



利根川水源山地の水資源特性

虫明功臣 = 東京大学生産技術研究所助教授 (水文学)

はじめに

河川流量のうちで水資源としてわれわれが利用できるのは、平常時に流域から安定して流出する水量である。豪雨時の洪水流出に対して、これを低水流出という。この水量によって利水は規定され、これが需要量を下まわる場合には、貯水池建設などによる水資源開発が行われる。つまり、水量調整施設を持たない流域からの低水流出量は、自然状態での水資源としての利用可能量である。ここでは、利根川水源山地における低水流出の空間的分布特性について述べるが、標題の「水資源」という用語も上述した意味に限定して用いている。

低水流出は、現象の物理的機構に重点をおけば、地下水流出と言いかえることができる。地上に降った雨や雪が、地中に浸透し一度地下水となってから、湧水や浸出水などの形をとって、再び地表にあらわれるものが、平常時に安定して流出する水量となるからである。地下水の在り方は、その器である流域の地下帯水層の性質に左右される。そして帯水層の性質は、いうまでもなく流域の地形や地質構造と密接に関係する。地下水流出(低水流出)、言い換えれば、自然状態での水資源としての利用可能量と、流域の地形・地質との関連については、一般に第四紀火山性流域で保水力が高いという指摘がなされているほかは、従来、あまり検討されたことはないようである。これは、この種の研究のための流量観測資料を得ることの難しさに原因があると思われる。流域の地形・地質と流出特性の関係を明らかにする目的で観測所をつくるとすれば、おそらく10を超える試験流域を設定しなければならないであろうし、かりにそれが実現したとしても、気象あるいは気候条件の違いなどによって必ずしも有効な資料がとれる保証はないであろう。また、既存の資料で検討しようとしても、流量観測所の位置、低水部流量の精度などの制約があつて、目的にかなった資料を整えるのは容易なことではない。

こうした測定資料の不足を補う手段として、本稿では、明治後半からわが国の山地河川で広汎に繰り広げられた水力開発に着目する。大規模な貯水池をともなう発電所が出現するまでの間、主として第2次大戦前までの水力発電所の常時使用水量は、河川の渇水期の流量を規準にしたものが多い。したがって、そのような水力発電所の河川水系別分布とその使用水量を、流域の

地質構造と対比することによって、低水流出と流域の地質条件の関係についての知見を得ることができるといえる。

発電所使用水量の変遷と常時使用水量の意味
明治23(1890)年7月、利根川水系鬼怒川支川大谷川に下野紡績が所野発電所の運転を開始したのをはじめとして、わが国の水源山地河川では、水力開発が形を変えながら盛んに進められてきた。戦前の水力開発では、俗に「水1升、金1升」と言われたように、河川の自然流量が直接経済性に結びつくため、経験の積み重ねと精細な調査を基に建設が進められた。水源地帯の水の存在状況については、発電側がもっとも知識を集積しており、それが水力開発に端的に反映しているといえる。

ここでは、水力発電所の使用水量に着目するわけであるが、これは電力産業の発達と関連しながら変化してきた。そこで、まず水力開発の発展経緯と使用水量の関係について整理しておく。

表1は、発電所規模と送電距離に着目した電力産業の時代区分(注1)に、筆者が使用水量の欄を付け加えたものである。発電規模が小さく、送電技術が未熟な初期の時代、すなわち第1期・第2期の頃には、各々の発電所が別々に運転し、その能力に応じて個別的に配電を行っていた。水力に限ってみると、明治39(1906)年水力発電事業者は全国で105を数え、総発電能力は25,195kwであった(注2)。明治40年頃までに利根川の水源地帯で建設された発電所は表2の通りであり、一般市販用の電力は、近接地域を配電の対象とし、出力したがって使用水量の少ない小規模な発電であったことがわかる。言い換えれば、この時代には、市街地や村落などの供給地が地理的条件としてまず前提にあつて、その供給地から距離が近くである程度の出力が得られる河川が発電所の立地条件となっていた。このような小規模な発電所は、その後の電力開発の進展に伴い廃止されたものが多い。

