

六甲アイランド公園における造成林の動態に関する研究

神戸大学農学部 森林資源学研究室
中島 未帆

【研究背景】

近年、都市緑地のように人の生活圏に接する都市生態系は、国際的な都市人口の増加と、それに伴う様々な環境問題を背景に注目され始めている⁹⁾。生態系が持つ多面的な機能からもたらされる便益は生態系サービスと呼ばれ¹⁾、都市緑地がもたらす生態系サービスとして、大気汚染の緩和、微気候の調整、騒音の低減、雨水の排水、レクリエーションなどの機能が挙げられている²⁾。一方で、大気浄化能力は植生の種類によって異なることや¹¹⁾、騒音の低減能力には樹種、森林構造、材積、胸高断面積合計、立木本数密度が関与していること¹²⁾など、生態系サービスは緑地の質によって異なることが知られている。そのため、緑化地の質を改善させ、生態系サービスを向上させるためには、緑化地の森林構造・動態の把握、長期的な管理が必要である。

大阪湾においては、人工島の埋め立てが今後も計画されている⁵⁾。港湾地帯に含まれる都市近郊の人工島は港湾法に基づき緑化されるため（港湾法第一条）、人工島の面積増加に伴い、緑化地面積も増加すると予想される。そこで、本研究では緑化後30年以上が経過した六甲アイランドに造成された森林の構造と動態を把握し、人工島における緑化地の管理や緑化方法の検討を行うことを目的とした。

【調査地・調査方法】

本研究は兵庫県神戸市東灘区にある六甲アイランド公園内の緑地にて行った。六甲アイランドでは、昭和45年に神戸港六甲埠頭基本方針検討委員会による基本方針として「自然の導入による緑の港湾都市とする」という方針が立てられており、また六甲アイランドの土地利用計画として「せせらぎ、森などを配した水と緑に親しめる住環境づくり」という計画が立てられた⁶⁾。六甲アイランドには中央部の都市機能ゾーンと外周部の港湾機能ゾーンが設定されている（図1）。それを隔てる幅30~100m、高さ5~15mの丘状の連続した緑地は「シティヒル」と呼ばれており⁷⁾、造成された森林である。

本研究の調査地である六甲アイランド公園はシティヒルの北端の一部を形成している。公園内には南北方向に約50m、東西方向に約400mの樹林が造成されている（図2）。国土地理院（1989）の航空写真から樹林の造成は1989年頃には既に行われていることが確認でき、林齢は30年以上になる。森林内の地形は両側が階段状であり、東西方向に連続している。

本研究では、造成当時の詳細な植栽平面図（神戸市建設局提供）の残る六甲アイランド公園内の東側の樹林内に南北方向に43.7m、東西方向に20mの3つの調査プロットを設置した（図2）。植栽時からの生存木が樹高1.3m以上、及び胸高周囲長10.0cm以上である

と仮定して、以上の条件を満たす樹木を対象に毎木調査を行った。調査は2022年4月22日から、2022年12月15日までの期間で、累計16回行った。調査項目は樹種の同定、胸高(1.3m)周囲長・樹高の測定、および南北軸上の個体位置である。

【解析方法】

毎木調査の結果をもとに、樹林の樹種構成と森林構造を把握するため、図鑑（林2020）を参考に、樹種を常緑樹・落葉樹に、また、記載の樹高が10m以上か未満かを基準とし、高木種・低木種に分類し、個体数の円グラフを作成した。胸高直径については、 $3.2(10/\pi)$ cmから5cmごと、樹高については1.3mから2mごとにヒストグラムを作成した。

植栽時の植栽平面図と、毎木調査から得られた結果を比較し、樹種ごとに南北方向の位置による個体数の変化を求めた。植栽時の個体数を植栽数、現存しているプロット内の植栽種の個体数を現存数とし、現存数を植栽数で除したものを生存率とした。植栽数については、GISアプリケーションのQgisを用いて、植栽平面図上にプロットを再現し、南側から斜面距離で5m区間ごとに樹種ごとの植栽個体数を集計した（図3）。

【結果と考察】

調査地における全体の出現種数は29種であった。総個体数は585個体であった（図4-1）。アラカシ（総個体数の25%）、クスノキ（13%）、トウネズミモチ（11%）、ヒメユズリハ（10%）、クロガネモチ（7%）の順に個体数が多く、これらを含む常緑高木が全個体の75%を占めた。常緑低木が16%であり、常緑樹のみで全個体数の9割以上を占めた。また、系統的な分類では、ブナ科（総個体の34%）、モクセイ科（15%）、クスノキ科（14%）、ユズリハ（14%）、モチノキ（7%）の順に多かった。これより、六甲アイランド公園の緑化地は常緑樹林であるといえる。また、ブナ科が優占している森林である。

