

### 3.1 樹木健全度調査の基本的事項

台風等の強風時に発生する街路樹倒伏の主な原因は、①樹木の生育不良による根系伸長不良、②樹体の傷から侵入した木材腐朽菌により生じた空洞や腐朽等の構造的な欠陥による支持強度の低下である。したがって、道路管理者は適宜必要な樹木健全度調査を行い、樹木の生育状況と構造的な欠陥等の把握に努めなければならない。

#### 解説

街路樹が将来にわたって良好な生育を維持するためには、随時、樹木の健康状態を把握して、それに対応した適切な維持管理を行うことが重要である。

樹木の活力度が悪い状態では、根系伸長が不十分で樹体の支持強度が小さいことが考えられる(写真-3.1)。また、枝葉に活力があり良好に生育しているように見える樹木であっても、樹幹に空洞や腐朽等の構造的欠陥がある場合があるため(写真-3.2、3.3)、生育状況調査と危険度調査を行い、倒伏や枝折れを事前に予測することが重要である。



写真-3.1 根系伸長不良により根回りした街路樹



写真-3.2 根株が腐朽して倒伏した樹木  
(花や葉の生育状況は良好)



写真-3.3 腐朽により幹折れした樹木

### 3.2 樹木健全度調査の方法

樹木健全度調査は、生育状況調査と危険度調査からなる。生育状況調査においては樹木形状と活力を把握し、危険度調査においては樹木の構造的な欠陥を把握する。

#### 解説

##### 3.2.1 生育状況調査

調査にあたっては、事前に植栽年や管理履歴、障害履歴等の樹木情報を把握しておくことが望ましい（表-3.1）。

生育状況調査では、樹高計、巻尺、カメラ等を使用して樹木形状、活力状況を調査する（予備診断データの活用も可）（表-3.2）。

表-3.1 樹木の基本情報

路線名	(植栽されている路線名)
樹木番号	(樹木の管理番号等)
樹種名	(樹種名)
場所	(植栽されている住所等)
植栽年	(植栽された年)
管理履歴	(剪定等の管理状況)
障害履歴	(幹折れ等の履歴)
樹木価値	(緑陰や遮蔽等の機能が明確な場合)
前回調査年	(過去に行っている場合の調査年)

※) 不明な場合は、「不明」と記入する。

表-3.2 生育状況調査の項目

		全景写真		
基本情報	路線名			
	樹木番号			
	樹種名			
	場所			
	植栽年			
	管理履歴			
	樹木価値			
	前回調査年			
樹木形状	樹高	m		
	幹周（幹径）	m		
	枝張り	m		
	枝下高	歩道	m・車道	m
	不自然な傾斜	無	有（安全・危険）	
	樹高／幹径			
	枝長／枝径			
	樹冠形状			
活力状況	樹勢	a（良い）・b（普通）・c（少し悪い）・d（悪い）・e（枯死）		
	葉の生育状況	a（良い）・b（普通）・c（少し悪い）・d（悪い）・e（枯死）		
	傷口材の成長	a（良い）・b（普通）・c（少し悪い）・d（悪い）・e（なし）		
	病害	無	有	病名
	虫害	無	有	虫名

(1) 樹木形状の測定

樹高、幹周等の樹木の形状を測定するとともに(写真-3.4)、樹体の傾き、樹齢、樹冠形状(自然樹形、自然相似樹形、人工樹形)、について調査する(写真-3.5、3.6、3.7)。

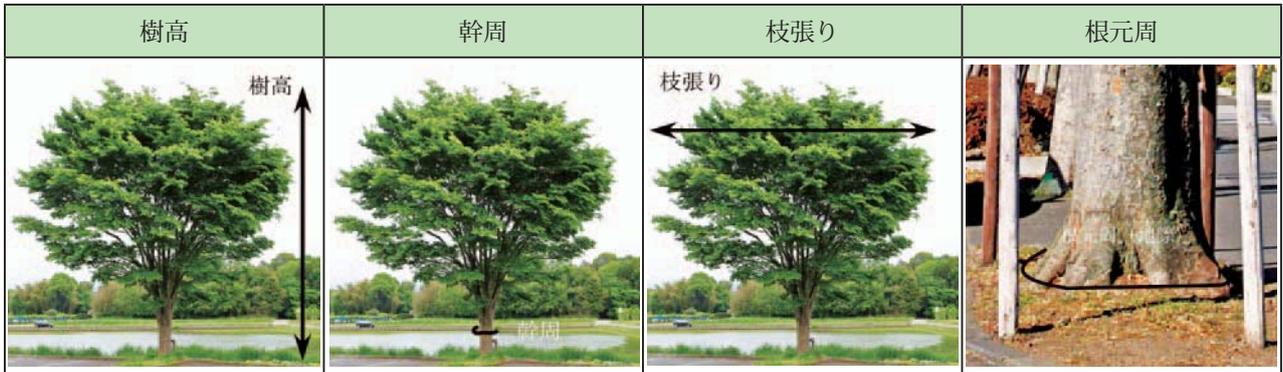


写真-3.4 樹木の形状測定



※) 直上に伸長した長さが、樹高全体の1/3以上のものを「安全」とし、それ以下の場合「危険」と判断する。

写真-3.5 樹体の傾き

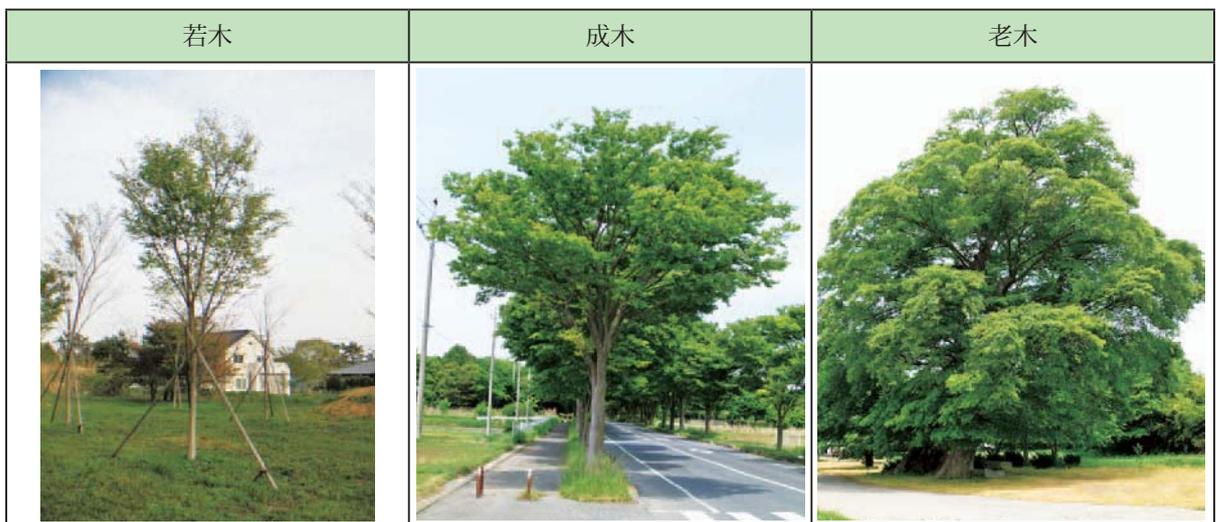


写真-3.6 樹木の樹齢



写真-3.7 樹木の樹冠形状

(2) 樹木活力調査

枝葉密度やバランス、新梢の成長量等による樹勢や葉の色・大きさによる葉の生育状況（写真-3.8、3.9）を把握するとともに、剪定傷等における傷口材の成長具合（写真-3.10）や病虫害による被害状況（写真-3.11）を総合的に調べることにより、樹木全体の活力を調査する。



