胆振地方における確率雨量について

秋 野 隆 英*・嵯 峨 浩**

On the Probable Precipitation in Iburi District

Takahide AKINO and Hiroshi SAGA

要 旨

本研究は，胆振地方における降雨資料を基に，確率雨量の経年変化を調べ，確率雨量の核心とされる異常降雨についてその取扱いの是非と解法への方向を示唆したものである。

Synopsis

In this paper, we investigated the probable precipitation, based on the data on rainfall in Iburi district, and studied the treatment of anomalous precipitation which had been considered to be main problem of probable precipitation.

1. ま え が き

確率雨量は，水に関する防災構造物（堤防，ダム，etc)の設計基準として，設計の第一歩であり，土木構造物の規模を決定する重要な入力データとなる。

今までに確率雨量について種々の研究がなされているが，ともすれば確率雨量推定の否定的な側面だけが強調され，解決の方向が示されていないのが現状であり，それはいわゆる異常豪雨と呼ばれる極値の推定が，現在行われている確率雨量の推定法では不可能であることによる。

そこで本研究では，胆振地方における過去の降雨資料を基に，R.P.曲線(経験的再現期間曲線)の経年変化を調べ，異常豪雨の統計的特性を述べると共に，胆振地方の確率等雨量線図を作成した。

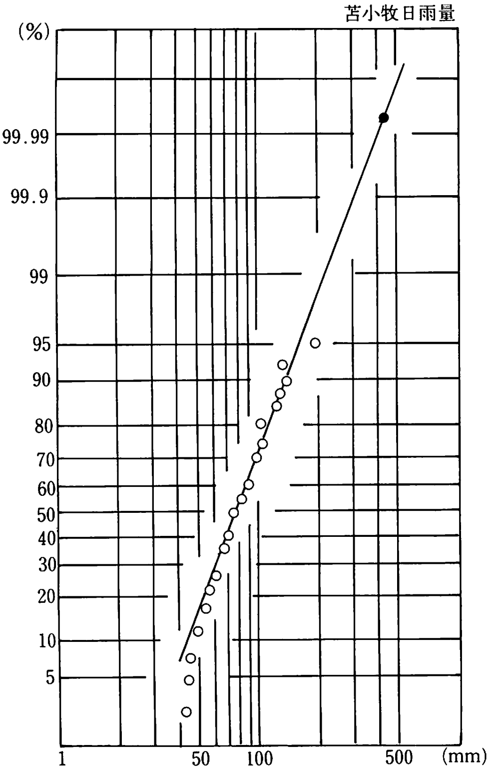
また確率雨量の推定は，現在その地点の年最大日雨量の資料の一次元的な解析により行われているが，胆振地方における，各観測所間の降雨が同じ母集団に属していると想定して，空間的分布を考慮した方法によって確率雨量を推定し，従来の方法と比較してどの様に変化するかを調べた。使用した観測所名と資料年数を表－1に示す。

表－1 観測所及び資料年数

地 点 名	資料年数
苫 小 牧	40
安 平	19
厚 真	31
穂 別	41
鵡 川	35
室 蘭	59
伊 達	66
大 滝	15
森 野	19
登 別	44
登 別 山	11

上述した確率雨量の問題の核心とされる異常豪雨と，一次元的な確率雨量（地点雨量）の推定の弊害の好例として，苫小牧測候所で観測された昭和25年7月31日～8月2日の異常豪雨が挙げられる。この豪雨は，昭和25年8月1日に448 mm（9時日界）の雨量が観測され，1時間最大降雨量は126 mm であった。苫小牧における観測開始年（昭和17年）から昭和56年までの年最大日雨量をトーマス法で対数確率紙にプロットしたものを図－1に示す。448 mm/day の再現期間を求めると，約19,000年相当になる。参考までに第二位の日雨量は，昭和56年8月4日における211 mm であり，この降雨により全道的な大水害をもたらしたのは記憶に新しいが,昭和25年8月における降雨量はこの約2倍に相当し，いかに大きな降雨

