

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

研 究 報 告

第 32 号

山形県森林研究研修センター

山形・寒河江

2015・11

山形県森林研究研修センター研究報告 第32号

2015年11月

目次

論文

庄内空港クロマツ防風林帯における保育管理と成長実態

渡邊 潔・出井裕之・吉崎 明・上野 満・千葉 翔 …… 1～13

論文

山形県における広葉樹二次林の林分構造と更新状況

上野 満・斉藤正一 …… 14～24

短報

山形県森林研究研修センターにおける森林環境教育の取り組み

高橋 文・大築和彦・深瀬雅和・今田洋一・鈴木良幸 …… 25～33

山形県におけるニホンジカの日撃情報と目撃地点の周辺環境

千葉 翔・斉藤正一・古澤優佳 …… 34～43

山形県鶴岡市のモウソウチク林における雪害の特徴とウラ止めによる防止効果

森川東太・中村人史・上野 満 …… 44～48

ゼンマイの孢子保存による効率的な増殖および育苗過程の改良による育成期間の短縮

古澤優佳・中村人史 …… 49～56

山形県内で発生したウエツキブナハムシなどの突発性森林病虫獣害

斉藤正一・上野 満・深瀬雅和・今田洋一・高橋 文 …… 57～66

**BULLETIN OF THE YAMAGATA PREFECTURAL
FOREST RESEARCH AND INSTRUCTION CENTER No.32**

November 2015

Contents

Original Articles

- The nurturing management and grown-up actual state
in windbreak band of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) at the shonai airport
Kiyoshi WATANABE • Hiroyuki IDEI • Akira YOSHIZAKI
• Mitsuru UENO • Sho CHIBA 1~13
- Stand structure and regeneration of secondary forests in Yamagata Prefecture
Mitsuru UENO • Shoichi SAITO 14~24

Reports

- Approaching with forest education
in Yamagata Prefectural Forest Research and Instruction Center
Aya TAKAHASHI • Kazuhiko OTSUKI • Masakazu FUKASE
• Yoichi KONTA • Yoshiyuki SUZUKI 25~33
- Sighting information and the environment of the sighting spot
of Sika deer(*Cervus nippon*) in Yamagata Prefecture.
Sho CHIBA • Shoichi SAITO • Yuka FURUSAWA 34~43
- Features of snow damage and effect of preventing the "Uradome"
at bamboo forest(*Phyllostachys pubescens*) in Tsuruoka, Yamagata Prefecture
Tohta MORIKAWA • Hitoshi NAKAMURA • Mitsuru UENO 44~48
- Efficient propagation by spore preservation of the royalfern (*Osmunda japonica*)
and shortening of the raising period by the improvement of nursing process
Yuka FURUSAWA • Hitoshi NAKAMURA 49~56
- Sudden Forest Pest and Disease and Mammal damages
(Damages of *Chujioa uetsuki* and etc.) in Yamagata Prefecture
Shoichi SAITO • Mitsuru UENO • Masakazu FUKASE
• Yoichi KONTA • Aya TAKAHASHI 57~66

論文

庄内空港クロマツ防風林帯における保育管理と成長実態

渡 邊 潔・出 井 裕 之・吉 崎 明・上 野 満・千 葉 翔

The nurturing management and grown-up actual state
in windbreak band of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) at the shonai airport

Kiyoshi WATANABE・Hiroyuki IDEI・Akira YOSHIZAKI・Mitsuru UENO・Sho CHIBA

(2014 年 12 月 26 日受理)

要旨：1988 年から造成された庄内空港クロマツ防風林帯は、保育管理が随時行われ、林況調査も多数行われているため、庄内海岸クロマツ防風林における保育管理の実証モデルとして適切と考えられた。そこで、既存資料等を基に保育管理の経過を整理するとともに、現地調査によりこれまでの成長経過を明らかにし、現況クロマツ林の健全度について解析を試みた。苗木の活着時以降の成長量は、苗高約 2m の大苗植栽区では年平均直径成長量 0.7～0.8cm、年平均樹高成長量 47～50cm、苗高約 50cm の小苗植栽区では同直径成長量 0.6～0.62cm、同樹高成長量 44～48cm であった。立木密度が大苗区 1,055～1,333 本/ha、小苗区 1,876～1,950 本/ha のところ、健全度の指標である形状比は目標 65 以下に対し、大苗区 68～72、小苗区 68～76 で目標をやや下回った。樹冠長率は目標 50 以上に対し、大苗区 59～60、小苗区 48～61。樹冠幅率は目標 30 以上に対し、大苗区 26～27、小苗区 24～29 で目標をやや下回ったものの概ね良好な状況であった。

I. は じ め に

山形県の庄内地方では、日本海から強風が吹きつける厳しい自然環境下にあるため、海岸に防災林としてクロマツが植栽されてきた経緯がある。海岸クロマツ林は、防災林として防風・防砂機能の高い森林の造成が求められる。しかし、庄内海岸クロマツ林は、造成技術は確立されているが、管理技術は未整備な部分が多く、保育管理が進まない現状がある。

本県二番目の空港として、1991 年 10 月 1 日、酒田・鶴岡両市にまたがる庄内砂丘に庄内空港が開港し、その際、既存のクロマツ防風林が大量に伐採された。そのため、伐採された既存防風林の代替機能を早期に発揮させる対策として、1988 年から防風林帯の造成が始まった。このような大

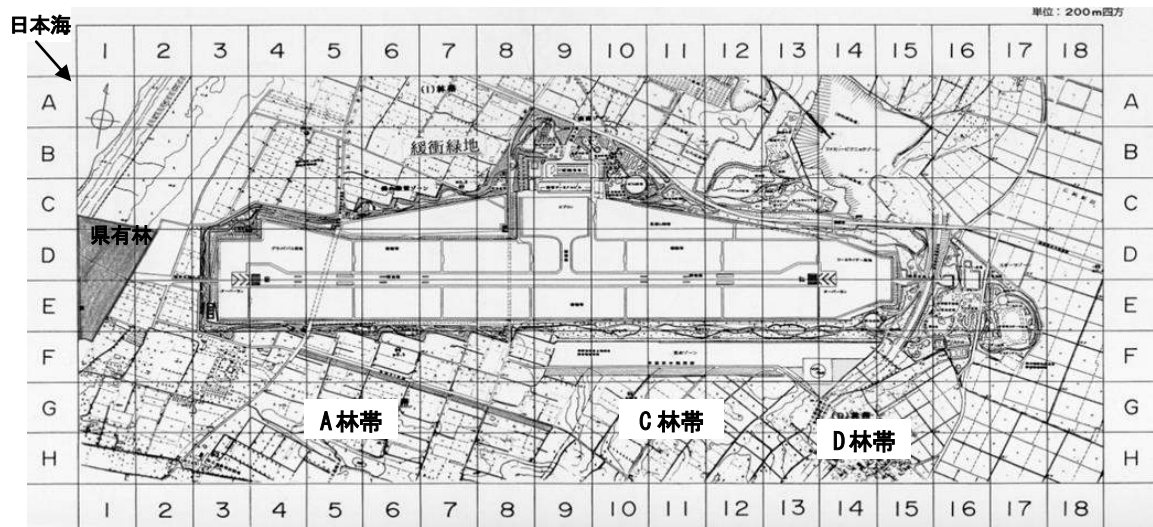
規模開発に伴う防風林帯の造成は極めて異例であったため、様々な造成法や保育管理が実施され、クロマツの成長量などが調査されてきた。

このように長期にわたり管理や調査を行っている事例はまれであり、未整備な部分の多い民有クロマツ林の保育管理モデルとしての活用を図ることが可能と考えた。このため、関係調査資料を基に現地調査を実施し、これまでの成長の経過を明らかにするとともに現況クロマツ林の健全度について解析を試みた。

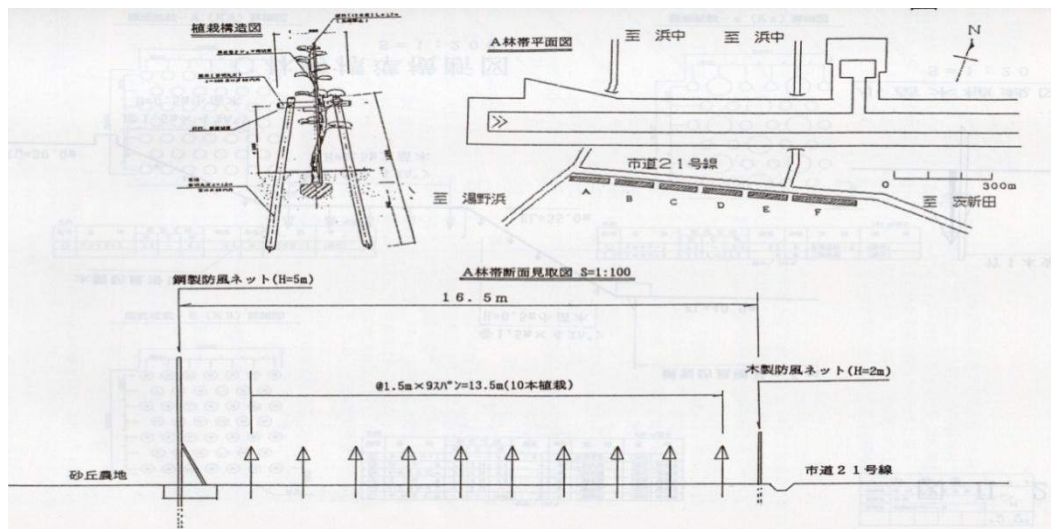
II. 調査地及び調査方法

1. 調査地概況

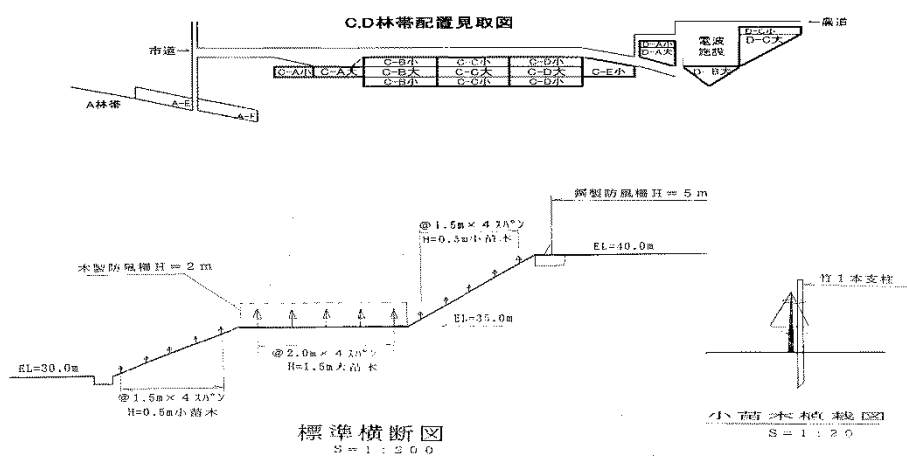
調査地は、山形県庄内地方の庄内空港周辺に植栽されたクロマツ林である。空港を整備する際、



図－1 調査対象地位置図



図－2 A林帯造成図(平地大苗植栽)



図－3 C, D林帯造成図(平地大苗, 斜面小苗植栽)

約 33ha のクロマツ林が伐採されたが、1988 年～1994 年までに約 26ha のクロマツ主体の防風林が新たに造成された⁽¹⁾（表-1）。

庄内空港が管理するクロマツ防風林は、いくつかの林帯と緩衝緑地及び浜中県有林（既存林）がある。調査対象地は、既存資料の調査箇所が分かるクロマツ林で、空港の南に位置する A、C、D 林帯である（図-1）。なお、各林帯には、100 m²（10m×10m）の標準調査地が数箇所あり、クロマツの成長量等が 1988～1999 年の間は毎年、その後 2002 年に調査されている。標準調査地は、A 林帯で大苗区 6 箇所、C 林帯は大苗区に 4 箇所、小苗区に 5 箇所、計 9 箇所、D 林帯は大苗区に 3 箇所、小苗区に 2 箇所、計 5 箇所が設置されている。

林帯造成にあたり、平坦部には早期の防風効果発揮を期待して、樹高 1.5m 以上のクロマツ大苗木を植栽し、養生措置として鳥居型支柱・防風柵等が設置された。傾斜地には一般的な苗高約 50cm の小苗木が植栽された（図-2・3）。管理は造成初期に灌水・施肥等が、1994 年以降間伐・枝打ち等の保育管理と防風ネットの撤去等が随時行われ、並行して林況調査も多数行われてきた⁽²⁾。

2. 施業履歴の調査

クロマツ林の管理と成長を長期にわたり詳細に記録した資料は少ないことから、海岸林の造成及び管理の基礎資料とするため、既存資料と管理業務の実施者からの聞き取りを基に調査を実施した。なお、北庄内森林組合酒田支所から施業履歴に係る資料提供を受け聞き取り調査を行った。

管理初期の 1988～1994 年までは、各林帯とも下刈と病害虫防除、施肥、灌水、支柱の結束直しを実施している。その後も病害虫防除は毎年継続され、枯損木の処理等は随時行われている。その後、A 林帯において林内照度が低下し密度管理が必要となり、1994 年に最初の除間伐が始まった。他の林帯でも成長にあわせて順次除間伐を行っている。上記の管理と並行して、大苗区では強風による倒木被害が繰り返し発生したため、対策として養根剤の散布を実施した。また、支柱が腐朽し役割を終えた防風ネットの除去を 1998 年までに全林帯で完了している（表-2）⁽²⁾。

密度管理は、林帯別に造成当時の植栽本数と植栽密度について、間伐が実施された年度毎に経過

をまとめた（表-3）。間伐は発注方式の違いにより 2000 年までは本数割合（％）で、それ以降は実本数により実施されている。なお、2014 年のデータは同年 4 月に実施した 100m²の標準地調査の結果であり、多少の差がある。

また、2014 年 6 月に各ブロックの調査箇所の地盤高についてレベルと箱尺、傾斜方向及び傾斜角度についてポケットコンパスを用いて測定した。

3. クロマツ防風林の調査方法

1) 成長の経過

A,C,D 林帯別に既存資料と調査した胸高直径及び樹高データから直径成長と樹高成長をまとめた。2014 年 4 月に行った毎木調査では、胸高直径（D）は直径尺、樹高（H）はバーテックスを用いて実測した。面積当たり材積（m³/ha）は、秋田県林業研究研修センター「クロマツ立木幹材積表」（2006 年 3 月）⁽⁴⁾に胸高直径及び樹高データを当てはめて単木材積を求め、成立本数分を集計して算出し、成長経過を明らかにした。なお、材積の成長については、単木材積と単位面積の材積が指標となるが、密度管理が行われているため、年次毎の林分成長量の比較は適切でなく、成長の推移を示すにとどめた。

2) 現況クロマツ林の健全度

林帯別に既存資料と 2014 年 4 月に調査したデータから、林帯別に形状比（H/D）、樹冠長率（H-EH/H）、樹冠幅率（W/H）、立木密度（本/ha）を求め、当センターが策定した「庄内クロマツ林における目標密度管理表^(5,6)（以下、「目標密度表」と表記）」と照合し、防風林としての健全度を解析した。なお、2014 年 4 月の調査では、枝下高（EH）と樹冠幅（W）は箱尺と測幹ポールを用いて実測した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 施業履歴の調査結果

1) A 林帯

最も海岸寄りに位置する林帯で、西から東の順に A～F の 6 ブロックからなる。地盤高は 11.61～17.06m で西から東に順次高くなっている。最も早く施行された林帯で、1988 年～89 年の施行である。

表－１ 防風林帯の造成法

林帯	区域	竣工年月	植栽木 樹高(m)	植栽間隔 (m)	植栽密度 (本/ha)	設置支柱	設置防風 柵等	地盤高(m)	土壌改良、肥料等
A林帯	(大苗)	A,Cブロック 1989年3月	大苗木 1.5m	1.5×1.5	4,444	二脚鳥居 支柱	北側2m	西～東 11.61～17.06	①客土60cm深トラクタ耕耘混入 ②バーク堆肥3kg/本耕耘混入 ③固形肥料(6:4:3)200g/本使用
		B,D,E,Fブロック 1990年3月					南側5m		
C林帯	大苗区 (平坦部)	全域 1991年3月	大苗木 1.5m	2.0×2.0	2,500	二脚鳥居 支柱	矩形囲 高さ2m	西～東 26.01～34.37	①客土60cm深トラクタ耕耘混入 ②バーク堆肥(量不明)耕耘混入 ③固形肥料(3:6:4)400g/本使用
	小苗区 (小苗区)	全域 1991年3月	小苗木 0.5m	1.5×1.5	4,444	竹一本 支柱	南側のみ 2m、5m	西～東 23.89～35.94	①客土0.01m ³ /本植穴人力混入 ②バーク堆肥1kg/本人力混入 ③固形肥料(6:4:3)210g/本使用
D林帯	大苗区 (平坦部)	全域 1991年3月	大苗木 1.5m	2.0×2.0	2,500	二脚鳥居 支柱	矩形囲 高さ2m	西～東 32.03～34.48	①客土60cm深トラクタ耕耘混入 ②バーク堆肥(量不明)耕耘混入 ③固形肥料(3:6:4)400g/本使用
	小苗区 (小苗区)	全域 1991年3月	小苗木 0.5m	1.5×1.5	4,444	竹一本 支柱	南側のみ 2m	西～東 31.67～31.93	①客土0.01m ³ /本植穴人力混入 ②バーク堆肥1kg/本人力混入 ③固形肥料(6:4:3)210g/本使用

表－２ 防風林帯の施業履歴

		1991年			1992年			1993年			1994年			1995年			1996年			1997年			1998年			1999年		
		3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月	12月	3月	6月	9月
発生時期		—			—			—			—			—			—			—			—			—		
主な気象災害名称等		台風19号SSW45.9m/s			暴風 WSW35.8m/s									暴風WSW33m/s 豪雪46cm									台風WSW35m/s 豪雪39cm					
対象地																												
全域共通	下刈・防除	—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—				
	施肥	—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—				
	灌水	—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		—	—				
	支柱直し																											
A林帯	間伐																											
	枝打ち																											
	支柱撤去																											
	防風ネット撤去																											
	養根剤散布 その他管理																											
C林帯	間伐																											
	枝打ち																											
	支柱撤去																											
	防風ネット撤去																											
	養根剤散布 その他管理																											
D林帯	間伐																											
	枝打ち																											
	支柱撤去																											
	防風ネット撤去																											
	養根剤散布 その他管理																											

表－３ 防風林帯別の密度管理の経過

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
【A林帯】	4,705				3,999	3,799	3,229		3,068	2,761	2,540							2,360	2,150	1,905		1,499			
植栽密度 (本/ha)	4,444				3,778	3,589	3,050		2,898	2,608	2,399							2,229	2,031	1,800		1,416			1,333
間伐率(%) 又は本数					15%	5%	15%		5%	10%	8%	この間管理で年1%減と推定								210	245		406		
【C林帯】	7,316							6,950		6,603	6,471						5,487	4,460	4,138		3,687		3,276	3,089	
植栽密度 (本/ha)	4,120							3,738		3,551	3,480						2,951	2,399	2,225		1,983		1,762	1,661	
大苗	1,219							1,158		1,100	1,078						914	743	689		614		546	514	
植栽密度 (本/ha)	2,500							2,375		2,256	2,211						1,875	1,524	1,414		1,259		1,119	1,055	1,075
小苗	6,097							5,792		5,502	5,392						4,572	3,716	3,448		3,072		2,729	2,574	
植栽密度 (本/ha)	4,444							4,222		4,011	3,931						3,333	2,709	2,513		2,239		1,990	1,876	1,900
間伐率(%) 又は本数								5%		5%	2%						984	1,027	322		451		411	187	
【D林帯】	2,079							1,975		1,916						1,539				1,090	1,004				
植栽密度 (本/ha)	2,783							2,537		2,461					1,977				1,400	1,290					
大苗	1,776							1,687		1,636					1,314				930	857					
植栽密度 (本/ha)	2,500							2,375		2,303					1,850				1,310	1,206					1,133
小苗	303							288		279					224				159	146					
植栽密度 (本/ha)	4,444							4,224		4,092					3,286				2,327	2,143					1,950
間伐率(%) 又は本数								5%		3%					377				449	86					

注1) H26年は標準地調査(100m)の結果である。

植栽面積は 10,590m²、全ブロック樹高 1.5m 以上の大苗木植栽で、植栽密度は 4,444 本/ha、本数は 4,705 本である。植栽密度を除けば、造成法に大きな差はなく、平地に大苗木、斜面に小苗木を植栽している（表-1）。なお、大苗の植栽密度は A 林帯 4,444 本/ha、C、D 林帯 2,500 本/ha と異なるが、立地条件等を考慮したものと推察される。

1994 年に最初の間伐を実施して以降、これまで 9 回の密度管理を実施しており、当初植栽密度の 4,444 本/ha から 2014 年 4 月現在 1,333 本/ha（標準地調査）となっている（表-3）。

2) C 林帯

A 林帯の東に位置し、西から東の順に A～E の 5 ブロックからなる。全域 1990 年（1991.3 月竣工）の施行である。植栽面積は 18,590m² である。A～D ブロックについては、平坦部に A 林帯と同様の苗木を、斜面部分には地元で普通に使用される樹高 0.5m の小苗木を植栽している。E ブロックは全域が斜面であるため、小苗木のみが植栽されている。大苗区の地盤高は 26.01～34.37m、植栽密度は 2,500 本/ha である。小苗区の地盤高は 23.89～35.94m、植栽密度は 4,444 本/ha となっている。なお、地盤高は大苗区、小苗区とも西から東に高くなっている。竣工時の植栽本数は大苗木 1,219 本、小苗木 6,097 本である（表-1）。

C 林帯は、A 林帯とは施行方法が異なり、大苗木の植栽密度が低く、生育条件の厳しい北西斜面部には小苗木を導入している。

1997 年に間伐を開始し、これまで 9 回の密度管理を実施しており、大苗区の当初植栽密度 2,500 本/ha から 2013 年末現在 1,055 本/ha に、小苗区密度は 4,444 本/ha から 1,876 本/ha になっている（表-3）。

3) D 林帯

C 林帯の東に位置し、空港電波施設を取り囲む形で造成され、西から東の順に A～C ブロックからなる。全域 1990 年（1991.3 月竣工）の施行で、植栽面積は 7,790m² となっている。B ブロックは大苗木のみ、A、C ブロックは大苗木と小苗木の併用となっている。植栽は基本的に C 林帯と同様であり、平坦部には大苗木を斜面部には小苗木を配置している。大苗区の地盤高は 32.03～34.48m、植栽密度 2,500 本/ha、小苗区の地盤高は 31.67～3

1.93m、植栽密度 4,444 本/ha である。竣工時の植栽本数は大苗木 1,776 本、小苗木 303 本である（表-1）。

D 林帯の造成法は、C 林帯とほぼ同様であるが、B、C ブロックは一部南東方向に下降斜面となっており、林縁の既存ポプラ等による日照不足や吹雪による吹きだまり等による影響で、相当数の植え直しを実施している。

1997 年に間伐を開始し、これまで 5 回の密度管理が実施されており、大苗区の当初植栽密度 2,500 本/ha から 2014 年 4 月現在 1,133 本/ha に、小苗区密度は 4,444 本/ha から 1,950 本/ha になっている（表-3）。

2. 成長の経過

1) 結果

a) A 林帯

1992～2013 年の 22 年間で、胸高直径 15.3cm 成長、0.70cm/年。樹高 10.7m 成長、0.49m/年。材積 265 m³/ha (0.2 m³/本) に成長した（図-4・5・6）。

b) C 林帯大苗区

1993～2013 年の 21 年間で、胸高直径 16.8cm 成長、0.80cm/年。樹高 9.9m 成長、0.47m/年。材積 186 m³/ha (0.16 m³/本) に成長した（図-4・5・6）。

c) C 林帯小苗区

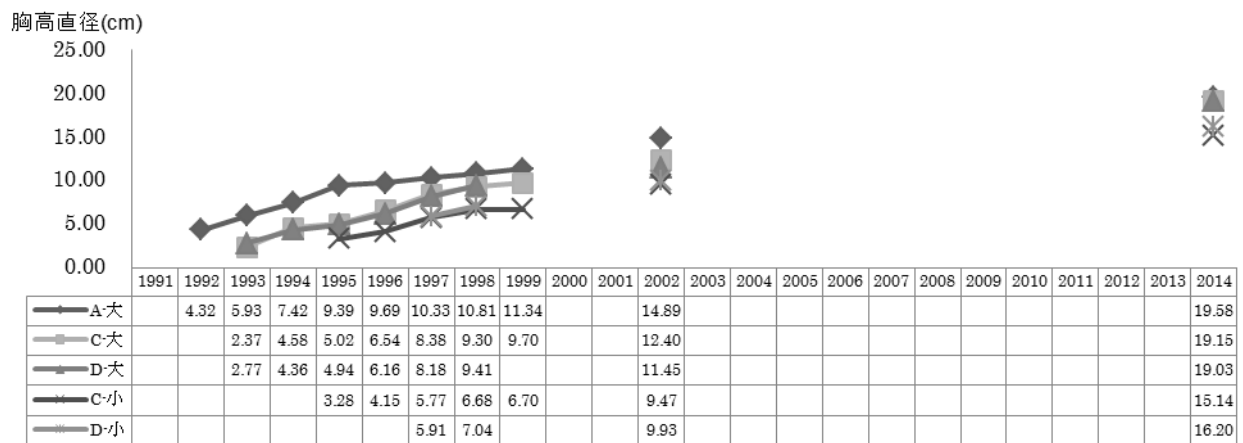
1995～2013 年の 19 年間で、胸高直径 11.8cm 成長、0.62cm/年。樹高 9.2m 成長、0.48m/年。材積 192 m³/ha (0.1 m³/本) に成長した。なお、現地調査の際、B,C,D の調査ブロックにおいて、農地に隣接する林縁木が 1 列伐採されているのを確認し、若干の影響が懸念された（図-4・5・6）。

d) D 林帯大苗区

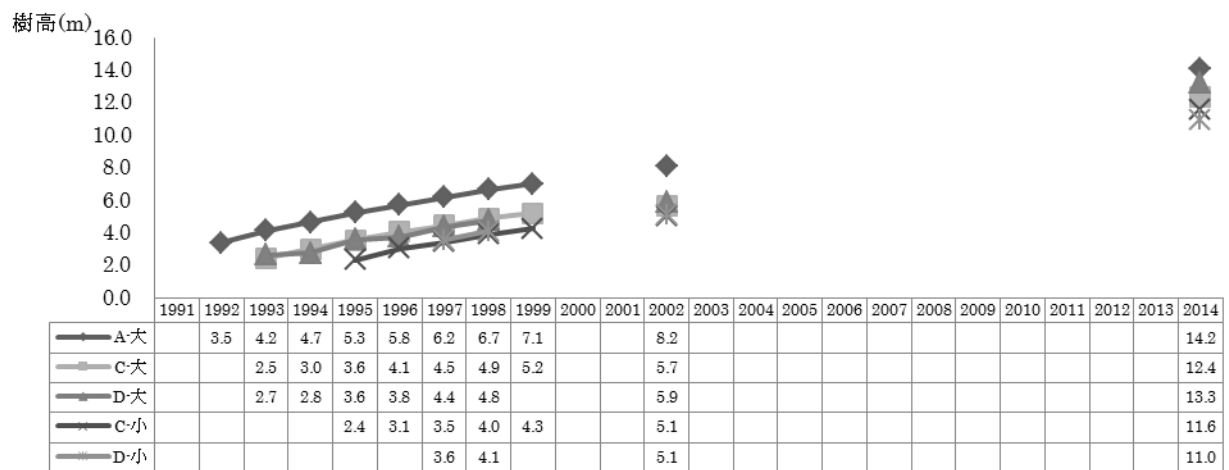
1993～2013 年の 21 年間で、胸高直径 16.2cm 成長、0.77cm/年。樹高 10.6m 成長、0.5m/年。材積 198 m³/ha (0.18 m³/本) に成長した（図-4・5・6）。

e) D 林帯小苗区

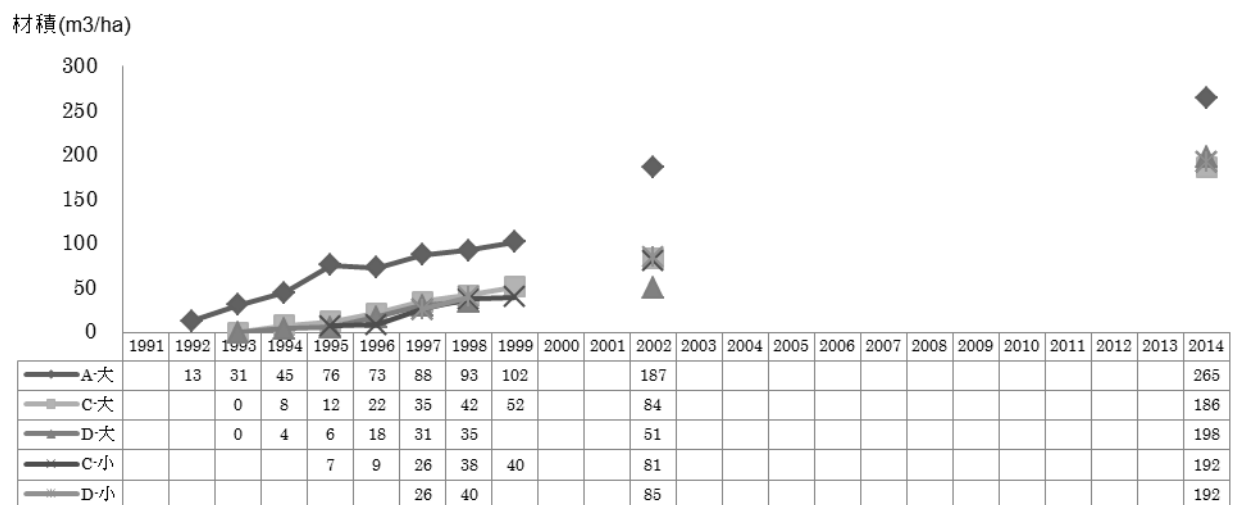
1997～2013 年の 17 年間で、胸高直径 10.2cm 成長、0.6cm/年。樹高 7.52m 成長、0.44m/年。材積 192 m³/ha (0.1 m³/本) に成長した。なお、現地調査の際、A ブロックの調査箇所では電線に接触するため頂部が切断されていたことから、2014 年調査データは C ブロックのみを採用している（図-4・5・6）。



図－４ 林帯別直径成長の推移



図－５ 林帯別樹高成長の推移



図－６ 林帯別材積成長の推移

2) 考察

これらを基に直径成長、樹高成長について各林帯を比較したところ、直径成長では、C 林帯 (大) 0.80cm/年>D 林帯 (大) 0.77cm/年>A 林帯 (大) 0.70cm/年>C 林帯 (小) 0.62cm/年>D 林帯 (小) 0.60cm/年、であった。

樹高成長では、D 林帯 (大) 0.50m/年>A 林帯 (大) 0.49m/年>C 林帯 (小) 0.48m/年>C 林帯 (大) 0.47m/年>D 林帯 (小) 0.44m/年、であった。

