

留萌ダムの流入流量の精度向上について（第1稿）

留萌開発建設部 留萌開発事務所 留萌ダム管理支所 ○鈴木 史郎
高瀬 貞雄
幸田 勝

従来の主水位計による水位観測と、これに基づく流入量の推定は、風やダム操作等に起因するセイシュによる時間的な水位変動や、貯水池の面的な広がりのため、誤差を生じやすい。このため、流入量の精度が低い状況下でのダムの操作・運用となり、結果的に能力を十全に発揮できない課題がある。本研究では、洪水時における複数地点の観測水位データに基づいた分析から誤差原因を把握し、これに対応した流入量算定精度の向上方策について考察を行った。

キーワード：技術理論、防災、維持管理

1. はじめに

ダム貯水池の流入量は、堤体近傍に設置された水位計で観測した貯水位を、貯水池H-V曲線を用いて貯留量に換算し、ある時間内に変動した貯留量とその間の放流量を差し引くことで流入したボリュームを求め、時間で割ることで算出される。

貯水位で数cm程度の僅かな変動や誤差であっても、H-V曲線でボリュームに換算すると数千 m^3 ~数万 m^3 の変化となり、流入量に大きな誤差となって現れる。

また、上記の流入量算出方法では堤体近傍の観測水位で代表させた貯水位となっており、ダム貯水池内の水位の縦断的な変化は考慮されていない。そのため貯水池流入河川の流入箇所付近等で水面勾配を持っているダム貯水池では、貯留量を正確に評価出来ず、流入量の誤差要因となっている可能性がある。

本研究では、これらの課題に対して、貯水池内の複数箇所に配置した簡易水位計による洪水時の実測データ等を用いて流入量をより高精度に算定する方法について検討を行った。

表-1 留萌ダム諸元

河川	留萌川水系チバベリ川
形式	中央コア型ロックフィルダム
集水面積	42.0 km^2
湛水面積	2.2 km^2
有効貯水容量	21,800千 m^3

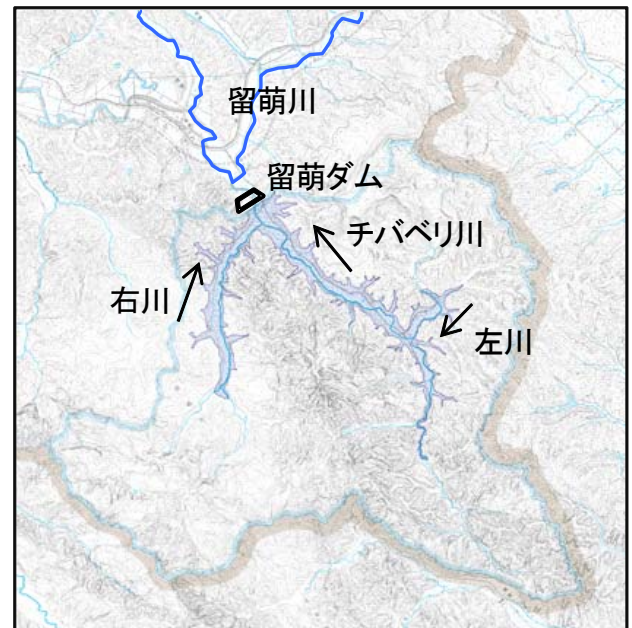


図-1 留萌ダム位置図

2. ダム流入量に関する現状の課題

(1) 留萌ダムの概要と現状の課題

留萌ダムは、留萌川水系チバベリ川に建設された、集水面積42.0 km^2 、有効貯水容量21,800千 m^3 の多目的ダムである。表-1に留萌ダムの諸元、図-1に留萌ダムの位置図を示す。湛水面積は約2.2 km^2 であり、チバベリ川縦断方向に細長く伸びた貯水池及びチバベリ右川、左川の2支川に枝分かれする特徴的な貯水池形状を有している。

