

水資源開発計画における今後の課題

大阪大学工学部土木工学科教授 室 田 明

最近、世界人口の爆発的な増加にともなって地球空間の狭いこと、地球資源の有限であることがあらためて認識されるようになった。たとえば「地球には何人の人間が生存することができるか」というのはなほだ広漠とした設問に対して、生態学者は「現在の人口の10倍、363億人である。」という答をただちに用意できるというわけである。今世紀の末には世界人口は現在の2倍に達しているはずであるという。地球上のすべての耕作可能な面積を全部使いきって、かつあらゆる手段を用いて考えうるすべての食糧を生産しても、もはや地球上にはこれ以上の人は食べていけないという。それは何年後であろうか。

全地球的な規模で水資源の賦存量を議論できるようになったのもたかだかここ数年来のこと

であるが、水資源に関する限り、global ならえかたではほとんど現実的な意味がない。なぜならば、海をわたって水資源を輸送することはほとんど考えられず、他国の水資源を当てにすることができないという意味で、水資源はきわめて閉鎖的であるからである。

わが国土の年間降水量は、全国平均で、年間1,818mm、容積にして6,700億 m^3 、国民1人当り年間6,610 m^3 が使う最大限である。ちなみにアメリカでは39,200 m^3 /年/人でわが国の5倍に相当する水資源に恵まれている。国土全体についてもわが国は決して絶対量として豊かな水資源に恵まれているわけではない。

さらに、地域のレベルに話を移せば、水資源の賦存状態は空間的にも時間的にもきわめて偏在的である。降水の季節的変動はいちじるし

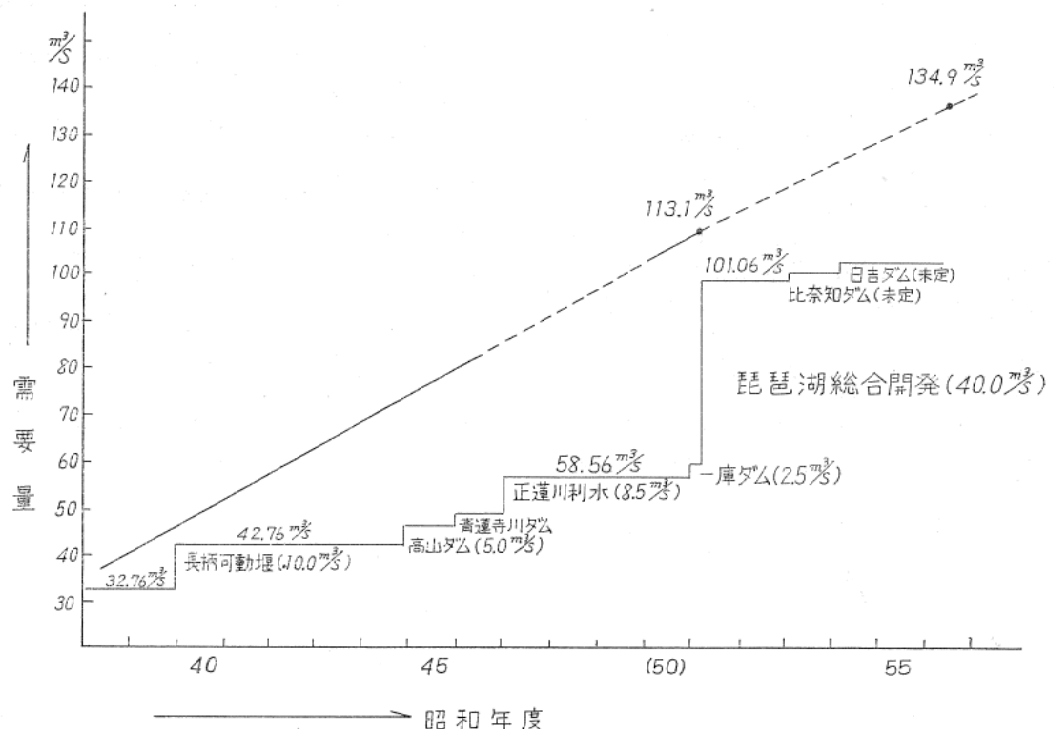


図1 淀川下流に依存する阪神地域の都市用水の需要と供給

く、かつ降水時系列のパターンは日本海側と太平洋側でおおいに異なる。1回の台風によって300~500億 m^3 の雨がもたらされるので、もし台風の来襲がなければ往年の「東京沙漠」のような深刻な渇水に悩まされるのである。

