日本のエネルギーと原子力

——昭和 30 年 1 月 22 日新春特別講演会——

資源調査会副会長 東大教授 安 芸 皎 一

要旨： わが国におけるエネルギーの現状について、特に電力問題について詳細に述べた。火力発電における石炭依存度は今後どの程度保証できるであろうか、しかも熱効率が低いので、将来はダム方式の水力発電をさらに開発すべきである。目下5カ年計画に従って着々と開発が進められているが、地形、貯水池の容量、湖底村の移転問題などによるコスト高が大きな影響をもたらしている。

一方、将来ますますエネルギー需要は増大して行くが、わが国における必要エネルギーの確保のためには、最近の世界の流れに入つて行かねばならない。ここに地熱、太陽熱、原子力の問題を考えて行く必要を感じる。

原子力は社会的に、技術的に困難性はあるが、人類として関心を持つべきではなからうか、また如何なるエネルギーでも合理的に使いこなせるようにすべきではなからうかと結論した。

昭和29年度の予算に原子炉築造のための補助費という項目があげられたのには、われわればかりではなく一般の方々も驚かれたことと思う。とにかく準備というよりもほとんど事態がわからないために、どうするにも方法がなく、予算補助という形で計上されたのであるが、その後いろいろ討議された結果、これは原子炉築造に関する調査についてということになって、経済審議庁あるいは通産省にそれぞれ準備会のようなものができ、昨年の暮には十数名の方々が海外における事情の調査にでかけられた。この予算が国会を通過してからはいろいろのところでいろいろな議論が出ており、現在はそれぞれの分野において統一されている状態ではなく、まだこの動きについて釈然としていない点もあることは確かであり、今日のような国際情勢のもとでは問題になることは確かであると思う。しかし今日すでに原子力を平和的な目的に使うという意味で検討が進められていることは事実であつて、1952年の第一回のアメリカの会議、ナショナルインダストリアル・コンフェレンスでは原子力利用の問題、主としてアイソトープの利用が討議され、次いで1953年10月はじめに第二回目が開かれ、この時の討議ではこれを動力にどうして使うかということが最大のテーマであつた。これはウランを燃料とした発電所ということになり、技術的には非常に難しい問題をもっている。たとえばウランの棒を作るのはどうするのか、減速装置、冷却装置はどうしたらよいのかなどという技術的な問

題が討議される段階に達していた。今日、イギリスやアメリカで5~6万kWの原子炉がつくられているということも聞いているが、アメリカ、イギリス、ロシアでは非常に進んでおり、カナダ、フランス、ノルウェー、デンマーク、スウェーデンでも原子炉がつくられ、その研究も進められている。

このように各国でそれぞれ研究が進められているが、今日の見通しでは、一般用に使うということにはまだ多くの問題を持つていると思われる。コンマーシャルに使うには価格の問題が非常に大きいし、これを利用する研究についても、十分民間の間に入っていない現状であろう。今日一般用としては緊急な問題に当面しているというわけではない。しかし現実に原子力の利用というものが、この方向に進んできているというのが現在の状態であつて、将来十分な可能性がある。たとえばアメリカでは1953年の春に、民間の会社が原子力委員会の依頼を受けて原子力発電所の設計を行い、推定価格を出しているが、それによると原子力発電所の発電原価は、原子炉の形式でいろいろ相違するが、20万kW程度のものを造るとして大体kWh当り12ミル内外といつている。今日では石炭を焚く火力発電所の発電原価が6ミル内外であるから、その二倍程度になつている。これは一番はじめの試算で、あと10年、20年の間には火力発電所より安くできるのではないかと思われるといつている。それで将来はこれを使うという方向に進んでいるわけであり、日本でも突

