

# 1・5・10・20年単位の長野県における 年降水量の時系列特性

寒川典昭\*・砂長谷浩一\*\*

(平成7年5月31日 受理)

## Time Series Characteristic of 1・5・10・20 Unit Year Annual Precipitation in Nagano Prefecture

Noriaki SOGAWA\*, Koichi SUNAHASE\*\*

The time series characteristic of 1・5・10・20 unit year annual precipitation at Nagano, Matsumoto, Iida, Suwa and Karuizawa in Nagano prefecture is discussed by using a visual observation and a regression analysis. First, the time series graphs of the 1・5・10・20 unit year annual precipitation have been drawn, and their trend and periodism have been considered by the visual observation. The way of pause from the start point, the way of pause from the last point, and the way of the suitable pause are adopted as the 5・10・20 unit year. Next, the regression coefficients have been calculated and the regression lines have been drawn in the time series graphs of the 1・5・10・20 unit year annual precipitation. The results obtained show that the negative trend and the periodism exist in some time series graphs from the visual observation and the regression coefficients are negative values in the all time series graphs except the time series graph of the 20 unit year from the last point at Iida from the regression analysis. That is to say, it is proved that the annual precipitation in Nagano prefecture is on the decrease.

### 1. はじめに

従来、水資源計画（渇水計画）を作成するとき、いままで得られている降水の時系列パターンが、将来も定常的に継続することが仮定されていた。従って、計画の基本量としての確率水文量は、定常頻度分析から得られたものを採用してきている。降水の時系列が短かった時代は、対象時系列に非定常性の存在の確認をすることが難しく、そのためこの定常性の仮定の成立を認めてきた経緯はやむを得ない。しかしながら、かなり長い降水量時系列が整備されてきている現在、もはや非定常性の問題を検討しなければならない段階に達したと言えよう。

著者らはこのような立場から、1年単位の月<sup>1)</sup>、年<sup>2)</sup>、年最大1・2・3日降水量<sup>3)</sup>の時系列特性を検討してきた。その結果、かなりの時系列に非定常性が存在することが明らかになった。一方、最近古期水文学の分野で未観測の洪水データの復元がなされるようにな

\* 社会開発工学科 助教授

\*\* 大学院博士前期課程社会開発工学専攻

ってきた。こうして復元されたデータを記録のあるデータとつなぎ合わせると、そこにも非定常性の存在が見られる場合が多い<sup>4),5),6)</sup>。また、地球の温暖化は降水の時系列パターンを大きく変更する可能性を秘めている<sup>7)</sup>。このような現状に対処するために、まず、データが良く整備されている年降水量の時系列特性を詳細に検討しておくことが重要である。

そのため著者ら<sup>2)</sup>は、過去に一度、長野県内の年降水量の時系列特性を検討しているが、そのときは、データの期間は1987年までであり、最近のデータが使われておらず、また、単位期間が1年のみであり、長期の単位期間の時系列特性については検討されていなかった。ところが、水資源計画の立場からは、できるだけ長い期間のデータが必要であり、更に5・10・20年単位の時系列特性を見ておくことも重要である。

本稿はこうした問題を解決するために、年降水量に焦点を絞り、長野県内の1993年までの1・5・10・20年単位の降水量の時系列特性を検討したものである。

## 2. データの処理方法

データとしては、信州の気候百年誌<sup>8)</sup>と長野県気象月報<sup>9)</sup>から抽出したものをを用いた。対象とした地点は長野県内の市街地近くの低平地に存在する気象官署である長野、松本、飯田、諏訪、軽井沢の5観測所であり、データの期間は、長野(1889年～1993年)、松本・飯田(1898年～1993年)、諏訪(1945年～1993年)、軽井沢(1926年～1993年)である。まず、これらのデータを基礎として、1・5・10・20年単位の時系列を作成した。ここで、5・10・20年単位の期間の取り方も採用したのは、時系列を視覚的に捕らえた場合、その傾向が1年単位のものと比較してより明確になり、かつこのような単位での降水の時系列特性を把握しておくことが、水資源計画の立場から重要であるためである。5・10・20年単位としては、「始めから」、「後から」及び「区切りのよい」取り方を採用した。次に、得られた時系列の直線回帰分析を行い、回帰係数の大きさによって、年降水量の増減傾向とその程度が判断された。

なお、回帰直線は次式で表わされる。

$$y = ax + b \quad (1)$$

ここに、 $x$ は西暦年、 $y$ は年降水量であり、 $a$ 、 $b$ は傾き及び切片を表わすパラメータである。ただし、以下では $a$ のことを回帰係数と呼んでいる。

## 3. 年降水量の時系列特性

ここでは、まず回帰直線を引かない時系列を視覚的に考察し、次に回帰直線を引いた時系列をその回帰直線に基づきながら考察する。ただし、本稿では特徴的なことを述べるに留め、詳細な考察については今後の分析に委ねることにする。

### 3.1 長野

#### (a) 視覚的考察

時系列を視覚的に捕らえてみると、どの時系列でも明確なトレンドを確認することができなかつた。しかしながら、10年単位の時系列では、周期が約50年の変動を認めることができた。

Table 1 The regression coefficients of time series (Nagano).

