

# 水資源開発の効率性分析

小 関 誠 三

An Analysis of the Efficiency of Water Resources Development

Seizo KOSEKI

As is generally known, water resources development in Japan began increasing with the high rate of economic growth in the 1960's. Consequently, at the present time, the rising trend in costs is bringing about a water price differential between the water supply utilities in the upstream municipalities and those in the downstream metropolises. This is resulting from the drop in physical efficiency of the more recent water resources projects.

In this paper, therefore, the primary problems of redressing the water price differential will be considered from the viewpoint of physical efficiency, or sharing development costs between all users in the same form of water demand, because it seems that charging users a fair water price from this viewpoint would curtail wasteful use of water and contribute to its conservation.

## 1. はじめに

昭和30年代後半に始まる高度経済成長を契機として、わが国における水需要は急激に増大し始めた。そこで、周知のように、昭和36年には水資源開発2法（「水資源開発促進法」と「水資源開発公団法」）が制定され、水需給逼迫を解消する1つの方策として、ダム建設による水資源開発が推進されてきた<sup>1)</sup>。ところが、いうまでもなく、水資源は有限であり、特にわが国においては、ダム建設による河川水の開発は自然的にも社会的にも大きな制約を受けることになる。

現在、このような事情は、開発費用の上昇という現象に端的に現われ、先発ダムと後発ダムとの間に（山元）原水単価の格差をもたらしている。また、この原水単価の格差は、下流都市の水道事業体が相対的に多くの開発水量を先発ダムに依存し、上流市町村または都市化過程にある地域の水道事業体が相対的に多くの開発水量を後発ダムに依存しなければならないことから、両者の原水関係費用負担額の格差、ひいては供給単価（水道料金）の格差として反映されることになってくる。

本稿は、以上のような視点にもとづいて、まず指定水系別20ダムについての上水道用水の原水単価を算定し、次にその上昇要因を河川水開発の効率性の観点から分析することによって、原水

単価の格差是正の問題を解消させるための予備的な考察を行うことをその狙いとしている。

## 2. 原水単価の推移

ここでは、水資源開発の立場から、山元で開発された原水が取水されるまでの費用を問題としたいので、下式のような原水単価の算定方式を用いることとする。

$$\text{原水単価} = \frac{\text{総事業費} \times \text{負担率} (1 + 0.4 \times \text{利子率} \times \text{工期}) \times \text{資本還元率}}{\text{年間開発水量} (\text{m}^3/\text{s} \times 31,536,000)}$$

上式は資本還元方式とも呼びうるものであり、そこで資本還元率は年金現価率の逆数である賦金率と同様の意味をもっている。したがって上式は、いわば水の生産者（卸売）の立場からする原水単価の算定方式とみなすことができ、各水道事業体が実際に支払う開発水量単位当たり費用に対する負担額の算定を行うものではない。それは、開発水量単位当たり費用の回収額が、その年々の積み立てによって得られる複利計算による元利合計額と、建設期間中の利子をも含めた総事業費の負担額を、前者と同じ利子率で同じ期間の間据え置いた場合に得られる複利計算による元利合計額と等しくなるような値として算定される。つまりこれは、ダムの耐用年数を通じて、ダムの建設に投下された資金を、建設期間中の利子をも含めて完全に回収することを意図した算定方式である、ということができるであろう。

なおここでは、利子率 (*i*) を0.07、ダムの耐用年数 (*n*) を80年として、

$$\text{資本還元率} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.0703$$

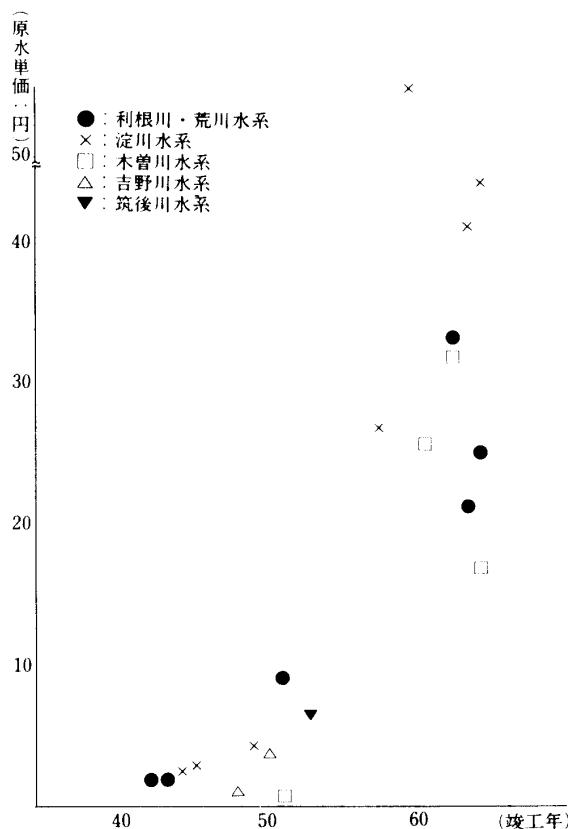
を用いている。また、分子の0.4は、工期の60%進行時点に建設資金の集中的投下があるという経験上の判断から、建設期間中の利子負担額を40%とみなしていることを意味している。

