

クロマツ海岸林における天然更新木の取り扱い (I)

— 渥美半島西の浜クロマツ海岸林における天然更新の実態 —

坂本知己^{1*}・野口宏典¹・後藤義明¹・鈴木覚¹・島田和則^{1,2}**Management of Japanese Black Pine (*Pinus thunbergii*) seedlings caused by natural regeneration**

- The actual condition of the natural regeneration of the Japanese black pine in Nishinohama coastal forest, Atsumi Peninsula -

Tomoki Sakamoto¹, Hironori Noguchi¹, Yoshiaki Gotoh¹, Satoru Suzuki¹, and Kazunori Shimada^{1,2}

Abstracts: We studied the need for thinning in the stands of the Nishinohama coastal forest (Tahara city, Aichi prefecture) where Japanese Black Pine (*Pinus thunbergii*) seedlings regenerated naturally and densely after devastating damage caused by Pine Wilt Disease. We considered the different stage of the stands where the seedlings were regenerated in change over time, because we need time to obtain the result if we pursue the passage of stands. Consequently, although natural thinning was allowed to progress, overcrowding was not mitigated. In other words, the seedlings became extremely overcrowded and the density in terms of the number of trees soared, with five times or more per investigation area compared with the proper number. Accordingly, trees with thin trunks and height/dbh ratios exceeding 100 occupied the majority. Although trees with height/dbh ratios of 70 or less existed, the ratios were less than 15% in almost all investigation areas. Moreover, the number of trees with height/dbh ratios of 70 or less did not approach the proper number density, despite the increased canopy height. Therefore, we expected as follows; when the Japanese black pine stand with seedling densely caused by natural regeneration is left, healthy trees with height/dbh ratio of 70 or less might remain, avoiding failing together but the stand becomes only an open forest, due to insufficient healthy trees to form a closed forest. In other words, thinning is necessary when the closed forest is required at one generation where natural regeneration occurs after the devastating damage caused by Pine Wilt Disease.

1 はじめに

クロマツ海岸林のマツ材線虫病被害跡地では、実生更新による稚樹が密生する例が知られている(郷ほか, 2009; 金子・野口, 2010; 川上, 2012; 小谷・八神 2006; 小谷・八神, 2010; 尾方ほか, 1987; 佐藤ほか, 2010; 田中, 2009; 山中, 2007)。坂本ほか(2010)は、クロマツ植栽地を対象に、人為的な本数調整の必要性を論じたが、天然更新の場合は、植栽の場合と異なって、これら稚樹を自然の推移に委ねた場合に健全に育ち防災機能を十分に発揮できる海岸林を形成するかどうか、定まった見解はない。天然更新木を放置した場合に、自然間引きによって適正な本数に減少し健全な個体で構成される林分になればよいが、過密のまま推移し形状比の高い枝の枯れ上がったいわゆる不健全な個体から構

成される林分になるのであれば、人為的な本数調整の必要がある。

この点について、尾方ら(1987)は、吹上浜(鹿児島県)のクロマツ海岸林での調査で、樹高 1 m 以下では約 160,000 本/ha、樹高 1~2 m で約 80,000 本/ha、2~5 m で 57,000 本/ha、4~6 m で 26,400 本/ha を確認しており、樹高 4~9 m の林分でも 10,000 本/ha 以上の高密度で、風倒による共倒れが発生していることから間伐(本数調整)が必要とした。これは天然更新木の取り扱いあたって重要な知見であるが、現場での適用にあたってはさらに事例の積み重ねが必要である。

そこで、尾方ら(1987)の調査結果を検証するために場所を変えて調査することとした。すなわち、密生するクロマツ天然更新木について本数調整の必要性を論ずるために、マツ材線虫病被害跡地で、林冠高の異なるクロマツの実生更新の実態を調査して、形状比の時間的な変化、形状比の低い個体の数の時間変化を明かにすることを目的とした。

本研究の一部は 2010 年 11 月の日本海岸林学会鹿児島大会で発表した(坂本ほか, 2010a)。

本研究を進めるにあたっては、愛知県東三河農林

¹ (独) 森林総合研究所, Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687 Japan

² 現在: (独) 森林総合研究所多摩森林科学園, Tama Forest Science Garden, Forestry and Forest Products Research Institute, 1833-81 Todorii, Hachioji, Tokyo, 193-0843 Japan

