

畦面被覆の微気象に関する研究

I Albedo の著しく異なった資材を用いた場合 (その2)

上原 勝樹, 宮川 秀夫, 鈴木 晴雄

I ま え が き

前報⁽¹⁾に引続いて、春期における特性を明かにするために、1972年3月28日に行なった初春の観測結果について、その概要を報告する。

II 実験観測の設備と方法

香川大学農学部附属農場において、自動耕耘機によって作成した東西方向の長さ8m、巾1.3m、高さ0.2mの広畦に

No. 1: 裸地畦 (対照区)

No. 2: 0.02mm厚のアルミ箔被覆

No. 3: 0.1mm厚の黒色ビニールフィルム被覆

の3区を設け、各区における放射収支、接地気温、地温などの観測を行なった。

それらの設備や方法は、すべて前報⁽¹⁾と同様であるが、今回は、No. 2, No. 3の各区における被覆表面温度の測定を追加し、さらに、著者の内、上原・松田⁽²⁾の考案した拡大自動記録ライシメータを用いて、No. 1の裸地区における顕熱と潜熱の分離を試みたことである。

III 実験観測の結果と考察

1. 水平面日射量と反射量

3月28日における日照時間は10.6時間で、日射量は $468.0\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ であった。当日の水平面日射量並びに反射量の、各実験区における経時変化の様子はFig. 1の如くである。

日射量の最高は薄雲の影響で、13時頃に $1.15\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ を示し、また、反射量もNo. 1~No. 3まで夫々13時頃に最大で0.25, 0.77, $0.11\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ を示し、従って、その時のAlbedoは夫々21.7, 67.0, 9.6%であった。また、各区における水平面日射量、反射量の日総量から求めたAlbedoは、No. 1~No. 3まで夫々29.7, 72.7, 9.9%で、No. 2のアルミ箔被覆区が最も大きく、No. 3の黒色ビニール区が最も小さい。それらはNo. 1における裸地区の夫々2.4, 0.3倍になっている。

2. 裸地および被覆表面の熱収支特性

各区における放射収支の観測から、前報⁽¹⁾の場合と同様にして、夫々熱収支を次の式から求めた。

$$R_n = B + L + V \quad (1)$$

ここに、 R_n : 純放射量, B : 地中伝導熱量, L : 顕熱伝達量, V : 潜熱伝達量である。そして、各区の表面における熱収支諸項の日変化を示すとFig. 1で、また日総量を示すとTable 1の如くなった。

但し、No. 1の裸地区における潜熱伝達量は、この実験区に隣接した気象観測露場内に据付けて観測中の、拡大自動記録ライシメータ⁽²⁾による土壌面蒸発の自記記録から、経時変化を解析した。

日中受ける純放射量は、No. 1~No. 3まで最高値は夫々0.70, 0.27, $0.80\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ で、やはりAlbedoの大きいNo. 2が最も小さく、Albedoの小さいNo. 3において最も大きい値を示している。そして、日中の合計量、日総量についても同様で、No. 2においては他の2区の約41%を示している。

