

東京都下水道局 設備再構築工事 —再構築・震災対策・地球温暖化 対策・現場ICT技術導入—

菊子 博 Hiroshi Kikuko
安藤幸生 Yukio Ando
後藤 薫 Kaoru Goto
山脇和貴 Kazutaka Yamawaki

キーワード 大規模下水道電気設備リニューアル、再構築、震災対策、地球温暖化対策、現場ICT技術

概要



25,000kVA 発電機（ガスタービン）

近年の電気設備工事は、リニューアル工事（再構築工事）が最も多く、次に、環境対策工事や東日本大震災を起因とする非常用電源確保、電力削減工事が多くなっている。東京都の下水道事業は経営計画・スマートプラン・アースプラン・設備再構築計画を策定し、再構築・浸水対策・合流改善・震災対策の強化・スピードアップや再生可能エネルギーの活用や省エネルギーの更なる推進とエネルギー利用のスマート化を進めている。また、下水道設備の老朽化した設備の計画的な再構築工事を実施し、温室効果ガス排出量削減事業も展開している。この中で当社は東京都の下水道事業に長く携わってきた経験と実績を生かし、様々な電気設備工事を実施している。そして、新たな取り組みとして現場にICT技術を導入し、電気設備工事の現場で安全や品質の確保を推進している。

1 まえがき

東京都の下水道は、整備・普及から長い年月を経て老朽化した施設が急速に増えている。一方で、集中豪雨や震災などの不測の事態に対応できるよう機能の向上が求められている。その中で、当社は下水処理プラントの重要設備である電気設備の様々な工事を実施している。本稿では、当社が施工し完成した再構築・震災対策・地球温暖化対策の工事内容と当社で推進している現場でのICT技術の導入状況を紹介する。

2 再構築工事

再構築工事は、既設設備を運用しながら老朽化した設備を更新するため、設備の重要性を理解し、短

期間での施工が求められることから非常に難易度が高い。その中でも受変電設備の再構築は停電させて作業を行うため、水再生センターやポンプ所の機能を停止しながら工事を行うケースがほとんどである。既設設備と同じ場所で停電回数・停電時間を極力削減するため、充電された受電機器（以下、充電機器）が接近する作業の中で、特に安全に配慮して施工した南多摩水再生センターでの更新工事を以下に紹介する。

2.1 設備概要

南多摩水再生センターの66kV特高受変電設備（2回線受電〈常用線・予備線〉）を更新した。既設の機器は7500kVA油入変圧器2台及びユニット形ガス絶縁開閉装置（V-sub）を当社の1号機である72kVキュービクル形ドライエア絶縁開閉装置（Eco



第 1 図 既設V-sub

設置後30年が経過し、経年劣化があるため更新工事を行った。



第 2 図 新設Eco C-GIS

更新後の当社1号機である乾燥空気形C-GISの設置状況を示す。

C-GIS)に更新した。Eco C-GISは絶縁媒体に乾燥空気(ドライエア)を使用したもので、SF₆ガスを使用しない地球温暖化防止に配慮した機器である。第1図に既設のV-subを、第2図に新設のEco C-GISを示す。

2.2 工事内容

センター機能の維持を念頭に置き、いかに停電回数・停電時間を削減できるかを考え更新計画を立てた。2回線受電のため1回線ずつ更新したが、工事期間中は必ず片方の回線が66kV充電状態となるため、充電機器近接作業になるということがあらかじめ



第 3 図 更新工事の近接作業

充電機器との近接作業時の安全対策状況を示す。

め想定された。また、本設備は特高送電線から架空引き込み線で受電しているため、むき出しの状態では66kV回線が近接している。万が一、接触事故が発生した場合は、感電災害並びに電力会社及び他需要家への波及事故につながるため、最悪の事態を考慮し、安全対策を講じた。

まず、工事期間中は1号機器・2号機器の間に区画を設置し、やむを得ない場合を除き、充電機器側への立ち入り禁止を徹底した。立ち入る場合は、現場スタッフが立ち会い、安全に対する配慮を徹底し、充電機器への接近防止を図った。第3図に更新工事の近接作業の様子を示す。

