

## 本復旧の進む津波被災機場 [福島県相馬排水機場ほか]

神田 薫 平\* 伊藤 和 広\*\*

### Restoring Drainage Pump Stations Damaged by Huge Tsunami Attacks (e.g the Restoration Construction of the Soma Drainage Pump Station)

by Kumpei KANDA & Kazuhiro ITO

The devastating Great East Japan Earthquake caused damage to many pump stations delivered by Ebara. Restoration activities began soon after the earthquake, and the emergency restoration of some pump stations was done very quickly; at these pump stations, drainage operation could be restarted before the onset of the rainy season in that year. The emergency restoration was followed by full-scale restoration construction, which incorporated several features to meet the requirements for renewing or retrofitting facilities for permanent use. Since the earthquake caused ground subsidence in the coastal area, the pump capacity was reviewed to compensate for the decrease in the drainage flow rate due to an increase in the required pump head. For portions not covered by the preliminary investigation, detailed inspection was performed to propose upgrades. The functions of the facilities were restored to the level before the earthquake through these processes.

**Keywords:** Earthquake, Tsunami, Restoration construction, Restoration activity, Drainage pump station, Pump station, Emergency restoration, Inspection, Ground subsidence, Upgrade

#### 1. はじめに

東日本大震災は、東北地方太平洋沿岸部一帯に大きな被害をもたらした。

社会インフラ施設の被害は甚大で、当社が納入した多くの施設も被災した。

その非常事態の中で、当社は震災直後から一丸となって被災施設の復旧活動を行い、現在、いくつかの施設は震災前の機能を取り戻した。

福島県沿岸部に位置するポンプ場も津波による大きな被害を受けたが、福島県相双農林事務所の発注で6機場の本復旧工事が実施され、2013年5月までに5機場のポンプ設備が竣工を迎えて本格的な稼働に至っている。

本稿では、当社が震災直後から行った被災ポンプ場への初動対応と応急復旧への取り組み、及び本復旧したポンプ場の例として福島県相馬排水機場の震災復旧工事を紹介する。

#### 2. 迅速な初動対応

2011年3月11日に発生した東日本大震災では各方面からの緊急依頼に対応しつつ、現地調査の部隊編成及び現地派遣を進めた。福島県、宮城県からの要請で2011年4月上旬までに17機場の緊急機場調査を実施した(写真1、



13-61 01/241

**写真1** 震災直後の機場全景 (2011年4月撮影  
左：福島県相馬排水機場 右：福島県新田排水機場)

**Photo 1** General view of the pump station soon after the earthquake (photo taken in April 2011; Soma drainage pump station on the left and Niida drainage pump station on the right)

\* 風水力機械カンパニー 国内事業統括 社会システム技術統括部 水力プロジェクト室 設計グループ

\*\* 同 同 東北支社 社会システム技術・建設室 建設グループ



13-61 02/241

写真2 震災直後の福島県相馬排水機場 (2011年4月撮影)

Photo 2 Soma drainage pump station soon after the earthquake (photo taken in April 2011)



13-61 05/241

写真5 震災直後の福島県新田排水機場吐出しゲート (2011年4月撮影)

Photo 5 Discharge gate of the Niida drainage pump station soon after the earthquake (photo taken in April 2011)



13-61 03/241

写真3 震災直後の福島県新田排水機場内部 (2011年4月撮影  
左下口径1350 mm 横軸軸流ポンプ)

Photo 3 Inside of the Niida drainage pump station soon after the earthquake (photo taken in April 2011;  $\phi$  1350 mm horizontal axial-flow pump at the lower left)



13-61 06/241

写真6 震災直後の福島県和田排水機場内部 (2011年4月撮影)

Photo 6 Inside of the Wada drainage pump station soon after the earthquake (photo taken in April 2011)



13-61 04/241

写真4 震災直後の福島県新田排水機場内部 (2011年4月撮影)

Photo 4 Inside of the Niida drainage pump station soon after the earthquake (photo taken in April 2011)

2, 3, 4, 5, 6)。機場は津波による被害で凄惨な状況にあり、機場に到達するまでの道路インフラも国を挙げて復旧している最中であつた。その中での現地調査は困難を極めたが、早期復旧を使命として、安全に配慮した調査を実施し応急復旧計画を立案した。

