

津軽海峡線 三岳補助き電区分所 主回路機器の更新

品田真也 Shinya Shinada

キーワード 津軽海峡線, 青函トンネル, 三岳 SSP, 横坑, 保守用車, ガス自冷 AT, SF₆ガス回収, 間合い輸送

概要



三岳 SSP 新設機器全景

1988年の開業以来、海峡線（津軽線・江差線・函館本線の一部を含めて青森～函館間を津軽海峡線の愛称）は、青函トンネルを介して本州と北海道とを結ぶ基幹鉄道路線として使用されており、多数の貨物列車や優等旅客列車が運行されている。

一方、2016年3月には青函トンネル区間を在来線と共用する北海道新幹線の開業が予定されており、それに合わせてこれまで使用されてきた既設電気設備の更新工事が着々と進められている。

青函トンネルは世界有数の長大トンネル（53.85km）で、この中に設けられている3か所（三岳・海底・算用師）の補助き電区分所（SSP）のうち、当社は三岳 SSP のき電用ガス絶縁開閉装置（C-GIS）と変圧器（AT 及び OT）を更新した。

1 まえがき

海峡線の三岳補助き電区分所（SSP）は、青函トンネル内の北海道方地上部に位置し、列車のき電制御と限定区分を行う役割を担っている。三岳 SSP は青函トンネル本坑に連なる横坑に所在するため、省スペースを考慮し、主回路構成機器はガス絶縁開閉装置（C-GIS）とガス絶縁変圧器とで構成されている。第1図にロケーションのイメージを示す。

三岳 SSP は1988年の開業以来、在来線のき電用変電設備として使用されてきたが、使用開始から既に25年以上が経過していることに加え、隣接する本坑を走行する列車の車輪とレールから発生する摩耗鉄粉及び地上から強制換気される塩分を含んだ空気によって老朽化が進行したため、早期の更新が必要な状況であった。

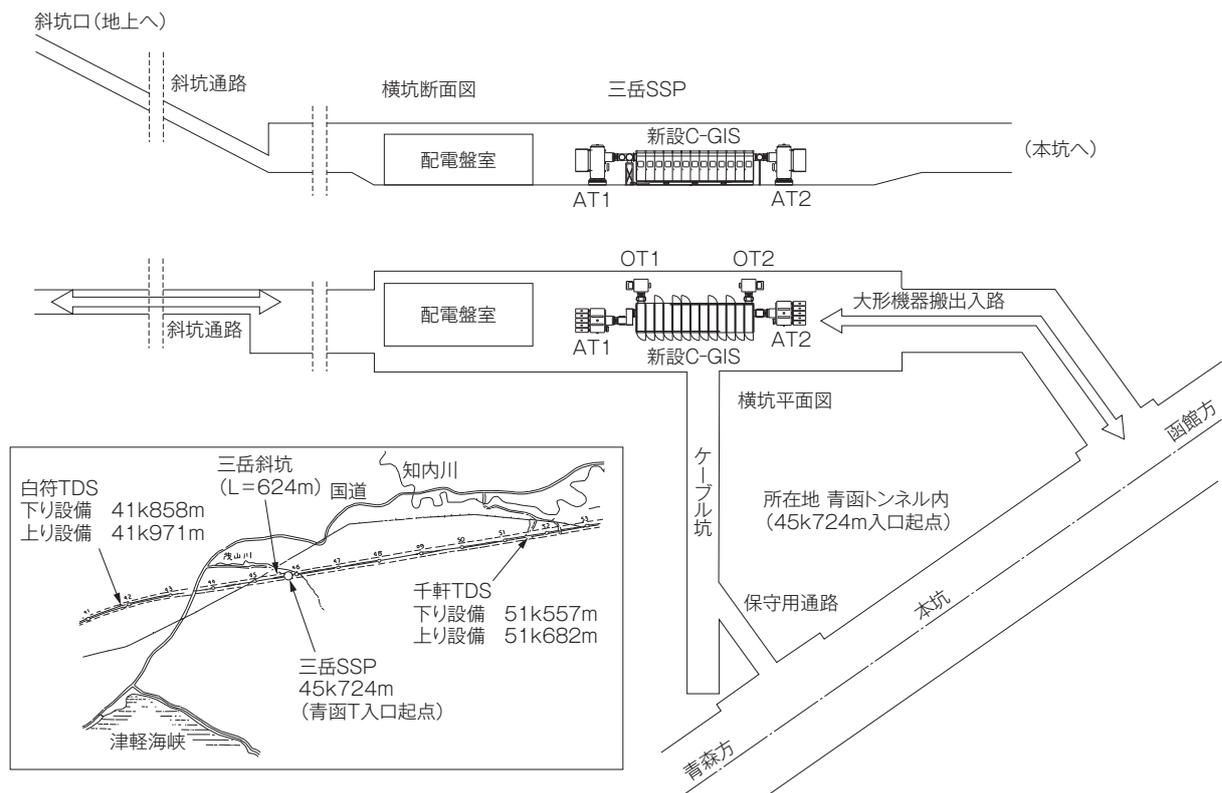
また、2016年3月に予定されている北海道新幹線の開業を控え、青函トンネル区間のき電用変電設備は全て新幹線用の設備となることから、三岳 SSP の既設主回路機器と配電盤（別工事で更新中）も更新することになった。本稿では、更新用に新規製作・納入した設備の仕様と更新工事の概要について紹介する。

