

# 本校内に於ける土壤の熱學的性質

教授 理學士 伊 豆 直 吉

## 一 土 質

觀測せし場所は表面より約四〇糎に至る間は砂質壤土にして、四〇糎―五〇糎の深さは主として砂土よりなり、五〇糎―一〇〇糎の間は埴土よりなれり、蓋し觀測場は去る明治四十三年に輕石を混ぜる砂土を五〇糎許り水田上に盛り上げたる箇所なるが、其後植物質の混入の爲め上部は既に腐植質となりしも約五〇糎近傍の深さは未だ其影響を蒙ること少く、前記の如き土質となりしなり。

## 二 溫 度

大正元年より同八年に至る八箇年間の毎月の平均溫度は左の如し、但し午前十時一回觀測の結果にして地下三〇糎迄は曲管式により、五〇糎及び一〇〇糎は鐵管式にて觀測せり。

月	氣 溫	地 面	一〇糎	二〇糎	三〇糎	五〇糎	一〇〇糎
一 月	七、二〇	七、五四	六、二九	七、七五	八、六〇	一一、〇六	一三、七〇
二 月	八、七一	一〇、〇九	七、五七	八、二四	八、九六	一〇、五三	一二、一九
三 月	一一、八五	一五、六〇	一〇、五二	一〇、九四	一一、五九	一二、四五	一二、九五

全年	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
一八、二三	一六、九〇	二〇、四三	二四、〇八	二八、〇九	二八、五九	二六、〇八	二一、二〇	一五、五一	一〇、〇八
二一、五二	二一、六〇	二五、四九	二八、五〇	三四、〇三	三三、五九	三〇、三九	二四、〇一	一七、四九	九、九三
一七、二六	一五、六六	一九、六四	二三、七九	二七、五二	二七、八〇	二五、一九	二〇、一一	一四、一四	八、八九
一七、五三	一五、二八	一八、九七	二三、二六	二六、七三	二七、三九	二五、二一	二〇、六二	一五、四五	一〇、五〇
一七、九四	一五、六九	一九、三一	二三、八一	二六、五一	二七、一九	二五、五九	二一、二五	一六、二三	一一、五三
一八、五〇	一五、三三	一八、六〇	二一、七五	二五、〇九	二六、四五	二五、四一	二二、五〇	一八、五〇	一四、三二
一八、五三	一四、六六	一七、二五	一九、八八	二二、七〇	二四、五〇	二四、七〇	二二、九〇	二〇、〇一	一六、八六

此結果によれば、地下三〇糎迄は氣温と同じく一月に最低となり、五〇糎及び一〇〇糎にては一箇月後れ、二月に至りて最低となる、又た地面は七月に最高となれども、地下五〇糎迄は氣温と同じく八月に最高となり、一〇〇糎の深さに至れば九月に至りて最高に達す、然るに此結果は單に毎日一回觀測の結果に過ぎざるを以て、地表近邊の温度は甚だ精確なりと云ふこと能はず。

### 三 地中温度の周期

前表の如く地中温度は同月中に最高又は最低に達するものありと雖も、實際には遅速あり、今

ま其等の状況を明にせんが爲めに前表の温度に調和分析を施せしに、一ケ年、半ケ年等を周期とせる波は次の如し。

$$t_0 = 21.52 - 12.516\sin(51^\circ 46' + x) - 1.724\sin(73^\circ 46' + 2x) + 0.746\sin(145^\circ 44' + 3x) + 0.424\sin(280^\circ 12' + 4x)$$

$$t_{10} = 17.26 - 10.590\sin(46^\circ 18' + x) - 0.805\sin(86^\circ 13' + 2x) + 0.230\sin(140^\circ 13' + 3x) + 0.174\sin(290^\circ 50' + 4x)$$

$$t_{20} = 17.53 - 9.718\sin(42^\circ 11' + x) - 0.619\sin(87^\circ 13' + 2x) + 0.264\sin(138^\circ 42' + 3x) + 0.070\sin(213^\circ 16' + 4x)$$

$$t_{30} = 17.94 - 9.199\sin(40^\circ 26' + x) - 0.700\sin(75^\circ 26' + 2x) + 0.269\sin(120^\circ 51' + 3x) + 0.078\sin(311^\circ 52' + 4x)$$

$$t_{60} = 18.50 - 7.767\sin(31^\circ 3' + x) - 0.501\sin(58^\circ 43' + 2x) + 0.273\sin(126^\circ 12' + 3x) - 0.022\sin(50^\circ 32' + 4x)$$

$$t_{100} = 18.53 - 6.156\sin(16^\circ 27' + x) - 0.321\sin(38^\circ 48' + 2x) + 0.175\sin(90^\circ 39' + 3x) + 0.073\sin(88^\circ 50' + 4x)$$