胸高直径(DBH)については、最大値はコナラの33.1cmで、平均値は9.8cmであった。DBHのサイズ分布はL字型を示し、3.2~8.2cmの個体が多く存在した。（図5-1）。樹高は、12.5m（アラカシ）が最大で、平均値は7.5mであった。樹高のサイズ分布は一山型で3.3~11.3mの個体が多かったが、11.3m以上の個体数は少なく、植栽後30年経過しているにも関わらず、樹高成長が悪い（図5-2）。

潜在的には樹高が20m以上になるアラカシやクスノキ¹³⁾などが多く植栽されているのにも関わらず、樹高11.3m以上の個体数が少ない。樹高は土壌条件に影響される¹⁰⁾ため、水分や栄養分の不足の影響が考えられる。さらに、樹高のピークは7.3~9.3mと林内では比較的高いのに対し、DBHのピークは3.2~8.2cmと全体に対して小さく、樹高に対しDBHが小さい個体が多いと考えられる。これらのことから、林冠の単層化、樹木の徒長が起こっていることが示唆された。

植栽時には23樹種、818個体が植栽されていた（図4-2）が、調査の結果20樹種、535

個体の生存が確認された。プロット内に植栽された 23 種のうち、キンモクセイ、ケヤキ、カイドウは生存していなかった。一方で、植栽されていないサンゴジュ、トベラ、ヌルデ、ネムノキ、ヤツデの 5 樹種の新規加入が認められた。植栽数と個体数の円グラフを比較すると、常緑樹の割合が増加しており、造成後の約 30 年間で常緑樹林化が進行していることがわかる。

現存数を植栽数で除した生存率は、全体で 65.4%であった。常緑高木の生存率 (84.9%) が最も高く、常緑低木、落葉高木、落葉低木はいずれも 30%程度の生存率であった (図 6)。低木の生存率が低く、今後、下層植生の多様性が低下することが懸念される。

南北方向では標高が高い場所ほど生存率が低くなる傾向がみられ、林縁部の生存率は林内よりも高かった (図 6)。標高が高いほど生存率が低く、林縁部の生存率が林内より高かったことは、森林において斜面上部は斜面下部と比較して土壤条件が悪いこと¹⁷⁾、林縁部は林内より日射量が大きいこと¹⁵⁾から説明ができる。生存率からも土壤条件が生育に悪影響を与えていることが示唆された。

全植栽種のうち、個体数が増加していたものはアラカシ (101%) とトウネズミモチ (154%) のみであった。トウネズミモチは環境省の要注意外来生物に指定されている。落葉樹は全般に生存率が低かったが、トウカエデ (100%)、ナンキンハゼ (100%)、サルスベリ (79%) などの外来種は生存率が高かった。これらの樹種はストレス耐性が高く、街路樹として用いた場合に生育不良や病虫害による撤去率が低いことが報告されている⁸⁾。

【今後の管理方法の検討】

当調査地で確認された林冠の単層化や、樹木の徒長、下層植生の種の多様性の低下、土壤による生育の阻害など、森林動態の問題は、同じく造成された緑化地である万博記念公園などでも報告されている⁴⁾。万博記念公園では、樹木の生育のために土壤条件改善のための工事や、下層植生の多様性増加のための森林土壤の撒きだし、森林の多層化、徒長防止などの密度管理などの適応的な管理が行われており⁴⁾、六甲アイランド公園においても同様な管理が今後必要になると考えられる。

トウネズミモチ、トウカエデ、ナンキンハゼ、サルスベリ等の外来種は、緑化地において在来種への悪影響が指摘されている¹⁶⁾。特にトウネズミモチは、幅広い光環境に適応できることから、在来種の生育面積の圧迫や遮光による他樹種の成長阻害の可能性が指摘されており¹⁴⁾、在来種を保護するために外来種の伐採をする必要があると考えられる。加えて、Santamour (1990) は、都市域の緑化において病虫害の発生などを防ぐために、多様な樹種を植栽するべきであるとしており、その基準として、同種の樹種を 10%以下、同属の樹種を 20%以下、同科の樹種を 30%以下にするように記している。この基準に従って、六甲アイランド公園において密度管理のための伐採を行う場合、外来種に加えて個体数の

