

細尾第四發電所工事報告

古河鑛業合名會社 高橋清藏
日光發電事務所

緒言

天然の水利地點に恵まれたる弊社大谷川開發は曩に第一發電所を起し、第二第三と云ふ順に、既に15,000キロの發電力を有し、之れを足尾並に精銅所方面に送電以て産業開發に資せしも、尙電力不足を訴へ、昭和八年七月第四發電所工事施行の認可を受けて直ちに工事に着手し、昭和十年一月二十七日送電開始の運びに至りたるものにして、此の時に當り工事の大體を報告するは單なる工事報告以外産業開發に資する處大なりと信じ、概要を草する事とせり。(次頁參照)

沿革

本計劃利用河川は大谷川にして、其の源は山水明眉の中禪湖に發す。流域は8平方里²にして、主として國有林、御料林、二荒山神社の社寺林等の關係上鬱蒼たる森林地帯を構成す。特に昨年度より流域の殆んど全部が、國立公園地域に指定されたる今日將來益々良森林體を見る事を得べしと信ず。

弊社第一發電所は明治三十三年七月に水利使用の許可を受け、三十八年二月に工事に着手し、次の年の九月には營業開始と云ふ古き歴史を有するものにして、第四の工事を説明する前に先づそれ等既設發電所の設備の必要を知る必要あり、それ等概要を一括せしものが第一表なり。

之によつて見るに、最上流部即ち第三發電所の水路全延長約2,623尺に對して、全落差361尺5寸、即ち水面勾配 $1/16.3$ なり。第一第二は約 $1/17.6$ 、之れに反し第四は約 $1/45.4$ を呈

するを見る。換言すれば第三と第一、二は略同一の水面勾配なれども第四は著しく水利地點惡し、然し運搬上より見て、前者は著しく不便なるを以て、一キロ當り竣切格價に至りては、或は思い半ばに過るものあらん。

水源

靈峯、男體山を流域内に納めたる中禪寺湖は、水面積實に128,000,000平方尺に及び其の最大深度は560尺にして、南側八丁出島附近にあり。今中禪寺湖1尺の深さに貯留されたる水は一ヶ年間毎秒4立方尺づゝ使用し得べく、5尺の水深に貯留されたる水は毎秒この五倍即ち20立方尺6づゝ1ヶ年使用し得る計算となる(但し蒸發透發等なきものと見做せし場合の計算とす)此の場合の貯水量は640,000'000立方尺の水量とす。

斯く一時貯水されたる中禪寺の水量は大尻川を経て華巖瀧となり、大谷川に入る。

翻つて水源となる流域中の雨量を見るに、觀測所は次の三ヶ所にて、

- (一)湯元雨量觀測所 海拔1,500米(約1,950尺) 宇都宮測候所の監理
- (二)中宮祠觀測所 海拔1,280米(約4,224尺) 宇都宮測候所の監理
- (三)菖蒲が濱觀測所海拔(二)と略同一とす。 農林省の監理

内(二)の中宮祠觀測所は最も長き記録を有し、明治四十一年度より引續き今日迄二十六年の歴史を有すれども他二ヶ所は中絶又は其の年限甚だ短かし。中宮祠觀測所創設以來二十四年間の平均年雨量は2,313耗に反し、湯元の雨量は1,980耗を示す、前者は海拔約700尺

既設細尾發電所關係一覽表(第一表)

名 稱	最上流部 第三發電所	第一發電所	第二發電所	第四發電所
水路延長 自取入口 至隧道出口	K 3623'.10=603.85 内 { 809'.75 隧道 205'.00 第一木樋 474'.85 第二 73.50 取入口 60.00 自雲取入	K 9144'.78=1524.13 内 { 6972'.0 掘放隧道 1200'.0 方石アーチ 334.70 方石側壁 638.08 開渠	共 通	K 10756'.366=1,792.73 内 { 9979.64 隧道 706.226 サイフォン 17.00 洗砂池 53.50 取入口
放水路延長	ナ シ	1632'.7=272K1 内 { 1567'.2 開渠 65'.5 放水庭	200'.5=33K4 内 { 107'.0 開渠 83'.5 放水庭	1844'.481=307K41 753'.0 開渠 942'.498 暗渠 148'.983 隧道 其他
隧道斷面	内徑9'.0 圓形コンクリート巻木樋 巾5'.0 巾6'.0 巾1'.0	7'.×7'. 堀り放し矩形	共 通	9'.0×9'.0馬蹄形 コンクリート巻立
水路勾配	1/1000	1/500	714.0	1/1000 平水=279.3 湧水=278.0
全落差(尺)	361.6	643.5	980.0	平水 267.0 湧水 269.1
有効落差尺	340.0	620.0	常時 120 特種 10 常尖 22	平水 267.0 湧水 269.1
使用水量(立方尺/秒)	最150 最300 小 大	常時 30 特種 18 常尖 6	常時 120 特種 10 常尖 22	最小140 最大240 330,000立方尺 (有効深5'.0)
調整池	ナ シ	150,000立方尺	共 通	
鐵管路直長	749'.14 { コンクリート巻 206'.86 鐵 管 542'.28 7'.35(コンクリート)	1.714'.5	2-206'.0	519'.677
内徑	5'-11" 5'-6" 鐵管	1米01 .91 .8三種	米 1.20 1.10 1.0ノ三種	6'.5 6'.0ノ二種
胴厚	3/8" 5/8" 7/8"ノ三種	8耗~12耗ヲ三種	9耗~18耗ヲ十種	10耗 12. 16. 19. 四種
製造者	藤田鐵工場	獨逸フキシク會社	獨逸フキシク會社	酒井鐵工場
接續法	フレンチヂョイント	ルーズ、フレンチ、ヂョイント	マツフ、ヂョイント	フレンチヂョイント
水車種類	橫軸リアクションタービン	水平單輪 インパルスタービン	同	橫軸リアクションタービン
馬力數	5270 HP 2臺	1250HP (最大1500HP) 2臺	2500HP 最大3000HP 3臺	4850HP 1臺今年末1臺
製造者	アリスチャーマー會社製	獨逸フォイド會社	獨逸フォイド會社	獨逸 フォイド會社
發電機種類	交流三相三線式	〃	〃	〃
容量	3750K.V.A 2臺	1000K.V.A 2臺	2080K.V.A 3臺	3750K.V.A 1臺 今年末 1臺
建物大サ	鐵筋コンクリート 98'.×48'. 28'.×48'.	鐵骨煉瓦 78'.×33'. 木 造 36'.×21'.	鐵骨煉瓦 40'.×112'. 〃 27'.×112'.	鐵筋コンクリート 67'.×46'. 26'.4×23'.75
送電線	〃	細尾一間 藤... 8哩6 一簧橋... 11.2 〃 一精銅所... 1.1	〃	〃
水利使用許可年月日	大正5年7月4日	明治33年7月13日	明治 3年7月13日	大正10年7月26日
實施々行認可	〃 11. 3. 11	〃 37. 11. 19	〃 37. 11. 19	昭和 8. 7. 18
發電開始	〃 13. 12. 15	〃 39. 9. 23	〃 43. 5. 18	〃 9. 1. 18 一更變部
土木請負人	五月女組 宮川組 飛島組	大宮組 橋本組	橋本組 大宮組 宮川組	〃 10. 1. 27 明治工業
許可發電力出力	常時3,000K.W } K.W 特殊3,000 } =6000	2,000K.W	6000K.W	常尖 4,150 } K.W 常時 2,500 } =4150 特殊 680 }
理論馬力		3,303..		

