

海上の森におけるアカマツ-広葉樹二次林の群集動態と樹木間競争

Forest community dynamics and tree competition of a secondary stand dominated by pine-broad leaved tree in Kaisyo Forest

西村尚之

NISHIMURA Naoyuki

Abstract: To elucidate the mechanisms of community dynamics and tree competition, we investigated the stand structure and the dynamics of secondary forest dominated by *Pinus densiflora* in Kaisyo Forest, near Nagoya City. We established a 1-ha permanent plot in 2003, and investigated for all stems ≥ 5 cm in diameter at breast height (dbh) in the plot. In 2005 and 2007, all living stems were re-censused. There were 30 species in the plot, with stem density of 2294 stems per ha. *Pinus densiflora*, *Ilex pedunculosa*, *Quercus serrata* and *Clethra barbinervis* co-dominated in the stand. There is no significant difference between the mortality and recruitment rate of stems during the 4 years period. The mortality rate of stems and the growth rate of dbh were size-dependent, increasing with size class. The growth of *Ilex pedunculosa* was affected by the abundance of *Pinus densiflora*. Our results indicate that tree competition occurs among a few species in part.

Keywords: coexistence, mortality, recruitment, tree competition, succession

I はじめに

平成19年11月にわが国における生物多様性の保全に関する国家方針として、第3次生物多様性国家戦略が公表され(環境省自然環境局 2007)、この中において、日本の生物多様性に及ぼす影響として「3つの危機」について指摘されている。それは、第1の危機「人間活動や開発による危機」、第2の危機「人間活動の縮小による危機」、第3の危機「人間により持ち込まれたものによる危機」である。この中で第2の危機である「人間活動の縮小による危機」とは、「Under use」とも呼ばれ、以前は人間の利用・活動により維持管理されてきた二次的自然が、その経済的価値の低下や人口移動などの影響により、放置されたままの状態であることが、生物の多様性に極めて重大な危機を及ぼすと言う構造であり、その最も代表的な自然環境が里山であると言われている。

近年、特に大都市近郊地域における里山林などの大規模緑地は住宅用地等への転用により、近年、減少傾向にある(小見山 1999)。これは地域全体の環境悪化をもたらす問題であるとともに、このような二次的自然に適応してきた生物種の生育環境の変遷をももたらす極めて重大な問題である。そこで、環境保全緑地としての都市近郊二次林、いわゆる里山林に対するニーズの向上により、その質的な評価が求められ

るため、都市化に伴う里山林の構造変化とその要因について明らかにしなければならない。

このような観点から、近年、都市化が著しい名古屋市近郊地域を対象として、現地調査により都市近郊二次林の動態に関する解析により里山林の現状を把握し、現在、里山林がどのような状態にあるのか、また、都市化の影響をどのように受けているかを明らかにし、都市環境林としての里山林の評価を行うことを目的に継続研究を行っており、先行研究では名古屋市近郊にある都市近郊林がどのような構造であるのかを明らかにした(西村 2006)。

本研究では、先行研究から得られた林分構造の情報に加えて、本林分の動態現象の特徴やその推移過程を明らかにすることが必要であるが、そのためには、長期間における観測をおこなわなければならない。それは森林の遷移の時間スケールは人間の寿命に比べて長く、そのため、その変化には稀に起こる現象が関係している可能性があり、森林の動態現象を解明するためにはそのような現象を検出することが重要となる。また、森林の推移の方向を決定する要因として、地形や土壌などの立地環境に加え、樹木間競争が森林の動態に重要な役割を果たしていることは良く知られている(Hara et al. 1995, Nishimura et al 2005)。そこで本報告では名古屋市近郊にある海上の森のアカマツ-広葉樹の優占林分において4年

間の動態について解析を行い、二次林群集の動態現象の特徴とその林分における優占樹種の競争関係について把握することを目的とした。なお、本報告では樹種の学名は林 (1985) に従った。

