

イネ水耕栽培システムによる屋上気温と屋上面熱フラックスの緩和効果 Mitigation effect of rice hydroponics system on high temperature and heat flux over the rooftop in summer.

○田中宣多*・川島茂人*・濱武英**・中村公人*

○TANAKA Yoshikazu, KAWASHIMA Shigeto, HAMA Takehide, NAKAMURA Kimihito

1. はじめに 近年、夏期における都市の高温化が問題となっている。その対策の一つとして、都市部における建物の屋上を芝や低木で緑化することで、建物内への熱負荷の軽減が考えられている。これまで、建物への熱負荷に関する研究は多く行われているが、屋上の微気象に関する研究は多くなく、植物栽培との関係を扱ったものはさらに少ない。そこで本研究では、建物屋上において作物を水耕栽培することで、従来の効果に加えて食糧生産および大気との熱収支構造への効果を解明することを目的として実験を行った。本報告では、建物屋上にイネを水耕栽培することが、屋上気温と屋上面熱フラックスに与える影響を定量的に解析したものを示す。

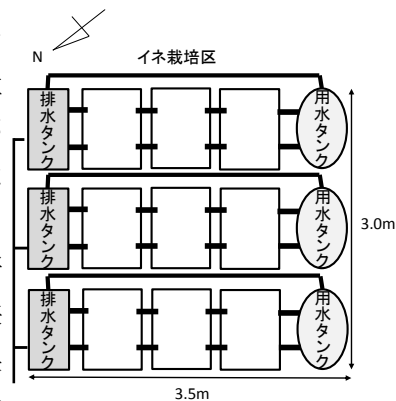


Fig.1 イネ水耕栽培概要
Rice Hydroponics system

2. 材料と方法

1) 実験対象地の概要 実験は、大阪市中央区にある(株)大阪ガスビル(高さ 30m)の屋上で行った。タイル貼りの屋上中央部にイネ水耕栽培システム(3.5m×3.2m)を設置した。特に高温となった 2013 年 7 月から 8 月までの観測値を解析に用いた。

2) イネ水耕栽培システム Fig.1 にイネ水耕栽培システムの概要を示す。本実験で用いたイネ水耕栽培システムは、循環系をなしており、1 ユニットの循環系は、用水タンク、栽培用水槽(内寸縦 76cm, 横 91cm, 高さ 20cm) 3 個、排水タンクからなる。循環方法は、下流の排水タンクから上流の用水タンクへ、ポンプで輸送し、上流から下流へ水位勾配を設けることで循環させる。排水タンクは、ボールタップ(浮き)を備えており、水位が低下すると水道から自動給水される。イネの移植は、2013 年 5 月 24 日に行った。

3) 熱環境観測システム データロガーとしてキャンベル社製 CR10X, センサとして熱電対と熱流板を用いて熱環境の観測を行った。熱電対は、銅—コンスタンタンを用い、水温 3 点、水面上の気温 3 点、屋根面上の気温 2 点、屋根表面温度 4 点の計 12 点で温度計測を行った。熱流板は、プリード社製熱流板を用い、イネ栽培区屋根面 2 点、非栽培区屋根面 2 点の計 4 点で観測した。イネ栽培区の屋根面では、栽培用水槽下屋根面の熱流量を測定した。熱流板上面を屋根面と同じ色に塗装した。データのサンプリング時間間隔は 10 秒、記録時間間隔は 30 分とした。なお、気温および水温観測は、直射日光の影響を受けないように、熱電対に白色の筒型遮光シールドをつけて観測を行った。

4) 気象観測機器 ビル屋上に onset 社製気象観測システムを設置して気象要素(気温、湿度、風向・風速、日射量、降水量)の観測を行った。記録時間間隔は 30 分とした。

*京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

**熊本大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science, Kumamoto University

キーワード: 緑化, 大気, 環境影響評価

3. 結果と考察

1) 水面上の気温と屋根面上の気温 解析期間における水面上気温と屋根面上気温の日平均値の経日変化をみると、雨天時を除いて、水面上気温は29℃以上、屋根面上気温は30℃以上で推移した。解析期間で最も高温となった8月11日と12日の連続2日間についての経時変化を Fig.2 に示す。この図から、最も高温となる条件では、14時に屋根面上気温は約44℃になるのに対し、水面上気温は約36℃に抑えられたことが分かる。

