

戦後の発電水力事情

正員 米屋 秀 三*

1. まえがき

水力発電所は戦争による被害の少なかつたものの一つである。しかし火力発電所は一部に戦災を受けかつ石炭入手困難のために十分な運転ができず、昭和 25、26年の渇水期にはしばしば節電、停電の憂目をみた。冬の暗夜に光も熱も奪われたみじめな生活が続き、電力拡充の要望は国民の声となつて拡がった。一方疲弊した国家経済を立て直すには、産業を速やかに復興し輸出の増進を計るよりほかに途はない。それにはほかに資源の乏しいわが国としては、まず水力を開発して産業交通の電力を確保し、さらに電気化学工業の原料としての電気を生産し、これを輸出に当てるべきであつて、電源開発には官民協力して真摯な努力が続けられた。その結果、昭和 26 年頃から大規模発電所の建設工事が続々開始され、ついにはその活況は戦前をはるかに凌ぎ、また他の産業施設に比してより多くの資金が投入された。かくして電力の需要と供給との関係は漸次改善され、昭和 32 年度には完全にバランスのとれる予定である。これらの建設工事には斬新な設計と能率的な工法が多く見受けられ、たとえ米国 O.C.I. の勧告や輸入した施工機械に負うところがあるとしても、わが水力技術の進歩には隔世の観がある。

2. 電源の開発

(1) 水力開発の経過 終戦後の水力発電所の出力増加の状況は表—1 に示すとおりで、昭和 29 年 3 月現在の既開発発電所の総数は 1 440 地点、775 万 kW になつた。

表—1

年度	電気事業者		公 営		自家用		計	
	地点	出力 (kW)	地点	出力 (kW)	地点	出力 (kW)	地点	出力 (kW)
昭 20	5	39 100	—	—	1	5 300	6	44 400
〃 21	7	44 550	—	—	—	—	7	44 550
〃 22	6	44 700	1	15 200	—	—	7	59 900
〃 23	12	86 600	—	—	—	—	12	86 600
〃 24	12	44 250	—	—	1	1 100	13	45 350
〃 25	3	10 000	1	11 200	5	33 800	9	55 000
〃 26	17	188 947	2	20 100	3	52 100	22	261 000
〃 27	14	160 460	4	30 080	4	32 600	22	223 140
〃 28	28	564 620	8	63 700	10	74 630	46	720 950

水力の建設工事は戦争の末期には資材、労力の不足で苦しくなり、鋼材及びセメントを極度に節約したい

わゆる戦時型の発電所がわづかに造られていた。終戦後は経済事情が一変したために今度は資金難に陥入り、戦時中に着工した発電所の残工事を細々と継続しているに過ぎなかつた。この足踏み状態の影響は昭和 25 年度まで続き、年間の出力増加はわづか数万 kW であつた。これを過去の実績すなわち既往 10 カ年平均 25 万 kW に較べると、いかに開発の遅れたかがわかる。しかし新規地点の建設工事は、昭和 24 年末見返資金から融資を受けたときにすでに始まつていた。それらが昭和 26 年度以降に続々完成し、電力の増加状況は戦前に戻り 28 年度には約 70 万 kW の増加があり、戦前の記録 60 万 kW を上廻るようになった。

この間、昭和 25 年には電気事業の再編成が行われた。すなわち戦後の産業界を吹き捲つた企業合理化の嵐は電気事業にも襲いかかり、日本発送電会社はついに解体して 9 つの電力会社が電源開発を担当することになった。さらに昭和 27 年には電源開発促進法が成立し、政府資金によつて全国的に大規模水力地点を開発する電源開発会社が設立された。次に戦後の電気事業にいちじるしい変化をみたものに建設資金の調達方法がある。水力発電所の建設には莫大な工事費を要するが、戦前には会社の株式または社債で容易にこれを調達することができた。しかし戦後一般物価が高騰したにもかかわらず、電気料金は政府の低物価政策によつて値上げを抑制され(例えば昭和 27 年の卸売物価指数 357 に対して電気料金は 144 である)、配当や利息を満足に支払えないので、いきおい政府資金とか市中銀行の特別融資とかに頼らなければならなくなつた。その額は多いときに建設資金の 80% にも達し、現在でも 50% くらいで、これら融資の見通しが工事の緩急を大きく左右するようになってしまつた。

