平成 20 ～ 22 年度
吉野山サクラ調査報告書

吉野山サクラ調査チーム

平成 20～22 年度吉野山サクラ調査報告書

吉野山サクラ調査チーム

口絵 1　開花期の下千本の様子（2009 年 4 月 10 日撮影）

口絵 2　開花期の中千本～上千本の様子（2009 年 4 月 11 日撮影）

口絵 3　上千本から俯瞰した風景（2009 年 4 月 11 日撮影）

口絵 4　下千本七曲り（2009 年 4 月 10 日撮影）

口絵 5　生育不良のヤマザクラ（2008 年 4 月 15 日撮影、魚眼レンズを用いた全天写真）

ま　え　が　き

「吉野山の桜」、また「桜の吉野山」は歴史的に我が国を代表する桜景観であり、もともと吉野山に自生するヤマザクラという遺伝子資源を活かした、わが国特有の歴史文化の所産でもある。そのサクラが近年、衰退の危機にあるという情報に接し、これまでサクラを含む緑化研究を行ってきた者の責務とも考え、京都大学の森本研究室を中心に、研究者だけでなく実務専門家も含む吉野山サクラ調査チームを結成することとなった。本報告書は、この調査チームが財団法人吉野山保勝会からの依頼を受けて、3 年間にわたって行ってきた調査研究の概要を示したものである。なお、調査研究にあたっては、保勝会とその構成員のみならず、大和ハウス工業株式会社、吉野町桜基金、奈良県、吉野の桜を守る会、読売新聞大阪本社、日本放送協会などのご理解とご協力を得ており、さらに学術研究として我々調査チーム独自の資金、設備等も投入してきたところである。今回、それらを総合して、ひとまずの取りまとめを行うが、現在、さらに最新の航空機リモートセンシングを含む研究を継続しているところである。

調査チームメンバーは元日本緑化工学会会長や日本きのこ学会会長を含む学識と経験の豊富な者と若手研究者と院生等で構成され、先端的な手法の生育診断調査を含む、一般的に通常期待される以上の水準の調査研究を行っている。その結果、吉野山のサクラ景観が、他のサクラの名所とは全く異質の生育環境と履歴を持っていること、過去に何回か「危機」があったこと、現在の危機はかなり深刻であって複数の衰退要因が見られること、今後、技術的な対応と社会的な枠組み構築を含む総合的な対応が桜景観の保全再生にとって必須であること、などが現在までに明らかとなってきた。

平成の初めころから認識されるようになってきた現在の危機は、つぎの 3 つに要約できるものと考えている。

(1)　桜の世代交代の危機：長寿の桜は 1 本で極めて広大な面積を要する。吉野山では、たまに古木はあっても、樹林としてのサクラ林の継承は一世代 60～100 年と考えた方がよい。3 万本ともいわれるサクラ樹のその更新の危機が深刻である。いま、どこから次世代の育成を図るか、樹木と立地の正確な診断をもとに、適切な植樹更新計画の樹立が急務である。さらに、自生のヤマザクラの優良苗の育苗、植栽管理の適切な枠組み構築が必要である。

(2)　立地条件の危機：これまで大きなイベントで大量のサクラが植栽されることはあったが、本来は、参詣道の尾根筋（サクラの天然の立地に近い）を中心に小苗が献木で植栽されていたのではないかと思われる。だが、この半世紀で山の利用とサクラ林の生育環境は大きく変わった。我が国一般に見られる里地里山の危機と同種の危機が見られる。気候や地形や土壌やその他の立地条件とその変化は、ナラタケ属菌という厄介な要因も生み出したとみられる。

(3)　社会的な危機：吉野山小学校の閉鎖に象徴される、地元の担い手の危機が顕著である。自生のヤマザクラを主体とした、自然的かつ文化的な景観という、生物多様性の恵みを次世代に継承する意義を社会的に共有し、サクラの育成に携わる人材育成、それを支える地元、桜の町の振興、これらを支える幅広い利害関係者の連携が課題である。

これらの危機を乗り越えるには、正確な現状認識とその評価、今後の対応のシナリオの作成と評価、利害関係者によるこれらの情報の共有が不可欠となる。本報告書がその歩みに寄与することを願うものである。

平成 23 年 9 月

吉野山サクラ調査チームを代表して：　森本幸裕

●目次

まえがき i

1. 背景と目的 1
1.1. 桜の景観の形成 1
1.2. 桜の盛衰－桜との関わり方の変化 1
1.2.1. 保全と伐採のせめぎ合い 1
1.2.2. 人々の暮らしの変化 2
1.3. 吉野山のヤマザクラの捉え方 2
1.3.1. ヤマザクラの衰退の記録 2
1.3.2. ヤマザクラの生存年数 2
1.3.3. 樹林の更新という視点 3
1.4. サクラに関する既往の知見 3
1.4.1. サクラに関する先行研究 3
1.4.2. サクラの病虫害 4
1.5. 調査の目的 4
2. 方法 5
2.1. 吉野山の環境（気象、地形、地質） 5
2.2. 吉野山のサクラ 6
2.3. 調査の枠組み 7
2.4. 調査対象 8
2.4.1. 調査区 8
2.4.2. 調査地点 11
2.5. 調査項目と方法 21
2.5.1. 概要 21
2.5.2. 夏期の 4 ランク活力度評価の基準 26
2.5.3. 開花期の 4 ランク活力度評価の基準 26
3. 結果と考察 27
3.1. 気象 27
3.1.1. 吉野山近傍の宮滝における気象 27
3.1.2. 吉野山における気温と降水量 29
3.2. ヤマザクラの生育状況 31
3.2.1. 樹高、胸高直径 31
3.2.2. 夏期の 4 ランク活力度評価及び樹冠投影図 33
3.2.3. 葉緑素濃度 38

3.2.4. 頂枝の伸長成長量及び幹の肥大成長量 39
3.2.5. 葉面積 41
3.2.6. 葉面積当たりの葉乾重（LMA） 42
3.2.7. 腐朽 43
3.2.8. 樹液流速度 48
3.2.9. 開花期の 4 ランク活力度評価 50
3.2.10. ヤマザクラの成長経過 51
3.2.11. 枯死木の年輪解析 53
3.2.12. 枯死時期および枯損原因の推定 55
3.3. 土壌環境および地形の影響 57
3.3.1. 土壌断面 57
3.3.2. 土壌硬度と根系分布 58
3.3.3. 土壌の透水性・保水性 60
3.3.4. 土壌水分変動 63
3.3.5. 土壌水分の鉛直方向の分布及び基岩層までの深さ 65
3.3.6. 地形の影響 68
3.3.7. 土壌化学性 69
3.4. ナラタケ属菌について 72
3.4.1 ナラタケ属子実体の発生 72
3.4.2 ナラタケ属菌の水平分布 74
3.4.3 ナラタケモドキ感染個体の根系 79
3.4.4 ナラタケ属菌の感染によるヤマザクラ樹勢衰退および
枯損のメカニズム 80
3.4.5 ナラタケ属菌感染の防除対策 82
3.5. ウメノキゴケの着生 85
3.6. 別種あるいは栽培品種の植栽状況 88
3.7. 聴き取り調査の結果と考察 89
3.8. サクラの管理方法の検討結果 92
3.8.1 吉野山のサクラの生育状態と管理方法 92
3.8.2 枯死枝の剪定と癒合の検証 93
3.8.3 枯損大枝（枯れ下がり）の切除処理 95
3.8.4 樹冠競合を緩和するための管理方法の検討 97
4. **調査のまとめ** 98
4.1. 生育不良のヤマザクラに見られる特徴 98
4.2. 枯死したヤマザクラに見られる特徴 98
4.3. ヤマザクラの生育状態の評価方法 99

4.4. ヤマザクラの生育状態 99
4.5. ヤマザクラの生育環境 100
4.6. 吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる自然・社会環境要因 101
5. 提言 103

参考文献 106

付録 111
資料
A. 調査地点の測量結果 111
B. 樹木位置の測量結果 115
C. 毎木調査の結果 120
D. 樹木全景写真 125
E. 4 ランク活力度評価（夏期、開花期） 133
F. 葉緑素濃度（SPAD 値） 140
G. 枝の伸長成長量、幹の肥大成長量、葉面積、LMA 144
H. 弾性波樹木画像診断の結果 146
I. 土壌断面調査の結果 155
J. 土壌硬度と根系分布 161
K. 土壌物理性（土性、三相分布） 172
L. 土壌化学性 176
M. 樹勢回復のための管理方法と作業手順 181

吉野山サクラ調査チーム 184

出版物

原著論文

今西純一、奥川裕子、金 鉉埈、飯田義彦、森本幸裕、山中勝次、小島玉雄（2011）開花期のサクラ類の活力度評価－奈良県吉野山のヤマザクラを事例とした検討．日本緑化工学会誌 37(1): pp.9-14.

報告（発表年、50 音順）

今西純一、奥川裕子、飯田義彦、金 鉉埈、森本幸裕、山中勝次、小島玉雄（2009）ヤマザクラの根系分布と樹木活力度および土壌硬度の関係．日本緑化工学会誌 35(1): pp.182-185.

山中勝次、奥川裕子、今西純一、森本幸裕、飯田義彦、小島玉雄（2009）微弱発光計数装置によるナラタケ属菌の検出．日本菌学会第 53 回大会講演要旨集，鳥取, p.72.

吉田麻美、米田 稔、山中勝次、今西純一、小島玉雄、森本幸裕（2010）ナラタケ属菌の発生に対するリスク評価の指標としての土壌化学特性の可能性．第 23 回日本リスク研究学会年次大会，明治大学，東京.

篠原章宏、吉田麻美、山中勝次、森本幸裕、今西純一、小島玉雄、米田 稔（2011）吉野山五郎平茶屋地区の土壌化学性とその将来予測.日本緑化工学会誌 37(1): pp.225-228.

棚橋 渉、吉田麻美、山中勝次、森本幸裕、今西純一、小島玉雄、米田 稔（2011）吉野山におけるナラタケ類発生地の土壌と生物防除の検討.日本緑化工学会誌 37(1): pp.221-224.

山中勝次、奥川裕子、今西純一、森本幸裕、飯田義彦、中山亜紀、小島玉雄（2011）吉野山調査区におけるナラタケおよびナラタケモドキの水平分布．日本きのこ学会第 15 回大会講演要旨集，信州, p.75.

山中勝次、吉田麻美、中山亜紀、米田 稔（2011）ヤマザクラのナラタケ属菌被害にたいする生物防除剤としての *Trichoderma viride* の評価．日本きのこ学会第 15 回大会講演要旨集，信州, p.74.

著書

吉野山サクラ調査チーム（2009）“ 吉野の桜” 異変を解明中．ナショナルジオグラフィック日本版，2009 年 3 月号.

森本幸裕（2010）吉野山の桜．永田 洋・浅田信行・石川晶生・中村輝子（編），さくら百科，丸善，pp.95-101.

新聞記事

「吉野の桜 応援団活動」読売新聞 2008 年 9 月 23 日 21 面

●用語の使い分け

桜	歴史や文化的な意味を含めた語として使う
サクラ	バラ科サクラ属の種または種群を意味する語として使う
衰退	過去から現在にかけて、樹木の生育状況が悪化すること。時間的な変化の概念を含む
生育不良	一時点における生育状況が不良であることを意味する

●和名・学名一覧

ヤマザクラ	*Cerasus jamasakura* (Siebold ex Koidz.) H. Ohba var. *jamasakura*
カスミザクラ	*Cerasus leveilleana* (Koehne) H. Ohba
オオヤマザクラ	*Cerasus sargentii* (Rehder) H. Ohba var. *sargentii*
イチヨウ	*Cerasus serrulata* 'Hisakura'
イトザクラ（シダレザクラ）	*Cerasus spachiana* 'Pendula'
ソメイヨシノ	*Cerasus* ×*yedoensis* 'Somei-yoshino'
ナラタケ属菌	*Armillaria* (Fr.:Fr.)
ナラタケ	*Armillaria mellea* (Vahl:Fr.) Karst.
ナラタケモドキ	*Armillaria tabescens* (Scop.) Emel

1. 背景と目的

1.1. 桜の景観の形成

奈良県吉野山は古くから桜の名所として知られる。桜は、修験道の本尊、蔵王権現の御神木とされ、篤い信仰に支えられ育まれてきた（桐井 1993）。1594 年（文禄 3 年）には豊臣秀吉により「太閤の花見」が行われ、この頃には吉野山は花見ができるほどに一面の桜の山であったと考えられている（鳥越 2003）。紀行文の形式の現れるこの時代より前の吉野山の様子は明らかではない（鳥越 2003）が、山中にまばらに自生するサクラ（ヤマザクラやカスミザクラ）が保護され、献木として苗木が植えられるうちに、サクラ（特にヤマザクラ）が一面に生育する景観となったのではないかと想像される。

献木の最も古い記録は 1553 年（天文 22 年）であり、最も多くの桜を献木したのは 1579 年（天正 7 年）の大阪平野の豪商、末吉勘兵衛で、一万本の桜を寄進した（桐井 1993）。1583 年（天正 11 年）に吉野山を見物した宇野主水（もんど）の日記（「宇野主水日記」、『石山寺本願寺日記』所収）には、山から谷まで花木に覆われた吉野山の風景や、願い事や桜の興隆のために若木を植えたこと、商売として若木を代理で植える者があったことが記されている（鳥越 2003）。吉野山では昭和の初めの頃まで、子どもたちにより桜の苗木が売られていた（鳥越 2003）。

明治時代以降、吉野山は公園や史跡・名勝、世界遺産として、整備、保全されてきた。1894 年（明治 27 年）には県立の吉野公園に指定され、1916 年（大正 5 年）に財団法人吉野山保勝会が結成された。1924 年（大正 13 年）には国の史跡及名勝に、1936 年（昭和 11 年）には吉野熊野国立公園に指定された。2004 年（平成 16 年）には「紀伊山地の霊場と参詣道」の一部としてユネスコ（国際連合教育科学文化機関、UNESCO）の世界遺産（文化遺産）に登録された。

1.2. 桜の盛衰－桜との関わり方の変化

1.2.1. 保全と伐採のせめぎ合い

これまで吉野山の桜は盛衰を繰り返してきている。江戸時代まで御神木として尊ばれ植え継がれてきた吉野山の桜は、明治政府の発布した神仏分離令、修験道廃止令により危機的状況に陥った（桐井 2003）。廃仏毀釈は 1874 年（明治 7 年）頃に至ってようやくその勢いが止まるが（鳥越 2003）、1896 年（明治 29 年）に吉野山に初めて入った山田孝雄は、その著書『櫻史』の中で、古くから名高い景勝地にも関わらず、桜の木はいかにも若く、多くは樹齢 20 年に満たない様子を見、文明と称する蛮風が吉野山の桜に災厄を与えたことを嘆いている（山田 1990）。その後、国粋運動の中で桜が象徴として取り上げられる中で、吉野山の桜に再び関心が集まるようになり（桐井 2003）、桜の保全運動が始まった。しかし、第二次世界大戦時には、食糧難のため桜樹林の一部が伐採、開墾されることもあった（桐井、2003）。以上の桜の盛衰は、御神木としての桜の保全と、薪材や用材として

の桜の利用や、他の有用樹種への転換の欲求のせめぎ合いの中で、人々が揺れ動いてきた結果であると言える。

1.2.2. 人々の暮らしの変化

昭和 30 年代以降、燃料革命や肥料革命によって、日本人の暮らしは大きく変化した。かつては、燃料用の薪や、堆肥にするための落ち葉、屋根葺きのための萱、食料となる動植物やキノコなど、多くの資源を山林から入手して生活に利用していたが、暮らしの変化にともなってこれらの山林の資源を利用することはほとんどなくなった。山林は人の手が入らなくなったことにより、多くの問題を引き起こしている。例えば、植生の遷移が進んで、生物多様性の低い鬱蒼とした樹林となったり、放置された竹林が拡大したり、シカの個体数が増加して農作物への被害が激化するなどの問題である。

また、安価な木材や農作物が輸入されることなどが原因で、農林業に従事する者の数は年々減少し、農山村の高齢化、過疎化が問題となっている。

これらは日本全国に共通する問題であり、吉野山でも類似の構造がある。鳥越（2003）は、少し昔の吉野山のこととして、かつてはどの家でも竈の灰を肥料とし、畑に行く時に桜に与えていたこと、そして、誰もが桜の枝切りなどの手入れをしていたことを高齢者から聴き取っている。しかし、吉野山での暮らし方は変化し、竈は使わなくなり、畑も少なくなった。また、吉野山の人口は減少し、現在では実際に桜の手入れを行う者は数えるほどしかいない。このような人々の暮らしの変化は、桜の手入れのあり様を変えてきた。

1.3. 吉野山のヤマザクラの捉え方

1.3.1. ヤマザクラの衰退の記録

樹木としてのヤマザクラの衰退は、過去にも報告されている。1937 年（昭和 12 年）と 1939 年（昭和 14 年）～1941 年（昭和 16 年）には、樹齢 70～80 年生の老木に枯損と病気が目立ち始めたため、外科的手術が施された（桐井 2003）。1993 年(平成 5 年)～1994 年（平成 6 年）には、桜の樹勢が衰えたため、奈良県により大規模な調査が行われた（吉野山「サクラ」対策検討委員会 1995）。当時の調査は、目視による定性的評価を中心とした網羅的調査であり、吉野山の桜の状態の概況を把握することが目的であった。調査の結果に基づき、被圧木の除伐、てんぐ巣病枝やヤドリギ、ウメノキゴケの除去などの対策が行われた。2008 年（平成 20 年）にはヤマザクラの樹勢の衰えが見られるとの声が住民から再び上がり、本調査が実施されることになった。

1.3.2. ヤマザクラの生存年数

吉野山のヤマザクラの衰退の理由の 1 つに、樹木の老齢化があることは確かである。老齢樹になると樹勢は衰えることが多い。問題とされるのは、樹木が早期に衰退し、枯死する場合であろう。それでは、吉野山のヤマザクラは何年くらい生存すると考えるのが適切

なのであろうか。周囲の環境が良好な単木状のヤマザクラの生存年数は、数百年にも及ぶ。例えば、岡山県の天然記念物に指定されている津山市阿波尾所のヤマザクラは樹齢 560 年と推定されている（津山市 2010）。しかし、光や水、養分などの資源の利用の競合があるような樹林状の環境では、すべての木が数百年を生きることは難しい。吉野山のヤマザクラは、群としての樹林状の景観が重要であることから、調査チームではヤマザクラの最長生存年数を約 100 年と考え、これを目標として吉野山のヤマザクラを保全するのが適当であると考えた。

1.3.3. 樹林の更新という視点

次の千年に渡って、魅力的なヤマザクラの樹林を引き継ぐためには、健全な個体を育成するだけでなく、樹林をいかに代替わりさせていくか（樹林を更新するか）という観点が必須である。このような考え方は、1999 年（平成 11 年）の奈良県の報告書（吉野山「サクラ」対策検討委員会 1999）においても記載されているが、コンセプトを具体化し、体系的に実施するまでには至っていない。本報告書では、調査の結果に基づいて、ヤマザクラの樹林更新のシステムを構築するために必要な要素を提示した。

1.4. サクラに関する既往の知見

1.4.1. サクラに関する先行研究

サクラについての自然科学分野の研究は、種子の発芽や保存（仲宗根・屋我 1970、石井 1986）、花芽形成や開花と気象の関係（永田・万木 1981、村上ら 2007）、遺伝的構造（Tsuda ら 2009）、葉緑素濃度の推定（Imanishi ら 2010）、里山におけるヤマザクラ群生地の成立過程（山本・高橋 1991）、防菌処理の効果（内田ら 2008）の研究などがある。

サクラの活力評価や衰退原因に関しては、事例報告は多いが、学術的研究は少ない。増田・岩瀬（1989）や久米・日置（2006）は、公園に植栽されたソメイヨシノの生育不良の原因は土壌の固結が原因であることを明らかにした。清水ら（2008）は、サクラの腐朽被害について調査し、個体サイズが大きくなると自然枯死枝や剪定跡枯損枝が増え、木材腐朽菌の子実体の発生が増加すると推察した。中村・重松（2000）は、常緑広葉樹による被圧がヤマザクラの着花率を低下させ、立ち枯れの原因になると考察した。里村ら（2005）は、ヤマザクラの活力診断指標の検討を行い、生育良好木と不良木の間で、葉緑素計値、芽鱗痕数、樹幹内温度の日較差、光飽和時の光合成速度に有意な差があることを示した。しかし、サクラの生育状態の評価の手法は定まっておらず、吉野山のように自然に近い山地に生育するサクラの生育不良の原因について研究されたことはない。

サクラの病原についての研究では、ソメイヨシノの罹病率が高いとされるサクラてんぐ巣病（山本ら（2007）のレビュー）の研究などがある。

1.4.2. サクラの病虫害

サクラの成育を阻害する生物被害は虫害と病害に分けられる。虫害の多くはモンクロシャチホコなどの食葉性昆虫による食害で、病害はおもに菌類の感染によって生じる。病原菌類は葉などに感染するカビ類と、枝幹や根に感染する木材腐朽菌に分かれる。カビの感染で樹勢衰退を起こすことは少ないが、てんぐ巣病菌に感染すると枝が枯れ、そこへ木材腐朽菌が侵入し放置すると確実に樹勢衰退を引起こす。ソメイヨシノはとくに本菌に感受性が高く、感染枝を根元から除去せずに放置すると枯死にいたることも多いが、ヤマザクラの感染は少ない。根株腐朽菌ベッコウタケは地際の根株を分解し、サクラを枯損させ倒壊させることが多い。木材腐朽菌であるナラタケ属菌が樹木の根に感染すると樹勢衰退を招き、ときに集団的に枯損する。サクラではナラタケ（ならたけ病）、ナラタケモドキ（ならたけもどき病）、ワタゲナラタケ（*A. gallica*）などの感染により樹勢が衰退し枯死に至るとされている。

1.5. 調査の目的

これまでに吉野山で行われてきたサクラの衰退調査は、ヤマザクラの外観上の所見や土壌の基本的な調査が中心であったので、生育不良のヤマザクラの樹体で起こっている現象の把握や、ヤマザクラの生育状態の評価方法の検討、定量的な測定結果に基づく生育状態の評価、生育状態と環境条件との関係の解析については、十分ではなかった。

そこで、本調査は、生育不良のヤマザクラの樹体で起こっている現象を把握すること、ヤマザクラの生育状態を評価する方法を検討すること、定性的・定量的な測定結果に基づいてヤマザクラの生育状態を評価すること、吉野山のヤマザクラをとりまく様々な環境を測定し生育不良と関係の深い環境要因を明らかにすることを主要な目的とした。

また、吉野山において実施可能なヤマザクラの手入れの方法、特に剪定について試験を行って検討したので、これについても本書に報告する。

これらの結果に基づいて、吉野山のヤマザクラの樹林を次世代に引き継ぐために必要な事項をまとめて提言とした。

なお、本調査は、データをアーカイブ化することにより、数十年後にヤマザクラの生育状況の変化を評価して、ヤマザクラ樹林の育成・更新方法の改善に役立てることも視野に入れた。

2. 方法

2.1. 吉野山の環境（気象、地形、地質）

吉野山は、奈良県北部の内陸性盆地気候と南部の山岳気候に挟まれた吉野川気候区に属し、年間平均気温は 12℃～14℃である（堀井 1961）。標高約 200 m～約 850 m にわたる吉野山一帯では、標高と気温の一般的な関係に基づけば、山麓と山上で 3℃～7℃程度の気温差があると推定される。アメダス吉野（宮滝）での年間平均降水量は約 1500 mm で、1200 mm～1900 mm 前後を推移する（気象庁（2010）、1991 年～2009 年の統計値より）。

吉野山一帯は大峰山系から北に向かって延びる山並の一部であり、仏経ヶ岳（1915 m）、大天井ヶ岳（1439 m）、青根ヶ峰（857.9 m）、高城山（702 m）と次第に低くなる主脈の末端に位置する（吉野町史編集委員会 1972）（図 2-1）。吉野山の尾根は、東側には丹治川、西側には左曽川があり、両者とも急峻な V 字谷を深く形成しているため、両側に急斜面を伴い、狭いところでは幅が 500 m 以下となっている（吉野町史編集委員会 1972）。

吉野川の北側を東西に走向する中央構造線を境にして、北側を内帯、南側を外帯とよび、吉野山一帯は外帯に位置する。吉野山の地質は、古生層の三波川（さんぼがわ）変成帯吉野山帯に属し、岩盤は黒色片岩類（珪礬（けいばん）質片岩）、緑色片岩類（塩基性岩石類）、珪質片岩を主体とする結晶片岩類から構成されている（地質調査所 1957、堀井 1961）。

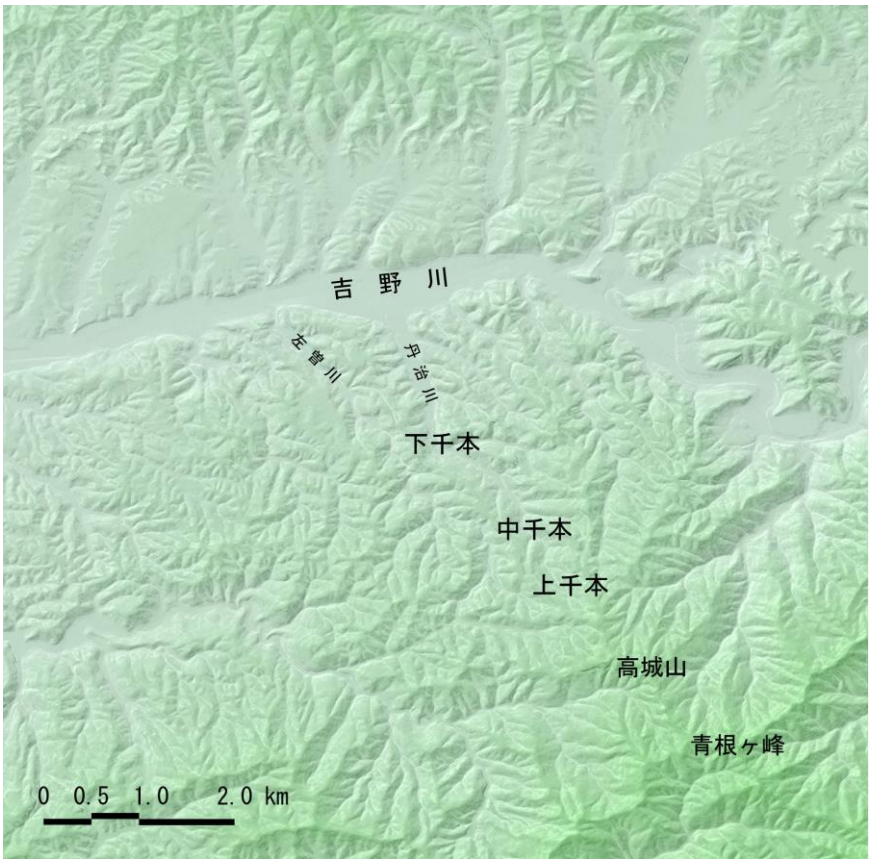


図 2-1　吉野山周辺の地形

2.2. 吉野山のサクラ

吉野山に生育する野生のサクラは、ヤマザクラとカスミザクラであるが、そのほとんどはヤマザクラであり、カスミザクラはわずかに混ざる程度である（写真 2-1）。

ヤマザクラは、太平洋側では宮城県以南、日本海側では新潟県以西の本州、四国、トカラ列島、屋久島、種子島、対馬などを含む九州に広く分布し、済州島と朝鮮半島にも生育し（大場ら 2007）、日本を代表する野生のサクラの 1 種である。吉野山ではシロヤマザクラと呼ばれることもある。花は葉とほぼ同時に開くため、花の淡い紅色と、若葉の濃い紅色の調和が美しい。本調査では、このヤマザクラを主な調査対象とした。

カスミザクラは、北海道、本州、四国に分布する。九州には分布せず、北海道での分布は南東部に偏る（大場ら 2007）。朝鮮半島、さらに中国の東北部と東部にも分布する。花は葉とほぼ同時に開くが、葉は最初から緑色でヤマザクラのように紅色を帯びず、両面ともに毛が散生する。開花の時期はヤマザクラよりもやや遅れる。

その他、数は少ないが、日本の野生のサクラであるが吉野山には本来分布しないオオヤマザクラ（別名 エゾヤマザクラ、ベニヤマザクラ）や、栽培品種であるソメイヨシノ、イトザクラ（シダレザクラ）等が、多くは並木や庭園木として植えられている。

写真 2-1　開花期のヤマザクラ（左）とカスミザクラ（右）

2.3. 調査の枠組み

本調査は、吉野山全域のサクラを視野に入れつつ、吉野山を代表すると思われる場所に調査区を設けて、ヤマザクラの生育状況を把握し、生育不良の要因を探索することを目的として、集中的に調査を行った。また、吉野山のヤマザクラを更新するために、住民により実施可能で、効果的な方法を検討するための試験を行った。

ヤマザクラの生育不良の要因の解明にあたっては、植物の生育に不可欠な養分、日照、水分の 3 要素を取り上げ、各要素が吉野山のヤマザクラにおいて生育不良の要因となっているのかについて検討を行った（図 2-2）。また、衰弱したヤマザクラがどのような症状を示しているのかを詳細に調査した。

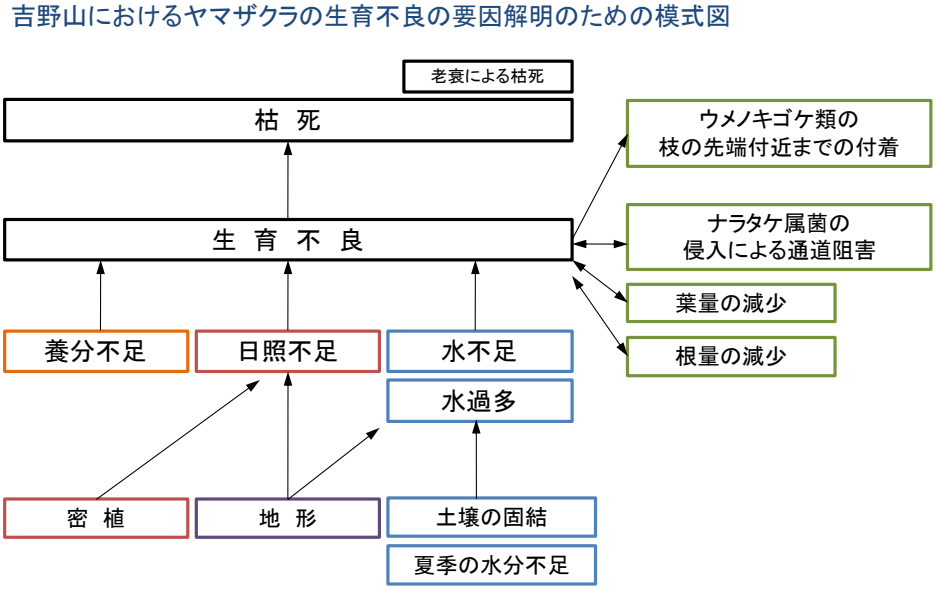


図 2-2　調査の枠組み

2.4. 調査対象

2.4.1. 調査区

2008 年 5 月に、吉野山のヤマザクラ群生地の中で中間の標高に位置し、もっとも代表的（平均的）であると思われる中千本地区に、調査区 P1～P4 を設けて調査を開始した（写真 2-2～2-5、図 2-3）。3 年間の調査においては、基本的に調査区 P1～P4 において、集中的にデータを取得した。

また、同じ中千本地区において、2009 年 7 月に、樹幹の腐朽の程度を測定するために、比較的大径木の多い集団植栽地を選び、調査区 P5 を設けた（写真 2-6、図 2-3）。さらに、切株およびナラタケ属菌調査のため、2009 年 8 月には調査区 P2 の隣接地に調査区 P6 を、2009 年 10 月には調査区 P1 の隣接地に調査区 P7 を設けた（図 2-3）。

写真 2-2　調査区 P1、P2 周辺の全景（2010 年 4 月 9 日撮影）

写真 2-3　調査区 P3、P4 周辺の全景（2010 年 4 月 10 日撮影）

写真 2-4　2008 年 5 月 2 日の調査区 P1（左）と同年 9 月 27 日の調査区 P2（右）の様子

写真 2-5　2008 年 7 月 17 日の調査区 P3（左）と同日の調査区 P4（右）の様子

写真 2-6　2009 年 8 月 21 日の調査区 P5 の様子

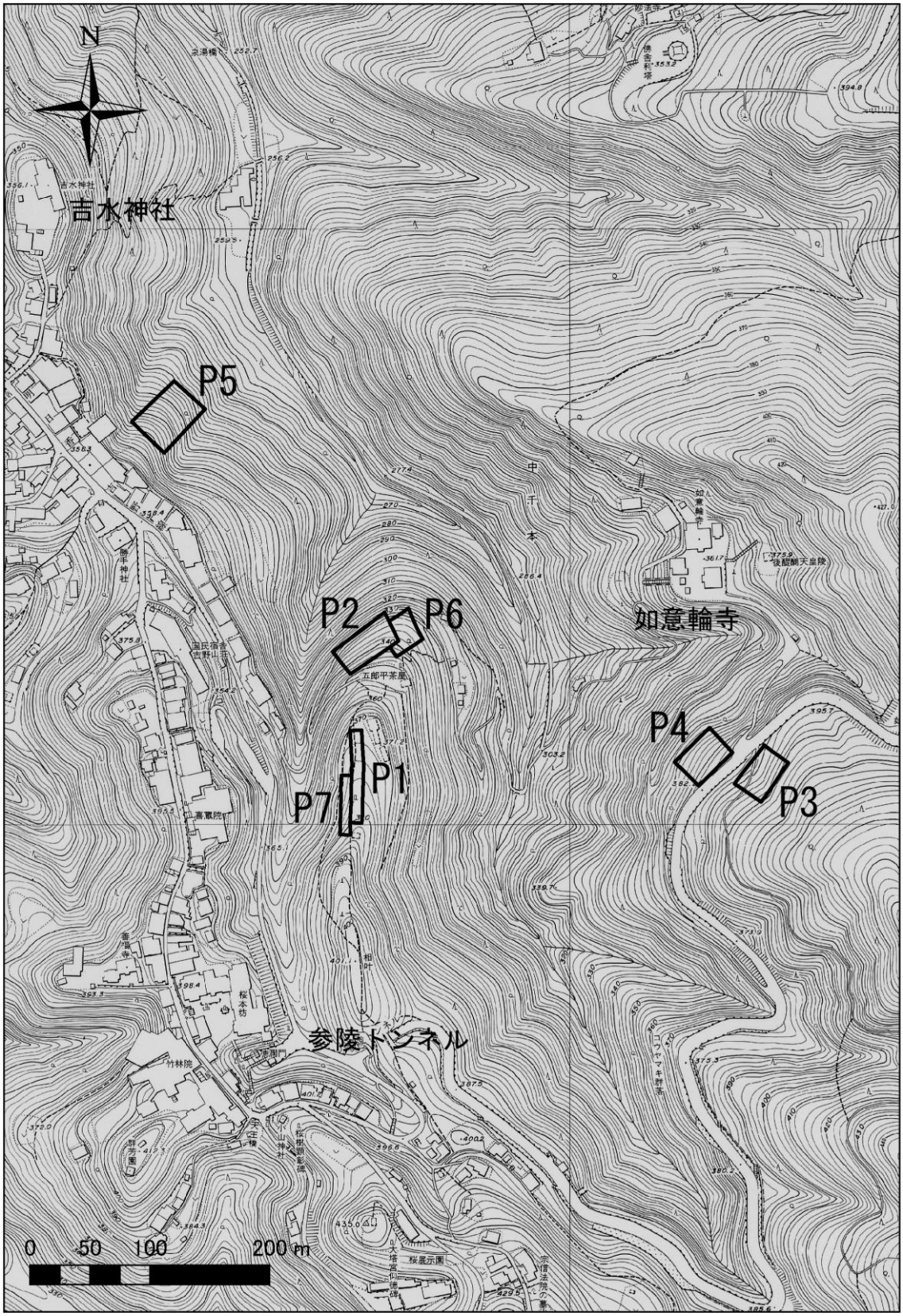


図 2-3　調査区 P1～P7 の位置（吉野山中千本地区）

2.4.2. 調査地点

中千本地区の斜面（旅館 湯元宝乃家の下の斜面、地点 H1）において、胸高直径や樹高が同程度で、隣接して生育する良好木 1 個体と不良木 1 個体を調査対象に選定した（図 2-7）。

