

青森県屏風山における海岸林の林分構造について

森林技術・支援センター 森林技術専門官 増田悠介

1. はじめに

津軽半島の鰺ヶ沢町から市浦の十三湖河口までの海岸一帯とクロマツ林を併せ、その面積約4,900haを総称して屏風山と呼んでいる。青森県屏風山海岸林は津軽半島の日本海に面する七里長浜に沿って南北に展開する砂丘に造成されたものであり、そのほとんどはクロマツとカシワを主体とした林分である。屏風山海岸林は今から約330余年前の藩政時代から潮害や飛砂等を防止するためにクロマツ等を植林していき、幾多の失敗や苦労の末に現在の海岸林に至っている。また、所有形態には様々な変遷があったものの、現在、海岸汀線から平均幅員600m、延長18キロ、面積はおよそ1000ha（図－1）について国有林で管理経営している地域であり、後方の民有林海岸林、農耕地及び集落に対する潮風、飛砂防止のため重要な役割を果たしている。

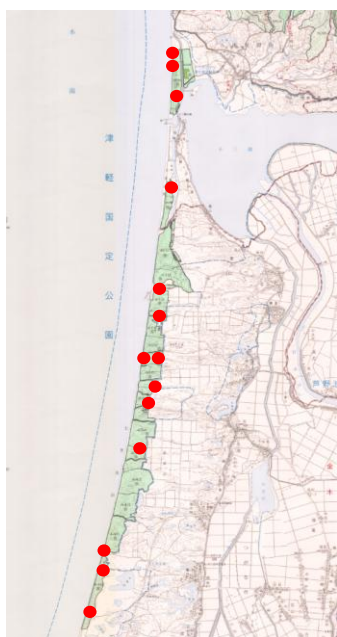
しかしながら、平成27年度に屏風山海岸林の南端から南へ約12キロ地点で松くい虫被害が発生し、防除対策が行われているところである。松くい虫被害が拡大した場合、甚大な被害となることが予想される。被害対策並びに健全な海岸林の機能を発揮させる手法として、広葉樹への樹種転換が考えられるが、伐採を伴うこと等から、現在の屏風山海岸林の林分がどのような状態になっているかを把握するために、海岸林の林分構造について調査した。



図－1 屏風山位置図

2. 調査方法

調査地は青森県津軽半島の日本海に面している屏風山地域で、屏風山全域を網羅できるように25カ所を選定した。調査箇所は、海からの潮風の影響があると思われる汀線から1キロ以内の海岸林（国有林のみ）とした。1ヶ所あたり20m×25m（500㎡）の方形プロットを設け、プロット内に出現する胸高直径4cm以上の全立木について調査を行った。調査項目として、本数、樹種、樹高、胸高直径を測定し、形状比及び胸高断面積合計から相対優占度を算出した。また、プロットから汀線までの距離についても調査した。



図－２ 調査箇所位置図



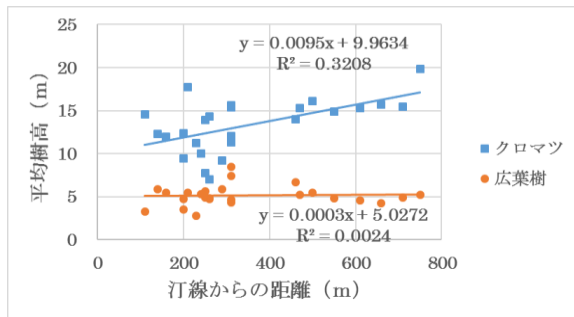
図－３ 調査現況

３．結果および考察

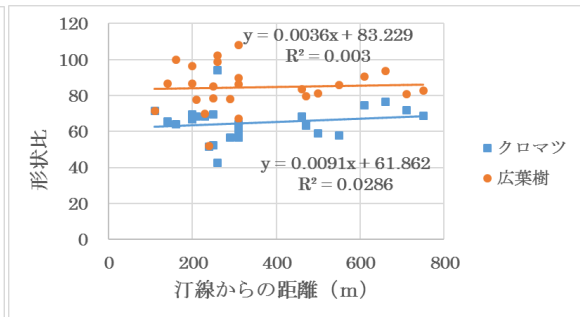
２５カ所のプロットで調査した結果、調査結果は表－１のとおりであった。クロマツの平均樹高は、7m～20m、広葉樹の平均樹高は3m～8.5m。クロマツの本数割合は、5%～97%、広葉樹の本数割合は3%～95%であった。また、クロマツの相対優先度は、14%～99.7%、広葉樹の相対優先度は、0.3%～85%であった（表－１）。その広葉樹の中で、相対優先度が比較的高かったものが、ニセアカシア、オオヤマザクラ、カシワであった。

番号	クロマツ						広葉樹						種数	汀線距離 (m)
	本数 (本)	平均樹高 (m)	平均胸高 直径(cm)	胸高断面 積合計 (cm ²)	相対優 占度 (%)	形状比	本数 (本)	平均樹高 (m)	平均胸高 直径(cm)	胸高断面 積合計 (cm ²)	相対優 占度 (%)	形状比		
1	62	11.97	19.45	19512	99.68	64.14	2	5.50	6.00	63	0.32	100.00	1	160
2	75	12.35	19.15	24071	98.60	69.54	26	3.54	4.08	342	1.40	86.54	4	200
3	60	13.95	21.45	23827	95.99	69.52	18	5.67	6.78	996	4.01	85.19	3	250
4	38	15.34	26.47	21944	88.50	60.21	26	8.46	9.08	2853	11.50	108.10	3	310
5	49	15.65	26.29	29016	94.48	63.35	26	7.42	8.31	1696	5.52	89.67	4	310
6	51	12.08	21.92	19984	97.16	56.75	16	4.63	6.00	584	2.84	86.09	3	310
7	55	7.00	17.27	13851	99.12	42.62	6	4.83	5.00	123	0.88	98.61	3	260
8	54	9.17	17.00	13418	85.05	56.70	38	5.89	8.05	2359	14.95	77.97	5	290
9	69	7.72	16.03	15743	89.75	52.25	40	4.90	6.80	1797	10.25	78.52	3	250
10	76	11.20	17.39	19915	99.69	68.33	5	2.80	4.00	63	0.31	70.00	2	230
11	96	9.42	14.81	17954	99.06	66.69	8	4.75	5.00	170	0.94	96.35	3	200
12	31	16.10	28.13	20175	89.66	59.12	30	5.47	7.40	2328	10.34	81.28	5	500
13	38	15.32	25.53	21259	95.07	63.33	29	5.24	6.69	1103	4.93	79.71	3	470
14	59	15.73	21.22	22343	92.32	76.63	77	4.29	4.83	1860	7.68	93.71	7	660
15	66	15.30	21.09	24473	92.37	74.56	67	4.55	5.36	2021	7.63	90.41	7	610
16	71	11.30	18.68	21265	89.31	64.05	37	4.32	7.03	2545	10.69	67.30	4	310
17	39	14.90	26.36	22626	92.83	57.92	59	4.78	5.69	1747	7.17	85.86	7	550
18	52	15.48	22.15	21181	88.77	71.90	80	4.89	6.08	2680	11.23	80.95	7	710
19	38	13.97	21.47	14803	91.04	68.43	17	6.71	8.71	1458	8.96	83.34	6	460
20	30	19.87	30.00	22638	94.23	68.63	25	5.24	6.64	1385	5.77	82.67	8	750
21	43	17.70	26.70	25183	97.16	68.37	14	5.43	7.71	735	2.84	77.56	2	210
22	91	14.33	15.93	19582	98.48	94.24	16	4.75	4.75	302	1.52	102.08	3	260
23	65	14.55	21.66	25912	98.45	71.27	21	3.29	4.76	408	1.55	71.43	2	110
24	4	10.00	19.00	1169	14.67	51.67	74	5.31	10.54	6798	85.33	52.11	2	240
25	51	12.25	20.39	18642	95.23	65.67	18	5.83	7.44	933	4.77	86.69	2	140

表－１ 調査結果表

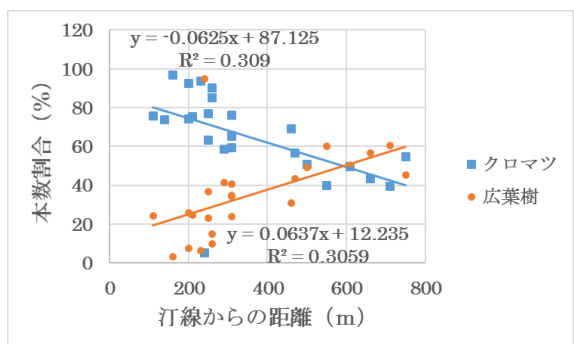


図－４ 平均樹高と汀線距離

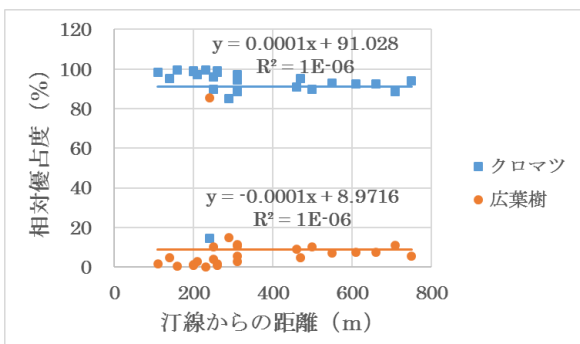


図－５ 形状比と汀線距離

調査結果から、クロマツと広葉樹のそれぞれの平均樹高と汀線からの距離の関係をみると、汀線から離れるほどクロマツの平均樹高は高くなるという傾向が見られた（図－４）。これは他の全国の海岸林においても、同じ傾向であり、屏風山においても同様であった。一方、形状比と汀線からの距離の関係をみると、汀線から離れるほど形状比は高くなる傾向があった（図－５）。

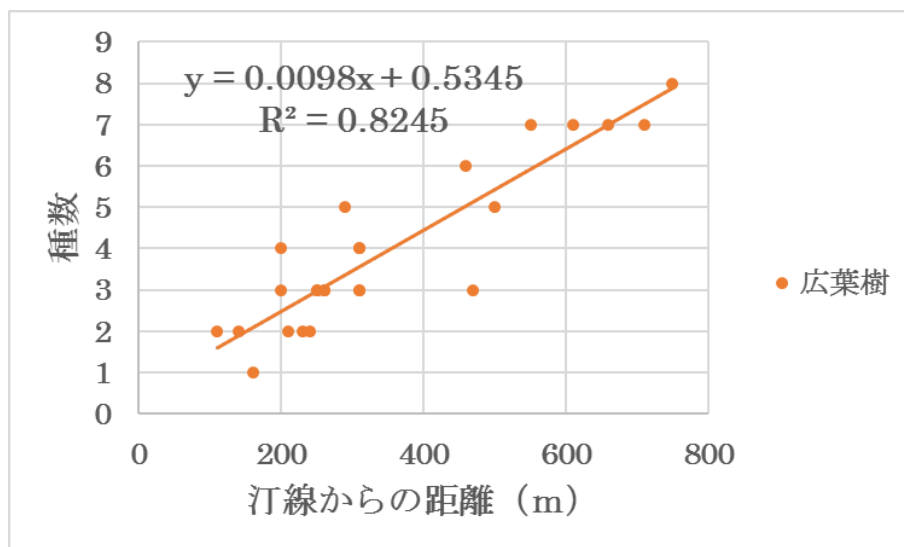


図－６ 本数割合と汀線距離



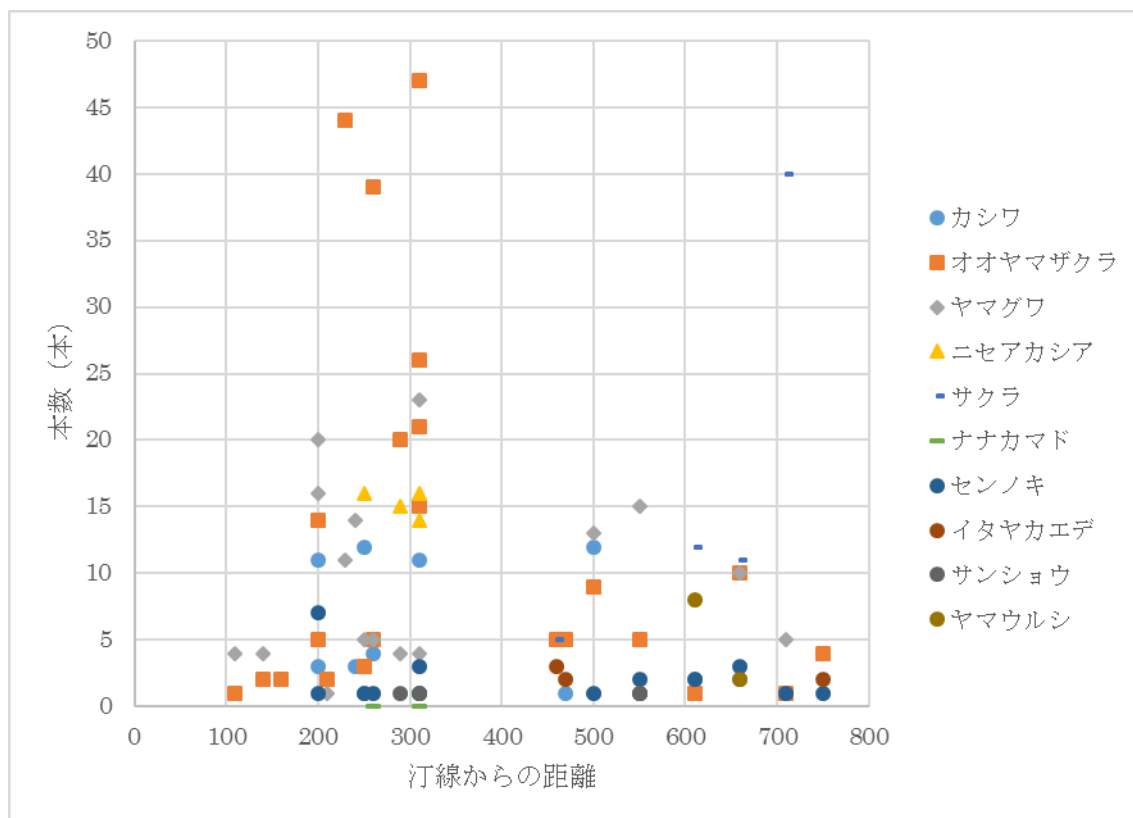
図－７ 相対優占度と汀線距離

本数割合と汀線からの距離の関係をみると、汀線から離れるほど、広葉樹の本数割合は高くなるという傾向が見られた。それに伴い、クロマツの本数割合は低くなった（図－６）。この結果は汀線に近いほど潮風の影響が強いことから、耐塩性のあるクロマツが多くなり、汀線から遠いほど潮風の影響が少ないことから、耐塩性の低い広葉樹が生育しやすい環境になり、本数が増えたと考えられる。一方、相対優占度と汀線からの距離の関係をみると特に関係性は見られなかった（図－７）。



図－８ 種数と汀線距離

種数と汀線からの距離の関係をみると、汀線から離れるほど広葉樹の種数は増えるという傾向が見られた（図－８）。汀線から遠いほど潮風の影響が少ないことから、耐塩性の低い広葉樹が生育しやすい環境になり、多様な樹種が侵入したと考えられる。



図－９ 本数と汀線距離

青森県屏風山における海岸林の林分構造をみると海岸前線部で、耐潮性が高いと思われるカシワ、ニセアカシア、ヤマグワ、オオヤマザクラ等が生育している林分があり、内陸部に進むにしたがい、ある程度耐潮性があり高木性のイタヤカエデ等が生育している林分へ変化していく傾向がみられた（図－9）。このことから、屏風山において、海岸林をクロマツ林から広葉樹林へ樹種転換をしていく場合には、これらの汀線からの距離に応じた広葉樹の樹種選択をしていくことにより、迅速かつ確実な樹種の転換につながっていくと考えられる。