低地にあるに係らず、反つて 253 耗尠し、之れ一見矛盾し居る如く見ゆれども観測所の位置、四圍の状況により観測所附近にのみ起る現象にして一般としては矢張り湯元は多量の降雨量のあるものと考へて可ならん。従つて本流域内にある、靈峯男體山此の海拔 2,485 米 (約 8,200 尺) は相當の雨量と認めらる。

中宮祠の雨量観測所の雨量を以て、全流域内に降下する水量と見做し、これによる全水

(第二表) 中禪寺方面 年合計雨量表
(單位耗)

観測所名稱	湯 本	菖蒲が濱	中 宮 祠
海 拔 M 尺	(約)500M (4950尺)	(約)1280M (4224尺)	(約)1280M (4224尺)
明治四十一年			2,281.7
明治四十二年			2,321.1
明治四十三年			3,419.3
明治四十四年			2,428.0
明治四十五年		1,094.5	2,282.7
大正 二 年		1,493.6	1,723.5
大正 三 年		2,346.9	2,159.1
大正 四 年		2,379.9	2,307.2
大正 五 年		2,541.6	2,733.84
大正 六 年		1,694.4	1,723.4
大正 七 年		2,131.4	2,055.0
大正 八 年	986.0 ?	2,256.3	3,177.6
大正 九 年	2,887.4	2,920.1	3,283.8
大正 十 年	3,008.05	2,190.3	2,397.55
大正 十一年	1,599.2	2,016.5	1,807.1
大正 十二年	1,144.20	2,204.4	1,995.63
大正 十三年	1,618.90		1,598.80
大正 十四年	1,975.3		2,386.85
大正 十五年	1,613.6		1,402.40
昭和 二 年	2,241.70		1,655.70
昭和 三 年	2,431.90		3,643.20
昭和 四 年	1,718.30		2,526.7
昭和 五 年	1,955.80		2,975.0
昭和 六 年	1,657.10		1,195.9

合 計 23851.47 (12ヶ年間) 55514.98 (24ヶ年間)
平均年 1987.622 // 2313.124 //

量を見るに、

$$\begin{aligned} & \text{流域} 167,561,600 \text{ 平方尺} \times 8.2 \text{ 平方里} \\ & \quad = 1,377,285,120 \text{ 立方尺} \\ & 24 \text{ ヶ年の平均年合計雨量} (1,230 \text{ mm} \times .033 = 7.6 \\ & \text{一ヶ年の全雨量} = 0,467,366,912 \text{ 立方尺} \\ & \text{一ヶ年間毎秒利用水量} = 330 \text{ 立方尺} \end{aligned}$$

即ち二十四年間の平均年雨量を基として流域内の降水量が蒸發並に滲透水なきものとすれば毎秒約 330 立方尺を一ヶ年利用する事を得べし。

流域内の降雨は一部は蒸發となり、一部の滲透水は中禪寺湖に集まる。この方面の滲透水は華嚴並に白雲瀧に湧出す、それ等は各滲透の異なる系統を辿り乍らも凡て大谷川に放流さる。

湯水時と雖もこれ等湧出量は殆んど一定不變にして、華嚴、白雲兩瀧にて約 150 立方尺、方等般若方面にて 50 立方尺を得らる。

弊社第三發電所の取水は前者華嚴並に白雲約 150 立方尺を湯水時に利用し、その放水が第一、第二に入り、又其の放水は第四發電所の調整池より發電所放水路に至る。

華嚴瀧方面の地質を見るに熔岩層の數段より成り、各層の間より盛んに湧水し、冬期華嚴枯渴したる場合と雖も之等湧水のみにて優に 150 立方尺を引き入れ得べし。

基岩は花崗斑岩 (Grinite Porphyry) にして其の上に熔岩層、黝色下部溶岩、灰色華嚴熔岩、熔岩層と云ふ順に變つた熔岩の層をなす。湧水は主に熔岩層部を辿り、最底部の熔岩層は中禪寺湖の水面より約 100 米底部と連り居るを發見さる。

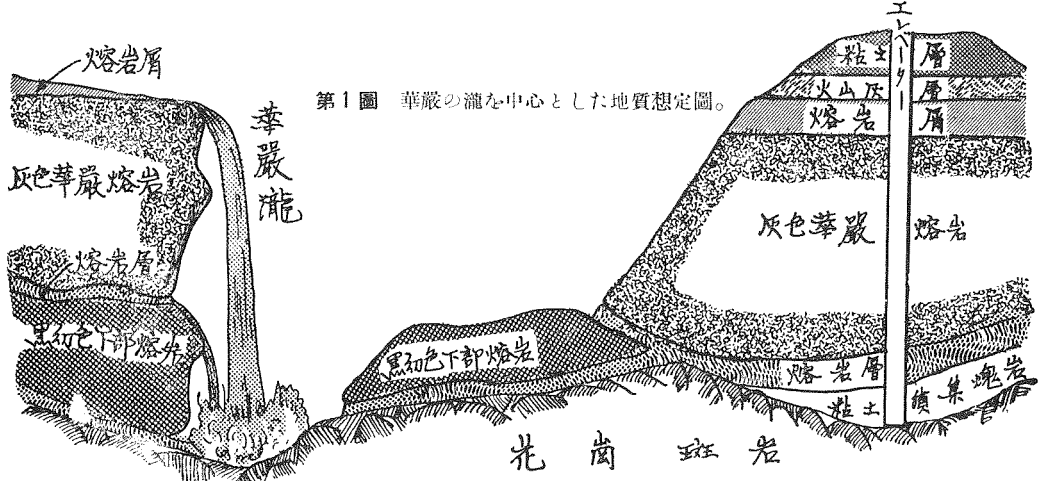
華嚴の瀧を中心としたる地質は、幸ひ、エレベーター約 300 尺の掘鑿により比較的精密なる結果を得らる。第一圖は瀧附近の地質想定圖にして弊社、牧野理學士の調査を基とせしものなり。

