

降水が地温に及ぼす影響について (1)

— 高知大学農学部気象観測データの解析 —

山 村 善 洋

(農学部 土地保全学研究室)

On the Effects of Rainfall on the Earth Temperature (1)

— Analysis of Meteorological Observation Data
of Kochi University —

Yoshihiro YAMAMURA

Laboratory of Land Conservation, Faculty of Agriculture

Abstract: The earth temperature is influenced by many meteorological factors in nature and varies during a day and a year. And yet, the earth temperature has many significant effects on crop cultivation and sometimes injures crops.

In this report, the writer considers the effects of rainfall on the earth temperature and reports the analyzed results from the data for 20 years according to the meteorological monthly reports of Faculty of Agriculture from the year 1960 to 1979.

In consequence, the precipitation is recognized as one factor which relates significantly to the variation of the earth temperature.

緒 言

地温は、作物の生育生理と密接な関係を持っている。特に、地温が作物の生育期に異常に高くなったり、低くなったりすると、作物の生育に障害が生じ、営農上にも重要な意義をもっている。最近では施設による温度調節が盛んであるが、その反面、省エネルギー対策が問題となって、種々の検討がなされている。

一方、微視的観点からも、地温は、土壌面からの蒸発、それに伴う土壌水分の移動を考える上で不可欠の要因である。

この報告は、地温変動の実態を明らかにするために、農学部の気象観測データのうち、地温、降水量、気温の20ヶ年(1960~1979)のデータを解析し、その結果を整理し考察を加えたものである。

結果および考察(その1)

旬平均地温と旬平均気温

Table 1 は、農学部気象観測月報のデータのうち、地温(地表面、0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 2.0 m 深さの7点)と気温のデータを基に、各年、各旬毎の平均を算定し、更に、その20ヶ年の平均値を求めた結果である。観測データは、午前9時のものである。

尚、この報告では、旬平均地温は10日の平均で、1旬が、8, 9, 11日の旬は、旬計を旬の日数で割って算出、欠測のある場合は、観測実日数で算出している。

Table. 1 The average of ten-day mean air and earth temperature for 20 years (from 1960 to 1979).

Time of Year	E. J	M. J	L. J	E. F	M. F	L. F	E. M	M. M	L. M	E. A	M. A	L. A	
Air Temp.	5.7	5.2	5.6	5.9	7.2	7.8	9.2	10.3	11.9	14.1	16.3	18.1	
Earth Temp.	0.0m	5.4	4.9	4.9	5.3	6.2	7.2	8.2	9.3	11.2	13.3	15.4	17.3
	0.1	6.6	6.0	6.2	6.1	6.8	7.7	8.6	9.5	11.1	13.0	15.0	17.0
	0.2	7.8	7.3	7.3	7.1	7.4	8.2	9.4	9.7	11.7	13.5	15.3	17.3
	0.3	8.5	7.9	8.0	7.8	8.4	9.0	9.8	10.1	12.1	13.6	15.4	17.3
	0.5	9.6	8.9	8.8	8.5	9.0	9.5	10.2	11.0	12.3	13.7	15.3	16.9
	1.0	11.3	10.5	10.2	9.7	10.0	10.2	10.6	11.8	12.4	13.2	13.8	15.9
	2.0	14.0	13.3	12.8	12.1	11.8	11.7	11.7	11.8	12.4	12.6	13.3	14.1
Time of Year	E. M	M. M	L. M	E. J	M. J	L. J	E. J	M. J	L. J	E. A	M. A	L. A	
Air Temp.	19.1	20.2	21.5	22.5	23.0	24.1	25.6	27.4	28.3	28.7	28.2	26.4	
Earth Temp.	0.0	18.4	19.7	21.0	22.1	23.0	24.2	25.7	27.4	28.2	28.6	28.1	27.3
	0.1	17.8	19.1	20.2	21.4	22.4	23.7	24.9	26.5	27.3	27.8	27.5	27.0
	0.2	18.1	19.4	20.4	21.5	22.5	23.6	24.8	26.4	27.2	27.9	27.6	27.1
	0.3	18.2	19.4	20.4	21.6	22.3	23.5	24.6	26.1	27.1	27.6	27.5	27.0
	0.5	17.9	19.1	20.1	21.2	21.9	23.0	24.1	25.5	26.4	27.0	26.9	26.6
	1.0	16.9	17.8	18.7	19.7	20.5	21.5	22.4	23.2	24.4	25.1	25.2	25.1
	2.0	14.9	15.6	16.4	17.1	17.9	18.6	19.2	20.0	20.8	21.5	21.8	21.9
Time of Year	E. S	M. S	L. S	E. O	M. O	L. O	E. N	M. N	L. N	E. D	M. D	L. D	
Air Temp.	26.4	24.9	23.3	21.3	19.7	18.0	16.4	13.9	11.4	9.2	8.2	7.0	
Earth Temp.	0.0	26.5	25.0	23.3	21.0	19.0	17.2	15.7	13.4	10.9	8.9	7.9	6.7
	0.1	26.2	24.7	23.2	21.2	19.3	17.6	16.3	14.1	12.2	10.0	9.0	7.9
	0.2	26.5	25.2	23.8	21.9	20.1	18.6	17.2	15.3	12.8	11.3	10.2	9.2
	0.3	26.5	25.3	24.0	22.3	20.5	18.9	17.6	15.8	14.0	12.1	10.8	9.7
	0.5	26.2	25.2	24.0	22.5	20.9	19.5	18.1	16.5	14.8	13.0	11.8	10.7
	1.0	25.1	24.5	23.6	22.5	21.2	19.9	18.8	17.4	16.1	14.6	13.5	12.4
	2.0	22.4	22.7	22.3	21.7	21.1	20.3	19.6	18.8	17.9	16.8	15.9	15.3