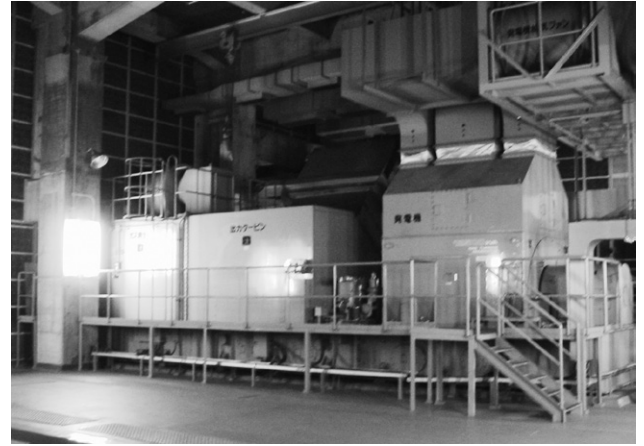
次に、配電線(低圧・高圧)は電力会社に依頼して防護カバーを取り付けることができるが、特高送電線は防護カバーがなく、現状の状態で作業するしかないため、電力会社と協議し、安全離隔距離を保つことで対策を図った。

工事期間中で最も接近する恐れがあるのは、揚重機(クレーン)のブームである。そこで、揚重機オペレータの視界に入る位置にロープ及び注意札を取り付けて接近限界を明確にし、かつ揚重機作業中は専任の監視員を配置して異常接近の防止を図った。また、操作ミスを起こさないため、コンピュータによる旋回防止機能を装備したクレーンを採用することで徹底した安全対策を図った。第4図に搬出入時の揚重機作業の様子を示す。



第4図 搬出入時の揚重機作業

充電線との異常接近防止対策を行った。



第5図 12,500kVA既設1号発電機（ガスタービン）

設置後30年が経過し、経年劣化が激しいため更新工事を行った。

3 震災対策工事

地震や津波、局地的豪雨などが発生した場合や停電時（非常時）に水再生センター及びポンプ所の揚水機能が十分発揮できるように非常用発電装置が重要な役割を果たしている。水再生センターやポンプ所では、大容量の設備に対応できる大形非常用発電設備を設置している。以下に、非常用電力の安定供給のため再構築及び増設し、さらに容量をアップした三河島水再生センターの25,000kVAガスタービン発電設備（2式）の設置工事を紹介する。

3.1 設備概要

三河島水再生センターの緊急時の非常用電源は、1979年頃に設置された12,500kVA非常用ガスタービン発電機（1号機）で運用されていた。しかし、近年は処理水量の増加に伴い、新しく第二浅草系ポンプ棟施設が運用となり非常用電力の安定給電のため2009年に25,000kVAガスタービン発電設備を増設した。さらに2014年に再構築工事を施工して25,000kVAガスタービン発電設備を設置し、2台体制に強化した。再構築工事では設置後30年が経過し、経年劣化が激しかった1号ガスタービン発電機12,500VAを撤去した（第5図）。

3.2 工事内容

1台あたりの工事期間は約3年で、2012年7月か

ら2014年3月までの工期で施工した。本工事は再構築工事のため、以下の条件の下、既設発電設備を撤去し、新しい発電設備に更新する工事を実施した。

- (1) 危険物取扱施設の中で工事を施工
 - (2) 既設設備（発電機2号25,000kVA）は常に稼働できる状態を維持
 - (3) 撤去対象物はアスベストを含有
 - (4) 建屋耐震補強工事と並行して施工を実施
- 上記のうち2点について事例を紹介する。

