

東京大学工学部	正会員	○虫 明 功 臣
北海道開発局	正会員	坂 口 雄 二
東京大学工学部	正会員	高 橋 裕

1. 研究の方法

明治後半から大正、昭和にかけて、わが国の河川上流域では、水力開発がその形を変えながら、盛んに進められてきた。水力発電では俗に「水一升、金一升」と言われ、豊富な経験と精細な調査を基礎に建設が進められてきた。わが国の水源地帯の水の存在状況について、発電側は最も知識の蓄積をもち、水力開発にそれが如実に表われていると言える。したがって、各河川における水力開発の経緯、発電所の分布、取水形態、使用水量などを追跡することは、上流水源地帯の水資源の在り方を知る上で、有効かつ実証的な手段となる。

このような観点に立って水力発電所を追ってみると、その分布および開発形態は、土地条件に規定される面の大きいことがうかがえる。降雨の多寡、台風の影響、梅雨の比重などの降水パターンが水資源の状況を支配する大要因であるには違いないが、それを受ける側の土地の条件、特に地質条件が流域の保水力の点で大きな影響をもつと推察される。この点に関しては、火山地帯の河川で流況が安定して低水流出量が豊富であることが一般に認められている程度で、従来詳しい検討はなされていないようである。

従来の河川流出の研究では、主として平野への出口の数100Km²あるいはそれ以上の比較的大きな流域を対象としてきた。わが国の地質構成はきわめて複雑なために、その程度の大きさの流域では、全体をほぼ一つの地質で覆うような河川はあまり例をみないことが、この方面の研究が遅れた一因であろう。この点、水力発電所が取水する流域は、200~300Km²以下のものが多く、これくらいの流域では地質構成が簡単になるので、地質と流出の関係を調べるには適当であると言える。この研究では主として水源山地の水資源の在り方と流域の地質との関係を明らかにすることが目的である。

明治43年逓信省に臨時水力調査局が設置され、3カ年間に2,233地点で調査がなされたのを皮切りに、現在までに合計5回にわたって系統的な水力地点の調査が行なわれている。第1次調査では、すべて水路式発電方式で、最大使用水量は渇水量(355日流量)を標準とした。その後、使用水量が平水量(185日流量)、豊水量(95日流量)と高度化し、発電方式も調整池式から貯水池式へと重点が推移してゆくが、戦前の水路式はもとより、調整池式においても、常時使用水量は渇水量と見て差支えない場合が多い。すなわち、常時使用水量はその流域の低水流量の一指標と見ることができる。

水力調査と同時に、測水も大正8年から継続的に行なわれ「流量要覧」として刊行されており、この測水地点の流量面積も流出と地質の関係をみるのに適当な大きさのものが数多く含まれている。この報告では、主として渇水量に視点を定め、流域の地質との関連を検討する。

もっとも、地質と流出の関係と言っても、他の流出関連要素を分離してこの二つの関係だけを抽出することは不可能である。特に、雪の影響が強い河川とそれが少ない河川では、流況にかなりの相違を与えることが予想されるので、第一歩として雪の影響の少ない流域について検討を進めている。

2. 関東地方諸河川における水力発電所の分布と流域の地質

水力開発は、各河川の水の在り方に強く規制されている。したがって、自然条件に制約されながら開発がなされた結果をフォローすることによって、逆に水源山地における水資源の存在特性の概略を把握することができる。このような観点から関東地方の主要河川について、大ダム出現以前の流込式・調整池式発電所の分布およびその使用水量と流域の地質について概観する。

水力発電所が沿川に集中的・連続的に開発されているのは、酒匂川、桂川(相模川上流)、利根川水系の

吾妻川、片品川、鬼怒川支川大谷川である。これらの河川流域はいずれも第4紀の火山岩類あるいは火山噴出物の影響を強く受けており、発電所の開発は一般に古く、常時使用水量およびその比流量は大きい。これを少し具体的にみよう。

酒匂川では、右支鮎沢川が富士・箱根の第4紀火山岩類の流域を水源としており、これが酒匂川の発電水力に大きな役割を果たしている。酒匂川には、鮎沢川筋に4、河内川筋に2、両川合流後の酒匂川に4の計10個の古い発電所がある。鮎沢川の発電所の常時使用水量は $3.72 \sim 4.14 \text{ mm/day}$ ($1.31 \sim 3.34 \text{ m}^3/\text{s}$)であるのに対して、第3紀御坂層と花崗岩類（一部にローム被覆）を流域の地質とする左支河内川の嵐発電所では、 2.29 mm/day ($4.17 \text{ m}^3/\text{s}$)、その上流にあって、ローム被覆の花崗岩を流域とする中川川、世附川から取水する発電所の常時使用水量は、 3.01 mm/day ($3.45 \text{ m}^3/\text{s}$)である。