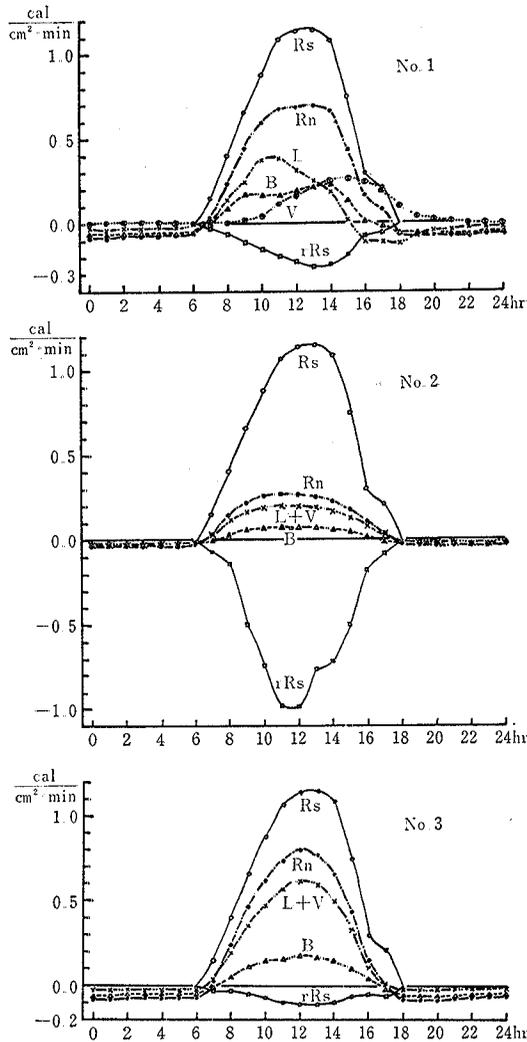


Fig. 1. Diurnal variation of heat balance components. R_s : Total solar radiation, rR_s : Reflected solar radiation, R_n : Net radiation, V : Latent heat flux, L : Sensible heat flux, B : Storage heat flux in soil.

夜間における純放射は上向きで、No. 1~No. 3 まで夫々 $0.07, 0.03, 0.08 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ を示し、No. 2 が最も小さく他2区の1/2以下になっている。

地中伝導熱量は、日中地下へ向う熱量の最高値は、No. 1~No. 3 まで夫々 $0.23, 0.07, 0.18 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ で、被覆区においては何れも裸地区に比べて小さく、とくにNo. 2 が最も小さく、他2区の30~40%を示している。

また、日中地下へ向う熱量の合計値は、No. 1~No. 3 まで夫々 $84.3, 29.7, 66.0 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2}$ で、No. 2, No. 3 はNo. 1

Table 1. Daily amounts of heat balance component ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$)

	No. 1				No. 2			No. 3		
	R_n	B	L	V	R_n	B	$L+V$	R_n	B	$L+V$
+	283.2	84.3	117.9	111.6	119.7	29.7	91.2	294.6	66.0	229.2
-	49.8	45.6	34.8	0.0	21.0	14.1	8.1	54.6	42.9	12.3
Σ	233.4	38.7	83.1	111.6	98.7	15.6	83.1	240.0	23.1	216.9

の夫々35.2, 78.3%を示し, No. 2 が最も小さい。そして各区毎に, 地中伝導熱量の地下へ向う合計値と, 地面が受ける純放射量の合計値との比率 B/R_n をとってみると, No. 1~No. 3 まで夫々0.30, 0.25, 0.22で, 被覆区が僅かに小さい。しかし, 被覆区間の差は殆んどなく, 純放射量の地下への伝達率は22~25%である。しかし, 地下へ向う伝導熱量には大差があって, No. 2, No. 3 の被覆区における地下へ向う熱量の合計値は, 裸地区における地面が受ける純放射量の合計値の夫々11, 23%を示し, No. 3 ではNo. 2 の2.2倍になっている。

次に, 地中伝導熱量の日総量についても, No. 1~No. 3 まで夫々38.7, 15.6, 23.1 cal·cm⁻²·day⁻¹ で, 各区毎に B/R_n の比率を求めると, No. 1~No. 3 まで夫々0.17, 0.16, 0.10を示し, No. 3 においてその比率は最も小さくなっているが, これは Albedo が小さく, 従って, 純放射の大きいこと, また, No. 2 において大きいのは, その逆の原因によるものと考えられる。しかし, 日総量についてみると, No. 2, No. 3 の地中伝導熱量は, 裸地区における純放射量の夫々6.7, 9.9%に当ることになる。

夜間における地中熱流は上向で, No. 1, No. 3 は常に 0.06~0.05 cal·cm⁻²·min⁻¹ を示しているが, No. 2 では0.02 cal·cm⁻²·min⁻¹ を示している。即ち No. 2 においては, 1日中地面を出入する熱量は小さいことがわかる。

次に, 顕熱・潜熱伝達量についてみると, 被覆区における潜熱伝達量は零と見做され, 従って, 図の No. 2, No. 3 では顕熱伝達量の経時変化を表わしているものと見做してよい。

