

II-32

豊平川上流部における水文気象観測結果（第2報）

北海道電力株式会社 正員 西村 哲治
北海学園大学工学部 正員 嵯峨 浩
苫小牧工業高等専門学校 正員 八田 茂美
北海道大学工学部 正員 藤田 睦博

1. はじめに

近年、レジャー指向、アメニティ指向にともない河川への親水者が増加しており、ダム放流時の安全性向上が社会的要請として強くなってきている。このため、ダム管理をする側としては、精度の高い出水予測システムの確立が重要となる。北海道電力(株)では、北海道大学などの協力を得て、降雨・融雪などに関連した気象情報などから、降雨による出水の立ち上がりとピーク流量および北国特有の融雪による出水の時期とその量を、時間単位で予測可能なシステムの確立を目指して平成元年度から研究に着手した。研究を進めるにあたり、まず第一段階として、札幌近郊の藻岩ダム流域をモデル流域とし、出水予測モデル構築に必要な水文気象観測ならびに予測手法の検討を実施している。本報告は水文気象観測結果に重点を置き報告するものである。

2. 観測体制の概要

図-1は、モデル流域の概略と水文気象観測設備の設置場所を示したものである。このほか冬期には、簾舞川・百松沢川・白井川・小川の4流域を対象とした積雪調査、さらに、砥山ダムにおいては積雪断面調査を実施している。

3. 観測結果および考察

(1) 降雨出水関連調査

図-2は、平成3年5月から11月までの簾舞川中流部における雨量(No.5)、水位、土壌水分の経時変化を示したものである。土壌水分は、河道沿いの傾斜地の地表面下4測点(20,30,50,70cm)にセンサーを埋込み観測しているが、これまでの観測では深さ方向において明瞭な差が認められなかったことから、今回は4測点の平均値を用いて整理している。全体の傾向としては、降雨により土壌水分が飽和側(±0)に変化し、その後マイナス側へ復元していくのが分かる。この復元の速さ(傾き)は、季節によって異なるようである。すなわち、夏期では降雨後の土壌水分の立ち上がりが急であるが、秋期ではその立ち上がりが緩いことから、飽和した土壌が乾燥しにくくなる傾向にあることが分かる。豊平川本流を境として、簾舞川流域の対岸に相当する観音沢川流域においても同様の観測(雨量・水位・土壌水分)を実施しているが、ほぼ図-2と同様の結果が得られている。このことから、流出解析モデルの構築にあたっては、季節ごとの土壌の状態を評価し、これをモデルに紐込むことができれば、解析精度の向上に大いに役立つものと考えられる。

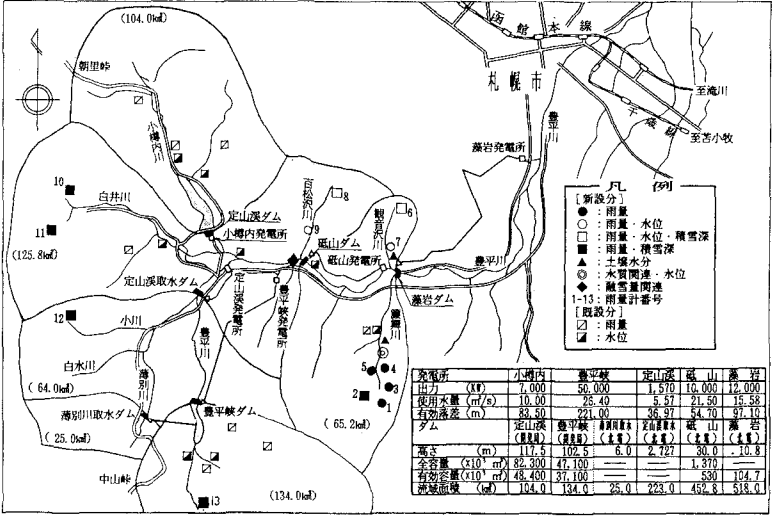


図-1 豊平川水系概略

The Result of Hydro-Meteorological Observation in Upper Region of Toyohira River (2)
by Tetsuji NISHIMURA, Hiroshi SAGA, Sigemi HATTA and Mutsuhiro FUJITA

