

東北電力株式会社

沼沢沼揚水発電所建設に就いて

館内三郎*

The Construction of the Numazawanuma Pumped-Storage Plant

By Saburō Tateuchi

Tōhoku Electric Power Co., Ltd.

Abstract

The Numazawanuma pumped-storage plant of the Tohoku Electric Power Company was completed in November, 1952, along the river Tadami, one of the most abounding electric power resources in our country. With its output of 40,800,000 kWh per annum, this plant ranks among the largest plants of this type in the world.

In this article, the writer gives the outline of the plant in various aspects, with some descriptions of way-breaking effort exercised in designing and constructing the Japan's first pumped-storage plant.

〔I〕 緒 言

昭和27年11月我国電源の宝庫只見川筋に世界でも屈指の大規模な沼沢沼揚水発電所が完成され、只見川の効用を更に一段と高からしむると共に我国発電技術の進歩飛躍上一新記録を残したことは、誠に特筆すべきことであると思う。

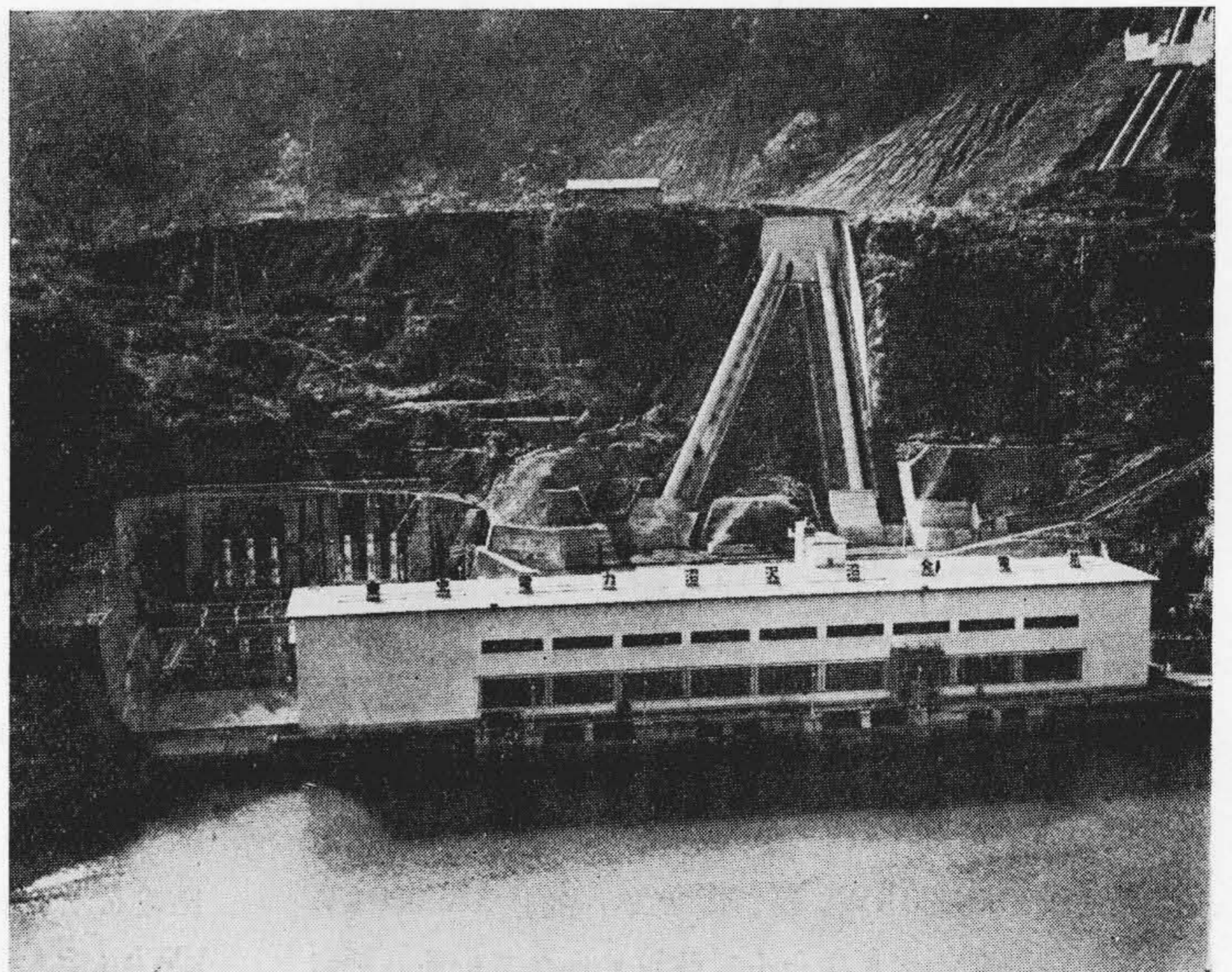
そもそも揚水式発電所は発電所自身の揚水から発電に至る効率は60~70%であるが次の条件を具備することに因つて経済的に有利になる。