留萌ダムの流入量は、取水塔に付属した主水位計の観測貯水位を用い、流入量60 m^3/s 以下では貯水位変化方式、

流入量60 m^3/s 以上では最小二乗法により算出されている。

貯水位は2秒毎に観測されているが、流入量算定に先立ち、正分ごとに60秒間（過去30個）のデータを平均する1次平滑化、さらにこの正分データ10分間（過去10個）で平均する2次平滑化を行っている。

貯水位変化方式は、貯水位が1cm変化するごとに流入量を算出する方法であり、前回流入量算定時からの貯留量の変化を貯水位変化に要した時間で除し、同期間の正

分放流量の平均値を加えることで算出する。ただし、前回算定時刻から10分以内は、貯水位が変化しても算定は行わない。

最小二乗法は、過去10分間の貯留量の時間変化に同期間の放流量の平均値を加えた流入量を仮定し、次に過去30分間（現時刻～29分前）の流入量に時刻に応じた重み（現時刻の重み30～29分前の重み1）をつけて最小二乗法を適用し、流入量を推定する方法である。

図-2に留萌ダム完成後の主要な洪水前後（2010年7月、2011年9月、2013年9月）の貯水位と流入量を示す。

貯水位変化に応じて流入量が大きく変動し、洪水量到達の判断に苦慮するが生じているため、貯水位の挙動をより正確に把握することが課題となっている。

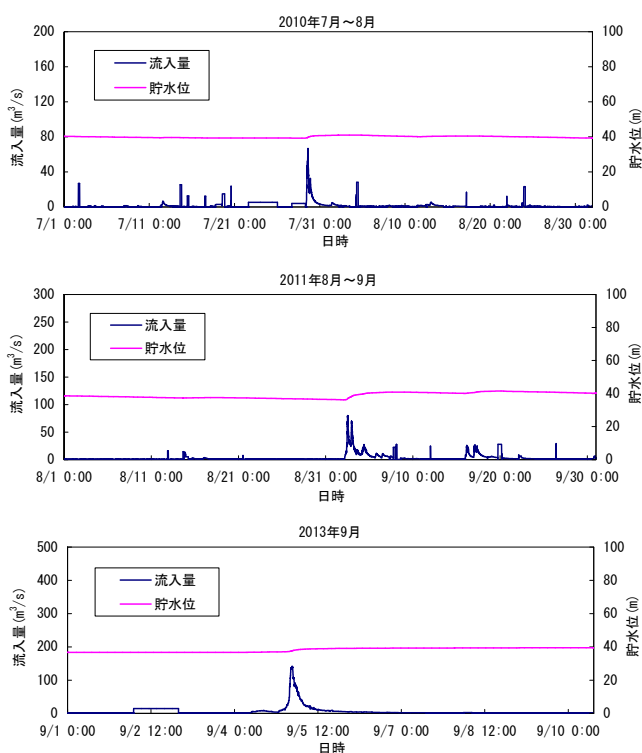


図-2 主要洪水時の貯水位と流入量

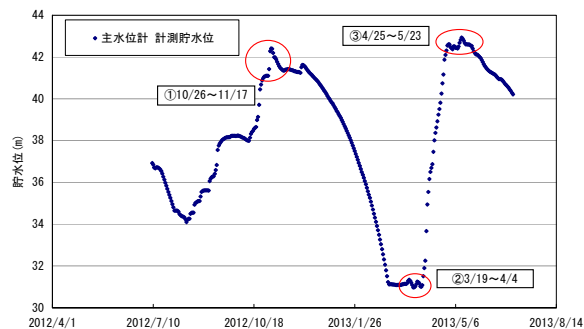


