

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.621

January 2011

沖縄における 都市緑化樹木の台風被害対策の手引き

緑化生態研究室

Manual of countermeasures against typhoon damage on urban planting trees in Okinawa

Landscape and Ecology Division



国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

表紙写真



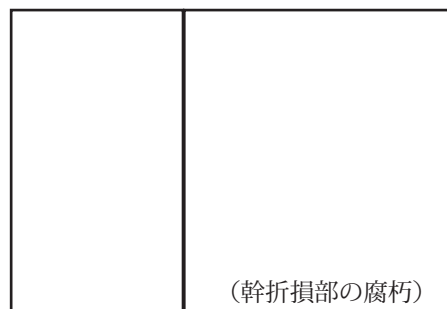
フクギの幹折れ



ガジュマルの倒木



コバテイシの倒木



コバノナンヨウスギの倒木

沖縄における 都市緑化樹木の台風被害対策の手引き

飯塚 康雄 *
松江 正彦 **
長濱 庸介 ***

Manual of countermeasures against typhoon damage on urban planting trees in Okinawa

Yasuo Iizuka
Masahiko Matsue
Yosuke Nagahama

概要

台風の襲来を受けることが多い沖縄地方においては、倒木等による都市緑化樹木の被害が多く発生し、周辺施設の破損や道路交通の遮断などのほか、人的被害にまで至る可能性もある。

本手引きは、沖縄における都市緑化樹木の台風被害を軽減させることを目的として、台風被害の実態調査結果から被害要因を明らかにした上で、台風被害に強い樹木を育成するための緑化手法をとりまとめたものである。

キーワード：沖縄、都市緑化樹木、台風被害、緑化手法、維持管理

Synopsis

Damage on urban planting trees, such as falling trees, often occurs in Okinawa where typhoons frequent, breaking surrounding facilities and blocking up roads, and it might cause loss of lives.

This manual, with an aim to reduce typhoon damage on urban planting trees in Okinawa, is a collection of planting techniques to nurture trees which withstand typhoons by elucidating factors causing the damage with field surveys on typhoon damaged trees.

Key Words：Okinawa, urban planting tree, typhoon damage,
planting method, maintenance management

* 緑化生態研究室主任研究官 Senior Researcher , Landscape and Ecology Division
** 緑化生態研究室長 Head , Landscape and Ecology Division
*** 前緑化生態研究室研究官 Former Researcher , Landscape and Ecology Division

まえがき

沖縄は、わが国の中でも特有の亜熱帯・海洋性気候に属していることから年間を通して寒暖の差が小さく、また周囲の海は珊瑚礁と白い砂浜で形成されていることで、色華やかに彩られた花木や美しい海などの自然環境により、質の高い観光地となっています。

本土復帰後の復興においても、このような地域特性を活かして都市緑化が積極的に推進されており、平成 17 年度における道路緑化率（緑化済道路延長／道路延長）では全国で最も高い 48.8%※）に達するなど、みどり豊かなまちづくりが行われています。

一方で、沖縄は接近や上陸する台風の数が本土に比べて多く、またその勢力も強いことから、台風が通過する度に倒木などによる樹木被害が数多く発生して問題となっています。さらに、都市緑化樹木における被害では、樹木自体の衰退を招くだけでなく、倒木などにより周辺建物の破損、道路を遮断することによる交通障害や人的被害等を引き起こす可能性があります。

そのため、都市緑化樹木においては台風被害による倒木等の発生を防ぐことが、みどり豊かな沖縄の都市環境を維持する上で重要な要素となっています。

このような状況を踏まえ、本手引きは、沖縄における倒木による被害を軽減させることを目的として、倒木の実態解明や根系の伸長特性等を把握した上で、有効となる台風被害対策についてとりまとめたものです。また、本手引きは沖縄の樹木と植栽環境からの解説となっていますが、基本的な台風被害対策については地域を選ばず全国的に活用することができますので、参考にして頂ければと思います。

本資料は、「沖縄における都市緑化樹木の台風被害対策の手引き」に加え、台風被害の実態調査結果からなる「台風被害対策に関する調査報告書」、都市緑化樹木 42 種の根系調査結果から作成した「沖縄都市緑化樹木の根系図」で構成しています。これらが、沖縄における緑化技術を向上するための基礎資料として活用され、色華やかでいきいきとした樹木による沖縄らしさの継承に寄与できることを期待します。

平成 23 年 1 月

国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 緑化生態研究室

室 長 松江 正彦

※）国土技術政策総合研究所資料第 506 号・わが国の街路樹Ⅵ、国土交通省国土技術政策総合研究所、2009

目 次

まえがき

◆◆◆◆ 第1編・沖縄における都市緑化樹木の台風被害対策の手引き ◆◆◆◆

手引きの概要	1 - 1
第Ⅰ章 台風被害の発生要因	1 - 3
1. 台風による都市緑化樹木の被害形態	1 - 3
2. 台風被害の発生要因	1 - 4
2.1 一定の規模を超えた台風	1 - 4
2.2 立地条件に合わない樹種選定	1 - 5
2.3 植栽基盤の整備不良	1 - 6
2.4 植栽施工の不良	1 - 7
2.5 維持管理の不良	1 - 8
第Ⅱ章 台風被害の基本対策	1 - 10
1. 計画・設計	1 - 10
1.1 植栽環境の把握	1 - 10
1.2 樹種選定	1 - 10
1.3 配植及び樹木規格	1 - 17
1.4 植栽基盤の整備	1 - 19
1.5 支柱	1 - 26
2. 施工	1 - 28
2.1 植栽時期	1 - 28
2.2 樹木材料の品質	1 - 29
2.3 施工時の留意点	1 - 29
第Ⅲ章 台風襲来時の対策	1 - 31
1. 台風襲来時の対応	1 - 31
2. 樹木健全度調査と被害防止対策の実施	1 - 32
2.1 樹木健全度調査	1 - 32
2.2 被害防止対策の実施	1 - 33
3. 被害発生木の応急処置	1 - 34
4. 被害木の本格的対策と被害発生要因の解消	1 - 35
4.1 伐採・撤去	1 - 35
4.2 立てこし・支柱の再整備	1 - 36
4.3 残存した樹幹の保全	1 - 37
4.4 剪定	1 - 38
4.5 その他の対策	1 - 38
4.6 復旧報告書の作成	1 - 39
第Ⅳ章 日常の維持管理	1 - 41
1. 維持管理の全体像	1 - 41
2. 日常点検	1 - 42
3. 樹木健全度調査	1 - 42
3.1 樹木活力度調査	1 - 44
3.2 樹木危険度調査	1 - 47
3.3 樹木健全度の評価	1 - 49
3.4 詳細調査	1 - 52
3.5 詳細調査の評価	1 - 57
4. 管理作業	1 - 59
4.1 日常管理	1 - 59
4.2 改善的管理	1 - 68
4.3 伐採	1 - 72



第2編・台風被害対策に関する調査報告書



第1章 台風被害の実態と被害要因	2 - 1
1. 公園における被害実態	2 - 1
1.1 台風規模と被害本数	2 - 2
1.2 台風経路と被害状況	2 - 3
1.3 被害形態別の被害状況	2 - 3
1.4 樹種別の被害状況	2 - 4
1.5 樹木規格別の被害状況	2 - 5
1.6 支柱と被害状況	2 - 7
1.7 まとめ	2 - 8
2. 道路における被害実態	2 - 9
2.1 台風規模と被害本数	2 - 9
2.2 被害形態別の被害状況	2 - 10
2.3 樹種別の被害状況	2 - 10
2.4 樹木規格別の被害状況	2 - 12
2.5 支柱と被害状況	2 - 14
2.6 植栽地と被害状況	2 - 16
2.7 樹木被害による交通障害	2 - 16
2.8 まとめ	2 - 16
3. 現地調査による被害実態の把握	2 - 18
3.1 台風規模	2 - 18
3.2 被害形態と被害樹種	2 - 18
3.3 樹木規格別の被害状況	2 - 19
3.4 支柱と被害状況	2 - 19
3.5 現地踏査による被害状況	2 - 20
3.6 まとめ	2 - 22
4. 台風被害の実態調査により把握した発生要因	2 - 23
4.1 台風規模	2 - 23
4.2 樹種特性	2 - 24
4.3 植栽基盤の整備不良	2 - 30
4.4 支柱の整備不良	2 - 30
4.5 樹木の腐朽	2 - 31
第2章 都市緑化樹木の根系伸長実態と被害発生要因	2 - 33
1. 都市緑化樹木の根系伸長調査	2 - 33
1.1 調査方法	2 - 33
1.2 調査結果	2 - 41
1.3 まとめ	2 - 54
2. 根系調査結果からみた台風被害の発生要因	2 - 56
2.1 植栽基盤の整備不良	2 - 56
2.2 移植時の根系切断	2 - 56
2.3 植栽環境と樹種選定	2 - 57
第3章 植栽方法と倒木対策の現状把握	2 - 58
1. 植栽樹木に関する現状把握と課題整理	2 - 58
1.1 調査方法	2 - 58
1.2 調査結果	2 - 58
1.3 まとめ	2 - 68
2. 倒木防止対策及び復旧対策に関する現状把握	2 - 69
2.1 調査方法	2 - 69
2.2 調査結果	2 - 70
2.3 まとめ	2 - 72

◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆ 第3編・沖縄都市緑化樹木の根系図 ◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆

☆全根系図、水平根系図、側面根系図

1. リュウキュウマツ	(マツ科マツ属)	3 - 1
2. モクマオウ	(モクマオウ科モクマオウ属)	3 - 5
3. ガジュマル	(クワ科イチジク属)	3 - 9
4. テリハボク	(オトギリソウ科テリハボク属)	3 - 13
5. フクギ	(オトギリソウ科フクギ属)	3 - 17
6. カンヒザクラ	(バラ科サクラ属)	3 - 21
7. デイゴ	(マメ科デイゴ属)	3 - 25
8. ホウオウボク	(マメ科ホウオウボク属)	3 - 29
9. アカギ	(トウダイグサ科アカギ属)	3 - 33
10. トックリキワタ	(パンヤ科トックリキワタ属)	3 - 37
11. コバテイシ	(シクンシ科モモタマナ属)	3 - 41
12. オオバアカテツ	(アカテツ科パラクイウム属)	3 - 45
13. 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)	3 - 49
14. ヤエヤマヤシ	(ヤシ科ヤエヤマヤシ属)	3 - 53

☆全根系図

15. コバノナンヨウスギ	(ナンヨウスギ科ナンヨウスギ属)	3 - 57
16. タコノキ	(タコノキ科タコノキ属)	3 - 59

☆水平根系図、側面根系図

17. アコウ	(クワ科イチジク属)	3 - 61
18. クロヨナ	(マメ科クロヨナ属)	3 - 63
19. ソウシジュ	(マメ科アカシア属)	3 - 65
20. ヨウテイボク	(マメ科ハマカズラ属)	3 - 67
21. リュウキュウコクタン	(カキノキ科カキノキ属)	3 - 69
22. ビロウ	(ヤシ科ビロウ属)	3 - 71

☆水平根系図

23. インドゴムノキ	(クワ科イチジク属)	3 - 73
24. カシワバゴムノキ	(クワ科イチジク属)	3 - 74
25. フィカスネリフォルア	(クワ科イチジク属)	3 - 75
26. ベンガルボダイジュ	(クワ科イチジク属)	3 - 76
27. パンノキ	(クワ科アルトカルプス属)	3 - 77
28. ヤブニッケイ	(クスノキ科クスノキ属)	3 - 78
29. ハスノハギリ	(ハスノハギリ科ハスノハギリ属)	3 - 79
30. タイワンフウ	(マンサク科フウ属)	3 - 80
31. アメリカデイゴ	(マメ科デイゴ属)	3 - 81
32. ゴールデンシャワー	(マメ科カワラケツメイ属)	3 - 82
33. アメリカネム	(マメ科サマネア属)	3 - 83
34. タマリンド	(マメ科タマリンド属)	3 - 84
35. ナンキンハゼ	(トウダイグサ科シラキ属)	3 - 85
36. センダン	(センダン科センダン属)	3 - 86
37. タイワンモクゲンジ	(ムクロジ科モクゲンジ属)	3 - 87
38. オオハマボウ	(アオイ科フヨウ属)	3 - 88
39. キワタノキ	(パンヤ科キワタ属)	3 - 89
40. シマトネリコ	(モクセイ科トネリコ属)	3 - 90
41. モンパノキ	(ムラサキ科メセルスクミディア属)	3 - 91
42. ココヤシ	(ヤシ科ココヤシ属)	3 - 92

第 1 編

沖縄における都市緑化樹木の台風被害対策の手引き

I

一手引きの概要一

台風被害の発生要因

☆都市緑化樹木が台風の強風等により受ける被害形態は、大きく分類すると、「倒木」、「傾木」、「幹折れ」、「枝折れ」である。

この被害の発生要因としては、①一定の規模を超えた台風、②立地条件に合わない樹種選定、③植栽基盤の整備不良、④植栽施工の不良、⑤維持管理の不良があげられる。



＜地上部の欠陥＞

- ・幹、枝の腐朽や亀裂
- ・幹の傾斜
- ・樹冠、枝葉の偏り
- ・支柱の欠損
- ・支柱の結束不良

等

台風時の強風・豪雨

＜危険風速の目安＞

- ・最大風速 22m/s 以上
- ・最大瞬間風速 40m/s 以上

樹木地上部における欠陥

＜地下部の欠陥＞

- ・根系の腐朽や切断
- ・狭小な植栽基盤
- ・土壌の隙間

等

樹木地下部における欠陥

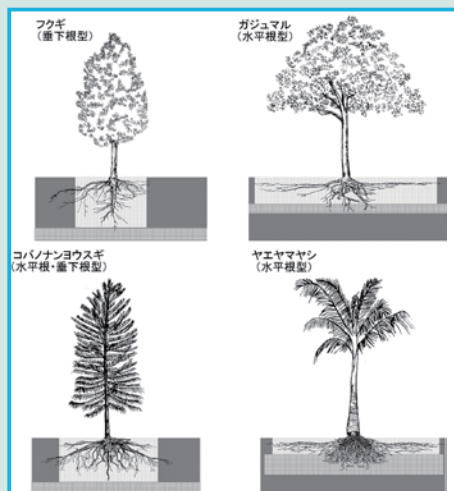
II

一手引きの概要一

台風被害の基本対策

☆都市緑化樹木の台風による被害を減少させるためには、適切な緑化計画・設計、施工を確実にすることが重要である。具体的には、①樹種選定、②配植、③植栽基盤の整備、④支柱の設置に十分な配慮が必要である。

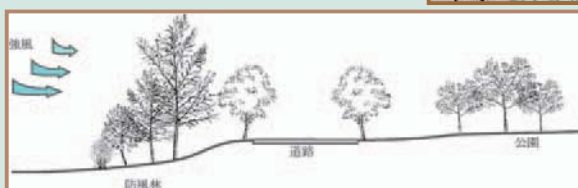
＜樹種選定・・・適切な樹種選定＞



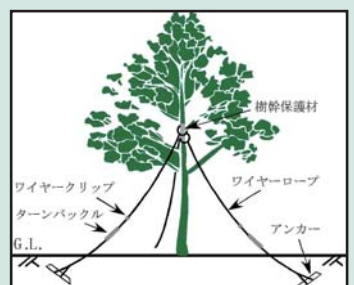
＜植栽基盤の整備＞



＜配植・・・防風林等の活用＞



＜支柱の整備＞



☆台風の襲来前には、樹木の管理体制を早急に構築し、樹木健全度を確認して、被害を受けやすい状態の樹木に対する防止対策を実施する。襲来時には、被害樹木の応急処置を早急に関施し、台風通過後は、被害木の本格的な対策を施すとともにその被害要因を解消する。

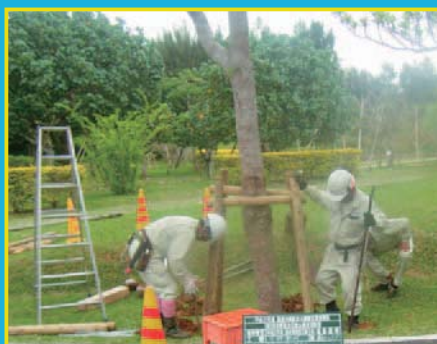
— 手引きの概要 —

III

台風襲来時の対策



＜剪定＞



＜支柱整備＞



＜防風ネットの設置＞



＜枝葉のしおり＞



＜立て起こし＞



＜応急処置・伐採の例＞



＜改善的管理作業＞



＜日常管理工作業＞



＜伐採（更新）作業＞

— 手引きの概要 —

IV

日常の維持管理

☆台風強い都市緑化樹木を育成するには、常に樹木を健全な状態にしておくことが重要であり、そのためには①日常点検、②樹木健全度調査、③管理作業を適切に関施する必要がある。



＜樹木健全度調査（腐朽診断）＞

第Ⅰ章 台風被害の発生要因

～どのようにして樹木被害が発生するのかを理解する～

都市緑化樹木が台風の強風等により受ける被害形態は、大きく分類すると、「倒木」、「傾木」、「幹折れ」、「枝折れ」である。この被害の発生要因としては、①一定の規模を超えた台風、②立地条件に合わない樹種選定、③植栽基盤の整備不良、④植栽施工の不良、⑤維持管理の不良があげられ、都市緑化を行う際には、これらの発生要因を十分に理解しておくことが重要である。

1. 台風による都市緑化樹木の被害形態

公園や道路に植栽された都市緑化樹木が台風の強風等により被害が発生させる形態としては、大きく分類すると、①倒木、②傾木、③幹折れ、④枝折れに分類される（図 - I .1）。

「倒木」は、強風により樹体が揺さぶられることにより、樹木の根系が切断したり、根系基盤（根系と根域の土壌）が円弧すべりを起こして完全に持ち上がってしまうことなどにより、樹体が完全に倒伏してしまうものである。

「傾木」は、強風により樹体が揺さぶられることにより、根系基盤（根系と根域の土壌）が円弧すべりを起こすものの多少浮き上がる程度でとどまり、倒木には至らないものである。原因は倒木と同様であるが、その被害程度が軽いものである。

「幹折れ」は、強風により樹体が揺さぶられたり、ねじれたりすることにより、樹幹が折れるものである。樹幹に木材腐朽病が進行した大きな腐朽部や大きな傷害があると発生しやすくなる。

「枝折れ」は、強風により枝葉が揺さぶられることにより枝が折れるものである。枝葉が過密に繁茂していたり、不良な剪定により枝葉のバランスを崩すと発生しやすくなる。



<倒 木>



<傾 木>



<幹折れ>



<枝折れ>

図 - I .1 台風被害の発生形態とその要因

2. 台風被害の発生要因

2. 1 一定の規模を超えた台風

樹木は、通常の風雨では折れたり倒れたりしないように、肥大成長により幹や枝を強化させるとともに地中に根系をしっかりと張り、樹体を支えている。しかし、一定の規模を超えた台風においては、樹木が有している木材強度や根系による支持強度では耐えられない状況に陥る。

公園及び道路における都市緑化樹木の台風被害の実態調査では、台風時の風の強さが被害の大きさに最も影響していた。具体的には、最大風速で約 22m/s 以上、最大瞬間風速で約 40m/s 以上となった場合に、急速に被害本数が増加していた（図 - I .2）。これは、風速が速くなることにより、樹冠が受ける風圧が高まることが原因と考えられる。また、道路においては、降雨量が多くなると被害本数が増加する可能性が高いことが確認された（図 - I .3）。これは、街路樹が植栽されている植枿や植樹帯の土壌が大量の雨水を含むことにより、植栽基盤の含水率が非常に高くなって土壌が緩む（土壌粒子間の摩擦力が低下）ことが原因と考えられる（写真 - I .1）。

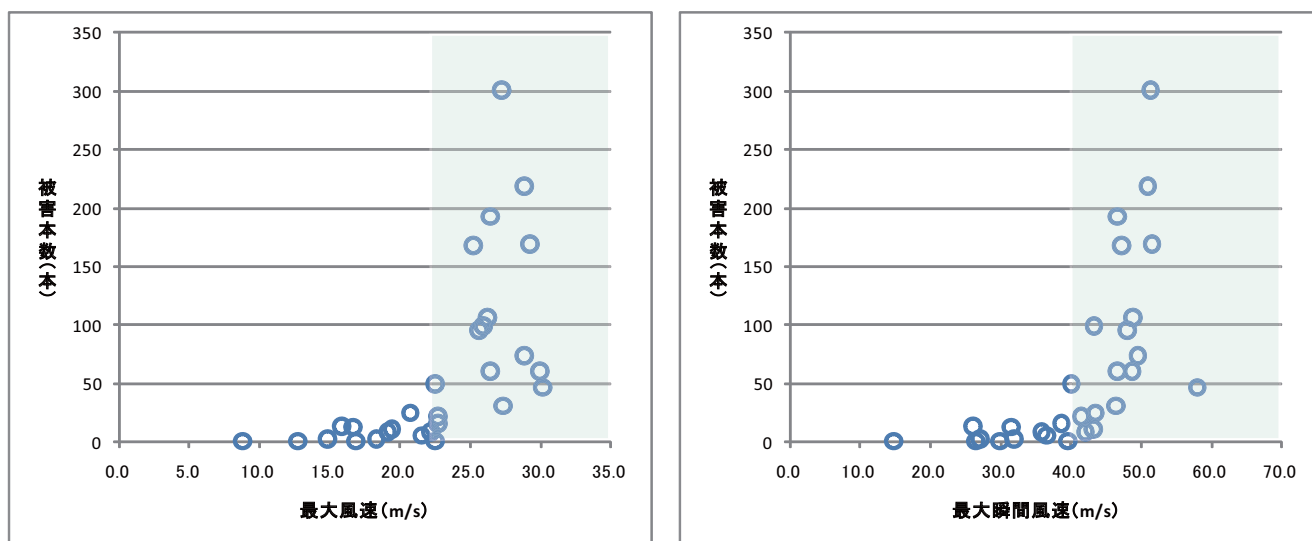


図 - I .2 風の強さと被害本数の関係（左：最大風速、右：最大瞬間風速）

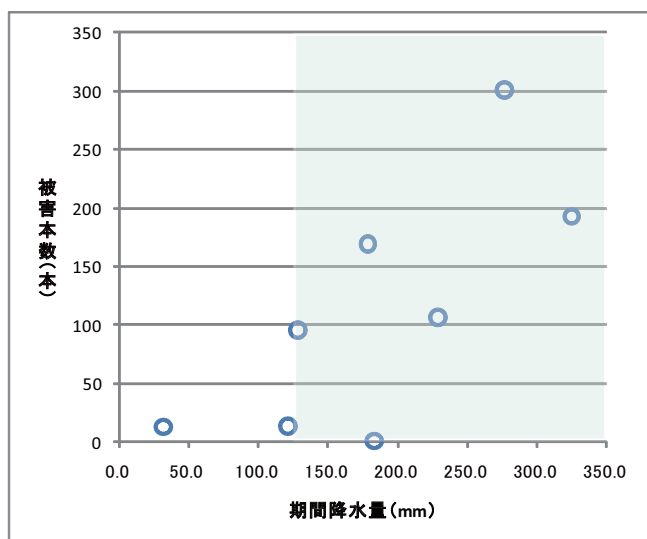


図 - I .3 期間降水量と被害本数の関係（街路樹）



写真 - I .1 雨水を含んで緩んだ土壌

2.2 立地条件に合わない樹種選定

樹木の地上部は、ヤシ類のように枝を持たない幹からなるものや、コバノナンヨウスギのような樹体を上方へ細長く伸長させるもの、コバテイシのように太い枝を水平方向に張りだして扁平した傘形の樹冠を形成するものなど、陽光を求めて樹種毎に多様な特性を有しながら立地環境に適応している。このような地上部の形状に合わせて、樹木の根系はこの樹体を支えるために土壤中に特有の形態で発達させている。

そのため、地上部、地下部ともに良好な伸長成長、肥大成長をしている樹木については、通常の風速では倒伏することはないと考えられる。

樹種特性別では、枝葉をあまり広げずにコンパクトな樹冠を形成し、根系を深くかつ広く土壤中に伸長させる形態を有する樹種は、倒伏を起こしにくいと考えられる。一方で、枝葉を大きく広げた樹冠を形成し、広がる水平根あるいは深くまで伸長する垂下根のどちらかに偏って発達する樹種は、前者に比較して倒伏しやすいと考えられる（図 - I .4）。また、枝葉の伸長が速い樹種等については、枝折れの被害を受けやすくなると考えられる（写真 - I .2）。



図 - I .4 倒伏被害の発生しやすさ



写真 - I .2 枝折れ被害を受けやすい樹種（左：ヨウテイボク、右：インドゴムノキ）

そのため、植栽設計においては、植栽地の基盤条件や気象条件に応じた樹種を適切に選定することが重要である。例えば、下層にある岩盤等で薄層でしか植栽基盤が整備できない条件の場所に、深根型の樹種を植栽木として選定することや、逆に、植栽地の近隣に構造物等があっ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 - I .5）。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。

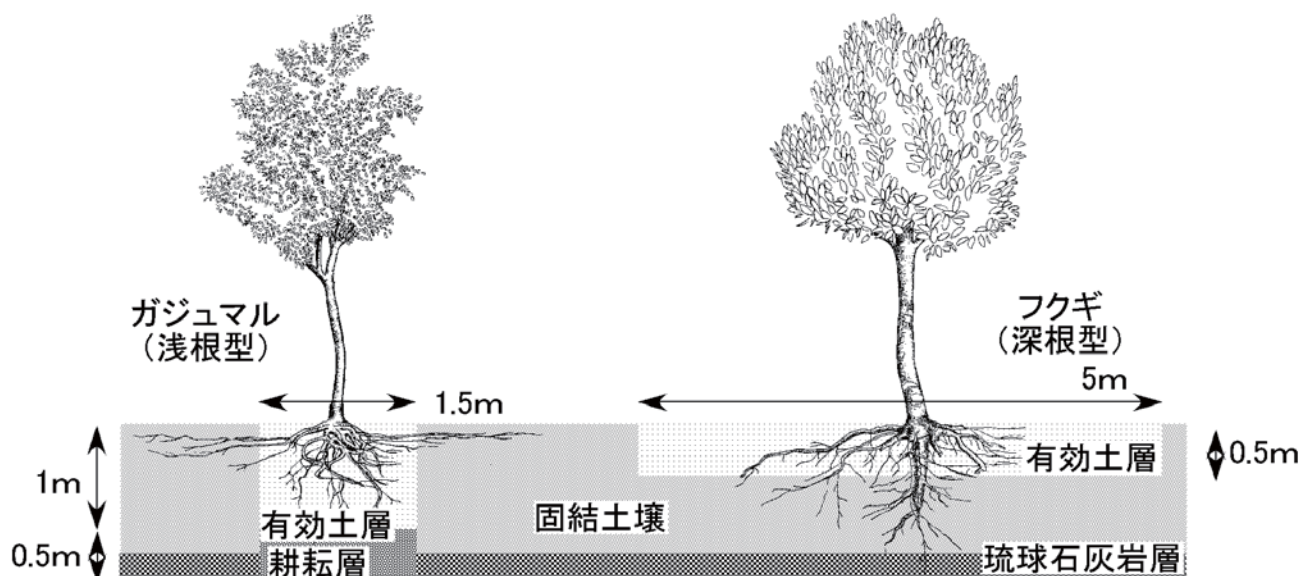


図 - I .5 植栽環境と不適合の樹種選定例

2. 3 植栽基盤の整備不良

樹体を支える根系が伸長できる植栽基盤は、樹木特性に合わせて十分な範囲で土壌の物理性と化学性において整備されている必要がある。植栽基盤の整備が不良で、植栽される樹木にとって十分な空間となっていない場合や硬く透水性の悪い土壌で貧栄養のまま造成されている場合には（写真 - I .3、I .4）、根系伸長が不十分となり樹体を支えることができずに、強風時に倒伏する要因となる。特に街路樹の場合には、植栽基盤が植栽柵や植樹帯形状で構成されることから根系伸長が規制されるため、倒伏につながりやすいと考えられる（写真 - I .5）。



写真 - I .3 土壌が硬い植栽基盤における根系伸長不良（モンパノキ）



写真 - I .4 土壌透水性が不良の植栽基盤（ガジュマル）



写真 - I .5 植栽基盤の整備不良による倒木（左：コバテイシ、右：フクギ・街路樹）

2. 4 植栽施工の不良

樹木植栽においては、根系が切断された苗木を使用することになるが、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太根が切断されている成木苗木を移植することは、倒木等の発生に繋がる要因となる（写真 - I .6）。

また、植栽樹木に対する支柱は、樹木が活着するまでの唯一の支持体であるため、固定が不十分であると容易に倒木することになる（写真 - I .7）。



写真 - I .6 切断された垂下根の回復不良（フクギ）



写真 - I .7 支柱の固定不良による倒木（フクギ）

2. 5 維持管理の不良

倒木や幹折れは、根系や樹幹における木材腐朽によって木材が脆弱化あるいは空洞化して木材強度を失うことにより発生することが多い（写真 - I .8）。木材腐朽は、樹木の日常点検により外観から発見することが可能であり、さらに、その対策を施すことで台風時の倒木や幹折れを減少させることができる。

また、樹木を支えるために設置される支柱が、樹木が成長して大きくなっても小さな規格のままであることや結束材が切れていたり支柱材が腐朽しているまま放置され、樹体を支持できずに倒木していることも確認されている（写真 - I .9）。

以上のことから、樹木の日常点検を適切に実施していないこと、日常点検で発見された問題を解消する維持管理が適切に実施されていない場合には、台風被害の発生要因に繋がると考えられる。



（樹幹の腐朽による幹折れ・アメリカデイゴ）



（根系の腐朽による倒木・インドゴムノキ）



（草刈り時の傷害が原因で腐朽したことによる倒木・ヤエヤマヤシ）

写真 - I .8 樹木の腐朽による倒木



(結束材が外れたことによる倒木・コバテイシ)



(支柱材の腐朽による倒木・オオハマボウ)



(支柱の固定不良による倒木・ヨウテイボク)



(結束不良による幹の損傷・ブラシノキ)

写真 - I .9 支柱の管理不良による倒木等

第Ⅱ章 台風被害の基本対策

～台風被害を軽減するための緑化方法を理解する～

都市緑化樹木の台風による被害を軽減させるためには、適切な緑化計画・設計、施工を確実に行うことが重要である。具体的には、①樹種選定、②配植、③植栽基盤の整備、④支柱の設置において、無理のない基本的な緑化手法を実施することが樹木を良好に生育させることとなり、台風被害を軽減することに繋がる。

1. 計画・設計

1.1 植栽環境の把握

樹木を植栽するにあたり、台風被害を軽減させるためには、まず植栽地の立地環境として以下のことについて十分に把握した上で対策を講じる。

①気象条件

卓越風や風あたりの状況、潮風の影響について把握する。

②土壌条件

植栽基盤となる土壌の物理性や化学性について把握するとともに、下層岩盤や礫混入状況について把握する。

③周辺環境

植栽する樹木の周辺に風を遮ることとなる建築物や樹林等の存在について把握する。

1.2 樹種選定

樹種選定にあたっては、計画時に設定する緑化目標として、樹木に求められる機能を植栽場所にに応じて十分に発揮できる樹種を選定することが基本となる。しかし、同時にその植栽環境において植栽後も良好に生育を維持できる特性を有した樹種を選定することも重要となる。

台風時における風圧の受け方は、樹種ごとに異なる地上部の形状や枝葉の密度によって異なり、木材の硬さや構造によっては、枝がしなり風を受け流したりもする。また、葉のクチクラ層を厚く発達させたり、葉や枝の表面を毛によって保護している樹木、新梢が木質化しやすい等の性質を持つ樹木では、塩分を多く含んだ強風にさらされた際にも、付着した塩分による枝葉の壊死や凋萎等の被害を受けにくくしている。さらに、地上部の樹体を支えているのは根系であるが、根系の特性は樹種ごとに異なる。したがって、根系の特性についても十分に把握しておくことが樹種選定において重要となる。

風環境の厳しい場所における樹種の選定にあたっては、地上部については強風による枝折れ、幹折れ等が生じにくい特性を持ち、地下部については根系を広くかつ深くまで張り巡らせて支持力が大きく、植栽時に切断された根系回復が早い樹種を選ぶ必要がある。また、植栽基盤の有効土層の厚さあるいは広さが何らかの理由により制限されてしまっている植栽地では、その植栽基盤に適した根系特性を有した樹種を選定する必要がある。つまり、深さ方向が規制された浅い有効土層においては浅根性の樹種を、広さ方向が制限された狭い植栽基盤においては深根性の樹種を選定することが必要となる。

具体的には、海岸部や広場等の風環境の厳しい場所では、リュウキュウマツ、ガジュマル、タコノキ、テリハボク、フクギ、モクマオウ、コバテイシ、デイゴ、ココヤシ等の耐潮性、耐風性の強い樹種を選定することが望ましい（写真-Ⅱ.1）。また、根が伸長するための植栽地の深さを十分に得ることができない浅い有効土層の場合には、ガジュマル、テリハボク、カンヒザクラ、ハウオウボク、ヨウ

テイボク、タコノキ、ヤシ類等の水平根を発達させる「中間型～浅根型」の根系タイプの樹種が適している。逆に、根が伸長する広さに制限があるが深さを十分に得ることができる場合には、リュウキュウマツ、コバノナンヨウスギ、オキナワキョウチクトウ、フクギ、モクマオウ等の垂下根を発達させる「深根型」の根系タイプの樹種が植栽に適している（写真 - II .2、II .3）。



写真 - II .1 耐潮性の強い樹種（左：フクギ、右：モクマオウ）



写真 - II .2 「浅根型～中間型」の樹種（左：ガジュマル、右：カンヒザクラ）

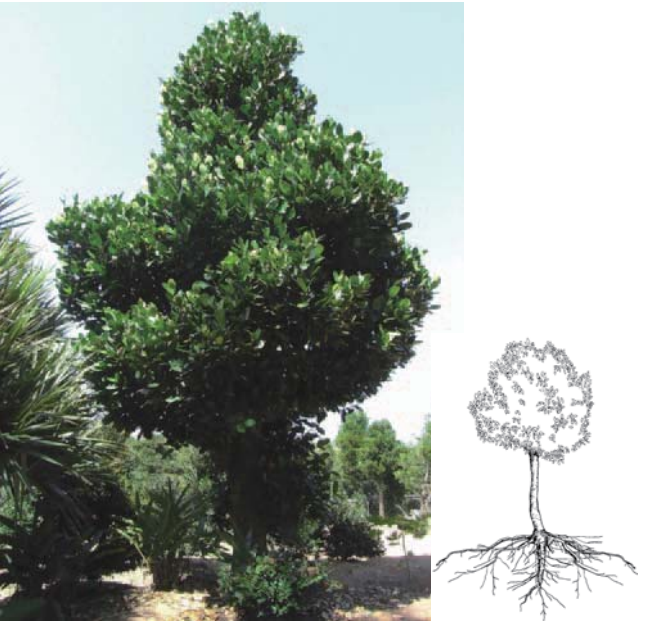












写真 - II .3 「深根型」の樹種（左：フクギ、右：コバノナンヨウスギ）

沖縄の都市緑化において樹種選定で把握しておくべき主な樹木特性としては、以下の項目があげられる。

①樹冠形状

樹冠形状は、大きく分類すると「円錐形」、「卵円形」、「球形」、「傘状形」、「ヤシ形」となる（図 - II .1）。

樹冠の形状により風圧を受ける面積や重心の高さも異なり、樹冠形状だけで受ける風圧を判断すると「ヤシ形」が最も小さくなり、逆に「傘状形」、「球形」が大きくなると考えられる。

	円錐形 	卵円形 	球形 	傘状形 	ヤシ形 
代表樹種					
	コバノナンヨウスギ	フクギ	デイゴ	ガジュマル	ヤエヤマヤシ
樹高と枝張り比率※	枝張り				
6.0	2.5	3.0	2.5	4.0	—
5.5	2.0	2.5	2.0	3.0	—
5.0	2.0	2.5	2.0	2.5	2.5
4.5	1.5	2.0	1.5	2.0	2.0
4.0	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0
3.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5
3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2

※引用：「沖縄道路緑化技術指針」、沖縄総合事務局開発建設部監修、（社）沖縄建設弘済会発行、1996

図 - II .1 樹冠形状の分類と代表的樹種

②耐風性

耐風性は、樹冠形状や木材の強度、根系の伸長形態等から倒伏や枝折れ等に対する性質について、自然植生における生育状況や過去の経験的な知見から判断して分類したものであり、大きく「大」、「中」、「小」に分類される。

「大」：小枝が折損する程度で被害を生じにくい樹木。

「中」：枝の折損被害を生じやすいが根返りまでは至らない樹木。

「小」：根返りや枝の折損被害を生じやすい樹木。

③耐潮性

耐潮性は、付着塩分の化学的作用によって枝葉に被害を生じさせることに対する性質について、自然植生における生育状況や被害の様相により過去の経験的な知見から判断して分類したものであり、「大」、「中」、「小」に分類される。一般的に、海岸性の樹木は抵抗が強く、内陸性の樹木は抵抗が弱い。

「大」：若干、葉縁に壊死が生じることがあるが、被害が明確に現れずに回復が早い樹木。

「中」：葉身が凋萎を起こし若干の新梢の枯下がりが見られるが、影響は比較的小さくて回復が比較的早い樹木。

「小」：葉身が凋萎を起こし著しく新梢の枯下がりが見られ、被害が個体全体に及ぶなど影響が大きく回復が遅い樹木。

④成長性

成長性（速度）は、樹木が一定期間のうちに伸長および肥大する成長量を樹種ごとに相対的に比較して分類したものであり、「早い」、「中」、「遅い」に分類される。

「早い」：短期間のうちに非常に大きく成長する樹木。

「中」：成長量が「早い」と「遅い」の中間の樹木。

「遅い」：大きく成長するまでに長期間を要する樹木。

⑤根系形態・垂直分布・水平分布

根系形態は、全体を構成する根系のうち骨格となる発達した根の太さと伸長形態により分類したものであり、「垂下根型」、「斜出根型」、「水平根型」に大きく分けられる※）（図 - II .2）。

※）引用文献：「樹木根系図説」、苅住昇著、誠文堂新光社、1979

「垂下根型」：根株および水平根の基部から垂下する根が骨格となって発達している根系形態で、少数の大径の垂下根により構成される型と多数の小・中径の垂下根により構成される型に区分される。

「斜出根型」：根株で分岐して斜出して伸長する根が骨格となって発達している根系形態で、大径の斜出根により構成される型と小・中径の斜出根により構成される型に区分される。

「水平根型」：根株から水平方向に伸長している根が骨格となって発達している根系形態で、大径の水平根により構成される型と小・中径の水平根により構成される型に区分される。


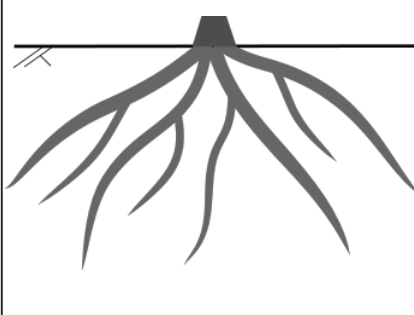
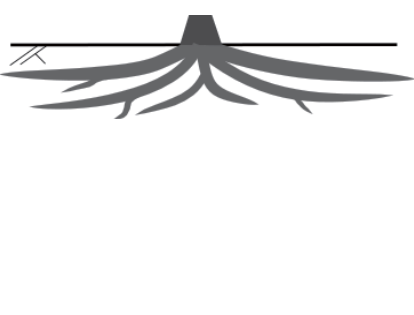
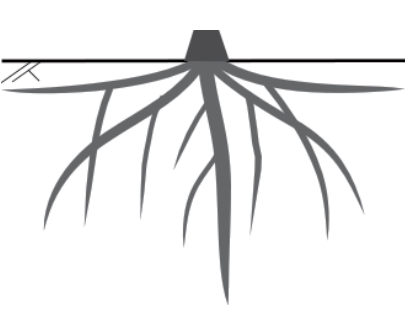
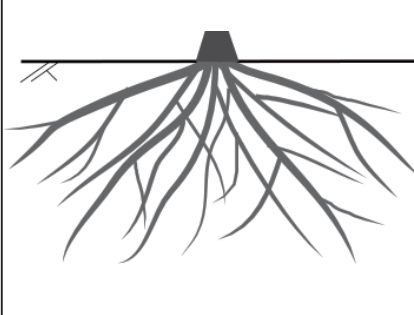
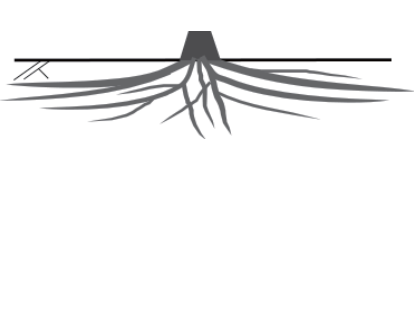
	垂下根型	斜出根型	水平根型
大径根・発達型			
小・中径根・発達型			

図 - II .2 根系形態の分類（「樹木根系図説」を参考に作成）

さらに、垂直分布および水平分布は、全体を構成する根系のうち垂直方向と水平方向について根系分布を分類したものであり、垂直分布は「浅根型」、「中間型」、「深根型」に、水平分布は「分散型」、「中間型」、「集中型」に分けられる。

・垂直分布

「浅根型」：垂直方向の根系が、表層土壌の浅い土壌に分布する型。

「中間型」：垂直方向の根系が、浅根型と深根型の中間で中庸の深さに分布する型。

「深根型」：垂直方向の根系が、深層にある堅密で通気不良で貧栄養の心土にも多く分布する型。

- ・ 水平分布

「分散型」：水平方向の根系が、根株の近くから遠くまで広範囲に分布する型。

「中間型」：水平方向の根系が、根株に集中しないが広範囲まで伸長せずに分布する型。

「集中型」：水平方向の根系が、根株に集中して分布する型。

⑥ 支持力

支持力は、樹冠形状と根系形態のバランスから地上部を支持する強度について、経験的な知見から判断して分類したものであり、「大」、「中」、「小」に分類される。

「大」：根系が良好に成長している状態において強風に曝されても倒伏することはほとんどなく、地上部を支持する根系の強度が大きいと判断できる樹木。

「中」：根系が良好に成長している状態において強風に曝されると稀に倒伏するものの、ある程度の根系の支持強度があると判断できる樹木。

「小」：根系が良好に成長している状態においても強風に曝されると倒伏しやすく、根系の支持強度が小さいと判断される樹木。

⑦ 移植の難易

移植の難易は、根系切断後の発根性と回復力について、経験的な知見から判断して分類したものであり、「易」、「中」、「難」に分類される。一般的には、垂下根が発達する深根性の樹種は根系切断による影響が大きいため、浅根性の樹種のほうが移植が容易であるとされている。

「易」：根系切断後の発根性と回復力が大きく、移植後の成長が早期から良好となる樹木。

「中」：根系切断後の発根性と回復力が中庸で、移植後の成長が認められる樹木。

「難」：根系切断後の発根性と回復力が小さく、移植後の成長が不良な樹木。

沖縄の主な都市緑化樹木の特性について、関連文献や別途に実施した根系調査結果等から整理すると表 - II .1 に示すとおりである。

表 - II.1 沖縄における主な都市緑化樹木の樹種特性（1）

形態	樹種		樹種特性	樹冠形状	耐風性	耐潮性	成長性	根系特性				
								根系形態	垂直分布	水平分布	支持力	移植の難易
第1編・手引き 常緑高木・広葉樹	アコウ	クワ科 イチジク属	樹高 20m 程度に達する。気根性であるが、ガジュマルほどではない。枝を多く分岐させ、広い樹冠を形成する。5 月頃、ピーマンの袋状の花序を、幹や枝から直接出た短い柄に付ける。	傘形状	強い 3)	強い 3)	速い 4)	小・中径のひも状垂下根・水平根型	深根型	分散型	大	易 3)
	アカギ	トウダイグサ科 アカギ属	樹高 25m に達する。樹皮は赤褐色である。葉は三出葉で、枝を広げ大きな樹冠をつくる。	傘形状	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根・垂下根型	深根型	中間型	大	やや易 3)
	アカテツ	アカテツ科 パラクイウム属	樹高 10 m 程度に達する。厚く縦ジワがあつて樹脂を分泌する樹皮は赤褐色で樹木全体が赤みがかつて見える。	卵円形	強い 3)	強い 3)	遅い 4)	中・大径の水平根型 1)	浅根型 1)	分散型 1)	大 1)	やや易 3)
	イスノキ	マンサク科 イスノキ属	樹高 20m に達する。葉は厚い革質で、虫えいが生じやすい。	卵円形	やや強い 4)	やや強い 4)	中 4)	中・大径の斜出根型 1)	中間型 1)	集中型 1)	大 1)	易 4)
	インドゴムノキ	クワ科 イチジク属	樹高 30 m にまで達する。大きな葉は革質で光沢がある。大きな樹冠で緑陰を形成する。	球形	強い 3)	強い 3)	速い 4)	小・中径の水平根型	浅根型 1)	中間型	中	易 3)
	オオハマボウ	アオイ科 フヨウ属	樹高 5 ～ 10 m 程度になる。幹は直立せず、枝が多く分岐する。咲き始めは明るい黄色で、終わり頃にはオレンジ色に変化する花を咲かせ、葉はハート形で身近に親しまれてきた花木である。	球形	強い 3)	強い 3)	速い 4)	小・中径の水平根・垂下根型	中間型 1)	中間型	中	易 3)
	オオバアカテツ	アカテツ科 パラクイウム属	樹高 10m 程度に達する。幹は直立して、円錐状の樹冠をつくる。花は独特のにおいを発するため、人通りの多い街路樹には向かない。	卵円形	—	—	—	中・大径の水平根・垂下根型	深根型	中間型	大	—
	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	樹高 10m 程度に達する。広げた枝の先に、革質で光沢のある葉を束生してつける。どこからでも出る樹液は有毒で、ぶら下がった卵大の果実が特徴的であるため、注意が必要である。	球形	強い 3)	強い 3)	やや速い 4)	中・大径の垂下根型	深根型	中間型	大	やや易 3)
	ガジュマル	クワ科 イチジク属	樹高 20m に達する。幹から気根を発生し、地面に達すると肥大化して支持根となる。また、幹にも絡まり一体化する。	傘形状	強い 3)	強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根型	浅根型	分散型	大	易 3)
	カシワバゴムノキ	クワ科 イチジク属	樹高 12 m 程度になり、大きな革質の葉がカシワに似る。	球形	—	中 4)	—	小・中径の水平根型	—	分散型	中	易 4)
	クスノキ	クスノキ科 クスノキ属	樹高 20m 程度に達し、大きな樹冠を形成する。光沢のある葉や樹木全体に樟腦を含み芳香がある。	卵円形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根型 1)	中間型 1)	分散型 1)	中 1)	やや易 3)
	クロヨナ	マメ科 クロヨナ属	樹高 8 m 程度に達するが、幹は直立せずに低い位置で分岐するため、樹冠はあまり整わない。耐潮性が強く海岸地の植栽に適する。	球形	強い 3)	強い 3)	中 4)	中・大径の水平根型	深根型	中間型	中	易 3)
	サキシマハマボウ	アオイ科 サキシマハマボウ属	樹高 10m 程度になる。夏に咲く黄色の花は、オオハマボウに似る。	球形	強い 3)	強い 3)	速い 4)	—	—	浅根型 2)	—	易 3)
	シマトネリコ	モクセイ科 トネリコ属	樹高 15 ～ 20m に達し、あまり目立たない白い小さな花をつける。	卵円形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の斜出根型	—	分散型	大	やや難 3)
	ソウシジュ	マメ科 アカシア属	樹高 15m 程度に達する。多少枝垂れるのと葉のように見える葉柄が柳のような樹形を思わせる。花は黄色の球形で多少芳香がある。	球形	強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	長い水平根と長大な垂下根型 1)	深根型 1)	分散型 1)	大 1)	やや易 3)
	タコノキ	タコノキ科 タコノキ属	樹高 5 ～ 10m に達する。分岐した幹の下部からは気根を多数発生させ、地中に伸長させている。細長い葉は 1m 程度で、大きくて鋭い鋸歯を持つ。	ヤシ形	強い 3)	強い 3)	速い 2)	支柱気根の水平根型	浅根型	中間型	大	易 3)
	タマリンド	マメ科 タマリンド属	原産地（西アフリカ、インド）では樹高 25m に達する。羽状複葉で成長が早く萌芽力があるため、緑化樹に適している。甘酸っぱい果肉は食用になる。	球形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 3)	中・大径の斜出根型	—	集中型 1)	大	やや易 3)
	テリハボク	オトギリソウ科 テリハボク属	樹高 20m に達する。幹が曲がりやすく樹形も乱れやすい。葉は革質で光沢があり、緑色が美しい。丸い果実も特徴的である。	傘形状	強い 3)	強い 3)	中 4)	中・大径の垂下根型	深根型	分散型	大	やや易 3)
	ハスノハギリ	ハスノハギリ科 ハスノハギリ属	樹高 20 m 程度に達する。葉は革質で光沢がある。丸くて袋状になった小苞の中にある果実は特徴的である。	傘形状	強い 3)	強い 3)	速い 4)	中・大径の斜出根・垂下根型	—	分散型	大	やや易 3)
	パンノキ	クワ科 アルトカルプス属	樹高 15m 程度に達する。革質で非常に大きな葉が特徴的である。径 15cm 程度の球形の果実は食用となる。	球形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の斜出根型	—	分散型	大	やや易 3)
	フィカスネリフォリア	クワ科 イチジク属	室内観葉植物として東南アジアなどから導入され、露地でもよく生育している。枝が下垂する特徴があり、樹形が整う。	卵円形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 3)	中・大径の水平根・斜出根型	—	中間型	大	易 3)
	フクギ	オトギリソウ科 フクギ属	樹高 20 m 程度まで達するが成長は遅い。枝が広がらずに円錐状の樹冠を形成するため、沖縄の街路樹として最も多く植栽される。	卵円形	強い 3)	強い 3)	遅い 4)	中・大径の垂下根型	深根型	分散型	大	難 3)
	ベンガルボダイジュ	クワ科 イチジク属	樹高 30 m に達する。幹から多く枝が発生し、革質で光沢のある大きな葉をつける。枝から多くの気根を降ろす。	球形	やや強い 3)	やや強い 3)	中 4)	中・大径の水平根・斜出根型	—	分散型	大	易 3)
	ホルトノキ	ホルトノキ科 ホルトノキ属	樹高 20m に達する。葉はヤマモモに似るが波状にならず、落葉前には紅葉する特徴がある。	卵円形	やや強い 3)	やや強い 3)	中 4)	中・大径の水平根・斜出根型 1)	中間型 1)	中間型 1)	中 1)	やや易 3)
	モクマオウ	モクマオウ科 モクマオウ属	樹高 20m 程度に達する。幹は直立する。マツの葉のように見えるのは小枝で各節にごく小さな輪生状の葉をつける。	卵円形	強い 3)	強い 3)	速い 4)	中・大径の垂下根型	深根型	中間型	大	難 3)
	モンパノキ	ムラサキ科 メセルスクミディア属	樹高 5 ～ 10m 程度である。通常は 2 ～ 3m の灌木状である。	球形	強い 3)	強い 3)	中 4)	小・中径の斜出根型	—	集中型	中	やや易 3)
	ヤブツバキ	ツバキ科 ツバキ属	樹高 5 ～ 15m 程度に達する。樹皮は灰白色でなめらかで、赤色の花を 1 ～ 3 月に咲かせる。	卵円形	やや強い 4)	中 4)	遅い 4)	中・大径の斜出根・水平根型 1)	浅根型 1)	集中型 1)	中 1)	中 4)
	ヤブニッケイ	クスノキ科 クスノキ属	樹高 15m 程度で、葉は揉むと芳香がある。種子からは香油を採ることができる。	卵円形	やや強い 4)	やや強い 4)	やや速い 4)	小・中径の斜出根型	中間型 1)	集中型	大	難 4)
	ヤマモモ	ヤマモモ科 ヤマモモ属	樹高 20m に達する。雌雄異株で、4 ～ 5 月に結実する赤紫色の果実は食用となる。	卵円形	やや強い 4)	中 4)	遅い 4)	中・大径の水平根・垂下根型 1)	中間型 1)	中間型 1)	中 1)	易 4)
	リュウキュウコクタン	カキノキ科 カキノキ属	樹高 10m 程度に達する。直立した幹から多くの枝を分岐させ、整った樹形となる。材は三線の棹や床柱として利用されてきた。沖縄県内の市や町の木として多く指定されている。	卵円形	強い 3)	やや強い 3)	遅い 4)	小・中径の水平根・垂下根型	中間型	深根型	中	やや易 3)

表 - II.1 沖縄における主な都市緑化樹木の樹種特性（2）

形態	樹種		樹種特性	樹冠形状	耐風性	耐潮性	成長性	根系特性				
								根系形態	垂直分布	水平分布	支持力	移植の難易
落葉高木・広葉樹	アメリカデイゴ	マメ科 デイゴ属	樹高 5 m 程度で、枝が広がり球形の樹冠を形成する。真夏に真っ赤な花をつける。	球形	—	—	—	中・大径の水平根型	中間型 1)	分散型	小	易 1)
	アメリカネム	マメ科 サマネア属	原産地では樹高 25 m に達する。枝を大きく広げた樹幹は 30 m にもなり、大きな緑陰を形成する。	傘状形	弱い 3)	弱い 3)	—	小・中径の水平根型	—	分散型	小	やや易 3)
	キワタノキ	バンヤ科 キワタ属	樹高 25 m 程度に達する。幹は直立し、太い棘を密生させる。花は枝の先端に近くで赤色、オレンジ色で、かたまってしまう。	球形	やや強い 4)	中 4)	速い 4)	小・中径の斜出根型	—	分散型	中	易 4)
	カンヒザクラ	バラ科 サクラ属	樹高 10 m 程度になる。沖縄で桜といえばこの種を指す。濃紅色（緋色）の下垂した花は、1 月末から 2 月ごろ咲き、日本一速い花見となる。	傘状形	やや強い 3)	やや強い 3)	やや速い 4)	中・大径の水平根型	中間型	分散型	中	やや易 3)
	ゴールドenシャワー	マメ科 カワラケツメイ属	樹高 15 m 程度に達し、黄金色の花が房状に垂れ下がる様子は壮観である。	球形	弱い 3)	弱い 3)	速い 4)	小・中径の水平根型	—	分散型	中	易 3)
	コパティシ	シクンシ科 モモタマナ属	樹高 20 ～ 25 m に達する。水平方向に輪生する枝が特徴的で、先端に葉を束生させてつけ、大きな緑陰を形成する。	傘状形	強い 3)	強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根型	中間型	分散型	中	易 3)
	シマサルスベリ	ミソハギ科 サルスベリ属	樹高 10 ～ 15 m に達する。樹皮は盛夏に白、冬に赤褐色となり特徴がある。花は夏～秋にかけて枝の先に円錐状につく。	傘状形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の斜出根型 1)	中間型 1)	中間型 1)	小 1)	易 3)
	センダン	センダン科 センダン属	樹高 20 m に達し、淡い紫色の花を咲かせる。枝を広げて緑陰を形成する。	傘状形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根・斜出根型	中間型 1)	分散型	中	やや易 3)
	タイワンフウ	マンサク科 フウ属	樹高 25 m 程度まで達し、直立して樹形が整う。秋には黄葉する。	卵円形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根・斜出根型	中間型 1)	分散型	中	易 3)
	タイワンモクゲンジ	ムクロジ科 モクゲンジ属	樹高 15 m に達する。円錐花序をなして 8 月頃に強い黄色の花をつけ、秋には紅葉するように桃色の美しい実をつける。	傘状形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 2)	中・大径の水平根・垂下根型	—	分散型	中	易 3)
	デイゴ	マメ科 デイゴ属	樹高 15 m に達する。初夏にかけて咲く赤い花は鮮やかで、沖縄県の県花となっている。	球形	強い 3)	強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根・斜出根型	中間型	集中型	中	易 3)
	トックリキワタ	バンヤ科 コリシア属	樹高 20 m に達し、幹がトックリ状で鋭いトゲを有する。10 ～ 12 月頃に大きなピンク色の花を咲かせ、花後にソーセージ状に結実した中には、綿毛が詰まっており、実がはじけると飛散する。	傘状形	やや強い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の垂下根・斜出根型	中間型	分散型	中	易 3)
常緑高木・針葉樹	ナンキンハゼ	トウダイグサ科 シラキ属	樹高 10 m に達する。鮮やかな紅葉が好まれ、沖縄では貴重な存在である。黒く堅い果皮が割れて白い種にも趣がある。	傘状形	中 4)	中 4)	速い 4)	中・大径の水平根・斜出根型	浅根型 1)	分散型	中	中 4)
	ホウオウボク	マメ科 ホウオウボク属	樹高 10 ～ 15 m に達する。太い枝を張り出して傘状の樹冠をつくり緑陰を形成する。5 弁で緋紅色の蝶形花をつけ、花後に枝からぶら下るように、青く大きな剣状のサヤが目立つ。	傘状形	やや弱い 3)	やや強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根・垂下根型	中間型	分散型	大	易 3)
	ヨウテイボク	マメ科 ハマカズラ属	樹高 5 m 程度に達する。花は紫、赤、白、黄色などがあり、美しい熱帯花木で、群植や並木での利用が効果的である。葉が羊のひづめの形に似ている。	卵円形	やや強い 3)	やや強い 3)	やや速い 4)	中・大径の水平根・斜出根型	中間型	分散型	中	やや易 3)
	イヌマキ	マキ科 マキ属	樹高 20 m に達する。単木としての利用の他、防風林として高生垣等にも利用できる。	円錐形	強い 3)	やや強い 3)	やや遅い 4)	中・大径の斜出根・垂下根型 1)	深根型 1)	中間型 1)	大 1)	やや易 3)
	カイヅカイブキ	ヒノキ科 ビャクシン属	樹高 10 m 程度に達するものもあるが、一般的には刈り込んで生垣状で利用することが多い。	円錐形	強い 4)	やや強い 4)	やや遅い 4)	中・大径の斜出根・水平根型 1)	浅根型 1)	集中型 1)	中 1)	中 4)
	コバノナンヨウスギ	ナンヨウスギ科 ナンヨウスギ属	原産地（ノーフォーク島）では樹高 50 ～ 60 m に達する。枝は輪生して水平に伸長し、円錐形の整った樹形を形成する。	円錐形	やや強い 3)	強い 3)	速い 4)	中・大径の水平根・垂下根型	深根型	分散型	大	やや易 3)
	ナギ	マキ科 マキ属	樹高 20 m 程度に達する。針葉樹であるが葉の形が楕円状にとがっているのが広葉樹のように見える。	卵円形	中 4)	中 4)	遅い 4)	中・大径の斜出根・垂下根型 1)	深根型 1)	中間型 1)	大 1)	中 4)
	リュウキュウマツ	マツ科 マツ属	樹高 25 m 程度まで達する。枝が湾曲しながら伸長し、傘状の樹冠を広げる。沖縄県の県木。	傘状形	強い 3)	強い 3)	やや速い 4)	中・大径の水平根・垂下根型	深根型	分散型	大	やや易 3)
	カナリーヤシ	ヤシ科 ナツメヤシ属	樹高 10 ～ 15 m に達する。直立した幹の上部に 5 m ほどの大きな葉をアーチ状に叢生する。	ヤシ形	やや強い 3)	やや強い 3)	中 4)	小・中径のひも状放射型 1)	浅根型 1)	集中型 1)	大	難 3)
	ココヤシ	ヤシ科 ココヤシ属	樹高 25 m 程度まで達するヤシで、直立して大型の羽状葉を広げる。	ヤシ形	強い 3)	強い 3)	中 4)	小・中径のひも状放射型	浅根型	集中型	大	やや易 3)
	トックリヤシモドキ	ヤシ科 トックリヤシ属	樹高 10 m に達するヤシで、トックリヤシより大きくなるが、幹はさほど肥大しない。	ヤシ形	強い 3)	やや強い 3)	中 4)	—	浅根型 2)	—	—	易 3)
	ビロウ	ヤシ科 ビロウ属	樹高 15 m 程度までなるヤシで、直径 1 ～ 2 m の扇型～半円形の掌状葉をつける。葉の中央まで深裂し、裂片が下垂して特徴的である。	ヤシ形	強い 3)	強い 3)	中 4)	小・中径のひも状放射型	浅根型	集中型	大	易 3)
ヤシ類	ヤエヤマヤシ	ヤシ科 ヤエヤマヤシ属	樹高 15 ～ 20 m 程度に達するヤシで、幹は直立して頂部から 4 ～ 5 m の羽状葉をつける。	ヤシ形	やや強い 3)	やや強い 3)	中 4)	小・中径のひも状放射型	浅根型	集中型	大	やや易 3)

※）引用文献

- 1) 「樹木根系図説」、苅住昇著、誠文堂新光社、1979
- 2) 「沖縄道路緑化技術指針」、沖縄総合事務局開発建設部監修、(社) 沖縄建設弘済会発行、1996
- 3) 「沖縄の都市植物図鑑」、国土技術政策総合研究所監修、(財) 海洋博覧会記念公園管理財団編集、新星出版、2009
- 4) 「沖縄の樹木」、新里孝和監修、平良喜代志著、新星図書出版、1987

1. 3 配植及び樹木規格

植栽樹木の配植をデザインするにあたっては、樹木の立地環境や建物との位置関係から風圧を受ける影響を把握した上で、風圧に応じて植栽密度を変えることや風上側に防風林を設置するなどの工夫により、倒木等の被害を軽減させることが重要である。

また、植栽する樹木の規格に関しては、規格が大きくなるほど植栽時に切断される根系が太くなるとともに切断根系量も多くなることから、可能な範囲で小さい規格の樹木を植栽して大きく育成することが望ましい。

①植栽密度

樹木を植栽する際には、植栽基盤を樹種に適した有効土層を確保するように整備した上で、数本の樹木を短い間隔で寄せ植えることにより、根系が絡まり合って樹体の支持強度を高めることが可能となる（写真 - II .4）。



写真 - II .4 フクギの植栽（左：街路樹、右：公園樹）

②防風林

樹木を強風から保護するためには、耐風性の高い樹木により構成した防風林を設置することで、風下側の樹木を被害から保護することができる（図 - II .3）。

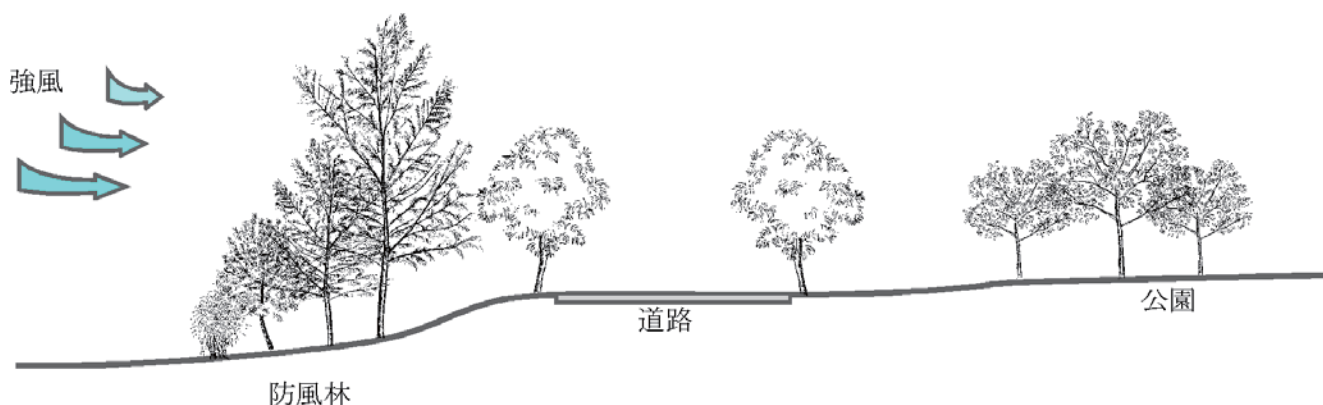


図 - II .3 防風林の植栽例

環境圧の厳しい海岸部や高台、広場などでは、幼木からの密な植栽によって防風効果を高めることで耐性の強い緑地を形成することが可能になる。また、海岸部の道路に街路樹を植栽するにあたって、

海側に防風林を整備することによって、街路樹の生育を確保することができる（写真 - II .5）。このことは、沖縄の海岸部に見られる自生の状態に近い植生を再現することによって、潮風に強く、さらに潮風害を受けにくい風衝形態を人工的に作り出すものである（写真 - II .6）。

防風林の植栽を行うにあたっては、以下のことに留意する。

- ・ 植栽可能な面的の空間が確保でき、植栽基盤となる有効土層を十分に確保できること。
- ・ 潮風環境の厳しい海浜地域において、確実に育つ樹種特性を有する樹種を選定すること。
- ・ 海側から陸地側に向かって徐々に樹高の高い樹種を植栽し、高さのある防風林とすること。
- ・ 植栽にはなるべく小さい苗木を使用して、できるだけ根系伸長を促進させること。
- ・ 植栽後は、防風ネットで保護することにより、潮風害等を軽減して成長を促すこと。
- ・ 植栽に適した樹種としては以下のものがある。

中・高木：アダン、アカテツ、モンパノキ、サキシマハマボウ、オオハマボウ、モクマオウ、リュウキュウマツ等

低 木：テリハクサトベラ、シャリンバイ、ハマジンチョウ等



（テリハクサトベラ、リュウキュウマツ）

写真 - II .5 街路樹の防風林



（テリハクサトベラ、アダン、オオハマボウ等）

写真 - II .6 公園の防風林

③コンテナ植物の利用

倒木被害を避けるためには、大型コンテナ植物の利用が有効となる。大型コンテナに植栽した樹木を利用することで、台風襲来時にはコンテナを倒したり、移動しての避難が可能になる。ただし、施肥、灌水等の維持管理は、露地植栽よりも頻繁に行う必要があるため、公園のイベント会場やコンクリート面等の修景が必要な場所での一時的な利用が主な対象となる（写真 - II .7）。



写真 - II .7 コンテナ植物の利用

1. 4 植栽基盤の整備

植栽基盤は、樹木が養水分を吸収するとともに樹体を支持する根系が伸長するための空間であり、その量と質の両面に配慮した整備が重要となる。また、根系は樹種によって異なる特性を有しており、水平方向に主たる根系が発達するタイプや垂直方向に根系が発達するタイプ、その両者の特性を有するタイプなど、根系の伸長方向は多様である。そのため、樹種ごとの根系に適した形状の植栽基盤を整備することが、倒伏に対して有効な手段となる。

植栽基盤の整備においては、まず植栽地となる土壌調査を実施して土壌の現状を把握した上で、植栽基盤として必要となる条件を満足するための整備方法を決定する。

①植栽基盤

植栽基盤は、物理性・化学性において根の伸長を妨げる条件がなく、適度な養分や水分を含んで根群が容易に伸長できる土層である「有効土層」と、この有効土層の底面に水が停滞しないように透水又は排水を確保するための「排水層」からなる（図 - II .4）。



図 - II .4 植栽基盤の概念図

植栽基盤の成立条件としては、樹木が良好に生育することが可能となることであり、概ね以下のとおりである。

物理的条件	<ul style="list-style-type: none"> 透水性が良好であり、かつ下層との境界等で水が停滞しないこと 土壌の硬さが適当であること 土壌に適度の保水性があること
化学的条件	<ul style="list-style-type: none"> 樹木の生育に障害を及ぼす有害物質を含まないこと 酸度（pH）が適当であること 養分をある程度以上の含んでいること

必要となる植栽基盤の大きさは、厚さ（深さ）においては樹種特性（樹木形状、根系の伸長特性）により異なり、広さにおいては一般的に樹冠の広がり程度（緑化目標とした樹冠形状を想定）とするのが標準である（表 - II .2、II .3）。また、植栽樹木の根系形態が明らかである樹木については、根系特性に合わせた植栽基盤形状の整備が重要となる（図 - II .5）。ただし、道路や舗装された広場等の規制を受ける植樹桝等では、樹冠の広がりと同程度の植栽基盤を整備することは難しい。この際には、広がりがある程度規制されても強風時に樹体を支持することが可能となる根系特性を有する樹種に変

更するなど、倒伏に対する配慮が必要となる。

表 - II .2 植栽基盤厚（深さ）の目安

層	根系・垂直分布	樹高		
		3～7m	7～12m	12m以上
有効土層・上層	浅根型・中間型	40cm	60cm	60cm
	深根型	60cm	80cm	80cm
有効土層・下層	浅根型・中間型	20～40cm	20～40cm	40～90cm
	深根型	40～60cm	60～80cm	80～100cm
排水層	共通	地盤の土質や勾配によって適宜決定する。		

※)「植栽基盤整備マニュアル、国土交通省監修、(財)日本緑化センター発行、2009」を参考に作成

表 - II .3 植栽基盤の広がりを目安

根系・水平分布（垂直分布）	植栽基盤の面積（直径）
集中型・中間型（深根型）	樹冠の投影面積（枝張りと同じ直径）
分散型（浅根型）	樹冠の投影面積×1.5（枝張り×1.5）

※)「植栽基盤整備マニュアル、国土交通省監修、(財)日本緑化センター発行、2009」を参考に作成

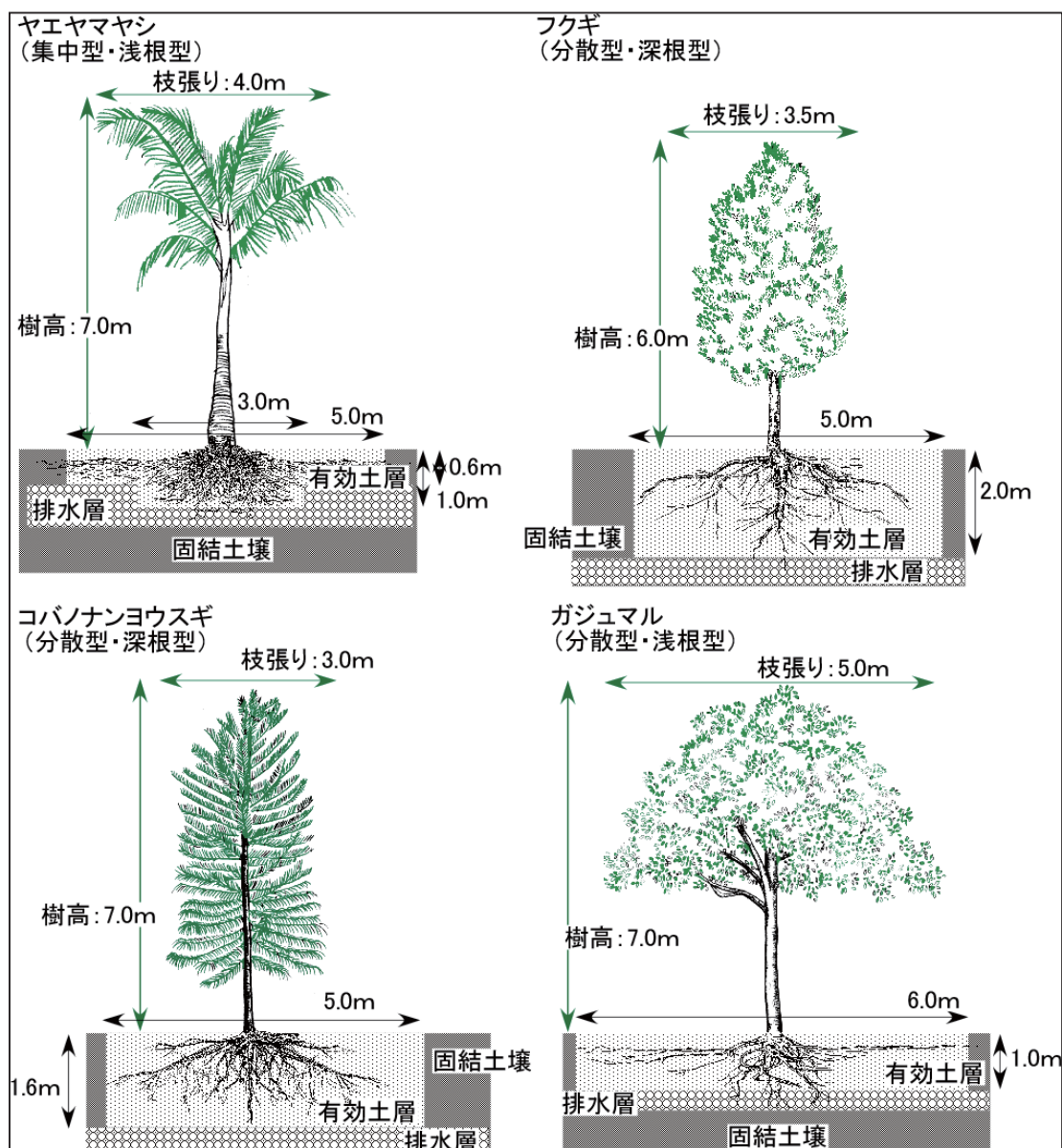


図 - II .5 根系形態に適した植栽基盤形状

②土壌の概要

植栽基盤は、屋上緑化等の人工土壌を使用する場合を除くと、ほとんどの場合は土壌であるため、植栽基盤の整備にあたっては土壌の特性を理解しておく必要がある。

土壌の性質は、樹木が生育する観点からみると「物理性」、「化学性」、「その他(生物性等)」に大別され、その概要は以下のとおりである。

・土壌物理性（硬さや水はけなどの物理的性質）

土壌の水はけ（排水性／透水性）、水もち（保水性）、土壌の粒子の状況（団粒度、孔隙性など）、重さ（容積重、仮比重）、土色などをいう。

土性	大きさの異なる鉱物の混じり具合（粒径組成）を示すものである。通気性や透水性、養分や水分の保持力等にかかわる重要な性質である。
保水性	土壌の水を蓄えておく水分保持力のことである。
排水性	土壌の水を通しやすいかの性質である。
土壌硬度	土壌の硬さのことである。土壌が硬いと根を伸ばすことができないため重要な性質である。
三相組成	土壌は一定の容積内に、土の粒子である「固相」、水の「液相」、空気の「気相」を構成しており、これらの比率割合を「三相組成」と呼んでいる。
容積重	容積重は土壌 100ml あたりの乾燥重量であり、土壌の種類や締まり具合により変化するため、それらの指標となる。

・土壌化学性（養分や酸度等の化学的性質）

酸度（pH）、養分量（窒素、リン、カリウムなど）などをいい、塩分などの生育阻害要因も含まれる。

土壌酸度	土壌の酸性・アルカリ性を示す指標である。pH は 0 ～ 14 の範囲で、7.0 が中性で、それ以下が酸性、それ以上がアルカリ性である。
養分	養分は窒素、リン、カリウムなどの元素成分等である。
腐植	腐植は、動植物の遺体等が土壌中で微生物や化学的な作用で分解・合成されて作られた暗色無定型な有機高分子化合物の総称である。
有害性	樹木の生育を阻害する物質の含有量など、有害の程度を示す指標である。

・土壌生物性

土壌動物や微生物など、土壌中の生物環境特性をいう。

③沖縄県の土壌特性

沖縄の主な土壌は、「国頭マージ」、「島尻マージ」、「ジャーガル」に分類され（写真 - II .8）、この他に「カニク（堆積土壌）」があるが、海岸付近に局所的に分布するため緑化分野では重要視されない。

これらの土壌の性質はそれぞれ異なることから、土壌ごとの対策が必要となる（表 - II .4、図 - II .6）。



（国頭マージ）



（島尻マージ）



（ジャーガル）

写真 - II .8 沖縄の主な土壌

表 - II .4 沖縄の主な土壌の特徴

	国頭マーヅ	島尻マーヅ	ジャーガル
概要	沖縄本島北部、久米島、石垣島、西表島、与那国島など広く分布する赤黄色土である。本島の国頭地方に広く分布するためその名がある。国頭礫層、千枚岩、花崗岩、安山岩、砂岩などに由来する土壌で、様々な性質を持っている。土壌は酸性で養分が乏しい。粒度は比較的細かく、土壌が流出しやすいが、締まりやすく排水不良を起こしやすい。	沖縄本島南部、宮古島などを中心に分布する暗赤色土である。島尻地方に広く分布するため、その名がある。主に珊瑚由来の琉球石灰岩が風化してできた土壌で、ややアルカリ性である。国頭マーヅほど細粒でなく沖縄の土壌の中では最も土層の物性は良い。しかし層位が薄く 50cm 以下のところが多いため、下層の石灰岩が亀裂が多く透水性が良い場合は乾燥害を起こしやすい。	沖縄本島中南部などを中心に分布する灰色台地土の石灰質である。クチャ（第三紀島尻層群泥岩）が土壌化したもので、アルカリ性で多量のカルシウムを含んでいる。土壌の養分が豊富で肥沃である。オリーブ灰～青灰色を示し、雨にあたると容易に崩れやすい。含まれる粘土組成のため極めて多量の水を吸収するが、水はけが悪い。
分布地の主な地形	傾斜地	平坦地	傾斜～平坦地
土色	赤・黄色	暗赤色	灰色
酸度 (pH)	酸性	微酸性～微アルカリ性	アルカリ性
肥沃性	乏しい	乏しいが他の土壌よりは多い	Ca、Mg 成分に富むが、N・P・K は乏しい
土性	粘土質の度合いに幅がある	粘土質が多いが団粒発達が良く乾燥を助長する場合もある	シルト質が著しい
土層状況	下層土が緻密である	石灰岩上に分布 浅い場合は 50cm 以下	下層土基岩 (クチャ) が緻密

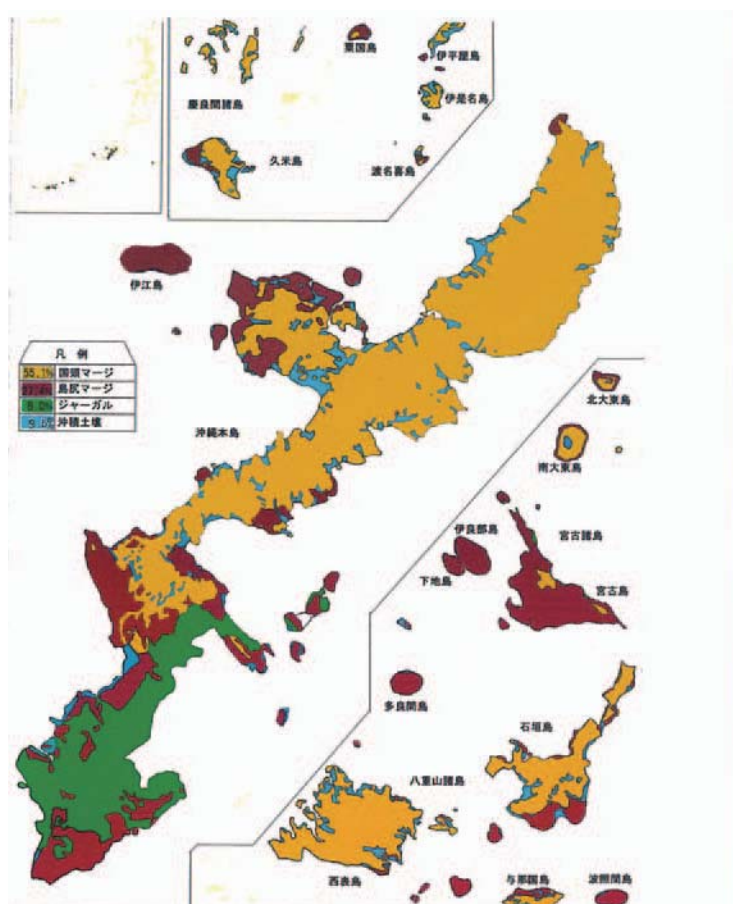


図 - II .6 沖縄の土壌分布 ※) 出典：沖縄県農業研究センター土壌環境班

④土壌調査

植栽基盤を整備するにあたっては、植栽地の地盤造成が完了した時点で確実な土壌調査を実施して、土壌における問題点を把握し、適切な対応を実施することが重要である。可能であれば、地盤造成前の土壌について、土壌分布図等の既存の資料や土地所有者へのヒアリングなどから確認しておくことで、造成初期における客土等の効率的な植栽基盤整備が実施可能となる。

地盤造成後の設計段階において実施する基本的な土壌調査としては、現地において地形状況の確認や地盤表面での土壌分布の観察、掘削した土壌断面での土層状況の観察や土壌硬度の測定等を行うとともに、採取した試料を室内試験により土性、土色、礫・異物含有状況、化学性（pH、EC等）を測定し、評価までを行う（表 - II .5）。

表 - II .5 設計段階における土壌調査項目と判定基準

調査項目		調査内容	調査方法	単位	評価基準		
					1（良）	2（可）	3（不良）
現地調査	排水性及び土層状況（植栽地全域）	・地形の凹凸箇所や土壌表面が過度に湿っていたり変色している箇所は排水している可能性があるため、試掘して排水状況を調べる。	排水性／観察	—	良好な排水状況	問題なし	排水不良状況が顕著
		・植栽地全域の土壌状況を、造成状況や土壌表面の色や指触、植生の状況などから異なると判断される箇所毎に検土杖による簡易調査で調べる。	土層状況／観察、山中式土壌硬度計、サンプリング（室内試験で測定）	mm（土壌硬度）	11～20	20～24	24以上 11以下
	透水性	・簡易現場透水試験器を用いて透水性を測定する。	長谷川式簡易現場透水試験器	mm/hr	100＜	30～100	30＞
	硬度	・長谷川式土壌硬度計（または山中式土壌硬度計）を用いて、硬度を測定する。	長谷川式土壌貫入計	S 値 cm/drop	1.5～4.0	1.0～1.5	1.0＞
	保水性	・調査地の土性（指触土性）、調査地の土壌観察から、土壌の保水性を推定する。土性の詳細を調査する必要がある場合は土壌分析を行う。	観察、指触	—	良好な水分を保つ	特に問題なし	保水性不足が顕著
	養分	・土壌の土色（マンセル土色帳による）、土性（指触土性）、調査地の植生生育状況から、土壌養分の状況を推定し、肥沃度を判断する。土性の詳細を調査する必要がある場合は土壌分析を行う。	観察、指触	—	良好な状態	阻害要因はないとみられる	明瞭な問題点がある
室内試験等	有害物質	・ECメーターを用いて電気伝導度を測定する。 ・現地において土壌の変色や植物の侵入がみられない場合は、発芽試験（ハツカダイコン等）により有害物質の可能性を確認し、問題がある場合は専門家による詳細分析を行う。	電気伝導度（ECメーター）	dS/m	0.2～0.5（砂土） 0.2～1.0（その他土壌）		0.5以上（砂土） 1.0以上 0.2以下は不良ではないが貧栄養
			発芽試験	—	生育良好	貧栄養等が観察されても生育障害はない	生育障害がみられる
	酸度	・pH計を用いて、試掘及び掘削断面で採取したサンプル土壌の酸度を測定する。	pH計（pH（H ₂ O））	—	5.6～6.8	4.5～5.5 6.9～8.0	4.5＞ 8.0＜

評価基準 1（良）：植栽基盤として望ましい。

2（可）：他の要素と複合された場合などに、樹種によっては影響を受けることがある。

3（不良）：明らかに樹木の生育等に悪影響を及ぼす。

※）「植栽基盤整備マニュアル、国土交通省監修、（財）日本緑化センター発行、2009」を参考に作成

⑤植栽基盤の整備工法

造成地盤における植栽基盤としての問題が土壌調査により確認された場合には、改善するための整備を行う必要がある。沖縄の土壌は、粘性土であることが多いため、土壌物理性の改良、特に排水性の改良が重要となる。土壌物理性の改良は土の粒子間の空隙を適度に増加させることであり、耕耘により改善を図り、その後の空隙を保つための土壌改良材を混合することが効果的である。沖縄の主な土壌における改良の要点は表 - II .6 のとおりである。

標準的な数値目標と整備工法は表 - II .7、II .8 に示すとおりであり、より樹木の成長を促進したりする必要がある場合には、目標とする数値を高めに設定する。

表 - II .6 沖縄の主な土壌における改良の要点

	国頭マージ	島尻マージ	ジャーガル
改良目標	土壌が固結しやすく排水不良を起こしやすい。また酸性で養分が乏しいことから、締まりやすい土壌を軟らかくして、水はけと保水性を高めるとともに、補助的に養分不足を改善する。	層位（50cm 以下）が薄い場所が多く、また透水性が良過ぎる場合に土層不足による乾燥害を起こしやすいことから、十分な有効土層を確保するとともに、保水性を高める。	粘土組成のため排水性不良を起こしやすい。また、養分はカルシウム、マグネシウムに富むが窒素分が乏しいことから、水はけと保水性を高めるとともに、窒素不足を改善する。
改良項目	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌の膨軟化 ・排水性の向上 ・保水性の向上 ・養分不足の改善 	<ul style="list-style-type: none"> ・有効土層厚の確保 ・保水性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・固結土壌の破碎 ・排水性の向上 ・保水性の向上 ・養分（窒素）の改善
改良方法	<ul style="list-style-type: none"> ・バックホウによる耕耘 ・土壌改良材の混合 	<ul style="list-style-type: none"> ・バックホウによる耕耘 ・土壌改良材の混合 	<ul style="list-style-type: none"> ・バックホウによる耕耘 ・土壌改良材の混合
改良資材	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャーガル ・石灰岩碎石 ・海砂（洗浄済） ・無機質系改良材（真珠岩パーライト、バーミキュライト） ・有機質系改良材（木質系コンポスト等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ジャーガル ・海砂（洗浄済細粒品） ・無機質系改良材（真珠岩パーライト、バーミキュライト） ・有機質系改良材（木質系コンポスト） 	<ul style="list-style-type: none"> ・石灰岩碎石 ・海砂（洗浄済） ・無機質系改良材（真珠岩パーライト、バーミキュライト） ・有機質系改良材（木質系コンポスト等）

表 - II .7 植栽基盤の標準的な数値目標と整備工法

整備対象	改善目標	整備工法
排水性	良好な排水状況	<ul style="list-style-type: none"> ・排水層工 ・通気工
透水性（現場透水試験）	100 <	<ul style="list-style-type: none"> ・土層改良工 ・土壌改良工 ・盛土工 ・客土置換法
硬度（S 値）	1.5 ～ 4.0	
保水性	良好に水分を保つ状態	
養分	阻害要因がない状態	
有害物質（EC）	0.5（砂土） 1.0（その他土壌）	
酸度（pH（H ₂ O））	5.6 ～ 6.8	

※）「植栽基盤整備マニュアル、国土交通省監修、（財）日本緑化センター発行、2009」を参考に作成

表 - II .8 植栽基盤の整備工法

種 別	細 別	内 容	排水・排水性		有効土層の範囲 (厚さ・面積)					
			表面排水	下層排水	透水性	硬度	酸度	有害物	養分	保水性
排水層工	①開渠排水	植栽基盤の周辺に溝を設置し、地表水の排水を図ると共に、外部からの地表水の流入を防ぐ方法。	○	△						
	②暗渠排水	植栽基盤下部に中空の管などを設置し、これにより地中水を排水する方法。	△	○	△					
	③縦穴排水	植栽基盤の不透水層がある植栽樹木の周辺部もしくは植穴下部に縦穴を掘り、その中に管や砂などを挿入し、透水性及び通気性の改善を図る方法。		○						
	④心土破碎	有効土層下部の基盤が、岩盤等のように固く固結して、排水性が極端に悪い場合に、下層の硬い層を破碎し、排水性を改善する方法。		○						
土層改良工	①普通耕	植栽基盤の表層部分をトラクター等で通常 20cm 程度、耕起することにより、土壌を団塊化して、通気性、透水性を改良し、有効土層を拡大する方法。			○	○				△
	②深耕	深い有効土層 (通常 40 ～ 60cm 以上) を必要とする場合に行う深層耕起の方法。			○	○				△
	③混層耕	植栽基盤の表層部と下層部の土壌の性質が異なる場合、混合耕耘により、有効土層を確保し、土層構造の連続性を持たせる方法。			○	○				△
	④空気注入耕起法	固結した土層に高圧の空気を送り込み土壌の膨軟化を図る方法。		△	○	○				△
土壌改良工	①土壌改良	土壌改良材等の混合により理化学性の改良を行う方法。			○	○	△		△	○
	②中和剤施用	強酸・強アルカリ性の基盤を中性近くに改良を図る方法。					○			
	③施肥	養分不足で貧栄養な基盤に施肥して肥沃な土壌に改良する方法。 (施肥は、一般には土壌改良に含まれないが、造園緑化分野では土壌改良として考えることが多い。)							○	
盛土工	①表土保全	良質な採取表土を使用時期まで保全して利用する方法。	△		○	○	○	○	○	○
	②発生良質土等盛土	良質な発生土または良質な流用土を基盤表面に盛土する方法。	△		○	○	○	○	○	○
	③購入土盛土	良質な購入土を基盤表面に盛土する方法。	△		○	○	○	○	○	○
	④高植盛土	排水不良対策として小盛土を行った場所に植栽する方法。	△		○	○	○	○	○	○
客土置換法	①客土置換	植樹内や植栽帯等の狭小な場所の基盤、または他の工法による整備が困難な場合に、良質土との入れ替えにより、改善する方法。	△		○	○	○	○	○	○
通気工	①空気管設置	植穴下層から表層へ空気管 (通気管) を設置し、根腐れ等を防止する方法。		△	△					

○：直接的な対象課題

△：間接的な対象課題

※) 引用文献：「植栽基盤整備マニュアル」、国土交通省監修、(財)日本緑化センター発行、2009

1. 5 支柱

支柱は、樹木を植栽する際に樹体を倒伏させないことと、風により大きく揺れて根鉢と植栽基盤に隙間ができたり発根した細根が切断されたりしないようにし、根の伸長を促進させるために設置するものであり、基本的には樹木が活着して根系を十分に伸長させ樹体を支持することができるまでの仮設物である。

そのため、支柱の種類と規格は、植栽する樹木の大きさに応じて、最適なものを選定する必要がある。

支柱の主な種類としては、以下のものがある（図 - II .7）。

①添木型または一本型

樹高の小さい中木や高木苗木等の樹木に対して、竹等を幹に添わせたり斜めに支えるように打ち込み、幹と結束して支持するものである。

②鳥居型

切丸太を鳥居の形に組み合わせ、幹を結束して支持するものである。形状がシンプルであるため、植栽地の面積が狭い場所での設置に適している。二脚型、三脚型、四脚型（十文字型、二脚組合せ型）になるにしたがって支持強度が高くなるため、樹木の大きさと受ける風圧の大きさにあわせて最適なものを選定するようにする。

③ハッ掛け型

樹冠形状が傘状形や球形のような枝張りの大きい樹木等に対して、3～4本の長丸太を樹幹や主枝にさしかけて結束して支持するものである。植栽地面積が広い場所での設置に適している。

④ワイヤー型

樹高が大きい樹木に対して、樹幹に結束したワイヤーロープを3～5方向に斜めに張って支持するものであり、最も支持強度が大きい。植栽地面積が広い場所での設置に適している。

⑤その他

上記の他に、竹や丸太のかわりに鋼管等の材料を使用した「鋼製型支柱」や、地下部の根鉢を地中で支える「地下型支柱」などがあるが、上記の支柱に比較して費用がかかるため周辺景観との調和等の必要性に応じて適用を検討する必要がある。なお、鋼製型支柱では樹木の成長に応じて交換や撤去に手間がかかることや、地下型支柱では維持管理において劣化等の状況を確認しにくいことなどを十分に考慮しておく必要がある。

台風の襲来が多い沖縄県においては、街路樹の倒木実態調査において、支柱が設置されているものの樹木とともに傾斜してしまう事例が確認されていることから、全国的な設置基準よりも大きい規格の支柱を設置することで、台風による被害を軽減させることが望まれる（表 - II .9）。また、台風時の大量の雨水により排水が間に合わずに植栽基盤内の土壌が軟弱化した場合のことを想定して、支柱の根入れは基準値以上に深くまで入れることも重要である。

さらに、支柱の選定においては、以下のことに留意する。

- ・公園利用者や道路通行者の支障とならないよう、植栽場所に適した構造を選定する。
- ・樹幹や根鉢の固定が目的であるため、樹木規格にあった適切な構造で美観に考慮したものを選定する。
- ・樹木を植栽後3～5年以上にわたって支持するものであるため、耐久性のある構造と材質であるものを選定する。ただし、杉皮やシュロ縄等の結束材は劣化するため、あらかじめ交換時期の目安を示しておく必要がある。
- ・樹木とともに景観を構成する要素となるため、修景上の配慮も必要であり、同系統の材質や色調となるよう統一感のある材料を選定することが望ましい。また、指定材料以上に太い丸太等は、支持強度が過度となるだけで、景観上も好ましくない。
- ・添木は、本来曲がった幹を直にするために設置するものであるが、強風による幹折れを防止する

ことにも効果がある。そのため、植栽樹種の特性等に応じて設置の必要性を検討する。

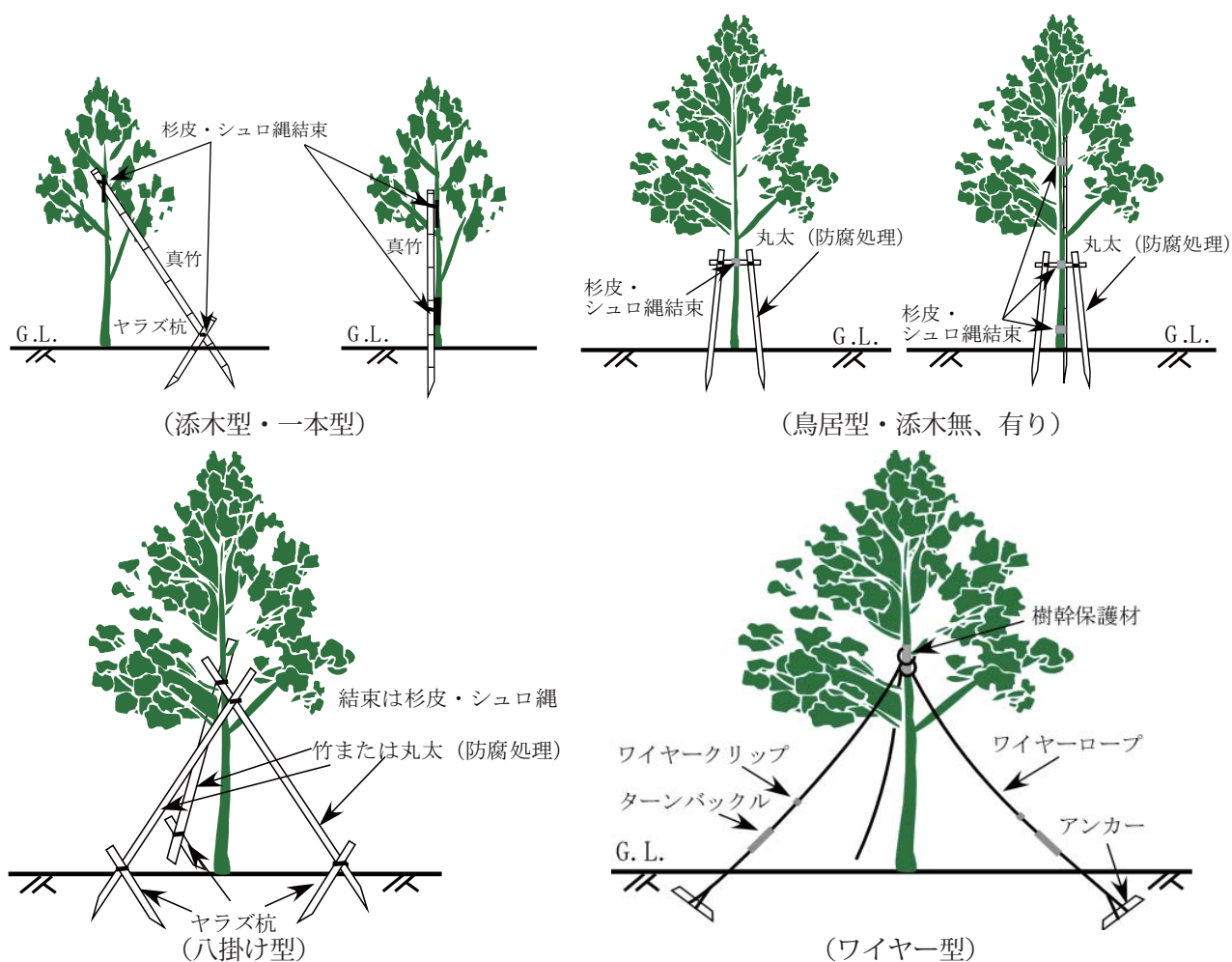


図 - II .7 主な支柱の種類

表 - II .9 沖縄における支柱設置規格の目安

支柱形式	高木【樹高 (m)】																	備 考
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	以上	
添木型又は一本型																		幼木に適用する
二脚鳥居型																		強風を受けやすい場所では、添木を設置する。樹木の大きさ等に応じて支柱サイズを変える。
三脚鳥居型																		
四脚鳥居型 (十字鳥居型支柱)																		
四脚鳥居型 (二脚鳥居組合せ型)																		
ハツ掛け三本支柱 (三脚ハツ掛け型)																		樹木の大きさ等に応じて支柱サイズを変える。
四脚ハツ掛け型 (ハツ掛け四本型)																		
ワイヤー型																		通行の障害になる場所での使用は、なるべく避ける。

2. 施工

施工にあたっては、施工時期、工程管理、品質管理、安全管理等に十分に留意して、植栽後の樹木が早期に活着して良好に生育できるように的確に実施することが、樹木が台風被害を受けにくくするために重要である。

施工において台風被害を抑制するために留意すべき内容は、以下のとおりである。

2.1 植栽時期

施工計画においては、樹木の植栽時期を樹種に適した時期（適期）に行うように設定する（表 - II .10）。植栽に適しているのは、樹木が休眠期間に入り蒸散・光合成・呼吸などの活動をほとんどしていない状態で、環境条件に対する抵抗性を最も高くする期間である。温帯性の樹種では冬季の低温期が、熱帯・亜熱帯性の樹種では夏季の高温期が休眠期間となる。また、冬の低温と季節風、夏の乾燥、台風による強雨の時期は避けるようにする。

表 - II .10 沖縄県における植栽適期の例

分類	樹種例	植栽適期											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
温帯性 針葉樹	カイヅカイブキ												
	イヌマキ												
温帯性 常緑広葉樹	イスノキ												
	ホルトノキ												
温帯性 落葉広葉樹	ナンキンハゼ												
	センダン												
熱帯・亜熱帯性 針葉樹	コバノナンヨウスギ												
	リュウキュウマツ												
熱帯・亜熱帯性 落葉広葉樹	カンヒザクラ												
	ハウオウボク												
	トックリキワタ												
	コバテイシ												
熱帯・亜熱帯性 常緑広葉樹	インドゴムノキ												
	アカギ												
	フクギ												
	ガジュマル												
ヤシ類	ココヤシ												
	ワシントンヤシ												

※）引用文献：「沖縄都市緑化技術指針」、沖縄総合事務局監修、（社）沖縄建設弘済会、1996

2.2 樹木材料の品質

使用する樹木材料は、設計で決められた「樹木形状で活力が良好なものであること」に加えて、「根系伸長が良好なものであること」を確認する。また、樹木サイズが大きいものは、根鉢が適正に形成されているのかを、根系切断後の発根と伸長状態により確認し、植栽後に樹体を支持することができる根系を形成できるものを確実に選定する。根系が未発達のものや根系切断による回復が不良の樹木は、植栽後の根系伸長が不良となり、台風による被害を受けやすくなる。

そのため、樹木材料を確認するにあたっては、樹木に関する知識と経験を十分に有する者が行う必要がある。

2.3 施工時の留意点

施工時においては、以下の点について留意する。

①植栽基盤整備工

植栽基盤は、樹体を支持する根系が伸長する空間であり、台風倒木を抑制するには重要な整備項目である。植栽基盤整備においては、着工前に設計条件の確認を行うことも兼ねて土壌調査を行うことが望ましい（写真 - II .9）。造成時には、大型建設機械等の使用によって植栽地の土壌条件が変わっていることもあり、土壌調査を行うことで植栽基盤の整備計画を適正なものに修正することが可能となる。少なくとも、土壌の透水性、硬度の物理性については簡易にできることから測定しておく必要がある。



写真 - II .9 現場における土壌物理性の測定（左：透水測定、右：硬度測定）

土壌改良材の使用にあたっては、有機質系・無機質系の素材において多種多様な種類のものがあるため、土壌の改良目的に適した信頼できる品質であるものを選定する。

施工時は、粘性土の場合においては可塑性が強く水分を含む状態で練り返すと乾燥時に著しく固結してしまうことが多いため、土壌の含水状態を確認しながら作業を行わなければならない（写真 - II .10）。



写真 - II .10 土壌改良材の混入

②植栽工

樹木は、植栽地に搬入すると同時に速やかに植え付け、樹木活力の低下を起こさないように配慮する。植え付けでは、植穴に根鉢が適正な高さになるように入れ込んで土壌を埋め戻し、水極めや土極

め等の植栽樹種に適した方法で確実に固定する。植栽樹木の太根等に切断痕や搬送時等の傷害がある場合には、鋭利な刃物で切り直して殺菌剤を塗布し、腐朽菌侵入を防ぐようにする（写真 - II .11）。



写真 - II .11 切断痕への殺菌剤塗布

③支柱設置工

支柱は、設計で決められた種類、規格のものを設置するが、実際の施工現場においては植栽樹木の大きさが設計値以上となる場合も生じるため、その際には適宜変更する必要がある。また、植栽地の風圧等の環境条件が設計条件と

異なっている場合もあることに留意する。
施工にあたっては、根鉢を傷つけることのないように支柱材を打ち込み、また、樹幹固定部の結束は緩衝材料で確実に保護する。これにより、倒木の要因となる樹木の根系腐朽、樹幹腐朽をできるかぎり防止する。ワイヤー型支柱は、支持強度が大きいことから強固に設置すると強風時に幹折れを生じる恐れがあるため、ワイヤーロープを適度な引っ張り強度で保ち、樹体が多少揺れる程度に設置する（写真 - II .12）。



写真 - II .12 ワイヤー型支柱の設置例

第Ⅲ章 台風襲来時の対策

～台風襲来時の緊急対策と被害樹木の処置方法を理解する～

台風の襲来前には、①都市緑化樹木の管理体制を早急に構築し、②樹木健全度を確認した上で、③被害を受けやすい状態の樹木に対する防止対策を実施する。襲来時には、台風により被害が生じた樹木について、④被害状況に応じた応急処置を早急の実施する。台風の通過後には、⑤被害木の本格的な対策を施すとともに、⑥その被害要因を解消する。

1. 台風襲来時の対応（樹木管理体制）

台風の襲来が気象予報等で明らかとなった場合には、樹木管理体制を早急に構築した上で、襲来前における樹木健全度の現況把握と被害防止対策を実施する。襲来時には、被害状況確認のパトロール等を実施するとともに、被害発生時に応急処置を行うことが可能となるよう作業員を待機させ、発生時には早急な対応をとる。通過後は、本格的な被害木の処置を行うとともに、被害発生要因を究明して再被害防止のため要因解消を行う（図 - Ⅲ .1）。

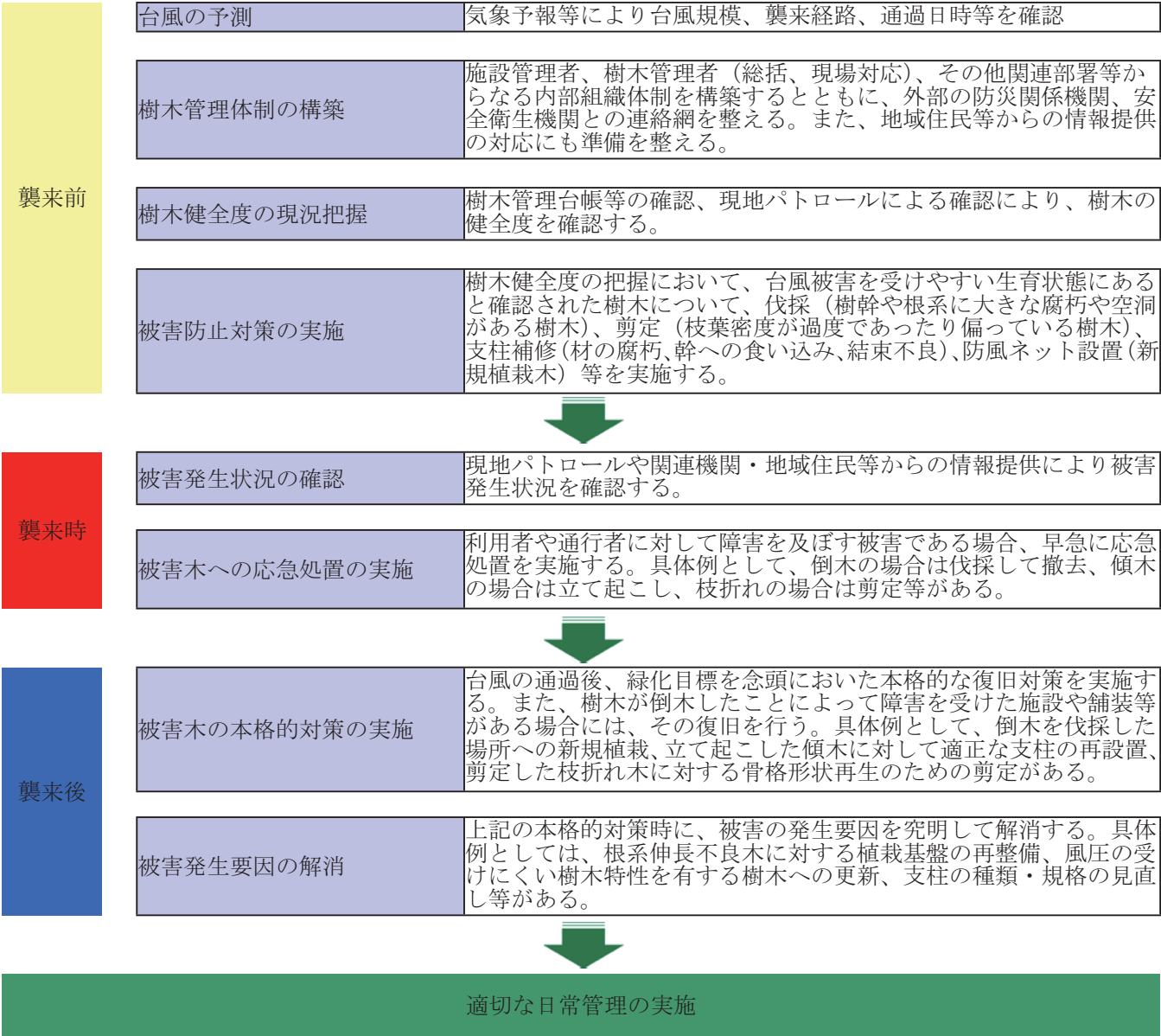


図 - Ⅲ .1 台風襲来時の対応

2. 樹木健全度調査と被害防止対策の実施

2.1 樹木健全度調査

樹木健全度は、樹木の活力度と倒木等に対する危険度を把握したものであり、原則としては維持管理において定期的に調査しておくものである。そのため、樹木健全度調査が実施されていれば、その際にまとめられた樹木カルテを確認することで樹木の健全状況が確認できる。ただし、過去の調査から年数が経過していたり、調査が行われていない場合には、現地パトロール等により現況の問題点を確認する必要がある。台風前の樹木健全度の調査項目とそのポイント、想定される被害については表 - Ⅲ .1、写真 - Ⅲ .1 のとおりである。

表 - Ⅲ .1 台風襲来前における樹木健全度の調査項目

対象	調査項目				調査のポイント	想定される被害
樹木	活力度	樹木形状			・ 樹木全体の形状が、自然樹形と比較して著しく変形していないか。 ・ 樹体が不自然に傾斜していないか。	倒木、傾木
		樹勢			・ 枯死あるいは著しい樹勢の衰退がないか。	倒木、幹折れ、枝折れ
	危険度	地上部	樹幹	腐朽・空洞	・ 樹幹に大きな腐朽や空洞がないか。	幹折れ
				亀裂	・ 樹幹に長くて深い亀裂が入っていないか。	幹折れ
				結合	・ 複数の幹がある場合に、幹同士の不完全な結合がないか。	幹折れ
				揺れ	・ 樹体が地際で大きく揺れないか？	倒木、傾木
		枝葉	腐朽・空洞	・ 枝に大きな腐朽や空洞がないか。	枝折れ	
			亀裂	・ 枝に長くて深い亀裂が入っていないか。	枝折れ	
			結合	・ 枝同士の不完全な結合がないか。	枝折れ	
			枝葉の偏り	・ 枝葉が過密になっていないか。 ・ 枝の先端部に葉が偏っていないか。	倒木、傾木、枝折れ	
		地下部	根系	切断	・ 切断された太根がないか。	倒木、傾木
				腐朽 土壌との隙間	・ 露出している太根に腐朽はみられなか。 ・ 根元部で土壌との隙間が生じていないか。 ・ 植栽樹と土壌に隙間が生じていないか。	倒木、傾木 倒木、傾木
	保護材	支柱	支柱材			・ 支柱材が欠損あるいは腐朽していないか。 ・ 樹体の大きさに適したサイズとなっているか。
結束材			・ 結束材により確実に固定されているか。	倒木、傾木		
踏圧防止板			・ 根株に食い込んでいないか。 ・ 浮き上がり等がみられないか。	倒木、傾木		
周辺環境	障害対象の有無	公園利用者や道路通行者			・ 樹木周辺に利用者等がいないか。	人身障害
		建物等の構造物			・ 樹木が倒木や枝折れ等を起こした際に、障害を受ける位置に建物等はないか。	構造物の損壊
		道路			・ 樹木周辺に道路はないか。	通行障害
		架空線、標識等			・ 樹木が倒木や枝折れ等を起こした際に、障害を受ける位置に電柱や架空線、標識等はないか。	電柱や標識の損壊、 架空線の切断

危険度の指標		想定される被害
樹体の傾斜	根系の腐朽・切断	倒木・傾木
		
	土壌との隙間	
		
樹幹の腐朽・空洞	樹幹の亀裂	幹折れ
		
	樹幹の不完全な結合	
		
大枝の腐朽・空洞	支柱の欠損	倒木・傾木
		
	支柱の結束不良	
		
大枝の腐朽・空洞	枝葉の偏り	枝折れ
		

写真 - Ⅲ .1 樹木危険度の状態と想定される樹木被害

2. 2 被害防止対策の実施

樹木健全度において台風被害を受けやすい状況が確認された場合には、樹木被害により障害を受ける対象の有無と想定される被害の規模に応じた優先度を考慮した上で、被害防止対策を実施する（表 - Ⅲ .2、写真 - Ⅲ .2）。なお、ここでは主に高木を対象とした対策をあげているが、植栽直後の幼木や低木等における緊急対策としては、防風ネットによる保護対策も効果的である。

表 - Ⅲ .2 台風被害防止のための主な緊急対策

緊急対策の実施対象					主な対策内容
樹木	活力度	樹木形状			・ 著しく樹形が変形していたり、倒木に繋がる不自然な傾斜が認められる場合には、剪定を行い樹体のバランスを整える。 ・ 枯損木は伐採し、枯れ枝あるいは衰弱した枝等は剪定する。
		樹勢			
	危険度	地上部	樹幹	腐朽・空洞	・ 著しい状態で倒木や幹折れに繋がるおそれがある場合、伐採を行う。 ・ 倒木等に直結するほどではない場合は、風圧による負荷を低減させるための剪定を行うとともに、支柱を確実に設置する。
				亀裂	
				結合	
				揺れ	
		枝葉	腐朽・空洞	・ 枝折れに繋がるおそれがある場合、剪定を行う。	
			亀裂		
			結合		
			枝葉の偏り		
地下部	根系	切断	・ 樹体を支えている主な根系の大部分に切断や腐朽がみられ、樹勢の衰退も著しくて回復の見込みがない場合には、伐採を行う。 ・ 根系の切断や腐朽、土壌との隙間があるものの、樹勢が良好である場合は、剪定により風圧の負荷を低減させるとともに、支柱を確実に設置する。		
		腐朽			
		土壌との隙間			
保護材	支柱	支柱材		・ 樹体が根系によって確実に支持されている場合は、欠損した支柱等を撤去する。 ・ 支柱による支持を必要とする樹木は、支柱材、結束材を樹木の大きさに適した新規なものと交換して確実に設置する。	
		結束材			
	踏圧防止板		・ 踏圧防止板の根株への食い込みや浮き上がりが台風時の被害に繋がる場合、撤去する（踏圧防止板が継続して必要な場合は、台風通過後に適したものを再設置する）。 ・ 根株に大きな傷がある場合には、支柱を設置したり、風圧低減のための剪定を行う。		
周辺環境	障害対象の有無	公園利用者や道路通行者		・ 看板等により、倒木等の危険性があることを周知する。 ・ 利用や通行を一時的に禁止する。 ・ 建物に障害を及ぼさないよう、樹木における上記の対策を行う。 ・ 道路の通行を妨げないように、樹木における上記の対策を行う。 ・ 架空線に障害を及ぼさないように、架空線に近接している枝葉の剪定を行う。 ・ 枝に接する可能性のある架空線に、保護材を巻く。	
		建物等の構造物			
		道路			
		架空線、標識等			