II 材料と方法

1. 調査地

調査地は、愛知県瀬戸市南東部にある通称「海上の森」のアカツの優占した二次林である (35°11'N, 137°06'E)。2005年に海上の森周辺地域において愛知万博が開催され、里山地域の変遷と里山林の構造の変化について検討するためには最も良い材料と考えられる (Matsuda et al. 2005)。調査地の気象は年平均気温 13.5°C、暖かさの指数 116°C・月、年降水量 1650 mm である。海上の森は名古屋市に隣接する都市近郊の二次林である。「二次林」とは、少なくとも一度は強度の攪乱を受けた後に成立した森林である。その多くは人為攪乱によるもので、特に、現在では利用されないままに半ば放棄されているものも多く見られる (小見山 1999)。海上の森は 1000 年以上も前に始められた窯業のための陶土と燃料材の採取により荒廃した歴史がある (愛知県 1999)。その後燃料革命により薪炭材の需要がなくなったため森林が放棄され、植生が徐々に回復し現在の林相に至った。海上の森の地質は花崗岩と砂礫層に大別でき、花崗岩地域にはスギ・ヒノキの植林地と夏緑広葉樹林が、砂礫層地域の乾燥した尾根部にはアカマツ林が広く分布している (波田ほか 1999、森山 2000)。砂礫層地域には湧水による湿地が存在し、東海地方に特有の分布を示す東海丘陵要素と呼ばれるシデコブシやサクラパンノキなどの貴重な植物も見られる。調査林分は胸高直径 5cm 以上の樹木の密度が ha あたり約 2000 本を越える状態で、かなり密度が高い林分である (玉木ほか 2005)。現在、アカマツの優占度が極めて高いが、その動態から推測して、今後、アカマツは消失し、広葉樹林化が進行する林分である。調査対象林分のある場所においては、優占樹種はアカマツ、ソヨゴ、リョウブ、コナラであり、これら 4 樹種で全幹数密度の約 80%、全胸高断面合計の約 85% を占めている。

2. 調査方法

2003年に「海上の森」のアカマツの優占した二次林内に 100m×100mの 1ha プロットが設置され、このプロット内の胸高直径 (DBH) 5cm 以上のすべての樹木の胸高周囲の測定、種の同定、根元の位置が記録された (玉木ほか 2005)。また、プロット内は 10m×10mの 100ヶ所のマス目で区切られており、その 100ヶ所のサブコドラートについて 2003年に行われた微地形測量データから、尾根型地形、谷型地形に分類

されている。今回の調査は 2003年に生存していた全幹について胸高周囲を 2005年と 2007年に再測定し、生死を確認した。また、新たに胸高直径が 5cm 以上になった新規加入幹について胸高周囲を測定し、樹種、生死、根元位置を記録した。これらのデータから 2003、2005、2007年の各年の平均 DBH、胸高断面合計、各 DBH 階級の本数頻度を計算し、さらに、2003-2005年と 2005-2007年の各 2年間のそれぞれの死亡率と新規加入率を、および、2003-2007年の 4年間の死亡率と新規加入率を指数関数により推定した。また、死亡率と新規加入率の信頼区間 (CI) の推定値を算出した。2003年の出現樹種は 30 樹種、生存幹数は 2294 本/ha、胸高断面合計は 15.6 m²/ha で、ソヨゴは全幹数の約 25% を占め、次いでアカマツ 22%、リョウブ 19%、コナラ 11% であった。そこで、この 4 樹種を対象に本林分の樹木間競争の様式について明らかにするために、2003-2005年の 2年間における DBH 成長量について周りの樹種の影響を Hara et al. (1995) の方法により解析を行った。2年間の DBH 成長量 (cm) を G_j (j は樹種) として、それに及ぼす影響としてその DBH の初期サイズ (cm) を D 、半径 5 m 内にある他樹種の [BA/個体間距離] の合計 (混み合い程度) を C_i (i は樹種、つまり C_1 : アカツ、 C_2 : コナラ、 C_3 : ソヨゴ、 C_4 : リョウブ、 C_5 : 他樹種) として次のようなモデルを構築した。

$$G_j = D + C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

(G_1 : アカツ、 G_2 : コナラ、 G_3 : ソヨゴ、 G_4 : リョウブ)

