

関東地建利根川ダム統合管理事務所
(財)日本気象協会中央本部
(財)日本気象協会前橋支部

石塚一成
正会員 ○吉田作松
羽生田英彦

1. まえがき 融雪期におけるダム総流入量、さらにその旬別ないし月別配分量と、融雪開始前ないしその初期に予測できるならば、ダムによる水利用計画にとって有効なことはいうまでもない。この予測に必要な資料のうち、最も重要である流域内総積雪相当水量とばあくるには、十分なスノーサーベーターによるのが本筋と考えられるが、スノーサーベーターは多大な労力と経費を要し、危険を伴うので、毎年実施することは困難である。このため、スノーサーベーターに代わる方法として、吉田¹⁾は、適当地の積雪相当水量や冬期合計降水量が、流域総積雪相当水量の良い指数になりうることを示し、竹内²⁾は、流域内外の適当地の積雪深が融雪期ダム総流入量と良い相関にあることを示した。

この研究は、前述の研究例を踏まえ、ダム流域内外にある常時気象観測所資料のみを用いて、融雪期ダム総流入量および旬別配分量を予測する方法を得ることを目的としている。研究対象とした利根川上流矢木沢ダムは、流域面積167.4km²、ダムサイト標高725m、有効貯水容量175.8百万m³で、融雪期(3月1日～6月10日)の総流入量260百万m³(14年平均)、その60%以上が融雪によるとみなされる。

2. 融雪期総流入量の予測方法について 融雪期におけるダム流域の水収支式は(記号は表1参照)

$$Q = Q_0 - L + M + P = Q_0 - L + \sum \alpha_i M_i + \sum \beta_j P_j \dots \dots (1)$$

MとPの真の値は不明なので、代わりに、それぞれに相関の高い幾つかの地気象要素M_iおよびP_jを用いようとするものである。最適のM_iとP_jがどの地気象の、どんな気象要素であるかという選定、ならびに係数α_i、β_jおよび定数(Q₀-L)の決定を重回帰分析によって行なう。

M_iとして、積雪期総降水量、積雪期累雪深および予測日の積雪深を用い、P_jとして、融雪期総降水量を用いる。解析には図1の8地気における昭和41～54年の14年間の資料を用いた。なお、14年間の平均として、矢木沢ダム流域の積雪開始日は11月21日、融雪流出開始日は4月1日(3月19日～4月13日)、融雪流出終了日は6月10日である。

説明変数(M_i, P_j)の増加による重相関係数の増

大が5%の危険率で有意であるという基準で決定された4回の子測日に対応する回帰式は表2のとおりで、かなり精度が高いといえる。回帰式による計算値と実測値の関係の例を図2に示す。

記号	説 明
Q	融雪期のダム総流入量(10 ⁶ m ³)
Q ₀	基底流量(10 ⁶ m ³)
L	損失流量(10 ⁶ m ³)
M	初期月の達成積雪(相当水量)(10 ⁶ m ³)
P	融雪期の流域降水量(10 ⁶ m ³)
M _i	Mの要素となる、ある地気象要素
P _j	Pの要素となる、ある地気象要素
M _{1A}	11月21日から予測日までの矢木沢の総降水量(mm)
h _{1A}	矢木沢の積雪深(cm)
h ₀₂	尾瀬沼の積雪深(cm)
H ₀₂	予測日における尾瀬沼の積雪深(cm)
P _{1A}	予測日から6月10日までの総降水量(mm)
Q̄	Qの平均値(10 ⁶ m ³)
E	推定の標準誤差(10 ⁶ m ³)

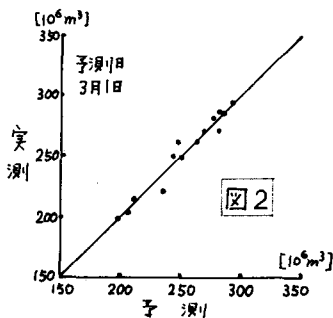
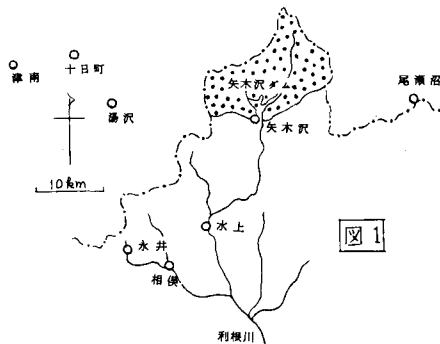


表2

子測日	回 帰 式	重相関係数	r/a(%)
3月1日	$Q = 56.1 + 0.145 M_{1A} + 0.070 h_{02} + 0.165 P_{1A}$	0.976	2.8
3月11日	$Q = 60.8 + 0.144 M_{1A} + 0.068 h_{02} + 0.123 P_{1A}$	0.976	2.7
3月21日	$Q = 90.6 + 0.092 M_{1A} + 0.026 h_{1A} + 0.062 h_{02}$	0.970	3.1
4月1日	$Q = 106.4 + 0.052 h_{1A} + 0.302 H_{02}$	0.963	3.9

