

第2章 都市緑化樹木の根系伸長実態と被害発生要因

台風時の強風や降雨による倒木被害を軽減するためには、植栽した樹木が良好に生育し、植栽基盤である土壤に広くかつ深く根を伸長させる環境を整えることが重要である。これにより樹木は土壤緊縛力を高め、樹体をしっかりと支持することができ、倒木被害を最も効果的に軽減することが可能となる。

そのためには、既存の植栽樹木について、根系の伸長状態を調査するとともに植栽基盤の整備状況を確認することによって、倒木の可能性を検討し、風倒への耐性等について把握する必要がある。

本章においては、公園に植栽されている都市緑化樹木を対象とした根系伸長及び植栽基盤の調査結果を示すとともに、公園植栽木よりも良好な根系伸長をしている圃場樹木の根系調査結果を示し、両者の結果から倒木被害の発生要因を考察した。

1. 都市緑化樹木の根系伸長調査

沖縄における都市緑化樹木の根系伸長実態を把握するため、移植時に根系を切断されていた公園植栽木と、根系をほとんど切断されていない状態の圃場樹木について、根系伸長調査と植栽基盤の土壤断面を調査した。根系伸長調査のうち公園植栽木については、樹木の生育に大きな影響を与えないように根系の一部分（平面にして約1/4）について水平分布と断面分布の調査を行い、圃場樹木については、全根系を掘り上げて調査を行った。

1.1 調査方法

(1) 調査場所

公園植栽木：沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区（図-2.1）

圃場樹木：沖縄県国頭郡今帰仁村・樹木生産圃場（図-2.2）



図-2.1 公園植栽木の根系伸長調査対象木の位置

(2) 調査対象木

公園植栽木については、公園内に植栽されている樹木から沖縄において都市緑化樹木として多用されている40種を選定し、良好に生育している樹木を1樹種各1本抽出して調査対象木とした。ただし、このうちの20種については水平分布調査のみで断面分布調査は行っていない。

圃場樹木については、公園植栽木（水平調査と断面調査を実施した樹木）と同樹種で移植等により根系が切断されずに成長している樹木14種を選定して調査対象木するとともに、公園では調査できなかったが沖縄の都市緑化樹木として多用されている2樹種を追加した（表-2.1）。



図-2.2 圃場樹木の根系伸長調査対象木の位置

表-2.1 根系調査対象木の一覧表

| No. | 樹種 | | 形態 | 公園樹木 | | 圃場樹木 | |
|-----|-------------|----------|------------|-----------|------|------|---|
| | | | | 水平調査 | 断面調査 | 全掘調査 | |
| 1 | リュウキュウマツ | マツ科 | マツ属 | 常緑高木、針葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 2 | コバノナンヨウスギ | ナンヨウスギ科 | ナンヨウスギ属 | 常緑高木、針葉樹 | | | ○ |
| 3 | モクマオウ | モクマオウ科 | モクマオウ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | ○ |
| 4 | アココ | クワ科 | イチジク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | |
| 5 | インドゴムノキ | クワ科 | イチジク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 6 | ガジュマル | クワ科 | イチジク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 7 | カシワバゴムノキ | クワ科 | イチジク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 8 | フィカスネリフォルア | クワ科 | イチジク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 9 | ベンガルボダイジュ | クワ科 | イチジク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 10 | バンノキ | クワ科 | アルトカルプス属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 11 | ヤブニッケイ | クスノキ科 | クスノキ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 12 | ハスノハギリ | ハスノハギリ科 | ハスノハギリ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 13 | テリハボク | オトギリソウ科 | テリハボク属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 14 | フクギ | オトギリソウ科 | フクギ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 15 | タイワンフウ | マンサク科 | フウ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 16 | カンヒザクラ | バラ科 | サクラ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 17 | クロヨナ | マメ科 | クロヨナ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | |
| 18 | デイゴ | マメ科 | デイゴ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 19 | アメリカデイゴ | マメ科 | デイゴ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 20 | ソウシジュ | マメ科 | アカシア属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | |
| 21 | ゴールデンシャワー | マメ科 | カワラケツメイ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 22 | アメリカネム | マメ科 | サマネア属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 23 | タマリンド | マメ科 | タマリンド属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 24 | ヨウテイボク | マメ科 | ハマカズラ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | |
| 25 | ホウオウボク | マメ科 | ホウオウボク属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | ○ |
| 26 | アカギ | トウダイグサ科 | アカギ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 27 | ナンキンハゼ | トウダイグサ科 | シラキ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 28 | センダン | センダン科 | センダン属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 29 | タイワンモクゲンジ | ムクロジ科 | モクゲンジ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 30 | オオハマボウ | アオイ科 | フヨウ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 31 | トックリキワタ | パンヤ科 | トックリキワタ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 32 | キワタノキ | パンヤ科 | キワタ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | | |
| 33 | コバテイシ | シクンシ科 | モモタマナ属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 34 | オオバアカテツ | アカテツ科 | バラクイウム属 | 落葉高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 35 | リュウキュウコクタン | カキノキ科 | カキノキ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | |
| 36 | シマトネリコ | モクセイ科 | トネリコ属 | 半常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 37 | オキナワキョウチクトウ | キョウチクトウ科 | ミフクラギ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 38 | モンパノキ | ムラサキ科 | メセルスクミディア属 | 常緑低木、広葉樹 | ○ | | |
| 39 | ピロウ | ヤシ科 | ピロウ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | |
| 40 | ヤエヤマヤシ | ヤシ科 | ヤエヤマヤシ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | ○ | ○ |
| 41 | ココヤシ | ヤシ科 | ココヤシ属 | 常緑高木、広葉樹 | ○ | | |
| 42 | タコノキ | タコノキ科 | タコノキ属 | 常緑高木、広葉樹 | | | ○ |

(3) 根系調査範囲

①公園植栽木

土壌を掘削して根系を調査する範囲は、水平方向については樹木の根元の状況から根系が多く伸長していると予測される方位に、根系盤の1/4の土壌を3m程度の扇型に深さ60cm程度までとした。また、断面方向については水平方向範囲内で樹木から1.5m程度離れた位置に、長さ2m程度、深さ1.0m程度の範囲とした(図-2.3)。

②圃場樹木

圃場樹木は、基本的に全ての根系を掘り上げることとした。しかし、圃場では整列植栽して効率的に樹木を生産していることが多く、隣接木の根系と調査対象樹木の根域が重複している。この場合には、隣接木の根系を多少切断しても生育に悪影響を及ぼさない範囲までできる限り広い範囲を掘削することとした(写真-2.1)。

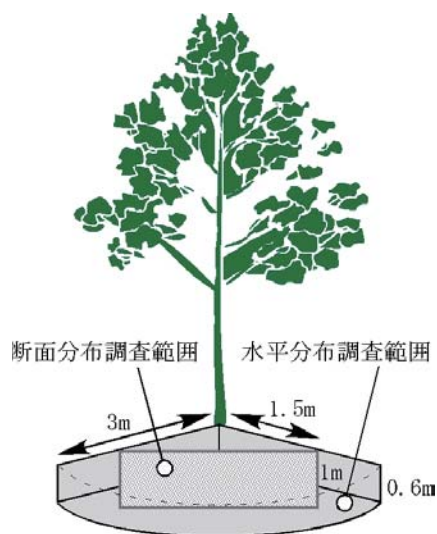


図-2.3 根系調査範囲



写真-2.1 圃場植栽樹木の掘削範囲

(4) 掘削方法

①水平方向掘削

土壌を圧縮空気により吹き飛ばしながら調査範囲から排出して根系を露出させた(写真-2.2)。深さは、全面的に分布している場合は上記の範囲で深さ60cm程度まで全面掘削し、根系が一部しか確認できない場合はその部分のみを60cm程度まで掘削した(写真-2.3)。ただし、土壌の状況により掘削が不可能な場合や根系密度が高い場合は、伸長状況を予測できる深さまでとして60cmまでは掘削しなかった。



写真-2.2 水平方向の土壌掘削



写真-2.3 根系露出状況（左：全面的に伸長がみられる場合、右：一部の根系伸長しかない場合）

②断面方向掘削

断面方向の掘削は、小型バックホウとスコップによりトレンチ状に掘削を行った。ただし、1.5mの位置における掘削が難しい場合には適宜変更した。また、掘削する深さについては、1.0mを基本としたが、深根性の樹種については根系の分布が確認できなくなるまでとした（写真-2.4）。

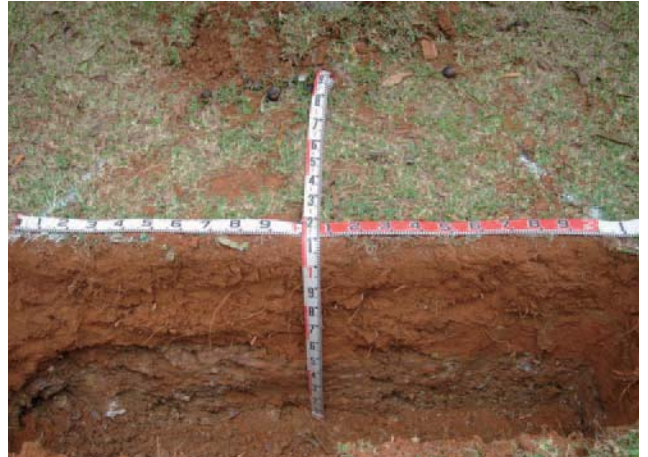


写真-2.4 小型バックホウによるトレンチ掘削

③全面掘削

小型バックホウ及び圧縮空気を利用して、根系を切断しないよう注意しながら根系の分布範囲を掘削し、樹体が根系で支持できなくなる直前にクレーンにより樹体を吊りながら全根系を掘り上げた（写真-2.5）。



写真-2.5 全面掘削方法

(5) 調査項目

①水平分布調査

露出させた根系分布状況について、スケッチ及び写真撮影により記録するとともに、以下の項目について調査を行った(写真-2.6)。

- ・樹木形状(樹高、幹周、枝張り、根元周)、
土壌層位、土壌硬度(長谷川式土壌貫入計、
山中式土壌硬度計)、土壌透水性(長谷川式
簡易現場透水試験器)等



(右:長谷川式土壌貫入計、左:長谷川式土壌透水計)

写真-2.6 土壌物理性の測定状況

②断面分布調査

調査項目は、根系の断面の分布状況の他、根系の分布する周辺土壌の特性(土壌分類、土壌硬度、透水性等)を把握するため、以下の調査を行った(写真-2.7)。

・根系分布状況

根系と土壌断面の調査範囲に出現した根系に白色液剤を噴霧し、視覚的にわかり易くした後、スケッチ及び写真記録を行った(図-2.4)。

その後、根系の太さ別の土壌深さと分布の関係を把握することを目的として、深さ方向の階層20cm毎に出現した0.2cm以上の根系を4段階の太さで図式化し、その合計断面積が断面調査範囲全体で出現した太さ別の根の断面積に占める割合を百分率で示した(図-2.5)。



