

I S S N 1 3 4 5 - 3 3 6 X

研 究 報 告

第 34 号

山形県森林研究研修センター

山形・寒河江

2019・3

山形県森林研究研修センター研究報告 第34号

2019年3月

目次

論文

- 山形県におけるヤナギ類の圃場栽培による木質バイオマス量の評価
宮下智弘 1～8

短報

- 山形県低コスト再造林技術実証事業における地拵えと植栽の実施と検証
高橋 文・渡部公一 9～14

- 簡易防鹿柵の耐雪試験
古澤優佳・千葉 翔・斉藤正一 15～20

記録

- 山形県におけるカラマツ林分収穫表の作成
上野 満 21～26

- 低密度下での夜間におけるニホンジカ生息調査の結果
斉藤正一・高橋 文 27～31

**BULLETIN OF THE YAMAGATA PREFECTURAL
FOREST RESEARCH AND INSTRUCTION CENTER No.34**

March 2019

Contents

Original Articles

- Evaluation of the wood biomass quantity of willow cultivation in Yamagata prefecture
Tomohiro MIYASHITA 1～ 8

Reports

- The verification of low cost cultivation and planting experiment in Yamagata prefecture
Aya TAKAHASHI · Koichi WATANABE 9～14

- Test on snow resistance performance of simple deer fence
Yuka FURUSAWA · Sho CHIBA · Shoichi SAITO 15～20

Records

- Yield table of *Larix kaemferi* in Yamagata Prefecture
Mitsuru UENO 21～26

- Result of Night survey Sika deer (*Capreolus nippon*) in low density areas
Shoichi SAITO · Aya TAKAHASHI 27～31

論文

山形県におけるヤナギ類の圃場栽培による木質バイオマス量の評価

宮下智弘¹

Evaluation of the wood biomass quantity of willow cultivation in Yamagata prefecture

Tomohiro MIYASHITA

(2019 年 3 月 6 日受理)

要旨：木質バイオマス生産を目的として、森林研究研修センターの圃場でヤナギ 4 樹種の栽培試験を行った。枝を圃場に直接挿しつけたところ 89%が活着した。挿しつけてから 1 成長期間経過後に台切りを行ったが、台切り処理による樹高や萌芽本数に大きな違いは見られなかった。冬季の降雪の影響を検討したところ、一部の個体では斜立する被害がみられた。この被害は樹高の低い個体に多く発生する傾向がみられたが、イヌコリヤナギを除く多くの個体は夏までに起立した。施肥は日当たりの良い箇所に植栽した個体に大きな効果が認められた。雪害の受けにくさと収穫できたバイオマス量を検討すると、植栽した樹種の中ではオノエヤナギが総合的に優れていると考えられ、オノエヤナギの全生存個体から収穫できた乾燥重量は 32.9t/ha であった。これらのことから、植栽する樹種や圃場の条件を考慮することにより、本県でも北海道の栽培目標である 30t/ha の収穫は可能と考えられた。

I はじめに

成長の早い樹種であるヤナギを圃場栽培することによって、木質バイオマスを短期間で生産できることが報告されている（北海道開発局，2010；森林総合研究所北海道支所，2014）。この栽培方法は、ヤナギの枝を圃場に直接挿し付けて発根させ、植栽後 4 年間で最初の伐採を行い、伐採後は切り株からの萌芽枝を育成して 3 年後に伐採し、以降これを 3 年周期で繰り返すことができる。

ヤナギの圃場栽培事例の多くは北欧など海外のものであり、国内では北海道での栽培事例が多い（北海道開発局，2010；森林総合研究所北海道支所，2014）。一方、北海道以外の栽培例は少なく（森本ら，2016），山形県のような夏季に高温となり冬季に多量の湿雪が降る地域でも栽培が可能であるか不明である。そこで本研究では、山形県森林研究研修センターの圃場でヤナギを 4 年間育成し、実際に収穫できた木質バイオマス量を報告する。

¹ 山形県森林研究研修センター 〒991-0041 山形県寒河江市大字寒河江丙 2707

II 材料と方法

山形県森林研究研修センター（山形県寒河江市）の構内にある圃場を試験に用いた。この圃場の周囲にはスギ、ヒノキ等による樹高 2.6～2.8m に刈り揃えられた生垣がある。ヤナギを植栽した試験区の南西 1m ほどにこの生垣があるため、試験区の一部は日中であっても日当たりが悪い。

ヤナギ植栽試験区 54m²を対象に、元肥として 1.3kg の化成肥料 (6-40-6) と 700g の硫酸加里 (K 含有量 50%) を混ぜて平成 26 年 10 月に耕耘した。耕耘後、山形県の各地から採取してきたヤナギの枝を 25cm に切り揃え、圃場に植栽した。なお、植栽したヤナギはオノエヤナギ (12 系統 72 本)、タチヤナギ、カワヤナギ、イヌコリヤナギ (各樹種 2 系統 12 本) の 4 樹種とした。北海道の栽培マニュアルではヘクタール当たり 2 万本を植栽目標としているため、本試験でもそれに

従い 54m² に計 108 本を植栽した。すなわち、2 列を 1 条として株間の間隔は 50cm、条の間隔は 1.5m で植栽した (図-1)。

植栽して 1 成長期間が経過した平成 27 年 11 月、条内の一つの列に植栽された個体の当年枝を切除して台切りを行った。なお、植栽から台切りを行うまでの間は追肥を行っていない。また、植栽木が雑草等から被圧されないよう適宜除草を行った。

2 成長期間と 3 成長期間である平成 28～29 年には、一部の個体に追肥を行った。平成 28 年は 5 月中旬、7 月上旬、8 月下旬に、平成 29 年は 6 月上旬、7 月上旬、8 月上旬に追肥した。追肥は一握り (約 20～30g) の化成肥料 (15-15-15 または 14-14-14) を個体の周囲にばらまいた。なお、除草は各年とも行ったが、少なくとも平成 29 年は植栽木の樹高が高くなり不要な作業と思われた。

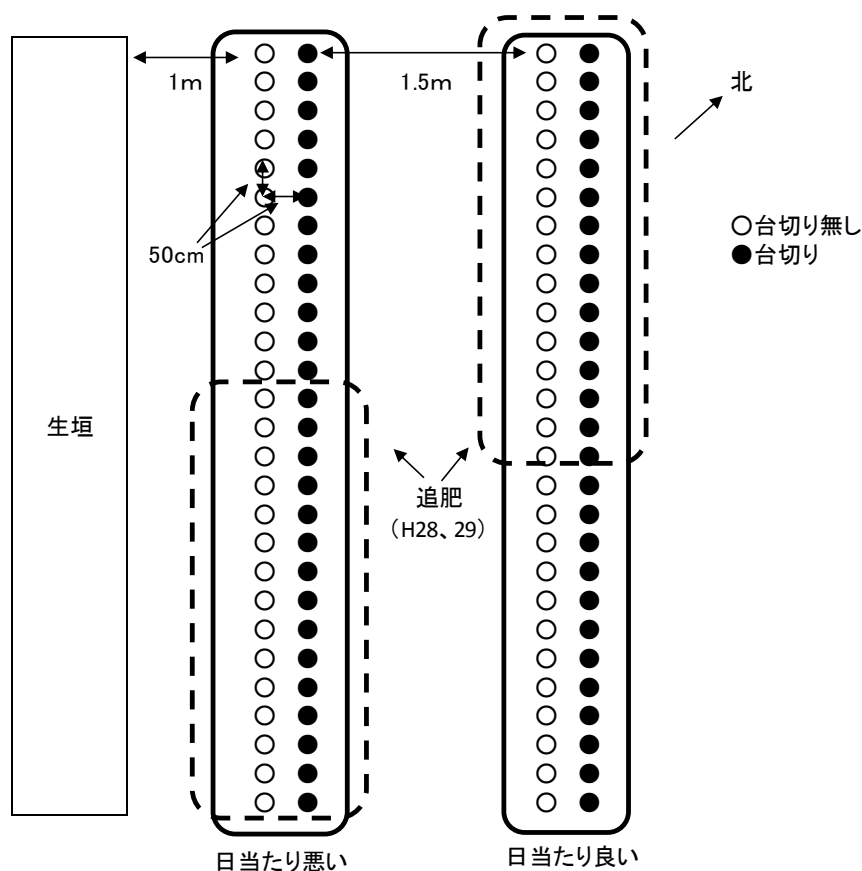


図-1 調査地の概要

北海道の栽培マニュアルによると、植栽後4年目に最初の収穫が行われる（北海道開発局，2010；森林総合研究所北海道支所，2014）。4成長期間目である平成30年の5月下旬，7月上旬，8月上旬において，試験地内の全ての個体にこれまでと同様の方法で追肥を行った。その後，全生存株である86株を9月中旬と11月中旬に伐採し，株ごとにバイオマス量を測定した。地際部より複数の幹が出ている場合にはそれぞれの幹を伐採して重量等を測定した。伐採部の直径を電子ノギスで2方向から測定し，その平均値を根元径とした。また，伐採部から幹の梢端までの長さを測定して樹高を求めた。さらに葉を除去してから各個体の生重を測定した。次に，株ごとに主となる幹1本の根元部分から円盤を採取して，生重と絶乾重を求めた。絶乾重は円盤を105℃で56時間乾燥して求めた。生重と絶乾重の比を株あたりの生重に乗じることによって，各株の絶乾重を推定した。なお，本研究ではこのように求めた株ごとの絶乾重の推定値をバイオマス量と表記する。

植栽から伐採までに得られた様々なデータに対して解析を行った。最初に，台切り効果の有無を検証した。平成27年から30年のそれぞれの秋に測定した株ごとの樹高（株の中の最大の樹高）と直立した幹の本数を目的変数とし，樹高は正規分布を，幹の本数はポアソン分布を仮定して台切りの有無を説明変数とする一般化線形モデルを構築した。また，樹種の違いを検討するため，説明変数に樹種を用いた一般化線形モデルも構築し，分析を行った。

次に，株ごとのバイオマス量に影響を与える要因を検討した。試験地を観察したところ，バイオマス量は2年目と3年目の追肥の有無と，生垣による日当たりによって制限されていることが観察できた。そこで，説明変数として，樹種，台切りの有無，日当たり，施肥，日当たりと施肥の交互作用の5要因を仮定し，バイオマス量を目的変数として一般化線形モデルを構築した。なお，バイオマス量はガンマ分布に従うと仮定

した。これら5要因による全ての組み合わせ毎にモデル式のAICを求め，AICが最小となるモデル式の説明変数を検討した。以上の解析は統計解析パッケージRを用いた。

Ⅲ 結果と考察

1. 活着率

植栽木は108本中96本（89%）が活着した。全体的に高い活着率であったが，一部の個体は活着しなかった。活着しなかった個体の挿し付け時の枝のサイズを検討したが，特段の特徴は見られなかった（図-2）。枝の太さで考えると活着したものとししないものは，それぞれ $13.2 \pm 4.9\text{mm}$ ， $12.8 \pm 3.5\text{mm}$ となり両者のサイズは同等であった。樹種ごとにみると，活着しなかったものは全てオノエヤナギであり，特に系統No.5の活着率が極めて低かった。本試験地で植栽した全ての系統は別の試験地でも植栽試験を行っているが，そこでの活着率もNo5が全系統の中で最も低い値を示していた。矢野ら（2013）によると，活着率の良否は母樹により差があるものの，活着率の悪い母樹でも，その個体からさし木をして伸長した枝であれば活着率は高くなる。すなわち，穂木の活着率は遺伝的な影響は小さく，枝の年齢の影響が大きいと考えられている（矢野ら，2013）。今回植栽に用いた枝は全て河川等に自生するヤナギの枝を用いている。若い枝を用いるよう配慮したが，年齢の高い枝が混入していた可能性も否定できず，これにより本研究の一部個体では活着しなかったと考えられた。

2. 台切り効果

植栽から4成長期間後の樹高の成長経過について図-3に示した。台切りした個体は翌年春に地際から萌芽して1成長期間で250cmほど成長し，台切りしなかった集団との間に有意な違いは認められなかった（GLM，正規分布， $p > 0.05$ ）。上村ら（2013）は台切りした個体が翌年には台切りしなかった個体の8割ほどに樹高成長したこ

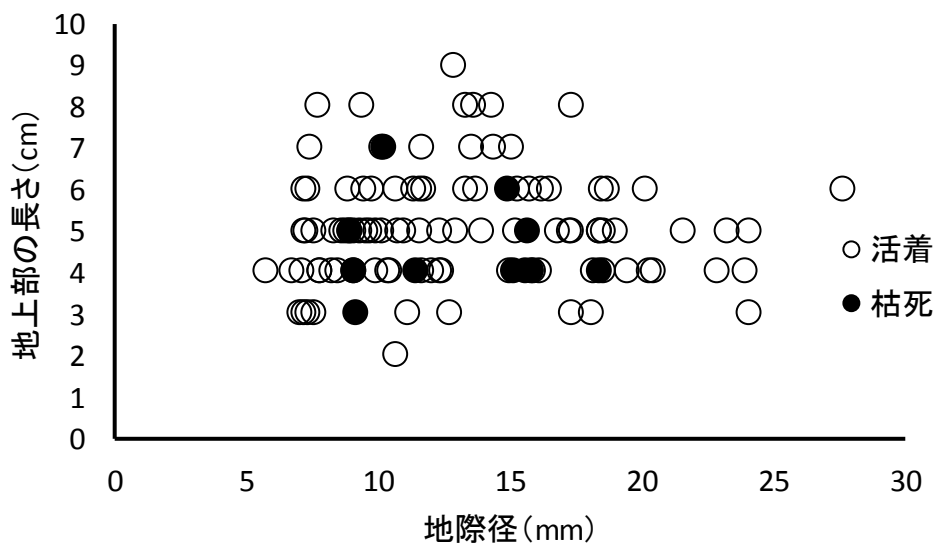


図-2 挿し付けた枝のサイズと活着の関係

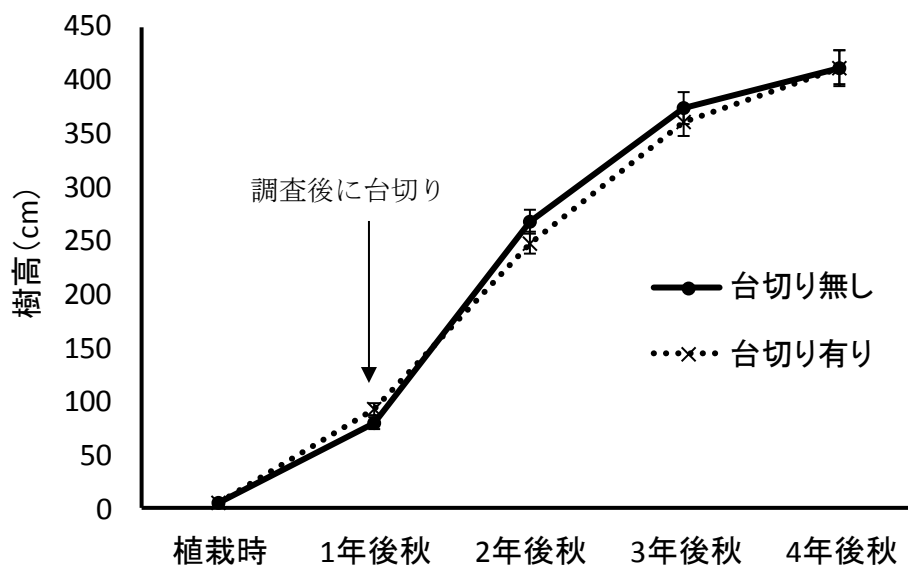


図-3 台切り処理と樹高成長の関係

エラーバーは標準誤差を示す。全ての年次において、台切り処理の有無により集団間の樹高に有意差は認められない (GLM, 正規分布, $p>0.05$)。

とを報告したが、本報告ではそれ以上の樹高成長を示していた。しかし、その後の樹高は台切りの有無に関わらず両集団でほぼ等しくなり、台切りの有無による樹高成長の違いは認められなかった。上村ら (2014) が指摘するように、本研究においても台切り後の萌芽 2 年目の成長量は台切りの有無に関わらず同等と考えられた。