(2) 工事中並びに将来計画 従来からわが国電力施設の拡充は、政府の樹てた電力 5 カ年計画の線に沿つてかなり確実に実施されてきた。戦後の産業再建を見透して電力需給のアンバランスを根本的に解決した 5 カ年計画は、昭和 28 年度に至つてようやく確立された。それによると昭和 32 年度に電力量 534 億 kWh の供給を目標とし、それまでの 5 カ年間に 510 万 kW (うち水力 360 万 kW) の発電所を建設するものである(註: 既設発電所の 4 割余の電力が一躍増加することになる)。本年度(昭和 29 年度)はこの将来計画

* 早稲田大学教授、理工学部土木教室

を踏襲することとなり、年度内の工事中発電所の出力及び資金は表-2のとおりである。

表-2

事業者別及び水火別	最大出力 (千kW)	総所要金 (億円)	29年度所要金 (億円)
電力会社 {水力 火力}	925 889	1 207 509	419 210
都道府県 水力	355	418	100
自家用 {水力 火力}	120 40	119 26	44 6
電源開発会社 水力	1 265	1 302	241
計 {水力 火力}	2 665 929	3 046 535	804 216
合計	3 594	3 581	1 020

この計画の水力発電所には、東電須田貝地点の純地下式発電所、九電上椎葉地点のアーチダムなど発電水力の新技术を開拓したものがあつた、また電源開発会社の佐久間、奥只見、御母衣及び中電の井川など巨大な貯水池を有するものがある。特に佐久間発電所はその規模において既設発電所の記録を完全に更新し、将来も恐らくは出現することのない一大水力地点である。

表-3

	佐久間発電所	既設記録発電所
最大出力	350 000 kW	165 000 kW (東電信濃川, 昭14.11竣工)
使用水量	306 m ³ /sec	270 m ³ /sec (東北電鹿瀬, 昭 3.12竣工)
ダムの高さ	150 m	84.1 m (関西電三浦, 昭21.1 竣工)

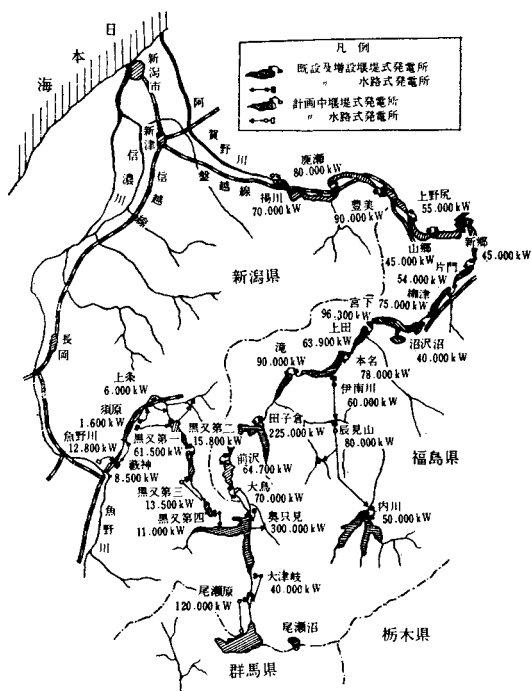
(3) 只見川の開發 只見川は尾瀬沼に源を発して北に向い、福島県と新潟県の県境の山峽を縫つて流れ、それから東北に転じて会津盆地に出て阿賀野川となる。その間は地勢急峻、河川流量多く、包蔵水力は約150万kWと推測された。しかし交通がきわめて不便なために、終戦当時には宮下(32 000 kW)、伊南川(24 000 kW)の2地点が開発されていただけで、わが国最大の未開の宝庫として残されていた。従つて戦後の電力拡充計画には第一に注目され、政府並びに日本発送電会社が調査し、阿賀野川を含めて尾瀬原、大津岐、奥只見、前沢、田子倉、滝、本名、上田、柳津、片門、上野尻、揚川の12地点をダム式で階段状に開發する計画を樹てた(本流案と称す)。ただしこれらの地点の着工の時期に関する見通しは明らかでなかつた。