気象ステーションを設置するために、中千本地区の旅館（湯元宝乃家）の屋上の地点 WS1 を選定した（図 2-7）。

地温計を設置するために、中千本地区の 2 地点（ST1、ST2）を選定した（図 2-5、2-6）。

土壌断面を調査するために、中千本地区の 6 地点（SP1～SP6）を選定した（図 2-4～2-7）。

2009 年 5 月に土壌水分計および地温計を設置するために、中千本地区の 3 地点（SW1～SW3）を選定した（図 2-5、2-6、2-8）。SW1 は調査区 P2 内、SW2 は調査区 P4 内で、いずれも北向き斜面、SW3 は如意輪寺境内で南向き斜面を選定した。

2010 年 2 月には土壌水分計を設置するために、上千本、中千本、下千本の各 1 地点、計 3 地点（SW4～SW6）を選定した（図 2-5、2-11、2-12）。いずれも吉野山に多い、北向き斜面を選定した。また、定点撮影用のデジタルカメラを設置するために、中千本地区の旅館（湯元宝乃家）の屋上の地点 F1 を選定した（図 2-7）。

2010 年 1 月～3 月に温湿度計を設置するために、吉野山全域から 10 地点（Y1～Y10）を選定した（図 2-5、2-7、2-8、2-10～2-12）。なお、上千本地区の Y2 は SW4 と、中千本地区の Y4 は SW5 と、Y5 は WS1 と、下千本地区の Y6 は SW6 と同一の地点である。

2010 年 3 月には定点撮影用のデジタルカメラを設置するために、下千本地区の地点 F2 を選定した（図 2-12）。

2010 年 8 月に鉛直方向の土壌水分の分布を測定するために、中千本地区の北向きおよび南向き斜面の計 12 地点（地点 W1～W12）を選定した（図 2-9）。

なお、地温計および土壌断面、土壌水分計設置地点以外のすべての調査地点の座標は、ディファレンシャル GPS とトータルステーションを用いて測量を行った。図の背景に表示した地図は、1991 年（平成 3 年）9 月修正の吉野町の都市計画図（縮尺 2,500 分の 1）である。参考のために、縮尺 2,500 分の 1 未満の大縮尺の図においても都市計画図を背景として表示したが、現地の状況と若干のずれがあることに注意されたい。

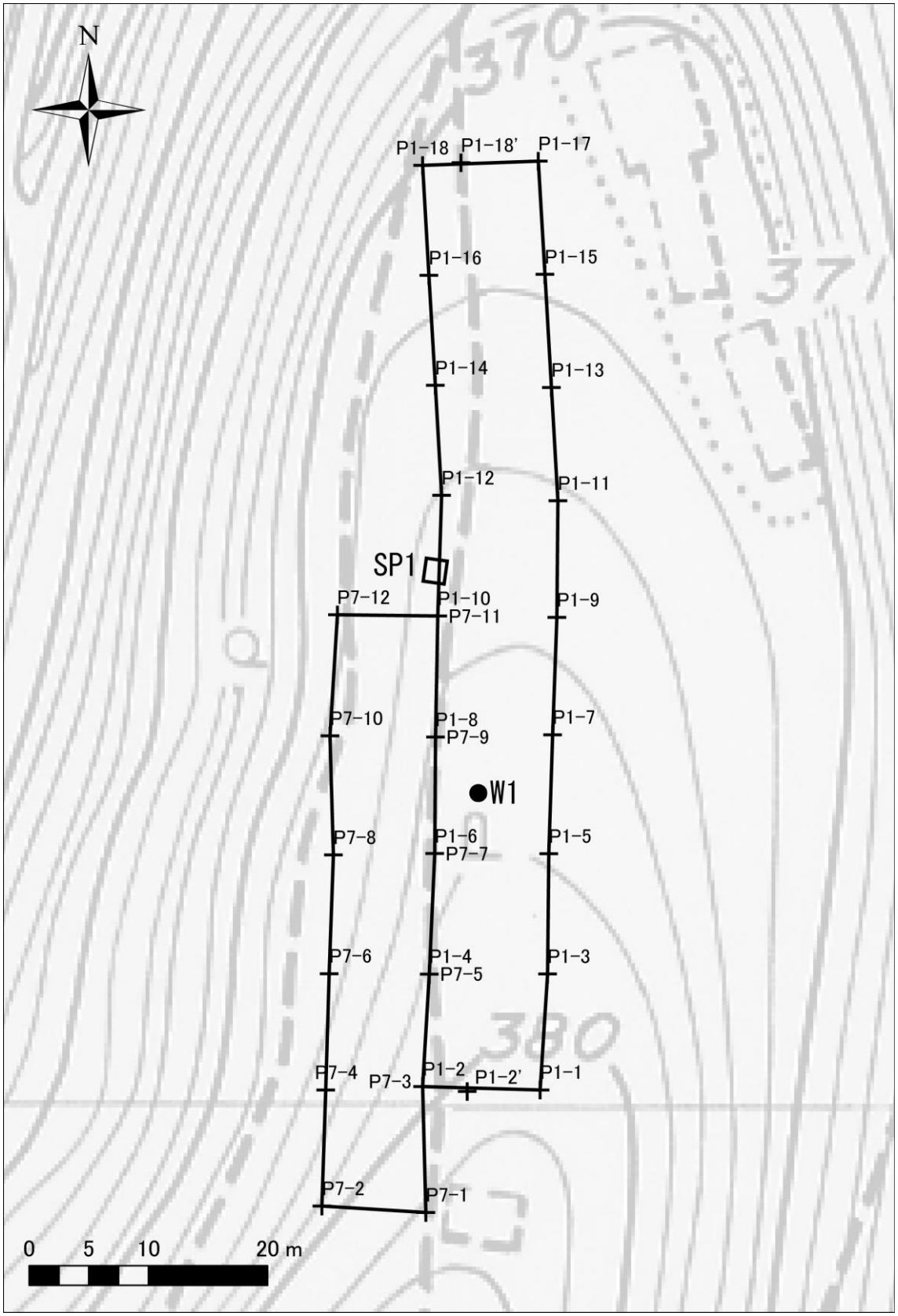


図 2-4　調査区 P1、P7 内の調査地点（＋は木杭の位置）

図 2-5　調査区 P2、P6 内および周辺の調査地点（＋は木杭の位置）

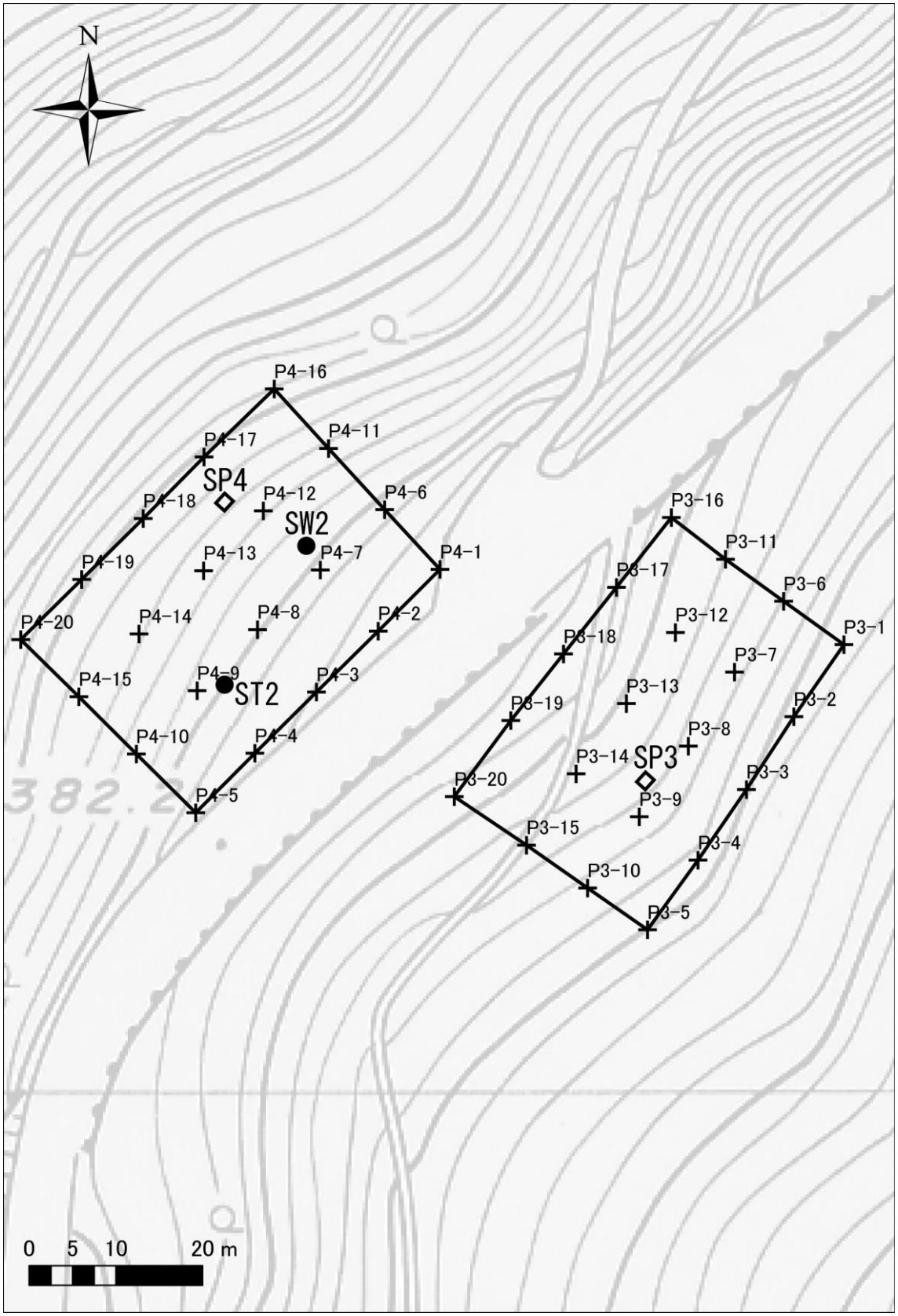


図 2-6　調査区 P3、P4 内の調査地点（＋は木杭の位置）

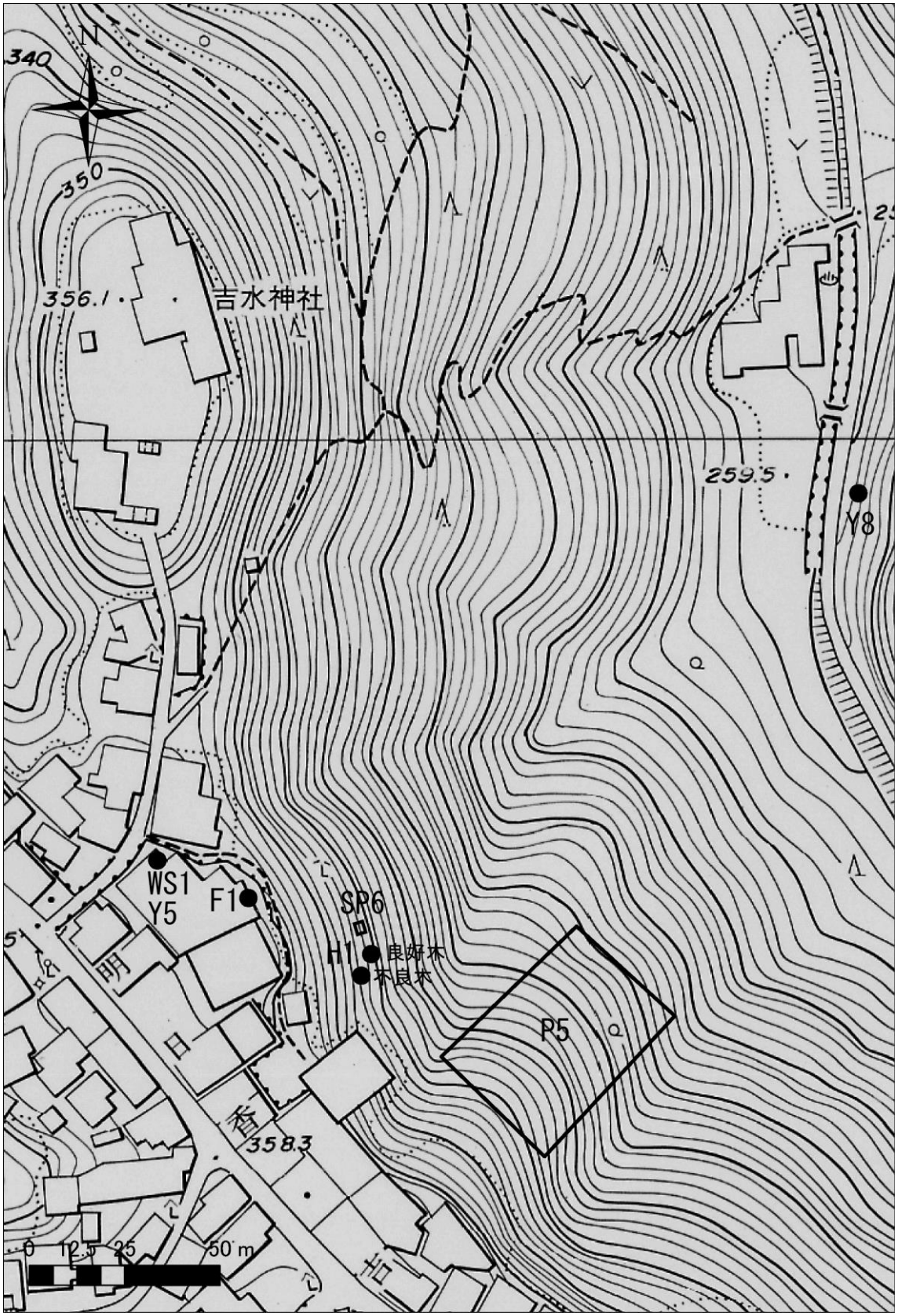


図 2-7　調査区 P5 周辺の調査地点

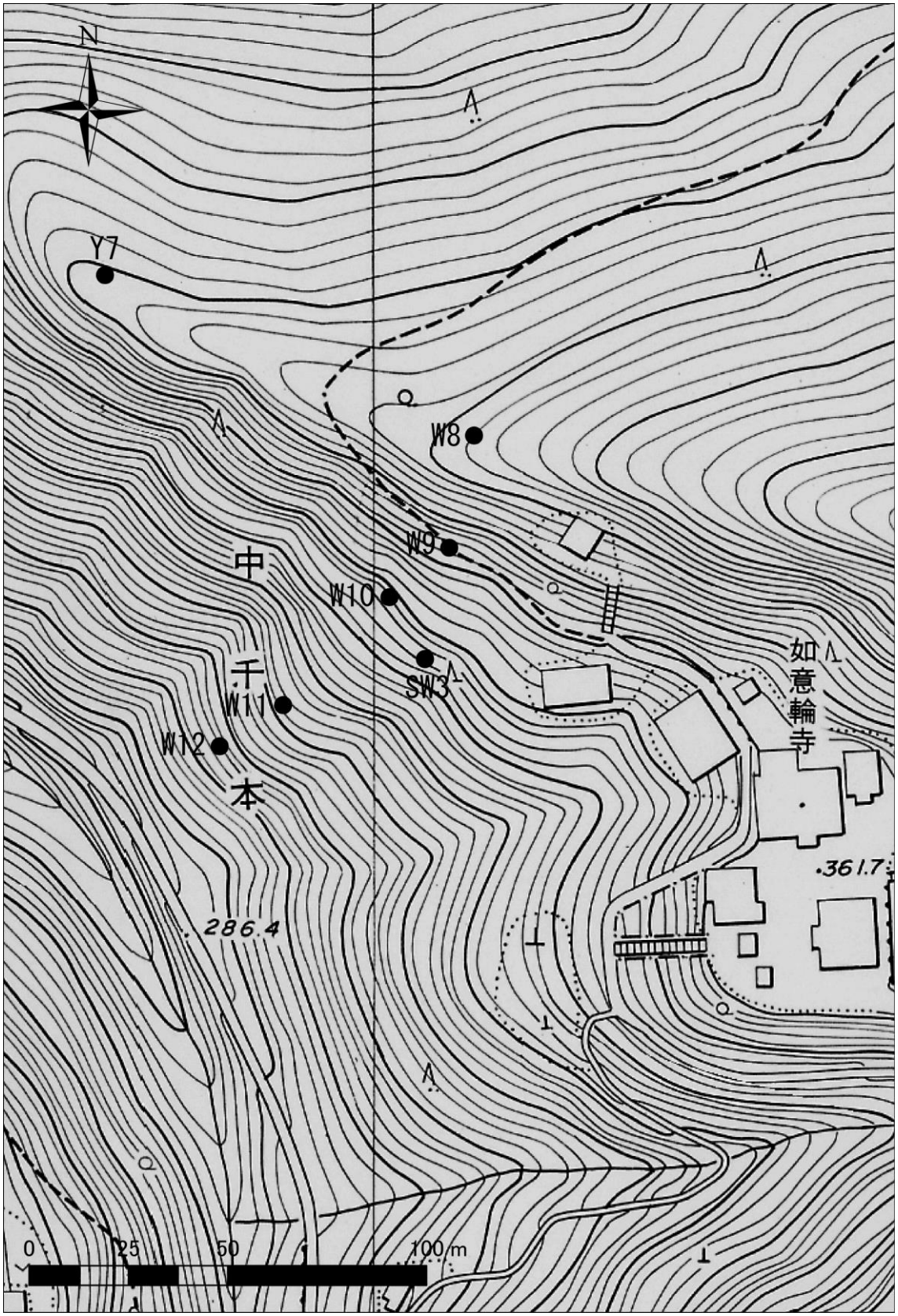


図 2-8　如意輪寺周辺の調査地点

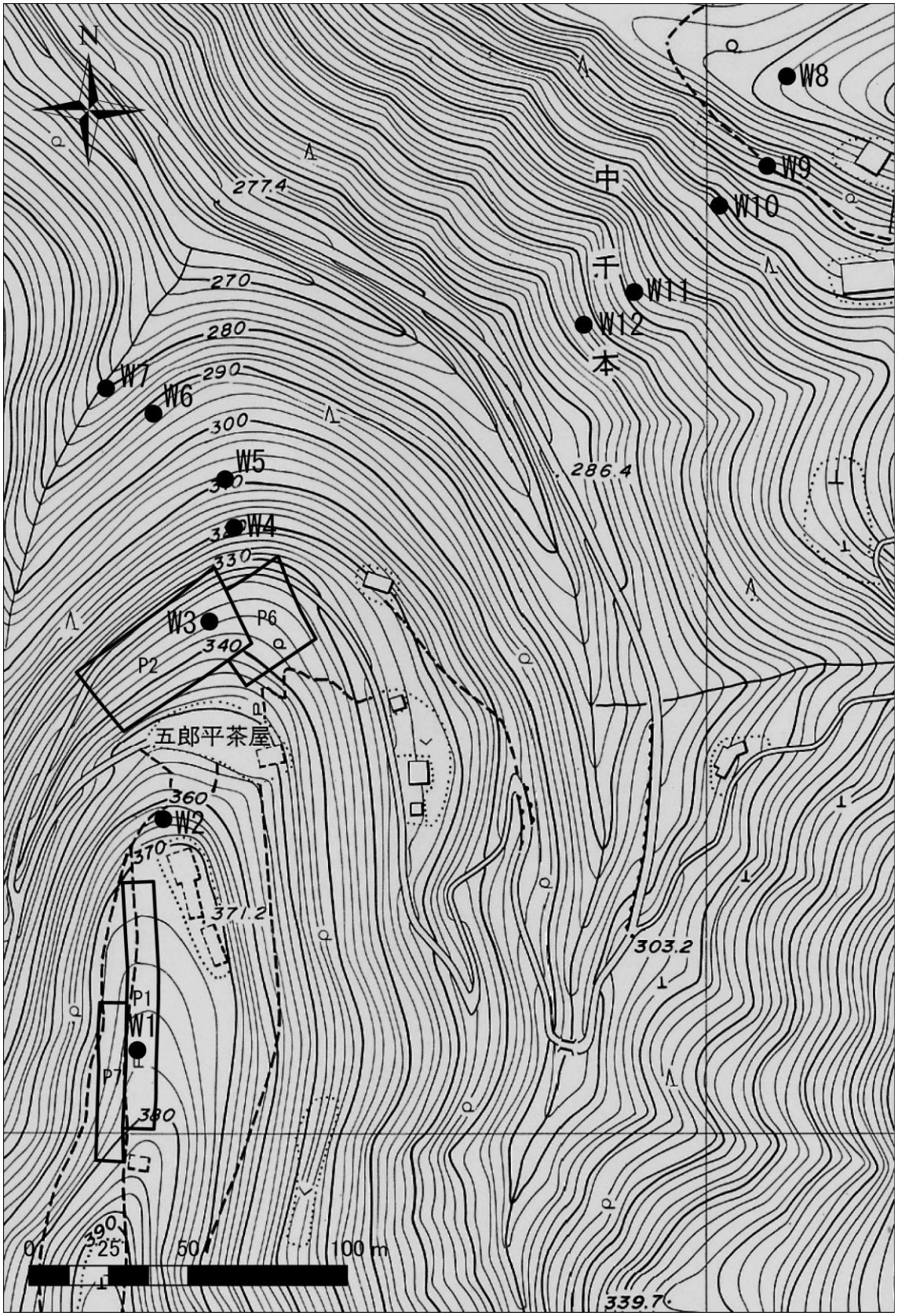


図 2-9　鉛直方向の土壌水分の分布の調査地点（W1～W12）

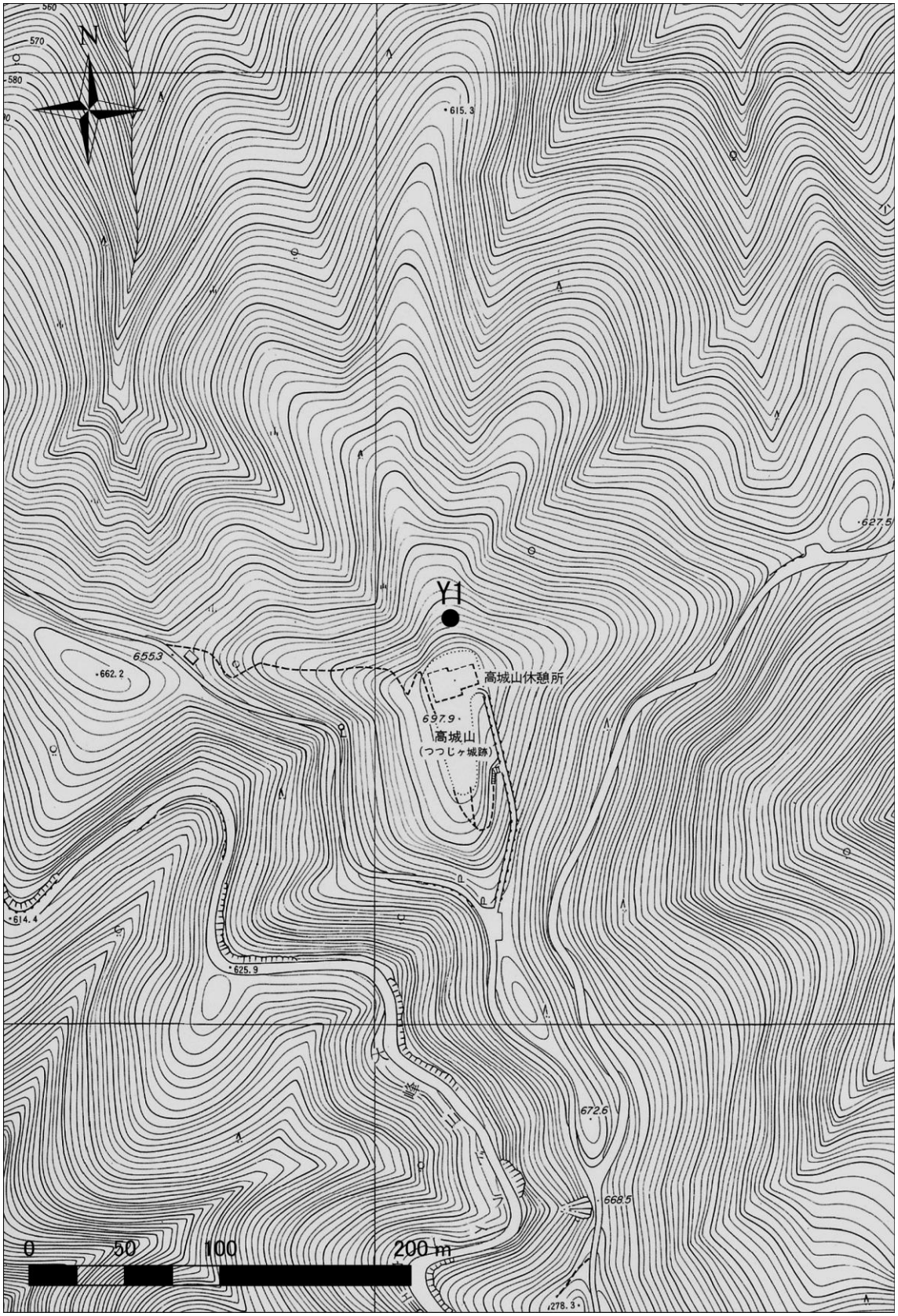


図 2-10　高城山の調査地点

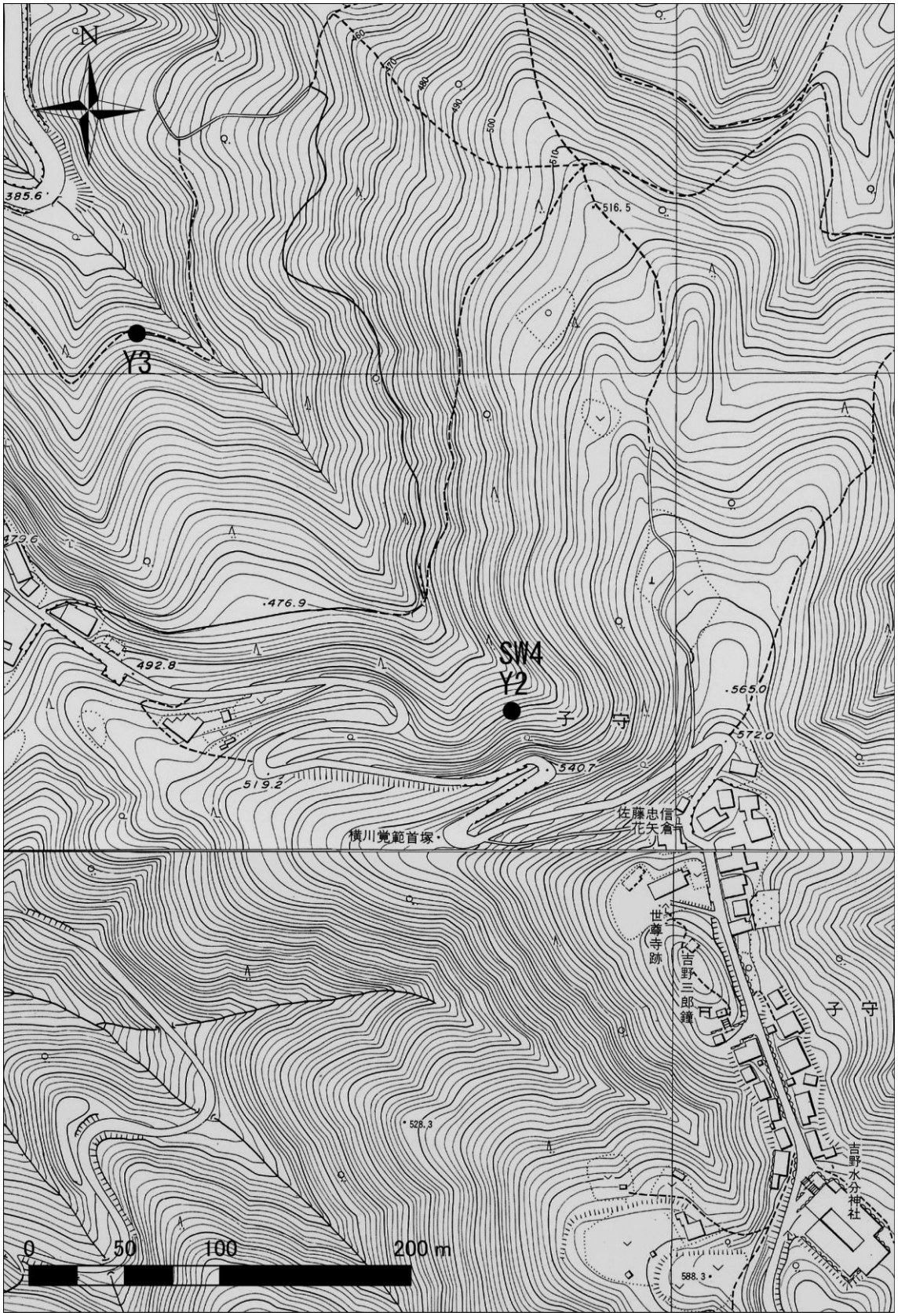


図 2-11　上千本地区の調査地点

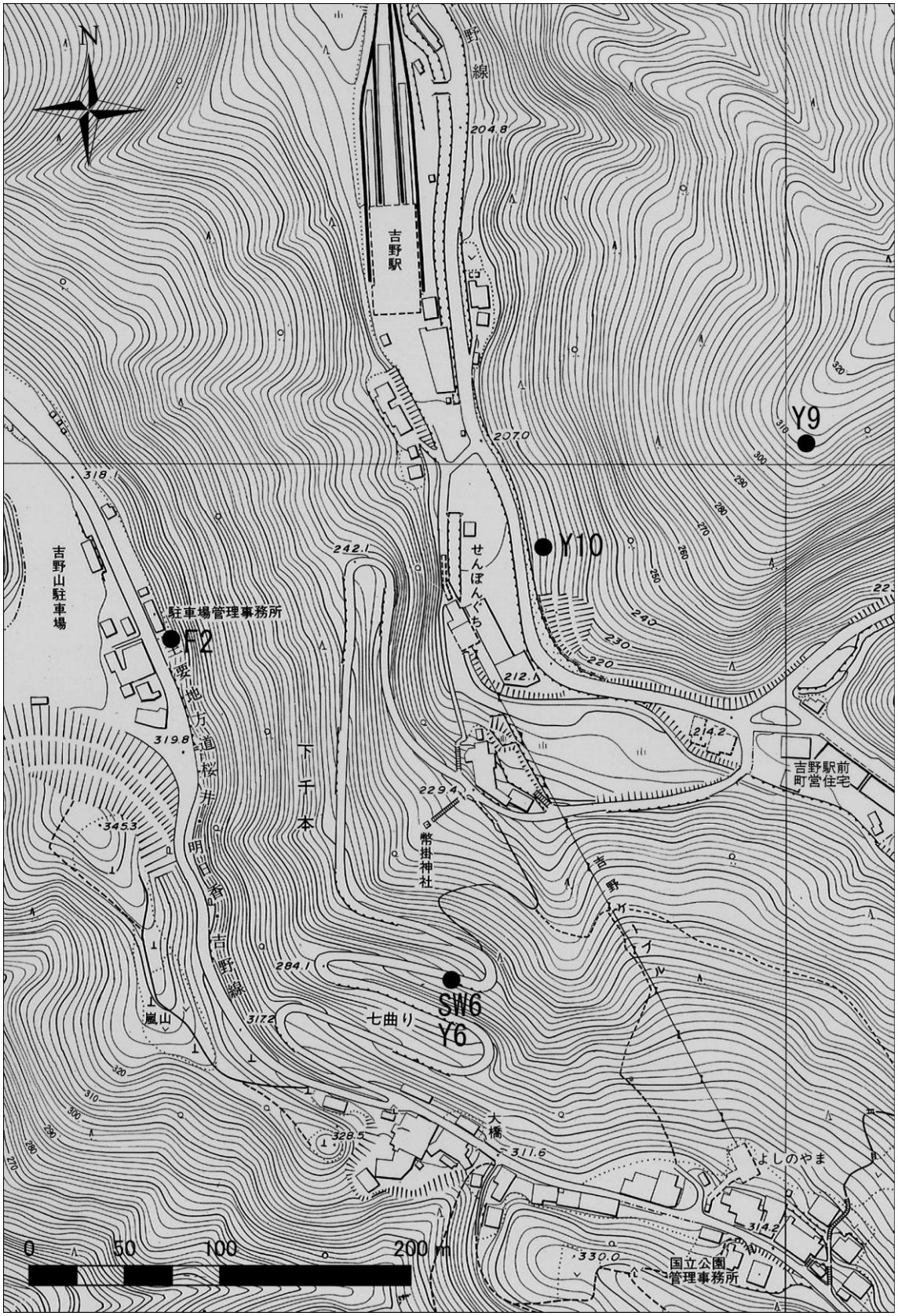


図 2-12　下千本地区の調査地点

2.5. 調査項目と方法

2.5.1. 概要

調査項目および方法は、下記の表 2-1 の通りである。これらの調査に加え、関連の文献や写真の収集、吉野山のサクラ樹林の履歴や現状についての聴き取りを行った。

表 2-1　吉野山サクラ調査の概要

調査項目	方法の概要	時期	場所
枯死木の年輪解析	切株の年輪幅測定	2008 年 4～5 月、2009 年～2010 年	吉野山全域
地温	30 cm 深に温度ロガー（HOBO 社製、TidbiT v2）を設置して測定	2008 年 6 月～2009 年 11 月	地点 ST1、ST2
気象（気温、湿度、気圧、日射量、風速風向）	気象ステーション（アグリウエザー社製、Weather Bucket）による観測	2008 年 7 月～（継続）	地点 WS1
土壌水分（pF）	生育良好木、不良木の周辺に、土壌水分計（Ecomatik 社製、Equitensiometer EQ15）を 30 cm 深に埋設して測定	2008 年 7 月～2011 年 1 月	地点 H1
樹液流速度	生育良好木、不良木に樹液流速センサー（Ecomatik 社製、SF-L）を取り付けて測定	2008 年 7～9 月、2009 年 4 月～2011 年 1 月	地点 H1
樹種、樹高、胸高直径	全個体を対象に測定	2008 年 7 月、8 月	調査区 P1～P4
4 ランク活力度評価（夏期）	各調査区 14～15 本。計約 60 本。柴田（2007）に基づき、樹勢、樹形、枝の伸長成長量、梢端の枯損、枝葉の密度、葉の形・大きさ、葉色、樹皮の 8 項目によって評価	2008 年 7 月	調査区 P1～P4
個体写真	各調査区 14～15 本。計約 60 本	2008 年 7 月	調査区 P1～P4
葉緑素濃度（SPAD 値）	葉緑素計（ミノルタ社製、SPAD-502）による測定。各	2008 年 7 月	調査区 P1～P4