写真-3.8 樹木活力等の指標：樹勢・葉の生育状況（広葉樹）



写真-3.9 樹木活力等の指標：樹勢（ヤシ類）



写真-3.10 樹木活力等の指標：傷口材の成長

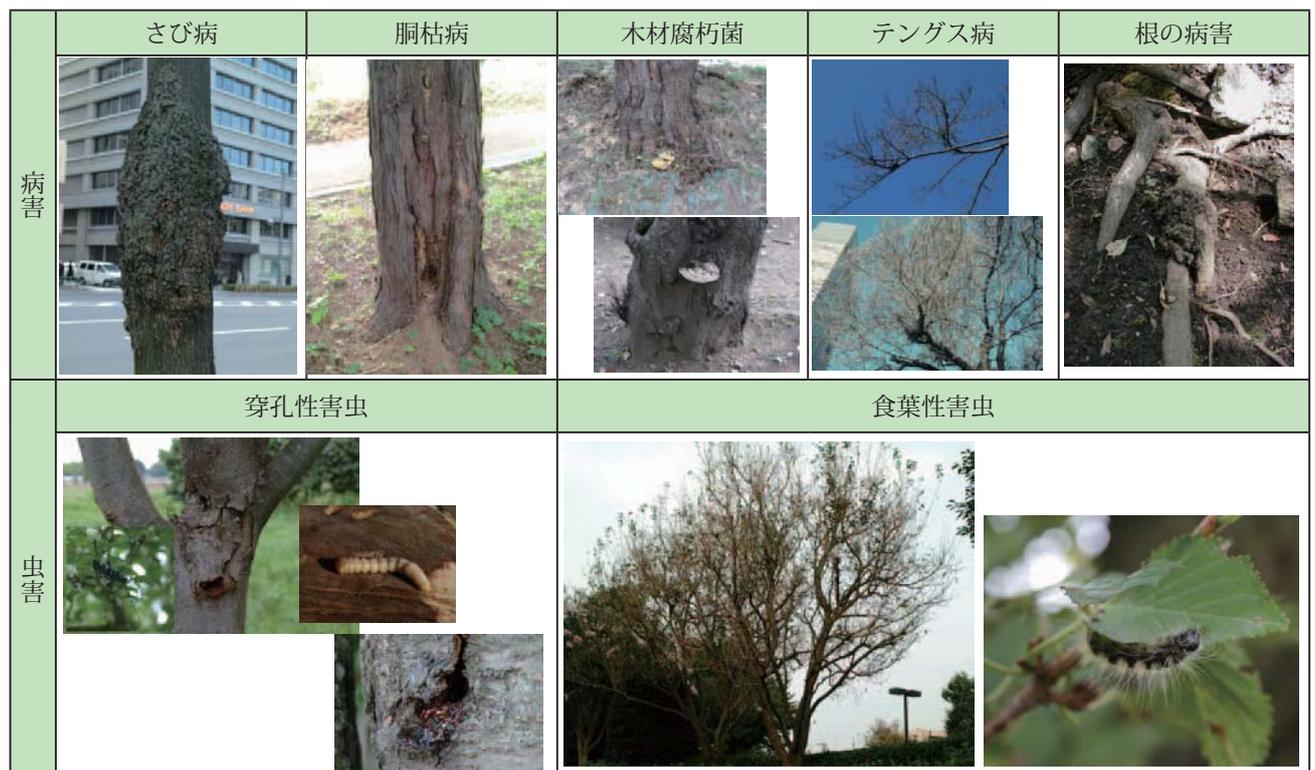


写真-3.11 樹木活力等の指標：病虫害による被害状況

(3) 生育状況の評価

生育状況調査の結果は、表-3.3に示す基準によって各項目を評価し、総合的に表-3.4により判定する。予備診断の段階で異常が認められたものの改善的処置が実施されていない場合には、ここでも同じ評価をするが、速やかに処置を実施しなければならない。

表-3.3 生育状況結果の評価

		評価基準				
		A	B	C	D	E
		旺盛な生育を示し、被害が全く見られない	普通の生育を示し、被害があまり目立たない	被害が明らかに認められる	生育状態が劣悪で回復が見込めない	枯死している
樹木形状	枝下高	歩道 > 2.5m 車道 > 4.5m	—	歩道 ≤ 2.5m 車道 ≤ 4.5m	—	—
	傾斜	無	有 (安全) ※)	有 (危険)	—	—
	H/D比	≤ 50	—	> 50	—	—
	L/D比	≤ 40	—	> 40	—	—
活力状況	樹勢	a (良い)	b (普通)	c (少し悪い)	d (悪い)	e (枯死)
	葉	a (良い)	b (普通)	c (少し悪い)	d (悪い)	e (枯死)
	傷口材	a (良い)・b (普通)	c (少し悪い)	d (悪い)・e (なし)	—	—
	病虫害	— (病虫害が確認された場合は個別に被害を予測)				

※)直上に伸長した長さが、樹高全体の 1/3 以上のものを「安全」とし、それ以下の場合は「危険」と判断し、評価基準は「C」する。

表-3.4 生育状況の総合評価

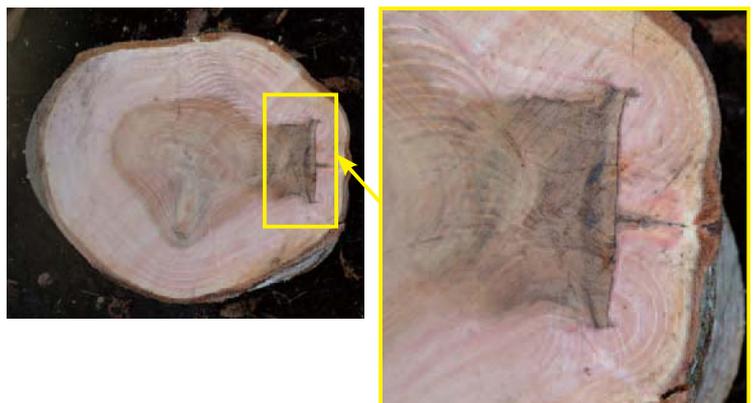
総合評価	生育状況の評価基準
A	樹勢、葉の生育状況が [A]
B	樹勢、葉の生育状況が [B] 以上
C	樹勢、葉の生育状況が [C] 以上
D	樹勢、葉の生育状況が [D] 以上
E	樹勢、葉の生育状況が [E]

<傷口材「癒合組織」>

情報コラム 

傷口材「癒合組織」とは、外部からの物理的な外傷を受けて死滅した始原細胞の周囲の細胞が、不定形の柔細胞のかたまりを形成するものである。傷口材が傷を覆って周囲と連続した形成層を回復すると、もとの分化した細胞をつくるようになり次第に正常な二次木部が形成される。一般的に、活力の良好な樹木である場合には、傷害を受けた部分は周囲の健全な部分に比べると木部形成が活発であり、局所的に厚くなる。

<傷口材によって巻き込まれた傷口>



### 3.2.2 危険度調査

危険度調査は、外観診断により樹木の欠陥の有無を目視等により把握し、さらに詳細な腐朽割合等を予測する必要がある場合には、腐朽診断機器等により測定し、その結果から危険度を評価するものである。

調査は、「地上部」と「地下部」に大きく分け、さらに地上部については「枝」、「幹」、「根株」に細分して、地下部については「根系」を対象に行う（図-3.1）。

また、樹木を野生動物が利用している場合には、生物種や利用状況についても把握しておく必要がある。樹幹にある空洞等は、営巣等で利用する野生動物にとっては、非常に重要なものとなっている。

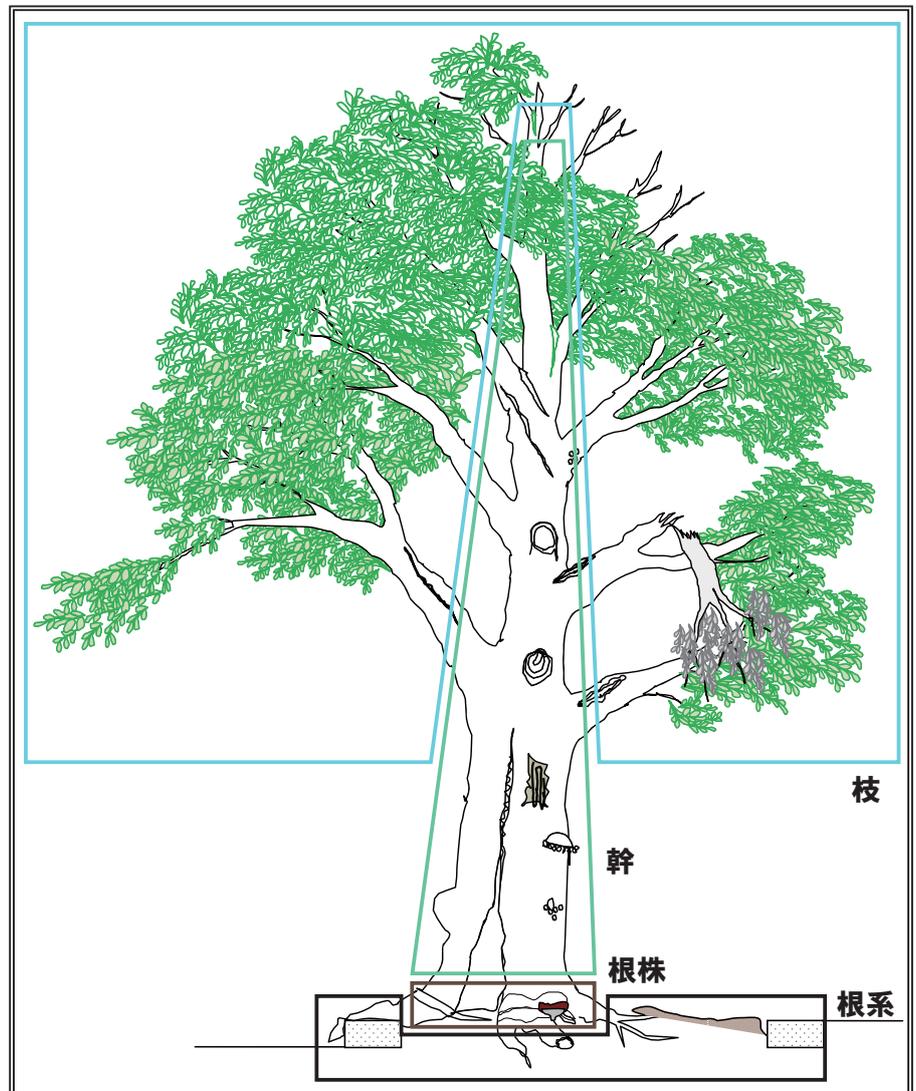


図-3.1 危険度調査の対象部位

情報コラム 

<樹洞を利用する野生動物>

樹洞は、野生動物の繁殖やねぐら、休息の場所として重要なものであり、キツツキ類、フクロウ類、シジュウカラ類等の鳥類、ムササビ、モモンガ、リス、ヤマネ、ネズミ、コウモリ類の哺乳類などが利用している。樹洞は、樹齢が高く幹が太くならないとできにくいことから、都市内ではほぼ限られた数となる。そのため、街路樹にできた樹洞は貴重であり、都市内に生息する野生動物において、その有無は死活に関わるものとなっている。