Way of pause	1year (mm/year)	5years (mm/5years)	10years (mm/10years)	20years (mm/20years)
From start point	-0.581	-3.026	-6.999	-11.764
From last point	-0.581	-3.026	-8.851	-18.523
Way of suitable pause	-0.581	-3.534	-7.690	-13.707

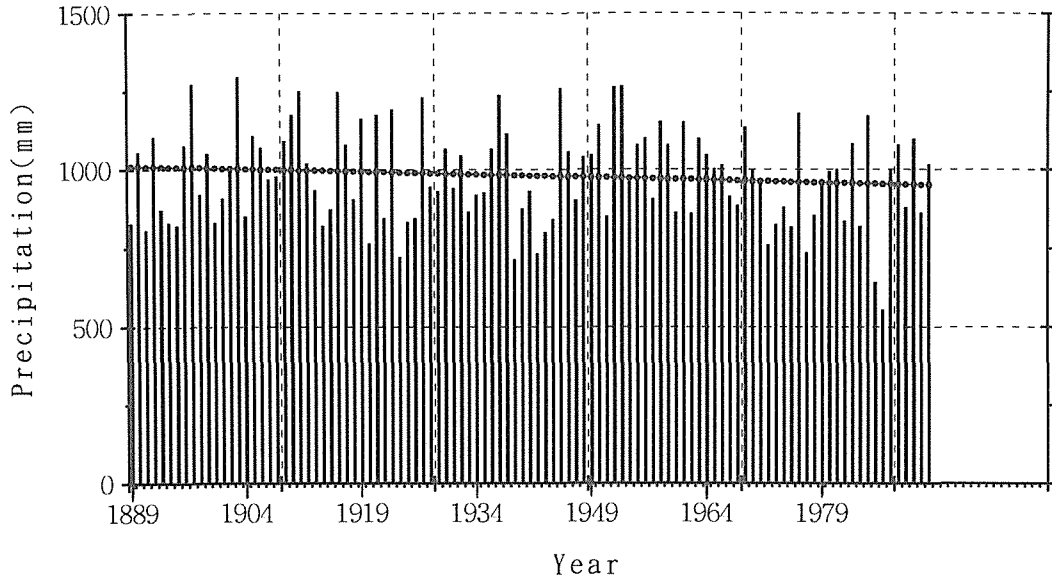


Fig. 1 The time series of the 1 unit year and its regression line (Nagano, ---○--- : regression line).

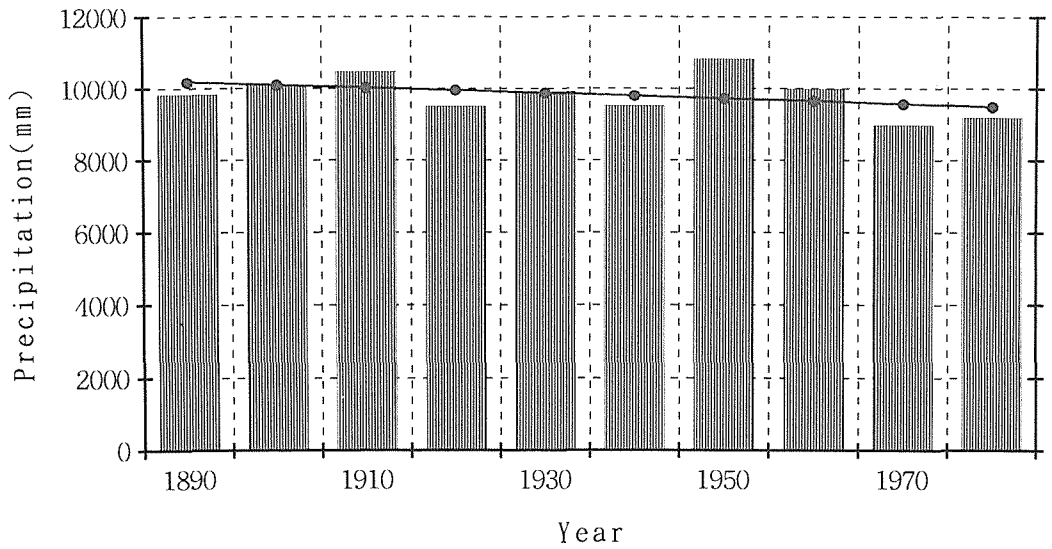


Fig. 2 The time series of the 10 unit year by the way of the suitable pause and its regression line (Nagano, ---○--- : regression line).