*Corresponding author: safe@ffpri.affrc.go.jp

水産事務所，愛知県栽培漁業センター，田原市，株式会社市川造園の皆様にご協力いただいた。本論に先立って謝意を表す。

2 研究方法

2.1 調査対象地

調査対象地は，愛知県栽培漁業センター（田原市小中山町一膳松）の海岸林で，渥美半島西端の伊勢湾に面した海岸（西の浜）に 8 km ほど続くクロマツ海岸林の一部である（図 1）。

対象地は，1952～1956 年に海岸砂地造林事業（県営）による植栽地が，伊勢湾台風（1959 年）によって壊滅的な被害を受けたところである。その後，1960～61 年に再度造成され，クロマツ林が広がっていたが，1975～79 年からマツ材線虫病によってモザイク状に衰退するようになり，現在は単木状にまばらに残っているだけである。その一方で，林床には旺盛なクロマツの天然更新が確認できる（図 2）。

2.2 調査区の設定と調査項目

対象地を概観したところ，クロマツ更新木の樹高は，海側から内陸側へ高くなる傾向が見られたので，対象地を大きく，海側区，中間区，陸側区に分けた。すなわち，防潮堤（標高：3.9 m）から 155～205 m の距離に海側区，同じく 225～255 m に中間区，385～415 m に陸側区の 3 地区を設け，それぞれの地区にクロマツの天然更新の実態を把握するための調査区を設定した（図 3，表 1）。なお，海側からの距離による樹高の違いは，梢頭部の成長が鈍化したり，梢頭部の枯死と枝の立ち上がりを繰り返したりはしていないことから，風衝林形によるものではない。

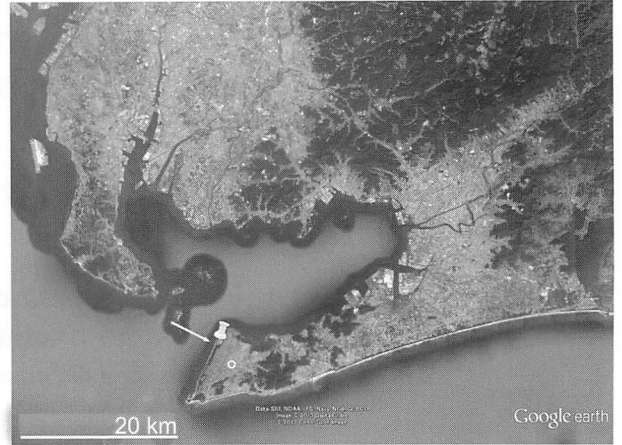


図 1 調査対象海岸林の位置



図 2 クロマツ天然更新の状況

海側区は比較的樹高が低く見通しが利いたので，現地で倒木の影響がない箇所を確認しながら調査区 1～12（海-1～12）を設定した。なお，海-12 は，とくに密生している箇所を探して設定したものである。