そのため、街路樹の危険度調査においては、地上部の欠陥調査時に併せて野生動物の生息状況を確認し、保全すべき動物の生息が確認された場合には、専門家による生息状況調査（種の同定、利用状況等）を実施した上で、生息環境の保全等の対応策を検討することが求められる。

<樹洞を利用する野生動物の例>



ムササビの営巣（ケヤキの街路樹）



キツツキ類（痕跡：巣穴）の利用



ネズミ類（痕跡：糞）の利用



エゾシマリス



ヤマネ

(1) 外観診断

1) 地上部の欠陥

樹木の地上部における欠陥の有無、欠陥の重要度を外観から把握する。欠陥は目視により傷、空洞、亀裂、隆起やこぶ、子実体の発生、幹や枝の結合、傾斜や樹体の揺れ、枝葉の偏り、枝枯れの有無を確認する。また、併せて木槌による打音の異常の有無等を調査する。

調査は、樹木の枝、幹、根株の部位毎に、以下の観点に着目して行うものとする。

①枝の欠陥

樹冠を形成する枝における外観診断の項目と着眼点は以下のとおりである（図-3.2、表-3.5、写真-3.12）。

<幹や枝との結合部の欠陥>

幹や他の枝との結合部に腐朽や亀裂が入っていないか、樹皮を巻き込んでいないかを確認する。また、穿孔虫による被害がないかを確認する。

<枝の本体>

枝の枯死や折損によるぶら下がり枝が認められないか、樹皮の剥がれや亀裂、腐朽がないかを確認する。

<枝のバランス>

枝の太さに対する長さのバランスが悪くないか、枝葉に偏りがないかを確認する。

<再生頂上枝の結合>

主幹の頂部が切断（トッピング）され、その後に再生した頂上枝がある場合には、主幹切断部の腐朽状況を確認する。

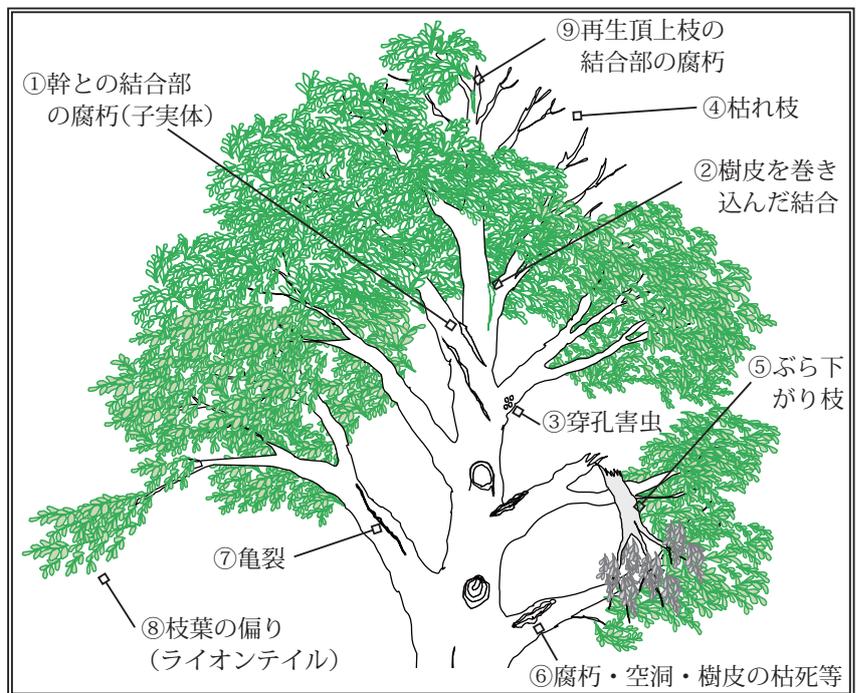


図-3.2 枝の欠陥

表-3.5 外観診断（枝）の項目

枝	結合部	①幹との結合部の腐朽（子実体）	無	有	（子実体： ）	欠陥部位の写真（イラスト）
		②樹皮を巻き込んだ結合	無	有		
		③穿孔害虫	無	有	（虫名： ）	
	本体	④枯れ枝	無	有		
		⑤ぶら下がり枝	無	有		
		⑥腐朽・空洞・樹皮の枯死等（子実体）	無	有	（子実体： ）	
		⑦亀裂	無	有		
		⑧枝葉の偏り（ライオンテイル）	無	有		
		⑨主幹切断部（トッピング）の腐朽	無	有		

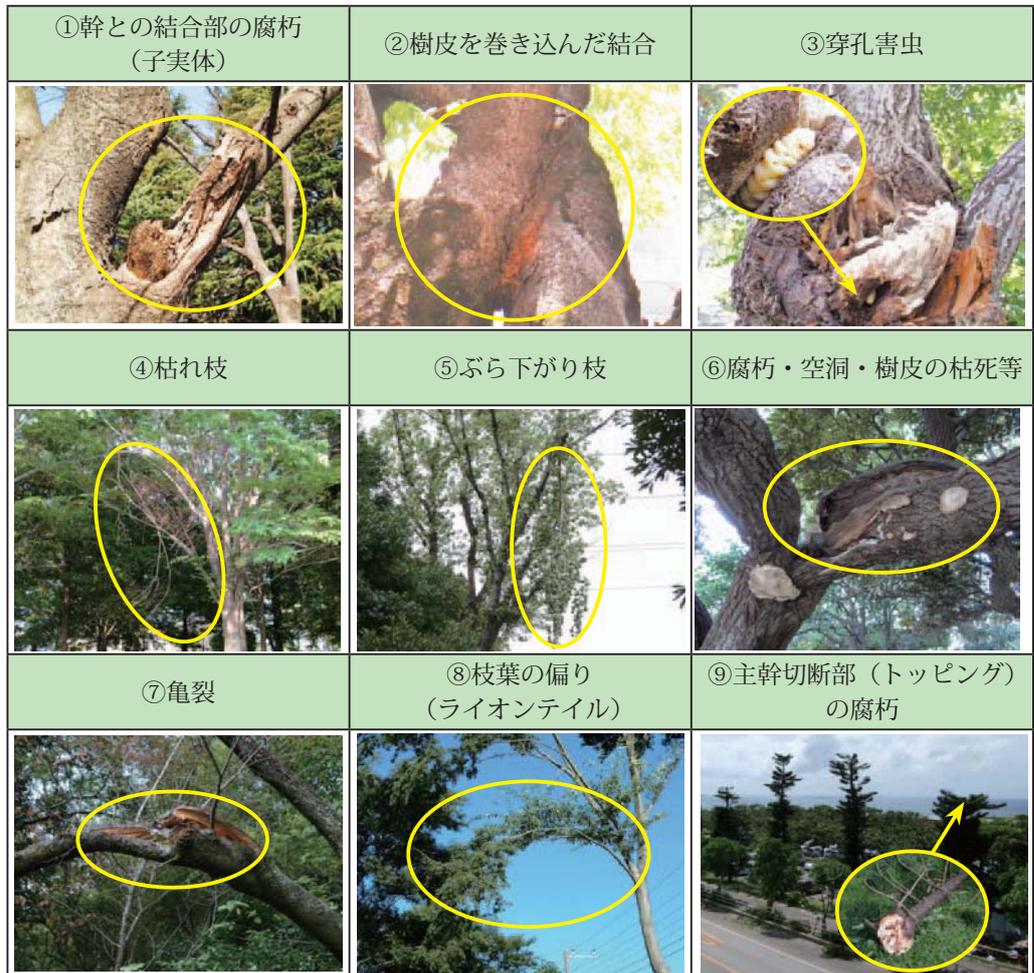


写真 -3.12 枝における構造的な欠陥 (着眼点)