## (b) 回帰直線による考察

回帰分析の結果得られた回帰係数の値を Table 1 に示している。また、時系列の回帰直線の例として、1年単位の時系列を Fig. 1 に、区切りのよい10年単位の時系列を Fig. 2 に掲載している。Table 1 の結果から、全ての時系列において、回帰係数が負の値をとっていることが分かる。すなわち、降水量の経年変化は減少傾向にあり、その減少率は1年単位の時系列で見ると、平均的に見て1年間に0.581mmである。始めから5年単位及び後から5年単位の時系列では、切り捨てられたデータがないので、直線の傾きは1年単位の時系列のほぼ5倍となっている。特徴的なことは、後から20年単位の時系列の回帰係数の値が1年単位のその20倍よりかなり上回っていることである。この理由は、切り捨てた1889-1893年の区間はデータの値が小さかったことに起因するものと考えられる。

## 3.2 松本

## (a) 視覚的考察

時系列を視覚的に捕らえてみると、長野と比較して、特に10年単位及び20年単位の時系列では、ほとんどの場合で減少傾向を明確に読み取ることができた。ただし、1年単位の時系列及び5年単位の時系列では明確なトレンドを確認することができなかった。また、

Table 2 The regression coefficients of time series (Matsumoto).

Way of pause	1year (mm/year)	5years (mm/5years)	10years (mm/10years)	20years (mm/20years)
From start point	-1.175	-6.723	-17.225	-42.122
From last point	-1.175	-6.019	-11.498	-6.180
Way of suitable pause	-1.175	-7.152	-14.877	-44.155

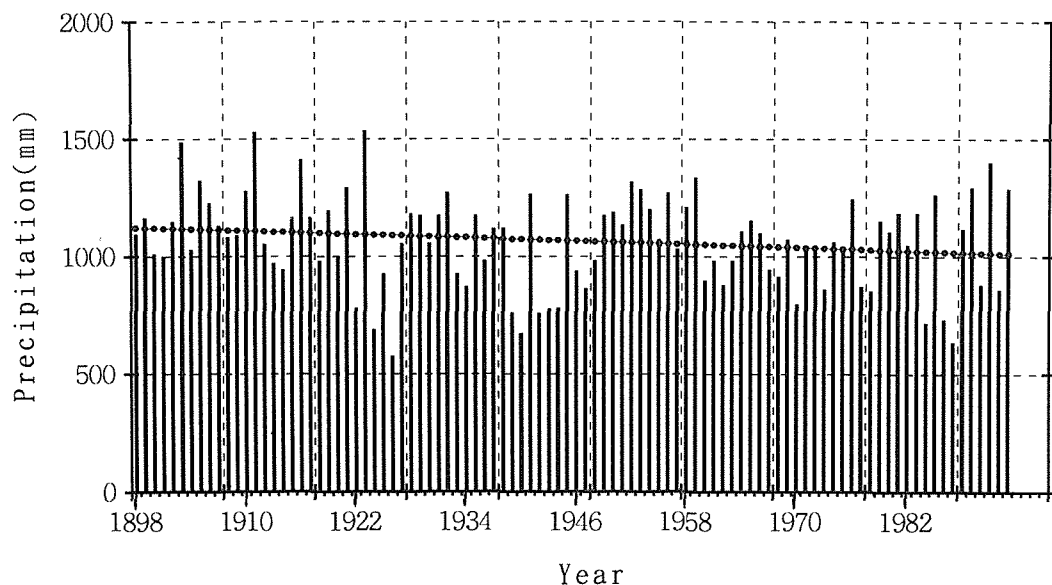


Fig. 3 The time series of the 1 unit year and its regression line (Matsumoto,  $\cdots$  : regression line).