4. 今後の展望

屏風山の林分構造調査では、ヤマグワ、オオヤマザクラなどの広葉樹が前線部にあり、汀線から離れるにしたがい広葉樹の種類が増加していることが明らかになった。これらのことから、今後、風速・風量・塩分量等の立地環境を調査し、広葉樹植栽木の活着、成長量の調査と併せ、立地環境に応じた適正樹種を明らかにしたい。

今後は、技術開発課題として、上記の調査を行い、被害対策経費の軽減に効果のあるゾーニングや病虫害等に強い海岸林を効率的に育成するために必要な基礎データを取得していきたい。

5. 参考文献

- (1) 青森営林局（1956）．屏風山．
- (2) 立石友男（1973）．津軽屏風山国有林の成立とその解放－官地民木林についての事例的研究．
- (3) 今 純一（1977）．海岸林の現況調査（2）．
- (4) 林野弘済会青森支部（1986）．樹齢百年－青森営林局の一世紀－．
- (5) 和田 覚・白沢 芳一（1998）．秋田県における海岸広葉樹林の林分構造．
- (6) 鱒ヶ沢営林署（1998）．みどりのなす砂丘屏風山保安林制度 100 周年記念誌．
- (7) 山中典和・川崎絵里子・玉井重信（2005）．鳥取県における海岸クロマツ林の林分構造と広葉樹の侵入状況．
- (8) 今 純一（2007）．海岸林用樹種の植栽結果について．

平面的クローン成長に着目したブナ林床での

チシマザサの一斉更新過程

¹秋田県立大学 ²山形大学

○工藤恵梨¹ 松尾歩¹ 金子悠一郎² 富松裕² 蒔田明史¹

1 はじめに

典型的なクローナル植物であるササは、光環境が不均一な林床にしばしば密な群落を形成する。ササが林床に密生することで林床の光環境が悪くなり、樹木実生の更新が阻害されることや、林業現場においてササの制御が必要とされること等から、どのように密な群落を形成するのかといったササの生態を明らかにすることは重要である。ササは地下茎による平面的な分布拡大(クローン成長)によって光環境の不均一な林床に密生する。これは、地下茎を通じて同化産物や養分などの資源の転流が可能なため、林床のように資源が不均一に存在する環境下であっても効率的に資源利用ができるからだとされている。こうした特性は、一斉開花枯死後のササ群落の回復にも寄与しているのだろうか？

本研究では、平面的なクローン成長に着目し、更新過程のササを調査区内で発芽した定着ジェネット(以下、“定着”)と周囲から地下茎により侵入してきた侵入ジェネット(“侵入”)に分け、一斉更新過程における平面的なクローン成長の役割を解明するために次の3点を明らかにした。①林冠状態の違いによってササ群落回復への“侵入”の寄与は異なるか？②閉鎖林冠下には大きなジェネットが侵入したか？③“侵入”は明るい場所から侵入して来たのか？

2 調査地および方法

調査は、1995年にチシマザサが一斉開花枯死した秋田県十和田湖南岸域のブナ林内で、林冠状態の異なる3区に設置された3x3mの調査区の2反復計6区で行った(閉鎖林冠下: DC1・2、半閉鎖林冠下: DM1・2、ギャップ: DG1・2)。この調査区では2005年に回復状況調査として、更新したササ稈の位置と太さ、稈齢が記録され、表土剥ぎ取りによって各ジェネットの発生場所(以下、元株)が特定されている。本研究では2015年に①ササ群落の回復状況を知るために、調査区内の全ての稈の生残、太さ、稈齢を測定しマイクロサテライト7遺伝子座によりジェネット識別を行った。②閉鎖林冠下の“定着”・“侵入”両タイプの地下茎の広がりや地上部バイオマスの把握のため、タイプごとに太い稈を持つ5ジェネット2反復を対象とし(n=20)、地下茎の追跡調査を行った。対象としたジェネットの元株を特定し、地下茎の総延長、元株からの各稈の位置、稈の太さ、稈齢を測定した。そのうち“侵入”6ジェネットでは稈直上の光条件を測定し、開地の値から相対値を求めた(相対PPFD)。地上部バイオマスは、稈齢、太さからアロメトリー式で推定した。

3 結果

(1) ササ群落の回復状況

2005 年では 全ての林冠状態で “侵入” が見られた区は 2 区にすぎなかったが、2015 年では全ての林冠状態で認められた(図 1)。また、閉鎖林冠下のバイオマスは 2005 年と 2015 年の両方で他の林冠状態と比較して著しく小さかったが、2005 年から 10 年間のバイオマスの増加は半閉鎖林冠下やギャップでは約 2、3 倍であったのに対し、閉鎖林冠下では約 20 倍も増加した。さらに閉鎖林冠下では、バイオマス中に “侵入” が占める割合は高く、約 8 割を “侵入” が占める調査区もあった。

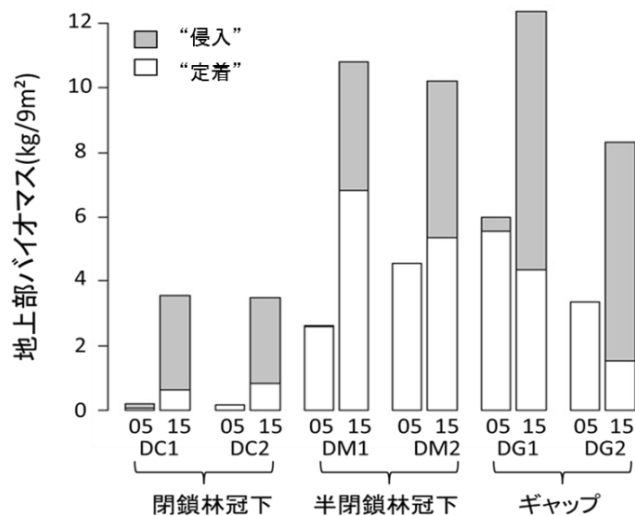


図 1 林冠状態ごとの地上部バイオマスの回復状況

05 : 2005 年、15 : 2015 年の地上部バイオマスを示す。

(2) 閉鎖林冠下における地下茎追跡調査

閉鎖林冠下における地下茎追跡調査の結果、ジェネットあたりの地下茎の総延長や地上部バイオマスは “定着” よりも “侵入” が著しく大きく、最大で地下茎の総延長が約 39.5 m、バイオマスが約 2.6 kg というジェネットも存在した(図 2、3)。さらに、各調査区最大のバイオマスであったジェネット J、T では元株から離れた位置にある稈ほど相対 PPFD は低くなる傾向にあった(図 4)。

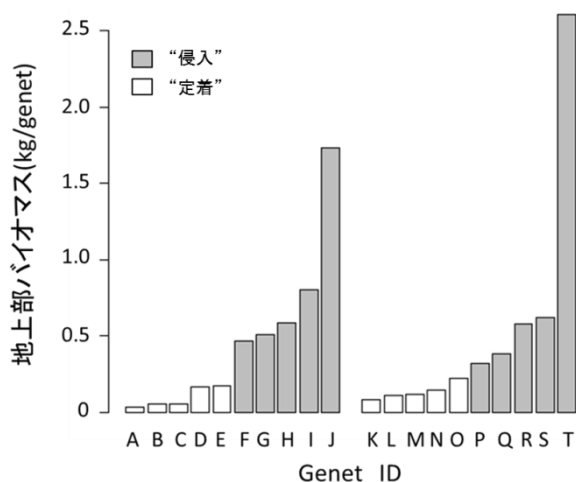


図 2 “侵入” と “定着” の各ジェネットの地上部バイオマス比較

閉鎖林冠下の 2 区(DC1,2)で “侵入”、“定着” で太い稈を持つジェネットを 5 ジェネットずつ選び地下茎を追跡した(n=20)。A~J : DC1、K~T : DC2 のジェネットを示す。

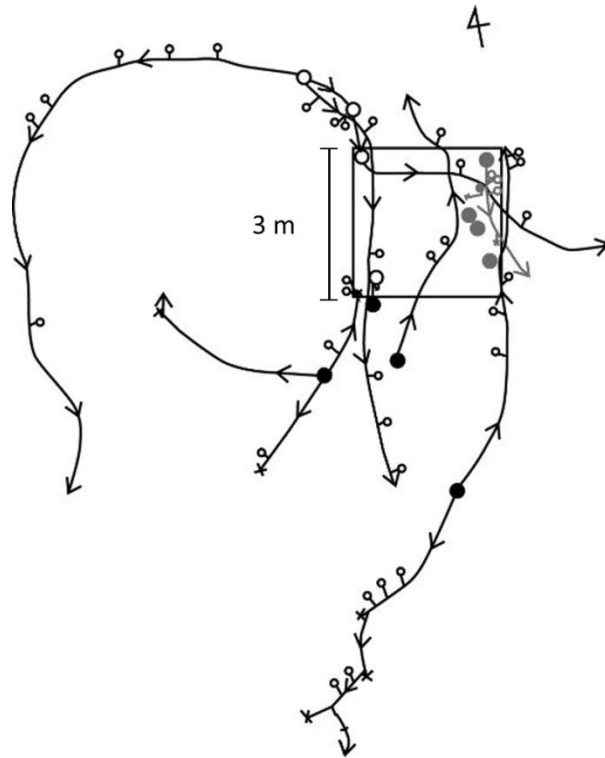
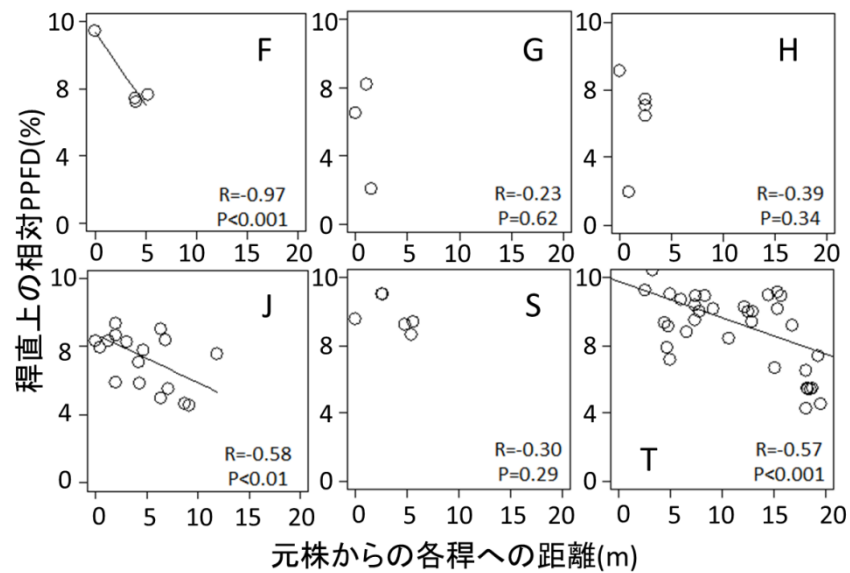


図3 各ジェネットの平面的な広がり

黒色：“侵入”、灰色：“定着”、 α 稈、○：株。線は地下茎の広がりを示し、矢印は地下茎の伸長方向を示す。地下茎の先端にある矢印は伸長を続けていることを示し、×印は地下茎が途中で切れていたことを示す。ジェネットの発生場所(元株)は塗りつぶした。



4 考察

2005 年と 2015 年の地上部バイオマスを林冠状態で比較すると、2005 年の閉鎖林冠下のバイオマスは他の林冠状態よりも小さく、全ての林冠状態でバイオマスが増加した 2015 年でも同様であった (図 1)。このことから、閉鎖林冠下はギャップのような明るい場所よりも回復が遅れていることが判明した。また、2005 年から 2015 年にかけてのバイオマスは閉鎖林冠下が最も増加していたものの、2015 年の閉鎖林冠下のバイオマスに占める“侵入”の割合が高かったことから、閉鎖林冠下のような暗い場所では“侵入”がササ群落の回復に大きく寄与していることが示唆された。

地下茎追跡調査により“侵入”と“定着”の 1 ジェネットあたりのバイオマスとジェネットの空間的な広がり进行比较すると、どちらも“侵入”が大きいことがわかった(図 2、3)。さらに、各調査区の最大のバイオマスであったジェネットにおいて、元株からの距離が離れた稈ほど相対 PPFD が減少する傾向にあった(図 4)。これらのことから、明るい場所で発芽したジェネットが暗い場所に侵入し、大きく分布を拡大していることが考えられる。

以上のことから、ササの更新過程において閉鎖林冠下では成長の良いジェネットによる平面的なクローン成長が大きな役割を果たしている可能性が示された。ただし、この過程において閉鎖林冠下のバイオマス回復に、転流による生理的統合がどの程度寄与しているのか等に関してはさらなる検証が必要である。

津波被害を受けたクロマツ海岸林における 植生回復に対する倒木除去作業の効果

山形大学農学部 ○北澤未玖 ・ 林田光祐

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震による津波は東北太平洋側の海岸林に甚大な被害をもたらした(東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会, 2012)。復興事業で人工盛土を伴う海岸林造成が行われるなかで、被災した仙台市井土浜の海岸林は、自然環境保全地区として植生の自律的回復に委ねられることになったが、その後、流木化を防ぐために倒木の除去作業が行われた。この作業によって海岸植生への負の影響も考えられるが、その一方でニセアカシアの除去や表土の攪乱も起こることから、除去作業が海岸植生の回復やクロマツの天然更新に良い影響を与える可能性もあると考えられる。

そこで本研究では、海岸植生の回復とクロマツの天然更新に対する倒木除去作業の効果を検証し、海岸林の再生技術としての可能性を検討した。

2. 研究の方法

(1) 調査地の概要

調査地は宮城県仙台市若林区井土に位置する約 10ha の海岸林(沼田向山国有林 88 林班う 1 小班+民有林)で、2011 年の津波により、当時約 15 年生のクロマツは半数が流され、幹折れや傾きなどで 9 割以上が枯死した地域である(山中ら, 2012)(写真 1, 3)。その後、被災直後に設定された 2 本のモニタリング調査帯状区のみを残して 2016 年の 2 月に残りの約 8.9ha において倒木除去作業が行われた(写真 2, 4)。この際、クロマツの成長阻害要因として、ニセアカシアもともに除去された。



写真 1. 作業前の調査地(2013 年 8 月撮影)



写真 2. 作業後の調査地(2016 年 8 月撮影)

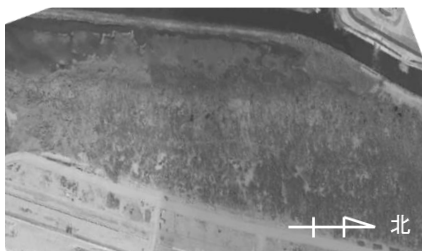


写真 3. 作業前の調査地(2014 年 6 月撮影)

仙台森林管理署より提供



写真 4. 作業後の調査地(2016 年 2 月撮影)

仙台森林管理署より提供

(2) 調査方法

① 調査区と方形区の設定

作業前の林田ら（2014）の調査結果にもとづいて、木本種の個体数が多かった区域（以下、「A 区」とする）と海岸性草本種の種数が多かった区域（以下、「B 区」とする）の 2 区域内で、それぞれ被災直後に設置されたモニタリング調査区内に対照区を設定し、そこに隣接させる形で作業が行われた区域内に作業区を設定した。さらに、作業の行われた区域全域での検討を行うために中央部分（以下、「C 区」）に作業区 1 区を設定し、計 5 区を設置した（図 - 1）。

対照区に隣接させた作業区 2 区は、草本種の栄養繁殖等の影響を考慮し、有堤区側では 21m、無堤区側では 22m 離して設置した。その後、各調査区を地形または優占種や構成種が明らかに異なる区間に目視で区分し、各区間に 2m×2m の方形区を 1 か所ずつ設置した。作業区の方形区は隣接させた対照区と汀線からの距離を合わせた。方形区数は、A 区側が各 15 か所、B 区側が各 12 か所、C 区は 14 か所である。