図-3 貯水位変化が顕著な期間

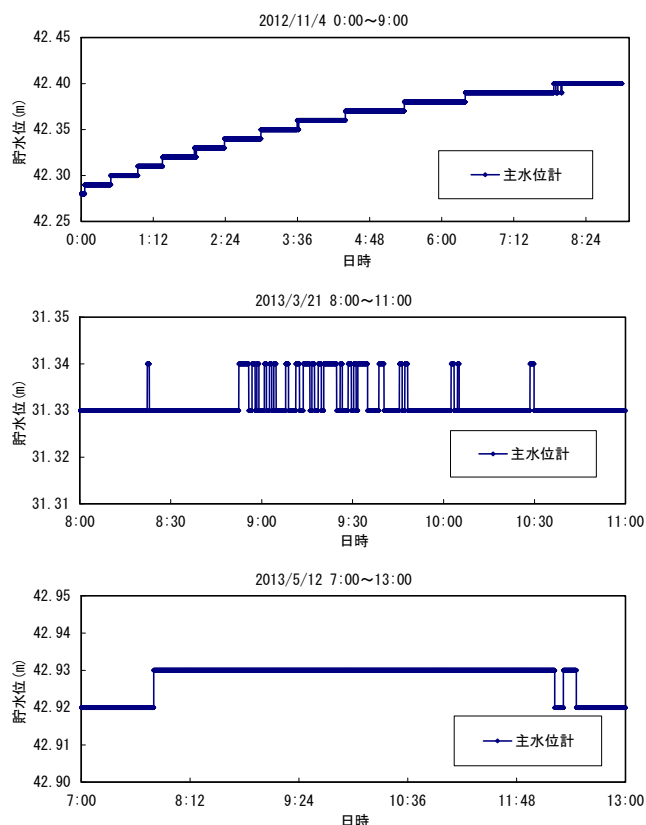


図-4 貯水位変化状況

(2) 観測データによるセイシュ発生状況の確認

貯水位の誤差要因としては、第一にセイシュの発生が考えられる。図-2においては、データの間隔が10分単位であることもあり、セイシュと想定される震動は確認出来ない。

このため、まず留萌ダムにおいて、2秒間隔の詳細な観測データが保存されている近年1年間を対象に、比較的貯水位の時間変化が大きい期間を抽出し、セイシュ発生の有無を確認することとした。図-3に貯水位抽出期間（赤丸部分）を、またそれぞれの抽出期間における主水位計・副水位計観測貯水位を図-4に示す。

図-4に示した2013年3月21日のデータを見ると、数分～数10分毎に、貯水位が31.33mと33.34mの間を1cm単位で不自然に上下する現象が確認できるが、この原因としては、観測貯水位を1cm単位に丸めており、実際の貯水位が31.335m付近で微妙に変動していることが考えられる。

次に、2013年9月洪水を対象とし、近傍の幌糠観測所における強風時（瞬間最大風速が10m/s程度）の水位変動を確認した。図-5に幌糠地点の瞬間最大風速データ（赤丸にピークを示す）、図-6に強風時のダム貯水位を示す。なお、図-6の貯水位は、図-7に示した簡易水位計による観測データである。

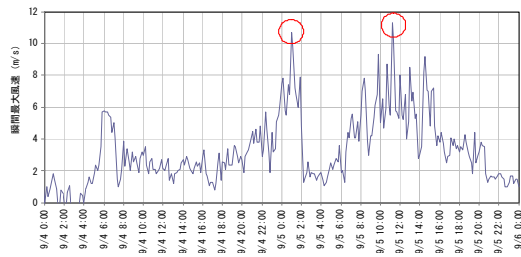


図-5 幌糠地点瞬間最大風速データ (気象庁HP)