明治40(1907)年、東京電燈は相模川上流の桂川の駒橋地点に15,000kwの発電所を建設し、55,000vの高圧で駒橋早稲田変電所間約75kmの送電に成功し、大正3年(1914)年には、猫苗代水力電気が猫苗代東京間226kmの遠距離送電に成功する。こうして遠距離の送電が可能になり、送電網が拡張されるにつれて、より広域的な立場から、水力開発にとって有利な

河川の選定が行われるようになる(ただし送電範囲が拡大したからといって、一斉に普及したわけではない。地方小都市では大正年代から昭和の初年にかけても、旧来の個別発電と個別配電の方式がとられていた)。つまり、相当の遠距離まで送電ができるようになったので、発電所の立地条件もまた、出力の大きな地点が重視されるようになってきたのである。

こうした状況を背景に、明治43(1910)年逓信省に臨時水力調査局が設置され、4カ年にわたって、全国で2,233地点にのぼる水力発電所の立地条件に関する調査が行われた。これが後に第1次水力調査と呼ばれるものである。この調査における計画は、すべて自流式(流量調整施設をもたず、河川の自然流量を取水して発電する方式)で、使用水量は河川の渇水量(355日流量)を標準とした。つまり、使用水量に最大と常時の区別はなく、常に一定の発電を行う、いわゆる常時発電所であった。渇水量を標準とした理由は、当時個々の電力企業あるいは発電所が、それぞれ独立した配電系統をもっていたので、1カ年を通じて常時安定した電力を供給するためには、河川に水がもっとも少い時期の流量を標準に採らなければならなかったからである。

この間、日露戦争(1904~1905年)、さらに第1次大戦(1914~1918年)に伴う炭価の高騰もひとつの要因となつて、発電の比重は火力から水力へと急速に移行していった。すなわち、水主火従の時代を迎える訳である。大正7(1918)年から5カ年にわたって実施された第2次発電水力調査では、河水の利用率を上げるために、最大使用水量は平水量(185日流量)を標準とした。ただし常時使用水量は一般に渇水量を規準とした。

この時期、利根川水系では、東京の市営電車に送電することを目的に、鬼怒川水力電気による鬼怒川の水力開発計画が進められる。明治45(1912)年に明治年間最大と言われる出力24,000kwの下滝発電所(現鬼怒川発電所)が起工し、翌年運転が開始された。この発電所は東京尾久変電所まで125kmを送電し、当時の最長送電距離であった。これを契機として、利根川水系の水力開発は、京浜方面への供給を対象に考慮される時代に入ったと言える。

日負荷の変動に対処するための小規模な調整池は、明治から大正にかけての比較的古い発電所

注1 = 川村泰治：電源開発の史的考察，水経済年報，1954年版。
 注2 = 森忠蔵：日本ニ於ケル水力ニ就テ，土木学会誌，第3巻第1号，1931
 注3 = 小出 博：日本の河川研究，東京大学出版会，1971

においても採用されたが，水系間の連系運転と火力の補助的併用が進むにつれて，数日にまたがって調整を行う比較的大規模な調整池式発電所が大正末期に木曾川筋を中心に登場した．このような発電所においては，最大使用水量は平水量以上を標準としたが，常時使用水量としては湯水量あるいはそれをわずかに上まわる流量が採用されている場合が多い．

すなわち，昭和17（1942）年木曾川上流に湯水期の流量増強を目的とする三浦ダムが出現し，戦後大貯水池による水力開発が推進される以前の段階では，常時使用水量を湯水量としている場合が多く，水力開発の立場からは湯水量の豊富な河川を選んで発電所が造られたと言える．したがって，そのような水力発電所の河川水系別の分布や常時使用水量を検討することによって，各々の河川の低水時流出量，言い換えれば水資源の多少あるいは安定性についての知見を得ることができる．

多様な地質構造をもつ利根川水源山地水資源の地域的分布が流域の地下構造と深い関係があるという作業仮説はあっても，どの河川水系でそれを調べるかが問題になる．それには，降水や蒸発散などが比較的一様と見なせる地域内で，各種の地質を含んだ河川水系を選定できれば便利である．この点，利根川水系（ここでは荒川も含む）の水源山地は，好適な条件を与えている．

