

論文

# 人工ほだ場でのシイタケ原木栽培において 遮光資材「ダイオフララ」が栽培条件に及ぼす影響

富川 康之

Effect of Shade Material 'Daiofurara' on Cultivation Condition for  
*Lentinula edodes* on Bed Logs in the Artificial Fruiting Yard

Yasuyuki TOMIKAWA

## 要 旨

2003~2013年、シイタケ (*Lentinula edodes*) の原木栽培に使用する人工ほだ場へ遮光資材「ダイオフララ」を取り付けた条件で、ほだ場内の照度、降水量、気温およびほだ木温度を調査した。裸地に対する人工ほだ場の相対照度は6月が34.5%と最も高く、最低は10月の11.1%であった。また、12時の相対照度は9時、15時の値よりも高く、太陽高度が高いほど相対照度が高率となる傾向にあった。裸地に対する降水割合は、対照とした2か所の林地ほだ場がいずれも60%以下であったのに対して人工ほだ場は97%であり、人工ほだ場の降水量は裸地とほぼ同量であった。ほだ木の温度が人工ほだ場の気温よりも顕著に高くなった日を調査日数全体の36.5%で認め、ほだ木表面の最高温度は46°Cに達した。ほだ木の温度が30°C以上となった日は6~8月に多く、35°C以上が3時間以上継続した日も認めた。人工ほだ場の日最高気温よりもほだ木表面の日最高温度が4°C以上高かった日数は調査日数全体の37.1%であった。また、温度差の最高は17°Cで、温度差が11~17°Cの範囲は6月の調査日が大半を占めた。

キーワード：遮光資材、相対照度、降水量、気温、ほだ木温度

## I はじめに

シイタケ原木栽培は一般に森林内の自然環境下で行われており、林地斜面で重いほだ木を扱う作業は重労働とされている。そのため、平坦な遊休農地などを利用する人工ほだ場での栽培は労力軽減策として期待される。人工ほだ場はシイタケ栽培に適した森林環境を再現するため、いくつかの農業資材を備えた生産設備であるが、特に直射日光を遮るための資材は重要である(熊田ら, 2002; 松本ら, 1961; 中村ら, 1970)。

当センターのある飯南町など、本県の山間部では積雪量が1mを超える年もあり、遮光資材は積雪によって破損する心配の少ない、すだれ状の「ダイオオフララ®」

を使用するのが適当である。そのため、当センターではダイオオフララを取り付けた人工ほだ場を設置してシイタケなどの栽培試験を行っているが、同時にほだ場内の照度、降水量、気温およびほだ木温度を調査している。本報告は、ダイオオフララの特徴を把握する目的でこれらの調査結果を集計し、特にシイタケ菌の生長阻害要因となるほだ木温度が上昇する程度について詳しく述べた。

なお、人工ほだ場の基本的な使用方法など、試験を実施するに当たり有益なご助言を頂いた森産業株式会社島根駐在所の富田誠蔵所長、ならびに元島根県林業技術センター経営科長の平佐隆文氏にお礼を申し上げる。

## II 調査方法

### 1. 調査ほだ場

当センター構内（飯石郡飯南町上来島，標高 450m）に 15×15m，高さ 3.5m の人工ほだ場を設置した（写真 1）。ほだ場の上部に遮光資材として「ダイオフララ®（ダイオ化成）」を東西方向に 25 cm 間隔で取り付け（写真 2），側面の外周は「ワイドラッセル®（日本ワイドクロス BK1013，遮光率 85～90%）」で覆い，内張に「ウエーブロッククリーン R®（三菱農ビ）」を取り付けた。

人工ほだ場と比較するため，当センター構内でシイタケなどの原木栽培試験を実施しているスギほだ場，ヒノキほだ場も調査対象とした。また，気象観測値は赤名観測所（当センターからの距離約 3 km）の値を用いた（気象庁，2014）。