＊助教授 土木工学科
＊＊助 手 土木工学科

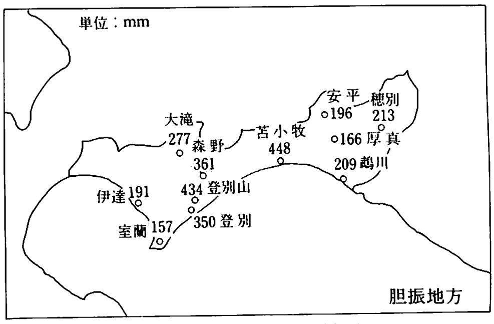


図－1　トーマス法による対数確率紙（S17－S56）

であるかが推察され，しかも後述する角屋が誘導した棄却限界[1]からみても，危険率5％の限界値をはるかに越えている。

以上のごとく昭和25年8月豪雨は，現在においても既往の資料からは予測も出来ない，いわゆる異常豪雨であると言える。

しかしこの降雨は，図－2に示すように胆振地方における周辺の観測所の既往最大日雨量と比較すると，最も大きいけれども，それほど極端な値を示していないことがわかる。このことは異常豪雨とはなにか。果たして異常豪雨といえるのか。

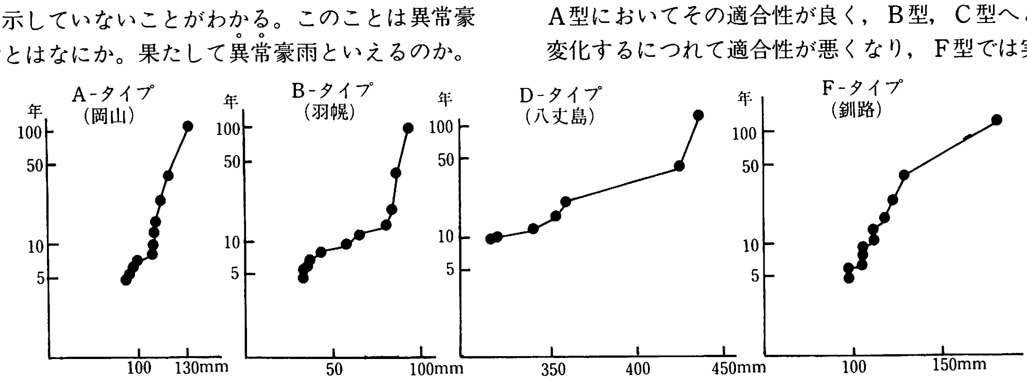


図－2　既往最大日雨量図

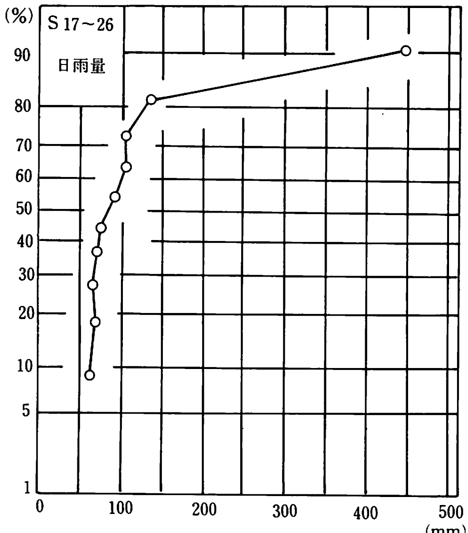
の疑義を生じさせるとともに，既往の推定法が周辺の観測値からみると，その発生が十分考えられる豪雨量を予測出来なかったという点で既往の推定法の無力さを示している。と同時に，確率日雨量の推定は現在行われている地点雨量の解析だけでなく，空間的分布を考慮した多次元的な解析により可能になるのではないかという希望的観測をも抱かせるものである。例えばダムの設計洪水量を決定する場合に，その基準として200年確率あるいは既往最大洪水流量の大きい流量をもって定めるが，これらのデータがない場合気象等の条件の類似する近傍流域の観測結果から推定される最大洪水流量を採用している例もある。