以上から、現時点では直径成長は大苗区の方がよく、大苗区の中でも植栽密度の低い C、D 林帯が密度の高い A 林帯より優れている。樹高成長では大苗区と小苗区で差がなくなっていることが分かった。

「目標密度表」のデータから伸長成長を求めると、54 年で 19.8m 成長、年平均 0.37m、調査地と同程度の 24 年で 9.8m 成長、年平均 0.41m となる。各林帯の伸長量はこれらを上回っており、良好と考えられるが、過剰に成長すれば形状比が高くなるため、注意が必要である。

2. 現況松林の健全度

1) 結果

a) A 林帯

立木密度は、当初 1990 年 4,444 本/ha から、2014 年 1,333 本/ha となっている。形状比は 1992 年 80 から、2002 年 55 まで低下したが、2014 年は 72 となり、目標 60~65 より高くなっている。「目標密度表」の林齢 25 年の目標密度は、形状比 60 の場合 861 本/ha、65 の場合 1,042 本/ha であり、密度の低減が必要な状況といえる (図-7・10)。

樹冠長率は 1993 年の 85% から 2014 年は 59% となっており、目標の 50% に近づいている。樹冠幅率は 1992 年の 74% をピークに、2014 年は 26% となっている。目標の 30% をやや下回る程度であるが、間伐の実施が望ましい (図-8・9)。

b) C 林帯大苗区

立木密度は、当初 1991 年 2,500 本/ha から、2014 年 1,055 本/ha となっている (図-10)。形状比は 1993 年の 105 から、2002 年に 46 まで低下したが、2014 年は 68 となり、目標 60~65 よりやや高くなっている (図-7)。「目標密度表」の林齢 24 年の目標密度は、形状比 60 の場合 927 本/ha、65 の場合 1,122 本/ha であり、概ね適正密度といえる。

樹冠長率は、1993 年 81% から 1995 年 87% をピークに 2014 年 59% となっており、目標の 50% に近づいている (図-8)。樹冠幅率は、1993 年 78% から 1994 年 79% をピークに、2014 年は 27% となっている (図-9)。目標の 30% をやや下回る程度であるが、数年後に弱度の間伐実施が望ましい。

c) C 林帯小苗区

立木密度は、当初 1991 年 4,444 本/ha から、2014 年 1,876 本/ha となっている (図-10)。形状比は 1995 年 72 から、2002 年 54 まで低下したが、2014 年は 77 となり、目標 60~65 より高くなっている (図-7)。「目標密度表」の林齢 24 年の目標密度は、形状比 60 の場合 927 本/ha、65 の場合 1,122 本/ha であり、密度の低減が必要である。

樹冠長率は、1995 年 89% から低下し、2014 年は 61% となっており、目標の 50% に近づいている (図-8)。樹冠幅率は、1997 年の 57% から順次低下し、2014 年は 24% となっている (図-9)。目標の 30% を下回るため、間伐の実施が望ましい。

d) D 林帯大苗区

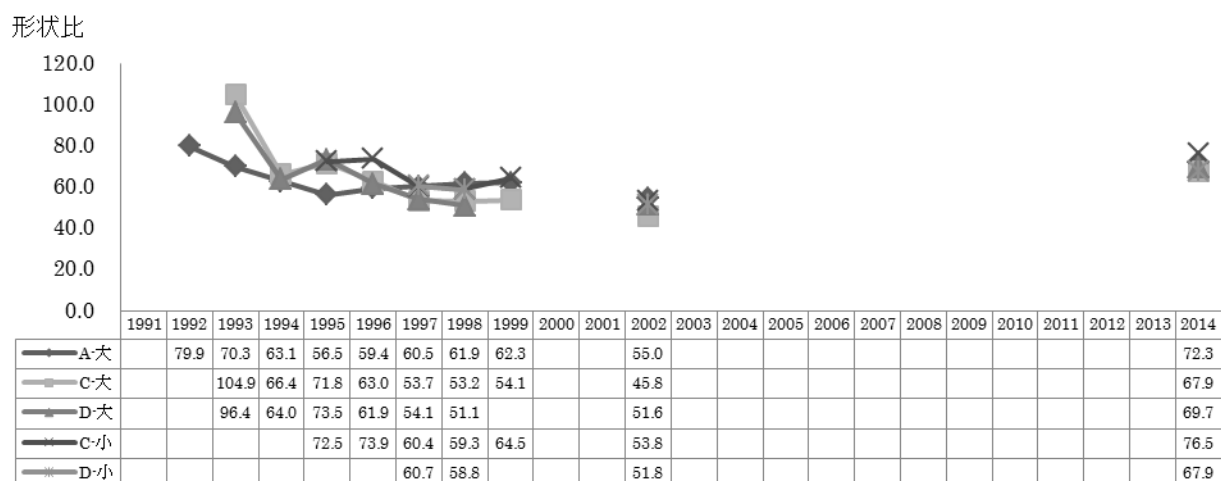
立木密度は、当初 1991 年 2,500 本/ha から、2014 年 1,133 本/ha となっている (図-10)。形状比は、1993 年 96 から 1998 年に 51 まで低下したが、2014 年は 70 となり、目標 60~65 よりやや高くなっている (図-7)。「目標密度表」の林齢 24 年の目標密度は、形状比 60 の場合 927 本/ha、65 の場合 1,122 本/ha であり、概ね適正密度といえる。

樹冠長率は、1993 年 82% から 1996 年 86% をピークに、2014 年は 60% となっており、目標の 50% に近づいている (図-8)。樹冠幅率は、1993 年 73% から 1994 年 76% をピークに、2014 年は 27% となっている (図-9)。目標の 30% をやや下回る程度であるが、数年後に弱度の間伐実施が望ましい。

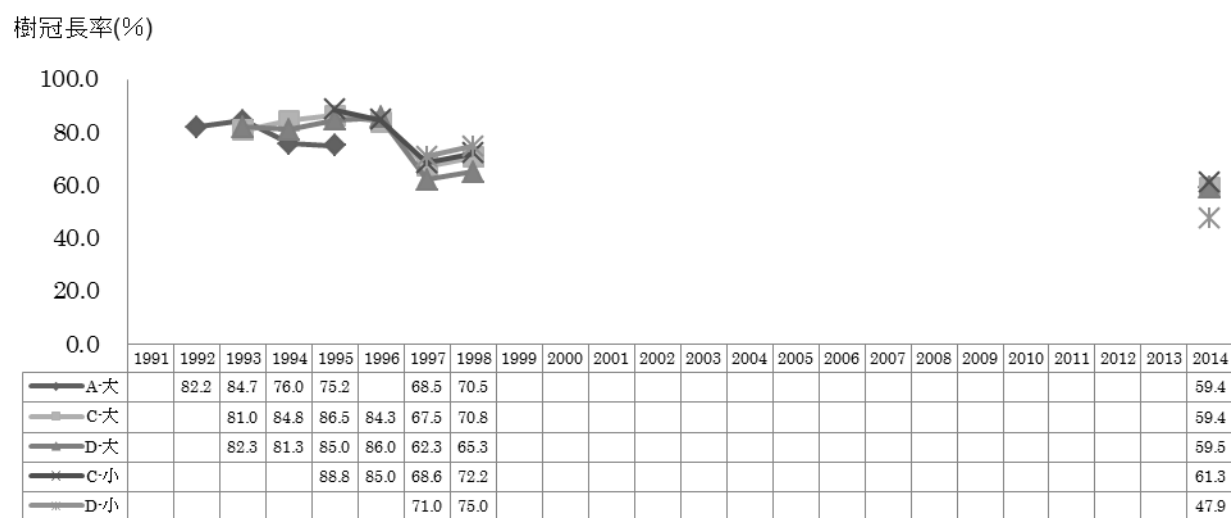
e) D 林帯小苗区

立木密度は、当初 1991 年 4,444 本/ha から、2014 年 1,950 本/ha となっている (図-10)。形状比は 1997 年 61 から、2002 年 52 まで低下したが、2014 年は 68 となり、目標 60~65 よりやや高くなっている (図-7)。「目標密度表」の林齢 24 年の目標密度は、形状比 60 の場合 927 本/ha、65 の場合 1,122 本/ha であり、密度の低減が必要である。

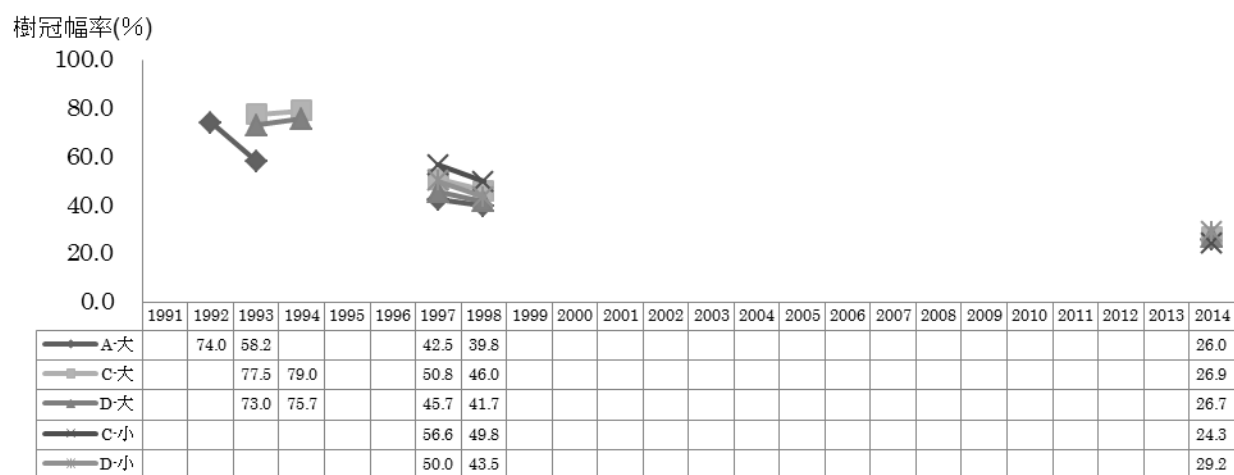
樹冠長率は、1997 年 71%、1998 年 75%、2014 年 48% となり、ほぼ目標の 50% となっている (図



図－7 林帯別形状比の推移



図－8 林帯別樹冠長率の推移



図－9 林帯別樹冠幅率の推移

立木密度(本/ha)

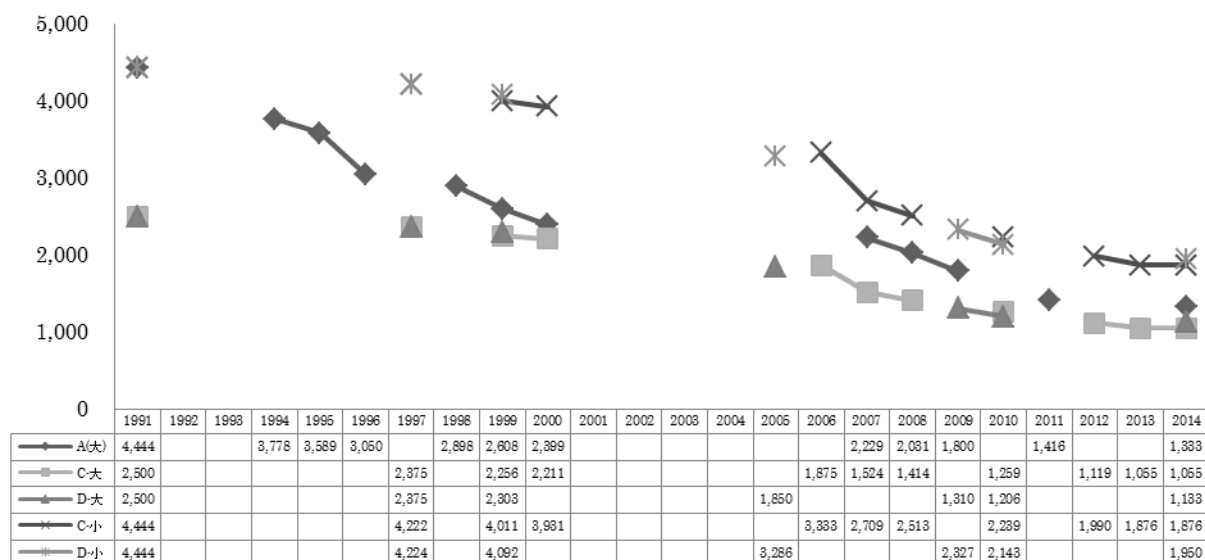


図-10 林帯別立木密度の推移

-8)。樹冠幅率は1997年50%、1998年44%、2014年29%となっており、ほぼ目標の30%となっているが(図-9)、現況が高密度のため間伐の実施が必要である。前述のように、2014年調査データはCブロックのみのデータである。

2) 考察

これらを基に立木密度、形状比、樹冠長率、樹冠幅率について各林帯を比較した。立木密度は、D林帯(小)1,950本/ha>C林帯(小)1,876本/ha>A林帯(大)1,333本/ha>D林帯(大)1,133本/ha>C林帯(大)1,055本/ha、であった。

形状比は、C林帯(小)77>A林帯(大)72>D林帯(大)70>C林帯(大)68=D林帯(小)68、であった。

樹冠長率は、C林帯(小)61%>D林帯(大)60%>C林帯(大)59%=A林帯(大)59%>D林帯(小)48%、であった。

樹冠幅率は、D林帯(小)29%>D林帯(大)27%=C林帯(大)27%>A林帯(大)26%>C林帯(小)24%、であった。

以上の結果から、立木密度はC林帯(大)、D林帯(大)でほぼ適正、A林帯、C林帯(小)、D林帯(小)で目標より高く、密度の低減が必要となっている。当初の植栽密度を反映した形で、密度の低い2,500本/ha植栽の方が優れている。

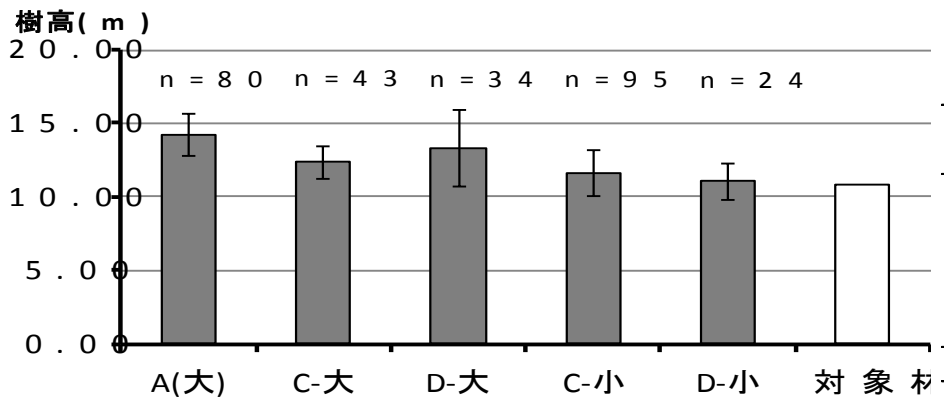
形状比は各林帯とも、植栽当初は高く徐々に低

下し、植栽後概ね10年を経た2002年に最低となり、目標の60を下回った。その後徐々に高くなり2014年4月現在77~68となっており、目標には届いていない。この結果は、上野ら⁷⁾の報告と同様の傾向となっている。ただ、目標との差は小さく、林齢25年以降のクロマツ林では形状比60前後で推移したとの報告⁸⁾もあり、今後の推移を注視していく必要がある。

樹冠長率は各林帯とも、植栽当初は高く徐々に低下し、2014年4月現在61~48%と目標に近く概ね良好といえる。樹冠幅率も樹冠長率と同様に、植栽当初は高く徐々に低下し、2014年4月には24~27と目標をやや下回るものの目標値の8割程度であり概ね良好ではあるが、密度の低減が望ましい。

IV. まとめ

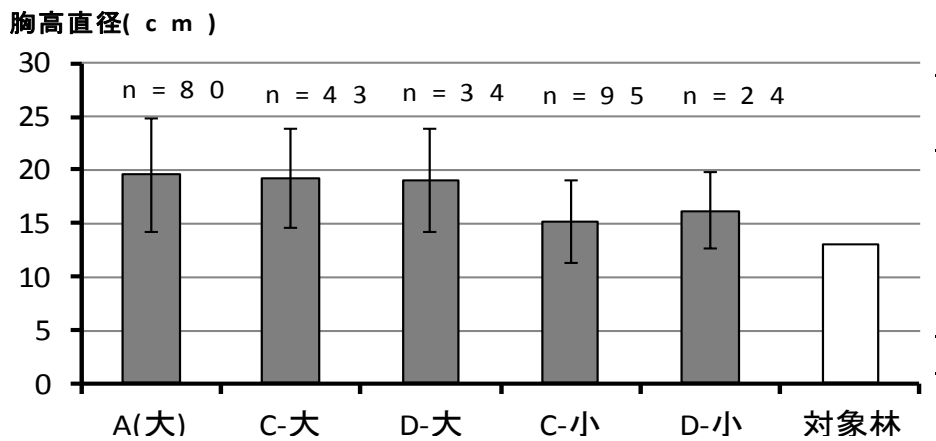
以上を基に、各林帯の管理が適切だったのかについて検討した。成長については、2014年4月の調査により得られた樹高及び胸高直径データと、未整備と思われる対象林のデータを比較した(図-11, 12)。対象林は、林齢と調査データが公表されている数少ない報告の中から、本調査地と立地環境面でなるべく類似性が高い場所とし、樹高に



注 1) 図中のバーは標準偏差、nはサ

注 2) 対象林は中央値 9.7、最小 8.6 ~ 最大 10

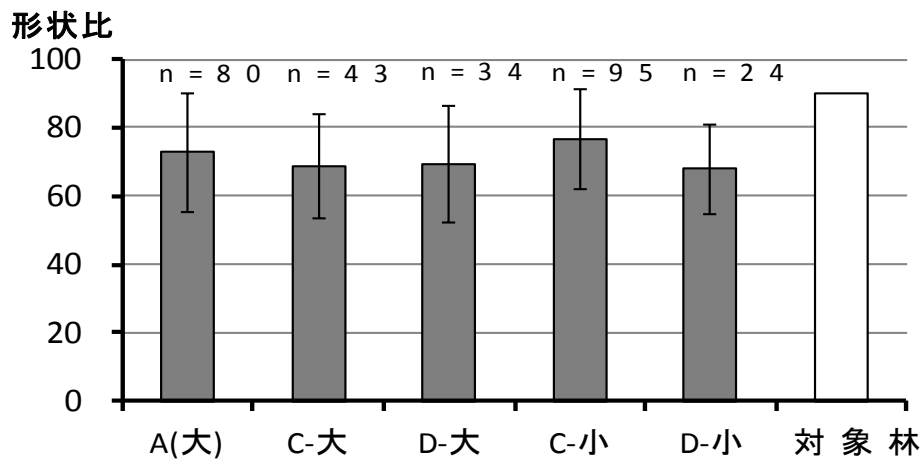
図-11 各林帯と未整備林の樹高成長



注 1) 図中のバーは標準偏差、nはサ

注 2) 対象林は中央値 10.5、最小 8.0 ~ 最大 1

図-12 各林帯と未整備林の直径成長



注 1) 図中のバーは標準偏差、nはサンプル

注 2) 対象林はデータが不明。記載のある最

図-13 各林帯と未整備林の形状比

については、金子が行った秋田県天王海岸の調査報告⁹⁾から、林齢 25 年の地位 1 等地のデータを採用し、胸高直径については、佐渡らが行った秋田県能代市「風の松原」の調査報告¹⁰⁾を参考に林齢 25 年のデータと比較した。

その結果、樹高については、大苗区では A 林帯 (大) 平均 14.16m, 標準偏差 1.43m, C 林帯 (大) 平均 12.35m, 標準偏差 1.11m, D 林帯 (大) 平均 13.29m, 標準偏差 2.60m であり、未整備の対象林の最高樹高 10.8m をほぼ上回る成長となっている。小苗区では C 林帯 (小) 平均 11.56m, 標準偏差 1.56m, D 林帯 (小) 平均 11.03m, 標準偏差 1.25m であり、平均樹高と対象林の最高樹高が同程度となっている。

胸高直径については、大苗区では A 林帯 (大) 平均 19.58cm, 標準偏差 5.31cm, C 林帯 (大) 平均 19.15cm, 標準偏差 4.61cm, D 林帯 (大) 平均 19.03cm, 標準偏差 4.78cm であり、未整備対象林の最高胸高直径 13.0cm を上回る成長となっている。小苗区では C 林帯 (小) 平均 15.14cm, 標準偏差 3.80cm, D 林帯 (小) 平均 16.20cm, 標準偏差 3.62cm であり、小苗区の最低レベルの胸高直径と未整備対象林の最大胸高直径が同程度となっている。

この結果から、成長に関しては、各林帯の大苗区では樹高、胸高直径ともに対象林を上回っており、間伐を繰り返し実施してきた密度管理の効果が表れているものと考えられる。なお、小苗区は対象林との比較で明確に優位とはいえないが、生育環境が北西斜面の厳しい条件下にある中、年当り樹高成長量は大苗区 0.47~0.50m に対し、小苗区 0.44~0.48m と差がなくなりつつあることから、管理は概ね適切であったと考える。

また、各林帯の健全度は、形状比について 2014 年 4 月の調査データと、未整備な対象林の調査データを比較した (図-13)。対象林のデータは、小田が行った九十九里浜の調査資料⁹⁾から、林齢 10~30 年で最多密度付近にある林分の形状比 90~120 の最低値 90 を採用した。その結果、A 林帯 (大) 平均 72.3, 標準偏差 17.42, C 林帯 (大) 平均 67.9, 標準偏差 15.19, D 林帯 (大) 平均 69.7, 標準偏差 16.94 であり、未整備対象林の最低形状比 90 を下回っている。小苗区では C 林帯 (小) 平均 76.5, 標準偏差 14.51, D 林帯 (小) 平均 67.9, 標

準偏差 13.21 であった。この結果から、C 林帯 (小) の最高レベルの形状比と未整備対象林の最低形状比が同程度であったほか、他の全ての林帯では未整備対象林より形状比が低く、間伐を繰り返し実施してきた密度管理の効果が表れているものと考えられる。

V. お わ り に

長期にわたり保育管理と林況調査が行われている庄内空港防風林帯について、過去の調査資料と現地調査により、成長実態を明らかにし、現況松林の健全度について解析した。その結果、樹高成長では「目標密度表」を上回っているほか、直径成長も良好であった。現況松林の健全度は、形状比が未整備林を下回り、樹冠長、樹冠幅も「目標密度表」と照合して概ね適正と判断された。密度管理では、防風等機能を維持しつつ管理を行うことを前提に、1994 年以降 2013 年までの間、成長に合わせて 5~9 回の弱度の間伐が繰り返し実施され、概ね健全な林況の維持につながったものと考えられる。施行当初と現在 (2014 年) の対比写真を (図-14) に示す。今後、一般民有クロマツ林において保育管理を行う際のモデルとしての活用が期待される。

また、各防風林帯の立地環境 (てい線からの距離、地盤高、滑走路との位置関係、斜面方位や比高等) による成長への影響について現在解析中であり、立地環境別の将来林型の予測につなげたいと考えている。

VI. 謝 辞

北庄内森林組合酒田支所長の小林氏には施業履歴に係る資料の提供並びに聞き取り調査に協力をいただいた。また庄内空港事務所担当者には現地調査にあたり協力いただいた。厚く御礼申し上げます。

VII. 引 用 文 献

- (1) 庄内空港工事誌編さん委員会（1992）庄内空港工事誌：450-453 庄内空港事務所
- (2) 渡邊潔（1999）庄内空港防風林帯の現況Ⅲ：1-17 庄内開発協議会
- (3) 金内英司（2005）庄内空港周辺環境調査事業（総括編）：210-213pp,231-244pp.庄内開発協議会
- (4) 金子智紀（2006）クロマツ幹材積表（秋田県庁 HP）
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1133770352432> 2014.5.1 閲覧
- (5) 上野満・渡部公一・齊藤正一（2012）庄内海岸クロマツ林における目標管理密度の策定.山形県森林研究研修センター平成 24 年度成果情報
- (6) 上野満・渡部公一・齊藤正一（2012）庄内海岸クロマツ林における目標管理密度表の策定.山形県森林研究研修センター平成 24 年度目で見える研究成果
- (7) 上野満・渡部公一（2013）クロマツの成長履歴の解析と理想とする樹形への誘導条件.山形県森林研究研修センター平成 25 年度成果情報
- (8) 村井宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也（1992）日本の海岸林ー多面的な環境機能とその活用ー.401pp ソフトサイエンス社. 東京.
- (9) 金子智紀（2000）秋田・天王海岸におけるクロマツ林の生育区分.東北森林科学会誌 第 5 巻第 2 号：93
- (10) 佐渡恒幸・細田美保子・中村剛史・遠田裕道（2012）海岸クロマツ林（風の松原）における密度管理について.H24 森林・林業技術交流発表集（東北森林管理局）



A 林帯 A ブロック(左:1990.3 月, 右:2014.11 月)



A 林帯 F ブロック(左:1989.3 月, 右:2014.4 月)



C 林帯 C ブロック(左:1991.3 月, 右:2014.4 月)



C 林帯 D ブロック(左:1991.3 月, 右:2014.4 月)

図-14 施行当初と現在（H26年）の対比写真

論文

山形県における広葉樹二次林の林分構造と更新状況

上野 満 ・ 斉藤 正一

Stand structure and regeneration of secondary forests in Yamagata Prefecture

Mitsuru Ueno ・ Shoichi Saito

(2015 年 10 月 16 日受理)

要旨：山形県における広葉樹二次林を適切に管理し、健全な森林の維持をはかるための基礎資料を得る目的で、県内 50 か所の広葉樹二次林において林分構造と更新状況の実態調査を行った。山形県の広葉樹二次林の林分構造は、10 年生程度までは階層構造が不明確で、いわゆる藪の状態であった。10 年生以降は、上木と下木の区別ができ始めるが、階層構造が明確に発達しておらず、未成熟な状態で、30 年以降になり明確な階層構造を有するようになった。萌芽能力が高いとされる胸高直径 20cm 以下の立木密度は、林齢が高くなるとともに減少し、(旧)秋田営林局の広葉樹林施業の更新基準を準用した場合、県内の天然性広葉樹林の 90%以上に相当する 30 年生以上のナラ林は、萌芽更新不適の林分と判断された。また、種子による更新を調査したところ、実生の発生は確認されたが更新に寄与している可能性が低く、伐採後の更新状況を注意深く観察することが重要である。さらに、林分材積、立木密度、平均胸高直径、平均樹高を求めたところ林齢と高い相関が見られたことから、『山形県における広葉樹二次林の成長予測表』を附属資料として作成した。

I. はじめに

山形県の森林植生は、標高 500m 以上ではブナ林が優占し、標高 500m 以下の低山地ではミズナラ、コナラ、アカマツを中心となる⁽¹⁾。特にナラ類を主体とした森林の総面積は、209,000ha におよび、県内の森林の約 30%を占める⁽²⁾。これらの森林の多くは、かつて薪炭林や農用林としての機能を有し、定期的な伐採と萌芽更新により維持されてきた広葉樹二次林である。薪炭需要の減少によりほとんど活用されなくなった現在では、休養や森林教育の場として、さらにはパルプ、チップ、バイオマス燃料としての利用が見

直されつつあるが、多くは放置状態で存在する。これにより 1972 年時点で 4 齢級にピークがあった天然性広葉樹の面積は、2013 年時点では 12 齢級にピークを持ち、若い林分ほど減少する傾向にある^(3, 4)。一方で 1989 年以降、山形県内では大径化したミズナラ林を中心にブナ科樹木萎凋病（以下、ナラ枯れ）による集団枯損被害が発生し、大きな被害をもたらすようになった。このような状況の変化から、広葉樹二次林の林分構造や更新の様式は、薪炭林として利用してきた時代とは全く異なることが予測され、保育・管理は新たな観点から実施されることが必要とされるであろう。広葉樹二次林の適切な保育・

管理技術を確立するためには、まず基礎的な情報として構成樹種、林分の蓄積のあらまし、また樹種や蓄積が経時的にどのように変化するか

など、実態を明らかにする事が重要である。山形県における広葉樹二次林の実態調査は、三浦⁽⁹⁾が16～50年生のコナラ林分、ミズナラ林分を対

表-1 調査地の概要

箇所NO.	市町村	調査区名	林齢	年代区分	林相	林床タイプ	土壌型	方位	傾斜	斜面位置	微地形
1	高島町	二井宿1	5	若	コナラーミズナラ	低木(リョウブ)	Bc	N	13	山脚	平衡
2	南陽市	中川	10	若	コナラークリ	低木(ハイイヌツゲ)	Bb	N	29	山腹中部	平衡
3	西川町	沼山	12	若	コナラーミズナラ	低木(ヒメアオキ)	Bc	S	9	山腹中部	平衡
4	遊佐町	金保1	12	若	コナラークリ	ササ(チマキザサ)	G	N	5	平坦地	平坦
5	上山市	古屋敷1	13	若	コナラーミズナラ	低木(リョウブ)	Bb	N	10	山腹中部	平衡
6	上山市	古屋敷2	13	若	コナラ	低木(リョウブ)	Bd(d)	E	16	山腹中部	平衡
7	東根市	猪野沢	13	若	コナラ	低木(エゾユズリハ)	Bb	W	22	山腹中部	平衡
8	真室川町	大滝1	15	若	コナラークリ	ササ(チマキザサ)	Bc	S	28	山腹中部	平衡
9	最上町	判屋1	15	若	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bd(d)	N	29	山腹中部	平衡
10	最上町	判屋2	15	若	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bd(d)	W	21	山腹上部	微尾根
11	新庄市	上野林道1	15	若	コナラーミズナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bc	N	8	平坦	平坦
12	新庄市	上野林道2	15	若	コナラークリ	ササ(チマキザサ)	Bd	E	18	山腹中部	平衡
13	山辺町	西黒森1	15	若	ミズナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bd(d)	N	27	山腹上部	平衡
14	遊佐町	金保2	16	若	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	W	2	平坦	平坦
15	新庄市	上野林道3	18	若	ミズナラーコナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	N	15	山腹上部	平衡
16	山辺町	せったい	20	若	コナラ	低木(ヤマモミジ)	Bc	W	24	山腹上部	平衡～尾根
17	舟形町	松橋1	25	若	コナラーミズナラ	低木(ヤマツツジ)	Bc	S	28	山腹上部	平衡
18	楸引町	べんとう村1	25	若	コナラ	低木(ウゴツクパネウツギ)	Bd	S	2	平坦	平坦
19	米沢市	上屋敷	29	若	コナラークリ	ササ(チマキザサ)	Bc	W	7	平坦	平坦
20	真室川町	大滝2	30	若	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bd(d)	S	27	山腹中部	平衡
21	舟形町	松橋2	33	壮	コナラーミズナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	S	24	山腹中部	平衡
22	温海町	北俣1	35	壮	コナラ	低木(ユキツバキ)	Bd	S	24	山腹下部	平衡
23	山辺町	県民の森2	35	壮	コナラ	低木(ハウチワカエデ)	Bd(d)	W	27	山腹中部	平衡
24	温海町	北俣2	37	壮	コナラ	低木(ユキツバキ)	Bd	S	23	山腹下部	平衡
25	楸引町	べんとう村2	40	壮	コナラークリ	ササ(チマキザサ)	Bd	S	3	平坦	平坦
26	山形市	面白山	43	壮	ミズナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bc	S	4	山腹中部	平衡
27	飯豊町	遅谷	45	壮	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	S	11	山腹上部	微尾根
28	飯豊町	広河原1	45	壮	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	W	24	山腹中部	平衡
29	上山市	黒森山1	45	壮	コナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bc	S	16	山腹中部	平衡
30	上山市	黒森山2	45	壮	コナラ	低木(エゾユズリハ)	Bc	S	19	山腹中部	平衡
31	最上町	判屋3	48	壮	コナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bd(d)	S	11	山腹中部	平衡
32	高島町	二井宿2	49	壮	コナラーミズナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bc	S	8	平坦	平坦
33	山辺町	県民の森1	50	壮	コナラ	低木(ハウチワカエデ)	Bd(d)	S	21	山腹上部	凸地
34	飯豊町	広河原2	55	壮	コナラーミズナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	W	26	山腹中部	平衡
35	飯豊町	広河原3	55	壮	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bd	S	19	山腹中部	平衡
36	大江町	柳川1	58	壮	ミズナラーコナラ	ササ(チマキザサ)	Bd(d)	S	13	山腹中部	平衡
37	大江町	柳川1	60	壮	コナラークリ	低木(ハイイヌツゲ)	Bd	W	13	山腹中部	平衡
38	長井市	不伐の森	61	高	コナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bc	S	27	山腹中部	平衡
39	西川町	北山	63	高	ミズナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bd(d)	E	21	山腹中部	凸地
40	山辺町	西黒森2	65	高	ミズナラ	低木(ハウチワカエデ)	Bd(d)	N	27	山腹上部	平衡
41	楸引町	べんとう村3	75	高	コナラ	低木(ユキツバキ)	Bd	S	20	山腹中部	平衡
42	温海町	南俣	75	高	コナラ	低木(ユキツバキ)	Bc	S	29	山腹中部	平衡
43	新庄市	上野	75	高	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bc	E	20	山腹中部	平衡
44	南陽市	水林	80	高	ミズナラーコナラ	低木(ハイイヌツゲ)	Bc	N	12	山腹中部	平衡
45	尾花沢市	鶴子2	80	高	コナラ	ササ(チマキザサ)	Bd	S	24	山腹上部	平衡
46	真室川町	大滝3	80	高	ミズナラ	ササ(チマキザサ)	Bd	S	26	山脚	崩積
47	遊佐町	二ノ滝	80	高	ミズナラ	低木(オオカメノキ)	Bc	N	21	山腹中部	平衡
48	小国町	金目1	80	高	コナラ	低木(ヤマモミジ)	Bd	N	5	平坦	平坦
49	尾花沢市	鶴子1	85	高	コナラ	低木(オオバクロモジ)	Bd	S	22	山腹上部	平衡～尾根
50	小国町	金目2	85	高	コナラ	低木(ヤマモミジ)	Bd	N	8	山腹下部	平衡

