

東京大学工学部都市工学科 ○荒巻俊也、一ノ瀬俊明、松尾友矩、花木啓祐

1 はじめに

安定した水資源の確保は、現在の高度な社会活動を維持していくうえで必須の条件である。しかしその現状を見てみると、首都圏の水源である利根川、荒川などでは2、3年に1回は水不足が話題になるようになってきている。

水資源の安定性を考えるために、水資源システムのシュミレーションによる研究が幾つか行われている。池淵ら¹⁾は、確率マトリクス演算を用いた水量・水質両面からみた安全度評価手法を提案し、淀川水系へ適用している。高棹ら²⁾は、福岡市において仮想の降水量系列を用いて貯水池操作をシュミレートし、渇水対策ダムによる利水安全度を考えている。角道ら³⁾は、利根川上流の多目的ダム群に対して、実データを用いてその放流操作の定式化を行い、貯水池運用システムの特徴と問題点を指摘している。

本研究では利根川水系上中流域を対象として、Hashimotoら⁴⁾の定義している信頼度、回復度、深刻度の3つの評価指標について、乱数を使って発生させた仮想の流入量系列を用いてシュミレーション（モンテカルロ法）によって求める方法を検討した。なお、乱数による流入量系列のデータは、10年平均の実流量データを使った総貯水量変化を再現するものであった。

2 シュミレーションの概要

対象地域は、古戸地点（利根大堰の上流）より上流の利根川中上流域で、5つのダム、群馬用水等がある。半旬を時間の単位として、5月11日より、貯水池が満水の状態で1年間分シュミレーションを行う。これは、過去のデータからこの時期には融雪水により各貯水池はだいたい満水になっているからである。

図-1にシュミレーションの流れを示す。

流入量データとしては、1978-87年のデータから作り出した毎月毎の流入量生起確率分布（対数正規分布）に基づく1000個の仮想の流入量系列を用いた。そして求められた1000個の古戸地点における河川流量について、信頼度、回復度、深刻度を算出した。

ダム群の目標放流量は、古戸地点における目標流量からダムに流入しない残流域の流入量の予測値を引いて求めるものとした。残流域流入量は、仮想の流入量算出に用いた対数正規分布における非超過確率 p %に相当する流入量とした。ここでは、 $p=44, 46, 48$ の3ケースと、比較のために残流域流入量があらかじめわかっている場合について、目標放流量を設定した。

各貯水池からの放流量の決定方法は、5つの貯水池について、満水位（もしくは夏期制限水位）を越える場合は超過分を放流し、それで古戸地点における目標流量が満たされそうにない場合はそれを満たすように追加放流を行う。追加放流の方式は、藤原→矢木沢→蕨原→相模→下久保の順に行う場合と、残存貯水量に比例して各貯水池から追加放流を行う場合、という2つの方式について考えてみた。

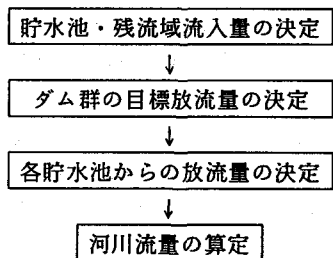


図-1 シュミレーションの流れ

3 実行結果と考察

3.1 流入量データに関して

まず、本研究で用いる仮想の流入量系列と実流量データの違いを見てみることにした。（a）1978年の

実流入量、(b) 1978-87年の平均値、(c) 1978-87年のデータから作り出した対数正規分布に基づく1000個の架空の流入量系列、の3種類を用いたシュミレーション結果を比較するものとする。なお、目標放流量は残流域流入量があらかじめわかっているものとして決定されており、追加放流は藤原から順番に行われている。

図-2は、古戸地点での各半旬の流量((c)については1000個の平均流量)、図-3は各半旬の5つの貯水池の総貯水量である。(b)と仮想の(c)では、多少の相違があるもののほぼ同じ様な変化をしている。これより本研究で用いようとしている流入量系列は、平均的な量で議論を進める場合には有効なものになっていることがわかる。(a)と(b)を比較すると、実際にはこのように年毎にばらつきがあり、仮想の流入量系列間のばらつきについても検討が必要であろう。

