

砂坂クロマツ海岸林に対する強度間伐の効果

真坂一彦

日本の海浜には古くからクロマツ海岸林が造成されてきました。海岸林は海風や飛砂、高潮から私たちの生活を守る機能が期待されています。その機能が発揮されるためには、林冠が海側から内陸側に向かって途切れることなく連続している必要があります。そのため、海岸林を造成する際には、林冠が速やかにうっ閉することを目的に、ヘクタール当たり5,000～1万本というような高い密度で苗木が植栽されます。

しかし、クロマツは海浜環境への耐性が高いため、風衝作用がもっとも厳しい海に面した前線部でもない限り、順調に成長します。本来、人工林は、植栽木を健全に成長させるために適度に間引く密度管理が行われます。ところが海岸林の密度管理については、適切な密度管理がなされていないと指摘され続けています。クロマツは高密度でもなかなか枯死しないため、木が光を求めて上へ上へと伸びる結果、樹高が高い割には幹が細いという樹形となり、かえって冠雪害や強風害を受けやすくなります。植栽密度が高いクロマツ海岸林に対し、3,000本/ha程度で植えられる内陸の保安林と同じ要領を適用できるのか大きな疑問があります。また、試験的に強度の間伐を勧めても、閉鎖している林冠に大きな穴が開くことで、そこから潮風が林内に吹き込んで保残木を枯らしてしまうのではといった心配から、二の足を踏まれます。

このような問題が生じる背景には、海岸林に対する間伐の効果についての実証試験がほとんどないことが一因としてあげられます。

そこで、江差町にあるクロマツ海岸林に対して、間伐率の異なる間伐処理を施す試験を行いました。今回、間伐後10年間の樹高成長量と直径成長量、そして細りの指標である形状比の変化について調査を行い、間伐効果について検討した結果を紹介します。なお今回の報告内容は、Masaka et al. (2013)に基づきます。

調査地と調査方法

調査を行った江差町の砂坂クロマツ海岸林は、1950年代中頃に造成された北海道でもっとも古いクロマツ海岸林です。ここにはもともと鬱蒼とした天然生海岸林が生き茂っていましたが、鯨粕製造のための燃料採取とその後の放牧によって消失しました。今見られるクロマツ海岸林は、天然林が消失したことによって発生するようになった飛砂害を抑えるために造成されました。

1999年10月、林内に汀線に平行するように無間伐区(全く伐らない)と、本数伐採率で20%を間伐する20%間伐区、同様に40%間伐区、そして60%間伐区を設定しました(図-1)。それぞれの面積は400

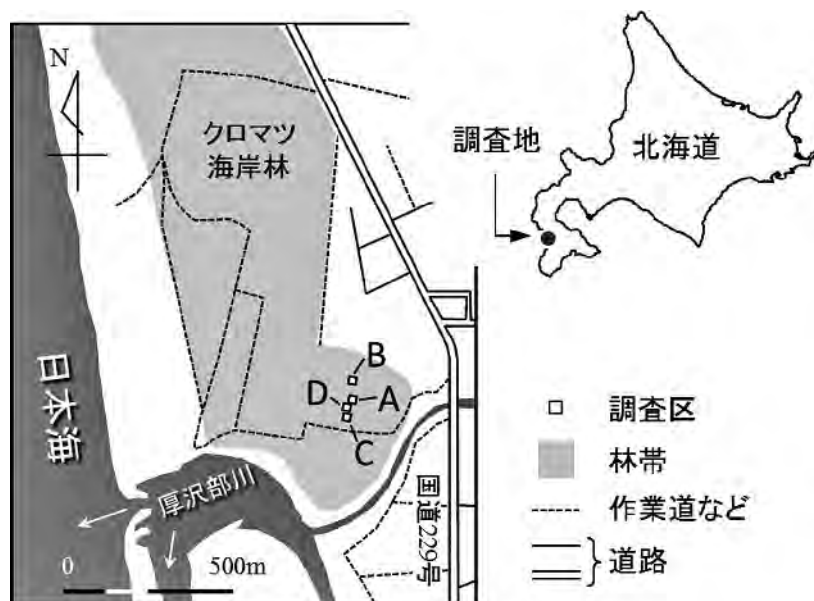


図-1 調査地の位置.