然この問題がおきたわけで、これが将来どんな形でのびてくるか、どんな面でどんな役割が出てくるのかを考えてみたいと思う。

日本の主なエネルギー源は石炭と水力とであり、これが全体のエネルギー消費の80%程度に達しており、この二つがどうなるかということが将来の日本のエネルギーがどうなるかということを押定させるものである。すなわち日本の石炭や水力はどんな問題をもっているかということである。今日水力電気は昭和28年を基準にして5ヵ年計画という形で開発が進められているが、28年度には70万kW余りの新設あるいは増設をみており、かなりのびをきたしている。しかし一体何年位開発事業が続けられるだろうかということが問題である。日本の水力電気は明治23年に京都の琵琶湖の疏水を利用したのが最初で、今日では770万kW程度の設備をもっている。大部分の水力発電所はいわゆる流れ込み式という形式をとっており、これは簡単な設備で河をしめきり水をひき入れて、割合容易に落差差を得られるというものであり、従つて割合安く電力を得ることができる。しかしこの方式では出力は河川の自然流量に支配されるのであり、最初は湧水量を基準にして360日程度の水量を目標にしていたのであるが、それで水力電気を十分賄うことができた。ところが次第に需要が増えてくるに従つて、湧水量を基準にしたのでは流水の大部分を捨てることになり、これをもう少し利用度を上げていこうということから設備を大きくしはじめ、昭和の中頃までには湧水量の2~3倍程度の設備を設けるようになった。そうすると湧水時即ち水の少なくなった期節には出力が減るわけでありそれを補給するという目的で火力発電所が続いて造られた。すなわちはじめに水力がのびてゆき、続いて火力が発達してきた。要するに水力の設備が大きくなるにつれて、尖頭負荷時とか湧水期とかの電力を補給するために火力が設けられたのである。最近では水力の設備はさらに大きくなり、湧水量の4~5倍とかの設備にしているので沢山の水を使うことになる。それでkWは相当大きなものが得られることになるが、kWhの方は一寸した貯水池を造った場合とそれ程変わらないことになる。出力は変らない位に水の量をあげてくるわけであるが、出力の谷は大きくなり、これをさらに補填するという形でやつてきたのである。水力の開発が進むにつれてこれがなかなか補填できなくなり今日のような問題がおきてきたのである。

日本は豊富低廉な電力があるといわれてきたのであるが、今日停電が起るとか毎年電気料金の値上りが起

てくるというわけで、はじめの話と大分違うのではないかと一般に考えられているほどである。昭和28年に竣工した水力発電所は約70数万kWであり、これは5ヵ年計画の第一年のものであるが、この計画によれば電源開発の量は水力が370万kW、火力が140万kWで、全部が竣工した場合、水力の発電原価は3円60銭位、火力の場合では5円30銭位、両方併せて4円30銭位になっている。昭和27年の基準では1kWhの水力の発電原価が1円05銭、火力が7円27銭、両方併せて2円36銭である。また昭和28年に竣工したものの建設費は一番安いものでkW当り7~8万円程度、高いもので18~19万円程度、平均10~11万円である。昭和5~10年頃建設されたものはkW当り350~450円程度であり、今日竣工しているものとほとんど変わらない。これは技術的に進歩しているので、建設費が安くつくという努力も認められるが、大体あまり違つてはいない。ただ気になるのは以前は殆ど大きな巾がなかったのが最近ではこれが非常に大きくなったということであつて、7万円より19万円程度にまで及んでいる。これはダムをもっている発電所が割合に高いということである。もつともダムをつくることにより下流に在る既設発電所が利益を得るので、それ程高くはないのだともいえる。

そこで何故ダムをつくらねばならないかという前記のように水の利用率が次第に増してきたからである。たとえば今までのような水力の建設費、火力の建設費、さらに石炭の価格が戦前と戦後では大分変つてきたし、火力は今日では大体年間900万t程度の石炭を使っているが、これは日本での最大の石炭消費量であり、将来どこまで供給できるかということである。どれだけ電力が石炭に期待できるかという、これを無闇に大きくすることは難しいのであつてなるべく水で処理してゆきたい。それにどうしてもダムをつくり、水を調整していくということになる。日本は地形が急峻で雨水に恵まれているがこれは地形が地質的にいろいろ変動を受けているのだといえる。日本列島が大陸のはしにあり、これを切つて断面をつくつてみると、大洋に向つて素晴らしい量をつくつていくわけであり、従つて妙なストレスがかかっているということが考えられる。さらにこの上に火山作用を受けているのであるから、日本の地形は非常に細かく、かつ複雑になつていく。大陸で発電の仕事をしている人達が日本の水力をみていうことは、どうも日本のエンジニアは大胆だ、我々はこんな所に思いきつて大きなコンクリートダムをつくるということは一すこわい気がする、といつてゐる。昨年の春に国際連合の極東ア

