

乾燥ハウスの集熱性能について

堀部 和雄・中川 健治・藤山 堯然
三重大学生物資源学部

Heat Collection Characteristics of a Greenhouse for Drying

Kazuo HORIBE, Kenji NAKAGAWA and Gyonen FUJIYAMA
Faculty of Bioresources, Mie University

Summary

In order to improve the efficiency of a solar drying system in which a greenhouse for grain drying is used, heat-collection performances of the greenhouse were studied. A black or blue vinyl sheet was put on the floor inside the greenhouse as a heat-collection surface, and then it was used as an air collector. Radiation characteristics, changes of temperature and humidity in the air inside the greenhouse, and the heat collection efficiency were investigated on each surface. It was found that, from these viewpoints, the black vinyl sheet is most efficient for heat collection.

The heat collection efficiency which is adapted for the house collector under a non-stationary operating condition was proposed. The efficiency was measured simply and quickly and then showed by multiple regression formulas. A method of calculation of the heat-collection area fitted for the drying scale by these formulas was presented.

Key words: solar grain-drying, greenhouse for drying, heat collection, radiant balance, non-ststionary efficiency.

I 緒 言

太陽熱利用穀物乾燥は、乾燥における省エネルギー対策のみならず今後は乾燥穀物の品質（特に内観品質）の向上を図るといふ意味からも考えていく必要がある。穀物に関し高度に発達した農業機械化体系が確立している我国で太陽熱乾燥を利用する場合、乾燥速度、処理能力、経済性、労働力軽減という立場から穀物乾燥用ハウス（以下乾燥ハウスという）を用いた放射乾燥と通風乾燥が有望であり¹⁾、前者では現実に実用化されている例もある²⁾³⁾。しかし、当然であるが現在使用されているハウスでは目的が異なるので、その集熱性能の検討方法や

また従来のハウスと異なり簡単に制作できる穀物乾燥専用の安価なハウスの利用といった経済性は考慮されていないのが実情である。このような観点から、集熱性を考えたときの日射量について問題となる点に関し検討しその解決策を示し⁴⁾、さらに安価で簡単なハウスの集熱特性についても考察してきた⁵⁾。

本報では、この考えを進めハウスの集熱性能を主に集熱効率から考察し同時にその向上策についても検討したので報告する。まずハウスを空気式コレクタとして通風乾燥に用いる場合、従来から温水器、空気式コレクタなどで使用されている瞬時効率や終日効率⁶⁾を求める必要がある。そこでハウスが定常的な状態にあるときの実験からこの効率を計算し、これに及ぼす外気温度、湿度、日射量、面積、送風量の影響や効率が簡単に予測できる

回帰式を算出した。

しかし、この効率はハウス外側に送風機を設置しその内部で加熱された空気を連続排風する実験から求め、また乾燥規模にあった集熱面積を求めるには送風量をかえた多くの実験が必要となるので、かなりの時間と労力を消費する欠点がある。そこで、本報ではこのような大きなハウスコレクタに適する非定常的な操作条件で求められる効率の算出方法を提案した。この方法はハウス内の送風機を利用して測定できるので実験が簡単でしかも短時間で良いことが特徴である。この効率を異なる面積をもつハウスについて求め従来の方法で算出した効率と比較しその妥当性を定性的に確かめた。

ハウスがコレクタとして簡便的に利用されるとき、その集熱性能は低く、また土壌表面からの水分蒸発によってハウス内の空気の湿度は増加しその乾燥ポテンシャルが低下する。したがって、これを防止しかつハウスの集熱性能を向上させるため、黒色シートを置くことを考えた⁷⁾。シートを用いた場合の効果をそうでない時との比較実験により考察した。

II 放射特性

1) 放射収支 乾燥ハウス内の放射流れは図1のようである。 I_v , I_1 がハウス外、ハウス内水平面全天日射量を、 I_1 , I_2 がハウス内床面(集熱面という)、外壁面の反射日射量を、 LR_1 , LR_2 , LR_3 が集熱面と内壁面、集熱面と周囲、外壁面と周囲との長波放射量を表す。集熱性能を考えると、集熱面に供給されるエネルギーすなわち純放射量が、また放射損失である反射日射量、長波放射量がどの程度であるかが重要である。

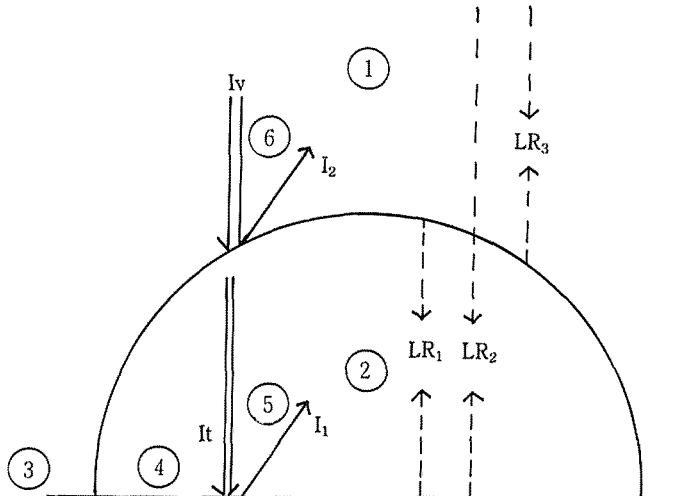
次にこれらを考察してみる。放射収支より、ハウス外壁面上の純放射量 Q_a は、

$$Q_a = I_v - I_2 - LR_3 \quad (1)$$

また、集熱面上の純放射量 Q_b は、

$$Q_b = I_1 - I_1 - LR_1 - \tau_1 LR_2 \quad (2)$$

で与えられる⁸⁾。ただし、 τ_1 は壁面の長波透過率である。この Q_a , Q_b は図1で①、②の位置に放射収支計をおけば直接測定が可能である。集熱面、外壁面の反射日射量は、



I_v ; ハウス外水平面日射量, I_t ; ハウス内水平面日射量, I_1 ; 集熱面反射日射量
 I_2 ; 外壁面反射量, LR_1 ; 集熱面と内壁面の長波放射量
 LR_2 ; 集熱面と周囲の長波放射量, LR_3 ; 外壁面と周囲の長波放射量