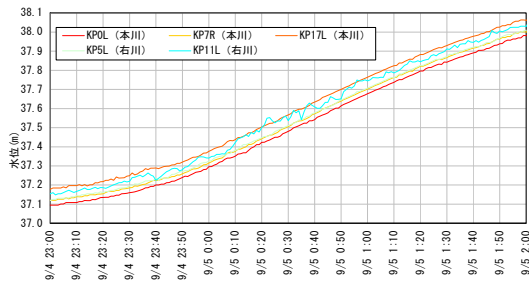


図-6 強風時ダム貯水位

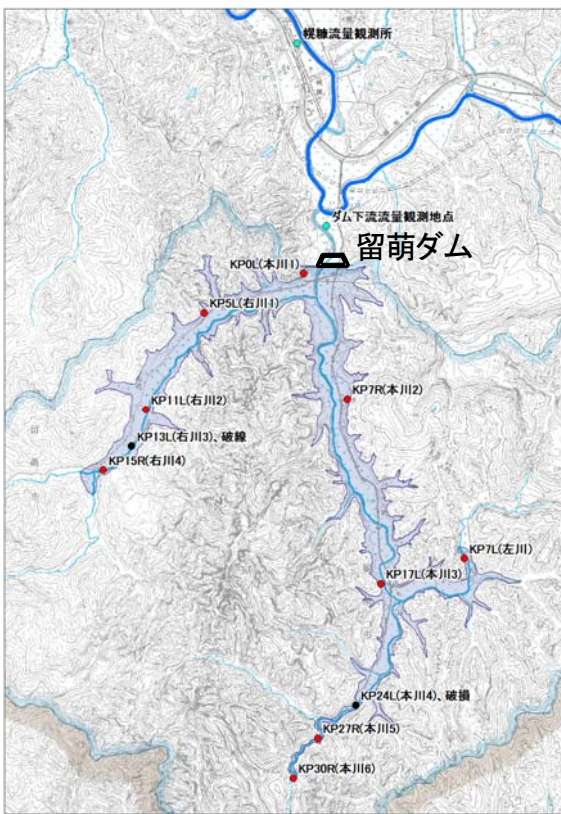


図-7 簡易水位計配置図

図-6の観測データから観測地点の違いにより、同じ貯水池内であっても貯水位の縦断的な水位の変化があることが確認出来る。

今回の観測データからは、留萌ダムではセイシュの発生が確認されなかった。また、留萌ダムはフィルダムであることからセイシュが発達しやすい条件でないと考えられる。以上から、流入量の変動に関しては、貯水位の丸めや流入量算定手法に起因する課題であると考えられる。

(3) 放流量の精度の確認

貯水位と共に流入量の算定に用いられ、流入量の誤差要因となる放流量について、図-8に示すダム下流の留萌川本川幌糠観測所流量、およびダム直下流地点における流量観測データと比較し精度を確認することとした。

図-9に示すダム放流量と幌糠観測所流量の相関図より、残流域からの流入の影響が大きく、放流量と幌糠観測所流量には明確な相関は見られない。一方、水位（水面勾配）および流速の観測から求められるダム直下流の流量観測値と、放流量は概ね一致しており、放流量の算定精度には大きな問題は無いと考えられる。

ただし、今回の対象洪水では洪水吐きからの越流は無いいため、大規模出水における精度に関しては、引き続き観測を継続した上で確認する必要があると考えられる。

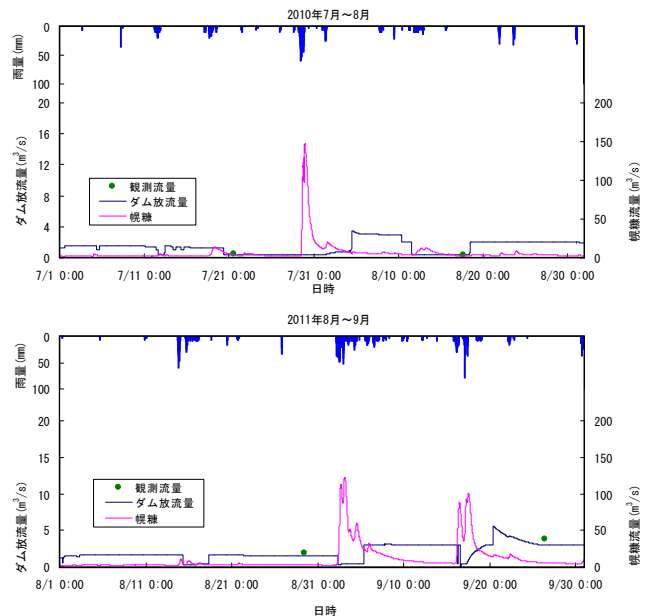


図-8 ダム放流量と幌糠観測所流量・流量観測データの比較 (2010年7～8月、2011年8～9月)