この解析には、フリー統計解析ソフト R を用いて、応答変数に成長量 (G)、説明変数を DBH 初期サイズ (D) と混み合い指数 (C) として一般化線形モデル (GLM) による解析を行い、混み合い指数は対象とした樹木からの半径を 1~5m に 1m ごとに変化させて、その半径以内にあるすべての樹木を対象として計算した時の、最も、AIC が小さいモデルを選択して、有意な説明変数を検出した。

III 結果と考察

1. 4年間の樹木群集動態

2003年に屋戸川上流域に設置された 1ha (100m×100m) プロット内で 2003年から 2007年までの 4年間に 228 本が死亡し、211 本が胸高直径 5cm 以上となり新規加入したことが明らかとなった (表 1)。4年間の死亡率は 2.6%/年 (CI: 2.3-3.0%/年) と新規加入率は 2.4%/年 (CI: 2.1-2.8%/年) とほぼ類似した値で、本林分の立木密度は 2003年の 2294 本から 2007年の 2277 本へとやや減少したが、大きな変化はないことがわかった。

表1. 1ha調査区における4年間の幹数(本/ha)の変化と死亡率、新規加入率

樹種名	2003-2007年の4年間			2007年		2003-2007年の4年間	
	2003年 生存幹数	死亡幹数	新規加入 幹数	生存幹数	死亡率 (%/年)	新規加入率 (%/年)	
アオハダ	22	0	2	24	0.00	2.18	
アカマツ	507	170	10	347	10.21	0.73	
アズキナシ	3	0	0	3	0.00	0.00	
アセビ	21	1	8	28	1.22	6.58	
アベマキ	26	4	0	22	4.18	0.00	
アラカシ	5	0	1	6	0.00	4.58	
イソノキ	10	1	2	11	2.63	5.02	
イヌツゲ	29	1	5	33	0.88	4.11	
ウラジロノキ	1	0	0	1	0.00	0.00	
オオカメノキ	1	0	0	1	0.00	0.00	
クリ	26	0	0	26	0.00	0.00	
コナラ	257	14	8	251	1.40	0.81	
サカキ	13	1	7	19	2.00	11.49	
サワフタギ	3	0	0	3	0.00	0.00	
シデコブシ	19	0	1	20	0.00	1.28	
シャシャンボ	13	0	8	21	0.00	11.99	
スギ	11	0	1	12	0.00	2.18	
スダジイ	1	0	2	3	0.00	27.47	
ソヨゴ	579	11	26	594	0.48	1.12	
タカノツメ	83	6	14	91	1.88	4.18	
ネジキ	22	0	7	29	0.00	6.91	
ネズミサシ	160	3	28	185	0.47	4.10	
ノリウツギ	4	1	0	3	7.19	0.00	
ハリエンジュ	1	1	0	0	100.00	0.00	
ヒサカキ	1	0	8	7	0.00	48.65	
ホオノキ	1	0	0	1	0.00	0.00	
マルバアオダモ	1	0	0	1	0.00	0.00	
マンサク	34	12	5	27	10.88	5.12	
ヤマザクラ	2	0	1	3	0.00	10.14	
リョウブ	438	2	71	507	0.11	3.77	
全樹種	2294	228	211	2277	2.62	2.43	