(剪定)



(伐採)



(支柱の整備)



(防風ネットの設置)



(枝のしおり)

写真 - Ⅲ .2 台風襲来時の緊急対策

3. 被害発生木の応急処置

台風襲来時は、台風による樹木被害の情報を入手できる体制づくりを行うとともに可能な範囲で現場パトロールを実施し、樹木被害の状況を出来るだけ早く把握する。樹木被害が確認された場合には、人的災害や交通の支障、周辺施設の被害等があるものに対して応急的に支障を取り除く作業を行う。特に、ライフラインとなる道路において被害木が交通障害を起こしている場合には、交通の迂回措置がとれる場合には案内看板等により交通誘導しながら、①傾木では立て起こして仮支柱で固定、②根回りや幹折れでは伐採・撤去、③枝折れでは剪定等の応急処置を実施する（写真 - Ⅲ .3）。

台風襲来時の作業においては、作業員が新たな倒木等の下敷きや伐採木の跳ね返り等の二次災害に巻き込まれる事故が発生していることから、十分な安全対策のもとで実施しなければならない。

応急処置後の本格的な対策は、台風通過後の二次災害の危険が回避されてから実施する。



（倒木）



（伐採・撤去）

写真 - Ⅲ .3 道路を塞ぐ倒木の応急処置

応急処置を実施した被害樹木については、被害の発生状況とあわせて応急処置の方法等の状況について、報告書にとりまとめる（表 - Ⅲ .3）。

表 - Ⅲ .3 台風被害木の応急処置（災害復旧）報告書（例）

台風名		年月日	
植栽場所		樹木番号	
樹種		樹木形状	
樹木管理者		作業者	
被害の発生状況		被害木の応急処置	
記録写真		記録写真	

4. 被害木の本格的対策と被害発生要因の解消

台風による被害木は、台風の通過後に本格的な対策を適正に実施することにより、植栽当初の緑化目標を達成させるための速やかな樹勢回復と今後の成長促進を図る。そのためには、台風被害に繋がった要因を被害木の観察等により明らかにして、その問題点を解消させるための根本的な対策の実施が重要となる（表 - Ⅲ .4）。

被害木の本格的な対策は、主に以下のとおりである。

表 - Ⅲ .4 台風被害木の被害発生要因を考慮した対策工

被害状態	被害発生要因	対策工
倒木	根系腐朽	<ul style="list-style-type: none"> ・根系の 1/3 以上が腐朽している場合には、回復の可能性を検討し、見込みがないと判断された際には伐採して、新規植栽を行う。 ・根系の腐朽量が小さい場合には、腐朽した根系を切除して、樹木を立て起こす。
	根系伸長不良	<ul style="list-style-type: none"> ・植栽基盤の大きさが植栽樹木に適していないことが伸長不良の原因となっている場合は、植栽基盤を拡大した上で樹木を立て起こす。 ・樹木の活力が低下していることや病虫害が伸長不良の原因となっている場合は、土壌改良等による樹勢回復や病虫害の除去を行った上で、樹木を立て起こす。
	支柱不良	<ul style="list-style-type: none"> ・支柱材の腐朽や結束不良等が原因である場合には、新規材料で再設置する。 ・支柱規格が樹木の大きさに適していない場合は、支柱の種類・規格を見直した上で新規支柱を設置する。
傾木	根系腐朽	・倒木と同様
	根系伸長不良	
	支柱不良	
幹折れ	樹幹の腐朽・空洞 樹幹の亀裂	・樹木が回復する可能性は小さいことから、伐採して新規植栽を行う。
	樹幹の不完全な結合	<ul style="list-style-type: none"> ・結合した樹幹がすべて折損した場合は、伐採して新規植栽を行う。 ・折れずに残された樹幹があり、その傷が大きい場合は伐採して新規植栽するが、傷が小さい場合には傷に殺菌剤を塗布して保全する。
	踏圧防止板の不良	・踏圧防止板が根株に食い込んだ傷害により幹折れした場合は、踏圧防止板を撤去して新規植栽を行う。
枝折れ	枝の腐朽・空洞	・最適な位置まで切り戻す剪定を行う。
	枝の亀裂	
	枝の不完全な結合	・過密となっている枝葉をバランスよく透かす剪定を行う。
	枝葉の過密、偏り	

4.1 伐採・撤去

樹木の被害状況が、地上部において主幹が折れているもの、捻れにより大きな亀裂が生じているもの、樹幹内部に大きな腐朽が進行しているもの、また地下部においては根系が切断や腐朽によって全根系の 1/3 以上を失っているもの、さらに樹木活力が著しく不良なものは、回復の可能性を検討した上で、回復の見込みがないと判断された場合には、伐採して撤去する（写真 - Ⅲ .4）。



写真 - Ⅲ .4 倒木・幹折れ樹木の伐採撤去

4.2 立て起こし・支柱の再整備

樹木の被害要因が、根系の伸長不良であることや根系量の1/3程度の腐朽あるいは切断によって根返りを起こした樹木、植栽直後の活着前で支柱不良によって倒木あるいは傾木となった樹木においては、樹木を立て起こしにより復旧する（写真-Ⅲ.5）。

なお、倒木等の発生後、数日間放置すると枝葉からの蒸散や根の乾燥により樹木が衰弱するため、早期に剪定作業も実施する。剪定にあたっては、根系の損傷が少なく、枝葉の損傷も小さい被害木については、整枝程度の軽い剪定とする。逆に、根系の損傷が大きい場合や枝葉の損傷が大きい場合は強めの剪定を行うようにする。ただし、強剪定の実施においては、樹木の萌芽力などの特性も考慮した上で判断する。

立て起こしによる復旧が可能な樹木においては、倒木や傾木の要因として植栽基盤の整備不良、根系腐朽、支柱の整備不良等のいずれかが関係していることから、樹木を立て起こす前にはこれらの要因を解消することが必要となる。

・植栽基盤の整備不良

樹木の根系が十分に伸長できていない場合には、有効土層、排水層、養分等が植栽樹木に対して適正でないことが考えられる。そのため、土壌調査を実施することにより改良すべき問題を把握した上で、的確な植栽基盤の整備を実施する（「第Ⅱ章1.4 植栽基盤の整備」を参照）。

・根系腐朽

根系伸長不良の原因として樹木の根系腐朽が目視により観察できる場合には、腐朽の程度を確認した上で回復が見込まれる腐朽量であれば、腐朽根系を除去して切断部に殺菌剤を塗布する（写真-Ⅲ.6）。

・支柱の整備不良

支柱が樹木の大きさに適していない場合や、支柱材の腐朽、結束材の欠損が認められる場合には、これらを新規なものに交換して支柱を再設置する（写真-Ⅲ.7、Ⅲ.8）。



写真-Ⅲ.5 倒木・傾木の立て起こし



写真-Ⅲ.6 根系腐朽部の処置



写真-Ⅲ.7 支柱の結束直し

(コバテイシ)

樹木が大きく成長したことにより、二脚鳥居支柱では支持できなかった。



剪定により樹冠を小さくするとともに、一回り規格の大きい八つ掛け支柱を設置した。

(ガジュマル)

樹冠が大きくなったことによって、台風時の強風によって倒伏した。



剪定により樹冠を小さくするとともに、一回り規格の大きい八つ掛け支柱を設置した。

写真 - Ⅲ .8 樹木の大きさに適した規格の支柱を再設置

4.3 残存した樹幹の保全

双幹等の複数の幹からなる樹木において、被害が一部で残存する幹がある被害樹木の場合は、残存した幹の回復が可能な場合に、その保全を図る（写真 - Ⅲ .9）。

また、折れたり裂けたりした幹では、その原因として大きな腐朽・空洞部があることが多いため、残っている幹の腐朽状況等を確認した上で、腐朽部・傷害部をきれいに切除して、殺菌剤を塗布する（写真 - Ⅲ .10）。また、枝葉が繁茂していて腐朽部に強い曲げ強度がかかる場合には、枝葉の密度を小さくするような剪定を行うとともに、樹木の大きさに適した支柱を設置する。

対策工	被害状況		対策状況
残存幹の保全			

写真 - Ⅲ .9 幹折れ樹木の残存した幹の保全



写真 - Ⅲ .10 腐朽部の処置（左：腐朽部切除、右：殺菌剤塗布）

4.4 剪定

枝折れによる被害木においては、折れて落下した枝を除去するとともに、ぶら下がった枝を剪定する（写真 - Ⅲ .11）。折損した部分は裂けるように折れているため、きれいに切り直して切り口に殺菌剤を塗布する。同時に、樹冠形状全体のバランスが整うように他の枝葉も整枝剪定を行うことで、美観にも配慮する。

また、早期の回復を図るために、同時に施肥や土壌改良等を行うことが望ましい。

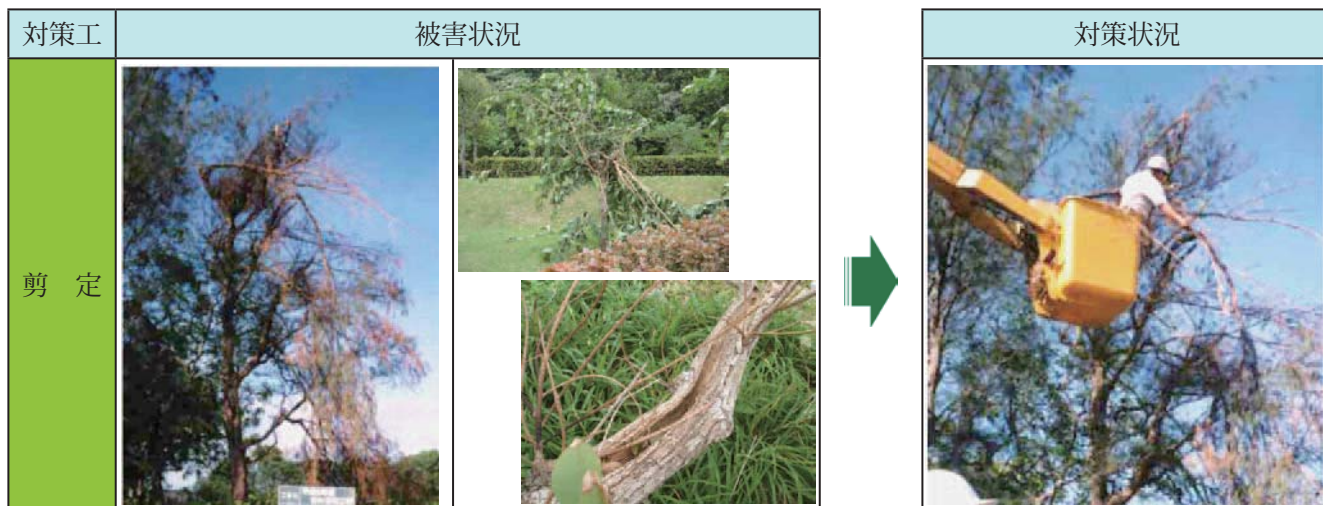


写真 - Ⅲ .11 枝折れ樹木の剪定

4.5 その他の対策

①塩害防止のための樹木洗浄

降雨を伴わない台風の場合は、樹木に付着した潮水により塩害を起こす（写真 - Ⅲ .12）。耐塩性は樹種の有する特性により異なるが、耐塩性の弱い樹種では被害が台風通過後数ヵ月に及ぶこともあり、樹木の活力を低下させる。そのため、台風通過後は速やかに散水等により、葉面の塩分を洗い流して塩害を防ぐことが望ましく、耐塩性の弱い樹種ほど早期の対応が必要となる。



（アカギ）



（タマリンド）

写真 - Ⅲ .12 台風時の潮風による塩害

②根株の活用

倒木等の被害により回復が見込めずに伐採された樹木については、公園等で早期に回復する必要性が低い場所において、オオハマボウ、ヨウテイボク、アメリカデイゴ等の萌芽力の強い樹種を対象に、根株からの再生を行うことが可能である。オオハマボウは自然状態では、枝の分岐が多くて横に広がる性質を有し、一本立ちにはなりにくい。また、アメリカデイゴ、ヨウテイボクは、根系伸長に比較

して樹冠が大きくなりやすいことや、幹や根の損傷部分から腐朽しやすい性質を持つことから台風被害を受けやすいため、根株からの再生で樹冠を低く抑えると同時に特性にあった樹形づくりができる(写真-Ⅲ.13)。



(オオハマボウ・伐採1年後)

(ヨウテイボク・伐採数年後)

(アメリカデイゴ・伐採6ヶ月後)

写真-Ⅲ.13 伐採後の根株を利用した萌芽再生

③伐採木や剪定枝葉等のリサイクル

台風被害により伐採された樹木や剪定枝葉は、木材利用やチップ化、堆肥化等によるリサイクルを行うことが望ましい(写真-Ⅲ.14)。



(伐採木や剪定枝葉のチップ化)



(チップの堆肥化)



(堆肥のマルチング利用)

写真-Ⅲ.14 台風被害樹木のリサイクル例

4.6 復旧報告書の作成

台風被害樹木の復旧作業の完了後は、被害を受けた要因とその復旧対策について、写真とともに説明を加えた報告書を作成する(表-Ⅲ.5)。

復旧報告書は、被害を復旧した樹木の管理履歴として今後の維持管理において活用でき、さらには的確な台風対策を検討するための基礎資料となるものであり、貴重な資料である。

表 - Ⅲ .5 被害樹木の復旧報告書

台風名						
台風概要						
植栽場所						
樹木番号						
樹種						
樹木形状						
被害の 発生状況	発生日時			発生日時		
	被害状況			被害状況		
記録写真						
被害の 発生要因	調査日時			調査日時		
	発生要因			発生要因		
記録写真						
樹木の 対策工	実施日時			実施日時		
	対策内容			対策内容		
記録写真						

第Ⅳ章 日常の維持管理

～植栽樹木の健全な育成及び維持方法を理解する～

台風強い都市緑化樹木を育成するには、常に樹木を健全な状態にしておくことが重要であり、そのためには①日常点検、②樹木健全度調査、③管理作業を適切に実施する必要がある。

1. 維持管理の全体像

都市緑化樹木を台風強いものとするためには、樹木の生育を良好な状態で保つことにより、地上部の骨格となる幹や枝を充実させるとともに、地下部での根系伸長を深くかつ広く発達させ土壌の緊縛力を高めることが重要である。また、活力旺盛な樹木であれば、樹幹や根系の一部に被害要因となる傷や腐朽がある場合にも肥大成長における癒合により、早期の傷口等の治癒が期待できる。

そのためには、樹種毎の生育特性と植栽地環境を十分に理解した上で、日常の定期観察と健全度調査を行って、樹木の生育状態と危険度を適正に把握すること、さらに発生した問題点に対して的確な管理作業を実施することが重要となる。

都市緑化樹木の維持管理は、樹木を緑化目標に達成させるまでの育成段階と目標達成後の維持段階に分けられ、各段階において適切な管理作業と健全度調査を実施する必要がある（図-Ⅳ.1）。

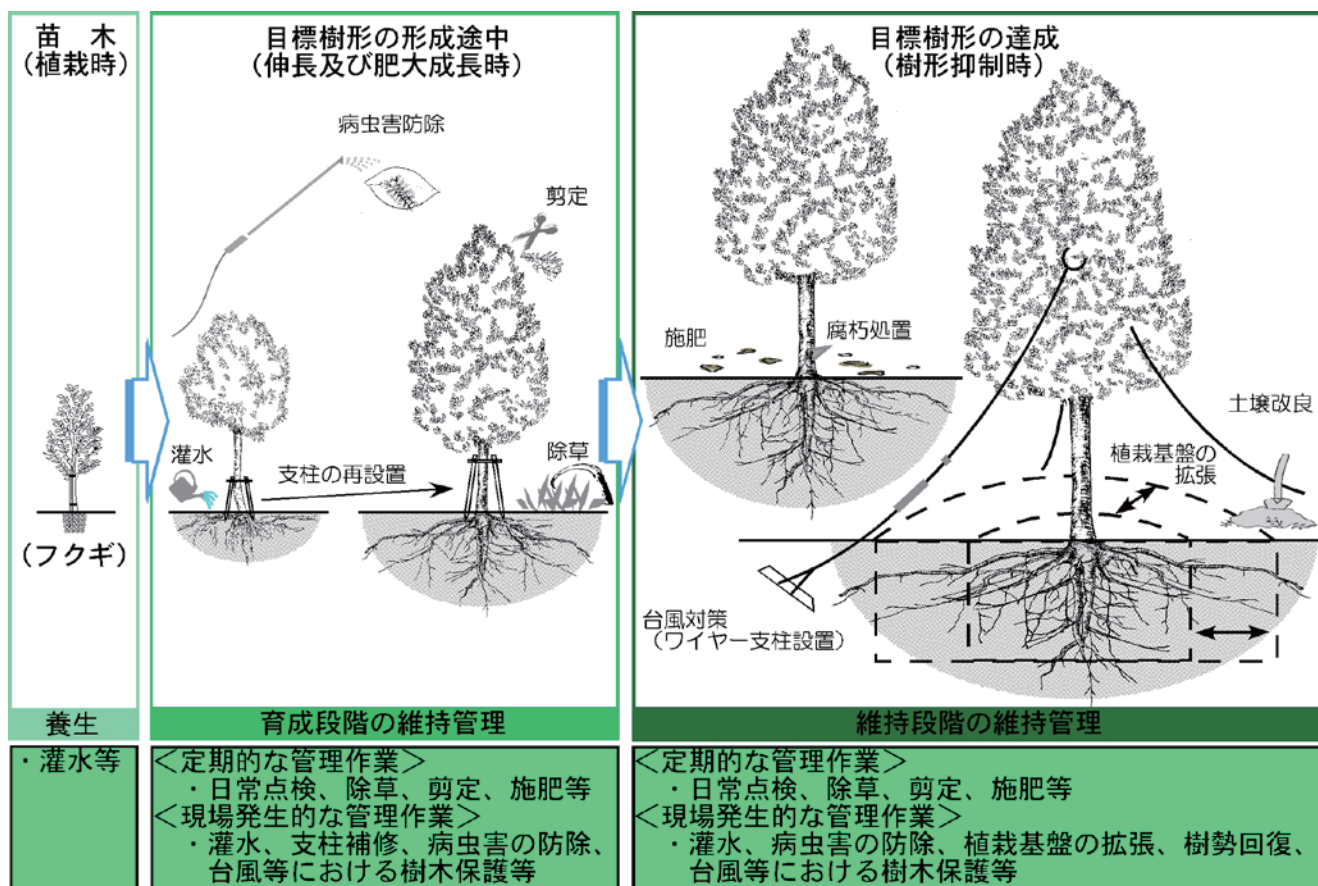


図-Ⅳ.1 都市緑化樹木の維持管理の全体像

2. 日常点検

日常点検は、樹木管理者が樹木の生育状況や支柱等の保護材の状況について、外観からの観察によってその異常の有無を確認するものであり、巡回の際に多くの樹木を対象に短時間で行うものである。そのため、確認できる点検項目は要点を絞ったものになる（表 - IV .1）。

点検により異常が確認された際は、明らかな異常である場合には早急に、また詳細調査が必要とされる場合には樹木健全度調査を行った上でその対応を検討し、管理作業を実施する。

表 - IV .1 日常点検の主な項目

点検項目		点検の着眼点
樹木の生育状況	幹	著しい傾き、損傷や亀裂、空洞部・腐朽部、キノコの発生等
	枝	枯れ枝・折れ枝、損傷部、空洞部・腐朽部、キノコの発生等
	葉	葉色、葉の大きさ、斑点、虫こぶ、枯れている葉等
	根株	根系の露出、根系の切断・損傷、キノコの発生等
保護材の状況	支柱	劣化・損傷、大きさの不適合、幹への食い込み等の影響
	踏圧防止板	
	保護柵	
	気象害対策	
周辺環境	被圧植生	雑草・近接樹木からの被圧、周辺樹木の伐採等による環境変化等
	近接物（建物等）	建物等の施設への接触、損傷等
	舗装	舗装や縁石の浮き上がり等
	架空線・標識	架空線への接触、標識等の視認阻害等

3. 樹木健全度調査

樹木の健全度調査は、樹勢衰退の原因や生育上の問題が懸念される部位の障害状況を把握するための「活力度調査」と、台風時における倒伏及び落枝等の原因となる構造的な欠陥等を特定するための「危険度調査」からなり、目視や簡易な測定器具（写真 - IV .1）を用いて実施する。

「危険度調査」において、樹幹や根系の大きな腐朽が確認され、より詳細な腐朽状態を調査する必要性が生じた場合には、腐朽診断機の測定や根系調査による詳細調査を行って危険度を適切に評価しなければならない。



写真 - IV .1 健全度調査で使用する主な測定器具

なお、樹木健全度調査を実施するにあたっては、あらかじめ基本的な事項として樹木の生育環境を把握しておく必要がある。調査としては、主に「樹木形状寸法」、「気象条件」、「立地環境」の3つの項目からなり、必要な項目について現地での確認や計測により実施する（表 - IV .2）。

表-IV.2 生育環境調査票（例）

調査日	年 月 日	天候		調査者									
樹木名				樹種名									
学 名				科 名									
所在地													
樹 齢	年	[根 拠]											
形状寸法等	樹 高	m	幹周	cm	根元周	cm	枝下高	cm					
	幹周（株立）	本数		本立	cm • cm • cm • cm • cm • cm • cm • cm								
	枝張り	E m • W m • S m • N m											
気象条件		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
	月別平均気温（平均値）												
	月別降水量（平均値）												
	年平均気温	℃		最高気温極値			(年) ℃		最低気温極値			(年) ℃	
	年降水量	mm		温量（暖かさ）示数				寒冷（寒さ）示数					
	風あたり（特記）												
	潮風の影響	1. なし 2. ややあり 3. あり 4. やや強 5. 強											
	日照条件	1. 良 2. 普通 3. やや不良 4. 不良 [日照不足の原因]											
立地環境	地形	1. 山地 2. 丘陵地 3. 台地 4. 低湿地 5. 尾根 6. 中腹 7. 谷 8. 窪地 9. 扇状地 10. 自然堤防 11. 埋立地 12. 海岸 13. その他 ()											
	土地の傾斜	1. 平坦 (0° ~ 5°) 2. 緩傾斜 (5° ~ 15°) 3. 中傾斜 (15° ~ 30°) 4. 急傾斜 (30° ~ 45°) 5. 険しい (45° 以上) [傾斜方向] →											
	土壌の状態	1. 自然土 [a. 堆積土 b. 崩積土 c. 削剥土 d. その他 ()] 2. 盛土・客土 3. 切土 4. その他 () 5. 不明											
	地表の状態	1. 裸地 2. 草地・地被類 3. 灌木・低木 4. 舗装 [a. 砂利・碎石 b. アスファルト・コンクリート c. その他 ()] 5. 覆土 [厚さ () ・ 土性 ()] 6. その他 ()]											
	周囲の状況	根元及び周囲の植生	草本	1. 密生 2. 疎 3. なし									
			低木	1. 密生 2. 疎 3. なし									
		周辺樹木との関係	1. 影響なし 2. わずかに影響を受けている 3. 影響を受けている 4. かなり影響を受けている 5. 深刻な影響を受けている [影響の状況]										
		根元近くの工作物等											
その他													

※) 必要により図面にも記録する。

3.1 樹木活力度調査

樹木の活力度調査は、①樹勢、②樹形、③枝の伸長量、④新梢の伸長、⑤新梢・枝条の枯損、⑥枝葉の密度、⑦葉の大きさ、⑧葉色、⑨剪定後の巻き込み、⑩樹皮の状態について、現地で状況を確認しながら結果を活力度調査票に記入して総合評価を行う（表-IV.3）。評価結果は、健全度調査票（表-IV.4、IV.5）に記録する。

表-IV.3 活力度調査票

診断項目	評価基準					項目判定
	0	1	2	3	4	
①樹 勢	旺盛な生育状態を示し被害が全く見られない。	いくぶん被害の影響を受けているがあまり目立たない。	異状が明らかに認められる。	生育状態が劣悪で回復の見込みがない。	ほぼ枯死している。	
②樹 形	望ましい樹形を保っている。	若干の乱れはあるが、望ましい樹形に近い。	望ましい樹形の崩壊がかなり進んでいる。	望ましい樹形がほぼ崩壊し、奇形化、回復の見込みがない。	望ましい樹形が完全に崩壊している。	
③枝の伸長量	正常である。	いくぶん少ない枝もあるが、目立たない。	枝は短くなり細い。	枝は極度に短小、ショウガ状の節間がある。	下からの萌芽枝のみわずかに成長している。	
④新梢の伸長	全体に極めて良好である。	一部に伸長の少ない枝もあるが伸長量は普通である。	枝の伸長に偏向があり、伸長量は少ない。	全体にほとんど伸長していない。	全体にまったく伸長していない。	
⑤新梢・枝条の枯損	枯損はない。	主幹には無いが、小枝に枯れがある。	新梢や中枝に枯れがある。	著しく枯れている。	ほとんど枯損している。	
⑥枝葉の密度	正常で枝及び葉の密度のバランスがとれている。	普通の密度であるが、0に比べてやや劣る。	やや疎である。	枯枝が多いことから葉の発生が少なく、著しく疎である。	ほとんど枝葉がない。	
⑦葉の大きさ	十分な大きさである。	所々に小さい葉がある。	全体的にやや小さい。	全体に著しく小さい。	わずかな葉しかなく、それも小さい。	
⑧葉 色	全ての葉が正常である。	所々にやや異常な葉がある。	全体的にやや異常な葉がある。	所々に著しく異常な葉がある。	全体に著しく異常な葉がある。	
⑨剪定後の巻き込み	カルス形成が旺盛で巻き込みが早い。	普通で、0に比べてやや劣る。	わずかにカルス形成がみられるが巻き込みが遅い。	著しく不良で傷口が腐朽している。	まったく巻き込みが見られず、腐朽が深くまで進行している。	
⑩樹皮の状態	傷はほとんどない。	傷・穿孔が少しあるが、あまり目立たない。	大きな目立つ傷がある。	樹皮のかなりの部分が枯死または欠落している。	樹皮のかなりの部分が枯死して、腐朽や空洞化している。	
活力度判定（各項目の評価値の合計÷評価項目数）						総合判定
総合評価	1	2	3	4	5	
	0.8 未満	0.8～1.6 未満	1.6～2.4 未満	2.4～3.2 未満	3.2 以上	
	良好	やや不良	不良	著しく不良	枯死寸前	

1-45

表 - IV .5 健全度スケッチ票

G. L.	
(方位 :)	
樹木の衰退要因、欠陥等の危険性（写真を別途添付する）	

3.2 樹木危険度調査

樹木の危険度調査は、①樹皮枯死・欠損・腐朽部、②開口空洞、③キノコ、④木槌打診（異常音）、⑤分岐部・付根の異常、⑥鋼棒貫入異常、⑦不自然な樹形傾斜、⑧樹体の揺らぎ、⑨ガードリングルーツ（地際で幹に巻き付いている根）、⑩根の露出・腐朽、⑪病害、⑫虫害、⑬植栽基盤の異常、⑭樹木保護材等の異常の14項目からなり、各項目の調査内容及び方法は以下に示すとおりである（図-IV.2）。

調査の実施にあたっては、表-IV.4、IV.5に示した「健全度調査票」、「健全度スケッチ票」を活用し、調査結果を記入する。

調査の際は、障害の重大性や倒伏及び落枝の原因となる構造的な欠陥等に関しては的確な判断が必要となるため、十分に経験を有した専門家が実施することが望ましい。また、調査実施の効率性や障害及び欠陥の見落としがないように、少なくとも2人以上での実施体制とすることが望ましい。

①樹皮枯死・欠損・腐朽部

樹木の根元、幹、骨格となる大枝の枯死・欠損・腐朽の有無と、その大きさ等を把握する。

②開口空洞

樹木の根元、幹、骨格となる大枝の開口空洞の有無と、開口部の大きさについて、空洞が芯に達しているものと達していないものとに分けて把握する。

③キノコ

樹木の根元、幹、骨格となる大枝のキノコの有無と、その種類等を把握する。

④木槌打診（異常音）

樹木の根元、幹、骨格となる大枝の空洞・腐朽部のありそうな部分を木槌で叩き、内部空洞・腐朽の有無の可能性を把握する。

⑤分岐部・付根の異常

樹木の根元、幹、骨格となる大枝の分岐部の腐朽の有無や亀裂の有無、幹の結合状況等を確認し、その大きさ等を把握する。

⑥鋼棒貫入異常

樹木の根元や根元付近の土壌に先端の尖った鋼棒を挿入し、その抵抗性や軋み音の有無を確認することで内部空洞・腐朽の有無と、そのおよその大きさを把握する。

⑦不自然な樹形傾斜

樹木の根張りや根の腐朽等に伴う不自然な樹形傾斜の有無と、その状況等を把握する。

⑧樹体の揺らぎ

支柱が設置されていない場合に、樹木の幹を両手で強く押し、根元の揺らぎの有無と、その状況等を把握する。

⑨ガードリングルーツ（地際で幹に巻き付いている根）

樹木のガードリングルーツの有無と、その状況を把握する。

⑩根の露出・腐朽

樹木の地表面への根の露出の有無と、その腐朽状況を把握する。

⑪病害

樹木の病害の有無と、その種類を把握する。

⑫虫害

樹木の虫害の有無と、その種類を把握する。

⑬植栽基盤の異常

植栽基盤の固結や流亡等の異常の有無とその状況を把握する。

⑭樹木保護材等の異常

樹木の保護材（支柱、踏圧防止板、保護柵、デッキ）の食い込み・破損等の有無と、その程度を把握する。

樹木危険度調査イメージ				
①樹勢 ②樹形 ③枝の伸長量 ④新梢の伸長 ⑤新梢・枝条の枯損 ⑥枝葉の密度 ⑦葉の大きさ ⑧葉色 ⑨剪定後の巻き込み ⑩樹皮の状態 →樹木活力度				
(樹木活力度)	①樹皮枯死・欠損・腐朽	②開口空洞（左：芯に達する、右：芯に達しない）		
				
③キノコ	④木槌打診（異常音）	⑤分岐部・付根の異常	⑥鋼棒貫入異常	
				
⑦不自然な樹形傾斜	⑧樹体の揺らぎ	⑨ガードリングルーツ	⑩根の露出・腐朽	
				
⑪病害	⑫虫害	⑬植栽基盤の異常	⑭樹木保護材等の異常	

図 - IV .2 樹木危険度調査のイメージ

3.3 樹木健全度の評価

樹木健全度の評価は、活力度調査と危険度調査の結果を基に、樹木の生育上の問題点や倒伏及び落枝に対する危険性を確認し、発生する被害の大きさを予測した上で、問題の程度に応じた管理作業の方針を決定するものである。

なお、評価にあたっては、樹木健全度調査の結果だけでなく、生育条件や障害対象を含めて総合的に勘案して検討する必要がある。

樹幹や根系の腐朽については、腐朽状態によって倒木等の危険性が異なるため、腐朽が大きいと判断された場合には、さらに詳細な調査により腐朽状態を明確に把握する必要がある。

①空洞、腐朽、キノコ等による危険性

開口空洞や外部に晒されている腐朽は、外観から直接見つけることができる欠陥である。また、腐朽が外部に達していなくても傷、幹の隆起、キノコや昆虫（ハチやアリ等）、打音異常の存在は、内部に腐朽や空洞があることが予測できる重要なサインとなる（図-IV.3）。腐朽材は、腐朽菌により分解されている木材であり、木材強度は失われ、スポンジ状態から空洞化に至り、樹体を支持できる強度を失う。





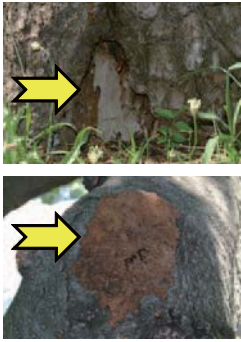








	空洞（開口）	腐朽	隆起（こぶ）	キノコ	昆虫
欠陥					
欠陥部分の断面等	 空洞の内部は腐朽化している	 腐朽の内部もさらに腐朽している	 隆起した内部に腐朽が存在している	 断面 50%以上が腐朽してスポンジ状態 キノコ	 ハチの巣等を取り除くと空洞化している
予測される危険					

図-IV.3 空洞、腐朽、キノコ等による危険性

②亀裂、幹や枝の結合、枯れ枝等による危険性

亀裂は、幹が避ける途中段階であり非常に危険な状態にある。幹や枝の結合は、その結合部に樹皮が挟まれていて完全な結合とならないことから、過度な外力が加わると裂けることが予測できる。枯れ枝や折れてぶら下がったままの枝、剪定等によって幹や枝の先端の枝葉密度が片寄っている枝等では、落枝の危険性が容易に判断できる（図-IV.4）。

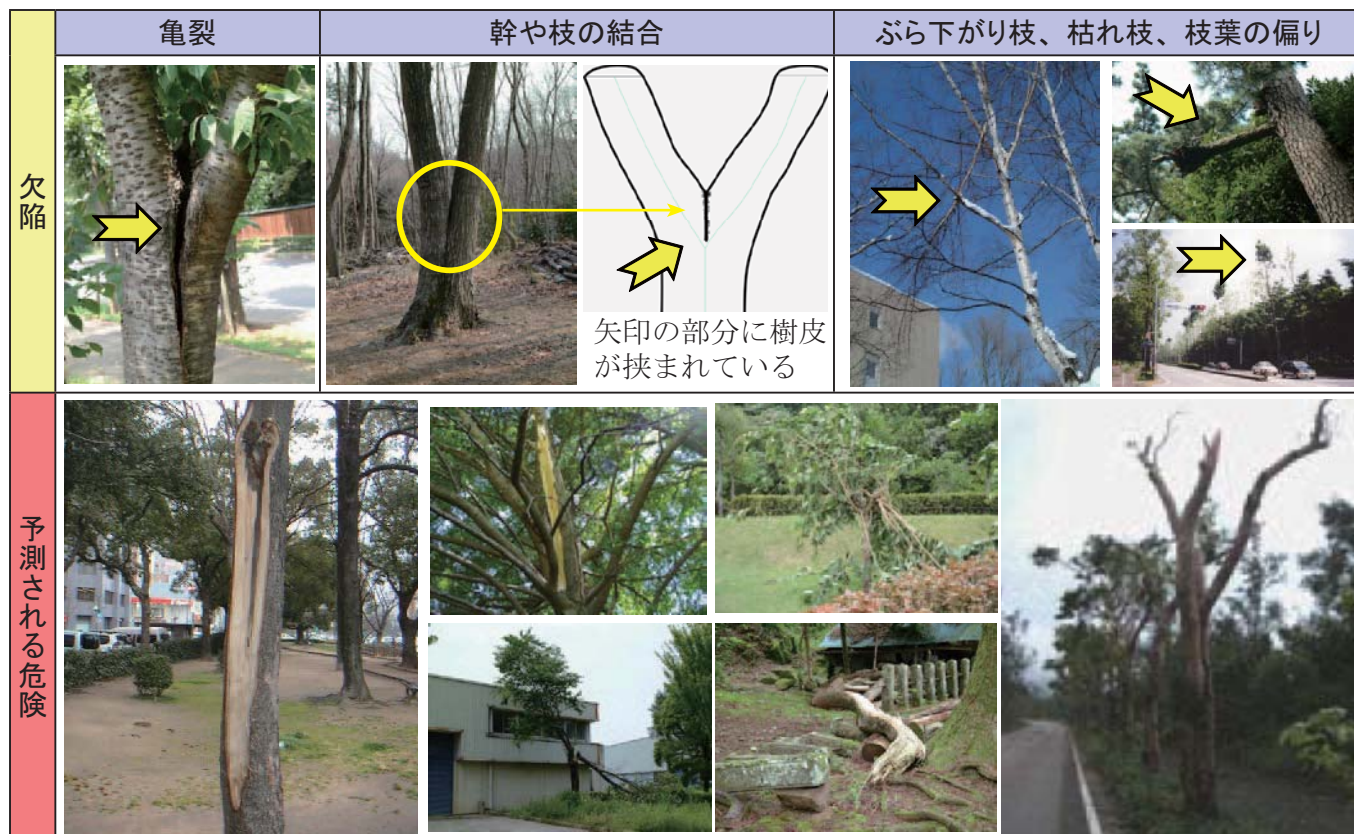


図 - IV .4 亀裂、幹や枝の結合、枯れ枝等による危険性

③根系異常による危険度評価

根系の腐朽（鋼棒貫入、キノコも含む）、根系の切断（周辺工事での予測も含む）については、根系が損傷していることが予測され、倒伏の危険性が高いと判断できる（図 - IV .5）。

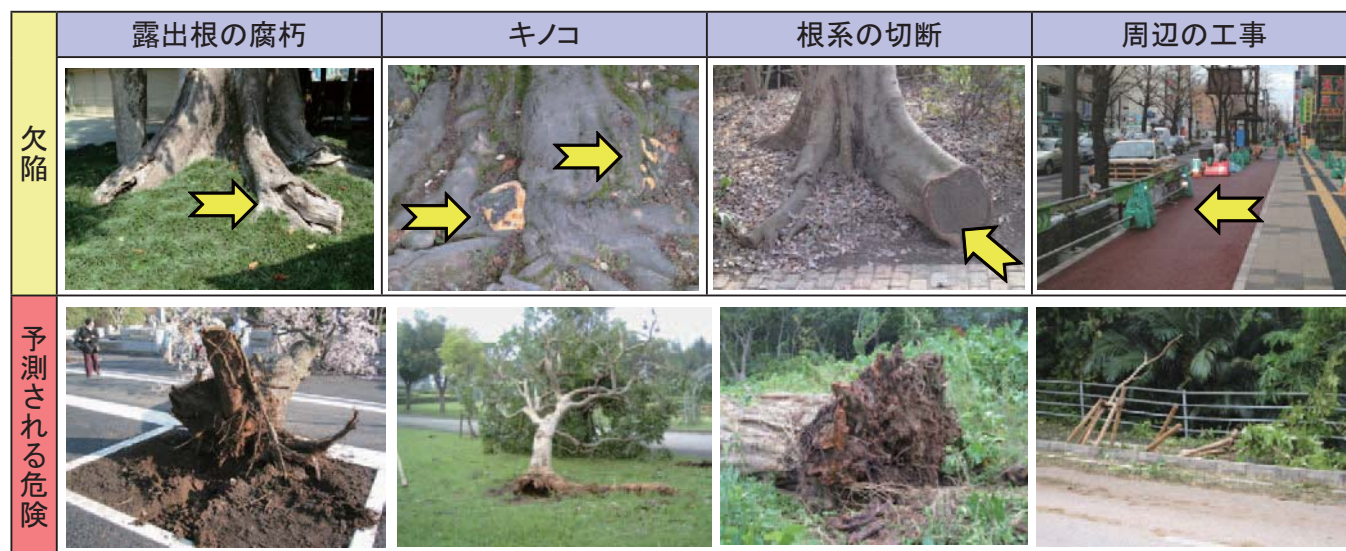


図 - IV .5 根系腐朽、切断等による危険性

④植栽基盤の異常による危険性

ガードリングルーツは、ルートカラー（根株）を根で絞めている状態となっており、ルートカラーがくびれて細くなっている状態と予測され、倒伏の危険性がある。また、植栽基盤の土壌が盛り上がっていたり、ルートカラーあるいは植樹と土壌に隙間等が確認された場合には、樹木が異常に大きく揺れていることが予測でき、根返りの危険性が高いと判断できる（図 - IV .6）。









	ガードリングルーツ	土壌の盛り等	土壌面の亀裂	植栽土壌の持ち上がり
欠陥				
予測される危険				

図 - IV .6 植栽基盤の異常による危険性

⑤樹木保護材の異常による危険性

植栽基盤が植樹帯や植樹柵形式で、根系が縁石を巻き込んでいたり、植栽基盤の大きさに制限があったりする場合には、根系伸長が妨げられていることが考えられるため倒伏の危険性がある。また、支柱材や結束材が腐朽や欠損していたり、樹幹に食い込んでいる場合には、倒伏や幹折れの危険性がある（図 - IV .7）。









	縁石の巻き込み	支柱材の腐朽	結束材の欠損	支柱の食い込み
欠陥				
予測される危険				

図 - IV .7 樹木保護材の異常による危険性

具体的な評価としては、活力度調査と危険度調査の結果を表 - IV .6 に示す評価基準にあてはめ、詳細調査の必要性を検討するとともに管理作業の対応方針を決定する。なお、管理作業は、樹木の良好な生育を確保するために通常行う「日常管理」と、倒木等の被害に対処すべき「改善的管理」に分かれる。

健全度評価において、全ての項目が「健全」と評価された場合には「日常管理」で対応していくこととなり、必要となる作業項目を立案する。

健全度評価の項目が一つでも「不健全で欠陥を有する」と評価された場合には、専門家の意見を踏まえ詳細調査の必要性を検討し、必要がある場合には、詳細調査を実施することとする。必要がない場合には、「日常管理」及び「改善的管理」で対応することとなり、「日常管理」と「改善的管理」の作業項目を的確に立案する。

健全度評価の項目が一つでも「著しく不健全で危険性を有する」と評価された場合には、樹木の土壌条件や根の状態、腐朽部の規模を明らかにするため、詳細調査を実施することとなる。

表 - IV .6 樹木健全度の評価と対応方針

調査項目		調査結果				
活力度		1	2	3	4	5
樹皮枯死・欠損・腐朽部		なし		1/3 未満	1/3 以上	
開口 空洞	芯に達している	なし		1/3 未満	1/3 以上	
	芯に達していない	なし		1/3 未満	1/3 以上	
キノコ		なし		⇒ありの場合で、カワラタケ、スエヒロタケ等の腐生性の場合	⇒ありの場合で、かつベッコウタケ、コフキタケ等の生立木腐朽菌の場合	
木槌打診（異常音）		なし		—	あり	
分岐部・付根の異常		なし		—	あり	
鋼棒貫入異常		なし		—	あり	
不自然な樹形傾斜		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
樹体の揺らぎ		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
ガードリングルーツ		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
根の露出・腐朽		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
病害		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
虫害		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
植栽基盤の異常		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
樹木保護材の異常		なし		あり（軽症）	あり（重症）	
健全度評価		健全		不健全で欠陥を有する	著しく不健全で危険性を有する	
対応方針		「日常管理」		専門家の意見を踏まえ「詳細調査」の必要性を検討 ←なし あり→ 「日常管理」、「改善的管理」	「詳細調査」の実施の上、「改善的管理」	

3.4 詳細調査

樹木健全度調査により倒伏や枝折れが原因となる腐朽や空洞が「樹皮の異常、空洞、腐朽、隆起、キノコ、打音、樹体の揺れ、昆虫」等の欠陥から確認あるいは推測され「著しく不健全で危険性を有する」と判断された場合には、診断機器を使用して腐朽割合を調査する。

また、根系に「樹皮の異常、根系の切断、露出根の腐朽、キノコ、鋼棒貫入」等の欠陥から腐朽等が予測された場合には、土壌掘削による根系調査を実施する。

①樹木腐朽診断

樹木腐朽診断は、ベッコウタケやコフキタケなどの木材腐朽菌の子実体（キノコ）が見られたり、樹幹が異常に隆起していたり、木槌打診で異常音が聞かれたり、根株に鋼棒の 1/3 以上が貫入するなど、腐朽部の存在が間接的に判断された場合に実施するものであり、腐朽や空洞の状況を専用の診断機器を用いて定量的に把握するものである。

腐朽診断機としては、主に γ 線透過量測定機（一般的なものは「 γ （ガンマ）線樹木腐朽診断機」、弾性波速度測定機（一般的なものは「Dr.Woods」、「PICUS ピカス」）、貫入抵抗値測定機（一般的なものは「レジストグラフ」）があり、各機器の特性を理解した上で、測定樹木の診断内容や条件に適した機器を選択して使用する。

腐朽部断面における面的な測定が可能な「 γ 線樹木腐朽診断機」と線的な測定である「レジストグラフ」について、機器概要と診断方法を表 - IV .7 に示す。

調査の結果は、「腐朽診断票」等に簡潔にとりまとめる（表 - IV .8）。

表 - IV .7 樹木腐朽診断機の特徴




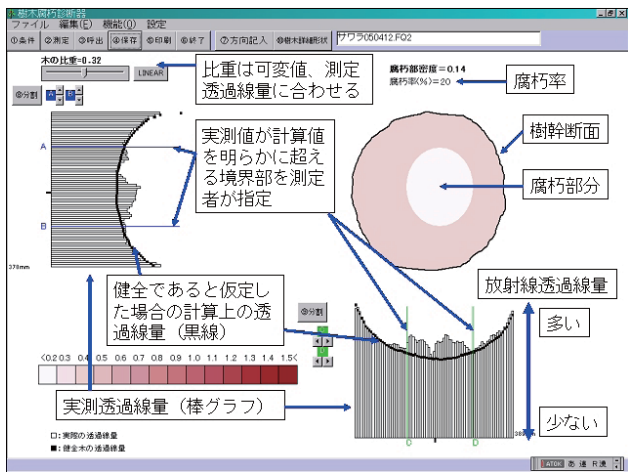
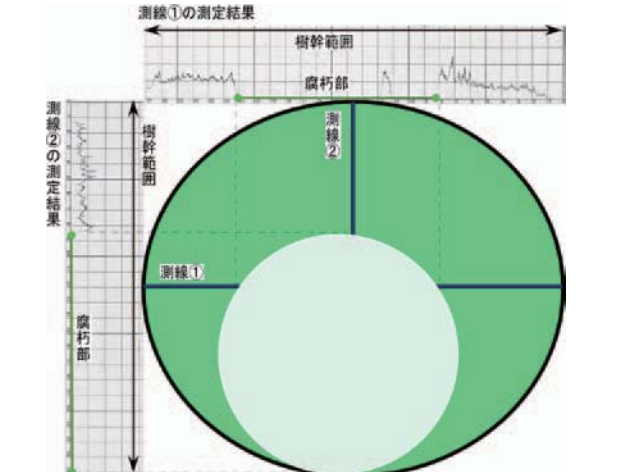




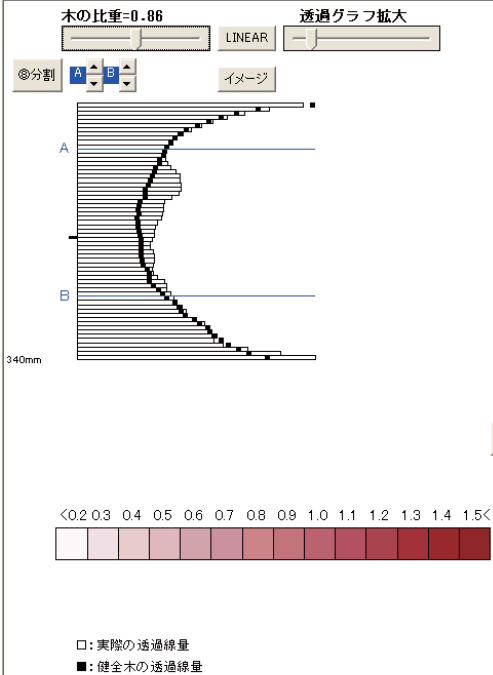
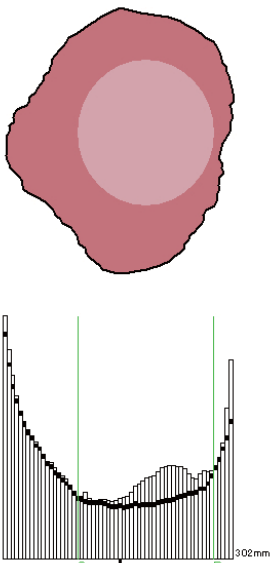

	γ線透過量測定機 (γ線樹木腐朽診断機)	貫入抵抗値測定機 (レジストグラフ)
外観	<p>幹径 1.5 m までの対応機</p>  <p>幹径 60 cm までの対応機</p> 	
出力		
概要	<p>○放射線が物質を透過する際に、物質の厚さや密度によって透過線量に変化する特性を利用して、簡易に非破壊で腐朽割合を予測するものである。</p>	<p>○物質に錐などで穴をあける際には、物質の硬さにより貫入の抵抗が変化する。そのため、樹木に錐を貫入させた際の抵抗が小さければ腐朽により強度低下が起こっていると予測するものである。</p>
測定方法	<ol style="list-style-type: none"> ①樹幹を挟んで放射線源と放射線検出器が水平にスライドできるように駆動治具を設置する。 ②モーターにより線源と検出器を同スピードで樹幹の端から端まで作動させる。 ③この間の透過線量を、設定した積算時間（5～10秒程度）毎にパソコンに取り込みグラフで表示させる。 ④測定値と、樹木が健全である場合の透過線量推定値（計算値）と比較を行い、これを明らかに超える透過線量が確認できた場合にはその範囲を把握する。 ⑤これを樹幹に対して直交する2方向で行い、内部の腐朽状況を楕円形で推測する。 ⑥測定結果は、パソコン上に測定断面の予測図と腐朽割合が表示される。 	<ol style="list-style-type: none"> ①機器本体に記録紙を挿入して材の硬さに適したギアを組み込む。 ②本体の先端を測定部に密着させて、ドリルを電動で駆動させ、錐を材内に貫入する。 ③測定部位の貫入が終了したら、ギアを反転させて錐を引き抜き、記録紙を外す。 ④同じ幹断面の複数の方向から、①～③の作業を、測定数分繰り返す。 ⑤記録はデジタルデータとしても保存できる機器もあり、この場合はパソコンで処理することが可能である。 ⑥測定結果は、専用の記録用紙（パソコンにも抵抗値を出力可）に、錐が貫入した部分の健全材の長さ、腐朽部の長さが表示される。 ⑦測定結果から、健全材の厚さを確認するとともに、幹断面における腐朽の大きさを予測する。
利点	<ol style="list-style-type: none"> ①完全な非破壊機器である。 ②樹木断面に対して面的な測定が可能である。 ③結果は測定直後に表示できる。 ④国産品のため故障等の対応が迅速である。 	<ol style="list-style-type: none"> ①貫入抵抗値を迅速に表示できる。 ②測定箇所あまり縛られない機動性を有する。 ③測定時間が短い。
欠点	<ol style="list-style-type: none"> ①微弱なγ線を使用する場合測定可能樹木の直径は1.5m程度に制限される。 ②心材と辺材の密度が大きく異なる樹種の場合、その違いを考慮して腐朽の判定を行わなければならない。 ③対象樹木の周りに障害物があると測定できない場合がある。 ④予測できる腐朽の形状が楕円形であり複雑な形状では誤差が生じる。 	<ol style="list-style-type: none"> ①樹木に傷を付けてしまう。 ②錐を貫入させた部分の測定であり、錐が腐朽部をはずれると腐朽を検出できない。 ③錐が曲がること（測定位置が不明確）がある。 ④貫入深さが進むにつれて切り屑が孔道にたまり腐朽部の抵抗値に影響を及ぼすことがある。 ⑤出力された抵抗値波形の判読が難しい。 ⑥測定可能樹木の直径は1m程度までである。 ⑦外国製のため故障等の対応に時間を要する。

表 - IV .8 γ線腐朽診断機による調査票の例

樹 木 腐 朽 割 合 調 査 票

測定年月日：平成 年 月 日

場 所	〇〇〇〇公園			樹 種	モンパノキ			
樹木 No.	1	樹 高	6m	幹 周	90cm	枝張り	8m	
使用機器	γ線腐朽診断機 (60cm)		使用線源	Cs ¹³⁷ (3.7MBq)	2	ST (秒)	3	SP (mm / 秒)
測 定 者			(所属)					
樹 木 写 真								
全 景			測定断面の側面写真					
								
								
測定高さ	GL+30cm		道路側					
γ 線 腐 朽 診 断 結 果 図						予測腐朽割合		
<p>①条件 ②測定 ③呼出 ④保存 ⑤印刷 ⑥終了 ⑦方向記入 ⑧樹木詳細形状</p> <p>木の比重=0.86 透過グラフ拡大 腐朽部密度=0.56 腐朽率(%)=39</p> <p>⑨分割 A B イメージ</p>  <p>340mm</p> <p>⑩分割 C D</p>  <p>302mm</p> <p>□: 実際の透過線量 ■: 健全木の透過線量</p>						<p>39%</p> <p>特記事項</p> <p>3本立ちの幹のうちの1本で、根元に空洞が見られる。</p> 		
備考	<p>根元の腐朽は39%と大きいため、支柱を設置するなどの倒木対策が必要である。また、今後も継続調査の結果による対策を検討する必要がある。</p>							

②根系腐朽調査

健全度調査により、根系に重大な欠陥があると推測された場合には、ルートカラー部分（地表面から 30cm 程度の深さ）を掘削して詳細な調査を行う。植樹帯等の狭小な場所を掘削する場合には、根系に傷を与えないように留意する必要がある、最近では圧縮空気を利用した方法が多く用いられている（写真 - IV .2）。



写真 - IV .2 圧縮空気による土壌掘削

腐朽徴候の存在箇所が、幹の低い部分及び露出した根である場合は、それらは木槌で打診して調査する。さらに、腐朽が疑わしい場合、主根はドリル、成長錐あるいは貫入抵抗測定機を使用して、健全材の厚さを測る調査を行う必要がある（写真 - IV .3）。根系の傷口には調査後に殺菌剤を塗布する。

調査結果は、それぞれの位置と腐朽状態を調査票に記入して、主根の総数と欠陥及び腐朽を有する割合を把握する（表 - IV .9）。



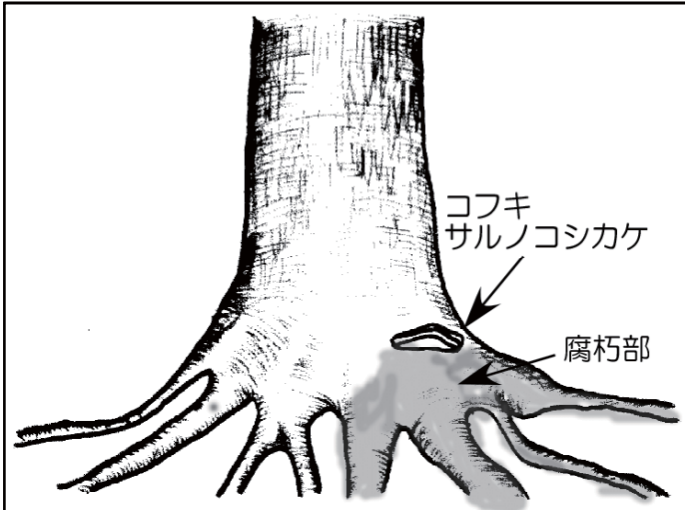
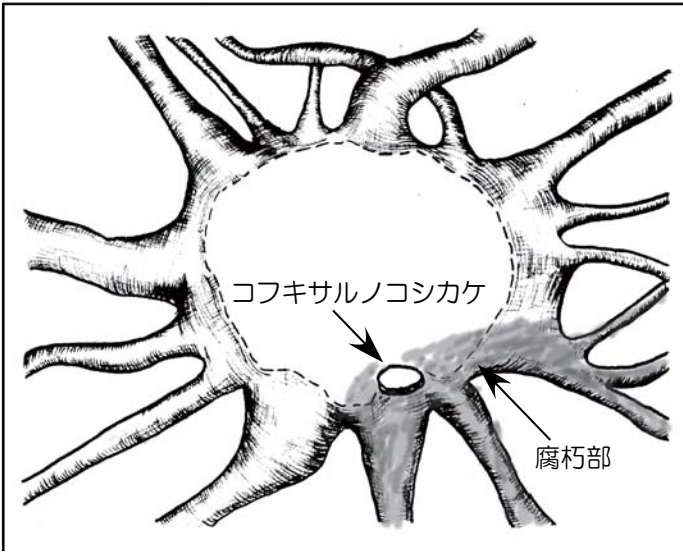


写真 - IV .3 ドリル等による根系腐朽状況の確認

表 - IV .9 根系腐朽調査票の例

根系腐朽調査票

測定年月日：平成 年 月 日

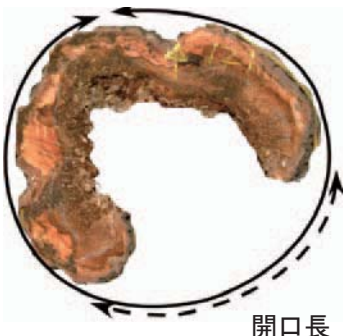
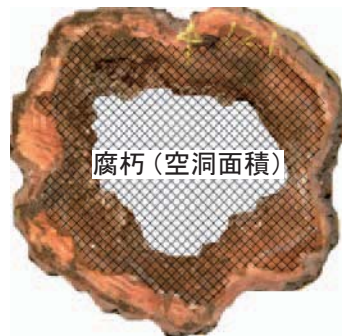
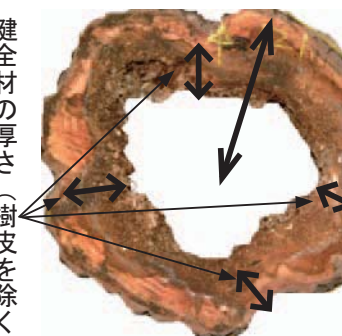
場 所	〇〇道路	樹木No.	59	樹 種	プラタナス
掘削機器	エアースコップ等	掘削面積、深さ	2m×2m×0.2m		
測 定 者	〇〇 〇〇	(所属)			
樹 木 写 真					
全景写真			掘削状況写真		
					
掘削平面図					
立面図			平面図		
					
腐朽根の数／根の全数	3／15		根系腐朽割合	1／5	
危険度判定／特記事項	B：やや危険 ルートカラーにコフキサルノコシカケが発生しており、腐朽が進行している。				

3.5 詳細調査の評価

①開口空洞部および健全材厚、腐朽割合による危険度評価

開口空洞部および腐朽割合、健全材厚による危険度評価の判定指標と判定基準値を表-IV.10に示す。これらの基準値の使用は、樹木の安全評価を定量的に表しているものの、これは単独で使用されるべきではなく、他の危険度評価の結果もあわせて総合的に判断することが重要である。例えば、安全とされる数値の樹木においても、その他の欠陥により破断する可能性があり、逆に、危険値だったとしても樹冠の縮小等によりリスクを小さくすることも可能である。

表-IV.10 開口空洞部、腐朽割合、健全材厚による危険度基準値

		開口空洞	腐朽・空洞割合	健全材厚さ
判定指標		開口空洞部の周囲長比率 (開口長／幹周)	幹の断面積に対する腐朽・空洞部の割合 (腐朽面積／幹断面積)	幹の半径に対する健全材厚さの割合 (健全材の平均厚さ／幹の半径)
		幹周  開口長	網掛け部分が腐朽部 (空洞含む)  腐朽 (空洞面積)	幹の半径  健全材の厚さ (樹皮を除く)
評価基準	A	0	0	—
	B	中心に達していない周囲長比率が33%未満、かつ活力度が普通以上	1%以上 20%未満	—
	C	中心に達していない周囲長比率が33%未満、かつ活力度が悪い	20%以上 40%未満	0.35 以上 0.5 未満
	D	中心に達している周囲長比率が33%未満、あるいは中心に達していない周囲長比率が33%以上	40%以上 50%未満	0.3 以上 0.35 未満
	E	中心に達している周囲長比率が33%以上	50%以上	0.3 未満

注) 健全材厚さの割合による評価基準は、腐朽・空洞が幹の中心を超えて広がっている場合のみに適用する。

評価基準 A : 「健全」
 B : 「僅かな異常がある」
 C : 「欠陥が認められるが、危険性はない」
 D : 「危険性を有しているが、すぐには倒伏、枝折れはしない」
 E : 「非常に高い危険性があり、すぐに倒伏、枝折れに繋がる恐れがある」

<開口空洞>

開口空洞が中心に達している開口長を測定して、開口長が幹周の33%以上ある場合は、「非常に高い危険性があり、すぐに倒伏、枝折れに繋がる恐れがある」と判断する。

<腐朽・空洞割合>

開口空洞が中心に達している開口長が幹周の33%未満の場合には、γ線樹木腐朽診断機を使用して腐朽・空洞割合を測定する。腐朽割合(樹幹断面積に対する腐朽面積)が50%以上の場合には、「非常に高い危険性があり、すぐに倒伏、枝折れに繋がる恐れがある」と判断する。また、γ線樹木腐朽診断機を使用できない場合には、貫入抵抗測定機により複数箇所の健全材の厚さを測定して断面図を作成し、内部の腐朽・空洞割合を推定する。

測定にあたっては、腐朽割合が最も大きいと予測される断面位置を特定する必要があり、樹木特性や腐朽メカニズムの知識を有し、経験が豊富である技術者が決定することが、非常に重要である。

＜健全材の厚さ＞

腐朽・空洞割合を推定できない場合には、貫入抵抗測定機により健全材の厚さを測定する。健全材の厚さと幹の半径の比率が、0.3未満（腐朽・空洞が幹の中心を超えて広がっている場合のみに適用）の場合には、「非常に高い危険性があり、すぐに倒伏、枝折れに繋がる恐れがある」と判断する。健全材の厚さを測定する際には、複数箇所測定して確認する必要がある。

②根系腐朽割合による危険度評価

根系の腐朽が認められる場合には、倒伏等の危険が常に存在する。主要根の33%以上が腐朽等で不完全な場合には、危険性が高いと判断する（表-IV.11）。

腐朽を評価する際には、根の断面が楕円形や卵型であることを考慮する（図-IV.8）。さらに、腐朽した根がある場合には、ドリルが根を貫通して土壌に入る前に何もない空間を通り抜けることも考慮する。さらに、以下の症状を考慮して、総合的に危険性を評価する。

- ・傾斜している樹木
- ・根系の生育空間が限定されている樹木
- ・厳しい暴風が頻繁に生じる場所に植栽されている樹木
- ・樹冠が大きく密集している等、アンバランスな樹木
- ・主要根に関連している土壌に亀裂のある樹木

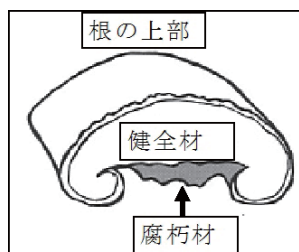


図-IV.8 根系断面の特徴

表-IV.11 根系腐朽割合による危険度評価基準

根系調査	
評価指標	掘削して生育状況を確認した根系の腐朽割合 (腐朽根系数/根系全数)
	<p>白：健全根系 黒：腐朽根系</p>
評価基準	A なし
	B 露出根系腐朽、切断根がわずかにある
	C 鋼棒貫入による異常が認められる
	D 33%未満（詳細調査）
	E 33%以上（詳細調査）

評価基準 A：「健全」
B：「僅かな異常がある」
C：「欠陥が認められるが、危険性はない」
D：「危険性を有しているが、すぐには倒伏はしない」
E：「非常に高い危険性があり、すぐに倒伏に繋がる恐れがある」

以上の結果から、樹木腐朽診断と根系腐朽調査の結果を表-IV.12に示す評価基準にあてはめ、管理作業の対応方針を決定する。ここでは、樹木の良い生育を確保するために通常行う「日常管理」と、倒木等の被害に対処すべき「改善的管理」、さらに、倒木性の危険性が非常に高く改善的管理では対応できない場合に行う「伐採」に分かれる。

表-IV.12 詳細調査の評価と対応方針

調査項目	調査結果				
樹木腐朽診断	A	B	C	D	E
根系腐朽調査	A	B	C	D	E
健全度評価	健全		不健全で欠陥を有する		著しく不健全で危険性を有する
対応方針	「日常管理」		「日常管理」 「改善的管理」		原則「伐採」

4. 管理作業

管理作業は、すべての樹木に対して健全な生育を促進させ、根系の支持力を高めるとともに、幹や根が腐朽菌に感染することを防止し、また剪定により樹種の特性に合った樹姿を形成することによって台風被害を受けにくくするための「日常管理」と、樹木健全度調査の結果により把握した倒伏等に対する危険性を排除するために実施する「改善的管理」、「伐採」がある。

【日常管理】

樹木の良い生育を確保するために定期的に行うもので、除草、整枝剪定、施肥等の作業がある。

【改善的管理】

倒木等の危険性が認められた場合にその危険性を排除するために行う作業であり、風圧を軽減するための剪定、保護材の補修・再設置、植栽基盤の再整備、樹勢回復等がある。

【伐採】

倒木等の危険性が非常に高く改善的管理においても対応できない場合に、危険性を排除するためにやむを得ずに行う伐採作業である。

4.1 日常管理

①除草

除草は、植栽地に繁茂した雑草を、人力による伐根除草や草刈機による刈り払いにより取り除く作業である（写真 - IV .4）。

植栽地における雑草の繁茂は、美観を損なうだけでなく、植栽樹等の大きさに規制のある植栽地で生育する樹木にとっては土壌水分や養分を奪取されることで生育が抑制されることに繋がる。また、繁茂した雑草をそのまま放置しておくことは病虫害の発生につながり、雑草に接している樹木に被害が及ぶ可能性が高い。

そのため、植栽地の雑草は、その植栽目的や植栽環境、人為的利用等の状況を踏まえた上で、草の種類に対応した時期、方法、頻度に応じて適切に実施することが重要である。



（人力による伐根除草）



（草刈機による除草）

写真 - IV .4 除草作業

また、除草作業の省力化を図るために、樹木の根元周辺を木質チップ、防草シート等によりマルチングしておくことが効果的である（写真 - IV .5）。マルチング材料は、敷設後から数年経過すると分解や劣化等により防草効果を失うことから、日常点検により日頃から状態を確認しておく必要がある。



写真 - IV .5 根元への木質チップのマルチング（インドゴムノキ）

なお、主な除草方法として行われる草刈機による作業においては、草刈機の回転刃が樹幹や支柱等を損傷させ、その傷口から腐朽に進行して台風時に倒伏や幹折れする事例が多く認められていることから、樹木周辺の草刈り作業は慎重に行う必要がある（写真 - IV .6）。



（左：ヤエヤマヤシの倒木、中：根系側断面、右：幹側断面）



（左：ヤエヤマヤシ、中：リュウキュウマツ、右：支柱の丸太材）

写真 - IV .6 草刈機による損傷と倒木

②整枝剪定

整枝剪定は、樹種の特性を活かした樹形を適切に維持することで、美しい樹姿や、充実した開花や結実をもたらす。また、繁茂した枝等の除去によって通風や採光を確保するとともに、病害虫の発生も防ぐことが可能となり、樹木の良好な成長を促進することに繋がる（写真 - IV .7）。

整枝剪定では、修景的な目的から樹種特有の自然樹形ではなく人工的な樹形として仕立てることが可能となる樹種もあるが、台風時の強風等により倒伏や幹折れを起こす危険性が高くなるため、でき

る限り無理のない樹形に仕立てることが望ましく、自然植生の状況に反した人工樹形とする場合には支柱等の保護材の使用が必要となることを踏まえておかなければならない（図 - IV .9）。



写真 - IV .7 整枝剪定による樹形維持（デイゴ）

<p>海岸地での自然植生の状況</p>  <p>風圧に耐えるため樹高が低く流線形の形状になっている。植栽木においても剪定によって同様の樹形づくりを行なうことによって、台風被害を軽減することができる。</p>	<p>公園植栽木</p>  <p>剪定によって樹高を抑え自生の形状に仕立てることによって、台風被害を軽減できる。</p> <p>樹高が高くなり剪定で下枝が落とされているが、台風被害を受け易い。</p>
<p>海岸地での自然植生の状況</p>  <p>風圧に耐えるため樹高が低い風衝形態になっている。株立ちで密に枝を絡ませている。</p>	<p>公園植栽木</p>  <p>海岸地の砂浜等への植栽であり、環境的に厳しい場所であるが、密植され樹高を抑えることによって自生状況にほぼ近い形態に仕立てられている。台風被害は少ない。</p> <p>多くの樹種が、一本立ちで幹周のサイズによって寸法規格が定められるが、本種は一本立ちの樹形は本来の樹姿ではないため台風被害を受け易く、半永久的に支柱をはずすことができない。</p>

図 - IV .9 人工樹形に仕立てた場合の留意点

整枝剪定の方法は、目標樹形までの形成途中である育成段階では、樹姿の形成を促すために不要となる枝と周辺にある構造物や視距において支障となる枝を切除することからなる。また、目標樹形に達成した以降の維持段階では、樹形の成長を抑制するために枝を切詰めたり、間引いたりする方法からなる（図 - IV .10、IV .11）。目標樹形となった樹木では、枝の伸長が早かったり徒長したりして樹形が乱れやすい樹種もあり、このような樹種においては台風被害を受けやすくなるため、多くの枝を短くするように切除する強剪定を行う必要が生じる。

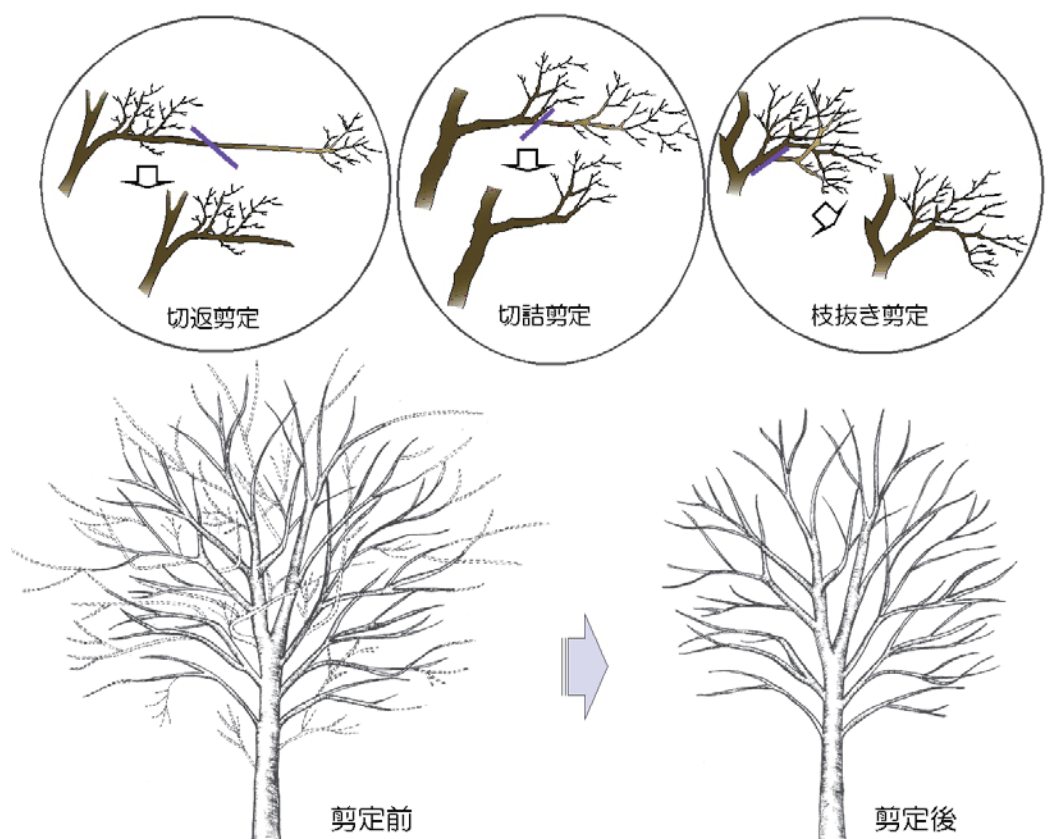
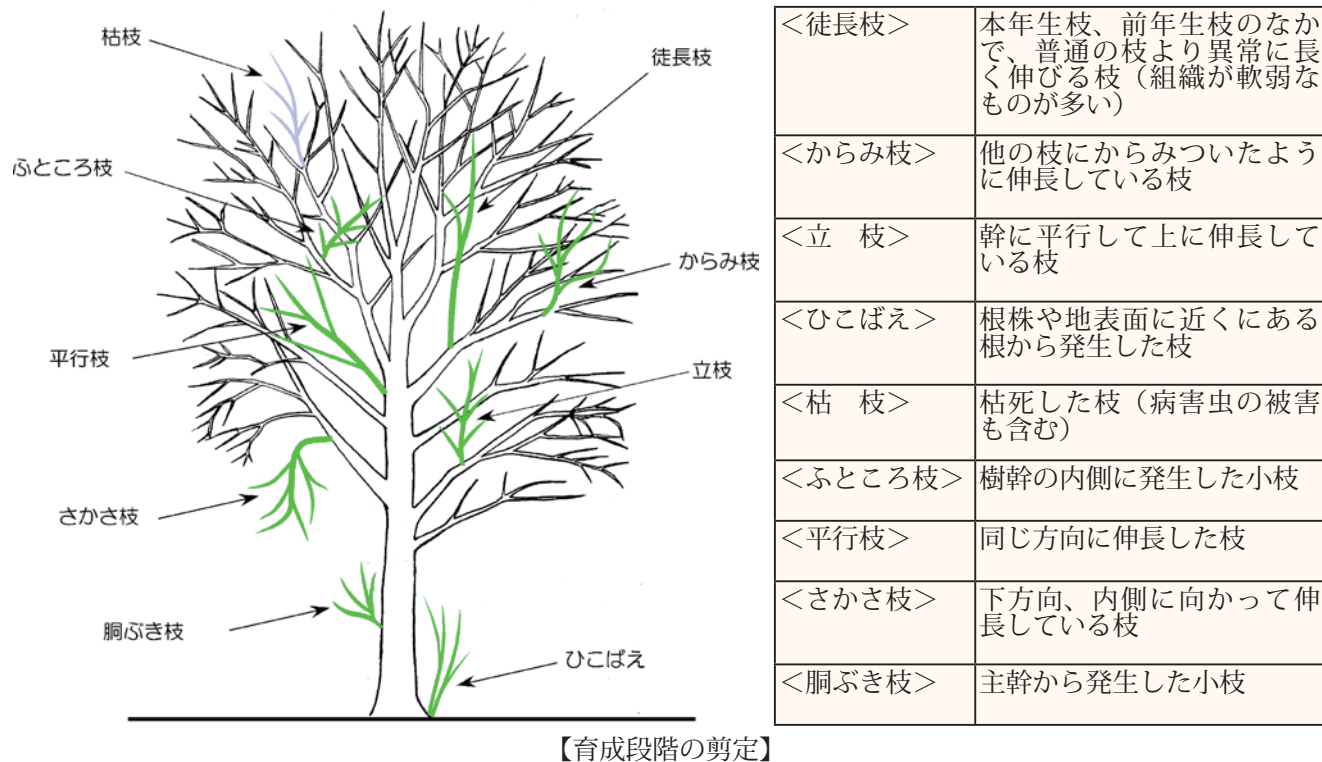


図 - IV .10 整枝剪定の方法


	剪定前	剪定作業	剪定後
タマリンド（常緑樹）			
目標樹形を超えて伸長した枝葉を切り詰めるとともに、込み合った枝を抜くように剪定する。			
モクマオウ（常緑樹）			
成長が早く樹形が乱れやすいため、強剪定により樹形を縮小する。			
タイワンモクゲンジ（落葉樹）			
自然樹形を維持するように、切り詰め、枝抜き剪定を行う。			
ビロウ（ヤシ類）			
枯れ下がった枝を切除する。			

図 - IV .11 整枝剪定の作業例

また、整枝剪定にあたっては、樹齢や活力を考慮して剪定後の成長を見込めることを確認しておくとともに、対象樹種における傷に関連する病気や枯れ下がり、腐朽に対する抵抗力（カルスの成長量も考慮）についても考慮しておくことが重要である。

さらに、樹木の枝と幹は構造が分かれていることから、その境界部分で切断（残る部分に傷をつけない）しないと腐朽菌に侵されやすい。枝の途中で剪定を行うと、そこから腐朽が侵入して枝枯れに繋がるが多いため、剪定位置に注意するとともに、剪定により樹皮が剥がれないような配慮が必要である（写真 - IV .8、図 - IV .12）。

特に、主幹頂部を切断する剪定（トッピング）は、剪定後の腐朽菌侵入の可能性が高く、その部分から成長した幹が破断する恐れがあることから慎重に行う必要がある（図 - IV .13）。



写真 - IV .8 剪定痕からの腐朽とカルス形成による巻き込み（デイゴ）

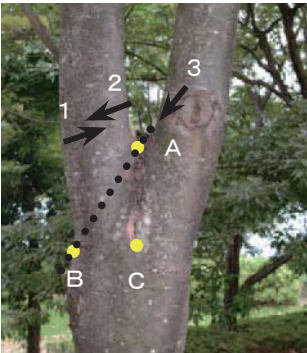
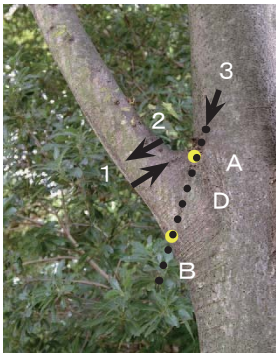

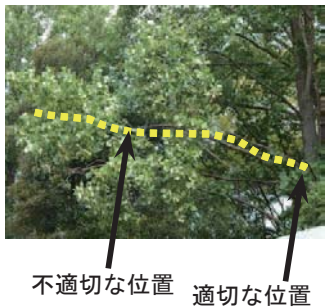
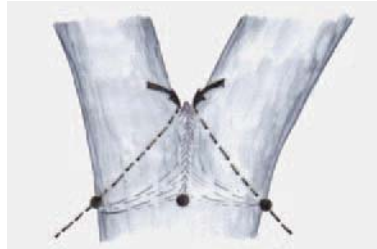
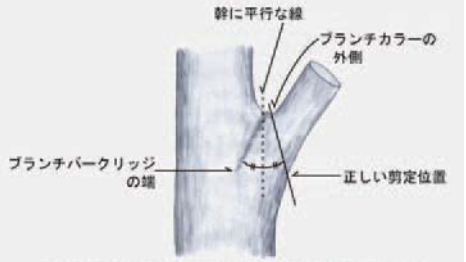
主幹（若木）の剪定	主枝の剪定	枝の結合部分での剪定	枝の剪定
 <p>○樹皮が裂けるのを防ぐために枝1、2の順であらかじめ切断。 ○次に3（AからB）を切断。 ○Bは枝のバークリッジの末端Cからまっすぐに横切った点。 ○残す枝は切断する主幹の直径の3分の1の太さが必要。</p>	 <p>○樹皮が裂けるのを防ぐために枝1、2の順でへとあらかじめ切断。 ○次に3（AからB）を切断。 ○Cのブランチカラー（枝の付け根の膨らみ）部分やDのバークリッジ（又の部分に突き出ているしわ）部分を切断したり傷をつけたりしない。</p>	 <p>○枝の剪定部分は、矢印の箇所で行う。 ○矢印の間での切除はしない。</p>	 <p>不適切な位置 適切な位置</p> <p>○長い横枝は途中で剪定しないで枝ごと切断する。 ○途中で切断された枝は数年後に枯死して落下する危険が高い。</p>
不明瞭な枝等の剪定位置			
 <p>コドミナント： 相互に優勢している幹や枝</p> <p>コドミナント分岐の剪定位置</p>		 <p>明瞭なブランチカラーがない場合は適切な位置で剪定する</p>	
<p>・ 樹皮の稜線（バークリッジ）の先端（分岐部）と、稜線の終点から枝の伸長方向に直交した端部（樹皮のしわを残す）に線を引き、この線を剪定位置とする。</p> <p>・ 樹皮の稜線（バークリッジ）の終点から枝の伸長方向に平行な線を引き、その角度を倍にした線を適切な剪定位置とする。</p>			

図 - IV .12 腐朽に配慮した剪定方法

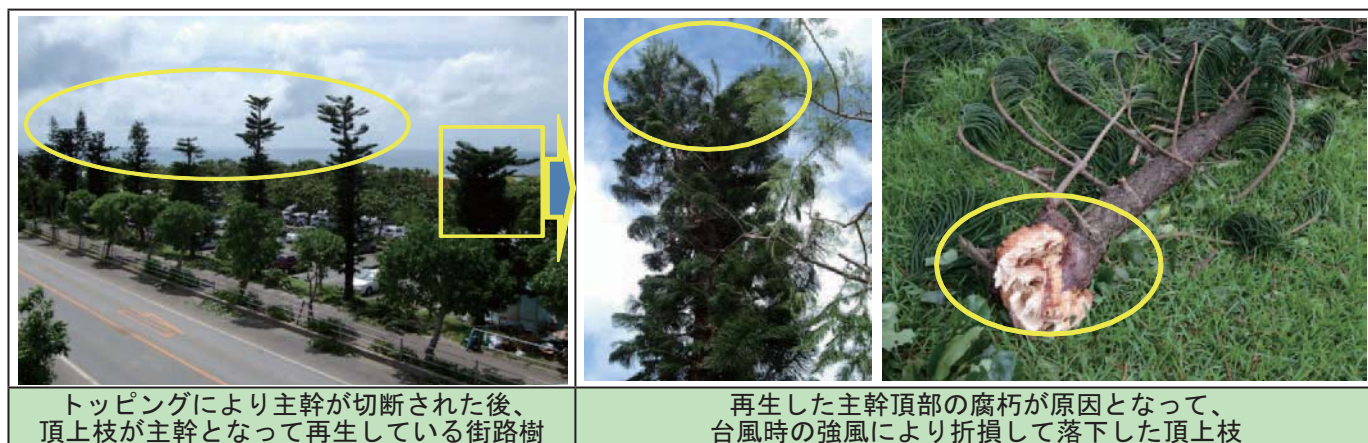


図 - IV .13 主幹切断（トッピング）による頂部腐朽

③施肥

施肥は、樹木の成長や開花を促進することを目的として、土壌中の養分欠乏を補う作業である（写真 - IV .9）。植栽時における植栽基盤の整備が十分に行われている場合には、植栽後の養分は不足していることはないため、植栽後数年間は特に必要ないと考えられる。その後、樹木の成長が停滞していると判断された場合に実施することになる。

施肥には施す位置や深さの違いにより輪肥、車肥、壺肥、表面散布などの方法があるが、いずれにおいても土壌の掘削を伴う場合には根系を傷つけないように留意する（図 - IV .14）。



写真 - IV .9 施肥作業

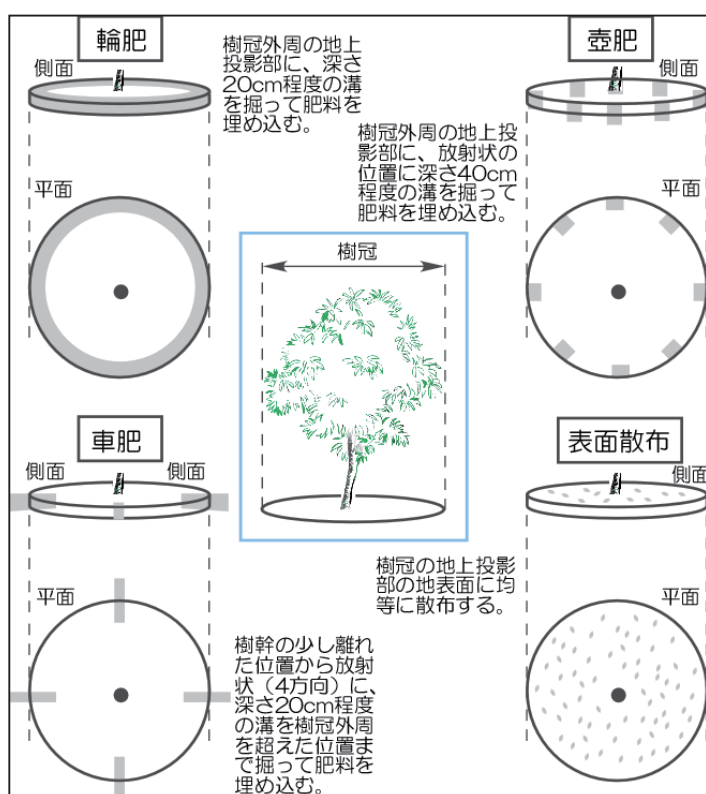


図 - IV .14 主な施肥方法

植栽地に施す肥料としては、速効性の化成肥料と緩効性の有機質肥料などがあり、施肥の対象となる樹木の生育状況、施肥効果の発現時期等の条件から総合的に勘案して選定する必要がある。選定した肥料は、植栽環境等に最適な方法により施用することとなるが、施肥量については植栽地毎に土壌分析を行って欠乏量を把握することは現実的ではないため、過剰害が生じない程度の量を施用することが一般的である（表 - IV .13）。

表 - IV .13 標準的な施肥量の目安

樹 高 (m)	期待成長量 (乾量 g)	[N : P : K = 12 : 6 : 6] の化学肥料換算の施肥量					[N : P : K = 20 : 10 : 10] の化成肥料換算の施肥量		
		速効性			緩効性		遅効性		
		春	秋	年間	1年1回 春	2年1回 春	春	秋	年間
2 以下	100 g / 本	52	26	78	70.2	117	31.4	15.6	47
2 ～ 4	200 g / 本	104	52	156	140.4	234	62.7	31.3	94
4 ～ 5	300 g / 本	156	78	234	210.6	351	93.3	46.7	140
5 以上	400 g / 本	208	104	312	280.8	468	124	62	186

※) 引用文献：「沖縄都市緑化技術指針」、沖縄総合事務局監修、(社)沖縄建設弘済会、1996

④灌水

灌水は、土壤水分を適正に保つことにより、樹木が大きな水分ストレスを受けることなく良好な生育を保つことができるように、極端に降雨量が少ない期間において土壤の著しい乾燥を防止するために行う作業である(写真 - IV .10)。特に、沖縄では一般的に土層が薄いことや腐植質が少ないことから、保水性に乏しく乾燥しやすいという土壤特性に留意しておく必要がある。

灌水は、樹木の葉にしおれ等の乾燥害の様態が現れた際に、土壤の乾燥状態や特性、植栽基盤の大きさ、樹木の大きさ等の状況を現地で把握した上で、朝夕の時間帯に必要十分な量を速やかに散水する。



(散水栓からの灌水)



(給水タンクからの散水)

写真 - IV .10 灌水作業

⑤病虫害の防除

病虫害の発生は、病害においては樹木の萎凋、萎縮、変色や部分的異常肥大、葉枯れ、腐敗、病斑等を、虫害においては食害や吸汁による樹木のしおれ、穿孔等を生じさせ、被害が大きくなると樹木の生育を妨げ、枯死に至ることもある。そのため、日常点検時における早期の発見と防除を行うものである(写真 - IV .11)。

病虫害の防除には、羅病部の切除や捕殺、薬剤散布による方法がある。

【羅病部の切除】

羅病した枝葉を切除し、焼却処分する。切除に使用した器具は、感染を防ぐために消毒処理をする。

【捕殺】

害虫がついた枝等を剪定し飛散ないようにビニール袋等に密封して処分する。毒毛針がある害虫を取り扱う場合には、作業者の安全を優先して作業する。

【薬剤散布】

薬剤（農薬）を使用して病害や害虫を防除するものである。発生した病害虫に対して効果的な薬剤を選定するとともに、決定した散布量、散布方法、散布位置、想定飛散範囲、散布日時等を周知した上で実施する。農薬は、農薬取締法の規定に基づく「農薬を使用する者が遵守すべき基準を定める省令」、農林水産省通知「住宅地等における農薬使用について」等の関連法令等に基づき適正に使用するものとし、人畜の安全及び樹木等への薬害防止に十分留意する（表 - IV .14）。



（薬剤散布）



（補虫ネットの取り付け・台湾カブトムシ対策）

写真 - IV .11 病虫害の防除作業

表 - IV .14 薬剤（農薬）使用時の留意点

対象	留意点
作業実施者	<p>【準備】</p> <ol style="list-style-type: none"> ①使用する農薬の成分、効き目などの説明書を必ず読むこと。薬品の表示は安全性のために変わることがあり、最新の情報を得る必要がある。農薬の対象植物、病虫害名、希釈濃度、使用量、使用時期、使用回数などを確認する。 ②毒性の強いものがあり、作業をする人間の保護用のマスク、ゴム手袋を着け、必要な場合は眼鏡、防水用の衣類を着用する。ペットへの影響や河川、池へ流れ込むのを防止すること。 ③防除器具の使い方や整備をして、破損がないことを確かめておく。 ④作業者の健康管理を十分にしておく。 <p>【作業時】</p> <ol style="list-style-type: none"> ①希釈の際には手順を考え、規定の濃度、使用法を守ること。 ②散布作業は疲労の少ない涼しい朝夕を選び、長時間連続作業は行わないこと。 ③風の弱い時間に風上に位置して、薬剤が直接体にかからないように行う。 ④作業中の喫煙や飲食は避ける。 <p>【作業後】</p> <ol style="list-style-type: none"> ①ビンなどの容器に入った農薬は、しっかりと栓をして安全な保管場所に収納する。 ②散布用の器具に入れた農薬は使いきってしまう。器具を洗う洗浄液はバケツ等に汲んで行い、水路に流さない。周囲に影響のない土の場所を選び、分散して浸透させる。 ③農薬の容器は必ずかたづける。 ④作業者は体を洗い、飲酒を控えて健康状態に注意する。衣類はよく洗濯する。 ⑤異常があった場合は医師の診断を受ける。
対象樹木	<ol style="list-style-type: none"> ①適正な希釈濃度、散布量、適期に行う。 ②品種により薬害が出やすいものがあり、薬剤の種類選別に注意する。 ③生育の時期、生育方法で薬害が出ることがあり、注意する。 ④高温や乾燥の条件により被害が出ることがあるので、注意する。しおれているような植物には直接散布しない。 ⑤食用の果樹などでは残留性に注意する。 ⑥農薬の混ぜ合わせに注意する。
周辺環境	<ol style="list-style-type: none"> ①通行者や公園などの利用者には十分に注意して、散布場所に触れたり、近づくことを制限し、安全を確保する。散布薬剤名、管理者名などを明示しておく。 ②周辺の住宅地、農地、河川、池などへ飛び散るのを防ぐ。 ③養蚕の行われている場所では、影響の大きな薬剤があるので、散布時期、種類などに注意する。
薬品の管理	<ol style="list-style-type: none"> ①直射日光の当たらない冷涼で乾燥した場所に保管する。 ②容器の移し変えをしない。 ③できるだけ殺虫剤、殺菌剤、除草剤などの区分をして、混合しないようにする。 ④有効期限に注意し、順に使っていく。

⑥ ネットによる風対策

沖縄の海岸部は、台風時の潮風が強だけでなく冬季の季節風などによって塩害を受け易く、植栽後の樹木にとっては活着が厳しい環境条件である。こうした厳しい環境下では、植栽時の根切りや地上部の剪定が少なく葉からの蒸散量を少なくできる幼木植栽が有効であるが、樹木が活着するまでの1～3年程度は、支柱材の設置と合わせてネットによる保護を行なうことによって、台風被害を軽減できる（写真-Ⅳ.12）。

ネットによる防風効果は、樹木に近いほど高くなるため、樹木の大きさより多少広く余裕を持たせた上で、できる限り近い位置に設置することが望ましい。また、ネット自体が外れたり、支柱が倒れたりすることで利用者等への危険性が生じることがないように、鋼製パイプ等の強度のある素材を使い、十分な大きさの基礎に確実に設置するとともに、交換や取り外しが容易なように脱着可能としておくことが望ましい。



（海岸部の植栽地における樹木の生育不良）



（単木型のネット設置）

（植栽地全体のネット設置）

写真-Ⅳ.12 ネット設置による樹木保護

4.2 改善的管理

① 剪定

樹木健全度調査において以下の危険性が認められた場合に、剪定により危険性を排除することができる樹木に対して行う作業であり、これにより台風被害の軽減を図るものである。

【腐朽・空洞、樹体の傾き、樹冠の偏り、根系の欠損、植栽基盤の不良等による危険性】

この危険性における剪定は、台風による強風時において、樹木が受ける風圧の負荷を減少させるこ

とにより樹体の倒伏を防止することを目的として、樹冠を小さくするための切り返し剪定、切り詰め剪定や、枝葉の密度を小さくするため枝抜き剪定が行われる（写真 - IV .13）。

剪定量は、樹種によって異なるが、萌芽力の強いアカギ、トックリキワタ、ガジュマル、モクマオウ等では、強剪定により主枝の太枝を切除することによって短期間に樹冠を小さくすることも可能である。なお、剪定作業における留意事項は、「日常管理」における整枝剪定と同様である。

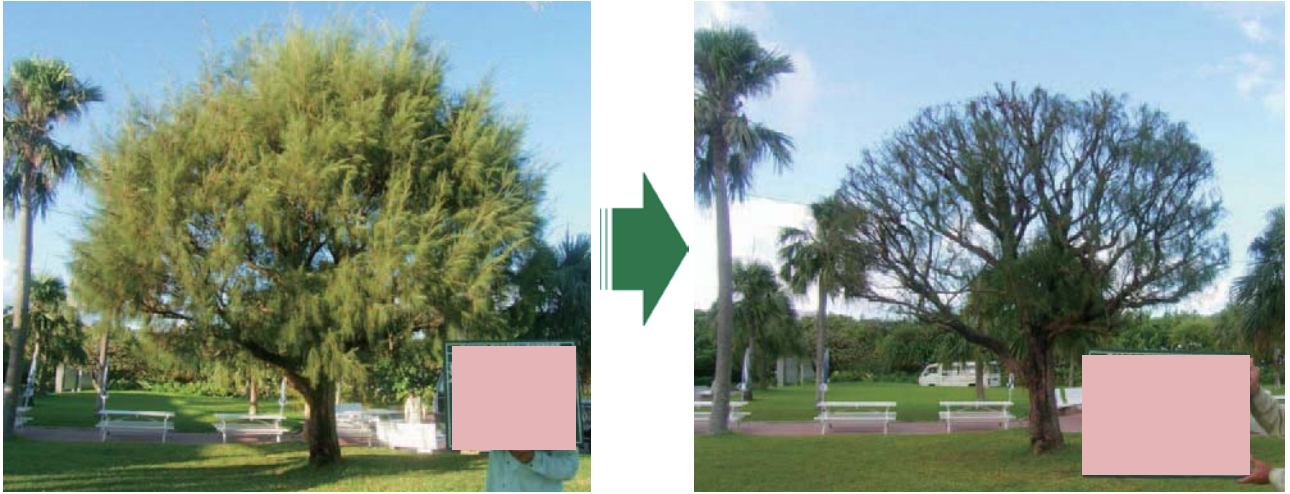


写真 - IV .13 樹冠縮小による危険性の排除（モクマオウ）

【枝葉の偏り、枯れ枝やぶら下がり枝等の危険性】

枝葉の偏り、枯れ枝やぶら下がり枝等の危険性における剪定は、枝折れに繋がる危険性を有している部位の枝葉を取り除くだけで危険性を排除できるため、対象となる枝を枝抜き剪定により切除することが行われる（写真 - IV .14）。

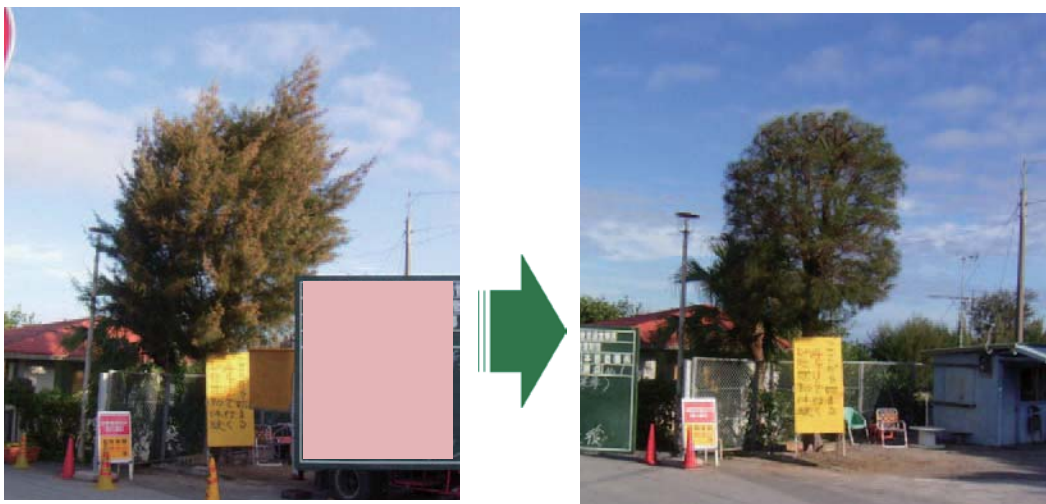


写真 - IV .14 樹冠整正による危険性の排除（モクマオウ）

②保護材の補修・再設置

樹木健全度調査において、保護材に危険性が認められた場合に、その撤去や補修、再設置を行うことで、台風被害を軽減するものである。

【支柱】

支柱は、概ね樹木が活着すると考えられる3年から5年で不要になると考えられる。樹木の活着後に支柱を残した状態にしておくと支柱の食い込み等による樹木の損傷が起こり、樹木の生育を阻害す

ることに繋がるため撤去する。また、樹木の活着期間内においては、支柱材や結束材の腐朽、欠損によって、樹幹が損傷して幹折れの原因となることが多いため、このような状況が確認されたら早急に補修することが重要である（写真-Ⅳ.15）。

樹木は活着したもの、植栽基盤が狭小で根系の支持力が十分でなく倒伏の危険性があると判断された場合には、さらに大きな適正規格の支柱を再設置する（写真-Ⅳ.16）。

また、主幹の傾きがある樹木には、撞木型（頬杖）支柱を設置することで倒伏や幹折れの危険性を軽減できる（写真-Ⅳ.17）。

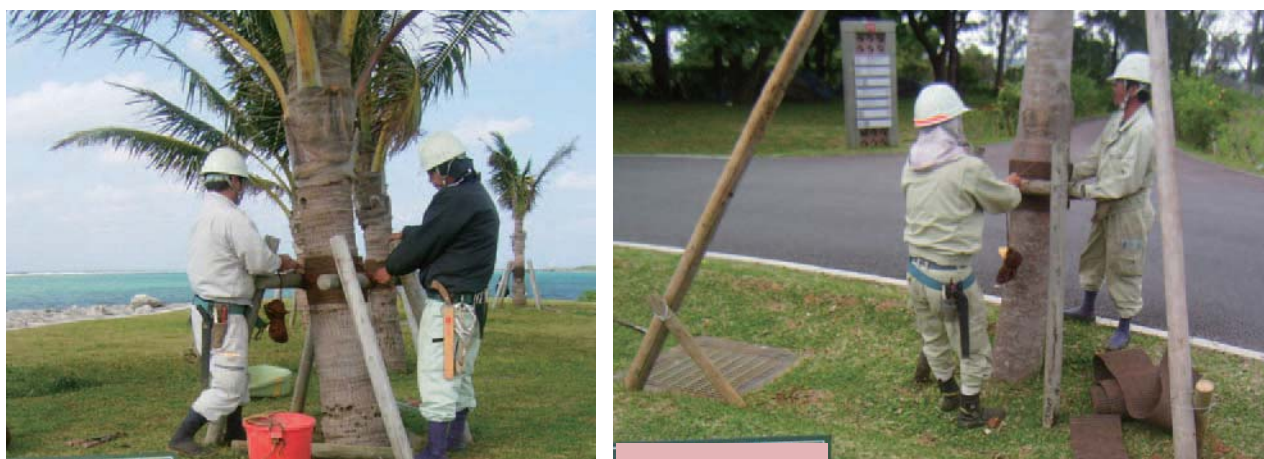


写真-Ⅳ.15 支柱の補修



（植栽1年目・三脚鳥居支柱）

（植栽後5年以上が経過後・四脚鳥居支柱）

写真-Ⅳ.16 支柱の再設置（適正規格への変更・コバティシ）



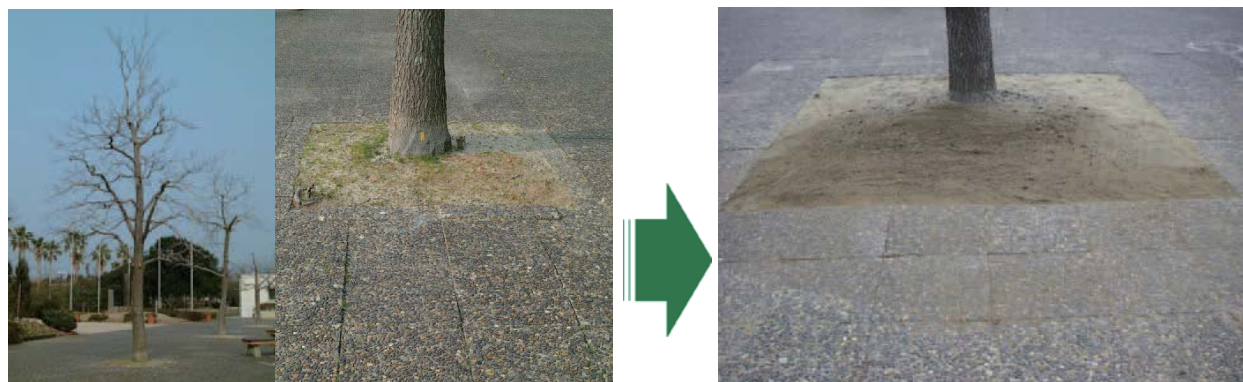
写真-Ⅳ.17 撞木型（頬杖）支柱による幹折れ危険性の排除

③植栽基盤の再整備

樹木健全度調査において、植栽基盤が狭小なために根系伸長が十分でなく、根返りの危険性が認められる場合には、植栽基盤を拡張することで根系伸長を発達させて支持力を高めることが望ましい。また、植栽基盤は十分な大きさが確保されているものの、排水が不十分なために根系伸長が妨げられている様子が確認できる場合には排水対策を実施する。

【植栽基盤の拡張】

植栽基盤の拡張は、樹木の根系がその特性を活かして十分に伸長できるように、狭小な植枿や縁石等がある場合には撤去した上で植栽基盤の有効土層を拡張するものである（写真 - IV .18）。拡張した植栽基盤の範囲内では、土壌改良を行うことで樹木生育にとって良好な土壌に整備すると、より効果的である。



（狭小な植栽枿による植栽基盤）

（拡張後の植栽基盤）



（植栽基盤の拡張作業）

写真 - IV .18 植栽基盤の拡張

【排水工】

排水工は、土壌が過湿や排水不良により透水性が不良である場合に、透水性を改善するために行うものである。既存の植栽樹木においては、不透水層を有する地盤に透水孔を掘削して排水する縦穴排水が一般的である（写真 - IV .19）。透水孔は必ず複数箇所とし、目詰まり等により再び排水不良となる危険性を回避するようにする。施工後には、不透水層が改善されて排水効果があることを必ず確認する。排水効果が十分でない場合には、逆に滞水を促進してしまうことがあるので注意が必要である。



写真 - IV .19 排水工の例

④樹勢回復

樹勢回復は、前述した管理作業に対して複合的に行う土壌改良、剪定傷や腐朽部の処置があり、樹木の成長を早期に回復させ根系伸長やカルス（癒合組織）の発達等を促進させることが可能となる。

【土壌改良】

土壌改良は、既存の植栽樹木に対して行う作業となるため、部分的な耕耘や改良資材の混合、土壌を掘削せずに耕耘の効果が期待できる圧入装置を利用したエアレーション等がある（写真-IV.20）。



写真-IV.20 土壌改良

【剪定傷、腐朽部の処置】

剪定傷や腐朽部がある場合、そのまま放置しておくとも腐朽菌に感染しやすくなるため、定期的に殺菌剤を塗布することにより、カルスの巻き込みを促進させる（写真-IV.21）。腐朽材がある場合には、腐朽部を削り取り、良く乾燥させた後で殺菌剤を塗布する。



写真-IV.21 剪定傷、腐朽部の処置（リュウキュウマツ）

4.3 伐採

樹木健全度において、主幹に大きな亀裂や腐朽・空洞が認められた場合や根系の多くが腐朽や切断されている場合などの重大な危険性があり、改善的管理作業においても排除できないと判断された樹木には、伐採して新規植栽などの更新を検討する（写真-IV.22、IV.23）。



(モンパノキ)



(アコウ)

写真 - IV .22 伐採作業



(伐採前)



(更新植栽後)

写真 - IV .23 伐採後の更新植栽 (トックリヤシモドキ)

第 2 編
台風被害対策に関する調査報告書

第1章 台風被害の実態と被害要因

沖縄県内の都市緑化は、1972年の復帰後から、公園や道路を中心に急速に充実してきた。特に高木類は、亜熱帯性の温暖な気候のもと、多くの在来種や海外の熱帯や亜熱帯地域から導入された樹種が植栽されている。これらの樹種は、緑陰、防潮、防風などの機能を発揮するほか沖縄の特色、郷土色を構成する重要な要素となっている。

しかし、樹木の生育にとって毎年襲来する台風は大きな生育阻害要因となっており、必ずしも、これらの樹種が順調に育ち、その機能を十分に果たしているとはいえない状況にある。近年では平成14年度に宮古島に襲来した猛烈な台風14号が大径木をも倒木させ、樹木への被害のみならず、生活環境にも大きな被害をもたらしている。こうしたことから、台風時における樹木の被害機構の解明とその対応策の確立が望まれている。

本章においては、公園と道路に植栽されている緑化樹木を対象とした台風被害の実態から倒木被害の発生要因を明らかにした。

1. 公園における被害実態

沖縄県国頭郡本部町にある国営沖縄記念公園海洋博覧会地区（図-1.1）において、平成8年度～平成19年度までに襲来した台風による被害樹木（図-1.2）について、公園樹木の管理記録から実態を整理するとともに、被害を及ぼした台風の概況についてとりまとめた。

調査項目は、以下のとおりである。

①被害樹木の状況

樹種、樹木形状（樹高、幹周、枝張り）、被害形態（倒木、傾木、幹折れ、枝折れ）、被害本数、支柱の有無等

②台風の概況

気圧、風速、降水量、経路等

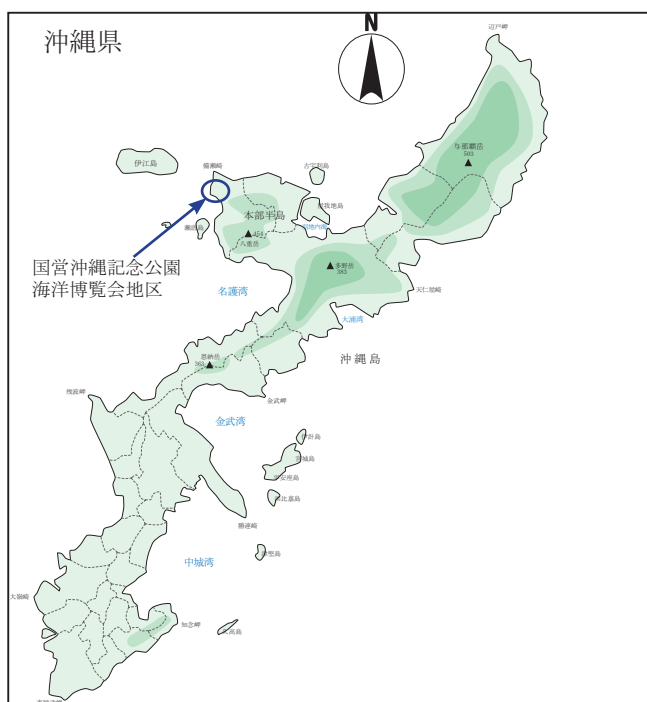


図-1.1 国営沖縄記念公園の位置



図-1.2 台風の被害形態

1.1 台風規模と被害本数

平成8年度から平成19年度までの12年間において、国営沖縄記念公園海洋博覧会地区での樹木被害（倒木、傾木、幹折れ、枝折れ）をもたらした台風の総数は21個で、樹木被害総本数は917本であった（表-1.1）。最も大きな被害をもたらした台風は、平成19年度の台風4号で被害本数219本であった。次いで、平成12年度の台風8号における168本、平成8年度の台風12号における99本の順であった。

表-1.1 平成8～19年度における被害実態

年度	台風名	沖縄通過経路	襲来期間 (日数)	平均現地 気圧 (名 護市) hPa	最大風速 (名護市) m/s	最大瞬間 風速 (名 護市) m/s	期間降水 量 (名護 市) mm	被害本数 (本)
H8	12号	本島横断	8/10～8/14 (5)	970.4	25.9	43.2	201.5	99
	21号	本島西側	9/27～10/1 (5)	981.5	22.5	40.0	179.0	50
H9	8号	本島西側	6/26～6/27 (2)	991.6	19.4	43.1	66.7	11
	11号	本島西側	8/6～8/8 (3)	992.2	22.7	41.4	286.5	22
	13号	本島南海上	8/17～8/18 (2)	971.0	20.7	43.4	256.5	25
H11	7号	本島横断	8/1～8/2 (2)	990.7	19.1	35.8	192.0	9
	18号	本島西側	9/19～9/24 (6)	987.8	28.8	49.5	421.5	74
H12	6号	本島東側	7/25～8/3 (10)	991.6	12.7	26.4	424.5	1
	8号	本島横断	8/5～8/9 (5)	989.2	25.2	47.1	181.5	168
	14号	本島横断	9/11～9/13 (3)	967.4	22.2	42.0	295.0	9
H13	16号	本島横断	9/7～9/13 (7)	995.5	21.5	36.5	196.5	6
	21号	本島西側	10/13～10/18 (6)	996.3	22.5	39.5	8.0	1
H14	5号	本島西側	7/3～7/4 (2)	998.1	16.8	29.8	49.5	1
	7号	本島西側	7/14～7/15 (2)	988.0	27.3	46.4	147.0	31
	16号	本島横断	9/3～9/7 (5)	982.2	30.1	57.9	418.0	47
H15	10号	本島東側	8/6～8/8 (3)	974.3	29.9	48.7	148.5	61
	15号	本島東側	9/18～9/20 (3)	993.6	18.3	31.9	105.0	3
H16	18号	本島横断	9/4～9/6 (3)	960.7	26.4	46.6	325.0	61
	21号	本島西側	9/24～9/28 (5)	1004.9	14.8	27.0	36.5	3
	23号	本島東側	10/17～10/20 (4)	977.1	22.7	38.6	126.5	16
H19	4号	本島西側	7/12～7/14 (3)	973.9	28.8	50.9	236.0	219
合計								917

※) 各項目の数値基準

- ・襲来期間：国立情報学研究所北本研究室 (<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>) が公開している沖縄県における台風の襲来期間。
- ・平均現地気圧：気象庁沖縄気象台 (<http://www.jma-net.go.jp/okinawa/>) が公開している気象記録（名護）より襲来期間中の最低値。
- ・最大風速：気象庁沖縄気象台が公開している気象記録（名護）より襲来期間のうち最高値。
- ・最大瞬間風速：気象庁沖縄気象台が公開している気象記録（名護）より襲来期間のうち最高値。
- ・期間降水量：気象庁沖縄気象台が公開している気象記録（名護）より襲来期間の降水量総計値。

台風の規模と被害本数の関係をみると、最大瞬間風速と最大風速においては風が強くなるほど被害本数が増える傾向にあることが示された（図-1.3、1.4）。具体的には、最大瞬間風速で約40m/s以上、最大風速で約22m/s以上となった場合には、被害本数が50本を超えていることがわかる。

