

地学教材覚え書(2) : 水の問題(承前)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-12-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 北川, 光雄 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00026103

地学教材覚え書 (2) 水の問題 (承前)

北 川 光 雄

V 川 の 流 れ

「……狭い日本内地で、どの川を取ってきててもまるで異なった貌かおをしているのですから、川というものはおもしろいものです。同じ太平洋岸に流れ、さほど河口の離れていない富士川、安倍川、大井川、天竜川、木曾川などでも、その河口はどれも似たようなものですが、河口から一、二里上流へさかのぼると、もはや歴れつきとしたそれぞれの個性を持った独自の貌かおを持ってきます。狭谷の深さが異なり、兩岸の岩石の種類が違うので当然なことですが、岩の間を奔ほとばしる水の奔り方にも、みずからを他と峻別しているきびしいものがあります。どの川が一番好きかとおっしゃると、ちょっとお答えするのに戸惑います。やはり自分でいちばんよく知っている川が好きだということになるのではないのでしょうか。…… (中略) ……富士川の川すじなどもわりあいまめに歩いて知っている方ですが、しかしもしその河口に立ってその川すじを目にうかべたとしたら、その大きさは別問題としても、とうてい信濃川の均整のとれた美しさは見られません。樹幹が不自然に彎曲し、何本かの枝がそれぞれ他とはお構いなしに、自分だけ天に向かって伸びている感じです。……」

(井 上 靖・「川の話」より)

山や岩や雲が人の心にゆたかな自然に対する憧憬を与えたように、川の流れも人の心にうったえるものをもってきた。詩歌や散文などからも知りうるように、川というものの与えた印象はそれぞれにことなっている。そんな自然の中に、美しさを発見する動機づけとしての川の意味は大きい。自然現象の多くが対数函数や指数函数などの関係によって説明できることを説く学者もあり、河川の縦断面形がある指数函数曲線で示される平衡状態に達するために河川は働くともいわれている。またそれぞれに係数や定数が計算され、流量、流速などの関係が多くの人々の業績の結果として、公式によって河川学の教科書には記載されている。しかしそんな関係からはなれた自然のままの姿に接し、きれいな直線や曲線の上からはずれた現象に目をむけることは自然をみる楽しみの一つにちがいない。地学の楽しみは、そのような整然とした均整のとれた数式や函数関係で説明される自然の美しさと畏敬を経験すると同時に、それらからとび出した異常の状態に魅力を感じることから出発する場合もあることを知るべきでもある。

河川は地域的にそれぞれ個性ある習性をもっている。それら特性は、河川学的には流量、水位、流出率、比流量、河状係数などの算出によって理解され、河川の流況があきらかにされるわけであるが、それらの資料を河川の規模とともに地域的に比較することによって河川の性質はさらに明確となる。

その意味で表5に若干の資料を引用したが、更に、資料を求め比較することにより、静岡県の河川の特徴を考察する材料としたい。これらの数値や諸量をもとにして、また流域面積や流路延長の比較の実習を通じて河川に対する導入をおこない、認識をあらたにする必要がある。同時に地球上における河川のもつ意義や役割についても話題としてでてくれば、地形形成作用の基礎や、循環の概念の把握にも都合がよい。

表5 河川に関する諸量

河川名	流出率 (%)	河状係数	(m ³ /sec/Km ²) 比流量	河川名	観測地点	流出率
北上川	87.6	260	1.27	狩野川	大仁	88.3
天竜川	93.5	1010		藁科川	奈良間	76.9
淀川	73.0	104	1.20	大井川	神座	74.2
筑後川	73.9	321	6.43	菊川	加茂	80.8
利根川	93.4	850	3.12			
ライン河	44.2	16	0.071			
ミシシッピ河	23.5	119				
ナイル河	4.3	30				
黄河	19.8	102				
富士川		400				

一般に降水量と流出量の比を流出率というが、日本の河川のように急流で延長流路が短くて、気候的にも湿度の高い地方は流出率が大きく、全国平均は82%となっている。表5に示されている数値は1959年の資料によるもの(外国の河川の資料年次は不明)である。流出率の経年変化も問題であり、例えば天竜川についてみると、1957年は78.6%、1958年は83.5%と変化量もかなりある。なお県内各河川については1957～1962年の平均値である。河川の流量を比較する場合には、単位流域面積に対する流量、すなわち比流量を用いて行なわれる。県内河川の比流量はいずれも値は大きくなっているが、(表8参照)それらは洪水時の一時的出水量の多いこと、すなわち最大流量、洪水量などが異常に大きいことから理解されるが、そのように流量変化の大きいことは利水、治水の面からも問題があり、水をコントロールする困難さがうかがわれる。また年間を通じての最大流量と最小流量との比を河状係数というが、その値も河川の特徴を示し、大きいほど不安定であることを示す。これは降水量の年変化とともに変化する。日本の河川の河状係数は大きく、ダムを作ることによって流量の平均化がはかられているが、残された問題は多い。個々の河川についての一般的性質はこのような流量や流況の把握によってまず知ることができる。