象に行っているが、現在大部分を占める 8 齢級以上のデータはほとんどない。

本研究では、今後の広葉樹二次林を適切に管理し、健全な森林の維持管理を行うために、様々な林齢の林分において実態調査を行い、広葉樹二次林管理のための基礎的な情報を得た。

Ⅱ. 調査地と調査方法

1. 調査地

ナラ類を主林木とする広葉樹二次林を対象に合計 50 林分で調査を行った（表-1）。調査地の選定にあたって、県内の標準的な林分データを取るために、村山管内 21 か所、庄内地域 9 か所、最上地域 12 か所、置賜地域 8 か所と県内全域を網羅するように配置した。調査林分の林齢は、経時的に林分構造の変化を把握するために、5 年生から 85 年生と幅を持たせ、若齢林（林齢 1～30 年生）、壮齢林（31～60 年生）、高齢林（61 年以上）と年代区分することで、若齢林 20 林分、壮齢林 17 林分、高齢林 13 林分となった。林齢の確認は森林簿で行い、森林簿で確認できなかった林分や、森林簿の林齢と現地の立木サイズに明らかな差異が見られる場合は、伐採時期の聞き取りや地際部の年輪を数えることで林齢の確認を行った。調査区における基本植生は、上層林冠を構成する優占種から判断し、コナラ林（26 林分）、コナラミズナラ林（11 林分）、コナラクリ林（7 林分）、ミズナラ林（6 林分）に区分された。林床植生は、ササタイプ（19 林分）と、低木タイプ（31 林分）に区分された。低木タイプにおける主な低木種は、ハイイヌツゲ、ヤマモミジやコハウチワカエデなどのカエデ類、リョウブ、エゾユズリハ等が多く、庄内地域については、特徴的にユキツバキが多く見られた。ササタイプでは、全てチマキザサであった。

2. 調査方法

調査は、調査対象林分内に 20m×20m（以下、大プロット）の方形調査区を設置し、区内に出

現した胸高直径 4cm 以上の全立木について樹種名、胸高直径、枝下高を測定した。胸高直径はスチールメジャーで、樹高と枝下高は比較目測より測定した。さらに高木層、亜高木層、上位低木層、下位低木層、草本層の 5 階層別に植生調査を行い、種毎に植被率を求めた。更新状況の調査は、大プロットを 4 分割し 10m×10m（以下、中プロット）の方形区を設定し、その中から任意の 2 つの中プロットにおいて樹高 1.5m 以上、胸高直径 4 cm 未満の個体を幼樹個体として、樹種名、胸高直径を測定した。胸高直径および樹高はコンベックスを用いて測定した。さらに、調査区内に 3m×3m（以下、小プロット）の方形区を 2 か所設定し樹高 0.3m 以上、1.5m 未満の木本類を稚樹個体として樹種名、樹高の測定を行った。なお、二井宿 1、金俣 1、金俣 2、西黒森 1、においては、立木サイズが小さいことから大プロットのサイズを 10×10m、中プロットを 5m×5m、小プロットを 4m×4m とした。

Ⅲ 結果および考察

1. 階層構造と植被率

表-2 に調査区毎の各階別植比率を、さらに、図-1 に林齢と植被率の関係を示した。高木層の植被率は 65～90%の範囲にあり、他の階層に比べ林齢によるバラつきは小さかった。林齢 5 年生の二井宿 1 の高木層の植被率は 65%と小さく林冠は未発達であったが、それ以外の林分の林冠は、ほぼ鬱閉していた。亜高木層の植被率は 0～70%の範囲内にあり、他の階層に比べると薄い層になる傾向が見られた。若齢林の二井宿 1、金俣 1、大滝 1、西黒森 1 では、高木層と亜高木層の境界が不明確で亜高木層の区分は出来なかった。上位低木層の植被率は 0～70%の範囲にあり、壮齢林の広河原 1、二井宿 2、広河原 3 では、低木の樹高が均一で上位低木層と下位低木層の区分が出来なかったため下位低木層に統一した。下位低木層の植被率は、15～90%の範囲内にあり、上位低木層よりも高い傾向が見られた。草本層の植比率は 10～80%の範囲内にあった。林齢と

植被率とは、いずれの階層においても相関関係は見られなかった。

階層別植被率は、個々の調査区で異なり林齢の経過に伴い一定の変化を示すような傾向は見

られなかった。これは各林分で樹種の構成が異なることや、局所的に生じる林冠の疎開やそれにより生じる更新が各所により異なるため、階層構造の経時的な変化の詳細については、各

表-2 調査区毎の階層別植被率

NO.	市町村	調査区名	林齢	年代区分	植被率(%)					
					総植被	高木層	亜高木層	上位低木層	下位低木層	草本層
1	高島町	二井宿1	5	若	95	65		60	30	20
2	南陽市	中川	10	若	95	80	70	30	30	45
3	西川町	沼山	12	若	95	80	40	25	30	60
4	遊佐町	金俣1	12	若	95	80		65	60	40
5	上山市	古屋敷1	13	若	95	85	30	70	45	30
6	上山市	古屋敷2	13	若	95	80	40	60	50	30
7	東根市	猪野沢	13	若	90	80	40	50	40	50
8	真室川町	大滝1	14	若	90	75		60	40	30
9	最上町	判屋1	15	若	95	90	40	50	45	30
10	最上町	判屋2	15	若	95	90	50	55	45	30
11	新庄市	上野林道1	15	若	90	80	15	20	60	50
12	新庄市	上野林道2	15	若	90	80	20	25	65	50
13	山辺町	西黒森1	15	若	95	85		55	25	30
14	遊佐町	金俣2	16	若	95	80	35	20	50	20
15	新庄市	上野林道3	18	若	85	80	25	30	65	50
16	山辺町	せったい	20	若	95	85	35	40	45	20
17	舟形町	松橋1	25	若	90	85	15	30	70	25
18	櫛引町	べんとう村1	25	若	90	70	50	40	50	40
19	米沢市	上屋敷	29	若	95	85	30	40	75	40
20	真室川町	大滝2	30	若	95	85	40	35	45	30
21	舟形町	松橋2	33	壮	95	85	25	10	90	30
22	温海町	北俣1	35	壮	95	80	30	40	70	30
23	山辺町	県民の森2	35	壮	90	80	45	40	40	20
24	温海町	北俣2	37	壮	95	85	30	45	70	40
25	櫛引町	べんとう村2	40	壮	95	80	15	35	70	60
26	山形市	面白山	43	壮	90	85	30	35	35	65
27	飯豊町	遅谷	45	壮	95	90	20	25	40	70
28	飯豊町	広河原1	45	壮	95	85	10		20	80
29	上山市	黒森山1	45	壮	95	80	30	25	35	40
30	上山市	黒森山2	45	壮	95	75	30	40	60	50
31	最上町	判屋3	48	壮	90	80	20	30	60	35
32	飯豊町	二井宿2	49	壮	95	90	20		40	60
33	山辺町	県民の森1	50	壮	95	80	40	45	15	10
34	飯豊町	広河原2	55	壮	95	85	15	10	70	55
35	飯豊町	広河原3	55	壮	90	80	15		70	30
36	大江町	柳川2	58	壮	95	80	20	25	30	50
37	大江町	柳川1	60	壮	95	85	35	35	40	40
38	長井市	不伐の森	61	高	95	80	5	30	35	25
39	西川町	北山	63	高	95	80	30	45	30	50
40	山辺町	西黒森2	65	高	95	85	35	40	40	35
41	櫛引町	べんとう村3	75	高	90	85	35	45	70	45
42	温海町	南俣	75	高	85	75	35	50	60	40
43	新庄市	上野	75	高	90	80	15	35	70	50
44	南陽市	水林	80	高	90	80	30	40	50	50
45	尾花沢市	鶴子2	80	高	95	90	15	25	60	40
46	真室川町	大滝3	80	高	95	90	30	40	45	25
47	遊佐町	二ノ滝	80	高	90	70	30	40	60	60
48	小国町	金目1	80	高	90	80	5	50	50	35
49	尾花沢市	鶴子1	85	高	95	85	10	30	60	30
50	小国町	金目2	85	高	85	80	5	50	40	30

林分で評価する必要があると考えられる。しかしながら、皆伐萌芽更新を行った広葉樹二次林の大まかな階層構造については次のように集約できる。

- ・伐採後 10 年生程度までは、階層構造は不明確で、いわゆる藪の状態である。
- ・10 年生から 30 年生程度までは、上木と下木の区別ができ始めるが、明確な階層構造までには発達しておらず、未成熟な林分である。
- ・30 年以降になると比較的明確な階層構造を有し、鬱閉した林冠を持ち、亜高木層は薄く、低木層および草本層は比較的良く発達する。

2. 現存量の変化

胸高直径 4cm 以上の個体について毎木調査をおこなった結果、林分立木密度は 750~7,650 本/ha であった。その中から被圧木などの個体を除き、林冠を形成する上層木個体の立木密度、平均胸高直径、平均樹高、材積についてそれぞれ林齢との関係を図-2 に示した。

上層木の林分立木密度(N)は、350~2,800 本/ha の範囲にあり、階層構造が未発達な若齢林での減少が大きく、それ以降は漸減した。立木密度と林齢(t)は負の相関が見られ、次式で高い近似が得られた。

$$N = -753.4 \ln(t) + 3781$$

$$(r^2 = 0.7926, n = 50, p < 0.05)$$

林分平均胸高直径(D)は、5.8~62.5cm の範囲にあり、林齢とは正の相関関係が見られ、次式で高い近似が得られた。なお、全調査木を通じての最大胸高直径は、大滝 3 のミズナラで 81.5cm であった。

$$D = 2.8564t^{0.5302}$$

$$(r^2 = 0.864, n = 50, p < 0.05)$$

林分平均樹高(H)は、5.5~23.5m の範囲にあった。林齢との相関は、成長関数としてミッチャーリッヒ式、ゴンペルツ式、ロジスティック式

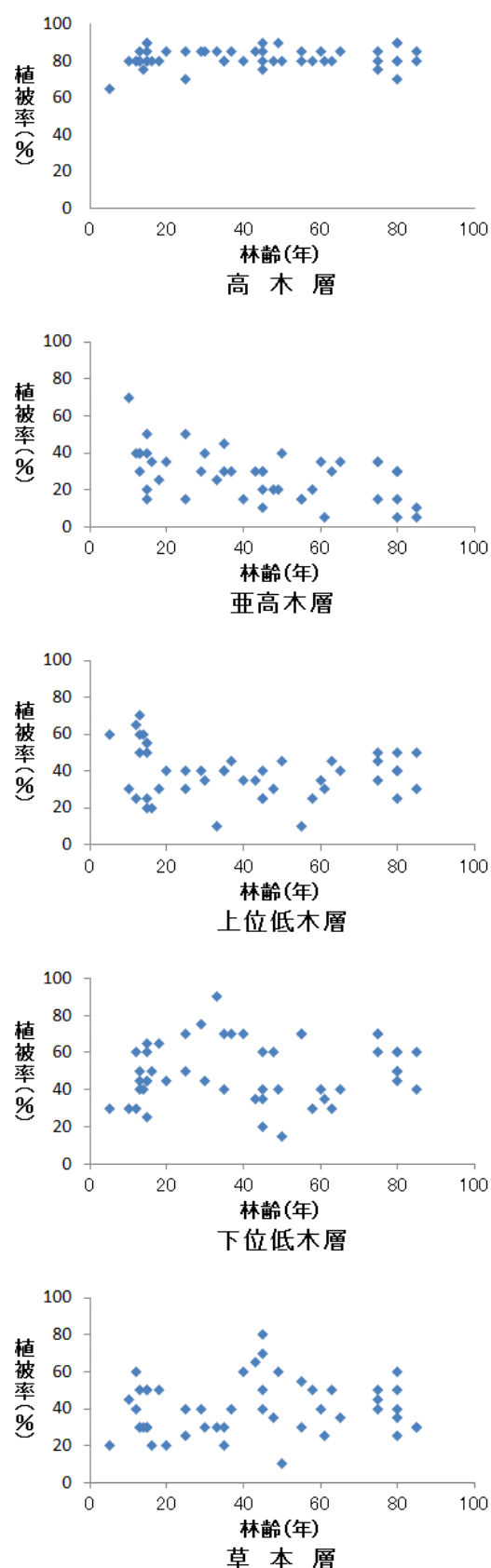


図 - 1 林齢と植被率の関係

に当てはめ最小自乗法によって中心線を求めたところ、次のミッチャーリッヒ式で最も高い近似が得られた。全調査木を通じての最大樹高は、金目1のコナラで26.5mであった。

$$H=2146849 \times (1-0.75253 \times e^{(-0.028829 \times t)})$$

(n=50)

林分立木材積(V)は、32.1～699.4 m^3 の範囲にあり、立木材積と林齢の関係は、次式で高い近似が得られた。全調査木を通じて単木の最大材積は、大滝3の4.3 m^3 のミズナラであった。なお、材積の計算には「立木幹材積表－東日本編－(秋田・山形地方【広葉樹】Ⅱ型)」⁽⁶⁾を用いた。

$$V=17.037t^{0.757}$$

($r^2=0.734$, $n=50$, $p<0.05$)

三浦⁽³⁾は、山形県内の林齢16～41年生のコナラ林47林分を調査し、各林分の林分材積、立木密度、平均胸高直径、平均樹高を求めている。今回の結果は、三浦の調査結果に比べ、立木密度で高く、胸高直径、樹高、材積で低く表わされる傾向が見られた。これは、今回対象とした上層木の基準が、三浦の基準に比べ小個体も含むためと考えられる。

胸高直径は85年生までほぼ一定の推移を続けており、鈍化する傾向は見られなかった。今田⁽⁷⁾は、北海道の13～145年生のミズナラ天然性林分の成長推移を調べたところ80年生前後までは一定の成長状態を示し、80年生前後を過ぎると肥大成長が低下するとしている。85年生までの成長経過は、今田⁽⁷⁾の報告と同様であるが、ナラ林の直径成長推移を検証するためにはさらに高齢林分の調査が必要と考えられる。

樹高は、一般的に土地の肥沃度に影響される。今回の調査区は表-1に示す通り、様々な立地条件のもとで行っていることから、同年代の林分間でも大きくバラつきが見られた。今後、データ数を増やし、地位毎の成長を把握することが必要になると考えられる。

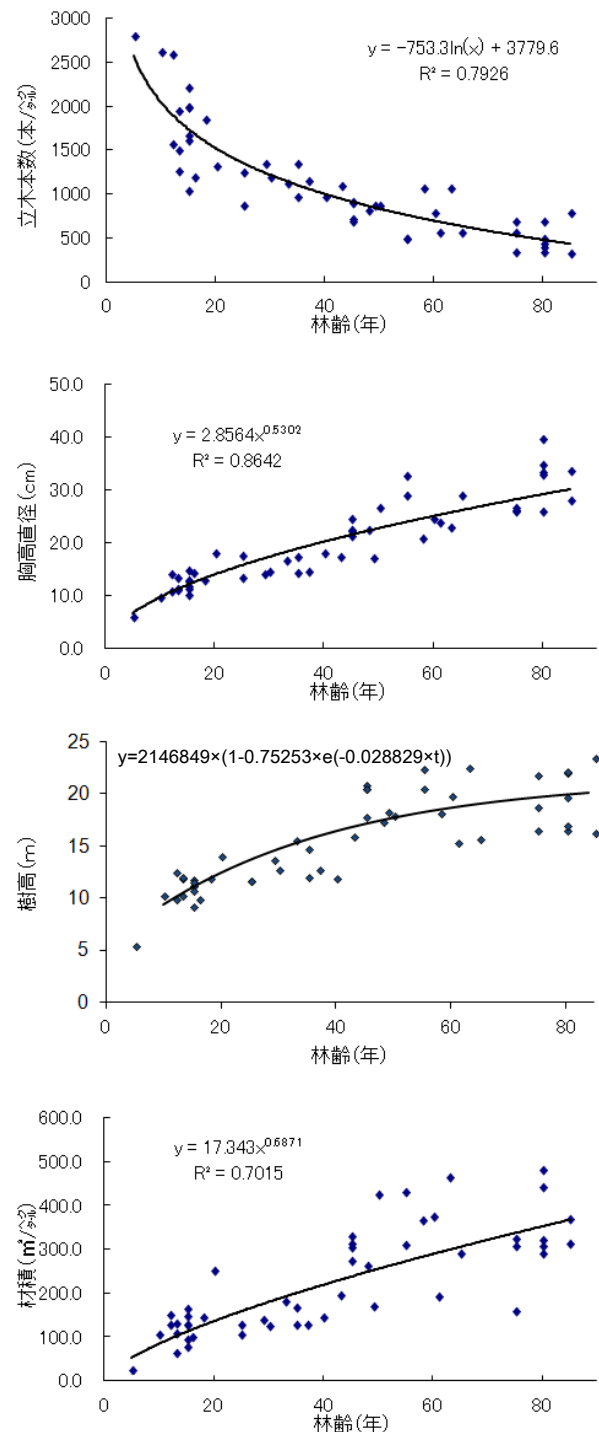


図-2 林齢と上層木の現存量との関係

これらの近似式を用い、林齢5年生毎の立木密度、平均胸高直径、平均樹高、平均材積を求め、『山形県における広葉樹二次林の成長予想表』

の作成を行った（付表）。表の適用範囲はデータが存在する範囲に限定し、今回の調査対象とした林齢 5～85 年生までの範囲とした。

3. 樹種構成

表-3 に全 50 調査区を通じて確認された木本種とその常在度を示した。調査区で確認された種は全 127 種で、若齢林 72 種、壮齢林 65 種、高齢林 71 種であった。常在度は、ある種の出現が全 50 調査区中、何%の調査区で出現したかを低い方から 25%毎にⅠ～Ⅳ段階で表した。

高木層に出現した種は、若齢林の段階では 18 種が確認され、出現頻度が高い常在度Ⅲ～Ⅳクラスはコナラ、クリ、ミズナラ、オオヤマザクラ、ホオノキの陽性の樹種で、常在度Ⅰクラスではイタヤカエデ、ハウチワカエデ、コシアブラなど比較的耐陰性の高い種が確認された。壮齢林の段階では 11 種が確認され、常在度Ⅱクラス以上の樹種は若齢林とほぼ同種であった。一方で、若齢林の高木層で確認された、コシアブラ、ウワミズザクラ、コバノトネリコなどは、壮齢林の高木層では確認されなくなり、樹種による潜在的な樹高の差が表れた。高齢林の段階では 10 種が確認され、年代区分が高くなるほど出現種は減少し、常在度の高い種も限定されるようになった。

亜高木層に出現した種は、若齢林 27 種、壮齢林 20 種、高齢林 15 種で、林齢区分が高くなるほど種数が減少した。若齢段階での常在度Ⅱクラス以上の高頻度種は、高木層に出現した種と類似していたが、ヤマウルシ、オクチョウジザクラ、マルバマンサク等の低木種も亜高木層を構成しており、種の棲み分けがまだ確立されていないかった。壮齢段階以降の亜高木層における出現種は、ウワミズザクラ、コバノトネリコ、ウリハダカエデ、リョウブなどが高い頻度で確認された。

上位低木層に出現した種は、若齢林 49 種、壮齢林 43 種、高齢林 41 種が確認された。また、下位低木層では、若齢林 60 種、壮齢林 52 種、高齢林 58 種が確認された。常在度Ⅱクラス以上

の種組成は上位低木層と下位低木層で類似しており、高・亜高木層を構成するコシアブラ、ウワミズザクラ、コバノトネリコ等の高木種の稚・幼樹と、ヤマモミジ、オオバクロモジ、ミヤマガマズミ、ヤマウルシなどの低木種で構成されていた。

草本層に出現した種は全階層中で最も多く、若齢林 58 種、壮齢林 59 種、高齢林で 64 種が確認された。高頻度で出現する種は、どの林齢区でも類似しており、低木層～高木層を形成する種の稚・幼樹のほか、ハイイヌツゲ、ヒメアオキ等の常緑樹、チマキザサが多く確認された。特にコナラ、クリ、ミズナラなどの主要な高木種は、高頻度で出現しているが、下位低木層での常在度は比較的 low、発芽と消失の繰り返しが常に行われていることが示唆された。

4. 更新状況

ナラ類は萌芽再生能力が強く、短い期間で伐採を繰り返す薪炭林施業では、伐採即更新完了としてきた⁽⁹⁾。しかし、萌芽能力は大径化すると衰退することが指摘されており、コナラの場合萌芽の本数は、伐採された幹の直径が大きくなるとともに増加し、直径 20～30cm でピークに達した後、急減し 40cm を越すと萌芽せずに枯死する傾向が見られる⁽¹¹⁾。

図-3 に萌芽能力が高いとされる胸高直径 20cm 以下の立木密度と林齢との関係を示した。胸高直径 20cm 以下の立木本数は、林齢が高くなるとともに減少し、その関係には高い相関が得られた。(旧)秋田営林局の広葉樹林施業⁽¹²⁾の更新基準では、胸高直径 20cm 未満の立木を 1,500 本伐採することを萌芽更新の条件としている。この基準を参考にした場合、県内の天然性広葉樹林の 90%以上に相当する 30 年生以上のナラ林は、萌芽更新不適林分と判断さる。今後、広葉樹の皆伐にあたっては、伐採即更新完了と言える状況ではなく、伐採後の更新状況を注意深く確認することが重要である。

萌芽更新が困難である場合、種子による更新を考慮する必要がある。広葉樹の天然更新を行

表-3 出現木本種と常在度

樹種	学名	若齢林				
		高木層	亜高木層	上位低木層	下位低木層	草本層
コナラ	<i>Quercus serrata</i> Thunb.	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ
クリ	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ
ミズナラ	<i>Quercus crispula</i> Blume	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
オオヤマザクラ	<i>Prunus donarium</i> Sieb. Var. <i>Sachalinensis</i> Makino	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i> Thunb.	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ
イタヤカエデ	<i>Acer mono</i> Maxim.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i> Thunb.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
コシアブラ	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i> Franch. et Sav.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
ウツミズザクラ	<i>Prunus grayana</i> Maxim.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ
コバトネリコ	<i>Fraxinus lanuginosa</i> Koidzumii	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ
ウリハダカエデ	<i>Acer crataegifolium</i> Sieb. et Zucc.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i> Sieb. et Zucc.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
アズキナシ	<i>Sorbus alnifolia</i> K. Koch	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ
エゴノキ	<i>Styrax japonica</i> Sieb. et Zucc.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ
アオハダ	<i>Ilex macropoda</i> Miq.	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
タカノツメ	<i>Sagina japonica</i> Ohwi	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
シナノキ	<i>Tilia japonica</i> Simk.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
イノノキ	<i>Frangula crenata</i> Miq.	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
ブナ	<i>Fagus crenata</i> Blume			Ⅰ	Ⅰ	
ヤマハンノキ	<i>Alnus hirsuta</i> Turcz.					
ミズギ	<i>Cornus controversa</i> Hemsl.				Ⅰ	
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.					Ⅰ
ヤマモミジ	<i>Acer palmatum</i> Thunb. Var. <i>matsumurae</i> Makino		Ⅰ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
オオバクロモジ	<i>Lindera umbellata</i> var. <i>membranacea</i>			Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
ミヤマガズミ	<i>Viburnum wrightii</i> Miq.			Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ
チマキザサ	<i>Sasa paniculata</i> Makino et Shibata			Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
ハイイタツグ	<i>Ilex crenata</i> var. <i>paludosa</i>			Ⅰ	Ⅲ	Ⅳ
ヤマウルシ	<i>Rhus trichocarpa</i> Miq.		Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
オオカメノキ	<i>Viburnum furcatum</i> Blume			Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
ヒメアオキ	<i>Aucuba japonica</i> var. <i>borealis</i>					Ⅱ
オクチョウジザクラ	<i>Prunus apetala</i> ssp. <i>pilosa</i>		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
ヤマツツジ	<i>Rhododendron kaempferi</i> Planch.			Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ
タムシバ	<i>Magnolia salicifolia</i> Maxim.		Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
フジ	<i>Wisteria floribunda</i> DC.		Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
ツノハシバミ	<i>Conylus sieboldiana</i> Blume			Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ
ハクワンボク	<i>Styrax obassia</i> Sieb. et Zucc.		Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
コヌスミ	<i>Euonymus sieboldiana</i> Blume				Ⅰ	Ⅱ
エノユズリハ	<i>Daphniphyllum humile</i> Maxim.			Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
アケシバ	<i>Hugeria japonica</i> Nakai					Ⅱ
マルバマンサク	<i>Hamamelis obtusata</i> Makino		Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	
ミツバアケビ	<i>Akebia trifoliata</i> Koidz.			Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ
ハナドリノキ	<i>Eubotryoides grayana</i> Hara			Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ
ウゴツクハネウツギ	<i>Abelia spathulata</i> var. <i>stenophylla</i>				Ⅰ	Ⅱ
ハイイヌギヤ	<i>Cephalotaxus harringtonia</i> var. <i>nana</i>			Ⅰ		Ⅱ
ユキツバキ	<i>Camellia japonica</i> var. <i>decumbens</i>				Ⅰ	
イブガラシ	<i>Schizophragma hydrangeoides</i> Sieb. et Zucc.					Ⅰ
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don		Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
ヤマボウシ	<i>Cornus kousa</i> Buerger		Ⅰ		Ⅰ	Ⅰ
オノオレカンバ	<i>Betula schmidtii</i>		Ⅰ	Ⅰ		
コハナチワカエデ	<i>Acer sieboldianum</i> Miq.			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
ホトツツジ	<i>Tripetaleia paniculata</i> Sieb. et Zucc.			Ⅰ		Ⅰ
タニウツギ	<i>Weigela hortensis</i> C. A. Mey.				Ⅰ	Ⅰ
ガズミ	<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb.			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
レンゴツツジ	<i>Rhododendron japonicum</i> Suringar			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i> Blume			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
ミネカエデ	<i>Acer tschonoskii</i> Maxim.			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
アワフキ	<i>Meliosma myriantha</i> Sieb. et Zucc.			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
ツリバナ	<i>Euonymus oxyphylla</i> Miq.			Ⅰ	Ⅰ	
サワシバ	<i>Carpinus cordata</i> Blume			Ⅰ		
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i> Thunb.				Ⅰ	Ⅰ
ノリウツギ	<i>Hydrangea paniculata</i> Sieb.				Ⅰ	Ⅰ
カマンカ	<i>Pourthiaea villosa</i> Decne.				Ⅰ	Ⅰ
チシマザサ	<i>Sasa kurlensis</i>				Ⅰ	Ⅰ
ホナガクマヤナギ	<i>Berchemia pauciflora</i> Maxim.				Ⅰ	
マユミ	<i>Euonymus sieboldiana</i> Blume				Ⅰ	
サワフタギ	<i>Symplocos chinensis</i> Druce var. <i>leucocarpa</i> Ohwi				Ⅰ	
オナカマド	<i>Sorbus commixta</i> Hedlund				Ⅰ	
アズマネザサ	<i>Pleioblastus chino</i> Makino				Ⅰ	
ムラサキヤシオツツジ	<i>Rhododendron albrechtii</i> Maxim.					Ⅰ
ヒメモヂ	<i>Ilex leucoclada</i> Makino					Ⅰ
オツハヒ	<i>Vaccinium oldhami</i> Miq.					Ⅰ
モミジイチゴ	<i>Rubus palmatus</i> Thunb. forma <i>coptophyllus</i> Makino					Ⅰ
ハリギリ	<i>Kalopanax septemlobus</i> Koidz.					
ミヤマハハソ	<i>Meliosma tenuis</i>					Ⅰ
オオバボダイショ	<i>Tilia maximowicziana</i> Shirasawa					
キブシ	<i>Stachyurus praecox</i> Sieb. et Zucc.					
トチノキ	<i>Aesculus turbinata</i> Blume					
ツタウルシ	<i>Rhus orientalis</i> Schneid.					
ヤマダブ	<i>Cornus kousa</i> Buerger					
ヤマブドウ	<i>Vitis colanetiae</i> Pulliat					
オニツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i> var. <i>strigillosus</i>					
ヤマナラシ	<i>Populus sieboldi</i> Miq.					
ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i> Makino					
ゴゼンタチバナ	<i>Cornus canadensis</i> L.					
ツルアジサイ	<i>Hydrangea petiolaris</i> Sieb. et Zucc.					
ヤブコウジ	<i>Ardisia japonica</i> Bl.					