2．R. P. 曲線の経年変化について

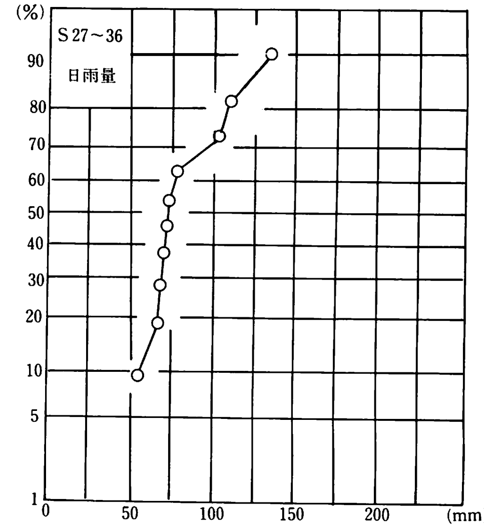
R.P.曲線は図－3のごとく普通目盛りの横軸に年最大日雨量を大きい順に並べかえた値を，対数目盛りの縦軸にヘーゼンの式で計算した再現期間をプロットして結んだ曲線である。菊地原[2]はこのR.P.曲線をその曲線形状に着目してA型からF型に至る6つのタイプに分類し，実測値と推定値の比較を行った。その結果，従来の推定法ではA型においてその適合性が良く，B型，C型へと変化するにつれて適合性が悪くなり，F型では実



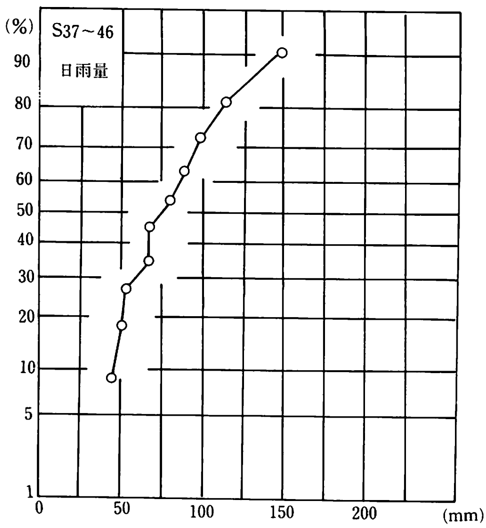
図－3　R.P. 曲線タイプ　「岸原・武蔵：異常豪雨は予測できるか（Ⅰ）」より掲載



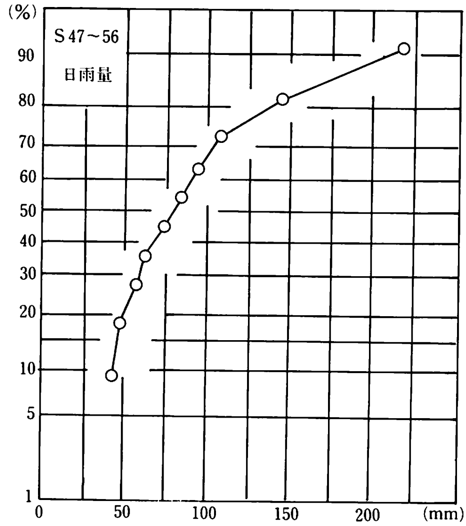
図－4　苫小牧の経年変化



図－5　苫小牧の経年変化



図－6　苫小牧の経年変化



図－7　苫小牧の経年変化

測値と大差が生じることを見出している。さらに彼は『その地点の年最大日雨量の分布の大勢からは全く期待できないような豪雨を異常豪雨』と定義した。

この表現は定性的であり，客観的分類をなしていない欠点があるが，岸原ら[3]により，その客観的分類が試みられている。本研究では，これらの分類に従い，横軸に普通目盛りをとり，縦軸に正規確率をトーマス法でプロットし，苫小牧における10年毎のR.P.曲線を作成したものを図－4～図－7に示す。図からわかるように，昭和17年～昭和26年ではF型を示し，昭和27年～昭和36年ではB型に変化し，昭和37年～昭和46年はA型へ，最近の10年間ではまたF型へとサイクル状の変化をしている。

このことから，既往の推定法が良く一致するA型においては予測という観点からすると，一番危険な形態であり，むしろよく起り得るF型の最大極値（異常豪雨）を過少評価しているとも言える。このことは，坂上ら[4,5]が『確率分布にのるような一般的な極値が発生している所は，異常豪雨に洗礼されていない処女地であり，ひとたび大規模擾乱が発生すれば従来の極値の序列から著しくはずれた雨量がもたらされるものと思われる』と述べていることに一致する。

3．確率等雨量線分布図について

災害に関連した大雨の発現傾向とその地域分布とを知ることは大雨発生の予知やその対策を行う上に重要なことである。本研究では，各再現期間による地点毎の確率雨量を計算し，その分布図（確率等雨量線図）を作成した。