次にこのような流量を決定する因子についての分析や考察が課題となってくるが、流量に関する資料は、建設省河川局の流量年表、通産省の流量要覧、建設省各地工事事務所所管の資料によって集めることができる。参考のために県内における流量観測所の一覧を記載するが、この表の他に中部電力、

電源開発などの発電所関係でもそれぞれの目的に応じた各種の測定を行なっている筈である。

表6 静岡県内流量観測所一覧表

水系名	河川名	観測所	観測開始年	所在位置	所管
狩野川	狩野川	湯ヶ島	1918	田方郡天城湯ヶ島町湯ヶ島	通産
"	黄瀬川	木瀬川	1946	沼津市大岡町木瀬川	建設
潤井川	潤井川	黒田	1942	富士宮市黒田	通産
富士川	富士川	飯富	1928		通産
安倍川	安倍川	手越	1957	静岡市手越	建設
"	藁科川	奈良間	1957	静岡市奈良間	建設
"	中河内川	柿島	1942	安倍郡玉川村柿島	通産
菊川	菊川	加茂	1954	小笠郡菊川町加茂	建設
天竜川	天竜川	鹿島		天竜市二俣町柿島	建設
大井川	大井川	下泉	1922	榛原郡川根町徳山	通産
天竜川	気田川	門桁	1950	周智郡春野町門桁	通産
"	大千瀬川	浦川	1935	磐田郡佐久間町浦川	通産
"	水窪川	水窪	1950	磐田郡水窪町城西	通産

河川の流量は、降水量、流域面積、流域の地形、水系、流路延長、土地の傾斜、樹相、地質や土壌による浸透状況など多くの因子によって決定される複雑なものである。しかし流量はおもに降水量との関係で把握され、水位の変化、洪水予報は、時間と流量との関係で表現されるユニットハイドログラフで解析される。各測水所では量水標により水位と流量の定時観測を行ない、その変化が記録されているが、水位と流量との関係は一般に水位流量曲線という二次関数で示されるため、水位の観測だけから流量を知ることができる。流量を Q 、水位を h とすると、 $Q = a + bh + ch^2$ という関係で、 a 、 b 、 c の定数は各河川によって算定されているが、出水量や同一河川についても位置によって変化してくる。図4は安倍川水系藁科川奈良間観測所における1965年度の流量表をもとにして流量と水位の関係を記入したものであるが、明瞭な相関は認めにくい、ある傾向は認められる。

流量と降水量の相関を知るために、図5は1963年の資料を用いて大井川赤石測水所（流域面積240 Km²）と藁科川奈良間観測所（流域面積112 Km²）における月別平均流量の年変化と、それぞれの上流にあたる二軒小屋、大川における降水量の年変化の状態を示したものである。降水量と流量の関係はほぼ直接に結びつき、当然のことながらその関係は明瞭である。日本の河川の流水型は降水量の地域差によって各地で異なっているが、南海型、日本海型、盆地型に大別され、静岡県の河川は南海型に属するタイプである。ただ南海型は7月または9月に極大があらわれることになっているが、集中豪雨などによる雨量の時間的配分の差異が例外をもたらすことになる。降水量の資料は点としてで

