

## 【会長講演】

# わが国水力の将来と水力技術者の使命

—昭和33年5月24日、早稲田大学における土木学会通常総会において講演—

内海清温\*

わが国の人口はすでに9000万を突破した。この50年間に約2倍になったわけである。今後も図に示すように、年とともに増加の一途をたどるものと予想される。

エネルギーの消費量も、この人口の増加と国民生活水準の向上にもなつて次第に増加してきた。昭和30年度において、7000 calの石炭に換算して約9000万t、すなわち人口1人当たり1tに達した。今後も人口の増加、産業の発展、国民生活の向上等にもなつて、わが国エネルギー総消費量は年々いちじるしい増加をきたすものと予想される。例えば昭和50年において、人口は1億を突破し、1人当たりエネルギー消費量2.68t、総エネルギー消費量2億7000万tに達するものと推定される。わが国におけるエネルギー資源としては水力と石炭が主であり、ほかに薪炭材とわずかの石油と、さらにわずかの天然ガスなどがある。

このエネルギー総消費量のうちで、水力と石炭を燃料とする火力とを合わせた、いわゆる電気エネルギーの占める割合は、これも国民の文化水準の向上にもなつて漸増してきた。今後もこの傾向を続けるであろう。例えばこの総エネルギー消費量に対する電気エネルギーの比率は、昭和12年に約20%であつたものが昭和30年には約35%となり、昭和50年には約40%と推定されている(図-1~3参照)。

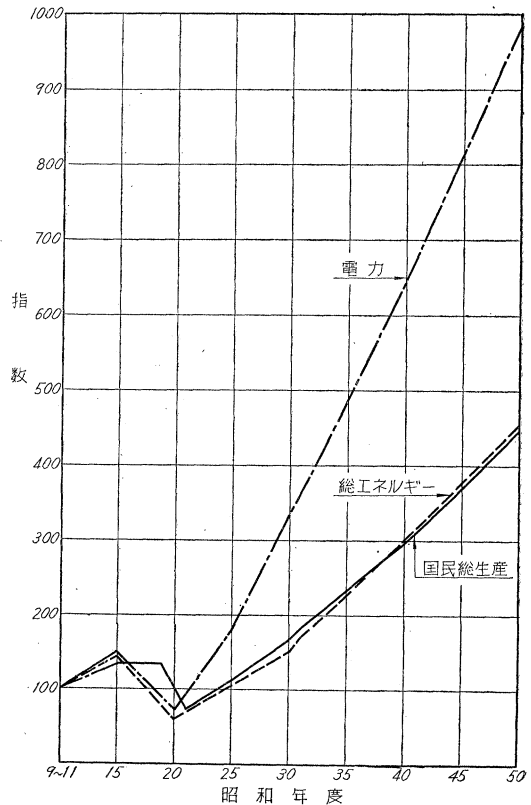
そこで、この貴重な、しかもわが国唯一の循環資源である水力を、今後火力といかなる組み合わせ方式で、いかなる規模で、そしていかなる速度で開発すべきかということは国家のエネルギー経済上、まことに重要な問題である。

そもそもわが国において電気エネルギーが実用に供されたのは、火力は明治20年に東京電灯が丸の内において20kW程度の火力発電を行なつたことに始まり、水力は明治23年足尾銅山において数10kWの発電をしてこれを電灯および動力用に用いたのに始まるが、以来60数年の間幾多の迂余曲折をみたが、一貫して水主火従の方式が取られた。すなわち水力開発を主とし、か