調査地の地盤高は T. P. +0.7～3.7m で、A 区域の対照区では T. P. +1.4～3.7m、作業区は T. P. +0.9～2.9m、B 区域内の対照区では T. P. +1.2～2.7m、作業区では T. P. +0.7～2.4m、C 区域内の作業区では T. P. +1.2～2.9m であった。

全調査区を対象に植生調査と毎木調査を 2016 年 8～9 月に行った。

② 植生調査

各方形区内に生育している全植物種を対象に、Braun-Blanquet 法による被度・群度を調査した。海岸性植物の定義は、清水（2003）や桑原（2008）の植物種の生育域に海岸・砂丘・砂浜などの記載があるもので、海岸特有とされている種とした。

③ 毎木調査

全調査区の範囲内に生育している木本種の個体すべてを対象に樹高と根元直径を計測した。胸高（1.2m）以上の樹高があるものは胸高直径も測定した。調査した面積は A 区側が各 319m²、B 区側では各 262m²、C 区では 270m²だった。

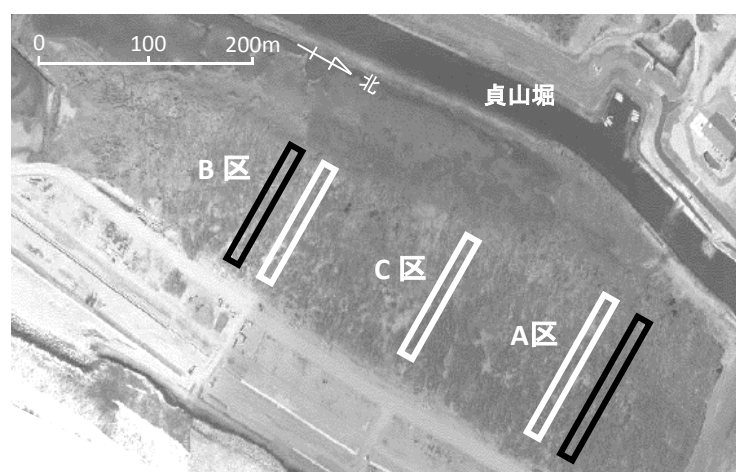


図 - 1 調査地の設定場所

空中写真データ（国土地理院）を加工し、作成した。

白枠の部分が作業区、黒枠の部分が対照区の位置を示している。

3. 結果

全体で 46 種の植物種が出現した。その内訳は、クロマツなどの木本種 13 種、海岸性草本種 12 種、他の草本種 21 種であった。出現種数を作業区と対照区で比較すると、草本種ではあまり差がないものの、木本種の出現種数は対照区の 11 種に対して作業区は 6 種と少なかった。

被度による植物量を比較すると、植物全体の被度では、作業区と対照区の間あまり差は見られなかった。しかし、木本種・海岸性草本種・他の草本種に分類し、それぞれで被度を比較すると、対照区では被度 3 以上で木本種が優占している方形区が多かったのに対し、作業区では木本種は 1 か所、海岸性草本種では 2 か所と少なく、一方で他の草本種が 13 か所と優占している方形区が多い傾向にあった。

各調査区内に生育している木本種の根元断面積合計と木本種の個体密度を図 - 2 と図 - 3 にそれぞれ示した。クロマツは、対照区と比べて作業区の根元断面積合計と個体密度が少なくなっていた。しかし、個体密度は対照区で約 1.5 万本/ha、作業区でも約 3000 本/ha であり、宮城県でのクロマツの植栽本数の 5,000 本/ha 植え(宮城県森林整備課, 2012)であることと比べても、作業後でも比較的高密度にクロマツが生育していることがわかった。一方、ニセアカシアでは対照区と比べて作業区の根元断面積合計が顕著に少なくなっていた。しかし、個体密度では対照区の約 1.5 倍になっていた。これは、作業時に残った根から萌芽した個体ではないかと考えられる。

4. 考察

今回の作業は、海岸性草本が多かった区域では、海岸植生に対して負の影響が大きく、短期的には減少させたことから、回復の効果を長期的に見ていく必要がある。しかし、ニセアカシアが多く生育していた区域では、その除去効果が顕著であり、天然更新したクロマツは、根元断面積の大きかった高木種が除去されたことで、順調に成長すると考えられ、海岸林の再生技術として活用できる可能性がある。ただし、根萌芽による小サイズの個体数が増えたことから、刈り払いなどの対策を行うことが必要になってくると考えられる。

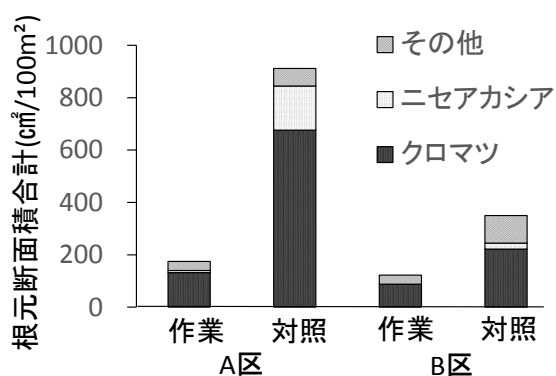


図-2 各調査区内の木本種の根元断面積合計

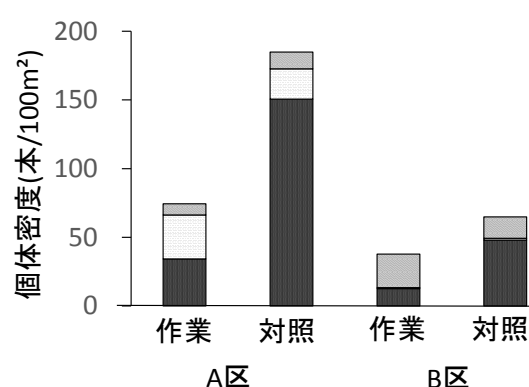


図-3 各調査区内の木本種の個体密度

謝辞

本研究を進めるにあたり、倒木除去作業などに関する情報提供や調査に協力してくださった仙台森林管理署と国土交通省河川事務所の方々に深甚なる感謝の意を表します。

引用文献

東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会（2012）：今後における海岸防災林の再生について. 124pp. 林野庁.

宮城県森林整備課（2012）：海岸防災林に適した植栽樹種に関する調査報告書～宮城県における海岸防災林に適した樹種の選定と種苗の供給について～. 15pp. 宮城県農林水産部森林整備課.

山中啓介・藤原道郎・林田光祐・後藤義明・鈴木覚・宮前崇・井上章二・坂本知己（2012）：平成 23 年度東北地方太平洋沖地震で発生した津波が仙台市井土地地区の海岸林に及ぼした影響―防潮堤と海岸クロマツ林の被害との関係―. 海岸林学会誌 11(1). 19-25.

林田光祐・蜂谷瑞季・結城伸・坂本知己（2014）：仙台市井土浦海岸林における 2011 年津波後の植生回復とクロマツの天然更新. 平成 26 年度日本海岸林学会田原大会講演要旨集. 40-41.

清水建美（2003）：日本の帰化植物. 平凡社.

桑原義晴（2008）：日本イネ科植物図譜. 全国農村教育協会.

宮城北部森林管理署における斜め張り防鹿柵の事例報告

宮城北部森林管理署 地域統括森林官（気仙沼森林事務所） 栃木 玲
森林官（石巻森林事務所） 土谷 徹
森林官（鮎川森林事務所） ○小林あずみ

1. はじめに

宮城北部森林管理署（以下「宮城北部署」と言う。）では、ニホンジカ（以下「シカ」と言う。）の食害から造林木を守るため、若齢林に対し主に防鹿柵を主体とした防除を行ってきたが、造林時に加算される柵の設置経費が高額となることが問題となっていた。

そこで、平成 28 年度、従来の防鹿柵よりも設置経費を削減できるとされている、埼玉県、(公社)埼玉県農林公社及びネットの製造・販売を取り扱う大同商事㈱の三者が共同開発した新方式の防鹿柵（以下、「斜め張り防鹿柵」と言う。）を試験的に導入した。

今回の報告ではまず、宮城北部署での導入事例を元に、斜め張り防鹿柵の設置経費の削減率を検証した。そして、斜め張り防鹿柵の導入後の状況報告として、設置後の点検・補修実績をまとめた。最後に、防鹿柵は、部分的な破損でも柵全体の防除機能が喪失するため、日々の点検・メンテナンスが重要となるが、維持管理の経費まで考慮して比較を行っている例は少ない。点検・補修など維持管理費を含めた長期運用コストをシミュレーションすることで、斜め張り防鹿柵のメリット、デメリットについて考察してみた。

2. 導入地概要

鮎川森林事務所、気仙沼森林事務所の二箇所にて、斜め張り防鹿柵を導入した。

(1) 鮎川森林事務所(鮎川・斜め張り)

宮城県牡鹿半島を管轄する事務所であり、シカの生息密度は、牡鹿半島黒崎地区で平成 19 年に宮城県によって行われたブロックカウント法による調査から、52 頭/km²とされている¹⁾。東北でも強いシカの被植圧にさらされている地域であり、防除を行わない造林木には季節や樹種を問わず食害が発生し、盆栽様になるほか、樹皮剥ぎにより枯死に至る場合も多い。導入箇所は、半島のほぼ中央部に位置する谷川山国有林 530 と林小班であり、平成 28 年 7 月に設置した。柵延長は 2,050m(内、仕切り柵延長 286m)、造林地面積 3.38ha、平均傾斜は 32 度となっている。

(2) 気仙沼森林事務所(気仙沼・斜め張り)

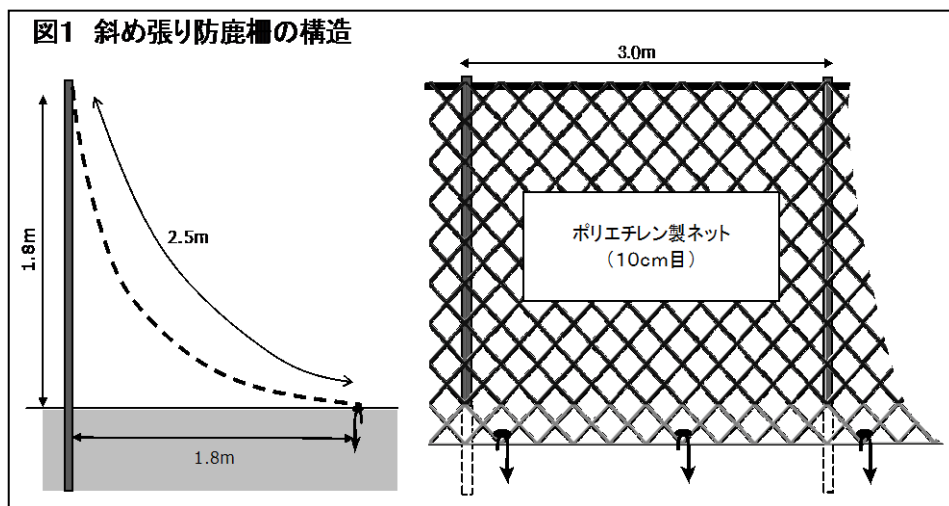
気仙沼北部の岩手県境に近い旧唐桑町大沢山国有林 304 の 2 林小班に、平成 28 年 6 月に設置した。柵延長は 970m、造林地面積は 3.46ha、平均傾斜は 31 度となっている。気仙沼地域は平成 14 年度時点ではシカ捕獲はなかったが、平成 27 年度には有害捕獲頭数だけで 659 頭捕獲されている(気仙沼市より聞き取り)。これは岩手県境(五葉山地域)から南下してきたと推測される¹⁾シカが増加しているためであり、近年、生息数が著しく拡大している。それに伴い造林木に対する食害も増大しており、今回国有林事業では初めて防鹿柵を設置する地域である。

3. 斜め張り防鹿柵および比較防鹿柵の仕様

(1) 斜め張り防鹿柵の仕様

斜め張り防鹿柵は、ネットを地面に対し垂直ではなく斜めに張る防鹿柵(図1)で、シカが侵入を試みると斜めに浮き上がったネットに四肢が引っかかり、侵入を回避したり、ネットに加わった力が左右に分散して壊れにくくなる²⁾とされている。

ネットの素材は、ポリエチレン製の10cm目、支柱は強化繊維プラスチック製、アンカーはプラスチック製が採用されており、設置資材費はメーカー公表価格で68,060円/100mである。近年主流となっているネット製の防鹿柵では、シカの角や頭がネットに絡んだり、噛み切りを防ぐため、網目を細かく、ネットもステンレスや強化繊維等で補強しているものが多いが、構造を簡素化することで柵部材の軽量化を図り、設置経費を削減している。また、網目を大きくすることで、柵の壊れる原因である瓦礫を通過させ、



シカの足が抜けるサイズになり、よりネットに足が絡みやすくなっている。しかし、簡素化したことで耐久年数は5年と短くなっており、長期間の防除が必要な場合は張り替えの必要がある。

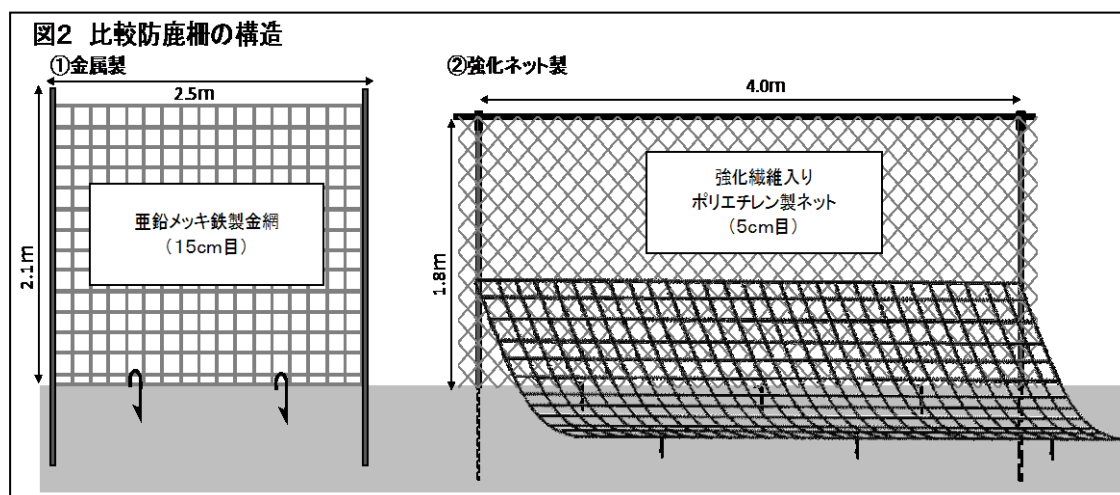
(2) 比較防鹿柵 1：金属製柵の仕様

今回、斜め張り防鹿柵と比較するため二つの防鹿柵を使用する。

まず、一つ目が、金属製防鹿柵(図2①)である。この防鹿柵は、以前から宮城北部署で使用してきた防鹿柵であり、亜鉛メッキ鉄線製(15cm目)の金網と、亜鉛メッキ鋼製の支柱、金属製アンカーが使用されている。全て金属で出来ているため大変頑丈で破損も少なく、耐久年数も15年と長期間にわたって使用可能である。しかし、その分設置資材費は241,650円/100m、設置人工も9.69人・日(メーカー公表データより)となっており、設置経費は安くなく、重いため運搬・設置に手間がかかる。

(3) 比較防鹿柵 2：強化ネット製柵の仕様

二つ目は、強化ネット製柵(図2②)である。この防鹿柵は、斜め張りと同じくポリエ



チレン製ネットを使用しているが、強化繊維が織り込まれており、網目幅も噛み切られないようシカの口が入らない5cm目と細くなっている。支柱は亜鉛メッキ鋼製で、プラスチックアンカーを使用、下からの潜り込みを防ぐためスカートネットも付属できる。耐久年数は7年、設置資材費は180,010円/100mとなっており、設置人工も4.72人・日である(耐久年数・資材費：メーカー公表データより、設置人工：メーカー公表データの設置人工に、資材総重量より算出した荷揚げ人工を加算した)。

