

緑化樹木の環境改善機能と評価

寺井 学 須藤 修二 木梨 智子
大塚 清敏 岩井 洋 山本 典弘
(本社設計本部) (本社設計本部)

Evaluation of Environmental Improvement Functions by Tree Planting

Manabu Terai Shuji Sutoh Satoko Kinashi
Kiyotoshi Otsuka Hiroshi Iwai Norihiro Yamamoto

Abstract

To promote urban green planning, it is important to evaluate its environmental improvement function, and to design effective planting. Characteristic descriptions of about 250 common tree species were reviewed using several handbooks on landscape planning. A number of functions were evaluated: windbreak, protection against briny, fire prevention, mitigation of the heat island phenomena, air purification (air pollution, exhaust gas of a car), hedge (masking of sight and noise, penetration prevention), feeling of nature (flowers, fruits and autumnal leaves), and ecosystems (habitat of birds and insects). The criteria of trees' functions were set by referring to descriptions in the handbooks. However, the functions of windbreak and mitigation of heat island phenomena, which are nowadays more important at the design competition stage, are influenced by tree growth after planting. Therefore, tree growth should be studied to clarify this function. It is effective to assume the leaf area index of the tree to be an index for evaluating environmental improvement and tree growth.

概 要

都市緑化の推進のためには、緑化樹木の環境改善機能を評価し、効果的な植栽を計画することが重要である。そこで約250種の樹種が共通している各種の造園・緑化のハンドブック等に記載の樹木の特性を調査し、設計者のニーズを考慮して、緑化樹木の環境改善機能をまとめた。項目は、防風、防潮、防火、ヒートアイランド対策、大気浄化（大気汚染、排気ガス）、生垣（視覚と音の遮蔽、侵入抑制）、自然観賞（花や実、紅葉）、生態系（野鳥や昆虫の生息）である。各樹種の環境改善機能の判定については、文献情報を参考に、客観性のある評価基準を設定した。設計コンペで重要度の高い、防風、ヒートアイランド対策の効果は、植栽後の樹木の生育状態に影響される。植栽による環境改善機能を発揮させるには、樹木の生育状態が健全でなければならない。樹木の環境改善機能と生育状態の評価には、樹木の葉面積指数を指標とすることが有効である。

1. はじめに

近年、ビル風対策には防風植栽が行われることが多い。防風植栽に用いられる樹木は、ヒートアイランド対策や大気浄化にも貢献することが期待できる。しかし、緑化樹木のこれら環境改善機能の評価は、経験的知識によるものが多く、科学的根拠に基づくとは必ずしも言えない。したがって、緑化樹木の環境改善機能について、項目を整理し、客観的な判定基準を設定し、設計者が利用可能なツールとしてデータベース化することは、より具体的な植栽計画の提案が可能になり、環境に配慮した計画を進める有効な手段になる。

また、植栽した樹木が設計者の意図する健全な状態で生育するためには、生長後の樹形や大きさ、根系の深さ、移植の適期と難易さ、生長の速さ、剪定の耐性、生育可能地域、生育に適した光条件・水分条件、病害虫などの情報を考慮し、樹種を選定することが重要である。計画

地の環境条件に適合し、設計者が意図する環境改善機能を担う樹種を簡便に選定できる緑化樹木データベースが求められている。

本論文では、緑化樹木データベースの骨格となる樹木の環境改善機能の項目とその判定基準について報告する。環境改善機能のうち、防風とヒートアイランド対策の効果は、樹木の着葉量に左右され、着葉量は植栽後の生育の健全性に影響されることが課題である。そこで樹木の環境改善機能と生育状態の評価のために、着葉量の指標として葉面積指数（単位面積あたりの葉面積）を簡便に推定する方法を検討した。

2. 緑化樹木の環境改善機能

緑化樹木に関する各種ハンドブックの掲載種数と樹木特性の評価例を Table 1 にまとめた^{1)~7)}。各種ハンドブックに共通する約250種は、市場に流通し入手可能と