### 3. 短期間での応急復旧

2011年4月上旬の現地調査結果で復旧可能と判断した機場は、迅速に応急復旧案を立案して顧客と打ち合わせを行い、各機場とも入梅前までに最大限可能な排水能力を復旧させる応急復旧工事を実施した。わずか2箇月足らずの短期間での作業が求められたが、関係業者及び社





13-61 07/241

**写真7** 応急復旧後の福島県和田排水機場（2011年6月撮影  
手前1号機を応急復旧）  
※早期復旧のためポンプ駆動機を既設エンジンから  
モータ駆動に変更

**Photo 7** Wada drainage pump station after emergency restoration (photo taken in June 2011; Emergency restoration of Pump No. 1 on the front side)  
\*The pump driver was changed from the existing engine to a motor for early restoration.



13-61 08/241

**写真8** 応急復旧後の福島県和田排水機場（2011年6月撮影）  
※電力未復旧のためレンタル発電機（日本車両製造(株)製）  
をポンプ電源とした。

**Photo 8** Wada drainage pump station after emergency restoration (photo taken in June 2011)  
\*A rental generator (NIPPON SHARYO, LTD.) for pump power supply was installed, since commercial power was still unavailable.

内一丸となって目標の6月下旬までに7機場のポンプ設備の応急復旧が完了した（写真7、8）。

出水期に備えた応急復旧工事も2011年6月末で一区切りとなったが、その時点で派遣された技術者は延べ約900人を超え、関連業者を合わせるとその数倍の人間が従事した。

それ以降もまだ応急復旧できていない機場は、台風時期前、あるいは年内を目標に急ピッチの工事が続いた。

#### 4. 本復旧工事の特徴

応急復旧に引き続き、本復旧工事が計画された。

応急復旧は迅速さが求められる工事だが、本復旧工事は震災前の設備までに機能回復させることと、恒久的に使用できる設備にすることが目的である。本復旧工事の特徴として次の点が挙げられる。

- 1) 応急復旧では早期復旧可能なポンプだけが対象とされた。本復旧では全てのポンプが稼働できる状態まで復旧する。
- 2) 応急復旧の緊急処置をした機器に対しても、恒久的に使用できるように設備の再整備，更新を行う。
- 3) 地震で沿岸部一体が地盤沈下したため、その対策を行う。具体的には、地盤沈下に対応するために計画水位を見直し、機場の必要排水量が満足できるかポンプ排水能力を再検討する。
- 4) 応急復旧した機場は施工中も排水できるように、常時排水可能なポンプを確保しつつ、本復旧作業工程を進める。
- 5) 水道や関連設備の復旧状況に対応した設備とする。

#### 5. 本復旧工事の事例紹介（相馬排水機場）

2013年3月にポンプ設備の本復旧工事竣工を迎えた福島県相馬排水機場を、本復旧工事の一例として紹介する。

##### 1) 機場概要

相馬排水機場は福島県相馬市にあって、松川浦に面して建設された地域の内水排除を担う排水ポンプ場である。同じ2013年3月にポンプ設備の本復旧工事竣工を迎えた新田排水機場と隣接している。