4. 調査方法

(1) 設置経費削減率

宮城北部署の二箇所を導入した斜め張り防鹿柵の100m当たりの設置経費を以下の方法で算出し、他工法柵と比較、経費の削減率を計算した。

① 設置人工の算出方法

設置業者に記入を義務付けている作業記録表を使用し算出した。作業記録表には、作業月日、作業人数(人)、作業内容・柵完成進捗(m/日)、作業時間(集合、現地到着、作業開始、昼休み開始、作業再開、作業終了、現地出発、事務所解散の各時間)の記入箇所がある。これを一日ごとに柵設置人工(人・時間)を算出し、作業全日分を合計、時間から日あたりに換算(一日当たりの作業時間8時間として計算)、全体から100m当たりへ換算し直すことで、設置人工(人・日/100m)を算出した。

② 人件費の算出方法

人件費(円/100m) = 設置人工(人・日/100m) × 労務単価 17,500 円/日³⁾

③ 設置経費の算出方法

設置経費(円/100m) = ②人件費(円/100m) + ③資材費(円/100m)

(2) 点検・補修実績

宮城北部署では、柵周囲を徒歩で点検する直接巡視を、月1度の頻度で行っている。発見された破損は、小さなネット破損なら結束バンドにより穴を塞ぎ(簡易補修)、結束バンドで塞ぎきれない大きな破損はネットの張り替えをおこなう。また、裾が浮き上がっている箇所は、潜り込んで侵入するのを防止のため、石や倒木を置いたり、アンカーを打つ等で浮き上がりを防ぐ。鮎川、気仙沼、それぞれで、設置後～平成28年12月までに行った点検・補修実績をまとめ、破損・補修事例を集計した。

(3) 長期運用コストシミュレーション

宮城北部署の二箇所を導入した斜め張り防鹿柵、比較防鹿柵(金属製柵、強化ネット製柵)の4種類の長期コストをシミュレーションした。

① 柵点検歩掛かり

点検に必要な歩掛かりを計算するため、実際の点検実績より、100m当たりの柵点検歩掛かりを計算した。その際、鮎川(斜張)、気仙沼(斜張)、金属製柵は宮城北部署の実績、強化ネット製柵は宮城北部署ではほとんど採用していないことから、三陸中部署の実績を使用している。

今回のシミュレーションでは、斜め張りの設置期間がまだ短く、どれほどの頻度で破損が起きるのかの予測が付かなかったため、簡易破損以外の補修人工については含まないこととした。また、通常の人件計算は作業人数に実働時間をかけるのが通常だが、今回においては簡易補修しか含まないため、柵の周りを点検して歩く時間が作業時間のほとんどを占めてしまい、一班当たりの作業人数が増えても、一人で点検する

時間とほぼ変わらなかった。よって、班編制により結果に影響が及ばぬよう、一作業班につき一人で点検したとして人工数を計算している。

② 年間点検回数

一年間に必要な点検回数のことで、メーカーへの聞き取り、実際に行っている点検回数の2種類を調査した。

ア. 斜め張り防鹿柵

鮎川、気仙沼ともに現状では月1度点検を実施しているが、他業務に追われての点検回数であり、柵内へのシカの侵入も確認している。メーカーへの聞き取りでは、2～3週間に1度の点検が必要だと回答を受けたため、聞き取り回数を採用し、シカ密度の高い鮎川を2週間に1度点検する24回/年、気仙沼では3週間に1度点検する16回/年とした。

イ. 金属製柵

メーカーへ聞き取りを行ったところ、見回り点検は行わないとの回答を受けた。しかし、これは畑や牧草地など人の出入りする頻度の高い場所についてであり、山地に位置する造林地には当てはまりにくいと思われる。宮城北部署の金属製柵は、山地に餌の乏しくなる冬前に1度、春に1度の年2回の定期点検と、台風後には遠望による点検を実施しているため、金属製柵の年間点検回数は2回/年とした。

ウ. 強化ネット製柵

メーカーへ聞き取りを行ったところ、見回り点検回数は場所・状況により異なることから特に回数を設けていないとの回答を受けた。そこで、柵点検歩掛かり同様、三陸中部署へ聞き取りを行い、冬前、融雪後、台風後点検する3回/年とした。

③ 年間点検経費の算出方法

年間点検経費(円/年・100m) = ①点検歩掛かり(人・日/100m) × ②年間点検回数(回/年・100m) × 労務単価 17,500 円/日³⁾

④ 張替経費

柵は耐久年数を過ぎると、張り替えが必要となる。その際必要となる張り替え経費を次のように仮定し算出した(表1)。

表1. 張替経費

	耐久年数 (年)	張替経費 奇数回目	張替経費 偶数回目
斜め張り	5	¥28,460	¥68,060
金属製	15	-	-
強化ネット製	7	¥136,200	¥180,010

※奇数回は支柱以外、偶数回は全ての資材を張替え
※金属製柵は張り替えに適さないため、今回は考えない。

張替経費(円/100m) = 資材費(円/100m) + 張替人工(人・日/100m) × 労務単価 17,500 円/日³⁾

・資材費は、張り替え1回目は支柱以外の資材(ネット、アンカー等)を交換、2回目は全ての資材を交換、以後はこれを繰り返すと仮定して算出する。

・張替人工は、支柱以外の資材を交換

する人工を求めることが難しいため、全て設置時の人工と同じだと仮定する。

・耐久年数は、メーカーに聞き取りを行った。あくまで、一般的な指標であり、使用環境によって耐久年数以上の使用も可能だが、今回は耐久年数の次年度張り替えを行うとして計算する。

・金属製柵は、構造上張り替えに適さないため、今回張替経費は考えないものとする。

⑤ 防除年数

造林木に対するシカ被害には、シカ生息密度が低いうちより発生する『先端被食』

と、シカ密度が高くなるにつれ発生する『皮剥』があるが、先端被食を防除するにはシカの口が造林木の先端に届かなくなる樹高 1.6～2.0m程度まで成長する5年間で、皮剥被害を防ぐためには、ある程度樹皮が分厚くなるまで成長するための15年間防除する必要があると仮定し、防除年数を決定した。

⑥ 長期コストシミュレーション

設置経費に、③の年間点検経費を年毎に加算、耐久年数経過毎に④の張替経費を加算する。防鹿柵の撤去費用、処分費用については、全国的にも行った記録が少なく、未知数な点が多いため、今回は考えないものとする。

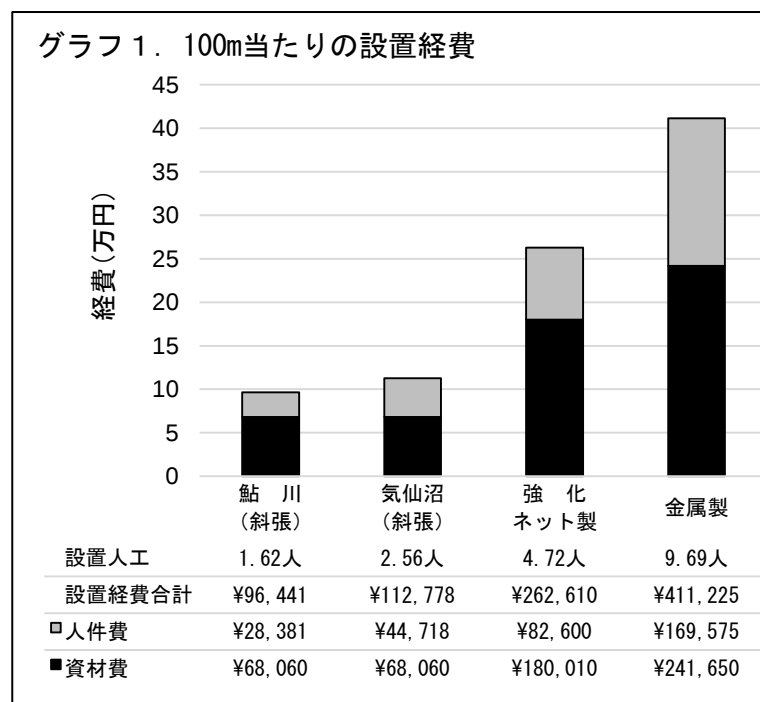
5. 結果

(1) 設置経費削減率(グラフ1)

設置人工は、鮎川(斜張)1.62人・日/100m、気仙沼(斜張)2.56人・日/100mとなり、人件費は、鮎川(斜張)28,381円/100m、気仙沼(斜張)44,718円/100mとなった。この人件費に資材費68,060円/100mを加算し、設置経費の合計は、鮎川(斜張)96,441円/100m、気仙沼(斜張)112,778円/100mとなった。

これは、金属製柵の設置経費合計411,225円/100mからみて、鮎川(斜張)で77%、気仙沼(斜張)で73%の経費削減であり、強化ネット製柵の設置経費合計262,610円/100mからみても、鮎川(斜張)で63%、気仙沼(斜張)で57%の経費削減となり、従来防鹿柵の半分以上の経費で設置することが出来た。

(2) 点検・補修実績



鮎川、気仙沼両斜め張り防鹿柵の点検・補修実績を(表2)にまとめた。鮎川では全8回点検・補修を行っており、内8月4日、10月20日は遠望で破損を発見し、一部のみ点検・補修を行っている。気仙沼では全5回補修・点検を行った。

具体的な破損の事例としては、『ネットの噛み切り・軽微破損』は鮎川、気仙沼ともに点検全日で発見された。網への『シカ掛かり』は、鮎川、気仙沼ともに3頭ずつ発生し、詳細は(表3)にまとめた。掛かる場所

は雄の角が多く、成獣が掛かった場合、3区画9mほどの柵が破損し、張替補修人工は平均0.75人・日かかった。『倒木』による破損は鮎川で3箇所、気仙沼で2箇所発生した。鮎川の倒木破損の内、1箇所は風倒木による破損、2箇所は林地残材が落ち、ネットを破いたもので、どれも同日に起こっている。チェーンソーと結束バンドにより処理を行ったが、記録の付け忘れにより修繕人工はわからなかった。気仙沼については、2

箇所とも強風による倒木被害が発生しているが、ネット自体には破損がなく、風倒木をはずすと、支柱の弾力により元に戻ったため、簡易破損として処理している。『潜り込み』の事例は、鮎川で1件確認している。潜り込み箇所を補修後も、造林木への食害被害を確認されたため、実際には他の箇所でも潜り込みが発生していると思われるが、目撃例がないため真偽はわからない。造林木への食害は、鮎川、気仙沼ともに発生しているが、圧倒的に気仙沼の方が食害被害が少ない。これは、気仙沼では柵の間から草が生えることで柵の隙間が塞がれ潜り込みを防いでいると考えられる。

表2. 点検・補修実績

	月 日	人数 (人)	実働(時間)	点検延長(m)	破損状況
鮎 川 (斜張) H28.7設置 全長 2,050m	7月26日	1	3	613	潜り込み・シカ確認 シカ掛かり
	8月4日	6	2	-	
	8月26日	1	7	2,050	
	9月1日	5	2	2,050	
	10月11日	5	2.5	2,050	倒木処理
	10月20日	2	2.5	770	
	11月9日	3	3.5	2,050	
	12月13日	5	2	2,050	
気仙沼 (斜張) H28.6設置 全長 970m	9月6日	3	5	970	倒木処理 シカ掛かり
	10月12日～13日	3	4.9	970	
	11月1日～2日	1日:2 2日:3	5 1.2	670 300	
	11月29日	3	5	970	倒木処理
	12月21日	3	2.8	970	

※ネット噛み切り・軽微破損は点検全日に発見された。

表3. シカ掛かり事例

		掛かったシカ 角・性別 生死	絡まり 場所	破損 区画数	補修方法	補修人工 (人・日)
気仙沼	①	5角・♂ 死亡	角	3	ネット張替	0.75
	②	4角・♂ 半死	角	3	ネット張替	0.5
	③	4角・♂ 生存	角	軽微	GPS装着後放獣	-
鮎 川	①	1角・♂ 生存	角	3	シカはずし ネット張替	1
	②	当歳児・? 死亡	不明	軽微	結束バンド止め	-
	③	当歳児・? 死亡	足	軽微	結束バンド止め	-
一頭当たり平均補修人工(軽微破損を除く)						0.75

(3) 長期運用コストシミュレーション

シミュレーションの過程を(表4)に、結果を(表5・グラフ2)にまとめた。低密度時防除の最低ラインである5年目までは、斜め張り防鹿柵、強化ネット製のコストはあまり変わらず、金属製柵より安価になる。しかし、高密度時の防除ラインである15年目以降では、金属製柵が耐久年数以上使用可能であれば、金属製柵が一番安く防除できる。強化ネット製柵と、斜め張り柵とは、あまり差のない結果となった。

6. 考察

各防鹿柵のメリット・デメリットを(表6)にまとめた。

斜め張り防鹿柵のメリットは、資材費・設置人工とも、他工法柵と比べると大変安価に設置でき、設置経費を他工法柵の半分以下にすることが出来る。しかし、防除力、耐久性には少々難があり、その分点検補修をこまめに行わなくてはならない。そのため、維持管理経費まで考慮すると、設置経費ほどのコスト差は見られなかった。

現状では、シカ密度の増加、山奥への設置や設置箇所の増加が起きると管理しきれなく

なり、造林木を守り切れない可能性も高い。しかし、設置経費が低いことを利用し、災害等で突発的に柵が壊れてしまった場合などに、安く張り直すができるという利点がある。

以上のことを踏まえると、シカ低密度生息地や、管理しやすい里山部の平坦地、谷部や急斜面など柵が壊れやすい場所への部分的な使用が適すと考えられる。また、斜め張り防鹿柵は開発されて日も浅く、噛みきりの多いネット下部の補強や、潜り込み防止のためのアンカーピンの配置方法など、改良の余白は十分ある。宮城北部署の斜め張り防鹿柵も設置して、一年も経たないため、今後とも点検を続けながら状況を観察していきたい。

表4. 年間点検経費

	柵点検歩掛かり (人・日/100m)	年間点検回数 (回/年)	年間見回り人工 (人・日/100m)	年間点検経費 (円/100m)
鮎川(斜張)	0.061	24	1.464	¥25,624
気仙沼(斜張)	0.059	16	0.942	¥16,487
金属製	0.055	2	0.111	¥1,940
強化型ネット製	0.026	3	0.077	¥1,346

表5. 長期コストシミュレーション結果

	鮎川(斜張)	気仙沼(斜張)	金属製	強化ネット製
年間点検経費	25,624	16,487	1,940	1,346
設置経費	96,441	112,778	411,225	262,610
1年目	122,065	129,265	413,165	263,956
2	147,689	145,752	415,106	265,303
3	173,312	162,239	417,046	266,649
4	198,936	178,726	418,987	267,996
5	224,560	195,213	420,927	269,342
6	※1 307,025	※1 284,878	422,867	270,689
7	332,649	301,365	424,808	272,035
8	358,272	317,852	426,748	※1 492,182
9	383,896	334,339	428,689	493,528
10	409,520	350,826	430,629	494,875
11	※2 531,585	※2 480,091	432,569	496,221
12	557,208	496,578	434,510	497,568
13	582,832	513,065	436,450	498,914
14	608,456	529,552	438,391	500,261
15	634,079	546,039	440,331	※2 764,217
16	※1 716,545	※1 635,704	442,271	765,564
17	742,168	652,191	444,212	766,910
18	767,792	668,678	※3 446,152	768,257
19	793,416	685,165	448,092	769,603
20	819,039	701,652	450,033	770,950