### 2. 照度

2003 年の 6～12 月，3～4 日間隔で月毎に 8～10 日，9

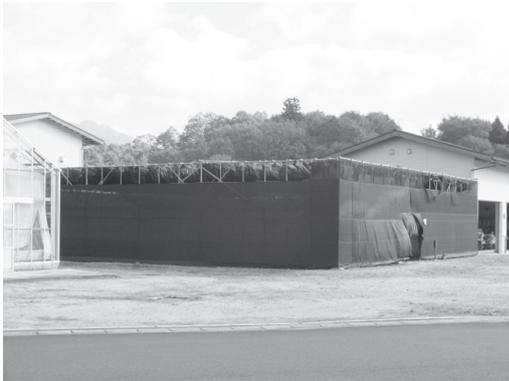


写真 1 人工ほだ場



写真 2 すだれ状の遮光資材「ダイオフララ®」  
（ほだ場内から上方を撮影）

時，12 時，15 時にデジタル照度計（ミノルタ製，T-1H）で 3 分間の積算照度を測定した（計 65 日，195 回測定）。なお，調査員は片手に照度計を持ち，人工ほだ場の中央付近を歩いて移動しながら，地表から高さ約 1m の照度を測定した。同時刻に裸地でも別の照度計で積算照度を測定し，裸地に対する人工ほだ場の相対照度を算出した。また，ほぼ同時刻に同じ調査をスギほだ場でも実施した。

### 3. 降水量

2004 年 4 月～2009 年 3 月，人工ほだ場の中央付近に口径 5.8 cm のガラス瓶 10 個を置いた。瓶内に雨水が溜まった場合，9 時に水を回収して容量を計測し，瓶口の面積で除して 24 時間降水量を算出した。なお，積雪は口径 28 cm のプラスチック製のバケツに溜め，回収した雪を実験室内で溶解した後降水量として算出した。また，同じ調査をスギほだ場，ヒノキほだ場および裸地でも実施して，裸地に対する各ほだ場の降水割合を算出した。

### 4. 気温とほだ木温度

2003 年 4 月～2013 年 3 月，人工ほだ場の中央付近に置いた百葉箱内で，地表から高さ 30 cm に温度センサーを設置し，デジタル記録計（チノー製，MR6661）によって気温を記録した。0 時，3 時，6 時，9 時，12 時，15 時，18 時，21 時の値から日平均気温を算出し，次式によって年間有効積算温度を算出した（時本，2010）。

$$\text{(式) 年間有効積算温度} = \sum (\text{日平均気温} - 5)$$

ただし，日平均気温が 5℃未満の日を除く

2003 年 9 月～2006 年 8 月，コナラほだ木（直径約 15 cm）の木口から温度センサーを差し込み，打点式記録計（チノー製，AH シリーズ）でほだ木温度を記録した。供試ほだ木は 6 本とし，測定部位は樹皮直下の材部（以下，表面）と樹皮下から 2 cm 内側（以下，内部）の 2 か所と

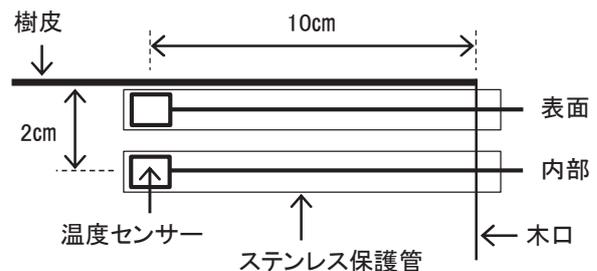


図1 ほだ木の温度測定部位

し、それぞれ木口から 10 cm 内側とした (図 1)。なお、供試ほだ木は 2003 年 4 月にシイタケ駒種菌を植菌し、温度測定期間は人工ほだ場の中央付近に置いた鉄パイプ製の棚 (高さ 50 cm) の上に、地面に対して水平に設置した。

### Ⅲ 調査結果

#### 1. 照度

人工ほだ場の月別、時間別の相対照度を図 2 に示した。6 月が 34.5% と最も高く、10 月の 11.1% までしだいに減少したが、11 月から増加に転じ、12 月は 8 月と同程度の 22.0% であった。9 時と 15 時の相対照度はそれぞれ 19.4%、18.3% であったのに対し、12 時は 23.2% と比較的高率であった。