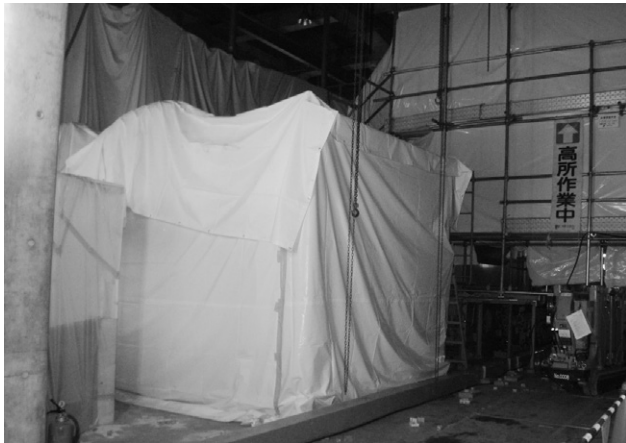
3.2.1 危険物取扱施設の中で工事を施工

今回更新した発電機1号と既設発電機2号は、同じ発電機室（危険物一般取扱所）内に設置されていた。施工に際して、所轄消防署と協議及び必要な許認可を申請した。

- (1) 危険物取扱所変更許可申請
- (2) 仮使用承認申請
- (3) 工事中の消防計画

施工に際して、発電機が運用するエリア（危険物取扱）と施工エリアを区画するため、防災シートで部屋の区画を行った。また既設発電設備を撤去する際、金属を切断することがあり、燃料配管の切断は灯油（燃料）・潤滑油が流れ出すため、火花を生じないセーパソーやバンドソーなどの電動工具を選定した。ただし電動工具のため危険物が爆発性雰囲気にならないように常に十分な換気を行った。

また、ガスタービン及び発電機本体の解体撤去では、電動工具で切断できない鋼材などは溶断する必



第6図 火気使用時の防災シート区画状況

やむを得ず火気を使用する場合は、防災シートで更に区画を設置し、内部で火気取り扱い作業を行った。

要があった。この際、室内で対象物を更に防災シートで囲った区画を設けて作業した。第6図に火気使用時の防災シート区画状況を示す。区画内は専用の換気を行うとともに作業時には監視人を配置し、休憩など作業終了後は30分間溶断の残り火の監視を行った。

3.2.2 撤去対象物はアスベストを含有

施工に際してアスベストの事前調査を実施した。発注図書ではガスタービンエンジン本体に含有が通知されていたが、分析調査で配管類パッキン、吸気・換気・排気ダクト類パッキン、発電機本体のコイル樹脂、排気煙道内断熱材からもアスベストが検出されたため、除去する必要がある。除去に際しては、所轄労働基準監督署・区役所・東京都に届け出を行い、除去作業を以下のとおり実施した。

- (1) ガスタービンエンジン エンジン全体を区画し管理区域を設置して内部で実施 (第7図)
- (2) 発電機本体 含有している部分を工場に持ち帰り、工場内で管理区域を設置して除去を実施 (第8図)
- (3) 燃料配管類パッキン 配管フランジの前後を切断しフランジを割らないようにして運搬し、現場内に管理区域を設置し内部のパッキンを除去 (第9図)
- (4) ダクト類パッキン ダクトフランジ前後で切断しフランジを割らないように安定形石綿含有物と



第7図 エンジンのアスベスト除去状況

エンジン全体を区画して管理区域を設け、アスベスト除去作業を行った。



第8図 発電機本体のアスベスト除去作業

発電機巻線の樹脂にアスベストが含有されていたため、撤去発電機を一旦工場に運び込み、管理区域内でアスベスト除去作業を行った。



第9図 燃料配管フランジパッキンのアスベスト除去

フランジ前後で切断した燃料配管を管理区域内に持ち込み、アスベストを含んだパッキンを除去した。

して産業廃棄物を処分 (第10図)

ここで燃料配管のパッキンを除去したのは配管類に燃料が付着しているため、廃棄物業者では引き取



第10図 空調ダクトのフランジパッキン処分

安定形石渡含有物として、フランジを割らずに処分した。

りができなかつたからである。最も労力が必要だったのは、高さ30mの煙道の周囲に施工された断熱材の除去だった。煙道上下を密閉して内部に足場を設置し、4施工区画に分けて1区画ごとにエアピックでハツリ除去・収集・排出を行い、最終的に4tトラック10台分のアスベストを含有した断熱材を除去した。