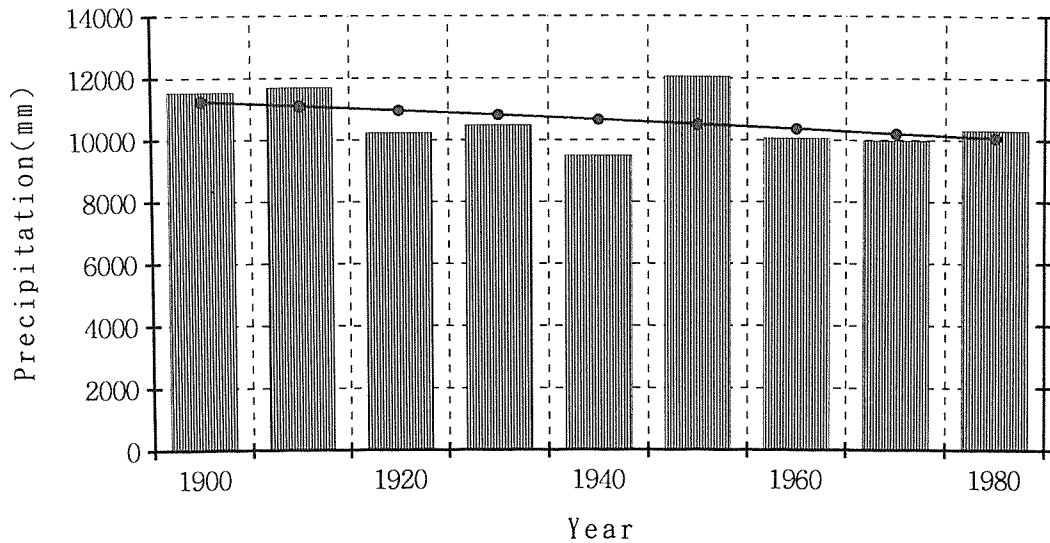


Fig. 4 The time series of the 10 unit year by the way of the suitable pause and its regression line (Matsumoto,  $\bullet\text{---}\bullet$ : regression line).

10年単位の時系列では、周期が約50年の変動を認めることができた。

(b) 回帰直線による考察

回帰分析の結果得られた回帰係数の値を Table 2 に示している。また、時系列の回帰直線の例として、1年単位の時系列を Fig. 3 に、区切りのよい10年単位の時系列を Fig. 4 に掲載している。Table 2 の結果から、全ての時系列において、回帰係数が負の値をとっていることが分かる。すなわち、降水量の経年変化は減少傾向にあり、その減少率は1年単位の時系列で見ると、平均的に見て1年間に1.175mmである。特徴的なことは、後から20年単位の時系列の回帰係数の値の絶対値が、始めから20年単位の時系列及び区切りのよい20年単位の時系列の回帰係数の値の絶対値と比較して大幅に小さいことである。この理由は、後から20年単位の時系列で切り捨てた1898-1913年の区間のデータが大きな値を示していたことによる。

### 3.3 飯田

(a) 視覚的考察

時系列を視覚的に捕らえてみると、どの時系列でも明確なトレンドを確認することができなかつた。しかしながら、5年単位の時系列と10年単位の時系列で、周期が約55-60年

Table 3 The regression coefficients of time serie (Iida).

Way of pause	1year (mm/year)	5years (mm/5years)	10years (mm/10years)	20years (mm/20years)
From start point	-1.778	-10.113	-23.899	-40.056
From last point	-1.778	-8.484	-11.876	6.821
Way of suitable pause	-1.778	-9.229	-18.803	-41.340

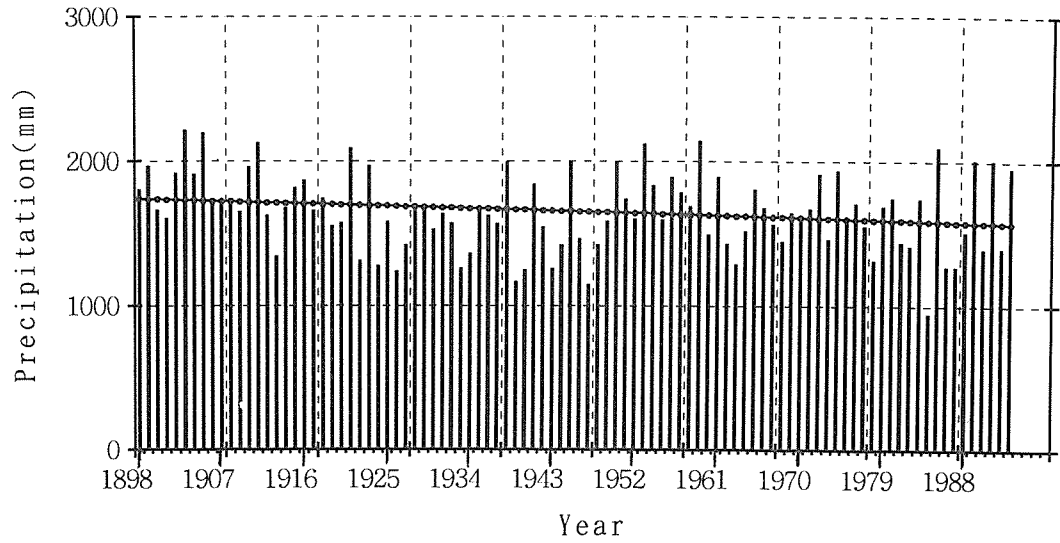


Fig. 5 The time series of the 1 unit year and its regression line (Iida,  $\bullet\text{---}\bullet$ : regression line).

