

# 電 源 開 發 の 諸 問 題

— 何がこれを阻んでいるか —

安 藝 皎

## 1. 今日の電力事情

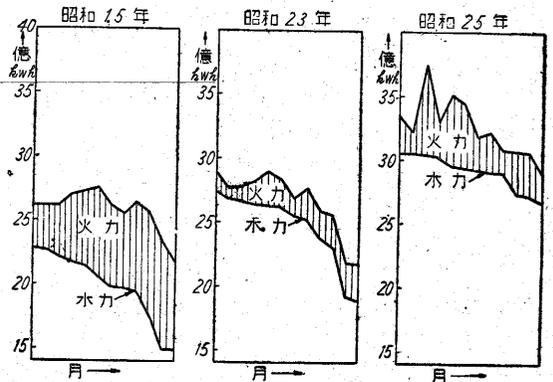
讀者の方々には昨年夏から秋にかけての電力不足はなお記憶に新しいことと思う。ひどい時になると 20 分おき、30 分おきに電燈を消されるほどであった。中小企業者は堪えられなくなつて、電力會社に押しかけてハン・ストを行う始末であつた。折角上昇をたどつていた鑛工業の生産は停滯どころか低下を見るようになった。私達はそのまま冬の本格的な渇水期にはいつたらどうなることかと心おそろしい感じに打たれざるを得なかつた。政府も電力を何より先にとその開發に本腰を入れるようになった。

しかし本格的な冬に入つてからは今年も存外暖くて、雨は雪とはならず、一度積つた雪も解ける始末で電力事情はいちじるしく緩和された。昨年いちばん電力の不足に苦しめられたのは東北と關西であつたのであるが、私が昨年暮に東北地方を訪ねた時には、あちらこちらの發電所では水門を開いて水を無駄に捨てていたほどであつた。電力の制限はだんだんと解かれて行き、春ともなるとネオンも街にはかがやくほどになるのであつた。川に水が十分に在りさえすれば今日の日本では電力に困らない。これが今日の日本の姿である。空を眺めて一喜一憂する始末である。

この事情についてはいろいろと各方面でいわれているから讀者の方々には十分知つておられることと思う。要するにこれは日本の電力の本質によるものである。日本の水力は水路式として發達してきた。今日約 1,400 個所の水力發電所の内季節的に流量を調整することのできる貯水池を持つている發電所はおよそ 22 個所、その内 13 個所が天然湖であつて、人造湖は 3 個所に過ぎない。今日電力事業者が持つている中間電力時の可能發電力は豊水期に約 419 萬キロワットから渇水期に約 135 萬キロワットに低下する。今日持つているような貯水池ではこれによつて調整を行つても渇水期には豊水期の 37% 程度に出力は低下するのであつて、この場合でも貯水池は豊水期に 10 萬キロワットにしぼつて渇水期に 25 萬キロワットとし、15 萬キロワット程度の補給を行つているのである。この渇水期の大部分の補給は火力發電によつて行われている。日本の電力は日本の地形と氣象とを高度に利用した水路式の水力と火力を巧みに組合せて豊富低廉な電力を供給してきたのであつた。急峻な土地と恵まれた雨と石炭の價格、それに送電の技術からそれ

ぞれの發電所の建設費というものなどをよく検討して、それぞれの最も都合のよい規模を決定してきたのである。この點に關しては世界的な水準に達していたものとさえいえるであろう。

しかし戦後これらの事情は大きく變つたのであつた。この大きな原因は石炭にある。石炭の價格が戦後いちじるしく高くなつたこととその輸入が困難になつたことであつた。戦前トン當り 10 圓内外であつた石炭の價格は今日では 7,000 圓内外になつてゐる。石炭代だけで 1 キロワット時 7 圓内外とならざるを得ない。昭和 15 年には豊水期に水力で月に 23 億キロワット時、火力で 3 億キロワット時、渇水期に水力で月に 15 億キロワット時、火力で 6 億キロワット時を供給していたのが、昭和 25 年には豊水期に水力で月に 30.5 億キロワット時、火力で 3 億キロワット時、渇水期に水力で 26.5 億キロワット時



