

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

(1) 上位目標とプロジェクトの目標

「ユ」国の2000年末における全発電所の合計出力は9,612 MW（設備容量）であり、この内訳は火力発電が約7割（6,324 MW）、水力発電が残りの3割（3,288 MW）となっているが、1992年以来、国連をはじめ西欧諸国の経済封鎖による資金不足から、それら発電設備の点検／修理等の維持管理が不足しており、現有出力は設備容量の70%を下回る状況である。一方、近年における一般家庭の電力使用量の増加は著しく、特に冬季においては、一部地域を除く全土で利便性が高く、安価な電気による暖房が行われるため、電力供給不足が著しく、計画停電を余儀なくされている地域もある。

「ユ」国政府はこの現状を改善するため、1-1-2項に示したとおり、中期電力供給改善計画（2002～2006年）を策定し、住民生活の向上、社会福祉・公共施設の安定した運用ならびに産業の活性化を図るための社会基盤整備の一環として、安定した信頼性の高い電力を供給する為、既設設備の適切な改修による設備利用率と出力の向上を目標としている。

(2) プロジェクトの概要

本プロジェクトの対象であるバイナ・バシユタ揚水発電所は、出力614 MW（307 MW x 2台）の「ユ」国唯一の揚水発電所である。同発電所は1982年に運転を開始し、プラント納入メーカーの指導に従った形での定期点検、修理が1992年まで行われてきたが、他の発電所と同様に、経済制裁による資金不足のため、通常の点検・修理が実施できなくなり、この10年間で発電設備の主要部分であるポンプ水車や発電電動機が損傷し、電力供給の信頼性の低下が著しくなる等、運転中の重大な事故につながる危険性があるのみならず、発電所自体の大幅な機能低下、あるいは機能停止に陥る可能性が高まって来ている。

一方、当該発電設備は、その発電容量や落差の大きさから世界的に有数の発電所で、かつ、「ユ」国唯一の揚水発電設備であり、昼夜における需要電力の平準化に不可欠な設備である。更に、「ユ」国の経済的な電力運用上非常に重要であるのみならず、単機容量では8番目に大きな発電機容量であるため、「ユ」国内の最大発電機であるニコラテスラ火力発電所の620 MWの緊急停止時のバックアップ用としても重要な位置付けとなっている。従って、当該発電設備のオーバーホールを早急に実施する事により、安定した電力供給の確保、運用上の信頼性と安全性確保が可能となるばかりか、同発電設備の「ユ」国における経済的な電力運用の確保に寄与する共に、ひいては市民生活、社会・経済活動の安定と向上に寄与することが可能となる。

本プロジェクトは、「ユ」国における経済的な電力運用上重要な位置を占める「バ」揚水発電設備のオーバーホールを早急且つ速やかに実施し、安定した電力運用による住民生活の向上、社会・経済活動の安定を図ることを目的として、同発電所の主要発電設備のオーバーホールを実施するために必要な資機材を調達し、技術指導を実施することである。

3-2 協力対象事業の基本設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

本プロジェクトの協力対象範囲、機材調達範囲、規模等の基本的な枠組み策定にかかる基本方針は下記とする。

1) 協力対象範囲に対する方針

既設「バ」揚水発電設備の発電能力を維持し設備寿命の延命化を図るため、1 および 2 号ポンプ水車および発電電動機ならびに関連電気設備、補機のメジャー・オーバーホールを実施する。

2) 機材調達範囲に対する方針

機材調達範囲は、1 および 2 号ポンプ水車および発電電動機ならびに関連附帯設備にかかるメジャー・オーバーホールに必要な資機材および関連する特殊道工具とする。

3) 設備規模に対する方針

本プロジェクト完了後における発電能力維持と設備の延命による電力供給の信頼性の回復ならびに安定供給を確保できる設備規模とする。

(2) 自然条件に対する方針

1) 地質・地形

当該発電所は北側にドリナ川を挟みボスニア・ヘルツェゴビナ国との境に位置し、発電所の周囲は 1000 m 級の山に囲まれている。本プロジェクトは既設発電設備のオーバーホールの実施であり、新規発電所建設案件ではないので、地質、地形上の配慮は必要ない。

2) 温度・湿度

当該発電所は内陸部の大陸性温暖湿潤気候に存している。気温は最高 32℃、最低-30℃、年平均 10℃で、年間における気温差が大きい。湿度は 60 % ～ 90%で、平均 75%である。

なお、本プロジェクトで調達される資機材はすべて建屋内に設置されるので、当地の温度・湿度に対して特別な対策を施す必要はない。

3) 風雨・積雪

当該地域の最大風速は 10 m/秒以下で、年間を通し南東の風が多く比較的穏やかな風況である。なお、降雨量については月平均 40 mm 程度と少ないが 11 月から 3 月には降雪があり、12 月には積雪が 40cm を超える事もある。従って、実施工程策定時の資機材の輸送、屋外での資機材の仮置き計画等に配慮する必要がある。

4) 塩害

本プロジェクト対象発電所は内陸部にあり、かつ当該発電設備は屋内に設置されているので塩害は考慮する必要がない。

5) 地震

本プロジェクト対象の発電所近辺における過去 100 年間に発生した地震は、最大マグニチュード 5 程度であるが、既存設備に特に大きな支障は発生していないので、同一部品を調達する場合は特別の配慮は不要である。

(3) 社会経済条件に対する方針

セルビア共和国の人口の殆どはセルビア人とアルバニア人であるため、イスラム教のラマダンのようなオーバーホール作業の工期等に大きな影響を与える習慣はない。しかしながら、ほとんどの国民はセルビア正教の信徒であり、祝祭日については留意する必要がある。

(4) 施工事情に対する方針

当該発電設備のオーバーホール作業は、既存ランナーの現地グラインダー補修を含め「ユ」国側により実施され、一般道工具および消耗品の調達も「ユ」国側が行う。また、オーバーホール作業中に発見された不具合等の改修に必要な追加資機材の調達および補修作業も「ユ」国側の負担事項となる。

しかし、当該発電設備のオーバーホール期間中の試運転・調整を含めた分解・組み立ておよび現場加工作業には、熟練した技術が要求されるため、品質管理および工程管理指導が必要なことから日本人の技術者を現地へ派遣し、「ユ」国側が準備する現地作業員への技術指導および工程管理を行う必要がある。また、改修作業を円滑に実施するために必要な特殊工具の調達および分解・組み立て作業中における部品の破損および紛失に対する予備品を据え付け消耗品として日本側で調達する必要がある。

