

島根中山間セ研報  
Bull. Shimane Pref.  
Mount. Reg. Res. Ctr.

ISSN 1349-9696

**BULLETIN  
OF THE  
SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS  
REGION RESEARCH CENTER**

**No. 4  
March 2008**

---

**島根県中山間地域研究センター研究報告**

**第 4 号**

平成20年3月

---

SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS  
REGION RESEARCH CENTER  
IINAN, SHIMANE, 690-3405, JAPAN

島根県中山間地域研究センター  
島根県飯石郡飯南町

---

#### 報告書の種類

総説：特定の題目について著者や他人の研究をまとめたもの。

論文：研究の結果をまとめ、これに考察と結論を与えたもの。

短報：小さいが新しい知見の速報、既知の知見の再認識、新しい研究方法などを短くまとめたもの。

資料：利用価値をもつ観察や試験データとその解釈

---

# 島根県中山間地域研究センター研究報告

## 第 4 号

平成 20 年 3 月

### 目 次

#### 〈 総 説 〉

|  | Page |
|--|------|
| 島根県産スギ材の材質特性と曲げ強度性能 …………… 後藤 崇志・藤田 勝 … | 1    |

#### 〈 論 文 〉

|   |    |
|---|----|
| イノシシ用防護柵の設置状況と侵入防止効果<br>—島根県大田地域における既存防護柵の設置，被害発生状況から—<br>金森 弘樹・長妻 武宏・澤田 誠吾 … | 9  |
| GISを利用した弥山山地におけるニホンジカ用防護柵の効果分析<br>藤田 曜・金森 弘樹 …                                | 19 |
| ピロディン打込深さに与える要因の検討 …………… 越智 俊之 …  | 31 |
| スギ小径丸太の劣化調査 …………… 越智 俊之 …   | 37 |
| スギ材を利用したコンクリート型枠用合板の性能改善試験<br>越智 俊之・中山 茂生・二見鎌次郎 …                             | 43 |

#### 〈 短 報 〉

|  |    |
|--|----|
| イノシシ用侵入防止柵の評価 —飼育イノシシによる試験— …………… 山川 涉 … | 51 |
| 巻枯らしによる間伐木の枯損過程と残存木の成長について …………… 原 勇治 …  | 57 |

#### 〈 資 料 〉

|   |     |
|---|-----|
| 低利用林産資源の有効利用技術の開発<br>—竹の伐採からパウダー化までの経費調査— …………… 島田 靖久 …                 | 65  |
| 島根県におけるナラ類の集団枯損被害の拡大<br>福井 修二・周藤 成次・井ノ上二郎・古瀬 寛 …                        | 71  |
| 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 …………… 富川 康之 …                               | 75  |
| コミュニティ再構築で限界集落エリアの資源自給実践を …………… 笠松 浩樹 …                                 | 99  |
| 産直市（直売所）の持続的運営体制についての事例考察<br>—売上5000万円以上の4つの運営形態の産直市を対象に— …………… 有田昭一郎 … | 103 |





## 島根県産スギ材の材質特性と曲げ強度性能

後藤 崇志・藤田 勝

Wood Quality and Bending Properties of Sugi Planted in Shimane Prefecture

Takashi GOTO, Masaru FUJITA

### 要 旨

これまで県産スギ材の丸太や製材の外観特性、材質特性、および曲げ強度性能に関する試験が実施され、多くのデータが蓄積されている。これらのデータは、スギ材を構造材として利用するための貴重な基礎資料である。そこで、本報ではこれまでの研究から明らかとなったスギ材の材質特性と曲げ強度性能の関係について、これらのデータから概説する。小径材（丸太）の曲げヤング係数は7.22 GPa、曲げ強度は46.3 MPa、小径材から製材したタイコ材のそれらは、縦使いでは7.24 GPa、44.9 MPa、横使いでは6.26 GPa、42.2 MPaであり、十分な曲げ強度性能を有するが、横使いでは材質特性が影響していることが考えられた。小径材から製材した正角のそれらは6.00 GPa、38.6 MPa、中径材から製材した正角では6.24 GPa、35.7 MPa、平角では7.74 GPa、38.2 MPaであり、県産スギ材は十分な曲げ強度性能を有していると言える。

### I はじめに

1995年に発生した阪神・淡路大震災では、多くの木造住宅が倒壊して多大な被害をもたらした<sup>1)</sup>。この大震災の影響もあり、1998年には「建築基準法」が大改正（性能規定化）され<sup>2)</sup>、また2000年には「住宅の品質確保の促進等に関する法律」が整備された<sup>3)</sup>。これらの法整備により、針葉樹造林木の主用途である構造材は、樹種毎の材質特性や強度性能を明らかにしておくことが必要視されるようになった<sup>4)</sup>。その結果、市場にも変化が見られ、それまで流通していた針葉樹の構造材はほとんどが無等級材であったが、近年ではJAS（日本農林規格）製品として格付けされた機械等級区分材が生産されて流通するようになった<sup>5)</sup>。

本県の主要な針葉樹造林木であるスギ材(*Cryptomeria japonica*)は、一般に品種や地域によって材質特性や強度性能に差異があると言われている<sup>6)</sup>。

全国の公設試験研究機関では、スギ造林木の丸太や製材の外観特性、材質特性、および強度性能に関する調査

研究を実施してきたが、近年では実大材を用いた実大強度試験が主に行われるようになった。

実大材は、強度性能を低減させる節、繊維走行の傾斜による目切れ、そして乾燥に伴う割れなどの欠点を含んでいる。また、寸法が大きく材質が均一ではないため、木取りや荷重方向によって強度性能が変化する寸法効果が生じ、無欠点小試験体よりも強度性能は低くなる<sup>7)</sup>。しかし、それら様々な材質的因子も含んだ上での強度性能を明らかにするためには、実大強度試験が重要であると考えられている。

本県においても、これまでスギ材について丸太や製材の外観特性と材質特性を調査し、実大曲げ試験によって材質特性と強度性能の関係について研究がなされてきた<sup>8-10)</sup>。これらの研究データは、今後県産スギ材を構造材として利用するための貴重な資料である。

本報では、これまでの研究によって明らかにされてきた県産スギ材の材質特性と強度性能の関係について、これらのデータをまとめて概説する。

## II スギ小径材

### 1. 小径材およびタイコ材

間伐材等小径材の外観特性、および小径材とそれから製材したタイコ材の材質特性と曲げ強度性能が報告されている<sup>8, 11)</sup>。

小径材は、径級7~14 cm, 長さ3 mで、本数は100本である。比較として径級20~28 cm, 長さ3 m, 本数11本の中径材の外観特性も合わせて示されている(表1)。小径材は中径材と比較すると、平均年輪幅がやや広く、曲りが大きく、節が多く、心材率が小さい。そのため、中径材より材質特性が劣っていると考えられる。したがって、このような材質特性を理解した利用方法が必要となる<sup>15)</sup>。

小径材とタイコ材の材質特性と曲げ強度性能について、間伐材を供試して検討されている。間伐材は、末口径7~11 cm, 長さ2 m, 本数111本である。これから小径材(丸太)83体と、2面落しした幅80 mmのタイコ材28体(縦使い, 横使い:各14体)を調製し、剥皮した後、天然乾燥で平衡含水率に調整している。そして、実大曲げ試験(中央集中荷重方式, スパン180 cm)を行って曲げ強度性能が明らかにされている(表2)。なお、曲げヤング係数(MOE<sub>g</sub>, MOE<sub>d</sub>), 比例限度応力( $\sigma_{bp}$ ), 曲げ強度(MOR)の単位は, SI単位に変換した。後述の表も

同様である。

小径材の平均末口径は92 mm, 細り率は5.3 mm/m, 平均年輪幅は4.9 mmであることから<sup>8)</sup>, 樹齢は10年生程度と推測できる。

密度( $\rho$ )は小径材とタイコ材で等しく0.41 g/cm<sup>3</sup>(変動係数6.1~10.3%)である。含水率は20%以上であるが一般的なスギ間伐材の密度に等しいと言える<sup>16)</sup>。

平均年輪幅(ARW)は小径材とタイコ材でほぼ等しく, 4.9~5.3 mm(同14.4~24.7%)の範囲内である。表1の小径材の平均年輪幅ともほぼ等しく, 小径材の一般的な値であると考えられる。

小径材の曲げ強度性能は, 平衡含水率時の曲げヤング係数(MOE<sub>d</sub>)は7.22 GPa(同19.1%), 曲げ強度(MOR)は46.3 MPa(同16.4%)である。

間伐材等小径材は若齢木であるため, 樹幹中のほとんどが未成熟材で占められる。未成熟材は形成層が未熟な段階で形成されるため, 仮道管長が短く, 細胞壁を構成するミクロフィブリル傾角も大きい。そのため, 成熟材より材質特性と強度性能は劣ると言われている<sup>17)</sup>。

しかし, 曲げ強度性能(表2)は, スギ材の一般的な曲げヤング係数7.14 GPa(同23.9%), 曲げ強度40.8 MPa(同21.2%)<sup>18)</sup>と同等以上であり, 十分な曲げ強度性能を有している。

表1 スギ小径材および中径材の外観特性

| 丸太  | n   | ARW<br>(mm)   | 曲り<br>(%)      | 節<br>(個)     | 心材率<br>(%)     | 偏心率<br>(%)    | 真円率<br>(%)    | 細り率<br>(%)     |
|-----|-----|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 小径材 | 100 | 5.1<br>(21.8) | 23.5<br>(42.5) | 29<br>(50.1) | 18.0<br>(34.9) | 4.4<br>(66.3) | 94.5<br>(4.5) | 75.3<br>(10.0) |
| 中径材 | 11  | 4.8<br>(27.6) | 12.1<br>(66.4) | 9<br>(67.0)  | 51.5<br>(16.3) | 6.7<br>(68.9) | 91.6<br>(6.4) | 88.3<br>(10.9) |

注: n: 供試数, ARW: 平均年輪幅, ここでのARWの値は末口径の値である,  
( ) 内は変動係数(%)を示す。

表2 スギ小径材およびタイコ材の材質特性と曲げ強度性能

| 条件            | n  | $\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | MC<br>(%)     | ARW<br>(mm)   | MOE <sub>g</sub><br>(GPa) | MOE <sub>d</sub><br>(GPa) | $\sigma_{bp}$<br>(MPa) | MOR<br>(MPa)   |
|---------------|----|--------------------------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------|
| 小径材           | 83 | 0.41<br>(10.3)                 | 20.9<br>(4.8) | 4.9<br>(24.7) | 6.80<br>(19.0)            | 7.22<br>(19.1)            | 29.7<br>(16.8)         | 46.3<br>(16.4) |
| タイコ材<br>(縦使い) | 14 | 0.41<br>(8.8)                  | 23.0<br>(7.4) | 5.3<br>(20.7) | —                         | 7.24<br>(19.7)            | 27.9<br>(15.2)         | 44.9<br>(14.1) |
| タイコ材<br>(横使い) | 14 | 0.41<br>(6.1)                  | 24.5<br>(7.9) | 5.0<br>(14.4) | —                         | 6.26<br>(13.5)            | 26.5<br>(8.2)          | 42.2<br>(13.8) |

注:  $\rho$ : 試験時密度, MC: 試験時平衡含水率, MOE<sub>g</sub>: 生材時の曲げヤング係数,  
MOE<sub>d</sub>: 平衡含水率時の曲げヤング係数,  $\sigma_{bp}$ : 比例限度応力, MOR: 曲げ強度,  
n, ARW: 表1と同じである, ( ) 内は変動係数(%)を示す。

MOE<sub>d</sub>/MOE<sub>g</sub>の比は1.06で、乾燥によってMOEは6%向上したことが分かる。無欠点材(無欠点小試験体)の場合、強度性能は繊維飽和点以下では含水率の低下に伴ってほぼ直線的に増加する。しかし、実大材では、水分傾斜、節周辺の割れの拡大などが原因で、その増加率は異なる<sup>19)</sup>。乾燥に伴うスギ実大材の曲げ強度性能の増加率は、5~10%前後であると考えられる<sup>9)</sup>。

タイコ材の曲げヤング係数(MOE<sub>d</sub>)と曲げ強度(MOR)は、縦使いでは7.24 GPa(同19.7%), 44.9 MPa(同14.1%), 横使いでは6.26 GPa(同13.5%), 42.2 MPa(同13.8%)である。横使いは、縦使いより曲げ強度性能は低くなっている。

材料に曲げ荷重が生じると、その断面の材端部(下面)で引張応力は最大となる。<sup>20)</sup> 横使いは、縦使いより髓からより近い部分が材端部となる(図1)。そのような部分は前述のとおり未成熟材で材質的には劣っている<sup>17)</sup>ため、曲げ強度特性は縦使いで高くなったと考える。

タイコ材も十分な曲げ強度性能を有するが、構造材として利用する場合には、荷重方向と材面との関係を考慮することが望ましい。

## 2. 小径材から製材した正角

前述の間伐材等小径材から製材した正角の外観特性、材質特性、および曲げ強度性能が報告されている<sup>8)</sup>。

小径材の径級に応じて45, 55, 90 mmの正角に製材し、天然乾燥、あるいは天然乾燥と人工乾燥によって含水率

を調整している。また、比較として前述の中径材から心去りにより同寸法の正角を製材し、同じ方法で乾燥して比較している。正角の外観特性を調査し、実大曲げ試験(3等分点4点荷重方式, スパン180 cm)により曲げ強度性能が明らかにされている(表3, 4)。なお、外観特性調査の節径比の測定は、材縁部と中央部の区別はされていない。

小径材から製材した正角の外観特性は、中径材からの正角と比較して、平均年輪幅は広く、丸身も大きい。これは、丸太の外観特性(表1)が影響していることが考えられる。また、最大節径比は小さいが、集中節径比は同等以上である。これは、小径材では節の個数が多いため、集中節径比は同等以上になるためであると考えられる(表1)。

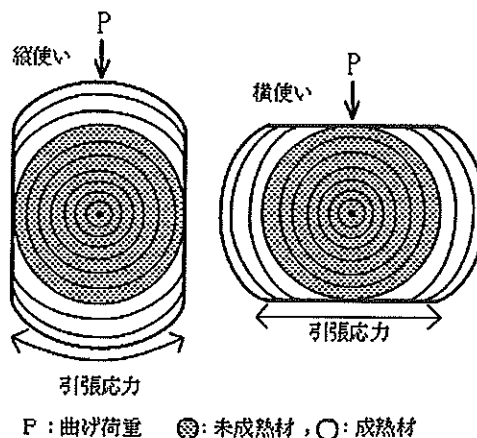


図1 タイコ材での曲げ荷重と未成熟材部の位置関係

表3 スギ小径材および中径材から製材した正角の外観特性

| 丸太  | n   | ARW<br>(mm)   | 丸身<br>(%)      | 最大節径比(%)       |                | 集中節径比(%)       |                |
|-----|-----|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|     |     |               |                | 全区間            | 中央1/3区間        | 全区間            | 中央1/3区間        |
| 小径材 | 100 | 5.0<br>(24.4) | 16.6<br>(48.1) | 25.9<br>(25.2) | 22.4<br>(30.6) | 50.1<br>(29.4) | 39.0<br>(36.6) |
| 中径材 | 53  | 4.4<br>(22.7) | 8.1<br>(53.1)  | 34.0<br>(40.9) | 26.5<br>(38.9) | 45.3<br>(34.0) | 39.0<br>(38.9) |

注: n, ARWは表1と同じである, ( )内は変動係数(%)を示す。

表4 スギ小径材および中径材から製材した正角の材質特性と曲げ強度性能

| 丸太  | n   | $\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | MC<br>(%)      | MOE <sub>d</sub><br>(GPa) | $\sigma_{bp}$<br>(MPa) | MOR<br>(MPa)   |
|-----|-----|--------------------------------|----------------|---------------------------|------------------------|----------------|
| 小径材 | 100 | 0.43<br>(11.7)                 | 17.3<br>(18.8) | 6.00<br>(18.3)            | 30.2<br>(13.3)         | 38.6<br>(16.0) |
| 中径材 | 53  | 0.40<br>(10.8)                 | 19.3<br>(16.9) | 6.59<br>(13.5)            | 29.2<br>(11.7)         | 37.1<br>(16.9) |

注: n,  $\rho$ , MC, MOE<sub>d</sub>,  $\sigma_{bp}$ , MORは表2と同じである, ( )内は変動係数(%)を示す。

小径材から製材した正角の曲げ強度性能は、中径材の場合とほぼ等しく、曲げヤング係数は6.00 GPa (変動係数18.3%)、曲げ強度は38.6 MPa (同16.0%)である。

中径材は心去り木取りをしているため、正角の木取り条件や荷重方向が小径材の場合と異なるが、この結果からは、小径材からの正角も高い曲げ強度性能を有するとと言える<sup>16)</sup>。

### Ⅲ スギ中径材

#### 1. 中径材の動的ヤング係数

丸太の動的ヤング係数とそれから製材した正角および平角の曲げ強度との間には、高い相関関係がある<sup>21, 22)</sup>。そのため、丸太の動的ヤング係数は製材の強度性能を事前に評価する重要な因子となる。

スギ中径材について、県内5地域の林齢30年生前後の10林分で、各林分、胸高直径20 cmの立木15本を伐倒し、

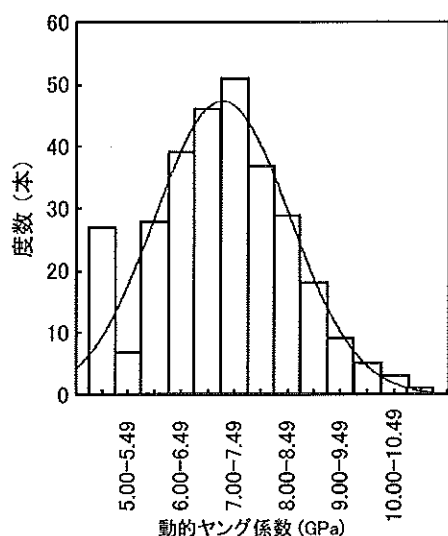


図2 スギ中径材の動的ヤング係数の分布

注：本数：300、1、2番玉を含む、曲線は正規分布を仮定している。

長さ2.5 mで1、2番玉を造材してその動的ヤング係数を測定している<sup>23)</sup> (図2)。測定本数は300本である。

スギ中径材の動的ヤング係数の平均値は、6.97 GPa (変動係数19.8%)で、その分布は3.44~11.92 GPaの範囲内であった。この中で、動的ヤング係数が4.99 GPa以下の中径材が27本 (全体の9%) 出現しているが、これは特定の1林分からの丸太である。

丸太の動的ヤング係数は品種間に差異が認められ、クローンの遺伝的な特性であって環境によって変化しがたいと言われている<sup>24-26)</sup>。スギ林分の中には、動的ヤング係数が低い林分 (品種) があり、丸太は動的ヤング係数を測定して強度性能を把握したうえで利用することが製材の使用目的によっては重要となる。

#### 2. 中径材から製材した正角

中径材から製材した正角の外観特性、材質特性および曲げ強度性能が報告されている<sup>12)</sup>。

県内4地域の林齢30年生前後のスギ造林地から、長さ3 mで1、2、3番玉の丸太264本を供試している。このうち255本を径級に応じて90、105、120 mmの正角に製材し、外観特性調査、生材時の曲げヤング係数の測定、および実大曲げ試験 (3等分点4点荷重方式、スパン270 cm) により曲げ強度性能が明らかにされている。そして、採材部位別の材質および外観特性と、曲げ強度性能が示されている (表5、6)。外観特性調査の節径比の測定は、材縁部と中央部の区別はされていない。

材質および外観特性で密度 ( $\rho$ ) は1、2、3番玉でほぼ等しく、平均年輪幅 (ARW) は1、2、3番玉の順に大きくなる傾向が認められる。最大節径比は1、2、3番玉の順に大きくなり、集中節径比は1番玉が小さく、2、3番玉ではほぼ等しくなっている。これは、正角の

表5 採材部位別のスギ正角の材質および外観特性

| 採材部位 | n   | $\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | MC<br>(%)     | ARW<br>(mm)   | 最大節径比 (%)      |                | 集中節径比 (%)      |                | 繊維傾斜<br>(mm/m) |
|------|-----|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|      |     |                                |               |               | 全区間            | 中央1/3区間        | 全区間            | 中央1/3区間        |                |
| 1番玉  | 118 | 0.39<br>(8.5)                  | 15.9<br>(6.5) | 5.5<br>(16.3) | 16.1<br>(22.0) | 13.2<br>(35.3) | 27.0<br>(27.7) | 20.6<br>(46.2) | 15.6<br>(70.5) |
| 2番玉  | 118 | 0.39<br>(7.7)                  | 14.5<br>(5.0) | 6.2<br>(15.9) | 20.1<br>(21.0) | 17.5<br>(21.2) | 36.3<br>(24.7) | 30.1<br>(31.2) | 17.3<br>(75.2) |
| 3番玉  | 19  | 0.38<br>(9.3)                  | 14.6<br>(3.2) | 6.8<br>(9.3)  | 21.8<br>(14.3) | 19.5<br>(17.4) | 36.4<br>(15.2) | 30.3<br>(26.5) | 20.3<br>(42.0) |

注：n、 $\rho$ 、MC、ARWは表2と同じである、( )内は変動係数 (%)を示す。

表6 採材部位別のスギ正角の曲げ強度性能

| 部 位  | n   | MOE <sub>g</sub> (GPa) | MOE <sub>d</sub> (GPa) | $\sigma_{bp}$ (MPa) | MOR (MPa)   |
|------|-----|------------------------|------------------------|---------------------|-------------|
| 1 番玉 | 118 | 5.85 (21.9)            | 6.14 (21.7)            | 24.3 (23.6)         | 36.4 (18.9) |
| 2 番玉 | 118 | 6.23 (18.7)            | 6.35 (18.5)            | 24.4 (17.6)         | 35.1 (17.9) |
| 3 番玉 | 19  | 6.04 (17.9)            | 6.16 (19.5)            | 23.0 (14.0)         | 35.5 (16.0) |

注：n, MOE<sub>g</sub>, MOE<sub>d</sub>,  $\sigma_{bp}$ , MORは表2と同じである、( )内は変動係数(%)を示す。

断面寸法、さらには各林分での枝打ちなどの施業履歴も影響しているものと考えられる<sup>27)</sup>。また、小径材より製材した正角の外観特性(表3)と比較して、最大節径比と集中節径比は小さい。これは、製材の断面寸法の違いが影響していることが考えられる。

曲げ強度性能の総数255体の平均値は、生材時の曲げヤング係数(MOE<sub>g</sub>)は6.04 GPa(変動係数20.2%)、平衡含水率時の曲げヤング係数(MOE<sub>d</sub>)は6.24 GPa(同20.1%)、比例限度応力は24.2 MPa(同20.4%)、曲げ強度(MOR)は35.7 MPa(同18.3%)であり、十分な強度性能を有する<sup>28)</sup>。MOE<sub>d</sub>/MOE<sub>g</sub>の比は、平均値で1.03となり、乾燥によってMOEは3%程度増加していることが分かる。

3番玉の試験体数(n)が19体と少ないが、曲げヤング係数(MOE<sub>g</sub>, MOE<sub>d</sub>)は1番玉よりも2, 3番玉で大きいことがわかる。この傾向は他にも報告されている<sup>29-33)</sup>。これは、強度性能に強く影響する晩材仮道管S<sub>2</sub>層のマイクロフィブリル傾角<sup>34)</sup>の漸減する範囲が樹幹内で円錐状に分布している(図3)<sup>35,36)</sup>ためだと考えられている。曲げ強度(MOR)は、1番玉が2, 3番玉よりやや大き

いが、これは中央1/3区間での集中節径比が1番玉は2, 3番玉よりも10%小さいことなどが影響しているものと考ええる。

市販の心持ち正角の材質特性と曲げ強度性能の概要<sup>9)</sup>は、気乾密度は0.42 g/cm<sup>3</sup>(同11.2%)、平衡含水率時の曲げヤング係数は7.27 GPa(同20.1%)、比例限度応力は23.5 MPa(同18.2%)、曲げ強度は37.8 MPa(同20.0%)であることから、表6に示した曲げ強度性能の値と同等であり、試験材は十分な曲げ強度性能を有していると言える。

### 3. 中径材から製材した平角

中径材から製材した平角の曲げ強度性能が示されている<sup>14)</sup>。

中径材は県内の原木市場、素材生産業者から入手され、末口径24~28 cm、長さ4 m、樹齢29~73年、測定本数は160本である。製材後、天然乾燥、または人工乾燥で含水率を調整し、断面寸法を120×210 mmに仕上げ、実大曲げ試験(3等分点4点荷重方式、スパン378 cm)により曲げ強度性能が明らかにされている。

平衡含水率時の材質特性と曲げ強度性能は、含水率は21.1%(変動係数31.1%)、密度は0.40 g/cm<sup>3</sup>(同11.2%)、曲げヤング係数は7.74 GPa(同18.3%)、曲げ強度は38.2 MPa(同19.4%)である。正角と比較すると、寸法効果<sup>7)</sup>による著しい曲げ強度性能の低下は見られず、十分な曲げ強度性能を有していると言える<sup>18)</sup>。

## IV おわりに

鳥根県産スギ材について、これまでに得られているデータをもとに、小径材と中径材の外観特性と動的ヤング係数、それから製材した正角、平角の外観特性、材質特性、および曲げ強度性能について既述した。

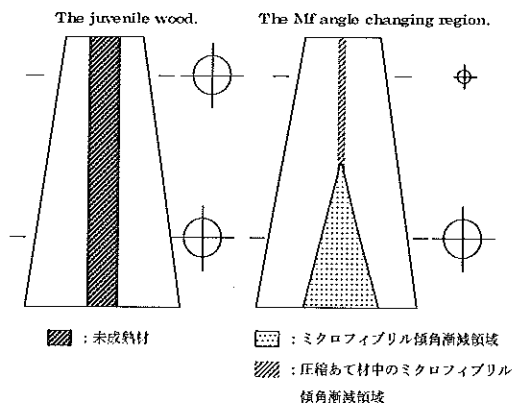


図3 未成熟材とマイクロフィブリル傾角漸減領域の位置<sup>36)</sup>

県産スギ材は、一般的なスギ材の曲げ強度性能<sup>16, 18, 28)</sup>と比較しても同等以上で十分な強度性能を有していると言える。

しかし、本報では詳細には概説しなかったが、強度性能に対する影響因子には、節や繊維走行の傾斜による目切れなどの材質特性の他に、病虫害の影響<sup>10, 37)</sup>、あるいは加工段階での高温乾燥のため発生した割れなども少なからず影響を及ぼす<sup>38)</sup>。

そのため、立木段階での各種の施業や病虫害防除の実施、あるいは加工段階での材質特性の把握とそれに基づく加工技術などにより、強度性能が保証される<sup>39, 40)</sup> スギ製材の高品質化を今まで以上に図っていく必要があると考える。

## 謝 辞

本報は、これまでに調査研究された各報告をもとに、県産スギ材の材質特性と強度性能についてまとめたものである。各報告は主に旧島根県林業技術センターでまとめられたものである。著者である方々に、記して深謝の意を表す。錦織 勇氏、勝部理市氏、安井 昭氏、中村正樹氏、池淵 隆氏（現：農林水産部林業課）、中山茂生氏（現：農林水産部林業課）。

## 引用文献

- 1) 坂本功：Ⅱ，阪神・淡路大震災 1. 地震と被害の概要，木材工業50 (11)，495-500 (1995)。
- 2) 例えば，平嶋義彦：コンサイエンス木材百科，財団法人秋田県木材加工推進機構，2002，pp.250-251。
- 3) 例えば，飯島泰男：コンサイエンス木材百科，財団法人秋田県木材加工推進機構，2002，pp.262-263。
- 4) 有馬孝禮：木材の住科学—木造建築を考える，財団法人東京大学出版会，2003，pp.89-101。
- 5) 林知行：建築知識 2007 07，(株)エクスマレッジ，2007，pp.102-103。
- 6) 飯島泰男：構造用木材—強度データの収集と分析，日本木材学会木材強度・木質構造研究会，1983，pp.1-36。
- 7) 林知行：ウッドエンジニアリング入門，学芸出版社，2004，pp.74-84。
- 8) 島根県製材工業組合：昭和58年度知識集約化事業成果報告—本県産スギ小径材の強度性能—，1984，

pp.1-13。

- 9) 錦織勇，中村正樹，勝部理市，安井昭：構造用製材の強度性能（Ⅰ）—スギ正角材の曲げ強度—，島根林技研報36，9-17 (1985)。
- 10) 錦織勇，周藤靖雄，勝部理市，安井昭：スギカミキリによるスギ被害木の材質調査，島根林技研報38，41-49 (1987)。
- 11) 中山茂生，錦織勇，安井昭：スギ小径丸太・タイコ材の曲げ強度試験，島根林技研報39，47-54 (1988)。
- 12) 中山茂生，錦織勇，池淵隆，安井昭：島根県産スギ造林木の強度性能—スギ正角材の曲げ強度—，島根林技研報42，17-36 (1991)。
- 13) 池淵隆，錦織勇：スギ芯抜き正角材の乾燥特性と強度性能，島根林技研報47，13-20 (1996)。
- 14) 越智俊之，中山茂生：島根県産スギ平角材の強度性能，島根中山間セ研報 3，1-7 (2007)。
- 15) 高田克彦，大高一成：コンサイエンス木材百科，(財)秋田県木材加工推進機構，2002，pp.8-9。
- 16) 中井孝，田中俊成：間伐材等小径木の強度性能—曲げ剛性と曲げ破壊係数—，木材工業39 (5)，29-35 (1984)。
- 17) 古川郁夫：木材科学講座 2 組織と材質，海青社，1994，pp.113-117。
- 18) 強度性能研究会：製材品の強度性能に関するデータベース，強度性能研究会，2005，pp.18-19。
- 19) 飯島泰男：木材科学ハンドブック，(株)朝倉書店，2006，pp.183-185。
- 20) 高橋徹，中山義雄 編：木材科学講座 3 物理 (第 2 版)，海青社，1995，pp.103-107。
- 21) 藤田晋輔，宮内正文，服部芳明，山之内清竜，馬田英隆：打撃音法によるスギ製材品のヤング係数の評価 (Ⅲ)，木材工業50 (4)，160-165 (1995)。
- 22) 池田潔彦，小野和博，有馬孝禮：原木段階で機械等級区分したスギ平角製材の曲げ強度性能，木材工業54 (12)，591-595 (1999)。
- 23) 後藤崇志，中山茂生，池淵隆，原勇治，吉野毅：木材工業 (投稿中)。
- 24) 藤澤義武，太田貞明，西村慶二，戸田忠雄，田島正啓：スギの材質と遺伝 (第 3 報) 精英樹クローンによるヤング係数に関する要因別変動の評価，木材学会誌

- 40 (5), 457-464 (1994).
- 25) 小泉章夫：針葉樹造林木のヤング率の変異，木材工業53 (5), 206-211 (1998).
- 26) 小田一幸：スギの品種と材質，木材工業55 (2), 50-54 (2000).
- 27) 後藤崇志，池淵隆，中山茂生，越智俊之，藤田勝，福島亮：スギ造林木の枝打ち・間伐施業の有無と曲げ強度性能との関係，第56回日本木材学会大会研究発表要旨集，p.31 (2006).
- 28) 中井孝：国産造林木の材質—スギ正角材の実大曲げ強度—，木材工業39 (11), 42-46 (1984)
- 29) 小泉章夫，飯島泰男，佐々木貴信，川井安生，岡崎泰男，中谷浩：秋田県産スギ材の強度特性 (第1報) 丸太のヤング率，木材学会誌43 (1), 46-51 (1997).
- 30) 平川泰彦，山下香奈，中田了五，藤澤義武：スギ丸太のヤング率の変動に関わる晩材仮道管S<sub>2</sub>層マイクロフィブリル傾角と密度の影響，木材学会誌43 (9), 717-724 (1997).
- 31) 山下香奈，平川泰彦，藤澤義武，中田了五：スギ18品種の丸太のヤング率の品種間差に及ぼすマイクロフィブリル傾角と密度の影響，木材学会誌46 (6), 510-522 (2000).
- 32) 朱建軍，高田克彦，飯島泰男，平川泰彦：秋田県産スギ造林木の成長と材質 (第1報)，木材学会誌49 (2), 138-145 (2003).
- 33) 津島俊治，古賀信也，小田一幸，白石進：九州産スギ在来品種の成長と木材性質，木材学会誌51 (6), 394-401 (2005).
- 34) 雉子谷佳男，北原龍士：スギ実大曲げ性能への木材材質指標の影響，材料54 (4), 377-380 (2005).
- 35) 平川泰彦，藤澤義武：精英樹スギクローンにおける晩材仮道管S<sub>2</sub>層マイクロフィブリル傾角と仮道管長との関係，木材学会誌41 (2), 123-131 (1995).
- 36) 平川泰彦，藤澤義武：スギの晩材仮道管S<sub>2</sub>層マイクロフィブリル傾角の樹高方向における変動，木材学会誌42 (2), 107-114 (1996).
- 37) 後藤忠男：スギ・ヒノキの材質劣化害虫とその対策，木材工業61 (9), 420-423 (2006).
- 38) 黒田尚宏：スギ心持ち乾燥のための基礎研究の展開，木材学会誌53 (5), 243-253 (2007).
- 39) 林知行：高信頼性木質建材 エンジニアードウッド，(株)日刊木材新聞社，1998，pp.51-73.
- 40) 林知行：エンジニアードウッド—この20年—，木材工業63 (2), 58-63 (2008).





## イノシシ用防護柵の設置状況と侵入防止効果

— 島根県大田地域における既存防護柵の設置，被害の発生状況から —

金森弘樹・長妻武宏\*・澤田誠吾

Actual condition and effect of setting up protective fences against the damage by the Japanese wild boar  
— A case study in the Ohda district, Shimane Prefecture —

Hiroki KANAMORI, Takehiro NAGATSUMA and Seigo SAWADA

### 要 旨

島根県大田地域におけるイノシシ用防護柵は，山間地域と放牧地域では1/3の耕作地で設置されていたが，平野地域での設置はわずか2%に過ぎなかった。平野地域ではほとんどがネット柵であったが，山間地域と放牧地域では電気柵が多かった。これらは「全囲型」が70%を占めたが，一部が空いた「コ型」や「L型」，直線状の「I型」も認めた。年中設置されたものがほぼ半数を占めたが，とくに電気柵は被害発生期直前に設置されたものが多かった。一筆毎の耕作地を囲んだ防護柵がほぼ半数を占めたが，複数を囲んだものが40%，大規模に共同で設置したのも15%認めた。被害は7～9月の夏期に山間地域ではイネを中心に多く発生したが，放牧地域では少なく，平野地域ではまったく認めなかった。おもな被害発生の原因は，防護柵の未設置と電気柵の管理不備などであった。防護柵は，電気柵などの有効なものを選択して，年中大規模に共同で設置・管理するのが効果的であり，またイノシシの好適な生息地となる耕作放棄地等を放牧の利用によって草刈り管理を行うのが，被害軽減効果を高めるには有効であると考えられた。

### I はじめに

島根県では，イノシシ (*Sus scrofa*) による農作物への被害対策として，様々な種類の防護柵が設置されている。しかし，イノシシに侵入されて農作物の被害発生を認める場合も多い。そこで，本研究ではイノシシ対策用に設置されている既存防護柵の設置状況とイノシシによる被害発生の状況を調査し，設置方法の問題点や各種の防護柵の効果を明らかにして，地域に応じた設置方法を解明することを目的とした。

なお，本調査は先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「イノシシの生態解明と農作物被害防止技術の開

発」の一課題「既存防護柵の設置法における地域的問題点の解明」として実施した。

### II 調査方法

#### 1. 広域概況調査 (2003年調査)

島根県大田市川合町と久利町 (約50km<sup>2</sup>) において，2003年8月上旬・中旬，9月上旬・中旬・下旬に防護柵の設置状況を，また8月～9月の毎週1回被害の発生状況を調査した (図1)。防護柵の設置状況は，1/6,000の住宅地図上に種類別に記録した。また，被害の発生状況は，現地調査と地域住民から聞き取り調査を実施し，被

\* 現島根県畜産技術センター

害の発生日・種類・作物・程度、イノシシの痕跡、防護柵の設置状況、周囲の環境などについて調査した。

## 2. 立地別の詳細調査 (2004年, 2005年調査)

2003年の広域概況調査地内にある大田市川合町吉永(平野地域, 87ha), 川合町浅原(山間地域, 122ha)および久利町小山(放牧地域, 80ha)の3か所において, 2004年8月上・中・下旬, 9月上・中・下旬と2005年4月中旬, 6月上旬, 7月中旬, 8月上・中・下旬, 9月上・中・下旬に防護柵の設置状況を調べた(図2, 写真1~3)。2004年は8月~9月, 2005年は7月~9月の毎週1回被害の発生状況を調査した。2003年と同様に, 防護柵の設置状況は住宅地図上に種類別に記録し, 被害の発生状況は, 現地調査と地域住民から聞き取り調査を実施した。また, 2003年, 2004年に被害発生を認めた場所の追跡調査も行った。なお, 平野地域は大きな広がりを持った平野部の平坦な耕作地域, 山間地域は谷沿いの傾斜地にある耕作地域, また放牧地域は山間地域にある耕作放棄地等へ牛やヤギを放牧している耕作地域として選んだ。

## Ⅲ 結果と考察

### 1. 広域概況調査 (2003年調査)

耕作地を「囲うタイプ」の防護柵が191か所に設置してあった。電気柵が79か所(40%)と最も多く, ついでトタン柵が51か所(30%), ネット柵が43か所(20%)を占めた。他にはワイヤーメッシュ柵が7か所(4%), 電気柵とトタンまたはネットなどを組み合わせた複合柵が11か所(6%)であった。通年設置を含めて7月末までに45%の防護柵が設置されていたが, 8月上・中旬に15%, 下旬に40%が設置された。なかでも, イネの収穫間際の設置は電気柵の割合が高かったが, 2003年の夏期はやや冷夏であったために収穫時期が遅れ, それに伴って設置も遅くなる傾向があった(図3)。

3a以下の耕作地では, トタン柵とネット柵が80%以上を占めたが, 4a以上では電気柵が50%を占めて多かった。各種の防護柵による耕作地の囲い方は, 耕作地の全周を囲う「全囲型」が最も多くて65%を占めたが, 1方向が空いた「コ型」を25%, 2方向が空いた「L型」を10%認めた。空いた方向には道路や河川がある場合が

多く, イノシシに侵入されにくいと考えて, 設置をしなかったと考えられた。面積別にみると, 10a以下の耕作地では「全囲型」が60%以上を占めたが, 11~50aでは「全囲型」, 「コ型」がそれぞれ55%, 40%とほぼ同程度であり, 51a~1haでは「L型」が20%と増えて, 1ha以上ではこれが80%を占めた。すなわち, 耕作地の面積が大きくなるほど全周を囲う「全囲型」が減った。これは, 資材費と労力を軽減するためと考えられた。また, 山際などに直線状に設置された「I型」の防護柵を21か所で認めたが, 直線距離が50m以下ではトタン柵が40%を占めて多かったが, 100m以上ではすべてが金網フェンスであった。ただし, 山側に片側のみ設置されて, 反対方向の山際には設置されていない場合も認めた。

被害発生は29か所で認めたが, 発生場所は集中分布する傾向があった(図1)。被害は7月中旬から9月中旬まで認めたが, イネの食害と踏み倒し害が70%以上を占めて多かった。なかでも, 「コシヒカリ」品種と「モチゴメ」の被害が目立った。被害農家によると, 粘りのあるイネが被害に遭いやすいという。他にはサツマイモとダイズに食害を, ラッキョウ, ミョウガおよびヒノキ幼齢木に掘り荒らし害を認めた(図4)。被害が発生した耕作地の被害面積率は2~100%であったが, ダイズ, サツマイモおよびイネでは100%の激害耕作地を認めた(写真11, 12)。被害を受けた耕作地のうち, 25%には防護柵が無かったが, 設置してあった防護柵は電気柵, 電気柵+トタン柵, トタン柵, ネット柵, 山際沿いに直線タイプの金網フェンスなどであった。これらの防護柵のうち, 直線タイプの金網フェンスは年中設置してあったが, 他は7月中旬~8月中旬の被害発生時期に設置された。また, 被害が発生した耕作地は, 耕作放棄地, 竹藪, 山際の藪・ササ地などに隣接している場合が多かった。すなわち, イノシシに侵入されやすい耕作地であると考えられた。被害発生原因は, 防護柵が未設置の場合が25%, 直線タイプの金網フェンスを片側の山際にのみ設置して, 反対側の山林からの侵入によって加害された場合が35%を占めて多かった。また, ネット柵, トタン柵, 波板柵の跳び越えと潜り込みが25%, 電気柵の不十分な電圧や不適正な電線の高さなどの設置・管理の不備が15%であった(写真7, 8)。

## 2. 立地別の詳細調査

### 1) 2004年調査

耕作地一筆毎に防護柵の設置状況をみると、山間地域と放牧地域ではいずれも1/3の耕作地で設置を認めたが、平野地域では設置はわずか2%であった。平野地域ではほとんどがネット柵であったが、山間地域では電気柵とトタン柵が、また放牧地域では電気柵が多かった(図5)。いずれの地域も「全囲型」が60~70%を占めて多かったが、「コ型」、「L型」および「I型」も認めた。これらの防護柵の空いた方向は、河川がある場合や山林と逆方向の場合が多かった。山間地域では7月下旬までに80%が設置されたが、平野地域と放牧地域ではこれが40~60%に留まり、被害発生期直前の8月上~中旬に設置数が増えた。防護柵の設置状況を耕作地一筆毎にみると、複数を一緒に囲んだ防護柵が半数を占めて多かったが、一筆毎に囲っている場合も35%あった。また、複数の農家が効率的に共同設置・管理している大規模な防護柵を15%認めたが、これらは年中設置されたものが多かった(図6, 写真5)。面積が10a未満の耕作地ではトタン柵が多かったが、10a以上では電気柵が多かった。また、水田と畑を比べると、水田では電気柵が65%を占めて多く、ついでトタン柵が20%であった。一方、畑では電気柵が20%と少なく、ネット柵とトタン柵がそれぞれ30%と多かった。

2004年の被害発生は、農作物、果樹の食害と掘り荒らし害であったが、山間地域6か所と放牧地域4か所で認め、平野地域ではまったく認めなかった(図7)。平野地域は、耕作地が交通量の多い道路、コンクリート畦畔および大きな河川で囲まれているためにイノシシの侵入が難しく、また放牧地域は牛やヤギの放牧によって耕作放棄地等の雑草などの生長が管理されており、イノシシの好適な生息地が少ないために侵入が少ないと考えられた。

山間地域ではイネ、ウリ、ナス、キビおよびカキの食害、放牧地域ではイネ、サツマイモおよびジャガイモの食害であった。このうち、サツマイモとキビは激害であり、他の農作物は微害であった(写真10)。これらの被害は、ジャガイモは5月、カキは9月に発生したが、イネなど他の農作物は8月に発生した。被害地のうち、5か所には防護柵は無かったが、防護柵のあった5か所で

は、電気柵4か所と複合型柵(電気柵+トタン+有刺鉄線を並列で設置)1か所であった。おもな被害発生原因は、防護柵の未設置と電気柵の管理不備であり、2,000V以下と十分な電圧が得られていない場合が多かった。被害地は、山際からの距離が10m以内が60%を占めた。また、耕作放棄地、竹藪、山際のササ・クズ地などに隣接している場合が多く、イノシシが侵入しやすい耕作地と考えられた(写真5)。

なお、2004年の調査地内での2003年の被害発生は、山間地域5か所、放牧地域1か所であったが、平野地域では2004年と同様に被害発生を認めていない(図7)。この2003年に被害が発生した6か所の追跡調査を行ったが、2004年に再び被害が発生した場所は認めなかった。このうち、1か所では電気柵をづづけていたが、5か所では防護柵を追加または変更していた。未設置からネット柵の設置が1か所、ネット柵から電気柵への変更が4か所であった。すなわち、2003年にはネット柵では被害を防止できなかった場所において、翌年は電気柵に変更して被害を防止していた。

### 2) 2005年調査

耕作地一筆毎に防護柵の設置状況をみると、2004年とほぼ同様に山間地域と放牧地域ではいずれも1/4の耕作地で認めたが、平野地域ではわずか2%であった。2004年とほぼ同様に、平野地域ではほとんどがネット柵であったが、放牧地域では電気柵が、また山間地域では電気柵とトタン柵が多かった(図8)。平野地域と山間地域は、2004年とほぼ同様に「全囲い型」がいずれも70%を、放牧地域では55%を占めて多かったが、「コ型」、「L型」および「I型」も認めた(図9)。設置時期は、平野地域ではすべての防護柵が通年設置であったが、山間地域ではこれが60%、放牧地域では40%に留まって、被害発生期の直前の7月下旬~8月中旬に設置数が増えた。聞き取り調査によると、この時期に設置数が増えたのは、7月下旬~8月上旬に被害発生情報が集落内の農家に拡がったことが契機となっていた。防護柵の種類別にみると、トタン柵、ネット柵、ワイヤーメッシュ柵は年中設置が多かったが、電気柵はこれが少なく、8月上・中旬に設置した場合が多かった(図10, 写真4)。これらの防護柵は、2004年とほぼ同様に耕作地を一筆毎に囲ん