図1 乾燥ハウスの放射流れ

Fig. 1. Radiant flow of greenhouse for drying

表 1. 放射量測定結果
Table 1. Measurement results of radiation

集熱面		コンクリート	青色シート	黒色シート
実験月日		8月30日	9月7日	9月2日
透過率		0.690	0.625	0.656
集熱面上	日射量 I_t	299	262	282
	純放射量 Q_b	168 (0.56)	142 (0.54)	216 (0.76)
	反射量 I_1	101 (0.34)	98 (0.37)	16 (0.06)
	長波放射量 LR_1	30 (0.10)	22 (0.09)	50 (0.18)
外壁面上	日射量 I_r	433	419	430
	純放射量 Q_a	285 (0.66)	277 (0.66)	319 (0.74)
	反射量 I_2	72 (0.16)	83 (0.20)	11 (0.03)
	長波放射量 LR_3	76 (0.18)	59 (0.14)	100 (0.23)

単位は透過率を除きすべて W/m^2

$$I_1 = \rho_s I_t \quad (3)$$

$$I_2 = \rho_w I_v + \tau_w I_1 \quad (4)$$

と定義できる。ここで、 ρ_s , ρ_w は集熱面、壁面の反射率、 τ_w は壁面の透過率を表す。図で、③、④の位置に日射量をおけば、 I_v , I_1 が、⑤、⑥に日射量を逆向きにして置けば、 I_1 , I_2 が測定できる。また長波放射量は、式 1, 2 より

$$LR_3 = I_v - I_2 - Q_a \quad (5)$$

$$LR_1 + \tau_1 LR_2 = I_t - I_1 - Q_b \quad (6)$$

となり、式 5, 6 の右辺がすべて測定可能量であるから、間接的に求められる。

2) 実験結果 実験に供したハウスは、長さ 10 m, 幅 3 m, 面積 $30 m^2$ で、壁面は、強化ガラス繊維ポリエステル波板、集熱面はコンクリートでできている（以下 FRP ハウスという）。ハウス内外の日射、放射の測定は、全天日射計、放射収支計を用いた。集熱面がコンクリート、青色シート（ポリエチレンシート）、黒色シート（塩化ビニールシート）の場合について、6時から18時までの積算量で上述の各量を比較すれば表 1 のようである。実測による壁面の透過率は 0.62 から 0.69 の間にあり、

通常いわれる値⁹⁾ よりかなり小さい。これはハウスが建てられてからすでに 5 年経過しているため、その劣化によるものと推定される。反射率は当然表面の色により差が生じ、黒色シートは 0.06 と極めて小さく、青色シートとコンクリートはそれぞれ 0.37, 0.34 とほぼ同程度の値となった。しかし、長波放射量を見ると黒色シートが他に比べかなり大きな値を示す。

同表には、この集熱面の相違を見るため、上述の集熱面上と外壁面上における放射収支より、この両者の場合について供給日射量、純放射量、長波放射量、反射日射量を示している。また、括弧内の値は、供給日射量に対するそれぞれの量の割合を同時に表す。ただしこの計算では壁面の長波透過率は 0 を使用した。集熱面上の場合で有効量と考えられる純放射量を見てみると、黒色シートは 0.76 であり、青色シート、コンクリートの 0.54, 0.56 と大きな差がみられた。この差は放射損失のうちの反射日射量の相違によって生じたことがわかるであろう。外壁面上の場合も同様の結果が得られているが、青色シート、コンクリートでは、集熱面反射日射量が減少するので、その分純放射量の占める割合が大きくなり、いずれも 0.66 となる。以上、放射収支という観点からみて黒色シートの集熱面が有効であると考えられる。

III 温度, 湿度変化

1) ハウス各部の温度変化 乾燥ハウス内の空気の熱収支は

$$C_a R_a V_a \frac{dT_{ai}}{dt} + GC_a (T_{ai} - T_{ao}) = h_w (T_w - T_{ai}) A_w + h_s (T_s - T_{ai}) A_s \quad (7)$$

で与えられる¹⁰⁾。ここで、T: 温度 (°C), t: 時間 (h), R: 密度 (kg/m³), V: 容積 (m³), G: 空気質量流量 (kg/m²h), C: 比熱 (J/kg°C), h_w, h_s: 内壁面と空気, 集熱面と空気の熱伝達率 (W/m²°C), 添え字 a, w, s は, 空気, 壁面, 集熱面をまた2番目の沿え字 i, o は, ハウス内, ハウス外を表す。さて, この熱収支を利用し集熱面が異なった場合, ハウス各部の温度変化はどのような影響をうけるかを考察した。図2はFRPハウスの集熱面が黒色シートであるときの温度変化例を示す。温度測定は, 壁面, 集熱面は放射温度計で, ハウス内外の空気

は熱電対で行った。とくに空気温度の測定は, 日射の影響を受けないよう検出端をアルミ箔で覆いその上端を空気が溜まらないよう穴をあけて行った。図は日射が存在する昼間の結果を表すため, 温度は外壁面, 内壁面, 集熱面の順に高くなっている。すなわち, 熱は集熱面から空気そして壁面へと流れていることがわかる。この結果から, 式7で乾燥に利用できるエネルギーは集熱量 GC_a (T_{ai} - T_{ao}) であり, この量は右辺第2項に依存し集熱面温度 T_s に大きな影響をうける。しかし, 集熱面の相違による集熱面温度の比較は, その温度自体が日射量により変化するので, ハウス内空気温度と集熱面温度との差とその間に得られた日射量との積算量による比すなわち

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{sj} - T_{aj})}{\sum_{j=1}^n I_{vj}}$$

