

渇水の原因となる少雨の特性について

林, 静夫
九州大学農学部農業気象学教室

元田, 雄四郎
九州大学農学部農業気象学教室

脇水, 健次
九州大学農学部農業気象学教室

<https://doi.org/10.15017/22254>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 42 (1/2), pp.97-102, 1987-12. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

渇水の原因となる少雨の特性について

林 静夫・元田雄四郎・脇水健次

九州大学農学部農業気象学教室
(1987年7月30日 受理)

Characteristics of Low Precipitation on Drought Phenomena

SHIZUO HAYASHI, YUSHIRO MOTODA and KENJI WAKIMIZU

Laboratory of Agricultural Meteorology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-05, Fukuoka 812

緒 言

1978年(昭和53年)の少雨現象は、北部九州を中心として、西日本一帯に空前の水不足をもたらした。福岡市では、翌年にかけて約300日間にもおよぶ給水制限が行われ、市民生活をはじめ、社会・経済に深刻な影響を与え、渇水の厳しさが身に浸みたことは、いまだに記憶に残るところである(和気, 1979)。

最近、「干ばつ」という語にかわつて、「渇水」という表現が、一般に用いられている。これは、少雨による被害の対象が農業だけでなく、社会全般におよびてきたためである。

「干ばつ」という言葉は、英語の“drought”に相当している。

「干ばつ」の定義は、“夏季に長期間雨がほとんど降らず、晴天続きのために水不足になること”と、記されている(和達, 1974)。

また、“drought”は、Webster third international dictionaryによると、“a period of dryness especially protracted and causing extensive damage to crops or preventing their growth”と、定義されている。

要約すると、干ばつとは、長期におよぶ少雨による水の不足が直接的あるいは間接的に作物の生産量に影響をおよぼす現象、といえる。

一方、「渇水」という語には、はつきりした定義はなされていない。しかし、「渇水流量」とか「渇水位」などは、河川流量に関する専門用語として使われているが、一般的な「渇水」とは違つた意味をもっている。

ここでは、渇水は干ばつを含めて、少雨による水不足の現象と解釈することにする。

渇水やその影響は、いつ始まつて、いつ終つたかが

不明瞭であるために、定量化が難かしく、統計的にも取扱いにくい性質を持つている。

渇水の発現は、雨が少ないことがその一義的な原因であるため、少雨の性格や特徴を知ることは、渇水対策を行う上で不可欠な課題となる。したがつて、渇水に関する問題は、少雨の現われ方や程度を、いかに定量化し、水源の確保や水の運用に利用するか、にかかつている。

著者らは、少雨の時間的な変化の特性を、気象学的あるいは水文学的な立場から検討を行ない、雨の降り方の経過に関する少雨の Depth-Duration 解析を行つた(林・元田, 1987)。

著者らが提案した方法では、任意の期間内における少雨の発現傾向を確率的に評価することができ、この情報は、実時間における渇水対策へ十分な精度で利用することが可能である。

ここでは、渇水となつた場合の少雨状態はどのような持続性があり、どのような経過で平年並みに回復するかを確率的に検討したものである。

雨の降り方の変動

わが国の降水量は、東岸気候の特徴をうけてかなり多い方であるが、緯度の違いや地形の影響のために、地域により、また季節により降水量の分布が違つている。また、年による変動も大きい。したがつて、水利利用の面から考えた場合、雨量が多いか少ないかだけの検討ではなく、その変動の大きさについても検討する必要がある。

平均的な年降水量は、北海道 1,020 mm, 東北 1,390 mm, 関東 1,400 mm, 中部 1,930 mm, 近畿 1,960 mm, 中国 1,730 mm, 四国 1,990 mm, そして九州で