多いアラカシやクスノキ、ヒメユズリハなどを優先的に伐採することが望ましい。

【参考文献】

- 1) Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-Being.
- 2) Bolund P, Hunhammar S (1999) Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29, 293-301
- 3) Santamour F. (1990) Trees for urban planning: Diversity, uniformity and common sense. *Proc. Metro Tree Improvement Alliance. METRIA 7*: 57-65
- 4) Morimoto Y, Njoroge JB, Nakamura A, Sasaki T, Chihara Y (2006) Role of the EXPO '70 forest project in forest restoration in urban areas. *Landscape and Ecological Engineering*, 2, 119-127
- 5) 環境省 瀬戸内海の環境情報
https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/kankyojoho/shakaikeizai/01umetate-1.htm (2023/2/13 参照)
- 6) 神戸市 (2005) 神戸市史 行政編Ⅲ 都市の整備. 神戸市.
- 7) 佐藤 憲司 (1992) 六甲アイランド CITY の景観計画. *コンクリート工学*, 30, 84-87
- 8) 武林 晃司 (2019) 街路樹診断から見た街路樹の現状と問題点, *樹木医学研究*, 23, 30-35
- 9) 土屋 一彬・斎藤 昌幸・弘中 豊 (2013) 都市生態学序説 : 「まち」の社会生態プロセスを理解する. *日本生態学会誌*, 63, 179-192
- 10) 堤 利夫 (1994) 造林学, 文栄堂出版
- 11) 戸塚 績・三宅 博 (1991) 緑地の大気浄化機能. *大気汚染学会誌*, 26, A71-A80
- 12) 野堀 嘉裕・金田 尚美 (2008) ブナ二次林の音場環境の解析. *山形大学紀要 (農学)*, 15, 181-194
- 13) 林 将之 (2020) 樹木の葉 実物スキャンで見分ける 1300 種類. 山と溪谷社
- 14) 原 千夏・石井 弘明 (2019) 外来種 (トウネズミモチ) と在来種 (ネズミモチ) における葉の機能形質の可塑性, *日林誌*, 101, p221-226
- 15) 森本 淳子・丸山 宏・柴田 昌三 (1996) 異なる光環境に生育するコバノミツバツツジの開花のメカニズム, *ランドスケープ研究*, 60, p485-488
- 16) 森本 幸裕・夏原 由博 (2005) いのちの森 ー生物親和都市の理論と実際. 京都大学学術出版会
- 17) 山本 哲裕・浅野 友子・堀田 紀文・鈴木 雅一 (2010) 東京大学農学部演習林報告, 122, p1-15



