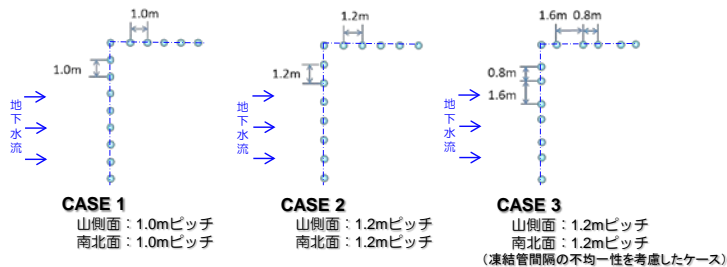
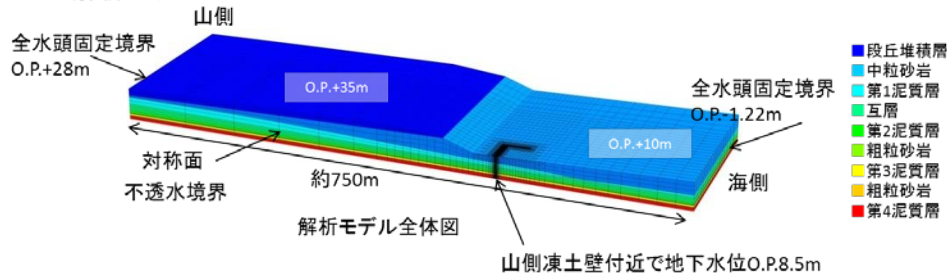


凍結管間隔について③

凍結管ピッチの検討

■ 目的: 凍結管ピッチの違いが閉合日数に与える影響を確認する。

■ 解析モデル



■ 解析手法: 三次元熱-水連成有限要素法(凍結潜熱考慮)

■ 解析条件

水理物性			温度境界条件等	
地層	透水係数(cm/s)	比貯留係数(cm ³)		
段丘堆積層-砂岩	3.0×10^{-3}	2.9×10^{-6}	雰囲気温度(°C)	15.0
泥岩	1.1×10^{-6}	4.5×10^{-7}	地中温度(°C)	15.0
互層	(水平) 1.0×10^{-3} (鉛直) 1.1×10^{-6}	5.8×10^{-7}	ブライン温度(°C)	-30.0

熱物性(実証実験①の結果に基づき設定)

	熱伝導率(kcal/mh°C)		熱容量(kcal/m³°C)	
	(凍結前)	(凍結後)	(凍結前)	(凍結後)
段丘堆積層	1.1	1.6	720	480
中粒砂岩	1.1	1.6	720	480
第1泥質部	0.75	1.2	800	550
互層	0.79	1.2	720	480
第2泥質部	0.75	1.2	800	550
細粒砂岩	1.5	2.1	720	480
第3泥質部	1.0	1.6	800	550
粗粒砂岩	1.5	2.1	720	480
第4泥質部	1.0	1.6	800	550

水理境界条件

境界	水位	備考
山側	O.P.+28m	広域三次元地下水解析結果に基づき、中粒砂岩層0.1m/day、互層0.03m/day山側凍土壁位置でO.P.8.5mの水位となるように水位境界条件を設定
海側	O.P.-1.2m	
南、北、底面	不透水	