震災時の津波では3～4 mの浸水をし、ポンプやディーゼルエンジン、電気設備などの機器全てが大きな被害を受けた。

##### 2) 応急復旧状況と本復旧工事概要（図1、2）

①応急復旧工事 2011年10月28日完了

②本復旧工事概要

工期：2012年3月9日～2013年3月29日

表1に応急復旧状況と本復旧工事の概要を示す。

##### 3) 地盤沈下への対策

この地域一帯は地震で0.30 m地盤沈下した。

排水ポンプ場のポンプ要項は、一般に吐出し側の最高水位と吸込側の計画水位の水位差をもとに実揚程を決定し、必要な排水量を満足するように決定される。

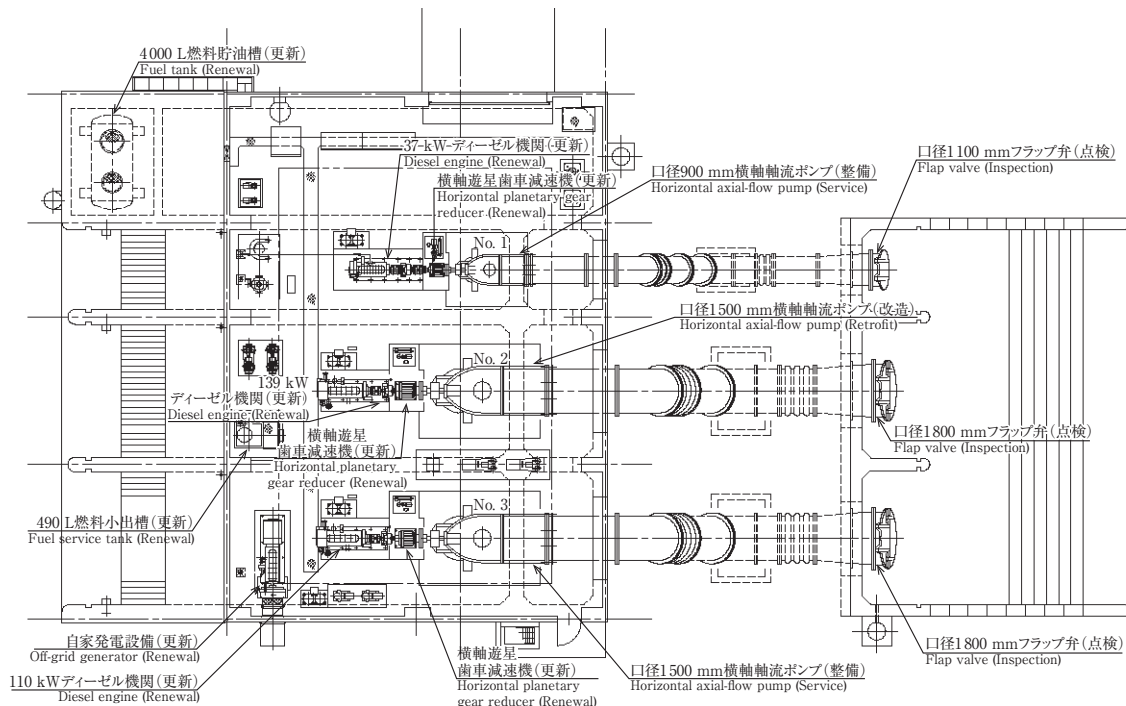


