



信濃川水力發電第三期工事の概要

小 柳 美 一*

Outline of the Construction Work of The Shinanogawa Hydro-Electric Power Plant (The Third Stage of the Works)

By Yoshikazu Koyanagi
The Japan National Railway

Abstract

The Construction of the Shinanogawa Hydro-Electric Power Plant of the National Railway was planned to be carried out in four stages.

As the first stage of the work, the building of the Senju Power Station was set about April 1, 1936 and was accomplished on November 1, 1939.

In succession to the above work and as the second stage of the whole program, the work of the extension of the same station was started on April 1, 1940 being completed in April 1945. The construction of the Yamabe Power Station, the third stage of the works, was authorized by G. H. Q. and was commenced in August 1948. The said power station is able to harness the water discharged from the Senju Power Station, running through the water flumes and the penstocks of 15.7 km.

Two units of 27,500 kW turbines, 28,000 kVA alternators and 28,000 kVA transformers, respectively, are to be installed by November 1951. With the installation of one more unit of each, which is to be realized by November 1953, according to our program, the Yamabe Power Station will get the capacity of 75,000 kW.

The power generated at this station will be transmitted, together with the power obtainable from the Senju Power Station, to Tokyo to run the street cars and locomotives on the trunk lines of the National Railway in and around the Kanto Area.

All sorts of machines and equipment to be installed at the Yamabe Power Station have been designed and are being manufactured, just as in the case of the Senju Power Station, so as to be able to withstand any sudden change of load.

The completion of the construction of this station will not only assist the National Railway to realize the plan of self-support of electricity but positively will contribute towards the realization of their electrification program of the Kanto District's networks.

Moreover, the rationalization of the National Railway's economy will be attained by the employment of cheap hydro-electric power instead of using expensive steam power.

The fundamental works of the construction of the said power station have been almost completed and the construction of the water tunnels are under progress at the site, while the hydraulic turbines, alternators and other equipment required for the completion of the installation are now being manufactured along with the scheduled line at their respective works.

* 日本國有鐵道電源課長

[I] 緒 言

東京近郊の電車運轉用電力供給のために信濃川水力發電が計畫され、その第一期及び第二期工事として 31000 kVA 4 臺を有する千手發電所が略々完成してゐるが、渇水期には補給用として川崎(70000 kVA)、赤羽(20000 kVA)の兩火力發電所の運轉を必要とする。しかし東京近郊に於ける必要電力は既電化區間内の運轉臺數の増加により益々増加の傾向にあり、且つ上記範圍以外に山手線(貨物線)、高崎線、東北線、常盤線を始め各線區の電化は急速に實施する必要に迫られている爲、これ等の電化區間の電力を是非確保しなければならぬ。この爲には日發より受電することも考えられるが、電力單價の點より見るときは自家水力發電の方が遙かに有利であり、又必要な電力は制限されることなく確保出来るので、國鐵に於ては信濃川水力發電第三期工事を実施することに決定したのである。

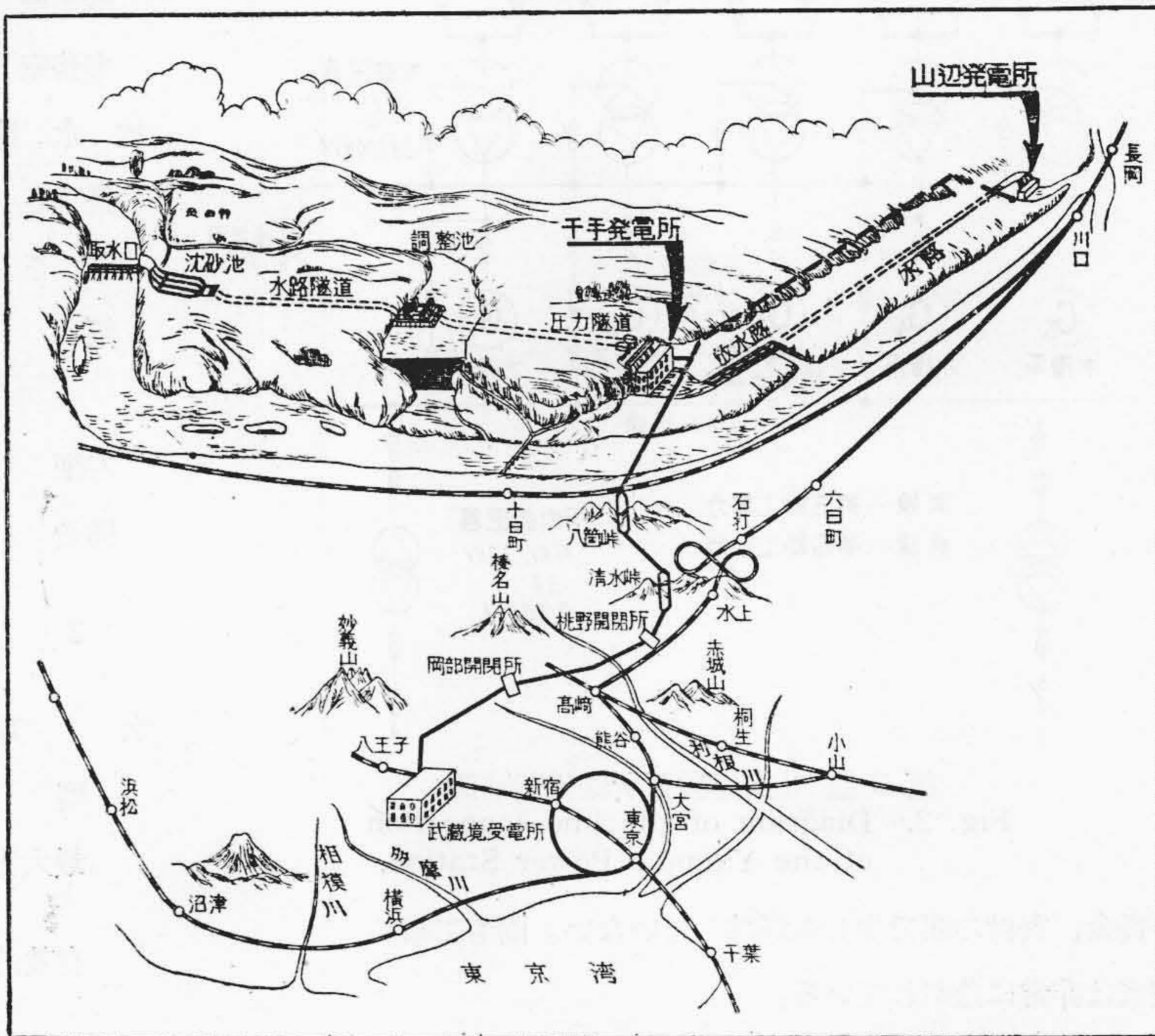
この第三期工事は以前昭和18年12月に着工されたのであるが、資材不足の爲に昭和20年に一旦中止し、その後上述の理由より昭和22年3月再び着工したものを諸般の事情により又中止の已むなきに到つた。しかし電力は益々不足の狀況にあるので、23年8月に再着手が認承せられた。