ジア経済委員会の水資源開発会議が東京で開かれた際、アメリカやロシアの技師達もそのようなことをいつていた。しかるに戦後大きなダムがあちこちで建設されているし、5カ年計画にも相当入つていて、水力だけで需要に応えられるように目論まれている。電力の外に洪水調節のことをも考え、多目的のダムが全国で40箇所あまりもつくられている。これらの様子をみるとやつている中に段々と費用が嵩んでくる。多くの場合岩盤が面白くなく、はじめに考えたよりも掘鑿量が増え、結局工事費が3~5割もふえている実例がある。もう一つは、地形が急峻なために貯水池をつくつてもその容量が比較的小さいことである。貯水池をつくるに要するコンクリートの量で貯水池の容量を割つてみると、アメリカでは1,000m³が普通であるが、日本ではその1/10位であつて100m³にすぎない。日本の雨は年間1,600mm程度であり、少い所で1,000mm、多い所では4,000mmをこえるところもある。これは世界的にみて恵まれているといえる。しかしさらにこれを分析してみると、太平洋岸と日本海岸とは異り、また日本の多くの部分は台風の影響を受ける。台風による雨が全雨量の約30~40%であり、この種の雨は大体3~4回位の台風でもたらされ、一回10~15時間程度であるから、比較的短い間に全体の30~40%の雨がふるわけである。量からみると非常に大きいのであるが、これを比較的小さな池で調節するということは容易ではなく、余程確かな降雨の予測がたたない限り調整は困難である。日本の貯水池の容量は最大のもので約1億tであるが、その流域に降つた一つの洪水を全部貯められるというのではなく、その半分以下あるいは30%程度というのさえあるわけで調整は難しい。さらに今日最も問題となつていることは、池をつくつた場合、これに埋没する人家や耕地をどうするかということであり、その補償費が非常に高くなつてきているからである。昭和のはじめ頃までにつくられたダムをみると殆ど人家や耕地のない処であつたが、その後は次第にふえて昭和10年頃では100戸位の家、100町歩位の耕地というのが普通であつた。最近になると非常にふえて400~3,500戸の人家を移転せねばならないような場合もある。以前はその人達の行先も容易であつたしまた買上げ代金で生活することが可能であつたが、今日では難しい問題であり、今後の生活の保障をしなければならぬ。以前はこの費用がダム建設費の2~3%であつたが最近では20~30%に達し、今考えているところでは建設費を上廻るような例さえ見受けられる。水力電気にダムをつくるのがふえてくれば費用がか

さんでくるのはこのことから当然である。しかし、今日ではどうしてもダムを造りたいという状態であり、日本の包蔵する水力を2,200万kW程度とみて、今日開発されたものは約770万kW、35%位である。今後残された所は比較的條件の良くない所、地質的に問題になる所、非常に奥地で建設に困難な所、流れ込み式の発電形式では能率が悪い所、洪水が問題となる所とかであり、電力の開発を考えるとどうしても今後はダムの製造が要求されるわけである。石炭をたく方の電力ではその価格が7円余りの発電原価になつており、5カ年計画では5円余りとかえつて安くなつてきている。現在石炭をたいている発電所の熱効率は約19%であり、今日では非常に高い能率、30%をこえるものが建設されている。大体は高温で高圧のボイラから発電機と変つてきている。日本でも次第にそういうものがつくられているが、熱効率の高い発電所ではユニットが関係してどうしても25万kW程度の発電所になるし、こういう発電所では今までの様に短時間運転をやるということが困難である。今までのシステムからいえば、日本の火力は大体電力需要の山をうめたり谷をうめたりして補給するという運転方法をとつてきたのであるが、このような短時間運転をするということが難しくなつてくる。火力発電を十分生かして効率の高いものにすると、むしろ石炭をベースとする傾向をとらざるを得ないのであり、逆に水力で需要の多い処を補うという形になる。今日までの水力と火力との組合せの方式は日本に特異なものであつて、日本の條件を非常にうまく利用してきたものであり、その意味で豊富低廉な電力といわれてきた。しかし今日の傾向をみるとやはり世界的な一般の流れに入つてきており、すでに今までの形式でエネルギーを供給することが非常に難しくなつてきているので、電力についても何か新しい組合せというものがあるのか。かえつて日本の今までいわれていた條件が逆に働くという事態がくるのではないかと思う。これは石炭についてもいえることであつて、石炭が高いのは金利が負担になつていたりとか、税金に問題があるとか、または石炭の本質的な問題から、現在の経営方式がとられなければならないのかなどといわれておりこれも難しい問題である。