図1 相馬排水機場平面図  
Fig. 1 Plan view of the Soma drainage pump station

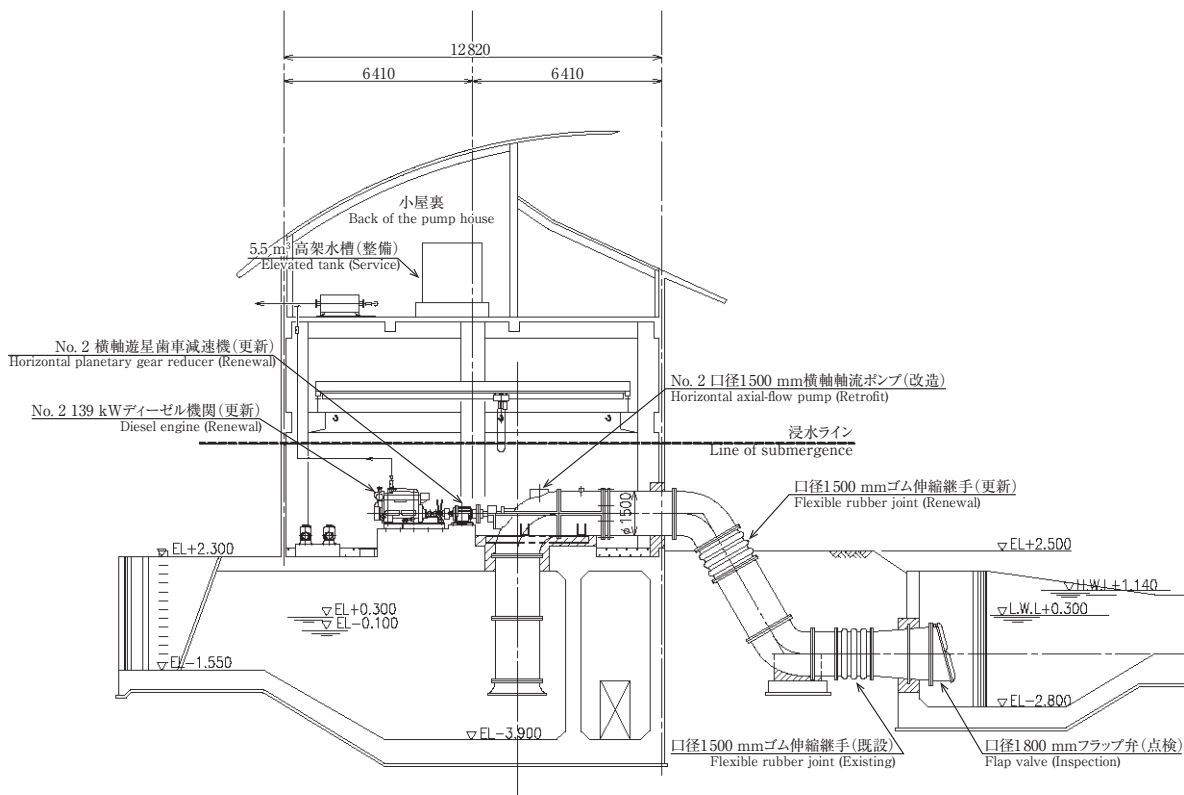


図2 相馬排水機場断面図  
Fig. 2 Sectional view of the Soma drainage pump station

表1 相馬排水機場応急復旧状況と本復旧工事  
Table 1 Emergency restoration and full-scale restoration construction of the Soma drainage pump station