なお、施工計画の作成に当たっては、現地状況ならびに全体工程計画を考慮した技術指導員の派遣計画を策定することとする。また、改修の効果を確認するため、オーバーホールの開始前と完了後に当該発電設備の各種の試験を実施するため日本人の試験要員を派遣する。

(5) 現地業者の活用にかかる方針

1) 現地業者の活用

本プロジェクト対象の発電設備のオーバーホール作業は、ドリナ水力発電公社が実施する。従って、オーバーホール作業用仮設資機材の準備および労務提供は同公社を中心に行われることとなるが、当該発電設備の解体、再組み立てならびに試運転・調整を含めたオーバーホール作業は、熟練した技術が要求されるため、品質管理、工程管理ならびに安全管理を実施する上から、日本からの技術者を派遣し、技術指導および工程管理を行わせる必要がある。

2) 現地資機材の活用

上記 3-2-1(4)「施工事情に対する方針」に記述したように、作業用の重機、一般道工具の手配、消耗品および仮設設備の手配については、「ユ」国側が現地で調達する事となる。

(6) 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

当該発電設備の供用開始後の運用・維持管理は、現状と同様に EPS の管理の下で DHP により実施される。DHP は同発電所を 20 年以上運転し、且つパイナ・バシュタ発電所以外にも 4 箇所の発電設備の運用・維持管理を行っており、これらの設備を良好に維持していることから、DHP の運転・保守要員は水力発電所の日常管理を含めた運転・保守技術を十分保有していると考えられる。

しかし、本プロジェクト対象設備は「ユ」国唯一の揚水発電設備であり、その重要性を考慮しオーバーホール期間中に日本側技術者による作業管理を実施し、最新の保守・点検技術の移転を計ると共に予防保全、事故対策を含めたより効果的・効率的な設備の維持管理を提案する必要がある。従って、オーバーホール期間中に日本側技術者が技術移転を実施し、効果的で効率的な設備の運転・維持管理が行える様に配慮する必要がある。なお、技術移転の実施に当たっては、「ユ」国の技術レベルを考慮した教材を調達する必要がある。

本プロジェクトでは資機材引渡し後の予備品の供与を含めていないので、EPS はその後の維持管理、予備品等の購入資金として、売電収入の一部を引き当てる必要がある。

(7) 機材等のグレードの設定にかかる方針

上述の諸条件を考慮し、本プロジェクトにかかる資機材の調達範囲および資機材のグレード設定に当たっては、以下を基本方針とする。

1) 機材等の範囲に対する方針

既存「バ」揚水発電設備のオーバーホール作業にかかる資機材の調達および技術指導員の派遣を通じて、本プロジェクトの目的である発電能力を維持し、設備の延命を図るため、緊急に必要な資機材の種類・員数を選定する。また、本プロジェクトがわが国の無償資金協力で実施

されることを基本に置き、経済的でかつ技術的に最適な計画とするために、調達される資機材の仕様は既存品と同等とし、機器および部品等の完全互換性を図った設備構成および仕様を選定する。なお、既納品で製造中止となった資機材については「ユ」国の技術レベルに合った代替品を調達する。

2) 技術レベルに対する方針

本プロジェクトで調達する資機材の仕様は、既存設備の性能を原設計時の値近くに戻し、延命を図ると共に本プロジェクト完了後の運転・維持管理を実施する DHP および EPS の技術レベルを逸脱しないように留意する。

(8) 調達方法、工期にかかる方針

本プロジェクトは既存の大規模発電所の改修計画であり、調達部品の多くは既存設備の図面および仕様書で規定された特注品にならざるを得ない。また、「ユ」国の電力需給状況を考慮すると、オーバーホールによる当該発電設備停止可能期間を最小限にする必要がある。従って、わが国の無償資金協力のプロジェクトは一般公開入札が原則であるが、本プロジェクトは、既設設備の図面を保有し、使用も理解していることから、短期間に実施作業が可能な原メーカーとの特命随意契約の必要性が生じてくる。

工期については、発電所の停止による市民生活への影響を最小限とするため、オーバーホール時期は、「ユ」国の電力事情に大きな影響を与えない時期を選定する。従って、同時期は比較的電力需要の少ない 4 月から 10 月の間に実施するように計画する必要がある。なお、工期は発電所内の分解・組み立てスペースに制約があるため 2 期分けとし、1 期目に固定子巻き線が絶縁破壊寸前にあり、緊急に修復が必要な 2 号発電設備を改修し、2 期目に 1 号発電設備の改修を実施することで計画する。

(9) 環境にかかる方針

「ユ」国においては、2001 年より環境基本法が施工されているが、本プロジェクトに関する環境基準は廃油関係のみである。なお、改修に伴い発生する廃棄物、廃油等の処理については「ユ」国側が専門の処理会社に委託して関連法規に基づき処理される。

(10) 計画の前提条件

計画の規模、仕様の策定に当たり、前述の諸条件を検討した結果、下記条件を設定する。

1) 気象およびサイト条件

- | | |
|-----------|--------------------------|
| ① 設計温度 | : 最高 40℃ |
| ② 水車・発電機室 | : 最高 40℃ |
| ③ 湿度 | : 平均 75 % (最大 90 %) |
| ④ 平均年間降雨量 | : 年平均 1,000 mm |
| ⑤ 風速 | : 最大 10 m/秒 (平均 1~3 m/秒) |
| ⑥ 地震 | : マグニチュード 5 |
| ⑦ 騒音対策 | : 既存設備と同じ値以下とする。 |
| ⑧ 標高 | : 海拔 270 m (平均海面から) |

2) 適用規格および使用単位

本プロジェクトの設計に当たっては、以下に示すとおり、既設設備との整合性を考慮し、機器の主要機能については IEC および ISO 等の国際規格ならびに日本規格を適用する。また、電気工事に関しては、日本の基準を基本として適用するものとする。また、使用単位は国際単位系 (SI ユニット) とする。

- | | | |
|--------------------------|---|--------------|
| ① 国際電気標準会議規格 (IEC) | : | 電気製品全般に適用する。 |
| ② 国際標準化機構 (ISO) | : | 工業製品全般に適用する。 |
| ③ 日本工業規格 (JIS) | : | 工業製品全般に適用する。 |
| ④ 電気学会 電気規格調査会標準規格 (JEC) | : | 電気製品全般に適用する。 |
| ⑤ 社団法人 日本電気工業会規格 (JEM) | : | 同 上 |
| ⑥ 電気技術規程 (JEAC) | : | 同 上 |
| ⑦ 電気設備に関する技術基準 | : | 電気工事全般に適用する。 |

