

札幌市下水道局殿納

豊平川処理場第2施設受変電設備更新工事

Renewal construction of the 2nd Institution receiving and distribution Equipment of the Toyohira river disposal plant in Sewerage Bureau City of Sapporo

The renewal of the sewer equipment should replace a current sewer system with new facilities without stopping operating.

Technically, we conferred with the electric power company to take over-current protection cooperation, the over-current setting value of equipment that received the electric power of existing was changed, and solved the problem of the sensitivity change in earth fault detection by using ZPC.

Moreover, the system using three earth fault over-current relays as earth fault detection system in parallel operation of transformers was established.

The renewal work was examined enough to suppress the influence on the processing place due to the black out to the minimum, and as a result the black out by work was 3 times (a total of 9 hours).

福永 哲雄

Tetsuo Fukunaga

新谷 昌洋

Masahiro Shintani

新沼 和人

Kazuto Niinuma

嶋田 純也

Junya Shimada

1. まえがき

下水道設備のように、日常の市民生活に常用されている設備を更新する場合、更新作業時における市民生活への影響を最低限に抑えることを第1優先に考えなければならない。特に、電源系統の切替えが必要な設備については、停電作業が必要とされるため、停電作業の回数、停電時間の短縮について、十分な事前検討が為されなければならない。

今回更新が行われた、札幌市豊平川下水処理場は、札幌市の南区、豊平区及び白石区の下水処理を行う設備であり、1日の処理量は約18.6万トン、この設備の稼働を中断することは約40万人の市民の生活に影響が及ぶことになる。この処理場は、第1処理施設、第2処理施設、汚泥処理施設、その他の施設から構成されているが、今回は、第2処理施設関係を中心に受変電設備の更新工事が行われた。構成機器としては、標準的な受変電設備であるが、下水処理設備としての運用を継続しながら、狭い電気室内にある既設高圧受変電設備を順次更新していく作業は、大変困難な作業であり、綿密な計画を立てて更新作業を行った。以下、これらの更新工事について、その概要を述べる。

2. 電気設備の概要

(1) 全体電気設備の概要

この処理場は、北海道電力から66,000Vの特別高圧2系統受電方式で受電しており、契約電力は4,000kWである。更新後の設備の主回路図を図1に示す。この図の内、特高設備及び発電機設備を除く全てが更新された部分である。

(2) 更新設備の概要

更新設備の電気品は、表1のとおりである。これらの設備の内、第2処理施設用受変電設備については、別棟に新電気室(第2処理施設1階受変電室)が建設されたが、本館2階の配電盤については、旧設備が設置されている電気室がそのまま使用された。

すなわち、特別高圧電源からの電力を受電し、処理場内の各施設に高圧電源の供給を継続しながら、順次配電盤を更新しなければならないという難工事であった。なお、改造計画は、特に下記の条件を考慮して立案された。

- ①停電時間、停電回数を極力短縮すること。
- ②停電の範囲を極力限定すること。
- ③事前調査を十分行い、確実な更新が行える方法であること。
- ④更新後の確認試験が十分に行える方法であること。
- ⑤感電の可能性のある危険な作業が含まれていないこと。
- ⑥予定時間内に確実に作業が完結する方法であること。
- ⑦停電の影響のみではなく、更新作業中の騒音等、近隣住民に対する影響を極力抑えること。