人工ほだ場の相対照度は平均 20.3% で、スギほだ場の平均 13.4% に比べて約 7% 高率であった。目視で晴天 (86 回)、曇天 (109 回) を区別して、それぞれの相対照度を算出した結果、晴天は平均 16.2% で曇天の平均 23.8% よりも約 8% 低率であった。ただし、6~8 月の 12 時に限っては、晴天の相対照度が 50% 以上となる日を認めた。

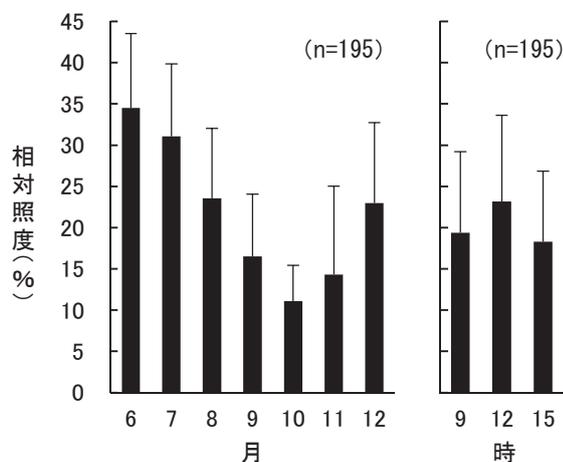


図2 月別、時間別の相対照度  
エラーバーは標準偏差を示す

#### 2. 降水量

ほだ場と裸地の年間降水量を表 1 に示した。雨水を回収した日数は 5 年間で計 752 日 (年間約 150 日) であった。裸地の年間降水量は平均 2,087mm/年で、赤名観測所の平均 2,029mm/年とほぼ同量であった。人工ほだ場は平均 2,026mm/年 (各年は 1,876~2,255mm/年) で、裸地と

ほぼ同量であり、スギほだ場の平均 1,234mm/年に比べると 1.6 倍、ヒノキほだ場の平均 1,082mm/年に比べると 1.9 倍であった。裸地に対する降水割合は人工ほだ場が 97% で、スギほだ場の 59%、ヒノキほだ場の 53% に比べて高率であった。

表 1 年間平均降水量の比較 (n=752)

	降水量 (mm)	割合* (%)
人工ほだ場	2,026	97.1
スギほだ場	1,234	59.1
ヒノキほだ場	1,082	52.8
裸地	2,087	
赤名観測所	2,029	

\* : 裸地に対する降水割合

#### 3. 気温とほだ木温度

##### 1) 温度条件の概要

日平均気温の 10 年間の平均は人工ほだ場が 12.0°C (各年の平均は 11.7~12.4°C) で、赤名観測所の 11.7°C よりも 0.3°C 高かった。年間有効積算温度は人工ほだ場が平均 3,014°C/年 (各年は 2,927~3,098°C/年)、赤名観測所は平均 2,914°C/年で、人工ほだ場の方が年間 100°C (1 日当たり 0.27°C) 高かった。ほだ木温度は表面、内部とも日平均温度の平均が 12.6°C で、人工ほだ場の平均気温よりも 0.6°C 高かった。

人工ほだ場の日最高気温のうち 10 年間の最高値は 35.6°C であったのに対し、ほだ木表面の日最高温度のうち最高値は 46.0°C (2005 年 6 月 24 日)、ほだ木内部の日最高温度のうち最高値は 42.3°C (2005 年 6 月 24 日) で、ほだ木の日最高温度はほだ場の日最高気温よりも上昇する傾向にあった。また、人工ほだ場の日最高気温は 8 月の測定値が上位を占めたのに対し、ほだ木の日最高温度は 6 月の測定値が上位を占めた。

##### 2) 調査日毎の温度変化

1 日のうちで気温とほだ木温度の推移を分析すると、各調査日の温度変化はだまかに図 3 に示した type I か type II に区別することができ、type I は調査日数全体の 36.5% で認めた。type I の例として 2005 年 7 月 18 日を見ると、各温度とも 6 時から上昇し、9 時まではそれぞれに大きな差を認めなかったが、9 時からほだ木表面の

温度が顕著に高くなり、気温およびほだ木内部の温度との差が大きくなった。ほだ木表面の温度は12時には35℃となり、15時に日最高温度の37.1℃に達し、35℃以上の時間帯は16時30分までの4.5時間に及んだ。これに対し、人工ほだ場の日最高気温は13時30分の29.3℃で、ほだ木表面の日最高温度の方が約8℃高かった。