日中の最高値は, No. 1~No. 3 まで夫々0.49 (顕熱0.32, 潜熱0.17), 0.20, 0.62 cal·cm⁻²·min⁻¹ で, 日中の合計量, 日総量ともに No. 2 においては最も小さく, 他2区の1/2以下になっている。

この空気に伝えられる熱量 $L+V$ は, 被覆区においては蒸発が抑制されているので, 顕熱伝達量のみと見做され, そして何れも被覆区に大きく, 日総量において, No. 1~No. 3 まで夫々各区毎に純放射量の36, 84, 90%を示しているが, しかし, No. 1 の裸地区においては, 蒸発による損失熱量が純放射量の47%にも達している。即ち, 被覆区では, No. 1 の裸地畦面における47%にも当る 111.6 cal·cm⁻²·day⁻¹ の熱量が, 他の項おもに顕熱伝達量に移行しているものと考えられる。

次に, 各実験区における短波放射量 R_s と純放射量 R_n との関係を示すと

$$\left. \begin{aligned} \text{No. 1: } R_n &= 0.67R_s - 0.05 \\ \text{No. 2: } R_n &= 0.25R_s - 0.01 \\ \text{No. 3: } R_n &= 0.76R_s - 0.09 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

の如くである。即ち, No. 1~No. 3 の各区における表面の純放射量は, 到達全短波放射量の夫々62, 24, 70%程度であることがわかる。

3. 各区における接地気温と地温

秋期観測の場合⁽¹⁾と同様に, 各区における地上10, 5, 2.5cmの接地気温, 地面および被下2.5, 5, 10, 20cmの温度, 並びに被覆表面温度の観測結果から, 昼夜別平均, 日平均および日較差を示すと Table 2 のようで, また各区の6時と12時における温度垂直分布, 接地気温, 地温のイソプレート, 裸地区との温度差の日変化を示したのが Fig. 2-4 である。

これらの結果についてみると, 3月は早春の時期で, 接地気温・地温ともに10月⁽¹⁾の場合より全般的に4~5°C低温を示しているが, 分布の状態はよく似ている。

とくに, 接地気温・地面温度の最低や最高時に当る6時, 12時における垂直分布を示した Fig. 2 についてみると,

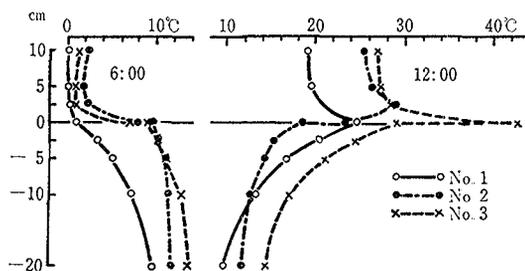


Fig. 2. Vertical distribution of the temperature near the ground and in the underground.

12時に No. 1 の裸地面は 24.6°C を示し、その直上の気温は約 5°C 低い。また地温は深さと共に低下して、地下 20cm においては 9.8°C を示している。それに対して被覆区では、とくに No. 3 の黒色ビニール区において、被覆表面の温度が 42.6°C と最も高く、地面温度はそれより 13.3°C 低い 29.3°C を示している。

そして、直上の気温は約 15°C 低いが、他の区に比べて最も高温を示している。また、地温は深さと共に低下し、地下 20cm では 14.2°C を示して他の区より最も高い。No. 2 のアルミ箔被覆区においては、被覆表面は 23.4°C で、地面温度がそれより 5.1°C 低く 18.3°C を示し、最も低温である。地温は深さによる変化が少なく、地下 20cm において 11.7°C を示している。このような受熱型の分布特性は日中の常態である。

以上のように、地面に日射を透過しない資材で被覆を行なうと、その表面では、その光学的性質に応じて、日射の反射、吸収が行なわれ、被覆下地面への温度効果は、透明の場合より少なく、また昇温機構も異なるであろうが、まず被覆物が熱を吸収して高温となり、その熱はそこから真上の空気と、被覆下地面との小空隙を介して直下の地面に伝わり、被覆下土壌の表層から次第に温度を高めながら下層へと伝わってゆく。