は、2,070 mm となつている。北海道と九州では約2倍の差があるが、それでは、九州では十分に利用可能な水に恵まれているかといえ、逆に、最も渇水になりやすい地域の一つともなつている。このように、地域や季節によつて、雨の降り方が安定しているか、あるいは変動が大きいかが、水利用の効率の面からみて、重要な問題となる。

ヨーロッパでは、年平均降水量は700 mm程度であるが、季節変化や年による降水量の変動が少ないために、水の管理や運用が行いやすい状態にある。

このように、雨量を何らかの目的で利用する場合、その量的な大小とともに、雨の降り方の変動の大小が重要な要素となる。

少雨災害や大雨災害についても、降水量の変動の大小が、それらの発生の指標とすることができる。

わが国の雨の降り方からみた降水量の信頼性を検討するために、全国50地点の観測所の30年間の資料を用いて、変動係数(=標準偏差/平均値)を求め、その特徴をみた (Fig. 1)。

変動係数が比較的大きい値を示す地域は、とくに西日本地域、なかでも九州北部と瀬戸内海沿岸、および太平洋沿岸地域である。これらの地域は、年によつて

多く雨が降つたり、降らなかつたりすることが多く、降水量にばらつきが多いことを意味している。すなわち、大雨になるか、あるいは少雨になるという年が比較的多いことを示している。これらの地域の各月の雨量別の生起度数分布は、平均値を境にして、大雨側と少雨側にそれぞれ山をもつ、いわゆる bimode の分布型を示す。

一方、日本海に面した地域は、降水量の変動が少ない地域となつている。

変動係数が大きい値を示す地域は、他の地域に比較して、渇水も発生しやすい傾向にあることを示している。

1カ月の雨量だけでなく、2カ月雨量、3カ月雨量と期間を長くともつても、これらの傾向は、大きく変わることはない。これらの地域は、ある月で少雨を記録した場合、継続して少雨が発生する可能性がある。

