

ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

1.1 気象条件

7月27日、7月29日10時～18時における、気温、湿度、水平面日射量、風向・風速の経時変化を図0-1～図0-4に示す。

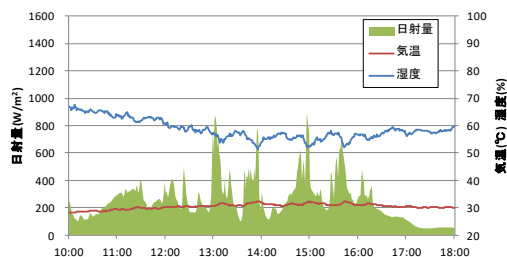


図 0-1 7月27日 気温・湿度・日射量

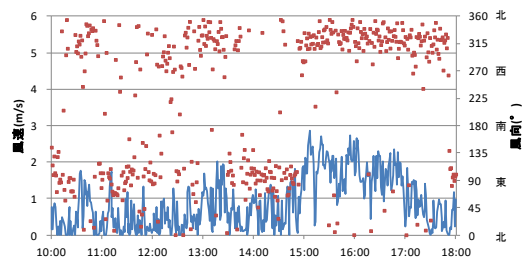


図 0-2 7月27日 風向・風速

7月27日10時～18時は雲が非常に多くみられた。最高気温は32.31℃、最低気温は28.16℃、平均気温は30.44℃であり、湿度は55%～65%、日射量は200 W/m²～400 W/m²の間を主に変動している。また、風向は10時～15時では北寄り、15時～18時では北西寄り、風速は0m/s～1m/sの風が多くを占めており、15時～17時に風速がやや大きくなっている。

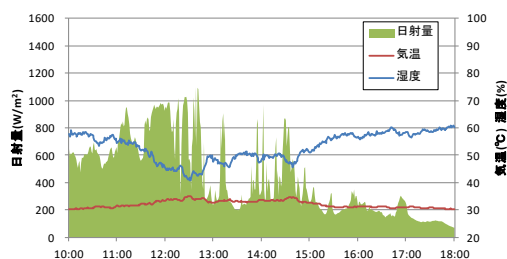


図 0-3 7月29日 気温・湿度・日射量

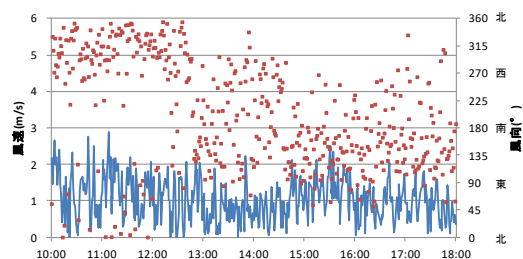


図 0-4 7月29日 風向・風速

7月29日10時～12時30分頃は快晴であったが、それ以降雲が多くみられた。最高気温は35.12℃、最低気温は30.14℃、平均気温は32.04℃であり、湿度は45%～60%、日射量は200 W/m²～800 W/m²の間を主に変動している。また、風向は10時～13時では北西寄り、13時～18時では南寄り、風速は0m/s～2m/sの風が多くを占めている。

1.2 表面温度低下効果

壁面緑化の有無による表面温度低下を比較する。

図 0-5、図 0-6 に右 1/3 のポット型植物を取り外した状態の壁面緑化の熱画像を、表 0-1 に図 0-6 の四角囲部分 A.リュウノヒゲ、B.ワイヤープランツ、C.ガレージ壁面の平均温度を示す。なお、測定時間は7月27日10時30分である。

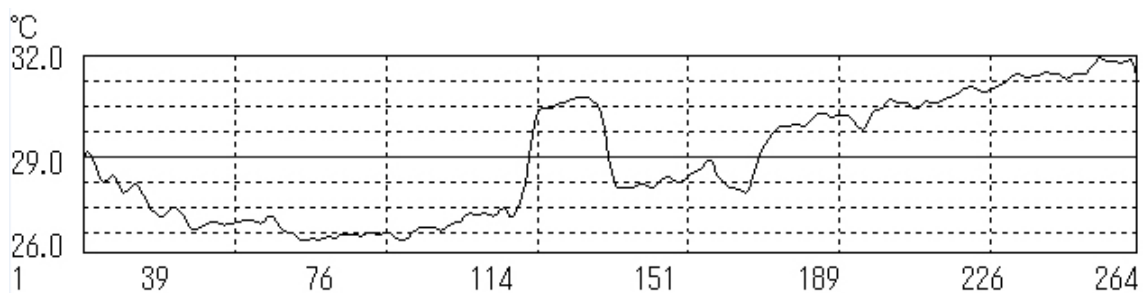
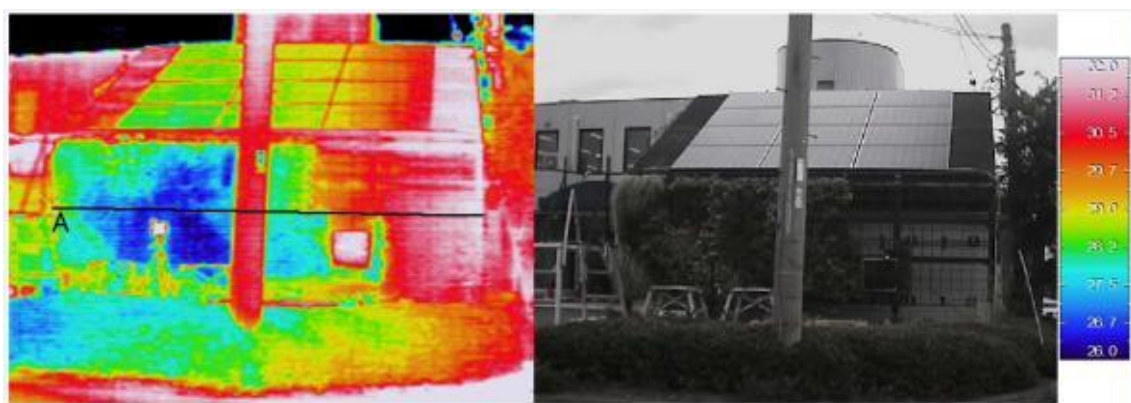


