蒸発散位よりみた福岡の干ばつ*

日下部 正雄

(福岡管区气象台)

Drought at Fukuoka, from the viewpoint of potential evapo-transpiration

M. KUSAKABE

(Fukuoka District Central Meteorological Observatory)

1. まえがき

従来干ばつを農業気象学的にみる場合、降水量を中心にして研究されたものが多いが、干ばつに最も関係の深いものは土壤水分であつて、大地を中心とした水の収支を計算することによつて、はじめて農業気象学的な考察を下すことができるわけである。土壤水分や蒸発散を観測することは簡単ではないが、気温より蒸発散位を求めこれによつて水の収支を計算することは、従来普通に行われている気象観測のデータだけで考察を行うことができる¹⁾。ここでは福岡における気象観測開始以来 66 ケ年の気象観測値により、福岡における水の収支を計算し主として水分不足量によつて福岡の干ばつについて若干の考察を加えることにした。

2. 蒸発散位を用いて計算した福岡における水の収支

福岡の月平均気温および月降水量の累年平均値を用いて、福岡における月別の水の収支を計算した結果は第 1 表上段のとおりである。これによると福岡では 8 月を除いては毎月の降水量は蒸発量よりも多く、したがつて土壤水分は月を通じては飽和しており、水分は過剰であつて不足するということはない。8 月は蒸発量が降水量より 10 mm 多いが、これは土壤水分から補われるので土壤水分が減少するだけで、水分不足には至らない。

しかし蒸発量と降水量は年によつて変動し、そのうちでも降水量の変動は蒸発量の変動に比べて著しく大きいから、年々の水の収支をここに示した平年の値から推測

Table 1. Water balance at Fukuoka (mm)

Year	Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Mean (1890~1955)	Potential Evapo-transpiration	8	8	21	45	79	113	154	157	104	59	30	3
	Precipitation	66	83	104	124	116	246	238	147	212	102	79	79
	Storage change	0	0	0	0	0	0	0	-10	10	0	0	0
	Soil moisture Storage	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100
	Actual evaporation	8	8	21	45	79	113	154	157	104	59	30	13
	Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Water surplus	58	75	83	79	37	113	84	0	98	43	49	66
1939	Potential Evapo-transpiration	6	9	22	51	83	117	171	155	105	64	33	12
	Precipitation	69	80	102	148	41	80	99	69	76	147	80	10
	Storage change	0	0	0	0	-42	-37	-21	0	0	83	17	-2
	Soil moisture Storage	100	100	100	100	58	21	0	0	0	83	100	98
	Actual evaporation	6	9	22	51	83	117	120	69	76	64	33	12
	Water deficient	0	0	0	0	0	0	51	86	29	0	0	0
	Water surplus	63	71	88	97	0	0	0	0	0	0	30	0
1941	Potential Evapo-transpiration	11	9	12	50	91	119	139	147	95	56	37	18
	Precipitation	91	68	90	105	213	688	199	160	315	172	56	94
	Storage change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Soil moisture Storage	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Actual evaporation	11	9	12	50	91	119	139	147	95	56	37	18
	Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Water surplus	80	59	78	55	122	569	60	13	220	116	19	76

* 昭和 30 年 4 月 21 日九州支部総会において発表

Table 2 Water deficient in June

Year	Water deficient	Potential evapo-transpiration	Precipitation	Soil moisture of Previous month	
1934	24 mm	121 mm +	49 mm -	48 mm	
Remark :	++ ($>\bar{M}+2PE$)	+ $\left(\frac{\bar{M}+2PE}{\sim\bar{M}+PE}\right)$	± $\left(\frac{\bar{M}+PE}{\sim\bar{M}-PE}\right)$	- $\left(\frac{\bar{M}-PE}{\sim\bar{M}-2PE}\right)$	-- ($<\bar{M}-2PE$)
Potential Evapo- transpiration	>124 mm	123 mm ~119 mm	118 mm ~108 mm	107 mm ~103 mm	<102 mm
Precipitation	>494 mm	493 mm ~380 mm	379 mm ~151 mm	150 mm ~37 mm	<36 mm