なお、現地更新工事（北海道旅客鉄道株〈以下、JR北海道〉から発注）は、元請工事業者の（株）ドウデンから大形機器の搬出入作業と主回路ケーブルの更新を除く機器の据え付け及び制御線工事の大半を当社が受注して施工にあたった。

2 更新機器の概要

2.1 定格事項

(1) き電用単巻トランス（AT）



第1図 三岳SSPロケーションイメージ

三岳SSPロケーションイメージを示す。

- (a) 定格容量 7.5MVA (自己容量)
- (b) 定格電圧 60/30kV
- (c) 定格周波数 50Hz
- (d) 冷却方式 ガス入自冷式
- (e) ラジエータ 本体直付形 (ただし、分割で搬入)
- (2) C-GIS
 - (a) 定格電圧 36kV
 - (b) 定格電流 1200A
 - (c) 定格周波数 50Hz
 - (d) 定格短時間耐電流 20kA
- (3) 制御用トランス (OT)
 - (a) 定格容量 75kVA
 - (b) 定格電圧 30kV/210-105V
 - (c) タップ電圧 F33-F31.5-R30-F28.5-F27-F23KV (6タップ)
 - (d) 定格周波数 50Hz
 - (e) 冷却方式 ガス入自冷式
 - (f) OT二次開閉器盤 バスタクトでOTと直結
- (4) 主回路構成 AT ~ C-GIS ~ OT間の接続は母線管路で直結

2.2 海峡線き電設備の特殊仕様

三岳SSPを含め海峡線のき電用変電設備は、新幹線開業前までは在来線(き電電圧22kV)が運行し、開業後は新幹線と海峡線走行用の特殊電気機関車(き電電圧30kV)がけん引する貨物列車が運行する予定である。このことからOT及び計器用変圧器(PT)は、22-30kVの双方の電圧に対応可能な仕様としている。

2.3 更新設備の改良内容

(1) ATの冷却方式 ATの冷却方式は、既設の強制風冷式からラジエータ直付けの自冷式に変更した。強制風冷式の場合は冷却ファン・ガスブローア・冷却器制御盤などの部品点数が多く、保守・点検面で不利な点が多かった。また、ガス冷却ファンが室内の空気を強制的にかくはんするため、本坑で発生した鉄粉を拡散させる弊害もあった。