それでは、このような前提のもとに算定された、上水道用水の原水単価の推移を見てみよう。図一1は表一1にもとづいて、原水単価の推移を経年的（竣工年別）にプロットしてみたものである。

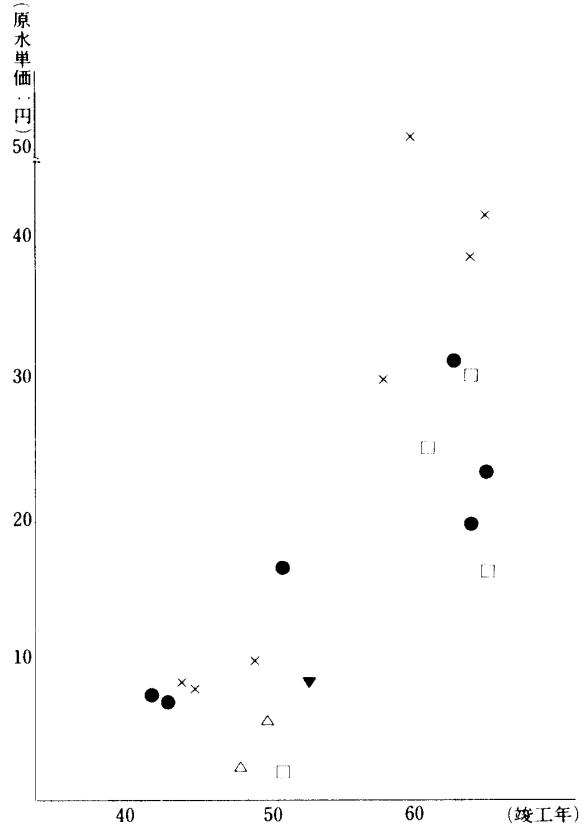
図一1から明らかなように、ほとんどの水系において原水単価（名目値）は上昇傾向にあり、昭和50年前後を境として、水系別の先発ダムと後発ダムの原水単価を比較すれば、前者は10円以内に集中し、後者は20円から30円、淀川水系にいたっては40円以上にもなっている。一般に、このような原水単価の上昇要因としては、ここで検討するような効率性の低下以外に、インフレによる総事業費の高騰、特に昭和48年末の石油ショックによる資材の高騰、用地・補償費の上昇および工事期間の長期化による建設利息の増大などが指摘される。ところが、ここで銘記しておかなければならぬのは、図一2のように、換算基準年度を昭和55年とする「建設省河川総合開発指標」を用いた実質値で見ても、原水単価の上昇傾向が大きく変わることがないことである。

本稿は、上述のような効率性以外の諸要因を否定するものではないが、現在の水資源開発には効率性の低下が顕在化しているのではないのか、だとすれば、原水単価の格差是正に対しては、この効率性の低下を考慮してその解決策をもとめる必要があるのではないか、ということを意

## 水資源開発の効率性分析



図一1 原水単価の推移(名目値)