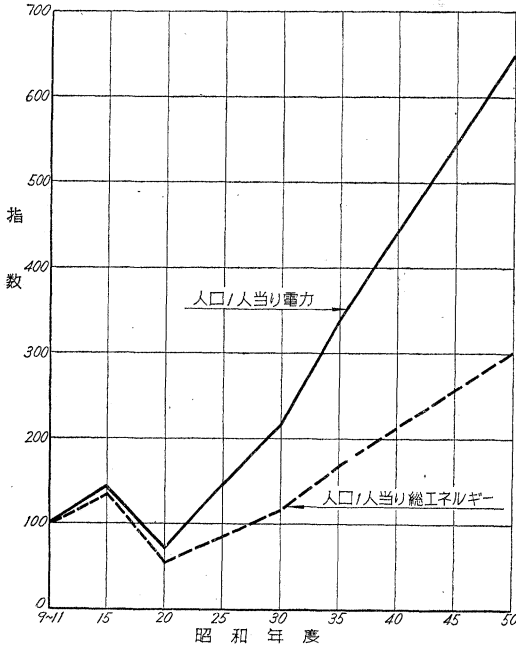
つ、この水力も水路式発電あるいは自流水式発電といつて、貯水池を持たないで河の自然流量をそのまま取り入れて、水路によつて落差を得て発電する方式、これが発電コストが最も安いために初期においてはもつぱらこの方式がとられたが、そのうちだんだん1日の負荷の変動を調整するためのいわゆる調整池(1日のうちで水を調節する池をいう)を持つ発電所も始めて造られるようになってきたが、このいずれにしても貯水池(1年のうちで渇水豊水を調節する池)を持たないために、冬あるいは夏の渇水期には出力がいちじるしく低下するわけであつて、この渇水期の電力不足と、水力でまかないき

図-1 エネルギー需要のすう勢  
戦前(昭.9~11=100)基準指数



\* 会長 工博 電源開発KK総裁

図-2 エネルギー需要のすう勢  
戦前(昭.9~11=100) 基準指数

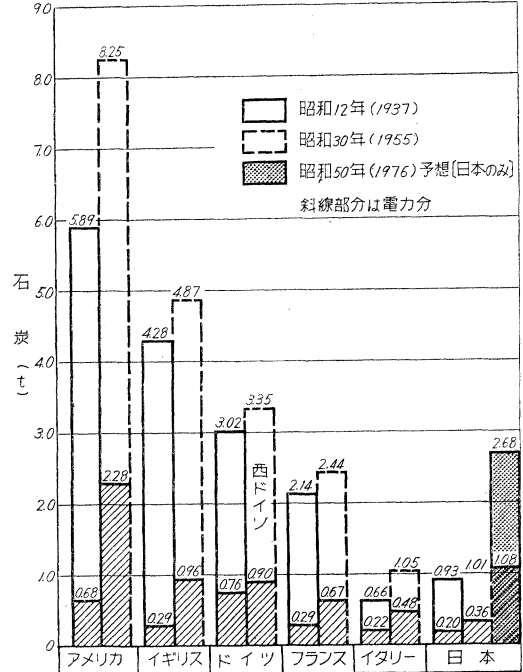


れないピーク ロードとを火力で補なつてきたのである。これはもちろんこの種の水力が火力に比して発電コストがいちじるしく安かつたことに起因するのであるが、一面、戦前においてはカーバイド工業、肥料工業など、豊水期すなわち電力の多いときに多く生産し、渇水期すなわち電力の少ないときに少なく生産しても十分ペイした、つまりこれらの工業に不定時電力が売れたこともその理由の一つである。

ところが近年火力発電の技術が急速に進歩して、大容量でしかも高温・高圧の蒸気を使ういわゆる“新鋭火力発電所”が出現するに至つた。燃料の熱効率も旧式火力でせいぜい 18% (蒸気機関車は 5% 弱) であつたものが新鋭火力では 38%, すなわち燃料の石炭が旧式火力の半分以下で済み、また発電所の建設費も水力の半分ぐらいであり、工期も短かく、さらにオートメーション化が進んでいて人件費も極度に減少し、結局その発電コストが非常に安くなつてきた。

ただしこの新鋭火力も従来のように豊水期には休止して渇水期だけ運転するとか、あるいは毎日ピーク時だけ断続的に運転したのでは、第一燃料の無駄が多く、ことに年間延べ稼働時間が少なく(従つて年間発電量が少なく)、その少ない発電量 kWh に対して固定費(建設資金に対する支払利息、減価償却、固定資産税等々)の負担が多くなつて、かえつて水力にくらべて非常に高いものになる。かつ高温・高圧の機械を断続的に動かしたのでは機械の寿命にも悪影響がある。