これらの問題点を解決するため、納入実績の積み重ねによる基礎技術の蓄積と、巻線構造の最適化などによって、海峡線開業当時は製作が困難だった



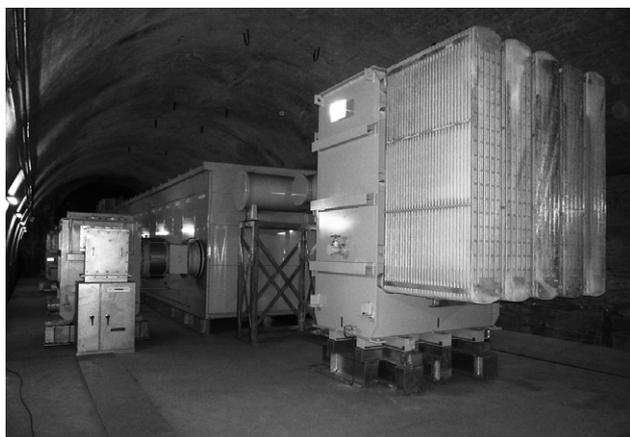
第2図 既設AT

冷却ファン・ガスブローア・冷却器制御盤を装備しており、レールや車輪からの鉄粉が機器全体に付着し、茶褐色に変色している。



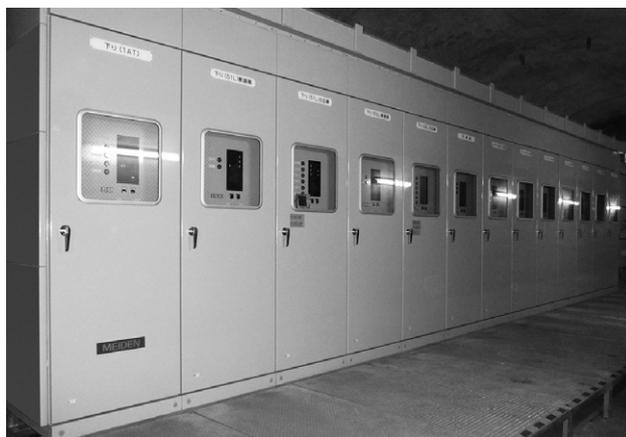
第4図 既設C-GIS（ユニット間管路接続形）

AT同様全体が茶褐色に変色しており、制御部内部や端子台にも鉄粉が付着している。



第3図 新設AT（右手前）及びOT・OT二次盤（左奥）

ATは溶融亜鉛めっき製の放熱器直付けで動力付きの補機は装備していない。



第5図 新設C-GIS（配電盤形）

屋外密封形で上部は溶融亜鉛めっき鋼板によって二重屋根構造とした。

た自冷式のガス絶縁変圧器を納入した。また新幹線車両特性の改良に伴い、容量は従来の10MVAから7.5MVAに引き下げた。

第2図に既設ATを、第3図に新設AT及びOT・OT二次盤の据え付け状況を示す。

(1) C-GISの構造 既設は各ユニット間を管路で接続するタイプだったが、今回配電盤形に変更した。これによって防塵対策を強化することができるとともに現場操作盤（LCP）を省略した。

またトンネル壁面からの漏水に備え、上部に二重構造の屋根を設け、万が一の漏水で屋根板（溶融亜鉛めっき製）が発錆した場合でも交換可能な構造とした。第4図に既設GIS（ユニット間管路

接続形）を、第5図に新設GIS（配電盤形）の据え付け状況を示す。

(2) PTの構造 PTは既設の単体タンク形からC-GIS内蔵のモールド形に変更し、省スペース化を図った。

3 現地更新工事

3.1 既設機器の撤去

3.1.1 SF₆ガスの回収

既設機器を撤去するにあたり、機器内部に封入されている絶縁用のSF₆ガス（総封入量534kg）を回収することが必要となる。そこで専門業者の

大陽日酸東関東(株)に現地への持ち運びが容易な小形のガス回収装置を新規に導入し、使用することを前提に外注依頼した。これによって機材の搬出入は本坑を使用せずに全て三岳SSPにつながる斜坑から直接小型トラックで行うことが可能となった。新規導入した回収装置の概要は、以下のとおりである。

- (1) 液化回収装置 (持ち込み台数：1台)
 - (a) 外形寸法 W1100×H1011×D800mm
 - (b) 装置質量 約450kg
- (2) 真空ポンプ (持ち込み台数：2台)
 - (a) 外形寸法 W1020×H1090×D610mm
 - (b) 装置質量 約160kg
- (3) 水分除去装置 (持ち込み台数：1台)
 - (a) 外形寸法 W760×H1005×D490mm
 - (b) 装置質量 約150kg