一方、平均現地気圧及び期間降水量では明確な関連性は認められなかった（図-1.5、1.6）。

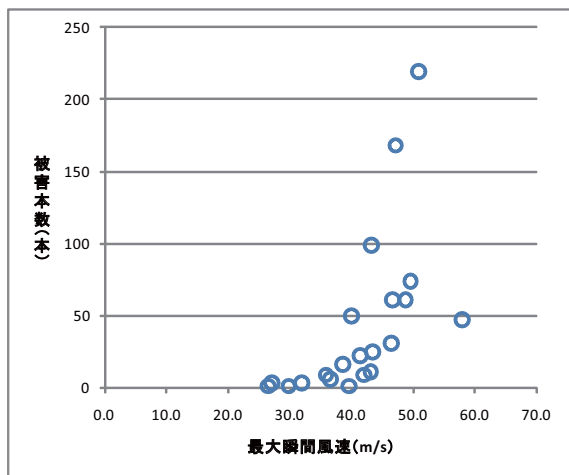


図-1.3 最大瞬間風速と被害本数の関係

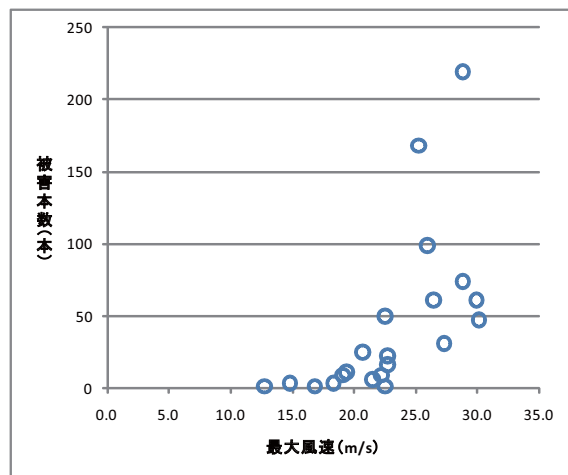


図-1.4 最大風速と被害本数の関係

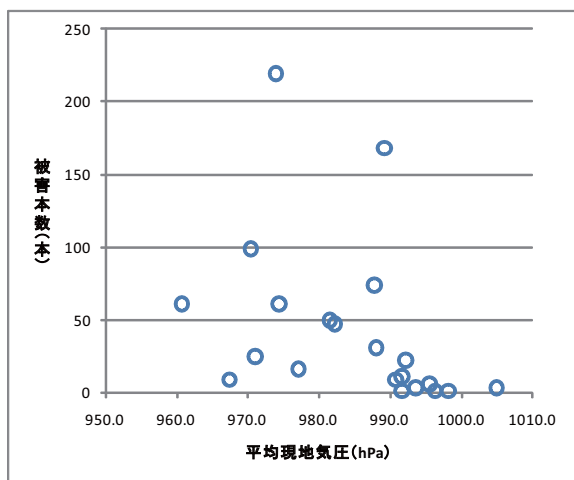


図-1.5 平均現地気圧と被害本数の関係

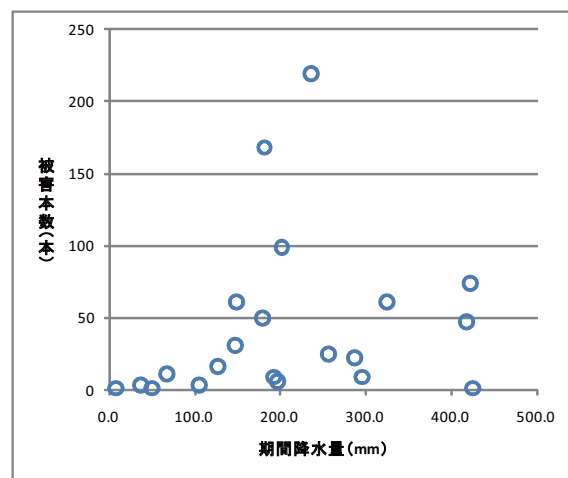


図-1.6 期間降水量と被害本数の関係

1.2 台風経路と被害状況

沖縄本島に襲来して国営沖縄記念公園で樹木被害をもたらした台風経路は、本島横断（7個）、本島西側通過（9個）、本島東側通過（4個）、本島南海上（1個）の4つのパターンに分けられる（図-1.7）。

国営沖縄記念公園は本島北部の西側に位置するため、本島を横断する台風と本島西側を通過する台風は最も接近する。さらに、台風は上空から見て反時計回りに強い風が吹き込んでいるため、進行方向に向かって右の半円側において台風自身の風と台風を移動させる周りの風が同じ方向に吹くため風が強くなる。また、中心（気圧の最も低い所）のごく近傍は「眼」と呼ばれ、比較的風の弱い領域になっているが、その周辺は最も風の強い領域となっている。このことが、本島西側を通過する台風と本島を横断する台風において被害が多く発生する原因と考えられる（図-1.8）。

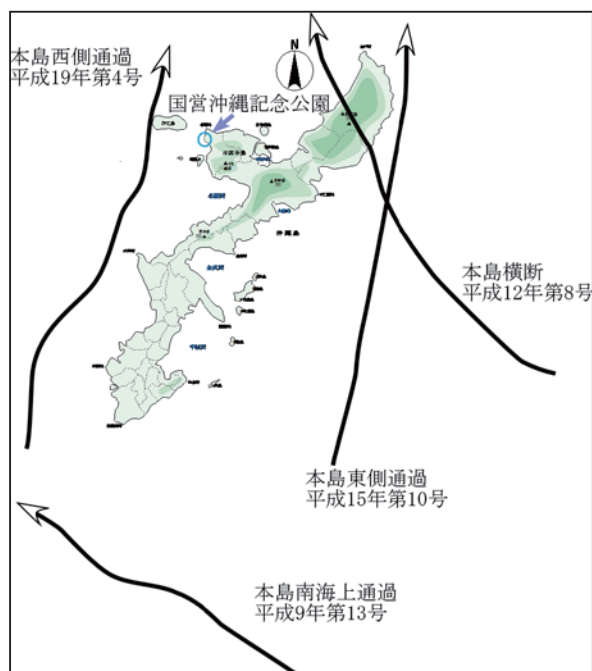


図-1.7 主な沖縄本島周辺での台風経路
(気象庁データを基に作成)

1.3 被害形態別の被害状況

樹木被害の形態では、傾木が336本（37%）と最も多く、次いで倒木の276本（30%）、幹折れの

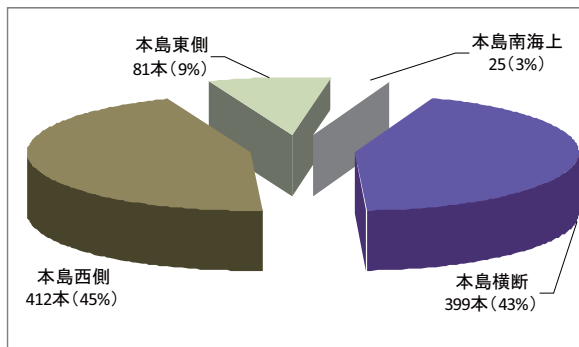


図-1.8 台風経路と被害本数の関係

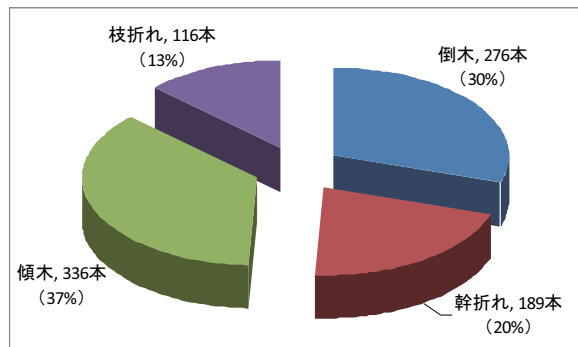


図-1.9 被害形態別の被害本数

189本（20%）、枝折れの116本（13%）の順となった（図-1.9）。

1.4 樹種別の被害状況

樹木被害が最も多かった樹種はフクギの129本（14.1%）であった。次いで、アメリカデイゴの79本（8.6%）、オオハマボウの65本（7.1%）、モクマオウの58本（6.3%）、カンヒザクラの39本（4.3%）の順となった（図-1.10、表-1.2）。

また、植栽本数が100本以上である被害樹種の被害率（被害本数／植栽本数）においては、アメリカデイゴ（41.4%）が最も高く、次いでココヤシ（25.7%）、カンヒザクラ（20.6%）、センダン（13.1%）の順となった（図-1.11）。

これらの被害が多かった樹種について、被害形態別でみると以下のとおりである（図-1.12）。

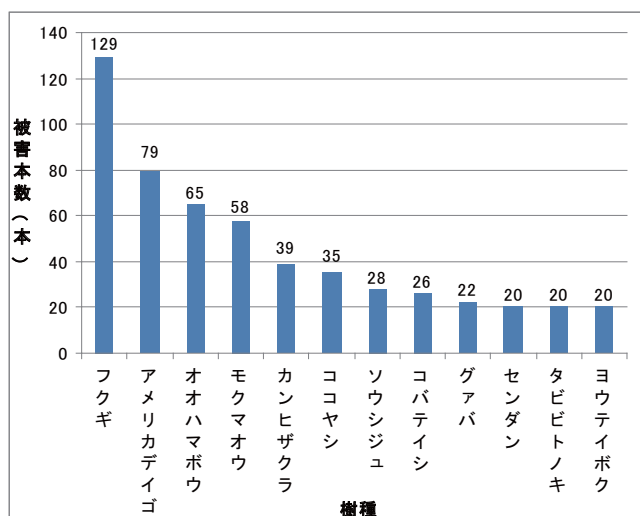


図-1.10 樹種別の被害本数上位12種

- ①倒木が多かった樹種：カンヒザクラ
- ②傾木が多かった樹種：フクギ、ココヤシ、コバテイシ、グアバ、ヨウテイボク
- ③幹折れが多かった樹種：オオハマボウ、モクマオウ、ソウシジュ、センダン
- ④枝折れが多かった樹種：アメリカデイゴ、タビビトノキ

※）タビビトノキは葉が折れたものであるが、葉の長さが2.5m程度と大きいことから枝折れに含めた。

（植栽本数が100本以上）

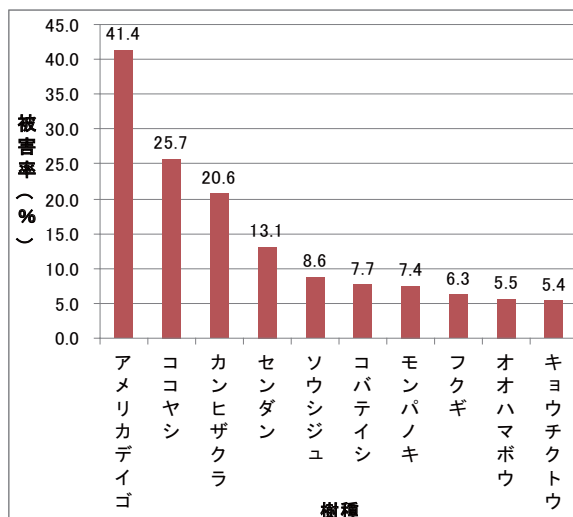


図-1.11 樹種別の被害率上位10種

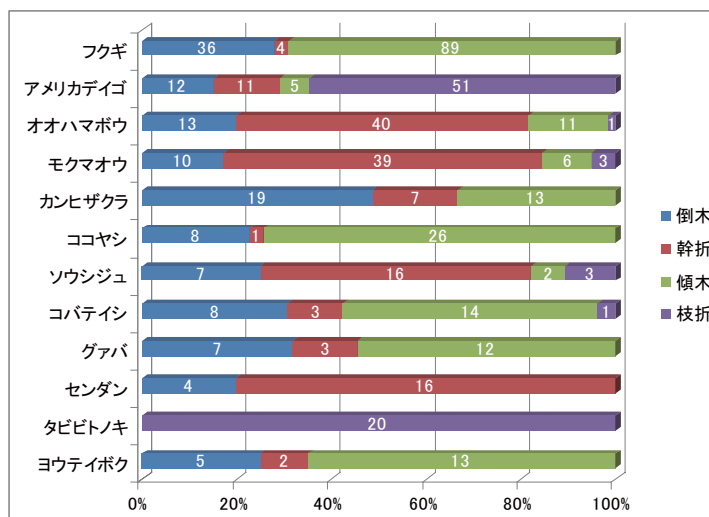


図-1.12 被害本数上位12種の被害形態別の構成比

表 -1.2 樹種別の被害本数

順位	樹種	被害形態				被害本数(本)	植栽本数(本)	順位	樹種	被害形態				被害本数(本)	植栽本数(本)
		倒木	幹折	傾木	枝折					倒木	幹折	傾木	枝折		
1	フクギ	36	4	89		129	2,044	52	アカツユ	1		2		3	3
2	アメリカデイゴ	12	11	5	51	79	191	53	ジリンマメ	1	1	1		3	3
3	オオハマボウ	13	40	11	1	65	1,180	54	タイワンモクゲンジ		1	1	1	3	21
4	モクマオウ	10	39	6	3	58	1,835	55	ディプシス	3				3	3
5	カンヒザクラ	19	7	13		39	189	56	フィッカスプラティボーダ	2		1		3	3
6	ココヤシ	8	1	26		35	136	57	ブーゲンビレア	2		1		3	1,606
7	ソウシジュ	7	16	2	3	28	324	58	マルバブラシノキ		3			3	31
8	コバテイシ	8	3	14	1	26	337	59	アボカド			2		2	2
9	グアバ	7	3	12		22	22	60	オオバナソシンカ		1	1		2	2
10	センダン	4	16			20	153	61	オリーブ	2				2	4
11	タビビトノキ				20	20	79	62	キバナキョウチクトウ	1		1		2	20
12	ヨウテイボク	5	2	13		20	26	63	クロヨナ	1		1		2	218
13	リュウキュウマツ	2	5	12		19	1,868	64	コガネノウゼン			2		2	9
14	インドゴムノキ	8		2	7	17	90	65	シマサルスベリ	1		1		2	5
15	タマリンド	4	1	8		13	24	66	セイタカフトモモ				2	2	6
16	キバナタイワンレンギョウ	2		10		12	1,139	67	タイワンフウ	1			1	2	20
17	ブッソウゲ	3		8	1	12	5,055	68	テイキンザクラ	2				2	11
18	モンパノキ	10		2		12	163	69	トベラ	2				2	2
19	オオバナサルスベリ		1	10		11	46	70	バオバブ	1		1		2	7
20	ビルマネム	6	4	1		11	11	71	ハスノハギリ	1		1		2	112
21	ビロウ				11	11	402	72	フィッカストライアングラリス	1		1		2	2
22	オキナワキョウチクトウ	2	5	3		10	52	73	フトモモ			2		2	2
23	デイゴ	8	1			9	234	74	ボインセチア			2		2	2
24	ピンクテコマ	2		7		9	11	75	ホウオウボク	2				2	96
25	ミドリサンゴ	2	4	2		8	46	76	ローソクノキ	1		1		2	3
26	アコウ	4	1	2		7	315	77	アカテツ	1				1	10
27	アダン	3	1	3		7	660	78	アブラギリ		1			1	1
28	トックリキワタ	2	5			7	38	79	オオバイヌビワ	1				1	14
29	ピンポンノキ	3		4		7	7	80	オオバギ			1		1	22
30	ベンジャミン			6	1	7	50	81	カイエンナツト	1				1	4
31	アレカヤシ	5			1	6	383	82	カニステル			1		1	7
32	イペー	4		2		6	13	83	カリオタ	1				1	1
33	ガジュマル	4			2	6	632	84	ガルシニア	1				1	1
34	キワタノキ	1		5		6	17	85	ゴールドツリー	1				1	3
35	コバノナンヨウスギ	3	3			6	54	86	サルスベリ	1				1	9
36	ブルメリア	4		2		6	51	87	ジャカラランダ	1				1	3
37	ベンガルボダイジュ	3			3	6	6	88	シンノウヤシ		1			1	88
38	アカギ	1	1	3		5	239	89	タイヘイヨウグルミ	1				1	2
39	オオゴンジュ	2		3		5	5	90	タケ				1	1	12
40	キョウチクトウ			3	2	5	93	91	チュウゴクデイゴ	1				1	1
41	ブラジリアンローズ	3		2		5	6	92	ティプアナティプ			1		1	1
42	マストツリー	1		4		5	5	93	トックリヤシモドキ				1	1	21
43	モクセンナ	2	3			5	5	94	ナツメヤシ				1	1	15
44	イスノキ	3		1		4	202	95	ナンバンサイカチ	1				1	1
45	オガサワラタコノキ		3	1		4	155	96	ハマイスビワ		1			1	630
46	カユブテ	1		3		4	6	97	ハマベブドウ			1		1	10
47	クルシア	3		1		4	6	98	ヘリコニア				1	1	8
48	ソーセイジノキ	3		1		4	6	99	ホソバムクイヌビワ				1	1	1
49	ナンヨウザクラ	1		3		4	4	100	ホルトノキ	1				1	18
50	マドルライラック	3		1		4	7	101	マダガスカルオリーブ	1				1	1
51	ヤブニッケイ			4		4	187	102	マホガニー	1				1	4
		合計				276	189	336	116	917	21,890				

※) タビビトノキ、ビロウ、アレカヤシ、トックリヤシ、ナツメヤシの枝折れは、実際には葉が折れたものであるが、葉の長さが大きいことから枝折れに含めた。

1. 5 樹木規格別の被害状況

樹木の幹周別に被害本数をみると、30～59cmが408本(44%)と最も多く、次いで60～89cmの188本(21%)、30cm未満の102本(11%)の順となり、これらで全体の76%を占めた(図-1.13)。

さらに、被害本数が多かった樹種(上位12種)についてみると、幹周別の被害状況は以下のと

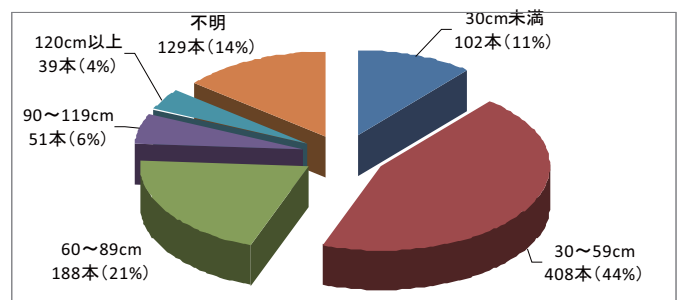


図-1.13 幹周別の被害本数（構成比）

おりである（図-1.14）。

① 30cm 未満で被害が多く認められた樹種：フクギ

② 30 ～ 59cm で被害が多く認められた樹種：フクギ、アメリカデイゴ、モクマオウ、カンヒザクラ、コバテイシ、グアバ、センダン、ヨウテイボク

③ 60 ～ 89cm で被害が多く認められた樹種：オオハマボウ、ソウシジュ、センダン

④ 90cm 以上で被害が認められた樹種：オオハマボウ、ソウシジュ

この結果は、公園内に植栽されている樹種ごとの実際の樹木規格の差違に起因していると考えられる。

また、幹周別の被害形態をみると、30cm 未満、30 ～ 59cm では傾木が、60 ～ 89cm では倒木と幹折れが、90 ～ 119cm、120cm 以上では倒木が多くなっていた（図-1.15）。

さらに、被害本数が多かった樹種（上位5種）についてみると、以下のとおりである（図-1.16）。

①フクギ：被害が多かった90cm 未満においては傾木が多かった。

②アメリカデイゴ：30 ～ 59cm においては枝折れが多く、60cm 以上では倒木と幹折れが多かった。

③オオハマボウ：全体的に幹折れが多いが、幹周が大きくなると倒木が少しずつ増えていた。

④モクマオウ：30cm 未満では傾木が多いが、30cm 以上になると幹折れが多くなった。

⑤カンヒザクラ：30 ～ 59cm では倒木、幹折れ、傾木が同程度であるが、60 ～ 89cm では倒木が多くなった。

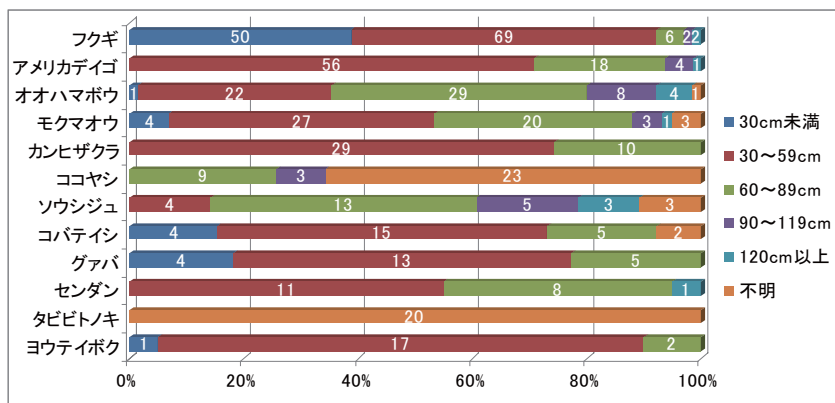


図-1.14 被害本数上位12種の幹周別構成比

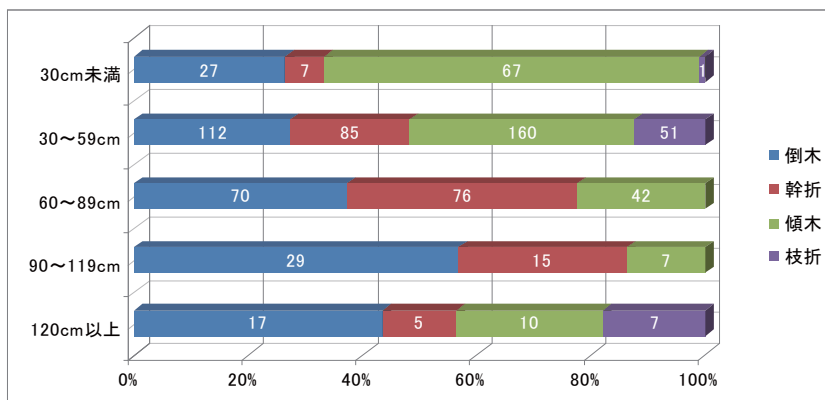


図-1.15 幹周別の被害形態の割合（全樹種）

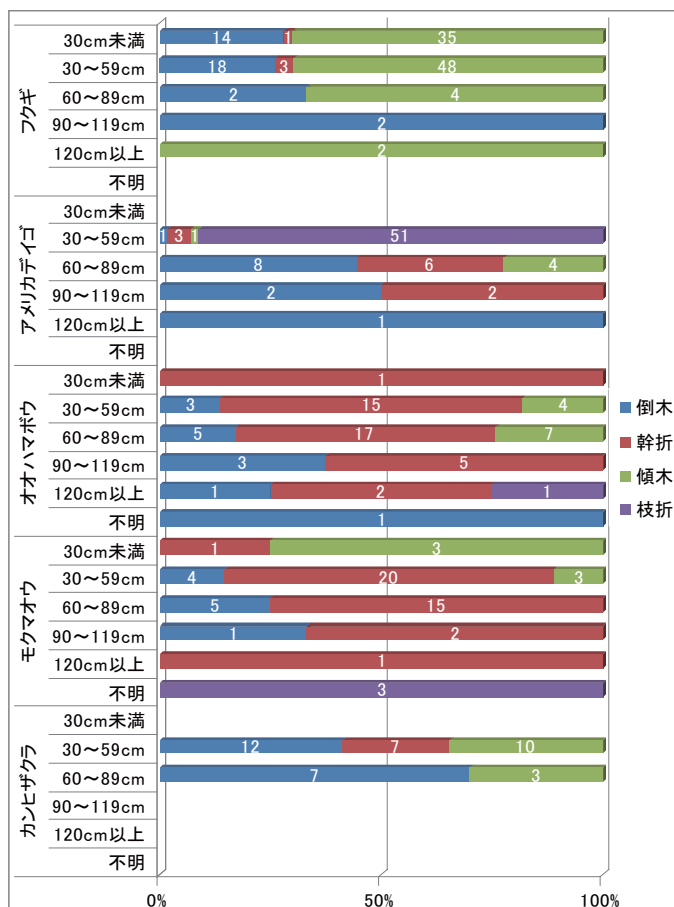


図-1.16 上位5種における幹周別の被害形態

幹周が小さい規格において傾木が多かった要因としては、植栽後の年数が短いことで根が十分に定

着しておらず、樹体の支持力が弱いことによるものであると考えられる。また、幹折れが多かったオオハマボウやモクマオウは成長が速いことで折れやすい特性を有していることが考えられる。

1.6 支柱と被害状況

「支柱の有無」による被害(枝折れを除く)の状況は、不明の284本を除くと「支柱あり」が310本(39%)と多く、「支柱なし」の207本(26%)を上回った(図-1.17)。

また、この517本について幹周別の被害割合をみると、幹周30cm未満では「支柱あり」が最も多いが、幹周が大きくなるにつれて「支柱なし」での被害が増加し、幹周60～89cmで最も多くなる。

さらに、90cm以上になると「支柱なし」での被害が減少していき、120cm以上では両者の被害が同程度となる(図-1.18)。

支柱の有無と被害状況については、被害がなかった樹木に対する支柱の有無のデータを加味していないことから明確にはいえないものの、次のようなことが考えられる。

支柱が設置されていても被害が多く発生している原因としては、支柱が植栽時の仮設としての設置であり台風時の強風に耐えうるほどの強固なものではないことが考えられる。

また、幹周が小さな樹木ほど「支柱あり」での倒木本数が多いことは、「1.5 樹木規格別の被害状況」でも記述したように、植栽後の経過年数が短いことで根が十分に定着しておらず、樹体の支持力が弱いことによるものであると考えられる。

ただし、「支柱の有無」と被害形態別の被害の関係においては、「倒木」の被害で「支柱あり」が「支柱なし」よりも少なくなっているとともに、「傾木」の被害では、「支柱あり」が「支柱なし」よりも多くなっていることから、倒木に対する支柱の効果が認められているとともに、支柱が設置されていることで被害を傾木の段階でとどめる効果があることが推察される(図-1.19)。

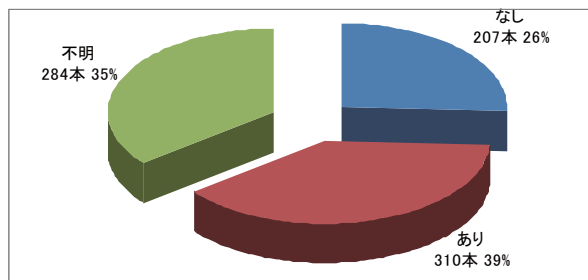


図-1.17 「支柱の有無」による被害割合

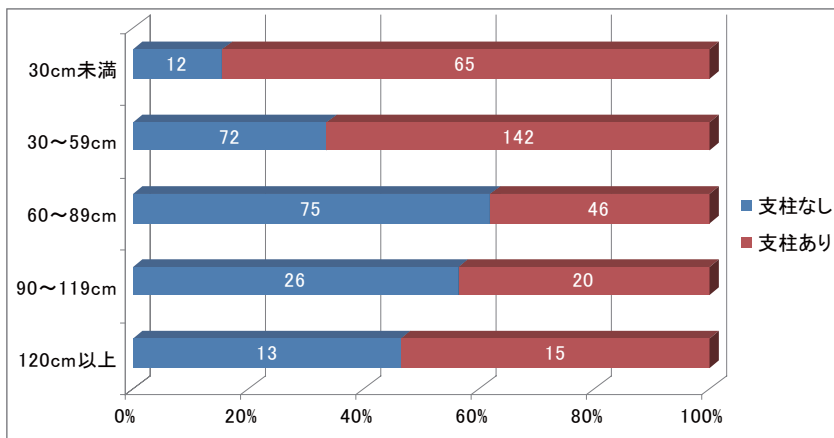


図-1.18 幹周別の「支柱の有無」による被害割合

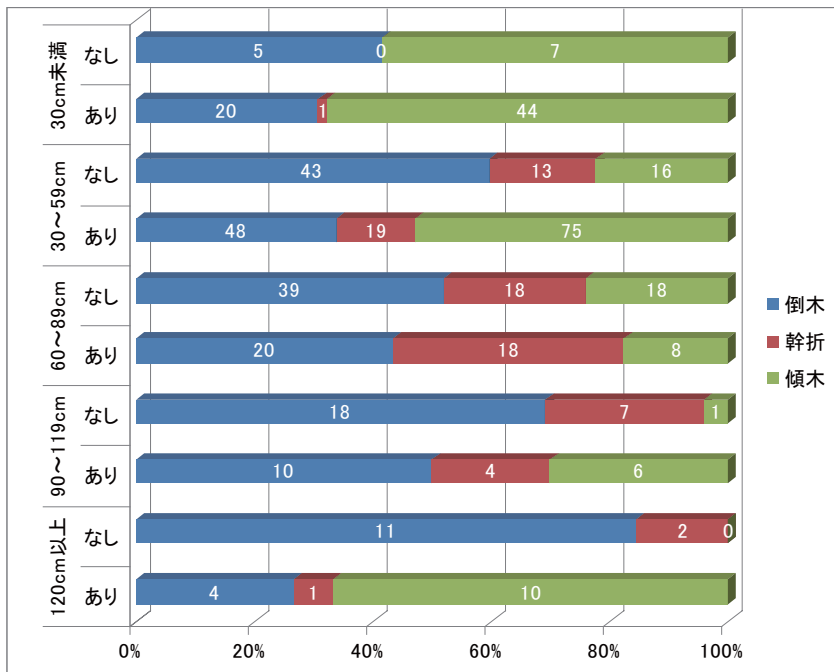


図-1.19 幹周別の「支柱の有無」による被害形態内訳

1.7 まとめ

平成8年度から平成19年度までの12年間において、国営沖縄記念公園海洋博覧会地区での台風による樹木被害をもたらした総数は21個であり、樹木被害の総本数は917本であった。このなかでも最も被害の大きかった台風は、平成19年度の台風4号で被害本数219本であった。

台風の規模と被害本数の関係をみると、風が強くなるほど被害本数が増える傾向にあることが示され、被害本数が50本を超えるのは、最大風速で約22m/s以上、最大瞬間風速で約40m/s以上となった場合であった。

台風経路別にみると、本島西側通過、本島横断において、この地区へ与える台風規模（風速）の影響が大きくなることから、被害も大きくなっていた。

被害が多かった樹種としては、フクギ（129本）、アメリカデイゴ（79本）、オオハマボウ（65本）、モクマオウ（58本）、カンヒザクラ（39本）であった。また、被害率（被害本数／植栽本数）にすると、アメリカデイゴ（41.5%）、ココヤシ（25.7%）、カンヒザクラ（20.6%）、センダン（13.1%）が高かった。

被害形態別にみると、倒木が多かった樹種としてカンヒザクラ、傾木が多かった樹種としてフクギ、ココヤシ、コバテイシ、グアバ、ヨウテイボク、幹折れが多かった樹種としてオオハマボウ、モクマオウ、ソウシジュ、センダン、枝折れが多かった樹種としてアメリカデイゴ、タビビトノキ（実際には葉折れ）があげられた。

幹周別に被害本数をみると、30～59cmが408本（44%）と最も多く、次いで60～89cmの188本（21%）、30cm未満の102本（11%）の順となり、これらで全体の76%を占めたが、これは公園内に植栽されている樹木の規格が被害が多かった樹種で本数が多いことに関連していると推察された。

また、幹周別の被害形態をみると、30cm未満及び30～59cmでは傾木が、60～89cmでは倒木と幹折れが、90～119cm及び120cm以上では倒木が多くなっていた。

「支柱の有無」による被害（枝折れを除く）の割合は、不明の284本を除くと「支柱あり」が310本（39%）と多く、「支柱なし」の207本（26%）を上回った。ただし、「支柱の有無」と被害形態別の被害の関係においては、「倒木」の被害が「支柱あり」が「支柱なし」よりも少なくなっているとともに、「傾木」の被害では「支柱あり」が「支柱なし」よりも多くなっていることから、倒木に対する支柱の効果が認められるとともに、支柱が設置されていることで被害を傾木の段階でとどめる効果があることが考えられる。

以上のことから、国営沖縄記念公園海洋博覧会地区においては、本島西側を通過あるいは本島を横断する、最大風速で約22m/s以上、最大瞬間風速で約40m/s以上の規模の台風が襲来することにより、樹木被害が多く発生することがわかった。被害が多かった樹種としては、フクギ、アメリカデイゴ、オオハマボウ、モクマオウ、カンヒザクラ等であり台風時には注意が必要であるといえる。しかし、公園内に植栽されている本数や樹木の規格（植栽後の経過年数）、支柱の有無等によっても被害の規模や形態が異なるといえる。

2. 道路における被害実態

沖縄県内の国道、県道に植栽されている街路樹を対象として、平成16年度における台風被害状況について道路管理者に対するアンケート調査を行った。

調査地域は、本島北部地域（国頭村～恩納村、うるま市）、本島南部地域（読谷村、沖縄市～糸満市）、八重山地域（石垣島）、宮古地域（宮古島）に分類し（図-1.20）、それぞれの気象状況として名護市、那覇市、石垣島、宮古島の観測データを用いた。

調査項目は、以下のとおりである。

①被害樹木の状況

樹種、樹木形状（樹高、幹周、枝張り）、被害形態（倒木、傾木、幹折れ、枝折れ）、被害本数、支柱の有無等

②台風の概況

気圧、風速、降水量、経路等

③道路構造等

植栽地形状（植樹帯、植樹桝、中央分離帯）、植栽地幅員、交通障害の有無等



図-1.20 調査地域（沖縄総合事務局南部国道事務所 HP の管内図より作成）

2.1 台風規模と被害本数

平成16年度に街路樹被害（倒木、傾木、幹折れ、枝折れ）をもたらした台風の総数は8個であり、その被害総本数は894本であった（表-1.3）。

表-1.3 平成16年度における台風別の街路樹被害本数

台風名	沖縄通過経路	襲来期間 (日数)	平均現地 気圧(hPa)	最大風速 (m/s)	最大瞬間 風速(m/s)	期間降水 量(mm)	被害本数 (本)	備考 (観測地)
4号	本島西側	6/8～6/10(3)	1002.6	29.2	51.5	178.5	169	宮古島
6号	本島東側	6/19～6/20(2)	988.8	16.6	31.5	32.0	13	名護市
13号	本島南海上	8/10～8/12(3)	974.6	26.2	48.8	229.0	107	宮古島
17号	本島南海上	8/23～8/24(2)	981.1	27.2	51.3	276.5	301	宮古島
18号	本島横断	9/4～9/6(3)	960.7	26.4	46.6	325.0	193	名護市
21号	本島西側	9/24～9/28(5)	996.3	15.8	26.0	121.5	14	宮古島
22号	本島東側	10/7～10/8(2)	1002.5	8.8	14.7	183.5	1	名護市
23号	本島東側	10/17～10/20(4)	970.3	25.6	48.0	128.5	96	那覇市
合計							894	

※) 各項目の数値基準

- ・襲来期間：国立情報学研究所北本研究室（<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>）が公開している沖縄県における台風の襲来期間。
- ・平均現地気圧：気象庁沖縄气象台（<http://www.jma-net.go.jp/okinawa/>）が公開している気象記録より襲来期間中の最低値。
- ・最大風速：気象庁沖縄气象台が公開している気象記録における襲来期間のうち最高値。
- ・最大瞬間風速：気象庁沖縄气象台が公開している気象記録における襲来期間中のうち最高値。
- ・期間降水量：気象庁沖縄气象台が公開している気象記録における襲来期間の降水量総計値。

最も被害の大きかった台風は、台風 17 号でその被害本数は 301 本であった。次いで、台風 18 号における 193 本、台風 4 号における 169 本の順であった。

台風の規模と被害本数の関係をみると、最大瞬間風速及び最大風速においては、風が強くなるほど被害本数が増加する傾向が明らかに示された（図 -1.21、1.22）。具体的には、最大瞬間風速で約 46m/s 以上、風速で約 25m/s 以上となった場合には、被害本数が 50 本を超えて発生していることがわかる。

また、期間降水量においても、関連性は明確ではないものの雨量が多くなると被害本数が増える傾向が認められた（図 -1.23）。

一方、平均現地気圧では、被害本数との関連性は認められなかった（図 -1.24）。

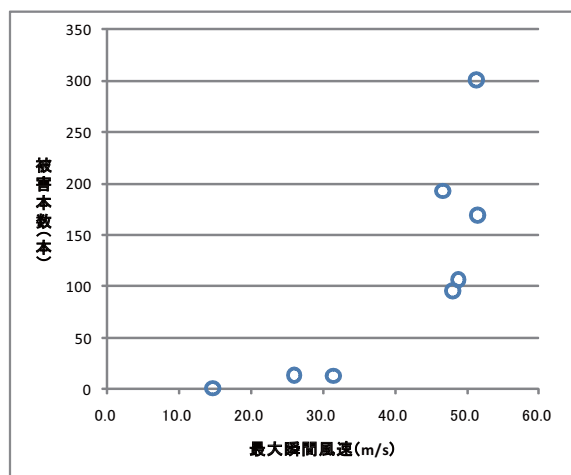


図 -1.21 最大瞬間風速と被害本数の関係

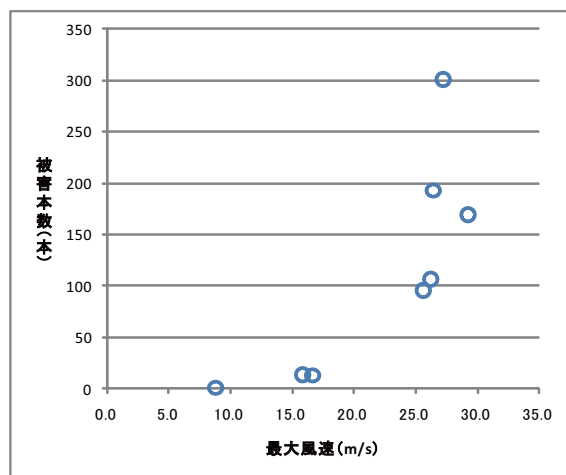


図 -1.22 最大風速と被害本数の関係

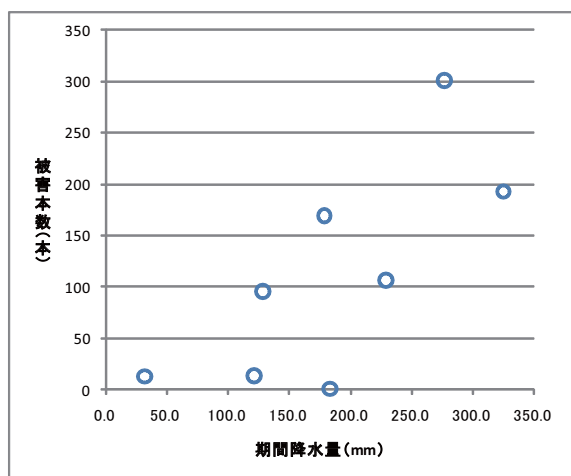


図 -1.23 期間降水量と被害本数の関係

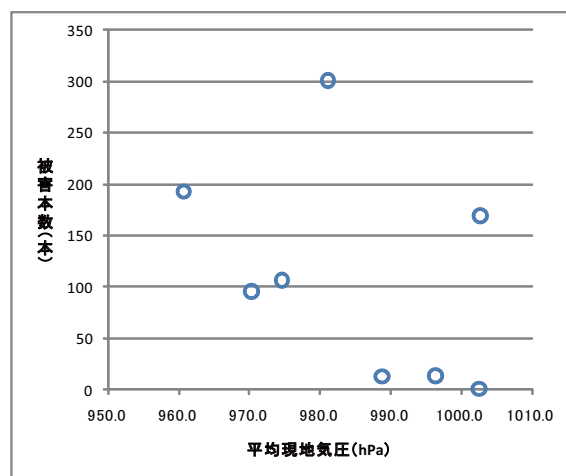


図 -1.24 平均現地気圧と被害本数の関係

2.2 被害形態別の被害状況

被害の形態としては、傾木が 558 本（62%）と最も多く、次いで倒木の 269 本（30%）、幹折れの 59 本（7%）、枝折れの 8 本（1%）の順となった（図 -1.25）。

2.3 樹種別の被害状況

樹種別の被害本数では、フクギが 349 本（39%）と最も多く、次いでリュウキュウマツの 247 本（27.6%）となり、この 2 樹種で全被害本数の 2/3 を占めている。

さらに、ハウオウボクの 53 本（5.9%）、ガジュマルとテリハボクの各 40 本（4.5%）の順となった（表

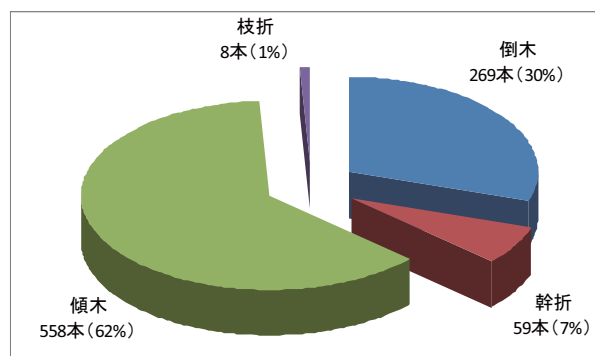


図 -1.25 被害形態別の被害本数

-1.4、図-1.26)。

また、被害率（被害本数／植栽本数）で比較すると、被害本数が最も多かったフクギの2.3%が最も高く、次いでミツヤヤシの2.1%、クロヨナの1.5%、イヌマキとハウオウボクの1.4%の順となった(図-1.27)。なお、植栽本数には、国土技術政策総合研究所が調査した平成14年3月31日現在の街路樹本数を使用した。

表-1.4 樹種別の被害本数

順位	樹種	被害形態				被害本数 (本)	植栽本数 (本)
		倒木	幹折	傾木	枝折		
1	フクギ	135	4	210		349	15,180
2	リュウキュウマツ	24	23	200		247	25,391
3	ハウオウボク	42	4	7		53	3,830
4	ガジュマル	8	3	25	4	40	7,841
5	テリハボク	5		35		40	24,418
6	ミツヤヤシ			21		21	993
7	アカギ		2	16	2	20	6,116
8	イヌマキ		9	9		18	1,293
9	コバテイシ	3	2	12		17	3,445
10	ソウシジュ	12		2		14	2,469
11	カイヅカイブキ			8		8	3,161
12	クロヨナ	8				8	529
13	モンパノキ	7			1	8	4,169
14	モクセンナ	4		3		7	862
15	リュウキュウコクタン	7				7	8,174
16	イスノキ		3	3		6	5,741
17	モモイロノウゼン		3	3		6	42
18	マニラヤシ	6				6	2,029
19	デイゴ	3				3	1,152
20	トックリヤシモドキ		2			2	4,359
21	ホルトノキ	1		1		2	6,550
22	ヤエヤマヤシ		2			2	2,045
23	アダン			1		1	1,215
24	キョウチクトウ			1		1	1,944
25	カンヒザクラ	1				1	3,422
26	サルスベリ	1				1	1,898
27	ダイオウヤシ	1				1	470
28	トックリキワタ		1			1	1,217
29	コバノナンヨウスギ				1	1	532
30	ビロウ			1		1	3,197
31	ブルメリア		1			1	21
32	ヨウテイボク	1				1	415
合計		269	59	558	8	894	144,150

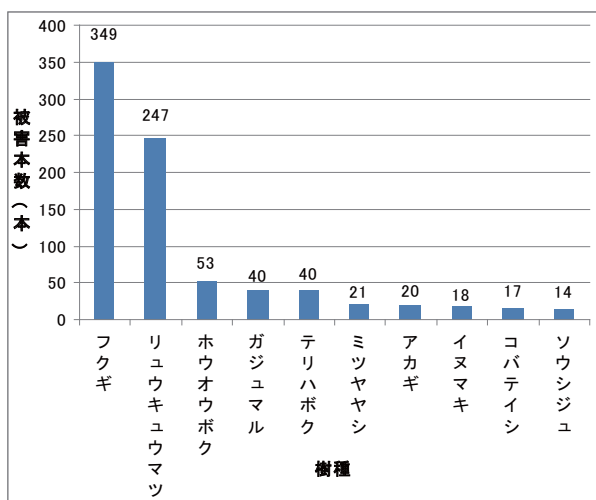


図-1.26 樹種別の被害本数上位10種

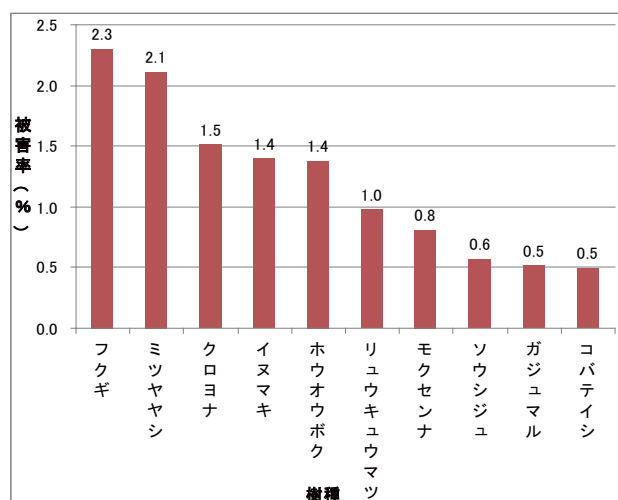


図-1.27 樹種別の被害率上位10種

これらの被害が多かった樹種について、被害形態別でみると以下のとおりである(図-1.28)。

- ①倒木が多かった樹種：ハウオウボク、ソウシジュ
- ②傾木が多かった樹種：フクギ、リュウキュウマツ、ガジュマル、テリハボク、ミツヤヤシ、アカギ、コバテイシ
- ③幹折れが多かった樹種：イヌマキ
- ④枝折れが多かった樹種：特になし（被害発生時に明確に把握されていなかったと考えられる）

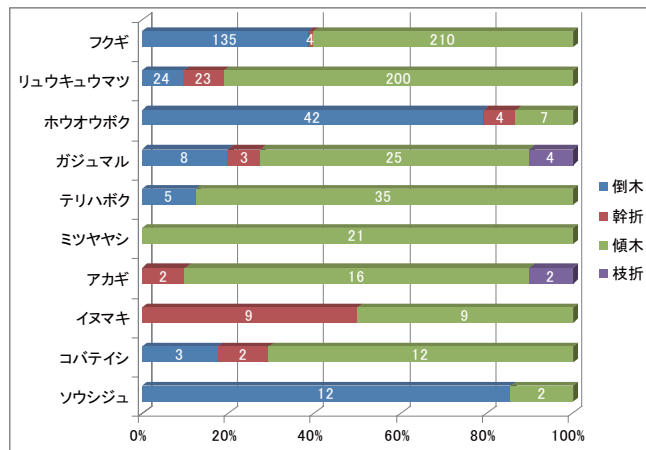


図-1.28 被害本数上位10種の被害形態別構成比

2.4 樹木規格別の被害状況

(1) 幹周

幹周別に被害本数を比較すると、30～59cmで624本（70%）と最も多く、次いで30cm未満の137本（15%）となり、この2形態で全体の85%を占めた（図-1.29）。

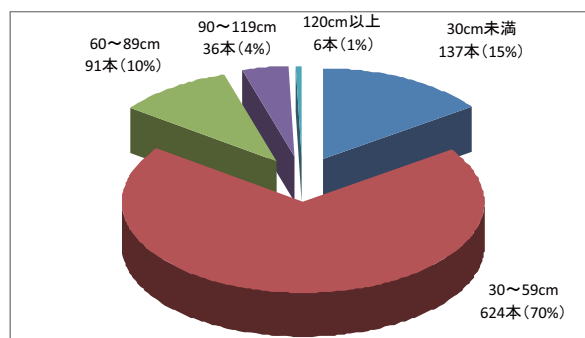


図-1.29 幹周別の被害本数（構成比）

さらに、被害本数が多かった樹種（上位10種）についてみると、以下のとおりである（図-1.30）。

- ① 30cm未満で被害が多く認められた樹種：フクギ
- ② 30～59cmで被害が多く認められた樹種：フクギ、リュウキュウマツ、ハウオウボク、テリハボク、アカギ、イヌマキ、コバテイシ
- ③ 60～89cmで被害が多く認められた樹種：ガジュマル、ミツヤヤシ
- ④ 90～119cmで被害が認められた樹種：リュウキュウマツ、ガジュマル、ソウシジュ
- ⑤ 120cm以上で被害が認められた樹種：ガジュマル、アカギ

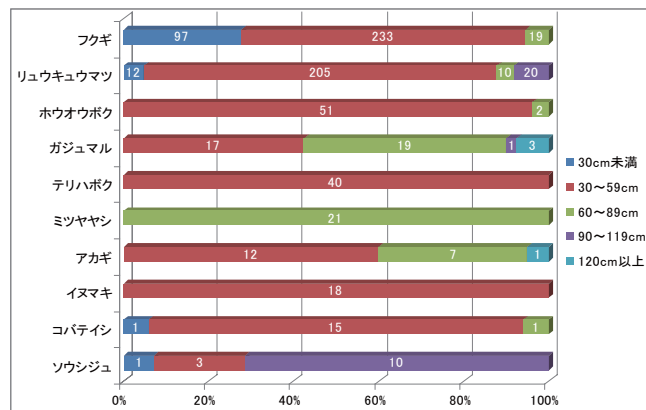


図-1.30 被害本数上位10種の幹周別構成比

この結果は、道路に植栽されている樹種ごとの実際の樹木規格の差違に起因していると考えられる。

また、幹周別の被害形態をみると、全樹種においては幹周が120cm未満で傾木が多く、120cm以上では被害本数が少ないため明らかな傾向はみられなかった（図-1.31）。

さらに、被害本数が多かった上位5樹種の幹周別の被害形態についてみると、以下のとおりである（図-1.32）。

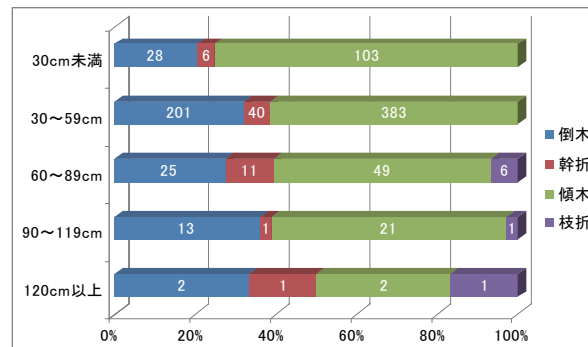


図-1.31 幹周別の被害形態の割合（全樹種）

- ①フクギ：30cm未満では傾木が多いが、30cm以上になると倒木と傾木が多かった。
- ②リュウキュウマツ：全体的に傾木が多いが、60～89cmでは幹折れもみられた。
- ③ハウオウボク：30～59cmで倒木が多くみられた。
- ④ガジュマル：30～59cmでは傾木が多いが、60cm以上では倒木が多くなった。
- ⑤テリハボク：30～59cmで倒木が多かった。

幹周が小さい樹木において傾木が多かった要因としては、植栽後の年数が短いことで根が十分に定着しておらず、樹体の支持力が低いことが考えられる。また、幹周が大きい樹木においても傾木が多かったのは植栽地が狭小であることで根が広い範囲に深く伸長できないことが要因として考えられる。

(2) 樹高

樹高別に被害本数を比較すると、4 m以下の樹木が635本（約7割）と最も多く、次いで5～9 mが252本となり、9 m以下がほぼ全体を占めていることで樹高の低い樹木での被害が多いことが確認された（図-1.33）。

さらに、被害本数が多かった樹種（上位10種）についてみると、以下のとおりである（図-1.34）。

- ① 1～4 mで被害が多く認められた樹種：フクギ、リュウキュウマツ、ハウオウボク、ガジュマル、ミツヤヤシ、イヌマキ、コバテイシ
- ② 5～9 mで被害が多く認められた樹種：テリハボク、ソウシジュ
- ③ 10～15 mで被害が認められた樹種：リュウキュウマツ、アカギ（上位10種以外：ダイオウヤシ、コバノナンヨウスギ）

また、樹高別の被害形態をみると、全樹種においては樹高が1～4 mで傾木が多く、5～9 mでは倒木が傾木よりも若干多く、10～15 mでは被害本数が少ないため明らかではないが枝折れの割合が増えていた（図-1.35）。

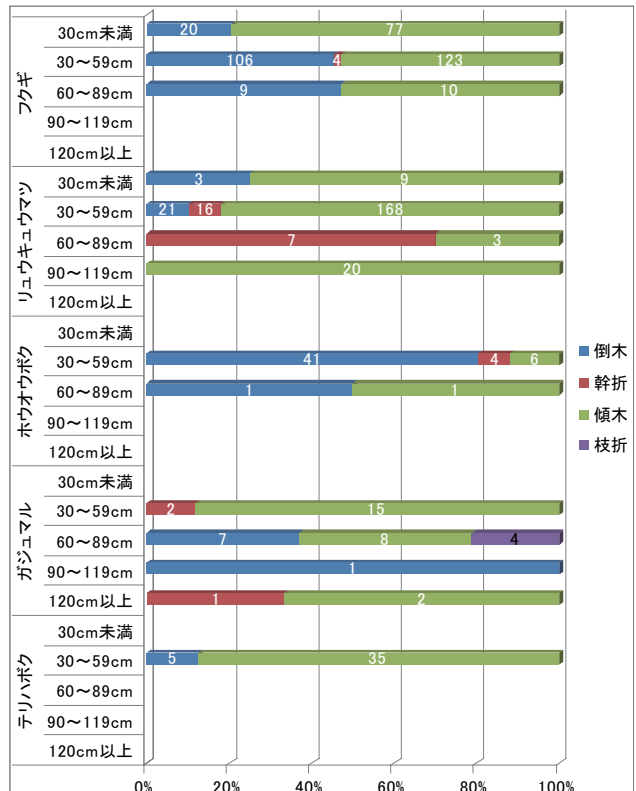


図-1.32 上位5種における幹周別の被害形態

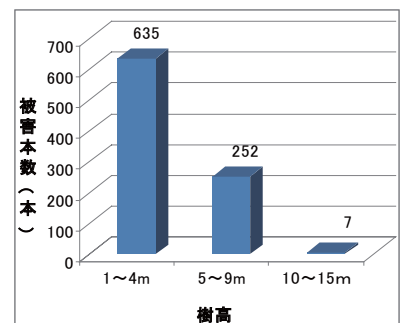


図-1.33 樹高別の被害本数

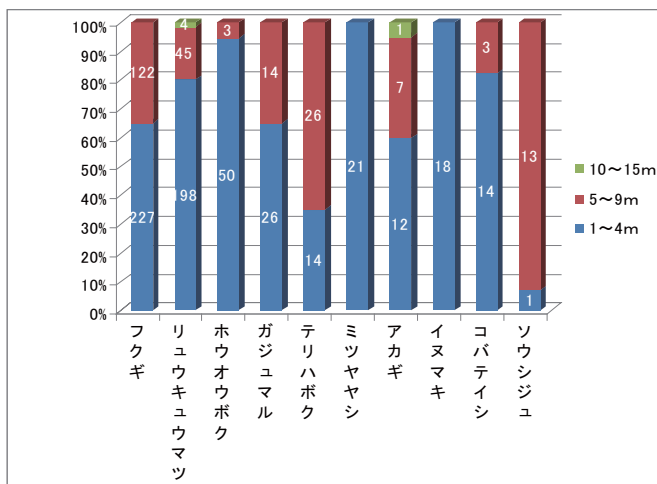


図-1.34 被害本数上位10種の樹高別構成比

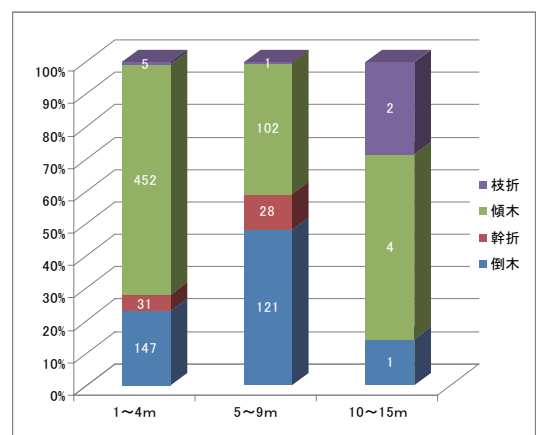


図-1.35 樹高別の被害形態の割合（全樹種）

さらに、被害本数が多かった上位5樹種について樹高別の被害形態をみると、以下のとおりである（図-1.36）。

- ① フクギ：1～4 mでは傾木が多いが、5～9 mになると倒木が多い。

- ②リュウキュウマツ：全体的に傾木が多いが、5～9 mでは幹折れもみられた。
- ③ホウオウボク：全体的に倒木が多くみられた。
- ④ガジュマル：1～4 mでは傾木が多いが、5～9 mになると倒木も多くなった。
- ⑤テリハボク：全体的に傾木が多くみられた。

樹高が小さい樹木において傾木が多かった要因としては、樹木の活着や根の伸長が不十分であることが考えられる。

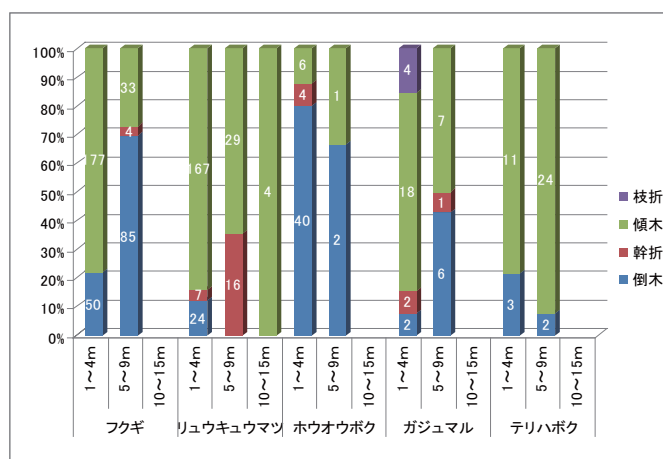


図-1.36 上位5種における樹高別の被害形態

(3) 樹齢

樹齢別の被害本数では、10～19年の比較的若い樹木での被害が多くみられた（図-1.37）。また、上位10種の樹齢別の被害内訳をみると、以下のとおりである（図-1.38）。

- ①10年未満：リュウキュウマツ、コバテイシで僅かな被害がみられた。
- ②10～19年：フクギ、リュウキュウマツ、ホウオウボク、ガジュマル、テリハボク、ミツヤヤシで被害が多かった。
- ③20～29年：テリハボク、アカギ、イヌマキ、コバテイシ、ソウシジュで被害が多かった。
- ④30年以上：フクギ、リュウキュウマツ、ガジュマル、コバテイシで被害がみられた（上位10種以外には樹齢40年のデイゴで被害がみられた）。

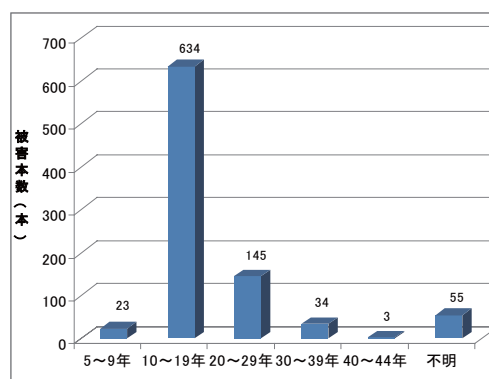


図-1.37 樹齢別の被害本数

また、樹齢別に被害形態の内訳を比較すると、樹齢が若いほど傾木が多く、樹齢20～29年になると幹折れがみられ、樹齢30年を超えると倒木の割合が高くなっていた（図-1.39）。

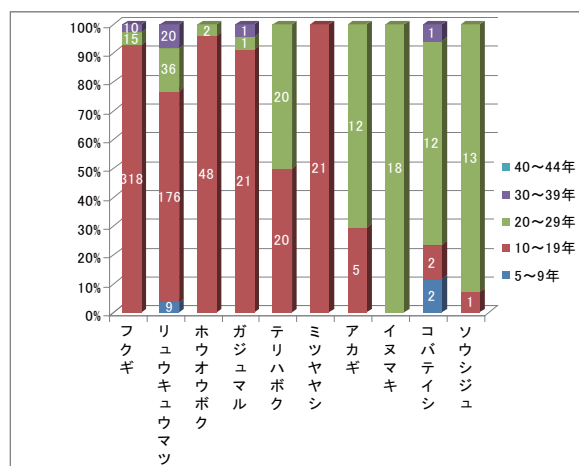


図-1.38 被害本数別上位10種の樹齢別構成比

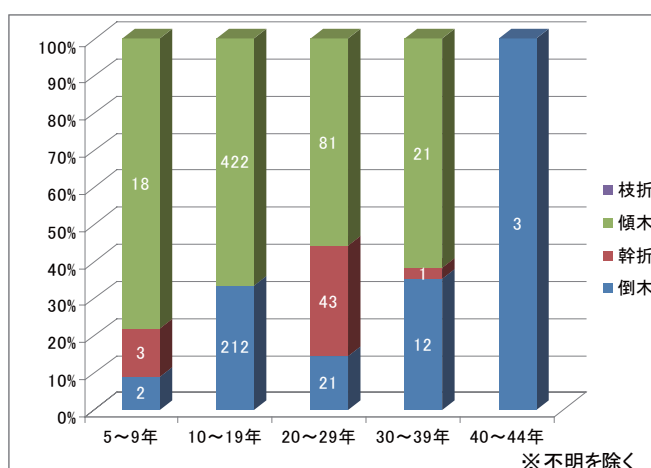


図-1.39 樹齢別の被害形態の割合

2.5 支柱と被害状況

「支柱の有無」による被害（枝折れを除く）の割合は、「支柱なし」の467本（53%）が「支柱あり」の419本（47%）を僅かに上回ったものの、両者に明確な差は認められなかった（図-1.40）。

樹木規格別で「支柱の有無」による被害本数を比較すると、幹周別では30cm未満における被害は

8割程度が「支柱あり」となっているが、幹周が大きくなるとともに「支柱あり」での被害が減少し、90cm以上では8割程度が「支柱なし」での被害となっていたが、樹高別での違いは明らかでなかった（図-1.41）。

さらに、被害形態別で比較すると、幹周と樹高において全般的に「支柱なし」は「支柱あり」よりも傾木が多く、「支柱あり」で倒木が多くなっている傾向が見られた。また、幹周 30～89cm と樹高 5～9m においては「支柱あり」で 図-1.40 「支柱の有無」による被害割合の幹折れによる被害が「支柱なし」よりも多かった（図-1.42）。

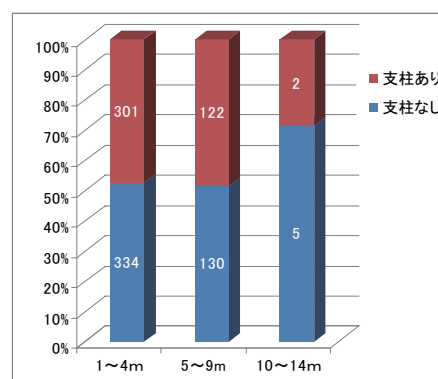
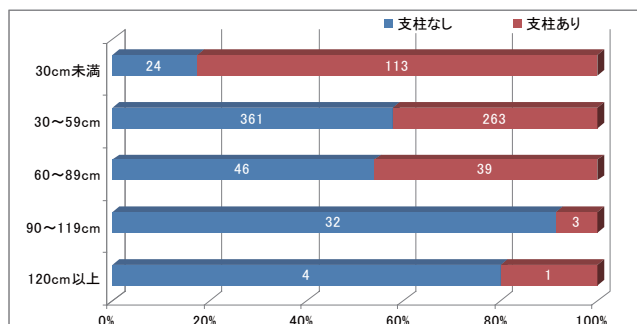
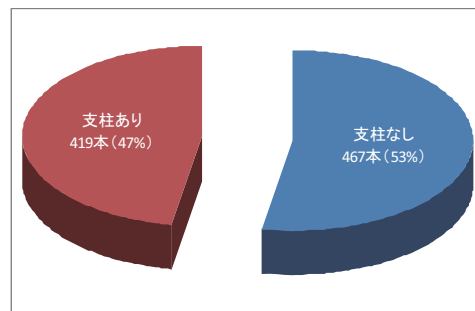


図-1.41 樹木規格別の「支柱の有無」による被害割合（左：幹周、右：樹高）

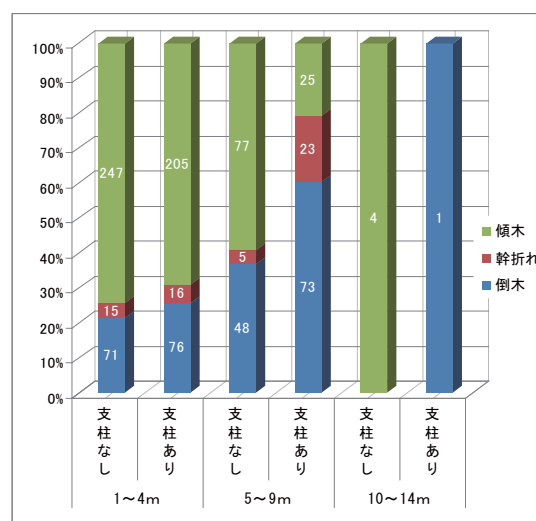
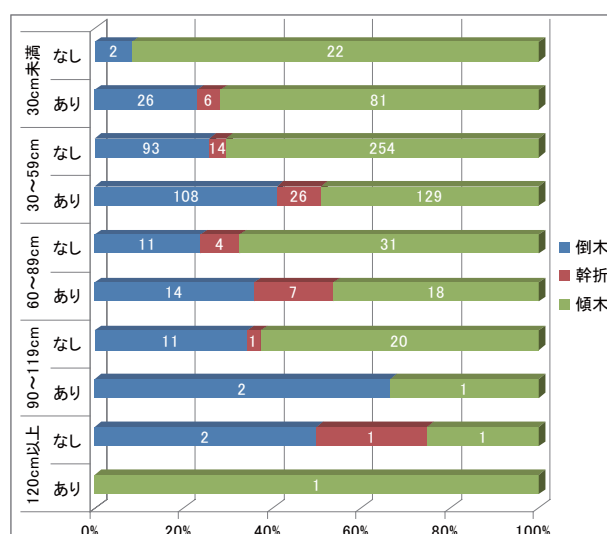


図-1.42 樹木規格別の「支柱の有無」による被害形態内訳（左：幹周、右：樹高）

支柱の有無と被害状況については、被害がなかった樹木に対する支柱の有無のデータを加味していないことから明確にはいえないものの、次のようなことが考えられる。

支柱は、基本的には植栽時に根が活着するまでの仮設として設置するものであるため、植栽後に数年経過した時点において撤去されるものである。このことから、幹周 30cm 未満の小さな樹木においては支柱が設置されてはいるものの根が十分に活着していない状況の中で強風により被害が発生したと考えられる。幹周 30～89cm の樹木では、支柱が撤去されたものとされないものが混在する中で、被害が発生した樹木では十分に根が伸長していなかったことが考えられる。さらに、幹周 90cm 以上の大きな樹木では、支柱が撤去されているものの植樹樹等の狭小な植栽基盤の中で樹体を支えるほどの根系の伸長量が少なかったことが被害に繋がっていると考えられる。

また、被害形態別において「支柱なし」が「支柱あり」よりも傾木が多くなっていることは、支柱が設置されていることで倒木する樹木を傾木の段階で抑えていると考えられるが、幹周 30～89cm と

樹高 5 ～ 9 m において「支柱あり」での幹折れによる被害が「支柱なし」よりも多かったことは、支柱が原因となる幹折れが発生していることが予想される。

2.6 植栽地と被害状況

植栽地形状別による被害本数を比較すると、植栽樹での被害が 578 本（65%）と最も多く、次いで植樹帯の 291 本（32%）、中央分離帯の 25 本（3%）の順となった（図 -1.43）。

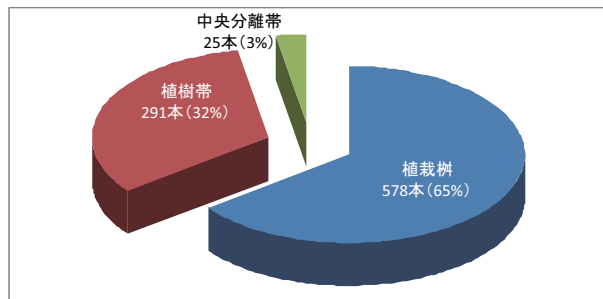


図 -1.43 植栽地形状別の被害本数

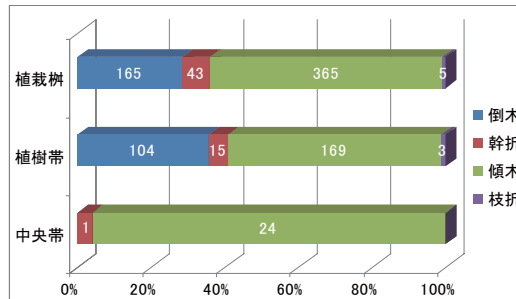


図 -1.44 植栽地形状別の被害形態の割合

さらに、各植栽地形状における被害形態別の被害本数を比較すると、植栽樹と植樹帯、中央分離帯ともに傾木が最も多く、植栽地形状による明確な傾向の違いはみられなかった（図 -1.44）。

植栽地幅別の被害本数では、1.0 ～ 1.9 m が 549 本と最も多く、次いで 0.1 ～ 0.9 m の 205 本、2.0 ～ 2.9 m の 113 本の順となった（図 -1.45）。

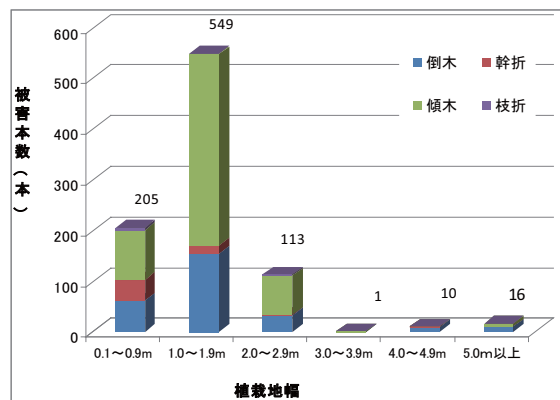


図 -1.45 植栽地幅別の被害本数

2.7 樹木被害による交通障害

台風による樹木被害が交通障害を発生させている本数は 714 本（80%）であり、街路樹が台風被害により倒木することなどにより、高い確率で交通障害を引き起こすことがわかる（図 -1.46）。

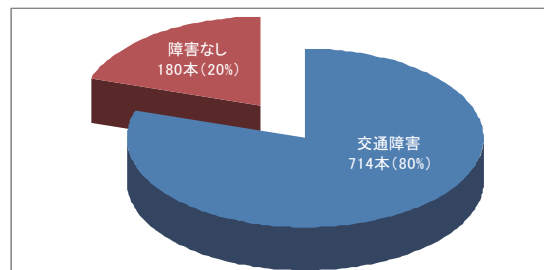


図 -1.46 樹木被害による交通障害件数

2.8 まとめ

平成 16 年度において、沖縄県内に台風による街路樹被害をもたらした総数は 8 個であり、被害総本数は 894 本であった。最も被害が大きかった台風は、本島南海上を通過した台風 17 号であり、宮古及び八重山地域において被害本数 301 本と、全体の 1/3 を占めた。

台風の規模と被害本数の関係では、風が強くなるほど被害本数が増える傾向にあることが示され、最大風速で約 25m/s 以上、最大瞬間風速で約 46m/s 以上となった場合には、被害本数が 50 本を超えることがわかった。また、街路樹の場合には降雨量が多くなると被害本数が増える傾向も認められ、植栽樹等の規制された植栽基盤での土壌水分量の増加が根系の土壌緊縛力を低下させていることが伺える。

被害が多かった樹種としては、フクギが 349 本（39%）と最も多く、次いでリュウキュウマツの 247 本（27.6%）となり、この 2 樹種で全被害本数の 2/3 を占め、さらにハウオウボクの 53 本（5.9%）、ガジュマルとテリハボクの各 40 本（4.5%）の順となった。また、被害率ではフクギの 2.3% が最も高く、次いでミツヤヤシの 2.1%、クロヨナの 1.5%、イヌマキとハウオウボクの 1.4% の順となった。

被害形態別では、倒木が多かった樹種としてホウオウボクが、傾木が多かった樹種としてフクギ、リュウキュウマツ、ガジュマル、テリハボク、ミツヤヤシ、アカギが、幹折れが多かった樹種としてイヌマキがあげられ、枝折れが多かった樹種は特になかった。

樹木規格別の被害としては、幹周では30～59cmで624本（70%）と最も多く、次いで30cm未満の137本（15%）となり、この2形態で全体の85%を占めた。また、樹高では4m以下の樹木での被害が約7割を占めた。さらに、樹齢別での被害は10～19年で多かった。このことから、幹周が細く樹高が低い、比較的樹齢の若い樹木においての被害が多いことがわかる。

「支柱の有無」の違いでは、「支柱なし」と「支柱あり」に明確な差は認められなかった。しかし、小径木では「支柱あり」での被害が多く、幹周が大きくなると「支柱なし」での被害が増えていた。また、被害形態で比較すると、傾木の被害は「支柱あり」よりも「支柱なし」で多く、支柱の設置により倒木の被害が傾木で抑えられている傾向が見られた。さらに、中径木において「支柱あり」での幹折れによる被害が「支柱なし」よりも多かったことで、支柱が原因となる幹折れが発生していることが予想される。

植栽地と被害の関係では、植栽枠での被害が最も多く、植栽地幅は2m未満で多かったことから、植栽地が小さいほど根系の伸長が抑制され、被害が多く発生すると考えられた。

街路樹の被害が交通障害を発生させている割合は8割であり、街路樹が台風で被害を受けることにより高い確率で交通障害を引き起こすことがわかった。

3. 現地調査による被害実態の把握

平成17年7月に襲来した台風5号における石垣島での樹木被害について、現地調査により被害実態を把握した。

調査は、石垣島内の国道、県道、公園を主体として次の箇所を中心に調査した。

道路：国道390号、県道79号、県道87号、県道207号、県道208号、県道209号、県道211号

公園：バンナ森林公園、美崎公園、新栄公園、新川公園

調査項目は、以下のとおりである。

①被害樹木の状況

樹種、樹木形状（樹高、幹周、枝張り）、被害形態（倒木、傾木、幹折れ、枝折れ）、被害本数、支柱の有無、被害状況等

②台風の概況

気圧、風速、経路

3.1 台風規模

台風5号は、平成17年7月12日、南鳥島の西南西約260kmで発生、その後発達しながら西南西へ進み16日21時には、中心気圧915hPa、中心付近の最大風速は55m/sの大型で猛烈な台風へと発達した。石垣島地方では、17日16時頃から18日15時頃までの約23時間暴風域に入った。最大風速は29.1m/s、最大瞬間風速は47.6m/sを観測した。

3.2 被害形態と被害樹種

現地調査で確認した被害本数は40本であり（表-1.5）、被害形態でみると倒木が15本と最も多く、次いで幹折れの12本、傾木の10本、枝折れの3本であった（図-1.47）。

表-1.5 台風5号における石垣島での樹木被害状況

No.	樹種名	樹高 (m)	幹周 (cm)	枝張り (m)	被害状況	支柱	支柱 状態	支柱 結束材	被害要因	場所
1	アカギ	6	112	8	枝折れ	無	-	-	-	アンパル湿地帯付近
2	アカギ	6	112	8	枝折れ	無	-	-	-	アンパル湿地帯付近
3	アコウ	5	81	8	倒木	無	-	-	根腐れ	新川公園
4	オオバナサルスベリ	3	22	2	傾木	四脚鳥居	傾き	はずれ	新植のため	県道390号
5	オオバナサルスベリ	3	22	2	傾木	四脚鳥居	傾き	はずれ	新植のため	県道391号
6	オオハマボウ	5	74	8	傾木	無	-	-	枝バランス不良	新川公園
7	オオハマボウ	4	78	6	幹折れ	無	-	-	幹腐れ	新川公園
8	オキナワキョウチクトウ	1.7	36	2	幹折れ	無	-	-	幹腐れ	新川公園
9	ガジュマル	10	480	-	倒木	無	-	-	根腐れ	県道79号
10	ガジュマル	4	47	3	傾木	無	-	-	根張り不良	
11	コバテイシ	3	30	5	幹折れ	三脚鳥居	異常無	はずれ	幹腐れ（地際部分）	マリタ慰霊塔駐車場
12	コバテイシ	2	24	4	倒木	三脚鳥居	異常無	切れ	結束材切れ	県道79号
13	コバテイシ	2	25	4	倒木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材切れ	県道79号
14	コバテイシ	2	26	4	倒木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材切れ	県道79号
15	コバテイシ	2	25	4	倒木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材はずれ	県道79号
16	コバテイシ	3	27	4	倒木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材はずれ、根が浅い	マリタ慰霊塔駐車場
17	コバテイシ	2	16	3	傾木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材はずれ、根の揺らぎ	県道79号
18	コバテイシ	3	25	4	傾木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材はずれ、根の揺らぎ	マリタ慰霊塔駐車場
19	トックリキワタ	-	126	-	倒木	無	-	-	不明	バンナ公園
20	トックリヤシモドキ	3	100	2	幹折れ	無	-	-	幹腐れ	空港内
21	ネムノキ	10	160	10	倒木	無	-	-	根腐れ、幹腐れ	マリタ慰霊塔駐車場
22	フクギ	3	32	2	幹折れ	三脚鳥居	傾き	トラロープ	幹腐れ	新栄公園
23	フクギ	2.5	20	2	幹折れ	三脚鳥居	傾き	無	幹傷・腐れ	新栄公園
24	フクギ	3	31	2	傾木	無	-	-	幹傷・腐れ	新栄公園
25	フクギ	3	32	1	傾木	三脚鳥居	異常無	はずれ	結束材はずれ、根張り不良	美崎公園前
26	フクギ	6	480	1.5	倒木	無	-	-	根巻き（ビニール紐）、根が浅い	県道390号
27	ブラシノキ	-	32	2	幹折れ	三脚鳥居	異常無	異常無	幹腐れ	県道390号
28	ベンガルボダイジュ	-	38	2	幹折れ	四脚鳥居	異常無	異常無	幹腐れ	県道392号
29	ベンガルボダイジュ	4	36	2	枝折れ	四脚鳥居	異常無	異常無	幹腐れ	県道391号
30	ハウオウボク	3	56	6	幹折れ	無	-	-	-	新栄公園
31	モクマオウ	6	44	4	倒木	無	-	-	幹枯れ、根枯れ	新川公園
32	モクマオウ	5	35	2	倒木	無	-	-	根張り不良	新川公園
33	モモイロノウゼン	3	100	3	傾木	無	-	-	根張り不良	空港内
34	ヤエヤマヤシ	2.8	110	2	倒木	三脚鳥居	異常無	はずれ	幹ノギリ傷、腐れ	県道79号
35	ヤエヤマヤシ	1.8	40	2	倒木	三脚鳥居	異常無	はずれ	幹ノギリ傷、腐れ	県道79号
36	ヤエヤマヤシ	-	22	2	幹折れ	三脚鳥居	異常無	無	草刈機によるノギリ傷	県道79号
37	ヤエヤマヤシ	-	-	2	幹折れ	三脚鳥居	異常無	無	草刈機によるノギリ傷	県道79号
38	ヤエヤマヤシ	-	-	2	幹折れ	三脚鳥居	異常無	異常無	草刈機によるノギリ傷	県道79号
39	ヨウテイボク	5	38	4	倒木	三脚鳥居	倒壊	異常無	根張り不良	バンナ公園自然観察
40	ヨウテイボク	5	38	5	傾木	三脚鳥居	傾き	異常無	枝の徒長	バンナ公園自然観察

被害を受けた樹種は18種であり、最も被害が多かった樹種はコバテイシの8本、次いでフクギとヤエヤマヤシの5本であり、コバテイシでは倒木が多かった（図-1.48）。

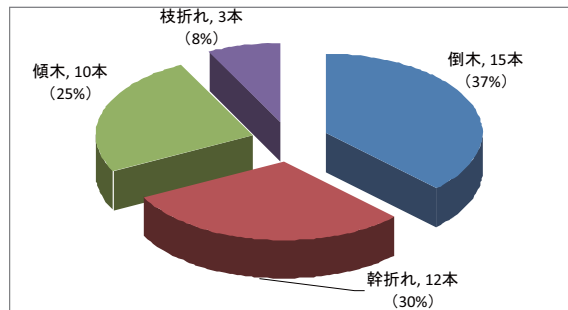


図-1.47 被害形態の内訳

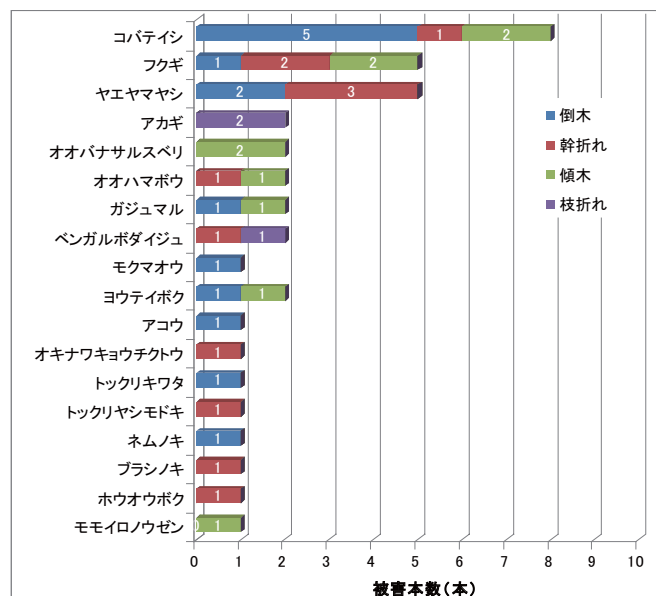


図-1.48 樹種別の被害本数と被害形態

3.3 樹木規格別の被害状況

樹木の規格別でみると、幹周で30～59cm、樹高で1～4m、枝張りで1～2mと比較的小さな樹木において被害が多かった（図-1.49、1.50、1.51）。小径木としてはコバテイシやフクギ、大径木としてはガジュマルやネムノキがあげられる。

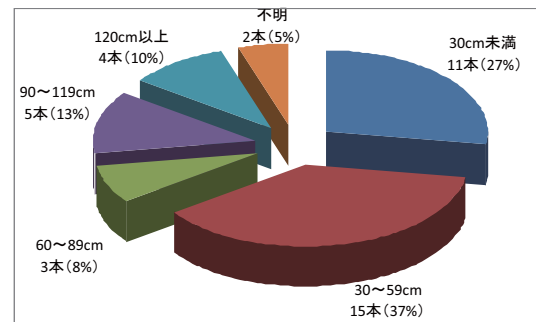


図-1.49 幹周別の被害本数

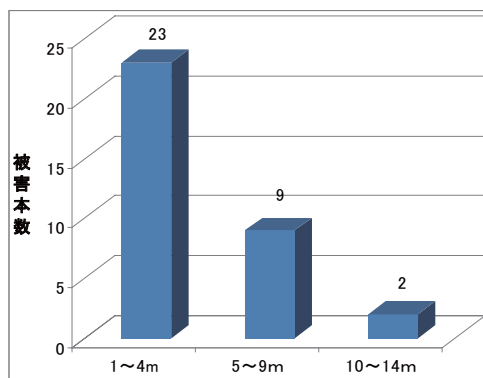


図-1.50 樹高別の被害本数

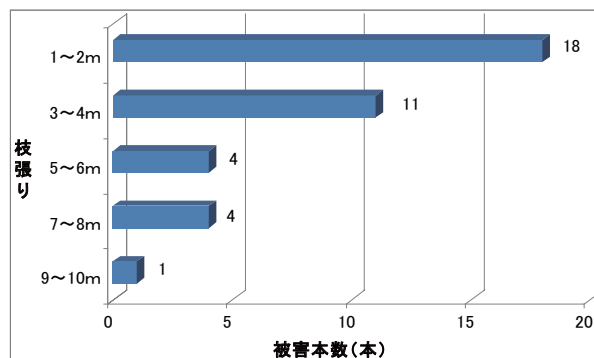


図-1.51 枝張り別の被害本数

3.4 支柱と被害状況

「支柱の有無」と被害の関係では、支柱なしで17本の被害があり、支柱ありで23本に被害がみられた（図-1.52）。樹木の規格別でみると、規格の小さい樹木において支柱ありでの被害が多かった（図-1.53）。

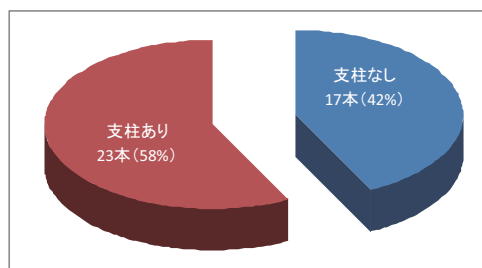


図-1.52 「支柱の有無」別の内訳

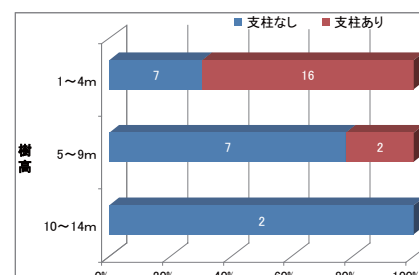


図-1.53 樹高別による内訳

3.5 現地踏査による被害状況

上記の他、現地踏査での観察において確認された被害発生状況は以下のとおりである。

①植栽環境

植栽環境では、道路の植樹帯、植栽柵によって根の伸長が抑えられて、十分な支持力が得られないために倒木に至るケースが多くみられた（写真-1.1）。また、植栽地の植栽基盤整備が不良のため、有効土層が浅いことや排水不良により、根が深く伸長できないことによる被害も多くみられた（写真-1.2）。



写真-1.1 狭小な植栽柵による根系伸長不良（左：フクギ、右：ガジュマル）



写真-1.2 植栽基盤の不良による根系伸長不良（モクマオウ）

②樹木腐朽

倒木や幹折れした樹木では、明らかに幹や根系の腐朽が要因となっているものが多かった。幹が腐朽する原因としては、支柱材が幹に食い込んでいたり支柱材と幹が擦れることにより幹が傷害を受け、そこから木材腐朽菌が侵入して幹の腐朽を引き起こしていることが確認された（写真-1.3、1.4）。



（フクギ）

写真-1.3 支柱と幹との擦れによる腐朽が原因の幹折れ



（ブラシノキ）

写真-1.4 結束外れによる幹の損傷

また、草刈り時に樹木の根元部分を草刈り機で傷つけてしまうことにより幹が腐朽しているものもあった（写真-1.5）。

根系腐朽の原因としては、植栽基盤が不良なために降雨時に滞水が起こり腐朽することや、移植時や周辺工事等の人為的な根系切断等による傷口から木材腐朽菌が侵入したことが考えられた（写真-1.6、1.7）。



写真-1.5 草刈り時の傷害による腐朽が原因の倒木（ヤエヤマヤシ）



写真-1.6 植栽基盤の排水不良による根系腐朽が原因の倒木（ガジュマル）



写真-1.7 木材腐朽菌の侵入による根系腐朽が原因の倒木（上：アコウ、下：ネムノキ）

③維持管理の不良

支柱材の結束不良は、前述した腐朽につながることも倒木や傾木の原因となっていることが確認された（写真-1.8）。また、支柱材が地面にしっかりと固定されていないことや樹体の大きさに適合していない場合、腐朽した場合には樹体を支持できずに倒木している樹木も見られた（写真-1.9）。



写真-1.8 結束材が外れたことによる倒木（コバテイシ）



（支柱固定が不安定による倒木・オオバナサルズベリ） （支柱材の腐朽による倒木・ヨウテイボク）

写真-1.9 支柱の固定不良、腐朽による倒木

3.6 まとめ

石垣島における台風被害木について現地調査した結果、被害樹種としてコバテイシやフクギ等が、また樹木規格としては小径木での被害が多いなど、前述した沖縄記念公園や街路樹における被害実態とほぼ同様の傾向が認められた。倒木や幹折れにつながる大きな要因としては、現地における観察により樹木腐朽によるものが多く認められた。これらの樹木腐朽は、支柱材の整備不良や草刈り時における幹の損傷などが関連しているものが多くあった。また、植栽基盤の整備不良による根系の伸長不良が要因となった倒木被害も多く確認できた。

4. 台風被害の実態調査により把握した発生要因

4.1 台風規模

台風規模による被害実態においては、風の強さが被害の大きさに最も影響する。最大風速で約22m/s以上、最大瞬間風速で約40m/s以上となった場合には、急速に被害本数が増加する（図-1.54、1.55）。また、街路樹では、降雨量が多くなると被害本数が増加する可能性が高い（図-1.56）。

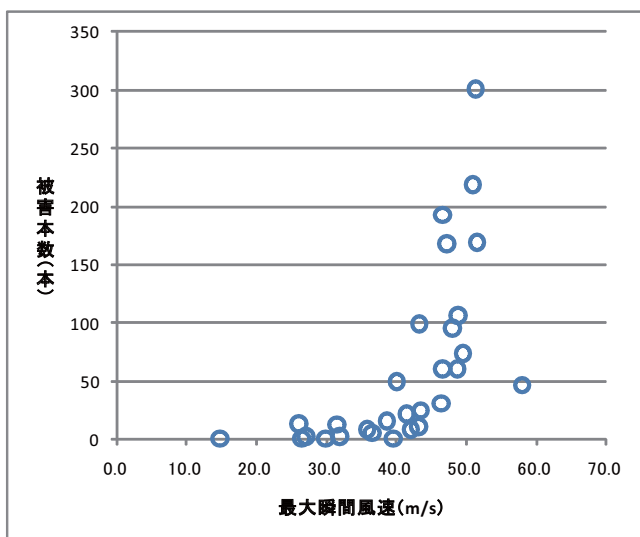
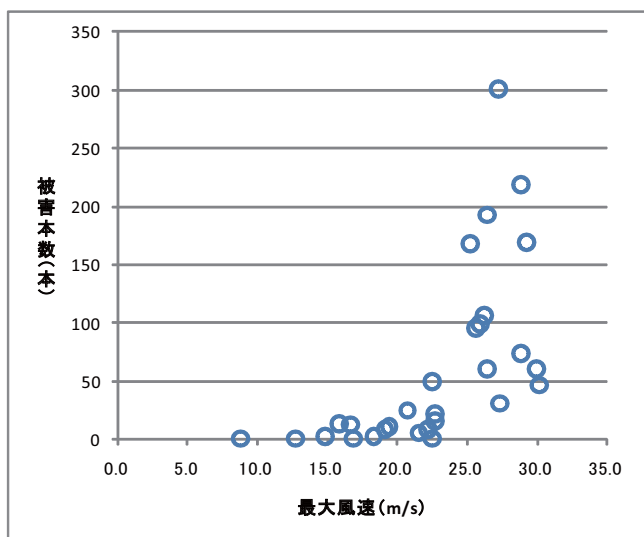


図-1.54 最大風速と被害本数(公園木、街路樹) 図-1.55 最大瞬間風速と被害本数(公園木、街路樹)



写真-1.10 強風による枝折れ（アカギ）

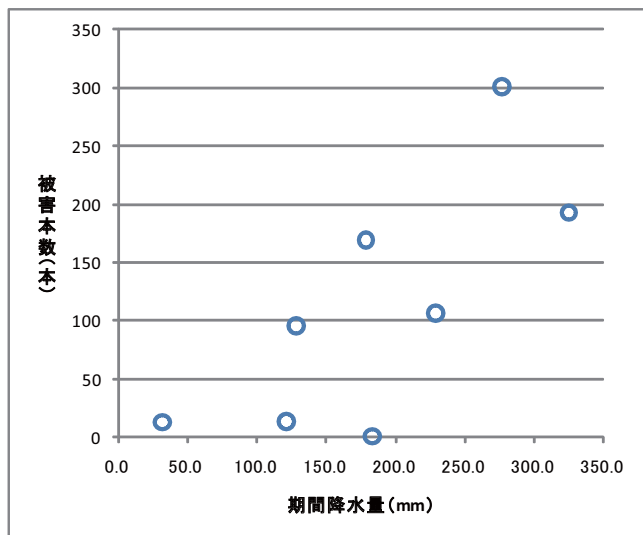


図-1.56 期間降水量と被害本数（街路樹）



写真-1.11 雨水により軟弱化した土壌

4.2 樹種特性

沖縄記念公園と街路樹、石垣島において被害の多かった樹種（表-1.6、1.7）としては、フクギの483本が最も多く、次いでリュウキュウマツの266本、アメリカデイゴの79本の順となった。一般的に台風被害を受けやすい要因としては、成長が速く樹冠を大きく広げる樹種特性があげられ、この場合には風圧を受けやすくなることで、倒れたり枝が折れたりすることに繋がると考えられる（写真-1.12、1.13）。しかし、フクギやリュウキュウマツ、オオハマボウ、モクマオウなどのように防風防潮林として植栽される樹木も含まれており、このことは樹種特性としては台風被害に強い性質を持っているものの他の要因により被害が多くなっていることを裏付けているものと考えられる。参考までに、台風被害の多かった上位10位までと被害形態別に被害の多かった樹種について特性を以下に示した。

表-1.6 台風被害の上位20樹種

順位	樹種	被害形態				被害本数 (本)	構成比 (%)
		倒木	幹折れ	傾木	枝折れ		
1	フクギ	172	10	301		483	26.1
2	リュウキュウマツ	26	28	212		266	14.4
3	アメリカデイゴ	12	11	5	51	79	4.3
4	オオハマボウ	13	41	12	1	67	3.6
5	モクマオウ	11	39	6	3	60	3.2
6	ハウオウボク	44	5	7		56	3.0
7	コバテイシ	16	6	28	1	51	2.8
8	ガジュマル	13	3	26	6	48	2.6
9	ソウシジュ	19	16	4	3	42	2.3
10	カンヒザクラ	20	7	13		40	2.2
11	テリハボク	5		35		40	2.2
12	ココヤシ	8	1	26		35	1.9
13	アカギ	1	3	19	4	27	1.5
14	ヨウテイボク	7	2	14		23	1.2
15	グアバ	7	3	12		22	1.2
16	ミツヤヤシ		0	21		21	1.1
17	センダン	4	16			20	1.1
18	タビビトノキ				20	20	1.1
19	モンパノキ	17		2	1	20	1.1
20	イヌマキ		9	9		18	1.0

表-1.7 被害形態別の上位5樹種

順位	倒木			幹折れ		
	樹種	被害本数 (本)	構成比 (%)	樹種	被害本数 (本)	構成比 (%)
1	フクギ	172	30.8	オオハマボウ	41	15.8
2	ハウオウボク	44	7.9	モクマオウ	39	15.0
3	リュウキュウマツ	26	4.7	リュウキュウマツ	28	10.8
4	カンヒザクラ	20	3.6	ソウシジュ	16	6.2
5	ソウシジュ	19	3.4	センダン	16	6.2
総本数		559			260	

順位	傾木			枝折れ		
	樹種	被害本数 (本)	構成比 (%)	樹種	被害本数 (本)	構成比 (%)
1	フクギ	301	33.3	アメリカデイゴ	51	40.2
2	リュウキュウマツ	212	23.5	タビビトノキ	20	15.7
3	テリハボク	35	3.9	ビロウ	11	8.7
4	コバテイシ	28	3.1	インドゴムノキ	7	5.5
5	ココヤシ・ガジュマル	26	2.9	ガジュマル	6	4.7
総本数		904			127	



(ソーセージノキ)

写真 -1.12 樹冠を大きく広げる樹木特性



(インドゴムノキ)

写真 -1.13 枝の伸長が速く折れやすい樹木特性

(1) フクギ

形態：常緑高木で、樹高 20m 程度になる。幹は直立して、枝は広がらずに円錐形～卵形の樹冠をつくる。葉は対生し、厚革質、長さ 8～12cm 程度の楕円形の広葉で、表面は黒っぽい光沢がある。

成長：海浜地に多く生育するが成長は極めて遅い。

根系：深根性で根系による支持力は大きい。しかし、植栽時に主根となる根系が切断されていると、その後の回復が遅いことから支持力を得られずに強風時に倒木しやすい。そのため、できる限り主根の発達を促すよう、実生から育成した小さな規格の樹木を十分に整備した植栽基盤に植栽することが望ましい。

利用：公園樹、道路緑化樹、防潮防風樹、防火樹、生垣樹。

台風時の潮風反応：被害は潮風を直接受けた部位に限られ、しかも葉縁に若干壊死が生じる程度である。新葉の展開は比較的速い。



写真 -1.14 フクギの倒木

(2) リュウキュウマツ

形態：常緑高木で、樹高 25 m 程度になる。枝は曲がりながらねって広がり、大きくなると平らな傘形の樹冠をつくる。葉は二葉で、長さ 10～20cm 程度の針形の針葉で、やわらかい。

成長：極端な乾燥地・痩地以外には良く生育するが、弱酸性～弱アルカリ性の砂質壤土が適地。

根系：深根性で根系による支持力は大きい。

利用：公園樹、道路緑化樹、防潮防風樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、壊死を生じるが、被害葉は比較的長く残存する。被害後の新葉の展開は比較的速い。



写真 -1.15 リュウキュウマツの幹折れ

(3) アメリカデイゴ

形態：落葉高木で樹高 5 ～ 6 m になる。枝は広がり、球形の樹冠をつくる。葉は 3 出複葉で互生し、膜質、長さ 8 ～ 10cm の卵形の広葉で、表面に光沢がある。

成長：砂質壤土を好み、成長は速い。枝が折れやすい。

根系：中間性で根系による支持力は小さい。

利用：公園樹、道路緑化樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、凋萎を起こし新梢の枯下がりも顕著である。被害葉は早い時期に落脱するが枯損枝は長く残存する。新葉の展開は極めて速い。



写真-1.16 アメリカデイゴの幹折れ

(4) オオハマボウ

形態：常緑高木で、樹高 4 ～ 12 m になる。幹は通常直立せず枝が多く分岐し、球形の樹冠をつくる。葉は互生し、厚質、長さ 10 ～ 12cm の円心形の広葉で、光沢がある。

成長：海岸に多く、適潤ないし弱乾性の砂質壤土を好み、成長は速い。

根系：中間性で水平根が良く発達し、根系による支持力は中程度。

利用：公園樹、道路緑化樹、防潮防風樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び壊死、凋萎を起こし、新梢の枯下がりも顕著である。被害葉は比較的速く落脱するが、枯損枝は長い間付着したままである。新葉の展開は比較的速い。



写真-1.17 オオハマボウの倒木

(5) モクマオウ

形態：常緑高木で樹高は 20 m に達する。幹は直立し円錐形の樹冠をつくる。マツの葉のように見える緑色部は小枝で、長さ 20cm 程度で多数の関節からなっている。葉は退化した鱗片状で、各節に 6 ～ 8 個輪生する広葉である。

成長：海岸砂地を好み、乾燥や塩分を含んだ土壌にも耐えるが、酸性粘質の土壌には不適である。成長は速い。

根系：深根性で根系による支持力は大きい。菌根を持つ。

利用：公園樹、道路緑化樹、防潮防風樹、生垣樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、壊死を起こし、新梢の枯下がりも認められる。被害葉は枯損枝とともに長期間残存する。新葉は被害を受けなかった枝条につくがなかなか出芽せず、展開に時間がかかる。



写真-1.18 モクマオウの倒木

(6) ホウオウボク

形態：落葉高木で、樹高 10 ～ 15 m になる。太い枝を張りだして、扁平した傘形の樹冠をつくる。

葉は互生し、2回羽状複葉、長さ20～40cmで太い葉柄を有し、10～20対の羽片を有する。小葉は20～40対で長楕円形、長さ1cm程度の広葉である。

成長：乾性の砂質壤土を好み、成長は極めて速い。

根系：中間性であるが、水平根と垂下根による支持力は大きい。

利用：公園樹、道路緑化樹、緑陰樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、壊死、凋萎を起こし、新梢の枯下がりも顕著である。被害葉は比較的速く落脱するが、枯損枝は長い間付着したままである。新葉は枯損をまぬがれた節から出芽し、比較的速く展開する。



写真-1.19 ホウオウボクの倒木

(7) コバテイシ

形態：落葉高木で、樹高は20～25mに達する。枝はほぼ水平に輪生し、大きく丸い傘形の樹冠をつくる。葉は枝先に集まって互生し、長さ20～25cmの倒卵形の広葉で、革質で光沢がある。

成長：適潤の砂質壤土を好み、成長は速い。

根系：中間性で支持力は中程度である。

利用：公園樹、道路緑化樹、緑陰樹。

台風時の潮風反応：被害は葉縁または葉身全体に及び、壊死、凋萎を起こし、新梢の枯下がりも認められる。被害葉の落脱は速い。被害後の新葉の展開は比較的速い。



写真-1.20 コバテイシの倒木

(8) ガジュマル

形態：常緑高木で、樹高は20mに達する。幹から気根を発生させ、地面に達すると支持根となる。傘形の樹冠をつくるが、植栽環境によって著しく変える。葉は互生で、革質、長さ5～8cmの長楕円形～倒卵形の広葉である。

成長：適湿潤の砂質壤土を好み、成長は速い。

根系：浅根性であるが水平根の発達により支持力は大きい。

利用：公園樹、道路緑化樹、防潮防風樹、生垣樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、壊死、凋萎を起こし、新梢の枯下がりも認められる。被害葉は比較的速い時期に落脱するが、枯損枝は長く付着する。新葉は被害をまぬがれた枝条の節につくが、被害後なかなか出芽せずに、展開に時間がかかる。



写真-1.21 ガジュマルの倒木

(9) ソウシジュ

形態：常緑高木で、樹高は15m程度になる。枝が広がり球形の樹冠をつくる。一見して葉に見えるのは葉柄にあたるもので、互生し長さ8～10cmの披針形で革質。本当の葉は羽状複葉ですぐに落ちる。



写真-1.22 ソウシジュの傾木

成長：弱乾性の砂質壤土～壤土を好み、成長は極めて速い。

根系：深根性。

利用：公園樹、道路緑化樹、防風樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、壊死、凋萎を起こし、新梢の枯下がりが見られる。

被害葉の落脱は早い枯損枝は長く残存する。新葉の展開は比較的速い。

(10) カンヒザクラ

形態：落葉高木で、樹高 10 m 程度になる。枝を広げて傘形の樹形をつくる。葉は互生し、長さ 8 ～ 12cm の楕円形で膜質の広葉である。

成長：酸性土の陽光地を好み、成長は普通である。

根系：中間性で水平根が発達する。支持力は中程度。

利用：公園樹、道路緑化樹。

台風時の潮風反応：夏期に生理的落葉を始めるため、通常は影響を受けにくい、着用している場合は壊死・凋萎を起こしやすい。被害後の新葉の展開は比較的速い。



写真-1.23 カンヒザクラの倒木

(11) テリハボク

形態：常緑高木で、樹高 20 m に達する。幹が曲がりやすく樹形も乱れやすい。葉は対生して、厚革質、長さ 9 ～ 18cm の長楕円形の広葉で、表面に光沢がある。

成長：海浜地に多く生育しており、砂壤土を好んでやや遅い。

根系：深根性で支持力は大きい。

利用：公園樹、道路緑化樹、防潮防風樹。

台風時の潮風反応：被害は潮風を直接受けた部位に限られ、葉の周辺部 1/3 程度まで壊死が生じる程度である。新葉の展開は比較的速いが被害葉は長く残存する。



写真-1.24 センダンの倒木

(12) センダン

形態：落葉高木で、樹高 20 m 程度に達する。枝を広げて傘形の樹形をつくる。葉は互生し、長さ 40 ～ 50cm の 2 ～ 3 回奇数羽状複葉。葉柄は 10 ～ 30cm で、小葉は長さ 3 ～ 6cm の卵状楕円形の広葉である。

成長：弱湿性の砂質壤土を好み、成長は速い。

根系：中間性で水平根の発達が悪い。

利用：公園樹、道路緑化樹、緑陰樹。

台風時の潮風反応：被害は葉身全体に及び、壊死・凋萎を起こし、直ちに落葉する傾向がある。潮風を直接受けた面は側枝の折損を生じるが、他の部位の被害は認められない。



写真-1.25 ココヤシの傾木

(13) ココヤシ

形態：大型のヤシで、高さ 25 m 程度に達する。単幹で直立

し、頂部に大型で長さ4～5 mの羽状葉を15～30枚叢生し、四方に広げる。小葉は、長さ1 mに達し、披針形で多数あり、革質。

成長：肥沃な砂質壤土を好み、成長は普通である。

根系：幹の基部から密に分岐して浅根性である。発根量が多く支持力は大。

利用：公園樹、道路緑化樹。

台風時の潮風反応：被害は小葉の葉縁または葉身全体に及び、壊死を生じ、ひどい場合は羽軸にまで被害が及ぶ。被害の程度が小さい場合はそのまま生育活動が続けるが、羽軸まで及んだり折損したりするとそのまま枯死に至る。被害葉は長期間残存する。

(14) タビビトノキ

形態：幹は直立し、高さ20 m程度に達する、常緑の大型樹である。葉はバナナ状で2列に生じ、扇形をつくる。葉の長さは2.5 m程度で、葉柄は長い。そのため風を受けやすく、強風時に折れやすい。

成長：肥沃で排水の良い土壌を好み、成長はやや遅い。

根系：データなし。

利用：公園樹、道路緑化樹。

台風時の潮風反応：データなし。



写真-1.26 タビビトノキの葉折れ

(15) ビロウ

形態：高さ15 m程度に達するヤシである。単幹で直立し、葉は茎頂からのみ出芽し、1～2 mの葉柄の先に、直径1～2 mの扇形～半円形の掌状葉をつける。葉身はほぼ中央までに深裂し、裂片はさらに深く2裂する。裂片は下垂する。

成長：耐乾性で日陰でも良く生育する。成長は普通である。

根系：幹の基部から密に分岐して浅根性である。発根量が多く支持力は大。

利用：公園樹、道路緑化樹。

台風時の潮風反応：掌状葉のため小葉の先端部から小葉基部近くまで壊死を生じやすい。被害葉は、そのまま生育を続けるため落葉しない。新葉の急激な展開はない。

(16) インドゴムノキ

形態：常緑高木で、樹高30 m程度に達する。枝を広げて傘形の樹形をつくる。葉は、長さ25～30 cmの長楕円形、革質で光沢がある。托葉は大型で淡紅色、新葉が開くと落下する。

成長：適潤で肥沃な土壌を好むが、耐乾性があり、粘性土にも耐える。成長は速い。

根系：浅根性で分岐が多い。

利用：公園樹、道路緑化樹、緑陰樹、防潮防風樹。

台風時の潮風反応：潮風を直接受けた部位は葉身全体が壊死・凋萎を起こし大部分が脱落しているが、それ以外の部位では葉縁に壊死を生ずる程度で引き続き生育している。新梢は潮風を受けた部位ほど大きく枯下がりを起こしている。新梢の展開は比較的速い。



写真-1.27 インドゴムノキの倒木

4.3 植栽基盤の整備不良

街路樹の被害においては、植栽地形状が植栽樹で最も多く、また植栽地幅では2m未満が多かったことから、植栽基盤が小さく根系が四方への伸長を制限されるほど被害が多く発生すると考えられた（写真-1.28）。また、植栽後の経過年数が短く、形状が小さい樹木での被害が多かったことから、植栽基盤の質（物理性、化学性）が不良で根系伸長が不十分となっていることが発生要因となっていると考えられる（写真-1.29）。



写真-1.28 植栽地形状（植栽樹）が非常に狭小で根系伸長が制限された倒木（フクギ）



写真-1.29 植栽基盤の整備不良により根系伸長が少ない倒木（インドゴムノキ）

4.4 支柱の整備不良

実態調査の結果から、倒木に対する支柱の効果がある程度は認められるとともに、支柱が設置されていることで被害を傾木の段階でとどめる効果があることが推察された（写真-1.30）。

しかし、支柱の有無によって被害の発生に明確な差がなかったことから、樹木の大きさに適した支柱の選択や、活着して根系が十分に伸長するまでの維持管理が適切でないことが被害の発生要因として考えられる（写真-1.31）。



写真-1.30 支柱の設置による倒木防止（アカツユ）



(結束不良による倒木・コバテイシ)



(支柱材の腐朽による倒木・フクギ)



(固定不良による倒木・ヨウテイボク)



(結束不良による損傷・ブラシノキ)

写真-1.31 支柱の整備不良による台風被害

4.5 樹木の腐朽

現地において倒木等の被害木の生育状況を調査した結果、幹や根系に腐朽があることが多く確認され、幹や根系の腐朽が発生要因となる（写真-1.32、1.33、1.34）。



写真-1.32 幹の腐朽による幹折れ（上：オオハマボウ、下：アメリカデイゴ）



写真-1.33 根系の腐朽による倒木（上：カンヒザクラ、下：インドゴムノキ）



写真-1.34 草刈り時の傷害が原因の腐朽による倒木（ヤエヤマヤシ、右：隣接樹木の傷跡）

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、植栽基盤である土壌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壌緊縛力を高め、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壌断面を調査した。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	アコウ	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	フィカスネリフォリア	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	パンノキ	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	ザクラ属	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	ハウオウボク	マメ科	ハウオウボク属	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	ビロウ	ヤシ科	ビロウ属	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)。