写真-2.7 根系分布調査の状況

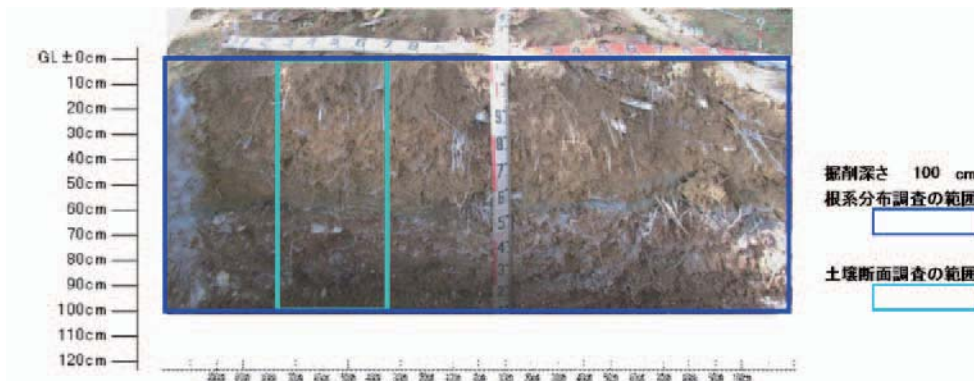


図-2.4 根系と土壌断面の調査範囲

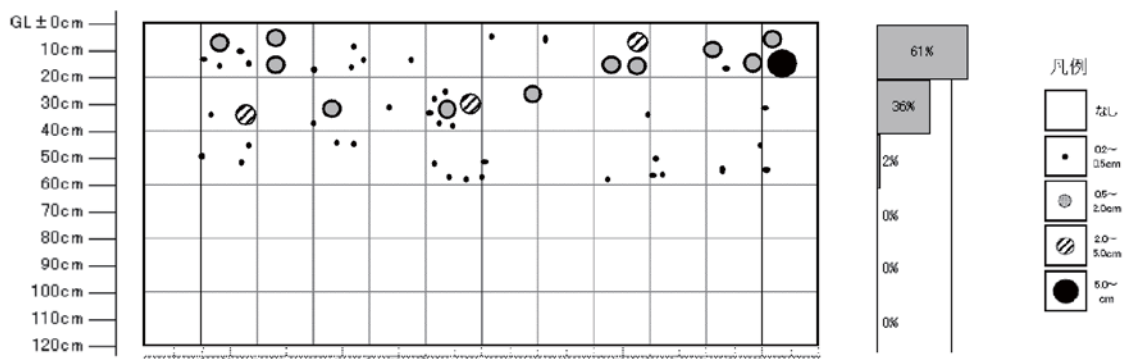


図-2.5 小~大径根の分布記録例

さらに、断面範囲内の20cmの計測枠毎に出現した0.2cm未満の細根の分布を、凡例に示す6段階の細根分布指数を基に示すとともに、深さ階層毎の指数合計が断面範囲全体の細根分布指数の合計値に占める割合を百分率で示した(図-2.6)。なお、6段階の細根分布指数は、日本ペドロロジー学会編(博友社、1997)の「土壌調査ハンドブック改訂版」における斑紋・結核の面積割合を参考とした。

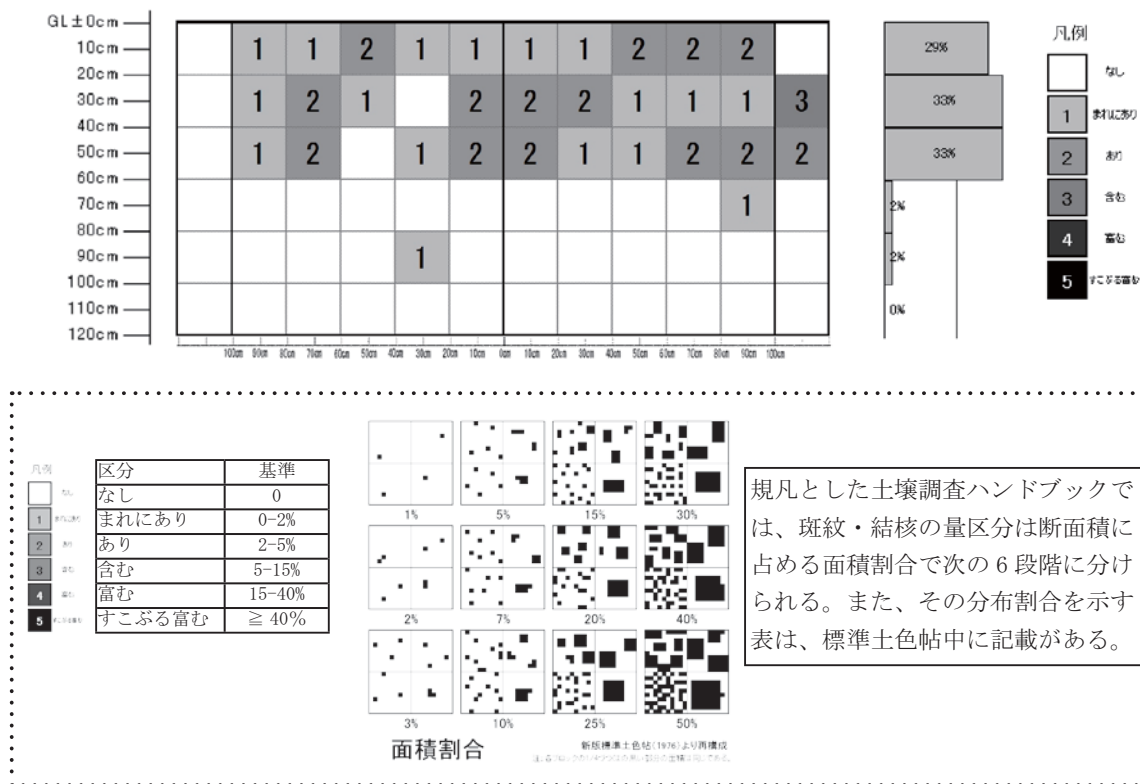


図-2.6 細根の分布記録例

・ 土壌特性調査

土壌特性調査は、「土壌調査ハンドブック改訂版」における調査方法に準じて、断面土壌の層位、土色、土性、母材、構造、乾湿、硬度(山中式硬度計)の調査を行った。また、合わせて土中の腐植、石礫、空隙、溶脱集積、菌糸及び菌根についても観察記録した(図-2.7)。凡例の解説は表-2.2のとおりである。

| | 層位 | 土色 | 土性 | 構造 | 乾湿 | 礫 | 山中式 硬度mm | その他 |
|--|-----|-------------------------------|----------------|------|---------|---------------|-------------|---|
| | AB1 | 5YR/8 | LiC | やや粒状 | 乾 半乾 | なし | 25 (硬い) | pHが4.7、ECが 0.02dS・m ⁻¹ である |
| | AB2 | | | かべ | ↓ 潤 | | | |
| | BC | 土壌 7.5YR5/8 石灰岩 N8/0 | LiC ~ HC | なし | 潤 | 50%以上 (礫土) | 26 (硬い) | 崩れ石灰岩まじり 硬度は土壌の部分の 測定 pHが8.3、ECが 0.06dS・m ⁻¹ である |
| | C | N8/0 | Gr (石灰岩) | | | | | |

図-2.7 土壌断面調査結果の記録例

表 -2.2 土壌断面の記載凡例

| 層位 | 主に土色と土性から土層を区分し、A(表土)、B(次表層)、C(母材)の記号を付す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--|---|----------|----------|----|--------|---------|-------|----|---|-------|--------|----------|------|----|--------|--------|---------|-----|----|--------|--------|---------|----|---|--------|---------|---------|--------|-----|--------|----------|--------|-------|-----|---------|--------|---------|-----|----|---------|---------|---------|---------|------|---------|---------|--------|------|----|---------|--------|---------|-----|-----|---------|--------|---------|--------|-----|---------|---------|--------|-----|----|----------|--------|--------|
| 土色 | マンセル色度に基づく土色表を用い、当該土層の土色を、色相、明度/彩度で示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 土性 | <p>土性分類は下記に従うが、実際の判別は野外土性判定法(指触法)による粘り、ざらつきなどで主観的判断を行った。 区分は、日本ペドロジー学会編「土壌調査ハンドブック改訂版」によった。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>土性区分</th> <th>略号</th> <th>粘土 (%)</th> <th>シルト (%)</th> <th>砂 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>砂土</td><td>S</td><td>0 ~ 5</td><td>0 ~ 15</td><td>85 ~ 100</td></tr> <tr><td>壤質砂土</td><td>LS</td><td>0 ~ 15</td><td>0 ~ 15</td><td>85 ~ 95</td></tr> <tr><td>砂壤土</td><td>SL</td><td>0 ~ 15</td><td>0 ~ 35</td><td>65 ~ 85</td></tr> <tr><td>壤土</td><td>L</td><td>0 ~ 15</td><td>20 ~ 45</td><td>40 ~ 65</td></tr> <tr><td>シルト質壤土</td><td>SiL</td><td>0 ~ 15</td><td>45 ~ 100</td><td>0 ~ 55</td></tr> <tr><td>砂質埴壤土</td><td>SCL</td><td>15 ~ 25</td><td>0 ~ 20</td><td>55 ~ 75</td></tr> <tr><td>埴壤土</td><td>CL</td><td>15 ~ 25</td><td>20 ~ 45</td><td>30 ~ 65</td></tr> <tr><td>シルト質埴壤土</td><td>SiCL</td><td>15 ~ 25</td><td>45 ~ 85</td><td>0 ~ 40</td></tr> <tr><td>砂質埴土</td><td>SC</td><td>25 ~ 45</td><td>0 ~ 20</td><td>55 ~ 75</td></tr> <tr><td>軽埴土</td><td>LiC</td><td>25 ~ 45</td><td>0 ~ 45</td><td>10 ~ 55</td></tr> <tr><td>シルト質埴土</td><td>SiC</td><td>25 ~ 45</td><td>45 ~ 75</td><td>0 ~ 30</td></tr> <tr><td>重埴土</td><td>HC</td><td>45 ~ 100</td><td>0 ~ 35</td><td>0 ~ 55</td></tr> </tbody> </table> | | | 土性区分 | 略号 | 粘土 (%) | シルト (%) | 砂 (%) | 砂土 | S | 0 ~ 5 | 0 ~ 15 | 85 ~ 100 | 壤質砂土 | LS | 0 ~ 15 | 0 ~ 15 | 85 ~ 95 | 砂壤土 | SL | 0 ~ 15 | 0 ~ 35 | 65 ~ 85 | 壤土 | L | 0 ~ 15 | 20 ~ 45 | 40 ~ 65 | シルト質壤土 | SiL | 0 ~ 15 | 45 ~ 100 | 0 ~ 55 | 砂質埴壤土 | SCL | 15 ~ 25 | 0 ~ 20 | 55 ~ 75 | 埴壤土 | CL | 15 ~ 25 | 20 ~ 45 | 30 ~ 65 | シルト質埴壤土 | SiCL | 15 ~ 25 | 45 ~ 85 | 0 ~ 40 | 砂質埴土 | SC | 25 ~ 45 | 0 ~ 20 | 55 ~ 75 | 軽埴土 | LiC | 25 ~ 45 | 0 ~ 45 | 10 ~ 55 | シルト質埴土 | SiC | 25 ~ 45 | 45 ~ 75 | 0 ~ 30 | 重埴土 | HC | 45 ~ 100 | 0 ~ 35 | 0 ~ 55 |
| 土性区分 | 略号 | 粘土 (%) | シルト (%) | 砂 (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 砂土 | S | 0 ~ 5 | 0 ~ 15 | 85 ~ 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 壤質砂土 | LS | 0 ~ 15 | 0 ~ 15 | 85 ~ 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 砂壤土 | SL | 0 ~ 15 | 0 ~ 35 | 65 ~ 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 壤土 | L | 0 ~ 15 | 20 ~ 45 | 40 ~ 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シルト質壤土 | SiL | 0 ~ 15 | 45 ~ 100 | 0 ~ 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 砂質埴壤土 | SCL | 15 ~ 25 | 0 ~ 20 | 55 ~ 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 埴壤土 | CL | 15 ~ 25 | 20 ~ 45 | 30 ~ 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シルト質埴壤土 | SiCL | 15 ~ 25 | 45 ~ 85 | 0 ~ 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 砂質埴土 | SC | 25 ~ 45 | 0 ~ 20 | 55 ~ 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 軽埴土 | LiC | 25 ~ 45 | 0 ~ 45 | 10 ~ 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シルト質埴土 | SiC | 25 ~ 45 | 45 ~ 75 | 0 ~ 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 重埴土 | HC | 45 ~ 100 | 0 ~ 35 | 0 ~ 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 母材 | (土性に同じ) | 国内においては、火山降灰物か、海生堆積物か、岩礫であり、上部に累積する土壌の原型となったものを母材として判断し、記入した。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 構造 | なし | 土壌層位の分化過程を得ない堆積(人為、地形崩落)などによって下位の構造分類があてはまらないもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 単粒状 | 各粒子が互いにくっつきあっていないもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | かべ状 | 土層全体が緊密に凝集し一定の構造を認めることができないもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 細粒状 | 粉状や細かな粒状の土粒が菌糸束でつづられた状態のもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 粒状 | 比較的小型(2~5mm)の丸みのある堅くて緻密なもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 堅果状 | 稜角およびつやのある面が比較的はっきりし、内容は緻密で1~3cmぐらいの大きさのもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 塊状 | 比較的丸みがあり、表面のつやは弱く、内容もそれ程緻密でないもの。比較的大型の構造(1cm以上)。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 団粒状 | 水分に富み、やわらかい数mm程度の小粒の構造で、指間で容易につぶれ、ほとんど抵抗を感じないもの。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 乾湿 | 土塊を手で握って、湿気を次の基準で区分する。前記「土壌調査ハンドブック」に準じる。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 乾 | 手で握っても湿気を感じない。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 半乾 | 手で握ると湿気を感じる。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 湿 | 手で握ると手のひらが濡れるが水滴は落ちない。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 潤 | 手で握ると水滴が落ちる。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 硬度 mm | 山中式土壌硬度計を用いて、土壌硬度を測定する。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11mm 以下 | 根系発達に障害なし。 | 膨軟過ぎ | △ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11 ~ 20mm | 根系発達に障害なし。 | 軟らか | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 ~ 24mm | 根系発達に障害樹種あり。 | 締まった | △ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 ~ 27mm | 根系発達に障害有あり。 | 硬い | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 27mm 以上 | 多くの根が侵入困難。 | 固結 | ×× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 腐植(有機物) | 腐植を有機物の含量判断に準じ次の区分で示す。 前記「土壌調査ハンドブック」による。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | なし | 2% 以下 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | あり | 2% 以上 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 含む | 2 ~ 5% | 暗色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 富む | 5 ~ 10% | 暗褐~褐黒色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 頗る富む | 10 ~ 20% | 褐黒~黒色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 腐植土 | 20% 以上 | 軽しうで真黒色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 石礫 | 礫の大きさや含量などを観察・記録する。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 孔隙 | 根、生物の生育痕跡で視認可能な径2mm以下の孔の量を以下の区分で示す。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | なし | 0 個 / 100cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | あり | 1-50 個 / 100cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 含む | 50-200 個 / 100cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 富む | >200 個 / 100cm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 溶脱集積 | 溶脱集積(土壌中の塩類などの溶質が土壌水に伴って下層に移動し、集積層を形成する)がみられる場合に観察記録する。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 菌糸及菌根 | 菌根菌とは植物から糖などの光合成産物を受けるかわりに植物の養水分吸収などを助ける微生物であり、存在する場合に観察・記録する。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

