

水力開発とエネルギー問題

吉田方明*

1. エネルギー危機と水力開発の要請

資源の有限性への危機感を背景とし、石油供給量の削減、原油価格の大幅な値上げが相次いで行われ、戦後長く続いていた豊富低廉なエネルギー時代から、世界経済は、一挙にエネルギー高価格時代を迎えるに至った。

わが国の場合、石油についてはその 99.7% を輸入に仰ぎ、石炭さえも現在ではその 2/3 近くを海外炭でまかない、一次エネルギーの実に 85% を海外に依存せざるを得ない現状であるので、このエネルギー供給の急激な様変わりが国民経済に与える影響は深刻である。

全世界の原油生産は、過去十数年まことに順調であった。すなわち、1960 年の生産実績が 12 億 kl であったのに対し、10 年後の 1972 年には、その 2.1 倍の 25 億 8000 万 kl になり、さらに 1972 年には 28 億 8000 万 kl と著しく増加してきていた。これは、主としてこの期間に中東各地域で新しい油田が大量に発見されたためである。この間、1960 年には 3300 万 kl にすぎなかったわが国の原油輸入量は、1961 年には 2 億 2400 万 kl へと実に 7 倍にも急増してきた。しかし、この間の世界生産増加量の大半の 13 億 kl は、中東および地中海寄りのアフリカ諸国の生産増によるものである。この地域は最近になって急激に資源ナショナリズムが高まるとともに、政治的にも宗教的にも紛争の多いところである。わが国の原油の輸入先は中東地域に偏っており、1962 年度においては、全輸入量の 81% にも達している。このことは、激動する国際石油情勢の中であって、特にその大きな影響を受け易いことを示している。したがって、今後ともわが国の原油供給は不安定な状況が続くことは避けられないと思われる。

次に、原油の価格の動きをみてみよう。これまで世界の原油市場においては、その巨大な資本力と卓越した技術力、情報力によって国際石油資本（メジャー）の一貫した支配が続いてきた。1950 年代および 60 年代には、大量の埋蔵量発見を背景として、原油の供給過剰傾向および原油実勢価格の低下傾向が続いた。産油国は OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries,

石油輸出国機構) を結成し、原油価格の引上げを図ってきたが、1970 年中東紛争によるサウジアラビアから地中海に至るパイプラインの破壊等により、ヨーロッパの石油需給がひっ迫するという事情のもとで、リビアが石油価格と所得税率の引上げに成功した。これを契機として OPEC は世界石油市場に大きな影響を与えるようになった。原油の実勢価格はこうして急速に上昇しつづつあったが、昨年 10 月末の OAPEC の石油生産制限を中東紛争解決のための手段として利用することの決定を契機として、異常な価格上昇にエスカレートしつづつある。これを代表的な銘柄アラビアンライトでみると、昭和 45 年 12 月には実勢価格 1 バレル当たり 1.4\$ (FOB) だったものが、昨年 6 月には 80% アップの 2.6\$ に達し、それが 10 月には 3.6\$ へ、本年 1 月に至っては 8.3\$ へと大幅に引き上げられている。

このような石油供給の不安定さと価格の異常な高騰のため、昨年末以来エネルギー供給の多様化が強く叫ばれるとともに、とくに国産エネルギー確保の重要性が再認識されるようになった。

水力エネルギーは、現在、わが国一次エネルギー供給力の 7%、電力エネルギーの 21% を占め、しかも国産エネルギーの半分近くを供給しているものである。このため、現在、エネルギー供給安定確保の観点から、とくに水力の価値が見直されつつある。

さて、わが国のエネルギー危機には以上の石油問題とは別に、電源立地難に基づく電力供給力不足がある。この電源立地難に基づく供給力不足も深刻で、石油危機の訪れる以前の昨年の夏、関西地区ではすでに電力使用制限が実施されている実情であり、今後この電力不足が全国的に顕在化してくる恐れがある。

