

健全な海岸林を仕立てるための密度管理

(研) 森林総合研究所 森林防災研究領域 研究専門員 坂本 知己

キーワード：海岸林、クロマツ、密度管理、本数調整

はじめに

わが国の海岸砂地に造られてきた海岸防災林（以下、海岸林）のほとんどはクロマツ林である。平成 23 年東北地方太平洋沖地震による巨大な津波では多くの海岸林が失われたが、その再生のために植えられているのも、基本的にクロマツである。

単一樹種からなる林は病虫害が発生した場合、そうでない林に比べると被害が拡大しやすい。とりわけクロマツは、マツ材線虫病（松くい虫）を抱えている。それでもクロマツが植えられるのは、津波で失われた海岸林の防災機能を速やかに取り戻すために、樹種特性や造成技術の蓄積などを総合的に考えると、まずはクロマツが最も適しているからである（坂本 2012）。

一方、既存のクロマツ海岸林の多くは、密度管理が適切に行われておらず過密化しているか、あるいは、本数調整^{注1)}のタイミングが遅く、樹高の割には幹が細く枝の枯れ上がった、風害や雪害などの気象害に対して弱い形状の個体で構成されている。その点で、今回の海岸林の再造成は、密度管理を適切に行って健全なクロマツ海岸林を仕立てる機会でもある。

そこで、本稿では、「クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方」^{注2)}（森林総合研究所 2011）に基づいて、クロマツ海岸林の密度管理の進め方について述べることにする^{注3)}。なお、上の「手引き」では、10,000 本/ha 植えの場合を対象にしている。今回の海岸林の再生事業では 5,000 本/ha 植えも広く行われているので、その場合についても触れる。

1 健全な海岸林とは

海岸林に期待される機能を発揮し続けるためには樹林状態の持続が重要であるから、健全な海岸林が目標

となる。具体的には、健全な個体から構成される林冠が閉鎖した海岸林である。また、健全な個体とは、端的に言えば形状比^{注4)}を 70 までに抑えた個体のことである。

津波被害軽減機能を最大限に発揮する林相は、津波の規模によって異なる（野口 2016）。津波の規模を一つに決めることはできないので、この場合も、現実的には、まずは健全なクロマツ林が目標となる。それ以上に波力に対する抵抗性を高めるのであれば、その下層に広葉樹を導入することが考えられる（野口 2016）。

2 密度管理の必要性

これまでのクロマツ海岸林の造成では、多くの場合、10,000 本/ha 植えが採られてきた。これは通常の造林の植栽本数（2,500～3,000 本/ha）と比べて極端な密植である。密植の理由は、速やかに地表を覆って飛砂の発生を抑えるためと、隣り合う植栽木が互いに潮風・飛砂に対する^{ついで}衝立のような役割を果たすことを期待したためである。

一方で、密植されたクロマツ林は、林冠の閉鎖後そのまま放置すると、枝が枯れ上がり樹高の割に幹が細い、風害・雪害といった気象害に弱い個体ばかりになる

注1) 密度管理のために、植栽木を部分的に伐採する（間引く）ことを指す。「間伐」と呼ぶことも多いが、元々「間伐」は、単に間引くだけでなく、主伐までの間、伐採木を販売して収益を得る場合の伐採を指す用語であった。ここでの伐採は収益があるわけではないので「本数調整」とした。

注2) 「手引き」で使われている数値は、小田（1992）の相対密度管理表に基づいている。

注3) 詳しくは、「手引き」あるいはその解説（坂本 2012）を参照。

注4) 胸高直径に対する樹高の比。例えば、樹高 7m、胸高直径 10 cm の樹木の場合、形状比は 70 となる。値が大きいほど、樹高の割に細いことを示す。

(写真1)。いわゆる過密化である。これを避けるには密度管理が必要で、植栽密度が高い分、一般の造林地以上に生育に応じて本数調整(伐採)する必要がある。

3 初期の本数調整の重要性

本数調整は、植栽木の生育(上長成長)に応じて繰り返し実施する必要があるが、初期の本数調整、とりわけ1回目の本数調整を遅れずに実施することが肝要である。このことは、林冠高(上層木の平均樹高)と目標とする立木密度との関係に示されている(図1)。

