各種の土壤の輻射能及び吸収能に就いて

川 畑 幸 夫 ・ 大 森 福 義 ・ 服 部 徳 一

(福岡管区氣象臺)

Radiative properties of several kinds of soil.

Y. KAWABATA, F. OOMORI & T. HATTORI (Kyushu Branch Meteorological Observatory)

1. 緒 言

普通植物の種が發芽したり成長したりする空間は、地面に極く近い部分であつて、其處の氣温や濕度その他の氣象要素を例えば地上1米に設置せられた百葉箱内の氣温や濕度等に比較してみると驚くほど違つて居り、又激しい變化が時間的にも空間的にも行はれつゝあることはよく周知せられたところである。この様な變化が物理的にどの様な機構で行はれるかを明確にすることは、やがて接地氣象を人工的に自由に改變する様な場合の基礎ともなり得ると考えられるので、著者等は先づ土壤の輻射に關する諸性質即ち土壤面の熱輻射能、熱輻射域及び可視域に對する吸収能、そして土壤が濕つた場合の輻射能などについて實驗測定を試みてみた。茲にその結果の一部の概要を紹介する。

2. 土壤面よりの熱輻射

(1) 實驗裝置及び實驗方法 土壤面を熱源とし、この土壤面から輻射される熱輻射の強さを同温度の黒體面からの熱輻射の強さと比較し、黒體面からの輻射を100とした場合の土壤面からの輻射の百分率を求めるため、第1圖のような裝置を作つた。即ち眞鍮製の箱(5.0×9.5×14.0 糎)に水を充し、内部にニクロム線を張り廻らし

第1圖

て、水の温度をスライダツクにより任意に調節し得る如くし、箱の兩面に供試土壤を薄く隙間のないように密着せしめた。之等の二面のうち片面は油煙で眞黒く燻して

黒體とする。之等の面をアルミニウム凹面鏡の焦點に設置されたボロメーターに對向せしめ、眞鍮製容器が或る一定温度となりたる時、土壤面と黒體面とを交互にボロメーターに正對せしめ、その起電力を檢流計で讀取る。よく磨かれたアルミニウム鏡は周知の如く熱線を殆ど完全に反射し、反射率は通常 98 % 以上である。

(2) 測定結果 試験土壤からの輻射を E_1 とし、黒體面からの輻射を E とすれば、黒體面の輻射を 100 とした場合の輻射能は E_1/E で、これは檢流計の偏れに比例する。斯くして求めた輻射能の値は第1表に示す如く、

第1表 熱輻射能 (%)

砂 土		壤 土		腐 植 土	
熱 源 温度(°C)	E_1/E	熱 源 温度(°C)	E_1/E	熱 源 温度(°C)	E_1/E
8.0	98	8.9	100	—	—
24.7	96	26.2	96	10.5	96
38.3	95	40.2	96	40.0	102
51.5	93	53.0	96	50.0	98
60.2	93	59.9	98	62.2	100
平均36.5	95	37.6	97	40.7	99

大體に於て何れの土質でも極めて黒體に近いものである。測定が非常に困難なため表中 E_1/E の最後の桁は充分には信用出来ないけれども、概して輻射能は腐植土が最も大きくて黒體に近く、壤土之につぎ、砂土が一番小さく、外見上丁度土の黒さがその輻射能の大きさを表すものの様に思はれる。

熱源温度と輻射能の間には、理論的には、上記の測定範圍の熱輻射の中には土壤そのものが選擇輻射を行つたり、大氣中の炭酸瓦斯による強い選擇吸收帶が當然存在するわけであるが、測定精度が未だ不充分の爲今は立入つて論議することは出来ない。

3. 熱輻射及び日射の吸収

(1) 熱輻射の吸収 裝置としては 5 糎平方、厚さ

0.25 耗の薄い銅板の両面に供試土壤を厚さ約 1 耗ほど一様に貼りつけ、両面のうち片側だけは油煙で黒く焼し、銅板の中央に熱電對を挿入して、その温度上昇を測定出来るようにしたものを作り、これを前部の熱源たる眞鍮製箱の前面に置き、供試土壤面と黒體面とを交互に之に對向せしめ、その際の銅板の温度上昇を測り、それによつて吸収能を求めることにした。