	調査区 14～15 本。計約 60 本。1 個体から 2 枚の平均的な葉をサンプルとして選出し、3 点計測		
葉の分光反射スペクトル	各調査区 14～15 本。計約 60 本の樹頂部の葉を測定	2008 年 7 月	調査区 P1～P4
枝の伸長成長量	各調査区 14～15 本。計約 60 本	2008 年 7 月	調査区 P1～P4
葉面積及び乾重量	各調査区 14～15 本。計約 60 本。1 個体から 15 枚の葉をサンプルとして測定	2008 年 7 月	調査区 P1～P4
土壌水分（表層）	土壌水分計（Campbell Scientific 社製、HydroSense）により、表層 12cm の体積含水率を測定	2008 年 7 月、8 月	調査区 P1～P4
土壌断面調査	日本ペドロジー学会（1997）に基づく	2008 年 8 月	地点 SP1～SP6
土壌物理性	土性、三相分布、飽和透水係数、土壌水分特性曲線	2008 年 8 月	地点 SP1～SP6
土壌化学性	pH(H_2O)、pH(KCl)、EC、H^+、Al^{N+C}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Na^+、K^+、CEC、TN、TC、C/N	2008 年 8 月	地点 SP1～SP6
天空写真	各調査区 14～15 本。計約 60 本	2008 年 8 月、11 月	調査区 P1～P4
ナラタケ属子実体の確認	切株、生立木、地表に発生した子実体を識別	2008 年 8～10 月	調査区 P1～P4
ナラタケ属菌の水平分布	標識杭部の根系を微弱発光計数装置（浜松ホトニクス社製、9692-02）で測定	2008 年 10～11 月	調査区 P1～P4
根系調査	5 断面	2008 年 11 月	調査区 P1、P2、P4
土壌硬度	長谷川式土壌貫入計による測定。6 断面	2008 年 11 月	調査区 P1、P2、P4
ヤマザクラの成長経過	成長錐コアサンプルの年輪解析	2008 年 11 月	調査区 P1～P4
ナラタケモドキ感染個	感染生立木の根の状態を調査	2008 年 11～	調査区 P2

体の根系調査		12 月	
ウメノキゴケ着生調査	着生位置の測定と解析	2008 年 11～12 月	調査区 P2
樹種、樹高、胸高直径	全個体を対象に測定	2009 年 8 月	調査区 P5
4 ランク活力度評価(夏期)	計 43 本。主に PiCUS 対象木	2009 年 8 月	調査区 P1、P2、P5
個体写真	計 43 本。主に PiCUS 対象木	2009 年 8 月	調査区 P1、P2、P5
芽（樹頂部）	芽の数、花芽と葉芽の割合など。約 30 本	2009 年 2 月	調査区 P1～P4
芽（樹冠下層）	芽の数、花芽と葉芽の割合など。約 20 本	2009 年 2～4 月	調査区 P1～P4
4 ランク活力度評価(開花期)	約 70 本	2009 年 3～4 月	調査区 P1～P4
個体写真	約 70 本	2009 年 3～4 月	調査区 P1～P4
土壌水分および地温、気温、湿度	10cm, 40cm, 70cm 深に土壌水分計（Campbell Scientific 社製、CS-616）を埋設し測定。地温は 10cm 深に（Campbell Scientific 社製、107 温度センサー）を埋設し測定。気温と湿度は温湿度センサー（佐藤計量器製作所製、記憶計 L200THIIα）により測定	2009 年 5 月～11 月	地点 SW1～SW3
ナラタケ属子実体の確認	切株、生立木、地表に発生した子実体を識別	2009 年 8～11 月	調査区 P1～P4、P6
ナラタケ属菌の水平分布	標識杭部の根系を微弱発光計数装置(浜松ホトニクス社製、9692-02）で測定	2009 年 9～10 月	調査区 P5～P7
樹幹腐朽	弾性波樹木画像診断システム（AGRUS 社製、PiCUS）により約 40 本を測定	2009 年 9～11 月	調査区 P1、P2、P5
年輪幅	成長錐により約 70 本を測定	2009 年 10 月	調査区 P1～P4
枯死時期・原因の推定	調査区内すべての切株の腐朽	2009 年 10～	調査区 P2、

	分解の形状と位置を調査（GPS）	12 月、2010 年 1～3 月	P7、調査区外
土壌物理性	土性、三相分布、飽和透水係数、土壌水分特性曲線。10cm, 40cm, 70cm 深	2009 年 12 月～2010 年 9 月	地点 SW1～SW3
土壌水分	10cm, 40cm, 70cm 深に土壌水分計（Decagon Devices 社製、EC-5）を埋設し測定	2010 年 2 月～（継続中）	地点 SW4～SW6
根系の伸長成長量	生育良好木、不良木	2010 年 3 月～2011 年 1 月	地点 H1
土壌物理性	土性、三相分布、飽和透水係数、土壌水分特性曲線。10cm, 40cm, 70cm 深	2010 年 2 月（上千本 SW4 の土性は未測定）	地点 SW4～SW6
4 ランク活力度評価（開花期）	約 500 本	2010 年 3～4 月	地点 Y1～Y10 周辺
気温、湿度	温湿度ロガー（ティアンドデイ社製、TR-77Ui）により測定	2010 年 2 月頃～（継続中）	地点 Y1～Y10 周辺
定点撮影	デジタルカメラ（PENTAX 社製、OPTIO W80）により 1 時間半おきに撮影	2010 年 2 月～2011 年 9 月	地点 F1（上千本、中千本）、地点 F2（下千本）
4 ランク活力度評価（夏期）	約 500 本。柴田（2007）に基づき、樹勢、樹形、枝の伸長成長量、梢端の枯損、枝葉の密度、葉の形・大きさ、葉色、樹皮の 8 項目によって評価	2010 年 7 月	地点 Y1～Y10
土壌水分プロファイル	TDR 土壌水分計付き土壌貫入計（自作）	2010 年 8 月	地点 W1～W12
ナラタケ属子実体の確認	切株、生立木、地表に発生した子実体を識別	2010 年 8～11 月	調査区 P2、P6
ナラタケ属菌の水平分布	標識杭部の根系を微弱発光計数装置（浜松ホトニクス社製、9692-02）で測定	2010 年 8～11 月	調査区 P2、P6
測量	ディファレンシャル GPS	2010 年 8 月、	調査区 P1～

	（Trimble 社製、Pathfinder Pro XH）とトータルステーション（ソキア･トプコン社製、SET310）により測量	12 月 他	P7、地点 Y1～Y10、及びその周辺
樹冠範囲	ディファレンシャル GPS（Trimble 社製、Pathfinder Pro XH）とトータルステーション（ソキア･トプコン社製、SET310）により測量	2010 年 12 月	調査区 P1～P7

2.5.2. 夏期の 4 ランク活力度評価の基準

表 2-2　夏期の 4 ランク活力度評価の基準

測定項目	評価ランク			
	1	2	3	4
樹勢	旺盛な生育状態を示す	いくぶん樹勢低下が認められるが，あまり目立たない	異常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
樹形	自然樹形を保っている	若干の乱れはあるが，自然状態に近い	自然樹形の崩壊がかなり進んでいる	自然樹形が崩壊し，奇形化している
枝の伸長成長量	正常（頂枝では30cm以上）	いくぶん少ない	枝が短くなり細い	枝は極度に短小，ショウガ状の節間がある
梢端の枯損	なし	少しあるが，あまり目立たない	枯れ枝が多い，あるいは枝の切断が目立つ	枯れ枝が著しく多い，あるいは大きな切断がある
枝葉の密度	樹冠がうっ閉し，枝葉の密度が高い	1に比べるとやや劣る	樹冠に空隙が目立ち，枝葉は疎	枯れ枝が多く，葉の発生が少ない。密度が著しく疎
葉の形・大きさ	正常	少し歪みがある。あるいは所々に小さな葉がある	変形が中程度。あるいは全体にやや小さい	変形が著しい。あるいは全体に著しく小さい
葉色	正常	緑色がやや薄い。病斑が若干ある	異常がある（緑色が薄い，紅変がある。あるいは病斑がある）	著しく異常（黄変・紅変・褐変が顕著。あるいは病斑が顕著）
樹皮	肥大成長が盛んで，樹皮が荒々しい，または新しい	普通	樹皮が古く更新が見られない。あるいは穿孔・傷がある	樹皮が古い。あるいは顕著な傷害・腐朽が認められる

2.5.3. 開花期の 4 ランク活力度評価の基準

表 2-3　開花期の 4 ランク活力度評価の基準（検討項目）

測定項目	評価ランク			
	1	2	3	4
樹頂部の頂枝の芽の数	非常に多い。15以上	多い。8～14	普通。5～7	少ない。4以下
樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率	ほとんどが葉芽	葉芽が花芽より多い	花芽が葉芽より多い	頂芽以外は、ほとんどが花芽
1つの花芽から出る花数	多い。4花以上の芽が半分以上	やや多い。3花の芽が多く、4花以上の芽が交じる	やや少ない。3花の芽が多く、4花以上の芽はない	少ない。2花以下の芽が半分以上
個体全体の満開時の着花量※	多い	やや多い	やや少ない	少ない

※　樹冠直下と、少し離れた位置の両方から見て判断する□

本調査の結果、開花期の 4 ランク活力度評価には、樹頂部の頂枝における芽の数や、葉芽と花芽の比率が適すること、一方で、1 つの花芽から出る花数や、個体全体の満開時の着花量は、活力度評価には適さないことが明らかとなったので、注意されたい。

（詳細は、今西ら（2011）を参照）

3. 結果と考察

以下に、平成 22 年度までの解析の結果、明らかとなったことについて報告する。

3.1. 気象

3.1.1. 吉野山近傍の宮滝における気象

吉野山から北東方向に約 4 km 離れた吉野町宮滝に所在する吉野広域行政組合消防本部（標高 182 m。以下、宮滝とする。）の気象観測資料に基づき、1995 年 4 月～2010 年 12 月までの平均気温、最高気温、最低気温、降水量についてのそれぞれ月別平均値を算出した。

(1) 気温

年平均の平均気温は 14.0℃、最高気温は 20.1℃、最低気温は 9.2℃であった。図 3-1 は月別平均の平均気温（黒実線）、最高気温（赤破線）、最低気温（緑点線）の年変化を示したものであり、各色で描いた横線は最小二乗法によって期間全体の変化の傾向を直線によって表した結果である。最高気温は 1995 年 4 月から 2010 年 9 月までに–0.92℃（182 ヶ月）の低下傾向がみられた。一方で、最低気温は同期間中に+0.70℃（182 ヶ月）の上昇傾向がみられた。平均気温は+0.04℃（182 ヶ月）であった。吉野山近傍に所在する宮滝においては最高気温は低下、最低気温は上昇する傾向がみられたが、平均気温についてはほぼ変化しておらず、全体として年較差が縮小していることが示された。

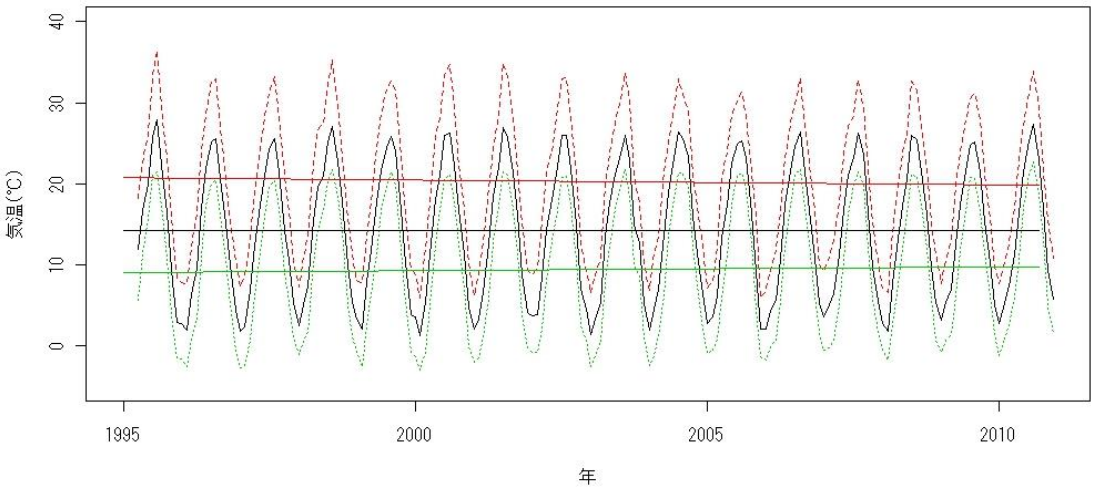


図 3-1　宮滝における 1995 年 4 月～2010 年 12 月までの気温と経年変化の傾向
月別平均の平均気温（黒実線）、最高気温（赤破線）、最低気温（緑点線）の変化。直線は最小二乗法による期間全体の変化の傾向を示し、各色はそれぞれの気温値に対応する

(2)　降水量

月別の期間平均値は 111.1 mm であり、年間降水量の平均は 1312.7 mm である。図 3-2 は月別積算降水量（黒点線）の年変化を示している。直線は最小二乗法による期間全体の変化の傾向を示し、–1.67 mm（182 か月）と減少傾向であった。

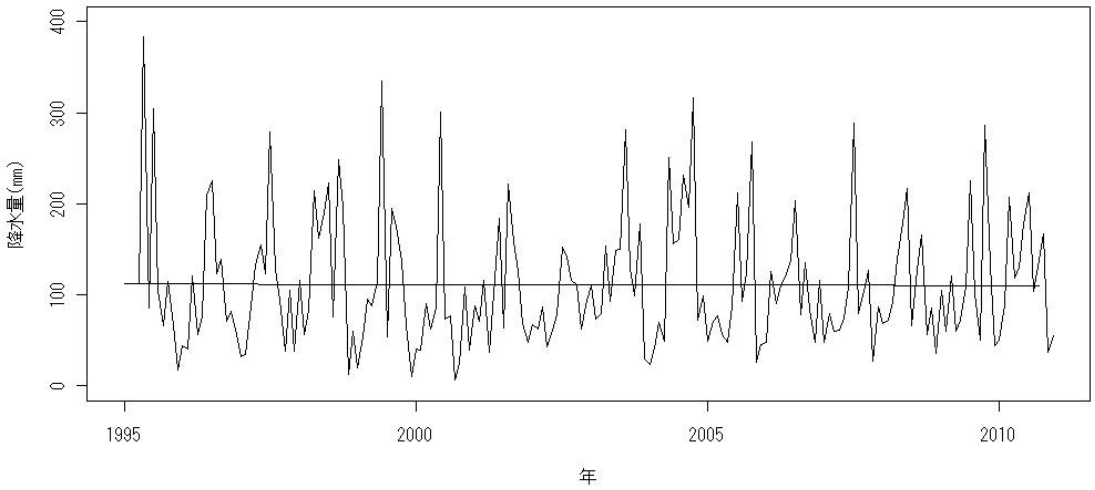


図 3-2　宮滝における 1995 年 4 月～2010 年 12 月までの降水量と経年変化の傾向
月別積算降水量（黒実線）と最小二乗法による期間全体の変化の傾向（横方向の直線）を示す

3.1.2. 吉野山における気温と降水量

(1) 気温

下千本の七曲り（標高 284 m）と中千本の五郎平茶屋（同 398 m）との月平均気温を比較すると、11 月、12 月、1 月は七曲りで 0.6℃～1.1℃低いが、2 月～10 月はその差が±0.2℃以下で概ね類似した気温特性となっている（図 3-3）。五郎平茶屋より約 160 m、約 325 m 標高の高い上千本の大曲り、高城山ではそれぞれ 1℃弱、2℃程度月平均気温が低い。冬季に着目すると、五郎平茶屋が他の 3 地点と比較して温暖な傾向がみられる。

下千本～中千本ではヤマザクラの生育期の気温特性はほぼ一様であり、中千本に設定した本調査の調査区は吉野山の平均的な気温場に位置すると考えられる。

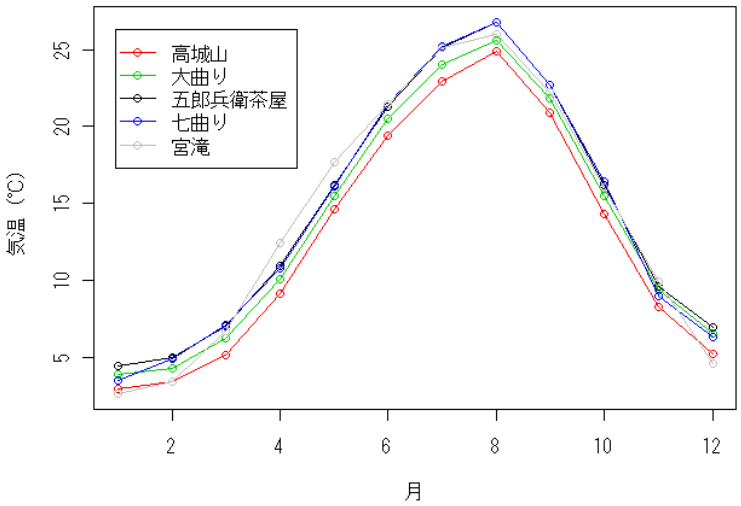


図 3-3　吉野山各所における 2010 年気温観測値

吉野山各所における 2010 年 1 月 24 日～同年 12 月 21 日までの TR77Ui（T&D 社）による気温観測値の月平均値と年平均値を示す。参考として吉野広域行政組合消防本部（宮滝）における 15 年平均値を併記した。

（2）降水量

月別降水量をみると、3 月及び 6 月～7 月に比較的降水量が多く、秋季に多い年もある（図 3-4）。

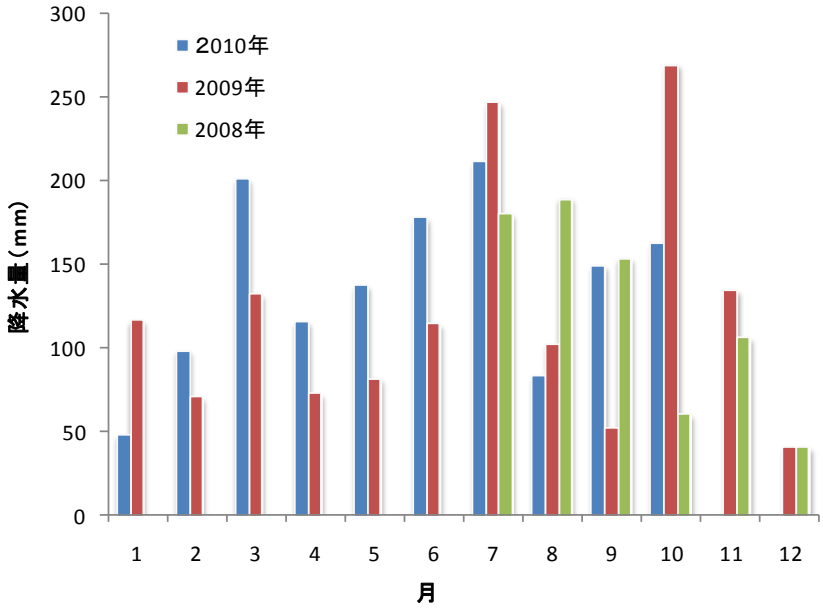


図 3-4　2008 年～2010 年の月別降水量

地点 WS1（建物屋上）に設置した気象ステーション（アグリウエザー社製、Weather Bucket）による観測値

写真 3-1　気象ステーション

3.2. ヤマザクラの生育状況

3.2.1. 樹高、胸高直径

集中的な調査を行った調査区 P1～P5 の樹高と胸高直径の分布は、それぞれ図 3-5、3-6 のようであった。調査区 P1～P4 は、2008 年 7 月、8 月に、調査区 P5 は 2009 年 8 月に調査が行われた。各調査区の特徴は次の通りであった。調査区 P1 は、大きな個体から小さな個体まで、様々な大きさのヤマザクラが混在していた。調査区 P2 は、新しく植栽されたばかりのヤマザクラはなかったが、様々な大きさのヤマザクラが混ざっていた。調査区 P3 は、調査区 P1 と同様に様々な樹高のヤマザクラが混ざっていたが、胸高直径は調査区 P 1 よりも全体に小さかった。調査区 P4 は、胸高直径がやや小さく、樹高や胸高直径のばらつきは小さかった。調査区 P5 は全体的に大きな樹木が生育していた。

吉野山では場所によって植栽年が異なるため、樹木の大きさの分布が一様ではないことがよくわかる。したがって、ヤマザクラの管理を行うためには、樹木サイズの分布の似ている区域（集団植栽地）を一括りとして扱うのがよいと考えられる。

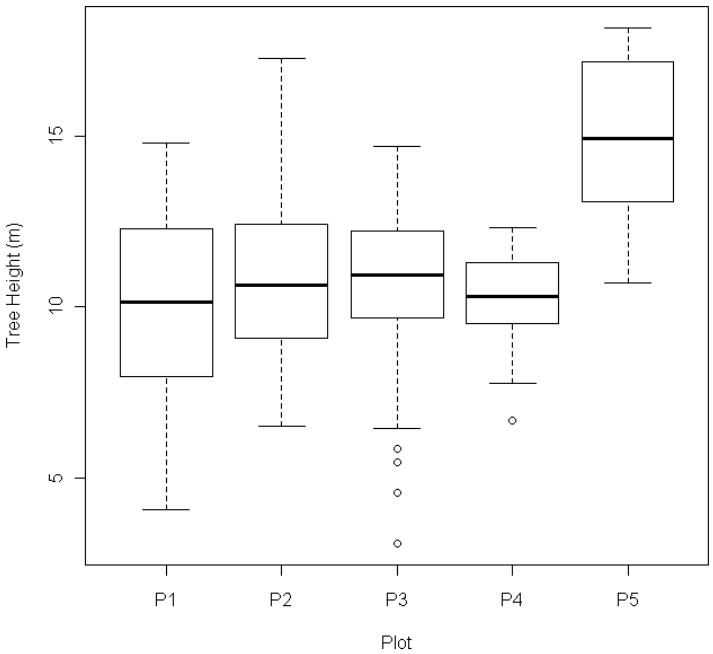


図 3-5　調査区 P1～P5 のヤマザクラの樹高（m）の分布

調査区 P1～P4 は 2008 年 8 月 19 日、調査区 P5 は 2009 年 8 月 12 日の測定結果である

※　箱ひげ図の見方：箱は、全データの約半数が含まれる範囲（第 3 四分位数から第 1 四分位数まで）を示す。箱の中央の横線は、データの中央値（データを小さい値から順に並べた時に真ん中に並んだ値）を表す。箱の上端・下端から伸びる点線（ひげ）の先端は、「第 3 四分位数＋1.5×四分範囲」から「第 1 四分位数－1.5×四分範囲」までの範囲内に収まるデータの分布範囲を示す。この範囲よりも外に位置するデータは外れ値と考えて点（白抜きの丸）で表した。なお、四分範囲＝第 3 四分位数－第 1 四分位数、すなわち、箱の長さである。

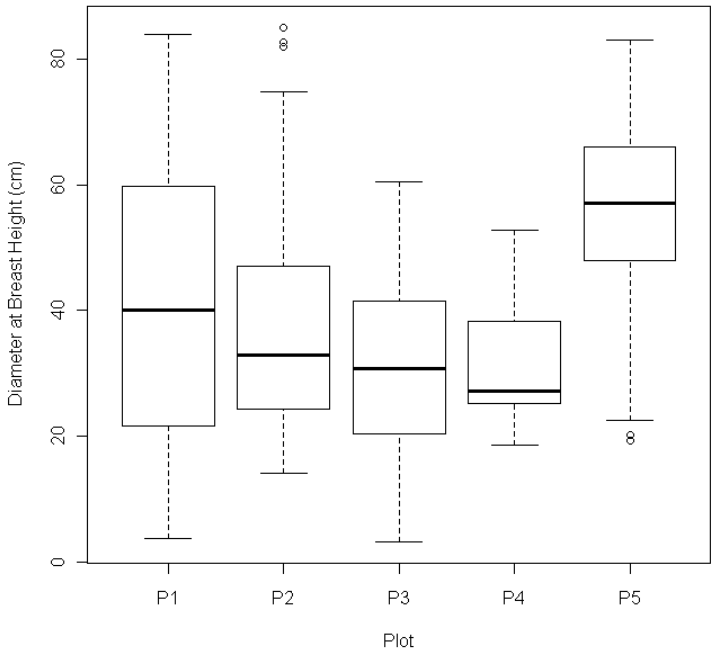


図 3-6　調査区 P1～P5 のヤマザクラの胸高直径（cm）の分布
調査区 P1～P4 は 2008 年 7 月 18 日、調査区 P5 は 2009 年 8 月 12 日の測定結果である

写真 3-2　毎木調査の様子

3.2.2. 夏期の 4 ランク活力度評価及び樹冠投影図

2008 年と 2009 年の夏期に実施した 4 ランク活力度評価の結果は、以下の通りであった（図 3-7）。調査区 P1 および P2 のヤマザクラの活力度は様々であった。調査区 P2 のヤマザクラの活力度は、生育状態の良好な個体から不良な個体まで特に幅広く分布していた。調査区 P3 のヤマザクラは全体的に活力度がやや低く、調査区 P4 のヤマザクラは全体的に活力度が高かった。調査区 P5 のヤマザクラは全体的に活力度が低かった。

調査区 P3 に活力度がやや低いヤマザクラが見られた理由は、他の調査区と比較して被陰された個体が多かったためであると考えられる（図 3-8）。調査区 P4 の活力度が高く、調査区 P5 の活力度が低かったことには、調査区 P4 で樹齢が若く、調査区 P5 で樹齢が高いことが影響していると考えられる。

4 ランク活力度評価は、評価ランクの 1 は良好、2 はやや良好、3 はやや不良、4 は不良を表していることから、8 項目の評価ランクの平均値が 2.5 以上の個体を生育不良と考えると、調査区 P1～P5 のヤマザクラ 74 個体中 22 個体（約 30 %）が生育不良であった。

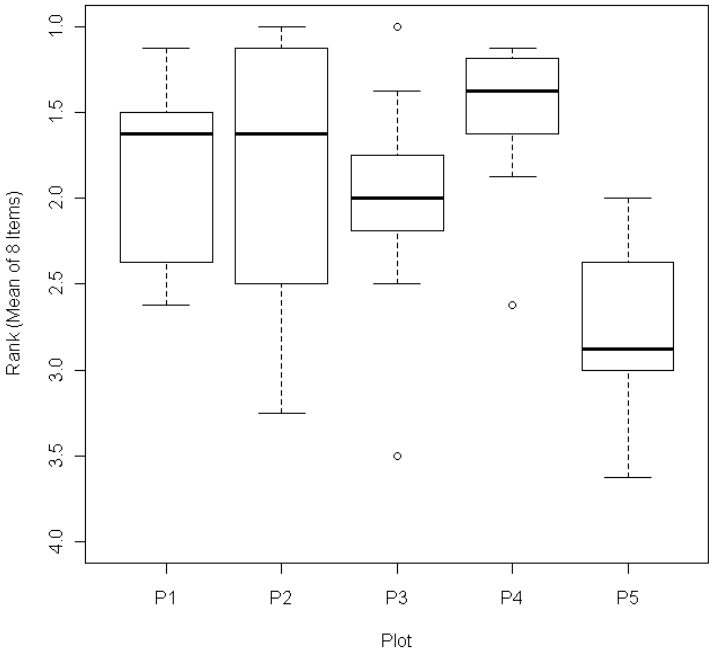


図 3-7　調査区 P1～P5 のヤマザクラの夏期 4 ランク活力度評価の結果（各個体の 8 項目の平均値の分布）

調査区 P1 は 2008 年 7 月 19 日、P2～P4 は 2008 年 7 月 20 日、調査区 P5 は 2009 年 8 月 12 日の評価結果である。柴田（2007）に基づき、樹勢、樹形、枝の伸長成長量、梢端の枯損、枝葉の密度、葉の形・大きさ、葉色、樹皮の 8 項目について、4 段階で評価を行った。なお、評価ランクの 1 は良好、2 はやや良好、3 はやや不良、4 は不良であることを表す

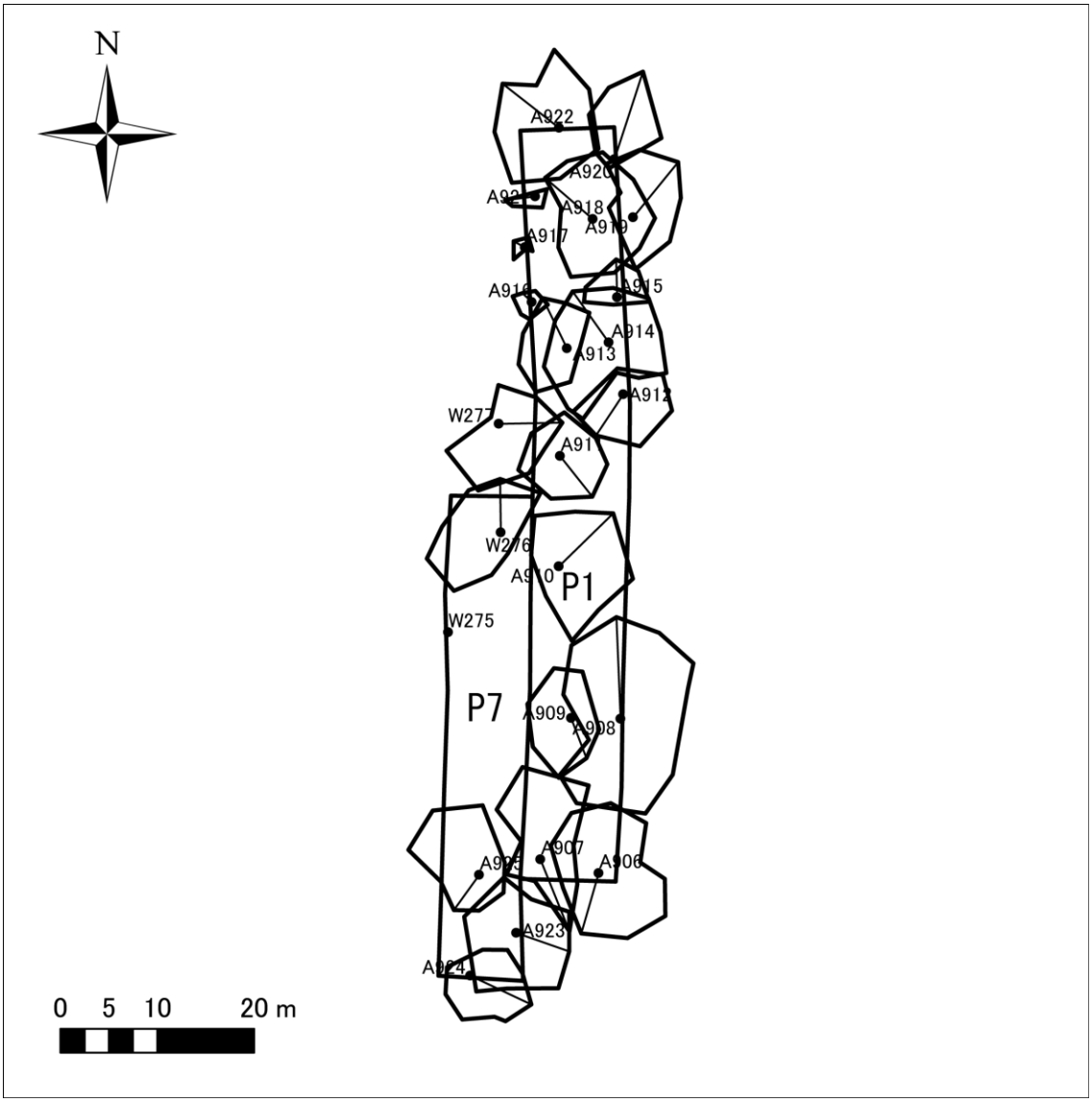


図 3-8(a)　調査区 P1 及び P7 の樹冠投影図（点は幹の位置を、多角形は樹冠を表す。W275 は幹の位置のみを測量した）

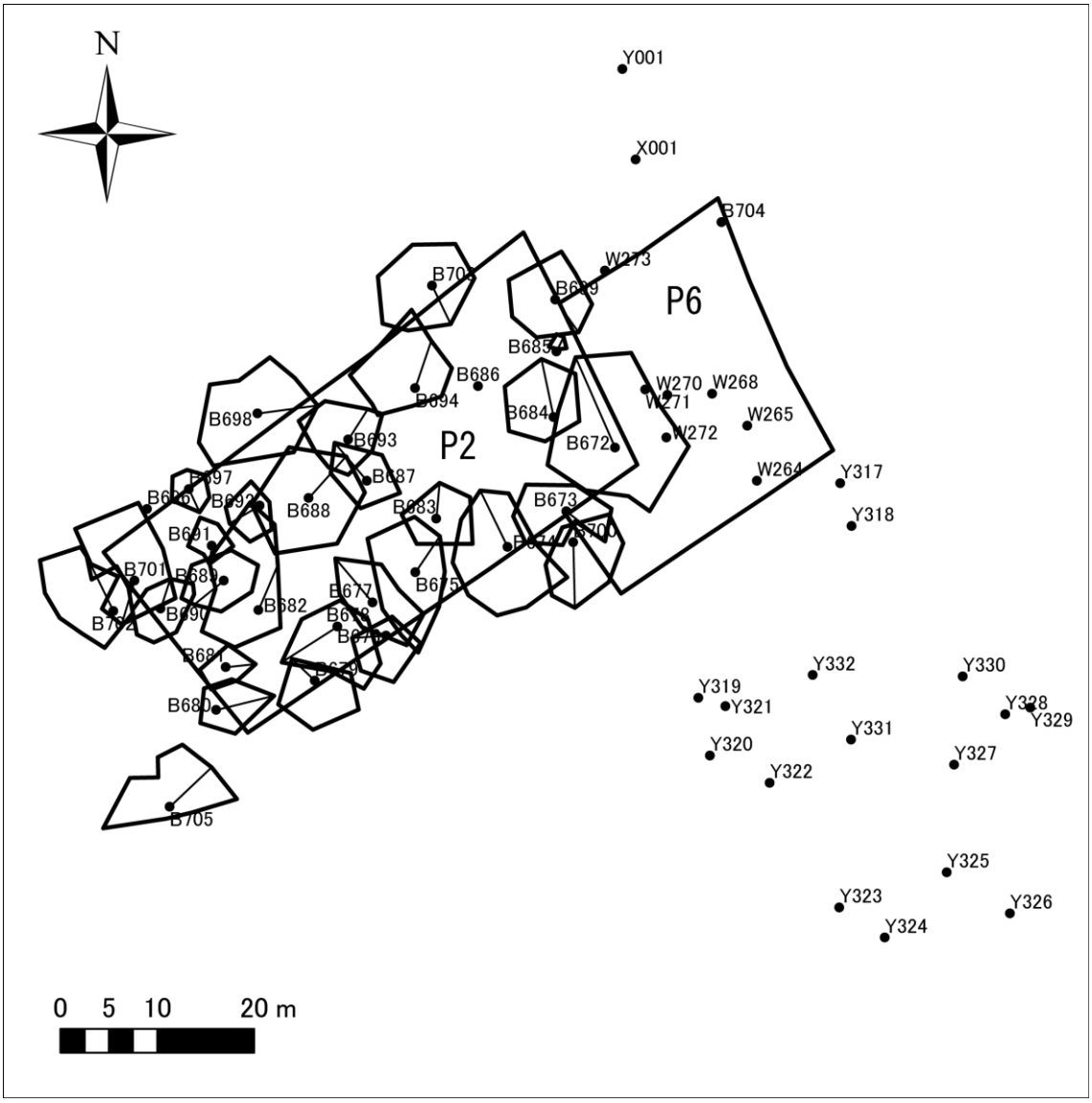


図 3-8(b)　調査区 P2 の樹冠投影図（点は幹の位置を、多角形は樹冠を表す。P6 および調査区外の個体で、樹冠範囲の表示がない個体は、幹の位置のみを測量した）