ほだ木内部の温度は表面温度よりも緩やかに上昇し、12時30分までは気温よりも低かった。14時30分には35℃となり、15時に日最高温度の36.2℃に達した後、表面温度とともに低下し、35℃以上の時間帯は16時30分

までの2時間であった。ほだ木内部の日最高温度は人工ほだ場の日最高気温よりも約6℃高かった。

次に、タイプⅡの例として2003年9月5日を見ると、1日を通して各温度に大きな差はなく、ほだ木表面の日最高温度は33.5℃、日最高気温は30.5℃で、温度差は3℃であった。

### 3) 温度条件別の日数集計

月毎に人工ほだ場の気温とほだ木温度が30℃以上となった日数を表2に示した。気温が30℃以上となった日は5～9月に認め、年間30.7日/年であった。8月の日数

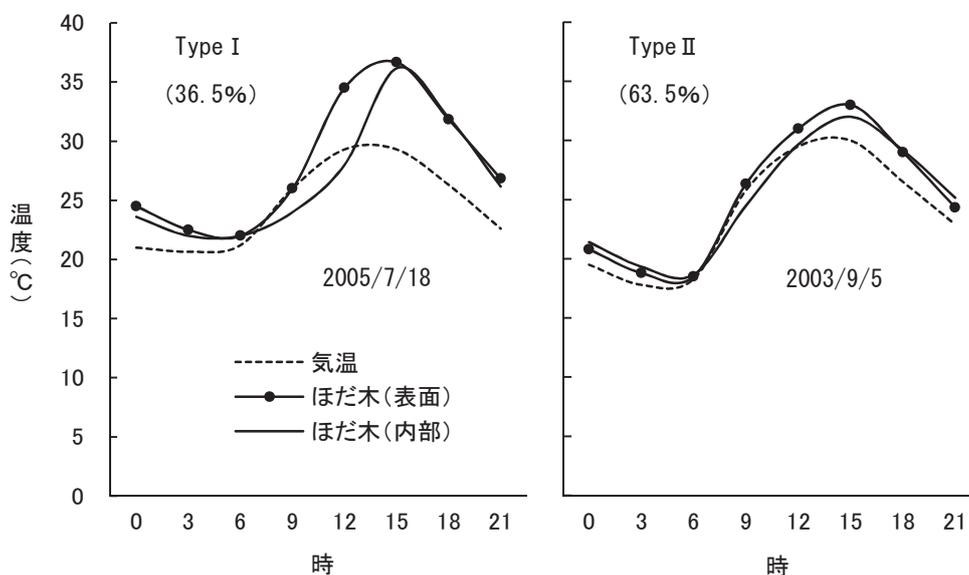


図3 気温とほだ木温度の経時変化

表2 人工ほだ場の気温とほだ木温度が30℃以上となった月別の日数 (気温：n=3,653, ほだ木温度：n=1,096)

月	1-3	4	5	6	7	8	9	10-12	年間
ほだ場気温 30℃以上	0	0	0.1	2.0	9.8	16.7	2.1	0	30.7
うち 35℃以上	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1
観測所気温 30℃以上	0	0	0	0.9	8.4	15.0	1.6	0	25.9
うち 35℃以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ほだ木表面 30℃以上	0	2.2	12.9	22.8	20.6	25.6	6.9	0	90.8
うち 35℃以上	0	0	5.3	14.1	16.5	16.3	1.3	0	53.5
うち 3時間以上	0	0	0	2.8	5.4	3.8	0	0	12.0
ほだ木内部 30℃以上	0	1.1	8.2	17.2	18.5	21.7	4.6	0	71.4
うち 35℃以上	0	0	0	7.6	7.4	7.0	0	0	22.0
うち 3時間以上	0	0	0	2.8	3.7	3.8	0	0	10.3

表中の数値は1年当たりに換算した日数

が最も多く、次いで7月が多く、この2か月間で年間の大半を占めた。そのうち、35℃以上となったのは8月の0.1日/月（10年間に1日）のみであった。赤名観測所の気温を集計すると、30℃以上となった日は6～9月に認め、人工ほだ場の気温と同じく7～8月が年間の大半を占めた。いずれの月も人工ほだ場に比べて日数が少なく、年間では約5日少なかった。なお、赤名観測所の気温が35℃以上となった日はなかった。

