

海底トンネルに関する質問事項に対する回答

2022年3月25日



東京電力ホールディングス株式会社

質問 No.1

- トンネルの長さは1 km程度で、発電所の放水用のトンネルと同じくらいですが、発電所の放水路では、温排水を拡散していますが、トリチウムの拡散は問題ないのでしょうか。

回答 No.1

- トリチウム (T) は、水分子中の H_2O のHがTに置き換わったHTOの形態で存在しており、挙動は海水と同じである。また、処理水は100倍以上の海水で希釈されるため、放出口の海水は取水した海水と、温度等の条件はほぼ同じであり、したがって、通常の発電所の温排水のように温度が周辺海水より高く上層に行きやすいという傾向はなく、海流等の影響により万遍無く拡散していくと考えている。

質問 No.2

- トンネルは岩盤中の中をとおり、放水口を岩盤に設けているのは適切な選択です。比較的しっかりした岩を掘削する計画ですが、掘削に用いるビットの摩耗については何か工夫していますか。

回答 No.2

- 摩耗に強いE5種のビットを採用している。また、先行ビットとティースビットを段差配置し、最外周には最外周先行ビット（他先行ビットに対し体積を1.8倍）をティースビットと共に4パス配置している。さらに、ビットの溶接母材にはSKC材を用いている。
- また、予想摩耗量（特殊先行ビット）については以下のとおり。

予想摩耗量：23.11mm 許容摩耗量：50mm

許容摩耗量は、予想摩耗量の2倍以上あるので、ビット交換無しで掘進が可能と判断している。

(チップ材質：E5、摩耗係数：泥岩・砂岩 $k = 16 \times 10^{-3} \text{mm/km}$ 、FFU・水中不分離モルタル $k = 20.8 \times 10^{-3} \text{mm/km}$ 、

摺動距離：最外周ビット軌跡を掘削外径3.13m、平均速度25mm/min、カッタ回転2.2rpmとして算出。)

【シールドマシンの寸法】

- 外径：φ3,090 mm
- シールド全長：6,815 mm、シールド機長：6,500mm、シールド本体長さ：6,170mm

【シールドマシンの主な装置】

- カッターヘッド：面板タイプ
- シールドジャッキ：総推力12,000kN、掘進速度62mm/分（全数作動時）
- エレクター：リングギヤ門型式
- テールシール：ワイヤブラシ耐圧型