- (1) 河川からの揚水量は下流発電所の発電量に大きな影響をきたさない事
- (2) 豊富な揚水用の電力が容易に近くに得られる事
- (3) 下流に一連の発電所群があつて渇水期自身の発電水量は更に下流の発電所で反復利用され、総体として発電量の増大を期し得られること

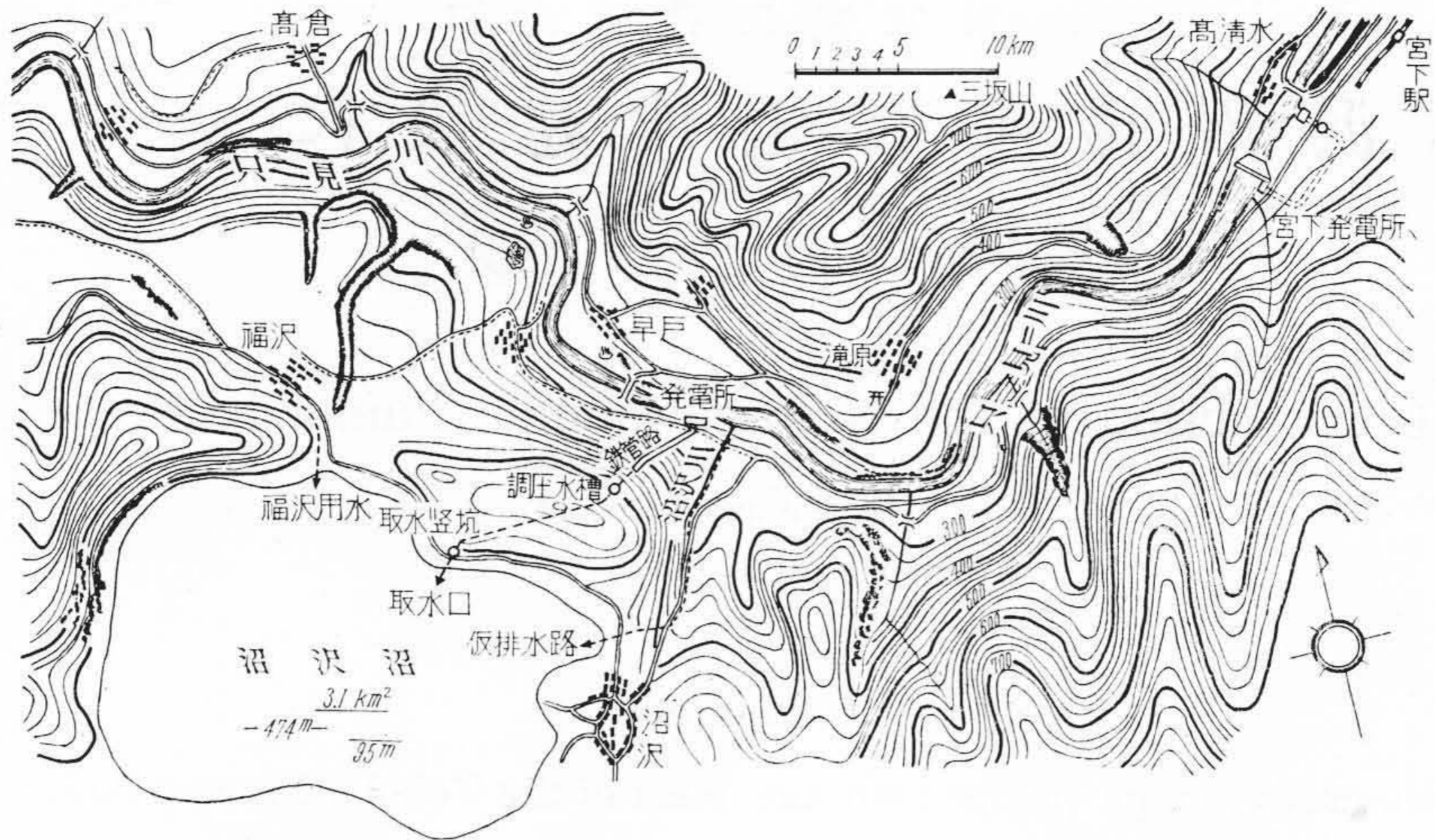
幸に沼沢沼地点は上記三条件を何れも良く満足しておる。即ち沼沢沼は只見川