事業用水、火力發電実績につき、水力發電量の例、月から順に示したものの

第 1 圖 最近の火力と水力の實績比

ト時、火力で 2.5 億キロワット時を供給している。

終戦直後に比べると火力は大部分回復しているが、依然としてその變動の幅は狭い。昭和 25 年に比較的電力の供給状態のよいのは渇水期の水力のよかつたことで、割合に川の水の工合のよかつたことを示している。石炭の價格の高騰は日本の電力構成の前提となる條件の破壊されたことを意味している。さらに重要な問題としては、これはむしろ今後に屬することといつた方がよいかもしれないが、石炭の生産の限界に關するものである。戦時中に國內炭は最高およそ 5,700 萬トン程度の出炭を見ていたが、昭和 10 年には 3,600 萬トン程度であつたので、戦争中の亂掘がその後の出炭にどのような影響を與えたかということは、私達がすでに経験したところで

あり、日本の石炭の貯存状況から考えると合理的な採掘をした場合年間5,000万トン以上は困難ではないかといわれている。今日の状態では月産360万トン前後を超えるとかえつて炭價の高くつくのは条件の悪いところを掘らざるを得ないのではないかと考えられる。過去の石炭消費の状況から考えると、もしも今日までのような形式の水力発電が開発されて、これが1,000万キロワットに達するとすると、これで十分使える電氣とするためには、およそ1,000万トンの石炭が補給電力用として必要になるであろうと思われる。石炭の價格は今後そう安くなるものとは思えない。石炭を輸入するとすればより一層高價となるであろうし、實際問題としては相當量を輸入すること自體がしばらくの間は困難なのではなからうか。

今日の日本の電力は極めて不安定な条件の下に在るといえるであろう。その上に電力の需要の構成が戦前とは變つてきている。金屬、機械、肥料などの重工業、化學工業が非常な勢いで回復しているのに、紡績などの輕工業はまだ戦前の半ばにすぎない。家庭での電力消費の比率はかつては全消費の7.7%程度であつたのが、今日では12.5%ほどになつている。送配電の損失特に配電線に對する負荷の増加は損失を多くするようになっており、これもかつては22~3%であつたのが、今日では30%にもおよんでいる。このように不安定な電源の上になお不安定な需要がつているのである。

要するに日本の水力設備はその大部分が河川の自然流量に支配されている水路式であつて、その設備は常時出力の倍を超えており、比較的新しい発電所では渾水量の4倍ぐらいの水量を基準にとつているから水さえあれば電力はおきるのである。不足の時を火力で補給していた。しかし近年は豐水期でも火力を運轉していた。従つて石炭の都合がつかなければ電力は片輪なものとなり、需要家はあてがいがぶちに従わざるを得なかつた。しかし考えて見れば電力は工業にとつては大切な原料であり、生産を上げ、生産費を下げて行こうとするならば、操業に都合のよい原料をもらわなければならない。ここでは量ばかりではない、質がまた大切な問題となるのである。

## 2. 電源開発とこれを阻むもの

今後私達の生活を幾分なりとも高めて行こうとするならば、より一層工業化を高めて行く以外に方法のないことはすでに常識になつている。そしてこの第一の条件はこれを可能とするエネルギーを獲得することができるかどうかにかかつている。もちろんこれには解決しなければならない多くの問題がある。昨年は電力に不足した。従つて生産は低下せざるを得なかつた。しかし考えて見るとこれでも多くの分野で生産過剰の現象をひきおこしているのであり、海外市場では高價格のために諸外國との競争に太刀打できそうもないのである。しかもこれら

の市場では自國産業の開発が熱心に進められている。このような環境で私達はどのような産業を發展させていつたらよいかとなると、いろいろなところで議論はされてはいるものの、未だに單にその場限りのものに過ぎないのが今日の状態である。私はここではこの問題には觸れない。觸れなければ、エネルギーはどのような速さで、どのような質のものを開發して行かなければならないかということが決まらないのではあるが、ここでは水力電源の展望に限つて語ることにしよう。