再現期間推定には多くの方法が提案されているが，ここでは極値分布が対数正規分布で示されるとした確率雨量推定法によった。

$$F(x)=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{y}\exp(-y^2)dy \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

$$y=a\ \log\frac{x+b}{x_0+b}\quad(-b<x<\infty)$$

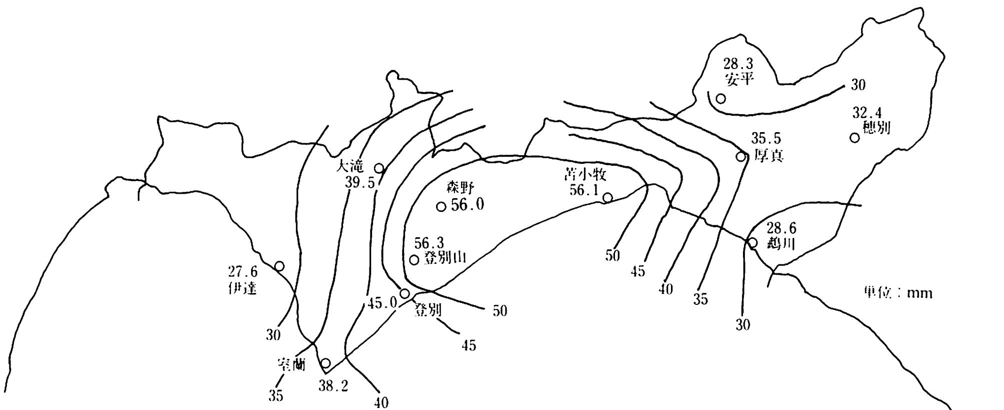
ここに，F(x)：累積分布関数

y：正規変数

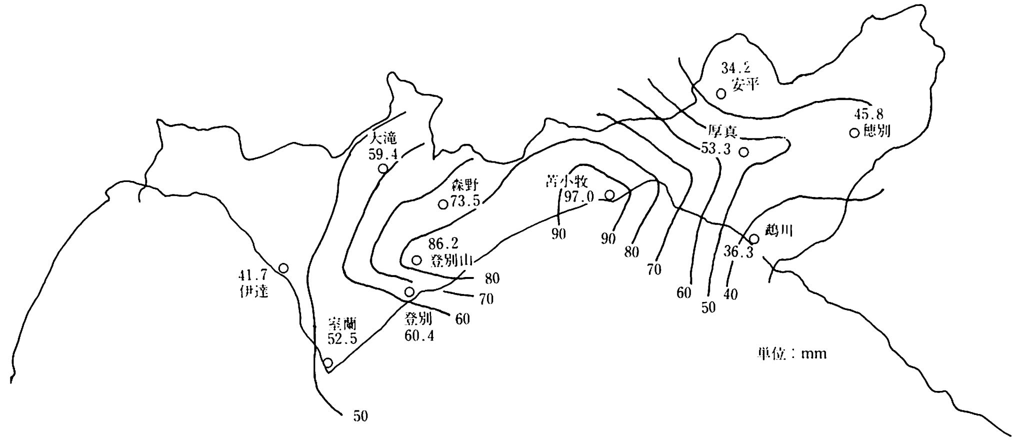
a,b,x_0：定数

実際の計算では，bの推定に両端部の経験上の確率を利用し，他の定数は正規分布における手法を利用した岩井法を用いた。

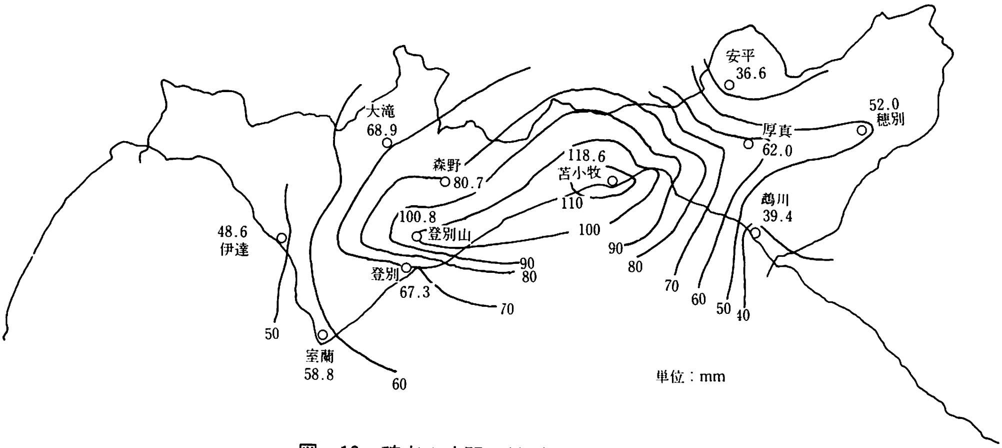
図－8～図－10では，局地的な集中豪雨に関連深いとされる確率1時間雨量を，図－11～図－13では，比較的大規模な災害をもたらすとされる確率日雨量の分布を示している。なお再現期間は，10年，50年および100年とした。確率日雨量は図から分るように，各再現期間とも，森野，登別山を中心とした山岳地帯が中心となって著しく大きな値となっている。また確率1時間雨量はこれとは傾向を異にし，苫小牧周辺を最大にして分布している。しかし図－14に示すように2時間降雨においては，登別山を中心とした分布に移り変っており，このことから苫小牧は短期間集中型の降雨発生の傾向にあると思われる。これらの値はあくまでも対数正規分布から推定された値であり，実測された雨量はかなり確率雨量からはずれることが予想される。



