II—12 胆振地方における確率雨量の一考察

苫小牧工業高等専門学校　正 員 秋野 隆英
同 上　正 員 嵯峨 浩

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な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、対数確率紙上の経年変化を調べ、異常豪雨の統計的特性を述べると共に、観測開始年から昭和36年までの降雨データを用いて推定した20年確率雨量と、最近20年(S37～S56)間に観測された雨量との差異を調査した。また、胆振地方の確率等雨量線図も作成した。

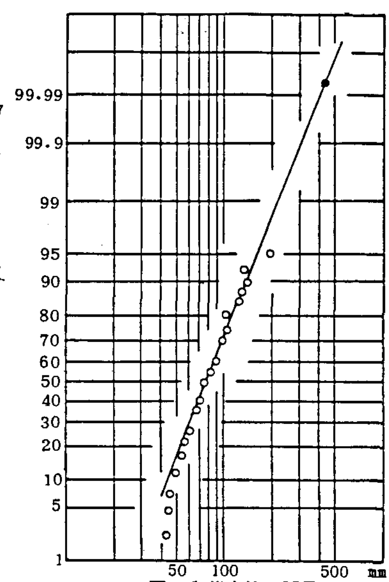
確率日雨量の推定は．現在その地点の年最大日雨量の資料の一次元的な解析により行なわれているが、胆振地方における各観測所間の降雨が同じ母集団に属していると想定して、空間的分布を考慮した方法によって確率雨量を推定し、従来の方法と比較してどの様に変化するかを調べた。使用した観測所のある地点名と資料年数を表－1に示す。

表－1　観測所及び資料年数

地点名	資料年数
苫小枚	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日に年最大日雨量448 mm（9時日界）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、この時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。

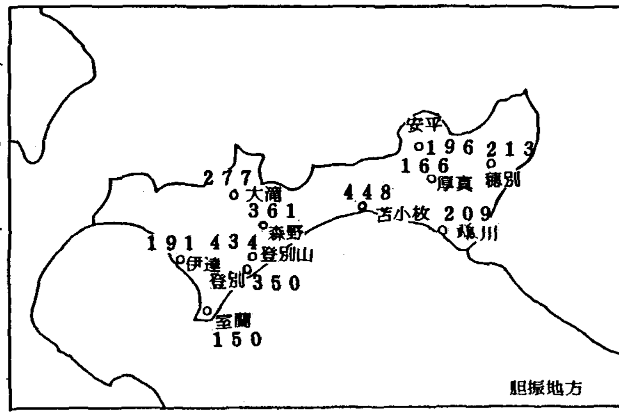


図－1 苫小枚日雨量

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、最も大きな値であるが、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、果して異常豪雨といえるのか。の疑義を生じさせるとともに、既往の推定法の無力さを示していると思われる。と同

時に、確率日雨量の推定は現在行な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。



図－2既往最大日雨量　(mm)

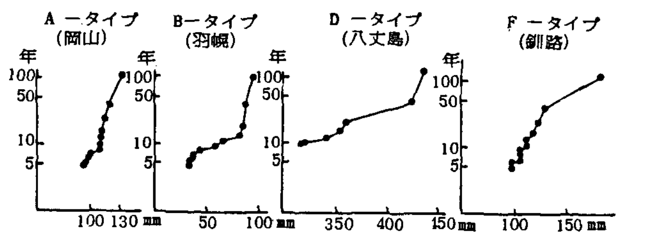
2　確率雨量推定曲線の経年変化について

気象庁統計課[2]では40年以上の資料のある我国の57ヶ所について、日降水量の経験的再現期間曲線（R.P.曲線）を求め、色々の解析法の適合性を総合的に検討している。このR.P.曲線とは図－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なった。また、岸原[3]らはこの分類に沿って、更に4つのタイプに定量的に分類している。その分類図を図－3に示す。菊地原・岸原らによれば、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型では実測値と大差が生じることを見出している。