[II] 設備の概要

國鐵の信濃川開發は四期に分けて計畫された。第一期工事は昭和6年4月1日に着手昭和14年11月1日に完成、第二期工事は昭和15年4月1日に着手同20年3月4日には第4號機の運轉が可能になり、更に4月1日には調整池の使用が可能になつて、大體千

手發電所が完成したのであつた。第三期及び第四期工事は千手發電所で放水した水を直ちに取水して山邊で發電せしめる工事を前後二期に分割施行するもので、第1圖の如く千手發電所と密接な關係にあり、兩者の綜合により國鐵の電化計畫を強力に推進せしめることが出来る。

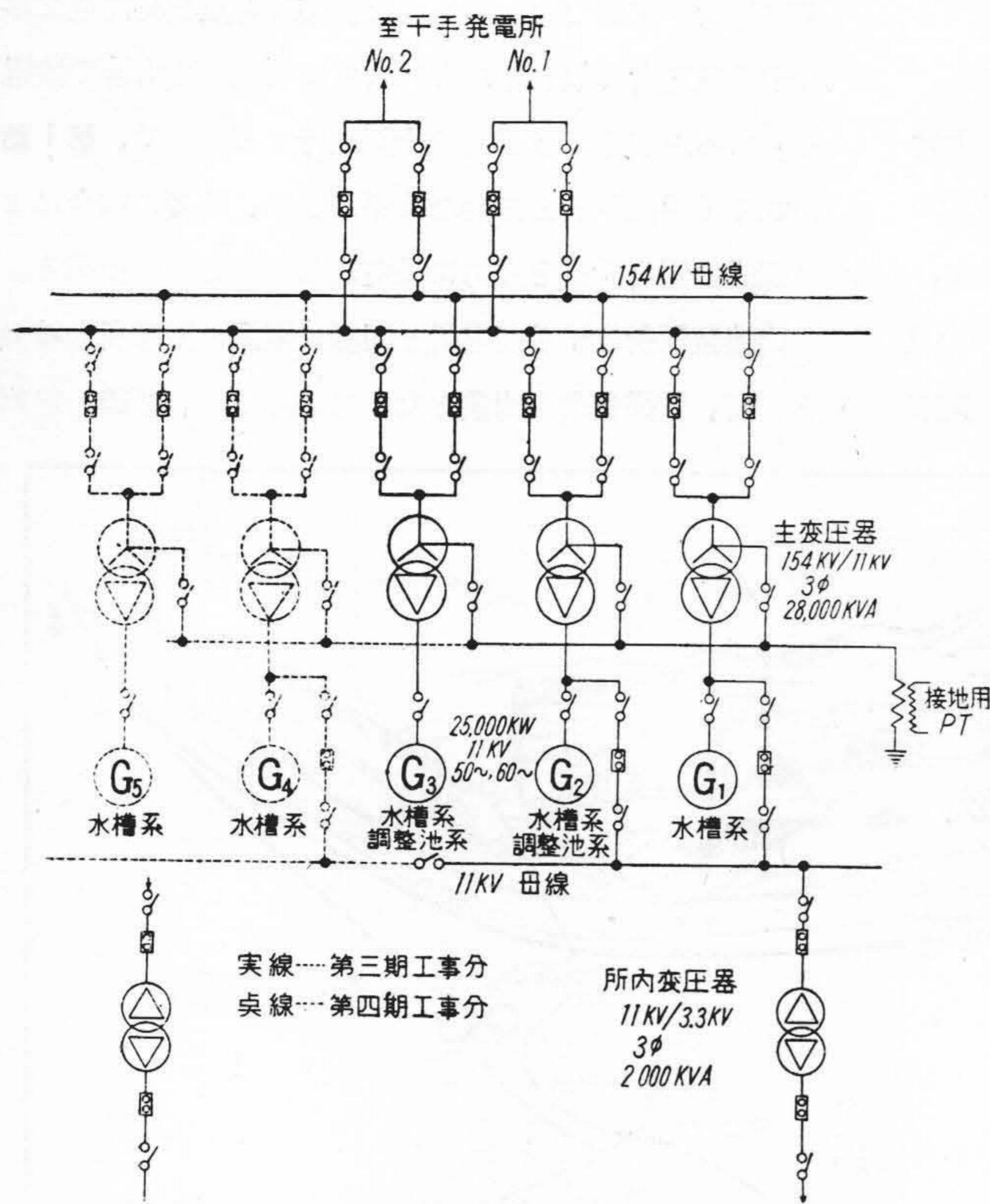
山邊發電所は千手發電所と同様に國鐵の發電所の特徴として、電鐵負荷が對象となつているから、故障の絶對