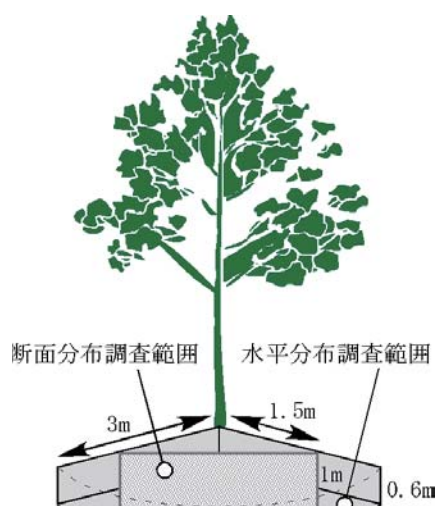


図-2.3 根系調査範囲



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）。

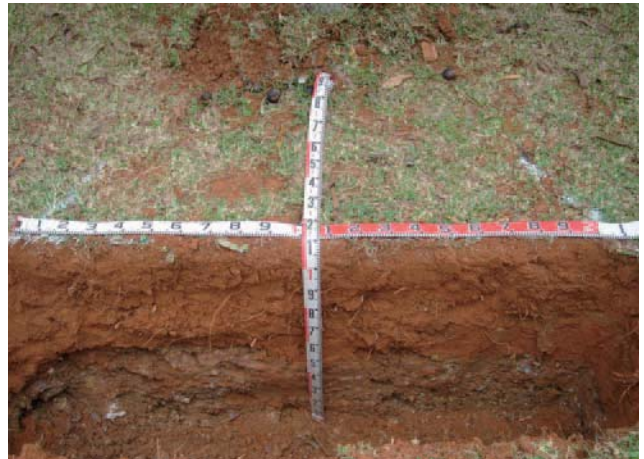


写真-2.4 小型バックホウによるトレンチ掘削

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

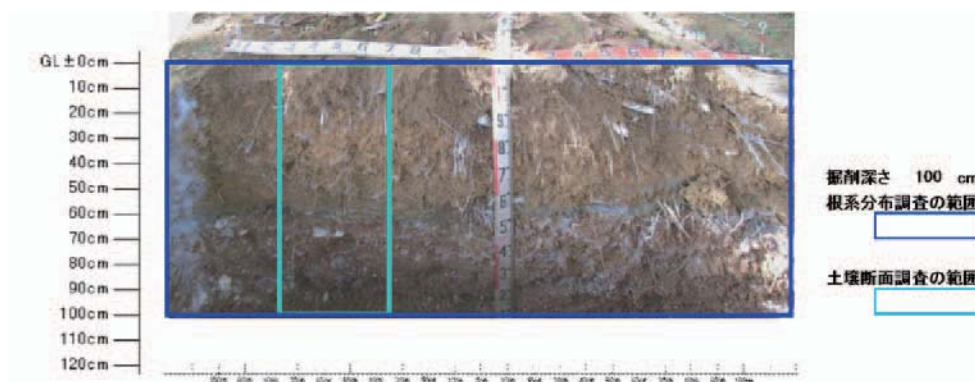


図-2.4 根系と土壌断面の調査範囲

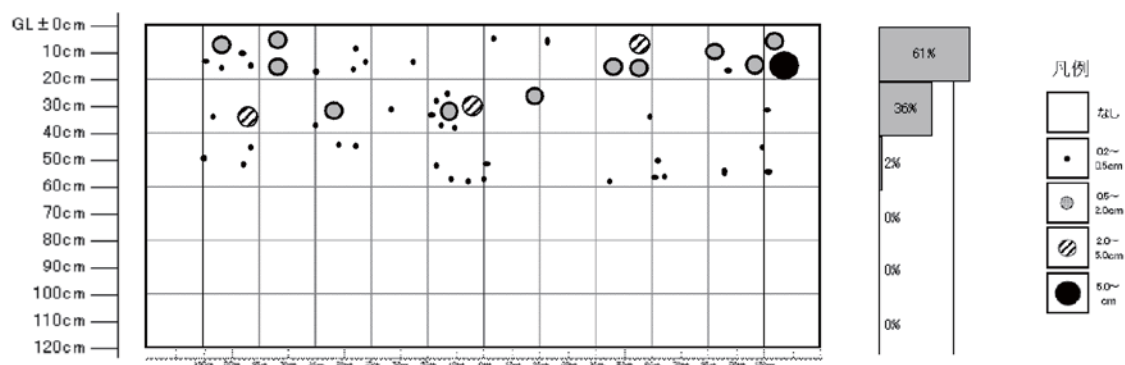


図-2.5 小～大径根の分布記録例

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。

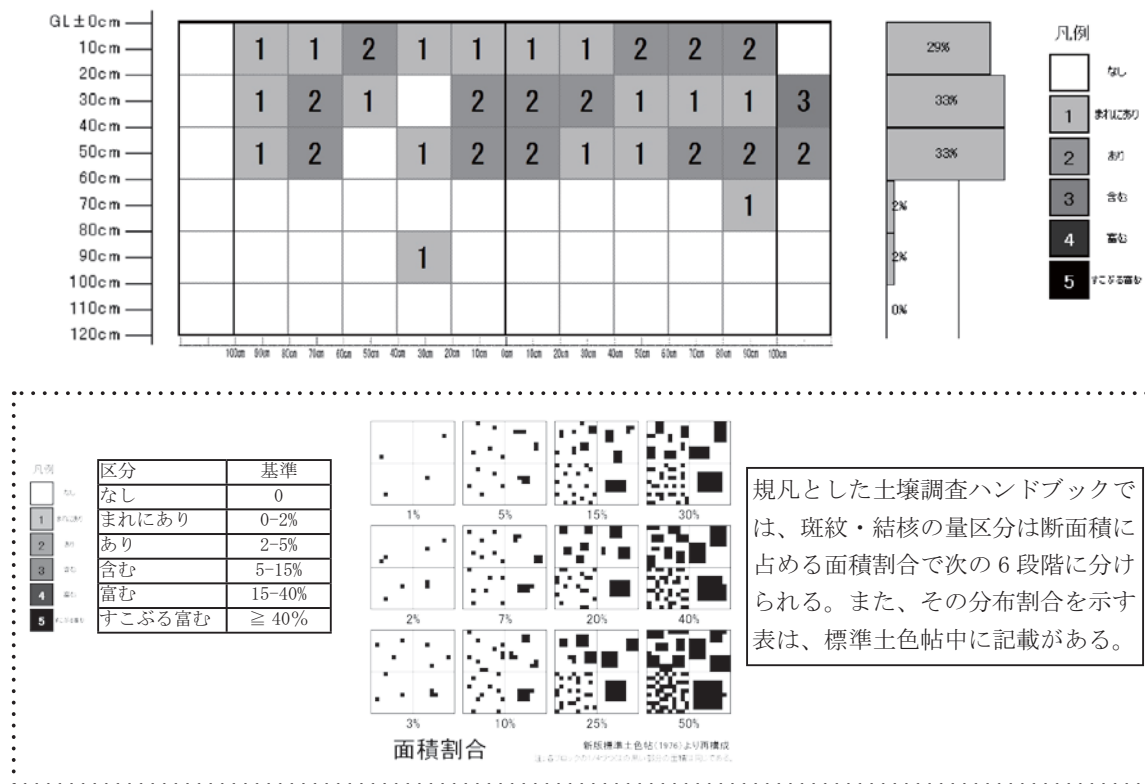


図 -2.6 細根の分布記録例

・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		28 (固結)	pHが4.9、ECが 0.02dS・m ⁻¹ である
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	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。																																																																					
	<table><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	下記に区分し、発達程度を強度・中度・弱度で示す。前記「土壌調査ハンドブック」に準じる。																																																																					
	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是っきりし、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。

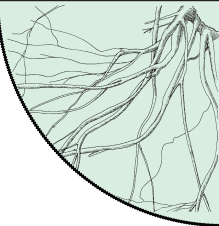
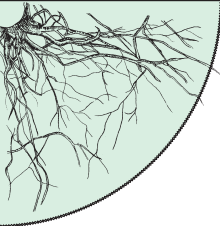
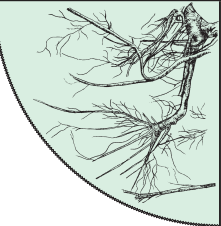
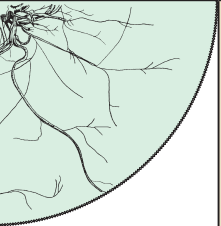
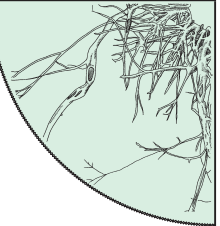
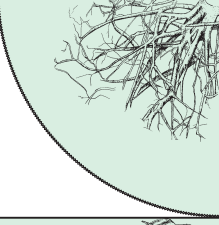
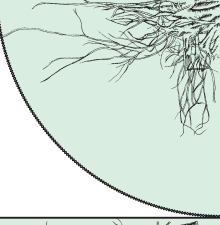
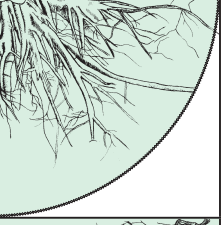
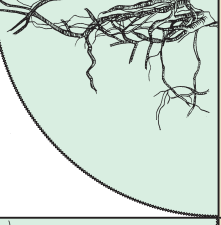
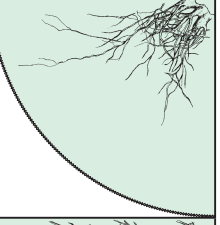
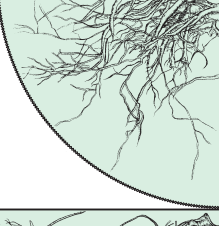
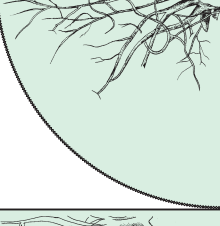
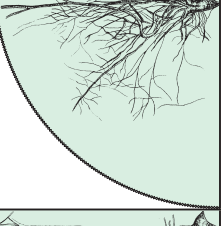
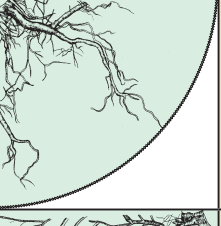
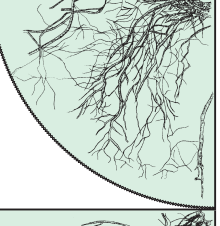
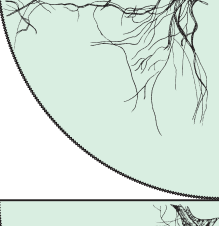
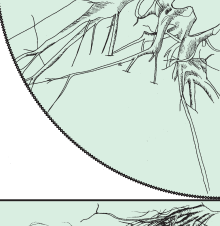
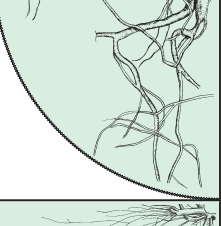
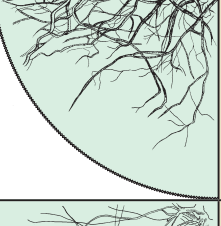
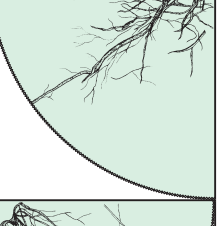
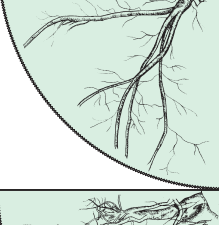
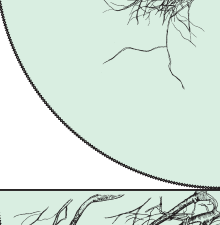
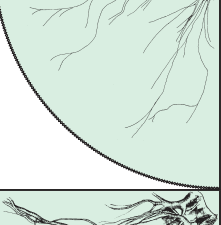

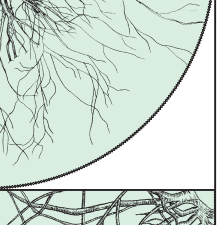
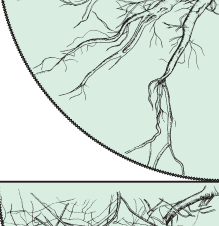
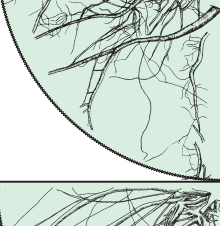
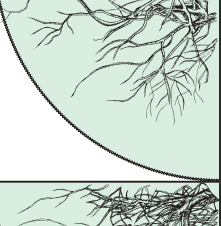
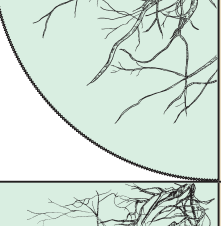
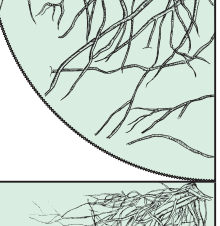
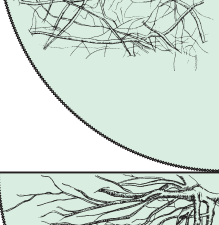
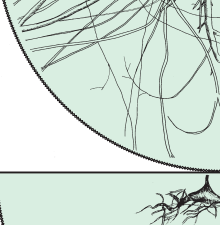
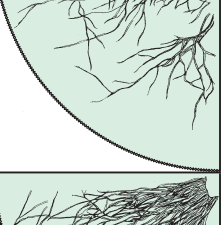
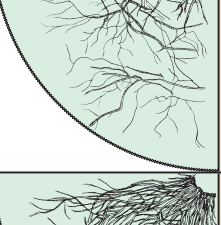
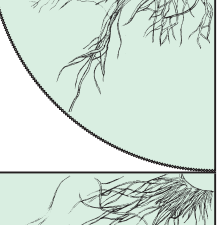
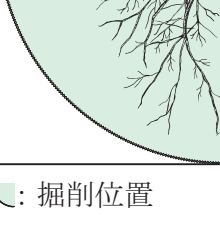
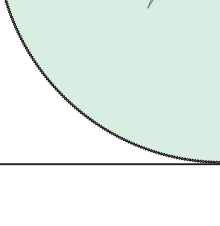
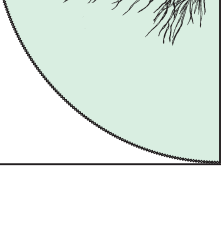
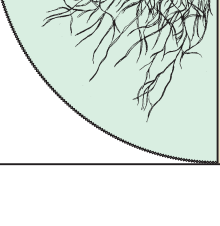
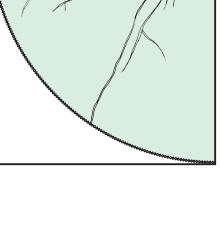
(1) 公園植栽木の根系分布(水平及び断面)

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


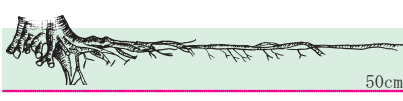

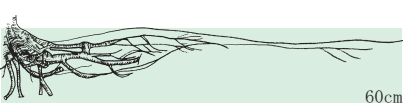




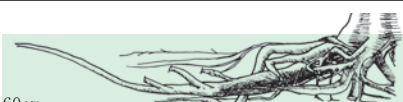
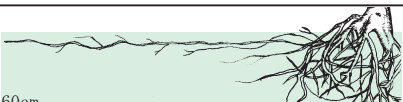
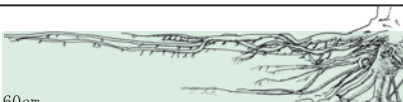

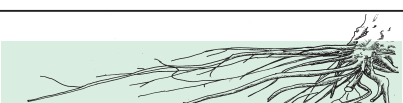
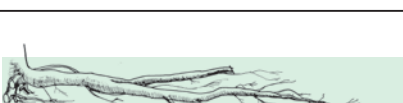

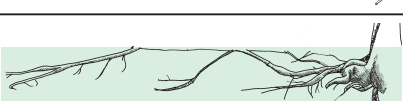



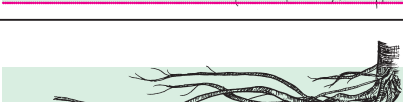
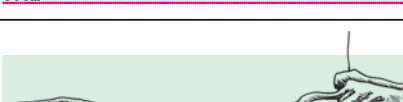

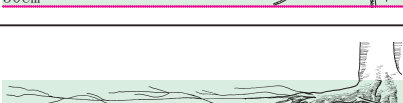




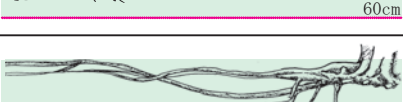

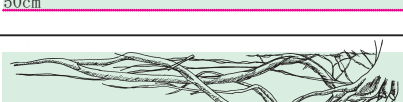




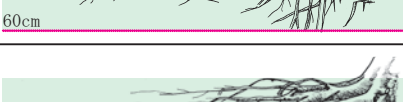
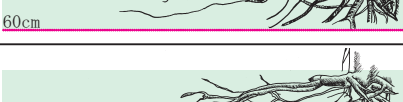

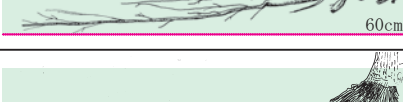


No.	樹種	樹木形状				根系分布					植栽基盤		
		樹高 (m)	幹周 (cm)	枝張り (m)	根元周 (cm)	水平 分布 (m)	垂下深さ		最大密度断面分布層		有効土 層厚 (cm)	透水性 (cm/drop)	透水性 判定
1	リュウキュウマツ	7.5	118	9.6	185	> 3	120	120	～ 20	～ 20	110	8.3 × 10 ⁻⁴	△
2	モクマオウ	10.5	82	4.6	90	> 3	80	80	～ 20	～ 20	80	1.3 × 10 ⁻³	○
3	アコウ	5.5	140	13.0	190	> 3	80	100	60 ～ 80	20 ～ 80	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 × 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	トッキリキワタ	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	ビロウ	4.0	72	3.5	91	3	80	80	20 ～ 40	20 ～ 40	60	>8.3 × 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		ゴールドデンシャワー	
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		ガジュマル		カシワバゴムノキ	
フィオリスナリ		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	
ソウシジュ		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	
タイワンモクゲンシ		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		シマトネリコ		オキナワキョウ	
モンパノキ		ビロウ		ヤエヤマヤシ	
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、フィカスネリフォリアなどでは、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：フィカスネリフォリア）

- 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、ハウオウボク、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。


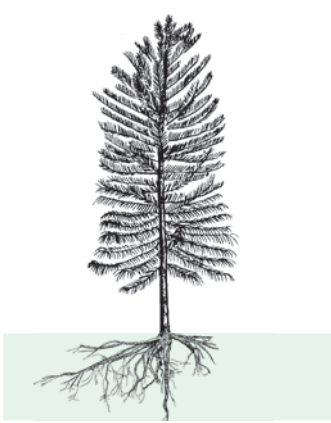
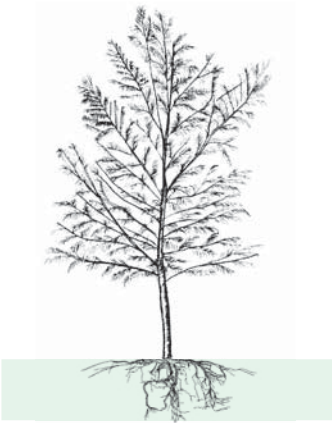
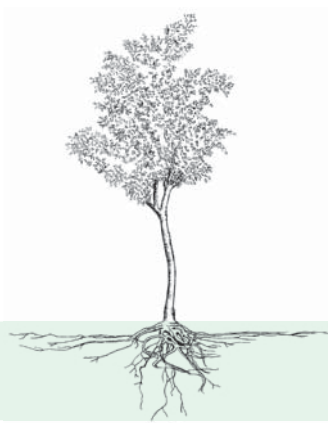

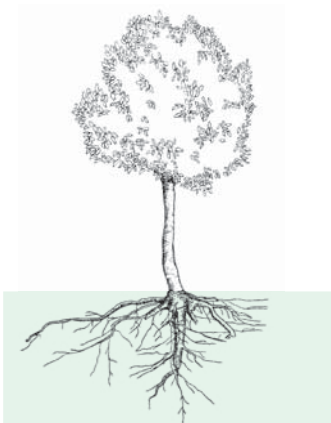




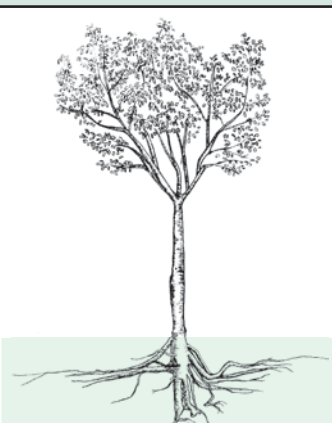

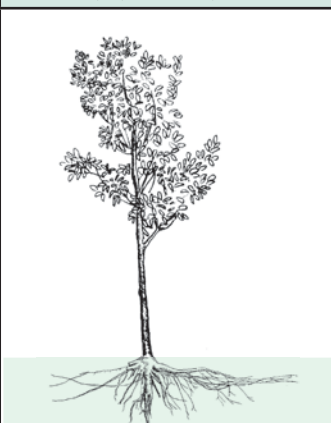



リュウキュウマツ	コパノナンヨウスギ	モクマオウ	ガジュマル
			
テリハボク	フクギ	カンヒザクラ	デイゴ
			
ホウオウボク	アカギ	トックリキワタ	コバテイシ
			
オオバアカテツ	オキナワキョウチクトウ	ヤエヤマヤシ	タコノキ
			

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量を平均して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）。

- 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 -2.21 垂下根型の樹種（フクギ）

- 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 -2.22 水平根型の樹種（ガジュマル）



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）。

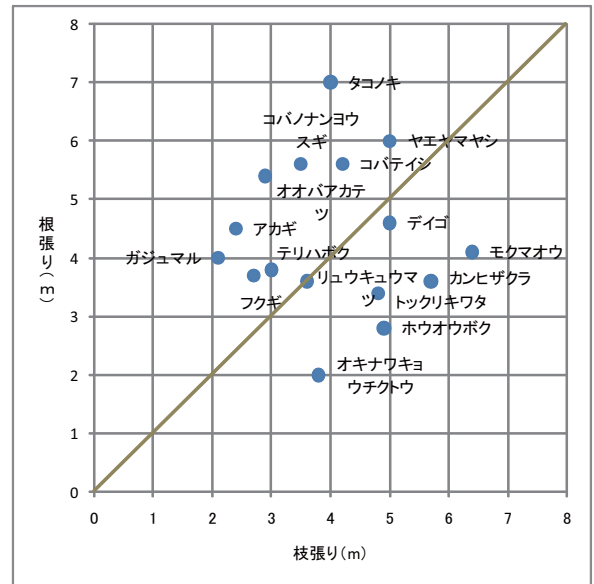


図-2.12 枝張りとの根張りの比較

②樹高と根深の関係

樹高と根深を比較すると、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）。

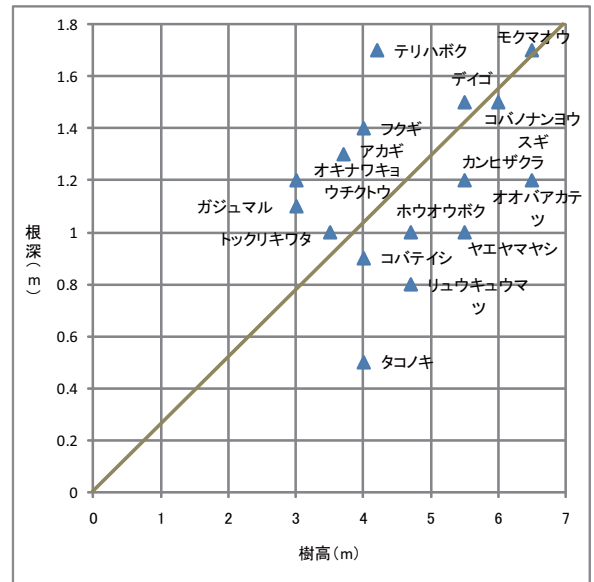


図-2.13 樹高と根深の比較

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地下部重量が大きかったものの、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、トックリキワタ、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）。

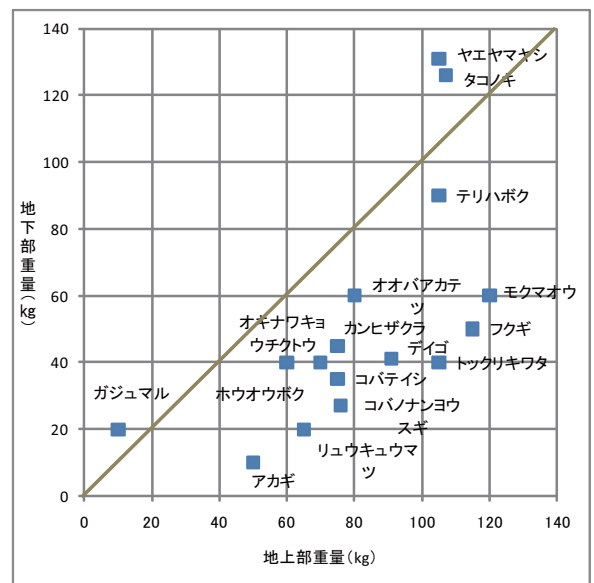


図-2.14 地上部と地下部の重量比較

(3) 公園植栽木と圃場樹木の根系比較

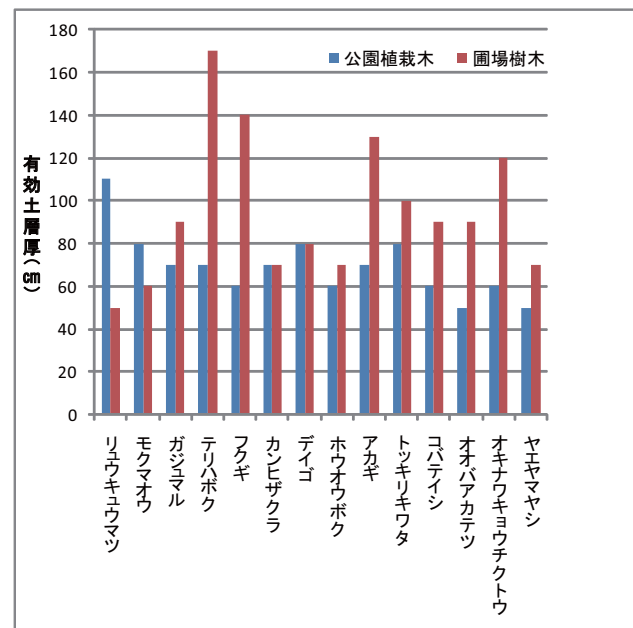
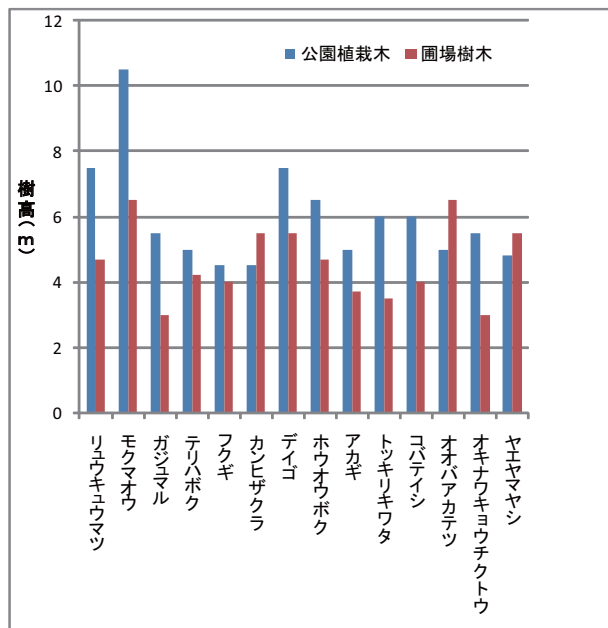
公園植栽木と圃場樹木で共通する 14 樹種について、樹木形状、根系伸長状況、植栽基盤を比較した。

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	ハウオウボク	> 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）。

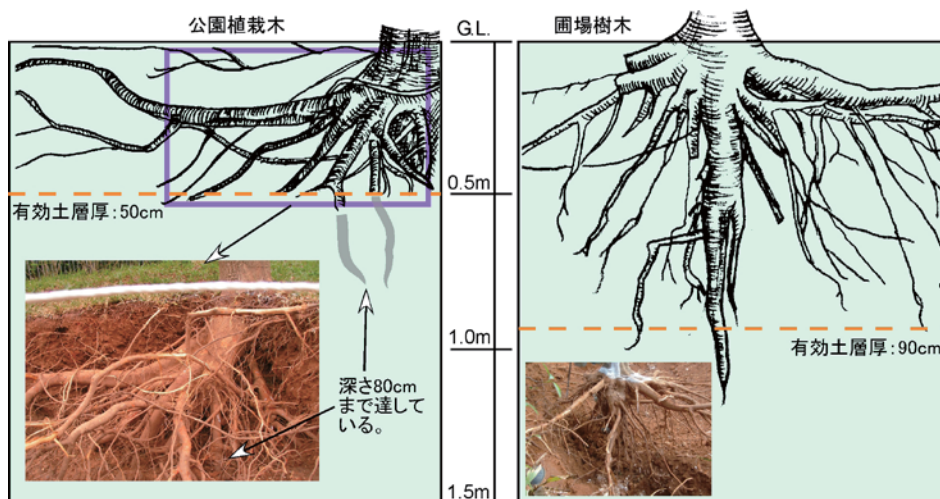


図-2.16 公園植栽木と圃場樹木の根系比較（オオバアカテツ）

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）

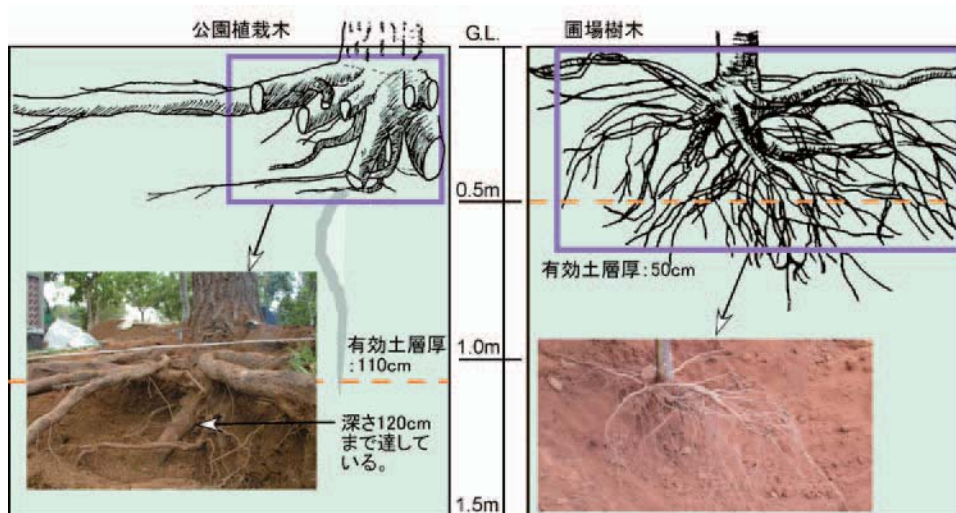


図-2.17 公園植栽木と圃場樹木の根系比較（リュウキュウマツ）

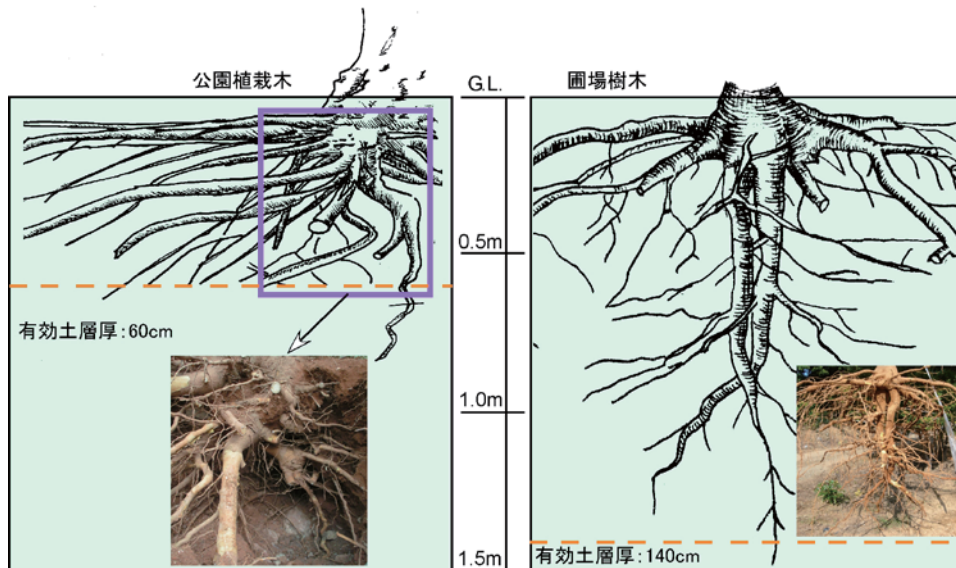


図-2.18 移植時に切断された未発達な垂下根と圃場木の垂下根（フクギ）

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ず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	ハウオウボク	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。

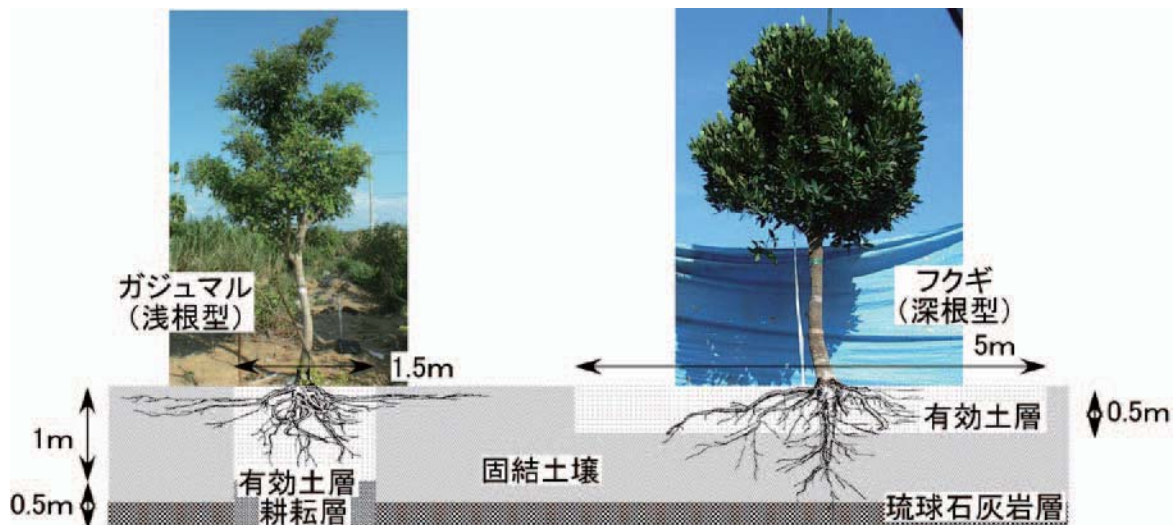


図-2.19 植栽環境と樹種選定の不適合

第3章 植栽方法と倒木対策の現状把握

台風による倒木被害を軽減するためには、適正な植栽と日常的な育成管理の実施により樹木を良好に生育させることが重要である。また、台風襲来時には倒木対策としての緊急点検が必要となり、さらには被害が発生した場合には適切な復旧対策が求められる。

そのため、現在行われている植栽方法と、倒木防止対策及び復旧対策について実態を調査して現状把握を行うとともに課題を抽出した。

1. 植栽樹木に関する現状把握と課題整理

沖縄県内の公園、道路を対象として、新しく樹木を植栽する際の樹種選定、植栽基盤の整備、支柱等の設置状況について現状の把握を行ない、倒木防止対策として不十分な点や問題点等を整理した。

1.1 調査方法

調査は、沖縄県内の公園と道路の管理者を対象として、アンケート調査により実施した（表-3.1）。さらに、アンケートの回答から倒木防止対策として不十分な点や問題点を抽出し、倒木防止対策を向上させるための課題の整理を行った。

1.2 調査結果

アンケート調査の結果、11件の回答が得られた。各アンケート項目に対する主な回答内容については以下のとおりである。

（1）新規植栽にあたっての基本方針、マニュアル

新規植栽における基本方針として、主な回答内容は以下のとおりである。

- ・都心部は花木類を中心としている。
- ・コスト縮減と落葉等の散乱による住民不評により新規植栽は自粛傾向にある。
- ・維持管理予算の関係から樹種選定においてはなるべく低木植栽を控えるようにしている。
- ・公園の利用形態や施設の目的、植物の生育状況を配慮した管理密度の設定により、無駄のない新規植栽（欠損箇所への補植）を実施している。

植栽にあたって利用するマニュアルに関しては、以下のとおりである。

- ・沖縄総合事務局：同局が監修した「沖縄道路緑化技術指針」
- ・沖縄県：同土木建築部発行の「沖縄県道路緑化基本計画」、植栽後の維持管理基準を定めた「沖縄県道路植栽樹木等維持管理マニュアル」や独自の「植物管理標準仕様書」等があげられた。

（2）植栽事例

植栽事例として回答のあった新規植栽の場所、樹木規格を表-3.2に示した。植栽場所の大半は道路であった。樹木規格は記載があった17事例中、高さ3mが最も多く（8例）、最も低い樹木が1m、最も高い樹木が3.5mであった。道路に植栽されたすべての樹木で樹高2m以上となっており、公園等における規格よりも大きく揃っているが、これは道路景観を維持向上させる必要性から、ある程度成長した樹木が求められているためと考えられる。

新規植栽の樹種としては、在来種がカンヒザクラ（1例）、リュウキュウコクタン（1例）、アカギ（1例）、リュウキュウマツ（2例）、ビロウ（2例）、テリハボク（1例）の計6種、外来種がフチベニタコノキ（1例）、オオバアカテツ（1例）、ハウオウボク（3例）、トックリキワタ（1例）、オオ

バナサルスベリ（1例）、ヤシ類（2例）の計6種、合計12種となっていた。

表-3.1 アンケート調査票

アンケート調査表

＜質問1＞ 新規植栽に当たっての基本方針やマニュアル、基準等があればご記入ください。

記入例：都心部については、花木類を主体にし、海岸地の近くは、在来種を活用するようにしている。植栽に当たっては沖縄県道路緑化技術指針、植栽基盤整備技術マニュアル（案）に基づいて実施している。

＜質問2＞ 最近の新規植栽の事例について、ご記入ください。

植栽事例 過去2年間における新規植栽の事例があればご記入ください（5事例程度）。
なお、同じ公園の中で複数箇所植栽している場合は、それぞれを1事例としてください。道路1路線で植栽範囲が複数箇所ある場合は、それぞれを1事例としてください。

記入例：平成19年3月にガジュマル（H=3m）10本、コバテイシ（H=3m）10本、フクギ（H=3m）10本を植栽した。（植栽図、位置図を合わせてご送付ください）

樹種選定の考え方 新規植栽における樹種選定の考え方について

記入例：耐潮性、耐風性に強い樹種を選定している。

植栽基盤について	改良する範囲	公園の場合 土壌改良の範囲：縦○cm、横○cm、深さ○cm 植穴深さ：○cm、植穴径：○cm 道路の場合 植栽樹サイズ 縦○cm、横○cm、深さ○cm
	土壌改良	記入例：植栽基盤全体を耕耘、1㎡当り、国頭マーグ 0.7㎡ + 砂 0.15㎡ + 有機質改良材 80kg
※該当する箇所の仕様（または植栽図）をお送りください。		

支柱について 支柱の種類や規格等についてご記入ください。（独自に実施している内容については、図面、仕様等を添付ください）

記入例：基本的には沖縄県道路緑化技術指針に基づいて実施しているが、新規植栽については、一回り大きい支柱と添え柱を設置している。

台風対策について 台風対策として実施していることについてご記入ください。（独自に実施している内容については、図面、仕様等を添付ください）

記入例：独自に防風ネットを設置している。基本的には、沖縄県道路緑化技術指針に基づいて実施している。

植栽後の状況について	生育状態等	植栽後の生育状態や台風被害の状況についてご記入ください 記入例：ガジュマル、フクギについては、順調に生育している。 コバテイシについては平成○年の台風×号により根返りが（※）発生した。なお、被害木の多くに支柱結束材のはずれが確認された。 ※下記の「台風被害の形態」を参照してください。
	維持管理	維持管理の状況についてご記入ください 記入例：年1回（8月）剪定。また年2回の頻度でパトロールを実施し、樹木の生育状況や、支柱の必要性・強度を確認している。

＜質問3＞ 新規植栽における問題や課題などについて、お考えがあればご記入ください。

問題・課題点	樹種選定	
	樹木の規格・品質	
	植栽基盤整備	
	客土・土壌改良材の品質	
	植栽方法	
	台風対策	
	その他	

＜質問4＞ ご記入頂きました内容について、後日改めてお伺いさせて頂く場合がありますので、恐縮ですが、以下に貴組織名とご担当者のお名前、電話番号等をご記入ください。

貴組織名	
部署名	
電話番号	E-mail アドレス
ご担当者	役職 お名前

※台風被害の形態

質問2「植栽後の状況について」の項目においてご記入頂きます台風被害の形態とは、以下のものと致します。

被害形態	根返り	幹折れ	傾斜
被害の様子・被害例	樹木の根株が地面から完全に抜けて、立木が転倒・倒伏する現象	樹木の主幹が立木のまま折れる現象	樹木の根系の一部が切断すること等により、樹木が傾斜する現象
			

表 -3.2 新規植栽木の規格、特性

樹種	規格(樹高)	植栽場所	耐潮性	耐風性	耐乾性	移植性
カンヒザクラ	H=3.0m	国道 58 号線	Ⅲ	B	B	B
リュウキュウコクタン	H=3.0m	国道 390 号線	Ⅱ	A	B	B
アカギ	H=3.0m	国道 330 号線	Ⅱ	B	B	B
リュウキュウマツ	H=2.5m	沖縄嘉手納線	Ⅰ	A	B	B
	H=3.0m	大浜富野線				
ビロウ	H=2.0m	沖縄嘉手納線	Ⅰ	A	B	A
	H=2.0m	白浜南風見線				
テリハボク	H=2.5m	平良城辺線	Ⅰ	A	B	AB
フチベニタコノキ	H=2.0m	県道 114 号線	Ⅰ	A	B	A
オオバアカテツ	H=3.0m	屋我地仲宗根線	Ⅰ	A	B	A
ハウオウボク	H=3.0m	県道 46 号線	Ⅱ	BC	BC	A
	H=3.0m	沖縄環状線				
	H=2.5m	国道 390 号線				
トックリキワタ	H=3.5m	沖縄環状線	Ⅱ	B	B	A
オオバナサルスベリ	H=3.0m	那覇市道	Ⅱ	B	C	A
マニラヤシ	H=1.5m	高野西里線	Ⅱ	B	B	B
ヤシ類 (ユスラヤシ他)	H=1.0m	沖縄記念公園	Ⅱ	B	B	A

- 耐潮性 Ⅰ＝強い Ⅱ＝やや弱い Ⅲ＝弱い
 ○耐風性 A＝強い B＝やや弱い C＝弱い
 BC=BとCの中間
 ○耐乾性 A＝強い B＝やや弱い C＝弱い
 BC=BとCの中間
 ○移植性 A＝強い B＝やや弱い C＝弱い
 AB＝AとBの中間

※) 引用文献:「沖縄の都市緑化植物図鑑」、国土交通省国土技術政策総合研究所監修、(財) 海洋博覧会記念公園管理財団編集、新星出版、2009
 ※) オオバアカテツは引用文献に未記載であるが、沖縄県内での生育状況により特性を評価した。

なお、沖縄記念公園で植栽されたヤシ類のうち、プリンセスヤシ、ヤハズヤシ、フィジーヤシの3種は引用文献に特性等は記載されていないことと沖縄県内での植栽事例が極めて少なく特性の把握が困難なため本表には記載していない。

リュウキュウマツ、ビロウ、フチベニタコノキ、オオバアカテツ、テリハボクの5種は耐風性、耐潮性に優れた強健な種類であり、リュウキュウコクタン、アカギ、ハウオウボク、トックリキワタ、オオバナサルスベリ、マニラヤシ、ユスラヤシの7種の耐潮性は前者よりやや弱く、カンヒザクラの耐潮性は最も弱い。

(3) 樹種選定の考え方

アンケート 11 件の回答中、「耐風性、耐潮性の強い樹種」と回答しているものが7件で最も多く、「地域住民の要望」が2件、「周辺植生との連続性を考慮したもの」が1件、「補植の際は既存と同一種を使用しているもの」が1件、「剪定等の経費がかかる低木類の植栽を控える」と回答したものが1件であった。これは植栽樹木の環境圧への耐性が重視された結果となっており、その他には地域住民や自然景観への配慮、維持管理の容易さなどが着目されている。

沖縄記念公園では、基本的に耐潮性、耐風性に強い樹種を選定しているが、それぞれの施設、区域の性質や機能に応じて選定していた。

(4) 植栽基盤整備について

植栽基盤の改良範囲については、「沖縄道路緑化技術指針」(表 -3.3、3.4) に沿って実施していると回答されたのが1件、「沖縄県道路緑化基本計画」に沿って実施しているものが2件あった。両マ

ニューアルとも植栽樹木の規格によって改良範囲を定めており、これは植穴容量から根鉢容量を引いた容量、すなわち客土量が改良範囲となっている。また、植栽樹全体の土壌を改良していると回答されたものが5件あった。

表 -3.3 沖縄道路緑化技術指針における全面客土量基準

種別	植樹深さ (m)	客土厚さ (m)	客土量 (m^3)	備考
高木 () 内は浅根性	0.6	0.6	$0.6 \times \text{植樹面積}$	・高木と低木を同時に植栽する場合は、高木植樹面積と低木植樹面積を別途計算して客土量を出す。
	0.8	0.8 (0.6)	$0.8 (0.6) \times \text{植樹面積}$	
	1.0	1.0 (0.8)	$1.0 (0.8) \times \text{植樹面積}$	
	1.2	1.2 (1.0)	$1.2 (1.0) \times \text{植樹面積}$	
低木	0.4	0.4	$0.4 \times \text{植樹面積}$	・植樹深さより客土厚みが少ないときは、樹底に原土を投入する。 ・ソテツの場合は、客土厚みの1/3を樹底で碎石におきかえる。
	0.6	0.6 (0.4)	$0.6 (0.4) \times \text{植樹面積}$	
	0.8	0.8 (0.6)	$0.8 (0.6) \times \text{植樹面積}$	
芝・地被	0.2	0.2	$0.2 \times \text{植樹面積}$	

※) 引用文献：「沖縄道路緑化技術指針」、沖縄総合事務局開発建設部監修、(社) 沖縄建設弘済会発行、1996

表 -3.4 沖縄道路緑化技術指針における植穴客土量基準

	規格		鉢径 (cm)	鉢高 (cm)	植穴径 (cm)	植穴深 (cm)	鉢容量 (m ³)	植穴容量 (m ³)	客土量 (m ³)
高木植穴	幹周 (cm)	15 未満	30	26	66	37	0.031	0.126	0.095
		15 以上 20 未満	49	37	88	52	0.049	0.313	0.264
		20 以上 30 未満	64	45	105	62	0.123	0.535	0.412
		30 以上 40 未満	83	56	127	76	0.301	0.967	0.666
		40 以上 60 未満	111	73	160	98	0.739	1.974	1.235
		60 以上 90 未満	159	100	216	134	1.932	4.888	2.965
ヤシ植穴	根元周 (cm)	30 未満	30	35	70	60	0.024	0.228	0.204
		30 以上 40 未満	40	40	80	60	0.05	0.301	0.251
		40 以上 50 未満	50	50	100	60	0.098	0.471	0.373
		50 以上 70 未満	70	65	120	80	0.25	0.904	0.654
		70 以上 90 未満	90	70	150	90	0.445	1.59	1.145
中低木植穴	樹高 (cm)	45 未満	18	13	22	28	0.004	0.011	0.007
		45 以上 60 未満	20	15	29	30	0.005	0.019	0.014
		60 以上 75 未満	21	16	32	30	0.006	0.025	0.019
		75 以上 90 未満	23	16	35	31	0.007	0.031	0.024
		90 以上 120 未満	24	18	40	33	0.009	0.041	0.032
		120 以上 150 未満	26	19	44	34	0.01	0.052	0.042
		150 以上 200 未満	30	22	55	37	0.016	0.088	0.072
		200 以上 250 未満	34	25	66	40	0.023	0.135	0.112
		250 以上	38	28	76	43	0.032	0.197	0.165

※) 高木の客土量は並鉢を標準として算出している。ソテツの場合は植穴の深さの1/3を樹底で碎石に置き換える。

※) 低木の客土量は1本植えの場合の数値であり、寄植えの場合の客土量は基準値 $\times 0.7 \times$ 本数とする。

※) 引用文献：「沖縄道路緑化技術指針」、沖縄総合事務局開発建設部監修、(社) 沖縄建設弘済会発行、1996

土壌改良については、それぞれの技術指針等に沿って実施しているものが7件で、標準は1 m^2 あたり赤土0.7 m^3 、砂0.15 m^3 、無機質（バーミキュライト、日向土など）0.15 m^3 、有機質系改良材（有機物4.5%以上含有）160kgとなっていた。

(5) 支柱の設置

支柱の設置については、「沖縄道路緑化技術指針に沿って実施している」と回答したものが1件、「沖縄県道路緑化基本計画に沿って実施している」ものが7件であった。そのうち沖縄県道路緑化基本計画に示された規格では、植栽木の直径で二脚鳥居支柱の設置が適用されるが、実際には二脚鳥居支柱

組み合わせ（四脚鳥居支柱）を設置しているところが3件あり、より強固に植栽樹木の固定を行っている事例がみられた。以下に沖縄県内及び全国の支柱設置基準について比較した。

①支柱設置規格

表-3.5に沖縄県で主に用いられている支柱設置規格基準と全国の基準とを比較して示した。表中に示している黒線が沖縄県の支柱規格基準の適用範囲、赤線が全国基準の適用範囲である。また、図-3.1に各支柱タイプの模式図を「沖縄道路緑化技術指針（沖縄総合事務局監修）」から示した。

沖縄県の基準では、幹周12～20cmにおいて二脚鳥居支柱（添木付）が適用となるが、全国では幹周20～30cmとなる。さらに、幹周20～30cmの範囲の樹木に対して三脚鳥居支柱（全国基準では二脚鳥居支柱）を設定しており、全国基準よりも高い強度を求めている。

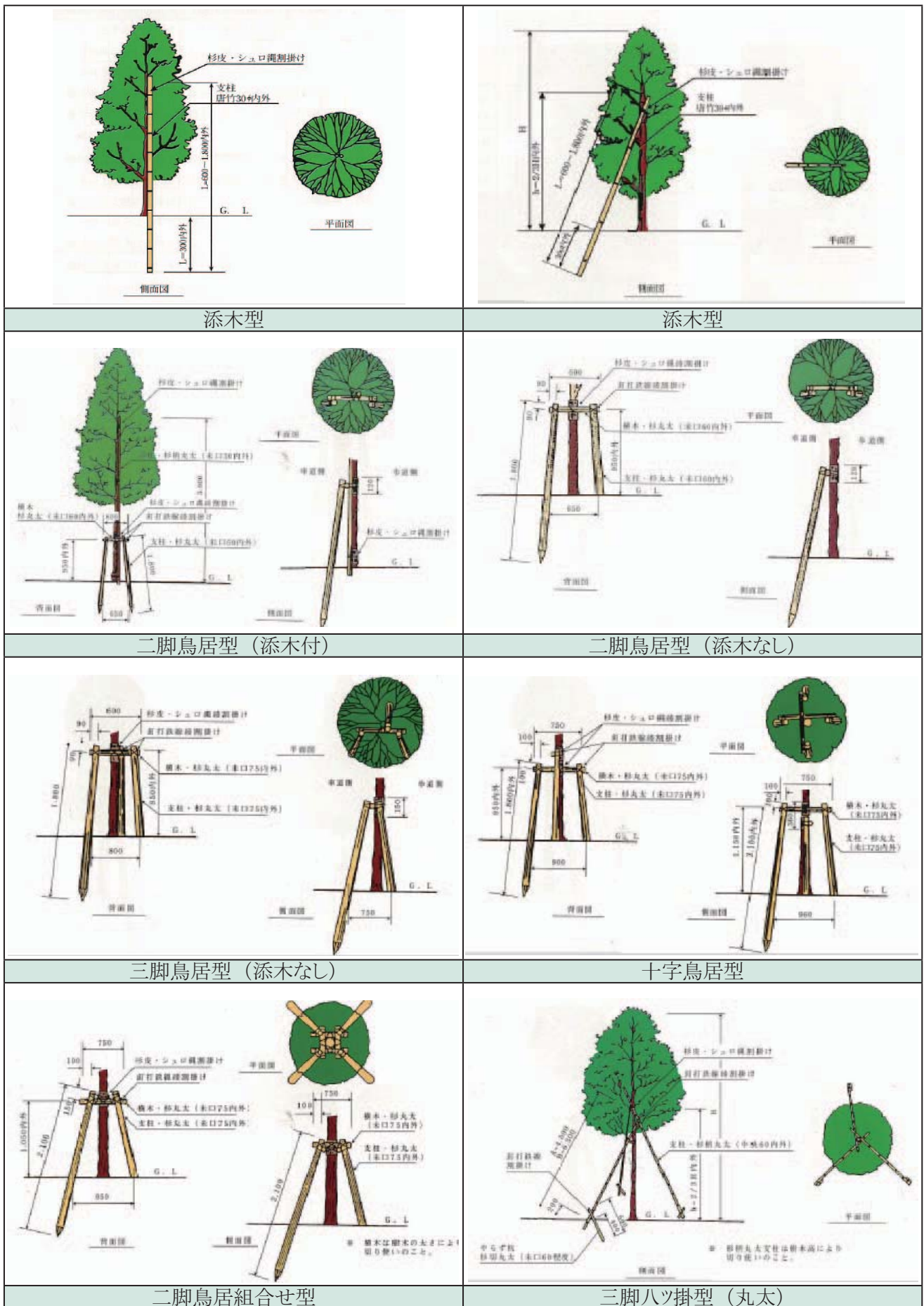
しかし、八掛四本支柱の設定に関しては沖縄県では60cm以上（全国基準で30～75cmの範囲）であり、全国基準よりも強度が低い。この理由は明らかではないが、幹周30～60cmが八掛三本支柱の適用範囲にあることから、この支柱規格でも支障がないという認識があったものと考えられる。しかしながら、支柱規格の適用範囲を広げることで、より柔軟な対応が可能となり台風倒木の低減が図られるものと考えられる。そのため、幹周30cm以上についても、より強度の高い規格の支柱の設置が望まれる。

台風の襲来が多い沖縄県では風環境を十分に考慮して、全体的に全国的な基準より一回り大きめの規格の支柱を設置するなど検討が必要である。

表-3.5 沖縄県と全国の支柱設置規格基準の比較

支柱形式	高木【幹周m】(C)										備 考
	0.09	0.12	0.15	0.20	0.30	0.40	0.60	0.90	1.20	以上	
添木型又は一本型		■									樹木の樹高、幹周によって選択する。
二脚鳥居型（添木なし）			■	■	■						
二脚鳥居型（添木付）			■	■	■						
三脚鳥居型（添木なし）				■	■	■	■				
四脚鳥居型（十字鳥居型）					■	■	■	■	■		
四脚鳥居型（二脚鳥居組合せ型）						■	■	■	■		
八ツ掛け三本支柱（三脚八ツ掛け型）		唐竹材			丸太材						都市地域の街路樹に適用することが望ましい。
八ツ掛け四本支柱（四脚八ツ掛け型）						■	■	■	■	■	
鋼製支柱 - 1		■	■	■	■						
鋼製支柱 - 2		■	■	■	■						
鋼製支柱 - 3					■	■	■				
鋼製支柱 - 4							■	■	■		

※）引用文献： ■ 沖縄基準 「沖縄県道路緑化基本計画」、沖縄県土木建築部編集、沖縄県土木建築部発行、1997
■ 全国基準 「沖縄道路緑化技術指針」、沖縄総合事務局監修、（社）沖縄建設弘済会発行、1996
「工事歩掛要覧」、経済調査会積算研究会編集、（財）経済調査会、2008
「建設工事標準歩掛」、建設物価調査会積算委員会編集、（財）建設物価調査会発行、2009



※) 引用文献:「沖縄県道路緑化基本計画」、沖縄県土木建築部編集、沖縄県土木建築部発行 1997

図-3.1 沖縄県における主な支柱タイプ

②支柱設置の留意点

各マニュアルにおいては、支柱設置にあたって以下のことに留意することとされている。

- ・支柱は3～5年以上に渡って維持されるものであるから、耐久性のある構造と材質であること。
- ・支柱は樹木とともに景観を構成する要素となることから、修景における配慮が必要であり、統一感のある材料で施工すること。
- ・支柱は、樹幹や根鉢の固定が目的であるから、美観を考慮すると同時に樹木規格にあった適切な構造であること。

(6) 台風対策

台風対策については、「特に実施していない」と回答したものが6件で、「事前点検のみ」が1件、「沖縄県道路植栽樹木等維持管理マニュアルに準じて行っている」と回答したものが3件であった。このマニュアルでは、台風前の倒木防止のための支柱点検、樹冠部の風圧を軽減するための剪定、中低木の場合には添木支柱と樹木を縄で巻き込む方法などが紹介されている。沖縄記念公園ではヤシ幼木に対して樹木をネットで覆い、これを添木支柱に縄で巻き込む方法を実施していた。

(7) 植栽後の生育状況、維持管理

植栽後の生育状況については、「順調に生育している」と回答したものが7件、「塩害の激しい地域でヤシ類が生育不良」と回答したものが1件で、「新規植栽以外の植栽木で台風被害が発生した」と回答したものが3件あった。被害状況は根返り、傾斜、枝折れで幹折れはなかった。被害樹種はデイゴ、ソウシジュ、フィックス・ハワイと回答している。

維持管理は、「定期的にパトロールを行い生育状況の確認を行っている」と回答したものが7件あり、そのなかで頻度が多い管理者では月に15日程度実施している。これは植栽のみではなく道路とそれに係る施設全ての点検を行っているものであり、そのなかで樹木の生育状況、支柱の必要性や強度の確認がされているものであった。

その他の事例では、「春夏秋に月2回で9カ月×2回で18回、冬に月1回で3カ月×1回で3回、合計で年間21回実施している」管理者もあった。ここでは、剪定は年間1～2回実施し、ヤシ類やリュウキュウマツに農薬散布を行っており、アンケート回答のなかでは最も高い管理密度となっていた。

また、「地域住民の苦情や要望に応じて剪定を行っている」と回答したものが2件あった。

(8) 新規植栽における問題や課題等について

樹種選定については、「植栽場所の風当たりの違いによる生育の不揃い、それに伴う景観悪化」を問題としているものが1件あった。また、「維持管理作業に交通規制が不可欠な中央分離帯に植栽する樹種の選定」を課題としたものが1件あった。

「樹木の規格・品質」、「植栽基盤整備」、「客土・土壌改良材の品質」、「植栽方法」、「台風対策」、「その他」の質問項目には回答がなかった。これはアンケート回答者の問題意識がこれらに及んでいないことと、緑化に対する関心の低さも考えられる。

(9) 道路における植栽事例

今回のアンケート回答を受けて、道路における新規植栽（オオバアカテツ）後の生育状況について現地調査により現況を把握した。

①植栽工事及び植栽地の概要

沖縄県では今帰仁村天底と屋我地島を結ぶワルミ大橋を建設している。本工事はこの橋に続く今帰

仁村から同橋に至る県道 248 号線の植栽工事であり、工事名称を屋我地仲宗根線植栽工事として実施している。施工は平成 20 年 12 月、樹種はオオバアカテツで植栽本数は 36 本となっている。工事区域は民家、畑地に囲まれており遮蔽物がなく、南東海側の架橋に向かってなだらかな登り傾斜をなし、強風、潮風の影響を受けやすい環境となっている。

②樹種選定

オオバアカテツはアカテツ科の常緑高木で昭和 60 年頃に台湾から導入され、沖縄県で利用されている緑化植物のなかでも比較的歴史が浅い。幹が直立し適度に枝葉が広がることから、道路緑化に適したスタンダード樹形に仕立て易い。葉は革質で光沢のある緑色で長さ 10 ～ 15cm、幅 8 ～ 10cm 程度、性質は強健で耐潮性、耐風性に優れていることから近年利用が増加している。

オオバアカテツの植栽状況、植栽基盤の状況を写真 -3.1、図 -3.2 に示した。



写真 -3.1 オオバアカテツの植栽状況

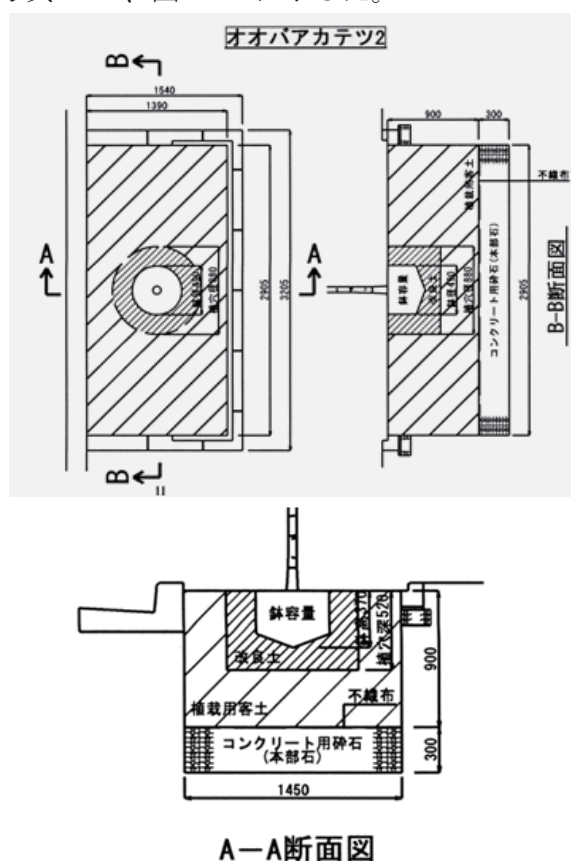


図 -3.2 オオバアカテツの植栽基盤

③支柱の設置状況

樹高 3m、幹周 15 ～ 20cm のオオバアカテツに設置されている支柱は二脚鳥居組合せ支柱（添木付）（写真 -3.1、図 -3.3）であり、「沖縄県道路緑化基本計画」における支柱適用区分によれば、同規格の樹木の支柱は二脚鳥居支柱（添木付又は添木なし）か唐竹材の三脚ハツ掛型、鋼製支柱 1 本型か鋼製支柱 2 本型となっており、本基準よりも強固な支柱が設置されていることがわかる（表 -3.6）。

また、添木の設置が植栽樹木から 15cm 程度離れた状態となっており、一般的な施工方法と異なっている。これは添木を 4 ～ 5 年設置することを前提として、成

二脚鳥居組合せ支柱（添木付）

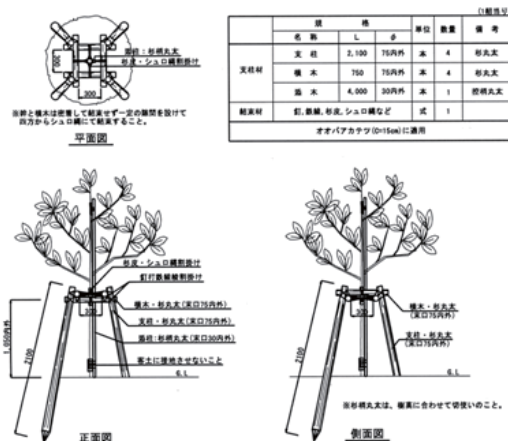


図 -3.3 支柱の規格

長によって添木に植栽樹木が食い込むのを未然に防ぐことを目的としているとのことであった（担当者へのヒアリング）。

表-3.6 「沖縄県道路緑化基本計画」における支柱適用区分

支柱形式	中低木【樹高 m】(H)						高木【幹周m】(C)									備 考
	0.3	0.5	0.8	1.5	2.0	2.5	0.09	0.12	0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.2	以上	
添木型又は一本型																樹木の樹高、幹周によって選択する。
二脚鳥居型（添木なし）																
二脚鳥居型（添木付）																
三脚鳥居型（添木なし）																都市地域の街路樹に適用することが望ましい。
十字鳥居型支柱																
二脚鳥居組合せ型																
三脚ハツ掛け型																
四脚ハツ掛け型																都市地域の街路樹に適用することが望ましい。
鋼製支柱 - 1																
鋼製支柱 - 2																
鋼製支柱 - 3																
鋼製支柱 - 4																都市地域の街路樹に適用することが望ましい。

- 幹周 15cm ～ 20cm の支柱適用規格
 オオバアカテツに使用された支柱規格

④植栽基盤の整備

植栽基盤の整備は、「沖縄県道路緑化基本計画」の客土方法として示された基準に沿って施工されており、改良土壌は深さ 52cm、直径 88cm の植穴容量に鉢径 49cm、鉢高 37cm の容量を除いた 0.264 m³が客土されていた（図-3.4、表-3.7）。改良土壌の配合は 1 m³あたり赤土 0.7 m³、砂 0.15 m³、無機質系改良材 0.15 m³、有機質系改良剤（有機物 4.5% 以上含有）160kg となっている。さらに客土中には固形肥料が施用されていた。

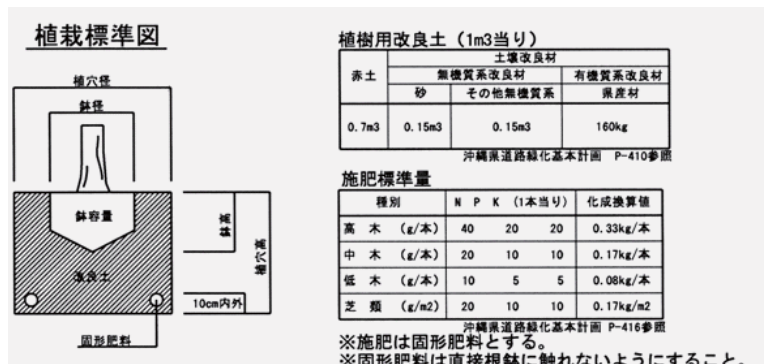


図-3.4 植栽基盤整備の仕様

表 -3.7 「沖縄県道路緑化基本計画」における高木類鉢容量及び鉢穴容量

幹周 (cm)	鉢径 (cm)	鉢高 (cm)	植穴径 (cm)	植穴深 (cm)	鉢容量 (m3)	植穴容量 (m3)	客土量 (m3)	備考
15 未満	30	26	66	37	0.031	0.126	0.095	
15 以上 20 未満	49	37	88	52	0.049	0.313	0.264	オオバアカテツに適用
20 " 30 "	64	45	105	62	0.123	0.535	0.412	
30 " 40 "	83	56	127	76	0.301	0.967	0.666	
40 " 60 "	111	73	160	98	0.739	1.974	1.235	
60 " 90 "	159	100	216	134	1.923	4.888	2.965	

※) 引用文献：「沖縄県道路緑化基本計画」、沖縄県土木建築部編集、沖縄県土木建築部発行、1997

⑤生育状況

調査を実施した植栽2ヶ月後の生育は極めて良好であり、枯損木も発生していなかった。植栽状況においては特に問題がないため、今後も良好な樹勢が維持されると予想される。

⑥維持管理

調査時点での維持管理作業はパトロールのみであった。雑草対策として植栽鉢表面に透水性舗装の雑草抑制材が敷設され、植栽木の根元には防草シートを巻き、植穴には天然樹皮マルチング材（チップ）が敷かれる等、対策が施されていた（図-3.5）。

また、植栽鉢表面には4箇所の有孔管が設けられ土壌への酸素供給が可能な構造となっており、生育促進にも配慮がなされていた。

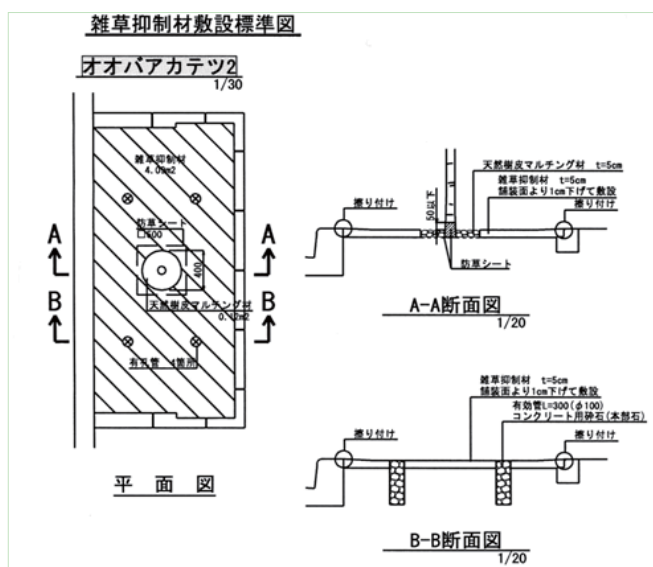


図 -3.5 オオバアカテツの雑草抑制材敷設標準図

(10) 公園における植栽事例

公園における植栽事例として、沖縄記念公園に植栽されたヤシ類の植栽後の生育状況について、現地調査により現況を把握した。

①植栽工事及び植栽地の概要

海洋博公園区（沖縄県国頭郡本部町）の都市緑化植物園・耐潮風植物ヤシ区において、平成20年5月にプリンセスヤシ（H=1.5m）2本、ユスラヤシ（H=1m）3本、ヤハズヤシ（H=1m）3本、フィジーヤシ（H=1m）3本を植栽したものである（写真-3.2）。

②樹種選定の考え方

基本的には耐潮性、耐風性に強い樹種として選定されているが、園内の熱帯ドリームセンターや都市緑化植物園は、展示植物の充実や植物の特性に応じた効果的な展示方法が求められているため、今回の樹種選定もそれぞれの施設、区域の性質や機能に応じて選定されている。



写真-3.2 ヤシ類の新規植栽

本事例でのプリンセスヤシ等のヤシ類の新規植栽は、まさしく展示植物の充実を目的としたものとなっている。

③支柱の設置

比較的風の影響が少ないヤシ類ということ、樹高 1.5m 未満と低いことなどを考慮して二脚鳥居支柱と唐竹 1 本添木支柱が設置されていた。これは沖縄県の支柱設置基準と同等となっている（表-3.6）。

④植栽基盤の整備

「沖縄県道路緑化基本計画」における土壌改良材使用基準では、1 m² 当り「国頭マーグ 0.7 m³ + 砂 0.15 m³ + 無機質系改良材 0.15 m³ + 有機質系改良材 160kg」となっている。本事例のヤシ類の植栽では土壌と砂は基準どおりとなっているが、無機質系改良材は混入されておらず、有機質系改良材は 80kg と基準の半分であった。この理由として、無機質系改良材については土壌の物理性が良好であることから必要ないと判断されたものである。また、有機質系改良材については、この植栽地周辺には公園内で生産している魚の残餌、落葉や刈草など植物性発生物を原料とした堆肥などの施肥が年間 2 回程度の頻度で実施されており、有機質の施用が充分であるとの判断によるものであった。

⑤台風対策について

台風対策としては、防風ネットの設置、剪定や添木支柱設置等が行われていた（写真-3.3）。

⑥維持管理

植栽 9 ヶ月後の生育状況は順調であった。維持管理は週 1 回程度の頻度でパトロールが実施されて、樹木の生育状況や支柱の必要性・強度の確認が行われていた。



写真-3.3 ヤシ類の台風対策

1.3 まとめ

アンケート調査の結果、新規植栽樹種は耐風性、耐潮性を有する樹種が多く利用される傾向にあった。支柱設置では、植栽場所の風環境が考慮された事例があり、そこでは基準以上の支柱が設置されている。植栽基盤の整備では、ほとんどが基準、マニュアルに沿った方法で施工されており、独自の工夫が凝らされている回答はみられなかった。

維持管理については、定期的に巡回を行い生育状況の確認を行っているものが 6 件あった。これは植栽のみではなく道路とそれに係る施設等を含めてチェックを行っているものであり、そのなかで樹木の生育状況、支柱の必要性や強度の確認がなされていた。

新規植栽における課題や問題点については、植栽場所の風当たりの違いによる生育の不揃い、それに伴う景観悪化を問題としている回答と維持管理作業に交通規制が不可欠な中央分離帯にどの樹種を選定するかを課題とした回答がそれぞれ 1 件あった。

その他、「樹木の規格・品質」、「植栽基盤整備」、「客土・土壌改良剤の品質」、「植栽方法」、「台風対策」、「その他」の質問項目には回答がなかった。このことは、これらの項目を改善することが倒木防止対策に繋がるとする認識が薄いものと考えられる。

しかしながら、植栽後の樹木を健全に育成することは、台風時の強風に対する倒木防止対策として有効であり、植栽基盤整備や維持管理方法などの改善が望まれる。

2. 倒木防止対策及び復旧対策に関する現状把握

沖縄県内の道路や公園における、台風倒木防止対策や、倒木後の復旧対策の現状を把握するため、アンケート調査と管理に関するマニュアルの把握を実施した。

2. 1 調査方法

調査は、沖縄県内の公園と道路の管理者を対象として、台風襲来前に日常的に取り組まれている倒木防止対策と台風襲来直後の倒木防止対策、台風襲来後の倒木等の処置方法、台風襲来時の管理体制について、アンケート調査により実施した（図-3.6）。また、沖縄県と沖縄総合事務局の道路管理の資料から台風前後の対処方法を取りまとめた。

台風による倒木防止対策および復旧対策の現状に関するアンケート調査

以下の記入方法および記入例をご確認のうえ、次ページのアンケート調査票へ必要事項を記入してください。

質問1 台風による街路樹の倒木防止対策（日常的な倒木防止対策、台風襲来直前の倒木防止対策）ならびに倒木の処置について、以下の表へ記入してください。

項目		記入方法および記入例
台風による倒木防止対策	剪定	剪定状況（頻度、時期等）を記入してください。 ・記入例：年1回（8月）等
	倒木防止用支柱の設置	倒木防止用の支柱を設置している場合は、その管理状況について下記の例を参考に記入してください。 ・記入例1：剪定時に必要性や強度等を点検し、その後対策を実施（どのような対策を行っているか、具体的に記入してください） ・記入例2：年〇回の頻度でパトロールを実施し、支柱の必要性や強度等を点検、対策の実施（どのような対策を行っているか、具体的に記入してください）
	倒木危険性調査	倒木危険性調査について、以下の例を参考に記入してください。 ・記入例1：〇年に1回、腐れ等を調査している ・記入例2：実施していない
	その他対策	上記以外の日常的な倒木防止対策を実施している場合には、なるべく具体的に記入してください。
	台風来襲直前の倒木防止対策	台風来襲直前の対策について、下記の例を参考に記入してください。 ・記入例：パトロールを実施し、支柱等を緊急点検
倒木の処置		倒木の処置について、「根返り」「幹折れ」「傾斜」 ^注 「その他」それぞれ下記の例を参考に記入してください。 ・記入例1：根返りや傾斜の場合は立て起こして復元、幹折れの場合は撤去 ・記入例2：被害の形態に関係なくすべて撤去

注）「根返り」「幹折れ」「傾斜」は以下の通り定義します。

根返り		幹折れ		傾斜	
樹木の根株が地面から完全に抜けて、立木が転倒・倒伏する現象		樹木の主幹が立木のまま折れる現象		樹木の根系の一部が切断すること等により、樹木が傾斜する現象	

質問2 台風来襲時（管轄地域が強風域や暴風域圏内に入っている時間）における管理体制について以下の表へ記入してください。

項目	記入方法および記入例
台風来襲時の管理体制	台風来襲時の管理体制について、どのような処置を、どのタイミングで行っているか記入してください。 ・記入例：職員（業者）によるパトロールを実施し、倒木を発見した場合や倒木の情報が入った場合には、ただちに撤去する。

図-3.6 台風倒木対策、復旧対策に対するアンケート調査票

2.2 調査結果

(1) アンケート調査

回答のあった10件について、その結果を表-3.8に集計した。

表-3.8 台風倒木対策、復旧対策に対するアンケート結果

項目			公 園				
			A		B		C
台風による倒木防止対策	日常的な倒木防止対策	剪定	定期的な剪定は行っていない。	年1回、6～7月頃。	巡回調査し剪定作業を夏期(6～7月頃剪定)、冬期(2～3月頃剪定)年3回実施。	年1回(6～8月頃)。	
		倒木防止用支柱の設置	パトロールにおいて目視点検。支柱の結束のゆるみ、支柱破損等について対応している。	剪定時に支柱の必要性を確認し、支柱を増したり、樹木の向き等に合わせ支柱を移動する。	剪定時に支柱材の必要性を確認し、支柱を補強、樹木の幹に合わせて支柱設置。	支柱やワイヤー等の必要性を確認し、樹木や地形等に合わせ設置。	
		倒木危険性調査	パトロールを実施、目視点検を行っている。	年2回、(2～3月頃)、(6～7月頃)腐れや結束状況の確認。	年2回、(2～3月頃)、(6～7月頃)。	年2回、(2～4月頃)、(6～7月頃)。	
		その他対策	無	樹木剪定及び根元周りに客土材の敷き均し。	樹木剪定及び根元周りに客土材の敷き均し。	樹木剪定及び根元周りに客土材の敷き均し。	
	台風来襲直前の倒木防止対策		パトロールを実施、目視点検を行っている。	支柱の緩み等点検、結束直し。	樹木と支柱、シュロ縄結束部分の緩み等の結束直し。	支柱の緩み等点検、結束直し。	
倒木の処置			傾木・根返りは立て起こし、幹折れは撤去。	傾木・根返りは立て起こし、幹折れは撤去。	根返りや傾斜の場合は、立て起こし復元、幹折れの場合は撤去。根元部分腐植や根折れは撤去。	根返りや傾斜の場合は、速やかに立て起こし復元、幹折れの場合は脇芽が発芽するか枯木なのか判断し枯木であれば撤去。	
台風来襲時の管理体制			事務所待機、倒木等の情報が入れば被害状況により即日か後日撤去。	パトロール実施。倒木発見や情報があった場合速やかに撤去。	公園管理職員によるパトロール実施、倒木の発見や情報があった場合は、速やかに撤去している。	公園管理職員によるパトロール実施、倒木の発見や情報があった場合は、速やかに撤去する。	

項目			道				路	
			A	B	C	D	E	F
台風による倒木防止対策	日常的な倒木防止対策	剪定	1回／年（5～3月）。ホウオウボクは、2回／年もある。特に台風対策に限定せず。	特に予定無し。（工事課としては通常剪定は行わない）	職員（道路整備員）：適宜（不定期）、業者委託：年0～1回、ボランティア：毎月1回程度。	高木については2年に1回程度。	基本的には、年1回の実施（6月～8月）。苦情や建築限界を考慮して部分的に+α（+1回）の実施（時期は不確定）。	基本的には、年1回を台風襲来前に実施（5月～8月頃）。苦情箇所等は、その都度対応。
		倒木防止用支柱の設置	剪定時に点検し、必要に応じ、支柱の補強、結束直しを実施。	幹周りに応じた規格以上の支柱を設置している。	腐食や折損した支柱は適宜撤去。傾斜木は立て起こし必要に応じ支柱を設置。	植栽時に根が活着するまでの間、支柱を設置。活着したと思われる植栽木は特に対策は行っていない。	毎年5～6月頃に、台風対策の事前調査を実施（支柱の補修、枯木の撤去を実施。尚、強剪定については未実施）。	現地調査を行い、必要な木に対して二脚鳥居組合せ支柱を設置。支柱があっても倒れている箇所は、ランクアップによる補修。支柱が腐っている等は、同等補修。
		倒木危険性調査	街路樹維持管理業務委託の中で目視調査を実施。	工事課としては特にしていない。	パトロール車による調査のみ。	無	倒木の危険性がある大木について樹木医に調査を依頼した（結果は、倒木の可能性は特になし）。	一部の木について樹木医による健全度調査等を実施。2t車等巡回時に併せて実施。ヤシ類の空洞化調査や腐朽箇所調査を年1～2回程度実施。
		その他対策	無	無	無	フクギ等の耐風樹種を選定。寄植（3本）を行っている。（単木は被害多い）	台風対策の事前調査とは別に、月1～2回の定期点検を実施。	通常の巡回作業で行える結束直し等を実施。剪定により風通しを良くして、強風による被害対策を実施。
	台風来襲直前の倒木防止対策		無	無	無	無	支柱の補修、枯木の撤去を実施。尚、強剪定については未実施。	同上の他、巡回による支柱強度の点検や結束状況を確認し、倒木危険性を把握した上で撤去及び支柱補強を実施。電線や家屋等へ影響する箇所は前もって部分剪定する。
倒木の処置			根返り、傾斜、幹折れ等は半倒木復旧で復元している。	交通支障木は撤去。	傾木は立て起こし、根返り・幹折れは撤去。	傾木・根返りは立て起こし、幹折れは撤去。	傾木・根返りは立て起こし、幹折れは撤去。	根返りや傾斜の状況、樹種や樹木の状態によって立て起こしか撤去を判断。主幹木の幹折れは全て撤去とし、枝折れ等は剪定で処理。根返り、傾斜は支柱設置にて処置。
台風来襲時の管理体制			事務所待機、倒木等の情報が入れば直ちに復旧、撤去を実施。	職員（業者）によるパトロールを実施、倒木を発見や倒木の情報が入った場合には状況に応じて撤去。	職員によるパトロール実施。倒木発見や情報があった場合には撤去。	暴風警報解除後、パトロール実施。倒木発見や情報があった場合に撤去。	パトロール3班体制（暴風域圏内であっても、パトロールを実施）。植栽維持業者（4社）も、同様にパトロールを実施。復旧等については、その場で対応する。	強風域の場合は業者による自主巡回を行い、異常等があれば補強などを実施。暴風域に入っている時は倒木の情報や発見した場合にはただちに処理を施す。暴風警報解除後は被害状況を確認し、倒木を優先して復旧作業に着手する。

①日常的な倒木防止対策

日常的な倒木防止対策としての剪定の実施については、特に行わないとする管理者が2者、1回／年とする管理者が5者、1回／2年とする管理者が2者、3回／年とする管理者が1者であった。具体的な樹種における対策としてハウオウボクについては、2回／年とする回答があった。また、毎月1回程度のボランティアによる剪定を実施しているものもあった。

倒木防止用支柱の設置については、全ての管理者において実施されており、設置後の管理も結束直しなどが実施されていた。また、規格以上の支柱を設置する事例もみられた。

倒木危険性については、パトロールや年2回の定期的な調査を実施している管理者が8者あり、特に実施していない管理者が2者あった。また、倒木の危険性のある大木については、樹木医に依頼して調査を行っているところもあった。

その他の対策としては、1～2回／月の点検（支柱の状況や枯損木の発生等）が実施されていた。植栽木の樹種選定及び植栽の際に耐風性の高い樹種を選定して3本を寄せ植えにすることや、根周りに客土を施すなどで樹勢を良好にする工夫もみられた。

②台風襲来直前の倒木防止対策

台風襲来直前の倒木防止対策については、支柱の点検や補修が5者、パトロールの実施が1者、特に実施していないとする管理者が4者であった。電線や家屋等へ影響する箇所は、事前に部分剪定を実施しているところもあった。

③倒木の処置について

倒木の処置については、倒木・傾木については立て起こし、幹折れは撤去とする管理者が7者と多かった。また、交通支障木は撤去としているところもあった。根返り、傾木、幹折れのいずれにおいても復旧するという管理者もあった。

④台風襲来時の管理体制

台風襲来時の管理体制は、いずれの管理者も事務所待機及びパトロールの実施を行っており、倒木被害の発見、または情報が入った場合に直ちに復旧あるいは撤去できる体制を組んでいた。

(2) 道路管理資料の整理

沖縄総合事務局開発建設部監修の「沖縄道路緑化技術指針」（平成8年4月改訂版）及び沖縄県土木建築部道路維持課編著の「沖縄県道路植栽樹木等維持管理マニュアル」（平成5年10月発行）から台風襲来前後の維持管理方法について記載のある部分を表-3.9にとりまとめた。

表-3.9 台風対策の維持管理マニュアル

項目		沖縄道路緑化技術指針	沖縄県道路植栽樹木等維持管理マニュアル
台風襲来前の対策	支柱	・結束を確実に行う。 ・支柱規格が小さい場合は、大きめの支柱に変える。	・結束直しを行う。
	剪定	・常緑樹は、樹冠が地下部に比べ繁茂しすぎないように冬期の剪定（1～2月）の際枝抜きしておく。 ・幹折れや枝折れが発生したら、整枝（枝抜き）剪定を施し腐敗・空洞化等がないかどうか点検する。	・高木の場合は、樹冠が地下部に比べ繁茂しすぎないように養生剪定を行っておく。
台風襲来後の処置		・幹折れで被害が著しい場合は速やかに撤去する。 ・地上にはみ出した根、よじれ折れた根、割れた根は植木に収まるように切り取る。 ・樹木を垂直に立て直し埋め戻して支柱を施す。樹勢回復のため速効性窒素肥料の追肥を行なう。 ・雨を伴わない台風の場合は台風通過後速やかに散水し塩分を洗い流す。	・幹折れして再生できない樹木は幹を切断して撤去。 ・根返り、傾倒した樹木は、樹冠を道路交通に支障のない方向に向けるか、立て起こした後仮支柱を施す。 ・枝折れや梢端部の幹折れに対しては、交通に支障を及ぼしている折損部を切除する。 ・雨を伴わない台風の場合は台風通過後に速やかに散水して塩分を洗い流す。 ・台風後、新芽の発生がなく枝が枯れ込む場合は枯損部分を速やかに剪定し、切口に蒸散防止の処理を行う。同時に、速効性のある窒素を施用することが望ましい。

これによると、沖縄総合事務局、沖縄県ともアンケート調査と同様台風襲来前に支柱材の結束直しや剪定を行なうこととしている。そして台風襲来後には、幹折れについては撤去とし、根返り、傾倒木については立て起こしを原則としている。

また、アンケートの回答には記載がなかった対処法として、樹勢回復のために施肥を行なうこと、雨を伴わない台風の場合は台風通過後に塩分を洗い流すための散水を行なうことがある。

2.3 まとめ

アンケート結果から日常的な倒木防止対策として、1回／年程度の剪定と支柱材の結束直し、補修などはほとんどの団体で実施されていた。しかし、それ以外の対策が少ないのが現状であった。

維持管理マニュアルでは、樹勢回復のために施肥を行なうこと、雨を伴わない台風の場合は台風通過後に塩分を洗い流すための散水を行なうことなどが記載されているが、実施は困難であることが現状である。

台風襲来後の倒木の処置については、幹折れは撤去し、根返りと傾木は立て起こすことが多く行なわれていた。これは幹折れについては、本来の樹形に回復する可能性が低いことや回復に時間がかかること、景観を損なうことなどによるものと考えられる。

台風襲来時の管理体制については、いずれの管理者も作業員の事務所待機あるいはパトロールが実施されており、被害に対して速やかに対応できる体制が構築されていた。また、その際の倒木への対応としては、ほとんどの管理者が撤去としているが、これは住民への二次災害の可能性のあるものについての対応で、安全性を優先するためのものであった。

第3編

沖縄都市緑化樹木の根系図

☆全根系図、水平根系図、側面根系図

1. リュウキュウマツ	(マツ科マツ属)	3 - 1
2. モクマオウ	(モクマオウ科モクマオウ属)	3 - 5
3. ガジュマル	(クワ科イチジク属)	3 - 9
4. テリハボク	(オトギリソウ科テリハボク属)	3 - 13
5. フクギ	(オトギリソウ科フクギ属)	3 - 17
6. カンヒザクラ	(バラ科サクラ属)	3 - 21
7. デイゴ	(マメ科デイゴ属)	3 - 25
8. ホウオウボク	(マメ科ホウオウボク属)	3 - 29
9. アカギ	(トウダイグサ科アカギ属)	3 - 33
10. トックリキワタ	(パンヤ科トックリキワタ属)	3 - 37
11. コバテイシ	(シクンシ科モモタマナ属)	3 - 41
12. オオバアカテツ	(アカテツ科パラクイウム属)	3 - 45
13. 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)	3 - 49
14. ヤエヤマヤシ	(ヤシ科ヤエヤマヤシ属)	3 - 53

☆全根系図

15. コバノナンヨウスギ	(ナンヨウスギ科ナンヨウスギ属)	3 - 57
16. タコノキ	(タコノキ科タコノキ属)	3 - 59

☆水平根系図、側面根系図

17. アコウ	(クワ科イチジク属)	3 - 61
18. クロヨナ	(マメ科クロヨナ属)	3 - 63
19. ソウシジュ	(マメ科アカシア属)	3 - 65
20. ヨウテイボク	(マメ科ハマカズラ属)	3 - 67
21. リュウキュウコクタン	(カキノキ科カキノキ属)	3 - 69
22. ビロウ	(ヤシ科ビロウ属)	3 - 71

☆水平根系図

23. インドゴムノキ	(クワ科イチジク属)	3 - 73
24. カシワバゴムノキ	(クワ科イチジク属)	3 - 74
25. フィカスネリフォリア	(クワ科イチジク属)	3 - 75
26. ベンガルボダイジュ	(クワ科イチジク属)	3 - 76
27. パンノキ	(クワ科アルトカルプス属)	3 - 77
28. ヤブニッケイ	(クスノキ科クスノキ属)	3 - 78
29. ハスノハギリ	(ハスノハギリ科ハスノハギリ属)	3 - 79
30. タイワンフウ	(マンサク科フウ属)	3 - 80
31. アメリカデイゴ	(マメ科デイゴ属)	3 - 81
32. ゴールデンシャワー	(マメ科カワラケツメイ属)	3 - 82
33. アメリカネム	(マメ科サマネア属)	3 - 83
34. タマリンド	(マメ科タマリンド属)	3 - 84
35. ナンキンハゼ	(トウダイグサ科シラキ属)	3 - 85
36. センダン	(センダン科センダン属)	3 - 86
37. タイワンモクゲンジ	(ムクロジ科モクゲンジ属)	3 - 87
38. オオハマボウ	(アオイ科フヨウ属)	3 - 88
39. キワタノキ	(パンヤ科キワタ属)	3 - 89
40. シマトネリコ	(モクセイ科トネリコ属)	3 - 90
41. モンパノキ	(ムラサキ科メセルスクミディア属)	3 - 91
42. ココヤシ	(ヤシ科ココヤシ属)	3 - 92

リュウキュウマツ

(マツ科マツ属)

Pinus luchuensis



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	4.7m	幹 周	33cm	根 元 周	51cm	推定樹齡	7 年	
枝 張 り	北	2.2m	南	1.6m	西	2.1m	東	1.2m
根 張 り	北	2.5m	南	1.3m	西	1.5m	東	1.8m
根の深さ	0.8m	有 効 土 層 厚		0.5m	土 壌	国頭マージ系土壌		
樹木重量	総重量	85kg	地上部（着葉時）		65kg	地下部		20kg
植栽環境	今帰仁村崎山地の丘陵地の谷部を埋め立てた圃場で、国頭マージ系土壌により造成した植栽基盤である。その下層には粘板岩層が存在する。全体的に硬く締まった土壌で、有効土層は 50cm 程度と薄い。土壌の透水性は生育に問題ない。							
根系状況	主根とみられる垂下根は、下層にある硬い岩盤層の影響により、湾曲して伸長している。そのため、垂下根の周辺には小・中径の根が多数発生して、岩盤に食い込んで樹体を支えるように伸長している。太い水平根は、表層を樹冠幅近くまでしっかりと発達させている。 地下部の重量は、地上部の 30%程度と少ないが、垂下根と水平根で樹体をしっかりと支えている。							

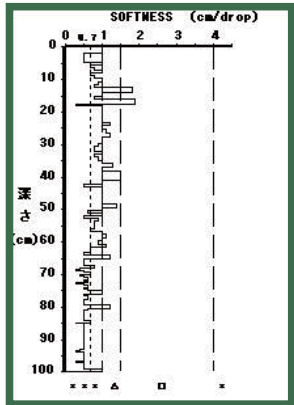
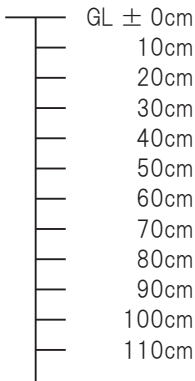
根系写真



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR4/6	SL 砂壤土	なし	半乾	含む	18 (軟らか) 15 (軟らか)	擬似表層。粘板岩系の礫φ5-10が10%
B	5YR4/6	Gr 礫土	なし	半乾	富む	—	粘板岩系の礫層

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
1.6×10^{-3}	○ (可)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

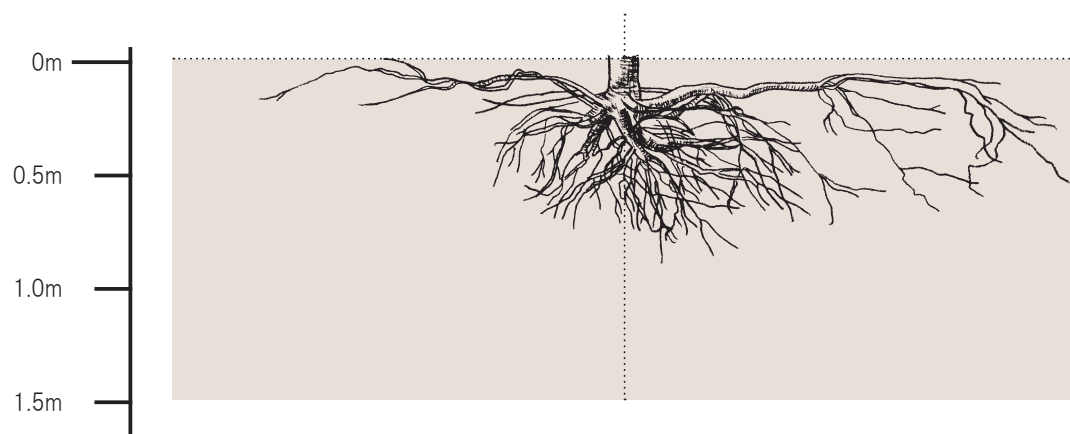
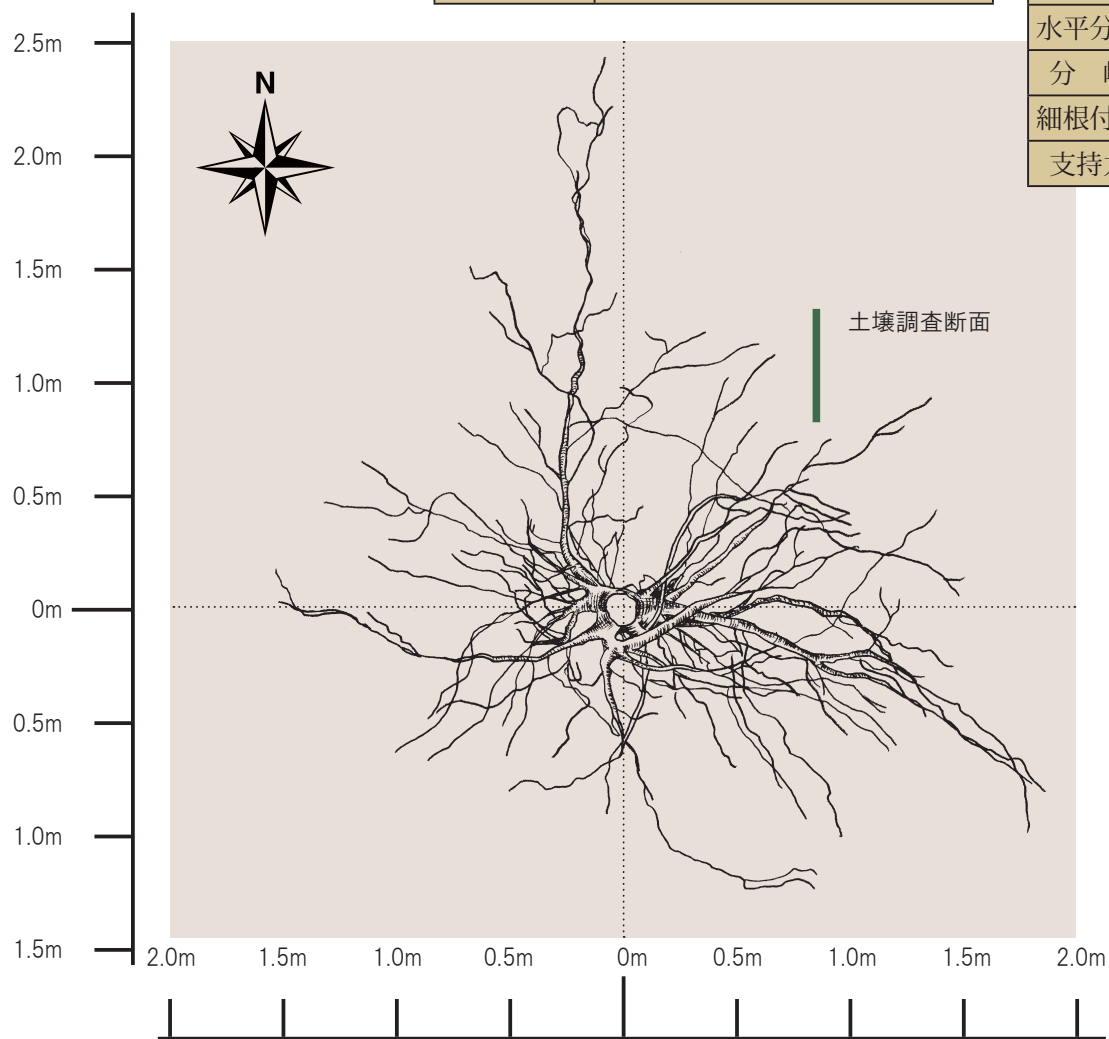
立体図



スケッチ図

根系の形態 中・大径の水平根・垂下根型

垂直分布	深根型
水平分布	分散型
分岐	中間型
細根付着	中間型
支持力	大



リュウキュウマツ (マツ科マツ属)

Pinus luchuensis



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	7.5m	幹 周	118cm	枝 張 り	9.6m	根 元 周	185cm
植栽環境	客土層が 40cm とその下層部 (110cm 以深) に琉球石灰岩を伴う造成土壌による植栽基盤である。その中間層は造成時の転圧により土壌が締まっている。土壌の透水性はやや不良である。						
根系状況	水平調査では、掘削した表層 3m の範囲に多数の大径根の分布がみられ、全てが 3m の範囲を大きく超えて伸長している。断面調査では、膨軟な客土層が薄いことから、小～大径根・細根とも 0～20cm までに集中するが、硬い土壌にもかかわらず深さ 120cm まで垂下根が発達し、小～大径根・細根の分布がみられる。						



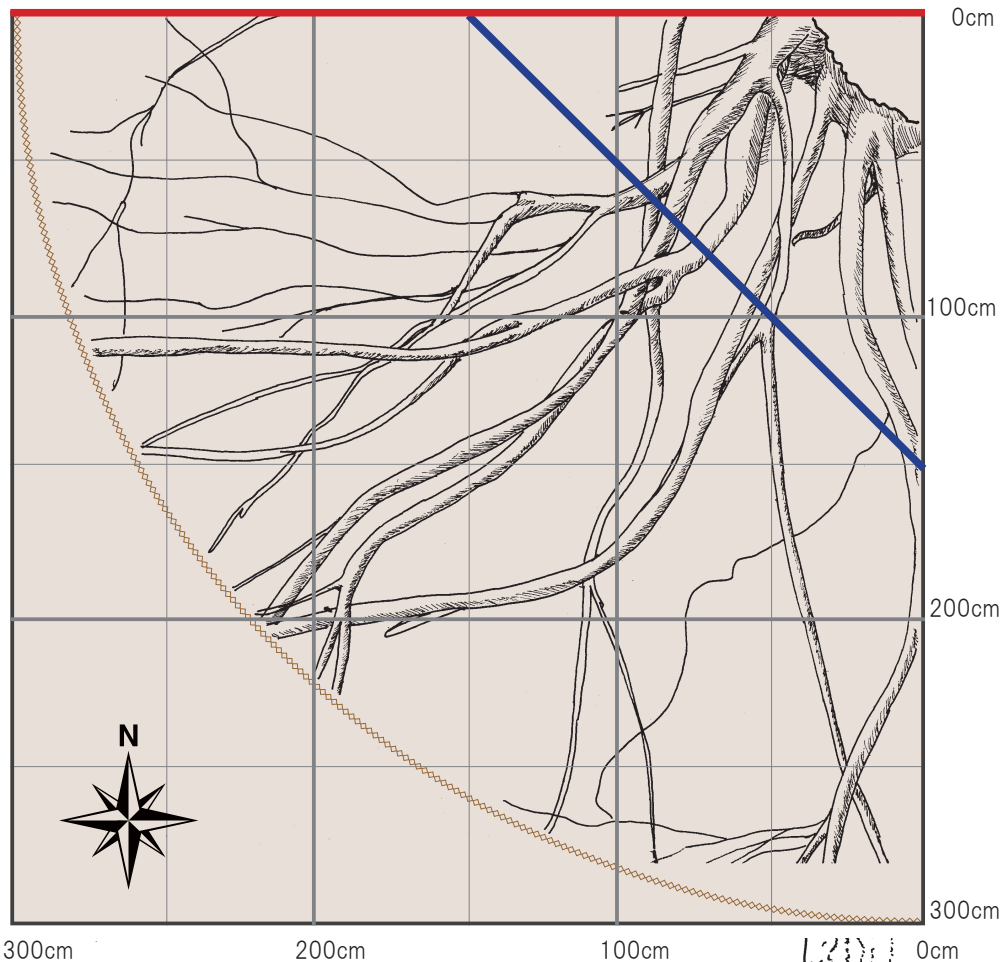
調査範囲位置



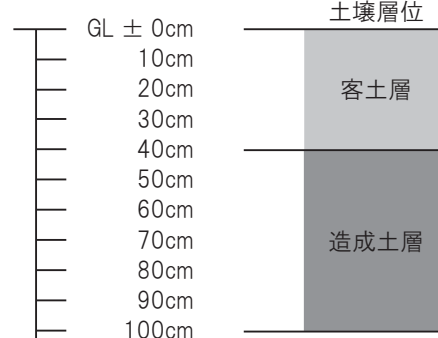
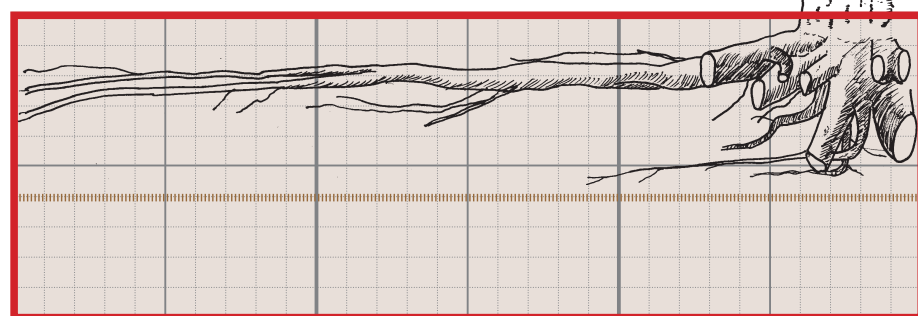
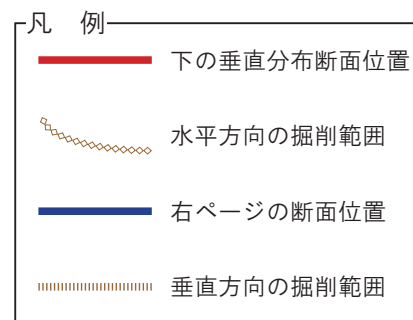
根系伸長状況



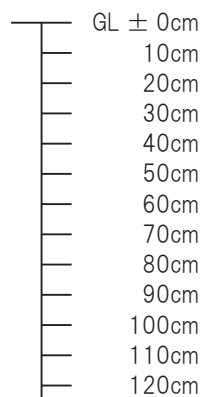
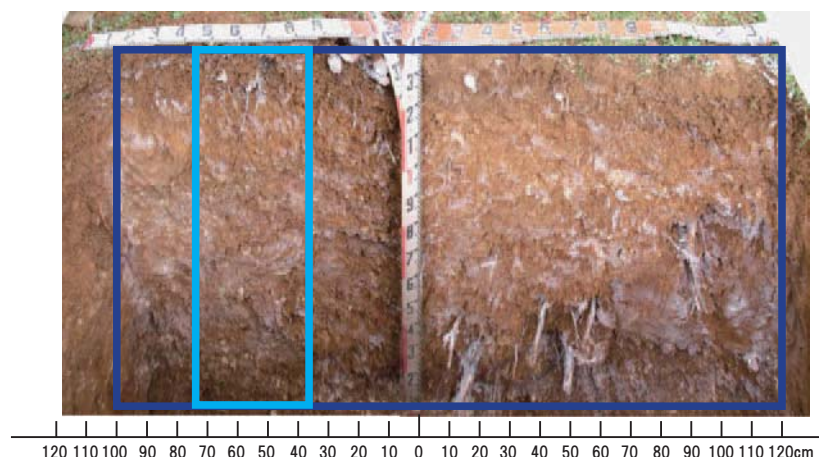
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

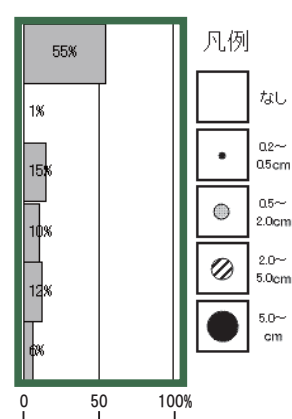
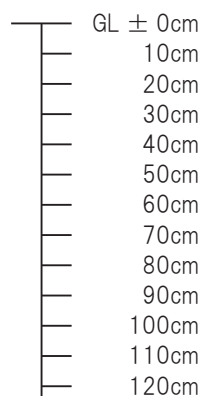
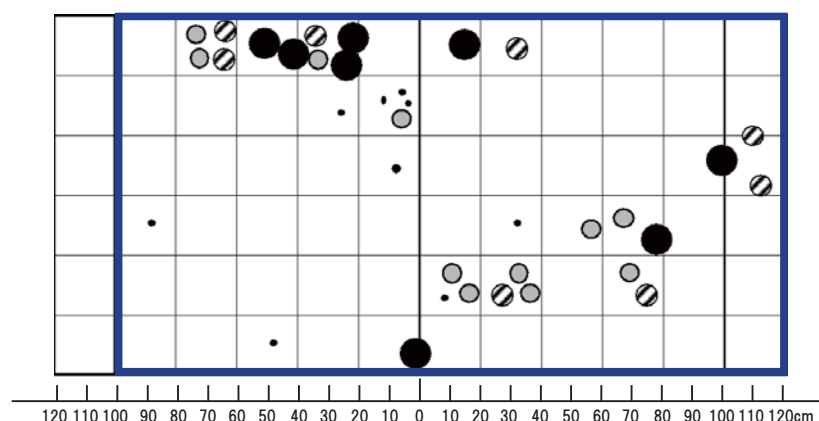


根系分布調査範囲

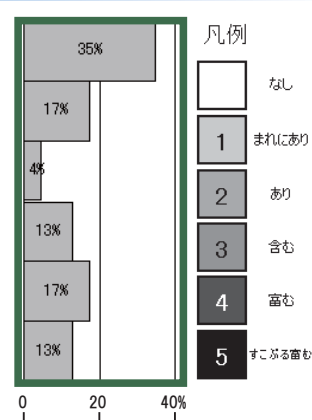
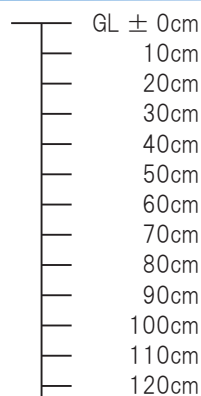
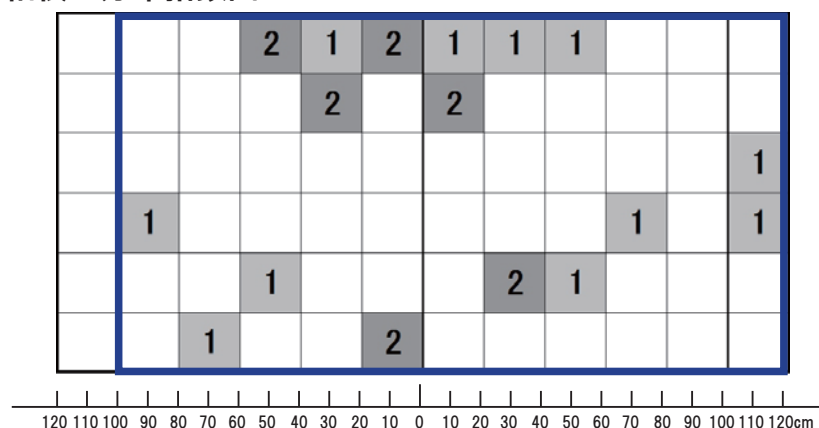
土壌断面調査範囲

掘削深	120cm
備考	120cm 深さまで垂下根の層灰の下の層があり、その層が屈曲している。また、その層には琉球石灰岩がある。

小～大径根の分布図



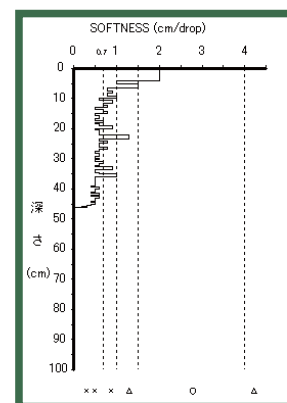
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR4/6	SC	なし	半乾	なし	14(軟らか)	
AB2	7.5YR5/6	HC	なし	半乾	含む	22 (締まった)	
AB3	10R4/3	HC	なし	半乾	あり	18 (軟らか)	下部に琉球石灰岩
C							琉球石灰岩層

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-4}	△ (やや不良)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

モクマオウ

(モクマオウ科モクマオウ属)

Casuarina equisetifolia




圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	6.5m	幹 周	41cm	根 元 周	54cm	推定樹齡	12 年	
枝 張 り	北	3.2m	南	3.2m	西	3.6m	東	2.7m
根 張 り	北	1.7m	南	1.7m	西	2.5m	東	2.2m
根の深さ	1.5m	有 効 土 層 厚		0.6m	土 壌	造成土壌（礫質土）		
樹木重量	総重量	180kg	地上部（着葉時）		120kg	地下部		60kg
植栽環境	今帰仁村諸志地の海浜部から 100m 程度内陸部にある低湿地帯の圃場で、表層は礫質土による客土で造成された植栽基盤である。下層には還元化した土壌がある。深さ 60cm までは良好な土壌であるが、それ以深は硬い還元化した土壌となっている。深さ 60cm までの土壌の透水性は良好である。							
根系状況	垂下根は数本が絡み合うようにして、植栽基盤である 60cm を越えて深さ 1.5m 程度まで土壌の硬い層で伸長している。また、垂下根からの細根の発生は著しい。水平根は東西方向に大径根を伸長させ、全体的にしっかりと根を張っている。 地下部の重量は地上部の 50% 程度である。							

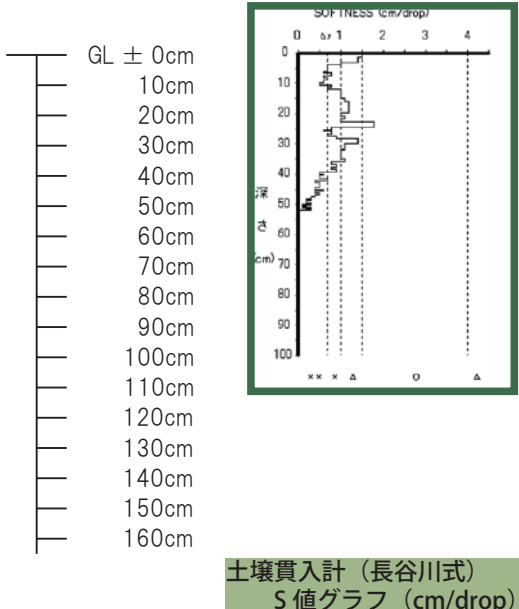
根系写真



土壌調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	B1	7.5YR4/5	LiC ややシルト多い	かべ状 固結塊の 間隙に膨軟 な小塊 ～粒状を 含む	半乾 半乾 ～潤	すこぶ る富む 60% ～ 70%	30 (固結) 17 (軟らか)	固結部の比率が6割 を超える pHが8.2、ECが 0.08dS・m ⁻¹ である
	B2	石灰岩 N8/0	僅かに 土壌 (LiC)含 む	なし	土壌は潤	80% ～ 90%		pHが8.1、ECが 0.08dS・m ⁻¹ である グライ化した砂(還元 反応)
	Ⅲ	土壌 7.5YR4/8	石灰岩 (礫)			50% ～ 70%		
	B2							

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3 × 10 ⁻³	◎ (良好)

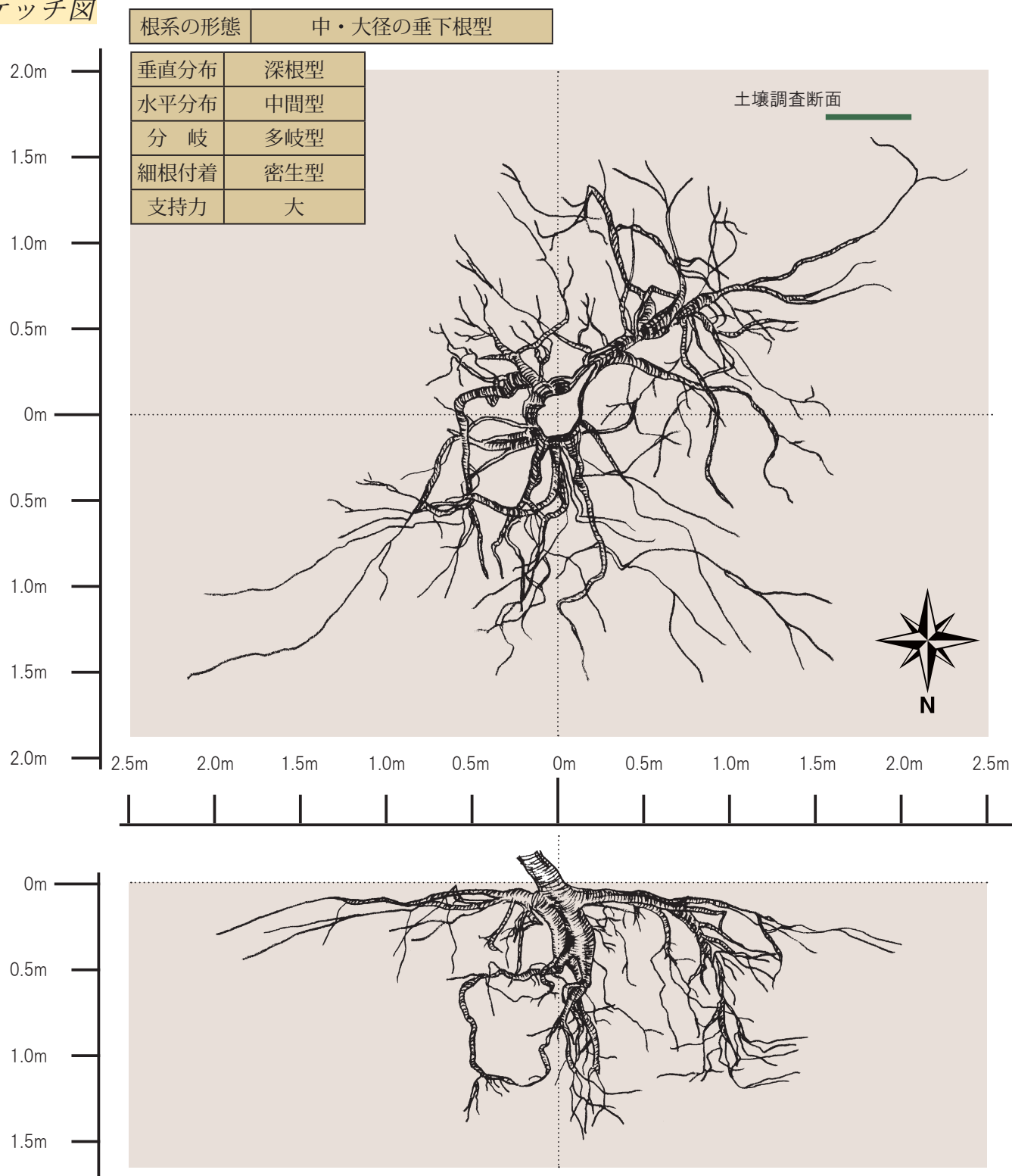


土壌貫入計 (長谷川式)
S値グラフ (cm/drop)