従って、アルミ箔被覆区のように Albedo が極めて大きい場合には、反射量が大きいため、日中被覆物の温度上昇は弱く、従って、被覆下土壌面に伝導される熱量も小さく、Albedo の小さい黒色ビニール被覆区に比べて、地温の上昇が少なくなり、図に示すような分布特性が現われるものと考えられる。

次に6時には、No. 1 の地面においては、1.3°C を示し、気温も約 1°C それより低い。また地温は深さと共に上昇し、地下 20cm では 9.8°C で、地上、地中を通じて他の 2 区より最も低温を示している。No. 3 においては、被覆表面の温度は 7.4°C で、地面温度がそれより 1.6°C 高く 9.0°C を示し、また地温は深さと共に上昇し、地下 20cm においては、13.7°C を示して他の 2 区より最も高温である。気温は被覆表面より約 6°C 低くなっている。No. 2 における被覆表面の温度は 8.0°C で、地面温度はそれより 1.6°C 高い 9.6°C を示して最も高い。地温は深さによる変化

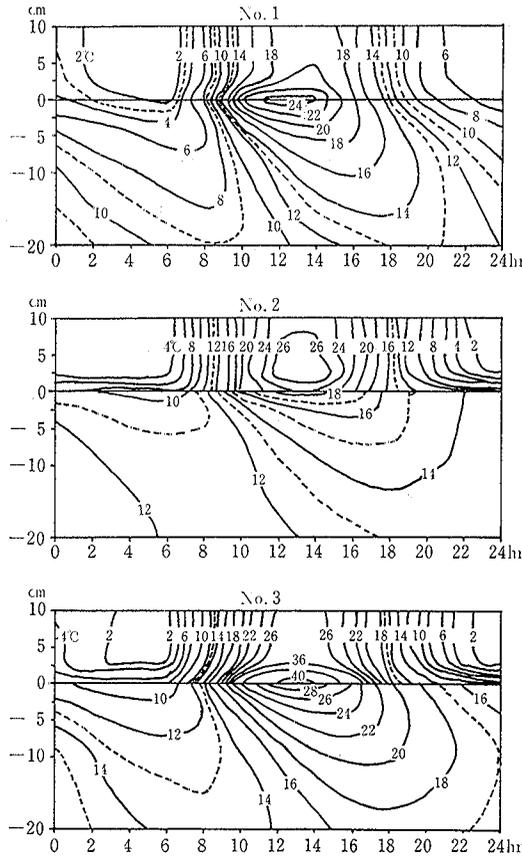


Fig. 3. Isoplate of temperature.

が少なく、地下20cmにおいて11.8°Cを示し、他2区の間にある。また、気温は被覆表面の温度より約2°C低くなっているが、他の2区より最も高温である。そして、このような放熱型の分布特性は夜間の常態で、被覆区は裸地区より地上・地中を通じて高温を示している。

さらに、接地気温・地温のイソプレートを示したFig.3についてみると、Albedoの相違によつての、各区における接地気温・地温の現われ方、日変化の特性等がよくわかるであろう。

次に、各区における昼夜別平均、日平均および日較差を示したTable2についてみると、昼間平均温度は、No.2, No.3ともに地上10cmまでの各高さ通じて、No.1より夫々5,6°C高くなっている。また地温は、No.3では地下20cmまで通じて、No.1より約4°C高いが、No.2ではその差が少ない。これらは被覆による潜熱伝達量の遮断と、とくにNo.3においては、Albedoの小さいことがその原因であると考えられる。

Table 2. Average temperature in day and night, the daily mean temp. and diurnal range of air temp. near the ground and that of underground temp. (°C)