※1. 1. 3回目張替経費加算 ※2. 2回目張替経費加算 ※3. 耐久年数以上

グラフ2. 長期コストシミュレーション結果

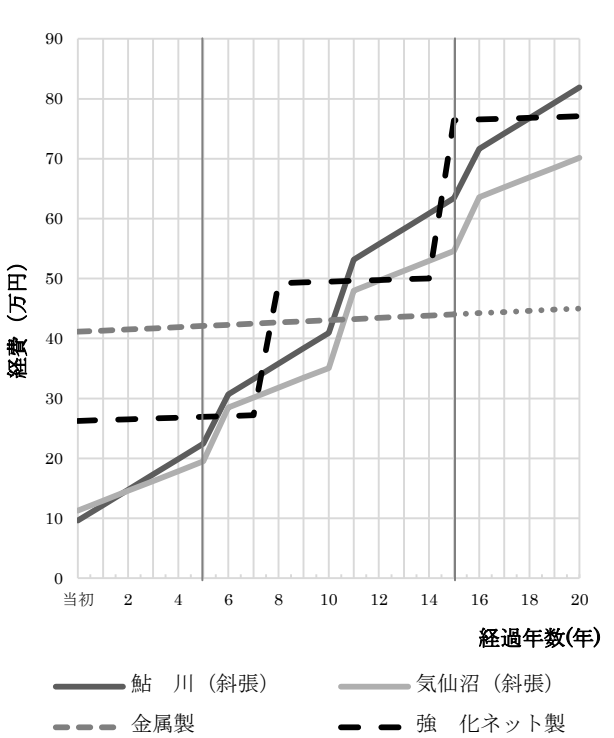


表6. 各防鹿柵のメリット・デメリット

	資材費	設置人工	防除	耐久性	
斜め張り	◎	◎	△	△	低密度地域に
金属製	△	△	◎	◎	高密度地域に
強化型ネット製	○	○	○	○	オールマイティ型

7. 参考資料

- 1) 宮城県(2013): 宮城県ニホンジカ保護管理計画, 2013 年
- 2) 池田和弘(2014): 「新方式のニホンジカ防護ネットの効果」 関東・中部林業試験研究機関 連絡協議会情報 38 号
- 3) 公共工事設計労務単価 (宮城県平成 28 年度)

先人の知恵とヒバの耐久性を伝える木製堰堤 ～時の流れを見つめて～

津軽森林管理署 金木支署 業務グループ ○高橋 凌
津軽森林管理署 金木支署 業務グループ ○村野 宏樹
津軽森林管理署 金木支署 治山技術官 戸田 泰文

1. はじめに

平成25年10月に、林野庁は「後世に伝えるべき治山～よみがえる緑～」として、全国60箇所の治山事業地を選定し発表した。

東北森林管理局管内では7箇所が選定され、当支署から木製堰堤による復旧地として、五所川原市の坪毛沢が選定された。

坪毛沢流域内においては、大正5年から昭和33年までの間、ヒバ材を利用した木製堰堤の谷止工を施工しているが、施工後58年から100年経過した現在でもその機能を十分に果たしている。

先人たちの残してくれた貴重な工法であると考えられることから、施工経緯、現在と調査当時の状況及び構造、腐朽程度について、過去に行われた調査をもとに紹介する。

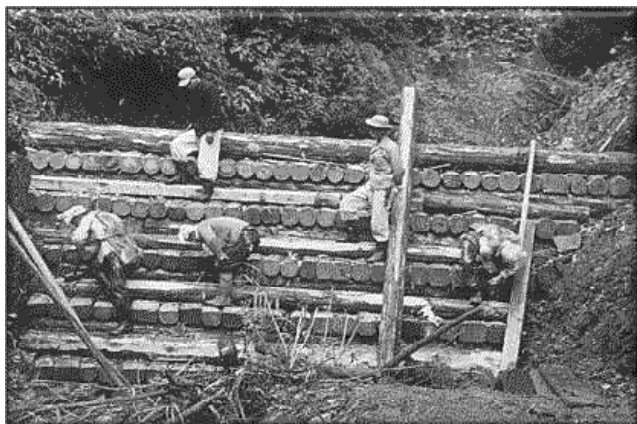


図1 昭和28年施工6号木製堰堤



図2 昭和32年施工3号木製堰堤

2. 坪毛沢の概要

(1) 位置と水系

坪毛沢は、青森県五所川原市の飯詰山国有林にある溪流で、津軽半島の付け根のほぼ中央に位置している。当支署管内の国有林の水系は全て津軽平野を貫流する岩木川に流入し、日本海に注いでいる。

津軽半島脊梁山脈の「魔の岳」標高486mを源に西流して飯詰川を経て、岩木川の支流である十川に流入する。

(2) 地質

新第三紀中新生の馬の神山層に属し、泥質ないし灰色シルト層の風化物、もしくは碎屑物に厚く覆われ、水に非常に弱い土質である。昔から暴れ沢として地元住民から恐れられていた。

3. 木製堰堤の施工経緯

(1) 大正時代

第一期森林治水事業（明治44年～昭和10年）の一環として小規模だが治山事業が長期にわたって実施された。

坪毛沢では資材運搬路がなく、地質的に現地骨材の活用が困難であることから、コンクリート工による溪間工の実施は費用面も含めて困難な状態であった。山地災害発生 of 要素が多い地域であったため、木製堰堤6基等を直営事業で実施し、応急の流域保全対策とした。

(2) 昭和時代

昭和28年の治水基本対策要綱に基づき、治山事業10カ年計画が策定され、既往の施工方法を採用して、現地のヒバ被害木を活用する木製堰堤5基を施工している。

その後、昭和33年に坪毛沢上流で、面積約10haに及ぶ大崩壊が発生したため、木製堰堤1基とコンクリート堰堤2基を設置した。

このような経緯を経て、昭和49年度に坪毛沢上流の崩壊地の復旧工事を完了した。

4. 現存する木製堰堤の位置、規模

大正5年に6基、昭和28年から昭和33年の間に6基の計12基が施工されている。このうち現存するのは大正5年の1基を除く11基である。（図3・4）

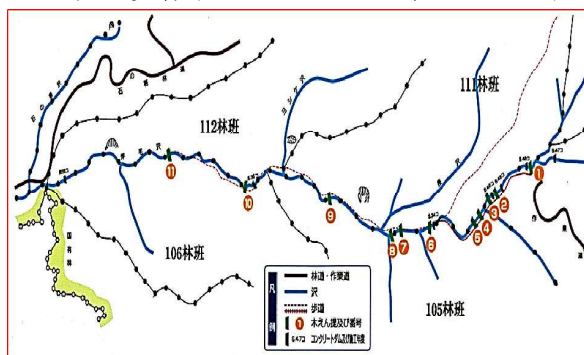


図3 現存する木製堰堤の位置図

番号	施工年度	名称	規模 (m)	
			延長 (L)	高さ (H)
①	昭和33年	1号木製堰堤	20.0	2.5
②	大正5年	2号木製堰堤	8.0	不明
③	昭和32年	3号木製堰堤	4.5	3.0
④	昭和29年	4号木製堰堤	17.0	3.5
⑤	大正5年	5号木製堰堤	6.0	2.3
⑥	昭和28年	6号木製堰堤	8.0	3.0
⑦	大正5年	7号木製堰堤	8.0	1.0
⑧	昭和29年	8号木製堰堤	10.0	3.0
⑨	昭和29年	9号木製堰堤	14.0	3.0
⑩	大正5年	10号木製堰堤	10.0	1.0
⑪	大正5年	11号木製堰堤	12.0	2.0

図4 現存する木製堰堤の規模

5. 調査当時（H10年）の木製堰堤の状況

大正に施工した木製堰堤5基は昭和に施工したコンクリート谷止工の堆積土砂に埋没、または土石流により流出し、現在は2基のみ姿をとどめていた。

昭和に施工した木製堰堤については、6基のうち4基が健在で、2基がコンクリート谷止工の堆積土砂に埋没されていた。

6. 調査概要

平成10年10月28日から29日にかけて、森林総合研究所・林野庁治山課・青森営林局治山課・金木営林署が合同で、総合的な調査を行った。この調査は、当時、間伐材等を利用した小規模な木製治山ダムが施工されていた。しかし、木製治山ダムの腐朽経過、河川生態系に及ぼす影響、及び施設の安定性に関する知見が少なく、未解明な部分も多かったことから、今後の木製治山ダムの施工指針の基礎資料を得ることを目的に行った。

調査対象としたのは、現存する 11 基のうち 1～6 号木製堰堤の 6 基。

- ・縦断測量及び構造調査をして施工当初の状態の復元図を作成
- ・生態及び堆砂粒径調査、腐朽調査を実施

これらの調査のうち、唐牛氏らによる構造調査及び腐朽調査は砂防学会誌に。田中氏らによる腐朽調査の結果は日本木材保存協会年次大会で、それぞれ報告されている。

本発表は、唐牛氏による調査結果報告及び、前東北森林管理局治山課長岸 功規氏による「水利科学」2015年2月号、「後世に伝えるべき治山」60選シリーズへの報告を引用し、調査結果を紹介する。

7. 構造調査

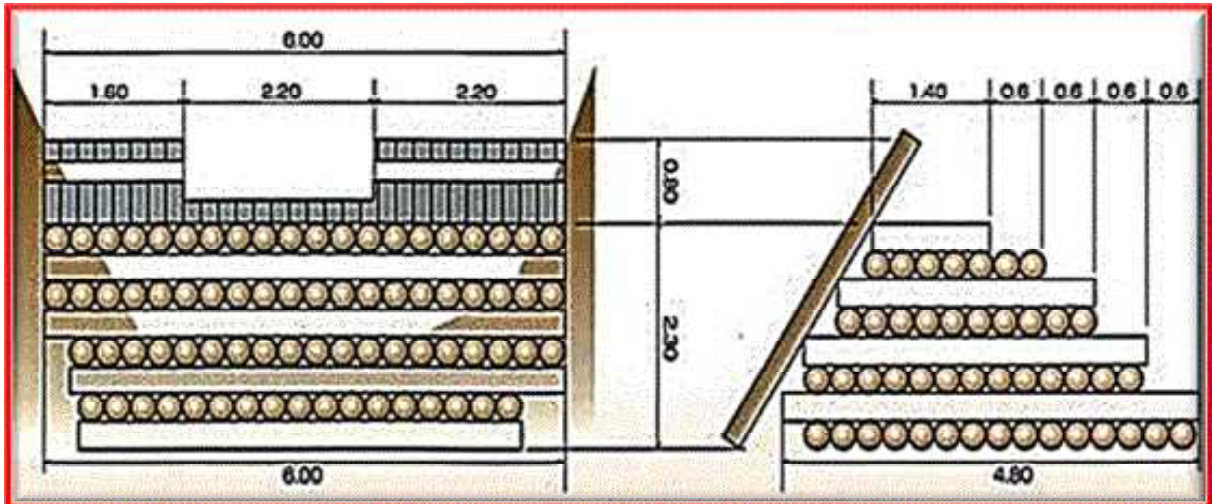


図5 大正5年施工5号木製堰堤の構造図

施工当時の記録等は残されておらず、現地において構造を計測し図を作成。

堰堤に使用されている部材は、「青森ヒバ」で丸太のまま結束されボルト締めされている。構造は、丸太を流線と直角な方向と、平行な方向に交互に敷きつめ、8段積み重ねられている。最下段は、部材を流線に対して直角方向に並べられている。(図5)

8. 木製堰堤の調査当時と、現在の状態

(1) 調査当時の状態

大正施工の堰堤は、水衝部の部材が摩耗により細くなり結束状態が緩んで、一部が抜け落ちたり袖部の破損がみられるが、背後に土砂を満砂しており本来の役目を今も十分に果たしている。

昭和に施工された堰堤は、袖部等で欠損がみられるが、部材の摩耗は進行しておらず、施工当時の状態を維持している。

(2) 現在の状態

大正に施工した堰堤は、平成25年8月の豪雨により大きな被害を受けており、平成10年の調査当時と、現在の状態を比較すると、2号は左岸側の欠損が著しく(図6・7)、5号は大部分が欠損している。(図8・9)

昭和に施工された堰堤には状態変化はみられない。



図6 調査当時の2号堰堤



図7 現在の2号堰堤



図8 調査当時の5号堰堤



図9 現在の5号堰堤

9. 腐朽調査

(1) 木材腐朽試験機（ピロデイン）による調査
木材の腐朽状況を確実に定量化することは難いため、木材腐朽試験機を使って堰堤の腐朽状況を測定した。（図10）

この試験機は、直径2.5mmの金属製のピンを一定強度で試験片に打ち込み、貫入した深さを測定するもので、この深さを指標として腐朽の程度を表すことができる。数値が大きいほど腐朽が進んでいることを示し、最大値は40mmである。また参考までに、木製堰堤周辺のヒバ立木の樹皮を剥いで辺材部を測定したところ、21・20・20mmの値を得た。



図10 木材腐朽試験機（ピロデイン）

大正施工の堰堤については、放水路部分と下流法部で測定した。測定値はほぼ20mm以下の値を示し、部材の表面は硬く腐朽はあまり進行していないようにみられる。腐朽の進行が遅い部材の中心部分が現在の表面に出ているため、このような結果が得られたものと思われる。

昭和施工の堰堤については、洪水あるいは、流水をかぶりにくい箇所では、腐朽部分が残る40mm以上、40mmに近い値を示している。

(2) 成長錐で採取したサンプル観察結果

大正5年施工の堰堤では、常に流水のある水通し部中央と下流法部でサンプルを採取した。水通し部ではサンプル表面より、1cm付近までは採取時に多少圧縮された跡があるが、年輪は全体的に判読できる状態である。下流法部では、サンプルは表面より中心部ま

で一様に黒化しており、年輪の判読は困難で、水通し部より腐朽が進行しているとみられた。

昭和33年施工の堰堤では、袖部天端ならびに水通し部中央でサンプルを採取した。袖部は流水に直接さらされることはほとんどなく、苔むしている箇所もある。深さ3cm付近になると吸水しているため、多少柔らかく圧縮された痕跡があるが、年輪ははっきりと読みとれた。それ以降の深さでは、木構造に腐食された痕跡はまったくなかった。水通し部では常に流水に表面がさらされており、サンプル表面より年輪がはっきりと読みとれ、サンプル採取時にも圧縮された痕跡はなかった。

大正と昭和施工の堰堤を比較すれば、腐朽の程度にはかなりの差があるものと推察された。



図1-1 大正5年施工2号木製堰堤



図1-2 昭和29年施工9号木製堰堤

10. 調査のまとめ

大正に施工された木製堰堤が、100年経過した現在もその機能を発揮していることは、構築材料である「ヒバ」の優れた耐久性と腐朽しにくい特性によるものであり、改めて見直したところである。こうした地元材料の特性を活かした先人の知恵と技術に対して、敬意を表するところである。

木製堰堤の特質としては、以下のような点が上げられる。

- ①施工が容易で、運搬が不便なところに適している。
- ②流域の大きい、流量の多い沢には適さないが、小野溪に埋設的に配置すると効果的。
- ③景観との調和に特に配慮する必要のある区域の流域保全と景観保持に有効的。

11. おわりに

現在、木製堰堤の設計などは、林野庁から示された「森林土木木製構造物設計等指針」を参考に設計・施工が行われている。

指針がなかった施工当時は、技術者の知恵と工夫により設計・施工が行われたものと思われる。

坪毛沢の木製堰堤が半世紀以上にわたり機能し、役割を果たしてきたことは、まさしく「先人の知恵とヒバの耐久性」を証明しているものであり、当支署ではこの事実を後世に伝えていくべきであると考えている。

森林整備の発想転換で出島の森林に元気を取り戻す！

宮城県東部地方振興事務所 技術主幹 熊田 有希
○技 師 大森 悠杜

1 はじめに

宮城県女川町の離島出島（図-1）では、昭和51年以降、松くい虫被害対策のため薬剤散布が行われてきたが、東日本大震災の影響により、当該事業を2年間中止せざるを得ない状況であった。一方、地元森林組合からは、「出島のマツ林の衰退が著しい、広葉樹への遷移が進んでいる。」という情報が寄せられていた。

これを受けて、まずは出島におけるマツ林の現況を把握するための現地調査を行い、その結果をもとにマツ林がどのような役割（機能）を果たしてきたのか、どのようなマツ林を保全すべきなのか、広葉樹はマツ林の機能を代替出来ないのか等について明らかにし、島の今後の松くい虫被害対策を含めて、新たな森林づくりの方針を検討することとした。