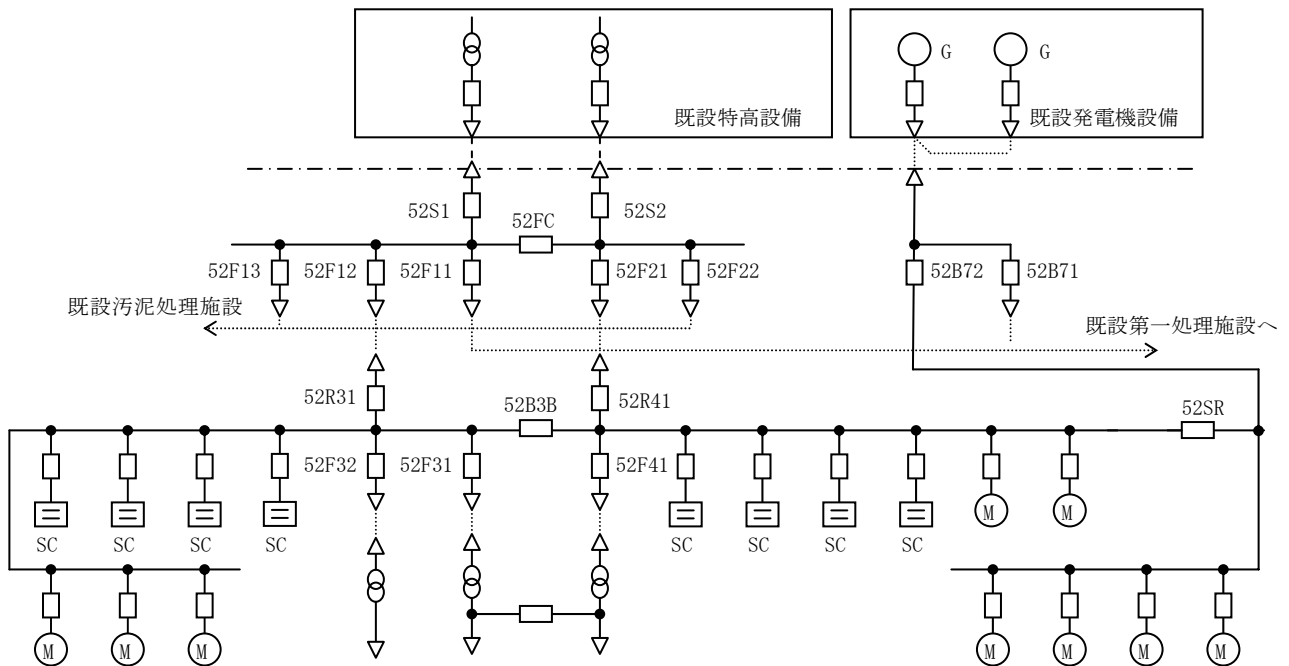


図1 設備の主回路図

Fig. 1 Main circuit diagram of equipment

3. 豊平川処理場電気設備の概要

図2に豊平川処理場の本館2階の受配電室の写真を示す。図3には第2処理施設1階受変電室の写真を示す。又表1には今回の更新設備を示す。



図2 本館2階受配電室

Fig. 2 The second floor in main building room that receives electric power and supplies electricity



図3 第2処理施設1階受変電室

Fig. 3 The first floor in second processing facilities room that receives electric power and supplies electricity

表1 更新設備のリスト

Table 1 List of Updating Equipment

本館2階 受配電盤室	高圧配電盤	8面
第1処理施設1階 受配電盤室	高圧配電盤	2面
第2処理施設1階 受変電室	高圧配電盤	9面
	コンデンサ盤	4面
	コンビネーションスタータ	6面
	変圧器盤	3面
	低圧盤	5面

4. 技術的に考慮すべき点

今回のような部分的更新の場合、最も配慮すべき点は、既設設備との保護協調である。設備の設置以来、さまざまな改造が行われてきていることから、特別高圧、高圧設備だけに、活線状態での現況調査には限界があるが、現況について可能な限りの調査を行ない、その結果をもとに検討すべき事項、技術的に解決すべき事項を明確にした。そのうち主なものを3つ述べる。

4.1 既設設備との保護協調

今回の更新工事は、高圧設備が対象であるが、当然、特別高圧設備から、低圧設備までの保護協調をとらなければならない。すなわち、受電から低圧主幹までにある各系統の過電流継電器（最大7個）と降圧変圧器の励磁突入に対しすべての協調を取る必要がある。保護協調をとる上で最もネックになる点は過電流継電器の特性である。過電流継電器は、近年、静止型検出器が一般的に使用されているが、既設設備は誘導型検出器が使用されており、特性が全く異なる。

誘導型の過電流継電器と静止型保護継電器の特性の差異を示す一例として、受電についての保護協調特性を図4に示す。起こり得るすべてのモードについて保護協調を図ったが、更新設備側の対策だけでは確実な保護協調がとれないことから、北海道電力殿と協議を行い、受電の過電流継電器についてセット値の再設定を行った。