式中も、 $t_0$ 等は任意時刻に於ける地面一〇糎、二〇糎等の温度を表はすものにして、十二月を基準とせり、故に前式の  $x$  に  $0, 30$  等と置くときは夫等の場所に於ける十二月、一月等の平均温度を得るなり前式によりて明かなる如く、一年を周期とせる波は深さを増すに従て其振幅は次第に小となり、其最高、最低となる時日も次第に後るゝを見るべし、而して地面の外は半年以下の周期の波の振幅は一年周期の波の振幅に比して著じるしく小なるを以て、實際の温度に影響するものは主として一年周期の波なること明かなり、因て今一年周期の波のみを取り夫れが最高、最低に達する時日を前式より算出せし計算値と實際の平均値とを比較すれば次の如し。

深 さ	最高温度及其月日				最低温度及其月日							
	計算値		實測値		計算値		實測値					
	月	日	温度	月	日	温度	月	日	温度			
地面	VII	23	34.04	VII	30	35.86	I	23	9.00	I	14	6.07
10 纏	VII	29	27.85	VIII	4	28.63	I	29	6.67	I	30	5.78
20 纏	VIII	2	27.25	VIII	4	27.94	II	2	7.81	I	31	7.33
30 纏	VIII	3	27.14	VIII	4	27.70	II	3	8.74	II	2	8.05
50 纏	VIII	13	26.27	VIII	19	26.59	II	13	10.73	II	14	10.24
100 纏	VIII	28	24.69	IX	7	24.85	II	28	12.37	II	17 18	12.05

但し實際の最高、最低値を出すには、單に入箇年間の毎日の平均値によらずして、當日の値は其前後二日間の値を加算し五を以て除したる値即ち五日間の平均値を取り、曲線の凸凹を平滑にして其最高、最低を決定せり、今少しく精確の結果を得んには、當日の前後にて十五日間の平均値を取るを宜しとすべけんも、單に毎日一回の觀測に過ぎざるを以て地表近邊に於ける値は、到底精確なること能はざるを以て、五日間の平均に止めたり。

四 温度観測法

法にて算出する方式を公表せられたり故に茲には従来の方

$$K_a = \frac{\pi}{T} \left( \frac{L}{\log_e \frac{A_0}{A_1}} \right)$$

$$K_\phi = \frac{\pi}{T} \left( \frac{L}{\phi_0 - \phi_1} \right)^2$$

式中  $K_a$  は上下両面の波の振幅による温度傳播率にして、 $K_\phi$  は位相角の退歩による温度傳播率なり、又  $A_0$  及  $\phi_0$  は夫れく上面とせる處の波の振幅及び位相角にして、 $A_1$  及び  $\phi_1$  は夫れく夫れより  $l$  糶の深さに於ける處の波の振幅及び位相角なり。

前記の一年周期の波の振幅及び位相角を此等兩式に適用して計算せし傳播率は左の如し。

深 (糶)	$K_a$	$K_\phi$	$\frac{1}{2}(K_a + K_\phi)$ (糶)
20—30	0.00331	0.01009	0.00670
30—50	0.00139	0.00151	0.00145
50—100	0.00291	0.00378	0.00335
30—100	0.00302	0.00282	0.00292

地面—一〇糶及び一〇—二〇糶間は一日中の觀測回数甚だ少なかりしを以て之を省略せり。右の結果の内三〇—五〇糶間に於て  $K_a$  も  $K_\phi$  も共に急に少となるは、此間殊に四〇—五〇糶

間に於ては砂土にして土質粗鬆なるが爲めなるべし。  
 本校より數町を距る鹿兒島測候所の敷地及び觀測場は本校の觀測場と同じく、水田の上に輕石を混ぜる甲突川の砂土を約五〇糎許り盛り上げたる所にして、同所に於て大正五年より同八年に至る四ヶ年間の觀測の結果に調和分析を施し、地面—三〇糎及び三〇—一〇〇糎間の  $K_a$  及び  $K_p$  を算出せしに左の如き結果を得たり。

深 (糎)	$K_a$	$K_p$	$\frac{1}{2}(K_a + K_p)$ (秒)
0—30	0.00243	0.00260	0.00252
30—100	0.00284	0.00274	0.00279