図 0-5 壁面緑化(右 1/3 取り外し) 熱画像①

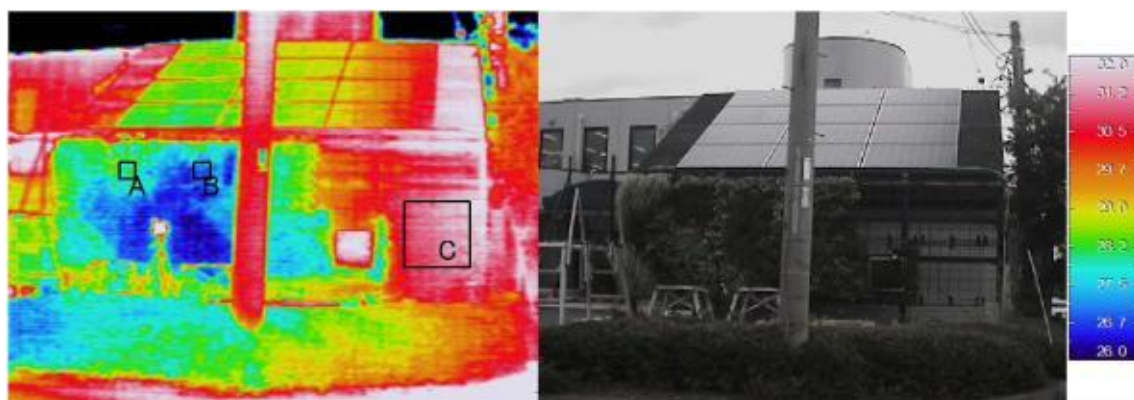


図 0-6 壁面緑化(右 1/3 取り外し) 熱画像②

ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

表 0-1 リュウノヒゲ・ワイヤープランツ・ガレージ壁面 平均温度

	平均温度
A.リュウノヒゲ	27.98℃
B.ワイヤープランツ	26.96℃
C.ガレージ壁面	31.15℃

右 1/3 のポット型植物を取り外した状態の壁面緑化の熱画像をみると、壁面緑化の方が明らかに表面温度が低いことが確認できる。ラインプロファイルをみると、壁面緑化では 26.5℃～29℃の範囲、ガレージ壁面では 30℃～32℃の範囲に位置し、壁面緑化の方が最大 5K 低いことがわかる。また、植物の種類によって表面温度に違いがみられ、壁面緑化中央部分の植物では、他の植物よりも表面温度が低い。

次に、リュウノヒゲ、ワイヤープランツ、ガレージ壁面の平均温度を算出すると、リュウノヒゲでは 27.98℃、ワイヤープランツでは 26.96℃、ガレージ壁面では 31.15℃であった。つまり、壁面緑化されていない部分に比べ、リュウノヒゲでは 3.17K、ワイヤープランツでは 4.19K の表面温度低下効果があることが確認できる。