[illegible]

うにあたっては、伐採前の前生稚樹の有無が大きく影響をおよぼす^(10, 12)。調査区内の稚樹（樹高 0.3m 以上 1.5m 未満の高木性広葉樹）の個体密度は、林分毎にバラつきが大きく 0~138,900 本/ha の範囲で存在していた（図-4）。この個体数の差は、調査年と種子の豊凶年との関係から生じた差と考えられる。また、幼樹（樹高 1.5m 以上、胸高直径 4 cm 未満）の個体密度は、0~1,200 本/ha の範囲で、稚樹の個体数に比べ大きく減少した（図-5）。このことは、ナラ林内では、種子の供給により実生は発生しているが、後継樹として成育することが困難であることを示している。種子による更新を図る場合は、刈り出しなどにより、あらかじめ前生樹を確保したうえで、伐採を実施することも有効と考えられる。

IV おわりに

本研究では、今後の山形県の広葉樹二次林の管理方法を検討するための基礎的データを得る目的で、県内の広葉樹二次林において実態調査を行った。現在、大多数の面積を占める 30 年生以上の壮・高齢林は、かつて薪炭林施業を行っていたときに多く存在した若齢林とは、林分構造、立木サイズ、種組成が大きく異なっていた。高齢化した二次林の様態が、今後どのように変容するかは、これまで調べられた経緯がないため、今後注意深く観測を継続する必要がある。

特に更新に関しては、小径木の減少はもとより、立木本数自体の減少が顕著であることから、これまでのように萌芽更新によるナラ林の維持は、困難な状況にあると考えられる。しかし、本調査を進める中で、萌芽能力が落ちるとされる大径化した株が、萌芽を多く発生させる現象も確認されており、萌芽のメカニズムと可能性については、今後さらに精査が必要である。

ナラ類の更新については、更新が困難な状況にあるがサクラ類、コシアブラ、カエデ類などの広葉樹などの後継樹は比較的多く観察される。ナラ類の資源は、キノコ原木や、チップ、パルプ、燃料材として用途が広いため、有用資源の

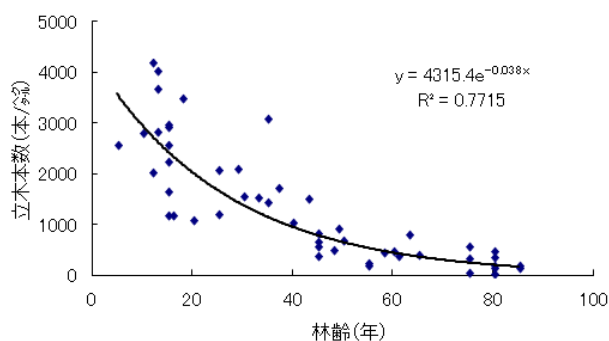


図-3 林齢と胸高直径 20 cm 以下の立木本数の関係

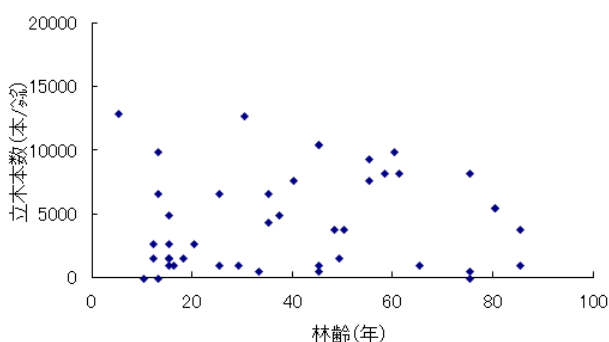


図-4 林齢と稚樹の立木本数の関係

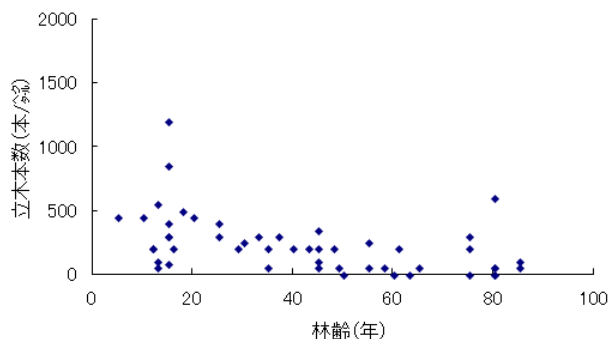


図-5 林齢と幼樹の立木密度の関係

確保の面からも重要と考えられるが、今後広葉樹二次林に期待する機能が、環境保全機能などに重点が置かれるようになるのであれば、ナラ類にこだわらず多様な樹種で構成される広葉樹二次林の可能性も考えられる。

今後、広葉樹二次林の管理は、林分の現状に応じた目標林型を細やかに設定し、注意深く経過を観測しながら行う必要がある。

V 引用文献

- (1) 結城嘉美編 (1992) 山形の植物誌.487pp
- (2) 斉藤正一 (2004) 山形県の主要植物図. 山形県森林研究研修センター. CD-ROM
- (3) 山形県農林水産部 (2014) 山形県林業統計.
- (4) 山形県農林水産部 (1972) 山形県林業統計.
- (5) 三浦直美・高橋護・佐藤啓祐・元木信雄・村井貞克 (1983) 広葉樹二次林の実態調査報告(中間報告)山形県立林業試験場研究報告第13号:19-4
- (6) 林野庁計画編 (1970) 立木幹材積表―東日本編―.日本林業調査会.
- (7) 今田盛生 (1976) 九州大学北海道地方演習林ミズナラ林分収穫予想表の調整.九州大学農学部演習林集報.26号 pp73-91
- (8) 亀山章 (1996) 雑木林概説.「雑木林の植生管理―その生態と共生の技術」pp.1-4 ソフトサイエンス社.東京
- (9) 広木詔三 (2002) 里山の成り立ちと人間の関わり.「里山の生態学」 pp9-40 名古屋大学出版会.愛知
- (10) 谷本丈夫 (1990) 広葉樹施業の生態学
- (11) 黒田慶子編 (2009) 里山に入る前に考えること.独立行政法人森林総合研究所.
- (12) 秋田営林局計画課 (1988) 広葉樹林施業.秋田営林局
- (13) 杉田久志・高橋誠・島谷健一郎 (2009) 八甲田ブナ施業指標林のブナ天然更新施業における前更更新の重要性.日林誌 91:382-390.

付表 山形県における広葉樹二次林の成長予想

林齢	上層木			
	密度(本/ha)	胸高直径(cm)	樹高(m)	材積(m ³)
5	2568	6.7	7.3	52.4
10	2046	9.7	9.5	84.4
15	1741	12.0	11.0	111.5
20	1524	14.0	12.2	135.9
25	1356	15.7	13.2	158.4
30	1219	17.3	14.2	179.5
35	1102	18.8	15.0	199.6
40	1002	20.2	15.7	218.7
45	913	21.5	16.4	237.2
50	834	22.7	17.1	255.0
55	762	23.9	17.7	272.2
60	696	25.0	18.3	289.0
65	636	26.1	18.8	305.3
70	580	27.2	19.4	321.3
75	528	28.2	19.9	336.9
80	480	29.2	20.3	352.2
85	434	30.1	20.8	367.1

< 数値の計算式>

- 1.林分立木密度(N)―林齢(t) $N = -753.4 \ln(t) + 3781$ ($r^2=0.7926$, $n=50$, $p<0.05$)
- 2.林分平均胸高直径(D)―林齢(t) $D = 2.8564t^{0.5302}$ ($r^2=0.8640$, $n=50$, $p<0.05$)
- 3.林分平均樹高(H)―林齢(t) $H = 2146849 \times (1 - 0.75253 \times e^{(-0.028829 \times t)})$ ($n=50$)
- 4.林分立木材積(V)―林齢(t) $V = 17.037t^{0.757}$ ($r^2=0.7340$, $n=50$, $p<0.05$)

短 報

山形県森林研究研修センターにおける森林環境教育の取り組み

高橋 文・大築和彦・深瀬雅和・今田洋一・鈴木良幸

Approaching with forest education
in Yamagata Prefectural Forest Research and Instruction Center

Aya TAKAHASHI・Kazuhiko OTSUKI・Masakazu FUKASE・
Yoichi KONTA・Yoshiyuki SUZUKI

(2014 年 12 月 17 日受理)

要旨：2013, 2014 年度にセンターで実施した森林環境教育プログラムを分類した結果、森林の資源利用や生態系の項目に活動が集中していた一方で、地域環境や暮らしの項目に該当する活動は行っていないことが分かった。また、山形県金山町立明安小学校と鮭川村立鮭川小学校の学校林において、選択的刈り払いによる森林整備後に森林学習プログラムを実施し、森林整備の効果を検証した。今回の森林整備によって、スギ樹冠下に多様な広葉樹を残すことができ、林内へのアクセスも容易になった。児童らの自由記載の感想文には森林学習に関連した語が頻出していたことから、児童らは今回の森林学習プログラムの意図を理解できたことが検証された。以上のことから、上層がスギ林でも、下層の広葉樹を適切に整備することによって、針葉樹を活用した林業体験だけでなく、広葉樹を使った多様な森林学習プログラムが実施可能になることが示唆された。

I はじめに

近年、地球温暖化などの環境問題に伴い、森林への関心も高まってきている。その中で、環境教育の分野においても森林を活用していく傾向にあり、森林環境教育の実践や理念などの研究が行われ始めている^(1,2,3,4,5,6)。

森林環境教育の実施場所の一つに学校林が挙げられる。学校林は、本来、基本財産形成や建築・燃料資材利用を目的として設置されたところが多い⁽⁷⁾。ところが、近年では利用目的が変化し、学校林は、森林環境教育の場としての期待が高まっている⁽⁸⁾。山形県森林研究研修センター（以下、センター）では、約 10 年前から学校林を利用した森林学習を行っており、これらの活動は、主に広葉樹を対象としている。広葉樹を

対象とした森林学習は、高木種と低木種の違いや葉の色の季節的な変化が観察できるなど、空間的・時間的に多様な森林学習プログラムが可能である。一方で、針葉樹のみを対象とした森林学習プログラムは、林業体験などに幅が限られてしまうのが現状である。

しかし、学校林においては、針葉樹のみという学校林が全体の 65%を占めている⁽⁷⁾。奥山⁽⁷⁾は、針葉樹主体の学校林は、植物観察等の現代の学校教育の活動の場として利用の幅が狭いことを指摘している。そのため、このような学校林をどのように整備し、森林学習に活用していくかを検討した研究は少ない^(9,10)。今後、学校林を森林環境教育の場として活用していくためには、その整備方法を検討していく必要がある。2013, 2014 年度にセンターでは、針葉樹主体の

学校林を整備し、そこで森林環境教育を実施した。

本研究では、1) 2013、2014 年度における森林環境教育の活動内容の報告とその分類、2) 2013、2014 年度において森林整備を行った学校林の調査、3) 学校林整備後に実施した森林学習プログラムの検討、4) 実施した森林学習プログラムのアンケートによる評価を行った。

Ⅱ 対 象 と 方 法

1. 森林環境教育の活動内容とその分類

調査は、山形県の自然環境学習推進事業により 2013、2014 年度に行った森林環境教育の実施例を対象とした。また、活動内容の分類は、井上・大石⁽³⁾の分類表を採用した。なお、一つのプログラムでも分類の際に複数の分類項目に該当する場合は、該当項目をすべて集計した。

2. 調査地概況

1) 金山町立明安小学校林

明安小学校が所有する学校林は、金山町の南部に位置しており、小学校から学校林まで、小学生でも徒歩 10 分程度で到着する立地にある。学校林は、18 年生 (0.66ha) と 25 年生 (0.28ha) のスギ人工林で、遊歩道やあずまやが設置されている。25 年生のスギ林は、毎年下刈りを行っているため、林床はヤグルマソウなどの草本類やシダ類が生育している程度である。一方、18 年生のスギ林は、2007、2009、2010 年に高木種を優先的に残し、低木種などもできるだけ多くの種を残存させる選択的刈り払いを行った後、2010 年秋に伐採本数率 28% のスギの間伐と枝打ちを実施した。その際、大半の広葉樹育成木も刈り払ってしまったが、その後、森林整備などは行わなかったため、林内は樹高 3m 未満の落葉広葉樹が多数存在している。さらに、一部のギャップでは、オニグルミなどの高木種がスギの林冠に達しようとしているところもある。

2) 鮭川村立鮭川小学校林

鮭川小学校が所有する学校林は、鮭川村の東部に位置しており、小学校から学校林まで、車

で 10 分程度の立地にある。元来、大豊小学校が所有していたが、2011 年の小学校の合併により、鮭川小学校の所有となった。学校林は、林道に沿うように設置された林帯 20m ほどの細長い区域のスギ人工林 (0.18ha) で、小学校の合併後は、森林整備などを行わなかったため、林内は藪化し樹高 3m 未満の落葉広葉樹が多数存在している。

3. 選択的刈り払いによる学校林の整備方法

学校林の整備は、スギ林内で、針葉樹だけでなく、広葉樹も対象とした多様な森林学習プログラムが実施可能となるような選択的刈り払いを行った。選択的刈り払いとは、あるサイズ以下の低木・草本類をすべて刈り払うのではなく、種やサイズを考慮しながら、残して生育させるか刈り払うかを 1 本 1 本選別しながら刈り払う方法である⁽⁴⁾。

今回は、スギ林内に定着した広葉樹を森林学習に活用するために、自然観察が可能となるよう密生した広葉樹の本数を調整し、さらに、できるだけ多くの樹種が残るように刈り払いを行った。なお、樹木の成長を阻害する木本性つる植物やクズなどは、できるだけ刈り払った。また、学校林での学習時に児童らがかぶれ等を起こす危険のあるヤマウルシやツタウルシも可能な限り刈り取った。

明安小学校林での選択的刈り払いは、センターの職員と金山町内にある「遊学の森」の職員と森の案内人（ボランティアスタッフ）が鉋や鋸、鎌を使って行った。樹木はセンター職員が 1 本 1 本同定し、その場で除伐か残存かを判断し、刈り払いの作業を行った。植物の地下部の栄養貯蔵養分が地上部で使われる夏期に、刈り取りの影響がより大きくなるため、除伐作業は、2013 年の 7 月下旬から 8 月上旬の間に行った。

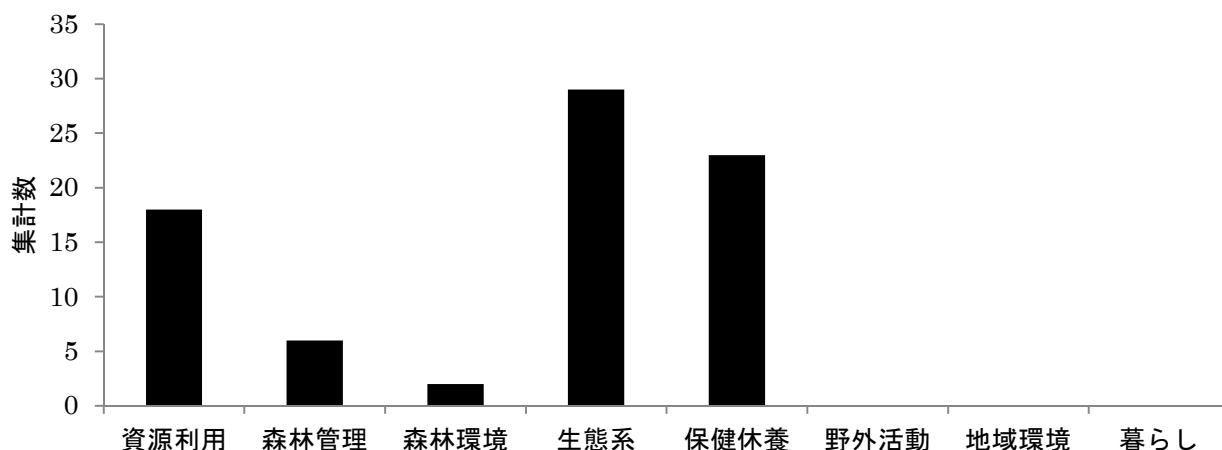
鮭川小学校での選択的刈り払いは、まず、2014 年 6 月下旬に、センターの職員が樹木を 1 本 1 本同定し、残存と判断した樹木にピンクテープで目印をつけた。その後、最上広域森林組合に委託し、目印をつけた広葉樹を残すように、2014 年の 7 月上旬に刈り払いを行った。

表－1 2013、2014 年度における森林環境教育の活動内容

上表が 2013 年度、下表が 2014 年度の活動内容を示している。

学校名	対象	活動時期	活動場所(上層木)	活動内容
荒砥小学校	1, 2 年生	6 月	学校林(アカマツ・広葉樹)	葉っぱさがし, 葉っぱのこすりだし等
		11 月	愛宕山(広葉樹)	秋さがし, 葉のステンドグラス作り等
幸生小学校	1～6 年生	10 月	学校林(アカマツ・ナラ類)	フィールドビンゴ, 樹木図鑑作り等
明安小学校	1, 2 年生	7 月	学校内	葉の観察, 葉のお面作り等
		11 月	安沢地区(スギ・広葉樹)	秋さがし, 葉のステンドグラス作り等
	3, 4 年生	8 月	学校内	森林についての学習, 葉っぱカルタ等
		8 月	学校林(スギ)	フィールドビンゴ, 葉っぱのこすりだし等
		11 月	学校林(スギ)	秋さがし, 葉のステンドグラス作り等
		12 月	学校内	木の実の観察, 松ぼっくりツリー作り等
	5, 6 年生	4 月	学校内	スギ材の観察, 学習等
		5 月	学校林(スギ)	スギの樹高, 胸高直径の測定等
		6 月	学校林(スギ)	スギ伐採の見学, スギの皮むき体験等
山口小学校	1 年生	11 月	学校内	タネの観察, 松ぼっくりツリー作り等
	4 年生	11 月	校庭	校庭樹の樹高, 胸高直径の測定等
	6 年生	10 月	学校林(スギ・広葉樹)	ネイチャーウォーク等
山戸小学校	3～6 年生	7 月	学校林(スギ・広葉樹)	林業作業の見学, 丸太切り競争等
		11 月	学校林(スギ・広葉樹)	秋さがし, 葉のステンドグラス作り等
		2 月	学校林(スギ・広葉樹)	フィールドビンゴ, ミニ雪灯籠作り等

学校名	対象	活動時期	活動場所(上層木)	活動内容
鮭川小学校	1, 2 年生	11 月	校庭	校庭樹で紅葉狩り, 葉のステンドグラス作り等
	3, 4 年生	6 月	校庭	校庭樹の樹高, 胸高直径の測定等
	5 年生	7 月	学校林(スギ)	学校林の間伐, コースター作り
	6 年生	7 月	学校林(スギ)	学校林の枝打ち, バードコール作り
幸生小学校	1～6 年生	5 月	学校内	木材についての学習, 学校林の樹名板作り等
富本小学校	1, 2 年生	6 月	学校林(広葉樹)	森のカムフラージュ, 葉っぱさがし等
		10 月	学校内	木の実の観察等
	4 年生	6 月	学校林(広葉樹)	葉っぱさがし, 葉っぱのこすりだし等
		10 月	学校内	秋さがし, 葉のステンドグラス作り等
	6 年生	7 月	学校内	スギ材を使った表札作り等
明安小学校	1, 2 年生	7 月	安沢地区(スギ・広葉樹)	葉っぱさがし, 葉っぱのこすりだし等
		11 月	学校林(スギ)	フィールドビンゴ, 葉を使った葉書作り等
		3 月	学校林(スギ)	スノーシュー体験, フィールドビンゴ等
	3, 4 年生	7 月	学校内	葉の観察, 葉を使った葉書作り等
		11 月	学校林(スギ)	ネイチャーウォーク, 木の実を使った作品作り等
	5, 6 年生	9 月	学校林(スギ)	学校林の枝打ち, 丸太切り競争等
山戸小学校	3～6 年生	7 月	学校林(スギ・広葉樹)	オリエンテーリング, バードコール作り, 葉のスタンプを使ったエコバッグ作り等
		11 月	学校林(スギ・広葉樹)	木の実探しと森林学習, クリスマスの飾り作り等
		1 月	学校内	冬芽の観察, 樹木クイズ等



図－1 森林環境教育における活動内容の分類

4. 選択的刈り払い後に学校林で行った森林学習

明安小学校林において、スギ林でも定着した広葉樹を活用した多様な森林学習が実施できるかを検証するために、明安小学校3・4年生（15名）を対象に森林学習を行った。今回の森林学習プログラムは、選択的刈り払い後に残存させた多様な広葉樹を活用し、児童らの関心が散逸しないよう樹木の葉に注目するようなプログラムを実施した。学校林での学習は、2013年の8月と11月に夏と秋のプログラムを実施し、また、5月と12月に森林についての室内学習を行った。

鮭川小学校では、選択的刈り払いによって整備された学校林で、森林学習が実施できるかを検証するために、5・6年生を対象に林業体験プログラムを行った。2014年の7月に5年生はスギの間伐、6年生はスギの枝打ちを実施した。

5. 選択的刈り払いの効果とその評価方法

選択的刈り払いによって、効果的な森林学習プログラムが実施できたのかを評価するために、前述のプログラムを行った後、明安小学校と鮭川小学校の児童らにセンター職員宛ての手紙形式で、実施した森林学習プログラムの感想を自由形式で書いてもらい、それらを解析した。児童らの感想文は、松村ら⁽¹²⁾が作成したフリーソフト（TTM：TinyTextMiner）を使用して、文章を名詞や形容詞などの品詞に分割し集計するテ

キストマイニングを行った。

Ⅲ 結果と考察

1. 森林環境教育の活動内容とその分類

2013、2014年度のセンターの森林環境教育は、各年5つの小学校で、生活科などの時間を利用し、主に夏と秋に行った。野外での活動時は、主に学校林を活用した。学校林は、針葉樹もしくは針広混交林が多数を占めていたが、様々な広葉樹のプログラムを実施することができた（表－1）。また、プログラムの分類の結果、木工などの資源利用や観察・調査などの生態系の項目などに活動内容が集中していた（図－1）。一方で、地域学習などの地域環境や山村生活・農家体験などの暮らしの項目に該当する活動は行っていないことが分かった（図－1）。これらの活動は、地元の林業家や森林組合などの協力が不可欠であり、行政としては、森林環境教育を通して学校と地元を結びつけ、地域文化を学ぶ機会を創出する役割を果たしていく必要があると考える。

2. 選択的刈り払いによる学校林の整備

1) 金山町立明安小学校林

明安小学校の森林整備では、18年生（0.66ha）のスギ人工林で、1271本の樹木を除伐し、452本・52種の樹木を残して、広葉樹の本数を1/4

まで減少させた。整備区域において出現した樹種は、高木種 23 種、小高木種 7 種、小高木～低木種 4 種、低木種 19 種、つる性 8 種の計 61 種であった。なお、生活形の分類は、林弥栄編⁽¹³⁾の「日本の樹木」を参照した。残存木の本数内訳は、クリやハクウンボク・ウワミズザクラなどの高木種 44.2% (22 種)、クサギなどの小高木種 6.2% (6 種)、アブラチャンなどの小高木～低木種 10.2% (4 種)、タラノキやオオバクロモジなどの低木種 38.1% (17 種)、ヤマブドウなどの

つる性 1.3% (3 種) であった。高木種や低木種を併せて約 50 種もの樹種を残すことができ、多様な森林を整備することができたと考えられる。また、0.66ha の区域を選択的刈り払い法で整備するのに要した時間は、3 時間/日×3 日×5 人で、計 45 時間・人であった。調査地である明安小学校林は、約 60 種の樹木を同定する知識が必要であったため、同定できる職員を中心として 2～3 人のグループで刈り払い作業を行った。

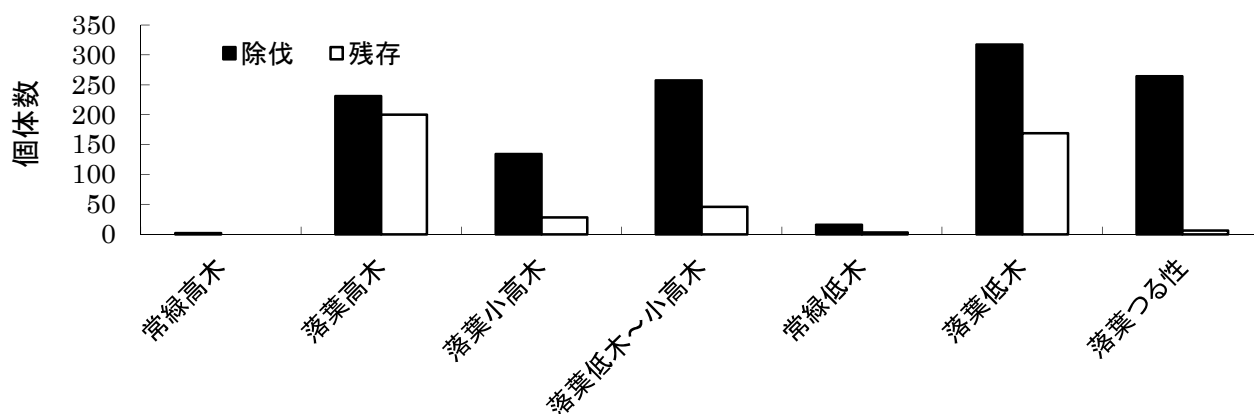


図-2 選択的刈り払いによる生活形別の除伐・残存木の個体数

2) 鮭川村立鮭川小学校林

鮭川小学校林において、残存木としてマーキングした樹種は、高木種 16 種、小高木種 1 種、小高木～低木種 1 種、低木種 13 種の計 31 種であった (表-2)。マーキングした樹木の本数内訳は、コナラやコシアブラなどの高木種 76 本、タムシバの小高木種 1 本、オクチョウジザクラの小高木～低木種 3 本、ミヤマガマズミやムシカリなどの低木種 37 本であった。本学校林の刈り払いは、森林組合への委託によって実施され、誤伐率の調査などは行わなかったが、面積 0.18ha で 120 本ほどの広葉樹を約 30 種残すことができたと考えられる。

3. 選択的刈り払い後の学校林で行った森林学習

1) 金山町立明安小学校

明安小学校の森林学習プログラムは、観察しやすくなった林内環境を生かし、特に樹木の葉

表-2 選択的刈り払いによる残存個体数

No.	樹種	分類	本数
1	アオダモ	落葉 高木	2
2	アオハダ	落葉 高木	5
3	イタヤカエデ	落葉 高木	3
4	ウリハダカエデ	落葉 高木	2
5	ウワミズザクラ	落葉 高木	10
6	オオヤマザクラ	落葉 高木	1
7	クリ	落葉 高木	2
8	コシアブラ	落葉 高木	22
9	コナラ	落葉 高木	10
10	コハウチワカエデ	落葉 高木	1
11	ハリギリ	落葉 高木	1
12	ホオノキ	落葉 高木	5
13	ミズキ	落葉 高木	1
14	ミズナラ	落葉 高木	2
15	ヤマモミジ	落葉 高木	5
16	リョウブ	落葉 高木	4
17	タムシバ	落葉 小高木	1
18	オクチョウジザクラ	落葉 低木～小高木	3
19	イソノキ	落葉 低木	1
20	オオカメノキ	落葉 低木	11
21	オオバクロモジ	落葉 低木	3
22	ガマズミ	落葉 低木	1
23	ツノハシバミ	落葉 低木	1
24	ツリバナ	落葉 低木	1
25	ノリウツギ	落葉 低木	2
26	ハナヒリノキ	落葉 低木	1
27	ホトツジ	落葉 低木	3
28	マユミ	落葉 低木	1
29	ミヤマガマズミ	落葉 低木	7
30	ムラサキシキブ	落葉 低木	4
31	ヤマツツジ	半落葉 低木	1
			計 117

を注目するようなプログラムを実施することができた（表－3）。例えば、樹木によって葉の特徴が異なることが楽しみながら観察できるよう、葉を中心としたフィールドビンゴなどのネイチャーゲームを通してテーマを絞り、児童らの興味が散逸しないようにした。これによって、明安小学校での森林学習は、樹木の葉という統一テーマを持ちながら、様々な森林学習プログラムを行うことができたと示唆される。

2) 鮭川村立鮭川小学校

鮭川小学校の森林学習プログラムは、5年生は

間伐、6年生は枝打ちを体験した（表－3）。今回、藪化していた林内を刈り払ったことにより、学校林での活動が可能となった。また、選択的刈り払いによって、今後、広葉樹を活用した森林学習プログラムを実施するため、様々な広葉樹を残存させたが、今回の林業体験プログラムの支障とならなかったようである。さらに、林業体験だけでなく、自らが伐採したスギの幹や枝を使ってクラフト体験も併用したことによって、児童らは木材への親しみを感じていたと推察される。

表－3 選択的刈り払いを行った学校林での森林環境教育

上表が明安小学校、下表が鮭川小学校の活動内容を示している。

プログラム	アクティビティー(所要時間)	活動内容
森をしろ	事前学習(30分)	森には様々な樹木の葉やタネ、動物が存在していることを学習。
	葉っぱカルタ(20分)	樹木の葉をラミネートしカード状にしたものを使って、カルタ遊びを行う。
夏の学校林探検	フィールドビンゴ(20分)	ビンゴカードに書かれた葉や木の実などを探す。
	葉っぱじゃんけん(10分)	木の葉の大きさや色・形でじゃんけんを行う。
秋の学校林探検	葉拓を作ろう(10分)	トレーシングペーパーと色鉛筆で、葉を写し取る。
	森の音さがし(15分)	同じタネの入ったケースを音だけで聞き分けるゲーム。
	森の色さがし(20分)	色見本表と同じ色の木の葉を探す。
	落ち葉のステンドグラス(10分)	黒紙に穴をあけた枠に落ち葉を貼り付けステンドグラス風の作品を作る。
自然の物で作品づくり	松ぼっくりツリーづくり(40分)	松毬に台座を付け、ツリー風にしたものに飾り付けを行う。
	樹木のタネの学習(20分)	マツやシナノキなどの飛ぶタネを学習。
	空飛ぶタネの模型作り(20分)	マツやアルソミトラを模したタネを色紙で作成。

プログラム	アクティビティー(所要時間)	活動内容
学校林整備 (5年生)	学校林の学習(10分)	学校林の歴史や背景を学習する。
	間伐(30分)	手鋸で学校林のスギを伐採する。
	コースター作り(15分)	自分の伐採したスギでコースターを作る。
学校林整備 (6年生)	学校林の学習(10分)	学校林の歴史や背景を学習する。
	枝打ち(30分)	手鋸で学校林のスギを枝打ちする。
	バードコール作り(15分)	自分で枝打ちした枝を使って、鳥の鳴き声のするクラフトを作る。

4. 選択的刈り払いの効果とその評価

1) 金山町立明安小学校

森林学習終了後、選択的刈り払いによって残存させた広葉樹を活用した、効果的な森林学習が実施できたのかを評価するために、まず、プログラムに参加したほぼ全員にあたる明安小学