いま、わが国の代表的な渇水年といわれる5例について、5月から9月までのかんがい期間の雨量を平年比で表わし、全国的な分布を、Fig. 2 に示す。

Fig. 2 の分布図から、少雨は西日本を中心に発生している。とくに、瀬戸内海地方から九州地方北部は、平年比0.5以下という厳しい少雨に見舞われている、

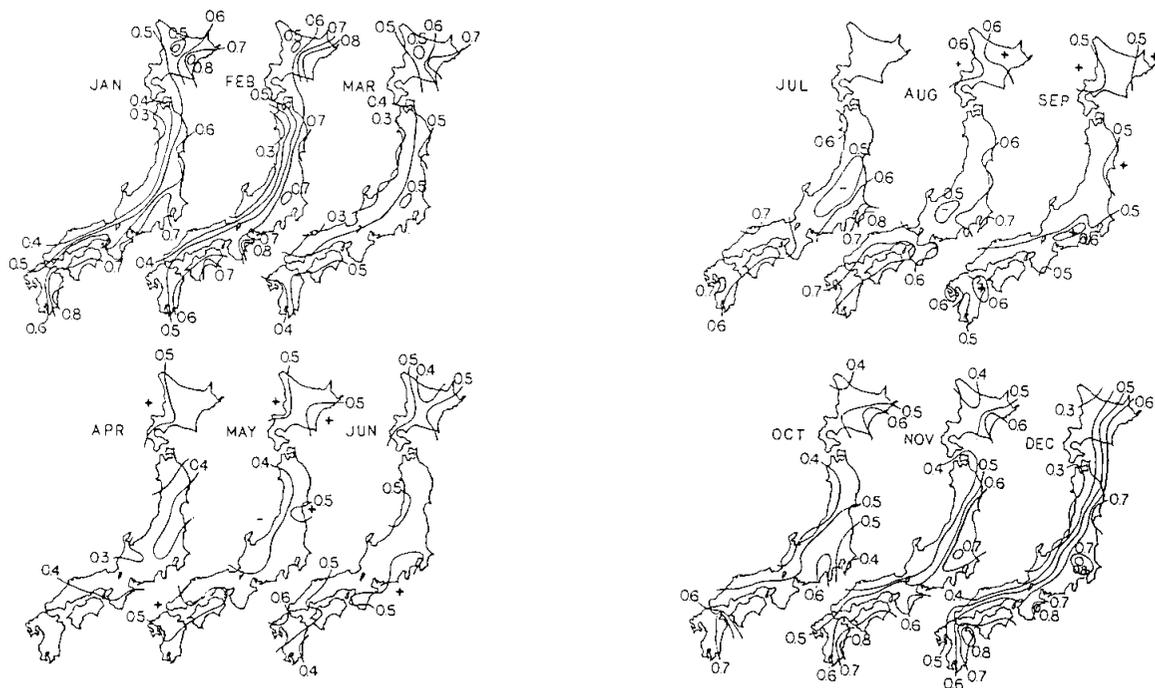


Fig. 1. Isopleths of variation coefficients of one month precipitation in JAPAN.

いわば渇水の常襲地域となつている。1973年の例は、山陰地方と東北地方南部が渇水に見舞われた数少ない例である。

Fig. 2 に示されるように、渇水に見舞われやすい地域は、降水量の変動が大きい地域 (Fig. 1) とよく対応している。

少雨の持続性

短期間の降水量は、年によつて多かつたり、少なかつたり、変動の大きい降り方をする。しかし、期間を3カ月、4カ月、…と長くとるにしたがつて、短期間では異常であつた値は平滑化され、異常な少雨の出現度数は減少し、次第に平均値周辺に収束する。

少雨の持続性は、期間降水量の分散値が平均値に収束する時間 (期間) の長さによつて示すことができる。

ここに、期間降水量は、「任意の月を起点とした連続した任意の期間の積算降水量」を意味する。

いま、Fig. 3 に、ある月を起点とした場合の少雨の持続性の例を示す。図には、各期間の降水量が、平均値より0.8以下、0.6以下および0.4以下となる少雨量の現われ方を実線で示してある。

期間4カ月の場合の交点A、B、Cは、4カ月間の降水量が平均値の0.8、0.6、0.4以下になる生起率で、平均値の0.8以下となる可能性は約30%、0.6以下と0.4以下の場合はそれぞれ4%と1%であることを示す。これは、ある月を起点として、平均値の80%以下の降水量が4カ月間持続する確率は約30%あるということの意味する。平均値の60%および40%以下の降水量についても、同様に解釈できる。

また、このことは、ある月、1カ月の降水量が平均値の80%以下となる可能性は0.44の確率であるが、その後引き続く4カ月の期間降水量では、0.3と起こり難くなることを示している。

一方、ある月、1カ月の降水量で、平均値の40%以下の少雨が出現する可能性は0.11であるが、5カ月後に降水量が平均値の40%以下となるような少雨の状態は出現しない(生起率が0)。すなわち、起点となつたある月で、平均値の40%以下という厳しい少雨は、5カ月間で回復することを示している。

