

夏期の渇水について

鬼 沢 洋 一

要 約

那珂湊地方の夏期渇水について過去50年間の資料を用い解析した結果、次の知見を得た。

1. 夏期における渇水は、その年の梅雨期の降水量が平年値の79%以下になると起り易い。
2. 梅雨期の降水量の周期性については3年、11年周期が正相関、1年、12年周期が負相関で有意である。
3. 1926年のような大旱魃の発現確率は50年で2~3回、そして10年に3回位は旱魃傾向になる。
4. 梅雨期における降水量偏差の正負の発現の仕方と太陽黒点総平均緯度との間には大きな負相関がある。

1 序

水資源は我々の生産活動や日常生活にとつて極めて重要な基本的問題である。最近当地方でも水産冷凍加工に必要な水資源について夏期渇水解明の必要に迫られたため、その予報指針の一部として統計的に予備調査をした。夏期渇水がその年の梅雨期における降水量の多寡に支配されることは、すでに明らかである。そのため、ここでは資料として那珂湊気象観測所に於ける明治44年から昭和35年まで50年間の梅雨期降水量を用いて解析を試みた。なお、渇水の記録としては井水位等の観測値がないため旱魃の記録を目安とした。

2 資 料

(1) 梅雨期降水量

梅雨の入りや終りの決め方は仲々難かしく、その期間は地方によつて異なる。矢萩によれば本県に於ける最近5ヶ年の梅雨期間は第1表の通りである。

第 1 表

| 年 次 | 梅雨の入り | 梅雨の終り | 期 間 (日) |
|------|-------|-------|---------|
| 1955 | 6月10日 | 7月 8日 | 29 |
| 1956 | 6月 1日 | 7月25日 | 55 |
| 1957 | 6月 6日 | 7月27日 | 52 |
| 1958 | 6月 8日 | 7月12日 | 35 |
| 1959 | 6月 5日 | 7月25日 | 51 |

したがつてこの表から梅雨期降水量としては台風等の大きな擾乱の影響を除けば6月、7月の合計値で充分代表し得ると思われるのでこれを採用し、前述の50年間における各年の梅雨期降水量を第2表に示した。

第 2 表

単位：mm

| 年次 | 降水量 | 年次 | 降水量 | 年次 | 降水量 | 年次 | 降水量 | 年次 | 降水量 |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| 1911 | 454 | 1921 | 162 | 1931 | 243 | 1941 | 730 | 1951 | 298 |
| 1912 | 484 | 1922 | 255 | 1932 | 297 | 1942 | 214 | 1952 | 462 |
| 1913 | 260 | 1923 | 427 | 1933 | 169 | 1943 | 270 | 1953 | 298 |
| 1914 | 227 | 1924 | 146 | 1934 | 239 | 1944 | 239 | 1954 | 392 |
| 1915 | 161 | 1925 | 268 | 1935 | 299 | 1945 | 314 | 1955 | 87 |
| 1916 | 373 | 1926 | 83 | 1936 | 298 | 1946 | 210 | 1956 | 165 |
| 1917 | 128 | 1927 | 178 | 1937 | 140 | 1947 | 190 | 1957 | 404 |
| 1918 | 225 | 1928 | 288 | 1938 | 769 | 1948 | 300 | 1958 | 171 |
| 1919 | 215 | 1929 | 100 | 1939 | 124 | 1949 | 218 | 1959 | 200 |
| 1920 | 378 | 1930 | 351 | 1940 | 157 | 1950 | 198 | 1960 | 139 |

(2) 早魃の記録

2)

同年間における早魃の記録は第3表の通りである。

第 3 表

| 年次 | 主要早魃月 | 記 事 |
|------|---------|-------------------------------------|
| 1913 | 7, 8 | 本県陸稲5万石減収 |
| 1924 | 6, 7 | 広範囲、顕著な早魃。陸稲12万石、水稻11万石減収 |
| 1926 | 6, 7, 8 | 全国的早魃、群馬県水騒動、本県陸稲4万石、水稻8万石減収 |
| 1931 | 8 | 本県陸稲7万石減収 |
| 1933 | 9 | 全国的早魃、本県陸稲水稻共12万石減収 |
| 1937 | 8 | 関東南部早魃、本県陸稲19万石記録の大減収 |
| 1949 | 7 | 本県陸稲4万石減収 |
| 1951 | 8 | 本県陸稲6万石減収 |
| 1954 | 7, 8 | 本県陸稲5万石減収 |
| 1955 | 6, 7 | 本県陸稲11万石減収 |
| 1958 | 6, 7 | 常陸川流域水位低下のため塩害起る。被害面積は本県面積9万余町歩の45% |
| 1960 | 6, 7, 8 | 調査中 |