を定義して行えば良い。ここで n は測定データの数である。これは供給されたエネルギーがどれだけ空気に伝達されたかを表す値である。β は黒色シートで0.040で青

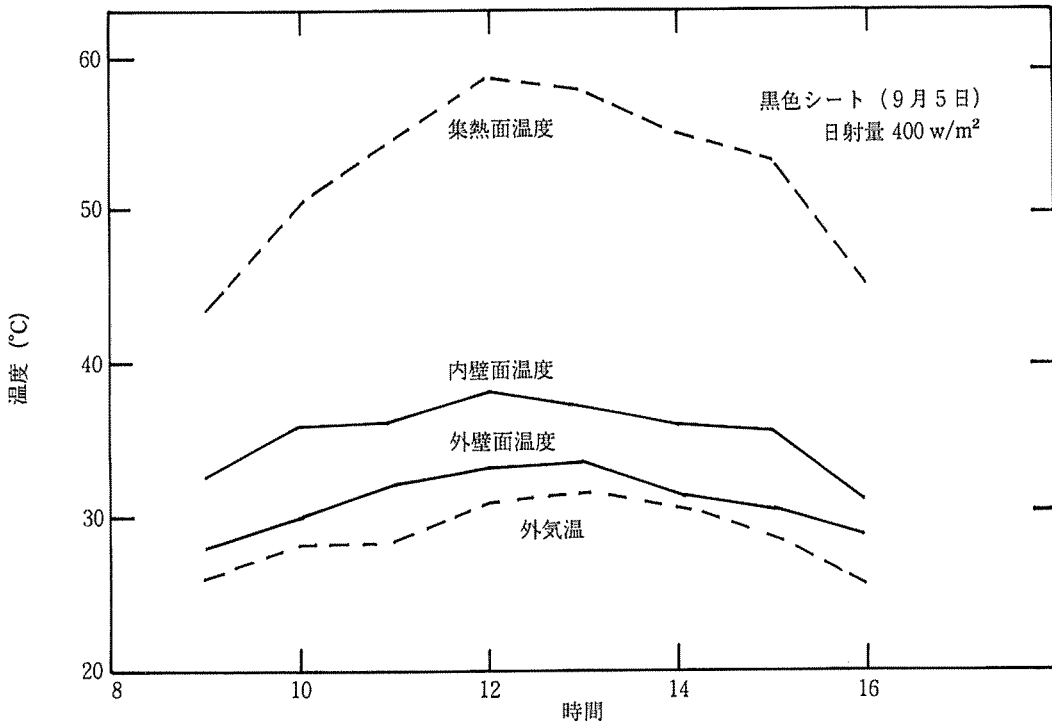


図2 集熱面が黒色シートである場合の温度変化
Fig. 2. Change of temperature when heat collection surface is black vinyl sheet

色シートの0.022, コンクリートの0.032よりも高く, 集熱性という点からも優れていることがわかった。

2) ハウス内のシートによる水分増加の防止効果

ハウス内空気中の水分を絶対湿度で表しこれに影響する因子を考察してみよう。図3 (a), (b)は他の条件がほぼ同程度で, シート有り (a, 黒色) とシート無し (b) についてハウス内外空気の絶対湿度の経時変化をみたものである。実験は, 長さ 5.5 m, 幅 3.0 m, 高さ 1.7 m, 面積 16.5 m², 容積 28.1 m³ の壁面が塩化ビニール, 集

熱面が土壌からなるハウスで行った (以下塩ビハウスという)。ハウス内外の絶対湿度は, その相対湿度を湿度計で測定し換算して求めたものである。図ではハウス内外空気の絶対湿度の差も同時に示す。両者の外気湿度は日平均で 0.0086 kg/kg' (a), 0.0087 kg/kg' (b) とほぼ同じであるが, ハウス内空気の湿度ではシートの有る場合は 0.0143 kg/kg' で無しの場合の 0.0175 kg/kg' に比べ著しく水分が少なくなっている。

さて乾燥ハウス内の集熱面がコンクリートでなく土壌

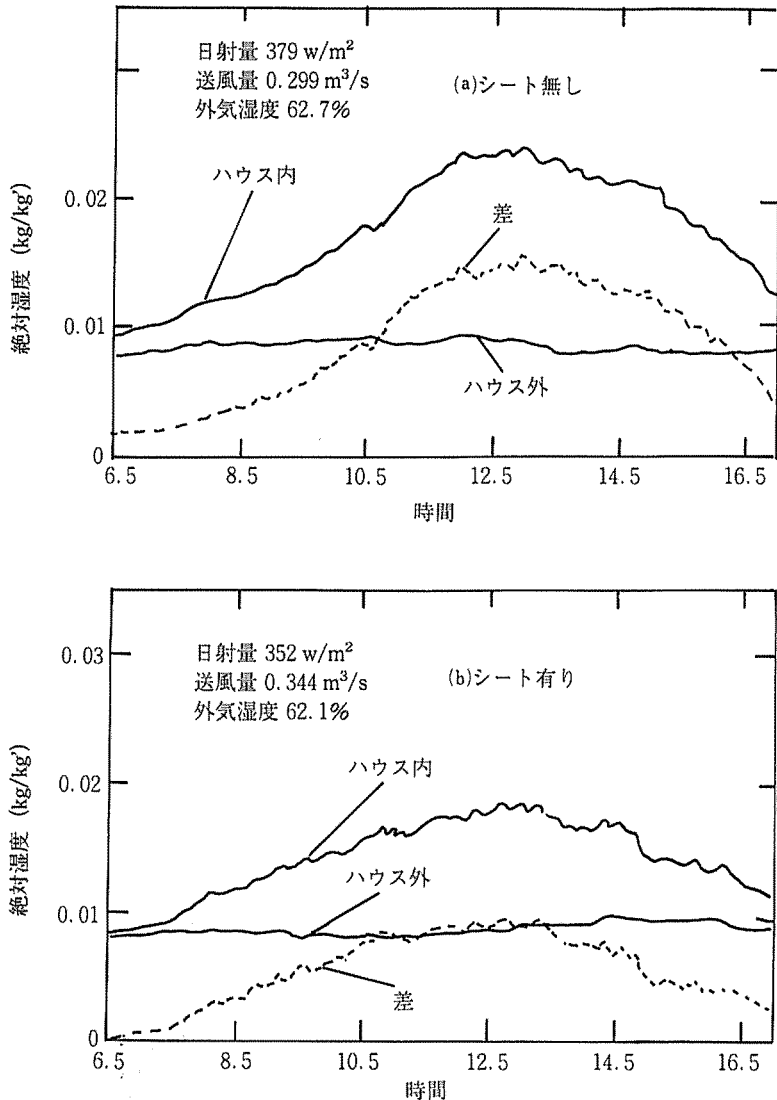


図3 絶対湿度の経時変化

Fig. 3. Change of absolute humidity

である場合の水分収支は

$$R_a V_a \frac{dH_{ai}}{dt} = f_v (H_e - H_{ai}) A_s + G (H_{ao} - H_{ai}) \quad (8)$$