A, 無間伐区; B, 20% 間伐区; C, 40% 間伐区; D, 60% 間伐区.

m² (20m×20m) です。

各処理区内に出現したすべてのクロマツについて樹高と胸高直径 (dbh) を測定し、個体識別のためにナンバー・テープを付けました。調査地設定時の各処理区の概況を表-1に示します。混み合い度を示す収量比数 Ry はいずれも 0.8 程度で、間伐が必要な密度に達していました。なお、間伐直前における樹高-dbh 関係、および形状比-dbh 関係は処理間で有意な差は認められませんでした。つまり、処理間で初期条件はほぼ同じでした。

間伐は全層間伐を目標としましたが、やや下層木も多く伐っています。なお、全層間伐であれば本数伐採率と材積伐採率はほぼ同じになりますが、下層木を若干多めに伐っているため、本数伐採率より材積伐採率がわずかに小さくなっています (表-1)。間伐効果を評価するため、間伐後 10 年目の 2009 年 10 月、ふたたび樹高と dbh を測定しました。

表-1 査地設定時 (1999年) の林分概況.

処理区	密度 (個体数/ha)			林分材積 (m ³ /ha)			Ry [*]		\bar{H} [†] (m)		\overline{dbh} [‡] (cm)	
	前 [§]	後 [§]	%	前	後	%	前	後	前	後	前	後
無間伐区	1600	1600	0.0	134.5	134.5	0.0	0.78	0.78	8.8 ± 1.0	8.8 ± 1.0	14.2 ± 3.1	14.2 ± 3.1
20%間伐区	1550	1200	22.6	167.7	136.3	18.7	0.81	0.73	9.3 ± 1.0	9.3 ± 1.0	15.9 ± 3.3	16.3 ± 3.3
40%間伐区	1625	975	40.0	163.3	116.8	28.5	0.81	0.66	9.5 ± 1.2	9.9 ± 1.0	15.0 ± 3.3	16.3 ± 3.1
60%間伐区	1775	725	59.2	159.6	74.7	53.2	0.83	0.55	9.5 ± 0.7	9.6 ± 0.8	14.4 ± 2.6	15.4 ± 2.4

*、収量比数 (河崎・田中 [1988] と小田 [1992] より). †, 平均樹高 ± 標準偏差. ‡, 平均 dbh ± 標準偏差. §, 「前」と「後」はそれぞれ間伐前と間伐後の値.

データの評価方法

樹高成長量 (HG : height growth) および直径成長量 (DG : diameter growth) に対する処理の効果は、次の一般化線形モデル (GLM : generalized linear model) で評価しました。

HG, または DG = a₀ + a₁期首サイズ + a₂処理区 (1式)

このとき、a_i (i = 0~2) は係数です。モデルに対する期首サイズおよび処理区の影響については、各変数をモデルから削除し、それぞれにおいて算出される赤池の情報量基準 (AIC : Akaike's information criterion) で評価しました。AIC が小さいモデルほど説明能力が高いモデルになります。

さて、一般に、混みあった状態では樹高成長が促進されます。そこで、各個体がどの程度、樹高成長と直径成長に成長量を配分し、それが処理間でどの程度異なるのか評価するため、樹高成長寄与度 (HGC : height growth contribution) を用いて検討しました。

樹高成長寄与度は次のように求めます。

$$V_t = D_t \times H_t \quad (2式)$$

ここで、V_t, D_t, H_t はそれぞれある時点 t における材積, dbh, 樹高です。2式の両辺を t で微分すると、次にようになります。

$$\frac{dV_t}{dt} = H_t \cdot \frac{dD_t}{dt} + D_t \cdot \frac{dH_t}{dt} \quad (3式)$$