1.3 気温・表裏面温度・裏側温度解析

ポット型植物において、気温、ポット型植物表面温度、ポット型植物裏面温度、壁面緑化裏側空気温度の関係を解析する。

1.3.1 気温・表裏面温度・裏側温度経時変化

図 0-7 にポット型植物周辺温度測定地点を、図 0-9 にリュウノヒゲ、ワイヤープランツにおける気温、表裏面温度、裏側温度の経時変化を示す。

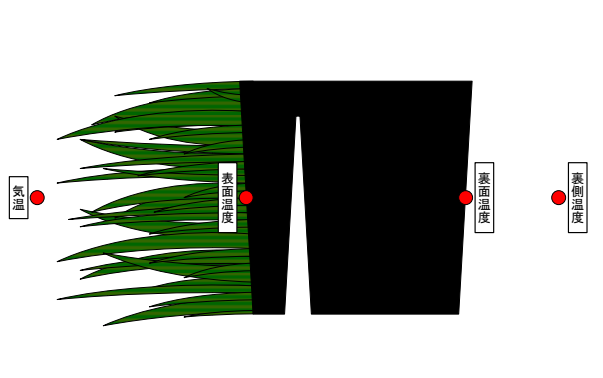


図 0-7 ポット型植物周辺温度測定地点

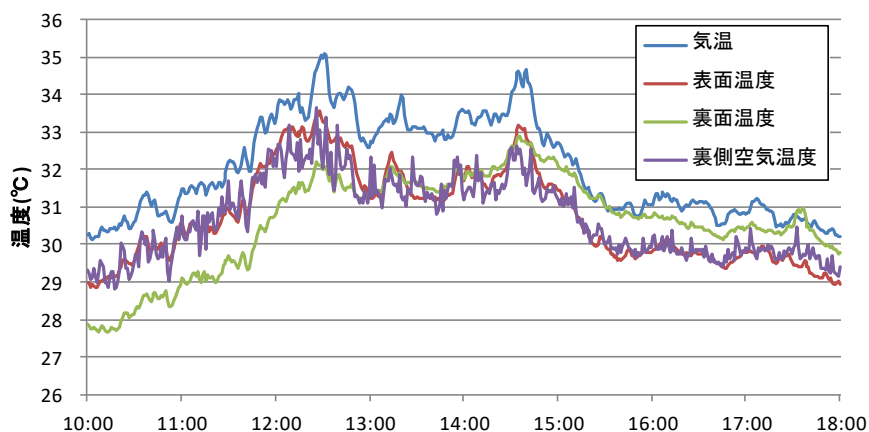


図 0-8 リュウノヒゲ

気温・表裏面温度・裏側温度経時変化

ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

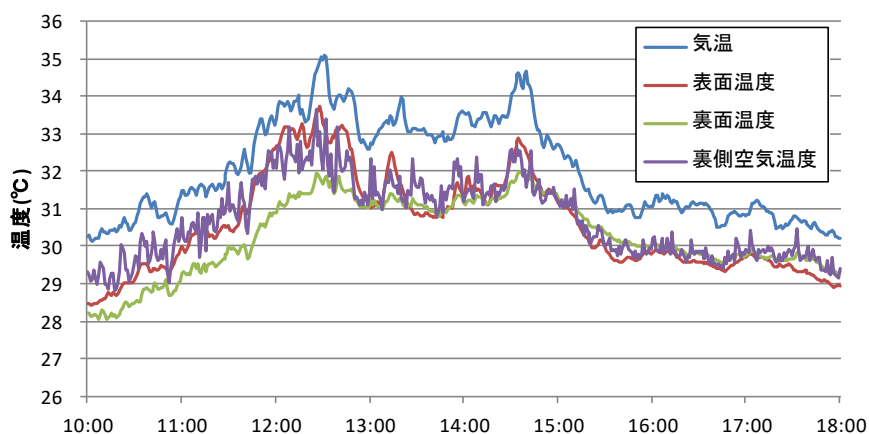


図 0-9 ワイヤープランツ
気温・表裏面温度・裏側空気温度経時変化

リュウノヒゲとワイヤープランツにおける気温、表裏面温度、裏側空気温度の経時変化に関して、表裏面温度、裏側空気温度が、気温より低くなっている。表面温度、裏側空気温度では 1~2K、裏側温度では 1~3K 低くなっており、表面温度は蒸発散効果のため、裏面温度、裏側空気温度は日射遮蔽効果のため、温度が低下したと考えられる。