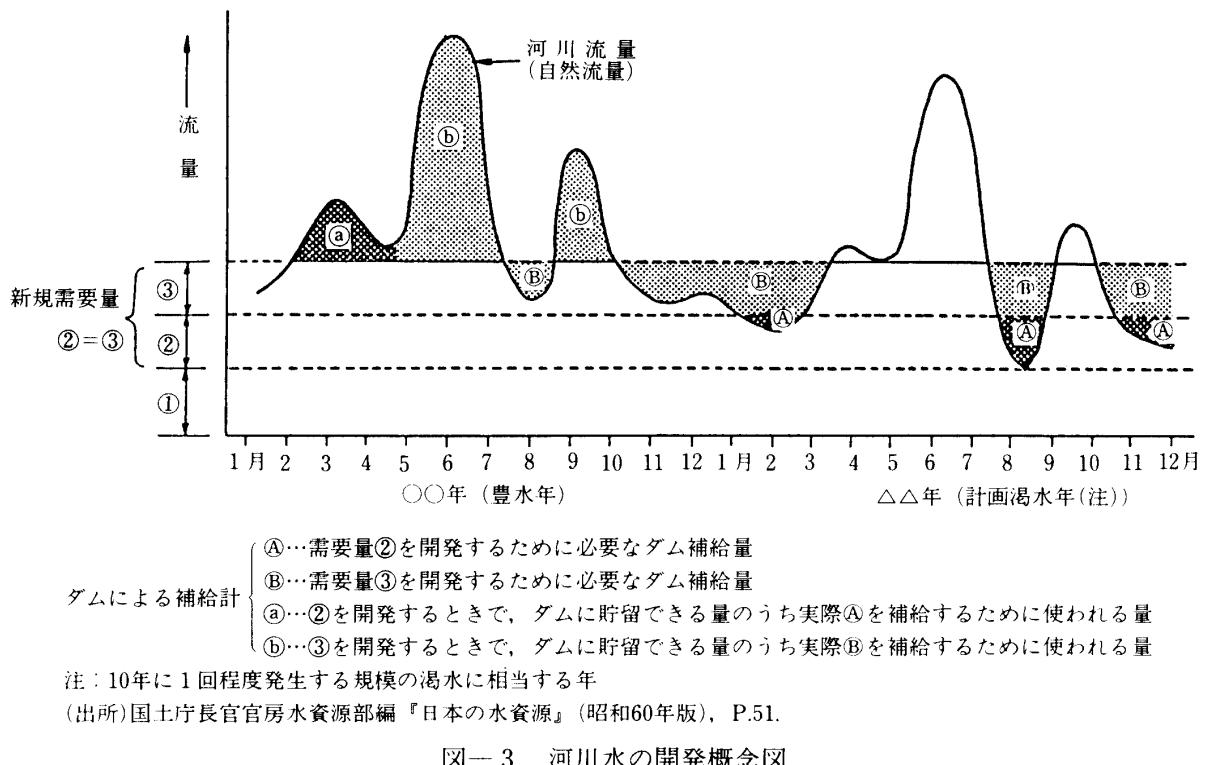


図二2 原水単価の推移(実質値)

表一1 原水単価算定表

ダム名および型式 A:アーチ式 G:重力式 R:ロックフィル	総事業費 (億円)	使用デフレ 一タ年次	上水新規開発 水量(m³/s)	上水名目原水 単価(円)	上水実質原水 単価(昭和55 年基準:円)
<利根川・ 荒川水系>	矢木沢(A)	118.9 (83.9)	40	4	2.04
	下久保(G)	202.3	41	14.2	1.97
	草木(G)	496.3	48	7.04	9.01
	奈良俣(R)	1220	58	6.65	33.04
	滝沢(G)	610	58	4.6	21.22
	浦山(R)	540	58	3.9	24.49
<淀川水系>	高山(A)	115.6	42	5	2.64
	青蓮寺(A)	73.7	44	2.49	2.89
	室生(G)	81.1	47	1.6	4.35
	一庫(G)	638	54	2.5	26.85
	布目(G)	410	58	1.136	55.25
	比奈知(G)	500	58	1.5	41.01
<木曽川水系>	日吉(G)	1200	58	3.7	44.21
	岩屋(R)	343.4	49	19.13	0.64
	阿木川(R)	730	57	1.902	25.74
	味噌川(R)	795	58	3.569	31.82 (上工)
	徳山(R)	1810	58	10.5	17.02 (上工)
	早明浦(G)	331.5	46	5.11	0.95
<吉野川水系>	新宮(G) (工水)	86.1	49	3.28	3.77
	寺内(R)	254.2	51	3.65	6.06
<筑後川水系>					8.21

\*矢木沢の総事業費( )内は発電を除く。また、室生の総事業費は初瀬水路を除く。



図一 3 河川水の開発概念図

図している。というのは、河川水開発の基本原理は図一 3 のごとくであり、図のような流況を想定すれば、①の需要に対してはダムの建設を必要としないが、②および③の新規需要に対しては、流量の少ない時期または渴水期にその貯留水を放流し、④および⑤の補給を行わなければならず、その補給量は新規開発が進めば進むほど④よりも⑤と次第に増大していくのであり、これに相応して④よりも⑤と次第に大きな貯水量をもつダムを建設していかなければならなくなるからである。また概して、ダム建設はダムサイトの地形や地質などの条件の良いものから開発されてきたと想定すれば、河川利用率の増大とともに増大する貯水量に見合ったダムサイトは減少し、新規開発が進めば進むほど条件の劣るダムサイトでも開発され、これが原水単価の上昇に影響を及ぼしてくると考えられる。このような効率性の低下は、水の利用形態ごとの価値を考慮すれば、原水単価の格差をもたらす諸要因の中から排除する必要があると思われる所以である。