さらに菊地原は『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様な豪雨を異常豪雨』と定義している。

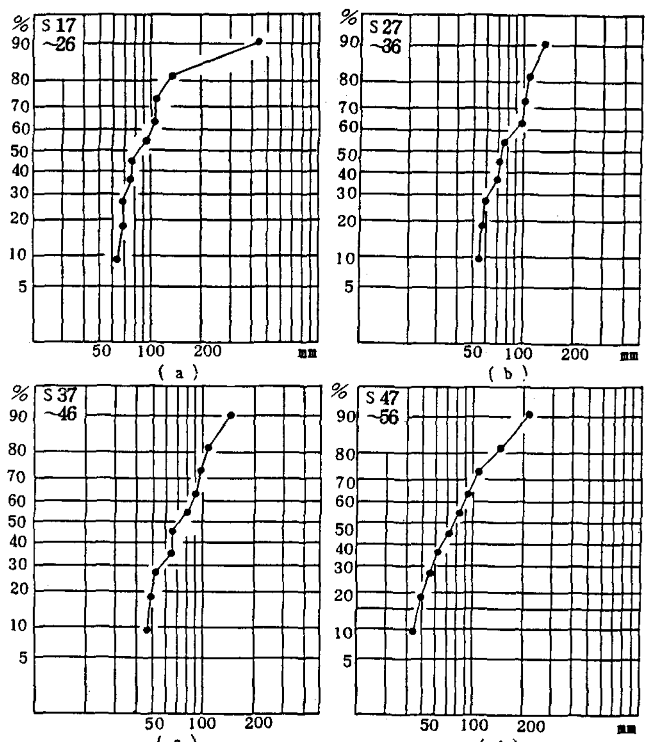
本研究では確率雨量推定の適合性をみる為に、累積分布曲線が比較的直線化しやすい対数確率紙に、苫小牧における10年毎の年最大日雨量をプロットしてみた。プロットはトーマス法によった。

図からわかる様に、図-4(a)では最大極値が全く予測できない点に位置し、(b),(C)



図－3 R・P・曲線タイプ

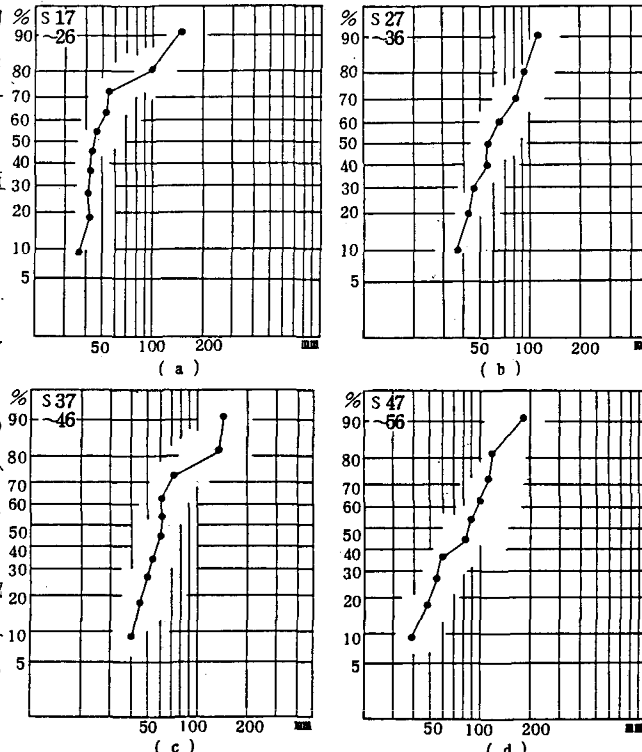
「岸原．武蔵：異常豪雨は予測できるか（1）」より掲載



図－4
苫小牧における経年変化

では、予測可能な直線型を示し、(d)においては(a)の様な極端な形ではないが、外挿直線からはずれる極値が存在している。また降雨特性の一般性をみる為に、同様な方法で札幌も検討してみた。札幌においてもドッグレッグの型から直線へ、さらにドッグレッグへと変化している。他の地域でも同様な結果が得られている。