だ防護柵が半数を占めて多かったが、複数を一緒に囲んだ防護柵を40%、共同設置・管理している大規模な防護柵も15%認めた(図6)。面積が10a未満ではトタン柵が多かったが、10~20aではネット柵が、40a以上では電気柵が多かった(図11)。また、水田と畑別にみると、2004年と同様に水田では電気柵が65%と多くて、トタン柵は20%であったが、畑では電気柵が20%と少なく、ネット柵とトタン柵が各30%であった。

2005年の被害発生は、イネの食害とサトイモ、カボチャおよび畑の堀り荒らし害でいずれも軽度であった。山間地域と放牧地域では各2か所でこれらの被害が発生したが、平野地域ではまったく発生を認めなかった(図7)。いずれの被害も7月中~下旬に発生した。これら4か所の被害発生地のうち、3か所は防護柵が未設置のうちに侵入されて被害を受けた。このうち2か所では被害を受けた後に電気柵を設置したが、その後の被害発生は認めなかった。一方、複合柵(トタン+有刺鉄線+電気柵を並列、一部は重複)を設置していた畑では、トタンの下部を破って侵入した(写真9)。これらの被害発生地の山際からの距離はいずれも1~3mと近く、山際はササ、クズなどが繁茂しており、イノシシが侵入しやすい耕作地と考えられた。おもな被害発生原因は、防護柵の未設置とトタン柵の強度不足および防護柵周辺の山際の草刈り管理の不徹底であると考えられた。

2004年に被害発生を認めた場所の追跡調査では、複合柵を設置していた畑では2年連続で被害発生を認めたが、他の9か所では認めなかった。また、2003年に被害を認めた6か所でも被害発生は認めなかった。

なお、この地域でのイノシシの有害捕獲の状況は、平野地域と放牧地域での実績はなかったが、山間地域には5基の囲い罠、箱罠があった。このうち3基で2003年に5頭、2004年に9頭および2005年に5頭が捕獲されたが、この捕獲による被害軽減効果の有無については不明である。

本調査では、イノシシの生息地である山林が交通量の多い道路やコンクリート畦畔および大きな河川によって遮断されていた平野地域ではイノシシの被害発生をまったく認めなかった。また、山間地域に比べて耕作放棄地などに放牧をしていた放牧地域でも被害発生はやや少なかった。

ネット柵では強度が不足し、トタン柵では高さや強度不足から侵入を受けた場合を認めた。金網フェンスを直線的に山際に設置していた場合もあったが、片側の山際のみを設置したために反対側の山林から侵入されていた。電気柵は適正に設置、管理されていたものは高い侵入防止効果を認めたが、電線の設置高が高いものや電圧が2,000V以下のもの、またコンクリート道路上などの電気ショックを与え難い場所に設置した場合などは侵入された場合があった。防護柵を耕作地の全周に設置していない場合も認め、防護柵の無い河川側から侵入を受けた場合もあった。また、電気柵などの防護柵を被害発生期の直前や被害を受けた後に設置した場合が多かった。さらに、被害を受けた耕作地は、耕作放棄地や山際の藪・ササ地などに隣接しており、イノシシに侵入されやすい耕作地と考えられる場合が多かった。したがって、防護柵は電気柵やワイヤーメッシュなどの効果の高いものを選択し、耕作地の全周を囲って設置することが必要であった。なかでも、電気柵の効果を持続させるには、適正な設置法や維持管理が重要であった。また、放牧地域で被害発生が少ないことに注目した。

千田ら<sup>1)</sup>の調査によると、本調査を実施した放牧地域である小山地区は、1965年に甘夏ミカン団地9.4haを造成したが、度重なった寒波によって多くの果樹が枯死したことから生産に失敗して多くが放棄された。また、1980年頃から水田の耕作放棄も加わって、1985年以降はイノシシによる被害が増加した。そこで、2000年に8戸の農家による「小山地区放牧の会」が結成され、甘夏ミカン団地を中心に11ha(保全管理農地134a、耕作放棄地398a、林地235a、管理果樹園327a)において10頭の牛の放牧が展開された。その結果、草刈り作業の労力が大幅に低減され、さらにイノシシの好適な生息環境の縮小によって1年後までは被害発生を認めなかったという。本調査によって、数年を経過した現在でも放牧による効果によって、イノシシの被害発生が少ないことが分かった。

井出ら<sup>2)</sup>は、耕作放棄地への牛の放牧は、優占種であるススキとクズを急速に衰退させて、イノシシの好適な休息・避難場所と冬期の主要な餌となるクズを奪うのに有効と報告している。

また、山中<sup>3)</sup>は滋賀県での調査から山裾の耕作放棄地に牛による放牧ゾーンを形成するとイノシシの侵入や被

害発生が無くなることを報告した。

中山間地域直接支払い制度によって、集落の農家が共同で耕作地に大規模な電気柵を設置して、管理する場合が増えてきた。このような地域では、イノシシの出没情報の伝達が迅速であり、対応策も早い。一方、山間地域の集落から離れた農家では、単独での対策にならざるを得ないため、イノシシ対策の経済的、労力的な負担が大きく、被害を受ける場合もあった。また、このような農家は、高齢者のみの世帯である場合が多かった。

本調査によって、防護柵は電気柵など有効なものを選択して、年中共同で大規模に設置・管理するのが効果的であり、また耕作放棄地等の草刈り管理を放牧などを利用

して行うのが効果を高めるには有効であると考えられた。

## 引用文献

- 1) 千田雅之, 谷本保幸, 小山信明: 中山間地域の農地管理問題と放牧の可能性—地域資源の保全を目的とする里地放牧の存立条件と研究課題—, 近中四農研資 1, 1-74, 2002
- 2) 井田保行, 小山信明, 高橋佳孝, 小林英和: 耕作放棄地での肉用牛放牧がイノシシの掘り返し行動に及ぼす影響, 近中四農研報 4, 173-181, 2005
- 3) 山中成元: 耕作放棄地に牛を放牧して獣害対策, 農林水産技術研究ジャーナル 28 (4), 46-47, 2005

Actual condition and effect of setting up protective fences against the damage by the Japanese wild boar  
— A case study in the Ohda district, Shimane Prefecture —

Hiroki KANAMORI, Takehiro NAGATSUMA and Seigo SAWADA

ABSTRACT

Protective fences were set up against the damage by the Japanese wild boar (*Sus scrofa*) in 30 % of the fields in intermountain and grazing areas and only 2 % of those in plain area, in the Ohda district, Shimane Prefecture. Electric fences were mainly set up in the intermountain and grazing areas and net fences were set up in almost all the plain area. The field was completely surrounded by the fence in 70 % of all the fields, but not completely in the other fields. Half of the fences were set up throughout the year and most of electric fences were set up just before the season of the damage. A field, several fields, and a large farmland were surrounded by a fence in 45 %, 40 %, and 15 % of all the fences. The damage was heavily in rice fields from July to September in the intermountain area, but slightly in the grazing area and not at all in the plain area. The damage broke out in the fields where no fences were set up and electric fences were inadequately managed. It is effective against the damage by the wild boar to set up the electric fence throughout the year and to manage the fence in partnership. Moreover, grazing in land under no-cultivation is considered to be effective against the damage.

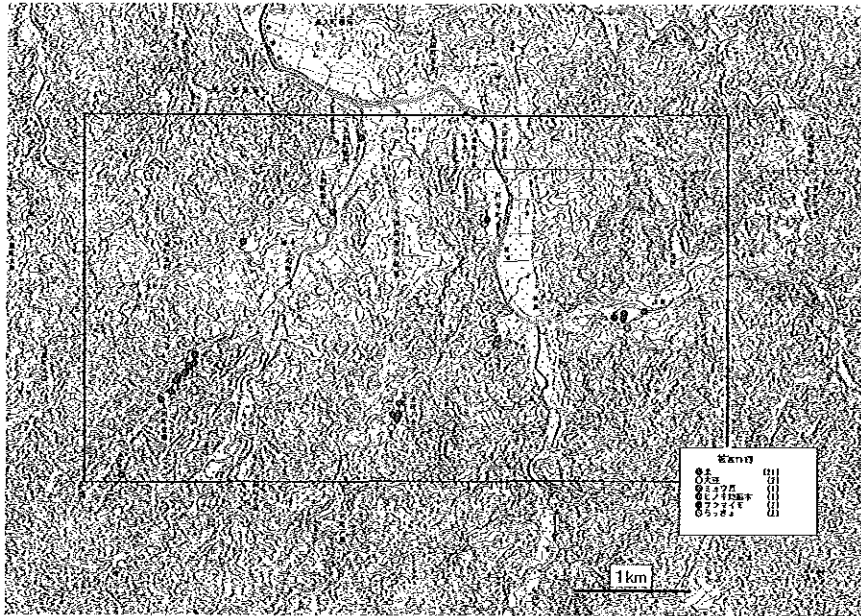


図1 2003年の広域概況調査地と被害発生場所

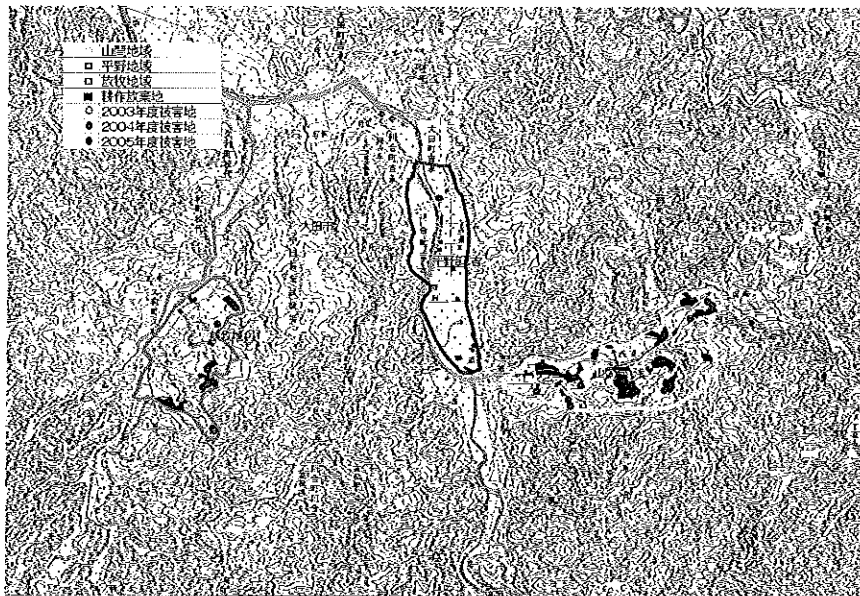


図2 2004, 2005年の立地別調査地と被害発生場所

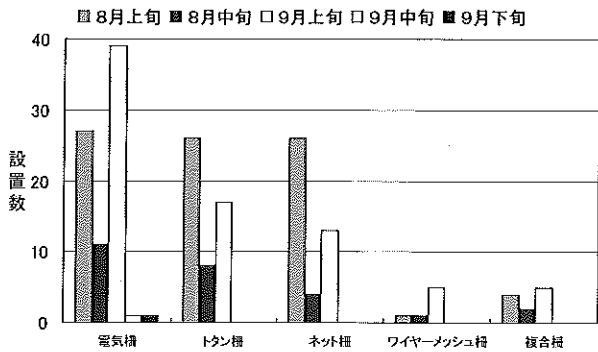


図3 2003年の防護柵の設置時期

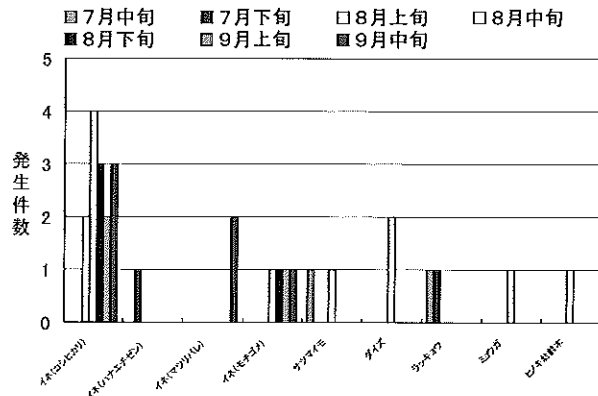


図4 2003年に発生した被害

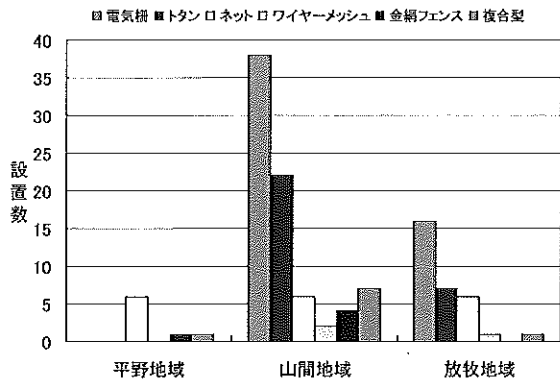


図5 2004年の防護柵の種類

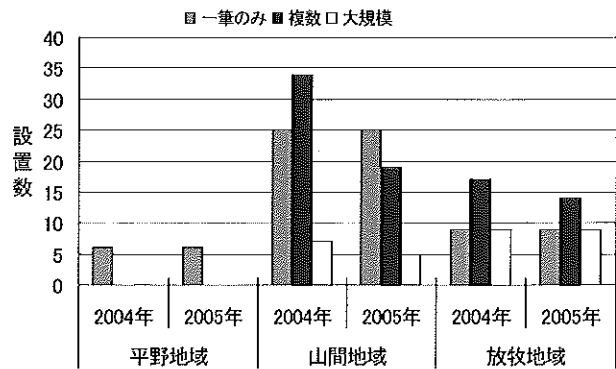


図6 2004, 2005年の防護柵の設置規模

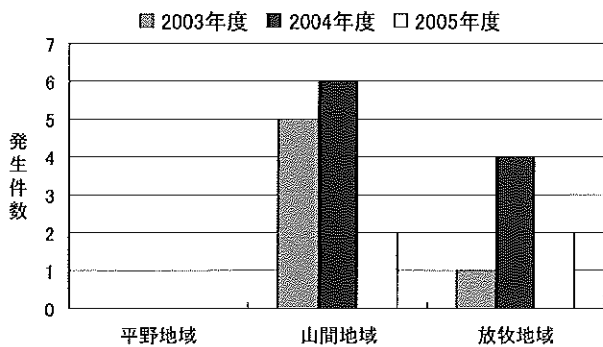


図7 年度別の被害発生件数

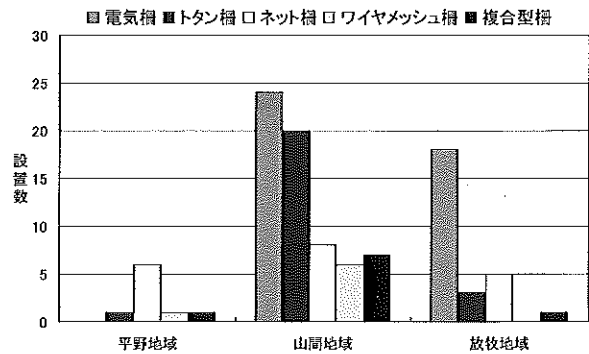


図8 2005年の防護柵の種類

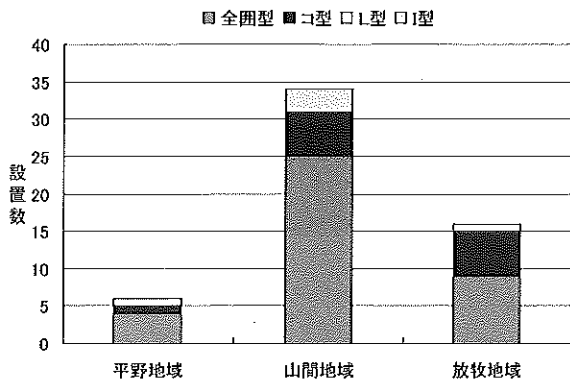


図9 2005年の防護柵の形態

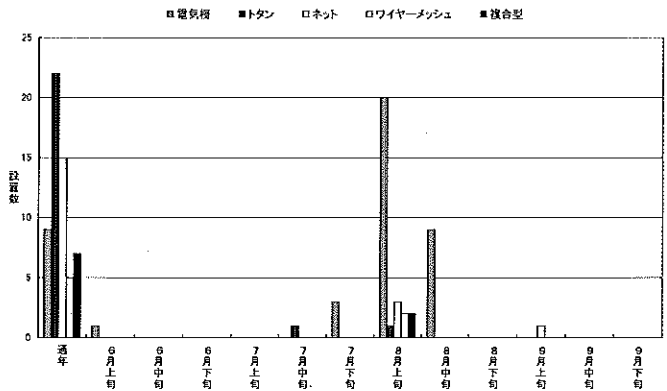


図10 2005年の防護柵の設置時期

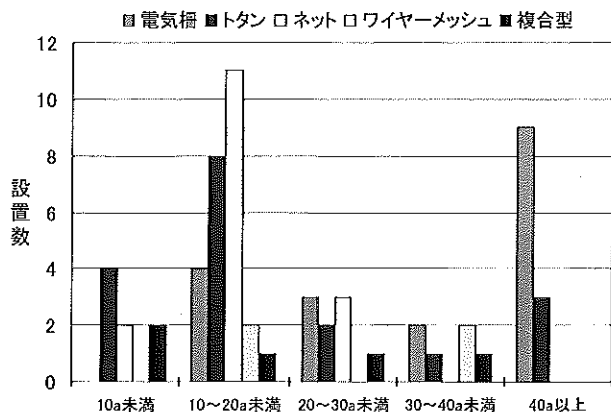


図11 2005年の面積別の防護柵の種類



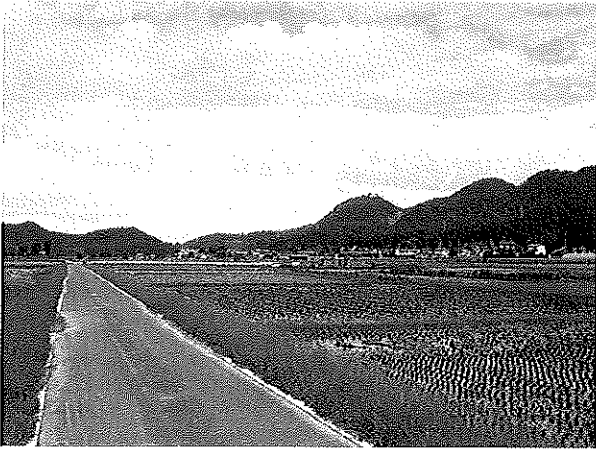


写真1 平野地域



写真2 山間地域



写真3 放牧地域

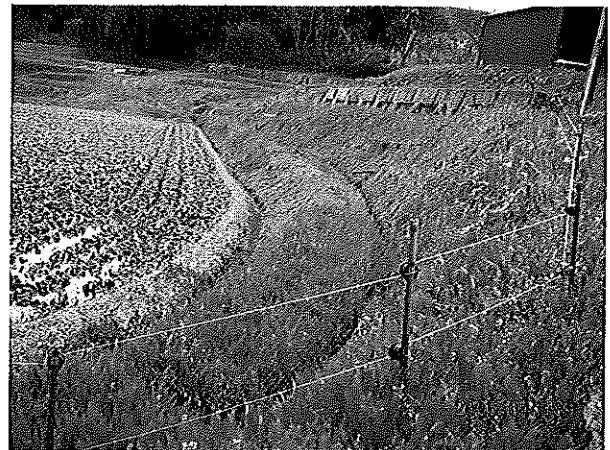


写真4 年中設置された電気柵 (山間地域)



写真5 大規模に設置された電気柵 (山間地域)



写真6 周囲にクズが繁茂した畑 (山間地域)



写真7 突破されたネット柵 (山間地域)



写真8 ネット柵内のイネの軽害 (山間地域)



写真9 突破されたトタン柵 (山間地域)



写真10 サツマイモの激害 (放牧地域)



写真11 イネの激害 (広域概況調査地)



写真12 ダイズの激害 (広域概況調査地)

論文

# GISを利用した弥山山地におけるニホンジカ用防護柵の効果分析

藤田 曜・金森 弘樹

Effect analysis of several fences on agricultural damage  
by sika deer in Misen Mountains by using GIS

Hikaru FUJITA and Hiroki KANAMORI

## 要 旨

弥山山地での防護柵の設置状況とニホンジカの目撃・被害情報をGISを使って地図化し、防護柵の設置効果について検証した。調査地別に検証した結果、地域によって防護柵の種類や設置方法に違いがあった。調査地全体で見ると、侵入された柵の割合は網柵が34%と最も高く、ついで電気柵の20%、金網フェンスの17%であった。網柵のうち、防風ネット柵は強度に問題があったために侵入されたものが多かったが、ステンレス線入りの網柵は高い防護効果を認めた。電気柵は、高さが不十分なものは侵入された。また、金網フェンスは、集落内の田畑周辺に設置してあるものと大規模に山中に設置されたものがあったが、効果を認めない場所もあった。これは、不完全な囲い方によって侵入した場合や山中に設置された金網フェンスの集落側の山林にも常時生息することが原因と考えられた。防護柵の設置にあたっては、網柵は強度の高いものを選び、電気柵は高さに注意が必要であった。また、金網フェンスを大規模に設置する場合は維持管理の容易な山際に設置して、集落側にシカを生息させないようにする必要があった。

## I はじめに

島根県東部に位置する弥山山地（約7千ha）は、島根県内でニホンジカ（*Cervus nippon* 以下シカと表記）が集団で生息する唯一の場所である。弥山山地の東部は、県道によって半島中部の湖北山地と分断されており、南部は簸川平野、西部と北部は日本海に面している。したがって、本山地のシカ個体群はほぼ孤立した状況にある。

島根県はシカ被害対策事業として、シカの侵入を防ぐための防護柵（金網フェンス）を1995～1997年度に51,750（農地34,250、林地17,500）m、1998～2000年度に63,100（農地43,850、林地15,100、ほだ場1,762、竹林895、既設の柵の改修1,490）mを設置した。2001年度以降は、新規に設置する防護柵を金網フェンスからステンレス線入りの網柵に換えた。2001～2006年度にステンレス線入りの

網柵を26,520m張り、また電気柵を84基設置した。

弥山山地では、これまで山中で大規模に設置された金網フェンスと森林植生の関係についての調査が行われた<sup>1)</sup>。しかし、人里における田畑に設置された防護柵の種類や設置方法とその効果についての調査は行われておらず、設置場所も不明確である。そのため、防護柵の設置状況を空間的・視覚的に分析できれば、効果的な柵の設置方法が解明でき、効率的な被害対策に役立つと考える。

本研究では、弥山山地に設置された防護柵の設置状況を示した図面を作成することを目的とし、併せてシカの目撃・被害情報を重ね合わせることによって、防護柵の設置効果について検証した。

なお、本調査は中国地方中山間地域鳥獣被害対策協議会による「鳥獣害防止広域対策事業」として実施した。

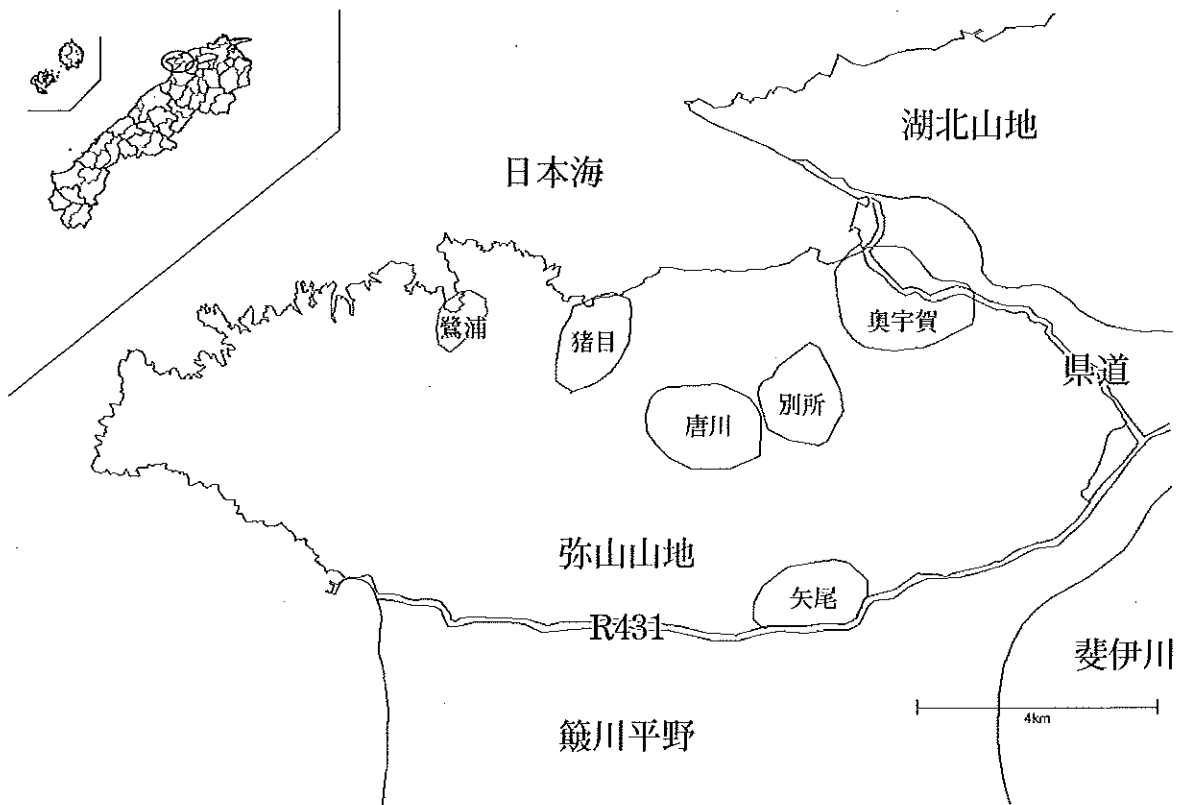


図1 調査地の概略図 ○ 調査プロット

## II 調査方法

2006年7～9月、10～12月および2007年1～3月の3回に分けて、弥山山地の出雲市鷺浦、猪目、別所、唐川、奥宇賀および矢尾の6か所（各面積1～4 km<sup>2</sup>、図1）において、シカの日撃（写真1）、被害情報（写真2、3）と防護柵の種類、設置状況の調査を各調査地2人ずつの合計12人の地元調査員に依頼した。調査内容は、目撃頭数を野帳に記入し、航空写真上の目撃場所にシールを貼った。また、農作物、林木被害は、面積・農作物の種類、樹種・林齢などを野帳に記入し、航空写真上の被害地にシールを貼った。防護柵の種類は、金網フェンス（写真4）、網柵（写真5、6、7）および電気柵（写真8）に区別して記録した。網柵には、ステンレス線入りネット柵、防風ネット柵および漁網柵があったが、本調査ではすべて網柵とした。これらの調査結果をGISを使って航空写真上に地図化し、その後に現地調査を行った。

シカの生息密度は、鳥根県が2006年度に行った区画法調査の結果（鳥根県、未発表）を用いた。

## III 結果と考察

調査員から報告された目撃、農作物被害および林木被害の件数を表1に示した。目撃件数は579件あったが、別所が最も多く、50%を占めた。農作物被害は166件発生したが、目撃件数と同様に別所が42%を占めて最も多かった。また、林木被害は96件発生したが、調査地ごとに大きな差はなかった。各調査地の生息密度は4～32頭/km<sup>2</sup>であり、奥宇賀で最も高かった。

鷺浦、猪目および別所では、金網フェンス、網柵を各農地に小規模に設置していた。一方、唐川、奥宇賀および矢尾では山林と人里を遮断する大規模な金網フェンスが設置されていた。

大規模な金網フェンスを除いた各調査地の防護柵の設置数、侵入件数および侵入された防護柵の割合を表2に示した。また、防護柵の種類ごとの設置割合を図2に、侵入された防護柵の割合を図3に示した。調査地全体の設置数は、網柵が119か所（44%）と最も多く、ついで金網フェンスが93か所（35%）、電気柵が56か所（21%）であった。また、侵入された防護柵の割合は、網柵が34%

と最も高く、ついで電気柵が20%、金網フェンスが17%であった。

鷺浦（図4）では、金網フェンスが80%を占めて多く、各農家は小規模に畑地ごとに囲っていた。そのため、民家周辺では多数の目撃があったが、侵入された柵は7%と少なく、うち金網フェンスはわずか1か所のみで、防護柵の扉の閉め忘れによるものであった。他の被害は、人里から離れた山林での林木被害のみであった。

猪目（図5）では、網柵が60%、金網フェンスが40%を占め、各農家が小規模に畑地ごとに囲っていた。そのため、民家周辺で多数の目撃があったが、柵の内側でも目撃と被害を多数認めた。侵入されたものが30%を占め、うち網柵が2/3を占めた。網柵はシカによって破られた場合や劣化による破損か所から侵入された場合がほとんどであった。現地調査をしたところ、被害を受けた網柵のほとんどは防風ネット柵と漁網柵であり、ステンレス線入りの網柵は侵入を防止していた。防風ネット柵と漁網柵のうち侵入されなかったものは、竹やワイヤーで補強したものであった。また、金網フェンスは下部からの潜り込みによって侵入されたものがあった。したがって、猪目では網柵の強度と補修管理、金網フェンス設置後の管理に問題があったと考える。

別所（図6）では、網柵と金網フェンスがほぼ半数ずつを占め、各農家が小規模に畑地ごとに囲っていた。そのため、民家周辺で多数の目撃があった。柵の内側でも

目撃と被害を多数認めたが、侵入された防護柵は全調査地のうちで最も多い50%を占めた。なかでも、網柵は72%が侵入されており、柵としての効果をほとんど認めなかった。網柵は、シカによる破壊や跳び越えによって、また金網フェンスは下部からの潜り込みによって侵入された。現地調査をしたところ、破損した防風ネット柵が補修されずに放置されていたことから、別所では設置方法や設置後の管理に問題があったと考える。

唐川（図7）では、山中に大規模に張った金網フェンスによって山林と人里を遮断していた。さらに、人里では網柵などによって小規模に農地を囲っていた。しかし、畑や水田で多数の目撃と被害発生を認めた。これは、道路や河川によって金網フェンスが途切れた場所から侵入した可能性があるとともに、金網フェンスを山中に設置したため、倒木などによって壊れた場所が目につきにくく侵入した可能性もあった。また、設置した時点にはすでに金網フェンスの集落側の山林にシカが生息していたとも考えられる。したがって、山中へ大規模な金網フェンスを設置した効果はほとんどなかったといえる。人里では、設置した防護柵の70%を網柵が占め、うち1/3が侵入されていた。ただし、設置数の25%を占めた電気柵で囲った農地ではまったく侵入を認めなかった。

奥宇賀（図8）では、山中に大規模な金網フェンスを設置し、さらに農地ごとに小規模に設置された防護柵は89か所と最も多かった。なかでも、電気柵が半数以上を占

表1 報告のあった件数と生息密度

|                          | 鷺浦  | 猪目  | 別所  | 唐川* | 奥宇賀* | 矢尾*  |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 目撃                       | 83  | 71  | 288 | 82  | 47   | 8    |
| 農作物被害                    | 1   | 35  | 69  | 22  | 36   | 3    |
| 林木被害                     | 8   | 24  | 18  | 13  | 25   | 8    |
| 生息密度（頭/km <sup>2</sup> ） | 9.6 | 3.9 | 9.6 | 7.0 | 32.0 | 13.9 |

\*別に山中に大規模な金網フェンス有り。

表2 調査地別の防護柵の設置数と侵入件数

|        | 鷺浦 |      |         | 猪目 |      |         | 別所 |      |         | 唐川* |      |         | 奥宇賀* |      |         | 矢尾* |      |         |
|--------|----|------|---------|----|------|---------|----|------|---------|-----|------|---------|------|------|---------|-----|------|---------|
|        | 柵数 | 侵入件数 | 侵入割合(%) | 柵数 | 侵入件数 | 侵入割合(%) | 柵数 | 侵入件数 | 侵入割合(%) | 柵数  | 侵入件数 | 侵入割合(%) | 柵数   | 侵入件数 | 侵入割合(%) | 柵数  | 侵入件数 | 侵入割合(%) |
| 金網フェンス | 35 | 1    | (2.9)   | 25 | 6    | (24.0)  | 20 | 6    | (30.0)  | 2   | 1    | (50.0)  | 11   | 2    | (18.2)  | 0   | —    | (—)     |
| 網柵     | 9  | 2    | (22.2)  | 36 | 12   | (33.3)  | 18 | 13   | (72.2)  | 22  | 7    | (31.8)  | 31   | 6    | (19.4)  | 3   | 0    | (0.0)   |
| 電気柵    | 0  | —    | (—)     | 0  | —    | (—)     | 1  | 0    | (0.0)   | 8   | 0    | (0.0)   | 47   | 11   | (23.4)  | 0   | —    | (—)     |
| 合計     | 44 | 3    | (6.8)   | 61 | 18   | (29.5)  | 39 | 19   | (48.7)  | 32  | 8    | (25.0)  | 89   | 19   | (21.3)  | 3   | 0    | 0.0     |

\*別に山中に大規模な金網フェンス有り。

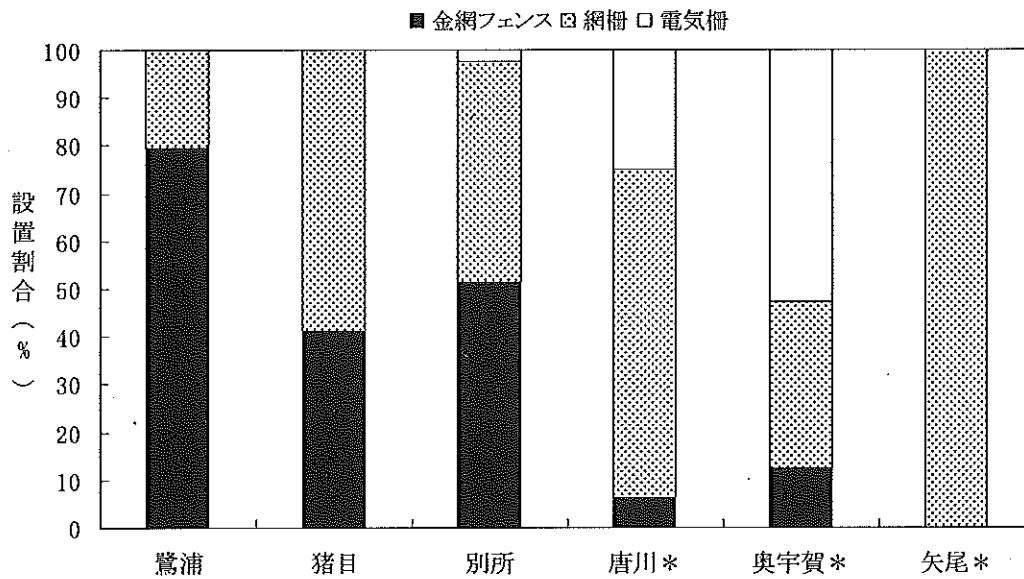


図2 防護柵の種類ごとの設置割合

\*別に山中に大規模な金網フェンス有り

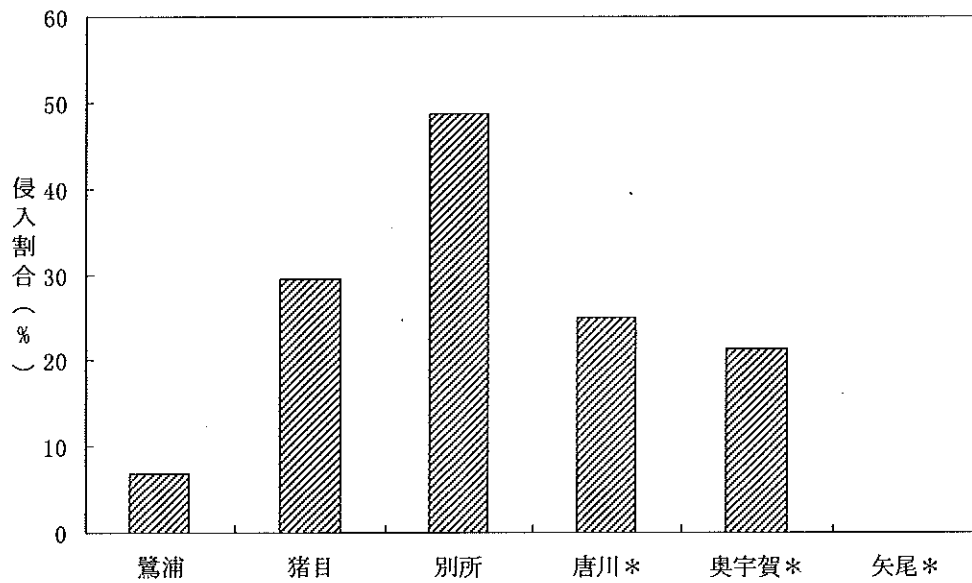


図3 侵入された防護柵の割合

\*別に山中に大規模な金網フェンス有り

めた。しかし、電気柵のうち23%が侵入されていた。電気柵は他の調査地ではまったく侵入されなかったが、ここでの侵入は柵を跳び越えた場合がほとんどであった。現地調査をしたところ、侵入された電気柵の高さは40～60cmと低く、高さが不十分であったことが侵入原因と考える(写真9)。

矢尾(図9)では、山中に大規模な金網フェンスを設置し、なかには一部の造林地も囲っていたが、人里にはほ

とんど防護柵を設置していなかった。農作物への被害発生は少数であったが、7月に発生した土砂崩れによって、山中の金網フェンスの一部が破損したため、シカが侵入して金網フェンス内の造林地で林木被害が発生した。林木被害を認めた場所は金網フェンスで大規模に囲っていたため、シカが一旦侵入してしまうと今後被害が多発する可能性がある。また、人里において少数の農作物被害が発生したが、人里側に生息するシカを捕獲しないと、



今後唐川や奥宇賀と同様に集落側での農作物被害が増加する可能性があると考えます。

以上のことから、弥山山地では地域ごとに柵の種類や設置方法に違いがあることがわかった。最も効果が高かったのは、主に金網フェンスによって農地を小規模に囲っていた鷺浦であった。鷺浦の生息密度は9.6頭/km<sup>2</sup>と高く、目撃情報も多かったが、侵入された柵はわずかであり、防護柵は高い効果を発揮していた。一方、防風ネットと漁網の網柵を多用していた猪目では、生息密度は3.9頭/km<sup>2</sup>と低いにもかかわらず侵入された柵は多く、補強されたものを除くとこれらの網柵の効果は低かった。ただし、ステンレス線入りの網柵の効果は高かった。したがって、被害発生は生息密度の高低にかかわらず、防護柵の強度に左右されたといえる。そのため、今後は効果の高い防護柵を選択して設置する必要がある。

現地調査によって防護柵の状況をみたが、金網フェンスや網柵は高さ2m程度のものは跳び越えによる侵入を防いでいた。一方、電気柵は低いものは侵入されていたが、高さ1.5m程度のものは侵入を防止していた。電気柵は触れると電気ショックを受ける心理的な効果が高いと考えられる。小規模に囲った金網フェンスが網柵に比べて効果が高かったのは、強度が高くて、維持管理を十分に実施したためと考えられる。また、大規模に設置した場合は、唐川の西側や奥宇賀の西側地域のように山際に設置した場所では目撃や被害発生をほとんど認めなかつ

た。したがって、大規模に設置する場合は、維持管理が容易な山際に設置すべきであったと考えられる。

山を囲い込むように設置する方法は、防護柵の外側では農作物、果樹、林木等の被害は減るが、防護柵の内側ではシカの影響が強まって、森林の更新を妨げ、森林生態系の崩壊や生物多様性の低下、さらには水源涵養機能の低下などの問題を引き起こすことがある<sup>1), 2)</sup>。そのため、金網フェンスを大規模に設置すると同時に個体数管理を行う必要があり、島根県は2000年度から目標密度5頭/km<sup>2</sup>の「生息の森」と、目標密度1頭/km<sup>2</sup>の「共存の森」とのゾーニングによる個体数管理を目指している<sup>3)</sup>。

本調査結果を踏まえて、今後は効果の高い防護柵の設置方法を地域住民に普及することが必要である。

## 引用文献

- 1) 平山加奈子：島根県弥山山地におけるシカ侵入防護柵が森林植生へ与える影響，島根大学卒業論文，1～50 (2002)。
- 2) 井上雅央，金森弘樹：山と田畑をシカから守る，農文協，2006，pp.1～134。
- 3) 金森弘樹，周藤成次，河井美紀子，林真弘，大国隆二，横山典子，岸本康誉，片桐成夫：島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査 (VI)，島根県森林整備課，1～54 (2002)。

Effect analysis of several fences on agricultural damage  
by sika deer in Misen Mountains by using GIS

Hikaru FUJITA and Hiroki KANAMORI

ABSTRACT

We examined the effect of the fence on the damage of sika deer by mapping the setting situation of the fence, the information of witnessing and damage of the sika deer in Misen Mountains by using GIS. It has been understood that there are differences in the material kind and setting method of the fence among the regions according to the result of the verification in each research site. The ratio of the invaded fence was 34%, 20% and 17% in the highest netting fence, the electricity fence and the chain link fence in all the research site, respectively. Netting fence made of a stainless wire had a high effect. But netting fence for windbreak had not a effect on deer invading because of the problem of the strength. An electric fence of insufficient height allowed sika deer to invade. Moreover, the chain link fence set up surrounding the rice paddy and cropland in the village and it also set up on a large scale in the mountain. The chain link fence setting up in the mountain had an ineffectual place. The reason is that sika deer are always living in the forest of the village side of the chain link fence enclosing by an imperfect way. Therefore, netting fence had to choose the strong one, and it is necessary to take notice of the height in setting the electric fence. Moreover, it is important that the chain link fence set up on the mountain side to maintain easily, and sika deer are excluded on village side in setting the chain link fence large on a large scale.