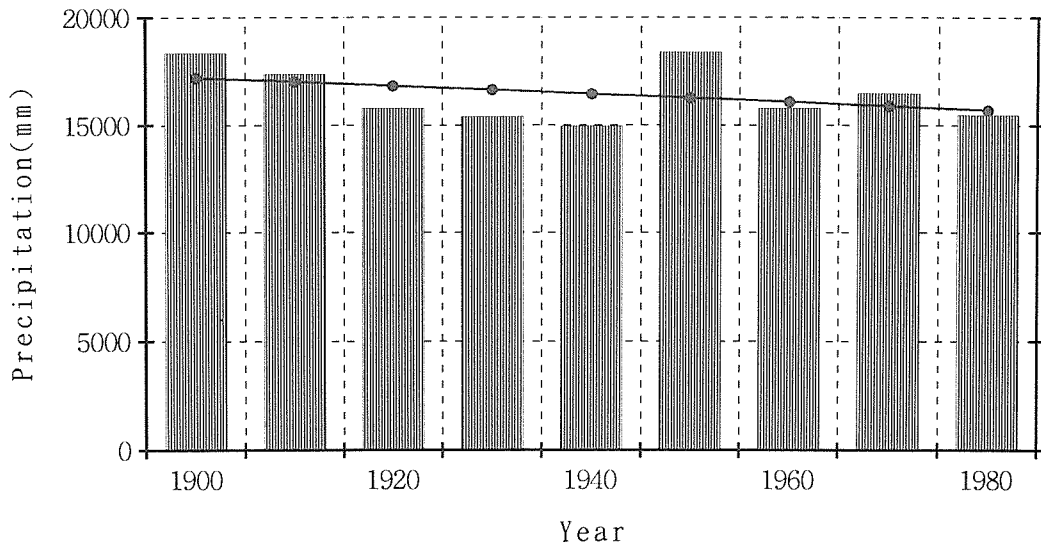


Fig. 6 The time series of the 10 unit year by the way of the suitable pause and its regression line (Iida,  $\bullet\text{---}\bullet$ : regression line).

の変動を認めることができた。

(b) 回帰直線による考察

回帰分析の結果得られた回帰係数の値を Table 3 に示している。また、時系列の回帰直線の例として、1年単位の時系列を Fig. 5 に、区切りのよい10年単位の時系列を Fig. 6 に掲載している。Table 3 の結果から、後から20年単位の時系列の回帰係数を除き、全ての時系列において、回帰係数が負の値をとっていることが分かる。すなわち、多くの時系

列の降水量の経年変化は減少傾向にあり、その減少率は1年単位の時系列で見ると、平均的に見て1年間に1.778mmである。この値は5地点の気象官署の中でその絶対値が最大である。後から20年単位の時系列の回帰係数が正の値をとった理由は、松本のときの後から20年単位の時系列のときに加え、飯田の後から10年単位の時系列の1924-1933年及び1934-1943年の両時点のデータの値が小さいためである。以上のことを考慮すると、飯田の時系列の特徴は松本の時系列の特徴と似ていて、飯田の方がその特徴が明確に現れたと言えよう。

### 3.4 諏訪

#### (a) 視覚的考察

時系列を視覚的に捕らえてみると、どの時系列でも明確なトレンド及び周期を確認することができなかった。

#### (b) 回帰直線による考察

回帰分析の結果得られた回帰係数の値を Table 4 に示している。また、時系列の回帰直線の例として、1年単位の時系列を Fig. 7 に、区切りのよい10年単位の時系列を Fig. 8 に掲載している。Table 4 の結果から、全ての時系列において、回帰係数が負の値をとっ

Table 4 The regression coefficients of time series (Suwa).

Way of pause	1year (mm/year)	5years (mm/5years)	10years (mm/10years)	20years (mm/20years)
From start point	-1.372	-9.498	-19.934	—
From last point	-1.372	-15.984	-19.795	—
Way of suitable pause	-1.372	-9.498	-54.224	—