電源立地難は基本的には、火力発電所による SO_x 、 NO_x の大気汚染と原子力発電所の放射能に対する地元住民の不安感、および発電所の冷却水の温排水が漁業に及ぼす悪影響の心配のための反対に起因しているが、さらには、これら発電所の建設が他の工場建設のように雇用機会の増加をもたらさず、地元の振興に対する寄与が少ないという地域住民の不満に基づいている。

ちなみに電源開発調整審議会で立地が決定された発電

* 正会員 通産省資源エネルギー庁公益事業部水力課長

所は、開発目標に対し 46 年度は 89%、47 年度 32%、48 年度は本年 2 月の追加分を含めても 44% にすぎない。この結果、51 年 8 月の供給予備率は適正水準といわれる 8~10% に比較して大幅に落ち込み、電力使用制限は避けられない見通しである。電力は、その特性として消費と供給が同時に行われ、備蓄のきかないものである。また発電所の建設には長期間を要するものだけに事態は深刻である。

特に、夏期には最近著しく冷房用の電力需要が増加しているのに対し、逆に夏期は NO_x による公害規制のため火力発電所が 20% の出力低下を余儀なくされることが多く、電力不足がより大きくなろうとしている。そのため現在、この火力・原子力の電源立地難に基づく夏期のピーク電力不足に 대응するものとして、大規模な揚水式水力の開発が要請されている。

このように、水力については、国産エネルギー確保の観点からの一般水力の緊急開発とピーク電力確保の観点からの大規模揚水発電所の建設とが、昨年来のエネルギー危機の到来により社会的に強く要請されている。

2. 水力開発の変遷と現況

わが国は一般的には地形が急峻で雨量が多いため、水力発電の立地条件に恵まれている。このため、明治 25 年琵琶湖の疎水を利用した蹴上^{けあげ}発電所の完成以来今日に至るまで、各時代の技術の粋を駆使して水力開発は全国で活発に進められてきた。しかも、水力開発は計画の立案から、実施に至るまで終始全く土木技術者の手によって行われてきた。48 年 4 月までに開発されたわが国の水力発電所は 1 500 余、最大出力で約 2 100 万 kW に及んでいる。

水力開発の初期の流込式発電所は、使用水量を河川の渇水量を標準としていたが、逐次河水の利用率があげられてゆき、次第に平水量、豊水量が標準とされるようになった。この時代の電力供給は水力を主体とするものであり、火力発電は国内炭を燃料とする小規模なものであって、渇水期の短期補給用に使われていた。

表一 発電設備の現状

(昭和 48 年 4 月 1 日現在, 単位: 万 kW)

設備区分 内 訳	水 力*		全 設 備
	発電所数	最大出力	最大出力
9 電力会社	1 169	1 380	5 970
電源開発(株)	44	380	520
公 営	166	190	190
そ の 他	19	20	780
事業用計	1 398	1 970	7 460
自家用計**	137	100	1 070
総 計	1 535	2 070	8 530

注: ① * 印, 純揚水を含む。

② ** 印, 自家用は 500 kW 以上のものを集計。

戦後は、水力が貯水池式および調整池式で開発されるようになり、大きなダムによる池容量を使って、ピーク用電力を分担することとなり、使用水量も豊水量以上のものを採用するようになってきた。

一方、火力発電技術の進歩もめざましいものがあり、昭和 30 年代後半に至り著しい大容量化が進み、石炭燃料から石油燃料への転換、熱効率の向上、原油価格の低廉化などがあって、重油専焼火力発電所全盛の時代となった。

このように大容量の火力発電所が、急増する電力需要に対応して盛んに建設され、また、近年原子力発電所の計画も急速に進められているため、これらと組み合わせてピーク用電力供給力を確保するとともに、火力発電所、原子力発電所を高効率運転させるための揚水式水力の開発が急速に具体化するようになってきた。これは、経済的に開発しうる一般水力地点の減少に対し、河川の自然流量による制約なしに大規模なピーク電力を供給しうるからであり、現在では工事中発電所の出力規模で、揚水式水力が実に水力の 90% 近くを占めるようになってきている。