②幹の欠陥

樹木を支える幹における外観診断の項目と着眼点は以下のとおりである (図 -3.3、写真 -3.13、表 -3.6)。

<幹の本体>

幹に空洞や腐朽、亀裂等がないかを目視あるいは木槌による打診音で確認する。

<幹の結合>

複数の幹がある場合、幹同士の結合部に樹皮を巻き込み、結合が不完全な状態 (入り皮) になっていないかを確認する。

<昆虫の生息>

ハチやアリ等は、腐朽や空洞があるとその空間に営巣することがあり、腐朽や空洞の指標となる。そのため、これらの昆虫が生息していないかを確認する。

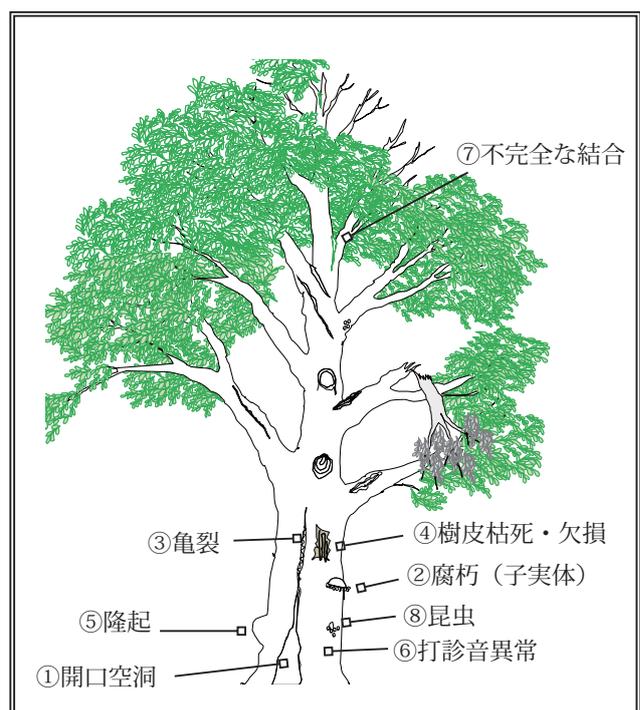


図 -3.3 幹の欠陥



写真-3.13 幹における構造的な欠陥（着眼点）

表-3.6 外観診断（幹）の項目

幹	本体	①開口空洞	無	有	(大きさ: )	欠陥部位の写真(イラスト)
		②腐朽(子実体)	無	有	(子実体: )	
		③亀裂	無	有		
		④樹皮枯死・欠損	無	有		
		⑤隆起	無	有		
		⑥打診音異常	無	有		
	結合	⑦不完全な結合	無	有		
	昆虫	⑧昆虫	無	有	(虫名: )	

③根株の欠陥

幹と根系を繋いでいる根株における外観診断の項目と着眼点は以下のとおりである（図-3.4、写真-3.14、表-3.7）。

＜根株の本体＞

根株に腐朽や、鋼棒貫入での異常等がないかを目視あるいは鋼棒により確認する。ナラタケ等の根株腐朽菌は、倒伏に直結する大きな腐朽被害となるため、見落としがないように細心の注意が必要である。また、根株が削られていないかや根株に根が巻き付いて（ガードリングルート）根株の肥大成長を妨げていないか、縁石を巻き込んで根株がくびれていないかについても把握する。

＜植栽基盤との密着＞

樹体の揺れを確認するとともに、大きく揺れたことによって生じる土壌と根株に隙間がないかを確認する。

＜昆虫の生息＞

ハチやアリ等は、腐朽や空洞があるとその空間に営巣することがあるため、腐朽や空洞の指標となる。特に、イエシロアリは根株の空洞に大きな塊状の巣をつくるため、その生息を確認する。

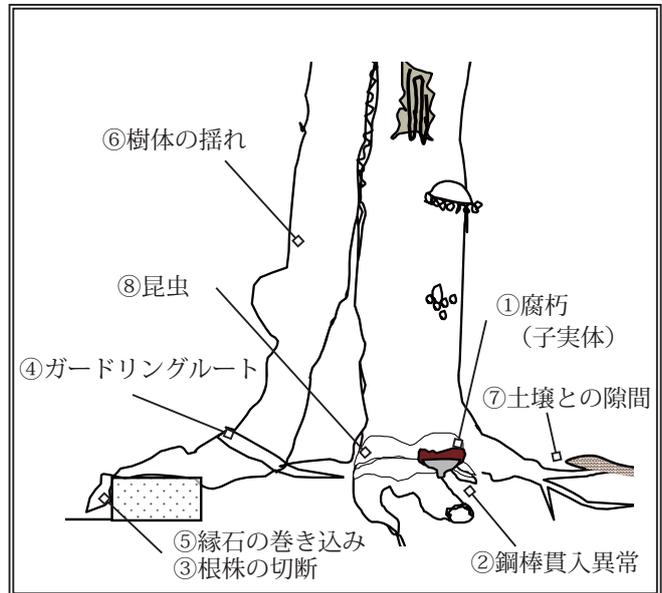


図-3.4 根株の欠陥

①腐朽	②鋼棒貫入異常	③根株の切断
④ガードリングルート	⑤縁石の巻き込み	⑥樹体の揺れ
⑦土壌との隙間	⑧昆虫	

写真-3.14 根株における構造的な欠陥（着眼点）

表-3.7 外観診断（根株）の項目

根株	本体	①腐朽（子実体）	無	有	（大きさ： ）	欠陥部位の写真（イラスト）
		②鋼棒貫入異常	無	有	（貫入深： ）	
		③根株の切断	無	有		
		④ガードリングルート	無	有		
		⑤縁石の巻き込み	無	有		
	基盤	⑥樹体の揺れ	無	有		
		⑦土壌との隙間	無	有		
	昆虫	⑧昆虫	無	有	（虫名： ）	

2) 根系の欠陥

根系における外観診断の項目と着眼点は以下のとおりである（図-3.5、写真-3.15、表-3.8）。

<露出した根系>

地上に露出した根系については、切断や腐朽、枯死・欠損等の欠陥がないかを確認する。

<地中の根系>

地中にある根系の欠陥は外観では明確にわからないため、本質的な組織の枯れや腐朽が起こるまでなかなか発見されない。そのため、根系の欠陥を明らかにするためには、地上部の徴候（例えば小枝の枯れや異常な葉の色）、根株における徴候（子実体の発生、鋼棒貫入の有無）、隣接した樹木との外観比較および植栽地の特性等から判断する。

具体的には、予測する根系伸長範囲内において根系が地中で浮き上がったことによる土壌の盛り上がりがないか、根系伸長を阻害する植栽基盤の構造、土壌の流出、土壌の固結がないかを確認する。また、根系の切断を伴う周辺工事がなかったかを確認する。

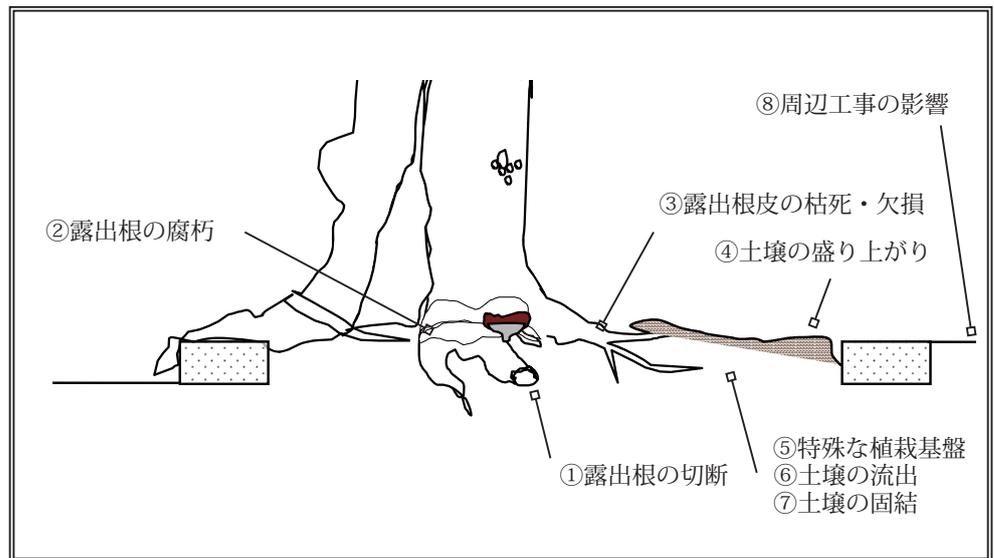


図-3.5 根系の欠陥



写真 -3.15 根系における構造的な欠陥（着眼点）

表 -3.8 外観診断（根系）の項目

根系	露出根	①露出根の切断	無	有	欠陥部位の写真（イラスト）
		②露出根の腐朽（子実体）	無	有	
	③露出根皮の枯死・欠損	無	有		
地中根	④土壌の盛り上がり	無	有		
	⑤特殊な植栽基盤	無	有		
	⑥土壌の流出	無	有		
	⑦土壌の固結	無	有		
	⑧周辺工事の影響	無	有		