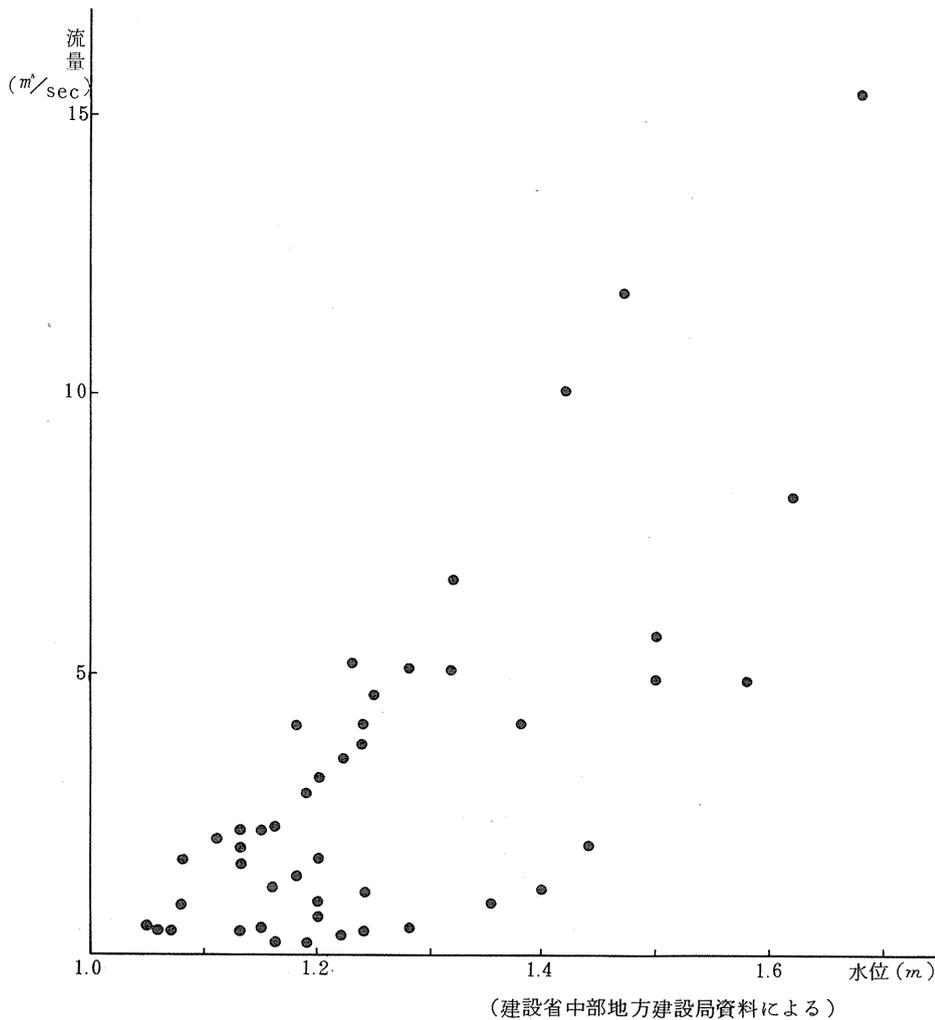


図4 藁科川における流量と水位との関係

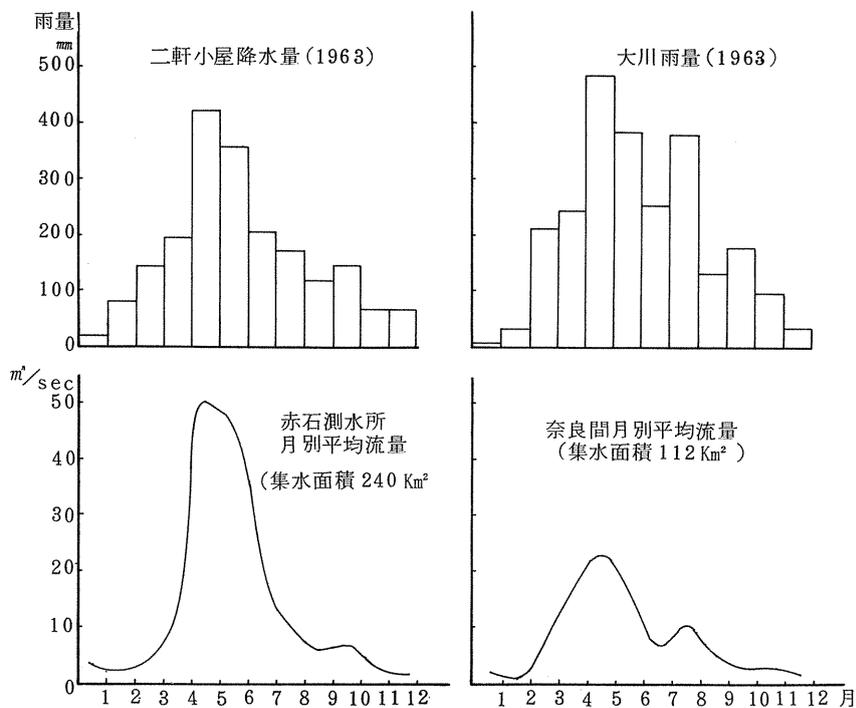


図5 降水量と流量との関係

なく面積降水量を算定すべきであるが、それらの解析については別の機会に考察したい。

次に大井川赤石測水所における月別平均流量の年次の季節的变化についての資料について若干の問題点の指摘を行なう。表7は1956～1962年における各月流量の平均値を示したものである。流量の年次変化は発電関係の資料として必要性が大きい。変化の量の大きいことは、その目的に対して適切な処置を講ずる必要がある。しかし全体的な経年変化の傾向が理解できれば、ある程度要求に応じられるが、そのためには10年位の流量の資料を降水量の資料とともに吟味しなくてはならない。従ってここにあげた資料から考察しうる限界もあるが、教材として何をとりあげるかという点でも問題になる。例えば、①7年間における各月流量の移変化の幅。②各月の平均値。

