# 海底シールドトンネル工事における施工実績と位置検知システムの開発
## －石狩湾新港発電所１号機新設工事のうち土木本工事（第３工区）工事報告（その 14）－

北海道電力(株)　石狩湾新港火力発電所建設所　正会員　遠藤　勉　○畠田大規
鹿島建設(株)　正会員　高柳　哲　　阿部　聡

## １．はじめに

北海道電力(株)石狩湾新港発電所の新設工事は，復水器冷却水を防波堤外側の外洋に放出する放水設備を構築するものである．このうち，放水路トンネルは掘削外径 φ5.44m，セグメント内径 φ4.7m の泥水式シールド工法により施工し，約 1,045m 先の海底下にある既設の放水口へ到達する計画であった．本報告では，放水路トンネル工事の施工実績および位置検知システムについて述べる．

## ２．地盤条件

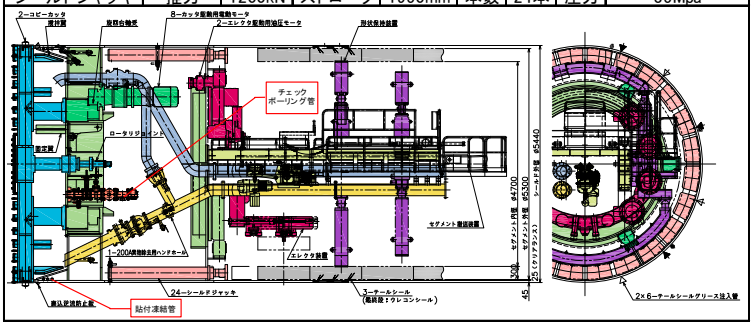
**図－1** にトンネル縦断線形と通過土層の設計定数を示す．計 13 地点の地質調査結果に基づき，土質縦断図を確定した．対象地域は比較的水平成層であることから，線形は主に浮き上がりリスクのあるシルト混じり砂層(As1)，砂質粘土層(Ac1)を回避し，洪積安定土層(Ds1、Dc2、Ds2)を通過するものとして選定した．

## ３．シールド機およびセグメント

**表－1** にシールド機の仕様を示す．本機は到達精度向上のためのチェックボーリング管と到達防護のための貼付凍結管を機内に設置している泥水式シールドである．**表－2** にセグメントの仕様を示す．RC セグメントは鉄筋仕様の異なる 2 種類の内面平滑型セグメントを適用した．さらに，北防波堤の上載荷重影響範囲においてはコンクリート中詰めセグメント(以下，SSPC)を適用した．セグメントは 6 等分割とし，リング継手には DS 継手，セグメント継手には RC がコーンコネクタ，SSPC では M36 ボルト継手を採用した．