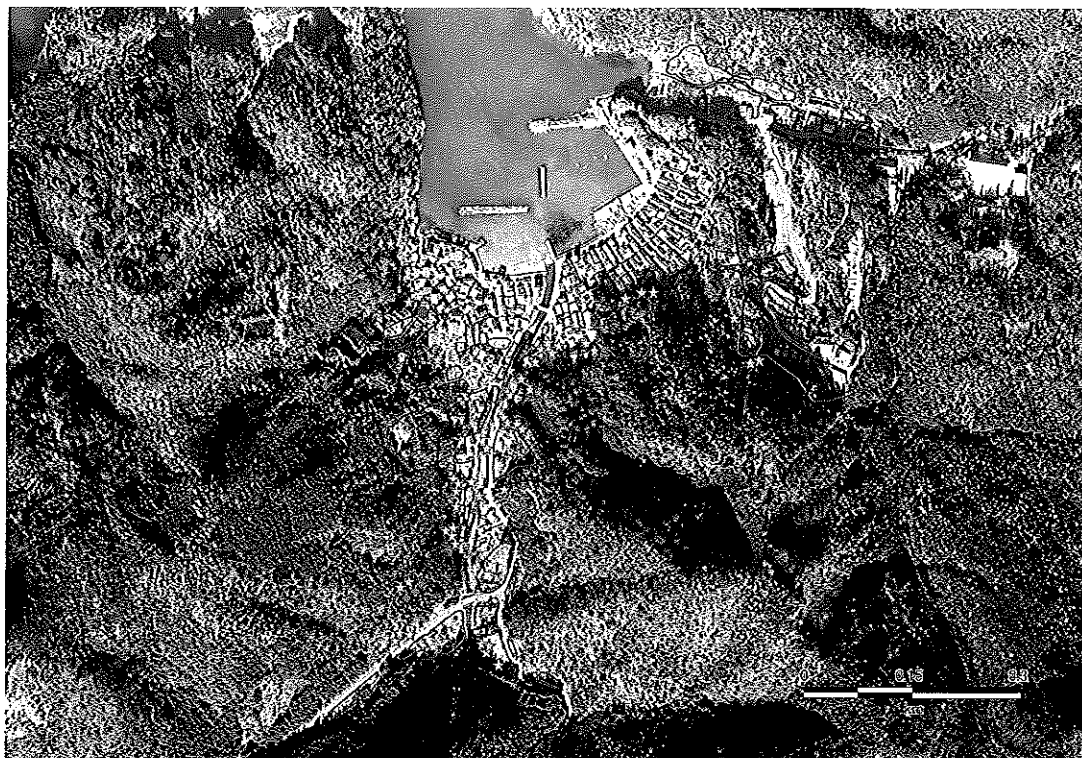


図4 防護柵の設置と目撃・被害状況（鷺浦）

———：金網フェンス      ——：柵  
 ☆：目撃      ●：農作物被害      ◆：林木被害

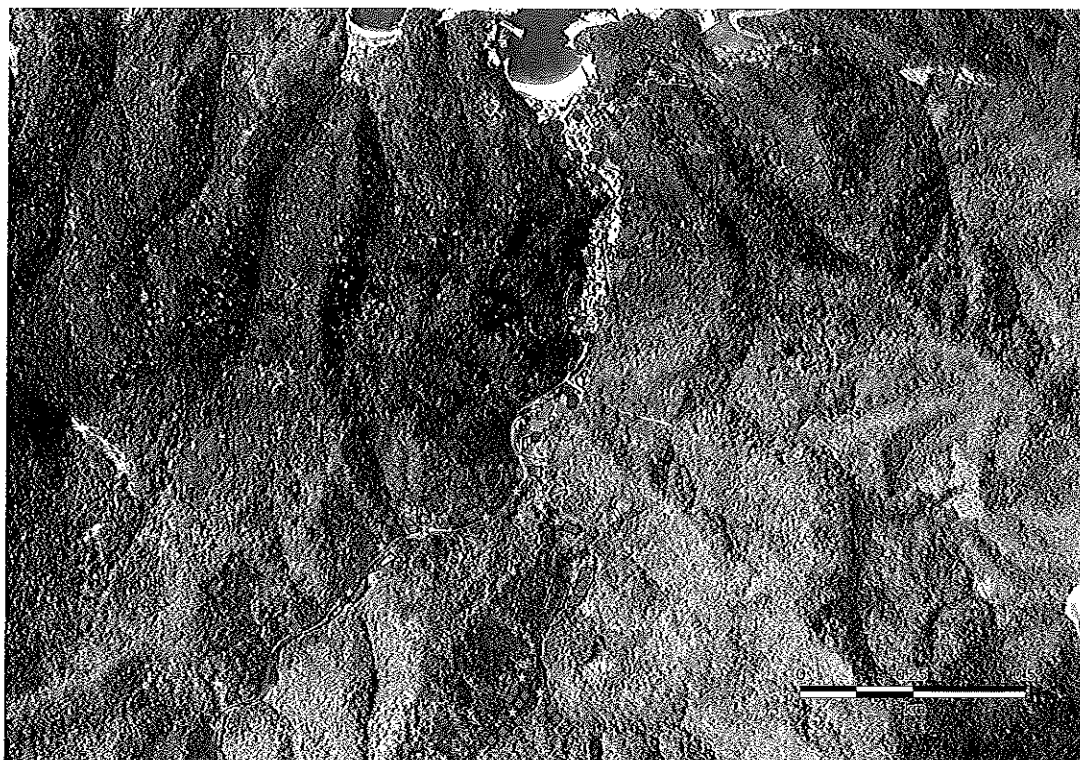


図5 防護柵の設置と目撃・被害状況（猪目）

———：金網フェンス      ——：柵  
 ☆：目撃      ●：農作物被害      ◆：林木被害

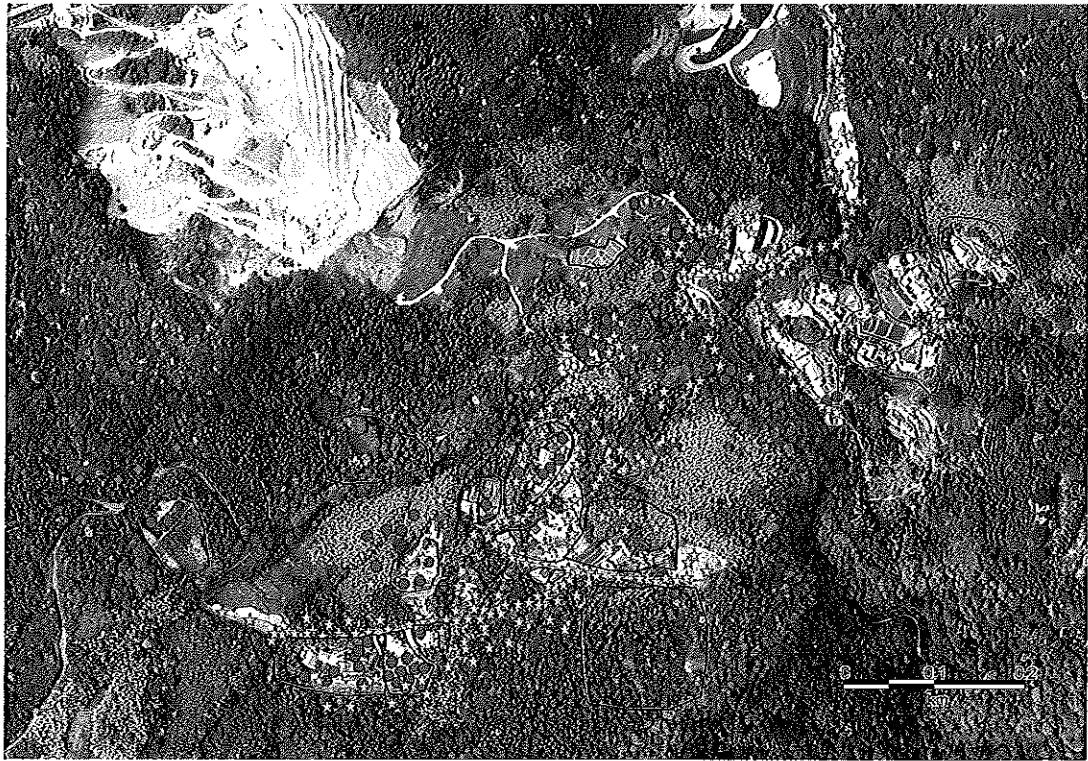


図6 防護柵の設置と目撃・被害状況（別所）

——：金網フェンス    ——：網柵    ——：電気柵  
 ☆：目撃    ●：農作物被害    ◆：林木被害

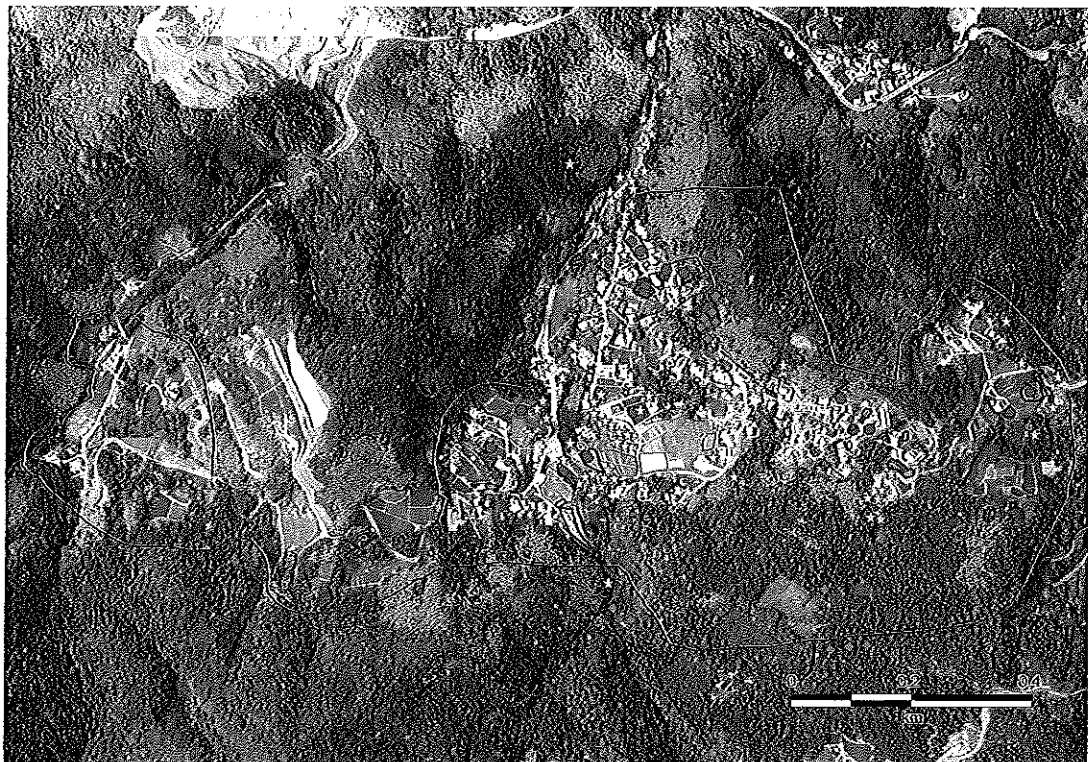


図7 防護柵の設置と目撃・被害状況（唐川）

——：金網フェンス    ——：網柵    ——：電気柵  
 ☆：目撃    ●：農作物被害    ◆：林木被害

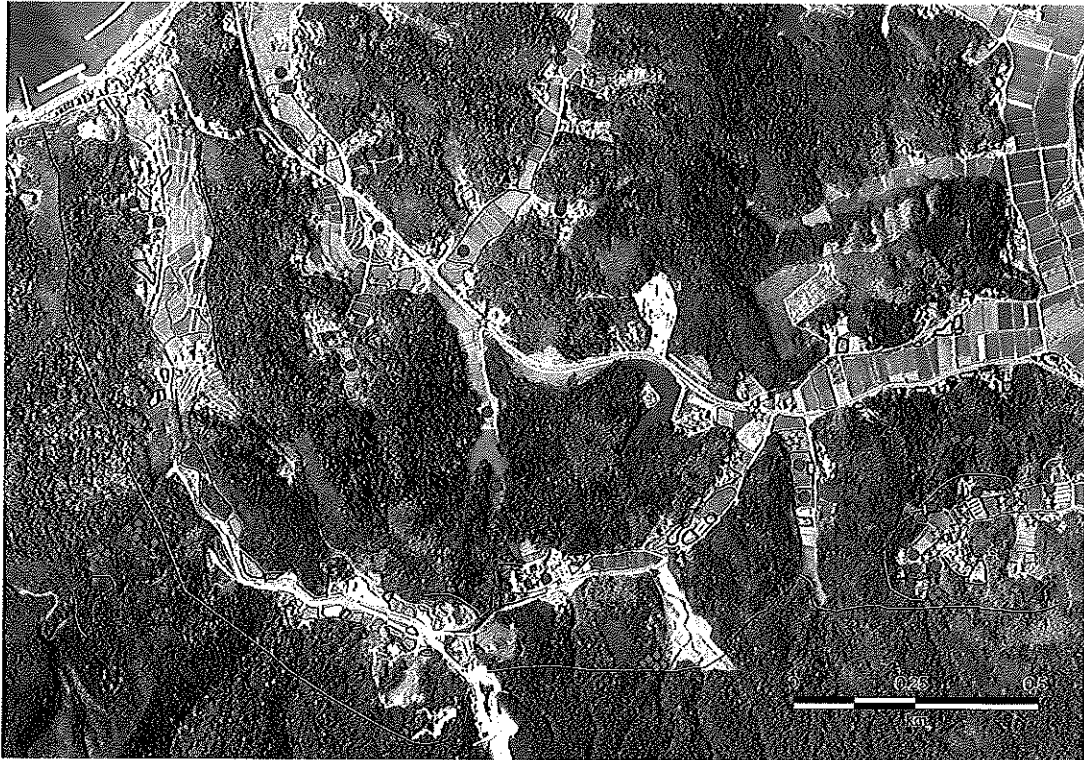


図8 防護柵の設置と目撃・被害状況（奥宇賀）

——：金網フェンス    ——：網柵    ——：電気柵  
 ☆：目撃    ●：農作物被害    ◆：林木被害

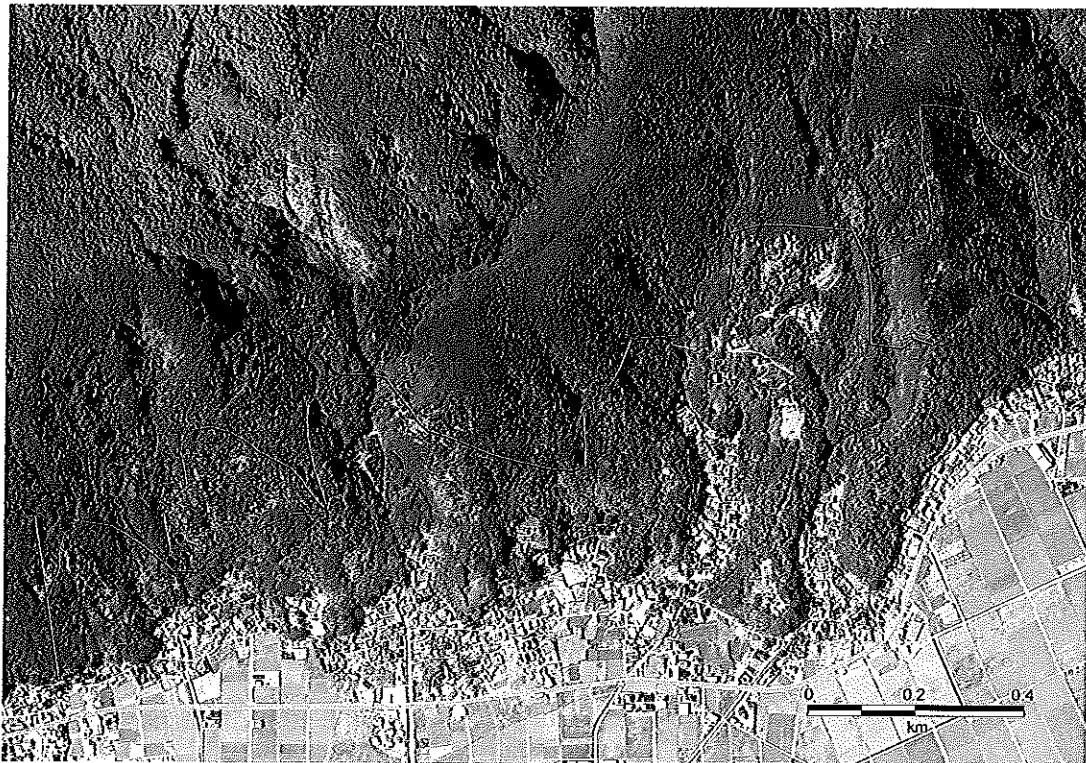


図9 防護柵の設置と目撃・被害状況（矢尾）

——：金網フェンス    ——：網柵  
 ☆：目撃    ●：農作物被害    ◆：林木被害





写真1 茶畑で目撃した母子（唐川）



写真2 チャノキの食害（唐川）



写真3 ミカンの食害（別所）



写真4 金網フェンス (鷺浦)



写真5 ステンレス線入りの網柵 (猪目)



写真6 防風ネット柵 (猪目)



写真7 漁網柵 (猪目)

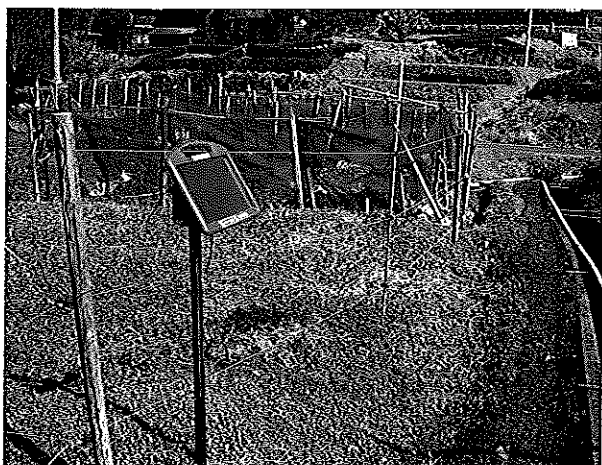


写真8 電気柵 (唐川)



写真9 侵入された高さ不足の電気柵 (奥宇賀)



## ピロディン打込深さに与える要因の検討

越智 俊之

The Effect of Factors on the Pilodyn Driving Depth

Toshiyuki OCHI

### 要 旨

土木公園用資材として木材の利用が推進されているが、用途によっては定期的な点検・修理が必要なものもある。木材の腐朽や劣化状況を把握する方法として、ピロディンによる測定がある。しかし、ピロディン打込深さと木材の物理的要因の関係について検討した事例は少ない。そこで、スギ材を供試材としてピロディン打込深さに影響のある要因について検討した。その結果、ピロディン打込深さは、試験体の含水率と全乾密度の影響が大きく、この2つの要因を説明変数とする重回帰式が求められた。そして、含水率の増加に伴って、ピロディン打込深さは直線的に増加する傾向が示唆された。現場に施工された木製構造物の部材の含水率を50～100%程度と仮定した場合、スギ健全木のピロディン打込深さは20～24mmになると推定した。

### I はじめに

近年、木柵工や木製構造物等の土木公園用資材として木材の利用が推進されている。そのような利用においては、耐久性や安全性が求められるものもあり、定期的な点検・修理を必要な場合もある。木材の腐朽や劣化状況を把握する方法として、打込抵抗法や応力波伝播速度等による方法が検討されている。そのなかで、打込抵抗法の試験器であるピロディン (Pilodyn) は、機器の運搬や測定方法が簡易であるため、現場での測定に適した試験器であると考えられる (図1)。

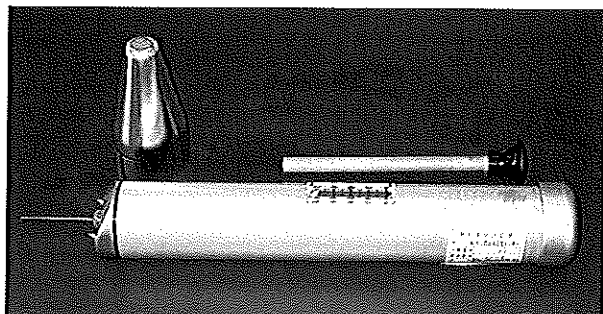


図1 ピロディン

ピロディンの打込深さと含水率等の木材の物理的性質との関係を調べた研究事例は少ない<sup>1-3)</sup>。現場でピロディンによる測定を行う前に、健全な木材を用いてそれら物理的性質とピロディン打込深さの関係を把握する必要がある。そこで、ピロディン打込深さに影響を与えると思われる要因のうち、含水率・密度・年輪幅について検討した。

なお、本報の一部は、日本木材学会中国・四国支部第16回研究発表会 (徳島, 2004年) において発表した。

### II 試験方法

#### 1) 供試材

試験体は、剥皮したスギ小径丸太31本 (末口径9～17cm, 長さ120cm, 25年生) から厚さ約10cmの試験体を238個採取した。採取した試験体は、飽水处理、天然乾燥または人工乾燥を行い、含水率を調整した。含水率 (MC) はピロディンによる測定終了後に全乾法により求めた。密度は、試験体採取時に密度試験片をあわせて

採取し、丸太の試験体採取時の密度 (Dlog) と全乾密度 (D0) を求めた。年輪幅は、試験体ごとに年輪幅 (AR) を計測した。また、ピン長が40mmであるため、試験体の剥皮した表面から深さ40mmまでの年輪幅を計測した (AR40)。

## 2) 測定および解析方法

測定には、PROCEQ社製Pilodyn 6J (打込ピン直径2.5mm, ピン長40mm) を使用した。1試験体につき半径方向4方向からピンを打込み、4方向の打込深さの平均値をその試験体のピロディン打込深さ (Py) とした (図2)。

ピロディン打込深さを目的変数、各種要因を説明変数としてステップワイズ重回帰分析を行い、ピロディン打込深さとの関係について検討した。

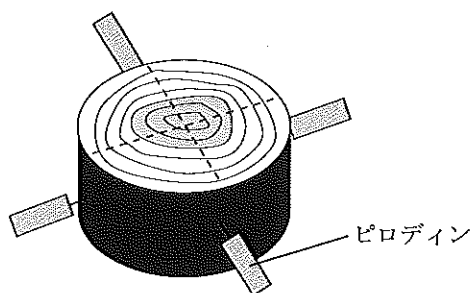


図2 Pyの測定位置

## III 結果と考察

Pyの最大値は32.3mmであり、打込深さの最大値40mmを計測した試験体はなかった (表1)。含水率は、人工乾

燥や天然乾燥、飽水処理による含水率調整によって6.5~200.5%となり、変動係数も他の要因に比べて大きくなった。

表2に各測定値間の相関行列を示す。Pyはいずれの要因とも有意な関係が認められた。特にMCと正の相関、D0と負の相関が比較的強いことが明らかとなった。DlogはD0に比べて相関関係が低かった。また、ARとAR40はPyとの有意な関係が認められたものの相関係数は低く、年輪幅の間隔はピロディン打込深さに与える影響が小さいといえる。

重回帰分析を行った結果、説明変数にMCおよびD0を説明変数とするステップワイズ重回帰式が導かれた (表3)。この回帰式の調整済みR<sup>2</sup>は0.643 (P<0.001) であり、この式を使用することで健全なスギ材のPyをある程度推定できると考えられる。飯島<sup>1)</sup>は、ピロディン打込深さには試験時含水率と含水率30%時の密度の影響が大きいと報告しており、本結果はこれと同様の傾向を示していた。

全乾密度の変動係数は12.9% (平均値0.35g/cm<sup>3</sup>) とバラツキが認められたが、そのバラツキは含水率の変動係数 (75.5%) に比べて小さい。そこで、含水率の変化にともなうピロディン打込深さの変化について検討した (図3)。その結果、対数回帰および直線回帰の決定係数から判断すると、ピロディン打込深さは、含水率の増加に伴って、ある程度の含水率で頭打ちとなる対数的な増加ではなく、直線的に増加する傾向が示唆された (直線回帰；

表1 測定結果

|          | Py   | MC    | Dlog | D0   | AR   | AR40 |
|----------|------|-------|------|------|------|------|
| 平均値      | 20.6 | 52.7  | 0.57 | 0.35 | 3.5  | 3.0  |
| 最大値      | 32.3 | 200.5 | 0.85 | 0.44 | 5.7  | 5.7  |
| 最小値      | 10.3 | 6.5   | 0.42 | 0.27 | 2.7  | 2.2  |
| 標準偏差     | 4.1  | 39.8  | 0.10 | 0.05 | 0.5  | 0.5  |
| 変動係数 (%) | 20.0 | 75.5  | 17.9 | 12.9 | 14.7 | 18.4 |

表2 Pyと各要因間の相関行列

|      | MC        | Dlog       | D0         | AR         | AR40       |
|------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Py   | 0.653 *** | -0.223 *** | -0.537 *** | 0.192 ***  | 0.173 **   |
| MC   |           | 0.019      | -0.111 *   | 0.007      | 0.000      |
| Dlog |           |            | 0.291 ***  | -0.015     | 0.064      |
| D0   |           |            |            | -0.310 *** | -0.361 *** |
| AR   |           |            |            |            | 0.836 ***  |

※\*: P<0.05, \*\*: P<0.01, \*\*\*: P<0.001



表3 重回帰分析の結果

|                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| 回帰式                | $P_y=0.062(MC)-42.755(D0)+32.242$ |
| R <sup>2</sup>     | 0.646                             |
| 調整済みR <sup>2</sup> | 0.643                             |
| 推定値標準誤差            | 2.454                             |
| F値                 | 214.075                           |
| P値                 | P<0.001                           |

※MC：含水率，D0：全乾密度

$y=0.0674x+17.005$ ,  $R^2=0.4269$ , 対数回帰; $y=3.225\log(x)+8.7284$ ,  $R^2=0.3972$ )。津島ら<sup>3)</sup>は、含水率50%以上ではピロディン打込深さがほぼ一定となると報告している。本結果では含水率が50%以上であってもピロディン打込深さが増加する傾向が認められた。

現場に施工された木製構造物の部材の含水率を50~100%，全乾密度を高橋ら<sup>4)</sup>から $0.35\text{g/cm}^3$ と仮定した場合，表3または図3の式を使用して部材のピロディン打込深さを求めると，約20~24mmとなった(表4)。この値は，木製構造物に使用されたスギ健全木のピロディン打込深さといえることができる。津島ら<sup>3)</sup>では，健全なスギ小径丸太のピロディン打込深さは18mmと報告してい

るが，本試験結果ではそれよりもピロディン打込深さが大きくなった。

木製構造物の施工現場には，様々な使用環境があり，施工場所ごとに方位や日照が異なり，部材によって含水率が異なる。また，ピロディン打込深さは含水率の影響を受けることが明らかとなった。そこで，現場での測定にあたっては，ピロディンによる測定にあわせて含水率計で部材の含水率を計測する必要があると思われる。

### 引用文献

- 1) 飯島泰男：土木用木質構造物の耐用年数評価について，木材保存25，209-218 (1999)。
- 2) 津島俊治：ピロディン打込深さに影響を与える諸要因，九州森林研究55，192-195 (2002)。
- 3) 津島俊治，河津渉，城井秀幸，豆田俊治，三ヶ田雅敏，長谷部孝行：土木木製構造物の耐久性に関する研究，大分県林試研報15，1-65 (2003)。
- 4) 高橋徹，中山義雄編：木材科学講座3 物理，海青社，1995，p.29。

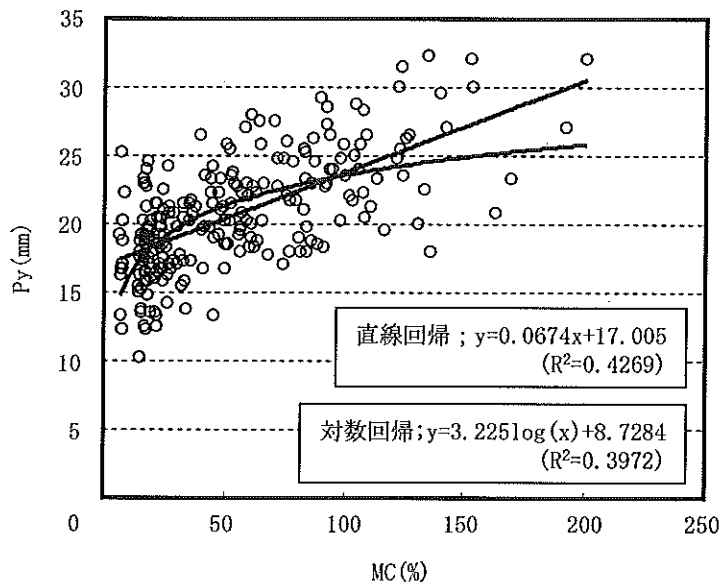


図3 PyとMCの関係

表4 ピロディン打込深さの推定値

| 数式                               | ピロディン打込深さ(mm) |         |
|----------------------------------|---------------|---------|
|                                  | 含水率50%        | 含水率100% |
| 表3 $0.062(MC)-42.755(D0)+32.242$ | 20.4          | 23.5    |
| 図3 $0.0674(MC)+17.005$           | 20.4          | 23.7    |

※MC：含水率，D0：試験体の全乾密度  
※D0は $0.35\text{g/cm}^3$ と仮定

## The Effect of Factors on the Pilodyn Driving Depth

Toshiyuki OCHI

### ABSTRACT

There is the one for which a regular check and the repair are necessary the case wood is used for a wood civil-engineering structures. The measurement by Pilodyn is a method of research the deterioration of wood. However, the case that examines the relation between the Pilodyn driving depth and the wood quality is few. Then, it examined it by using the *Cryptomeria japonica*. As a result, it is clarified the Pilodyn driving depth is greatly related the moisture contents and no moisture density of the examination body. And, the result of multiple regression models adopted these factors. Moreover, there is a correlation between the Pilodyn driving depth and moisture contents. The Pilodyn driving depth by on *Cryptomeria japonica* small logs is estimated about 20-24mm in case of the moisture contents son wood civil-engineering structures is from 50% to 100%.

## スギ小径丸太の劣化調査

越智俊之

Deterioration Research of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Small Logs

Toshiyuki OCHI

### 要 旨

現場における木製構造物の劣化診断方法およびスギ小径丸太の耐久性を検討するために、治山工事等で施工される土留工を対象に県内62箇所を調査した。土留工に使用された部材はすべてスギ皮付き無処理丸太であった。劣化状況の測定は、目視被害度、ピロディンによる打込抵抗法およびファコップによる応力波伝播法の3種類の方法で行った。施工後の経過年数が増加するに従って、目視被害度は増加した。目視被害度が軽微な腐朽の段階であれば、ピロディン打込深さは増加し、応力波伝播速度は低下した。ピロディン打込深さと応力波伝播速度の間には、負の相関関係が認められた。施工後の経過年数とピロディン打込深さについて検討した結果、施工後3年目までのピロディン打込深さは既往の研究における健全値（20～24mm）の範囲内であったが、それ以降打込深さが大きくなったため、スギ小径丸太の腐朽は3年目以降に進行する傾向があった。応力波伝播速度では、経過年数との関係はピロディン打込深さほど認められなかった。目視被害度3を耐用限界とした場合、スギ小径丸太の耐用年数は6年程度と推定され、ピロディン打込深さは約30mmが目安であった。

### I はじめに

近年、土木用資材や公園等の木製構造物に木材の利用が推進されている。島根県では、平成17年3月に「島根県公共土木工事木製構造物等設計指針」が作成され、公共工事において木材を積極的に利用することとした。土木・公園等の構造物に木材を使用した場合、耐久性や耐朽性が不明であるため、設計・施工上の問題となっている。また、定期的な点検や修理が必要な構造物もあるため、木製構造物の耐久性の把握や木材の劣化状況を定量的に診断する必要がある。その手法として、打込抵抗法や応力波伝播法による劣化診断方法が検討されており、他県では調査事例が報告されている<sup>1-7)</sup>。しかし、県内では具体的な測定事例はないため、島根県の気象条件における木材の耐久性に関する調査を行う必要がある。

そこで、治山工事等で法面保護や土壌流出防止のために県内に多数設置されている土留工を対象に調査し、劣化状況と劣化診断方法による測定値の関係を明らかにすることで、現場で活用できる劣化診断技術を検討した。また、土留工に使用された部材はスギ小径丸太（皮付き）であり、接地条件下で使用した場合のスギ小径丸太の耐久性として評価した。

なお、本報の一部は、日本木材学会中国・四国支部第17回研究発表会（鳥取，2005年）において発表した。

### II 試験方法

#### 1) 調査地

調査は、島根県内の1市1町（田7町1村）の62箇所を治山工事の現場で実施した（表1）。施工後の経過年数

表1 調査箇所数および調査本数

|      | 経過年数 |     |    |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    | 合計  |
|------|------|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
|      | 1    | 2   | 3  | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9   | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |     |
| 調査箇所 | 7    | 6   | 2  | 7   | 5  | 4  | 6  | 5  | 9   | 3  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  | 62  |
| 横 木  | 135  | 113 | 49 | 115 | 75 | 69 | 92 | 70 | 110 | 28 | 29 | 31 | 19 | 9  | 3  | 947 |
| 杭 木  | 87   | 81  | 33 | 90  | 60 | 45 | 71 | 59 | 91  | 24 | 22 | 21 | 5  | 0  | 0  | 689 |

表2 目視被害度の基準

| 目視被害度 | 観察状態                   |
|-------|------------------------|
| 0     | 健全                     |
| 1     | 部分的に軽度の虫害または腐朽         |
| 2     | 全面的に軽度の虫害または腐朽         |
| 3     | 2の状態のうえに部分的に激しい虫害または腐朽 |
| 4     | 全面的に激しい虫害または腐朽         |
| 5     | 虫害または腐朽によって形がくずれる      |

は1～15年であった。土留工に使用されている部材はスギ小径丸太（皮付き）であり、横木と杭木に分けて測定した。横木とは地面に対して水平に配置された土壌の流出等を抑えるための部材であり、杭木とは横木を固定するために横木に対して直角（地面に対して直角）に配置された部材である。横木の寸法は直径100～120mm、長さ3m程度、杭木は直径120mm、長さ600mm程度（地上高）である。治山台帳によれば、土留工に使用されているスギ小径丸太には、防腐処理がされておらず、無処理のまま施工されていた。

## 2) 測定方法

劣化状況の測定は、目視被害度、打込抵抗法および応力波伝播法により行った。目視被害度は、独立行政法人森林総合研究所の評価方法に準拠し、目視によって木材

の劣化状態を6段階に区分した<sup>8)</sup>。その評価基準を表2に示す。打込抵抗法には、PROCEQ社製Pilodyn（ピロディン）6J（打込ピン直径2.5mm、ピン長40mm）を使用した。ピロディンは、木材にピンを打ち込み、その打込深さによって腐朽を診断する機器である。一本の横木または杭木の繊維（長さ）方向の3箇所を測定を行い、その平均値をその部材のピロディン打込深さとした。測定箇所を図1に示す。応力波伝播法はFAKOPP Enterprise社製FAKOPP（ファコップ）を使用し、横木のみ計測を行った。ファコップは、木材に発信センサと受信センサを取り付け、発信センサを打撃して生じる応力波を受信センサが感知するまでの時間を計測する機器である。発信センサと受信センサの距離（測定間距離）は1,000mmで測定し、測定間距離と応力波伝播時間から応力波伝播速度を算出した。

経過年数によっては辺材部が完全に腐朽したのも確認されたため部材の状態も記録した。また、部材の含水率を含水率計（DELTA-5）により測定した。

## III 結果と考察

施工後14年以上経過した土留工は、測定機器を部材に押しあてただけで崩れたため、多くの部材では計測を行うことができなかった。横木および杭木ともに目視被害度が5と判定された部材の約半数では、辺材部が完全に腐朽して心材部のみしか残っていなかった。部材の含水率は、調査地の方位や治山工事で植栽された植栽木による被陰の状況等によって、調査地ごとで20～100%以上と

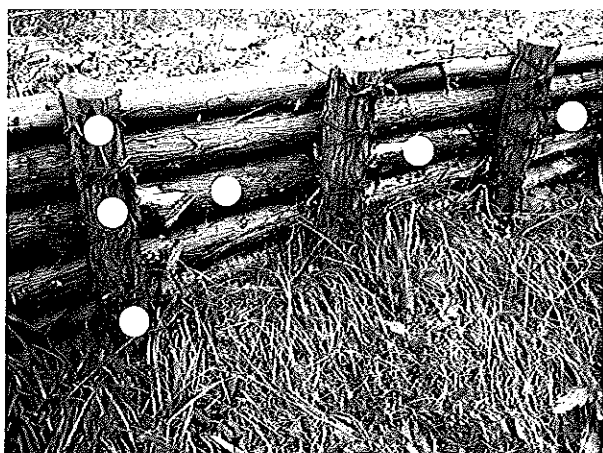


図1 ピロディンの測定位置  
(図中の○印)

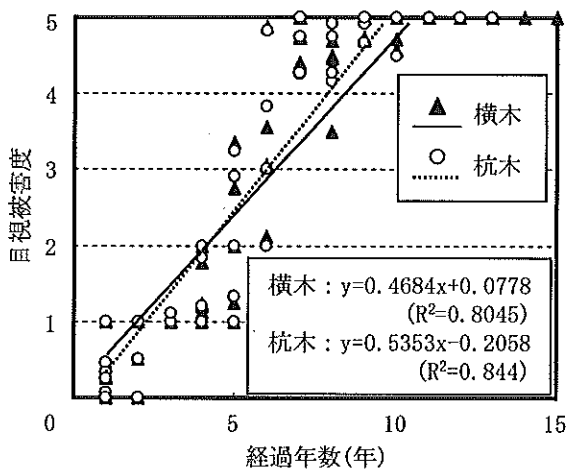


図2 経過年数と目視被害度

大きくバラツキがあったが、多くの調査地において50%以上であった。

横木および杭木ともに、経過年数の増加に伴って目視被害度が増加する傾向が認められた(図2)。横木に比べて、木口面が土に接する杭木のほうが腐朽しやすいと考えられる。しかし、図2に示すとおり、横木と杭木の腐朽の進行には明確な違いがないという結果であった。

目視被害度ごとに集計したピロディン打込深さを表3に示す。目視被害度0～3は、被害度の増加に伴ってピロディン打込深さの平均値が増加しているが、被害度4以降は逆に減少している。これは、腐朽の進行によって辺材部分が消失し、ピロディン打込深さをスギ小径丸太

の心材部のみで計測したためである。

応力波伝播速度の測定結果では、目視被害度0～2までは、被害度の増加に伴って応力波伝播速度の平均値が減少している(表4)。被害度3以降は、腐朽のひどい辺材部では応力波伝播速度が測定できず、より深くまでセンサを差し込んで測定を行った。そのため、まだ腐朽が進行していない心材部の応力波伝播速度を測定した可能性がある。現場での測定にあたっては、センサの差し込み深さの上限値を規定する、健全木に比べて著しく深い部材の測定データは別に処理する等の対応が必要である。

目視被害度3以下の調査地について、横木のピロディン打込深さと応力波伝播速度の関係を検討した(図3)。ピロディン打込深さが深くなるほど、応力波伝播速度が低下する傾向が認められた( $R^2=0.4912$ )。ピロディンはピンを打ち込んだ周辺部の腐朽を判定する局所的な診断機器であり、ファコップは取り付けたセンサ間の腐朽を判定する機器であり、機器によって腐朽を診断する箇所が異なっている。しかし、ピロディンとファコップの測定結果に相関関係が認められたことから、機器ごとに診断できる範囲は異なるが、腐朽の程度の低いスギ小径丸太であれば、どちらの機器を使用してもスギ小径丸太の腐朽を診断することが可能であるといえる。

施工後の経過年数とピロディン打込深さについて検討した(図4)。横木および杭木ともに、施工後の年数

表3 目視被害度ごとのピロディン打込深さ (mm)

| 目視被害度   | 横木   |      |      |      |      |      | 杭木   |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|         | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 計測数     | 119  | 282  | 71   | 63   | 86   | 294  | 78   | 206  | 56   | 32   | 66   | 248  |
| 平均値     | 22.2 | 24.6 | 30.0 | 30.8 | 28.6 | 26.3 | 21.6 | 24.7 | 30.4 | 30.7 | 30.4 | 27.4 |
| 最大値     | 39.3 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 33.7 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 |
| 最小値     | 10.7 | 13.3 | 16.3 | 16.3 | 13.7 | 8.0  | 10.7 | 13.3 | 17.0 | 16.0 | 19.3 | 7.0  |
| 標準偏差    | 5.6  | 5.9  | 5.9  | 5.9  | 7.8  | 8.2  | 4.6  | 6.6  | 6.0  | 6.0  | 6.2  | 8.7  |
| 変動係数(%) | 25.0 | 23.9 | 19.5 | 19.2 | 27.2 | 31.3 | 21.3 | 26.8 | 19.7 | 19.5 | 20.6 | 31.7 |

表4 横木の目視被害度ごとのVp (km/s)

| 目視被害度   | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 計測数     | 118  | 281  | 70   | 60   | 85   | 298  |
| 平均値     | 2.60 | 2.49 | 2.16 | 2.30 | 2.20 | 2.09 |
| 最大値     | 3.63 | 4.16 | 3.09 | 4.08 | 3.58 | 3.58 |
| 最小値     | 1.60 | 0.20 | 0.72 | 0.60 | 0.26 | 0.36 |
| 標準偏差    | 0.38 | 0.61 | 0.52 | 0.71 | 0.64 | 0.72 |
| 変動係数(%) | 14.6 | 24.5 | 24.3 | 30.9 | 29.1 | 34.6 |

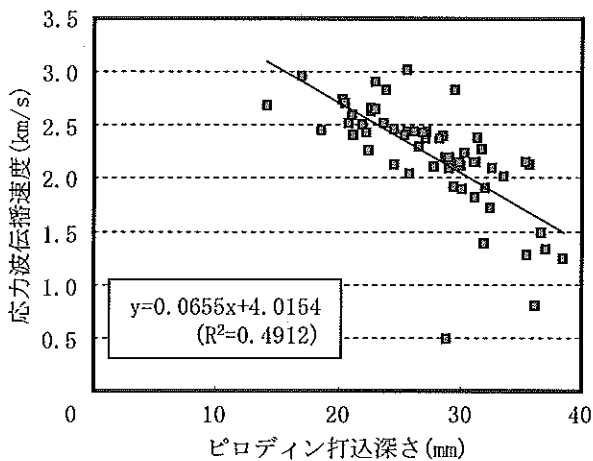


図3 ピロディン打込深さと応力波伝播速度

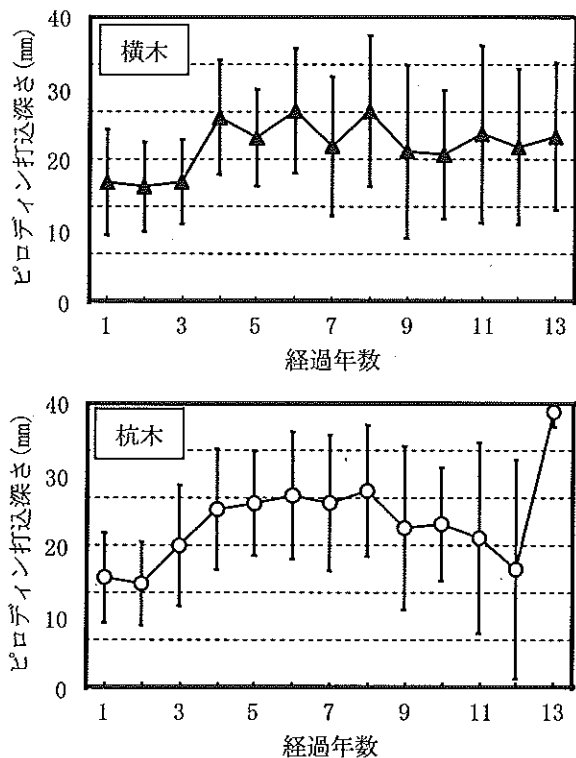


図4 経過年数とピロディン打込深さ  
(図中のエラーバーは標準偏差を示す)

が経過するに従ってピロディン打込深さは増加するが、25mmを越えるのは施工後3年目以降である。越智<sup>9)</sup>によれば、健全なスギ小径丸太のピロディン打込深さは20~24mmと報告している。このことから、スギ小径丸太の腐朽は3年目以降に進行するといえる。

施工後の経過年数と応力波伝播速度について検討した。ピロディンの測定結果に比べて、明確な傾向は認め

られなかった。これは、施工後の年数が経過し辺材部が腐朽することで、部材の表面にファコップのセンサを取り付けても測定できず、表層からより深い部分(心材部付近)までセンサを差し込んで測定したことから、応力波伝播速度は辺材に比べて比較的健全な心材部を測定した結果になったためと思われる。

目視被害度での耐用限界は、各種の報告において2.5~3.4の範囲としている<sup>6, 7, 10-12)</sup>。本報では、目視被害度3を耐用限界とした場合、横木および杭木のいずれも耐用年数は6年程度と推定される(図2)。このことから、接地条件下でスギ小径丸太を使用する場合には、5年以内に交換を行う必要があるといえる。島田ら<sup>2)</sup>も、目視被害度3以上とピロディン打込深さ31mm以上の部材の出現割合は同様の傾向を示すとしている。表1によれば、目視被害度3のときのピロディン打込深さは約30mmであり、このことから現場での測定の際にはピロディン打込深さ30mmを腐朽の判断基準の目安として使用できると思われる。

#### IV おわりに

本報では、木材の腐朽を測定機器によってある程度数値化することはできた。しかし、腐朽の程度と残存強度については検討していない。腐朽に伴う強度低下を考慮して管理する木製構造物も存在する。今後は腐朽の程度と強度の関係について検討し、木製構造物の安全な施工・管理のための情報提供を行う必要がある。

#### 謝辞

調査にあたり、土木部技術管理課、雲南県土整備事務所の治山・林道グループの方には、土留工の設置場所に関する資料の提供をいただいた。また、農林水産部林業課 中山茂生氏(旧、島根県中山間地域研究センター)には、調査の実施にあたり貴重なアドバイスをいただいた。島根県中山間地域研究センター嘱託職員 八幡優子氏には冬期の調査にもかかわらず、多大なご協力をいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 飯島泰男: 土木用木製構造物の耐用年数評価について, 木材保存25, 209-218 (1999).

- 2) 島田忠雄, 村上浩二, 山田直也: 間伐材柵工の耐久性 (I) —広域期間林道「瀬川・氷ノ山線」における間伐材柵工の腐朽被害—, 兵庫県森林技研報47, 43-51 (1999).
- 3) 島田忠雄: 間伐材柵工の耐久性 (III) 木口面の劣化被害率と目視観察による被害度の評価, 気乾密度, ピロディン打ち込み深さ, 縦圧縮強度との関係, 兵庫県森林技研報49, 8-12 (2001).
- 4) 津島俊治, 河津渉, 城井秀幸, 豆田俊治, 三ヶ田雅俊, 長谷部孝行: 土木用木製構造物の耐久性に関する研究, 大分県林試研報15, 1-65 (2003).
- 5) 町田初男, 茂木のり恵, 伊藤英敏: 落石防護柵の緩衝材に使用されている針葉樹間伐材丸太の劣化調査, 木材保存29, 253-258 (2003).
- 6) 津島俊治, 栗崎宏, 長谷川益夫: 大分県における土木用木製構造物の劣化原因と耐用年数, 木材保存31, 199-206 (2005).
- 7) 長谷川益夫: 富山県における治山木杭の耐久性 (第2報) 皮付きと皮剥ぎ—塗布防腐処理スギ小丸太の耐用年数, 富山県林技研報18, 23-29 (2005).
- 8) 雨宮昭二, 松岡昭四郎, 庄司要作, 井上衛, 阿部寛, 内藤三夫: 浅川実験林苗畑の杭試験 (2) 防腐処理杭の10年間の被害経過, 林試研報230, 105-142 (1970).
- 9) 越智俊之: ピロディン打込深さに与える要因の検討, 島根県中山間地研セ研報 4, 31-34 (2008).
- 10) 雨宮昭二: 浅川実験林苗畑の杭試験 (1) 杭の被害程度を評価する方法, 林試研報150, 143-156 (1963).
- 11) 長谷川益夫, 中谷浩, 飯島泰男, 安田洋, 嘉戸昭夫, 長谷川幹夫, 相浦英春, 石田仁, 上林徳久: 富山県における治山木杭の耐久性 (第1報) —柵工におけるスギ及びカラマツ木杭の耐用年数について—, 木材保存 19, 13-22 (1993).
- 12) 吉野安里, 柴田直明, 前澤まゆみ, 丸山文彦: 治山丸太筋工における木製構造物の経年変化 (II) —使用部位ごとの耐用年数—, 第55回日本木材学会大会研究発表要旨集, 139 (2005).