一方新潟県も県営電気事業及び灌溉用水確保のためにこの只見川を取り上げた。それは只見川上流部が信濃川の支流佐梨川、黒又川などと流域を接し、地形上比較的短い分水トンネルによつて高落差が得られるからである。すなわち新潟県の流域変更による発電計画案(昭和24年11月)によると、前記の奥只見貯水池から分水し湯之谷のダム水路式発電所及び小出、妙見の2水路式発電所で信濃川本流に落とし、わづか40kmの水路で660mの落差を利用することができる。この計画案は工期が短かく落差も完全に利用し(本流案

と流域変更案の最下流地点の放水水位はほぼ同じである)、当時の電力早期拡充の要望に応えた妙案であつた。また延長10kmの分水トンネル、一地点400mの高落差発電所など技術的に魅力のある工事を多く含んでいた。しかし水路經過地の地質に疑問を生じ、かつ高水時流量の完全利用はやはり本流沿いの地点の完成に待たなければならぬので、この案の具体化も容易に決まらなかつた。

只見川に関するこの二つの計画案については関係技術者が二つに分れて活潑な論議を展開し、これを処理すべき河川綜合開發調查協議会においても決論が得られなかつた。そこで政府は斯界の國際的權威である米國 O.C.I. (Overseas Consultants Incorporation) を招いて調査を依頼し、その結果は本流案を支持する勧告書の提出となつた。しかし流域変更案を堅持する新潟県はこの勧告書をも反駁して譲らず、一方本流案を日本発送電から受継いだ電源開発会社には地元の福島県が加わつたので、両案の対立は技術的の面から政治的の面に移行し、いつ解けるか測り知れない状態にあつた。この紛争の間に東北電が下流の片門、柳津、上田、本名の4発電所を建設し本流案の約半数を開発してしまつたので、流域変更案の妙味の薄れたことは事實である。続いて電源開發促進法の成立にともなつて政府は自ら只見川開發を立案する立場となり、本流案

図-1 只見川、黒又川綜合開發計画(政府案)



を骨子としてその余剰水を新潟側に分水する新しい計画案を作成した(図一)。そこでこの問題も昭和28年7月の電源開発調整審議会でようやく解決をみるに至った。

(4) 河川総合開発と共同費の振分け 山林の乱伐で洪水の出水が早くなり、河川の氾濫と堤防の決壊は戦後における日本の河川の慢性的症状である。この対策として治水計画は河道の改修よりもダムによる洪水調節に重点をおくようになった。また食糧増産のために新開墾地が計画され、その灌漑用水の多くは新設貯水池に求めなければならなかった。これらのダムによつて落差はもちろん発電に利用することができる。そこで河川総合開発と称し、一つのダムで治水及び利水の目的を達成する多目的ダムの建設が盛んになった。

電気事業の立場からこの総合開発をみると、ダム建設費の如き共同費の分担額、貯水池の運営方法などに問題は残るが、開発にともなう補償は代替地などの点で解決が容易となり、電力単独では経済的に弱い地点が早期に開発され、またダム式発電なるが故に渇水期に良質の電力が得られプラスになる面がきわめて大きい。なお共同費の振分け方法については、関係各部門から多彩な意見が提出され検討された。しかし洪水防禦、灌漑及び発電の三つを例にとつても、前二者は政府事業で社会福祉を重視し、後者は主として民間企業で経済採算を無視できず、これら性格の異なる事業を一つの基準で評価することにはかなりの無理があつた。それにもかかわらず関係者の熱心な研究と協調により一つの成案に到達し、共同費の振分けは「身替り妥当支出法」を原則とすることが決定された。この振分け方法の具体的な算定方法を解説すると次のとおりである。

各事業ごとに身替り建設費(その地点において同一機能を有する施設の建設費)と身替り妥当投資額(経済効果を資本に還元した価額)とを計算し、そのいずれか少ない価額から各事業の専用施設費を控除する。これが共同施設に対する各事業の投資限度となるから、その比率を用いて共同費用を按分比例で分ける。