3-2-2 基本計画 (機材計画)

(1) 全体計画

前述 (3-2-1 参照) した基本設計方針を踏まえた本プロジェクトにおける日本側が実施予定の計画概要は、表 3-2-2.1 に示すとおりである。

表 3-2-2.1 基本計画の概要

日本側調達資機材の内容および実施項目		第 1 期 (2 号機)	第 2 期 [1 号機]	備考
A. ポンプ水車関係				
1.	入口弁用資機材一式（下流シールのみ取り替え）	○	○	1 期に 1, 2 号機同時に行う。
2.	入口弁操作機構用機材一式	○	○	
3.	シャフト・シーリングボックス用機材一式	○	○	
4.	ドラフト水面検出器用機材一式	○	○	
5.	圧縮空気設備用機材一式	○	○	
6.	ガイドベーン操作機構用機材一式	○	○	
7.	回転機器用機材一式	○	○	
8.	ゲート弁関連機材一式	○	○	
9.	タービンガイドベアリング用機材一式	○	○	
10.	ガバナー用資機材一式	○	○	
11.	運転制御用取替え部品一式	○	○	
12.	油圧系統取替え部品一式	○	○	
13.	ランナー現地補修の技術指導	○	○	
14.	技術指導員の派遣	○	○	
B. 発電電動機、その他				
1.	ステータコイル用関連資機材一式（ワニス等の絶縁材料）	○	○(*2)	2 号機用ステータコイルは「ユ」国側で購入済み。
2.	ロータコイル一式（新製）	○	○	
3.	ロータブレーキ用機材一式	(*3)	○	2 号機用は「ユ」国側で購入済み。
4.	自動電圧調整器一面（デジタル式）	○(*1)	○	
5.	励磁用遮断器一式（キュービクルを除く）	○	○	
6.	オイルペーパー集塵機一式	○	○	
7.	制御・保護関係の関連電気品一式（リレー、スイッチ、トランスドューサ等）	○	○	
8.	水位差応動装置（デジタル式）	○(*1)	—	1 号機用は 2 号機と共用
9.	特殊道工具一式（含むステータ吊り金具）	○	—	1 号機用は 2 号機と共用
10.	発電機の試験にかかる消耗品一式	○	○	
11.	技術指導員の派遣	○	○	

(*1)：自動電圧調整器および水位差応動装置は、既納品が製造中止となっているため、代替品としてデジタル式を調達する。

(*2)：1 号機はオーバーホール期間中に現地補修を実施する。これに必要なワニス等の絶縁材料を必要数調達する。

(*3)：本プロジェクトで改修にかかる技術指導を行う。

(2) 発電設備の改修計画

本プロジェクトで改修される「バ」揚水発電設備は「ユ」国唯一の揚水発電設備であり、余剰電力の有効利用およびピーク負荷対策上重要な役割を担っている。この点を念頭に置き、既存電力施設の現況と問題点を総合的に勘案し、以下の方針で基本設計を実施する。

- 1) 本プロジェクトは原形復旧、機能回復・設備の延命を図ることを原則とする。
- 2) 必要な図面類や故障履歴、機材の運転状況や保守点検記録等を詳細に解析・検討し、不具合箇所を抽出し機材計画を策定する。特に回転部については、その破損が重大事故に至る可能性があるため計画策定に当たっては十分配慮する。
- 3) 実施計画の策定にあたっては、市民生活に影響が出ないよう揚水発電設備が停止する期間を可能な限り短くするよう留意する。
- 4) 機器およびシステムの寿命の概念を整理し改修範囲（更新部品の選定）を決定する。本プロジェクトでは図 3-2-2.1 に示す一般的な寿命の概念を念頭におき、効果的でかつ経済的な改修案を策定する。

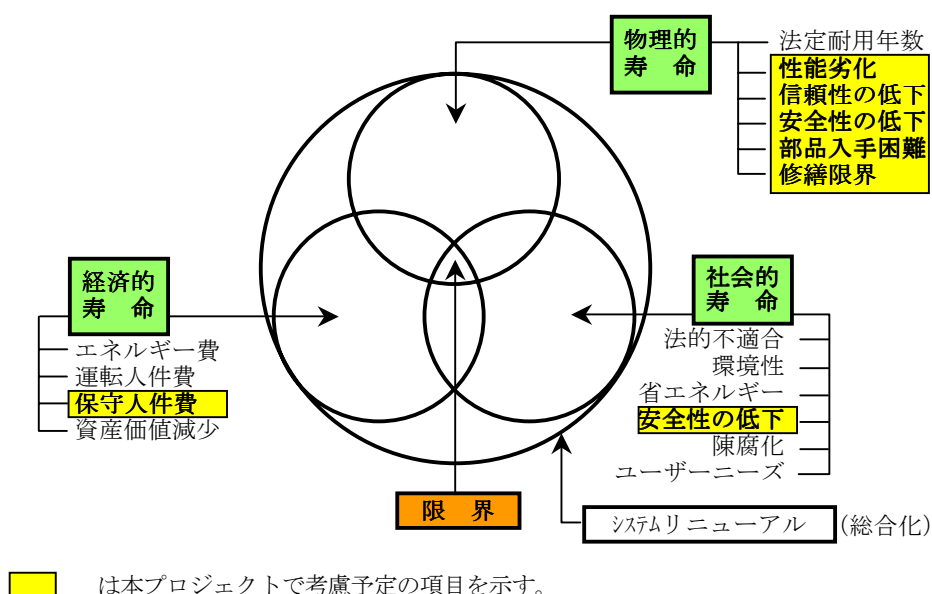


図 3-2-2.1 寿命の概念

(3) 計画内容

1) 更新機材の適切な選定

本プロジェクトで更新する部品、機材の選定に当っては、改修部品、機材を前述した機器・システムの寿命の概念と現地調査結果必要と判断されたものを総合的に判断して選定する。

但し、選定された更新部品が既に製造されていない場合、類似した代替品を選定する事となる。さらに代替品を選定した場合、維持管理面で新たな技術力が必要となるので、ドリナ水力発電公社等の技術レベルを十分勘案すると共に、先方の新技術に対する将来計画を確認し、無理なく維持管理できるような機材を選定する。