(2) 外観診断の評価

外観診断の結果は、表-3.9 に示す基準によって各項目を評価し、表-3.10 による総合的な評価をする。

表-3.9 外観診断結果の評価基準

診断項目		評価基準					改善的処置 ・ 詳細診断 の必要性	
		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、枝折れする 恐れがある		
枝	結合部	①幹との結合部の腐朽(子実体)	無				有	○詳細診断
		②樹皮を巻き込んだ結合	無			有(小)	有(大)	改善的処置
		③穿孔害虫	無		有(小)		有(大)	改善的処置
	本体	④枯れ枝	無				有	改善的処置
		⑤ぶら下がり枝	無				有	改善的処置
		⑥腐朽・空洞・樹皮の枯死等	無		有 (樹皮の枯死等)	有 (空洞・腐朽が小)	有 (空洞・腐朽が大)	○詳細診断
		⑦亀裂	無				有	改善的処置
	バランス	⑧枝葉の偏り(ライオンテイル)	無			有		改善的処置
	頂上枝	⑨主幹切断部(トッピング)の腐朽	無				有	改善的処置
幹	本体	①開口空洞※)	無	芯に達しない 周囲長比率: 1/3 未満	芯に達しない 周囲長比率: 1/3 以上	芯に達する 周囲長比率: 1/3 未満	芯に達する 周囲長比率: 1/3 以上	○詳細診断
		②腐朽(子実体)	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
		③亀裂	無			有(小)	有(大)	改善的処置
		④樹皮枯死・欠損	無		周囲長比率: 1/3 未満	周囲長比率: 1/3 以上		○詳細診断
		⑤隆起	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
		⑥打診音異常	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
	結合部	⑦不完全な結合	無			有(小)	有(大)	改善的処置
	昆虫	⑧昆虫	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
根株	本体	①腐朽(子実体)	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
		②鋼棒貫入異常	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
		③根株の切断	無	有(小)	有(大)			改善的処置
		④ガードリングルート	無		有(小)	有(大)		改善的処置
		⑤縁石の巻き込み	無	有(小)	有(大)			改善的処置
	基盤	⑥樹体の揺れ	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
		⑦土壌との隙間	無			有(小)	有(大)	改善的処置
		⑧昆虫	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
根系	露出根	①露出根の切断	無		有(小)	有(大)		○詳細診断
		②露出根の腐朽	無			有(小)	有(大)	○詳細診断
		③露出根皮の枯死・欠損	無	有(小)	有(大)			○詳細診断
	地中根	④土壌の盛り上がり	無			有(小)	有(大)	改善的処置
		⑤特殊な植栽基盤	無	有(小)	有(大)			改善的処置
		⑥土壌の流出	無	有(小)	有(大)			改善的処置
		⑦土壌の固結	無	有(小)	有(大)			改善的処置
		⑧周辺工事の影響	無	有(小)	有(大)			改善的処置

※) 開口空洞における「芯」とは、空洞が幹の中心部分まで達しているか、達していないかの区分。

表-3.10 外観評価の総合評価

総合評価	危険度の評価基準
A	全ての項目が[A]
B	全ての項目が[B]以上
C	全ての項目が[C]以上
D	全ての項目が[D]以上
E	いずれかの項目に「E」がある

外観診断により把握した樹体の構造的な欠陥（指標）から予測される危険性は以下のとおりである。

1) 枝及び幹における空洞、腐朽、子実体等による危険性

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、子実体や昆虫（ハチやアリ等）、打診音の異常の存在は、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である（図-3.6）。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（写真-3.16）から空洞化に至る。これにより、幹折れや枝折れの危険性が判断できる。

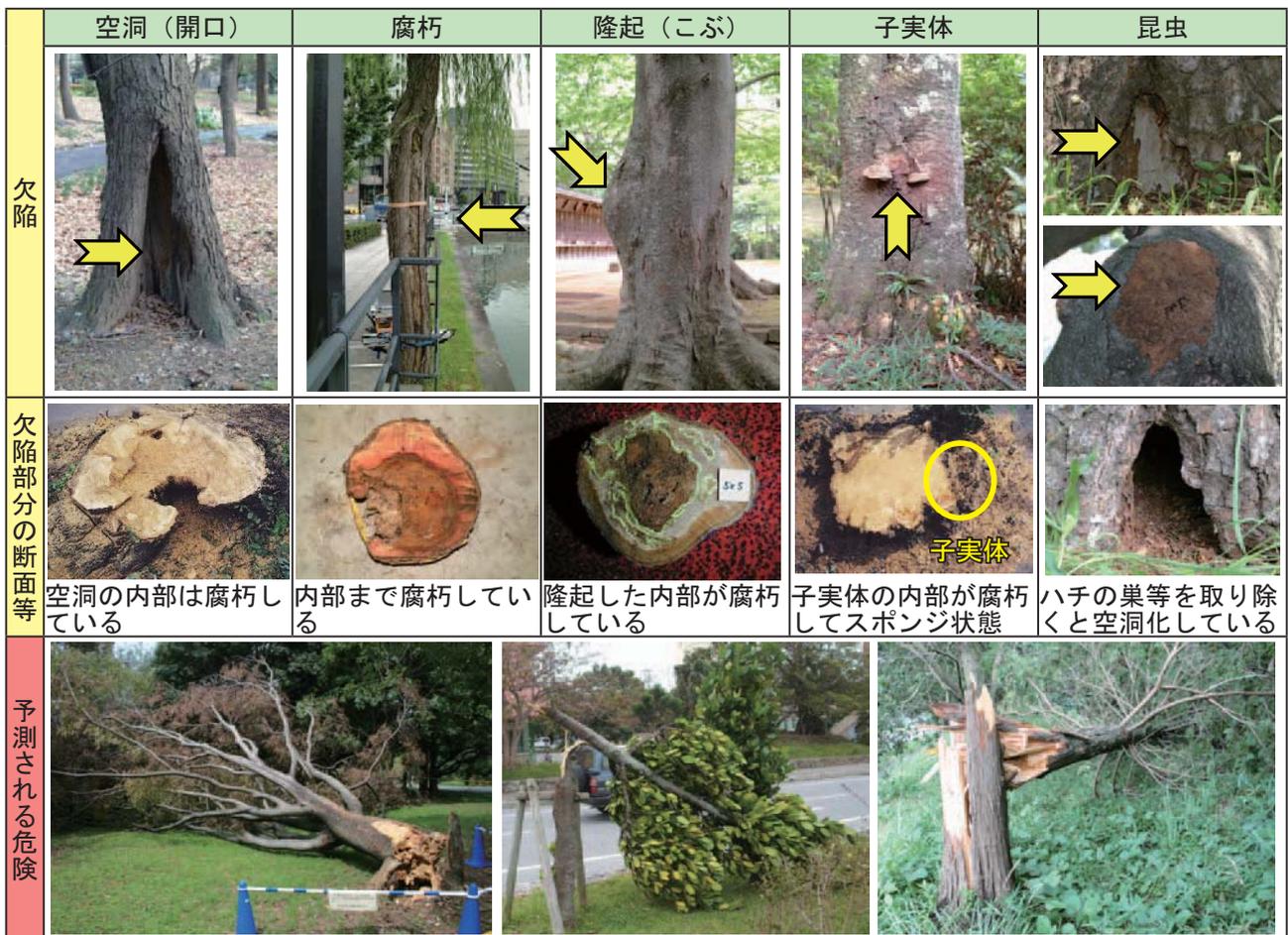


図-3.6 空洞、腐朽、子実体等の指標から予測できる危険性

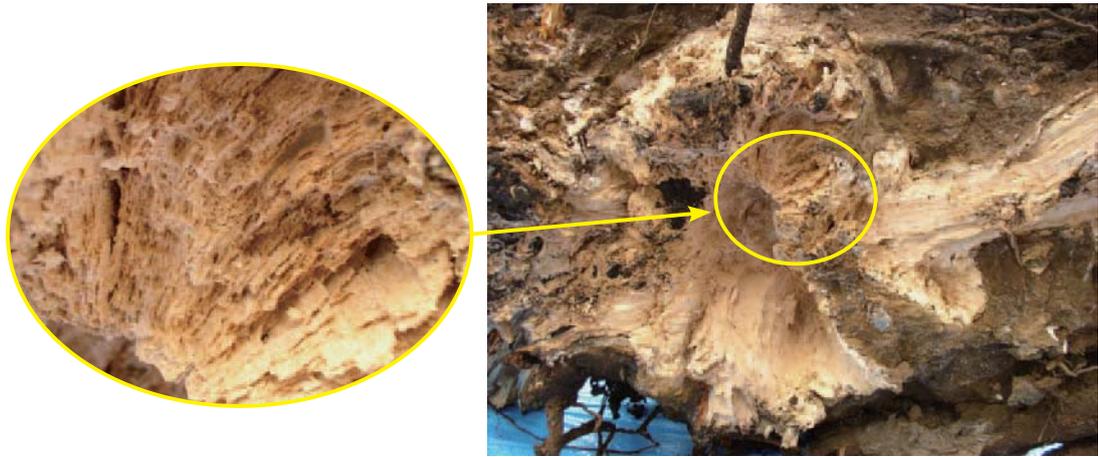


写真-3.16 スポンジ状態となった脆弱な腐朽材

2) 枝及び幹における亀裂、幹や枝の結合、枯れ枝等による危険性

亀裂は、幹が裂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る（入り皮）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、剪定等によって先端の枝葉密度が片寄っている枝等は、落枝の危険性が容易に判断できる（図-3.7）。