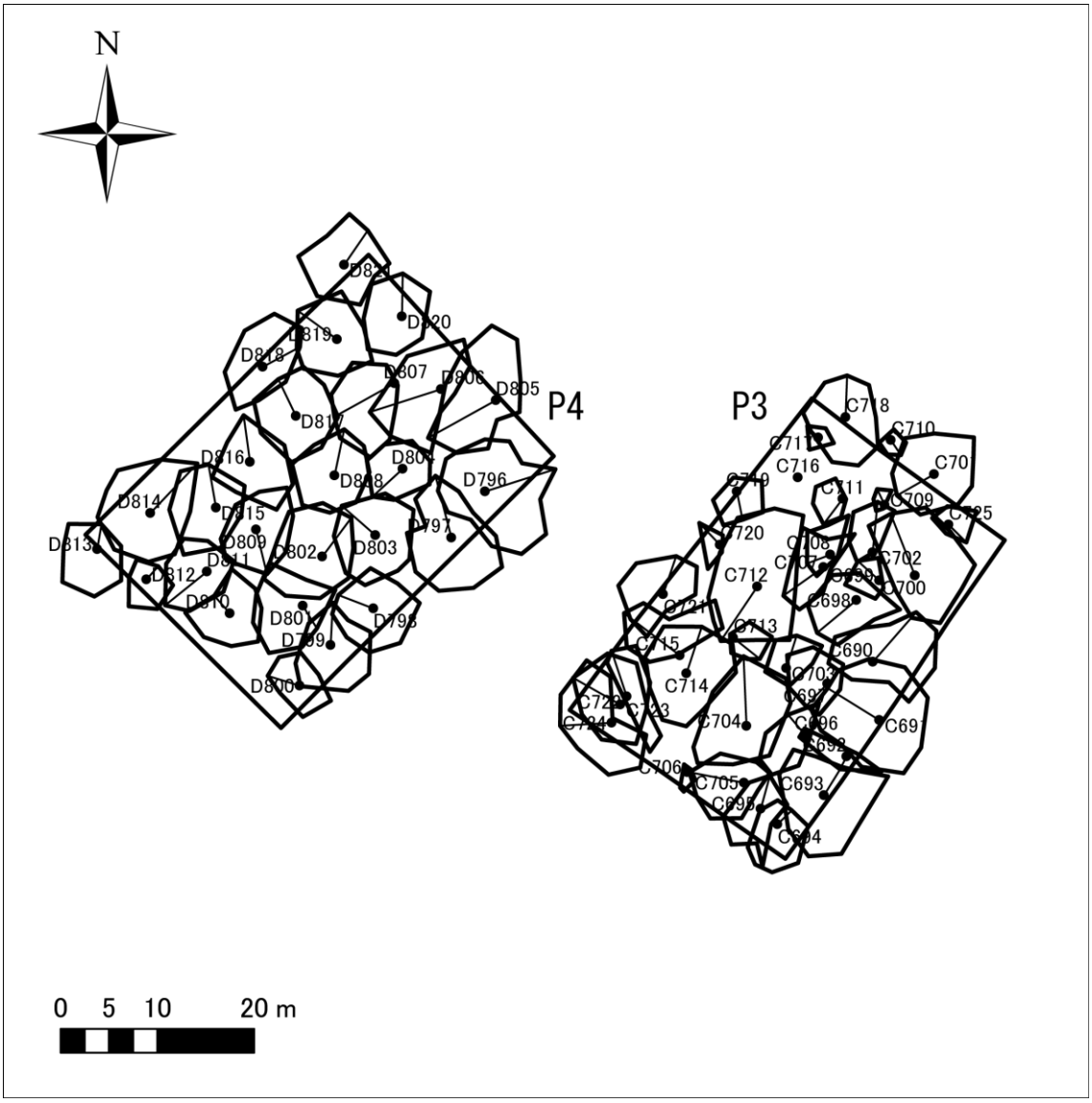


図 3-8(c)　調査区 P3 及び P4 の樹冠投影図（点は幹の位置を、多角形は樹冠を表す）
調査区 P3 では、樹冠が重なり合っており、被陰された状態にある個体が多い

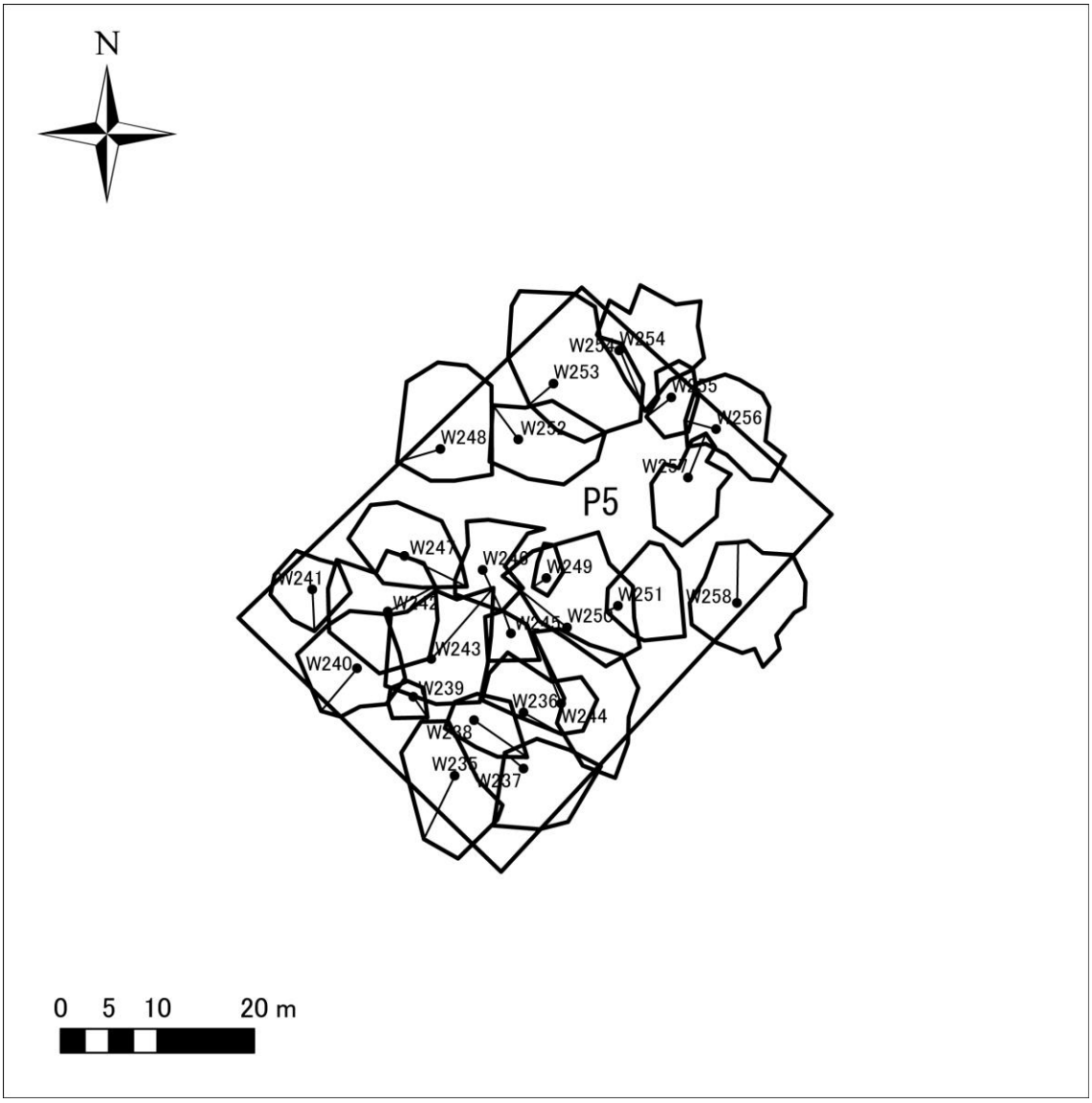


図 3-8(d)　調査区 P5 の樹冠投影図（点は幹の位置を、多角形は樹冠を表す）

写真 3-3　トータルステーションによる測量

（注：写真は調査区 P1～P5 以外の調査地）

3.2.3. 葉緑素濃度

葉緑素計（ミノルタ社製、SPAD-502）の読み取り値（SPAD 値）は葉緑素濃度の指標として知られている。調査区 P1～P4 のヤマザクラの葉の SPAD 値は、中央値が約 40 以上あり、全体的に葉緑素濃度に高い傾向が見られた（図 3-9）。調査区 P4 のヤマザクラの葉緑素濃度は、他の調査区よりも高い範囲に分布していた。調査区 P1～P4 において、市街地のヤマザクラに見られるような、葉緑素濃度が極端に低い個体はほとんど見られなかった。これは、市街地と異なり落葉落枝が取り除かれないことや、従来与えられていた施肥の効果であると考えられる。葉緑素濃度のレベルから判断すると、施肥が不十分であることによる衰退はないと言える。

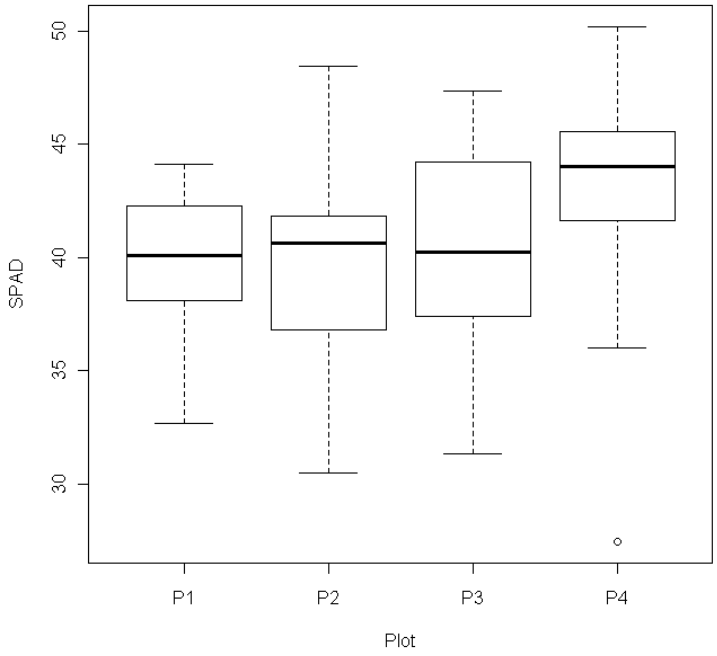


図 3-9　調査区 P1～P4 のヤマザクラの葉緑素濃度（SPAD 値）の分布
樹頂部の頂枝から 2 枚の平均的な葉をサンプルとして選出し、各葉について 3 点計測を行った。図は各個体の平均値の分布を示す

※　SPAD 値が大きいほど、葉緑素濃度が高いことを示す。

3.2.4. 頂枝の伸長成長量及び幹の肥大成長量

調査区 P1～P4 のヤマザクラの 2008 年成長期（成長開始期から調査日 7 月 19 日・20 日まで）の頂枝の伸長成長量は図 3-10 の通りであった。調査区 P1 のヤマザクラは全体的に頂枝の伸長成長量が小さかった。調査区 P3 のヤマザクラの伸長成長量の中央値は、調査区 P1 や P2 よりも大きい傾向があった。調査区 P4 のヤマザクラの伸長成長量は他の調査区よりも大きい傾向があった。

調査区 P1～P4 のヤマザクラの 2008 年成長期（成長開始期から成長休止期まで）の幹の肥大成長量は図 3-11 の通りであった。調査区 P3 のヤマザクラは全体的に幹の肥大成長量が小さかった。調査区 P4 のヤマザクラの肥大成長量は大きい傾向があった。

調査区 P1 のヤマザクラは頂枝の伸長成長量が全体的に小さかった理由には、調査区 P1 が尾根部に位置していることがあると考えられる。一方で、調査区 P1 では、伸長成長量が非常に大きい個体も一部に見られたことが特筆される。調査区 P3 は、伸長成長量の中央値は大きいにも関わらず、肥大成長量の中央値は小さかった。調査区 P3 では、樹冠が込み合って光環境が悪化しているため、ヤマザクラが上方に伸びる傾向があったと考えられる。調査区 P3 の活力度評価はやや低かった（図 3-7）ことから、樹冠の込み合いによる光環境の悪化は、肥大成長量の抑制などヤマザクラの生育不良の原因の 1 つになっていることが推察される。

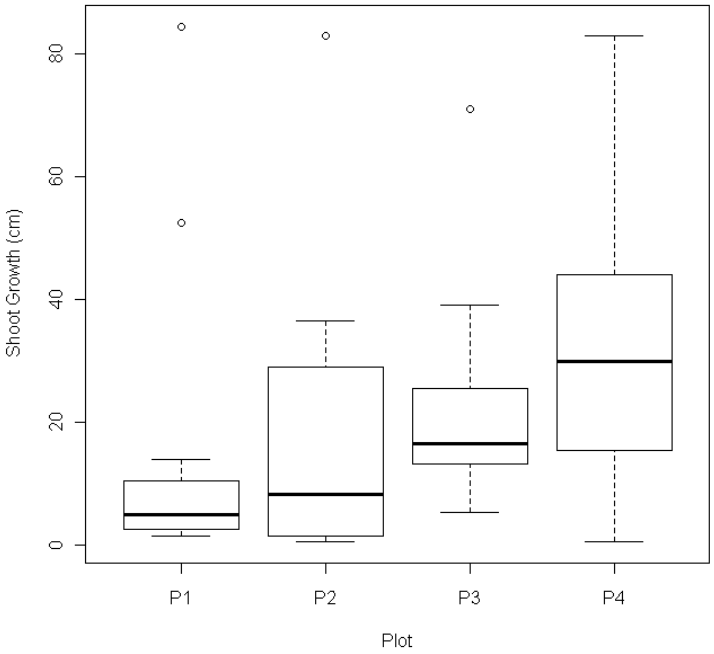


図 3-10　調査区 P1～P4 のヤマザクラにおける 2008 年成長期（成長開始期から調査日 7 月 19 日・20 日まで）の頂枝の伸長成長量（cm）の分布

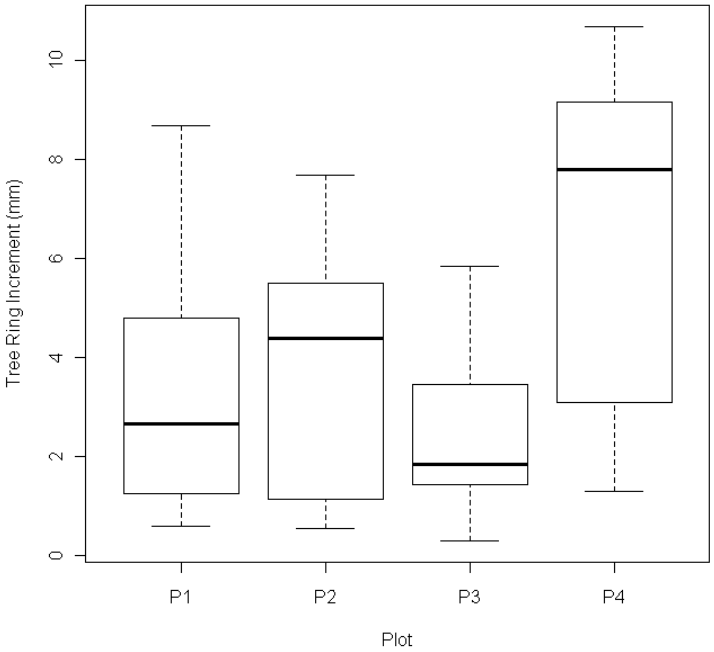


図 3-11　調査区 P1～P4 のヤマザクラにおける 2008 年成長期（成長開始期から成長休止期まで）の幹の肥大成長量（mm）の分布

写真 3-4　成長錐のサンプル

3.2.5. 葉面積

調査区P1～P4のヤマザクラの葉面積の分布に大きな違いは見られなかった(図3-12)。

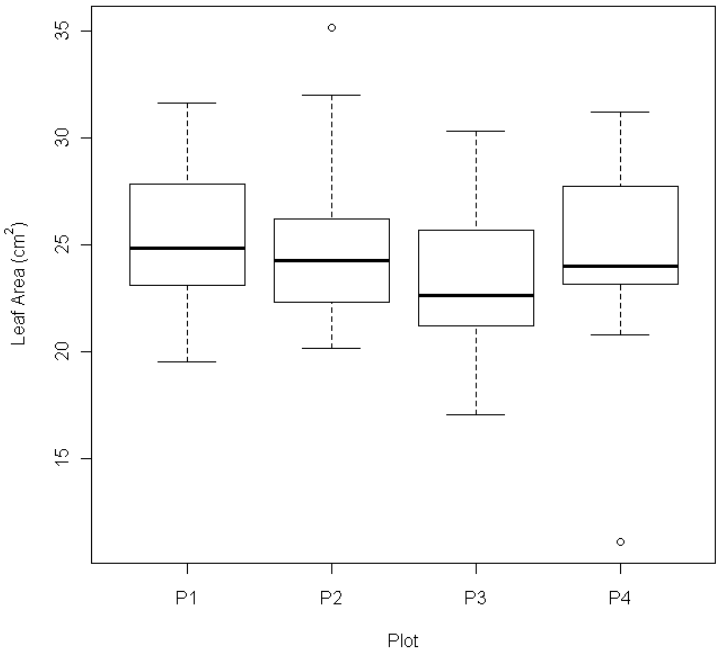


図 3-12　調査区 P1～P4 のヤマザクラにおける各個体のサンプル 15 枚の葉の平均面積（cm²）の分布

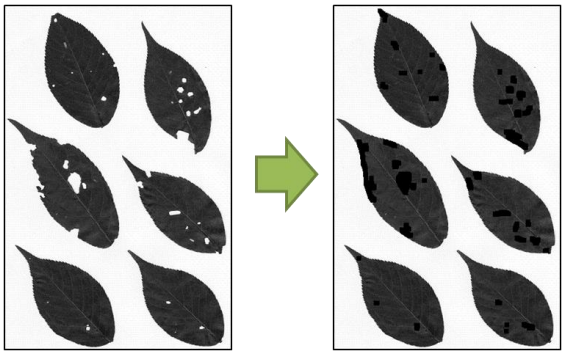


図 3-13　葉面積の測定の過程
葉の欠損部分は手作業で補正した

3.2.6. 葉面積当たりの葉乾重

調査区 P1～P4 のヤマザクラの葉面積当たりの葉乾重（LMA）の分布に大きな違いは見られなかった（図 3-14）。

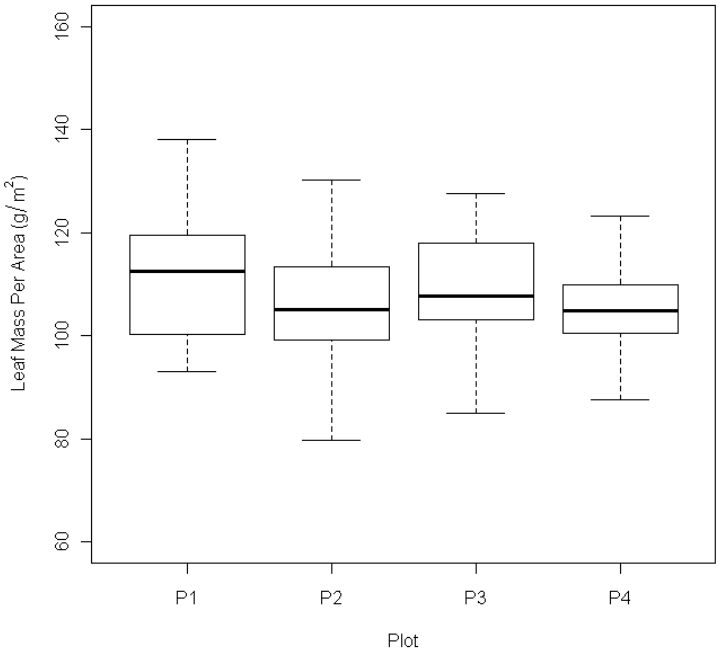


図 3-14　調査区 P1～P4 のヤマザクラにおける各個体のサンプル 15 枚の葉の平均 LMA（g/m²）の分布

3.2.7. 腐朽

弾性波樹木画像診断システム（AGRUS 社製、PiCUS）では幹周の大きな個体しか測定できない。そのため、調査区 P1 及び P5 で胸高直径が概ね 40 cm よりも大きな個体を測定の対象とした。測定の結果、樹幹腐朽面積率（%）と、樹高（m）あるいは胸高直径（cm）との間の Spearman の順位相関係数は統計的に有意ではなかったが、樹高が約 16 m 以上、あるいは胸高直径が約 70 cm 以上の大きなヤマザクラでは、樹幹腐朽面積率が低い傾向が見られた（図 3-15）。この結果は、樹幹の腐朽が進行すると、大きな樹体を支えきれずに枯損する個体が増えることを反映していると思われる。すなわち、樹高が約 16 m 以上、あるいは胸高直径が約 70 cm 以上のヤマザクラの大木を育成するためには、腐朽させないこと、あるいは腐朽を進行させないことが重要であることを示している。

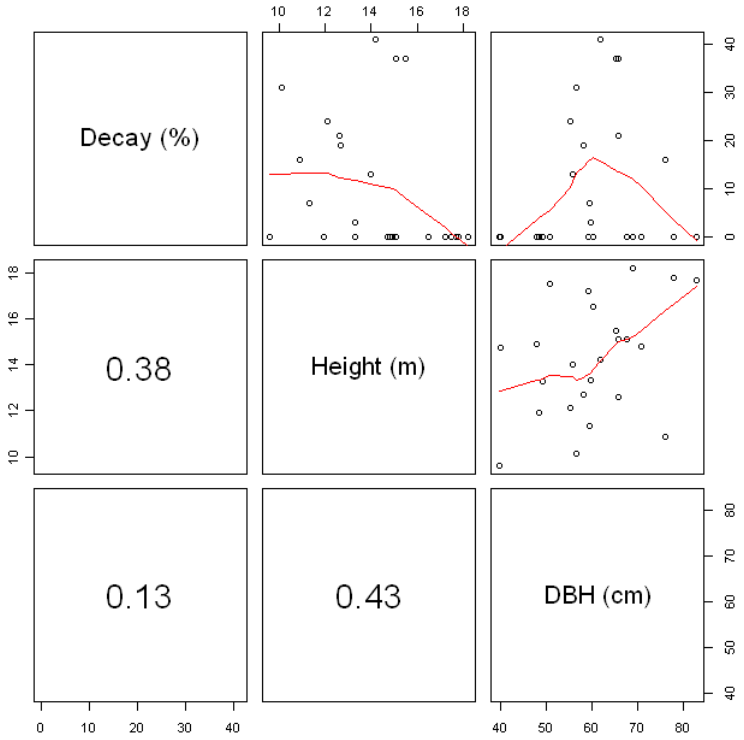


図 3-15　弾性波樹木画像診断システムで測定を行ったヤマザクラの地上 1.3m 高の樹幹腐朽面積率（%）と、樹高（m）、胸高直径（cm）の関係（個体数 n=24）. Decay は樹幹腐朽面積率、Height は樹高、DBH は胸高直径を表す。対角線より右上側の対散布図中の赤色の実線は、データの分布の中心を通る平滑曲線である。対角線より左下側の数値は、Spearman の順位相関係数の絶対値を表す。樹高と胸高直径の間の相関係数のみが、統計的に有意であった。

※　Spearman の順位相関係数の絶対値は、0～1 の値をとる。0 は無相関（データ間の関連なし）を示し、1 に近いほどデータ間の関連が強いことを表す。

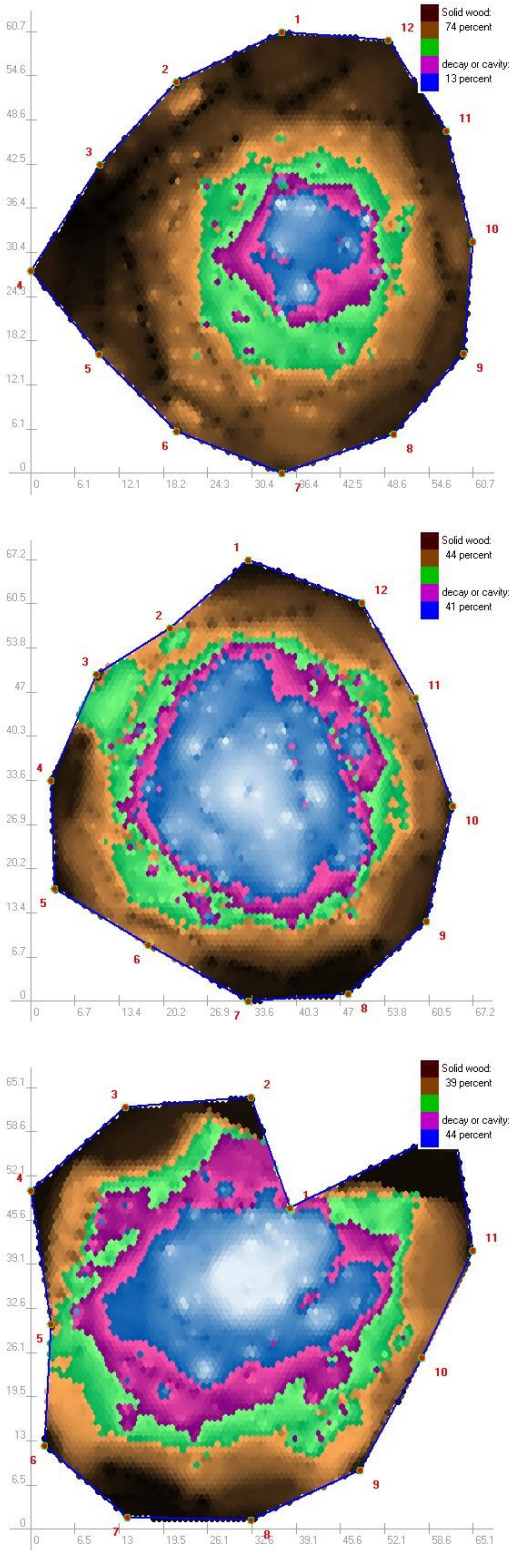


図 3-16　樹木下部から上部へ腐朽が進行している例（調査区 P5、個体番号 W248）
左列、上の図から順に、地上 1.5m 高、1.3m 高、0.25m 高の幹の断面を表す。図中の青色及び紫色は腐朽箇所を示す

また、弾性波樹木画像診断システムによる測定の結果、樹木下部から上部へ腐朽が進行している事例（図 3-16）や、逆に、樹木上部から下部へ腐朽が進行している事例（図 3-17）が確認された。吉野山では、これらの腐朽進行のパターンのどちらかが際立って多いということはなく、さまざまな腐朽進行のパターンが併存している様子が明らかとなった。

樹木の上部から腐朽が進行している事例においては、枝の枯損箇所から腐朽が進行している例（写真 3-5）や、剪定箇所から腐朽が進行している例が見られた。道路や電線の維持のために行われている剪定は概して適切な方法で実施されておらず、例えば下千本の七曲りで、顕著な問題が見られた（写真 3-6）。

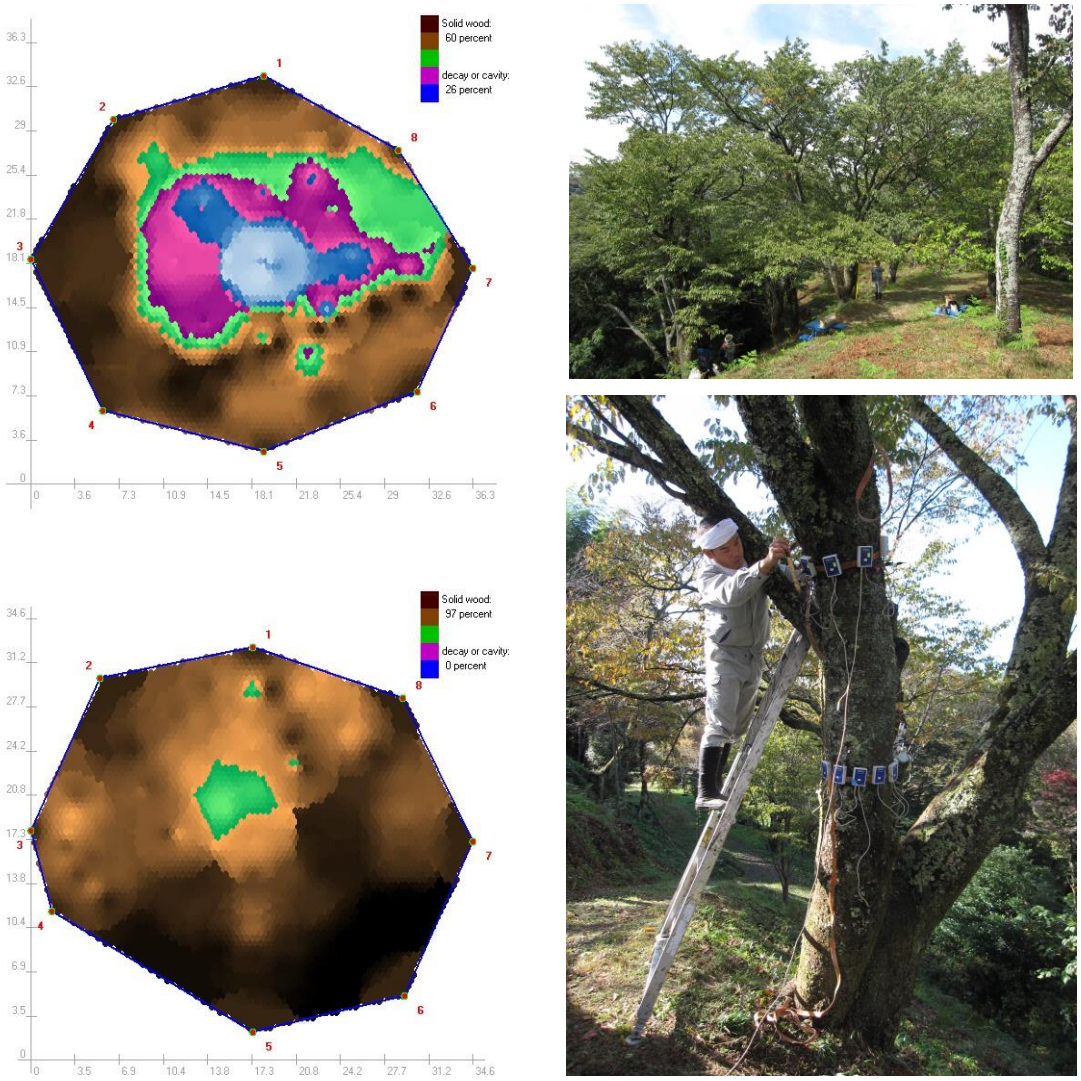


図 3-17　樹木上部から下部への腐朽進行の例（調査区 P7、個体番号 A923）
左列、上の図から順に、地上 2.35m 高、1.6m 高の大枝の断面を示す。青色及び紫色は腐朽箇所を示す

写真 3-5　枝の枯損箇所から下部へ腐朽が進行した例（調査区 P7、個体番号 A923）

写真 3-6　電線維持のための不適切な剪定の例（下千本七曲り）

樹幹腐朽面積率と樹木の活力度との関係を分析した結果、Spearman の順位相関係数はいずれも統計的に有意ではなかった（表 3-1）。樹幹腐朽が存在することが、直ちに樹木の活力度が低いこととは結びつかないことがわかる。これは、樹幹の心材（幹の中心部分）が腐朽しても、樹液の通道組織である辺材が腐朽しなければ、高い活力度を維持できる場合もあるためであると考えられる。