一方、台切り後の萌芽本数については、両集団

で若干の差が認められた (図-4)。台切り処理をした翌年の秋では、台切りしない集団は平均 1.6 本であったのに対し、台切りをした集団では 3.7 本と有意に異なった (GLM, ポアソン分布, $p<0.05$)。しかしながら、台切りした株から萌芽した幹の多くは翌年以降に株内または株間の競争のため被圧により枯損することが観察され (上村ら, 2014), 4 年目には台切りをしない集

団とした集団でそれぞれ 1.3 本、1.5 本と同等の値となった。以上のことから、少なくとも本研究

の結果では台切りの効果が小さいと考えられた。

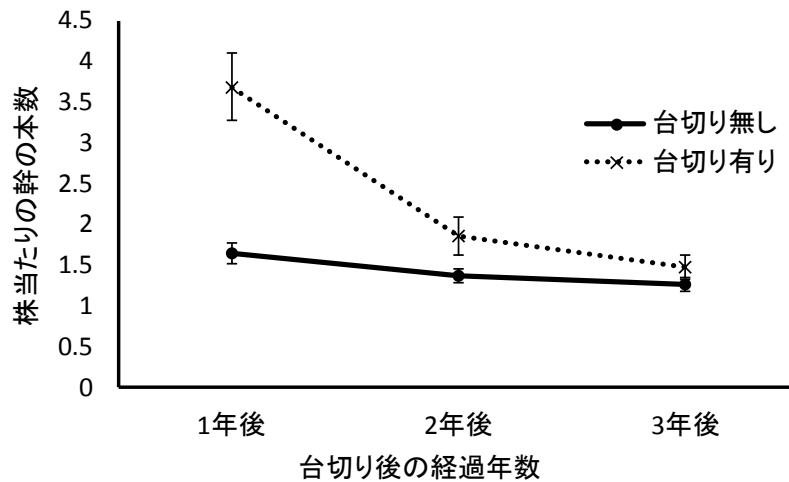


図-4 台切り後の株あたり幹の本数の推移

エラーバーは標準誤差を示す。台切り経過 1 年後のみ、株当たりの幹の本数に有意差が認められる (GLM, ポアソン分布, $p < 0.05$)。

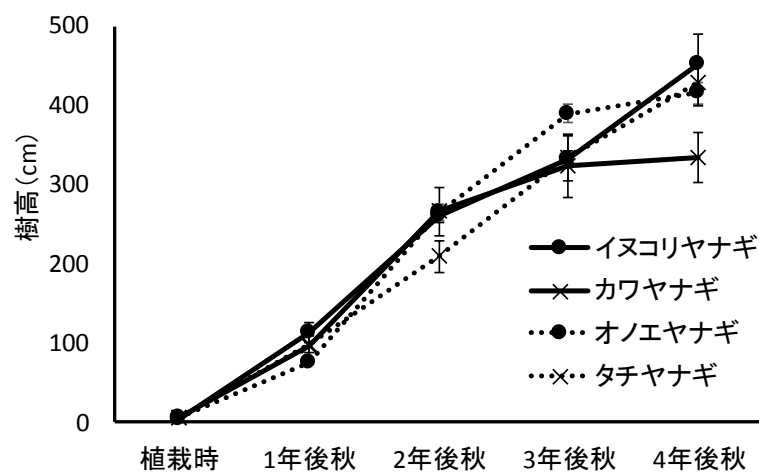


図-5 樹種ごとにみた樹高成長の推移

エラーバーは標準誤差を示す。4 年後秋の樹高のみ有意差が認められた (GLM, 正規分布, $p < 0.05$)。なお、本図は処理の異なる全ての個体のデータを示していることに注意されたい。

3. 樹種による違い

本試験ではオノエヤナギ、カワヤナギ、タチヤナギ、イヌコリヤナギの 4 樹種を植栽した。これら 4 樹種ごとの樹高の成長推移を図に示す (図-5)。植栽から 3 年間はそれぞれの樹種で有意な

差は認められなかったが、最終年である 4 年目においてはカワヤナギのみがそれ以外の 3 樹種と比べ有意に低かった (GLM: 正規分布, $p < 0.05$)。なお、図-5 は台切りの有無や追肥、試験地内の日当たりを考慮せずに全個体のデータを

そのまま用いていることに注意されたい。これらの要因も含めた解析は後述する。

枯損率について検討したが、各樹種において枯損率の有意な違いは認められず（GLM：二項分布， $p>0.05$ ），栽培過程で生じる枯損率は樹種間の差が小さいと考えられた。

4年目の株あたり幹の本数も検討したが（表-1），オノエヤナギ，カワヤナギ，タチヤナギ，イヌコリヤナギではそれぞれ1.5本，1.1本，1.2本，1.3本と，有意な差が無かった（GLM：ポアソン分布， $p>0.05$ ）。台切り効果を検討した際にも述べたように，初期に幹の本数に違いがあっても，

表-1 植栽後4年目秋における各樹種の株当たり幹の本数

樹種	本数±標準偏差
オノエヤナギ	1.46±0.11
タチヤナギ	1.22±0.22
カワヤナギ	1.09±0.09
イヌコリヤナギ	1.25±0.13

樹種間において幹の本数に有意差は認められない（GLM，ポアソン分布， $p>0.05$ ）

表-2 バイオマス量に影響を与える構造モデル式と AIC

順位	AIC	モデル式
1	1452.0	バイオマス量＝樹種 + 日当たり＊施肥
2	1453.0	バイオマス量＝樹種 + 台切り + 日当たり＊施肥
3	1453.4	バイオマス量＝樹種 + 施肥 + 日当たり＊施肥
4	1454.0	バイオマス量＝樹種 + 日当たり + 台切り + 日当たり＊施肥
5	1454.3	バイオマス量＝樹種 + 施肥 + 台切り + 日当たり＊施肥

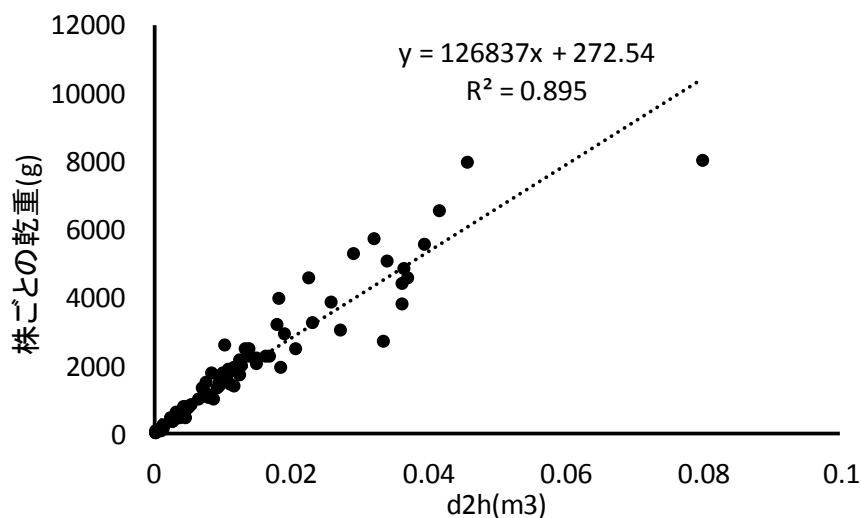


図-6 材積の近似値である d2h から推定した株ごとの乾重量

成長過程における個体内または個体間の競争と淘汰により、各株は単木化する傾向があると考えられた。

雪害状況についても検討した。森林研究研修センター構内の気象観測によると、植栽から 1, 2, 3 成長期間経過後の冬季の最深積雪深はそれぞれ 45cm, 78cm, 84cm であった。1 成長期間経過後の冬季は、多くの個体が埋雪していたものの翌春にはすみやかに起立した。しかし、2 成長期間経過後の冬季には、23%の個体が斜立または倒伏した。この時の被害の有無を目的変数とし、樹高と樹種を説明変数とする一般化線形モデルを構築して解析を行ったところ、それぞれの説明変数を単独で採用するよりも両方を採用したモデル式の AIC が小さくなった。この最適なモデル式で被害の有無を検討すると、有意に被害を受けにくい個体は樹高が小さく、さらに、オノエヤナギとタチヤナギも有意に被害を受けにくかった (GLM: 二項分布, $p < 0.05$)。これらの被害の大半は軽微であり、夏季には多くの個体が起立したが、一部の個体、特にイヌコリヤナギの場合では倒伏被害から起立することなく翌年である 3 成長期目も斜立したままであった。なお、3 成長期間経過後の冬季における雪害状況についてはデータを取っておらず、本論文での議論は行えないが、秋季でも斜立している多くの個体はイヌコリヤナギであった。

4. ハムシ被害

収穫試験の直前である平成 30 年 8 月中旬頃より、ほぼ全ての個体の葉が褐変し、葉脈だけ残した葉のみを付ける状態になった。葉や枝、幹などにはハンノキハムシもしくはヤナギリハムシと思われる 5mm ほどの黒色・青藍色の甲虫が大量に付着しており、葉を食害していることを観察した。しかし、9 月中旬にはほとんどの個体で新たに新芽を芽吹かせた。この頃より収穫試験を行うため多くの個体を伐採したが、ハムシ被害からの回復経過を観察するため 17 株は 11 月中旬まで育成させた。11 月中旬にこれらの個体

を観察すると、2 株 (11.8%) は新しい葉を全く展開していなかったが、15 株 (88.2%) は 9 月以降も葉の量をかなり増やしており、十分に回復していると判断できた。これらの株はその後バイオマス量の測定のため伐採したが、葉を展開しなかった 2 株であっても伐採した地際の本部は乾燥していなかった。この 2 株の幹上部は明らかに乾燥しており枯死していると考えられたが、根元部分は生存していると考えられた。この 2 株については、伐採後の春に切り株からの萌芽が生じるか観察する必要がある。

5. 収穫試験

植栽して 4 成長期間後にバイオマス量を測定した。これまでに生存していた全 86 株の根元部から円盤を切り出して絶乾させたところ、これらの湿量基準の含水率の平均値 $\pm$ 標準偏差は $49.7 \pm 6.2\%$ であった。どの樹種でも含水率は 50% 程度となり、樹種間の差は認められなかった。なお、伐採した個体のうち 59 個体は幹と枝に分けてバイオマス量を測定したが、全個体重の $26.1 \pm 8.6\%$ は枝の重量であった。

測定した含水率の値を用いて株ごとにバイオマス量を推定した (図-6)。バイオマス量は伐採時に測定した根元径 (d) と樹高 (h) から算出した d^2h と高い正の相関関係が認められた ($r=0.95$, $p<0.01$)。また、バイオマス量 (g) = $126837 \times d^2h$ (m³) + 272.54 の一次式を用いることにより、材積のみから簡便にバイオマス量を推定できると考えられた。

試験地の観察により、バイオマス量に影響を与える要因として、樹種、2~3 年目の追肥の有無、日当たりの良否、追肥と日当たりの交互作用、台切りの有無の 5 要因があると推察された。そこで、バイオマス量を目的変数とし、この 5 要因を用いた全ての組み合わせによる一般化線形モデルを構築し、それぞれの式から AIC を算出した。その結果、最も AIC が小さかった式は樹種と日当たり $\times$ 施肥の 2 要因を採用したモデル式であった (表-2)。このモデル式によると、オノエ

ヤナギは他の樹種と比べ有意に大きく、日当たりの良いところへの施肥は効果が高いことが明らかとなった。

バイオマス量が大きい樹種であることが明らかとなったオノエヤナギについて、全植栽木のバイオマス量を算出した。植栽密度である 20,000 本に収穫時の生存率を乗じ、その値にバイオマス量を乗じることによってヘクタールあたりの収穫量を推定した。その結果、収穫できた木質バイオマス量は 32.9 t/ha となり、栽培マニュアルの目標値である 30t/ha を上回った。なお、本試験地は小規模であるため 20,000 本/ha という高密度植栽による密度効果が一部個体に対して適正に反映されていないと思われる。これに対応するため、今後は比較的広い面積の圃場による栽培試験を行う必要がある。

以上のことから、山形県でも圃場におけるヤナギ栽培は可能であることが明らかとなった。今回供試した 4 樹種の中では、収量と耐雪性の観点から、オノエヤナギが総合的に優れていたと考えられた。また、オノエヤナギを用いれば、日照等の圃場の条件や追肥等の管理を適正に行うことにより、北海道における栽培目標である乾重量 30t/ha 以上の生産が可能と考えられた。今後は、栽培にかかるコストを算出して収益性を検討する必要がある。また、今回の試験地である寒河江市は山形県の中でも雪の少ない地域で

あるので、これよりも雪の多い地域での栽培も検討する必要がある。

IV 引 用 文 献

- 北海道開発局（2010）北海道におけるヤナギ栽培マニュアル平成 22 年度版．60pp.
- 森本英嗣・佐藤茂・石澤公明・新井健（2016）小規模遊休農地の活用に向けたエネルギー作物としてのヤナギ生産の基礎的研究－経済的視点からの考察－．農村計画学会誌 35（1）：43-50.
- 森林総合研究所北海道支所（2014）北海道におけるエネルギー作物「ヤナギ」の生産の可能性．15pp.
- 上村章・原山尚徳・北岡哲・宇都木玄（2013）ヤナギ 1 年生株の台切り有無が当年生長量へ与える影響．北方森林研究 61：55-56.
- 上村章・原山尚徳・宇都木玄（2014）ヤナギ挿しつけ 1 年目の台切りの有無が萌芽 2 年目のバイオマス量に与える影響．北方森林研究 62：37-38.
- 矢野慶介・福田陽子・田村明・山田浩雄・織田春紀・阿部正信・小園勝利・佐藤亜樹彦・那須仁弥・生方正俊（2013）ヤナギ類における穂木の性質がさし木苗の生存率および成長量に及ぼす影響．北方森林研究 61：53-54.