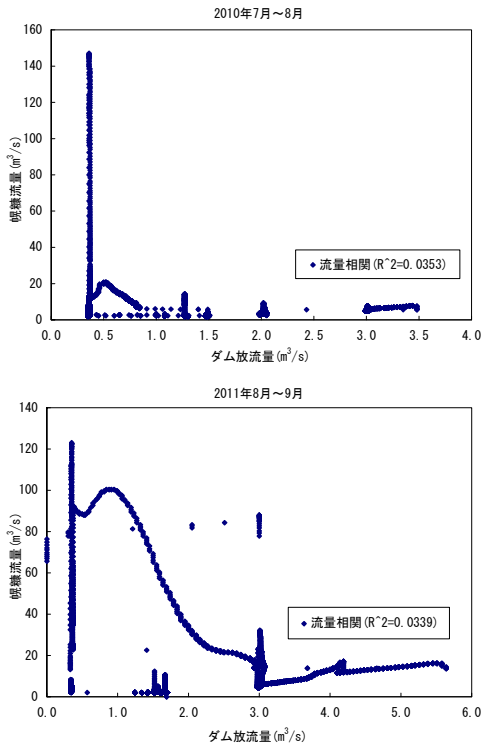


図-9 ダム放流量と幌糠観測所流量の相関図
(2010年7～8月、2011年8～9月)

3. 平成25年9月出水データによる分析

留萌ダムにおいて既往最大の流入量 (140.84m³/s) を記録した、平成25年9月出水について分析を行った。

(1) 簡易水位計と主水位計・副水位計の比較

図-7に示した簡易水位計11基のうち、観測機器の破損によりデータが欠測となった右川3、本川4を除く9基について、主水位計・副水位計による貯水位との比較を図-10に示す。

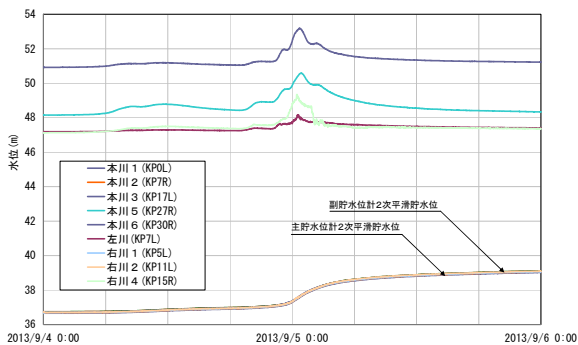


図-10 簡易水位計による貯水位

チバベリ川本川および右川・左川の貯水池上流端付近に位置する本川5、本川6、右川4、左川の観測水位は、

それぞれの河川流入の影響を強く受け、9月5日0:14付近をピークとする洪水波形を示している。これに対し、残る5基の簡易水位計の貯水位は、僅かな差はあるが、主水位計および副水位計と相似形を描いており、前記の本支川の洪水流入に応じて貯水位が上昇した状況を示している。これらから、留萌ダムでは堤体からの距離が大きい本支川流入部において、主水位計が示す貯水位とは大きく異なる水位を示すことがわかる。