③平均値の年次変化とその原因。④季節的变化が各年次によってどのように異なっているか。⑤各月の平均値に対し各年の偏差の問題。⑥各年における異常気象の記録があれば、それらの現象が流量にどのように影響しているか。などを課題や問題解決の出発点として提示できると思う。また基本的に

表7 大井川赤石測水所における各月平均流量 (m³/sec)

(中部電力資料による)

年 月	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
1	5.4	3.8	5.1	5.1	8.9	6.2	3.6
2	4.2	3.9	3.0	16.3	6.3	6.1	2.8
3	16.6	3.2	4.1	22.5	3.2	5.7	2.7
4	38.7	27.1	23.5	29.0	13.6	20.2	6.7
5	62.5	39.0	27.0	32.8	19.7	44.9	26.2
6	41.4	36.2	10.9	16.7	29.1	59.4	43.6
7	29.4	39.6	40.9	34.8	15.9	28.1	26.3
8	15.9	15.8	24.2	56.1	59.6	8.0	12.1
9	43.4	33.1	45.2	39.1	22.7	14.9	9.8
10	30.1	12.2	35.9	33.6	7.6	27.5	7.8
11	15.0	6.5	11.0	12.2	9.3	16.8	8.4
12	7.7	6.0	3.9	7.2	5.9	9.1	3.5
平均	25.7	18.9	19.7	25.5	16.9	20.6	12.8

は表7の資料を図化することも一つの作業として課しうるものであると思う。

降水量は季節的变化, 日変化をするため, それに伴って河川の水位, 流量も複雑な変化をすることはこれまでも述べた。日本では河川水を水運, 発電, かんがい用水などに利用する立場から, 水位, 流量に対し, その種類が定義づけられており, 一年の最高水位から355日目の水位を示す濁水位, 275日目の水位を示す低水位(9ヶ月水位), 中間の水位を示す平水位(6ヶ月水位), 豊水位(3ヶ月水位), 毎年一, 二度起る程度の出水時の高水位, 数年に一度起る程度の洪水水位, 平均水位などで示される。これら水位に対応して, 流量もそれに準じた定義が与えられている。1963年1月1日から12月31日までの間, 大井川赤石測水所と藁科川奈良間観測所における毎日の流量の資料をもとにして, 流量と日数の関係を示したのが図6であり, 頻度曲線でも表現できる。頻度分布を示すグラフでは頂点の水位が最多水位であり, 年平均水位, 平水位も図中に示したが, 三者は相当にずれている。一般には平水位は年平均水位よりわずかに低くあらわれるようであるが, その点でも東海型の河川は不安定であるといえる。また河水を利用する場合には可用日数という水位による日数を算定したり, 同一の水位の持続する日数を算定したりすることも行なわれるが, 日本の河川のように河状係数の大きい河川では調整をすることが困難である。奈良間, 赤石両地点は, それより上流において取水がほ