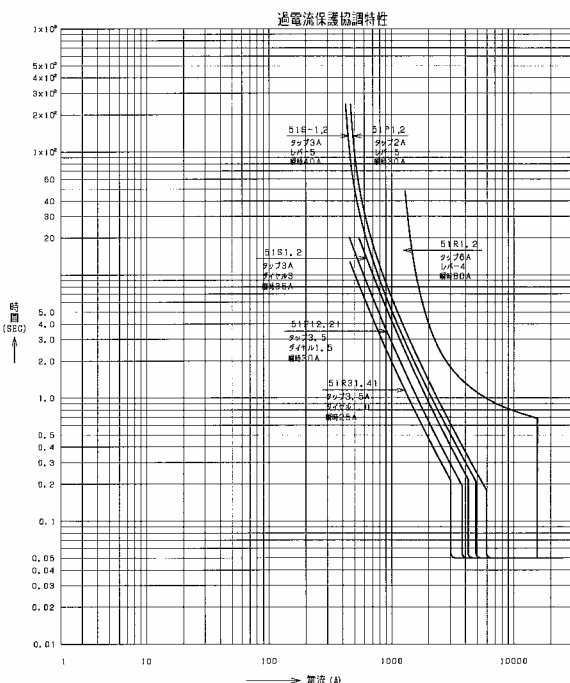


図4 保護協調図

Fig. 4 Protection cooperation

4.2 地絡継電器の干渉

次に地絡検出器の干渉についてであるが、既設設備には地絡検知用として、接地型計器用変圧器（以下、GPTと称す）が使用されている。

このGPTは複数個併用すると検知感度に影響がでる。以下、この問題点について述べる。

①GPTの原理

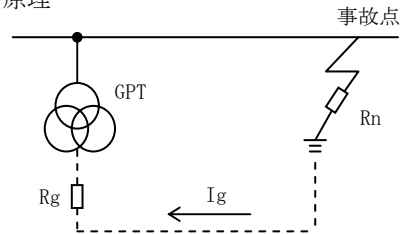


図5 GPTの原理

Fig. 5 Principle of GPT

図5にGPTの原理を示す。

GPTは、地絡事故が発生した場合、事故電流をGPTの中性点に流しこみ、この地絡電流によりGPTの3次巻線に発生する電圧により地絡事故を検知しようとするものである。この地絡電流 I_g は、接地抵抗を R_n 、GPTの中性点接地抵抗を R_g とすれば

$$I_g = E / \sqrt{3} / (R_g + R_n)$$

②GPTを複数個使用した場合の問題点

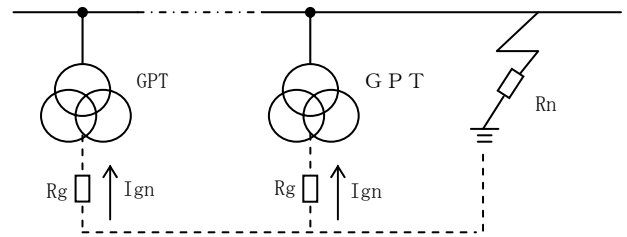


図6 GPTの並列

Fig. 6 Parallel of GPT

図6にGPTの並列を示したように、系統内にGPTが複数台設置された場合、地絡電流は複数台のGPTに分流する。したがって、 n 台のGPTが設置された場合、1台のGPTに流れる地絡電流は、接地抵抗を無視すれば $1/n$ に減少してしまい、検知感度が $1/n$ に低下する。

③対策処置

本設備では、既設設備に複数個のGPTが設置されている。接続されるGPTの数が常に一定であれば、継電器の感度を調節すれば問題ない。しかしながら本設備は運用により、接続されるGPTの数が変わるため感度が変化する。この問題を解決するため、GPTの代わりに、対地インピーダンスが大きい零相蓄電器（ZPC）方式が採用されており、地絡検知感度は台数に関係なくほぼ一定になっている。

4.3 変圧器の並列運転時の地絡過電流継電器への干渉

①変圧器並列運転時の循環電流の影響

今回、2台の動力変圧器も更新されたが、この動力変圧器は、単独運転で使用されるモードと、並列運転で使用されるモードがある。これらの変圧器は $\Delta-Y$ 接続であり、2次側の中性点が接地される。通常、並列運転仕様の変圧器は、特性を合わせて製作されるが、それでも、2つの変圧比を完全に一致させることは困難である。