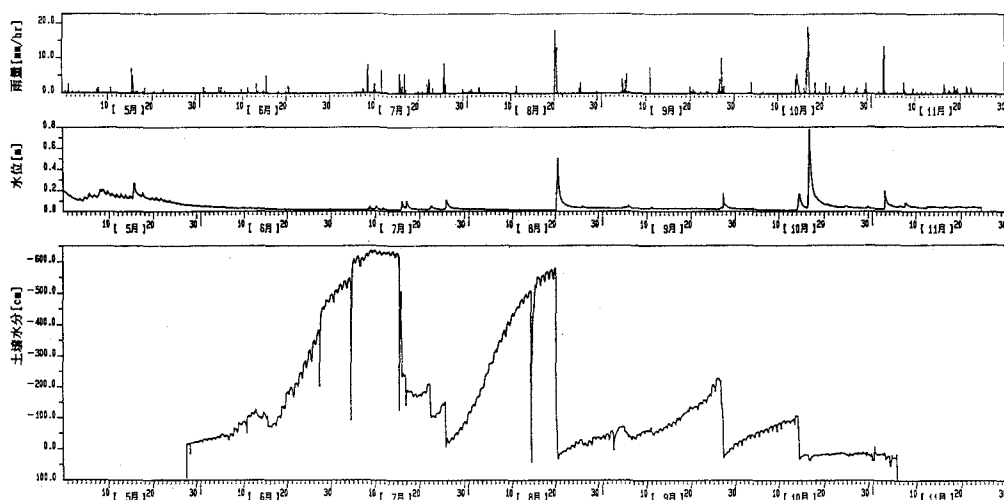


図-2 時間雨量-水位-土壌水分

図-3は、平成3年度の降雨出水に関する観測データのうち、一雨雨量が最大を記録した期間（10月15日から19日まで）の簾舞川中流部における雨量（No.5）、河川流量、土壌水分、電気伝導度の経時変化を示したものである。15日の降雨により土壌が飽和状態となり、その後の降雨では多少プラス側に変動しているが、15日の降雨ほど大きな変動は認められない。また、この降雨後の土壌水分は夏期に見られるように降雨前の状態に復元する傾向はなく、ほぼ一定値で推移しているのが分かる。一方、電気伝導度は、降雨により低下する傾向が見られ、降雨により河川水の状態が変化していることが分かる。

（2）融雪出水関連調査

図-4は、平成3年1月から4月までの期間、砥山ダムにおいて実施した融雪量関連調査の結果をまとめたものである。融雪量は現地にスノーライシメーター（受水部1m²、2箇所）を設置して測定した。このほか、熱収支量の関連としては、熱流量、放射収支量、日射量などを測定した。このうち、熱流量は、熱の移動方向とその量を測定したものであり、プラスは地表面から地中へ、マイナスは地中から地表面への熱移動を意味している。また、放射収支量は大気中からの放射量と積雪表面からの放射量の差を測定しており、プラスは大気中からの放射量が多い状態（昼間）であり、マイナスは積雪表面からの放射量が多い状態（夜間）である。融雪量関連の観測結果から、融雪は3月下旬から始まっているが、その変動は放射収支量（+）の変動と似ており、その始まるの時期は、最低気温が0℃以上となる時期とほぼ一致している。一方、1月から3月下旬までは、熱は地中から地表面へ移動しており、このため地温が低下しているのが分かる。また、1月から3月中旬までのほぼ一定量の融雪（約0.03mm/hr）は、