以上は日本のエネルギー資源が今日当面している問題を簡単に述べたのであるが、さらにわれわれはこの困難な問題を今後どう展開して行かねばならないのかということである。これには経済審議庁で立案されている昭和40年の構想というものがあり、また6カ年計

画というものが出されている。これは将来日本の人口増加を予定し、その人口が完全に働き得る機会を与えるにはどれだけの産業の規模を持たねばならないかということであつて、6ヵ年計画によれば昭和35年には国の総生産高を8兆8,000億とあげねばならない。これは今日の2倍以上の生産であり、そのためにはどのような原料がいるのか、それに要するエネルギーの量がいくらになるのかということを知らねばならない。人口が1億程度になった場合には6,500 calの石炭に換算して2億t程度のものがあることになり、倍近いエネルギーを供給しなければならないであろう。われわれは水力が35%しか開発されておらず、開発可能なポテンシャルはまだ1,000万kW程度あることを知っているし、また昭和40年頃には5,700万t位の石炭を出そうということにもなっている。供給可能量は一寸試算したところで1億6,000万程度といわれている。しかし、今日でも多くの問題があるのにこれを倍増してそれだけにすることは余程考えなければならない。しかもなお4,000万程度足りないわけである。またわれわれがどんな効率でエネルギーを実際に使っているか、たとえば電気はもつともよく使われているかと石炭は最もよい目的に使われているかとかいう問題である。アメリカやイギリスの例をみても、ここ20~30年間ほとんど一人当りの消費量は変っていない。しかも生産は非常にふえてきていることに関心を払わなければならない。もちろん新しくエネルギーの量を増やしてゆくということもやらねばならないし、これをどう調整していくかということも考えねばならないし、エネルギーの新しい構想を考え直さねばならないのも事実であり、それらの解決には困難な多くの問題がある。同時にまたこれらのエネルギーをどういう風に使つかねばならないかということと考えると共に、それぞれについてできるだけ能率の上る使い方を考えねばならない。今後10~15年はどうにかやつていけるかもしれないがその先は一寸難かしいという状態ではなかろうか。水力や火力発電にしても、長い間一つの流れの中で建設が進められているので、これを新しい組合せにもつてゆくことは問題であり、使い方にしても適的な使い方をしてゆくには問題がある。

今日、炭価の高いのが問題になつているが、これを本当に安くしてできるだけ国際価格に近づけてゆく。日本の経済は独りではやつてゆけないから自給自足的な考え方では片附けていけない。むしろそういう方法をとるとすればわれわれの生活を下げざるを得ない。そうするには物の生産をできるだけ国際価格で生産し

