

人工地盤の地表面温度とその分析

多島 秀司¹・深川 良²・荻佳一郎³

¹学生会員 立命館大学研究生 (〒525-8577滋賀県草津市野路東1-1-1)
gr019023@se.ritsumeiac.jp

²正会員 立命館大学理工学部教授 (〒525-8577滋賀県草津市野路東1-1-1)

³学生会員 立命館大学研究生 (〒525-8577滋賀県草津市野路東1-1-1)

緑化用人工地盤の地表面温度を計測する際、土質の違いや計測地点の違いなどからくる影響について、詳細に検討した例は少ない。筆者らは、土質の違いや計測地地の違いが、地表面温度を与える影響について評価を行った。地表面温度については蒸発量の少ない冬期～春季に実施し、熱電対を用いて温度を測定した。得られた結果について、分散分析を行ったところ、降雨が観測された日など、土壌水分が過剰なときは測定誤差による影響が出やすいことが分かった。

また、日射量の異なる校舎の裏側と表側に試料を設置し、地表面温度を観測したところ、温度の差が確認された。

Key Words : artificial soil, groundlevel temperture, decentralized analysis

1. はじめに

屋上緑化に代表される緑化用人工地盤は、条例化の影響などにより、今後もその重要度が高まることが予想される。そのため、人工地盤上の緑地の効果を検証し、効果的な改良と施策の決定が望まれる。

しかしながら、屋上緑化の場合、植生の多様性や微気象の違いによる環境条件の相違、計測機器のメンテナンスおよびコスト等の問題があり、計測方法が確立されているとはいえない状況にある。

屋上緑化の条例化の目的の一つに、ヒートアイランド緩和対策が挙げられる。そこで、本研究はヒートアイランド緩和効果に関連し、屋上緑化などの緑化用人工地盤の地表面温度を計測する方法と、その分析方法に関する検討を行った。

屋上緑化の効果について調べる場合、調査対象を明確にする必要がある。屋上緑化の効用および目的は多岐にわたり、例えば室内環境の改善効果を調べる場合と、都市環境の改善効果を調べる場合とでは計測する項目が異なってくるためである。

本研究ではヒートアイランド緩和効果を調べる場合の調査方法について、地表面温度に着目した。地表面温度は計測が容易であることから、気温やpF値などとともに、一般に計測されているためである。

また、今回用いた熱電対も熱流板などに比べ安価であ

ることから、測点数を増やしやすい。

人工地盤における地表面温度の計測では、土質の違いに着目されることは少なく、植生のないケースは一義的に裸地として扱われることが多い。ヒートアイランド緩和効果について検証する場合、土質の違いを無視すると、測定誤差を大きくする要因となる。

また、ヒートアイランド現象の緩和効果を調べる場合、中長期的な計測が必要となる。蒸発量が多く、結果に生じやすい夏期には土質の違いによる温度差が顕著な差となって検出された。既往の研究では夏期を対象とした物が多く、冬期におけるデータは少ない。これは夏期の方が結果に差が生じやすいということだけでなく、ヒートアイランド現象が社会問題となるのは夏期であるためと考えられる。

しかしながら、一般にヒートアイランド現象は冬期のほうが顕著であることから、冬期の計測も重要である。そこで、冬期においても土質違いによって生じる温度の差を検出することができるか、確認を行った。

また、同一建物周辺において計測位置の違いによる地表面温度の違いについて、あわせて検討を行った。

2. 実験方法

本研究では得られた実験データを統計的に処理し、その妥当性について検討を行っている。分析方法に関する

詳細については結果と考察で述べることにし、この章では実験方法と分析の概要について述べる。

(1) 実験概要

実験1では冬場において、土質や土壌水分状態の違いを検出することが可能であるか、について調べ、実験2では日射量の違いを検出することができるか、について調査と検討を行った。