## Deterioration Research of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Small Logs

Toshiyuki OCHI

### ABSTRACT

62 fence works executed sites are investigated deterioration diagnosing in Shimane Prefecture. Both the method of the deterioration diagnosing on wood civil engineering structures and service lives of SUGI (*Cryptomeria japonica*) small logs are examined. SUGI small logs on fence works are with bark and non-preservative treated. The deterioration diagnosing judges the 0-5 scale of the deterioration evaluation system, the Pilodyn driving depth and the stress-wave propagation method with FAKOPP. The correlation is between fence works elapsed years and deterioration evaluation system. In the case durable limit value of the wood is 3 in the deterioration evaluation system, the service lives of untreated wood estimated about 6 years. Also, the Pilodyn driving depth estimated about 30mm in this case.



論文

## スギ材を利用したコンクリート型枠用合板の性能改善試験

越智俊之・中山茂生\*・二見謙次郎\*\*

Improvement of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Concrete Frame Plywood

Toshiyuki OCHI, Shigeo NAKAYAMA, Kenjiro FUTAMI

### 要 旨

島根県では、県産スギ材を利用したコンクリート型枠用合板（従来型）を森林土木関係の公共工事で使用しているが、幅方向の強度不足や吸水による波打ちの発生等の問題点が指摘された。そのため、コンクリート型枠用合板としての性能を改善するため、心板のみ県産スギ材を使用した合板（試作型）を製造し、性能評価試験を実施した。試作型の長さ方向のヤング係数は、ラワン合板（JAS認定品）とほぼ同等程度の性能を有しており、変動係数はラワン合板に比べて小さかった。試作型の長さ方向のヤング係数の5%下限値は、7.93kN/mm<sup>2</sup>であり、JASの基準値7.0kN/mm<sup>2</sup>を越えていた。試作型の幅方向のヤング係数についても、ラワン合板と同等程度の性能を有しており、その5%下限値（2.76kN/mm<sup>2</sup>）は従来型に比べて1.5倍増加した。木口面からの吸水性能を抑えるため、木材用撥水塗料を塗布したところ、吸水性を低下させることができた。しかし、波打ちは、無塗装のものに比べて変形量が少なくなったが完全に抑えることはできなかった。釘引き抜き試験を実施した結果、試作型の釘引き抜き力はラワン合板に比べて小さかったが、従来型に比べて約2倍増加した。

### I はじめに

島根県では、県産スギ材を原料とした構造用合板を開発し、生産している<sup>1)</sup>。島根県内の公共工事への利用拡大を目指して、この構造用合板の表面にウレタン塗装を施してコンクリート型枠用合板として、平成16年度から森林土木関係の公共工事で使用を開始した。

島根県農林水産部森林整備課が、平成17年度にこのコンクリート型枠用合板を使用した事業者を対象にアンケート調査を行ったところ、これまで主に使用されていたラワン合板に比べて重量が軽いこと、施工がしやすいなどの利点が報告された。しかし一方で、幅方向の強度不足や合板木口面からの吸水によって生じる波打ち等の

問題が多く、事業者から指摘された。

そこで、当センターにおいて、性能を改善するための単板構成、試作した合板の性能試験を行い、コンクリート型枠用合板としての性能を評価した。

なお、本試験は、島根県農林水産部森林整備課の委託研究として平成18年度に行ったものである。

本報告の一部は、第57回日本木材学会大会（広島，2007年）において発表した。

### II 試験方法

#### 1) 合板の単板構成

県産スギ材を利用したコンクリート型枠用合板とし

\* 島根県農林水産部林業課

\*\* 島根県合板協同組合

表1 合板の単板構成

| 項目   | 従来型  |        | 試作型  |        |
|------|------|--------|------|--------|
|      | 樹種   | 厚み(mm) | 樹種   | 厚み(mm) |
| 表板   | カラマツ | 1.8    | カラマツ | 1.8    |
| 添え心板 | スギ   | 3.5    | カラマツ | 3.2    |
| 心板   | カラマツ | 1.8    | スギ   | 2.5    |
| 添え心板 | スギ   | 3.5    | カラマツ | 3.2    |
| 裏板   | カラマツ | 1.8    | カラマツ | 1.8    |
| 合計厚み |      | 12.4   |      | 12.5   |

て、「従来型」および「試作型」を試験に供試した。「従来型」は、平成16年度以降公共工事で使用されている合板である。いずれの合板も5プライである。「試作型」は、当センターで単板構成を検討し、島根県合板協同組合に依頼製造した合板である。岩崎ら<sup>2)</sup>は、スギで構成した合板の幅方向のヤング係数がコンクリート型枠用合板の日本農林規格(JAS)の基準値を下回ることを報告している。そこで、従来型を使用した場合に指摘された幅方向の強度不足を解決するために、幅方向のヤング係数に影響の大きい添え心板の樹種をスギから強度(ヤング係数)の高いカラマツに替えて構成した。それぞれの合板の単板構成を表1に示す。また、比較対照として、ラワンを原材料とした市販のコンクリート型枠用合板(コンクリート型枠用合板のJAS認定品;以下、ラワン合板と標記)も試験に供試した。いずれのタイプの合板も表面(コンクリート打設面側)にはウレタン塗装を施してある。

板の寸法は、いずれも幅900mm×長さ1800mm×厚み12mmである。

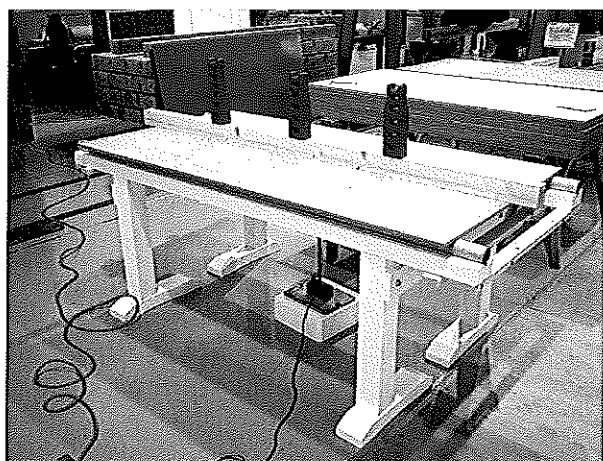


図1 幅方向の曲げ剛性試験

## 2) 曲げ剛性試験

コンクリート型枠用合板のJASの曲げ剛性試験に従って、長さ方向と幅方向の曲げヤング係数を測定した。長さ方向のスパンは1500mmとし、荷重は2kgずつに合計10kgまで荷重をかけ、スパンの中央部で変形量を変位計で計測した。幅方向のスパンは750mmとし、荷重は3kgずつに合計15kgまで荷重をかけ、同様に変形量を計測した(図1)。

## 3) 木口面の塗料の検討

木口に塗布する塗料は、木材保護含浸型の木材用撥水塗料Aおよびシラン系浸透性吸水防止型のコンクリート用撥水塗料Bの2種類を試験した。

木口用塗料の性能を試験するために、試作型合板1枚から幅170mm×長さ300mmの小試験体を6枚採取した。採取した小試験体は、Aを塗布するもの、Bを塗布するもの、無塗装のものに分け、各2枚ずつ処理した。また、同寸法のラワン合板3枚(無塗装)も用意した。

小試験体の重量および厚さ(50mm間隔で6箇所)を測定し、厚さ10mmの栈木を両側にはさんで、はたがねで固定した。固定後に、50mm深さの水槽に長辺(水槽の深さ50mmは試験体の幅の約1/3)を浸漬し、定期的に重量および厚さを計測した。1週間浸漬した後に、屋内で1週間風乾し、再度浸漬した。この試験は繰り返し3度実施した。

## 4) 吸水性試験

試作型7枚から幅300mm×長さ1800mmの試験体(1800mm試験体と標記)を12枚と、幅300mm×長さ900mmの試験体(900mm試験体)を12枚採取した。これら試験体を、木口面が無塗装のものにAを塗布するものに分けた。無塗装の試験体は3枚である(表2)。Aは、

表2 吸水性試験の試験体数

| 合板  | 木口面塗装                                     | 試験体数 |
|-----|---|------|
| 従来型 | 無塗装                                       | 3    |
|     | 無塗装                                       | 3    |
| 試作型 | 130ml/m <sup>2</sup>                      | 3    |
|     | 130ml/m <sup>2</sup> +80ml/m <sup>2</sup> | 3    |
|     | 210ml/m <sup>2</sup>                      | 3    |
| ラワン | 無塗装                                       | 3    |

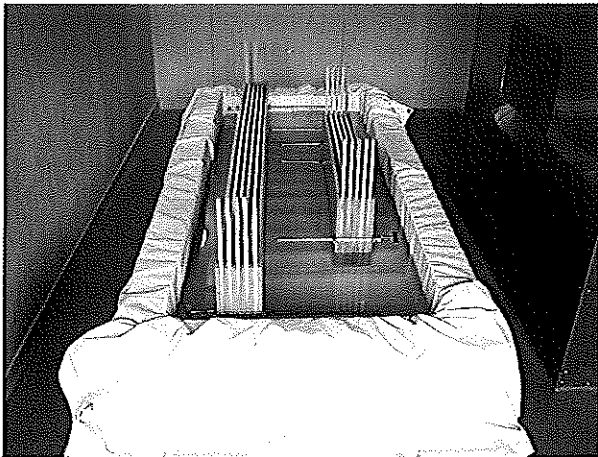


図2 吸水性試験

130ml/m<sup>2</sup>の1回塗り,130ml/m<sup>2</sup>(1回目)+80ml/m<sup>2</sup>(2回目)の2回塗りおよび210ml/m<sup>2</sup>の1回塗りの3条件で塗布し,それぞれの条件での試験体の枚数は3枚ずつとした。塗布量は,仕様書に準拠し130ml/m<sup>2</sup>の1回塗り,130ml/m<sup>2</sup>(1回目)+80ml/m<sup>2</sup>(2回目)の2回塗りを設定した。さらに130ml/m<sup>2</sup>+80ml/m<sup>2</sup>を一度に塗布する条件として210ml/m<sup>2</sup>の1回塗りを設定した。また,従来型とラワン合板(いずれも木口面は無塗装)も各3枚用意し,試験した(表2)。

実大試験体の重量と厚さを1800mm試験体は300mm間隔で7箇所,900mm試験体は300mm間隔で4箇所測定し,厚さ10mmの栈木を両側にはさんで,はたがねで固定した。固定後に,100mm深さの水槽に長辺(水槽の深さ100mmは試験材の幅の1/3)を浸漬し,定期的に重量および浸漬した側の厚さを計測した(図2)。

### 5) 変形量の計測

試作型,従来型およびラワン合板を試験に供した。試験体の寸法は,吸水性試験と同様に,それぞれ幅300mm×長さ1800mmである。試作型の木口面は,Aを塗布し

表3 変形計測試験の試験体数

| 合板  | 木口面塗装                                     | 試験体数 |
|-----|---|------|
| 従来型 | 無塗装                                       | 3    |
|     | 210ml/m <sup>2</sup>                      | 3    |
| 試作型 | 無塗装                                       | 3    |
|     | 130ml/m <sup>2</sup> +80ml/m <sup>2</sup> | 3    |
|     | 210ml/m <sup>2</sup>                      | 12   |
| ラワン | 無塗装                                       | 3    |

たものと無塗装のものに分けた。試作型でのAの塗布は,130ml/m<sup>2</sup>(1回目)+80ml/m<sup>2</sup>(2回目)の2回塗りおよび210ml/m<sup>2</sup>の1回塗りの2条件を設定した。従来型の木口面も,試作型と同様にAを塗布したものと無塗装のものに分けた。従来型でのAの塗布は,210ml/m<sup>2</sup>の1回塗りで行った。ラワン合板については,木口面は無塗装である。変形計測試験に供した試験体数を表3に示す。実大試験体の波打ちは,300mm間隔で7箇所を計測した。測定方法は,鋼材に試験材を乗せ,一方の端部をクランプで固定し,それぞれの計測点において合板と鋼材の隙間を計測した。計測後に,厚さ10mmの栈木を両側に挟んではたがねで固定した。固定後に,吸水性試験と同様に100mm深さの水槽に長辺(水槽の深さ100mmは試験材の幅の1/3)を浸漬し,定期的に浸漬した側の波打ちを計測した。

### 6) 釘引き抜き試験

釘引き抜き試験は,従来型,試作型(ウレタン塗装あり・ウレタン塗装なし)およびラワン合板から幅50mm×長さ100mmの釘引き抜き試験用の試験片をそれぞれ5枚採取して試験した。釘はN45を使用し,釘の長さの半分まで試験体の中心に打ち込んだ。

釘引き抜き試験では,試験体から釘が引き抜けるまで試験し,試験時の最大の釘引き抜き力を計測した。試験は,引張圧縮試験機(ミネベア株式会社製AL-100kNB型)および釘引き抜き試験用治具を使用し,釘の引き抜き速度は毎分2.0mmとした。

## III 結果と考察

### 1) ヤング係数

従来型はスギを添え心板に使用し,樹種別の構成比率はスギ56.5%,カラマツ43.5%である。試作型では心板に

表4 各タイプの合板の重量(kg)

|         | 従来型   | 試作型   | ラワン合板 |
|---------|-------|-------|-------|
| 計測数     | 10    | 30    | 30    |
| 平均値     | 9.92  | 11.40 | 11.22 |
| 最大値     | 10.48 | 12.15 | 13.35 |
| 最小値     | 9.19  | 10.83 | 9.39  |
| 標準偏差    | 0.42  | 0.39  | 1.00  |
| 変動係数(%) | 4.3   | 3.4   | 8.9   |

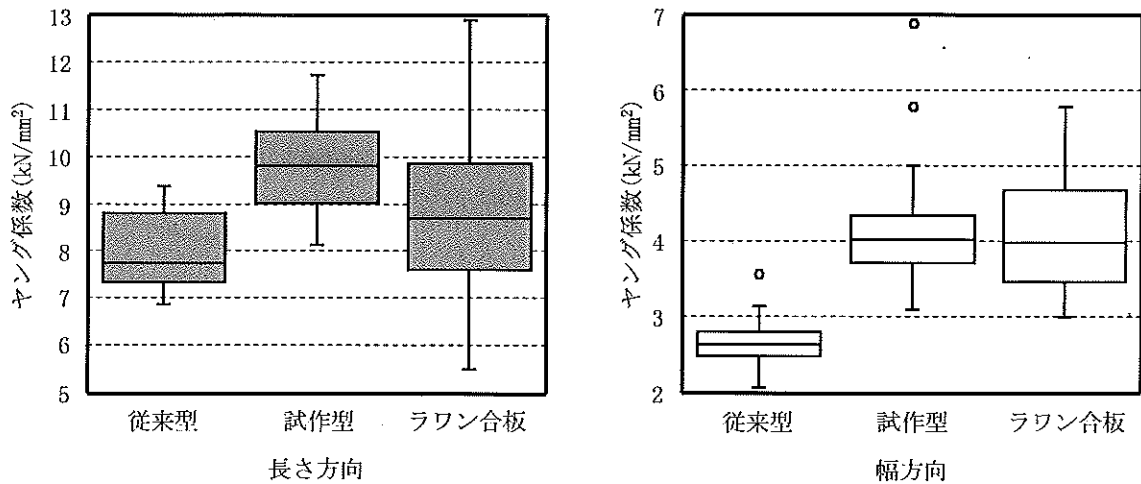


図3 合板のヤング係数

のみスギを使用しているため、スギ20%、カラマツ80%とカラマツの占める割合が高くなっている。試作型の重量は従来型に比べて約15%重たくなり、ラワン合板と同等程度の重量になった(表4)。

試作型、従来型、ラワン合板の長さ方向のヤング係数は、それぞれ7.98kN/mm<sup>2</sup>(変動係数10.5%), 9.82kN/mm<sup>2</sup>(同10.3%), 8.81kN/mm<sup>2</sup>(同18.5%)であった。試作型の変動係数は、ラワン合板に比べて小さく、性能が安定していた。試作型の長さ方向のヤング係数の5%下限値は、7.93kN/mm<sup>2</sup>であり、JASの基準値(7.0kN/mm<sup>2</sup>)をクリアした(図3)。幅方向のヤング係数は、従来型、試作型、ラワン合板がそれぞれ、2.69kN/mm<sup>2</sup>(変動係数15.0%), 4.16kN/mm<sup>2</sup>(同18.0%), 4.11kN/mm<sup>2</sup>(同17.7%)であった。試作型のヤング係数の5%下限値は2.76kN/mm<sup>2</sup>であり、従来型のヤング係数に比べて1.5倍

増加した。単板構成を変えることで幅方向のヤング係数は向上し、ラワン合板と比較しても、ヤング係数および変動係数は同程度になったため、コンクリート型枠用合板として使用可能な強度を有していた。ただし、JASの幅方向のヤング係数の基準値は5.5kN/mm<sup>2</sup>であるが、試作型およびラワン合板のいずれもこの基準値をクリアしなかった。

JASの基準では、長さ方向または幅方向のヤング係数のどちらかが基準値を満たす必要がある。本結果から試作型は長さ方向のヤング係数の下限値が基準値を越えており、コンクリート型枠用合板としての性能を有していることが明らかとなった。

## 2) 木口塗料

繰り返しによる小試験体の吸水性試験を行い、木口塗

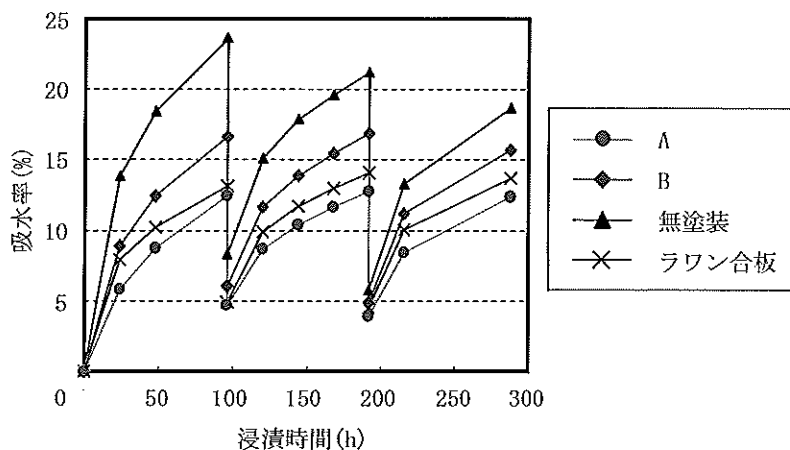


図4 吸水性試験による小試験体の吸水率

料について検討した結果、無塗装の試験体に比べて、AまたはBを塗布した試験体が吸水率は低かった（図4）。特に、Aはラワン合板に比べても吸水率が低く、より吸水性能を抑える効果が期待できた。そのため、実大試験体での吸水性試験および変形量の計測においては、Aを試験体の木口面に塗布した。

### 3) 吸水性能

1800mm試験体の吸水性試験の結果では、Aを塗布することで吸水率および厚みの増加率を抑えることができた（図5）。ラワン合板よりも低い吸水率だった塗装条件は、 $130\text{ml/m}^2$ （1回目）+ $80\text{ml/m}^2$ （2回目）の2回塗りおよび $210\text{ml/m}^2$ の1回塗りであった。厚み増加率で

は、 $210\text{ml/m}^2$ の1回塗りのみがラワン合板に比べて厚みの増加率が低くなった。900mm試験体では、ラワン合板を下回る吸水率の塗装条件はなかったが、 $210\text{ml/m}^2$ の1回塗りの条件が最もラワン合板の吸水率に近かった。厚み増加率では、 $210\text{ml/m}^2$ の1回塗りがラワン合板よりも増加率が低くなった（図6）。

吸水率および厚み増加率の結果から判断して、Aを塗布するには $210\text{ml/m}^2$ の1回塗りが最も効果的であるといえる。

### 4) 変形量

水槽への浸漬処理前の計測では、製品の反りや曲がりなどで、1mm程度の変形が認められたが、試験前には波打

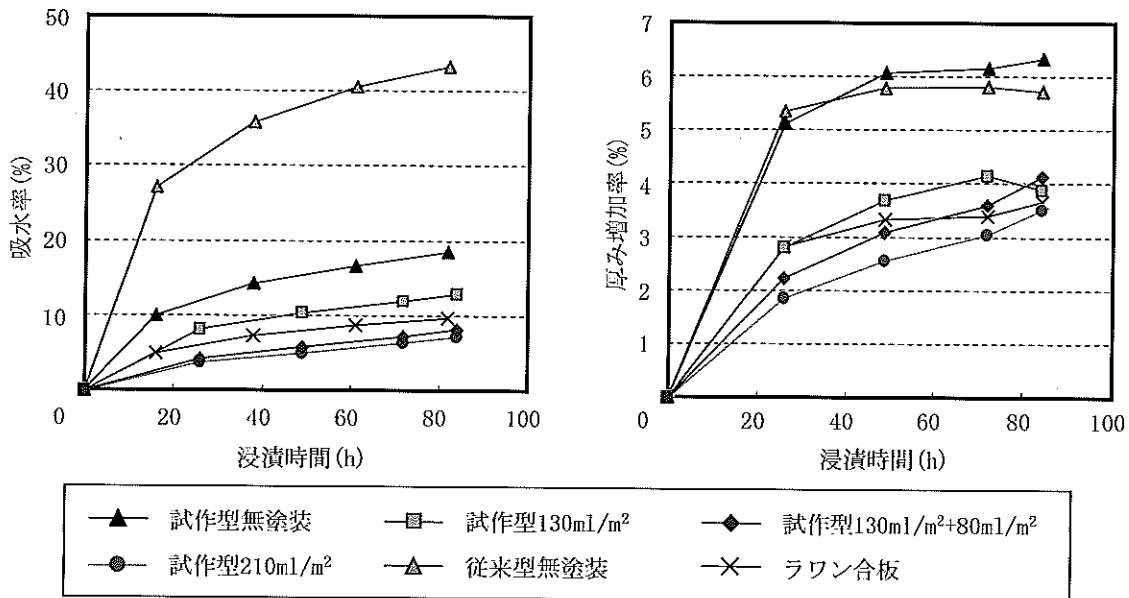


図5 1800mm試験体の吸水率（左図）および厚み増加率（右図）

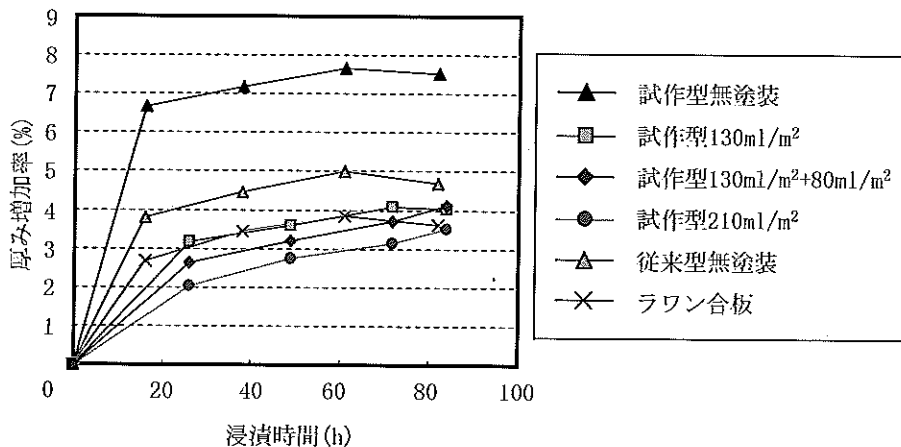


図6 900mm試験体の厚み増加率の変化

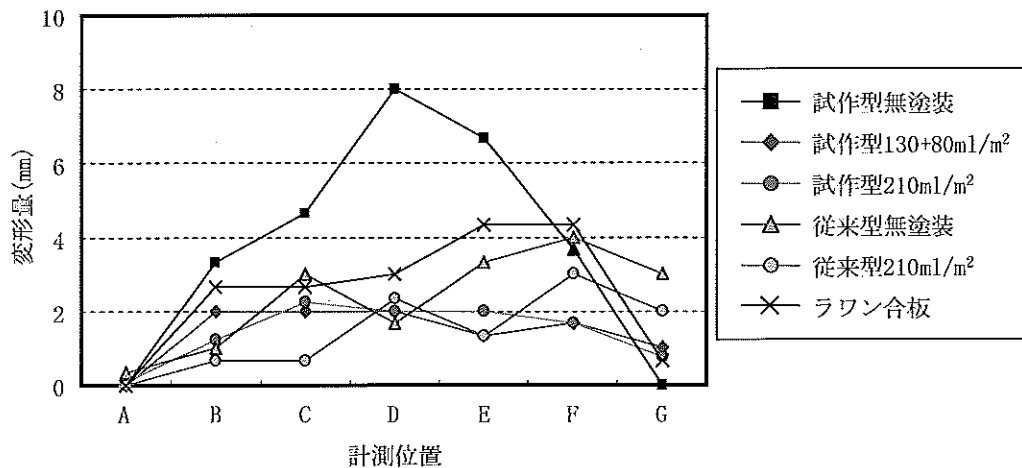


図7 72時間浸漬後の波打ち

ちは生じていなかった。72時間浸漬後の波打ち変形の測定結果を図7に示す。従来型および試作型のいずれにおいても、無塗装では波打ちが起きて大きな変形が認められた。Aを塗布した試験材では波打ちの発生は認められたものの、無塗装に比べて変形量は小さくなった。しかし、木口を塗装しても完全に波打ちを抑えることはできなかった。ラワン合板においても多少の波打ちが生じた試験体もあったが、1試験体あたりの波打ちの程度や回数ほかの合板に比べて少なかった。

波打ちが生じる原因として、カラマツやスギのような針葉樹では年輪ができるため、密度の異なる早材・晩材が形成される<sup>3)</sup>。一方、ラワン材のような熱帯雨林の樹種では年輪ができなため、組織内の細胞の密度が比較的均質である。そのため、針葉樹合板では、細胞の密度が異なるため吸水による膨張の割合が異なり波打ちが発生する。ラワン合板では、吸水しても細胞が一定の割合で膨張するため、針葉樹合板に比べて波打ちが生じにくいと考えられる。針葉樹合板に生じる波打ちを完全に抑えるには、今回の試験に使用したような含浸型の塗料ではなく、塗膜型の塗料を塗布するなどの木口用塗料の再検討が必要である。

### 5) 釘引き抜き力

試作型で表面にウレタン塗装を施した試験体と施していない試験体があったため、各合板の釘引き抜き力を検討する前に、ウレタン塗装の有無が釘引き抜き力に影響するか検定した。その結果、ウレタン塗装の有無は釘引

き抜き力に影響を与えていなかった。そのため、試作型については、ウレタン塗装の有無にかかわらず試験結果を集計して分析した。

釘引き抜き力の平均値は、従来型<試作型<ラワン合板となった(図8)。試作型の釘引き抜き力は、ラワン合板には劣るが、従来型の2倍程度であることが明らかとなり、性能の改善が認められた。

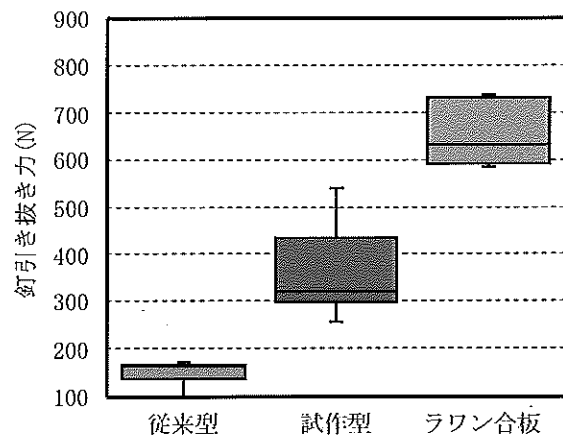


図8 釘引き抜き試験

## IV おわりに

合板の単板構成を変更した試作型の合板を製造することで、幅方向のヤング係数を市販のラワン合板と同程度まで向上させることができた。木口面に塗料を塗布することで、従来型や無塗装のものに比べて吸水性を低下さ

せることはできたが、波打ちの発生を完全に抑えることはできなかった。このように、試作型の性能はラワン合板と比較して劣っている点があったが、従来型に比べて大きな改善が認められた。試作型の型枠用合板が、コンクリート型枠用合板として、森林土木関係だけではなく広く一般土木分野においても使用されることを期待する。

## 謝 辞

本試験にあたって、島根県合板協同組合常務理事 津田幸一氏、同生産部次長 荒木裕二氏、また島根県合板協同組合浜田針葉樹工場のみなさまには試作用合板の製造等において多大なご配慮とご協力をいただきました。

この場を借りて厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 石橋公雄, 池淵隆, 西政敏, 後藤崇志, 山根啓義, 二見鎌次郎: スギ材による構造用合板の製造試験について, 森林応用研究 9, 25-28 (2000).
- 2) 岩崎昌一, 菅原弥寿夫: 新潟県産スギ材による合板の製造—構造用合板とコンクリート型枠用合板の曲げ性能—, 新潟県森林研報46, 71-74 (2005).
- 3) 高橋徹, 中山義雄編: 木材化学講座 3 物理, 海青社, 1995, pp.16-17.

## Improvement of Sugi (*Cryptomeria japonica*) Concrete Frame Plywood

Toshiyuki OCHI

### ABSTRACT

In Shimane Prefecture, the public civil-engineering works use SUGI concrete frame plywood (normal-type) . It reports there are problems of the lack of strength in the width direction and the waving transformation by water absorption. In order to improve the plywood performance, we make experimental manufacturing plywood (prototype) that core composed SUGI. 5%ile score of the modulus of elasticity in width direction of the prototype increased by 1.5 times compared with one of the normal-type. The degree of the waving transformation on the side painted prototype decreased compared with the non-side painting. As a result of the nail pulling-out examination, the nail retention of the prototype improved by the twice compared with one of the normal-type.



## イノシシ用侵入防止柵の評価 —飼育イノシシによる試験—

山 川 渉

Evaluation of several fences to prevent wild boar from invading  
—Examination by breeding wild boar—

Wataru YAMAKAWA

### 要 旨

イノシシによる農作物被害を防ぐため、様々な種類の侵入防止柵が使用されているが、その効果について行動学的な検討は少ない。そこで、これまで使われてきた侵入防止柵の効果を飼育イノシシを使って検証した。試験に使用したいずれの侵入防止柵も、侵入されるまでの時間に差はあったものの克服された。侵入防止柵を克服するまでの時間を計測したところ、電気柵、ワイヤーメッシュ柵、トタン柵は、有刺鉄線柵、防風ネット柵、軽量パネル柵および金網フェンスに比べて長時間を要したことから、侵入されにくいと考えられる。また、電気柵は高い侵入防止効果を認めたが、電気刺激を効果的に与えられない場合には侵入される危険性があった。本試験に使用したいずれの侵入防止柵もイノシシの身体能力に対して強度や高さなどの欠点があることを確認した。これらの柵を実際に農地で使用する際は、それぞれの柵の欠点を考慮した上で、複数の柵を組み合わせることで侵入防止効果を高める必要があると考える。

### I. はじめに

島根県におけるイノシシ (*Sus scrofa*) による農林作物の被害額は、1996年の1億8千万円から減少傾向に転じ、2005年には2千8百万円まで減少した。しかし、有害鳥獣被害のうち、イノシシの占める割合は2002年には58%であったが、2005年には67%と増加した<sup>1)</sup>。イノシシの被害は依然として中山間地域での農業経営や集落維持にとって大きな障害となっている。

イノシシによる農作物被害を防ぐため、様々な種類の侵入防止柵が使用されているが、その効果についての行動学的な検討は少ない<sup>2-4)</sup>。そこで、これまで使われてきた侵入防止柵(物理的防止柵と電気柵)の効果を飼育イノシシを使って検証した。

なお、本研究は「先端技術を活用した農林水産研究高

度化事業「イノシシの生態解明と農作物被害防止技術の開発」において、(独)農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センターからの委託研究として行った。

### II 試験方法

試験には、島根県中山間地域研究センターの放飼場(図1)で飼育している6頭のイノシシ(表1、写真1)を供試した。これらのイノシシは、2003～2005年に島根県飯南町、邑南町で捕獲した5頭(成獣オス4頭、成獣メス1頭)と2006年に放飼場内で誕生した1頭(オス)である。

試験は、2006年7～10月に行った。放飼場内に幅3メートルのL字型の試験コース(図1)を設置した。試験コー

表1 供試したイノシシ

| 個体No. | 性別 | 年齢  | 頭胴長(cm) <sup>*1</sup> | 体高(cm) <sup>*1</sup> | 捕獲場所            | 捕獲年月日                 |
|-------|----|-----|-----------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|
| 13    | ♂  | 3   | 120                   | 80                   | 島根県飯南町          | 2003/10/ 7            |
| 20    | ♂  | 2   | 120                   | 80                   | 島根県飯南町          | 2004/ 6/24            |
| 25    | ♀  | 2   | 100                   | 70                   | 島根県飯南町          | 2004/12/10            |
| 72    | ♂  | 2   | 120                   | 80                   | 島根県邑南町          | 2005/ 4/ 6            |
| 73    | ♂  | 2   | 120                   | 80                   | 島根県邑南町          | 2005/ 4/ 6            |
| 197   | ♂  | 0.5 | 60                    | 40                   | — <sup>*2</sup> | 2006/ 4 <sup>*3</sup> |

\*1 頭胴長と体高は推定値

\*2 No.197 は中山間地域研究センター放飼場で誕生

\*3 誕生した時期

表2 試験に使用した侵入防止柵

| 資材        | 高さ    | 規格・仕様  |
|-----------|-------|--|
| 〔物理的防止柵〕  |       |  |
| トタン       | 60cm  | トタン：60×200cm<br>支柱（異型鉄筋）：φ15mm，L=100cm   |
| ワイヤーメッシュ  | 90cm  | ワイヤーメッシュ：90×180cm，目合い10×10cm，φ6.0mm<br>支柱（異型鉄筋）：φ15mm，L=150cm                              |
| 金網フェンス    | 90cm  | 金網：目合い15×上段19・中段14・下段9cm，φ2.3mm，日亜鋼業製<br>支柱（角パイプ）：50×50mm，L=160cm                          |
| 防風ネット     | 80cm  | 防風ネット：H=100cm，目合い5×5cm，下部を20cm外側に垂らしアンカー止め<br>支柱（木杭）：3.5×3.5cm，L=150cm                     |
| 形状復元軽量パネル | 110cm | パネル：ポリプロピレン製，イノシシ対策推進機構「いのプラ」<br>支柱（専用鋼管）：φ19.1mm，L=150cm                                  |
| 有刺鉄線      | 60cm  | 有刺鉄線：14#，3段張り（20cm間隔）<br>支柱（異型鉄筋）：φ15mm，L=100cm  |
| 〔電気柵〕     |       |  |
| 簡易電気柵     | 40cm  | 電線：ポリワイヤータイプ，2段張り（20cm間隔）<br>支柱（樹脂被覆鋼管）：φ20mm<br>電牧器：Speedrete社製（ニュージーランド）SB型，通電時5.5～6.0kV |

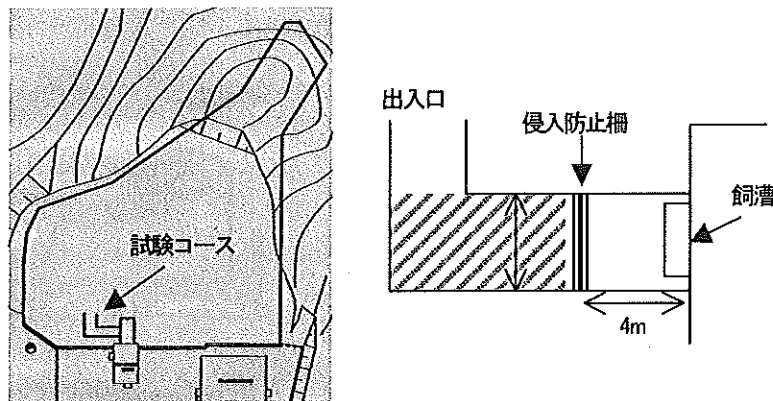


図1 イノシシ放飼場（左）と試験コース（右）

スの奥の飼槽であらかじめ給餌を行って、イノシシに試験コース内の飼槽で餌を食べることを学習させた。飼槽の手前4mに試験用に侵入防止柵を設置して（写真2），2台のビデオカメラでイノシシの行動を記録した。試験に供した進入防止柵は、イノシシ用として使用されている物理的防止柵でトタン柵，ワイヤーメッシュ柵，金網

フェンス，防風ネット柵，形状復元軽量パネル柵（以下軽量パネルと略記する），有刺鉄線柵の5種と，電気柵でポリワイヤータイプの簡易型電気柵（以下電気柵と略記する）の計6種（表2）である。各柵について1回ずつ試験して，記録したビデオカメラの映像を分析した。各イノシシが最初に試験コース（図1（右）の斜線部分）

に進入してから、柵を突破して飼槽の餌を食べるまでの時間を克服時間とした。克服時間は成獣オス、成獣メス、幼獣毎に記録した。また、設置した各柵に対するイノシシの行動を観察して記録した。なお、4頭の成獣オスは撮影した映像から各個体を識別することが困難であったため、個体毎の記録ではなく、いずれかのオス1頭の個体が克服した時間とした。本試験では、克服時間と克服までのイノシシの行動、試験後の柵の状態から各侵入防止柵の効果を評価した。

### Ⅲ 結果

各イノシシの克服時間を図2に示した。成獣オスでは、防風ネット柵が最短で32分、ついで有刺鉄線柵で1時間13分、金網フェンスで2時間35分、軽量パネル柵で2時間53分、トタン柵で25時間13分、ワイヤーメッシュ柵で25時間37分であった。電気柵は、試験開始から51時間7分後に柵内に侵入したが、これは電気刺激を受けた衝撃で前方に飛び出したため、克服時間とはしなかった。成獣メスでは、防風ネット柵が最短で57分、ついで有刺鉄線柵で1時間1分、金網フェンスで1時間3分、軽量パネル柵で2時間33分、ワイヤーメッシュ柵で24時間56分であった。電気柵は、試験開始から23時間10分後に柵内に侵入したが、成獣オスと同様に電気刺激を受けたショックで前方に飛び出したため、克服時間とはしなかった。また、トタン柵は、柵を克服するまでの成獣オスの克服行動によって柵が破損したため、記録なしとした。幼獣で

は、有刺鉄線柵が最短で5秒、ついで金網フェンス柵で1時間3分、軽量パネル柵で2時間34分、電気柵で24時間40分、ワイヤーメッシュ柵で49時間49分であった。トタン柵は、成獣メスと同様に克服するまでに成獣オスの克服行動によって柵が破損したため、記録なしとした。

侵入防止柵に対するイノシシの行動を観察したところ、成獣オス・メスではいずれの柵も設置当初は試験コースに進入するが柵には接近せずコース外に退去した。これを繰り返しながら徐々に柵に接近した。これに対して幼獣は、成獣に比べて積極的に侵入防止柵に接近する傾向があった。

接近後は、侵入防止柵周辺の地面掘り返し（ルーティング）や鼻で柵を触診するなどの探査行動の後、柵を克服するための行動を行った。

トタン柵では、柵への触診や下部の掘り起こし、上部から奥を覗き込むなどの探査行動と、下部を鼻で持ち上げる、上部に噛み付き引っ張るなどの障害物を克服するための行動を観察した。侵入方法は、まずオス1頭は助走なしで柵の手前から跳び越えて侵入したが、別のオス1頭は柵下部を鼻で持ち上げて倒伏させて侵入した（写真3）。成獣メスと幼獣は、成獣オスが柵を倒伏させるまで侵入しなかった。

ワイヤーメッシュ柵では、触診やルーティング等の探査行動の後、ワイヤーメッシュの格子に鼻を差し込んだ状態で噛み付いて引っ張るまたは押す行動を観察した。また、格子に前肢を掛けて障害物の奥を覗く行動も認め

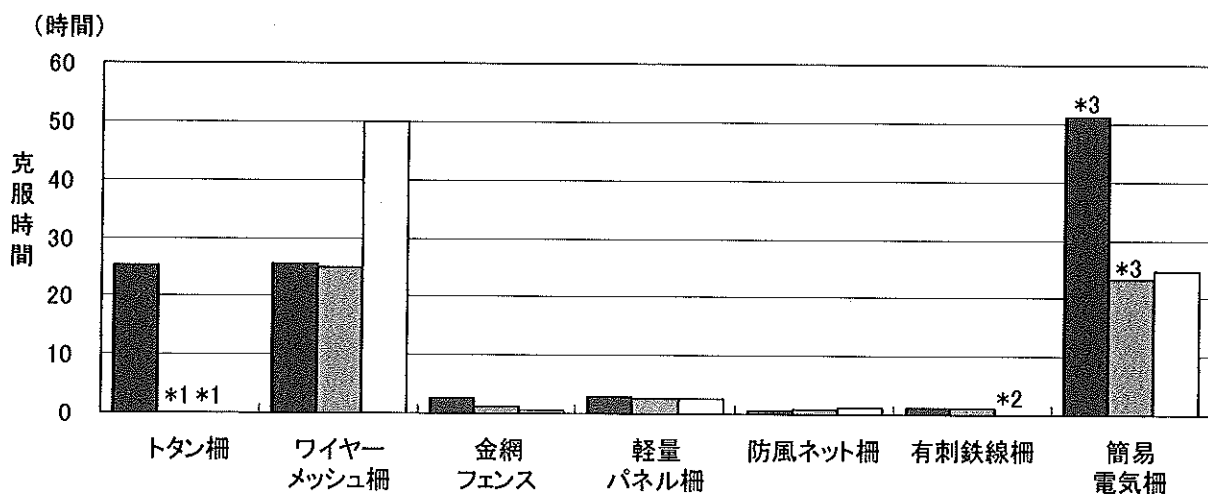


図2 イノシシが侵入防止柵を克服するまでの時間 (■ 成獣オス □ 成獣メス □ 幼獣)

\*1 成獣オスの侵入時に柵が破損したため、成獣メスと幼獣の記録はなし \*2 幼獣の侵入までの時間は5秒  
\*3 成獣オス・メスは電気刺激によるショックで侵入した。

た。侵入方法は、いずれの個体も柵の手前から助走なしで飛び越えて侵入した(写真4)。

金網フェンスでは、ワイヤーメッシュ柵と同様に触診やルーティング等の探査行動の後、噛み付いて引っ張るまたは押す、格子に前肢を掛けて乗り掛かる行動をとった。さらに、金網フェンスを固定するためのアンカーを埋設した部分を掘り返す行動も認めた。侵入方法は、飛び越えと下部の掘り返し後の潜り込みであった(写真5)。

軽量パネル柵に対する行動はトタン柵とほぼ同様であったが、上部からの覗き込みはなく、下部への探査行動が多かった。侵入方法は、パネル下部を押し上げてできた隙間から潜り込んだ。

防風ネット柵では、柵周辺への探査行動の後、鼻で柵を押す、噛み付いて引っ張る行動を認めた。引っ張られたネットは下部のアンカーで留めた部分から破れ、その破損部位から侵入した(写真6)。

有刺鉄線柵では、柵周辺への探査行動の後、鼻による支柱への接触や支柱の埋設部分の掘り返し、有刺鉄線への接触が確認できた。侵入方法は、有刺鉄線柵の下段と地面の間からの潜り込みであった(写真7)。

電気柵では、柵周辺の探査行動の後、警戒しながら接近して支柱やポリワイヤーに鼻による接触を認めた。その際に、通電中のポリワイヤーに鼻鏡部分が接触して電気刺激を受けた(写真8)。電気刺激を受けた個体は、その衝撃によって後退して試験コース外に退散した場合と前方へ突進して柵内に侵入した場合があった。電気刺激の衝撃で侵入した場合は、餌を摂食せずに直ちに試験コース外へ退散した。成獣が電気刺激を受けた後もしばらくは試験コース内に侵入するが電気柵に接触することはなかった。一方、幼獣は電気刺激を受けた後も成獣に比べて短時間で電気柵への接近を試み、繰り返して電気刺激を受けた。幼獣は柵下段のポリワイヤーと地面の間に潜り込んで侵入・採餌したが、成獣は克服することはなかった。