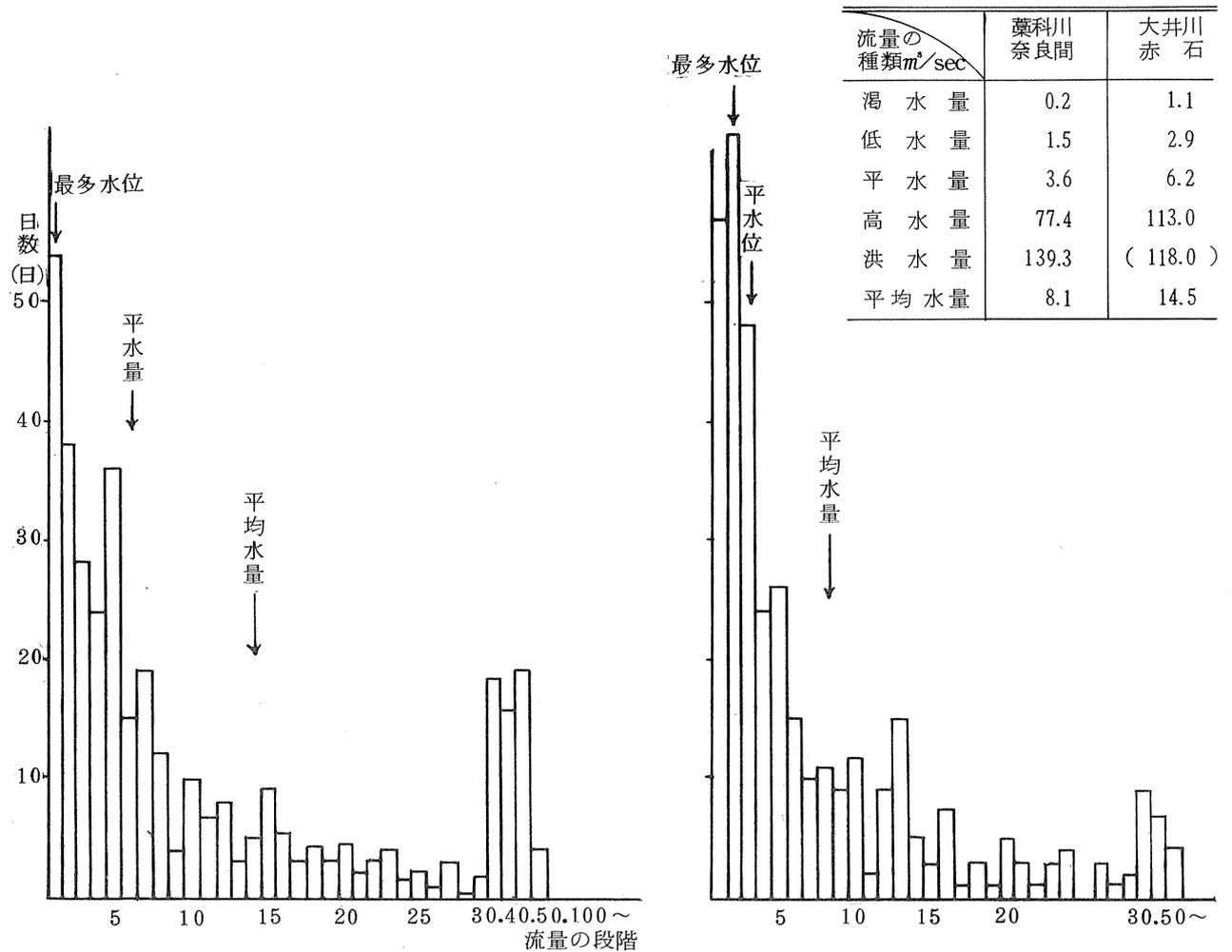


図6 赤石測水所，奈良間における流量階級別日数（1963）

とんどなく，水利用がされていないために自然の流況が期待できる点で選んだ地点であるが，水利用が進んでくると，それらの因子を加味した上での流況判断が当然必要となる。図6をもとにして判読できる事項として，①最多水量と平均流量との開きが大きいこと，②河状係数の大きいことが予想されること，③水利用に対する問題をふくむこと，逆にいえば流況の平均化をはかりたいこと，④永年観測の結果も利用し，年流量の変動率を求めその中における位置づけを考える必要があることも教えてくれる。

流域に雨が降ると，河川の水位は上昇し，流量は増加する。流量を縦軸に，時間を横軸にとってグラフを作ると，ハイドログラフとなるが，一つの雨によって得られるグラフをユニットハイドログラフという。雨の降り方と流域の形態によってハイドログラフの形も異なってくるが，全体として上昇部，頂上部，下降部の3部分からなっている。水位，流量とともに一時的な出水が洪水，豪雨などの時には特に問題となる。詳細な時間単位での出水の資料が手元にないため，洪水時の典型的な事例は示せないが，図7は1963年6月，大井川赤石測水所における毎日の流量を図示したものである。これによると6月5日，6月15日頃に降水があり，これに伴う流量増加と減少の形がよくあらわれ