(2) 実験方法

実験は土質の違いによる地表面温度の差を調査する実験1と、場所の違いによって生じる温度の差を検証する実験2について、2005年1月末～3月末まで行った。

用いた試料は関西方面に広く分布しているマサ土(滋賀県産)と、園芸用の黒ボク(市販の黒土)をパーミキュライトで改良した試料を用いた。混合比は屋上緑化の施工事例を参考にして、容積比で黒ボク3に対しパーミキュライト1とした。

a) 実験1：土質の差による違い

地表面温度を計測する場合、植栽のない試料は裸地として一義的に扱われることが多い。しかしながら、植生のない土のみの試料であっても、土質によって温度特性は異なる。また、同じ土質であっても土壌水分量によっても温度特性は異なる。そのため、ヒートアイランド緩和対策として人工地盤を設ける場合は、土質や土壌水分量などの違いによって生じる差を把握しておくことが望ましい。

そこで、マサ土、パーミキュライトによる黒ボクの改良土(以下黒ボク改良土)を試料として用いた。試料を50cm×10cmの市販のプランターボックスに2個ずつ層厚10cm程度に詰め、熱伝対を2本ずつ計4個挿入し、10分毎に温度データを採取した。実験概念図を示す。

また土壌水分量の違いが検出できるか調べるために、計測開始直前に含水比調整したマサ土の試料を用意し、含水比調整なしの試料との比較を行った。

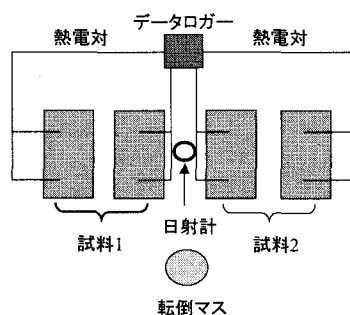


図-1 実験概念図

含水比調整したマサ土の含水比は19%、調整していない試料は4%であった。黒ボクのパーミキュライト改良土は65%である。

b) 実験2：計測位地による違い

屋上緑化の場合、地表面温度に影響を与える日射量が計測ポイントによって異なる場合がある。隣接する建造物との位置関係や、パラペットまでの距離などにより、日射量は影響されるため、同一のビルの上でも、計測ポイントによって地表面温度が異なる場合もある。そこで、立命館大学びわこ草津キャンパス内の土質実験室屋外の東側と、西側の両方に試料を設置し、比較を行った。設置距離は校舎の外壁から30cm程度はなれたところで、どちらもコンクリート上に置いた。

なお、実験1で示すデータは西側に設置した試料である。また、東側の試料には含水比調整した試料は設置せず、マサ土、黒ボク改良土の2種類とした。

(3) 分析方法

a) 代表値の検討

中長期の観測を行う上で、地表面温度は一日の平均温度が代表値とされることが多い。しかしながら、ヒートアイランド緩和効果を検証する上では、必ずしも一日の平均値が適するとは限らない。実験1の結果に即し、検討を行う。

b) 分析の流れ

統計的手法を用いる場合、データの構造などによって用いる検定方法は異なってくる。この節では分析の流れを示す。

- ① 実験配置の決定
 - ② 基本統計量(平均、中央値、分散など)の計算
 - ③ 等分散性の検定
 - ④ 水準間の有意差検定
 - ⑤ 多重比較
- を①～⑤の順に行なった。

c) 検定方法

④の検定を行う上で検定方法の選定は重要である。本研究では実験配置から検定方法を決定した。結果と考察であわせて述べる。

3. 結果と考察

(1) 実験1冬期における計測

a) 温度変化

実験1の結果を図-2に示す。縦軸に地表面温度を、横軸に経過時間を示し、地表面温度は4本の熱電対の平均値を示している。

図より、地表温度に差が生じていることがわかる。特

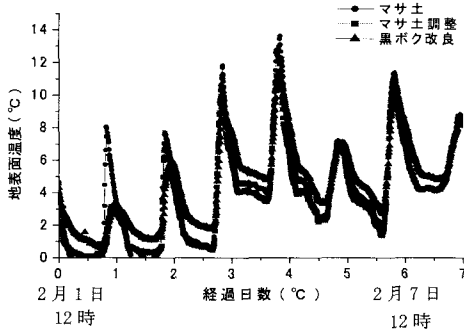


図-2 地表面温度の計測結果

に、土質の異なるマサ土と黒ボク改良土との差が顕著に現れている。

ここで得られた結果を統計的に検証してみる。

a) 順位値の比較による代表値の検討

表-1、表-2に24時間の平均気温とその順位値を示す。順位値とは平均値を順位に置き換えた値で、差の検定の際などに用いる。例えば1位となる値が2水準で同時に生じた場合は、それぞれ1.5の順位値となる。