1.3.2 表面温度と気温の関係

図 0-10 にポット型植物表面温度と気温の関係(ポット型植物表面温度-気温)を、図 0-11 に鉛直面日射量とポット型植物表面温度-気温の関係を示す。

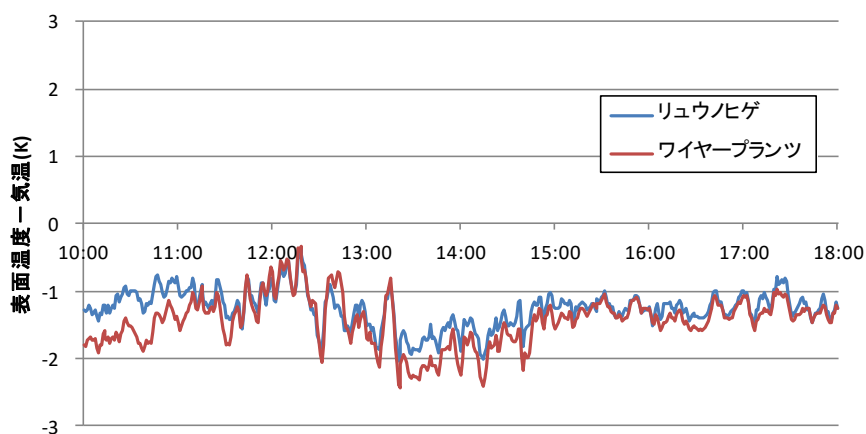


図 0-10 表面温度と気温の関係

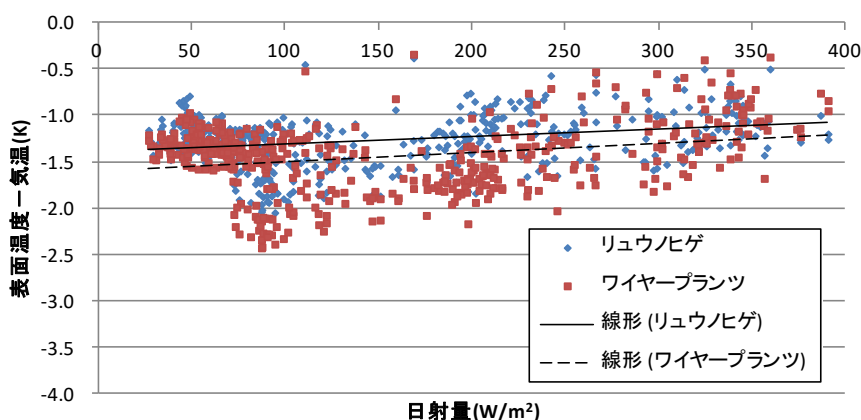


図 0-11 鉛直面日射量と表面温度-気温の関係

リュウノヒゲとワイヤープランツにおける表面温度と気温の関係(表面温度-気温)に関して、リュウノヒゲ、ワイヤープランツとも、気温より 1~2K 低くなっている。また、ワイヤープランツの方が、リュウノヒゲより、表面温度が若干低くなっており、ワイヤープランツの方が蒸発散による表面温度低下効果が大きいと考えられる。

次に、リュウノヒゲとワイヤープランツにおける鉛直面日射量と表面温度-気温の関係に関して、リュウノヒゲ、ワイヤープランツとも、鉛直面日射量が大きいくほど表面温度-気温が大きくなっている。つまり、表面温度の方が、気温より、日射の影響を受けて温度が上がりやすいと考えられる。

1.4 熱流量解析

ポット型植物において、表層熱流量、底層熱流量の関係を解析する。

図 0-12 にポット型植物熱流量測定地点を、図 0-13、図 0-14 にリュウノヒゲ、ワイヤープラントにおける熱流量経時変化を示す。また、図 0-15 に熱流入量(表層熱流量－底層熱流量)を、図 0-16 に鉛直面日射量と熱流入量の関係を示す。