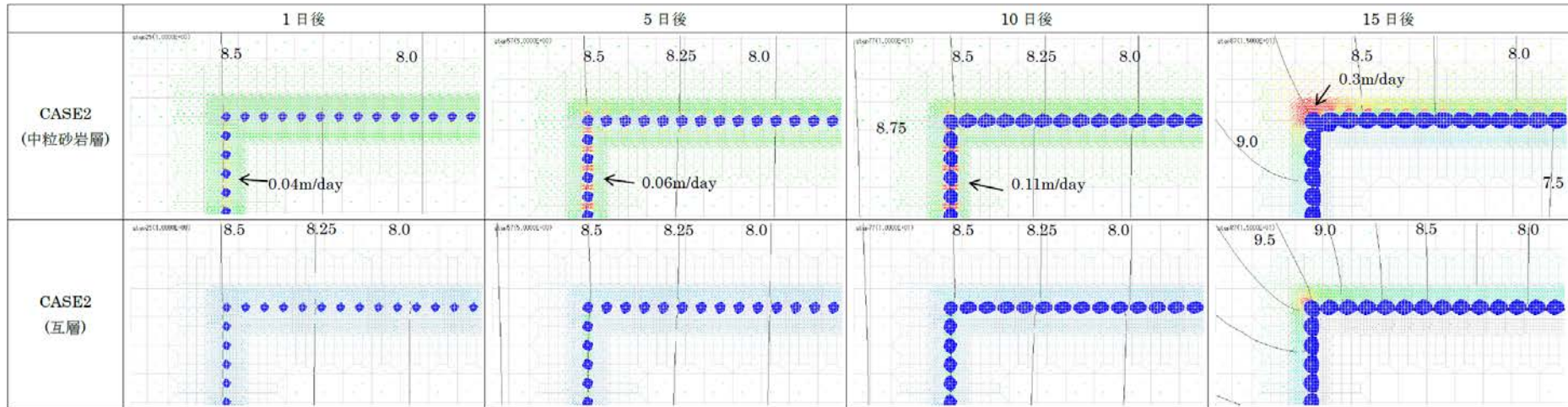
■ 解析結果

解析ケース	凍結管ピッチ	凍結閉合日数*1
CASE 1	山側面: 1.0m 南北面: 1.0m	山側面: 12日 (互層) 南北面: 10日 (互層)
CASE 2	山側面: 1.2m 南北面: 1.2m	山側面: 22日 (互層) 南北面: 20日 (互層)
CASE 3	山側面: 1.2m 南北面: 1.2m (凍結管間隔不均一性を考慮*2)	山側面: 凍結に60日以上要する 南北面: 46日 (互層)

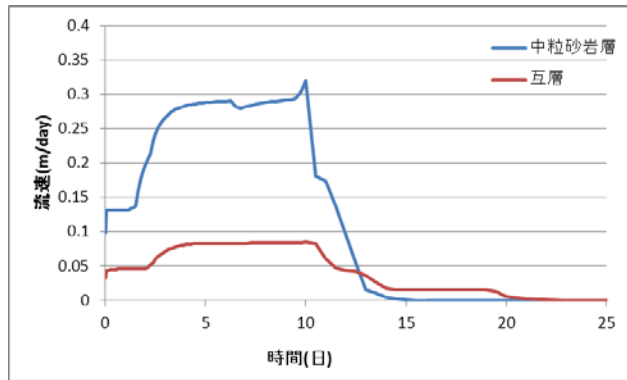
地下水流の影響を考慮した場合、山側については凍結に時間を要する。

凍結管間隔について④

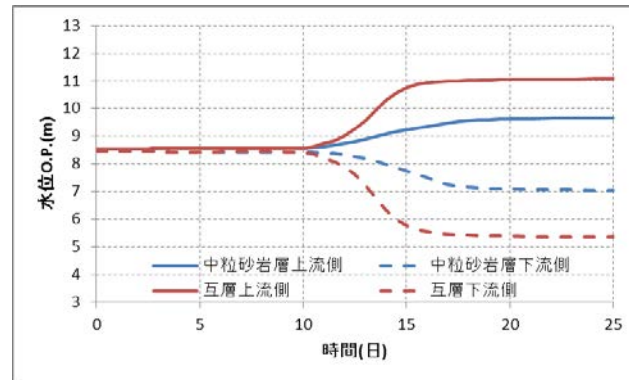
● CASE 2の凍結領域と流速ベクトル図



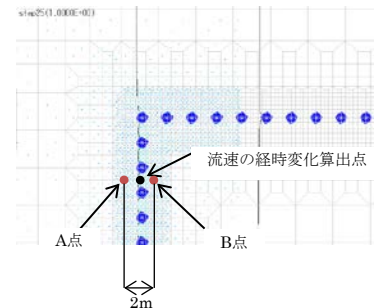
● 0°C以下の領域



凍結管中間位置での流速の経時変化



地下水位の経時変化
(右図A点が上流側、B点が下流側)