3式の両辺を 2式で割ると、次の関係式が得られます。

$$\frac{1}{V_t} \cdot \frac{dV_t}{dt} = \frac{1}{D_t} \cdot \frac{dD_t}{dt} + \frac{1}{H_t} \cdot \frac{dH_t}{dt} \quad (4式)$$

4式はまさに相対成長率 (RGR : relative growth rate) であり、左辺は相対材積成長率、右辺の第 1 項は相対直径成長率、第 2 項は相対樹高成長率を表します。4式を次の 5式のように書き表すことにします。

$$RVGR_t = RDGR_t + RHGR_t \quad (5式)$$

左辺は V_t の RGR, 右辺の第1項は D_t の RGR, 第2項は H_t の RGR という意味です。5式の両辺を $RVGR_t$ で除すると6式のようにになります。

$$1 = \frac{RDGR_t}{RVGR_t} + \frac{RHGR_t}{RVGR_t} \quad (6 \text{ 式})$$

すなわち、相対材積成長率に占める相対直径成長率の割合と相対樹高成長率の占める割合の和が1ということであり(トレード・オフ関係)、一つの個体のなかでの直径成長と樹高成長の配分比を評価できます。このうち、ここでは $RHGR_t/RVGR_t$ を HGC と呼ぶことにします。

樹高成長量と直径成長量への間伐効果

各個体の間伐後10年間の樹高成長量および直径成長量について期首サイズとの関係を図-2に示します。モデル選択の詳細は省きますが、GLM分析の結果、すべての変数を組み込んだモデルのAICがもっとも小さいという結果になりました。そして樹高成長では60%間伐区の係数が他の処理区より有意に小さく、直径成長では逆に60%間伐区の係数が他の処理区より有意に大きいという結果になりました(表-2:t値の絶対値が2以上だと効果があるとみなせる)。この結果は、60%間伐区のクロマツは、他の処理区のクロマツに比べて樹高成長が劣り、逆に直径成長が優勢だったことを意味しています。

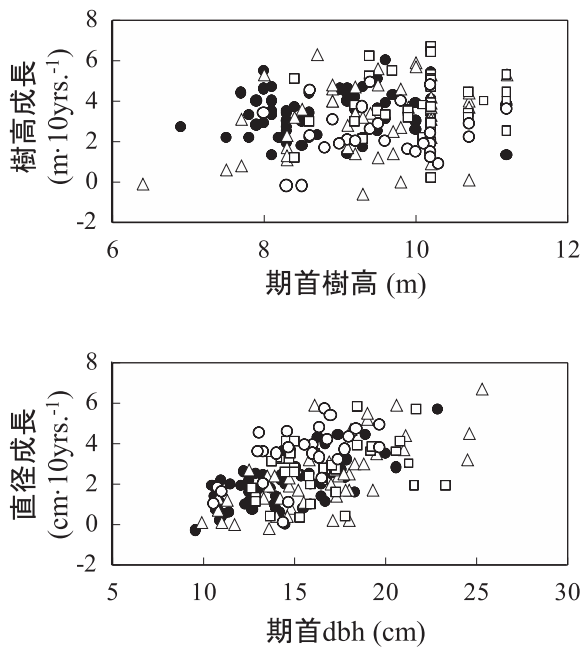


図-2 期首サイズと間伐後10年間の樹高成長および直径成長の関係。

●, 無間伐区; □, 20%間伐区; △, 40%間伐区; ○, 60%間伐区。

表-2 間伐後10年間の樹高成長と直径成長に対する間伐効果についてのGLM分析結果。

変数	係数	標準誤差	t 値
樹高成長			
切片	0.7299	1.0937	0.667
期首樹高	0.2996	0.1212	2.471
処理区*			
20%間伐区	-0.4279	0.2721	-1.572
40%間伐区	0.1013	0.3189	0.318
60%間伐区	-1.2359	0.3267	-3.783
直径成長			
切片	-2.07937	0.44432	-4.680
期首 dbh	0.28426	0.02897	9.812
処理区*			
20%間伐区	-0.20357	0.22578	-0.902
40%間伐区	0.06892	0.24471	0.282
60%間伐区	1.13396	0.26022	4.358

