

留萌川流域の年降水量の長期変動

Research on Yearly Rainfall Changes in the Rumoi River Area

北海学園大学工学部 正 員 山口 甲 (Hajime Yamaguchi)
 (株)シン技術コンサル ○正 員 東海林 勉 (Tutomu Toukairin)
 北海道開発局留萌開発建設部 長南 道雄 (Mitio Chounan)

1. まえがき

地球上の水循環のうち、地表面上の循環水路である河川における水収支を考えると、大気中から補給される降雨量が最も大きな支配因子である。その年降水量は北海道域内においても減少傾向にあって、このことがダムによる貯水量確保の困難性、海水の河道遡上区域の拡大などを引き起こしている。一方短期流出と称する洪水に着目すると近年短期時間集中型の降雨強度が大きい豪雨の発生¹⁾によって記録的な洪水が発生している。

本文は水循環の基本²⁾に係わる降雨量の長期変動を分析したものである。統計年数40年の間に留萌測候所の年降水量は減少し、その減少は冬期間の降雪量の減少に起因している。

2. 年水量の経年変化

留萌地方の年降水量は近年少なくなる傾向があり、これは留萌川の河川流量に少なからず影響を与えている。

留萌の年降水量⁴⁾は1943年から1998年までの56年間で減少する傾向が見られる。一方旭川の年降水量は1891年から1998年までの108年間は毎年の降水量は変動しているものの経年的な傾向は見られない。しかし留萌の観測期間限って見ると留萌の年降水量の経年変動と同様に降水量が少なくなる時期に有ることは同様であり、留萌測候所だけで少雨期にあるものではない。

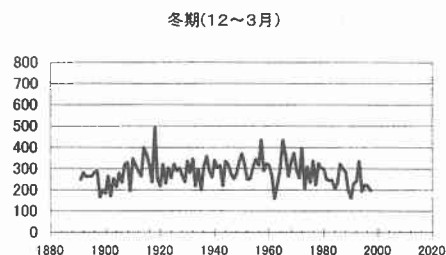
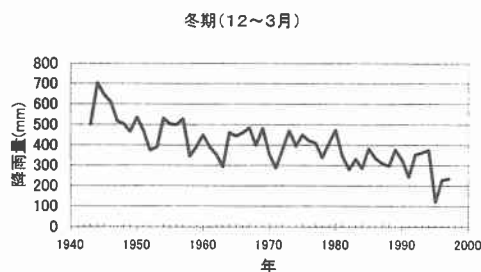
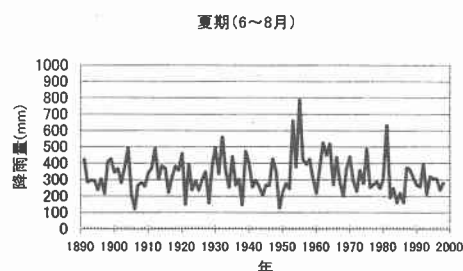
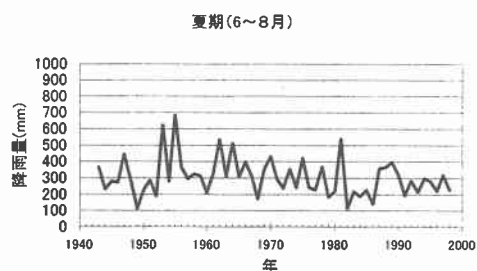
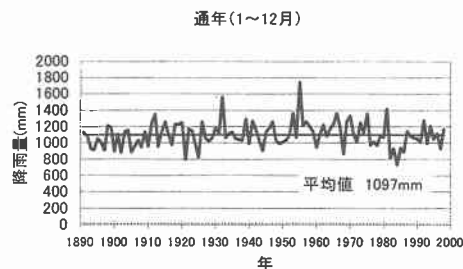
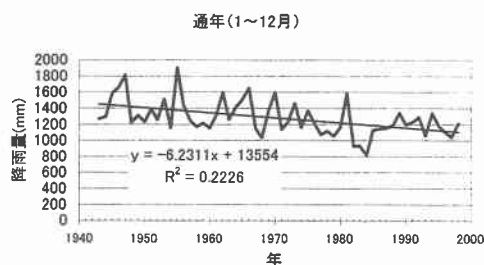


図-1 降水量(留萌)

図-2 降水量(旭川)