複列施工について①

埋設管交差部で複列施工を用いる際、FSの実績より複列本数は3本を基本とするが、凍結管間隔が1.0mをわずかに超える箇所については、複列本数を2本として凍結を促進させる方法も考えられる。そこで、複列3本配置に加え、複列2本配置とした場合の凍結限界間隔(凍結管間隔)を検討し、各配置の適用範囲を決定する。

検討内容:

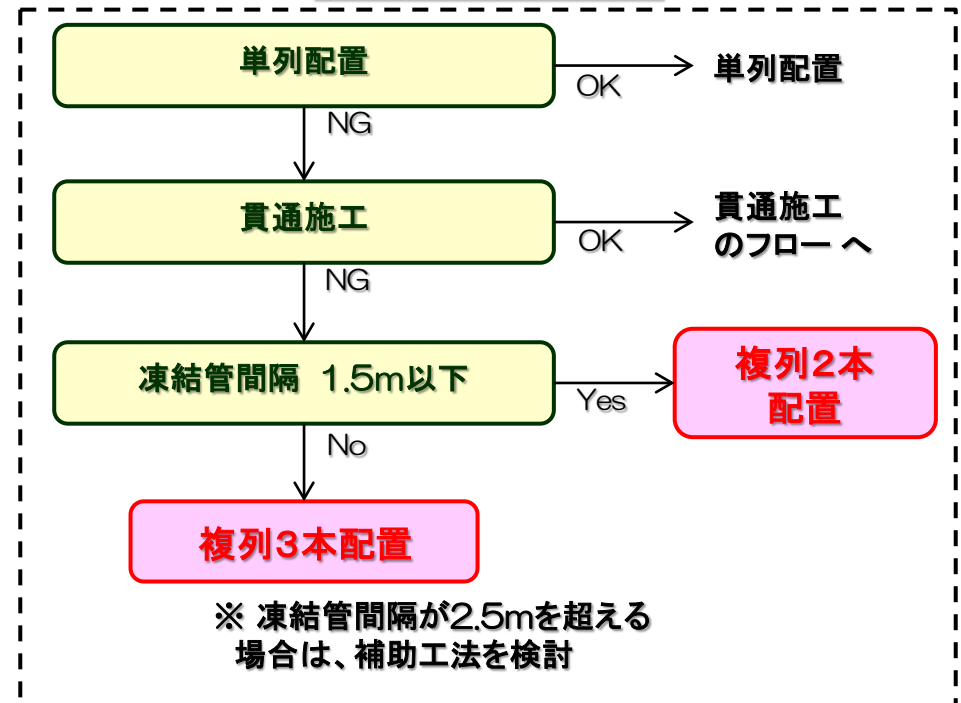
複列2本配置、3本配置の限界間隔(凍結管間隔)を検討し、各配置の適用範囲を決定する。