このように限定され、かつ決して豊かでない水資源の所与に対して、水需要の伸びは近年、増加の傾向が著しい。例を京阪神にとると、**図-1**に見られるように京阪神近在の水系、とりわけ琵琶湖の総合開発が下流需要地の期待するように行なわれたとしても昭和55年代で大幅な供給不足になることは明瞭である。おおまかにいって毎秒 $1m^3$ の水は人口20万の都市を養うことができるから $30m^3$ の不足は600万人が水不足に陥ることを意味するのである。

太陽の輻射熱によって、水蒸気が水面、地面、葉面からの蒸発散によって大気中に供給され、凝縮核の作用で水蒸気は水滴となり、ある限界を超えた水滴は降水となって再び地表・水面に戻り、地表に達した降水は複雑な経路を経て海に流達し、そこで再び蒸発する。このような永遠の大循環を水文循環というのであるが、人類の水利用はこの水文循環のごく一部を利用している、いや水文循環の一部を形成しているといつてよい。したがって、人類は決して「水を消費する」ことはなく、その過程で「水を汚している」に過ぎない。自然の回復能力、河川についていえばその自浄作用をこえて水を汚せば、汚染は蓄積される一方である。水質汚染に関する河川自浄の限界は人口密度でいえば流域 $1km^3$ 当り200人の程度であるといわれている。近畿では、淀川の木津川上流、桂川上流、紀ノ川上流を除いてこの限界をこえている。したがって何等かの下水処理を行なわぬ限り、汚濁は一方的に進行するのみである。

このように、水資源は量・質ともにますます緊迫した様相を呈しつつある。水資源開発の適否によって今後の地域開発計画は決定的にコントロールされることもありうるだろう。このような危機を警告することはむしろ易しい。しかし、至難な現状の分析にもとづいて将来いかになすべきかの指針を示すことこそ水資源計画の

正統な課題である。

今後の水資源開発の方策

人工降雨などの人為的な方法でinputとしての降水を増加させ、あるいは制御することはここ当分望みがない。あくまでも「天からのもらい水」という形の所与として水資源を考えなければならないから、水資源開発とはいっても決して資源そのものを開発創造するのではなく、その貯留と配分の最適化が基本である。さらに消極的な手段として水利用の各種の改善策、たとえば下水・工業用水の回収処理とその反復利用等も考えなければならないが、水資源開発の基本理念は、本質的にそのトータル・システムの最適制御であると考えられる。

このような観点から、今後行なわれるであろう水資源開発の諸方策を挙げて、そのおのおのを簡単に検討してみよう。

水資源の貯留としては、従前通りの伝統的なダム構築による貯水池の造成が一段と推進されるだろう。元来、わが国の河川はおしなべて河床勾配が急峻なためにダムによる貯留効率はよくない。アメリカではダム・コンクリート容量の1,000倍のオーダーの貯水が普通であるのに、わが国のそれは100倍、たかだか500倍のオーダーである。このことが必然的に原水価格にもはね返ってアメリカでは原水1トン当りの建設経費が6,500万円、山元原水単価が0.2円/tonであるのに、わが国では建設費13億~20億円、単価4円~7円となる。

現在、山元原水単価の採算圏は10円/tonといわれているが、増やすことのできない降水inputに対し、需要だけが急増するのであれば背に腹はかえられずいづれは採算を度外視して貯水池造成を推進せねばならないだろう。昨年4月、建設省が発表した「広域利水調査第一次報告書」によれば、現在の技術で今後開発可能な新規水資源は年間680億トン、このために全国で760のダムを建設する必要がある、その所要資金は46年度価格で10兆円であるという。(この新規に構築されるダムと、既存のダムのcatchment areaの合計は平野と丘陵地帯を除くわが国の山

