

神戸市しあわせの森における自然林再生を目的とした
法面緑化における植生回復過程の研究

神戸大学農学部資源生命科学科
堀田 佳那

1. はじめに

神戸市北区しあわせの森は「自然との共生，新しい森文化の創造」をテーマとして整備が進められている．この北側の土砂は神戸空港建設のために掘削され，現在は神戸複合産業団地の建設が進められている．本調査地は両者の間にある法面で，「自然との共生，豊かなくらしや社会を支える知恵と技術」をテーマとし，緑化施工が行われた．法面緑化は，大規模造成地等において盛り土あるいは切り土によって生じた斜面に対して主に土砂災害を防止する目的で，草本・木本を植栽することである．本調査地では10年前に自然林の再生と周辺二次林との連続性を目的として大規模な緑化事業が行われた．本研究では，しあわせの森北側法面を調査し，施工後の群落動態を明らかにし，今後の管理方針について考察した．

2. 調査地概要

調査は兵庫県神戸市北区山田町藍那にある，しあわせの森（北緯 34°41′東経 135°7′）の北側法面において行った．調査地の年平均降水量は 1205.3mm（2001-2011 年），年平均気温は 17.1℃（2001-2011 年）である（気象庁ホームページ気象データ）．

施工前にしあわせの森の天然性二次林において植生調査が実施され，緑化施工において目標とする群落が決定された．斜面の安定，隣接する天然林との連続性に加えて，レクリエーション機能などの機能が求められ，緑化ゾーンごとにテーマ分けがなされた結果，6つのゾーニング（BUF, URB, UCA, UCB, UCS, UCS-F）に分けられて植栽された．その際，一定の規則性を持たないように植栽配置が行われた．植栽はすべて一度の施工で実施された．平成14年の施工以降，追跡調査などは行われていない．

3. 調査方法

調査区

緑化施工地のうち，BUF, UCB および UCS-F ゾーンを含む範囲（以下「緑化地」）に 10×10m のプロットを3ヶ所設定した．また比較対象として，県道に面した植栽されていない法面（以下「無植栽」）に 6×48m のプロットを1ヶ所，緑化地に隣接する天然性二次林内（以下「二次林」）に 10×10m のプロットを3ヶ所設定した．

植生調査

各プロット内で毎木調査を行った．胸高（1.3m）以上の全樹木個体について，樹種判定を行い，胸高直径（DBH）を測定し記録した．その際，枯死木は対象外とするがマツ枯れの影響を知るため，アカマツ枯死木は測定した．

しあわせの森北側緑地設計業務報告書から得られた情報

報告書には緑化地の施工前の状況や施工計画, また周辺の植生について記載されていた。そこに, 植栽前に目標林分を決定する目的で実施された, 植生調査の結果があったため, 本調査における結果との比較として利用した。

解析方法

測定により得られたデータから胸高断面積合計 (BA) を求め, 種組成を比較した。また DBH 階級度分布を作成し, 個体群構造を比較した。

二次林の植生に近づけることを目標とした施工であったので二次林の植生とそれぞれの植生類似度を比較した。二次林との植生類似度を知らるために個体数データに拡張した Jaccard 指数 (生態学会誌の論文を引用) を用いて植生類似度指数を求め比較した。

$$J' = \frac{U_A U_B}{U_A + U_B - U_A U_B}$$

ここで, U_A と U_B は任意の 2 つの群落に共通して出現する種のそれぞれの群落での相対出現頻度を合計したものである。

4. 結果

4.1 植生の特徴

緑化地

緑化地に設置した 3 プロット合わせて合計 15~18 種の木本種が確認できた (表-1)。緑化地の BA は $7.91 \sim 12.02 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ であり, いずれのプロットにおいてもアカマツが最も優占していた。本数密度は $10300 \sim 13400 \text{ 本 ha}^{-1}$, 幹密度は $18300 \sim 20700 \text{ 本 ha}^{-1}$ であった。ムラサキシキブやヤブムラサキなどの株立ち個体が非常に多かった。緑化地のプロット全体の DBH 階級分布はサイズの小さい個体が多い L 字型を示した (図-1)。