従って、それぞれの中性点間にはわずかな電位差が生じるが、変圧器の中性点を接続した場合この電位差により変圧器間に循環電流が流れる。図7における閉ループにおいて、インピーダンスは変圧器の内部抵抗のみであることから、変圧比にわずかな差が生じた場合でも多大な循環電流が流れることとなり、地絡過電流継電器を誤動作させる原因となる。

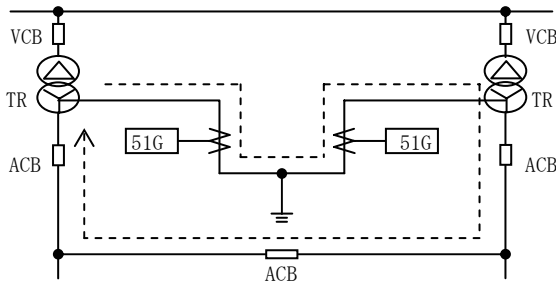


図7 変圧器の循環電流
Fig. 7 Circulation current of transformer

②対策処置

そのため、本更新工事においては、地絡保護継電器を3個用い変圧器の運用に応じ零相変流器(ZCT)2次を短絡、開放することにより循環電流の問題を解決している。(本件は、特許出願中)

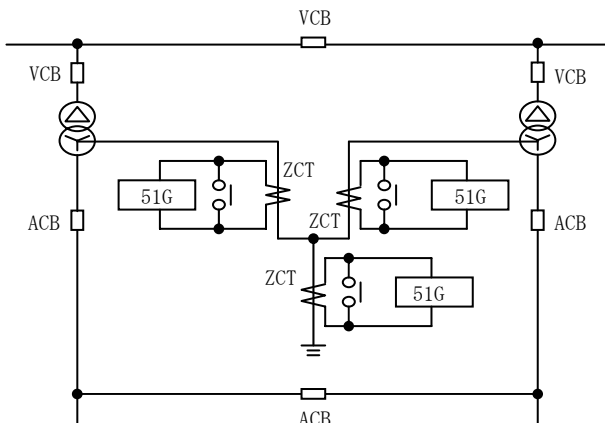


図8 対応処置
Fig. 8 Correspondence disposal

5. 更新作業

更新前後の各電気室の配置、及びその主回路の概要は図9

のとおりである。この設備は、昭和52年度に設置された設備であり、全面的な更新が必要な状況にある。更新を行う本館2階受配電盤室には特別高圧からの受電設備、第2処理施設用受変電設備、第1処理施設への送電用配電盤、汚泥処理施設への送電用配電盤等が混在していた。今回の更新作業では、第2処理施設用受変電設備については、別棟に設けられた新電気室(第2処理施設受変電室)にA系、B系の2つの系統に整理統合した形で受変電設備を新製して移設し、残りの設備は、各受変電設備に対する母線レベルの機能を整理統合した形で現状の受配電盤室に再構築を行った。

更新作業におけるポイントとして次の点が上げられた。

- a. この設備は特別高圧の2系統受電方式であり、ピークカット用発電機も併用されており、非常に複雑な回路構成になっている。このような設備に対して下水道の運用を継続しながら部分毎に更新作業を行なうには、仮設回路を設けることで対応する必要がある。しかしながら複雑な回り回路が内在してしまう可能性あり、インターロックについても細心の注意が必要である。
- b. 更新前の本館電気室には、 140 m^2 の平面に28面のキュービクルが隙間なく設置されている。キュービクルは多段積みのユニットもあり、ユニット数にすると50ユニットにもなる。これらの多くはブスバーで連結されており、キュービクルの部分的交換は簡単にできる構造ではない。
- c. 設備全体の保護協調をとるため、特別高圧設備の設定変更も必要のため、最低限度の全停電は不可避であるが、市民生活への影響を考えると、停電時間は可能な限り短縮しなければならない。

これらを留意し、最も停電時間が少なく、かつ、最も安全性の高い更新方法について、詳細な更新計画が立案された。

更新作業は24項目に及ぶ膨大なものであるが、大きくまとめると、下記の7つのステップになる。

(1) 第2処理施設用受変電設備への仮設送電用配電盤

第2処理施設用受変電設備への送電用配電盤は、本館2階受配電盤室内に設ける必要があるが、この時点では新製の高圧配電盤を設置するスペースはない。そこで、既設設備の予備ユニットにVCBを組み込み、仮設の配電盤を作成し、第2処理施設に対する仮設送電用の配電盤とした。VCBの組み込み及び仮設送電用配電盤としての各種の試験作業は、全体停電ではなく汚泥処理施設への送電を休止する部分停電で行い、新設の第2処理施設用受変電設備への送電を行える体制を整えた。