地面積のほとんどすべてをカバーするのである。))

ダムによる河道内貯留が経済的、物理的限界をこえれば、なりゆきとして当然河道外貯留が考えられるだろう。その一策として、山間部の凹地、場合によっては生産性の低い盆地が貯水池に転用されることもありうるだろう。現実には、小規模ながら加古川下流では、河道からはずれて平荘貯水池を設け、川から余剰水をポンプ・アップして貯留し、湧水補給を行なっている。

さらに、河道外貯留の一策として河口貯留も考えられる。すなわち、河口を取りまいて海の中にダムを構築し、河川流出を一滴残さず河口で捕捉するという構想である。久しく水田農耕に依存して来たわが国では、徳川末期に確立した慣行水利権によって農業用水の使用量と使用時期が固定化しており、河川を流れる水は余剰の如く見えてもその大部分が権利を伴った水である。さらには河川水質の維持、舟航等のために河川維持用水と称し、実質的には利用されない水量も流れている。このような、権利の伴う水、あるいは維持用水、さらには洪水時の無効放流量を河口で捕えれば権利を侵害することなく有効的確に貯留しうるし下流需要地に近く補給経路を短縮できることもあって有効な方策と考えられる。千葉県・小梅川、福岡県・曾根臨海工業地帯等ですでにこのような計画が現に検討されている。

このように、河道内・河道外にかかわらず多数のダムが建設された時点では、貯水池単独の操作ルールによる運転は大局的に見てきわめて不経済なものとなるだろう。たとえば瀬戸内水系の貯水池が涸渇しているときに、日本海側水系の貯水池が満水で無効に放流しているという事態はきわめて不自然である。すなわち、多数のダムで構成される貯水池群としての最適操作が将来の必然的な課題となるはずである。高度な最適制御理論を要求するその解析に先だって、まず広域的な降水時系列の推計学的研究が必要なことは申すまでもなく、われわれの研究室ではここ数年来、このような構想のもとに近畿圏全般の降水特性について地道な研究成果を蓄積し

つつある。

以上は、表流水の各種貯留について述べたのであるが、賦存量としては表流水源に匹敵する地下水資源についても言及する必要があるだろう。地下に浸透した水は地形、地質によっては莫大な量が埋蔵資源として貯留される。淀川の湧水は山城盆地の地下水のシボリ出しで大いに緩和されるし、奈良盆地の地下水資源がきわめて豊かであることも衆知のところである。このような自然状態の貯留機能を人工的にさらに増強するために、いわゆる地下ダムを建設して地下貯留の飛躍的な容量増加を計る案もある。外国ではシリア砂漠でさえ、地下300mには豊富な地下水が存在するという。

しかし、利用しうる資源としての地下水の寄与に関しては筆者はかなり悲観的である。というのは、表流水の場合と異なり、地下水流動にはきわめて大きい抵抗が伴うのが普通で、当然、揚水するためにはかなりの動力を必要とする。まして、都市単位の水需要に即応するには工学的限界をこえる動力を要し採算的に到底、実現しえないであろう。応急的なピンチ・ヒッターとしての地下水利用は考えられても、ベース補給としての地下水利用は現実的でないと考ええる。

さきに、水資源に関する限り創造・開発は考えられないと述べた。水資源は申すまでもなく淡水資源の意味であるから、地球全水量の97%を占める海水の淡水化が可能であれば、上述の意味ではまさしく水資源の転換・創造ではないのかという議論は当然起るはずである。

海水の淡水化については現在、工学的に考えるすべての方法は展開されたというべきである。すなわち、蒸発法、なかんづく原子力発電に伴う余熱の利用法、イオン交換膜による電気浸透法、あるいは凍結法等々、多段フラッシュにより効率を上げる等、若干の工学的考案で改善の余地はあるにしろ考える方法は以上のようなものである。水資源としての問題はむしろ水価格の点にある。現在、もっとも効率のよいとされているアメリカのパイロット・プラントで日産5,000~10,000トンの淡水を多段フラッシュ法で生産するとして40円/tonの単価とい