短 報

山形県低コスト再造林技術実証事業における地拵えと植栽の実施と検証

高橋 文¹・渡部公一¹

The verification of low cost cultivation and planting experiment in Yamagata prefecture

Aya TAKAHASHI・Koichi WATANABE

(2019 年 3 月 12 日受理)

要旨：地拵えと植栽・下刈り等の労務軽減を目的とした低コスト再造林技術を検証するための試験地を設定し、今年度は、地拵えと植栽の施業時間について調査した。設定した 4 調査地において、地拵えの施業時間・人工数・経費は、調査地の状況や施業を行った事業体の違いにより大きく異なった。植栽時間は、どの調査地でも存置地拵えと筋置地拵えで大きな差はなかったが、植栽場所の位置決めについては、地拵えの程度や手順によって差があった。現場が急峻であるなどの理由で経費がかかる調査地もあったが、今回の調査で丁寧過ぎる地拵えを実施している事業体も見受けられた。今後、低コストで再造林事業を進めていくためには、発注者側が施業の基準を明確化し、受注者にコストを縮減させる意識を浸透させることが必要である。

I は じ め に

近年、山形県では、主伐期を迎えるスギ林が増加しており、皆伐するケースが増えてきている。皆伐後は、公益的機能の発揮や森林資源の循環利用の面から、再造林することが望ましいと考えられる。しかし、木材価格の低下や再造林の初期投資経費の負担が大きいことなどから、本県の再造林率は、平成 27 年度の時点で 33% に留まっている（山形県農林水産部，2017）。

山形県では、植栽から約 10 年間の施業について、補助金を投入しても 1 ヘクタール当たり 100 万円以上の赤字が計上されることが試算されている（山形県環境エネルギー部，2014）。こ

のため、本県では、再造林事業への補助金の嵩上げや苗木購入の全額補助などを実施している。しかし、今後、育林経費を含めて健全な森林施業を目指していく上でも、再造林の初期段階に実施する地拵えや下刈りの低コスト化を図る必要性があると考えられる。

これまでも、再造林の初期投資経費を低減するために様々な研究が行われてきた。特に、地拵えや植栽・下刈りについては、多くの研究がされているが、その結果は様々である。例えば、地拵えについては、グラップルなどを活用した機械地拵えにより人工・コストを削減することができたと報告されている（岩手県農林水産部森林整備課，2014；独立行政法人森林総合研究

¹ 山形県森林研究研修センター 〒991-0041 山形県寒河江市大字寒河江丙 2707

所, 2013 ; 国立研究開発法人森林総合研究所, 2016)。また, 植栽については, 通常ならば 2,500 ~3,000 本/ha 植栽のところ, それ以下の植栽本数に減らし, 人工やコストを削減することが可能だとしている (岩手県農林水産部森林整備課, 2014 ; 大池, 2016)。さらに, 低密度で植栽すると直径成長がよいという報告もある (吉野, 2004 ; 福地ら, 2011 ; 伊藤ら, 2015)。一方で, 低密度植栽はヤング率の低下 (福地ら, 2011) や直径成長量がばらつく (野口・和田, 2017) などの問題点も指摘されている。

他県で実施されてきた低コスト再造林の手法は, 山形県と環境要因や請け負う林業事業体の体制等が異なるため, 本県でも有効なのかを検証する必要がある。そこで, 2018 年度, 山形県では, 地拵えと植栽密度・下刈り回数について, 低コスト再造林技術を検証するための試験地を設定した。今年度は, 地拵えと植栽の作業時間について調査したので報告する。

II 試験地の設定

本研究では, 山形県内に 4 つの試験地を設定した。試験地は, 県内の様々な環境に対応できるように, 積雪量などが異なった地区を選定した。4 つの試験地についての詳細は, 表-1 に示した。なお, 地拵えや植栽などの作業は, 各試験地において地元の森林組合や林業事業体に委託した。

III 調査方法

1. 地拵えの歩掛調査

地拵えは, 2018 年 10 月下旬から 11 月中旬頃までに, 存置地拵えと筋置地拵えを実施した (表-2)。存置地拵えは, 皆伐後, 地表面の枝条整理を行わない地拵えである。ただし, 植栽時に大きな支障を与える場合は, 枝条を切断したり局部に集積したりするなどの枝条整理を実施して

いる。筋置地拵えは, 地表面の枝条を高さ 1m 以下, 幅を植栽間隔に棚積みした。筋の間隔は, 植栽間隔の 2 倍とした。今回, 枝条整理に労力を要する筋置地拵えについて比較した。なお, 調査地 B・D は人力地拵えのみ, 調査地 A・C は機械地拵えと人力地拵えを併用した。

地拵えの作業時間と人工数は, 現地での作業時間の計測と作業日報を併用して実施した。計測は, 昼食時間は除いたが, 休憩や給油等の時間は実際の作業時間に含めた。とびや下刈鎌, チェーンソーを用いた地拵えは人力地拵えとし, グラップルなどの高性能林業機械を使用した場合は機械地拵えとした。また, 経費は, 本県の標準単価表等を用いて直接経費を試算した。

2. 植栽の歩掛調査

植栽は, 2018 年 11 月上旬から 12 月上旬頃までに, 1 ヘクタールあたり 1,500 本, 1,800 本, 2,100 本, 2,400 本, 3,000 本植えを実施した。なお, 今回の植栽歩掛調査には植栽本数の違いは考慮しなかった。植栽木は, 山形県雪害抵抗性の 2 年生スギコンテナ苗 (苗長 35cm 以上) を用いた。

植栽の歩掛調査は, 植栽作業の様子をビデオカメラ (JVC GZ-R470) で撮影し, 植栽にかかった時間を計測した。試験地毎に存置地拵えと筋置地拵えを実施した場所それぞれを約 1 時間ランダムに撮影し, 苗木 1 本あたりの平均的な植栽作業時間を算出した。ポール等で植栽間隔を計測し次の植栽位置への移動を「位置決め」, ディブル等で植穴を掘る「植穴掘り」, 根鉢を植穴に入れ締め固める「植付」の作業を苗木 1 本あたりの植栽作業時間とした。反復は, 各試験地の存置地拵えと筋置地拵えでそれぞれ 10 本としたが, 調査地 A の存置地拵えについては 5 本となった。トータルの植栽作業時間については, 調査地ごとに存置地拵えと筋置地拵え間で t 検定を行った。解析には, Microsoft Excel 2010 を用いた。

表-1 試験地概況

	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D
所在	遊佐町	鶴岡市	山形市	米沢市
標高	250m	100m	660m	720m, 780m
最深積雪深	100cm以下	100cm以下	100～250cm	250cm以上
斜面方位	北東	北	南西	北西
平均傾斜	15°	30°	20°	10°
土壌	黒色土壌 [Bl _D]	褐色森林土 [B _D (d)～B _D]	黒色土壌 [Bl _D]	褐色森林土 [B _D (d)～B _D]
皆伐時期	2018.3	2018.3	2018.9	2018.6
面積	1.4ha	0.86ha	0.5ha	1.2ha

表-2 各試験地における地拵え別面積

		調査地A	調査地B	調査地C	調査地D
地拵え	存置	0.1ha	0.43ha	—	0.6ha
	筋置	1.3ha	0.43ha	0.5ha	0.6ha

IV 結果

1. 筋置地拵えの歩掛調査

人力地拵えと機械地拵えを併用した調査地 A では、人力と機械の施業時間はそれぞれ 37.7 時間/ha, 32.3 時間/ha, 計 70.0 時間/ha であり、調査地 C では、52.0 時間/ha, 25.0 時間/ha, 計 77.0 時間/ha であった (図-1)。人力地拵えのみの調査地 B では、174.4 時間/ha であり、調査地 D では、46.1 時間/ha であった (図-1)。

地拵えの人工数は、人力地拵えと機械地拵えを併用した調査地 A では、人力と機械の人工数はそれぞれ 5.4 人/ha, 4.6 台/ha であり、調査地 C では、8.0 人/ha, 4.0 台/ha であった (図-2)。人力地拵えのみの調査地 B では、25.6 人/ha であり、調査地 D では、7.2 人/ha であった (図-2)。

試算した地拵えの直接経費は、人力拵えと機械地拵えを併用した調査地 A では、人力と機械

の経費はそれぞれ 128,229.2 円/ha, 195,623.1 円/ha, 計 323,852.3 円/ha であり、調査地 C では、190,512 円/ha, 151,375 円/ha, 計 341,887 円/ha であった (図-3)。人力地拵えのみの調査地 B では、609,195.3 円/ha であり、調査地 D では、170,270.1 円/ha であった (図-3)。

2. 植栽の歩掛調査

植栽の歩掛調査における存置地拵えと筋置地拵えの施業時間は、それぞれ調査地 A では 39.0±8.6 秒/本, 41.0±9.2 秒/本 (t 検定, $p > 0.05$), 調査地 B では 59.1±20.7 秒/本, 64.1±16.8 秒/本 (t 検定, $p > 0.05$), 調査地 C では 60.7±18.2 秒/本, 調査地 D では 36.5±10.8 秒/本, 50.3±16.4 秒/本であった (t 検定, $p < 0.05$)。どの調査地でも地拵えの方法に関わらず、植栽木 1 本あたりの平均植栽時間は 1 分間前後であった (図-4)。

V 考 察

地拵えについて、調査地 A と C は人力地拵えと機械地拵えを併用した。調査地 A は、機械での作業がしやすい地形であることから、細かい枝条も機械で寄せる丁寧な地拵えを行った。そのため、機械地拵えの経費が人力よりも高くなった。調査地 C は、グラップルが届かない場所の枝条整理を人力で行った上、地形が狭長なことから、枝条を棚積みできるスペースが限られたため、人力地拵えの作業時間が機械地拵えの約 2 倍となった。また、調査地 B と D は、人力地拵えのみで地拵えを行った。調査地 B は、作業時間・人工数が他の 3 調査地よりも多くかかっていた。これは、現場の平均斜度が 30°と急勾配のため労力を要したと考えられる。さらに、皆伐後の林床に枝条残材が多かったこと、繁茂した雑草木が多かったことから人工数がかかっ

た。調査地 D は、作業時間・人工数・直接経費が他の 3 調査地と比べて一番低かった。この現場は、平均斜度が 10 度と平坦であること、林道に近く作業条件がよかったことなどからコストが抑えられたと考えられる。

地拵えは、伐採方法や下層植生の量、地形、機械の使用など多くの要因があり、単純にコストを比較することはできない。しかし、一部過剰と思われる潔癖な地拵えを実施している事業体も見受けられたため、適当と考えられる基準について検討し、仕様書等で明示する必要があると考えられる。

また、植栽については、各調査地において、存置地拵えと筋置地拵えで植栽時間に大きく差異が出ることはなかった。調査地 A では、存置地拵えと筋置地拵えを行った場所のどちらも植栽を阻害するような枝条が少なかった上、現場の平均斜度も 15 度と比較的緩やかだったため、

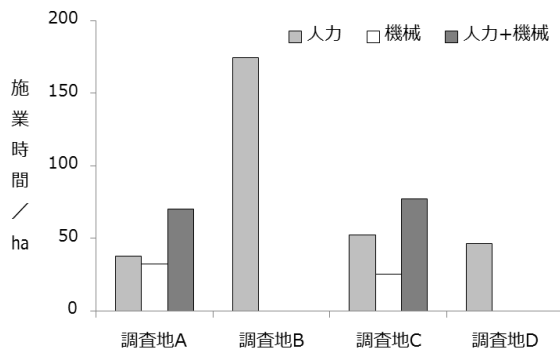


図-1 地拵え別の枝条整理時間

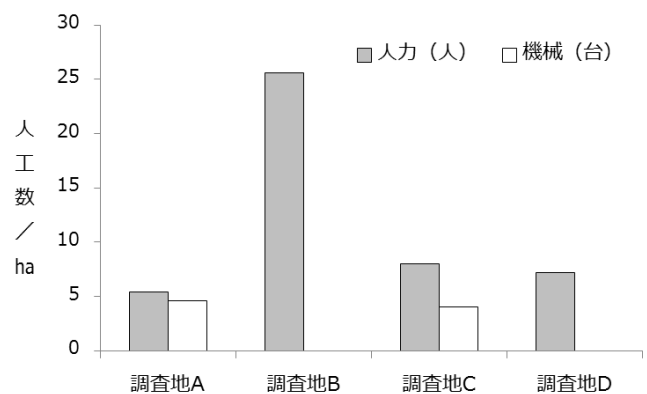


図-2 地拵え別の人工数

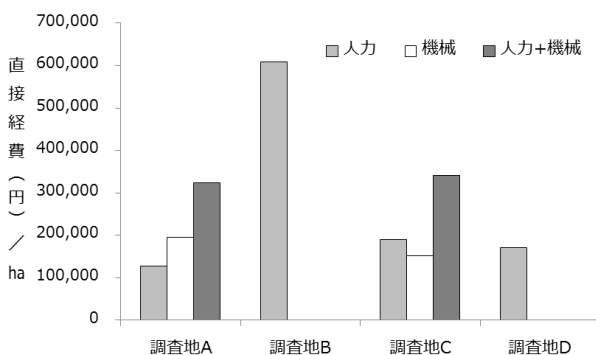


図-3 地拵え別の直接経費

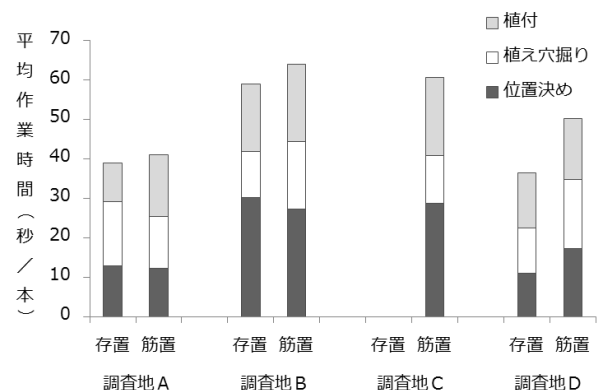


図-4 植栽の作業別平均作業時間

地拵えによって差が出なかった。調査地 B は、斜度が急なことや存置地拵えでも筋置地拵えでも植栽地にある程度枝条が残っていたことから、位置決めの移動や植栽間隔の測定に時間がかかった。さらに、裸苗よりも比較的小さいコンテナ苗は、植栽後に視認しにくく、このことも位置決めに時間を要した要因である。調査地 C では、植栽地に阻害するような枝条は少なかったが、現場の作業員が植栽間隔の測定を丁寧に行っていたことから、位置決めに時間がかかり、植栽が 1 本 60 秒程度かかった。調査地 D のみ存置地拵えを行ったところでの植栽時間の方が、筋置地拵えの植栽時間より有意に短いという結果が出たが、これは、存置地拵えを実施した箇所が筋置地拵えよりも傾斜が急であったことが考えられる。小倉ら（2013）のスギコンテナ苗の植栽試験でも、緩傾斜地では 27 秒／本だったのに対し、急傾斜地では 42 秒／本という結果であった。本研究でも、斜度が高いほど植栽時間が長くなる傾向が見られた。また、存置地拵えを実施した場所での植栽は、枝条が少ないポイントを選ぶため、位置決めの際、厳密な測定ができないことがかえって時間の短縮につながっていた。さらに、作業員の判断で植栽した苗木に視認用のテープを結束していたことも位置決めに要する時間が少なかった要因である。