作業は真夏の8月になり、作業員はタイベックスーツと全面マスク姿で気温38度の中で作業をするため、管理区域のすぐ脇にはシャワーを設置し、60分ごとの休憩を義務付け、常に2人1組で作業を行った。

既設発電設備の撤去には約半年を要した。その後新設の発電設備を搬入据え付けした。ガスタービンエンジンは総質量30t、発電機は総質量60tと重量物取り扱い作業・重機作業・高所作業の連続で、2014年3月に無事完成した。

4 地球温暖化対策工事

地球温暖化対策工事の一環で、第二世代型焼却炉のターボ型流動焼却炉（以下、ターボ炉）の3号機（1号機は浅川水再生センター、2号機は葛西水再生センターに設置）として建設された新河岸水再生センター脱水汚泥焼却の電気設備工事を紹介する。

4.1 設備概要

ターボ炉とは、従来の気泡流動焼却炉と過給機を

組み合わせた焼却炉である。燃焼排ガスのエネルギーで過給機タービンを駆動して燃焼空気を送ることで、これまで必要だった流動ブロワが不要となり、使用電力を削減できる。また、高圧力下での高温燃焼によって焼却効率が良くなることで、温室効果ガスである N_2O を大幅に低減できる。さらに汚泥脱水機を焼却炉付近の鉄骨架台上部に設置することで、脱水ケーキを移送する電力を削減できるなどの特長がある。設備機器は、以下のとおりである。

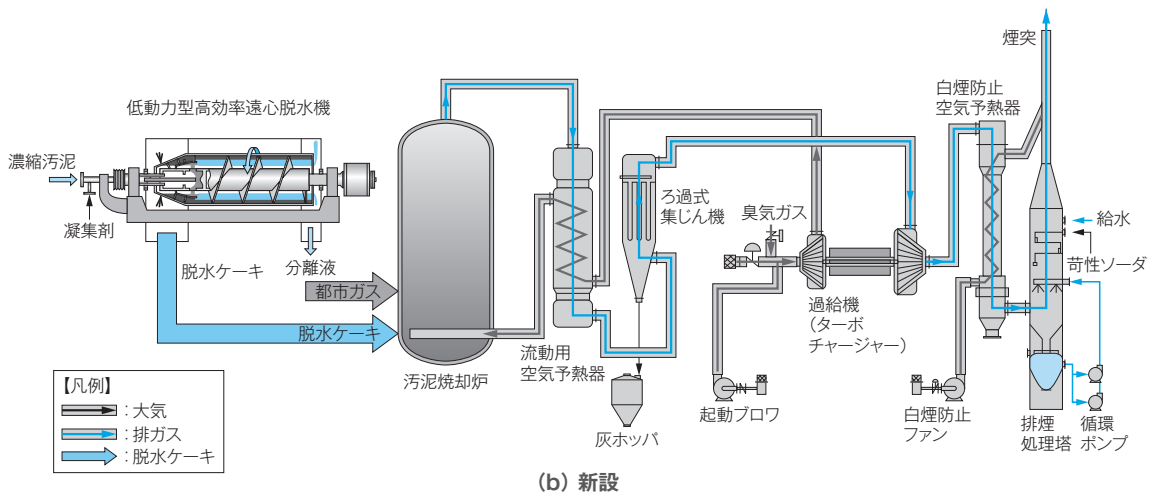
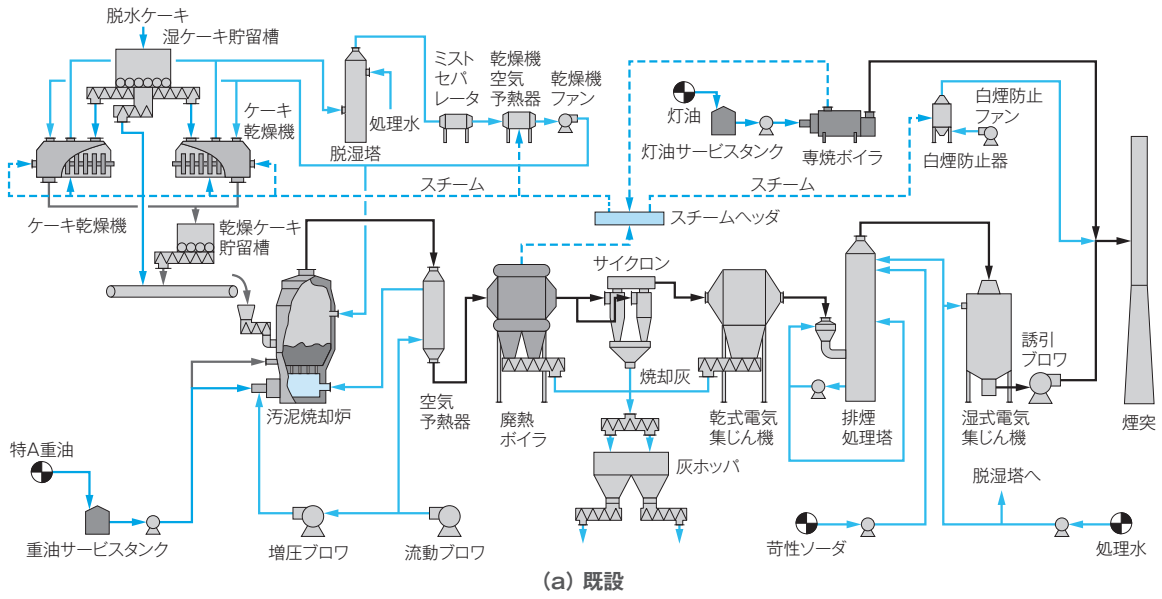
- (1) ターボ炉 250t/日 1基（三機工業(株)）
- (2) 遠心脱水機 50m³/h 3台（メタウォーター(株)）
- (3) その他補機設備 一式
- (4) 焼却炉設備の運転に必要な電気設備（高圧配電盤・低圧配電盤など）の設置、既設監視操作設備一式