### 3. ダムの効率性分析

ダムの効率性を分析するための指標は、貯水容量と開発水量が堤体積とどのような関係にあるのかを定式化することによって与えられる。下式はこの関係を便宜的に定式化し<sup>2)</sup>、貯水効率と開発効率については逆数をもって効率性分析の指標としたものである。

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{総事業費}}{\text{開発水量}} &= \frac{\text{総事業費}}{\text{貯水容量}} \times \frac{\text{貯水容量}}{\text{開発水量}} \\
 &= \frac{\text{総事業費}}{\text{堤体積}} \times \frac{\text{堤体積}}{\text{貯水容量}} \times \frac{\text{貯水容量}}{\text{開発水量}} \\
 &= \text{規模の経済} \div \text{貯水効率} \div \text{開発効率}
 \end{aligned}$$

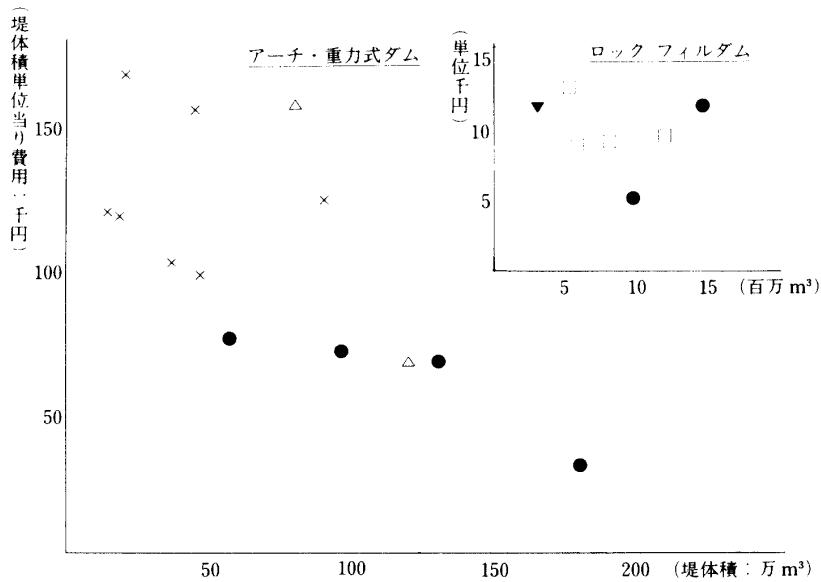
規模の経済は価値効率性であり、総事業費そのものの変動、すなわち効率性以外の諸要因によっても影響される。したがってここでは、特に実質的な比較を行うために、原水単価の実質化と同様に、換算基準年度を昭和55年とした「建設省河川総合開発指標」を用いて、インフレ要因を排除した数値を使った。貯水効率は貯水容量単位当たりの堤体積をもとめるものであり、河川とは直接的な関係をもたないが、ダムサイトの地形や地質などの自然的条件によって影響される。したがって、規模の経済と同様に、ダムの型式別分析が必要となってくる。開発効率は、図一3からすでに明らかなように、既存の水利権や流況などの自然的・社会的条件によって影響される。表一2は、指定水系別20ダムについて、これらの3つの数値と開発水量単位当たりの堤体積を算定したものである。

## (a)規模の経済（堤体積単位当たり費用）

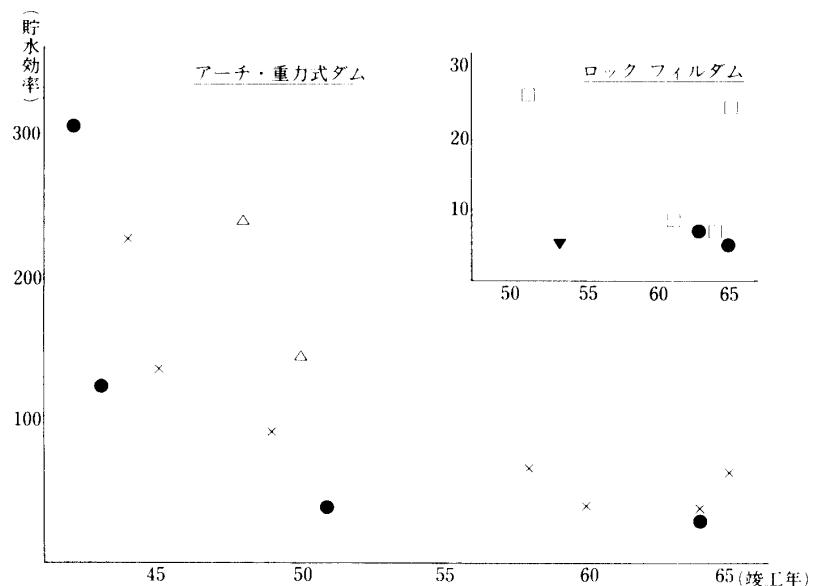
堤体積単位当たり費用は、いうまでもなくダム型式によって異なる。だがそれは、同型式のダムにおいては、規模の経済によって、ある一定の堤体積まではその規模が増すごとに低下するものと考えられる。この点をアーチ・重力式とロックフィルのダム別にプロットしてみたが、経済学の教えるとおり、アーチ・重力式ダムについては若干費用遞減的傾向が窺える（図一4参照）。また、この経年的（竣工年別）推移について調べてみたが、利根川・荒川水系については経年的に