であたえられる¹¹⁾。ここで、H: 絶対湿度 (kg/kg'), H_e: 土壌表面温度における飽和絶対湿度 (kg/kg'), A_s: 集熱面面積 (m²), f_v: 水分移動係数 (kg/m²h(kg/kg'))である。シートを地表面に隙間ができないよう置けば、シートは水分を透過しないからハウス内空気の水分増加はないはずである。すなわち、式8で定常を考えればその増加水分量 W = G(H_{ai} - H_{ao}) は蒸発水分量 f_v(H_e - H_{ai}) A_s で表されシートがあれば0になる。したがってこの量を求めればシートによる水分増加の防止効果を推定することができる。図4(a), (b)は増加水分量と日平均の外気温度 T_o (°C) と相対湿度 φ (%) との関係を示したものである。W と φ との間にはかなり高い相関がみられ、φ が小さいとき W は大きくなることわかる。すなわち空気の相対湿度が低ければ土壌表面での水分蒸発は盛んになるから当然 W は大きくなる。

また図よりシートがあれば W は小さい値を示すから水分増加の防止効果があると考えられる。シートがあっても前述のようにこの値が0にならないのは、ハウス内に完全に敷きつめることが困難で露出した地表面が生じ、水分は蒸発し若干増加するからである。シートの効果を見るためその有無を表すダミー変数 X₁ (有り1, 無し0), また未測定 of 土壌水分量が W に及ぼす影響を考慮して前日の天候を表す変数 X₂ (未降雨1, 降雨0) を用いて重回帰分析を行った。その結果

$$W = 25.2 - 0.114T - 0.279\phi - 1.934X_1 - 0.691X_2 \quad (9)$$

(r = 0.840)

を得た。ただし、r は重相関係数である。ここで95%水準で有意となる変数 φ, X₁ を用いて表すと、

$$W = 29.1 - 0.333\phi - 2.09X_1 \quad (r = 0.825) \quad (10)$$

となる。この式で φ が小さいほど、シートがないとき (X₁ = 0), W は増加することになり上述した考察とよく一致する。重相関係数の値からこれらの変数以外に土

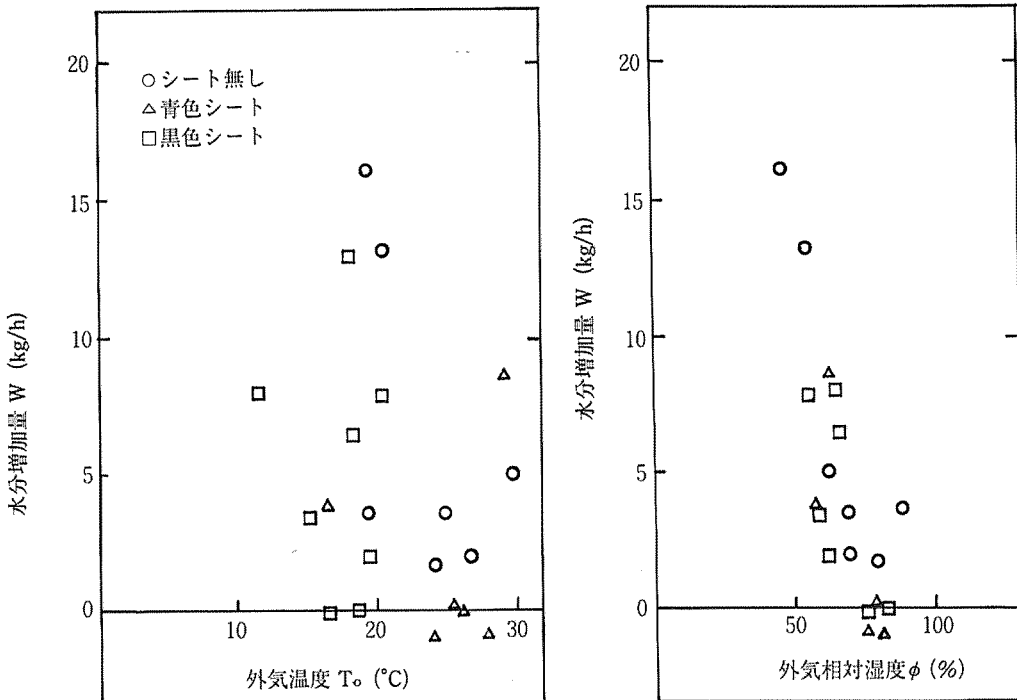


図4 ハウス内空気の水分増加量に及ぼす外気温度・湿度の影響
 Fig. 4. Effects of outside-air temperature and humidity on increase in air moisture content inside greenhouse.

壤水分量などを加えればさらに精度の高い式が得られるが、測定困難などを考えれば式10は実用上十分満足できるものと思われる。

IV 集熱効率

1) 定義 ハウスのコレクタとしての性能は集熱効率で表すことができる。ハウス外に送風機を設置しハウス内で加熱された空気を吸引する場合を考える。この時のハウス全体の熱収支は、

$$(1 - \rho_w) I_v A_w + LR_g A_w = h_o (T_w - T_{ao}) A_w + GC_a (T_{ai} - T_{ao}) - K_s \frac{dT_s}{dZ} A_s + R_a V_a C_a \frac{dT_{ai}}{dt} + R_w V_w C_w \frac{dT_w}{dt} + [R_a V_a \frac{dH_{ai}}{dt} + G (H_{ai} - H_{ao})] \gamma \quad (11)$$

で与えられる¹²⁾。ここで、 K_s : 集熱面熱伝導率 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)、 h_o : 外壁面と外気との熱伝達率 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)、 z : 集熱面に垂直方向の距離 (m)、 γ : 蒸発潜熱 (kJ/kg)、である。上式の左辺はハウス外壁面上の純放射量で集熱面