揚水発電は、量的に限界のある一般水力に代わって将来のピーク供給力の主体となるものである。揚水発電は深夜等の電力軽負荷時に、火力、原子力発電の電力を揚水資源として利用し、下部貯水池の貯留水を上部貯水池に揚水しておき、昼間の重負荷時に発電する形式のものであり、上部貯水池に流入する河川流量の有無によって

表二 工事中の水力発電所

(昭和 48 年 4 月 1 日現在)

区分 事業者	一 般 水 力				揚 水				計			
	発電所数	最大出力 (万 kW)	発電電力量 (億 kWh)	工事費 (億円)	発電所数	最大出力 (万 kW)	発電電力量 (億 kWh)	工事費 (億円)	発電所数	最大出力 (万 kW)	発電電力量 (億 kWh)	工事費 (億円)
9 電力会社	21	95	22	1 100	7	470	3	2 176	28	565	25	3 276
電源開発(株)	3	32	7	386	3	280	2	1 220	6	312	9	1 606
公 営	18	22	10	384	—	—	—	—	18	22	10	384
そ の 他	2	1	1	17	—	—	—	—	2	1	1	17
事業用計	44	150	40	1 887	10	750	5	3 396	54	900	45	5 283
自家用	1	2	2	17	—	—	—	—	1	2	2	17
計	45	152	42	1 904	10	750	5	3 396	55	902	47	5 300

2つに分類されている。すなわち、上流貯水池にかなりの流域面積を有し、貯水池に流入する河川流量が発電に期待できるものを混合揚水発電所といい、流量が上部貯水池にほとんど流入しないものを純揚水発電所として分けている。従来開発された揚水発電所は、混合揚水式が多いが、地点数の制約から、これからは純揚水式が多く開発されることになろう。

下部池に海を利用する海水揚水も調査研究は行われているが、わが国では内陸部河川上流での有利な揚水発電地点がかなりあるので、まだ海水揚水発電は実施されていない。

3. 水力開発の役割

わが国の電力需要は、今回のエネルギーショックにもかかわらず、長期的には今後もかなり高い比率で伸びていくことと思われる。なぜならば、電気は便利で清潔なエネルギーであって国民生活と経済活動に不可欠なものであり、先進各国とも高い比率で電力需要は伸びてきているからである。一時的にはともかく、長期的には電力需要の伸びが止まるとは予想されない。

総合エネルギー調査会の中間答申による昭和60年度の電源設備の必要量は、2億2600万kWないしは2億4700万kWである。この量は今後多少の変更が予想されているが、いずれにせよ、昭和60年度にはそれに近い電源設備が必要となってこよう。このような伸びは産業用電力の伸びもあるが、都市部を中心とした夏期冷房の普及など、都市機能の高度化に伴う電力需要が急速に強まることが予想されているためでもある。このため夏期の最大電力は急増し、昭和46年度5400万kWのものが昭和57年度1億5920万kW、昭和60年度は2億kWになるものと予想されている。

この膨大な電力需要に対する電力供給の基本方針は、ベース負荷を火力および原子力で分担、ピークの負荷を負荷即応性に優れた特性を有する水力でまかなうことにしている。

電力供給力の中に占める水力供給力の構成比率は、その電力システムの需要の構成、負荷率、系統の大きさなどによって異なるが、一般には系統経費が最少になるよう各種のシミュレーション等の検討を行って決めている。わが国の場合、各電力会社とも水力開発比率は、おおよそ15~20%が最適であるとしている。これからの水力発電所の重要な役割は、需要のピーク部分を受け持つ、いわゆるピーク水力としての機能である。水力は、まず電力需要の急激な立上がり部分を分担する。この部分は火力・原子力発電所が負荷に追従できないところで、この分が系統容量の7~10%あって、電力安定供給上絶対必