試験後の各柵の状態を調べたところ、著しい破損を認めたのはトタン柵、軽量パネル柵および防風ネット柵であった。トタン柵は、倒伏して侵入防止柵としての機能を失っており、さらに一部亀裂が生じていた。軽量パネル柵は、イノシシが侵入した箇所のパネルが破れて穴が空いていた。防風ネット柵はイノシシに下部を引き裂かれ

ていた。金網フェンスは、著しい破損はなかったが上部が湾曲して設置時の高さ(110cm)から約10cm低くなっていた。また、接地面の金網が押し上げられて隙間ができていた。ワイヤーメッシュ柵、有刺鉄線柵および電気柵は目立った破損や変形を認めなかった。

#### IV 考察

試験に使用した侵入防止柵は、いずれも克服時間に差があったもののイノシシに侵入された。イノシシは、成獣で100cm以上の高さを助走なしで飛び越える跳躍力と60~70kgの重さを持ち上げる能力を有している<sup>5)</sup>。本試験に使用した物理的防止柵の高さは、最高で110cm、最低で60cmであり、いずれの柵もイノシシの跳躍力から考えると高さが不足していたために侵入されたと考えられた。また、イノシシの侵入行動によってトタン柵、金網フェンス、軽量パネル柵、防風ネット柵は破損や変形したことから、イノシシの身体能力に対して柵の強度が不足している。

各侵入防止柵の克服時間は、成獣オスではワイヤーメッシュ柵が最長で、次いでトタン柵が長時間を要した。成獣メスと幼獣では、成獣オスと同様にワイヤーメッシュ柵が最長であった。成獣メスと幼獣は、成獣オスの侵入行動によってトタン柵が破損したためトタン柵の克服時間の記録はないが、破損までに克服を認めなかったことから、克服には長時間を要すると考えられた。電気柵は、成獣オス・メスともに試験期間中の克服は認められず、幼獣ではワイヤーメッシュ柵に次いで長時間を要した。有刺鉄線柵、防風ネット柵、軽量パネル柵および金網フェンスは、電気柵、ワイヤーメッシュ柵およびトタン柵と比較してすべてのイノシシによって短時間で突破された。各侵入防止柵の克服時間に差が生じたのは、柵の材質や強度、高さの違いによるものと考えられた。

本試験で使用した侵入防止柵は、その構造から次の3タイプに分けられる。

- ①視界を遮断する物理的な障害：トタン柵、軽量パネル柵
- ②格子(網目)状の物理的障害：ワイヤーメッシュ柵、金網フェンス、防風ネット柵
- ③痛みを与えることによる心理的障害：電気柵と有刺鉄線柵

これらの構造が類似しているもの同士を比較し、それぞれの侵入防止柵の効果や問題点を検討した。

まず、①のタイプでは、パネル下部を押し上げてできた隙間から潜り込まれた軽量パネル柵は、材質がポリプロピレンであり金属製のトタン柵に比べて柔軟性があるために変形しやすく、イノシシによって容易に押し上げられた。一方、トタン柵は軽量パネル柵に比べて変形しにくかったため潜り込みによる侵入が困難であったことが考えられた。さらに、トタン柵の60cmの高さは、イノシシの身体能力を考えると跳躍が困難な高さではないが、前方の視界を遮断する不安感から跳び越えまでに時間を要したと考える。ただし、トタン柵は最終的に押し倒されて侵入されたことから、イノシシの身体能力に対して十分な高さや強度があるとはいえない。

②のタイプでは、いずれの柵も、高さは80~90cmであり、イノシシの跳躍力を考えると低いと考えられた。しかし、イノシシは、ワイヤーメッシュ柵と金網フェンスは跳び越えて、防風ネット柵はネットを破っての侵入であり、侵入方法に違いがあった。侵入までの行動は、いずれの柵でも「噛みついて引っ張る」または「噛み付いて押す」行動が観察された。その過程で防風ネット柵は破られて侵入されたが、ワイヤーメッシュ柵と金網フェンスは鉄線を切断されることはなかった。また、ワイヤーメッシュ柵と金網フェンスでは、柵上部に前肢をかける行動や柵下部を掘り返す行動を観察した。このような行動によって、金網フェンスは上部が湾曲して高さが低下したため、イノシシが侵入しやすくなった。一方、ワイヤーメッシュ柵は著しい破損や変形を認めなかったことから、本試験で使用したワイヤーメッシュは、イノシシの身体能力に対して十分な強度があった。しかし、跳び越えによって侵入されたことから、高さは不十分であった。

③のタイプは、いずれもイノシシに対して「痛み」を与えることによって侵入を防止する効果を期待した柵である。電気柵の場合は電気刺激による痛み、有刺鉄線柵は裂傷による痛みを期待している。イノシシが電気刺激を受けやすいのは鼻鏡と腹部で、体毛のある部位は受けにくい<sup>6,7)</sup>。本試験でイノシシが電気刺激を受けたのは、鼻鏡が通電したポリワイヤーに接触した場合のみであった。電気刺激を受けた瞬間に、前方に突進して柵を突破

してしまう場合を観察した。本試験では確認しなかったが、このような場合は、電気柵が破損すると考えられた。電気柵を克服して採餌したのは幼獣のみであったが、この場合の侵入方法は下段の線と地面の間からの潜り込みであった。潜り込んだ時には、ポリワイヤーに背中が接触したが、体毛があったために電気刺激を受けなかったと考えられた。イノシシ用電気柵の構造は、高さ20cm間隔で電線を2~3段張るが一般的である。イノシシは、柵下に20cmの隙間があれば潜り込むことができる<sup>5)</sup>ため、電気刺激を受けない場合は、柵下部から侵入する危険性があると考えられた。一方、有刺鉄線柵でも、イノシシは柵下の20cmの隙間に身体を潜り込ませて侵入した。侵入時に、有刺鉄線の刺に背中が接触していたが、試験後いずれのイノシシの身体にも目立った外傷はなく、刺による裂傷は生じなかった。体毛で覆われたイノシシの皮膚は傷つきにくく、しかも傷の回復は早い<sup>5)</sup>ため、有刺鉄線柵は心理的障害物とはなり得なかったと考えられた。

以上のことから、本試験に使用した侵入防止柵のうち、電気柵、ワイヤーメッシュ柵およびトタン柵の侵入防止効果が比較的高いと考えられた。農地に設置された侵入防止柵の効果を検証した事例として、本田<sup>8)</sup>は電気柵の被害防止効果が高いことを、布野<sup>9)</sup>は電気柵とトタン柵の侵入防止効果が高いことを、また山中ほか<sup>10)</sup>はワイヤーメッシュ柵の侵入防止効果が高いことを報告している。これらの3種類の柵は農地においても高い侵入防止効果を期待できると考える。ただし、いずれの柵も強度や高さなどの構造的な欠点がある。これらの柵を単独で農地に設置した場合には、イノシシに侵入される危険性があるので、構造的な欠点を補えるように複数の資材を組み合わせて、より侵入防止効果の高い柵を検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) 島根県編:特定鳥獣(イノシシ)保護管理計画,2007, p.3.
- 2) 江口祐輔, 宮重俊一, 石井忠夫:日本イノシシにおける障害物克服時の運動特性および測定方法の検討, 日本動物行動学会第18回大会講演要旨集, 1999, p.35.
- 3) 江口祐輔, 宮重俊一, 石井忠夫:餌獲得を目的とし

- たイノシシの跳躍力, ヒトと動物の関係学会第6回学術大会予稿集, 2000, p.47.
- 4) 若槻義弘, 吉岡 孝, 原屋昌昭: 既存の農地侵入防護柵に対するイノシシの反応と効果的侵入防護策の開発, 島根県畜産試験場研究報告36, 1-6 (2003).
- 5) 江口祐輔: イノシシから田畑を守る おもしろ生態とかしこい防ぎ方, 農文協, 2001, pp.40-46.
- 6) 江口祐輔, 赤井克己, 小林一木, 吉崎 淨, 仲谷 淳: ニホンイノシシの身体部位における電気抵抗性および電圧印可に対する筋収縮反応, 日本畜産学会第100回大会要旨, 2002.
- 7) 江口祐輔, 竹内正彦, 藤森新作: イノシシにおける感覚・運動能力および異種動物との生物的關係の解明と応用, 農林水産省農林技術会議 研究成果441, 96-106 (2007).
- 8) 本田 剛: イノシシ (*Sus scrofa*) 用簡易型被害防止柵による農業被害の防止効果: 設置および管理要因からの検証, 野生動物保護 9 (2), 93-102 (2005).
- 9) 布野達也: 効果的な侵入防止柵の検討, イノシシ被害対策共同研究報告書, 島根県, 2003, pp.26-29.
- 10) 山中成元, 鋒山和幸, 保積隆夫, 森野洋二郎: 野生イノシシに対するワイヤーメッシュを利用した簡易物理防護柵の侵入防止効果, 独) 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター 研究成果の特集—鳥獣害関係—, 2004.



写真1 供試イノシシ  
(左奥No.25, 中央No.13, 右No.20, 手前No.197)

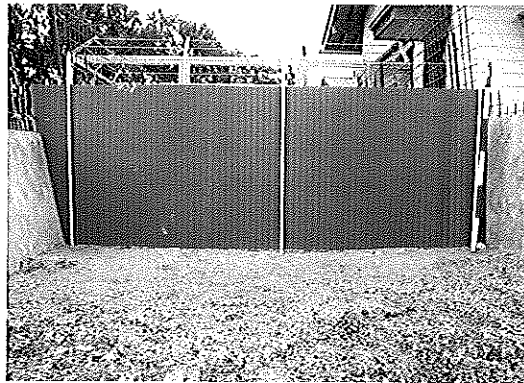


写真2 侵入防止柵の設置例 (計量パネル柵)



写真3 トタン柵を押し上げる成獣オス



写真4 ワイヤーマッシュ柵を跳び越える成獣メス



写真5 金網フェンスを跳び越える成獣オス



写真6 防風ネット柵を引っ張る成獣メス



写真7 有刺鉄線柵をくぐり抜ける成獣メス



写真8 電気柵のポリワイヤーに接触を試みる成獣オス





短報

# 巻枯らしによる間伐木の枯損過程と残存木の成長について

原 勇 治

Damage Process on Decortication Tree, and Growth of Dominant Tree, in Girdling

Yuji HARA

## 要 旨

島根県内4か所の20～31年生のスギとヒノキ造林地で、巻枯らし間伐の試験を実施した。巻枯らし木は剥皮後の枯損過程を、残存木では成長状態を調査し、巻枯らし間伐の影響と効果について考察した。

1. 巻枯らしを行った木は、ヒノキでは剥皮後6か月で葉が変色し始め、12か月ではほぼ全部の個体で樹冠全体が赤褐色になり枯死した。スギでは、早い個体でも剥皮後12か月から葉が変色し始め、14か月後には、巻枯らし木の半数以上の個体で樹冠全体が赤褐色になり枯死した。
2. 巻枯らし木は、ヒノキ、スギともに幹部を10cm幅で剥皮するよりも150cm幅で剥皮した個体が早く枯死する傾向にあった。
3. 残存木の直径成長は、ヒノキの1か所の試験地を除いて、伐倒間伐区に比べ緩やかな成長となった。巻枯らし木が枯死しても落葉しないスギでこの傾向は顕著であった。

## I はじめに

巻枯らし間伐は、立木の樹皮と形成層の部分を環状に剥皮して、間伐対象木を立木のまま枯らす間伐方法である。従来の立木を伐倒する間伐に比べて、作業の効率が高く、また安全・簡単な方法である。立木が残るため林冠に急激な疎開が生じないことから、残存木が風雪害を受けにくく間伐遅れの林分で有効な間伐方法の一つといわれている<sup>1)</sup>。しかし、巻枯らし間伐では、巻枯らし木の倒れる時期や間伐の効果、病虫害の発生の有無などに

ついて不明な点が多い。本研究では、巻枯らしによる間伐木の枯損過程と残存木の成長状況について調査した。

本調査実施にあたり、ご協力頂いた社団法人島根県林業公社、森林組合に厚くお礼申し上げる。

## II 調査地および調査方法

2004年5月、島根県内4か所の林業公社造林地で試験とした(表1)。樹種はスギとヒノキ各2林分で、林齢は20～31年生である。いずれの調査地もこれまで一度も

表1 各試験地の概要

| 試験地名 | 所在地       | 標高(m) | 樹種  | 林齢(年生) | 巻枯らし間伐面積(ha) | プロット内の間伐前の林況 |         |            |
|------|-----------|-------|-----|--------|--------------|--------------|---------|------------|
|      |           |       |     |        |              | 立木密度(本/ha)   | 平均樹高(m) | 平均胸高直径(cm) |
| 広瀬   | 安来市広瀬町富田  | 80    | ヒノキ | 23     | 0.94         | 2,300        | 14.0    | 10.9       |
| 佐田   | 出雲市佐田町佐津目 | 270   | スギ  | 26     | 1.48         | 2,000        | 18.4    | 13.5       |
| 川本   | 川本町多田     | 240   | スギ  | 20     | 0.79         | 1,900        | 17.0    | 13.0       |
| 赤来   | 飯南町井戸谷    | 480   | ヒノキ | 31     | 0.67         | 3,500        | 12.3    | 10.3       |

表2 各試験地の設定内容

| 試験地名 | 間伐方法     | 間伐実施時期 | 間伐本数：本<br>(本数間伐率：%) | 試験地名    | 間伐方法     | 間伐実施時期    | 間伐本数：本<br>(本数間伐率：%) |
|------|----------|--------|---------------------|---------|----------|-----------|---------------------|
| 広瀬   | 10cm 剥皮  | 6月     | 23 (42.6)           | 佐田      | 10cm 剥皮  | 6月        | 19 (43.2)           |
|      | 150cm 剥皮 | 〃      | 19 (43.2)           |         | 150cm 剥皮 | 〃         | 22 (40.0)           |
|      | 伐倒       | 〃      | 24 (41.4)           |         | 伐倒       | 〃         | 16 (43.2)           |
| 赤来   | 10cm 剥皮  | 6月     | 41 (43.2)           | 川本      | 10cm 剥皮  | 6月        | 16 (40.0)           |
|      | 伐倒       | 〃      | 49 (48.5)           |         | 伐倒       | 〃         | 22 (44.0)           |
|      | 10cm 剥皮  | 10月    | 32 (44.0)           | 10cm 剥皮 | 10月      | 17 (40.5) |                     |
|      | 伐倒       | 〃      | 32 (41.0)           | 伐倒      | 〃        | 19 (48.7) |                     |

※間伐本数および間伐率はプロット内の値

間伐を実施していない。各試験地内に15m×15mの方形プロットを設置し(表2)、本数率40%以上で間伐を実施した。巻枯らし方法は、手ノコと手製の竹ベラ(写真1)を用いて、木の樹皮を樹幹方向に10cmと150cmの2種類の幅で環状に剥皮した。そして、プロット内の間伐未実施木(以下、残存木とする)の成長を比較するために、プロットに近接して従来の伐倒間伐区を設けた。剥皮の実施時期による巻枯らし木の変化、残存木の成長を比較するために、剥皮時期を2004年6月と10月に分けて実施した。

枯死の判断は、樹冠全体が赤褐色に変色したものを枯死木とし(写真3)、年3~4回、剥皮後の衰弱・枯死状況を現地で目視により調査した。

残存木は、樹高、胸高直径、生枝下高、枝張りを毎年10月に測定記録した。

### III 結果

#### 1. 巻枯らし木の枯損状況

##### 1) 6月剥皮(ヒノキ)

6月に剥皮したヒノキの枯死木割合の推移を図1に示した。剥皮後6か月に、枯死した個体を確認した。

広瀬試験地では、剥皮後6か月における枯死木割合は50%以上であった。なかでも150cmの幅で剥皮したプロットでは枯死木割合が75%に達し、12か月にはすべての巻枯らし木は枯死した。10cm幅で剥皮したプロットの枯死木割合は、12か月で91%、21か月に100%となった。

赤来試験地では、剥皮後6か月では20%であったが、12か月には54%、16ヶ月に93%となった。

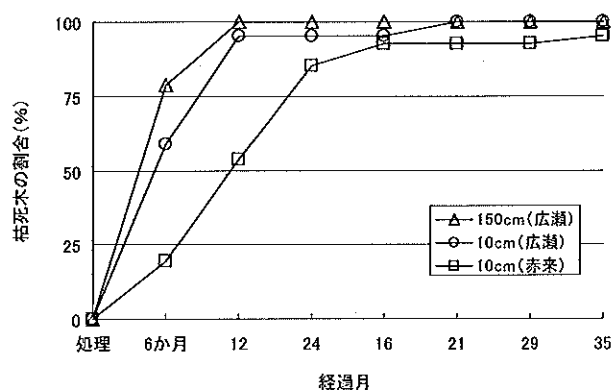


図1 ヒノキの枯死木割合の推移(6月剥皮)

広瀬、赤来両試験地の10cm剥皮のプロットでは、剥皮後12か月までの枯死木割合に大きな差が生じた。赤来試験地は、広瀬試験地に比べ林齢が高く、また標高が480mと高標高であることから気象等が影響したことが考えられた。14か月では両試験地ともほぼ同率となった。

##### 2) 6月剥皮(スギ)

6月に剥皮したスギの枯死木割合の推移を図2に示した。スギは、ヒノキと比べて巻枯らし木の枯死発生は遅れた。剥皮後12か月によく一部の個体で葉の変色を認めたが、枯死木割合は10%未満と低率であった。

佐田試験地では枯死木割合の増加は、150cm幅で剥皮した個体が10cm幅に比べ早く、剥皮後21か月に87%となり、10cm剥皮のプロットの1.4倍の割合となった。

佐田、川本両試験地の10cm剥皮のプロットでは、枯死木割合の増加傾向に差が生じたが、剥皮後35か月には両プロットとも枯死木割合はほぼ同率となった。

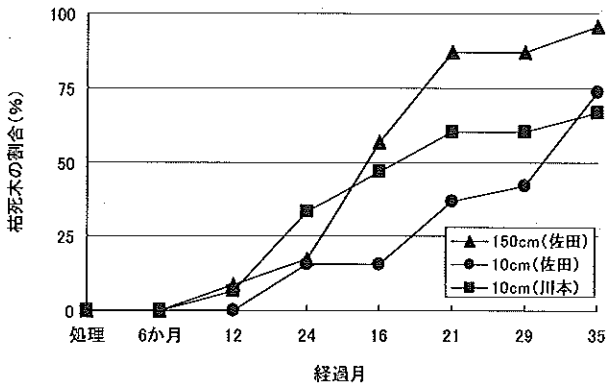


図2 スギの枯死木割合の推移 (6月剥皮)

### 3) 10月剥皮 (ヒノキ, スギ)

10月に10cm幅で剥皮したヒノキおよびスギの枯死木割合の推移を図3に示した。6月に剥皮した個体同様、巻枯らし木の衰弱、枯死は、スギよりヒノキが早い傾向にあった。剥皮後26か月では枯死木割合は両樹種とも90%以上となった。

赤来試験地では、6月剥皮より2か月遅れの剥皮後8か月で枯死木を確認した。枯死木割合が90%を超えたのは、6月剥皮が16か月だったのに対し、10月剥皮は26か月であった。

川本試験地では、剥皮後10か月で枯死木を確認した。これは12か月で枯死木を確認した6月剥皮より2か月早かった。枯死木割合が50%を超えるまでに要した期間は、6月剥皮が21か月であったのに対し、10月剥皮は20か月と1か月の差であった。

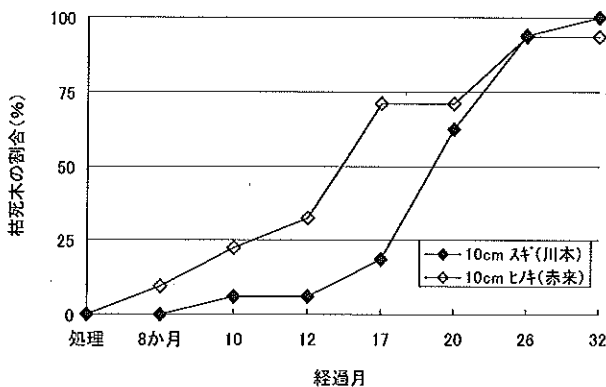


図3 ヒノキ, スギの枯死木割合の推移 (10月剥皮)

### 4) 枯死木の状態

上述したように、樹種、剥皮幅、剥皮時期によって、

枯損過程に差はあったが、巻枯らし木は、剥皮後12~20か月でほとんどが枯死した。ヒノキは剥皮後14~24か月で落葉したのに対し、スギは枯死しても落葉せず、そのまま枯死木に留まる点がヒノキと大きく異なった。

剥皮後40か月には、両樹種とも枯死木の幹表面全体に白色のカビやキノコが発生した(写真8)。しかし、幹や枝、梢端などが折れた個体、あるいは倒伏した個体はなかった。

また、剥皮した186本のうち剥皮後40か月でも枯死しない木が15本あった。これらのうち6本は、枯死に至らないまでも葉の色が退色し、色あせるなどゆっくりした衰弱が見られた。また、樹皮の剥ぎ残しなどが無いにも関わらず、剥皮する前とまったく変化のない個体は、ヒノキで1本、スギで8本認められた。

## 2. 残存木の成長状況

巻枯らし間伐区と伐倒間伐区における残存木の成長状況について、プロット設定時の胸高直径を100として、増加率を試験地ごとに比較した。

### 1) ヒノキ (6月間伐)

6月に間伐したヒノキ林の残存木の直径成長について増加率を図4に示した。

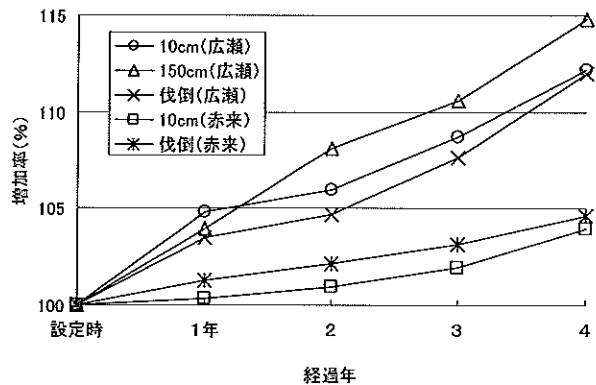


図4 直径成長の増加率の推移 (6月間伐ヒノキ)

広瀬試験地では、巻枯らし間伐区が伐倒間伐区より直径成長の増加率は高くなった。剥皮幅では10cm剥皮よりも150cm剥皮で高かった。

赤来試験地は、巻枯らし間伐区より伐倒間伐区で直径成長の増加率が高かった。しかし、増加率は5%未満で間伐実施から4年経過してもその差はわずかであった。

## 2) スギ (6 月間伐)

6 月に間伐したスギ林における残存木の直径成長について増加率を図 5 に示した。いずれの試験地も巻枯らし間伐区より伐倒間伐区で直径成長の増加率が高くなった。間伐実施から 4 年後の増加率が、巻枯らし間伐区では佐田試験地 6%、川本試験地 10%であったのに対し、伐倒間伐区では佐田試験地 13%、川本試験地 17%であった。巻枯らし間伐区の直径成長の増加率は伐倒間伐区の半分程度であった。

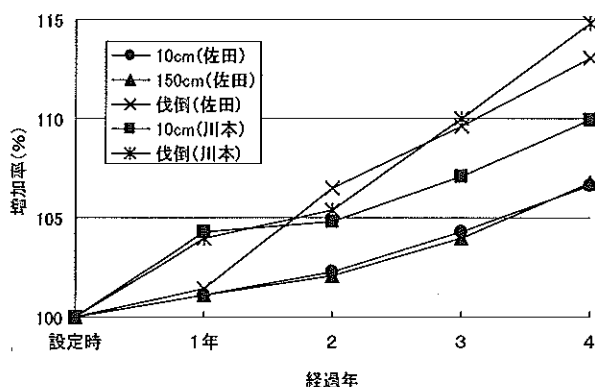


図 5 直径成長の増加率の推移 (6 月間伐スギ)

## 3) ヒノキ (10 月間伐)

赤来試験地で 10 月に間伐したヒノキ林における残存木の直径成長について増加率を図 6 に示した。同一試験地であっても、10 月の剥皮は、6 月剥皮より 4 か月経過して実施しているため、翌春からの成長が 1 年目となる。1 年目の増加率はほぼ同率であったが、その後、期間が経過するに従って、巻枯らし間伐区と伐倒間伐区で差が生じて、3 年目には 1.4 倍となった。

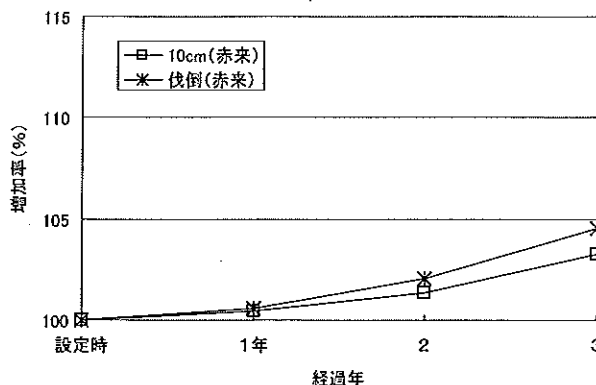


図 6 直径成長の増加率の推移 (10 月間伐ヒノキ)

## 4) 10 月に間伐したスギ

川本試験地で 10 月に間伐したスギ林における残存木の直径成長について増加率を図 7 に示した。ヒノキ同様、巻枯らし間伐区の増加率は伐倒間伐区より低い傾向にあった。しかし、両区における差はヒノキよりも大きかった。巻枯らし間伐区の間伐実施 3 年後の増加率は、伐倒間伐区に比べ 1/3 の増加率にとどまった。

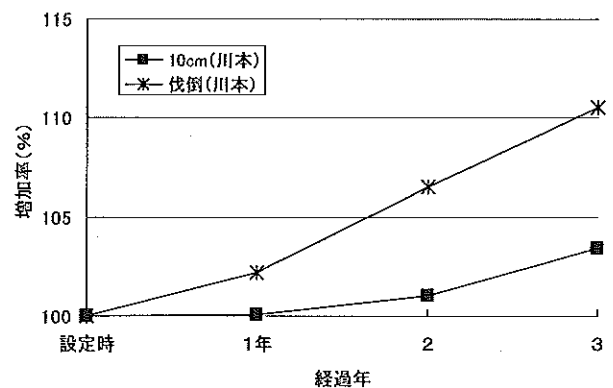


図 7 直径成長の増加率の推移 (10 月間伐スギ)

## IV 考察

金澤ら<sup>2) 3)</sup> はヒノキ林の巻枯らし間伐において、巻枯らし処理後 17 か月を経過すると、胸高直径、剥皮幅、巻枯らしの方法に関係なく、全ての個体で樹冠が赤褐色化し、処理後 2 年経過時には大部分の個体で赤褐色化した針葉が落葉し、樹冠に着葉のない状態になったと報告している。本試験のヒノキ林 (広瀬、赤来) でも、剥皮より 6 か月で赤褐色化し、16~26 か月の間に枯死および落葉する個体がほとんどであり、この報告と同様な傾向であった (写真 5)。また、金澤ら<sup>4)</sup> はスギはヒノキと異なり剥皮後 1 年程度では、ほとんどの個体で針葉に変化がないとしている。本試験のスギ林 (佐田、川本) でも、枯死木が表れ始めるのは剥皮より 10~12 か月以降であった。ヒノキと枯損過程に大きな差がある点で一致する。スギの特徴として、個体間において枯損過程にバラツキがあったことが挙げられる。この要因としては、巻枯らし木の胸高直径、樹冠長率 (樹高に対する樹冠の割合)、木の大きさと剥皮幅の比率等が考えられたが有意な差は認めなかった。

巻枯らし間伐の効果を残存木の直径成長の増加率でみ

ると、広瀬試験地を除くすべての試験地で、増加率は、巻枯らし間伐区が伐倒間伐区より低い傾向にあった。また、樹種別では巻枯らし間伐区と伐倒間伐区の間伐率の差はヒノキで小さく、スギで大きかった。これは、ヒノキとスギの巻枯らし木の枯損過程の違いが関係していたことが考えられる。すなわち、ヒノキは剥皮後16~64か月でほとんどの巻枯らし木が枯死し落葉する。その結果、林冠に空間ができ、残存木への光環境を改善し、樹冠の発達を促進されたと考える。個体間における樹冠競争の緩和という点では、伐倒間伐と大差のない効果があり、残存木の直径成長において、巻枯らし間伐区と伐倒間伐区の差が小さかったと推察された。

これに対して、スギは、ヒノキと比較して、巻枯らし木の枯死の進行が遅いだけでなく、枯死しても落葉せず、枯葉が枝についたままの状態であった。したがって、巻枯らし木が枯死しても林冠に空間ができず、残存木の光環境は間伐前と変わらない状態であり、残存木の展葉は抑制され、直径成長が伐倒間伐区に比べて大きく劣る結果になったと考えられる。

広瀬試験地は、他の試験地と異なり、直径成長の増加率は巻枯らし間伐区が伐倒間伐区より大きくなった。この要因として、環境要因の違いが考えられた。他の試験地は巻枯らし間伐区と伐倒間伐区が近接したが、広瀬試験地は、地形等の制約からやむを得ず巻枯らし間伐区と伐倒間伐区を離して設定したため、プロットの設定位置や斜面方位などが影響したと考えられた。

本研究において、巻枯らし木の枯損過程と残存木の成長について、その一部を把握することができた。巻枯らし間伐の特徴は、落葉によって林冠を徐々に疎開させ、林内の光環境の改善を図る点である。スギでは巻枯らし木が短期間で落葉せず、林冠が疎開しない。そのため、残存木に対する間伐の効果が表れにくい。一方、ヒノキに対しては有効な間伐方法の一つと考えられる。

間伐の目的は、残存木の肥大成長を促し収穫量を増大させることと、被圧木や形質不良木を除き林分全体の品

質を向上させることである。さらに、それにより林内の光環境が改善され、林床植生の発達による林地の裸地化防止や土砂流出防止などの公益的機能も維持発揮される。

倒伏した巻枯らし木による残存木への折損等が生じることがあれば、間伐本来の目的が損なわれるといえる。

こういった間伐本来の目的や意義を損なうことがないように、今後も調査を継続して、明らかにしていきたい。

①巻枯らし木の主幹が折損する時期あるいは倒伏する時期

②4年目以降の残存木の肥大成長

## 参考文献

- 1) 鋸谷茂：鋸谷式 新・間伐マニュアル。社団法人全国林業改良協会、2002、pp.35-40.
- 2) 金澤好一：群馬林試業報：2004、pp.12-15.
- 3) 金澤好一：群馬林試業報：2005、pp.14-17.
- 4) 金澤好一：群馬林試業報：2006、pp.14-15.
- 5) 時光博史：ヒノキ単層林における立ち枯らしの効果。広島林技研報37 (2005)
- 6) 金澤好一、鶴淵恒雄、綿貫邦男：巻枯らし間伐の施行と効果の1事例。日本森林学会関東支部大会発表論文集56、149-150、(2005).
- 7) 宮田弘明、吉井二郎、川島幹雄、貝川陽一：巻き枯らしによる間伐の作業時期の検討。高知林技研報30、147-150、(2005).
- 8) 清水正俊：ヒノキ林での「巻枯らし間伐」作業における剥皮処理時間に関する調査。九州森林研究59、172-173、(2006).
- 9) 野下治己、松元正美、井之上俊治、内原浩之、前田利盛、松野嘉昭、馬田英隆、井倉洋二：環状剥皮によるスギ・ヒノキの密度管理試験。鹿大演研報27、91-96、(1999).
- 10) 河原輝彦、加茂浩一、井鷲裕司、清野嘉之：スギ、ヒノキ若齢林の利用間伐試験。森林総研研報356、47-62、(1989).



写真1 用いた手ノコと手製の竹ペラ



写真2 ヒノキ6月150cm剥皮直後(広瀬)

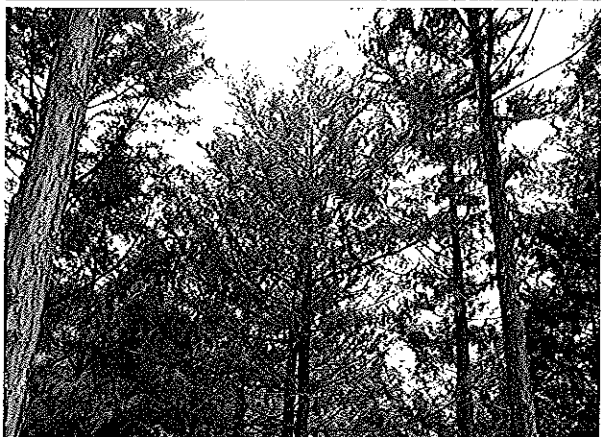
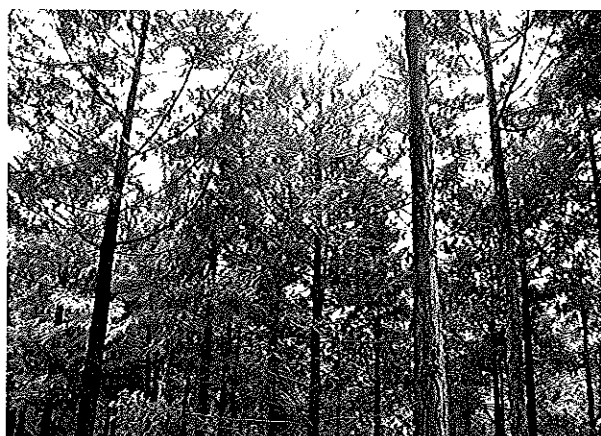


写真3 ヒノキ6月10cm剥皮区(広瀬)  
剥皮直後(上)、6か月(中)、16か月(下)



写真4 ヒノキ6月150cm剥皮区遠景(広瀬)  
剥皮後6か月(上)、35か月(下)



写真5 ヒノキ6月150cm剥皮区(広瀬)  
剥皮直後(上)、6か月(中)、21か月(下)



写真6 スギ6月10cm剥皮区(剥皮後12か月:川本)



写真7 スギ6月150cm剥皮区(剥皮後35か月:佐田)



写真8 ヒノキ6月10cm剥皮区(広瀬)  
剥皮後40か月の枯死木へのカビ等の発生状況





資料

## 低利用林産資源の有効利用技術の開発 (竹の伐採からパウダー化の経費調査事例)

島田 靖久

Development of Effective Use Method for Low Use Forest Resources  
(Case of Costs Survey from Fell of Bamboo to Making to Powder)

Yashuhisa SHIMADA

### I はじめに

島根県の民有林の竹林面積は1987～2006年の20年間で8,100haから10,000haと20%面積は増加した<sup>1)</sup>。

本県では近年、竹材やタケノコ生産の減少、また生産者の高齢化等のため、多くの竹林が手入れされず耕作放棄地や造林地へ拡大し、また竹林自体の荒廃が進んでいる。そのため、農林家や竹林所有者から竹材の新たな有効利用技術の開発が望まれている。

島根県中山間地域研究センターでは、竹材の有効活用を図るため、平成18年度から試験課題「低利用林産資源の有効利用技術の開発」として取り組んでいる。

本報告では竹林の伐採から運搬、チップ化、パウダー化まで、それぞれの工程にかかる人役、時間を調査し、経費について検討したので報告する。

### II 試験方法

伐採からチップ化までの作業時間を中国山地に位置する島根県東部の雲南市と飯南町の竹林2箇所調査した。

雲南市の竹林を調査地1、飯南町の竹林を調査地2とした(表1)。調査地1の竹林面積は0.61ha、調査地2の面積は0.28haで、いずれも竹の種類はモウソウチクであり、2調査地の資源量は表2のとおりであった。

竹の成立本数を各調査地に2～4箇所、10m×10mの標準地を設定して積算した。また、平均胸高直径と平均桿高は標準地の平均値とした。

調査地の材積は20本を伐採し、区分求積計算により材積を求め、曲線式を作成して積算した。重量は「目通り直径別平均生重量」<sup>2)</sup>から曲線式  $y = 0.0909 \times 2.3625$  を作成して積算した。

表1 調査地の竹林現況

|      | 竹林所在地<br>(ha) | 面積   | 竹の種類<br>(m) | 標高<br>方向 | 傾斜<br>(°) | 傾斜    |
|------|---------------|------|-------------|----------|-----------|-------|
| 調査地1 | 雲南市掛合町        | 0.61 | モウソウチク      | 210m     | 北西        | 12～25 |
| 調査地2 | 飯石郡飯南町        | 0.28 | モウソウチク      | 420m     | 西         | 0～19  |

表2 調査地の資源状況

|      | 総本数<br>(本) | 平均胸高<br>直径(cm) | 平均桿高<br>(m) | 総材積<br>(m <sup>3</sup> ) | 平均重量<br>(kg) | 総重量<br>(t) |
|------|------------|----------------|-------------|--------------------------|--------------|------------|
| 調査地1 | 4020       | 11.2           | 16.4        | 96                       | 28           | 114.3      |
| 調査地2 | 2100       | 9.9            | 14.7        | 40                       | 21           | 44.3       |

調査地1は、古くから地元所有者が利用していた竹林であり、林内には放置された枯竹がほとんど見られないことから、林内の作業性は良好であった。林分は全体に12~25°の比較的緩やかな傾斜地である。また、竹林内には作業路が開設されていた。その総延長は240mで全幅は2.4mである(図1)。

竹林の整備作業は強度の択伐で実施された。本数択伐率は80%であった。伐採・玉切した竹を作業路まで人力で運搬して集積し、自走式のチップシュレッダ(CSD350-DC型 新ダイワ工業株式会社製)を使用して作業路上を自走しながら集積した竹材をチップ化した。また、一部の桿材は地元からの要望で3mに玉切した後、作業路沿いに積んだ。

調査地2は、傾斜は0~19°と調査地1に比べ緩かであったが、放置された耕作地が竹林化したもので管理はされず、竹林内には枯竹や倒竹が多く見られ林内歩行がしにくい状況であり、そのため林内の作業性は調査地1に比

べ不良であった。また、竹林内の作業路は2箇所から竹林整備に合わせ開設された。開設延長は65mで全幅は2.3mである。周囲の既設作業路は長年放置されたため雑草等に覆われ路面状況が悪く、自走式のチップシュレッダのみ走行可能な状態であった(図2)。

竹林の整備作業は調査地1と同様であり、調査地1と同じチップシュレッダを使用した。作業路だけでなく林内も自走して伐採した竹のチップ化作業を行った。いずれの調査地も伐採、玉切はチェーンソーを使用し、運搬は人力であった。いずれの調査地も島根県飯石郡森林組合により施業は実施された。

作業状況をビデオ撮影して録画し、その映像の分析を行った。モウソウチク1本あたりの平均作業時間を伐採、玉切、運搬、チップ化の各工程に分けて時間観測した。そして、竹の処理量、人役及び作業時間から、伐採、玉切、運搬、チップ化、林外搬出、パウダー化の各工程の経費を積算した(写真1~3)。

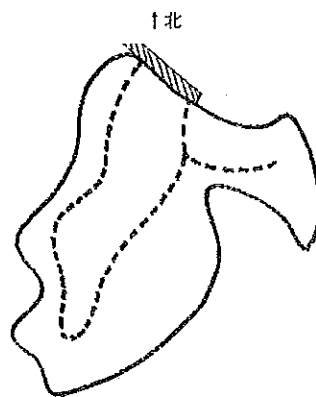


図1

調査地1

- 開設作業路
- ▨ 既設作業路 (幅3.5m) ※2tトラックが走行可

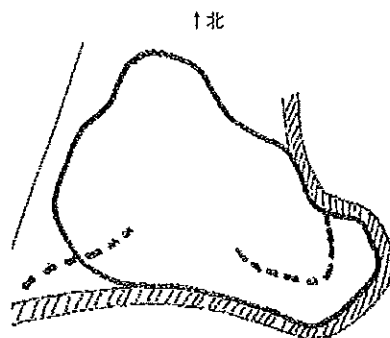


図2

調査地2

- 開設作業路
- ▨ 既設作業路 (幅3.0m) ※自走式チップのみ走行可

### Ⅲ 結果と考察

モウソウチク 1本当たりの各工程の平均作業時間の結果は表3のとおりである。

平均作業時間の累計は調査地1が304秒（5分4秒）、調査地2が230秒（3分50秒）であった。平均作業時間を比較すると、伐採・チップ化には調査地1、2に顕著な差は見られなかったが、枯竹や倒竹が多い調査地2が調査地1と比べて伐採にやや多くの時間を必要とした。玉切・運搬時間を比較すると調査地1が調査地2より多くの時間を要したが、これは調査地1では平均重量が調査地2よりも大きいことに加え、一部桿材を3mに玉切り、作業路沿いに積む作業を行ったためである。調査結果から伐採、玉切、運搬、チップ化・林外搬出、パウダー化までの作業員数、労務費、燃料費、消耗部品費等に分けて、1kgあたりの生産コストを積算した。

コストの積算にあたっては以下の条件とした。

竹1本当たりの平均胸高直径は調査地1・2の平均である10cmとし、平均生重量はモウソウチクの平均生重量曲線（図1）から求め、20kgとした。伐採～運搬の工程は竹を伐採・玉切してチップ化作業地まで運搬する作業とし、調査地1・2の観測結果から竹の運搬距離は6mとした。1本当たりの伐採・玉切時間は、3mの玉切を実施しなかった調査地2の60秒とした。林内のみでなく作業路沿いに積む作業も考慮し、運搬時間は調査地1・2の平均値の90秒とした。チップ化の工程は自走式のチップシュレッダを竹材集積地へ移動させ、人力により竹材を投入し、チップ化する作業とした。竹の伐採からチップ化までの1時間あたりの処理本数は、チップ化時間（調査地1の1本あたり平均チップ化時間は107秒。1時間では33本処理可能、調査地2は110秒で、32本処理可能）

から、1時間当たり30本とした。1日の実働時間は6時間、そして1日処理本数は180本とした。林外搬出は軽トラックを使用して竹チップをパウダー生産地まで運搬する作業とした。積載量は350kg、運搬距離は町内で比較的短距離を想定して5kmとした。チップ化の生産コストは、対象機械は自走式のチップシュレッダ（SR-3000型 コマツゼノア製 1時間あたり処理能力1.5～5m<sup>3</sup>）として積算した。パウダー化の工程は集積された竹チップを人力により植繊機へ投入し、竹パウダーを生産する作業とした。パウダー化の使用機械は植繊機（SM-18-30型 神鋼造機株式会社製 1時間あたり処理能力400kg）とし、年間量は260tとして計算した。調査結果から各工程の作業員数は、伐採・玉切は1名、運搬は1名、チップ化は2名、林外搬出は1名、パウダー化は2名とした。作業路開設の工程は支障竹を伐採、チップ化して処理し、作業路を開設する作業とした。開設にはバックホウを使用し、1日当たりの開設延長は50mであった<sup>3)</sup>。作業員数は進入路開設に5名（バックホウ作業1名、竹伐採処理作業に4名）とした。開設作業路を利用した竹処理量は200tとした。

これらの条件で積算した各工程の経費は表4のとおりである。

竹の伐採から竹パウダーまでの1kg当たりの各工程の生産コストを累計すると20円となった。

表3 モウソウチク1本当たりの平均作業時間（秒）

|      | 伐採 | 玉切 | 運搬  | チップ化 | 計   |
|------|----|----|-----|------|-----|
| 調査地1 | 29 | 65 | 103 | 107  | 304 |
| 調査地2 | 34 | 26 | 60  | 110  | 230 |

表4 竹の伐採からパウダー化までの生産コスト（kg当たり）

|       | 作業路開設 | 伐採～運搬 | チップ化 | 林外搬出 | パウダー化 | 計    |
|-------|-------|-------|------|------|-------|------|
| 労務費   | 0.1   | 2.3   | 1.1  | 2.3  | 4.7   | 10.5 |
| 燃料費   | 0.0   | 0.2   | 0.0  | 0.3  |       | 0.5  |
| 電力費   |       |       |      |      | 0.6   | 0.6  |
| 消耗部品費 | 0.0   | 0.1   | 0.8  |      | 2.2   | 3.2  |
| 原価償却費 | 0.0   |       | 1.6  |      | 3.5   | 5.1  |
| 機械利用費 | 0.1   |       |      |      |       | 0.1  |
| 計     | 0.3   | 2.6   | 3.5  | 2.6  | 11.0  | 20.0 |

竹パウダーは和牛の飼料として利用を計画していることから、飼料成分がほぼ等しい稲ワラと生産コストを比較した。稲ワラは1kgあたり約20円で流通しているが、本調査の積算結果は20円であった。竹パウダーの生産コストは稲ワラと同等といえた。

竹パウダーを稲ワラと同等の飼料として利用するためには、竹パウダーの生産コストを20円以下にする必要があるが、その条件を試験から整理すると、以下のとおりである。

①竹パウダー生産地から5km以内に竹林が存在

林外搬出時間が短いことにより竹チップの運搬量も多くなり、1kgあたりの生産コストが下がることが考えられる。

②竹林は道路に近接し、軽トラックやバックホウ、チップシュレッダなど車両や機械の竹林への導入が容易であること

作業路の開設によって、竹材の処理本数が多くなり、1kgあたりの生産コストが下がることが考えられる。そのため、大面積の皆伐や、毎年竹を伐採・搬出する竹林などでは作業路の開設は有効と考える。

③自走式のチップシュレッダを使用する

④竹林は自走式チップシュレッダの移動が可能な緩傾斜であること。

自走式チップシュレッダ使用の利点は、林内の竹材集積地へ移動してのチップ化が可能で、林外へ竹材を運搬する作業時間が少なくなることである。

⑤1時間あたり30本(1日180本)以上の竹材を伐採～

チップ化できること

今回報告の作業時間を計測した調査地1・2はともに強度の択伐であったが、帯状伐採や皆伐作業の場合は択伐の場合よりも作業時間は短縮でき、また労力も軽減され、効率の良い作業が可能となる<sup>4)</sup>。

⑥植繊機は1時間あたりの処理能力が400kg以上を有すること

高性能機械の使用により竹パウダー生産量が多くなり、1kgあたりの生産コストが下がることが考えられる。

皆伐作業も含めた各種の条件下での伐採作業工程の現地調査を実施し、効率的で低コストの伐採・搬出技術を今後検討する。

## 引用文献

- 1) 鳥根県農林水産部：森林計画関係資料 昭和61年度末現在，pp.20-21，民有林現況表 平成18年度末現在，pp.30-31.
- 2) 上田弘一郎著：有用竹と筍，1981，pp.103-104.
- 3) 全国林業改良普及協会編：機械化のマネジメント，pp.138-139.
- 4) 谷山 徹，古山 均：タケ資源管理供給システム高度化研究—効率的なタケ資源の伐採搬出技術の開発—，愛媛県林業技術センター 平成17年度業務成績報告書，14 (2005).