無植栽地

無植栽プロットでは木本 21 種が確認できた。プロット全体の BA は $2.90 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ であり, アカマツが最も優占していた。本数密度は 10278 本 ha^{-1} , 幹密度は 11458 本 ha^{-1} であった。プロット全体の DBH 階級分布は L 字型であり, 半数以上の個体が DBH1cm 以下であった。中低木種が 16 種と非常に多かった。高木種のうちアカマツはすべての個体が DBH7cm 以下であり, DBH 階級分布は L 字型を示した。アカマツ以外はほとんどの個体が DBH3cm 以下であった。

隣接する二次林

二次林に設置した 3 プロット合わせて 18 種の木本種が確認できた。プロット全体の BA は $46.09 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ であり, アカマツが最も優占していた。本数密度は 12000 本 ha^{-1} , 幹密度は 16100 本 ha^{-1} であった。高木層はアカマツが優占していた。アカマツの DBH 階級は DBH12~16cm にピークを持つ一山型の分布を示し, その他の高木種もそれぞれ一山型を示した。中低木種は DBH16cm 以下に分布していた。ソヨゴが L 字型の DBH 階級分布を示した。その他のほとんどの中低木種は一山型の分布を示し, 特にコバノミツバツツジは DBH2~3cm

に大きな山があり，DBHが2cm未満の個体数は急激に落ち込む．

アカマツがDBH30cm以下でおよそ半数の9本が枯死していた．

しあわせの森北側緑地設計業務報告書から得られた情報

植栽前に行われた調査結果から，周辺の二次林に設けられたそのプロット内では，アカマツが高木層に2本しか残存しておらず，コナラの樹高がそれほど高くないこと，ソヨゴなど常緑の中低木が出現していることなどから，マツ枯れ後数年が経過した林分であることが分かった．

4.2 植生類似度

二次林プロットとの植生類似度は，緑化地が0.25～0.52，無植栽が0.72であった．さらに緑化地の植栽計画と，二次林の類似度について見ると無植栽よりも類似度が低いことが分かる．また6つのゾーン全ての初期植栽計画とも類似度を求めたが，0.07～0.64であり，無植栽よりも低い．施工時にはすでに周辺樹林との連続性が図れていないことが分かった．

5. 考察

緑化地のDBH階級のデータから判断すると，天然林のように階層的な林分構造ではなく，サイズの小さな階級には高木種の成育不良個体が含まれていた．つまり，すべての苗を一度に密植したことによる競争の結果，自然環境下では見られないような階層構造を持たない林分になっていることがわかった．今後は株立ち個体や成育不良の個体について，地上幹の間引きを行う必要があると考えられた．

緑化の目標が周辺樹林との植生の連続性ということであったが，類似度のデータからは，周辺の植生と連続しているとは言えない状況であった．このことから，目標群落と類似した種構成で一斉に植栽を行っても，植生の連続性は図れないということが分かった．また，無植栽の方が隣接する二次林との植生類似度が高く，何も植栽しない方が植生の連続性という目標に近いという予想外の結果となった．ただし，胸高断面積合計は緑化地の方が大きかったことから，法面を被覆し土壌の安定を図るという点においては，植栽は行った方が良いと考えられる．しかし，自然林再生を目的とする場合は，その土地における植生の遷移を把握し，その方向に沿った樹種を選択するのが良いと考えられる．

施工前の植生調査から，周辺樹林ではマツ枯れ（マツ材線虫病）によるアカマツの枯死が進んでおり，それに伴って遷移が進んでいたことが読み取れた．さらに本調査においても二次林ではアカマツが減少した後にソヨゴなどの常緑広葉樹が増加し，遷移が進んでいることがわかった．施工時の目標林分としてアカマツ-モチツツジ群集が挙げられているが，アカマツ林は二次遷移の途中段階であることと，マツ材線虫病による枯死が進んでいることから，そのまま放置すれば遷移が進むことは明らかである．しかし，マツ枯れは枯死木を放置すると被害が拡大するため，マツ林の維持のためには，枯死木の伐倒駆除や薬剤の予防散布が必要である．今回の施工においてはメンテナンスフリーを掲げているため，そもそもマツ枯れの防除を行う予定はなかったと考えられ，このような土地でアカマツを育