第1圖 信濃川水力發電水路計畫圖
Fig. 1. Projected waterways of the Shinanogawa Hydro-Electric Power Plant.

ない確實且つ安定した電源でなければならない。又負荷は時々刻々變化するものであるからその急激な變動に應ぜられるものでなければならぬ。更に電車負荷の場合朝夕の混雜時を賄うものでなければならない。千手發電所に於ては急激な負荷の變動に對しては GD^2 が1臺に就き $6000 \text{ t}\cdot\text{m}^2$ と云う通常發電機の約17倍に達する大きな値の回轉子を有する水車發電機を設備し、混雜時の尖頭負荷に應ぜられる様に 80 萬 m^3 の調整池が造られた。

併し第三期工事の先づ着手されたのは昭和18年10月で資材と勞務の極度に苦しい状態にあつたが、今日と雖



第 2 圖 山邊發電所結線圖略圖
Fig. 2. Diagram of the line connection of the Yamabe Power Station.

も資金、資材の面で少しも好轉していない。而も工事の完成は非常に急がれている。

以上の觀點に立つて、第三期工事に再検討が加えられ次の様に立案された。

(1) 計畫内容

取水量	
使用水量	最大 (調整池使用時) 120 m ³ /s
	常時 180 "
有效落差	最高 49.3 m
	基準 48.22
	最低 41.2
發電所出力	最大 75,000 kW
	常時 50,000 "
	年間發生電力量 434,000,000 kWh
取水口	
位置	千手發電所放水路

取入口	長さ 62.4 m, 幅 46 m, 深さ 8.8 m
分水門扉	6 門
水路隧道入口門扉	1 門
水路隧道	
延長	15.7 km
余水吐	サイフォン型
發電所建家	
機械室	鐵筋コンクリート造 1,000 m ²
事務室	鐵筋コンクリート造 3,500 m ²
放水路	
長さ	255 m
深さ	4.5 m
幅	上幅 19 m
	敷幅 15 m
勾配	0.33/1,000
構造	開渠コンクリート造

(2) 主機仕様

水車

型式	堅軸渦巻型フランシス水車
最大出力	27,500 kW
有效落差	最高 49.3 m
	基準 48.22
	最低 41.2
最大水量	64.7 m ³ /s
回轉數	167/200 r.p.m.

交流發電機

型式	堅軸全密閉自己通風型 (空氣冷却器付)
出力	28,000 kVA
電壓	11,000 V
電流	1,470 A
回轉數	167/200 r.p.m.
周波數	50/60 ~
力率	95 %
臺數	昭和 26 年 11 月 2 臺運轉開始
	昭和 28 年 11 月 更に 1 臺増設完成

(3) 送電設備

主変圧器

出力 28,000 kVA
電 壓 154 kV/11 kV
臺 數 3 臺

送電線路

電 壓 154 kV
回線數 2
延長 約 19.5 km

(4) 資材、工事勞務者及び費用

資 材

セメント 88,959 t
鋼 材 10,673 t
木 材 35,9980 石

工事勞務者

昭和 23 年度 309,200 人
昭和 24 年度 1,440,200 "
昭和 25 年度 4,484,100 "
計 6,233,500 人

工 事 費

總 計 48 億 2300 萬圓

ならぬ。千手發電所では前述の如く水車側は瞬時出力を大きくし發電機の GD² を特に大きくした關係上、山邊發電所としては十分これと平行運轉出来る設備とした。参考迄に千手發電所の仕様を下記に掲げる。

千手發電所水車及び發電機仕様

水車型式	豎軸渦巻型フランシス水車	
最大出力	44,700 kW	
有效落差	最高	58.0 m
	基準	56.2
	最低	44.0
水量	最大	77.5 m ³ /s
	基準	62.5
回轉數	150 r.p.m.	
臺數	4/5 臺	
發電機型式	豎軸全密閉自己通風型 (空氣冷却器付)	
最大出力	31,000 kVA	
電 壓	11,000 V	
電 流	1,630 A	
力 率	97 %	
相及び周波數	3 相 50 [~]	
極 數	40	
回 轉 數	150 r.p.m.	
臺 數	4 臺	

[III] 千手及び山邊兩發電所の特異性

千手及び山邊兩發電所の最も特異とされる點は第一に關東地方の最主要鐵道幹線に於ける電車及び電氣機關車運轉用電源發電所である。従つてその運轉狀況が影響する所は甚だ大きいので、全機器に對し安全及び確實であることが最も重要視される。