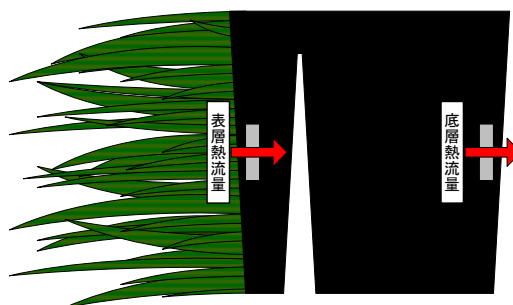


図 0-12 ポット型植物熱流量測定地点

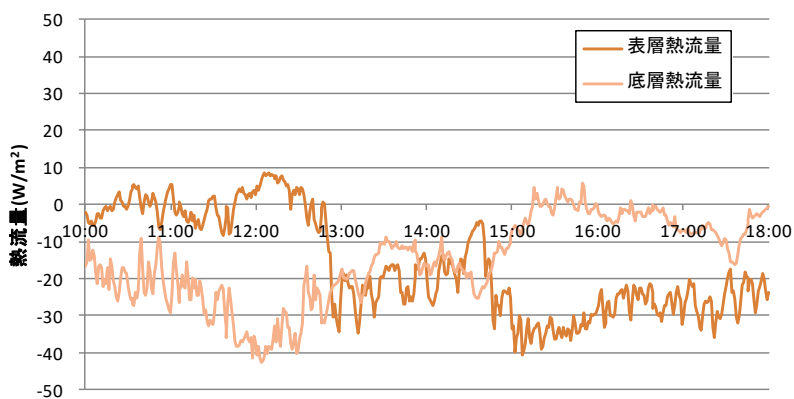


図 0-13 リュウノヒゲ 熱流量経時変化

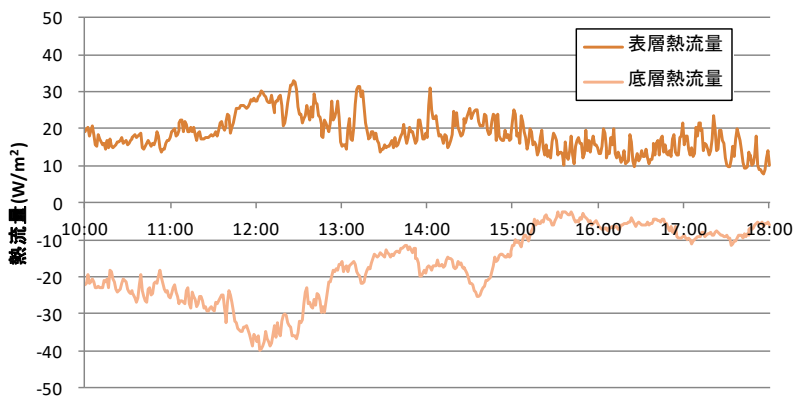


図 0-14 ワイヤープラント 熱流量経時変化

ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

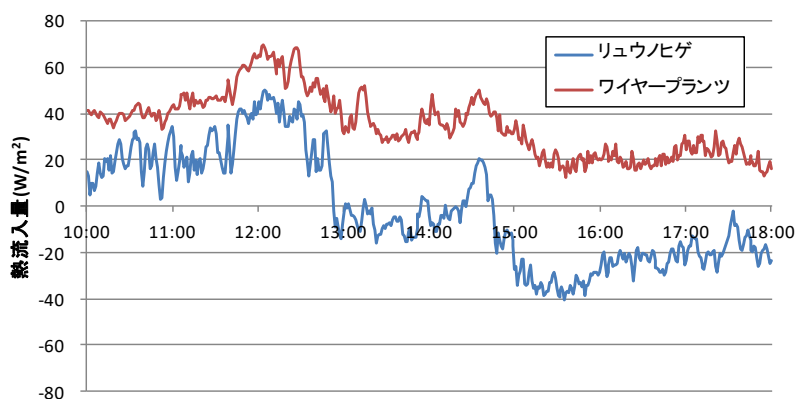


図 0-15 熱流入量経時変化

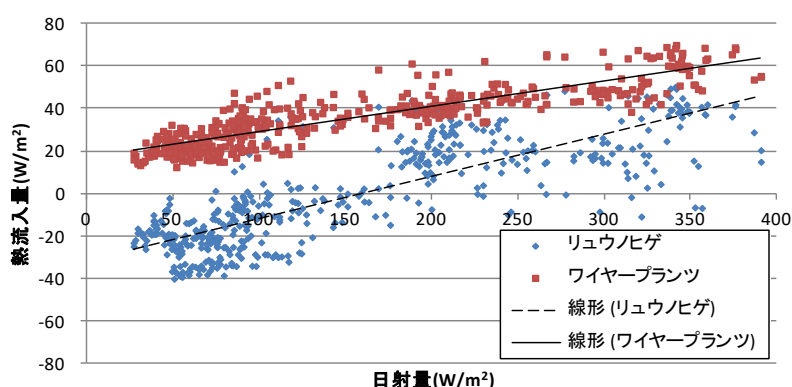


図 0-16 鉛直面日射量と熱流入量の関係

熱流量が正の場合では図 0-12 の矢印方向、熱流量が負の場合では図 0-12 の矢印とは反対方向に熱が流れている。リュウノヒゲとワイヤープランツにおける熱流量経時変化に関して、リュウノヒゲとワイヤープランツでは違いがみられる。

リュウノヒゲでは、表層からの熱流量として、12時45分以前の日射量の大きい時間帯では、熱の流入、流出がほとんどみられず、12時45分以降の日射量の小さい時間帯では、 $20\sim 40\text{W/m}^2$ の熱が流出している。底層からの熱流量として、12時45分以前の日射量の大きい時間帯では、 $20\sim 40\text{W/m}^2$ の熱が流入しており、12時45分以降の日射量の小さい時間帯では、 $0\sim 20\text{W/m}^2$ の熱が流入している。ポット型植物に入る全体の熱流量としては、日射量の大きい時間帯では、 $20\sim 40\text{W/m}^2$ の熱が流入しており、日射量の小さい時間帯では、 $0\sim 40\text{W/m}^2$ の熱が流出している。

また、ワイヤープランツでは、表層からの熱流量として、日射量の大きい、小さい時間帯に関わらず、 $10\sim 30\text{W/m}^2$ の熱が流入している。底層からの熱流量として、12時45分以前の日射量の大きい時間帯では、 $20\sim 40\text{W/m}^2$ の熱が流入しており、12時45分以降の日射量の小さい時間帯では、 $0\sim 20\text{W/m}^2$ の熱が流入している。ポット型植物に入る全体の熱流

量としては、 $20\sim 60\text{W/m}^2$ の熱が流入している。

以上より、リュウノヒゲとワイヤープランツを比較すると、底層からの熱流量は変わらないが、表層からの熱流量に違いがみられ、ワイヤープランツの方が熱流入量が大きくなっている。これは、ワイヤープランツの方が、リュウノヒゲより、蒸発散による表面温度低下効果が大きく、表面温度が若干低くなっているためだと考えられる。このため、ワイヤープランツの方が、表層付近の熱をより多く吸収し、屋外温熱環境により好影響を与えると考えられる。また、リュウノヒゲでは、12時45分以降の日射量の小さい時間帯において、ポット型植物全体として熱が流出している。このため、表層付近に熱を放出し、屋外温熱環境に悪影響を与えると考えられる。