3. 2 ダム群の目標放流量の違いに関して

流入量データは仮想の流入量系列を使い、追加放流は藤原から順番に行われているものとし、目標放流量の決定の際の残流域流入量の予測については、前章に述べた方法により、(d) $p=44$ 、(e) $p=46$ 、(f) $p=48$ 、(g) 残流域からの流入量があらかじめわかっている場合、の4ケースとした。

図-4、5はそれぞれ平均流量と平均総貯水量、図-6は古戸地点の各半旬の信頼度、表-1は古戸地点の信頼度、回復度、深刻度の年平均値である。 p の値が小さい方がダム群の目標放流量は大きくなるわけだが、図-4、5を見てみると、古戸地点の流量はそれほど違ってないが、貯水量はかなりの差が出てくる。つまり、目標放流量のわずかな違いが貯水量にはかなりの影響を与えるということであろう。評価指標を見ると、当然(d) $p=44$ の時が良くなっているが、図-6から、4月あたりでは貯水量の低下のためか(f)の方が良くなっている。このことからシュミレーション時間を2年、3年と長くしてゆくと、(d)では貯水量が1年経ても回復しないことが多いので、評価指標の平均値も(f)の方が良くなるであろう。

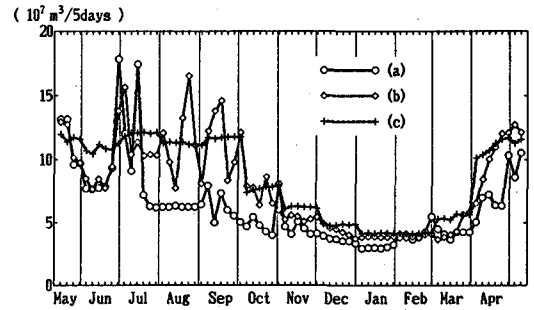


図-2 古戸地点における流量

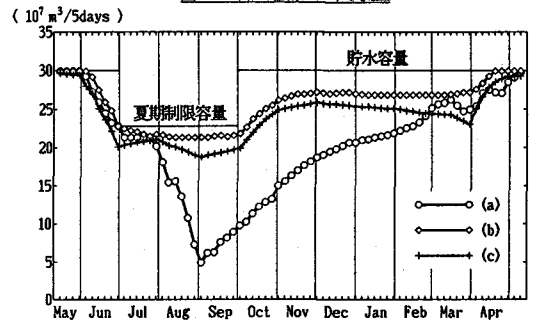


図-3 5ダムの総貯水量

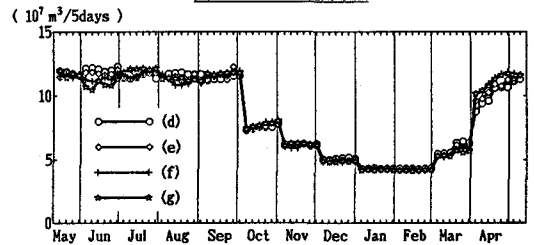


図-4 古戸地点における流量

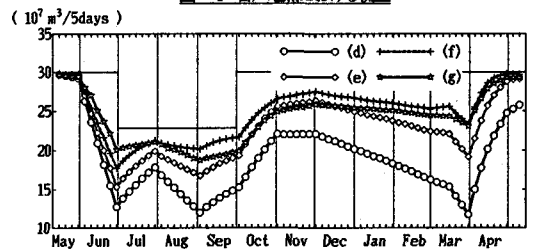


図-5 5ダムの総貯水量

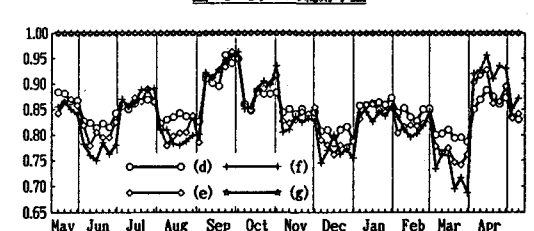


図-6 古戸地点における流量の信頼度

表-1 古戸地点における各評価指数の年平均値

	信頼度	回復度	深刻度
d	0.850	3.339	0.842
e	0.840	3.599	0.828
f	0.836	3.895	0.816
g	1.000	0.000	1.000