表一2 ダムの効率性分析表

ダム名 および型式	効率性の 指標	基本計画 決定年 (昭和)	竣工年または予定年 (昭和)	規模の経済 (実質値) 総事業費 / 堤体積 (千円) / (m³)	貯水効率 有効貯水 / 堤体積 容量 (m³) / (m³)	開発効率 年間開発利水貯 水量 (m³) / 水容量 (m³)	開発水量単位 当たり堤体積 堤体積 / 開発水量 (千m³) / (m³/S)
利根川・荒川水系							
矢木沢 (A)		37	42	75.40	307.88	3.61	32.44
下久保 (G)		37	43	71.17	125.13	5.94	59.94
草木 (G)		40	51	68.04	38.23	12.79	106.79
奈良俣 (R)		49	63	9.53	7.08	3.65	1,438.85
滝沢 (G)		51	64	31.75	32.22	5.80	391.30
浦山 (R)		51	65	5.22	4.95	4.39	2,487.18
淀川水系							
高山 (A)		37	44	169.13	229.91	11.43	42.80
青蓮寺 (A)		39	45	118.42	136.00	6.12	58.53
室生 (G)		41	49	120.27	93.46	7.70	95.63
一庫 (G)		43	58	156.81	68.44	5.93	180.00
布目 (G)		51	60	103.83	41.62	3.98	325.70
比奈知 (G)		47	64	98.63	38.74	5.03	316.67
日吉 (G)		47	65	124.93	64.44	7.29	243.24
木曽川水系							
岩屋 (R)		43	51	8.78	25.95	14.41	126.50
阿木川 (R)		48	61	13.03	8.15	4.51	1,350.00
味噌川 (R)		48	64	9.31	6.88	3.15	1,860.47
徳山 (R)		48	65	11.62	24.07	1.88	973.33
吉野川水系							
早明浦 (G)		42	48	67.38	240.83	5.23	36.36
新宮 (G)		45	50	158.96	146.25	16.11	23.38
筑後川水系							
寺内 (R)		45	53	11.48	5.33	41.00	256.41



図一4 規模の経済(実質値)



図一5 貯水効率経年的推移

も低下しており（ただし、予定ダムの総事業費が今後2倍になったとすれば、ほぼ一定である。），淀川水系についても上昇傾向を指摘することはできなかった。したがってこのことは、以下の検討で明らかにされるように、ダム建設による河川水の開発が経年的にはほぼ一定か、または好ましい条件になっているのではなく、むしろ逆に開発条件の悪化を示すことになる。

#### (b)貯水効率

貯水効率は、規模の経済と同様にダム型式によって異なるが、当然アーチ式ダムが良く、淀川水系と利根川・荒川水系では経年的（竣工年別）低下傾向がみられる（図一5参照）。ところで貯水効率は、各ダムごとの治水容量や発電容量の割合の相違によって影響されるが、ここでは次の開発効率の算定方法と一貫性をもたせるために、洪水期利水容量による貯水効率も調べてみた。

だが、その低下傾向については顕著な差異はなかった。したがって、貯水効率の低下傾向は、後述する開発水量単位当りの堤体積の経年的推移と同様に、規模の経済とは裏腹なダムサイトの条件の悪化、すなわち1単位の貯水量を確保するのに、経年に大きな規模のダムを建設せざるを得なくなっていることを意味することになる。またこの点は、堤体積と貯水効率が反比例の関係にあることを示している。このような自然的条件からする原水単価の格差は、今後重要な対象となってくるであろう。

### (c)開発効率

開発効率の比較には若干の問題がある。というのは、河川水開発の基本的問題は、治水と利水が競合する洪水期にいかにして需要を賄うかにあると思われる所以あり、開発効率の比較も洪水期にもとづいて行なうことが望ましいと判断されるからである。そこで、ここでの分析にあたっては、資料の制約もあるので、有効貯水容量から洪水調節容量を除いた洪水期利水容量をもって、開発効率を算定することにした。