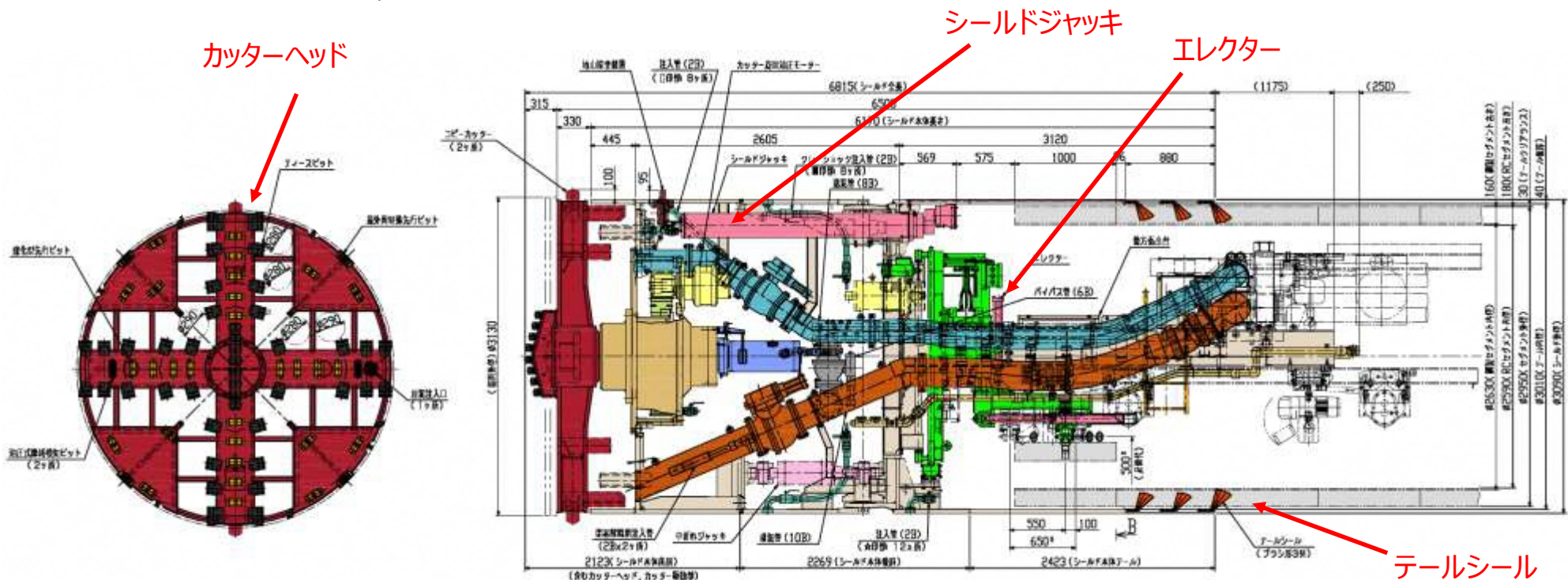


図 シールドマシン（泥水式シールド）

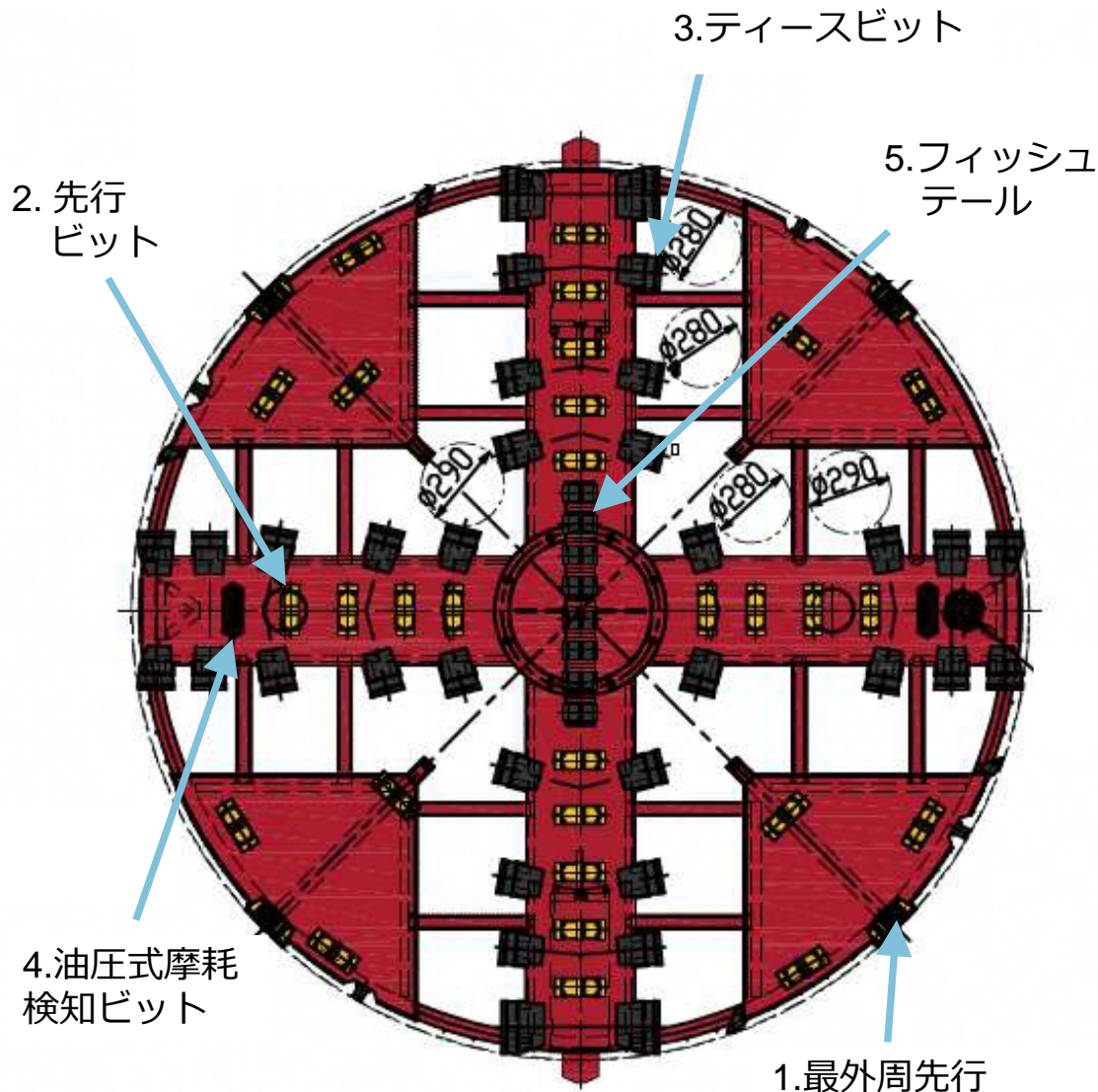


図 カッターヘッド詳細

ビットの材質	ビット溶接部の母材
E5	SKC

部位名称	説明
1.最外周先行ビット	掘削の際のメインとなるビット。他の先行ビットに対し、体積は1.8倍。
2.先行ビット	掘削の際のメインとなるビット。
3.ティースビット	先行ビットで掘削した泥岩をかき分けるビット。
4.油圧式摩耗検知ビット	強化型先行ビットの摩耗量を把握するビット。油圧を予めかけており、掘削時に摩耗した場合、油圧が小さくなるため摩耗を検知できる。
5.フィッシュテール	カッターヘッド中心部の地山の切削、および、切削後の土砂のカッター開口部への取り込みをする。

ティースビット (黒)

先行ビット (黄)

最外周先行ビット (黄)



油圧式摩耗検知ビット (水)