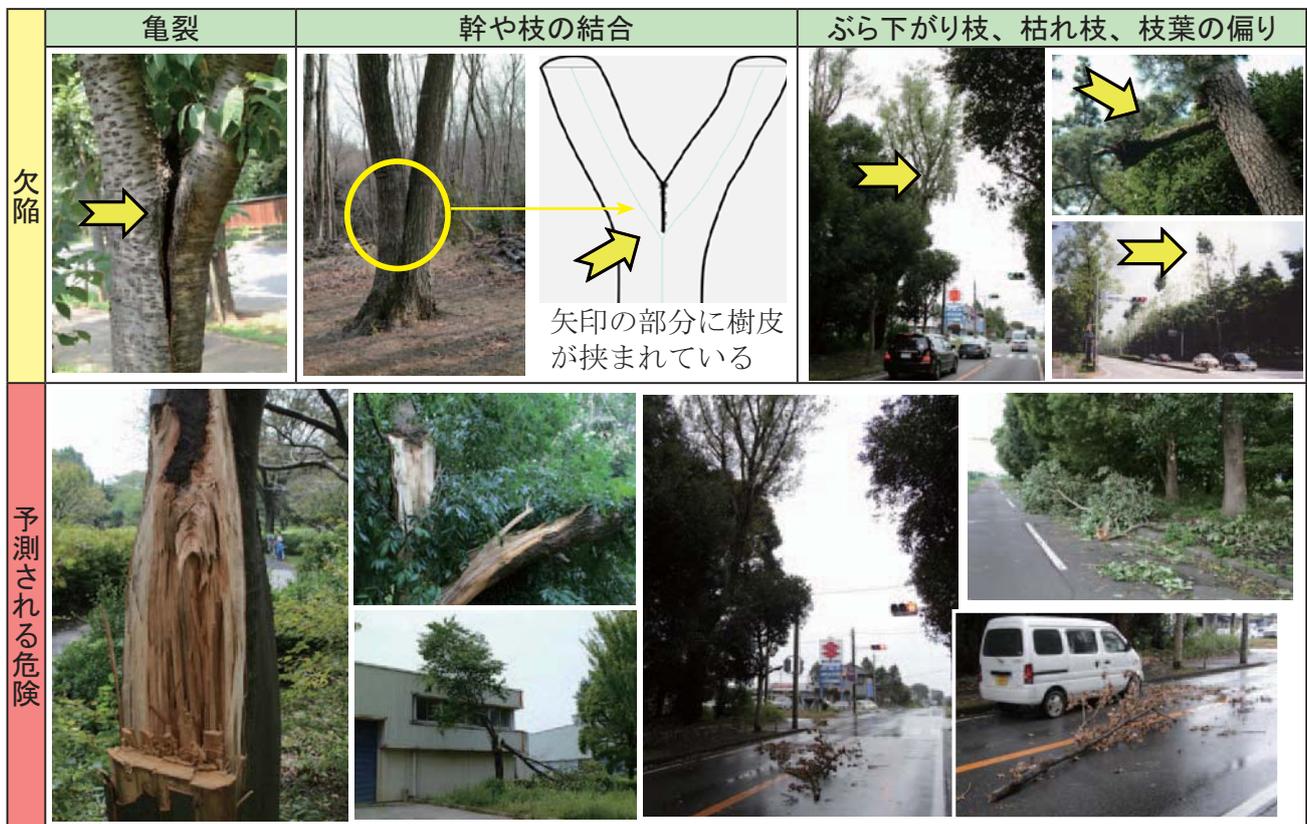


図-3.7 亀裂、幹や枝の結合、枯れ枝等の指標から予測できる危険性

3) 根株及び根系異常による危険性

根株と根系の腐朽（鋼棒貫入異常、子実体も含む）、根系の切断の状況から、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。また、根株を根で絞めているガードリングルートは、根株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（図-3.8）。



図-3.8 根系腐朽、切断等から予測できる危険性

4) 植栽基盤の異常による危険性

植栽基盤の土壌が盛り上がっていたり、根株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。また、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、土壌の流出が見られる場合には、倒伏の危険性がある（図-3.9）。



図-3.9 植栽基盤の異常から予測できる危険性

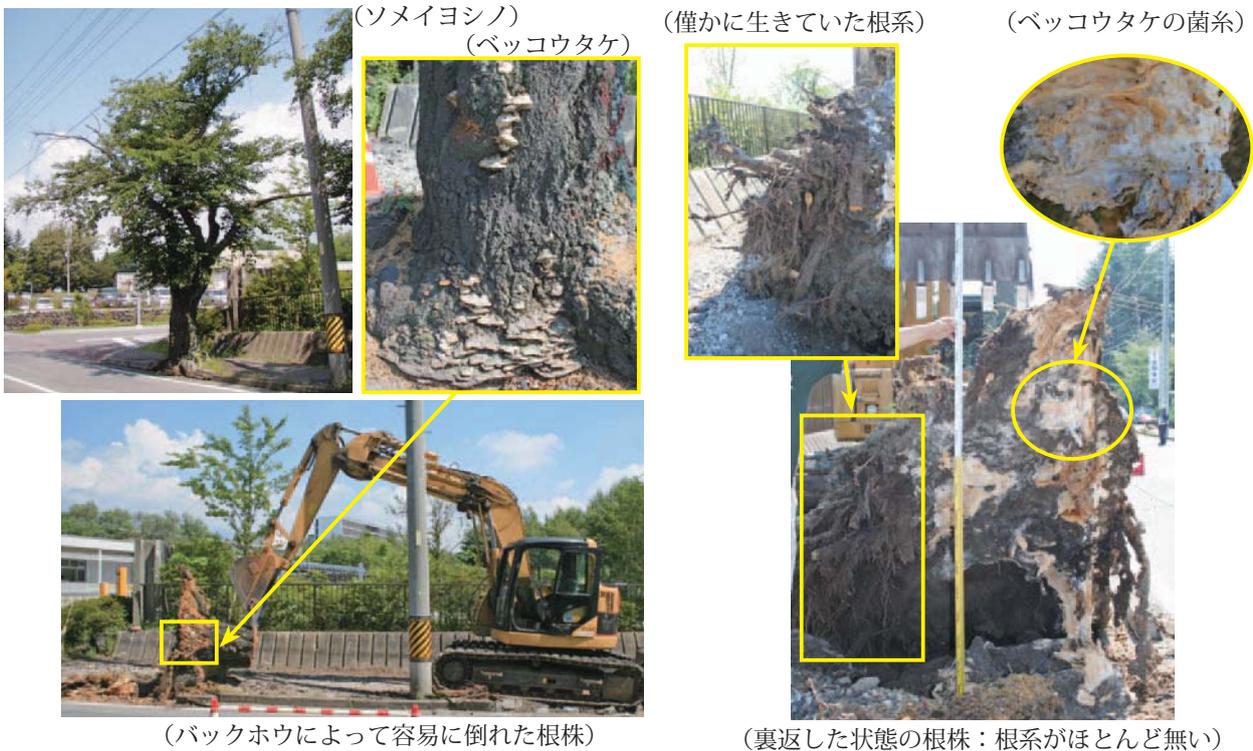
<ベッコウタケ・コフキタケに侵された街路樹>

情報コラム 

木材腐朽菌の代表的な種としてベッコウタケとコフキタケがある。ベッコウタケは、様々な広葉樹の幹の地際部や根についた傷から侵入し、幹地際部の心材部や根を腐朽させるが、時間が経過するにつれ辺材部や幹の上方にも腐朽は進展する。コフキタケは、幹や根の傷あるいは枯れ枝などに付着した担子孢子が材内に侵入し幹腐朽を起こすが、被害は上下方向に広がり地際部から比較的高い部分の幹や枝までさまざまな部位の心材・辺材部両方の腐朽を起こす。

両腐朽菌ともに、子実体が発生した時点ではすでに樹体内で腐朽が進行しているため、非常に危険性が高く、適切な診断と処置を速やかに行う必要がある。

<ベッコウタケが発生した根株と根系の腐朽>



<木材腐朽菌が主原因のケヤキ倒伏事故 (左：ベッコウタケ、右：コフキタケ) >



### (3) 詳細診断

倒伏や枝折れの原因となる腐朽や空洞が、外観診断により「樹皮の異常、空洞、腐朽、隆起、子実体、打診音異常、樹体の揺れ、昆虫」等の欠陥として、確認あるいは推測された場合には、診断機器を使用して腐朽割合や健全材の厚さを調査する。

また、根株に「腐朽、鋼棒貫入異常、土壌との隙間」等、根系に「根系の切断、露出根の腐朽、土壌の盛り上がり」等の欠陥が確認され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、外観から腐朽や空洞が直接確認された場合、ベッコウタケやコフキタケなどの木材腐朽菌の子実体が見られたり、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、鋼棒貫入で根株直径の1/3以上に貫入するなど、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、 $\gamma$ （ガンマ）線透過量測定機（一般的なものは「 $\gamma$ 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」等）、貫入抵抗値測定機（一般的なものは「レジストグラフ」等）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（写真-3.17）。

基本的には、健全材と腐朽材の判定基準値を明確に示すことが可能で、測定にあたって樹木に傷を付けない非破壊機器である「 $\gamma$ 線透過量測定機」を使用するものとするが、機器の設置が困難な高所や狭小空間においては使用可能な機器から最適な機器を選択して使用することとなる（表-3.11）。