これら以外に類以の年もあるが、早魃程度が極めて弱かつたり、記録が不明のものがあるので、それらは除いた。梅雨期降水量が早魃の主因であることは明らかであるが早魃記録の内容が以上の通りであるため

両者の量的関係を明示することは難かしい。しかし、上記の記録は一応の目安となるので、之から確率論的に期待値を求めることにした。以下之について述べることにする。

3 梅雨期降水量の期待値について

(1) 低極値の Return Period について

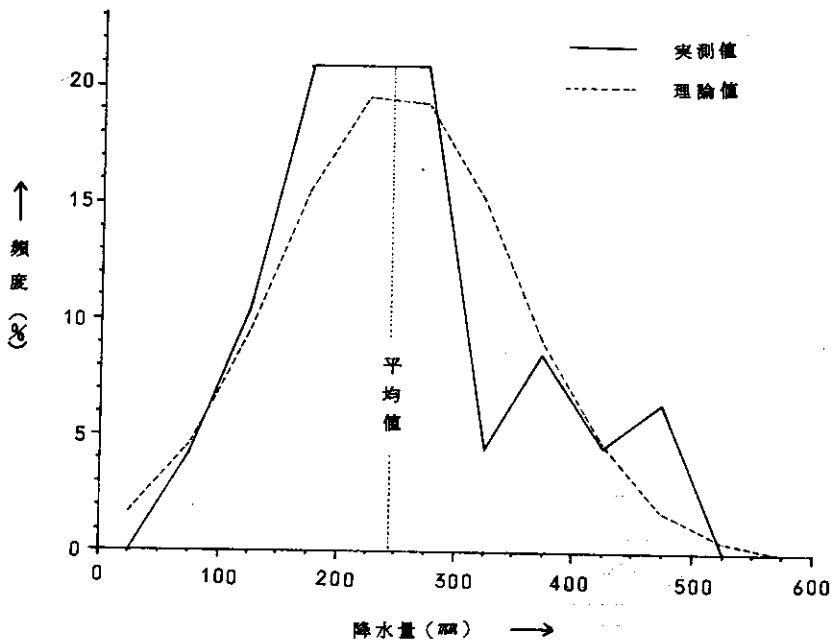
① 降水量の頻度分布型

降水量の頻度分布型についてはすでに鈴木や戸田³⁾によつて γ 分布がよく適合することが指摘されている。そのため第2表の資料から、降水量の頻度分布型を調べた。それによれば max は 769 mm, min は 83 mm でその差が 686 mm であるから級間巾を 50 mm にとり各頻度を示すと第4表の様になる。

第 4 表

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 中心値 (mm) | 25 | 75 | 125 | 175 | 225 | 275 | 325 | 375 | 425 | 475 | 525 | 575 | 625 | 675 | 725 | 775 | 825 | 計 |
| 頻 度 | 0 | 2 | 5 | 10 | 10 | 10 | 2 | 4 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 50 |

この表を見ると、中心値が 725 mm と 775 mm の頻度は各 1 回で、他の階級が非常に離れている。これは 1938 年と 1941 年の梅雨期間中に台風の中心が那珂湊地方附近を通過した特別な場合であり、したがつてこの 2 回を除き正規型の理論値を求め、実測値と対比させてみた、これを第1図に示す。



第1図 梅雨期降水量頻度分布図

この図では r 分布型とも普通の正規分布型ともみられ、余りはつきりしない。そのため、この歪度 β_1 と尖度 β_2 を計算し、 $\sqrt{\beta_1} = -0.604$ 、 $\beta_2 = 2.077$ を得た。ただし、 $n = 48$ である。

いま $\sqrt{\beta_1}$ の5%下限と1%上限を求めると、夫々0.533と0.787となり、 $\sqrt{\beta_1}$ はその中間にあるけれども、 β_2 は n が非常に小さいので当てにならない。すなわち、これだけでは正規性かどうか断定することが出来ないで、さらに χ^2 検定を行った。

これによると、 $\chi^2 = 1.94$ で自由度は8であるから $P < 0.20$ となり、降水量の頻度分布型は正規型と認めることが出来る。平均値および標準偏差値は、 $m = 248 \text{ mm}$ 、 $\sigma = \pm 101 \text{ mm}$ となる。

㊦ 低極値の発現確率

正規分布は周知の通り、変数を x にすれば、

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2}$$

となり、 x を変数変換して $u = \frac{x-m}{\sigma}$ としさらに、 $m=0$ 、 $\sigma=1$ の規準正規分布を考えれば、

$$\phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

また x が $\pm u$ の外側にある確率 $\Phi(u)$

$$\Phi(u) = 1 - 2 \int_0^u \phi(u) du$$

ところで、 x が x_1 より小さい確率を $P_T(x \leq x_1)$ とすれば、

$$P_T(x \leq x_1) = \int_{-\infty}^{x_1} f(x) dx = \int_{-\infty}^{u_1} \phi(u) du$$