Table 3 Water deficient in July

Year	Water deficient	Potential evapotranspiration	Precipitation	Soil moisture of previous month	
	mm	mm	mm	mm	
1893	17	165 +	48 —	100	
1894	15	170 +	62 —	93	
1913	11	142 —	31 — —	100	
1914	50	180 ++	30 — —	100	
1939	51	171 +	99 —	21	
1942	10	176 ++	66 —	100	
Remark :	++	+	±	—	— —
	($> \bar{M} + 2 PE$)	($\bar{M} + 2 PE$) ~ $\bar{M} + PE$	($\bar{M} + PE$) ~ $\bar{M} - PE$	($\bar{M} - PE$) ~ $\bar{M} - 2 PE$	($< \bar{M} - 2 PE$)
Potential evapo-transpiration	>174 mm	173 mm ~165 mm	164 mm ~148 mm	147 mm ~139 mm	<138 mm
Precipitation	<443 mm	442 mm ~345 mm	344 mm ~148 mm	145 mm ~47 mm	<46 mm

Table 4 Water deficient in August

Year	Water deficient	Potential evapo-transpiration	Precipitation	Soil moisture of previous month	
	mm	mm	mm	mm	
1892	28	157 ±	87 ±	58	
1894	168	168 ++	5 ---	0	
1895	37	159 ±	22 —	100	
1904	98	159 ±	2 ---	59	
1912	11	152 ±	41 —	100	
1913	92	140 ---	48 —	0	
1914	21	159 ±	138 ±	0	
1921	93	161 ±	30 —	38	
1922	53	172 ++	19 —	100	
1925	43	159 ±	42 —	74	
1931	51	165 +	14 ---	100	
1932	1	155 ±	89 ±	65	
1934	9	162 +	102 ±	50	
1939	86	155 ±	69 —	0	
1944	45	164 +	96 ±	23	
1950	39	150 —	84 ±	27	
Remark :	++ ($>\bar{M}+2\text{ PE}$)	+ ($\bar{M}+2\text{ PE}$) ~ $\bar{M}+\text{PE}$	± ($\bar{M}+\text{PE}$) ~ $\bar{M}-\text{PE}$	- ($\bar{M}-\text{PE}$) ~ $\bar{M}-2\text{ PE}$)	-- ($<\bar{M}-2\text{ PE}$)
Potential evapo- transpiration	>168 mm	167 mm ~162 mm	161 mm ~151 mm	150 mm ~145 mm	<144 mm
Precipitation	>273 mm	272 mm ~209 mm	208 mm ~79 mm	78 mm ~15 mm	<14 mm

することは困難である。例えば第1表中段は干ばつの年として知られている昭和14年の状況であつて、5月より土壤水分の消費が始まり、7, 8, 9月には水分不足が現われ、10月になつて土壤水分は回復し始め、11月になつて平常の状態に復している。福岡県災異誌⁹⁾によれば、昭和14年は5月以来水不足で未曾有の大干ばつとなり、10月に至つてようやくこれが解消していることがわかる。なお12月も蒸発量が降水量より大であつたが、この分は土壤水分により補われ、水分不足は起らなかった。しかし冬季にこのようなことが起るのは珍しいことで、福岡県災異誌にれば特に水力発電に種々の支障を生じている。

第1表下段は降雨の多かった昭和16年の場合で、毎月土壤水分は飽和し、水分の過剰が記録されている。

3. 水分不足を生じた年と干ばつ

福岡で気象観測が開始された明治23年より、昭和30年に至る66ヶ年の気象観測値により、毎月の水分不足量を計算してみると水分不足が起つたことのあるのは、6, 7, 8月および9月の4ヶ月であつて、1月より5月、および10月より12月に至る8ヶ月には水分不足が起つたことはない。次に水分不足の起つた夏季4ヶ月について少しく詳しく述べてみる。