(5) 電源開発にともなう補償 発電所建設の際の用地買収費、家屋移転費等の補償費は昨今はなほだしく高騰し、かつ補償契約不調のために工事着手の遅れた事例も生じて、補償問題は発電事業の鬼門になりつつある。すなわち補償費が建設費の中に占める割合は、戦前2~5%であつたものが戦後10%となり、さらに20%に撥ね上つてきた。この補償はすべて所有者と電気事業者との任意取引きであるが、戦前は公益優先に名を借りて地元民に犠牲を強いる傾向もなくは

なかつた。従つて戦後民権の尊重によつてこれが是正され、補償費がある程度高くなるのも当然である。しかし最近は大変動の激しい経済界に刺戟され、あるいは悪徳な仲介者に煽動されて地元民の中には法外の高値を要求するものがあり、一方電気事業者は電力の急速拡充の要請に焦慮してやむを得ずそれに妥協し、補償費は上昇の一途をたどつていゝ。そこで政府はさきに補償の評価基準を示す要綱を発表したが、法的な強制力がなないために値上りの停止には役立たなかつた。しかし今日の料金制度から補償費の増額はそのまま電気料金の値上げとなるので、悪い影響を社会に及ぼすことになる。従つてこれを適正価格まで引き下げるために補償に関する強力な立法措置と地元民の不安を除くよりよい代替地及び職業の斡旋とが望まれるゆゑである。なお工事実施の遅延は、地方行政の不円滑さがこれを手伝つていゝように考えられる。すなわち地元との補償問題が全面的に解決しない限り、水制権を付与しないかあるいは工事実施認可を下付しない地方官庁の多いことである。これらの許認可は河川法にもとづくものであるから、知事は河川の治水利水上の見地から判断して速やかに決裁すべきであつて、他種水利権との懸案を除き補償とは別箇の問題である。

3. 技術の進歩

(1) 工費工期の節約 戦後の水力技術は設計、施工のあらゆる面にいちじるしい進歩を遂げ、その結果は工事資材及び労力の節約、建設費の低減、工期の短縮となつて現われた。通産省の調べによると、昭和11~16年に竣工した発電所と、戦後から27年度までに完成した発電所の単位建設費の比較は次のとおりである。

表—4

	水路式発電所		ダム式発電所	
	kW 当り建設費	kWH 当り建設費	kW 当り建設費	kWH 当り建設費
a 戦前の平均	円 490.6	円 0.079	円 413.0	円 0.075
b 戦後の平均	99 890	16.140	98 500	18.700
b/a	240	205	239	250

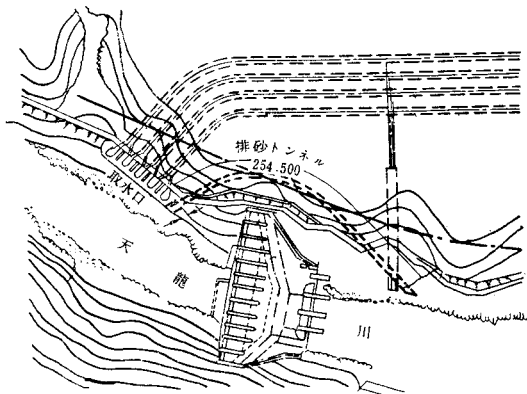
すなわち戦後の建設費は200~250倍に高騰したが、その間に主要資材のセメントは380倍、労務者賃金は230倍、一般物質は350倍になつていゝから比較的値上りの少ないことゝわかる。その原因としてセメント所要量は発電所出力1kW当り水路式1.0t、ダム式2.0tであつたものがそれぞれ0.71t、1.41tに減少し、労務者数は1kW当り35人が25人に減つたことなどが挙げられる。

次に工期の短縮と施工の改善は、工事の機械化によつてその目的を達成した。特にダム建設工事は各種の機械と設備を駆使して完全流れ作業となり、その工程

は驚異的な進捗速度を持つようになった。またトンネル工事には削岩にドリルジャンボ、礪出しにロッカーショベルとダンプカー、巻立てにコンクリートポンプの使用が一般化された。その結果わが国で始めてジャンボ（2階4削岩機）を使用した東京電力幸知発電所水路トンネル（4m×4m）でさえ、掘進速度を2m/日から7m/日に上げることが可能であった。