反射日射量の透過量を見れば式1の Q_a と一致する。左辺第二、第三項が長波放射、右辺第一項が対流、第三項が伝導、第五項が蒸発による熱損失で、第二項が有効に利用される集熱量であるから、効率 η_s は

$$\eta_s = \frac{GC_a (T_{ai} - T_{ao})}{I_v A_s} \quad (12)$$

と定義される¹³⁾。ここで効率の計算時間を10分間、終日にとれば、それぞれ瞬時効率、終日効率といい、通常に利用されている効率となる。この効率はハウスを定常的な操作条件で使用しているので、 η_s を定常効率と呼ぶことにする。

次に、ハウス内空気温度を外気温度とほぼ同程度にしてから、ハウスのすべての出入口を閉ざし Δt 時間経過後、容積 $V (m^3)$ の空気が温度 ΔT_{ai} だけ上昇した場合を考える。 Δt 時間後のハウス全体の熱収支は、

$$Q_a A_w \Delta t = h_o (T_w - T_{ao}) A_w \Delta t - K_s (\Delta T_s / \Delta z) A_s \Delta t + R_a V_a C_a \Delta T_{ai} + R_w V_w C_w \Delta T_w \quad (13)$$

である。ただし、水分の蒸発は無視する。ここで、空気

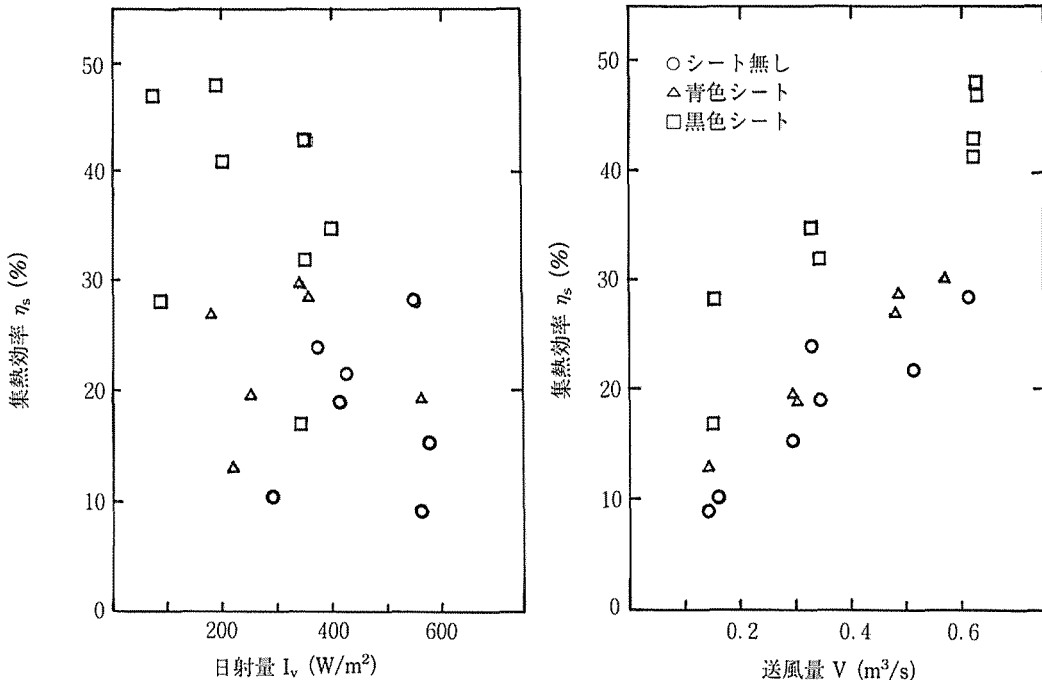


図5 日射量、送風量と定常効率の関係
Fig. 5. Relations among solar radiation, air flow rate and stationary efficiency.

の得る熱量は右辺第三項であるから効率 η_n は

$$\eta_n = \frac{R_a V_a C_a \Delta T_{ai}}{I_v A_s \Delta t} \quad (14)$$

として求まる。この効率はハウス内空気温度の非定常状態で算出しているため、非定常効率と呼ぶことにする。 η_n は実験が簡単でしかも短時間で求まるという特徴をもつ。

2) 実験結果

(1) 定常効率 塩ビハウスで、その側壁外側に設置した送風ファンで内部空気を排出しながら、10分間隔で温度、湿度、日射量、放射量を測定した。ハウス内空気を排出する場合の流量を知るために熱線風速計で管内風速を測定した。測定は、実験開始時と終了時とその中間の3回、直径方向に7点計測しその平均をとった。これに管の断面積を乗ずれば送風量が求まる。集熱面が黒色