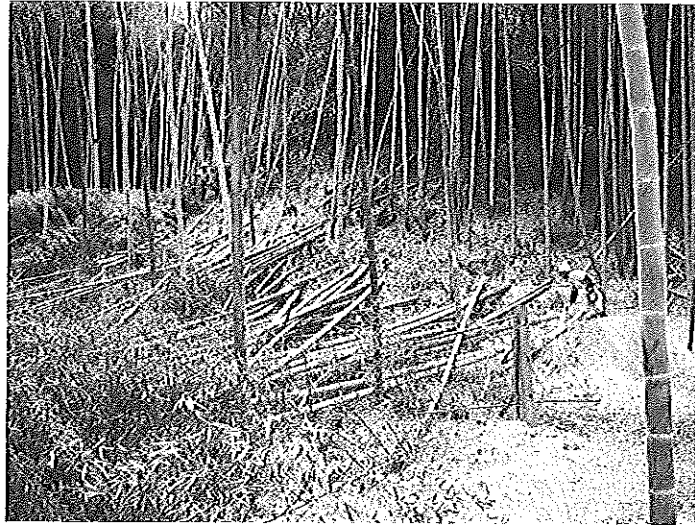


写真1 竹の伐採状況（調査地1）

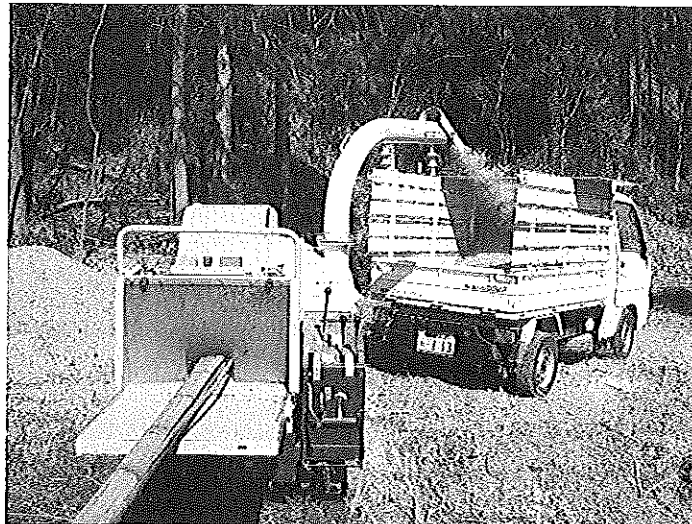


写真2 自走式チップシュレッダによるチップ化と軽トラックへの積み込み状況



写真3 植織機による竹のパウダー化



## 島根県におけるナラ類の集団枯損被害の拡大

福井 修二・周藤 成次・井ノ上二郎\*<sup>1</sup>・古瀬 寛\*<sup>2</sup>

The Spread of Mass Mortality of Oak Trees in Shimane Prefecture

Shuji FUKUI, Seiji SUTO, Jiro INOUE, Hiroshi FURUSE

### 要 旨

1. 2001～2007年に島根県で発生したナラ類の集団枯損被害を調査した。
2. 枯死木の発生地域は2003年には県西部の8市町村（合併前の市町村）であったが、その後拡大して、2007年には島根県中央部まで拡大し18市町村で被害を認めた。
3. 枯死木の発生本数は2003年が165本であったが、その後増加して2007年は2,316本に急増した。
4. 枯死した樹種はコナラが最も多く、その他アベマキ、ミズナラ、スダジイ、シラカシ、クリを認めた。

### I はじめに

1980年代末以降、日本各地でコナラ、ミズナラなどナラ類の樹木が集団的に枯死する被害が発生している。この被害はブナ科樹木萎凋病と呼ばれる。発病はカシノガキクイムシ (*Platypus quercivorus*, 以下「カシナガ」と略記) が運ぶ、病原体の糸状菌 (*Raffaelea quercivora*) が樹体内に持ち込まれ、樹体内で繁殖する結果、木は枯死する<sup>1), 2)</sup>。島根県における本病の発生は1986年に益田市美都町で初めて確認された。その後2000年までの被害拡大の状況は、周藤らが報告している<sup>3)</sup>。

本病の対策には何らかの防除が必要である。今後の対策を講じるうえで有益と考え、被害の状況と調査時に観察した事項を記録する。

調査にあたり島根県西部農林振興センターの浜田・益田・県央事務所の林業部職員の協力を得た。お世話になったことを厚く御礼申し上げる。

### II 調査方法

2001年～2002年、紅葉前の9月～10月に農林振興セン

ターからナラ類の枯死被害の発生の情報を得た林について、10～50本のナラ類を調査した。樹勢や葉色を観察して全葉が退色また黄～褐変した立木を枯死木とした。また、調査林分の周辺を遠望して、目視による枯死木の発生状況を調査した。2002年は既調査林について、枯死木の発生状況を前年と同様に調査した。

2003年～2007年は8～11月に過去の被害発生地域とその周辺を中心に調査した。自動車道路を走行して、枯死木を目視で探査した。枯死の判定は樹体全体の葉が赤褐色に変化したものを枯死木とした。そして被害位置、枯死木の本数を1/2,5000の地形図に記入して、本数を集計した。また、一部の被害木については樹種、樹幹部へのカシナガ穿入孔の有無等を観察した。

### III 結果

2001年に調査した林のうち新たに被害が発生した浜田市（市町村合併前の旧浜田市。以下記述する市町村名も全て旧市町村を記す）、金城町の2か所は、前年に被害が発生した最も東に位置する調査林分から更に東へ、それ

\*1, \*2 現農林水産部林業課

ぞれ7km,と10km離れた場所であった(図1)。調査林分内で枯死した樹種はコナラが最も多く,そのほかにアベマキ,ミズナラを認めた。ミズナラの枯死は標高700m以上の地域で認めた。調査した木の胸高直径は18~39cmで,枯死を認めた木の多くは,30cm以上の壮齢の大径木であった。

2003年~2007年には枯死被害が急速に周辺地域に拡大した(図1)。枯死被害の発生地域は周藤らが報告した2000年までは,美都町を中心とした半径12kmの範囲内に集中していた(遠隔地で単発的に発生した日原町を除く)。2003年は半径28kmの範囲まで拡大し,美都町に隣接する三隅町で枯死を多く認めた。2003年に枯死被害が発生したのは8市町村であったがその後,周辺市町村に拡大して,2007年には18市町村に拡大した。枯死被害は県東部への拡大が顕著で,2007年には県中央部の大田市,川本町,赤来町まで枯死被害を確認した。

被害量も被害区域の拡大とともに急増した。確認した枯死木本数は2003年が165本であったが,その後経年で増加して2007年は2,316本であった(表1)。枯死が多かった市町村は浜田市,三隅町,益田市の3市町であった。その他の市町村も枯死木本数の増加は同様に経年で増加する傾向であった。枯死被害は標高20mの日本海沿岸部の林分から;標高700m以上の中国山地内陸部の林分まで広範囲であった。枯死被害発生地の林況は,樹齢30年生以上のナラ類を多く含む広葉樹林であった。枯死被害は主に森林で発生したが,2006年以降は市街地近傍の公園緑地等でも発生した。枯死被害が発生した地形は尾根,山腹,谷の各地形で見られ,尾根部,山腹部で多く発生した。また,伐採跡地,大径木のみを残した本数調整伐の事業地など,人為による疎開によって明るくなった場所で枯死被害が発生した例が多かった。枯死を認めた樹種はコナラが最も多く,そのほかにアベマキ,クリ,ミズナラ,スダジイ,シラカシの6樹種で枯死を認めた。観察した枯死木は,例外なく樹幹下部にカシナガの穿入孔を認め,穿入孔からは多量のフラスが排出されていた。

周藤らが指摘するとおり,ナラ類はパルプ・チップ用材や各種きのこ栽培の材料として広く活用されている。本病の拡大は,こうした樹木の有効活用を損なう。島根県には被害対象となるナラ類が広く分布している。また,枯死木の駆除等,防除の対策は実施されていないため,

今後,更に被害が拡大することが予想される。本病の拡大については今後も注視する必要がある。

表1 市町村ごとのナラ類枯損被害発生本数

|            | 2003年 | 2004年 | 2005年 | 2006年 | 2007年 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 浜田市 (山市町村) | 128   | 312   | 518   | 808   | 1,447 |
| 浜田市        | 22    | 168   | 176   | 300   | 517   |
| 金城町        | 15    | 25    | 61    | 68    | 193   |
| 旭町         |       |       | 152   | 153   | 211   |
| 弥栄村        | 15    | 4     | 25    | 26    | 30    |
| 三隅町        | 76    | 115   | 104   | 261   | 496   |
| 江津市        |       | 12    | 42    | 114   | 91    |
| 江津市        |       | 12    | 42    | 108   | 78    |
| 桜江町        |       |       |       | 6     | 13    |
| 益田市        | 32    | 39    | 320   | 348   | 610   |
| 益田市        | 30    | 36    | 275   | 273   | 429   |
| 美都町        | 2     | 3     | 27    | 17    | 61    |
| 匹見町        |       |       | 18    | 58    | 120   |
| 津和野町       | 5     | 5     | 55    | 94    | 111   |
| 津和野町       |       |       | 8     | 14    | 13    |
| 日原町        | 5     | 5     | 47    | 80    | 98    |
| 吉賀町        |       |       |       | 12    | 24    |
| 柿木村        |       |       |       | 12    | 24    |
| 六日市町       |       |       |       |       |       |
| 大田市        |       |       |       |       | 18    |
| 大田市        |       |       |       |       | 5     |
| 温泉津町       |       |       |       |       | 13    |
| 仁摩町        |       |       |       |       |       |
| 川本町        |       |       |       |       | 3     |
| 邑南町        |       |       |       |       | 9     |
| 石見町        |       |       |       |       | 9     |
| 瑞穂町        |       |       |       |       |       |
| 羽須美村       |       |       |       |       |       |
| 飯南町        |       |       |       |       | 3     |
| 頓原町        |       |       |       |       |       |
| 赤来町        |       |       |       |       | 3     |
| 合計         | 165   | 368   | 935   | 1,376 | 2,316 |

## 引用文献

- 1) Kubono, T. and Ito, S: *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43: 255-260 (2002).
- 2) 伊藤進一郎・窪野高徳・佐橋憲生・山田利博: ナラ類集団枯損被害に関連する菌類. *日林誌* 80 (3): 170-175 (1998).
- 3) 周藤成次, 富川康之, 扇大輔: 島根県におけるコナラの集団枯死被害とカシノナガキクイムシの寄生・脱出. *島根林技研報* 52: 1-10 (2001).



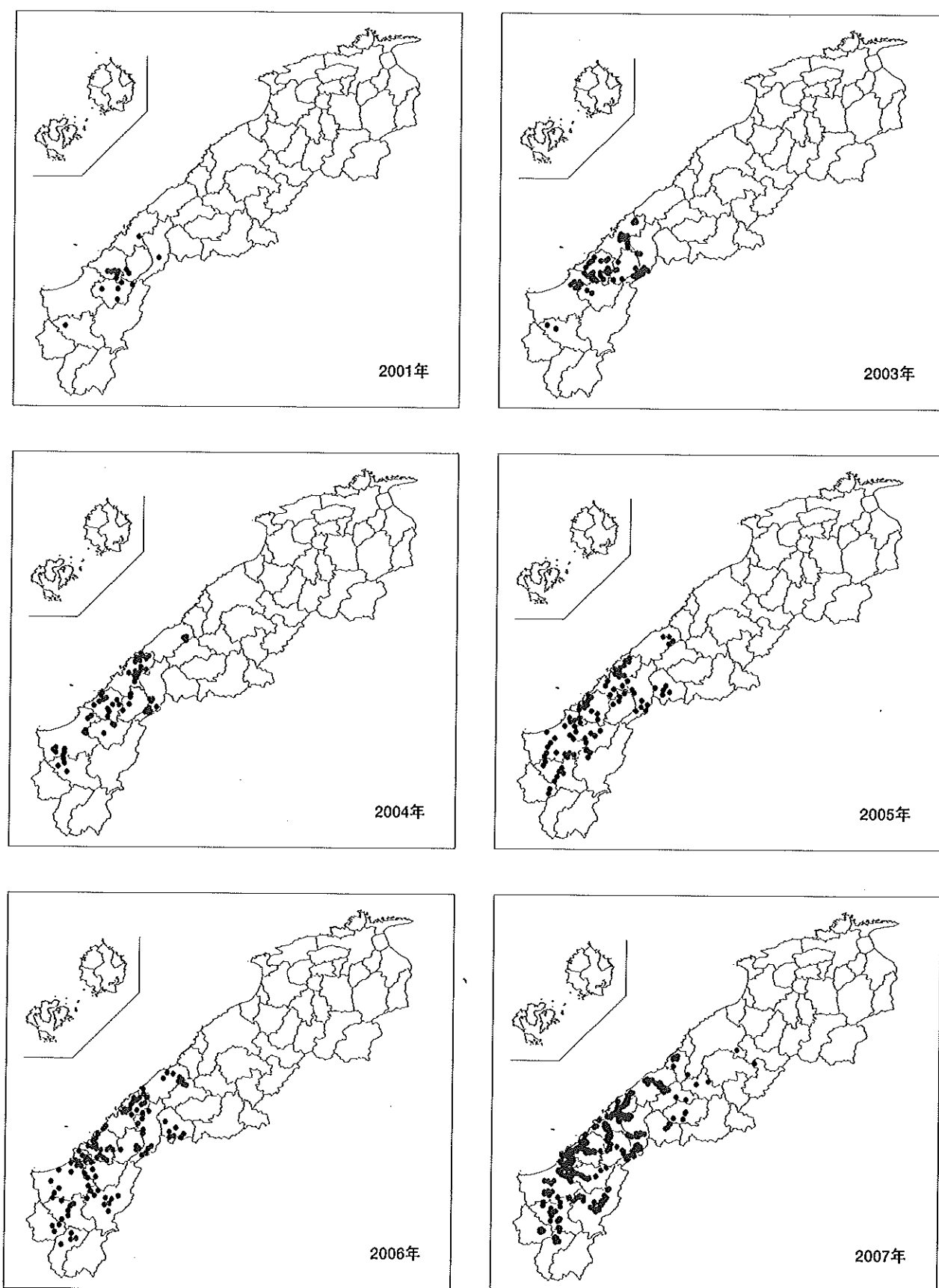


図1 島根県におけるナラ類枯損被害の拡大状況  
 注) 図中の境界は旧市町村界を示す



## 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

富川 康之

Effects of Temperature on the Yield and Time of Production  
of Shiitake Mushroom, *Lentinula edodes*, on Bed Logs in Shimane Prefecture

Yasuyuki TOMIKAWA

### 要 旨

気象条件が異なる2試験地でシイタケ原木栽培用11種菌の子実体発生量を調査した。松江試験地では1年目～5年目発生までを調査し、月別の子実体発生重量、年別および5年間の発生重量、発生個数および子実体1個当たりの重量を栽培技術指導用の資料として記録した。また、松江試験地に比べて寒冷な飯南試験地では3年目発生までを調査し、松江試験地での3年目発生までと比較した。いずれの種菌とも春季の発生ピーク時期は飯南試験地の方が遅かった。松江試験地ではいずれの種菌も1年目あるいは2年目の発生量が多かったのに対して、飯南試験地では大半の種菌が2年目あるいは3年目の発生量が多かった。総発生重量、総発生個数とも8種菌で飯南試験地の方が多く、子実体1個当たりの重量は10種菌で松江試験地の方が大きかった。飯南試験地では総発生重量、総発生個数とも中低温性の種菌で多い傾向にあり、うち3種菌では特に顕著であった。

### I はじめに

本県では1950年代から乾シイタケが生産され、最盛期の1980年代には年間400t以上が生産された。以降、生産量は年々減少し、2000年代の後半には年間50t以下で推移している。しかし、現在でも本県のきのこ生産額の約20%を占めており、中山間地域の貴重な特産林産物として生産が続けられている。

乾シイタケを生産するには林地などで原木栽培を行う必要があり、栽培地域の気象が子実体発生量や品質に影響を及ぼす。本県では冬季に積雪のない地域や、しばしば積雪量が1mにもなる地域があり、これら地域間の栽培条件は大きく異なると考えられる。一方、本県の乾シイタケ生産者に使用されている種菌は11種類あり、これらは子実体が発生する気温の違いによって「中低温性」、「低中温性」、「低温性」の3タイプに区分されている。これにより地域ごとに栽培適否を推測することもできる

が、より具体的で実用的な栽培特性を知るには栽培地域の気象条件下で各種菌の子実体発生実態を確認する必要がある。

当センターではこれまで上記11種菌の子実体発生実態をモニタリングし、気象条件やほだ木の状態などから毎年の豊凶予測、季節ごとに必要な栽培管理方法などの情報を提供してきた。本報告ではこれまでの調査記録から、気象条件が異なる2試験地での子実体発生時期、子実体発生量の経過年変化などについて集計した。

なお、試験を実施するに当たり適宜ご助言いただいた各種菌メーカーの本県担当普及員の方々に厚くお礼を申し上げます。

### II 試験地の概要

1997年に松江市宍道町（旧八束郡宍道町，旧島根県林業技術センター構内）で、2002年に飯石郡飯南町（旧飯

石郡赤来町)の島根県中山間地域研究センター構内でシイタケ原木栽培試験用のほだ場を設置した。松江試験地は標高20m, 飯南試験地は標高450mで標高差は430mであった。

2試験地の試験期間中(松江試験地では1997~2003年, 飯南試験地では2002~2007年)の日平均気温, 日最高気温, 日最低気温(島根県農業気象月報より)から, それぞれの月平均を計算した(図1)。平均気温は各月とも松江試験地の方が2.0~4.9℃高く, 飯南試験地では12~3月の4カ月間は5℃以下であった。日最低気温の月平均は各月とも松江試験地の方が3.1~5.0℃高く, 飯南試験地では11~4月の6カ月間は5℃以下であった。試験期間中の年平均気温は松江試験地が15.2℃で, 飯南試験地の11.9℃に比べて3.3℃高かった。

2試験地の月降水量(島根県農業気象月報より)から, 上述した各試験期間中の月平均を計算した(図2)。松江試験地では7月, 9月の降水量が多く, いずれも250mmであった。また, 飯南試験地に比べて9月, 11月がいずれも60mm多かった。飯南試験地では7月の380mmが最も多く, 次いで12月の220mmであった。また, 松江試験地に比べて7月は120mm, 12月は90mm多かった。年降水量の試験期間中の平均は松江試験地の1,900mmに比べて飯南試験地では2,120mmと220mm多かった。

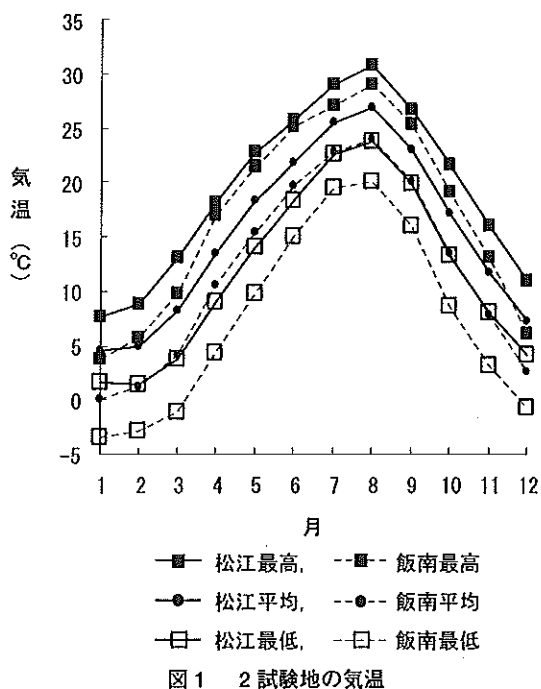


図1 2試験地の気温

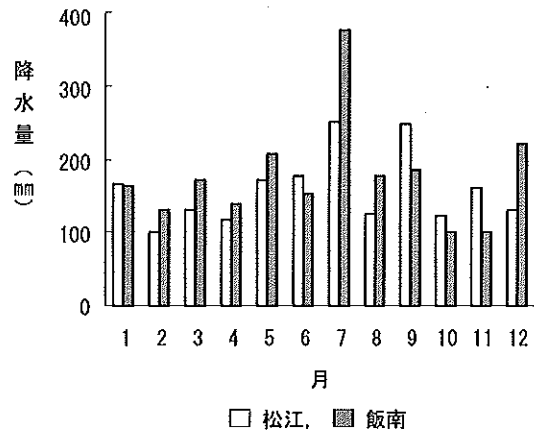


図2 2試験地の降水量

2試験地ともスギ林内にほだ場を設置し, 松江試験地の斜面の向きは東方向で傾斜角度は5°, 飯南試験地の斜面の向きは南西方向で傾斜角度は13°であった。2試験地ともスギの樹高は20~25mで, 間伐と枝打ちによってほだ場内の照度をなるべく均一にした。試験開始当年および翌年の3月, 6月, 9月および12月, 9~16時にほだ場内と林外の照度をデジタル積算照度計で測定して相対照度を算出した結果, 松江試験地は10~25%, 飯南試験地は10~20%であった。

### III 試験方法

植菌前年の11月, 各試験地の近隣広葉樹林でコナラを伐倒し, 葉枯らし乾燥の後, 長さ1mの原木に玉切りした。末口直径10~18cmの原木を選んで, 翌年春の植菌時まで試験地内に棒積みした。

種菌は中低温性6種菌, 低中温性3種菌, 低温性2種菌の計11種菌(駒菌)を供試した。松江試験地では1997~2001年の3月中旬に, 飯南試験地では2002~2005年の4月中旬に植菌した(表1)。植菌間隔は1列に5箇所あるいは4箇所の千鳥植え, 列幅は4~5cm, 植菌孔の深さは3cmとした。植菌後は棒積みにして仮伏せし, 植菌当年の6月に高さ約60cmのよろい伏せにして, 試験終了時までほだ木の組み換えは行わなかった(写真1)。

2試験地とも各植菌年の種菌ごとのほだ木本数は15~17本とした。しかし, 松江試験地では小動物あるいは鳥類によると考えられるほだ木樹皮の剥皮被害, 飯南試験地では積雪によるほだ木の折れ, また2試験地とも風倒木によるほだ木の折れが生じ, これらは随時試験対象か

ら除外した。そのため、子実体発生量調査が終了した時点で各試験区のほだ木本数は松江試験地では10~17本、飯南試験地では12~15本であった(写真2)。

子実体発生量の調査は2試験地とも植菌翌年の10月から開始し、松江試験地ではいずれの植菌年も2003年6月まで、飯南試験地では2002年植菌のほだ木は2006年6月まで、2003~2005年植菌のほだ木は2007年6月まで継続した(表1)。子実体の採取時期は内被膜が破れてひだが確認できた時点とした。採取後の子実体は直ちに生重量を測定し、試験区ごとに採取日、発生個数および重量を記録した(写真3, 4, 5)。

#### IV 試験結果

##### 1. 子実体発生時期

植菌翌年の10月~翌々年の6月までを1年目発生とし、松江試験地では5年目発生まで、飯南試験地では3年目発生までを集計した。種菌別、植菌年別に各調査年の月発生重量をほだ木1,000本当たり発生重量に換算し、発生が開始してからの経過年ごとに平均した(表1)。なお、各種菌の発生経過年ごとの延べほだ木本数は、松江試験地では1年目~5年目発生の順に66~69本、49~54本、39~44本、27~31本および15本、飯南試験地では経過年の順に59本、44本および27~29本であった(表2)。

表1 植菌時期と子実体発生量調査期間

| 植菌年     | 1997年 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 季節      | 春     | 秋    | 春    | 秋    | 春    | 秋    | 春    | 秋    | 春    | 秋    | 春    |
| 植菌      |       | 1年目  | 2    | 3    | 4    | 5    |      |      |      |      |      |
| 植菌      |       |      | 1    | 2    | 3    | 4    |      |      |      |      |      |
| 植菌      |       |      |      | 1    | 2    | 3    |      |      |      |      |      |
| [松江試験地] |       |      |      | 植菌   | 1    | 2    |      |      |      |      |      |
|         |       |      |      |      | 植菌   | 1    |      |      |      |      |      |
| [飯南試験地] |       |      |      |      |      | 植菌   | 1    | 2    | 3    |      |      |
|         |       |      |      |      |      |      | 植菌   | 1    | 2    | 3    |      |
|         |       |      |      |      |      |      |      | 植菌   | 1    | 2    |      |
|         |       |      |      |      |      |      |      |      | 植菌   | 1    |      |

春：春季調査期間(2~6月), 秋：秋季調査期間(10~翌年1月)  
 植菌：松江試験地では3月, 飯南試験地では4月  
 表中の数値は発生開始からの経過年数

表2 発生開始からの経過年別集計における植菌回数とほだ木本数

| 種菌    | 松江試験地           |               |               |               |               | 飯南試験地         |               |               |
|-------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|       | 1年目発生<br>(植菌5回) | 2年目発生<br>(4回) | 3年目発生<br>(3回) | 4年目発生<br>(2回) | 5年目発生<br>(1回) | 1年目発生<br>(4回) | 2年目発生<br>(3回) | 3年目発生<br>(2回) |
| 中低温-1 | 67本             | 52            | 42            | 30            | 15            | 59            | 44            | 27            |
| -2    | 66              | 50            | 40            | 28            | 15            | 59            | 44            | 29            |
| -3    | 67              | 49            | 39            | 27            | 15            | 59            | 44            | 28            |
| -4    | 67              | 52            | 42            | 30            | 15            | 59            | 44            | 29            |
| -5    | 69              | 54            | 44            | 32            | 15            | 59            | 44            | 29            |
| -6    | 66              | 51            | 41            | 29            | 15            | 59            | 44            | 29            |
| 低中温-1 | 66              | 51            | 41            | 29            | 15            | 59            | 44            | 28            |
| -2    | 67              | 52            | 42            | 30            | 15            | 59            | 44            | 29            |
| -3    | 67              | 52            | 42            | 30            | 15            | 59            | 44            | 26            |
| 低温-1  | 66              | 51            | 41            | 29            | 15            | 59            | 44            | 29            |
| -2    | 68              | 53            | 43            | 31            | 15            | 59            | 44            | 28            |

### 1) 中低温-1

中低温-1の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図3に示した。松江試験地では10~5月に発生を認めたが、5月の発生は1年目発生のみであった。1年目発生は3月の100kgが最も多く、次いで12月の80kgで、年に2回の発生ピークを認めた。また、発生ピーク間の1月、2月にもそれぞれ30kg、50kgが発生し、発生重量がこのような推移したのは松江試験地における本種菌のみであった。2年目発生は3月の80kgが最も多く、1月、2月の発生重量は1年目と大きな差はなかった。3年目および4年目発生は各月とも30kg以下で、5年目発生は各月とも発生重量が僅かであった。

飯南試験地では10~6月に発生を認めたが、6月の発生は1年目発生のみであった。1年目発生は4月の90kgが最も多く、次いで11月の50kgで、年に2回の発生ピークを認めた。2年目発生は3月の90kgが最も多く、次いで4月、11月にそれぞれ70kg、40kgが発生し、年に2回の発生ピークを認めた。また、3年目発生は4月の60kgが最も多かった。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生終了時期が遅かった。松江試験地では1年目あるいは2年目発生が10~4月の各月で発生したのに対して、飯南試験地ではいずれの発生年も1月、2月の発生重量が少なく、秋季発生と春季発生が明確に区別できた。春季の発生ピーク時期は松江試験地では2~3月であったが、飯南試験地では3~4月と遅かった。また、発生ピーク時の2年目および3年目発生を比べると、飯南試験地の発生重量は松江試験地の2倍以上であった。

### 2) 中低温-2

中低温-2の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図4に示した。松江試験地では10~5月に発生を認めたが、10月の発生は2年目発生のみであった。1年目発生は3月の90kgが最も多く、11~2月は30~40kgの発生が継続した。2年目発生は2月、3月がいずれも80kgと多く、次いで11月の30kgであった。3年目および4年目発生は各月とも50kg以下で、5年目発生は各月とも僅かであった。

飯南試験地では10~6月に発生を認めたが、6月の発生は1年目発生のみであった。1年目発生は4月の60kgが最も多く、次いで11月の30kgであった。2年目発生は4月の160kgが最も多く、次いで11月、3月にそれぞれ60kg、40kgが発生し、年に2回の発生ピークを認めた。また、4月の発生重量は1年目発生の2倍以上であった。3年目発生は3月の110kgが最も多く、次いで11月および4月の約40kgで、年に2回の発生ピークを認めた。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生終了時期が遅かった。松江試験地では11~4月に発生が継続したのに対して、飯南試験地ではいずれの発生年も12~2月の発生量が少なく、秋季発生と春季発生が明確に区別できた。春季の発生ピーク時期は松江試験地では2~3月であったが、飯南試験地では3~4月と遅かった。また、発生ピーク時の2年目および3年目発生を比べると、飯南試験地の発生重量は松江試験地の2倍以上であった。

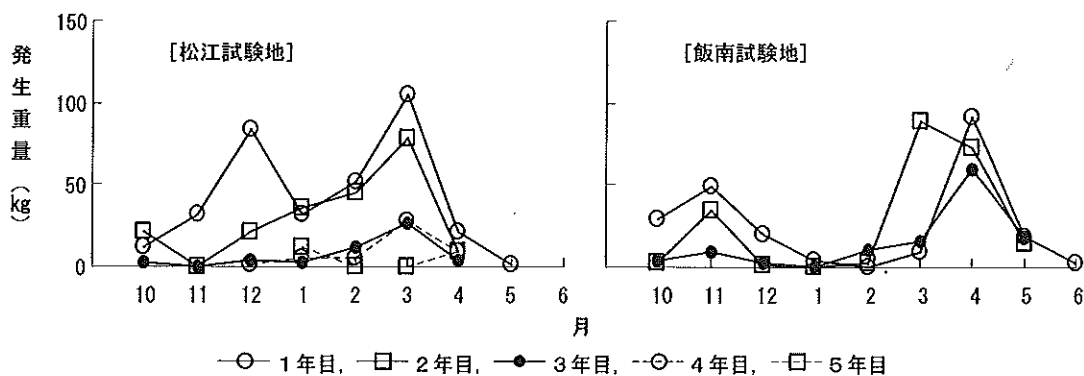


図3 中低温-1の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

### 3) 中低温-3

中低温-3の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図5に示した。松江試験地では10~6月に発生を認めた。なお、松江試験地において6月の発生を認めたのは本種菌のみで、1年目発生は30kg、2年目発生は僅かであった。いずれの発生年も3月の発生重量が最も多く、1年目発生は120kg、2年目発生は140kgと1年目に比べて発生重量が多かった。3年目発生は50kgに減少し、4年目および5年目発生は各月とも30kg以下であった。

飯南試験地では10~6月に発生を認めた。いずれの発生年も4月の発生重量が最も多く、1年目発生は130kg、2年目発生は120kgと大きな差はなく、3年目発生は60kg

と減少した。また、いずれの発生年も4月に次いで3月の発生重量が多く、発生年の順に30kg、60kg、50kgであった。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると、発生時期は同じであり、この結果は本種菌のみで認めた。発生ピーク時期は松江試験地では3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。また、2試験地のいずれの発生年も月発生重量の推移に大きな差は認めなかった。

### 4) 中低温-4

中低温-4の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図6に示した。松江試験地では10~5月に発生を認めたが、10月の発生は4年目発生のみ、5月の発生は2年目発生のみであった。1年目~4年目発生

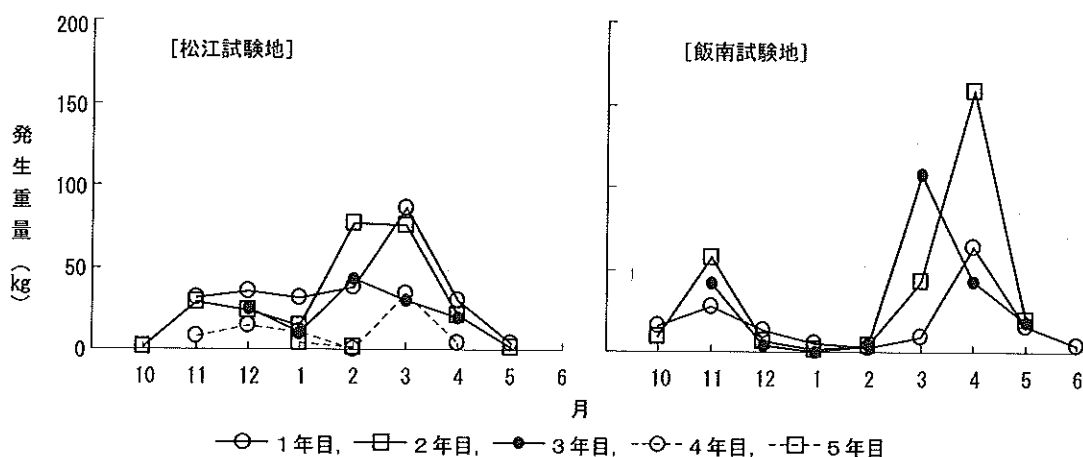


図4 中低温-2の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

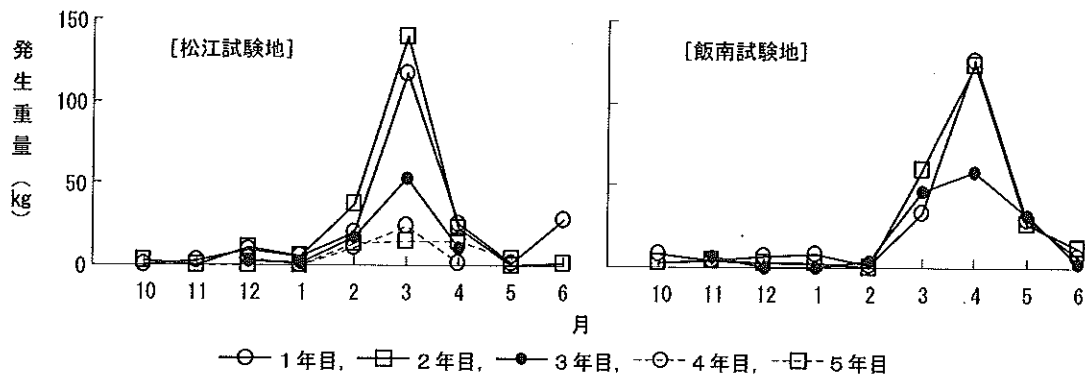


図5 中低温-3の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

は3月の発生重量が最も多く、発生年の順に90kg, 80kg, 60kg, 30kgと減少し、5年目発生は各月とも発生重量が僅かであった。また、1年目および2年目発生は3月に次いで2月の発生重量が多く、いずれも40kgであった。

飯南試験地では10～6月に発生を認めた。いずれの発生年も4月の発生重量が最も多く、1年目発生は80kg, 2年目および3年目発生は110kgと1年目に比べて発生重量が多かった。また、いずれの発生年も4月に次いで3月の発生重量が多く、発生年の順に30kg, 60kg, 40kgであった。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期が早く、発生終了時期が遅かった。発生ピーク時期は松江試験地では3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。2試験地の月発生重量

の推移に大きな差は認めなかったが、発生ピーク時の発生重量を比べると、2年目および3年目発生は飯南試験地の方が多かった。

#### 5) 中低温-5

中低温-5の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図7に示した。松江試験地では11～5月に発生を認めたが、5月の発生は1年目発生のみであった。なお、中低温性6種菌の中でいずれの発生年も10月の発生を認めなかったのは、松江試験地における本種菌のみであった。いずれの発生年も3月の発生重量が最も多く、1年目および2年目発生は70kg, 3年目発生は50kg, 4年目および5年目発生は30kgと減少した。

飯南試験地では10～6月に発生を認めたが、6月の発生は1年目発生のみであった。いずれの発生年も4月の

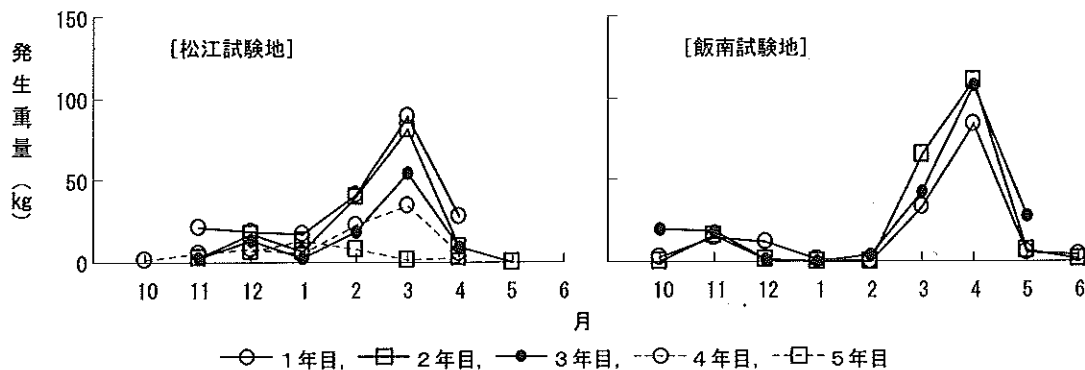


図6 中低温-4の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

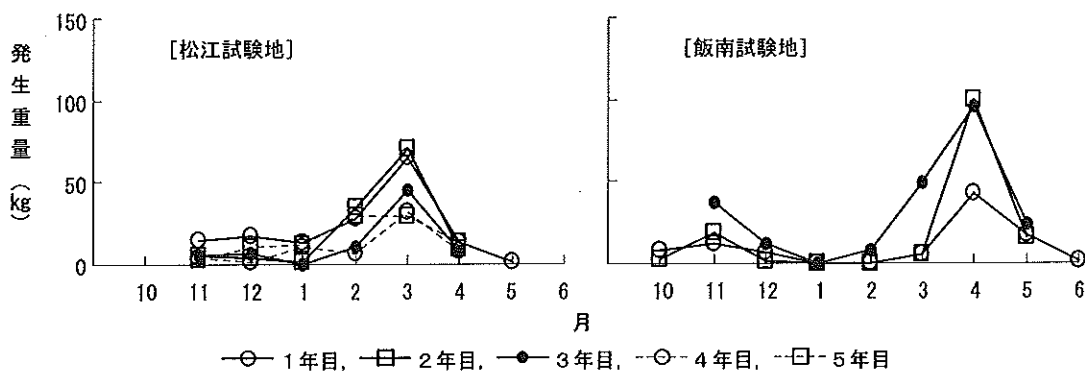


図7 中低温-5の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量



発生重量が最も多く、1年目発生は40kg、2年目および3年目発生は100kgと1年目の2倍以上が発生した。また、3年目発生は3月、11月にそれぞれ50kg、40kgが発生し、年に2回の発生ピークを認めた。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期が早く、発生終了時期が遅かった。発生ピーク時期は松江試験地では3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。発生ピーク時の発生重量を比べると、1年目発生は松江市試験地の方が多く、2年目および3年目発生は飯南試験地の方が多かった。また、飯南試験地では3年目発生の秋季発生重量が比較的多く、松江試験地と異なった。

#### 6) 中低温-6

中低温-6の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図8に示した。松江試験地では10～5月に発生を認めたが、10月の発生は4年目発生のみであった。1年目～4年目発生は3月の発生重量が最も多く、発生年の順に80kg、60kg、50kg、40kgと減少した。また、5年目発生は各月とも発生重量が僅かであった。

飯南試験地では10～6月に発生を認めた。いずれの発生年も4月の発生重量が最も多く、1年目発生は50kg、2年目発生は130kgと1年目の2倍以上が発生し、3年目発生は40kgと減少した。また、いずれの発生年も11月に20～30kgの発生を認めた。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期が早く、発生終了時期が遅かつ

た。発生ピーク時期は松江試験地では3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。また、発生ピーク時の2年目発生を比べると、飯南試験地の発生重量は松江試験地の2倍以上であった。

#### 7) 低中温-1

低中温-1の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図9に示した。松江試験地では11～5月に発生を認めたが、11月および5月の発生は1年目発生のみであった。1年目および2年目発生は3月の110kgが最も多かった。また、1年目発生は3月に次いで2月にも60kgが発生した。3年目発生は2月の50kgが最も多く、4年目および5年目発生は各月とも30kg以下であった。

飯南試験地では10～6月に発生を認めたが、10月および6月の発生は1年目発生のみであった。いずれの発生年も4月の発生重量が最も多く、1年目発生は120kg、2年目発生は110kgと若干少なく、3年目発生は50kgと減少した。2年目発生は4月に次いで3月にも60kgが発生した。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期が早く、発生終了時期が遅かった。発生ピーク時期は松江試験地では2～3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。また、2試験地のいずれの発生年も月発生重量の推移に大きな差は認めなかった。

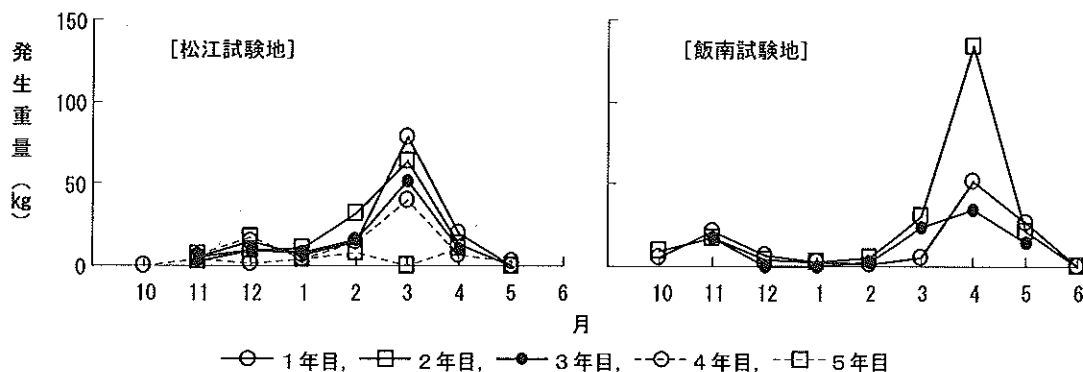


図8. 中低温-6の発生経過年別ほだ木1000本当り月発生重量

8) 低中温-2

低中温-2の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図10に示した。松江試験地では11~5月に発生を認めたが、11月の発生は1年目発生のみであった。1年目~3年目発生は3月の発生重量が最も多く、1年目発生は90kg、2年目発生は130kgと1年目に比べて発生重量が多く、3年目発生は80kgであった。4年目発生は4月の100kg、5年目発生は2月の60kgが最も多かった。

飯南試験地では11~6月に発生を認めたが、6月の発生は1年目発生のみであった。ただし、1年目発生は植菌翌々年の4~6月の3カ月間のみ発生した。なお、植菌翌年の秋季に1年目発生を認めなかったのは、飯南試験地における本種菌のみであった。いずれの発生年も4月

の発生重量が最も多く、発生年の順に20kg、90kg、100kgと増加した。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期が早く、発生終了時期が遅かった。発生ピーク時期は松江試験地では3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。ただし、飯南試験地の1年目発生は顕著な発生ピークがなく、松江試験地と大きく異なった。