校の3年生5名、4年生8名から感想文を得た。その感想文を名詞や形容詞に分解し集計するテキストマイニングを行うと、3人以上が記載した名詞は、「葉っぱ・葉」や「森」「木の実」などがあった（表－4）。今回の学校林整備によって、林内での樹木の観察が間近でできるようになり、

児童らに森林学習プログラムの意図が伝わったと考えられる。さらに、3人以上が使用した形容詞には、「楽しい」や「うれしい」などの言葉があり（表-4）、児童らの興味関心をひく森林学習が実施できたと推察される。

また、今回の森林学習についての感想文では、「音」という語も多用されており、聴覚を使ったプログラムに関心を持つ児童が多くいることが示唆された（表-4）。これは、秋のプログラムで樹木のタネに興味を持ってもらうために行った、中身の見えない容器に入ったタネを音だけで仲間分けするアクティビティに関心を寄せたためと考えられる。これまでの森林学習では、視覚や触覚に関するプログラムが多かったが、今後、子どもたちの感性を最大限に発揮してもらうためには、聴覚も使った様々な感覚に訴えるプログラムとそれを考慮した森林整備を充実させていく必要があると考えられる。

2) 鮭川村立鮭川小学校

効果的な森林学習が実施できたのかを評価するために、プログラムに参加したほぼ全員にあたる鮭川小学校の5年生44名、6年生35名から感想文を得た。3人以上が記載した名詞は、5年生では「木」・「間伐」・「学校林」などがあり、6年生では「木」・「森林学習」・「枝」などがあつた。また、5・6年生が共通して3人以上が使用した形容詞には、「楽しい」や「すごい」などの言葉があり（表-5）、興味・関心をもって森林学習が取り組めたと推察される。

また、5年生では「コースター」、6年生では「バードコール」という名詞も感想文で多用されており、林業体験だけでなく、野外でのクラブ体験も併用することで、児童らの森林学習への意欲を高めることができたと考えられる。

IV ま と め

本研究では、2013、2014年度に実施した森林環境教育の活動内容を整理して分類したところ、センターが網羅できる森林の生態系や木工などの資源利用の分野のプログラムは実施できたが、地元の林業家などの協力が不可欠な地域学習の

分野が不足していることが明らかとなった。今後、行政の役割として、学校と地元住民を結び、より多様な森林環境教育を実施していくことが課題の一つである。

今回の選択的刈り払いの実施により、樹種が多い学校林の場合、より多くの樹種を残すためには、樹種の判別ができる知識を持つ人ができるだけ多く参加することが望ましいと考えられる。しかし、専門家の協力が得られない学校では、今回のような学校林整備は困難であると思われるため、より簡易な手法を考える必要がある。例えば、一人1種類の樹木を覚え、それを残すもしくは刈り取るような方法や、樹種にはあまりこだわらず機械的に下刈りを列状に行う方法などである。

また、今回の森林整備により、針葉樹が多くを占める学校林でも、上層の針葉樹による被圧の影響はあるものの、侵入した広葉樹を生かすことで、多層林へ導くことができると考えられる。それによって、選択的刈り払い後は、針葉樹と広葉樹の両方を使った森林学習プログラムを実施することが可能になると推察される。

表-4 テキストマイニングによる頻度

語	品詞
1 教える	動詞
2 ぼく	名詞
3 葉っぱ	名詞
4 のこる	動詞
5 音	名詞
6 木の实	名詞
7 一番 心	複合名詞
8 森	名詞
9 一番	名詞
10 する	動詞
11 楽しい	形容詞
12 ステンドグラス	名詞
13 うれしい	形容詞
14 さがす	動詞
15 森林学習	複合名詞
16 心	名詞
17 葉	名詞
18 いま	名詞
19 おぼえる	動詞
20 きれい	名詞
21 来年	名詞
22 やる	動詞
23 色	名詞

表-5 テキストマイニングによる頻度別品詞数(蛙川小学校)

5年生						6年生					
語	品詞	人数	語	品詞	人数	語	品詞	人数	語	品詞	人数
木	名詞	42	くわしい	形容詞	5	する	動詞	31	人	名詞	3
する	動詞	38	太い	形容詞	5	木	名詞	24	アドバイス	名詞	3
切る	動詞	34	よい	形容詞	5	森林学習	複合名詞	24	きる	動詞	3
コースター	名詞	31	自分	名詞	4	バード コール	複合名詞	22	大きい	形容詞	3
思う	動詞	30	みんな	名詞	4	なる	動詞	22	鳴き声	名詞	3
なる	動詞	28	聞く	動詞	4	切る	動詞	21	次	名詞	3
学校 林	複合名詞	26	協力	名詞	4	思う	動詞	19	おもしろい	形容詞	3
できる	動詞	23	校長 先生	複合名詞	4	やる	動詞	14	いる	動詞	3
ある	動詞	23	大きい	形容詞	4	ぼく	名詞	14	使う	動詞	3
間伐	名詞	19	学校	名詞	4	作る	動詞	14	簡単	名詞	3
作る	動詞	19	かかる	動詞	4	楽しい	形容詞	13	時間	名詞	3
楽しい	形容詞	18	がんばる	動詞	4	枝	名詞	13	いう	動詞	3
今日	名詞	17	感じる	動詞	4	ある	動詞	13	上手	名詞	3
やる	動詞	16	家	名詞	4	教える	動詞	12	見つける	動詞	3
むずかしい	形容詞	16	なれる	動詞	4	枝打ち	名詞	11	今	名詞	3
すごい	形容詞	16	見る	動詞	4	音	名詞	10	手伝い	名詞	3
教える	動詞	15	つかう	動詞	4	できる	動詞	10	使い方	名詞	3
私	名詞	15	コップ	名詞	4	難しい	形容詞	10	話	名詞	3
森林学習	複合名詞	14	切りかた	複合名詞	4	切れる	動詞	9	つく	動詞	3
ぼく	名詞	14	びっくり	名詞	4	すごい	形容詞	8			
コースター 作り	複合名詞	13	年輪	名詞	4	のこぎり	名詞	7			
分かる	動詞	13	作れる	動詞	4	森林	名詞	7			
知る	動詞	11	長い	形容詞	4	私	名詞	7			
行く	動詞	11	人	名詞	3	うれしい	形容詞	7			
大変	名詞	11	学ぶ	動詞	3	きれい	名詞	7			
勉強	名詞	10	蛙川 小	複合名詞	3	学校 林	複合名詞	7			
最初	名詞	10	子伝う	動詞	3	学ぶ	動詞	6			
作業	名詞	10	見える	動詞	3	いい	形容詞	6			
大切	名詞	10	知れる	動詞	3	体験	名詞	6			
のこぎり	名詞	9	私 たち	複合名詞	3	分かる	動詞	6			
みなさん	名詞	9	先生	名詞	3	ない	形容詞	6			
きる	動詞	8	つかれる	動詞	3	最初	名詞	6			
かむ	動詞	8	たくさん	名詞	3	コツ	名詞	6			
歴史	名詞	8	ぼく たち	複合名詞	3	いろいろ	名詞	6			
経験	名詞	8	おもしろい	形容詞	3	大切	名詞	6			
うれしい	形容詞	8	体験	名詞	3	最後	名詞	5			
ない	形容詞	8	うまい	形容詞	3	鳥	名詞	5			
切れる	動詞	8	ほか	名詞	3	先生	名詞	5			
おかげ	名詞	7	入る	動詞	3	高い	形容詞	5			
いい	形容詞	7	いう	動詞	3	おかげ	名詞	5			
森林	名詞	7	今日 森林学習	複合名詞	3	月	名詞	5			
それ	名詞	7	上手	名詞	3	経験	名詞	5			
ぎれる	動詞	7	残る	動詞	3	家	名詞	5			
あと	名詞	7	うすつく	動詞	3	今回	名詞	5			
言う	動詞	7	思い出	名詞	3	むずかしい	形容詞	5			
話	名詞	7	合す	動詞	3	大変	名詞	5			
たのしい	形容詞	6	ななめ	名詞	3	長い	形容詞	5			
力	名詞	6	昔	名詞	3	自分	名詞	4			
今回	名詞	6	選ぶ	動詞	3	聞く	動詞	4			
わたし	名詞	6	仕事	名詞	3	前	名詞	4			
自然	名詞	6	くる	動詞	3	おしえる	動詞	4			
林	名詞	5	数える	動詞	3	帰る	動詞	4			
これ	名詞	5	そう	名詞	3	自然	名詞	4			
いる	動詞	5	蛙川 小学校	複合名詞	3	言う	動詞	4			
使う	動詞	5	たおす	動詞	3	みんな	名詞	3			
時間	名詞	5	かたい	形容詞	3	学習	名詞	3			

V 引 用 文 献

- (1) 比屋根哲・山本信次・大石康彦(2002) 森林教育の課題と展望. 東北森林科学会誌 7 (1) : 48-51.
- (2) 広嶋卓也・山本清龍・田中延亮・柴崎茂光・堀田紀文・坂上大翼(2006) 富士山を題材とした森林教育プログラムの開発, 実践と効果把握—初等・中等教育における森林教育実践上の課題と対応策—. 日本森林学会誌 88 (3) : 160-168.
- (3) 井上真理子・大石康彦(2010) 森林教育

が包括する内容の分類. 日本森林学会誌 92 : 79-87.

- (4) 井上真理子・大石康彦(2014) 森林教育に関する教育目的の構築—学校教育を中心とした分析をもとに—. 日本森林学会誌 96 : 26-35.
- (5) 奥山洋一郎(2013) 森林教育の場としての学校林活用の推進方策—市民団体との連携の検討—. 林業経済研究 Vol.59:63-71.
- (6) 大石康彦・井上真理子(2014) わが国森林学における森林教育研究—専門教育および教育活動の場に関する研究を中心と

- した分析—. 日本森林学会誌 96 : 15-25.
- (7) 奥山洋一郎 (2014) 学校林設置・管理の現況—学校林現況調査より—. 山林 №1556 : 63-70.
- (8) 竹本太郎・永田信 (2003) 森林環境教育に向けた学校林づくり. 森林科学 37 : 39-45.
- (9) 林田光祐・志賀三奈子・丸山三恵子 (2004) 環境教育としての学校林の生態管理. 東北森林科学会誌 9 (1) : 21-29.
- (10) 高橋文・大築和彦・林田光祐 (2014) 選択的刈り払いによる森林整備の効果と森林学習の実施による検証—山形県金山町立明安小学校林を事例として— 東北森林科学会誌 19 (2) : 59-62.
- (11) 養父志乃夫 (2002) 荒廃した里山を蘇らせる自然生態修復工学入門. 161pp, 農山漁村文化協会, 東京.
- (12) 松村真宏・三浦麻子・金明哲 (2010) テキストマイニングツールTTM (TinyTextMiner) の理念と使い方. <http://mtmr.jp/ttm/>
- (13) 林弥栄 (2006) 山溪カラー名鑑 日本の樹木. 751pp, 株式会社 山と溪谷社, 東京.

短 報

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

千葉 翔・斉藤正一・古澤優佳

Sighting information and the environment of the sighting spot
of Sika deer(*Cervus nippon*) in Yamagata Prefecture.

Sho CHIBA・Shoichi SAITO・Yuka FURUSAWA

(2015 年 5 月 15 日受理)

要旨：ニホンジカの侵入経路を予測し、定着および繁殖の可能性を検討するために、2009 年から 2014 年までの山形県内の目撃情報を整理した。その結果、山形県北部へは岩手および宮城県からシカが侵入したと予測された。一方、県南部では新潟および福島県との県境付近に分布していた個体が侵入したと予想された。2014 年まで各地域で継続してシカが目撃されたことや、雄雌と幼獣を同時に目撃したとする情報も提供されていたので、県内でシカが定着・繁殖していることが推察された。目撃地点の地理的特徴からシカを目撃しやすい立地要因の抽出を試みたところ、シカを目撃しやすい場所は林内および目撃箇所周辺に森林がある場合が多かった。加えて、傾斜が緩やかで見通しがよく、付近に道路や河川がある立地であった。シカが目撃された林内やその周辺の森林は低木や草本層がよく発達しており、シカが身を隠す立地としての機能を有していると考えられた。林床の構成種にシカの嗜好性が低いものはほとんど生育していなかったため、今後県内でシカの生息密度が増加した場合、林床植生が消失してしまう可能性もある。

I. はじめに

ニホンジカ (*Cervus nippon* 以下、シカ) による農林業被害は全国的に深刻な問題となっており (三浦・堀野 1997 ; 三浦, 1999 ; 高槻, 2005 ; 佐野, 2009), 特に森林では採食による希少植物の減少 (矢原, 2006 ; 藤木ら, 2011) や種多様性の低下 (服部ら, 2010 ; 石田ら, 2010) 等も発生している。

東北地方では、以前から岩手県および宮城県でシカの生息が確認されていた。近年両県では林業被害の発生や林内下層植生の消失が深刻化しており、その分布域も拡大している (大井,

1999 ; 山内ら, 2007 ; 佐々木ら, 2013)。また、1995 年に生息が確認された福島県南部の尾瀬地区では、シカによる樹木剥皮が報告されている (山脇ら, 2000)。

一方、2000 年から 2003 年に行われた全国的なシカの分布調査によれば、山形県では 1 調査区画のみで生息情報が記録されており、青森および秋田県では生息が確認されていなかった (環境省自然環境局生物多様性センター, 2004)。しかし、2008 年頃から 3 県でシカが目撃が相次ぐようになり、このうち秋田および山形県では幼獣が目撃が報告されている (岡田ら, 2010 ; 秋田県, 2012 ; 佐藤ら, 2013)。このことから、

生息域が限られていた東北地方においても、シカの分布は拡大傾向にある（環境省自然環境局生物多様性センター，2004）。

このように、東北地方の各県でシカの分布域や被害の程度は異なっており、日本海側はシカが生息域を回復しつつある地域に位置づけられている。県内にシカが定着した場合、隣県と同様に生息密度の増加に伴い農林業被害が発生することが危惧されるため、分布拡大の前線域においてシカの初期動態を把握することは重要であると思われる。こうした背景から、山形県では2009年から2014年まで県内の目撃情報を収集している。そこで本報告では、提供された目撃情報を整理してシカの侵入経路を予測し、県内でシカが定着・繁殖している可能性を検討した。さらに、目撃地点の地理的特徴からシカを目撃しやすい立地要因の抽出を試みた。加えて、シカの採食圧が増加した場合、林内や農耕地の植生が変化する可能性があるため、目撃地点の植生を調査してその現況を把握した。

II. 調査方法

1. 目撃情報の整理

シカの侵入経路や定着および繁殖の可能性を検討するために、2009年から2014年までのシカの目撃情報を年別に集計した（表—1；山形県環境エネルギー部みどり自然課提供）。また、全50件の目撃地点を村山、置賜、最上、庄内の4地域に分類して整理し、斉藤（2011）の方法に従い山形県のメッシュ図に記録した（図—1）。なお、シカの侵入経路の推定は、交通量が少ない県・市町村道や林道、積雪が少なく標高が低い鞍部を持つ山塊等を前提とした。

2. 現地調査

1) 目撃地点の分類と立地調査

全50件の目撃情報のうち30件で目撃地点の現地調査を行った。調査は2009年から2012年

までの15箇所を2012年10月に行い、2013年の3箇所を同年10月、2014年の12箇所を同年4月、10月、11月に実施した。シカは林内や林縁を生息地に利用し（三浦,1999；高槻,2001）、農耕地への侵入も指摘されていることから（三浦,1999；山内ら,2007）、調査地点は森林、耕地（森林有）、耕地（森林無）、その他（森林有）、その他（森林無）の5つに区分した。森林有に区分される立地は、目撃地点から半径500m以内にスギ林や落葉広葉樹林がある場合とした。

表—1. 山形県内のシカの目撃情報

年	月	市町村	確認個体数			確認状況
			成獣		幼獣	
			オス	メス	不明	
2009	6	大石田町			1	
	9	楯引町			1	交通事故
	10	村山市			1	交通事故
	10	山形市			1	交通事故
	11	上山市			1	交通事故
小計			5		5	
2010	10	村山市			1	交通事故
	11	鶴岡市			1	交通事故
小計			2		2	
2011	1	大江町	1			生存
	1	朝日町	2			生存
	3	米沢市	1	1		生存
	10	米沢市	1			生存
小計			4	5	1	
2012	3	小国町	1			交通事故
	4	川西町		2		生存
	4	川西町		2		生存
	4	米沢市		2		生存
	7	最上町	1			生存
	7	新庄市	1	1		生存
	7	新庄市	1	1		生存
	8	鶴岡市	1			生存
	8	鶴岡市	1			生存
	8	鶴岡市	1			生存
	8	新庄市	1	1		生存
	8	新庄市	1	1		生存
	8	新庄市	1	1		生存
	8	新庄市	1	1		生存
	8	新庄市	1	1		生存
	8	戸沢村		1		生存
	9	真室川町	1			生存
	10	小国町	1			生存
小計			18	13	14	
2013	2	小国町	1			生存
	6	金山町	1	1		生存
	9	鶴岡市		1		生存
	10	鶴岡市	1			生存
	10	鶴岡市	1			生存
	10	鶴岡市		1		生存
	10	鶴岡市	1			生存
小計			7	5	3	
2014	4	小国町	1	1		生存
	5	尾花沢市		1		生存
	6	小国町			1	生存
	8	遊佐町	1			交通事故
	9	小国町		1		生存
	9	鶴岡市	1			生存
	9	戸沢村		1		生存
	10	尾花沢市	1			交通事故
	10	尾花沢市	1			生存
	10	尾花沢市	1			交通事故
	10	鶴岡市	1			生存
	10	鶴岡市	1			生存
	10	三川町	1			生存
	12	米沢市	2			生存
小計			14	11	4	1
合計			50	34	22	8

黒色は目撃地点の立地調査を実施した箇所を示す

シカによる樹木剥皮害は、傾斜が緩やかな立地や道路に近い場所ほど発生しやすいといわれており（井上ら，2005），沢を通路として利用することが指摘されている（田中ら，2008）。また，開放的な環境を好まないとされていることから（三浦，1999 高槻，2001），区分した調査地では傾斜，開空度，車道および河川等からの距離の4項目を測定した。開空度は視野全体を180度の扇形と仮定し，そのうち開空間が何度を占めるのか計測したものである。それぞれの項目は3段階に区分し，各段階に該当する調査地数を数えた（表—2）。また，シカの見撃しやすさを評価する判断基準を作成するために，調査地数が多い段階区分順に10点，5点，1点を配点した（表—2）。配点を基に各調査地の合計点数を算出し，その平均および標準偏差を用いて，シカを見撃しやすい立地の評価区分を作成した（表—3）。見撃しやすさの評価区分は，合計点数が標準偏差の範囲内である場合を「見撃しやすい」とし，負の値の標準偏差以下を「まれに見撃する」，正の値の標準偏差を上回った場合は「非常に見撃しやすい」とした。

2) 植生調査

シカが利用した可能性がある森林の状況を調べるために，見撃地点が森林もしくは周辺に森林がある区分に該当する調査地では階層別に植生調査を行った。調査は齊藤・柴田（2012）の方法に従い，階層を草本層，下位低木層，上位低木層，亜高木層，高木層に区分し，各階層の植被率を目視で算出した。また，見撃箇所の植生を調べるために，見撃地点から半径5m以内にある草本および木本類を全て記録した。植物群落の中にはシカが採食しない種があるため（高槻，1989），先行研究（蒲谷，1988；高槻，1989；前迫，2002；坂口ら，2012b）を参考に記録種の嗜好性を判別した。ただし，調査地の区分が森林の場合は，シカの採食可能な範囲が地上高2m以下とされているので（三浦，1999），各階層のうち草本層と下位低木層の出現種のみを対象とした。また，耕地・その他において森

林有に分類された12箇所では見撃地点と林内の両者を調査した。それぞれの調査地で記録した種は，その出現頻度が高いものから順に並べた表を作成した（表—4，5）。出現頻度はその種が出現した調査地の数を立地区分別の全調査地42箇所（スギ人工林16箇所，落葉広葉樹林5箇所，耕地・その他21箇所：図—2）に対する百分率で表した。このとき，出現率が10%未満の種は解析対象から除外した。

Ⅲ. 結果

1. 見撃地点の整理

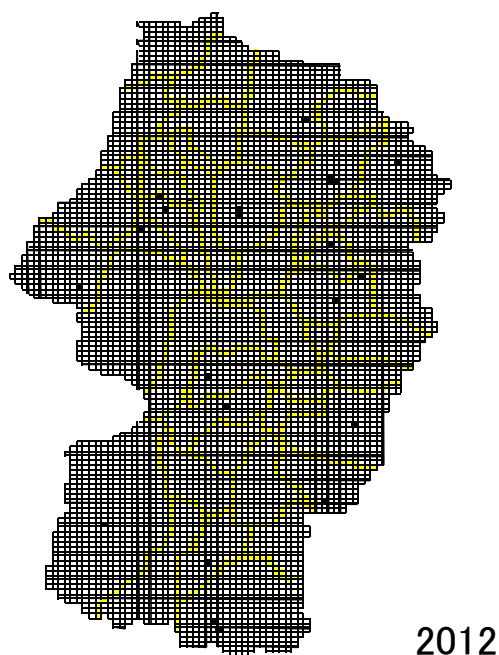
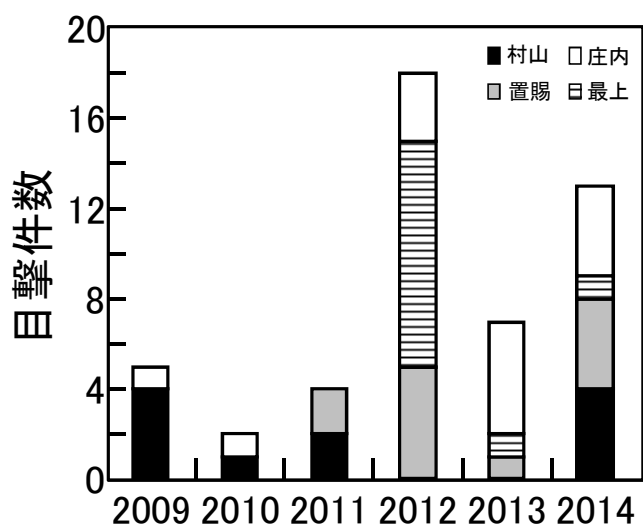
図—1に2009年から2014年までのシカの見撃件数と見撃位置の推移を示す。2010年まではシカは村山および庄内の2地域のみで確認されており，2011年に初めて置賜地域で見撃された。2011年までは5件以下の見撃件数であったが，2012年は18件とおおよそ4倍に増加し，これまで見撃情報がなかった最上地域で最多となった（図—1）。全地域でシカが見撃された2012年以降は，過去の見撃場所と比較的近い地点での確認が多く，新たにシカが見撃された市町村は2014年の尾花沢市，三川町，遊佐町の3市町であった（表—1，図—1）。

2. 見撃地点の立地

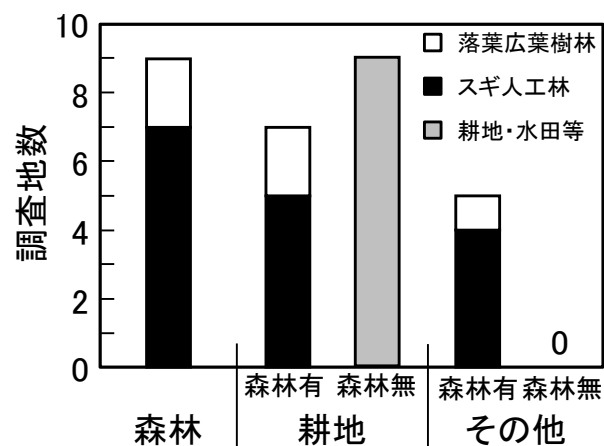
見撃地点を立地ごとに区分すると，森林が9箇所，耕地（森林有）7箇所，耕地（森林無）9箇所，その他（森林有）5箇所であり，その他（森林無）での見撃はなかった（図—2）。森林に分類された調査地は，スギ人工林7箇所とコナラを主体とする落葉広葉樹林2箇所に大別された。耕地およびその他では，立地区分が森林有の場合は9地点がスギ林であり，3地点が広葉樹林だった（図—2）。

表—2に立地調査を実施した30地点の項目ごとの調査地数を示す。傾斜では10度以下が21地点と最も多く，開空度は121度以上におい

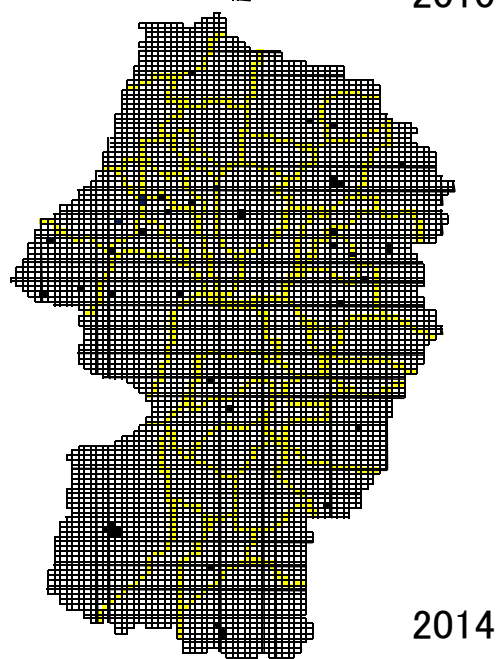
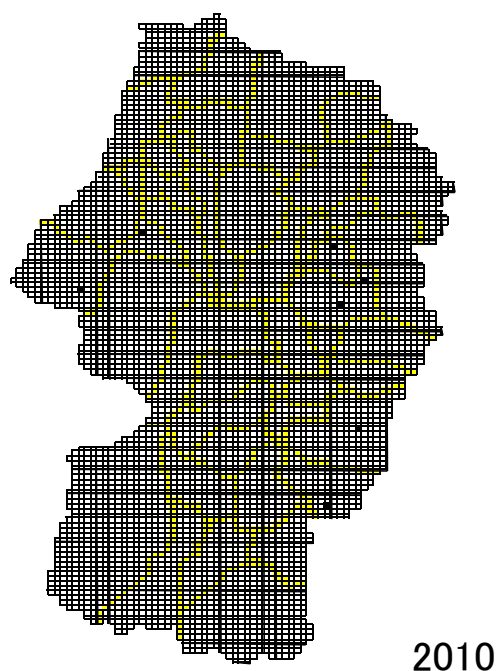
て最多の 17 地点であった。また、目撃地点から 20m 以内に車道がある場合が 23 地点で最多となった。河川や沢等が目撃地点の周辺にある立地は 24 地点あり、このうち 20m 以内が 13 箇所、21～50m の範囲内は 11 箇所であった。したがって、10 点が配点される区分は傾斜では 10 度以下、開空度 121 度以上、目撃地点から 20m 以内に車道や河川等がある立地となった。



図—1. シカが目撃件数と目撃位置の推移



図—2. シカが目撃地点の立地区分



表— 2. 項目別の調査地数と点数配分

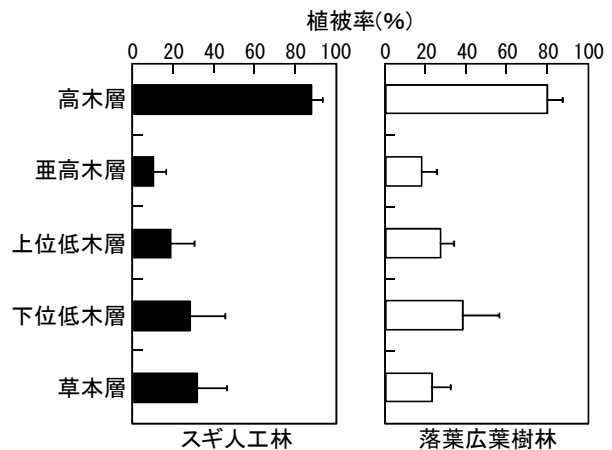
項目	区分	調査地数	点数
傾斜	10度以下	21	10
	11～20度	4	5
	21度以上	5	1
開空度	121度以上	17	10
	61～120度	9	5
	0～60度以下	4	1
車道からの距離	20m以内	23	10
	21～50m	3	5
	51m以上	4	1
河川等からの距離	20m以内	13	10
	21～50m	11	5
	51m以上	6	1

表— 3 に各調査地の合計点数を示す。調査地の合計点数は最大 40 点、最小 8 点であり、全地点の平均合計点数は 29.8 ± 8.3 (平均 $\pm$ 標準偏差、以下同じ) であった。平均と標準偏差を基準とした評価区分は、38 点 ($29.8 + 8.3$ を四捨五入) 以上が「非常に目撃しやすい」、22 点 ($29.8 - 8.3$ を四捨五入) 以下が「まれに目撃する」、両区間の間である 23～37 点が「目撃しやすい」となった (表— 3)。

3. 目撃地点の植生

スギ人工林と落葉広葉樹林の階層別植被率を図— 3 に示す。どちらの森林でも高木層の植被率が最も高く、スギ人工林では $87.2 \pm 6.6\%$ 、落葉広葉樹林は $79.2 \pm 7.4\%$ であり、最も低い層は亜高木層だった。高木層に次いで植被率が高いのは、広葉樹林では下位低木層の $37.5 \pm 18.4\%$ であり、人工林では草本層の $27.9 \pm 17.9\%$ であった。

表— 4 に森林および森林有に区分された調査地の下位低木層および草本層の出現種を示す。下位低木層で出現率が 50% 以上だった種は、スギ林ではオオバクロモジとチマキザサ、広葉樹林ではチマキザサの他、ミヤマガマズミ、リョウブ、ヤマモミジ等であった。シカの不嗜好性植物に該当する種は人工林では 4 種 (ヤマウルシ、タラノキ、サルトリイバラ、ワラビ)、広葉樹林では 2 種 (ヤマウルシ、タラノキ) と少な



図— 3. 森林タイプ別の各階層の植比率

く、このうち最も出現頻度が高い種は両森林タイプでヤマウルシであり、それぞれ 43.8%、33.3% だった (表— 4)。

一方、草本層ではどちらの林内でもチマキザサの出現率が高く、人工林では他にリョウメンシダとヒメアオキ、広葉樹林ではタチツボスミレやシシガシラ、コナラやクリ等の高木種がよく出現した。下位低木層と同様に草本層でもシカの嗜好性が低い種は少数であり、人工林では 2 種 (ワラビ、サルトリイバラ)、広葉樹林でも 2 種 (ヤマウルシ、サルトリイバラ) であった。このうち出現頻度が 50% 以上の種は落葉広葉樹林でのヤマウルシのみだった (表— 4)。

耕地やその他に分類される目撃地点には、オオバコやヨモギが多く見られ、それぞれの出現頻度は 61.9% だった (表— 5)。また、シカの嗜好性植物に該当する種はなかった。

IV. 考察

1. 予想される侵入経路と定着の可能性

2010 年までは、シカは村山や庄内地域の一部でのみ目撃されており (図— 1)、すべての個体が交通事故により死亡している (表— 1)。佐藤ら (2013) は、2009 年に村山市で死亡した個体の遺伝子を分析し、岩手県から侵入したと示唆している。さらに、2010 年の鶴岡市および