* 東北電力株式会社建設部長

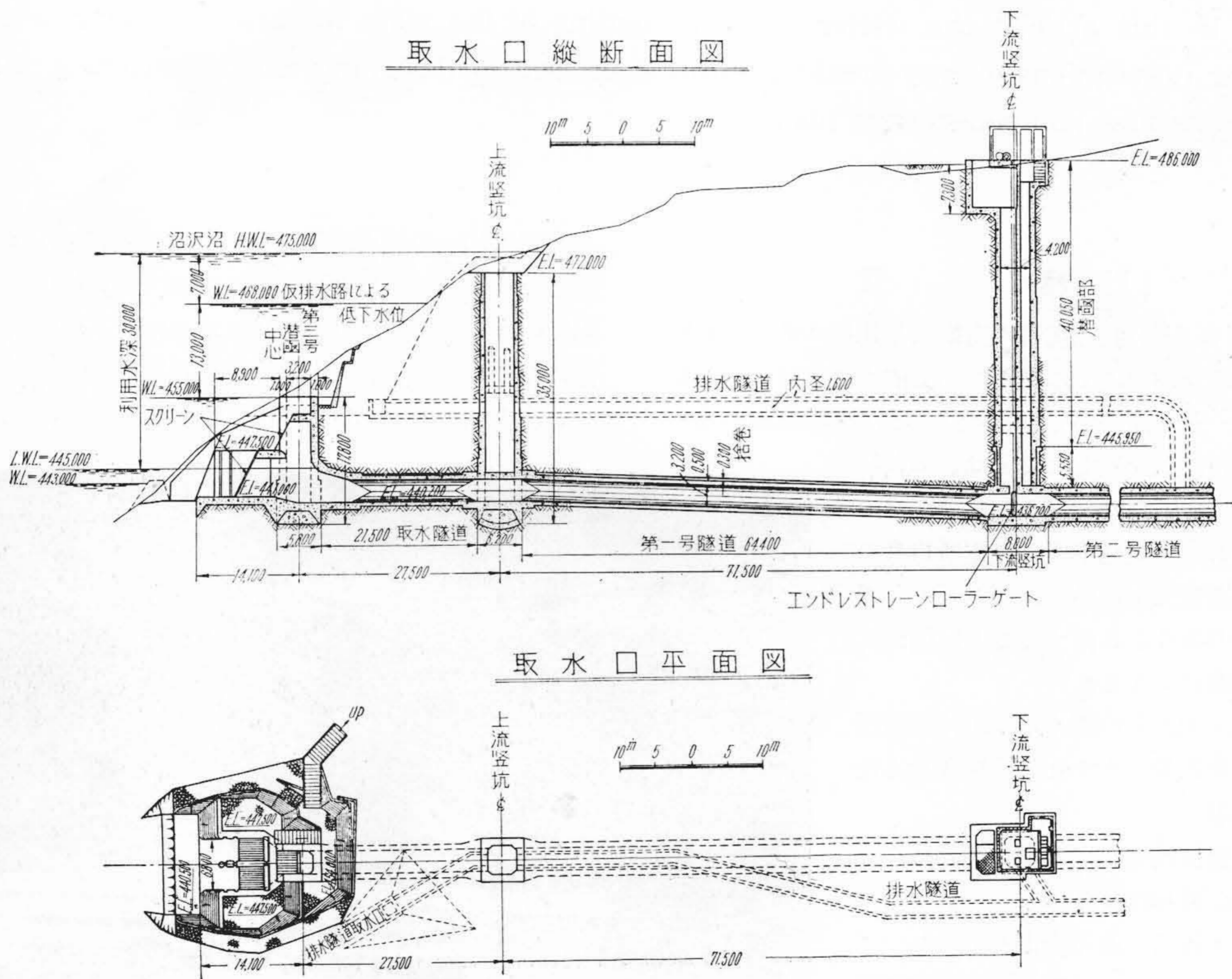
から約1kmの地点にあり、沼の水面標高478m、水面面積3.1km²、水深95mの陥没湖で、只見川の水面から220mの水頭があり、又揚水地点は宮下発電所の調整池になつており、この下流には本年落成のものを含めて、宮下発電所(64,200kW)、柳津発電所(50,000kW)、