この結果を見ると、黒ボク改良土が最も地表面温度が高い、ということになる。

この結果を見ると、黒ボク土は黒っぽい色をしているため、アルベドの差によって、日中の地表面温度も黒ボク土の方が高いものと考え、ヒートアイランド緩和対策工としては不利である、と判断してしまう可能性がある。本研究データのように1週間程度の計測であれば、1日の推移を示すことも可能となるが、中長期データの場合、平均値が代表値として示されることが多く、このような誤解が発生しやすくなる。そこで、本研究はヒートアイランド緩和対策の検証実験と位置付け、代表値としては一日の最大値を使用する。

b) 実験配置の決定

4本の平均値と経時変化の関係から、一日の最大値を示した時間を抜き出した。次にその時間における4本の熱電対から得られるデータをそれぞれ、ランダムに採取した繰り返しデータとみなし、1元配置としてデータを割り付けた。

計測は2月1日より行っているが、ここでは一日の平均

表-1 24時間平均気温(°C)

	2月3日	2月4日	2月5日	2月6日	2月7日
マサ調整	3.1	5.6	4.2	4.8	5.4
マサ土	3.4	6.5	4.7	5.3	5.4
黒改良	4.1	6.8	5.3	5.7	6.1

表-2 気温の順位値

	2月3日	2月4日	2月5日	2月6日	2月7日
マサ調整	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
マサ土	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
黒改良	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

表-3 2月3日の最大値(°C)

水準	地表面温度(熱電対1~4)				平均	分散
マサ調整	10.9	10.2	8.8	8.8	9.68	1.10
マサ土	9.9	10.7	11.2	10.3	10.53	0.31
黒改良	8.8	8.5	8.9	10.6	9.20	0.90

気温が1.9度と低く、また、グラフから3水準に差が見てとれる、2月3日のデータに着目した。2月3日の温度データを表-3に示す。

c) 等分散性の検定

熱流板についても同様のことが言えるが、熱電対の場合、地表面からの深さや土との密着性などの差は誤差の要因となる。また、中長期の観測を行うと、自重の変化などによって地表面からの埋設深さが変わってくることもある。

そこで、実験誤差の影響が評価できる分散分析が適すものと考えた。分散分析では全変動=Stを水準間変動=Saと水準内変動(誤差変動)=Seに分解し、この変動の比が大きければ、水準間に差がある、と考える検定方法である。

分散分析を行う場合、等分散性が前提条件となる。等分散性を検定する方法として、Cochran検定、Hartley検定、Bartlett検定などがあるが、表-3に示したように、水準間の繰り返し数が全て4回ずつになっているため、Hartley検定¹⁾によって等分散性の検定を行う。

Hartley検定は水準間において、分散が等しいと仮定すると、もっとも大きな分散と、もっとも小さな分散の比をとると、1に近づくというものである。以下に検定を行う。