表—3. 各調査地の項目別点数とシカを目撃しやすい立地の判定基準

調査実施年	市町村	傾斜	開空度	配点		合計点
				車道からの距離	河川等からの距離	
2012	櫛引町	5	5	10	5	25
	米沢市	5	5	10	10	30
	川西町	10	10	10	5	35
	川西町	10	10	1	10	31
	米沢市	10	10	10	5	35
	最上町	10	5	10	10	35
	新庄市	1	1	1	5	8
	鶴岡市	5	5	10	5	25
	鶴岡市	10	10	10	10	40
	鶴岡市	10	10	10	10	40
	新庄市	10	10	10	5	35
2013	新庄市	10	10	1	5	26
	戸沢村	1	1	10	5	17
	真室川町	10	10	10	5	35
2013	小国町	10	5	5	10	30
	小国町	10	10	10	10	40
2014	金山町	10	5	5	10	30
	鶴岡市	1	5	10	1	17
	小国町	5	5	10	10	30
	尾花沢市	10	10	10	1	31
	小国町	10	5	5	5	25
	遊佐町	10	10	1	10	31
	小国町	10	10	10	10	40
	鶴岡市	10	1	10	1	22
	尾花沢市	1	10	10	1	22
	尾花沢市	10	10	10	5	35
	尾花沢市	10	10	10	1	31
	鶴岡市	10	10	10	10	40
	鶴岡市	10	1	10	1	22
	三川町	10	10	10	10	40
平均合計点						29.8±8.3

判定基準

38点以上 非常に目撃しやすい	23～37点 目撃しやすい	22点以下 まれに目撃される
--------------------	------------------	-------------------

表—4. 森林タイプ別の植物種の出現頻度

下位低木層				草本層			
スギ人工林		落葉広葉樹林		スギ人工林		落葉広葉樹林	
種名	出現調査地数	出現頻度 (%)	種名	出現調査地数	出現頻度 (%)	種名	出現調査地数
オオバクロモジ	13	81.3	チマキザサ	4	66.7	チマキザサ	5
チマキザサ	9	56.3	ミヤマガマズミ	4	66.7	タチツボスミレ	4
ヤマモミジ	7	43.8	リョウブ	4	66.7	クリ	4
ヤマウルシ	7	43.8	オオバクロモジ	3	50.0	ミソシダ	4
ミヤマガマズミ	5	31.3	ヤマモミジ	3	50.0	タチツボスミレ	4
オオカメノキ	5	31.3	オオカメノキ	3	50.0	スゲSP	5
ヤマグワ	5	31.3	イタヤカエデ	3	50.0	アカソ	5
リョウブ	4	25.0	ウワミズザクラ	3	50.0	ツルアリドウシ	4
イタヤカエデ	4	25.0	クリ	3	50.0	オオバクロモジ	4
ヒメアオキ	4	25.0	マルバマンサク	3	50.0	ミソバアケビ	4
ウワミズザクラ	3	18.8	ヤマツツジ	3	50.0	クシヤクシダ	4
タニウツギ	3	18.8	ヤマウルシ	2	33.3	モミジイチゴ	4
ミツバアケビ	3	18.8	コナラ	2	33.3	ヤマノイモ	4
ユキツバキ	3	18.8	ハナヒリノキ	2	33.3	ヤマブドウ	4
カメバヒキオコシ	3	18.8	ヤマグワ	1	16.7	ワラビ	4
ミズキ	3	18.8	ヒメアオキ	1	16.7	エゾユズリハ	3
クリ	2	12.5	タニウツギ	1	16.7	オオカメノキ	3
アブラチャン	2	12.5	ミツバアケビ	1	16.7	クズ	3
エゾユズリハ	2	12.5	ユキツバキ	1	16.7	ゼンマイ	3
コシアブラ	2	12.5	アブラチャン	1	16.7	チゴユリ	3
タラノキ	2	12.5	エゾユズリハ	1	16.7	フキ	3
アカソ	2	12.5	コシアブラ	1	16.7	ヤブコウジ	3
サカゲイノデ	2	12.5	タラノキ	1	16.7	ヤマグワ	3
サルトリイバラ	2	12.5	キブシ	1	16.7	ヤマモミジ	3
ツノハシバミ	2	12.5	クズ	1	16.7	クマイチゴ	3
ハイスガヤ	2	12.5	コバトネリコ	1	16.7	サカゲイノデ	3
マユミ	2	12.5	ノリウツギ	1	16.7	シヨウジョウバカマ	3
リョウメンシダ	2	12.5	アズキナシ	1	16.7	ツタウルシ	3
ワラビ	2	12.5	コマユミ	1	16.7	フジ	3
			ツクバネウツギ	1	16.7	ミヤマガマズミ	2
			ハウチワカエデ	1	16.7	オオトラノオ	2
			ヤマボウシ	1	16.7	サルトリイバラ	2
						ヤマフキノエ	2
						ユキツバキ	2
						アブラチャン	2
						イチヤクソウ	2
						ウワハミソウ	2
						ジュウモンシダ	2
						チシマザサ	2
						ツリフネソウ	2
						ナルコユリ	2
						クドウ	2
						ヒカゲスゲSP	2
						ユキザサ	2
						ヨメナ	2

黒色は嗜好性の低い種を示す

表— 5. 耕地・その他に区分された立地の
植物種の出現頻度

種名	耕地・その他	
	出現調査地数	出現頻度(%)
オオバコ	13	61.9
ヨモギ	13	61.9
ギシギシ	11	52.4
スギナ	11	52.4
ススキ	8	38.1
メヒシバ	8	38.1
エノコログサ	8	38.1
イヌタデ	6	28.6
オオサワハコベ	6	28.6
クローバー	6	28.6
セイヨウタンポポ	6	28.6
ヒメジョオン	6	28.6
ミゾソバ	6	28.6
アカバナ	5	23.8
ヨメナ	5	23.8
シロツメクサ	5	23.8
ハナタデ	5	23.8
スギゴケ	4	19.0
ヨシ	4	19.0
カヤツリグサ	4	19.0
カナムグラ	3	14.3
タネツケバナ	3	14.3
アキノキリンソウ	3	14.3
アメリカセンダングサ	3	14.3
ムラサキツユクサ	3	14.3
クズ	3	14.3
フキ	3	14.3

IV. 考察

1. 予想される侵入経路と定着の可能性

2010 年までは、シカは村山や庄内地域の一部でのみ目撃されており（図— 1）、すべての個体が交通事故により死亡している（表— 1）。佐藤ら（2013）は、2009 年に村山市で死亡した個体の遺伝子を分析し、岩手県から侵入したと示唆している。さらに、2010 年の鶴岡市および 2012 年の小国町で死亡した個体は（表— 1）、山形県以南から侵入した可能性があるとして述べている（佐藤ら、2013）。このことから、隣県からの侵入経路は複数あると思われる。実際に、2012 年の目撃件数は県北の最上地域で増加しただけでなく、県南部に位置する置賜地方でも増えているため（図— 1）、一方向のみから山形県へ

進出しているとは考えにくい。県北部への侵入は、岩手県の北上山系に由来する個体（佐藤ら、2013）のほか、宮城県でもシカの生息域が拡大している（佐々木ら、2013）、両県から長距離移動により到達した可能性がある。一方、県南では新潟および福島県との県境付近でシカの定着が確認されている（環境省自然環境局生物多様性センター、2004）。このことから、南北いずれの場合でも、隣県からシカが侵入したと予想される。

これまでの研究では、多雪地帯である日本海側は、積雪によりシカの行動が制限されることや（Takatuki, 1992）、冬季の生存が困難となることから（常田、2006）、シカの分布不適地と考えられてきた（坂口ら、2012a）。しかし、山形県内では 2014 年まで継続してシカが目撃されており、2013 年以降は過去にシカが確認された地点と比較的近い場所での目撃が多かった（図— 1）。山形県では江戸時代にシカの生息や農業被害があったことを記録した文献もあるため（山形県、1974）、積雪量の少ない地域や雪の堆積が少ない立地等、シカが越冬できる限定的な地域があるのかもしれない。実際に子連れメス個体や（佐藤ら、2013）、雄雌と幼獣を同時に目撃したとする情報が提供されているので（表— 1）、山形県内でシカが定着し、繁殖に成功していることが推察される。

2. シカを目撃しやすい立地

シカを目撃地点を区分すると、林内および目撃箇所周辺に森林がある立地での目撃が多かった（図— 2）。森林に囲まれた牧草地では、シカは林内と草地の両者を利用するといわれている（高槻、2001；塚田、2012）。したがって、田畑に隣接する森林や社寺林等を通路や採食場所としながら、移動・分散していると考えられる。加えて、シカを目撃しやすい場所は傾斜が緩やかで見通しがよく、付近に道路や河川等がある地点であった（表— 2）。シカは開放的な環境を好まないといわれており（三浦、1999 高槻、

2001), 道路がシカの分布拡大を制限する要因であることも指摘されている(奥村ら, 2009)。これらの先行研究と反する結果となったのは, 目撃地点は車両による往来や人為活動が盛んな場所とも言えるため, 必ずしもシカが選好する立地のみを抽出したものではないことが理由として考えられる。しかし一方で, 傾斜が緩やかな立地や, 道路に近い場所ほどシカによる樹木剥皮害が発生しやすいことが示されている(井上ら, 2005)。さらに, 同じシカ科のオジロジカは, 移動経路として多様な規模の道路を利用することや(Carbaugh et al. 1975 ; Finder et al.1999), 多雪地域のシカは冬期に凍結しない沢を通路として利用することも示唆されている(田中ら, 2008)。著者らも 2014 年に遊佐町で目撃された個体が河川を横断するのを確認している。これらのことから, 目撃地点のすべてがシカの選好性が高い立地とは言いがたいが, 少なくともその周辺はシカの活動範囲であり, かつ, 場合によっては道路や河川等の開放空間を利用する可能性があることを示したことは, 県内でのシカの移動・分散過程を追跡する上で重要な情報になると思われる。

また, 調査地点を点数化したことにより(表—3), シカが目撃される可能性の高い立地を事前に判定することが可能となるため, カメラトラップの効率的な設置, 「非常に目撃しやすい」に区分される立地の重点的な調査等, 今後の追跡調査の合理化が図られると考えられる。

3. 農林業被害発生の可能性

シカが目撃された林内やその周辺にあった森林は, スギ人工林と落葉広葉樹林の2タイプがあった(図—2)。両者は上層の植被率が最も高く, 低木層や草本層もよく発達していた(図—3)。しかし, シカに採食される低木層下位以下の高さに出現した植物種のうち, シカの嗜好性があるものはほとんどなかった(表—4)。このことは, 現在の林況はシカを視認しにくいため, 身を隠す立地としての機能を有して

いるが, 個体数が増加した場合に, 多くの下層植生が採食されてしまうことを示している。生息密度の増加に伴いシカの採食圧が強くなると, 不嗜好性植物が優占し(高槻, 1989; 三浦, 1999; 坂口ら, 2012b), その後は嗜好性の低い植物も食害されて下層植生が消失する(田村, 2007; 坂口ら, 2012b)。最終的には林冠を形成する高木種の樹皮が剥皮されて枯死し, 上層の植被率さえも低下してしまう可能性がある(石田ら, 2010)。

耕地やその他に分類された調査地でも, シカの嗜好性の低い植物種はなかった(表—5), 畔や畑の草本類がシカの定着に寄与してしまう可能性がある。以上のように, 県内でシカの生息密度が増加した場合, 農林業被害の発生が危惧される。したがって, 今後も継続的なモニタリングによりシカの動態を的確に把握するとともに, これ以上の定着や繁殖を抑制できるよう対策を講じていく必要がある。

V. 引用文献

- 秋田県 (2012) イノシシ, ニホンジカが目撃情報について. 秋田県ホームページ
URL:<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1333603097804/>.
- Carbaugh, B., Vaughan, J.P., Bellis, E.D., and Graves, H.B.(1975) Distribution and activity of white-Tailed deer along an interstate highway. J. Wildl. Manage. 39:570-581.
- Finder, R.A., Roseberry, J.L., and Woolf, A. (1999) Site and landscape conditions at white-tailed deer/vehicle collisions in Illinois. Landscape Urban Plann. 44:77-85.
- 藤木大介・岸本康誉・坂田宏志 (2011) 兵庫県氷ノ山山系におけるニホンジカ *Cervus nippon* の動向と植生状況. 保全生態学研究 16 : 55-67.
- 服部保・栃本大介・南山典子・橋本佳延・藤木大介・石田弘明 (2010) 宮崎県東諸県郡綾町川中の照葉原生林におけるニホンジカの

- 採食の影響. 植生学会誌 27 : 35-42.
- 井上友樹・宮島淳二・村上拓彦・光田 靖・吉田茂二郎・今田盛生 (2005) 熊本県におけるニホンジカによる人工林剥皮害の発生確率予測モデル. 日本森林学会誌 87 (2) : 111-116.
- 石田弘明・黒田有寿茂・橋本佳延・澤田佳宏・江間 薫・服部 保 (2010) ニホンジカが暖温帯夏緑二次林の種多様性と種組成に与える影響. 保全生態学研究 15 : 219-229.
- 蒲谷 肇 (1988) 東京大学千葉演習林荒瀬沢における常緑広葉樹林の下層植生の変化とニホンジカの食害による影響. 東京大学農学部演習林報告 78 : 67-82.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2004) 種の多様性調査哺乳類分布調査報告書. (財) 自然環境研究センター, 東京, 213 p p.
- 前迫ゆり (2002) 春日山原始林と草食保護獣ニホンジカの共存を探る. 植生学会誌 19 : 61-67.
- 三浦慎吾 (1999) 野生動物の生態と農林業被害. 174pp, 全国林業改良普及協会, 東京.
- 三浦慎吾・堀野眞一 (1997) シカの農林業被害と個体群管理. 植物防疫特別増刊号 3 : 171-181.
- 岡田あゆみ・宮澤直樹・進藤順治 (2010) 青森県におけるシカの出没について. 日本鹿研究 創刊号 : 9-12.
- 奥村忠誠・清水 庸・大政謙次 (2009) ニホンジカの分布拡大に影響を与える要因. 環境科学会誌 22 (6) : 379-390.
- 大井 徹 (1999) ニホンジカによる林業被害防除のための生態学的研究. 東北森林科学会誌 4 (2) : 25-28.
- 斉藤正一 (2011) 山形県のナラ枯れ被害で研究者と現場技術者が活用する被害予測技術と総合防除システム. 森林科学 62 : 31-34.
- 斉藤正一・柴田銃江 (2012) 山形県におけるナラ枯れ被害林分での森林構造と枯死木の動態. 日本森林学会誌 94 : 223-228.
- 坂口翔太・藤木大介・井上みずき・山崎理正・福島慶太郎・高柳 敦 (2012a) ニホンジカが多雪地域の樹木個体群の更新過程・種多様性に及ぼす影響. 森林研究 78 : 57-69.
- 坂口翔太・藤木大介・井上みずき・山崎理正・福島慶太郎・高柳 敦 (2012b) 日本海側冷温帯性針広混交林におけるニホンジカの植物嗜好性. 森林研究 78 : 71-80.
- 佐野 明 (2009) ニホンジカによるスギ, ヒノキ若・壮齢木の剥皮害の発生時期と被害痕の特徴. 哺乳類科学 49 (2) : 237-243.
- 佐々木智恵・八木智義・水田展洋・佐藤行弘・岸野 清 (2013) ニホンジカによる森林・林業被害軽減に向けた生息状況調査と管理・モニタリングに必要な調査方法の確立. 林業技術センター成果報告 22 : 1-17.
- 佐藤 真・中村一寛・玉手英利・門脇正史・遠藤好和・高槻成紀 (2013) 山形県で確認されたニホンジカ (*Cervus nippon*) の出自—ミトコンドリア DNA 多型に基づく推定—. 哺乳類科学 53(1) : 131-137.
- 高槻成紀 (1989) 植物および群落に及ぼすシカの影響. 日本生態学会誌 39 : 67-80.
- Takatuki, S. (1992) Foot morphology and distribution of Sika deer in relation to snow depth in Japan. Ecological Research 7:19-23.
- 高槻成紀 (2001) シカと牧草—保全生態学的な意味について—. 保全生態学研究 6 : 45-54.
- 高槻成紀 (2005) シカの食性と採食行動. 哺乳類科学 45 (1) : 85-90.
- 田村 淳 (2007) ニホンジカの採食圧を受けてきた冷温帯自然林における採食圧排除後 10 年間の下層植生の変化.
- 田中由紀・高槻成紀・高柳敦 (2008) 芦生研究林におけるニホンジカ *Cervus nippon* の採食によるチマキザサ群落の衰退について. 森林研究 77 : 13-23.
- 塚田英晴 (2012) シカ (*Cervus nippon*) による草地利用と被害の実態. 日本草地学会誌 58 (3) : 187-192.
- 常田邦彦 (2006) 自然保護公園におけるシカ問

題 人とシカのかかわりの歴史を踏まえて.
(世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学. 湯本貴和・松田裕之, 文一総合出版, 東京), 20-39.

山形県 (1974) 村差出明細帳 (山形県史 資料編 13). 山形県, 山形.

矢原徹一 (2006) シカの増加と野生植物の絶滅リスク. (世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学. 湯本貴和・松田裕之, 文一総合出版, 東京), 168-188.

山内貴義・工藤雅志・高槻成紀 (2007) 岩手県におけるニホンジカの保護管理の現状と課題. 哺乳類科学 47 : 39-44.

山脇葉子・丸山直樹・神埼伸夫・小金澤正昭 (2000) 日光国立公園尾瀬特別保護地区におけるニホンジカによる樹木剥皮. ワイルドライフ・フォーラム 6 (2) : 61-66.

短 報

山形県鶴岡市のモウソウチク林における雪害の特徴と ウラ止めによる防止効果

森川 東太・中村 人史・上野 満

Features of snow damage and effect of preventing the "Uradome"
at bamboo forest(*Phyllostachys pubescens*) in Tsuruoka, Yamagata Prefecture

Tohta MORIKAWA・Hitoshi NAKAMURA・Mitsuru UENO

(2014 年 12 月 20 日受理)

要旨：新タケと既存タケに区分して雪害を受けたタケと受けなかったタケの本数を調査した結果、新タケが雪害を受けやすいことが明らかとなった。また、ウラ止め処理したタケと未処理のタケに区分して雪害本数を調査したところ、ウラ止め処理は雪害の軽減に有効であると認められた。形状調査からはウラ止め未処理の被害タケは、ウラ止め処理した未被害タケと比較して形状比が高く、重心の高い位置に大量の枝葉をつけるため、タケが大きく曲がり着雪量も増えて雪害を受けやすくなると考えられた。

I はじめに

山形県は東北地方においてトップクラスのタケノコ（モウソウチク：*Phyllostachys pubescens*，以下タケノコ）生産地であり（林野庁，2010・2011・2012），それらのほとんどは県内需要をまかなうため J A や産直施設に出荷されている。中山間地域に住む農林家にとって，タケノコは現金収入の少ない春季に発生するため，農閑期の貴重な収入源となっている。しかし，山形県最大のタケノコ生産地である鶴岡市は積雪地帯に位置し，雪の重みにより竹稈の折れ，曲がりが毎年確認される。雪害により倒伏したタケは放置すると日射を遮り，タケノコの生育に必要な温度が確保できなくなることが予想される。また，倒伏したタケは林内移動を妨害する要因となり収穫効率の低下を招くことから，生産者は融雪後から発筍期の極めて短い間に雪害を受けたタケの除去作業を実施しなければならない。そのため，積雪地帯においてタケノコ生産の改善を図るためには雪に強い竹林の仕立

て方を検討する必要がある。

しかし，タケノコ栽培林の雪害実態を報告した事例はなく，雪害の防止策についてもウラ止め（新タケの生育途中で先端部をゆすり落とす作業，以下ウラ止め）を報告したものはあるが（野中，2010），雪害の軽減に有効であるか明らかにしたものはない。

そこで，本研究では雪害対策を講じるうえで基礎的な情報となる雪害の実態を調査した。また，これまで風雪害に有効とされ，山形県鶴岡市では一部の生産者が実施しているウラ止めの雪害防止効果について一定の知見を得たので報告する。

なお，本報では 4 月下旬からの発筍期に収穫される筍を「タケノコ」，タケノコから成長して竹稈が木質化し展葉が完了したものを「タケ」と表記した。

II 調査方法

1. 調査地域

調査地は山形県内で最大の生産量を示している鶴岡市内のタケ林に設定した。

2. タケの雪害調査

鶴岡市上山谷地区のタケノコ栽培林を調査した。調査地は標高 110m, 傾斜方位はW, 傾斜角度 25~30°であり, 調査地に最も近い東 3.0km に位置する気象庁のアメダス櫛引観測所 (標高 33m) における平年値データによると 11 月から翌年 3 月までの降雪量合計は 622 cm, 最大積雪深は 69 cm (気象庁, 2013) である。

雪害の調査は降雪や融雪時の雪の重量により被害を受けたタケ (以下, 被害タケ) と被害を受け



図-1 根元倒れ

てないタケ (以下, 未被害タケ) に区分して本数を調査した。被害タケは被害状況により根元から倒れているものを「根元倒れ」(図-1以下, 根元倒れ), 竹稈が折れているものを「稈折」(図-2以下, 稈折), 胸高以下の部分から先端まで竹稈が斜めになったものを「斜立」(図-3以下, 斜立)とした。なお, 根元に稈鞘が残り, 節間部が鮮やかな白色を帯びているものは前年に生育したタケと判断し「新タケ」, それ以外のタケは「既存タケ」



図-2 稈折



図-3 斜立



図-4 右処理タケ, 左未処理タケ

と区分した。また, 本調査地はウラ止め処理しているタケ (以下, 処理タケ) と処理していないタケが混在していたので (以下, 未処理タケ), 新タケと判断されたタケについてはウラ止め処理の有無と雪害本数を調査した (図-4 参照)。

3. 処理タケの形状比較

鶴岡市黄金地区に調査地を設定し雪害を受けていない処理タケと雪害を受けた未処理タケの竹稈長, 胸高直径, 枝下高を測定した。竹稈長と枝下高は 12m 測定桿, 胸高直径は直径巻尺で測定した。なお, 調査対象としたタケは一定のエリアを踏査しながら無作為に選定し, 稈長/胸高直径から形状比, 稈長-枝下高から枝条の付いている稈の長さ (以下, 枝付稈長) を算出した。

Ⅲ 結果と考察

1. 雪害調査結果

雪害調査の結果、148 本中 45 本(被害率 30.4%)が被害を受けていた。新タケと既存タケに分けた未被害タケ本数、被害タケ本数及び被害タケの雪害種別に調査本数を表－1 に示した。新タケと既存タケで調査本数に差があるか、フィッシャーの直接確率によって検定したところ、 $p=0.000039$ 、であり、新タケと既存タケの間に有意な差が認められた。新タケは既存タケより雪害を受けやすいと言える。これまでも雪害は 1, 2 年生の若タケに被害が大きいとされていた(上田 1963)。今回の結果から山形県内においても同様の傾向であることが明らかになった。タケの曲げ強度は材の密度と非常に強い正の相関関係にあることが知られている。1, 2 年生のときは竹材の密度が低く、3 年生以降、竹材の密度上昇にともなって曲げ強度が上昇する(大内ら, 2002)。新タケが積雪や融雪の影響を受けるのは発筈後 1 年未満の時期であり、強度が高まる以前であったことから被害率が高まったと考えられる。また、タケの新・既存別に雪害の傾向を検討した。新タケの被害本数 25 本のうち 16 本が根元倒れか稈折であった。根元倒れや稈折は組織が完全に切り離されてしまう被害である。これに対して、既存タケの被害本数 20 本のうち、根元倒れと稈折の合計被害本数は 4 本、斜立は 16 本であった。既存タケで多い斜立の被害は倒伏しているものの、組織の完全な切断には至っていない状態である。このことから若い新タケは強度が低いためダメージの大きい根元倒れや稈折の被害を受けやすく、生育年数とともに強度が増すので、

表-1 新タケ・既存タケ別 被害タケ本数

新・既	未被害タケ	被害タケ	雪害種	本数
新 タケ	21 本	25 本	根元倒	14 本
			稈折	2 本
			斜立	9 本
既存タケ	82 本	20 本	根元倒	3 本
			稈折	1 本
			斜立	16 本
計	103 本	45 本	根元倒	17 本
			稈折	3 本
			斜立	25 本

雪害を受けても比較的軽度になることが示唆された。

新タケが既存タケより雪害を受けやすいことは栽培上課題が大きい。タケノコは 5 年生までの若い地下茎から数多く生育するので(上田, 1963), 親タケの伐採も 5 年生を適齢伐期にすることが推奨されている(上田, 1963)。事実、生産現場では老齢な既存タケを伐採し、新しいタケを残す更新作業が実施されている。新タケが雪害を受けて本数を減らしてしまうと年を追うごとに竹林は高齢化し、活力の維持ができずに安定した生産量の確保が難しくなると考えられる。また、タケノコ栽培林の適正本数は 150 本～300 本/10a とされているが(上田, 1963; 野中, 2010), 被害の大きさによってはこの本数維持が困難になるばかりでなく、伐採する際の目安が立てられなくなるという課題も生じる。新タケが雪害を受けやすいことを考慮に入れて、多めにタケノコを親タケに仕立てることも可能であるが、それはタケノコの収穫を減らして親タケを生育させることであり、生産者にとって受け入れられる選択肢では無い。雪害を軽減する方法の検証が必要とされる。

2. ウラ止め処理の有無と雪害の関係

処理タケと未処理タケに区分した雪害の被害本数を表－2 に示す。処理タケと未処理タケの間に有意な差が認められた(フィッシャーの直接確率検定, $p=0.0042$)。この結果、処理タケは被害率の低いことが明らかとなり、雪害を軽減する方法として有効であると考えられた。未処理タケは 68.8%の被害率となっており、ウラ止めをしないと甚大な被害をもたらす結果が示された。西日本においてウラ止めは主に地温上昇による早期発筈やタケノコの発生個数の増加を期待して、実施されている作業である(野中,

表-2 ウラ止め処理区分別 被害タケ本数

ウラ止め 実施状況	未被害タケ	被害タケ	計
処理タケ	11 本	3 本	14 本
未処理タケ	10 本	22 本	32 本
計	21 本	25 本	46 本

表-3 ウラ止めの有無による形状比較

調査項目	処理タケ (供試数:55)	未処理タケ (供試数:25)
稈長	6.1	10.8
	5.82- 6.38	9.79-11.81
胸高直径	7.9	8.0
	7.56- 8.24	7.22- 8.78
形状比	0.789	1.356
	0.743-0.835	1.265-1.447
枝下高	2.7	4.8
	2.51- 2.89	4.02- 5.58
枝付稈長	3.5	6.0
	3.19- 3.81	5.39- 6.61

* 各調査項目の上段が平均値、下段が平均値の95%信頼区間。

2010)。また、気象害を防止するという上では台風をはじめとする強風から竹林を守るために実施されている作業である（野中，2001）。鶴岡市では一部の生産者が、このウラ止めを雪害防止対策として実施してきたが、その効果については不明であった。今回の調査結果により山形県のような積雪地帯において、ウラ止めは雪害を軽減する有効な管理方法であることが明らかとなった。

雪害軽減に有効と考えられたウラ止めを作業性のうえから検討する。ウラ止め以外にも雪害防止策としては数本もしくは十数本のタケを集めて地上高 150 cmから梢端まで縄で巻き上げていく藪巻法が古くから紹介されている。10 a を施行するのに 3 人／日の労力が必要とされており（島村・大島，1916），広い面積では適さないとされている（上田，1959）。その点、ウラ止めはタケの生育過程に合わせて実施する必要はあるものの、1 人で作業できることや特殊な道具や技術も要しないことから、容易な手法として考えられる。ウラ止めは雪に強い竹林を仕立てる作業として普及性の高い、現実的な手法として推奨できる。

3. 処理タケの形状比較

形状に関する各調査項目の平均値及び 95%信頼区間を表-3 に示した。平均値の 95%信頼区間から胸高直径を除く全ての調査項目で、有意差が認められた。雪害を受けていない処理タケと雪害を受けた未処理タケでは形状に明らかな違いのある

ことが判明した。

胸高直径がほぼ同じ値であったのに対し、稈長は処理タケが短かったため、形状比は処理タケで 0.75、未処理タケは 1.35 となった。スギ人工林では形状比の低い林分で雪害が受けにくいとされ（豪雪協，1984），竹林でも同様の状況が認められる結果となった。

枝付稈長を比較すると未処理タケは処理タケの約 1.7 倍の長さであり、それに比例して枝葉が多く付いていた。また、未処理タケの枝下高は処理タケより 2.1m高い位置であった。これらのことから、未処理タケは処理タケと比較した場合、重心の高い位置から大量の枝葉を付けていることが明らかとなった。タケノコ栽培林においてウラ止めをしないタケは先端が曲がっている状況が確認されるが、重心の高い位置から大量の枝葉を付けるため、その重さによって曲がるものと考えられた。そして、この曲がった形状が雪を載せやすくしており、さらには枝葉も多いことから着雪量も増え被害を受けやすくしていると考えられた。

4. まとめ

今回の調査によって雪害が新タケに集中して発生していることが明らかとなった。そこで、鶴岡市において一部の生産者が実施しているウラ止めの雪害軽減効果について調査したところ、有効であることがわかった。また、雪害を受けなかった処理タケと雪害を受けた未処理タケの形状を比較したところ、未処理タケは処理タケに比べて、重心の高い位置から大量の枝葉をつけているため、タケが大きく曲がり雪害を受けやすいと考えられた。

なお、雪害を受けている区域を詳細に観察すると急傾斜地で空間が広がっているところや急激に成立本数を減らした場合に被害の多いことが確認されている。今後は被害を受けやすい地形や条件等について調査し、施業による改善策を検討したい。

IV 引用文献

林野庁（2010・2011・2012）特用林産物生産統計
調査（<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat>），2014
年10月30日閲覧
野中重之（2010）タケノコ.159pp，農文協，東京.
国土交通省気象庁（2014）過去の気象データ検索
（<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>），
2014年10月30日閲覧
上田弘一郎（1963）有用竹と筍. 314pp，博友社，
東京.
大内成司・中原恵・阿部優・寒竹愼一（2002）同
一竹林内における竹材の曲げ強度特性につい
て,大分県産業科学技術センター2002 年度研究

報告書.108-111,
野中重之（2001）モウソウチクのウラ止め一福
岡県下の実態一，日林九支研論文集№54，
173-176
豪雪地帯林業技術開発協議会（1984）雪に強い
森林の育て方. 170pp，日本林業調査会，東
京
島村繼夫，大島甚三郎 共著（1916）竹林改良法.
158pp，三浦書店，東京
上田弘一郎（1959）タケの栽培. 206pp，全国林
業改良普及協会，東京

短 報

ゼンマイの孢子保存による効率的な増殖および 育苗過程の改良による育成期間の短縮

古澤 優佳・中村 人史

Efficient propagation by spore preservation of the royalfern (*Osmunda japonica*)
and shortening of the raising period by the improvement of nursing process