(2) 貯水池の水位縦断面形

貯水池への流入波形に着目し、図-11に示す洪水立ち上がり、ピーク、減衰部を選択して各時刻で図-12に示す水位縦断面図を作成し、縦断的な変動状況を比較した。

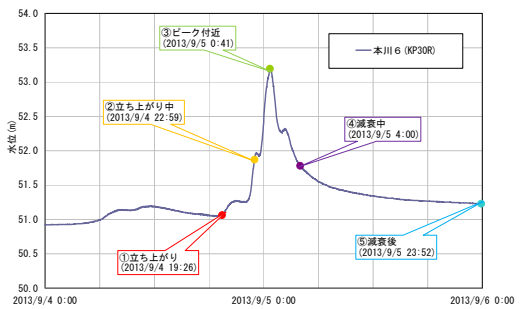


図-11 水位縦断面図作成時刻

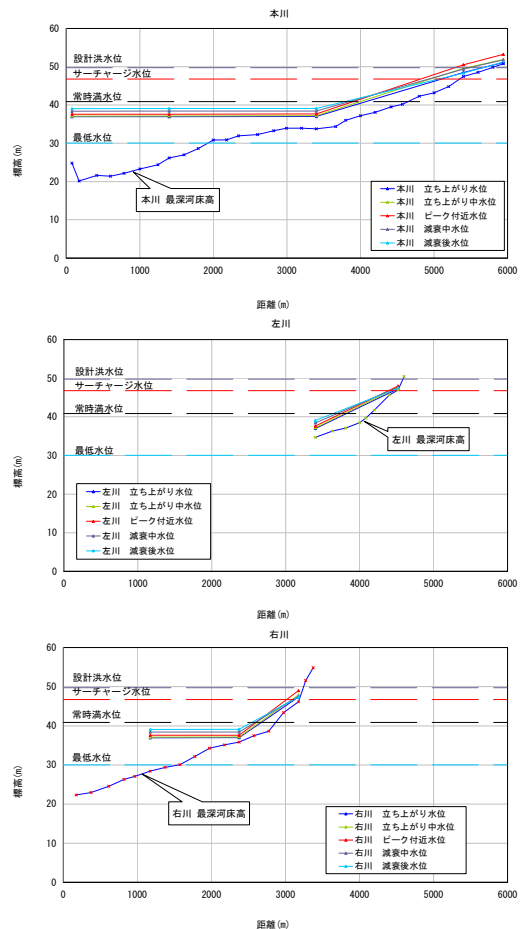


図-12 貯水池水位縦断面図

時刻により、上下流の貯水位観測結果に差があるが、概ね本川SP3400付近まで貯水位がほぼ水平となっており、この状況に時刻による差は小さい。また、SP3400よりも上流、および右川、左川では、河床勾配なりに水面勾配がついており、自流に近い流れとなっている。

貯水池及び河川の水面の縦断形の経時変化を確認すると、上流部の勾配がハイドロ形状に対応して変化する様子が確認できる。洪水立ち上がり・減衰後では上流端の水深が小さく、水面勾配が緩いのにに対し、ピーク付近では上流部の水深が大きくなり、水面勾配も急となっている。この点から、流入量の増減は貯水位の動きと必ずしも連動しているとは言えず、既往の流入量算定法では誤差を生じる可能性がある。これを改善するには、本川及び右川・左川からの流入量をそれぞれ流量観測（水位よりH-Q式で算定）や、水面形を正確に表現可能な数値解析モデルにより計算された流量を実績値として採用する等の方法が考えられる。

上記の方法を採用することで、貯水位を元にする流入量算定方法とは別な手段でのダム貯留量把握手法の確立および流入量推定精度向上に結びつけることが可能になると考えられる。

図-13は表-2に示すH-Q式により算出した流入河川の流入量の合算値と、貯水位から従来方法で算出した流入量と比較したものである。貯水位の変動が流量の細かな上下として現れる従来方法に比べ、滑らかで自然な波形となっており、H-Q式による流入量推定の利点を示している。ただし、残流域から直接貯水池に流入するボリュームが考慮されていないため、別途流出解析を組み合わせた推定が必要となる。

た推定が必要となる。

(3) 簡易水位計データによる流入量の推定

留萌ダム貯水池に配置された11基の簡易水位計のうち、主水位計と同様の水位変動を示す5基の水位計の観測水位を単純平均し、ダム貯水位を推定した。既往の主・副水位計との比較図を図-14に示す。

ダム流入量は、この水位計を基に、前述の留萌ダムにおける流入量推定法（貯水位変化方式および最小二乗法）を用いて算定した。

流入量推定結果をダム取水塔附属水位計水位を用いた既往方法によるダム流入量を比較して図-15に示す。ハイドロ形状、ピーク流量とともに同様の傾向となり大きな差は見られなかった。