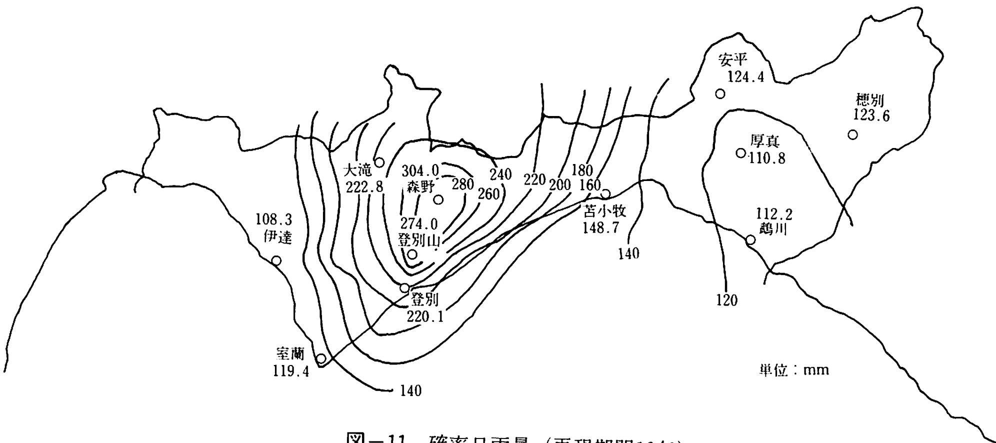
図－8　確率1時間雨量（再現期間10年）



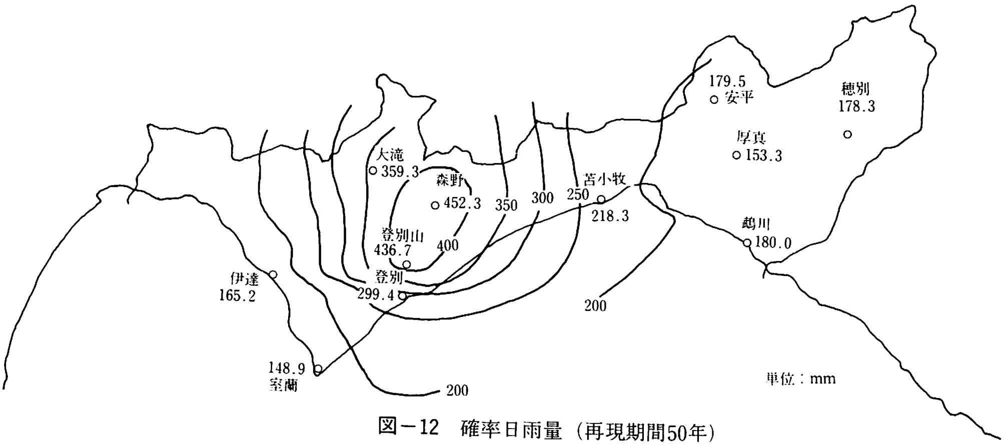
図－9　確率1時間雨量（再現期間50年）



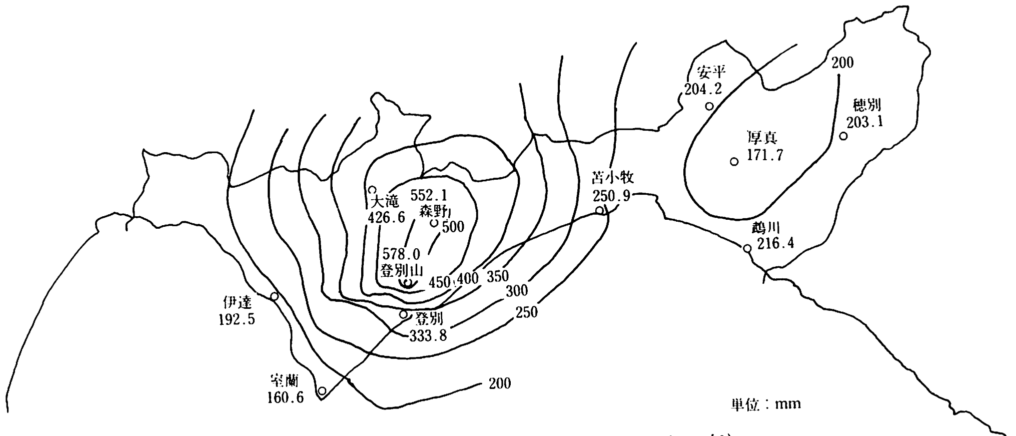
図－10　確率1時間雨量（再現期間100年）



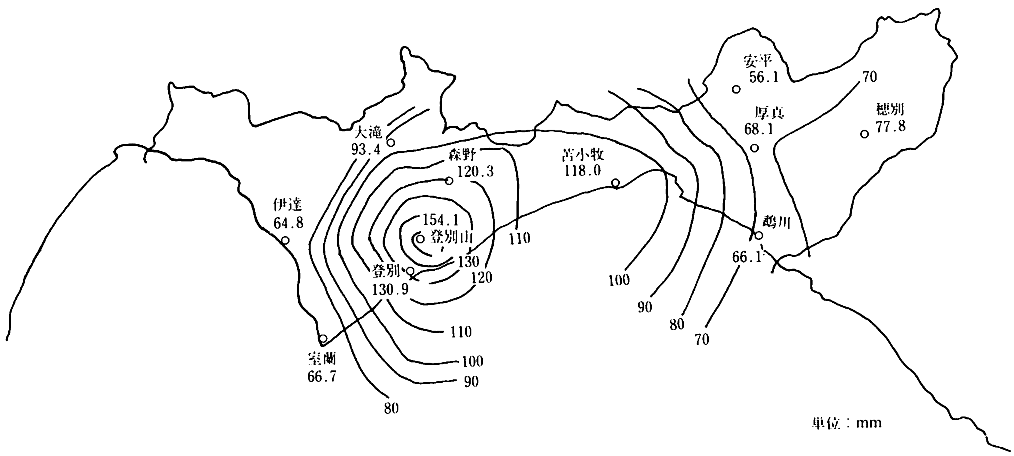
図－11　確率日雨量（再現期間10年）



図－12　確率日雨量（再現期間50年）



図－13　確率日雨量（再現期間100年）



図－14　確率2時間雨量（再現期間50年）

つぎに年最大日雨量の月別発生頻度を図－15に示す。

4．苫小牧における昭和25年8月豪雨について

苫小牧における昭和25年8月豪雨は，その再現期間は1万年を越えることは，既に述べた。このような統計資料（降雨資料）の中に特に大きい値が含まれていると，これを確率計算に入れるかどうかでその結果が大きく異なってくる。そこで角屋が誘導した異常値の棄却限界に従って，昭和25年8月豪雨を検討する。