$\gamma$ 線透過量測定機（ $\gamma$ 線樹木腐朽診断機）



弾性波速度測定機（Dr.Woods）



貫入抵抗値測定機（レジストグラフ）

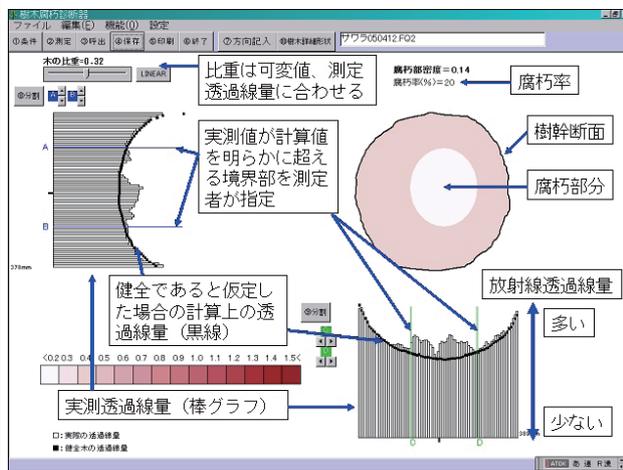
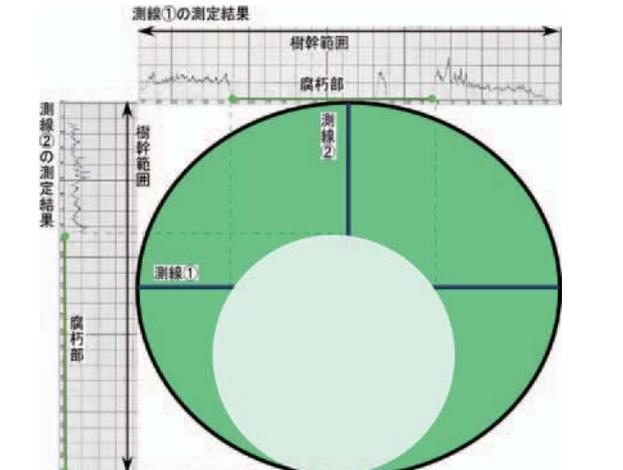


弾性波速度測定機（ピカス）



写真-3.17 樹木腐朽診断機器の例

表-3.11 樹木腐朽診断機器

	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	 <p>比重は可変値、測定透過線量に合わせる</p> <p>腐朽部密度 = 0.14 腐朽率 (%) = 20</p> <p>実測値が計算値を明らかに超える境界部を測定者が指定</p> <p>健全であると仮定した場合の計算上の透過線量 (黒線)</p> <p>放射線透過線量</p> <p>多い</p> <p>少ない</p> <p>実測透過線量 (棒グラフ)</p>	
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きていると予測するものである。</p>
測定方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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) の比較を行い、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指定する。</li> <li>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。</li> <li>⑥ 測定結果は、パソコンモニター上に測定断面の予測図と腐朽割合が表示され、パソコンに保存できる。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>② 本体の先端を測定部に密着させて、電動ドリルを駆動させ、錐を材内に貫入する。</li> <li>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。</li> <li>④ 同じ幹断面の複数の方向から、①~③の作業を、測定回数分繰り返す。</li> <li>⑤ 測定記録をデジタルデータとして保存できる機器もあり、パソコンで処理することが可能である。</li> <li>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厚さ、腐朽部の長さが表示される。</li> <li>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。</li> </ol>
利点	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 完全な非破壊機器である。</li> <li>② 樹木断面に対して面的な測定が可能である。</li> <li>③ 結果は測定直後に表示できる。</li> <li>④ 国産品のため故障等の対応が迅速である。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 貫入抵抗値を迅速に表示できる。</li> <li>② 測定箇所あまり縛られない機動性を有する。</li> <li>③ 測定時間が短い。</li> </ol>
欠点	<ol style="list-style-type: none"> <li>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 程度までに制限される。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 樹木に傷を付けてしまう。</li> <li>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。</li> <li>③ 錐が曲がることある (測定位置が不明確になる)。</li> <li>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。</li> <li>⑤ 出力された抵抗値波形の判読が難しい。</li> <li>⑥ 測定可能樹木の直径は 1m 程度までである。</li> <li>⑦ 外国製のため故障等の対応に時間を要する。</li> </ol>

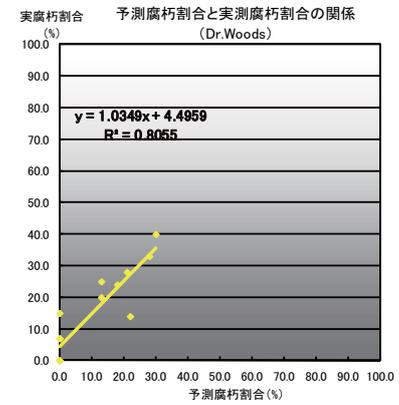
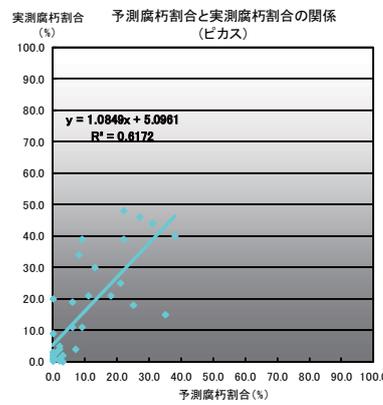
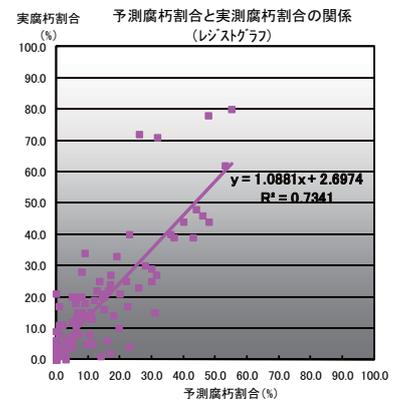
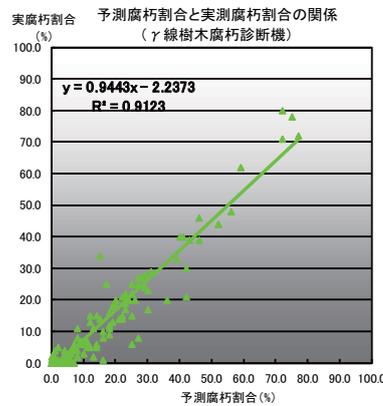
<腐朽診断機器の比較>

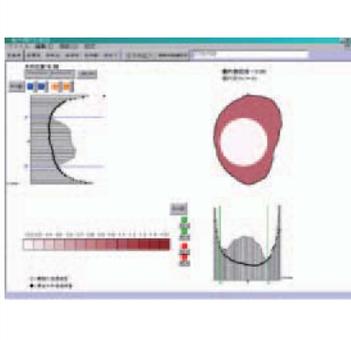
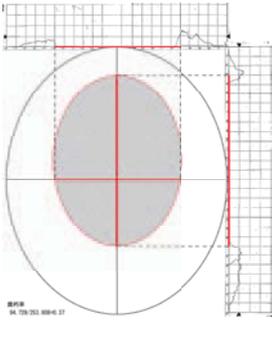
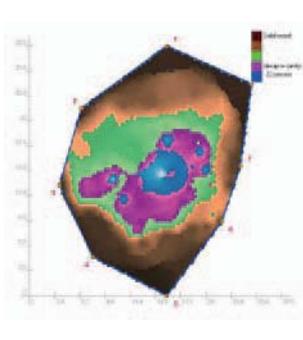
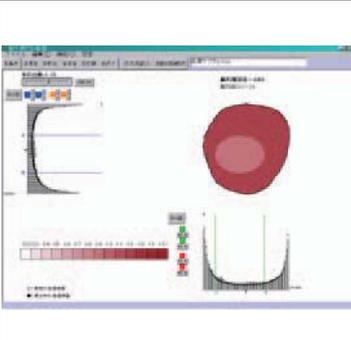
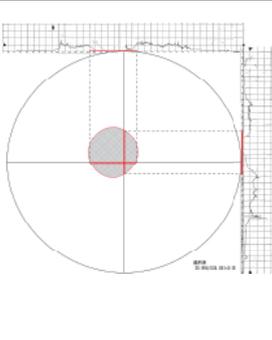
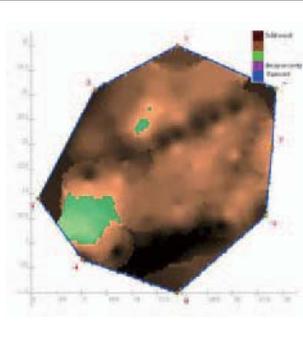
情報コラム 

γ線樹木腐朽診断機、レジストグラフ、ピカス、Dr.Woodsの診断精度の検証事例を右のグラフと下図に示した（腐朽診断を行った後、伐採して診断断面の実腐朽割合と予測腐朽割合を比較）。