ところで、開発効率の概念は、資本単位当たりどの程度の生産量を生みだすことができるのかを問題とする、生産能力（資本産出係数）とアナロジカルに理解しうる。したがってここでは、利水容量単位当りの年間開発水量を問題とするが、これとは逆に、生産物単位当りの資本量を問題とする資本係数（資本産出量比率）とアナロジカルに、開発水量（ $m^3/\text{日}$ ）単位当りの利水容量を問題とするならば、各々のダムがその開発水量を生みだすのに、どのくらいの日数を賄う貯水量を維持しなければならないのかが明らかになる。

それでは、開発効率は経年にどのように推移しているのであろうか。ただし、開発効率については、竣工時点ではなく計画時点での判断がより正確となるので、これまでとは異なり、ここでは基本計画決定年による経年的推移を見てみよう。図-6から明らかなように、昭和45年以降

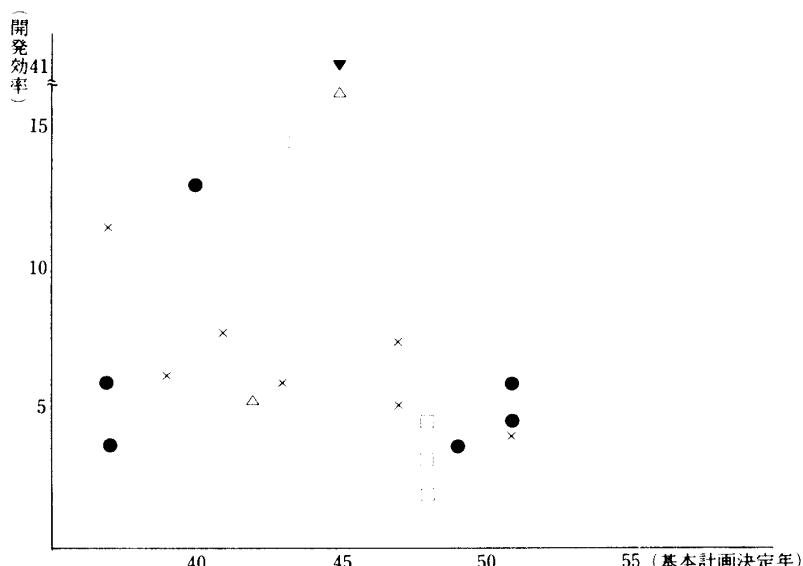


図-6 開発効率経年的推移

の基本計画によるダムについては、とびぬけて開発効率の良いものはみられなくなっているが、各水系別には、特に支川を考慮にいれたとしても、既存ダムと予定ダムとの間に明確な低下傾向を読みとることはできない。すでに述べたように、開発効率は河川利用率によって影響されるが、淀川水系と利根川・荒川水系の利用率(40%~50%)からして、その極端な低下は今後の問題として表面化することになるであろう。

以上のように、ダム建設による水資源開発を効率性の観点から検討するならば、規模の経済以上の貯水効率か開発効率の低下によって、開発費用をひいては原水単価が上昇するものと考えられる。それでは、貯水効率と開発効率は相乗的に低下しているのであろうか。あるとすれば、今後の開発による原水単価の上昇は、非常に急激なものになると予想される。最後に、この点について検討してみたが、淀川水系については、そろそろ両者の相乗的低下傾向が現われ始めているといえなくもないが、他の水系については、利根川水系の草木ダムのように、貯水効率が悪ければ開発効率が良いか、または木曽川水系の徳山ダムのように、開発効率が悪ければ貯水効率が良い、といった両者の部分的な補完関係もあり、相乗的低下傾向があるとはいえない。またこのような補完関係は、効率性分析の指標の定式化から明らかのように、開発水量単位当たりの堤体積によって端的に表わすことができ、その経年的推移が上昇傾向にあることからすれば、それは完全な補完関係を意味するものではないということになるであろう(図-7参照)。

したがって、効率性の観点からする以上のような分析からすれば、原水単価の上昇要因としては、概して貯水効率の低下を指摘することができるが、貯水効率と開発効率との間に補完関係がある場合でも、両者のいずれかの低下が他方によって完全に埋め合わされないことが重要視されてくる。

