

北海道大学工学部 正員 ○ 山岡 勲
 北海道大学工学部 正員 星 清
 ワシントン大学 Stephen J. Burges

1 はじめに

水文量分布特性と発生機構の選択でえられる4組の月流量発生モデルが、必要貯水池容量確率分布に及ぼす影響を及ぼすかを考察した。適用資料は石狩川中流域橋本町(流域面積 5,460km²)における22年間(1951年12月～1973年11月)の月流量であり、単一貯水池を想定している。

2 確率分布形

本研究ではとくに、発生流量データでの2次までのモーメントの再現の他、第3の分布特性である歪みを考慮する場合と無視する場合について比較を行なったが、歪み特性の保持には3パラメータ対数正規分布(3PLN)¹⁾を採用した。

3 月流量時系列発生モデル

採用した月流量発生モデルは、従来から広範に用いられている一次マルコフ過程と、年流量時系列を一次マルコフ過程にて発生させた後月流量を分割発生させるdisaggregation(分割)モデル²⁾である。月流量時系列を一次マルコフ過程にて発生させる手法では、年流量時系列の2次のモーメントは保存されない。今、実測資料によって月流量時系列が一次マルコフ過程に従うと仮定して、年流量時系列の標準偏差と lag-one 相関係数の理論値を計算してみると、それぞれ207mmと0.01である。一方、年流量標本値から得られる2つの統計量は259mmと0.58であり、2つの lag-one 相関係数が著しく異なることがわかる。disaggregationモデルによれば上述した一次マルコフ過程に内在する欠点が解決される。また、年単位レベルで現在開発されている long memory モデル(Hurst effect)が、実際の計画運用に必要な場合には年単位から、より小さな単位時間をもつ流量発生に容易に組み入れられる点もこの分割モデルの特徴である。

原系列が3パラメータ対数正規分布に従うときの数学的に正しい一次マルコフ過程発生方法は参考文献1)と3)による。月流量時系列を一次マルコフ過程にて発生させる際2か月流量間の相関係数の実測値が必要である。

disaggregationモデルによって月流量時系列を発生させる基になる年流量時系列の発生機構としては、一次マルコフ過程を採用した。disaggregationモデルによる月流量の発生には、異なる水文年にまたがる月流量(ここでは11月と12月)の相関係数を保存させる星・Burgesの two-year disaggregationモデル⁴⁾を用いた。

4 貯水池容量の決定

a) 歪み無視, マルコフ過程, b) 歪み考慮, マルコフ過程, c) 歪み無視, disaggregationモデル, d) 歪み考慮, disaggregationモデル, という組合せの4ケースの月流量時系列が同一の需要パターンに対応して如何なる差異を貯水池容量確率分布特性に与えるかを調べた。まず、年需要量(D)と平均年流量(U_x)の比を3ケース $D/U_x = 0.7, 0.5, 0.3$ として、Fig.1の上段に示す月需要パターンを仮定した。Fig.1の下段には月流量の平均値(平均月流量/平均年流量)と変動係数を示す。

必要貯水池容量の確率分布特性を調べるためここでは貯水池の耐用年数を40年と仮定し、それぞれ40年の500組の月流量時系列を発生させた。必要貯水池容量の決定には Sequent

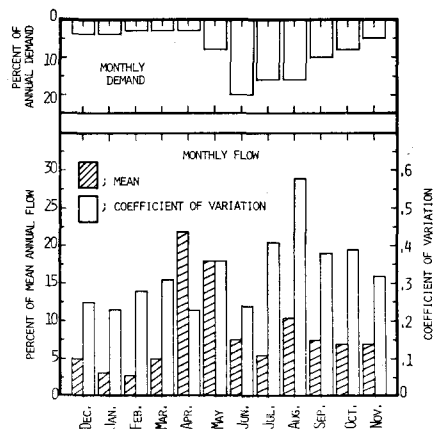
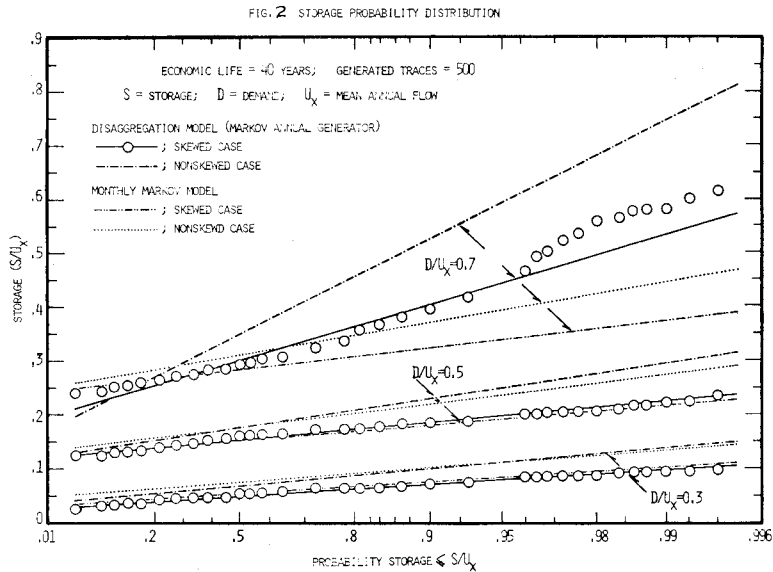