林冠高が低い段階ほど、林冠高の上昇に伴って適正な立木密度が大きく減少する。これは、林冠高が低い段階ほど過密化が進みやすいことを示している。すなわち、本数調整が遅れた場合は、同等の上長成長量であっても、林冠高の低い段階ほど適正本数との差が大きくなる。従って、本数調整が遅れることの影響は、林冠高が低い段階ほど深刻である。本数調整は、初回を遅れないように実施することが肝要である。

4 本数調整開始時期

本数調整は、過密化する前に始める。具体的な目安は、10,000本/ha植えの場合、林冠高が3mに達する前である。これは、肥大成長が鈍化する時期、ならびに形状比の変化から判断した過密化する時期(坂本ほか2006)に基づいている。また、初回の本数調整には1伐

3残の列状伐採を想定しているが、この場合、自然枯死を無視すれば、残存本数は7,500本/haとなる。小田(1992)の相対密度管理表では、相対密度55%で立木密度7,500本/haに対応する胸高直径は4.6cmである。これは、形状比60とすれば樹高2.7m、形状比70とすれば3.2mに相当する。このことから、初回の本数調整の目安は、「林冠高が3mに達するころには」となる。

5 列状伐採

作業効率の点から初期の本数調整は列状伐採が現実的である。また、残存木への風当たりの点でも列状伐採は安心感がある。

(1) 作業効率

10,000本/haで植えた場合、最初の本数調整を行うころには、枯れ枝を含めて枝葉に邪魔されて林内を歩くこともままならなくなる。理想は、個々のクロマツの形状を確認して伐採木を選ぶ定性的な選木であるが、その状況で選木し、伐倒・搬出するのは効率が悪い。列状伐採であれば、伐採跡を通路や伐採木の搬出に使うことができる。伐採後も十分な数の立木が残ることから、機械的に列状に伐採することの不利点より、効率を優先して着実に本数調整を進める方が優先すると考える。

(2) 優良木の扱い

列状に伐採することの不利点とは、伐採列にある優良木を伐採することである。最初の本数調整段階にお



写真1 過密林

樹高のわりに幹が細く、枝が枯れ上がっている。(撮影:坂本)

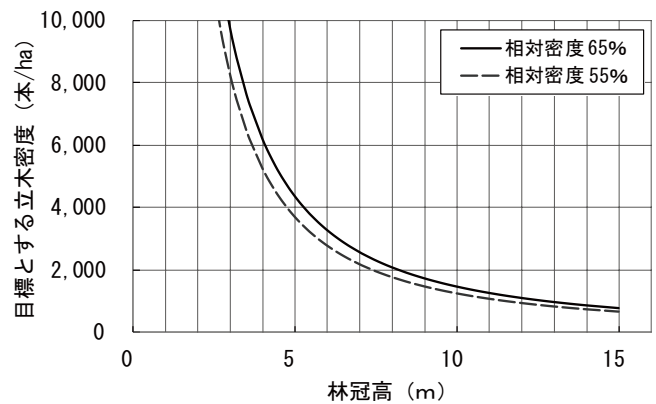


図1 林冠高と目標立木密度との関係

林冠高(上層樹高)に応じた目標とする立木密度(形状比70の場合)。相対密度55%に対応する立木密度(破線)を目標に、相対密度65%を超えないように本数調整を行う。

いてすでに個体間に優劣が生じていると予想され、機械的に列状に伐採すると、肥大成長のよい優良木も伐採することになる。列状伐採後、将来の林分を構成する本数は十分に残ることで、その中には優良木も含まれると見込まれるので問題は少ないと考えているが、周囲に見当たらないような形質をもち、伐採するのが忍びない個体が伐採列にあたることもある。極めて優良な個体であれば積極的に残し、作業空間と残存木の生育空間の確保は、その優良木に隣接する残存列の個体を伐採することで補う。なお、頻繁に伐採列の個体を残すと作業効率が下がるだけでなく作業空間としての伐採列が不明瞭になる。伐採を見合わせるのには、例えば「周囲 20 本程度と比べて」など明らかに抜き出ている個体にとどめたい。