平均旬降水量と日降水量の階級別度数分布

Fig. 1 (a)は、旬降水量の20年間の平均を各旬毎に示した図である。

Fig. 1 (b)は、各旬における20年間の日降水量を6階級に分類し、各階級の頻度を日数で表わした図である。

尚、この報告では、旬降水量は、1旬の日数に関係なく、その旬間の降水量の総計をもって旬降水量としており、欠測の場合は原則として0として処理している。

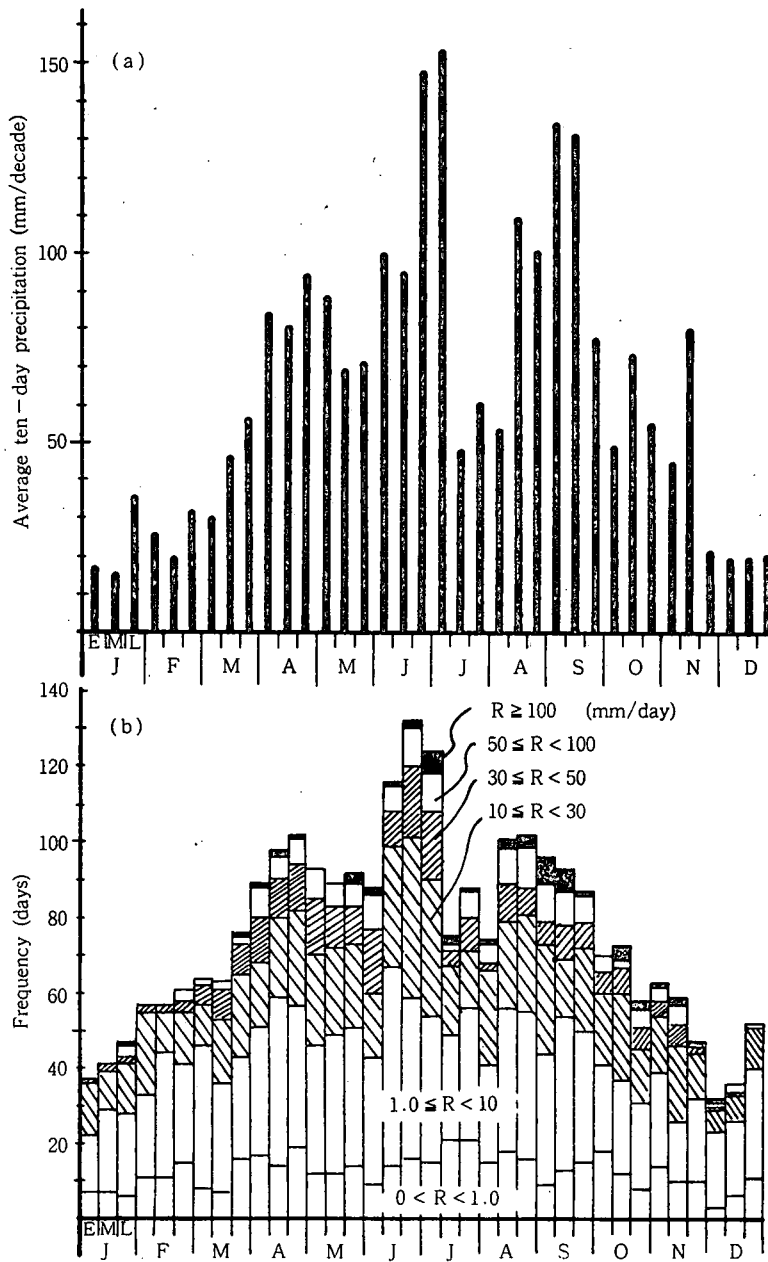


Fig. 1 (a) Annual variation of average of ten-day precipitation for 20 years

(b) Annual variation of average of frequency of ranked daily amount of precipitation for 20 years.