4－1　データの棄却検定

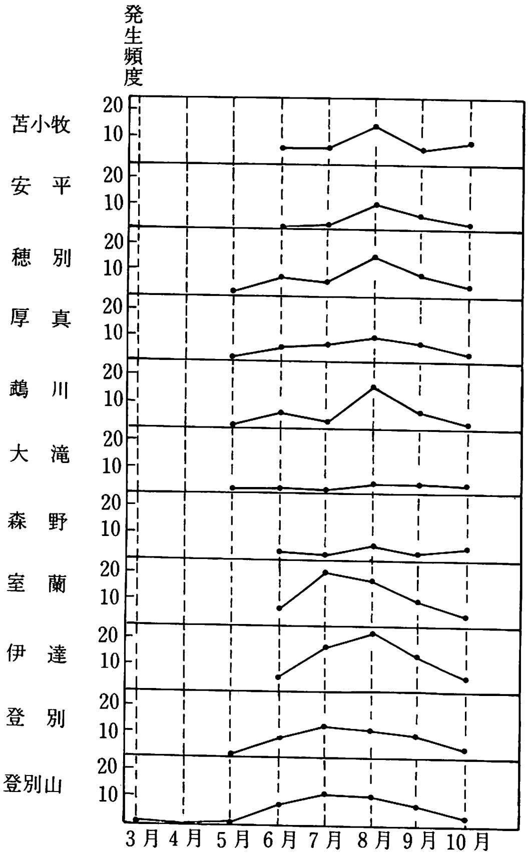
要検定値 x_ε の異常率を ε とするとき，$x \geqq x_\varepsilon$ あるいは $x \leqq x_\varepsilon$ である x がN個の標本中に少なくとも r 個含まれる確率は

$$P_r[NP_r(x \geqq x_\varepsilon) \geqq r \text{ or } NP_r(x \leqq x_\varepsilon) \geqq r]$$

$$=1-\sum_{j=0}^{r-1}\binom{N}{j}(1-\varepsilon)^{N-j}\varepsilon^j \quad \text{（二項分布）} \cdots\cdots (2)$$

この確率がある危険率 β より小さければ，$x \geqq x_\varepsilon$ あるいは $x \leqq x_\varepsilon$ を棄却することの危険率はたかだか 100β%であるといえる。実際問題としては，データ中に異常と思われる値を2個以上含んでいる場合は，その事象自体何か別の原因があるものと考えるべきであるから $r=1$ とおき，ε について書き換えると，適当な指定危険率 β_0 に対して，

$$\varepsilon_0=1-(1-\beta_0)^{\frac{1}{N}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$



図－15 年最大日雨量月別発生頻度

ε_0は棄却限界値であり，検定を要する値の異常率 ε がこの ε_0 よりも小さくない限り x_ε を棄却することはできない。β_0 としては通常5％を採用すればよいとされる。また最大値分布のあてはめでは，下尾側すなわち小さな値の棄却は結果にあまり大きな影響を与えないようである。

4－2 昭和25年8月豪雨の統計資料としての検討

年最大日雨量の資料数がN＝40個であるが，第一位の448 mm を検討するので，この値を除いたN＝39個の降雨資料から x_ε ＝448 mm/day の異常率を求める。

前述の岩井法によって次式を得る。

基本推定式 $\log(x+b)=\log(x_0+b)+\frac{\xi}{a}$ は

$$\log(x-15)=1.8102+0.2721\,\xi \quad \cdots\cdots(4)$$

異常値推定式 $\log(x_\varepsilon+b)=\log(x_0+b)+S_x\cdot\gamma_\varepsilon$ は

$$\log(x_\varepsilon-15)=1.8102+0.190\,\gamma_\varepsilon \quad \cdots\cdots(5)$$

ここに，a，b，x_0 は実測資料からきまる定数で，S_x は標準偏差，γ_ε は再現期間をTとすると異常率 $\varepsilon=1/T$ に対する係数である。

x_ε ＝448 mm/day に対する異常率は図－1から $\varepsilon=0.005\%$（F＝99.995％）となり，危険率 β_0 ＝5％の場合の棄却限界 ε_0 ＝0.128％よりはるかに小さくなって，このデータを棄却しても統計上問題がないと言える。

4－3 面的推定法

上述のように昭和25年8月豪雨は棄却しても統計上差支えないことがわかった。しかし確率雨量は予測という立場にたつべきであり，経験分布や理論分布によく適合させるために，極値（最大値）を除くことは危険な一面を有している。とくに胆振地方においては，観測年数が少なく，しかもこの豪雨は他地点の最大値と比較すると，過大な値を示していないことを考えると，棄却することの危険度はさらに大きいと思われる。