ほだ木表面が30℃以上となった日は4～9月に認め、年間90.8日/年であった。6～8月は20.6～25.6日/月と月の大半を占め、この3か月間で年間の76.0%を占めた。また、いずれの月も人工ほだ場の気温が30℃以上となった日数よりも多かった。そのうち35℃以上となった日は5～9月に認め、年間53.5日/年であった。6～8月は14.1～16.5日/月と月の約半数を占め、この3か月間で年間の87.7%を占めた。さらに、ほだ木表面が35℃以上となり、その温度が3時間以上続いた日は6～8月に認め、年間12.0日/年であった。ほだ木内部の温度については、30℃以上となった日を認めた月はほだ木表面と同じで、各月の日数はほだ木表面よりも少なかった。

#### 4) 日最高気温と日最高ほだ木温度の差

調査日毎にほだ木表面の日最高温度から人工ほだ場の日最高気温を減じて、温度差別の日数割合を図4に示した。日数が最も多かったのは、気温よりもほだ木表面の

方が1℃高い場合で（0.5℃以上、1.5℃未満）、全体の17.3%であった。比較的溫度差の小さい-3～3℃の範囲をみると、調査日数全体の61.4%を占めた。

気温よりもほだ木表面の方が4℃以上低かった日数は全体の1.5%と僅かであったのに対し、ほだ木表面の方が4℃以上高かった日数は37.1%と比較的多く、温度差の最高は17℃であった。温度差が4℃以上となった日のうち、72.6%（調査日数全体の26.9%）は6～8月の調査日であった。また、温度差が11～17℃の範囲は6月の調査日が最も多く、この範囲の81.8%を占め、6～10℃は7月（36.2%）、4～5℃は8月（39.7%）の調査日が最も多かった。

## IV 考察

照度調査で人工ほだ場と比較したスギほだ場は、著者らが管理している他の林地ほだ場のうちで最も林内が明るく、シイタケ原木栽培に適していると判断して品種毎の収量調査などに使用している（富川，2008）。このスギほだ場の相対照度が約13%であったのに対し、人工ほだ場は約20%と明らかに高率であり、本調査は比較的照度の高い条件で実施したといえる。

月毎の相対照度は太陽高度が高いほど高率となる傾向にあったが、最も低率となったのは10月であり、太陽高度が最も低い12月ではなかった。これは月毎の天気が影

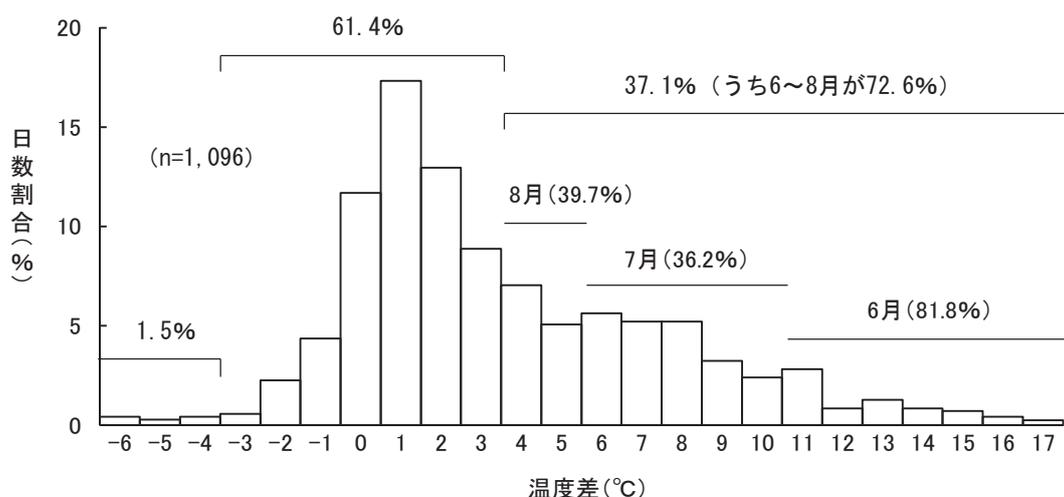


図4 日最高気温に対するほだ木表面の日最高温度と日数の関係

横軸の値は階級の中央値（「0」は-0.5以上、0.5未満）

響したと考えられ、すなわち11月と12月は曇天が続く傾向にあり(調査回数の74%が曇天)、また本調査結果から曇天の相対照度は晴天よりも高かったことから、この期間の相対照度増加につながったと推察する。

