渇水の生起頻度に関する２～３の検討

近畿大学理工学部　加納祐啓
近畿大学理工学部　江藤剛治

１．はじめに

現行の渇水対策のための計画規模の決定には，次の２つの方法が取られている。

① 水文観測資料の少ない流域に関しては，既往の年最小流量を計画流量とする。

② 観測資料の整った流域では，それを統計解析し，確率渇水流量を定めて各流域間の均衡を保つ。

しかし，前者は渇水の本質的特性の一つ，時間的にも空間的にも確率的に生起するという性質を無視することになる。後者の場合は各流域に関して，全体としての水文資料は整っていても，計画規模付近の水文資料はわずか２，３個程度であり，うまく確率評価しているかどうかわからない。実際に発生した渇水を現在使用されている確率手法で評価した場合，資料の数が 100個程度以下しかないにもかかわらず，数百年～数千年に１回というような大渇水が多くの地点で発生している。このような大渇水が一見多発しているように見えるのは，次の２つの理由によるものと考えられる。

① 気候自身が変化しており，実際に大渇水が発生している。

② 統計解析手法に問題があり，実際には生起して当然の規模の渇水である。

現在のところ，上記の２つの内どちらの理由によるものかをはっきりさせるための万能な手段はない。１つの有効な補助的手段として降水事象の模擬発生が考えられる。計算機上で降水を発生させ，計画規模を越えるような渇水が生起することがわかれば，②に示した問題点も存在することが明確になる。

年降水量を模擬的に発生させ，一般によく使われている３母数対数正規分布をあてはめる。この確率分布関数が既往最小値付近の渇水をうまく評価しているかどうかについて検討を行う。

２．年降水量模擬発生手法

年降水量は，その年の降水の回数とその量によって決まる。両者とも確率的に変動する量である。したがって，年降水量の模擬発生は次のようにした。

① 年間の降水事象の発生回数を模擬的に発生させる。

② 生起した降水事象それぞれに対して降水量を模擬的に発生させる。

③ これを合計したものを年降水量とする。

①～③を繰り返せば希望するだけの年数の年降水資料が得られる。

表－１　使用した確率分布関数

年間降水事象発生回数	ポアソン分布
	負の二項分布
	ポリヤ・エッケンベルガー分布
一雨の降水量	指数分布
	平方根K_0分布

用いた確率分布関数を表－１に示す。理由は以下の通りである。

降水事象の発生がまったくランダムであると考えるなら，年間の降雨発生回数はポアソン分布に従う。しかしながら，降水事象の発生回数はより少ないときは少なく，多いときはより多くなるといったグループ的特性をもつと考える方が自然であろう。この場合，年間降水発生回数は負の二項分布，ポリヤ・エッケンベルガー分布などに従うことになる。

一雨のピーク雨量，継続時間の確率分布は指数分布，ガンマ分布に従うことはよく知られている。一雨の総雨量は継続時間とピーク雨量の積に比例する。すなわち，［指数分布］×［ガンマ分布（指数分布）］

Masanori KANOH and Takeharu ETOH

に比例する。これは平方根K_ν 分布（$\nu=0$のとき指数分布変数の積）になり，一雨総雨量はこれに従うものと考えられる。一方で，一雨あたりの総雨量の確率分布には，取り扱いの簡便さから指数分布関数もよく用いられている。

３．検討手順と結果

検討の手順は以下の通りである。

① 100年分の降水量を模擬発生させる。これを１系列とする。

② ３母数対数正規分布のパラメーターを推定する。

③ この系列の最小値の平均再帰間隔を求める。

④ ①～③を 100回繰り返す。（ 100系列作る）

本報告では，渇水継続期間はたかだか数か月と考え，その間の降水平均生起回数を 15 回とした。また，３母数対数正規分布のパラメーターの推定法には色々あるが，ここでは角屋による岩井改良法を用いた。

以上の手順により，最小値の平均再帰間隔の資料が 100個得られる。３母数対数正規分布がうまく渇水を評価していると仮定すると，この資料は次の条件を満たさねばならない。

① 実用上，最小値の平均再帰間隔の平均値は 100（年）程度になるのが望ましい。

② 理論的に，最小値の平均再帰間隔が 100より大きくなる個数は全体の 63.2 %（ここでは 63 個），小さくなる個数は 36.8 %（ 37 個）になる。

この２つの条件を満たせば，３母数対数正規分布は渇水をうまく評価していることになる。結果の例を表－２に示す。

表－２　最小値の平均再帰間隔の解析結果

降水事象発生回数		一雨降水量	最小値の平均再帰間隔			
確率分布関数	分散	確率分布関数	平均値	標準偏差	＞１００	＜１００
ポアソン分布	１５	指数分布	６６６	３２８４	７４	２６
		平方根K_0 分布	６４０２	５８６７４	６８	３２
負の二項分布	１６．６	指数分布	６２２	１３９４	８１	１９
		平方根K_0 分布	７４８	２５９８	７３	２７
	３０	指数分布	８４６	３３０３	７８	２２
		平方根K_0 分布	８７５	２７９６	７８	２２
	４０	指数分布	４３４６	３３４２９	８５	１５
		平方根K_0 分布	４４０	８２４	７９	２１
	６０	指数分布	５４１	１１６１	８２	１８
		平方根K_0 分布	１０９７	７５２７	７０	３０

表－２より次のことがわかる。

① 最小値の平均再帰間隔の平均値を見ると，最も小さな値でも 440である。すべての例において理想の100より大きな値になっている。

② 最小値の平均再帰間隔が 100より大きく（小さく）なった個数を見ると，最も少ない（多い）ものでも 68 個（ 32 個）である。これについても，すべての例において理想の 63 個（ 37 個）より多く（少なく）なっている。

表－２には示していないが，ポリヤ・エッケンベルガー分布を用いた場合にも同様の結果が得られた。

以上より，渇水を評価する手法として３母数対数正規分布を用いると，実際には生起してもおかしくないような規模の渇水を非常に希な現象であると判断してしまう。言い換えると，今後ある確率で発生するであろうと予想される渇水を見落としてしまう可能性がある。渇水対策のための計画規模の決定に使用すると危険であると考えられる。