③全面掘削調査

全面掘削調査では、掘取った樹木の根系状況の他、地上部重量、地下部重量、根系の分布する土壌特性調査（土壌分類、土壌硬度、土壌透水性）、生育立地環境を調査した。

・根系状況

掘取り後、クレーンで吊上げて側面の写真記録を行うとともに、重量測定後に伐採された根系を上部から写真撮影した（写真-2.8）。さらに、写真を基に根系図を作成した（図-2.8）。



写真-2.8 樹木の写真記録状況



図-2.8 根系図の例（デイゴ）

・重量測定

地上部及び地下部の重量の測定は、クレーンに吊り秤（「YAWATA KEIKI KX-001 2t 吊り」又は「AND FJ-T001、1t 吊りデジタル秤」）を設置した上で樹体を吊上げて計測した。その後、最上部の根の付け根から樹冠方向に概ね 20cm 程度の位置で樹木を切断し、地下部の重量測定を行った（写真-2.9）。



写真-2.9 重量測定状況

・土壌特性調査

周辺土壌の特性調査は前述の断面調査と同様、日本ペドロジー学会編の「土壌調査ハンドブック」に主たる部分を準じて、掘削土壌の層位、土色、土性、母材、構造、乾湿、硬度（山中式硬度計）の調査を行った。また、土中の腐植、石礫、空隙、溶脱集積、菌糸及び菌根についても観察記録した（図-2.7）。凡例の解説は表-2.2のとおりである。さらに、掘削前に土壌硬度（長谷川式土壌貫入計）と土壌透水性（長谷川式簡易現場透水試験器）を測定した。

1.2 調査結果

根系調査により把握した公園植栽木(3 mの水平範囲、1 mの断面範囲)と圃場樹木(全根系の堀上げ)の根系伸長と植栽基盤の状況については、以下のとおりである。

なお、各調査木の詳細な根系図は、「第3編・沖縄都市緑化樹木の根系図」に示した。

(1) 公園植栽木の根系分布(水平及び断面)

公園植栽木40本の根系調査結果として、根系の水平分布と断面分布(断面調査を行った20本のみ)、植栽基盤の状況について表-2.3に示した。また、土壌掘削して露出させた根系のスケッチ(水平・断面)を図-2.9、2.10に示した。

表-2.3 公園植栽木の根系分布と植栽基盤状況

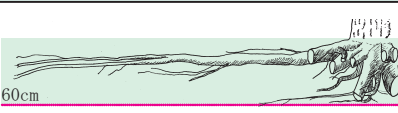
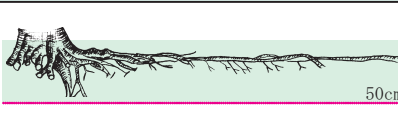
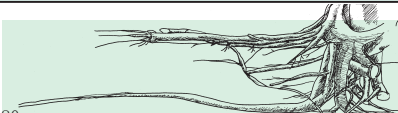
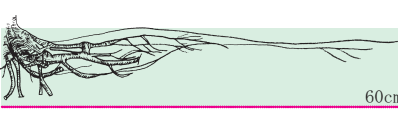
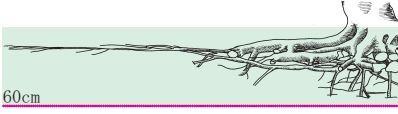


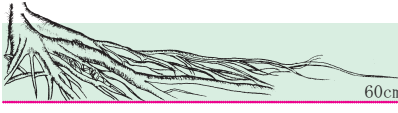

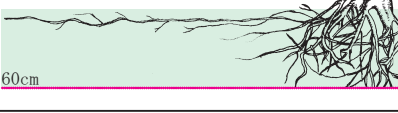
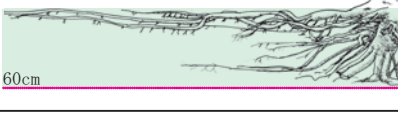

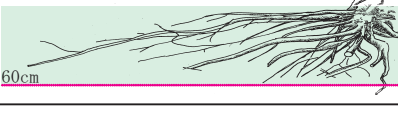
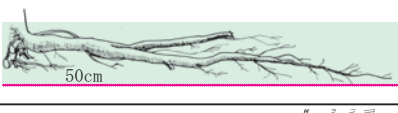
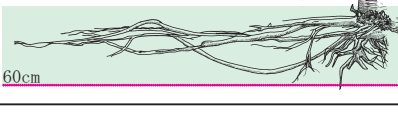
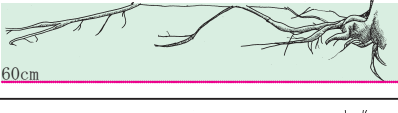
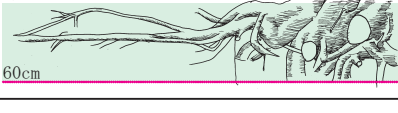
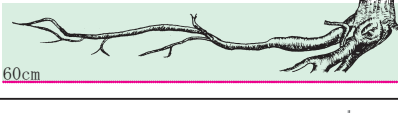
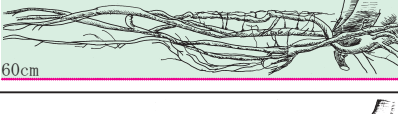
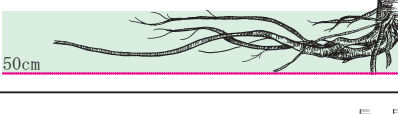
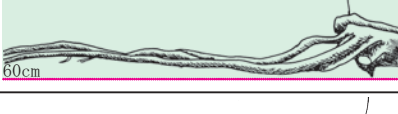
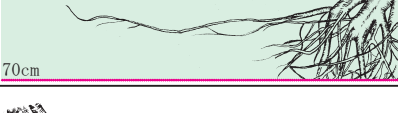
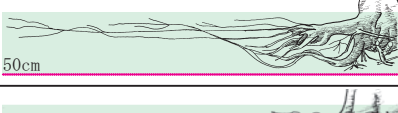
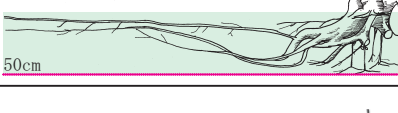

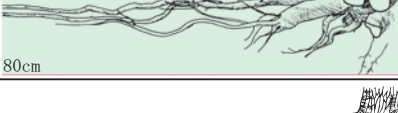
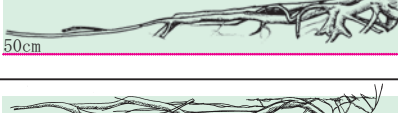
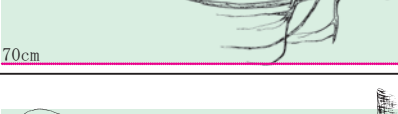






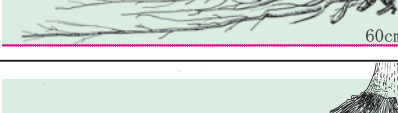
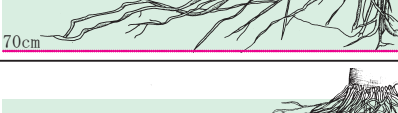
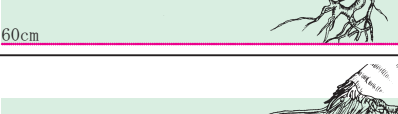
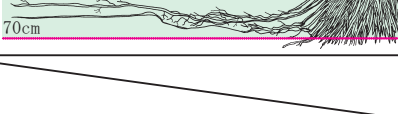