2) 機材計画

必要な図面類や故障履歴、保守点検記録等を基に、機材の運転状況を十分に勘案し、最適な機材計画を策定する。なお、機材選定上の主な留意点は以下のとおり。

a) 現地加工が必要な資機材について

既存設備は運転開始後 20 年を経過しており、この間大掛かりな主機の分解・組み立て作業は実施していないことから、可動部および回転部等の磨耗が考えられる。一方、本プロジェクトで調達予定の資機材は、部分的なものであり、ランナー、主軸、ロータ等の回転部は既存品をそのまま使用する事となる。従って、これら既存品と直接関連するフェイスプレート、スラストライナー、ブッシュ等の調達資機材は、既存品の磨耗状況を考慮したものとする必要がある。しかしながら、既存品の磨耗状況は設備を分解した後に測定することとなるため、これらは多少大きめのものを調達し、現地で合わせ加工する必要がある。なお、現地での合わせ加工は特殊作業となるため、原メーカーから技術者を派遣し加工作業を指導・管理する。

b) 予備品および特殊工具に対する考え方

本プロジェクトで調達される資機材の選定に当たっては、設備、部品の改修の必要性・緊急性および妥当性を考慮し調達計画を策定する。従って、緊急性の観点から判断し、予備品等の調達は含めない事とする。但し、新規の盤に付属しているランプ、フューズ等の消耗品は 2 年間分を考慮するとともに、作業中の破損・紛失を考慮しボルト、ナット、ワッシャー、パッキン等については据え付け用消耗品として考慮する。なお、当該設備の分解・組み立てに必要な特殊工具類については調達範囲に含める事とする。

c) 製造中止となった資機材について

既存品と同じ型式が現在製造されていない資機材に対しては、極力既存品と同等の代替品を選定し、現地での関連する既存設備の改造が極力少なくなるように計画する。なお、現地での改造作業を計画した工程に従って完了するために、既存設備の改造に必要な資機材および改造図面は、本プロジェクトで調達する事とし、実際の改修作業は原メーカーの技術者の指導に従って実施するものとする。

3) 機材の調達方法について

本プロジェクトで調達される資機材の大部分は、当該発電所設備の原形復旧、機能回復ならびに延命を図るための、既設設備改修に必要な特殊部品であること、また一般競争入札で調達可能であると考えられる一部の汎用品(ボルト、ナット、ワッシャー等)も、その殆どが機器本体の内部に使用され、既設設備の機能・性能に大きな関わりがある。従って、資機材の調達にあたっては、既設設備のリハビリテーションという特殊性に鑑み原メーカーとの随意契約が技術的整合性や実施工程確保の面からも得策と判断できる。但し、原メーカーから入手する資機材の見積もり金額については類似案件の積

算資料等を参考に評価する必要がある。

4) 据え付け計画の策定

オーバーホール作業工程の策定に当っては、発電設備が停止する期間を可能な限り最短化し、需要家への影響を少なくすることに留意する。同作業の実施期間は、「ユ」国の最大需要電力が比較的少ない4月から10月の間が最適と判断できる。また、「ユ」国側が用意する道工具や作業員については、事前に原メーカーから助言を取り入れ、その準備すべき日程や種類、員数等を詳細工程に反映した上で、万全の準備をしておく必要がある。

(4) ランナーの補修について

既設のランナーは1および2号機とも、運転が開始されてから現在までに、キャビテーション（空洞現象）による壊食が進んでおり、据え付けた状態のままで数回（6～7回）のグラインダーによる壊食部の除去作業が行われているが、十分な修復でないため、このまま運転を継続すると、ランナーは数年以内に壊食の進行により使用不能となることが考えられるため、今回の改修計画の中で何らかの対応策を取り入れる必要がある。対応策としては大きく分けて下記3項目が考えられる。

- a) ランナーの現地修理（グラインダーまたは溶接補修）
- b) ランナーの日本への持ち帰り修理
- c) ランナーの新規製作（一体鋳造または溶接ランナー）

今回の改修計画に上記どの案が最も妥当であるかを以下比較検討する。但し、上記対応策を比較検討し、採用案を決定する上で、①わが国の無償資金協力の仕組み、②「ユ」国の現状の電力供給事情、③バィバシタ揚水発電所の設備の現状等から、以下の制約がある。

- 1) 3-1. (1) 項に示した如く、本改修作業は緊急かつ速やかに実施されるべきで、国債案件等の長期間を要する改修方法は採用しないこととする。
- 2) 上記項目 c) のランナーを溶接構造で製作する案は、600メートル級の揚水発電所では実績のない高度な新技術を要するものであり、その性能や安全性については証明された技術ではない。従って、無償資金協力のスキームでは採用できないので、比較対象から除外する。
- 3) 2号発電電動機(M/G)のステータコイル（固定子巻き線）が絶縁破壊寸前にあることが判明しているので、改修作業を早急に且つ最短（2003年）で実施する必要がある。その為、2号機の改修は1号機の改修に先立って実施することとする。
- 4) 「ユ」国の電力の需給バランスおよび発電設備の経済的運用を考慮した場合、本改修計画の実施時期は、電力需要が比較的少なくなる4月から10月が最適であり、更に発電機停止に伴う住民生活への影響を最小限にするため、1、2号機を別の年度で改修するものとする。

5) また、発電所内の分解・組立て作業スペースの関係から、1, 2号機を同時に改修することは難しいので、別の年度で改修するものとする。

6) 上記 3)、4)および 5)項の条件より、本改修計画の実施は2期分けて実施するものとし、実際の改修作業は2号機が2003年、1号機が2004年に実施されるものとする。