6月：6月に水分不足が起つたことのあるのは第2表に示す昭和9年唯一回だけである。6月は一般には梅雨の月で、1年中で最も水分過剰量の多い月であるが、昭和9年はいわゆるからつゆで、5月の降水量が蒸発量より少く土壌水分が減少していたのに、さらに6月の降水量が少かつたので、水分不足に至つたものである。なお水分不足を来すには至らなかつたが、蒸発量が降水量より多く、そのために土壌水分が消費された年は、このほかに7ヶ年あつた。

7月：7月に水分不足が起つたのは、第3表に示す6ヶ年であつて、これは8月について多い。水分不足に関係する因子はその月の蒸発散位、降水量および前月の土壌水分である。7月の蒸発散位と降水量の累年平均 $\bar{M}$ と確率誤差 PE とを基礎として、毎年の蒸発散位と降水量を5段階に分け、水分不足の起つた6ヶ年の蒸発散位と降水量がどのような組合せになつているかをみると、水分不足を招くのに最も大きな役割を果しているものは降水量が少いということであるのがわかる。

水分不足の起つた6ヶ年はいずれも干害が起つており特に明治27、大正2、昭和14年は顕著であつた。なお水分不足には至らなかつたが、土壌水分の消費された年はこのほかに16ヶ年あつて、水分不足の年と合計すると22ヶ年、すなわち3年に1年は降水量が蒸発量より少い年が起つていことがわかる。

8月：8月に水分不足が起つたのは、第4表に示す16ヶ年で、1年中で最も多い。8月においても水分不足に最も大きな影響を及ぼすものは降水量が少いということであり、また7月の土壌水分が少かつたということも影響している。

この16ヶ年のうち11ヶ年については干害が起つたという記録があり、なかでも明治27、37、大正2、3、11、昭和9、14年の7ヶ年は顕著であつた。しかし明治

28、45、昭和6、7、25年の5ヶ年については干害が起つたという記録がみあたらない。これはこのうちの明治45、昭和7年は比較的水分不足の程度が軽微であつたためであるかもしれぬし、また8月は特にその前半には水稻の生育時期からいつて、比較的水の必要の少い時期にあたつていることも関係しているかもしれぬ。なお水分不足を来すには至らなかつたが、土壌水分が消費された年は19ヶ年で、水分不足となつた年と合すれば35ヶ年に及んでいる。

9月：9月に入ると水分不足が起ることは稀となり、66ヶ年中第5表に示す4ヶ年だけとなる。9月の場合も水分不足を直接ひきおこすものは降水量の少いということであるが、前月の土壌水分が少いということも関係が大きい。

この4ヶ年についてはいずれも干害の記録があり、特に昭和14年は顕著であつた。なお水分不足には至らなかつたが、蒸発量が降水量より大きく、ために土壌水分が消費された年は、この他7ヶ年ある。

4. 干ばつ年の土壌水分と水分不足

福岡県災異誌に記載されている干ばつを拾つてみると第6表のとおりである。この表でわかるとおり、災害誌に残るような干ばつの年には、その月には水分不足が起つてることが多い。もつとも明治30、大正9、11年などは水分不足が起つていないが、これらの年にも蒸発量が降水量より多く、土壌水分が消費されている。なお大正13年6～7月はからつゆであつて、6月の土壌水分は64mmに減少しているが、7月には17日に豪雨があつたので、月の統計としてはからつゆの状況がでない。昭和14年は冬季の少雨が災異誌に記載されているが、12月の土壌水分98mmとなつており、土壌水分が12月から3月までの間に100mmより減少した唯一の月である。

5. 摘 要

月平均気温より蒸発散位を求め、これと月降水量とより毎月の水の収支を計算すると、水分不足の起つた月とその量を知ることができ、これは干ばつに対する指標として重要である。水分不足が起るのは6月より9月に至る4ヶ月で、他の8ヶ月には起らない。また8月は最も水分不足を起しやすく、7月はこれに次