FS試験にて、凍結管間隔3mでの閉合を確認

複列2本配置、複列3本配置の限界間隔(凍結管間隔)を解析で検討

複列2本配置、複列3本配置の適用範囲(限界凍結管間隔)を設定

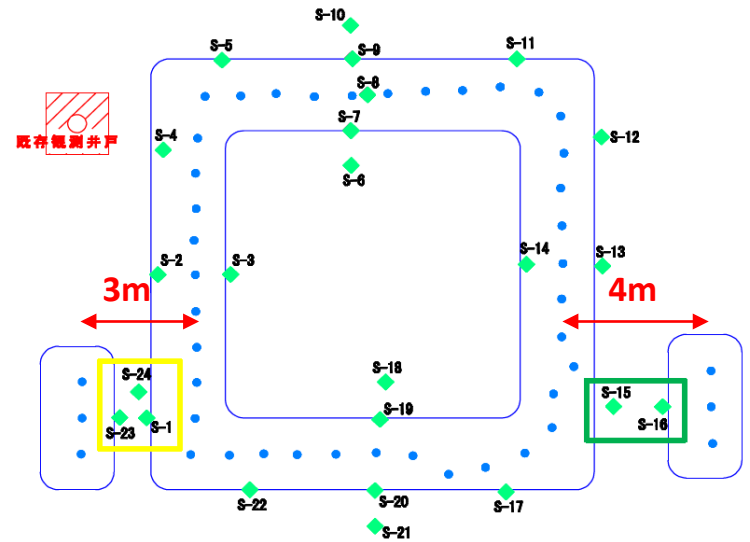
複列施工 検討フロー



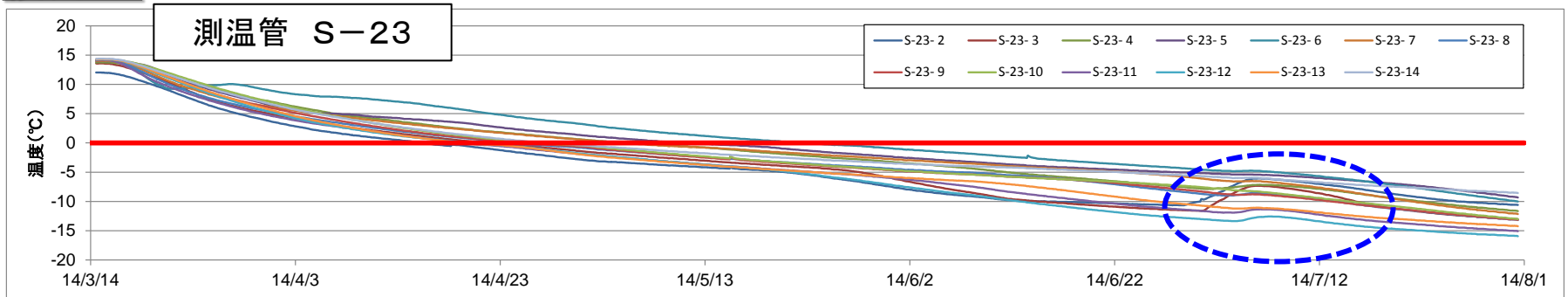
複列施工について②

FS実証試験(複列3本配置)

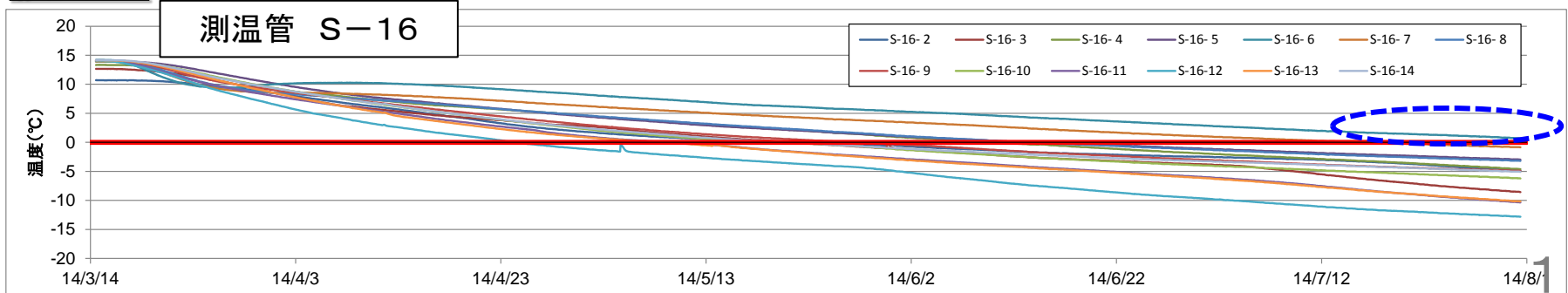
- **複列3m部**は、地表面付近を除くすべての深度で氷点下に到達 (S-1,S-23,S-24) ⇒ **閉合確認**
- **複列4m部**は、S-16の互層温度が氷点下に到達していない。温度の経時変化より、閉合日数は150日程度以上と推測される。
- 解析結果との比較的良好な整合を確認。