しかし、樹幹の腐朽の進行は、樹幹の強度を低下させるため、強風等で折損して枯死することが問題となる。また、根株の腐朽は、根返りにつながることもあるため、腐朽の進行を軽視することはできない。

表 3-1　弾性波樹木画像診断システムで測定を行ったヤマザクラの地上 1.3m高の樹幹腐朽面積率（%）と夏期の 4 ランク活力度評価の間の Spearman の順位相関係数（個体数 n=24 本）

	樹勢	樹形	枝の伸長成長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形・大きさ	葉色	樹皮	8 項目の平均値
樹幹腐朽面積率	0.25	0.11	0.22	0.14	0.10	0.07	0.28	0.15	0.18

※　Spearman の順位相関係数はいずれも統計的に有意ではなかった

（付録　H. 弾性波樹木画像診断の結果 を参照）

写真 3-7　樹幹の腐朽状態の測定

3.2.8. 樹液流速度

地点 H1 において、生育良好木と生育不良木の樹液流速度を測定した。

生育良好木は、胸高直径 36.4 cm のヤマザクラで、2008 年 8 月 8 日の夏期の 4 ランク活力度評価では、樹勢 1、樹形 1、枝の伸長量 1、梢端の枯損 1、枝葉の密度 1、葉の形と大きさ 1、葉色 1、樹皮 2、2009 年 4 月 11 日の開花期の 4 ランク活力度評価では、樹頂部の頂枝の芽の数 2、樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率 2 と評価された。

生育不良木は、胸高直径 42.0 cm のヤマザクラで、2008 年 8 月 8 日の夏期の 4 ランク活力度評価では、樹勢 3、樹形 2、枝の伸長量 3、梢端の枯損 3、枝葉の密度 3、葉の形と大きさ 2、葉色 3、樹皮 2、2009 年 4 月 11 日の開花期の 4 ランク活力度評価では、樹頂部の頂枝の芽の数 4、樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率 4 と評価された。

樹液流速度の測定の結果、2008 年夏の生育不良木の樹液流速度は、生育良好木よりも遅い傾向が見られた（図 3-18）。

また、2008 年 7 月上旬は生育不良木の樹液流速度は生育良好木よりもやや遅い程度であったが、8 月下旬以降になると生育不良木の樹液流速度は、生育良好木よりもかなり低下した（図 3-18）。しかし、9 月上旬の土壌は植物が利用可能な水分を充分に保持している状態であったことから、この時期に乾燥ストレスが加わって、生育良好木との樹液流速度の差が生じたとは考えにくい。7 月中旬から 8 月下旬にかけての土壌の乾燥によるストレスが引き金になったのかもしれないが、生育不良木では、生育良好木よりも早い時期から光合成活動が低下し始める可能性がある。この点については、さらなる検討が必要である。

写真 3-8　対象木の樹冠（2008 / 9 / 27）

写真 3-9　樹液流速度センサー

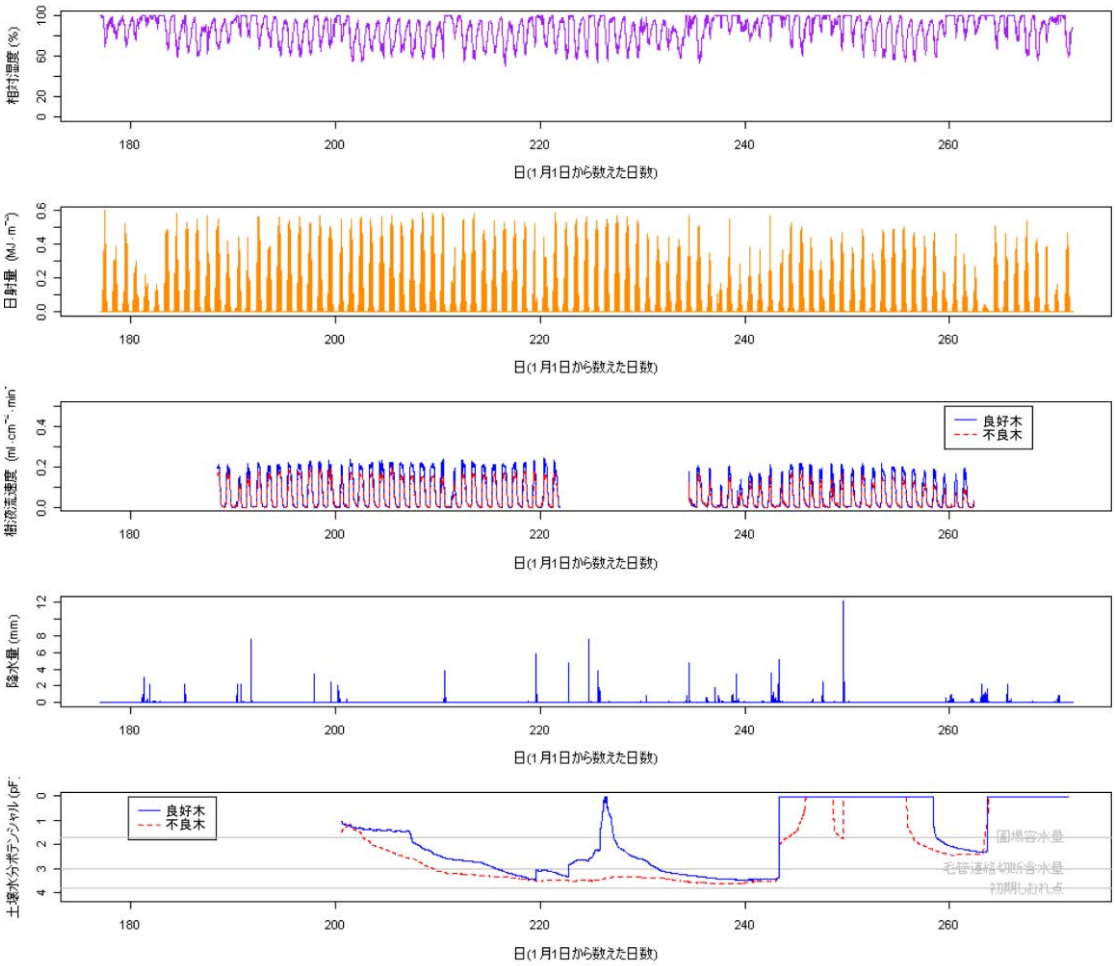


図 3-18　地点 H1 における 2008 年夏のヤマザクラの樹液流速度と環境条件（未発表データ）

上から順に、相対湿度（%）、日射量（MJ m^{-2}）、樹液流速度（mL cm^{-2} min^{-1}）、降水量（mm/10min）、土壌水分量（pF）を表す。相対湿度、日射量、降水量は、近接する地点 WS1 で観測された。

※　横軸は 1 月 1 日からの日数（200 は 7 月 19 日、220 は 8 月 8 日、240 は 8 月 28 日、260 は 9 月 17 日）を表す。土壌水分量の単位、pF は圧力水頭（H_2O cm）の常用対数である。pF が大きいほど乾燥した状態であることを表す。pF1.8 は圃場容水量、pF3.0 は毛管連絡切断含水量、pF3.8 は初期しおれ点、pF4.2 は永久しおれ点として知られる。

3.2.9. 開花期の 4 ランク活力度評価

サクラを適切に管理するためには、活力度の評価が必要となるが、開花期の着花状況に基づく活力度評価の方法は定まっていない。そこで、調査区 P1～P4 のヤマザクラ 57 本を対象として、着花状況に関する 4 つの評価項目の検討を行った。その結果、(1) 樹頂部の頂枝の芽の数、樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率のランクは、樹木の栄養成長と関連を持つ活力度の評価項目として適切であること、(2) 1 つの花芽から出る花数は、様々な生育段階を含む集団の活力度評価には適さないこと、(3) 個体全体の満開時の着花量は、活力度評価に適さないこと、(4) 開花期の調査では、葉の大きさや形、葉色（葉緑素濃度）といった葉の質に関する評価は行えないので、別の時期に評価される必要があることが明らかとなった。

一般的に、開花期には、サクラの生育状態は開花量の多さ（個体全体の着花量や、1 つの花芽から出る花数）によって評価されてきた。しかし、樹木には花つきの少ない若木期から、花つきの充実する成木期、衰えの見られる老木期などの生育段階が存在する。また、栄養成長と生殖成長の相反する関係※も知られている。サクラの生育状態を評価するために、個体全体の着花量や、1 つの花芽から出る花数のように開花量だけを見ていては、判断を誤ることが多い理由には、これらの樹木の特性が関わっていると考えられる。

サクラは花を見ることを第一とする木ではあるが、開花期においては、樹頂部の頂枝における芽（葉芽及び花芽）の数や、葉芽と花芽の比率といった、葉芽の状況も合わせた評価項目がよい指標であることが明らかとなった。

（本項の詳細は、今西ら（2011）を参照）

※ 栄養成長と生殖成長の相反する関係：光合成により生産された同化産物は、枝や葉、根といった自己に貢献する栄養器官や、花や実といった子孫に貢献する生殖器官に配分される。しかし、栄養器官や生殖器官への同化産物の配分の割合は、一定ではない。樹木の状態によって、栄養器官に多くの割合が投資されることもあれば、逆に生殖器官に多くの割合が投資されることもある。限られた資源を配分するため、花や実に多くの割合の資源を投資すれば、枝や葉、根には資源があまり投資されなくなるというような関係は、栄養成長と生殖成長の相反する関係として知られている。

3.2.10 ヤマザクラの成長経過

ヤマザクラ樹幹から成長錐で 25 mm 程度のサンプルを採取し年輪解析を行った。生育良好な個体は年輪幅がおおむね 3～6 mm で成長していた（図 3-19）のにたいして、生育不良の個体はここ十数年、連年肥大成長量が明らかに小さく、年輪幅が 0.3～1.0 mm で推移していた（図 3-20、21）。10～20 年間の平均年輪幅の推移から見ると、外見上の健全さとは異なり、なんらかの原因で樹勢衰退の生じている個体が多数存在することがわかった。個体 B700 は外見上生育良好であったが、太根の多くがすでに枯損しており、多数のナラタケモドキ子実体を発生させていた。そのため、図 3-22 のように年輪幅は 6 年前から急激に減少しはじめ、肥大成長は停滞していた。また、2008 年に形成された年輪内には傷害細胞間道（傷害樹脂道）が形成されていた（図 3-23）。この傷害組織は根系から蒸散流によって運ばれてきたナラタケ属菌による分解代謝物が刺激となって、形成層で傷害的に作られたものである。したがって、年輪内における傷害細胞間道の形成は、根系にナラタケ属菌が感染している可能性を強く示唆する症状で、ナラタケ属菌感染を早期に診断する指標となる。

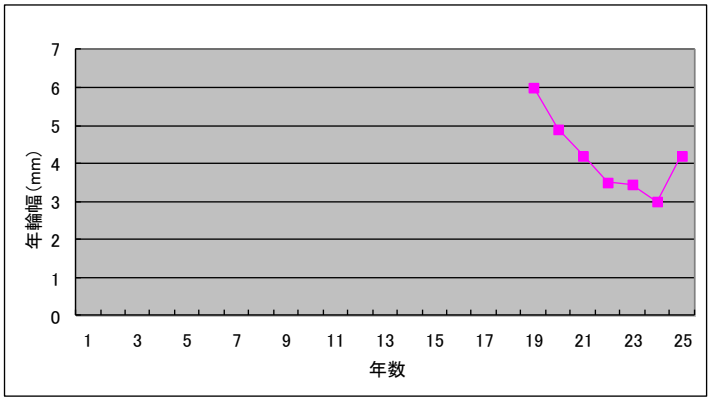


図 3-19　生育良好の個体（調査区 P1、A912、推定 25 年生）の年輪幅の変化

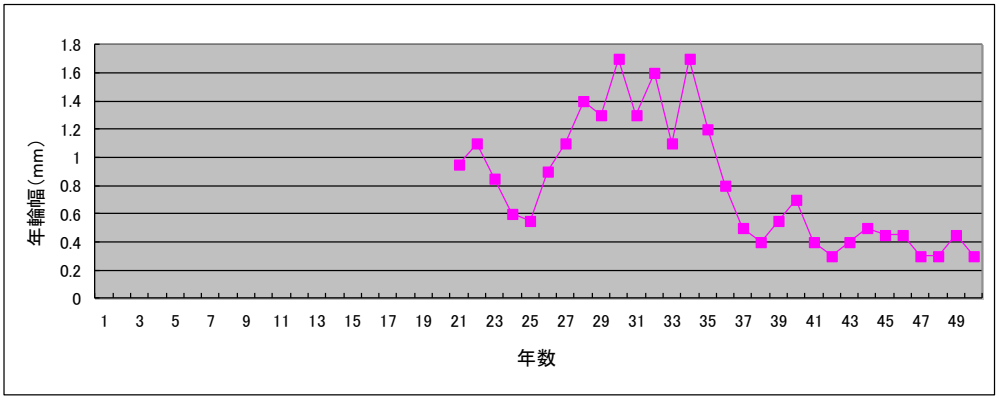


図 3-20　生育不良の個体（調査区 P2、B681、推定 50 年生）の年輪幅の変化

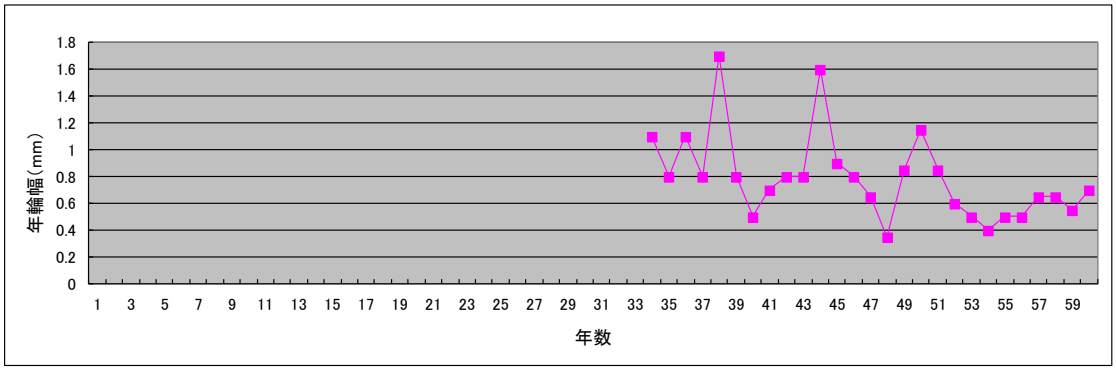


図 3-21　生育不良の個体（調査区 P2、B694、推定 60 年生）の年輪幅の変化

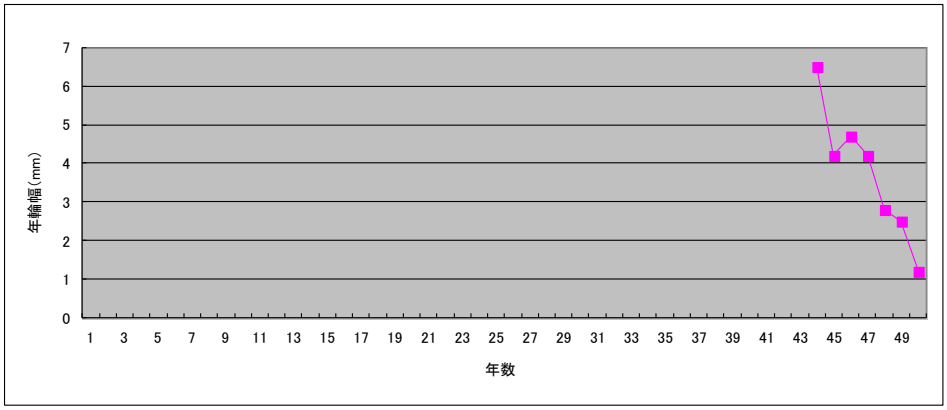


図 3-22　外見上は生育良好な個体（調査区 P2、B700、推定 50 年生、ナラタケモドキ感染個体）の最近 7 年間の年輪幅の変化

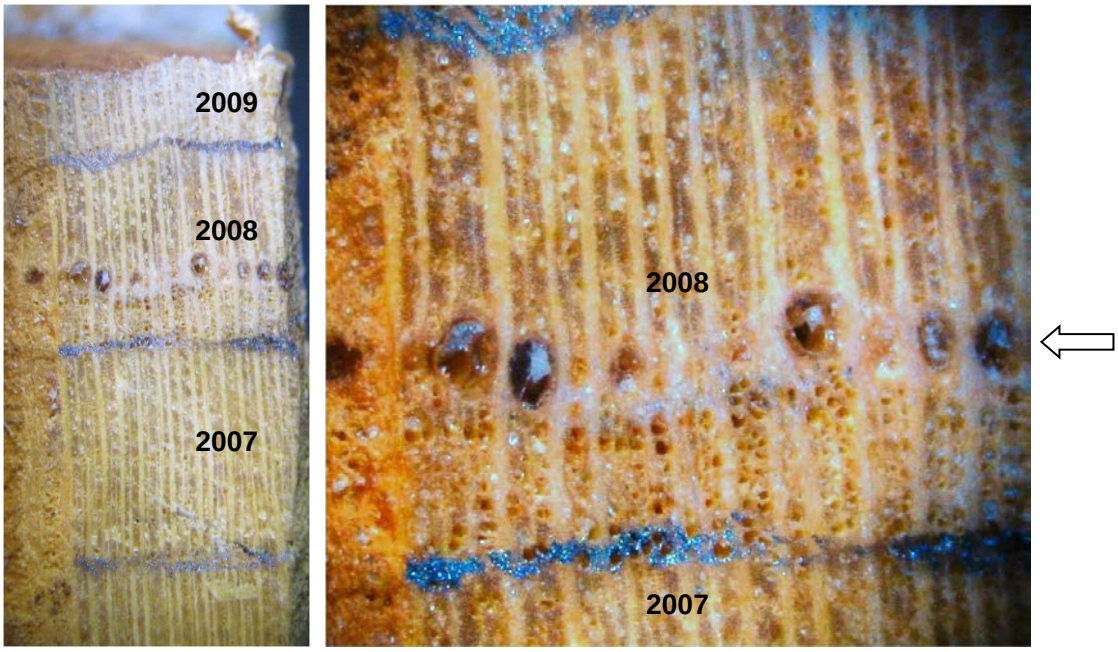


図 3-23　外見上は生育良好な個体（調査区 P2、B700）の 2008 年の年輪に形成された傷害細胞間道（傷害樹脂道）

3.2.11 枯死木の年輪解析

五郎平茶屋の調査区 P2 で 2007 年～2008 年に伐倒された枯死木の多くは、最近の 3～10 年間の肥大成長が急激に減少しており、衰退傾向にあって枯死したと考えられる。七曲りの 1 本を除いては徐々に年輪幅が減少しており、マツ枯れのように 1 年で突然枯死したものではないことを示す。枯死の 2～5 年前、ときに 10 数年前から急激な成長の停滞を示すものがあった（図 3-24、25）。枯死木の多くは樹幹木部に傷害細胞間道（樹脂道）が何年にもわたって形成されていた（写真 3-10、11）。このことは枯死木が数年～10 数年前から枯死にいたるまでの間にナラタケ属菌の被害を毎年受けてきたことを示唆しており、樹勢が徐々に衰退し、枯死にいたったと推定される。

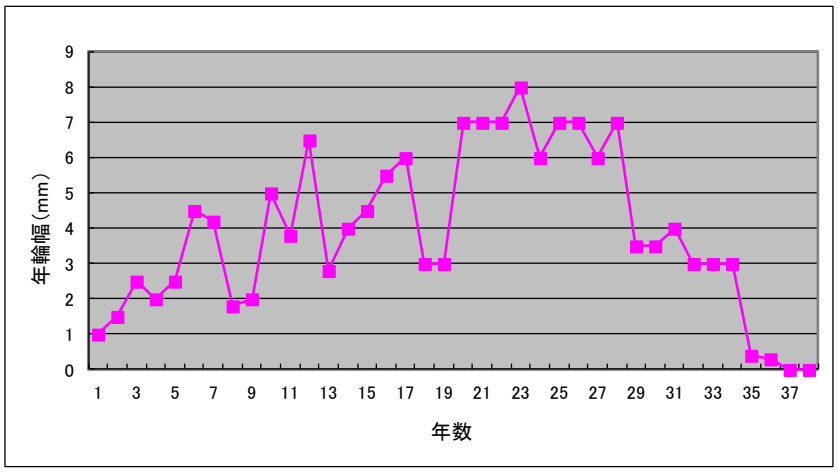


図 3-24　枯死木（G-2、推定 38 年生、ナラタケモドキ発生）の成長経過

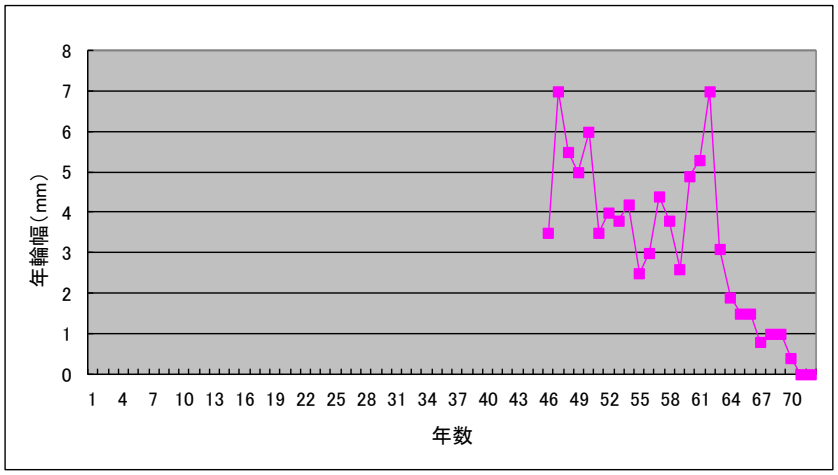


図 3-25　枯死木（G-4、推定 70 年生、ナラタケモドキ発生）の枯死前 25 年間の成長経過

写真 3-10　枯死木（G-4）に発生したナラタケモドキの子実体

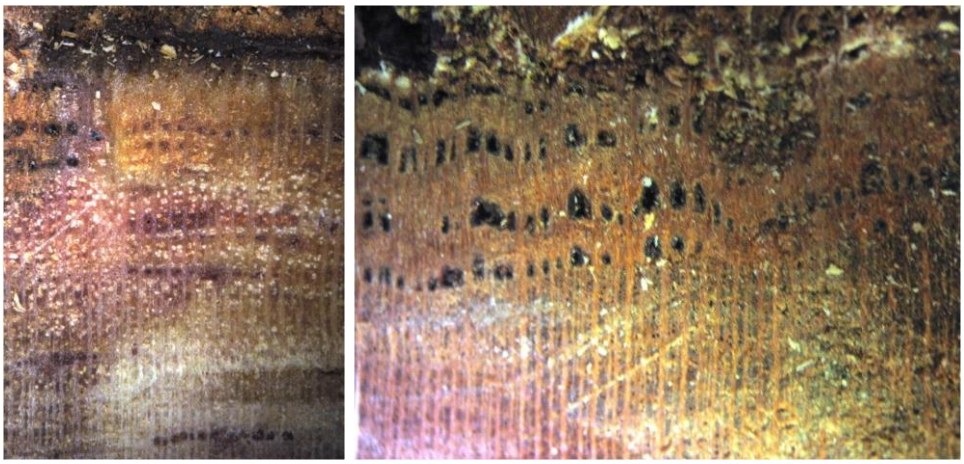


写真 3-11　枯死木（G-4）の樹幹木部に形成された傷害樹脂道
G-4 は何年間もナラタケモドキの分解代謝物による刺激を受け続けてきた

3.2.12 枯死時期および枯損原因の推定

調査区 P2 を含む 8,600 m² の五郎平茶屋斜面下部の調査区（五下調査区とする）のすべての切株の位置をディファレンシャル GPS とトータルステーションを使って測量した。調査区には 102 個の切株があり、切株の材部と樹皮の腐朽分解の程度を規準に枯死年を推定した。その結果、1990 年以降 2009 年までに枯死したヤマザクラは推定 88 本で、1 年間に平均 4.4 本が枯死し、1 ha 当たりでは年間 5.1 本が枯死していたことがわかった（図 3-26）。ヤマザクラの枯死本数は 1998 年の台風被害直後にもっとも多かった。

心辺材の腐朽形態から見ると、切株 102 個のうちの 44.1 %が心材腐朽を起こしていた（図 3-27）。枝の被圧や折損や落雷による大枝の枯損を原因とする心材腐朽が、樹幹心材の下部へ進行することによって樹勢は著しく衰退する。台風直後に伐倒された個体に心材腐朽が多かったのは、心材腐朽によって強度の低下した樹幹が台風によって折損した可能性が極めて高い。折損した大枝は早期に切徐し、切断面を保護剤で塗布処理して、樹幹への心材腐朽の進行を防ぐことが肝要である。

一方、2002 年以降に伐倒された切株の心材腐朽発生率は減少しているものの、ナラタケ属子実体の発生する切株本数はやや増大傾向にあった（図 3-26）。心材腐朽した切株の位置は、後述するようなナラタケ属子実体の集中発生域と重複するわけではなく、むしろ外方に広範囲に分布していた（図 3-27、38）。ナラタケモドキ子実体が発生した 22 個の切株のうち心材腐朽しているのはわずか 2 個で、ナラタケ子実体が発生した 4 個の切株のうち 1 個のみが心材腐朽していた。いいかえると 45 個の心材腐朽切株のうち、3 個（6.7%）だけからナラタケ属子実体が発生したことになる。

ナラタケ属菌の感染によるヤマザクラの衰退と枯死は、もっぱら根系や樹幹地際部の形成層と二次師部の腐朽分解による生理活性の失活と、これに伴う樹液流動の停止に起因し、比較的短期間に進行する。これにたいし、心材腐朽の多くは枝の折損が引き金となって心材腐朽菌が侵入し、長時間をかけながら太枝の心材から樹幹の心材に、さらに下方の地際の心材まで腐朽が進行する。枝の枯死は葉量の減少と光合成の著しい低下を招き、樹勢衰退が進行してついには枯死する。ベッコウタケのような根株心材腐朽菌は根株の地下部を腐朽分解して心材腐朽をおこすが、この場合も地際心材が腐朽分解されるまでに長時間を要する。すなわちナラタケ属菌の感染を原因とするヤマザクラの枯損は、形成層と二次師部の腐朽分解を起こして早期に樹勢が衰退することによって生起するため、心材腐朽を伴うことはまれである。切株からのナラタケ属子実体の発生や発光性菌糸体マットの形成と心材腐朽などの腐朽形態からヤマザクラの枯損原因を類推することが可能である。

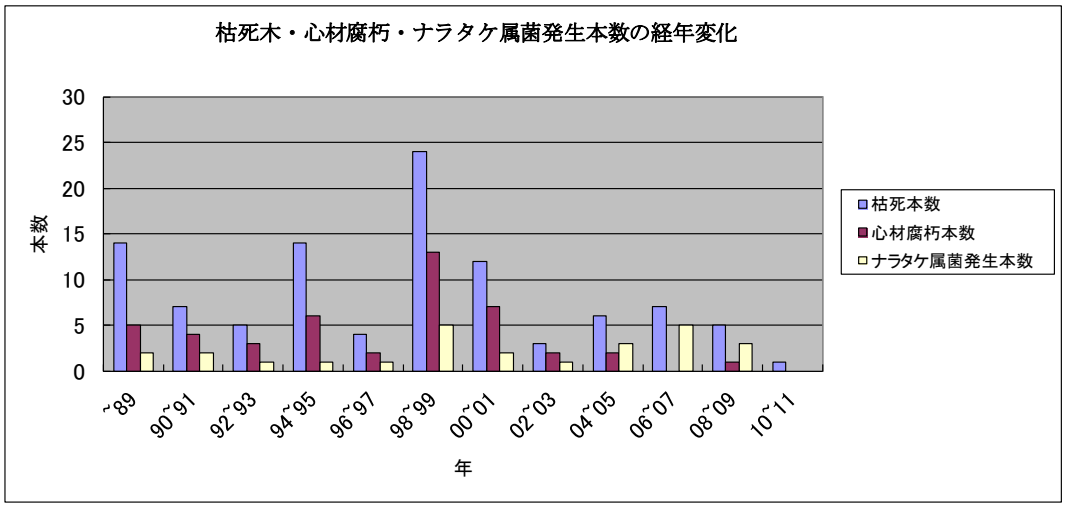


図 3-26　五郎平茶屋斜面下部調査区の枯死木本数（推定）と心材腐朽本数およびナラタケ属菌発生本数の経年変化

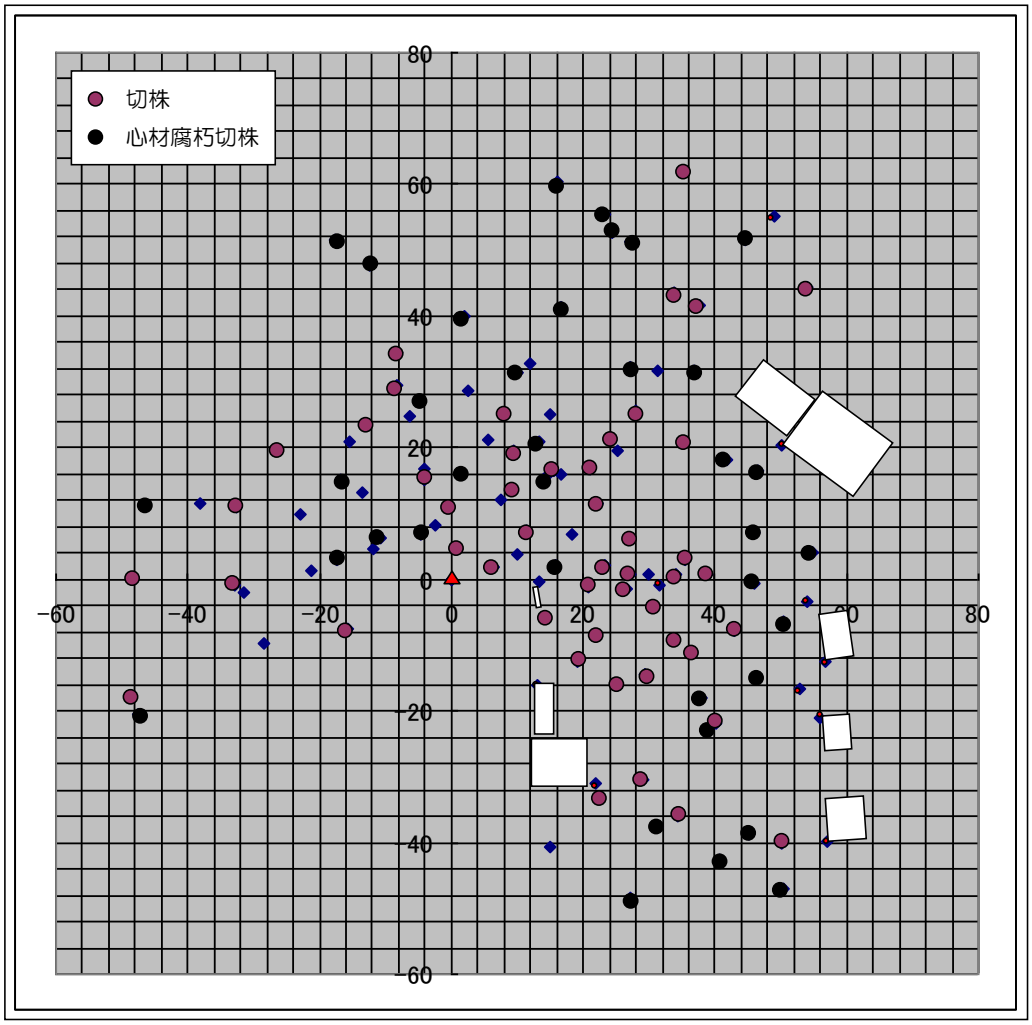


図 3-27　切株および心材腐朽切株の位置（調査区 P2、P6 周辺）

3.3. 土壌環境および地形の影響

3.3.1. 土壌断面

調査区 P1 の SP1 の土壌断面は、A 層は 6 cm であり、C 層上端までの深さは 27 cm であった。尾根部に位置しているため、土壌層はあまり厚くなかった。

調査区 P2 の SP2 と SP5 は近接していたが、土壌断面が異なっていた。SP2 の土壌断面は、A 層が 15cm 深まで、その下は 180 cm 深まで BC 層が続いていた。一方で、SP5 は、A 層は 17cm 深までと SP2 とほぼ同じであったが、BC 層は 38 cm 深で終わっていた。調査区 P3 の SP3 や調査区 P4 の SP4、調査区 P5 周辺の SP6 の土壌断面では、BC 層は 45～58 cm 深までであったので、SP2 の BC 層の深さは例外的であったと考えることができる。SP2 の土壌断面は、局所的に生じた基層の窪みに斜面上方から土砂や礫が崩れ落ちて溜まり形成された可能性や、過去の土地造成によって局所的に深い土壌断面が形成された可能性などが考えられる。

調査区 P1 の SP1 や調査区 P3 の SP3、調査区 P4 の SP4 の土壌断面は層界が明瞭あるいは判然としていたが、調査区 P2 の SP2 や SP5、調査区 P5 周辺の SP6 の土壌断面は層界が不明瞭なことが多かった。層界が不明瞭な原因にはいくつか考えられるが、SP2 や SP5、SP6 の周辺は、崩落が起こりやすい不安定な環境であるため、層界が不明瞭であった可能性がある。

地点 SP1～SP6 における土壌断面調査の結果、局所的に土壌断面に差異が認められる場合もあったが、C 層上端までの土壌深さは、尾根部で約 30 cm、斜面中腹で概ね約 40～60 cm であった。なお、C 層は母材層であるが、風化が一部で進んでいることから、樹木の根が C 層に入り込んでいる様子も見られたことを付記しておく。

（本項の詳細は、付録　I. 土壌断面調査の結果 を参照）

3.3.2. 土壌硬度と根系分布

調査区 P1～P4 から、ヤマザクラの生育良好な 3 個体（A909、B688、D803）と生育不良の 2 個体（B681、C690）を選定し、対象木近辺の土壌硬度と根系分布について調査を行った。ただし、C690 の根系分布については、時間の制約のため、調査することができなかった。