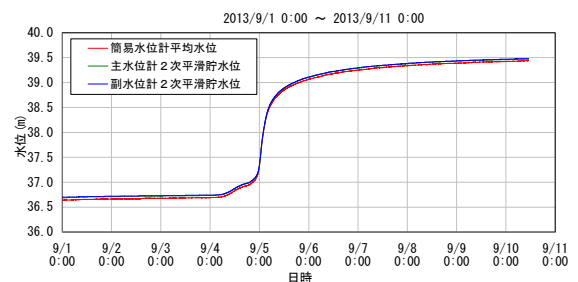


図-14 簡易水位計による貯水位と水位縦断図作成時刻

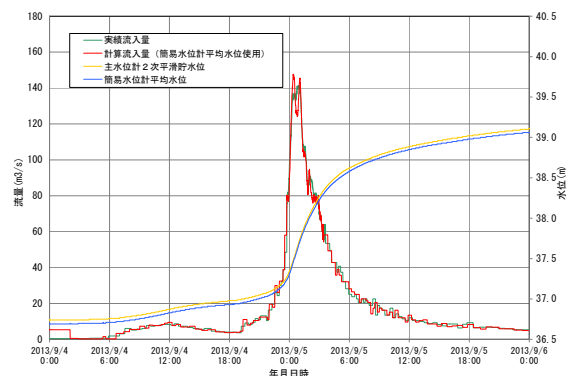


図-15 ダム流入量の比較

表-2 H-Q一覧表

観測所			式No	係数		H-Q式の適用水位	
水系名	河川名	観測所名		a	b	下限水位 (m)	上限水位 (m)
留萌川	留萌川	チバベリ川観測所	1	6.05	-51.04	51.08	51.19
			2	29.25	-51.12	51.20	51.74
留萌川	留萌川	左川	1	5.92	-46.94	47.01	47.12
			2	16.13	-47.01	47.13	47.47
留萌川	留萌川	右川	1	6.72	-48.41	48.46	48.66
			2	28.89	-48.54	48.67	48.84
			3	8.08	-48.27	48.85	49.47

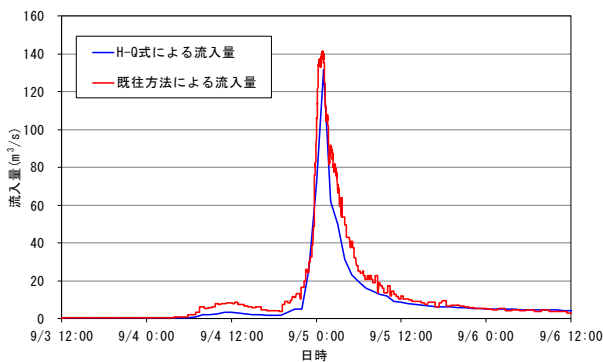


図-13 留萌ダム流入量

4. まとめ

本研究では、既往の洪水資料および貯水池内に設置された簡易水位計のデータを用い、留萌ダムにおける貯水位観測および流入量、放流量の観測方法、算定方法を分析することで、以下の知見を得た。

- 貯水位を確認した結果、セシユは認められないものの、観測精度および水位の丸めに起因すると考えられる1cm単位の震動が認められた。このことは、ほとんど水位が変動していなくてもH-Vによる換算を通じて流入量に大きな影響を与える可能性を示しており、今後丸めの単位を変更する等の改善策を検討する必要があると考え

られる。

- ・放流量に関しては、これまでの出水では精度に大きな問題がないことが確認されたが、洪水吐きから越流する出水時には改めて確認が必要である。

- ・貯水池内であっても上流端付近では堤体付近と大きく水位が異なることが確認され、貯水池内の水位が一定と仮定してH-Vにより貯留量を求める方法は、特に大規模な出水時においては貯留量を正確に把握できない可能性があると考えられる。

- ・今後は簡易水位計による観測データを蓄積し、洪水時の水面形の時間変化を正確に把握する必要がある。これにより、非定常計算による水位再現時の計算流量を流入量とする方法や、流入河川のH-Q式による流入量の算定と流出解析による残留域の流入量を組み合わせて推定する方法など、貯水位が一定でないことを前提とした貯留量の推定方法の検討が可能となる。

また、出水時以外でも、風速データ等から貯水位の震動が顕著な期間などを判断して検討に利用しやすいデータを収集する必要がある。