であり、これは

$$u < 0 \text{ のとき, } \int_{-\infty}^{u_1} \phi(u) du = \frac{1}{2} \Phi(u_1)$$

$$u > 0 \text{ のとき, } \int_{-\infty}^{u_1} \phi(u) du = 1 - \frac{1}{2} \Phi(u_1)$$

となる。したがって、低極値の場合は $\frac{1}{2} \Phi(u_1)$ の値を求めればよい。そこで第5表に $\frac{1}{2} \Phi(u_1)$ の値を示した。

第 5 表

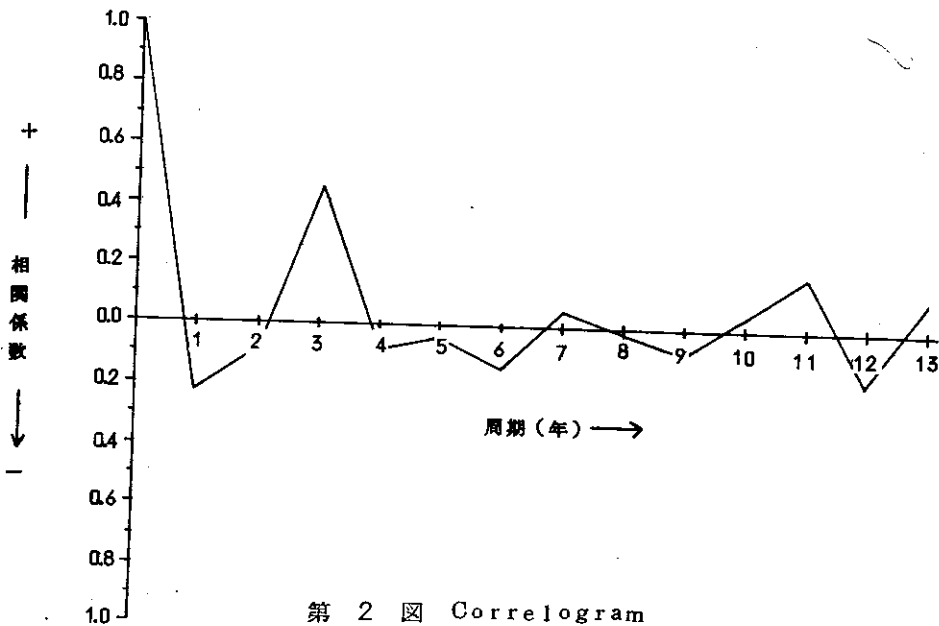
| | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| u | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| $\frac{1}{2} \Phi(u)$ | 0.5000 | 0.4602 | 0.4208 | 0.3821 | 0.3446 | 0.3086 | 0.2743 | 0.2420 | 0.2119 |
| | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 |
| | 0.1841 | 0.1587 | 0.1357 | 0.1151 | 0.0968 | 0.0808 | 0.0668 | 0.0548 | 0.0446 |
| | | | | | | | | | 0.0360 |

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.8 |
| 0.0287 | 0.0228 | 0.0179 | 0.0139 | 0.0107 | 0.0082 | 0.0062 | 0.0047 | 0.0035 | 0.0026 |

| | |
|--------|--------|
| 2.9 | 3.0 |
| 0.0019 | 0.0014 |

1926年梅雨期のように、降水量が83mmで、50年間の最小値を示している場合の発現確率は、 $u = -1.63$ であるから、 $\frac{1}{2}\phi(u) = 0.0516$ となり、Return Period は19.9年となる。すなわち、50年間では2~3回発現することになり、1926年のほか1955年にも87mmという極少降水量が記録されているので、上記の結果は妥当であるとみてよい。

この時の早魃による被害程度は第3表の通りであるが、降水量の多寡と早魃程度との関係は簡単には決められない。合田は、⁴⁾多度津の夏季総降水量と香川県の夏季早魃との関係を調べ多度津の夏季総降水量が300mm以上では起りにくく、300mm以下では非常に起り易く、殊に250mm以下では例外なく早魃凶荒が起るといつている。そのため、ここでは多少難はあるが、目安として第3表に早魃年として記録されている年の u の平均値 \bar{u} をとつてみることにした。それによれば $\bar{u} = -0.520$ ^{*}で $\frac{1}{2}\phi(u) = 0.301$ となり、Return Period は3.3年となるから、10年に3回位は早魃傾向になるといえる。早魃として記録されている $u > 0$ のうち、最大のものは1954年の+1.426で降水量は392mmであつたが、被害は軽微であつた。このように軽度の早魃は $u > 0$ の時でも起きているので注意しなければならない。