(2) 第2処理施設用受変電設備の設置／稼動

第2処理施設用受変電設備は、新設の第2処理施設1階受変電室に設置されるため、更新作業に当たっての制約はないが、第2処理施設用受変電設備へ送電を行う前に、設備全体の保護協調をとるため、特別高圧設備の保護装置の設定変更が必要であった。そこで、2系統ある特別高圧送電を順次切替え、無停電で1系統ずつ設定変更を行い、設備に影響を与えないこと無く、第2処理施設への送電を完了した。

(3) 既設高圧配電盤の切り離し

本館2階受配電盤室内に新製の高圧配電盤を設置するスペース確保のため、その前段階の作業として既設高圧配電盤を切離し、一部の盤を隣接する部屋へ移動させる作業を行った。この作業には、施設全体の停電が必要であることから、施設の運用に最も影響が少ない深夜に作業を行い、更に監視装置等の重要設備の電源は、可搬式発電機を用意するなど細心の注意をはらって行なわれた。結果として、2回（合計6時間）の停電で無事作業を完了することが出来た。

(4) 新製の第2処理施設への負荷切替

第2処理施設の負荷は、汚水ポンプ3台、雨水ポンプ2台、ブロワ4台、コンデンサ8バンク、その他である。これらの負荷を部分停電させながら、順次、新製の第2処理施設用受変電設備に切り替えて行った。

(5) 2号受電系の撤去

新製の第2処理施設用受変電設備への負荷切替を完了することで、本館2階受配電盤室の既設高圧配電盤の内、かなりの面数の盤が撤去可能な状態になった。再度の全体停電を行い、使用しない盤の撤去、仮運用として使用する一部の盤の移設作業を実施した。これにより受配電盤室に設置スペースが確保でき、新製の高圧配電盤を据付けが可能となった。

(6) 正規の高圧配電盤に更新

本館2階受配電盤室に新製の高圧配電盤を設置した後、既設高圧配電盤から新製の高圧配電盤に送電を切替え、使用しない盤及び仮設盤をすべて撤去し、更新作業を完了した。

(7) 送電方式の切替え

第1処理施設に設置の高圧配電盤は、新製の第2処理施設用受変電設備の設置により、送電経路が2系統になったため、送電経路の分岐を行うためのものである。更新作業に当たっての制約はないが、設備の電力使用量が少ない時間帯を選んで夜間作業を行った。

図9に更新前後の主回路及び盤配置を示す。

6. むすび

今回の更新工事は、構成機器としては、特に目新しいものはないが、下水道設備としての運用を継続しながら設備の更新を行わねばならないこと、既設設備との各種保護協調や設備全体としての操作性の整合をとらなければならないこと、の2つの課題があった。

更新作業に当たって実施した全停電回数は3回であり、設備の運用に重大な影響もなく、すべて予定通り更新作業を完了することが出来た。

既設設備との協調については、当社だけではなく関係する各社の協力を得なければ出来ない。このような中、順調に更新作業を完遂できたのは、札幌市下水道局の関係部所より多大のご指導を頂いた賜物であり、また、関係各社のご協力を頂いたお陰である。ここに改めて、関係各位に厚く感謝の意を表するものである。