Yuka FURUSAWA・Hitoshi NAKAMURA

(2015 年 5 月 29 日受理)

要旨：ゼンマイの栽培においては、苗の確保、初期成長が遅いことによる育成期間の長さが大きな課題となっている。そこで、孢子によるより効率的な増殖方法、育苗過程の改良による育成期間短縮方法の検討を行った。その結果、ゼンマイの孢子は、採取する株によらず冷蔵により約 4 ヶ月、冷凍により約 1 年間保存でき、4℃以上の培養温度で発芽することがわかった。これより、ゼンマイの孢子播種は従来行われなかった夏・秋・冬季に実施できることが明らかとなり、生産者の栽培計画に合わせたより効率的な増殖が可能になると考えられた。また、育苗の過程においては、ビニルトネルの使用、施肥が成長の促進に効果があることが示された。これより、従来の方法では、孢子体となってから圃場に定植できるまでに 5 年以上の育苗期間が必要であったが、セルトレイ移植後のビニルハウス育苗、および、液肥の葉面散布を組み合わせることで、定植までの育苗期間を 2 年程度短縮することができ、より栽培しやすくなると考えられた。

I はじめに

山形県は、山菜の種類・量が豊富であること、天然山菜の採取のみならず畑での生産が増加していることなどにより、全国的に山菜の産地として知名度が高い。しかし、天然採取量が減少傾向にあることや現品目の栽培における他産地の追随が課題となっている。そこで、次期主力となりうる品目について、いち早い栽培技術開発が必要とされており、その 1 つにゼンマイ (*Osmunda japonica*) が挙げられる。

ゼンマイは、全国の平地から高山までの湿った草地、湿原、谷際、林床などに生息する多年生のシダ植物である(大海, 2007)。独特の歯切れとまろやかな風味が特徴の山菜で、古くから自生地での採取が行われてきたほか、嗜好品・保健食品

としての価値の高まりや農林家の複合経営を背景として、山採り苗を使用した人工栽培が行われてきた(大沢, 1986)。

しかし、苗株の採取には長年の経験と根掘り等の多大な労力を必要とすること、また、天然資源の減少等が問題となっており、近年、苗の確保が困難となっている。

そこで、自生する苗株を利用せず、孢子による増殖での栽培が試み始められているが、ゼンマイなどの葉緑体を持った孢子は発芽能力の低下が早いとされ(大悟法・井上, 1975)、一般的に、孢子を採取してからすぐに播き付けが行われている(採り播き)。このため、ゼンマイの栽培では、孢子の播種時期が大きく制限さ

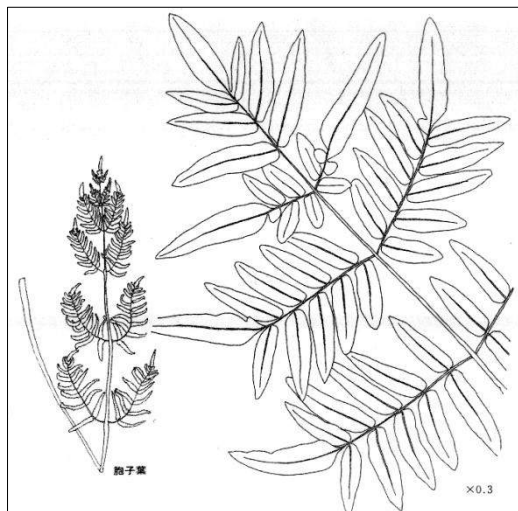
れることが課題となっている。これより、ゼンマイの胞子の保存による効率的な増殖方法を検討した。

また、ゼンマイの栽培には、初期成長が極めて遅く育成に長期間かかることも大きな課題となっていることから、育苗過程の改良による育成期間短縮方法の検討を行ったので報告する。

Ⅱ 調査方法

1. ゼンマイ胞子の発芽試験

ゼンマイの胞子は、山形県森林研究研修センター圃場内の複数株から4月下旬に採取した胞子葉（図1）を、下向きにして紙袋へ入れて数日間つるし、自然乾燥して採取した。



出典：阿部（1996）p.109

図1 ゼンマイの栄養葉と胞子葉

ゼンマイの葉には、栄養葉と胞子葉があるが、胞子の採取が目的であるので、胞子葉を採取する。ゼンマイの胞子葉は、胞子を飛ばし終わった部分から黄色に変わることから、胞子の採取は、葉の下方が黄色になり始めた時期とした。

（1）温度別に保存した胞子の素寒天培地への播種による発芽試験

ゼンマイ胞子の保存温度に対する発芽特性を把握するため、採取した胞子（全株のものを混合）

は中蓋のついたプラスチック容器に3つに分け、常温、冷蔵（4℃）、冷凍（-18℃）の3温度で保存し、保存温度ごとに素寒天培地へ播種して発芽の有無を確認し、保存可能な期間を調査した。

各温度で保存した胞子は、クリーンベンチ内でビーカーに0.1g程度入れて70%エタノールを約10ml表面に噴霧し、直後に1000mlの殺菌水を注いで攪拌、数分後底部に胞子が沈殿したところをピペットで採取し、滅菌した素寒天培地（平底試験管）50本へ播種した。播種は、最初の2ヶ月間は5日おき、3ヶ月目以降は15日おきに行った。

播種後、胞子を播種した平底試験管は、生産者が実際栽培することを想定し、室内において培養した。

発芽状況は、発芽した胞子は緑色の前葉体となり、発芽しない胞子は褐色に変化するのみであることを基準として判断した。

（2）温度別に保存した胞子の土壌播種による発芽試験

ゼンマイの胞子を播き、苗を育成する方法として、素寒天培地への播き付けは一般的ではないことから、より実用的な方法である土壌への播き付けについても発芽調査を行った。胞子を播種する土壌は硬く固めた赤土を使用し、冷凍（-18℃）で保存を始めてから222日目と258日目に播き付けを行った。胞子は約1gを500mlのペットボトルに半分程度芝の目土を入れたものに加え、赤土の播種床に振り混ぜてばらまいた（図2）。播種後、胞子を播種した床は、室内において培養した。

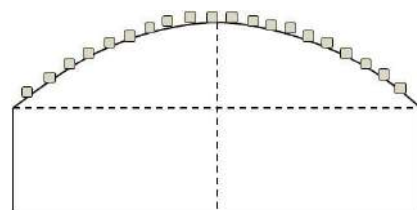


図2 土壌播き付け方法（横断図）

曲線が播種床の表面、□は孢子を付着させた芝の目土を模式化した。横から見たときに山型になるように床を固める。孢子が付着した芝の目土は均一になるように播く。

（３）孢子播種後の培養温度別の発芽試験

孢子の保存が可能になると、従来は採取時期に限定されていた播種時期が従来より広がり、春以外の温度環境でも発芽するかを検討する必要がある。このため、発芽可能な培養温度を調べた。冷凍（-18℃）で保存した孢子（複数株混合）を、前述した（１）と同様の方法で平底試験管の素寒天培地に 50 本ずつ播種した。播種後、秋季、冬季の培養を想定し、インキュベーターをそれぞれ 4℃、10℃、20℃に設定し、その中で培養し発芽状況を観察した。試験は２回行った。

（４）孢子採取株別の発芽試験

複数株の孢子を混合して使用した発芽が一樣にならない可能性もあるため、個々の株の違いによる孢子の発芽状況を調査した。孢子は、4月下旬に 5 つの株から採取し、A～E の名前をつけ、別々に冷凍（-18℃）で保存した。それを前述した（１）、（３）と同様の方法で平底試験管の素寒天培地に 50 本ずつ播種し、発芽状況を調査した。播種後、孢子を播種した試験管は室内において培養した。

２．育苗過程の改良（加湿、施肥の実施）による生育状況調査

空中湿度を上げて育成期間を短縮することを目的として、ビニルトンネル内での養成を行った。トンネルは高さ 80cm 程度で設置し、無色透明のビニルを使用し、無処理のものと光環境は同様とした。また、ビニルトンネルの片側の裾を 40cm 程度開け、トンネル内が高温にならないようにした（図 3）。ビニルトンネル内での養成は２年間実施し、苗高・育苗段階を調査することで無処理のものと比較した。

また、同様の目的で、液肥の葉面散布を行った。肥料は実用性を考慮し、一般的に入手しやすいハイポネックスストレート液肥（N-P-K 0.1-0.2-0.1）

を使用した。葉面散布は、霧吹きを使用し、500 倍に希釈した水溶液を育苗過程の前半 1 年間、週 1 回行い、苗高・育苗段階を無処理のものと比較した。

苗高・育苗段階の調査は、育苗を始めてから 2 年後の秋（地上部が枯れる直前）に行い、苗高は 0.5cm 毎に、育苗段階は「孢子体発生直後の状況」から「十分定植可能」まで 5 段階に分け調査を行った（図 4）。

なお、試験に使用した苗は、山形県森林研究研修センター圃場内の複数株から採取した孢子を赤土で固めた床に播き付け、約 2 年育成して孢子体となったものをセルトレイに移植して使用した。これらの苗は、試験を開始してから 1 年後、生育が進んだためビニルポットへ移植した。

苗高・育苗段階の調査は 674 個体で行った。



図 3 ビニルトンネルによる養成状況



図 4 育苗段階の判断基準

図4は、葉の分岐状態を基準とし、左上から順に、「1」～「5」に分類。「5」が完全に2回羽状複葉になった状態。

Ⅲ 結果と考察

1. ゼンマイ胞子の発芽試験

(1) 温度別に保存した胞子の素寒天培地への播種による発芽試験

常温で保存した胞子は、採取後40日に播きつけたもので発芽しないものが見られ始め、採取後45日以降に播きつけたものは発芽しなかった。これより、常温では採取後35日間の保存が可能であることがわかった(表1)。

冷蔵(4℃)保存した胞子は、採取後140日に播きつけたもので発芽しないものが見られ始め、155日以降に播きつけたものは発芽しなかった。これより、冷蔵(4℃)では採取後125日間の保存が可能であることが分かった(表1)。

冷凍(-18℃)保存した胞子は採取後350日に播き付けしたものが発芽した。翌年の胞子採取がこの7日後であることから、約1年間の保存が可能であることがわかった(表1)。

ゼンマイの胞子は、自然状態では胞子嚢から放出されて数日で発芽能力を失うとされる(岩槻, 1992)が、今回の試験で、中蓋付きの容器に入れることで35日間は発芽能力を保持できることが示された。

また、これまで、冷蔵庫において長期の保存が可能である(大悟法・井上, 1975)、零下80℃の低温下では胞子を長期間生かしておくことができる(岩槻, 1992)との報告があり、本試験における結果もこれらと類似するものであった。今回の試験で、具体的な保存可能期間が明らかになったことで、より計画的に胞子増殖が可能となると考えられる。

(2) 冷凍保存した胞子の土壌播種による発芽試験

冷凍(-18℃)保存した胞子は、土壌への播き付けにおいて、222日目に播き付けたもの、258

表1 胞子の保存日数と保存温度別の発芽状況

保存日数(日)	常温	冷蔵(4℃)	冷凍(-18℃)
1	全数発芽	全数発芽	全数発芽
5	全数発芽	全数発芽	全数発芽
10	全数発芽	全数発芽	全数発芽
15	全数発芽	全数発芽	全数発芽
20	全数発芽	全数発芽	全数発芽
25	全数発芽	全数発芽	全数発芽
30	全数発芽	全数発芽	全数発芽
35	全数発芽	全数発芽	全数発芽
40	一部のみ発芽	全数発芽	全数発芽
45	全数発芽しない	全数発芽	全数発芽
50	全数発芽しない	全数発芽	全数発芽
85		全数発芽	全数発芽
80		全数発芽	全数発芽
95		全数発芽	全数発芽
110		全数発芽	全数発芽
125		全数発芽	全数発芽
140		一部のみ発芽	全数発芽
155		全数発芽しない	全数発芽
170			全数発芽
185			全数発芽
200			全数発芽
215			全数発芽
230			全数発芽
245			全数発芽
260			全数発芽
275			全数発芽
290			全数発芽
305			全数発芽
335			全数発芽
350			全数発芽

播種した試験管50本全てで発芽したものを「全数発芽」、一部の試験管のみ発芽したものを「一部のみ発芽」、50本全てが発芽しなかったものを「全数発芽しない」と表記。

日目のものの両方で、素寒天培地と同様発芽した(図5)。

シダ植物の成熟した胞子は適度な水分を与えられ、必要な光条件下におかれると発芽を始める(岩槻, 1992)とされており、土壌培地においても、素寒天培地と同様に、発芽に必要な適度な水分と光条件が揃うと胞子が発芽し前葉体になると考えられる。これより、胞子の発芽可能な保存期間内であれば、土壌培地を使用した胞子増殖が可能である。



図5 土壌播き付けにおける発芽の様子

(3) 孢子播種後の培養温度別の発芽試験

培養、観察の結果、4℃、10℃、20℃のいずれの温度でも、50本試験管全てが発芽し、これは2回の試験とも同様であった。

シダ植物の孢子は12℃以下になると発芽しないものが多く、発芽最適温度は25℃から30℃とされている(山田ら, 1960)が、ゼンマイ孢子の発芽温度についての具体的な報告はこれまでほとんどない。今回の結果から、ゼンマイの孢子については低温でも発芽可能なことが明らかとなった。

これより、孢子を冷蔵や冷凍で保存することによって従来播種を行わなかった秋季、冬季に播種しても、発芽に問題はないと考えられる。

(4) 孢子採取株別の発芽試験

試験の結果、5株全てにおいて、冷凍保存し1年以上経過した孢子で発芽することがわかった。

これより、ゼンマイ孢子の発芽能力は、同じ方法で保存すれば、採取する株の選択によらず同様と考えられた。

2. 育苗過程の改良(加湿、施肥の実施)による生育状況調査

育苗2年後、ビニルトンネル内で育成した苗と無処理の苗について苗高成長を Wilcoxon の順位和検定を用いて検定したところ有意差が認められ ($P=0.0000<0.01$)、ビニルトンネル内で育成したものは無処理のものと比べて苗高成長が良いことが明らかとなった。

また、同じ苗の生育レベルについて Wilcoxon の順位和検定を用いて検定したところ有意差が認められ ($P=0.0000<0.01$)、ビニルトンネル内で育苗したものは育苗段階も1段階良いものが多かった(図6、図7)。

冒頭で記載したように、ゼンマイは、湿った草地、湿原、谷際、林床などに生息している(大海, 2007)。自生環境に近い状態で栽培することが第一条件であり(大沢, 1986)、ビニルトンネルをかけることで、空中湿度が高い環境をつくることができたため、生育が促進されたと考えられる。

液肥の葉面散布を行ったものについて、無施肥

のものと苗高成長を Wilcoxon の順位和検定を用いて検定したところ、有意差は認められず ($P=0.2468>0.05$) 苗高は施肥の有無によってほとんど変わらなかった。一方、育苗段階については、Wilcoxon の順位和検定を用いて検定したところ有意差が認められ ($P=0.0036<0.01$) 施肥を行ったものが無処理と比べて1段階良いものが多く、定植に早く移行できものが多いことがわかった(図8、図9)。

ゼンマイの育苗に液肥の葉面散布を行った事例の報告はこれまでほとんどない。孢子体の育苗における緩効性肥料の影響を調査した報告では、施肥区は無施肥区に比べ葉色が濃緑色になり成長が良好となり、ポット育苗においては施肥が重要であることが報告されている(佐々木, 2006)。本試験では、固形肥料による根焼けの影響を避けるため、低濃度での葉面散布を行ったが、生育に関して類似の結果が得られたことから、育苗段階での施肥は生育促進に効果があると考えられる。

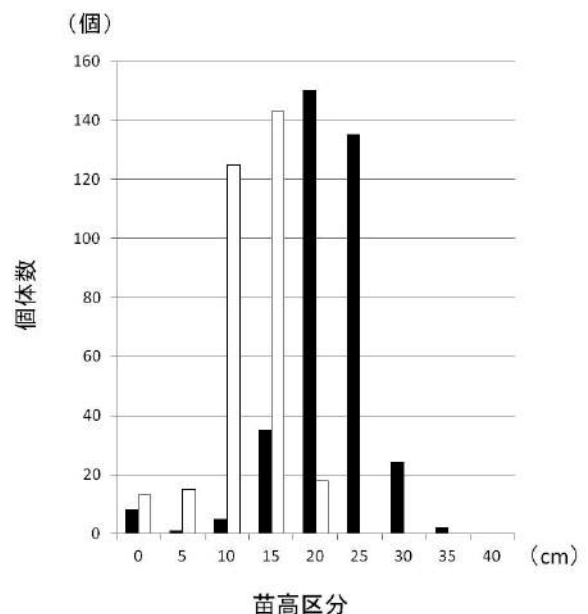


図6 加湿による苗高への影響
□が加湿なし、■が加湿あり

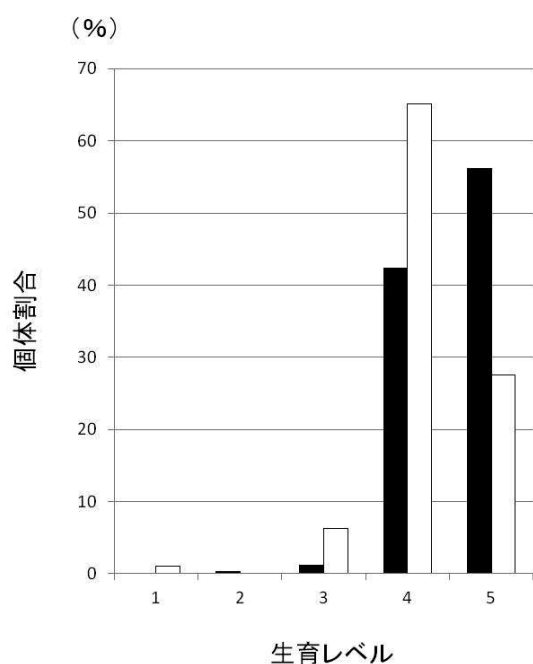


図7 加湿による生育段階への影響
□が加湿なし，■が加湿あり

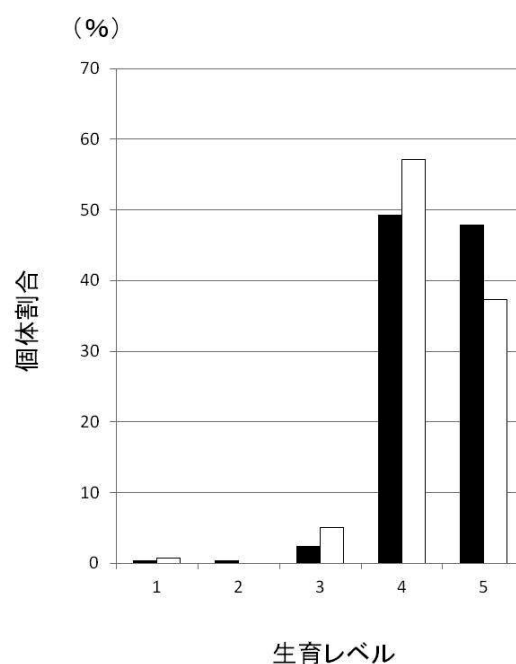


図9 施肥による生育段階への影響
□が施肥なし，■が施肥あり

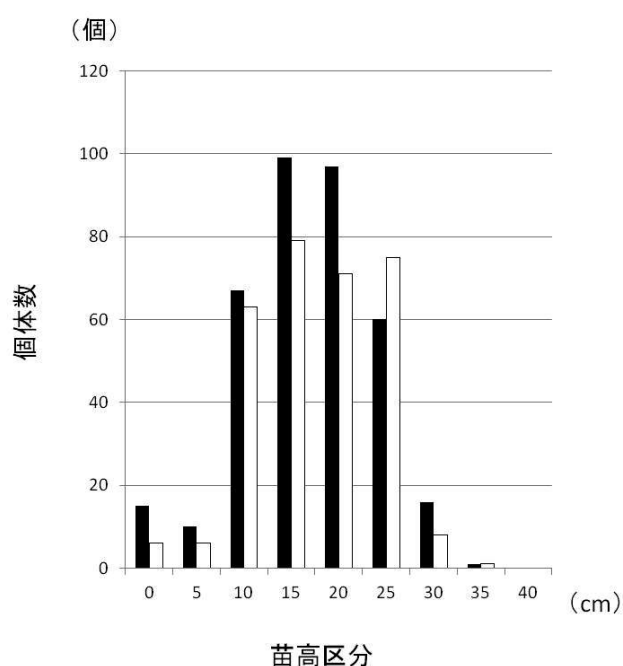


図8 施肥による苗高への影響
□が施肥なし，■が施肥あり

3. まとめ

胞子による増殖については、胞子を採取する親株によらず冷蔵（4℃）、冷凍（-18℃）により保存が可能であること、また、胞子は4℃以上の温度で培養すれば発芽することがわかった。

これにより、栽培者は、従来は胞子採取時期の極めて限定された期間のみで行っていた播種を、各人の栽培計画に合わせて調整することができるようになり、より効率的に栽培することが可能となる。

さらに、播種後に発芽不良、生育不良が発生した際にも、翌年の胞子採取まで待たずに、再度の播種を行うことが可能となり、従来よりも安定した増殖が可能であると考えられる（図10）。

育苗過程においては、従来の方法では、胞子体となってから圃場に定植できるまでに約5年の育苗期間が必要であったが、セルトレイ移植後のビニルハウス処理、および、液肥の葉面散布を組み合わせることで、定植までの育苗期間を2年程度短縮することができ、より栽培しやすくなると考えられる（図10）

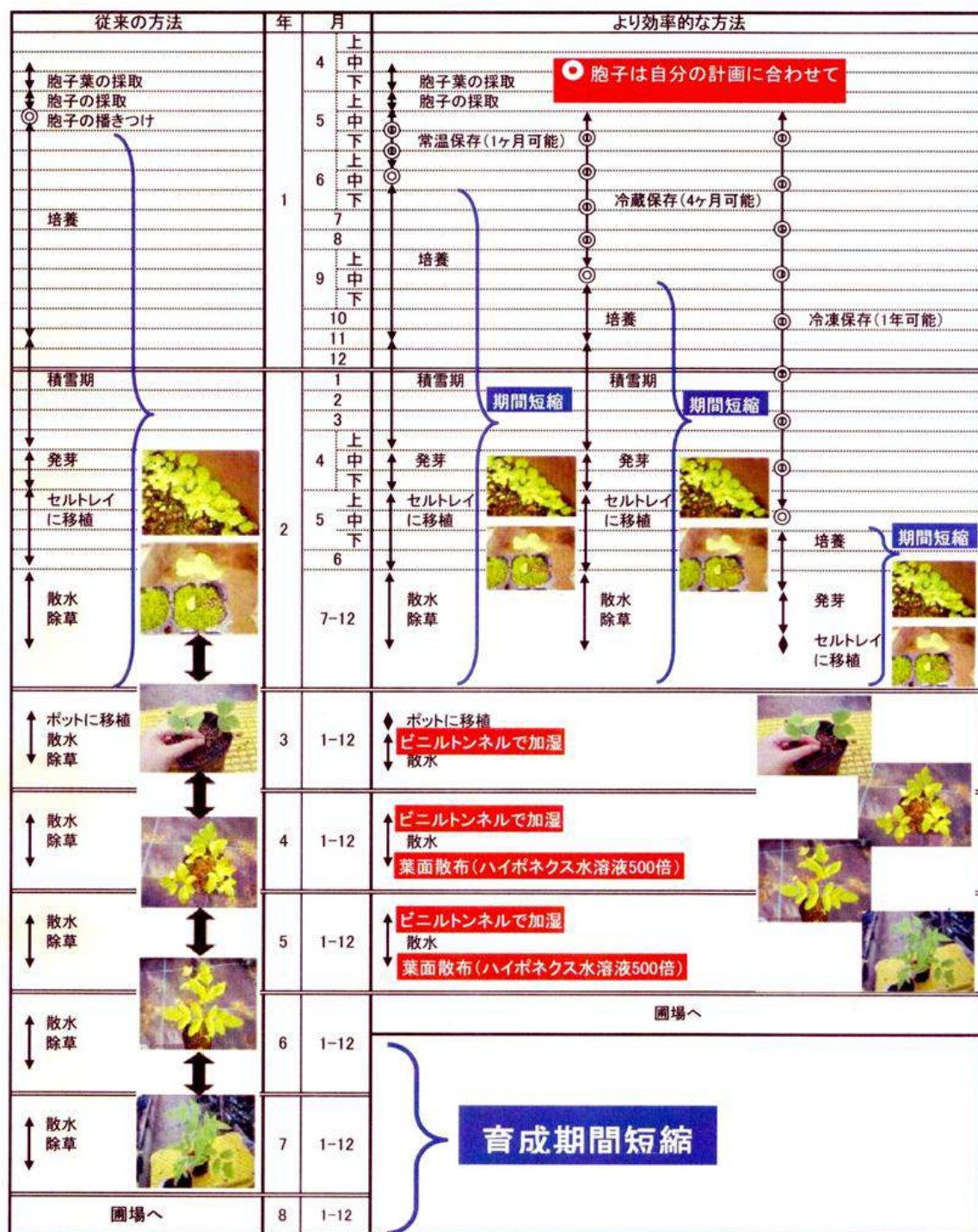


図 10 ゼンマイの効率的増殖および育成期間の短縮

IV 引用文献

大海淳(2007)いますぐ使える山菜採りナビ図鑑.
223pp, 株式会社大泉書店, 東京.

大沢章(1986)山菜栽培全科-有望53種-. 318pp,
社団法人農山漁村文化協会, 東京.

大悟法滋・井上浩(1975)生態と観察シリーズ
シダ・コケ類の生態と観察. 133pp, 築地書館,

東京.

岩槻邦男 (1992) 日本の野生植物シダ. 311pp, 株式会社平凡社, 東京.

山田常雄・前川文夫・江上不二夫・八杉竜一 (1960)
岩波生物学辞典. 1278pp, 株式会社岩波書店,
東京.

佐々木義則 (2006) 組織培養によるゼンマイ苗の
増殖. 九州森林研究 59 : 228-231.

阿部正敏 (1996) 葉によるシダの検索図鑑. 211pp,
株式会社誠文堂新光社, 東京.

短 報

山形県内で発生したウエツキブナハムシなどの突発性森林病虫獣害

斉藤正一・上野 満・深瀬雅和・今田洋一・高橋 文

Sudden Forest Pest and Disease and Mammal damages
(Damages of *Chujioa uetsuki* and etc.) in Yamagata Prefecture

Shoichi SAITO・Mitsuru UENO・Masakazu FUKASE・Yoichi KONTA・Aya TAKAHASHI

(2015 年 9 月 1 日受理)

要旨: 2007～2014 年に山形県で発生した突発性の森林病虫獣害を調査した。代表的な被害は、2007 年から 2014 年まで県内全域で発生したウエツキブナハムシによるブナの食葉害である。被害は月山・鳥海山をはじめとして 2010 年をピークに県内全域のブナ林で継続的に発生したが、2014 年にはほぼ終息した。また、2009～2014 年におけるウエツキブナハムシ以外の調査では、加害生物として大きな被害を与えたのは昆虫が多く、大多数が食葉害であった。食害に関与する代表的な加害生物は鱗翅目では、広葉樹を中心にマイマイガやアメリカシロヒトリの被害が多く、鞘翅目は、ウエツキブナハムシのほかハンノキハムシやアカアシノミゾウムシ、半翅目はカツラマルカイガラムシに次いで、ケヤキフシアブラムシであった。その他、獣害は、ニホンツキノワグマによるスギの剥皮害の他に、ケヤキやイヌエンジュでニホンザルの剥皮害、人工植栽した海岸クロマツにはノウサギの主幹を主とした食害が発生した。

I は じ め に

近年、山形県における森林病害虫は、ナラ枯れ被害⁽¹⁾やカツラマルカイガラムシによる被害など⁽²⁾、広葉樹林において集団的な枯死を伴う被害を引き起こしている。また、ブナ林では 2007～2014 年までウエツキブナハムシによる食葉害があり、その他、広葉樹林を中心にガ類やハムシ類を主とした食葉害が毎年発生している。このように山形県内では突発性の森林被害も一般県民から通報があるほどのレベルで発生している。頻発する森林被害に対しては、「突発性森林病虫獣害の調査」、「急激な被害をもたらす森林病虫獣害の調査」事業により、2008～2014 年の年度末に被害別に県民に対してホームページなどで報告している。今回は、前述の両調査事業

で報告した内容のうち、ウエツキブナハムシを主に 2007～2014 年までに発生した突発性の森林病虫獣害について報告する。

なお、この報告の一部は、「山形県におけるウエツキブナハムシによるブナ林の被害推移（斉藤ら、2015）⁽³⁾」で発表したものを含む。

II 調 査 方 法

1. ウエツキブナハムシの森林被害に関する調査

1) ウエツキブナハムシによる山形県での森林被害の経過

ウエツキブナハムシによるブナの食葉害の調査は、ブナ林の多くが国有林を中心に発生しているため、2007～2014 年に東北森林管理局にお

ける被害調査資料を提供いただいた。これに民有林での調査結果を合せて5倍地域メッシュ(2次メッシュ=1/25,000の地形図の縦・横ともに2分割したもの)をベースとした。メッシュ図への被害の有無の表示については、目視による調査であるため、被害木が1本でも発見された場合は付近にも被害木がある可能性があるので、こうした場合も被害地のメッシュを塗りつぶして被害位置図を作成した。被害面積は、1メッシュの大きさ、158haを単位としてメッシュ数を乗じた数値を各年の被害面積とした。

2) ウエツキブナハムシによる森林被害と気温の関係

被害に関与する要因を検討するために、気象庁アメダスデータのうち、被害の中心になった月山山麓にある大井沢観測所の日平均気温を月別に整理して被害との関係をみた。

ウエツキブナハムシの天敵のうち、殺虫効果が観察されているのがボーベリア菌(*Beauveria* sp.)である⁽⁴⁾。そのうち、松材線虫病の媒介者であるマツノマダラカミキリなどの甲虫類に対して殺虫効果が高い *Beauveria bassiana* は、ウエツキブナハムシの天敵として考えられている。*Beauveria bassiana* の生育適温は、18～28℃であり⁽⁵⁾、この温度範囲以外では天敵としての効果は発揮されない。そこで、*Beauveria bassiana* の生育適温 18～28℃の温度条件に注目して、被害地において生育適温が年度別にどのように変化するか試算した。温度の試算には、被害が激化した月山山系に一番近いアメダス観測所である、山形県西村山郡西川町大井沢(北緯 38 度 23.4 分、東経 139 度 59.6 分、標高 440m)の日平均気温を基準とした。被害林における日平均気温は、月山山系のブナ林の平均的な標高 700m であるので、100m 標高が上昇するごとに 0.55℃低下することとし^(6, 7)、大井沢のアメダスデータから 1.43℃を差し引いた値を被害地での日平均気温とした。ウエツキブナハムシは融雪とともに土中から林内に出てきて生活することから、この期間にあたる 4～10 月の被害地における 18～28℃の日平均気温を積算して天敵の *Beauveria bassiana* の生育環境がどの程度良好だったかと