また、本試験では植栽本数別の歩掛調査は実施していないが、これまでの研究から植栽密度が低いほどコストが抑えられたと推測される。例えば、植栽作業時間は植栽密度が高いほど短い傾向はあるがほぼ本数に比例するという研究報告（森田・斉藤，2000）や植栽本数 3,000 本／ha と 1,500 本／ha を比較すると所要人工数が約半分になったという報告（大池，2016）、植栽密度を 3,000 本／ha から 1,500 本／ha に半減すると植栽人工数が 53% になったという研究（渡辺ら，2015）がある。

植栽時間については、特に位置決めの時間で調査地ごとにばらつきが見られた。作業者の性格等にもよるが、厳密な位置決めを行うと、植

栽場所をあまり選ばないコンテナ苗のメリットが薄れてしまうことになる。また、今回は解析していないが、コンテナ苗の運搬も問題とされる。コンテナ苗は裸苗に比べると、重量があり、かさばることから、運搬に労力がかかる。本研究でも、搬入に苦勞している事業者があり、これについては別に考慮する必要がある。

今年度は、地拵えと植栽について歩掛調査を行ったが、調査地の状況や施業を実施した事業者によって人工等のコストは様々であった。現場によって様々な要因が重なってくるため、一律にコストを低減するのは難しいが、地拵えの明確な施業基準を定めて、労務を軽減化するなどの対策を発注者側は考慮すべきである。また、伐採と地拵えを連続で行って、機械の利用効率を高める密着造林を進めていくこともこれからの課題である。今後は、初期投資経費全体を考慮することが必要なため、下刈りや植栽木の成長量などを観察して、最適な低コスト再造林技術を検討していく。

VI 引 用 文 献

- 独立行政法人森林総合研究所・九州大学・宮崎大学・徳島大学・高知県（2013）低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集：45pp
- 福地晋輔・吉田茂二郎・溝上展也・村上拓彦・加治佐剛・太田徹志・長島啓子（2011）低コスト林業に向けた植栽密度の検討ーオビスギ植栽密度試験地の結果からー．日林誌 93：303-308
- 伊藤愛・綿野好則・袴田哲司・山本茂弘・近藤晃（2015）植栽密度の異なるスギ・ヒノキ造林地における下刈り方法の違いが作業工程と植栽木の初期成長量に及ぼす影響．静岡県農林技術研究所研究報告 8：89-93
- 岩手県農林水産部森林整備課（2014）岩手県低コスト再造林事例集：25pp
- 国立研究開発法人森林総合研究所・岩手県林業技術センター・秋田県林業研究研修センタ

ー・山形県森林研究研修センター・ノースジャパン素材流通協同組合（2016）東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集 ここまでやれる再造林の低コスト化ー東北地域の挑戦ー：27pp

森田厚・斉藤葉子（2000）低コスト育林システムの開発に関する調査．埼玉県林業試験場業務成績報告 42：30-32

野口麻穂子・和田覚（2017）秋田県における植栽密度の異なるスギ若齢林の林分構造と成長．日本森林学会誌 99：41-45

小倉晃・千木容・小谷二郎・池田虎三・間明弘光（2013）石川県におけるマルチキャビティコンテナ苗の植栽コスト事例．石川県農林総合研究センター林業試験場研究報告 45：20-22

大池航史（2016）低コスト再造林技術に関する研究（1）．山口県農林総合技術センター研究報告 7：57-64

渡辺直史・藤本浩平・徳久潔（2015）低コスト育林技術の開発．高知県立森林技術センター研究報告 39：46-82

山形県環境エネルギー部（2014）森林資源の循環利用（再造林）について．
<https://www.pref.yamagata.jp/ou/kankyoenergy/050011/midorikannkyou/yamagata-midori-kenminkaigi/H26kenminkaigi/H26-3kaigishiryoyou/H26-3shiryo.pdf> 平成 30 年 12 月 19 日閲覧

山形県農林水産部（2017）【戦略 6】「やまがた森林ノミクス」の推進．
https://www.pref.yamagata.jp/ou/norinsuisan/140001/h29suisinkaigi/no01/no05_h29jyuuten06.pdf 平成 30 年 12 月 19 日閲覧

吉野豊（2014）スギ林における植栽密度によるスギカミキリ被害の違い．日林誌 86（1）：1-4

短 報

簡易防鹿柵の耐雪試験

古澤 優佳¹・千葉 翔¹・斉藤 正一¹

Test on snow resistance performance of simple deer fence

Yuka FURUSAWA・Sho CHIBA・Shoichi SAITO

（2019 年 3 月 25 日受理）

要旨：山形県においてもニホンジカのカメラトラップでの撮影や個体の目撃件数が増加しており、伐期をむかえ再生林地の増加が見込まれるなか新規植栽時の被害発生が懸念される。このため、今後被害発生が確認された場合、初期の時点において森林所有者等が自ら設置する可能性のあるネットを使用した簡易防護柵を降雪期に設置し、支柱およびネットの破損状況の調査から、本県での実用性および予防対策の考察を行った。その結果、全ての柵でネットが地際まで落下し、これは、上部への積雪や全面への着雪による雪の重みによるものと考えられた。また、ネットが下がった際に支柱が引っ張られることで倒伏する可能性が示唆され、本県におけるネットを使用した簡易柵の使用においては、冬季にネットを一度下ろし、春季に再度張りなおす必要があると考えられた。しかし、張り直しの作業による維持管理経費の増加、他の餌植生が少ない融雪前後に防除効果が一時的に低下する可能性から、ネットを使用した簡易柵は実用性が低く、他の資材についても実証試験を行い、本県の各地域における最適な防除手法を明らかにしていく必要がある。さらに、分布回復中の本県では、予防的対策としての積極的な捕獲等を行い、防護柵が必要ない低密度の状態を継続することが最善であると考えられた。

I は じ め に

ニホンジカ (*Cervus Nippon* 以下、シカ) の個体数は全国的に急増しており、分布は拡大傾向にある(環境省・農林水産省, 2013)。森林では年間 9,000ha を超える被害が確認され(環境省・農林水産省, 2013)、植栽直後の苗木の食害や角研ぎ、伐期を迎える直前の樹皮剥ぎ等、全ての成長段階で被害が発生している(堀野, 2015)。

このため、生産コストの増加に伴う、林業経営意欲の減退を招いている(環境省・農林水産省, 2013)。

近年、シカの分布は、一度絶滅したとされる東北地方まで回復しており、県においても、カメラトラップでの撮影や個体の目撃件数が増加している(江成, 2016; 古澤ら, 2016)。現時点において、本県でシカの林業被害は報告されていないが、県内の民有林のうち約 5 万 9 千 ha

¹ 山形県森林研究研修センター 〒991-0041 山形県寒河江市大字寒河江丙 2707

が伐期を迎えているため（山形県，2017），再造林地での新植苗木の被害が懸念されている。本県のように，シカの分布が回復途上にある生息密度が低い段階では，行うべき予防対策を明確にし，早期に実用化を図ることが望ましい。シカ被害対策は，個体数調整，被害の防除，生息環境管理の3者を総合的に推進することが重要とされている（林野庁，2012）。森林・林業分野では主に被害の防除が実施されており，特に，防護柵については再造林地において最も効果が期待できるとされている（堀野，2015）。しかし，導入費用が高額であり（三浦，1999），本県のように個体密度の低い被害確認初期段階では，被害が甚大な地域と同様に強固な防護柵を設置することは難しいと考えられる。

簡易防護柵（以下，簡易柵）については，補強が必要な場合はあるものの，シカの侵入を防ぐ意味では一定の効果があることが報告されている（小山ら，2010）。本県のような被害初期確認段階においては，森林所有者等が自ら簡易柵を設置することが想定される。しかし，ネット柵は耐雪性が低く（三浦，1999），積雪が破損に影響するとの報告があり（高柳ら，1988），積雪量の多い本県で実用できるかは明らかではない。そこで，本研究では，被害初期段階に使用が想定されるネットを使用した簡易柵について，積雪期間の支柱やネットの破損状況を調べ，本県での実用性を検証し，予防対策について考察した。

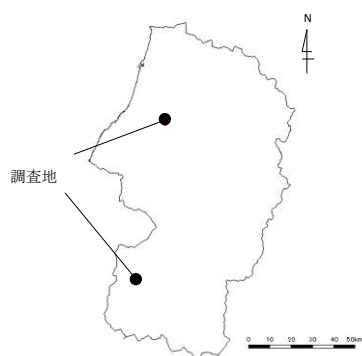
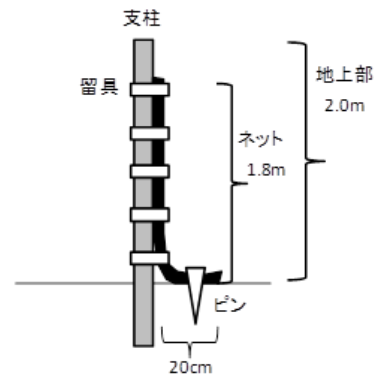


図-1 調査地位置図



平面図



断面図

図-2 作製した柵の構造

II 材料と方法

降雪による簡易柵の破損状況を調べるために，山形県西置賜郡小国町および鶴岡市羽黒町の2箇所で試験を行った（図-1）。それぞれの調査地から最寄のアメダス観測点によれば，降雪深の平年値は小国町が1032cm（1981～2010年），羽黒町が626cm（1982～2010年）である（気象庁，2017）。小国町の簡易柵は2015年にスギ人工林を皆伐してスギを植栽した国有林内に，羽黒町は森林研究研修センター林木育種園の苗圃に設置した。設置箇所の斜面傾斜は，雪崩等の降雪以外の要因による簡易柵の破損を避けるために0度～5度とした。

簡易柵は森林所有者自らが設置を行うことを想定しているため，試験に使用する資材は，全て量販店で購入可能なものとした。構造は鳥獣被害対策基盤支援委員会（2014）に従い，高さを2mとし，くぐり抜けられないよう接地面を杭等で補強した（図-2）。支柱は木製角材（30mm×30mm），果樹支柱（プラスチック製，径33mm），L型鋼材（ステンレス製），単管パイプ（鉄製，径42.8mm）の4種類を使用し，ネットは全て目合16mm，幅2mのアニマル&万能ネット（株式会社シンセイ）とした。支柱の間隔は1.8mとし，直線部分と折り返し部分ができるように，S字型の構造とした（図-2）。

支柱は，地上部が約2mになるように地中へ

40～50cm 打ち込み、約 1.8m の高さにネットを張った(図-2)。支柱へネットを固定するために、木製角材、果樹支柱、L 型鋼材の 3 種にはロックタイ（一般的に結束バンドと呼ばれるもの、150mm、抗紫外線剤入）を使用し、単管パイプにはパッカー（農業用ハウス作成時に使用する資材）を用いた。支柱 1 本あたりの結束箇所は 5 箇所とし（図-2）、潜り抜け防止を想定してネットの下部 20cm を金属製の U ピンで地面に固定した（図-2）。

設置期間は、小国町が 2016 年 11 月 18 日から 2017 年 4 月 25 日までの 158 日間、羽黒町が 11 月 16 日から 4 月 11 日までの 146 日間である。いずれも降雪前に設置し、融雪後に撤去した。

支柱およびネットの破損調査は、設置から撤去までの期間に、約 2 週間間隔で行った。ネット柵は対象とする動物が越えられない高さまでネットを張ることで侵入を防止するものである（鳥獣被害対策基盤支援委員会、2014）。破損状況を調査するにあたり、降雪で柵の高さが低下する要因は、支柱の場合には折損・倒伏、ネットは弛みや落下と考えられるため、それぞれの破損度合いを以下の 5 段階で評価した。(1) 支柱（5：変化なし、4：1～3 本傾く、3：4～6 本傾く、2：1～3 本折れ・倒れ、1：4～6 本折れ・倒れ）、(2) ネット（5：変化なし、4：弛みは有るが高さに変化なし、3：弛み有で高さ 1.5～1.8m、2：弛み有で高さ 1.0～1.5m、1：弛み有で高さ 1.0m 未満）。また、設置期間中の降雪量は、調査地から最寄りのアメダス観測点の降雪値を用いた。

Ⅲ 結 果

小国町の支柱の破損状況と降雪量を図-3 に示す。最初の降雪は 12 月 7 日に観測され、20cm を超える積雪は、12 月 15～16 日、1 月 11～16 日、1 月 22～24 日、3 月 7～8 日に確認された。支柱を木製角材にした柵は、設置直後に 1 段階評価が下がり、その後は降雪量が多かった期間

に大きく破損した（図-3）。3 月 13 日には支柱が 4～6 本倒れる評価 1 となった。一方、果樹支柱、L 型鋼材、単管パイプを支柱資材にした場合は、12 月 2 日および 1 月 20 日の調査で評価が 4 となったものの、以降は折損や倒伏が確認されなかった。

図-4 に小国町のネットの破損状況を示す。木製角材および果樹支柱に張ったネットは、設置直後から弛み、木製角材では高さが約 1.5m まで減少した（図-4）。一方、L 型鋼材、単管パイプに張ったネットは、いずれも 12 月 12 日まで破損していなかったが、降雪量が 20cm を超えた 12 月 15～16 日以降に評価が 4 に低下した。1 月 20 日の調査時点で、結束用のロックタイが支柱に残るもののネットが切れて落下した状況や、パッカーごとネットが下がったものが確認され、全ての柵で高さが減少した。その後、積雪により柵が埋没しネットの破損状況は目視不可能となったが、融雪後には全ての柵でネットが地際まで落下していた。