第6図にSF₆ガス回収装置の外観を示す。

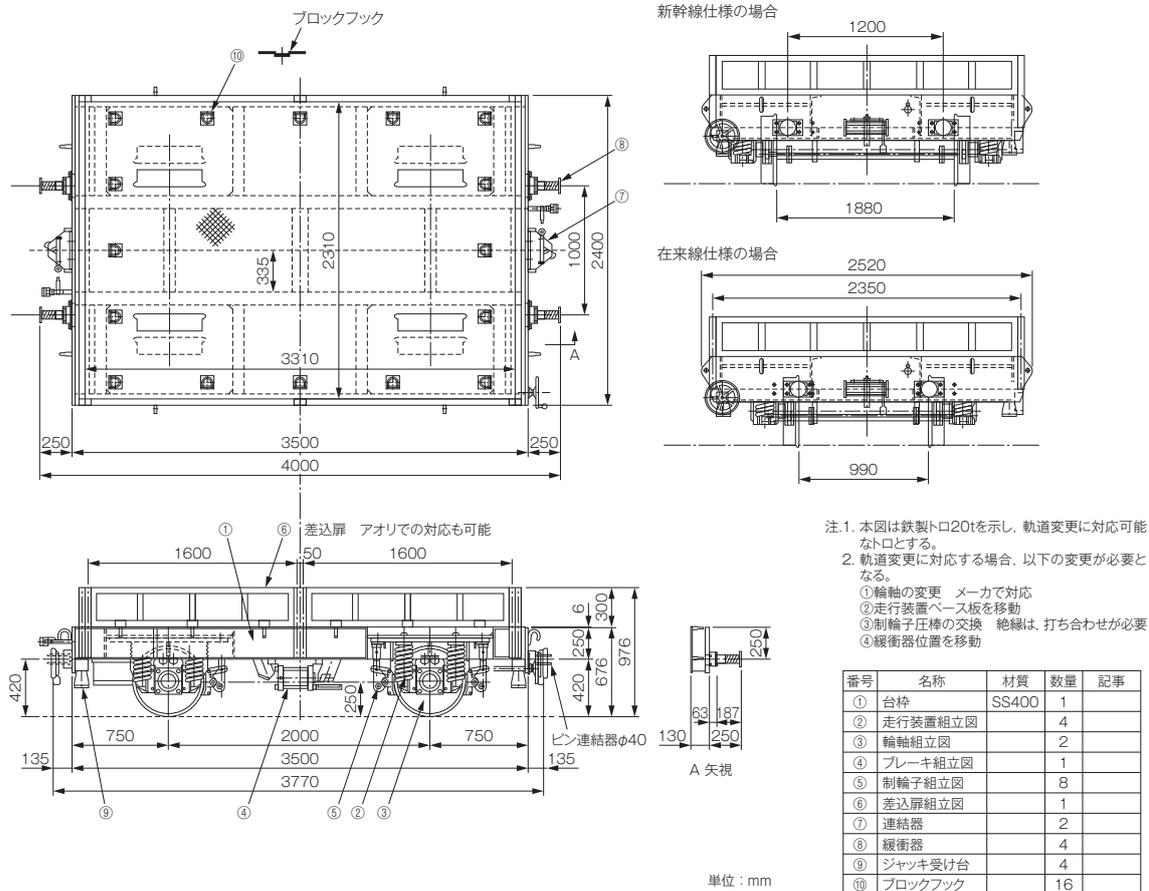
3.1.2 既設機器の分解撤去

既設機器の撤去にあたり、本坑からの搬出が必須条件となる大形の機器(変圧器・GIS本体)は、今回の工事に合わせJR北海道が新規に製作した保守用車(第7図)の荷台に確実に積載でき、走行中に建築限界を超えない範囲に分解する必要があった。作業をするにあたり、既設機器の構造や