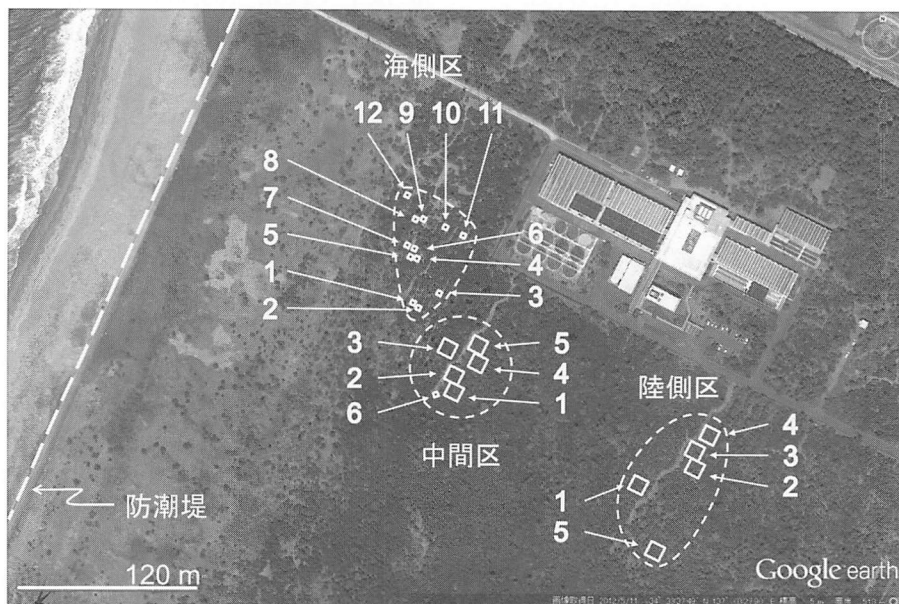


図 3 調査区位置図

表 1 調査区の概要

調査区	面積 m ²	本数				林冠 高 m	枝下 高 m	樹冠 長率 %	基準立木 密度 本/ha	過 密度
		本数	形状比70以下		本/ha					
			本	本/ha						
海- 1	9.72	67	69,000			1.4				
海- 2	5.66	36	64,000			1.9				
海- 3	7.13	22	31,000			1.7				
海- 4	7.59	56	74,000			1.7				
海- 5	4.50	37	82,000			1.7				
海- 6	8.28	28	34,000			1.7				
海- 7	6.78	27	40,000			1.6				
海- 8	7.83	72	92,000			1.3				
海- 9	5.72	23	40,000			1.6				
海- 10	4.86	33	68,000			2.2				
海- 11	7.47	21	28,000			2.4				
海- 12	4.00	61	153,000			1.6				
中- 1	82.50	225	27,000	4	485	5.4	3.5	36	3,279	8.2
中- 2	81.48	252	31,000	5	614	4.1	2.4	43	5,057	6.1
中- 2*	10.80	25	23,000	1	926	4.5	2.7	41	4,368	5.3
中- 3	108.00	427	40,000	12	1,111	3.2	1.7	48	7,468	5.4
中- 4	25.00	69	28,000	0	0	5.2	3.2	38	3,479	8.0
中- 5	25.00	73	29,000	1	400	4.9	3.3	32	3,820	7.6
中- 6	4.00	16	40,000	0	0	4.4	3.4	27	4,525	8.8
陸- 1	100.00	153	15,000	6	600	7.4	3.7	50	1,997	7.5
陸- 2	64.20	177	28,000	15	2,336	4.2	2.5	41	4,869	5.8
陸- 3	77.80	204	26,000	2	257	5.7	3.5	38	3,011	8.6
陸- 4	46.00	135	29,000	1	217	4.9	3.1	36	3,820	7.6
陸- 5	100.00	91	9,100	1	100	9.6	6.3	34	1,326	6.9

** : 1,000本単位で表示(陸-5は、100本単位)

注：樹高が低い段階（概ね 3 m まで）では、立木密度に関わらず形状比は高いため、樹高の低い海側区については、形状比 70 以下の個体数を議論する段階に達しておらず記載していない。基準立木密度、過密度を記載していないのも、その元となる小田（1992）の相対密度管理表が平均胸高直径 4 cm からで、形状比 70 とすれば樹高 2.8 m に相当するからである。また、枝下高や樹冠長率についても、議論する段階ではないと考えられる。

中-2*：中間区の調査区 2（中-2）のうち、とくに樹高の高い部分だけを対象とした場合

中間区の調査区は、調査に先立って設けられた作業道付近に、10×10 m の調査区 1～5（中-1～5）を、陸側区でも同様に調査区 1～4（陸-1～4）を設けた。なお、中間区と陸側区の調査区の位置は、現地で林相を見ながら決めたのではなく、作業道の予定位置が記された図面上で決めた。これは、当初、クロマツ更新木が密生していたために見通しが利かず、概観してクロマツが一様に天然更新していると判断したためである。調査を始めて、枯れ枝、枯死木を取り除くことによって、倒木が見つかった。そこで、調査区内で倒木の影響を受けていない範囲を選んで調査対象とした。調査区面積（表 1）が不揃いなのはそのためである。なお、中-2 の中には、中-2 の他と比べて樹高の高い箇所があったので、表 1 にはその部分だけの値も示した。

中間区では、とくに密生していた箇所、かつ倒木の影響を受けていない所に調査区 6（中-6：2×2 m）を追加した。また、陸側区付近に、調査区 1～4 と比べて樹高の高い箇所が見つかったので、調査区 5（陸-5：10×10 m）を追加した。