第1図 沼 沢 沼 揚 水 発 電 所 全 景
Fig. 1. General View of Numazawanuma Power Plant



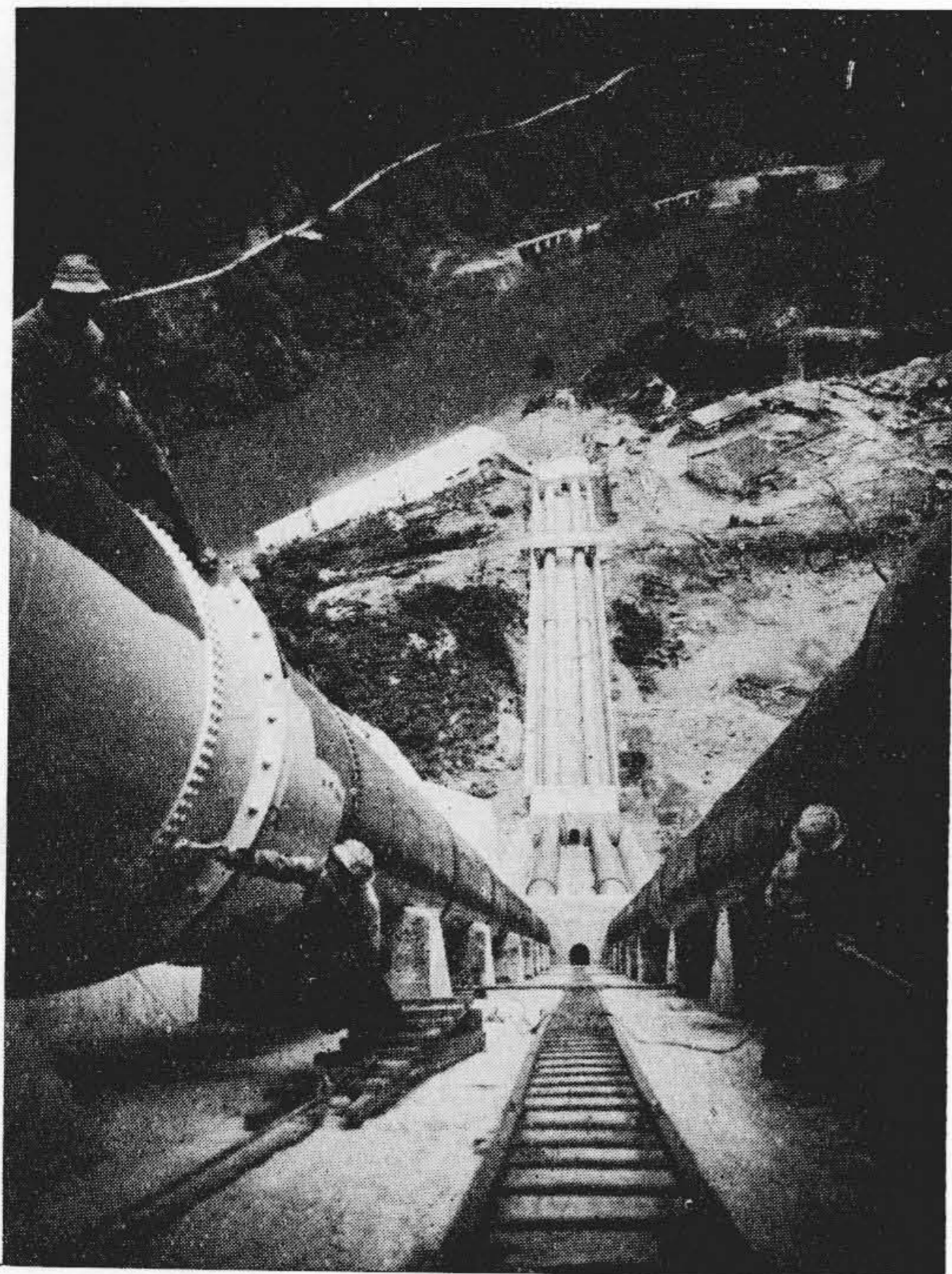
第2図 発電所附近平面図
Fig. 2. Map Showing the Power Plant and its Neighbourhood