検定の手順に従い仮説と対立仮説を立てる。

帰無仮説 H_0 : 水準間の母分散は互いに等しい

対立仮説 H_1 : 少なくとも一つの水準の母分散は異なる

次にHartley検定における検定統計量 $F_{\max}$ を計算する。

水準の個数 $a=3$ 個、各水準における繰り返し数 $n=4$
 $\min S_i^2=0.31$ (マサ土)、 $\max S_i^2=1.10$ (マサ調整)より検定統計量は

$$F_{\max} = \frac{\max \{s_i^2\}}{\min \{s_i^2\}} = \frac{1.10}{0.31} = 3.56$$

一方、Hartley検定における5%点は数表を用いて

$$F_{\max(a,n-1)}(\alpha) = F_{\max(3,3)}(0.05) = 27.8$$

となる。よって

$$F_{\max} < F_{\max(a,n-1)}(0.05)$$

となり、仮説は棄てられない。よって水準間の母分散は等しいものと仮定し、水準間の差の検定を1元配置の分散分析によって行う。

d) 分散分析

分散分析の手順に従い、仮説をたてる

帰無仮説 H_0 : 水準間の母平均に差はない

対立仮説 H_1 : 水準間の母平均に差がある

表-4 分散分析表

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F_0
水準間	S_A	$a-1$	$V_A=S_A/(a-1)$	V_A/V_E
水準内	S_E	$N-a$	$V_E=S_E/(N-a)$	

表-5 分散分析結果

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F_0
水準間	3.6	2	1.8	2.34
水準内	6.93	9	0.77	

次に、統計量を求め水準間変動および水準内変動を求める。

$$\text{全変動 } S_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2 = 10.54$$

$$\text{水準間変動 } S_A = \sum_{i=1}^a n(\bar{x}_i - \bar{x})^2 = 3.60$$

$$\text{水準内変動 } S_E = S_T - S_A = 3.94$$

以上の結果より、分散分析表は表-4を参考にして、表-3で示される。

次に、検定統計量 F_0 はF分布に従うから、F分布の数表より、

$$F_{(2,9)}(0.05) = 4.26$$

よって

$$F_0 < F_{(2,9)}(0.05)$$

となり、仮説は棄てられない。よって水準間に有意な差があるとはいえない。

e) 結果の考察

図-2に示した結果からは、水準間に差があるように見える。しかし、分散分析を行うと、この差は実験誤差によって生じる割合が高いことが示された。

この結果より表-3を見ると、調整したマサ土の値の水準内変動が大きくなっていることが確認できる。プランターボックス内でのマサ土の水分状態が均一になっていなかったことなどが、水準間誤差を大きくした原因と考えられる。

地表面温度を計測する際には、水分状態や埋設深さなどによって温度差が生じる一方、風雨の影響により、土と熱電対の接触状態同じ状態に保ち続けることは難しい。本数を増やす、ある程度の期間で挿入しなおす、などの工夫が必要であると考えられる。

f) 補足

2月4日で同様の分析を行った結果を、最大値および分散分析表と検定結果のみ示す。

$$F_0 = 9.37 \geq F_{(2,9)}(0.05) = 4.26$$

となり、仮説が棄却され、水準間に有意な差が認められる。

この結果は表にあるように、含水比を高くしたマサ土

表-6 2月4日の最大値(°C)

水準	地表面温度(熱電対1~4)			
マサ調整	12.9	12.2	11.3	11.3
マサ土	13.7	13.9	14	12.9
黒ボク改良	10.9	11.2	11.2	12.8

表-7 分散分析結果

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F_0
水準間	9.95	2	4.98	9.37
水準内	4.78	9	0.53	

の変動が小さくなっていることに起因するものと考えられる。一日経過することにより、過剰な土壌水分が流下し、安定化したためと考えられる。

(2) 実験2 計測地点による違い

a) 日射量の測定

屋上緑化の場合、隣接する建造物などの影響やパラペットなど構造上の問題から、設置する位置によって地表面温度が異なる場合がある。

特に、斜面上を緑化する場合、日射量に差が生じやすく、地表面温度なども異なってくることが予想される。そこで、計測地点の差が地表面温度を計測することで検出できるか、実験を行った。

実験場所は立命館大学の土木実験塔の西側と東側である。東側は別の校舎の影になりやすい。そこで、(有)クリマテック製全天型日射センサーCPR-PCM-01を用い、2地点で同時に日射量の計測を行った。計測はロガーを用い、1分間隔で自動計測を行っている。図-3に3月12