寫眞第一と第一圖の見取圖を對稱せば、明瞭に各層と、各層よりの湧水状況とを知る事を得べし。

計劃及工事の概要

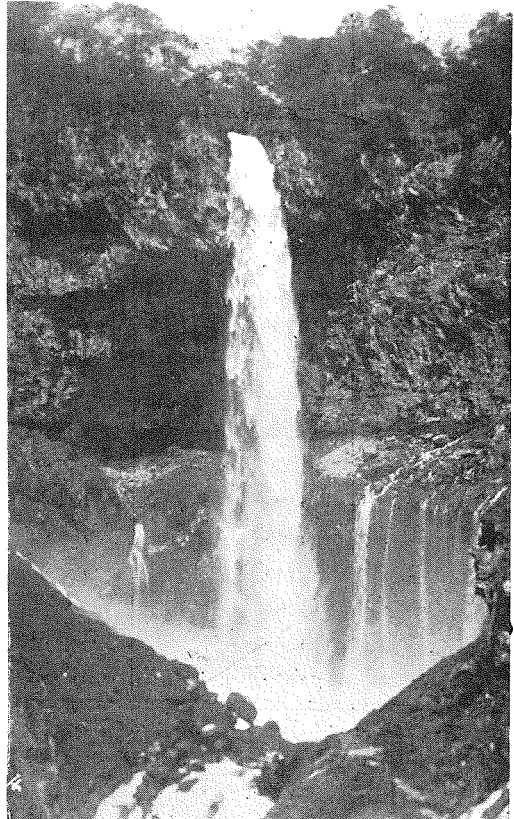
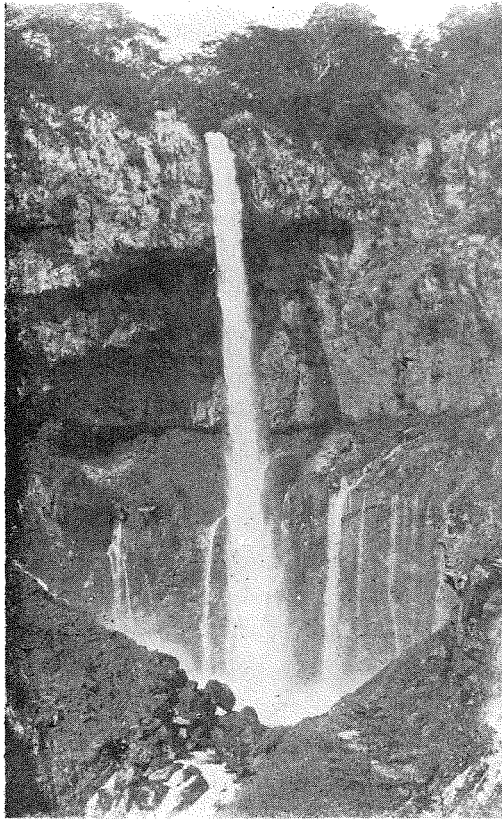
華嚴瀧下約500間の地敷にて引き入れられ

たる第三發電所使用後の水量は、直ちに第一、第二の共通の水路に入り、春戸山の水槽15萬立方尺の溜池に集る。それが二つの鉄管に分



寫眞1・水源たる華嚴の瀧、溢流量毎秒55立方尺の場合の光景である。

寫眞2・水源たる華嚴の瀧、溢流量毎秒240立方尺の場合である。



れ、一つは第一発電所他の一つは第二発電所となりその尾水は本計画第四発電所の調整池に入る。

本計画を工事別に大別すれば

- (一)調整池及取入口工事
- (二)サイフォン工事、導水隧道工事
- (三)水槽、餘水路並に鐵管路工事
- (四)發電所及放水路工事
- (五)雜工事

第一第二發電所の尾水を其の儘引用するを以て堰堤等の設備なし。

調整池——地勢の關係上二つの池に分つ。第一調整池は其の面積1,290面坪、第二調整池は549面坪、之等利用水深5尺にして貯水々33萬立方尺なり。

寫眞第三の向つて右は排砂門にして、排砂門は鐵扉を用ひ、有効巾5尺、高さ13尺5寸のもの一門を設備し、人力を以て容易に開閉し得るものとす。排砂路の右端に溢水堰堤長さ60尺のものを設け調整池の餘剰水を安全に溢流せしむる設備なり。

第一、二の調整池連絡の爲めに鐵筋コンクリート橋を架設す。形狀はアーチ型なれども鐵筋のコンクリート桁式によれり。徑間は4連とし中間部は1尺2連兩側各7尺とす。

調整池の全深は垂直高9尺を有し、頂上よ

り3尺の深さを以て最大貯水々深とす。壁はコンクリート1:3:6の配合を用ひて平均8寸の厚さなり。壁法りは5分の勾配を付せり。

調整池敷のコンクリートの厚さは8寸に一定せり。此の附近の地質は火山灰質にして大半透水性を有す、故に一部の基礎には抗打工を施せり。杭は松丸太末口3寸5分長さ12尺のものを用ふ、抗打部は極く肝甚の場所、假令ば門扉並に橋梁、又は溢水堰堤基礎等にして他は割栗を並べ四人以上の蟻搗きをなせり。