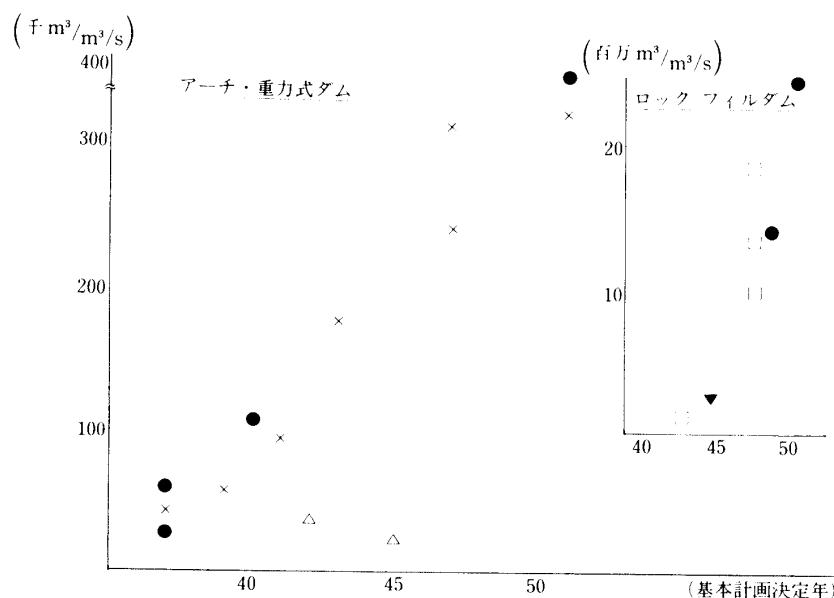


図-7 開発水量単位当たり堤体積経年的推移

#### 4. 差額地代と原水単価の格差

効率性分析は、価値効率性と物的効率性に大別される。したがって、規模の経済の分析にあたっては、インフレ要因を排除するために、実質値での比較を行ってきた。ところが原水単価は、物的効率性である貯水効率と開発効率のいずれか、または双方の要因からその上昇をみるばかりか、すでに述べた効率性以外の諸要因(インフレ要因を除く)による堤体積単位当たり費用の変動によっても影響される。ところが、堤体積単位当たりの費用の分析から明らかのように、たとえ効率性以外の諸要因の影響を受けたとしても、規模の経済または土木技術の発達によって費用の低下をみるとでき、堤体積単位当たり費用は実質値でみるとかぎりほぼ一定かまたは低下することさえある。それ故、効率性以外の諸要因のみをもって、原水単価の上昇を説明することはできなくなつてこよう。

現在および今後の水資源開発においては、インフレ要因と物的効率性の低下による原水単価の上昇、とりわけ実質値からする後者の要因が具体的な問題を提起することになろう。したがってここに、原水単価の格差是正の1つの方策が示唆される。というのは、原水単価の上昇要因として物的効率性の低下が重要視されることになれば、原水単価の格差は経済学の教えるところの差額地代に相当すると考えられるからである。

経済学の基本的な地代論からすれば、資源の自然的制約を超えて技術革新を絶えず行うことによって収穫過減の法則からのがれ、市場価格よりも低いコストで財貨を生産することができれば、生産コストと市場価格との差額に相当する超過利潤が発生する。ところが、複数の生産者がこれをもとめて参入し、競争が激化するようになると、技術的側面による超過利潤は消滅し、あとは自然的制約に帰着する超過利潤が残るだけとなり、この自然的制約のもとに差額地代が発生するものとされる<sup>3)</sup>。

それでは、差額地代との類推からすれば、原水単価の格差はどのようにして発生するのであらうか<sup>4)</sup>。

水が豊富に存在し、現在の人口で利用されるのがその一部にすぎないか、または現在の資本・技術からしてその一部しか利用できない場合には、水の対価は存在しないであろう。水の対価が生じるようになるためには、次のような条件が整う必要がある。

- ①利用可能な水が限定されていること
- ②水の質が均一ではないこと
- ③水利用の地理的便宜が異なること
- ④人口が増加し、効率の悪い水源をも開発しなくてはならなくなること

一瞥して明らかのように、全国的にみても水は有限であり、河川水の汚染度や地下水の水温との関係も考慮しなければならないであろう。また、現在の水利用においては地理的条件が制約となっており、効率性の問題は現在の水資源開発が正に直面しているものである。したがって、ダム建設による河川水の開発は、水の対価を発生させる条件をすべて整えており、これらの条件の

比重によって、必然的に水の対価に格差が生じることになる。たとえば、A, B, CおよびDのダムがあり、これらの条件の比重が $A > B > C > D$ であるならば、限界点にあるDの河川水の開発費用によって市場価格が決ることになり、A, BおよびCには、Dとの開きだけ原水単価の格差が発生することになる。