第3図 取水口
Fig. 3. Diagram of Intake

片門発電所 (38,000kW) 等、併せて7箇所 340,000kWの発電所群が次ぎ次ぎならんで建設せられている。更に只見川は豊水期には200m³/sec以上もある水量豊富な河川であり、揚水発電所としては誠に天与の好適地である。

発電し得る電力は1箇年沼沢沼発電所のみで40,800,000kWh (但し沼一回使用)、下流発電所の増加分を合せ73,080,000kWh, 揚水に必要な電力量は52,710,000kWhである。



第6図 完成せる水路
Fig. 6. Completed Water Channel

(b) 揚水の場合

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| 最高揚程の場合の水量及び電力 | 13.9 m ³ /sec 36,000 kW |
| 基準揚程の場合の水量及び電力 | 15.8 m ³ /sec 38,000 kW |
| 最低揚程の場合の水量及び電力 | 17.7 m ³ /sec 40,200 kW |

(5) 有効落差及び揚程

(a) 有効落差

| | |
|------------|----------|
| 最大(満水位の場合) | 215.50 m |
| 基準 | 200.00 m |
| 最小 | 183.50 m |

(b) 揚程

| | |
|----|----------|
| 最大 | 226.20 m |
| 基準 | 211.00 m |
| 最小 | 194.80 m |

(6) 取水口

(a) 取水口(コンクリート造り)

| | |
|------|---------|
| 延長 | 17.40 m |
| 有効幅員 | 4.50 m |
| 門扉数 | 2門 |

(b) 取水竪坑(コンクリート造り)

| | |
|----|--------|
| 高さ | 51.3 m |
| 巾 | 6.2 m |
| 長さ | 6.40 m |

(7) 導水路

制水門(ローラーゲート)巾 3.2 m, 高 3.2 m
(35 m の水圧を受ける高圧用)

隧道(コンクリート造り)

| | |
|----|-------------|
| 延長 | 1,009.131 m |
| 内径 | 3.2 m |
| 巻厚 | 0.4~1.8 m |

(8) 水槽

調圧水槽

非溢流水室調圧水槽

| | |
|-----------|-------------|
| 水室三段半径 | 3.00 m |
| 高さ | 6.00 m |
| 馬蹄型ライザー内径 | 6.00 m |
| 高さ | 65.50 m |
| 管厚 | 0.60~1.00 m |

水槽下部に排砂路を設ける。

(9) 水圧管路

延長 522.812 m
水槽より 146.812 m を鉄管隧道とす。
鉄管内径 隧道部 3.0 m, 隧道出口で管径 2.00 m の二条分岐管にわかれて各々にバタフライバルブを設置す。分岐管は内径 2.00 m より 1.70 m に漸縮す。

管厚 16~32 mm

(10) 水車 2台

型式 横軸単輪複流渦巻型フランシス水車
出力(最大) 23,000 kW
出力(基準) 20,500 kW
使用水量 11.6 m³/sec
回転数 500/600 r.p.m.