実際の予測の場合の誤差の推定には、次の2点を考慮する。

①現在、降水量の長期予測精度は十分とはいえないので、 P_{YA} として平年値を用いる。この場合、回帰式の標準誤差は表2より大きくなる。

②表2の式を予測式として用いる場合には、予測誤差の評価を、標準誤差ではなく、例えば、棄却限界で行なわなければならない。

推定された予測誤差は図3のとおりで、例えば3月1日予測の誤差(危険率10%)は、 P_{YA} が正しく予想されている場合5%、平年の P_{YA} を用いた場合6%である。

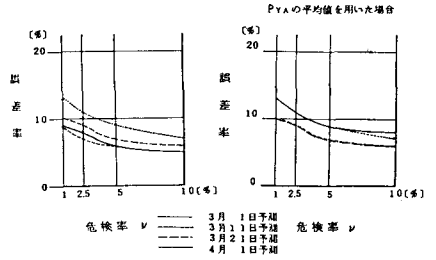


図3

3. 融雪期旬別流入量の予測方法について 次に、ある予測日から融雪流入終了日(6月10日)までの旬別のダム流入量の積算曲線の予測を試みる。積算曲線の型は、積雪量、降水量、気温などによって年々異なるが、ここでは予測実施の立場から、次の二つの手順をとる。

①標準積算曲線の作成: 各予測日について、その後の融雪期総流入量の大きさに別に平均積算曲線(標準積算曲線と呼ぶことにする)を作成すると、図4のようになる。図から、融雪期総流入量が多い場合(普通は積雪量が多い年)に融雪流出が遅れる傾向が明らかであるが、この現象は、積雪が多いほど積雪全層の成熟(ごうめ化)が遅れることから、理解される。標準積算曲線による旬別流入量の予測例を図5に示す。

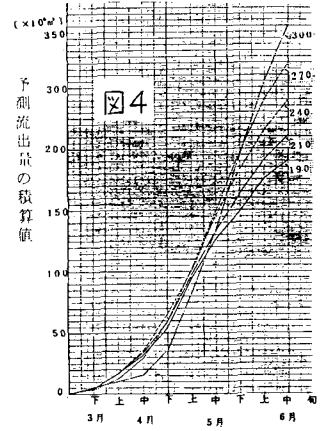


図4

②予測の修正: 標準積算曲線に基づく旬流入量の予測と実況との差が著しく大きいことがある。この差と、その旬の降水量および有効気温(日平均気温が 0°C 以上の日だけの合計)との関係は図6のとおりである。この図(3月上旬~下旬)では気温の影響が大きいが、季節がすすむにつれて降水量の影響も大きくなる。このような関係があるので、週(旬)間気象予報を利用して、旬流入量予測をある程度修正することができる。

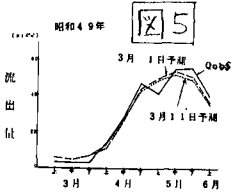


図5

4. 応用例 予測された融雪期ダム流入量積算曲線の利用はいろいろある。矢木沢ダムにおいては、例えば次項の設定が可能である。①融雪開始時に確保すべき最低貯水量、②満水目標日(5月中。満水日以後は無効放流を生じないように)、③融雪期における時期別取水可能量。安全側計画のためには、各危険率に応じた予測誤差が考慮される。

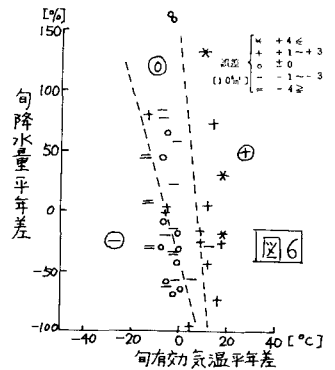


図6

5. あとがき 矢木沢ダムは、ダムサイト以外に流域内に気象観測所がないという特異条件であるが、かなり良い結果が得られた。流域内に観測所が設けられ、積雪相当水量のデータも得られるならば、さらに精度の向上が期待される。最後に、この研究に便宜を計ってくださった寺門荘一氏(利根川ダム統管)、いろいろとコメントをいただいた山口勝輔氏(気象協会研究所)に厚くお礼申しあげる。

文献 1) 吉田作松, 1960: 冬期只見川上流域水文気象調査総合報告書, 東北電力KK・仙台管区気象台。
2) 竹内俊雄, 1977: 長期融雪予報について, 土木学会第32回年次学術講演会講演概要集, II-127。
※石塚一成は現在、韓国建設部漢江洪水統制所(海外協力事業団派遣)