第11図に既設と新設の焼却3号炉処理フローを示す。

4.2 工事内容

通常焼却炉関連の電気設備工事は約2年間の工期で完成するが、本工事は既設焼却炉の廃止や新設焼却炉を立ち上げ運用する必要があり、非常に難易度の高い工事だった。

新河岸水再生センターには水処理施設及び既設焼却炉3基を含む汚泥処理施設が稼働中で、それらの設備を運用させながら行った設備切り替え作業は、設備停止可能範囲や停止可能時間に限界があり、困難を極めた。また、37×17mの工事作業エリアで常時合計約200名の現地作業員が作業するため、東京都下水道局及び各機械設備業者との間で日々作業予定エリアや資機材搬入時間の調整を綿密に行い、錯綜作業による事故防止に努め、無事故で工事を完成した。監視制御設備更新では、2つある監視制御伝送ループを1つに統合するための切り替えが15回必要となり、設備運用に影響がないよう最小限の設備停止で切り替えを実施した。ターボ炉の運用が開始され、当時東洋一の規模と称された第一世代型焼却炉が順次廃止されていくことになる。第12図に既設と新設の焼却3号炉の設置状況を示す。



第11図 焼却3号炉処理フロー

(a) に気泡流動焼却炉の処理フローを，(b) にターボ形流動焼却炉の処理フローを示す。



(a) 既設



(b) 新設

第12図 焼却3号炉設置状況

(a) に撤去前の気泡流動焼却炉 (250t/日) を，(b) にターボ形流動焼却炉 (250t/日) の設置状況をj示す。

5 特殊工事

ポンプ所の多くは住宅地に点在しており、敷地が狭い所が多いため、機器の搬出入に様々な制約がかかることがある。従来の陸上輸送での機器搬入は現地の制約条件が多く難しいことから、ポンプ所のわきを流れる隅田川を利用して台船を使用し、輸送・搬入を行った町屋ポンプ所発電設備増設工事の事例を紹介する。