此の附近は海拔2,400尺、相當の寒氣(零下13度)を豫想し、コンクリートの收縮、膨脹を慮り伸縮接手を特に完備せしめたり。

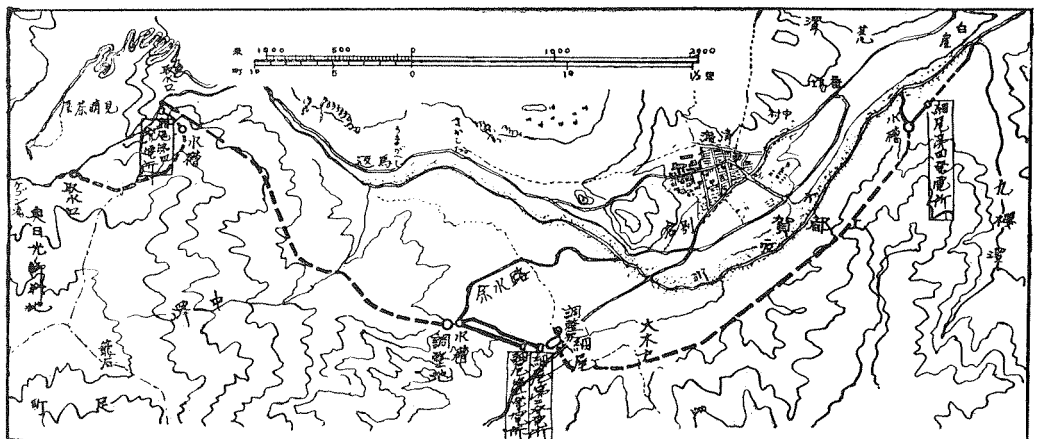
伸縮接手部は敷コンクリート厚8寸の外に尙ほ8寸のコンクリートを帶狀に掘り込み、其の上にアスファルト並に銅板を使用す。銅板は初め6オンス厚のものを折り曲げて用ゐたれども、後に8オンスに変更施行せり。

此の伸縮接手は5間の桁形に設け、之の5間の區間を以て一日のコンクリートの分量と定む。

伸縮接手は敷のみに止らず各壁も同様の設備となせり。

コンクリート工事は昭和九年五月より酷暑中の施行に係り、同年十二月に通水し、酷寒に遭遇せしも殆んど漏水を認めざる程度なり

第2圖・水路一覽圖。



き。

取入口——第一調整池の一端に取入口を設く、取入口には3門の鐵製門扉を設く、各門扉の有効巾は6尺高さ12尺にして引揚用として電力装置の外手動をも兼ねしむ。門扉の前面に塵芥除け金具を附す。塵芥除けは全幅24尺垂直高14尺にして8分の法りに勾配を附し、塵芥をかき

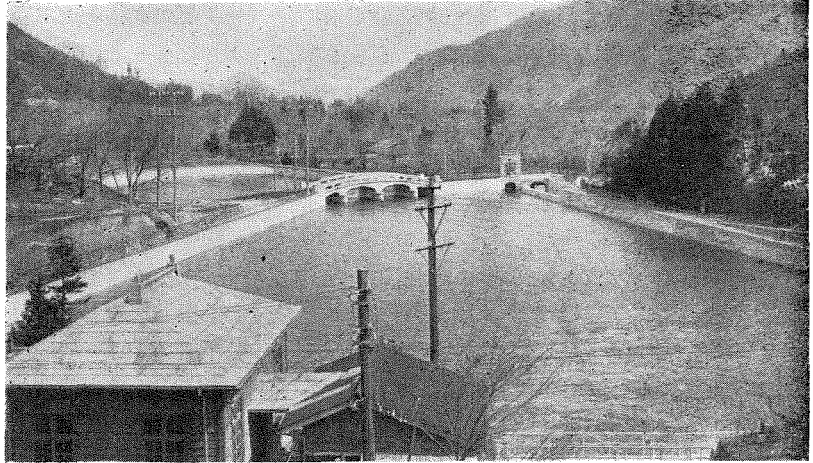
上げに便す。金物は其の厚2分巾2吋半のものを8分の間隔に組み合わせたり。

門扉製作者は東京田原製作所にして、塵芥除けは大阪酒井鐵工場の製作に係る。

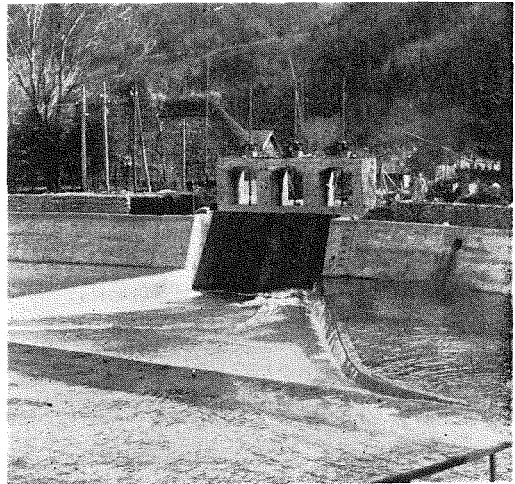
サイフォン工事——取入口より直ちにサイフォン部に入る。サイフォンの目的は細尾澤横斷の爲にして、平常此の澤は流水なきも洪水に際しては相當の水量に河川勾配の急なる爲めに土砂を加へ被害の著しきものあり。本計劃サイフォンは、それ等被害に鑑みサイフォン暗渠の高さを制限し、細尾澤の河底を以てサイフォンの頂上とせり。従つて其の斷面を扁平のものとせり、細尾澤底以外の兩端は9尺×9尺の馬蹄形鐵筋混凝土なるも細尾澤横斷部は内幅12尺高7尺とし其上保護用として尙2尺5寸の練積工を以て巻立てたり。

初めこのサイフォン部の細尾澤横斷部の地質に對して苦心し、河岸に6尺角の試験孔を數ヶ所に堀鑿し、其の結果は底12尺の點にてコピ層の盤に達し得る確證を得たり。仍つて上流部の下駄堀りを河底より19尺堀り下げ、下流部を17尺の深さの設計としたり。