斯くして求めた熱輻射に對する吸収能は第 2 表に示す如くで、之等の値を前節の輻射能の値と比較すると輻射能の大きいものは、吸収能も亦大きく丁度、キルヒホッフの定律の示す如くなっている。

第 2 表 熱輻射に對する吸収能

土 壤	砂 土	壤 土	腐 植 土
吸収率(%)	89	97	99

(2) 日射の吸収 以上は熱輻射に對するものであつたが、次に可視域輻射の吸収を調べた。可視域輻射と言つても實際に必要なのは太陽光線即ち日射だけであり、この場合地面が自ら光線を發射することはないのであるから吸収能だけ調べれば充分である。本節(4)に説明した試験片をその儘用い、熱源として眞鍮製箱を用いる代りに直接に太陽光線を用いた。即ち快晴で大氣濕潤度が長時間不變であるような日を選び、太陽高度の高い南中時近傍で、供試土壤を貼りつけた供試片を太陽に直角に向け、その温度上昇を測り、直ちに 180 度回轉して黒體面を同様に太陽に直角に當て、又その温度上昇を測り、兩者の比を以て吸収能とした。測定の結果は第 3 表に示す如くで、第 2 表の熱輻射に對する吸収能と極めてよく一致している。兩者の差は最大 2% に過ぎず測定の困難さ

第 3 表 日射に對する吸収能

土 壤	砂 土	壤 土	腐 植 土
吸収率(%)	89	97	99

を考慮すれば兩者は全く同じであると言えよう。この事實は極めて重要であつて、凡そ土壤の吸収率は 0.29 μ の可視光線から温度攝氏 60 度位の輻射即ち 10 μ 内外の長波長輻射までの廣い波長域に亘り一様であり、しかもその數値が 1 に近いことから考えて、黒體に極めて近い灰色輻射體* (Gray radiator) であると言えよう。

* 地面そのものは灰色輻射體であつても、一度地面を離れて空氣中に放射された輻射は、空氣自身がその含有する炭酸瓦斯、水素、オゾン等により著しい選擇吸收を行うため、その波長別強度が直ちに亂れる。こゝでは土壤そのものだけが灰色輻射體としてよいと言ふ意味である。

4. 地面が濕つた場合の熱輻射能

以上第 2 節及び第 3 節に於て得られた結果は凡て乾燥せる土壤に關するものであつた。然し實際には地面は多少なりとも常に濕潤な状態にあるので、この様な濕潤状態に於ても果して土壤が輻射に關して矢張り黒體に近いものであるかどうかを調べておく必要があらう。斯る見地から濕潤土壤の熱輻射能を測定してみた。

第 2 圖

(1) 装置及び測定方法 前節で説明した試験板を用い、之を恒温槽内に入れ、任意の温度に保つて、その輻射を對向せるボロメーターで讀みとつた。恒温槽(第 2 圖)はその一隅に隔離せるヒーター(H)と空氣攪拌器(P)とで槽内を一樣な任意温度に保たせ、この温度平衡状態が若干時間續くと槽内に挿入せる寒暖計(T)で測つた氣温と、熱電對(J)で測つた濕潤試験板の温度が同一となる。この時ボロメーター(B)も矢張り同温度にあると考えられる。それ故先づ試験土壤をボロメーターに對向せしめボロメーターの讀み E_1 をとり、次に板を反轉して黒體面からの輻射 E を讀みとり E_1/E を求めた。含水量は試験板そのものを天秤に導き重量比として測定した。

(2) 測定結果 供試土壤として砂土を用い、含水量 23%、槽内氣温 40°C の場合につき測定した結果によれば、輻射能 E_1/E は 95 % となる。之を第 1 表の乾燥せる砂土の熱輻射能 95 % と比較するときには數値的にも全く同一である。即ち土壤はたとえ水分を含んでも輻射能