いう指標にした。日平均気温のデータは被害前年の 2006 年から、被害がほぼ終息した 2014 年の日平均気温をもとに、年変動と被害面積の関係を解析した。

2. ウエツキブナハムシ以外の加害に関与する突発性森林病虫獣害の調査

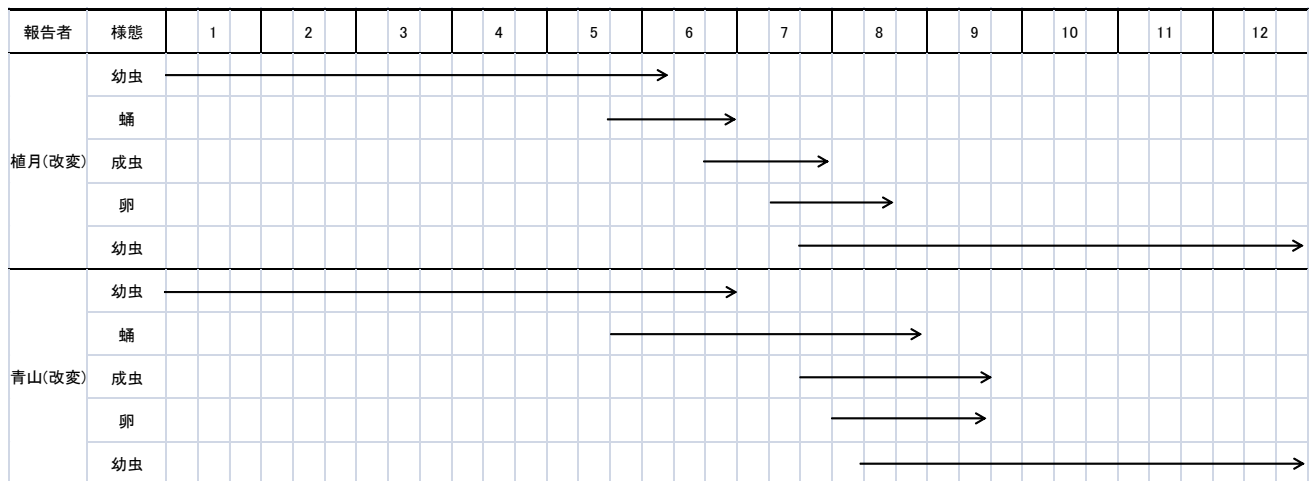
調査は、2009～2014 年において、一般県民や総合支庁の林業改良普及員からの通報、東北森林管理局での被害調査、年間 3 ヶ月に 1 度、年 4 回県内全域で被害調査をしている山形県森林研究研修センターの調査担当の目視によって観察された森林被害について、現地で詳細な調査を実施した(加害に関与する森林病虫獣害の種類、被害程度、被害市町村、被害の特徴など)。調査結果は、加害生物ごとに被害発生年や被害地域などについての一覧表を作成した。

Ⅲ 結果と考察

1. ウエツキブナハムシによる森林被害

1) ウエツキブナハムシの生態

ウエツキブナハムシは、1952～1957 年に岡山県で発生したのが日本で最初の記録である^(8,9)。ウエツキブナハムシの成虫は、体長 6.5mm 内外、体形は両側がやや平行で細長く、体色は濃黄褐色で黄色の短毛がある⁽⁹⁾。ウエツキブナハムシの生活史は、図-1 に示すとおりで、年 1 化の昆虫で、落葉内などで老樹幼虫は越冬し、5 月下旬～6 月上旬に蛹化し、6 月下旬～7 月上旬に羽化して成虫になる。また、食害は葉全体に及ぶとされている⁽¹⁰⁾。しかし、青山⁽⁴⁾の報告によれば、2007 年から被害が発生した山形県の月山山麓で飼育したところ、幼虫は 8 月中旬～9 月中旬まで食害して、9 月上～中旬に土中で蛹室を作って老熟幼虫で越冬、翌年初夏に蛹になり、7 月末から 8 月に成虫が羽化・産卵すると記されている。山形県の月山地域は、北方に位置するため、幼虫の土壌への移動時期、蛹の時期、成虫の初発時期とはずれが生じる可能性があるものと考えられる。



図－1 ウエツキブナハムシの生活史（植月(1955), 青山(2009)を改変）

2) ウエツキブナハムシによる山形県での森林被害の経過

山形県内におけるウエツキブナハムシによる被害面積を併記した被害位置図を図－2、地域別の被害メッシュ数を表－1 に示す。

・**2007 年** 月山山系北西の鶴岡市（旧朝日村）の国有林内にある黒森山周辺で約 1,738ha の被害が発生した。

・**2008 年** 月山山系の鶴岡市（旧朝日村）の国有林内における被害は周辺に爆発的に拡大し、黒森山周辺の他、虚空蔵岳周辺、湯殿山周辺から月山南西麓、八久和ダム周辺、大鳥川周辺、大井沢周辺におよび、鳥海山での被害も観察され被害面積も 20,382ha に急増した。

・**2009 年** 被害 3 年目の月山山系の庄内地方、2 年目の鳥海山系と月山山系の内陸地方では、被害が激化・増大した。

村山地方では村山葉山を中心とした村山市・大石田町での被害が発生した。

西置賜地方では、置賜葉山を含む朝日山系の長井市で被害が発生した。

被害は県内全域に広がる兆候を見せ、被害面積も 31,442ha に増加した。

・**2010 年** 被害 4 年目の月山山系の庄内地方、3 年目の鳥海山系と月山山系の内陸地方では、被害がさらに激化・増大した。

村山地方では村山葉山を中心とした村山市・大石田町での被害が拡大した。

最上地方は国有林内で、真室最上町・新庄市・

舟形町で被害が観察された。

西置賜地方では、朝日山系において被害が拡大した。被害は県内全域に広がり、被害面積は 118,500ha と 2007～2014 年の最大の被害に達した。

・**2011 年** 被害 5 年目の月山山系の庄内地方、4 年目の鳥海山系で集団葉枯れの程度が沈静化してきたように観察された。それに対し、被害から 4 年目の月山山系の内陸地方では、被害が拡大・激化した。

村山地方では村山葉山を中心とした村山市・大石田町での被害も激化し、東根市・寒河江市でも被害が拡大した。

最上地方は、2010 年に真室川町・金山町・最上町・新庄市・舟形町で被害が観察されていたが、2011 年は金山町・最上町の国有林での発生にとどまった。

西置賜地方では、朝日山系では被害が激化し、国道 113 号線の南側＝飯豊山系の一部でもわずかな被害が観察された。その他、長井市・飯豊町の低山帯のブナでも被害が見られた。

被害地は、月山・鳥海山系で終息のきざし、村山葉山と朝日山系は激化、飯豊山系のふところまで被害が迫る状況で、全県に被害が拡大した被害は全体しては始めて減少傾向になった。2011 年の被害は 97,486ha と昨年よりはやや減少した。

・**2012 年** 被害 6 年目の月山山系の庄内地方、5 年目の鳥海山系で若干のブナの葉の食害はあつ

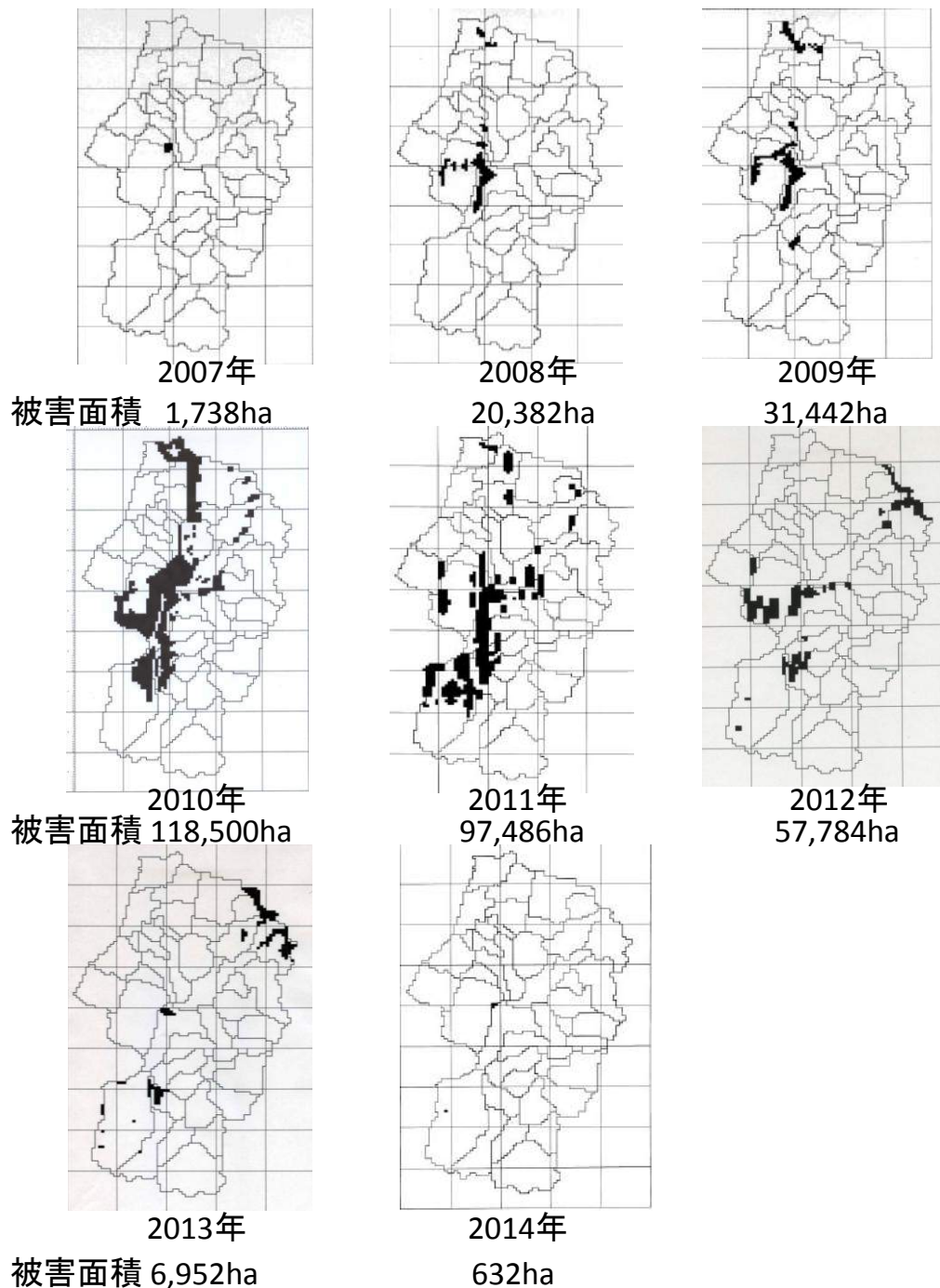
たが集団葉枯れは確認されなかった。しかし、被害から 5 年目の月山山系の内陸地方では、被害は沈静化してきたものの継続して発生した。

村山地方では村山葉山を中心とした被害も沈静化したが、寒河江市では被害が若干観察された。

最上地方は 2011 年に減少したが 2012 年は最

上町・金山町などの県境付近を中心とした地域で被害が激化した。

西置賜地方では、朝日山系では 2011 年と比較すると被害はかなり沈静化したが白鷹町・長井市での被害は継続した。一方、2011 年に国道 113 号線の南側＝飯豊山系の一部、小国町の横根や飯豊山麓でもわずかな被害が観察された。



図ー2 山形県におけるウエツキブナハムシによる被害面積と被害位置

表－1 ウエツキブナハムシによる食害を受けたメッシュ図(図－2)におけるメッシュ数

地域／年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
庄内		11	74	121	468	148	95	0	1
村山		0	55	61	172	211	88	11	2
置賜		0	0	11	124	214	43	40	1
最上		0	0	0	92	57	85	106	0
メッシュ合計	0	11	129	193	856	630	311	157	4

被害は全体的には沈静化してきたように見えたが、宮城県・秋田県・岩手県境の栗駒山系では、被害が数県またいで激化した。2012 年の被害面積は 57,784ha で昨年の約 60%に激減した。

・**2013 年** 発生から 7 年目を迎える月山山系の庄内地方、6 年目の鳥海山系で食害は確認したが、集団葉枯れは確認されなかった。しかし、発生から 6 年目の月山山系の内陸地方では、被害は沈静化してきたものの月山第一トンネル付近で継続して発生した。月山山系では沈静化の傾向が加速した。

村山地方では村山葉山を中心とした被害は確認されず終息と考えられた。

最上地方は、2012 年に最上町・金山町などの県境付近を中心とした地域で被害が激化した。2013 年は宮城・秋田・岩手の県境付近にある真室川町・最上町・金山町・新庄市での被害が継続して発生した。

西置賜地方では、朝日山系の長井市・白鷹町、および 2011 年から微害が継続する飯豊山系の小国町において、被害が若干確認された。

山形県全体では被害が沈静化してきたように見えるが、宮城県・秋田県・岩手県境の栗駒山系では被害が数県またがった形で激化している。

2013 年の被害面積は 6,952ha で昨年の約 12%で昨年の激減傾向が継続した。

・**2014 年** 被害 8 年目の月山山系の庄内地方で、ブナの葉の食害が若干確認される程度であった。また、被害から 7 年目の月山山系の内陸地方では、食害は無く、月山山系での被害はほぼ終息した。

村山地方の村山葉山を中心とした地域でも 2 年続けて被害はなかった。

最上地方は 2013 年に宮城・秋田・岩手の県境付近にある真室川町・最上町での被害が減少しながらも継続したが、2014 年は確認されず、一気に被害は終息したものと考えられた。

西置賜地方では、朝日山系では 2 年継続して観察されなかったが、2014 年は荒川流域の一部でわずかに被害が確認された。

山形県における被害はほぼ終息したものとみられた。また、2013 年まで被害が激化していた宮城県・秋田県・岩手県境の栗駒山系では 2014 年に被害は確認されず、岩手県の奥羽山系の一部で被害が確認された程度で、東北地方の被害は沈静化の傾向にある。

2014 年の被害面積は、632ha で昨年の約 9%に減少した。

また、2015 年は、被害が確認されず、被害は終息したものと考えられた。

以上が 2007～2015 年までの被害状況の経過である。ウエツキブナハムシによる森林被害が月山山系では 8 年、鳥海山系・朝日山系では 5 年にわたって被害が継続した。この間、県内の被害地においてブナの枯死木は観察されなかった。

ハムシ類の被害は突発的な場合が多く、2～3 年で終息するケースが多いが⁹⁾、今回のウエツキブナハムシによるブナの食害が 8 年間も継続した例はないものと考えられる。

3) 森林被害の長期化と気温の関係

ウエツキブナハムシによる被害が長く継続した月山山系における温度変化について、山麓の西川町大井沢観測所（標高 400m）における 2004～2014 年の 4～10 月の月平均気温のアメダスデータを図－3 に示した。

観測所の大井沢は標高が 440m で標高 400～

1,000m のブナ帯の最下部にあたる。*Beauveria bassiana* の生育適温は、18～28℃であるが、大井沢ではこの温度範囲に該当するのは年度による差はあるもののおおむね6～9月であった。ウエツキブナハムシにとって6～9月は、土中から成虫が這い出し、産卵して幼虫が羽化して成育する時期にあたる。*Beauveria bassiana* は、土中でウエツキブナハムシに感染し、土から出てきた成虫が菌にまかれて死亡する様態は青山らが観察している⁽⁴⁾。よって、この時期に気温が *Beauveria bassiana* の生育適温とされる 18～28℃であれば天敵による個体数調整が行われることが予想される。

そこで、ブナ帯の標高 400～1,000m で 2004～2014 年において 4～10 月の間で 18～28℃になる

日平均気温を積算した結果を図-4 に示す。この期間内では、被害面積が最も多かった 2010 年がどの標高でも積算気温が高かった。一方、被害が終息した 2014 年は最も低く、それに次ぐのが最高の被害量になった前年の 2009 年であった。注目すべきは、最高の被害面積の前年の積算気温が極めて低い状態であったことである。2009 年の積算気温(標高:400～1,000m, 224.2～42.4℃)は 2010 年の積算気温(標高:400～1,000m, 399.5～135.5℃)の約 6 割程度しかなかったため、土中から這い出た成虫に対して *Beauveria bassiana* が十分機能せず、結果として 2010 年から増加した個体数の制御ができなくなったとも考えられた。

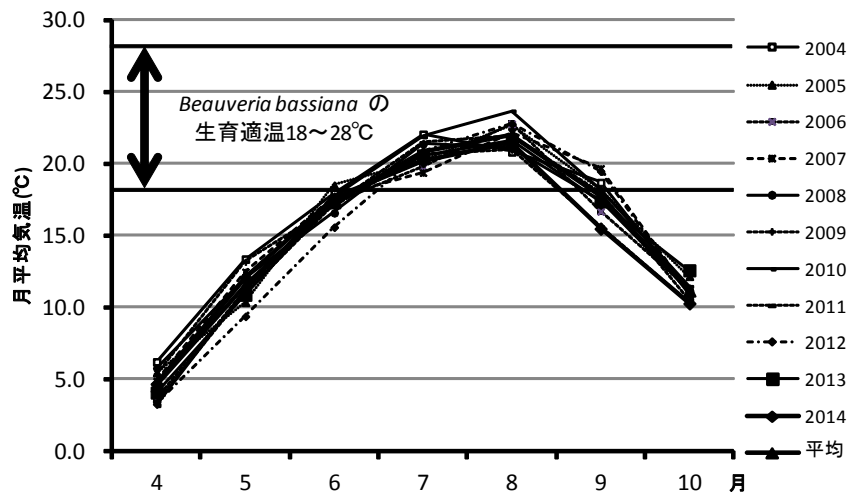


図-3 山形県西川町大井沢アメダス観測地点における 4～10 月の月平均気温 (2004～2014 年)

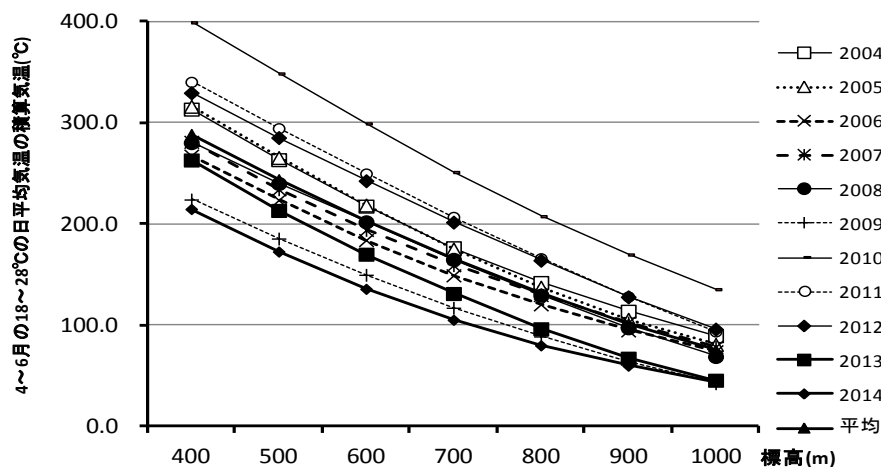
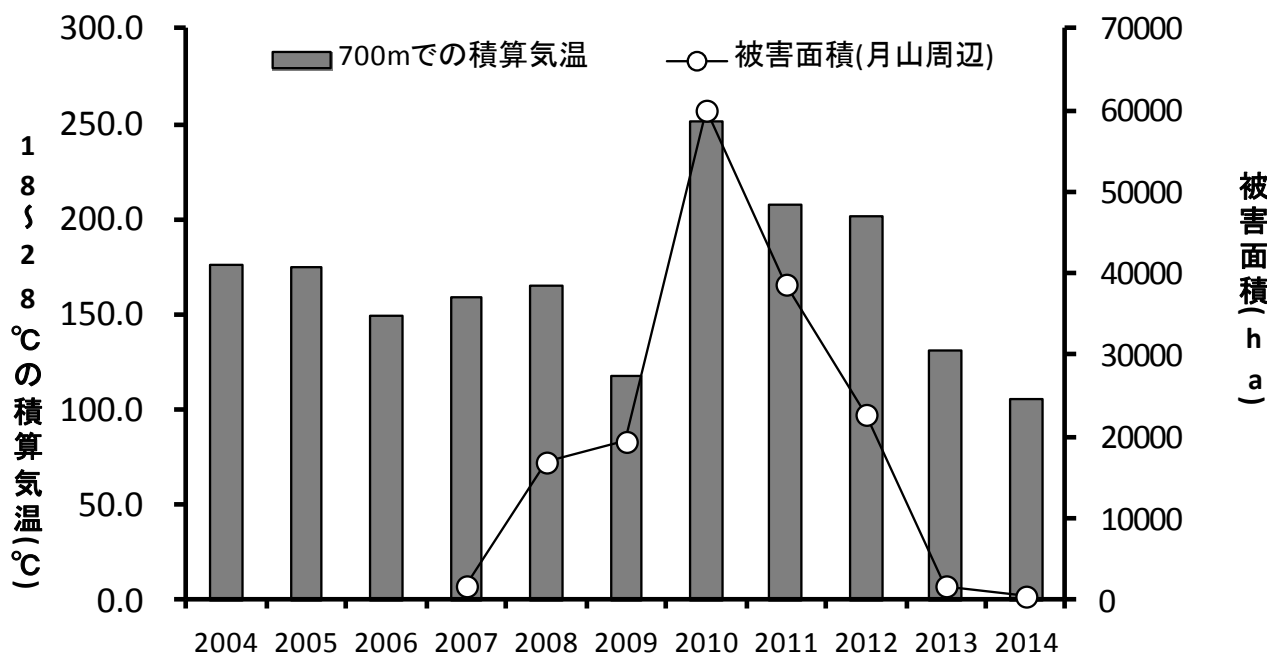


図-4 山形県西川町大井沢アメダス観測地点における日平均気温から標高別に換算した 18～28℃の積算気温 (2004～2014 年)



図ー5 山形県西川町大井沢アメダス観測地点における日平均気温から標高 700m に換算した 18～28℃の積算気温と月山付近の被害面積 (2004～2014 年)

次に、月山のブナ帯の中心標高にあたる標高 700m における 18～28℃の日積算気温と月山周辺の被害面積の関係を表したのが図ー5 である。

積算気温は、2004～2008 年まで 150～170℃くらいで推移したが、2009 年は 117.1℃と非常に低かった。その後、2010～2012 年は 200℃以上と高く、2010 年は期間最高の 250℃になっていた。

被害面積と積算気温の関係をみると、2007 年の被害発生以来、2009 年までは被害面積は微増に留まったが、積算気温が一番高いのにも関わらず 2010 年に爆発的に被害面積は増加した。以降、積算気温が比較的高かった 2011～2012 年には被害面積は激減した。やはり、2010 年に被害面積が激増したのは、前年の 2009 年に積算気温が極端に低かったために *Beauveria bassiana* が良好に生育できずに増加傾向にあった成虫を死亡させられなかったため 2010 年は被害が激増したものと考えられた。また、ウエツキブナハムシの個体数が多かったと推定される 2010～2012 年は積算気温も高かったため、*Beauveria bassiana* の生育が良好で死亡数を増やすことができたため

被害面積も減少したと考えられた。

被害の増減については、その他の要因も大いに関与していることが予想される。たとえば、被害を受け続けたブナは自己防御のために何らかの忌避物質や忌避効果を発現して被害を軽減していく可能性もある。たとえば、清野ら⁽¹¹⁾は、化学的防御に関わる物質として縮合タンニンと総フェノール、物理的防御として葉の硬さを指標としてブナの開花と被害についての関係を報告している。化学物質による被害防除には有意差はないものの、葉の硬さによる被害防御には差はあるとしており⁽¹¹⁾、天敵のみならず、ブナ自身が持つ防御反応とも被害の全体量の増減は関係がある可能性があるものと考えられる。

今回の被害の増加や終息の原因を決定的に説明する要因を特定することは困難だが、気象に由来する生物相互間のズレによってもたらされる場合もあるものと考えられ、今後の被害の発生や増減の予測にも反映できる可能性があるものと考えられる。

表－２ 山形県内で発生した突発性森林病虫獣害（2009～2014 年）

大分類	中分類	小分類	標準和名・病名等	被害樹種	被害区分	被害部位	地域	2009	2010	2011	2012	2013	2014
虫害	昆虫類	鱗翅目	マイマイガ	広葉樹	食葉害	新葉	村山	◎					◎
				カラマツ			置賜	◎					◎
			ヤママユガ	広葉樹	食葉害	新葉	最上	○					◎
							庄内	○					○
							村山	○	○				
			クスサン	広葉樹	食葉害	新葉	置賜	○	○				
							最上						
							庄内	△					
			アメリカシロヒトリ	広葉樹 サクラ類 オニグルミ で激化	食葉害	葉全体	村山		◎	○			
							置賜		◎	○			
							最上		○				
							庄内		◎	△			
			マツカレハ	クロマツ アカマツ	食葉害	主に新葉	村山						
							置賜						
			トウヒツヅリヒメハマキ	アオモリ トドマツ	食葉害	葉	最上						
							庄内						
							村山					◎	○
		鞘翅目	ハンノキハムシ	主にヤマ ハンノキ	食葉害	葉全体	村山	△	○	◎	◎	◎	○
							置賜	○	○	◎	◎	○	○
							最上	△	○	○	◎	○	○
							庄内	△	○	◎	◎	◎	○
		半翅目	アカアシノミゾウムシ	ケヤキ	葉吸汁害	主に新葉	村山	△	△	○	◎	○	○
							置賜						△
							最上	△					
							庄内					○	△
獣害	野生動物	サル	ニホンザル	ケヤキ・イヌ エンジュ・そ の他広葉樹	食害	梢端	村山				◎		
						樹幹	置賜	△	△	△	△	△	△
		ウサギ	ノウサギ	クロマツ	食害	造林木の 梢端	最上						
							庄内	○	◎	◎	○	△	△
病害	菌類		赤斑葉枯れ病	アカマツ	葉枯れ 被害	当年生枝 から葉全 体	村山	○	○	○	○	○	○
				クロマツ			置賜	△	△	△	△	△	△
			小黑紋病	モミジ類	葉枯れ 被害	当年生枝 から 葉全体	最上	△	△				
							庄内						
			黒粒葉枯れ病	スギ	葉枯れ 被害	主に 当年生枝	村山			○	△	△	△
							置賜			○	△	△	△
							最上			△	△		
							庄内			◎	○	△	△

注) ◎：複数の市町村で発生し被害が著しい場合

○：複数の市町村で発生しているか被害が集中して観察された場合

△：発生市町村が単数か被害が最少に観察された場合

上表にはウエツキブナハムシ被害、ナラ枯れ被害、カツラマルカイガラムシ被害、クマハギ被害は記載していない

2. ウエツキブナハムシ以外の加害に関与する 突発性森林病虫獣害

調査期間の2009～2014年において発生した突発性の森林病虫獣害に関わる加害生物と特長について表-2に示した。

虫害ではほとんどが食葉害であった。加害生物は鱗翅目では、広葉樹を中心にマイマイガ(カラマツも被害あり)・クスサン・ヤママユガ・アメリカシロヒトリ、マツ類でマツカレハ、アオモリトドマツにはトウヒツヅリヒメハマキであった。鞘翅目は、ナラ枯れ被害を除いて、前述のブナのウエツキブナハムシ、ヤマハンノキを中心にハンノキハムシ、ケヤキではアカアシノミゾウムシ、半翅目は被害が継続して発生しているカツラマルカイガラムシの他に、ケヤキのケヤキフシアブラムシであった。

病害は、マツ類で赤斑葉枯れ病、モミジ類は小黑紋病、スギでは黒粒葉枯病であった。

獣害は、ニホンツキノワグマによるスギの剥皮害を除いて、ケヤキやイヌエンジュでニホンザルの剥皮害、人工植栽した海岸クロマツにはノウサギの主幹を主とした食害が発生した。

これらの被害では枯死する被害木はほとんど認められないが、2013年から発生したアオモリトドマツに対するトウヒツヅリヒメハマキの食害は激烈で被害木の樹勢衰退は著しいため今後もきめ細かい観察と対応が必要だと考えられた。

調査当初は、2～3年で終息する被害を突発性と考えていたが、被害の発生は同じ地域で3～5年続くものや年度で地域が変わって発生するものなど一概に突発性森林病虫獣害の被害として表すことが難しいことが分かってきた。今後は急激な被害をもたらす森林病虫獣害として位置づけ定期的な調査を継続していく。

IV ま と め

本研究では、2007～2014年に山形県内で発生したウエツキブナハムシなど突発性の森林病虫獣害について、被害経過と被害内容の記録として報告した。

こうした被害は、再度発生するため、今回の

調査記録が次代の参考になることを期待する。調査は今後も継続され、激害になり生立木で枯死が発生したり、現状の被害では成林が望めないと判断されるものは、順次、適切な既往の防除方法を活用して対応したり、新たな防除技術の開発も必要であると考えられる。

本調査は、2009～2014年度の林野庁林業普及情報活動システム化事業によって実施した。

なお、本調査にあたっては、東北森林管理局、山形県内の林業改良普及員、被害が発生した森林行政担当の市町村職員からお世話になったのでお礼を申し上げる。

V 引 用 文 献

- (1) 斉藤正一・柴田銃江(2012)山形県におけるナラ枯れ被害林分での森林構造と枯死木の様態．日本森林科学会誌 94：223-228.
- (2) 斉藤正一・上野 満(2014)カツラマルカイガラムシによる広葉樹被害の温度上昇に伴う被害予測と予防方法．林業と薬剤 No.207：7-16.
- (3) 斉藤正一・上野 満・高橋 文・箕口秀夫(2015)山形県におけるウエツキブナハムシによるブナ林の被害推移．森林防疫 64(5)：13-19.
- (4) 青山一郎(2009)朝日山地森林生態系保護地域周辺におけるウエツキブナハムシの被害発生状況について．平成20年度東北森林管理局森林・林業技術交流発表集：32-36.
- (5) 豊嶋悟郎(2009)複合性フェロモン剤と土着天敵を利用したキャベツ害虫の体系化防除技術．農業・食品産業技術研究機構編 生物機能を活用した病虫害・雑草管理と肥料削減 最新技術集：114-120.
- (6) 和辻清夫(1961)気象の事典．572pp.東京堂，東京．
- (7) 斉藤正一・中村人史・後藤 徹(2003)山形県におけるカシノナガキクイムシの初発日の予測．東北森林科学会誌 8：99-101.
- (8) 植月景雄(1955)ウエツキブナハムシの形態経過習性に関する調査．森林防疫ニュー

ス 4 : 240-243.

(9) 植月景雄 (1956) ウエツキブナハムシの被害について. 森林防疫ニュース 5 : 73-74.

(10) 竹谷昭彦・小林富士雄編 (1994) 森林昆虫 総論・各論. 567pp.養賢堂. 東京.

(11) 清野陽介・小山浩正・高橋教夫 (2012) ブナに対するウエツキブナハムシの被害程度と開花頻度の関係—防御と繁殖のトレード・オフ—. 平成 22 年度東北森林管理局森林・林業技術交流発表集 : 114-119