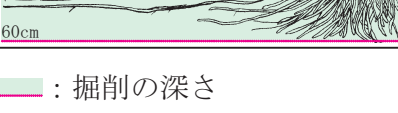
| No. | 樹種 | 樹木形状 | | | | 根系分布 | | | | 植栽基盤 | | | |
|-----|-------------|-------|----------------|--------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------------------|-------|
| | | 樹高(m) | 幹周(cm) | 枝張り(m) | 根元周(cm) | 水平分布(m) | 垂下深さ | | 最大密度断面分布層 | | 有効土層厚(cm) | 透水性(cm/drop) | 透水性判定 |
| | | | | | | 小~大径根(cm) | 細根(cm) | 小~大径根(cm) | 細根(cm) | | | | |
| 1 | リュウキュウマツ | 7.5 | 118 | 9.6 | 185 | >3 | 120 | 120 | ~20 | ~20 | 110 | 8.3×10^{-4} | △ |
| 2 | モクマオウ | 10.5 | 82 | 4.6 | 90 | >3 | 80 | 80 | ~20 | ~20 | 80 | 1.3×10^{-3} | ○ |
| 3 | アコウ | 5.5 | 140 | 13.0 | 190 | >3 | 80 | 100 | 60~80 | 20~80 | 60 | 1.4×10^{-4} | × |
| 4 | インドゴムノキ | 3.5 | 61 | 5.2 | 63 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | ガジュマル | 5.5 | 95 | 8.9 | 120 | >3 | 80 | 80 | ~20 | ~20 | 70 | 2.0×10^{-3} | ○ |
| 6 | カシワバゴムノキ | 7.5 | 68,71 | 7.8 | 122 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | フィカスネリフォリア | 5.5 | 82 | 7.3 | 98 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | ベンガルボダイジュ | 7.0 | 161 | 11.4 | 197 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | パンノキ | 5.5 | 84 | 6.6 | 126 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | ヤブニッケイ | 4.0 | 37 | 3.3 | 57 | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | ハスノハギリ | 5.0 | 117 | 6.6 | 161 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | テリハボク | 5.0 | 74 | 5.4 | 94 | >3 | 80 | 80 | 20~40 | 20~40 | 70 | 2.9×10^{-3} | ◎ |
| 13 | フクギ | 4.5 | 69 | 3.3 | 112 | >3 | 80 | 80 | 20~40 | 40~60 | 60 | 8.3×10^{-4} | △ |
| 14 | タイワンフウ | 5.0 | 72 | 7.0 | 112 | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | カンヒザクラ | 4.5 | 70 | 5.7 | 107 | >3 | 80 | 120 | 20~40 | ~20 | 70 | $>8.3 \times 10^{-3}$ | ◎ |
| 16 | クロヨナ | 4.5 | 57 | 6.2 | 71 | >3 | 60 | 60 | 20~40 | 40~60 | 60 | 8.3×10^{-4} | △ |
| 17 | デイゴ | 7.5 | 231 | 11.8 | 324 | >3 | 80 | 100 | ~20 | ~40 | 80 | 1.6×10^{-4} | × |
| 18 | アメリカデイゴ | 3.5 | 97 | 4.8 | 119 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | ソウシジュ | 6.0 | 55,75 | 8.0 | 158 | >3 | 100 | 100 | 20~40 | 40~60 | 70 | 2.5×10^{-3} | ○ |
| 20 | ゴールドデンシャワー | 7.0 | 51 | 4.2 | 56 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | アメリカネム | - | - | - | 187 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | タマリンド | 5.0 | 93 | 6.5 | 107 | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | ヨウテイボク | 7.0 | 58,65 | 8.4 | 121 | 3 | 60 | 80 | ~20 | ~20 | 60 | 8.3×10^{-5} | × |
| 24 | ホウオウボク | 6.5 | 116 | 7.7 | 123 | >3 | 80 | 80 | 20~40 | 20~40 | 60 | 8.3×10^{-4} | △ |
| 25 | アカギ | 5.0 | 40, 70, 26, 36 | 5.8 | 123 | >3 | 80 | 80 | ~20 | ~20 | 70 | 2.0×10^{-3} | ○ |
| 26 | ナンキンハゼ | 6.5 | 126 | 6.9 | 168 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | センダン | 6.0 | 104 | 12.3 | 120 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | タイワンモクゲンジ | 7.0 | 100 | 10.2 | 136 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 | オオハマボウ | 4.5 | 95 | 7.6 | 110 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | トツクリキワタ | 6.0 | 127 | 8.5 | 124 | >3 | 80 | 100 | 20~40 | 20~40 | 80 | 8.3×10^{-4} | △ |
| 31 | キワタノキ | 5.5 | 83 | 5.9 | 106 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | コバテイシ | 6.0 | 92 | 11.1 | 127 | >3 | 60 | 100 | ~20 | 20~60 | 60 | 8.3×10^{-5} | × |
| 33 | オオバアカテツ | 5.0 | 60 | 4.9 | 80 | >3 | 80 | 60 | 20~40 | 20~40 | 50 | 8.3×10^{-5} | × |
| 34 | リュウキュウコクタン | 5.0 | 68 | 4.1 | 73 | 3 | 100 | 100 | ~20 | 60~80 | 60 | 1.6×10^{-4} | × |
| 35 | シマトネリコ | 5.5 | 81 | 5.0 | 92 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 36 | オキナワキョウチクトウ | 5.5 | 71 | 4.5 | 105 | 3 | 60 | 60 | 20~40 | 20~40 | 60 | 1.6×10^{-4} | × |
| 37 | モンパノキ | 3.5 | 46,54 | 5.2 | 109 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 38 | ピロウ | 4.0 | 72 | 3.5 | 91 | 3 | 80 | 80 | 20~40 | 20~40 | 60 | $>8.3 \times 10^{-4}$ | ○ |
| 39 | ヤエヤマヤシ | 4.8 | 69 | 4.1 | 112 | 2.5 | 60 | 60 | 40~60 | 40~60 | 50 | 5.8×10^{-4} | △ |
| 40 | ココヤシ | 3.3 | 90 | 2.0 | 180 | >3 | - | - | - | - | - | - | - |

※水平分布は樹幹からの距離(掘削範囲は3m)。

| 樹種 | 根系図 | 樹種 | 根系図 | 樹種 | 根系図 | 樹種 | 根系図 | 樹種 | 根系図 |
|-------------|-----|------------|-----|-----------|-----|------------|-----|-----------|-----|
| リュウキュウマツ | | モクマオウ | | アコウ | | インドゴムノキ | | ガジュマル | |
| カシワバゴムノキ | | フィカスネリフオリア | | ベンガルボダイジュ | | パンノキ | | ヤブニツケイ | |
| ハスノハギリ | | テリハボク | | フクギ | | タイワンフウ | | カンヒザクラ | |
| クロヨナ | | デイゴ | | アメリカデイゴ | | ソウシジュ | | ゴールデンシャワー | |
| アメリカナム | | タマリンド | | ヨウテイボク | | ホウオウボク | | アカギ | |
| ナンキンハゼ | | センダン | | タイワンモクゲンジ | | オオハマボウ | | トックリキワタ | |
| キワタノキ | | コバテイシ | | オオバアカテツ | | リュウキュウコクタン | | シマトネリコ | |
| オキナワキョウチクトウ | | モンパノキ | | ビロウ | | ヤエヤマヤシ | | ココヤシ | |

☪: 掘削位置

図-2.9 公園植栽木の水平根系図

| 樹種 | 根系図 | 樹種 | 根系図 | 樹種 | 根系図 |
|------------|---|---------|--|----------|---|
| リュウキュウマツ |  | モクマオウ |  | アコウ |  |
| インドゴムノキ |  | ガジユマル |  | カシワバゴムノキ |  |
| フィオリスネリ |  | ベンガルボダイ |  | パンノキ |  |
| ヤブニッケイ |  | ハスノハギリ |  | テリハボク |  |
| フクギ |  | タイワンフウ |  | カンヒザクラ |  |
| クロヨナ |  | デイゴ |  | アメリカデイゴ |  |
| ソウシジユ |  | ゴシヤルデン |  | アメリカネム |  |
| タマリンド |  | ヨウテイボク |  | ホウオウボク |  |
| アカギ |  | ナンキンハゼ |  | センダン |  |
| タイワンモチケンシ |  | オオハマボウ |  | トックリキワタ |  |
| キワタノキ |  | コバテイシ |  | オオバアカテツ |  |
| リュウキュウコクタム |  | シマトネリコ |  | オキナワキョウ |  |
| モンパノキ |  | ピロウ |  | ヤヤマヤシ |  |
| ココヤシ |  | | | | |

 : 掘削の深さ

図-2.10 公園植栽木の断面根系図

水平方向における根系伸長状況は、以下に示すような樹種別の特徴が認められた。

- ①ほとんどの樹木は、土壌を掘削した3mの範囲を超えて伸長していたが、なかでもリュウキュウマツ、モクマオウ、センダン、シマトネリコ、ベンガルボダイジュは、大径根が3mの範囲を大きく超えて伸長していた（写真-2.10）。



写真-2.10 大径根が長く発達した水平根（左：リュウキュウマツ、右：センダン）

- ②クワ科のガジュマル、カシワバゴムノキ、ベンガルボダイジュやソウシジュ、台湾モクゲンジにおいては、小～大径根の根系を掘削した表面を覆うように密生させて絡み合うように伸長していた。台湾モクゲンジでは、根株周辺に細根の著しい密生がみられた（写真-2.11）。



写真-2.11 密生して発達した水平根（左：ガジュマル、右：ソウシジュ）

- ③デイゴ、アメリカデイゴ、ナンキンハゼ、台湾フウにおいては、根株から数本の大径根を斜出して伸長させ、掘削した深さ60cmよりも深層に食い込むように発達させているのが確認された（写真-2.12）。



写真-2.12 大径根が発達した斜出根（左：デイゴ、右：ナンキンハゼ）

- ④コバテイシ、アメリカネム、トックリキワタ、キワタノキにおいては、小径根を表層に伸長させ、掘削した3mの範囲を大きく超えているのが確認された（写真-2.13）。



写真-2.13 小径根が発達した水平根（左：コバテイシ、右：アメリカネム）

- ⑤ヨウテイボク、フクギ、ハウオウボク、アコウ、インドゴムノキ、フィカスネリフォルアなどでは、移植時の根系切断の影響を受けて大径根の切断部分から小～中径根での伸長となり、太く肥大できない状態であることが確認された（写真-2.14）。



写真-2.14 移植時の根系切断の影響を受けた根系（左：ヨウテイボク、右：フィカスネリフォルア）

- ⑥モンパノキでは、植栽基盤整備の不良（固結土壌）によると考えられる根系伸長不良がみられた（写真-2.15）。



写真-2.15 植栽基盤の整備不良による根系伸長不良（モンパノキ）

断面分布においては、樹木の形状が異なることや、植栽基盤の有効土層厚が60～80cmと薄く、その下が固結土壌でその中には根が伸びにくいこと等が大きく影響していると考えられるが、以下のような特徴でまとめることができた。

- ①根系の断面分布が地表から20cmに多くみられた樹種としては、アコウ、ガジュマル、コバテイシ、デイゴ、モクマオウ、ヨウテイボク、リュウキュウマツがあげられた(写真-2.16)。



写真-2.16 根系が表層に多くみられた樹種(左:ガジュマル、右:コバテイシ)

- ②根系の断面分布が20～40cmに多くみられた樹種としては、オオバアカテツ、オキナワキョウチクトウ、カンヒザクラ、クロヨナ、ソウシジュ、テリハボク、トックリキワタ、ビロウ、フクギ、ハウオウボクがあげられた(写真-2.17)。