海側調査区では、胸高直径、樹高を測定した。中間区と陸側区では、胸高直径、樹高、枝下高を測定した。なお、中-2、中-5、陸-4 においては、小径木の樹高、枝下高の測定を調査労力の関係で割愛した。また、海側区と中-6 では、枯死木の本数も調査した。

対象地の標高は 1.7～2.2 m と地形はほぼ平坦で、砂丘は発達していない。

調査は、2010 年 3 月～5 月に実施した。

2.3 本数調整の必要性の検討方法

天然更新によってクロマツの稚樹が多数発生して密生状態になった後、自然間引きによって立木密度が減って健全な林相に推移するかどうかを確認するためには、立木密度の時間的変化を継続調査するのが確実であるが、結果を得るまでに時間を要する。一方、適正と考えられる立木密度は、時間経過そのものより、林冠高に応じて変わる。そこで、林冠高が異なる林分を調査することで、天然更新後の林相を継続調査することに代えた。



図 4 倒木によって倒された天然更新木

適正と考えられる立木密度（以下、基準立木密度）は、林冠高（上層樹高の平均値）に対する形状比 70 の場合の胸高直径を求め、その値を平均胸高直径とする立木密度を、小田（1992）の相対密度管理表から相対密度 55 %として求めた（森林総合研究所，2011）。基準立木密度と比べて現況の立木密度を過密の判断基準とした。なお、形状比 70 を基準としたのは、既存の研究（例えば、池本，1976；金子ほか，2000）に基づいて、一般に、それ以上の林分は風雪害を受けやすいとされている（小田，1992）からであり、相対密度 55 %を基準としたのは、鬱閉時の相対密度が 50～55 %程度とされている（小田，1984）からである。

また、基準立木密度と比べて密度が高い場合であっても、健全な形状の個体が一定数あれば、将来的にはそれらが残ることで問題ないと考えられるので、立木密度に加えて、健全な形状の個体数についても検討することとした。なお、ここでは、形状比が 70 以下の個体を健全な形状の個体（以下、健全個体）とした。

3 結果と考察

3.1 不均質な更新と倒木

各地区の更新状況は必ずしも一様ではなく、調査区ごとに林相が異なっていた（表 1）。さらに、調査区によっては、調査区内で林冠高を異とする部分が混じることがあった。すなわち、一様と見なせる範囲は、林冠高が 4 m を超えても、十数 m と広くない場合があった。このことについて、尾方ほか（1987）も、更新樹群の大きさ（径）は数 m から十数メートルのものまでまちまちであると記している。

また、多くの調査区でマツ材線虫病による枯死木と考えられる倒木が見られた。倒木は、クロマツの天然更新の前に発生したものと、更新後に発生したのものがあ、後者の場合、更新木をなぎ倒すよう

な形になっていた（図 4）。その結果、倒木があるところでは、局所的に立木密度が低くなっていた。この倒木の存在も、不均質性の一因と考えられた。

3.2 密生状態の継続

林冠高 1.3～2.4 m の海側区の立木密度は 28,000～153,000 本/ha で、一般的な海岸林造成における 10,000 本/ha 植えに比べると、3～15 倍の密度で生育していた。また、それぞれの調査区には、自然間引きによると考えられる枯死木が確認されており、一時的には少なくとも 34,000～185,000 本/ha 相当の密生状態だったと考えられた。

枯死木は、中間区、陸側区でも確認されており、そのうち、中-6 では、110,000 本/ha 相当の枯死木が確認されており、更新初期には少なくとも 150,000 本/ha 相当の密生状態だったと考えられた。

林冠高 3.2～5.4 m の中間区の立木密度は、23,000～40,000 本/ha と基準立木密度に対する立木密度の比の値（以下、「過密度」とする）が 5.3～8.8、同じく林冠高 4.2～9.6 m の陸側区は、9,100～29,000 本/ha、過密度 5.7～8.7 と超過密状態にあった（表 1）。