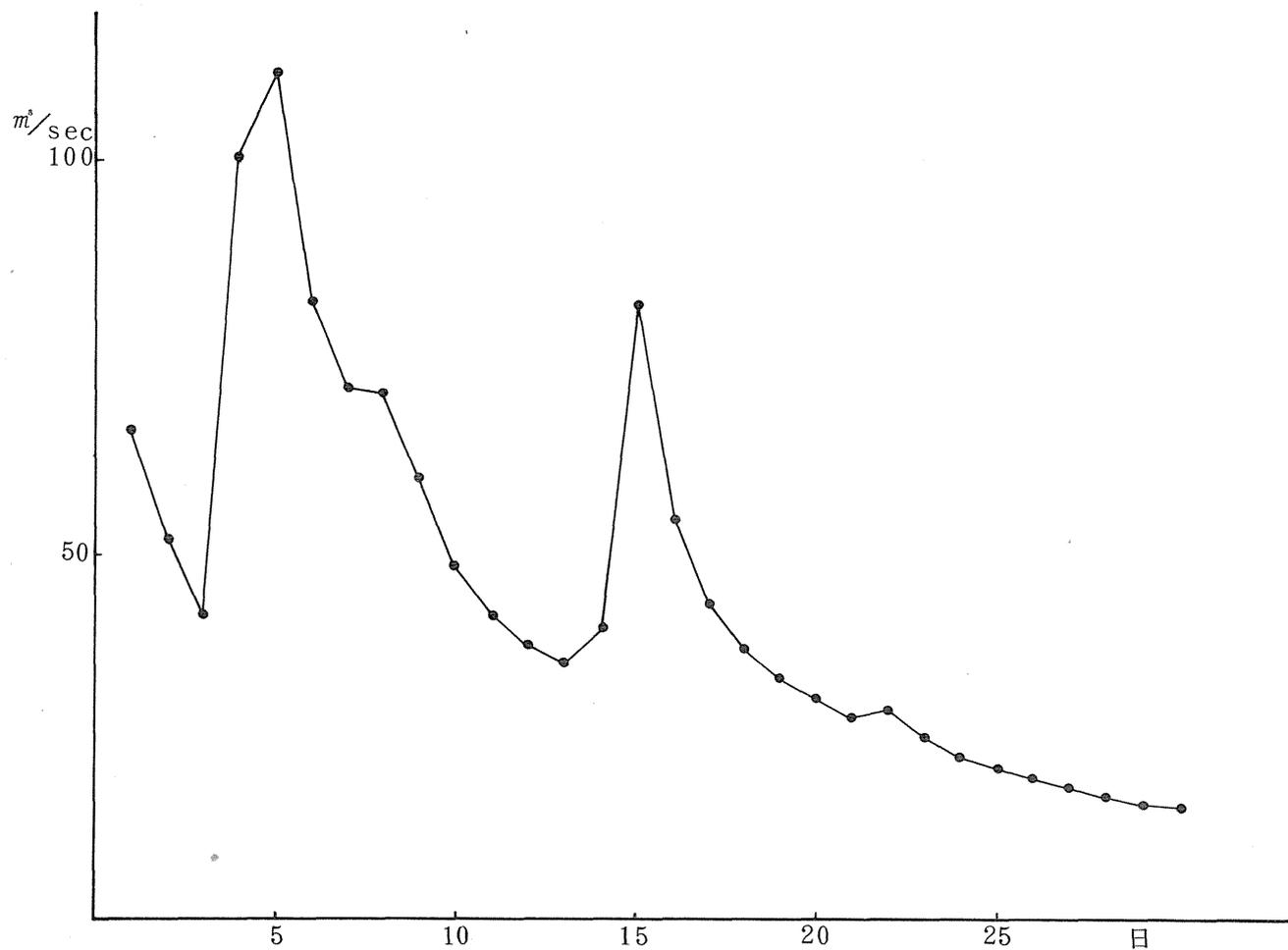


図7 赤石測水所における流量変化 (1963年6月)

表8 静岡県中小河川の諸性質

河川名	流路延長 (km)	標高差 (km)	計画日雨量 (mm)	洪水到達時間 (時)	流域面積 (km²)	比流量 (m³/s/km²)
太田川	44.6	0.85	117.0	5.74	502.2	6.83
瀬戸川	25.0		306.0	5.91	165.9	8.8
巴川	17.6		262.0	2.3	58.9	5.5
大代川	11.3		312.0	2.2	31.8	10.2
丸子川	12.2	0.22	262.0	3.21	25.1	11.1

ている。急激な上昇の期間は短時間であるが、急増するのが特色である。特に中小河川で増水、出水する場合は急激であり、災害の原因となる。集中豪雨に起因する災害の多い昨今、中小河川では、計

画日雨量，計画高水量などから洪水到達時間が計算されて災害防止に対処している。表8は県河川課の資料の一部による中小河川の特徴であるが，河川の個性を災害や治水と結びあわせて理解する必要のあることがわかる。流量や水位について以上雑然と述べてきたが，内容が多岐にわたり，資料も限られていたために系統的に考察できなかつた。しかし，資料を提示することにより，実態の一部でも理解し，問題点の所在がつかめれば幸である。この種の課題は専門的になればなるほど自然の実態から遠ざかって，理解や対象が具体的な事柄としてつかみにくい印象をうける。何回か川原へ行って散歩をすること，そして流れる水を見ているうちに何か新しい主題や，解決が与えられるだろう。特に洪水の直後など堤防にたつて川をみる時，全く異なった姿の川に驚かされるが，そのような単純な受けとり方をやはり大切にしたい気持がある。