考えられる。樹木の環境保全機能について項目を整理してまとめ^{8) 9)}、さらに設計者のニーズを考慮し、緑化樹木データベースの環境改善機能として必要な項目を抽出した。結果を Table 2 に示す。樹木の新緑、花や実、紅葉を楽しむ自然観賞機能と、野鳥や昆虫の生息に寄与する生態系機能については、樹木の属性や特徴から判定可能である。防潮、防火、ヒートアイランド対策、大気浄化（大気汚染、排気ガス）、生垣（視覚と音の遮蔽、侵入抑制）の各機能については、客観的な判定基準を設けて評価を行う必要があった。

2.1 防風機能

防風のための植栽は、強風を低減することに有効であり、かつ景観の向上も期待できるので、都市における防風対策として利用されることが多い¹⁰⁾。特に高層ビル

の周囲において、歩行者レベルの強風を緩和させるために用いられている。

2.2 防潮機能

防潮林は、本来、高潮や津波などの被害軽減を目的とした少なくとも30～40mの林帯幅をもった海岸に設置される樹林のことをいう^{8) 9)}。今回、緑化樹木に求められる防潮機能とは、潮風に耐えて生育し、海塩粒子の侵入を防止し、建築物の保護に効果のあることとした。

2.3 防火機能

樹木の葉は、重量の60～70%が水分であり、火災の延焼防止に一定の効果がある⁸⁾。樹木の防火作用は、昇温阻止、輻射熱の遮断、熱気流の上方拡散、飛び火の捕捉という4つの機能による⁹⁾。1923年の関東大震災、1976

Table 1 各種ハンドブックの緑化樹木特性の評価項目^{1)～7)}
Evaluation Items of Tree Characteristics on Several Handbooks

出典	掲載種数	生育環境			生育特性				環境耐性						
		光条件	水分条件	最適土壌	生長速度	根系深さ	移植難易	剪定・萌芽	風・乾寒風	火	煙・大気汚染	潮風	暑さ	積雪	
造園施工管理(1998)	243	陽中陰	乾中湿	砂壤埴	速中遅		易中難					強中弱	強中弱		
造園技術大成(1978)	392	陽中陰	乾中湿 乾湿	砂壤埴 埴埴	速中遅	深中浅	易中難	強中弱				強中弱	強中弱		
造園ハンドブック(1978)	495	好陽耐陰 陽陰—	耐乾耐湿 乾湿—	砂質壤質粘質強粘	早—遅	深—浅	易—難	強—弱	風強—風弱	耐火—	耐煙—弱煙	耐潮—弱潮			
緑化樹木ガイドブック(1999)	274	5段階(任意)	5段階(任意)						強 やや強 普通 やや弱 弱			強 やや強 普通 やや弱 弱	強 やや強 普通 やや弱 弱	強 やや強 普通 やや弱 弱	
自然をつくる植物ガイド(1993)	233	耐陰 4段階	耐乾性 4段階 耐湿性 4段階	耐瘦地 4段階 耐酸性 4段階	速中遅		良中難	良中難		あり—	強 やや強 やや弱 弱	強 やや強 やや弱 弱	強 やや強 やや弱 弱		
造園緑化技術を考える(1992)	262	陽中陰 (任意)	乾中湿 (任意)		早中遅		易中難	良中小				強中弱	強中弱		
樹木根系図説(1979)	473	陽中陰	3段階 耐乾 耐湿	砂 砂壤 埴埴		深根 中間 浅根	易中難 極難								

— : 記述なし, (任意) : 複数段階の選択あり, / : 併記あり

Table 2 樹木の環境保全機能のまとめ^{8) 9)}
Environmental Conservation Functions of a Tree

防災機能	土地保全 (浸食・崩壊防止)	
	防風	○防風
	防雪	
	防潮	○防潮
	防火	○防火
	雪崩防止 洪水防止	
大気保全機能	気候緩和	○ヒートアイランド対策
	大気浄化 (汚染物質吸着・吸収)	○大気浄化 大気汚染 排気ガス
	炭酸ガス吸収	
水保全機能	水源涵養	
	水質保全	
空間機能	空間区分	○生垣 遮蔽(視覚と音) 侵入抑制
	目隠し	
	遮光(眩光防止)	
	遮音	
	修景	◇自然観賞
	いやし(保健的作用)	
	生物多様性保全	◇生態系