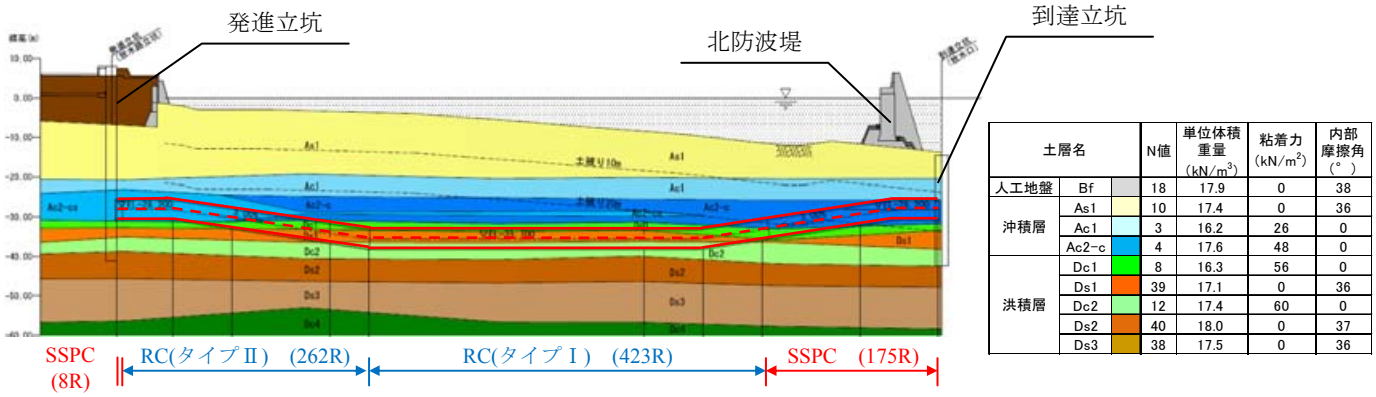
**表－1　シールド機の仕様**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 本体寸法 | 外径 | φ5440mm | | | 伸長速度 | 50mm/min | |
| | 本体長 | 7265mm | | | カッタ回転速度 | 1.08min$^{-1}$ | |
| | マシン長 | 7800mm | | | 総推力 | 28800kN | |
| スキンプレート | 板厚 | 45mm | 材質 | SM490A | 駆動制御 | 油圧クラッチ駆動 | |
| テール クリアランス | 25mm | | | | 切羽単位 面積当たり推力 | 1239kN/m$^2$ | |
| テールシール | ワイヤブラシ:2段　ウレコンシール:1段 | | | | 形状保持装置 | 上下拡張式 | |
| シールドジャッキ | 推力 | 1200kN | ストローク | 1950mm | 本数 24本 | 圧力 | 35Mpa |




**表－2　セグメントの仕様**

| 種類 | RCセグメント | | コンクリート中詰めセグメント (SSPC) |
|---|---|---|---|
| | タイプⅠ | タイプⅡ | |
| 本体 | D19×4+D22×6 | D22×4+D25×6 | t16×4本主桁 |
| セグメント継手 | コーンコネクタD25型×2セット/継手 | | M36(10.9)×4本/継手 |
| リング継手 | DS継手　M24×4セット/ピース | | |
| セグメント概略図 | コーンコネクタ / DS継手 | | ボルト継手 / DS継手 |



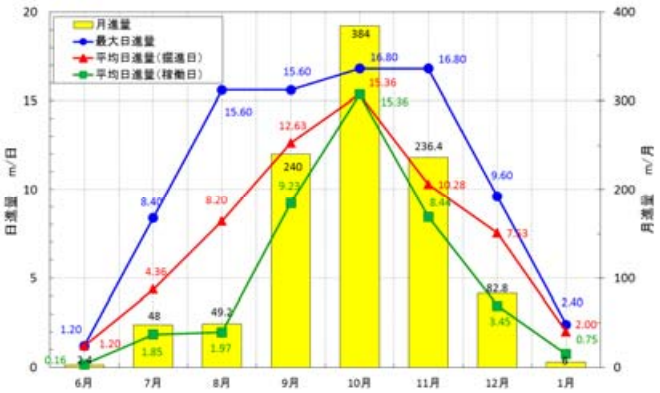

| 土層名 | | | N値 | 単位体積重量 (kN/m$^3$) | 粘着力 (kN/m$^2$) | 内部摩擦角 (°) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 人工地盤 | Bf | | 18 | 17.9 | 0 | 38 |
| 沖積層 | As1 | | 10 | 17.4 | 0 | 36 |
| | Ac1 | | 3 | 16.2 | 26 | 0 |
| | Ac2-c | | 4 | 17.6 | 48 | 0 |
| 洪積層 | Dc1 | | 8 | 16.3 | 56 | 0 |
| | Ds1 | | 39 | 17.1 | 0 | 36 |
| | Dc2 | | 12 | 17.4 | 60 | 0 |
| | Ds2 | | 40 | 18.0 | 0 | 37 |
| | Ds3 | | 38 | 17.5 | 0 | 36 |

**図－1　トンネル縦断線形と通過土層の設計定数**

キーワード　シールド，施工実績，安全管理，位置検知システム，入坑管理
連絡先　〒061-3271　北海道小樽市銭函 5 丁目 192-1　北海道電力(株)石狩湾新港火力発電所建設所　TEL 011-772-8623