(11) ポンプ 2台

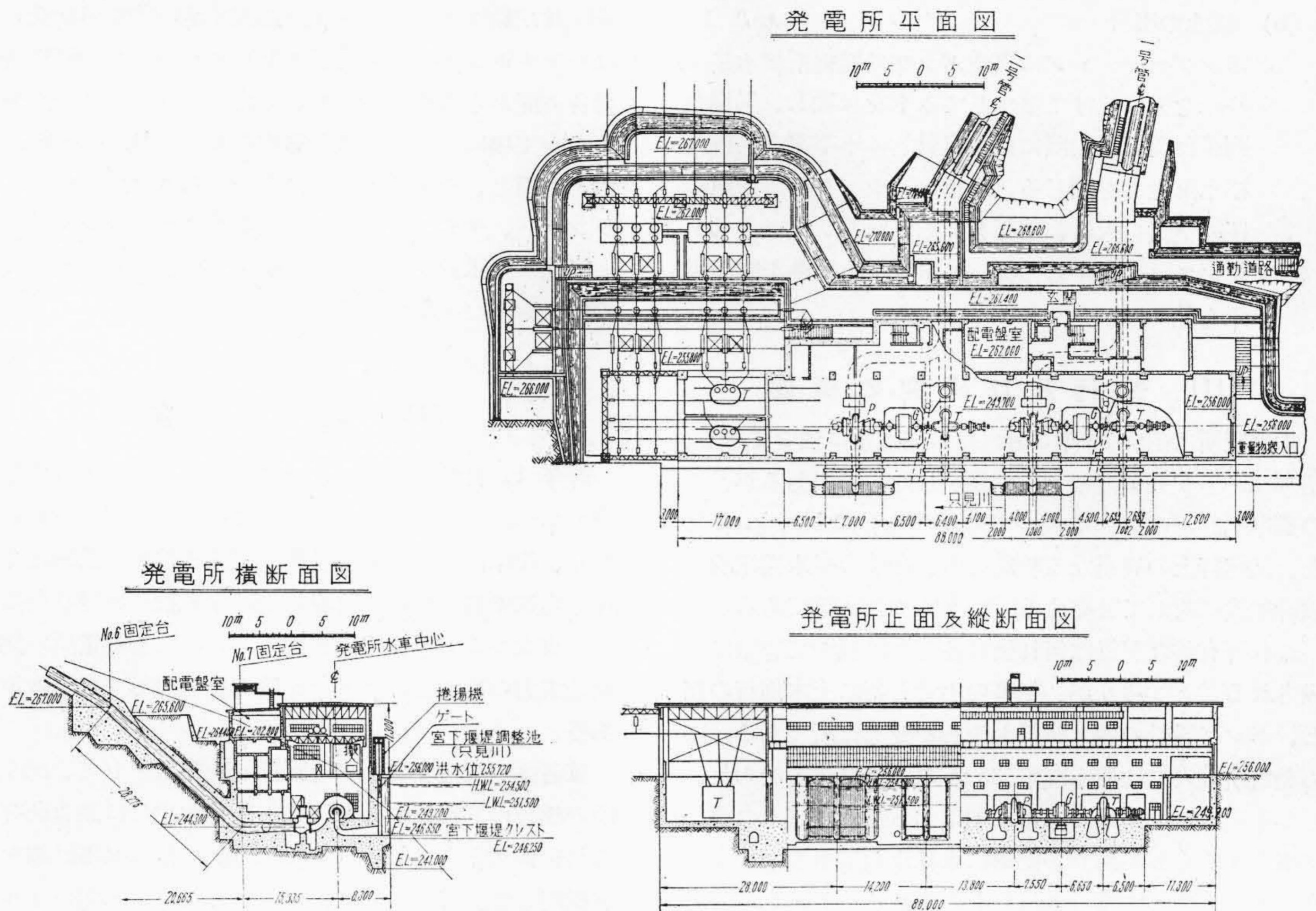
型式 横軸両吸込2段タービンポンプ
容量 21,000 kW
基準揚水量 7.9 m³/sec
基準揚程 500 r.p.m.
最底吸水位 ポンプ軸心上 1.1 m

ポンプから励磁機迄の水平長さは実に 23.63 m に及んでいる。

(12) ニードルバルブ(油圧操作式)

入口直径 1,400 mm
出口直径 1,500 mm

鉄管終端に於ける水車ポンプ分岐管は1箇の重量25t, 内径 1,500 mm, 試験水圧 50 kg/cm² である。



第7図 発電所機器配置図

Fig. 7. Arrangement Diagram of Power Station Equipment

(13) 発電機 2台

型式 横軸回転界磁閉鎖風洞循環型三相交流同期発電機

出力及び力率..... 23,000 kVA 95% (遅れ)
 電動機出力..... 21,000 kW 力率 100%
 電圧..... 11,000 V
 周波数..... 50/60~
 結線法..... 二重星型
 冷却方式..... 自己通風空気冷却器付
 原動機との連結方法..... 直結

電圧 一次 11,000 V
 二次 F 147,000 V. F 161,000 V.
 F 154,000 V. F 168,000 V.
 結線 一次 Δ 二次 人