留萌の年降水量は観測期間を通じて経年的に減少しており、これをそのTrendの1次式で表す。一方旭川のそれはTrendが見られないので年平均値を求めた。

留萌：R=-6.2311 t +13554 t：西暦年、R：降雨量(mm)
旭川：Rave=1097mm

ところで降雪量が多い北海道の年降水量の多くは夏期(6～8月)の豪雨の有無と冬期(12～3月)の豪雪の多寡に左右されるところが大きい。そこで留萌測候所での年降水量の減少傾向の要因を調べるため6～8月と12～3月の降水量と年降水量をピックアップして図-1に示している。経年的に6～8月の降雨量に少しの減少傾向が見られるのに対して、12～3月の降雪量が特に減少傾向が大きく、降雪量の減少が年降水量減少の主因をなしている。

図-2には同様に考えて旭川の降水量を示している。6～8月の降雨量、12～3月の降雪量共に経年的なTrendは明らかでなく、これらが年降水量の経年変動に反映されているものと考えてよい。

3. 周期解析

年降水量の発生現象の究明は物理モデル、統計モデルなどが考えられるが、ここでは旭川での期間平均値を基準値とする場合の変動に周期性が見られることに着目して、フーリエ解析を用いてシミュレーションする。

(1) コレログラム解析

複雑な経年変動の周期性、持続性又は純偶発生の変化の有無と変化状態の大勢を検出することができ、次式で表される。

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}_1)(x_{t+k} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}_1)^2 \sum_{t=k+1}^N (x_t - \bar{x}_2)^2}} \quad \text{..... (1)}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-k} x_t \quad \text{..... (2)}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{N-k} \sum_{t=k+1}^N x_t \quad \text{..... (3)}$$

r_k：周期kの自己相関係数、k：周期、N：統計年数、
x_t、x_{t+k}：t、t+k年の雨量

旭川において上式にk=1,2,3…を与えてr₁, r₂, r₃…の自己相関係数を求めた結果を図-3に示す。統計年数が長い旭川の場合ではkが23年、8年、4年の順にr_kが大きい結果となった。

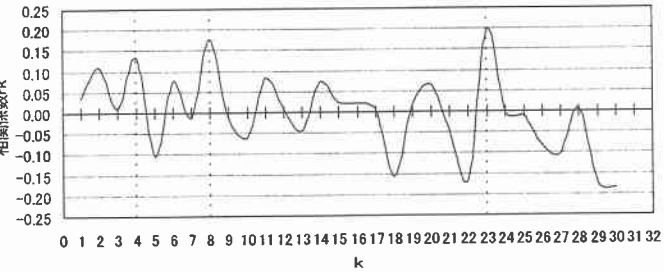


図-3 コレログラム(旭川)

(2) フーリエ解析

複雑な経年変動の周期、振幅を数式で再現する解析であり、それを次式で示す。

$$y = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^T \left\{ a_n \cos\left(2n \pi \frac{t}{L}\right) + b_n \sin\left(2n \pi \frac{t}{L}\right) \right\} \quad \text{..... (4)}$$

$$a_n = \frac{2}{T} \sum_{t=0}^T y(t) \cos\left(\frac{2n \pi t}{L}\right) \Delta t \quad \text{..... (5)}$$

$$b_n = \frac{2}{T} \sum_{t=0}^T y(t) \sin\left(\frac{2n \pi t}{L}\right) \Delta t \quad \text{..... (6)}$$

T：統計年数、t：1≦t≦T、L：周期年数、n：1,2,3,・・・20

式(5)、(6)にコレログラムから推定された旭川の半波長をL=23として、a_n、b_nの計算結果を図-4で示す。

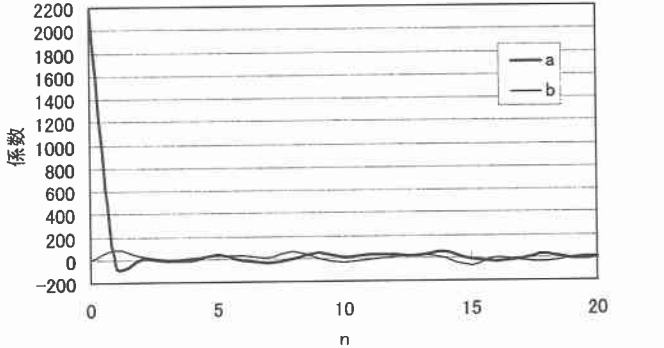


図-4 nとa,bの関係

そしてその a_n 、 b_n を式(4)に代入し、 $n=1, 2 \cdots 20$ とした場合の再現計算した結果を図-6 に示し、総降雨量による再現精度を図-5 示す。図-6 を見ると 1932、1955 年の大きな降雨量は再現できていないが、時間的には再現できている結果となり、全体的には降雨量の誤差はあるけれども経年変化は良く再現できているものと考えられる。そして図-5 で総降雨量との比較においても精度良く再現されているものと考えられる。