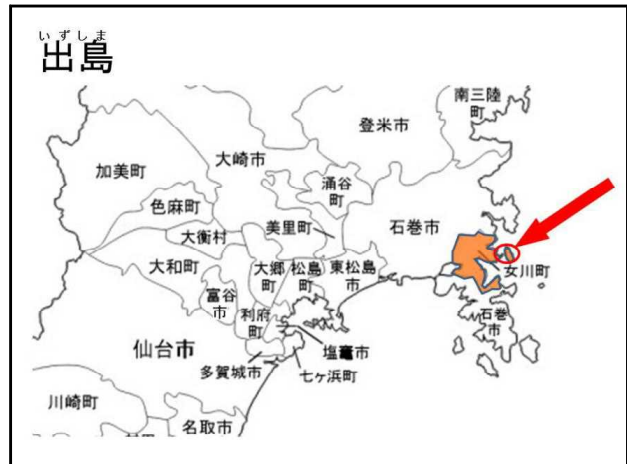


図-1 出島の位置

2 取組内容及び結果

(1) 森林の現況把握を目的とした現地踏査の実施

森林簿や航空写真等を用いて、樹種がクロマツとアカマツである箇所、「魚つき」、「潮害防備」等の保安林に指定されている箇所を事前に把握するとともに、地元女川町及び石巻地区森林組合と共同で現地踏査を行い、特に森林簿上でマツに区分されている箇所の現況を確認した。（図-2）



図 - 2 踏 査 状 況

また、今後の森林づくりを進める上で、東北大学大学院農学研究科の清和研二教授から指導、助言をいただいたほか、既存の研究論文（明間民央「松林と菌根菌」（グリーン・エージ第32巻第3号（通巻375号）2005，P8-10））を元に、マツの生態に関する調査を行った。

現地踏査の結果、マツが面的に集団で残存している箇所は一部の地域に限られ、多くの場所でマツ以外の樹種への遷移が見られた。調査対象の代表的な箇所においては、広葉樹やモミに遷移している状況が確認された。

広葉樹に遷移した箇所の林内は、トベラ、ヒサカキ、ヤブツバキ、ヤツデなど比較的温暖な地域に生息する常緑広葉樹の生育が旺盛で、独自の植生状況を呈していた。

（図-3）

また、枯損木が目立つマツ林もあり、林内にはマツの倒木が多く見受けられたほか、下層では広葉樹の侵入が確認された。（図-4）

一方で、森林簿上で「その他広葉樹」となっていた箇所に、実際にはマツが生育している箇所が確認されたほか、潮風が強い島の最沿岸部や崖地などではマツ林が残っていることが確認された。

現地踏査の代表的調査箇所の結果については、表-1のとおりである。



図-3 代表的な常緑広葉樹



図-4 枯損したマツ林

表-1 森林現況の調査結果

林小班番号	樹種（森林簿）	現況
134-ロ-15	アカマツ	その他広葉樹
134-ハ-1-1	アカマツ	モミ
134-ハ-2-1	アカマツ	アカマツ
135-ロ-2、3	アカマツ	マツ林枯損 広葉樹に遷移中
135-ロ-6	クロマツ	その他広葉樹

(2) 松くい虫防除対策及び森林づくりに関する町との意見交換の実施

女川町の出島において、いつ頃からどのような目的で松くい虫被害防除のための薬剤散布が行われてきたのか、という点について聴取し、情報共有するとともに、薬剤散布区域の見直しや今後の森林づくりに関して意見交換を行った。(図-5)

県側からは“散布区域を早急に見直すべきではないか”、“マツ林を残す理由を整理する時期ではないか”といった現状の被害防止対策の見直しが必要という主旨の意見を出した一方で、当初、町側は“マツがある限りは薬剤散布を従来通りの規模と内容で行いたい”といった意見が強く、何度も議論を重ねた。

その結果、徐々に町側も薬剤散布区域の見直しには理解を示すようになり、その実行に向けた見通しがついた。



図-5 女川町との意見交換の様子

3 取組の成果

(1) 薬剤散布の見直しに着手

女川町と石巻地区森林組合が共同で、より詳細な現地調査を実施し、薬剤散布区域の見直し作業に着手することとなった。実際の作業を進める際には、単なる薬剤散布区域の見直しに終始することなく、出島の環境条件に適した新たな森林づくりの指針を見出すことも念頭におきながら、地元住民との意見交換の場を設置していく必要があると考えている。

(2) 被害材の有効活用に向けた協議の開始

出島内には、長年土木工事に携わり、リサイクル事業などにも取り組む建設会社があることから、松くい虫被害材をチップ化、木炭化して有効活用することが出来ないかを女川町を通じて打診した。現在、実現に向けて町と建設会社で協議が始まり、今後、被害材の収集方法やチップ化、木炭化した商品の販路開拓を具体化していく。

(3) 松くい虫防除対策及び森林づくりを検討する場の確保

今回の取り組みがきっかけとなり、関係機関との間にマツ林を守る理由の整理や森林づくりに向けた総合的な検討を行う場を確保することが出来た。

今後、町や森林組合と定期的に意見交換を行いながら、より適切な松くい虫被害防除対策の確立と、被害材の有効活用を含めた新たな森林づくりの検討を進めることで合意した。

(4) マツの生態に関する基礎知識の把握

学識経験者への聴取や関係論文の調査を元に、マツの生態に関する基礎知識を把握することが出来た。

マツは土壤中の菌根菌と共生する形で外生菌根を形成し、いち早く痩せ地に侵入することができるが、年月が経過し、落ち葉や枝条が堆積して土壤中の有機物が増加してくると、それを嫌う菌根菌が減少する一方で、土壌病原菌の密度が高くなり、外生菌根の防御機能も十分に働かなくなると考えられる。そのことが、マツの生理的脆弱化を招き広葉樹との競争に敗れる要因の一つになるというもので、今回の現地踏査の結果はこのようなマツの生態を実証する形になったものと考えられる。

4 今後の取組課題及び内容

大きく“新たな森林づくり”と“新たな地域づくり”の2項目に分けて取組課題と内容を整理した。

(1) 新たな森林づくり

～詳細な現地調査に基づく残存マツ林の再評価及び色分けの実施～

マツ林の色分け作業に当たっては、生育環境、被害状況、樹種転換の進捗状況、公益的機能の発揮状況、そして今回の取り組みにより把握したマツの生態を重視していく必要がある。(表2)

表-2 マツ林の再評価実施案

区分	現存松林の評価内容	取組方針
I	マツが面的に高密度で存在し、公益的機能（魚つき、防風、防潮等）を発揮していると認められる。	〈防除〉 薬剤散布による面的な防除
II	マツが松くい虫被害を受けることで土砂崩壊を起こす恐れがある、または、公共施設・人家等に被害を及ぼす危険性がある。	〈予防〉 薬剤の樹幹注入により松くい虫被害を未然に防止する
III	マツの残存密度が低く、松くい虫被害をある程度受けている。広葉樹への樹種転換が進んでいる。	〈伐倒＋利用＋樹種転換〉 被害木は伐倒し、利用を図る。 また、 <u>自然再生による広葉樹への樹種転換を図る。</u>
IV	マツの残存密度が低く、松くい虫被害を受けていない。広葉樹への樹種転換が進んでいる。	〈生立木除去＋利用＋樹種転換〉 マツが被害を受けて木材としての価値を下げる前に伐倒し利用を図る。 また、 <u>自然再生による広葉樹への樹種転換を図る。</u>

マツの生態を考慮すれば、広葉樹への遷移は自然な流れであることから、人為的にマツ林を維持する根拠としては、公益的機能を発揮しているか否かが鍵になる。マツ林があるから守るのではなく、残存するマツ林の再評価が必要である。

そのため、周辺環境や立地条件、松くい虫被害状況等の観点から色分けを行い、各区分に応じた適切な対策を立てていかなければならない。

今後、例えば広葉樹がマツ林の機能を代替していると判断される箇所については、“自然再生による広葉樹への樹種転換を積極的に進める”という方針も選択肢に加えながら、女川町や森林組合と連携して、評価内容に応じた柔軟かつきめ細やかな取組方針を定めていく。

(2) 新たな地域づくり

～町、森林組合、地元区長等と連携した協議の継続～

今後、島内で被害材を有効活用したり、特色ある植生を観光資源として活かしていくためには、伐倒搬出や散策路としての路網整備が必要であり、具体的なルート設置計画を作成する必要がある。

また、平成34年度完成予定の出島架橋によって、島からのトラック出材が可能となるため、これを考慮に入れた人工林の整備方針を作成する必要がある。さらに、出島では縄文時代の貝塚が数多く発見されており、歴史ロマンあふれる島としても貴重な資源を有することから、特色ある植生と合わせたオール出島としての地域資源の発掘・発信のため、関係機関、地元区長等と連携した協議を継続していく。

クマ剥ぎ被害防除への取組

—ロープ巻の効果とコスト縮減に向けての継続調査—

国立研究開発法人森林総合研究所 森林整備センター 東北北海道整備局
課長補佐 和田羊一

1. はじめに

森林整備センターが行っている水源林造成事業は、水源涵養機能などの公益的機能を継続的に維持することを目的としているが、一部の地域ではクマによる皮剥ぎの被害（以下「被害」という。）（写真1）により、被害木の経済的価値が低下し、全周剥皮されると枯死するため森林が持つ公益的機能の低下が懸念される。

それを未然に防ぐため、当センターでは防除作業を実施しているが、年々、防除面積が増加していることからコスト縮減が課題となっている。

このことから、平成26年度の本発表会において、従来のロープ巻（写真2）の施業内容を改良したコスト縮減型を提案しており、今回はその縮減型のロープ巻のモデルを試験地に設定し、防除効果について検証することとした。



写真1 クマ剥ぎ被害状況



写真2 ロープ巻実施状況

2. 研究方法

（1）コスト縮減を目指したロープ巻施業

①一本当たりのロープの巻数

現在のロープ巻は、木の地際から概ね「30cm」、「70cm」、「110cm」、「150cm」の高さにロープを4ヶ所巻いている4巻型（図1左）で実施している。

しかしながら、被害木における樹皮の剥ぎ始めの高さ（図2）を調査したところ、地際から70cm以下の高さに集中していたことから、地際から70cmまでの高さを防除すれば被害を防ぐことができるのではないかと仮定し、4巻型に対しロープを2ヶ所だけ巻く2巻型（図1右）をコスト縮減案とした。

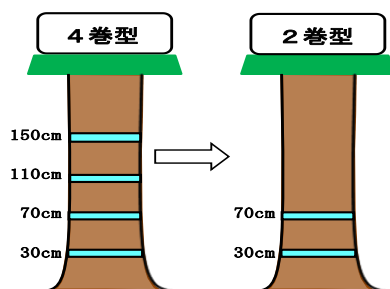


図1 4巻型と2巻型

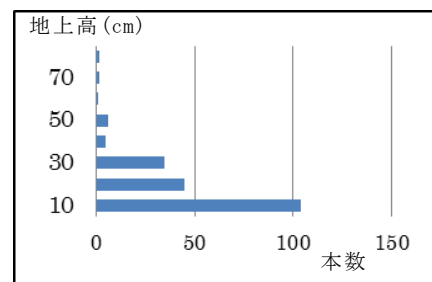


図2 剥ぎ始めの高さと被害本数

②単位面積当たりの実施本数

形質不良木以外を施業対象としている従来の全木型（図 3 左）に対し、将来の主伐木等となる優先木を防除する選木型（図 3 右）をコスト縮減案とした。

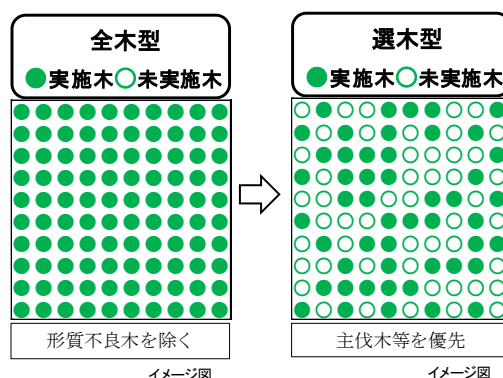


図 3 全木型と選木型

（2）試験地の設定

宮城県内での被害は、山形県境の奥羽山脈沿い並びに福島県境に集中しており、この地域内の水源林造成事業地の中から試験地の条件等を勘案した結果、宮城県南部に位置する白石市内の事業地を試験地に選定し、平成 28 年 7 月に試験地を設定した。

試験地は 2 ヶ所設定することとしたが、試験地の形状は地形条件を考慮した結果、試験地 1（図 4 左）はスギ 30 年生地内に 5 区画（40m×25m の方形型）とし、試験地 2（図 4 右）はスギ 28 年生地内に 5 区画（20m×25m の方形型）とした。



図 4 試験地の設定

区画内には、巻数を「4 巻型」と「2 巻型」の 2 種類、実施本数を「全木型」と「選木型」の 2 種類を組み合わせた「全木 4 巻型」、「全木 2 巻型」、「選木 4 巻型」、「選木 2 巻型」の計 4 種類（図 5）と、ロープ巻を実施しない「無施業区」を加えた計 5 種類を設定した。

区分	ロープ巻数	
実施本数	4 巻	2 巻
全木	全木 4 巻	全木 2 巻
選木	選木 4 巻	選木 2 巻

図 5 ロープ巻の組み合わせ

（3）調査時期

試験地を設定した平成 28 年 7 月以降、約 4 ヶ月経過した同年 11 月に各区画の被害発生状況を調査した。

3. 調査結果

(1) ロープの巻型における防除効果

表 1 にまとめた試験地の調査結果から、全木型とした区画である「全木 4 巻型」及び「全木 2 巻型」では被害は確認されなかった。また、選木型とした区域である「選木 4 巻型」及び「選木 2 巻型」においてもロープ巻を実施した木には被害は確認されなかった。

したがって、ロープ巻を実施した木については、被害は全く発生しない結果となった。

表 1 クマ剥ぎ被害の発生状況

組み合わせ	ロープ巻 実施の有無			被害木の内訳			
				ロープ巻実施		ロープ巻未実施	
全木 4 巻型	実施	123本	100%	0本	0%	—	
	未実施	—	—	—		—	
全木 2 巻型	実施	124本	100%	0本	0%	—	
	未実施	—	—	—		—	
計	実施	247本	100%	0本	0%	—	
	未実施	—	—	—		—	
選木 4 巻型	実施	72本	50%	0本	0%	—	
	未実施	72本	50%	—		7本	9%
選木 2 巻型	実施	74本	56%	0本	0%	—	
	未実施	58本	44%	—		3本	5%
計	実施	146本	53%	0本	0%	—	
	未実施	130本	47%	—		10本	7%
無施業区	実施	—	—	—		—	
	未実施	118本	100%	—		16本	13%

(2) 選木型における防除効果

表 1 にまとめた試験地の調査結果から、無施業区と選木型の未実施木における被害の比較を行うと、無施業区では合計 118 本のうち被害木は 16 本あり、被害率 13%に対して、選木型では合計 130 本のうち被害木は 10 本あり、被害率 7%の結果となった。

選木型の被害率は 7%となっており、多少の被害は出ているものの無施業区の 13%と比較して低い結果となった。

(3) 防除費用のコスト縮減率

これまでの調査結果から、クマ剥ぎの防除効果が確認された 2 巻型及び選木型の組み合わせの型別に、実際にどの程度のコスト縮減が可能となるのか現在の工程を基に 1ha 当たりの事業費を試算した。(表 2)

これまで実施してきた「全木 4 巻型」の 1ha 当たりの事業費 116,300 円を基準とした場合、「選木 4 巻型」では 47%縮減の 62,000 円、「全木 2 巻型」では 50%縮減の 58,100 円となり、最もコスト縮減が期待される「選木 2 巻型」は事業費が