次に、羽黒町の支柱の破損状況と降雪量を図-5 に、ネットの破損状況を図-6 に示す。最初の降雪は 12 月 10 日に観測され、20cm を超える降雪は 1 月 12～13 日のみだった。

この降雪後に、木製角材は大きく破損し、1 月 20 日には評価 1 となった（図-5）。同時期に果樹支柱、L 型鋼材も評価が 1 段階下がったが、以降は傾きや倒伏は確認されなかった。単管パイプは徐々に傾く本数が増加していき、2 月 1 日以降は半数が倒れた状態となった（図-5）。

ネットについては、4 種全てが 1 月 12～13 日の降雪時に高さが大幅に下がり、評価は 2 となった（図-6）。その後は小国町の試験地と同様に、埋没によりネットの破損状況を評価することができなかったが、融雪後には全ての柵でネットが地際まで落下していた。

Ⅳ 考 察

試験の結果、木製角材を使用した支柱は破損

が大きいことが示され（図-3、図-5）、本県で簡易柵を設置する場合は木製角材以外を資材とする必要があると考えられた。

ネットについては、2箇所4種全ての柵でネットが地際まで落下した（図-4、図-6）。これらの破損が進んだ時期は20cm以上の降雪があった時期と連動する傾向があり（図-3、図-4、図-5、図-6）、現地調査では、ネットの弛んだ部分に雪が積もっている状況や全面に着雪している状況も確認された（写真-1）。このことから、降雪が多い時期にネット上部への積雪や全面への着雪が発生し、それらの重みによってネットが落下したと考えられた。また、木製角材以

外の支柱について傾きや倒伏がみられたが（図-3、図-5）、これらはネットが下がった際に支柱が引っ張られることで倒れる可能性が示唆された。以上のことから、ネットを使用した簡易柵の場合、降雪地域においては、冬季にネットを一度下ろし、春季に再度張りなおす必要がある。しかし、この場合には毎年張り直しの作業とそれに伴う経費が発生し、他県よりも設置後の維持管理経費が大きくなる。また、シカの餌となる他の植生が少ない時期である融雪前後、ネットを下ろしてから張り直すまでの期間に食害を受けることが懸念され、防除効果が一時的に低下する可能性がある。このため、本試験

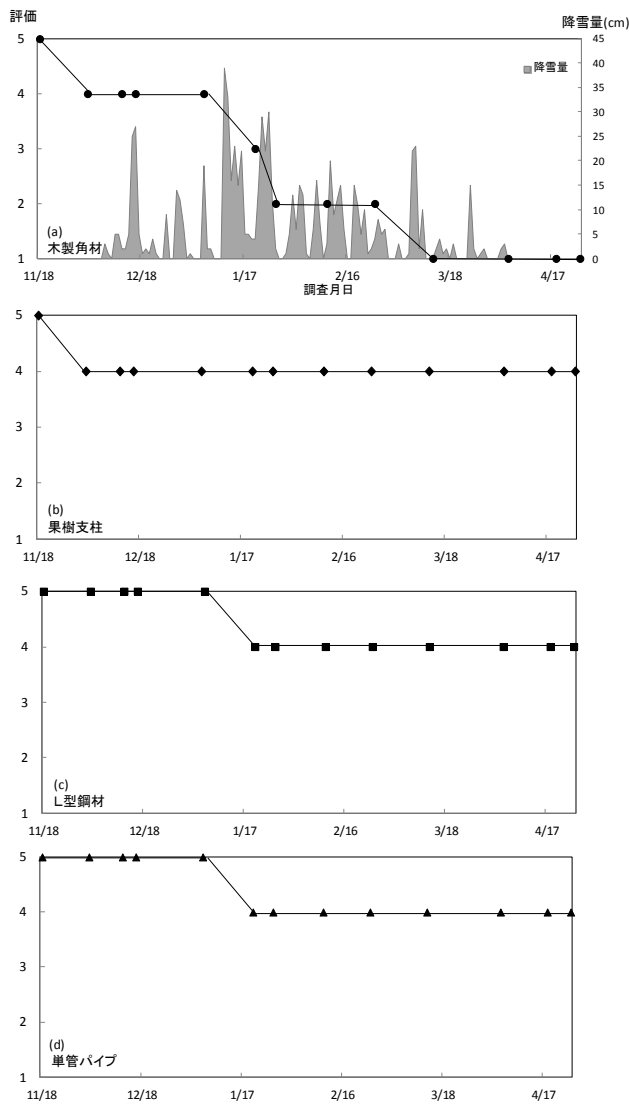


図-3 小国町における支柱の破損状況と降雪量

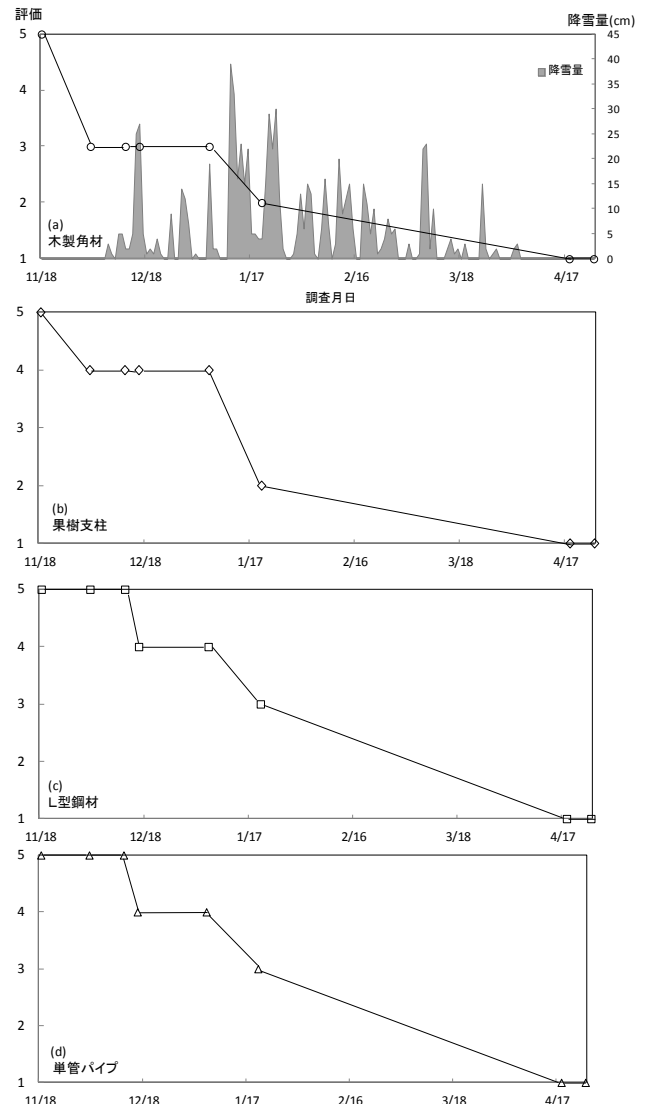


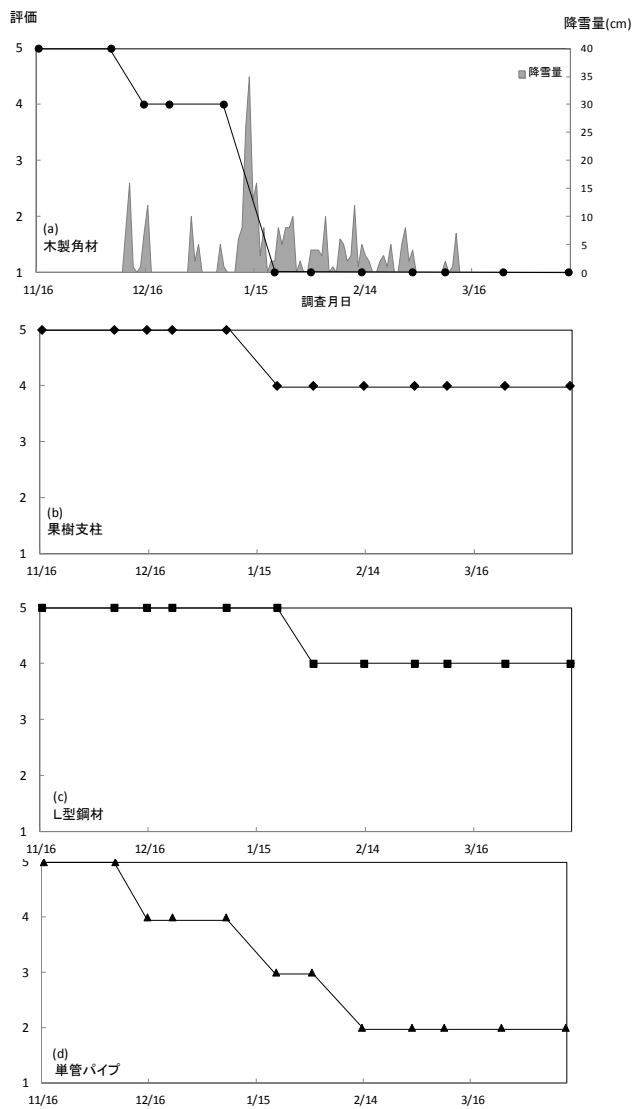
図-4 小国町におけるネットの破損状況と降雪量

で設置したようなネットを使用した簡易柵を、他県と同様に降積雪のある本県で使用するのには難しく、実用性が低いと考えられた。

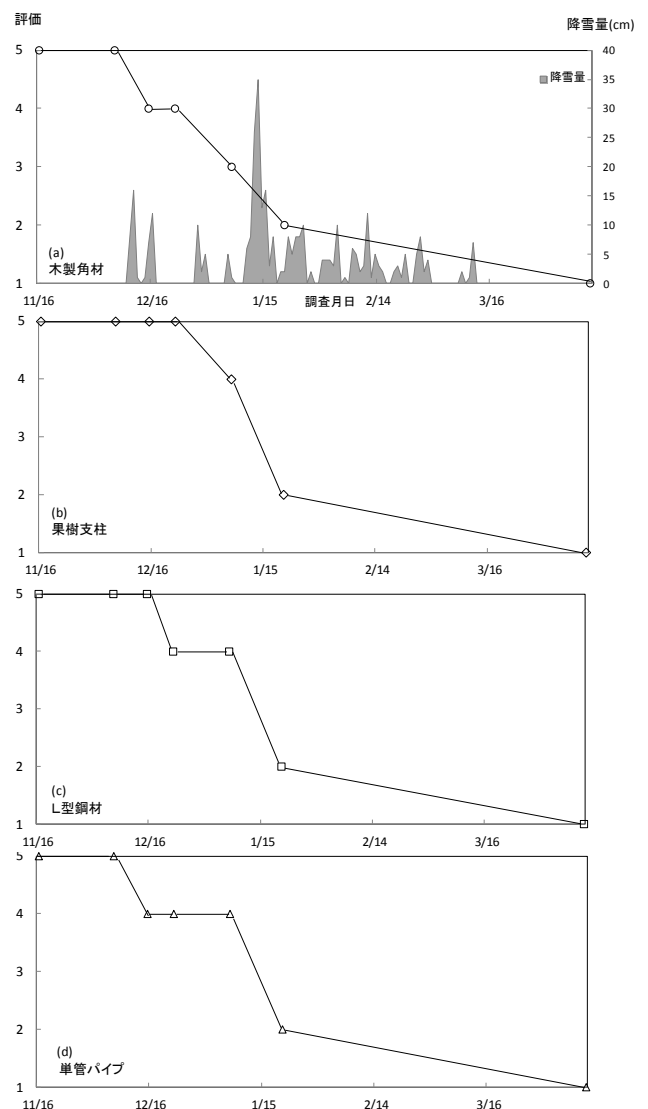
このため、今後は、恒久的な防護柵や単木防除用資材の耐雪性についての試験およびコスト試算等により、本県の各地域における最適な防除手法を検討する必要がある。堀野（2017）は、被害のない低密度地域については現状を維持することが最も得策であること、また、そのための予防的対策として、越冬地の調査と捕獲、モニタリングと捕獲体制の構築について示

している。今後、多額の防除経費が必要となる可能性を考えても、山形県を含む分布回復中の地域は、現在の低密度を維持し、防護柵が必要ない状態を継続することが最善である。

山形県においては、目撃情報の収集と分析、自動撮影カメラおよびオスジカの音声を使用したモニタリングを実施している。今後は、本県に適した防除手法について試験を継続すると同時に、モニタリングの結果を捕獲に繋げる体制を早期に構築し、予防的対策としての積極的な捕獲を行うべきと考えられた。



図ー5 羽黒町における支柱の破損状況と降雪量



図ー6 羽黒町におけるネットの破損状況と降雪量



写真-1 ネットの着雪状況

V 謝 辞

本調査にあたり試験地を提供していただいた東北森林管理局置賜森林管理署の皆様、柵の設置に協力していただいた森林研究研修センターの高内将文氏にこの場を借りて御礼申し上げます。

VI 引 用 文 献

- 江成広斗（2016）平成 27 年度大型野生動物生息動向調査報告書. 32pp, 山形県みどり自然課, 山形.
- 古澤優佳・斉藤正一・千葉翔・高橋文（2016）山形県におけるニホンジカ侵入初期の目撃情報及び目撃地の特徴. 東北森林科学会誌 21（2）：66-70.
- 堀野眞一（2015）鳥獣害の発生生態と防除対策（3）ニホンジカの生態と農林業被害対策. 植物防疫 第 69 巻 第 9 号：53-56.
- 堀野眞一（2017）ニホンジカ極低密度地域における現状と課題－早池峰山と白神山地の予防対策事例から－. 哺乳類科学 57(1):159-160.
- 環境省・農林水産省（2013）抜本的な鳥獣捕獲強化対策. 5pp, 環境省・農林水産省, 東京.

- 気象庁（2017）各種データ・資料（気象庁ホームページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>）, 2017 年 12 月 26 日閲覧.
- 小山泰弘・岡田充弘・山内仁人（2010）ニホンジカの食害による森林被害の実態と防除技術の開発. 長野県林業総合センター研究報告 24：1-24.
- 三浦慎悟（1999）野生動物の生態と農林業被害. 174pp, 全国林業改良普及境界, 東京.
- 林野庁（2012）森林における鳥獣被害対策のためのガイド - 森林管理技術者のためのシカ対策の手引き -. 46pp, 林野庁森林保護対策室, 東京.
- 高柳敦・吉村健次郎（1988）カモシカ・シカの保護管理論に関する一試論：防護柵の効果と機能. 京都大学農学部演習林報告 60：1-17.
- 鳥獣被害対策基盤支援委員会（2014）改訂版 野生鳥獣被害防止マニュアル イノシシ・シカ・サル実践編. 77pp, (株) エイエイベー, 東京.
- 山形県（2017）第 2 次山形県森林整備長期計画（改訂版）. 55pp, 山形県農林水産部林業振興課, 山形.