表2. 1ha調査区における4年間の胸高断面積の変化と減少率、増加率

樹種名	胸高断面積 (m ³ /ha)				2007年 合計	減少率 (%/年)	増加率 (%/年)
	2003年 合計	死亡による 減少量	加入による 増加量	生長による 増加量			
アオハダ	0.14		0.01	0.03	0.17	0.00	5.39
アカマツ	5.66	2.14	0.03	0.59	4.13	11.88	4.01
アズキナシ	0.02			0.00	0.02	0.00	3.17
アセビ	0.08	0.00	0.01	0.01	0.09	1.04	8.89
アベマキ	0.28	0.03		0.03	0.28	3.35	3.23
アラカシ	0.02		0.00	0.00	0.02	0.00	8.88
イソノキ	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	2.37	6.23
イヌツゲ	0.09	0.00	0.01	0.02	0.11	0.60	7.60
ウラジロノキ	0.01			0.00	0.01	0.00	0.50
オオカメノキ	0.00			0.00	0.00	0.00	2.50
クリ	0.18			0.07	0.23	0.00	9.41
コナラ	2.52	0.05	0.02	0.54	3.02	0.55	5.08
サカキ	0.04	0.00	0.02	0.01	0.08	1.51	14.25
サワフタギ	0.02			0.00	0.02	0.00	4.88
シデコブシ	0.08		0.00	0.01	0.07	0.00	4.88
シャシャンボ	0.05		0.02	0.01	0.07	0.00	12.07
スギ	0.17		0.00	0.02	0.20	0.00	3.53
スダジイ	0.00		0.00	0.00	0.01	0.00	33.08
ソヨゴ	3.03	0.05	0.07	0.58	3.63	0.39	4.93
タカノツメ	0.44	0.03	0.04	0.10	0.55	1.90	7.51
ネジキ	0.08		0.02	0.01	0.10	0.00	10.47
ネズミサシ	0.56	0.01	0.07	0.12	0.74	0.32	7.21
ノリウツギ	0.01	0.00		0.00	0.01	8.89	3.81
ハリエンジュ	0.00	0.00		0.00	0.00	100.00	0.00
ヒサカキ	0.00		0.01	0.00	0.02	0.00	49.04
ホオノキ	0.01			0.00	0.01	0.00	9.61
マルバアオダモ	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
マンサク	0.11	0.04	0.01	0.00	0.08	11.53	5.35
ヤマザクラ	0.01		0.00	0.00	0.01	0.00	16.44
リョウブ	2.01	0.01	0.17	0.43	2.60	0.07	6.51
総計	15.55	2.37	0.52	2.60	16.30	4.14	5.32

胸高断面積合計では、2003年から2007年までの4年間に死亡によって減少した量は2.37 m³/haで、新規加入と成長によって増加した量は3.12 m³/haと、胸高断面積合計の増加量が減少量をやや上回り、4年間の全胸高断面積合計の減少率は4.14%/年、増加率は5.32%/年となった(表2)。また、胸高断面積合計の4年間の増加量のうち、大部分が2003年の生存木の4年間の肥大成長による増加であった。

本林分の2003年の平均胸高直径は8.6±3.5cm(±S.D.)であったが、2007年には8.9±3.5cm(±S.D.)と増加し、全胸高断面積合計においても15.5 m³/haから16.3 m³/haへと増加した(表3)。2003年と2007年の胸高直径分布を比較すると、2007年には、5-10cm階級の幹数が減少し、10-15cm階級の幹数が増加していた(図1)。

2003年から2007年における樹木群集動態を樹種別にみると、もっとも死亡幹数が多かったのはアカマツで、170本がこの4年間に死亡し、全樹種の死亡本数の約75%を占めて、その死亡率は10.2%/年と非常に高い値であった(表1)。また、もっとも新規加入幹数が多かった樹種はリョウブで、その新規加入率は3.77%/年であった。さらに、ヒサカキ、スダジイ、ソヨゴ、シャシャンボ、サカキといった常緑広葉樹の新規加入率が他の樹種に比べて非常に高かった。

表3. 1ha調査区における各調査年の平均胸高直径と全胸高断面積合計

調査年	胸高直径	全胸高断面積 合計(m ³ /ha)
	平均±S.D.(cm)	
2003年	8.6 ± 3.5	15.5
2005年	8.9 ± 3.5	16.1
2007年	8.9 ± 3.5	16.3