(3) 風当たりの緩和

本数調整を躊躇する理由に、伐採することによって残存木が厳しい海風環境にさらされることに対する懸念がある。その点でも、列状伐採は有利と考えた。すなわち、主風に直交する形で列状に残る植栽木が防風柵のように働き、伐採に伴う残存木への風当たりの増加をほかの伐採方法に比べて抑えることが期待できるからである。

(4) 1 伐 3 残

残存木への風当たりと間伐効果を考えて 1 伐 3 残 (3 列おきに 1 列伐採) が安心である。残存木への風当たりは、伐採列数の影響が大きく、残存列数の影響は少ない (Suzuki ほか 2016)。伐採列を 1 列とすることで、伐採後の残存木への風当たりを最小限にできる。

また、間伐効果の期待できる本数を考えて、残存列を 3 列とした。残存列を 3 列とすることによって、伐採列の両脇の列に、すなわち残存木の 2/3 に間伐効果が期待できる。

すべての残存木に間伐効果が期待できる 1 伐 2 残としないのは、2 回目の本数調整後の残存木への風当たりの増加を最小限にするためである。すなわち、1 伐 2 残にした場合、2 回目の本数調整で残存列の片方を伐ると、残存列は 2 列分の伐採跡に接することになるが、1 伐 3 残であれば、

初回に残した 3 列の中間列を伐ることで、残存列に接する伐採列は 1 列ですむからである。

前縁からの距離に応じて海風環境は緩和されるので、場所に応じて 2 列伐採や、1 伐 2 残も可能と考えられるが、まずは安全側の手順を採りたい。今後、実例が蓄積される中で、将来的には 2 列伐採や 1 伐 2 残でもよいとなることも考えられる。

なお、本数調整の回数を減らすために 1 回の伐採本数を「手引き」の目安より多くする場合は、伐採時期を遅らせるのではなく、前倒しで伐採し次の伐採までの期間を長くする。伐採時期を遅らせることは、過密化を招くからである。

6 2回目以降の本数調整

本数調整により立木密度は一時的に低下するが、上長成長によって徐々に過密に近づく。2 回目の本数調整の時期は、初回の本数調整後の立木密度が上長成長によって過密となる前で、相対密度 (小田 1992) では 65% を超える前である。目安となる林冠高は 3.5m である。この場合、初回に残した 3 列の中間列を伐採し、本数調整後の立木密度は 5,000 本 /ha となる。同様に 3 回目は林冠高が 4.5m に達するところには、4 回目は 5.5m に達するところには実施する。3 回目は、1、2 回目の伐採列に直交する形での 1 伐 3 残で伐採し、4 回目は 3 回目に残した 3 列の中間列を伐採する (表 1)。

その後も同じように林冠高に対応した本数調整時期の目安を定めるが、当初に比べて立木密度が格段に低下しているため、将来の仕立て木の生育を妨げる個体を中

表 1 密度管理手順 (10,000本/ha 植え)

| 林冠高 m | | 伐採対象 | 残存本数 本 /ha | 伐採率 % |
|-----------|------|-----------------|---------------|----------|
| 2.5 ~ 3.0 | 列状伐採 | 1 伐 3 残 | 7,500 | 25 |
| ~ 3.5 | | 3 残の中間列 | 5,000 | 33 |
| ~ 4.5 | | 1 伐 3 残 (直交列) | 3,750 | 25 |
| ~ 5.5 | | 3 残の中間列 | 2,500 | 33 |
| ~ 7.0 | 定性伐採 | 仕立て木の成長を妨げている個体 | 1,875 | 25 |
| ~ 8.5 | | | 1,406 | 25 |
| ~ 10.0 | | | 1,055 | 25 |

自然枯死によって実際の残存本数は表の値より少なくなる。(森林総合研究所 2011)