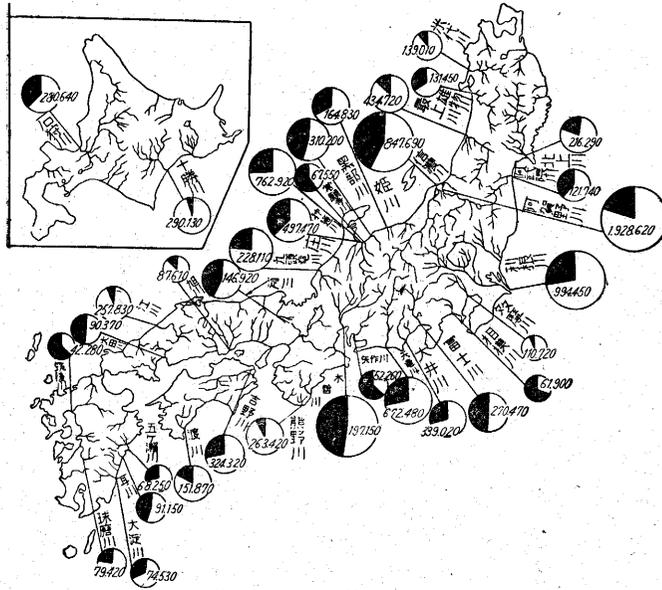
日本のエネルギー源は水力電氣に、そしてこのためにはダム式の發電所をということは、これもまた今日では常識になつている。大貯水池を造つて洪水を貯溜し、欲しい時に欲しい量の水を流して需要に答えようというのである。これは確かなことであり、かくすることは好ましい。政府も都道府縣廳も電力會社はもちろんである。大きな努力をこれに拂つているのではあるが、さて實際問題となるとなかなか進まない。これはどういうわけであろうか。この點について少し考えて見よう。

日本で水力調査が最初に行われたのは明治43年4月(1910年)で逓信省内に臨時發電水力調査局が設けられ、3ヶ年にわたつて調査が行われた。この結果は200馬力以上の地點で、個所數3,083、最大出力4,820,000キロワットとなつていた。全部水路式で、最大使用水量は河川の渾水量乃至低水量を基準としていた。第2次調査の行われたのは大正7年(1918年)であつて、この場合もすべて水路式であるが、火力發電との經濟的併用を考慮し、河川の利用率を上げるために、最大使用水量は平水量を基準とするようになり、これによると包藏水量は既開發は理論馬力100馬力以上、未開發は1,000馬力以上のものとして、地點數2,822個所、最大出力7,430,000キロワット、常時出力3,930,000キロワットとなつていた。これにつづいて調査の行われたのは昭和12年(1937年)で、約5ヶ年にわたつて行われた。この場合にはダム式の計畫を加味しており、また河水の利用率を上げるために最大使用水量を増大し、又河水統制の見地からいづらく貯水池利用の計畫をも含めている。これによると、既開發では1,000キロワット以上、未開發は300キロワット以上のもので、包藏水力は地點の數2,771個所、最大出力は20,040,160キロワット、常時出力は9,771,630キロワットとなつていた。昭和26年(1951年)には第4次水力調査が行われた。この場合は電力の量の増加と共に質の向上に關心をもつて、できるだけ貯水池を造ることとした。この結果によると、既開發は最大出力300キロワット以上未開發については最大出力1,000キロワット以上を集計し、選定貯水池の大部分の貯水の使用方法は渾水期に集中して使用することとしているので常時出力とは渾水期出力を意味しているもので、地點數は2,761個所、最大出力は20,930,570キロワ

ット、常時出力は 10,082,670 キロワットとなつていた。これが今日私達が持つ包蔵水力である。全部開發されたとしても出力は渾水期には豐水期の 1/2 以下となる。昭和 25 年における電氣事業者の持つ水力発電所は 1,323 箇所、最大出力は 613 萬キロワット、常時出力は 269 萬キロワットであつた。それで火力は 95 箇所、283 萬キロワットとなつていたのである。全體として見れば水力の事情は今後もあまり變らない。

昭和 26 年の調査による包蔵水力を圖示すると次のよ

模は小さいものである。これ以外に國直轄或は府縣營として工事中のものが 14 箇所あつて、その最大出力は 225,000 キロワットとなつている。これは主として多目的な計畫に従つて洪水調節とか灌漑用水の供源として兼て實施されているもので、14 箇所の貯水池の容量は 54 百萬立方メートルというから、電力會社の貯水池よりもむしろ大きな規模であり、その施工箇所数もずつと多くなつている。なお多くの貯水池の建設が地方の總合開發計畫に含まれて要望されている。



昭和 26 年 12 月末現在 (ただし包蔵水力 100,000 kW 以上の河川) 数字は未開發電力を示す (單位 kW) (公益事業委員會報告による)

