

# 中小河川洪水予測のデータインフラに関する基礎的な検討

環境システム工学専攻 2 年 水文気象研究室： 谷口 恵梨  
 指導教員： 陸 旻岐

## 1. 背景

近年集中豪雨が多発し、それに伴う河川の急激な増水や氾濫、家屋の浸水や道路の冠水、土砂崩れ・がけ崩れ等の被害が全国各地で報告されている。新潟県内でも記憶に新しいだけで平成16年7月および平成23年7月の新潟・福島豪雨、昨年7月末から8月にかけて起きた豪雨による洪水・土砂災害など、度重なる豪雨災害を受けている。県では河川のソフト対策の水防に関する新たなシステム整備として、氾濫が起きやすい中小河川での雨量による洪水予測を行っている。しかし、国土交通省では短波放射（太陽放射）や長波放射（地球放射）の観測を行っておらず、日射量から蒸発散量を推定し、モデルに組み込んでいるのが現状である。一般の機関（市町村など）では数十年分の地点の日射量データを集めることは困難であり、また非常に手間がかかる。その手間を省き、一般の機関でも精度の高い予測が可能であれば、洪水流出においてより地域に密着した情報が発信可能であると考えられる。そこで本研究では、中小河川の長期の洪水予測に必要な蒸発散量のデータを、時間的および空間的に簡略化することを目的とした。なお、洪水流出解析には、将来洪水予測を担う手法の一つとして提案された XAJSF モデル（山本・陸，2008-2009年）を使用している。

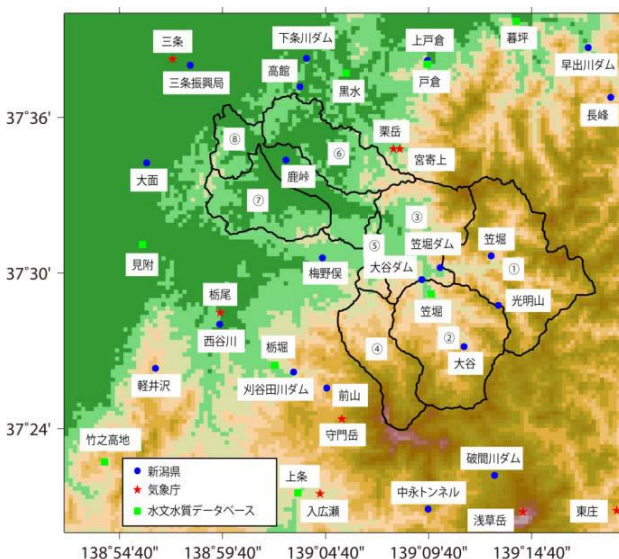


図-1 五十嵐川流域

## 2. 対象流域

洪水流出解析は、新潟県三条市の五十嵐川を対象とした。五十嵐川は流域面積約 312.5km<sup>2</sup>、流路延長は約 38.7km である。図-1 に五十嵐川流域を示した。

## 3. 蒸発散量の推定式

Penman 法による蒸発散量<sup>1)</sup>は以下の式で示される。

$$E_{p,pen} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} E_{sun} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_{wind} \dots (1)$$

$$= \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{(1-A)R_s - (I_U - I_D)}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E_{wind}$$

ここで、 $\Delta$ : 飽和水蒸気圧曲線の勾配 (hPa/°C),  $\gamma$ : 乾湿計定数,  $R_s$ : 全天日射量,  $A$ : アルベド,  $I_U$ : 表面放射,  $I_D$ : 大気放射,  $E_{wind}$ : 湿度や地上 2m での風速  $u$  (m/s) の関数である。以下に、全天日射量  $R_s$  の推定式を示す。それ以外の値の求め方については、今回は省略する。

全天日射量  $R_s$  は、式 (2) で表され、

$$R_s = I \cdot \sin \alpha + S \dots (2)$$

島崎 (1996 年) が導いた関係式<sup>2)</sup> より、直達日射量  $I$  および散乱日射量  $S$  は次式で示される。

$$I_{max} = I_{00} \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \cdot \exp(-K_0 \cdot \tau_0 \cdot m) \dots (3)$$

$$I = I_{max} \cdot (0.0011N_p + 0.0482N_c + 0.0021N_c \cdot N_p) \dots (4)$$

$$S_{max} = 2.5 \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \cdot m^{-1.0} \dots (5)$$

$$S = S_{max} \cdot (0.5517 + 0.0482N_c - 0.0056N_c^2) \dots (6)$$

ここで、 $I_{00}$ : 太陽定数,  $D$ : 元旦からの日数,  $d$  および  $d_0$ : 地球・太陽距離とその年平均値,  $K_0$ : 標準気圧の空気分子の消散係数,  $\tau_0$ : Feussener・Dubois の混濁因子で  $\tau_0 = 2.25$ ,  $m$ : 大気路程,  $\alpha$ : 太陽高度角,  $\sigma$ : 太陽赤緯,  $\phi$ : 緯度,  $\omega$ : 時角である。

式 (2) - (6) における各値の求め方については、今回は省略する。

## 4. 検証方法

ここでは、蒸発散量の時間的および空間的な簡略化の手法において記述する。なお、蒸発散量の推定には地域気象観測所より最低限、日照時間、気温、湿度、風速および（観測所の）緯度経度のデータを必要とする。統計は、4.1、4.2 共に 2002（平成 14）年 1 月 1 日から 2012（平成 24）年 12 月 31 日までの 11 年間を対象とし、AMeDAS データから前述の式より蒸発散量を算出した。