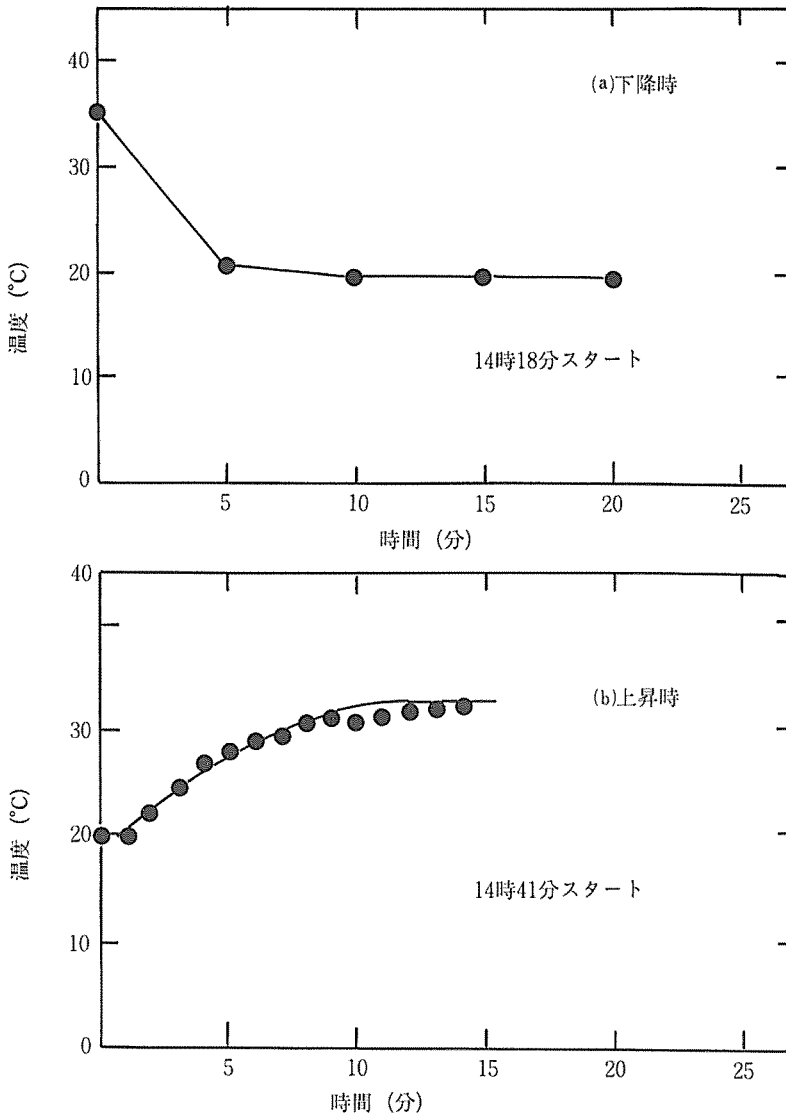


図6 非定常操作におけるハウス内空気温度の変化(a)下降時(b)上昇時

Fig. 6. Change of inside air temperature under non-stationary operation (a) when dropped (b) when raised.

シート、青色シートそして土壌の3通りについて8時から17時までの9時間測定し式12で終日効率 η_s を求めた。この効率と水平面日射量(I_v)、送風量(V)との関係を図5(a),(b)に示す。効率は50%以下とくに30%以下が多いが、日射量が小さく送風量が大きいき高くなる。図で黒色シート、青色シート、土壌の順で効率は高くなっており、シートの有無とくに黒色シートの有効性が推測される。重回帰式では、

$$\ln \eta_s = 5.76 - 0.311 \ln I_v + 0.656 \ln V + 2.60 \times 10^{-7} \ln X_1 \quad (r = 0.932) \quad (15)$$

と表される。ただし、この重回帰式における対数変換では、 $X_1=0$ のとき $\ln X_1 = -999999$ をとるようにしてある。したがって、この式で $X_1=0$ では $\ln \eta_s$ は0.26だけ減少する。効率は日射量が小さく送風量が大きくそしてシートがあるとき($X_1=1$)、大きな値をとる。さて、シートの青色と黒色の差が集熱性能に及ぼす影響を検討した。ダミー変数 X_3 を導入し黒色シートのとき1青色シートのとき0とし、(12)式の分子で表される集熱量

Q (W/m^2)で表すことにすれば

$$\ln Q = 0.822 + 0.762 \ln I_v + 0.546 \ln V - 3.90 \times 10^{-7} \ln X_3 \quad (r = 0.982) \quad (16)$$

をうる。黒色シートのとき集熱量は青色シートより多くなる。

次に、ハウス面積の影響を考察してみよう。面積 $29.6 m^2$ のハウスを試作し黒色シートのみ置いて8日間実験を行った。その結果効率は

$$\ln \eta_s = 9.00 - 0.236 \ln I_v + 0.536 \ln V - 1.07 \ln A_s \quad (r = 0.932) \quad (17)$$

となる。効率が日射量、送風量の減少とともに増加するのは式15と同じであるが、それ以外に面積が小さくなると大きくなることを示す。ハウスを効率よく利用するには面積を広くするだけでなく、乾燥規模に適した面積にすることが重要である。尚、上記の回帰式は、日射量 I_v が $80-600 W/m^2$ 、送風量 V が $0.15-0.65 m^3/s$ 、面積 A_s が $15-30 m^2$ の範囲で求められた。