この少雨の持続性を示す曲線は、季節により、また地域によつて違つた形となるが、その地域の降水量を使つて作成しておけば、少雨の持続性や回復期間の推定に利用できる。

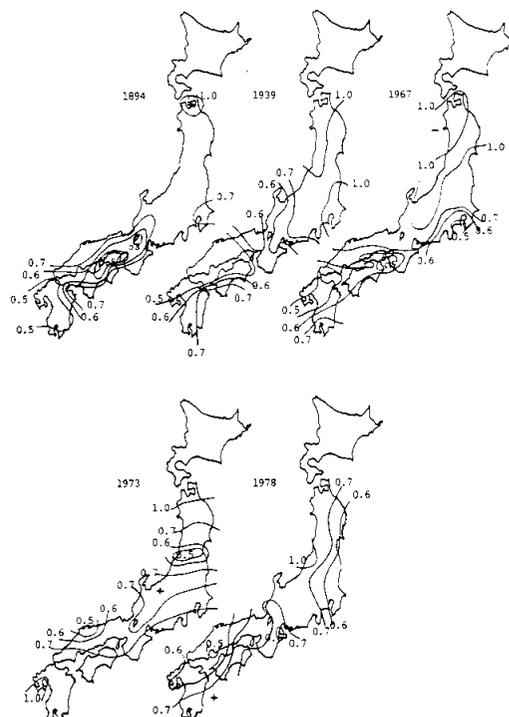


Fig. 2. Isopleths of ratios precipitation during irrigation term (May to Sep.) in representative heavy droughty year to mean precipitation during same term.

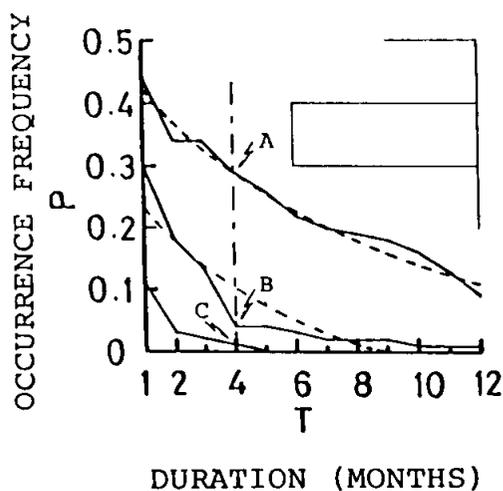


Fig. 3. Relationships examples between occurrence probability and a period of low precipitation duration. (curves: ratios to mean duration precipitation, 0.8, 0.6 and 0.4 to bottom)

少雨の回復

Fig. 3 に示した点線は、少雨の期間に対する生起率を示す近似曲線である。期間降水量の生起率 P と期間 T との関係は、Fig. 4 にモデルで示す。生起率 P は、次式に示す指数関数式で近似できる：

$$P = a \cdot e^{\beta T} \quad (1)$$

ただし、 a 、 β は地域や季節の影響をうける係数である。

(1) 式は、生起率 P に一定のしきい値 (条件値) を

設定すると、任意の平年比について、しきい値に達するまでの期間を知ることができる。すなわち、少雨の強度別の持続期間あるいは回復期間を推定することができる (元田ら, 1982)。

一方、任意期間の少雨の出現確率 (P) を推定する場合には、任意期間 T を代入することによって、生起率を求めることができる。

いま、わが国の 50 地点の観測所を適宜選び出し、(1) 式を利用して平年比 0.6 以下の少雨の場合の各地の係数 a 、 β を求めた (Table 1)。生起率 P のしきい値を 0.05 とした場合、すなわち、20 年に 1 度の少雨について、その持続期間 T を推定した。推定値 T の分布を、

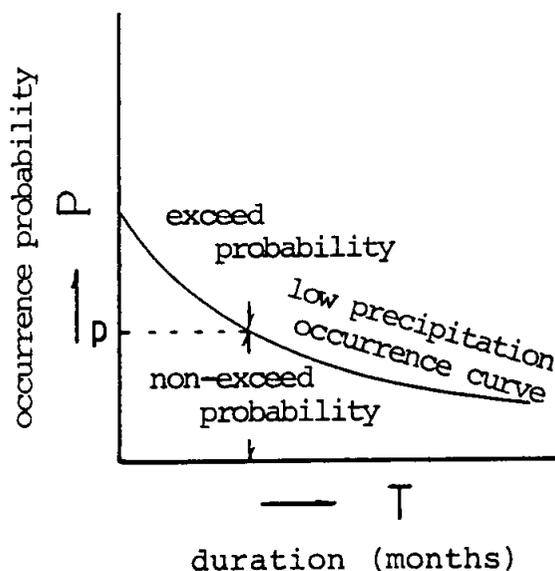


Fig. 4. Low precipitation occurrence curve model.