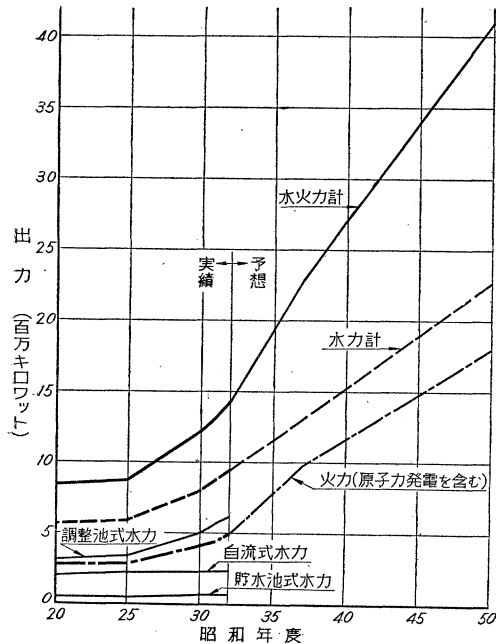
図-3 主要国国民 1 人あたり需要エネルギー  
(石炭 7000 kcal/kg 換算)



そこでこの大容量新鋭火力の発電コストを下げるためには 1 日 24 時間ぶつ通しにフル ロードをかけ、1 年 365 日休みなく働かせれば利用率 100% でこれが理想的であり、もちろん発電コストも最も安いわけである。しかし局部的修理のためとか、定期検査とかあるいは深夜負荷の最低のときに電力に余剰を来さないために意識的に出力を下げるなど、利用率 100% に働かすことは不可能で、現在利用率 80% くらいを目標としている。

ともあれ、この大容量新鋭火力出現のために、従来の水火力組合せ方式を全く逆にして、この新鋭火力にベースロードを受持たせ、ピークロードを大貯水池式水力に受持たせ、この火力と貯水池の抱き合わせによつて電力コストを最低に持つてゆくことができる。すなわちこれが最も経済的であるわけで、昭和 29 年すなわち大容量新鋭火力出現以来わが国の電力開発はこの組合せ方式に変つてきたのであり、今後もこの方式が取られるであろう。これを俗に“火主水従”といつている。これは前述したとおり、火力発電の果す役割が従来と逆になつたために“水主火従”という言葉を逆にしたまでで電力新開発の量が急に逆転したわけではない。図-4 で明らかのように、昭和 32 年から 37 年までは電力不足を補なうために、工期の短かい火力設備の開発量が水力のそれを上まわつているが、その後においてはむしろ水力の方が多少大きく予定されているのである。これは今後大容量新鋭火力発電所が増設されるにともなつて、大貯水池式発電所が不可避免的にその必要性を増してきたからに

図-4 事業用発電設備の推移



はかならない。

このように大貯水池発電の効用とその重要性が近来急速に増大し、将来電力需要の逐年の増加に対応して、あらゆる困難を克服して、大貯水池が建設せられなければならないようになってきたのである。

さらに最近に至り、原子力の平和利用、なかでも原子力発電ということが世界の大きな課題となつてきた。ことにわが国においては、水力もあますところせいぜい2000万kW程度であろうし、石炭もはなはだ心細いものであつて、現に昭和31年において石炭は生産5000万t輸入400万t、昭和50年においては生産8000万t(精炭7200万t)に対して2200万tを輸入しなければならないという事情にある。従つて火力発電も将来燃料問題で行きづまるときがそう遠くなくやつてくることを予想すれば、わが国将来のエネルギーは原子力発電に大きく依存しなければならないというわけであつて、現に最近いち早く「原子力発電会社」が創立せられ、さしあたり英国のコールドハーホール改良型150000kW1基を輸入し昭和37年度中に完成せしめる予定であり、この会社に引き続いて昭和50年までには数100万kWの原子力発電をしたいという声すらあるのである。ところがこの原子力発電も新鋭火力と同様あるいはそれ以上に、ベースロードを受持つてその稼働率を高めなければコストを下げ得ないと考えられている。はたしてそうだとすれば、ここにもまたそのピークロードを受持つ大貯水池式発電の必要性が加わるわけである。