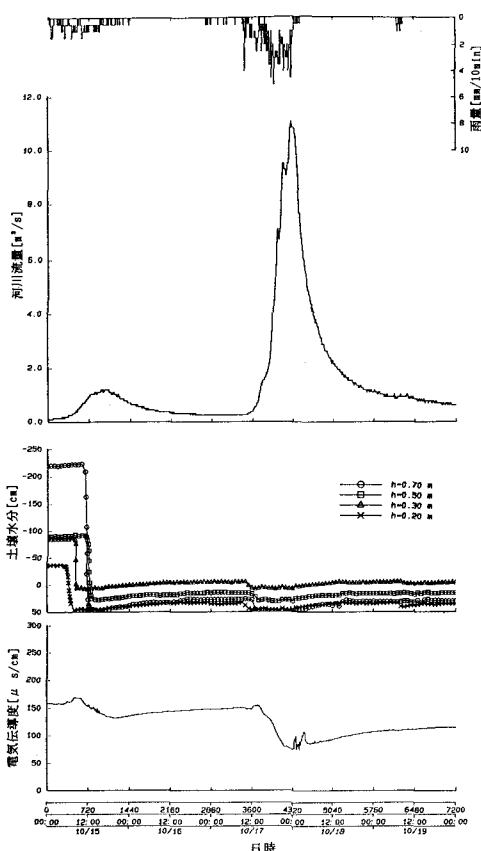


図-3 雨量-流量-土壌水分-電気伝導度

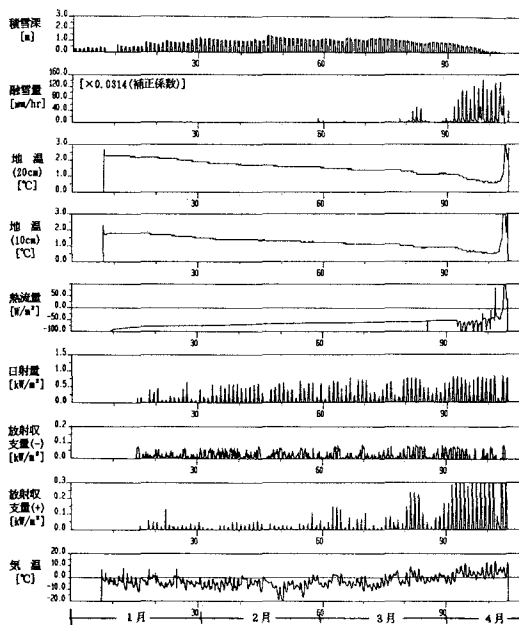


図-4 融雪量関連調査結果

地中からの熱移動によるものと考えられる。4月上旬の融雪初期においては、地中から地表面への熱流量が増加していることから、融雪に必要な熱が地中から供給されていると考えられる。また、地温が急激に低下することから、融雪水が地中へ浸透しているものと判断できる。4月中旬には融雪はほぼ終了し、熱流量はプラスに転じ、地温も急激に上昇している。これらのことから、融雪においては、放射収支量、気温が大きく影響している様子が確認できた。

図-5は、平成3年2月下旬から3月上旬にかけて藻岩ダム流域において実施した積雪調査の結果をまとめたものである。調査コースは、既に北海道開発局が積雪調査を実施している豊平峡ダム流域と定山溪ダム流域を除いた流域(調査対象流域:255km²)の積雪状態を把握するため、簾舞川・百松沢川・白井川・小川の4コースを選定した。調査方法は、高低差100mごとに調査点を設定し、各調査点

の積雪深、積雪密度を測定した。図-5(1)は標高と積雪深の関係、図-5(2)は、標高と積雪密度の関係を示したものである。これより、積雪深は、標高が高くなるほど大きくなる傾向にあるが、積雪密度は標高によらずほぼ一定値(約0.36g/cm³)となっていることが分かる。これより、積雪水量は標高の影響を強く受けることから、藻岩ダム流域の積雪相当水量の算定には、標高による影響を考慮すべきと考え、表-1に示すように、標高100mごとに分割した標高別面積と図-5で示した標高-積雪深、標高-積雪密度の回帰式から平均高度に対する積雪深、積雪密度を求め計算した。その結果、積雪相当水量は208,967×10³m³となり、降水量に換算すると819mmとなる。一方、藻岩ダム流域における融雪出水量を各発電所の流量月報を基に求めると188,014×10³m³となる。いま、計算値に対する融雪出水量の比を流出係数と定義すると、その値は0.9となり、水量として1割程度損失しているが、これは、浸透などの地中への水分移動、蒸発などの大気中への水分移動などによるものと考えられる。なお、融雪出水量の計算にあたっては、基底流量は、冬期の最渾水量(1.28m³/s)を用い、流出量は、1月からダムからの融雪放流の終了した6月までの総量から算出した。

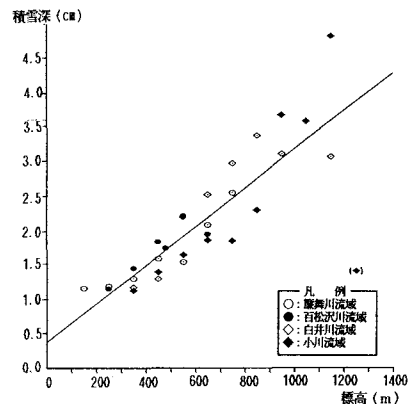


図-5(1) 積雪調査結果(標高-積雪深)

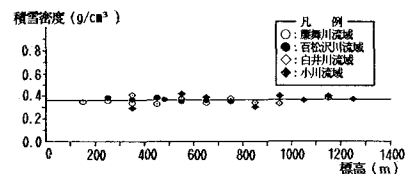


図-5(2) 積雪調査結果(標高-積雪密度)

表-1 標高別積雪相当水量の計算

標 高 (m)		積雪深	密 度	面 積	積雪水量
範 囲	代表点	(m)	(g/cm ³)	(km ²)	(x10 ³ m ³)
100～200	150	0.82	0.36	3.29	948
200～300	250	1.08	0.36	14.50	5,641
300～400	350	1.36	0.36	22.90	11,221
400～500	450	1.64	0.36	32.00	18,880
500～600	550	1.91	0.36	36.18	24,892
600～700	650	2.19	0.37	37.60	30,456
700～800	750	2.47	0.37	32.12	29,358
800～900	850	2.75	0.37	27.26	27,751
900～1000	950	3.03	0.37	22.30	24,998
1000～1100	1050	3.30	0.37	13.79	16,838
1100～1200	1150	3.58	0.37	8.04	10,653
1200～1300	1250	3.86	0.37	3.69	5,269
1300～1400	1350	4.14	0.37	1.09	1,670
1400～1500	1450	4.42	0.37	0.24	392
計				255.00	208,967