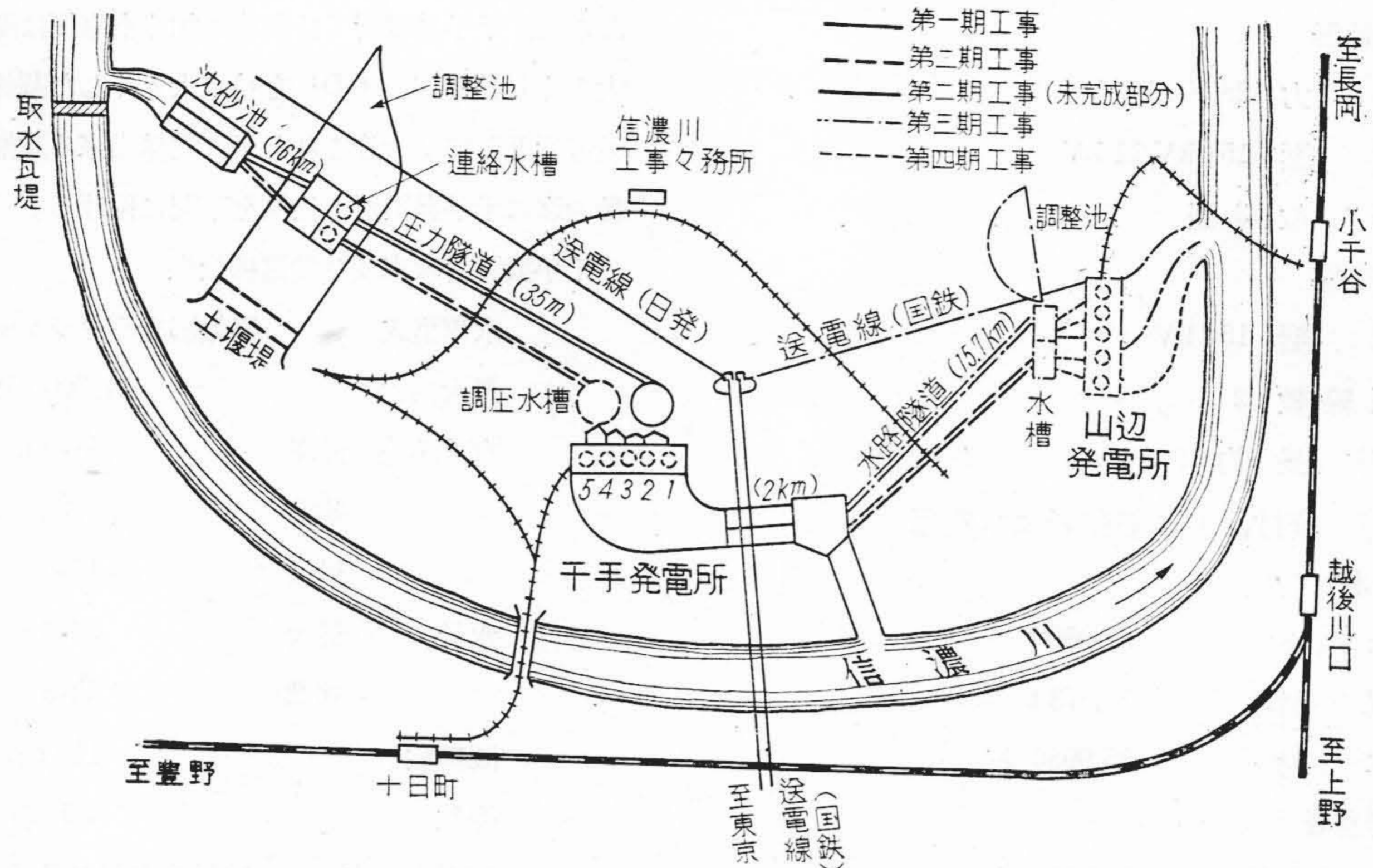
即ち水路、機械及び電氣の諸設備は何れも二重方式が採用され、且つあらゆる保護裝置が完備されて、氣象その他如何なる不慮の災害にも應ずる事が出来る様になっている。

第二に毎日午前及び午後の國鐵電車の混雜時に大きな尖頭負荷がかかるので、千手發電所に大容量の調整池を有し、その貯水量と取水量とを最高度に配分利用した合理的な發電が行われる。

第三として負荷はその性質上時々刻々に變化するものである故、その急激な變動に應ぜられるものでなければ

第四として信濃川は本邦に於ける最大の河川で過去の記録によれば最大洪水(1時間内)は 5,880 m³/s に達したこともある。従つてこれに關聯する水路工作物は特に強大なものが要求され、千手發電所に於ける取水口堰堤、沈砂池水路隧道調壓水槽及び水壓鐵管等の各種施設は全く他に例を見ない優秀なものである。特に沈砂池は龜甲狀をなし、長さ 350m 幅 121m の廣大なもので千曲川の上流より流下する多量の土砂を完全に沈砂せしめることが出来るが山邊發電所側では第 3 圖の如く千手發電所水路より直接取水する爲、沈砂設備が省略され相當經濟的に建設することが出来る。

次に送電線であるが、千手東京間は 240 mm² 140 kV 2 回線が出来上つているので、山邊と千手間を結ぶ 140



第 3 圖 信濃川水力発電工事概略圖

Fig. 3 Rough Sketch of the construction work of the Shinanogawa Power Plant.

kV の二回線があれば十分である。山邊発電所で発生した電力は千手で千手発電所の電力と合流し既設送電線によつて關東地區に送られ、將來の高崎線、常盤線及び東北線等の電化用電源にもあてられるのであるが、第三期工事に長大な送電線の新設を必要としない事は非常に有利である。更に上越線の電化區間に 66 kV の送電線で電力を送り込む事により上越線の電源は一層安定したものになる。