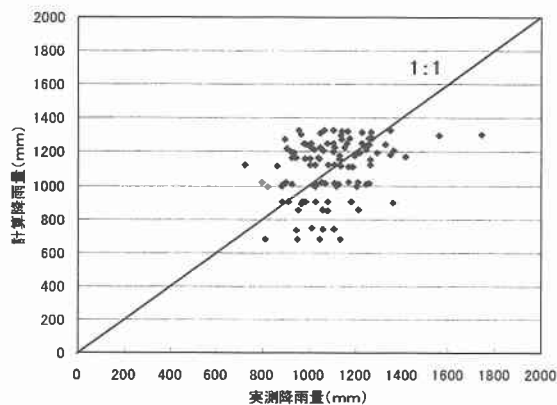


図-5 総降雨量の再現精度 (旭川)

3. 年流出高の変動

留萌測候所の年降水量の経年変動特性を論及してきたが、留萌川大和田流量観測所における年流出高との関係を流量資料⁶⁾に基づき考究する。留萌測候所は大和田流量観測所の流域面積 234.1km^2 の区域外であり、また流域の西側に海岸に近い所に位置している。山間部を流域とする大和田流域を代表とする雨量観測所としては検討課題があるので、経年変動について考えてみた。年流出量を流出高(mm)で表しておき雨量、流出高のデータが揃う期間について図-7 に示している。

それぞれの経年変動は降雨量の大小に流出高が追従していて、近年になって流出高が減少する傾向が見られる。このような事態が更に継続するならば留萌ダムの利水用水の貯水計画、灌漑用水の取水、継続流量の確保、利水、河川環境の保全等の面で支障が生じなければと危惧しているところである。

ところで留萌測候所の年降水量が大和田地点を構成する流域面積の降水量としてどれだけ代表性があるかであって、図-8 に両者の相関関係を示している。全体的に留萌の年降水量を越える年流出高となる。

流出率 f は図-7 で示しており、 f が 1 以上かつ最大 1.79 の値を示す年もある。これは流域平均雨量が留萌の降雨量より多い実態があることを示唆していて、留萌流域内の降水量の地域分布等を十分に検討しなければ、水循環現象を正確に把握できないことを示している。

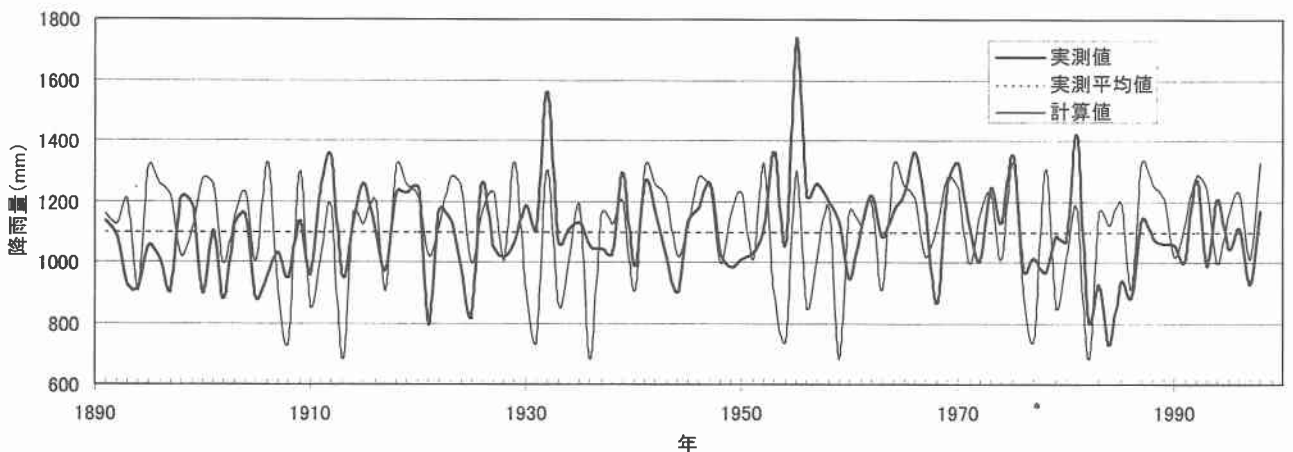


図-6 再現計算結果 (旭川)