以上の条件を考慮し、キャビテーション（空洞現象）による壊食が進んでいる既設ランナーの改修に適応すべき各対応策の比較は、表 3-2-2.2 に示すとおりである。

表 3-2-2.2 改修対応策の比較

No.	項 目	ランナーの現地修理		ランナーの持ち帰り修理	ランナーの新規製作
		グラインダー補修	溶接補修 (*1)		
(1)	方法	グラインダーによる整形・仕上げ	予熱、溶接、グラインダー仕上げ、残留応力除去	予熱、溶接、グラインダー仕上げ、残留応力除去	一体鋳造、グラインダー仕上げ、機械加工
(2)	特殊設備	必要なし	予熱器、大型加工機（旋盤）および焼鈍炉が必要	工場設備があるため問題なし	工場設備があるため問題なし
(3)	作業場所	発電所の現場	隣国の工場	原メーカーの工場	原メーカーの工場
(4)	1) 作業期間	約3ヶ月	約4ヶ月	約8ヶ月	28～30ヶ月
	2) 輸送	必要なし	約1ヶ月	約4ヶ月	約2ヶ月
	合計	3ヶ月	約5ヶ月	約12ヶ月	30～32ヶ月
(5)	効果 (性能面) (長所・欠点)	グラインダーで羽根を整形するので羽根の長さが多少減少し、ポンプ運転時の揚程で多少の低下が見込まれる。	羽根の形状としては原形に近くなるが、肉盛り溶接量が多くなると変形、熱劣化現象を伴うので、限られた期間（約4ヶ月）で補修を行う場合は、溶接量に制限が出てくる。また溶接条件の確保に十分な配慮が必要である。	羽根の形状としては原形に近くなる。肉盛り溶接は溶接条件が確保された状態で行うことができ、それに伴う変形や熱応力処理も十分対応できる。	最も良い（納入時のものと同じになる）
(6)	延命効果	整形されるので応力集中部にゆとりができる。	グラインダー補修に比べ熱応力を受けた分心配が残る。	グラインダー補修に比べ熱応力を受けるが溶接条件が確保されているので、その影響は少ない。	最も良い。
(7)	費用	最小	小	中	大

備考：*1 は発電設備が停止可能な6ヶ月間にできる溶接補修とする。

表 3-2-2.2 の比較からみると、技術面から見れば新規製作ランナーに交換するのが最善であるのは明らかであるが、本プロジェクトは発電プラントの全面改修でなく、揚水発電設備の延命および安

全性の確保であり、緊急的な部分改修であること、また、費用および期間を含め総合的に比較を行うとランナーは現地で修理することが最善の案となる。

最善策であるランナーの現地修理は上述のとおり、グラインダーでの整形仕上げ補修と溶接補修の2案が考えられるが、それぞれの長所・欠点、特質を表 3-2-2.3 に示す

表 3-2-2.3 現地補修方法の比較

No.	項 目	グラインダー補修	溶接補修
(1)	延命効果	効果あり	効果はあるが、残留応力に不安がある。
(2)	発電出力	現状より多少減少傾向(実用上問題ない)	現状と同じ
(3)	ポンプ運転	揚程で 2～3m の低下が考えられるが、性能面では実用上問題ない範囲である。	揚程の低下はない。
(4)	原形復旧	原形にはならないが、整形ができるので、キャビテーション発生抑制効果が期待できる。	原形に近づくが、発電機の停止期間内で作業を行うこととなるので、必要十分な肉盛り溶接ができない。(本来は 7～8 ヶ月必要。)
(5)	費用	3 0	1 0 0
総 合 評 価		○	△

以上よりランナーに対しては現地グラインダー補修を採用することとする。なお、この作業は特殊作業であることから、原メーカーの指導員を現地へ派遣する事とする。

(5) ポンプ水車関係の改修計画

ランナーを除くポンプ水車関連設備の改修は、主として可動部および摺動部のベアリング、ブッシュ、パッキン等の磨耗品の交換を行う。主な改修内容は以下のとおり。

1) 入口弁

既設 1 および 2 号機用入口弁は、漏水があり運転・維持管理上の安全確保が困難な状態となっている。従って、オーバーホール時に、パッキン類およびリミットスイッチ等を交換する。但し、上流側のシールは使用頻度が少ないので現状のままで不具合が無いこと、また、上流側シールの改修には揚水発電所の長期間にわたる完全停止を伴い、この期間が約 3 ヶ月と想定され、電力運用上問題があること等を考慮し本改修計画では、下流側のシール交換を主体に分解・点検等を行い、それらの作業に必要な関連資材を調達する。

なお、入口弁の上流側の水圧鉄管は 1 および 2 号機共通となっている。このため、一つの入口弁を改修するためには 2 台とも停止する必要がある。従って、改修作業による発電設備の完全停止期間を

最小とするため、1 および 2 号機用の入口弁を第 1 期目の工事で同時に行うこととし、第 2 期目の 1 号機改修時には、2 号機の停止が発生しないように考慮する。

2) 入口弁操作機構

入口弁の関連操作機構である、サーボモータの改修および制御盤内のバルブ類の分解・点検等を行い、それらの作業に必要な関連資材を調達する。具体的には操作機構の上側、下側および操作ロッド上部のブッシング交換、ピストン用の L 型パッキン交換、ロータリー・カップリングの交換および付属するボルト・パッキン等の交換用部品を調達する。また、油圧操作機構関係に不具合があるので、油圧ポンプ、ストレーナ、安全弁等の資機材を改修する。

3) シャフト・シーリングボックス用資機材

シャフトのシーリングボックス・カバーおよびパッキン（上下）等が磨耗しているのでこれらを改修するとともに、関連するパッキン類も磨耗しているのでこれらも交換する。

4) ドラフト水面検出器

ドラフト水面検出器の水面検出電極に動作不良が生じているので、関連パッキン等を含めて交換する。

5) 圧縮空気設備用部品

ガバナーおよび入口弁制御用の油圧系統で使用されている圧縮空気設備用自動弁、圧力スイッチ等が正常に機能していないため、これらを交換する。

6) ガイドベーン操作機構用資機材

経年劣化およびキャビテーションの為、ゲートスラスト・ライナ、ゲート上下のパッキン、同アダプター、ブッシュ等が磨耗しているため、これらを交換する。交換作業に伴い、ボルト、ピン等の部品も合わせ調達する。これらとゲート操作機構関連資材も調達する。

7) 回転部関係資機材

ランナー、主軸（シャフト）は回転しているので、シャフト・スリーブ等の磨耗が著しく、安全性の確保に問題がある。これらを改善する為に、シャフト・スリーブ、ランナー用ボルトおよびロック・カバー等を交換する。

8) 固定部関係

ヘッドカバー、ボトムリング、ゲートサーボモータ等のオーバーホールを実施する。この交換作業に必要なフェイシングプレート、ライナー類、パッキン類、ボルト等の部品を調達する。なお、スフェーシングプレート、ライナー類の一部の資材は現地で合わせ加工が必要となり、同作業は特殊技能が必要であることから、原メーカーから関連する技術指導員の派遣を行う。

9) タービンガイドベアリング

オイルクーラの計測器類が経年劣化のため、正常に動作していないので、本プロジェクトでは、不具合のある、温度検出器、温度継電器、測温抵抗体およびパッキン等の交換を行う。

10) ガバナー

1 および 2 号機用のガバナー用パイロットバルブ、電磁弁、自動弁、油圧ポンプ、ストレーナ、圧力スイッチ等が正常に動作していないので、パッキン類を含めてこれらの部品を交換する。