かくして、ここでの効率性分析の視点からする原水単価の格差は、自然的制約からもたらされる差額地代と同様の文脈において検討することができ、誤解を恐れずにあえていえば、「差額水代」ともいうことができるであろう。ところで、このような類推で問題としなければならないのは、差額水代が発生するにもかかわらず、なぜ依然として新規開発が行われるのか、またその結果として発生する差額水代を誰が享受するのか、ということである。もっとも現実には、水利権またはダム使用権の市場は形成されていない。しかしながら、市場価格が存在していないとも、現在なお水資源開発は行われているのであり、この開発費用を限界費用とみなすことができ、そこに発生する差額水代の恩恵を誰かが受けていることは明らかである。

地代論からすれば、差額地代が発生するのは、生産物の価値が高いからであり、差額地代が発生するから生産物が高価になるのではない。またそこでは、地主が差額地代を享受することによって、たとえば農作物の価格が上昇するのではなく、ある地域の農作物の限界的な価値によって差額地代が発生することになるので、たとえある地主が差額地代の享受を放棄したとしても、小作人がこれを享受することになり、差額地代そのものが消滅することにはならないであろう。さらには、小作人もこれを放棄したとすれば、その小作人から農作物を買入した者が、差額地代に相当する恩恵を受けることもできるであろう。

これと同様に、水資源開発の場合には、原水単価の上昇ひいては差額水代の発生は、水そのものの価値が高いからであり、新規開発が行われることの直接的な結果ではない。換言すれば、差額水代の発生にもかかわらず新規開発が行われるのは、水の価値が高いことの結果であり、いうまでもなく水が必要であるからである。また現行の水制度のもとでは、たとえば公団は差額水代を享受しないので、次に各水道事業体がこれを享受することもできるが、それは公益事業であり、結局末端給水者が差額水代に相当する恩恵を受けることになる。したがって、ここでの問題は、末端給水者が差額水代相当分の恩恵を受けることではなく、いずれの事業体に依存するかによって、また利用形態によって、その恩恵の度合に格差が生じてくることである<sup>5)</sup>。差額水代の発生メカニズムからすれば、このような格差是正の方策として、新規開発を行わせる要因と連繋した原水単価の衡平化への道が示唆されるのである。そのためには、ひとえに水利用の地域設定いかんが重要な課題を提供することになり、そこで水の価値、すなわち水の需要形態への配慮が不可欠となってくるであろう。

## 5. 結びに代えて

水資源開発の制約が少なく、その余地が多分に残されているならば、それは高度経済成長期における分配問題と同様に、パイとなる新規開発水量を増大させることによって、その配分関係の

不公平感を和らげることもできるであろう。しかしながら、今後の水資源開発は、ダムサイトの自然的制約に加え、社会的制約からも限定されることになり、ますます大きな資本投下を不可欠なものにしてくる。したがって、資本の制約を離れて、今後の水資源開発は、パイである新規開発水量の増大を望むことはできなくなり、水利用のゼロサム社会を前提としなければならなくなるかもしれない。だとすれば、ゼロサムな水利用社会にあっては、水の限界生産力の観点から高付加価値を生みだす水利用に大きな配分がなされる可能性が強く、これを避けるためには、一層需要形態ごとの水の価値を考慮した配分の衡平化をはかることが必要となってくるであろう。

以上のように、ダム建設による水資源開発を効率性の観点から検討するならば、そこに発生する原水単価の格差は、差額地代の発生メカニズムと同様の視点で捉えることができる。本稿は、このような類推によって、たとえば「水共同域」を1つのシステムとみなし、価格機構の導入による原水単価の衡平化方策を探るための予備的な考察である。 (未完)

## 注

- 1) もっとも、わが国の経済が高度成長期から低成長期に至り、需要の減少または需要の過大予測による水需給のギャップが取沙汰されているが、ここでは「水資源開発基本計画（通称フルプラン）」がそのまま実施されることを前提としている。
- 2) 華山・布施共著『都市と水資源』鹿島出版会（昭和52年）において、同様の指標を用いたダムの効率性分析がなされているので参考されたい。
- 3) 前掲書、PP.17~18。
- 4) 差額地代については、千種義人『経済学入門』同文館（昭和43年）、PP.282~284を参照されたい。
- 5) ちなみに、東京都と埼玉県の依存するダムの原水単価の加重平均は、名目値で7.92円と19.48円であり、実質値では12.77円と19.24円である。これは、東京都が相対的に先発ダムに多くの開発水量をもとめ、埼玉県が後発ダムに多くの開発水量をもとめている結果である。東京都は全ダムのうち84%を既存ダムに依存し、埼玉県は81%を予定ダムに依存しているのである。

## 付記

本稿作成にあたり、国土庁水資源部より資料の御協力を得た。ここに記して厚く感謝の意を表わすものである。それにもかかわらず、本稿に不備があるとすれば、それはすべて私の非才に帰すべきであることはいうまでもない。