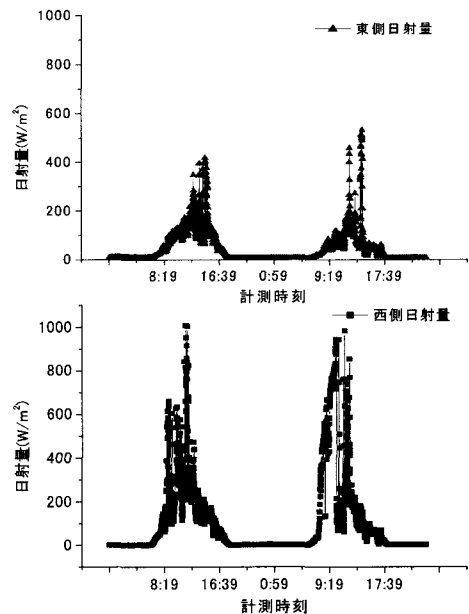


図-3 日射量の比較(上段東側, 下段西側)

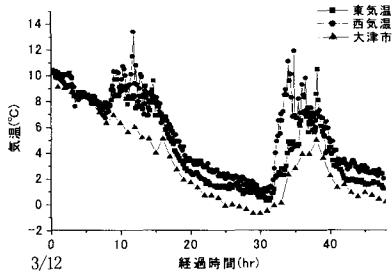


図-4 3月12日～13日の気温の比較

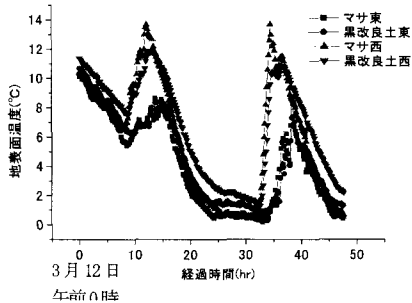


図-5 地表面温度(3月12日～13日)

日午前0時～3月14日午前0時までの結果を示す。

図に示したように、東側は隣接する校舎の影響により、日射量が低くなっている。このように、市街地にある屋上緑化やオープンスペースなどは構造物などの影響を受けやすく、隣接していても日射量が異なっている可能性がある。

b) 気温

前項同様に気温についても3月12日午前0時～3月14日午前0時までの結果を示す。また、局所的な性質を調べるため、気象庁による大津市気象台データも併せて示す。

気温についても西側と東側で異なっていることが確認できる。ピークがずれているが、日射量の影響によるものと考えられる。また、計測している場所は背後と、地面がコンクリートになっているため、大津市の気象台のデータより高くなっているものと考えられる。

e) 地表面温度

図-5に3月12日午前0時～3月14日午前0時までの結果を示す。計測地点による違いが明確に現れている。

(3) 実験2 統計分析

グラフ上では水準間に差があるように見て取れる。そこで、統計的に表現できるか、分散分析を行った。

a) 実験配置の割り付け

実験配置は本来、計画時に決まっていることが望ましい。著者らも、実験開始前は表-8のような乱塊法の実

表-8 乱塊法による割り付け

	B1	B2	B3
A1			
A2			

表-9 3月13日の温度データ

	地表面温度				平均	分散
マサ東	9	9	8.4	8.3	8.68	0.14
黒改良東	6.7	7.5	6.3	8.7	7.30	1.12
マサ西	11.3	11.9	11.5	11.2	11.48	0.07
黒改良西	10.7	10.8	10.7	11.5	10.93	0.15

験計画としていた。水準をマサ土と、黒ボク改良土の2水準としてA1, A2に、計測地を実験棟の東側、西側、北側の3箇所に設置して、B1, B2, B3にブロック因子として割り付ける、としていた。

しかし、中長期の野外観測の場合、計器の故障やデータの更新など、欠測となることがある。本研究では北側に設置していたデータロガーの故障と、電気設備の共同利用の関係で、データを得ることができなかった。