*、リファレンス・カテゴリーは無間伐区(係数が0)。

HGCの処理間差

樹高成長と直径成長、どちらにより多く投資しているのか、HGCの出現頻度分布を処理間で比較したのが図-3です。

無処理区と20%間伐区、40%間伐区では、いずれも頻度分布のピークが0.4~0.6の範囲に出現しましたが、60%間伐区のみは0.2~0.4の範囲に出現しました。この結果は、前者三つの処理区では60%間伐区に比べてより樹高成長に投資し、また60%間伐区では他の処理区に比べてより直径成長に投資していることを意味します。

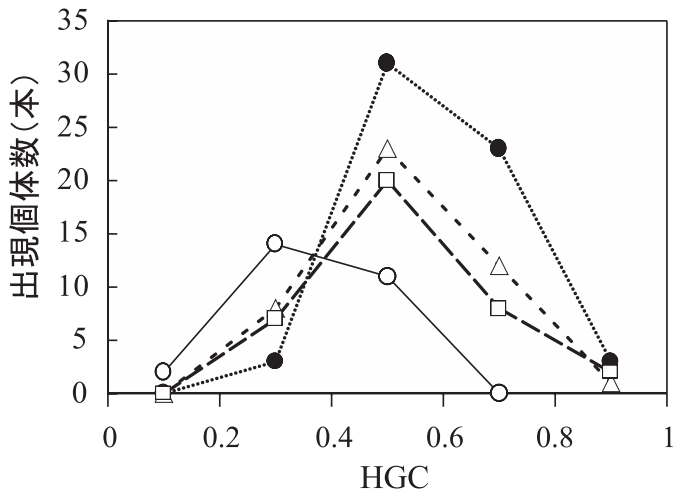


図-3 各処理区における樹高成長寄与度 (HGC) の出現頻度分布.
 ●, 無間伐区; □, 20%間伐区; △, 40%間伐区; ○, 60%間伐区.

形状比への間伐効果

間伐直前と間伐後10年目における形状比-dbh関係を図-4に示します。形状比は時間の経過とともに高い方へ変化している様子が分かります。

秋田県のクロマツ海岸林において1998年12月に発生した湿雪による冠雪害では、被害は形状比が80以上の個体に集中しました。そこで、形状比80に注目して、形状比80以上の個体の出現数について処理間で比較した結果を表-3に示します。その結果、60%間伐区では10年間でまったく変化がない一方、無間伐区でもっとも多く増加しました。20%間伐区と40%間伐区では、無間伐区と60%間伐区のほぼ中間の値です。なお、20%間伐区と40%間伐区で多さ順序が入れ替わっていますが、差はわずかで、誤差の範囲内です (Fisherの正確確率検定, $p = 0.172$)。

表-3 形状比が80以上の個体の出現頻度(%)、
 現頻度 (%)