	No. 1				No. 2				No. 3			
	Day	Night	Mean	Range	Day	Night	Mean	Range	Day	Night	Mean	Range
10 cm	14.7	3.0	8.8	19.6	19.9	3.5	11.7	23.6	20.6	3.5	12.0	25.6
5	14.9	3.0	9.0	19.6	20.4	3.5	11.9	24.7	21.0	3.5	12.3	26.7
2.5	15.2	3.1	9.2	19.9	21.2	3.8	12.5	26.8	21.8	3.6	12.7	28.1
On mulched surface	—	—	—	—	19.1	10.0	14.5	15.4	31.2	9.7	20.4	35.4
0	18.6	4.2	11.4	23.3	16.4	11.4	13.9	9.0	23.8	11.9	17.9	20.3
-2.5	16.1	6.4	11.3	17.8	14.6	12.0	13.3	6.3	21.2	13.2	17.2	15.7
-5	14.4	8.3	11.4	13.3	13.9	12.4	13.1	4.6	19.7	14.3	17.0	12.3
-10	12.6	10.0	11.3	9.5	13.0	12.6	12.8	3.4	17.1	15.3	16.2	7.1
-20	10.8	11.5	11.1	4.3	12.1	12.6	12.3	1.7	15.0	15.5	15.3	4.2

夜間平均温度も、地上部では被覆区は裸地区より僅かながら高温を示し、また地温は、地下20cmまでの各深さを通じて、No.3はNo.1より8~6°C高く、No.2では両者の中間にあって、とくに深さによる変化が少ない。

次に、日平均温度についてみると、被覆区の特徴がよく表われている。即ち、接地気温より地温が何れも高く、かつ地上、地中を通じてNo.1は最も低温で、No.3が最も高温を示している。そして、その差は地上部においては3°C、地下部では5°Cを示している。No.2においては、地上部ではNo.3に似ているが僅かに低く、地下部では両者の略中間にあるがNo.1に近い。

日較差は、地上部においては何れも裸地区より被覆区が大で、No.2は4°C、No.3では5°Cの差を示している。しかし、地下部では反対にNo.2が最も小さく、No.3ではNo.1と略同じである。

次に、裸地区との温度差の日変化を示したFig.4についてみると、No.2においては、夜間は地中の各深さ共にNo.1より高温で、その差は大きい。日中には地下20cm以外においては、何れの深さもNo.1より低温である。これらはNo.2においては、地面からの潜熱伝達量が遮断されていることと、日中はAlbedoがとくに大きいために、純放射による受熱がNo.1の44%で、とくに受熱効率の悪いこと、さらにまた、夜間における上向きの地中伝導による損失熱量が、No.1の36%であったこと等から、No.2はNo.1に比べて夜間は高温、日中は低温で経過したものと考えられる。

No.3についてみると、全日No.1より高温で、地下20cmにおいては全日4°Cの差が見られた。これもNo.2と同様に、潜熱伝達量の遮断によるものと思われる。しかし、No.2のように日中No.1より低温にならないのは、Albedoが小さかったことによるものと思われる。

次に、裸地区のNo.1と被覆区のNo.2, No.3との地下10cmにおける温度の関係を図示するとFig.5の如くである。そして、秋期の場合⁽¹⁾と同様にして、その関係式を求めると次の如くなった。

$$\left. \begin{aligned} y_2 &= 0.36x_1 + 8.64 \quad (r: 0.90) \\ y_3 &= 0.90x_1 + 5.93 \quad (r: 0.97) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、 x_1, y_2, y_3 は夫々No.1, No.2, No.3における地下10cmの温度である。即ち、地下10cmでは裸地区の温度1°Cの変化に対して、夫々アルミ箔被覆区では約0.4°C、黒色ビニール被覆区では、約0.9°Cの割合で変化する。