桂川では、上流部の富士山麓と山中湖（有効容量 $14,000,000 \text{ m}^3$ ）が流量の増大と流況の安定に多大な意義を有している。9個の発電所があり、いずれも明治末から大正にかけての古い開発である。沿川の用水との関係が複雑で常時使用水量を自然湧水量と対比し難い発電所が多いが、用水関係の比重が小さい中・下流部の発電所について常時使用水量をみると、 $4.49 \sim 5.30 \text{ mm/day}$ ($18.28 \sim 25.04 \text{ m}^3/\text{s}$)ときわめて高い値を示す。桂川では左岸流域に中生層が広く分布し、そこを流下する比較的大きな支川として葛野川と笹子川がある。右岸の第3紀御坂層を流域とする支川は、湧水補給など発電の増強に使われるのに対して、左支川では取水がほとんど行なわれない。これは中生層流域の流況の悪さに起因するものと推定される。

吾妻川流域は、白根、浅間、榛名火山を中心とした第4紀火山岩類あるいは火山噴出物で構成され、発電所は17を数える。第4紀火山岩類を流域とする河川から取水する発電所の常時使用水量は、 $2.5 \sim 4.0 \text{ mm/day}$ ($2.78 \sim 9.18 \text{ m}^3/\text{s}$)と高い値を示すのに対して、この流域内の一部に分布する第3紀火山岩類を取流域とする発電所（支川四方川と熊川）では、 1.5 mm/day 前後の比較的低い値をとる。第4紀火山岩類と第3紀火山岩類では、流域の保水力の点で区別する必要がある。

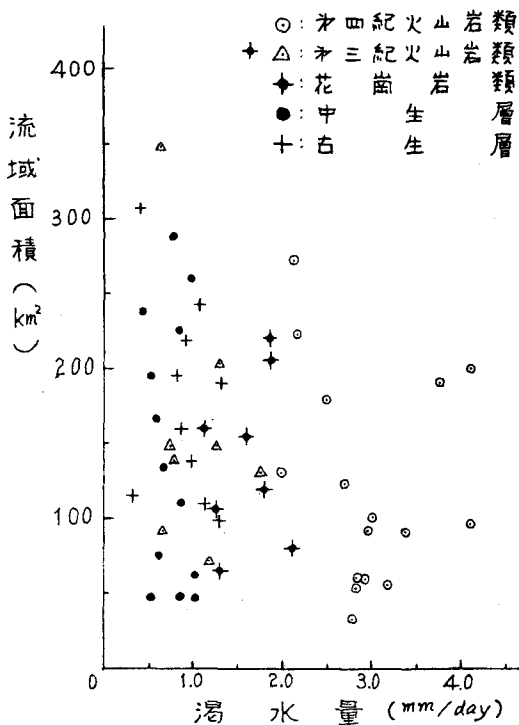
片品川は、右岸流域に第4紀火山岩類が広範に分布する他は、第3紀火山岩類、花崗岩類などが入り組んでおり、取水地点ごとで流域の地質を単一にあらわすことはできないが、流域の大半が第4紀火山岩類で占められていると見てよい。発電所は、多目的ダムの蘭原ダム関係のものを除いて12を数え、それらの常時使用水量は $2 \sim 5 \text{ mm/day}$ ($0.92 \sim 14.23 \text{ m}^3/\text{s}$)となっている。

鬼怒川支川大谷川は、日光火山群の第4紀火山岩類の地質と中禅寺湖の調節作用により、流況が安定しており、17の発電所の常時使用水量は $3 \sim 4.5 \text{ mm/day}$ ($0.84 \sim 7.39 \text{ m}^3/\text{s}$)と高い値を示す。

関東地方における他の河川は、戦前の発電水力上の地位は低いと言える。利根川上流部（奥利根）は、主として花崗岩よりなり、比較的开发の古い小松発電所（大正11年）の常時使用水量は 1.56 mm/day である。これは $8.34 \text{ m}^3/\text{s}$ に相当し上流部にしてはかなり大きな流量であるが、奥利根は勾配が緩いこともあって、水路式発電が多くは入り得なかったものと推察される。