処理区	調査年	
	1999	2009
無間伐区	8.2	44.3
20%間伐区	2.1	25.0
40%間伐区	0.0	29.7
60%間伐区	6.9	6.9

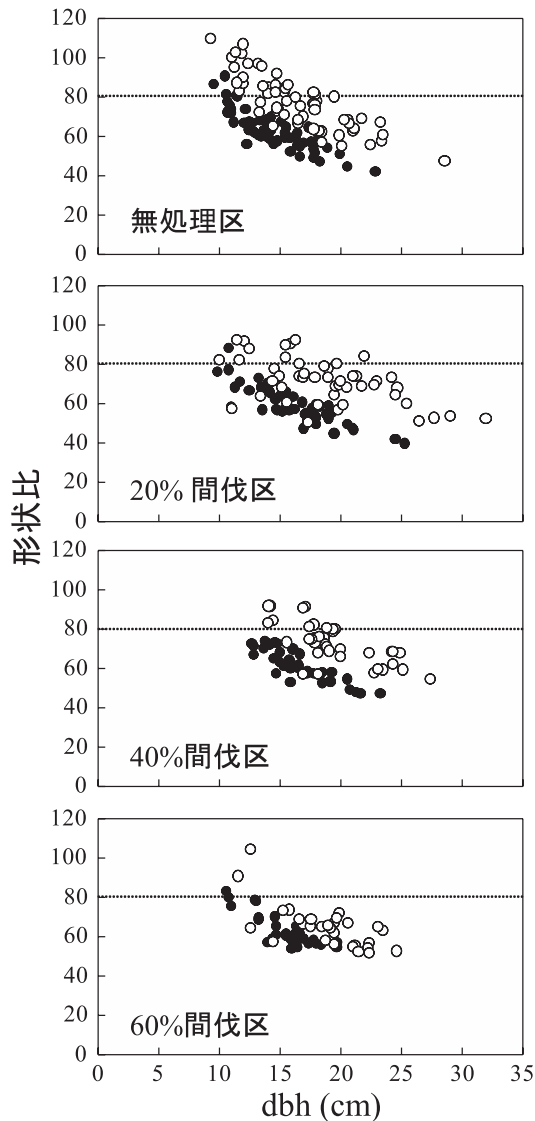


図-4 各処理区におけるdbhと形状比の関係.
 ●, 間伐直前; ○, 間伐後10年目.

強度間伐は必要か？

今回の調査の結果では、本数伐採率にして60%を間伐しないと明瞭な間伐効果が得られませんでした。60%間伐区以外では、60%間伐区に比べて直径成長よりも樹高成長が相対的に高くなっていました(図-3)。樹高成長が相対的に高くなっていったのは、密度が高いため、わずかに伐ったとしてもすぐに林冠ギャップが埋まってしまい、枝葉の展開のための樹冠の側方成長ができず、上方に伸びざるを得なかったためでしょう。

これまで海岸林の密度管理では、保安林の指定施業要件で定められる20%(材積伐採率)を上限に間伐(本数調整伐)が行われてきました。2002年(平成14)に35%に引き上げられましたが、今回の結果では、20%間伐区も40%間伐区も成長量は無間伐区のそれとほとんど変わらず(表-2, 図-2)、形状比も80を超える個体が出現しました(表-3, 図-4)。形状比が高いのは小さな個体ですから(図-4)、次の間伐で小さな個体から伐れば、形状比が80を超える個体は確かになくなります。しかし、形状比が80以下を維持するには頻繁な間伐が必要になります。また、60%間伐区における同じ大きさの個体の形状比と比較すると、他の処理区では全体的にやはり高い傾向にあるため、冠雪害や強風害の被災リスクは60%間伐区より高いといえます。これまでの間伐率であっても、間伐間隔を2~3年と短くすれば間伐効果が得られるかもしれませんが、予算的にも難しい場合が多いでしょう。そのため、指定施業要件の上限を超えるような間伐が必要になってきます。しかし、そんなことが可能なのでしょうか？

森林法で定められる「除伐」では伐採率上限が定められていないため、除伐で対応できるという意見も一部にあります。しかし、関係者に訊くと、除伐でも指定施業要件を超えない程度の範囲内で実施するというのが共通認識のようです。高密度に植栽された海岸林の密度管理に対応できるような法整備が必要です。

今回は、40~50年生の壮齢クロマツ海岸林に対する間伐効果を紹介しましたが、今後は制度の改正に資するよう、さまざまな林齢、樹種に対する間伐の実証試験結果を提示する必要があります。なお、カシワ林、エゾイタヤ林、グイマツ林については間伐後6年目の中間報告ですが、林業試験場研究報告46巻85-116p(2009年)において報告しました。

今回の試験を行うに当たり、檜山振興局林務課の協力を頂きました。末尾ながら深謝いたします。

引用文献

Masaka K, Sato H, Torita H, Kon H, Fukuchi M (2013) Thinning effect on height and radial growth of *Pinus thunbergii* Parlat. trees with special reference to trunk slenderness in a matured coastal forest in Hokkaido, Japan. *Journal of Forest Research* 18 : 475-481

(環境G)