Table 1. Coefficients a , β in eq. (1).

coeff. \ obs.	Miyazaki	Fukuoka	Takamatsu	Kanagawa	Nagano	Shizuoka	Sendai	Sakata	Sapporo
a	0.221	0.486	0.293	0.358	0.529	0.449	0.511	0.398	0.417
β	-0.335	-0.472	-0.241	-0.451	-0.881	-0.459	-0.523	-0.497	-0.385

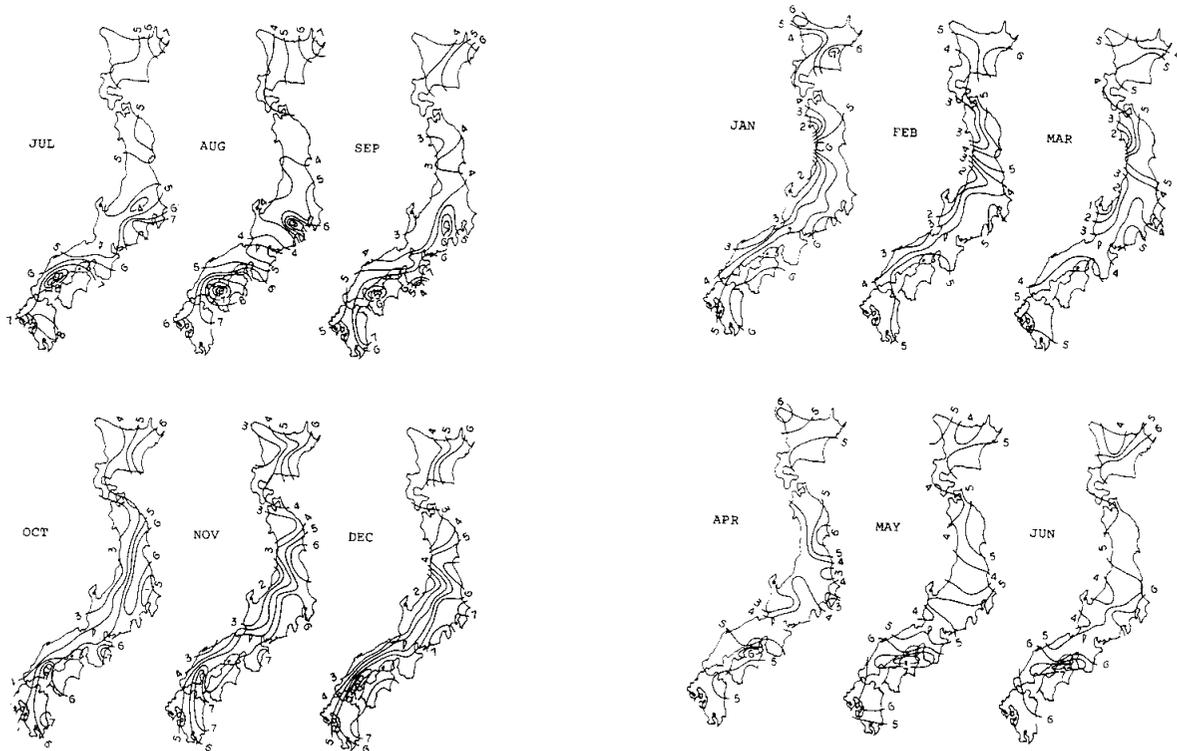


Fig. 5. Isopleths of a period of low precipitation duration under $P=0.05$ in eq. (1). (months)

Fig. 5 に示す。

これは、少雨の非超過確率が 0.05 以下となった場合には、少雨は回復したとみなした場合である。したがって、図中の数値は少雨の持続可能な期間であり、渇水の持続性に関する一種のハザード・マップとみることができる。