3. 3 貯水池操作の違いに関して

流入量データは仮想の流入量系列を使い、目標放流量は $p=46$ として決定されているものとし、追加放流の方式を、(h) 藤原→矢木沢→藺原→相俣→下久保の順に行う、(i) 残存貯水量に比例して各貯水池から追加放流を行う、の2ケースとして検討を行った。

図-7, 8 はそれぞれ平均流量と平均総貯水量、図-9 は各半旬の信頼度、表-2 は3つの指標の年平均値である。評価指標の年平均でみるとやや(i)の方がよいが、総貯水量の差から考えて(h)の方がよいのではないと思われる。なお、総貯水量に大きな差が出来てしまう原因としては、下久保ダムの流入量が貯水容量に比べて小さいことが考えられる。(h)についてはその他にいろいろな順番が考えられるが、それについては今後考えていきたい。

4 おわりに

本研究では、目標放流量の決定方法、追加放流の方法について幾通りかシュミレーションを行ってみた。今後は対象地域を広げるとともに、仮想の流入量系列のばらつきの検討、より精巧な貯水池操作の導入等を行う。そして、ダムの建設計画、ダム群の運用等がシステムの安定性に与える影響について考察を加えていくつもりである。

<参考文献>

- 1) 池淵周一、小尻利治、武村彰文：確率マトリックス演算による利水システムの安全度評価に関する研究、京都大学防災研究所年報、第30号B-2、1987、pp. 359-375
- 2) 池淵周一、白村暁：利水システムの安全度評価とその淀川水系への適用に関する研究、京都大学防災研究所年報、第32号B-2、1989、pp. 383-400
- 3) 高棹琢馬、宝馨、丸川幸治：渇水対策ダムが利水安全度に及ぼす効果に関する基礎的研究、水文水資源学会研究発表会要旨集、1989、pp. 75-78
- 4) 角道弘文、千賀裕太郎：シュミレーションに基づく利根川上流ダム群の貯水統合管理方式の検討、農業土木学会誌、第59巻第7号、1991、pp. 789-795
- 5) Hashimoto, T., Stedinger, J.R. and Louks, D.P.: Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria For Water Resource System Performance Evaluation, Water Resources Research, Vol. 18, No. 1, pp. 14-20, 1982

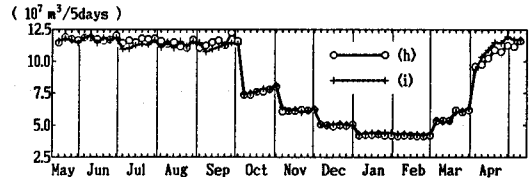


図-7 古戸地点における流量

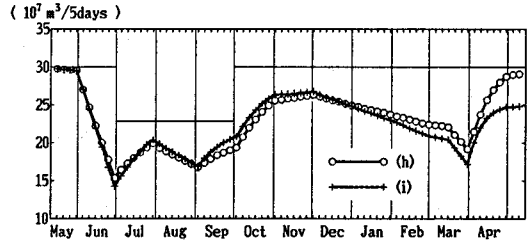


図-8 5ダムの総貯水量

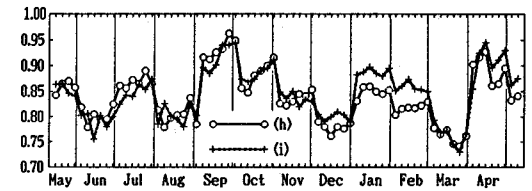


図-9 古戸地点における流量の信頼度

表-2 古戸地点における各評価指数の年平均値

	信頼度	回復度	深刻度
h	0.840	3.599	0.828
i	0.847	3.503	0.834