心に伐採木を選定する定性的な伐採もやりやすくなる。

7 前縁部の扱い

生育環境の厳しい前縁部では本数調整を見合わせるが、その範囲は、前縁からの距離ではなく林冠高で判断する。すなわち、先に、本数調整を開始する時期に関して「林冠高が3mに達するまでに」という目安を示したが、これは、林冠高が3mを超えない箇所は本数調整の対象から外れることを意味する。林冠高が3mを超えないというのは、植栽後の経過年数が少ないことを別として、生育環境が厳しくて上長成長が抑えられていることを示し、その範囲は生育環境が厳しい場所ほど広くなる。

なお、内陸側から汀線に向かって、順次、植栽範囲を広げてきた場合は、元々は前縁部で樹高が低く抑えられていた箇所も、その海側に新たな植栽がなされて海風環境が緩和されると、再び上長成長が生じることがある。そのような場合は、遅れずに本数調整を実施する必要がある。

8 5,000本/ha 植えの場合

5,000本/ha 植えの場合は、10,000本/ha 植えの場合に比べて林冠が閉鎖する時期が遅くなるので、本数調整の開始時期を3～5年、遅らせることができる。すなわち、5,000本/ha 植えは、「手引き」に従えば立木密度が10,000本/ha 植えの場合の2回の本数調整が終了した段階の立木密度に相当するので、初回の本数調整の時期の目安は林冠高が4.5mに達するところとなる。

初回の本数調整時点で、10,000本/ha 植えの場合

に比べて植栽木の生育に優劣がついていることが考えられるが、作業性の点から1伐3残の列状伐採を勧めたい。

2回目以降の本数調整時期の目安が残存本数によって決まることは10,000本/ha 植えと変わらない。4回の列状伐採が終了した時点(林冠高:8.5m)で、残存本数は1,250本/haまで減る(表2)。

また、5,000本/ha 植えの場合に前縁部で本数調整を見合わせるのは、林冠高が4.5mに達しない範囲になる。

おわりに

わが国の海岸林は、過密林が多いものの一通り完成していたので、今回の津波によって海岸林が失われるまで、新たに海岸林を造成する場面は限られていた。今回の海岸林再造成は、健全なクロマツ海岸林に仕立てる機会であると同時に、海岸林造成技術を再構築する貴重な機会として生かすことができると考える。



参考文献

野口宏典(2016):津波を弱めるのに効果的な海岸林の姿は?。ワンポイント解説 海岸林造成技術の高度化に向けて(森林総合研究所第3期中期計画成果40), 24-25

小田隆則(1992):クロマツ林の密度管理。「日本の海岸林」, ソフトサイエンス社, 村井宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編, 402-405

坂本知己・萩野裕章・野口宏典・島田和則(2006):クロマツ海岸林における本数調整開始時期について。日本森林学会関東支部大会論文集, 57, 309-312

坂本知己(2012)クロマツ海岸林の本数調整。水利科学, 56(2), 2-14

森林総合研究所(2011):クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方-本数調整と侵入広葉樹の活用-。森林総合研究所 第2期中期計画成果 24, 55pp

Suzuki Satoru, T.Sakamoto, H.Noguchi(2016): Wind damage risk estimation for strip cutting under current and future wind conditions based on moment observations in a coastal forest in Japan. Journal of Forest Research, 21, 223-234

坂本知己(さかもと ともしき)

北海道支所防災研究室、気象環境研究領域気象害・防災林研究室、東北支所などを経て、2017年4月から現職。

表2 密度管理手順(5,000本/ha 植え)

| 林冠高 m | | 伐採対象 | 残存本数 本/ha | 伐採率 % |
|----------|------|-----------|--------------|----------|
| ～4.5 | 列状伐採 | 1伐3残 | 3,750 | 25 |
| ～5.5 | | 3残の中間列 | 2,500 | 33 |
| ～7.0 | | 1伐3残(直交列) | 1,875 | 25 |
| ～8.5 | | 3残の中間列 | 1,250 | 33 |

自然枯死によって実際の残存本数は表の値より少なくなる。