記 録

山形県におけるカラマツ林分収穫表の作成

上野 満¹

Yield table of *Larix kaemferi* in Yamagata Prefecture

Mitsuru UENO

(2019 年 3 月 14 日受理)

要旨：近年，造林樹種として関心の高いカラマツの成長予測と資源量を把握するための資料として，山形県におけるカラマツ林の林分収穫表の作成を試みた。調査に用いたデータは，林業指導所報告の既往のカラマツ林 118 林分のものに，新たに調査した壮齢林のカラマツ林 28 林分のデータを加え，森林総合研究所作成の収穫表作成プログラムを用いて解析した。地位級を 3 区分とした場合，40 年生林分の上層樹高と林分材積は，地位級「上」が 29.0m，433.7 m³，地位級「中」が 21.0m，288.6 m³，地位級「下」が 13.0m，131.2 m³であった。

I はじめに

本県では，拡大造林時代に造成した人工林が伐期を迎えており，主伐・再造林が本格化しつつある。再造林に用いられる樹種はスギが最も多いが，昨今，スギに比べ初期成長が良く伐期が短いとされ，集成材ラミナや合板材などで需要が伸びているカラマツにも注目が集まっている。本県のカラマツ造林は，スギ，アカマツに次ぐ第三の樹種として 1950～1960 年代に積極的に行われ，全国でも有数の実績を誇った（村井ら 1968）。しかし，カラマツは，坑木や電信柱としてその用途が期待されていたが，時代と共に需要が減少したこと，材に割れや狂いが生じやすいこと，先枯れ病等の病害が多発したこと等により，植栽はしたものの放置されるケースが少

なくなかった。今後，造林樹種としてカラマツを選択するにあたっては，将来を見据え計画的に管理することが重要になる。森林資源を計画的に生産するためには，樹種や林齢ごとにその蓄積量を把握し，将来の蓄積量を評価することが必要とされる。林分収穫表は，樹種，林齢，地位から幹材積や成長量などを推定する資料であり，山形県ではスギを対象として「山形県スギ林分収穫表（山形県農林水産部 1980）」として整備されてきたが，カラマツの収穫表の整備は，これまで行われてこなかった。本報では，十分なデータとは言えないながらも，資源管理が急がれるカラマツについての経営方針を構築するための資料として，林分収穫表を作成したので記録として報告する。

¹ 山形県森林研究研修センター 〒991-0041 山形県寒河江市大字寒河江丙 2707

Ⅱ 方 法

1. 調査方法

収穫表の作成に用いたデータは、林業指導所

が実施した「カラマツ人工造林地の実態調査(村井ら 1963 ; 今野ら 1694 ; 今野ら 1966 ; 今野ら 1967 ; 今野ら 1968)」から 118 林分を抽出

表-1 カラマツ林分収穫表作成資料一覧

一連 番号	調査地 番号	林齢	平均樹高	平均 胸高直径	本数	胸高断面積 合計	幹材積合計
1	1	13	12.5	13.9	1060	16.0	126.6
2	2	13	12.6	10.9	1080	10.0	89.2
3	3	5	9.8	1.7	2600	0.6	10.3
4	4	12	6.3	4.3	1180	1.7	11.2
5	5	11	10.3	5.9	700	1.9	5.3
6	6	51	18.1	24.6	780	37.1	393.0
7	7	16	6.4	7.1	300	1.2	5.9
8	8	15	7.3	8.1	300	1.6	7.1
9	9	15	6.1	7.1	2660	10.5	51.6
10	10	23	11.6	13.3	920	13.0	116.7
11	12	15	8.5	9.4	1580	10.9	48.0
12	21	21	16.3	18.8	520	14.4	125.9
13	22	20	13.0	13.2	520	7.1	54.6
14	23	17	16.6	17.2	1120	26.0	237.3
15	24	15	13.2	12.6	1240	15.5	130.8
16	25	15	6.9	5.9	700	1.9	11.2
17	26	9	7.6	9.2	2400	16.6	23.0
18	27	15	16.8	23.2	700	30.2	263.0
19	28	21	25.0	26.9	1000	61.6	783.0
20	29	14	16.6	18.1	900	23.2	200.0
21	30	10	6.5	9.8	2200	16.9	68.0
22	31	14	9.2	14.6	2000	34.0	186.0
23	33	14	10.3	9.4	1400	10.2	61.0
24	34	5	4.3	4.6	1500	2.0	7.0
25	35	30	20.5	23.7	600	28.7	331.0
26	36	25	12.2	20.3	2000	69.8	450.0
27	37	25	15.5	20.6	333	11.2	91.0
28	38	10	10.3	10.1	1374	11.7	73.0
29	40	10	7.1	6.9	3571	13.4	43.0
30	41	20	9.9	11.3	1111	11.4	62.0
31	42	21	8.8	9.6	1736	12.6	61.0
32	43	17	9.5	10.6	2500	22.1	108.0
33	44	15	10.2	10.6	2500	22.1	110.0
34	45	5	2.6	2.6	2500	1.3	2.0
35	46	12	6.5	7.1	4630	18.3	36.0
36	47	17	9.6	9.2	3968	26.4	103.0
37	48	16	9.2	9.5	1667	11.8	43.0
38	49	15	7.2	8.0	2300	12.6	56.8
39	50	7	3.7	2.6	1800	1.0	4.5
40	51	40	19.0	26.7	582	33.7	331.6
41	52	25	19.1	15.8	1250	25.1	264.7
42	53	25	20.1	14.3	1639	27.3	308.2
43	54	17	11.4	9.6	2264	17.5	137.5
44	55	12	6.0	5.4	2100	5.3	21.5
45	56	15	7.0	7.8	766	12.1	2.9
46	57	10	5.8	8.0	454	6.1	3.0
47	58	12	8.4	9.0	766	11.3	8.8
48	59	18	13.4	13.1	1900	48.0	33.5
49	60	16	12.3	11.4	286	5.8	3.2
50	61	22	13.6	15.2	400	14.5	97.6
51	62	15	11.6	9.9	2000	16.4	115.4
52	63	15	11.9	8.6	2600	16.7	122.6
53	64	15	9.0	7.3	2600	12.8	80.5
54	65	25	17.0	14.5	2083	40.4	402.3
55	66	13	6.6	6.3	1500	5.4	26.0
56	67	25	15.5	17.7	1017	26.9	247.4
57	68	16	11.4	9.9	2301	18.7	123.8
58	69	18	14.5	14.4	1600	27.7	231.4
59	70	17	9.9	8.0	1917	10.6	65.0
60	71	12	10.8	9.6	2917	21.7	131.7
61	72	23	11.4	16.8	1500	36.5	217.1
62	73	13	9.1	10.5	2200	19.9	90.5
63	74	10	8.8	8.3	2800	15.6	73.2
64	75	12	10.8	9.2	3100	22.2	128.3
65	76	17	11.8	9.9	3400	29.5	184.6
66	77	35	18.1	23.3	900	4.1	38.3
67	78	32	18.2	23.0	1000	42.2	383.6
68	79	12	11.1	11.8	1200	13.5	75.4
69	80	23	10.8	11.3	1800	18.2	99.9
70	81	17	16.1	14.3	1598	24.0	195.1
71	82	21	17.7	20.8	1097	37.3	315.5
72	83	20	14.9	18.5	2032	44.0	346.7
73	84	10	10.9	9.0	3152	20.0	117.0
74	85	11	8.4	12.4	1351	16.0	72.5
75	86	20	15.2	18.1	1775	40.0	306.2
76	87	17	5.0	6.5	2750	8.0	25.7
77	88	15	11.2	14.3	2451	32.0	202.6
78	89	14	9.4	8.7	3001	16.0	83.0
79	90	15	9.8	17.7	766	18.0	87.2
80	91	15	5.3	6.0	3971	10.0	35.2
81	92	15	5.1	6.1	3783	10.0	35.3
82	93	26	15.5	20.7	1011	32.0	121.2
83	94	24	15.4	16.3	1386	26.0	202.0
84	95	24	14.7	15.6	2000	36.0	270.9
85	96	10	5.1	7.0	2420	10.0	33.2
86	97	12	10.6	11.3	2402	22.0	124.6
87	98	17	9.6	11.7	1766	16.0	82.9
88	99	42	22.3	25.2	536	24.0	254.9
89	100	12	12.3	13.8	1491	20.0	125.6
90	101	12	9.0	10.6	1480	12.0	63.3
91	102	23	17.1	18.2	1932	40.0	339.6
92	103	20	13.1	12.4	3981	38.0	253.3
93	104	18	14.0	11.5	1651	16.0	112.3
94	105	24	19.8	21.5	1364	44.0	422.6
95	106	15	13.3	15.8	1565	28.0	187.4
96	107	9	7.4	10.0	1898	14.0	58.8
97	108	11	8.5	11.2	1039	10.0	47.3
98	109	9	8.1	10.3	2448	16.0	79.0
99	110	12	11.1	12.9	945	12.0	69.6
100	111	14	11.2	13.4	1617	20.0	115.7
101	112	9	10.5	10.3	2232	16.0	95.8
102	113	12	9.9	11.1	2910	24.0	131.2
103	114	10	6.4	9.5	2673	16.0	59.0
104	115	12	6.5	10.9	1886	16.0	57.1
105	116	18	12.4	15.5	1278	24.0	149.6
106	117	10	9.1	7.5	3155	10.0	52.0
107	118	13	7.3	10.7	1905	16.0	65.4
108	119	10	9.1	9.7	1094	8.0	38.7
109	120	10	6.4	7.4	1938	8.0	30.4
110	121	23	15.3	21.3	810	24.0	180.3
111	122	9	6.4	6.4	3390	10.0	42.1
112	123	14	8.1	9.7	1848	12.0	52.3
113	124	12	5.7	6.5	3341	8.0	30.3
114	125	13	5.7	7.6	3238	12.0	47.9
115	126	10	6.2	6.1	2955	8.0	32.5
116	127	14	10.6	15.1	1063	18.0	98.6
117	128	13	8.0	10.1	3727	24.0	105.8
118	129	12	10.3	11.8	1842	18.0	98.5
119	130	56	22.4	30.6	600	46.2	494.0
120	131	62	21.7	25.8	775	43.7	483.0
121	132	60	25.0	27.9	975	66.2	849.0
122	133	56	22.1	26.3	800	45.3	497.0
123	134	60	17.5	23.3	700	31.5	286.0
124	135	59	16.5	25.0	500	25.8	215.0
125	136	59	14.9	23.2	600	26.2	198.0
126	137	60	13.2	21.2	700	26.1	187.0
127	138	60	18.1	24.9	800	40.5	366.0
128	139	60	23.7	28.9	767	52.0	592.0
129	140	60	13.7	18.0	800	21.7	156.0
130	141	61	16.3	24.1	575	27.2	222.0
131	142	57	20.5	28.0	625	41.6	425.0
132	143	56	17.6	22.8	875	37.8	335.0
133	144	56	26.8	27.3	1067	66.4	862.0
134	145	57	13.3	21.4	650	24.2	165.0
135	146	65	29.7	35.6	525	52.8	729.0
136	147	65	30.5	34.7	550	53.2	769.0
137	148	65	26.2	31.9	575	48.4	617.0
138	149	64	25.5	29.1	775	53.4	666.0
139	150	64	32.5	37.5	425	48.0	723.0
140	151	64	30.5	31.4	650	51.5	746.0
141	152	64	27.9	35.9	500	51.2	673.0
142	153	64	31.0	35.8	550	56.3	809.0
143	154	64	26.1	29.5	500	35.2	441.0
144	155	64	29.9	30.1	600	45.2	653.0
145	156	64	29.9	30.1	600	45.2	653.0
146	157	64	22.4	24.8	700	35.4	393.0

注) 一連番号の 1~118 は林業指導所報告による。

した。しかし、当時の調査林分は、5～42年生の幼・若齢級の林分を中心としていたため、新たに56～65年生のカラマツ林28箇所で行った調査データを加えた。調査は、林分内に20×20m（地形的制約により一部異なる）の調査プロットを設け、プロット内のカラマツについて胸高直径と樹高について毎木調査を行った。胸高直径については、スチール製の巻尺を、樹高についてはバーテックスを用いて計測した。

2. 収穫予想表の作成

収穫予想表の作成については、森林総合研究所が作成した収穫予想表作成プログラム（森林総合研究所 2011）を利用し、算定式は以下の通りである。

- ① 平均地位曲線（ゴンベルツ式）＝上層樹高＝地位指数× $A \times B^{\exp(-K \times \text{林齢})}$
- ② 平均樹高＝ $A + B \times \text{上層樹高}$
- ③ 平均直径＝ $A \times \text{平均樹高}^B$
- ④ 本数＝ $A \times B^{\text{平均直径}}$
- ⑤ 平均幹材積＝ $A \times \text{平均直径}^B$
- ⑥ 断面積合計＝ $\text{平均直径}^2 \times \pi / 40000 \times \text{本数} \times A$
- ⑦ 幹材積合計＝ $\text{本数} \times \text{平均幹材積}$
- ⑧ 連年成長量
＝ $(\text{当期幹材積合計} - \text{前期幹材積合計}) / \text{期間年}$
- ⑨ 平均成長量＝ $\text{当期幹材積合計} / \text{林齢}$

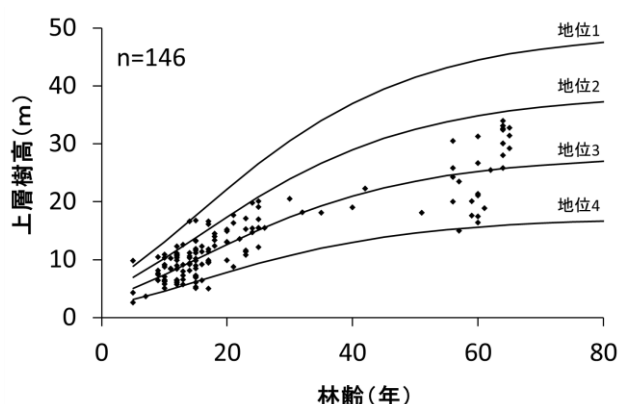


図-1 地位別樹高成長曲線

III 結果

1. 集計結果

集計の結果より、林齢毎の上層樹高を図-1に示す。

2. 収穫予想表の構成式に係る定数

各項目を算出するための構成式に係る定数を表-2に示す。

3. 収穫予想表の作成

図-1にプログラムで求められた地位別樹高曲線を示した。地位級を4区分としたところ、40年生林分の上層樹高と林分材積は、地位級1が37.0m, 533.0 m³, 地位級2が29.0m, 433.7 m³, 地位級3が21.0m, 288.6 m³, 地位級4が13.0m, 131.2 m³であった。この時地位級1の上層樹高は、実際の林分との乖離が大きく過大に表現されていたことから、地位級2を「上」、地位級3を「中」、地位級4を「下」として3区分にして、地位級1は参考値として扱うことが妥当であると考えられる。（別表）