旬平均気温と旬平均地温との関係

Fig. 2 は、旬平均気温と旬平均地温との関係が、1年36旬でどの様に変動するかを見るために、Table 1 のデータを基にプロットした図である。

旬平均気温 (T_a) と旬平均地表面温度 (T_s) との相関は非常に高く直線で近似され、その関係は次式で表わされる。

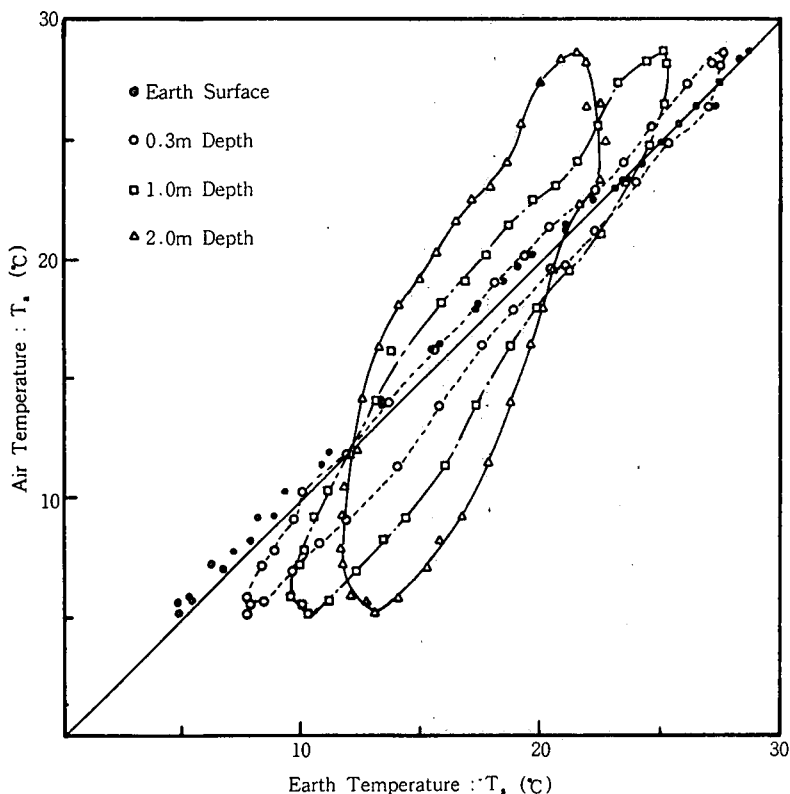


Fig. 2 Relations between ten-day mean air and earth temperature for various depth.

$$T_s = 1.03 T_a - 0.9$$

$$r = 0.999$$

Fig. 2 にも見られる如く、地温は、深さが増すにつれてピーク起時が遅れ、そのループは楕円状になり、その軸の方向も45°から次第に立ってくる。地温不易層付近の地温の場合には、軸はほぼ90°に立ち、ループも直線となり気温の変動の影響を受けない様子を示すものと考えられる。

旬平均地温プロフィールの経年変化

Fig. 3 は、Table 1 に示した旬平均地温の20ヶ年平均の各月の中旬のデータを基に、地温のプロフィールの経年変化を示した図である。破線は、地温が上昇していく過程、実線は地温が下降していく過程を示している。一点鎖線は、地温の温度勾配がほぼ無くなる4月上旬と9月下旬のプロフィールを示したものである。

Fig. 4 は、各深さにおける地温の旬平均の最高、最低および年較差をプロットした図である。但し、2 m以深5 mまでは2 mまでのデータより求めた近似式により外挿したものである。

年較差 (R_a) と深さ (X) との関係は次式で表わされる。

$$R_a = 22.6 \exp(-0.367 \cdot x)$$

年較差が0.1°Cとなる深さを求めると、約15.0mとなる。即ち、地温不易層が観測地点付近では、地表下約15.0mと推定される。

一方, Fig. 4 に見られる如く, 地温は, 地表下5.0mで約16°C, 年較差も1.0°C前後になるものと考えられる。実態は, 観測地点付近における地下水位の変動と同時に地温を実測する必要がある。

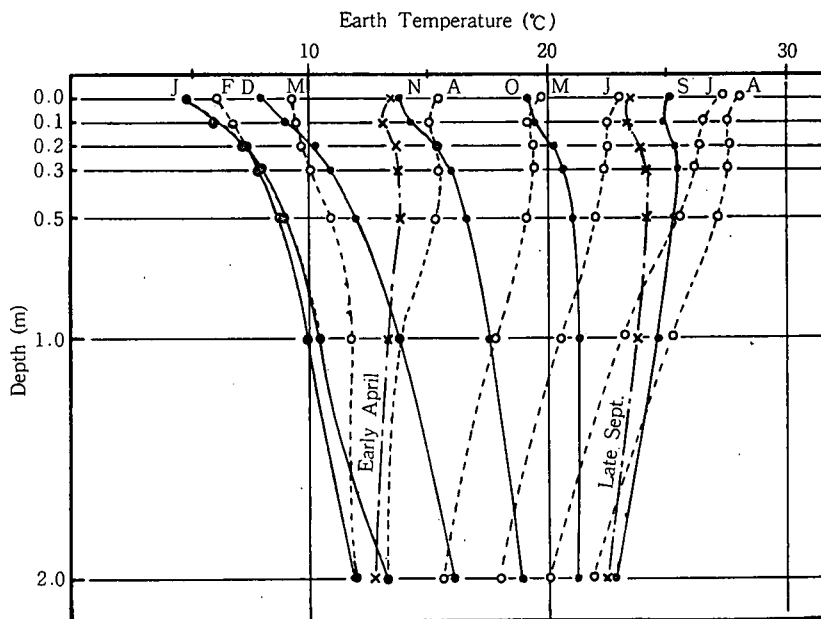


Fig. 3 Annual variation of ten-day mean earth temperature profile.

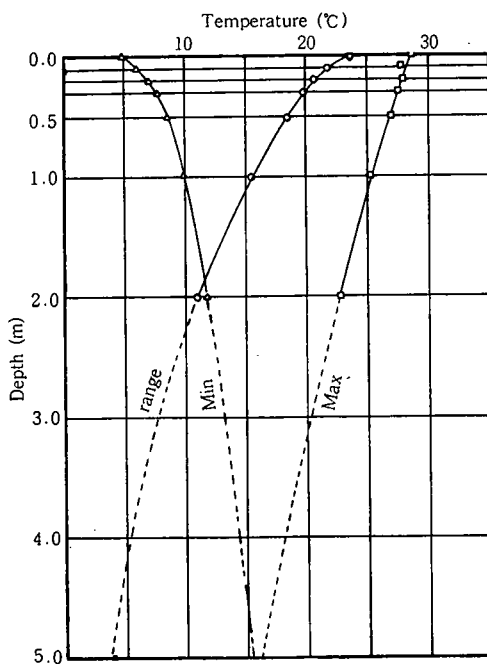


Fig. 4 Relations between maximum and minimum ten-day mean earth temperature for various depth, and annual range of earth temp. for each depth.