5.1 設備内容

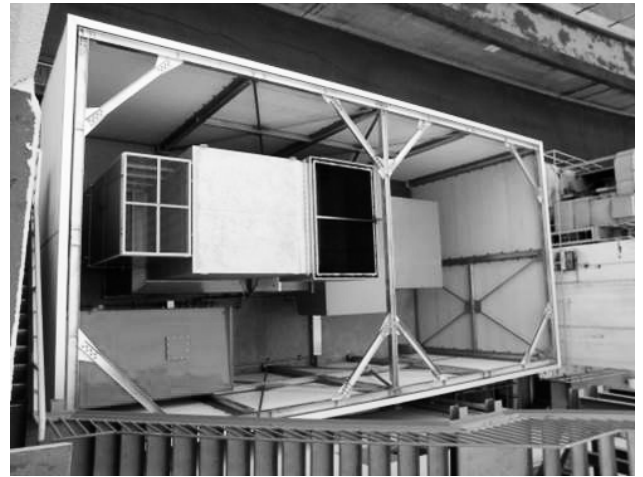
町屋ポンプ所は、三河島水再生センターへの汚水の中継するポンプ所である。主変圧器容量(2500kVA)に対し、既設非常用発電機の容量はその半分(1250kVA)で、非常時のポンプ所揚水機能が十分に発揮できないため、今回非常用発電設備(1250kVA)を増設した。

5.2 工事内容

町屋ポンプ所は周辺を住居・工場に囲まれた一角に位置し、そばには隅田川が流れている。ポンプ所の敷地は非常に狭く、工事に使用できるスペースはほとんど無かった。工事が最盛期になると工事車両の駐車ができなくなる。そのような状況の中、今回非常用発電装置を設置することとなり、施工を進めていく中で解決しなければならない課題があった。

(1) 非常用発電装置設置場所の騒音・振動 ポンプ所東側の旧変圧器置場を利用して設置したが、ポンプ所建屋と隣接する工場・マンション・堤防に囲まれた限られたスペースだった。さらに地盤が軟弱であったため、支持層まで杭を打設しなければならず、工場・マンションが隣接していることから杭施工時の振動・騒音を配慮する必要があった。今回採用した鋼管杭は、先端に羽根が取り付けられている構造で、回転圧入し支持層まで到達する。コンクリート杭のような杭施工時の振動・騒音が少なく残土処理が不要である。

また、今回定置式の二重パッケージタイプで配電盤を搭載した簡易設置形電源ユニット(ガスタービン発電装置)を設置した。第13図に1250kVA簡易



第13図 1250kVA簡易設置形電源ユニット

防音壁に囲まれた簡易設置形電源ユニットの設置状況を示す。

設置形電源ユニットを示す。町屋ポンプ所で遵守すべき規制値(準工業地域)を満足するため、機側1mで55dB(A特性)以下の低騒音形とした。エンクロージャは二重構造とし、排気消音器も特殊設計となり音が抑えられているため、運転中の機側においても運転中だと気付かないほどである。

(2) 地下鉄シールド近接作業 今回地下28mまで鋼管杭を打設したが、ポンプ所の地下を地下鉄のシールドが縦断していた。最短接近距離1.8mと非常に近接した作業だったため、東京都下水道局・地下鉄関係の企業・明電舎の三者で協議を重ね、杭の打設位置を決定した。また、近接作業時は下水道局・地下鉄関係の企業に立ち合っただき、細心の注意を払って打設した。地下鉄は社会インフラの重要な一つであり、地下鉄シールドを痛めることなく無事に杭工事を完了した。第14図に発電機基礎杭工事の様子を示す。