実際に採取できたデータは2水準、2因子となるため自由度が低く、分析した際の感度が鈍くなる。そこで、東側と西側をブロック因子としてとらず、水準として扱い、場所の違いは多重比較によって検討を行うものとする1元配置として割り付けた。

b) 等分散性の確認

等分散性の確認を実験1と同様、Hartley検定によって行う。

検定の手順に従い仮説と対立仮説を立てる。

帰無仮説 H_0 : 水準間の母分散は互いに等しい

対立仮説 H_1 : 少なくとも一つの水準の母分散は異なる

次にHartley検定における検定統計量 $F_{\max}$ を計算する。

水準の個数 $a=4$ 個、各水準における繰り返し数 $n=4$

$\min S_i^2=0.07$ (マサ西), $\max S_i^2=1.12$ (黒改良東)より検定統計量は

$$F_{\max} = \frac{\max \{s_i^2\}}{\min \{s_i^2\}} = \frac{1.12}{0.07} = 16$$

一方、Hartley検定における5%点は数表を用いて

$$F_{\max(a, n-1)}(\alpha) = F_{\max(4, 3)}(0.05) = 39.5$$

となる。よって

$$F_{\max} < F_{\max(a, n-1)}(0.05) \text{ となり、仮説は棄てられな}$$

い。よって水準間の母分散は等しいものと仮定し、水準間の差の検定を1元配置の分散分析によって行う。

c) 分散分析

分散分析の手順に従い仮説をたてる。

帰無仮説 H_0 : 水準間の母平均に差はない

対立仮説 H_1 : 水準間の母平均に差がある

次に、統計量を求め水準間変動および水準内変動を求める。

$$\text{全変動 } S_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2 = 50.2$$

$$\text{水準間変動 } S_A = \sum_{i=1}^a n(\bar{x}_i - \bar{x})^2 = 45.7$$

$$\text{水準内変動 } S_E = S_T - S_A = 4.5$$

以上の結果より、分散分析表は表一で示される。

表一 分散分析表

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F_0
水準間変動	45.7	3	15.23	40.62
水準内変動	4.5	12	0.38	

検定統計量 F_0 はF分布に従うから、F分布の数表より、

$$F_{(3,12)}(0.05) = 3.49$$

よって

$F_0 = 40.62 > F_{(3,12)}(0.05) = 3.49$ となり、有意水準5%で仮説は棄てられる。

従って、実験2における水準間には有意なさが認められる。

d) 多重比較

実験2では水準間に差があることが分かった。では、この差がどの水準間で生じている差なのか、多重比較によって検定を行う。

多重比較についてもLSD法、Tukey法、Scheffe法などがあるが、検出感度およびデータの型などから、ここではTukey法によって検定を行う。Tukey法は

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| \geq q(a, a(n-1); \alpha) \sqrt{\frac{V_E}{n}}$$

ならば2つの水準間に差があるとする多重比較の方法である。

帰無仮説 H_0 : $\mu + \alpha_i = \mu + \alpha_j$

対立仮説 H_1 : $\mu + \alpha_i \neq \mu + \alpha_j$

ここでは $n=4$ で全て等しいため、はじめに $|\bar{x}_i - \bar{x}_j|$ を計算し表一11にまとめる。

次に $q(4, 4(4-1); 0.05) = 4.20$

$$\sqrt{\frac{0.375}{4}} = 0.31$$

であるから、右辺は1.302となる。この値と表の値とを比較し、大きい値が水準間で差が認められる水準間であ

表一11 $|\bar{x}_i - \bar{x}_j|$ の値

	黒改良東	マサ西	黒改良西
マサ東	1.375	2.8	2.25
黒改良東		4.175	3.625
マサ西			0.55

る。

ここではマサ西と黒改良西以外の組み合わせで、有意な差が認められる。

e) 実験結果の解釈

前項d)の結果より、熱電対による地表面温度の計測で、計測位地の違いによる温度差を調べることができることが確認された。

また、このような場合、同一構造物場内での緑地であっても、計測位地の違いが明確になった場合は、平均化した値を代表値にするか、あるいは中央値を用いるか、あるいは別の緑地として扱うか、等の検討が必要と思われる。

f) 測定日の違いによる影響

中長期の計測を行う場合、季節変動による影響を受ける。実験2ではデータ採取した時期が三寒四温と呼ばれる時期で、特に気温の上昇傾向は確認できなかった。しかしながら、年間を通した計測を行えば、気温のトレンドがあり、その影響を考慮しなければならない。特に、地表面温度と気温との間には相互作用があるため、実験計画およびデータ配置には注意が必要である。