結果および考察 (その2)

旬平均地温の20ケ年のバラツキ

Fig. 5 は、各旬における旬平均地表面温度の20年間の平均、最高、最低および偏差を、旬毎に表わし、その変動を図示したものである。

Fig. 5 によると、旬平均地表面温度の20年間に於けるバラツキが大きい旬は、1月下旬、12月上旬、2月下旬、9月中旬で、その偏差は、各々、8.4、8.3、7.2、7.3°Cである。一方、バラツキの小さい旬は、8月下旬、7月下旬、6月中旬で、その偏差は、各々、3.1、3.2、3.2°Cである。

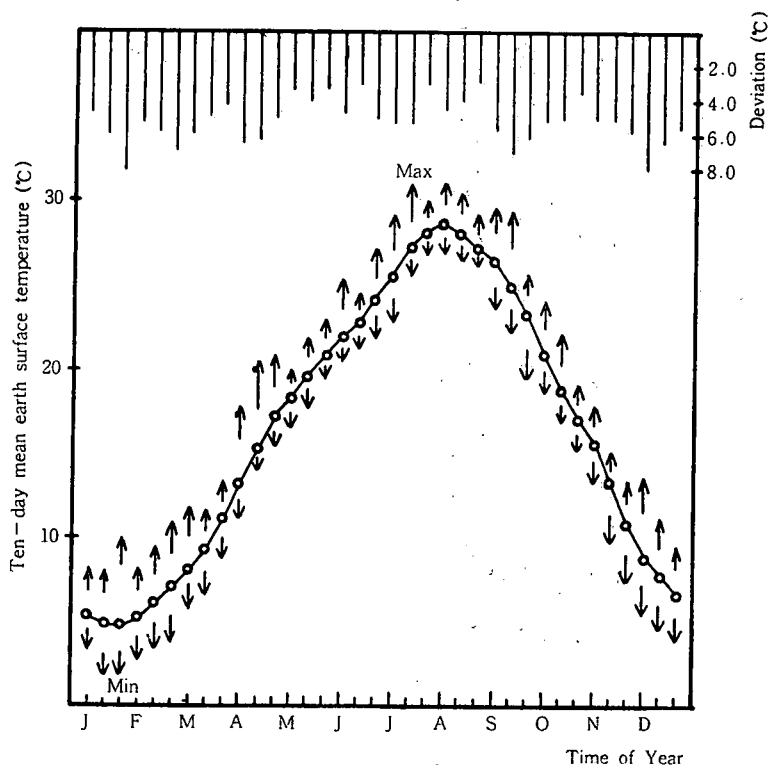


Fig. 5 Annual variation of maximum, minimum and average of ten-day mean earth surface temperature and the deviation of ten-day mean earth surface temperature for 20 years.

これらの旬平均地表面温度のバラツキと、20年間の平均旬降水量 (Fig. 1 (a)) の多少とは、直接関係が見られない。ところが、日降水量と頻度との関係 (Fig. 1 (b)) について見ると、バラツキの大きい1月下旬、2月下旬、12月上旬では、平均旬降水量が少ない割に、日降水量 50 mm 以上の降雨が見られるのは興味深い。

旬平均地温と旬平均気温および旬降水量との関係

Fig. 6 は、旬平均地表面温度のバラツキの大きい1月下旬(a)、12月上旬(b)、2月下旬(c)、9月中旬(d)について、旬平均地表面温度 (T_s) と旬降水量 (R) および旬平均気温 (T_a) との関係を見るために、20組のデータをプロットした図である。図には各々の関係を示すために、最小2乗法によ

って求めた式と相関係数を示している。旬平均地表面温度と旬降水量との関係は、1月下旬、12月上旬、2月下旬が、正の相関であるのに対し、9月中旬では、負の相関を示している。旬平均地温の年によるバラツキが大きいものにも拘らず、地温と降水量、地温と気温との相関は相当に高い。

、100 mm の旬降水量が地温にどの程度影響するか、式によって単純計算を行なうと、1月下旬では4°C、12月上旬および2月下旬では2°C高くなるのに対し、9月中旬では、僅かではあるが0.6°C低くなる。

