

連続した小規模ダム間における流量不整合の発生要因

石川工業高等専門学校専攻科

○落合厚

石川工業高等専門学校

正会員

鈴木洋之

国土交通省富山河川国道事務所

正会員

須賀正志

1. はじめに

ダム管理は現時刻の推定流入量を基に定められるものの、この流入量または放流量の正確な推定は非常に難しい¹⁾²⁾。本稿で対象とした神通川のダム群ではあるダムからの放流量が直下流での河川流量やダムの流入量とほぼ合致する水文状況にある。しかし、平成16年に生じた既往最大出水では約3000m³/sの不一致が見られた。本研究ではこの流量不整合の要因について検証した結果を報告する。

2. 同期加減算処理を用いた流量誤差要因の検証

図-1は対象出水時において(a)神二ダムの流入量と放流量(b)神二ダム放流量と神三ダム流入量(c)神三ダムの放流量と流入量(d)神三ダム放流量と河川流量の比較を各ダムの放流量および10分移動平均に基づく従来法で推定した流入量の毎時間記録(ダム記録)で表したものである。各ダムでの流入量と放流量は一致(図-1(a)(c))するものの、上流ダム放流量と下流ダム流入量または河川流量が合致しない(図-1(b)(d))のは各ダムで誤差を持つ推定流入量と等しくなるように放流操作がなされたことを表す。ここで、式(1)で推定されるダム流入量には水位計測誤差に起因した dV/dt (貯留分流入量)と放流量の誤差が含まれており、この不整合の発生要因がどちらかを判断する必要がある。

$$Q_{in} = \frac{dV(H)}{dt} + Q_{out} \quad (1)$$

ここに、 Q_{in} =流入量、 H =水位、 $V(H)=H-V$ 関係で定まる貯留量、 Q_{out} =放流量、 t =時間である。

図-2に(a)この出水時での計測水位および計測水位から同期加減算処理(SAS法)³⁾で水面振動を除去して得られた静水位(b)静水位から算出した dV/dt (c)ダム記録の毎時間流入量と静水位から算出した流入量の神三ダムでの比較を示す。この計算で用いた水位はチャート紙に記録された水位をデジタイジングソフトでデジタル化したものである。毎時間流入量と

SAS法で推定した流入量が合致すること、および dV/dt のオーダーが流量不整合に比べて小さいことは、流量不整合の要因が放流量の誤差にあることを示唆している。

3. 接近流速を考慮した洪水吐き放流量の補正

前章での考察を踏まえれば、貯水量の小さい神三ダムへの大規模出水の流入により湖内流速が増大したため、水位を全水頭としてオリフィスや自由越流で算定する洪水吐き放流量が速度水頭分だけ過小評価されたことが流量不整合の要因と予想される。し

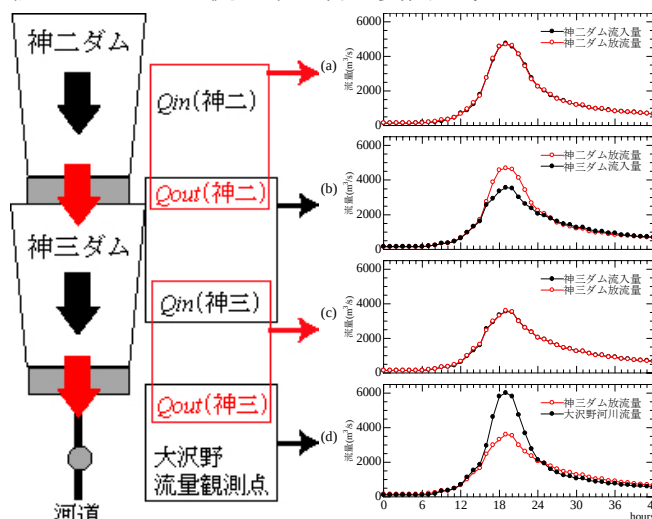


図-1 対象出水時の流量比較
(2004.10.20 6:00-2004.10.21 24:00)

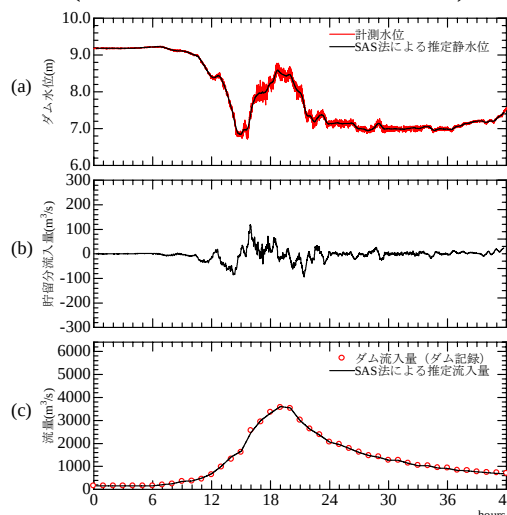


図-2 SAS法による神三ダム推定流入量
(2004.10.20 6:00-2004.10.21 24:00)