31,000 円となり 73%縮減できる結果となった。

表2 1ヘクタール当たりの事業費の試算

組み合わせ	施業内容		事業費内訳		事業費	縮減率
	実施本数	ロープ 巻数	名称	金額		
	本/ha	巻		円	円	%
全木 4 巻型	1250	4	資材費	34,900	116,300	—
			労賃	81,400		
選木 4 巻型	620	4	資材費	17,500	62,000	47
			労賃	44,500		
全木 2 巻型	1250	2	資材費	17,500	58,100	50
			労賃	40,600		
選木 2 巻型	620	2	資材費	8,800	31,000	73
			労賃	22,200		

4. 考察

- ① ロープ巻を行った木について被害が全く発生しなかったことから、改めてロープ巻がクマ剥ぎ被害防除に効果があることを確認した。
- ② 一本当たりのロープの巻数について、コスト縮減案として設定した2巻型の施業木においても4巻型と同様に被害は発生していないことから、従来の4巻型と同等の防除効果を期待できると考えられる。
- ③ 選木4巻型及び選木2巻型の試験区画におけるロープ巻の未施業木の被害率は7%の結果となり、無施業区の被害率13%よりも低いことから多少の被害の発生はあるものの、選木型による施業でも被害は軽減できると考えられる。
- ④ 防除費用のコスト縮減は、1ha当たりの事業費の試算でみると、基準とする「全木4巻型」の事業費と比較して「選木4巻型」では47%、「全木2巻型」では50%、「選木2巻型」は73%となり、大幅なコスト縮減が見込まれる。
- ⑤ 以上のことから、コスト縮減型として設定したモデルのうち、特に「選木2巻型」は被害に対する防除に有効であり、かつコスト縮減が期待できると考えられる。
- ⑥ 今回の研究は、試験地設定から間もない期間での調査結果であり、年間を通じた調査結果が得られていないことから、今後も追跡調査を継続し、クマ剥ぎ被害対策のコスト縮減に有効なものか検証を進めていきたい。

5. 引用文献

平成26年度森林・林業技術交流会発表課題

クマ剥ぎ被害防除への取組 ―対策とコスト縮減に向けて―

発表者 独立行政法人森林総合研究所 森林農地整備センター東北北海道整備局
能登忠博 松村伸治

民国連携の「チーム小国」がナラ枯れ被害の先に得た

三位一体の防除方法

置賜森林管理署 業務グループ ○伊達義人
山形県森林研究研修センター 研究主幹 齊藤正一
小国町産業振興課 主事 今 博貴

1. はじめに

1990 年以降、ミズナラとコナラを主としたナラ類(シイ・カシ類除く)の集団枯損被害(以下ナラ枯れ)は、最北端の青森県から最西端の山口県まで日本海側から太平洋側にかけて各地で発生しており、いったんは激減したものの、再び微増傾向にある。

小国町におけるナラ枯れ被害は、平成 17(2005)年に 439 本の被害を確認して以来、平成 21(2009)年には 74,961 本と全国一位の被害を経験して激減し、平成 28(2016)年に枯死本数が 0 になり被害が終息した。被害は、新潟県からの大量のカシノナガキクイムの移動、枯死しやすいミズナラが小国町には多く生育した事が大量被害の原因だと考えられた。

被害の重大性を危惧した小国町役場は、被害が民有林・国有林の区分なく拡大するため、置賜森林管理署・置賜総合支庁・山形県森林研究研修センター・小国町森林組合をメンバーに加え、民国連携「チーム小国」を平成 17 年に発足させ、被害対策に取り組んだ。

「チーム小国」では、平成 22(2010)年からは、被害を面的に軽減する手法が提案され、山形県森林研究研修センターが手法を工夫して、大量集積型おとり丸太トラップ法を完成させた(齊藤ら, 2014・2015)。この方法は、①被害が来る前にナラ林を伐採・利用し、②伐採した未被害のナラ類の丸太の一部を 20m³以上集積し集合フェロモン剤を装着して、カシノナガキクイムシを大量に誘引してチップ化で駆除し、③伐採したナラ林は更新できる、三位一体の防除法である。チーム小国では、この効果を平成 28(2016)年まで検証し、本防除法の有効性について確認したので報告する。なお、本報告は齊藤ら(2014・2015・2016)の発表の一部を引用する。

2. 方法と材料

(1) 調査地とナラ類の枯死本数調査

ナラ類の枯死被害状況を把握するため、枯死木本数の調査を実施した。調査対象地は、山形県西置賜地域の大量集積型おとり丸太を設置した小国町と、防除を実施しなかった長井市とした(図 1)。ナラ類の枯死本数は、主要道路や公園などの見晴らしのいい場所で調査し、1Km メッシュデータを単位としてとりまとめた。

(2) おとり丸太トラップの概要とカシナガの誘引数の測定

大量集積型おとり丸太によるカシナガの誘引実証調査は、2009～2016 年に可能な限りナラ類の健全木から採取した末口 15cm、長さ 2m の大量の丸太をナラ枯れ被害地に集積して行った。丸太設置は、2010～2016 年において山形県西置賜郡小国町内 15 箇所、合計 50 調査地とし、設置区とした。この 15 箇所の調査地と温量指数が同様の丸太を設置しな

った長井市の 15 箇所を、非設置区として枯死本数について対照させることにした。



左:ミズナラ・コナラを 20m³ 集積 右: 集合フェロモン剤

写真 1 大量集積型おとり丸太トラップ

図 1 調査地(山形県小国町・長井市)

丸太は、林道の退避場や土場跡、林道と接する平坦なスギ林内など比較的広い空間を確保できる場所に集積し、林道側に木口を向けて発散されるナラ類の木の匂い（カイロモン）が広く開いた路線の空間に発散するようにした。設置場所当たり材積が 20m³ 以上になるように、場所の形状に応じて高さ 1～5m、幅 4～25m に、運搬してきた丸太を集積して設置した。集積した丸太へのカシナガの誘引促進のため、カシナガの集合フェロモン剤（サンケイ化学製、カシナガコール 2mg 入り）2 本を丸太の中央付近に分散して設置した。健全木の伐採・丸太の採取・運搬を 4～6 月上旬、集合フェロモン剤の設置をカシナガの初発日前の 6 月中旬、推定誘引穿入虫数の測定を 8 月下旬～9 月上旬に実施した。カシナガの誘引状況は被害程度に応じて異なると考えられたため、被害状況を激害（枯死木 100 本以上/ha）、中害（10～100 本/ha）、微害（10 本未満/ha）および激害跡（当年被害の枯死木が周囲に無い状況）に区分して記録した。これを丸太トラップでの推定誘引穿入虫数の推移で使用した。

カシナガの丸太への推定誘引穿入虫数は、斉藤（2013）の方法を参考にした。集積した丸太の中段において、丸太を任意に 20 本選び、木口面の一方で丸太の隙間に見えるカシナガの穿入孔数をカウントし、その観察面積と丸太の表面積の比率から丸太 1 本あたりの穿入孔数を推定した。カシナガの穿入虫数は、過去の調査から 1 孔当たり 1.4 頭生存しているので、穿入孔数を 1.4 倍して丸太 1 本当たりのカシナガの穿入虫数を推定し、試験地ごとの比較を考えて 1m³ 当りのカシナガの推定誘引穿入虫数として計算した。

さらに、大量集積型おとり丸太は、いつまで設置しておけば防除効果を期待できるかを検討した。設置した 50 箇所のうち同一の 5 箇所で 5～7 年継続して大量集積型おとり丸太を設置し、カシナガの推定誘引穿入虫数を調査した。

3. 結果

(1) ナラ枯れの被害本数

2007～2016 年までの被害本数を表 1、丸太設置時の 2009 年、丸太設置開始 2 年目の 2011 年、丸太設置 5 年後の 2014 年の被害分布を図 2 に示した。2009 年度は設置区と非設置区とも被害箇所が大きく広がっていた。しかし、2011 年度になると、大量集積型おと

り丸太トラップが設置された設置区の中央部では被害箇所が少なくなっているのに対して、非設置区では被害箇所が、依然として広がっていた。2014 年度、設置区・非設置区とも被害箇所が減少した。しかし 2014 年は、設置区で被害が確認されたメッシュは 2 カ所であるのに対して、非設置区では 20 メッシュであった。

(2) 大量集積型おとり丸太トラップにおけるカシナガの誘引結果

2009～2016 年の設置区における、大量集積丸太に誘引されたカシナガの合計推定誘引虫数を図 3 に示す。おとり丸太に誘引された推定誘引虫数は、2009 年は 1 箇所 302.6m³を設置して 6,334 千個体を誘引したのをはじめとして、2010 年は 7 箇所 230.9m³で 4,328 千個体、2011 年は 13 箇所 500.3m³で 7,987 千個体、2012 年は 10 箇所 364.4m³で 4,845 千個体、2013 年は 6 箇所 204.8m³で 2,382 千個体、2014 年は 5 箇所 182.5m³で 613 千個体であった。全集積丸太の体積に対する全推定誘引虫数の 1m³当りの密度は、2009 年は 20,935 個体、2010 年は 18,744 個体、2011 年は 15,965 個体、2012 年は 13,297 個体、2013 年は 11,632 個体と徐々に減少し、2014 年には 3,363 個体と激減し横ばいになった。

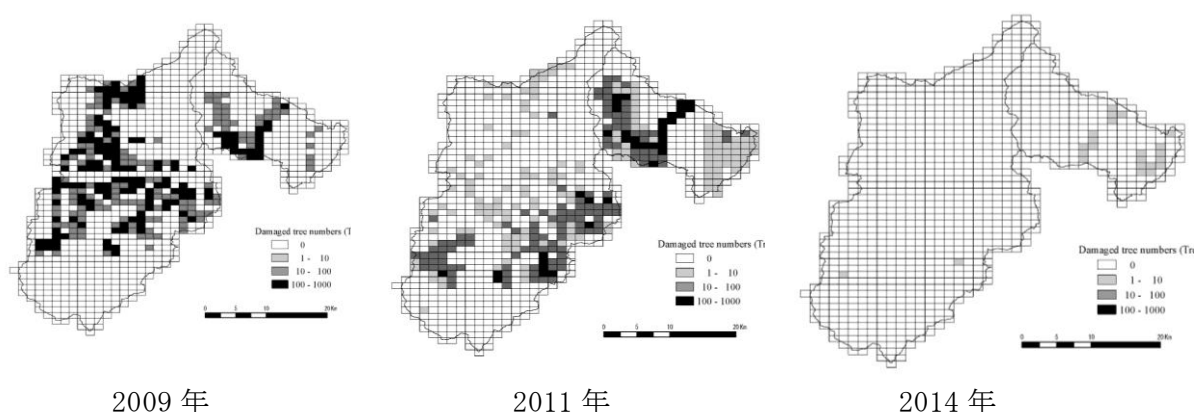
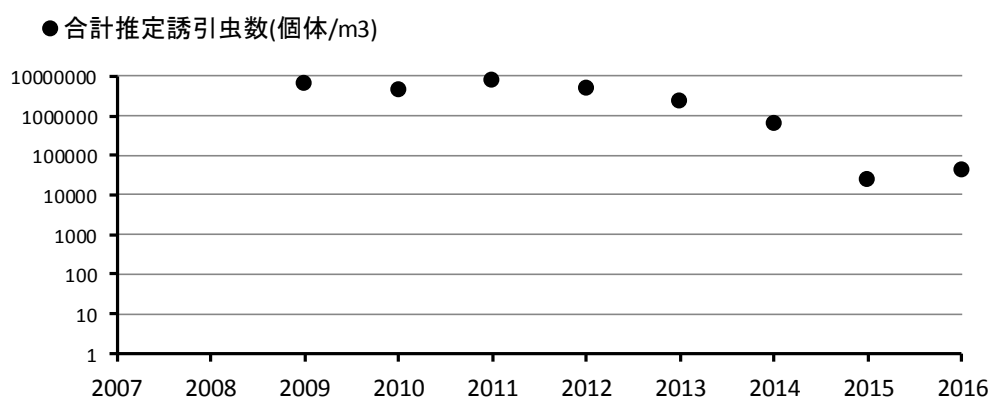


図 2 調査区におけるナラ枯れ枯死本数の推移



トラップ設置数	0	1	7	13	11	7	5	2	4
丸太材積合計(m ³)		302.6	230.9	500.3	364.4	204.8	182.5	60.7	102.9
ナラの枯死密度(本/ha)									
丸太設置区 (小国町)		2.4	3.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
丸太非設置区(長井市)		0.9	10.3	11.6	11.9	11.9	12.0	12.0	12.0

図 3 調査地での丸太の設置数と推定誘引数・ナラの枯死密度の推移(2008～2016 年)

(3) おとり丸太トラップの設置区と非設置区におけるナラ枯れ枯死本数の推移

図 4 に設置区の設置前年の枯死本数を 100 として・設置当年・翌年の枯死本数とこれ

に該当する非設置区の枯死本数を示す。おとり丸太トラップの設置区における 1Km メッシュ内の枯死本数は、トラップ設置前年が 5~415 本、トラップ設置当年が 0~61 本、設置翌年が 0~62 本であり、設置前年より設置当年・翌年で枯死本数が減少した。一方、おとり丸太トラップの非設置区の枯死本数は、丸太設置区の設置前年は 5~4000 本、設置当年は 0~4000 本、設置翌年は 0~650 本であった。設置区では丸太設置後に枯死本数が増加せず、反対に非設置区では増加していく場合が半数程度確認された。トラップの設置区と非設置区の枯死本数の Mann-Whitney 検定では、トラップ設置前年は有意差が無く ($p = 0.838 > 0.05$)、トラップ設置当年とその翌年で有意差が認められた ($p = 0.009 < 0.05$, $p = 0.033 < 0.05$)。

(4) 同じ箇所に設置したおとり丸太トラップでのカシナガの誘引虫の推移

図 5 に 5~7 年間継続して大量集積型おとり丸太を設置した 5 試験地のカシナガの誘引推定穿入虫数を示した。5 試験地とも設置時は激害であったが、3 年目には枯死木が周辺にはない激害跡地へと推移した。カシナガの推定誘引穿入虫数は、設置当初は試験地ごとに差があったが、4 年目には推定誘引穿入虫数が微害レベルの約 10,000 個体/m³にまで減少し、さらに 5 年目には約 3,000 個体/m³に激減したが 7 年目の設置でも約 400 個体/m³。誘引され 0 個体にはならなかった。

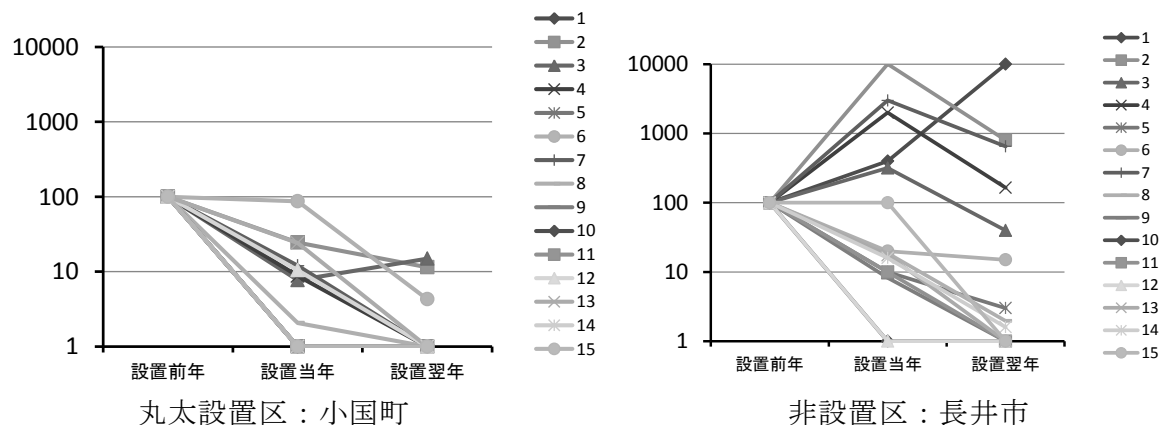
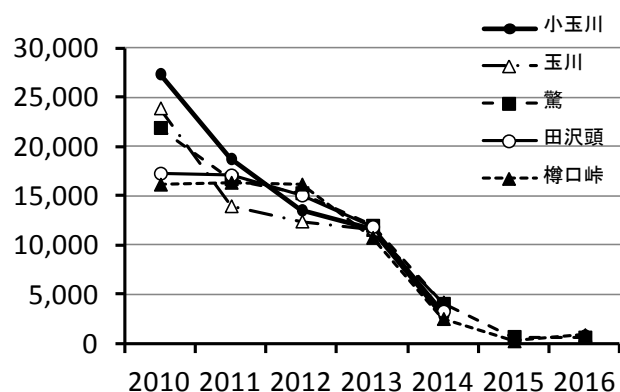