堀鑿進行の結果豫定より淺く10尺頃より良質の盤に遭遇せしを以て、設計の變更なしに工を進むる事を得たり。



寫眞3・第一、第二調整池全景、第一調整池1,90面坪、第二調整池549面坪、貯水量33萬立方尺にして有効水深5尺である。



寫眞4・調整池内取入口門並に塵芥除金具を示す、門扉は鐵製にて幅6尺のもの3門、塵芥除は全幅24尺である。

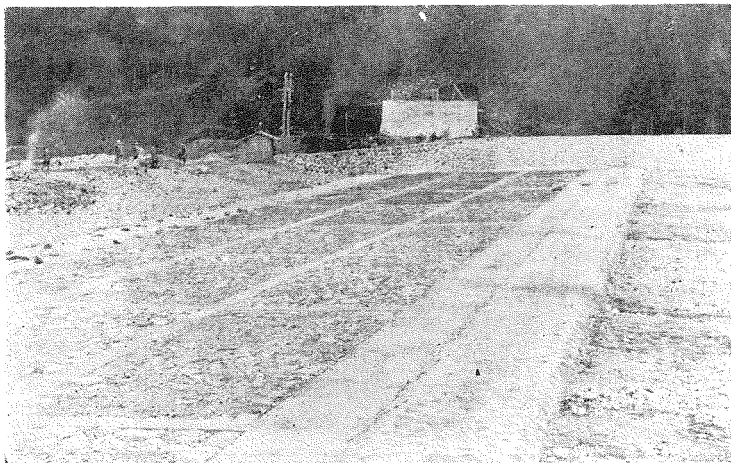
細尾澤横斷に對する苦心は洪水時期を如何にして切り抜くかにありき、此の附近の濁水は十一月下旬より五月までにして、此の期間は寒氣激烈を極め零下13度と云ふが如き降下を見、従つてコンクリート施行に對しては危険時期に屬せり。此の酷寒の時期に堀鑿を進め一部防寒を施し、増水時期迄には巻立を完了する事に勉めたれども、寒氣甚しきを以て防寒の設備不完全の爲め一時コンクリートを中

止し、増水迄に基礎丈け施行し、二回の洪水を覺悟したりしに幸ひ、大洪水に遭遇せず、天祐により完全の施行を終るを得たり。

サイフォンを保護する爲に、サイフォンと



寫眞5・サイフォン巻立施行、鐵筋コンクリート1尺の上に尙2尺5寸の練石積を以て巻立つ。幅12尺高7尺の暗渠である。



寫眞6・サイフォン部施行後の状況、サイフォン部、副堰堤、鐵筋コンクリート樹形枠、空石張等の施工。

平行し約10間下流に副堰堤を設く、副堰堤は表面玉石張りとし内部は玉石コンクリート造りとす。

サイフォンと副堰堤との間には鐵筋コンクリート10間角の枠狀の柵を設け其の間に空玉石張りを施し洪水の爲の防備用に供せり。

澤の兩岸には練積石垣工を施し最大洪水以上3尺を保たしむ、且つ其の上三ヶ所に石積突堤を設備し護岸に備へたり。

サイフォン部の水壓に對する漏水を如何にして防ぐかを苦心せり。それにはコンクリートの施行を丁寧に打設する事、然し各コンクリートの毎日の「打ちつぎ」をさくる事施はざる爲に自然其の繼手よりの漏水もさけられざる事と思わざるを得ず。

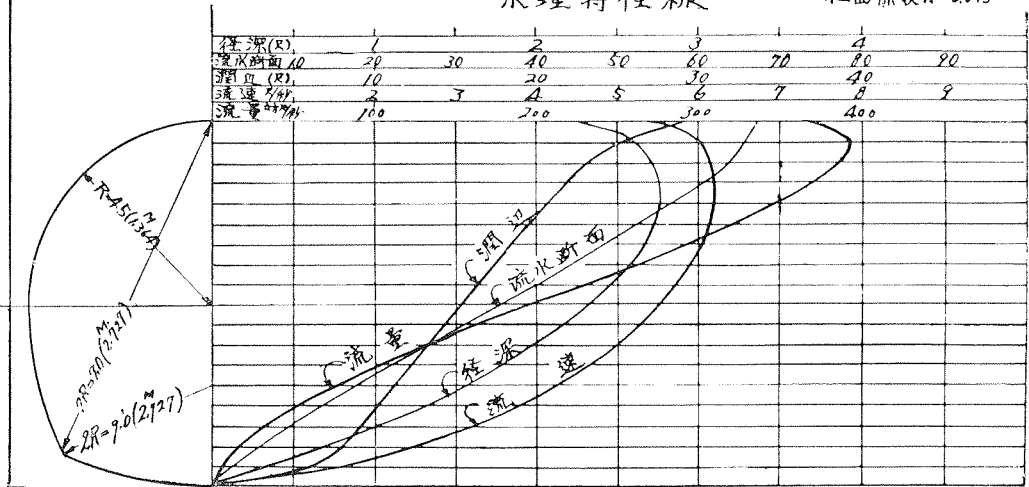
之等を安全にする爲に巻立終了後、サイフォン内面部に全部エツキストラ（防水耐酸塗料劑）を塗沫せり。サイフォン部全延長700尺にして、之れに要せしエツキストラ約33罐を使用す。各一罐は4ガロン入れにして一罐10圓50錢なりき。

エツキストラ塗沫の方法は初め打ち繼ぎ部を鑊にてよくかき落し「ケレン」をなし、液狀エツキストラを其のまゝ刷毛にて塗る。一兩日後乾燥し

送水隧道 水理特性線

勾配 $S = 1/1000$
粗面係数 $n = 0.015$

第3圖



た頃を見計ひセメントに此の液體を混じ上塗りを施せり。其の後約十日目に約10尺の水壓を掛けたれどもサイフォンを通し殆んど漏水なく良結果を得たり。寫眞第五は細尾澤を立割りサイフォン工事中のものにして、寫眞第六は竣工後の状態を示す。項上は河川敷と略同一高さにあり、其の下流の太い線は副堰堤工にしてサイフォンの保護に備へり。其の間細い柵形の線は約10間々隔に設けられたる鐵筋コンクリートの柵にして其の間は凡て空石積張りを施し以て安全を期せり。

導水隧道——サイフォンの終點は沈砂池と*

*なりサイフォンの沈砂に備へ、それより導水隧道とす。これより水槽までは全部隧道にして凡てコンクリートを以て巻き立つ。隧道の断面は内徑9尺内高9尺の馬蹄形狀をなし許可最大流量毎秒240立方尺とす。而してこれに對しては僅か5尺2寸の水深にて可なり、隧道に満水せば350立方尺まで送水可能なり。これ將來中禪寺調整許可の場合の増水に備ふる爲とす。

第三圖表は導水隧道の流量曲線表にして隧道の勾配は全部1,000分の一となせり。

隧道の延長を隧道名稱別に表せば

第一號隧道	1,301.086	第一號橫坑(大木戸)	290.00
第二號隧道	2,837.397	第二號橫坑(本澤)	133.00
第三號隧道	1,710.130	第三號橫坑(伊勢澤)	111.88
第四號隧道	3,485.697	第四號橫坑(上ノ代)	115.06
第五號隧道	645.330		
計	9,979.640(1663.2)		649.94