(3) 発電装置搬入 ポンプ所東側のスペースに発電装置を据え付けるにあたり陸上輸送での搬入を検討したが、周辺道路が狭く大型の重機、運搬車両の通行が難しく、敷地内で搬入するためにはポンプ所の建屋を越えて搬入しなくてはならないため重機が大型になってしまう。また隣地との境界が近く、大型の重機が配置できないため、ポンプ所のそばを流れる隅田川を利用して輸送・搬入することを検討したが、2011年の東日本大震災から日が浅く、震災復



第14図 発電機基礎杭工事

地下鉄シールドとの近接作業だった杭工事の況を示す。

興で多くの企業が東北へ台船を派遣していたため、台船の手配に苦慮した。

(4) 輸送経路 実際に河川を通航して現場を調査し、橋の高さや川幅を確認して最良のルートを検討し、川幅が広く緩やかなカーブを描く荒川を通航ルートとした。所要時間は約6時間だった。(江東区新木場から東京湾、荒川を上り隅田川との分岐点である岩淵水門を経由し町屋ポンプ所へ到着する。)また台船の通航経路上には幾つもの橋が架かっており、発電装置の高さは2.9mで橋と接触する恐れがあったため、船体が空洞になっているボックス型台船を使用した。分解の程度を最小限に抑えることで、現地搬入時の組み立て時間の短縮を図った。また、分解したエンクロージャや吸換気フード類は、平型台船に積載し輸送した。**第15図**に台船による発電機の輸送状況を示す。

(5) 台船上からの搬入 隅田川上から町屋ポンプ所敷地内へ搬入した。堤防越しでの搬入となるため作業半径が28mと非常に広く、搬入機器重量(最大)が11tのため100tクレーン船を使用した。堤防があるためクレーン船からはポンプ所敷地が見えない状態での作業となり、無線で連絡を取り合いながら揚重作業を行った。搬入作業中、他の船舶が通行する度に波の影響で機器が揺れるため、機器の据え付け調整に非常に苦労した。従来のやり方では搬入でき



(a) 河川の輸送状況



(b) ポンプ所付近の輸送状況

第15図 台船による発電機の輸送状況

(a) に河川の輸送状況を、(b) ポンプ所付近の輸送状況を示す。



第16図 台船による発電機の搬入状況

100t台船クレーンによる発電機つり移動の状況を示す。

ない場所への搬入だったが、河川を有効利用して搬入・据え付けを行うという発想の転換をすることで機器の搬入を完遂した。**第16図**に台船による発電機の搬入状況を示す。

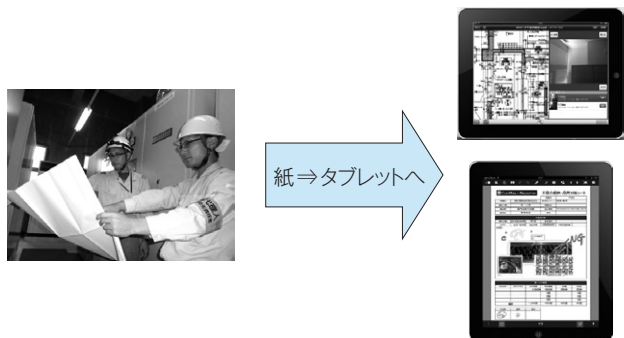
6 現場ICT技術導入

近年、大手ゼネコン現場などでは情報化施工 (ICT) を取り込んでいる。当社もコンピュータや通信技術などを導入し、安全及び品質管理技術の向上・生産性向上、並びに施工管理業務の効率化を目的に取り組んでいる。現在、工事現場で安全・品質管理向上のために取り組んでいるタブレット端末やカメラを用いた現場ICT技術を用いた事例を紹介する。

6.1 取り組み

第17図にタブレット端末の活用事例を示す。現場で使用する図面、帳票・チェックリストを紙からタブレットへ移行することで、現場の安全確保を目的とした安全管理業務の簡素化と品質管理の向上につなげ、業務の効率化を図った。専用の図面管理ソフトや帳票管理ソフトを活用することで、現場で行っていたチェックリスト・試験記録データ・パトロール報告などの書類作成業務を大幅に削減することを目的としている。また現場確認時にお客様に対して迅速に図面や管理値を確認でき、さらにWeb送信が素早くでき、効果的である。想定外の災害・事故でも通信技術を使うことで、スピーディに対応できる。