第6図 SF₆ガス回収装置

左からSF₆ガス回収装置、1000L真空ポンプ、水分除去装置を示す。



第7図 JR北海道保有の20t積載保守用車

今回の工事にあたり新規製作した。

構成部品の組み合わせなどを事前に調査し、これらの内容を熟知した指導員を現地に常駐させ、当初の計画通りの工程で分解・撤去を実施した。

3.1.3 既設大形機器の搬出

既設大形機器の搬出は、工事発注元のJR北海道と元請業者の(株)ドウデンの管理の下、日本通運(株)北海道重機建設支店が中心となり作業を実施した。

SSPから本坑の機器横取り場所までの連絡通路(約45m)にコロ引き用の仮設ステージを設け、夜

間の列車間合い時間を利用して約1か月をかけて搬出した。**第1表**に既設搬出機器の概要と搬出スケジュールを示す。

3.2 新設機器の設置

3.2.1 新設機器の搬入

新設機器の搬入も既設搬出と同じ体制で行った。使用する機材や仮設設備も共用するかたちで約1か月を要して実施した。なお製作機器の工事

第1表 既設機器の概要と搬出スケジュール

作業日は2013年10月3日～11月5日、輸送時機器上面がレール面から4m以上となる場合はトロッコ線のき電を停止して輸送した。

| 機器名 | 輸送質量・寸法 | | | | | 作業日 | き電停止 | 作業内容 | |
|---------------|---------|--------|-------|--------|---------------|--------|-------------------------------|--|--|
| | 質量(t) | 長さ(mm) | 幅(mm) | 高さ(mm) | レール面からの高さ(mm) | | | タイムスケジュール | |
| AT2 | 19.8 | 3300 | 1940 | 3280 | 4170 | 10月3日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | 10月6日 | 要 | 知内基地発 木古内基地着 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 0:20 → 2:10 8:00 ~ 12:00 | |
| | | | | | | | 不要 | 木古内基地発 知内基地着 21:20 → 22:40 | |
| GIS (F2 ユニット) | 5.8 | 3165 | 1810 | 3330 | 4220 | 10月8日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | — | 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 4:30 ~ 7:00 | | |
| OT2 | 2.8 | 1700 | 1540 | 2250 | 3140 | 10月10日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | — | 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 4:30 ~ 7:00 | | |
| GIS (Z2 ユニット) | 5.1 | 3500 | 1660 | 3215 | 4105 | 10月11日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | — | 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 4:30 ~ 7:00 | | |
| GIS (Z1 ユニット) | 5.1 | 3500 | 1660 | 3215 | 4105 | 10月13日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | — | 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 4:30 ~ 7:00 | | |
| OT1 | 2.8 | 1700 | 1540 | 2250 | 3140 | 10月18日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | — | 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 4:30 ~ 7:00 | | |
| GIS (F1 ユニット) | 5.8 | 3165 | 1810 | 3330 | 4220 | 10月20日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | — | 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 4:30 ~ 7:00 | | |
| AT1 | 19.8 | 3300 | 1940 | 3280 | 4170 | 11月4日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み込み (30分) 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 1:30 → 2:20 | |
| | | | | | | 11月5日 | 要 | 知内基地発 木古内基地着 機器積み卸し陸送トレーラへ積み替え 0:20 → 2:10 4:00 ~ 7:00 | |

への引き渡し場所は、荷卸しクレーンの設置条件を考慮して、ATは木古内青函トンネル基地線、そのほかのC-GIS及びOTは知内基地線とした。

第8図に搬入時の保守用車へのAT積載状況を、第9図に坑内の作業状況を示す。また、第2表に新設機器の概要と搬入スケジュールを示す。

3.2.2 基礎のかさ上げ

C-GISの構造が既設と変わるためにケーブルの立ち上げ位置も変更となることから、ケーブルピットの増築が必要となる。これを最小限の範囲に抑えるため（粉塵の発生による障害を回避する



第8図 保守用車へのAT積載状況

木古内青函トンネル基地線で積載待機中の様子を示す。



(a) 保守用車から荷卸し状況

目的) 設置する機器全体を架台でかさ上げし、その下にケーブルを布設する方式を採用した。また、C-GISの前面には架台と同じ高さの点検ステージ設け、保守性の向上を図った。

3.2.3 新設機器の組み立て

機器の搬入工程に合わせて現地での組み立て作業を実施した。組み立てにあたって変圧器とスイッチギヤの両工場から指導員を現地に派遣し、以下の作業を行った。なお、SF₆ガスの封入作業は、既設機器のガス回収時に使用した機材を共用することで効率化を図った。