11) その他

ステイバーン、スパイラルケース、ドラフトチューブライナー等上記以外の既設部品については、オーバーホール期間中に原メーカーから派遣された技術者により、検査・チェックが行われ、この結果に基づいた技術的な助言により「ユ」国側は、清掃を含め必要な改修作業を行う。

(6) 発電電動機および電気品関係の改修計画

1) スタータコイル用関連資機材

2 号発電機の絶縁状況が非常に悪化しているので、本プロジェクトで改修（交換）する。但し、主要資材は既に「ユ」国側で調達済みであるので、本プロジェクトではワニス等の絶縁材料のみを調達する。なお、1 号発電機については、絶縁劣化診断等を実施し、必要な補修作業を原メーカーから派遣された技術者の指導の下に実施する。

2) ロータコイル一式

1 号および 2 号発電機のロータの絶縁状況が非常に悪化しているので、ロータコイルを本プロジェクトで調達し交換する。

3) ロータブレーキ用資材一式

1 号および 2 号発電機のコイルの改修に併せてロータブレーキを改修する。但し、2 号機用の資機材は「ユ」国側で調達済みである。

4) 自動電圧調整器（AVR）

1 号および 2 号発電機の AVR は動作状況が不安定であり、発電機の安全な運転に支障をきたしているので、AVR を改修する。しかしながら、既存の AVR はアナログ式であり、現在このタイプは製作されていない。従って、本プロジェクトでは、現在製作されているデジタル式の AVR に更新する。また、同 AVR と密接に関係する励磁制御・保護継電器盤にも不具合があるので新規に AVR および同界磁制御盤を調達する。なお、既存の励磁遮断機盤等はインターフェース上一部改造が必要となるので、これらの改造部品も本プロジェクトで調達する。

5) オイル・ベーパー除去装置

既存品はオイルミスト・セパレータを使用しているが、現在は正常に動作していない。このため、発電機コイルに潤滑油が付着し問題となっている。従って、本プロジェクトでは高電圧を利用したオイルベーパー・コレクターを調達する。

6) 制御・保護関係電気品

保護・制御関係部品の一部に経年劣化による不具合がある。このため、発電設備の安全な運転に支障をきたしているので、これらの資機材を調達し交換する。なお、改修予定の中、一部のリレー、温度計等は現在製作されていないものがある。これらについては、既存設備の改造が必要となるが、実施工の工期内で改修作業を終了する必要があるため、これら現地改造に必要な資機材も本プロジェクトで調達するとともに、関連する改造図面も原メーカーで作成することとする。

7) 励磁用遮断器一式

1号および2号発電機の励磁用遮断器は、動作頻度が多く、当該発電設備の運用開始から現在までに2回交換しているが、現在のものも一部不具合が出始めている。従って、本プロジェクトでは、遮断器単品を調達し交換する。ただし、既存と同じ遮断器は現在製作されていないため、類似品を調達する事とし、このとき発生する既存の盤改造に必要な資機材および現地作業に必要な改造図面の作成も本調達に含める事とする。

8) その他

上記以外の既設部品についても、オーバーホール期間中に原メーカーから派遣された技術者により、検査・チェックされる。「ユ」国側は、この技術者の助言に従って、清掃を含め必要な改修作業を行う。

(7) 改修作業用の特殊工具

1) スターター吊りビーム

当該発電設備は運転開始後 20 年経過し、スターターのベースプレートが正規の位置よりずれて飛び出している部分があり、将来この飛び出しが進行するとスターター全体が傾く恐れがあるので、今回のオーバーホールに際しスターター全体を吊り上げてベースプレート（シム）を正規の位置に戻す必要がある。このため、スターター全体を吊り上げるための吊りビームを調達する。

2) ロータコイル分解・組立用工具

今回のオーバーホールで 1, 2 号発電電動機とも絶縁が劣化しているロータコイルを交換するが、この分解・組立作業には特殊な工具が必要となるためコイルと共に調達する。