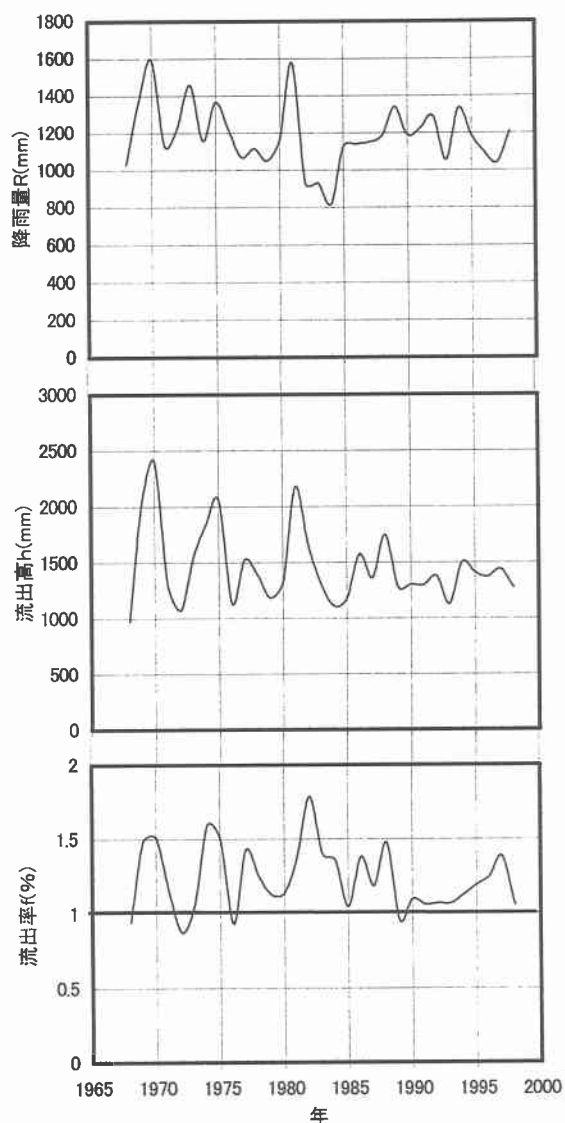


図-7 降雨量・流出高・流出率の年変動（留萌）

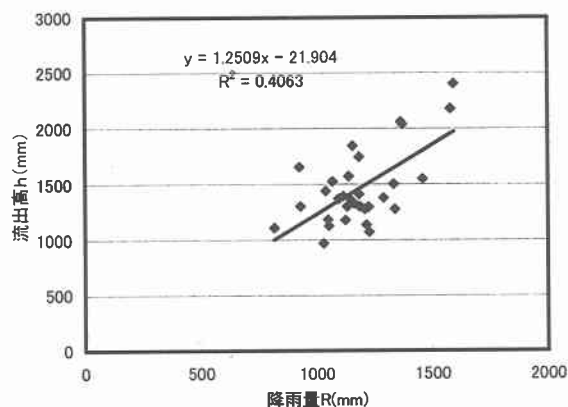


図-8 降雨量と流出高の相関関係（留萌）

あ と が き

大気中と地球上において行われる水循環のうち、地表面における循環経路は河川と地下が主要部分をなす。その河川水、地下水は循環過程において流水のほかに土砂、有機物、無機物等の多くの物質を運搬して、これらが地形、河川環境の形成をもたらしている。そこで留萌川流域をモデル流域に選び流域内の水循環及び、それがもたらす物質輸送について研究に着手し、本文は年降水量の長期変動を明らかにしたものである。その結果から年降水量が近年 40 年間で少なくなる傾向が見られるなど、水循環現象を解明していく上で問題点を提起する結果となった。なお、本研究を進めるに当たり留萌開発建設部の多くの御指導、御協力を得たことに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 中津川 誠 気候変動の評価手法(モデル)について
北海道開発局開発土木研究所
月報 No.460, PP. 23~35, 1992.7
- 2) 中津川 誠 地球温暖化の水環境への影響について
北海道開発局開発土木研究所
月報 No.473, PP44~54, 1992.10
- 3) 寒地河川学会 留萌川水循環計画(案) 2001 年
- 4) 日本気象協会 北海道の気候 北海道本部 1991
- 5) 日本気象協会 北海道の気象 北海道支部 2001
- 6) 留萌開発建設部 流量年表 業務資料 2001