また、立木密度は、上長成長に応じて減少しているが（図 5）、中間区と陸側区を比べた場合、過密度は変わらず、過密状態が改善されたわけではない。

3.3 少ない健全個体数

各調査区では、形状比の高い個体が多くを占め

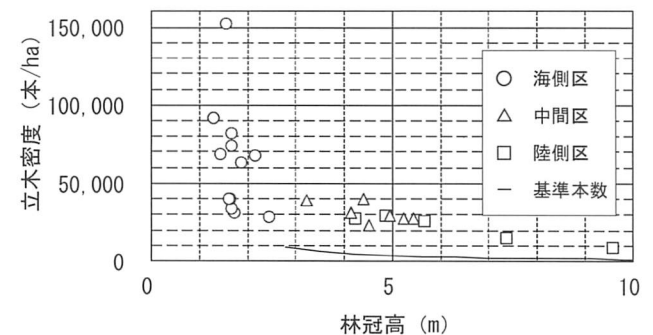


図 5 林冠高の変化に伴う立木密度の変化

ていた。すなわち、形状比 100 を超えた個体の割合は、少ない調査区（陸-2）でも 63 % を占め、多い調査区（中-1、中-2）では 83 % に達した。なお、とくに密生していた箇所へ設けた調査区（中-6）では、すべての個体が形状比 100 を超えていた。

形状比が高い個体が多い一方で、健全個体も存在した。すなわち、中-4、中-6 を除く調査区において形状比 70 以下の個体が存在した（図 6）。ただし、その数は決して多くなく、林冠高 3.2～5.4 m の中間区で基準立木密度の 15 % 未満、林冠高 4.2～9.6

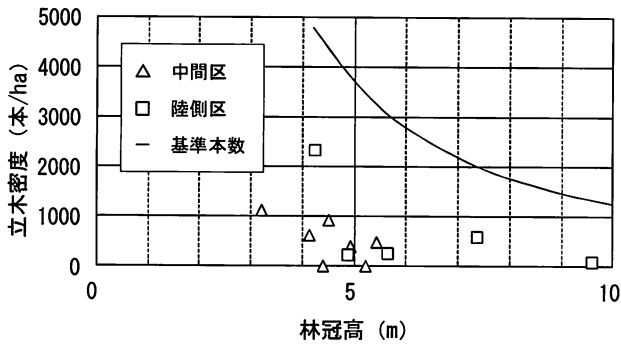


図 6 各調査区の形状比 70 以下の個体数

m の陸側区では、陸-1 が 30 %，陸-2 が 48 %で、他は 10 %未満であった。

各調査区の健全個体の本数を比較すると、林冠高の高い調査区ほど健全個体数は少ない (図 6)。すなわち、上長成長に伴って個体間に優劣がついて健全個体数が増加するという事はなかった。

また、過密度 5 以上の高い立木密度のために各調査区の下枝は枯れ上がり、各調査区の樹高上位 10 %木の平均樹冠長率は、陸-1 の 50 %を除くと、中間区が 27~48 %，陸側区が 34~41 %と 50 %未満であった (表 1, 図 7)。優勢木であっても枝は枯れ上がっていた。

4 本数調整の必要性

以上のように、今回調査対象にしたクロマツ天然更新林分は、林冠高が高い調査区ほど立木本数が少ない傾向が見られ、自然間引きの進行は確認できたが、過密状態が解消されるまでには至っていない。すなわち、いずれの調査区においても基準立木密度に比べて立木密度が 5 倍以上と極めて高く、超過密状態にあった。そのため、形状比が 100 を超えるような、樹高のわりに幹の細い個体が大半を占めた。自然間引きに委ねた場合に過密状態が解消されないことは、前述した尾方ほか (1987) の結果とも一致している。

中には、健全木の目安となる形状比 70 以下の個体 (健全個体) も存在したが、その本数は、多くの調査区で基準立木密度の 15 %未満と少ない。また、その本数が維持されれば、林冠高の増加に伴って減少する基準立木密度に近づくことになるのであるが、実際には健全個体数も減少したためにそのようなことはなかった。

従って、実生が密生するクロマツ天然更新林分を自然の推移に委ねた場合、健全個体が共倒れを免れて単木的に成立する林帯としては残るかもしれないが、閉鎖した林冠を形成するには数が不足し、生存したとしても疎林にしかならないおそれがある。すなわち、1 代で林冠が閉鎖した林分を求めるのであれば、天然更新の場合であっても植栽した海岸林