図1 都市機能ゾーンと港湾機能ゾーン



図2 調査地全体と調査プロット

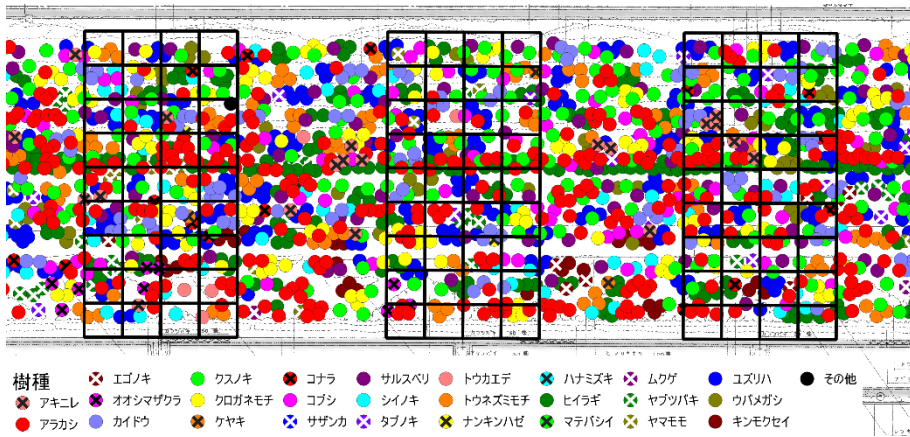


図3 植栽平面図を用いた植栽数計測

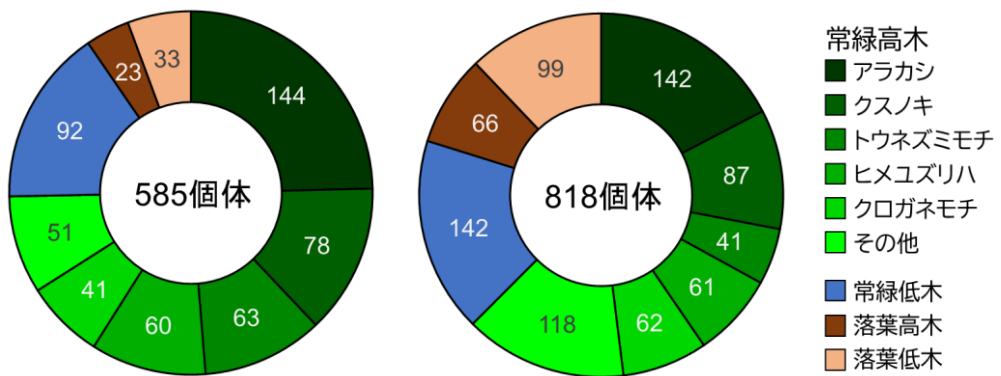


図4-1,2 個体数(左)と植栽数(右)の円グラフ

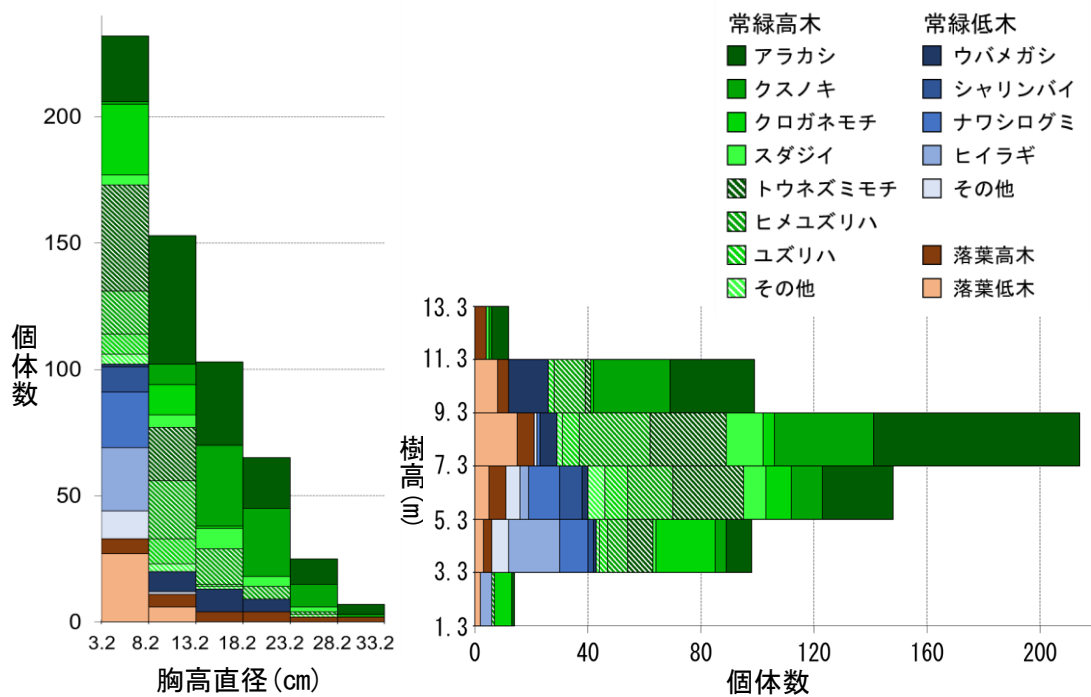


図 5-1,2 胸高直径(左)と樹高(右)のヒストグラム

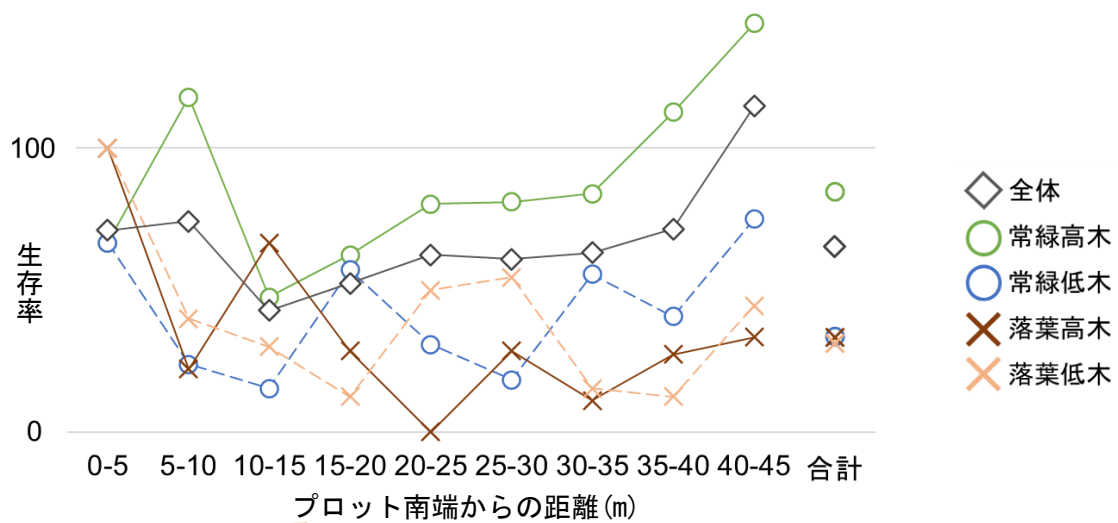


図 6 分類・位置ごとの生存率