写真-2.17 根系が中層に多くみられた樹種(左:オキナワキョウチクトウ、ハウオウボク)

- ③根系の断面分布が40～80cmに多くみられた樹種としては、アコウ、ヤエヤマヤシがあげられた(写真-2.18)。



写真-2.18 根系が深層に多くみられた樹種(左:アコウ、右:ヤエヤマヤシ)

- ④根系（小径根以上）の伸長が80cmより深い層まで認められた樹種としては、リュウキュウマツ、リュウキュウコクタン、ソウシジュがあげられ、1m以上の深さにおいても分布しているのが確認された（写真-2.19）。



写真-2.19 根系伸長が深い層まで認められた樹種（リュウキュウマツ）

- ⑤ほとんどの樹木において、移植時の根系切断や植栽基盤の不良（固結土壌）により垂下根が湾曲あるいは伸長が阻害されていることが確認されたが、なかでもトックリキワタ、フクギ、ホウオウボク、アコウ、クロヨナ、ソウシジュ、ヨウテイボク、アメリカデイゴ、パンノキでは、根系発達の不良となっていることが認められた（写真-2.20）。



写真-2.20 垂下根に伸長阻害がみられた樹種（左：フクギ、右：パンノキ）

（2）圃場樹木の根系伸長（全根系）

圃場樹木の根系調査結果として、根系の水平分布と断面分布、生重量、植栽基盤の状況について表-2.4に示した。また、土壌掘削して掘り上げた根系のスケッチ（側面）を図-2.11に示した。

なお、一部の樹木については、圃場内の隣接樹木との関係から部分的に根系を切断している。


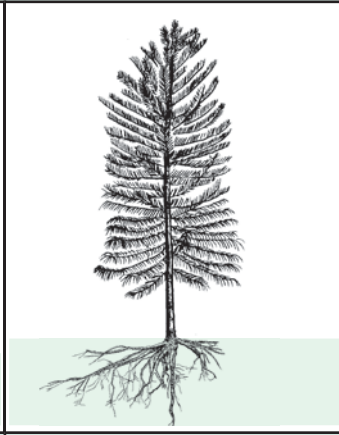
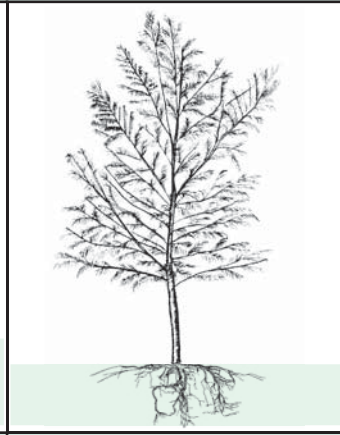
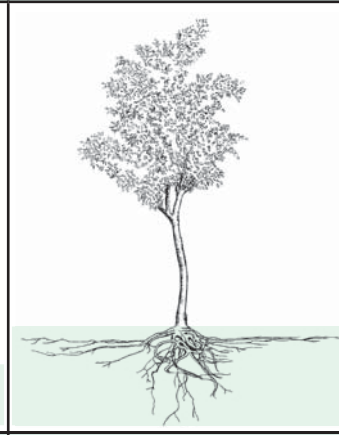
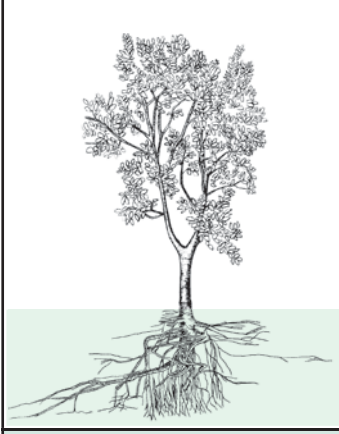
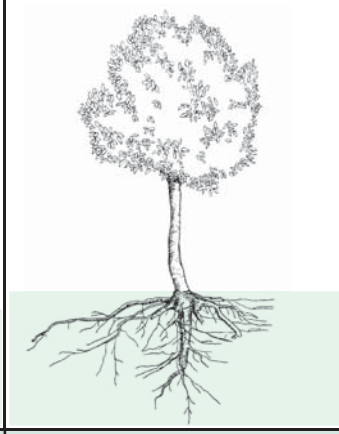
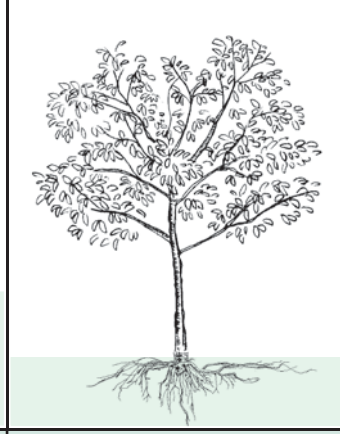
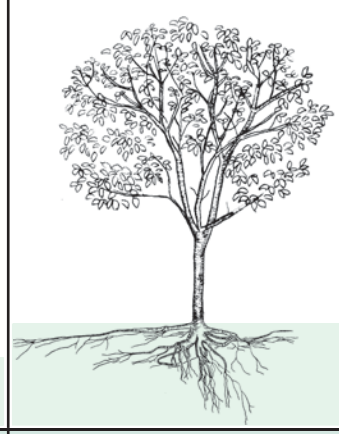
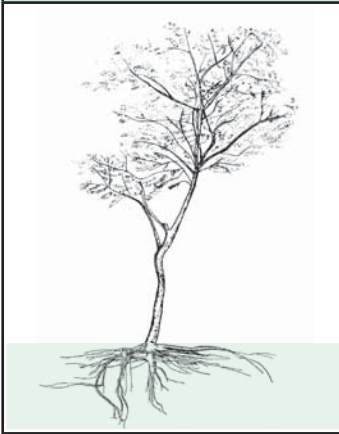
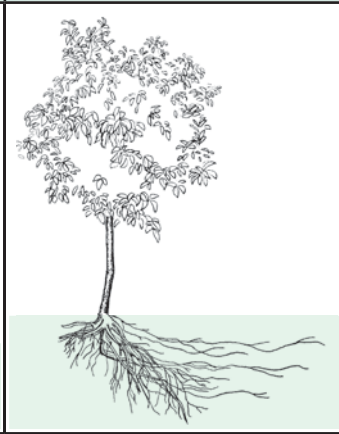
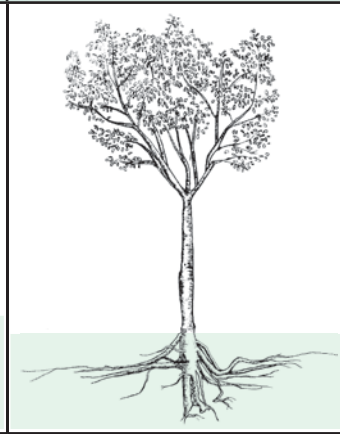
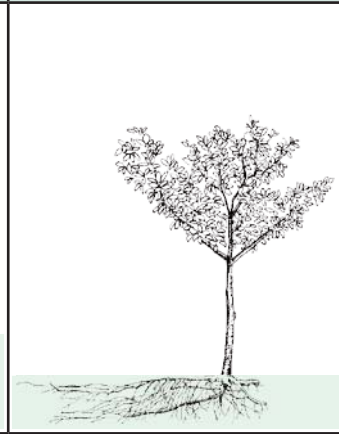
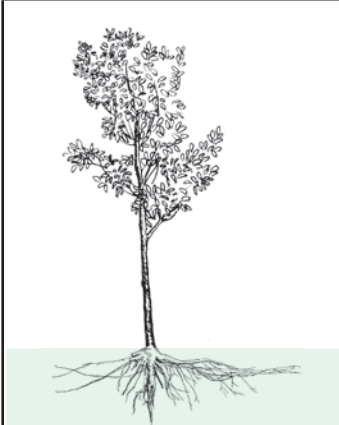
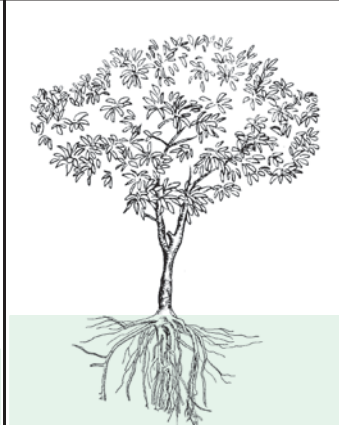

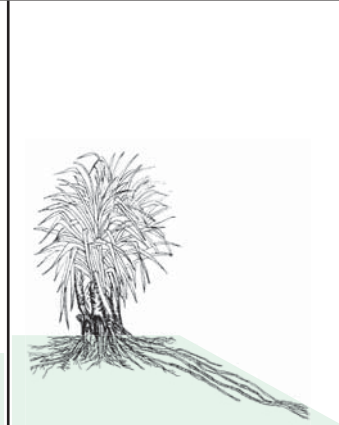
| | | | |
|---|---|--|---|
| リュウキュウマツ | コバノナンヨウスギ | モクマオウ | ガジュマル |
|  |  |  |  |
| テリハボク | フクギ | カンヒザクラ | デイゴ |
|  |  |  |  |
| ホウオウボク | アカギ | トックリキワタ | コバテイシ |
|  |  |  |  |
| オオバアカテツ | オキナワキョウチクトウ | ヤエヤマヤシ | タコノキ |
|  |  |  |  |