(14) 主励磁機 2台

型式..... 横軸開放型他励式
 出力..... 100 kW
 電圧..... 220 V

(17) 所内変圧器 2台

型式..... 屋内用三相油入自冷
 出力..... 500 kVA
 電圧 一次 9,500 V, 10,000 V, 10,500 V,
 11,000 V.F. 二次 3,400 V
 結線 Δ—Δ

(15) 副励磁機 2台

型式..... 横軸開放型複巻式
 出力..... 3 kW
 電圧..... 110 V

(18) 起重機

径間..... 12 m
 主巻..... 80 t
 補巻..... 20 t

(16) 主変圧器 2台

型式..... 屋外用三相2巻線送油水冷式
 定格出力..... 23,000 kVA (一次二次共)

(19) 運転方式

- (a) 発電の場合
- (i) ポンプを直結しないで発電する時は普通の発電所と異なる。
 - (ii) ポンプを直結のまま発電する時は圧縮空気によりポンプケーシング内の水を押し下げ、ポンプライナーには注水しつつ運転する。

(b) 揚水の場合

ポンプケーシングに真空ポンプで発電所放水路より水を吸い揚げて満水して水車を起動し、同期並列後負荷を電動機に移し自動的に水車案内羽根及び水車主弁を閉じる。水車ケーシング内に急速に圧縮空気を入れ、水面を押し下げランナークリヤランスに注水する。次いでポンプ吐出弁を開き揚水を始める。

〔III〕 施行及び研究の概要

本発電所は昭和 25 年 3 月 日本発送電に依つて着工、昭和 26 年 5 月東北電力に引継がれたものであるが、この劃期的計画の実施に依つて揚水発電所に対する設計上、又施行上の貴重な経験を得、今後の揚水発電所の設計建設に対して啓発する所多々あつた次第である。

これ等有益な記録は何れ後日各部門に亘つて詳細に発表されることゝ思うが、工事の中でも特に土木施行の面と、ポンプ設計の面とが最も苦心を要した所である。即ち発電所取入口は沼水面下 35 m の地点に建設せられ、しかも沼の水を有効に発電に利用するために満水の儘で工事をする必要があり、ために本邦水力工事最初のケーソン工法に依つて施行されたものである。しかも沼附近は火山灰、砂礫等の変化の多い浸透性の地質であつたので圧縮空気が外部に漏洩し、函内圧力は殆ど全水深に匹敵し、深度を増すにつれて難行を極め、又掘鑿途中空洞や湧水等に遭遇し、色々の難関を突破して建設せられたものである。

又ポンプについては我国でも劃期的の大ポンプであるため、関係者が数次に亘り会合し、運転の安全と確実に関する諸問題、例えばウォーターハンマーの件、ポンプの逆回転の件、起動時の負荷の件、ニードルバルブの閉塞

特性及び動作条件、ポンプの過渡性能に関する研究、或はモデルポンプの能率及びキャビテーションの研究等に付各方面から慎重に検討を加えた。これがため日立製作所亀有工場に於ては多大の犠牲を払つて実験装置を拡大、整備し、モデルポンプは 1 号から 6 号迄試作して、ランナー、サクション一段二段ポンプケーシング等を変えて種々の組合せで数十の実験を行い、苦心の結果今日の成果を得た次第である。

〔IV〕 結 言

昨年 11 月営業運転に入つてからは、電力事情悪化の際であつたので殆ど毎日のように揚水と発電が行われており、簡単に電力の蓄積放出が出来る特色を遺憾なく發揮し発電所自身の経済計算以上に全系統の給電状況の改善に役立つことを知つた次第で、特に火力発電所の無い東北電力の給電面には大きな威力を發揮している次第である。

筆者は沼沢沼発電所の運転開始を機会として、同発電所の建設の記録及び今後の運転実験を十分に調査研究しこれを参考として、各方面で積極的に揚水発電計画を研究採用し資源に乏しい我国に於ける天与の水力エネルギーの完全利用を計るべきではないかと思う。既に歐洲に於てこの種計画が積極的に取り入れられて各所に揚水発電所が建設せられており、水車メーカーも亦は揚水ポンプの能率、キャビテーション等に付いて、活潑に研究を行つているのを見るにつけ、一段とこの感を深くするものである。

終りに臨み日立製作所の技術者各位の本機器完成に至る迄の並々な御努力に対して深く敬意と感謝の意を表する次第である。