Table 5 Water deficient in September

Year	Water deficient	Potential evapotranspiration	Precipitation	Soil moisture of previous month	
1895	mm 56	mm 105 ±	mm 49 --	mm 0	
1903	32	114 +	49 --	33	
1914	17	106 ±	89 -	0	
1939	29	105 ±	76 -	0	
Remark :	++	+	±	-	--
	($>\overline{M}+2\text{ PE}$)	($\frac{\overline{M}+2\text{ PE}}{\sim\overline{M}+\text{PE}}$)	($\frac{\overline{M}+\text{PE}}{\sim\overline{M}-\text{PE}}$)	($\frac{\overline{M}-\text{PE}}{\sim\overline{M}-2\text{ PE}}$)	($<\overline{M}-2\text{ PE}$)
Potential evapo- transpiration	>115 mm	114 mm ~110 mm	109 mm ~100 mm	99 mm ~95 mm	<94 mm
Precipitation	>371 mm	370 mm ~291 mm	290 mm ~131 mm	130 mm ~52 mm	<51 mm

Table 6. Soil moisture storage and water deficient in draught year (mm)

			Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1894 Jul. Aug.	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	42	93	0	0	54	4	41	100
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	15	163	0	0	0	0
1897 Jun. ~ Jul.	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	100	49	100	100	100	76	91	100
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1904 Aug.	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	100	59	0	0	15	20	77	100
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	98	0	0	0	0
1913 Jun. ~ Aug.	Drought	Soil, moist. storage	100	100	100	100	100	0	0	0	59	100	100	100
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	11	9	0	0	0	0
1920 Jul. ~ Aug.	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	100	100	72	63	36	100	100	100
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1922 May ~ Jun.	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	67	74	100	0	100	88	100	100
	Dry BAIU	Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0
1924 Jun. ~ Jul.	Dry BAIU	Soil moist. storage	100	100	100	100	100	64	100	100	100	100	100	100
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1934 Jul. ~ Aug.	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	48	0	50	0	100	100	100	100
	Dry BAIU	Water deficient	0	0	0	0	0	24	0	9	0	0	0	0
1939 Summer and Winter	Drought	Soil moist. storage	100	100	100	100	58	21	0	0	0	83	100	98
		Water deficient	0	0	0	0	0	0	51	86	29	0	0	0

ぎ、6月に水分不足が起つたのは、66ヶ年中ただ1ヶ年だけである。

水分不足の起つた時には多く干害が起つており、災害誌に記載されるような干害の際には多くは水分不足が起つている。しかし干害と水分不足の起つた時期や両者の程度が完全に一致しないのは、作物が水分を要求する量がその生育時期によつて異り、また水の収支計算を月を

単位として行つたためである。

参考文献

- 1) 関口武：気候新地理学講座第1巻，地理調査誌（朝倉書店，昭和28年）p 149~152 による。
- 2) 福岡測候所：福岡県災異誌，昭和11年
- 3) 福岡管区气象台：福岡県災異誌（第2篇）昭和26年

Résumé

Some agro-meteorological investigations on drought were made from the viewpoint of precipitation, but the most important factor, which has influence on drought damage, is the soil moisture storage of the field.

The author estimated the potential evapo-transpiration from the monthly mean temperature, and calculated the water balance at Fukuoka. Some results of the calculation were shown in Table 1.

Water deficient occurs in June, July, August and September, and it does not occur in the other months (see Table 2-5). The amount of precipitation has the greatest influence on the water deficient, and the effect of the potential evapo-transpiration is not so great. The effect of the soil moisture storage of the previous month is not negligible. August is the most dangerous month of drought, among 66 years, water deficient is recognised in 16 years and in the other 19 years, the soil moisture storage decreases for want of precipitation. July comes after August.

When the water deficient is recognised, it suffers from drought. Table 6. shows the remarkable drought damage in Fukuoka Prefecture, and the soil moisture storage and water deficient at Fukuoka.

Generally speaking, water deficient is useful as the index of drought, but they correspond not exactly. Because (1) Water requirement of plant differs with its growth stage, (2) Calculation of water balance was made in monthly data.