立体図



スケッチ図



モクマオウ (モクマオウ科モクマオウ属)

Casuarina equisetifolia



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	10.5m	幹 周	82cm	枝 張 り	4.6m	根 元 周	90cm
植栽環境	厚さ 20cm の客土とその下層部に赤褐色固結土壌を伴う植栽基盤である。80cm 以深の層では公園造成時の転圧により土壌が締め固まり硬い。土壌の透水性は生育に問題ない。						
根系状況	水平調査では、表層に 3m の範囲内で多くの中径根の分布がみられ、さらに伸長している。断面調査では、小～中径根は、深さ 0～20cm までに 51% が集中し、次に 20～40cm に 37% が分布し、それ以下は少ない。細根の分布も同様に、深くなるにつれ少なくなるが、深さ 80cm まで分布がみられる。						

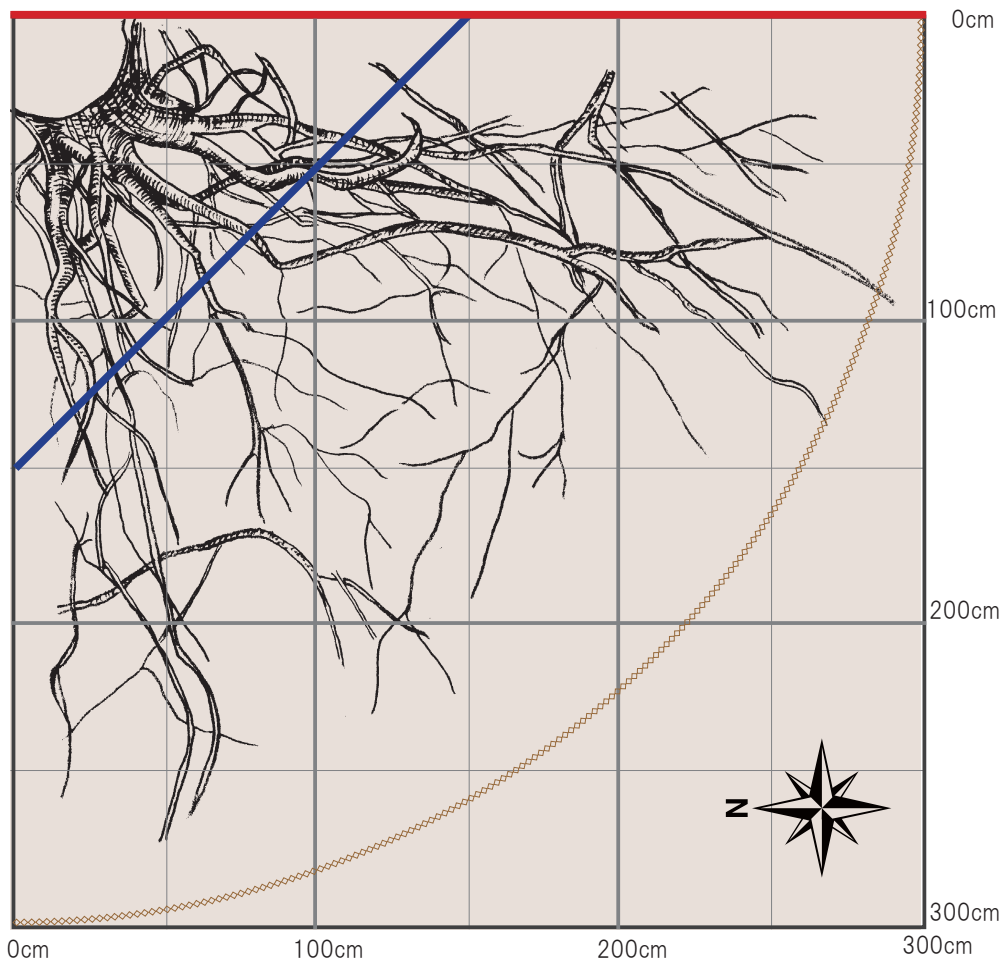


調査範囲位置

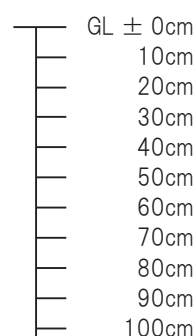
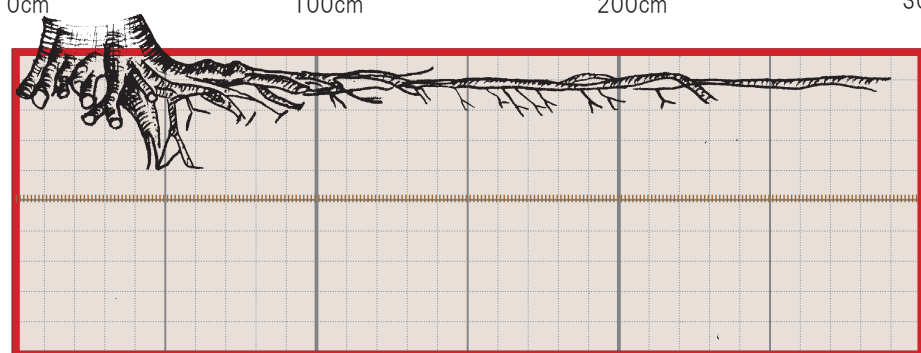
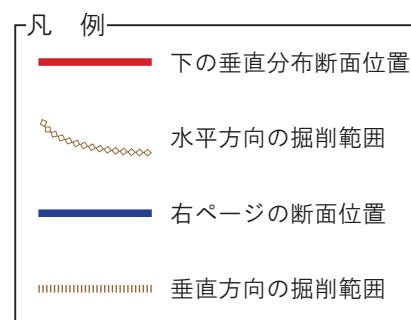


根系伸長状況

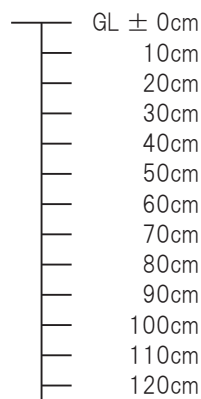
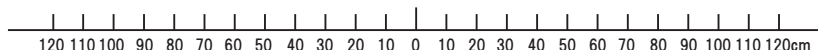
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

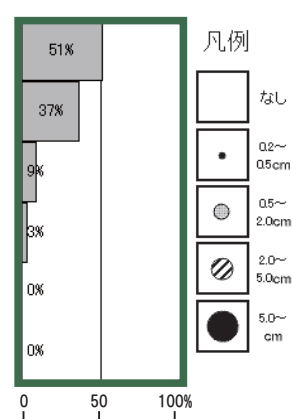
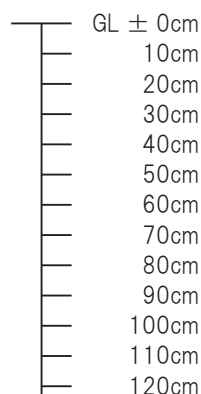
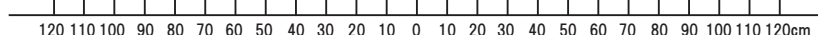
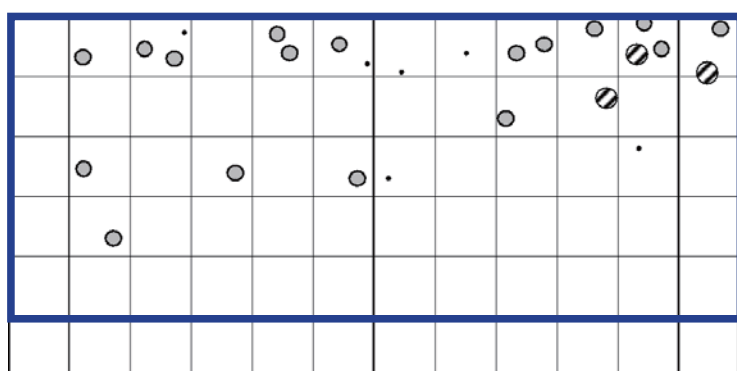


根系分布調査範囲

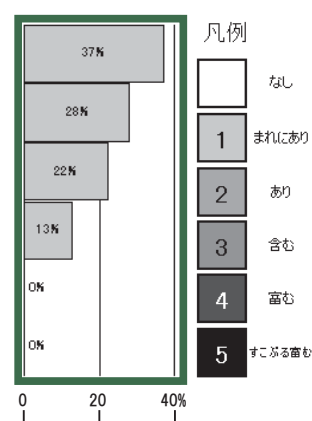
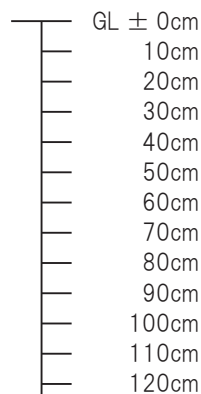
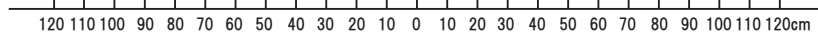
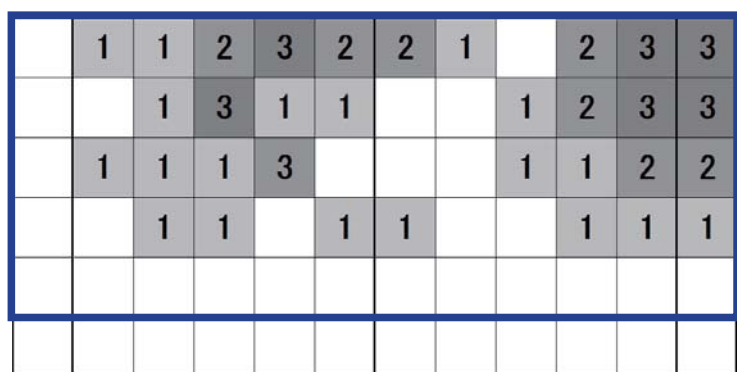
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	深さ20～80cmの層では礫が多く土壌に混入している。

小～大径根の分布図



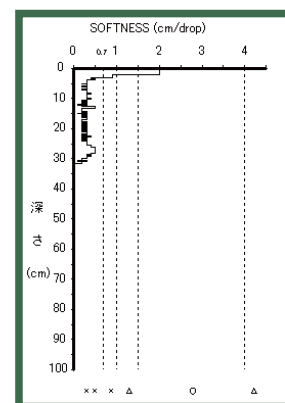
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR5/6	LiC	なし	半乾	含む	14 (軟らか)	φ20 礫5%
AB2	5YR5/6 斑紋状に (10YR5/6)	SL	なし	半乾	富む	20 (軟らか)	φ200-250 礫25%
B	10R5/3 5YR5/6	SiL	壁状	乾	なし	25 (硬い)	クチャ層

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
1.0×10^{-3}	○ (可)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

ガジュマル (クワ科イチジク属)

Ficus retusa



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	3.0m	幹 周	31cm	根 元 周	52cm	推定樹齡	6 年	
枝 張 り	北	1.1m	南	1.2m	西	1.2m	東	0.8m
根 張 り	北	2.0m	南	2.0m	西	2.0m	東	2.0m
根の深さ	1.1m	有 効 土 層 厚		0.9m	土 壌	造成土壌（粘質固結土）		
樹木重量	総重量	30kg	地上部（着葉時）		10kg	地下部		20kg
植栽環境	今帰仁村与那嶺地内の丘陵地にある圃場で、谷部を埋め立てて造成した客土圃場であるが、下部には還元化した土壌が存在する植栽基盤である。表層の 10cm 程に固結した土壌がみられるが、深さ 90cm までは生育に影響を及ぼす阻害要因はない。それ以深は、多湿となった還元化土壌が部分的にみられる。土壌の透水性は良好である。							
根系状況	幼苗時にポットで栽培されていた影響で根にルーピングした形跡があり、中径の垂下根は複雑に湾曲しながらも深さ 1.1m まで達している。水平根は樹冠の広がりを大きく越えて良好な根張りが認められる。 樹齢が若く地上部の成長が未熟であることもあり、地下部の重量は地上部の 2 倍と非常に大きい。							

根系写真

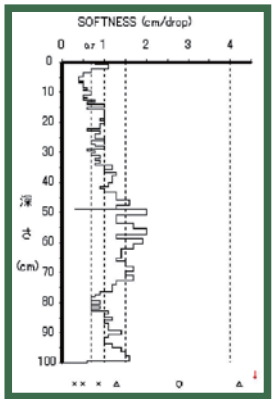


土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB1	10YR7/4	粒状部 CL / 固結部 LIC	かべ状 固結塊に 僅か粒状部 含む	乾	あり	28 (固結)	pHが粒状部8.2、固結部7.8、ECがそれぞれ0.08、0.04dS・m ⁻¹ である
	10YR4/6			半乾			
AB2		LIC	かべ	潤			
B	10YR4/6	CL	なし	潤	あり	15 (軟らか)	pHが8.0、ECが0.04dS・m ⁻¹ である ▽ W.L 120
B2g	7.5Y4/1	LIC~HC	なし	多湿	なし	11以下 膨軟過ぎ	ややグライ(還元)化 pHが7.4、ECが0.05dS・m ⁻¹ である

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-3}	◎ (良好)

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm
130cm
140cm
150cm



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図



根系の形態

中・大径の水平根型

垂直分布

浅根型

分岐

疎放型

水平分布

分散型

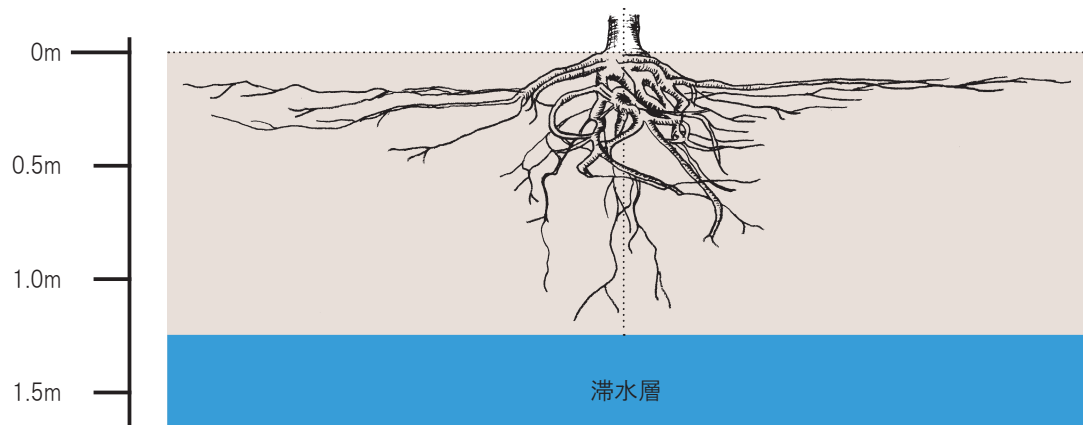
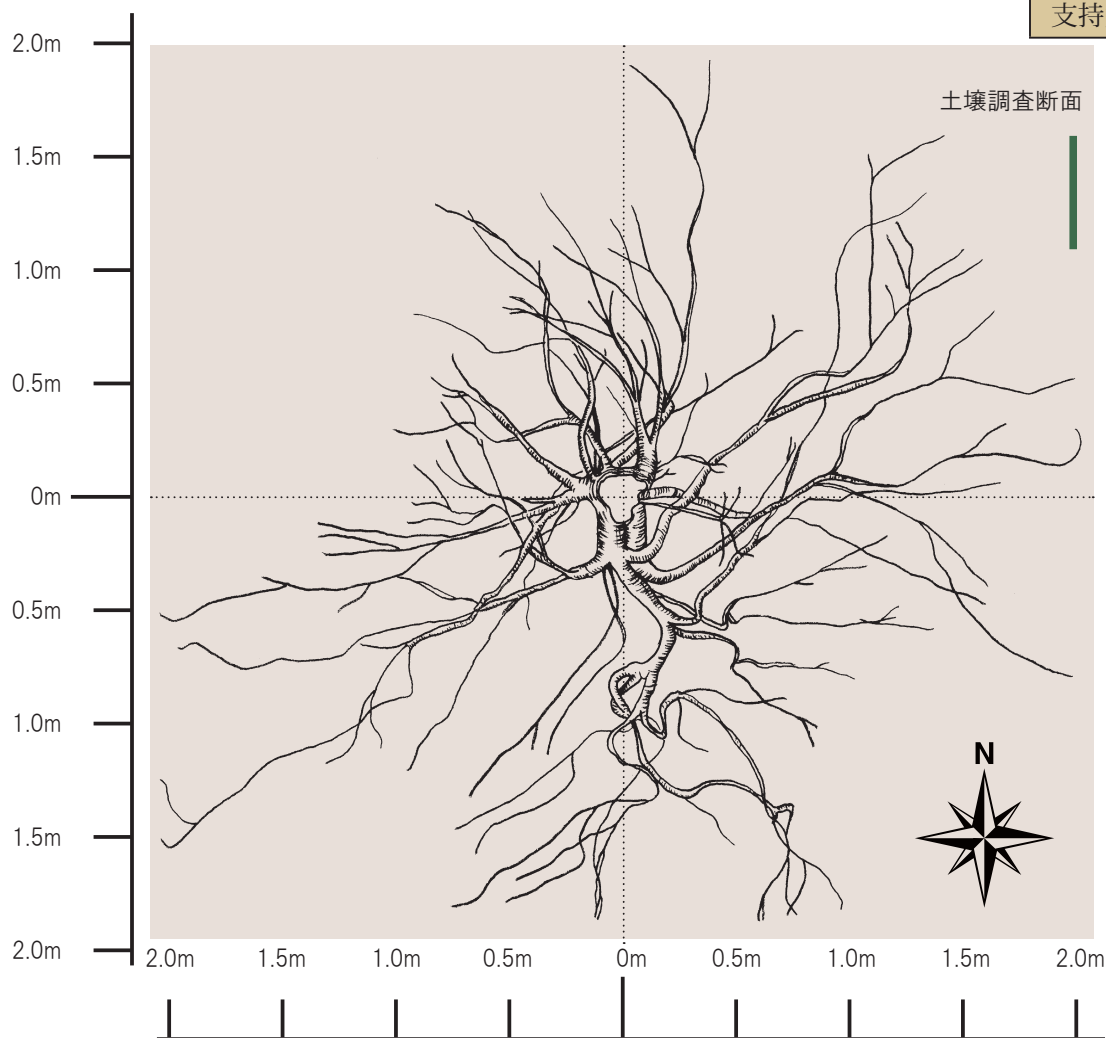
細根付着

疎生型

支持力

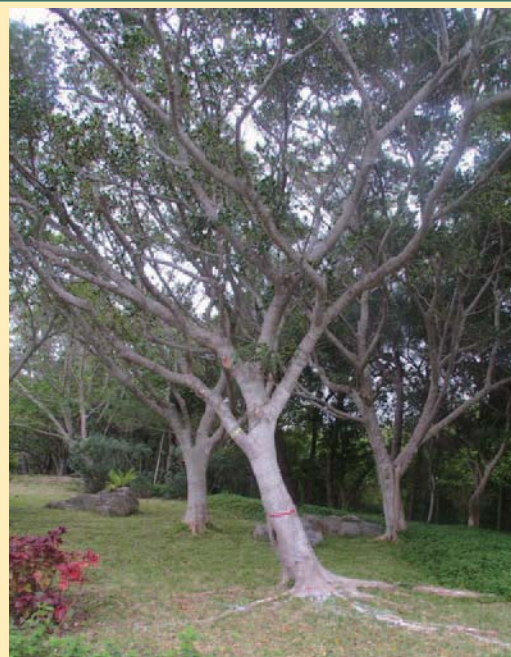
大

スケッチ図



ガジュマル (クワ科イチジク属)

Ficus retusa



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.5m	幹 周	95cm	枝 張 り	8.9m	根 元 周	120cm
植栽環境	植栽基盤は 40cm 程度の厚さで国頭マーシ系の砂混じり土壌を客土して造成されている。深さ 90cm 以深には琉球石灰岩の層がある。客土層には部分的に転圧されて土壌が締まっている層がみられる。土壌の透水性は生育に問題ない。						
根系状況	水平調査では、表層に小径根から大径根の分布が多くみられ、3m の範囲で網のように密生し伸長し、さらに 3m 以上に伸長している。断面調査では、小～大径根は深さ 0 ～ 20cm までに 86% とほとんどが集中していて、40cm 以深にはほとんどない。細根は、地表から 60cm まで分布がみられる。						



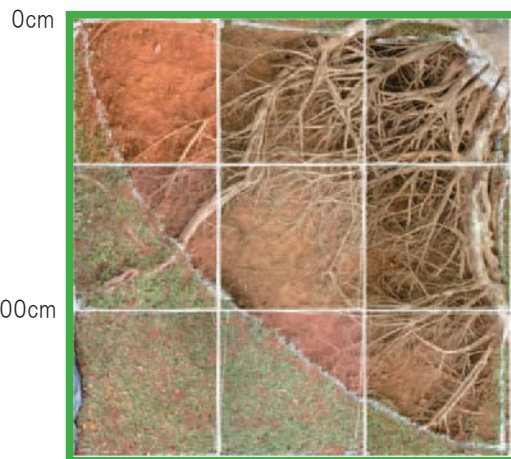
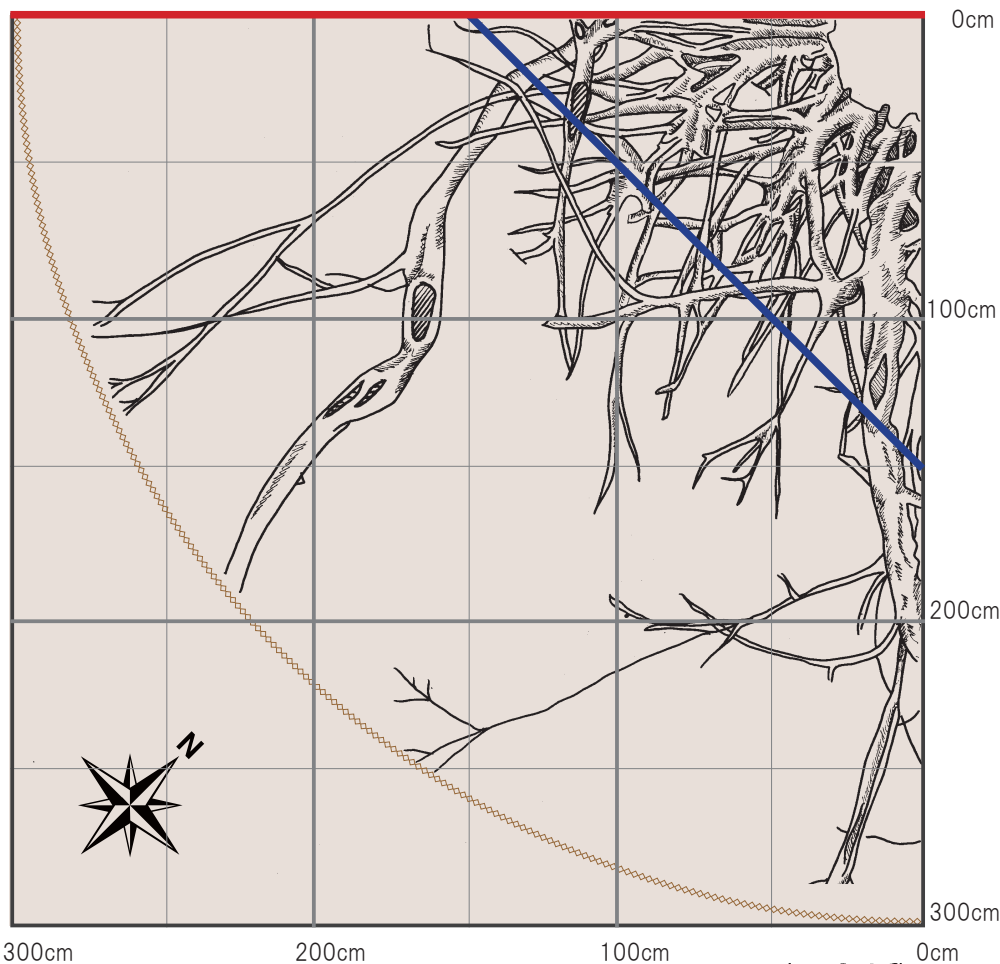
調査範囲位置



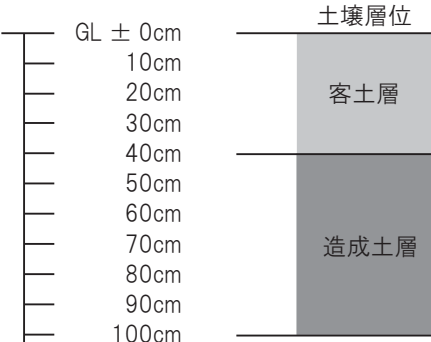
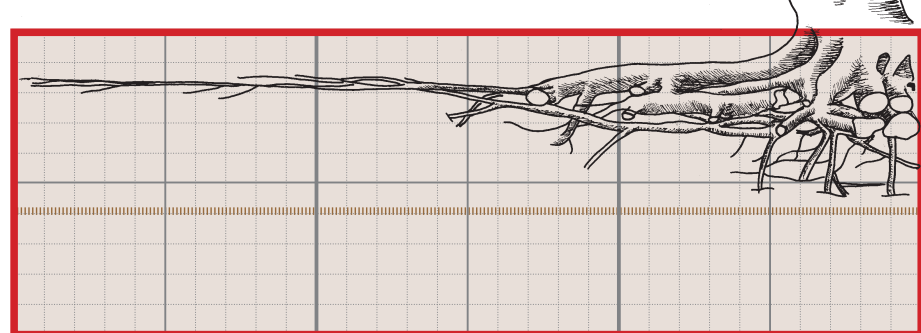
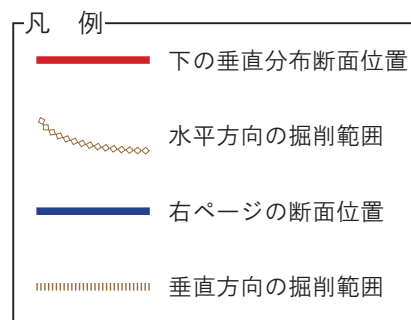
根系伸長状況



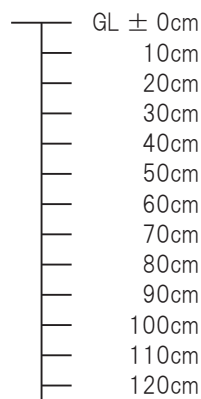
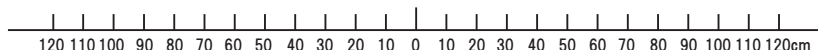
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

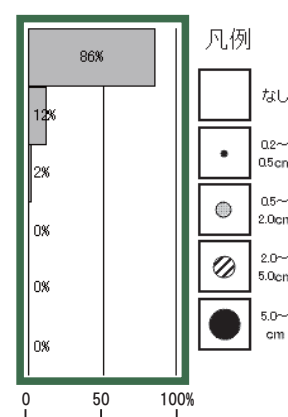
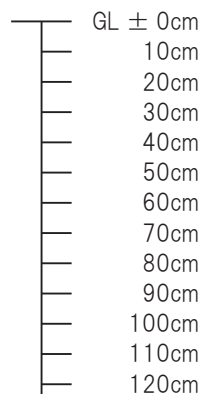
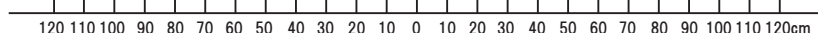
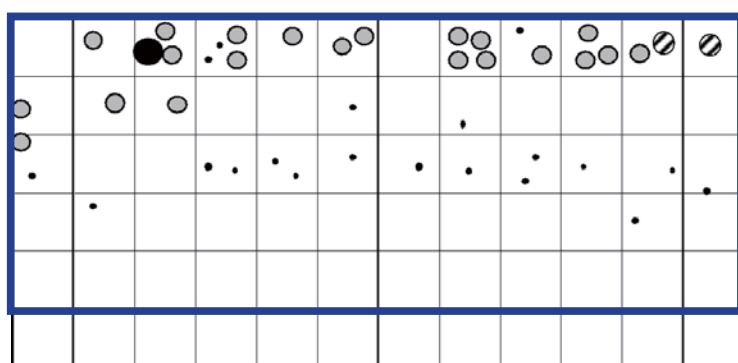


根系分布調査範囲

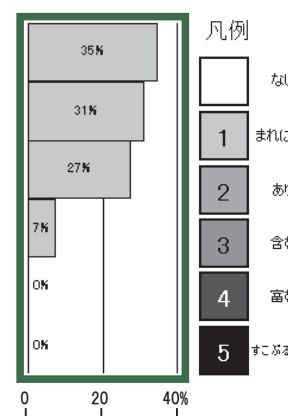
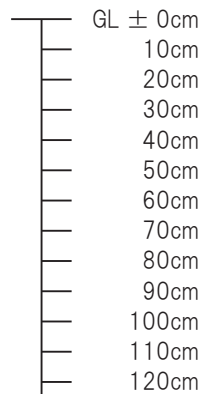
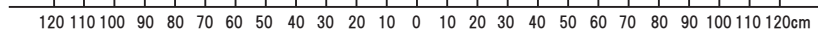
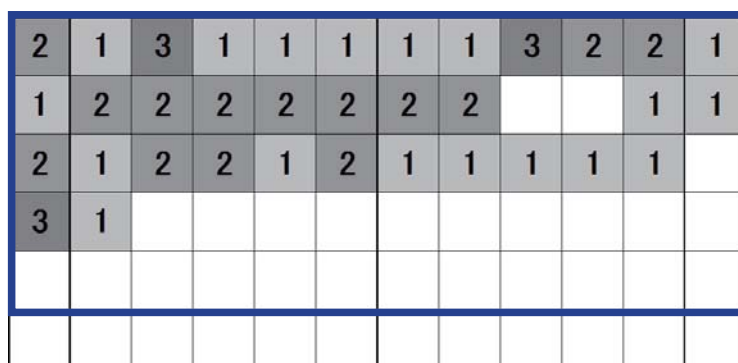
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	70cm以深では、琉球石灰岩の粗大な礫がみられる。

小～大径根の分布図



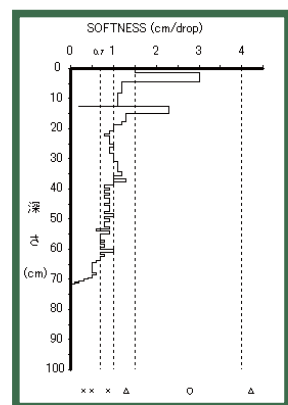
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR4/8	LiC	なし	半乾	含む	18 (軟らか) 25 (硬い)	φ50礫10%
AB2	5YR5/6	LiC	なし	湿	なし	14 (軟らか)	
AB3	5YR5/6	LiC	なし	半乾	含む	25 (硬い)	φ100-250角礫20%
C	琉球石灰岩層						

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.0×10^{-3}	○ (可)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

(オトギリソウ科テリハボク属)

Calophyllum inophyllum



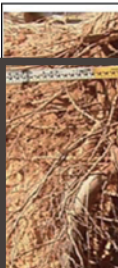
圃場樹木（沖縄県国頭郡今帰仁村）

樹 高	4.2m		幹 周	50cm		根 元 周	88cm		推定樹齡	15 年	
枝 張 り	北	1.9m		南	1.2m		西	1.6m		東	1.3m
根 張 り	北	2.1m		南	1.1m		西	2.0m		東	2.4m
根の深さ	1.7m		有 効 土 層 厚		1.7m		土 壌	砂質土壌			
樹木重量	総重量		195kg		地上部（着葉時）		105kg		地下部		90kg
植栽環境	今帰仁村諸志地先の海浜部から 150m 程度内陸にある低湿地帯の砂質土壌の植栽基盤である。深さ 1.7m には滞水層があり、その周辺の土壌は還元化している部分がある。深さ 10 ～ 30cm に硬い層がみられるものの、その下の滞水層までは、生育上で問題となるものではない。土壌の透水性は良好である。										
根系状況	垂下根は主根とみられる大径根が深さ 1m 程度まで湾曲しながら伸長している。その先は、細根が多数発根して滞水層まで達している。水平根は樹冠幅以上に根張りが認められる。特に、深さ 60cm 程度の位置で東側に伸長している大径根は 2.4m まで達している。 地下部の重量は、地上部の 85% 程度である。										

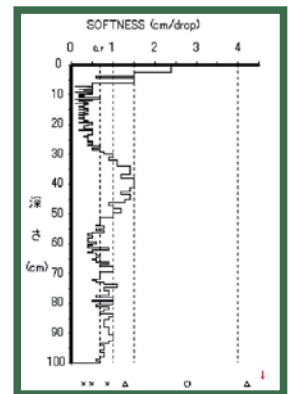
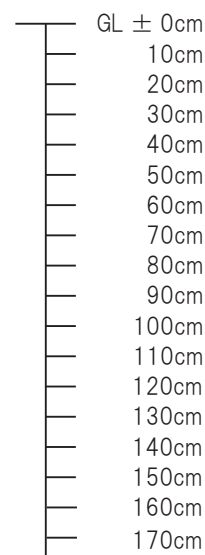
根系写真



土壤調査図

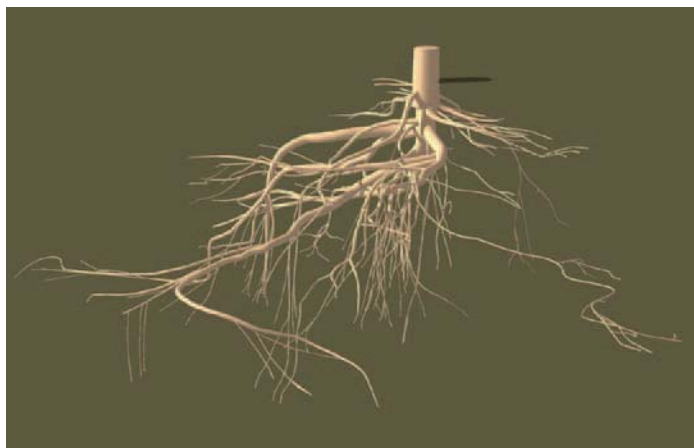
	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB1	7.5YR4/6	LiC	なし	潤	なし	21 (締まった)	根鉢土 pHが8.4、ECが 0.06dS・m ⁻¹ である
	B	(乾色) 10YR7/3 (湿色) 10YR5/4	S	なし	潤	なし		周辺土(全層) 鉢部分を除き、表層 から全層が砂土。 砂土のため硬度測定 不能 pHが8.5、ECが 0.08dS・m ⁻¹ である
	Σ				滞水			恒常水位(淡水)

土壌透水速度（長谷川式、単位：cm/Sec）	判定
8.3×10^{-3}	◎（良好）



土壌貫入計（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）

立体図

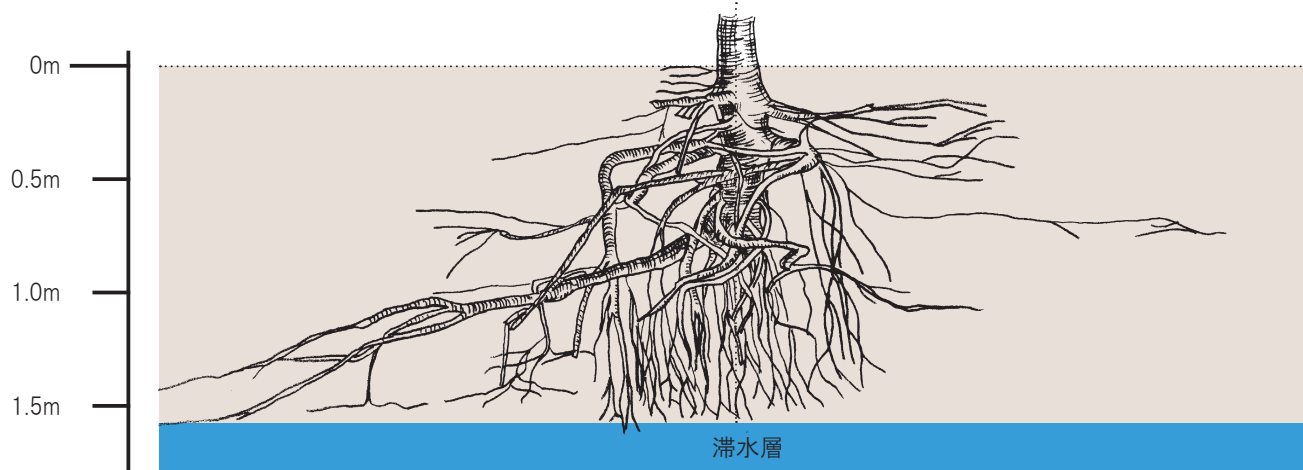
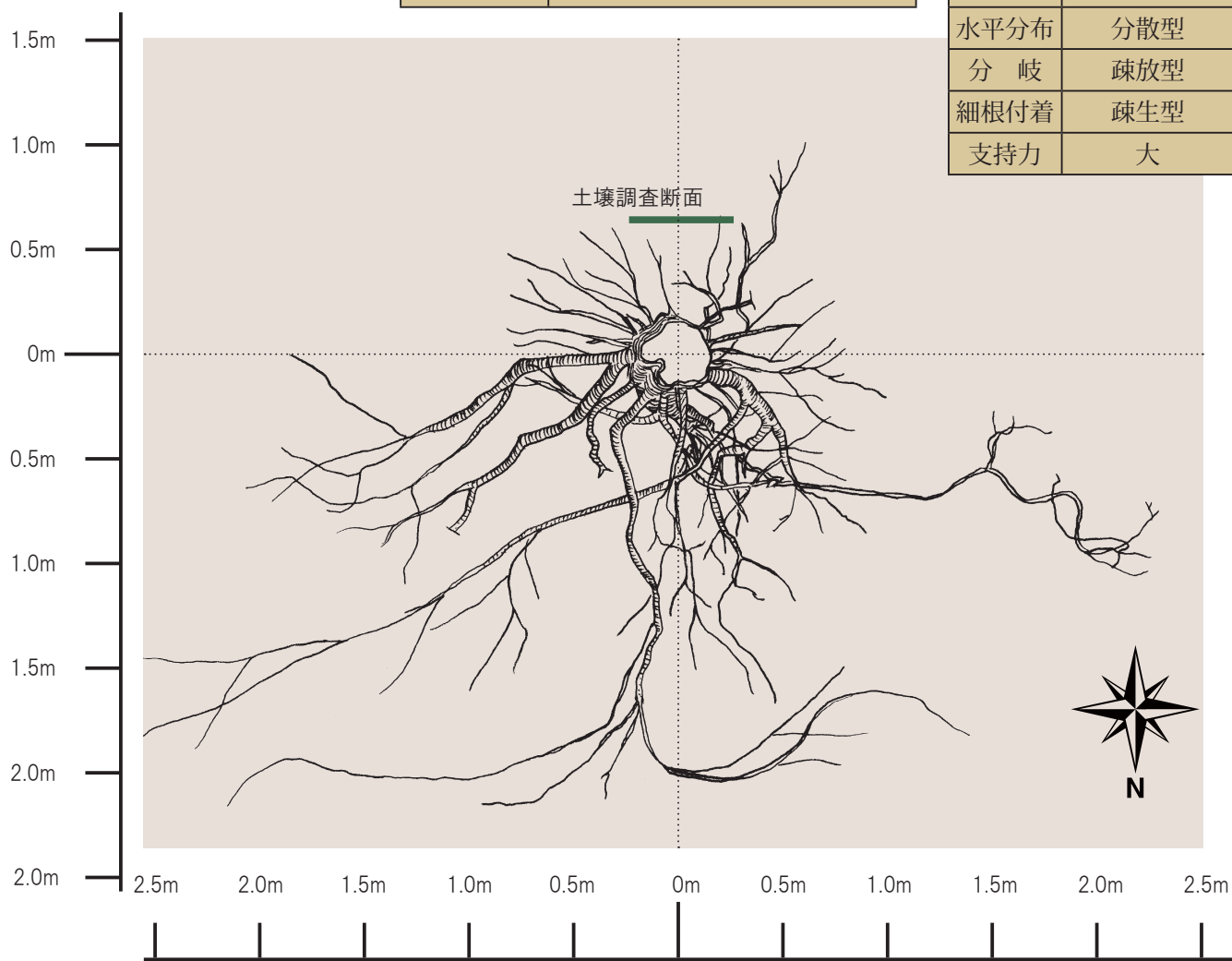


スケッチ図

根系の形態

中・大径の垂下根型

垂直分布	深根型
水平分布	分散型
分岐	疎放型
細根付着	疎生型
支持力	大



テリハボク

(オトギリソウ科テリハボク属)

Calophyllum inophyllum

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.0m	幹 周	74cm	枝 張 り	5.4m	根 元 周	94cm
-----	------	-----	------	-------	------	-------	------

植栽環境 植栽基盤は 60cm 程度の厚さで島尻マーグ系土壌を客土して造成されている。深さ 70cm 以深には琉球石灰岩の層がある。土壌の透水性は良好である。

根系状況 水平調査では、表層で 3m 以上に大径根の分布がみられ、さらに伸長している。一部の分枝した大径根では、上方に屈折して伸長し地表面に達してから下に伸長している特徴がみられた。断面調査では、小～大径根は深さ 20～40cm に 86% と多く集中している。細根は 20～40cm に 43% が集中し、次に 40～60cm に 34% が分布している。60cm 以深には根系の分布がほとんどみられない。

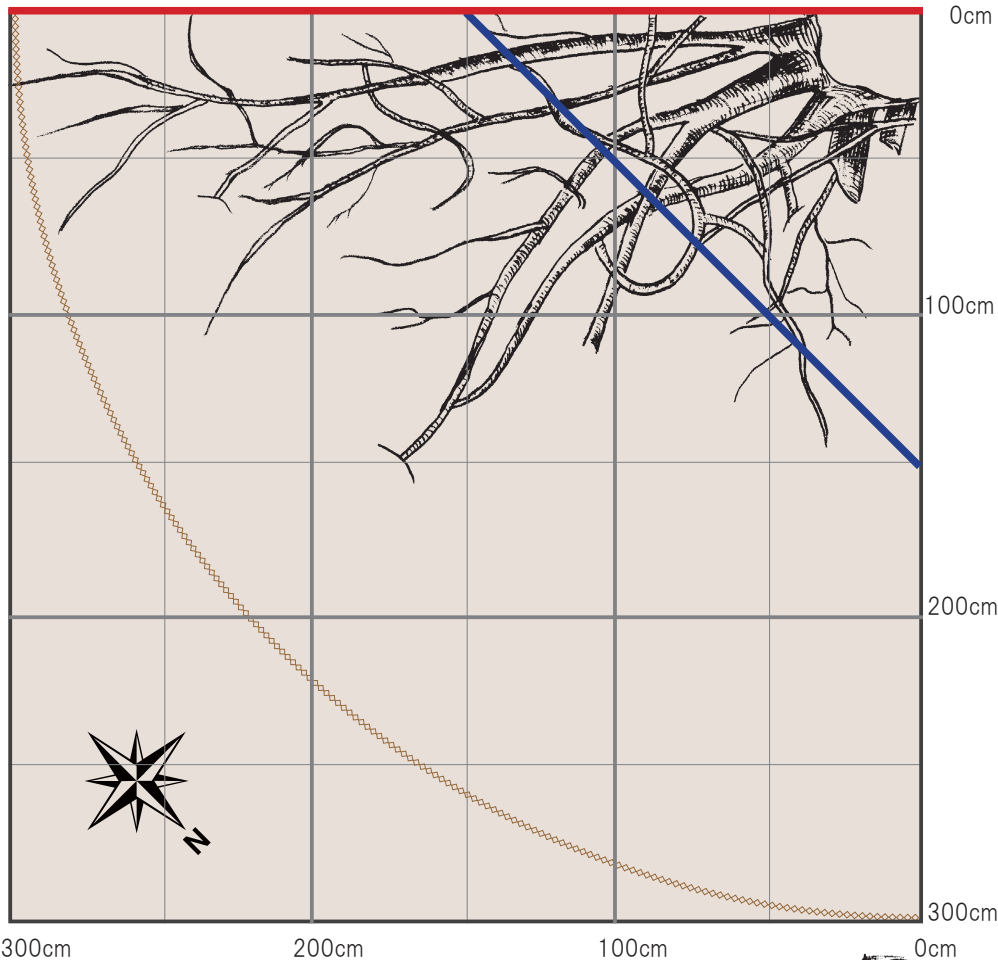


調査範囲位置

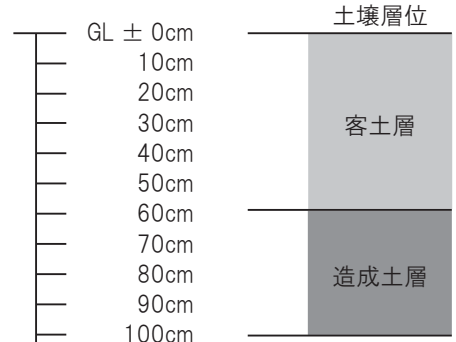
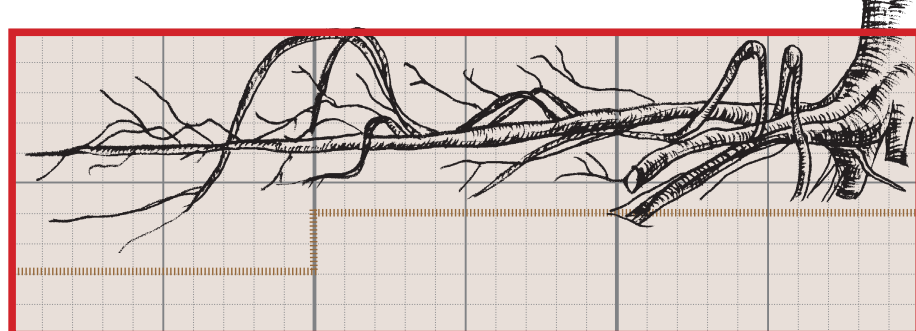
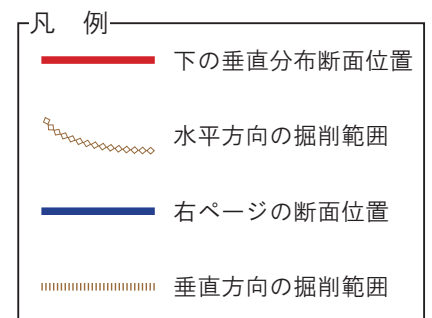


根系伸長状況

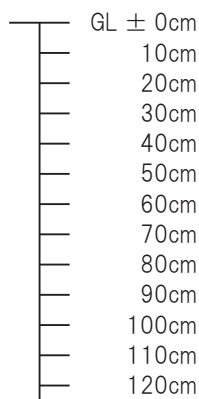
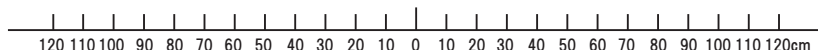
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

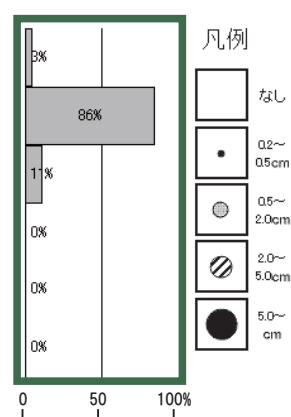
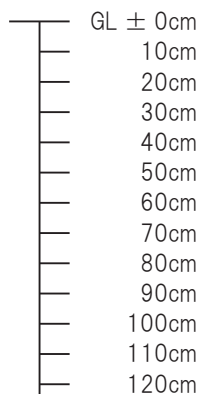
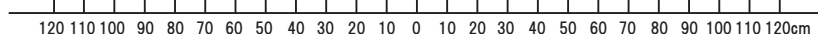
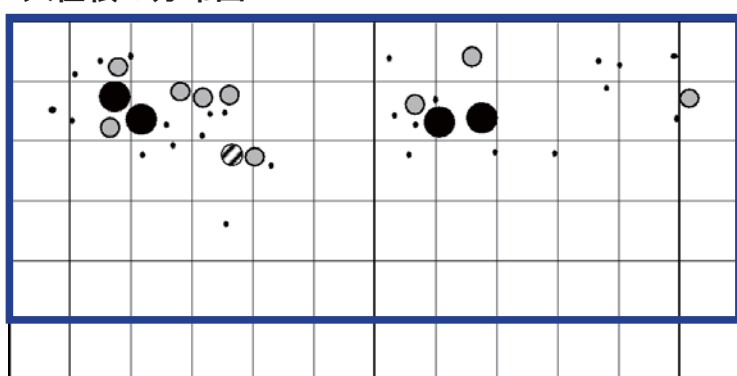


根系分布調査範囲

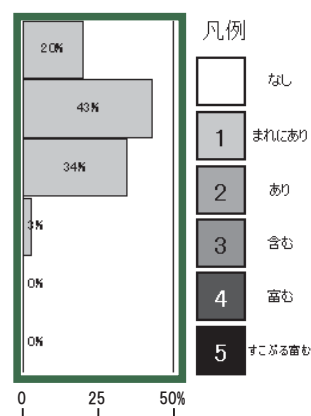
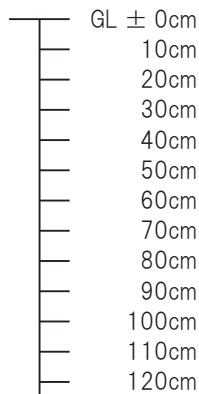
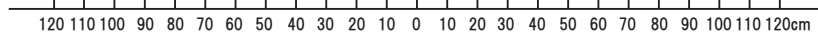
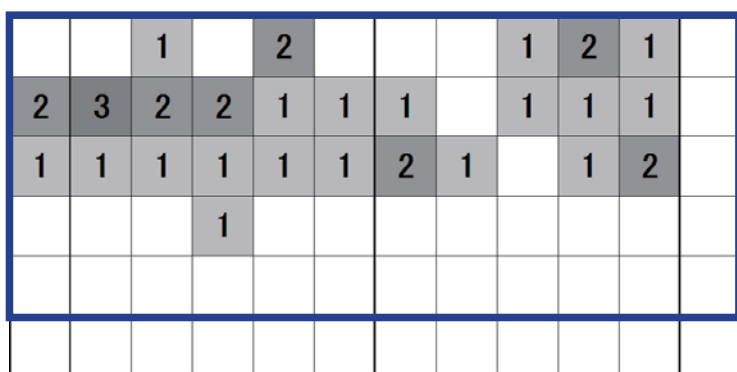
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	深さ 60cm までは良好な 土壌であるが、 それ以深では、 琉球石灰岩が 認められ、根 の分布はほ んど見られ ない。

小～大径根の分布図



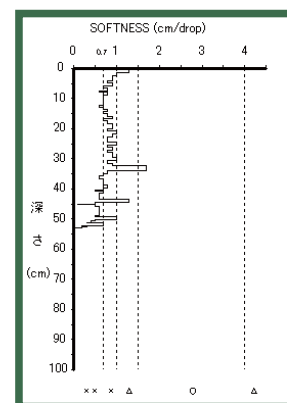
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR5/6	CL	なし	半乾	あり	15 (軟らか)	
AB2	7.5YR4/6	HC	なし	半乾	あり	24 (硬い)	
G	2.5YR5/4 (クチャ) 2.5YR8/3	琉球石灰岩 および 風化破砕物					

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.9×10^{-3}	◎ (良好)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

フクギ (オトギリソウ科フクギ属)

Garcinia subelliptica



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

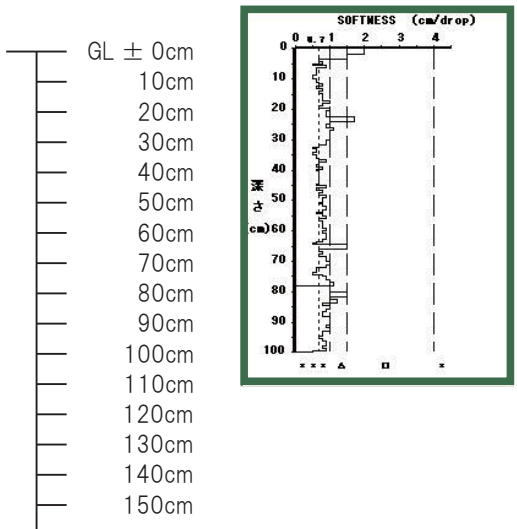
樹 高	4.0m	幹 周	42cm	根 元 周	54cm	推定樹齡	15 年	
枝 張 り	北	1.5m	南	1.2m	西	1.4m	東	1.3m
根 張 り	北	— m	南	2.3m	西	2.0m	東	1.2m
根の深さ	1.4m	有 効 土 層 厚		1.4m	土 壌	国頭マージ系（礫混じり）		
樹木重量	総重量	165kg	地上部（着葉時）		115kg	地下部（一部切断）		50kg
植栽環境	今帰仁村崎山地にある丘陵地の谷部を埋め立てた圃場で、国頭マージ系礫混じり土壌の植栽基盤である。土壌は全体的に締まっているが、生育に問題となるものではない。植栽基盤は 1.4m 程度で、それ以深は造成時に建設機械による転圧を受けたとみられ硬く締まっている。土壌の透水性は良好である。							
根系状況	垂下根は 2 本（通常は 1 本であることが多いが幼苗時に何らかの理由により主根が傷害等を受けてそこから発根したものと思われる）あり、両方ともに同じ太さで深さ 1.4 m までしっかりと発達している。中径の水平根は小さな樹冠幅を超えて伸長している。 地下部の重量は、地上部の 45% 程度である（2 割程度切断）。							

根系写真



土壌調査図

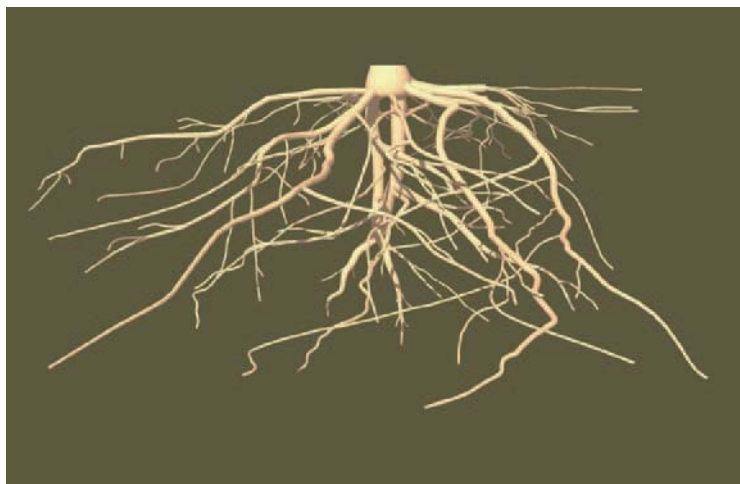
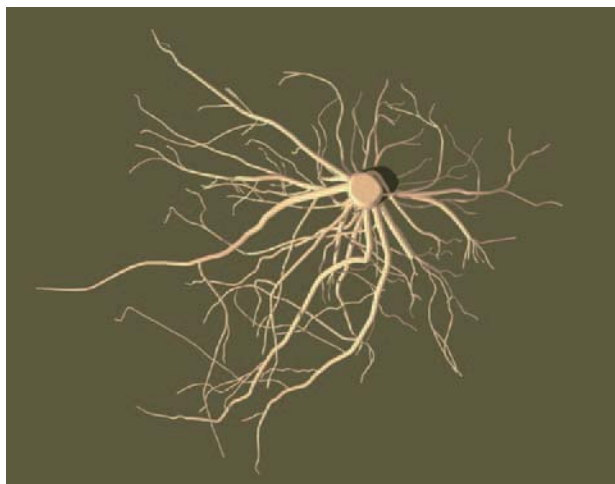
層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB1	25YR4/8	HC 重粘土	なし	半乾	あり	21 (締まった)	擬似表層。根が多く見られる
AB2	25YR4/8	HC 重粘土	なし	半乾	あり	23 (締まった)	擬似表層。根があまり見られない
C	5YR4/6	SC 砂質粘土	なし	半乾	あり	19 (締まった)	緻密であるが部分的に膨軟のため、重機による下層転圧可能性あり。



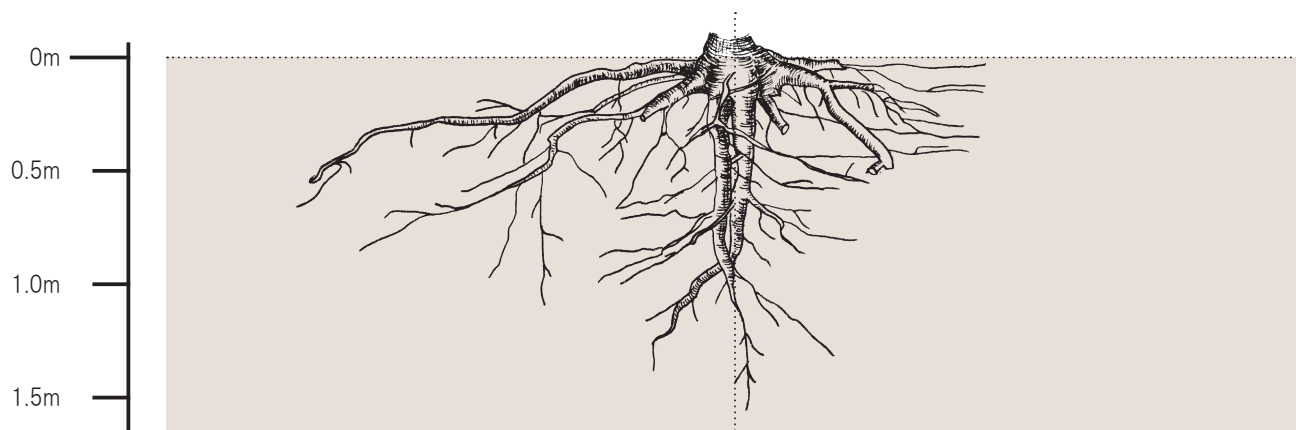
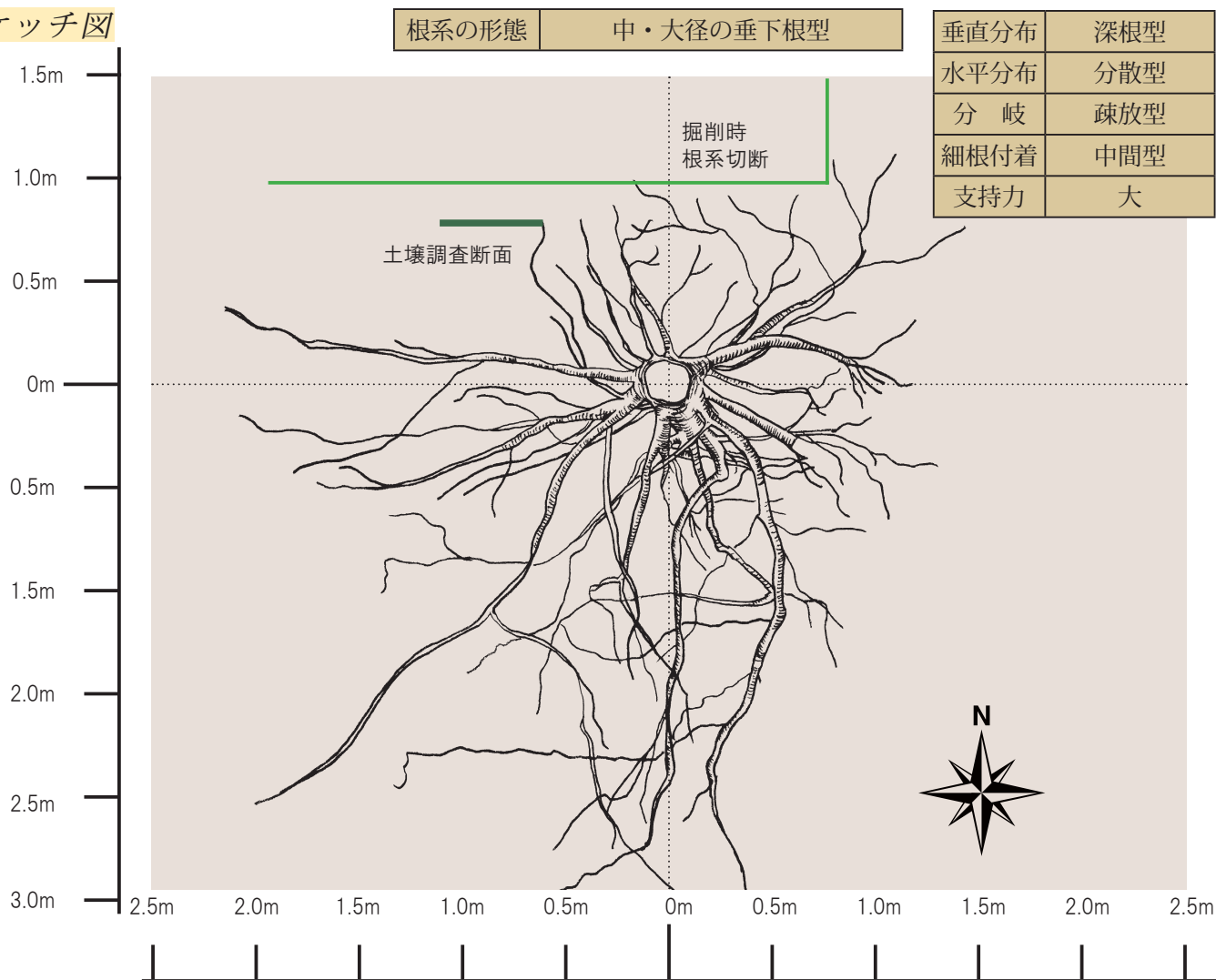
土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.8×10^{-3}	◎ (良好)

土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図



スケッチ図



フクギ (オトギリソウ科フクギ属)

Garcinia subelliptica



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	4.5m	幹 周	69cm	枝 張 り	3.3m	根 元 周	112cm
植栽環境	植栽基盤は 40cm 程度の厚さで国頭マージ系の砂混じり土の客土で造成されている。その下層部には建設時の残土が埋没している。60cm 以深は公園造成時の建設機械による転圧で硬く締まった土壌である。土壌の透水性はやや不良である。						
根系状況	水平調査では、掘削範囲内で根系の分布が多くみられるが、3m 以上に伸長している根は少ない。主根である垂下根が下層の締った土壌にも侵入し深さ 80cm まで達している。断面調査では、小～大径根・細根とも表層に少なく、20cm～60cm に多く集中している。60cm 以深の硬い土壌には分布がほとんどみられない。						

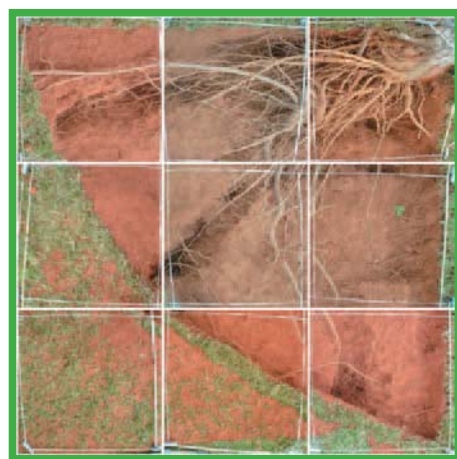
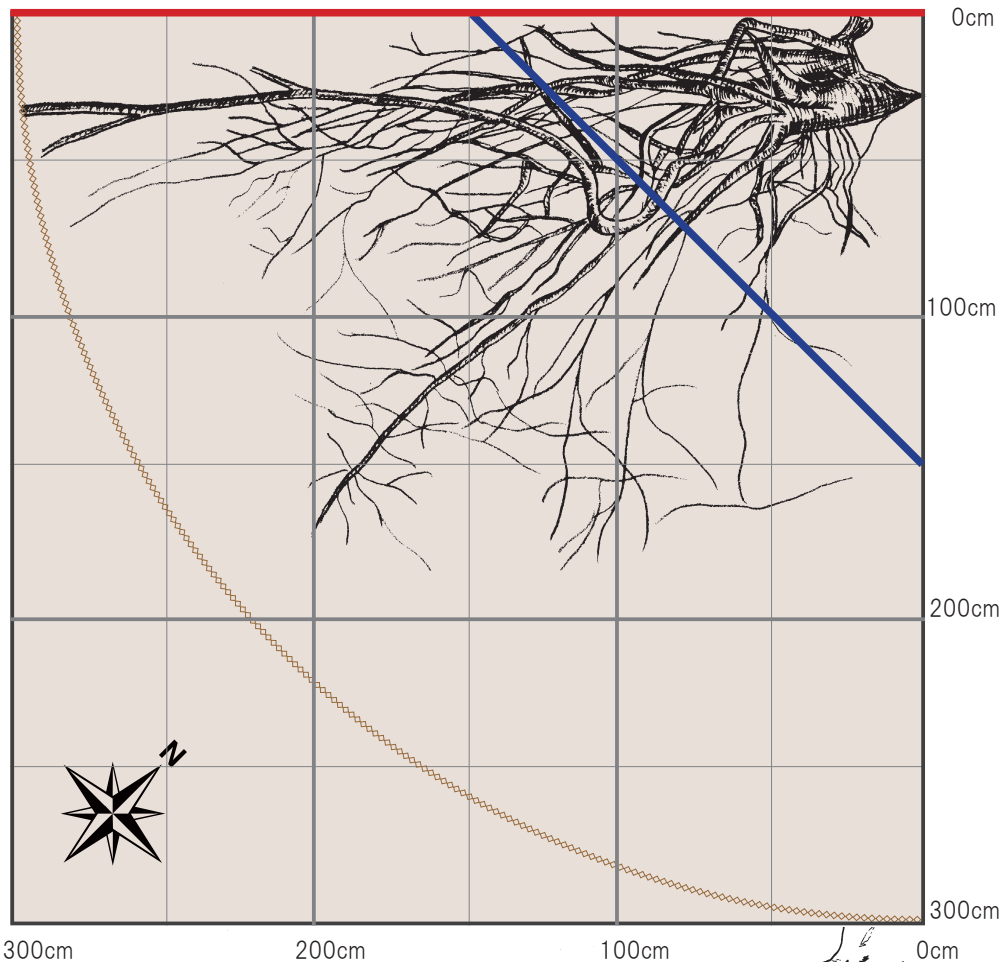


調査範囲位置

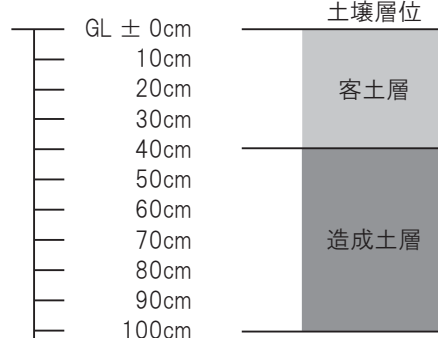
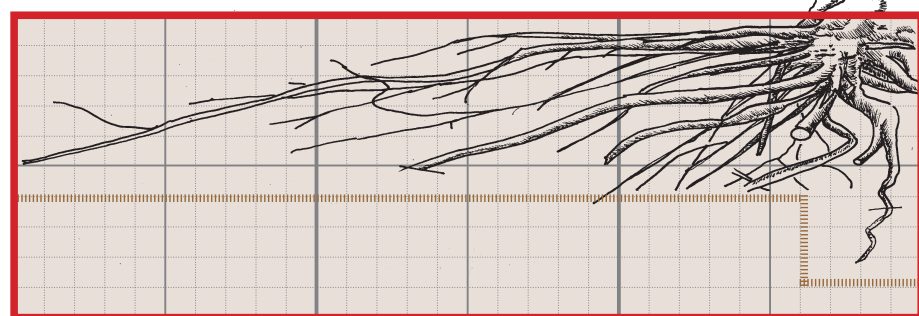
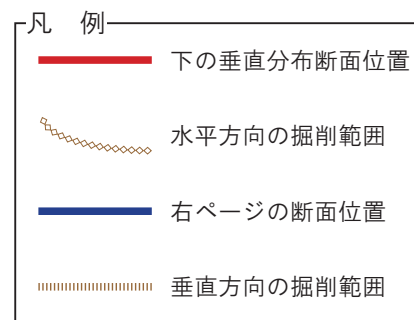


根系伸長状況

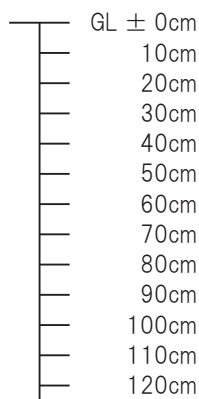
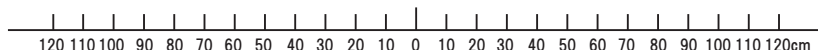
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

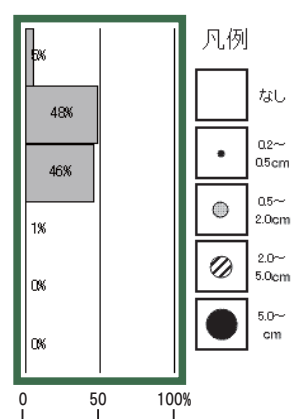
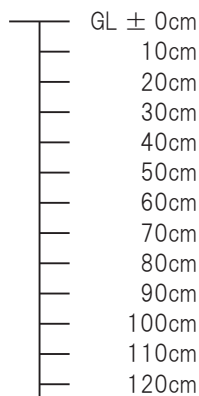
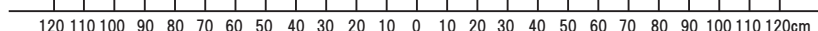
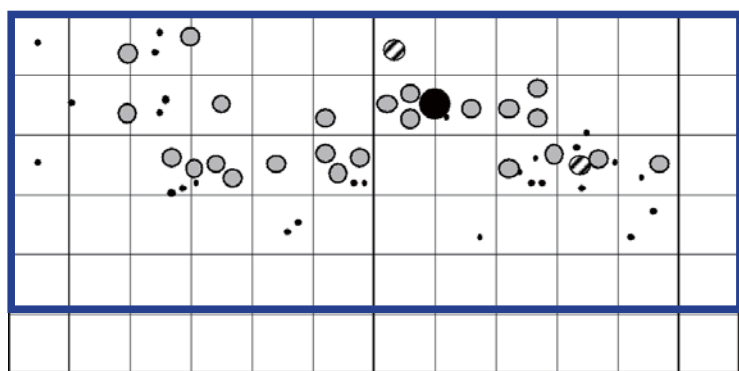


根系分布調査範囲

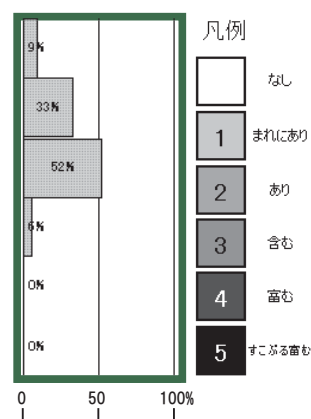
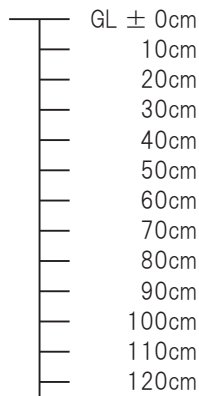
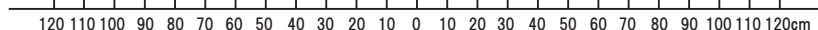
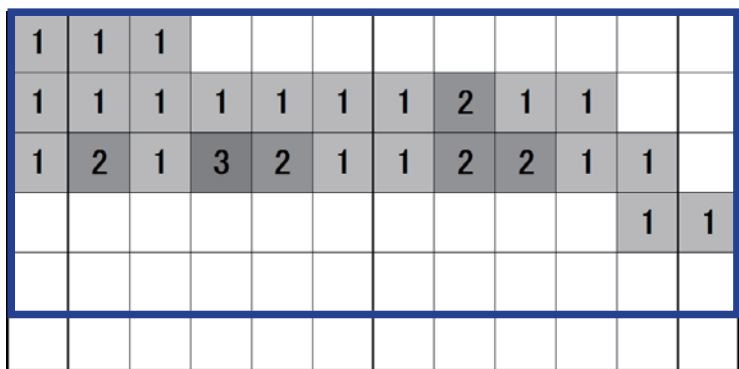
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	60cm 以深では、琉球石灰岩の粗大な礫がみられる。

小～大径根の分布図



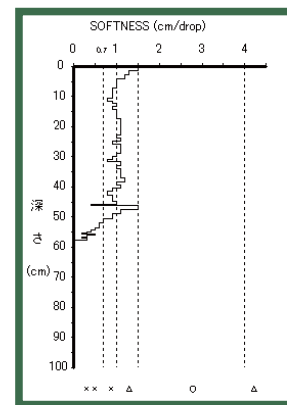
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	2.5YR4/6	LiC	なし	半湿	なし	14 (軟らか)	
AB2	5YR4/6 5YR5/6	HC	壁状	湿	含む	25 (硬い) 28 (固結)	φ100-250礫5%

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-4}	△ (やや不良)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

カンヒザクラ

(バラ科サクラ属)

Prunus campanulata



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	5.5m	幹 周	52cm	根 元 周	63cm	推定樹齡	15 年
枝 張 り	北	3.2m	南	2.5m	西	4.0m	東 1.7m
根 張 り	北	1.5m	南	－ m	西	2.3m	東 1.6m
根の深さ	1.2m	有 効 土 層 厚		0.7m	土 壌 造成土壌(粘質土)		
樹木重量	総重量	120kg	地上部(着葉時)		75kg	地下部(一部切断) 45kg	
植栽環境	今帰仁村諸志地内の傾斜した畑地で、周辺にヤエヤマアオキ(ノニ)が栽培されている。琉球石灰岩の地山の上に畑土を客土して造成されている。表層から深さ70cmまでが客土であるが、50cm以深はS値0.7以下の硬い層になっている。土壌の透水性は良好である。						
根系状況	主根とみられる垂下根は明確ではないが、有効土層70cmを越えて深さ1mまで達している。しかし、表層の50cmまでに根のほとんどが分布している。水平根は広く枝を伸ばした樹冠幅までは達していないが、多数発生している細根は分岐を多く繰り返し、表層土壌をしっかりと緊縛している。 地下部の重量は地上部の60%程度である(2割程度切断)。						

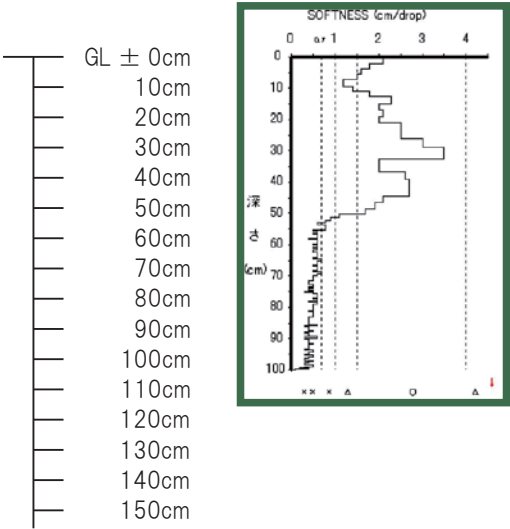
根系写真



土壌調査図

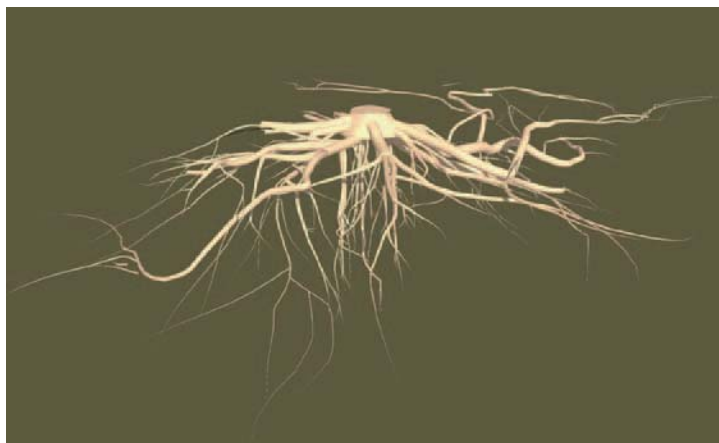
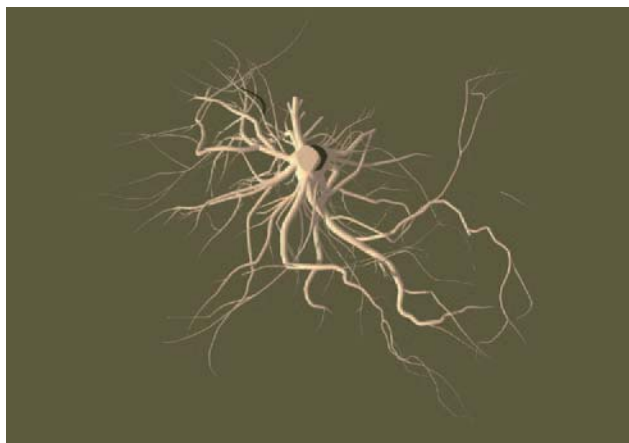
層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
A	7.5YR4/6	LiC	なし	潤	あり	25(硬い)	pHが7.2、ECが0.05dS・m ⁻¹ である
A2						20 (締まった)	pHが6.8、ECが0.05dS・m ⁻¹ である

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3 × 10 ⁻³	◎ (良好)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図



根系の形態 中・大径の水平根型

垂直分布 中間型

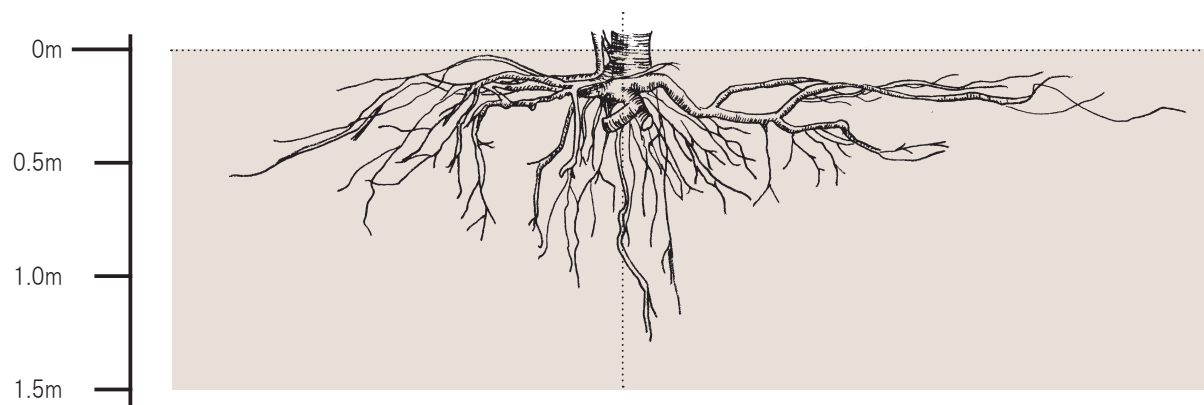
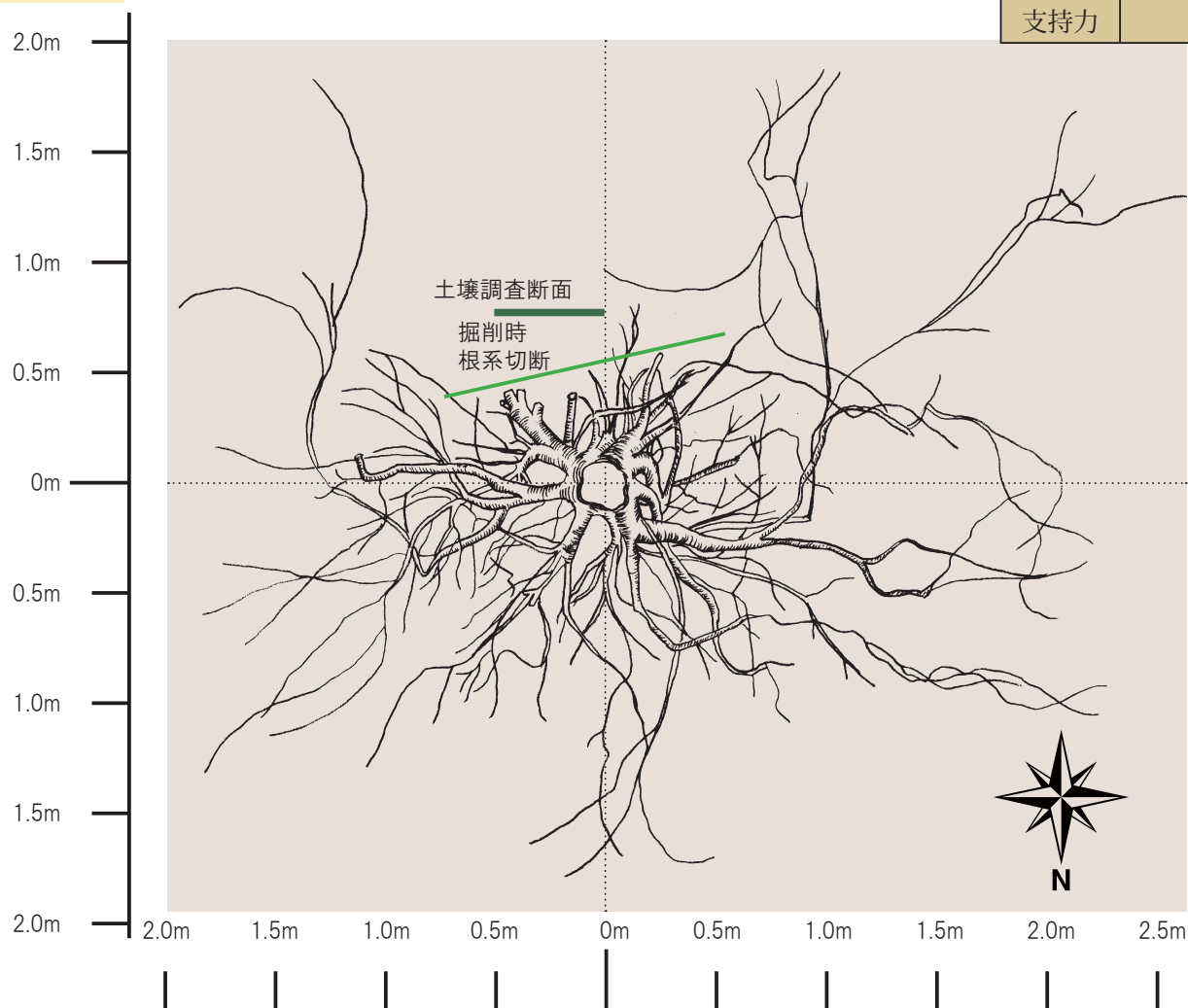
分岐 多岐型

水平分布 分散型

細根付着 密生型

支持力 中

スケッチ図



カンヒザクラ (バラ科サクラ属)

Prunus campanulata

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	4.5m	幹 周	70cm	枝 張 り	5.7m	根 元 周	107cm
-----	------	-----	------	-------	------	-------	-------

植栽環境	園路横に植栽されており、植栽基盤は 20cm 程度の薄い客土である。その下層は公園造成時の土壌であるが、深さ 70cm 程度までは生育に問題はない。さらに、その下層は固結している。土壌の透水性は良好である。管路の埋設等で根系が切断されている形跡がある。
------	--

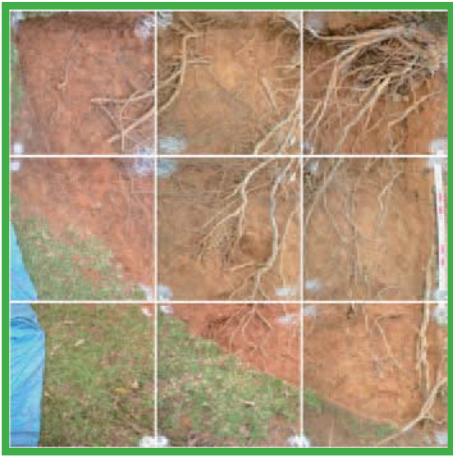
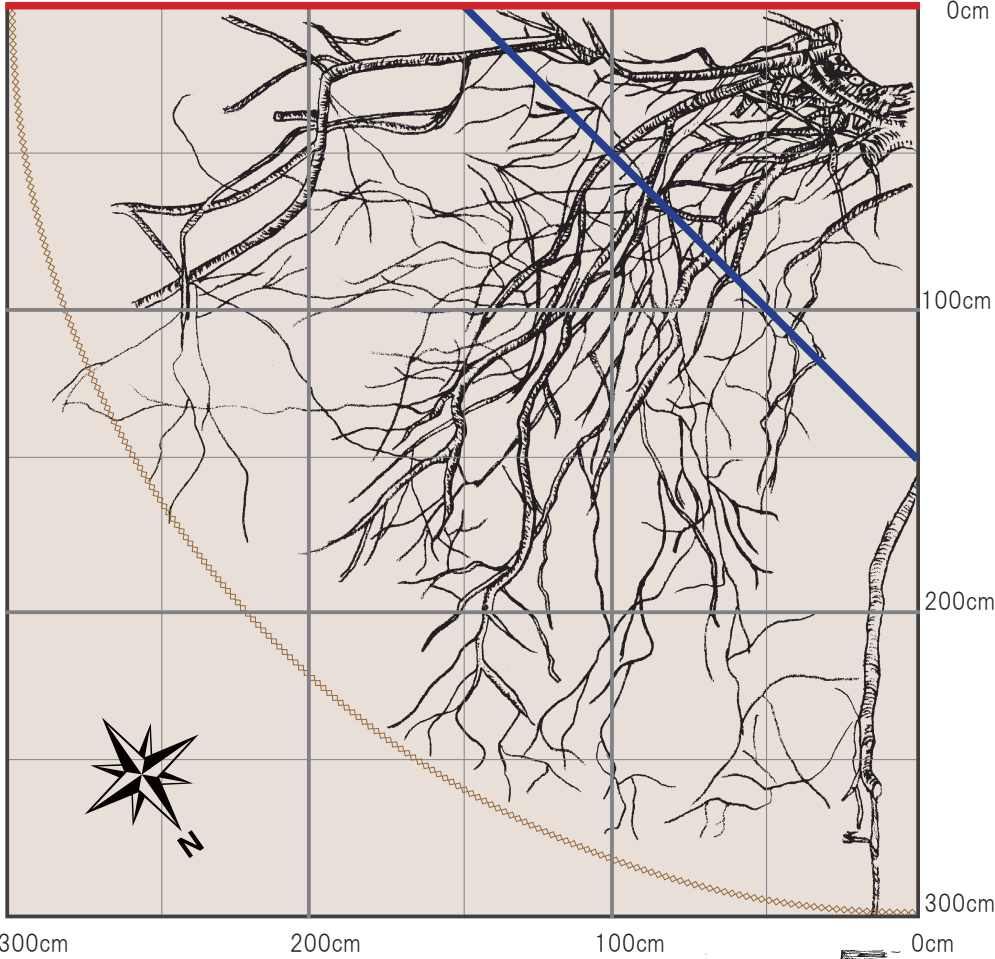
根系状況	水平調査では、東側の表層に中径根の分布が多くみられ、さらに 3m 以上伸長している。断面調査では、小～中径根は深さ 20～40cm に 49% と最も多く集中し、次に 0～20cm に 30% が分布している。細根は深さ 0～20cm に 33%、20～40cm に 31%、40～60cm に 21%、60～80cm に 10% と徐々に減少するが、120cm までもわずかに分布している。
------	--



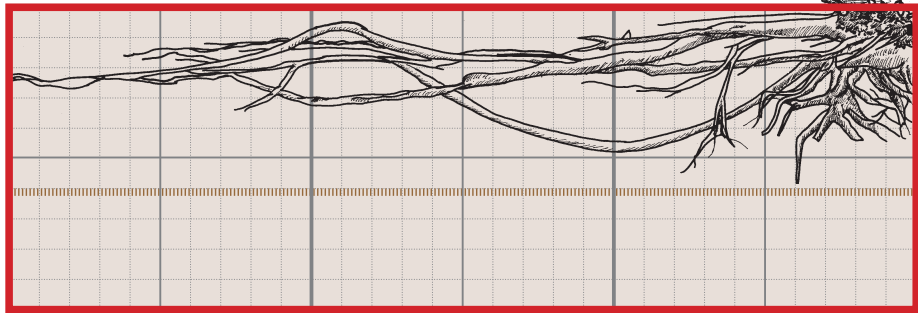
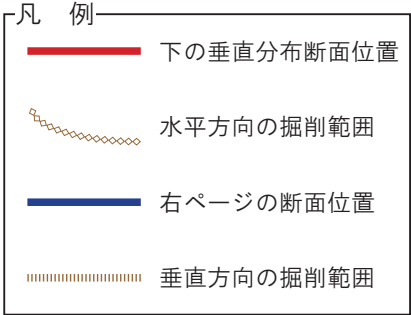
調査範囲位置

根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



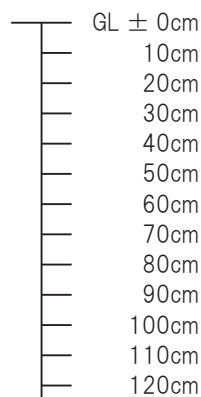
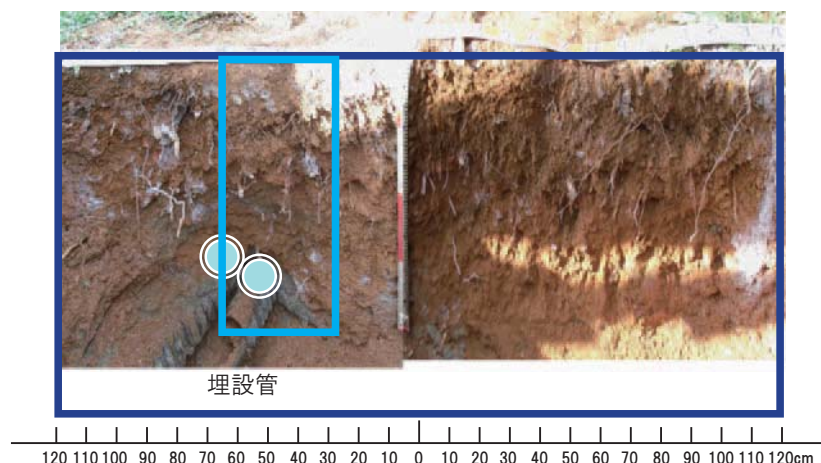
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm

土壌層位

客土層

造成土層

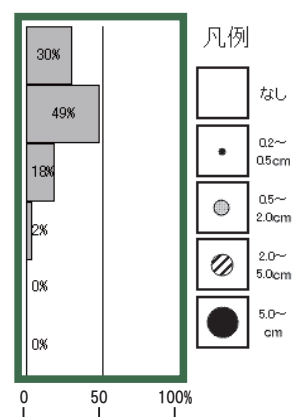
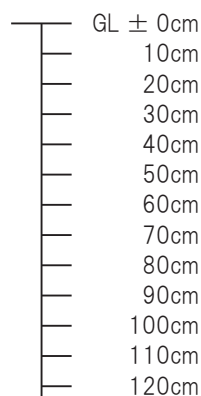
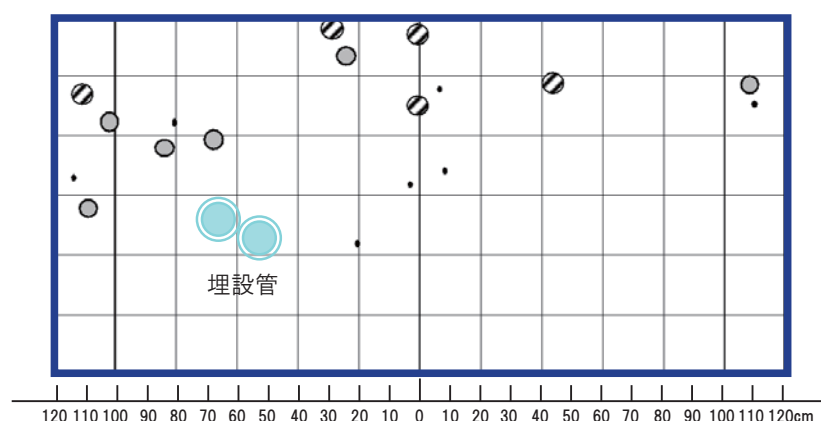
土壌断面・根系分布写真



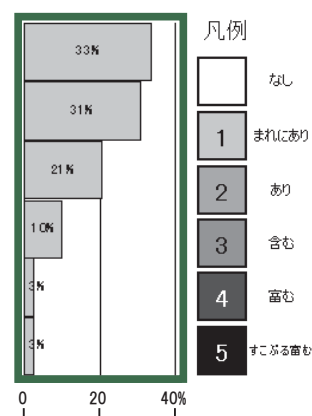
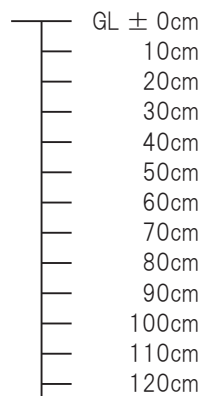
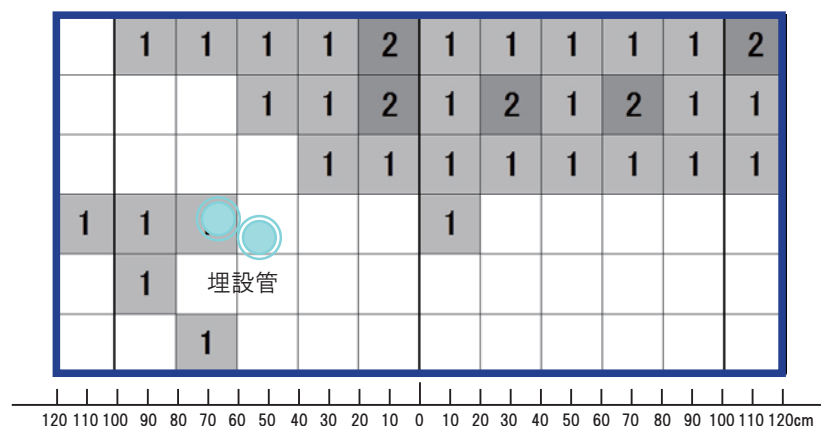
根系分布調査範囲
土壌断面調査範囲

掘削深 120cm
備考 埋設管(φ150mm×2)の周辺は、砕石が充填されて深く掘削することができた。その周辺の深層まで根が伸びていた。

小～大径根の分布図

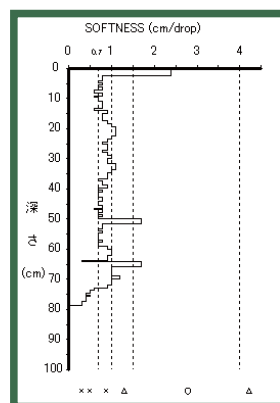


細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR4/6	Lic	なし	半乾	あり	13 (柔らか)	
AB2	5YR5/6	HC	なし	湿	あり	20 (締まった)	
G	-	S.G	なし	半乾	富む	30 (固結)	埋設管(φ150) 周囲砕石充填



土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
$>8.3 \times 10^{-3}$	◎ (良好)

土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

デイゴ (マメ科デイゴ属)

Erythrina variegata



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	5.5m	幹 周	52cm	根 元 周	62cm	推定樹齡	7 年	
枝 張 り	北	2.5m	南	2.5m	西	2.5m	東	2.5m
根 張 り	北	1.6m	南	－ m	西	1.8m	東	3.5m
根の深さ	1.5m	有 効 土 層 厚		0.8m	土 壌	国頭マージ系（礫質土）		
樹木重量	総重量	132kg	地上部（着葉時）		91kg	地下部		41kg
植栽環境	今帰仁村今泊地先の宅地に隣接して造成された礫質土の圃場であるが、深さ 50cm 程度の層に 30cm 程度の厚さで建築廃材が埋設されている。表層から 50cm 程度までの土壌硬度は良好であるが、それ以深は建設廃材の層と硬い層となっている。土壌の透水性は良好である。							
根系状況	主根となる垂下根は明確ではないが、太い斜出根が深さ 80cm 程度まで複数発達している。それ以深にも中・細根が伸びている。水平根の基部は根元部で隆起している。水平根は太い部分が根元周辺に多く分布しているものの、中径の根はあまり分岐をせずに、枝張りと同じ程度まで長く伸長している。 地下部重量は、地上部の 45% 程度である。							

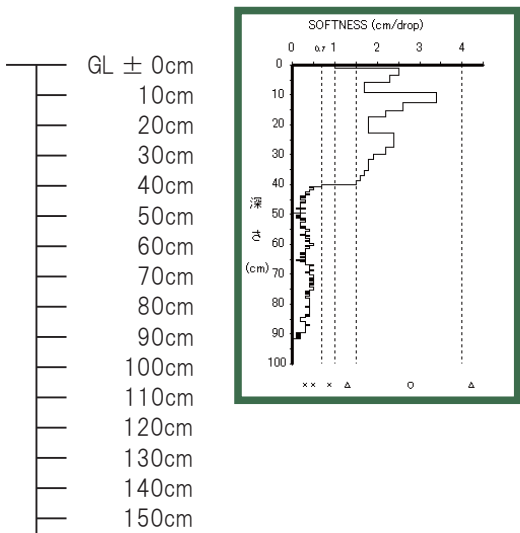
根系写真



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB1	5YR4/4	SL	なし	半乾	なし	22 (締まった)	pH 4.8 EC0.03dS/m
AB2	5YR4/6	C	なし	半乾	含む	18 (軟らか)	pH 5.4 EC0.06dS/m 建材廃棄物含む
B	7.5YR4/6	SCL	壁状	半湿	あり	27 (硬い)	地山

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
$>8.3 \times 10^{-3}$	◎ (良好)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図

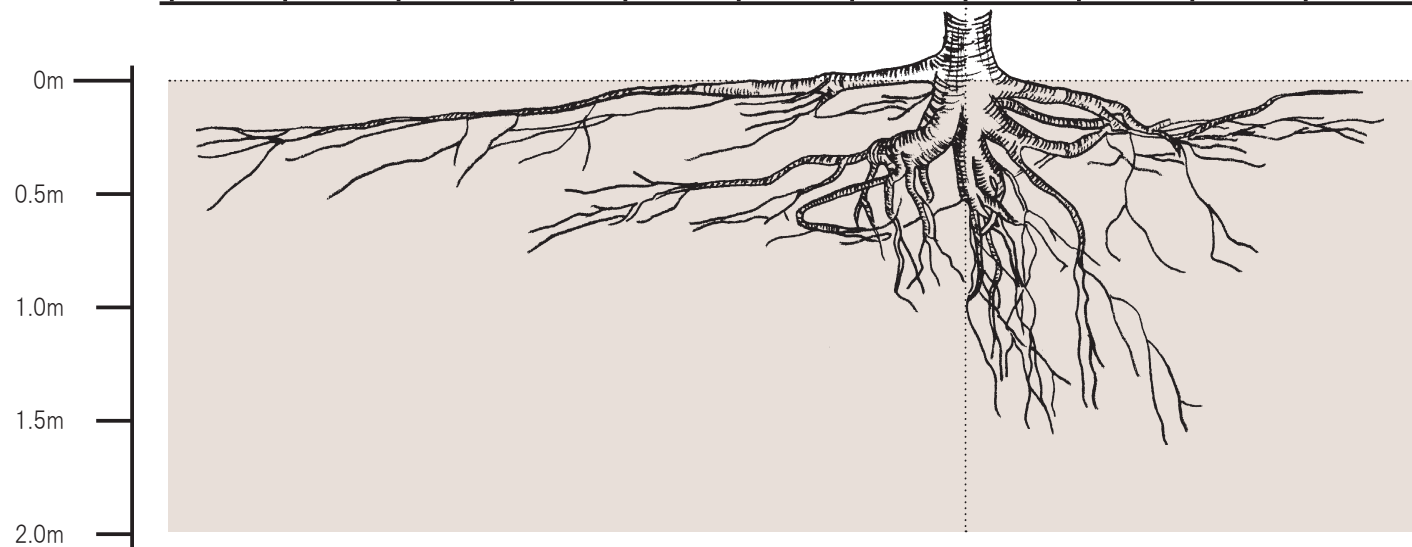
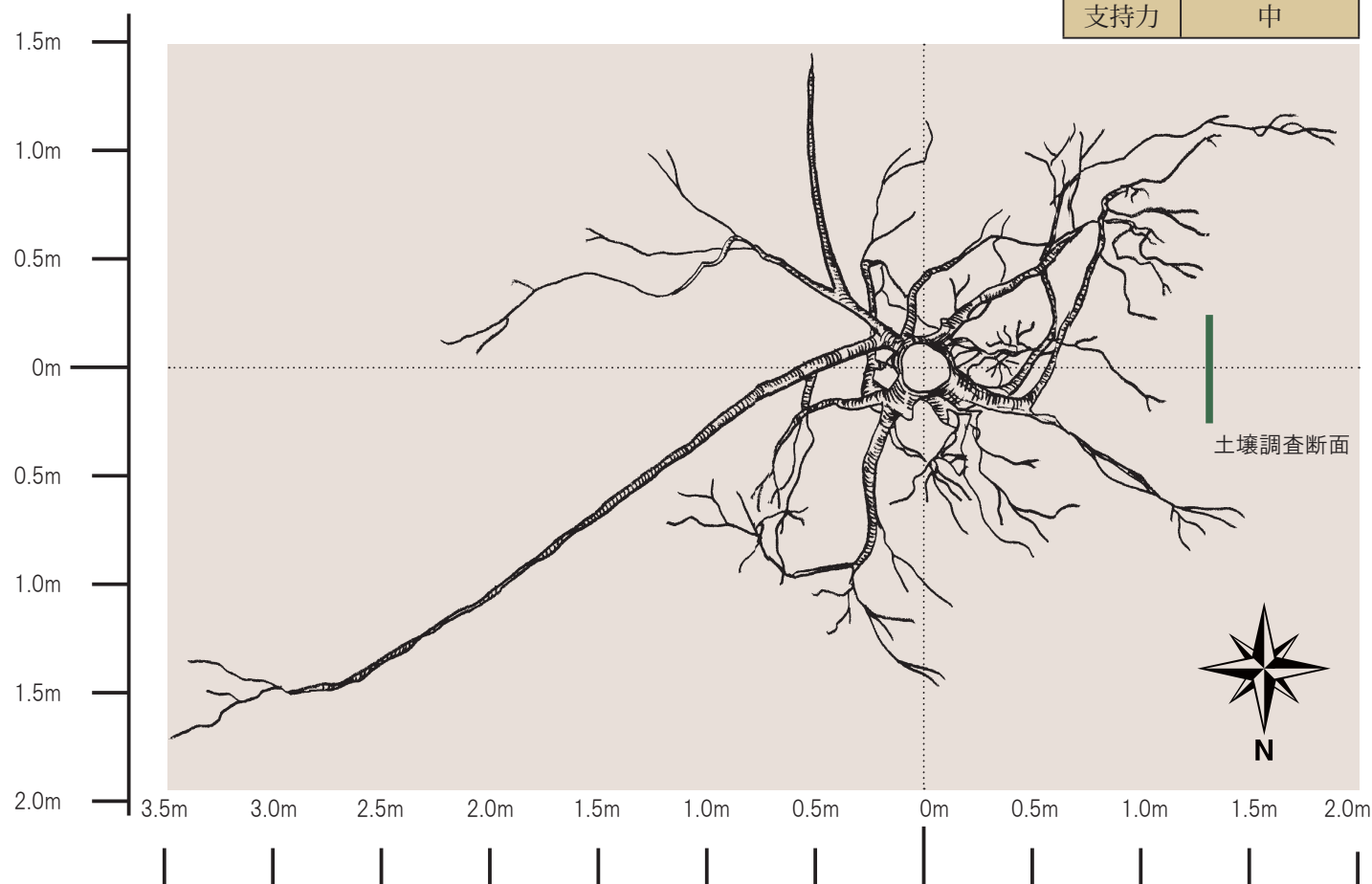


根系の形態	中・大径の水平根・斜出根型
-------	---------------

垂直分布	中間型
水平分布	集中型

分岐	疎放型
細根付着	疎生型
支持力	中

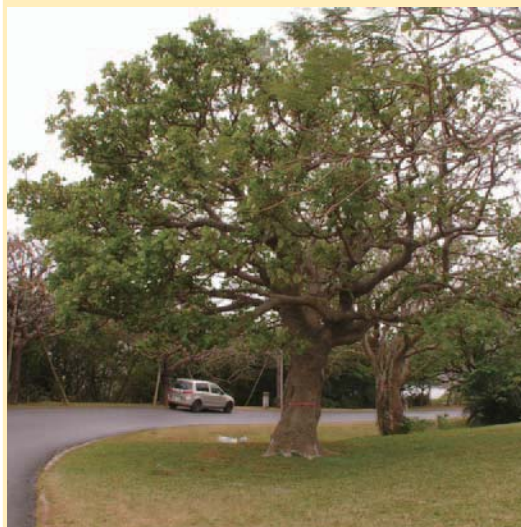
スケッチ図



デイゴ (マメ科デイゴ属)

Erythrina variegata

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)



樹 高	7.5m	幹 周	231cm	枝 張 り	11.8m	根 元 周	324cm
植栽環境	植栽基盤は深さ 80cm まで国頭マージ系の砂混じり土壌の客土で造成されている。園路横の少し凹んだ場所に植栽されている。土壌の透水性は不良である。						
根系状況	水平調査では、根元から大径根が斜出して伸長し、表層にも部分的に 3m 以上の大径根の伸長がみられる。根元から斜出した大径根は良好に発達していて、60cm 以深にも伸長していることが推察される。断面調査では、小～大径根は深さ 0～20cm に 64% が集中しているが、細根は深さ 0～40cm に 30% 程度ずつ、40～80cm に 15% 程度ずつ、80～100cm の深い層にも 5% が分布している。						

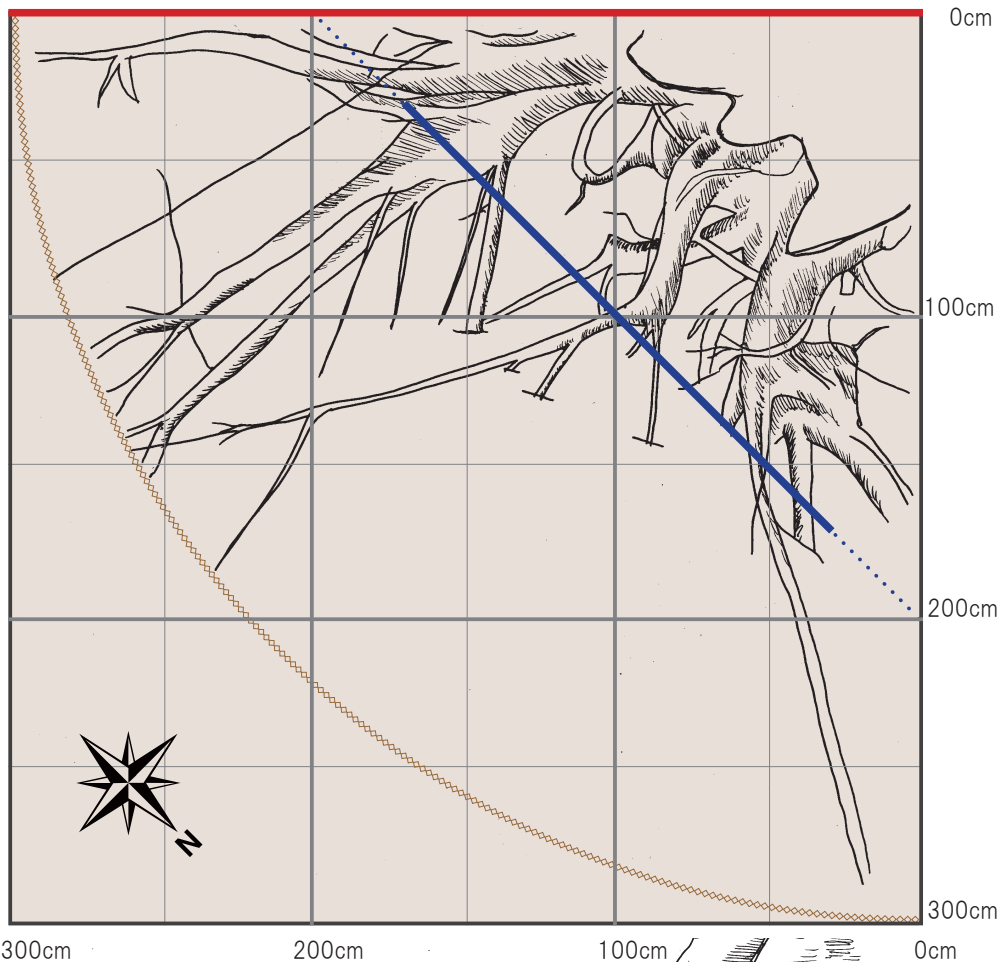


調査範囲位置

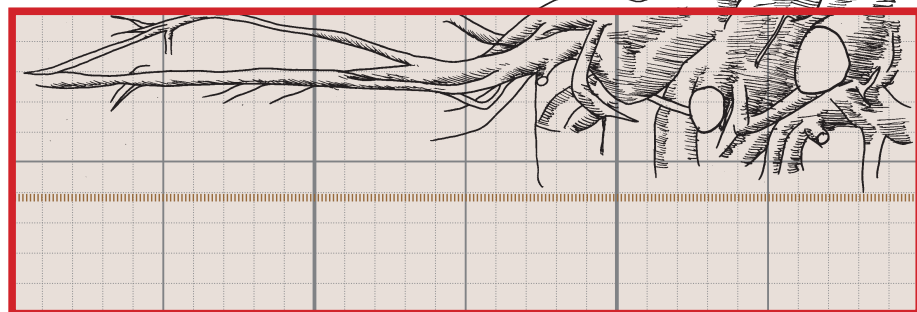
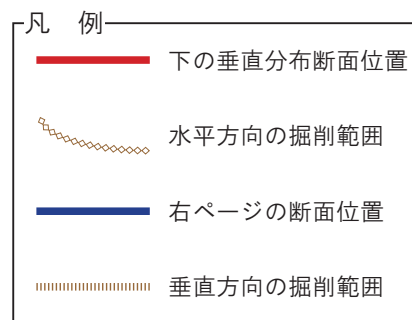


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



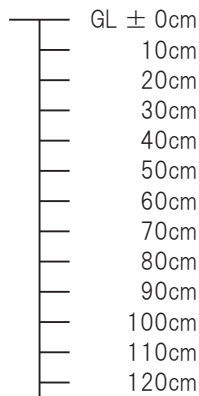
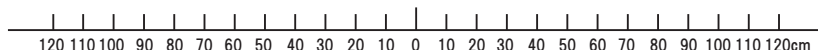
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm

土壌層位

客土層

造成土層

土壌断面・根系分布写真

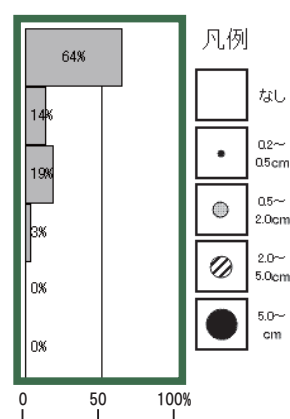
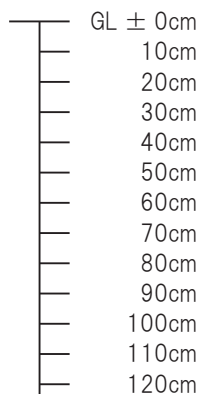
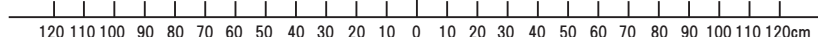
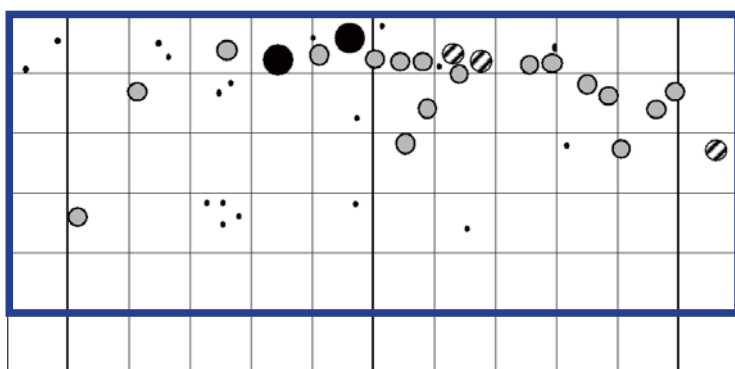


根系分布調査範囲

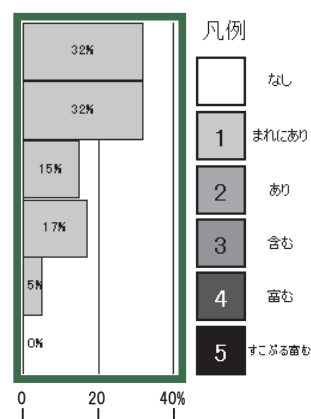
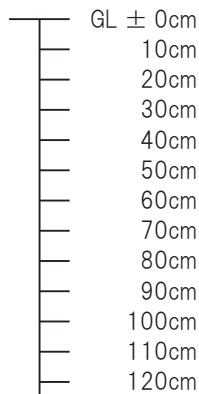
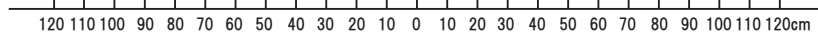
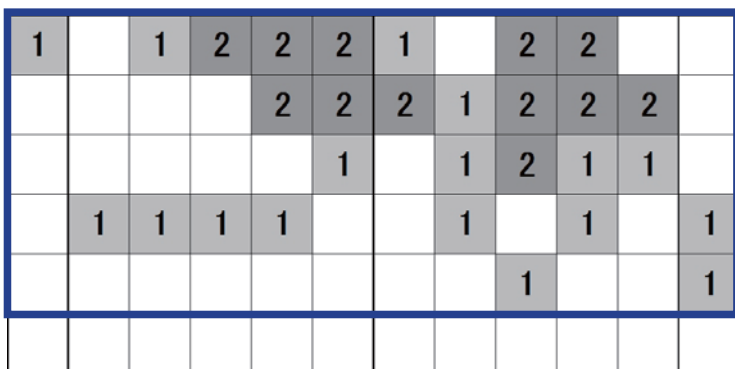
土壌断面調査範囲

掘削深	110cm
備考	客土層が80cmと厚く、60cm以深には礫の混入がみられるが、深い層まで根系が分布している。

小～大径根の分布図



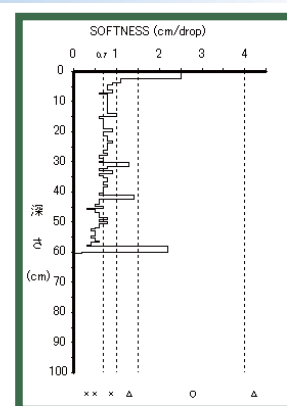
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR4/6	SC	なし	半乾	なし	18 (軟らか)	
AB2	7.5YR5/6 5YR4/6	HC	壁状	湿	あり	20 (締まった)	
AB3	5YR5/8	HC	壁状	湿	含む	24 (硬い)	φ150-250角礫多数

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
1.6×10^{-4}	× (不良)



土壌貫入計 (長谷川式) S値グラフ (cm/drop)

ホウオウボク (マメ科ホウオウボク属)

Delonix regia



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	4.7m	幹 周	46cm	根 元 周	63cm	推定樹齡	8 年	
枝 張 り	北	1.8m	南	2.5m	西	2.9m	東	2.7m
根 張 り	北	1.3m	南	1.3m	西	1.6m	東	－ m
根の深さ	1.0m	有 効 土 層 厚		0.7m	土 壌	国頭マージ系土壌		
樹木重量	総重量	110kg	地上部（着葉時）		70kg	地下部（一部切断）		40kg
植栽環境	今帰仁村与那嶺地の丘陵地端部にある圃場で、琉球石灰岩を母体とした国頭マージ系土壌の植栽基盤である。表層 10cm 程度までは軟らかい土壌であるが、10～40cm の層は硬くなっている。その下層は問題なく、植栽基盤は 70cm 程度である。土壌の透水性は良好である。							
根系状況	主根である垂下根は、深さ 1m 程度まで達している。水平根は樹冠の幅までは到達しないものの、しっかりと根張りを形成している。一部に切断された大径根があるが、そこから細根が多く発生して伸長している。 地下部の重量は、地上部の 60% 程度である（1 割程度切断）。							

根系写真

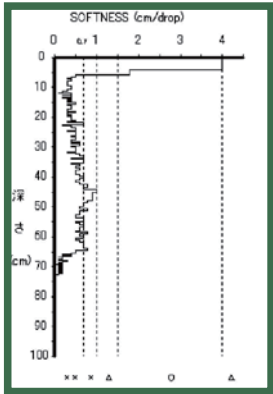


土壌調査図

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		28 (固結)	pHが4.9、ECが0.02dS・m ⁻¹ である
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)					

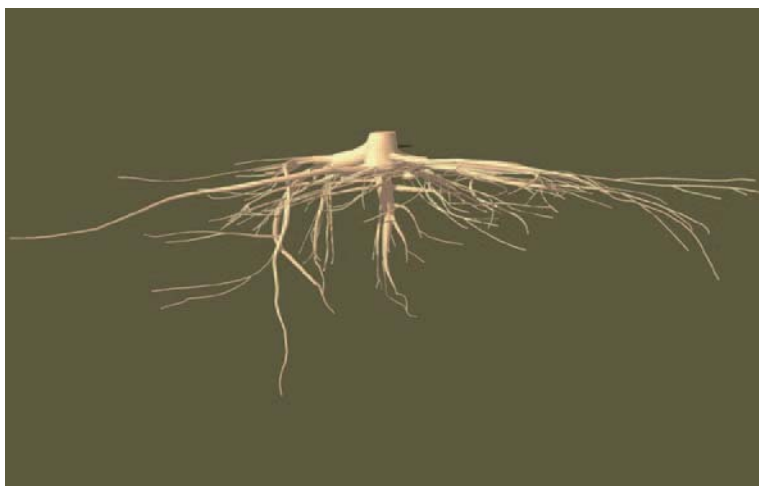
土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3 × 10 ⁻³	◎ (良好)

GL ± 0cm
 10cm
 20cm
 30cm
 40cm
 50cm
 60cm
 70cm
 80cm
 90cm
 100cm
 110cm
 120cm
 130cm
 140cm
 150cm
 160cm



土壌貫入計 (長谷川式)
 S 値グラフ (cm/drop)

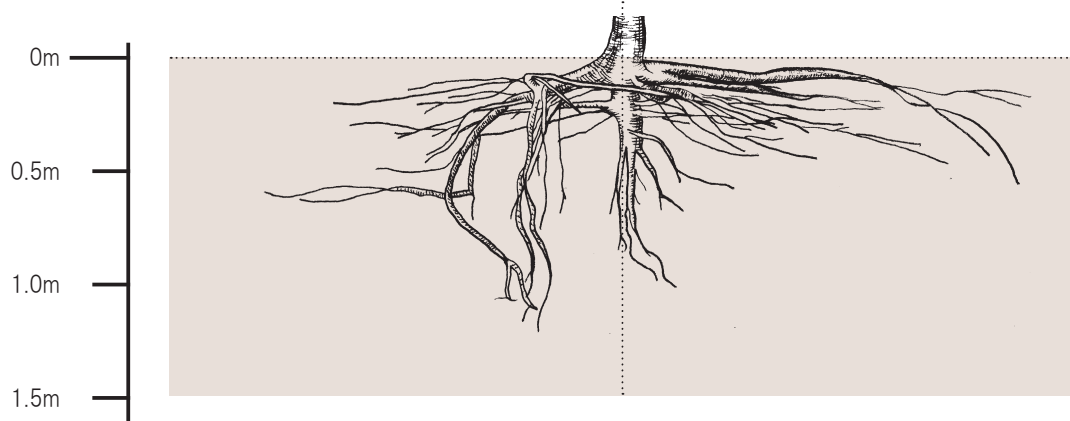
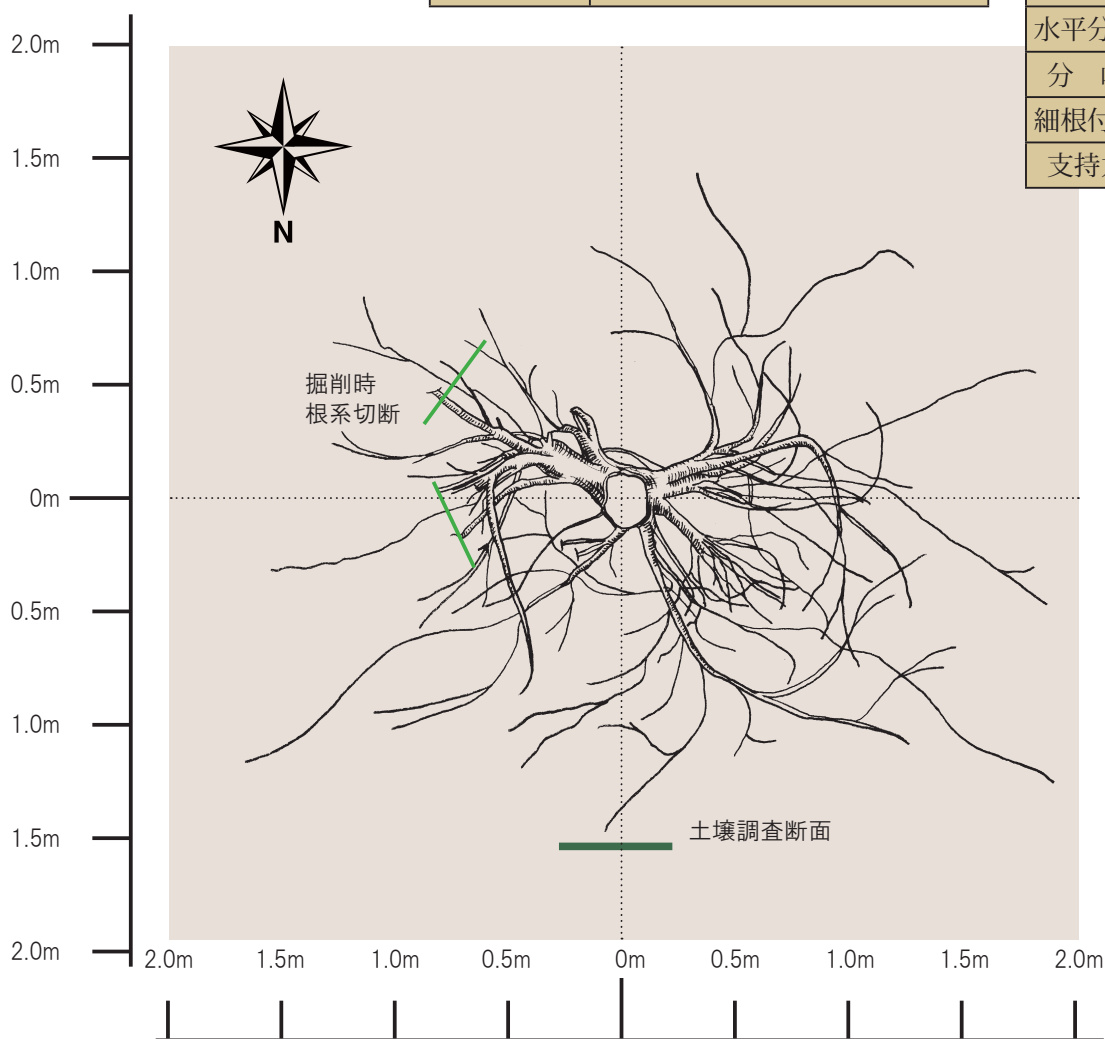
立体図



スケッチ図

根系の形態 中・大径の水平根・垂下根型

垂直分布	中間型
水平分布	分散型
分岐	多岐型
細根付着	中間型
支持力	大



ホウオウボク (マメ科ホウオウボク属)

Delonix regia



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	6.5m	幹 周	116cm	枝 張 り	7.7m	根 元 周	123cm
植栽環境	植栽基盤は 40cm 程度の客土層の下に公園造成時の盛土となっている。深さ 60cm 以深は硬い土壌層となる。土壌の透水性はやや不良である。						
根系状況	水平調査では、表層の 3 m 範囲にまばらに中径根の分布がみられ、さらに伸長している。断面調査では、小～中径根は深さ 20 ～ 40cm に 53%、40 ～ 60cm に 41% が集中しており、それ以深ではみられない。細根は深さ 20 ～ 40cm に 49%、0 ～ 20cm に 28 %、40 ～ 60cm に 21% が分布している。						

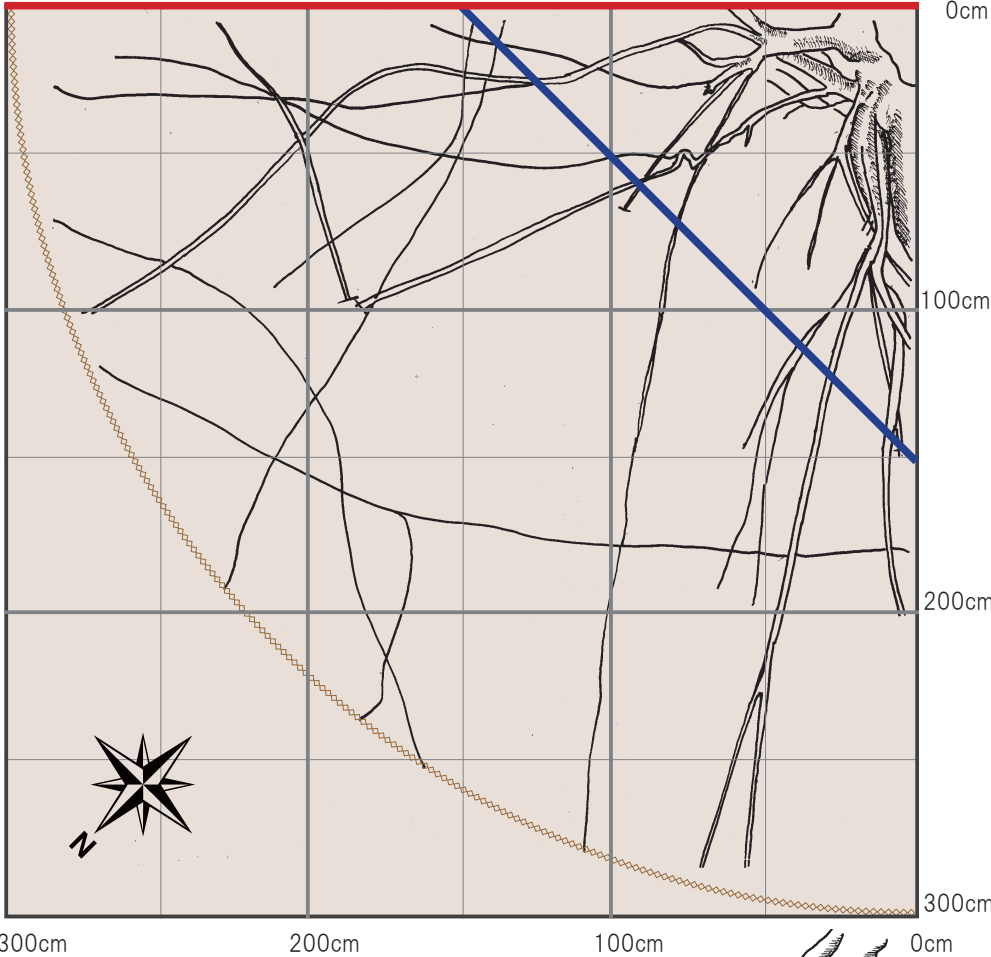


調査範囲位置

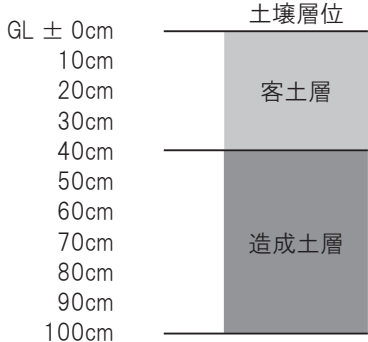
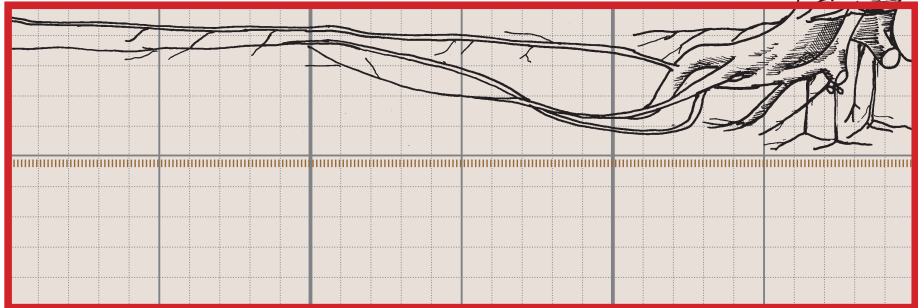
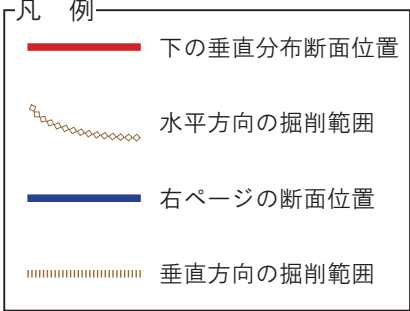


根系伸長状況

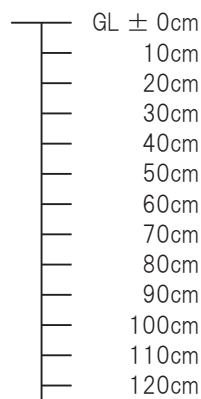
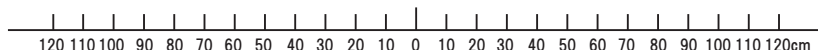
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

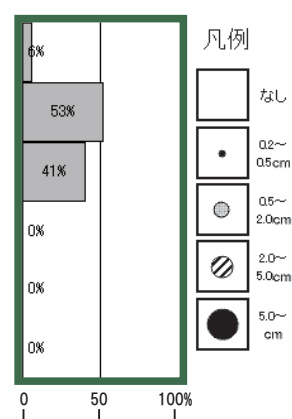
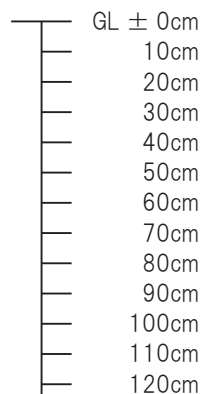
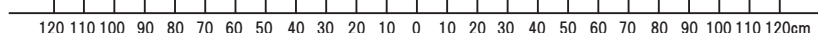
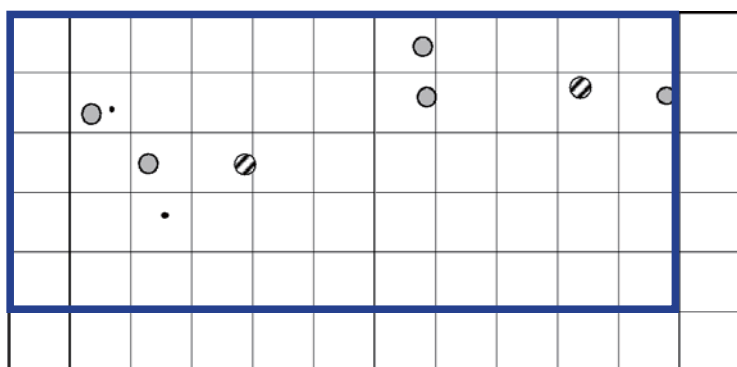


根系分布調査範囲

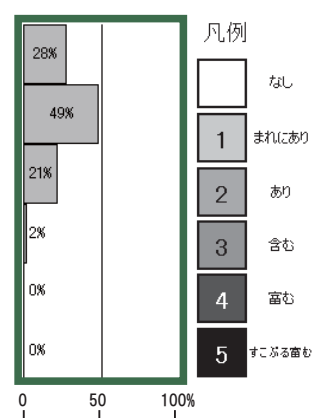
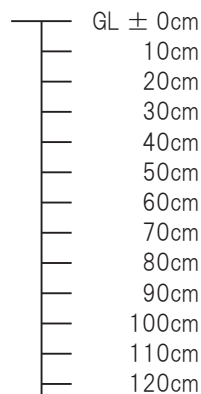
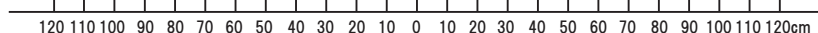
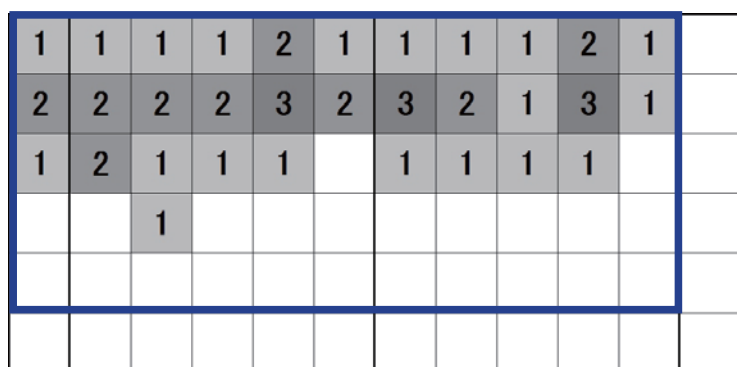
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	深さ 60cm 以深には硬い 土壌層がある。

小～大径根の分布図



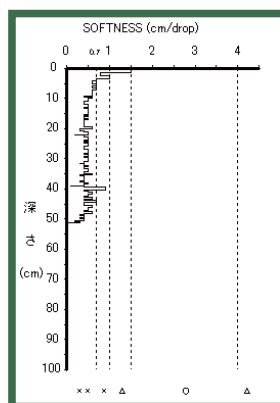
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR5/6	CL	なし	湿	あり	14 (軟らかい)	
AB2	5YR5/6	LiC	なし	湿	あり	20 (締まった)	
AB3	7.5YR4/6	CL	なし	湿	含む	25 (硬い)	

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-4}	△ (やや不良)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

アカギ (トウダイグサ科アカギ属)

Bischofia javanica



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

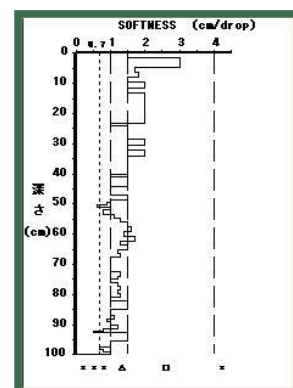
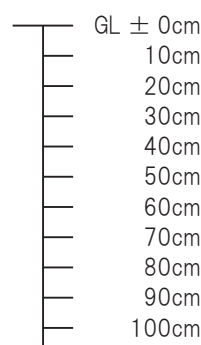
樹 高	3.7m		幹 周	33cm		根 元 周	42cm		推定樹齡	5 年	
枝 張 り	北	1.7m		南	1.0m		西	1.5m		東	0.6m
根 張 り	北	2.3m		南	1.6m		西	－ m		東	2.7m
根の深さ	1.3m		有 効 土 層 厚		1.3m		土 壌		国頭マージ系土壌		
樹木重量	総重量		60kg		地上部（着葉時）		50kg		地下部（一部切断）		10kg
植栽環境	今帰仁村那嶺地内の丘陵地端部にある圃場で、琉球石灰岩を母材とした地山を畑土で改良した国頭マージ系土壌の植栽基盤である。深さ 50cm までは軟らかい層で、その下層は深さ 90cm まで礫が混入しているが生育上の問題はない。土壌の透水性は生育に問題ない。										
根系状況	中径の垂下根及び水平根が発達しているが、主根とみられる垂下根は、深さ 60cm 以深にある琉球石灰岩を避けるように湾曲しながら、深さ 1.3m まで伸長している。西側に伸びている水平根は、隣接木がある関係で切断したが、全体的に地上部の樹冠範囲を超えて良好に伸長している。 地下部の根系重量は、地上部の 20% 程度である（3 割程度切断）。										

根系写真



土壌調査図

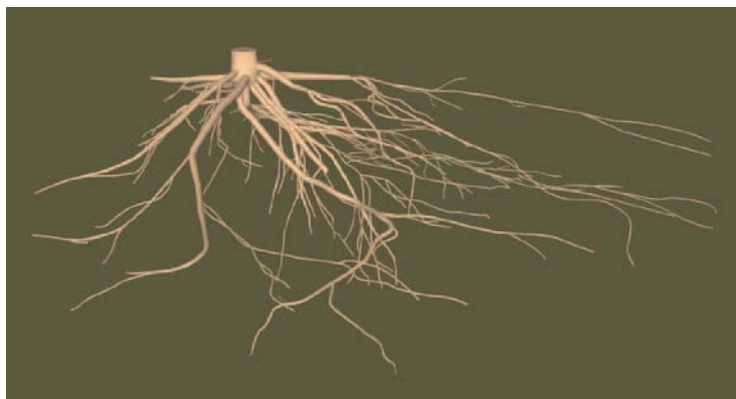
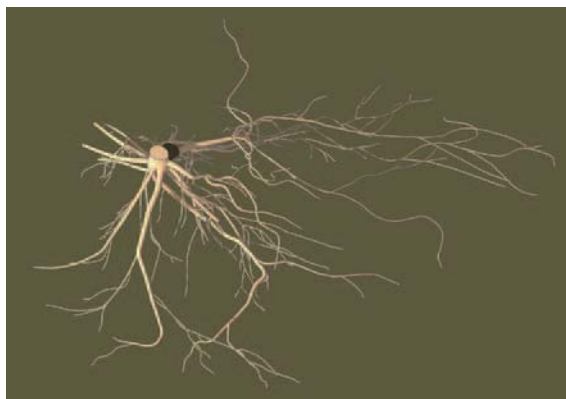
層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	2.5YR 4/8	HC 重粘土	なし	湿	なし	18 (締まった)	畑土のため疑似表層の扱い
B	2.5YR 4/8	HC 重粘土	なし	湿	あり	24 (硬い)	極小さい円礫(5%)と 稀に琉球石灰岩の巨 礫(2%)が含まれる。 下層に琉球石灰岩。



土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
1.6×10^{-3}	○ (可)

土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

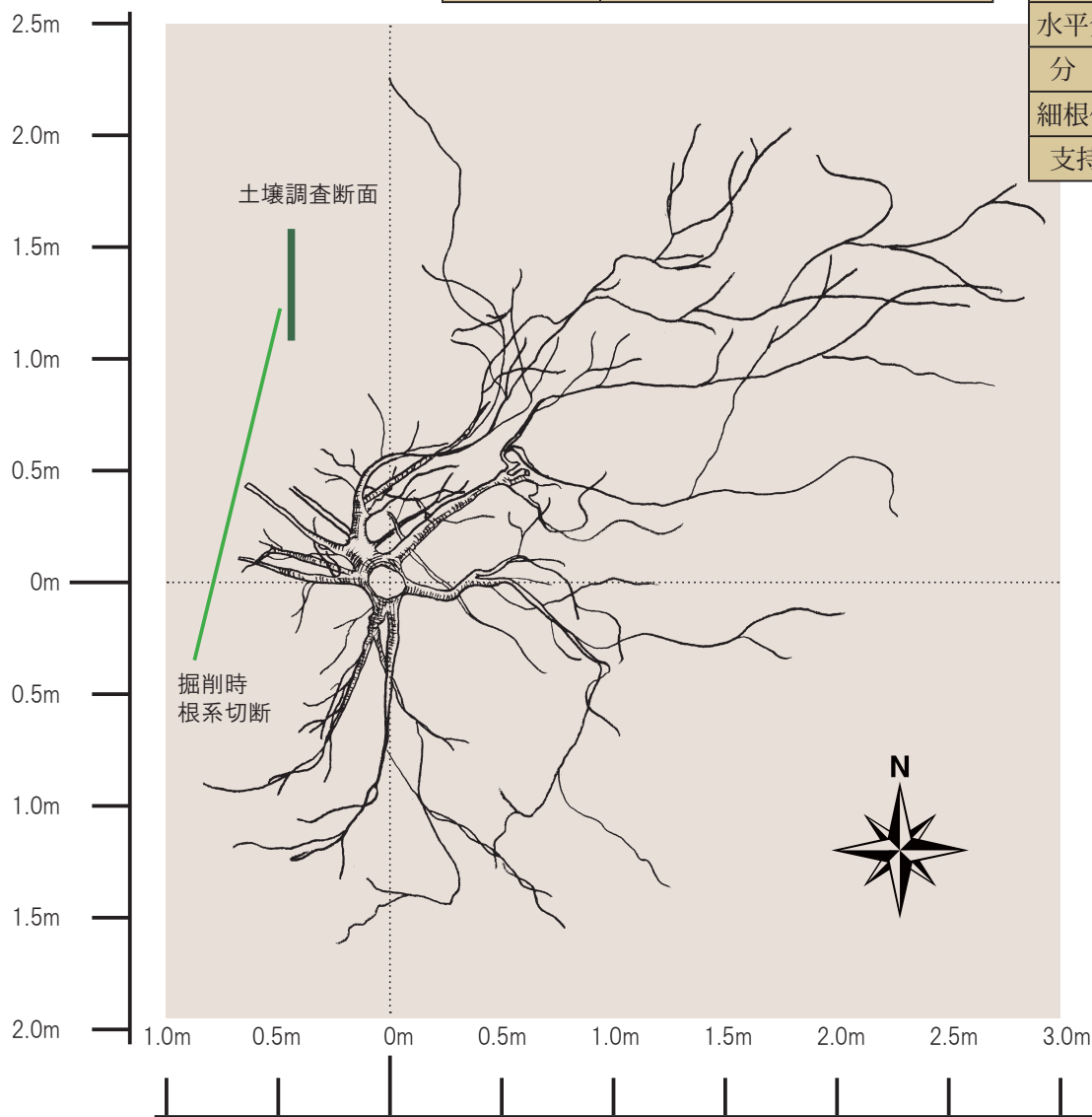
立体図



スケッチ図

根系の形態 中・大径の水平根・垂下根型

垂直分布	深根型
水平分布	中間型
分岐	疎放型
細根付着	中間型
支持力	大



アカギ (トウダイグサ科アカギ属)

Bischofia javanica

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.0m	幹 周	40,70,26,36cm	枝 張 り	5.8m	根 元 周	123cm
植栽環境	下層部に琉球石灰岩の細礫が混じる造成土壌で、客土は厚さ 20cm 程度の植栽基盤である。深さ 70cm 以深は造成時の転圧により固結している。土壌の透水性は生育に問題ない。						
根系状況	水平調査では、表層に 3m 以上の範囲で根系の分布がみられ、さらに伸長している。断面調査では、小～大径根は深さ 0～20cm までに 65% が集中し、20～40cm では少なく、40～60cm に 29% が分布している。細根は、地表から 80cm まで比較的均一に分布がみられる。70cm 以深の固結した層では、根の分布がみられない。						

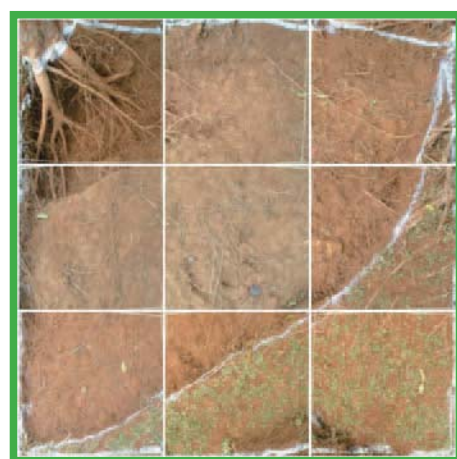
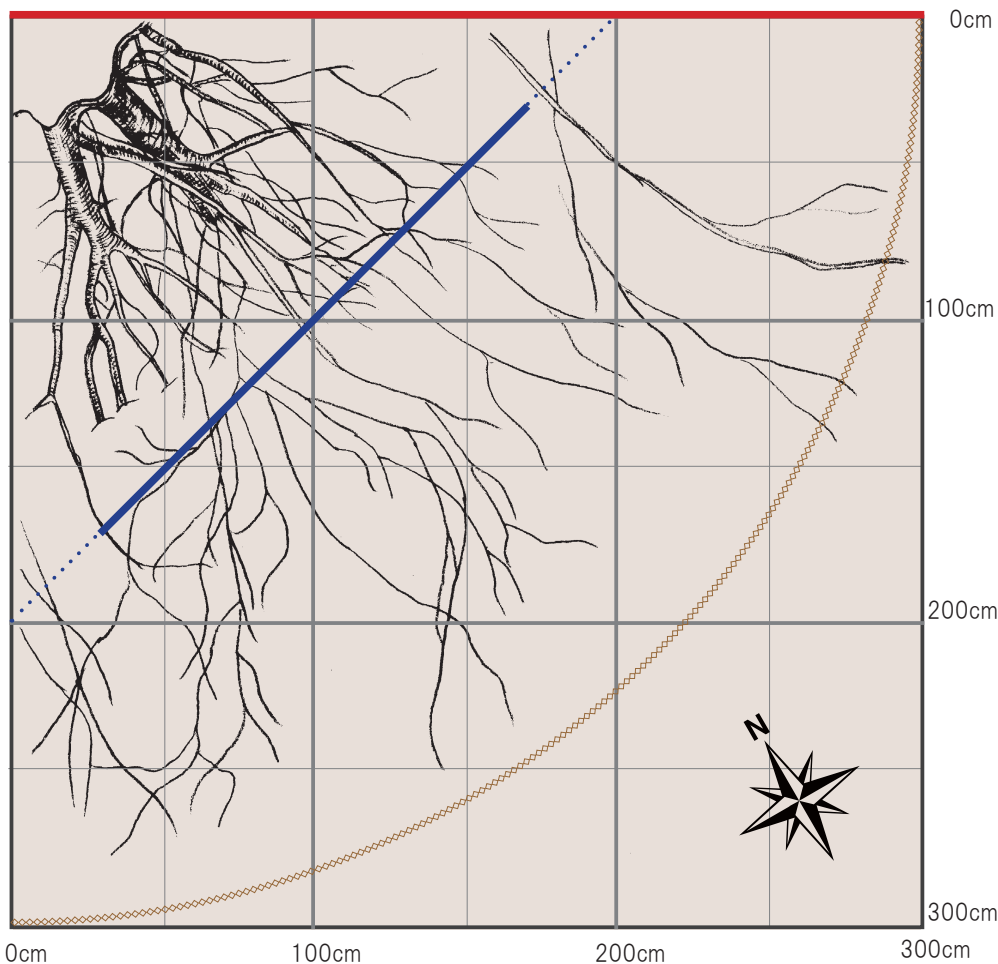


調査範囲位置

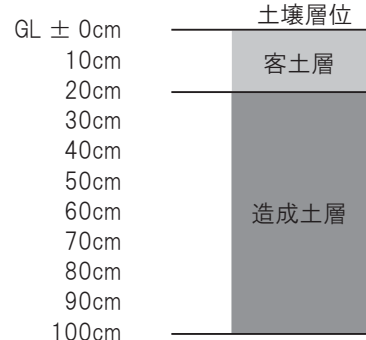
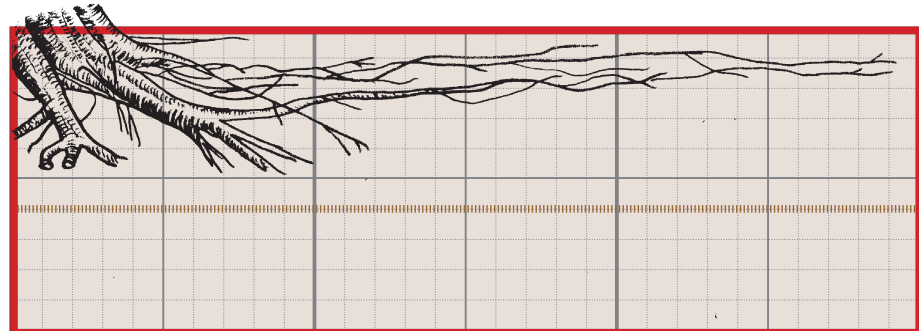
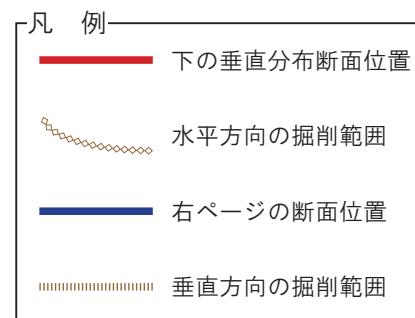


根系伸長状況

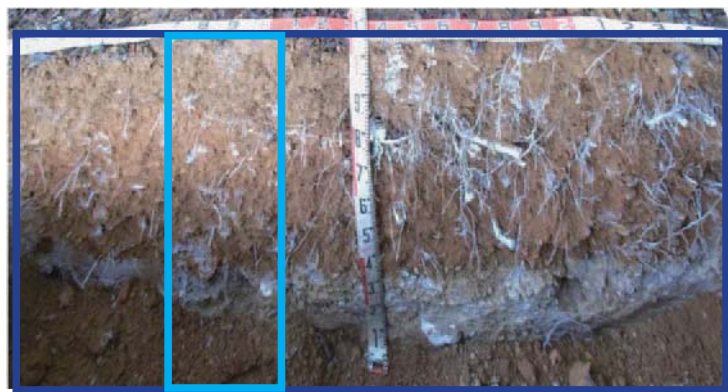
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真



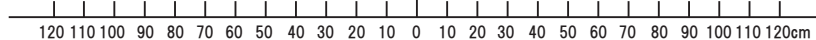
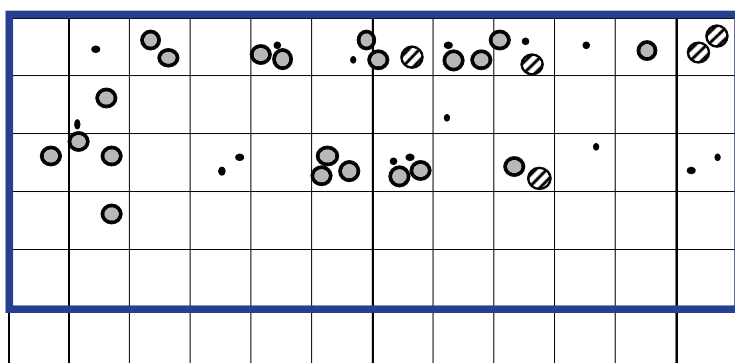
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

根系分布調査範囲

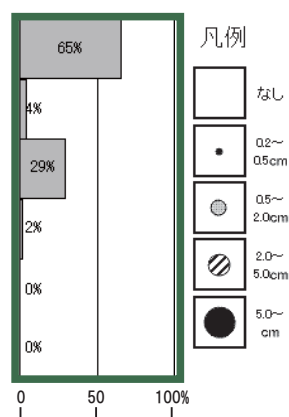
土壌断面調査範囲

掘削深	120cm
備考	70cm以深で灰礫土で造機圧とは、琉球石灰岩の塊が壊れ、土の結核による影響が大きい。成層による影響が考えられる。

小～大径根の分布図

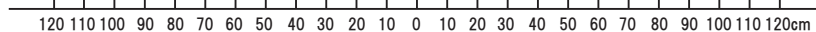


GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

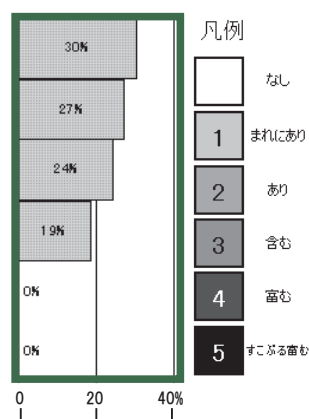


細根の分布指数図

1	1	2	1	2	3	1	2	2	2	2	2
1	2	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1
1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1



GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

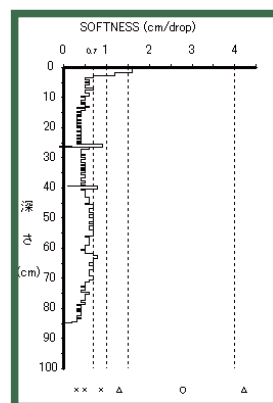


土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR4/6	LiC	なし	半乾	なし	8 (膨軟過ぎ)	
AB2	5YR4/6	HC	なし	湿	含む	14 (軟らか)	φ20礫10%
G	7.5YR5/4 -4/6	G	なし	湿	富む	35 (固結) 28 (固結)	琉球石灰岩の細礫 φ20-50 50%以上

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.0×10^{-3}	○ (可)

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

トックリキワタ

(パンヤ科トックリキワタ属)

Chorisia speciosa



圃場樹木（沖縄県国頭郡今帰仁村）

樹 高	3.5m	幹 周	66cm	根 元 周	71cm	推定樹齡	7 年
枝 張 り	北	1.8m	南	3.1m	西	2.6m	東 2.0m
根 張 り	北	1.3m	南	1.0m	西	2.2m	東 2.3m
根の深さ	1.0m	有 効 土 層 厚		1.0m	土 壌	国頭マージ系土壌	
樹木重量	総重量	145kg	地上部（着葉時）		105kg	地下部	40kg
植栽環境	今帰仁村与那嶺地の丘陵地端部にある圃場で、琉球石灰岩を母体とした国頭マージ系土壌の植栽基盤である。表層 10cm 程度は非常に軟らかい土壌であるが、それ以深は硬く締まっており、さらに 90cm 以深には琉球石灰岩の礫が多くなる。土壌の透水性は良好である。						
根系状況	主根である太い垂下根が幹から繋がるように直下に 1m 程度伸びている。しかし、その先は琉球石灰岩により伸長阻害を受けている。斜出根は根株あるいは垂下根から分岐して、東西方向に樹冠の大きさと同じくらい伸長している。 地下部重量は地上部の 40%程度である。						

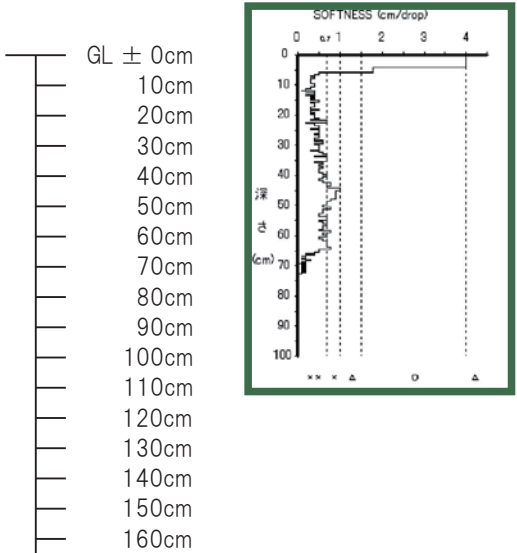
根系写真



土壌調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB1	5YR5/8	LiC	なし (やや重塊状)	乾	なし	17 (軟らか)	pHが4.8、ECが 0.03dS・m ⁻¹ である
	AB2			かべ	半乾		28 (硬い)	部分的に塊状(約2~5cm)で軟らかい pHが4.8、ECが 0.03dS・m ⁻¹ である
					潤			
	BC		LiC		乾	50%以上 (礫土)		硬度、礫(石灰岩)多く、測定不能 pHが8.3、ECが 0.06dS・m ⁻¹ である
	C	N8/0	Gr (石灰岩)					

土壌透水速度（長谷川式、単位：cm/Sec）	判定
8.3 × 10 ⁻³	◎（良好）



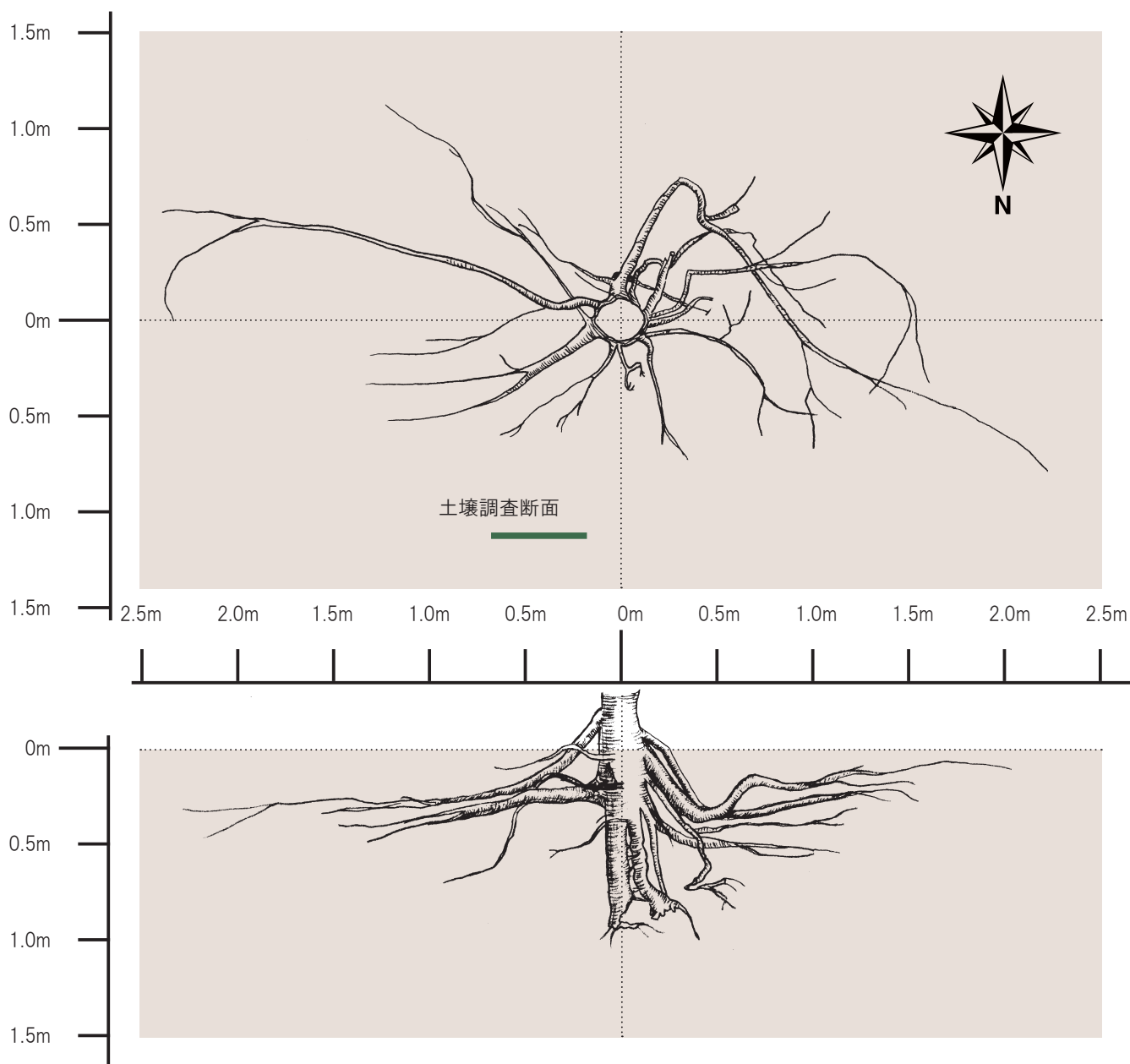
土壌貫入計（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）

立体図



根系の形態	中・大径の垂下根・斜出根型	垂直分布	中間型	分岐	多岐型
		水平分布	分散型	細根付着	密生型
				支持力	中

スケッチ図



トックリキワタ (パンヤ科トックリキワタ属)

Chorisia speciosa



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	6.0m	幹 周	127cm	枝 張 り	8.5m	根 元 周	124cm
植栽環境	駐車場横の植栽帯に植栽されている。過去に整備された駐車場舗装の上部に盛土して造成されている。客土は 80cm 程度の厚さで土壤硬度も問題なく良好である。土壌の透水性はやや不良である。						
根系状況	水平調査では、表層 3m 以上に根系の分布がみられ、さらに伸長している。断面調査では、小～大径根は深さ 20～40cm に 51% と多く集中している。細根は、0～60cm までに平均的に分布している。100cm 以深には、過去の駐車場舗装が埋没しているため、根系の伸長が不可能である。						

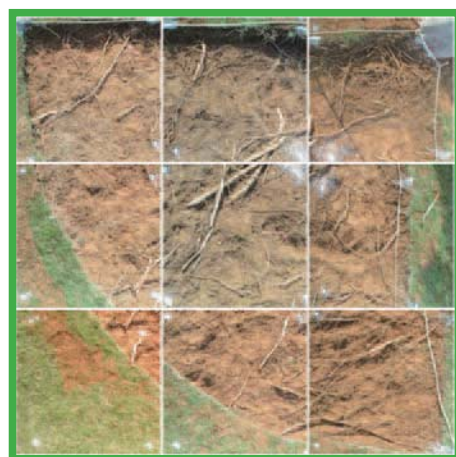
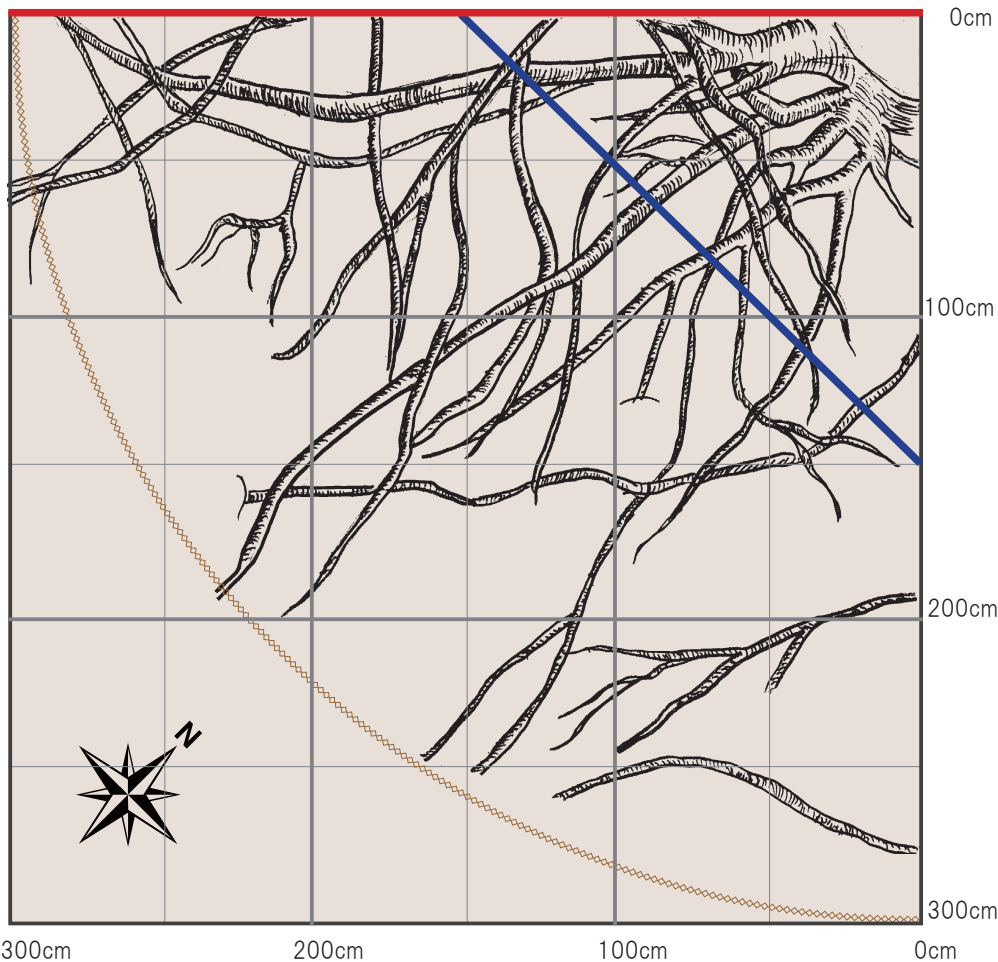


調査範囲位置

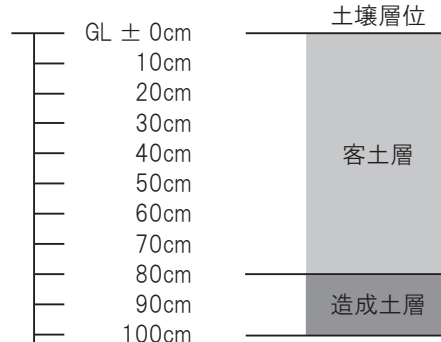
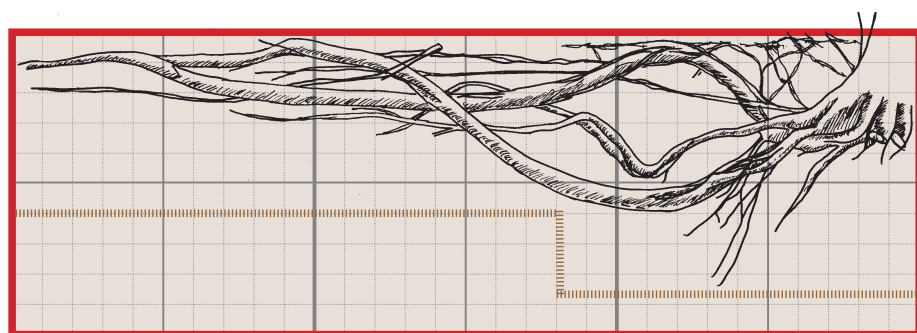
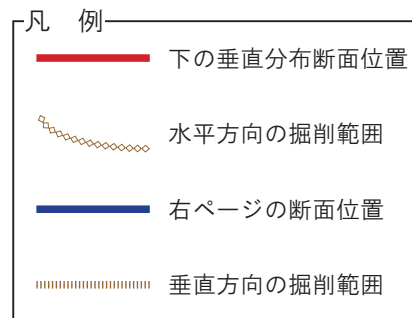


根系伸長状況

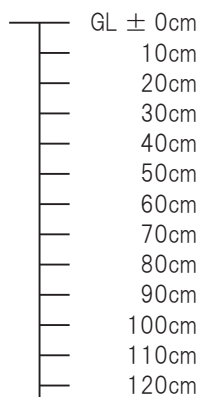
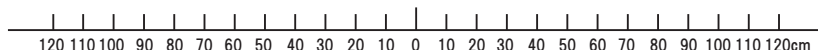
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)
※根系を部分的に切断している



土壌断面・根系分布写真

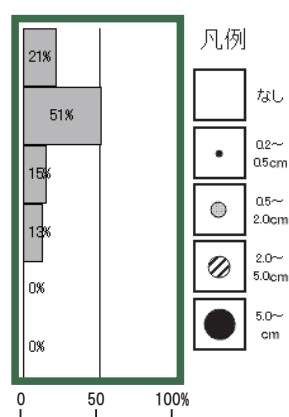
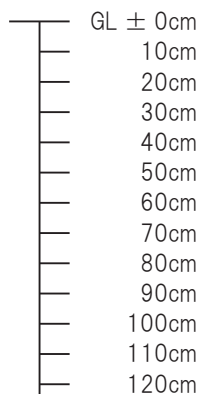
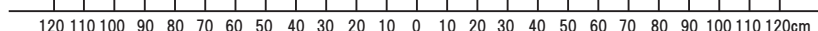
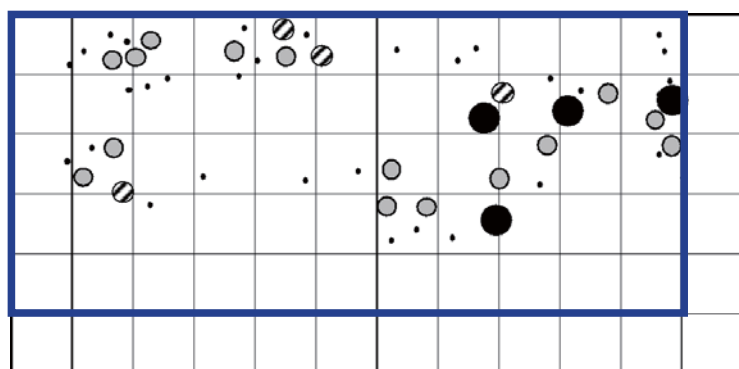


根系分布調査範囲

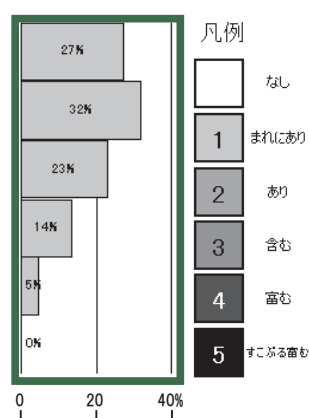
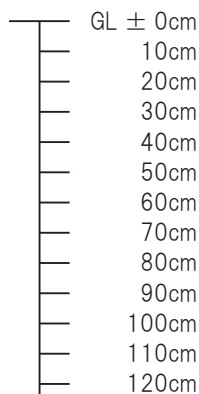
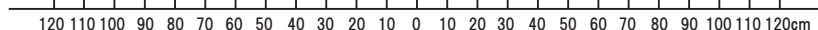
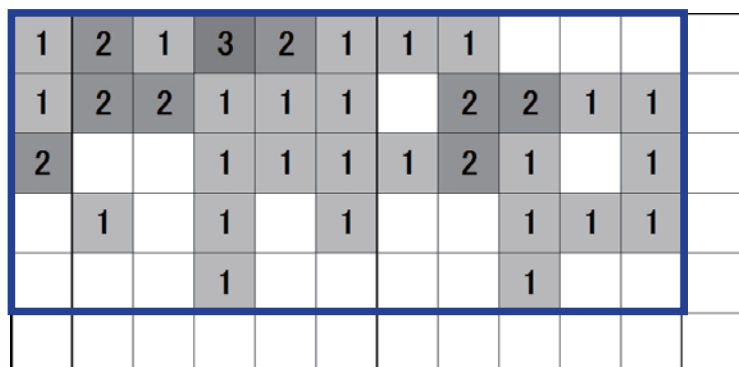
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	100cm 以深には過去に整備された駐車場の舗装が埋没している。70cm 以深には建設廃材が含まれている。

小～大径根の分布図



細根の分布指数図



土壌調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB	7.5YR5/8 ~4/8	CL	なし	半乾	なり	14 (軟らか)	
	AB2	5YR5/8	HC	なし	半乾	あり	20 (締まった)	
	AB3	5YR4/8	HC	なし	湿	富む	24 (硬い)	φ200-500の建築廃材 残土ガラなど。
	過去の駐車場(園路)の舗装基盤が、埋没している。							

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-4}	△ (やや不良)



コバテイシ (シクンシ科モモタマナ属)

Terminalia catappa



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

樹 高	4.0m	幹 周	44cm	根 元 周	57cm	推定樹齡	8 年	
枝 張 り	北	2.0m	南	2.2m	西	2.4m	東	1.7m
根 張 り	北	1.6m	南	－ m	西	4.0m	東	－ m
根の深さ	0.9m	有 効 土 層 厚		0.9m	土 壤	国頭マージ系土壌		
樹木重量	総重量	110kg	地上部（着葉時）		75kg	地下部（一部切断）		35kg
植栽環境	今帰仁村の海浜部から 150m 程度の内陸に低湿地帯の圃場で、国頭マージ系土壌を表層に客土した植栽基盤である。表層 10cm 程度は固結しているが、その下は全体的に硬いものの生育上で問題となるものではない。深さ 110cm に滞水層があり、90 ～ 110cm の層で還元化している土壌がみられる。深さ 60cm までの土壌透水性は良好である。							
根系状況	表層で伸長している水平根は、根元部分で板根化して東西及び南北方向に樹冠幅あるいはそれ以上の範囲で伸長している。この水平根からはヒゲ状の細根が多数発根して下に伸びているが、滞水の影響で深さ 90cm 程度でとまっている。垂下根は幹直下から太い根が伸長しているが深さ 60cm 程度と短い。 地下部重量は、地上部の 50% 程度である（3 割程度切断）。							

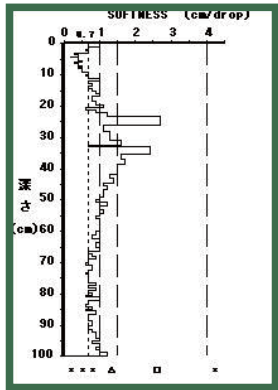
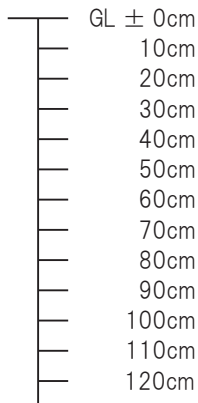
根系写真



土壌調査図

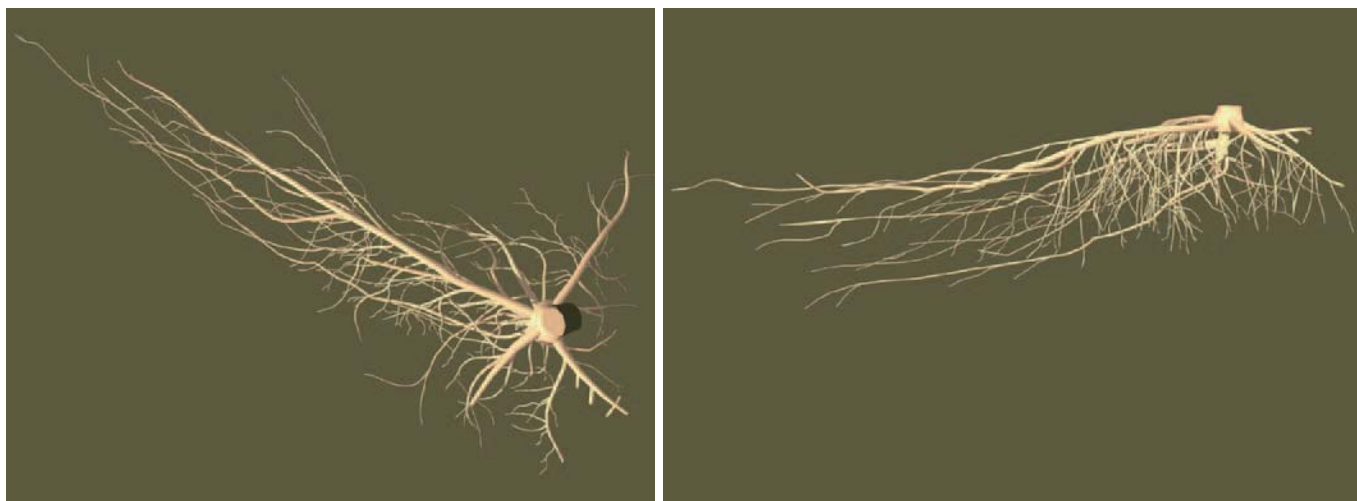
層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR4/6	LiC 軽塩土	なし	半乾	あり	27 (固結) 24 (締まった)	国頭マージ由来の畑土
B	10YR4/6	HC 重塩土	壁状	湿	なし	18(軟らか)	堆積に由来する原生土壌。排水不良要因含む。
BG	2.5Y5/6	HC 重塩土	壁状	潤	なし	0	グライ化作用を若干受ける 110cm で滞水。

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.8×10^{-3}	◎ (良好)



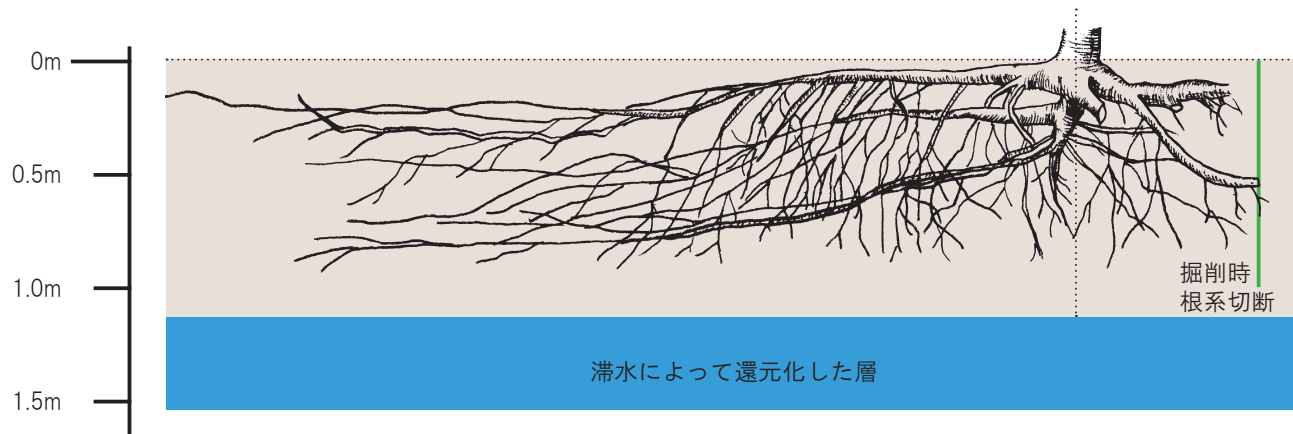
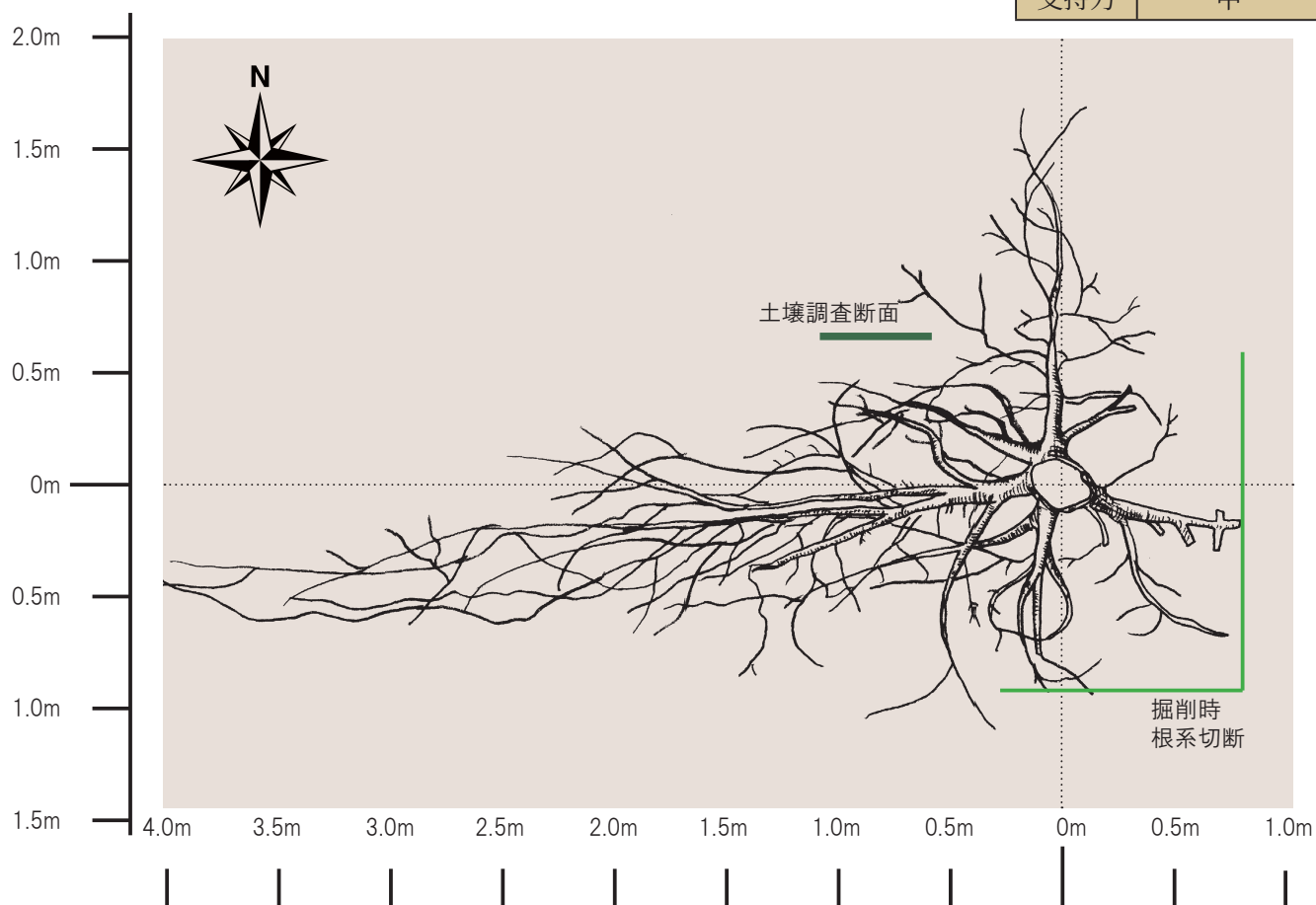
土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図



根系の形態	中・大径の水平根型	垂直分布	中間型	分岐	疎放型
		水平分布	分散型	細根付着	中間型
				支持力	中

スケッチ図



コバテイシ (シクンシ科モモタマナ属)

Terminalia catappa



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	6.0m	幹 周	92cm	枝 張 り	11.1m	根 元 周	127cm
植栽環境	表層 20cm が島尻マーシ系土壌の客土により造成された植栽基盤である。その下層 60cm までは土壌が軟らかいが、60cm 以深では角礫の堆積層がある。土壌の透水性は不良である。						
根系状況	水平調査では、北東方向に大径根が発達しているとともに、全面的に根系分布が多くみられ、3m の範囲を超えて伸長している。断面調査では、小～大径根は深さ 40cm までにはほとんどが分布しており、それ以深への根の伸長はほとんどみられない。細根は深さ 0～60cm までに均等に分布している。						

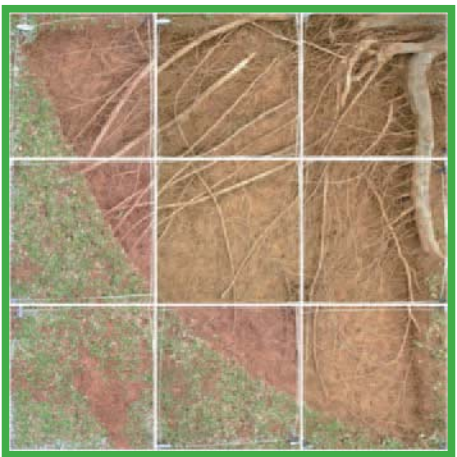
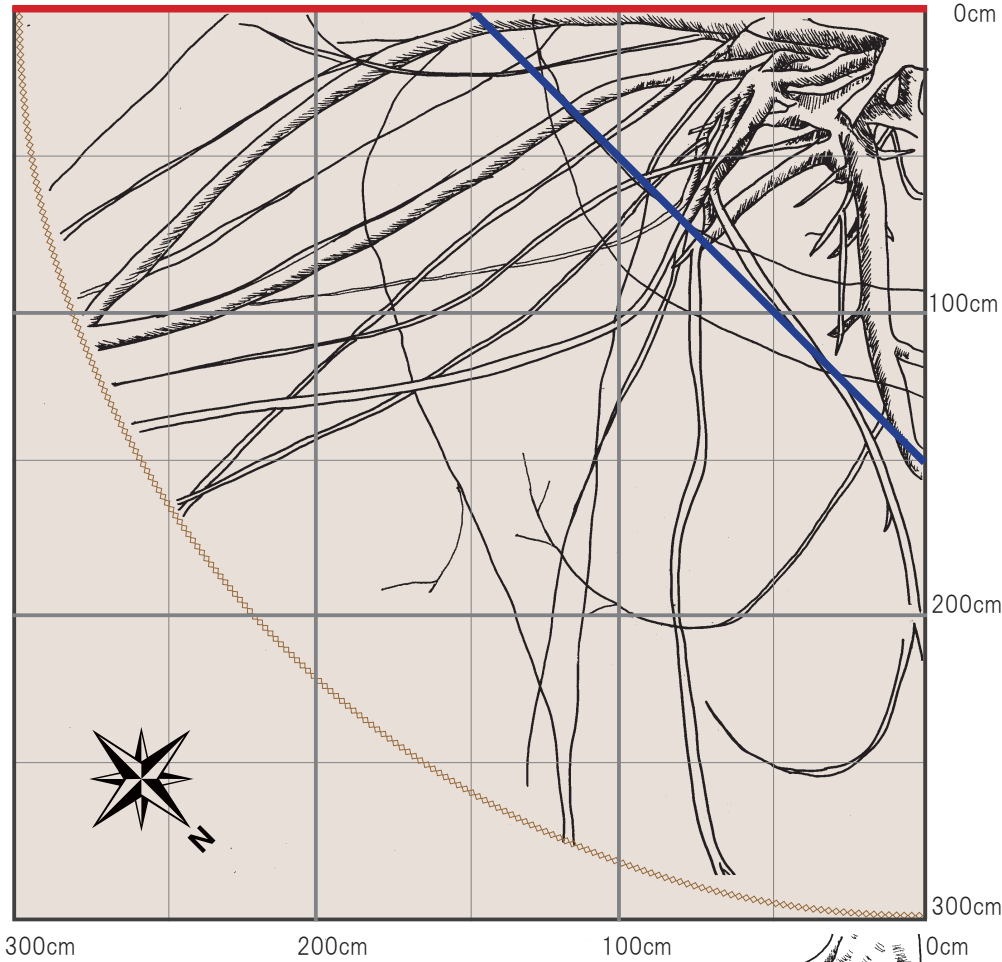


調査範囲位置

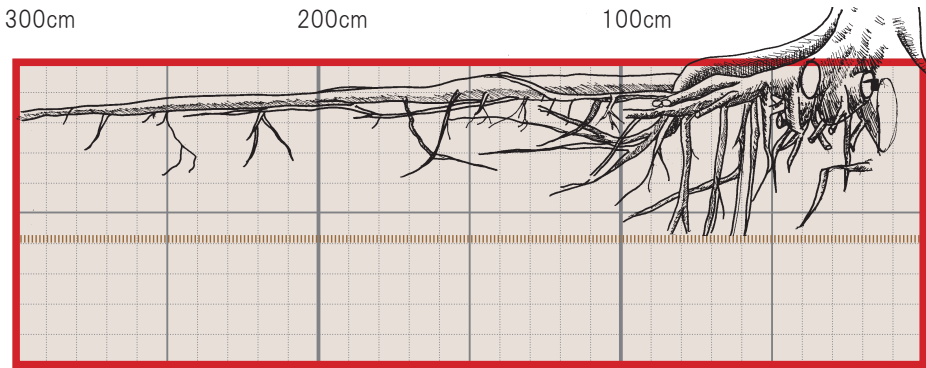
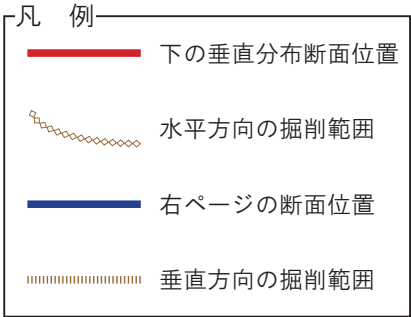


根系伸長状況

水平分布・垂直分布

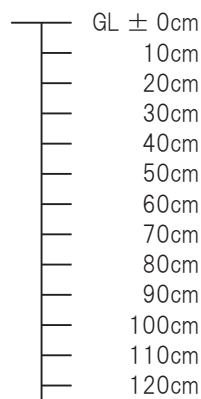
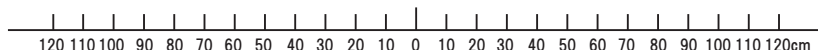


根系伸長状況 (上面写真)



GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm

土壌断面・根系分布写真

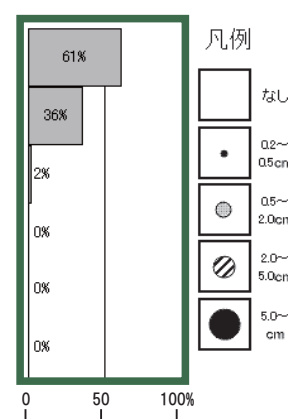
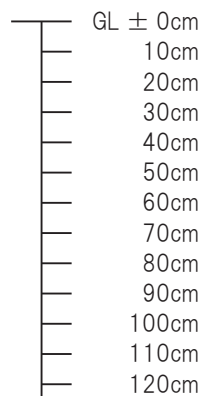
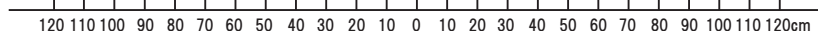
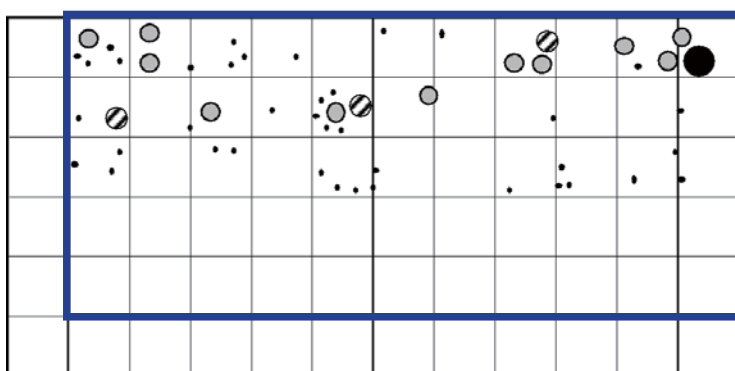


根系分布調査範囲

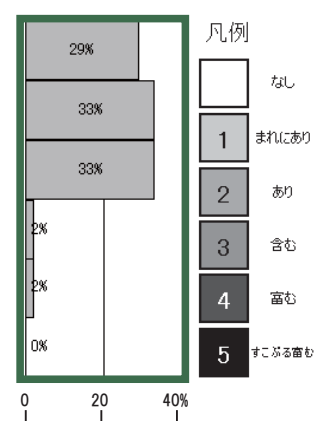
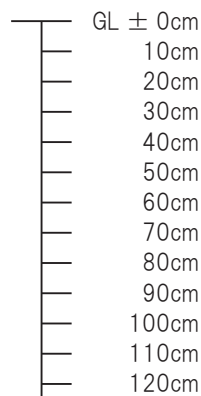
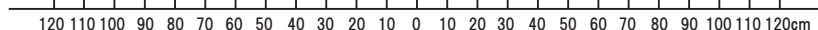
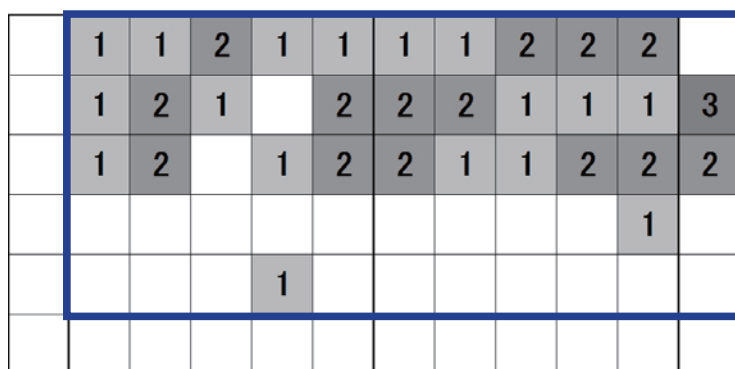
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	60cm以深では、破碎角礫の堆積があり、根はほとんど認められない。

小～大径根の分布図



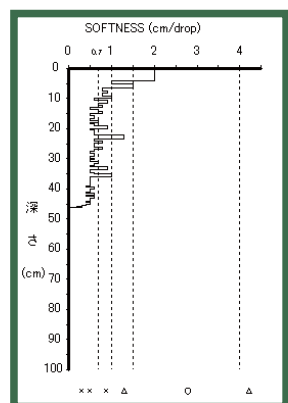
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR5/4	SC	なし	半乾	なし	14 (軟らか)	
AB2	7.5YR5/6	SC	なし	半乾	あり	14 (軟らか)	
AB3	5Y5/2	S	なし	湿	なし	8(軟らか)	
B	10YR5/6	HC	壁状	湿	含む	25 (硬い)	角礫の堆積

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-5}	× (不良)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

オオバアカテツ

(アカテツ科パラクイウム属)

Palauquium formosanum



圃場樹木（沖縄県国頭郡今帰仁村）

樹 高	6.5m		幹 周	48cm		根 元 周	74cm		推定樹齡	10 年
枝 張 り	北	1.0m	南	1.7m		西	1.5m		東	1.5m
根 張 り	北	— m	南	— m		西	2.7m		東	— m
根の深さ	1.2m	有 効 土 層 厚		0.9m		土 壌	国頭マージ系土壌			
樹木重量	総重量	140kg	地上部（着葉時）			80kg	地下部（一部切断）			60kg
植栽環境	今帰仁村与那嶺地内の丘陵地に立地する圃場で、琉球石灰岩を母体とした国頭マージ系土壌の植栽基盤である。有効土層厚は 90cm 程であるが、深さ 20～50cm の層に硬い土壌があり全体的に締まっている。さらに、80cm 以深は琉球石灰岩の礫を含む硬い層になっている。土壌の透水性は良好である。									
根系状況	太い垂下根と水平根が発達しており、垂下根は深さ 1.2 m まで伸長している。水平根は隣接木との関係で西側以外は途中で切断したが、西側に伸長している根系は枝張りの 1.5 m を越えて 2.7m まで達している。ルートカラー部分が隆起しており特徴的である。伸長している中・大径根には分岐が少ない。 地下部の重量は地上部の 75% 程度（2 割程度切断）で、広い根の伸長範囲であることとあわせて地上部をしっかり支えている。									

根系写真



土壌調査図

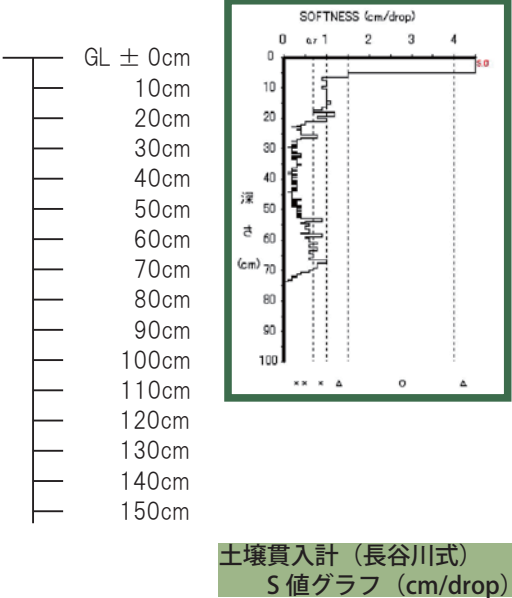
層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB1	5YR5/8	LIC	なし	半乾	なし	21 (締まった)	pHが4.7、ECが 0.02dS・m ⁻¹ である
AB2			かべ	潤		24 (硬い)	pHが4.9、ECが 0.02dS・m ⁻¹ である
BC	7.5YR5/8	LIC~HC	なし	潤	50%以上 (礫土)	21 (締まった)	崩れ石灰岩まじり 硬度は土壌の部分の 測定 pHが8.3、ECが 0.06dS・m ⁻¹ である
C	NB/0	Cr (石灰岩)					

土壌透水速度（長谷川式、単位：cm/Sec）

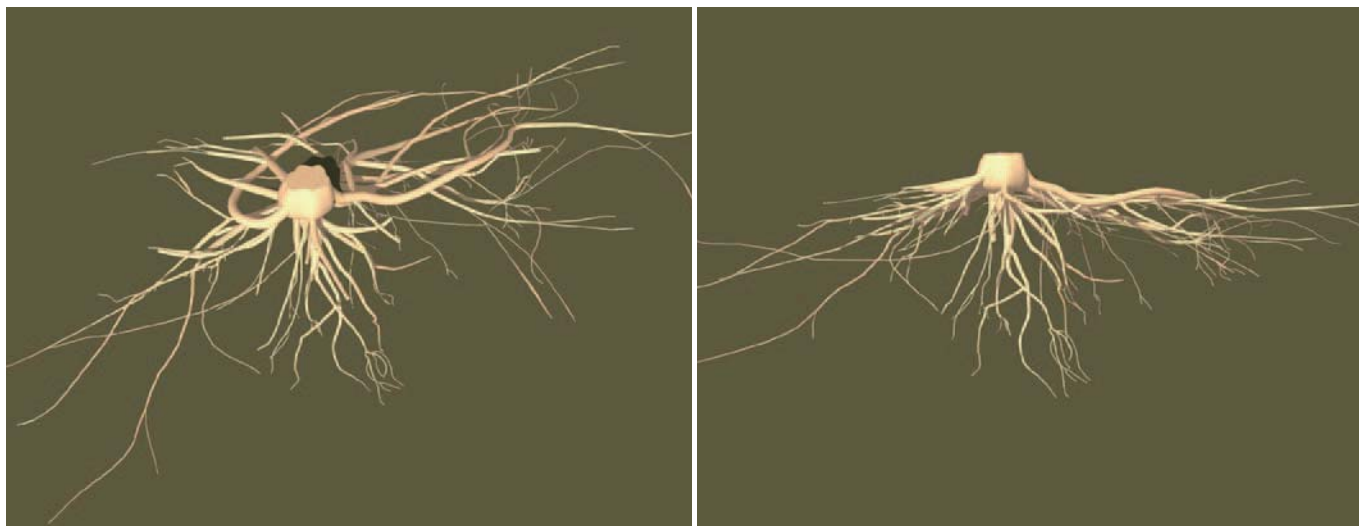
8.3 × 10⁻³

判定

◎（良好）



立体図



根系の形態 中・大径の水平根・垂下根型

垂直分布 深根型

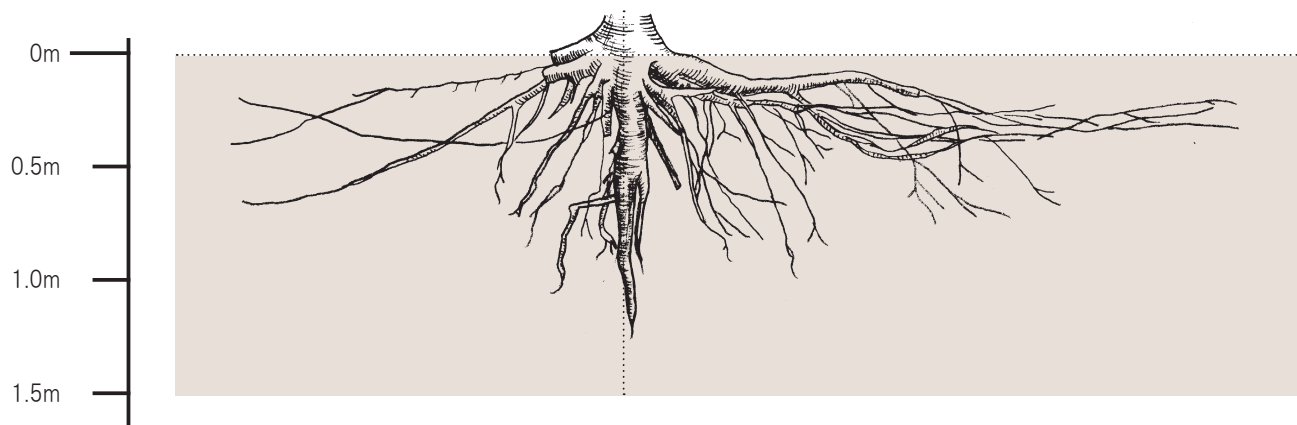
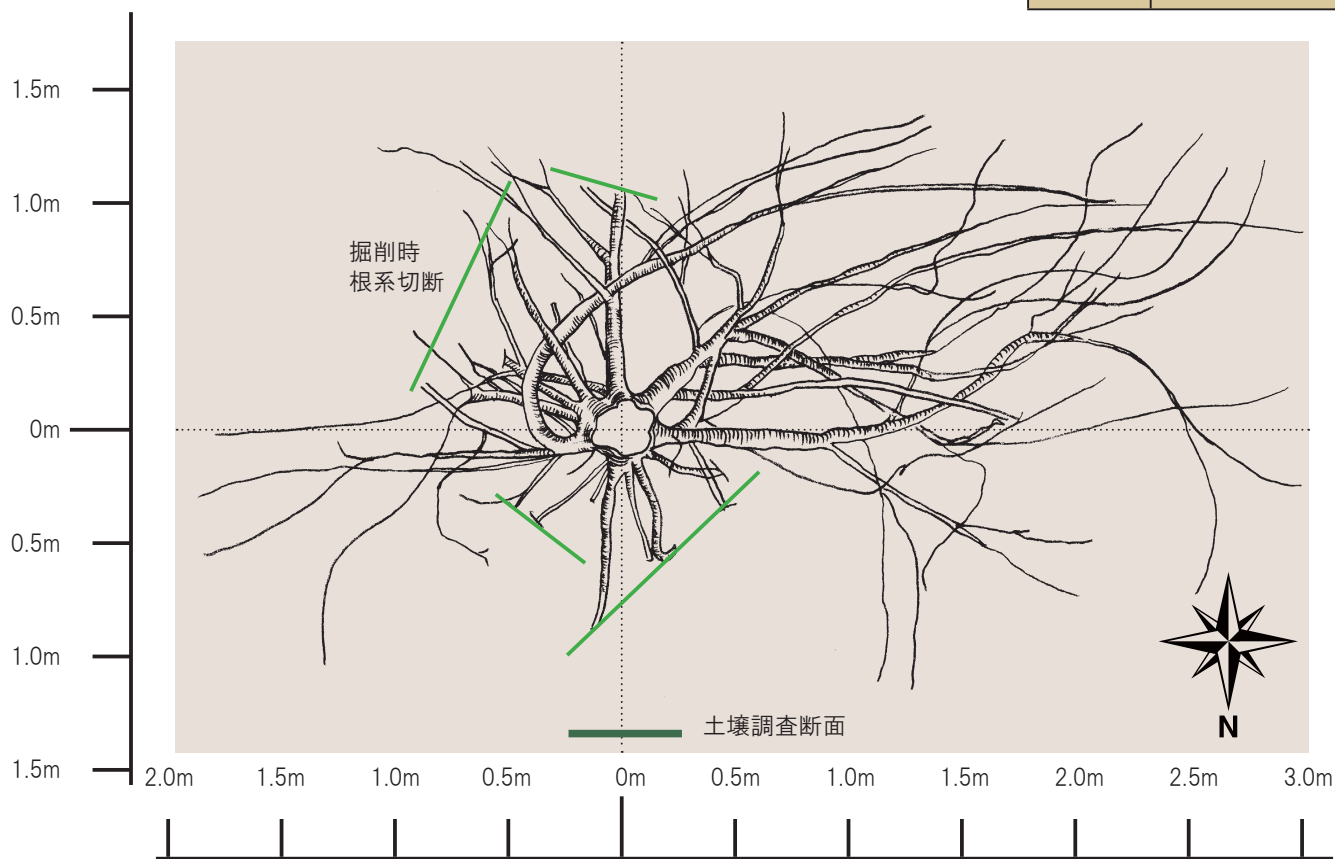
分岐 疎放型

水平分布 中間型

細根付着 疎生型

支持力 大

スケッチ図



オオバアカテツ

(アカテツ科パラクイウム属)

Palaequium formosanum



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.0m	幹 周	60cm	枝 張 り	4.9m	根 元 周	80cm
植栽環境	下層部に造成前の表土が埋没されていて、その上部に島尻マーゴ系土壌を盛土した造成土壌である。深さ 50cm 以深は非常に硬い固結した層となっている。土壌の透水性は不良である。						
根系状況	水平調査では、ほとんどの根が表層 3 m 以内の範囲に分布しており、それ以上の伸長は極めて少ない。断面調査では、小～大径根は深さ 20～40cm に 46% が集中し、0～20cm に 21%、40～60cm と 60～80cm に 17% ずつが分布している。細根は、地表から深さ 60cm まで比較的均一に分布がみられる。						

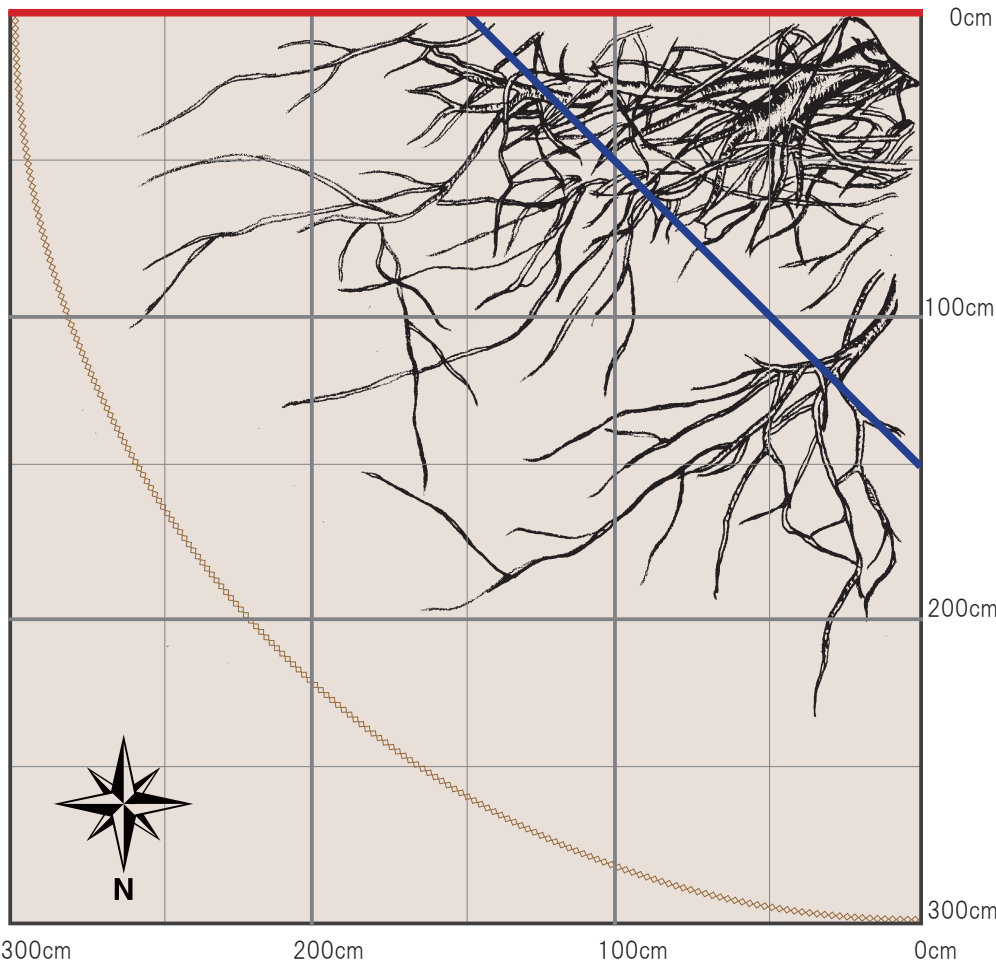


調査範囲位置

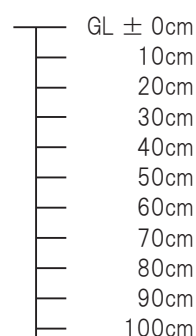
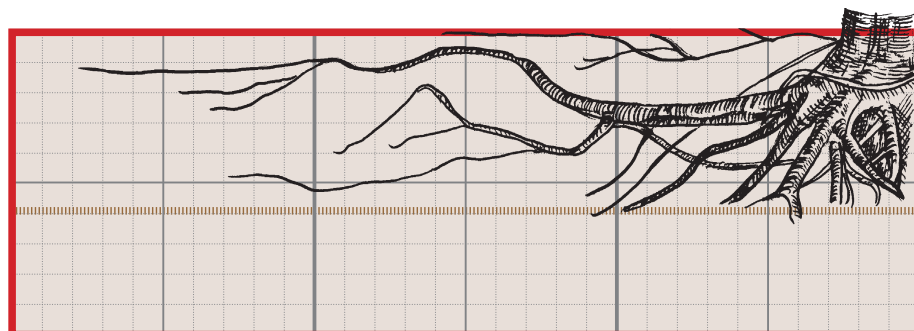
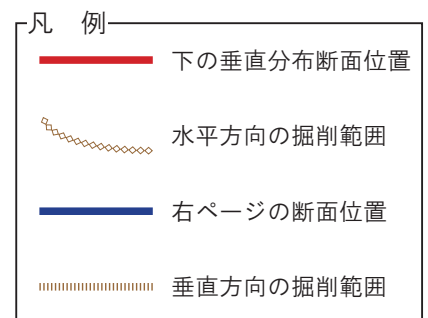


根系伸長状況

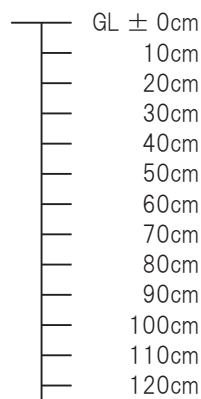
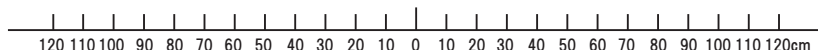
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

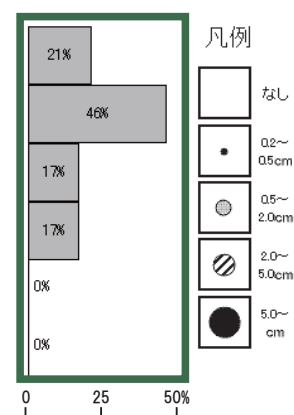
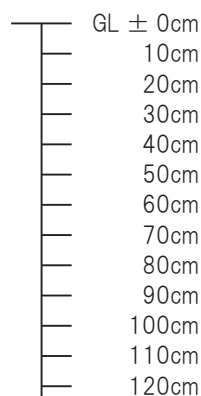
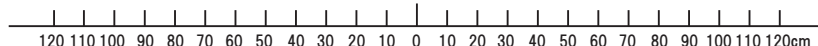
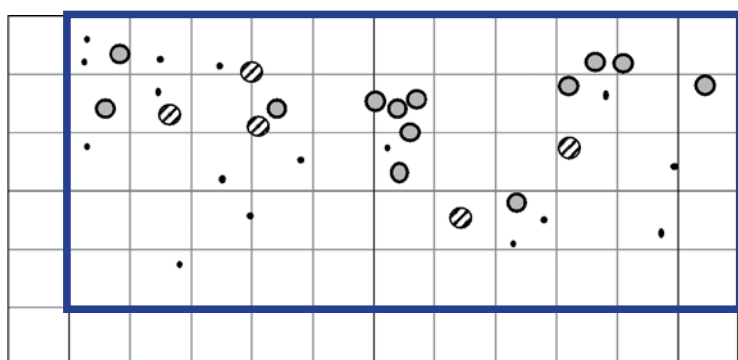


根系分布調査範囲

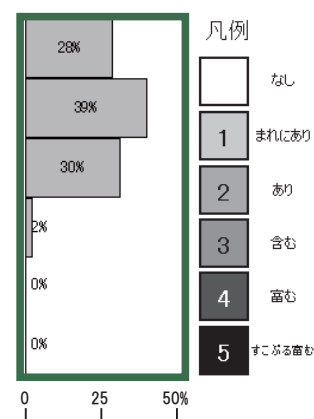
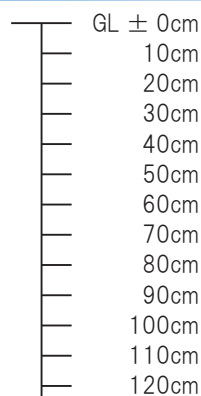
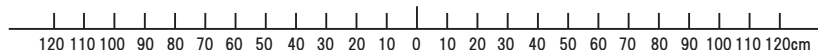
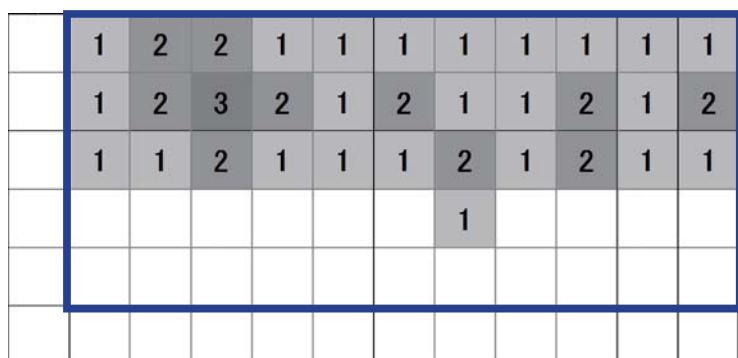
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	根系マーキング用の塗料が土壌に残っている深さ50cm以下層は、粘質土で非常に硬い。

小～大径根の分布図



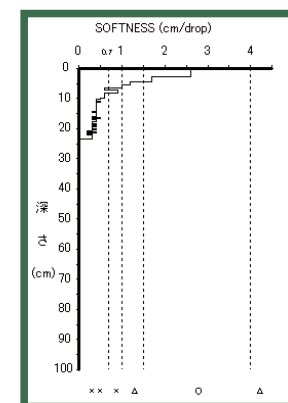
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR4/6 5YR5/8	LiC	なし	湿	あり	14 (軟らか)	
AB2	7.5YR4/4	LiC	なし	湿	なし	20(締まった)	
A	7.5YR3/4	HC	壁状	半乾	なし	30 (固結)	元表層
B	7.5YR5/6	HC	壁状	半乾	なし	30 (固結)	元次表層

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-5}	× (不良)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

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)
Cerbera manghas



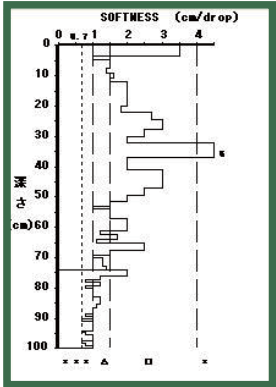
圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)										
樹 高	3.0m		幹 周	38cm		根 元 周	48cm		推定樹齡	7 年
枝 張 り	北	2.0m	南	1.8m		西	2.4m		東	1.4m
根 張 り	北	1.0m	南	1.0m		西	－ m		東	1.0m
根の深さ	1.2m	有 効 土 層 厚		1.2m		土 壌	国頭マージ系土壌			
樹木重量	総重量	100kg	地上部 (着葉時)			60kg	地下部 (一部切断)			40kg
植栽環境	今帰仁村与那嶺地内の丘陵地に立地する圃場で、琉球石灰岩を母体とした国頭マージ系土壌の植栽基盤である。深さ 40cm 程度までは軟らかな土壌であり、さらに深さ 1.2m まで生育に問題となる要因はないため有効土層は 1.2 m である。1.2 m 以深にある琉球石灰岩は伸長阻害要因となる。土壌の透水性は良好である。									
根系状況	垂下根は複数の太い根系がみられ、深さ 1.2m 以深にある琉球石灰岩まで達して、そこから伸長阻害を受けている。斜出根は樹冠の広がりまでは達していないものの、琉球石灰岩の深さまでしっかりと伸長している。 地下部の重量は地上部の 65% 程度 (3 割程度切断) あり、地上部をしっかりと支えている。									

根系写真



土壌調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB	25YR 4/8	HC 重粘土	なし	湿	なし	18 (軟らか)	畑土のため擬似表層の扱い
	B	25YR 4/8	HC 重粘土	なし	湿	あり	24 (硬い)	極小さい円礫(5%)と 稀に琉球石灰岩の 巨礫(2%)が含まれる。
	C	白色	Gr(岩屑)	なし	半乾	-	岩	一体化した琉球石灰岩

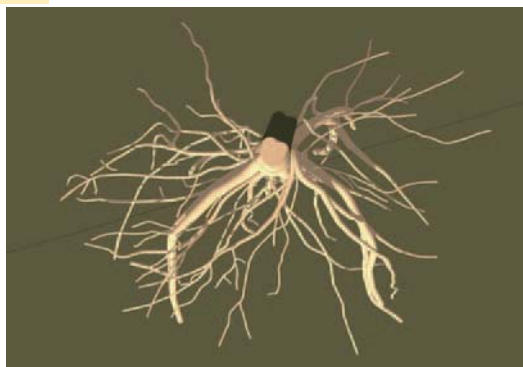


GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm
130cm
140cm

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.8×10^{-3}	◎ (良好)

土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図

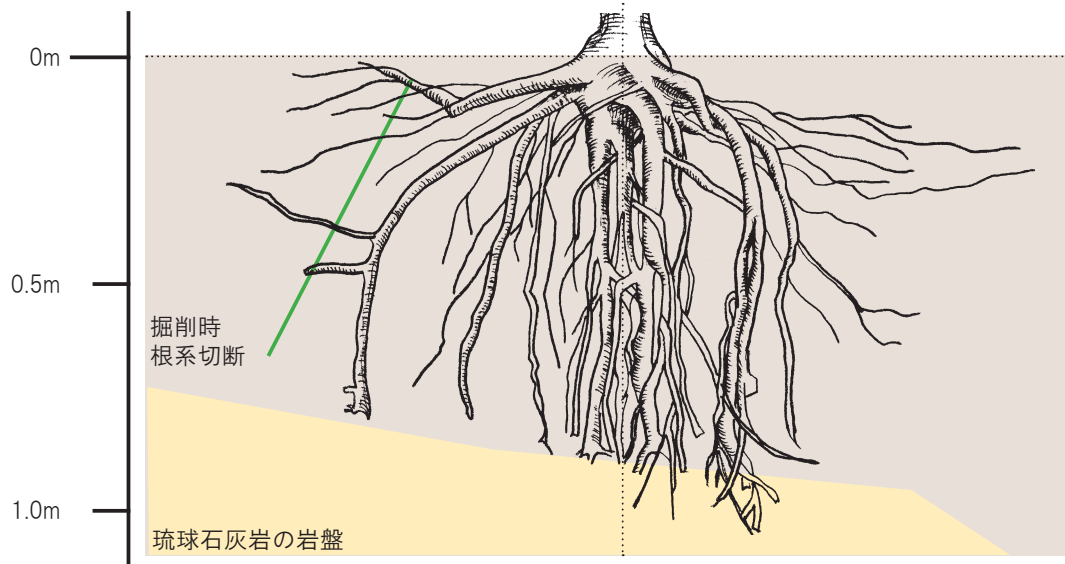
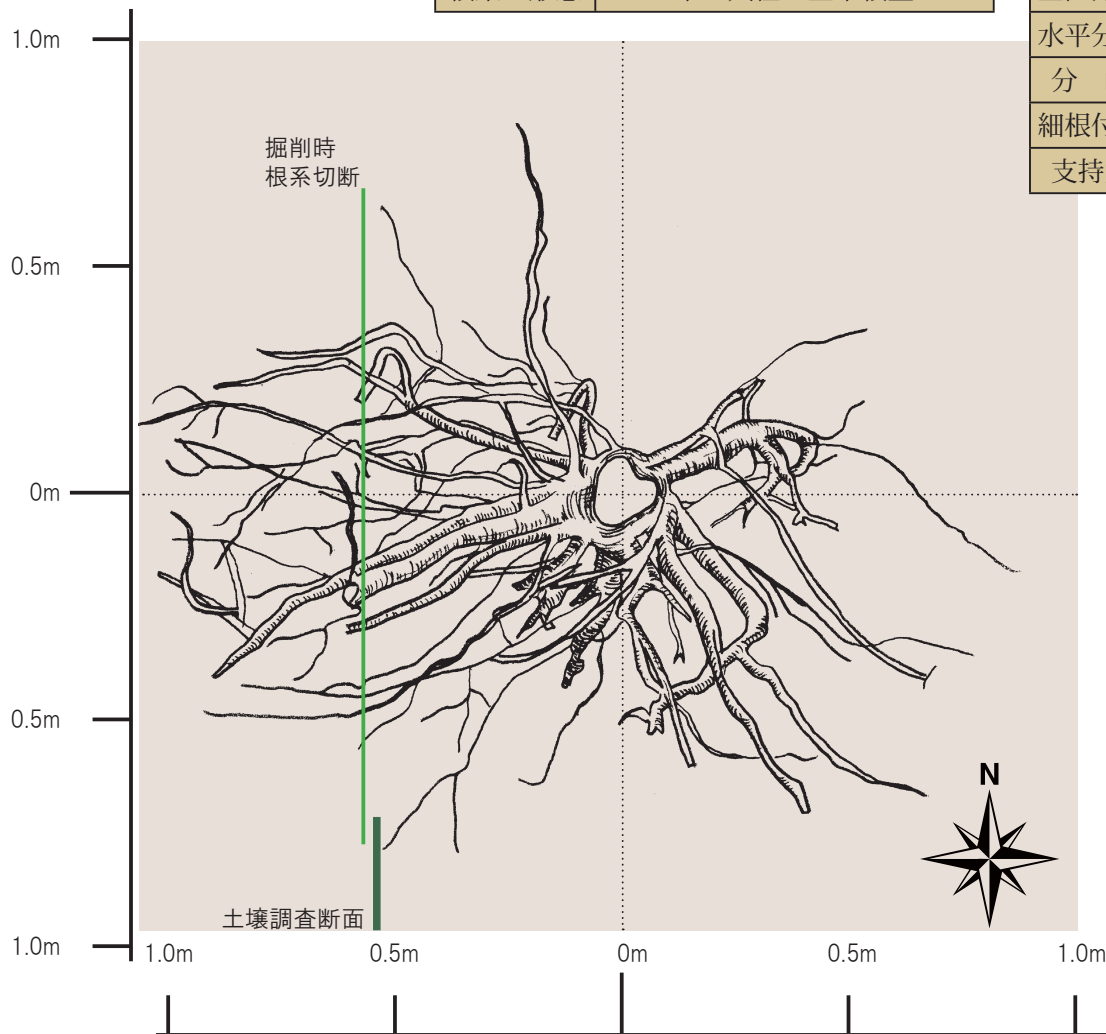


スケッチ図

根系の形態

中・大径の垂下根型

垂直分布	深根型
水平分布	中間型
分岐	疎放型
細根付着	疎生型
支持力	大



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)

Cerbera manghas

公園植栽樹木（沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区）

樹高	5.5m	幹周	71cm	枝張り	4.5m	根元周	105cm
----	------	----	------	-----	------	-----	-------

植栽環境	植栽基盤は 60cm 程度の厚さで国頭マージ系の砂混じり土壌を客土して造成されている。下層部には建設残土が埋没して転圧された硬い土壌がある。土壌の透水性は不良である。
------	---

根系状況	水平調査では、表層の北東方向に太い根が伸長し、掘削した 3 m の範囲内で分布がみられる。断面調査では、小～中径根は深さ 20 ～ 40cm に 72% が最も集中していて、60cm 以深の層には分布がない。細根は深さ 60cm までにほぼ均一に分布していて、60cm 以深での分布がみられない。60cm 以深では、碎石が混在しながら土壌が固結し、根系の伸長が抑制されている。
------	--