かし、この補正に必要なゲート付近の流速は計測していない。そこで、ダム貯水池内や河道の流下に伴う洪水波の遅れ時間は小さいという仮定の下に過去の研究²⁾で信頼性を確認した河川流量の情報を用いて式(2)で求まる断面平均流速を接近流速とみなして神三ダム放流量を再計算した。

$$u = \frac{Q_r}{A(H)} \quad (2)$$

ここに、 u =断面平均流速、 Q_r =河川流量、 $A(H)$ =水位 H と水位計位置の貯水池横断形で求まる断面積である。図-3に(a)補正前後の放流量と河川流量の比較と(b)式(2)で算定した流速を示す。最大約6m/sの大きな流速が推定されると共に補正放流量が河川流量と良く一致する。更にこの時間帯では神三ダムの全洪水吐きゲートで自由越流状態にあった。これらの結果は出水時の流速増大と自由越流状態への移行がこの流量不整合の要因であることを示している。

4. 不定流方程式を用いた補正放流量の検証

対象ダム群では神三ダム流入量が神二ダムの放流量に一致する水文状況にある。また、出水時の神三ダムではゲート放流が自由越流状態になると共に dV/dt が放流量に比べて小さいことから流入量と放流量は等しいと考えられる。さらに、流下に伴う遅れ時間が小さいとする解析の仮定から神三ダム放流量と河川流量が等しいと考えれば、河川流量および神三ダムの流入量と放流量さらに神二ダム放流量が等しいと解釈できる。そこで、神三ダム補正放流量を神二ダム放流量と見なした不定流方程式による痕跡水位の再現性から補正放流量の妥当性を検証した。解析に用いた基礎式⁴⁾を次式に示す。

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2QB}{gA^2} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{2Qq}{gA^2} - \frac{Q^2B}{gA^3} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{|Q|Q}{K^2} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (4) \quad K^2 = \frac{A^2 R^{4/3}}{n^2} \quad (5)$$

ここに、 Q =流量、 h =水深、 A =断面積、 B =水面幅、 q =流路単位長あたりの横流入量(本解析では0)、 n =粗度係数、 K =断面通水能、 x =距離、 g =重力加速度である。計算には $Q^2B/gA^3 < 1$ として4項目を省略した式(3)をLeap-Flog法で差分化した式⁴⁾を用い、 $n=0.035$ 、計算時間間隔 $\Delta t=0.01$ 秒、計算断面間隔 $\Delta x=50$ mとして計算を行なった。

図-4は上流端境界に神三ダム補正放流量のピーク値を与えると共に下流端境界にその時の神三ダム水

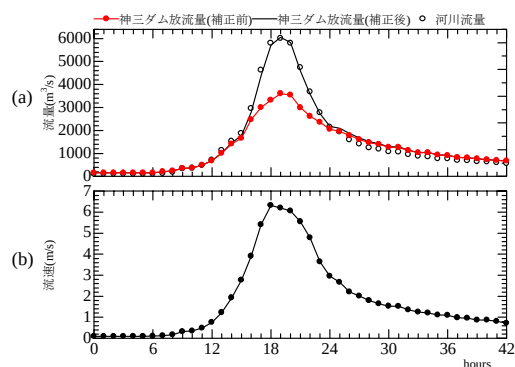


図-3 接近流速を考慮した補正計算結果

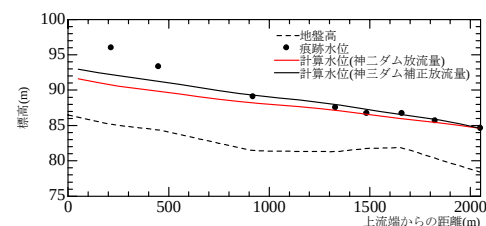


図-4 計算水位と痕跡水位との比較

位を与えて求めた計算水位と痕跡水位との比較である。また同図には比較として上流端境界を神二ダムの毎時放流量のピーク値で与えた場合の計算水位を示した。跳水等の影響で上流側の再現性はやや低いものの、神三ダム補正放流量を用いた計算水位の方が痕跡水位に近い。これは補正結果の妥当性、さらに神三ダム補正放流量と神三ダム流入量および神二ダム放流量が等しいとした予想の妥当性を示唆している。

5. おわりに

本研究によって小規模貯水池への大きな流入に伴う流速の増大により洪水吐き放流量が接近流速の分だけ過小評価されたことが流量不整合の要因であることを示した。今後はこの結果を反映できるダム群管理手法の確立を図りたい。

謝辞：本研究の遂行にあたり、貴重なデータを提供して頂いた北陸電力の関係者各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 石田享平, 鈴木洋之, 長谷川和義: 多点同時計測法による定山溪ダム貯水池での水面変動の計測と解析, 土木学会論文集, No.628/II-48, pp163-176, 1999.
- 2) 鈴木洋之, 落合厚, 九田将茂, 溝口敦子: 高精度流入量推定法を用いた神通川の小型ダム群における推定流量の精度評価, 水文・水資源学会誌, 第21巻第4号, pp.285-295.
- 3) 鈴木洋之, 野口健太郎, 長谷川和義, 石田享平: 同期加減算処理を用いた定山溪ダム貯水池への流入量推定への試み, 土木学会論文集, No.754, II-66, pp.101-106, 2004.
- 4) 土木学会編: 水理公式集, 昭和46年度版, pp180-186.