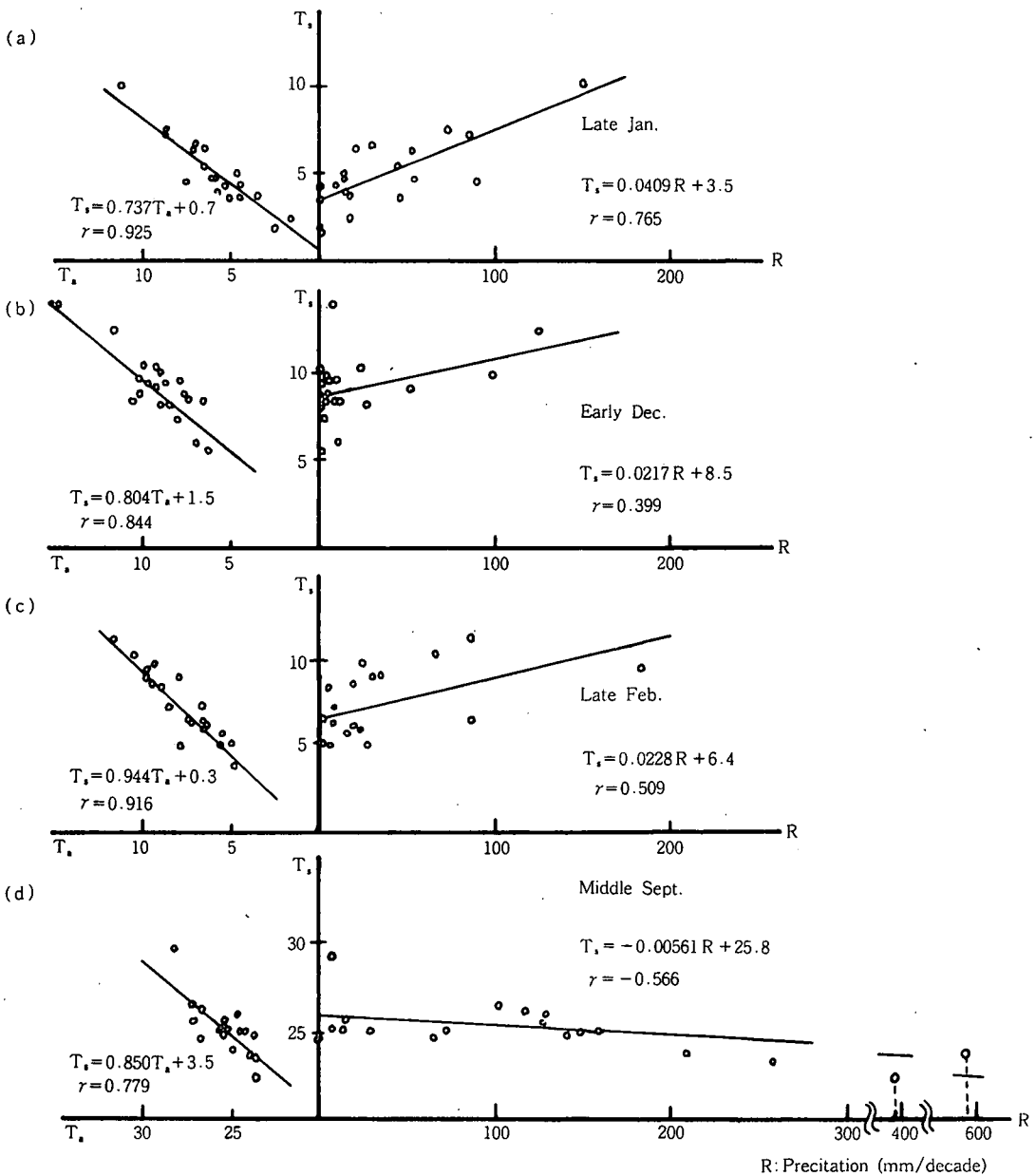


Fig. 6 Relations between ten-day mean earth surface temperature and other two factors; ten-day precipitation and ten-day mean air temperature for 20 years. (1)

Fig. 7 は、1月下旬(a), 12月上旬(b), 2月下旬(c)における20年間の平均, 最高, 最低地表面温度および標準偏差の変化を示している。これらの旬では、いずれも年による変動が激しいことが認められる。

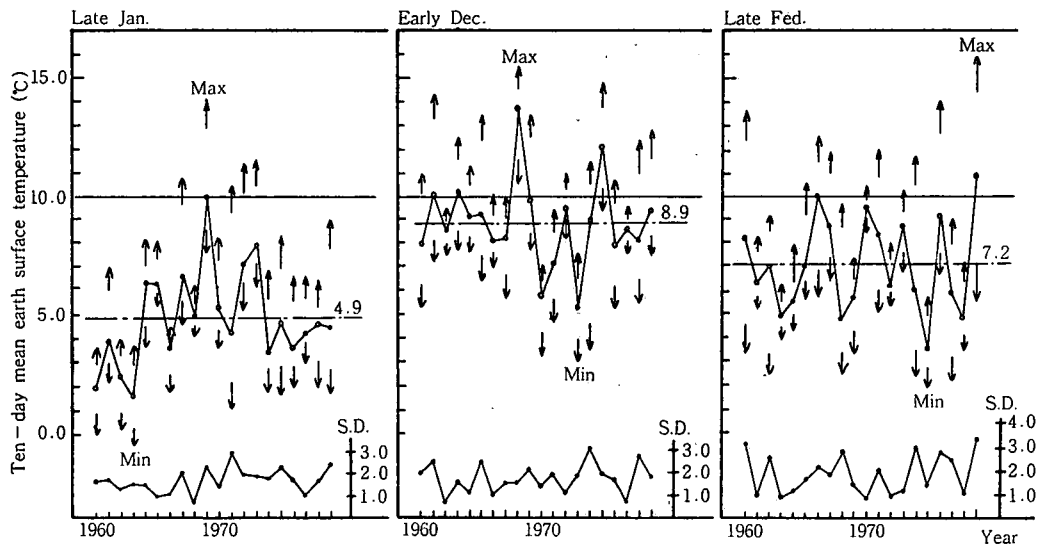


Fig. 7 Twenty years variation of ten-day mean, maximum and minimum earth surface temperature of each decades, and S.D. means the standard deviations of earth surface temperature for each decade. (1)

20年間の地表面温度の1月下旬の最高は、1969年1月29日の 14.1°C 、最低は1963年1月25日の -0.4°C で、その差は 14.5°C である。同様に、12月上旬の最高は、1968年12月5日の 15.5°C 、最低は、1973年12月5日の 3.1°C で、その差は 12.4°C 、2月下旬の最高は、1979年2月23日の 16.0°C 、最低は、1975年2月22日の 2.1°C で、その差は 13.9°C である。