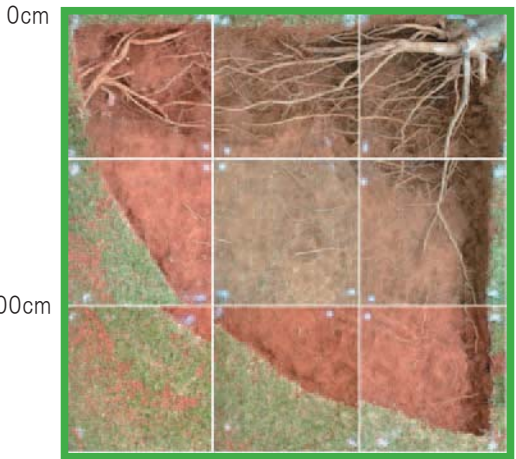
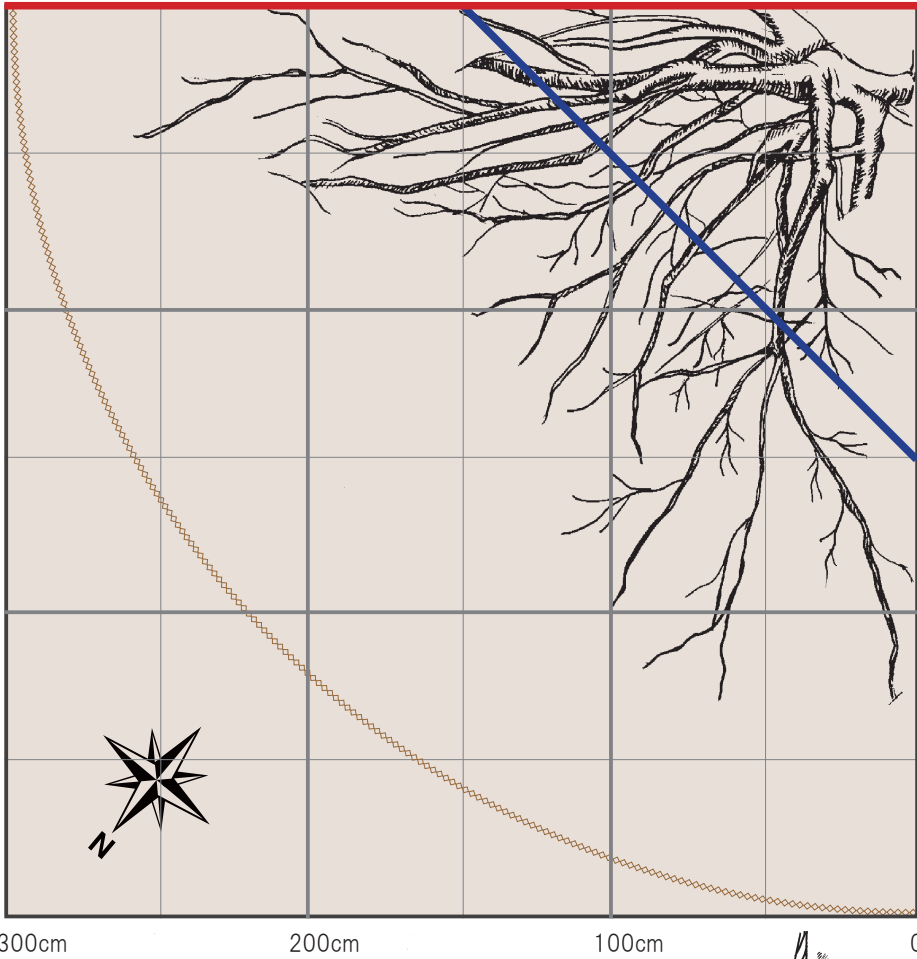


調査範囲位置

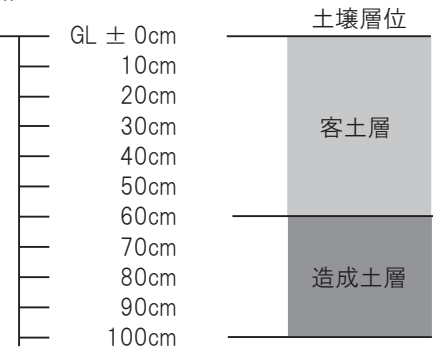
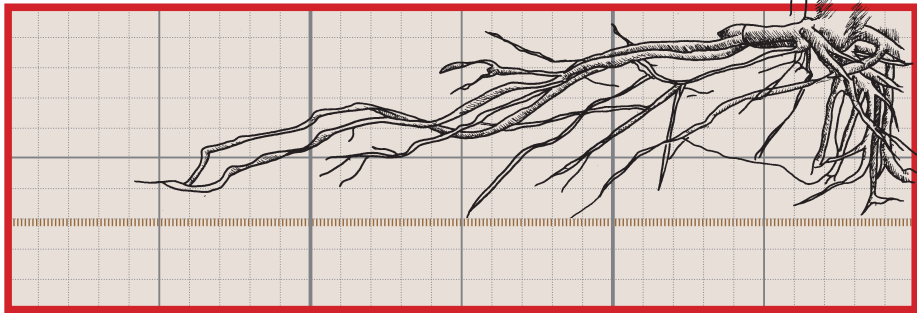
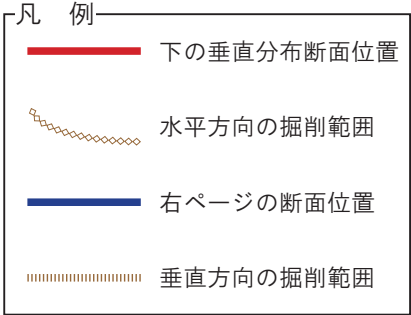


根系伸長状況

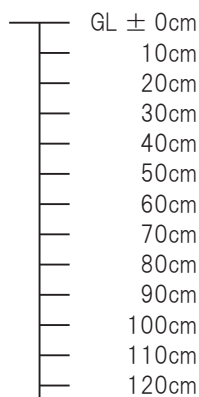
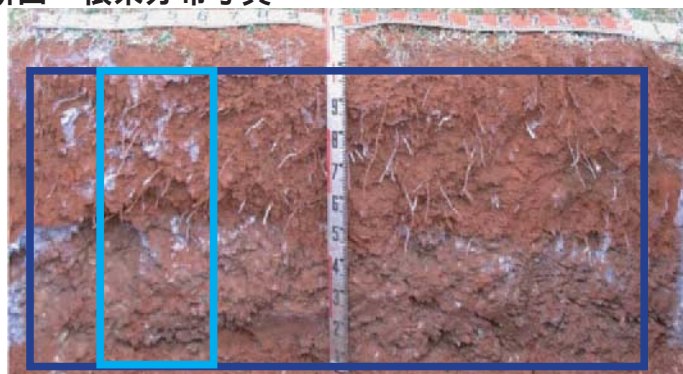
水平分布・垂直分布



根系伸長状況（上面写真）



土壤断面・根系分布写真

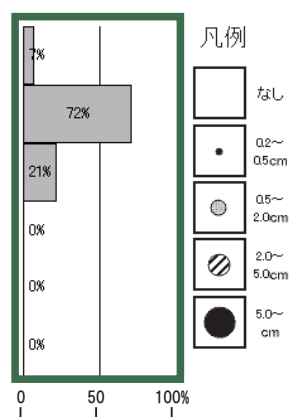
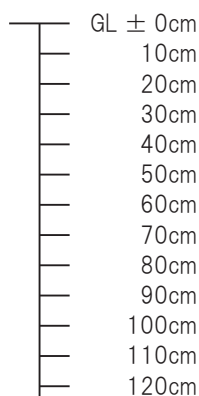
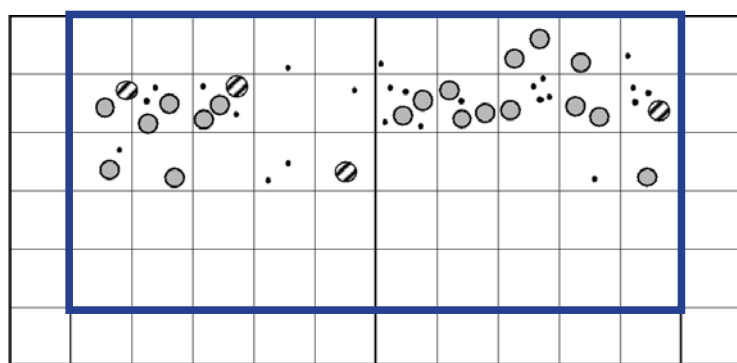


 根系分布調査範囲

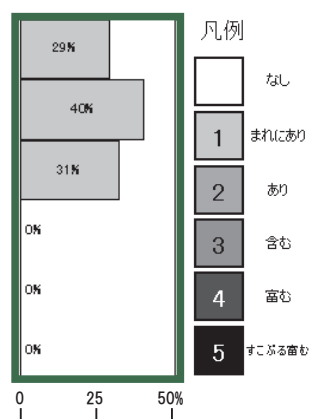
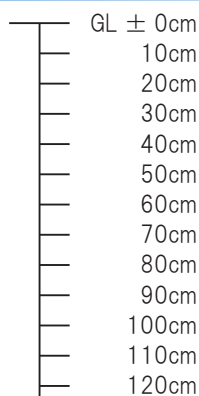
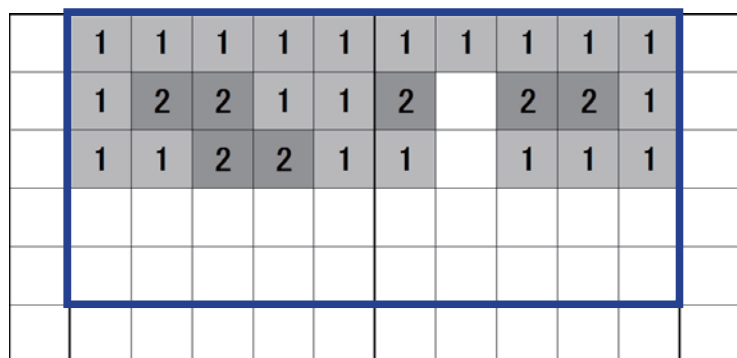
土壤断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	60cm 以深には、碎石が混在しており、根系伸長が抑制されている。

小～大径根の分布図



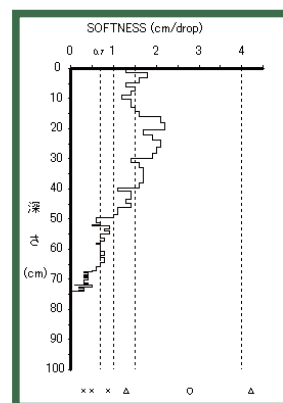
細根の分布指数図



土壤調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB	2.5YR4/6	SC	なし	半乾	あり	15 (軟らか) 18 (軟らか)	
	G	5YR5/6	HC				含む 26 (硬い)	φ200 角礫5%
								

土壌透水速度（長谷川式、単位：cm/Sec）	判定
1.6×10^{-4}	×（不良）



土壌貫入計（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）

ヤエヤマヤシ

(ヤシ科ヤエヤマヤシ属)

Satakentia liukiuensis



圃場樹木（沖縄県国頭郡今帰仁村）

樹 高	5.5m	幹 周	64cm	根 元 周	115cm	推定樹齡	10 年	
枝 張 り	北	2.5m	南	2.5m	西	2.5m	東	2.5m
根 張 り	北	－ m	南	－ m	西	－ m	東	3.0m
根の深さ	1.0m	有 効 土 層 厚		0.6m	土 壌	国頭マージ系（改良畑土）		
樹木重量	総重量	236kg	地上部（着葉時）		105kg	地下部（一部切断）		131kg
植栽環境	今帰仁村今泊地の畑地内にある圃場で、国頭マージ系土壌の改良畑土の植栽基盤である。改良土壌である深さ 50cm までの層は、締まっているものの良好な土壌硬度であるが、その下は固結している。土壌の透水性は良好である。							
根系状況	幹の基部から不定根が叢生し、横出及び斜出しながら伸長している。深さ方向には、有効土層厚の 60cm を越えて、硬い土壌に伸長阻害を受けながらも 1m 程度まで伸長している。苗圃内で生育していることから隣接木の根系を切断しないようにしたため、水平方向は東側の根張りのみの確認となったが、葉張りよりも根張りが大きい。 地下部重量は地上部重量の 1.3 倍程度（2 割程度切断）と地上部を越える。							

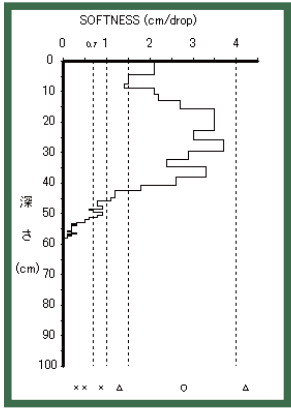
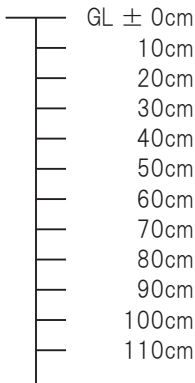
根系写真



土壌調査図

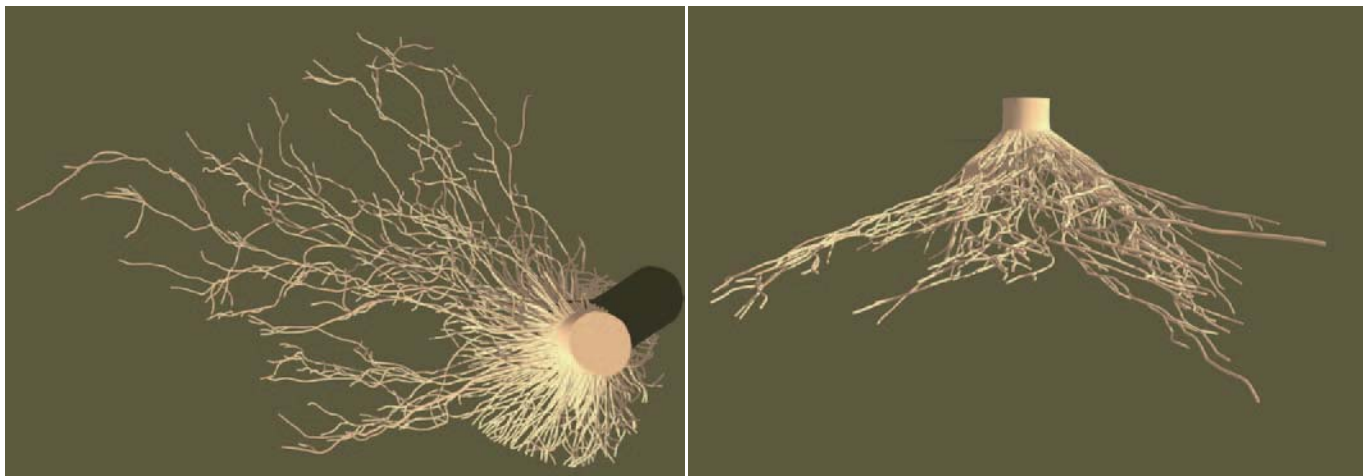
	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB1	5YR4/4	CL	なし	半乾	なし	22 (締まった)	pH 4.8 EC 0.03dS/m
	AB2	5YR4/6	LiC	なし	半乾	垂角礫 20%	21 (締まった)	pH 4.7 EC 0.06dS/m
	B	5YR4/6	HC	なし	半乾	角礫 堆積 80%	30 (固結)	頁岩風化物

土壌透水速度（長谷川式、単位：cm/Sec）	判定
$>8.3 \times 10^{-3}$	◎（良好）

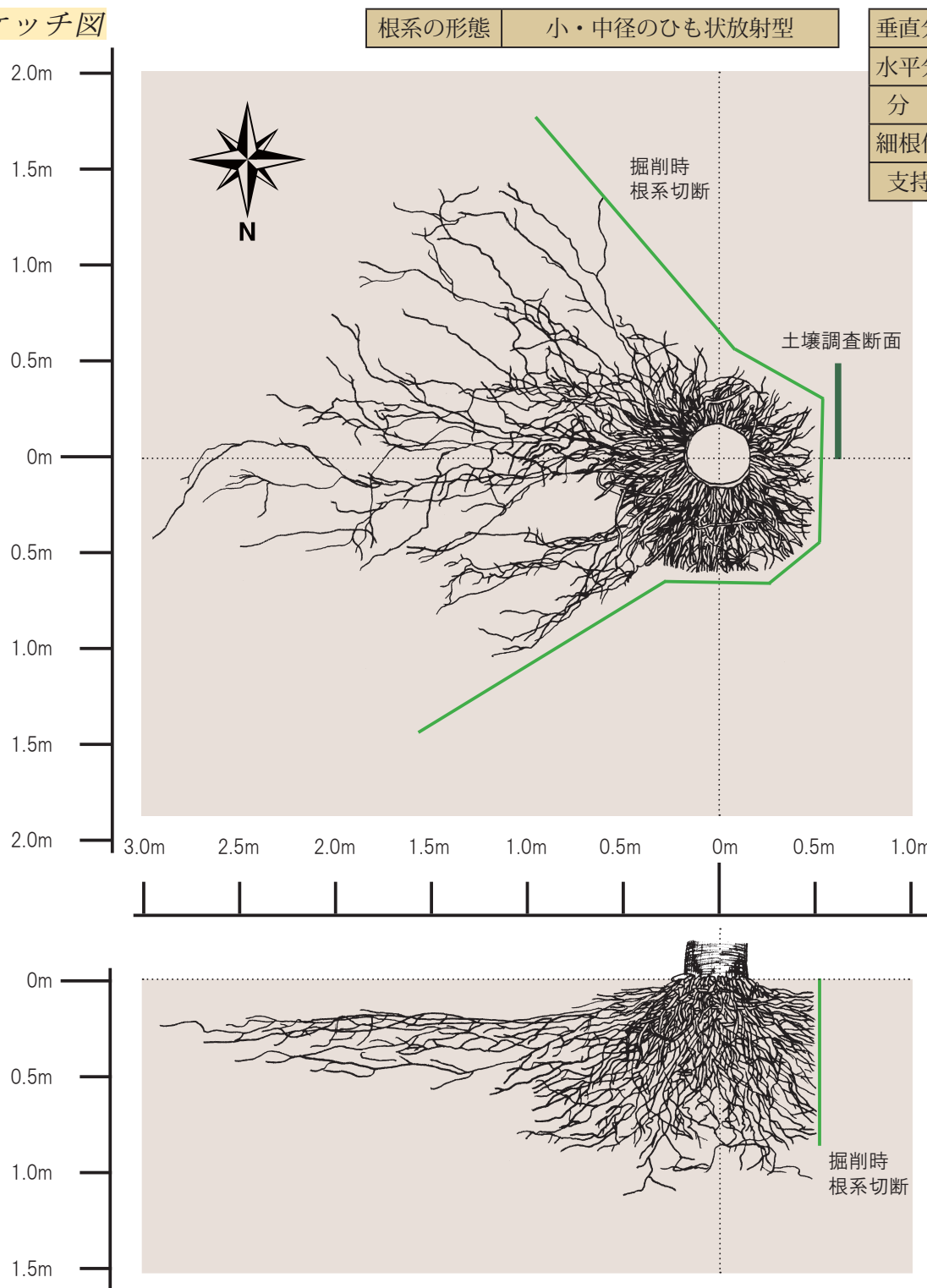


土壌貫入計（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）

立体図



スケッチ図



根系の形態

小・中径のひも状放射型

垂直分布

浅根型

水平分布

集中型

分岐

多岐型

細根付着

疎生型

支持力

大

ヤエヤマヤシ

(ヤシ科ヤエヤマヤシ属)

Satakentia liukiuensis



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	4.8m	幹 周	69cm	枝 張 り	4.1m	根 元 周	112cm
植栽環境	客土層は 40cm 程度で、その下層は埋め戻し残土を伴う植栽基盤である。深さ 50cm 程度までは軟らかな土壌であるが、その下層は造成時転圧により締まって硬い。土壌の透水性はやや不良である。						
根系状況	水平調査では、根株から約 2.5m まで密に根の分布が表層にみられる。断面調査では、小径根は深さ 40～60cm に 55% が集中しており、それ以深ではみられない。細根も 40～60cm に 47% が集中し、それ以深ではみられない。これは 50cm 以深に碎石が混在し、根系の伸長が抑制されていることによると考えられる。						

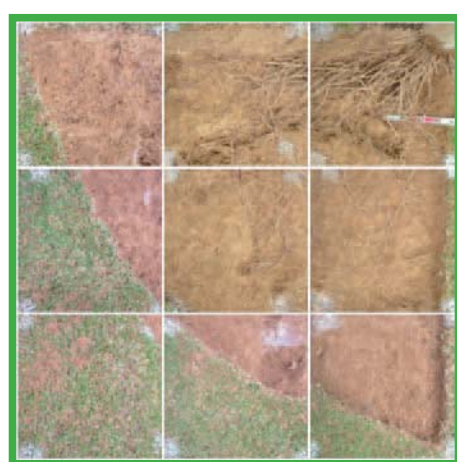
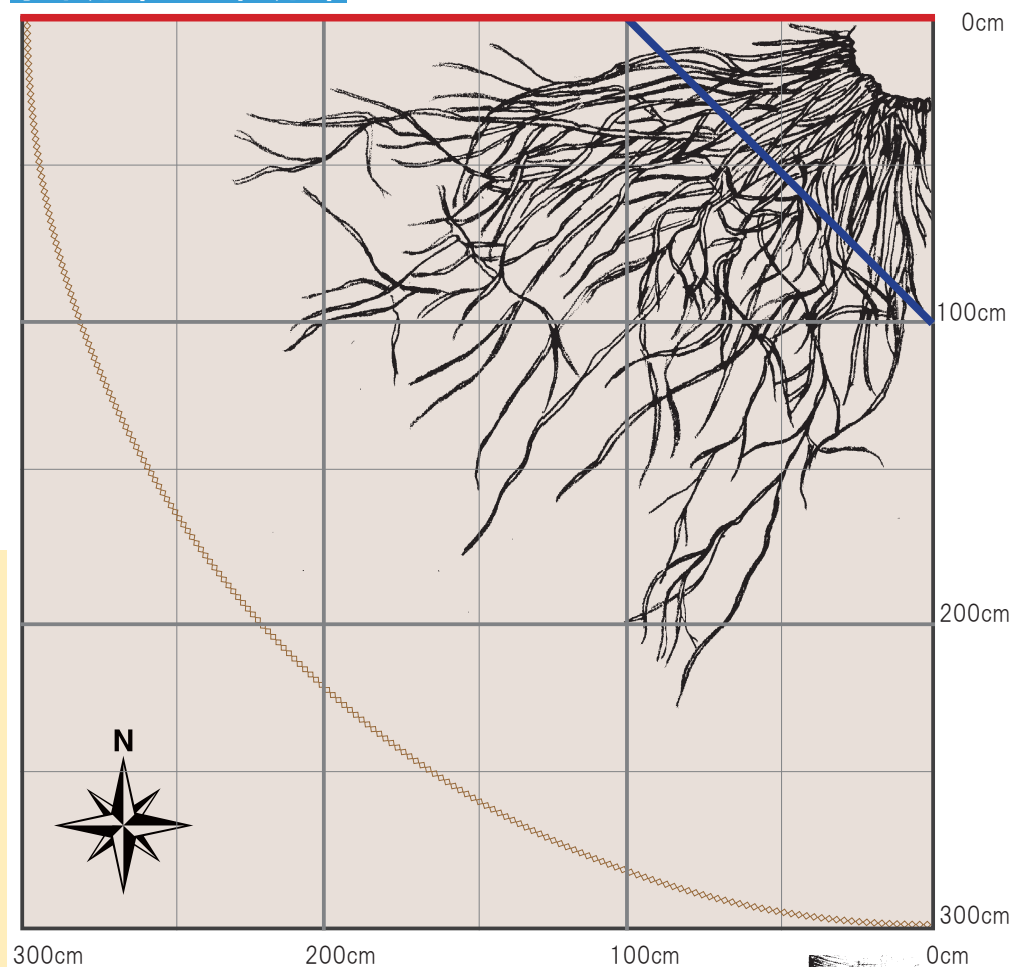


調査範囲位置

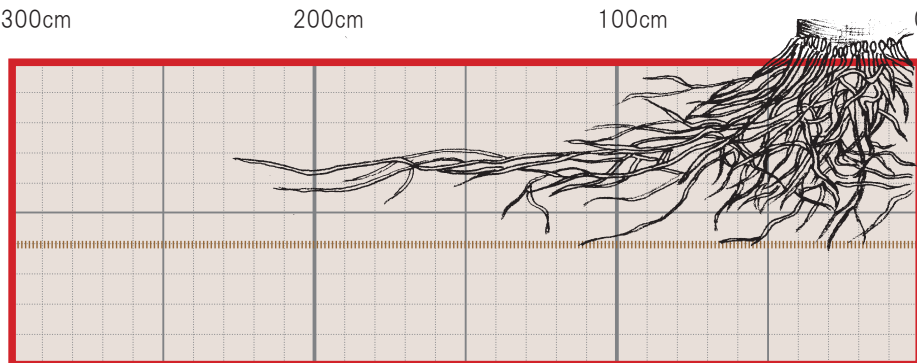
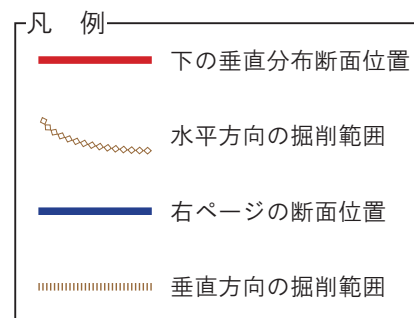


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm

土壌層位

客土層

造成土層

土壌断面・根系分布写真



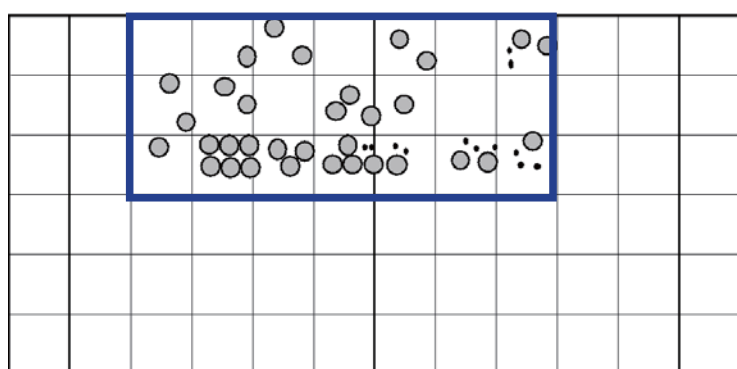
根系分布調査範囲

土壌断面調査範囲

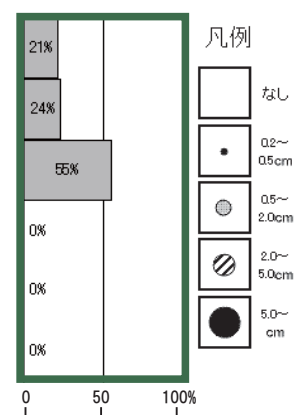
掘削深	60cm
備考	50cm以深には、碎石が混じり、掘削が困難であった。

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

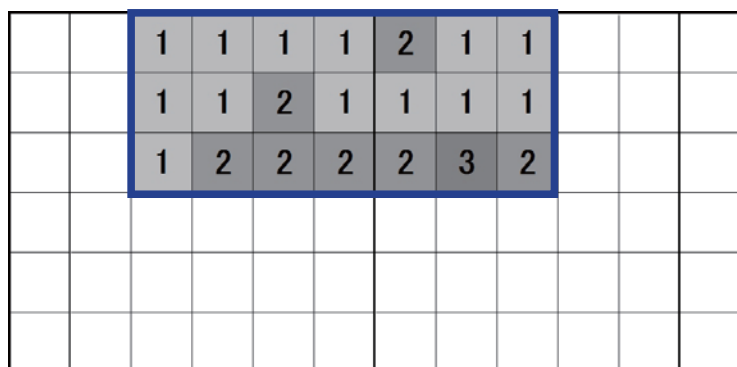
小～大径根の分布図



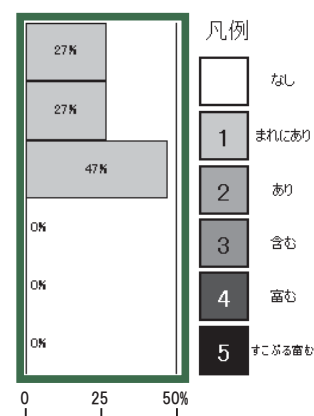
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



細根の分布指数図



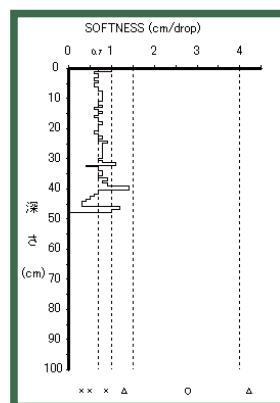
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	10YR4/6	SC	なし	半乾	あり	14 (軟らかい)	
G	10YR5/6	-	なし	半乾	すこぶる 富む	25 (硬い)	φ10-20 小礫80%

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
5.8×10^{-4}	△ (やや不良)

土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

コバノナンヨウスギ

(ナンヨウスギ科ナンヨウスギ属)

Araucaria heterophylla




圃場樹木（沖縄県国頭郡今帰仁村）

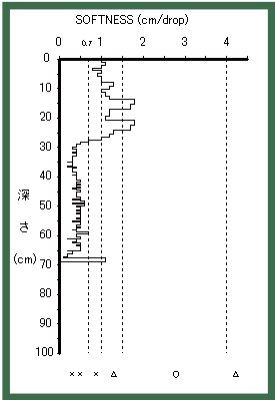
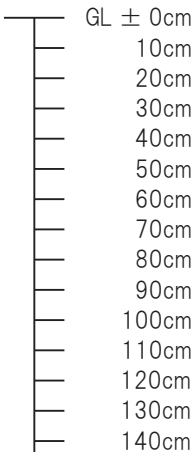
樹 高	6.0m	幹 周	35cm	根 元 周	51cm	推定樹齡	15 年	
枝 張 り	北	2.5m	南	2.5m	西	2.5m	東	2.5m
根 張 り	北	－ m	南	－ m	西	2.8m	東	－ m
根の深さ	1.5m	有 効 土 層 厚		1.0m	土 壌	造成土壌（礫質土）		
樹木重量	総重量	103kg	地上部（着葉時）		76kg	地下部（一部切断）		27kg
植栽環境	今帰仁村諸志地先海浜部から 70m 程度内陸にある湿地帯の圃場で、隣接する河川の護岸堤防のすぐ横で育成されている。表層には礫土が客土され、60cm 以深は固結した層となっている。土壌の透水性は良好である。							
根系状況	太い垂下根は深さ 1.5m 程度まで発達している。太い水平根は、河川護岸と隣接木との関係で南北と東側を切断しているが、西側は枝張りよりも若干広く伸長している。また、水平根からは杭のように下に伸長している根が多数確認できる。 地下部の重量は地上部の 35％程度（2 割程度切断）と多くはないが、水平方向と垂直方向に太い根を伸長させていることにより樹体の支持力は大きい。							

根系写真



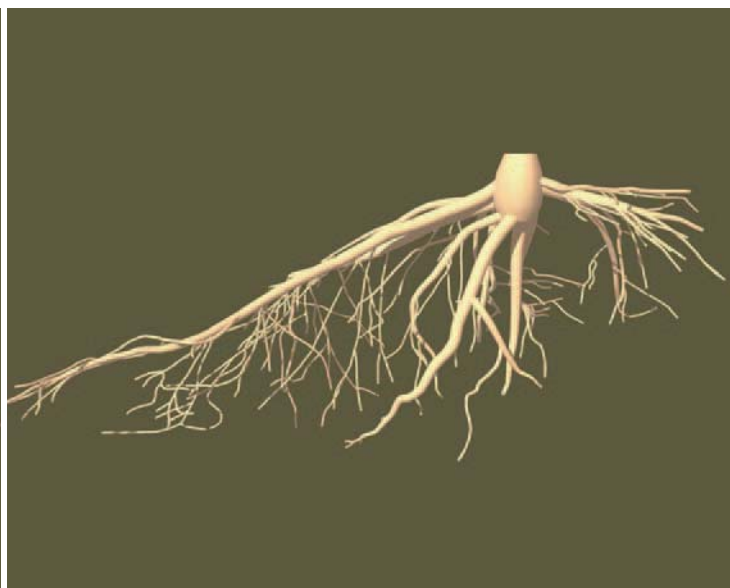
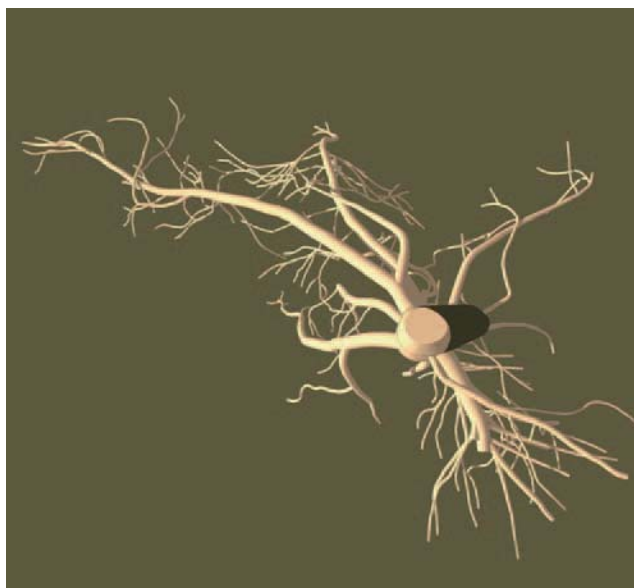
土壌調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
	AB	75YR5/6	SCL	なし	半乾	なし	25 (締まった)	pH 4.8 EC0.03dS/m
	AB2	5YR5/8	LiC	亜角塊		なし	27 (硬い)	
	AB3	10YR6/6	LiC	なし		下層に 含む	32 (固結)	pH 5.6 EC0.03dS/m
	B	25YR3/6	HC	壁状		多量	32 (固結)	pH 6.2 EC0.12dS/m
	B2	25YR6/6	SL	なし			34 (固結)	
土壌透水速度（長谷川式、単位：cm/Sec）						判定		
>8.3 × 10 ⁻³						◎（良好）		



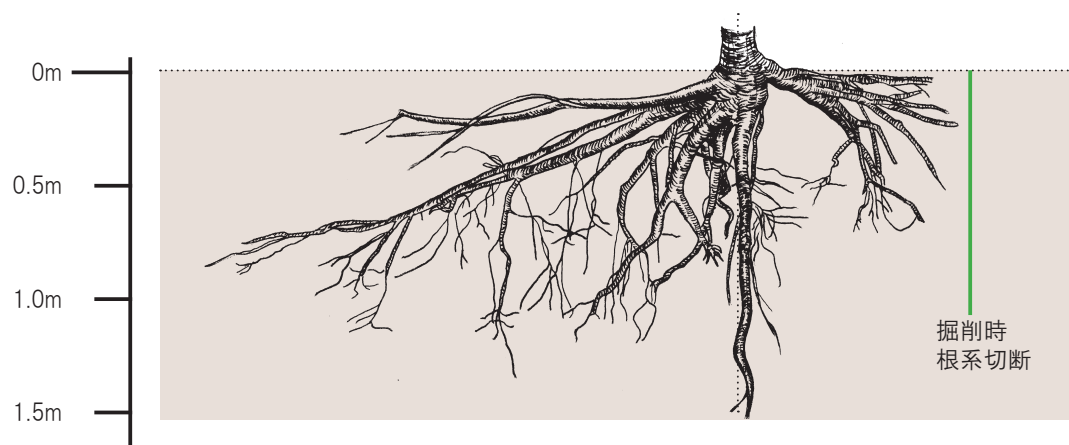
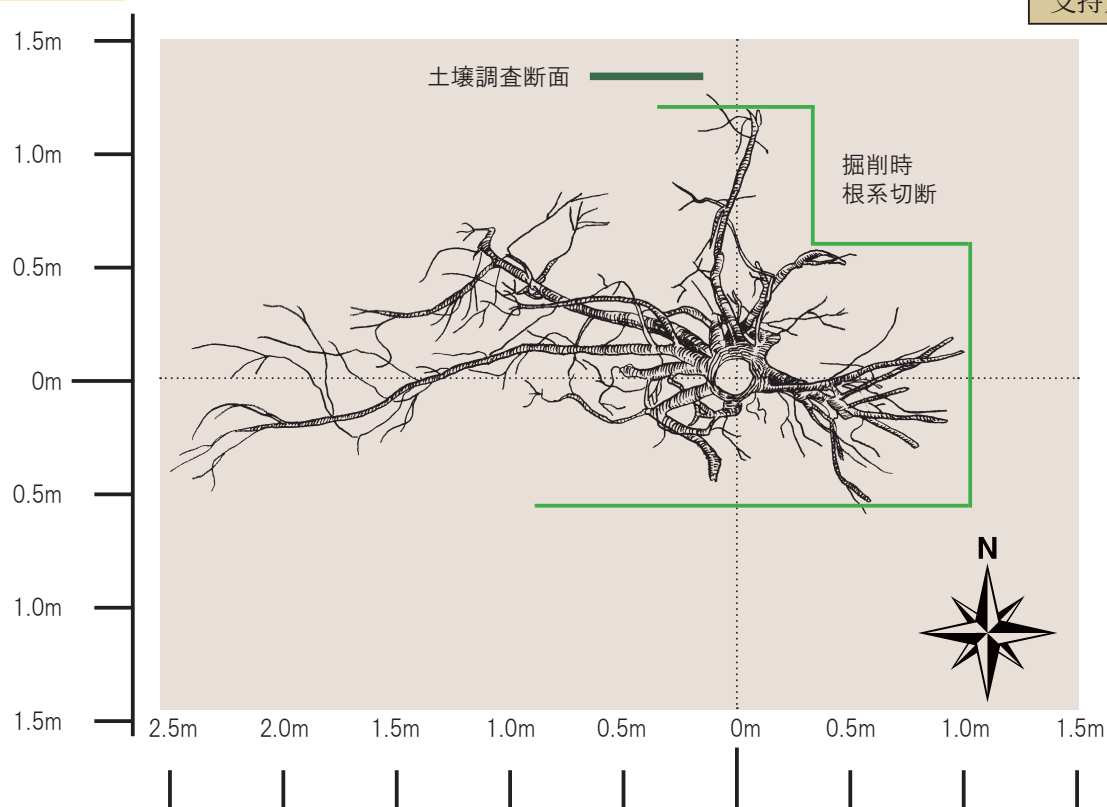
土壌貫入計（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）

立体図



根系の形態	中・大径の水平根・垂下根型	垂直分布	深根型	分岐	中間型
		水平分布	分散型	細根付着	中間型
				支持力	大

スケッチ図



タコノキ (タコノキ科タコノキ属)

Pandanus boninensis



圃場樹木 (沖縄県国頭郡今帰仁村)

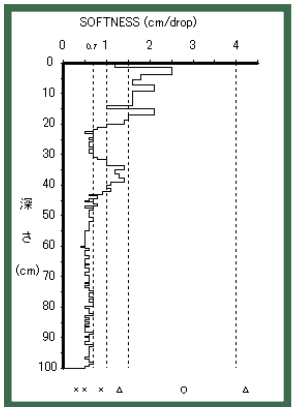
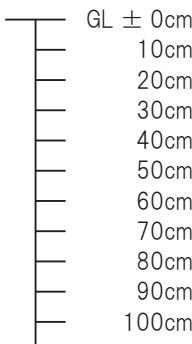
樹 高	4.0m	幹 周	49,46,40,36cm	根 元 周	239cm	推定樹齢	10 年	
枝 張 り	北	2.0m	南	2.0m	西	2.0m	東	2.0m
根 張 り	北	－ m	南	－ m	西	3.5m	東	－ m
根の深さ	0.5m	有 効 土 層 厚		0.5m	土 壌	国頭マージ系土壌		
樹木重量	総重量	233kg	地上部（着葉時）		107kg	地下部（一部切断）		126kg
植栽環境	今帰仁村与那嶺地の丘陵地端部にある圃場で、国頭マージ系土壌の下層に粘質土が存在する。西側は斜面となっている。表層から深さ50cm 程度までは締まった土壌であるが、その下の層は粘質なため非常に硬い。深さ 60cm までの土壌の透水性は良好である。							
根系状況	表層から 50cmまでに殆どの根が分布している。樹幹下部から気根として発生した複数の太い根が土壌に侵入し、扁平した特徴的な細根となって分岐を繰り返しながら密生し、表層土壌の緊縛力を確保している。これらの根は斜めに広く伸長している。下層部へ向かう垂下根はあるものの、旺盛ではない。 地下部の重量は 126kg（3 割程度切断）と大きく、地上部の 107kgを上回っていた。							

根系写真



土壌調査図

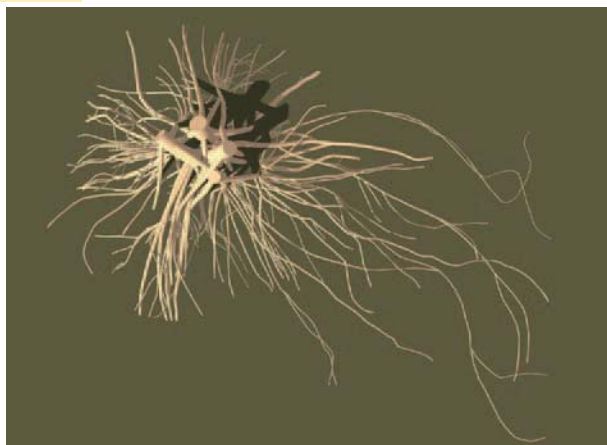
層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	5YR4/4	SC	なし	半乾	なし	22 (締まった)	pH 4.8 EC0.03dS/m
B	5YR4/6	HC	壁状	半乾	なし	26 (硬い)	



土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
$>8.3 \times 10^{-3}$	◎ (良好)

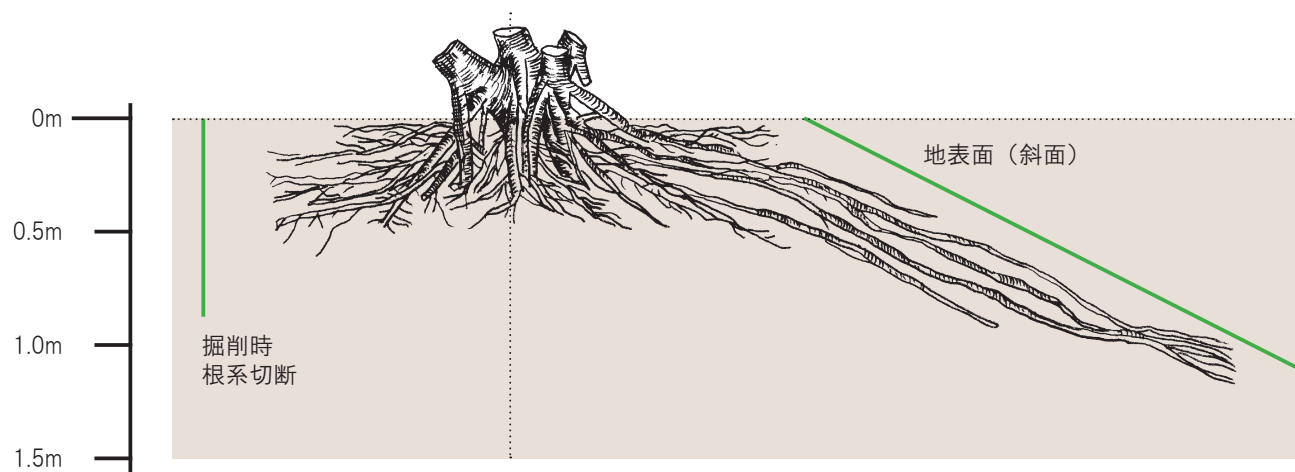
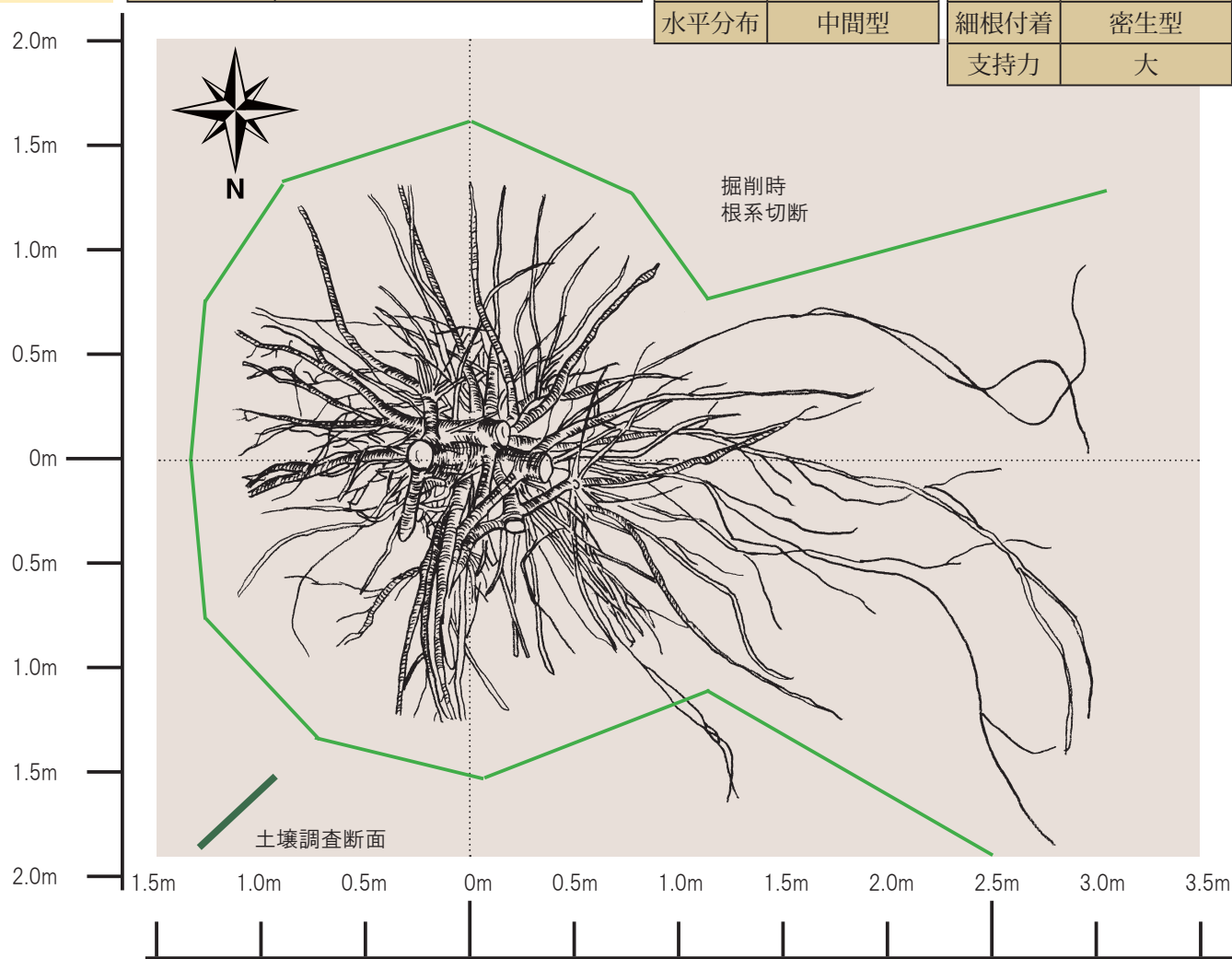
土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

立体図



スケッチ図

根系の形態	支柱気根の水平根型	垂直分布	浅根型	分岐	多岐型
		水平分布	中間型	細根付着	密生型
				支持力	大



アコウ (クワ科イチジク属)

Ficus superba ver. japonica

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.5m	幹 周	140cm	枝 張 り	13m	根 元 周	190cm
植栽環境	客土層が60cmとその下層部に埋め戻し残土を伴う造成土壌による植栽基盤である。客土層は膨軟で良好な土壌であるが、客土下層は礫を含み公園造成時の転圧により締め、硬い。なだらかな斜面に植栽されているものの土壌の透水性は不良である。						
根系状況	水平調査では、約60cmの深さに沿って2.8mまで太い根の伸長がみられる。垂下根は深さ60cmにある土壌の硬い層に阻害されて、横に屈曲して伸長している。断面調査では、小～大径根は深さ60～80cmに58%が集中している。また、表層の0～20cmには32%が分布している。細根は深さ0～80cmまで概ね均等に分布がみられる。						



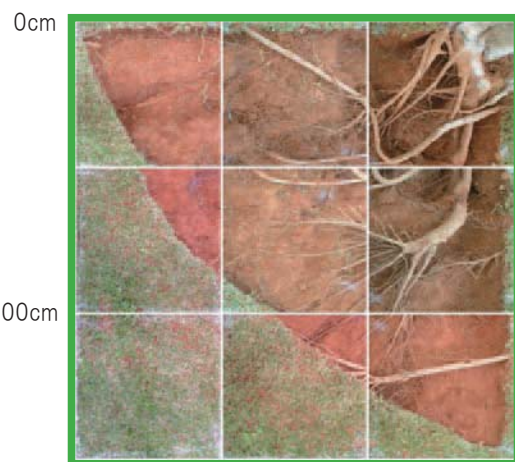
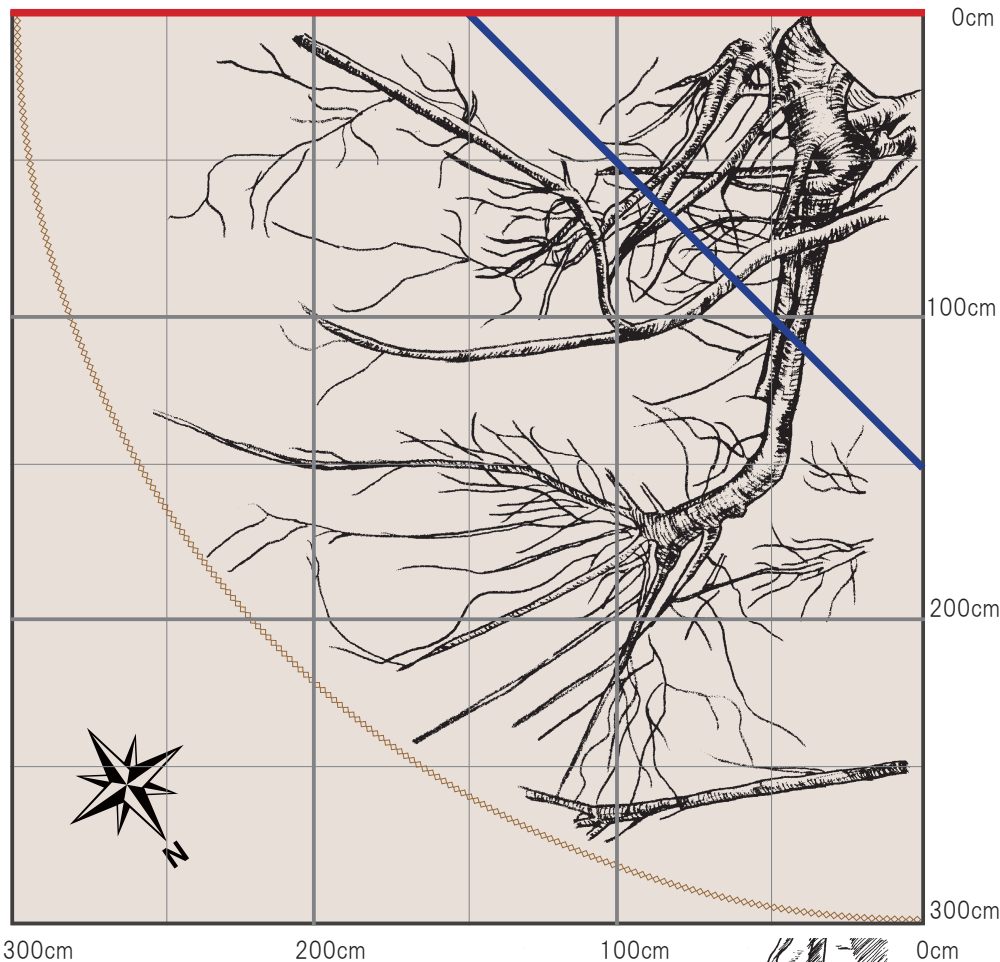
調査範囲位置



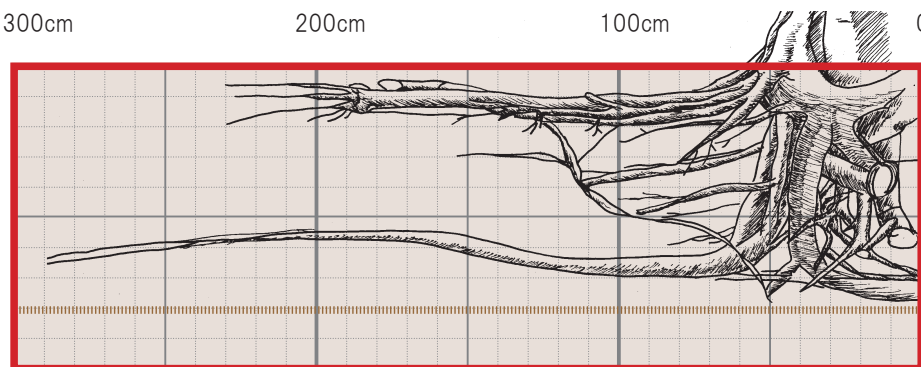
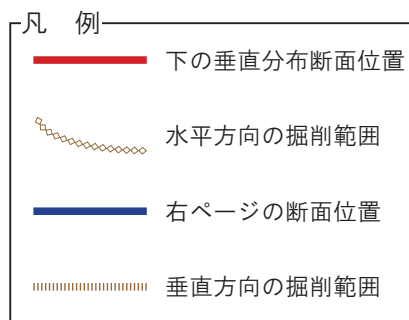
根系伸長状況



水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



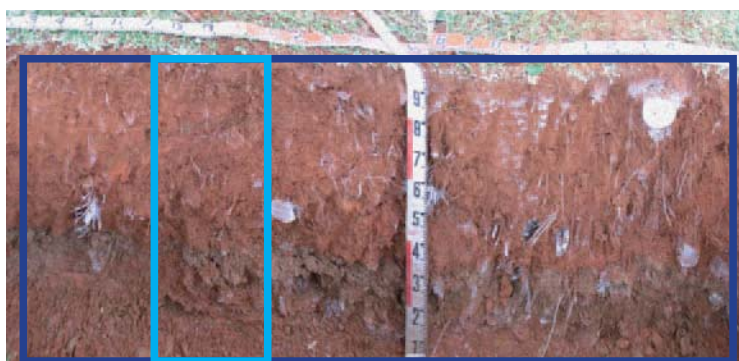
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm

土壌層位

客土層

造成土層

土壌断面・根系分布写真



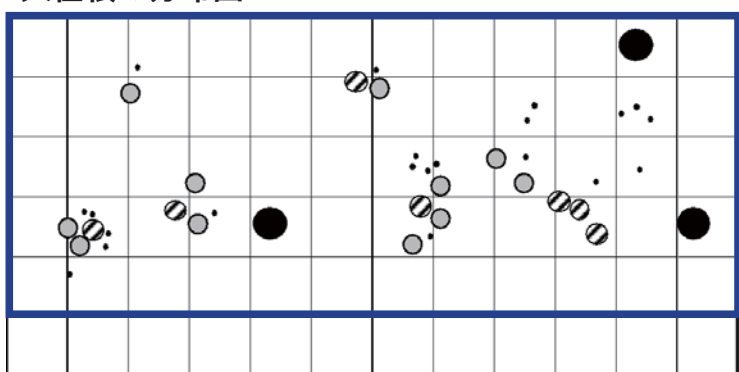
根系分布調査範囲

土壌断面調査範囲

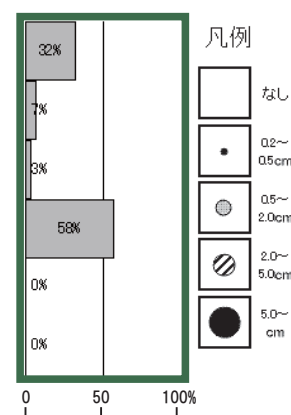
掘削深	100cm
備考	客土層の下 の60cm以深 には角礫が まかれて、硬 層になっている。

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

小～大径根の分布図



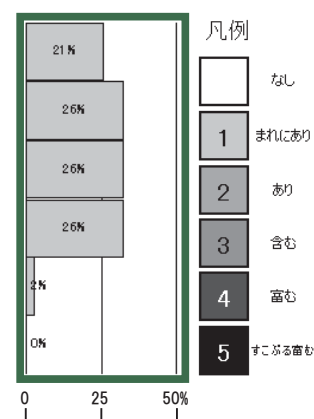
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



細根の分布指数図

1	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1
1	1	1	1	2	3	2	1	2	1	3	3
1	2	2	2	1	1	2	3	1	2	2	2
2	2	2	2		2	2	1	1	3	2	2
										1	1

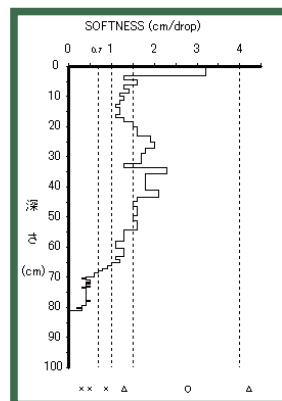
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	25YR4/6	SC	なし	半乾	あり	14 (軟らか)	
G	5YR5/6	HC	なし	半乾	含む	25 (硬い)	φ25-50 角礫 15%

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
1.4×10^{-4}	× (不良)

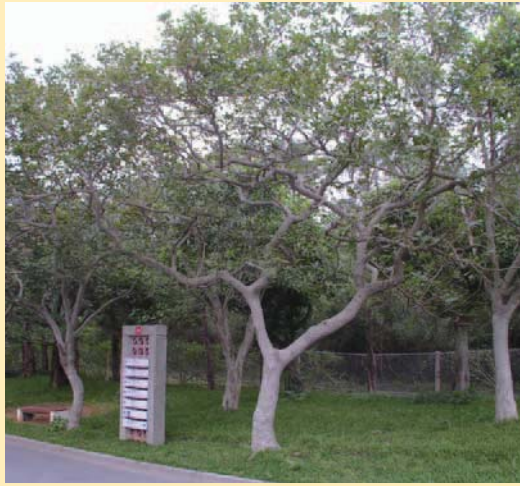
土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

クロヨナ (マメ科クロヨナ属)

Pongamia pinnata

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	4.5m	幹 周	57cm	枝 張 り	6.2m	根 元 周	71cm
植栽環境	明確な客土層がみられず、公園造成時の島尻マージ系土壌の植栽基盤である。深さ 60cm までの土壌硬度は問題ないが、その下層には琉球石灰岩の砕礫が混じった固結した土壌層がある。土壌の透水性はやや不良である。						
根系状況	水平調査では、表層に根元近くで分岐した大径根から発生している根の分布がみられ、3m を超えて伸長していることがわかる。断面調査では、小～中径根は深さ 20～40cm に 65% が集中している。細根は深さ 40～60cm に 42%、20～40cm に 40%、0～20cm に 19% が分布していて、60cm 以深では分布がみられない。						

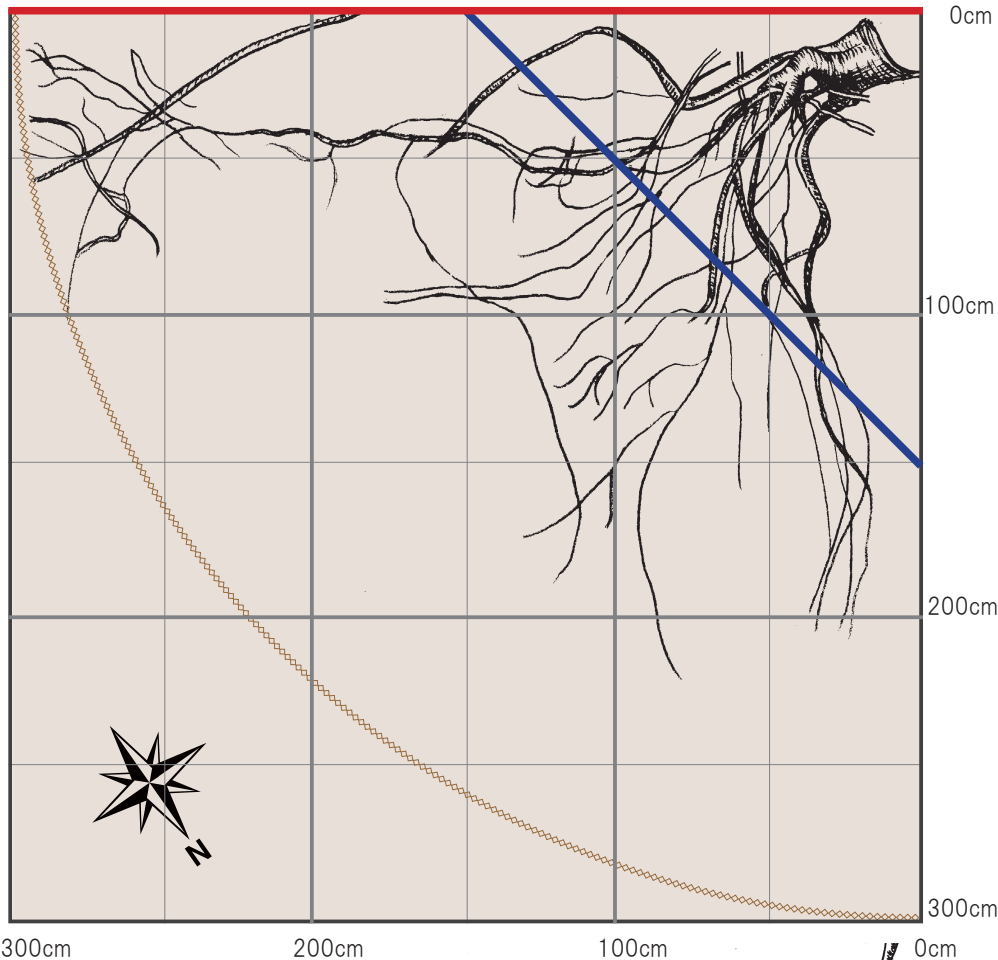


調査範囲位置

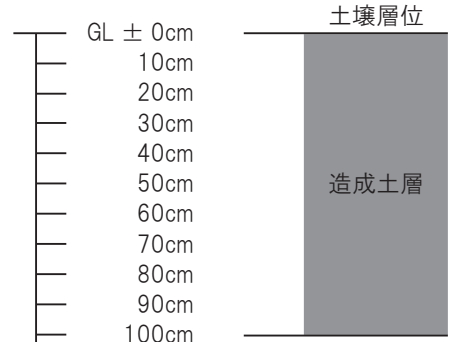
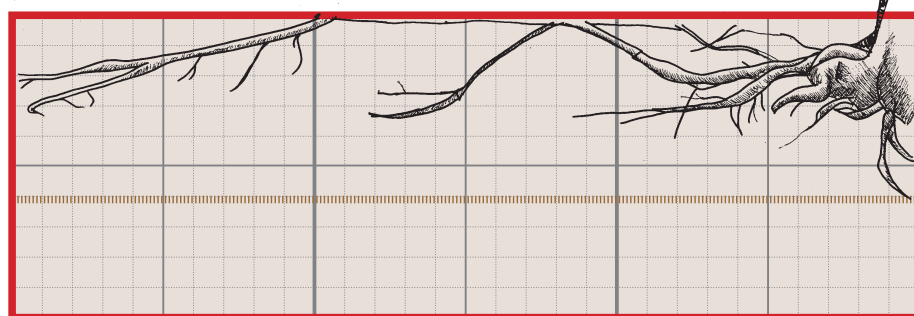
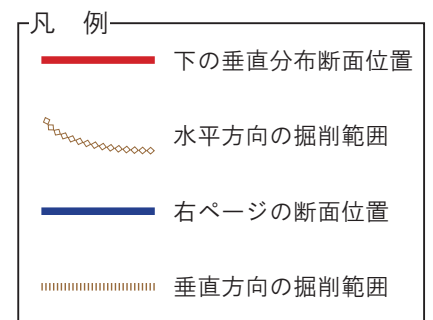


根系伸長状況

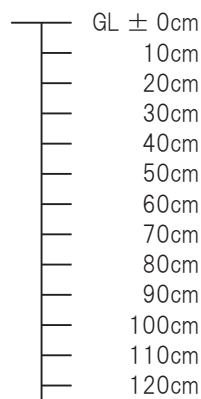
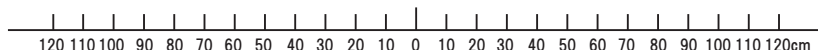
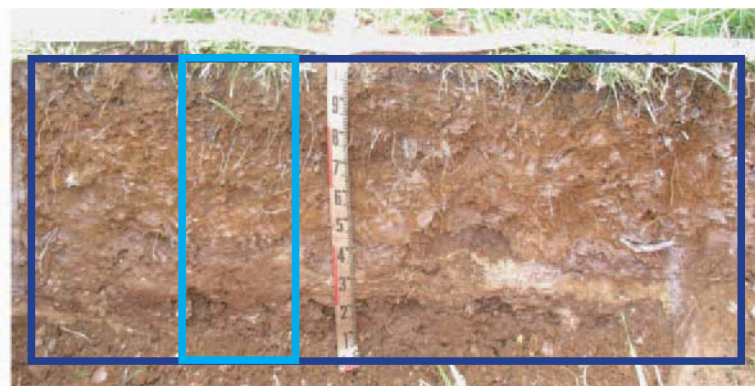
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

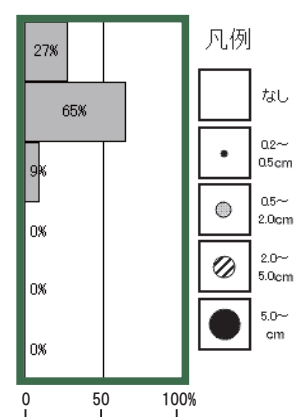
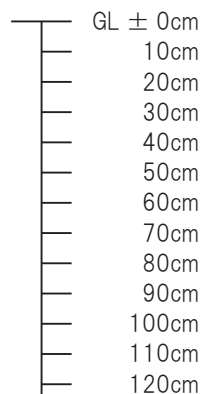
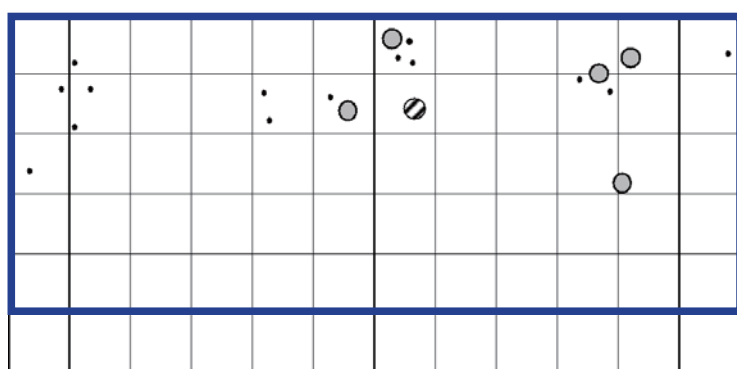


根系分布調査範囲

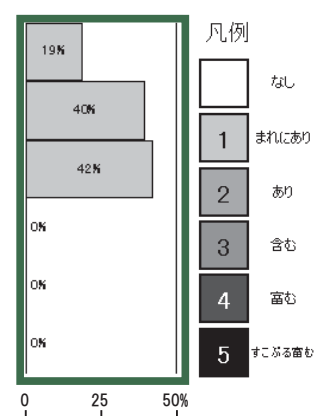
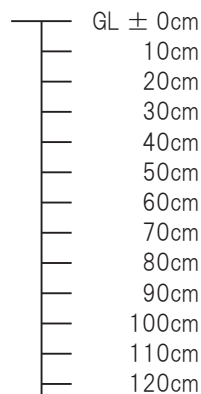
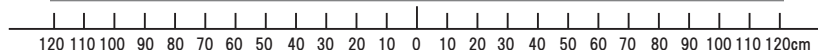
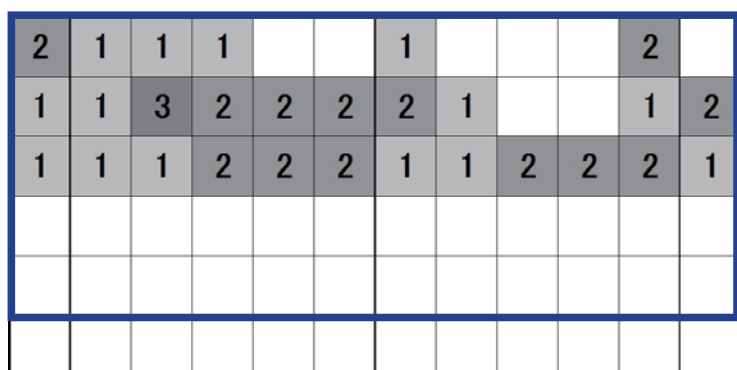
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	60cm以深には琉球石灰岩層がある。

小～大径根の分布図



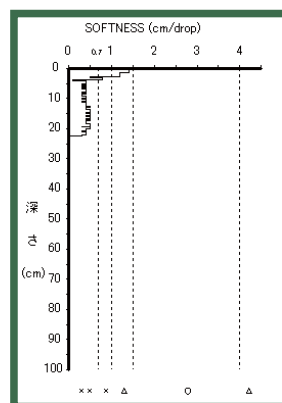
細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
A	7.5YR1.7/1	LIC	なし	半乾	なり	15(軟らか)	芝の目土、炭の影響で黒化
AB	7.5YR5/6	CL	なし	半乾	あり	22 (締まった)	
AB2	7.5YR5/6 -5/8	CL	なし	半乾	あり	20 (締まった)	
AB3	7.5YR4/4 5YR4/4	HC	なし	湿	含む	27 (固結)	琉球石灰岩の碎石混じり、 基岩が出現

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-4}	△ (やや不良)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

ソウシジュ (マメ科アカシア属)

Acacia confusa

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	6.0m	幹 周	55.75cm	枝 張 り	8.0m	根 元 周	158cm
植栽環境	深さ 100cm まで客土がある植栽基盤である。深さ 70cm までは膨軟な土壌であるが、70cm 以深には角礫が混在しており土壌は硬い。土壌の透水性は生育に問題ない。						
根系状況	水平調査では、表層に 3m 以上に大径根の分布が多数みられ、3m の掘削範囲を超えて伸長していることがわかる。断面調査では、小～大径根は深さ 20～40cm に 76% が集中していて、40cm 以深には少ない。一方で細根は 40cm 以深も多く分布し 100cm まで伸長している。						

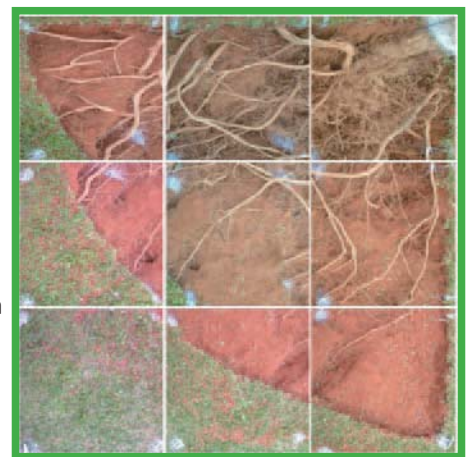
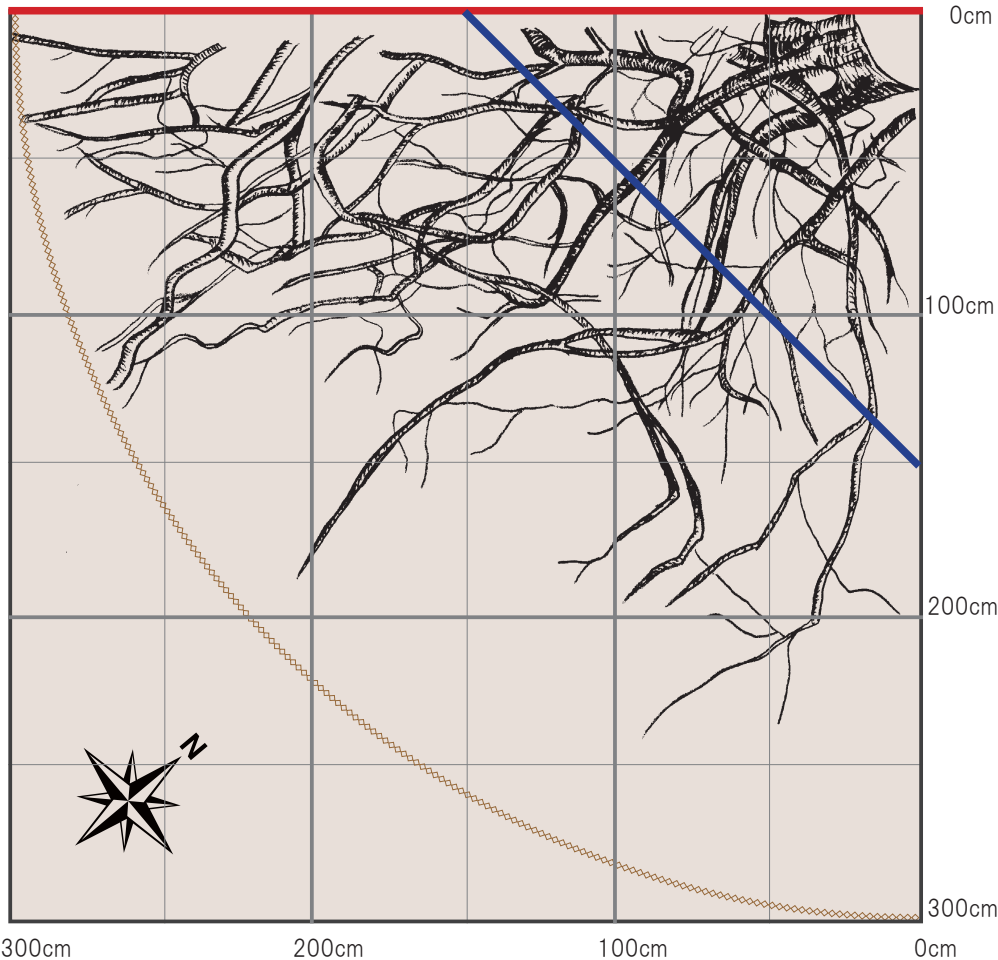


調査範囲位置

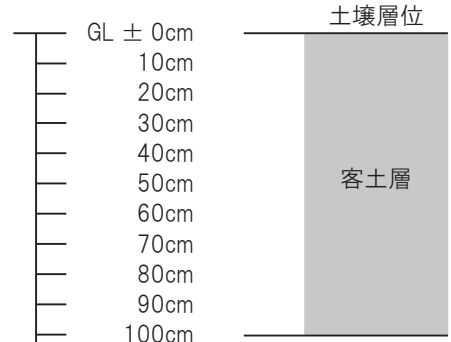
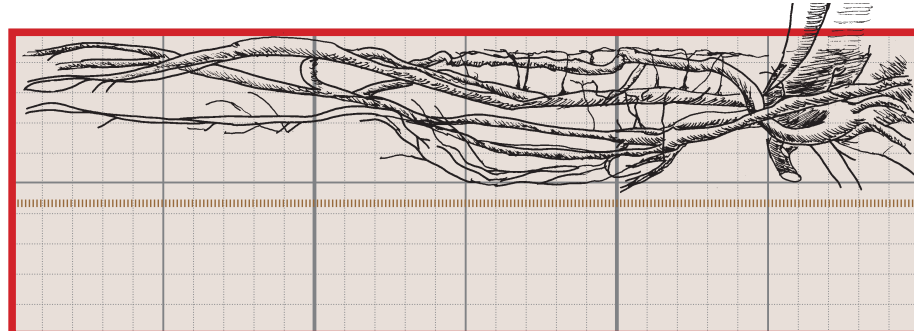
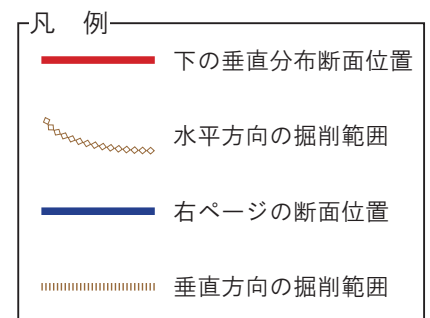


根系伸長状況

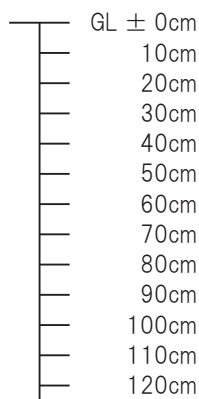
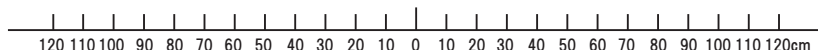
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真

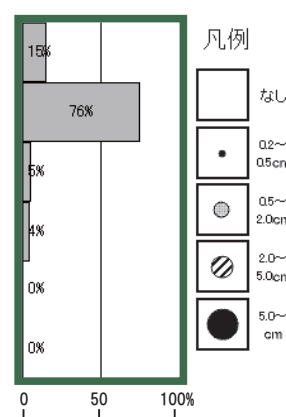
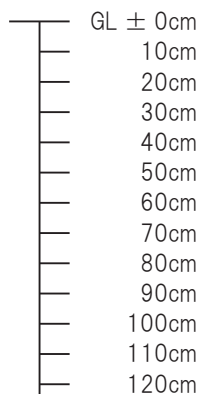
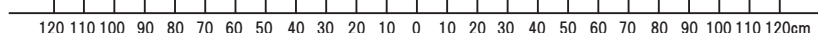
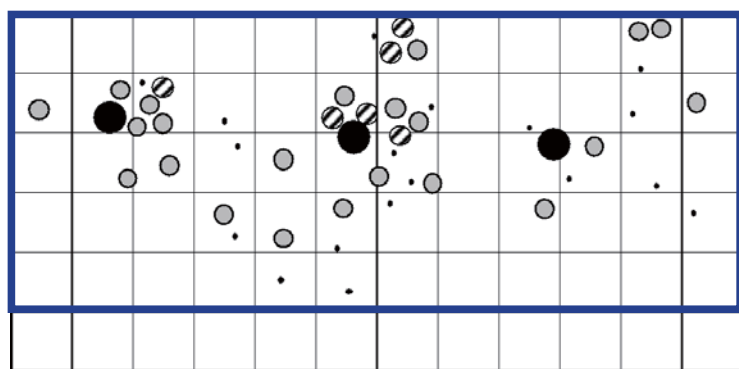


根系分布調査範囲

土壌断面調査範囲

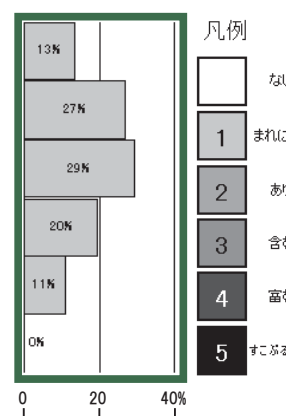
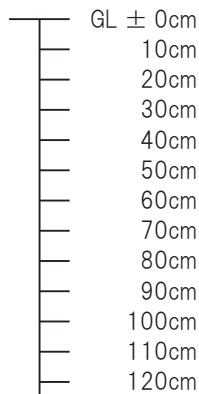
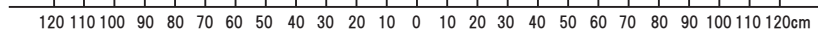
掘削深	100cm
備考	70cm以深では、破碎角礫が混在していたが、根の生育は良好であった。

小～大径根の分布図



細根の分布指数図

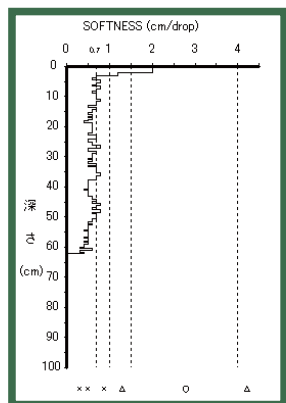
1	1	1			1	1	1	1	1	2	1
2	3	3	2	1	2	2	2	1	1	1	2
1	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	1
			2	2	2	2	1	2	3	1	1
					1		2	1	2	2	1



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	2.5YR4/6	SC	なし	半乾	あり	15 (軟らか)	
G	5YR4/6	HC	なし	半乾	富む	27	φ100-150 10%

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
2.5×10^{-3}	○ (可)



土壌貫入計 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)

ヨウテイボク (マメ科ハマカズラ属)

Bauhinia variegata



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	7.0m	幹 周	58,65cm	枝 張 り	8.4m	根 元 周	121cm
植栽環境	客土層 20cm と薄く、その下層は公園造成時の土壌である。客土層は軟らかい土壌であるが、20～60cm の層には琉球石灰岩の破碎された礫が混じり締まった土壌となっている。さらに下層は琉球石灰岩層がある。土壌の透水性は不良である。						
根系状況	水平調査では、移植時に切断された大径根から発根した根が3mの範囲内で分布している。断面調査では、小～中径根は深さ0～20cmに62%、20～40cmに34%が集中している。細根は0～20cmに63%が集中している。下層60cm以下には、琉球石灰岩があり根の下部への伸長は抑制されている。						

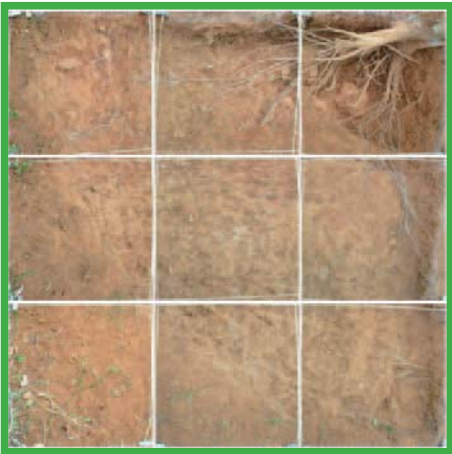
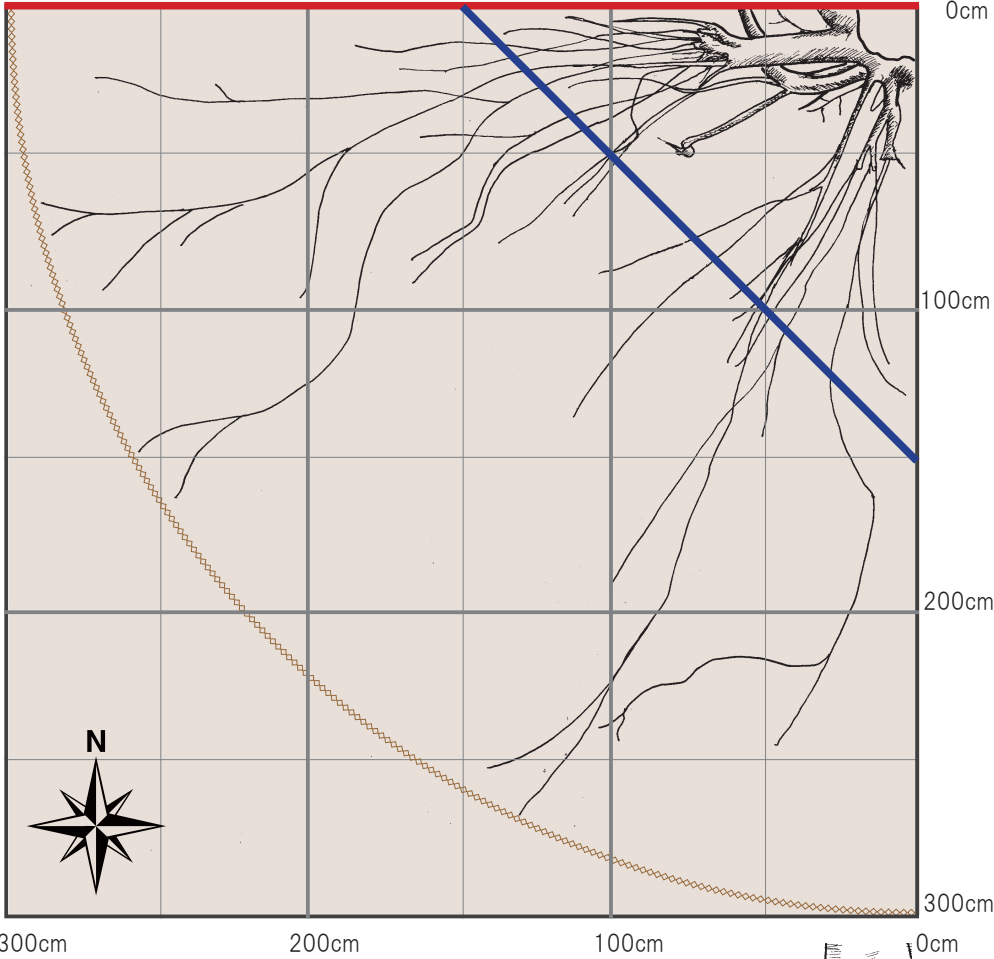


調査範囲位置

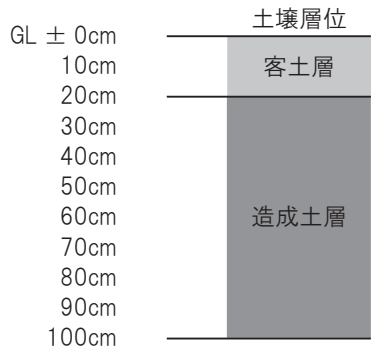
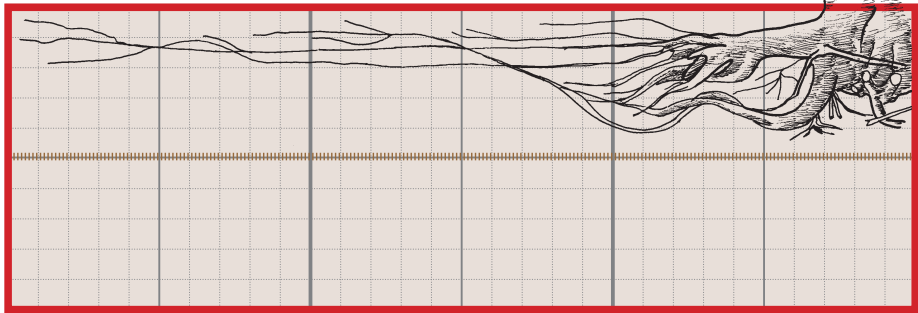
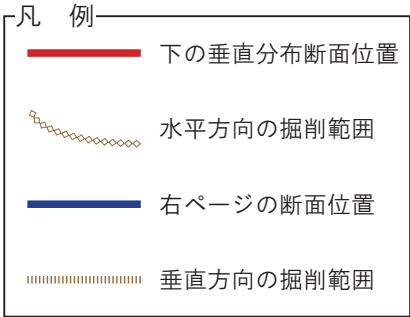


根系伸長状況

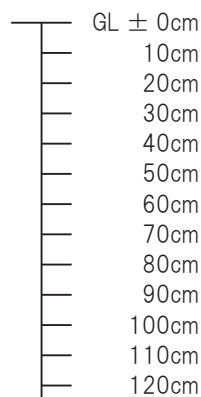
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



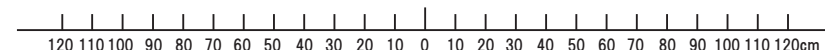
土壌断面・根系分布写真



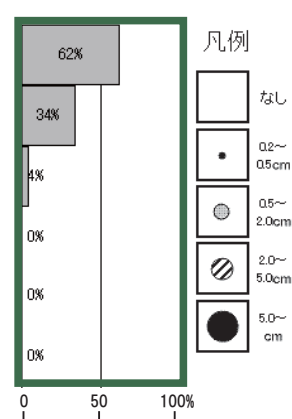
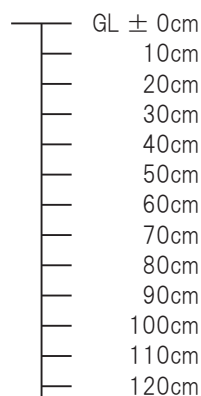
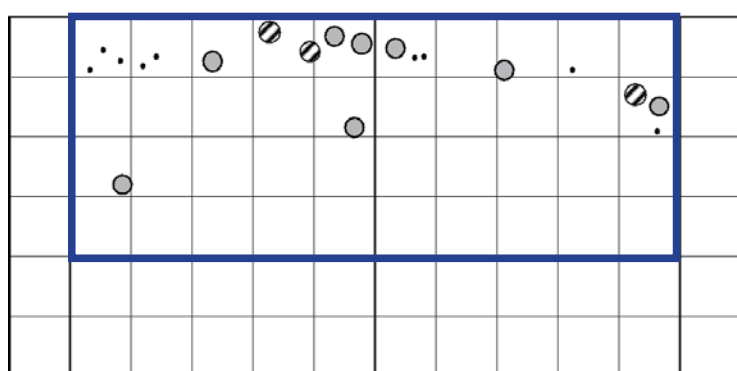
根系分布調査範囲

土壌断面調査範囲

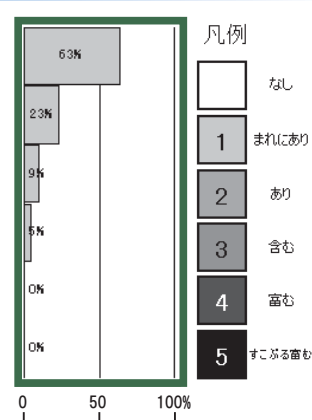
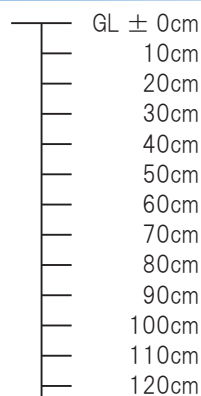
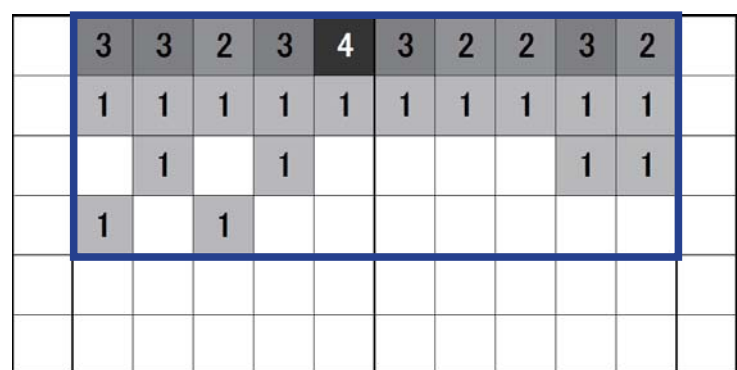
掘削深	80cm
備考	60cm以深では、琉球石灰岩が出現したため80cmより深く掘削ができなかった。



小～大径根の分布図

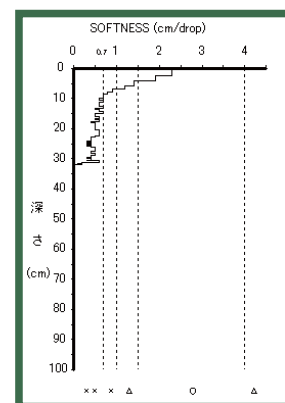
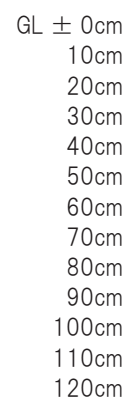


細根の分布指数図



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	2.5YR5/8 5YR5/8	SC	なし	半乾	含む	14 (軟らか)	
B	7.5YR4/4	LiC	なし	湿	富む	21 (締まった)	φ200-300の基岩破 砕物 15%
G	大理石化した基岩、琉球石灰岩(半透明;光透過を視認)。 7.5YR/2 山中式土壌硬度30以上。						



土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-5}	× (不良)

土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

リュウキュウコクタン

(カキノキ科カキノキ属)

Diospyros egbert-walkeri



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.0m	幹 周	68cm	枝 張 り	4.1m	根 元 周	73cm
植栽環境	客土層が 20cm と薄く、その下層は公園造成時の土壌となっている植栽基盤である。深さ 70cm 程度に管路が埋設されている。客土層とその下層 60cm までは締まった土壌であるが、その下は硬い。土壌の透水性は不良である。						
根系状況	水平調査では、根株から多くの発根が認められ、表層の 2.8 m 程度まで分布がみられる。断面調査では、小～中径根は深さ 0～20cm に 38% が分布し、次に 60～80cm に 29%、40～60cm に 20% の分布がみられる。細根は、60～80cm が最も多く 35% であり、次に 40～60cm の 28% である。小～中径根・細根ともに深い層まで分布が認められる。						

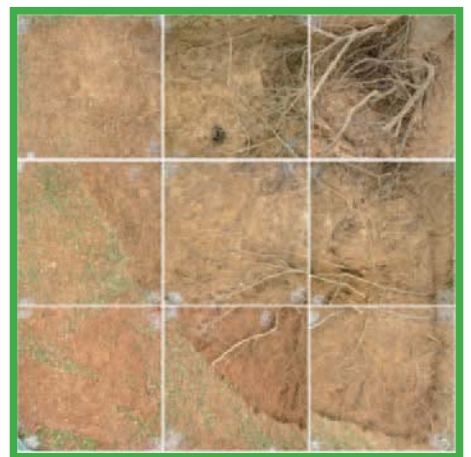
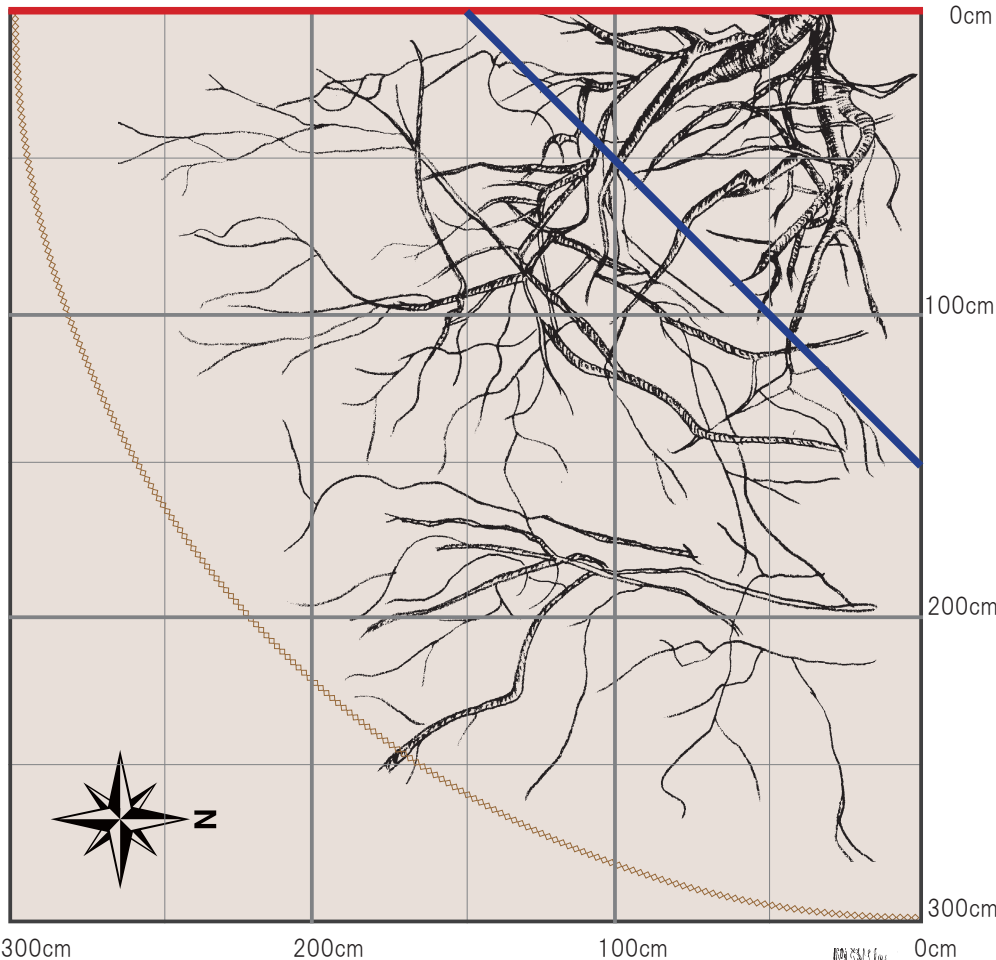


調査範囲位置

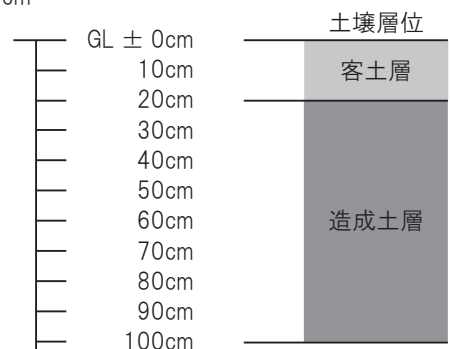
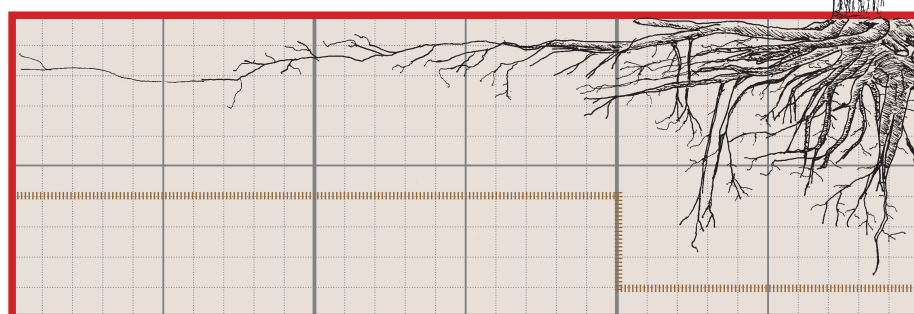
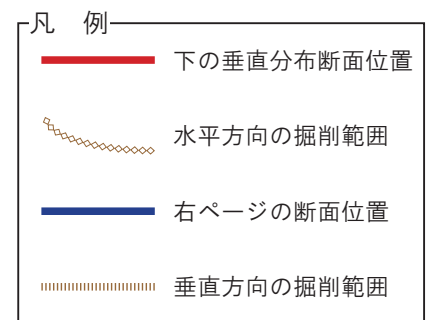


根系伸長状況

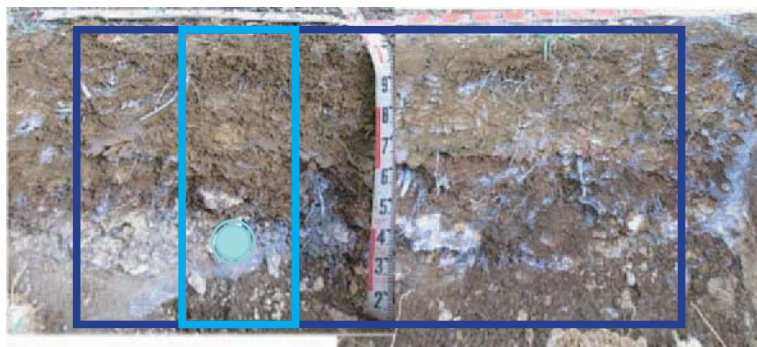
水平分布・垂直分布



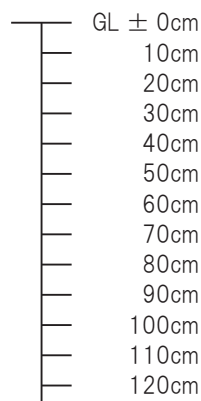
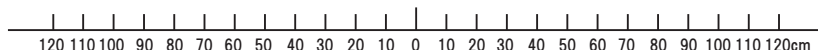
根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真



埋設管

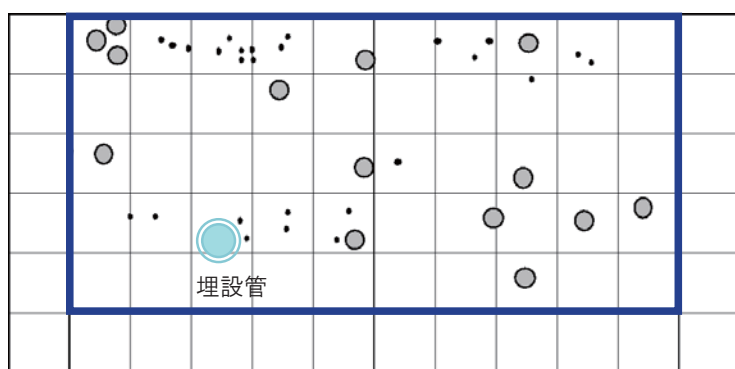


根系分布調査範囲

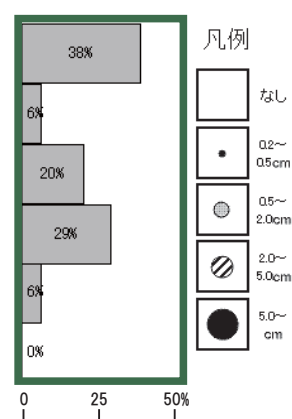
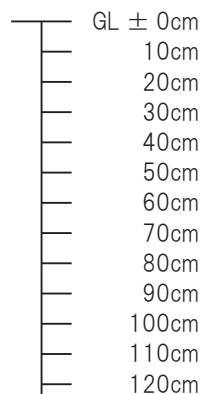
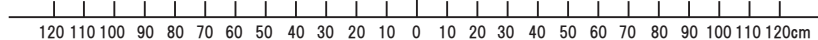
土壌断面調査範囲

掘削深	100cm
備考	深さ70cm程度に埋設されている管(φ200mm)の両側には碎石層がある。

小～大径根の分布図



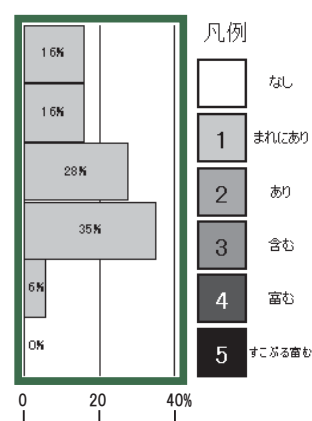
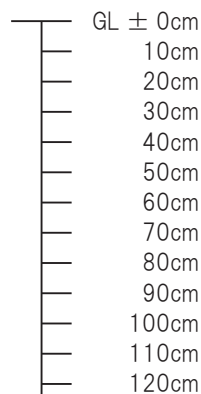
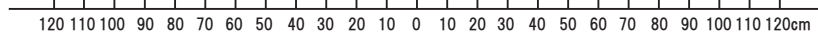
埋設管



細根の分布指数図



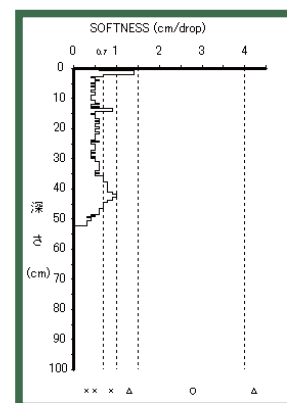
埋設管



土壌調査図

	層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
 埋設管	AB	10YR5/6	SC	なし	半乾	あり	17 (軟らか)	
	AB2	10YR4/6	HC	なし	湿	含む	20 (締まった)	
	G	10YR8/2	-	-	-	すこぶる含む	26 (硬い)	ヒューム管(φ170)露出。 埋め戻し碎石 琉球石灰岩

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
1.6×10^{-4}	× (不良)



土壌貫入計 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)

ビロウ (ヤシ科ビロウ属)

Livistona chinensis ver. subglobosa

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)



樹 高	4.0m	幹 周	72cm	枝 張 り	3.5m	根 元 周	91cm
植栽環境	深さ 60cm まで客土された植栽基盤である。深さ 50cm 程度までは軟らかな土壌であるが、その下層に非常に大きな石 (丸い) が混在している。土壌の透水性は生育に問題ない。						
根系状況	水平調査では、深さ 30 ~ 50cm に水平方向 3m まで多数の根の分布がみられる。断面調査では、小径根は深さ 20 ~ 40cm に 74% が集中していて、40cm 以深は少ない。細根は深さ 20 ~ 40cm に 47%、0 ~ 20cm に 29%、40 ~ 60cm に 18% が分布している。80cm 以深には認められない。						

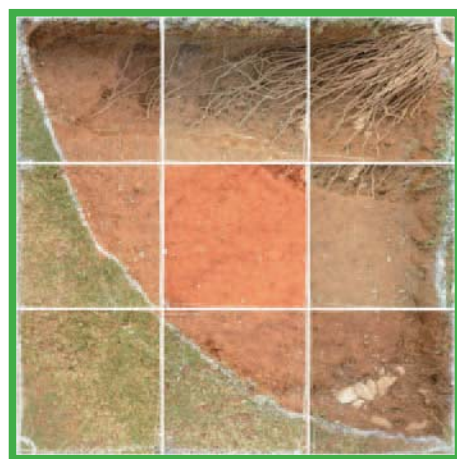
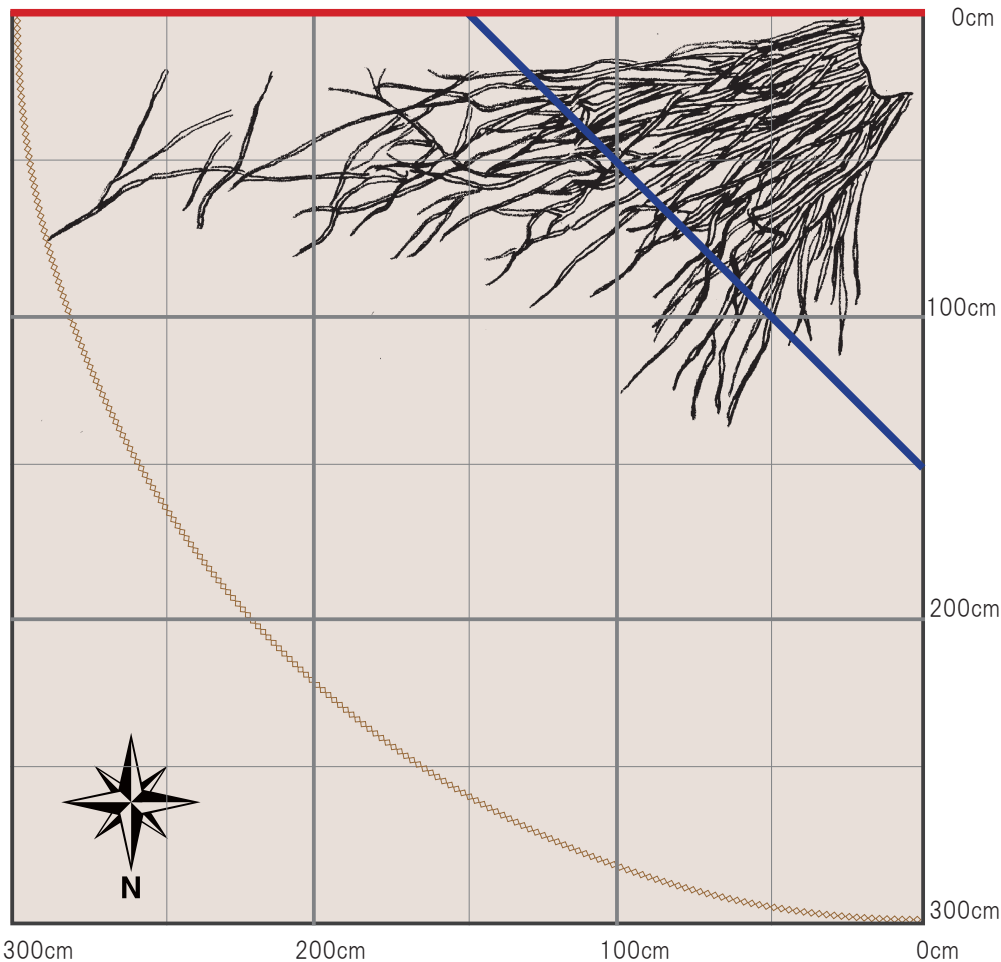


調査範囲位置

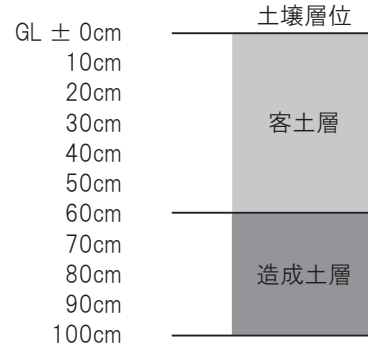
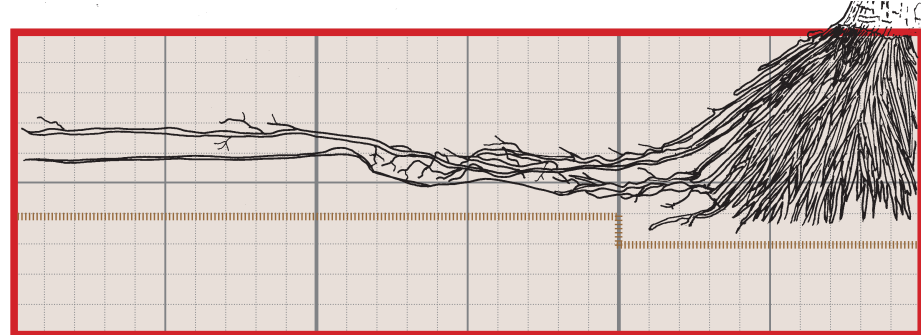
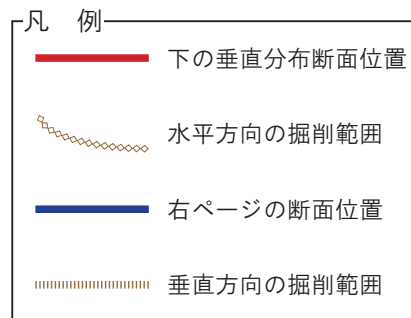


根系伸長状況

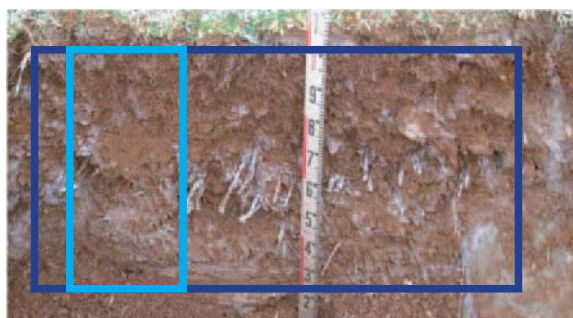
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌断面・根系分布写真



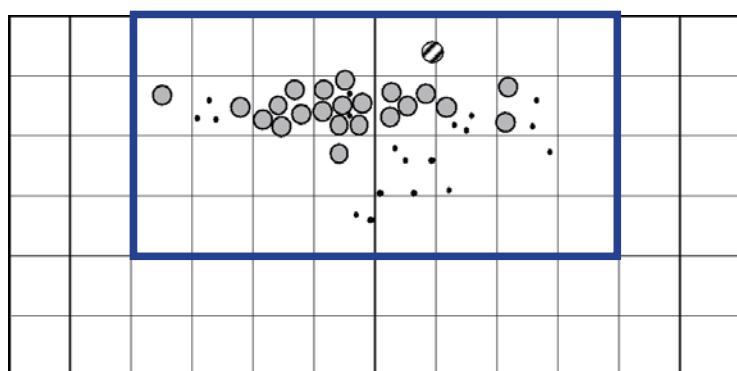
根系分布調査範囲

土壌断面調査範囲

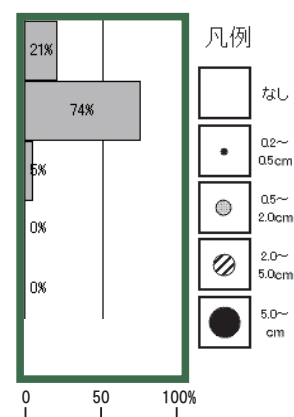
掘削深	80cm
備考	客土層は60cm程度であるが、50cm以深から丸い石が混在している。

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

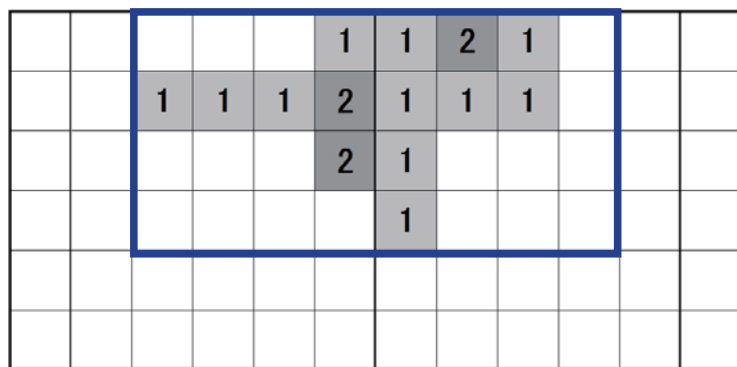
小～大径根の分布図



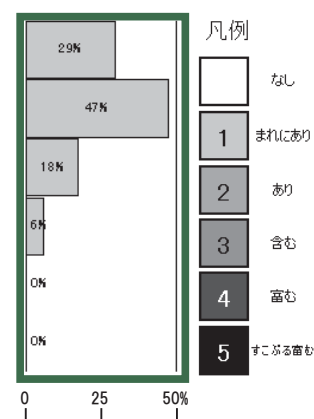
GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