Webカメラやクラウドカメラを設置し、現場での不審者侵入防止や機材・材料の盗難防止、緊急対応訓練などや社内と現場のコミュニケーションツールとして活用している。**第18図**～**第22図**に活用事例を示す。



第17図 タブレット端末の活用事例

現場の図面管理・帳票・チェックリストを紙からタブレットへ移行し、業務の効率化を図った。

6.2 課題

お客様とのコミュニケーションツールをWeb上で活用することで、現場の状況をお客様の管理監督部署で把握できる現場管理を目指し、情報の共有化



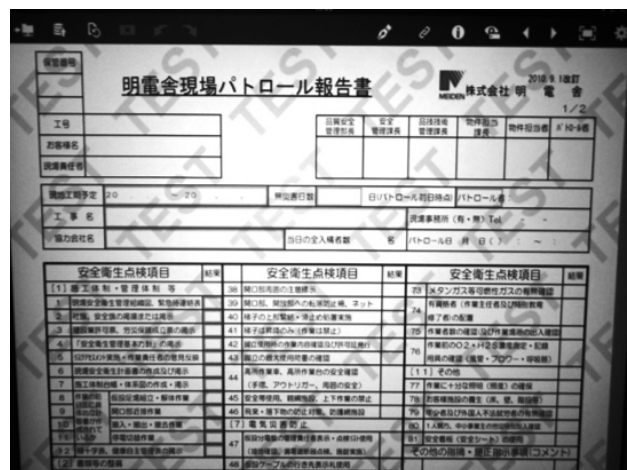
(a) 施工図確認状況



(b) 作業員への指導状況

第18図 図面管理ソフトの活用事例

大量の図面・資料をタブレット上で管理でき、地下などの通信状態の悪い環境でも閲覧できる。



(a) タブレット操作画面



(b) 施工チェック状況

第19図 帳票管理ソフトの活用事例

現場で作業中に、報告書類を作成することができる。



(a) Webカメラ画面



(b) タブレット本体画面

第20図 Webカメラの活用事例

タイムリーに現場情報を得ることができ、どこからでも監視ができる。



(a) クラウドカメラ



(b) クラウドカメラ画面

第21図 クラウドカメラの活用事例

現場事務所内のPC・携帯・タブレットから資材置き場を監視し、盗難防止を図った。



第22図 コミュニケーションツールの活用事例

搬入作業など安全管理課と現場のコミュニケーションツールとして活用している。

を図っていく。現状は、タブレットの扱いに慣れない現場スタッフが多いため、若手を中心としたスタッフで現場ICT化を推進し、お客様（管理監督部署）と施工現場の情報を共有することで、更なる現場の安全確保と施工品質の向上を目指していく。

7 むすび

当社が施工し完成した再構築・震災対策・地球温暖化対策の工事内容と当社が現場で導入しているICT技術を紹介した。

無事故で完成できたことを施工監督・安全及び施工計画などにご指導いただいた東京都下水道局、工事中の施設の維持管理・安全にご指導いただいた管理・監督部署の皆様には感謝するとともに、本工事に携わり安全第一に取り組んだ多くの作業員に心から感謝する次第である。今後も現場でのICT化を推進し、未来に向けた工事の実現を目指していく所存である。

・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》



菊子 博
Hiroshi Kikuko
東日本工事事務部
水処理プラント建設工事の設計・管理業務に従事



安藤 幸生
Yukio Ando
東日本工事事務部
水処理プラント建設工事の設計・管理業務に従事



後藤 薫
Kaoru Goto
東日本工事事務部
水処理プラント建設工事の設計・管理業務に従事



山脇 和貴
Kazutaka Yamawaki
東日本工事事務部
水処理プラント建設工事の設計・管理業務に従事