てても、樹齢に伴ってマツ枯れ感染が増加することが予測される。管理しなければ持続しない群落をメンテナンスフリーで維持することは不可能であるといえる。すでにマツ枯れ被害の多い地域ではアカマツ林の成立は困難であるため、自然林再生を目的として緑化を行う場合は、遷移初期種からアカマツを除いた樹種選定を行うべきであったと考えられた。また、一回の施工では自然林には見られない過密な林分となることや成長不良の高木種が発生するため、数回に分けて植栽を行うのが望ましい植栽を複数回実施することが予算等の理由により困難な場合は、植栽する量・樹種数を減らすべきではないかと考えられた。

表-1: 各調査プロットにおける樹種構成および林分構造.

樹種名		BA(m ² ha ⁻¹)		本数密度(numha ⁻¹)		幹密度(numha ⁻¹)	
緑化地1							
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	6.08	(61.0)	2500	(18.7)	2700	(13.0)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	1.67	(16.8)	2400	(17.9)	2400	(11.6)
クヌギ	<i>Quercus acutissima</i>	1.30	(13.1)	1100	(8.2)	1100	(5.3)
アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	0.20	(2.0)	200	(1.5)	200	(1.0)
カマツカ	<i>Pourthiaea villosa var. laevis</i>	0.20	(2.0)	900	(6.7)	1900	(9.2)
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	0.10	(1.0)	900	(6.7)	3500	(16.9)
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.08	(0.8)	900	(6.7)	2000	(9.7)
ヤマボウシ	<i>Cornus kousa</i>	0.06	(0.6)	500	(3.7)	500	(2.4)
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	0.06	(0.6)	1300	(9.7)	2800	(13.5)
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	0.05	(0.5)	400	(3.0)	400	(1.9)
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>	0.03	(0.3)	100	(0.7)	100	(0.5)
モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	0.03	(0.3)	700	(5.2)	1400	(6.8)
ミヤマガマズミ	<i>Viburnum wrightii</i>	0.03	(0.3)	500	(3.7)	500	(2.4)
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i>	0.02	(0.2)	200	(1.5)	200	(1.0)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.02	(0.2)	400	(3.0)	400	(1.9)
イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.02	(0.2)	100	(0.7)	200	(1.0)
ヤマハギ	<i>Lespedeza bicolor var. japonica</i>	0.01	(0.1)	100	(0.7)	200	(1.0)
ヤブツバキ	<i>Camelia japonica</i>	0.002	(0.02)	200	(1.5)	200	(1.0)
総計	total	9.97	(100.0)	13400	(100.0)	20700	(100.0)
緑化地2							
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	3.25	(41.2)	1900	(18.4)	1900	(10.4)
クヌギ	<i>Quercus acutissima</i>	2.08	(26.3)	1300	(12.6)	1300	(7.1)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	0.89	(11.3)	1200	(11.7)	1200	(6.6)
アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	0.54	(6.8)	500	(4.9)	500	(2.7)
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	0.34	(4.3)	1300	(12.6)	5900	(32.2)
ヤマボウシ	<i>Cornus kousa</i>	0.25	(3.2)	900	(8.7)	1200	(6.6)
イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.20	(2.5)	500	(4.9)	1400	(7.7)
カマツカ	<i>Pourthiaea villosa var. laevis</i>	0.14	(1.7)	500	(4.9)	800	(4.4)
ヤブムラサキ	<i>Callicarpa mollis</i>	0.10	(1.2)	700	(6.8)	2300	(12.6)
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>	0.05	(0.7)	300	(2.9)	300	(1.6)
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.02	(0.2)	200	(1.9)	300	(1.6)
アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	0.01	(0.2)	100	(1.0)	100	(0.5)
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>	0.01	(0.2)	300	(2.9)	400	(2.2)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.01	(0.1)	100	(1.0)	100	(0.5)
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	0.01	(0.1)	100	(1.0)	200	(1.1)
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	0.003	(0.04)	100	(1.0)	100	(0.5)
ヤブツバキ	<i>Camelia japonica</i>	0.002	(0.03)	200	(1.9)	200	(1.1)
コマユミ	<i>Euonymus alatus f. ciliatodentatus</i>	0.001	(0.01)	100	(1.0)	100	(0.5)
総計	total	7.91	(100.0)	10300	(100.0)	18300	(100.0)
緑化地3							
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	3.70	(33.1)	600	(4.8)	600	(3.1)
クヌギ	<i>Quercus acutissima</i>	3.21	(28.7)	1600	(12.7)	1600	(8.3)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	1.39	(12.4)	1300	(10.3)	1400	(7.3)
アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	0.98	(8.8)	800	(6.3)	800	(4.2)
ヤマボウシ	<i>Cornus kousa</i>	0.52	(4.7)	1100	(8.7)	1100	(5.7)
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.43	(3.8)	2400	(19.0)	5700	(29.7)
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	0.29	(2.6)	1600	(12.7)	3500	(18.2)
カマツカ	<i>Pourthiaea villosa var. laevis</i>	0.19	(1.7)	800	(6.3)	900	(4.7)
イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.18	(1.6)	500	(4.0)	1400	(7.3)
アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	0.14	(1.2)	100	(0.8)	300	(1.6)
ヤブニッケイ	<i>Cinnanomum japonicum</i>	0.08	(0.8)	800	(6.3)	800	(4.2)
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>	0.03	(0.3)	100	(0.8)	100	(0.5)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.02	(0.2)	200	(1.6)	200	(1.0)
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	0.02	(0.1)	600	(4.8)	700	(3.6)
ウワミズザクラ	<i>Prunus grayana</i>	0.01	(0.1)	100	(0.8)	100	(0.5)
総計	total	11.20	(100.0)	12600	(100.0)	19200	(100.0)