複列3m



複列4m



凍土遮水壁の閉合手順について①

【検討内容】

- ◇「地下水の建屋内流入量を最小限に抑える」という凍土遮水壁の目的を達成した上で、確実性の高い凍土遮水壁の閉合手順の検討。
- ◇凍結の進捗に伴う地下水流速の変化を考慮し、凍結速度、範囲、施工性、モニタリングの観点から、確実性の高い閉合方法の検討。

「海側、山側の同時閉合」と「海側よりも山側を先行して閉合」の2ケースを比較検討

海側よりも山側を先行して閉合させる

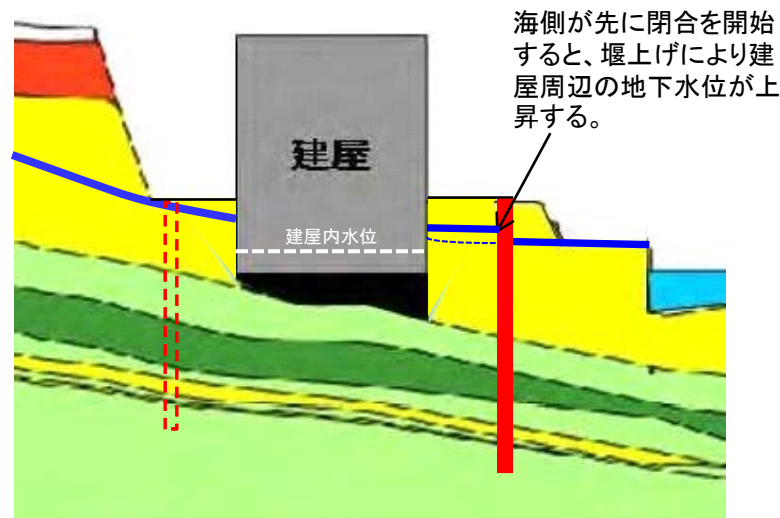
山側の閉合手順について2ケースを比較検討

- ①凍結しにくい箇所を先行して凍結開始し、凍結しやすい箇所と同時閉合
- ②一部の箇所を残して閉合させ、その後、補助工法等を用いて残りの箇所を閉合

山側については、凍結しにくい箇所を先行して凍結開始し、凍結しやすい箇所と同時閉合させる

凍土遮水壁の閉合手順について②

- 4辺同時に凍結を開始する場合、地下水流速が緩慢な海側が先に閉合を開始する可能性がある。
- 海側が先に閉合を開始すると、海側凍土遮水壁上流側での堰上げにより建屋周辺の地下水位が上昇し、建屋内流入量(高濃度汚染水)が増加する恐れがある。
- 山側を先行して凍結を開始すると、上記の課題を解決できる。海側の地下水流速はさらに緩慢になるため、海側凍土遮水壁閉合の確実性が向上する。