(2) 泰阜調整池の排砂トンネル 天龍川泰阜発電所（中部電力）にはダムの高さ39.5mの調整池（総貯水量10768000m³、有効水深6.5m、有効容量3280000m³）がある。この池は上流の支流三峯川、小波川から年々大量の土砂が流入し、竣工（昭和11年）後わずか10カ年で総貯水量の7割が埋没し、かつ取水口の前面に堆積したため出水時の取水が困難になった。そこで排砂トンネルを新設して土砂を放流する計画が樹てられ、高ダム調整池として未曾有の改良工事が行われた（昭和24年）。排砂トンネルは発電所取水

図一 泰阜発電所一般平面略図

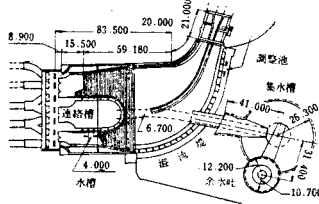


口の直下流に呑口があつて、その位置は満水面から15m、取水口敷から2mの下方になっている。呑口には2門のスピンドルローラーゲートを併設してその開閉操作を容易ならしめ、水路は巾3.0m、高さ3.5mの馬蹄形で勾配を1/62とし、下流端を彎曲して河床面まで下げた。この工事はすべて発電を継続しながら行われ、池内の締切には鉄矢板のコフファダムを用いたが湧水が多く難工事であつた。トンネルの排砂能力はかなり大きく、使用直後に取水は容易となり有効容量は最低の4割から8割に回復した。

(3) 小千谷発電所の水槽 国鉄の信濃川小千谷発電所（最大使用水量300m³/sec、有効落差48.2m、最大出力125000kW）は昭和27年に発電機5台のうち3台が運転を開始した。本地点は調整池を水槽に隣接して設けたので、水槽は連絡水槽の機能を兼備した新しい設計となつた（註：連絡水槽は上流の手先発電

所その他に先例はあるが多くは調整池の中に造られている）かつ調整池水位の低下による落差の損失を最小ならしめるために、水圧管を5条に分け、うち3条を導水路直送とし残りの2条だけを調整池連絡用とした。

水槽の構造は図一3に示すように、水槽の中に連絡槽があり調整池の集水槽と連絡トンネルで結ばれている。また2条の水圧管は水槽と連絡槽の双方に呑口があつてY字状に合流し発電所に至る。運転は負荷の小さいときは水路から5条の水圧管に直送し、余剰水を溢流堰（水路の山手側壁と連絡槽の天端）から調整池に送り込み、負荷の大きいときは調整池の水を集水槽から取入れ、連絡槽において2条の鉄管に補給するものである。



(4) 沼沢沼揚水式発電所 沼沢沼は只見川の南岸から約1kmの距離にある火口湖で、湖面は川から約220mの高さにある。湛水面積は31.1km²、水深は95m、貯水量は1.9億m³であるが、流域面積はわずか8.9km²しかないので、流入量は沼の損失水量を補う程度である。一方只見川は豊水期に余剰水力がありかつこれより下流の利用落差は200mにも達するので、ここに渴水期補給用の大揚水式発電所が造られた（昭和27年）。その概要は次のとおりである。

- (a) 貯水池：水深30m 利用し8500万m³の有効容量となる
 - (b) 水量：最大使用水量・24.3m³/sec 最大揚水量17.2m³/sec
 - (c) 水頭：有効落差（最大）215.2m 揚程（最大）226.2m
 - (d) 電力：最大出力43600kW 最大揚水電力40200kW
 - (e) 電力量：発生電力量5540万kWh¹⁾ 揚水電力量7310kWh
- 1) 下流発電所の増加分を加えると8680万kWhとなる。