このことから、既往の推定法が良く一致する図-4(b)(c)，図-5(b)(d)など直線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図-4(a)(d)，図-5(a)(c)などのドッグレッグ型の最大極値（異常豪雨）を過小評価していると言える。このことは、坂上[4]らが『確率分布にのる様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。



図－5
札幌における経年変化

3　確率雨量と観測雨量との偏差について

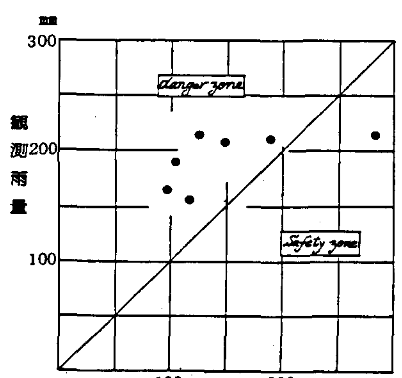
資料年数が30年以上ある地点（7地点）について、昭和36年以前の降雨記録から、20年確率日雨量を岩井法にて計算した値と、最近20年間に観測された各地点における最大日雨量を表－2に示す。またそれらをプロットしたのが、図－6であり縦軸は20年間最大日雨量、横軸は20年確率日雨量である。原点から延びる45度の直線上に点が位置すれば両者は等しいことを意味するが、7地点のうち6地点までが20年間最大日雨量の方が大きくなっている。両者の差も最大87mmであり、決して無視できる値ではないことがわかる。

また、7地点のうち苫小牧，鵡川，厚真，穂別の4地点の最大降雨は、昭和56年8月4日ないし5日に観測されたものでありこの様に分布にのらないような極値は、一雨の大規模擾乱によりその大半が発生している。このことは、異常豪雨の予測の困難さを示していると思われる。

表－2

	室蘭	苫小牧	伊達	登別	鵡川	厚真	穂別
観測雨量	150	211	191	217	209	166	213
20年確率日雨量	118	193	104	281	151	97	129
差	32	18	87	−64	58	69	84

mm/day



図－6

4　確率雨量分布図

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なう上で重要なことである。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。

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

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

ここに、 $F(x)$：累積分布関数

y　：正規変数

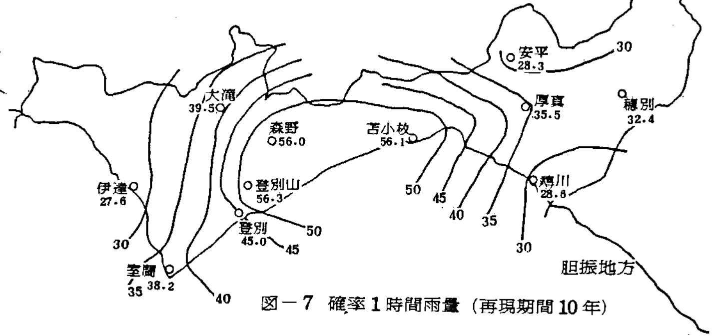
a,b,x_0　：定数

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。

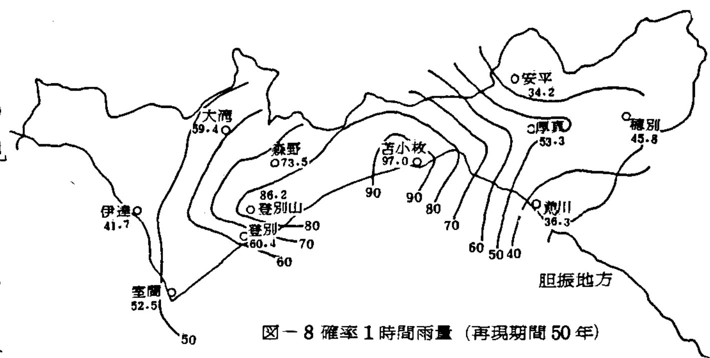
図-7～図-9では、局地的な集中豪雨に関連深いとされる確率1時間雨量を図-10～図12では、比較的大規模な災害をもたらすとされる確率日雨量の分布を示している。なお、再現期間は、10年，50年，100年とした。