- (1) AT1：2013年11月11日～14日（4日間）
- (2) AT2：2013年12月3日～7日（7日間〈C-GIS及びOTのリード線接続作業を含む〉）

【作業内容】

本体輸送時仮封入ガスの回収→放熱器組み立て→ガス再封入，リーク試験，圧力調整→コーキング処理，補修塗装

- (3) C-GIS：2013年11月12，13日及び11月20日～12月13日（24日間）

【作業内容】

機器据え付け→ユニット間導体接続→主回路抵抗測定→AT・OT接続→ガス封入，リーク試験→屋根取り付け→コーキング処理，補修塗装



(b) 構内コロ引き状況

第9図 坑内の作業状況

(a) は、三岳SSP前の本坑で保守用車から仮設ステージ上へC-GISを横取り作業中の様子を示す。(b) は、本坑横取りステージから機器据え付け場所まで電動ローラでコロ引き作業中の様子を示す。

第2表 新設機器の概要と搬入スケジュール

作業日は2013年11月5日～12月3日、輸送時機器上面がレール面から4m以上となる場合はトロリ線のき電を停止して輸送した。

| 機器名 | 輸送質量・寸法 | | | | | 作業内容 | | |
|--------------------|---------|---------|--------|---------|----------------|--------|------|---|
| | 質量 (t) | 長さ (mm) | 幅 (mm) | 高さ (mm) | レール面からの高さ (mm) | 作業日 | き電停止 | タイムスケジュール |
| AT1 | 16.9 | 2420 | 2490 | 3410 | 4300 | 11月5日 | — | 機器積み込み陸送トレーラから保守用車に積み替え 4:00～7:00 |
| | | | | | | 11月6日 | 要 | 木古内基地発 知内基地着 0:20 → 2:10 |
| | | | | | | 11月7日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G1・G2 ユニット) | 7.5 | 3100 | 1900 | 2750 | 3640 | 11月7日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月9日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G3・G4 ユニット) | 7.4 | 2850 | 1700 | 2750 | 3640 | 11月9日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月13日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G5・G6 ユニット) | 6.9 | 2850 | 1700 | 2750 | 3640 | 11月13日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月14日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G7 ユニット) | 3.8 | 2850 | 850 | 2750 | 3640 | 11月14日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月17日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G8・G9 ユニット) | 7 | 2850 | 1700 | 2750 | 3640 | 11月17日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月18日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G10・G11 ユニット) | 7.2 | 2850 | 1700 | 2750 | 3640 | 11月18日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月21日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| GIS (G12・G13 ユニット) | 7.5 | 3100 | 1900 | 2750 | 3640 | 11月21日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月25日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| OT1 | 2.6 | 2280 | 1600 | 1860 | 2750 | 11月25日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月26日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| OT2 | 2.6 | 2280 | 1600 | 1860 | 2750 | 11月26日 | — | 機器積み込み陸送トラックから保守用車に積み替え 3:00～7:00 |
| | | | | | | 11月30日 | 不要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |
| AT2 | 16.9 | 2420 | 2490 | 3410 | 4300 | 11月30日 | 不要 | 知内基地発 木古内基地着 21:20 → 22:40 |
| | | | | | | 12月1日 | — | 機器積み込み陸送トレーラから保守用車に積み替え 6:00～9:00 |
| | | | | | | 12月2日 | 要 | 木古内基地発 知内基地着 0:20 → 2:10 |
| | | | | | | 12月3日 | 要 | 知内基地発 三岳SSP着 機器積み卸し 三岳SSP発 知内基地着 0:20 → 1:00 (30分) 1:30 → 2:20 |

4 むすび

以上のような機器製作及び現地工事の過程を経て、世界有数の長大トンネルである青函トンネルの中に所在する大形機器の更新を三岳SSPで実施した。

今回の経験で得られたノウハウを、今後更新が見込まれる同様のロケーションにある海底及び算用師SSPにも生かしていただければ幸いである。

最後に、今回の更新にあたり、機器製作をご発注いただいた(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機

構と北海道旅客鉄道(株)並びに現地工事に携わる機会を与えていただいた(株)ドウデンに深く感謝する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



品田真也
Shinya Shinada

電鉄システム事業部技術部
電鉄用電気設備のエンジニアリング業務に従事