サンプル数は、γ線樹木腐朽診断機とレジストグラフが115断面、ピカスが36断面、Dr.Woodsが14断面である。

各機器における回帰式の傾きは、γ線樹木腐朽診断機、Dr.Woods、レジストグラフ、ピカスの順で1.0（実腐朽割合）に近かった。また、γ線樹木腐朽診断機は予測腐朽割合が実腐朽割合よりも大きめの値となるが、他の機器は逆に小さめの値となる傾向がみられた。さらに、レジストグラフ、ピカスでは実腐朽と予測腐朽の値にバラツキが多くみられた。



対象木 (測定高：地上 0.7m)	γ線樹木腐朽診断機	レジストグラフ	ピカス
<b>クスノキ</b> 樹高：12.0m 幹周：0.8m 枝張り：4.0m 	 実腐朽割合：39%	 予測腐朽割合：43% (+4%)	 予測腐朽割合：37% (-2%)
<b>ソメイヨシノ</b> 樹高：8.0m 幹周：1.1m 枝張り：9.0m 	 実腐朽割合：20%	 予測腐朽割合：24% (+4%)	 予測腐朽割合：5% (-15%)

引用文献：危険度判定技術及び予防技術開発に関する調査研究報告書 ー精密診断機器の比較試験ー、(株)エコル、2010.2

## 2) 根系診断

外観調査により、根系に重大な欠陥があると推測された場合には、根株部分（地表面から 30cm 程度の深さ）の周辺を掘削して根系の生育状況を詳細に調査する（写真 -3.18）。植樹帯等の狭小な植栽基盤では根系が絡み合みあい、根系密度が高くなっていることが多いため、掘削時に根系に傷を与えないように注意する必要がある。最近では、圧縮空気を利用して土壌を吹き飛ばす方法が多く用いられている（写真 -3.19）。

腐朽微候の存在箇所が目視で確認できる幹の低い部分及び根の場合は、木槌で打診して調査する。さらに、腐朽が疑わしい場合、主根は貫入抵抗値測定機あるいはドリル、成長錐等を使用して、健全材の厚さを測る調査を行う必要がある（写真 -3.20）。

調査結果は、それぞれの位置と状態を図化して、主根の総数と欠陥及び腐朽を有する割合を把握する。



写真 -3.18 根系の詳細診断（左：根株部分、右：根株と根系部分）



写真 -3.19 圧縮空気を利用した土壌の掘削方法



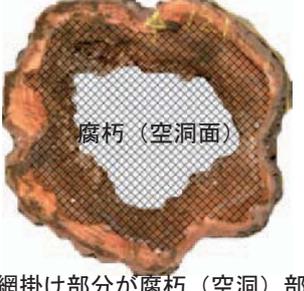
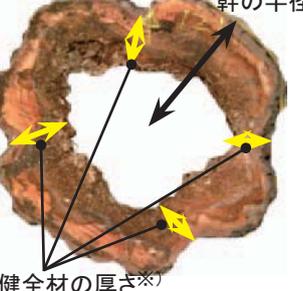
写真 -3.20 ドリルによる根系腐朽状況の確認

## (4) 詳細診断の評価

## 1) 開口空洞部及び腐朽割合、健全材厚による危険度評価

開口空洞部及び腐朽割合、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 -3.12 に示す。これらの基準値は、樹木の安全評価を定量的に表しているものの、単独で使用するのではなく、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-3.12 開口空洞、腐朽割合、健全材の厚さによる危険度評価

		開口空洞	腐朽・空洞割合	健全材の厚さ	
		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)	
判定指標					
		開口長	網掛け部分が腐朽(空洞)部	健全材の厚さ※ 幹の半径	
評価基準	A	健全	0%	0%	—
	B	僅かな異常がある	中心に達していない 周囲長比率が 33%未満、 かつ活力度が良い	1%以上 20%未満	—
	C	欠陥が認められる が、危険性はない	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	危険性を有している が、すぐには倒 伏・枝折れはしな い	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	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	中心に達している 周囲長比率が 33%以上	50%以上	0.3 未満

※「健全材の厚さ」は、健全材が薄いと思われる位置を4箇所以上測定する。  
「健全材の厚さ」の評価基準は、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。

以下、最も危険性の高い「E」についての評価基準について示す。

①開口空洞

開口空洞が中心に達していて、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」(E)と判断する。

②腐朽・空洞割合

開口空洞が中心に達していて、開口長が幹周の33%未満の場合には、基本的にはγ線透過量測定機を使用して腐朽・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」(E)と判断する。また、γ線透過量測定機を使用できない場合には、使用可能な樹木腐朽診断機器の中から最適な機器を選択して腐朽・空洞割合を測定する。貫入抵抗値測定機による場合は、複数箇所の健全材の厚さを測定して内部の腐朽・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る。断面位置の特定は、樹木特性や腐朽メカニズムの知識を有し、経験が豊富である調査技術者が行う必要がある。

1・総則  
2・予備診断  
3・健全度調査  
4・植栽環境調査  
5・改善的処置  
6・倒伏枝処理調査  
7・街路樹カルテ

③健全材の厚さ

貫入抵抗値測定機において、樹幹が太くて貫通できない樹木に対しては、健全材の厚さで判定する。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。

<腐朽・空洞による危険性判断>

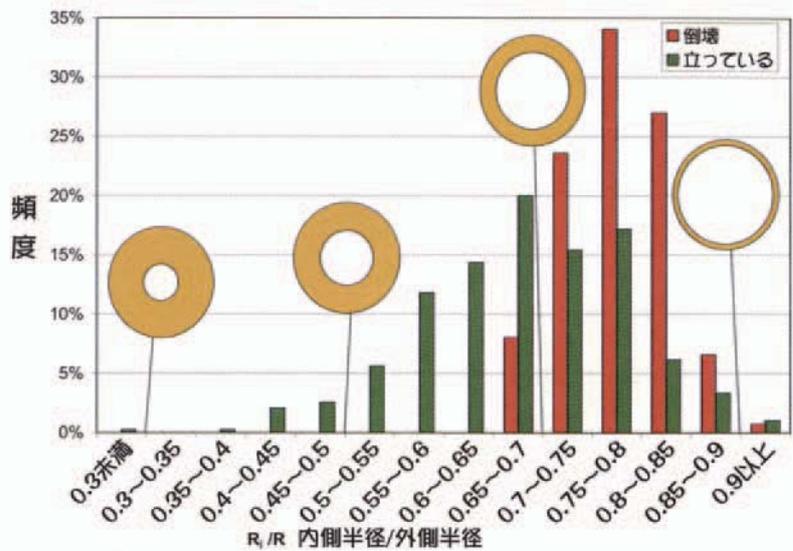


樹幹にある腐朽・空洞により折損する障害が発生することがマテック博士による実態調査結果から示唆されている。調査結果では、腐朽・空洞半径／幹半径が 0.7（幹半径の 70%）を超えると立っている樹木よりも折損する樹木が上回ることが確認されている。ちなみに、この値の 0.7 を面積に換算すると 49%（約 50%）となる。

そのため、腐朽診断結果の評価ではこの値を基準にして、段階的な危険度を示している。

ただし、樹高が著しく低い樹木や幹直径に対して樹冠が小さい樹木では、腐朽・空洞半径／幹半径が 0.7 を超える大きな腐朽・空洞があっても倒伏していない樹木が確認されている。そのため、この基準値を超える街路樹であったとしても、街路樹の機能面や活力状況から樹高を低く抑えることや樹冠を小さく抑えることが可能な場合には、危険性を小さくできるものといえる。

<腐朽・空洞の大きさによる倒壊実態調査結果>



引用文献：マテック博士のフィールドガイド、最新樹木の危険度診断入門、著者：クラウス・マテック、翻訳：堀大才・三戸久美子、発行：街路樹診断協会、2008.6

2) 根系の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-3.13)。

腐朽の状態を判断する際には、根の断面が楕円形や卵型であることを認識しておく必要がある(図-3.10)。また、腐朽した根の場合には、ドリルが根を貫通して土壌に入る前に何も無い空間(隙間)を通り抜けることがあることも想定する。さらに、以下の状態を考慮して、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
- ・樹冠が大きいことや部分的に枝葉が密集している等、地下部と地上部がアンバランスな樹木
- ・主要根が地中で浮き上がること等に関連して、土壌に亀裂が発生している樹木

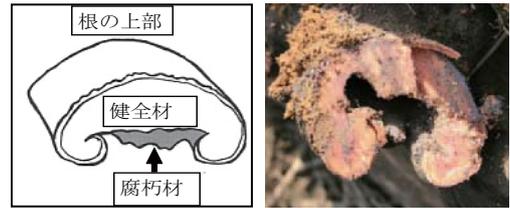


図-3.10 根系腐朽の特徴

表-3.13 根系腐朽による危険度評価

判定指標		根系腐朽	
		掘削して生育状況を確認した根系の腐朽割合 (腐朽根系の数/主要根系の全数)	
評価基準	A	健全	なし
	B	僅かな異常がある	露出根の腐朽、切断痕がわずかにある
	C	欠陥が認められるが、危険性はない	鋼棒貫入による異常がわずかに認められる
	D	危険性を有しているが、すぐには倒伏はしない	根系の腐朽割合が33%未満
	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	根系の腐朽割合が33%以上