執筆者略歴



福永 哲雄

環境システム工事グループにて、現場代理人及び監理技術者を担当。



新谷 昌洋

滋賀工場設計グループにて、プラント設計を担当。



新沼 和人

環境システム工事グループにて、現場主任を担当。



嶋田 純也

滋賀工場品質保証グループにて、プラント試験を担当。

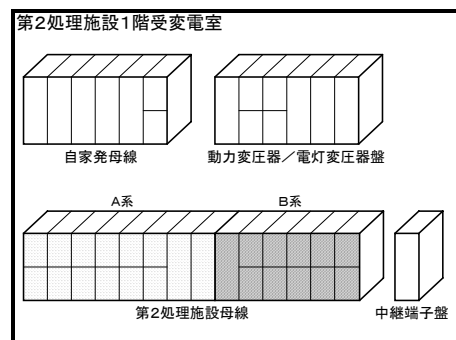
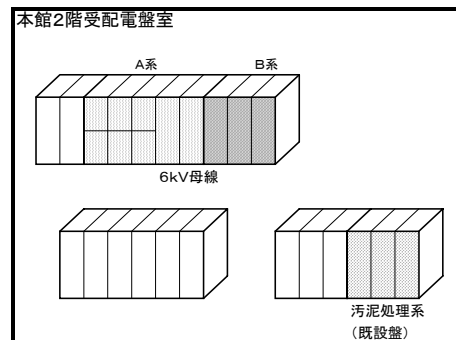