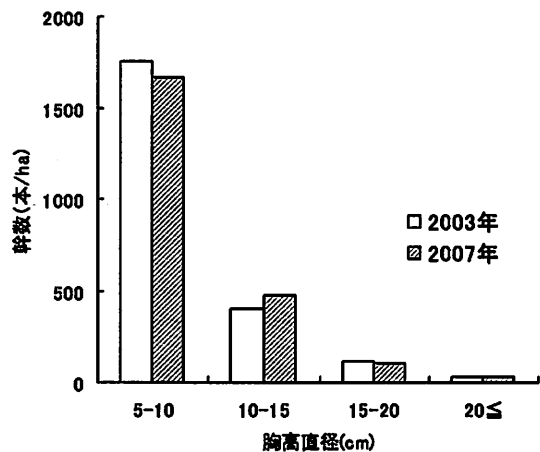


図1. 1ha調査区における全樹木の胸高直径分布

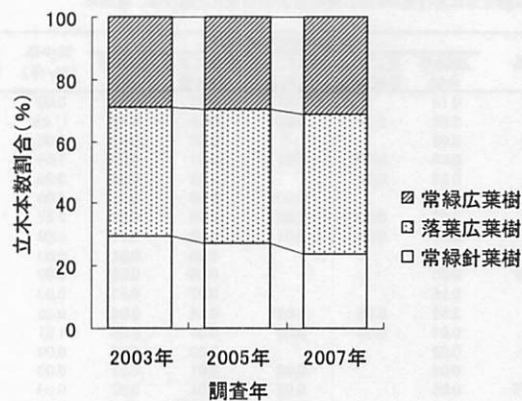


図2. 各調査年における生活形別の立木本数割合

らに、4年間の年平均絶対成長量は胸高直径階級が大きくなるほど上昇する傾向があったが、15-20cm以上の階級ではやや頭打ちになる現象がみられた(図4)。

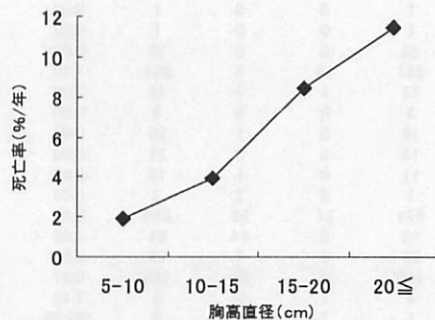


図3. 全樹種の4年間の胸高直径階級別の死亡率

そこで、各調査年における生活形別の立木本数割合をみると、徐々にアカマツを中心とする常緑針葉樹の割合が低下し、常緑広葉樹や落葉広葉樹の割合が増加することが明らかとなった(図2)。したがって、本調査林分は、過去の人為的撹乱によって成立したアカマツの優占林分が、徐々に遷移の進行によって、アカマツの優占度が低下し、広葉樹の優占度の高い林分へと変化しつつあることが推測され、さらに、アカマツの比較的サイズの大きな幹が死亡しているにもかかわらず、平均DBHおよび胸高断面積合計も増加傾向にあり、林分が発達している(遷移が進行している)ことがわかった。

2003-2005年と2005-2007年の2期間において、それぞれ期間別に死亡率と新規加入率を比較すると、死亡率は、それぞれ2.5%/年(CI: 2.1-3.0%/年)、2.6%/年(CI: 2.2-3.1%/年)とほぼ同じ値であった。一方、新規加入率では、それぞれ1.6%/年(CI: 1.2-2.0%/年)、3.2%/年(CI: 2.7-3.7%/年)と有意に2005-2007年の期間で大きかった。2007年における毎木調査においても、アカマツは2005年とほぼ同じだけ死亡しており、死亡率も2003-2005年の9.1%/年から11.3%/年と増加したことがわかった。さらに、2005年にはあまり新規加入率が高くなかったサカキ、スダシイ、イヌツゲにおいては2007年の加入が増加しており、2005年においてもっとも新規加入幹が多かったリュウブでは2007年には2005年の2倍以上の新規加入幹があったため、これらの樹種の新規加入幹によって2005-2007年の2年間の新規加入率が死亡率より高くなった理由であった。