要なものであるといわれている。さらに水力分担が系統運用上経済的になるピーク需要分があるので、現在水力開発比率が15~20%とされているのである。わが国の電力需要負荷率は年々低下し、昼夜の需要の差が拡大しピーク部分が増加する傾向にあるので、水力のピーク機能の役割は、ますます重要になってきている。また、火力や原子力の電源立地が公害問題を中心とした地元の反対運動でゆき悩んでおり、この面から電力安定供給上の供給予備力を水力によって得る必要も生じ、水力開発がよりいっそう要請されている。

さて、水力発電の特徴は次のとおりである。

① ピーク負荷に対する供給力として負荷即応性を持っている。

② 一般水力の場合は、火力が供給に不安のある輸入燃料を使用するのに対し、国産の無限の循環エネルギーである。

③ SO_x、NO_x、放射能等の大気汚染の恐れは全くない。

④ 水資源開発、治水、砂防等の多目的効果を発揮するほか、道路などの整備による地域開発への波及効果が大きい。

⑤ ローカル供給力として供給信頼度が高い。

⑥ 発電原価の構成は、資本費が90%を占め、運転経常費が少ない。よって完成後の原価は安定していて、しかも年々償却が進むにつれて金利負担が少なくなり、原価は低減する。金利8%と考えた場合、金利は発電原価の2/3を占めることとなる。

以上のような特徴を水力は持っているもので、電力供給力の中に占める水力開発の役割は、今後とも大きく、かつ重要になっている。

4. 水力の開発可能量

水力エネルギーは、使用水量と利用落差の相乗積によって表わされる。したがって、わが国の理論包蔵水力は年間の降水量および地形から算定でき、この量は平均出力で7700万kW、年間発電電力量で6700億kWhと算出されている。このうち実際に利用可能なものは、その時代の技術水準および経済性の評価によって決まってくるが、おおむね理論包蔵水力の20%程度と考えられている。

わが国の包蔵水力調査は、明治の末期から政府によって全国的に大規模に行われ、河川ごとに個別に発電計画を作成し、地点ごとに積み上げることによって包蔵水力を算出している。

包蔵水力調査は、わが国の水力開発を合理的に行うための基礎資料であって、国としてこれを的確に把握して

表-3 わが国の包蔵水力

(昭和48年3月末)

区 分	地点数	発電力 (kW)		発電力量 (1000 kWh)
		最 大	常 時	
既 開 発	1 626	19 869 631	5 134 242	(1 762 483) 82 269 848
工 事 中	49-4	4 396 320	146 827	(1 851 252) 4 647 068
未 開 発	870-238	25 326 543	1 933 672	(4 792 476) 43 086 850
合 計	2 545-242	49 592 494	7 214 741	(8 406 211) 130 003 766

注：① 純揚水は含めていない。

② 地点数の右の数字は廃止発電所の数。

③ () 内の数字は揚水分発電力量で外数。

おく必要がある。そのため、先に述べたように明治43年から第一次の水力調査、次いで大正7年から第二次、昭和12年から第三次、昭和31年から昭和34年にかけて第四次の水力調査が行われている。なお、第四次包蔵水力調査実施以後も、通産省では低落差地点調査、大規模再開発調査、総合開発関連発電計画調査等を実施し、これら国費をもって調査したもののうち一定の経済性のあるものを包蔵水力として集計してきている。

現在のわが国の包蔵水力は2300地点・4960万kW・年間発生電力量1300億kWhと推定されている。そのうち、既開発は1626地点・2000万kW・822億kWh、工事中は49地点・440万kW・46億kWhである。したがって、未開発のものは870地点・2500万kW強である。未開発包蔵水力2500万kWの内訳は、一般水力がおおよそ1300万kW、混合揚水式水力が1200万kWである。