図-2.11 圃場栽木の根系図

表 -2.4 圃場樹木の根系分布及び生重量、植栽基盤状況

| No. | 樹種 | 推定樹齢(年) | 樹木形状 | | | | 根系分布 | | | | 生重量 | | 掘削した根系の面積 | | | 植栽基盤 | |
|-----|-------------|---------|-------|------------------|--------|---------|---------|----------|-------|---------|---------|----------|--------------|------------------------|--|------|--|
| | | | 樹高(m) | 幹周(cm) | 枝張り(m) | 根元周(cm) | 水平分布(m) | 断面分布 | | 地上部(kg) | 地下部(kg) | 有効土層厚(m) | 透水性(cm/drop) | | | | |
| | | | | | | | | 小~大径根(m) | 細根(m) | | | | | | | | |
| 1 | リュウキュウマツ | 7 | 4.7 | 33 | 3.6 | 51 | 3.6 | 0.8 | 0.8 | 65 | 20 | 全量 | 0.5 | 1.6×10^{-3} | | | |
| 2 | コバノナンヨウスギ | 15 | 6.0 | 35 | 5.0 | 51 | 5.6 | 1.5 | 1.5 | 76 | 27 | 8/10 | 1.0 | $> 8.3 \times 10^{-3}$ | | | |
| 3 | モクマオウ | 12 | 6.5 | 41 | 6.4 | 54 | 4.1 | 1.5 | 1.7 | 120 | 60 | 全量 | 0.6 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 4 | ガジュマル | 6 | 3.0 | 31 | 2.2 | 52 | 4.0 | 1.1 | 1.1 | 10 | 20 | 全量 | 0.9 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 5 | テリハボク | 15 | 4.2 | 50 | 3.0 | 88 | 3.8 | 1.7 | 1.7 | 105 | 90 | 全量 | 1.7 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 6 | フクギ | 15 | 4.0 | 42 | 2.7 | 54 | 3.7 | 1.4 | 1.4 | 115 | 50 | 8/10 | 1.4 | 2.8×10^{-3} | | | |
| 7 | カンヒザクラ | 15 | 5.5 | 52 | 5.7 | 63 | 3.6 | 0.8 | 1.2 | 75 | 45 | 8/10 | 0.7 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 8 | デイゴ | 7 | 5.5 | 52 | 5.0 | 62 | 4.6 | 1.3 | 1.5 | 91 | 41 | 全量 | 0.8 | $> 8.3 \times 10^{-3}$ | | | |
| 9 | ハウオウボク | 8 | 4.7 | 46 | 5.0 | 63 | 2.8 | 1.0 | 1.0 | 70 | 40 | 9/10 | 0.7 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 10 | アカギ | 5 | 3.7 | 33 | 2.4 | 42 | 4.4 | 1.3 | 1.3 | 50 | 10 | 7/10 | 1.3 | 1.6×10^{-3} | | | |
| 11 | トッキリキワタ | 7 | 3.5 | 66 | 4.8 | 71 | 3.4 | 1.0 | 1.0 | 105 | 40 | 全量 | 1.0 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 12 | コバテイシ | 8 | 4.0 | 44 | 4.2 | 57 | 5.6 | 0.9 | 0.9 | 75 | 35 | 7/10 | 0.9 | 2.8×10^{-3} | | | |
| 13 | オオバアカテツ | 10 | 6.5 | 48 | 2.9 | 74 | 5.4 | 1.2 | 1.2 | 80 | 60 | 8/10 | 0.9 | 8.3×10^{-3} | | | |
| 14 | オキナワキョウチクトウ | 7 | 3.0 | 38 | 3.8 | 48 | 2.0 | 1.2 | 1.2 | 60 | 40 | 7/10 | 1.2 | 2.8×10^{-3} | | | |
| 15 | ヤエヤマヤシ | 10 | 5.5 | 64 | 5.0 | 115 | 6.0 | 1.0 | 1.0 | 105 | 131 | 8/10 | 0.6 | $> 8.3 \times 10^{-3}$ | | | |
| 16 | タコノキ | 10 | 4.0 | 49, 46 40, 36 | 4.0 | 239 | 7.0 | 0.5 | 0.5 | 107 | 126 | 7/10 | 0.5 | $> 8.3 \times 10^{-3}$ | | | |

※根系の水平分布は、根元からの東西南北方向への伸長さ平均して2倍したもの。

圃場樹木の根系について、全16種の根系伸長状況等を比較すると、以下のように分類できる。

- ①オキナワキョウチクトウ、テリハボク、フクギ、モクマオウは、深さ方向に卓越して伸長する根系特性（垂下根型）を有していた。

特に、フクギは大径の垂下根が深く発達しており、これにより樹体を支持していることが確認できた（写真-2.21）。



写真-2.21 垂下根型の樹種（フクギ）

- ②ガジュマル、カンヒザクラ、コバテイシ、タコノキは、横方向に卓越して伸長する根系特性（水平根型）を有していた。なかでも、ガジュマルの根系は水平方向に発達して樹冠の大きさを大きく超えるものとなっていた（写真-2.22）。



写真-2.22 水平根型の樹種（ガジュマル）

- ③アカギ、オオバアカテツ、コバノナンヨウスギ、ハウオウボク、リュウキュウマツは、広くかつ深く伸長する根系特性（水平根・垂下根型）を有していた。特に、ハウオウボクでは、水平根、垂下根とも太くしっかりとした根系を伸長させていた（写真-2.23）。



写真-2.23 水平根・垂下根型の樹種（ハウオウボク）

- ④トックリキワタ、デイゴは、広く放射状に伸長する根系特性（水平根・斜出根型）を有していた。これらの樹種は、太くて長い水平根の下部からも大径根を斜出させて伸長させていた（写真-2.24）。
- ⑤ヤエヤマヤシは、斜め下方向にひも状で伸長する根系特性（ひも状放射型）を有するヤシ類特有の根系形態が確認された（写真-2.25）。



写真-2.24 水平根・斜出根型の樹種(デイゴ) 写真-2.25 ひも状放射型の樹種(ヤエヤマヤシ)

- ⑥植栽基盤の下層に琉球石灰岩や硬い土層がある圃場で生育していた樹木のうちアカギ、リュウキュウマツは、下層（深さ約50cm）との境で垂下根が屈曲しながら伸長していた。また、オキナワキョウチクトウ、トックリキワタは下層（アカギ：深さ60cm、トックリキワタ：深さ1m）との境で明らかな伸長阻害がみられた（写真-2.26）。
- ⑦植栽基盤の下層に滞水層や湿潤土壌がある圃場で生育していたガジュマル、コバテイシ、テリハボクは、滞水層まで伸長した垂下根が成長阻害を起こしていることが確認された（写真-2.27）。



(トックリキワタ)



(テリハボク)

写真-2.26 琉球石灰岩による根系伸長阻害

写真-2.27 滞水層による根系伸長阻害

また、地上部と地下部の平衡性を確認するために、各樹種における枝張りとの関係、樹高と根系深の関係、地上部重量と地下部重量の関係を整理すると以下のとおりである。

①枝張りとの根張りの関係

枝張りとの根張りの関係について、東西・南北方向の平均値で比較すると、枝張り（地上部）よりも根張り（地下部）が大きく広がっている樹種としては、アカギ、オオバアカテツ、ガジュマル、タコノキ、コバノナンヨウスギがあげられた。これらの樹種は、水平根が主体となって樹体を支持していると考えられる。

一方、オキナワキョウチクトウ、カンヒザクラ、ハウオウボク、モクマオウの根張り（地下部）は枝張り（地上部）に比較して小さく、水平根での樹体の支持力は上記の樹種に比べると小さいと考えられる（図-2.12）。

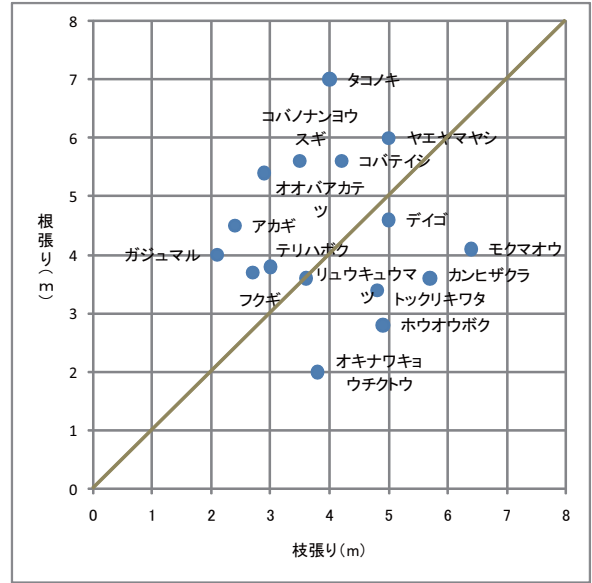


図-2.12 枝張りとの根張りの比較

②樹高との根深の関係

樹高との根深を比較すると、アカギ、オキナワキョウチクトウ、ガジュマル、テリハボク、フクギにおいて、樹高に対する根深割合が大きかった。これらの樹種では、主に垂下根を土壤中に深く伸長させることにより樹体を支えていると考えられる。

一方、オオバアカテツ、カンヒザクラ、コバテイシ、タコノキ、ハウオウボク、ヤエヤマヤシ、リュウキュウマツでは樹高に対する根深割合が小さく、垂下根による支持力は上記の樹種に比べると小さいと考えられる（図-2.13）。

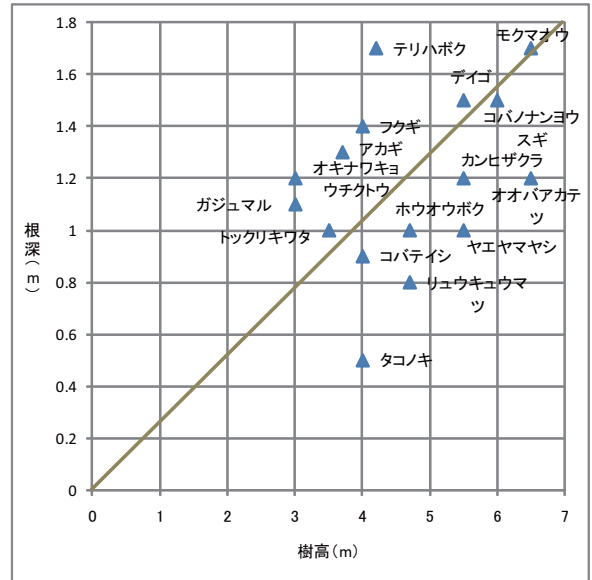


図-2.13 樹高との根深の比較

③地上部重量と地下部重量の関係

樹体の生重量について地上部と地下部で比較すると、ヤエヤマヤシ、タコノキで地下部重量が地上部を上回っていた。ガジュマルについても調査木の樹齢が若く樹体が小さいために明らかな傾向とはいえない。

ヤエヤマヤシやタコノキといった特殊な形態を有する樹木では、枝を大きく広げないことから地上部の重量は軽く、大量の細かい根系を密生させることにより地下部を重くして錘とすることで樹体のバランスをとりながら支持しているものと考えられる。

一方、アカギ、コバノナンヨウスギ、トリクリキワタ、フクギ等においては、地下部と地上部の重量比が上記の樹種に比較して小さいものの、イチヨウやケヤキ等の本土の都市緑化樹木と同程度の範囲にあり、特徴的な根系の伸長形態をとることにより樹体を支持していると考えられる（図-2.14）。

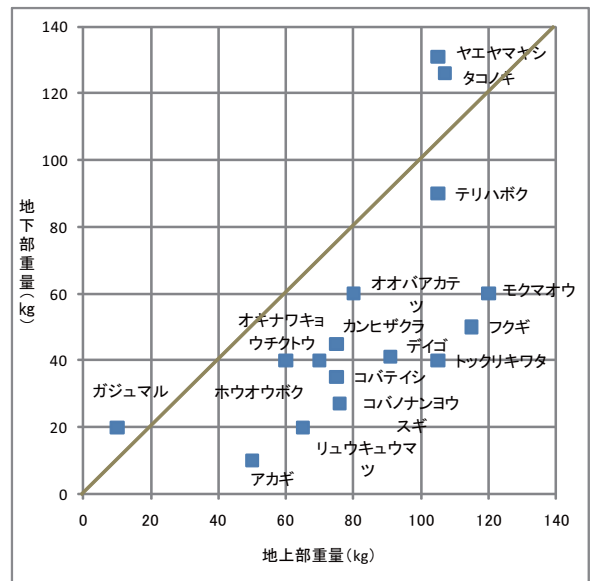


図-2.14 地上部と地下部の重量比較

(3) 公園植栽木と圃場樹木の根系比較

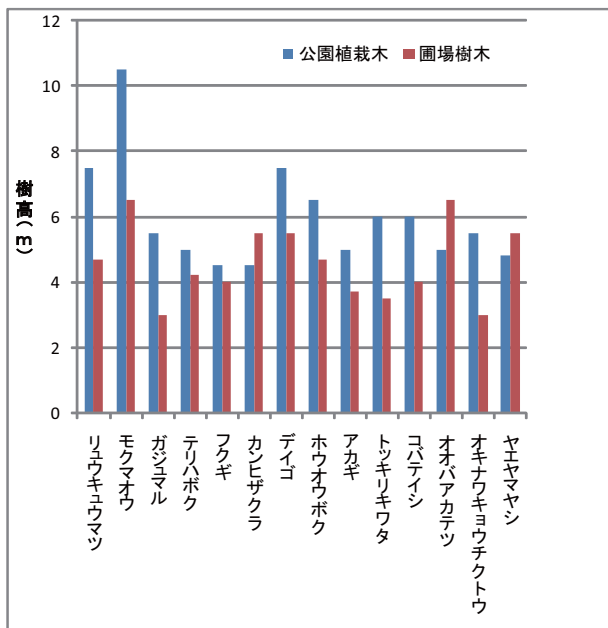
公園植栽木と圃場樹木で共通する 14 樹種について、樹木形状、根系伸長状況、植栽基盤を比較した。