写真 カッターヘッド部

写真 シールドマシン内部

質問 No.3

- 下流水槽の水面と海水面との水位差は最大1.6mですが、高潮の時などに放流水の逆流は考えられませんか。津波に対してはどういうお考えでしょうか。

回答 No.3

- 高潮警報または津波注意報が発生した場合には、設計通りに海洋放出が出来ないリスクがあるため、海洋放出を停止させる運用とする。また、異常事象に伴い、ポンプを緊急停止する際のサージングも考慮し、設備の設計を行っている。

(参考)

上流水槽に流入する海水配管の放水端は大気開放としており、放水端は上流水槽に水没しない。そのため、ポンプトリップ時の逆流は生じない。

審査会合（第9回）資料に記載済（次頁参照）

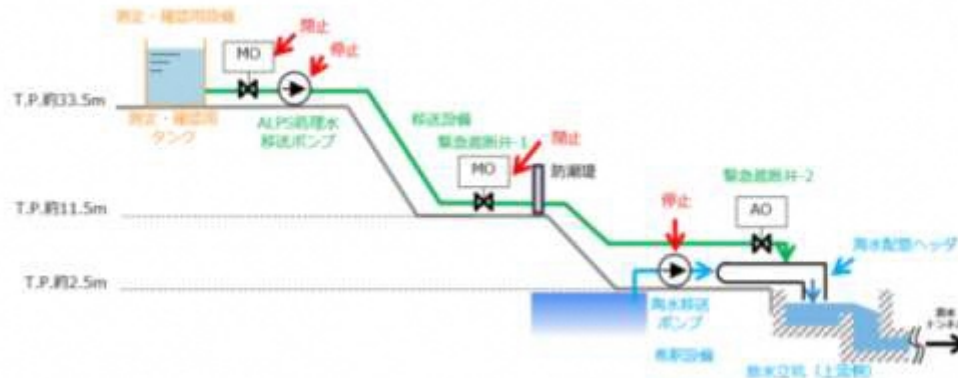
2-1(1) ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護等