純揚水式水力の開発可能量は、包蔵水力と違って量的には制限が少なく、通産省がすでに調査を実施したもののだけでも237地点・1億4300万kWに及んでおり、今後の電力系統の拡大に対応する量的不足はない。

5. 水力の緊急開発計画

(1) 水力の経済性の見直し

水力地点は従来から火力の経済性と比較され、火力とほぼ同程度の経済性を有する地点まで開発が進められていた。現在工事中の一般水力発電所の発電原価は、おおよそ4.50円/kWhで、火力発電所の従来の発電原価の3円/kWhに比べ、50%程度発電原価が高くなっている。このことは水力発電所の経済性が劣っていることを示すものではなく、水力は電力需要のピーク部分を受け持つ電源であることに由来するからであって、火力の3円/kWhと水力の4.5円/kWhとは、ほぼ見合いの経済性を持つものといえる。

ところで、火力発電所の原価の中味は、従来燃料費が半分の1.5円/kWh程度で、残りの1.5円/kWhが設備固定費によるものであった。今度の石油の異常な高騰により、燃料費相当分は、5円/kWhを越えるものと試算されている。また、公害対策費等の上昇もあって、火力発電所の発電原価は、7円/kWhを越えることとなった。この結果、水力発電所の相対的な価値も急上昇し、調整池式水力の発電原価は、火力発電所と比較した場合8.5円/kWh程度でもなお有利と判断されるに至った。

恐らくは、水力発電所のピーク供給力としての負荷応答性、供給信頼度、クリーンエネルギーとしての価値を評価すれば、国産循環エネルギーとしての国の価値づけを別にしても、経済的に10円/kWhぐらゐは開発可能と考えるべきであろう。

(2) 水力の緊急開発計画

昭和48年度の電源開発基本計画による昭和48年度から54年度までの水力着工量は、1940万kWである。このうち、1830万kWは揚水式発電所であり、110万kWは一般水力である。

通産省では、大規模揚水発電計画についてはこれを前述のような役割から積極的に推進するとともに、国内資源である中小水力を緊急に開発することをねらいとし、一般水力の緊急開発を考え、揚水式水力の開発とは別に数量的目標をたてて、各種の推進策を講じることとしている。この目標については、目下総合エネルギー調査会の専門委員会で作業が進められている段階であるが、次のような結論になる見通しである。すなわち、昭和55年度までに約1兆2400億円を投じ、420万kW・164億kWhを、現在工事中の100万kW・32億kWhの一般水力とは別に緊急開発する。また、昭和60年度までには強力な助成策を講じて、さらに一般水力370万kW・133億kWhを開発し、国産エネルギーとしての水力を既設水力分820億kWhと合わせて年間電力量で約1150億kWh程度確保する、というものである。

6. 水力開発の方向

今後の水力開発の方向は、当面前述のような国産エネルギーの確保の観点からの一般水力の開発と増大するピーク需要に対処するための大規模揚水式水力の開発とに指向されよう。その開発規模は、何といたっても揚水式が圧倒的に大きくなっていくのは、一般水力地点の減少からみて当然である。

