

京都大学工学部 正員 石原謙次郎

京都大学工学部 正員 高橋政馬

表流水の資源としての価値は今日ますます増大しつつあり、表流水を資源として効率的に利用するためには、まず流況特性を十分に把握する必要がある。流況特性の表現としては古くより流況曲線があるが、これは日流量の確率分布を示すだけである。7、これによって日流量の時間的、量的変動を知ることはできない。一方、こうした変動特性解明の研究として、日雨量や日流量などの系列相関解析によるもの、さらには水文学を数学系列として扱うものなどがあるが、流出機構との関連が十分でないため物理的意義の面で普遍性に乏しい。

本研究は、解析手法が簡便で流出機構を組み入れる必要のない流況特性表現の新しい尺度として、0交差のエントロピーを導入し、自然流況の安定性を時間的、面積的スケールの面から考察したものである。

1 0交差のエントロピーと流況特性； 1) 年単位または季節単位の平均流量からの変動には、時間的・量的の両方があり、これを合わせて流況の変動特性といわれる。まず、日流量曲線が平均流量を横切る点を0交差とす。0交差集合の確率特性を0交差のエントロピー H_c ということにする。 H_c は0交差系列の不確実性を表わすものであり、0交差が独立事象に属すると仮定すると、情報理論による1日あたりの0交差に関する平均された情報量であるエントロピー H_c は、

$$H_c = - \sum_{i=1}^{M_c} P_i \log P_i \quad \dots (1)$$

で与えられる。ここに、 M_c は対象時間区間 n 日内の0交差の回数であり、 P_i は1つの0交差区間長 n_c 日の n 日に対する確率 n_c/n である。また、 $\text{Max}_{P_i} H_c = \log M_c \dots (2)$

$$\text{Max}_{P_i} H_c = \log n \dots (3)$$

の関係がある。 H_c は、 n 日内の0交差区間長に配列した数、

$$M(n) = (n_{m_1} \dots n_{m_{M_c}}) \text{ の対象 } \log M(n) \text{ を } n \text{ で除したものである。} \log M(n) = n \cdot H_c \dots (4)$$

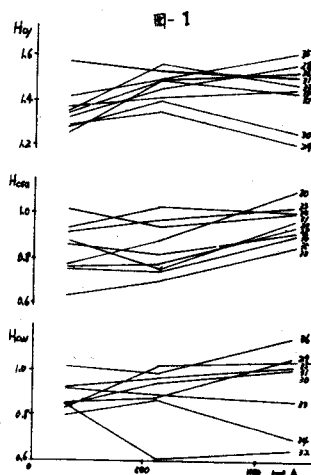
の関係があるから、事象の起こる割合がある一定確率構造の均一性を示すものといえる。

2) したがって、 H_c は年単位あるいは季節単位の平均流量からの日流量の時間的変動特性の尺度を意味するといえる。また、 H_c の大小によって時間的スケール（年単位、季節単位、年と季節など）、面積スケール（流域面積の大小など）による日流量の時間的変動特性を比較することはできる。3) さらに、日流量の標準偏差 σ は、事象の数 $M(n)$ と $\sigma \propto 1/\sqrt{M(n)} \dots (5)$ の関係があるから、これを(4)式を代入すると $\sigma \propto \exp(-n H_c / 2) \dots (6)$ の関係が得られる。これより、 H_c が大きくなるほど σ が小さくなり、平均流量からの流量の量的変動が小さくなることになる。すなわち、 σ には要源確率過程に属すると考えられる最大・最小付近の流量を含ませなければならぬ。

4) 以上の考察によつて、0交差のエントロピー H_c が、流況の時間的、量的変動の尺度、すなわち自然流況の安定性を表わす一つの尺度となるものと期待される。

2. 田名川水系への適用と考察； 1) 上記の結果を用いて、田名川水系（荒谷；150 km²、角；556 km²、福知山；1,157 km²）の流況特性を検討した。2) 図-1は、年（水年を暦年とする）、夏期（6～8月）および冬期（12～2月）の H_c をそれぞれ9年間の日流量記録から算出

したものである。添字Yは年、Suは夏期、Wiは冬期を意味する。
 図-1から、a) Hcは面積Aとともに増加の傾向をもつこと、
 b) 夏期と冬期のHc-A関係の経年変化特性は逆である、すなわち
 夏期と冬期の流況の経年変化の大きさはAとの関連は反対に逆で
 あることがいえる。a)は、月流量はほぼ同様の傾向がAと
 もに分散していく、いかにいへばAとともに場合の数が増大して事
 象の確率的に均一性を増していくためであろう。b)は、Aととも
 に地下水容量が増加して夏期の降雨変動が吸収されることに對して、
 冬期には融雪水の流況が上流部ではおそり規則的であることに反し、
 下流部では積雪地域の分布が一様に行き、また降雨の影響が大きく
 作用するため流況の経年変化が大きくなるためと考えられる。



3) 図-2は、年平均の流況は、夏期と冬期の
 流況を比較したものである。二つの場合、季節のHcに
 は、四つの季節のうち一つという情報因子を与えた
 ということであるから $\log 4$ を加えれば行ける。

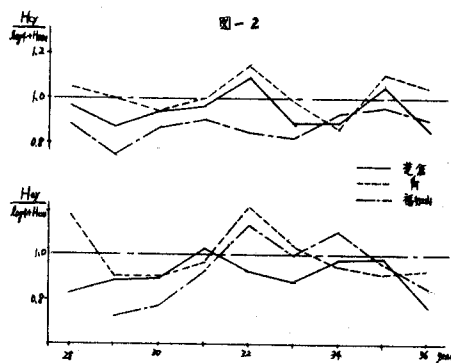
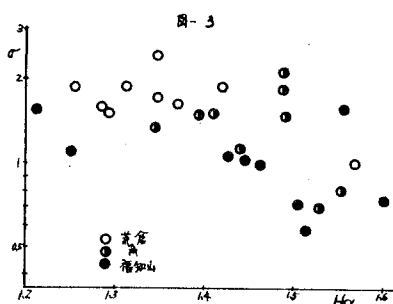


図-2から、a) 夏期の流況は、Aの増加とともに年
 平均の流況より定着してくること。b) 冬期の流出は
 融雪水が主成分であるため、前述の理由によって上流部
 冬期の流況は年平均の流況より定着してくることがい
 える。以下、偏地は山地から平地への変化奥にあるた
 り、二つの夏期、冬期ともに年平均の流況とあまり

相違が小さいという一様な傾向性をもっている。また、季節同様の流況特性の比較も上と同様にできて、
 流況の定着性は、東部では冬期、秋期、夏期、春期と順であり、西部では夏期、春期、秋期、冬期
 の順である、上流部と下流部では季節流況の定着性に大きな相違が認められた。

4) 図-3は、年々月流量の標準偏差とHcyの関係を示
 したもので、図-1(6)式の関係が成り立つといえる。季節単
 位でも同様の結果が得られた。①は年々流況面積に対してFの
 大きく変動するが、②はHcy 関係にはその影響が認められ
 ないこと、いかにいへば一変性が認められることは、流況の
 量的変数の尺度としてもHcが有効であることを示すものと
 いえる。



以上、流況の流況の時間的、量的変数の尺度として、算定をきめて標準化を交さるエントロピー
 がおそり有効であることを指摘し、流況列あるいは季節別の流況を比較する尺度としても効果的であ
 ることを明らかにした。今後、同様の考え方をもとに降雨系列と流量系列の関係を表現するより一
 般的な理論を確立することにも、若流水の資源としての開発方式についても検討していったらと思
 っている。