樹種名		BA(m ² ha ⁻¹)		本数密度(numha ⁻¹)		幹密度(numha ⁻¹)	
無処理区							
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	2.37	(81.85)	6493	(63.18)	6493	(56.67)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	0.24	(8.44)	243	(2.36)	243	(2.12)
ヤブツバキ	<i>Camelia japonica</i>	0.06	(1.91)	451	(4.39)	868	(7.58)
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i>	0.04	(1.43)	243	(2.36)	243	(2.12)
クロモジ	<i>Lindera umbellata</i>	0.03	(1.09)	278	(2.70)	382	(3.33)
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	0.03	(1.06)	417	(4.05)	764	(6.67)
ウワミズザクラ	<i>Prunus grayana</i>	0.02	(0.79)	104	(1.01)	174	(1.52)
ヤマボウシ	<i>Benthamidia japonica</i>	0.02	(0.79)	104	(1.01)	139	(1.21)
マルバハギ	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.02	(0.68)	313	(3.04)	417	(3.64)
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>	0.01	(0.51)	486	(4.73)	486	(4.24)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	0.01	(0.48)	174	(1.69)	174	(1.52)
モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	0.01	(0.42)	278	(2.70)	347	(3.03)
ヤマツツジ	<i>Rhododendron kaempferi</i>	0.01	(0.19)	69	(0.68)	104	(0.91)
ヤブムラサキ	<i>Callicarpa mollis</i>	0.004	(0.13)	278	(2.70)	278	(2.42)
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonica</i>	0.002	(0.08)	35	(0.34)	35	(0.30)
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia var. elliptica</i>	0.002	(0.06)	104	(1.01)	104	(0.91)
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	0.001	(0.04)	35	(0.34)	35	(0.30)
サンシヨウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	0.001	(0.03)	35	(0.34)	35	(0.30)
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	0.001	(0.02)	69	(0.68)	69	(0.61)
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>	0.0004	(0.01)	35	(0.34)	35	(0.30)
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	0.0003	(0.01)	35	(0.34)	35	(0.30)
総計	total	2.90	(100.0)	10278	(100.0)	11458	(100.0)
二次林							
アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	17.48	(39.75)	400	(3.33)	400	(2.48)
ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i>	8.70	(19.78)	1800	(15.00)	2600	(16.15)
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	6.62	(15.05)	800	(6.67)	1300	(8.07)
コナラ	<i>Quercus serrata</i>	3.11	(7.06)	267	(2.22)	267	(1.66)
ヤマモモ	<i>Myrica rubra</i>	2.36	(5.37)	33	(0.28)	133	(0.83)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	2.06	(4.68)	2033	(16.94)	2600	(16.15)
コバノミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	1.52	(3.45)	4433	(36.94)	6200	(38.51)
ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia var. elliptica</i>	0.79	(1.81)	633	(5.28)	733	(4.55)
アセビ	<i>Pieris japonica</i>	0.53	(1.20)	533	(4.44)	600	(3.73)
アオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa f. serrata</i>	0.44	(1.00)	533	(4.44)	567	(3.52)
ヤブツバキ	<i>Camelia japonica</i>	0.12	(0.28)	67	(0.56)	67	(0.41)
ヤマボウシ	<i>Benthamidia japonica</i>	0.07	(0.16)	33	(0.28)	33	(0.21)
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	0.06	(0.14)	100	(0.83)	133	(0.83)
マルバアオダモ	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.06	(0.13)	67	(0.56)	67	(0.41)
ネズミサシ	<i>Juniperus rigida</i>	0.03	(0.08)	33	(0.28)	33	(0.21)
モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	0.02	(0.04)	100	(0.83)	200	(1.24)
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>	0.01	(0.02)	33	(0.28)	67	(0.41)
ウスノキ	<i>Vaccinium hirtum</i>	0.01	(0.01)	100	(0.83)	100	(0.62)
総計	total	43.98	(100.0)	12000	(100.0)	16100	(100.0)