利根川流域の地学的に重要な特徴は，南北に延びる東北日本と東西に延びる西南日本の交錯するところに位置することである．そのため日本の基本的な地質構造区，すなわち東北日本，西南日本内帯および外帯の要素のほとんどすべてを流域内に含んでいる．その概要をごく大雑把に見ておこう（注3）．

利根川本川の水源地帯をなす三国山脈，鬼怒川本川上流域とその支流男鹿川流域および渡良瀬川が流下する足尾山地は，古生層，中生層と，これを貫く花崗岩，石英斑岩，花崗斑岩などの火成岩類でできており，西南日本内帯の特徴古生層，中生層，花崗岩類を主とする地層で構成され，第三紀層や第四紀層などの新しい若い地層や岩石の分布が少ない をもっている．

鬼怒川支流大谷川から吾妻川流域にかけて東北東から西南西に走る地帯には，那須火山帯に属する日光火山群，武尊山火山，赤城火山，榛名火山，浅間火山，草津白根山などが連なる．この地帯のなかには，第三紀に噴出した古い火山もあり，その山麓周辺部には第三紀層の分布をみるが，多くのものが第四紀洪積世に噴出した新しい火山である．すなわち，この地帯は，東北日本の地質構造の特徴 新第三紀および第四紀層の新しい岩層ででき，火山が多く，そのために火山灰を中心とする火山噴出物の分布が広い を備えている．

神流川と荒川が流域としている関東山地は，北から南へかけて三波川帯，御荷鉾帯，秩父帯，四万十帯の順に，変成岩，古生層，中生層が並んでおり，フォッサ・マグナを越えて西南日本外帯の延長と見なすことができる．

このように，利根川流域は日本の3大地質構造区の要素をすべて含んでおり，それぞれの特徴を表わす支川とその流域によって構成されている．したがって，流域の地質と水資源の特性の関係を検討するには，日本の河川流域のなかでもっとも有利な条件を備えているといえる．

表1 - 発電所規模・送電距離を中心とした電力産業の時代区分と発電所使用水量

期別	時代	時代区分	摘要	発電所使用水量		
				常時	最大	
第1期	明治20年以降 (1887年)	市内配電時代	東京茅場町火力以後 京都蹴上疏水、水力以後	湯水量 (355日 流量)	湯水量 (355日 流量)	
第2期	明治32年以降 (1899年)	近距離送電時代	郡山、広島近郊水力以後 11,000v. 22km 送電			
第3期	明治40年以降 (1907年)	遠距離送電時代	桂川—東京送電以後 55,000v. 75km送電			
第4期	大正3年以降 (1914年)	大送電網時代	猪苗代—東京送電以後 115,000v. 226km 送電			
第5期	大正14年以降 (1925年)	調整発電(人造湖)時代	津留、賤母、大井発電所以後			平水量 (185日 流量)
第6期	昭和8年以降 (1933年)	水火併用(大火力)時代	尼ヶ崎共同火力以後			
第7期	昭和17年以降 (1942年)	補給用水力(大貯水池式)時代	木曾川水系三浦ダム以後			ピーク発電をするので一様でない、

表2 - 利根川水源地帯における黎明期の水力発電所

事業者	取水河川	発電所	出力<kw>	開始年	用途供給区域	
自家用	思川支流行川 吉沢用水	所野	15	明治 23.7	照明 動力	
		鬼怒川	180	36		
	古河 (足尾銅山)	渡良瀬川支流松木川	間藤		23.12	照明 動力 電気精銅
		渡良瀬川支流	渡良瀬	220	34	
		"	通洞	220	34	
"	小滝	240	35			
帝国製麻	大谷川支流日光谷川 鳴沢川	別倉	700	36	照明 動力	
		細尾第一	2,000	38		
一般市販用	日光電力	大谷川	日光	30	26	日光町
	前橋電燈	天狗岩用水	天狗岩	50	27	前橋市
	桐生電燈	渡良瀬川支流	渡良瀬	50	27	桐生町
	宇都宮電燈	鬼怒川支流田川 赤堀川	石那田	200	35	日光町 宇都宮市
	高崎水力電気	烏川	上室田	800	37	高崎市 前橋市
	渡良瀬水力電気	渡良瀬川	高津戸	350	39	桐生町 足利町