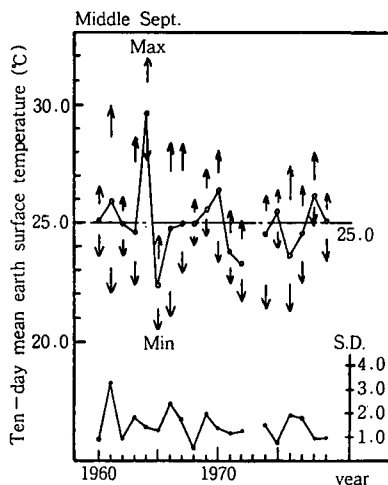


Fig. 8 Twenty years variation of ten-day mean, max. and min. earth surface temperature of each decades, and S.D. means the standard deviations of each surface temperature for each decade. (2)

Fig. 8 は、旬平均地表面温度のバラツキが、夏季に大きい9月中旬における20年間の旬平均地表面温度を最高, 最低温度および標準偏差の変動を示している。

この9月中旬は、Fig. 1(a), (b)に見られる如く、降水量も多く降雨頻度も多い旬であり、一雨毎に気温と共に地温が下降していく時期である (Fig. 3)。この旬に、1964年の様に旬降水量が 5.6 mm と少ないと、地温が依然として高い状態が続く。逆に、1965年の様に旬降水量が 394.9 mm と異常に多いと、地温が低下するということが示されている。

Fig. 9 は、旬平均地表温度のバラツキが小さい8月下旬(a), 7月下旬(b), 6月中旬(c)について、Fig. 6 と同様なプロットをした図である。これらの旬の場合には、旬平均地表温度と旬降水量との間には殆んど相関が無く、旬平均地表温度と旬平均気温との相関も相対的に低くなっている。Fig. 1(a), (b)を参照すると、8月下旬と6月中旬は、平均旬降水量が100 mm 前後と多く、降雨頻度も総数で100~110日と、旬のうち半分の日数が降雨日に相当する。

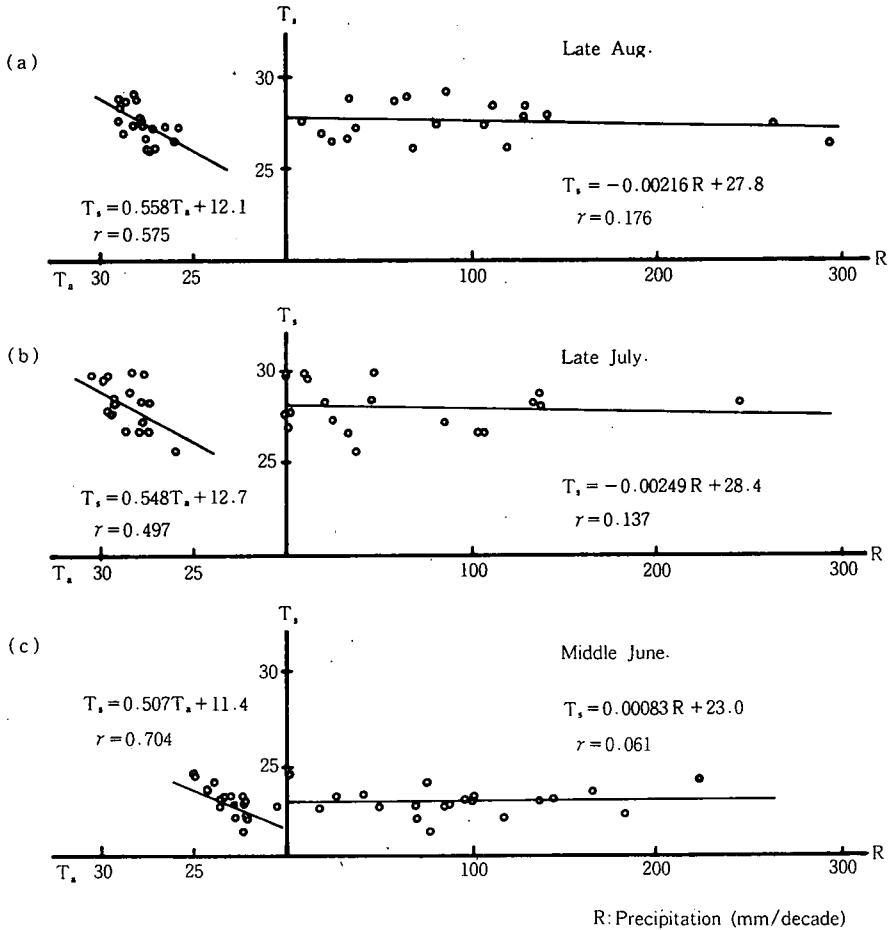


Fig. 9 Relations between ten day mean earth surface temperature and other two factors ; ten-day precipitation and ten-day mean air temperature for 20 years. (2)

Fig. 10 は、8月下旬(a), 7月下旬(b), 6月中旬(c)における20年間の旬平均地表温度と最高、最低地温および標準偏差の変動を示している。これらの旬では、いずれも年による旬平均地表温度のバラツキが小さいことを示している。それにも拘らず、8月下旬には、20年間の地表温度の最高は1967年8月26日に31.5°C、最低は1971年8月30日に22.4°Cで、その差は9.1°Cと大きい。この最低地表温度の記録された前日および当日の降水量は55.1, 230.8 mm と異常な値を示している。

