実用水文統計学のすすめ

はじめに

水工計画や水理構造物の設計・管理においては、数 10 年あるいは数 100 年に 1 回というような非常に低い確率で生起する単位時間降水量の極値を推定する必要がある。しかし、水文資料は自然現象の観測によって得られているため、量的・質的制約があり、求められた値の検証が難しい。

水文統計学は、単位時間降水量の極値を確率統計的に求め、それを水工計画や水理構造物の設計・管理に活用しようとする学問である。これまでの水文統計学では、単位時間降水量の極値を直接解析対象とし、単位時間降水量は独立な確率変数であると仮定している [1),2)]。しかし、この仮定は部分的にしか成立しないので、得られた値の信頼性は低い。

実用水文統計学

実用水文統計学は、降水量の極値を直接解析対象とせず、ある期間（T）に、ある量の降水量（R_T）が発生した時、単位期間（$\varDelta t$）に生起する最大降水量（$R_{\varDelta t}$）を解析対象とする。したがって、解析対象の変数は 2 変数となるが、集中度の概念を導入して一変数に変換することができる [3)]。

$$C = \log\left(\frac{r_1}{r_T}\right)/\log(T) \qquad (1)$$

ここに、Cは降水の時間集中度、r_1（$=R_{\varDelta t}/\varDelta t$）は単位時間最大降水強度、$r_T$（$=R_T/T$）は T 時間降水強度、1（$=1\times\varDelta t/\varDelta t$）は無次元単位時間、$T$（$=T\times\varDelta t/\varDelta t$）は無次元T時間（以下、代表時間 T）を表す。

すなわち、実用水文統計学は単位時間平均降水量を用いて解析する学問分野である。

降水の時間集中度 C は、降水量 R_T が少ない場合には【0, 1】の範囲にある。すなわち、一様な雨なら集中度 0, 最も集中した場合には集中度 1 となる。降水量 R_T が多くなるにつれて集中度が 0 や 1 となることはなくなるとかんがえられるので、実用的には（0, 1）の範囲にあると考えられる。

代表時間 T に R_T の降水量が降る場合、C は（0, 1）の範囲に分布するが、降水時間を T 時間に区切って R_T を選んだ場合、その単位時間最大降水量 R_1 は、中心極限定理の法則が働くので、正規分布になることが予想される。そこで、C を SladeⅢ型正規変換式を用いて正規化する。

$$\xi = \alpha \times log\left(\frac{C}{C_0} \times \frac{g-C_0}{g-C}\right) \qquad (2)$$

ここに、ξは正規変数、α、g、C_0は変換のための定数である。ただし、α、g、C_0はアメダス降水量データの解析から$log(R_T)$の１次、あるいは 2 次式程度の簡単な関数であらわされる結果が得られている。したがって、これらは係数とすべきである。

若干の変形を経て、単位時間最大降水量 R_1 は（3）式のように表されることが期待される。すなわち、単位時間最大降水量 R_1 は代表時間降水量 R_T にも従属しており、独立変数の仮定は成立しない。

$$R_1 = f(R_T, \xi) \qquad (3)$$

実用水文統計学では2変数同時確率の推定が可能

上の議論において、著者らは単位時間⊿tを 1 時間、代表時間 T（$_1T$）を 24 時間として解析したが、さらに、単位時間⊿tを 24 時間、代表時間 T（$_2T$）を 240 時間（10 日）とした解析も行っている。単位時間⊿tを一つ前の代表時間（$_1T$）と同じ値に採ることによって、連続的に解析できるようにするのである。

正規変数は自由に発生させることができるので、$_1R_1$と $_2R_1$（$= {_1R_T}$）を $_2R_T$ の条件の下で数値実験的によって発生させることができる。$_2R_T$ は自由に採ることができるので、いくつかの $_2R_T$ に対して数値実験を行い、$_1R_1$と $_2R_1$（$= {_1R_T}$）を発生させれば、$_1R_1$と $_1R_T$ の同時超過確率を推定することが可能である。

これまでの研究では、1 時間降水量（$_1R_1$）、24 時間降水量（$_1R_T$、$_2R_1$）、240 時間（10 日、$_2R_T$）降水量を試みたが、気象庁の予報が週間予報となっていることから、10 日降水量は 7 日降水量の方が良かったと反省している。また、24 時間降水量を 8 時間または 12 時間降水量で試みることも考えられる。

実用水文統計学は、温暖化による降水量の変化にも対応可能であると考えられ、今後に期待される実用的分野であると考える。

参考文献

1） 岩井重久・石黒正義：応用水文統計学、森北出版、1970

2） 角屋　睦：水文統計論、土木学会水理委員会、1964

3） 松田誠祐：集中豪雨へのアプローチ、株式会社高知新聞総合印刷、2012