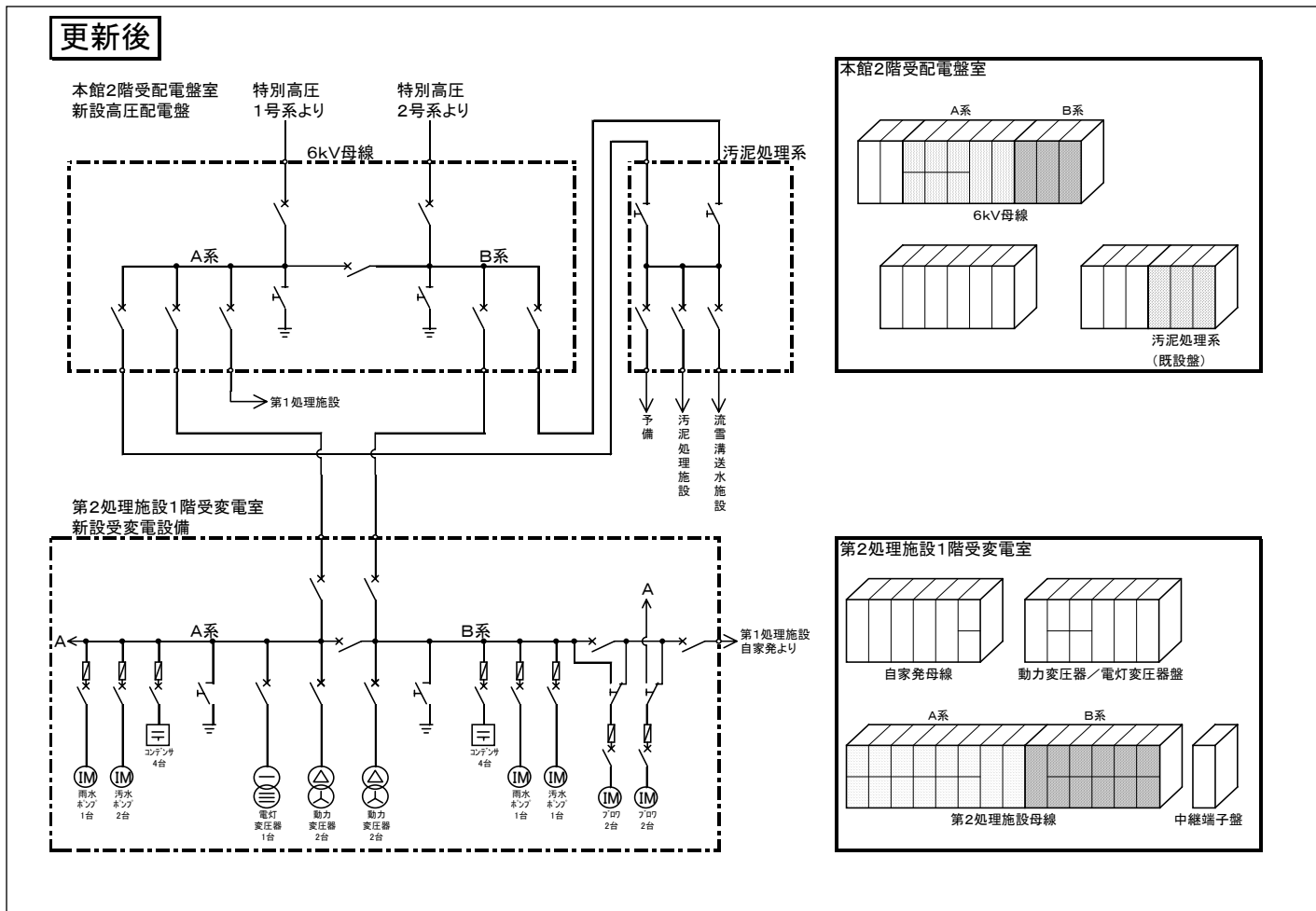
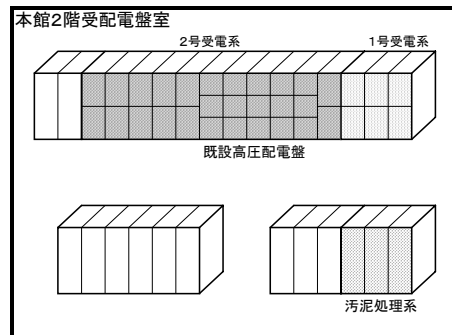
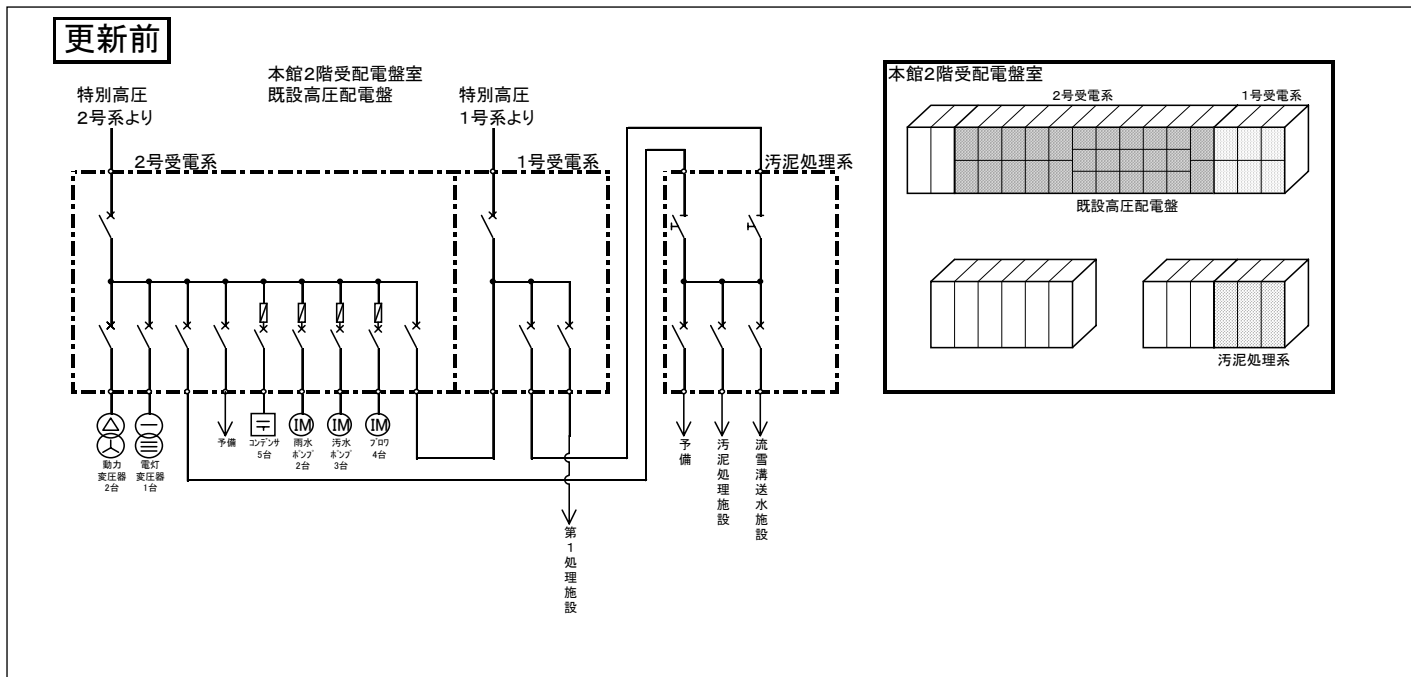


図9 更新前後の主回路及び盤配置

Fig. 9 Main circuit and board arrangement before and behind updating