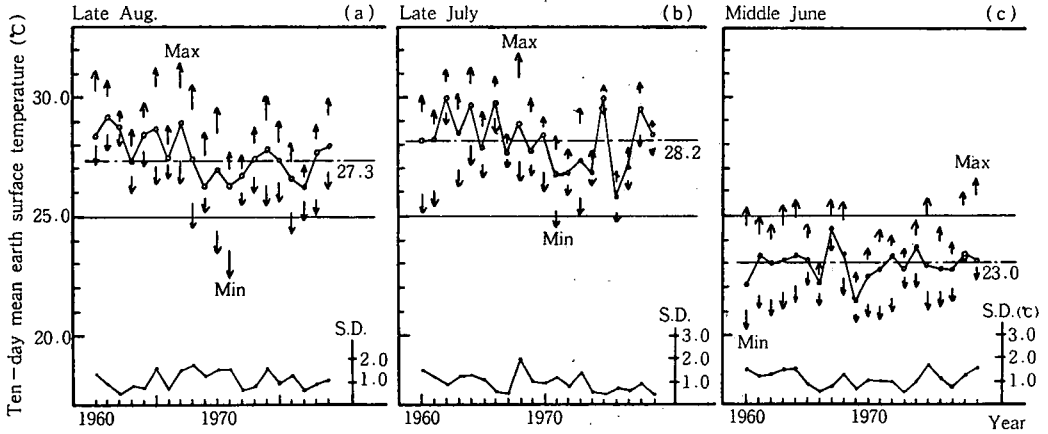


Fig. 10 Twenty years variation of ten-day mean, max. and min. earth surface temperature of each decade, and S.D. means the standard deviations of each surface temperature for each decade. (3)

1 旬における地表面温度の変化と日降水量との関係

Fig. 11 は、旬平均地表面温度のバラツキの大きい1月下旬の20ヶ年のデータのうち、旬平均地表面温度の最高を示す1969年(b)と最低を示す1963年(a)および1973年(c)の地表面温度、日降水量および気温の変動を图示したものである。

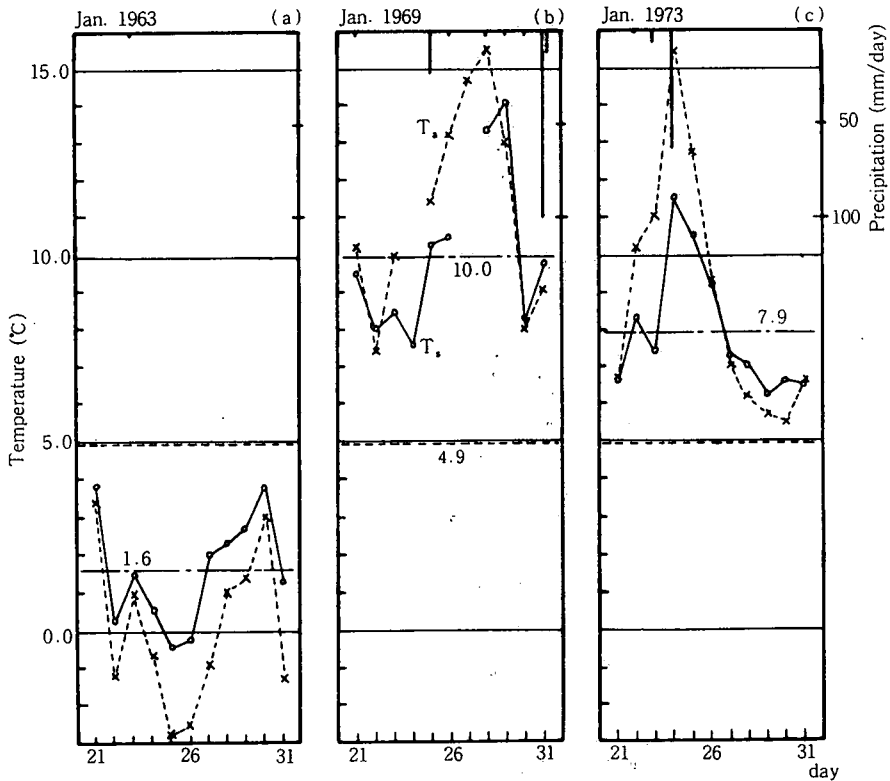


Fig. 11 Diurnal variations of air and earth surface temperature, and daily amount of precipitation. (1)

この旬の平均旬降水量が 36.0 mm であるのに対し、最高旬平均地温 (10.0°C) の生起年の1969年の旬降水量は 148.9 mm と非常に多く、逆に、最低旬平均地温 (1.6°C) の生起年の1963年の旬降水量は 0.2 mm と無いのに等しい。

Fig. 12 は、9月中旬の場合についてFig. 11と同様に、1964(a), 1965年(b)の変動を図示したものである。

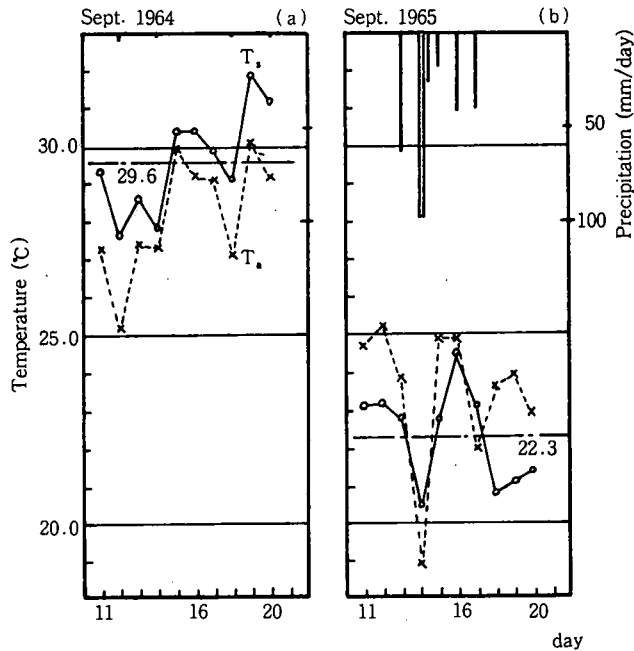


Fig. 12 Diurnal variations of air and earth surface temperature, and daily amount of precipitation. (2)