われている。すでに述べたように、貯留効率のきわめて悪いわが国においてすら貯水池造成による原水単価が4～7円であることを思えば、採算上ケタがちがうことに気づかれるだろう。副次生産物としての塩を考えれば水そのものの cost-down もありうるのではないかという意見もあるが、かりに海水（塩分濃度平均 35,000 ppm）を 1,000 ppm の淡水？にすべく日産1万トンのプラントを運転すると年間300万トンの塩が生産される。わが国の塩の年間消費量は200万トンである。

広域水資源開発の提唱

図-1で例示した京阪神の水供給と需要のバランス・シートで、開発の諸方策が淀川水系のみに依存していることに注意していただきたい。

あらためていうまでもなく、古来あらゆる都市は河川に依存して発展して来た。あの輝かしい栄光をきわめたメソポタミヤ文明は、チグリス・ユーフラティス河の流路の変動のためにあえなく廃墟と化した。淀川河口に発達した大阪はいまその求める水の量と質とに困惑しつつある。しかし、歴史的必然として事態の推移を古代のそれに duplicate するのは、大げさにいえば人類の叡知を信じぬものである。現在の土木工学は環境の劣化を挽回しうる技術を持っているはずである。

水の利用に関する限り、限定された水系にのみ依存すべきかいなかをあらためて考え直す時点にある。

近畿圏についていえば、日本海側と太平洋側の降水時系列は負相関の関係にある。すなわち、冬期降水の多い日本海側に対し、太平洋側は乾期であり、台風性降雨が期待される夏期の太平洋側にくらべ、日本海側は水資源に乏しい。無効に放流される貴重な水資源を、水系相互に融通し合うのがここにいる広域水資源開発である。上の例でいえば、日本海側河川群と太平洋側河川群の間で水の交換を行なうことが考えられる。

昭和39年、改定された河川法の理念は「水系一貫」の思想であった。明治29年、始めて制定された旧河川法では下流重要区間のみが治水対

策の対象となり、水系を一貫した治水対策という観点からはしばしば矛盾撞着が起った。

新河川法において、当然の趨勢とはいえ、水系一貫の理念が確立されたことは河川工学者として待望のものであった。しかしその間に経過した歳月の永さに、あらためて河川にまつわる利害の錯綜と、因習の深さを痛感するのである。

まして、水系にまたがる導水計画ということになれば事が理想通りに簡単になるものではないことは自明である。

テネシー河の開発、いわゆる TVA の功労者リリエンスールはつぎのようにいっている。

「一体、資源開発という仕事は、高度に中央集権化された政府から指令されなければどうしてもできないものであろうか。それは、経営者、技術者、政治家といった特別のエリートたちがどうしてもやらねばならぬことだろうか……」

また資源の開発は、自然の宝庫を掠奪し、風景を害し、森林をこわし流れを濁し、自然と人の一体性を無視する以外にやりようがないのであろうか……」

テネシー河域で得られた経験はその逆であることを立証した。その経験を総括すれば、こうした事業を効果的にやる最善でおそらく唯一の方法は、自然の斉合性を認識し、民主的な方法を取り、民衆自体を日々積極的に協力させなければならぬ、ということである。」

すでに40年も前に、アメリカの技術者はコロラド河から延々 300 km の導水路を敷設しロスアンゼルスに導水することに成功している。

最近では国際的な規模で壮大な導水計画が検討されつつある。たとえば NAWAPA 計画 (North American Water and Power Alliances) では、アラスカからメキシコまで北米大陸西岸沿いに導水路を建設し、アラスカ、カナダ、ロッキーの豊富な水を南方に輸送しようとするもので、計画段階で10年、建設に20年の歳月と36兆円の建設費が見込まれている。

わが国でも、たかだか数年をへずして水事情が逼迫することを思えば、地域規模の小さい広域水資源開発は技術的には、決して困難ではない。