| 項目<br>Item                             | 機器概要<br>Equipment outline                                | 応急復旧状況<br>Emergency restoration                            | 本復旧工事<br>Full-scale restoration  |
|--|--|--|--|
| 1号主ポンプ<br>Main pump No. 1              | 口径900 mm横軸軸流ポンプ<br>φ 900 mm horizontal axial-flow pump   | 未整備<br>Not yet done  | 回転体工場整備<br>Rotor serving at factory                                      |
| 2号主ポンプ<br>Main pump No. 2              | 口径1500 mm横軸軸流ポンプ<br>φ 1500 mm horizontal axial-flow pump | 未整備<br>Not yet done  | 回転体新規製作<br>回転速度増速<br>New rotor fabrication<br>Increase in the pump speed |
| 3号主ポンプ<br>Main pump No. 3              | 口径1500 mm横軸軸流ポンプ<br>φ 1500 mm horizontal axial-flow pump | 現地整備 (排水可能)<br>Done on-site (drainage allowed)             | 回転体工場整備<br>Rotor servicing at factory                                    |
| 1号減速機<br>Reducer No. 1                 | 遊星歯車減速機<br>Planetary gear reducer                        | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New reducer fabrication  |
| 2号減速機<br>Reducer No. 2                 | 遊星歯車減速機<br>Planetary gear reducer                        | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New reducer fabrication  |
| 3号減速機<br>Reducer No. 3                 | 遊星歯車減速機<br>Planetary gear reducer                        | 現地整備<br>Done on-site                                       | 新規製作<br>New reducer fabrication  |
| 1号エンジン<br>Engine No. 1                 | 水冷ディーゼル機関<br>Water-cooled diesel engine                  | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New reducer fabrication  |
| 2号エンジン<br>Engine No. 2                 | 水冷ディーゼル機関<br>Water-cooled diesel engine                  | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New reducer fabrication  |
| 3号エンジン<br>Engine No. 3                 | 水冷ディーゼル機関<br>Water-cooled diesel engine                  | 工場整備<br>Done on-site                                       | 新規製作<br>New reducer fabrication  |
| 1号ゴム可撓管<br>Flexible rubber joint No. 1 | 口径900 mm<br>φ 900 mm                                     | 状況確認<br>Condition check                                    | 点検, 新規製作<br>Inspection/new joint fabrication                             |
| 2号ゴム可撓管<br>Flexible rubber joint No. 2 | 口径1500 mm<br>φ 1500 mm                                   | 状況確認<br>Condition check                                    | 点検, 新規製作<br>Inspection/new joint fabrication                             |
| 3号ゴム可撓管<br>Flexible rubber joint No. 3 | 口径1500 mm<br>φ 1500 mm                                   | 状況確認<br>Condition check                                    | 点検, 新規製作<br>Inspection/new joint fabrication                             |
| 1号フラップ弁<br>Flap valve No. 1            | 口径1100 mm<br>φ 1100 mm                                   | 状況確認<br>Condition check                                    | 点検, 動作確認<br>Inspection/operation check                                   |
| 2号フラップ弁<br>Flap valve No. 2            | 口径1800 mm<br>φ 1800 mm                                   | 状況確認<br>Condition check                                    | 点検, 動作確認<br>Inspection/operation check                                   |
| 3号フラップ弁<br>Flap valve No. 3            | 口径1800 mm<br>φ 1800 mm                                   | 状況確認<br>Condition check                                    | 点検, 動作確認<br>Inspection/operation check                                   |
| 電気設備<br>Electrical panel               | 屋内自立型4面<br>Indoor self-supporting type, 4 panels         | 仮設盤設置<br>Temporary panels installed                        | 新規製作<br>New panel fabrication  |
| 自家発電設備<br>Off-grid generator           | 屋内ディーゼル発電機<br>Indoor diesel generator                    | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New generator fabrication  |
| 補機設備<br>Auxiliary equipment            | 口径65 mm水中ポンプ<br>φ 65 mm submersible pump                 | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New pump fabrication   |
|  | 口径100 mm自吸ポンプ<br>φ 100 mm self-suction pump              | 工場整備<br>Servicing at factory                               | 新規製作<br>New pump fabrication   |
|  | 口径65mm真空ポンプ<br>φ 65 mm vacuum pump                       | 工場整備<br>Servicing at factory                               | 新規製作<br>New pump fabrication   |
|  | 燃料移送ポンプ<br>Fuel transfer pump                            | 新規製作<br>New pump fabrication                               | -  |
|  | 空気圧縮機<br>Air compressor                                  | 工場整備<br>Servicing at factory                               | 新規製作<br>New compressor fabrication                                       |
|  | サンドセパレータ<br>Sand separator                               | 現地整備<br>On-site servicing                                  | 現地整備<br>On-site servicing  |
|  | オートストレーナ<br>Auto strainer                                | 工場整備<br>Servicing at factory                               | 現地整備<br>On-site servicing  |
| 小配管設備<br>Small piping                  | 鋼管<br>Steel piping                                       | 一部仮設配管<br>Temporary piping at some points                  | 新規製作<br>New pipe fabrication   |
| 計装設備<br>Instruments                    | 水位計等<br>Water level gauge, etc.                          | 未整備<br>Not yet done  | 新規製作<br>New instrument fabrication                                       |
| 槽類<br>Tanks                            | 燃料小出槽<br>Fuel service tank                               | 現地整備<br>Done on-site                                       | 新規製作<br>New tank fabrication   |
|  | 地下埋設式貯油槽<br>Underground fuel tank                        | 未整備<br>仮設タンク対応<br>Not yet done<br>Temporary tank installed | 新規製作<br>New tank fabrication   |
|  | 高架水槽<br>Elevated tank                                    | 被災せず<br>Not damaged  | 現地整備<br>On-site servicing  |

相馬排水機場は、吐出し側が海（松川浦）のため震災前後の吐出し水位の変動はないが、吸込側は地域の内水排除に支障がないように、計画水位は地盤沈下量分下げの必要があった。

吸込側計画水位を0.30 m下げると実揚程が0.30 m増加するので、同一要項のポンプでは排水量は震災前よりも減量する。必要排水量は震災前後で変わらないので、復旧するポンプは建設時の要項を上回るように見直さなければならない。

要項は2号主ポンプだけ変更し、2号主ポンプで増量させた排水量で1、3号主ポンプの減量する排水量をカバーすることとした。1、3号主ポンプは建設当初の要項を変更せずに復旧した（表2）。