## ４．施工実績

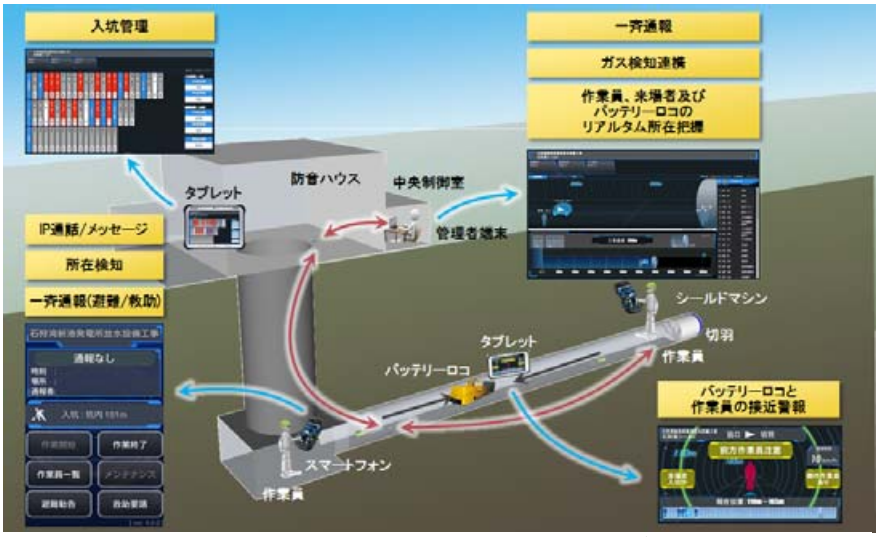
**図－2** に日進量と月進量を示す．最大日進量は RC セグメント組立時の 16.8m(14R)であり，10 月に最大月進量 384m(320R)を記録した．なお，2017 年 1 月 12 日に無事故・無災害での海底到達をしている．




**図－2　日進量と月進量**

## ５．位置検知システムの導入背景と概要

シールド工事では，中央管理室や各詰所から作業員およびバッテリーロコの所在をリアルタイムに把握・管理できないことに加えて，有事の際に作業員の所在が分からないという問題点が存在する．また，坑内では排泥ポンプ等の騒音により，緊急事態発生時の一斉通報が聞こえないリスクや作業員の慣れによるバッテリーロコ接近の認識遅れ等，安全面での懸念が存在する．そこで，安全への取組みの一環として，スマートフォンを活用したトンネル坑内位置検知システムを開発・導入した．




**図－3　位置検知システムのイメージ図**

**図－3** に位置検知システムのイメージ図を示す．中央管理室や現場詰所等の地上各所とトンネル坑内 100m ごとにアクセスポイントを設置し，Wi-Fi 環境を設けた．本システムは他現場で導入されている入坑管理やリアルタイム位置検知，バッテリーロコ接近警報および IP 通話の他に，ガス検知連携および緊急時一斉通報(避難勧告・救助要請)をスマートフォンで管理できる点が特徴である．

**図－4　緊急時一斉通報の作動画面**
**（左：ロコ搭載タブレット　右：スマホ）**

本現場で初適用となる緊急時一斉通報は，有事の際にどの作業員からでも避難勧告・救助要請ができ，複雑な操作や手順なく警報を発報することが可能である．発報された警報は全てのスマートフォン，中央管理室およびバッテリーロコに通知することができる．**図－4** に緊急時一斉通報の作動画面を示す．それぞれの端末では緊急時一斉通報の内容と発報時刻，場所および通報者名が表示されるようにした．

## ６．位置検知システムの精度と課題

測位精度実測検証の結果，実測との平均誤差は 10m 程度であり，非常に高精度な位置検知であった．その反面，坑内アクセスポイントの接続切替わり地点で通信障害が発生することがあった．そのため，今後は坑内電波環境を測定しつつ，システムの設定変更を行いながら運用する必要があると考えられる．

以上，施工実績と位置検知システムについて報告した．構築した放水路トンネルの一次注水は 2017 年 7 月に予定している．