次に、リュウノヒゲとワイヤープランツにおける鉛直面日射量と熱流入量の関係に関して、リュウノヒゲ、ワイヤープランツとも、鉛直面日射量が大きいかほど熱流入量が大きくなっている。つまり、熱流入量は鉛直面日射量に多く依存していると考えられる。また、リュウノヒゲでは、鉛直面日射量が 150W/m^2 以下の場合において、熱流入量が負、つまり、熱が流出していることがわかる。このため、蒸発散による表面温度低下効果が小さいポット型植物は、日射量が小さくなると熱は流出する方向に向かい、屋外温熱環境に悪影響を与えると考えられる。

1.5 蒸発散量解析

ポット型植物において、蒸発散量を解析する。

1.5.1 各ポット型植物の蒸発散量

図 0-17～図 0-20 にリュウノヒゲ A～D の 1 時間ごとの蒸発散量とその写真を、図 0-21 図 0-24 にワイヤープランツ A～D の 1 時間ごとの蒸発散量とその写真を示す。

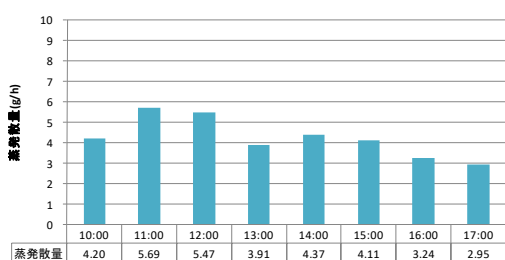


図 0-17 リュウノヒゲ A 蒸発散量

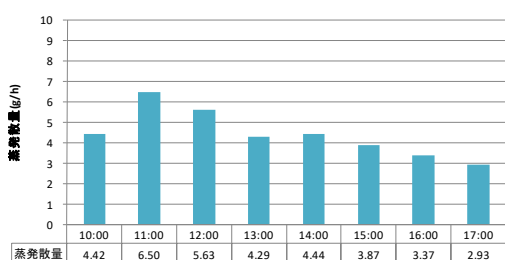


図 0-18 リュウノヒゲ B 蒸発散量

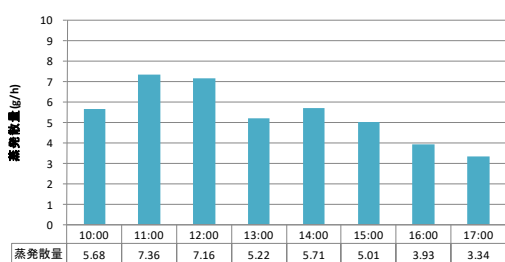


図 0-19 リュウノヒゲ C 蒸発散量

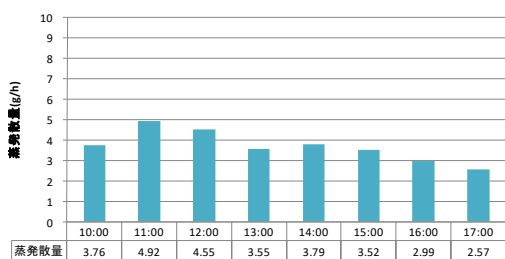


図 0-20 リュウノヒゲ D 蒸発散量

ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

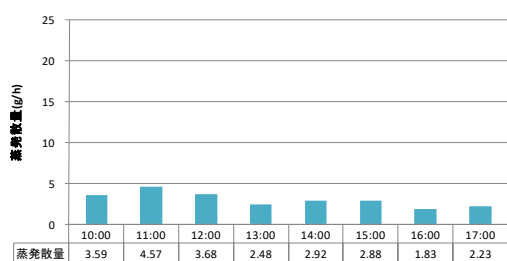


図 0-21 ワイヤープランツ A 蒸発散量

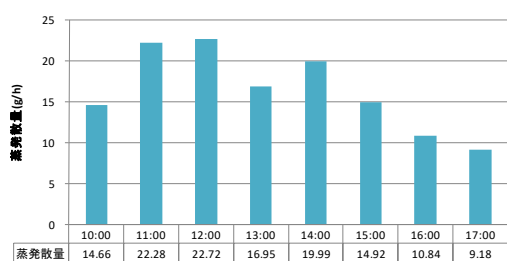


図 0-22 ワイヤープランツ B 蒸発散量

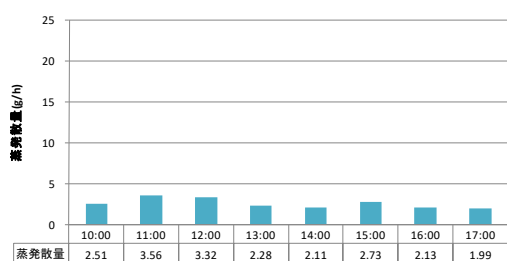


図 0-23 ワイヤープランツ C 蒸発散量

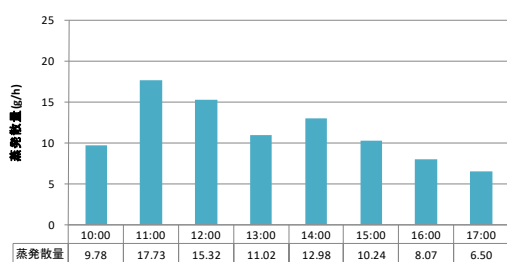


図 0-24 ワイヤープランツ D 蒸発散量

電子天秤を用いて算出した 1 時間ごとの重量変化は、土からの蒸発量と葉からの蒸散量を合わせた蒸発散量になると考えられる。

リュウノヒゲとワイヤープランツにおける 1 時間ごとの蒸発散量に関して、リュウノヒゲ、ワイヤープランツとも、11 時、12 時の日射量の大きい時間帯では、蒸発散量が大きく

ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

なっている。つまり、蒸発散量は日射量に多く依存していると考えられる。

次に、リュウノヒゲとワイヤープランツを比較すると、ピーク時の蒸発散量について、リュウノヒゲ A・B・C・D がそれぞれ 5.69(g/h)、6.50(g/h)、7.36(g/h)、4.92(g/h)、ワイヤープランツ B・D(葉あり)がそれぞれ 22.72(g/h)、17.73(g/h)と、ワイヤープランツの方が蒸発散量が大きいことがわかる。

また、ワイヤープランツ B・D(葉あり)と A・C(葉なし)を比較すると、ピーク時の蒸発散量について、ワイヤープランツ B・D(葉あり)がそれぞれ 22.72(g/h)、17.73(g/h)、A・C(葉なし)がそれぞれ 4.57(g/h)、3.56(g/h)と、ワイヤープランツ B・D(葉あり)の方が蒸発散量が約 16(g/h)大きいことがわかる。これは、葉がない場合では、葉からの蒸散がなく、土からのみ蒸発を行なっているためと考えられる。

1.5.2 潜熱による熱移動

物質の移動に伴う熱の移動である対流熱伝達は相変化のない場合の移動プロセスであるが、湿った固体表面では相変化の生じる熱移動プロセスである潜熱による熱移動が生じる。蒸発散に伴う潜熱変換量は式 4-1 により定義される。

$$q = lE \quad \text{式 4-1}$$

- q : 潜熱フラックス (W/m²)
 l : 水の蒸発潜熱 2.5×10⁶(J/kg)
 E : 蒸発速度 (kg/m²s)

本研究では、リュウノヒゲ、ワイヤープランツにおいて、1時間ごとの潜熱フラックスを算出した。ただし、ワイヤープランツに関しては、葉がない場合(A・C)は除いている。図 0-25 に、リュウノヒゲ、ワイヤープランツにおける潜熱フラックスを示す。

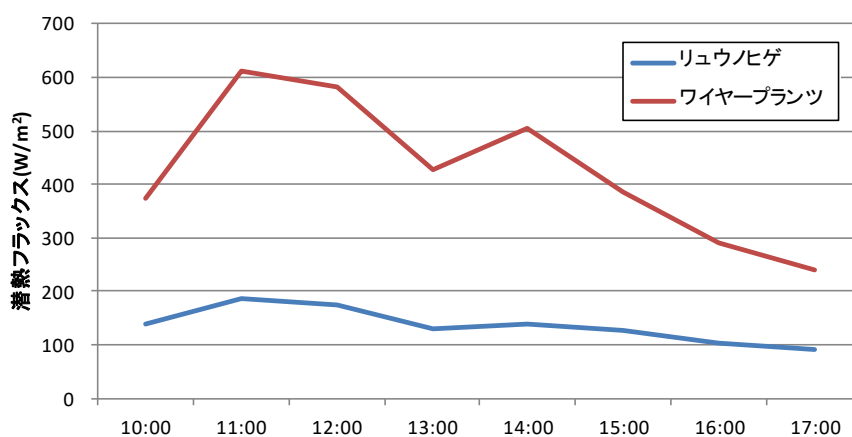


図 0-25 潜熱フラックス

リュウノヒゲとワイヤープランツにおける潜熱フラックスに関して、ワイヤープランツの方が、リュウノヒゲより、潜熱フラックスが大きくなっている。また、ピーク時の潜熱フラックスについて、ワイヤープランツは 600W/m²を上回る値となった。

熱流入量について、ワイヤープランツの方が熱をより多く吸収する結果になったが、潜熱フラックスについて、ワイヤープランツの方が熱をより多く放出している。しかし、潜熱として放出しているため、屋外温熱環境に悪影響を与えない。つまり、ワイヤープランツの方が、顕熱フラックスの上昇を抑え、屋外温熱環境により好影響を与えらる。