○ 判定が必要な環境改善機能項目
◇ 樹木の属性・特徴から判定可能

年の酒田大火、1995年の阪神淡路大震災において、都市内の樹木が延焼を阻止し、焼け止まりとなった例が知られている。

2.4 ヒートアイランド対策機能

樹木はその大きな樹冠が日射を遮蔽し陰を落とし、建物や道路が蓄熱するのを防ぐ。また樹木からの冷放射が、木の下や周辺にいる人間に涼をもたらす。樹下を通り抜ける風は樹木の陰と植物の蒸散効果により冷やされて涼風となる¹¹⁾。樹木のこれらの作用は、ヒートアイランド対策として効果がある。

2.5 大気浄化機能

植物が大気浄化を行う作用は、浮遊粉塵が植物体の表面に付着すること、硫黄酸化物、窒素酸化物等のガス状汚染物質が葉面に吸着吸収されることによる。ガス状汚染物質が一定濃度範囲では、植物による汚染物質の吸収量は、光合成速度と相関が高いことも知られている¹²⁾。

樹木の浄化機能については、工場や幹線道路周辺を対象とする「大気汚染対策」と、駐車場周りを対象とする「排気ガス対策」の2つに分けることにした。

2.6 生垣機能

葉が密な常緑樹を植栽し空間の区分をおこない、目隠しや遮音、侵入抑制の効果を期待することができる。これをプライバシー保護や防犯効果のある生垣機能とした。

Table 3 樹木の環境改善機能の判定基準
Criterion of Trees' Environmental Improvement Functions

	適合種	不適合種
防風	樹高3m以上の常緑樹 葉が密なもの	落葉樹, つる植物 樹高3m未満の低木 葉が疎なもの
防潮	潮風に強い常緑樹 自生地が海岸沿い 樹高の制限なし	落葉樹
防火	葉の厚い(水分が多い)もの 常緑樹 イチヨウ(関東大震災で実績)	樹脂が多いもの(マツ, スギ, カイスカイギ, クスノキ), タケ・ササ類, シュロ
ヒートアイランド対策	樹冠が大きいのもの 生長が速いもの 常緑・落葉, 樹高の制限なし	生長が遅いもの 日陰を好むもの
大気汚染対策	耐煙性に強いもの 樹高5m以上のもの 常緑・落葉の制限なし	葉が疎なもの
排気ガス対策	樹高5m未満の常緑樹 耐煙性に強いもの 葉が密なもの	落葉樹
遮蔽(視覚と音)	高さ1~2m範囲に葉が密なもの 常緑樹	
侵入抑制	高さ1m程度で葉が密なもの または葉や枝にトゲがあるもの	

生垣機能のうち、高さ1~2mの位置に葉が茂るものを「遮蔽(視覚と音)」, 高さ1m未満のものを「侵入抑制」と区分した。

3. 緑化樹木データベース

3.1 樹木の環境改善機能

Table 3 に、樹木の環境改善機能についての判定基準をまとめた。

Table 1 の緑化樹木特性の評価例を見ると、ハンドブック等に煙・大気汚染, 潮風の耐性に関する情報は多く、防潮機能と大気浄化機能については文献情報を参考に判定を行うことにした。

防火機能については、Table 1 の文献のほかに、過去の震災や大火での実績や樹木の燃焼実験による情報があり、これを利用して判定を行う。

遮蔽(視覚と音)機能と侵入抑制機能は、樹木の物理的な形状から客観的に判定が可能である。

一方、防風機能は、「樹高3m以上の常緑樹で葉が密なもの」、ヒートアイランド対策機能は、「樹冠が大きく生長が速いもの」と判定基準を定めた。この2つの機能は、設計コンペ等で重要度が高いにもかかわらず、その効果は樹木の着葉量に左右され、植栽後の樹木生育の健全性に大きく影響されることが課題である。