ただこの場合、発電単独の河川上流部での純揚水式水力も数多く建設されようが、長期的には多目的開発にも積極的に貢献しうる大規模再開発、広域多目的連続揚水

発電計画が真剣に検討され、取り上げられていくべきであろう。これらについて、以下説明を加えることとしたい。

(1) 大規模再開発電計画

すでに述べたように、わが国では古く明治中期から水力開発が始まっているので、現在からみると老朽かつ小規模の水力発電所が数多く存在している。すなわち、明治時代にでき、現在も動いている発電所の数は、およそ100発電所、大正時代のものが530発電所、この両方で全水力発電所の40%近くである620発電所にも達して用いる。これらの発電所は一般に出力は小さく、河川の利用率も低いものである。一方、近年河川に対しては、治水のための洪水調節用ダム建設の要請や、都市用水の急激な需要増に応ずるための社会的要請が高まっている。このため、限られた河川をより高度に利用するためには河川の主要部を占めているこれら老朽水力の再開発電計画を検討しなければならない。このような情勢を踏まえ、通産省では新しい構想のもとに昭和43年から具体的な再開発電計画方法を決め、全国の主要な河川の再開発電計画を調査している。現在までにおおよそ80地点・5000万kW程度を図上検討でまとめ、逐次実地調査を行いつつある。検討にあたっては、治水はもとより都市用水に関しても十分配慮を払うこととしている。

(2) 広域多目的連続揚水発電計画

わが国の地形は一般に本州の中央を走る山脈を境にして南と北とに分かれ、気象条件について両地域に大きな差があって、雨の降り方、したがって、河川の流況が著しく異なるほか出水の発生時期も違っている。この流況の異なる南北両地域の水系に階段状に大ダムを建設し、これを揚水発電所によって連絡し、発電運用によって両水系の川の水を広域的に融通し合えば、ピーク用大電源の確保とともに水資源の飛躍的な利用が可能になる。このような構想に基づく水力開発の方式が広域連続揚水発電計画である。この構想の具体的な一つの例として、利根川の最上流部吾妻川と信濃川水系中津川最上流部とを結ぶ「上越計画」がある。これは上越国境にある野反池をかさ上げして揚水式発電所の上池とし、吾妻川筋と中津川筋にそれぞれ別個に設ける揚水式発電所の共通の上池として使用することにより、2つの揚水式発電を媒体として両河川の水を相互融通しながら大規模発電を行おうとするもので、それぞれの河川には階段状に2ないし3の連続した揚水発電所をつけ加え、より大規模な電源の開発と、より流域の大きな河川とを結びつけることに

している。この「上越計画」により8つの水力発電所、出力合計460万kWと新たに水資源約4億m³が生み出される予定である。

このような構想の水力開発は、実際にはまだわが国において行われていないが、揚水発電所の高圧水路が都市用水路を兼ねることとなるので河川の水を必要に応じて他水系から融通し合えるようになり、今後の河川開発上の有力な開発手法となるものと思われる。

通産省では、この手法による開発計画を全国の主要な地域で立案中であり、逐次10あまりのプロジェクトの調査を進めることにしている。

7. む す び

水力開発は、一般水力については安定的な国内エネルギー源の確保、揚水発電については電力供給力の系統運用上の必要性から、ますます推進させなければならないものである。

しかし、水力発電所の建設は、火力発電所建設に見られるような公害問題に端を発する地元の大規模な反対運動はないとはいえ、水力特有の問題があって、地元の協力をとりつけるのは決して容易ではない。

すなわち、ダムの建設によって住家や田畑が水没する問題、工事中や完成後の濁水問題、自然景観の変化等、地元にも多大の迷惑をかける面がある。

昨年10月に公布された「水源地域対策特別措置法」も、通産省が国会に提出している「発電用施設周辺地域整備法」も、地域の整備計画を行うことによって地元の地域関係住民の福祉の向上を図り、地元にかかる迷惑を軽減し、地元の人たちの満足を得た上で、開発の推進を図ろうとするものである。

このように開発に伴う諸問題を、地元との間に円満に解決していくための施策が次々に進められる必要性が最近では特に感じられる。

また、長期的な水力開発を考えるにあたっては、治水のための洪水調節用ダム建設の要請、都市用水の急激な需要増に対する計画等を織り込んでいく必要がある。

このための手段としては、どうしても老朽小水力の大規模再開発電への展開、複数河川を結びつける広域多目的連続揚水発電計画の推進が図られなければならないと考えている。

水力開発の推進のため、関係者一同、官民こぞって取り組む熱意が必要であり、会員の皆さんのご理解とご協力をお願いする次第である。