また、2007年における4年間の胸高直径階級別の死亡率では、サイズが大きくなるほど死亡率が上昇することが明らかとなった(図3)。このため、本林分では林冠層にあるサイズのより大きな樹幹が死亡しやすい状態にあると推定され、大きな階級での死亡した幹の大部分はアカマツであった。さ

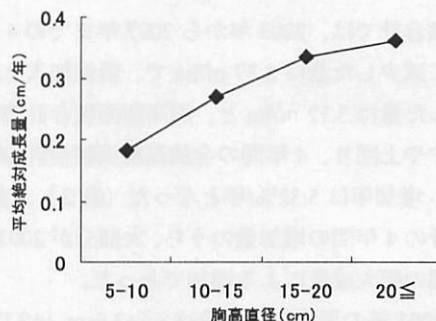


図4. 全樹種の4年間の胸高直径階級別の平均絶対成長量

2. 主要4樹種の樹木間競争の様式の特徴

次に主要4樹種の2003~2005年のDBH成長について、樹種ごとに初期DBHサイズとの関係を見ると、どの樹種においても、個体間でのばらつきが大きく、はっきりした傾向は見られないが、平均絶対成長量ではソヨゴ以外はサイズが大きくなると成長が良くなる傾向が認められた(図5)。

さらに、競争関係の解析から、アカマツ、リュウブ、コナラのDBH成長には他樹種からの影響は検出されなかったが、ソヨゴはアカマツにより成長が抑制されていることが明らかとなった(図6)。このように、ソヨゴの平均絶対成長量が大きなサイズで頭打ちとなっていることは、アカマツに被圧されていることが原因であると考えられた。