実際に、ビル風の防風対策として植栽が行われている場所を調査したところ、一部に生育不良の樹木もみられた (photo 1)。

3.2 データ構成

緑化樹木データベースのデータ構成を Table 4 に示す。Table 1 のハンドブックや各種の樹木図鑑を参考にし、250種以上のデータが入力可能である。

樹木の大きさは、慣例として設計図書では、植栽時の樹高が3m以上のものを高木、1m以上3m未満のものを中木、1m未満のものを低木という。本データベースでは植栽の機能に重点をおき、通常高さ5m以上でシンボルツリーや緑陰のために利用するものを高木、高さ3~5m程度で敷地境界や生け垣に利用されるものを中木、高さ3mまでで植込みに利用するものを低木とした。

生育可能地域については、植物の分布域を指標する温量指数をもとに¹³⁾、植栽用気候区分図を作成した。温量指数℃は、月平均気温が5℃以上の月について、5℃を超えた温度を積算した値である。温量指数65℃、85℃、100℃、120℃、140℃を境界として、日本を6つのゾーンに分けた (Fig. 1)。この6つのゾーンのどのゾーンに植栽可能かを判定した。

生育環境の光条件と水分条件については、植物にとって好適な条件だけでなく、耐性があり生育可能範囲を示す場合もある。したがって、複数範囲を選択可能とし、条件に幅をもたせるようにした。

8つの環境改善機能については Table 3 の基準に則し、文献情報だけでなく、実際に植栽されている樹木の樹形、葉の茂り、生育状態をできるだけ参考にし、客観的な評価と判定を行うこととした。

データベースの入出力例を Fig. 2 に示す。計画に適した樹種を選定するだけでなく、植栽上の留意点を示すことによって、設計段階におけるチェック作業やリスク回避の措置を図れるような仕様とした。



photo 1 生育不良の樹木
Tree with Bad Growth

Table 4 樹木選定ツールのデータ構成
Contents of Planting Tree Selection Tool

基本情報	樹種	樹木名(慣用名, 別名), 科
	常落	[常緑, 半常緑, 落葉]
	広針	[針葉, 広葉, 他(イチョウ, ソテツ, タケ)]
	大きさ	[高木, 中木, 低木]
形態	樹高	<生長後の樹高(m)>
	樹形	[円錐, 円柱, 球円, さかづき, 低木株立ち, グランドカバー, つる, 枝垂れ]
	葉の茂り	[密, 普通, 疎]
	根系	[深, 中間, 浅]
観賞	雌雄	[なし, 異株, 異花]
	花	[あり<色, 時期>, なし]
	実	[あり<色, 時期>, なし]
	紅葉	[あり<色, 時期>, なし]
生育環境	生態系	[あり<対象生物>, なし]
	原産地	<原産地, 自然分布>
	自生地	<自生地の環境, 植栽分布>
	生育可能地域	[気候区分図: I-II-III-IV-V-VI]
生育特性	光条件	[陽-やや陽-普通-やや陰-陰]
	水分条件	[乾-やや乾-普通-やや湿-湿]
	土壌	[砂, 砂壌, 壤, 埴壌, 埴]
	生長	[速, やや速, 普通, やや遅, 遅]
環境改善	剪定・萌芽	[強, 普通, 弱]
	移植難易	[容易, 普通, 困難]
	移植適期	<時期>
	病気	<病気, 対策方法>
その他	害虫	<害虫, 駆除方法>
	防風	[あり, なし]
	防潮	[あり, なし]
	防火	[あり, なし]
その他	ヒートアイランド対策	[あり, なし]
	大気汚染	[あり, なし]
	排気ガス	[あり, なし]
	遮蔽(視覚と音)	[あり, なし]
その他	侵入抑制	[あり, なし]
	用途・特徴	<公園, 庭園, 生垣, 植込, 果樹, 用材, シンボルツリー, 芳香, 樹皮, 燃料など>
	指定	<都道府県, 市町村の指定樹>
	アレルギー	[あり<花粉, かぶれ>, なし]
その他	価格	<H1.0m, H2.5m, H4.0mの価格>