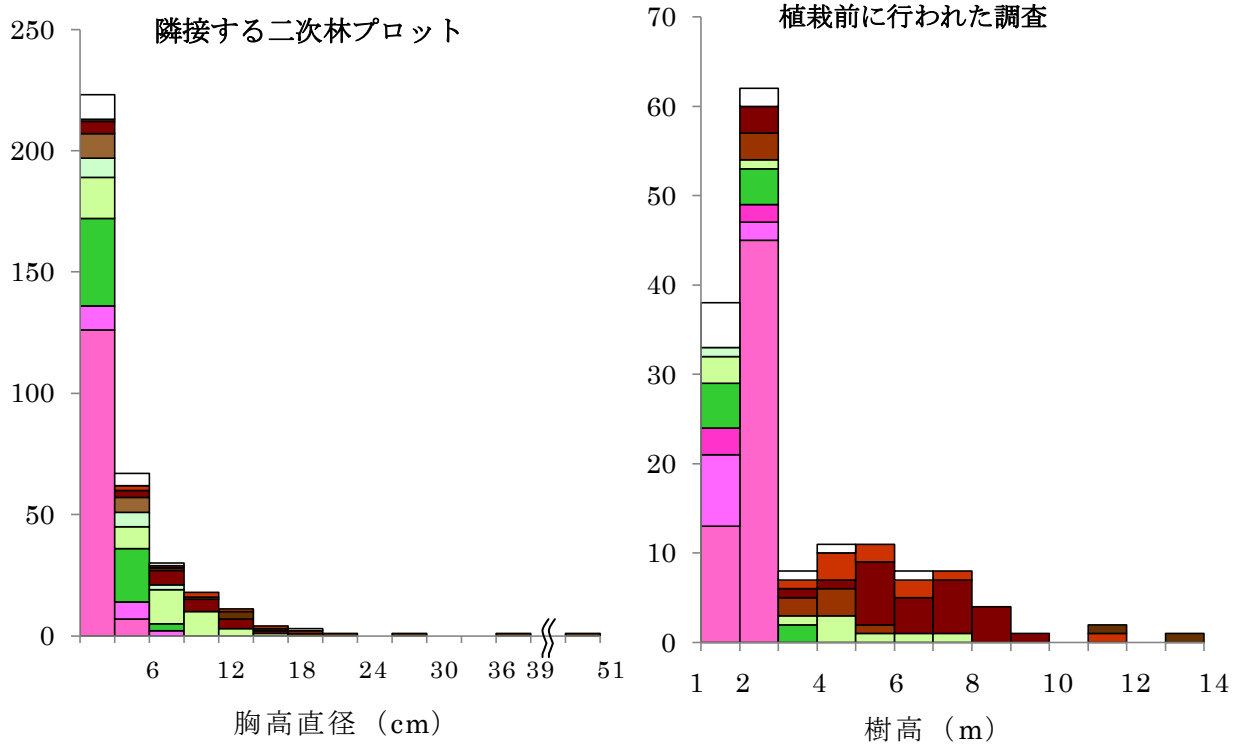