概して晴天の相対照度は曇天よりも低かったが、例外として、太陽高度が比較的高い6~8月の12時は、晴天の相対照度が50%以上となる日を認めた。この場合、ほだ木の大部分に直射日光が当たる様子が観察され、これは後述するほだ木温度が上昇した原因と考える。なお、本調査では1~5月の照度を測定しなかったが、太陽高度が高くなるにつれ相対照度が増加すると考える。

人工ほだ場の降水量は裸地とほぼ同量であり、裸地に対する降水割合は林地ほだ場の値と大きく異なった。森林では降雨の一部が樹冠で遮断され、樹幹流として地表に到達するか、または蒸発するため、樹冠通過雨量は裸地の値よりも少なくなる(野口ら, 2007; 鈴木ら, 1979)。寒冷紗などネット状の遮光資材を使用した場合も降雨が遮断されると推察するが、本調査でほだ場内の降水量が裸地の値と大差なかったのはダイオフララの特徴と考える。また、本調査ではガラス瓶とバケツを用いた簡易的な方法で降水量を算出したが、その結果は気象観測値と同等であったことから、有効な調査手法として今後の調査へも採用したい。

温度調査の結果から、ほだ木温度は人工ほだ場の気温に比べて顕著に高くなる日があり(type I)、ほだ木温度が30℃以上となった日数が多かったのは気温の高い7~8月だけでなく6月も同程度であった。また、気温とほだ木表面の温度差が大きかったのは主に6月であったことに注目した。

気温とほだ木温度の差が大きいtype Iと、差が小さいtype IIとに区別されたことについては、松本ら(1961)の報告にもあるように天気が影響したと推察する。本調査の場合、赤名観測所の日照時間が4時間以上の日(調査日数全体の39.1%)は概ねtype I、4時間未満はtype IIに当てはまった(気象庁, 2014)。太陽高度の高い6月、また1日のうちでは12時には、すだれ状の遮光資材であるダイオフララは直射日光を遮る効果が低く、ほだ木温度の上昇につながったと考える。ちなみに、ほだ木表面の最高値46.0℃と、ほだ木内部の最高値42.3℃はいずれも2005年6月24日に記録され、この日は人工ほだ

場の最高気温が33.1℃、12時の気温が31.4℃で、6月としては比較的高温であった。さらに、翌日の6月25日もほだ場気温が30℃を超える条件で、ほだ木表面の最高値44.0℃、ほだ木内部の最高値40.7℃と、2日続けて高温となった。

ほだ木表面の温度上昇は頻繁に観察され、30℃以上となった日数は年間約90日/年にも及び、うち35℃以上は約50日/年、うち35℃以上が3時間以上続いた日は12日/年であった。このような温度条件は、種菌が乾燥することによってシイタケ菌の伸長が抑制されること(有馬, 1999)、害菌の発生要因となること(阿部, 2003; 古川, 2008; 小松, 1976; Tsunoda, 2003)が報告されており、ほだ木の温度上昇を抑えるための対策が必要である。

熊田ら(2002)、松本ら(1961)、中村ら(1970)は寒冷紗などネット状の遮光資材を使用した条件で、ほだ木温度の上昇抑制効果を報告している。また、富川(1999)は別の調査地(松江市宍道町、標高20m、年間有効積算温度3,380℃/年)の人工ほだ場において、7~8月にダイオフララと寒冷紗を併用して、ダイオフララを単独で使用するよりもほだ木表面の温度上昇を最大7℃抑制できることを報告した。富川(1999)の調査方法と本報告では、ダイオフララを取り付けた高さ、向きおよび間隔、供試ほだ木を設置した高さなどの条件が異なるものの、遮光資材を併用することによるほだ木温度の上昇抑制効果は大差ないと推察する。