第 2 圖 全國包蔵發電水力圖

うになる。これによると未開發の水力を持つ主な河川は只見川、利根川、信濃川、神通川、天龍川、庄川、最上川、大井川、吉野川などで、これがおよそ 30 萬キロワット以上となつている。どちらかというところの河川は非常に奥地であるとか、河川勾配が緩やかであるとか、または比較的奥地まで人家があるなどして、今日まで開發されなかつたところであつた。

今日どのような電源開發が行われているかというところ、電力會社で工事中のものが、38 箇所、その最大出力 941,490 キロワット、常時出力 255,500 キロワットとなつている。このうち貯水池を持つているものが 5 箇所あつて、その總有效貯水量は 264 百萬立方メートルとなつており、このなかには上椎葉の 136 百萬立方メートルと湯原第 1 の 85 百萬立方メートルを含んでいるからこれを除くと、一個所當りの貯水量はおよそ 14 百萬立方メートルとなつている。この他に自家用発電所が 14 箇所計畫されているが、その出力は 14 萬キロワットほどであるからいずれもその規

これらの事實は一つの問題を提起している。電力會社では今日の事情からして、早期完成を目論んでいるために初期投資の多くてしかも工事期間の長いダム式を見送つているところもあるではあろうが、ダムを造るといふこと自身に私企業としてはかなり無理があるのではなからうか。公營としてはより多くのダムが進められているのである。

ダムの築造を阻むものは何であらうか。

まず問題となるのは貯水池による埋没である。日本では耕地面積は全國土面積の 15% にも満たないのであつて、耕せるところは耕し、人の住めるところには人が住んでいる。貯水池の築造はこの人達の生活に直接ひびいてくるのである。昭和の當初頃までの貯水池にはこの問題はほとんどおきていなかつたのであるが、その後はこの解決が大きな課題

となり、ダム築造に大きな負擔となつてきた。この人達の生活をどうして保證するかということをやまず解決しなければならぬ。

それから日本のように古い歴史を持つ國土で、しかもこのように人口の多いところでは使つていないものはまづないということである。特に水はいろいろな面で私達の生活と密接なつながりを持つている。良きにつけ悪きにつけ私達は長い間水と一所に暮してきた。水の自然の流れになじんできた私達に水の流れが別の目的のために操作されるとここに新しい關係が生じてきて、今日までの關係と相剋を生ずるようになり、新しい補償の問題がおきてくる。ことに有利に水を發電のために使うということで、分水を計畫するような場合には一層深刻な問題をひきおこす。日本のように地形の急峻なところでは大きな貯水池を造るようなところは極めて少ない。天然湖を利用することが好ましいといわれながらも、天然湖ではこの補償の問題がより一層大きな障害となつてい

る。

それから貯水池を造ると電力原價が割高になることである。そうでなくともダムというのは高價につくものであるというのに、日本では地震を考えねばならぬのでダムによほど安全をとらなければならない。しかも日本では地質が一般にもめていて大きな堅固な岩盤にとぼしい。その上に同じ高さのダムで貯水し得られる水量は大陸のそれに比べると、およそ 1/10 以下である。しかも地質、地形の上からと豪雨に見舞われるということと、それから森林の過伐などという問題もあつて山地部の土砂の崩壊が多く、流送土砂がおびただしくて、貯水池の埋没ということがまた大きな問題となつていゝ。多額な工費を必要とする貯水池が数年もたたないのにその效用を半減してしまうようでは大變である。

一般に日本の洪水は台風によるものであるから、短時間に大量な降雨がもたらされる。このような洪水に對しては貯水池を電氣の目的のみ操作するとすれば、多くの場合短時間ではあるが以前よりはかえつて大きな洪水をひきおこしがちである。これも下流の住民たちがダム築造の反對の理由にしている場合が多い。