なお、(1) 式の検定は決定係数によつて、係数の有意性を検討し、十分有意であることを確かめている。

Fig. 4 によつて、渇水ポテンシャルを考察してみれば、平年比 0.6 以下の少雨は、回復に長期間を必要としている。

一般に、少雨が回復するには、太平洋沿岸地域は、日本海沿岸地域の約 2~3 倍の期間を必要としている。太平洋沿岸地域は季節に関係なく、少雨が長く持続する可能性がある。とくに、関東以南では一年中渇水に見舞われる可能性がある。

過去において、渇水が暖候期に大きくとりあげられたのは、少雨と水の最大需要期が重なり、その影響の度合が大きくなったためであろう。

一方、山陰地方北部から北陸地方にかけては、最も安定した降水量がもたらされる地域である。比較的安定した降水量がもたらされる日本海沿岸地域にあつて、

酒田付近が特異な分布を示している。

九州、瀬戸内海や関東南部の地域では、暖候期以後の少雨回復が非常に悪く、年により台風などによる雨が不規則であるためである。これらの大部分の地域では、期間降水量の分布型で、少雨側にピークがある。

要 約

渇水の発現は、少雨の長期間におよぶ持続が誘因となつている。わが国のように複雑な地形では、降水量の地域分布が大きく異なり、また、季節によつても雨の降り方に大きな変動がある。これは、渇水対策上の水運用計画や水管理計画にとつて、大きな負の要因となつている。そこで、地域的な降水量の変動特性と渇水の発現し易い地域との対比を試みた。

降水量の変動特性は、平均値からのばらつきを相対的に検討するために、変動係数で表現した。

変動係数が大きい地域は、年により雨の降り方に大きな違いがあり、雨の出現度数分布の形状は、平均値を境にして、大雨側と少雨側にそれぞれピークをもつ bimode 型となる。すなわち、少雨が生起する確率は高く、概して渇水が発現し易い。逆に、大雨になる確率も高くなつている。

一方、平年比が1.0以下（例えば、0.8, 0.6, 0.4）の少雨が持続する期間を知ることは、渇水対策上の情報として重要であるため、少雨の持続期間についての解析を行った。この少雨の持続期間が長い地域は、変動係数が大きい地域と良い対応を示している。このような地域では、渇水回復期間を考慮に入れた長期的な貯水位操作や水配分計画をたてる必要がある。

渇水の持続期間あるいは回復期間を推定するための少雨に関する Depth-Duration 関係は、大雨の場合の Depth-Duration 関係と同様な指数近似式で表現できる。近似式中の係数は、その地域の少雨発現の特徴を

表わすものであり、気候指数として利用することも考えられる。

文 献

- 林 静夫・元田雄四郎 1987：渇水に関する少雨の DD 解析，農土論集 130 号，43-51
 和達清夫監修 1974：新版気象辞典，東京堂，82
 和気三郎 1979：福岡渇水と水資源開発，土木学会第 34 回講演会・研究討論会資料，土木学会編，20-22
 元田雄四郎・林 静夫・坂上 務 1982：渇水時における少雨の統計解析，災害資料解析研究，9，15-19

Summary

It is very important that for a drought preventing measure, water utilization and control plans of storages are worked out reasonably and properly. First of all, variations and distributed types characteristics of precipitation and a capable period of low precipitation duration must be investigated in any places.

In this paper, correlations between precipitation variations characteristics shown with a coefficient of variation and droughty places are compared and investigated, and so a capable period of low precipitation duration is estimated with them.

Regions with an inclination of drought occurrence are similar to ones with a large coefficient of variation.

A relation between a magnitude of low precipitation and a period of its duration is the same as a depth-duration relation of low precipitation, and is approximately shown as an exponential equation. And with utilizations of this equation, $P = \alpha e^{\beta T}$, where P : an occurrence probability of low precipitation, T : a duration, α and β : coefficients, a capable period of low precipitation is estimated.