また、実験1では2月3日と2月4日でそれぞれ分散分析の結果が異なっていた。これらのことから、地表面温度の計測には、反復などにより、データ採取日を増やす必要があると思われる。

ここでは3月10日～3月14日までの5日間をブロックにとり、それぞれ4つの熱電対から得られたデータの中央値を順位値に置き換えてみた。表一12, 13に示す。

3月11日は16mmの降雨があった日で、降雨の影響で温度差が出にくかったものと思われる。それ以外では全てマサ土西、黒改良西、マサ土東、黒改良東、の順で地表面温度が高くなっている。

以上の結果から順位値は感度が鈍るものの、傾向を分析するには簡易で有効な手法と思われる。

表一12 最大値の中央値(°C)

	3月10日	3月11日	3月12日	3月13日	3月14日
マサ東	17.08	13.05	8.65	8.70	11.65
黒改良東	14.90	12.85	8.45	7.35	9.9
マサ西	23.27	13.05	13.55	11.45	14.35
黒改良西	21.17	13.10	12.00	10.75	13.95

表一13 中央値の順位値

	3月10日	3月11日	3月12日	3月13日	3月14日
マサ東	3	2.5	3	3	3
黒改良東	4	4	4	4	4
マサ西	1	2.5	1	1	1
黒改良西	2	1	2	2	2

4. おわりに

屋上緑化などのデータを取得する際、地表面温度の計測は一般的に行われている。温度で結果が表現されると、感覚的に結びつきやすい。また、熱流板に比べ熱電対は安価なことから、地表面温度の計測はヒートアイランド緩和効果を調べる上で、有効な方法であると考えられる。

地表面温度を観察するために留意すべき点を以下にまとめる。

- ① 地表面温度は土質によって異なってくる。そのため、ヒートアイランド緩和効果の検証実験を行う場合、自然含水比の高い試料と、低い試料の2種類を用いると評価しやすくなる。
- ② ヒートアイランド緩和対策効果の検証において、中長期的な観察を行う場合、一日の平均温度で示すだけでなく、最大値についても示す必要がある。
- ③ 地表面温度は降雨の影響を受けやすい。しかし、過剰の土壤水分下での熱電対による計測は測定誤差が大きく出やすい傾向がある。
- ④ 分散分析を行うと、誤差の影響が評価できるため、計測の初期段階においては計測の確認ができ、熱電対の位地や密着性などを確認することができる。

- ⑤ 冬期の蒸発量が少ない時期であっても計測地点の違いによる温度の差を確認することができた。

緑化用人工地盤による効果の検証については、植生との比較が問題とされることが多い。しかしながら、緑化基盤材だけでも温度に差が生じることが確認できた。

また、植生の影響を調べる検証実験では、相対比較によって評価されることが多い。植生があると、測定誤差が大きくなる傾向があるため、本研究で用いたように、統計的な処理を行うことで、実験方法および比較の妥当性を検証することができる。

また、同一屋上内でも、日当たりの良い場所と、日陰になりやすい場所とがある。数箇所で計測しておく、場所の違いから来る測定誤差を評価することが可能となる。

参考文献

- 1) 石村 貞夫：分散分析のはなし，東京図書，2004 年

Analysis on the ground-level temperature of an artificial soil

Shuji TAJIMA, Ryoichi FUKAGAWA and Kaichi OGI

Once the effect of an artificial soil is verified, it was important to measure the ground-level temperature. The measurement of the soil temperature is not only a convenient method to evaluate the artificial ground but also it is cost effective. However, the occurrences of error margin and observation of influences with water flows exist with the help of decentralized analysis; it was possible to confirm it.