ていかなければならず、炭価の高いのが問題となる。石炭の合理化というものは素人の考えでは、石炭を掘るための設備の合理化をすすめる方がいいのか、または使い方の方に問題があるのかと思われる。今日市販炭は出炭の60%程度で残りの40%またはそれ以上が殆ど使われていない。電気にしても、日本の電気が最も有効に使われているかというと考えざるを得ない。たとえば電力を使つて水の分解をやり水素をとるという方法を今後も続けていつてよいのであろうかというのである。こんなところに非常に難しい問題がある。いろいろのエネルギーの組合せを考えてさらに適的な使い方を考えなければならない。将来水力が1,000kW位開発できるとか、石炭が5,700万t位増産できるとか言つても、その価格がどうなるかは疑問を持たざるを得ない。今後2倍程度のエネルギーを供給しなければならないということになると、これを使いこなしてゆくためにも大いに検討しなければならない問題がある。恐らく工業国と言われている国々で今日持つているエネルギーがこれほど問題をもつており、さらに今後について解決しなければならない大きな問題を持ちながら工業生産を進めていかなければならないという国は、日本の他にはそれほど無いのではなかろうか。そうするとわれわれは今持つているものを有効に使うと同時に、今迄使つていなかったものを使つてゆくということを考えねばならない。地熱の問題や太陽熱の問題もあるが、ここで原子力というものをも考えねばならないと思う。あと10~20年経つと原子力は技術的にも経済的にも十分他のエネルギーに匹敵できる範囲内で、供給できるだろうといわれているのであつて、十分考えねばならないと共にまた非常に難しい問題、技術的のみならず社会的にもいろいろの問題がある。技術的な面からみても放射能を帯びた灰をどう処理してゆくかということもまだきまつてはいない。しかも国際的問題のおきている中でこれをやつていこうというのである。私はこの問題については世界各国が動いているようにできるだけ早く研究を進めてゆかねばならないと思っている。ここ40~10数年経てば、原子力燃料についての国際管理的な見通しが持てるのではないかと思う。その時にはわれわれも十分これを使いこなす得るように設備をしておかねばならない。日本の将来の状態から考えて、あらゆる可能なエネルギーをどんなものでも使いこなす得る体制を持つということを考えねばならない。

われわれに与えられている物はそれぞれ地域的な特性をもっているが、それを最も適性に使いこなす得る

ような状態を常に研究しなければならない。しかもそれを国際的な流れの中で、常に関心を持ちながら検討せねばならない。経済審議庁の昭和40年の構想に示されているように、10年以内に少くともわれわれの生産を2倍にしなければ生活は下らざるを得ないというわけであるから、これが可能かどうかということは恐らく与えられた原料をわれわれが技術的に使いこなす得るかどうかということにかかっているのである。非常

に難しい問題もあるが、これを可能にしなければ、今後は経済の循環がそれだけの高さで成立しないことになるのであり、特にわれわれの産業活動のペースになっているエネルギーの問題、その原料をどういう風にしてわれわれの生産活動の下に要求に応えられるようにしてゆくかということは、私自身も非常に関心をもっているわけであり、是非この点について新しい分野を切拓いて頂きたいと念願するものである。

Japanese Energy Resources and Atomic Power

by Kōichi Aki,

(Professor of Tokyo Univ., The Resources Council, Prime Ministry)

SYNOPSIS:—The author described on the situations of energy in Japan, especially those of electric power problem in detail.

It is of our great concern that how long thermal power may depend upon coal. We cannot expect it much on coal, and what is worse, its thermal efficiency is low. The author emphasized future aspect on development of water power by means of damsystem. From this view-point the endless development is being made under five years' plan of electric power development. We are, however, obliged to face the undesirable problems in water power development such as those on land, capacity of reservoir and compensation which exert great influence upon raising cost.

On the other hand, future energy demand is making increase more and more, and it is expectable that Japan acts in concert with the current of the world in order to ensure necessary and sufficient energy. Thus, it is a natural consequence that we are concerned with the geotherm, the solar energy and the atomic power.

The problem on atomic power has its social and technical difficulty, nevertheless we should be interested in it. The author concluded whatever energy should be utilized efficiently and rationally.

U.D.C. 622.33(52)

石炭鉱業の将来

——昭和30年1月22日新春特別講演会——

貝島炭礦株式会社 管理部 黒田三郎

要旨： 石炭鉱業は貯炭の激増、金融危機、労組問題などにより重大な危機に直面している。これらの対策として種々実施されているが、炭鉱企業が他産業と異なる種々の悪条件に制約されているため効果がうすく政府の強力な支援が望ましい。九州地区における炭鉱の苦境をのべると共に不況切抜け策、炭価切下げに対する堅坑開発の効果、実績などについて解説し、さらに今後の炭鉱経営上の問題として、低炭価、品質向上および安定生産を目途とした堅坑方式による合理化、石炭鉱業臨時措置法の問題、資金の低利長期融資、減税、輸入炭防遏のための原料炭開発、低品位炭の有効利用などをあげ、これらの問題解決に是非とも国家的援助が強く要望されることを述べた。