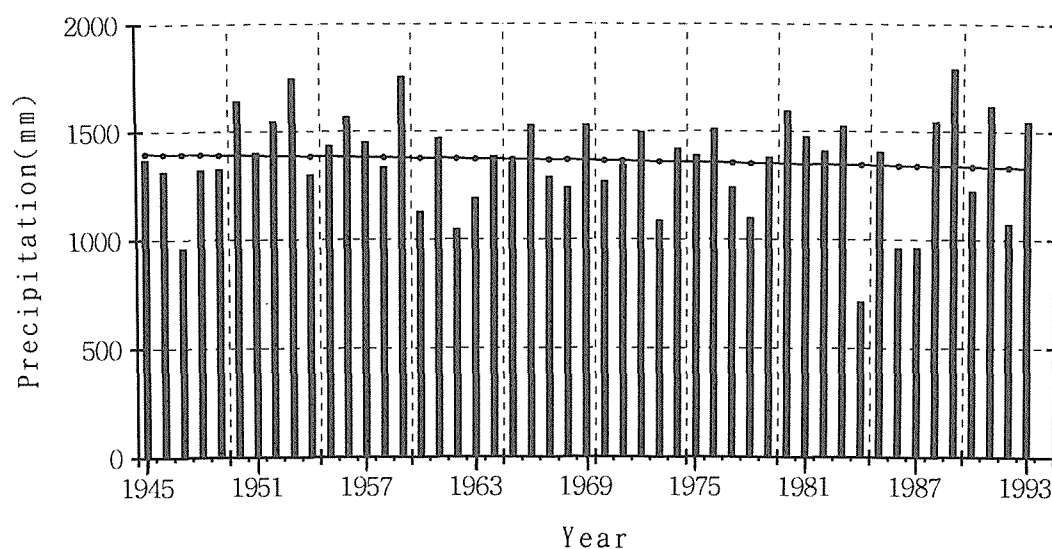


Fig. 7 The time series of the 1 unit year and its regression line (Suwa, ---: regression line).

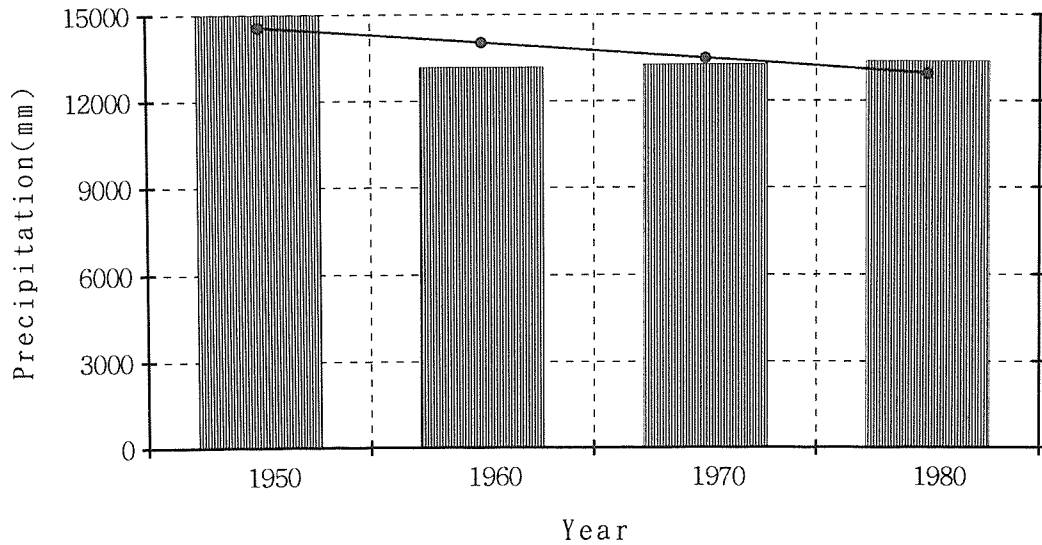


Fig. 8 The time series of the 10 unit year by the way of the suitable pause and its regression line (Suwa,  $\rightarrow\rightarrow\rightarrow$ : regression line).

ていることが分かる。すなわち、降水量の経年変化は減少傾向にあり、その減少率は1年単位の時系列で見ると、平均的に見て1年間に1.382mmである。なお、20年単位のデータ数は2個であるため、回帰分析はなされていない。特徴的なことは、区切りのよい10年単位の時系列の回帰係数の絶対値が他の2つの10年単位の時系列の回帰係数の絶対値に比べて、大幅に大きいということである。この理由は、区切りのよい10年単位の時系列で切り捨てた最初の区間の1945-1949年のデータの値は小さくて、かつ後の区間の1990-1993年のデータの値は比較的大きいためである。

### 3.5 軽井沢

#### (a) 視覚的考察

時系列を視覚的に捕らえてみると、どの時系列でも明確なトレンドを確認することができなかった。ただ、どの時系列においても、1950年代付近の区間のデータの値が大きく、5年単位の時系列と10年単位の時系列では、周期が約50年の変動を認めることができた。

#### (b) 回帰直線による考察

回帰分析の結果得られた回帰係数の値を Table 5 に示している。また、時系列の回帰直線の例として、1年単位の時系列を Fig. 9 に、区切りのよい10年単位の時系列を Fig.

Table 5 The regression coefficients of time series (Karuizawa).