9) 低中温-3

低中温-3の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生重量の推移を図11に示した。松江試験地では10~5月に発生を認めたが、10月の発生は3年目発生のみ、5月の発生は1年目発生のみであった。1年目発生は3月の60kgが最も多かった。2年目発生は2月の80kgが最も多

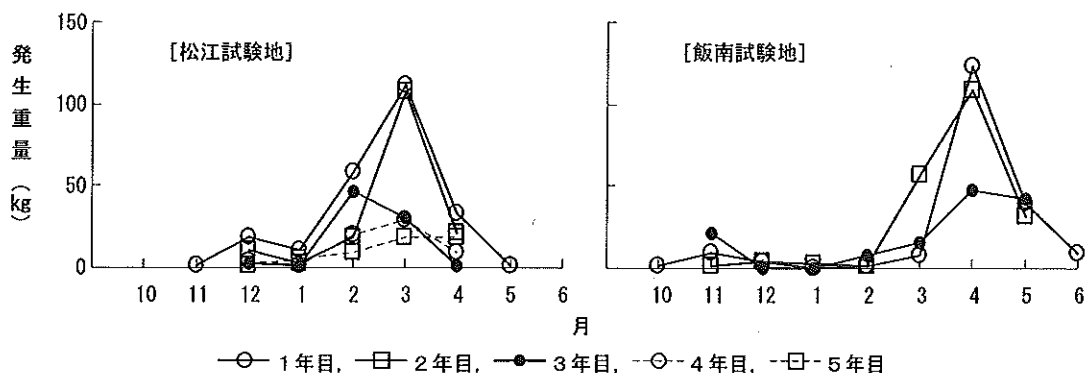


図9 低中温-1の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

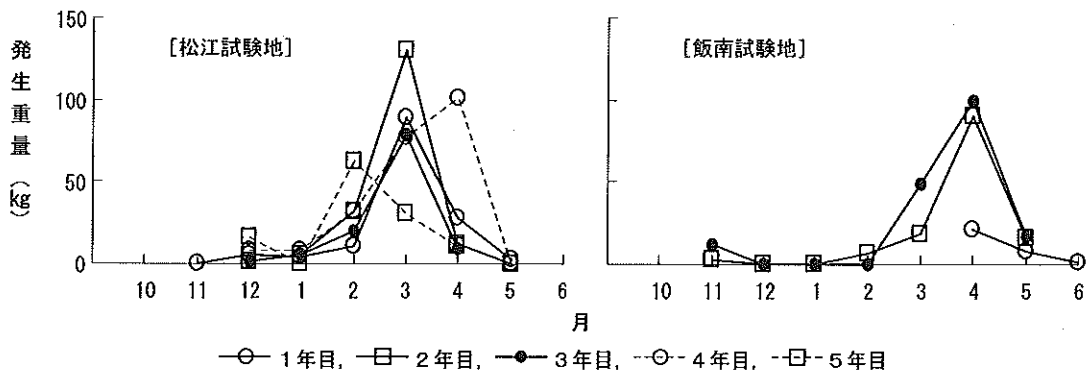


図10 低中温-2の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

かったが、3月にも80kgが発生し、1年目に比べて発生重量が多かった。3年目発生は2月の60kgが最も多く、次いで3月の40kgであった。また、4年目発生は各月とも40kg以下で、5年目発生は各月とも発生重量が僅かであった。

飯南試験地では10～6月に発生を認めたが、6月の発生は1年目発生のみであった。いずれの発生年も4月の発生重量が最も多く、1年目発生は30kg、2年目および3年目発生は40kgと1年目に比べて発生重量が多かった。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生終了時期が遅かった。発生ピーク時期は松江試験地では2～3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。また、発生ピーク時の発生重量を比べると、いずれの発生年も松江試験地の方が多かった。

10) 低温-1

低温-1の発生経過年別、ほだ木1,000本当たり月発生

重量の推移を図12に示した。松江試験地では12～5月に発生を認めたが、5月の発生は1年目発生のみであった。なお、いずれの発生年も10～11月に発生を認めなかったのは松江試験地における本種菌のみで、発生期間は6カ月間と2試験地の供試種菌の中で最も短かった。1年目～4年目発生は3月の発生重量が最も多く、1年目発生は60kg、2年目発生は110kgと1年目に比べて発生重量が多く、3年目発生は70kg、4年目発生は50kgであった。また、5年目発生は2月の80kgが最も多かった。

飯南試験地では10～6月に発生を認めたが、10～11月の発生は3年目発生のみであった。1年目および2年目発生は4月の発生重量が最も多く、それぞれ60kg、110kgで、2年目発生が約2倍多かった。3年目発生は3月の90kgが最も多く、4月にも50kgが発生した。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期が早く、発生終了時期が遅かっ

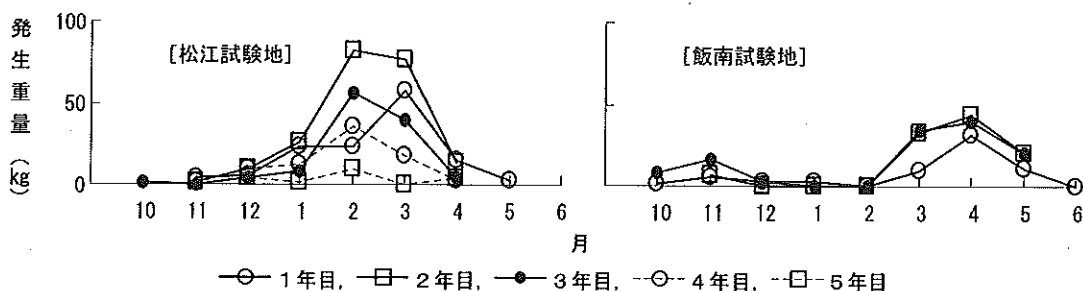


図11 低中温-3の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

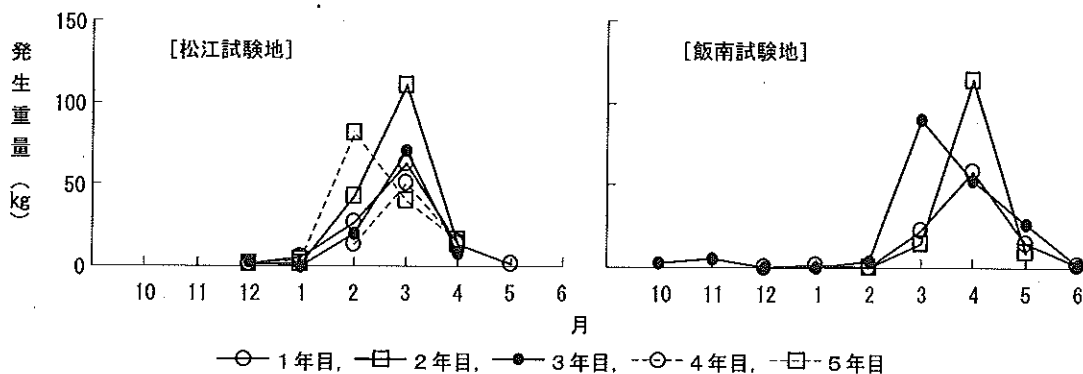


図12 低温-1の発生経過年別ほだ木1000本当たり月発生重量

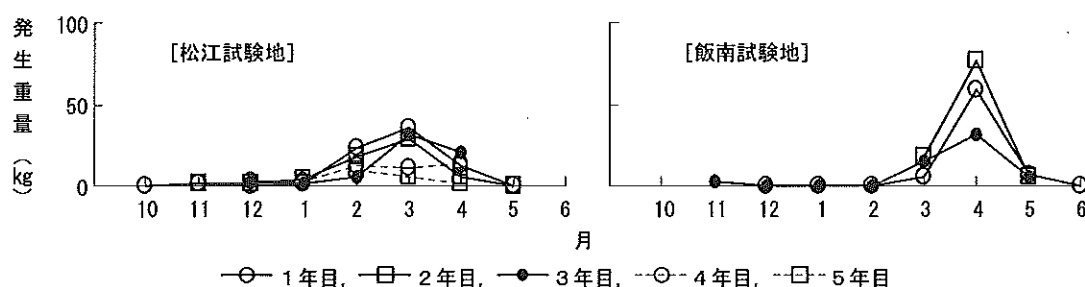


図13 低温-2の発生経過年別ほだ木1000本当り月発生重量

た。なお、松江試験地での発生開始は10月7日、飯南試験地では12月2日（採取記録より）で、約2カ月の差が生じたのは本種菌のみであった。発生ピーク時期は松江試験地では3月であったが、飯南試験地では3～4月と遅かった。また、発生ピーク時の発生重量を比べると、3年目発生は飯南試験地の方が多かった。

#### 11) 低温-2

低温-2の発生経過年別、ほだ木1,000本当り月発生重量の推移を図13に示した。松江試験地では10～5月に発生を認めたが、10月の発生は1年目発生のみであった。1年目～3年目発生は3月の発生重量が最も多く、1年目発生は40kg、2年目および3年目発生は30kgであった。また、4年目および5年目発生は各月とも発生重量が僅かであった。

飯南試験地では11～6月に発生を認めたが、11月の発生は3年目発生のみ、6月の発生は1年目発生のみであった。いずれの発生年も4月の発生重量が最も多く、1年目発生は60kg、2年目発生は80kgと1年目よりも多く、3年目発生は30kgと減少した。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、飯南試験地の方が発生開始時期、発生終了時期とも遅く、発生期間の長さは同じであり、この結果は本種菌のみで認めた。発生ピーク時期は松江試験地では2～3月であったが、飯南試験地では4月と遅かった。また、発生ピーク時の発生重量を比べると、1年目および2年目発生は飯南試験地の方が多かった。

## 2. 子実体発生量の経年変化

上述した月発生重量の結果から、10月～翌年1月を秋季発生、2～6月を春季発生、この合計を年発生として、

発生経過年ごとにほだ木1,000本当り年間および季節別発生重量を集計した。また、松江試験地の1年目～5年目発生および1年目～3年目発生、飯南試験地の1年目～3年目発生の年発生重量の積算割合を計算した。年間および季節別発生個数も発生重量と同じ方法で集計した。また、発生経過年ごとの子実体重量の平均を計算した。

#### 1) 中低温-1

中低温-1の季節別、ほだ木1,000本当り年発生重量の推移および積算割合を図14に示した。松江試験地では1年目発生が340kgと最も多く、次いで2年目発生の210kgで、5年目発生までの積算割合はそれぞれ50%、80%を占めた。3年目および4年目発生は50kg、5年目発生は20kgと減少した。なお、松江試験地での本種菌の1年目発生は、2試験地の供試種菌の中で最も年発生重量が多かった。また、1年目および5年目発生は秋季と春季の発生重量がほぼ同率、2年目発生は春季発生が年発生重量の60%、3年目および4年目発生は春季発生重量が大半を占めた。概して春季発生重量の方が多かったが、1年目は秋季に160kg、2年目は80kgが発生し、2試験地の供試種菌の中で最も秋季発生重量が多かった。

飯南試験地では1年目発生は220kg、2年目発生は210kgと若干減少し、3年目発生は120kgと減少した。また、1年目発生は秋季と春季の発生重量がほぼ同率、2年目および3年目発生は春季発生が年発生重量の大半を占めた。概して春季発生重量の方が多かったが、1年目は秋季に100kgが発生し、飯南試験地の供試種菌の中で最も秋季発生重量が多かった。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、松江試験地では発生年の経過とともに発生重量が減少したのに

対して、飯南試験地では1年目と2年目の発生重量に大きな差はなかった。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が60%、2年目が90%で、飯南試験地の40%、80%に比べて高かった。

中低温-1の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図15に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は、発生重量の結果(図14)と比較して大きな差を認めなかった。子実体重量は松江試験地での1年目~5年目発生の推移をみると、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めなかった。なお、5年目発生の27.7gが最も大きく、2年目

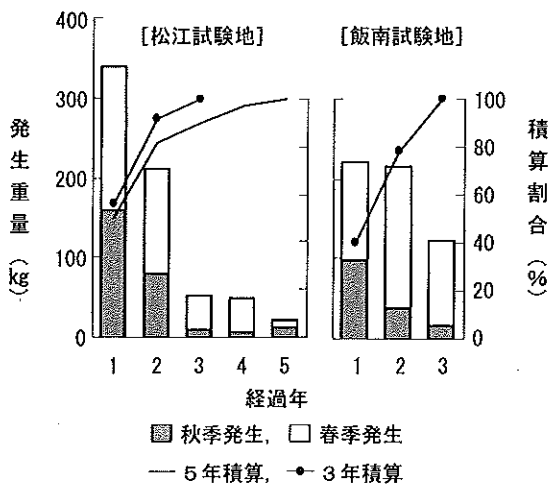


図14 中低温-1の季節別ほだ木1000本当り年発生重量の推移と積算重量割合

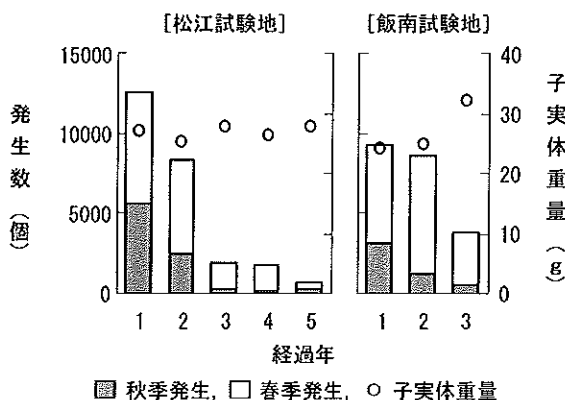


図15 中低温-1の季節別ほだ木1000本当り年発生個数と子実体1個当り重量の推移

発生の25.2gが最も小さかった。飯南試験地では1年目および2年目発生はそれぞれ24.0g、24.8gと大きな差はなかったが、3年目発生は31.9gと増加した。

## 2) 中低温-2

中低温-2の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図16に示した。松江試験地では1年目発生が260kgと最も多く、次いで2年目発生の240kgで、5年目発生までの積算割合はそれぞれ40%、70%を占めた。3年目~5年目発生は発生年の順に130kg、70kg、10kgと減少した。4年目発生は秋季と春季の発生重量がほぼ同率、1年目~3年目発生は春季発生が年発生重量の60~70%を占めた。既して春季発生重量が多かったが、1年目は秋季に100kgが発生した。

飯南試験地では1年目発生は150kgと最も少なく、2年目発生は300kgと最も多く、3年目発生は220kgであった。なお、飯南試験地での供試種菌の中で年発生重量が最も多かったのは、本種菌の2年目発生であった。1年目発生は春季発生が年発生重量の60%、2年目および3年目発生は春季発生重量が大半を占めた。既して春季発生重量の方が多かったが、2年目は秋季に70kgが発生した。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると、松江試験地では1年目と2年目の発生重量に大きな差がなかったのに対し、飯南試験地では1年目に比べて2年目の発生重量が多かった。3年目発生までの積算割合は松江試験地での1年目が40%、2年目が80%で、飯南試験地の20%、70%に比べて高かった。

中低温-2の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図17に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は、発生重量の結果(図16)と比較して大きな差を認めなかったが、松江試験地での2年目の発生個数が1年目に比べて若干多い点が異なった。子実体重量は松江試験地では4年目発生が32.9gと最も大きかったが、1年目~3年目発生および5年目発生の推移をみると1年目発生の29.7gから最も小さかった5年目発生の20.1gまで、発生年の経過とともに減少する傾向を認めた。飯南試験地では1年目発生の26.0gから3年目発生の24.7gまで少しずつ減少した。

## 3) 中低温-3

中低温-3の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重

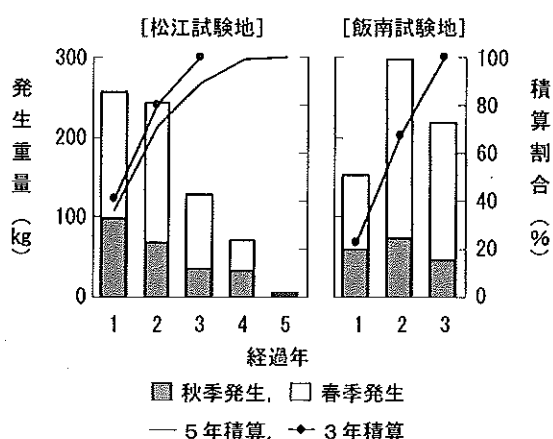


図16 中低温-2の季節別ほだ木1000本当り年発生重量の推移と積算重量割合

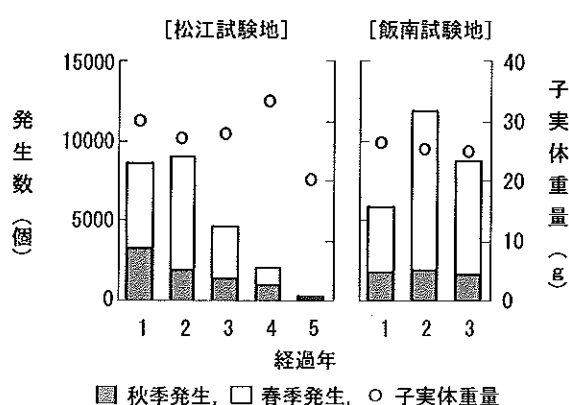


図17 中低温-2の季節別ほだ木1000本当り年発生個数と子実体1個当り重量の推移

量の推移および積算割合を図18に示した。松江試験地では1年目発生は210kg、2年目発生は220kgと1年目と比べて若干増加し、5年目発生までの積算割合はそれぞれ40%、70%を占めた。3年目発生は80kg、4年目および5年目発生は40kgと減少した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

飯南試験地では1年目発生は220kg、2年目発生は230kgと1年目と比べて若干増加し、3年目発生は150kgと減少した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが、1年目は秋季に30kgが発生した。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、2試験地とも1年目に比べて2年目の発生重量が若干増加し、3年目発生は減少し、年発生重量の推移は類似した。3年目発生までの積算割合は2試験地とも1年目が40%、2年目が80%と大きな差はなかった。

中低温-3の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図19に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は、発生重量の結果(図18)と比較して大きな差を認めなかった。子実体重量は松江試験地では1年目発生が34.2gと最も大きく、2年目発生は25.1gと減少し、3年目、4年目発生はそれ

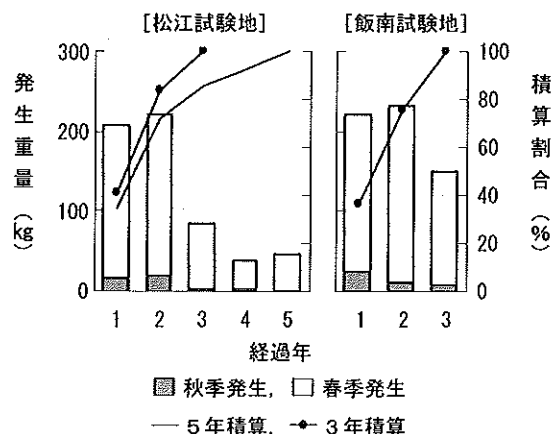


図18 中低温-3の季節別ほだ木1000本当り年発生重量の推移と積算重量割合

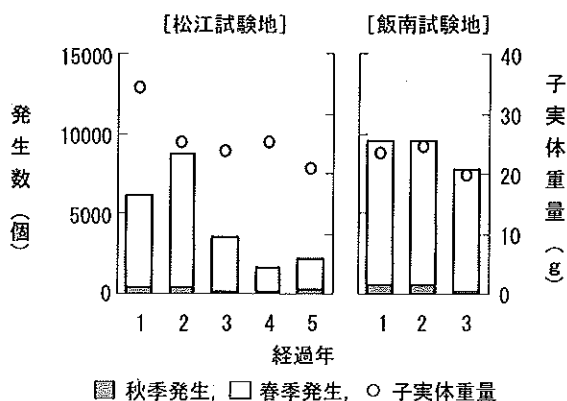


図19 中低温-3の季節別ほだ木1000本当り年発生個数と子実体1個当り重量の推移

ぞれ23.5g, 24.9gで2年目発生と大きな差はなく, 5年目発生は20.8gと減少した。飯南試験地では1年目, 2年目発生はそれぞれ23.4g, 24.2gと大きな差はなく, 3年目発生は19.6gと減少した。

#### 4) 中低温-4

中低温-4の季節別, ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図20に示した。松江試験地では1年目発生が220kgと最も多く, 最も少なかった5年目発生は30kgまで少しずつ減少した。また, 1年目~4年目発生は春季発生が年発生重量の大半を占めたが, 5年目発生は秋季発生が60%を占めた。既して春季発生重量の

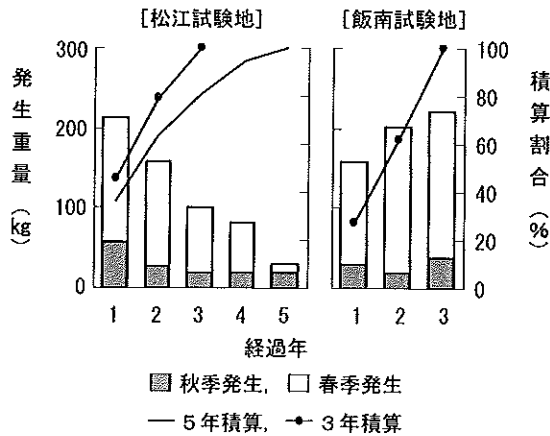


図20 中低温-4の季節別ほだ木1000本当たり年発生重量の推移と積算重量割合

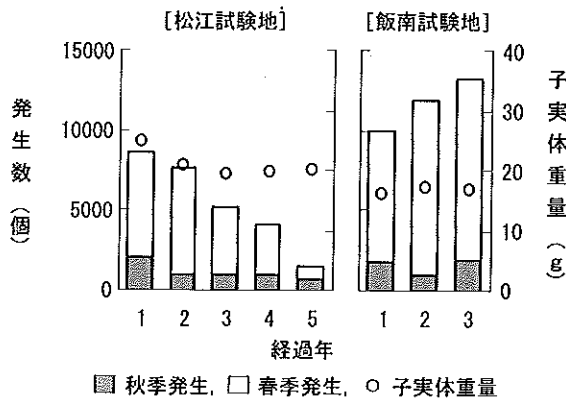


図21 中低温-4の季節別ほだ木1000本当たり年発生個数と子実体1個当たり重量の推移

方が多かったが, 1年目は秋季に60kgが発生した。

飯南試験地では発生年の順に160kg, 200kg, 220kgと増加した。また, いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが, 3年目は秋季に40kgが発生した。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると, 松江試験地では発生年の経過とともに発生重量が減少したのに対して, 飯南試験地では発生重量が増加した。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が50%, 2年目が80%で, 飯南試験地の30%, 60%に比べて高かった。

中低温-4の季節別, ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図21に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は発生重量の結果(図20)と比較して大きな差を認めなかった。子実体重量は松江試験地では1年目発生が24.8gが最も大きく, 2年目~5年目発生は経年変化が小さかった。なお, 3年目発生は19.3gが最も小さかった。飯南試験地では2年目発生は17.0gが最も大きく, 1年目発生は15.9gが最も小さく, その差は1.1gと経年変化は小さかった。

#### 5) 中低温-5

中低温-5の季節別, ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図22に示した。松江試験地では1年目発生が150kgと最も多く, 最も少なかった4年目発生は60kgまで少しずつ減少し, 5年目発生は100kgと増加した。中低温性6種菌の中では発生重量の経年変化が比較的少なく, 5年発生までの積算割合は発生年の順に30%, 50%, 70%, 80%, 100%と直線的に増加した。また, 1年目発生は春季発生が年発生重量の60%, 2年目~5年目発生は春季発生重量が大半を占めた。既して春季発生重量の方が多かったが, 1年目は秋季に50kgが発生した。

飯南試験地では発生年の順に90kg, 140kg, 230kgと増加した。また, いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが, 3年目発生は秋季に50kgが発生した。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると, 松江試験地では発生年の経過とともに発生重量が減少したのに対して, 飯南試験地では発生重量が増加した。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が40%, 2年目が80%で, 飯南試験地の20%, 50%に比べて高かった。

中低温-5の季節別, ほだ木1,000本当たり年発生個数

および子実体重量の推移を図23に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は発生重量の結果(図22)と比較して大きな差を認めなかった。子実体重量は松江試験地での1年目～5年目発生をみると、発生年の経過とともに減少する傾向を認めた。なお、1年目発生は28.1gが最も大きく、4年目発生は20.9gが最も小さかった。飯南試験地では1年目発生は24.8gが最も大きく、2年目、3年目発生はそれぞれ19.8g、19.6gと1年目発生に比べて減少した。

6) 中低温-6

中低温-6の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量

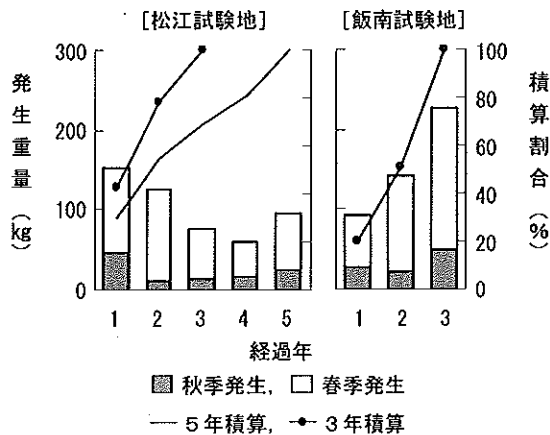


図22 中低温-5の季節別ほだ木1000本当たり年発生重量の推移と積算重量割合

の推移および積算割合を図24に示した。松江試験地では1年目発生が140kgと最も多く、最も少なかった5年目発生は50kgまで少しずつ減少した。また、1年目～4年目発生は春季発生が年発生重量の大半を占めたが、5年目発生は秋季発生が60%を占め、30kgが発生した。

飯南試験地では1年目発生は120kg、2年目発生は220kgと最も多く、3年目発生は90kgであった。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが、1年目および2年目は秋季に30kgが発生した。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、松江試験地では発生年の経過とともに発生重量が減少したのに

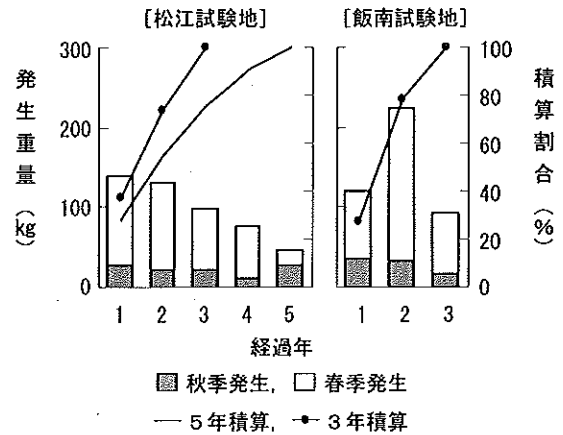


図24 中低温-6の季節別ほだ木1000本当たり年発生重量の推移と積算重量割合

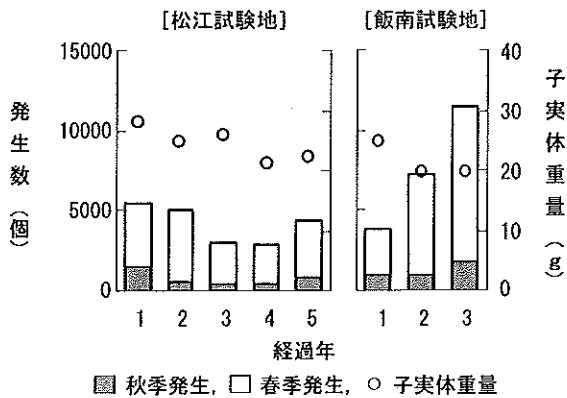


図23 中低温-5の季節別ほだ木1000本当たり年発生個数と子実体1個当たり重量の推移

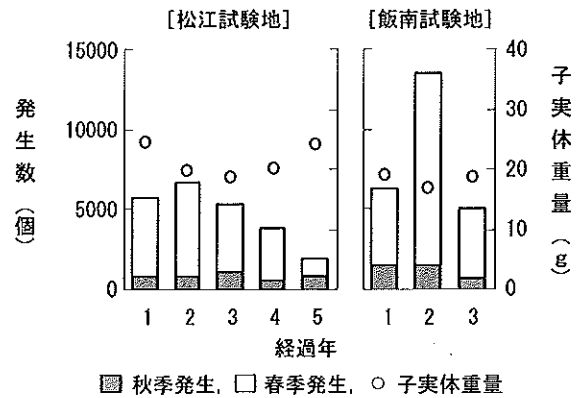


図25 中低温-6の季節別ほだ木1000本当たり年発生個数と子実体1個当たり重量の推移



対して、飯南試験地では1年目に比べて2年目の発生重量が多かった。3年目発生までの積算割合は松江試験地での2年目が70%で、飯南試験地の80%に比べて低かった。

中低温-6の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図25に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は発生重量の結果(図24)と比較して大きな差を認めなかったが、松江試験地での2年目の発生個数が1年目に比べて若干多い点があった。子実体重量は松江試験地では1年目発生24.5gが最も大きく、最も小さかった3年目発生18.4gまで減少し、3年目から5年目発生は23.9gまで増加した。飯南試験地では発生年の順に19.0g, 16.6g, 18.7gで、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めなかった。

#### 7) 低中温-1

低中温-1の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図26に示した。松江試験地では1年目発生が230kgと最も多く、次いで2年目発生160kgで、5年目発生までの積算割合はそれぞれ40%、70%を占めた。3年目~5年目発生はそれぞれ80kg、60kg、50kgと減少した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが、1年目は秋季に30kgが発生した。

飯南試験地では1年目発生は200kg、2年目発生は210kgと1年目に比べて若干増加し、3年目発生は140kgと減少した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると、松江試験地では発生年の経過とともに発生重量が減少したのに対して、飯南試験地では1年目より2年目の発生重量が若干増加した。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が50%、2年目が80%で、飯南試験地の40%、70%に比べて高かった。

低中温-1の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図27に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は、発生重量の結果(図26)と比較して大きな差を認めなかった。子実体重量は松江試験地での1年目~5年目発生をみると、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めな

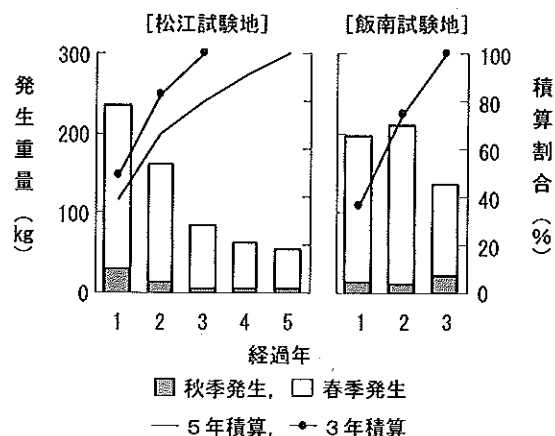


図26 低中温-1の季節別ほだ木1000本当たり年発生重量の推移と積算重量割合

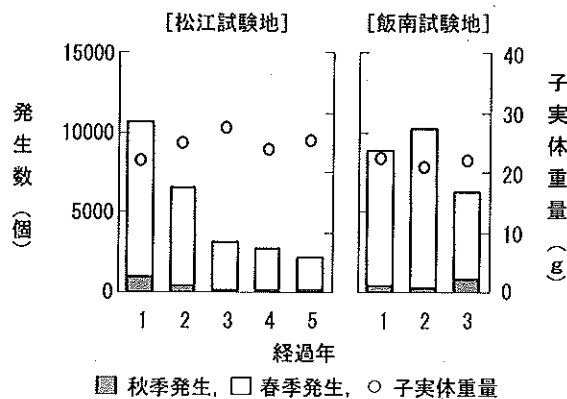


図27低中温-1の季節別ほだ木1000本当たり年発生個数と子実体1個当たり重量の推移

かった。なお、3年目発生27.1gが最も大きく、1年目発生22.0gが最も小さかった。飯南試験地では発生年の順に22.2g, 20.6g, 22.0gで、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めなかった。

#### 8) 低中温-2

低中温-2の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図28に示した。松江試験地では1年目発生は140kg、2年目発生は180kgと最も多く、3年目~5年目発生は110~130kgの発生が継続した。発生重量の経年変化は供試種菌の中で最も少なく、5年発生までの積算割合は20%、50%、60%、80%、100%と直線

的に増加した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

飯南試験地では発生年の順に20kg, 140kg, 180kgと増加した。なお、1年目の発生重量は試験区の中で最も少なかった。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、松江試験地では2年目の発生重量が最も多かったのに対して、飯南試験地では発生年の経過とともに発生重量が増加した。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が40%、2年目が80%で、飯南試験地の20%、50%に比

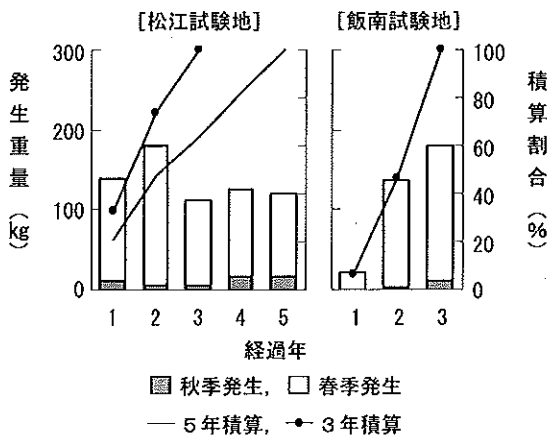


図28 低中温-2の季節別ほだ木1000本当り年発生重量の推移と積算重量割合

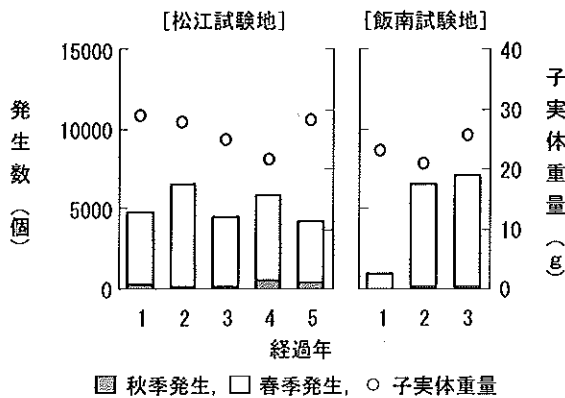


図29 中低温-2の季節別ほだ木1000本当り年発生個数と子実体1個当り重量の推移

べて高かった。

低中温-2の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図29に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は、発生重量の結果(図28)と比較して大きな差を認めなかったが、松江試験地での4年目の発生個数が1年目に比べて多い点が異なった。子実体重量は松江試験地では1年目発生28.9gが最も大きく、最も小さかった4年目発生21.5gまで減少し、5年目発生は28.0gと増加した。飯南試験地では発生年の順に22.8g, 20.7g, 25.3gで、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めなかった。

### 9) 低中温-3

低中温-3の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図30に示した。松江試験地では1年目発生は130kg、2年目発生は210kgと最も多く、3年目～5年目発生はそれぞれ120kg, 80kg, 20kgと減少した。いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが、2年目は秋季に40kgが発生した。

飯南試験地では1年目発生は70kg、2年目および3年目発生は100kgと1年目に比べて増加した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めたが、3年目は秋季に30kgが発生した。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、松江試験地では2年目の発生重量が最も多かったのに対して、飯南試験地では2年目および3年目の発生重量に大きな差はなかった。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が30%、2年目が70%で、飯南試験地の20%、60%に比べて高かった。

低中温-3の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図31に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は、発生重量の結果(図30)と比較して大きな差を認めなかったが、松江試験地での3年目の発生個数が1年目に比べて多く、飯南試験地での3年目の発生個数が2年目に比べて多い点が異なった。子実体重量は松江試験地では1年目発生25.4gが最も大きく、最も小さかった3年目発生14.8gまで減少し、3年目から5年目発生は19.9gまで増加した。飯南試験地では発生年の順に20.0g, 21.6g, 19.8gで、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めなかった。

10) 低温-1

低温-1の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量の推移および積算割合を図32に示した。松江試験地では1年目発生は110kg, 2年目発生は170kgと最も多く, 3年目, 4年目発生はそれぞれ100kg, 80kgと減少し, 5年目発生は140kgと増加した。他の種菌と比較して発生重量の経年変化が少なく, 5年発生までの積算割合は20%, 50%, 60%, 80%, 100%と直線的に増加した。また, いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

飯南試験地では発生年の順に100kg, 140kg, 180kgと

増加した。また, いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

2試験地の1年目~3年目発生を比較すると, 松江試験地では2年目の発生重量が最も多かったのに対して, 飯南試験地では発生年の経過とともに発生重量が増加した。3年目発生までの積算割合は松江試験地では1年目が30%, 2年目が70%で, 飯南試験地の20%, 60%に比べて高かった。

低温-1の季節別, ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図33に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は発生重量の結果

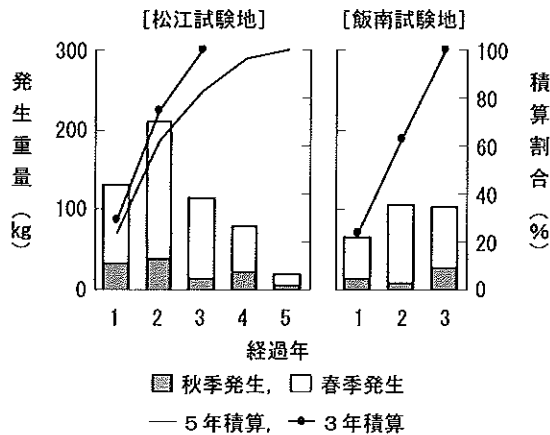


図30 低中温-3の季節別ほだ木1000本当り年発生重量の推移と積算重量割合

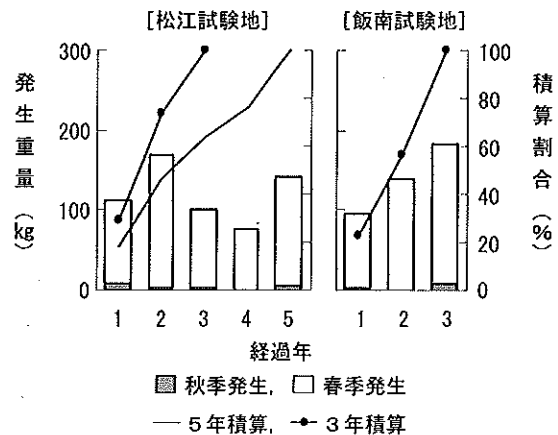


図32 低温-1の季節別ほだ木1000本当り年発生重量の推移と積算重量割合

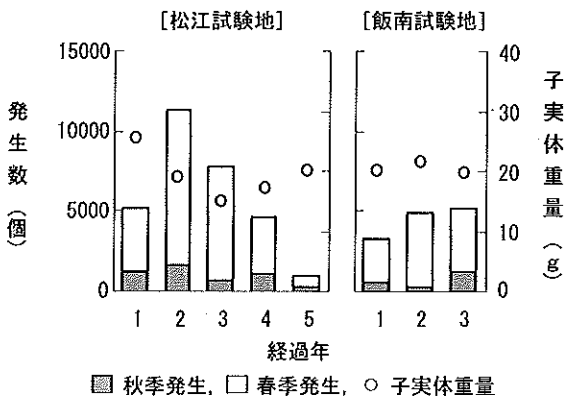


図31 低中温-3の季節別ほだ木1000本当り年発生個数と子実体1個当り重量の推移

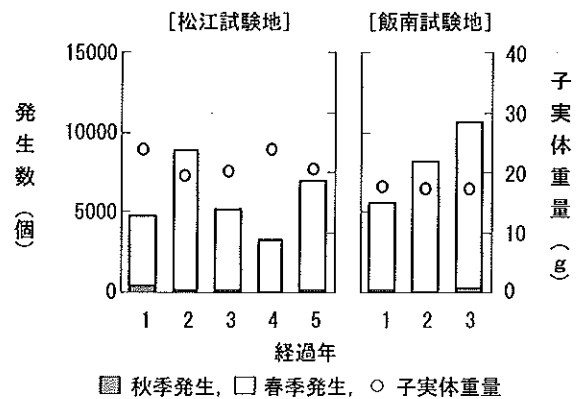


図33 低温-1の季節別ほだ木1000本当り年発生個数と子実体1個当り重量の推移

(図32)と比較して大きな差を認めなかったが、松江試験地での3年目の発生個数が1年目に比べて多い点異なつた。子実体重量は松江試験地での1年目～5年目発生量の推移をみると、発生年の経過に伴う増加あるいは減少傾向は認めなかった。なお、1年目発生量の23.7gが最も大きく、2年目発生量の19.2gが最も小さかった。飯南試験地では1年目発生量の17.4gが最も大きく、2年目および3年目発生量はいずれも17.1gで、その差は0.3gと経年変化は小さかった。

### 11) 低温-2

低温-2の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量

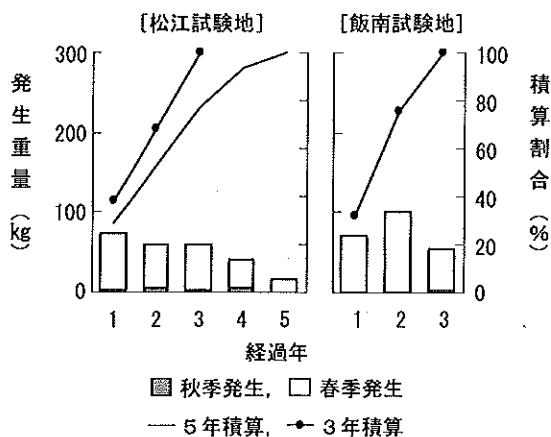


図34 低温-2の季節別ほだ木1000本当たり年発生重量の推移と積算重量割合

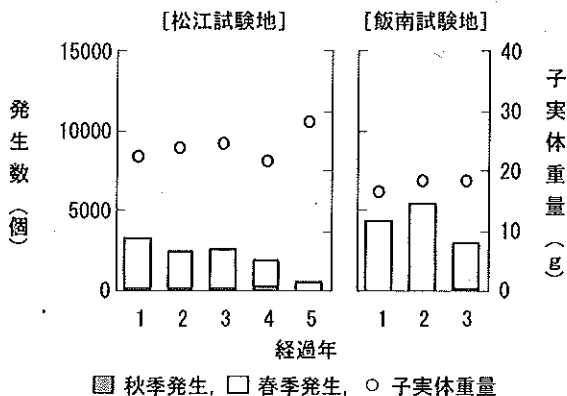


図35 低温-2の季節別ほだ木1000本当たり年発生個数と子実体1個当たり重量の推移

の推移および積算割合を図34に示した。松江試験地では1年目発生量の70kgから5年目発生量の20kgまで少ずつ減少した。他の種菌と比較して発生重量の経年変化が少なく、5年発生までの積算割合は30%、50%、80%、90%、100%と直線的に増加した。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の大半を占めた。

飯南試験地では1年目発生量は70kg、2年目発生量は100kgと最も多く、3年目発生量は60kgであった。また、いずれの発生年とも春季発生が年発生重量の重量の大半を占めた。

2試験地の1年目～3年目発生を比較すると、松江試験地では発生年ごとの経年変化が小さかったのに対して、飯南試験地では2年目の発生重量が多かった。3年目発生までの積算割合は松江試験地では2年目が70%で、飯南試験地の80%に比べて低かった。

低温-2の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数および子実体重量の推移を図35に示した。年発生個数の推移および秋季と春季の発生個数割合は発生重量の結果(図34)と比較して大きな差を認めなかった。子実体重量は、松江試験地では4年目発生量が21.6gと最も小さかったが、1年目～3年目発生および5年目発生量の推移をみると、1年目発生量の22.2gから最も大きかった5年目発生量の27.9gまで、発生年の経過とともに増加する傾向を認めた。飯南試験地では1年目発生量は16.4gと最も小さく、2年目、3年目発生量はそれぞれ18.3g、18.1gと1年目発生に比べて増加した。

### 3. 子実体発生量

上述した発生経過年ごとの子実体発生重量および発生個数の結果から、松江試験地では1年目～5年目発生および1年目～3年目発生、飯南試験地では1年目～3年目発生量の総発生量を集計し、ほだ木1,000本当たり年発生量に換算した。また、集計期間の子実体重量の平均を計算した。

#### 1) 発生重量

2試験地の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生重量を表3に示した。松江試験地での1年目～5年目発生についてみると、中低温性6種菌の中で最も発生重量が多かったのは中低温-2の約140kg、最も少なかったのは中低温-6の約100kgで、それぞれ11種菌中では1番目

と10番目であった。低中温性3種菌の中で最も発生重量が多かったのは低中温-2の約140kg、最も少なかったのは低中温-3の約110kgで、それぞれ11種菌中では2番目と8番目であった。低温性2種菌の発生重量は低温-1が約120kg、低温-2は約50kgで、それぞれ11種菌中では4番目と11番目であった。低温-2の年発生重量は他の種菌に比べて少なかったものの、他の10種菌を比