第 2 図 Correlogram

※ 降水量にすれば196mmで合田の250mmに比較して大分少なくなつているが合田の場合は8月の降水量も含まれているものと思う。

以上で降水量による旱魃の目安と、その発現確率がわかつたが問題はその発現の仕方である。つきに自己相関法による周期分析の結果について述べることにする

(2) 梅雨期降水量の周期性について

第2表の資料により Auto Correlation を計算し、Correlogram を作った。これを第2図に示す。周期としては一応太陽黒点の11年周期の影響が多少なり現われていることを予想し、13年まで計算した。その結果、正相関が認められるのは周期3, 7, 10, 11, 13, また負相関は1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 12の各年となつた。しかし無秩序の量の周期を求めても3~4の見掛上の周期が現われてくるので、以上の相関係数の誤差を求めてみると、 $n=50$ であるから $\frac{1}{\sqrt{n}} \approx 0.141$ となつて、正相関では3年、11年の各周期[※]が有意性ありと解釈される。

このような周期性を支配するメカニズムは極めて複雑で、その探求の手段を観測や予報のルーチン・ワークの中に求めることは困難であるけれども11年周期の相関係数が+0.186になることから、太陽活動が一つのindexになると考えられる。

(3) 梅雨期降水量と太陽黒点との関係

太陽活動の目安として太陽黒点数がしばしば使われ気象との関係についてもすでに数多くの研究がされている。長尾⁵⁾によれば太陽黒点数が15以下で非常に少ない時は6月の降水量分布の負域の中心が東海地方にあり、Singularityの日はその関東南部に移るといわれ太陽活動と梅雨期降水量との間に密接な関係があることが明らかにされた。しかし、太陽黒点数と第2表の梅雨期降水量を対応させると太陽黒点数の極大期極小期ともに降水量偏差の正負が現われている。そのため、ここでは黒点総平均緯度と対応させてみた、黒点総平均緯度とは、

$$\frac{(\text{北半球の黒点面積} \times \text{その緯度}) - (\text{南半球の黒点面積} \times \text{その緯度})}{\text{南北両半球の黒点面積の和}}$$

で定義され Greenwich 天文台の写真観測から得た藤田⁶⁾の資料を用いた。両者の定量的関係は明らかでないので属性相関をみるため2×2 Contingency Tableを作つた。これを第6表に示す。

第 6 表

| 黒点 総平均緯度 \ 降水量偏差 | + | - | 計 |
|---------------------|----|----|----|
| + | 6 | 17 | 23 |
| - | 9 | 2 | 11 |
| 計 | 15 | 19 | 34 |

なお符号は両者の相対的变化傾向とその大きさを考慮して修正したものをを用いた。降水量偏差の発現の仕方については前述のように若干相関があるので、互に全くの独立事象とみなすことはできないが、一応 χ^2 検定してみると $\chi^2 = 9.3745$, $fd=1$ で $P < 0.01$ となるから、両者の間には有意差ありと認められ

※ 計算を続ければ更に長い周期の相関が現われるかも知れない。渡辺は東京に於ける年降水量の永年変化には40年位の周期があるらしいといっている。

4 結 び

る。すなわち、黒点総平均緯度は早魃予想のための一つの index として充分使いうることがわかる。

今後問題となることは将来における渇水の予想であるがこれは単に降水の量的なものばかりではなく、その降り方にも影響されることが考えられる。平野⁷⁾は、梅雨期の降水量が6月に多いか7月に多いかという配分について22年周期という循環律のあることを明らかにした。

これは非常に重要なことで今後はこのような点とか前述の太陽黒点総平均緯度等の太陽活動との関係そして降水や日照と井水位との有機的関係を明らかにしたい。渇水の記録が無いため渇水は早魃時につきものという考え方で処理をしたり、資料も一箇所のもののみを使用したため大変粗雑なまとめ方をしたが、大方の御叱正を迎ぐと共に幾分なりと御参考になれば幸いである。

文 献

1. 水戸地方気象台編 : 茨城県の気候, 気象協会関東中部支部発行(1959)
2. 同 上
3. 渡 辺 次 雄 著 : 近代気象調査法, 技報堂発行(1959)
4. 同 上
5. 気 象 庁 編 : 研究時報第11巻第10号, 気象協会発行(1960)
6. 気象統計懇話会編 : 気候学の動向, 気象協会発行(1952)
7. 測候研究会編 : 天候と気候, 第11巻第5号, 地人書館発行(1944)