2) イネ栽培区と非栽培区の屋根面熱フラックス 解析期間における屋根面流入熱フラックスの日積算値について、イネ栽培区と非栽培区の経日変化をみると、雨天時を除いて、イネ栽培区の屋根面熱フラックスは、非栽培区よりも大きく下回っており、非栽培区の約14%に軽減された。解析期間で最も高温となった8月11日と12日の連続2日間についてのイネ栽培区と非栽培区での経時変化を Fig.3 に示す。非栽培区屋根面では、6時から建物への熱流入がみられ、15時以降に建物からの熱流出がみられる。一方、イネ栽培区では、8時から建物への熱流入がみられ、18時以降に建物からの熱流出がみられた。建物に出入りする熱流量は、イネ栽培区の方が非栽培区よりも非常に小さく、イネ栽培区は建物に対する熱負荷を大きく軽減することが分かる。

3) イネ栽培区と非栽培区屋上面熱収支 建物への流入熱に関して屋根面熱収支からイネ栽培区と非栽培区を比較する。イネ栽培区と非栽培区に用いた熱収支式は、以下とした。

$$\text{イネ栽培区} \cdots [R_n(\text{Wm}^{-2})] = [H(\text{Wm}^{-2})] + [\ell E(\text{Wm}^{-2})] + [G_v(\text{Wm}^{-2})] + [\Delta S(\text{Wm}^{-2})]$$

$$\text{非栽培区} \cdots \cdots [R_n(\text{Wm}^{-2})] = [H(\text{Wm}^{-2})] + [\ell E(\text{Wm}^{-2})] + [G_c(\text{Wm}^{-2})]$$

ここで、 R_n は純放射量(Wm^{-2})、 H は顕熱フラックス(Wm^{-2})、 ℓE は潜熱フラックス(Wm^{-2})、 G_v はイネ栽培区屋根面熱フラックス(Wm^{-2})、 G_c は非栽培区屋根面熱フラックス(Wm^{-2})、 ΔS は水体蓄熱変化量(Wm^{-2})とする。なお、純放射量および水体蓄熱変化量は、観測値より推定し、非栽培区における潜熱フラックスは0として扱う。イネ栽培区では、顕熱フラックスと潜熱フラックスの和を残差で算出し、ボーエン比より潜熱フラックスを検討した。非栽培区では、顕熱フラックスを残差により算出し検討した。水耕栽培による蒸発とイネの蒸散によって、建物への熱流入量の軽減および屋上気温の改善効果があると考えられる。今後は、葉面温度を観測項目に加え、群落内気温および水蒸気量を観測する予定である。

謝辞 本研究は、株式会社大阪ガスの協力にて行われた。付記して謝意を表す。

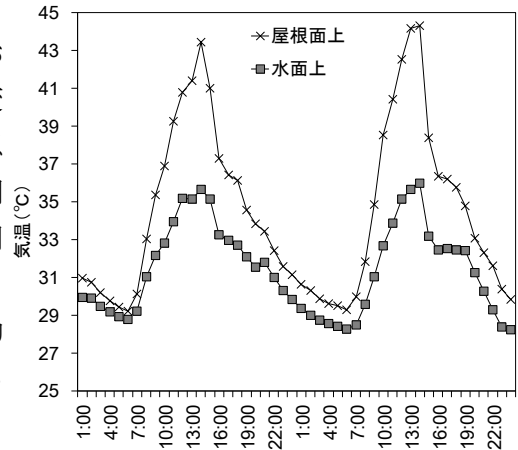


Fig.2 水面上の気温と屋面上の気温
Temperature over water and rooftop.

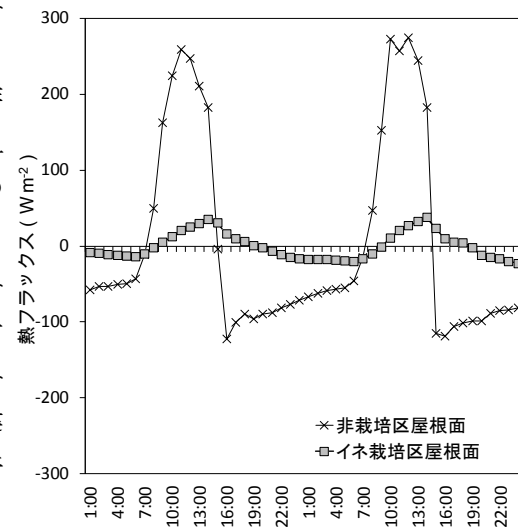


Fig.3 イネ栽培区と非栽培区の
熱フラックス経時変化

Changes heat flux at rice hydroponics area and control area.