VI 河川の水 温

河川の水 温や水 質の問題は，流量や水位の問題ほど注意されてとり上げられなかつた。しかし工業用水，かんがい用水の問題として，また公害によって表面化してきた水 質汚濁の問題を出発点として研究調査がさかんになってきたようであるが，まだ余地は十分に残されているし，資料も不十分な分野でもある。水利用の必要性からのみでなく，熱交換とか水収支の面からのアプローチも必要であらう。

しかし，前述のように資料不足の分野であるだけに今後の課題も含めて考えると面白いテーマにはちがいない。

河川水 温も気温と同様に年変化，日変化などの周期的な変化のあることが知られているが，年変化のタイプによって上流型，中流型，下流型の3つに分類されている。簡単に紹介すると，下流型では，月平均水 温が月平均気温より低い月は夏の1，2カ月に限られ，両者の差は大部分 2°C 以内である。月平均水 温が月平均気温より高い最大は2，3月に現われ，その差は大部分 3°C 以内である。中流型では月平均水 温が月平均気温より低いのは夏およびその前後の5～8カ月に限られ，両者の差は 4°C 以上におよぶ。月平均水 温が月平均気温より高い最大はほとんど2月に現われ，その差は下流より大きい。上流型では，月平均水 温が月平均気温より低い時期は1年を通じて大部分で，水 温の方が高いのは冬の1～3月に限られ両者の差は中流型のそれより大である。

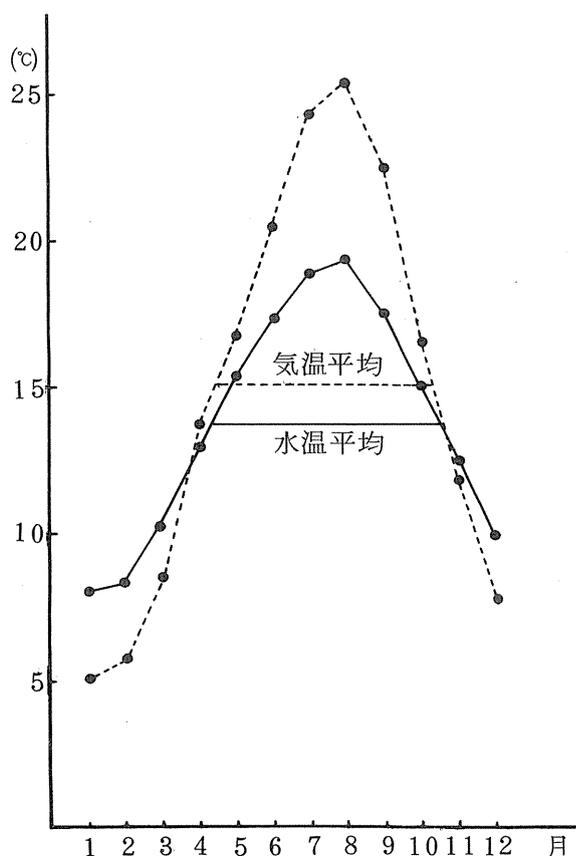


図8 上狩野の気温と吉奈川水 温の年変化

資料として伊豆半島狩野川支流吉奈川において1934～1940年の間の平均水温があるが、同地点よりやや南の方の湯ヶ島の気温（1951～1960年平均）とを比較してみると図8のようになる。前述の分類によると、上流型のタイプに属し、気温が10℃より高い時は、水温の方が低くなっている。断片的ではあるが、一つの水系について安倍川の場合の資料について調べてみる。表9はその結果であるが、上流から下流にくるに従って水温が上昇していること、10℃位を境にして気温の方が高くなっていることが認められる。ある一地点における日変化、年変化、一つの水系について縦断的連続的变化、一つの断面について垂直的、横断的变化などの資料を充実させて河川水温の調査をすすめた。特に農業用水との関連において重要な作業である。