貯水池式発電は、火力および原子力発電の負担し得な

いピークロードを受持つという重要な役割を持つほかに、なお二つの大切な役割を持つているのである。その一つは、従来開発せられた、また今後もさかんに開発せられなければならない水路式発電所、および調整池式発電所に対する渇水補給、あるいは渇水時の電力補給の役割である。戦前並びに戦後開発せられたこの種の発電所の最大出力は合計約1000万kWであり、未開発水力は前述したとおり2000万kW程度のものであるが、その相当の部分はこの種の発電(すなわち水路式あるいは調整池式発電)の適地であり、しかもその中には新鋭火力よりも発電コストの安いものが相当にあると推定せられているから、これらも大貯水池式発電と平行して開発せられなければならない。従来これらの水力の渇水時に激減する電力の補給は、最初に述べたとおり火力によつてなされてきたのであるが、その火力は老朽してきて、だんだんその用にたえなくなるから、今後はその分も大貯水池によつて補給せられねばならないのである。

貯水池の第三の役割は、火力発電所ごとに新鋭大容量火力発電所の故障による停電の際、瞬間的にこれに応援しようということである。かりに大きな予備火力があつたととしても、これを働かせるには相当の時間を要し、急場には間に合わないが、貯水池式発電所ならば瞬間的に働いて、需要者になんら不便と損害を与えないですむ。これは電力事業経営上非常に大きな利点である。

さらに以上三つの役割のほかに多くの場合貯水池は、必要に応じて揚水発電をも可能ならしめるということを見逃してはならない。戦前においてもこの揚水発電は考えられたのであるが、当時は主として河の豊水期の余剰電力をもつて水をポンプアップして、これを貯水池に貯えて、渇水期にこの貯水を使用して発電する構想であつたが、今日および将来においては、毎日深夜すなわち1日のうち最も負荷の少ないときの余剰電力をもつて水を池に汲み上げて、昼間のピーク時に発電することが考えられるようになった。水路式発電の場合、深夜発電を止める大切な水を捨て去ることになり、また火力発電の場合運転を止めたり、また始めたりすると燃料が不経済である。そこで発電を全部停めるということをしないで、そのために生ずる余剰電力を有効に利用するのであつて、その効果は大きいのである。

以上述べたところを要約すると、わが国は人口の増加と国民生活水準の向上による消費の増大と輸出増強のために、生産は逐年伸ばしてゆかねばならない。そのために必然的に電力の供給が加速度的に増大されねばならない。その電力供給のうちベースロードに対して新鋭火力と原子力発電と水路式発電が開発されねばならない。これと平行してピークロードと渇水時電力補給のために、大貯水池発電所が今後万難を排して続々と建設されねばならないということになる。

大貯水池の建設はすなわち大ダムの建設にはかならない。従つて今後の水力技術者の使命の大半は、この大ダムをよく；安く、そして早く造ることにあると思う。しかしながら大ダムの建設には地形の問題、地質の問題、水文学的の問題、水没地住民の問題、水没工作物の問題、大量の材料の収集と運搬の問題等々、すでに建設以前において解明、解決すべき多くの問題が横たわっているのみならず、とくにダムそのものの構造、型式の選定、その設計、その施工に対し、常に慎重な考察と細心の注意を要することはもちろんである。他の一般の土木工作物に比し、まことに特異な構造物である。他の一般の土木工作物は、万一それが不測の事由等によつて破損することがあつても、多くの場合工作物それ自身の損害にとどまり、他人に損害をおよぼすことは少ない。しかるに大ダムの場合においては、万一それが破壊すれば、貯満された水が恐るべき勢いをもつて奔流し、下流沿岸の住民、家屋、田畑、道路、橋梁その他一切のものを一瞬にして押し流し、その惨害は計り知れない。従つてダムは、あらゆる外力と内力に対して“絶対に安全”であ