隧道内の流量計算はクッター氏の公式表により將來惡質の場合を慮り安全の爲め係数を.015にとれり。

以上の如く全隧道を五本に分割す、第四號隧道は特に長きため、此の隧道に限り鑿岩機を使用する事とせり、鑿岩機は導坑にストツ

パー型一臺を用ひ、切擴部には足尾式チャックハンマーを四臺使用せり。

原動力としては細尾第二發電所より3,300ヴォルトの送電線により直接50馬力のコンプレッサーに導く、コンプレッサーはサリバン型にして壓搾されたる空氣は4吋管並に3吋管、

2吋管と順に絞り鑿岩機運轉に供せり。

初め鑿岩機用コンプレッサーを四號隧道の
上口に据付く可きや、又は下口に据付く可き
やにつき研究の結果、下口（上ノ代口）に決
定せり。上口にはコンプレッサー用水ありて
便利の如くなりしも、1,000分の1の勾配に突
つ込む事の難澁と且つ隧道内に湧水の慮れあ
るを以て下口に決定せるものなり。上ノ代口
には自然水なきを以て發電所地盤附近より約
300尺の高さにブランチャーポンプを用る揚
水の上使用せり。

隧道工事は昭和八年六月一日に起工の式を
挙げ直ちに横坑切付けに着手せり。早きは同
月の十三日遅きも二十二日には横坑々口に
着手せり。

各横坑の着手並に本隧道に到着せし進行の
程度は第三表に示すが如し。

此の表に見るが如く、横坑一日の平均進行
は大木戸口は9尺6寸5分を示す外他は凡て
4尺内外とす。之れ前者は粘土層にして掘鑿
し易き良質なるに反し、後者は石英斑岩(Quar-
ze Porphyry)質にして相當硬岩の爲めなり

き。横坑の大きさは6尺×9尺の大きにして小
形トローリ複線にて出入し得る設計とせり。
横坑の勾配は300分の一とし、隧道内の湧水
を慮り相當の深さの下水を設けたり。横坑と
本隧道との交叉點は本坑施行面より1尺降下
させ以て隧道内排水に備へたり。

隧道本坑に到着は伊勢澤口先鞭をつく。こ
れ昭和八年七月九日なりき。

本坑隧道は第四號隧道下口よりの外は凡て
手掘りにて工を進め、一日の平均進行3尺程
度なるに反し、第四號下口は鑿岩機を使用し
た關係上平均6尺4寸5分、一日の最大進行
12尺に達せり。之等隧道の進行の状態は第四
表に示すが如し。

之れより先第二號横坑（本澤口）より第二
號隧道の下口より約20間の處に地入り生じ、
約16間の間崩壊し工程上著しき蹉跌を生じた
り。

崩壊の原因を見るに、この附近の地質は硬
岩質なれども非常に割れ目多く、其の割れ目
に透水し、透水面に化學作用を起し石英斑岩
の一部粘土に變質し、其の粘土部が粘着力を

横 坑 名	工事着手年月日	本坑到着年月日	延 長	日 數	一日平均進行
第一號横坑 (大木戸口)	昭和8年6月21日	昭和8-7-21	尺 290,000	30日	尺 9.65
第二號横坑 (本澤口)	〃 8-6-18	8-7-16	133,000	29	4.58
第三號横坑 (伊勢澤口)	〃 8-6-13	8-7-9	111,880	27	4.13
第四號横坑 (上ノ代口)	〃 8-6-22	8-7-24	115,060	33	3.48

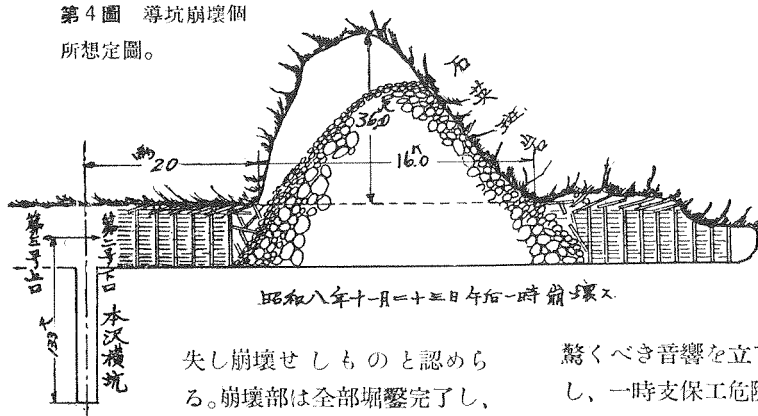
(第三表) 横坑進
行表

←

(第四表) 隧道進
行表 ↓

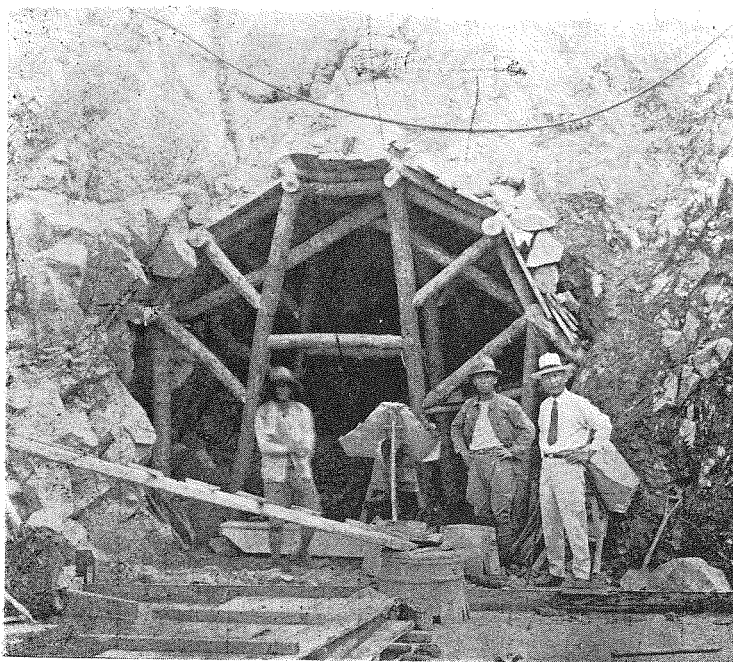
隧道名稱	工事着手年月日	貫通年月日	貫通點マ デノ距離	延 長	貫通迄 日數	一日平 均進行
第一號隧道	上口	昭和8年6月23日	尺 657.820	尺 1,301.086	183日	尺 3.59
	下口	8-7-22	643.216		215	2.99
第二號隧道	上口	8-7-22	1,655.570	2,837.397	325	5.08
	下口	8-7-18	1,183.197		329	3.60
第三號隧道	上口	8-7-21	865.640	1,710.130	254	3.41
	下口	8-7-12	845.000		262	3.22
第四號隧道	上口	8-7-9	1,364.000	3,485.697	347	3.93
	下口	8-7-24	2,126.695		332	6.47
第五號隧道	上口	9-9-6	645.330	645.330	196	3.29
	下口	0				