確率1時間雨量は、図からわかるように苫小牧周辺を最大にして分布している。また、確率日雨量は、これとは傾向を異にし、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。時間雨量をさらに、2，3，6……時間として計算した結果、2時間雨量において、苫小牧周辺から、森野，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。

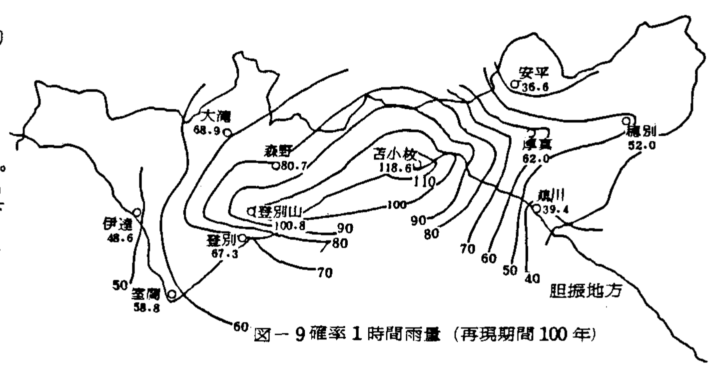
これらの値はあくまでも対数正規分布から推定された値であり、実際に観測される雨量は、かなり確率雨量からはずれることは、先述の．3　確率雨量と観測雨量との偏差について　からも予想されることである。



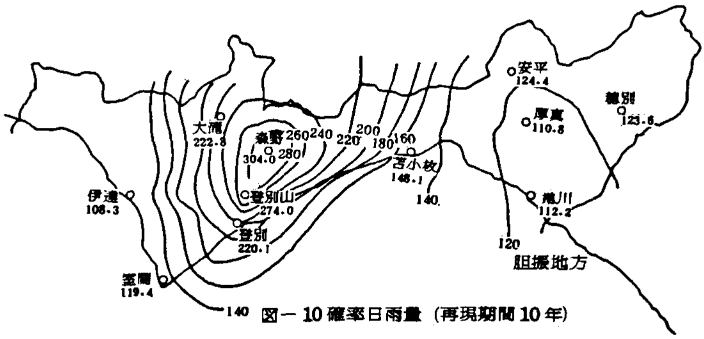
図－7　確率1時間雨量（再現期間10年）



図－8　確率1時間雨量（再現期間50年）



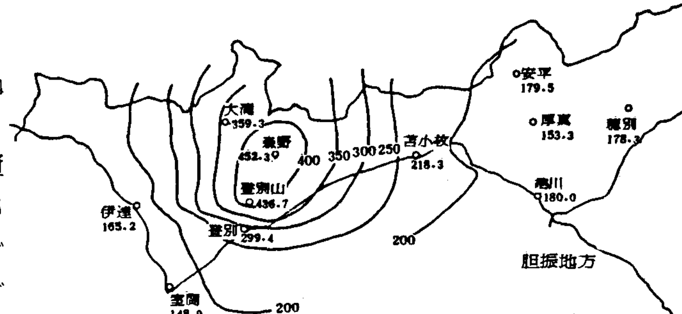
図－9確率1時間雨量（再現期間100年）



図－10確率日雨量（再現期間10年）

5 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が1万年を越えることは、既に述べた。この様な統計資料（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。

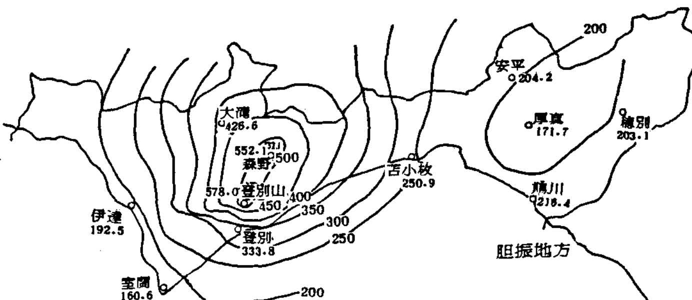


図－11 確率日雨量（再現期間 50年）

5－1 データの棄却検定

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

$$Pr[NPr(x \geqq x_\varepsilon) \geqq r \text{ or } NPr(x \leqq x_\varepsilon) \geqq r]$$
$$= 1 - \sum_{j=0}^{r-1} \frac{N!}{j!(N-j)!}(1-\varepsilon)^{N-j}\varepsilon^j \quad (2)$$