利根川水系神流川と荒川の流域は、そのほとんどが中生層と古生層で構成される。神流川には、下久保ダ

図-1. 湧水量と流域の地質



ム建設に際して廃止された矢納発電所があったが、その常時使用水量は 0.73mm/day ($2.22\text{m}^3/\text{s}$)と小さい。荒川では、多目的の二瀬ダムと泉宮発電所が建設される以前に5地点で水力開発が行なわれたに過ぎず、その常時使用水量は $0.68\sim 1.41\text{mm/day}$ ($0.17\sim 2.50\text{m}^3/\text{s}$)と低い。

多摩川本川筋には、小河内ダム建設以前、氷川発電所がただ一つあるに過ぎなかった。常時使用水量は 1.65mm/day ($5.0\text{m}^3/\text{s}$)であった。多摩川流域は北を荒川流域と接し、氷川発電所の取水点上流は大部分荒川流域と同じ中生層よりなっているが、最上流域約 50Km^2 にわたって上部にローム層をかぶった花崗岩の真砂地帯が広がっている。ローム層、真砂ともに保水力に富んでおり、この影響で多摩川の流況が荒川に比して安定しているのではないかと推察される。

以上の検討より、流域の保水性は、第4紀火山岩類を流域の地質とする河川で最も高く、花崗岩類、第3紀火山岩類の流域がこれにつき、中・古生層の流域で最も保水性が低いものと考えられる。

3. 渇水比流量と流域の地質

「流量要覧」から、調査年数が長かつ流域の地質が単純な河川を選んで、渇水量と流域の地質の関係について検討を行なった。河川の選定に当たっては、雪の影響が強いものは避けながら、できるだけ全国的に分散するように考慮を払った。

結果は、図-1のようである。第4紀火山岩類においてバラツキは大きいが見て、渇水比流量は最も高い値を示す。第4紀火山岩・火山噴出物は有孔性に富んでいることが、水量の豊富な原因であるが、個々の岩石・噴出物あるいは山塊の性質は場所によって著しい相違を見せる。火山地帯に湧水が多いことはその表われであり、この点流域面積を規準にして流量の比較を行なうことの意味が不明確になる。これが、火山地帯の河川の渇水比流量に大きなバラツキのある一因であろう。

次いで花崗岩類の流域において渇水量が多いという結果になっている。わが国の花崗岩類は多少の差はあれ、すべて相当深層まで真砂化されていると言われ、間隙性に富んでいることが、保水力の高い理由であろう。

この検討結果より、渇水比流量の高い順に流域の地質を並べると、第4紀火山岩類・火山噴出物、花崗岩類、第3紀火山岩類、古生層、中生層の順となる。

4. てい減特性と流域の地質

日流量資料が入手できた河川について、流量のてい減特性について若干の考察を試みた。日流量が指数関数的にてい減するものと仮定して、曲線 $Q = Q_0 e^{-Ct}$ (Q :時刻 $t = t$ における流量 mm/day , Q_0 : $t = 0$ における流量 mm/day , C :てい減係数)を渇水量(355日流量)が表われる前後に当てはめ、てい減係数と流域の地質との関係を検討した。結果は表-1の如くである。事例が少ないため、この結果だけから明確なことは言えないが、第4紀火山岩類において低水流出はもっとも安定しており、中・古生層ではもっとも保水性に乏しく、花崗岩・第3紀火山岩類がその中間に位置する。

表-1. 渇水量付近のてい減係数と流域の地質

水系名	河 川 名	流域面積 (Km^2)	渇水量 (mm/day)	渇水量付近の てい減係数	流域の主な地質
利根川	鬼怒川支川大谷川	260.0	4.11	0.0036	第4紀火山岩類
"	吾妻川支川万座川	59.3	2.00	0.0060	第4紀火山岩類・火山噴出物
利根川	吾妻川支川山田川	84.7	1.31	0.0081	第3紀火山岩類
利根川	檜 俣 川	61.6	1.24	0.0075	花 崗 岩 類
富士川	笛 吹 川	65.9	1.30	0.0066	
桂 川	葛 野 川	47.8	0.73	0.0153	中 生 層
"	笹 子 川	39.1	0.31	0.0506	
利根川	神 流 川	305.4	0.42	0.0278	古 生 層