此結果の内三〇—一〇〇糎間の結果を本校に於けるものと比較すれば極めて能く一致せるを見る、しかも土質粗鬆なる表面近くの〇—三〇糎間に於ては傳播率は何れも小なるを見る。尙ほ参考の爲め佐治増次郎氏が氣象集誌第三十一年第六號に掲載せられし、三重縣津に於ける明治三十二年より同四十一年に至る十ヶ年間の觀測に調和分析を施したる結果により、三〇—一〇〇糎間の  $K_a$  及び  $K_p$  を算出せしに左の如く本校に於けるものよりは、約二倍半の結果を得たり。

深 (糎)	$K_a$	$K_p$	$\frac{1}{2}(K_a + K_p)$ (秒)
30—100	0.00715	0.00611	0.00663

觀測場は阿曹浦の海岸に於て、

観測場は阿漕浦の海岸を距る約十三町にして、其土質を詳にするを得ざるも、大工原博士著土壌學講義には津は砂質壤土とあり、若し此観測場が砂質壤土なれば本校に於ける結果と能く一致すれども確かならず。

また藤川秀吉氏が氣象集誌第三十一年第四號に掲載せられし、大阪に於て砂土と粘土の地中温度を観測せし材料に調和分析を施し、三〇—一六〇厘の $K_a$ 及び $K_g$ を計算せしに左の如き結果を得たり。

深 (厘)	$K_a$	$K_g$	$\frac{1}{2}(K_a + K_g)$
砂 10—30	0.02616	0.01278	0.01947
土 30—60	0.01623	0.02150	0.01887
粘 土 30—60	0.00343	0.00320	0.00333

此結果にては砂土は粘土よりは其傳播率極めて大なり。

### 五 温度傳播の速度

温度傳播の速度を $v$ とし、傳播率を $K$ とすれば、 $v$ は理論上左の式を以て算出せらる。

$$v = 2 \sqrt{\frac{\pi K}{T}}$$

本校に於ける傳播率を此公式に適用せしに左の如き結果を得たり。

$v_{30-50} = 1.4$  (糧/日)       $v_{30-50} = 2.0$  (糧/日)       $v_{50-100} = 3.1$  (糧/日)

$v_{50-100} = 2.8$  (糧/日)      平均  $= v_m = 3.1$  (糧/日)

此結果によれば地面温度の變化が地下一〇〇糧の植物の根に影響を及ぼすは、約一ヶ月の後なるべし。

### 六 比熱

地下二〇—三〇糧、三〇—五〇糧、五〇—一〇〇糧間に於ける三種の土壤を取り、之れを乾燥し九八—九九度に熱し、混合法により比熱を測定せし結果の平均値は左の如し。

深	20—30 (砂質壤土)	30—50 (砂土)	50—100 (壤土)
比熱	0.259	0.216	0.276

此測定に於ては器械誤差の大なる恐れありしを以て、之れを検せんが爲めに試みに銅の比熱を測定せしに、〇.〇九五三なる結果を得しを以て此誤差は殆んど無視することを得。

### 七 熱傳導率

土壤の比熱をCとし、密度をSとし、温度傳播率をKとし、傳導率をKとすれば、Kは左式にて算出せらる。

$$K = C \rho K$$

比熱を測定せし土壤と同じ土壤の風乾状態に於ける密度を測定せし平均値は左の如し。



深	20—30	30—50	50—100
密 度	1.094	1.333	0.927

前公式により算出せし傳導率は左の如し。

深	20—30	30—50	50—100
K	0.00186	0.000418	0.000857

### 八 概 説

之れを要するに、地中温度は地下三〇糎に至る迄は地面と同じく一月に最低にして、五〇糎—一〇〇糎間は一ヶ月後れ二月に至りて最低となり、地面は七月に最高となるも五〇糎に至る迄は八月に最高となり、一〇〇糎に於ては九月に至りて最高に達す、而して冬期は深さを増すに従て高温となり夏期は之に反す。

温度傳播の状態は砂質壤土最も大にして埴土之に次ぎ砂土最も小にして、其速さは砂質壤土は一日に四糎、埴土は三、一糎、砂土は二糎にして平均一日に三、一糎なり。

比熱は埴土最も多く、砂質壤土之れに次ぎ、砂土最も少なり、又た傳導率は砂質壤土最も多く、埴土之れに次ぎ、砂土最も少なし、然れども此等は乾燥状態に於ける土壤に就て測定せしもの及

び其結果によりて算出せるものにして、實際の場合は水分を含有し且つ其含水量も時期によりて大に異なるを以て、實際には之れと異なるべきは勿論なりとす。