第4圖 導坑崩壊個
所想定圖。



失し崩壊せしものと認めらる。崩壊部は全部掘鑿完了し、明日コンクリート巻立に着手せんとし支保工を組み立てた儘、セントルを組む際相當荷の作用してゐる大事な方杖を只一本切り取つた爲、山を弛ませ大音響と共に崩壊せしものとの意見一致せり。崩壊の見取り圖は第四圖に示す如し。崩壊部は拱部にして、上流に向つて左の肩よりの方向にして天場約36尺落盤す。

寫眞7・隧道支保工組立、隧道は断面9尺×9尺の馬蹄形狀、巻立厚1尺、8寸、6寸の3種。地質は石英斑岩にして一部粘土。



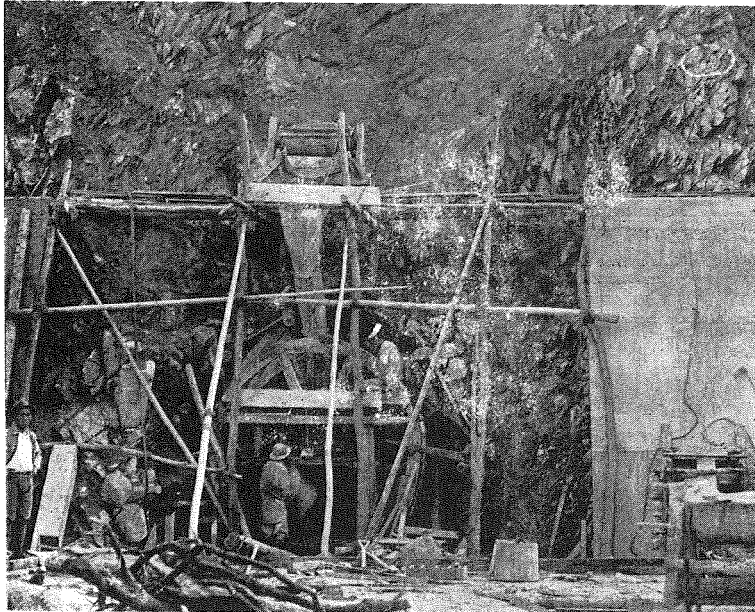
從來隧道導坑は凡て低部導坑式にて進行せしも、崩壊部の縫へ返しには本式の上導坑に移し、支保材は特に嚴重に松丸太末口8寸以上のものを使用し、斧指を選定せしも支保工組み立て最中、時々

驚くべき音響を立て乍ら支保工裏の土砂落下し、一時支保工危険に遭遇せしも大事に至らず、完全に支保工を組み立て得たるは天祐の然らしむる處と信ず。

崩壊部の巻立ては二重巻の方法をとれり。即ち支保工を組み立てたる儘捨コンクリートとして1尺5寸厚に鐵筋を挿入し、支保工の柱は其の儘セントルを貫きコンクリート中に挿入せり。數日後コンクリートの硬化を待ち、各柱を切り取り仕上げとして其の内側に規定の大きさの一尺厚のコンクリートを巻立てたり。

隧道は一般に湧水夥しく、殊に横坑附近の小溪流の下部横斷の際特に著しきものあり、之等巻立施工に際しては鐵板にて支保工の外部を巻き其の裏に水を集め、それを中央の下水溝に鐵管又は土管を以て導き、中央には8寸徑の土管を布設し、インバートの低部に埋設したり。

コンクリート巻立ての順序は初めは土臺、側壁アーチにしてそれ等コンクリートの硬化を待ち、セントルを取外しインバートの施行に移る。インバートはレール類を取片



寫眞8・隧道セントル組立、セントルは4尺の間隔とし側壁、アーチ、最後にインバートの順に施工す。インバート底部には8寸土管を埋設し排水に便す。

付け乍ら後退し施行を終る。

前述の如く本隧道は殆んど湧水にて惱まされた關係上、コンクリートを通して漏水夥しく、且つ本隧道は水壓作用するを以て隧道内の流水が隧道外に漏水するを慮り、隧道全線に亘りグラウチングを施せり。この目的を達せさせる爲め巻立ての際隧道天場に幕板並に支保工の矢板を貫き徑2寸の孔を12尺毎に設け置けり。

グラウトには機械2臺を使用し、インバートの施行を待つて一臺は隧道の入口即ち第一號隧道方面より他一臺は水槽方面即ち第五號隧道下口方面より施行に着手せり。前者のグラウトマシンの運轉用と

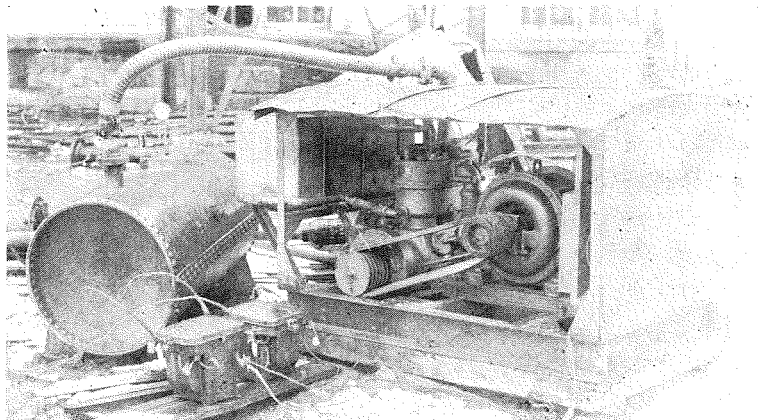
して20馬力の可動的コンプレッサーを購入し、このコンプレッサーをトローリーにより軌條の上を運搬隧道内に搬入使用せり。コンプレッサーは電気壓縮機にして隧道入口に3,300より220ヴォルト降壓トランス・フォーマーにより低壓として隧道内の壓縮機に送電使用せり。隧道の延長も相當長い距離に低壓送電せしを以て可成の太き電線を要し、苦心をしたり。