1.6 ポット型植物を用いた壁面緑化の効果推定

ここでは、ポット型植物を用いた壁面緑化を普通壁面に施した際の、室内側に与える効果を推定する。図 0-26 に、普通壁面(施行前)と壁面緑化(施工後)を示す。

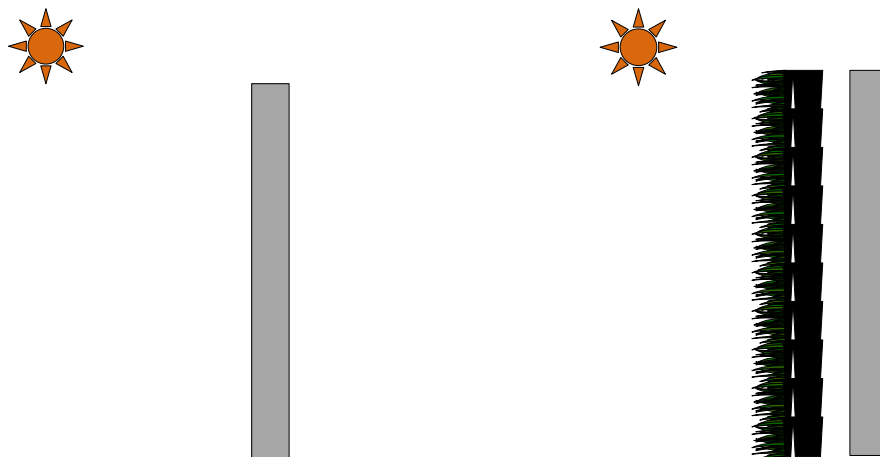


図 0-26 左：普通壁面(施行前)、右：壁面緑化(施工後)

普通壁面の少し離れた一面に、ポット型植物を施工する場合を考える。気象条件に焦点を当てると、壁面緑化では、気温は壁面緑化裏側空気温度、鉛直面日射量は $0(\text{W}/\text{m}^2)$ 、鉛直面長波放射量はポット型植物裏面からの長波放射量とみなすことができ、これが仮想の気象条件となる。図 0-27 に、壁面緑化の仮想の気象条件を示す。

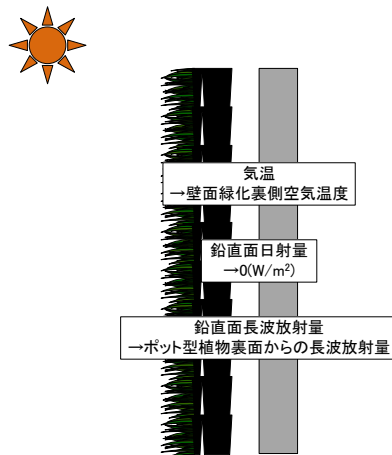


図 0-27 仮想の気象条件

また、図 0-28～図 0-30 に、普通壁面の気象条件(気温、鉛直面日射量、鉛直面長波放射量)と壁面緑化の仮想の気象条件(気温、鉛直面日射量、鉛直面長波放射量)を示す。

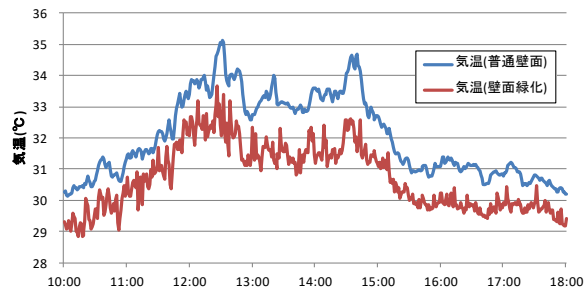


図 0-28 気温(普通壁面と壁面緑化)

第7章 総括

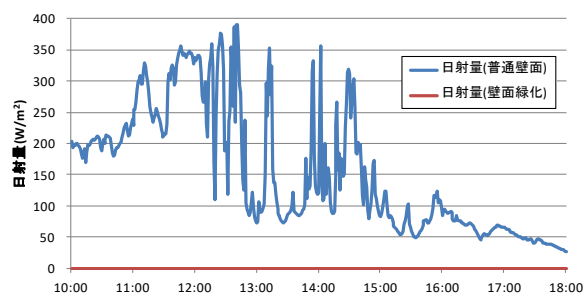


図 0-29 鉛直面日射量(普通壁面と壁面緑化)

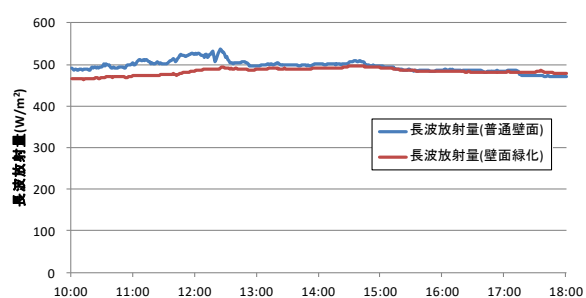


図 0-30 鉛直面長波放射量(普通壁面と壁面緑化)

以上の気象条件の下、ポット型植物を用いた壁面緑化を普通壁面に施した際の、室内側に与える影響を考えた時、気温、鉛直面日射量、鉛直面長波放射量はともに下がっているため、快適な室内温熱環境や冷房負荷低減に効果があると考えられる。