調査の結果、長谷川式土壌貫入計の打撃ごとの貫入量である軟らか度 S 値（cm/drop）が 0.7 よりも軟らかい土壌の最深位置は、不良木 B681 を除いて、良好木の生存根の多く観察された深さと概ね一致していることが確認された（表 3-2）。S 値 0.7 は、日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）のまとめた長谷川式土壌貫入計の判定基準値の 1 つであり、多くの根が侵入困難となる閾値とされている。S 値 0.7 付近（Nh 値 14.3, ≒Nc’値 14.9、吉松ら（2002）による換算）が樹木の根系伸長の限界とする関係は、黒ボク客土の切り土斜面に植栽されたヤマザクラの根の発達が S 値 1.0 以下でほぼ完全に止まっていたこと（長谷川ら 1996）や、花崗岩マサや関東ロームに生育するコナラの根は Nc’値 15～20 で強度の抑制を受けていたこと（福永ら 2003），重機造成地に植栽されたケヤキの根は S 値 0.5 以下ではほぼ侵入不可能であったこと（長谷川ら 1984）においても知られており、吉野山でも概ね妥当な基準値であると考えられた。

土壌硬度の結果（付録 J. 土壌硬度と根系分布）からは、調査地点では踏圧等による土壌の固結は認められず、土壌の硬さが B681 や C690 のヤマザクラの生育不良の原因にはなっていないと考えられた。

調査区 P1 の A909 の土壌断面では、約 50～65 cm 以深に風化した岩盤があり、貫入計の S 値からはこの層への根系の侵入は困難であると判断できた。しかし，実際には風化岩盤の亀裂に、多くの根が伸展している部分も観察された（写真 3-12）。A909 周辺のヤマザクラは尾根部の薄い土層に生育しているにも関わらず樹高の高い印象があったが、その理由の 1 つに、岩盤亀裂への根の伸長があると考えられた。

表 3-2　S 値>0.7 の平均土壌深度と生存根の多く観察された土壌の深さ

対象木	S値 >0.7の土壌の最深位置(cm)の平均値	生存根の多く観察された深さ	備考
A906	53.7 cm	0～50 cm（部分的に100 cmまで）	約50～65 cm以深は風化頁岩層
B681	82.8 cm	0～50 cm	全測点において貫入計最深位置のS値>0.7
B688	88.0 cm	0～100 cm	1測点において貫入計最深位置のS値>0.7
D803	82.3 cm	0～90 cm	

写真 3-12　風化岩盤の亀裂を伸長する根系

（本項の詳細は、今西ら（2009）、付録　J. 土壌硬度と根系分布 を参照）

3.3.3. 土壌の透水性・保水性

調査地点の土壌の飽和透水係数は、いずれも 10^{-4}～10^{-3} m/s の桁の値であった（図 3-28）。日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）の緑化事業における植栽基盤整備マニュアルでは、飽和透水係数 10^{-4} m/s は優、10^{-4}～10^{-5} m/s は良、10^{-5}～10^{-6} m/s は不良、10^{-6}> m/s は極不良と区分されていることから、吉野山の調査地点の土壌の飽和透水係数は優、あるいは優よりもさらに高い透水性を持つと評価することができる。吉野山においては土壌の透水性が非常に高いため、斜面においては排水不良によるヤマザクラの根腐れとそれによる枯死の問題はほとんど生じないと考えられる。ただし、地形によって水の集中する谷部においては、水が停滞することによる根腐れの問題が局所的に起こる可能性はある。

土壌の保水性の指標である有効水（pF1.8～3.0）は、調査地点や深さによりばらつきがあるが、約 15～約 105 L/m^3 であった（図 3-29）。日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）の緑化事業における植栽基盤整備マニュアルでは、有効水 120< L/m^3 は優、120～80 L/m^3 は良、80～40 L/m^3 は不良、40> L/m^3 は極不良と区分されていることから、吉野山の調査地点の土壌の有効水は良～不良～極不良であると評価することができる。調査地点あるいは深さの異なる 37 ヶ所の土壌について、1 ヶ所につき 3 サンプルの有効水の平均値を用いて検討したところ、有効水 120～80 L/m^3 は 9 ヶ所、80～40 L/m^3 は 23 ヶ所、40> L/m^3 は 5 ヶ所という結果であった。土壌は不均一に分布しており、地点や深さによって土壌の有効水は異なるが、調査地点の土壌の有効水から見た保水性は全体的に不良の箇所が多いと言えた（図 3-29）。この結果は、土壌の透水性が非常に高いこととも関係していると考えられる。

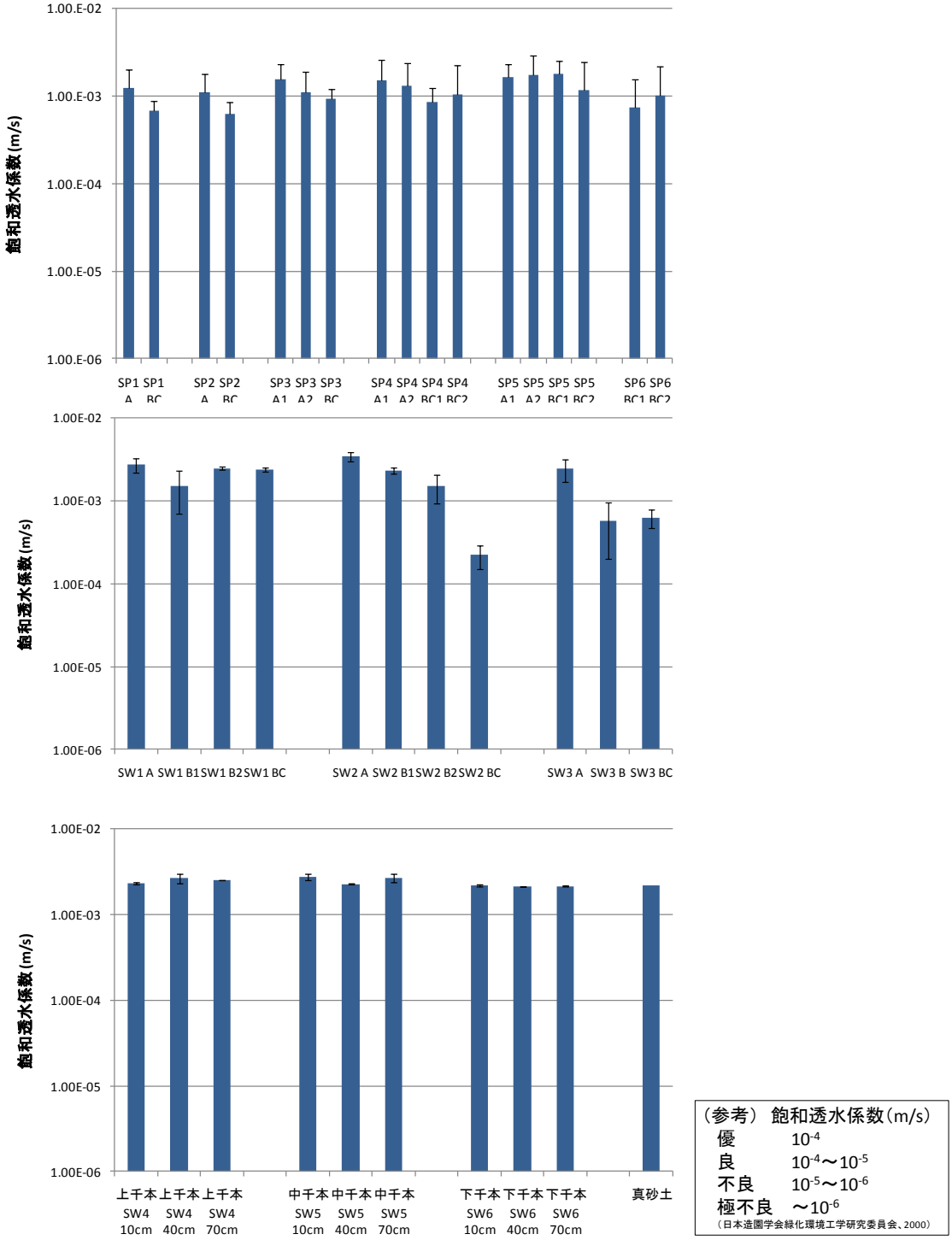


図 3-28　土壌の飽和透水係数（平均値±SD、各 3 サンプル）（未発表データ）

（上）土壌断面調査地点（SP1～SP6）

（中）土壌水分計設置地点（SW1～SW3）

（下）土壌水分計設置地点（SW4～SW6）、及び真砂土（参考）

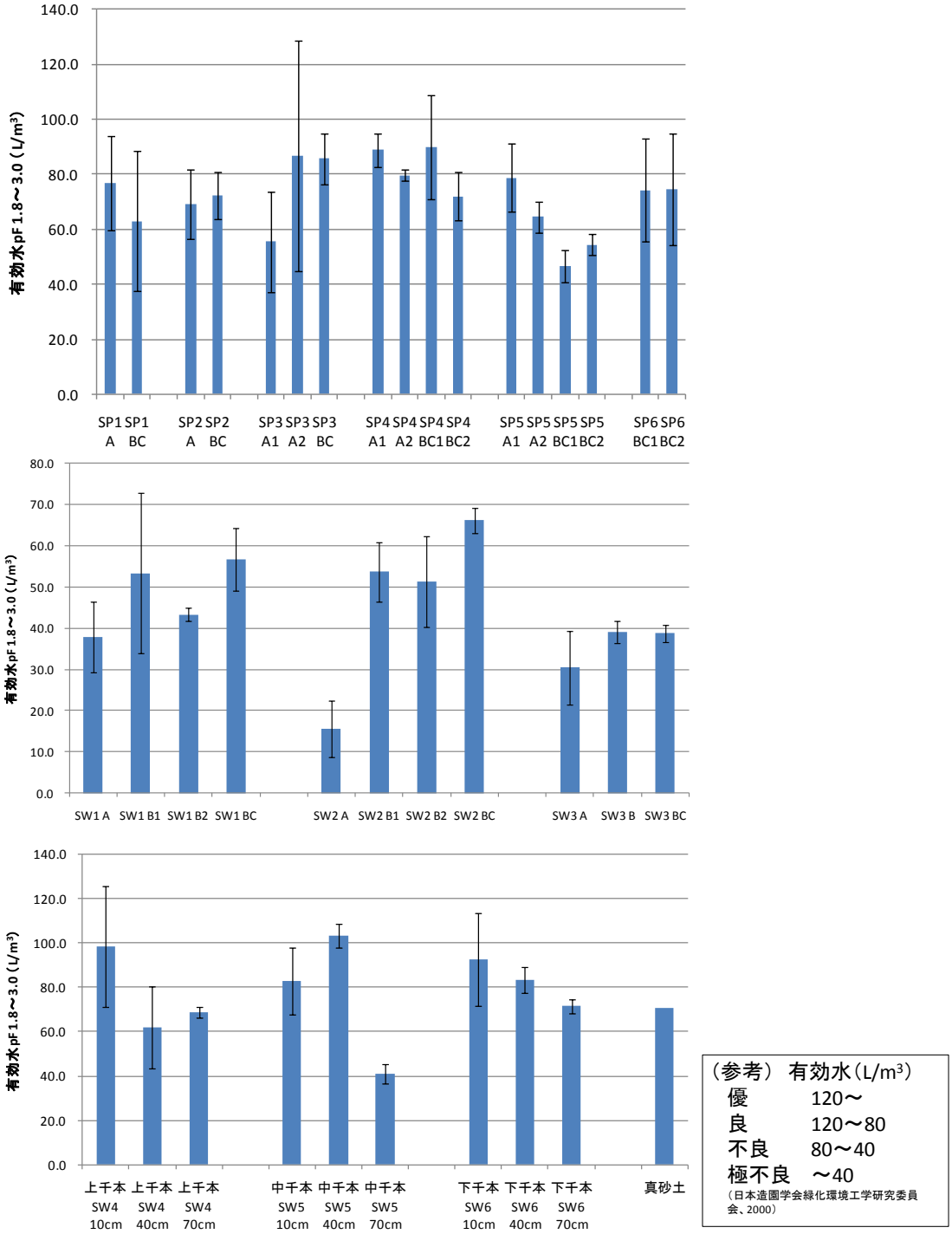


図 3-29　土壌の有効水（pF1.8～3.0、平均値±SD、各 3 サンプル）（未発表データ）

（上）土壌断面調査地点（SP1～SP6）

（中）土壌水分計設置地点（SW1～SW3）

（下）土壌水分計設置地点（SW4～SW6）、及び真砂土（参考）

3.3.4. 土壌水分変動

2009 年に中千本地区の SW1～SW3 において土壌水分の変動を観測した結果、夏（8 月～9 月）に晴天が続くと、永久しおれ点とされる pF4.2 よりも土壌が乾燥し、ヤマザクラの生育に悪影響を与えるレベルまで土壌水分が低下することがわかった（図 3-30）。

さらに、南向き斜面である SW3 では、北向き斜面である SW1 や SW2 と異なり、初夏（5 月下旬～6 月頃）であっても、晴天が続いた場合には、同様にヤマザクラの生育に悪影響を与えるレベルまで土壌水分が低下していた（図 3-30）。また、SW3 では、夏期の極端な乾燥の持続期間（pF4.2 よりも乾燥した状態の期間）が SW1 や SW2 よりも長かった。2009 年の場合、SW3 では土壌の深さ 10cm、40cm、70cm のすべてで、pF4.2 よりも土壌が乾燥した状態にあった日数は、5 月 10 日～11 月 28 日の間にのべ 70 日間を超えており、土壌の乾燥が、ヤマザクラの生育に悪影響を与えている可能性が明らかとなった。

写真 3-13　土壌水分変動の測定

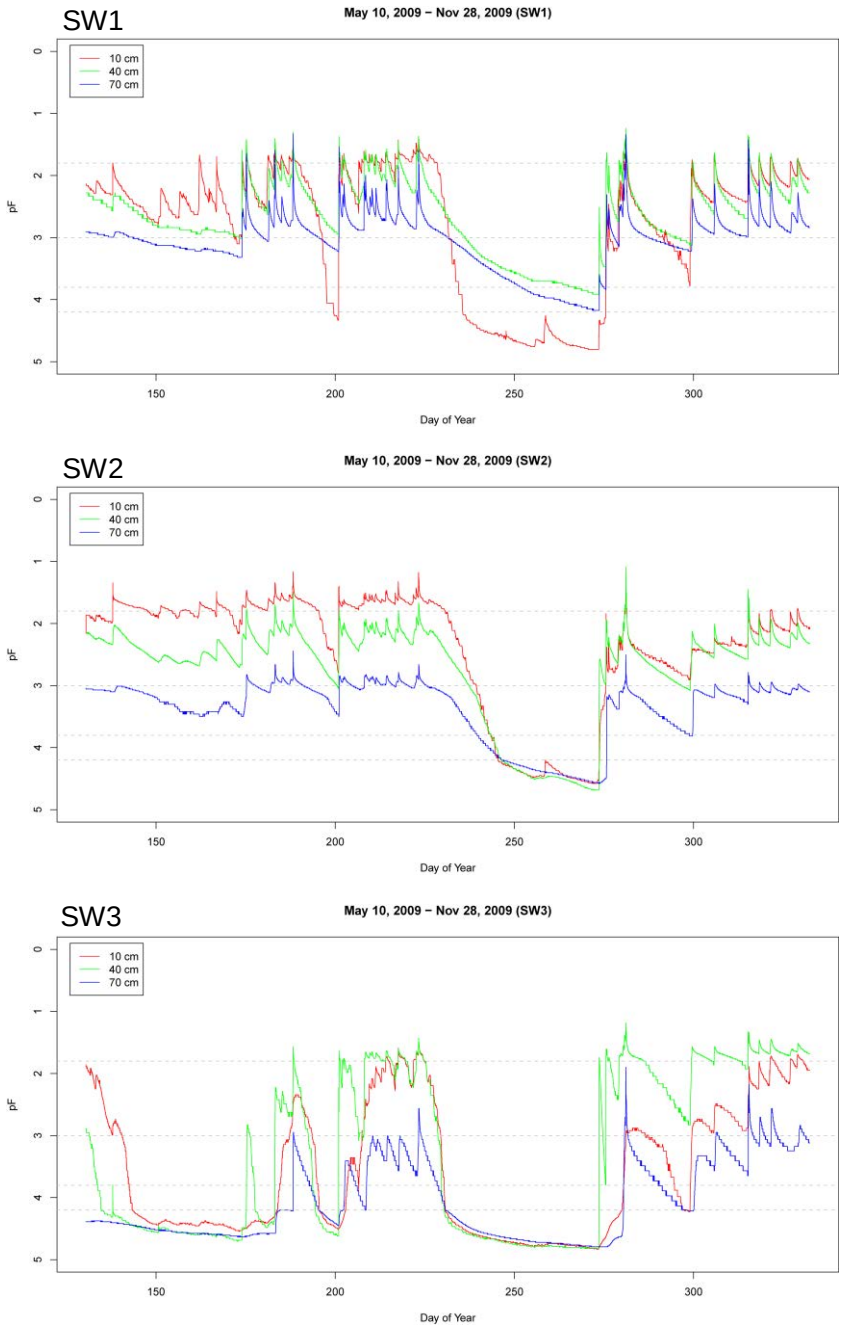


図 3-30　SW1、SW2、SW3 における 2009 年 5 月 10 日～11 月 28 日の土壌水分量（pF）の変動の様子（未発表データ）

赤：土壌深 10cm、緑：40cm、青：70cm における土壌水分量の変動を表す

※　土壌水分量（pF）のグラフの見方：横軸は 1 月 1 日からの日数（150 は 5 月 30 日、200 は 7 月 19 日、250 は 9 月 7 日、300 は 10 月 27 日）を表す。縦軸は土壌水分量（pF）である。pF は圧力水頭（H_2O cm）の常用対数である。pF が大きいほど乾燥した状態であることを表す。pF1.8（または 1.7）は圃場容水量、pF3.0 は毛管連絡切断含水量、pF3.8 は初期しおれ点、pF4.2 は永久しおれ点として知られる。

3.3.5. 土壌水分の鉛直方向の分布及び基岩層までの深さ

2010 年 8 月 16 日に地点 W1～W12 において土壌水分計付貫入計（CPMP、Kosugi ら 2009）によって、土壌水分の鉛直方向の分布について測定を行った。測定は基岩層の上端を定義するため Nc'値 100 を超えたところで打ち切りとした。

W1～W12 までの土壌水分の鉛直方向の分布は、深さによってばらつきがあったが、南向き斜面の尾根部から谷部にかけて測線をとった W8～W12 では、北向き斜面の尾根部から谷部にかけて測線をとった W1～W7 よりも、体積含水率が低い傾向が見られた（図 3-31、32）。この結果は、2009 年に測定した南向き斜面と北向き斜面の土壌水分変動の結果（図 3-30）とも一致する。根系分布の調査により、ヤマザクラの大部分の根が侵入する深さは表層 50 cm までのことが多く、ヤマザクラの根は Nc'値 14.9（S 値 0.7、吉松ら（2002）による換算）よりも硬い土壌には侵入しにくいことがわかっているので、Nc'値 100 に達するまでの深さの土壌（風化基岩層）にヤマザクラの根が分布するわけではないが、土壌水分の供給源となる可能性のある下層を見ても、北向き斜面よりも南向き斜面の方が乾燥していることが明らかとなった。

また、Nc'値 100 で定義される基岩層までの深さは、北向き斜面、南向き斜面ともに同様の傾向を示し、尾根部（W1 や W8）では約 70 cm と浅いが、斜面上部から中腹（W2～4、W9、W10）は約 220～250 cm と深くなり、斜面下部（W5、W6、W11、W12）になると約 110～50 cm と再び浅くなっていた（図 3-31、32）。谷部（W7）では基岩層までの深さは約 10 cm で、すぐ下は基岩層という状態であった（図 3-31）。

写真 3-14　土壌水分計付貫入計による測定

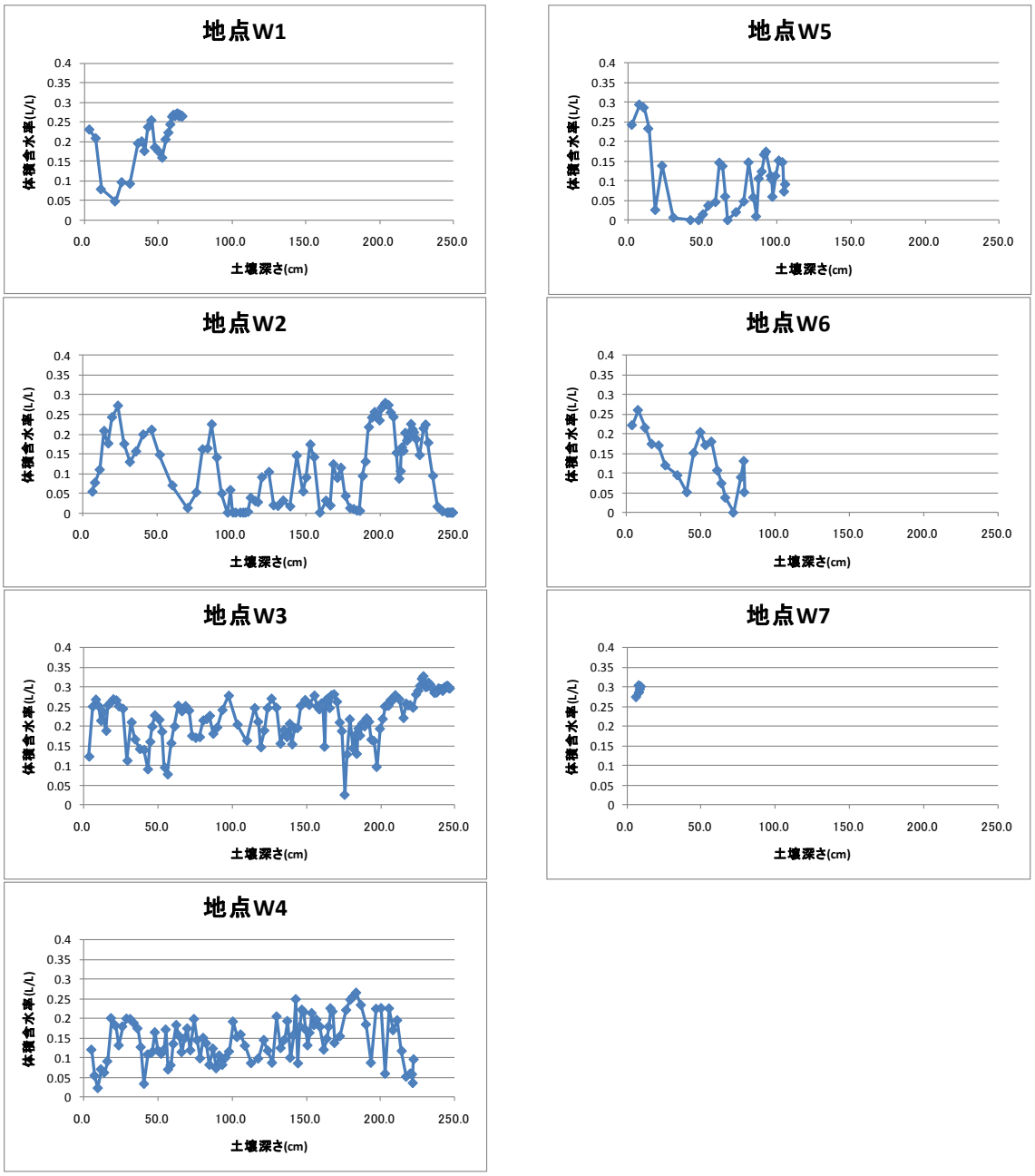


図 3-31　土壌水分計付貫入計による土壌水分（体積含水率）の鉛直方向の分布（地点 W1～W7）

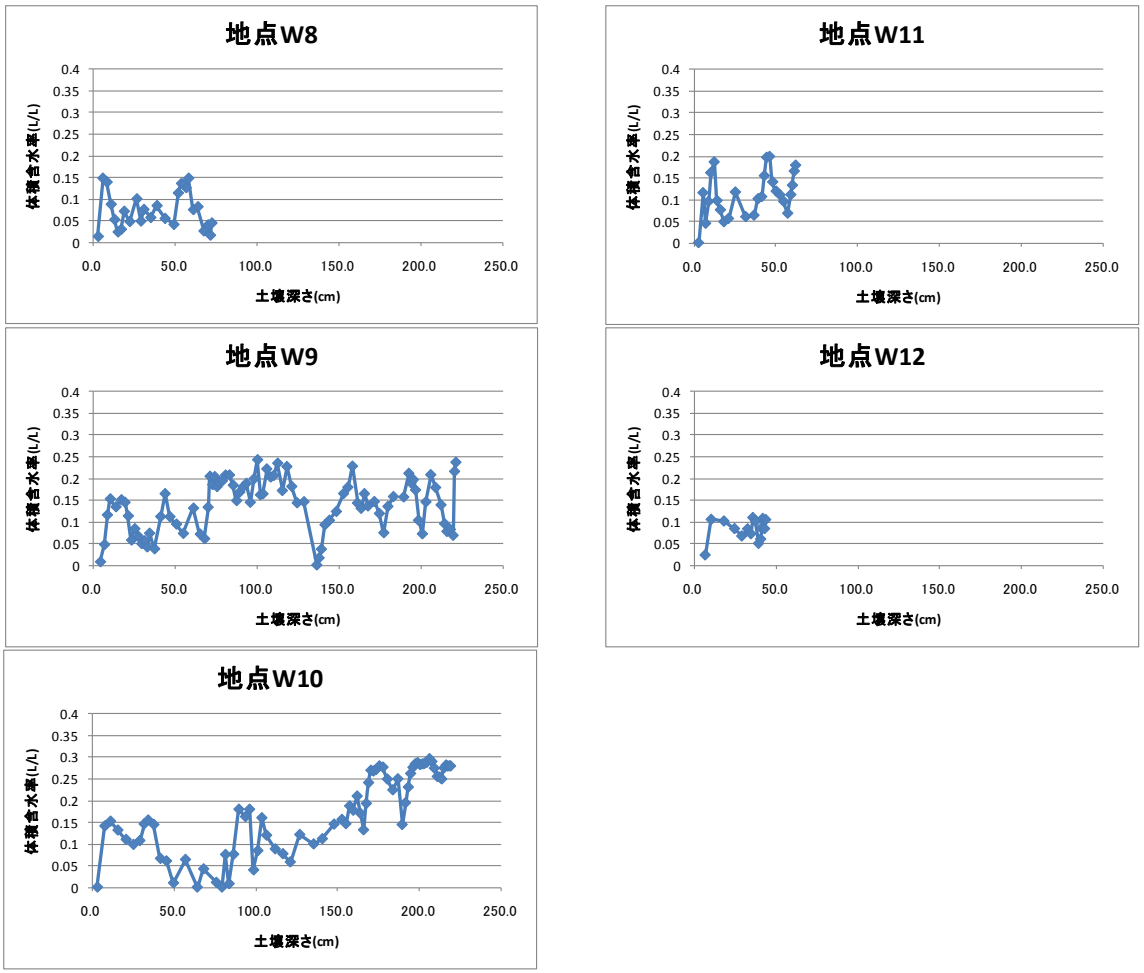


図 3-32　土壌水分計付貫入計による土壌水分（体積含水率）の鉛直方向の分布（地点 W8～W12）

3.3.6. 地形の影響

地形（斜面方位や傾斜角）によって規定される日射量や水の集まりやすさが、ヤマザクラの生育不良と関連しているのかどうかを、奈良県の調査データ（吉野山「サクラ」対策検討委員会 1995）を利用して、樹齢クラス、日射量、地形湿潤指数を説明変数とした統計モデルにより解析した結果、樹齢クラスと日射量が統計的に有意であった。日射量が多い地点ではヤマザクラの生育が不良である傾向が見られた（図 3-33）。また、日射量が少ない斜面ではヤマザクラの生育はやや不良である傾向が見られた（図 3-33）。ヤマザクラなどのサクラは陽樹であり、一般的には日当たりのよい場所が生育に適しているとされている（例えば、秋山（2003）、鶴田（2006））が、吉野山では日当たりのよい斜面がヤマザクラの生育に適しているとは一概に言えないことが明らかとなった。この結果は、調査地点の土壌の保水性が不良な傾向にあったことによって説明が可能であると考えられる。

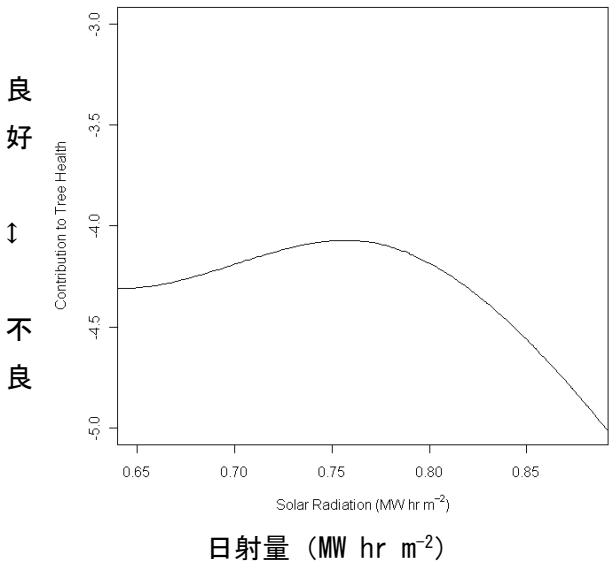


図 3-33　ヤマザクラの生育状態の良～不良と日射量の関係（未発表データ）

3.3.7. 土壌化学性

地点 SP1～SP6 の土壌の pH（H_2O）は概ね 4.5～5.0 程度であった（図 3-34）。日本の褐色森林土壌の pH は 4.5～5.5 に入る場合が多い（河田 1982）ことから、ほとんどの調査地点の土壌の pH は標準的な値であると言える。また、日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）の緑化事業における植栽基盤整備マニュアルでは、pH（H_2O）5.6～6.8 は優、4.5～5.6 または 6.8～8.0 は良、3.5～4.5 または 8.0～9.5 は不良、3.5>または 9.5< は極不良と区分されていることから、吉野山の調査地点の土壌の pH は優～良であると評価することができる。

地点 SP1～SP6 の陽イオン交換容量（CEC）は、約 15～約 35 $cmol_c\ kg^{-1}$ であった（図 3-35）。奈良県吉野郡天川村毛敷谷のスギ・ヒノキ林の褐色森林土の表層の CEC は 25.5 $cmol_c\ kg^{-1}$、次層は 18.5 $cmol_c\ kg^{-1}$、全国の褐色森林土の表層の CEC の平均値は 30.4±5.0 $cmol_c\ kg^{-1}$（95%信頼区間）、次層は 22.2±4.4 $cmol_c\ kg^{-1}$（95%信頼区間）であった（環境庁酸性雨研究センター 1999）ことから、調査地点の土壌の CEC は概ね標準的な値を示していると言える。また、日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）の緑化事業における植栽基盤整備マニュアルでは、CEC 20<は優、20～6 は良、6>は不良と区分されていることから、吉野山の調査地点の土壌の CEC は優～良であると評価することができる。

地点 SP1～SP6 の炭素含有率と窒素含有率は、河田（1982）の日本の森林土壌の目安（表 3-4）と比較して、値のやや低い地点・層位も見られたが、全体的には標準的な値であったと言える（表 3-3）。調査地点の A 層の C/N 比も、河田（1982）の日本の森林土壌の目安（表 3-4）と比較して、値のやや低い地点・層位も見られたが、全体的には標準的な値であったと言える（表 3-3）。また、調査地点の BC 層の C/N 比も、土壌中の無機態窒素が分解微生物によって固定（有機化）されて植物に利用されにくくなる現象である窒素飢餓を引き起こすとされる約 30（高橋 2007）よりも小さな値であり（表 3-3）、問題のない値と考えることができる。

なお、測定方法は異なるが、2010 年の五郎平茶屋の試料では CEC が低かったことや、アルミニウムイオンが他のイオンよりも高い割合で溶出していたことから窒素飽和状態の可能性も指摘されているため、土壌化学性については今後も検討が必要と考えられる。

（本項の詳細は、付録　L. 土壌化学性 を参照）

（2010 年の五郎平茶屋における土壌化学性の結果は、棚橋ら（2011）、篠原ら（2011）を参照）

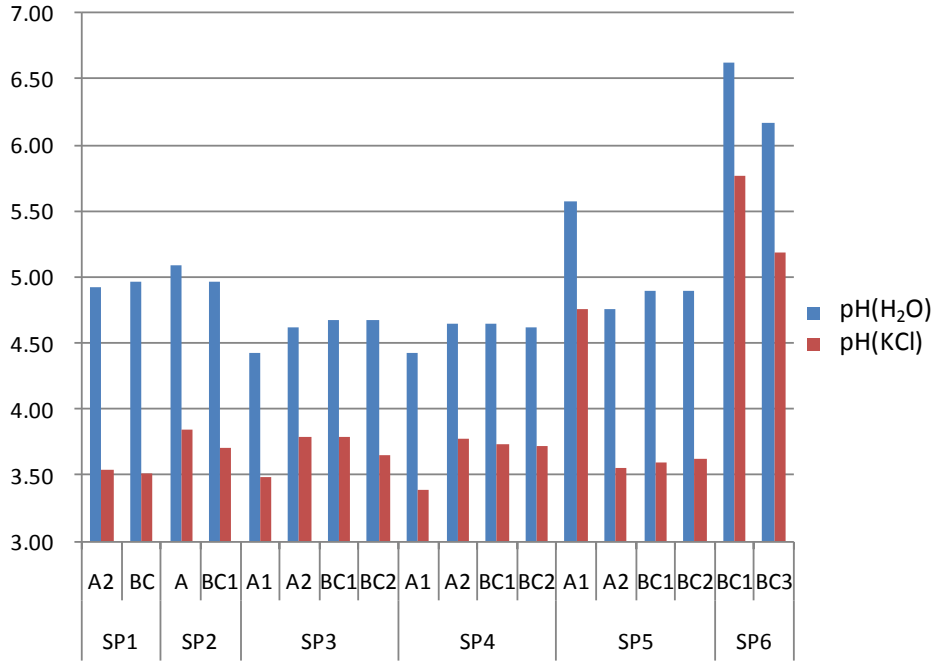


図 3-34　地点 SP1～SP6 の pH（H_2O）及び pH（KCl）
ガラス電極法による測定結果

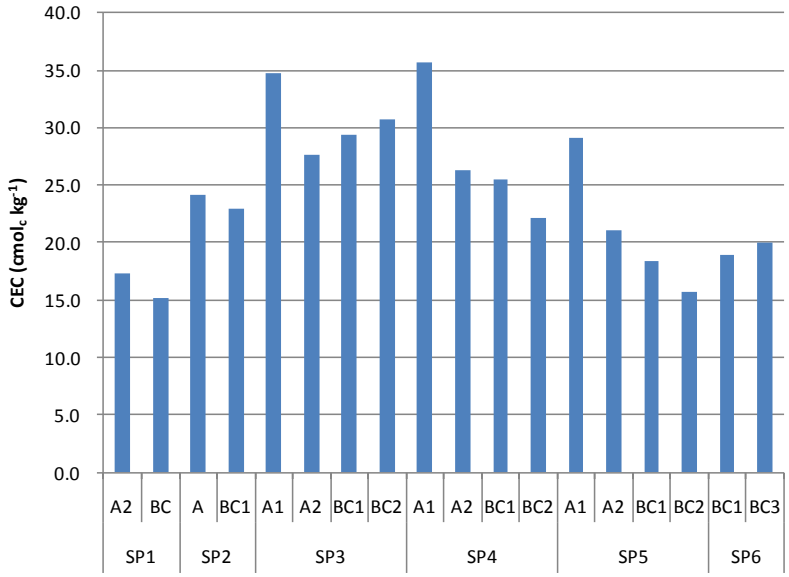


図 3-35　地点 SP1～SP6 の陽イオン交換容量（$cmol_c\ kg^{-1}$）
酢酸アンモニウム浸出法による測定結果

表 3-3　地点 SP1～SP6 の炭素含有率、窒素含有率及び C/N 比

地点	層位	炭素含有率 (%)	窒素含有率 (%)	C/N 比
SP1	A2	1.62	0.19	8.3
	BC	0.84	0.12	7.2
SP2	A	2.60	0.29	8.9
	BC1	1.67	0.19	8.7
SP3	A1	8.41	0.61	13.7
	A2	4.02	0.27	14.7
	BC1	1.64	0.14	11.8
	BC2	0.74	0.08	8.9
SP4	A1	6.35	0.47	13.5
	A2	3.03	0.20	15.3
	BC1	0.92	0.08	11.1
	BC2	0.57	0.06	9.2
SP5	A1	5.52	0.52	10.7
	A2	2.32	0.25	9.2
	BC1	1.45	0.16	8.9
	BC2	1.06	0.13	8.4
SP6	BC1	2.42	0.28	8.8
	BC3	1.42	0.18	7.7