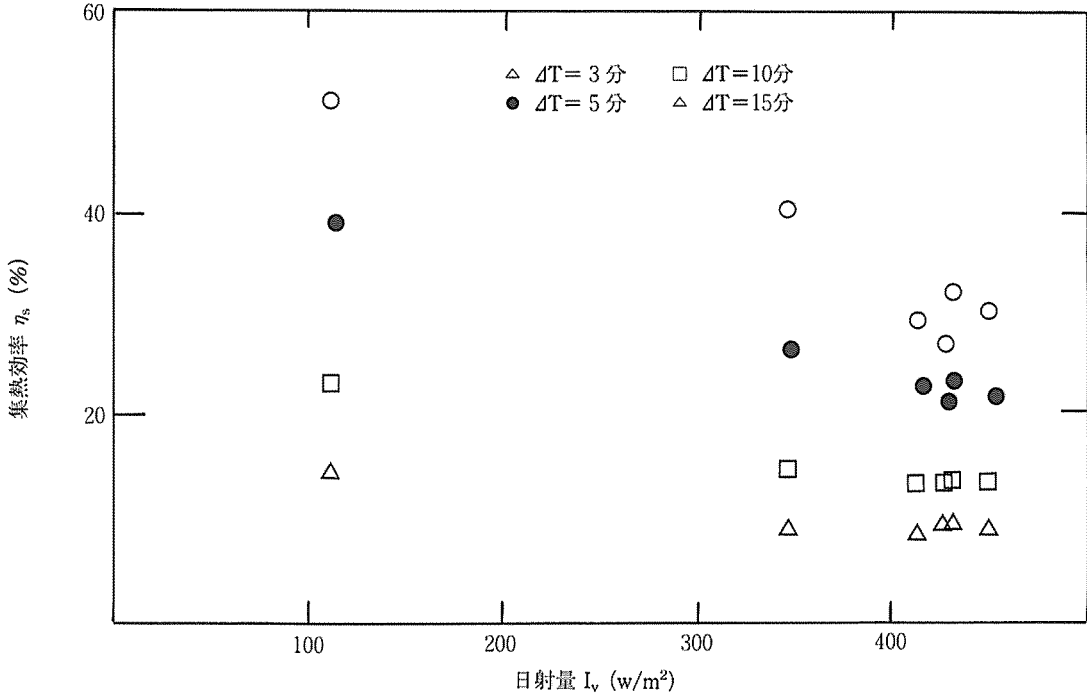


図7 非定常効率に及ぼす時間間隔の影響
Fig. 7. Effect of time interval on non-stationary efficiency

(2) 非定常効率 この効率を求めるには、まずハウス内に設置してある送風ファンを駆動し内部空気を排出する。そして空気温度がほぼ外気温度と等しくなったとき、送風ファンを停止しすべてのハウスの出入口を閉じる。それから Δt 時間経過したときの空気温度の上昇を測定する。ハウス内空気温度は、熱電対に直接風が当たらないようにして3点測定しその平均で表した。図6は、FRPハウスでの空気温度変化を示す。(a)によれば温度は送風開始から約5分で 36°C から 20°C に低下する。送風停止して10分経過すれば温度はほぼ平衡に達するこ

とがわかる (b)。このとき Δt 時間経過後の温度上昇 ΔT_{air} が式14の計算基礎となるから Δt の取り方が重要である。その例として図7に Δt を3, 5, 10, 15分にとって計算した結果を示す。 Δt を大きくとれば効率は低くなっている。これは経過時間が増加しても温度上昇はそれに比例して線形的に増加していないからである。この値は、非定常を表すハウスの熱収支式(式13)が成立する間隔に取れば良い。しかし実験結果からその判定は困難であるため本報では実験開始後、平衡値の63%に達する値となる時間(時定数)を Δt とした。図8(a)

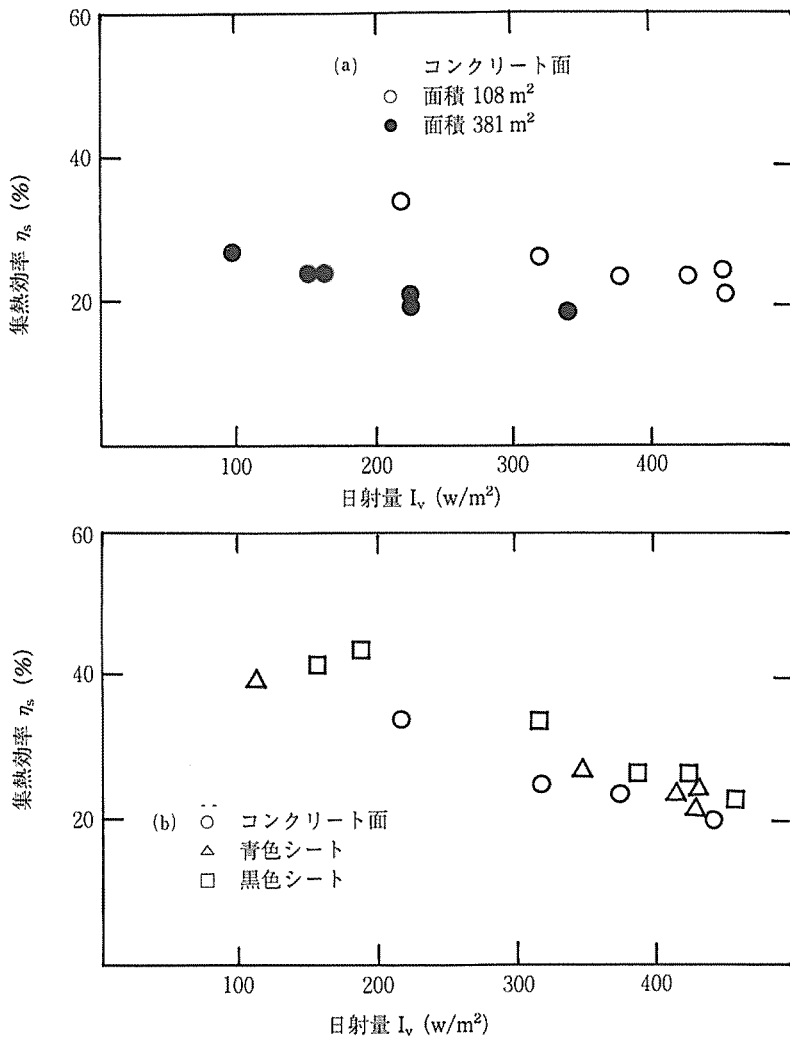


図8 非定常効率に及ぼす(a)面積(b)集熱面の影響

Fig. 8. Effects of (a) area (b) heat collection surface on non-stationary efficiency

は集熱面積が 108 m², 381 m² (集熱面がコンクリート) の場合について非定常効率を示したものである。面積を広くしても効率は上がらず、塩ビハウスで得られた定常効率と同様の傾向を示す。同図 (b) は、集熱面の差をみるため定常効率と同様黒色シート、青色シートそしてコンクリートの各場合について効率を求め比較したものである。効率は20-40%の値をとり、黒色で最も多く、青色、コンクリートの順になっていることがわかる。以上の結果を回帰式で表すと

$$\eta_n = 48.7 - 5.90 \times 10^{-2} I_v + 2.20 X_1 \quad (r = 0.948) \quad (18)$$

である。ここで I_v は日射量 (W/m²), X_1 はダミー変数でシートがあるとき 1, 無いとき 0 である。またコンク

クリート面で面積を変えた結果は、

$$\eta_n = 46.3 - 4.17 \times 10^{-2} I_v - 3.81 \times 10^{-2} A_s \quad (r = 0.933) \quad (19)$$

で A_s は集熱面積 (m²) を表す。これらの式より効率の予測が可能になった。この両式は I_v が 100-600 W/m², A_s が 100-400 m² の範囲で成り立つ。

次にここで得られた効率を利用して設定された乾燥規模に適した集熱面積を求めてみよう。そのフローチャートは図 9 に示した。乾燥すべき平均的な穀物量が設定されると除去すべき水分量が計算できこれと付加熱量から乾燥に必要な熱量 Q_r (kW) が算出され、太陽熱依存率 ξ を用いて必要集熱量 ξQ_r (kW) が得られる。一方、乾燥シーズンの平均的な日射量が与えられると 17, 19 式で集