### 4.1 時間的な簡略化

五十嵐川流域に近い三条観測所（北緯 37 度 38.4 分、東経 138 度 57.3 分）の AMeDAS データより算出した蒸発散量を同日ごとに 11 年分の平均値を取ったものを、『1 日ごと』の値とした。なお、対象期間中では閏年が 3 回しかないため、2 月 29 日のデータは除外している。この 1 日ごとの蒸発散量の値を、約 10 日間ごと（1 ヶ月を 3 分割する。各月 1-10 日、11-20 日、21 日-月末）に分割し、それぞれの期間で平均値を出したものを『10 日間ごと』とした。1 日ごとの蒸発散量の値を、同月ごとに平均値をとったものを『1 ヶ月ごと』とした。10 日間ごとの蒸発散量を、図-2 のように正規分布により推定された蒸発散量の値を 2 つの集中した山（冬季、夏季）とその間の区間（中間期）の 3 つの期間に分割したものを、それぞれ冬季（10 月 21 日-2 月 28 日）、夏季（8 月 21 日-10 月 20 日）、中間期（3 月 1 日-6 月 10 日および 6 月 11 日-8 月 20 日）とし、『季節ごと』とした。

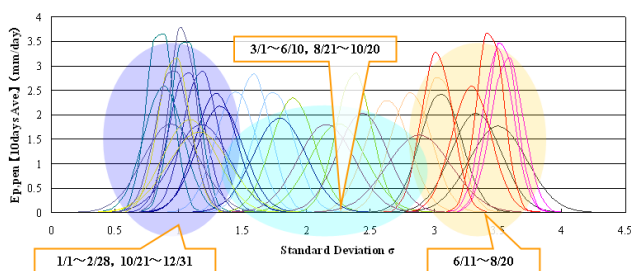


図-2 『季節ごと』における分類

### 4.2 空間的な簡略化

時間的な簡略化で用いた三条観測所の AMeDAS データから算出した蒸発散量と、図-3 に示す全国 50 ヶ所の観測所の地域気象観測所のデータから算出した蒸発散量とを比較する。最も三条と蒸発散量のデータが近かったものは高田（標準偏差 0.051）、最も遠いものは南鳥島（標準偏差 4.005）であった。

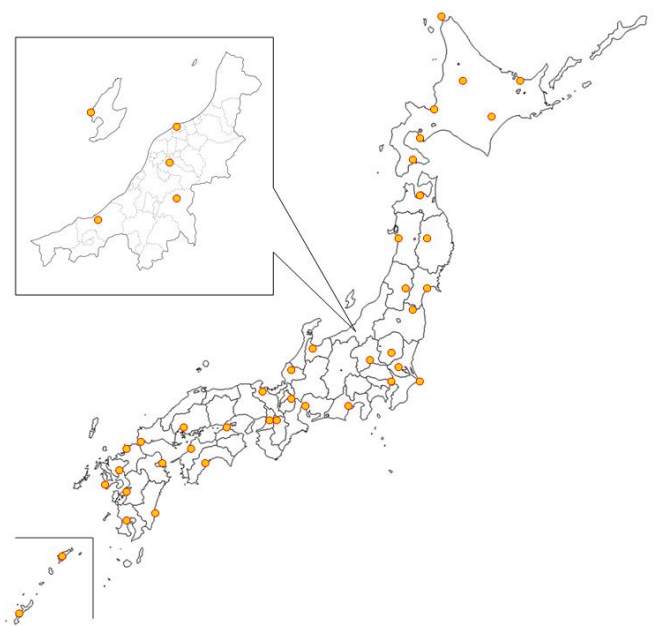


図-3 地域気象観測所一覧（データ取得場所のみ）

## 5. 結論

検証の結果、対象流域において以下の結論が出た。本研究では、簡略化した蒸発散量を XAJSF モデル（五十嵐川流域内での短期間の大規模洪水時および長期間の洪水流量の再現性は確認済み）に組み込み、評価指標には、Nash-Sutcliffe 係数を用いている。

- ・時間的な簡略化として、1 ヶ月分の蒸発散量のデータが取得できれば、毎日の蒸発散量を取得した場合と遜色ない洪水流出の解析結果（NS=0.935）を得られる。
- ・空間的な簡略化として、日本全国離島も含めどこか 1 地点の AMeDAS データが取得できれば、高い精度での洪水流出解析（最も三条観測所との蒸発散量の標準偏差の値が大きかった南鳥島観測所で、NS=0.9999）が可能である。

今後の課題として、時間的・空間的な簡略化を組み合わせた場合の有効な範囲、また他流域でもこの簡略化が有効であるかを検証する必要がある。

### 【参考文献】

- 1) 山永井明博・田中丸治哉・角屋睦：『ダム管理の水文学-河川流域の洪水予測を中心として-』、森北出版、pp.120-121（2003 年）
- 2) 島崎彦人：『AMeDAS データと衛星データを用いた時空間的に連続な日射量推定手法の検討』、長岡技術科学大学修士論文（1996 年）