尙ほ千手発電所には所内機が別に設けられているが、山邊発電所は所内機を設けぬ計畫である。千手発電所と十分連絡を保ち、その上外部電源と連絡することにより所内機がなくとも操作上不便を感じないと考えられるからである。

最後に兩発電所及び送電線の所在地一帯は本邦有数の豪雪地帯であつて、冬期の積雪量は丈余に及ぶを通例とする。又夏季は上越國境が世界有数の雷雲發生地帯であつて、雷害が多く、一年を通じて吹雪、洪水、雷及び颱風と最も苛酷な氣象環境にさらされて居る。従つて總ての設備は以上の悪條件に十分耐え得る様に設計され、発電所及び送電線關係の従業員も又これ等の悪狀況に苦しい保守を續けている。

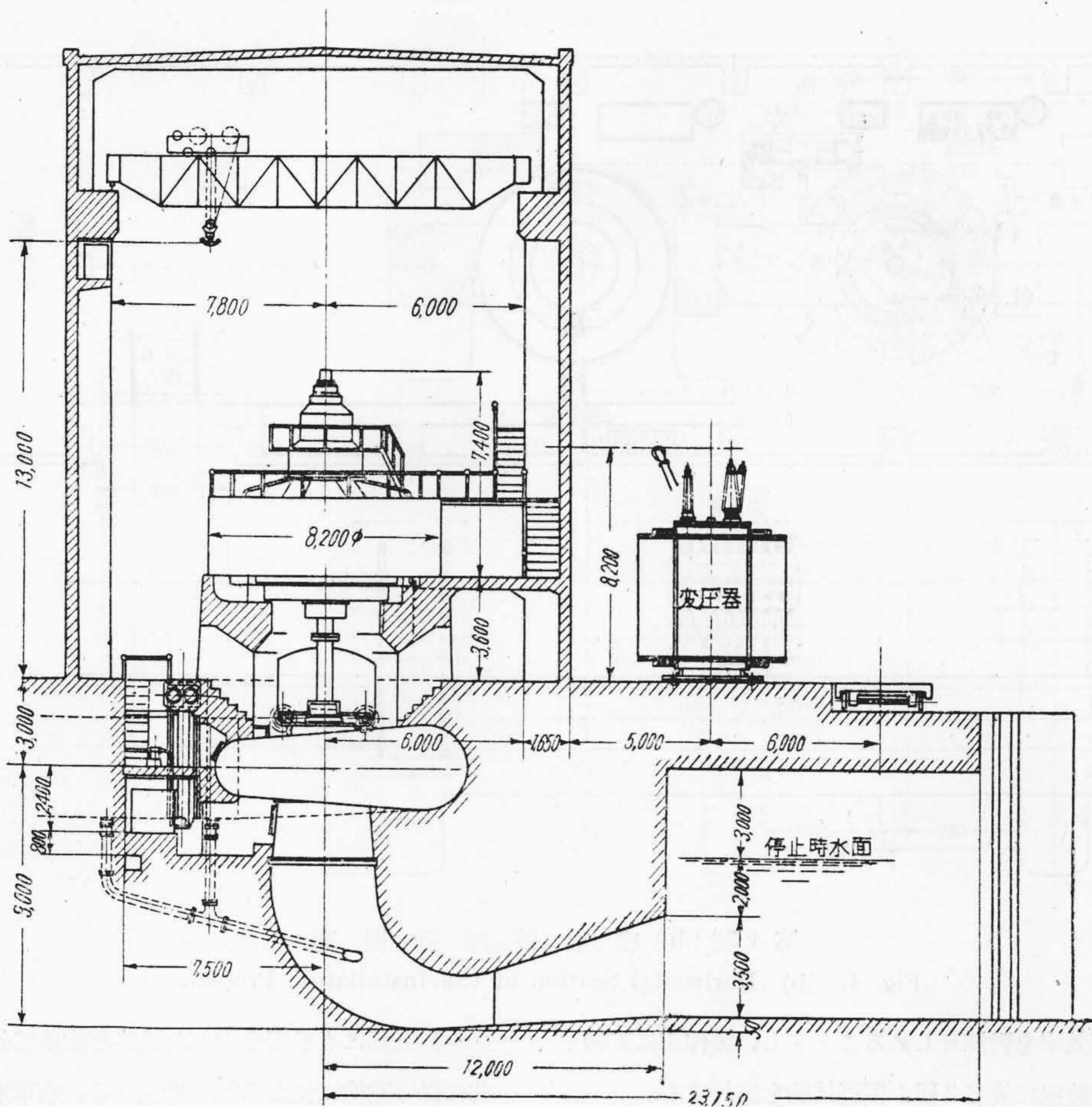
[IV] 建家方式及び機器の特長

建家方式は千手発電所がアーチ型二床式であるのに對し、山邊発電所は種々検討の結果第 4 圖 (a) の如く單床式を採用することになつた。これが理由としては次の點があげられる。

- ① 建家の床面積及び高さに就き兩方式の詳細比較を行つた結果單床式の方が全體として約 15% 程度縮少し得ること。
- ② 建家用建設資材としてコンクリート及び鐵筋量に於ても約 10% 程度節減し得ること。
- ③ 保守の面に於ても單床式の方が容易であること。但し水車ランナー分解時には發電機側を分解することなく水車側のみにて容易に作業し得る様にしてある。
- ④ 建設の所要期間としては單床式の方が多少多くかかる筈であるが、これは水車側スピードリング及びケーシングの据付を特に短縮することにより補う様に考慮してある。