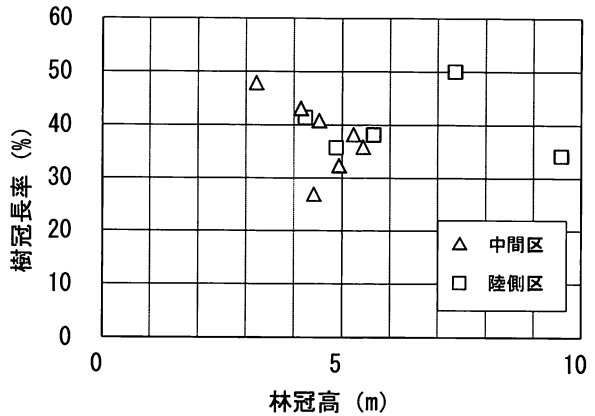


図 7 低い樹冠長率 (樹高上位 10 %木の平均)

と同じように人為的な本数調整が必要と考えられる。

5 おわりに

少なくとも今回の調査地においては、クロマツの天然更新林分を形状比の低い健全個体から構成される閉鎖林分に導くためには、本数調整が欠かせないことが明らかになった。今後は、生育段階に応じた本数調整方法、ならびに、どの時期から実施するのがより効果的かを明らかにする必要がある。

引用文献

- [1] 郷雅和・岡浩平・宮浦徹・吉崎真司 (2009) マツ枯れ後の海岸林の植生回復過程—愛知県渥美半島におけるクロマツ天然更新の事例—。平成 21 年度日本海岸林学会研究発表会講演要旨集, 67-70
- [2] 池本 隆 (1976) 冠雪害と胸高直径及び樹幹形状比の関係。鳥取県林業試験場試験研究報告, (19), 16-27
- [3] 金子智紀・石田秀雄・金澤正和 (2000) 秋田県沿岸南部におけるクロマツの冠雪害について。東北森林科学会誌, 5 (2), 97-100
- [4] 金子智紀・野口正二 (2010) 天然更新したクロマツ稚樹群の成長と光環境。平成 22 年度日本海岸林学会鹿児島大会研究発表会講演要旨集, 7-8
- [5] 川上通護 (2012) 実生更新を活かす海岸林再生への取り組み—天然クロマツ海岸林の森林施業について—。平成 23 年度森林・林業技術交流発表集, 東北森林管理局, 14-18
- [6] 小谷二郎・八神徳彦 (2006) 海岸クロマツ林の天然下種更新に関する研究 (I) —林内環境の違いが実生および稚樹の生存に与える影響—。中部森林研究, 55, 9-10
- [7] 小谷二郎・八神徳彦 (2010) 高密度に更新した幼齢海岸クロマツ林に対する除伐効果。石川県林業試験場研究報告, 42, 15-18
- [8] 小田隆則 (1984) 海岸クロマツ林の生長と密度について (IV) —九十九里浜クロマツ林の現況—。日本

- 林学会大会発表論文集, 95, 553-554
- [9] 小田隆則 (1992) 保育・密度管理・更新技術. 「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, 395-408
- [10] 尾方信夫・埜田宏・上中作次郎・中村松三 (1987) 保育更新法「環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究」. 農林水産技術会議研究成果, 185, 103-104
- [11] 坂本知己・野口宏典・後藤義明・鈴木覚・島田和則 (2010a) クロマツ海岸林における天然更新の実態と本数調整の試み. 平成 22 年度日本海岸林学会鹿児島大会講演要旨集, 9-10
- [12] 坂本知己・萩野裕章・野口宏典・島田和則・後藤義明 (2010b) クロマツ海岸林の本数調整は自然間引きに任せてよいか?. 海岸林学会誌, 9, 79-84
- [13] 佐藤亜貴夫・田中賢治・朝日伸彦・吉崎真司・田中明 (2010) クロマツ海岸林内における実生分布についての一考察—虹の松原の事例—. 平成 22 年度日本海岸林学会鹿児島大会研究発表会講演要旨集, 5-6
- [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
- [15] 田中賢治 (2009) 海岸林の天然更新への挑戦. 日本緑化工学会誌, 35, 518-522
- [16] 山中啓介 (2007) 天然更新した海岸クロマツ林の密度管理試験. 中国五県連携林業関係試験研究機関研究成果概要集「マツ林の再生・利用に関する技術研究」, 38-39
- [受付 平成25年 6 月 5 日, 受理 平成25年 8 月12日]