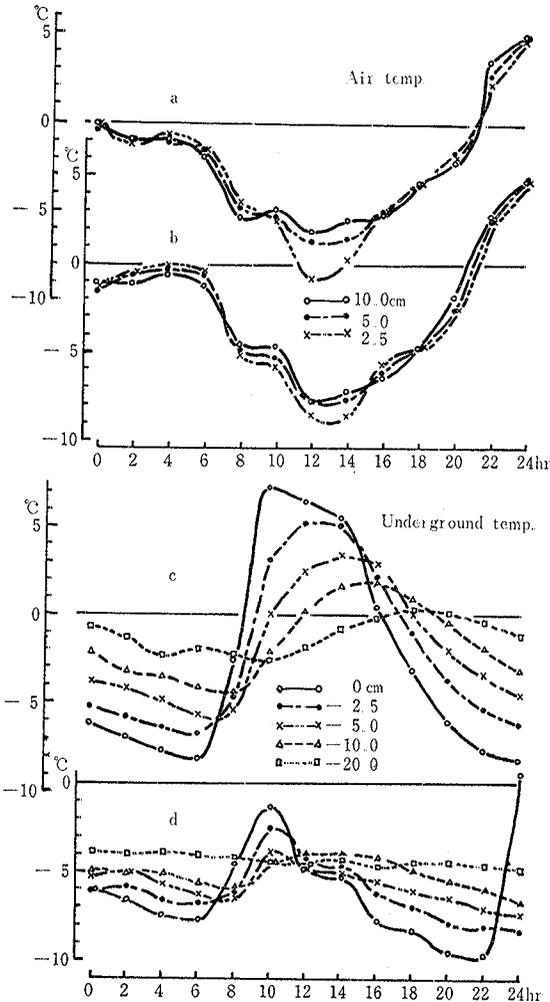


Fig. 4. Diurnal variation of the difference of temperature in relation to mulched plot and no mulched plot. a: Air temperature difference between No. 1 and No. 2. b: Air temperature difference between No. 1 and No. 3. c: Underground temperature difference between No. 1 and No. 2. d: Underground temperature difference between No. 1 and No. 3.

ることを示すものである。これらは秋期の場合と同様であることがわかる。

4. 各区における地温の解析

(1) 地温の調和分析

No. 1~No. 3 における各区の地面, 地下 2.5, 5, 10, 20cm の各深さの温度観測結果を調和分析にかけ, その1日項 $a_1 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \epsilon_1\right)$ の振幅 a_1 と位相 ϵ_1 を表示すると Table 3 の如くなった。

1日項についてみると, 振幅 a_1 は, 何れも地面に最大で, 地中に深さと共に減少し, また, 振幅は各深さを通じて No. 2 が最も小さく, 何れの深さにおいても他2区の1/2以下である。No. 3 と No. 2 は略同値を示している。

位相 ϵ_1 は, 地面に最も進んでおり, 地中へ深さと共に遅れて, 地温の最高・最低発現時刻の遅退を示している。そして, 地中各深さを通じて No. 1 に位相は最も進み, No. 2 が最も遅れている。そして, 各区における最高温度の発現時刻と, 深さによって振幅の減少する関係を示すと Fig. 6 の如くである。

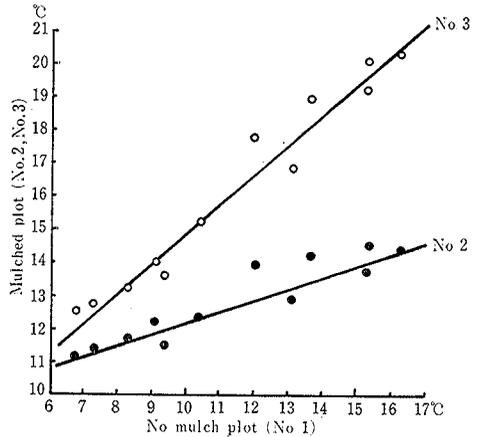


Fig. 5. Relation of temperature of mulched plot and no mulched plot in the underground (10 cm depth).