他一臺のグラウトマシン即ち五號下口よりの分は隧道掘鑿中使用

のコンプレッサーを其の儘利用せり。壓縮空氣は凡て初壓85封度を標準とせしも途中の鐵管よりの漏空の爲め實際使用の處に於て75封度程度に降壓せり。

グラウト・マシンは凡て日本オサダ式に多少改造を加へたるものを使用せり。

寫眞9・グラウト用20馬力可動コンプレッサー、これをトローリーに乗せ隧道内に持ち込む、レシーバーも別のトローリーにて運搬する。



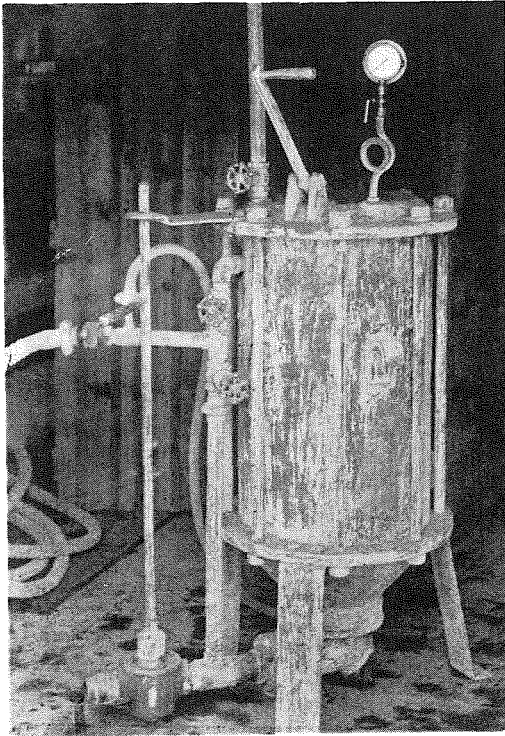


写真10・オサダ式「ラウチング」マシン。

此の機械は一回に2才半位練り得る見込みなりしも、餘り多く入れ過ぎては故障續出し反つて不成績に陥るを以て、一號機の方は一回の投入量1才半とし、二號分は1才弱とし回数に於て著しき成績を擧げ得るを得たり。

このモルタル注入方法は隧道巻立て後着手さるゝを以て、通水を差控へ先を急がれ常に充分に施行し能はざるは一般の状態にして、本工事も其の例に漏れず、晝夜兼行工を急ぎしも豫定の日數に迫られ、己むを得ず横坑を中心に30間づゝ上下流に、はいる支け挿入せしも其れ以外の場所は回数を定め一定量に限定の上通水をなせり。此の結果隧道に水壓を作用せしも横坑などより殆んど漏水を認めざるは成績良好と見て可なるべし。

モルタル注入の成績表は第五表の如くにして比較的平均し得る場所の成績表を擧げたり。之れに依つて見るに、一間當り平均18才4に相當せしを見たり、一晝夜の最大回数は240回に達せり、但し一回の注入量は約1才半の場合とす。(以下次號)

第五表 グラウト成績表。

月	日	作業時間			吹込回数	吹込電数	吹込間数	作業人員		
		送	受	計				送	受	計
10	9	0	300	300	25	2	1	0	6	6
	10	200	850	1050	116	2	6	6	6	11
	11	250	650	900	85	2	6	6	6	12
	12	250	650	900	91	2	8	6	6	11
	13	850	660	1510	14	5	10	6	6	12
	14	150	80	230	132	3	14	6	6	12
	15	85	20	105	125	3	10	6	6	11
	16	25	85	110	103	2	5	6	6	12
	17	25	80	105	118	2	4	6	6	11
	18	70	85	155	143	2	4	6	6	12
	19	85	85	170	160	3	14	6	6	11
	20	80	75	155	176	4	6	6	6	12
	21	80	80	160	218	4	13	6	6	12
	22	85	85	170	127	2	7	6	6	12
	23	65	0	65	135	4	15	6	0	6
	27	55	85	140	130	6	6	6	7	13
	28	75	55	130	133	8	8	6	6	12
	29	35	80	115	140	7	7	6	6	12
	30	0	80	80	110	6	6	6	6	12
	31	75	60	135	240	12	12	6	6	11
11	1	75	45	120	100	5	5	6	6	12
	2	25	20	45	123	4	4	6	6	12
	3	30	0	30	35	2	2	8	0	8
	5	85	45	130	185	10	10	6	6	12
	6	60	85	145	180	9	7	6	6	12
	7	65	25	90	150	7	7	6	6	12
	8	85	55	140	180	8	29	6	6	12
	9	85	85	170	160	8	32	6	6	12
	10	55	65	120	104	7	36	6	6	12
	11	230	80	310	185	8	34	6	6	12
	12	0	75	75	100	5	18	6	6	12
	13	80	75	155	151	9	51	6	6	12
	14	0	30	30	70	1	2	6	6	12
	15	75	75	150	240	5	6	6	6	12
	16	55	80	135	206	4	2	6	6	12
	17	85	0	85	87	2	5	10	8	18
	18	0	80	80	96	3	5	9	8	17
	19	55	85	140	178	3	2	9	8	17
	20	85	85	170	218	3	3	7	9	18
	21	75	55	130	192	3	4	6	6	12
	計	237	2735	5125	5516	186	442	286	177	533

吹込作業日数 240日間
 全送時間 512.5時間
 全平均日作業時間 2.135時間
 総工数 659.7
 水送満工高 65.4
 1.1送機高 61.3
 吹込総回数 5516回
 吹込電数 186千
 全送最大吹込回数 240回

一日最小回数 35回
 一日最大吹込電数 12.7千
 最小 2.7
 吹込総間数 442回
 一日平均 1.84回
 吹込平均吹込電数 37.54千
 一日平均吹込電数 2.16回
 平均間吹込電数 37.54 x 2.16 = 81.47
 平均一回吹込電数 37.54 x 2.16 = 81.47
 5516