尙發電機の分解及び組立、變壓器の組立等の爲建家入口側に修理場を設けることとした。

主機の設計及び製作に關しては前述せる如く本発電所



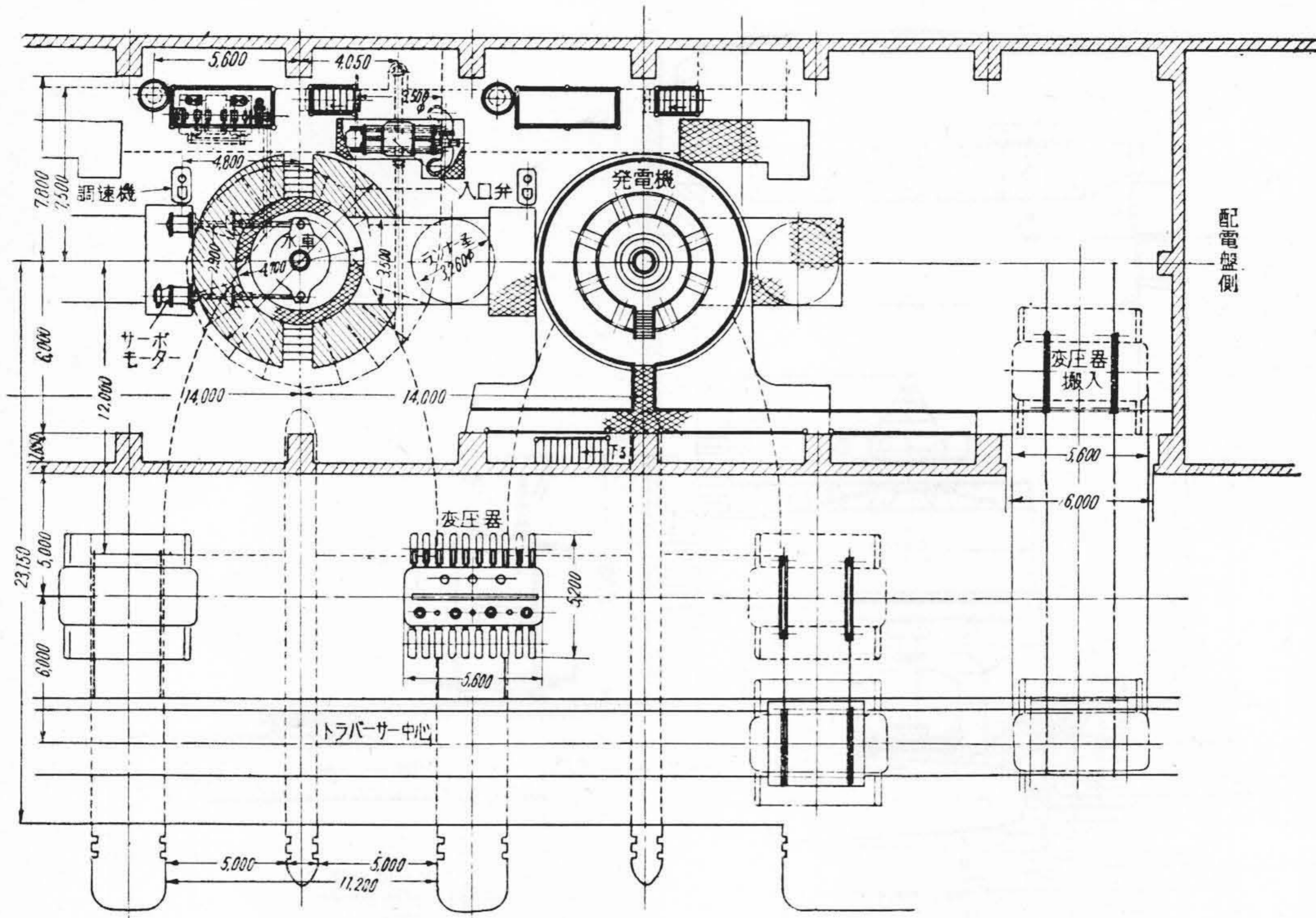
第4圖(a) 建家断面計畫圖

Fig. 4. (a) Vertical Section of the Installation Project.

が國鐵最主要幹線の電化の電源になることより、急激な負荷の變動にも十分耐えるだけの信頼性のあることが必要であるから特に下記の如き方針が採用された。

- ① 千手發電所及び川崎、赤羽の兩火力發電所と平行運轉を行い得ることが必要である。これに關しては、山邊側の發電機の GD^2 は $2,200 \text{ t}\cdot\text{m}^2$ とし、調速機の閉鎖時間は 3 秒、不動時間は 0.3 秒としスピーダの特性及び感度は千手側と極力一致せしめる様にする。
- ② 建家構造は單床式が採用されたが、水車側としては發電機を分解することなく羽根車を分解組立し得る如くする。この場合に水車室内部の構造も相當考慮を拂い、極力これが作業を容易ならしめる。

- ③ 發電機回轉子の吊上に就ては起重機の吊上装置に特殊構造を採用し、主軸の上端を起重機の架枿迄高めることとし、これにより従來の方式に比し起重機の軌條面を約 4.4 m 低くする。
- ④ 變壓器の組立及び分解は前述の所内修理場で行うこととしてあるが、建家入口幅を極力狭くする意味に於て變壓器の冷却管は兩側方を省略する方針を進める。以上の如き 4 項は山邊發電所に於て主機の性能が千手側より更に向上を計られている上に、機器及び建家を綜合して最も經濟的に建設せんとする一つの表示であつて山邊發電所主機に對する斯くの如き方針は今後の建設分野に對し大きな影響を與えるものと信ずる。
- ⑤ 水車羽根車の設計は基準落差 48.2 m^2 で、50 ㄴに



第 4 圖 (b) 建 家 平 面 計 畫 圖

Fig. 4. (b) Horizontal Section of the Installation Project.