細根の分布指数図



GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm



土壌調査図

層位	土色	土性	構造	乾湿	礫	山中式 硬度mm	その他
AB	7.5YR4/6	SC	なし	半乾	あり	14 (軟らか)	
AB2	7.5YR5/6	HC	なし	湿	含む	16 (軟らか)	φ20-150 円礫5%
G	7.5YR4/6	HC	なし	半乾	すこぶる富む	25 (硬い)	山石 φ5000含む残土

GL ± 0cm
10cm
20cm
30cm
40cm
50cm
60cm
70cm
80cm
90cm
100cm
110cm
120cm

土壌透水速度 (長谷川式、単位: cm/Sec)	判定
8.3×10^{-4}	○ (可)

インドゴムノキ (クワ科イチジク属)

Ficus elastica



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	3.5m	幹 周	61cm	枝 張 り	5.2m	根 元 周	63cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	根は根株周辺に集中している。水平根は中径なものがわずかに見られ、1 本については 3m の範囲を超えている。根株から垂下根が見られるが主根といえるものは確認できない。移植時の根系切断が影響して、根系が未発達といえる状態である。						

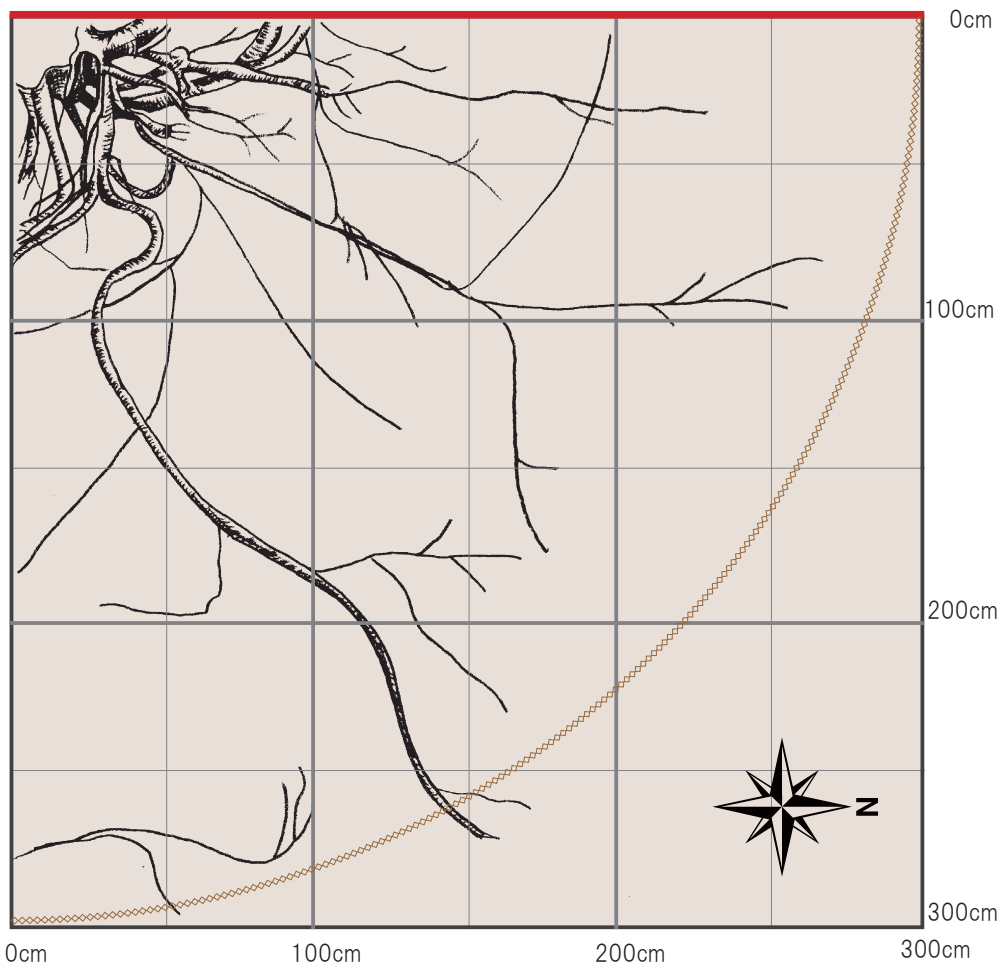


調査範囲位置

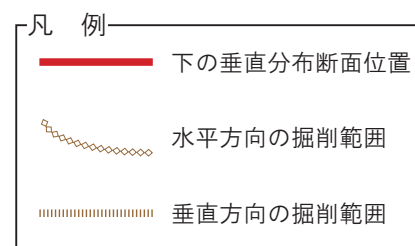


根系伸長状況

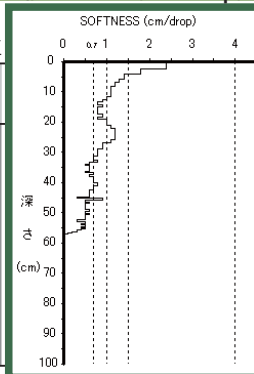
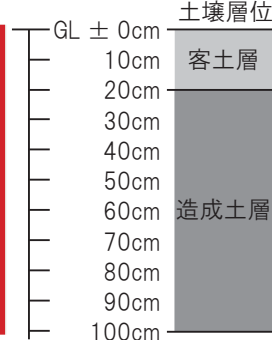
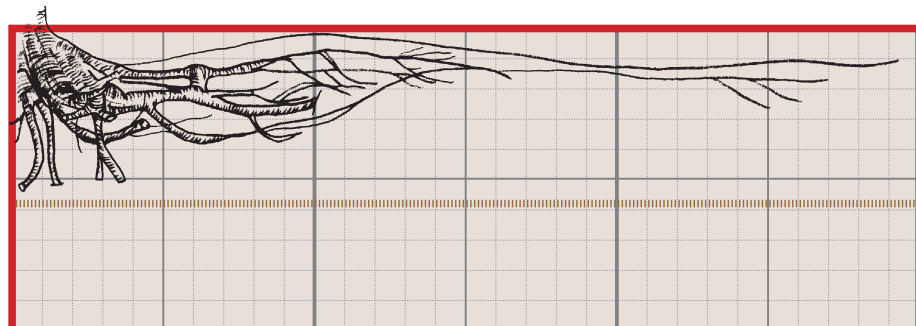
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



カシワバゴムノキ (クワ科イチジク属)

Ficus lyrata

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	7.5m	幹 周	68,71cm	枝 張 り	7.8m	根 元 周	122cm
植栽環境	植栽基盤は、客土層が明瞭でなく公園造成時の土壌のままである。地表から深さ 30cm 程度までは生育に問題ない土壌硬度であるが、それ以深は硬い層となっている。						
根系状況	根株から多数の大径根が放射状に伸長している。途中から分岐しているが、これは移植時に切断された部分から発根したものとみられる。さらに、この中の数本の大径根が 3m 以上伸長している。主根と見られる垂下根は認められず、数本の根系が深さ 40cm 程度で水平方向に湾曲しながら伸長している。						

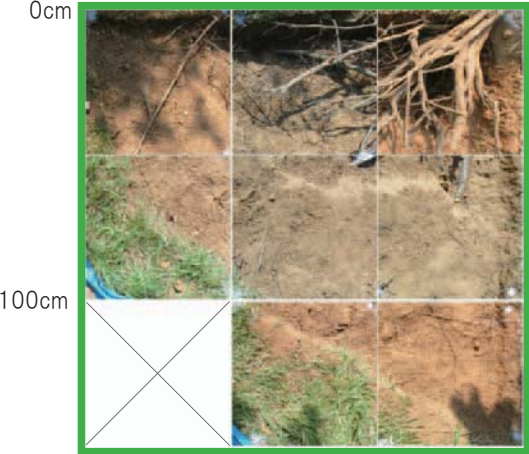


調査範囲位置

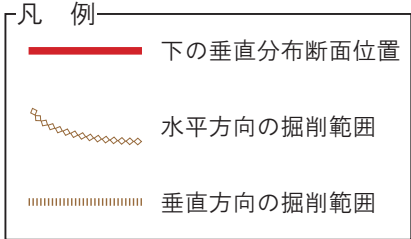


根系伸長状況

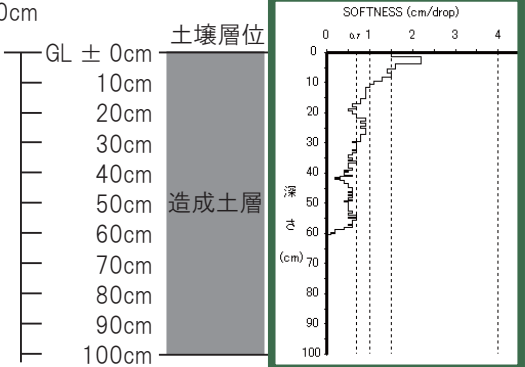
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式) S 値グラフ (cm/drop)



フィカスネリフォリア

(クワ科イチジク属)

Ficus neriifolia



公園植栽樹木（沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区）							
樹高	5.5m	幹周	82cm	枝張り	7.3m	根元周	98cm
植栽環境	深さ 40cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	根株の上部から分岐した多数の太い水平根が認められるが、移植時の切断により途中から小・中径の根系が発根し、表層を伸長している。中径根は先端が細くなっているものの 3m 以上にまっすぐ伸長しているものもある。垂下根は、根元に水平根、斜出根が密生しているため、確認できなかった。						

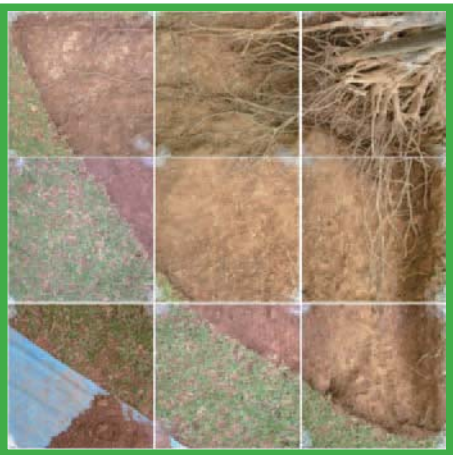
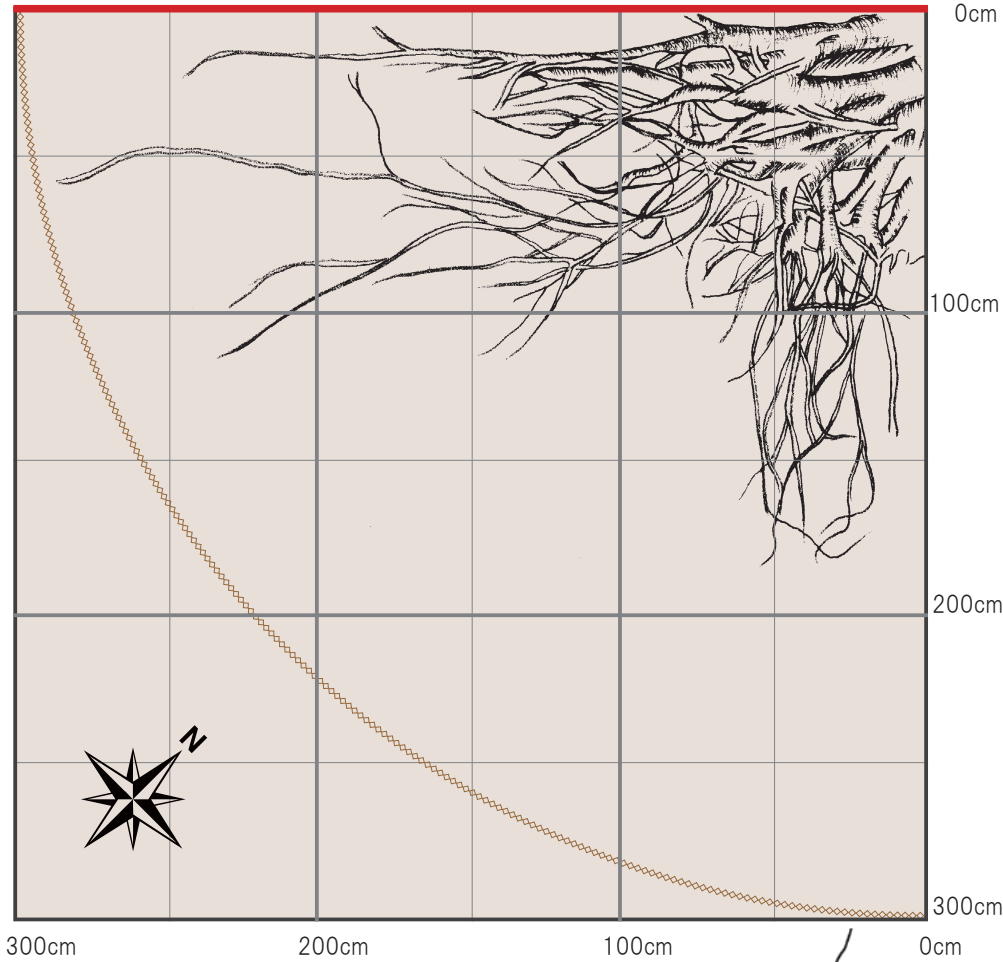


調査範囲位置

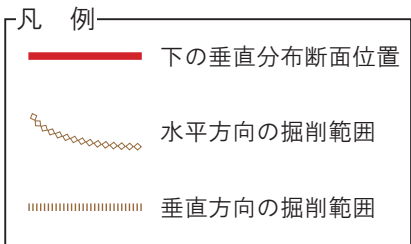


根系伸長状況

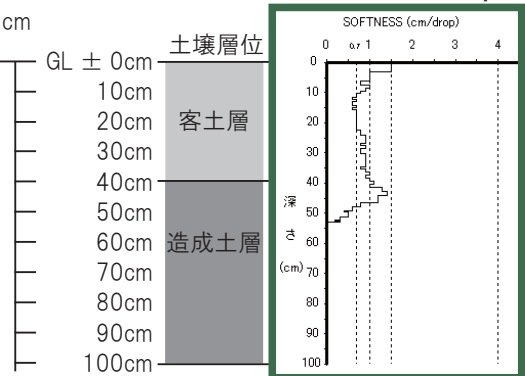
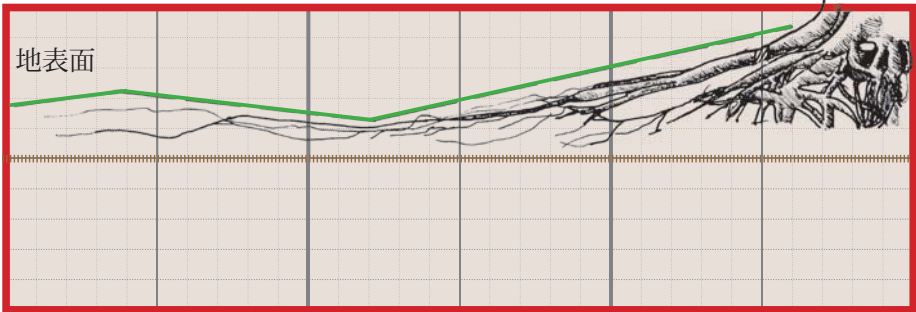
水平分布・垂直分布



根系伸長状況（上面写真）



土壌硬度（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）



ベンガルボダイジュ

(クワ科イチジク属)

Ficus benghalensis



公園植栽樹木（沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区）

樹高	7.0m	幹周	161cm	枝張り	11.4m	根元周	197cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	根株から発出している根系は、地上 30cm 程度の高さから板根化して肥大化している。板根は、移植時の切断の部分から多数に分かれながら土壌中に侵入し、太い斜出根となって深さ 50cm 程度まで発達し、さらに深くまで伸長している。表層の太い水平根も 3m の掘削範囲を超えて発達しており、良好な根張りが認められる。						



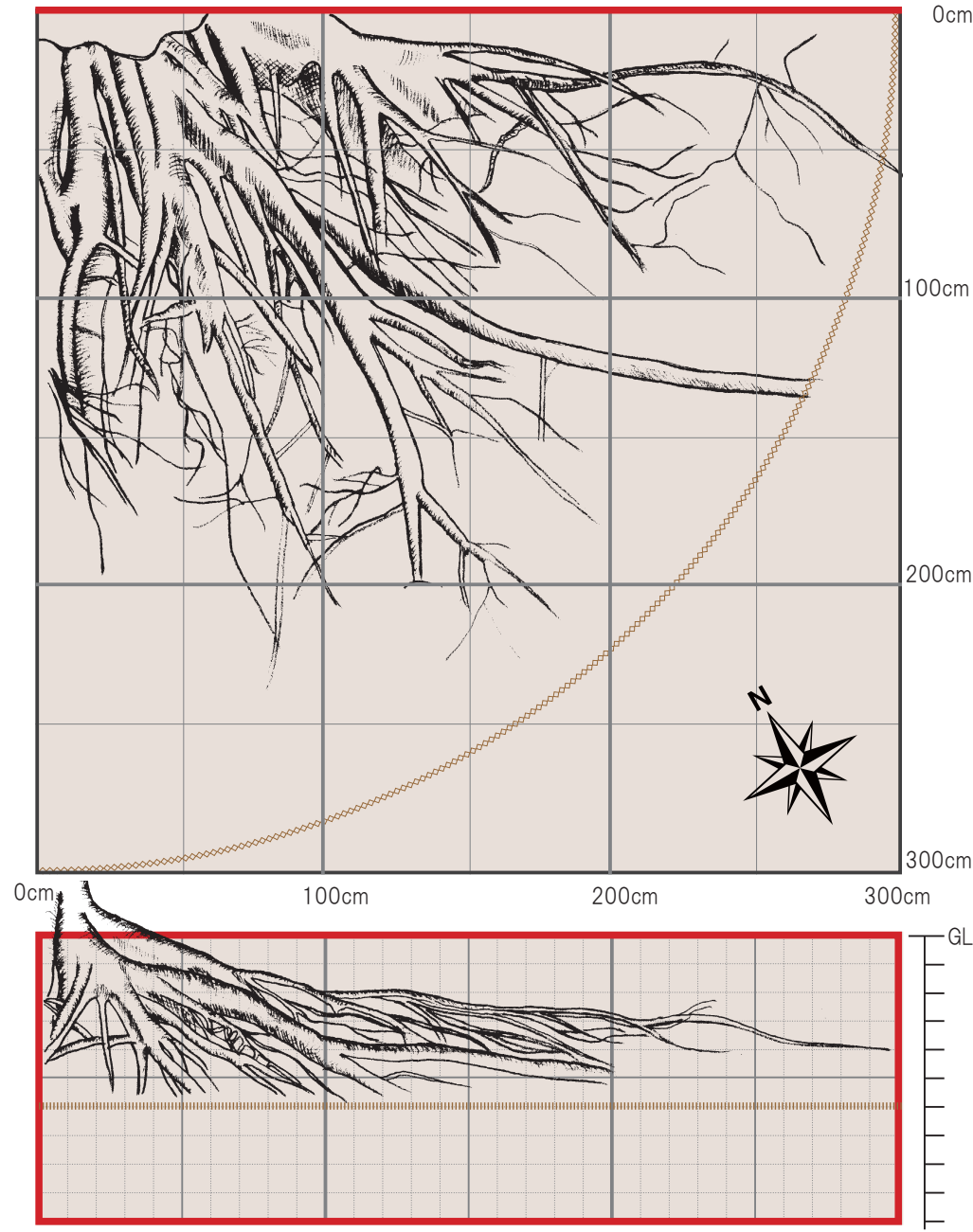
調査範囲位置



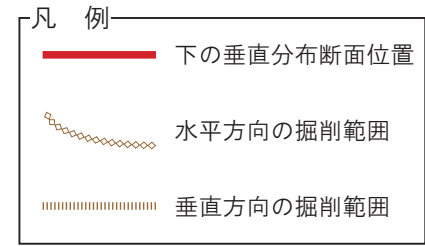
根系伸長状況



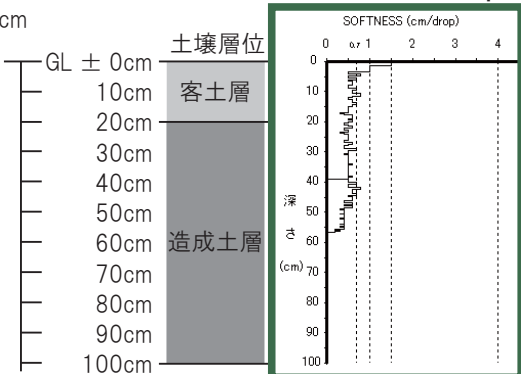
水平分布・垂直分布



根系伸長状況（上面写真）



土壌硬度（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）



パンノキ (クワ科アルトカルプス属)

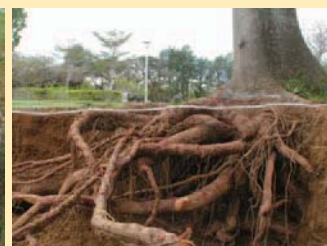
Artocarpus altilis

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.5m	幹 周	84cm	枝 張 り	6.6m	根 元 周	126cm
植栽環境	深さ 60cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	水平根は東側に発達しているが、南側の根には切断された様な跡があるため何らかの理由により失ったものと考えられる。水平方向に伸長している中・大径根はくねくねと曲がり特徴的である。太い垂下根は確認できなかった。						

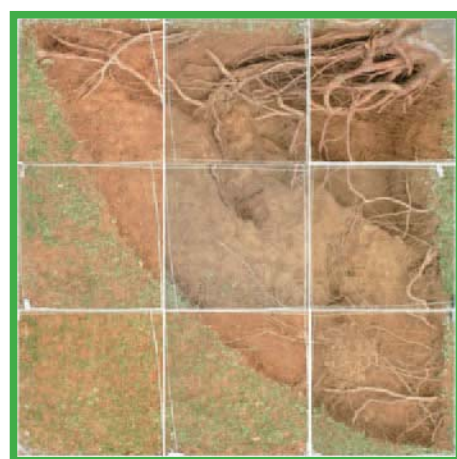
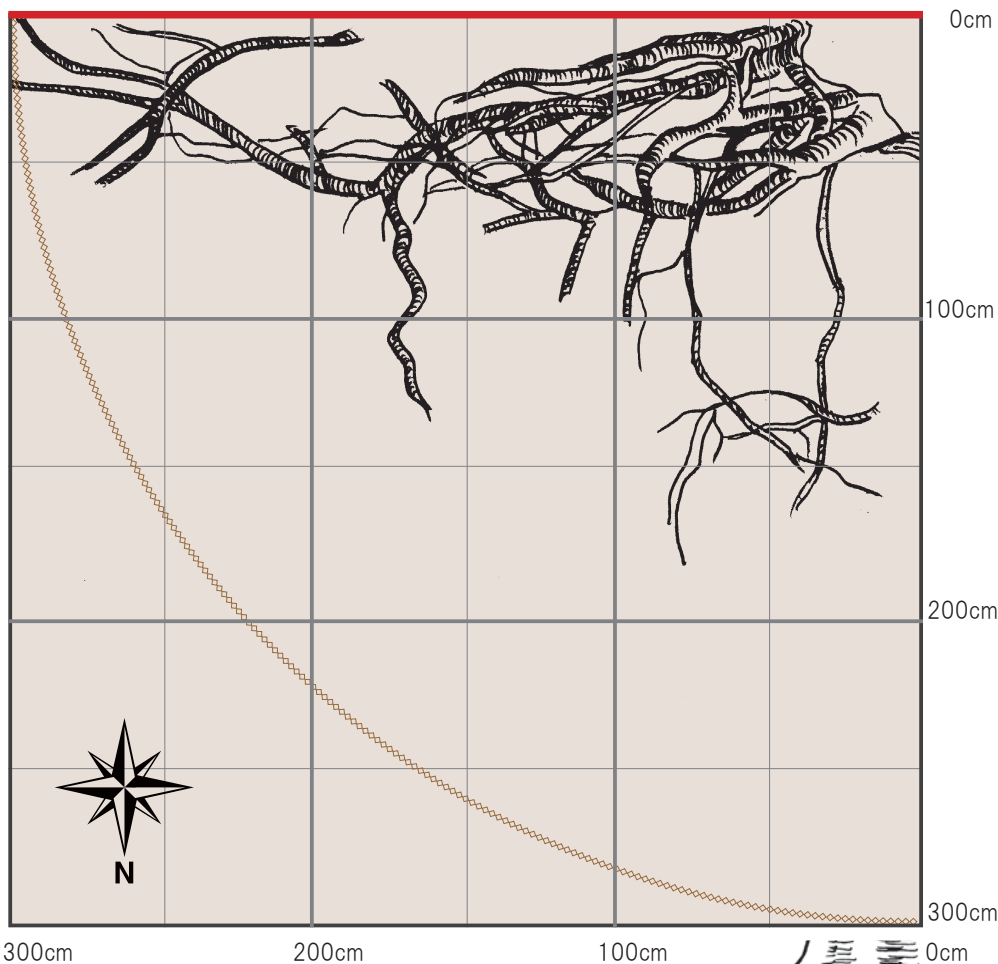


調査範囲位置

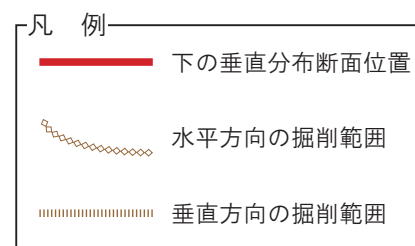


根系伸長状況

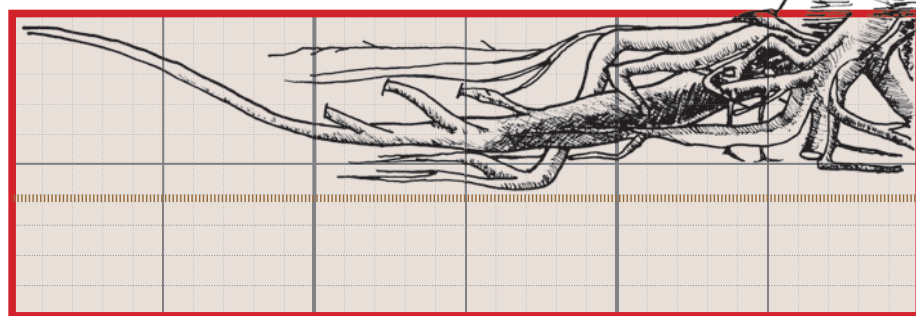
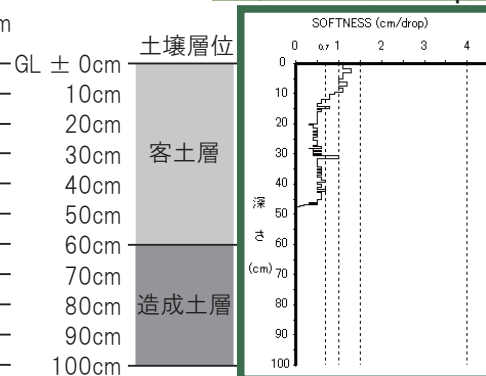
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



ヤブニツケイ (クスノキ科クスノキ属)

Cinnamomum japonicum



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	4.0m	幹 周	37cm	枝 張 り	3.3m	根 元 周	57cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤であるが、全体的に硬い。						
根系状況	根株から多数の中径の根系が斜出しており、2m 程度の範囲で発達している。細く長い根系については表層 30cm 程度に 3m の範囲までの根系が認められるものの、本数は少ない。根株周辺の根系は、深さ 60cm 程度まで確認でき、さらに深く伸長していた。						



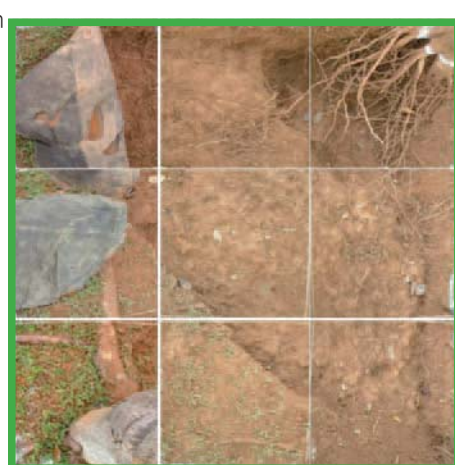
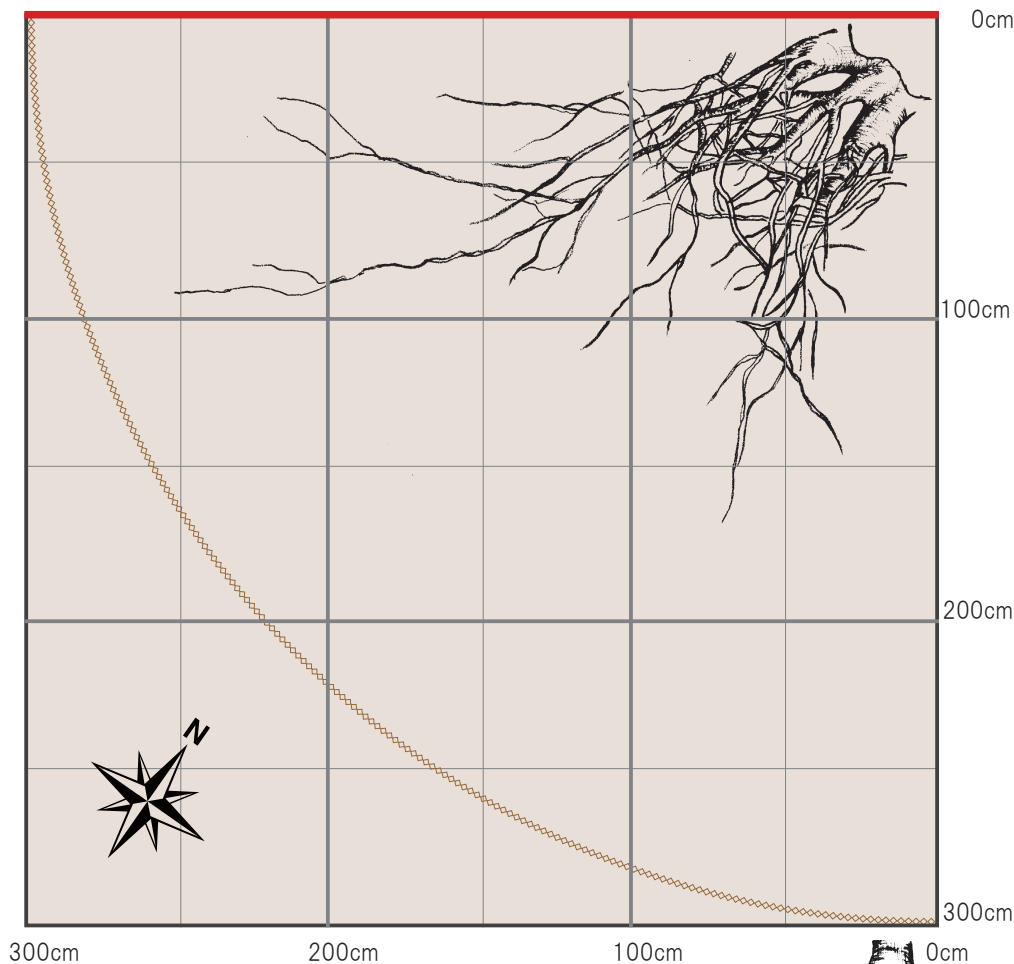
調査範囲位置



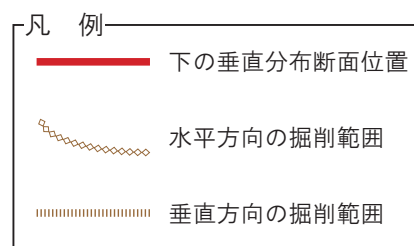
根系伸長状況



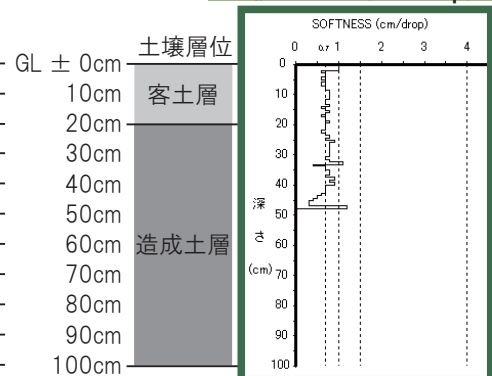
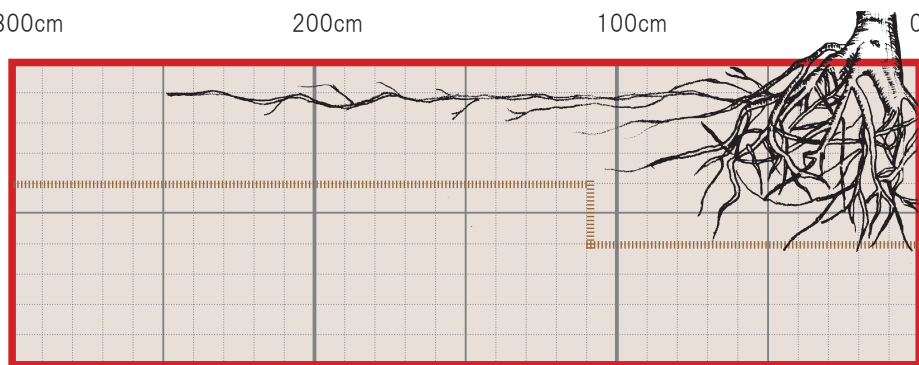
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



ハスノハギリ (ハスノハギリ科ハスノハギリ属)

Hernandia nymphaeaeifolia



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.0m	幹 周	117cm	枝 張 り	6.6m	根 元 周	161cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	地表から根が少し浮き出ているため、それらの根はごつごつした形状となっていた。根株の周辺2mほどの範囲は、大径根から発根した小・中径根、細根が密生している。地表近くを伸長している水平根は3mを超える。太い垂下根は移植時に切断された深さ40cm程度で多数発根して、さらに深く伸長している。						



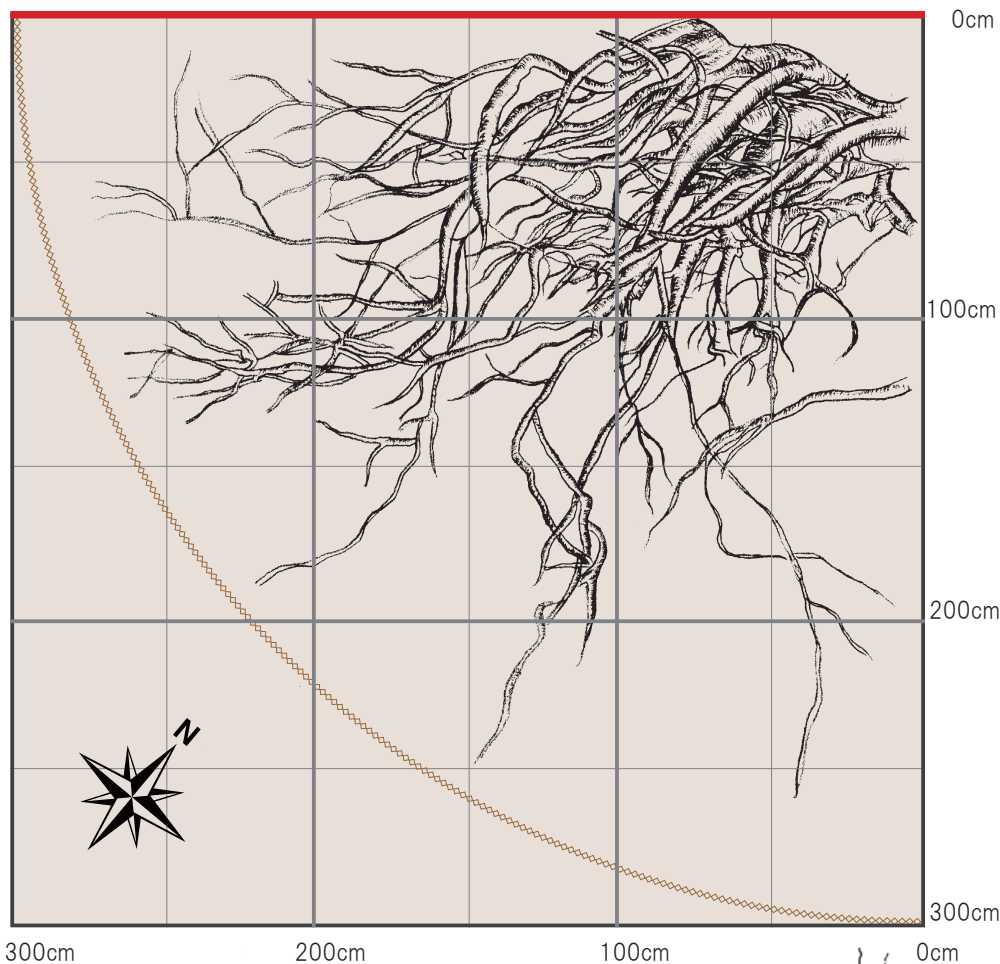
調査範囲位置



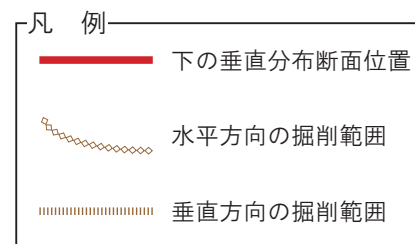
根系伸長状況



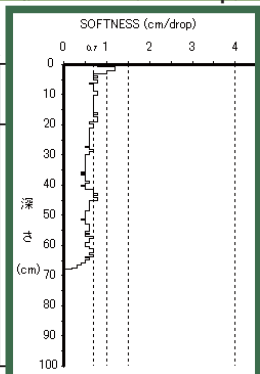
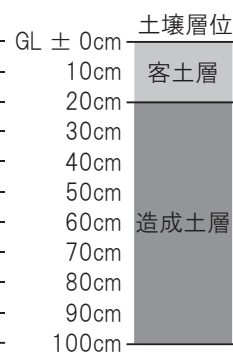
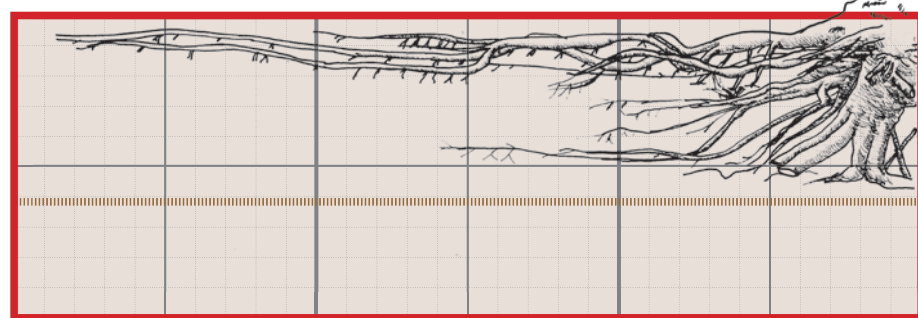
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



タイワンフウ

(マンサク科フウ属)

Liquidambar formosana



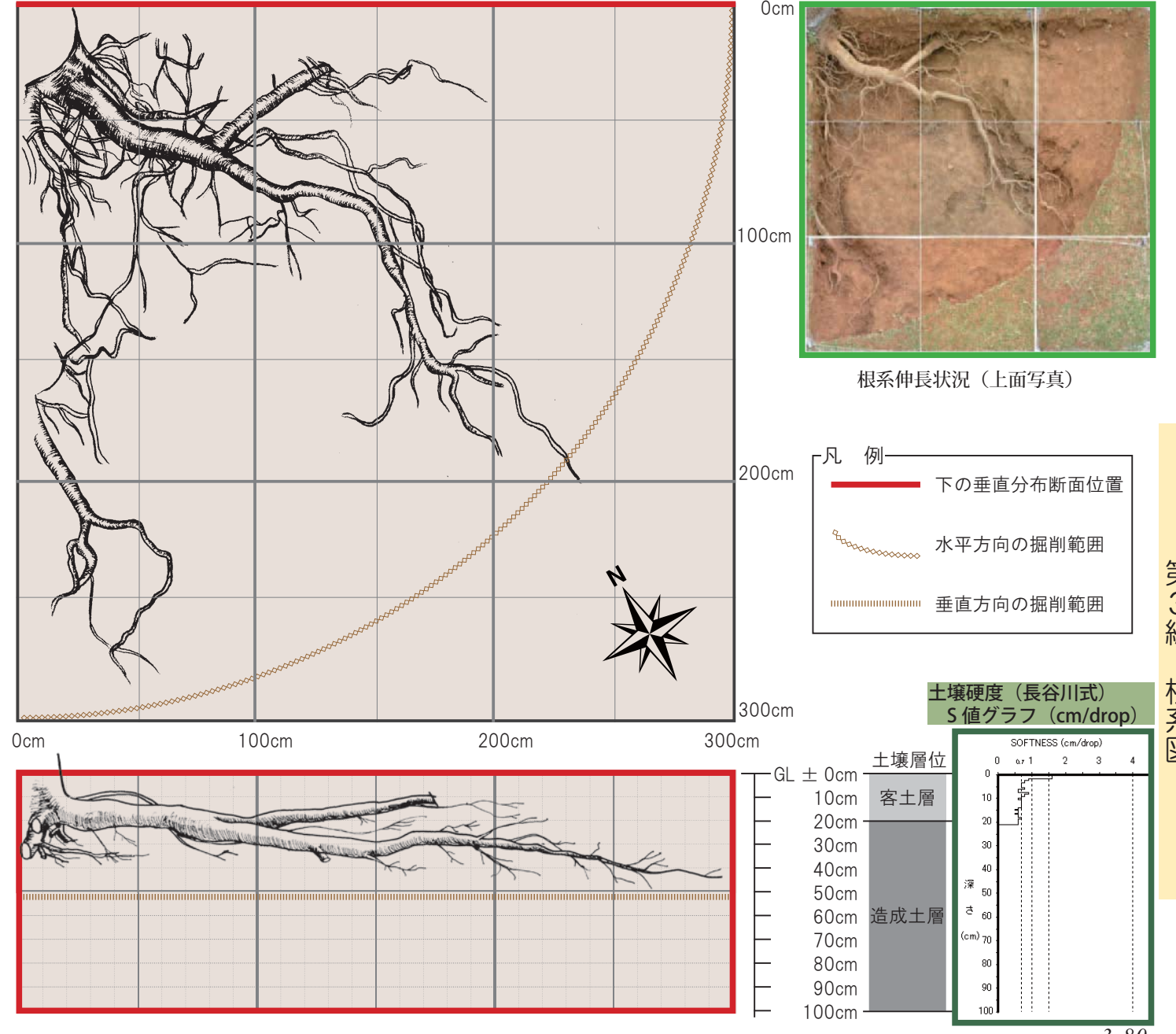
公園植栽樹木（沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区）							
樹高	5.0m	幹周	72cm	枝張り	7.0m	根元周	112cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	1 本の太い水平根が発達し、3m 程度の伸長がみられる。根元付近での分岐は切断後のものと思われる。大径根からは中・小径根が発根している。掘削した側では主根となる垂下根は見られない。						



調査範囲位置

根系伸長状況

水平分布・垂直分布



アメリカデイゴ (マメ科デイゴ属)

Erythrina crista-galli



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	3.5m	幹 周	97cm	枝 張 り	4.8m	根 元 周	119cm
-----	------	-----	------	-------	------	-------	-------

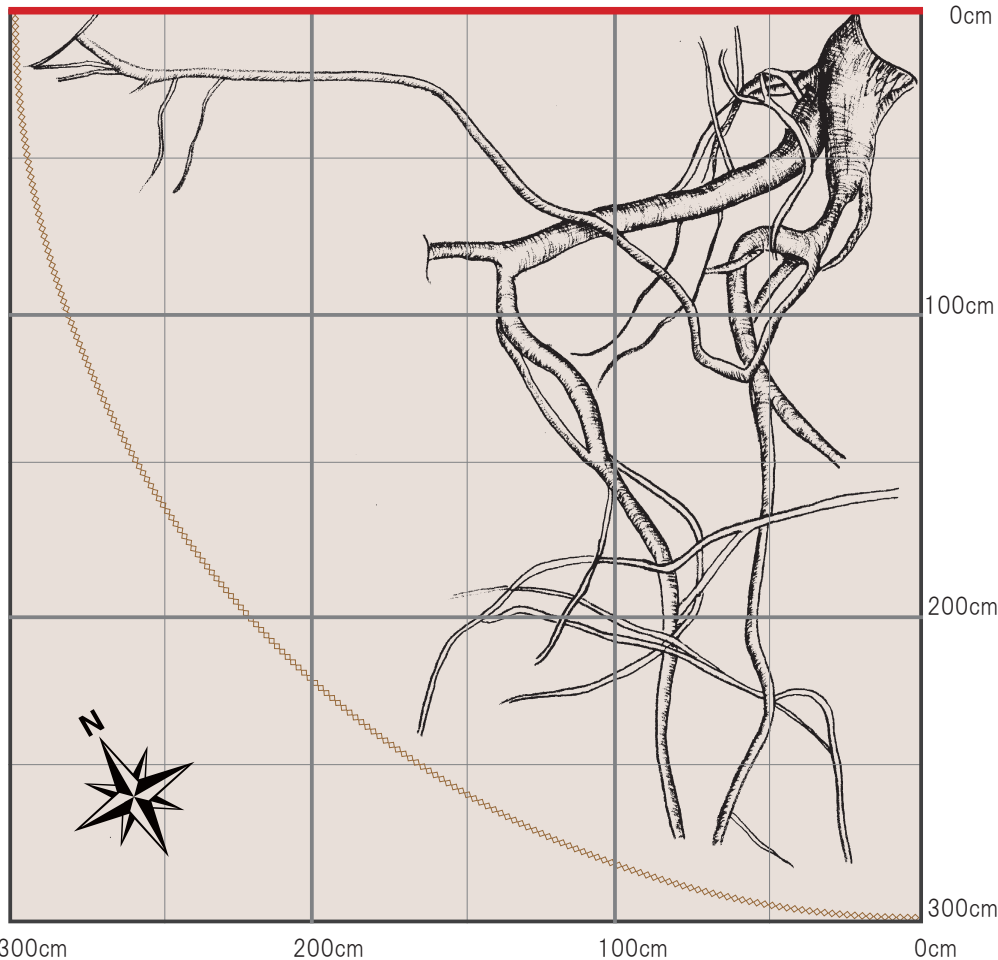
植栽環境	植栽基盤は、客土層が明瞭でなく公園造成時の土壌のままである。
------	--------------------------------

根系状況	太い水平根が西側に2本伸長しており、分岐しながら掘削した3mの範囲を伸長しており、さらに3m以上伸びている。水平根から発根している小径根・細根は少なく、根系密度は疎である。根株から垂下根が伸びているのが確認できるが、深さ50cm程度で細くなっている。
------	---

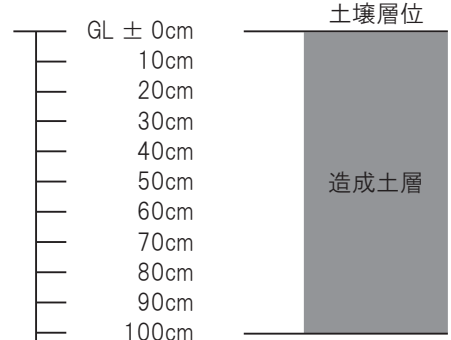
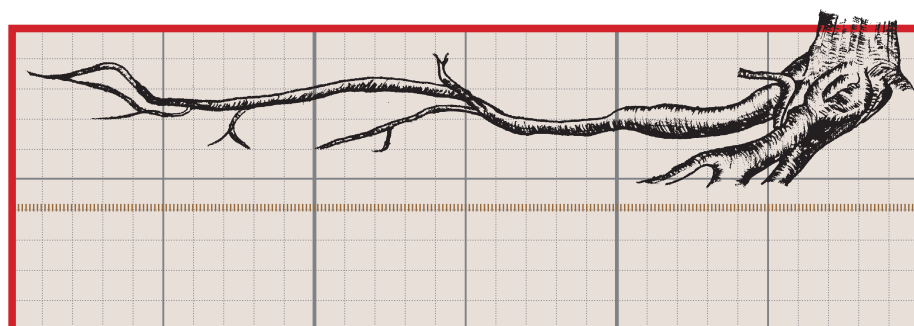
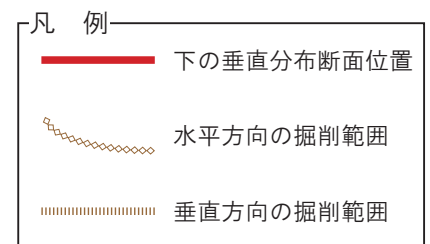


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



ゴールデンシャワー

(マメ科カワラケツメイ属)

Cassia fistula



公園植栽樹木（沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区）

樹高	7.0m	幹周	51cm	枝張り	4.2m	根元周	56cm
植栽環境	深さ 40cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	根株から下方に伸長した 2 本の太い垂下根が深さ 50cm 程度の造成土壌において水平方向に湾曲し、そのまま 3m 以上伸長している。途中で分岐している小径根はあるが僅かである。そのため、掘削範囲内の根系密度は低い。						

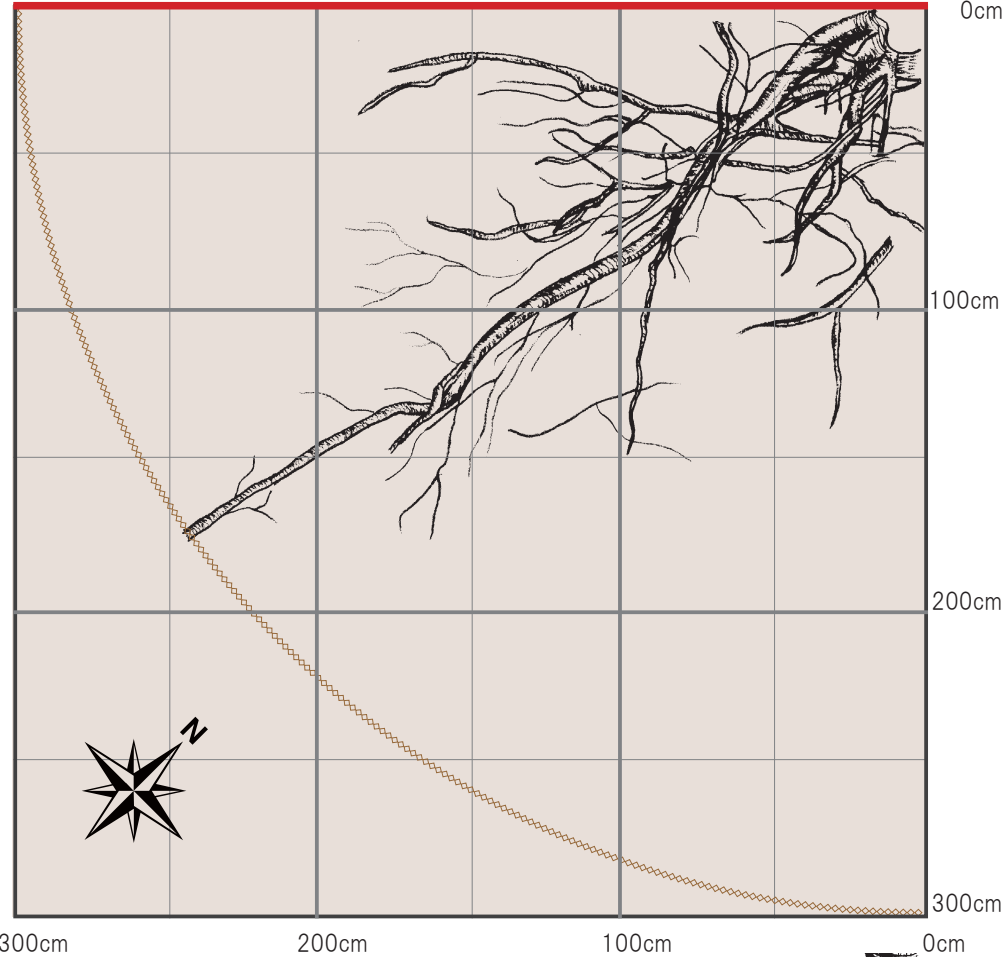


調査範囲位置

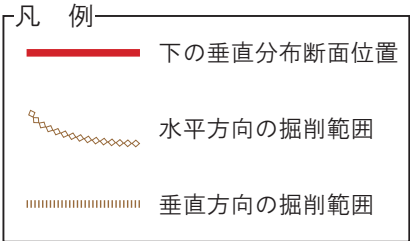


根系伸長状況

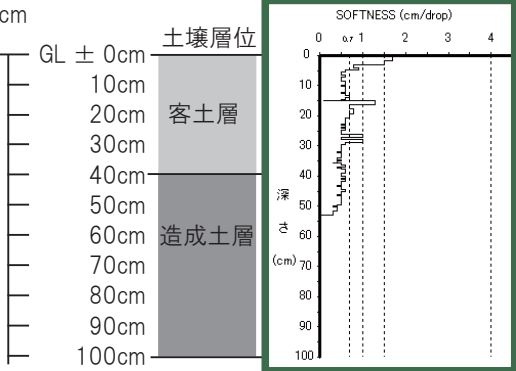
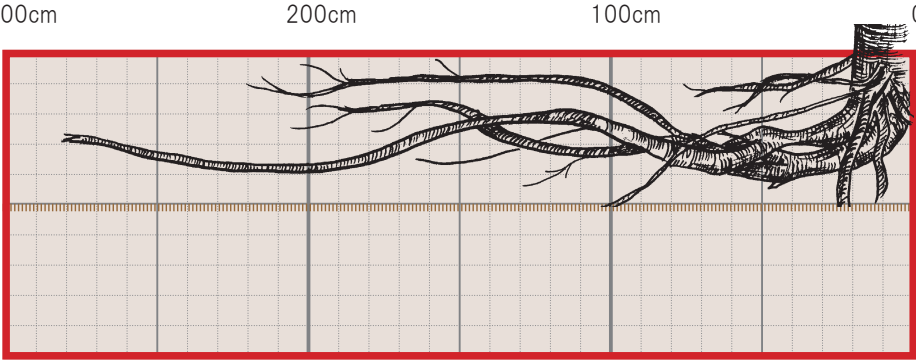
水平分布・垂直分布



根系伸長状況（上面写真）



土壌硬度（長谷川式）
S 値グラフ（cm/drop）



アメリカネム (マメ科サマネア属)

Samanea saman



(地上部伐採後)

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	— m	幹 周	— cm	枝 張 り	— m	根 元 周	187cm
植栽環境	植栽基盤は、客土層が明瞭でなく公園造成時の土壌のままである。全体的に硬い土となっている。						
根系状況	根株から1本の大径根が、深さ60cm程度の層で根元近く(移植時の切断部)で4本程度に分岐してから水平方向に伸長し、3mの掘削範囲を超えてさらに広く伸長している。小径根・細根は疎で根系の密度は低い。垂下根は掘削が浅かったため確認できていない。						



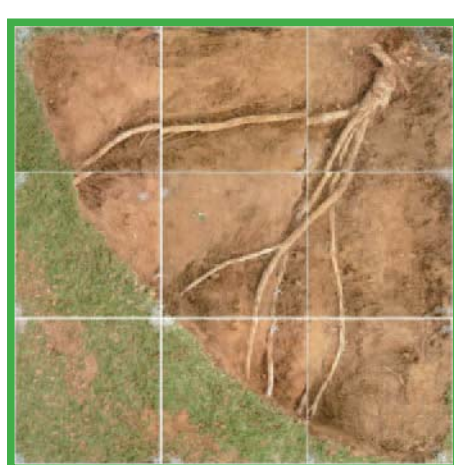
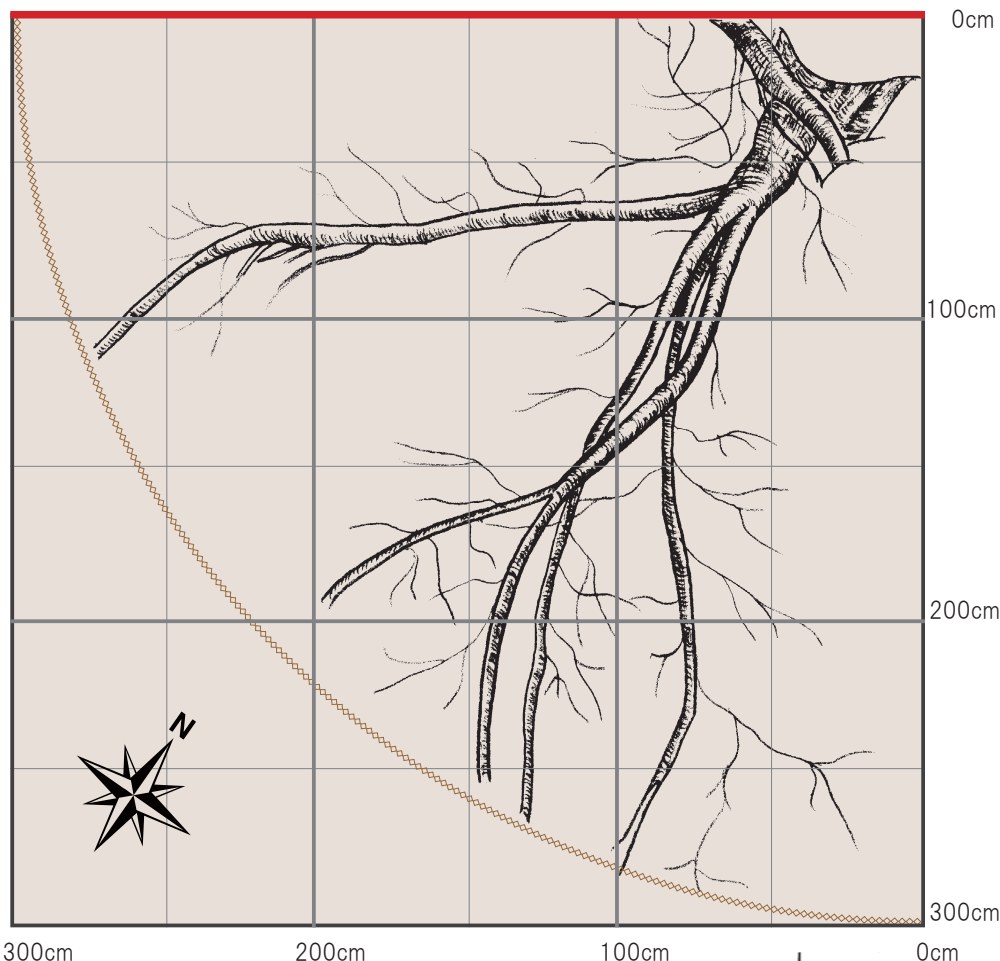
調査範囲位置



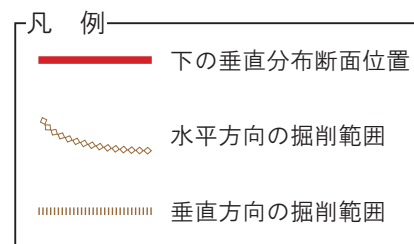
根系伸長状況



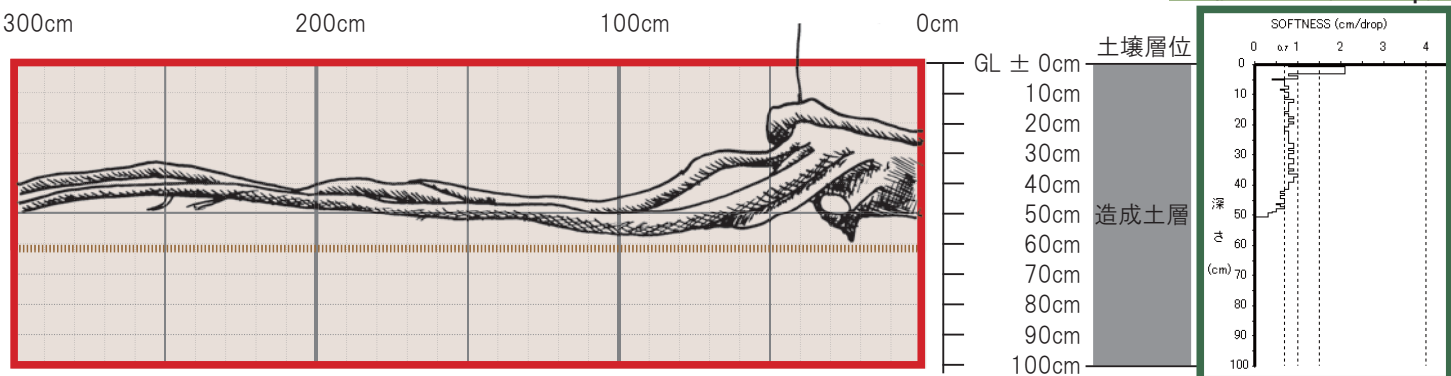
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



タマリンド (マメ科タマリンド属)

Tamarindus indica



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.0m	幹 周	93cm	枝 張 り	6.5m	根 元 周	107cm
植栽環境	植栽基盤は、客土層が明瞭でなく公園造成時の土壌のままである。地表から深さ 15cm までは生育に問題ない土壌硬度であるが、それ以下は硬い層となっている。						
根系状況	根株から斜出した大径根は、移植時に切断されたとみられる部分で著しく発根している。表層で水平方向に伸長した小根は 3m 程度まで伸長がみられる。斜出根は深さ 70cm 以上に伸長している。						



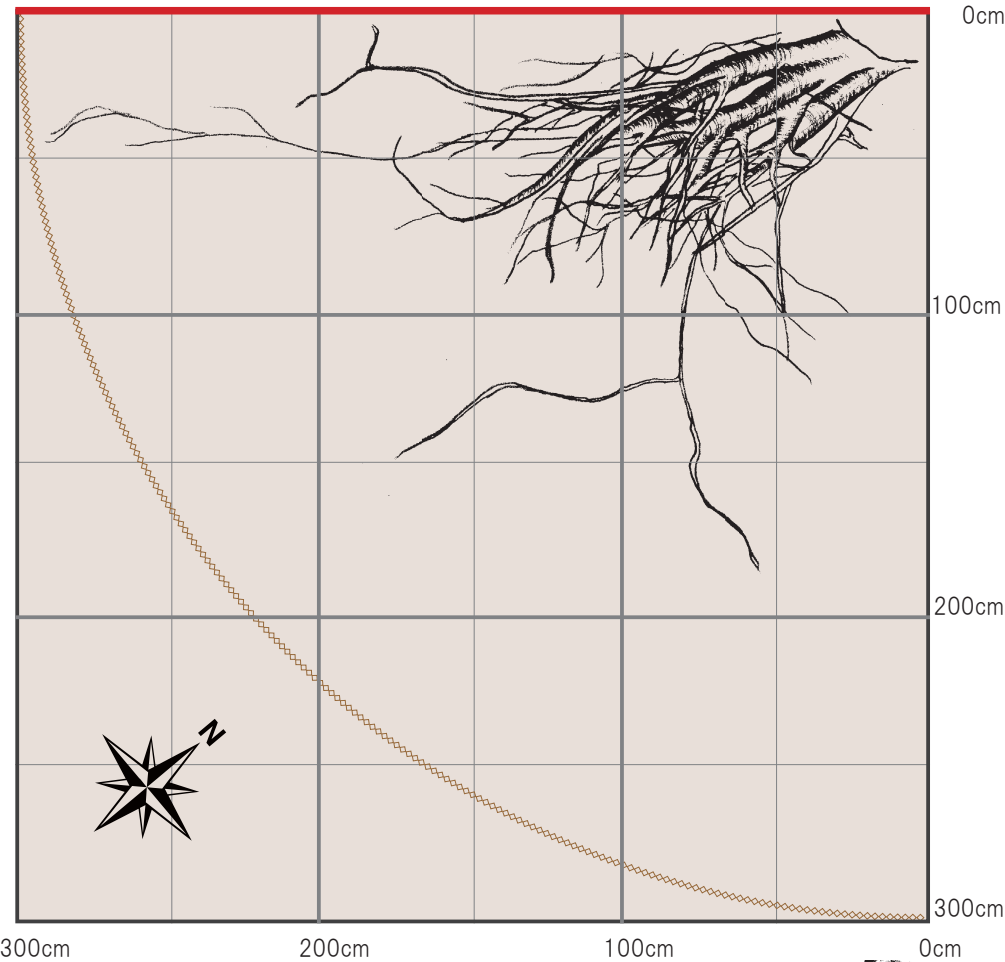
調査範囲位置



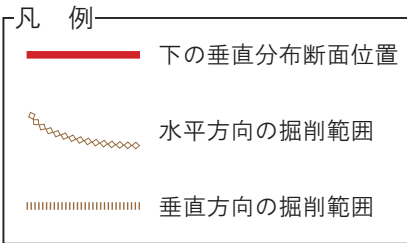
根系伸長状況



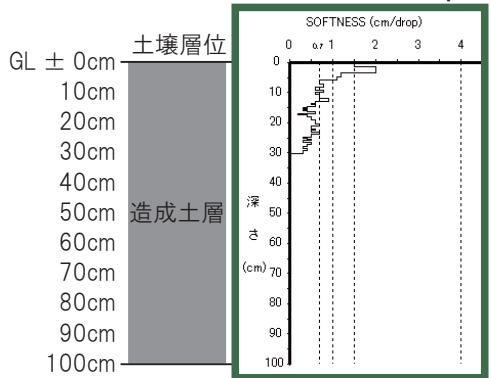
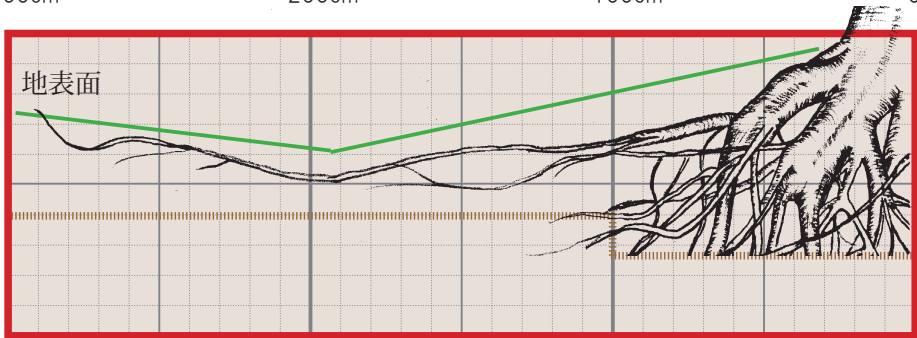
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



ナンキンハゼ

(トウダイグサ科シラキ属)

Sapium sebiferum

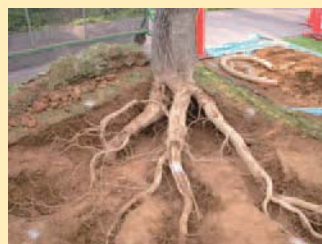


公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	6.5m	幹 周	126cm	枝 張 り	6.9m	根 元 周	168cm
植栽環境	植栽基盤は、客土層が明瞭でなく公園造成時の土壌のままである。地表から深さ 20cm までは膨軟な土壌であるが、それ以深は硬い層となっている。						
根系状況	3 本の大径根が水平方向にしっかりと張り、3m 以上に伸長している。移植時の切断部からは、数本の中径根が発根して伸長しているが、小径根・細根は疎である。水平根からは幾つか下方に伸長する根はみられたが、根株直下の垂下根ははっきりと認められなかった。						



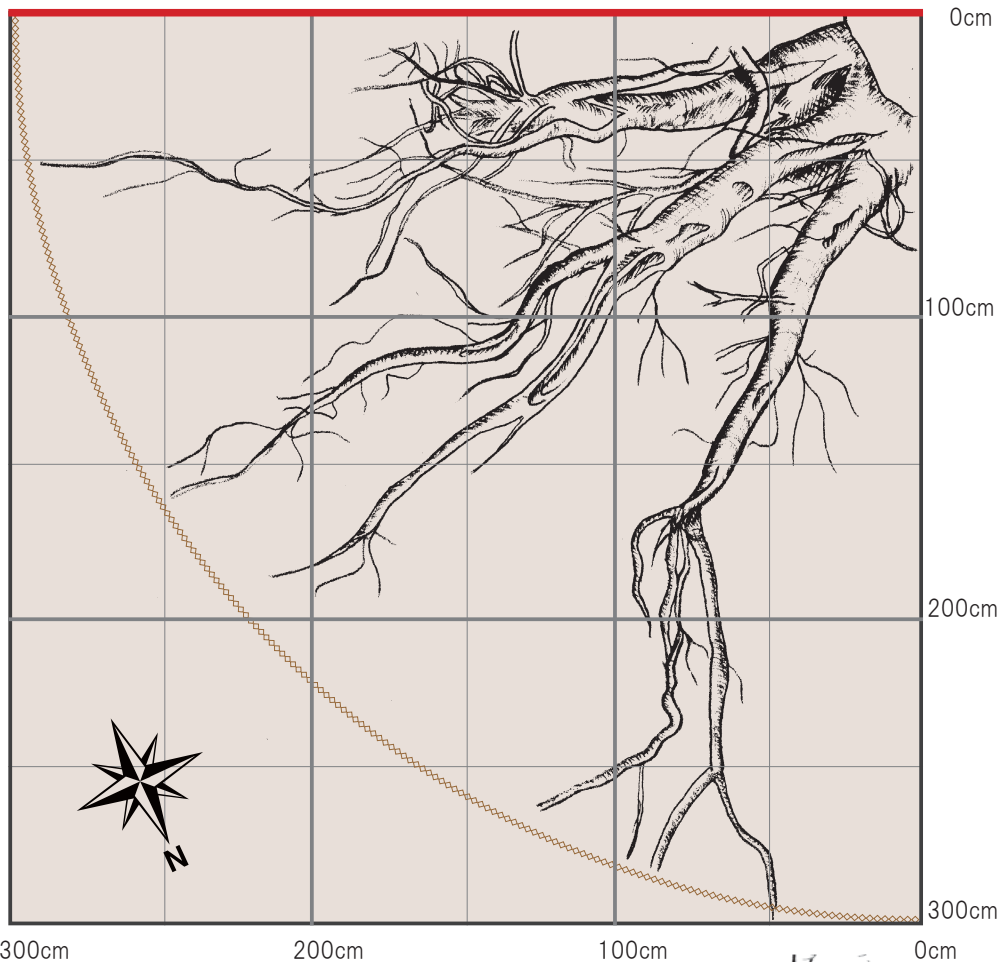
調査範囲位置



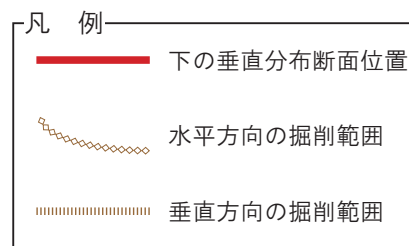
根系伸長状況



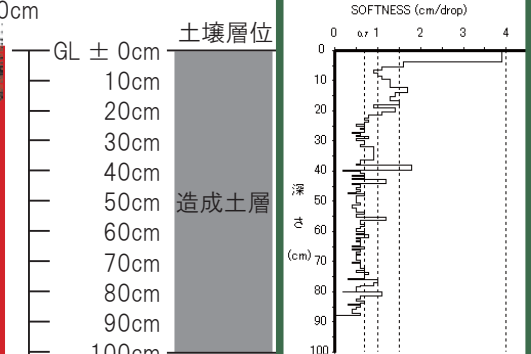
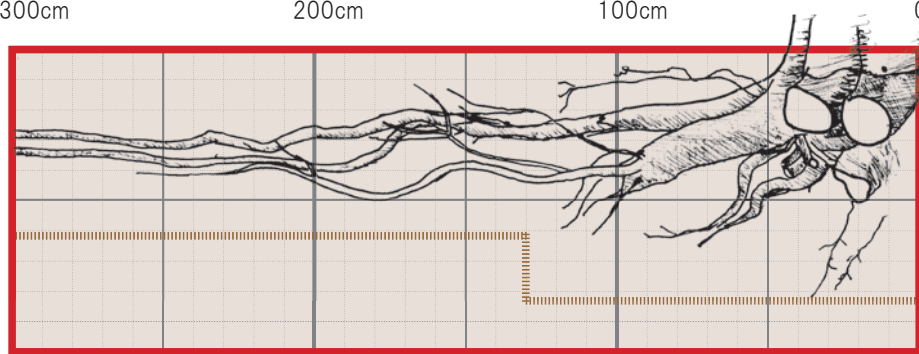
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



センダン (センダン科センダン属)

Melia azedarach

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)



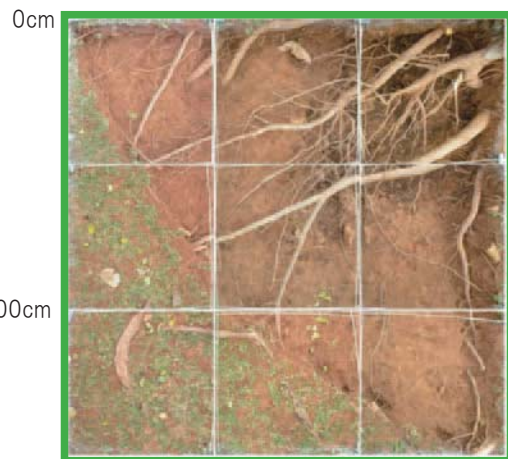
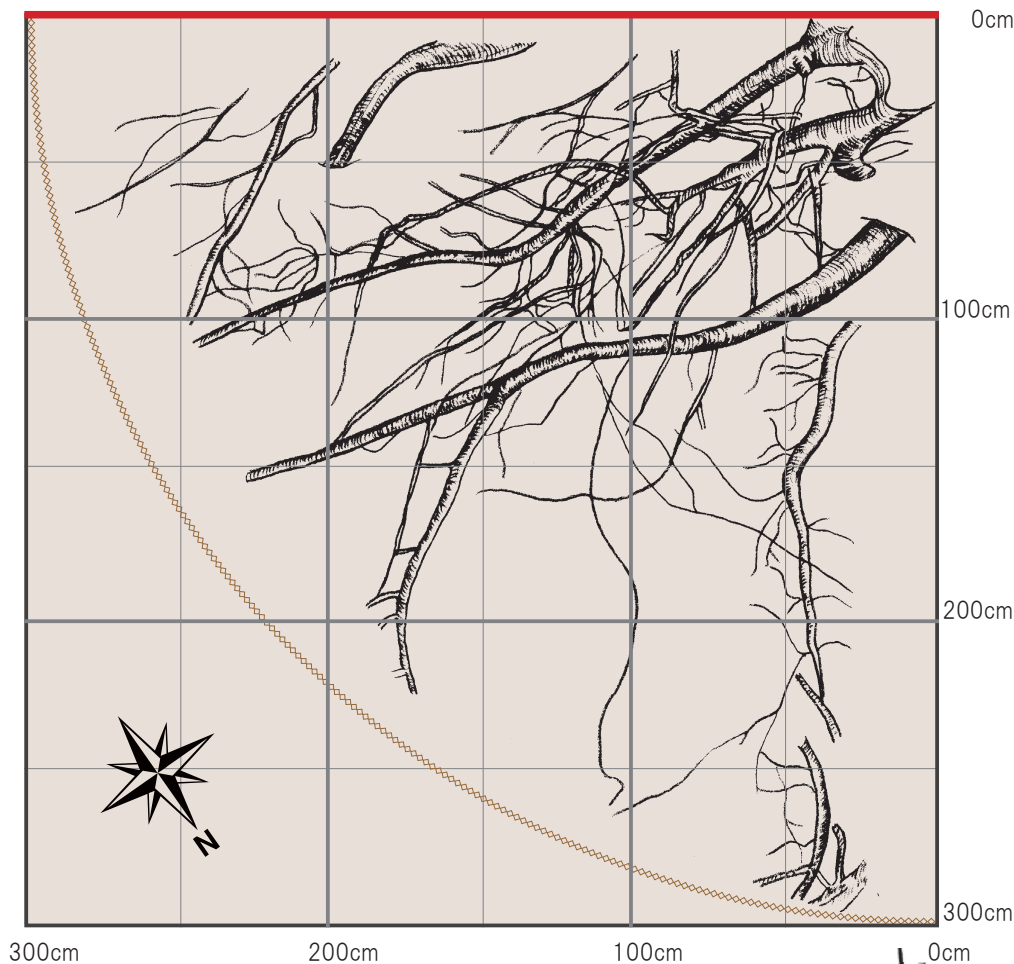
樹 高	6.0m	幹 周	104cm	枝 張 り	12.3m	根 元 周	120cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	3本の太い水平根が放射状に均等に発達して3m以上伸長している。これらの根における分岐は少ないが、移植時に切断されたと思われる根からの発根が著しい。水平根から下方に伸長している根はみられるが、主根となる垂下根は認められない。						



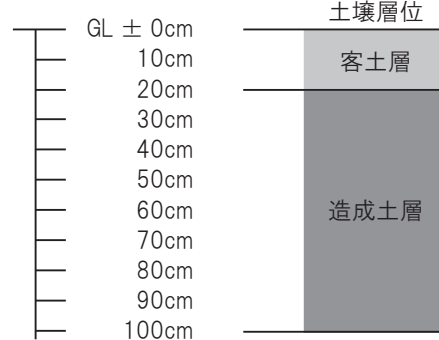
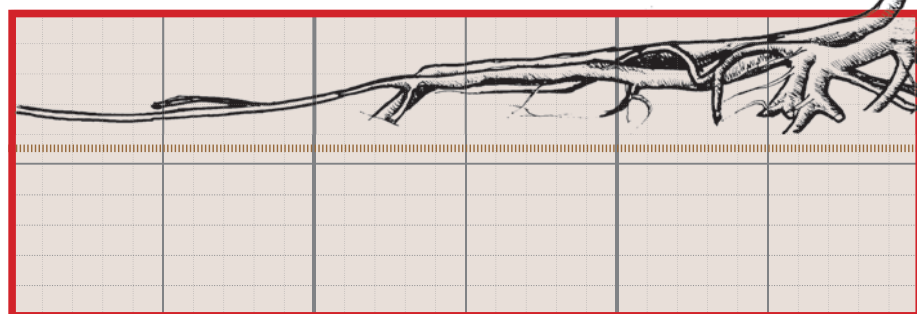
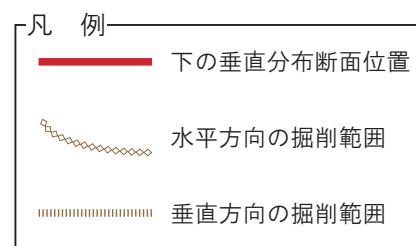
調査範囲位置

根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



タイワンモクゲンジ (ムクロジ科モクゲンジ属)

Koelreuteria elegans ver. *formosana*



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	7.0m	幹 周	100cm	枝 張 り	10.2m	根 元 周	136cm
植栽環境	深さ 40cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	根株近くで移植時に切断されたとみられる3本の大径根において、切断部分から著しく発根し、小・中径根と絡み合いながら表層を3m以上伸長している。水平根からは部分的に下方に深さ 70cm 程度まで根が伸長しているが、根株直下に主根とみられる垂下根は今回の掘削では確認できなかった。						

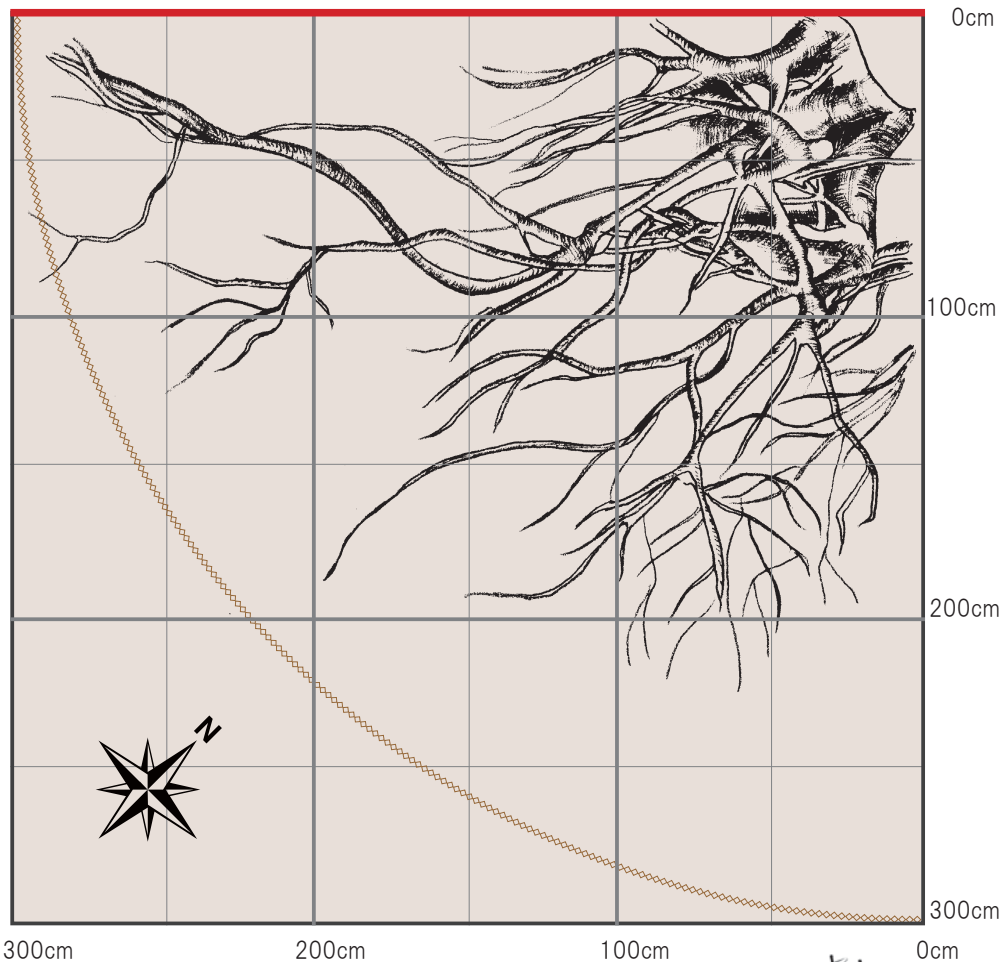


調査範囲位置

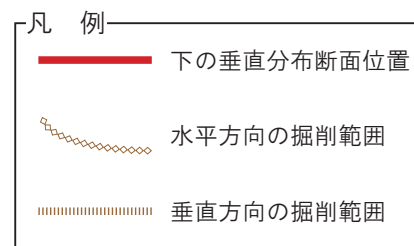


根系伸長状況

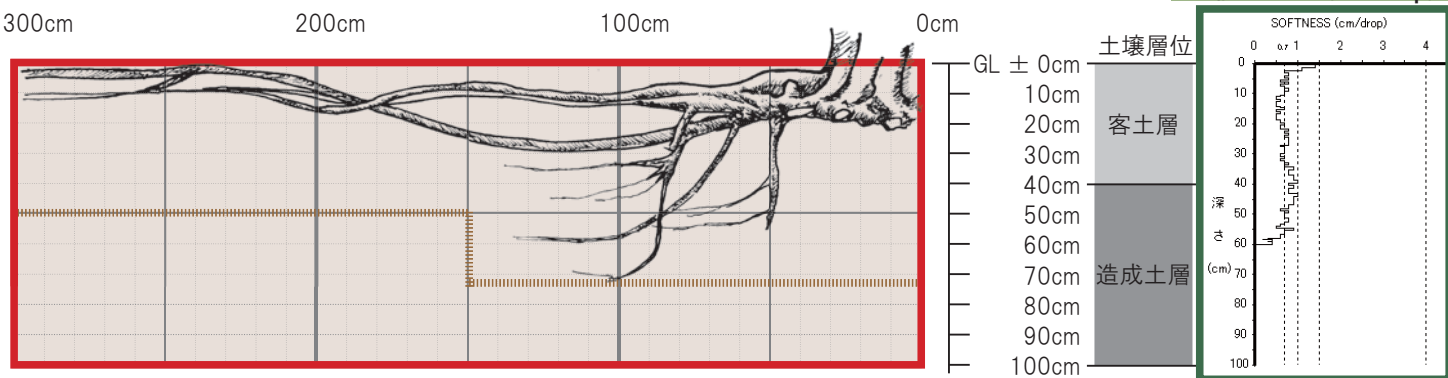
水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



土壌硬度 (長谷川式)
S 値グラフ (cm/drop)



オオハマボウ (アオイ科フヨウ属)

Hibiscus tiliaceus



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	4.5m	幹 周	95cm	枝 張 り	7.6m	根 元 周	110cm
植栽環境	深さ 80cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	根株から放射状に複数の中径根が水平に伸長しており、その途中で小径根が下に向かって発根している。中径根は掘削した 3m の範囲を超えて伸長しているが、多くはみられない。根株から伸長している垂下根は深さ 60cm 以深に達しているが、客土層を超えているかは確認できていない。						

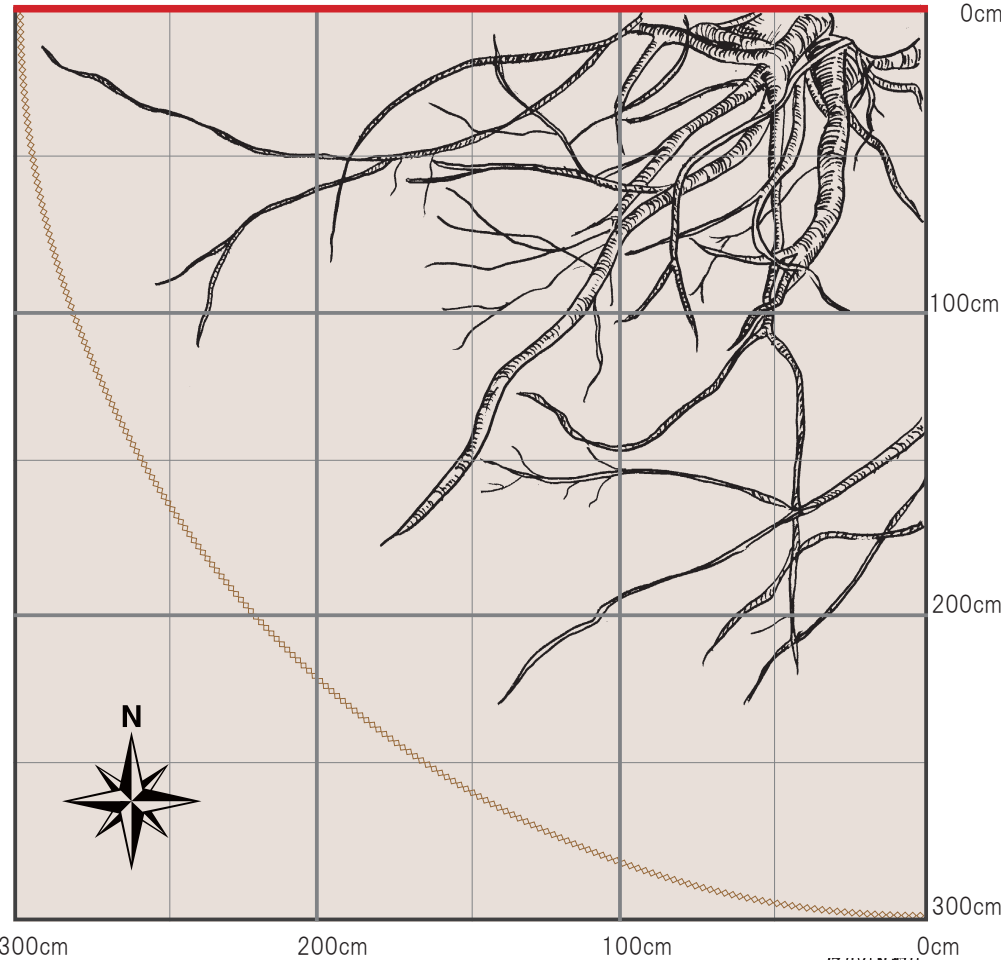


調査範囲位置

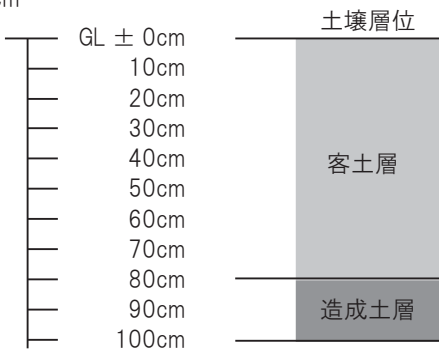
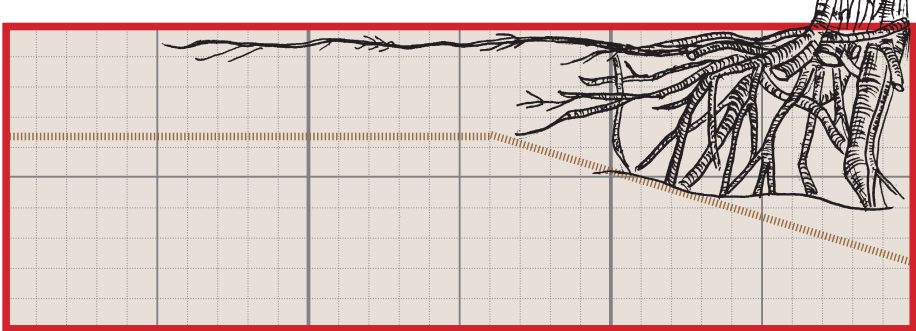
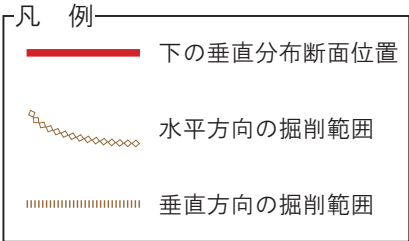


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



キワタノキ (パンヤ科キワタ属)

Bombax ceiba



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.5m	幹 周	83cm	枝 張 り	5.9m	根 元 周	106cm
植栽環境	植栽基盤は、客土層が明瞭でなく公園造成時の土壌のままである。						
根系状況	中径根が表層 40cm 程度で伸長し、そこから多数の小径根・細根が発根してネット状に発達している。水平根は 3m の範囲を超えて伸長している。斜め下方向に伸長している根が深さ 50cm まで確認でき、さらに下方に伸長している。						

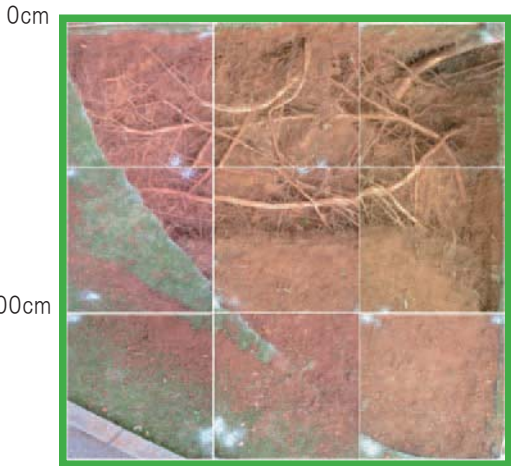


調査範囲位置

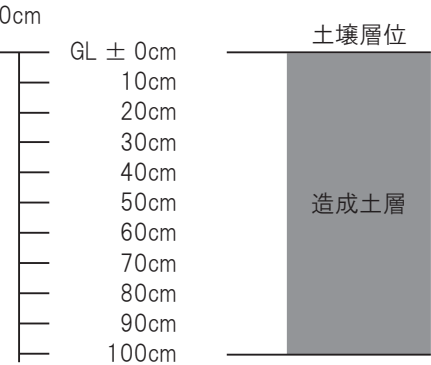
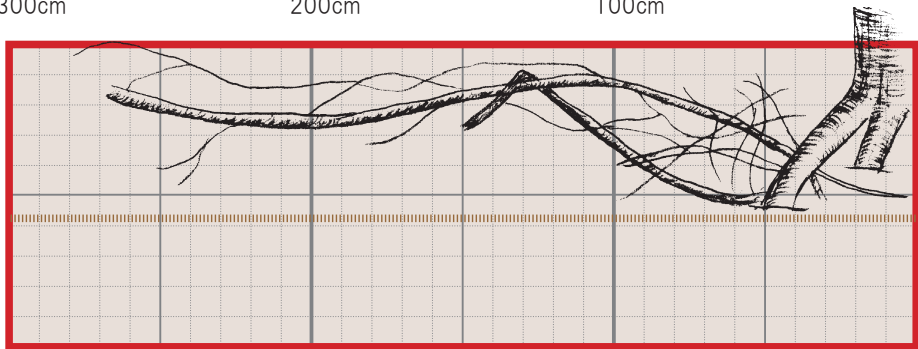
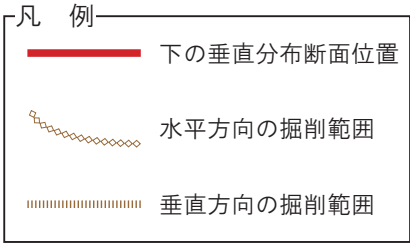


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



シマトネリコ (モクセイ科トネリコ属)

Fraxinus griffithii



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	5.5m	幹 周	81cm	枝 張 り	5.0m	根 元 周	92cm
植栽環境	深さ 40cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	水平方向に根株から 3 本程度の大径根と多数の小・中径根が伸長しており、大径根は 3m 以上伸長している。中径根も 3m の範囲内で多くみられる。垂下根は移植時に切断された後に、発根しているものは確認できない。						

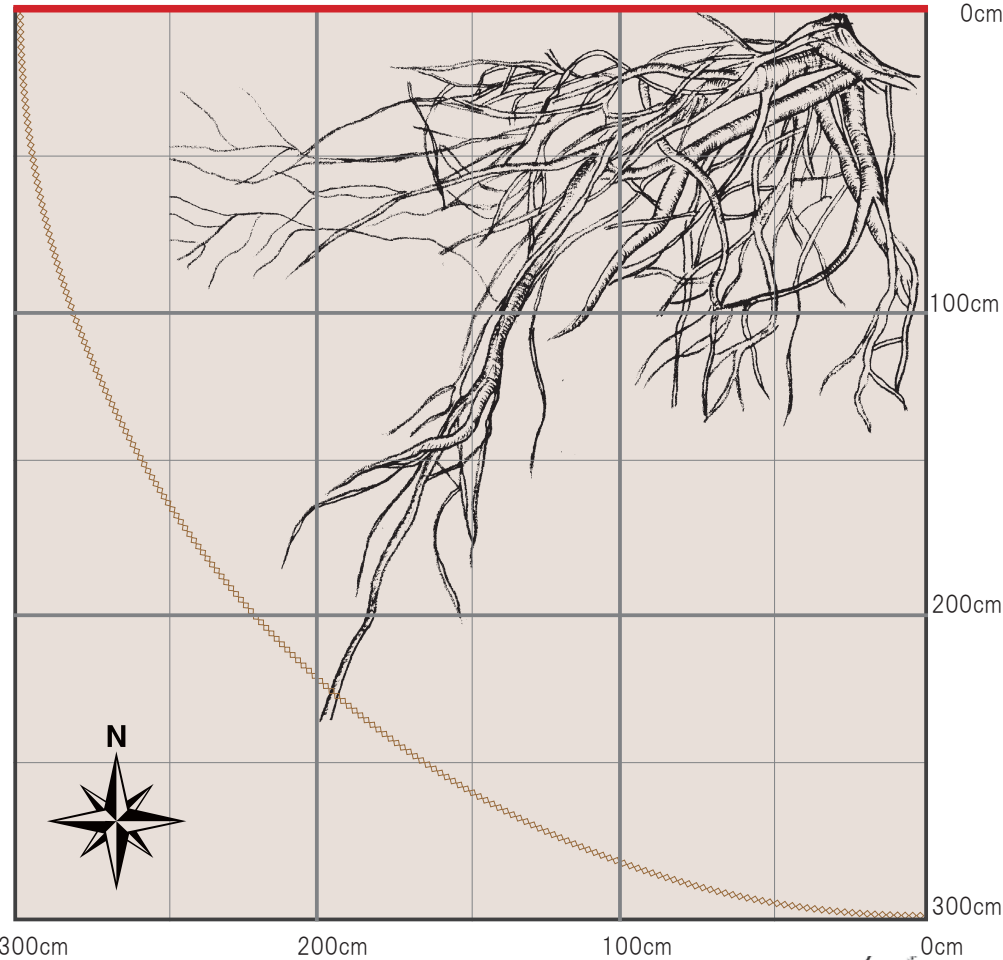


調査範囲位置

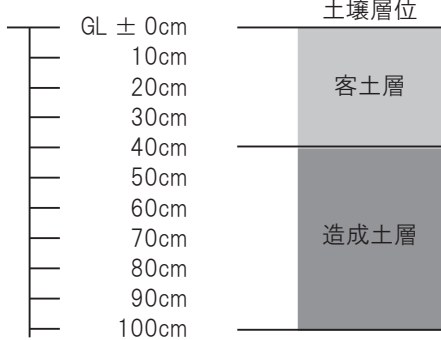
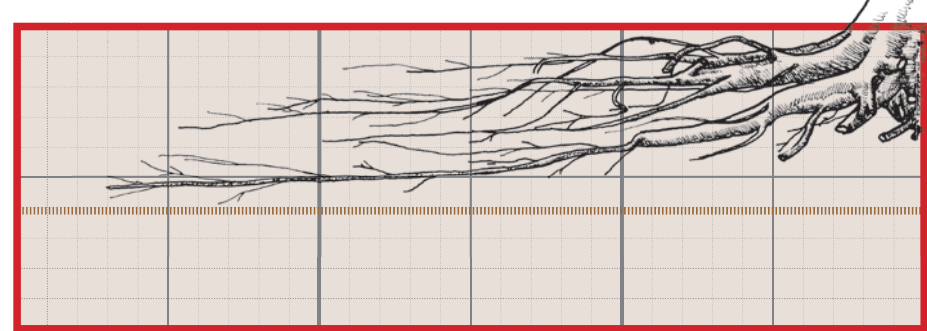
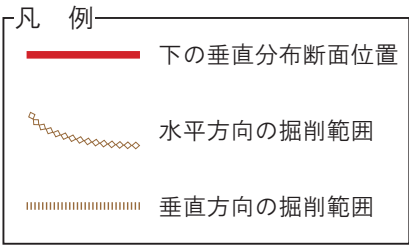


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



モンパノキ (ムラサキ科メセルスクミディア属)

Argusia argentea



公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	3.5m	幹 周	46,54cm	枝 張 り	5.2m	根 元 周	109cm
植栽環境	深さ 20cm まで客土層があり、その下層は公園造成時の固結した土壌のままの植栽基盤である。						
根系状況	水平方向には根株から 1m 程度の範囲までしか根系が認められない。斜出した根系は、深さ 60cm 程度までの伸長を確認できたが、それ以下には太い根系は侵入していない。小・中径根の発根も少なく、根系の発達が非常に悪い。						

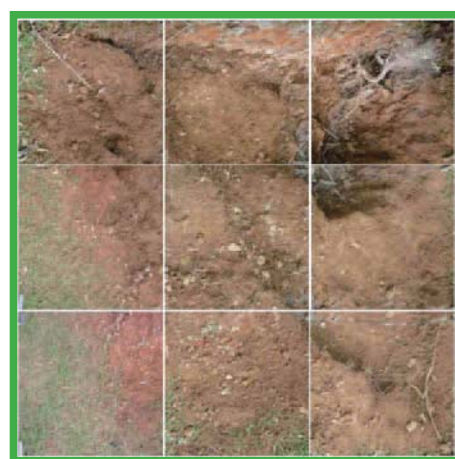
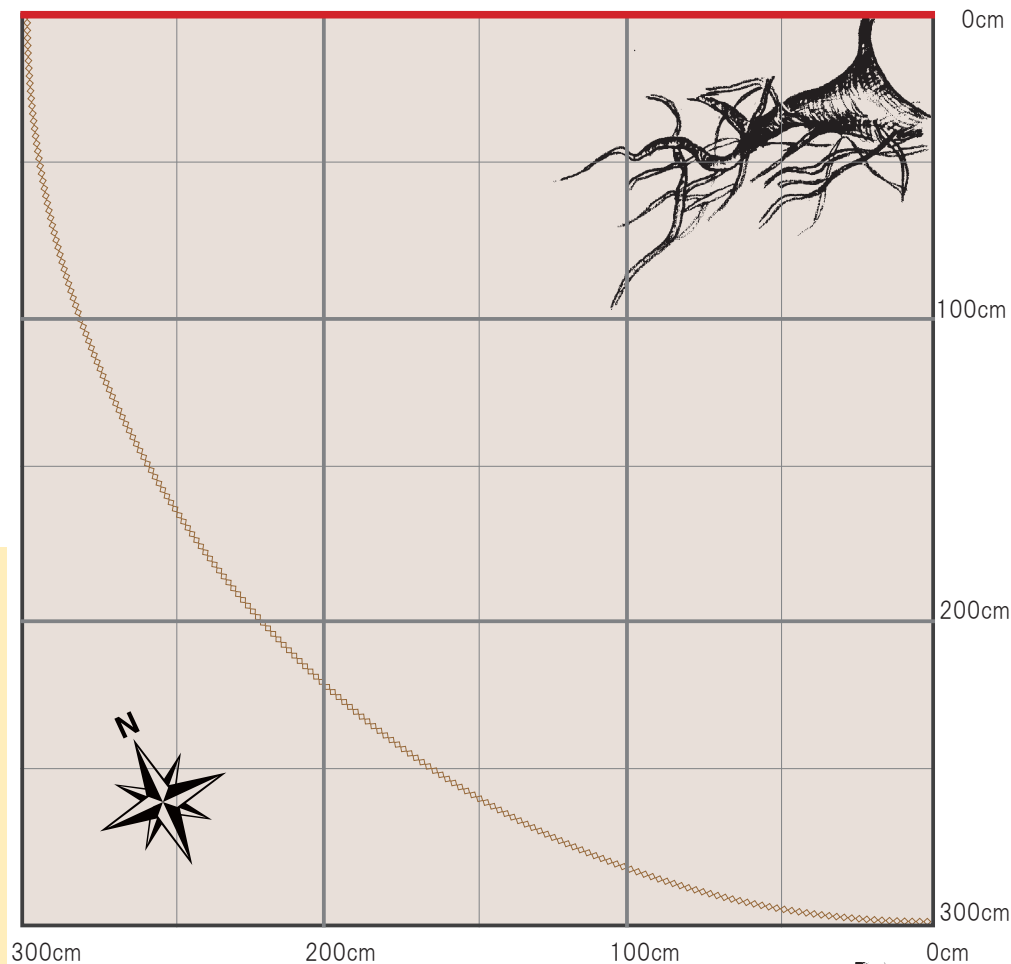


調査範囲位置

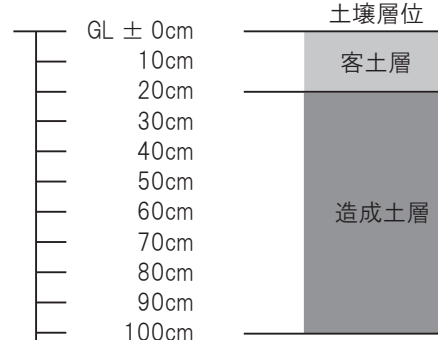
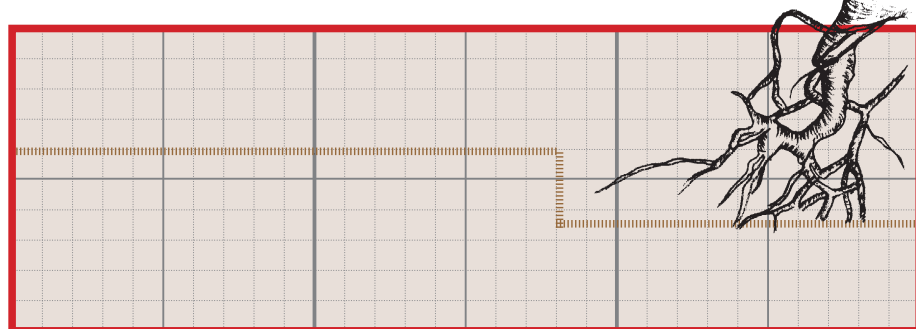
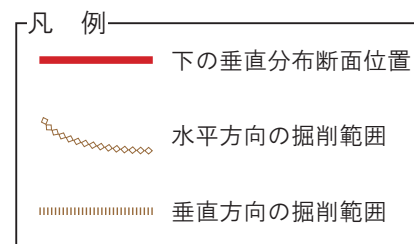


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



ココヤシ (ヤシ科ココヤシ属)

Cocos nucifera

公園植栽樹木 (沖縄県国頭郡本部町・国営沖縄記念公園海洋博覧会地区)

樹 高	3.3m	幹 周	90cm	枝 張 り	2.0m	根 元 周	180cm
-----	------	-----	------	-------	------	-------	-------

植栽環境 深さ 100cm まで客土層となっている植栽基盤である。

根系状況 幹の基部から不定根が叢生し、横出及び斜出しながら伸長している。水平方向の根系は3m以上伸長して、枝(葉)張り(片側)の1mよりも長い。下方に伸長した根系は、深さ60cm程度に達している。過去に樹幹が傾斜したことは根系伸長との関連性も考えられるが、現時点では根張りは良好であるといえる。

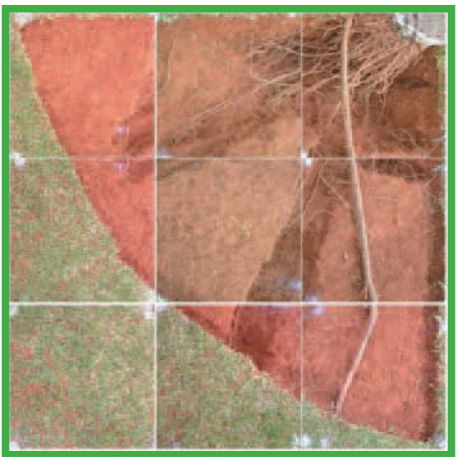
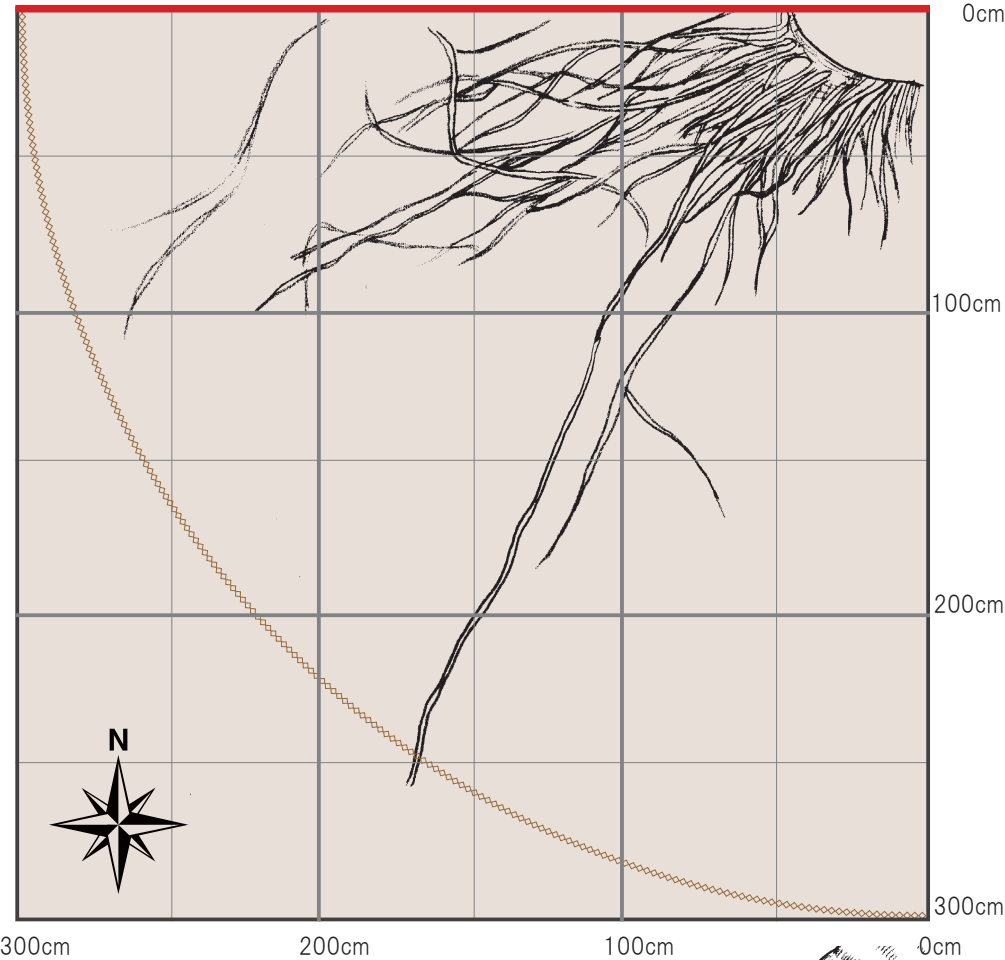


調査範囲位置

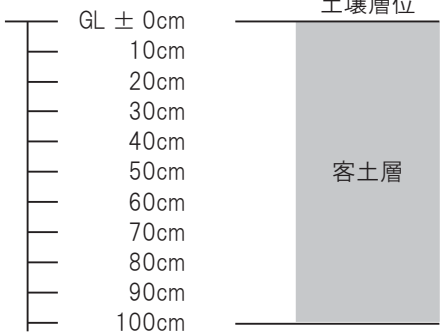
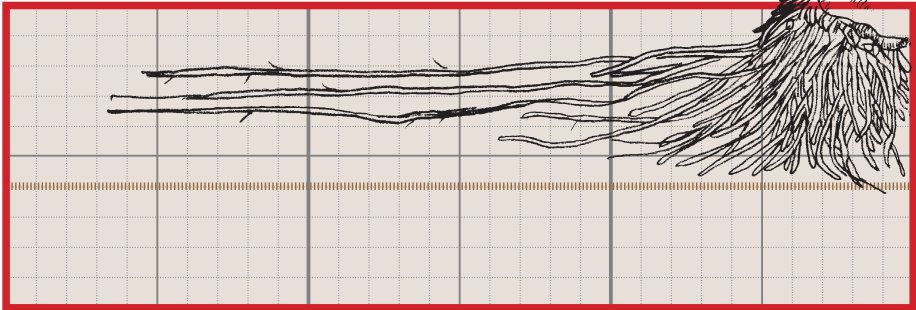
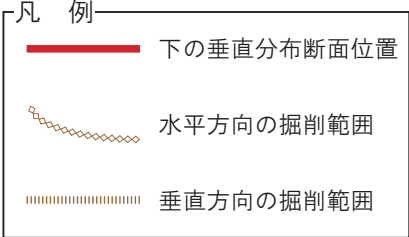


根系伸長状況

水平分布・垂直分布



根系伸長状況 (上面写真)



＜引用・参考文献等＞

- ①沖縄道路緑化技術指針、沖縄総合事務局開発建設部監修、(社)沖縄建設弘済会、1996
- ②樹木根系図説、苅住昇著、誠文堂新光社、1979
- ③沖縄の都市緑化植物図鑑、国土技術政策総合研究所監修、(財)海洋博覧会記念公園管理財団編集、新星出版、2009
- ④沖縄の樹木、新里孝和監修、平良喜代志著、新星図書出版、1987
- ⑤植栽基盤整備マニュアル、国土交通省監修、(財)日本緑化センター発行、2009
- ⑥土壌調査ハンドブック改訂版、日本ペドロロジー学会編、博友社、1997
- ⑦工事歩掛要覧、経済調査会積算研究会編集、(財)経済調査会、2008
- ⑧建設工事標準歩掛、建設物価調査会積算委員会編集、発行：(財)建設物価調査会、2009
- ⑨日本の野生植物・木本Ⅰ、佐竹義輔・原寛・亙理俊次・富成忠夫編、平凡社、1989
- ⑩日本の野生植物・木本Ⅱ、佐竹義輔・原寛・亙理俊次・富成忠夫編、平凡社、1989
- ⑪国立情報数学研究所北本研究室HP
- ⑫気象庁沖縄气象台HP
- ⑬沖縄総合事務局南部国道事務所HP

＜写真・資料提供＞（敬称略）

- ①財団法人海洋博覧会記念公園管理財団（写真）
- ②沖縄県農業研究センター土壌環境班（沖縄の土壌分布図）

国 土 技 術 政 策 総 合 研 究 所 資 料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
No. 621 January 2011
編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒 305-0804 茨城県つくば市旭 1
企画部 研究評価・推進課 TEL 029-864-2675