り、かつ“永久に安全”でなければならない。ダムの安全性と恒久性は絶対であつて、その経済性はいわば第二義的である。水力技術者がダムの外力と内力に対してきわめて神経質であり、またその構造型式の選定に対して多少保守的に見えるのは当然であろう。責任ある技術者は、ダムの安全性と恒久性に対し、自ら絶対の確信をうるに至らないかぎり、他動的に新しいものに手を出すことはできないはずのものである。

ダムの安全性にくらべてその経済性は第二義的であるといつたが、決して経済を無視してよいということではない。できるかぎりの最少の費用をもつて、しかも絶対の安全性を確保しなければならないことはもちろんであつて、そこに水力技術者の苦悩があるのである。

しかしながら一方、世界的にダムの技術も日進月歩である。わが国の水力技術者が、外にあつては広く世界の技術に学び、その真髓をきわめ、内にあつては互いに切磋琢磨して、世界有数の地震国であるわが国独特のダム技術を打ち立てなければならない。しかもそれが目下の急務であることを痛感する。

## 学会備付図書(国内)一覽(27)

### I. 昭. 33. 6. 間に寄贈を受けた分

○埼玉県土木技術研究会 論文抄録 第4集 昭32年度(土木部) ○コンクリート パンフレット 1 昭. 32. 9. 30 改訂2版 コンクリートの常識: 工博近藤泰夫(日本セメント技術協会) ○同 6 昭. 31. 9. 15 改訂初版 コンクリート重力ダムの設計: 工博内村三郎(同) ○同 14 昭. 30. 12. 1 改訂初版 コンクリートの施工: 工博山田順治(同) ○同 15 昭. 33. 2. 20 改訂初版 コンクリート道路: 樽井常忠(同) ○同 18 昭. 32. 8. 31 改訂2版 コンクリート用骨材: 伊東茂富(同) ○同 20 昭. 31. 10. 10 改訂2版 鉄筋コンクリート建築の施工: 菅田豊重

(同) ○同 32 昭. 32. 8. 20 改訂2版 コンクリートの新しい知識: 樋口芳朗(同) ○同 48 昭. 32. 8. 15 改訂初版 遠心力鉄筋コンクリートクイ: 綾亀一・中田重夫(同) ○同 55 昭. 33. 4. 10 発行セメントのレリーフ(浮彫り): 乗松巖(同) ○盛工年次報告 昭32年度(国鉄盛岡工事局) ○建築図書総目録 1958年版(日本建築学会) ○東京建設業者大鑑(東京建設業協会)

### II. 昭. 33. 6. 間に購入した分 なし

付記 学会備付図書(国内)一覽(26)は 43-6・p. 58 に掲載

## 学会備付年報, 要覧等(国内)一覽(12)

昭. 33. 1. ~6. 間に寄贈または交換により受領の分

### 1. 官公庁関係

○北海道開発局土木試験所概要 昭33年 ○運輸技術研究所年報 昭31年度

### 2. 学校関係

○東大工学部附属総合試験所年報 第16年第2号 ○東大生研案内 1958年版 ○京大工学研究 21輯

(4ページより)

造), 木材学会誌(日本木材学会), ユネスコ新聞(日本ユネスコ協会連盟), 熔接学会誌, 熔接ニュース(熔接ニュース出版局), リフト研究会会誌

### II. 昭. 32. 6. ~昭. 33. 5. 間に購入の分, 巻号は紙面の都合により省く

科学新聞(科学新聞社), 学術月報(日本学術振興会),

昭. 31. 11. ~昭. 32. 12. ○京大防災研究所年報 1号 昭32年度 ○東京都大工学部研究一覽 昭. 32. 1. ~12.

### 3. 官公庁, 学校関係以外 なし

付記 学会備付年報, 要覧等(国内)一覽(11)は 43-1・p. 15 に掲載

政府刊行物目録(政府刊行物サービス・センター), テクニカルダイジェスト(日本生産性本部), 日建建設工業新聞(日刊建設工業新聞社), 日刊工業新聞(日刊工業新聞社), 日本読書新聞(日本出版協会), 納本週報(国立国会図書館)

付記 学会備付雑誌(国内)一覽(6)は 42-7・p. 37; 67; 72 に掲載