3) ポンプ水車の特殊分解・組立工具

ポンプ水車の分解・組立に必要な特殊工具の内、当該発電所で所有していない特殊な工具を調達する。

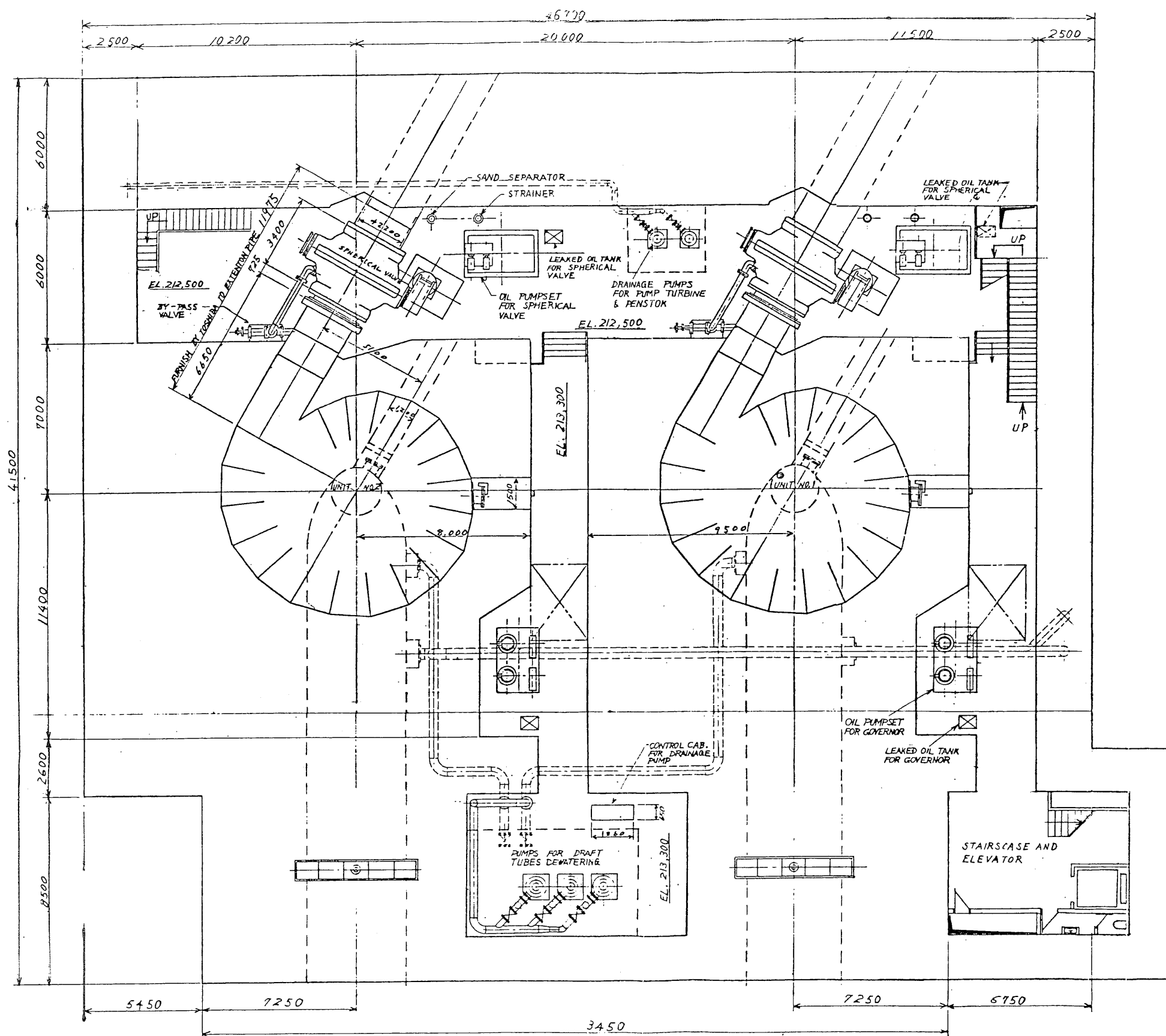
3-2-3 基本設計図

本プロジェクトの基本設計図は、以下に示すとおりである。

T-00040029 (R3)	General Arrangement of Pump turbine (1/3)
T-00040030 (R3)	General Arrangement of Pump turbine (2/3)
T-00040031 (R3)	General Arrangement of Pump turbine (3/3)
T-00040044 (R1)	General Arrangement: Cross Section
T-00040045 (R1)	General Arrangement of Equipment
T-00040045 (RBB)	General Arrangement of Equipment
W-00030034 (-)	315 MW Pump Turbine Plan
T-20010011 (R5)	Outline of Generator-Motor
7K2H0125-3 (-)	Single Line Diagram (1)
7K2H0087-5 (R3)	Single Line Diagram (3)
W-60025004 (R7)	Schematic Diagram of Oil Piping
T-00020012 (R6)	Schematic diagram of Water Piping (Including some air piping)

T-00040029 (3)

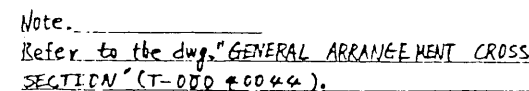
DRAWING NO. T-00040029 (3)



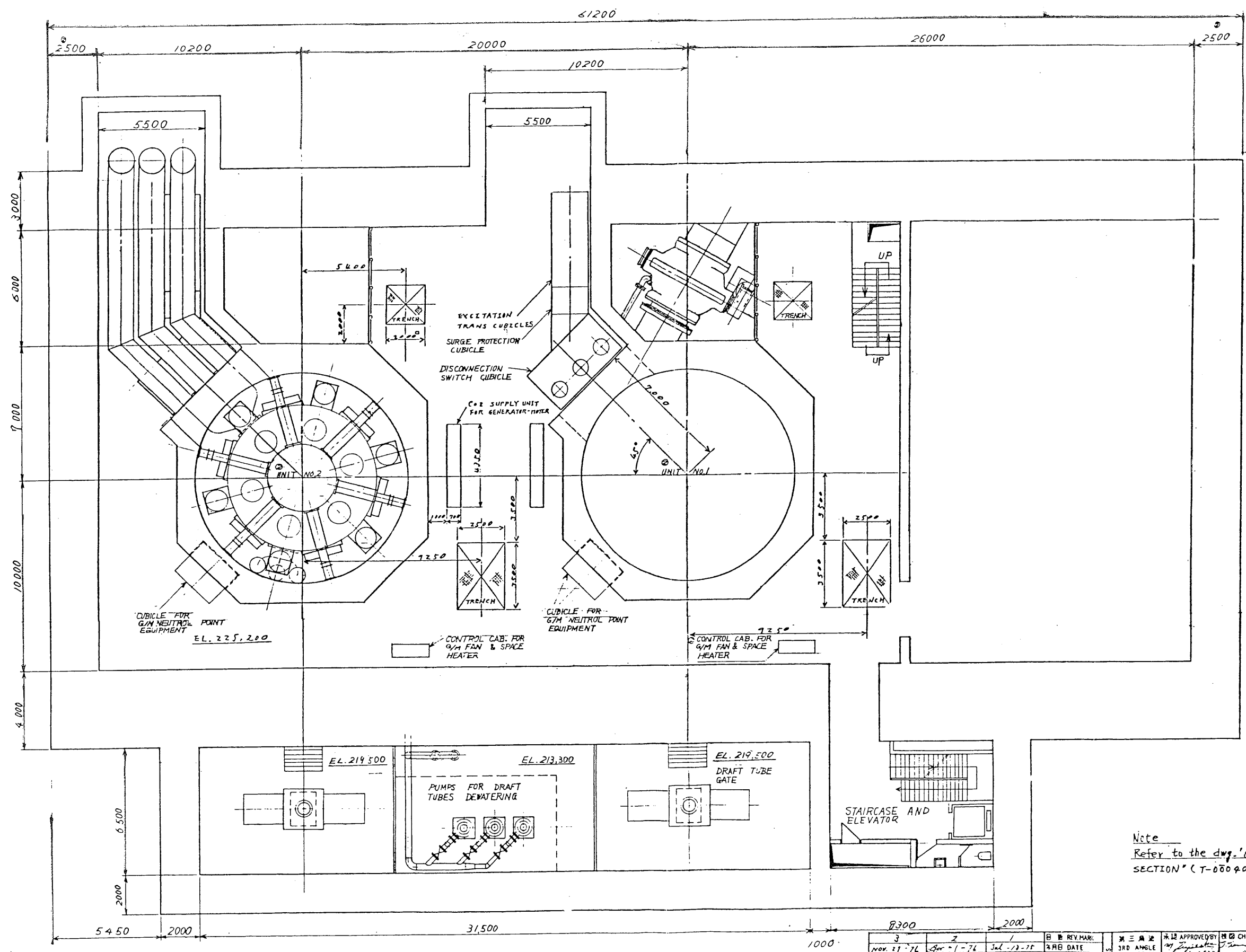
Note
Refer to the dwg. "GENERAL ARRANGEMENT CROSS SECTION" (T-00040022).