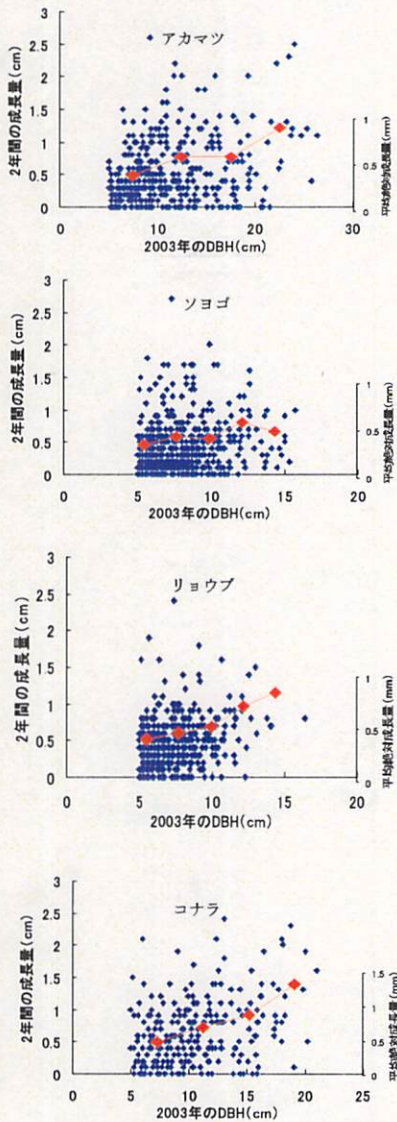


図5 主要4樹種のDBHと2年間の成長の関係

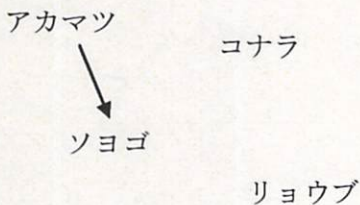


図6 主要樹種の成長に及ぼす相互関係
矢印は競争効果を示す

IV まとめ

本研究では1 haプロット内における動態調査により、林分形成初期に侵入したと考えられるアカマツが急速にその個体群サイズを減少させていることが明らかとなった。その動態から推測して、今後、50年以内に消失することが考えられた(西村1990)。また、ソヨゴもアカマツによる被圧により、今後、現在の個体数が減少すると考えられる。遷移初期に侵入した樹種は、その林分の発達に伴って、その個体群が衰退することが指摘されており、コナラ林などもその一つである(西村1998)。一方、リョウブは、2003~2007年の間に比較的その個体数が増加していたことから将来この林分で最も優占した樹種となると考えられる。海上の森のようなかつてはげ山状態であった場所では、通常、アカマツの侵入によって初期再生が行われてきたとされている(千葉1991)。さらに、一旦失われた原生林や自然草原を取りもどすことは不可能に近いと言われる。特に、海上の森の周りには原生林は存在しておらず、林分外から原生林構成樹種の侵入は困難である状態のため自然に原生林に戻ることはないと考えられる。わが国の里山にはこのような森林が非常に多く存在すると同時に、人間による管理・維持が行われなくなった森林が生物多様性の高い森林へと遷移する可能性は低く、生物多様性国家戦略での第2の危機である“under use”による生物多様性の現象は、このような森林の発達によって起されていることが主要因であると考えられ(松田2000)、明るい場所を好む樹種など、かつての里山環境に適応した生物の保全対策を早急に検討する必要がある、そのためにも、長期間にわたる林分の動態をモニタリングにより、都市近郊林の保全対策の基礎となる生態学的情報の蓄積を行っていかなければならない。

引用文献

- 愛知県農地林務部自然緑化課(1999) 瀬戸市南東部地域自然環境保全調査(人工林・常緑広葉樹林)、愛知県。
 千葉徳爾(1991) はげ山の研究、そして、東京。
 波田善夫・中村康則・能美洋介(1999) 海上の森の自然—多様性を支える地質と水—、保全生態学研究 4:113-123。
 Hara, T., Nishimura, N. & Yamamoto, S. (1995) Tree competition and species coexistence in a cool-temperate old-growth forest in southwestern Japan. *Journal of Vegetation Science* 6: 565-574
 林 弥栄(編)(1985) 日本の樹木、山と溪谷社、東京。
 環境省自然環境局(2007) 生物多様性国家戦略。
<http://www.biodic.go.jp/nbsap.html>
 小見山章(1999) 広葉樹二次林、森林科学 27:41-43。

- 松田裕之 (2000) 環境生態学序説、共立出版、東京.
- Matsuda, H., Serizawa, S., Ueda, K., Kato, T. and Yahara, T.(2003)
Assessing the impact of Japanese 2005 World Exposition
Project on vascular plants' risk of extinction. *Chemosphere*
53: 325-336.
- 森山昭雄 (2000) 瀬戸市南東部, 海上の森の地形・地質と湿地
生態系—万博アセスの批判的検討—、保全生態学研究
5:7-41.
- 西村尚之・山本進一・千葉喬三 (1990) 都市近郊コナラ林の
構造と動態 (1) 林分構造とコナラの個体群特性、日本
緑化工学会誌 16(1): 8-17.
- 西村尚之 (1998) 暖温帯域におけるコナラ林の生態的特性と
その管理に関する研究、岡山大学博士論文.
- 西村尚之 (2006) 都市近郊緑地としての里山林の現状と都市
化に伴う里山地域の変遷予測 (1) 海上の森におけるア
カマツ優占林分の構造と2年間の動態、名古屋産業大学
環境経営研究所年報 5: 31-37.
- Nishimura, N., Hara, T., Kawatani, M., Hoshino, D. & Yamamoto,
S. (2005) Promotion of species co-existence in old-growth
coniferous forest through interplay of life-history strategy and
tree competition. *Journal of Vegetation Science* 16:549-558.
- 玉木一郎・星野大介・鈴木節子・戸丸信弘・山本進一 (2005)
海上の森における構成樹種の個体群構造、中部森林研究
53: 45-48.