於て最高効率を發揮せしめることとし、製作前に工場の水力實驗室に於て 2 種の模型試験を施行する。

- ⑥ 千手發電所に於ける運轉実績を見るに、大容量の沈砂池が設けられていること及び水車羽車その他各部の構造材質の良好なことより、上流各發電所の実績に比し腐蝕磨耗程度が豫期以上に少く非常に良好な成績を収めている。山邊側水車に關してもこの點に就き特別に考慮を拂う。
- ⑦ 主發電機に就ては回轉子の積層ヨークセグメントに通風孔を設け、冷却効果を特に大きくする。これは繼鐵の強度には何等支障を生じない様に考慮する。尙回轉子の輻鐵は千手の發電機より改善され、二つ割としないで一體の星型とし信頼度の高いものとする。
- ⑧ 固定子の線輪は各相が並列回路を有しているが、この並列回身間に横流が生じない様、線輪の配置に特別の考慮を拂う。
- ⑨ その他風洞外周に手摺を設け尙發電機支持胴（バー

レル) 上部にも手摺を附した通路を設けて外觀の美と共に保守點檢に便なる如く考慮する。水車室に於ける電磁弁及び計器盤、各種操作器具等にも極力保守點檢を便ならしめる様特別の創意を盛る。この點は又山邊發電所主機に對する一特色とすることが出来るであらう。

[V] 山邊發電所建設による効果

- ① 常時出力 50,000 kW を得られる。

山邊發電所の建設により國鐵電化に對する自營電力が強化されることは鐵道企業の一貫性と自主性を強化し、列車運轉の確實を期待出来るのみならず電化計畫實施に好都合である。第 1 圖及び第 2 圖に國鐵電化豫定及び山邊發電所建設による出力増加を掲げる。

尙参考迄に東京鐵道局管内に於ける昭和 22 年 1 月 1 日より同年 12 月 31 日迄の 1 年間に於ける國鐵の發送電設備とその他の全國に於ける發送電設備との事故率を

第1表 年度別新電化及自營化區間電力需要表

	運轉開始時期	營業料 kM	25年度			26年度			27年度			28年度		
			年間電力量 (1,000 kWh)	最大電力(kW)		年間電力量 (1,000 kWh)	最大電力(kW)		年間電力量 (1,000 kWh)	最大電力(kW)		年間電力量 (1,000 kWh)	最大電力(kW)	
				豊水期	渇水期		豊水期	渇水期		豊水期	渇水期		豊水期	渇水期
上越線土樽長岡間自營化	25年下	85.5	17,930	—	5,900	35,120	5,550	6,170	36,720	5,810	6,450	38,320	6,060	6,750
常磐線取手・土浦間電化(電車)	26年上	26.4				3,000	620	690	3,150	650	720	3,300	680	760
上越線高崎・土浦間自營化	26年下	80.1				18,100	—	6,060	35,900	5,670	6,300	37,300	5,900	6,550
高崎線上野・高崎間電化	"	100.0				20,800	—	5,650	45,800	7,250	8,050	47,800	7,560	8,400
常磐線土浦・水戸間電化(電車)	27年上	51.5							7,410	1,260	1,400	7,780	1,330	1,480
山手貨物線電化	"	26.1							16,700	2,650	2,940	24,500	2,770	3,080
鶴見線自營化	"	8.1							3,400	700	780	3,560	730	810
南武線自營化	"	39.6							7,090	1,220	1,350	7,390	1,260	1,400
青梅線自營化	"	37.2							8,400	1,440	1,600	8,740	1,500	1,670
信越線高崎・横川間電化	27年下	20.7							4,040	—	1,610	8,900	1,520	1,690
信越線横川・輕井澤間自營化	"	11.2							6,860	—	2,500	13,700	2,340	2,600
常磐線上野・平間電化	28年上	210.8										105,400	14,500	16,100
東北線上野・宇都宮間電化	"	104.5										47,100	7,430	8,250
房総線千葉・木更津間電化(電車)	"	35.5										5,100	870	970
高崎線大宮・熊谷間電車化	"	34.4										6,830	1,170	1,300
兩毛線高崎・伊勢崎間電化(電車)	"	22.6										2,240	460	510
川越線大宮・川越間電化(電車)	"	16.1										1,160	300	330
合計			17,930	—	5,900	77,020	6,170	18,570	175,470	26,650	33,700	359,130	56,380	62,630