3	2	1	REV. MARK	3RD ANGLE PROJECTION	SCALE	1/100	TITLE	EL. 213,300
NOV. 27 '76	DEC. 1 '76	JAN. 12 '77	DATE	APPROVED BY	DESIGNED BY	DRAWN BY	GENERAL ARRANGEMENT	OF PUMP TURBINE 1/3
K. Shimizu	K. Shimizu	K. Shimizu	REVISED BY	APPROVED BY	DESIGNED BY	DRAWN BY		
REVISED BY YOUR DRAWING	REVISED BY YOUR DRAWING	REVISED BY YOUR DRAWING	CONTENTS					
11	12	13	14	15	16	17	18	19
REGISTERED	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.	TOKYO SHIBURA ELECTRIC CO. LTD.

T-00040029



T-65640030



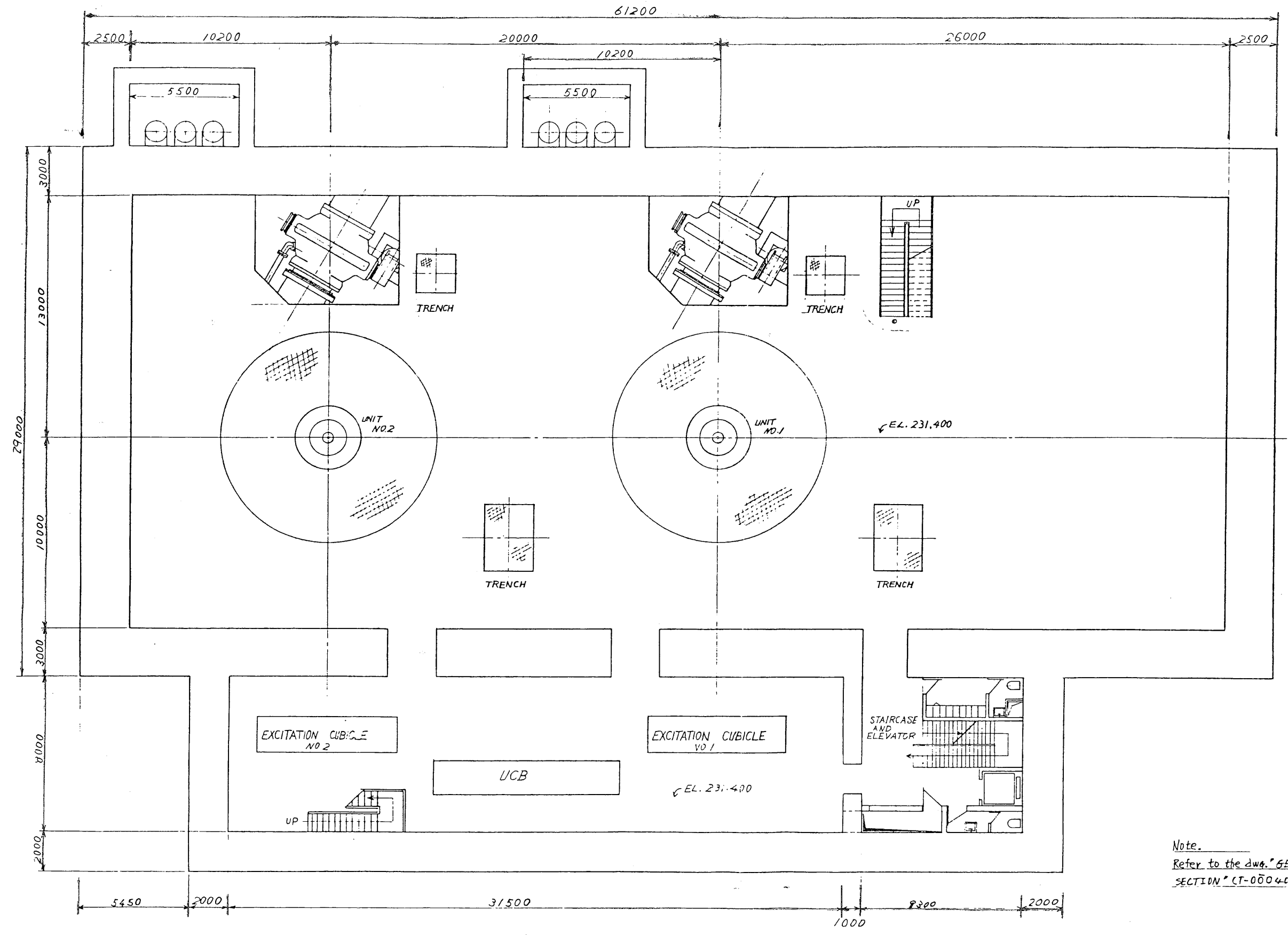
Note
Refer to the dwg. 'GENERAL ARRANGEMENT CROSS SECTION' (T-00040044).

3 REV. 11-76 REVISED BY YOUR DRAWING	2 REV. 1-76 REVISED BY YOUR DRAWING	1 REV. 12-75 REVISED BY MODIFIED ARRANGEMENT	REVISIONS	3RD ANGLE PROJECTION	SCALE 1/10	UNITS MM	APPROVED BY Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd.	CHECKED BY	TITLE GENERAL ARRANGEMENT OF PUMP TURBINE	DRAWING NO. T-00040031	REV. MARK (3)
---	--	---	-----------	----------------------	------------	----------	---	------------	--	---------------------------	------------------



T-00040044

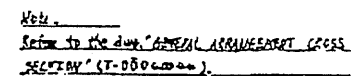
11 570 070 000 -T



Note.
Refer to the dwg. "GENERAL ARRANGEMENT CROSS SECTION" (T-00040044).

1	REV. MARK	第三角法 3RD ANGLE PROJECTION	承認 APPROVED BY	校閲 CHECKED BY	名 稱 TITLE
2	DATE	SCALE	DATE	DATE	EL. 231,400
3	DESIGNED BY	1/100	DESIGNED BY	DESIGNED BY	GENERAL ARRANGEMENT OF EQUIPMENT
4	DRAWN BY	MM	DRAWN BY	DRAWN BY	BAJINA BASTA P.S. YUGOSLAVIA
5	CONTENTS	TOKYO SHIYAKU JAPAN 東京芝浦電気株式会社 TOKYO SHIYAKU ELECTRIC CO. LTD.	REGISTERED 76.4.14	REGISTERED 76.4.14	DRAWING NO. T-00040045 1

$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j = \bar{x}$

[illegible]