表-2 収穫予想表の構成項目と式の定数

構成項目	定数		
	A	B	K
上層樹高(ゴンベルツ)	1.333	0.109	0.051
平均樹高	1.135	0.877	
平均直径	0.997	1.040	
本数	2863.246	0.950	
平均幹材積	0.000098	2.612	
断面積合計	1.002		

IV ま と め

壮齡林分を対象に林分調査を行った結果、本県のカラマツの成育は林分毎にバラつきが大きいことが確認された。その要因としては、本県ではスギが造林樹種の中心であったため、カラマツは必ずしも適地に植えられているとは言えず、植栽地の判定に見誤りがあったと考えられる。また、保育作業がおろそかになることで、被圧、雪害、ツル絡み等により枯損木が多発したことなども考えられる。一部のカラマツ林においては、収穫表の地位「上」を大きく上回り60年生程度で幹材積合計が800 m³/haを超える林分も確認された。これらの林分については、間伐などの保育作業が着実に行なわれてきた林分であったことから、カラマツの成長は、適地への植栽、適切な管理を行うことで収穫表以上に育つ可能性があると考えられる。本表（別表）は、山形県において一般的な条件下で管理されたカラマツ同齡人工林の地位判定、幹材積、成長量、将来の収穫予測などの平均的な値を求めるのに使用することが出来ると考えられた。

V 引 用 文 献

- 今野敏雄・村井貞克（1964）カラマツ人工造林地の実態調査．山形県林業指導所報告 No4：58 - 67.
- 今野敏雄・村井貞克（1966）カラマツ人工造林地の実態調査．山形県林業指導所報告 No6：51 - 54.
- 今野敏雄（1967）カラマツ人工造林地の実態調査．山形県林業指導所報告 No7：62 - 65.
- 今野敏雄（1968）カラマツ人工造林地の実態調査．山形県林業指導所報告 No8：10 - 13.
- 村井貞克・斎藤諦（1963）カラマツ人工造林地の実態調査．山形県林業指導所報告 No2：8 - 11.
- 村井貞克・斎藤諦・今野敏雄（1968）カラマツ人工造林地の実態調査（総括編）．山形県林業指導所報告 No8：14 - 21.
- 森林総合研究所（2011）収穫予想表作成プログラム．<http://www.ffpri.affrc.go.jp/database/shuukakuyosouhyou/index.html>
- 山形県農林水産部（1980）山形県スギ林分材積表．131pp.

別表 山形県カラマツ収穫予想表

地位級	地位 指数	林齢	上層 樹高	平均 樹高	平均 直径	本数	断面積 合計	幹材積 合計	連年 成長量	平均 成長量
1 (参考)	37.0	5	8.8	8.9	9.7	1737.3	12.8	64.0		12.8
1 (参考)	37.0	10	13.0	12.6	13.9	1399.7	21.2	131.8	13.6	13.2
1 (参考)	37.0	15	17.6	16.6	18.5	1102.9	29.7	220.0	17.6	14.7
1 (参考)	37.0	20	22.2	20.6	23.2	865.0	36.7	312.2	18.4	15.6
1 (参考)	37.0	25	26.6	24.4	27.7	685.2	41.4	393.5	16.3	15.7
1 (参考)	37.0	30	30.5	27.9	31.9	553.9	44.2	457.0	12.7	15.2
1 (参考)	37.0	35	34.0	31.0	35.5	459.2	45.5	502.4	9.1	14.4
1 (参考)	37.0	40	37.0	33.6	38.6	391.2	45.9	533.0	6.1	13.3
1 (参考)	37.0	45	39.5	35.7	41.2	342.1	45.7	552.6	3.9	12.3
1 (参考)	37.0	50	41.5	37.5	43.3	306.4	45.3	564.9	2.4	11.3
1 (参考)	37.0	55	43.2	39.0	45.1	280.2	44.8	572.3	1.5	10.4
1 (参考)	37.0	60	44.5	40.1	46.5	260.7	44.3	576.7	0.9	9.6
1 (参考)	37.0	65	45.5	41.0	47.6	246.2	43.8	579.3	0.5	8.9
1 (参考)	37.0	70	46.4	41.8	48.5	235.3	43.5	580.7	0.3	8.3
1 (参考)	37.0	75	47.0	42.3	49.1	227.1	43.1	581.5	0.2	7.8
1 (参考)	37.0	80	47.5	42.8	49.7	220.8	42.9	581.9	0.1	7.3
1 (参考)	37.0	85	47.9	43.1	50.1	216.1	42.7	582.1	0.0	6.8
1 (参考)	37.0	90	48.2	43.4	50.4	212.4	42.5	582.2	0.0	6.5
1 (参考)	37.0	95	48.5	43.6	50.7	209.6	42.4	582.2	0.0	6.1
1 (参考)	37.0	100	48.7	43.8	50.9	207.4	42.3	582.2	0.0	5.8
2 (上)	29.0	5	6.9	7.2	7.8	1915.5	9.2	40.0		8.0
2 (上)	29.0	10	10.2	10.1	11.1	1619.5	15.6	84.1	8.8	8.4
2 (上)	29.0	15	13.8	13.2	14.6	1345.8	22.7	145.7	12.3	9.7
2 (上)	29.0	20	17.4	16.4	18.3	1114.3	29.4	216.1	14.1	10.8
2 (上)	29.0	25	20.8	19.4	21.8	930.0	34.8	285.1	13.8	11.4
2 (上)	29.0	30	23.9	22.1	25.0	788.3	38.8	345.8	12.1	11.5
2 (上)	29.0	35	26.7	24.5	27.8	681.6	41.5	395.2	9.9	11.3
2 (上)	29.0	40	29.0	26.6	30.2	601.8	43.3	433.7	7.7	10.8
2 (上)	29.0	45	30.9	28.3	32.3	542.3	44.4	462.6	5.8	10.3
2 (上)	29.0	50	32.5	29.7	33.9	497.8	45.1	484.1	4.3	9.7
2 (上)	29.0	55	33.8	30.8	35.3	464.4	45.5	500.0	3.2	9.1
2 (上)	29.0	60	34.9	31.7	36.4	439.2	45.7	511.7	2.3	8.5
2 (上)	29.0	65	35.7	32.4	37.2	420.1	45.8	520.3	1.7	8.0
2 (上)	29.0	70	36.3	33.0	37.9	405.6	45.8	526.8	1.3	7.5
2 (上)	29.0	75	36.8	33.4	38.4	394.5	45.8	531.6	1.0	7.1
2 (上)	29.0	80	37.2	33.8	38.9	386.1	45.9	535.2	0.7	6.7
2 (上)	29.0	85	37.6	34.1	39.2	379.6	45.8	537.9	0.5	6.3
2 (上)	29.0	90	37.8	34.3	39.4	374.6	45.8	539.9	0.4	6.0
2 (上)	29.0	95	38.0	34.4	39.6	370.7	45.8	541.5	0.3	5.7
2 (上)	29.0	100	38.1	34.6	39.8	367.7	45.8	542.7	0.2	5.4

別表（つづき）

地位級	地位 指数	林齡	上層 樹高	平均 樹高	平均 直径	本数	断面積 合計	幹材積 合計	連年 成長量	平均 成長量
3（中）	21.0	5	5.0	5.5	5.9	2110.1	5.8	21.4		4.3
3（中）	21.0	10	7.4	7.6	8.3	1871.0	10.0	45.3	4.8	4.5
3（中）	21.0	15	10.0	9.9	10.8	1638.8	15.1	80.5	7.1	5.4
3（中）	21.0	20	12.6	12.2	13.4	1431.8	20.3	123.9	8.7	6.2
3（中）	21.0	25	15.1	14.4	15.9	1258.0	25.2	170.3	9.3	6.8
3（中）	21.0	30	17.3	16.3	18.2	1117.8	29.3	214.9	8.9	7.2
3（中）	21.0	35	19.3	18.1	20.3	1007.3	32.5	254.8	8.0	7.3
3（中）	21.0	40	21.0	19.5	22.0	921.5	35.0	288.6	6.8	7.2
3（中）	21.0	45	22.4	20.8	23.4	855.3	36.9	316.3	5.5	7.0
3（中）	21.0	50	23.6	21.8	24.6	804.5	38.4	338.5	4.4	6.8
3（中）	21.0	55	24.5	22.6	25.6	765.6	39.4	356.1	3.5	6.5
3（中）	21.0	60	25.2	23.3	26.4	735.6	40.2	369.8	2.8	6.2
3（中）	21.0	65	25.8	23.8	27.0	712.6	40.8	380.6	2.1	5.9
3（中）	21.0	70	26.3	24.2	27.5	695.0	41.2	388.9	1.7	5.6
3（中）	21.0	75	26.7	24.5	27.8	681.3	41.5	395.3	1.3	5.3
3（中）	21.0	80	27.0	24.8	28.1	670.8	41.8	400.3	1.0	5.0
3（中）	21.0	85	27.2	25.0	28.4	662.7	42.0	404.2	0.8	4.8
3（中）	21.0	90	27.4	25.1	28.6	656.5	42.1	407.2	0.6	4.5
3（中）	21.0	95	27.5	25.3	28.7	651.6	42.2	409.5	0.5	4.3
3（中）	21.0	100	27.6	25.3	28.8	647.9	42.3	411.3	0.4	4.1
4（下）	13.0	5	3.1	3.9	4.1	2321.6	3.0	8.9		1.8
4（下）	13.0	10	4.6	5.1	5.5	2157.5	5.1	18.0	1.8	1.8
4（下）	13.0	15	6.2	6.6	7.1	1990.2	7.8	32.0	2.8	2.1
4（下）	13.0	20	7.8	8.0	8.6	1833.2	10.8	50.2	3.6	2.5
4（下）	13.0	25	9.3	9.3	10.2	1694.4	13.8	70.9	4.1	2.8
4（下）	13.0	30	10.7	10.5	11.6	1576.8	16.6	92.3	4.3	3.1
4（下）	13.0	35	12.0	11.6	12.8	1480.1	19.1	112.7	4.1	3.2
4（下）	13.0	40	13.0	12.5	13.8	1402.1	21.1	131.2	3.7	3.3
4（下）	13.0	45	13.9	13.3	14.7	1340.1	22.9	147.2	3.2	3.3
4（下）	13.0	50	14.6	13.9	15.4	1291.1	24.2	160.7	2.7	3.2
4（下）	13.0	55	15.2	14.4	16.0	1252.7	25.3	171.9	2.2	3.1
4（下）	13.0	60	15.6	14.8	16.5	1222.7	26.2	180.9	1.8	3.0
4（下）	13.0	65	16.0	15.2	16.9	1199.3	26.9	188.2	1.5	2.9
4（下）	13.0	70	16.3	15.4	17.2	1181.1	27.4	193.9	1.2	2.8
4（下）	13.0	75	16.5	15.6	17.4	1167.0	27.8	198.5	0.9	2.6
4（下）	13.0	80	16.7	15.8	17.6	1156.1	28.1	202.1	0.7	2.5
4（下）	13.0	85	16.8	15.9	17.7	1147.5	28.4	204.9	0.6	2.4
4（下）	13.0	90	16.9	16.0	17.8	1141.0	28.6	207.1	0.4	2.3
4（下）	13.0	95	17.0	16.1	17.9	1135.8	28.7	208.8	0.3	2.2
4（下）	13.0	100	17.1	16.1	18.0	1131.9	28.8	210.1	0.3	2.1

記 録

低密度下での夜間におけるニホンジカ生息調査の結果

斉藤正一¹・高橋 文¹

Result of night survey Sika deer (*Capreolus nippon*) in low density areas.

Shoichi SAITO¹・Aya TAKAHASHI¹

(2019 年 3 月 25 日受理)

要旨：ニホンジカが目撃件数が多い山形県西置賜郡小国町で、2013～2018 年度に積雪のある冬季の夜間において、公道を走行して道路とその周囲でニホンジカを直接確認できるか調査したが、一度も確認することはできなかった。本調査法は、ニホンジカが低密度な場合、生息の有無を確認するには難しいことが示唆された。

I は じ め に

ニホンジカ (*Capreolus nippon*, 以下シカ) は、本州・九州・四国に分布し、かつては積雪地域である東北地方にも生息していたが、狩猟により一度生息が途絶えた (山形県立博物館, 2013)。しかし、近年になって積雪地域でのシカが目撃が急増しており、東北地方の日本海側でも分布を回復しつつある (千葉ら 2015, 古澤ら 2016)。シカの食害は著しく、農作物をはじめ、スギやヒノキの人工造林地での被害にとどまらず、天然林での下層植生・低高木性樹木類への被害もあり植生破壊にもつながることから早期の密度管理が求められている (三浦, 1999)。シカの駆除にあたっては、生息地と密度を調査し、適切な捕殺方法で密度低下を図る手法がとられている (環境省, 2000)。しかし近年になってシカが目撃されるようになった山形県や秋田県などの積雪地域は、シカの生息を把握することは非常に

難しい (古澤ら, 2016)。低密度域でのシカの生息確認として、世界遺産の白神山地周辺では自動カメラを多数設置する方法がとられている (久保ら, 2015)。しかし、自動カメラは、高価である上、確認域が狭く、シカの生態を熟知した専門家でないと撮影が難しいなどの課題がある。

低密度の状況下で、自動カメラ以外にシカの生息を確認する手法として Enari et al (2017) は、秋季のオスが繁殖の際に発する咆哮を録音し、ソナグラム解析する方法を開発した。しかし、まだ課題があり、一般に実用化はされていない。また、Aikawa et al (2015) は、糞の DNA 分析によりシカの生息を判定する技術を応用し、実用的な手法として発展させようとしている。

一般的に、シカの密度調査には、シカの糞を対象にした糞粒法や区画法、スポットライトセンサス法などがある。スポットライトセンサス法は、毎月、決まったルートを車で走行して、シカの生息数を確認する手法である (環境省, 2000)。

¹ 山形県森林研究研修センター 〒991-0041 山形県寒河江市大字寒河江丙 2707

積雪地域は、冬季において除雪車により除雪された雪が道路の両脇に高く積るため、除雪された道路は自動車の走行時以外は、野生動物の通路になる可能性もあるものと考えられる(図-1)。そこで、筆者らは、冬季の除雪道にしばらく、シカの生息を確認する目的で、目撃情報が多い地域において、積雪時期(12～3月)の夜間に道路を走行し、シカの生息が確認できるかどうか調査(以下、夜間調査)したので報告する。