Table 3. Harmonic coefficients for the daily cycle of underground temperature

	No. 1			No. 2			No. 3		
	a_0	a_1	ϵ_1	a_0	a_1	ϵ_1	a_0	a_1	ϵ_1
0 cm	11.4°C	11.2°C	247°02'	13.9°C	4.5°C	227°14'	17.9°C	10.1°C	235°13'
2.5	11.3	8.4	231 04	13.3	3.1	207 08	17.2	7.8	221 01
5	11.4	6.4	215 08	13.1	2.5	196 24	17.0	6.3	209 34
10	11.3	4.4	194 04	12.8	1.7	177 32	16.2	4.0	186 51
20	11.1	2.0	150 42	12.3	0.8	143 53	15.3	2.1	156 45

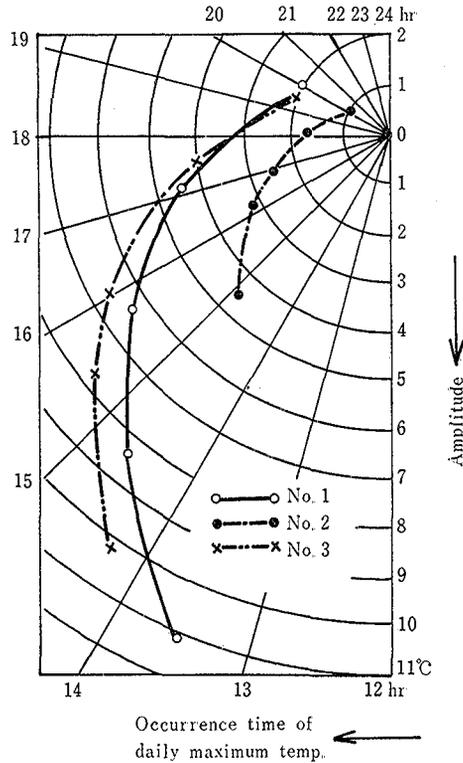


Fig. 6. Relation between the occurrence time of daily maximum underground temperature and the amplitude.

(2) 地温の深さと振巾との関係

各区における地温の深さと振巾との関係式を，秋期観測⁽¹⁾の場合と同様にして求めると次の如くになった。

$$\left. \begin{aligned}
 \text{No. 1: } a_z &= 22.4e^{-0.1013z} \\
 \text{No. 2: } a_z &= 9.1e^{-0.1143z} \\
 \text{No. 3: } a_z &= 20.2e^{-0.0990z}
 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

即ち，振巾の減少係数は No. 2 が最も大きく，No. 3 は最も小さい値を示している。

(3) 地温日変化の達する深さ

秋期観測⁽¹⁾の場合と同様にして，各区における地温日変化の達する深さを計算すると，No. 1~No. 3 まで夫々 53.4, 39.5, 53.6cm となり，振巾の減少係数が最も大きい値を示した No. 2 が最も小さく，No. 3 と No. 1 では略同じであることがわかる。

(4) 地中熱拡散率

各区における地中熱拡散率を，秋期観測⁽¹⁾の場合と同様にして求めると，No. 1~No. 3 まで夫々 3.54, 2.78, 3.71

($\times 10^{-3}$ C.G.S.)となり、No. 2 に最も小さく、No. 1 と No. 3 は略同じであった。

(5) 各区の地中における熱量の日変化

各区における地下 20cm までの地中熱交換量を、秋期観測⁽¹⁾の場合と同様にして

$$u_2 - u_1 = CH (\theta_2 - \theta_1) \tag{5}$$

ここに

$$\theta_2 = \frac{1}{H} \int_0^H \theta_2 dh, \theta_1 = \frac{1}{H} \int_0^H \theta_1 dh$$

から求めると Table 4 の如くなった。

これによると、地中熱量の最大は、No. 1 においては 14 時に、No. 2, No. 3 の各区では夫々 16 時に現われており、最小は何れの区においても共に 6 時に現われている。そして、No. 1~No. 3 までの各区における、地中熱量の日変化較差は、夫々 94, 35, 88cal \cdot cm⁻² で、No. 2 に最も小さく、No. 1 が最も大きかった。そして、No. 2, No. 3 においては No. 1 の夫々 37, 94%を示している。

Table 4. Daily variation of heat quantity in the underground (difference to diurnal mean value) (cal \cdot cm⁻²)

Time Plot	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
No. 1	-20	-30	-39	-46	-39	6	33	48	46	31	11	-4
No. 2	-8	-12	-15	-18	-17	-6	7	14	17	15	11	8
No. 3	-22	-32	-38	-43	-37	-8	25	42	45	34	20	8