には變化なく、非常に黒體に近い性質を有することがわかる。

壤土や腐植土については測定は行はなかつたが、恐らく全く同様であらうと考えられる。日射に対する性質も調べていない。

5. 總 括

吾々の實驗に於ては大地のモデルとして小さな試験土片を使用した。この爲實際の場合に應用するには種々考慮すべきものがあるが、大體次のような事が結論される。

- (1) 大地は輻射に關しては極めて黒體に近い。
- (2) 熱輻射能は砂土 95 %, 壤土 97 %, 腐植土 99 %, で、通常 95 %~100 %としてよく、而も砂の色の

黒さが強いほど完全黒體に近いものである。

(3) 之等土壤の輻射能はたとえ水分を含んでいる場合でも變りがない。

(4) 熱輻射の吸収能も可成り大きく、砂土 87%, 壤土 95 %, 腐植土 99 %で、通常 90 %~100 %位としてよく、よき輻射體は又よき吸収體であるという原則に背かないようである。

(5) 太陽輻射に對する吸収も熱輻射の吸収と數値的には殆ど同一で、砂土 89 %, 壤土 97%, 腐植土 99% となり、これを熱輻射の吸収能の値と比較するときは測定誤差の範圍内に於ては完全に合致している。このことは大地が極めて黒體に近い灰色輻射體であることを示しているとみなし得よう。

R é s u m é

To examine the radative properties of the ground, some experiments have been made for three samples of the soils, viz., the sandy soil, ordinary loam and humous loam.

The results of the measurements show that the thermal emissivities for these three kinds of the soils are 95, 97 and 99% respectively, compared to these values of the black body radiator. And, even if these soils contain some quantity of water and they are pretty wet, the above values of emissivities are not seriously altered.

The thermal absorptivities of these soils are also very large as were expected from the Kirchhoff's law. The measured values of these absorptivities

are 87, 95 and 99% for sandy soil, ordinary loam and humous loam respectively.

The absorptivities for solar radiation have been measured also, and it was found that they are almost the same in the case of thermal absorption in numerically. The measured values are 89, 97 and 99% for sandy soil, ordinary loam and humous loam respectively.

Thus, we can say that the earth surface are almost nearly the grey radiator which is nearly the black surface, the emissivities and absorptivities of which are, in general, in the range of 90 and 100% compared to those of perfect radiator.

學 會 記 事

九州支部總會

九州支部では、昭和 26 年 6 月 9 日九州大學農學部農藝化學大講義室に於て支部總會を開いた。幹事の挨拶・報告の後支部長の選挙が行われたが、倉石太郎氏と決定した。續いて議事に入り別項の如き決定を行った。(表紙の 2)

13 時から研究發表を行い夕刻盛會裡に閉會した。

研究發表

1. 凍豆腐の乾燥實驗について
温泉測候所 北原直一
2. 印度アツサム紅茶樹と氣象との關係
枕崎測候所 茶屋道久吉
3. 福岡縣の降雨 (第 1 報)
福岡管區氣象臺 今山正春

4. 降雨強度計の試作について

福岡管區氣象臺 稻垣秀昭

5. 長崎地方の半旬豫報について

長崎海洋氣豫臺 大澤綱一郎

6. 日平均氣温について

福岡管區氣象臺 田畑七郎

7. 樹木年輪の研究 (第 1 報)

大分測候所 早水逸雲・小野義人

8. 露室内の氣象について

福岡管區 横尾多美男・田畑七郎・服部徳一

9. 水稻秋落到對する氣象單獨効果の實驗的研究

九州農試 佐藤正一

10. 樹木の對風蒸散に關する一・二の現象について

九州大學 加藤退介

11. 傾斜面の方向と甘藷栽培

九州農試 佐藤正一

12. 防風林に關する基礎的研究

九州大學 坂上 務