[] は選択項目, < > は記述項目

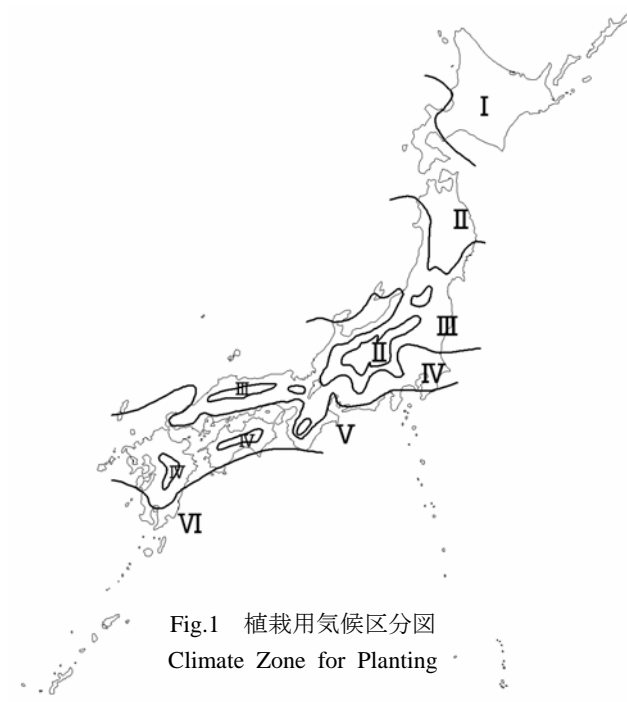


Fig.1 植栽用気候区分図
Climate Zone for Planting

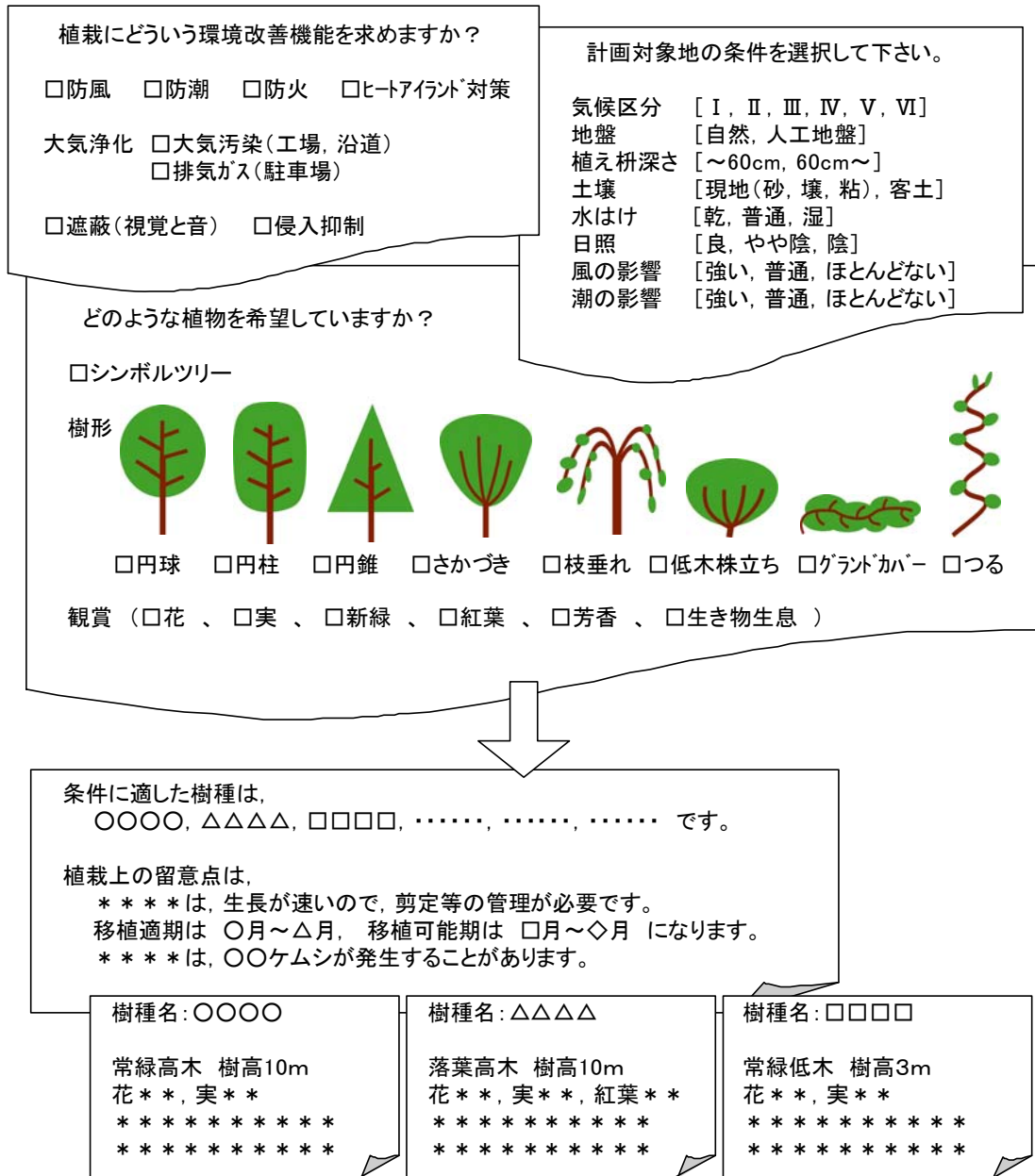


Fig.2 緑化樹木データベースの入出力例
Input and Output Examples of Planting Tree Database

4. 葉面積指数の推定

4.1 葉面積と環境改善機能

植生と大気との熱・水・気体のやりとりは、ほとんどが葉面で行われており、ヒートアイランド現象の緩和効果は、葉面積がよい指標になることは容易に理解できる。

防風効果についても、葉面積を指標とした樹木の抵抗係数に関する風洞実験が報告されており¹⁴⁾、葉面積の密度が高いほど、防風効果が高いことが推測できる。したがって、樹木の環境改善機能を定量的に評価するために葉面積指数を簡便に測定する方法が必要である。

4.2 樹冠画像による葉面積指数の推定

葉面積の計測方法は、葉を実際に刈り取って直接計測する方法と、葉の量と光の減衰に関する光学的な仮定に基づいた間接的な推定方法がある¹⁵⁾。耕地や草地の植物群落の場合を除いて、葉面積の直接計測は、対象の植物を破壊的に刈り取るために現実的ではない。

比較的調査が容易な間接的方法として、魚眼レンズを用いた樹冠の画像を解析する方法が知られている。この方法は、葉が空間的にランダムに分布すると仮定して、光学的に葉面積指数を算出する方法である¹⁵⁾。実際の

シラカシ(樹高12m, 葉張り4.5m)の撮影画像を Fig. 3 に示す。画像からフリーウェアの光環境プログラム¹⁶⁾を用いて葉面積指数を計算したところ1.8~2.0の値であった。葉面積指数は通常3~7の値であり, 樹冠の魚眼画像による計算値は, 過小であることが知られている¹⁷⁾。しかし, 着葉量の指標として樹種による比較や植栽後の生育の健全性を評価するためには, 実用可能な技術である。樹木の環境改善機能と生育状態を評価する手法として樹冠画像から葉面積指数を推定することは有効な方法と考えられた。