①樹木形状及び植栽環境

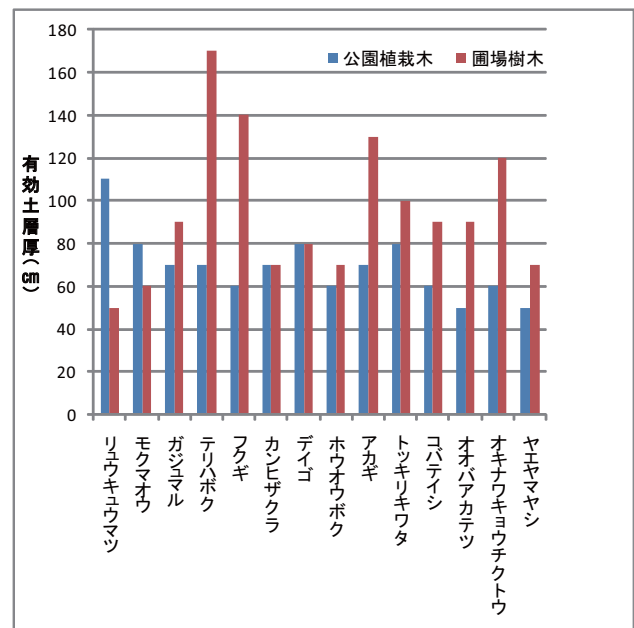
公園植栽木と圃場樹木における樹木形状及び植栽環境について、表-2.5に示す。樹木形状は、カンヒザクラ、オオバアカテツ、ヤエヤマヤシ以外は公園植栽木が圃場樹木よりも大きかった。しかし、樹木の植栽基盤における有効土層厚はモクマオウとリュウキュウマツ以外は圃場樹木の方が公園植栽木よりも深かった(図-2.15)。また、圃場における土壤透水性は全て良好であったが、公園においてはモクマオウ、ガジュマル、テリハボク、カンヒザクラ、アカギの植栽地のみが良好という状態であった。

表-2.5 公園植栽木と圃場樹木における樹木形状及び植栽基盤

| No. | 樹種 | 樹木形状 | | | | | | | | 植栽基盤 | | | | | | |
|-----|-------------|-------|------------------|--------|---------|---------|-------|--------|--------|---------|-----------|-----------------------|-------|-----------|-----------------------|-------|
| | | 公園植栽木 | | | | 圃場樹木 | | | | 公園植栽木 | | | 圃場樹木 | | | |
| | | 樹高(m) | 幹周(cm) | 枝張り(m) | 根元周(cm) | 推定樹齢(年) | 樹高(m) | 幹周(cm) | 枝張り(m) | 根元周(cm) | 有効土層厚(cm) | 透水性(cm/drop) | 透水性判定 | 有効土層厚(cm) | 透水性(cm/drop) | 透水性判定 |
| 1 | リュウキュウマツ | 7.5 | 118 | 9.6 | 185 | 7 | 4.7 | 33 | 3.6 | 51 | 110 | 8.3×10^{-4} | △ | 50 | 1.6×10^{-3} | ○ |
| 2 | モクマオウ | 10.5 | 82 | 4.6 | 90 | 12 | 6.5 | 41 | 6.4 | 54 | 80 | 1.3×10^{-3} | ○ | 60 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 3 | ガジュマル | 5.5 | 95 | 8.9 | 120 | 6 | 3.0 | 31 | 2.2 | 52 | 70 | 2.0×10^{-3} | ○ | 90 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 4 | テリハボク | 5.0 | 74 | 5.4 | 94 | 15 | 4.2 | 50 | 3.0 | 88 | 70 | 2.9×10^{-3} | ◎ | 170 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 5 | フクギ | 4.5 | 69 | 3.3 | 112 | 15 | 4.0 | 42 | 2.7 | 54 | 60 | 8.3×10^{-4} | △ | 140 | 2.8×10^{-3} | ◎ |
| 6 | カンヒザクラ | 4.5 | 70 | 5.7 | 107 | 15 | 5.5 | 52 | 5.7 | 63 | 70 | $>8.3 \times 10^{-3}$ | ◎ | 70 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 7 | デイゴ | 7.5 | 231 | 11.8 | 324 | 7 | 5.5 | 52 | 5.0 | 62 | 80 | 1.6×10^{-4} | × | 80 | $>8.3 \times 10^{-3}$ | ◎ |
| 8 | ハウオウボク | 6.5 | 116 | 7.7 | 123 | 8 | 4.7 | 46 | 5.0 | 63 | 60 | 8.3×10^{-4} | △ | 70 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 9 | アカギ | 5.0 | 40, 70 26, 36 | 5.8 | 123 | 5 | 3.7 | 33 | 2.4 | 42 | 70 | 2.0×10^{-3} | ○ | 130 | 1.6×10^{-3} | ○ |
| 10 | トッキリキワタ | 6.0 | 127 | 8.5 | 124 | 7 | 3.5 | 66 | 4.8 | 71 | 80 | 8.3×10^{-4} | △ | 100 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 11 | コバテイシ | 6.0 | 92 | 11.1 | 127 | 8 | 4.0 | 44 | 4.2 | 57 | 60 | 8.3×10^{-5} | × | 90 | 2.8×10^{-3} | ◎ |
| 12 | オオバアカテツ | 5.0 | 60 | 4.9 | 80 | 10 | 6.5 | 48 | 2.9 | 74 | 50 | 8.3×10^{-5} | × | 90 | 8.3×10^{-3} | ◎ |
| 13 | オキナワキョウチクトウ | 5.5 | 71 | 4.5 | 105 | 7 | 3.0 | 38 | 3.8 | 48 | 60 | 1.6×10^{-4} | × | 120 | 2.8×10^{-3} | ◎ |
| 14 | ヤエヤマヤシ | 4.8 | 69 | 4.1 | 112 | 10 | 5.5 | 64 | 5.0 | 115 | 50 | 5.8×10^{-4} | △ | 70 | $>8.3 \times 10^{-3}$ | ◎ |



樹高の比較



有効土層厚の比較

図-2.15 公園植栽木と圃場樹木の樹高と有効土層厚の比較

②根系伸長状況

水平方向への伸長においては、樹木形状が大きい公園植栽木が圃場樹木を上回っているものの、断面方向への伸長は、リュウキュウマツを除いて圃場樹木が深く伸長している（表-2.6）。

表-2.6 公園植栽木と圃場樹木における根系伸長の比較

| No. | 樹種 | 公園植栽木 | | | 圃場樹木 | | |
|-----|-------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|
| | | 水平伸長 (m) | 断面伸長 | | 水平伸長 (m) | 断面伸長 | |
| | | | 小～大径根 (cm) | 細根 (cm) | | 小～大径根 (cm) | 細根 (cm) |
| 1 | リュウキュウマツ | > 3.0 | 120 | 120 | 1.8 | 80 | 80 |
| 2 | モクマオウ | > 3.0 | 80 | 80 | 2.0 | 150 | 170 |
| 3 | ガジュマル | > 3.0 | 80 | 80 | 2.0 | 110 | 110 |
| 4 | テリハボク | > 3.0 | 80 | 80 | 1.9 | 170 | 170 |
| 5 | フクギ | > 3.0 | 80 | 80 | 1.8 | 140 | 140 |
| 6 | カンヒザクラ | > 3.0 | 80 | 120 | 1.8 | 80 | 120 |
| 7 | デイゴ | > 3.0 | 80 | 100 | 2.3 | 130 | 150 |
| 8 | ホウオウボク | > 3.0 | 80 | 80 | 1.4 | 100 | 100 |
| 9 | アカギ | > 3.0 | 80 | 80 | 2.2 | 130 | 130 |
| 10 | トッキリキワタ | > 3.0 | 80 | 100 | 1.7 | 100 | 100 |
| 11 | コバテイシ | > 3.0 | 60 | 100 | 2.8 | 90 | 90 |
| 12 | オオバアカテツ | > 3.0 | 80 | 60 | 2.7 | 120 | 120 |
| 13 | オキナワキョウチクトウ | 3.0 | 60 | 60 | 1.0 | 120 | 120 |
| 14 | ヤエヤマヤシ | 2.5 | 60 | 60 | 3.0 | 100 | 100 |

※公園植栽木の水平伸長は、樹幹から掘削範囲までの距離（掘削範囲は3m）。

※圃場樹木の水平伸長は、根元からの東西南北方向への各伸長量を平均したものの。

この原因としては、植栽基盤整備による有効土層厚の違いが大きく影響しており、公園においては表層は客土により膨軟で良好な状態にあるものの、深さ方向には土壌が硬いことから60～80cm程度までの伸長で停滞してしまっていると考えられる。一方、圃場では有効土層厚が1mを超えるほどに植栽基盤が整備されている場所が多く、垂下根が深くまで達している（図-2.16）。

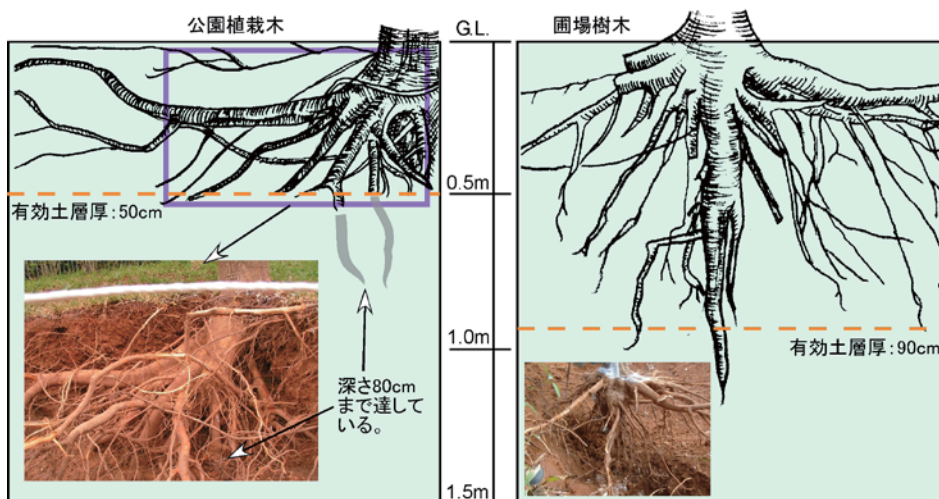


図-2.16 公園植栽木と圃場樹木の根系比較（オオバアカテツ）

一方、公園のリュウキュウマツは、公園の前進の沖縄海洋博覧会開催以前に実生から生育していたものと思われ、公園の植栽基盤が圃場よりも良好であったため、根系伸長がより深くまで達していると考えられた（図-2.17）。また、カンヒザクラは有効土層厚が同程度であったことから根系伸長も同様であったと考えられる。さらに、フクギでみられたように、公園植栽木については移植された際

に垂下根が切断されたことも影響していると考えられる (図-2.18)