FIG. 1 MONTHLY DEMAND AND FLOW PATTERNS

Peak Algorithm(SPA)⁶⁾を用いて40年間で最も厳しい時期の不足容量を補足できる必要貯水池容量500個を得た。

5 貯留確率分布

Fig.2は上述の4ケースについて算定した必要貯水池容量を極値確率紙上にplotして整理したものである。⁶⁾貯水池容量はすべて無次元量として平均年流量の比(S/U_x)で算出している。図中の丸印(歪み考慮, disaggregationモデル)は500個の必要貯水池容量の中から数個を抽出して経験的分布関数(ここではWeibull



分布)によってplotした一例である。また、図中の直線はGumbel分布(極値分布I型)による理論式である。この図で、歪みを考慮して決めた方が貯水池規模を小さくし、容量指定の場合は供給信頼度が高くなることが分る。とくに、需要量の増大につれて、歪みは不足水量を小規模にとどめる役割をはたすように考えられる。また、一次マルコフモデルとdisaggregationモデルによる差異は、需要量が小さいときには余りないが、需要量が大きくなると著しくなる。これはマルコフ過程では年流量時系列のlag-one相関係数が保存されないことに起因すると思われる、貯水池規模が過少算定される。disaggregationモデルはマルコフ過程による結果を網羅し、月流量がどのような時系列構造にもとづくかの議論を回避できて実用上も都合がよい。

6 年流量(平均)統計量の比較

Table1は年流量の統計量の4ケース別比較で、最後の列には発生された月流量個数(=12X40X500)のうち、負流量の個数を示す。これらの負値はすべて零流量で置換えた。歪みを考慮(3PLN分布)した方が負の流量の発生が少ない。年流量時系列の標準偏差とlag-one

Table 1 Summary statistics (mean) of annual flows and number of negative monthly flows for 500 traces, each trace having a length of 40 years

Statistics		Mean (mm)	St.De. (mm)	Skew	Lag-one correlation	No. of negative monthly flows
Observed data		1331.2	258.9	0.644	0.576	0
Disaggregation	Skewed case	1331.3	237.0	0.305	0.573	285
	Nonskewed case	1336.5	245.8	0.052	0.579	1190
Monthly Markov	Skewed case	1332.0	204.1	0.199	0.009	280
	Nonskewed case	1332.3	206.1	0.010	-0.002	1231

相関係数もマルコフ過程では保存されていないことがわかる。3PLN分布による分割モデルでも歪度が実測値より小さいが、歪度の標準誤差が0.411でかなり変動が大きかったことを付記する。

(日本学術振興会の奨学金によりワシントン大学(シアトル)で研究中の星が Burgesとまとめた general disaggregationモデルに関する成果は3編あるが、本文は山岡の討議に対する検証のため補足された数値実験(1976)の結果について要旨を述べたものである。)

参考文献 1) 神田 徹; 単変量解析、土木学会水工学夏期研修会講義集, A, 1975年 8月
2) Valencia, D. R. and Schaake, J. C. ; Disaggregation Processes in Stochastic Hydrology, Water Resour. Res., Vol.9, No.3, 1973.
3) Matalas, N. C. ; Mathematical Assessment of Synthetic Hydrology, Water Resour. Res., Vol. 3, No.4, 1967.
4) 星 清。Burges, S. J. ; A General Flow Disaggregation Model, (ASCE Journal に投稿中, Sept., 1976)
5) Fiering, M. B. ; Streamflow Synthesis, Harvard University Press, Boston, Mass., 1967.
6) Burges, S. J. and Linsley, R. K. ; Some Factors Influencing Required Reservoir Storage, Jour. of the Hydraul. Division, ASCE, Vol.97, HY7, 1971.