2号主ポンプの要項変更は回転速度を増大させることで行い、排水能力を向上させた。ポンプ回転速度と排水量、全揚程、軸動力は式（1）～（3）の関係にあるので、増速させることで排水能力を向上させることができる。今回のようにポンプケーシングが被災後も使用可能で大きな要項変更がないときは、ポンプケーシングを再使用し回転速度増大による改造がコスト面、施工面で有効である。

また、2号機だけ見直したことは、見直しによる建設コスト増を抑える目的であった。2号機は回転体を新規製作し、主ポンプ原動機の出力増を行ったが、1、3号機は回転体を工場整備し再使用、主ポンプ原動機も既設出力での更新である。

表2 相馬排水機場の排水量本復旧計画  
Table 2 Full-scale capacity restration plan for the Soma drainage pump station

| 機器名称<br>Equipment            | ポンプ定格回転速度<br>Rated pump speed   |   | 排水量<br>Capacity   |   |   |
|------------------------------|---|---|---|---|---|
|                              | 震災前<br>(建設時)<br>min <sup>-1</sup><br>Before the<br>earthquake<br>(upon<br>construction) | 本復旧後<br>min <sup>-1</sup><br>After<br>full-scale<br>restoration | 震災前<br>(建設時)<br>m <sup>3</sup> /min<br>Before the<br>earthquake<br>(upon<br>construction) | 本復旧後<br>m <sup>3</sup> /min<br>After<br>full-scale<br>restoration | 流量差<br>m <sup>3</sup> /min<br>Difference<br>in flow<br>rate |
| 1号主ポンプ<br>Main pump<br>No. 1 | 265   | 265   | 90  | 85.2  | -4.8  |
| 2号主ポンプ<br>Main pump<br>No. 2 | 171.4   | 183   | 285   | 300.0   | 15.0  |
| 3号主ポンプ<br>Main pump<br>No. 3 | 170   | 170   | 285   | 278.2   | -6.8  |
|                              | 合計<br>Total   |   | 660   | 663.4   | 3.4   |

$$Q_1 / Q_2 = N_1 / N_2 \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

$$H_1 / H_2 = (N_1 / N_2)^2 \dots\dots\dots \text{式 (2)}$$

$$L_1 / L_2 = (N_1 / N_2)^3 \dots\dots\dots \text{式 (3)}$$

$N_1$  : 回転速度1  $N_2$  : 回転速度2

$Q_1$  : 排水量1  $Q_2$  : 排水量2

$H_1$  : 全揚程1  $H_2$  : 全揚程2

$L_1$  : 軸動力1  $L_2$  : 軸動力2

4) 本復旧工事工程

本復旧の作業工程では、常時排水運転可能な主ポンプを確保しつつ、工場整備や新規製作機器の更新を行った。

工事初期段階は応急復旧したポンプで排水運転を行うため、先に未整備だった主ポンプ回転体を搬出して工場整備を行った。その間に廃棄することとなった機器の撤去、新規製作した減速機、エンジンなどを仮設置した。整備されたポンプ回転体が搬入され据付した後、最終芯だし作業を行って実排水による試運転確認をする。この段階では応急復旧で設置した仮設ポンプ操作盤によって全て手動操作で運転した。

試運転で排水可能なことが確認されたら次の主ポンプの整備を行い、最後に電気設備の更新をし、総合試運転を行った。

5) 点検作業

当初発注で更新対象でない機器の再点検及び事前調査では状況確認が困難であった機器についても点検を行い、必要な場合は機器更新の提案を行った。

フラップ弁は潜水夫による外観目視検査を行い、主配管用ゴム可撓管も可撓管メーカーによる外観・寸法検査及びゴム硬度測定を行った。フラップ弁は今後も使用可能と判断したが、主配管用ゴム可撓管は当初更新予定でなかった1号用を加えて全3台更新となった。

その際、震災によって発生した変位をあらかじめ考慮して製作することで設置後の偏心性能を損なわないようにし、施工性も向上させた。これは、調査段階で行った寸法測定結果の面間長と偏心、ねじりを製作寸法に反映することで初期設置段階での無理な変位をさせないための工夫である（写真9）。