図-6は、平成3年1月から4月までの期間、砥山ダムで実施した積雪断面調査の結果をまとめたものである。調査は1月から融雪が終了するまでの期間において月2回程度、現地で積雪表面にスプレーを散布し、積雪部を掘り、積雪深、積雪層厚、積雪密度を測定した。積雪層厚はスプレーの散布による着色した雪の間隔より測定し、積雪密度は基本的に積雪10, 30, 50, 70cmの断面において測定した。図-6(1)は、積雪層厚の変化を示したものである。全体的な傾向として、日数の経過とともに積雪層厚の減少が認められる。地表面においては積雪層の消失が見られることから、地表面においては融雪が生じているものと考えられる。3月下旬から4月上旬にかけては、地表面だけでなく、積雪表面近傍においても融雪が生じていることが分かる。なお、第3層が2月14日から3月5日にかけて増加しているが、これは同色のスプレーを散布したために積雪層の判定が不明瞭になったもので、次回の測定には色分けにより、確実に測定することになっている。図-6(2)は、深さ方向の密度変化についてまとめたものである。1月から3月頃までは、全体的な傾向として、密度は地表面に近いほど大きく、積雪表面に近いほど小さくなっている。これは、地表面においては、積雪期を通じて一定量の融雪が生じているため密度が大きく、積雪表面においては降雪後間もないことから密度が小さくなっていると考えられる。4月頃では密度の深さ方向の変化はあまりなく、1月から3月頃の観測結果とは逆に積雪表面に近いほど密度が大きくなっているのが分かる。これは、この時期になると積雪表面における融雪が地表面における融雪よりも勝ってくるためと考えられる。また、一般に知られているように、積雪表面で生じた融雪水が積雪層中を浸透することにより、密度分布が深さ方向に一律に近づくものと考えられる。図-6(3)は、全層平均密度の経時変化を示したものである。2月上旬において密度が減少しているが、それ以外は融雪時期を迎え密度が増加する傾向にあることが分かる。

4. おわりに

降雨出水に関連した観測は平成元年度から実施しており、観測データの蓄積も進み、降雨出水の現象を土壌水分などの要因を絡めて解析している。一方、融雪出水に関連した観測は、平成2年度から実施しているが、観測方法に関する反省点もあり、これらを踏まえて本年度の冬期観測を実施する予定である。今後は、これらデータの蓄積はもとより、ダム管理所および既設の観測所において長年蓄積されたデータとの照合により、降雨出水・融雪出水の大まかな傾向を捉える一方で、降雨出水および融雪出水の主要因分析を進め、出水予測モデルの構築に反映させていきたい。

なお、本研究の実施にあたっては、北海道開発局の知見を得ており、ここに深く感謝するものである。

※参考文献 1)西村、高橋、藤田、山田：豊平川上流部における水文観測システムと観測結果(第1報)、土木学会北海道支部論文報告集、第47号、pp395-400、1991.2 2)西村、高橋、藤田：出水予測のための水文気象観測、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集(第II部)、pp64-65、1991.9

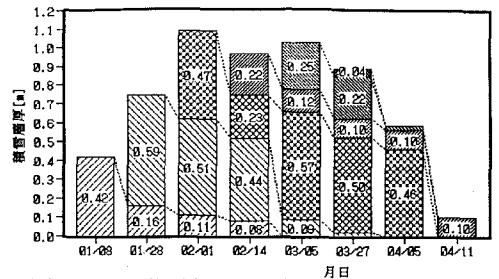


図-6(1) 積雪断面調査結果 (積雪層厚)

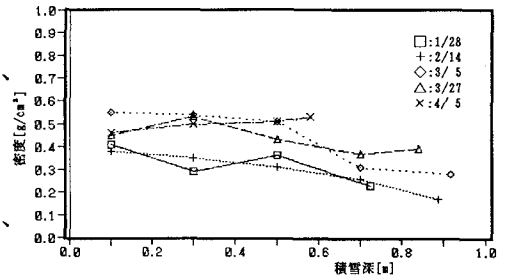


図-6(2) 積雪断面調査結果 (密度)

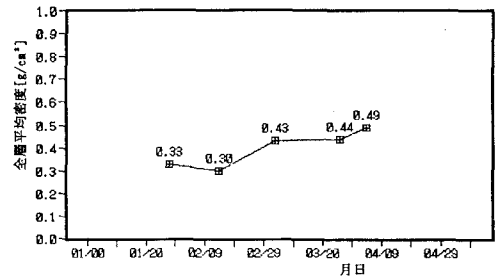


図-6(3) 積雪断面調査結果 (平均密度)