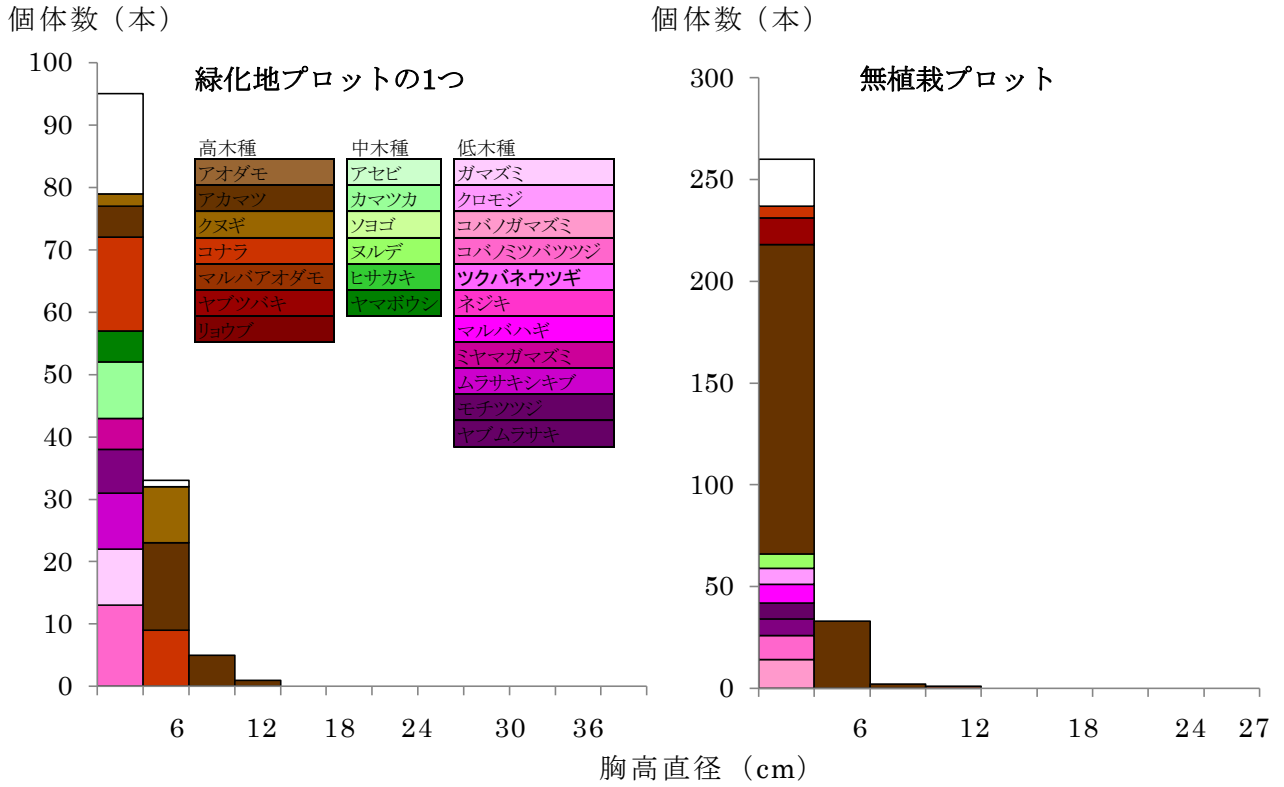


図-1 : 各プロットにおける樹種別胸高直径階分布及び樹高階分布