日本は雨に恵まれているという。確かにそうではある。年間平均して 1,600 ミリといへば、おそらく全世界の平均の 2 倍はあるであろう。しかしこの雨の構成を考えて見ると、太平洋岸に面している方では年間總降水量の 30% から 40% 近くが台風による雨で、これが短時間の數回の豪雨によつてもたらされているのである。しかも台風には大小さまざまなものがあり、またよく来る年と来ない年とがあつて、歴年の變化が大きい。紀州の熊野川は發電には残されている最も有望な河川ではあるが、この年平均流量はおよそ 60 億立方メートルであるのに、昨年例では 36 億立方メートルに過ぎなかつた。長い間のことを考えるとどの程度の貯水池が最も經濟的であるかということは簡単には決められない。このような場合には水量の平均値では意味がないのである。日本海に面している方面では台風によるものはおおむね 10% 以下で、40% 内外が雪によるものであるが、このこと自身は水の利用上からいうと極めて好都合なのではあるが、雪は雨よりも地域的に變化が多く、今日では地域としての降雪の状態はほとんどわかつていない。これでは有利な利用計畫はたてられない。

さらに新しい問題としてはダム築造による河川自身の變貌がある。一體河川というものは河の流れと河床の状態との間に一つの均衡状態が造られているものであるが、この状態が一度破壊されると河川はさらに新しい均衡状態を造るために變化して行く。私達はダムを造つたために下流の河道内で大きな土砂の移動が起り、堤防が危険になつたり、堤防で圍まれた土地の排水ができなくなつて土地が濕潤化していつた例を知つていゝ。これ

は外國での例であるが、下流の航行のために水量を増加しようと思つて上流に貯水池を造つたところ、確かに水量は増したのではあるが、かえつて河道が亂れて水深が浅くなつていつたということがあつた。

これらの事實は電氣的に見れば發電原價を高くすることになる。このような事態を克服するために多目的計畫が生れてきたのであつた。もし 1 個の貯水池で總ての水の利用度を上げることができれば、それぞれの面からダムの費用を分擔することができるので、電氣について見れば發電原價を引き下げることができる。さらに河川を中心として上流下流と、さらにその隣接する地域へとその開發を多面的に考えて行くとなると、發電の場合に障害となつたいろいろな原因を解消して行くことができる。すでに世界の各地でこの實例が示されている。しかし考えて見ればこの場合には貯水池は多目的に操作されるから電力は欲しい形ではでてこないし、また同時にこの多面的な仕事を遂行していくということによつて目的が達せられるというのであるから、發電原價としては安くなるであろうが一度に電氣的に見た場合よりもより多くの投資を必要とすることになる。

### 3. 問題を解決するもの

私はここで電源開發を阻害するいくつかの要因を述べてきた。或は強調しすぎていると受取られる方があるかもしれない。しかし私達は眞實から眼をおおつてはならない。確かに理論的には私達は多くの包藏水力を持つてはいる。今日水利權の許可權は知事が持つていゝ。このために許可が遅れ、電源の開發が進まないという。このために法津をつくつてこれを促進しようというが、この問題の解決の困難なことは私達の生活につながる本質的なところに根ざしているもので、單に法律だけでは解決できないものではなからうか。良い具體的な計畫のみがこれを解決させるであろう。より良い計畫とこれを可能にする科學と技術がなくてはならない。

資金さえあればというが、私はこれのみでは解決できないと考える。というのはこのたび電源開發促進法案が國會に提出されているが、これに閣僚を中心とした電源開發調整審議會というのが設けられることになつており、これで水利權の調整を行つて解決を促進しようとするものであるが、このこと自身が解決の容易でないことを意味しているといえるであろう。良い計畫ということはまた住民の納得し得るものでなくてはならず、單に納得だけに止まらず、これに自分自身から參加するのだという、自分達の仕事であるということ意識するところまで持つてこなければならぬであろう。今日これは地域の總合開發計畫として進められている。

なるほど日本には未開發の包藏水力はなお多く存在する。従つて開發可能の地點はまだいくらかもあるであら

う。しかし開發が進むにつれて、國民の生活が複雑になつてくればくるほど、異つた問題が同じところで發生するようになり、互に競合して開發それ自身を次第に困難にしていく。私達はすでにこのような事態を経験している。他の面との摩擦を避けようとするれば電源開發はまだ残された地點での水路式に向つていくであろう。今日の主力は依然としてそうである。水路式で湧水量を基準にとるならば、比較的安い原價で常時電力を得るではあるがこれには限度があり、かつての水力調査はこれを教えてくれる。使用水量を上げていくとすれば、今日の火力の原價を考えるとすると總合されたものでは高い價格につくであろう。高いばかりではなく、石炭がこの上供給されるかどうかという問題さえ起きるであろう。ダム式とすれば多くの場合、遭遇する困難に打勝たなければならない。そしてこの場合の電力はまた補給電力を必要とするものである。