表9 安倍川水系の気温と水温

	気温 (°C)	水温 (°C)	観測日時	気温	水温	観測日時
1 竜西橋	11.5	9.0	36-2-14-11	23.1	18.8	36-6-1-11
2 門屋	14.0	10.8	" 12	27.5	20.0	36-6-1-11.5
3 内牧橋	12.0	11.0	" 14	27.5	22.4	" 13
4 清沢				21.6	21.5	" 14
5 谷津	9.0	8.1	36-2-15-12	28.5	21.7	" 14.5
6 牧谷橋	9.0	10.5	" 13	25.8	21.9	" 15.5
7 安倍川橋	8.5	10.0	" 14-15	24.0	19.0	36-6-2-10
8 丸子川川口	9.3	13.0	" 15-14	25.2	18.7	" 11
9 安倍川川口	8.0	11.5	" 15-15	28.5	20.5	" 12

VII 残された問題と文献紹介

ESCPの基本的概念の一つとして、環境の変化に対する適応という項目があり、自然現象の変化や配列はある平衡状態になろうとする傾向のあることを強調している。エネルギーの流れや物質の移動、循環の概念の重要性は種々の現象を通じて理解できるが、水などは感覚的に利用しやすいようである。従来、教科書にも太陽エネルギーの循環、大気の大循環などとならんで水の循環の図解がよくみられた。降水が矢印に従って流出、滲透、蒸発の方向にむかい、更にそれらが分化してゆく状態が非常に模式化されて表現されているのは印象的である。しかしその一つの方向をとっても、おろそかに問題がとりあつかえないということであり、教材として何を問題としてとりあげるかという壁にもぶつかる。社会開発の進行に伴って地球上の地学的現象が徐々にではあるが姿をかえている。社会地球化学というような分野も成立している。教育は時間のかかる仕事にはちがいないが、社会的な要求に遅れをとっている感が深い。社会的現象からの導入が、地学では十分可能であると思うがその具体化は今後の問題であり、地表水についても地下水についても今後教育的に開発すべきものを着実に

求めていきたい。

水の問題に関する研究書、一般啓蒙書、文献、資料については非常に膨大で、その選択や紹介の資格はないが、是非手元におきたいのは「水資源ハンドブック」(朝倉書店)である。これは水に関する諸問題が降水から水利用まで網羅されており、利用価値は高い。多くの専門家の分担執筆であるために、項目によって記載に難易の差異があるが、各項の文末にある参考文献は必要なことを調べる場合の指針となる。河川に関しては、「新河川学」(地人書館)は基本的な教科書といえるだろう。河川の一般的性質から河谷発生論までの記載は古典としての重さを感じられる。新しいところでは朝倉地理学講座の「自然地理学Ⅲ」の中の陸水として河川、地下水、湖沼などの解説は要を得て有効である。水利学大系第2巻の「水利河川学」(地人書館)、応用気象学大系第1巻の「水文気象学」

(地人書館)などは専門的になるが日本各地の降水、出水関係の事例が多く、分析の方法が詳細であり、調査方法の方向づけとして貴重である。啓蒙書としては高橋裕「日本の水資源」(東大新書・47)、同じ著者の「日本の水問題を考える」(講談社ブルーバックス)があり、水資源、水利用、治水など広い範囲にわたる知識を与えてくれる。水の社会的問題については佐藤武夫「水の経済学」(岩波新書)が資料と事例を豊富に駆使して明解な説明をしている。定期刊行物としては「水利科学」(水利科学研究所)が隔月に出ている専門誌で論説とともにその時々の問題点の指摘や解説は教材に利用できる。県内の河川関係の調査資料なども河川課関係で報告書の類が出されているが、直接知らないでしまう場合の多いのは利用価値が高いだけに残念なことである。

(静岡英和女学院)

新刊紹介

日本気象協会編

“気象年鑑1967年版”

本書は気象知識の普及・気象技術の発展に寄与することを使命のひとつとする日本気象協会が、気象庁はじめ関係者多数の協力を得てまとめたもので、1966年の日本の気象を主として記録してあるが、地象(地震そのた)・水象(海況そのた)のほか、1967年の暦象として季節ごよみ、潮流表・潮位表・天候予想ダイアグラムなどもせられている。

もっとも多くのページ(p.16~p.130)がさかれている気象編では、最近5ケ年の世界の天候経過、これからの天候の予想、1966年の世界および日本の天候経過などが述べられており、これらについて各月の天候経過が日記風に綴られ、天気図日記(1月1日~12月末日)も掲げられている。さらに1966年の冬の季節風と寒波、梅雨・台風・初雪・初氷・初霜、月平均気温偏差と月降水量比率などが全国的な視野で取扱われ、各地方別の天候経過・全国主要地点の気象記録・1966年の気象災害・農産物と天候・商況と天候・季節病・大気汚染問題・空中放射能・航空機事故当日の天候・気象衛