全体的な地下水流の特徴を踏まえ、山側を先行して閉合させ、海側の地下水流をより緩慢した上で、海側を確実に閉合させる。

凍土遮水壁の閉合手順について③

- 凍結に時間を要する箇所を先行して凍結させる手順と、凍結させない箇所（不凍結部）を部分的に残し、意図的に地下水を集中させる手順を比較。

	ケース①	ケース②
閉合方法概要	<ul style="list-style-type: none"> ●凍結に時間を要する箇所を先行して凍結 	<ul style="list-style-type: none"> ●不凍結部を部分的に残しておく。先行凍結部の閉合を確認後不凍結部の閉合を開始するため閉合に要する時間が長くなる。
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ●凍結に時間を要する箇所は、測温管を追加し重点的に地中温度を監視する。 ●それ以外の箇所は、地中温度と地下水位の挙動をモニタリングして閉合を確認する。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●凍結に時間を要する箇所は、測温管を追加し重点的に地中温度を監視する。 ●先行凍結時、それ以外の箇所は地中温度をモニタリングして閉合を確認する（先行凍結時は凍土壁内地下水位の低下が顕著ではないため）。 <p style="text-align: center;">△</p>
(閉合前)補助工法	<ul style="list-style-type: none"> ●当初計画では、補助工法を予定しない。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●不凍結部全てに補助工法を必要とする。 <p style="text-align: center;">△</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ●当初計画では、補助工法を予定しないので、ケース②-②に比べて施工数量が少ない。※) <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●補助工法を必要とするため、ケース①に比べて施工数量が多く、長時間を要する。※) <p style="text-align: center;">△</p>

※ モニタリングの結果、凍結に時間を要する箇所が生じた場合は、ケース①、ケース②どちらのケースも、補助工法を併用して凍結閉合を促進させる。

基本的に補助工法を予定しないケース①によって凍土壁を閉合

スタンドパイプの施工方法について①

■ 基本的な考え方

- 中粒砂岩層については、その下部の透水層（互層部以深）に拡大させない。
- 互層部についても、更にその下部の透水層（細粒・粗粒砂岩層以深）に拡大させない。

● 中粒砂岩層において検出されている放射性物質

Cs134: 4.7～230Bq/L

Cs137: 10～440Bq/L

全β: 18～880Bq/L

H-3: ND(2.8)～96,000Bq/L

● 互層部において検出されている放射性物質

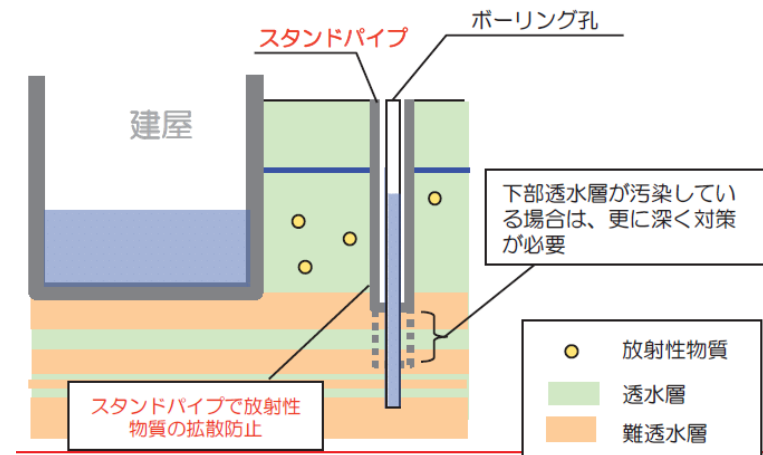
- Fz-5で3,100～4,700Bq/Lのトリチウムが確認されているものの、ほとんどが検出限界値未満である。

Cs134: ND(0.2～0.4Bq/L)

Cs137: ND(0.2～0.4Bq/L)

全β: ND(13～17Bq/L)