乾式燃焼法による測定結果

表 3-4　日本の森林土壌の窒素含有率と炭素含有率、C/N 比の目安（河田（1982）より作成）

層位	炭素含有率 (%)	窒素含有率 (%)	C/N 比
L	47～55	0.4～1.6	
F	35～45	1.0～1.5	30～40
H	25～35	1.0～1.5	20～30
A	4～15	0.3～1.0	12～30
B	1～6	0.1～0.5	

L、F、H 層の値は参考のため掲載した

3.4 ナラタケ属菌について

3.4.1 ナラタケ属子実体の発生

ナラタケ属子実体の種は、形態的特徴と rDNA の ITS 領域のシークエンスにより同定した。ナラタケモドキ子実体は、調査区 P2 を含む 8,600 m^2 の五郎平茶屋斜面下部の調査区（五下調査区とする）の 22 個の切株の地際またはその周辺からと、5 個体の生育良好木周辺を含む 89 ヶ所の地上部からの計 111 ヶ所から発生した（写真 3-15）。2010 年にはナラタケが 4 個の切株地際から発生した（写真 3-16）。2008 年～2010 年において五下調査区の切株総数に対するナラタケモドキ子実体発生切株の比率は 21.6 %、ナラタケ子実体発生切株の比率は 3.9 %であり、両菌を合わせると全切株のうちの 25.5 %にナラタケ属子実体が発生していた。五下調査区ではナラタケモドキはおもに北東から北北西斜面に集中分布し、ナラタケは東斜面に分布していた。土壌環境や微気象にもとづく「棲み分け」とも考えられる。

推定枯死年が 2000 年から 2010 年 7 月までの切株に限って分析すると、枯死木の 45.5 %からナラタケ属子実体が発生し、この 10 年間のヤマザクラの枯損にナラタケ属菌の感染が強く関与していることが示唆された。実際に、伐倒時期の明確な 2005 年の 3 本と、2007 年の 4 本の枯死木（切株）のすべてから、2008 年～2010 年にナラタケモドキ子実体が発生した。これらのヤマザクラは、枯死した時点ですでに根系の大部分や樹幹地際部分がナラタケモドキに腐朽分解されていたと推定される。換言すれば、2004 年以降のヤマザクラの樹勢衰退や枯損には、ナラタケモドキの根系への感染と地際部の腐朽分解の進行がもっとも大きな要因になっていたことが推定される。

切株全体の分布とナラタケモドキ子実体発生切株の分布は一致していなかったが、ナラタケモドキ子実体の発生地は明らかな集中分布を示した。五郎平茶屋周辺地域の一部は局所的にナラタケ属菌の多発地帯であることは明白である。五郎平茶屋周辺は他の調査区と比べ空缶・空瓶・プラスチック等のゴミの集積が際立って多く、また、過去の土壌のかく乱の痕跡がある。これらの土壌かく乱がナラタケ属菌の繁殖を助長してきた可能性が推察された。

写真 3-15　ヤマザクラの切株から発生したナラタケモドキ子実体（左）と生育良好なヤマザクラ生立木の周辺地上から発生したナラタケモドキ子実体（右）

写真 3-16　ヤマザクラの切株から発生したナラタケ子実体

3.4.2 ナラタケ属菌の水平分布

1）調査区 P1～P4 のナラタケ属菌の水平分布

調査区 P1～P4 の標識杭周辺の土壌を 4 mm メッシュの篩で篩い分けてヤマザクラの根系を採取した。これらの根系を微弱発光計数装置（浜松ホトニクス製、9692-02）（写真 3-17）で発光量を計測し、360 counts/sec 以上を発光菌糸体とした。なお、調査区内の 10 種の野生きのこの子実体を発生する基質部分（菌糸体）と、7 種の食用きのこの培養菌糸体の微弱発光を計測し、ナラタケ属菌の発光量と比較したが、ウズラタケの 150 counts/sec 以外は発光を示さなかったため、土壌サンプル中の 360 counts/sec 以上の発光性を有する根系はナラタケ属菌感染根とした。

微弱発光を示す根系は、調査区 P1 では斜面下部の 7 ヶ所、調査区 P2 ではおもに北東－北斜面の 8 ヶ所、調査区 P3 では斜面下部の 1 ヶ所、調査区 P4 では斜面下部の 3 ヶ所から検出された（図 3-36）。これらの発光菌糸体を有する根系の存在は、ナラタケ属菌の存在を示すものと考えられる。ナラタケモドキ子実体が発生したのは調査区 P2 のみで、調査区 P1、P3、P4 からは発生していない。この結果から、調査区 P2 はナラタケモドキの生息密度がきわめて高いことが予測された。

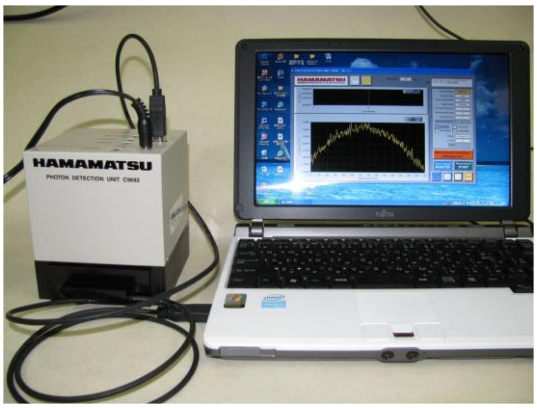


写真 3-17　微弱発光計数装置

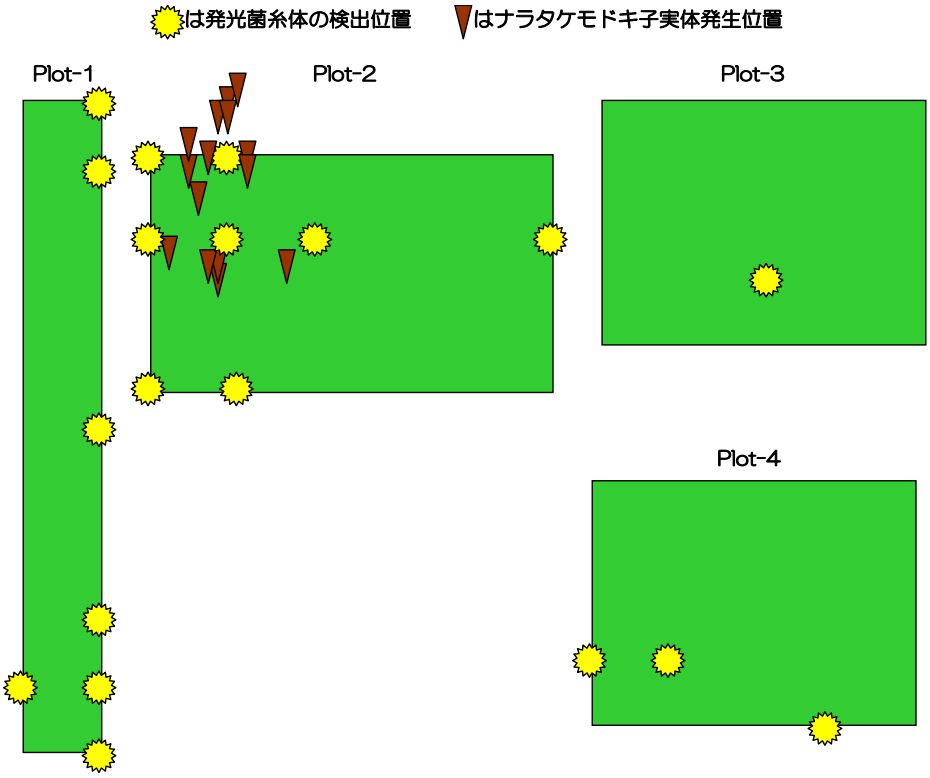


図 3-36　調査区 P1～P4 のナラタケ属菌の水平分布
（図は上が概ね北向きとなるように表した）

2) 五郎平茶屋斜面下部調査区（五下調査区）のナラタケ属菌の水平分布

ナラタケ属菌の生息密度がきわめて高いと予測された調査区 P2 を含む五下調査区（8,600 m^2）のナラタケ属菌の水平分布を詳細に調べた。標識杭周辺を含む調査区内の57ヶ所の地下5〜20 cm の土壌を篩い分けてヤマザクラの根系を採取した。これらの根系のほか、地上部にナラタケ属子実体が発生した個所の土壌から採取した根系や、切株の師部・形成層に形成された菌糸体マットの発光量を微弱発光計数装置で計測し、360 counts/sec 以上を発光菌糸体とした。切株や根の師部・形成層に形成された菌糸体マットが暗黒下で発光を目視確認できる場合もナラタケ属菌感染切株とみなした（写真 3-18）。

57 ヶ所の土壌サンプルのうち、強い発光を示すナラタケ属菌感染根系（図 3-37）や菌糸体マットが 29 ヶ所から得られた。土壌から採取された発光菌糸体のほとんどと、地際または周辺からナラタケモドキが発生する5本の生育良好木のすべてはナラタケモドキ子実体発生の集中分布域に包含されていた。供試サンプルのうち 26 ヶ所の根系がナラタケ属菌と確認できる強い発光を示した。すべてのナラタケ属子実体および発光菌糸体の水平分布を図 3-38 に示す。微弱発光計数装置によって、地上に発生するナラタケ属子実体の位置を確認することなく、土壌中の微弱発光性の根系を採取することで、ナラタケ属菌の群集構造を把握することが可能となった（山中ら 2009、山中ら 2011）。

以上の結果から、五下調査区は広い範囲にわたってナラタケ属菌が生息していることが明らかになった。また、ナラタケ属菌がヤマザクラ個体間で地下感染することによって集中分布域を拡げてきたことが推定される。さらに、見かけは生育良好な生立木でもすでに根系がナラタケ属菌に感染しており、樹勢が衰退して枯死にいたるヤマザクラ枯損個体が今後増加する可能性が危惧される。

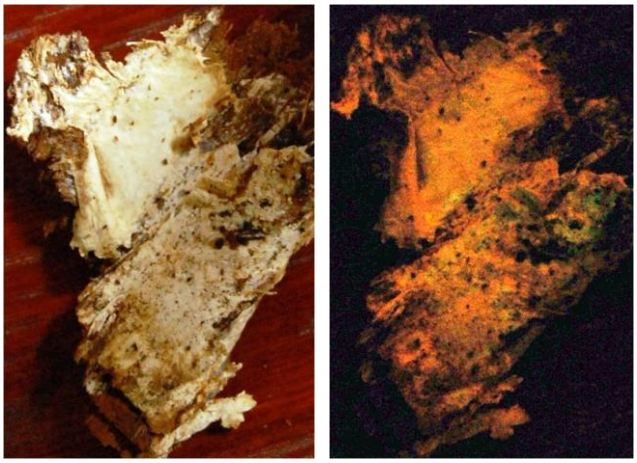


写真 3-18　ナラタケモドキ菌糸体マットの暗黒下における発光（右）

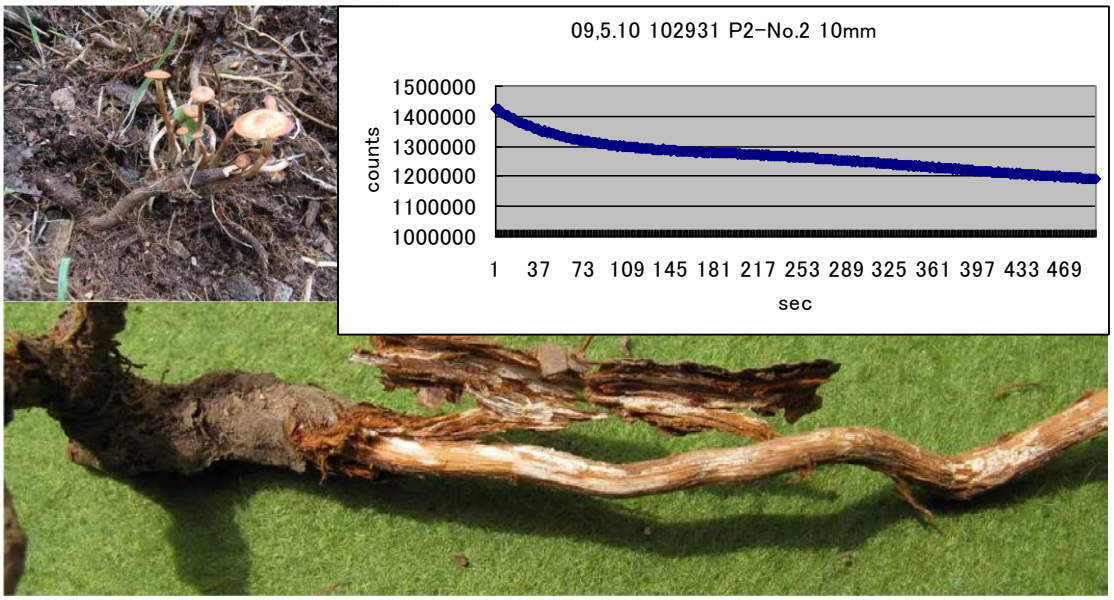


図 3-37　ナラタケモドキが感染した根系と微弱発光数値

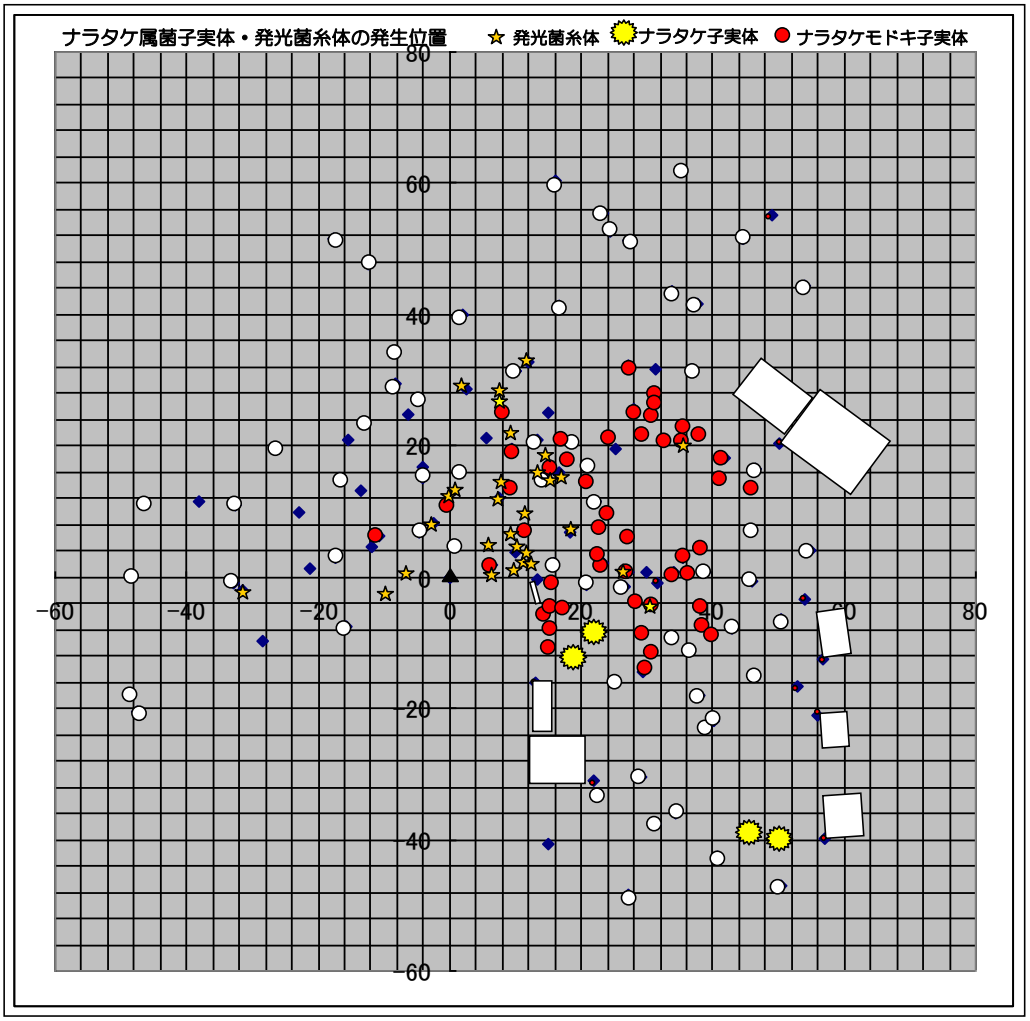


図 3-38　調査区 P2、P6 およびその周辺のナラタケ属子実体と発光菌糸体の水平分布

3.4.3 ナラタケモドキ感染個体の根系

多数のナラタケモドキ子実体の発生が見られた調査区 P2 のヤマザクラ個体 B700 の根系のうち、東側の 5 本の太根の先端部分の根系は途中でなくなっており、その先からナラタケモドキが発生していた（写真 3-19）。地上へ出た太根からもナラタケモドキが発生し、二次師部・形成層にはナラタケモドキの菌糸体が繁殖しており、形成層の生理活性はなくなっていた。個体 B673 の太い根系もナラタケモドキ子実体が発生し生理活性はなかった。これらの 2 個体は見かけ上は生育良好であった。生育良好に見える個体であっても根系へのナラタケ属菌の感染と、これにもとづく腐朽分解が常態化しているものと思われる。

写真 3-19　ヤマザクラ根系から発生するナラタケモドキ子実体

3.4.4 ナラタケ属菌の感染によるヤマザクラ樹勢衰退および枯損のメカニズム

ナラタケ属菌は最終的にはヤマザクラなどの樹木を攻撃して枯死させる病原菌とされているが、一次攻撃性微生物ではなく二次的作用生物（secondary-action organisms）または日和見感染菌（opportunists）と位置づけられてきた（Wargo 1981）。すなわちナラタケ属菌糸体はなんらかのストレスを受けて弱った樹木の細根系、あるいは土壌環境の悪化や不適合によるストレスを受けた細根系に感染し腐朽分解を開始する。

一般に、ならたけ病やならたけもどき病は、土壌の排水不良による滞水が原因で、根の酸素不足による壊死を引き起し、ナラタケ属菌糸体の侵入を許すとされている（鈴木 1999）。しかし、吉野山の五郎平茶屋斜面下部調査区（五下調査区）の土壌は概して透水性はよく、ナラタケモドキの集中分布域には土壌の滞水地帯はなかった。吉野山では酸素不足による根系の壊死とは別の要因によって細根が衰退していることがナラタケ属菌の感染を容易にしているものと考えられる。

健全な細根（写真 3-20 左）に比べて、衰退した細根は白根がなくなり根端が壊死し、褐色ないし黒褐色となる（写真 3-20 右）。細根の壊死は *Pseudomonas* 属などのバクテリアによるものと考えられ、抵抗性を失った細根はナラタケ属菌の侵入を許す。微小動物による細根の摂食（物理的傷害）もナラタケ属菌の侵入を可能にする。ナラタケ属菌は分解しやすい表皮細胞を分解し、二次師部が形成されると二次師部や形成層を分解する。ナラタケ属菌が二次師部や形成層を分解すると蒸散流の上昇が阻害され、根系は生理活性を失ってゆく。生理活性が失活し病原菌抵抗性のなくなった細根をナラタケ属菌はさらに腐朽分解し、この繰り返しが根系の上方までおよび、より太い根の二次師部と形成層細胞を分解して菌糸体マットを形成する。しかし、ナラタケ属菌に感染したからといってただちに樹勢が衰退するわけではない。病原菌抵抗性がある健全な根系であれば、没食子酸などの有機酸やポリフェノールを形成してナラタケ属菌の侵入を阻止し、一方で新しく側根を再生すればあらたな細根が形成される。多量の細根を再生できるか否かはひとえに樹体の活力による。

被害が進行すると太根や樹幹地際の二次師部と形成層に、ナラタケ属菌特有の扇状菌糸体マット（fungal mat, fan like mycelium, mycelial fan）が形成される（写真 3-21）。全周囲の二次師部に菌糸体マットが形成された太根が全体の半数以上におよぶと、ヤマザクラ個体には葉量減少や早期落葉、さらには萎凋などの症状が現われる。樹幹地際の過半の周囲に菌糸体マットが形成された個体では 1～3 年以内に枯死することが多い。ナラタケ属菌は土壌中に常在する担子菌で、樹体が衰退して細根系の生理活性が低下すると根系を攻撃する二次作用生物（日和見感染菌）であるが、土壌中のナラタケ属菌糸体密度が高いと健全な根系であっても接触感染の可能性が高くなる。後述するように生物防除によりナラタケ属菌の絶対的な密度を低減するのも有効である。

吉野山のヤマザクラは献木のための植樹の歴史から密植となっており、樹冠競合が激しく樹冠は概して小さく、そのわりに樹高は高くなる傾向がある。このため根系の樹間競合

も激しいものと推定され、根系は樹体の大きさのわりには未発達であることが推測される。根系の発達は枝葉の発達と相補的に関連する。未発達で貧弱な根系は、高温・乾燥・多雨などの気象変化の影響ばかりでなく、土壌環境の影響を受けやすく、条件によっては恒常的にあるいは短期的に細根が弱体化する。

根系とりわけ健全な細根の発達は土壌環境と密接に関連している。一般に担子菌の栄養生長（菌糸体生長）に窒素源は必須であるが、とくに有機態窒素源は無機態窒素源より格段に有効である。ホンシメジの栄養生長ではカザミノ酸、ペプトン、酵母エキス、カシトン、アミノ酸混合物など有機態窒素源が無機態窒素源よりも明らかに有効で、至適窒素濃度は 0.01～0.03 %であった（山中ら 1998）。無機態窒素源では硝酸アンモニウムが最も菌糸体生長に有効であった。五下調査区は吉野山のなかでももっともナラタケ属子実体の発生が多いと考えられ、ナラタケ属菌の集中分布域を形成しているが、五下調査区の土壌は有機態窒素に富み、硝酸イオン量も高い箇所も見られる（棚橋ら 2011、篠原ら 2011）ことから、ナラタケ属菌の菌糸体生長には適した状態になっている可能性がある。

写真 3-20　健全な細根系（左）と衰退した細根系（右）

写真 3-21　ヤマザクラ地際部の二次師部に形成された菌糸体マット

3.4.5 ナラタケ属菌感染の防除対策

既述したように、五郎平茶屋斜面下部調査区ではナラタケ属菌によると見なされるヤマザクラの枯損が多発してきており、ナラタケ属菌による被害が今後増大する可能性がある。すでに生育良好に見えた複数のヤマザクラ個体の根系からナラタケモドキ子実体が発生している（写真 3-22）。このまま放置しておくと被害量と被害域が拡大し、将来、深刻な問題に直面することになる。吉野山のように広域にヤマザクラが植栽されているところのナラタケ属菌の防除を考えると、感染個体の根株の掘り取りや土壌の入替え、さらには土壌消毒などの防除方法は現実的とはいえない。現在の土壌環境とナラタケ属菌糸体の存在を是認したうえで防除方法を考えるならば、ナラタケ属菌やバクテリアなどの微生物の攻撃に抵抗しうる活力あるヤマザクラを植栽し、健全に育成することが防除対策の根幹になる。

■ヤマザクラ苗木の養生

植栽用のヤマザクラ苗木は購入苗木に依存することが多い。購入大苗の多くは根回しのためや輸送のために過度に根を切ることが多く、これをナラタケ属菌糸体密度の高い場所に移植すれば、移植時点でナラタケ属菌の攻撃を受ける。今後は吉野山の優良なヤマザクラの母樹を選定し、それから採った種子を吉野山で播種し養生した苗木のみを使用する。できるだけ根切りしない小苗を植え、シカの被害を受けないように防護網を巻いて育成する。

■植栽密度

今後、新たにヤマザクラを植栽するには植栽密度を低く保つために最低でも 8～10 m 間隔を保つ。密植による樹冠競合は枝葉量を減少させ、ひいては根系の拡がりと根量を減少させる。吉野山のヤマザクラの多くは、少ない葉量と少ない根系面積や根量で光合成や蒸散のバランスをかろうじて保っているといえる。そのため地上部と地下部の収支バランスが狂うと枝条の伸長成長が停滞し、根系が衰退して容易にナラタケ属菌の侵入を許すことになる。

■植栽場所

植栽場所はナラタケ属菌が多量に発生する場所をさける。付近にナラタケ属菌の発生場所があるにもかかわらず植栽しなければならない場合は、大き目の穴を掘り土壌を入れ替えて移植する。これまでに新規に開発されたヤマザクラ植栽地においては、いまのところ活着と生育はおおむね良好である。とりわけ斜面中部から上部の新植地での成績はよいようである。日当たりのよい斜面上部のアカマツ林跡地やヒノキ林などは、ナラタケ属菌の繁殖の可能性もほとんどなく、新規植栽地の候補となる。

■土性・土壌改良

水の溜まりやすい土壌は溝を掘って排水をよくする。さらに必要があれば排水性がよく通気性のある材料を用いて土性改良を行う。五郎平茶屋斜面下部調査区のナラタケモドキの集中分布域の形成は、土壌の化学性の影響を受けている可能性がある。施肥などの影響

に加え、調査区内には空瓶、空缶、食器類、衣類、プラスチックゴミ、プラスチックシート、外灯、電線、鉄柱、台所用品、ふとんなどありとあらゆるゴミが散乱または埋め込まれており、土壌の物理性と化学性を変え、ひいてはナラタケ属菌の繁殖に有利な土壌環境を作り出している可能性がないとはいえない。できるだけ速やかに撤去してヤマザクラの成育に適した土壌環境に戻すべきであろう。このことは、ナラタケ属菌糸体が多数検出された調査区 P1 の斜面下部にも同じことがいえる。

■生物防除

トリコデルマ属菌との対峙培養によるナラタケ属菌の死滅（溶菌）過程のモデル実験を試み、ナラタケ属菌に対する生物防除剤としての *Trichoderma viride* の防除効果を *in vitro* で（ガラス器内で）評価した。トリコデルマ属菌との対峙培養開始 18～24 時間後からナラタケ属菌糸体の発光量は急激に減少し始め、対峙培養 78～80 時間後には 50 counts/sec 以下となった（図 3-39）。発光量の減衰経過はトリコデルマ属菌が生産する菌体外酵素によるナラタケ属菌糸体の死滅（溶菌）経過を示し、菌糸体の発光性が消滅したときにナラタケ属菌は完全に死滅したことを示す。この結果からトリコデルマ属菌は対峙培養によって比較的短期にナラタケ属菌を死滅させることが明らかになり、ナラタケ属菌にたいするトリコデルマ属菌の防除効果が確認された。

これまで病原菌に対する拮抗微生物による生物防除の *in vitro* 実験（ガラス器内の実験）、とりわけ対峙培養による検定では、生物防除剤による病原菌の防除効果は、菌糸体生長の抑制率や、対峙反応のランクづけによる数値化などで評価されてきた。しかし、菌糸体に発光性を示すナラタケ属菌にたいする生物防除剤としての拮抗微生物による防除効果を評価するには、微弱発光計数装置による菌糸体の発光量の計測は簡便できわめて有効な手法であることが確認された。今後、吉野山においてもナラタケ属菌の集中生息地の土壌にトリコデルマ属菌分生子のサスペンジョン（懸濁剤）を散布することによって、ナラタケ属菌の生息密度を減少させてヤマザクラ根系への感染を防除することが可能となるであろう。

写真 3-22　生育良好に見える個体の周辺から発生したナラタケモドキ子実体

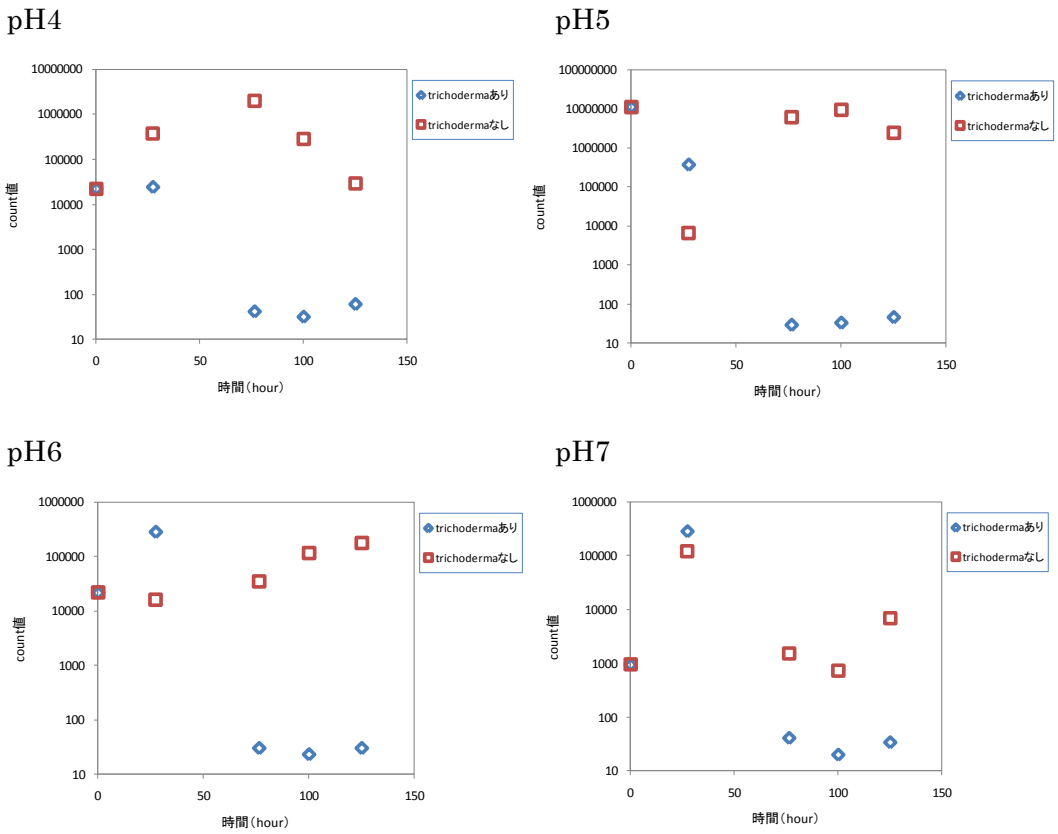


図 3-39　対峙培養によるナラタケモドキの発光量の変化

3.5 ウメノキゴケの着生

吉野山は谷筋を這い登る朝霧の発生が多く、湿度の高い地方であるためにウメノキゴケ類（以下、ウメノキゴケとする）の繁殖しやすい条件にあると考えられ、ヤマザクラの樹幹のみならず枝までウメノキゴケの着生が見られるのが普通である。しかし、五郎平茶屋付近などでは樹幹のみならず梢端近くまでウメノキゴケが着生するヤマザクラが多数存在する（写真 3-23）。ウメノキゴケは裂芽が樹皮に付着して地衣体に成長するが、その成長速度は遅く、年間最大で数 mm で 1 cm を超えることはないといわれる（大村 2008）。すなわち肥大・伸長成長による樹皮表面の伸展（expansion）速度が年間数 mm 以上であれば着生しないことになる。そのためウメノキゴケは肥大成長の悪い樹木の樹幹や、伸長成長の悪い枝に着生することが多いと予想される。吉野山では梢端近くにまでウメノキゴケの繁殖するヤマザクラは、ウメノキゴケ着生の少ない個体に比べて枝条の形状は概して通直性を欠き、枝条の伸長成長量がいちじるしく劣っている傾向が見られる（写真 3-24）。

そこで、ウメノキゴケ着生個体の枝条の成長量を測定し、生育良好とみなされる個体の枝条の成長と比較することにより、ウメノキゴケの着生状況がヤマザクラの生育不良の指標になりうるかどうかを検討した。ウメノキゴケが梢端近くまで著しく着生する個体、梢端近くには着生しない個体など 27 本の調査木を選び、枝条の芽鱗痕間の距離を測定して 4～12 年間の平均伸長成長量（mm）として表し、芽鱗痕上部の枝条直径を測定して 4～12 年間の平均肥大成長率（%）*として表した。

*平均肥大成長率（%）＝[最古年枝の直径÷平均新梢直径（3.068）] ×100 / (枝年数－1)

測定できるかぎりの年数の平均伸長成長量と平均肥大成長率の相関や、ウメノキゴケの着生部位（梢端からの距離）とそれぞれの平均成長量との相関を調べた。

その結果、枝条の伸長成長量には個体間で著しく差があり、11 年で 7.3 cm や 8 年で 4.6 cm のきわめて成長の悪い個体から、2 年で 109 cm や 4 年で 156.3 cm の成長の良好な個体まで大きな変異があった。枝条の肥大成長も 4 年枝で直径 10.9～13.8 mm のものから 11 年枝で直径 4.2～5.2 mm のものまで大きな成長の違いが認められた。