5. まとめ

本論文では, 都市の環境改善のために効果的な植栽計画が行えるように緑化樹木の機能を整理してまとめ, その客観的な判定基準を設定した。

設計時に重要度の高い, 緑化樹木の防風効果とヒートアイランド対策効果は, 樹木の着葉量に左右され, その着葉量は植栽後の生育状態の影響を受ける。したがって, 緑化樹木の環境改善機能が発揮されるためには, 植栽後の生育状態が健全で十分な着葉量がなければならない。そこで, 樹木の着葉量を評価する手法として, 樹冠の魚眼撮影画像による葉面積指数の推定方法を検討した。

この方法の測定精度の向上は今後の研究課題である。しかしデータの蓄積により, 樹木の環境改善機能の定量的評価が可能になる有効な手法と考えられた。

参考文献

- 1) 建設省都市局公園緑地課監修, 造園施工管理, (社)日本公園緑地協会, 97-104(1998)
- 2) 関口鉄太郎, 造園技術大成, 養賢堂, 189-242(1978)
- 3) 日本造園学会編, 造園ハンドブック, 技報堂出版, 726-771(1978)
- 4) (財)日本緑化センター・(社)日本植木協会, 緑化樹木ガイドブック, (財)建設物価調査会, 468-475(1999)
- 5) 林野庁監修, 自然をつくる植物ガイド, (財)林業土木コンサルタンツ, 352-367(1993)
- 6) 藤田昇, 造園緑化技術を考える, 三月書房, 212-233(1992)
- 7) 荻住昇: 樹木根系図説, 誠文堂新光社, 517-1108(1979)
- 8) 日本緑化工学会編, 緑化の機能, 環境緑化の事典, 朝倉書店, 5-33(2005)

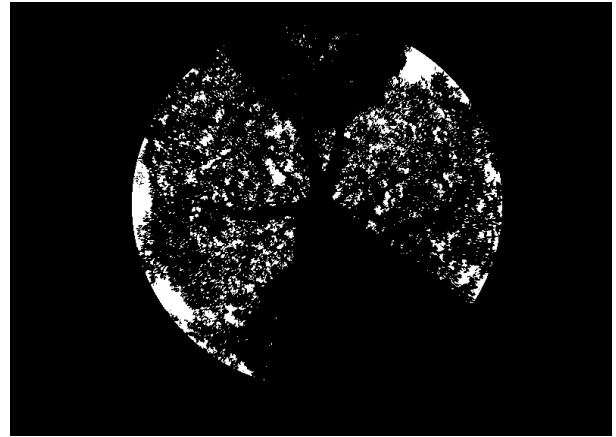


Fig.3 樹冠の魚眼撮影画像
A Tree Canopy Picture with Fish Eye Lens

- 9) 只木良也 他: ヒトと森林 森林の環境調節作用, 共立出版, pp323(1982)
- 10) 村上周三・他: 樹木の防風効果に関する研究, 第8回風工学シンポジウム, 129-136(1983)
- 11) 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想検討会, 平成17年度都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討調査報告書, (社)環境情報科学センター 88-101(2006)
- 12) 環境庁大気保全局大気規制課・大気環境に関する緑地機能検討会, 大気浄化植樹指針, 第一法規出版, 42-110(1989)
- 13) 環境庁自然保護局, 温量指数, 8. 気候, 日本の自然環境, (1982)
<http://www.biodic.go.jp/reports/2-2/aa022_002.html>
- 14) 神山健二 他: 葉面積密度を代表面積とした樹木の抵抗係数に関する風洞実験, 日本建築学会環境系論文集, 578, 71-77(2004)
- 15) 松山洋 他: 全天写真から得られる葉面積指数とプラント・キャノピーアナライザーによる実測値との比較, 地学雑誌, 112(3), 411-415(2003)
- 16) 山本一清: LAI for Win32(LAI32), 2005/2/22(2005)
<<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA32/index.html>>
- 17) 宇都宮玄 他: ヒノキ人工林における葉面積指数の季節変化の推定, 日本林学会誌, 83(4), 359-362(2001)