Way of pause	1year (mm/year)	5years (mm/5years)	10years (mm/10years)	20years (mm/20years)
From start point	-0.654	-6.325	-7.020	-5.392
From last point	-0.654	-3.551	-11.973	-33.963
Way of suitable pause	-0.654	-6.579	-14.687	-23.920



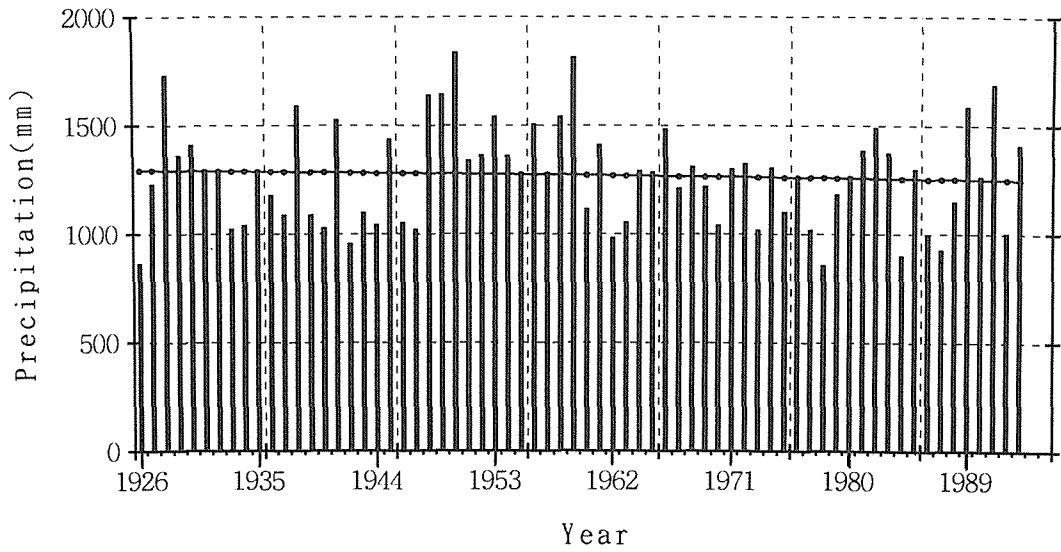


Fig. 9 The time series of the 1 unit year and its regression line (Karuizawa,  $\bullet\text{---}\bullet$ : regression line).

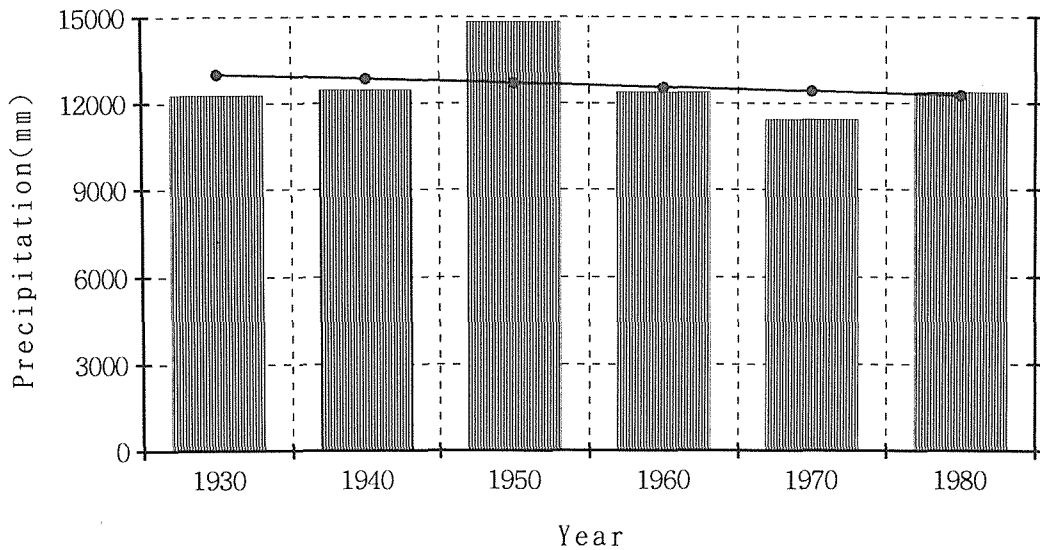


Fig. 10 The time series of the 10 unit year by the way of the suitable pause and its regression line (Karuizawa,  $\bullet\text{---}\bullet$ : regression line).