図 4 丸太設置前年の周囲 500m の枯死本数を 100 とした場合の設置当年・翌年の枯死本数

4. 考察

トラップ設置区における、おとり丸太に誘引穿入したカシナガの推定個体数は、2009~2014 年のおとり丸太設置期間内に約 2,650 万個体のカシナガを捕獲したと考えられる。おとり丸太 1m³ 当りのカシナガ推定誘引数は、丸太設置初年の 2009 年が 2 万個体を超えていたが、年々減少して、設置 6 年目 2014 年では 3 千個体程度に推移していた。



減少傾向で推移したのは、おとり丸太 図 5 同一箇所に設置した丸太での推定誘引虫数がカシナガを効果的に誘引したか、カシナガがアタックする健全木の減少などの要因が考

えられる。

斉藤ら（2014）の研究では、被害程度が中害以上の場合、材積 20m³ 以上の丸太を積み重ねたおとり丸太トラップでは 15,000 個体/m³，トラップ 1 基で 300,000 個体のカシナガを誘引可能と推定されている。山形県内のナラ枯死木には、1,000 個体/本のカシナガの親虫が穿孔する（斉藤ら 2014）。よって、おとり丸太トラップの 1 集積に誘引されるカシナガの数を枯死木数に換算すると 300 本分になり、おとり丸太トラップは設置した周囲の被害軽減に寄与すると考えられている。2009～2014 年に、設置区のおとり丸太トラップに誘引したカシナガの推定総数は、約 2,650 万個体であったが、これを枯死本数に換算するとトラップ設置区の小国町では 6 年間で約 26,500 本のナラ類の枯死を軽減できたことになる。2009～2016 年における枯死本数は、小国町が 102,592 本（3.3 本/ナラ林 1ha），長井市が 79,027 本（12.0 本/ナラ林 1ha）であり、小国町での枯損防止本数密度は無処理の長井市と比較すれば、約 28%であったと推定され、大量集積型おとり丸太トラップの設置は、ナラ枯れ被害を早期に軽減させるのに有効であると考えられた。

また、同一箇所でも 5～7 年間にわたり丸太を設置したが、激害時に設置すると 4～5 年でカシナガの推定誘引虫数が微害レベルの 10,000 個体/m³を下回るもので、同一箇所に 4～5 年設置して十分に周囲の虫密度を下げるのに役立つと考えられた。しかし、7 年設置しても虫の誘引数は 0 にならないので、潜在的にはカシナガは被害地に生息し続ける可能性もあるのかもしれない。本研究では、おとり丸太トラップの設置区にあたる小国町全域の 73,756ha を対象として、6 年間で、15 箇所におとり丸太を設置した。73,756ha という面積を対象としていることから、殺菌剤注入などの単木に対する防除対策とは異なり、面的な広がりを持った広域の防除対策にも、このトラップは有効であると考えられた。

5. まとめ

民国連携の「チーム小国」は、大量集積型おとり丸太トラップの実証調査を 7 年継続して実施し、大量集積型おとり丸太が、広域を対象として、ナラ枯れ被害を、早期に軽減させるのに有効であることが明らかにし、大きな成果を得た。このトラップによって、ナラ枯れ被害を軽減することは可能であるが、ナラ枯れ被害を完全に根絶できるわけではない。ナラ枯れ被害の再流行を防ぐために、今後とも「チーム小国」は被害木の早期発見などモニタリングを継続していく予定である。

参考文献

- ・ 斉藤正一・野崎 愛（2008）林業普及双書 No.157：135～157.
- ・ 斉藤正一・柴田銃江（2012）日林誌 94：223～228.
- ・ 斉藤正一（2013）JATAFF ジャーナル：29～33.
- ・ Tokoro M et al（2007）Bulletin of FFPRI 6（No.402）：49～57.
- ・ 斉藤正一・岡田充弘・箕口秀夫（2014）森林防疫 63（6）：25～31.
- ・ 斉藤正一・箕口秀夫・加賀谷悦子（2015）日林誌 97（2）：100～106.
- ・ Shoichi Saito・Hiroshi Kondo・Aya Takahashi・Mitsuhiro Okada and Hideo Miguchi（2016）AEA51（2）267-274.

蔵王オオシラビソ被害林の現況把握と 再生に向けた取り組みについて

山形森林管理署 業務グループ ○齊藤 雅哉
山形県森林研究研修センター 研究員 千葉 翔

1. はじめに

冬季に樹氷が付着する山形蔵王のオオシラビソ（別名：アオモリトドマツ）は県内の主要な観光資源である。2013年に発生したトウヒツヅリヒメハマキによる被害で針葉が褐変したため、当管理署ではこれまで樹勢を回復する方法を検証してきた。加害昆虫の天敵である寄生蜂が増加したことでヒメハマキの個体数は年々減少し、2016年に被害は終息した。しかし、同年6月にトドマツノキクイムシの穿孔が多数の立木で確認され、全ての葉が落葉した個体も散見された。樹氷林を維持するためには、被害実態や林況を把握して講じるべき対策手法を検討することが重要である。さらに、播種等の人為的な更新補助作業が必要となる場合は、林地の再生に要する期間を明らかにしておくべきだろう。そこで、オオシラビソが分布する低標高域から森林限界にかけて穿孔程度を調べた。併せて、被害が顕著な林分で毎木調査を実施し、天然更新の可否判断と林齢の推定を行った。

2. 調査地と方法

（1）調査地概要と穿孔被害の評価

調査地は山形県蔵王連峰のひとつである地蔵山であり、森林被害は標高約1,300m～1,700mまでの林帯で確認されている（図-1）。このうち山頂駅に隣接する20haはヒメハマキ被害で針葉が褐変した個体が多いため、激害区域に指定されている（図-1）。キクイムシによる穿孔範囲と被害程度を調べるために、低標高域から激害区域に至る5地点を選定し（図-1）、各地点に生育する30個体の穿孔の有無と生死を調査した。生死の判定は、穿孔に松脂が確認されたものを生存木、樹液を分泌していない個体を枯死とした。

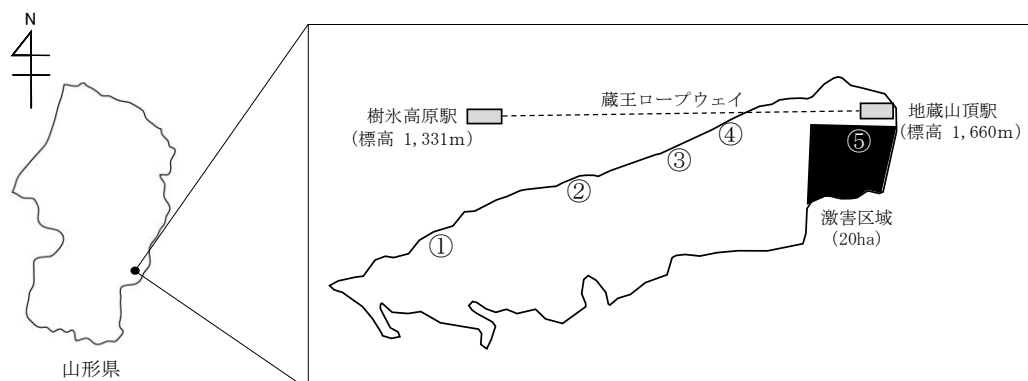
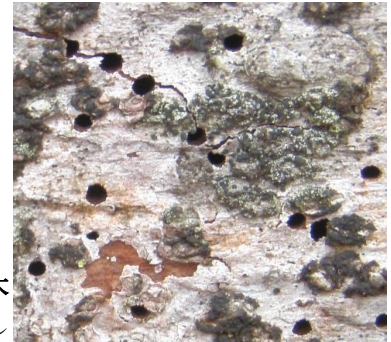


図-1 調査地概要と調査地点



生存木
穿孔から樹液が分泌



枯死木
穿孔に樹液無し

(2) 激害区域の天然更新の可否と林齢の推定

結果で詳述するように、穿孔被害は激害区域に多く、ほとんどの個体が枯死していた(図-2)。そこで、激害林内に 50m×50m のプロットを設置し、プロット内の立木を上、中、下の 3 階層に区分してその本数と生死を調査した。上層木は林冠を形成している個体とし、ササの植生高約 1.1m 以下の稚樹や実生は下層木と定義した。また、上下層の間にある若齢木は中層木とした。生存・枯死の判定は(1)の調査と同様である。

被害林の林齢を推定するために、上層木の中から無作為に 22 個体を選び成長錐コアを採取した。成長錐は地際から 30 cm の高さで抜き取り、ストローに入れて持ち帰った。採取コアの年輪はルーペを使用して計測した。

3. 結果と考察

(1) キクイムシによる穿孔被害

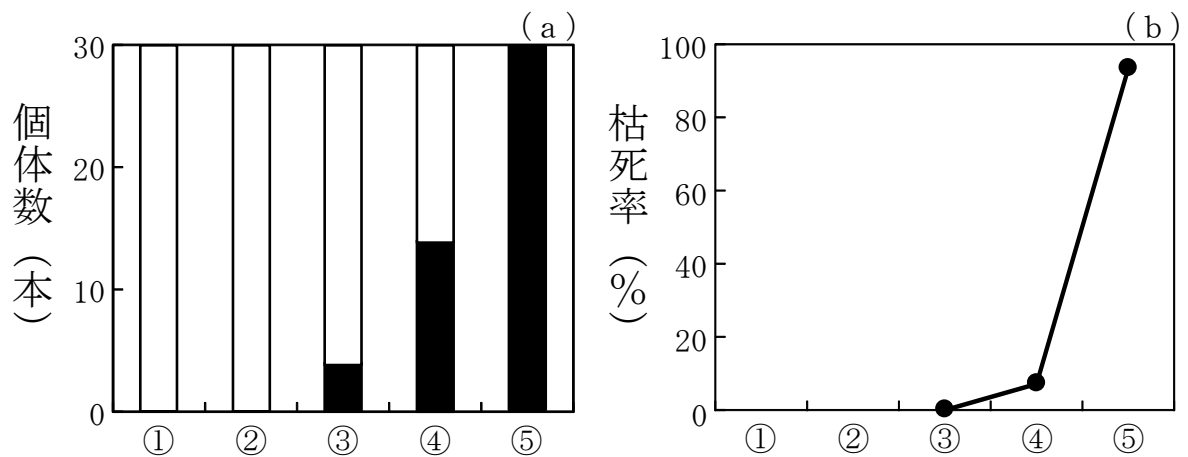


図-2 調査地点別の穿孔があった個体数 (a) と枯死率 (b)

■は穿孔有り □は穿孔の無かった個体を示す。 調査地点⑤は激害区域

図-2 (a) に調査地点別の穿孔があった個体数を示す。キクイムシによる被害は調査地点③以上の高標高域で確認された。特に激害区域である⑤では全ての個体が被害を受けており(図-2 a)、枯死率も他の 2 地点が 0% および 7.1% であったのに対し、93.3% で最大となった(図-2 b)。激害区域にある個体はヒメハマキ被害を受けて著しく衰弱しているものが多かったので、キクイムシの穿孔が二次被害となり枯死したと思われる。

(2) 天然更新の可否と林齢の推定

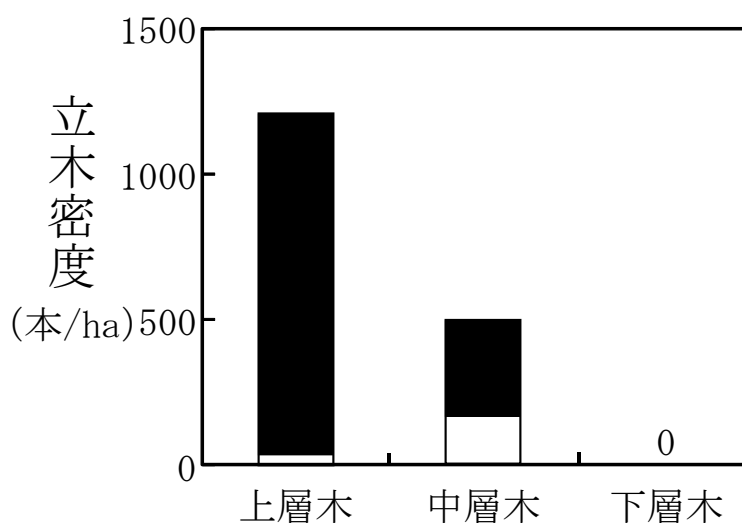


図-3 階層別の立木密度
■は枯死 □は生存を示す。

立木密度を階層別に比較した結果、上層木は 1216 本/ha あったが、中層木はその半数以下の 492 本/ha であり、下層に稚樹や実生はなかった (図-3)。上・中層木の生存個体はそれぞれ 12 本/ha、164 本/ha と少なかった。したがって、生残している若齢木のみでは現状の立木密度まで回復することは困難と考えられる。

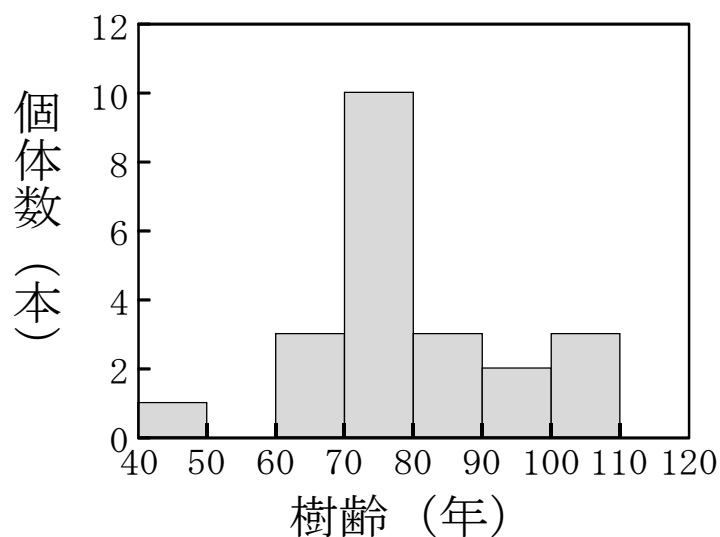


図-4 樹齢別の個体数

図-4 に樹齢別の個体数を示す。調査個体の樹齢は最小 41 年生～最大 103 年生であり、平均 72 年生であった。激害区域は高標高域に位置しており、過酷な環境下で成林した被害林は老齢な林分と予想していたので、この調査結果は推測よりも若齢であった。以上のことから、被害の著しい林地を再生するためには、播種や苗木の植栽等により立木密度を高める取り組みが不可欠であり、現在の林況になるまで 70 年程度の期間が必要であると予測された。

4. 今後の課題

上述した調査結果を受けて、当管理署では現地での播種試験を試行的に実施した。しかし、播種した 600 粒のオオシラビソ種子のうち、発生した実生はわずか 0.5%であった。発生率が低い要因を調べるために、供試種子の充実率を算出した結果、9 割以上が不充実種子（シイナ）であった。今後は有効な精選方法を明らかにして不充実種子を取り除き、充実した種子を用いて再度播種試験を行う計画である。さらに、現地にはササが繁茂しているため、発生した実生の生存や成長に対する刈り払いの影響を精査し、保育手法を確立することが課題である。

5. 謝辞

取り組みにあたり、森林総合研究所東北支所及び山形県森林研究研修センターからご指導いただきましたことに対し、御礼申し上げます。