電源開發に當つてはこの間の事情を十分に理解しなければならない。水力開發に當つて私達が當面する諸問題

(12 頁から続く)

る。荷重試算法では一つのアーチについては温度は一様であるとされているが、實際には日照部と日蔭部ができて計算とはかなり異なつた状態にもなりうるであろう。薄肉アーチは温度變化に敏感であることを考えれば堤體の温度應力については、堤體の内部までわたつてさらに詳細な検討を施す必要があるように思われる。

第3に地震の問題がある。この方法では震度論が採用されているが、もともと震度論は佐野利器博士の創案にかかり地震學の先進國たる日本から米國に輸入されたものである。したがつてそれが機械的にとり入れられているのは止むを得ないとするも、震度論は正確には剛體にのみあてはまるもので薄肉アーチ堰堤のような薄くて巨大な構造で、その自己振動週期が地震動のそれに接近する可能性のあるような場合にはこれを適用することは適當でない。わが國が世界有数の地震國であり、人口もまた稠密なことを考慮すれば、地震時應力の解析はよほど入念に行わねばならないのである。ただ強みはアメリカ西海岸やイタリアもまた地震地帯であるが、今までに地震によつて破壊したアーチ堰堤がないとの彼地の學者の説明である。これは喜ばしい事實には違いないが、ただそれだけですつかり安心してしまうことは早計であろう。

最後に先の理論においてはなほだしく不満足に思われるのは、岩盤の變形の影響の計算方法である。その方法は經驗的なものであると斷つてはあるが、これが事實と合致することの驗證は非常に困難であることは確かであるし、理論的にはほとんどこじつけに等しい。地盤の變形を加味することが種々の困難を含んでいることを考えると、このあまり意味のありそうにもない方法も非難

については先に述べた通りであるが、私達はこれらの問題の解決に努力すると同時に火力發電についても大きな關心を持つ必要がある。今日の日本の火力發電所は過半が建てられてから 25 年を經過しており、非常にその效率が悪るい。新しい設備ならばおそらくその半分の石炭で間に合うであろう。輸入するなら重油の方が好都合である。私達はこればかりではなく、エネルギーが適正に使われているかどうかをも検討する必要がある。さらにいわゆる餘剰電力という季節的な電力を使いこなすことをも考えねばならない。

何はともあれ、電源開發は今後の私達の生活を考えれば何んとかして促進させなければならないが、これは巨額な投資を必要とするものであり、複雑な問題を含んでいるのであるから、これは技術的な問題であると共に經濟的な問題であり、私達の生活に直接つながるものであることを理解しなければ目的は達せられないであろう。(1952・5・23)

することはできないが、ここになお大きな問題が未解決に残つていることはたしかである。佛伊兩國のような薄肉アーチ堰堤を多く作つている國では、特にこの境界附近の應力を問題にし、これについての大規模な實驗的研究が行われているので、これらの困難もやがて解決される日がくるであろう。その他これに關聯する問題としては、コンクリートおよび岩盤の彈性係數の決定がある。これは變形を計算し不靜定應力を求めるための基礎的數字であるが、コンクリートの彈性係數は材齡によつて變化するし、岩盤の彈性係數は供試體の大きさによつて異なる。これらも解決を要する問題である。

##### 5.

このようにアーチ堰堤は非常な長所を持つている反面なお種々の未知の問題が残つており、基本的な問題についても技術者間に意見が一致しない點もあつて、われわれ研究者の分擔すべき仕事も少なくないのである。しかし多くの文献が、實際に作られたアーチ堰堤の安全率や模型實驗によつて得られた安全率が高いことを述べていることは意を強くさせるものがある。今わが國にもはじめてアーチ堰堤が出現しようとし、もしこの新技術に成功すれば今後の電源開發もはるかに低廉にできるのである。われわれにはこの新技術の前に石橋をたたいて渡る慎重さをもつと同時に、ただいたずらに恐惶であつてはならないと思う。幸にわが國には電力研究所を中心としたアーチ堰堤築造に強い熱意をもつ技術者の一群がある。筆をおくにあたり私はこれら技術者諸氏の健闘を祈るとともに多數の優秀な學者技術者がこの問題に協力されることを願つてやまない次第である。(1952・5・23)