較すると中低温性、低中温性および低温性の区分間に大きな差を認めなかった。

いずれの種菌も秋季に比べて春季の発生重量が多かったが、秋季発生が比較的多かったのは中低温-1、-2でそれぞれ年発生重量の39%、34%を占めた。中低温-4、-5、-6および低中温-3は約20~25%、その他の種菌は10%以下であった。中低温-3の秋季発生割合

表3 ほだ木1000本当たり年子実体発生重量

| 種菌    | 松江試験地   |          |         |          | 飯南試験地   |          |         |
|-------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
|       | 1~5年目発生 |          | 1~3年目発生 |          | 1~3年目発生 |          |         |
| 中低温-1 | 年発生量    | 133.8 kg | ③       | 200.2 kg | ②       | 186.1 kg | ④       |
|       | 秋季      | 52.5     | (39.2%) | 81.5     | (40.7%) | 51.0     | (27.4%) |
|       | 春季      | 81.3     | (60.8)  | 118.7    | (59.3)  | 135.2    | (72.6)  |
| -2    | 年発生量    | 140.1    | ①       | 208.5    | ①       | 223.3    | ①       |
|       | 秋季      | 47.6     | (34.0)  | 67.1     | (32.2)  | 60.1     | (26.9)  |
|       | 春季      | 92.5     | (66.0)  | 141.4    | (67.8)  | 163.1    | (73.1)  |
| -3    | 年発生量    | 119.7    | ⑤       | 171.0    | ③       | 202.0    | ②       |
|       | 秋季      | 8.9      | (7.4)   | 13.4     | (7.8)   | 14.5     | (7.2)   |
|       | 春季      | 100.8    | (92.6)  | 157.6    | (92.2)  | 187.4    | (92.8)  |
| -4    | 年発生量    | 117.0    | ⑦       | 157.5    | ⑤       | 193.9    | ③       |
|       | 秋季      | 28.3     | (24.2)  | 34.2     | (21.7)  | 29.4     | (15.2)  |
|       | 春季      | 88.7     | (75.8)  | 123.3    | (78.3)  | 164.5    | (84.8)  |
| -5    | 年発生量    | 102.2    | ⑨       | 118.1    | ⑩       | 153.6    | ⑥       |
|       | 秋季      | 21.8     | (21.4)  | 23.1     | (19.6)  | 32.5     | (21.2)  |
|       | 春季      | 80.4     | (78.6)  | 95.0     | (80.4)  | 121.1    | (78.8)  |
| -6    | 年発生量    | 98.5     | ⑩       | 123.2    | ⑨       | 146.0    | ⑦       |
|       | 秋季      | 22.0     | (22.4)  | 23.5     | (19.1)  | 28.4     | (19.5)  |
|       | 春季      | 76.4     | (77.6)  | 99.7     | (80.9)  | 117.6    | (80.5)  |
| 低中温-1 | 年発生量    | 118.9    | ⑥       | 159.1    | ④       | 181.1    | ⑤       |
|       | 秋季      | 11.9     | (10.0)  | 15.9     | (10.0)  | 15.3     | (8.4)   |
|       | 春季      | 107.0    | (90.0)  | 143.2    | (90.0)  | 165.9    | (91.6)  |
| -2    | 年発生量    | 135.2    | ②       | 143.9    | ⑦       | 112.0    | ⑨       |
|       | 秋季      | 10.9     | (8.0)   | 7.4      | (5.2)   | 5.1      | (4.9)   |
|       | 春季      | 124.4    | (92.0)  | 136.5    | (94.8)  | 106.9    | (95.4)  |
| -3    | 年発生量    | 111.4    | ⑧       | 152.9    | ⑥       | 91.9     | ⑩       |
|       | 秋季      | 23.0     | (20.6)  | 28.6     | (18.7)  | 15.8     | (17.2)  |
|       | 春季      | 88.4     | (79.4)  | 124.2    | (81.3)  | 76.1     | (82.8)  |
| 低温-1  | 年発生量    | 120.7    | ④       | 127.8    | ⑧       | 139.2    | ③       |
|       | 秋季      | 3.9      | (3.3)   | 4.7      | (3.6)   | 3.2      | (2.3)   |
|       | 春季      | 116.8    | (96.7)  | 121.3    | (96.4)  | 136.0    | (97.7)  |
| -2    | 年発生量    | 50.5     | ⑩       | 64.9     | ⑩       | 75.7     | ⑩       |
|       | 秋季      | 3.3      | (6.5)   | 4.0      | (6.1)   | 0.8      | (1.0)   |
|       | 春季      | 47.2     | (93.5)  | 60.9     | (93.9)  | 74.9     | (99.0)  |

丸数字は11種菌中の順位

カッコ内の数値は年発生重量に対する秋季および春季発生重量の割合

は7%と低かったものの、概して中低温性、低中温性、低温性の順に秋季発生の割合が高い傾向にあった。

飯南試験地では中低温性6種菌の中で最も発生重量が多かったのは中低温-2の約220kg、最も少なかったのは中低温-6の約150kgで、それぞれ11種菌中では1番目と7番目であった。低中温性3種菌の中で最も発生重量が多かったのは低中温-1の約180kg、最も少なかったのは低中温-3の約90kgで、それぞれ11種菌中では5番目と10番目であった。低温性2種菌の発生重量は低温-1が約140kg、低温-2は約80kgで、それぞれ11種菌中では8番目と11番目であった。中低温性6種菌の年発生重量は11種菌中の上位7番目までを占め、低中温性および低温性の種菌に比べて発生重量が多い傾向にあった。なお、11種菌中で上位3番目までは中低温-2、-3、-4で、この3種菌は後で述べる発生個数においても上位3番目までを占めた(表4)。また、松江試験地の1年目~3年目発生に比べて飯南試験地の発生重量が多かったのは8種菌、松江試験地の方が多かったのは中低温-1、低中温-2、-3の3種菌であった。

いずれの種菌も秋季に比べて春季の発生重量が多かったが、秋季発生が比較的多かったのは中低温-1、-2でいずれも年発生重量の27%を占めた。中低温-5は約20%、中低温-4、-6および低中温-3は15~20%、その他の種菌は10%以下であった。中低温-3の秋季発生割合は7%と低かったものの、概して中低温性、低中温性、低温性の順に秋季発生の割合が高い傾向にあった。また、松江試験地の1年目~3年目発生に比べて飯南試験地の春季発生割合が高かったのは9種菌、松江試験地の方が高かったのは中低温-5、-6であった。

## 2) 発生個数

2試験地の季節別、ほだ木1,000本当たり年発生個数を表4に示した。松江試験地での1年目~5年目発生についてみると、中低温性6種菌の中で最も発生個数が多かったのは中低温-4の5,340個、最も少なかったのは中低温-5の4,130個で、それぞれ11種菌中では3番目と10番目であった。低中温性3種菌の中で最も発生個数が多かったのは低中温-3の5,980個、最も少なかったのは低中温-1の5,000個で、それぞれ11種菌中では1番目と6番目であった。低温性2種菌の発生個数は低温-1が5,790個、低温-2は2,170個で、それぞれ11種菌中では2

番目と11番目であった。低温-2の年発生個数は他の種菌に比べて少なかったものの、他の10種菌を比較すると低中温性および低温性の5種菌は11種菌中の上位6番目までを占め、中低温性の種菌に比べて発生個数が多い傾向にあった。いずれの種菌とも秋季に比べて春季の発生個数が多く、種菌ごとの発生割合は発生重量の結果(表3)と同様であった。

飯南試験地では中低温性6種菌の中で最も発生個数が多かったのは中低温-4の11,670個、最も少なかったのは中低温-1の7,240個で、それぞれ11種菌中では1番目と8番目であった。低中温性3種菌の中で最も発生個数が多かったのは低中温-1の8,430個、最も少なかったのは低中温-3の4,480個で、それぞれ11種菌中では4番目と10番目であった。低温性2種菌の発生個数は低温-1が約8,110個、低温-2は4,290個で、それぞれ11種菌中では6番目と11番目であった。低中温性および低温性の5種菌についてみると、11種菌中4番目の低中温-1および6番目の低温-1の他は比較的発生個数が少なく、概して中低温性種菌の発生個数が多い傾向にあった。なお、11種菌中で上位3番目までは中低温-2、-3、-4で、この3種菌は発生重量においても上位3番目までを占めた(表3)。また、松江試験地の1年目~3年目発生に比べて飯南試験地の発生個数が多かったのは8種菌、松江試験地の方が多かったのは中低温-1、低中温-2、-3の3種菌で、発生重量の結果(表3)と同じであった。

いずれの種菌とも秋季に比べて春季の発生個数が多く、種菌ごとの発生割合は発生重量の結果(表3)と同様であった。また、松江試験地の1年目~3年目発生に比べて飯南試験地の春季発生割合が高かったのは10種菌、松江試験地の方が高かったのは低中温-3のみであった。

## 3) 子実体重量

2試験地の子実体平均重量を表5に示した。松江試験地での1年目~5年目発生についてみると、中低温性6種菌の中で最も大きかったのは中低温-2の28.5g、最も小さかったのは中低温-6の20.9gで、それぞれ11種菌中では1番目と9番目であった。低中温性3種菌の中で最も大きかったのは低中温-2の26.0g、最も少なかったのは低中温-3の18.6gで、それぞれ11種菌中では4番目と11番目であった。低温性2種菌の子実体重量は低温-1が20.8g、低温-2は23.2gで、それぞれ11種菌中では10

表4 ほだ木1000本当たり年子実体発生個数

| 種菌    | 松江試験地   |        |         |        | 飯南試験地   |        |         |
|-------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
|       | 1～5年目発生 |        | 1～3年目発生 |        | 1～3年目発生 |        |         |
| 中低温-1 | 年発生量    | 5060 個 | ⑤       | 7580 個 | ②       | 7240 個 | ⑧       |
|       | 秋季      | 1780   | (35.2%) | 2790   | (36.8%) | 1640   | (27.7%) |
|       | 春季      | 3280   | (64.8)  | 4790   | (63.2)  | 5600   | (77.3)  |
| -2    | 年発生量    | 4910   | ⑦       | 7410   | ③       | 8840   | ③       |
|       | 秋季      | 1510   | (30.8)  | 2150   | (29.0)  | 1790   | (20.2)  |
|       | 春季      | 3400   | (69.2)  | 5260   | (71.0)  | 7050   | (79.8)  |
| -3    | 年発生量    | 4450   | ⑨       | 6160   | ⑦       | 8950   | ②       |
|       | 秋季      | 260    | ( 5.8)  | 300    | ( 4.9)  | 430    | ( 4.8)  |
|       | 春季      | 4190   | (94.2)  | 5860   | (95.1)  | 8520   | (95.2)  |
| -4    | 年発生量    | 5340   | ③       | 7150   | ④       | 11670  | ①       |
|       | 秋季      | 1120   | (20.6)  | 1300   | (18.2)  | 1570   | (13.5)  |
|       | 春季      | 4310   | (79.4)  | 5850   | (81.8)  | 10100  | (86.5)  |
| -5    | 年発生量    | 4130   | ⑩       | 4480   | ⑩       | 7490   | ⑦       |
|       | 秋季      | 730    | (17.7)  | 790    | (17.6)  | 1220   | (16.3)  |
|       | 春季      | 3400   | (82.3)  | 3690   | (82.4)  | 6270   | (83.7)  |
| -6    | 年発生量    | 4710   | ⑧       | 5910   | ⑧       | 8270   | ⑤       |
|       | 秋季      | 850    | (18.0)  | 930    | (15.7)  | 1180   | (14.3)  |
|       | 春季      | 3860   | (82.0)  | 4980   | (84.3)  | 7090   | (85.7)  |
| 低中温-1 | 年発生量    | 5000   | ⑥       | 6730   | ⑤       | 8430   | ④       |
|       | 秋季      | 380    | ( 7.6)  | 530    | ( 7.9)  | 510    | ( 6.0)  |
|       | 春季      | 4620   | (92.4)  | 6200   | (92.1)  | 7920   | (94.0)  |
| -2    | 年発生量    | 5190   | ④       | 5300   | ⑨       | 4860   | ⑨       |
|       | 秋季      | 280    | ( 5.4)  | 170    | ( 3.2)  | 60     | ( 1.2)  |
|       | 春季      | 4910   | (94.6)  | 5130   | (96.8)  | 4800   | (98.8)  |
| -3    | 年発生量    | 5980   | ①       | 8080   | ①       | 4480   | ⑩       |
|       | 秋季      | 980    | (16.4)  | 1170   | (14.5)  | 660    | (14.7)  |
|       | 春季      | 5000   | (83.6)  | 6910   | (85.5)  | 3820   | (85.3)  |
| 低温-1  | 年発生量    | 5790   | ②       | 6220   | ⑥       | 8110   | ⑥       |
|       | 秋季      | 170    | ( 2.9)  | 210    | ( 3.4)  | 100    | ( 1.2)  |
|       | 春季      | 5620   | (97.1)  | 6010   | (96.6)  | 8010   | (98.8)  |
| -2    | 年発生量    | 2170   | ⑩       | 2790   | ⑩       | 4290   | ⑩       |
|       | 秋季      | 130    | ( 6.0)  | 150    | ( 5.4)  | 30     | ( 0.7)  |
|       | 春季      | 2040   | (94.0)  | 2640   | (94.6)  | 4260   | (99.3)  |

丸数字は11種菌中の順位  
 カッコ内の数値は年発生重量に対する秋季および春季発生個数の割合

番目と7番目であった。11種菌中の上位3番目までは中低温性の種菌であったが、概して中低温性、低中温性および低温性の区分間に大きな差を認めなかった。

飯南試験地では中低温性6種菌の中で最も大きかったのは中低温-1の25.7g、最も小さかったのは中低温-4の16.6gで、それぞれ11種菌中では1番目と11番目であった。低中温性3種菌の中で最も大きかったのは低中温-

2の23.1g、最も小さかったのは低中温-3の20.5gで、それぞれ11種菌中では3番目と6番目であった。低温性2種菌の子実体重量は低温-1が17.2g、低温-2は17.6gで、それぞれ11種菌中では10番目と9番目であった。低温性の2種菌は比較的子実体重量が小さかったが、中低温性と低中温性の区分間に大きな差を認めなかった。また、松江試験地の1年目～3年目発生に比べて飯南試験

表5 子実体1個当たり重量

| 種菌    | 松江試験地    |          | 飯南試験地    |  |
|-------|----------|----------|----------|--|
|       | 1～5年目    | 1～3年目    | 1～3年目    |  |
| 中低温-1 | 26.4 g ③ | 26.4 g ④ | 25.7 g ① |  |
| -2    | 28.5 ①   | 28.2 ①   | 25.3 ②   |  |
| -3    | 26.9 ②   | 27.8 ②   | 22.6 ④   |  |
| -4    | 21.6 ⑧   | 22.0 ⑧   | 16.6 ⑩   |  |
| -5    | 24.7 ⑤   | 26.4 ④   | 20.5 ⑥   |  |
| -6    | 20.9 ⑨   | 20.8 ⑨   | 17.7 ⑧   |  |
| 低中温-1 | 23.7 ⑥   | 23.6 ⑥   | 21.5 ⑤   |  |
| -2    | 26.0 ④   | 27.2 ③   | 23.1 ③   |  |
| -3    | 18.6 ⑩   | 18.9 ⑩   | 20.5 ⑥   |  |
| 低温-1  | 20.8 ⑩   | 20.5 ⑩   | 17.2 ⑩   |  |
| -2    | 23.2 ⑦   | 23.2 ⑦   | 17.6 ⑨   |  |

丸数字は11種菌中の順位

地の子実体重量が大きかったのは中低温-3のみで、他の10種菌は松江試験地の方が大きかった。なお、低中温-1, -2, -3および低中温-2の4種菌は2試験地とも11種菌中の上位4番目までを占めた。

## V 考 察

本県では比較的温暖な松江試験地と、比較的寒冷な飯南試験地で、シイタケ原木栽培用の11種菌について子実体発生実態を調査した。松江試験地では子実体発生が開始した1年目～5年目までの発生量を調査し、①月別の子実体発生重量、②発生開始からの経過年ごとの年発生重量、年発生個数および子実体1個当たりの重量の推移、③5年間の総発生重量、総発生個数および子実体1個当たりの重量を集計した。これらは本県の気象条件下における、種菌ごとの子実体発生実態を知るための資料として使用したい。

飯南試験地では現在も試験を継続しているが、1年目～3年目までの子実体発生実態が松江試験地での結果と異なったため、2試験地を比較して記述した。2試験地の月別発生重量を比較すると、子実体発生時期に違いを認めた。松江試験地での発生開始時期は10月が7種菌、11月が3種菌、12月が1種菌であったのに対し、飯南試験地では10月が9種菌、11月が2種菌と早期に発生が開始する種菌が多かった。また、松江試験地での発生終了時期は5月が10種菌、6月が1種菌であったのに対し、飯南試験地ではいずれの種菌も6月と遅かった。種菌ごと

に発生期間の長さを比較すると9種菌で松江試験地の方が短かく、2種菌は同等であった。また、発生ピークの時期は松江試験地では概して3月であったのに対して、飯南試験地では概して4月と遅かった。

子実体の成長および発生量について、温水・久保田は系統ごとに特定の温度域および温度処理期間が関係すると報告した<sup>1)</sup>。また、大平らは系統によっては発生する季節、発生経過年数の違いで適温が異なることを明らかにした<sup>2)</sup>。本試験においても、2試験地の子実体発生時期が異なったのは気温の影響が大きいと考えるが、毎年

の気象条件と発生経過年別の子実体発生量の関係については、得られた試験結果からより詳細な解析を試みたい。低中温性および低温性の5種菌について種菌ごとの発生時期をみると、いずれも低温条件に適した栽培特性を認めた。すなわち、低中温-1は松江試験地での発生開始時期が11月で、2月の発生量が比較的多く、低中温-2は2試験地とも発生開始時期が11月、低中温-3は松江試験地において2月の発生量が比較的多く、低温-1は松江試験地での発生開始時期が12月、低温-2は発生ピーク時期の発生量を比べると飯南試験地の方が多かった。また、中低温-5は松江試験地での発生開始時期が11月、中低温-6は発生ピーク時期に飯南試験地の発生量が多く、この2種菌は比較的低温性に近い特性を持つ種菌と推察した。

2試験地の3年目発生までの年発生重量および年発生個数の推移に違いを認めた。松江試験地ではいずれの種菌も1年目あるいは2年目の発生量が最も多かったのに対して、飯南試験地では1年目の発生量が最も多かったのは1種菌、他は2年目あるいは3年目の発生量が最も多かった。これは植菌後のほだ木内でのシイタケ菌蔓延(ほだ化)が飯南試験地では遅れたためと推察した。その理由は飯南試験地の年平均気温は松江試験地に比べて低く、すなわち積算温度が不足したこと、また飯南試験地では4月上旬まで積雪があり、植菌時期が松江試験地より約1カ月遅れたためと考える。

2試験地とも秋季に比べて春季の発生量が多かったが、飯南試験地の方が春季発生割合が高い傾向にあった。河合・柏木の報告では、育成温度が10℃で子実体発生量が最大となり、これよりも高温および低温条件では発生量が減少した<sup>3)</sup>。本試験においては、飯南試験地では12



～3月の月平均気温が5℃以下と低いため子実体の生長が抑制され、発生は概して4月に集中し、また冬季の積雪によってほだ木への水分供給量が多く、春季発生に好条件であったと考える。

種菌ごとに3年目発生までの総発生重量を比較すると、8種菌で飯南試験地の方が多かった。また、この8種菌は総発生個数の比較でも飯南試験地の方が多かった。上述したとおり飯南試験地では1年目発生が少なく、この原因はほだ化の遅れと考察したが、種菌によっては3年目までの発生量が松江試験地以上となったことに注目した。今後、飯南試験地での4年目、5年目の発生量を調査し、子実体発生実態および総発生量を確認したい。

上述したことの他に、本試験によって確認された種菌ごとの栽培特性は次のとおりである。飯南試験地では中低温性種菌の発生量が多く、特に中低温-2、-3、-4は総発生重量、総発生個数とも11種菌中の上位3番目までを占めた。秋季発生割合は2試験地とも中低温-1、-2が高く、中低温-3、低中温-1；-2、低温-1、-2は低かった。子実体1個当たりの重量は10種菌で松江試験地の方が大きく、また低中温-1、-2、-3および低中温-2の4種菌は2試験地とも大きい傾向にあった。

## Ⅵ おわりに

本試験では子実体発生量についてのみ調査したが、各種菌の栽培特性については子実体の形態など品質についても考慮する必要があり、特に乾シイタケ生産においては乾燥後の色調などを観察して種菌ごとの特徴を知ることが大切である。また、2試験地とも11種菌を同じほだ場で、同一管理下で調査したが、種菌ごとに適正な栽培管理方法を検討することも実際の栽培技術として重要である。今後は飯南試験地での4年目発生以降の調査を継続するとともに、上記検討項目についても明らかにしたい。

## 引用文献

- 1) 温水竹則, 久保田暢子: シイタケ各系統の発生温度特性, 日林九州支論30, 303-304 (1997).
- 2) 大平郁夫, 松本晃幸, 大久保充, 前田俊夫, 山根光治: シイタケ子実体発生および形態におよぼす温度の影響, 菌蕈研報20, 123-139 (1982).
- 3) 河合 晃, 柏木仁悦: シイタケ子実体の生長温度と収穫数量との関係, 菌蕈研報6, 43-48 (1968).

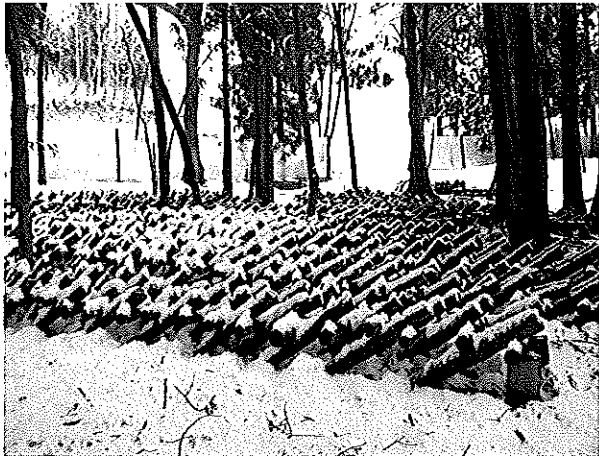


写真1 飯南試験地（3月）



写真2 積雪により破損したほだ木



写真3 発生したシイタケ子実体



写真4 シイタケ子実体採取

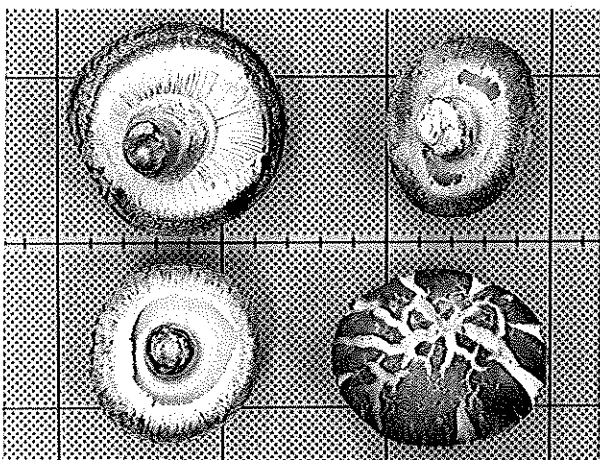


写真5 採取したシイタケ子実体

資料

## コミュニティ再構築で限界集落エリアの資源自給実践を

笠松 浩樹

Practice Being Self-sufficient in Resources at the Area Include Marginal  
Hamlets by Reforming the Communities

Hiroki KASAMATSU

### I 資源枯渇時代の到来を前にした限界集落の再評価

世界の人口は依然として増え続け、地球温暖化をはじめとする環境問題への意識も急速に高まってきた。さらに、水、エネルギー、食糧などの不足が現実問題として浮上してきており、われわれの社会が現在のペースで成長を続けると、近い将来に資源枯渇時代を迎えることは必至である。その時、資源自給率の低い日本は窮地に立たされることになる。

しかし、日本は本来、決して資源が乏しい国ではない。多雨地帯で水源を多く抱え、その恵みで山野がつくられ、農林業が成立している。里地・里山の営みは資源を使いながら資源を守るという仕組みを維持し、地域の文化の中にはそのための知恵が数多く溶け込んでいる。自然環境から人々の暮らしぶりに至るまで、自給的要素が多く蓄積している国なのである。

昨今は、従来活動が維持できない限界集落が問題視されている。これらが発生した根本原因は、戦後の日本が経済大国への道を歩んできたことにある。資源の生産と循環を担う場所であった里地・里山は、他国の資源に依拠した消費社会が形成される過程で、一変して利用価値の低い所となった。限界集落の発生も、その結果として位置づけられる。

資源自給率の低い国で資源枯渇時代を迎えつつある今、里地・里山の役割を見直すことは大いに意義がある。それは、単に資源の確保だけでなく、豊かさや安心の創造にもつながっていく。限界集落の発生と今後の対応も、このような目的設定の中で考えていく方が有効である。そして、この課題は国を挙げて対処する意義があり、

今はそのための政策決定を積極的に進め、社会的投資を集中させる時期であると言っても差し支えない。

### II 限界集落発生の背景とメカニズム

里地・里山とそこに存在する限界集落について考えるに当たり、まずは限界集落がどのように発生したかを振り返ってみる。中山間地域では、昭和20～30年代に世帯・人口が最多となった後、高度経済成長期に入って人口流出が始まる（図1の①）。

この流れに沿って、限界集落の世帯・人口の減少プロセスはおおむね2つに大別される。まず、世帯・人口の規模が元々小さかった集落は、高度経済成長期に在住者の流出が始まったことでより小規模となる（図1の②）。

また、薪炭生産や木材伐出など山林労務を主業としていた集落では、燃料の転換によって産業基盤を失い、急激な世帯・人口の減少が発生した場合もある（図1の③）。

これらに加え、高度経済成長期の後は、学校や病院、生活諸機能へのアクセスが悪いなどを要因として、世帯・人口の減少が一層進むこともあった。

集落の限界化には世帯・人口の減少や高齢化の進行に伴っていくつかのステージがある。図2の①～③に見られるような段階的状況が明らかになってきた。

#### ①限界化初期

集落機能は一部脆弱化するが、全体としてはある程度維持できている。この時期には、道普請や水路掃除など農業機能が後退することが多い。

#### ②限界化中期（限界化の臨界点を超える時）

世帯数が活動に必要な数を下回る時（臨界点を超える時）、集落機能全体の脆弱化が急激に進行する。この時期

には、祭り、道路掃除、環境美化などの生活機能が後退することが多い。

### ③限界化末期

集落人口は数人程度となり、寄り合いなども開催されなくなる。人は住んでいるが、集落は機能的に消滅したと位置づけることができる。

## Ⅲ 複層的なコミュニティ・レベルによる対応

限界集落の増加を防ごうとする動きも出てきている。その場合、限界化中期に至る前に対処することが重要である。ただし、集落という枠組みが限界に達しつつあることから、集落だけに一層の頑張りを求めることは現実的ではない。すなわち、集落とは異なる新たなコミュニティ・レベルが必要である。

### 1. 地域自治組織による機能補完

近年、地域自治組織や地域振興協議会などが設立されている。地域自治組織では、住民の自発性に基づき、安全・安心な暮らしの確立、イベントの開催などによる楽しみの創造、継続的な事業展開のための収益確保などが行われている。最近では、市町村や県がこのような動きを誘引・支援している事例も多い。

地域自治組織は、大字や小学校区程度の複数集落を包含するエリアで設立されている。効果的な活動を展開している地区では、世帯、人口、面積などの量的な集積以上に、これまでの手法を必要に応じて転換していることが特色である。例えば集落では、世帯主である男性の年配者による意思決定、代表者の輪番制、全戸一致の原則などの仕組みを有することが多い。

これに対して、地域自治組織では、老若男女の参加機会の保障、複数の人材によるリーダー群の形成、部会制による目的実現組織の形成などが重要となる。つまり、地域自治組織は、住民が持つ多様な力の発揮によって効果が上がる組織であると言える。

地域自治組織が集落単位ではできなくなった活動を補完している動きも見られる。例えば、13のコミュニティ・ブロックの組織化と活動が進んでいる島根県出雲市佐田町では、いくつかのコミュニティ・ブロックで「葬式ボランティア」が結成されている。これは、葬儀を行うことができなくなった集落があれば、同じコミュニティ・

ブロックにある他集落から応援に行くことを取り決めたものである。

また、夏場の草刈りは集落単位で路線が決まっていたが、過疎・高齢化が進行している集落では、自前の割り当て分をこなすことができない。そこで、コミュニティ・ブロック単位で一斉草刈りを行い、限界化した集落の割り当て分をみんなでカバーする方法が取られている。

### 2. 目的縁によるもう1つのコミュニティ

現在は情報技術が進展し、移動にかかる時間も短縮され、生活や就業の多様化も進んでいる。そのため、年齢層によって考え方や価値観が異なり、仕事面での人間関係や交友関係が重視される場合もある。従って、地縁コミュニティである集落や地域自治組織などが、暮らし、産業、資源管理などの諸機能を一手に担うことが難しくなってきた。

そこで、地縁コミュニティに加えて新たなコミュニティ・レベルも必要である。その1つに、特定の目的を実現する目的縁コミュニティが挙げられる。これは、地縁組織が取り組みにくい分野に対応することが可能であり、目的設定と効果検証が行いやすいという特徴を有している。

例えば、収益を得るための活動は、地縁に基づいて多様な住民が参加するとまとまらない場合もある。一方で、収益確保という共通の目的を持つ実働可能な人材を組織化することで、活動が進展することがある。

また、農林地の維持管理は、高齢化と担い手不足が進んだ地域の内部で解決を試みても困難であるが、都市農村交流などをきっかけとして、農林地を使いたい意向を持つ者が地域外からかかわることで解決の糸口が見つかることもある。

## Ⅳ 資源自給時代に向けた里地・里山の再利用

冒頭で述べたように、国内資源の利用をきっかけとして、里地・里山を再評価する時期が訪れつつある。そもそも、人口流出の原因は、里地・里山資源が利用されなくなったことにあるため、利用の必然性を見いだすことで、暮らしや産業が再生される余地がある。その際には、地縁コミュニティの仕組みと範囲を再構築し、これに目的縁コミュニティを重ねた地域構造が成立していること

が望ましい。

例えば、資源の再評価と所有者の管理意向の明確化について、農林地を公共財とする観点から、住民総参加方式によって地域自治組織が担う。さらに、目的縁コミュニティによって都市住民との連携を進め、農林地の粗放的管理やエネルギー生産などの新たな利用の仕組みを構築する。そして、限界集落への対応についても、このような取り組みの一環として展開することが有効だと考える。

中山間地域や過疎地域、さらには限界集落の問題を考える時、格差を埋めるだけの発想からは脱却しなければ

ならない。現代の格差とは、消費社会のものさしによって生じたものであり、その価値観だけにとらわれていても将来性はない。

資源の自給・循環という目的に照らし合わせ、限界集落エリアはこれから最も可能性のある場所だという認識を持つ必要がある。

#### 注記

「地域づくり八月号（通巻218号）」（財地城活性化センター；2007年8月）掲載分を採録。章・項目の符号は、本報告書の規定に合わせて変更した。

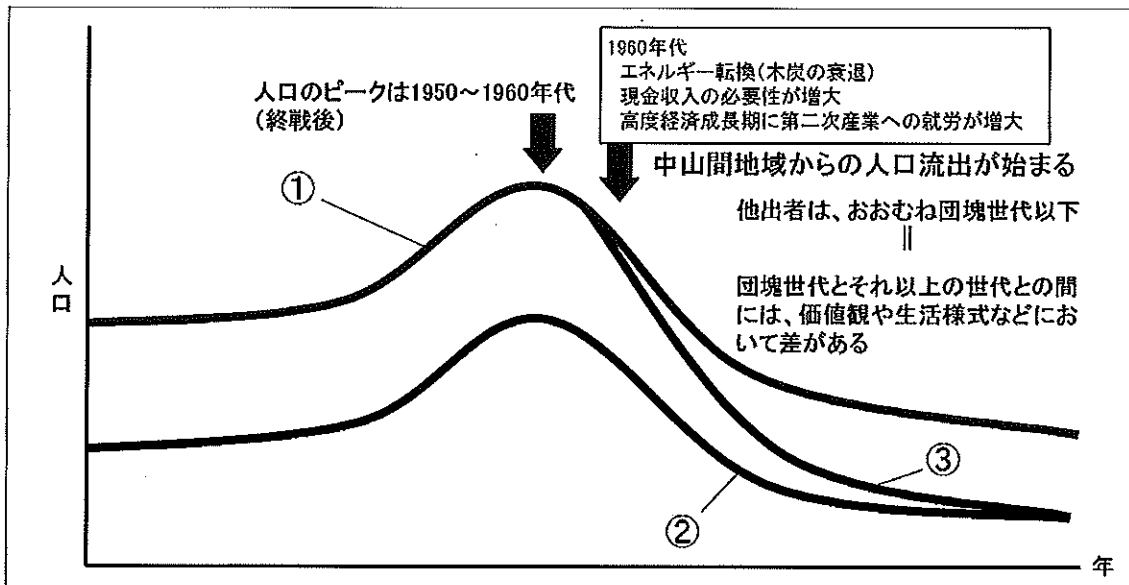


図1 中山間地域集落の人口増減パターン

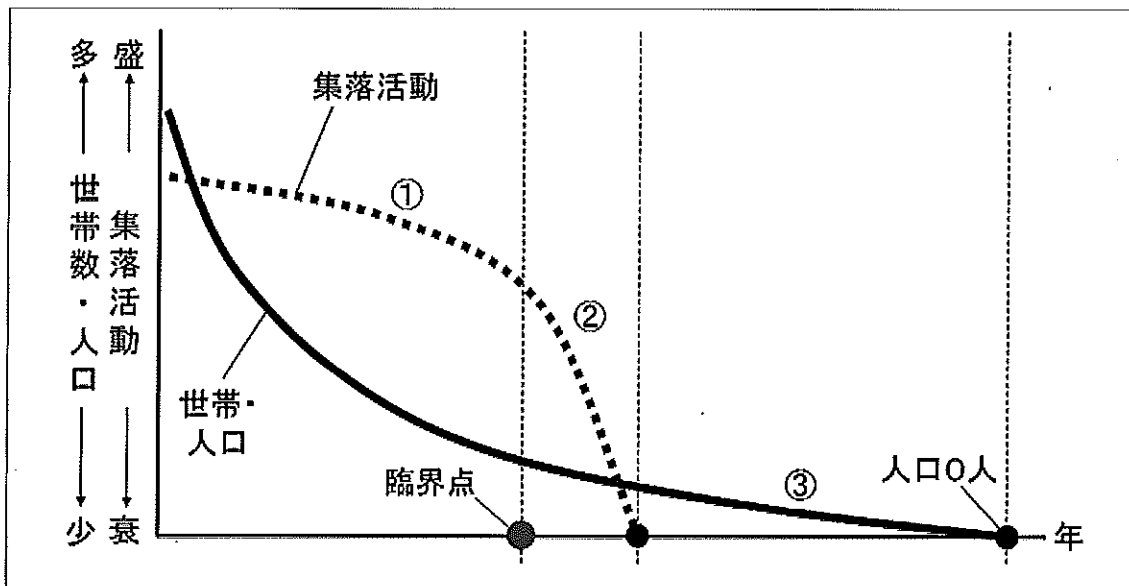


図2 集落限界化の模式図



写真1 谷ごと放棄され7年が経過した農地



写真2 昔ながらの火入れによる里山の管理



写真3 森林組合に勤める1ターン者が山の手入れ教室を実施

資料

## 産直市(直売所)の持続的運営体制についての事例考察 ～売上5000万円以上の4つの運営形態の産直市を対象に～

有田 昭一郎

The Comparative Study of Four Different Types of Farmers Market Management  
from the Viewpoint of Sustainability

Shoichiro ARITA

### I 考察の視点と方法

現在、島根県に立地する産直市の約5割は立ち上げから5年が経過しており、事業規模を伸ばす、維持する、縮小するなど様々な展開がみられる。この傾向は売上500万円未満売上げ規模の産直市だけでなく、売上5,000万円以上の比較的規模の大きな産直市にもみられる。

特に、産直市の事業規模の成長・縮小と運営形態が相関していることが考えられ、平成17～18年度に当センターが調査を行った運営形態の異なる4つの産直市(売上5,000万円以上)に対する調査結果に基づき、運営形態と販売規模・生産者出荷力の関係について整理を行った。

### II 4つの産直市の経営形態と販売規模・出荷力

#### 1. 事例考察の対象となる4つの産直市の概要

4つの産直市の経営形態は次の通りである。

##### <事例A：企業組合が店舗運営>

- ・平成16年に企業組合をして立ち上げ、平成17年現在の売上は約1億5000万円、その後も売上は伸びている。
- ・店舗運営、出荷調整、品揃え調整について、企業組合役員(責任者)が決定権限をもつ。
- ・出荷者数は増加、その平均年齢は平成16年以降横ばい

##### <事例B：リーダーグループが任意団体で店舗運営>

- ・平成10年に現リーダー6人が出資して店舗を立ち上げ、平成17年現在の売上は約6,100万円、その後も売上は伸びている。

- ・店舗運営、出荷調整、品揃え調整については、出資したリーダーグループが強い決定権限を持つ。
- ・出荷者数と出荷者平均年齢は現状維持。

##### <事例C：農事組合が店舗運営>

- ・平成7年に現出荷者が中心に出資して立ち上げ、平成17年現在の売上は約6,000万円である。立ち上げ以来、売上を伸ばしたが、近年停滞し、H17年度は減少に転じている。
- ・店舗運営方針決定、出荷調整、品揃え調整については、組合員(=出荷者)の合意のもと行っている。
- ・出荷者数は減少、出荷者平均年齢は上昇傾向。

##### <事例D：出荷者からなる団体が店舗運営>

- ・平成7年に現組織の借入等で立ち上げ、平成17年現在の売上は約7,100万円。立ち上げ以来、約7,400万円まで伸びたが、H17年度は減少に転じた。
- ・店舗運営方針決定、出荷調整、品揃え調整については、組合員(=出荷者)の合意のもと行っている。
- ・出荷者数は減少、出荷者平均年齢は上昇傾向。

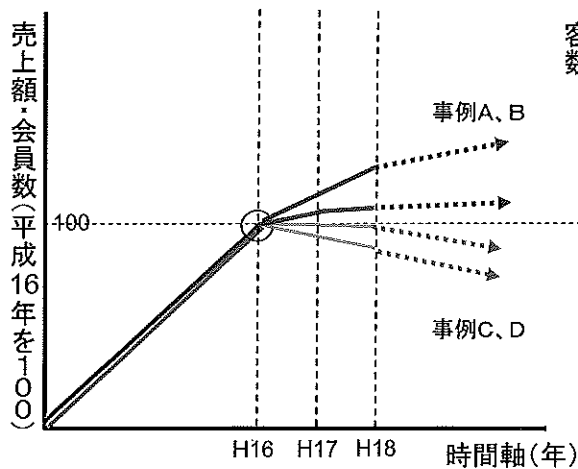
#### 2. 4つの事例の動向とその特徴の整理

次に、4つの産直市の売上動向、会員数動向、客数、販売額の関係を示すと次の図①、②の通りである。

まず、①[時間経過と売上、会員数推移]からみると、事例A、B、C、Dとも平成16年まで売上額(おおよそまで順調に、売上と会員数を伸ばすが、立ち上げから一定期間(おおよそ10年)経ると売上・会員動向は事例A、Bと事例C、Dに分かれる。

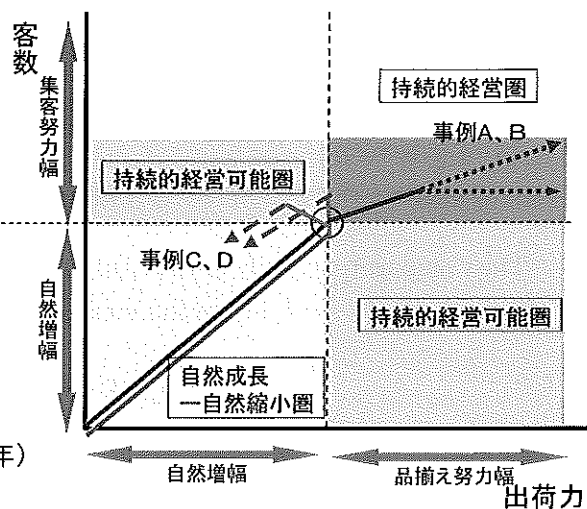
図① 時間経過と売上、会員数推移

※実線は現状、点線は運営体制固定の場合の推移推定



図② 客数、出荷力推移と推定

※実線は現状、点線は運営体制固定の場合の推移推定



次に、② [客数、出荷力推移と推定] により事例A, B, C, Dを客数と出荷力を整理する。

事例C, Dは平成16年から会員数は減少、会員平均年齢が上昇し、出荷力が衰える傾向にある。また、客数は横這いから減少に移行しつつある。出荷力に関しては、新たな会員の加入があまりないこと、客数は、イベントや看板など集客対策は行っているものの誘客に繋がるボリュームにまで至っていないのが直接的原因である。

事例A, Bは、C, D同様に出荷力と客数を伸ばした後も、会員増加など出荷力向上により販売額が伸び続けるか、少なくとも現状を維持している。また客数も増加する傾向にある。出荷力については新たな会員加入が比較的多く企業等とも連携して新規加工品等の開発や更新が活発である、客数は顧客ニーズを捉えて品揃えや店舗レイアウトのマイナーチェンジなど集客方策がこまめに打ち出され、誘客効果を挙げている、等が直接的原因であると考えられる。

### 3. 事例A, B群と事例C, D群の動向と運営形態

上記の事例A, Bと事例C, Dの動向を分ける大きな要因は、経営形態にあると考える。立ち上げ時はA, B, C, Dとも地域（集落）社会との関係の強い運営組織であったが、その後、経営責任者（役員等）が強い権限を持つ経営体である事例A, Bでは店舗経営がまず優先され、集

客や出荷力向上に向けて適時に必要な取り組みを進めることができた。また、時間の経過に伴い、属地域（集落）的な組織としての性格は薄れていく。

対して、任意団体や農事組合など基本的に会員の多数賛成一致が必要な事例C, Dでは、あくまで会員の理解や協力の得られる範囲内、会員の合意形成が得られる速度で、集客や出荷力対策を行わなければならない、適時に必要な対策を打つことは難しい。また、店舗運営よりあくまで各構成員の既得権や利益が優先され、属地域（集落）的性格が薄れないため新規出荷者参入条件や他企業・団体との連携体制をつくるのが難しく、立ち上げ時の組合員構成のまま出荷団体全体が高齢化していく可能性が高い。

但し、事例C, Dについても売上5,000万円を超える優良事例であり、優れたリーダーと熱心な出荷者がいたことによって、現在があることも付記しておく。

### 4. 考察及び産直市の持続的運営に関する仮説の設定

以上1. ～3. に基づき、産直市の経営形態と販売規模・出荷力の関係について次の仮説を立てる。

産直市の持続的な運営形態（仮説）～事例考察より～

I 産直市事業が持続性（少なくとも10年以上事業を持続・規模拡大）を確保するためには、経営責任者



が経営方針や店舗運営の強い決定権限を持つことができる運営形態であることが必要である。法人組織は有効な形態であり、また任意団体の場合も、役員権限の比較的弱い組織より、事例Bのリーダーグループ経営のように実質的に強い権限をもつ任意団体の方が有効な場合もある。

Ⅱ Iの運営体制を整備しない産直市では、②〔客数、出荷力推移と推定〕に示す“自然成長—自然縮小圏”の中で推移する。その時期のリーダーの努力により“持続運営可能圏”にシフトする場合もあるが、運営体制を整備しなければ“持続的運営圏”にシフトすることは難しい。

Ⅲ Iの運営体制を整備した産直市は、②〔客数、出荷力推移と推定〕に示す“持続運営圏”にシフト。

なお、事例B（リーダーグループ運営の産直市）については、販売規模が5,000万円を超えた時点で、事務・会計作業等の合理化等の理由から法人化等の検討も始まっている。この経験を踏まえれば、販売規模が小さい組織では、リーダー（グループ）に権限と責任が集約できれば任意団体・法人の別なく経営改善作業が可能であるが、販売規模5,000万円以上など販売規模が大きくなった組織では、持続的運営のために法人化が適切であるとも考えられる。以上、今回挙げた事例について今後の動向を追跡していくとともに、さらに他事例についてもデータを蓄積し、上記仮説を検証していくこととする。

#### 注記

有田昭一郎，二木季男著，平成18年度 島根県中山間地域「産直市」の現状と課題Ⅲ，pp.110～112を一部加筆修正

---

2008（平成20年）3月発行

---

発行者 島根県中山間地域研究センター  
〒690-3405 島根県飯石郡飯南町上来島1207  
TEL (0854) -76-2025 (代)  
FAX (0854) -76-3758  
URL <http://www.pref.shimane.lg.jp/chusankan/>

印刷所 株式会社 谷口印刷

---