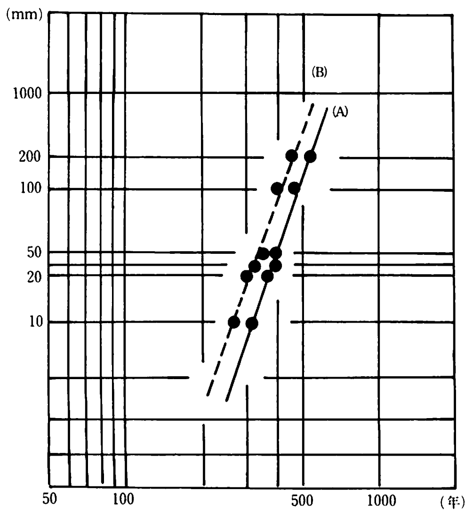
そこで確率雨量を面的に捕えるという意味で，各地点の年最大日雨量から同一年の最大値をとり出し，胆振地方全体で苫小牧の既往最大日雨量448 mm の再現期間の計算を行った。その結果地点雨量による推定法では，再現期間が19,000年であったものが96年となった。また苫小牧における既往最大1時間雨量126 mm は地点的には，再現期間462年であったが，同様の方法で地域的に推定すると242年となった。計算は岩井法により行い，それをグラフにしたのが図－16，図－17である。このグラフで直線(A)は全資料より求めたものであり，直線(B)は確率等雨量線図（図－8～14）と既往最大日雨量図（図－2）から，雨量の多い登別，登別山，大滝および森野だけの降雨資料を用いたものである。この図からわかるように対象地域を拡げるほど同一雨量における再現期間は短くなる。このことは逆に地点雨量による推定法は危険性を示唆している。

5．結　　論

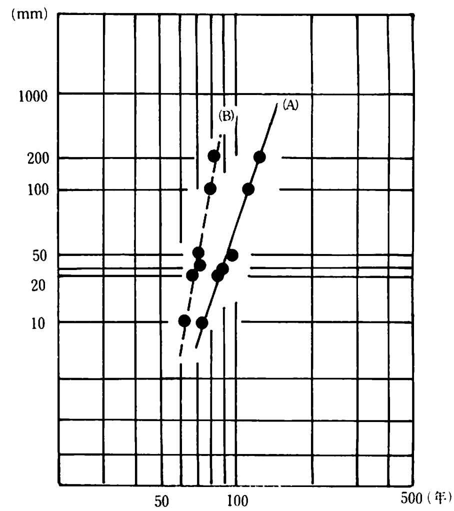
以上検討を加えてきた事を要約すると，つぎのようにまとめることが出来る。

(a) 確率雨量の推定は，過去の解釈ではなく予測に関する問題であること。

(b) 既往の確率雨量推定法では R.P.曲線がA型の場合，推定値と実測値がよく一致するが，F型では全く予測出来ないこと。しかし R.P.曲線の



図－16　胆振地方最大日雨量



図－17　胆振地方1時間最大雨量

経年変化の結果から予測を断念すべきはF型ではなく，A型であり，異常豪雨の危険性を最も多く有していること。

(c)　地点的にみれば異常豪雨と考えられていた雨は，地域的に拡げてみると案外よくあり得る雨であり，見かけ上の豪雨であるという可能性が強いこと。したがって空間的な確率雨量の推定法の確立が必要なこと。

以上確率雨量のもつ問題点を明らかにし，全く新しい試みとして，面的な推定法を行った。資料の不足からまだまだ不十分な箇所も多いが，確率雨量の推定に関しての示唆となることを期待し，さらに研究を進めるものである。

なお本校土木9期生小林篤矛，10期生井上昌幸の両君に解析の協力を得たことに感謝いたします。

参考文献

1　角屋　睦(1964)「水文統計論」(水工学シリーズ)
2　気象庁統計課(1958)「日降水量の再現期間の推定法に関する調査」気象庁測候時報25
3　岸原・武蔵（1981）「異常豪雨は予測できるか(1)」水利科学 No. 141
4　坂上務・元田雄四郎・早川誠而（1974）「九州地方における災害雨量資料解析(1)」自然災害資料解析1
5　同上(1975)「九州地方における災害雨量資料解析(2)」自然災害資料解析2
6　岩井重久・石黒政儀（1970）『応用水文統計学』森北出版

(昭和57年11月30日受理)