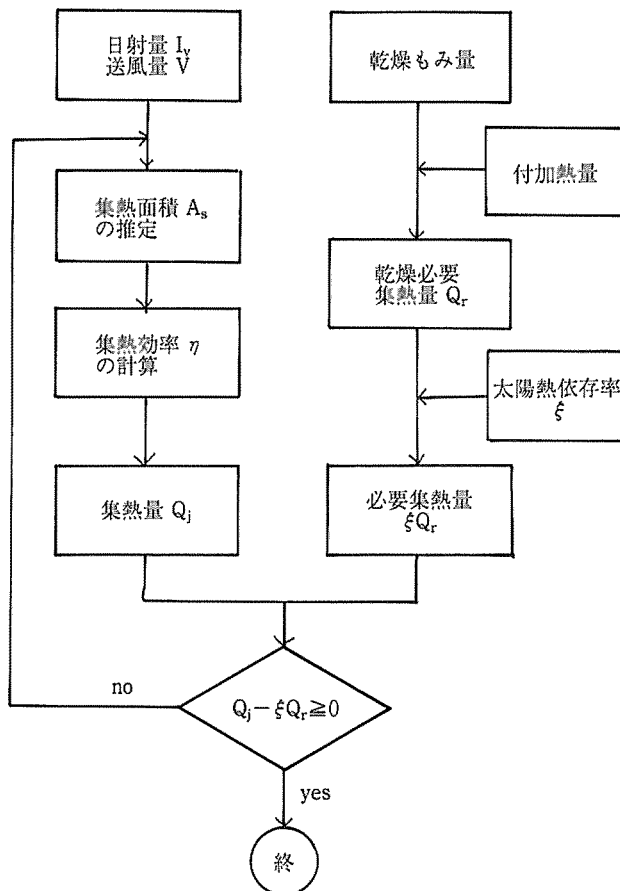


図 9 集熱面積を求めるフローチャート
Fig. 9. Flow chart of calculation for collection area

熱面積 A_s を試行錯誤的に設定して効率が計算され、集熱量 Q_j (kW) は

$$Q_j = \eta I_s A_s / 100 \quad (20)$$

で求まるから

$$Q_j \geq \xi Q_r \quad (21)$$

を満足すれば、この値が適正な集熱面積となる。

(例) 1日 700 kg のもみを20% w.b. から14% w.b. まで乾燥する。

付加熱量 25 MJ/kg, 日射量 I_s が 300 W/m², 送風量 V が 0.5 m³/s とすると必要集熱量 ξQ_r が 3100 W, A_s を 30 m² とすれば、効率 η は37%, Q_j は 3330 W となり21式を満足するので面積は 30 m² でよい。

V 摘 要

乾燥ハウスを利用した太陽乾燥の効率をあげるため集熱性能が検討された。

(1) 乾燥ハウスの集熱性能を向上させ、ハウス内土壌からの水分蒸発を防止するためシートを置きハウスにコレクタとしての機能を持たせた。

(2) 集熱面が黒色、青色、コンクリート面である乾燥ハウスの放射特性を検討した。放射損失では長波放射量より反射日射量の占める割合が多く、したがって反射率の低い黒色シートが有効であった。

(3) ハウス内空気の温度は、集熱面からの熱伝達により上昇するので、ハウス内集熱面の温度も考察した。黒色シートの温度が他の面よりも著しく高い値を示した。またシートを置くことによる水分増加の防止効果を湿度測定から求め、重回帰式で表した。シートの無いときハウス内空気の水分は増加するので、その効果が示された。

(4) 集熱効率を従来の方法で求めると同時に、簡便にしかも短時間で求まるハウスコレクタに適した非定常的な測定方法を提案した。

(5) 塩ビハウスについて従来の方法で、FRPハウスについて非定常効率を求め結果を重回帰式で表示した。

効率はいずれも日射量、面積が小さいとき大きくなり、黒色シートを置いた場合最大となった。またこの効率を用いて乾燥規模にあった集熱面積の算出方法を例として示した。

参 考 文 献

- 1) 堀部和雄, 中川健治, 大下誠一: 太陽熱を利用したもみ乾燥について, 農業機械学会誌, 45(1), 115-121, 1983
- 2) 堀部和雄, 中川健治, 大下誠一, 平岡茂樹: 穀物の放射乾燥法に関する研究(第1報), 農業機械学会誌, 49(1, 2), 93-101, 1987
- 3) 堀部和雄, 中川健治, 東条孝史: 穀物の放射乾燥法に関する研究(第2報), 農業機械学会誌, 投稿中, 1990
- 4) 堀部和雄, 王益平, 中川健治: 乾燥ハウスの集熱特性(第1報), 農業機械学会誌, 58(3), 61-68, 1988
- 5) 堀部和雄: 乾燥ハウスの集熱特性(第2報), 農業機械学会誌, 投稿中, 1990
- 6) 種村 栄: 集熱材料と集熱器特性試験法の研究, 精密機械, 44(1), 39-46, 1978
- 7) 堀部和雄, 大下誠一, 中川健治: 太陽熱利用もみ乾燥の実用化に関する研究(第3報), 農業機械学会誌, 49(3), 225-234, 1987
- 8) 小倉裕幸: 空気調和ガラス室の純放射及び短波放射について, 農業気象, 24(1), 1-5, 1968
- 9) L. C. Godbey, T. E. Bond, H. F. Zorning: Transmission of solar and long-wavelength by materials used as covers for solar collectors and greenhouses, Trans. of the ASAE, 1979
- 10) 高倉 直, 立花一雄, 古在豊樹, 碓宏八郎: 温室の熱収支, 農業気象, 24(3), 115-118, 1968
- 11) T. Takakura, K. A. Jordan, L. L. Boyd: Dynamic simulation of plant growth and environment in the greenhouses, Trans. of the ASAE, 964-971, 1971
- 12) 矢吹万寿, 今津正: ガラス室の温度制御に関する研究(第1報), 園芸学会誌, 80-85, 1965
- 13) 日本太陽エネルギー学会編: 太陽エネルギー読本, オーム社, 72-73, 1975