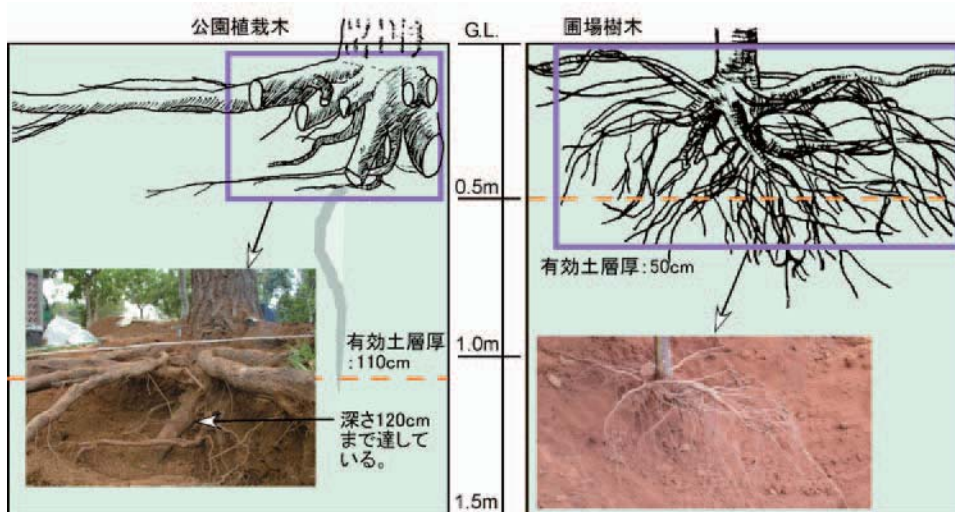


図-2.17 公園植栽木と圃場樹木の根系比較 (リュウキュウマツ)

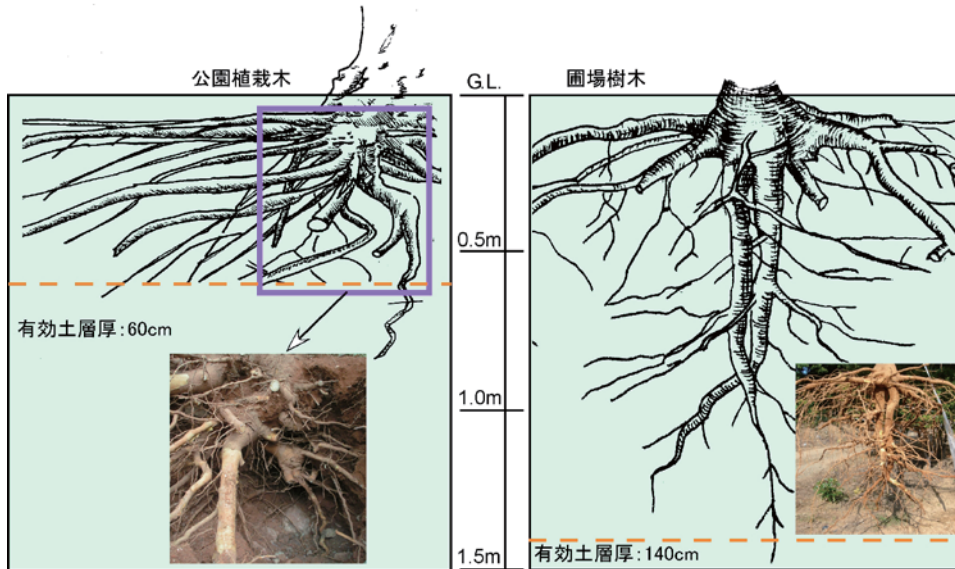


図-2.18 移植時に切断された未発達な垂下根と圃場木の垂下根 (フクギ)

1.3 まとめ

公園植栽木と圃場樹木の根系調査を行った結果、以下のことがわかった。

①公園植栽木の根系

公園内に植栽された樹木は、植栽基盤の整備状況により根系が伸長できる有効土層厚が異なり、根系伸長はこの有効土層厚に大きく影響されていた。

公園においては、琉球石灰岩の基盤が下層にあり、客土との中間に珊瑚石灰岩の礫を含む造成土壌がある。今回の調査対象木が植栽されていた場所は、表層が客土により整備され水平方向には特に問題がなかったことから、モンパノキ (全面的に植栽基盤不良) を除く全ての樹木の水平根は分布密度に差はあるものの良好な伸長がみられた。

しかし、下層にある琉球石灰岩層や硬度の高い礫混じり土壌などが存在する場所では、垂下根の伸長が阻害されていた。

また、公園に移植された際に切断された垂下根は、植栽後の発根や伸長が活発とはいえ伸長不良となっている樹種がみられた。

② 圃場樹木の根系

圃場樹木は、過去にできる限り根系が切断されていない樹木を選定したため、本来の根系伸長特性が明らかにできた（表-2.7）。

ただし、一部の樹種については、琉球石灰岩層や滞水層によって伸長阻害を受けていた。今回調査した樹種は沖縄で使用されている都市緑化樹木の一部ではあるが、水平根を広く土壌中に張る特性、垂下根を杭のように深くまで伸長させる特性、斜下方向に放射状に根系を伸長させて土壌を掴むように緊縛する特性、表層に大量の細根を密生させて樹体を支持する特性など、樹種毎の根系特性を把握することができた。

この結果から、樹木は地上部の大きさに合わせながら、樹体を支持できる根系を樹種毎に異なる特性により発達させ、土壌緊縛力を確保していると考えられた。

表-2.7 沖縄都市緑化樹木（圃場樹木）の根系特性

| No. | 樹種 | 根系の形態 | 垂直分布 | 水平分布 | 分岐 | 細根の付着 | 支持力 |
|-----|-------------|-----------|------|------|-----|-------|-----|
| 1 | リュウキュウマツ | 水平根・垂下根型 | 深根型 | 分散型 | 中間型 | 中間型 | 大 |
| 2 | コバノナンヨウスギ | 水平根・垂下根型 | 深根型 | 分散型 | 中間型 | 中間型 | 大 |
| 3 | モクマオウ | 垂下根型 | 深根型 | 中間型 | 多岐型 | 密生型 | 大 |
| 4 | ガジュマル | 水平根型 | 浅根型 | 分散型 | 疎放型 | 疎生型 | 大 |
| 5 | テリハボク | 垂下根型 | 深根型 | 分散型 | 疎放型 | 疎生型 | 大 |
| 6 | フクギ | 垂下根型 | 深根型 | 分散型 | 疎放型 | 中間型 | 大 |
| 7 | カンヒザクラ | 水平根型 | 中間型 | 分散型 | 多岐型 | 密生型 | 中 |
| 8 | デイゴ | 水平根・斜出根型 | 中間型 | 集中型 | 疎放型 | 疎生型 | 中 |
| 9 | ホウオウボク | 水平根・垂下根型 | 中間型 | 分散型 | 多岐型 | 中間型 | 大 |
| 10 | アカギ | 水平根・垂下根型 | 深根型 | 中間型 | 疎放型 | 中間型 | 大 |
| 11 | トッキリキワタ | 垂下根・斜出根型 | 中間型 | 分散型 | 多岐型 | 密生型 | 中 |
| 12 | コバテイシ | 水平根型 | 中間型 | 分散型 | 疎放型 | 中間型 | 中 |
| 13 | オオバアカテツ | 水平根・垂下根型 | 深根型 | 中間型 | 疎放型 | 疎生型 | 大 |
| 14 | オキナワキョウチクトウ | 垂下根型 | 深根型 | 中間型 | 疎放型 | 疎生型 | 大 |
| 15 | ヤエヤマヤシ | ひも状放射型 | 浅根型 | 集中型 | 多岐型 | 疎生型 | 大 |
| 16 | タコノキ | 支柱気根の水平根型 | 浅根型 | 中間型 | 多岐型 | 密生型 | 大 |

③ 公園植栽木と圃場樹木の根系比較

圃場樹木における樹種毎の根系特性を把握した上で、その根系特性から公園植栽木の根系の伸長状況を比較した結果、公園植栽木の根系は植栽基盤の整備状態に大きく影響されて伸長しており、整備不良の場合には伸長阻害を受け、また移植時の根系切断の回復が良好でない場合には主根が十分に発達できないことが確認できた。

2. 根系調査結果からみた台風被害の発生要因

根系調査の結果から、台風被害の発生要因に繋がる植栽条件を整理すると以下のとおりである。

2.1 植栽基盤の整備不良

植栽基盤の整備が不良であり、根系が十分に伸長できる状態でない場合には、強風により倒木等が発生する要因となる（写真-2.28、2.29）。



写真-2.28 植栽基盤の整備不良（固結土壌）が原因の根系伸長不良（モンパノキ）



写真-2.29 土壌透水性の不良（ガジュマル）

2.2 移植時の根系切断

移植時には根系が切断されるが、強風等を受けやすい立地条件の植栽地に発根性の悪い樹種や大径根が切断されている高木を移植することは、倒木等の発生に繋がる（写真-2.30）。



写真-2.30 移植後の垂下根の回復不良と高木植栽による倒木（フクギ）

2.3 植栽環境と樹種選定

植栽地の下層にある岩盤等において、植栽基盤が薄層でしか整備出来ない場合に深根型の樹種選定をすることや、逆に、植栽地の近隣に構造物等があつて深い有効土層は確保できるものの広い範囲での植栽基盤が整備できない場合に浅根型の樹種選定をしてしまうことは、倒木等の発生要因となる(図-2.19)。特に、植栽地の環境が風圧を受けやすい立地である場合には、大きな要因となる。

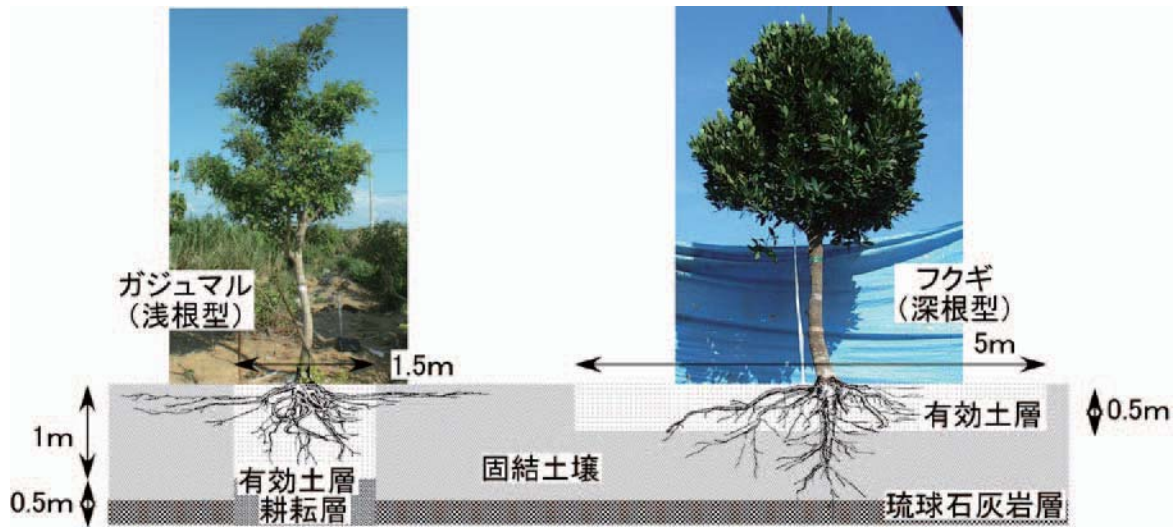


図-2.19 植栽環境と樹種選定の不適合