10 に掲載している。Table 5 の結果から、全ての時系列において、回帰係数が負の値をとっていることが分かる。すなわち、降水量の経年変化は減少傾向にあり、その減少率は1年単位の時系列で見ると、平均的に見て1年間に0.654mmである。特徴的なことは、始めから5年単位の時系列、始めから10年単位の時系列及び始めから20年単位の時系列の回帰係数にあまり大きな変動が見られなかったということである。この理由は、これらの時系列で切り捨てた1986-1993年のデータを無視して1年単位の時系列を見ると、ほぼ左右

対象になっているためと考えられる。

### 3.6 回帰係数のまとめ

3.1-3.5で述べてきたように、回帰係数は、飯田の後から20年単位の時系列を除いた全ての時系列で負の値が得られた。従って、このような多面的な側面からみて、長野県の市街地近くの低平地の年降水量は減少傾向にあることが認められた。減少傾向の絶対値の最大の値は、次の通りであった。

- ① 1年単位の時系列では飯田の1.778mm/年。
- ② 始めから5年単位の時系列では飯田の10.113mm/5年、後から5年単位の時系列では諏訪の15.984mm/5年、区切りのよい5年単位の時系列では諏訪の9.498mm/5年。
- ③ 始めから10年単位の時系列では飯田の23.899mm/10年、後から10年単位の時系列では諏訪の19.795mm/10年、区切りのよい10年単位の時系列では諏訪の54.224mm/10年。
- ④ 始めから20年単位の時系列では松本の42.122mm/20年、後から20年単位の時系列では軽井沢の33.963mm/20年、区切りのよい20年単位の時系列では松本の44.155mm/20年。

以上が、長野県の水利計画を策定する場合の最も危険な年降水量の減少時系列であり、計画の策定上重要な値と考えられる。

## 4. あとがき

従来、水利計画を策定するための確率水文量として、定常頻度分析を利用してきた。しかしながら、年降水量の時系列に非定常性が存在する場合、この定常頻度分析は、前提となる水文量時系列の定常性の仮定が満足されないため、利用することができず、現在研究中の非定常頻度分析<sup>1),2),3)</sup>へと移行していかなければならない。本稿は上述のことを主目的として、長野県内の気象官署の5つの観測所である長野、松本、飯田、諏訪、軽井沢の1・5・10・20年単位の年降水量時系列の特性を検討した。ここで、5・10・20年単位としては、「始めから」、「後から」、及び「区切りのよい」それぞれの単位年の取り方を採用した。得られた成果は、飯田の後から20年単位の時系列を除いて、その他全ての時系列は降水が減少傾向にあるというものであった。これは重要な結果としてとらえなければならない。1年単位の時系列で見ると、その減少傾向は、長野で0.581mm、松本で1.175mm、飯田で1.778mm、諏訪で1.372mm、軽井沢で0.654mmであった。すなわち、これらの値は地点により変動はあるが、確実に減少していることが読み取れる。こうして、得られた結果は、水利計画の確率水文量を算定するとき、定常頻度分析では不十分であり、非定常頻度分析が必要であることを示している。なお、今後の課題としては、以下のことを挙げる事ができる。

- 1) 対象時系列に対して、コレログラム解析及びピリオドグラム解析を用いて周期の検出をする。
- 2) 本稿で求めた回帰係数の統計的な有意性の検討をする。
- 3) 本稿の研究を、月及び季節降水量に適用して、月毎及び季節毎の時系列特性を把握する。

## 参考文献

- 1) 寒川典昭, 中村 哲, 山田広樹: 長野県における月降水量時系列の経年変化と確率水文量, 第4回

- 水資源に関するシンポジウム前刷集, pp.775-780(1992).
- 2) 寒川典昭, 中村 哲, 山田広樹: 年降水量時系列の経年変化と非定常水文頻度分析, 環境システム研究, 第20巻, pp.25-32(1992).
  - 3) 寒川典昭, 中村 哲, 山田広樹: 年最大1・2・3日降水量時系列に存在する非定常性と非定常確率水文量の推定, 日本統計学会誌, 第23巻, 第2号, pp.249-262(1993).
  - 4) R. H. Webb: Late holocene flooding on the Escalante river, south-central Utah, Ph. D. Dissertation, The University of Arizona, Tucson, AZ(1985).
  - 5) J. C. Knox: Responses of floods to holocene climate change in the upper Mississippi Valley, Quaternary Research, Vol. 23, pp. 287-300(1985).
  - 6) 寒川典昭, 山下伊千造, 南 志郎: 千曲川下流の歴史洪水の復元と考察, 土木史研究, 第12号, pp. 251-262(1992).
  - 7) 地球温暖化影響研究会: 地球温暖化による社会影響(技報堂出版) pp.8-49 (1990).
  - 8) 長野地方気象台: 信州の気候百年誌(長野地方気象台) pp.174-182 (1988).
  - 9) 財団法人日本気象協会長野センター: 長野県気象月報(財団法人日本気象協会長野センター)(1988-1993).