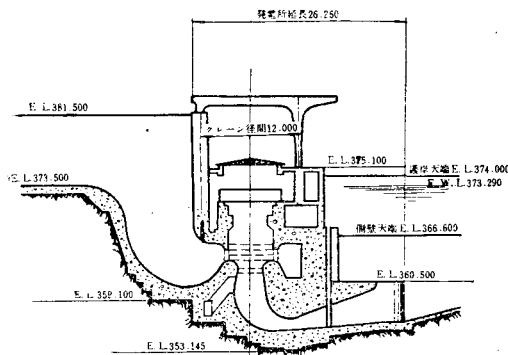
発電は沼の取水口から延長1kmの圧力トンネルを経て、水室調圧水槽に至り、2条の水圧管で発電所に落し宮下調整池に放流する。揚水の場合はこの経路を逆流させるもので、従つて発電機は電動機にも兼用され、左右の横軸上に水車とポンプが据付けられた。なお取水口は沼の水深の位置に設けられるので、この種の工事として始めてのケーソン工法を採用した。それでも地下に火山灰層、砂礫層が挟在して湧水がきわめて多く、工期約2カ年半の大工事であつた。

(5) 純ダム式発電所 東北電力の片門、柳津、上田、本名の4発電所は、只見川総合開発の線に沿いダ

表一6

	建物費 (千円)	クレーン費 (千円)	機械基礎費 (千円)	計 (千円)
屋内式	37 000	12 800	34 800	84 600
半屋外式	22 000	16 900	35 000	73 900

図一8 小田切発電所縦断面図



地下 70 m の位置(屋根の土被りは 40 m)にある完全地下式となつた。発電所の掘削は天井をアーチ、側壁を垂直とし、大きさは長さ 56.3 m、巾 15.6 m、高さ 31.0 m である掘削の順序は斜坑ではいつて天井のアーチを巻き、それから下方に拡げて行つた。その周辺の地質は良質の花崗岩であるが発電所の設計は地下式であるため地下水対策に細心の注意が払われ、まづ周囲の地山にグラウトを行い、排水トンネルを抜いて水圧の建物に及ぼすことを阻止し、さらに建物を二重壁としてその間に空気を回流させ外壁から滲み込んだ水分が室内の湿気となることを防いだ。なお負荷の変動の際に長い放水路では流速に時間的ずれを生ずるので、水車吸出管の出口に調水室(サージチャンバー)を設けた。

4. 将来について

通産者の水力調査書(昭和 29 年 3 月)によると、わが国の包蔵水力は 2 200 万 kW であり、そのうち既開発を 770 万 kW とするとなお 1 400 万 kW 余の未開発が残されている。この既開発の水力地点は 9 割までが自流式発電所で、渇水期には供給電力が半減し火力発電で補わなければならない状態である。なお火力発電については、最近の炭価の値下りによつて発電原価が水力のそれに近づいたことなどが原因となつて、一部にはこれを重視する傾向が現われてきた。しかし火力により大きな発電力を担わせることは、わが国の石炭事情に照して将来再び電力界の危機を招くおそれがあるから、やはり水力をさきに開発し水力発電の自立を目標として質の向上を計るべきである。すなわち残された水力地点に可能な限り大貯水池を設けて河川流量を調節し、また調整池を置いて尖頭負荷に対応せしめることが必要である。しかしこの開発方式は、水没補償が膨大になるとか、ダムの地質に問題があるとか障害のますます多くなることが予想されるので、水力関係者の一層の努力と地元官民の好意ある協力とに待つところが大きい。

以上の開発方針に沿つて技術の面においては、貯水池の規模と運営を決定する理論的方法を始めとし、アーチダム、ロックフィルダムのごとき新型高ダムの構造理論、利用水深の増加にともなう高水圧弁及び高水圧トンネルの設計、河川の下流部におけるフローティングダムの設計あるいは基礎砂利層の処理方法等々の多くの研究課題が早急に解決されなければならない。

なお最後にこの紙上を借り、資料の提供その他に援助を賜つた新井義輔(電源開発)、市浦繁(通産省)、高畑政信(通産省)、矢崎道美(東北電力)、山岡包郎(東京電力)の諸氏に厚く御礼を申し上げる。

図一9 須田貝地下発電所