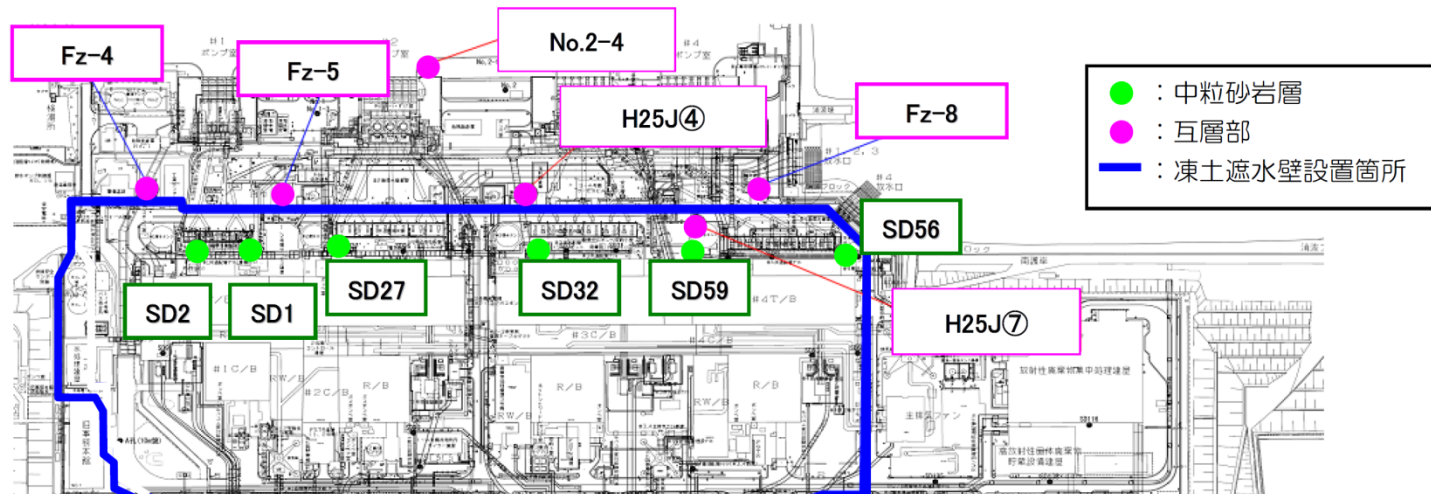
H-3: ND(100)～4,700Bq/L



スタンドパイプの施工イメージ

スタンドパイプの施工方法について②

調査位置図



調査結果

	場所	採水日	Cs134	Cs137	全β	H-3
中粒砂岩層	SD1	H25 11/27	68	180	300	96,000
	SD2	H25 11/27	6.1	17	42	490
	SD27	H25 12/5	160	430	880	210
	SD32	H25 12/5	4.7	10	18	ND(2,8)
	SD56	H25 12/9	1.1	4.5	ND(15)	770
	SD59	H25 12/9	42	99	94	430
互層部	Fz-4	H26 4/24	ND (0.2)	ND (0.3)	ND (13)	ND (100)
	Fz-5	H26 5/28	ND (0.3)	ND (0.3)	ND (15)	3,100
		H26 6/4	ND (0.3)	ND (0.3)	ND (15)	4,700
	Fz-8	H26 4/22	ND (0.2)	ND (0.4)	ND (13)	ND (110)
	H25J④	H26 4/29	ND (0.3)	ND (0.2)	ND (15)	ND (110)
	H25J⑦	H26 5/9	ND (0.4)	ND (0.3)	ND (17)	130
No.2-4	H26 5/21	ND (0.4)	ND (0.5)	ND (16)	ND (110)	

単位: Ba/L

■: 検出限界値未満

※NDは検出限界値未満を表し、() 内に検出限界値を示す。

スタンドパイプの施工方法について③

スタンドパイプの施工範囲について

前提条件

①放射性物質の検出状況

- 中粒砂岩層、互層共に放射性物質が検出されており互層部はFz-5で 10^3 オーダーのトリチウムが確認されている。

②海側ライン下の地下水位

- 互層水位は北側 (Fz-4) を除いて、中粒砂岩層 (SD) 水位よりも低い。
(Fz-5, H25J④, H25J⑦, Fz-8)
- 粗粒砂岩層水位は互層水位よりも高い。
(Fz-6, Fz-7)

施工範囲

●スタンドパイプ無
中粒砂岩水位<互層水位であり、
中粒砂岩層の汚染は互層に拡大し難い。

●スタンドパイプ設置 (中粒砂岩層まで)
互層水位が中粒砂岩層水位よりも低いため、凍結管施工時において中粒砂岩層の汚染を互層に拡大するおそれがある。
そのため、中粒砂岩層にスタンドパイプを施工する。
なお、粗粒砂岩層の水位は互層水位よりも高いため、互層の汚染は粗粒砂岩層に拡大し難い。