本調査結果から、ダイオフララのみでは年間を通して十分な庇陰効果が得られないことが判明し、一定期間は別の遮光資材を併用する必要があると考えられた。その際、春季~夏季にかけての併用開始時期は遅くとも6月からにすべきである。また、ネット状の遮光資材を併用する場合、ダイオフララの特徴であるほだ場内降水量が多い点を考慮し、併用期間はできるだけ短い方が良く考える。

## 引用文献

- 阿部恭久(2003)シイタケ原木栽培の害菌クロコブタケの生理・生態と防除. 森林防疫 52(5):92-100.
- 有馬 忍(1999)シイタケほだ木育成段階における水分条件の影響. 大分きのこ研報 1:1-28.
- 古川久彦(2008)きのこ病理学(Mushroom pathology).

- 日本きのこ学会誌 16(1) : 13-29.
- 気象庁 (2014) <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl> (2015/1/30 ダウンロード).
- 小松光男 (1976) シイタケに抗菌性の *Hypocrea*, *Trichoderma* および類縁菌類の研究. 菌蕈研報 13 : 1-113.
- 熊田 淳・笠原 航 (2002) シイタケ・ナメコ等の栽培に関する研究—簡易ハウスを活用したシイタケ栽培技術. 福島林研セ研報 35 : 42-55.
- 松本由友・渡辺 章 (1961) 陽光の直射によるシイタケ樽木内温度の変化について. 菌蕈研報 1 : 85-91.
- Mitsutoshi, Tsunoda (2003) Effect of temperature and moisture content on competition between *Graphostroma platystoma* and *Lentinula edodes* on branch segment in container. Mushroom science and biotechnology 11(1) : 5-16.
- 中村米松・信太 寿 (1970) 裸地におけるシイタケほだ木の材温度. 北海道立林産試験場月報 226 : 29-31.
- 野口正二・安田幸生・村上 亘 (2007) 森林総合研究所東北支所実験林内のスギ林とブナ林における樹冠通過雨量の比較. 森総研報 6(3) : 157-162.
- 鈴木雅一・加藤博之・谷 誠・福嶋義宏 (1979) 桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流下量, 遮断量の研究 (I) 樹冠通過雨量と樹幹流下量について. 日林誌 61(6) : 202-210.
- 時本景亮 (2010) シイタケ原木栽培の基礎. 日本きのこ学会誌 18(4) : 131-138.
- 富川康之 (1999) シイタケ原木栽培における人工庇蔭下のほだ木内温度. 島根林技研報 50 : 27-33.
- 富川康之 (2008) シイタケ原木栽培における子実体発生量および発生量の推移. 島根中山間セ研報 4 : 75-98.

Effect of Shade Material 'Daiofurara' on Cultivation Condition for  
*Lentinula edodes* on Bed Logs in the Artificial Fruiting Yard

Yasuyuki TOMIKAWA

ABSTRACT

From 2003 to 2013, relative light intensity, precipitation, air temperature and bed logs temperature in artificial fruiting yard cultivating shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) were investigated with shade material Daiofurara above the yard. Relative light intensity of the yard against bare area in June was highest, at 34.5% during the course of one year. That in October was lowest, 11.1%. The relative light intensity in 12 a.m. was higher than 9 a.m. and 3 p.m.. As the solar angle was high, the relative light intensity was higher. The precipitation rate in two fruiting yards inside forest against bare area was under 60%. On the other hand, the precipitation rate of the artificial fruiting yard was 97 %, approximately equal to that of bare area. The temperature of the surface of bed logs was significantly higher than the air temperature in the artificial fruiting yard in 36.5% days among total days studied. The maximum temperature of the surface of bed log reached to 46°C. The days when the temperature of bed logs were over 30°C was observed largely from June to August. The days when over 35°C temperature continued for more than 3 hours was observed. The daily maximum temperature of the surface of bed logs was 4 °C higher than the daily maximum air temperature of the artificial fruiting yard in 37.1% of the total survey days. In addition, the maximum difference between both is 17°C, and the range of 11-17°C in the temperature difference was observed mainly in June.

Keywords : shade material, relative light intensity, precipitation, air temperature, bed logs temperature