この旬の平均旬降水量が131.4mm であるのに対し、最高旬平均地温 (29.6°C) の生起年の1964年の旬降水量は5.6 mm と非常に少なく、逆に、最低旬平均地温 (22.3°C) の生起年の1965年の旬降水量は394.6 mm と非常に多い。

Fig. 13 は、旬平均地表面温度のバラツキが小さい8月下旬の20年間平均旬地表面温度 (27.3°C) とほぼ同じ旬平均地表面温度を示す1963(a), 1966(b), 1968(c), 1973(d), 1975年(e)の地表面温度、日降水量および気温の日変化を示す図である。

この旬の平均旬降水量は、100.1 mm, 1963, 1966, 1968, 1973, 1975年の旬降水量は、順に、39.4 mm, 107.2 mm, 264.1 mm, 128.6 mm, 186.2 mm である。

この図より、旬降水量は違っても、雨の降り方 (降雨強度, 降雨頻度, 旬のうちの何日目に降るか等) によって、旬平均地表面温度は同じになることが分かる。

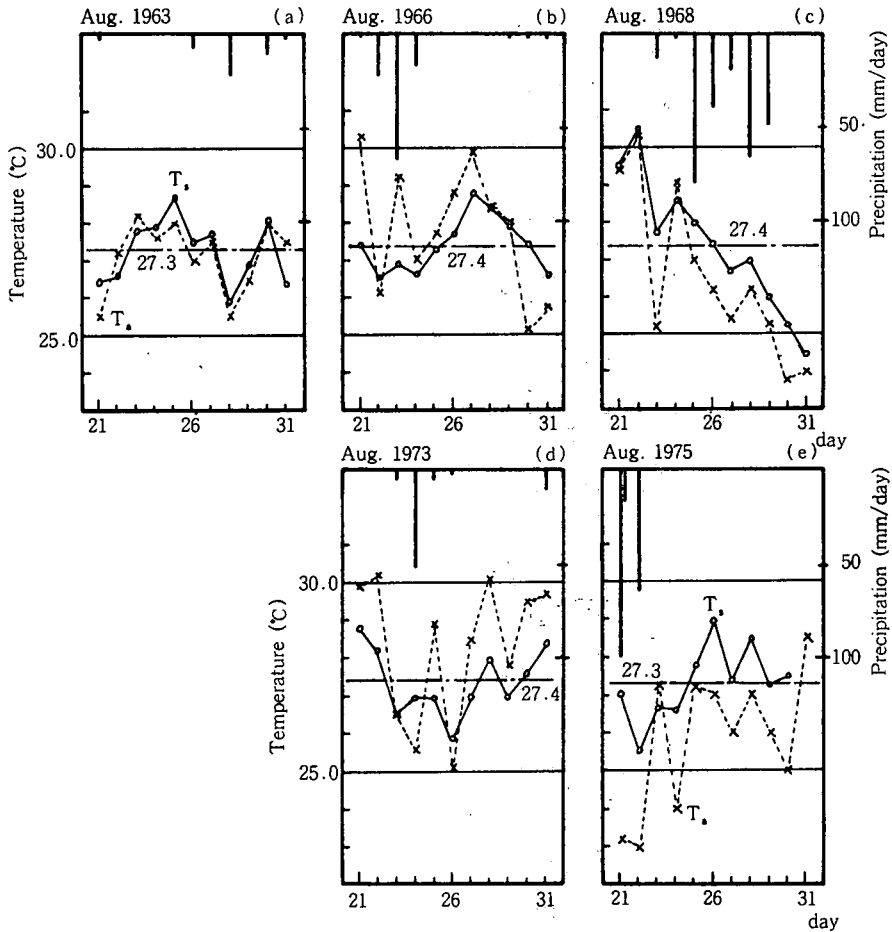


Fig. 13 Diurnal variations of air and earth surface temperature, and daily amount of precipitation. (3)

結 論

地温変動は、種々の気象要因によるものであり、地温の変化と降水とを一義的に関連づけられるものではない。しかし、降水があることによって、地温がどの様に変動するかを2, 3の角度から検討し、その影響が季節により様々な形で現われることを確認した。

ところで、この報告に示した地温データは午前9時の値であって、地温が周日変化することを考慮すると、降水の影響は更に大きく現われるものと考えられ、また、降水が1日のどの時間帯にあるのかによってもその影響は異なる。これらの問題を提起し、この報告を結ぶ。

謝 辞

この報告は、長年にわたる気象観測データを使用したものである。気象観測の実施、継続のため多大の労を費しておられる上森千秋、松田誠祐両先生、ならびに、観測に従事された数多くの職員の方々に対し謝意を表します。

この報告の一部は、本研究室の専攻生であった安部忠敏君の卒業論文であることを付記する。

参 考 文 献

1. 八鍬利助, 農学物理学. pp 40—85. 養賢堂, 東京(1964)。
2. 土壤物理性測定法委員会編, 土壤物理性測定法, p. p. 278—303. 養賢堂, 東京(1978)。
3. 日点農業気象学会編, 農業気象学用語集, 養賢堂. 東京(1979)。

(昭和56年9月29日受理)

(昭和57年3月8日発行)