6) 厳しい施工環境

応急復旧時から道路インフラは整ったが、周囲環境はまだ手付かずのところも多い。機場は水田に囲まれているが、塩害などのため休耕田となり乾燥しているので風が吹くと砂じんがすさまじい。機場の建築設備は復旧が進んでいなく、窓や搬入シャッターは仮設で塞いでいる状態であり砂じんが多く浸入する。防犯面でも警戒が必要であった。





13-61 09/241

**写真9** 相馬排水機場 主ポンプ用ゴム可撓管本復旧完成写真  
(2013年2月撮影)

**Photo 9** Restored flexible rubber joints for the main pumps in the Soma drainage pump station  
(photo taken in February 2013)

試運転では、導水路が土砂などで浅くなっていることから流速が速くなり導水路損失が大きくなってしまふことで吸水槽水位が下がり、ポンプ運転水位が十分には確保できないこともあった。隣接する新田排水機場では将来的には上水を使用した冷却方式となるが、この時点では上水が寸断されていたためタンクローリーを何度も往復させて地下冷却水槽に水を貯水し、エンジン冷却用冷却塔の二次冷却水を確保して運転を行った。

また、工程管理は大変厳しいもので、各所で復興工事が行われているため、施工業者及び生コンクリートなどの工事資材の調達も困難な状況である。それに加え、関連工事と同時施工のため仮置き場確保や搬入調整の苦労もあった。

たびたびの余震がある中の工事である。安全管理についても十分な対策が必要であった。松川浦に面した機場でもあることから、津波への安全対策は特に気を遣った。すぐに避難できるように工事車両の前向き駐車、避難場所の周知徹底などをして作業員の安全確保に努めた。

このように大変厳しい施工環境であったが、工期内に無事故で無事に竣工を迎えることができたのは、現場技術者たちの大変な努力によるものである。

## 6. その他の被災したポンプ機場の本復旧工事状況 (表3)

表3 復旧対応状況

Table 3 Status of restoration

| 地域<br>Prefecture | 応急復旧完了<br>Emergency restoration completed | 本復旧工事中<br>Under full-scale restoration construction | 本復旧工事完了<br>Full-scale restoration construction completed |
|------------------|---|---|--|
| 福島県<br>Fukushima | 7   | 1   | 5  |
| 宮城県<br>Miyagi    | 9   | 14  | 6  |
| 岩手県<br>Iwate     | 0   | 1   | 0  |

(2013年5月現在 本復旧工事は当社元請件数、応急復旧は当社元請件数及び応急復旧の協力を行った協力工事件数)  
As of May 2013; number of full-scale restoration construction projects undertaken by Ebara and number of emergency restoration projects undertaken by or subcontracted to Ebara

## 7. おわりに

相馬排水機場の本復旧工事は2012年3月から2013年3月までの1年にわたる工事であった。

当初、松川浦には被災した砂州のクロマツが浮かび災害の跡が痛々しかった。工事が終わる頃にはそれも相馬市をはじめ多くの人たちの手で撤去され、周囲の整備状況の進捗とともに復興されているさまが実感できた。

相馬排水機場は2013年3月に総合試運転が完了し、排水可能となっている(写真10, 11, 12)。



13-61 10/241

**写真10** 本復旧後の機場全景 (2013年5月撮影  
左：相馬排水機場 右：新田排水機場)

**Photo 10** General view of the pump station after full-scale restoration (photo taken in May 2013; Soma drainage pump station on the left and Niida drainage pump station on the right)



13-61 11/241

**写真 11** 相馬排水機場主ポンプ完成写真 (2013年3月撮影)

**Photo 11** Completed main pumps in the Soma drainage pump station (photo taken in March 2013)

本施工期間中の様々な課題に対し御協力と御指導いただいた福島県相双農林事務所の関係各位、相馬市、運転管理者、関係各社に感謝の意を表す。



13-61 12/241

**写真 12** 新田排水機場主ポンプ完成写真 (2013年3月撮影)

**Photo 12** Completed main pumps in the Niida drainage pump station (photo taken in March 2013)

また、過酷な条件の中で初動対応、応急復旧が無事に完遂できたことは、当社の力だけではなく、各方面の関係機関、関係各社の懸命な努力があってなし得たことである。あらためて謝意を表す。