調査すればその事故比率は 78 分の 1 であつて、前者の確實であることを實證されるであらう。

② 低廉な電力が得られる。

第三期工事による山邊發電所の發電單價は 74.1 錢/kWh で最近の各所の建設計畫の平均値 1 圓 40 錢/kWh より相當低廉である。

尙又現在渇水期電力補給用として川崎及び赤羽兩火力發電所を運轉しているが、石炭の價格が高價である故火力發電を行うよりも遙かに經濟的である。

③ 國鐵經營の合理化を計ることが出来る。

以上の様に山邊發電所の建設は運轉用電氣料金の低廉化による營業費の節減をもたらし、確實な電力による輸送完遂の責任を果し、經濟的な電化を促進せしめ、同時に不足勝ちな現在の需要電力を救援することが出来る。即ち國鐵の經營合理化に貢獻する所が大きい上、國家の再建に寄與する所が甚大である。例えば、

① 發生した電力で現在蒸氣運轉をやつている區間に電氣運轉を行えば、節約される石炭量は年間105 萬 t に

達する。

② 建設に要する資材はその生産に何れも石炭を要するが、その石炭の量は節約された 105 萬 t に比較すると極く僅かなものである。即ちこれを概算すれば下記の如く

	(建設に要する) 主要資材	(右資材を生産するに) 要する石炭量
鐵 鋼	10,673 t	11,800 t
銅	400 t	1,400 t
セメント	88,959 t	44,500 t
合計		67,700 t

前述の 1,050,000 t の僅か 65% に過ぎない。

[VI] 結 言

以上極めて概略的に信濃川水力第三期工事に就いて述べたが、鐵道電化の急務が強く要望せられている今日、國鐵の經營合理化上及び國家の再建上水力發電開發の演ずる役割は極めて大きいのであつて、この工事の一日も早く完成することを祈つて止まない次第である。

第 2 表 關東地區電力需給對照表

	24 年度		25 年度		26 年度		27 年度		28 年度		
	年間電力量 1,000kWh	最大電力 kW 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	年間電力量最大電力 kW 1,000kWh 豐水期 澇水期	
A 山邊發電所未設の場合(現狀)	千手 水力	527.796 (484.302)	109,000 70,000	575,000 (513.168)	109,000 70,000	575,000 (525.762)	109,000 70,000	575,000 (538.514)	109,000 70,000	575,000 (546.869)	109,000 70,000
B	川崎 火力	191,500 (50.689)	41,000 46,000	191,500 (56.140)	41,000 45,000	191,500 (68.581)	41,000 46,000	191,500 (79.577)	41,000 46,000	191,500 (199.577)	41,000 46,000
C	赤羽 火力	51,100 (5.409)	10,000 10,000	51,100 (5.409)	10,000 10,000	51,100 (9.557)	10,000 10,000	51,100 (12.509)	10,000 10,000	51,100 (14.609)	10,000 10,000
D	合計	770,395 (540.400)	160,000 126,000	817,600 (577.300)	100,000 126,000	817,600 (603.900)	160,000 126,000	817,600 (630.600)	160,000 126,000	817,600 (657.300)	160,000 126,000
E	國鐵需要(東京附近 既電化區間)	484,302 56,098	102,500 114,200	43,494 186,502	57,500 11,800	525,767 78,138	109,000 121,100	538,514 92,086	112,000 124,500	546,869 110,431	115,200 128,000
F	日發融通可能量	540,302 (484.302) (56.098)	102.5, 114.200	577,300 (513.168) (64.132)	105,800 117.600	49,238 164,462	51,000 4,900	36,486 150,514	48,000 1,500	28,131 132,169	44,800 -2,000
G	東京近郊既電化區間	—	—	17,930 (9,000) (8,930)	— 5,900	603,900 (525.762) (78.138)	109,000 121,000	630,600 (538.514) (92.086)	112,000 124,500	657,300 (546.869) (110.431)	115,200 128,000
H	新電化區間及自營化	43,494 186,500	57,500 11,800	61,832 178,468	4,200 8,400	77,020 (49,238) (27,783)	6,170 18,570	175,470 (36,486) (138,984)	26,650 33,705	369,130 (28,131) (340,999)	56,380 62,630
I	合計	540,400 (484.302) (56.098)	102,500 114,200	595,230 (542.168) (73.063)	105,800 123,500	680,920 (572,000) (108,920)	115,170 139,670	806,070 (575,000) (231,070)	138,650 158,200	1,026,430 (545,000) (481,430)	171,580 190,630
J	供給力と自營との差引 (D-I)	229,996 (43,494) (186,502)	57,500 11,800	222,370 (52,832) (169,538)	54,200 2,500	136,680 (0) (136,680)	44,830 -13,670	11,530 (0) (11,530)	21,350 32,200	-208,750 (0) (-208,830)	21,350 32,200
K	既設發電所	527,796 242,600	160,000 126,000	575,000 242,600	160,000 126,000	575,000 242,600	160,000 126,000	575,000 242,600	160,000 126,000	575,000 244,600	160,000 126,000
L	山邊發電所	—	—	—	—	156,000	— 47,500	380,000	47,500 47,500	394,000	47,500 71,250
M	合計	527,796 242,600	160,000 126,000	575,000 242,600	160,000 126,000	731,000 242,600	109,000 117,500	955,000 242,600	156,500 117,500	969,000 242,600	156,500 141,250
N	需要	484,302 56,098	102,500 114,200	522,168 73,032	105,800 123,500	656,020 24,900	115,170 139,670	779,970 27,000	138,650 158,200	969,000 57,430	171,580 190,000
O	差引	43,494 186,502	57,500 11,800	52,832 169,568	54,200 2,500	74,980 217,700	-6,170 -22,170 +44,830 +33,830	175,930 215,600	17,850 -40,700 51,000 +15,300	0 185,170	-15,080 -49,380 +55,920 + 6,620