IV む す び

前報⁽¹⁾に引続いて、同じく東西方向の広畦において、Albedo の特に大きい銀色のアルミ薄板と、特に小さい黒色ビニールフィルムを用いて、畦面を被覆した区と対照区としての裸地畦について、1972年3月28日に夫々微気象、放射収支の観点から比較観測を行ない、早春におけるそれらの分布特性を検出した。

得られた結果を要約すれば次の如くである。

(1) 観測日の日照時間は10.6時間、日射量は 468.0cal \cdot cm⁻² \cdot day⁻¹ で、各区における Albedo は、No. 1~No. 3 まで夫々 29.7, 72.7, 9.9%を示し、No. 2, No. 3 は夫々 No. 1 の 2.4倍, 0.3倍であった。

(2) 各区における地面の熱収支諸項を求めて、その日総量を示すと Table 1 の如くなった。

(3) 各区における接地気温・地温の昼夜別平均・日平均および日較差は Table 2 の如くである。

(4) 被覆区と裸地区の地下 10cm における地温の関係式を求めると(3)式の如くなった。

(5) 各区における地温の観測結果を調和分析して、各調和常数を求め、地温日変化の振巾と深さとの関係を指数式で表わし、また、地温日変化の達する深さや、地中熱拡散率を計算し、裸地区と各被覆区における地温日変化の特性を理論的に表現した。

(6) 各区における地下 20cm までの、地中熱交換量を計算し、その日変化較差は、No. 1~No. 3 まで夫々 94, 35, 88cal \cdot cm⁻² で、No. 2, No. 3 は夫々 No. 1 の 37, 94%であった。

引用文献

(1) 上原勝樹, 松田松二, 鈴木晴雄: 畦面被覆の微気象に関する研究 I Albedo の著しく異なった資材を用いた場合 (その 1), 香川大農学報 27, 21~32(1976).
 (2) 上原勝樹, 松田松二: 蒸発散量の研究 I 拡大自動記録ライシメータ, 香川大農学報 20 (1), 57~60(1968).

STUDIES ON THE MICROMETEOROLOGY OF THE
MULCHED GROUND SURFACE OF THE ROWSI. An Example of using Two Mulching Materials, one has high Albedo,
the other low Albedo (Part 2)

Masaki UEHARA, Hideo MIYAGAWA and Haruo SUZUKI

Summary

Continuing the previous work, the micrometeorological observations and heat balance determination were made at the same experiment farm, Kagawa University, Japan. The observations in spring (28, March, 1972) were performed in the no mulch plot, the aluminum foil mulched plot and the black vinyl film mulched plot. The results obtained may be summarized as follows:

(1) The duration of sunshine on the observed day was 10.6 hours and the amount of solar radiation was $468.0 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ and the albedo of each plot was 29.7% at the no mulch, 72.7% at the aluminum foil mulched plot, and 9.9% at the black vinyl film mulched plot.

(2) Daily total amounts of the heat balance component in $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ are shown in Table 1.

(3) In each plot, the average temperature in the daytime and the nighttime, the diurnal mean temperature and the diurnal range of the air temperature near the ground and that of the underground temperature were determined. The results are shown in Table 2.

(4) The relation between the underground temperature in 10 cm depth in the no mulch plot and that of the mulched plots in the same depth is illustrated as the empirical equation (3).

(5) Respective harmonic coefficients were calculated by harmonic analysis of the results of our observation about the underground temperature. The relation between depth and amplitude of its daily variation is expressed by an exponential function. Calculations were also made in the depth of the stratum of invariable temperature and the thermal diffusivity under the ground. Thus special qualities of the underground temperature of the no mulch plot and that of beneath the aluminum foil mulch, and the black vinyl film mulch are expressed theoretically.

(6) The amplitude of the daily heat quantity variation of the underground in the plots of no mulch, of aluminum foil mulched, and of black vinyl film mulched were 94, 35, and 88 $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}$ respectively.

(1975年10月31日 受理)