Ⅱ 調査方法

調査地は、過去にシカが目撃情報が多かった

西置賜郡小国町とした(図-2)。調査は、2013～2019年の12～3月に行い、毎月1回夜間(17～21時)、町内の幹線道路を時速約30Kmで走行した。自動車のヘッドライトと助手席に乗車した調査者のライトにより、路上と道路脇10m程度までを目視範囲として、出現した動物をカウントした(図-1)。

本調査は、2013～2018年度の冬季間に実施した。調査時期については、2013年度は2013年12月と2014年2月、2014年度は2014年12月と2015年1月・3月、2015年度は2016年1～3月



昼間の状況



夜間の状況

図-1 調査地の昼間と夜間調査時の状況

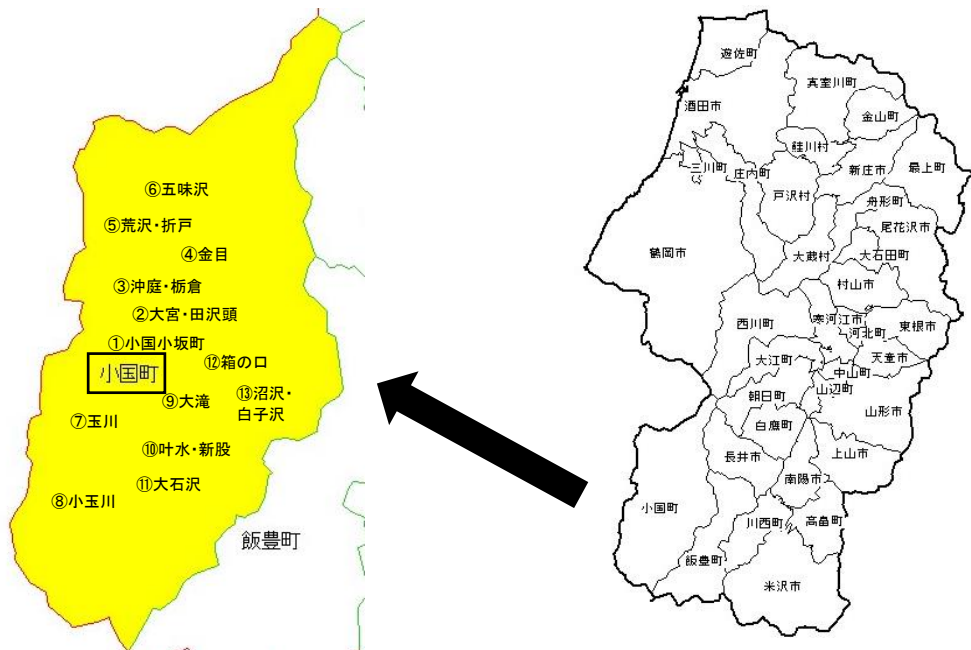


図-2 山形県西置賜郡小国町のシカ生息確認の夜間調査地

とまちまちな期間での調査になったが、2016 年度からは 12 月から 3 月まで調査を実施した（表-1）。

Ⅲ 結果と考察

小国町の面積は 737.56Km²であり東京都 23 区

の面積にも匹敵する事から、地域を以下のとおり 13 分割して調査結果を整理した。分割した地域は、①小国小坂町、②大宮・田沢頭、③沖庭・栃倉、④金目、⑤荒沢・折戸、⑥五味沢、⑦玉川、⑧小玉川、⑨大滝、⑩叶水・新股、⑪大石沢、⑫箱の口、⑬沼沢・白子沢である（図-2）。

調査の結果、確認された動物は、多い順にタヌ

表-1 2013～2018 年度における冬季間の夜間調査で確認された動物

年	月	日	天気	アメダス 積雪深(cm)	調査時間 開始 終了	調査者	小 国 小坂町	大宮・ 田沢頭	沖庭・ 栃倉	金目	荒沢・ 折戸	五味沢	玉川	小玉川	大滝	叶水・ 新股	大石沢	箱の口	沼沢・ 白子沢	合計	
2019 (H31)	3	14	雪	59	17:15 21:10	齊藤 高橋文			ネコ 2	タヌキ 2 ネコ 1	タヌキ 1	ネコ 1	ネコ 2		ネコ 2	ネコ 1		ネコ 1		13	
	2	14	雪	178	17:40 21:15	齊藤 高橋文			ネコ 1	タヌキ 1	ネコ 1		ネコ 1	タヌキ 1	ネコ 1		タヌキ 1		ネコ 1	8	
	1	10	雨	100	17:25 21:45	齊藤 高橋文				タヌキ 1 ネコ 1	ネコ 1		ネコ 1				タヌキ 2			6	
2018 (H30)	12	6	雨	0	17:00 21:30	齊藤				タヌキ 1			デン 1	ネコ 1					ネコ 1	4	
	3	15	晴れ	118	17:15 21:35	齊藤				タヌキ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	ネコ 1	ネコ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	ネコ 1	11	
	2	19	曇り	217	17:10 21:55	齊藤 志藤										タヌキ 2 ネコ 1	ネコ 1			4	
	1	11	雪	119	17:05 22:05	齊藤 志藤											ネコ 1			1	
2017 (H29)	12	25	雪	32	17:00 21:55	齊藤				デン 1 タヌキ 1			タヌキ 1	ネコ 1		タヌキ 1 ネコ 1				6	
	3	13	晴れ	96	17:10 22:15	齊藤 古澤				タヌキ 1	タヌキ 1		タヌキ 1		ネコ 1	デン 1		タヌキ 1		6	
	2	21	曇り	112	17:35 22:10	齊藤				タヌキ 1		タヌキ 1 ネコ 1	キツネ 1			キツネ 1	ネコ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	8	
	1	19	雪	84	18:00 22:15	齊藤 古澤							カルガモ 3			ネコ 1				4	
2016 (H28)	12	21	雪	10	17:45 21:55	齊藤				タヌキ 1		タヌキ 1	キツネ 1			デン 1		タヌキ 1	ネコ 1	6	
	3	2	雪	94	17:35 21:45	齊藤 古澤				タヌキ 1	タヌキ 1		タヌキ 2	ネコ 1		タヌキ 1 ネコ 1	キツネ 1			8	
	2	15	雪	78	17:45 22:05	齊藤 古澤				タヌキ 1 ネコ 1		タヌキ 1	タヌキ 1		ネコ 1		ネコ 1	ネコ 1		7	
	1	13	雪	58	17:40 21:40	齊藤 古澤				タヌキ 1 キツネ 1		ネコ 1	タヌキ 2			タヌキ 1 キツネ 1	ネコ 1			8	
2015 (H27)	3	9	雪	135	17:50 22:05	齊藤 千葉					タヌキ 2		タヌキ 1		ネコ 1	キツネ 1	ネコ 1	タヌキ 1		7	
	1	16	雪	148	17:30 21:45	齊藤			タヌキ 1	タヌキ 2 ネコ 1		ネコ 1	タヌキ 1		ネコ 1	タヌキ 1 デン 1	タヌキ 1 ネコ 1			11	
2014 (H26)	12	10	雪	34	17:50 21:40	齊藤				タヌキ 1 デン 1		タヌキ 1	キツネ 1	ネコ 1		タヌキ 1 ネコ 1		ネコ 1	ネコ 1	9	
	2	20	雪	148	17:40 22:10	齊藤 上野 堀米				タヌキ 1 ネコ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	タヌキ 1	ネコ 1	ネコ 1	キツネ 1 デン 1 ネコ 1	タヌキ 1		ネコ 1	12	
2013 (H25)	12	12	雪	19	17:20 21:30	齊藤				タヌキ 1		ネコ 1	タヌキ 1			タヌキ 1 デン 1	ネコ 1			6	
【 合計個体数 】						タヌキ			1	18	7	6	12	1		9	6	5	1	66	タヌキ
						キツネ				1			3			4	1			9	キツネ
						デン				2			1			5				8	デン
						ネコ			3	5	2	5	4	6	9	7	9	3	6	59	ネコ
						カルガモ							3						3	カルガモ	
合計						0	0	4	26	9	11	23	7	9	25	16	8	7	145	合計	

表-2 小国町におけるニホンジカの目撃頭数の推移（2011～2018 年度）

年度	期間	①小国 小坂町	②大宮・ 田沢頭	③沖庭・ 栃倉	④金目	⑤荒沢・ 折戸	⑥五味沢	⑦玉川	⑧小玉川	⑨大滝	⑩叶水・ 新股	⑪大石沢	⑫箱の口	⑬沼沢・ 白子沢	合計
2011	2011年4月～ 2012年3月	1													1
2012	2012年4月～ 2013年3月									1			1		2
2013	2013年4月～ 2014年3月														0
2014	2014年4月～ 2015年3月									1			4		5
2015	2015年4月～ 2016年3月				1		1		1				1		4
2016	2016年4月～ 2017年3月								1				2		3
2017	2017年4月～ 2018年3月								1				5		6
2018	2018年4月～ 2019年3月												13		13
合計		1	0	0	1	0	1	0	3	2	0	0	26	0	34

※ 目撃頭数は、県民からの情報提供と自動撮影カメラによる確認数である。

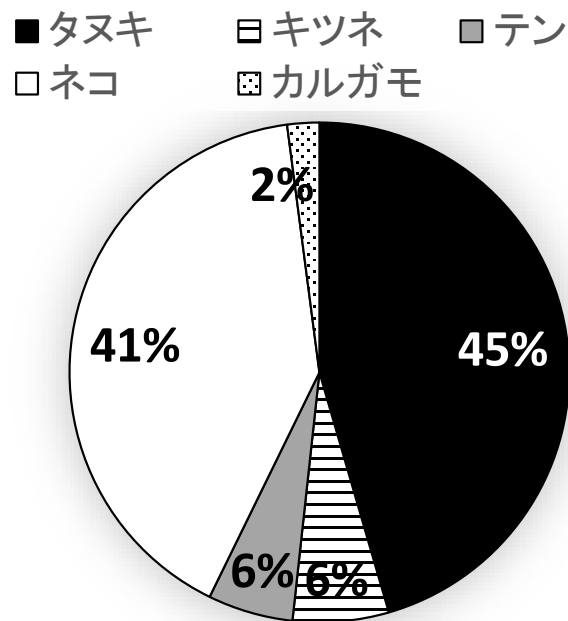


図-3 2013～2018 年度における冬季間の夜間調査で確認された動物の確認数比

キ、ネコ、キツネ、テン、カルガモであり（表-1）、タヌキが全体の確認数の45%、ネコが41%を占め（図-3）、シカは一度も確認されなかった（表-1）。地域的な出現動物の違いは、市街地の①や②では動物の確認はなく、人口密度が低い市街から遠い④・⑦・⑩・⑪で多く確認された（表-1）。

表-2 に 2011～2018 年度の小国町におけるシカの見撃頭数を示した。見撃頭数には、目視と自動撮影カメラ撮影によるものが含まれる。2011～2018 年までのシカの見撃頭数の合計は 34 頭で 2016 年度までは、比較的少ない見撃頭数で推移したが、2017 年度から自動撮影カメラを「⑫箱の口」に設置以降は見撃頭数が激増する結果になった。

積雪の多い小国町では、冬季間は公道が除雪により、道路の両端は雪の壁になり、動物の行動が規制されるものの、低密度のシカの生息を確認することはできなかった。

今回の調査でシカが確認できなかった要因は、調査が冬季のため必ずしも好天ではない日に実施したこと、調査回数が極めて少ないことがあ

げられる。また、シカが季節的な移動により、調査地に生育していたのかは不明で、調査した時期にはシカが調査地域にいない可能性もあり、冬季間のシカの生息の確認をするには十分な方法ではなかったものと考えられる。

Ⅳ ま と め

シカを直接観察できる可能性がある夜間において自動撮影カメラではシカが確認された山形県西置賜郡小国町内で、2013～2018 年度の冬季間に夜間調査を実施した。その結果、今回の夜間調査では、タヌキ・ネコ・キツネ・テン等が確認され、シカは確認できず、冬季間のシカの生息の確認をするには本調査法は十分なものではなかったと考えられる。

今後、低密度下のシカの生息調査は、自動撮影カメラやシカの音声による解析、DNA を利用した手法など他の手法を使用すべきであることが示唆された。また、越冬地の特定も必要と考えられる。

なお、本調査にあたり、小国町役場、山形県森

林研究研修センターの職員の方に多大なるご協力をいただいたので、感謝を申し上げます。

V 引 用 文 献

Aikawa T, Horino S, Ichihara Y (2015) A novel and rapid diagnostic method for discriminating between feces of sika deer and Japanese serow by loop-mediated isothermal amplification. *Mamm Genome* 26 : 355–363.

千葉 翔・斉藤正一・古澤優佳 (2015) 山形県におけるニホンジカを目撃情報と目撃地点の周辺環境. 山形県森林研究研修センター研究報告 32 : 34-43.

Hiroto Enari・Haruka Enari・Kei Okuda・Miho Yoshita・Takuya kuno, Kana Okuda (2017) Feasibility assessment of active and passive

acoustic monitoring of Sika deer population. *Ecological Indicators* 79 : 155-162.

古澤優佳・斉藤正一・千葉 翔 (2016) 山形県におけるニホンジカ侵入初期の目撃情報と目撃地の特徴. 東北森林科学会誌 21(2) : 10-16.

環境省 (2000) 特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル (ニホンジカ編). 環境省 : 36pp. 東京.

久保翔太郎・鈴木 修・阿部耕士 (2015) 白神山地世界遺産地域周辺におけるセンサーカメラによるニホンジカ監視について. 平成 26 年度森林・林業技術交流会発表集, 東北森林管理局 : 森林保全部門 No.29 1-4.

三浦慎悟 (1999) 野生動物の生態と農林被害. 全国林業普及協会, 174pp. 東京.

山形県立博物館 (2013) やまがたの野生動物. 山形県立博物館, 76pp. 山形.

研究報告 第34号

2019年3月29日発行

発行所 山形県森林研究研修センター
〒991-0041
山形県寒河江市寒河江丙 2707 番地
TEL 0237-84-4301
FAX 0237-86-9377

印刷所 寒河江印刷株式会社
〒991-0061 寒河江市中央工業団地 58
TEL 0237-86-3361
FAX 0237-86-1302

BULLETIN

OF THE

YAMAGATA PREFECTURAL FOREST RESEARCH

AND INSTRUCTION CENTER

No.34

YAMAGATA PREFECTURAL FOREST RESEARCH AND INSTRUCTION CENTER

SAGAE, YAMAGATA 991-0041, JAPAN

March 2019