②-1. 自然現象に対する設計上の考慮



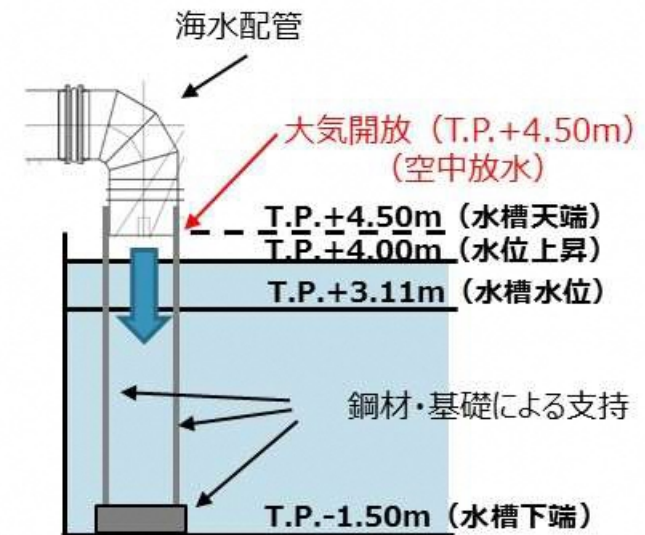
- 自然現象に対する設計上の考慮として、設備が損傷するリスク等がある場合は、免震重要棟集中監視室の監視制御装置より、海洋放出を手動で停止する運用としており、具体的な事象としては以下を想定している。

No.	手動停止させる事象	停止理由
1	震度5弱以上の地震	地震により設備の機能喪失した場合の影響を最小化するため
2	津波注意報	津波によって2.5m盤の設備が損傷するリスクがあるため
3	竜巻注意報	竜巻によって各設備が損傷するリスクがあるため
4	高潮警報	設計通りに水頭圧による海洋放出ができないリスクがあるため
5	その他	No.1~4以外に異常の兆候があり、当直長が停止する必要があると認める場合には、海洋放出を停止させるため



審査会合 (第12回) 資料P44より

上流水槽に流入する海水配管の放水端は大気開放としており、放上流水槽に水没しない。そのため、ポンプトリップ時の逆流は生じない。



放水立坑 (上流水槽) への流入
審査会合 (第9回) 資料P49抜粋

質問 No.4

- 塩害対策は妥当ですが、トリチウムはコンクリートに影響はないでしょうか。

回答 No.4

- コンクリートは、透過力の大きい放射線（ガンマ線や中性子線）に対する遮へい効果が大きく、また放射線耐性に優れている物質であることから、原子力施設等で遮へい構造材として広く使用されている。トリチウムから放出される放射線は、エネルギーの小さいベータ線で、空気中を5mm程度しか進むことができず、紙1枚を通過できない。したがって、トリチウムがコンクリートに対して、劣化、脆化などの影響は無いと考えられる。

質問 No.5

- ▶ トンネルの供用期間はどのくらいで検討していますか。耐久性は十分に考えていますか。

回答 No.5

- ▶ 供用期間は30年を計画している。また、セグメントに生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

- 放水トンネルのひび割れ幅および塩害の照査の結果、供用期間中の耐久性が確保されることを確認した。

【ひび割れ幅の照査】

放水トンネルの発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を下表に示す。

ひび割れ幅の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅
覆工板 (発進部)	0.135*	0.177	0.76
覆工板 (最深部)	0.148	0.177	0.84

【塩害の照査】

放水トンネルにおける塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を下表に示す。

塩害に対する照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
覆工板 (発進部)	1.97	2.19	0.90
覆工板 (最深部)	2.16	2.19	0.98

質問 No.6

- 放水口になるケーソンに、浮力が作用するタイミングはないのでしょうか。

回答 No.6

- 放水口ケーソンに常時作用する浮力を考慮している。また、波浪時に作用する揚力を考慮して安定性の検討を行っている。

浮上がりに対する安全率

荷重条件	供用時	
	常時および波浪時	地震時
適用条件	常時および波浪時	地震時
浮上がり安全率	1.20	

浮上がり照査結果

検討ケース			波浪時	地震時
浮力	P1	(kN)	-3,661.2	-3,661.2
揚力	P2	(kN)	-702.7	0.0
上向き荷重合計	P	(kN)	-4,363.9	-3,661.2
自重	W	(kN)	8,700.0	8,700.0
安全率	$F_s=W/P$	(-)	1.99	2.38
必要安全率	F_{sreq}	(-)	1.20	1.20
判定	-	-	OK	OK