図－12 確率日雨量（再現期間 100年）

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、

$$\varepsilon_0 = 1-(1-\beta_0)^{1/N} \quad (3)$$

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。

5－2 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 $x_\varepsilon = 448\,mm$ の異常率を求める。

基本推定式
$$\log(x+b) = \log(x_0+b) + \frac{\xi}{a}$$
$$\log(x-15) = 1.8102 + 0.2721\,\xi \quad (4)$$

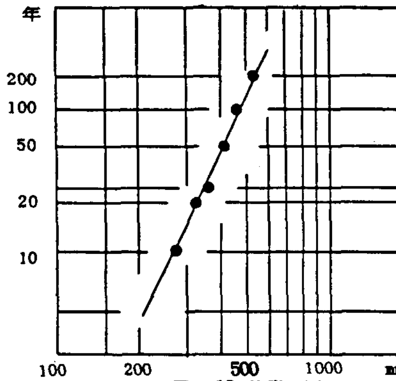
異常値推定式
$$\log(x_\varepsilon+b) = \log(x_0+b) + S_x \cdot r_\varepsilon$$
$$\log(x_\varepsilon-15) = 1.8102 + 0.190\,r_\varepsilon \quad (5)$$

ここに a，b，x_0 は観測資料からさまる定数で、S_x は標準偏差、r_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。$x_\varepsilon = 448\,mm$ に対する異常率は、(4)式′(5)式または図－1から $\varepsilon = 0.005\%$（$F=99.995\%$）となり、危険率 $\beta_0 = 5\%$ の場合の棄却限界 $\varepsilon_0 = 0.128\%$ 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。

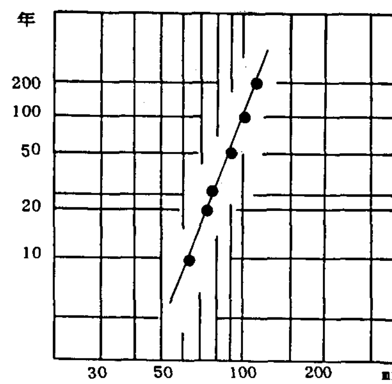
5－3　地域的に拡げた場合の再現期間の推定

前述のように昭和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為に極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性は、さらに大きいと思われる。

そこで新しい試みとして、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、苫小牧の既往最大日雨量448 mmの再現期間の計算を行なった。採用した地点は、確率雨量分布図（図-10～12）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，森野および苫小牧である。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80年となり、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286年となった。計算は岩井法により行ない、それを図示したのが図-13，図-14である。このように、地点雨量による推定法によるよりも、面的に対象地域を拡げると同一雨量における再現期間は短かくなる。



図－13 確率日雨量



図－14 確率1時間雨量

6　結　論

以上検討を加えてきた事を要約すると次の様にまとめる事ができる。

(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。

(b) 既往の確率雨量推定法では、確率紙上で直線を示す地点では、実測値と予測値が良く一致するが、ドッグレッグの場合全く予測できない。しかし、予測を断念すべきは、ドッグレッグ型ではなく、直線型であり、異常豪雨の危険性を最も多く有している。

(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なった。資料の不足等からまだまだ不充分な箇所も多いが、確率雨量の推定に関して何らかの示唆となれば幸いである。

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（I）」　水利科学 No 141

N.KISHIHARA and S.GREGORY : Probable Rainfall Estimates and Problems of Outliners , J.H.58 (1982)

4　坂上，元田，早田（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

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

5　岩井重久・石黒政儀（1970）『応用水文統計学』　森北出版

6　菅原正己（1979）「＜水文雑話＞100年洪水」　水利科学 No 128