平均肥大成長率と平均伸長成長量はよく相関し、ウメノキゴケが着生する枝条は伸長・肥大成長ともに劣悪なものであることが明らかになった（図 3-40）。ウメノキゴケは平均伸長成長量が約 110 mm 以下、平均肥大成長率が 57 %以下の枝条に着生していた（図 3-40）。平均伸長成長量 40 mm 以下、平均肥大成長率 40 %以下の成長の悪い枝条にはとくにウメノキゴケが着生しやすいといえる。

一方、ウメノキゴケの着生する梢端からの距離は、平均肥大成長率と平均伸長成長量のいずれともよく相関し、枝条の伸長成長・肥大成長の悪いものほど梢端から近いところにウメノキゴケが着生していた。ウメノキゴケが着生した枝条のみで見ると、ウメノキゴケが梢端からおおむね 30 cm 以内に着生している場合、枝条の平均伸長成長量は 40 mm 以下の樹勢の衰退した個体であった（図 3-41）。平均伸長成長が年間にわずか 10 mm 以下の枝条は、梢端から 6～7 cm 以内に、ときに梢端からわずか 1.4～2.0 cm の部分にウメノ

キゴケが着生していた。樹勢の衰退したヤマザクラでは 2～7 年枝にウメノキゴケが着生していた。

以上の結果から、一定の伸長成長量と肥大成長率を超える枝条にはウメノキゴケは着生できず、成長が停滞する枝条にのみウメノキゴケの着生と成長が可能になるものと考えられる。ウメノキゴケの裂芽が枝条に付着しても、枝条表面が地衣体の成長速度を超える速さで伸長成長・肥大成長する場合には着生や成長ができないものと考えられる。

梢端近くにまでおよぶウメノキゴケの異常繁殖は、樹勢の衰退、とりわけ枝条の伸長成長や肥大成長の停滞に起因しており、枝条の著しい生育不良が地衣体の着生を許容したものといえる。したがって枝条の梢端近くのウメノキゴケの着生状況は、ヤマザクラの生育不良の指標となりうることが示唆された。

写真 3-23　個体 B694 の着葉期（左）と落葉期のウメノキゴケの着生状況（右）

写真 3-24　ウメノキゴケが着生していない枝条(左)とウメノキゴケが着生した枝条(右)

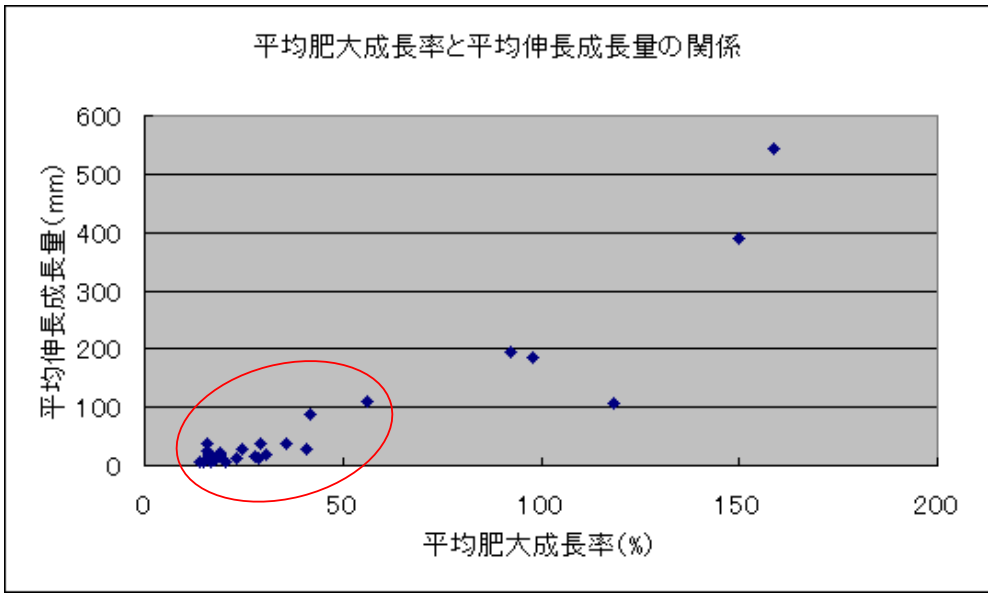


図 3-40　枝条の平均肥大成長率と平均伸長成長量の関係
（赤色の楕円内のサンプル（青色の点）は、ウメノキゴケが着生した枝条であった）

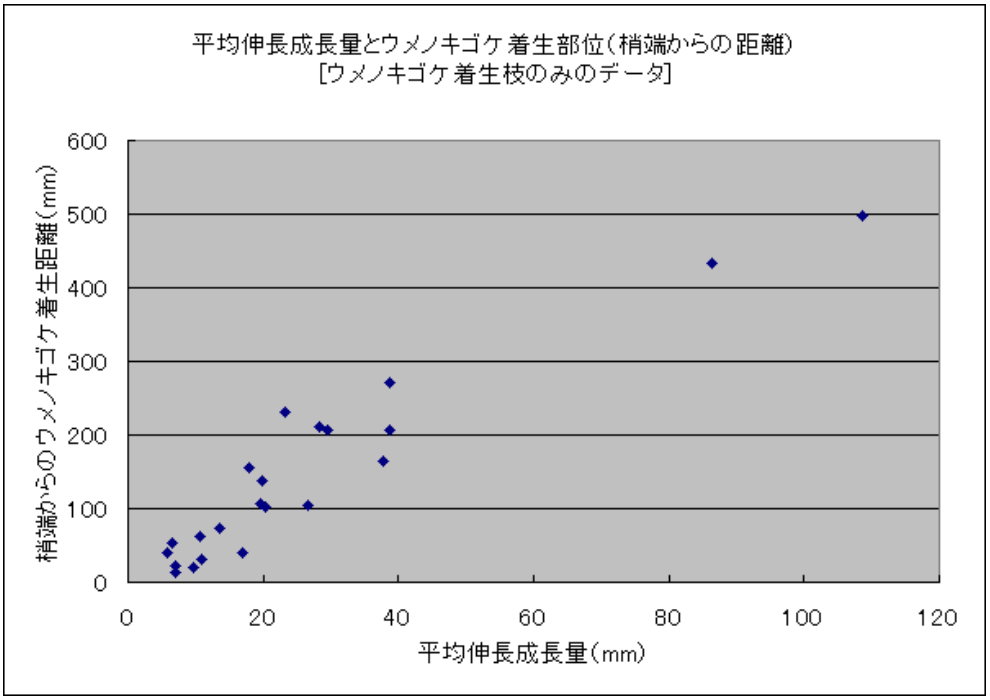


図 3-41　枝条の平均伸長成長量とウメノキゴケ着生部位（梢端からの距離）
（ウメノキゴケ着生枝条のみのデータ）

3.6. 別種あるいは栽培品種の植栽状況

オオヤマザクラ（ベニヤマザクラとも呼ばれる）は、ヤマザクラとは別種であり、本来、吉野山には生育しない種であるが、ヤマザクラの群生地内に、ヤマザクラと間違えて、オオヤマザクラを新しく植えた事例が散見された（写真 3-25）。また、サクラの栽培品種がヤマザクラの群生地内に植栽されている事例も見られた（写真 3-26）。サクラは種間で交雑しやすいという特徴を持っており（大場ら、2007）、吉野山のヤマザクラの遺伝子を保全する上では問題があると考えられる。

写真 3-25　ヤマザクラとは別種のオオヤマザクラが植栽された事例

写真 3-26　サクラの栽培品種（‘松月’）が植栽された事例

3.7. 聴き取り調査の結果と考察

吉野山保勝会からの聴き取り結果 1（抜粋）
2008 年 7 月 18 日

■サクラの植栽管理の履歴について
・現在のサクラの履歴がわかる資料がほとんど残されていない。

■吉野山のサクラの通常の管理
・毎年、施肥（春・秋の 2 回）を行っている。広いため、場所を変えて施肥するので、同じ場所に戻ってくるのは、2～3 年に 1 回となっている。
・以前は、油粕を与えていたが、現在は発酵鶏糞を与えている。
・以前は、木のまわりに深さ 15～20 cm の溝を掘って埋めていたが、今は撒くだけである。
・下草刈り（年 1 回、6・7・8 月～終わらなければ秋まで）を、2 名で毎日行っている。
・ヤドリギの除去を行っている。
・下層木の除去を行っている。

■サクラの植栽方法
・シカ対策として、苗にタケを一緒に立てて植えている。
・吉野山で育った山桜（ヤマザクラを主とする）の苗を植栽している。
・カスミザクラは見分けられないので、混ざっている。

■寄付（土地や苗）
・寄付等でサクラの植栽地の面積は増えている。
・寄付される土地や苗はいただきものであるので、選択できない。

■1998 年（平成 10 年）9 月の台風 7 号の被害
・全部で 460 本のサクラの被害があった。
・五郎平茶屋の調査区 P2 の斜面では約 10 本の倒木があった。
・五郎平茶屋の如意輪寺側の斜面では 20～30 本の倒木があった。

■花山
・以前は畑であったところが雑木林になった。その後、雑木林を開いて、サクラを植えた（場所は調査区 P3 の向こう側）。
・14～15 年前に、雑木林の下の萱の根をとって、地表 30 cm の表土を剥いで、植栽した。
・現在は 30～40 年生ではないか。3 m 高の苗を植えた。
・2001 年 4 月 15 日に、タバコによる山火事があった。

吉野山保勝会からの聴き取り結果 2（抜粋）
2009 年 7 月 13 日

■以前のサクラの植栽や管理について
・昔は尾根にサクラを植えろと言っていた。谷筋は耕作地（水田）にするからであろう。
・平らな所があれば、畑にしていた。
・川沿いは、田んぼであった。
・『さくらんぼ 百年史』に、戦後の燃料不足の時代に薪にするために、乱伐にあい、3 分の 1 にまで減少してしまったと載っている。これは、枝を切ったということだと思う。株からということはない。スギやヒノキの間になってしまったサクラを切ってしまったということはあるだろう。
・昭和 23 年からサクランボ拾い
・昭和 30 年代から、ほとんど植えていない。
・昭和 30 年代は、観光では食べて行けなかった。
・風呂は五右衛門風呂で、田や畑、山はきれいだった。
・昭和 45 年頃から 20 年前までは、S さん（樹木医・管理人・窓口）が 20 年間、奈良県の職員として、職員 1 人で管理をされていた。目についたところだけ手入れしていた。ゴミの掃除などをしながらなので、できることは限られていた。
・昭和 45 年　観光道路整備
・万博以降、観光業が伸びた。銀行も金を貸してくれるようになった。
・昭和 60 年代、20 数年前に、感覚として 20 年後はだめになるのではという感じがあった。
・施肥など公園の管理は、かつては町内会でしていた。管理できない場所は、雑木林になっていった。平成 3 年頃から、お金を集めて保勝会に依頼する形となった。
・県の調査のあった平成 6 年以降から、保勝会が大規模に植え始めた。
・県の調査の後、被圧木、風通し、補植の管理や、新しい植栽地の開発を始めた。
・保勝会で、累計 2500～3000 本は植栽した。場所は、花山や塔尾。
・平成 14 年　サクラの学校　閉校
・民有地は、畑→スギ・ヒノキ植林地へと変わった。畑→サクラは五郎平茶屋だけではないか。
・年に 1 度の肥料やりを、住民（高齢者や女性中心）が関わる場として行っている。下千本→中千本→上千本というように、同じ場所には 3 年で 1 度まわるように行っている。
・昔は油粕をやっていたが、イノシシによる被害があるので、今は鶏糞をつかっている。
・毎年 200 本に、30 人ほどで、肥料を与えている。
・クズを枯らすのはたいへん。切り口に灯油をつけると枯れる。

■吉野山の現状
吉野山の人口　800 人弱
観光業　約 115 軒（専業はこの内 35 軒）

保勝会役員　30 名（商工会、保勝会、観光協会などとメンバーは重複する）
保勝会役員の高齢化が進んでいる（50 代 23 名、40 代 5 名、30 代 5 名）

■苗の生産について
・保勝会では苗を育てることはしていなかった。
・平成 12～13 年頃までは、Y さんが、吉野山で種子を採られて、苗を育てておられたので、それを買っていた。
・Y さんが作られなくなってからは、6 年前から保勝会で、Y さんのところから 1 年生の苗を 500 本買って、それとサクランボから苗を育てる育成園をつくった。

聴き取りの結果、吉野山保勝会で現在行われているサクラの植栽方法や管理の方法が明らかとなった。現在の問題として、保勝会役員の高齢化や、サクラの植栽・管理履歴の記録がないことが挙げられた。現在の懸念事項としては、施肥の仕方、苗の生産の方法などが挙げられた。

なお、その後の聴き取り調査により、苗の生産は、吉野町在住の K 氏が、吉野山で紅い若葉の出る桜を選んで、その根元で種を拾い、圃場で計 3 回の床替えを行って、約 6 年をかけて苗を育てており、その苗が吉野山に植えられていることがわかった。ただし、個人的な苗の生産であり、吉野山で植栽されるサクラの苗のすべてがこのような地元の苗ではないことも明らかとなった。

3.8. サクラの管理方法の検討結果

3.8.1. 吉野山のサクラの生育状態と管理方法

吉野山のヤマザクラはこれまでにも幾たびか衰退の時期があったことが報告されている。今回の調査の目的の1つは、吉野山のサクラの生育状態の概況を把握することである。夏期の 4 ランク活力度評価によれば、調査区 P1～P5 の調査個体の約 30 %が生育不良であり、その原因の 1 つに樹冠の込み合いによる光環境の悪化があげられている。樹冠の込み合っている現場では、光環境の悪化が原因と思われる枝の折損や枯損が多くの個体で観察された。枝の折損や枯損から生じる木材腐朽菌の侵入は樹幹の辺材腐朽や心材腐朽に発展し、樹体を衰退させる。五郎平茶屋斜面下部調査区の切株 102 個のうち 44.1%に心材腐朽が見られたことから、被圧や台風による枝の折損や枯損の放置によって、樹幹下部まで心材腐朽が及んだものが多いことが推測される。

一方、見かけは生育良好であっても、樹幹周辺の根系からナラタケ属の子実体が発生し、樹幹の肥大成長が近年急激に低下している個体が確認された。これらの個体は 3 年間の調査においても、年々葉量が減少し、枯損枝が増加している様子が観察され、樹勢の衰退が明らかに見られる。吉野山ではこれまでにサクラの生育環境の整備のために、競合個体の伐採、ツル類の除去、下草刈りなどが実施され、サクラの樹体の管理のために、枯損枝の切除、ウメノキゴケの除去、テングス病罹病枝の除去、ヤドリギの除去や施肥が行われ、苗木の植栽も行われてきた。

一般的に、サクラの生育に影響をおよぼす要因は、植栽時の苗木の状態、生育密度、土壌、ナラタケ属菌の生息密度、日照など多岐にわたる。サクラの樹勢回復のおもな手法には、土層・土壌改良、腐朽部位の除去、不定根誘導などが知られる。以下、本項 3.8「サクラの管理方法の検討結果」では、サクラの管理方法の 1 つとして、折損・枯損枝の剪定・切除法を中心に検討した結果を記す。

（サクラの樹勢回復のための具体的な管理の方法と作業手順については付録 M. 樹勢回復のための管理方法と作業手順　に記述したので参照されたい。）

3.8.2.　枯死枝の剪定と癒合の検証

折損・枯損枝の剪定法を切除部の癒合状況（カルス形成の状況）によって検討するために、現地において試験を行った。供試個体は塔ノ尾の尾根筋の西向き斜面最上部に生育し、枝枯れの発生している推定 20 年生のヤマザクラである。2010 年 5 月 30 日～6 月 1 日に、すべての枯れ枝を剪定バサミやノコギリで剪定した（写真 3-27）。剪定後に樹木保護資材（商品名「樹木の味方」サン・アクト株式会社製）を塗布した。

剪定後 54 日経過した 7 月 24 日に癒合状況を確認した結果、切口 72 ヶ所のうち 53 ヶ所（約 74%）に癒合組織の形成が認められた（写真 3-28）。剪定 1 年 3 ヵ月後（2011 年 8 月 24 日）の時点で、53 ヶ所のうち 4 ヶ所は完全に癒合し切断面が塞がっていた（写真 3-29）。

また、試験開始より以前に不適切な枝の剪定が行われたため、切断面から腐朽が進行していた枝を再剪定（切り戻し）したところ、剪定 1 年 3 ヶ月後には切断面は完全に癒合した。このことから、放置された不適切な剪定枝を再び適切に剪定することによって、腐朽が樹幹に及ぶことを防止できることが示唆された。また、切断面を樹木保護資材で被覆することは、切断面の形成層の乾燥と害菌の侵入、さらに雨水の浸潤を防ぐことによってカルス形成を促進させ、切断面の材部からの木材腐朽菌の侵入を阻止するため、枝の剪定においては必須の作業であると考えられる。

折損・枯損枝の剪定試験や不適切な剪定枝の再剪定試験の結果から、供試木と同程度の若齢のヤマザクラであれば、適切な剪定によって枝幹腐朽のリスクが軽減されることが示唆された。特に、若齢樹は剪定バサミやノコギリで容易に剪定できる太さの枝が多いため、若齢樹の集団を重点的に管理することにより、若い世代のヤマザクラの腐朽被害を軽減することが期待される。

写真 3-27　折損・枯損枝の剪定（左、右上）と樹木保護資材の塗布（右下）
剪定対象枝を赤く塗って示した。

写真 3-28　剪定直後の切断面（左）と剪定 54 日後の癒合組織の形成の様子（右）

写真 3-29　剪定 1 年 3 ヶ月後に切断面が癒合組織に完全に塞がれた様子

3.8.3　枯損大枝（枯れ下がり）の切除処理

被圧によって枯損した枝や、折損した枝は、木材腐朽菌が侵入し、小枝から下部の太い枝へ徐々に枯れが進行することがある。ここではこの現象を「枯れ下がり」と称す。枯れ下がりが起こると、枝の枯損は枝一本の枯損にとどまらず、大枝や樹幹の枯損へと進展し、樹勢をさらに衰退させる。枯損した枝の腐朽が進行し、主幹が腐朽することを防ぐために、枯れ下がりが見られるヤマザクラの大枝の切除を行った。

供試木（調査区 P1 外の個体 A925）は、途中から幹が 3 つの大枝に分かれており、そのうち 1 本の大枝が枯れ下がっていた（写真 3-30）。外樹皮にひび割れが入っており、先端部は手で触れると崩れ落ちるほど腐朽が進行していた。枯損した大枝の幹との分岐部を切断した。切除した大枝は、長さ 3m、先端部の直径は 20 cm×25 cm で、切断面の直径は 30 cm×40 cm の楕円形であった。大枝の上部には過去に一度切断された形跡が残っていたことから、その切断面から腐朽が下部に進行したと推測される。大枝の上部の枝は全て腐朽分解し欠落していた。先端から 30 cm の位置の樹皮には縦横に細かな裂け目が入っていた。それよりも下は、辺材が腐朽しているところが多く、辺材の腐朽が下方へ進行していた。大枝の切断後、大枝の基部はぼろぼろにひび割れが入っていたため、外樹皮をめくりとった。樹皮下の辺材には穿孔性害虫の孔道が確認された（写真 3-31）。癒合組織の形成を促進するために、十分な生理活性を有する形成層が確認できるまで腐朽部分を削りとり、樹木保護資材を塗布し作業を完了した（写真 3-32）。

今回切除した大枝は、切断された先端部から腐朽が進行したと推定される。このようなケースでは、最初の切断時に適切に処置されていれば、大枝下部の辺材まで至る腐朽も回避されたと考えられる。本事例のように枯れ下がりが見られる大枝を切除することによって、腐朽の進行を止め、大枝や幹の折損や枯損によって、樹体をさらに大きく傷めることを防止できるものと考えられる。

写真 3-30　枯れ下がりの見られる大枝

写真 3-31　枯れ下がった大枝（左）と切断後の状態（中）、腐朽した辺材の削除の様子（右）

写真 3-32　切断後の腐朽部の削り取り（左、中）と樹木保護資材の塗布（右）

3.8.4 樹冠競合を緩和するための管理方法の検討

吉野山では、樹体が枯死してできた空間に苗木を植栽する方法がとられている。しかし、特に林冠が閉鎖していた集団植栽地では、新規植栽木が隣接個体の枝の張り出しによって被圧されているケースが多数見られる。被圧された状態で成長した若木は樹勢が衰退し、隣接個体が枯死した時のスムーズな世代交代が困難となることが予想される。林冠が閉鎖するほどにサクラが成長した集団植栽地では、既存の高木と新規植栽木が共存しながら次第に世代交代が進むような方法を模索する必要がある。

そこで、五郎平茶屋の散策路の近くに生育するヤマザクラ 2 個体を対象に、個体間の枝の競合回避と、植栽空間の確保、樹体の保護、健全枝の発育の 4 点を目的とした管理の方法を検討した。

供試木の中間にヤマザクラの苗木を植栽するという条件のもとで、2 個体の枝や幹の腐朽や傷害、樹冠の競合の状態などを確認し、さらに各枝の葉量のバランスを考慮して、競合枝や枯死枝、腐朽枝、衰退枝を剪定し、樹木保護資材（癒合促進剤）を塗布して切口を保護した（写真 3-33）。

その結果、2 個体間の樹冠競合が緩和され、日照条件が改善され、2 個体間の空間は苗木の新規植栽に適した環境となった（写真 3-34）。また、主として枯損枝や衰退枝が剪定されたことにより、今後は枯損枝の折損が減少し、樹幹への腐朽の進行が抑えられることによって、樹勢の衰退傾向に歯止めがかかることが期待される。

写真 3-33　剪定作業前の樹冠競合の状態

写真 3-34　剪定作業後の樹冠の状態

4. 調査のまとめ

2008年度～2010年度の吉野山のサクラの調査によって､以下のことが明らかとなった。

4.1. 生育不良のヤマザクラに見られる特徴

弾性波樹木画像診断システムによる樹体の腐朽の測定結果からは、樹木下部から上部へ腐朽が進行している事例や、逆に、樹木上部から下部へ腐朽が進行している事例が確認され、さまざまな腐朽進行のパターンが併存している様子が明らかとなった。また、樹木の上部からの腐朽の進行には、枝の枯損箇所が適切に手当てされないことや、道路や電線の維持などにともなう不適切な剪定が、原因となっていることが推察された。腐朽が存在することは、樹木の活力度が低いことと直ちには結びつかないが、ヤマザクラの大木を育成するためには、腐朽させないこと、あるいは腐朽を進行させないことが重要であることも推察された。

生育不良の個体は、生育良好の個体に比べて幹の連年肥大成長量（年輪幅）が明らかに小さかった。

外見上は生育良好であっても、10～20 年間の平均年輪幅の推移から見ると、何らかの原因で樹勢衰退の生じている個体が多数存在することがわかった。また、地上部は生育良好に見えても、ナラタケ属菌が根系に感染して腐朽分解が進んでいる場合があり、太い根系まで腐朽分解が進んでいる事例も見られた。今後、樹勢が衰退して枯死にいたるヤマザクラが増加する可能性が危惧された。

樹液流速度の測定結果からは、生育不良木の樹液流速度は生育良好木よりも遅い傾向があることや、生育不良木は生育良好木よりも早い時期から光合成活動が低下し始める可能性が示された。

4.2. 枯死したヤマザクラに見られる特徴

調査区 P2 において伐倒された枯死木の多くは、枯死前の 3～10 年間の肥大成長量が減少していた。これらのヤマザクラは、マツ枯れのように突然に枯死したのではなく、徐々に衰退して枯死したと考えられた。

枯死の 2～5 年前、ときに 10 数年前から急激な成長の停滞を示すものが見られたが、そのような枯死木の多くは樹幹木部に傷害細胞間道（樹脂道）が何年にもわたって形成されており、枯死木が数年～10 数年前から枯死にいたるまでの間にナラタケ属菌の被害を毎年受けてきたことが示唆された。

五郎平茶屋斜面下部調査区の切株の状態にもとづく推定により、1990 年～2009 年に 1 ha あたりに年平均 5.1 本のヤマザクラが枯死していたこと明らかとなった。ヤマザクラの枯死は、台風被害後にもっとも多かった。切株の心辺材の腐朽形態を見ると、切株 102 個のうちの 44.1 %が心材腐朽を示した。被圧や落雷などによる枝の折損や枯損を原因とする

心材腐朽が、樹幹心材の下部へ進行することによって樹勢が著しく衰退したことが推察された。また、この調査区の 2004 年以降のヤマザクラの樹勢衰退や枯損には、ナラタケモドキの根系への感染と地際部の腐朽分解の進行が大きな要因となっていたことが推察された。

4.3. ヤマザクラの生育状態の評価方法

開花状況の調査結果からは、樹頂部の頂枝における芽（葉芽及び花芽）の数や、葉芽と花芽の比率といった、葉芽の状況も合わせた項目（表 4-1）が、ヤマザクラの活力度を評価するためのよい指標となることを明らかとした。

表 4-1　開花期のヤマザクラの活力度評価

測定項目	評価ランク			
	1	2	3	4
樹頂部の頂枝の芽の数	多い。 12以上	やや多い。 8～11	やや少ない。 5～7	少ない。 4以下
樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率	ほとんどが葉芽	葉芽が 花芽より多い	花芽が 葉芽より多い	頂芽以外は、 ほとんどが花芽

※1　評価ランクの 1 は良好、2 はやや良好、3 はやや不良、4 は不良であることを表す。

※2　本表の樹頂部の頂枝の芽の数の評価基準は､2008 年度～2010 年度の調査結果を受けて再調整した。他種のサクラへの適用にあたっては、樹頂部の頂枝の芽の数の基準値を予め検討する必要がある。

外見上、生育良好に見える個体であっても、年輪内に傷害細胞間道（傷害樹脂道）が形成されている様子が観察された。年輪内における傷害細胞間道の形成は、根系にナラタケ属菌が感染している可能性を強く示唆する症状であり、ナラタケ属菌感染を早期に診断する指標となることが明らかとなった。

ウメノキゴケがヤマザクラの樹幹のみならず枝まで着生している様子が普通に見られたが、これは吉野山がウメノキゴケの生育に適した環境にあるためであると考えられる。ウメノキゴケの着生と枝の伸長・肥大成長量との関係を調べた結果、ウメノキゴケの着生はヤマザクラの生育不良を直ちに示すものではないが、ウメノキゴケが梢端近く（梢端から約 30 cm 以内のところ）まで着生している場合、ヤマザクラは生育不良であると判断できることが明らかとなった。

4.4. ヤマザクラの生育状態

調査区 P1～P5 のヤマザクラの測定の結果、場所によって植栽年が異なるため、樹木の大きさの分布が多様であることがわかった。ヤマザクラの管理を行うためには、樹木サイズの分布の似ている区域（集団植栽地）を一括りとして扱うのがよいと考えられた。

調査区 P1～P5 のヤマザクラの生育状態を、夏期に実施した樹勢、樹形、枝の伸長成長

量、梢端の枯損、枝葉の密度、葉の形・大きさ、葉色、樹皮の 8 項目の 4 ランク活力度評価の結果をもとに、8 項目の平均値が 2.5 以上の個体を生育不良として判定すると、ヤマザクラ 74 個体中 22 個体（全体の約 30 %にあたる個体数）が生育不良であった。

調査区 P1～P4 のヤマザクラの葉の SPAD 値からは、葉緑素濃度が極端に低い個体はほとんどないことがわかった。これは、市街地と異なり落葉落枝が取り除かれないことや、従来与えられていた施肥の効果であると考えられる。葉緑素濃度のレベルから判断すると、施肥が不十分であることによる衰退はないと言えた。

調査区 P1～P4 のヤマザクラの樹頂部の頂枝の伸長成長量や幹の肥大成長量からは、尾根部と斜面中腹部の成長の違いが明らかとなった。また、調査区 P3 で肥大成長量が小さいことが明らかとなり、樹冠の込み合いによる光環境の悪化がヤマザクラの生育不良の原因の 1 つになっていることが示された。

4.5. ヤマザクラの生育環境

地点 SP1～SP6 における土壌断面調査の結果、局所的に大きな差異が認められる場合もあったが、C 層上端までの土壌の深さは、尾根部で約 30 cm、斜面中腹で約 40～60 cm であった。また、基岩層上端までの深さは、尾根部で約 70 cm、斜面上部から中腹で約 220～250 cm、斜面下部で約 110～50 cm、谷部で約 10 cm であった。なお、尾根部であっても、土壌の深さよりも深い位置にある風化岩盤層にヤマザクラの根が侵入している様子が観察され、このような根を持つヤマザクラは、比較的高い樹高を維持していると推察された。

土壌硬度の測定結果からは、踏圧等による土壌の固結は認められず、土壌の硬さがヤマザクラの生育不良の原因にはなっていないことが示された。

土壌の飽和透水係数の測定結果からは、土壌の透水性が非常に高いことが示された。斜面では排水不良によるヤマザクラの根腐れとそれによる枯死の問題が生じる可能性はほとんどないことが示唆された。ただし、地形によって水の集中する谷部においては、水が停滞することによる根腐れの問題が局所的に起こる可能性はあると考えられた。

土壌の保水性の指標である有効水（pF1.8～3.0）の測定結果からは、地点や深さによってばらつきがあるものの、土壌の保水性は全体的に不良の箇所がやや多く、乾燥しやすい土壌が比較的多いことが明らかとなった。

土壌水分変動の測定結果からは、夏（8 月～9 月）に晴天が続くと、ヤマザクラの生育に悪影響を与えるレベルまで土壌が乾燥することがわかった。また、南向き斜面では、晴天が続くと、初夏（5 月下旬～6 月頃）であってもヤマザクラの生育に悪影響を与えるレベルまで土壌が乾燥することや、夏に土壌の乾燥状態が長期間にわたり持続することが明らかとなった。

また、ヤマザクラの根が分布する範囲よりもさらに下層を含む、基岩層上端までの土壌水分の鉛直方向の分布の測定結果からも、南向き斜面の土壌は北向き斜面よりも乾燥して

いることが示された。

地形によって規定される日射量や水の集まりやすさがヤマザクラの生育不良と関連しているのかを解析した結果、日射量が多いとヤマザクラの生育が不良となる傾向が見られた。一方で、日射量が少ないとヤマザクラの生育はやや不良となる傾向が見られた。ヤマザクラなどのサクラは陽樹であり、一般的には日当たりのよい場所が生育に適しているとされているが、吉野山では日当たりのよい斜面がヤマザクラの生育に適しているとは一概に言えないことが明らかとなった。この結果は、調査地点の土壌の保水性が不良な傾向にあったことや、現地での土壌水分変動の測定結果によっても裏付けられると考えられる。

土壌化学性については、2008 年の試料では特に大きな問題は見られなかった。しかし、測定方法は異なるが、2010 年の五郎平茶屋の試料では土壌の保肥性の指標である陽イオン交換容量が低かったことや、アルミニウムイオンが他のイオンよりも高い割合で溶出していたことから窒素飽和状態の可能性も指摘されているため、今後も土壌化学性の検討が必要と考えられる。

切株の地際や、切株や生立木の周辺の地上からナラタケモドキやナラタケの子実体が発生している様子が観察された。2008 年～2010 年において五郎平茶屋斜面下部調査区の全切株のうちの 25.5%の切株にナラタケ属子実体が発生していた。この調査区で 2000 年から 2010 年 7 月までに枯死したと推定される切株では、枯死木の 45.5 %からナラタケ属子実体が発生し、この 10 年間のヤマザクラの枯損にナラタケ属菌の感染が強く関与していることが示唆された。微弱発光計数装置によるナラタケ属菌の水平分布の調査の結果、五郎平茶屋斜面下部調査区は広い範囲にわたってナラタケ属菌が生息していることが明らかになった。また、この調査区のナラタケ属菌の菌糸体密度は高いため、ヤマザクラ個体間で地下で接触感染することによって集中分布域を拡げてきたと推定された。吉野山では局所的にナラタケ属菌が多発する地域が存在することが明らかとなった。

この他、調査中の観察の結果、ヤマザクラの群生地内に、オオヤマザクラ（ベニヤマザクラ）が誤植されている事例や、サクラの栽培品種が植栽されている事例が見られ、吉野山のヤマザクラの遺伝子を保全する上で問題があると考えられた。

また、聴き取り調査の結果、吉野山保勝会役員の高齢化や、サクラの植栽・管理履歴の記録がないことが問題として挙げられ、施肥の仕方や、苗の生産の方法などが懸念事項として挙げられた。

4.5. 吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる自然・社会環境要因

本調査によって明らかとなった吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる自然環境要因を概念図としてまとめた（図 4-1）。また、本調査では自然環境要因について重点的に調べたため、検証の度合いはやや不十分ではあるが、調査から推察される吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる社会環境要因を概念図としてまとめた（図 4-2）。

吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる自然環境要因

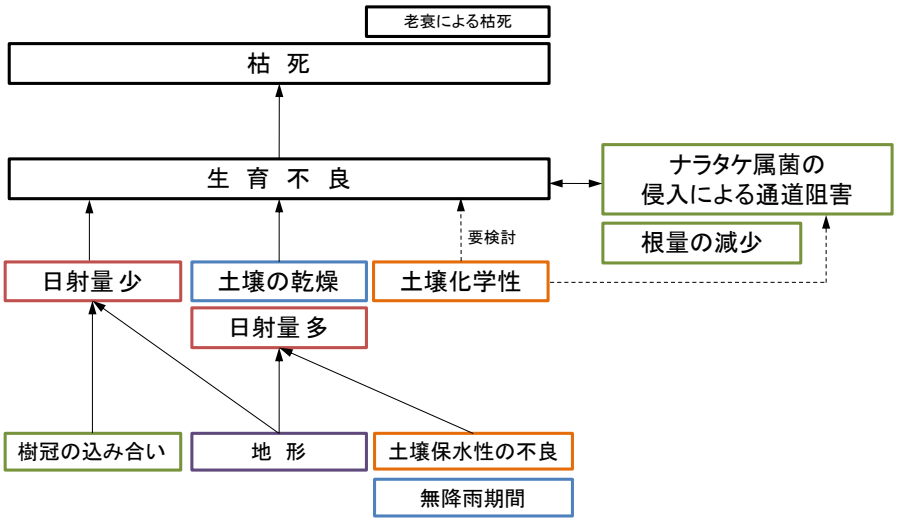


図 4-1　2008 年度～2010 年度の調査で明らかとなった吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる自然環境要因（概念図）

吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる社会環境要因

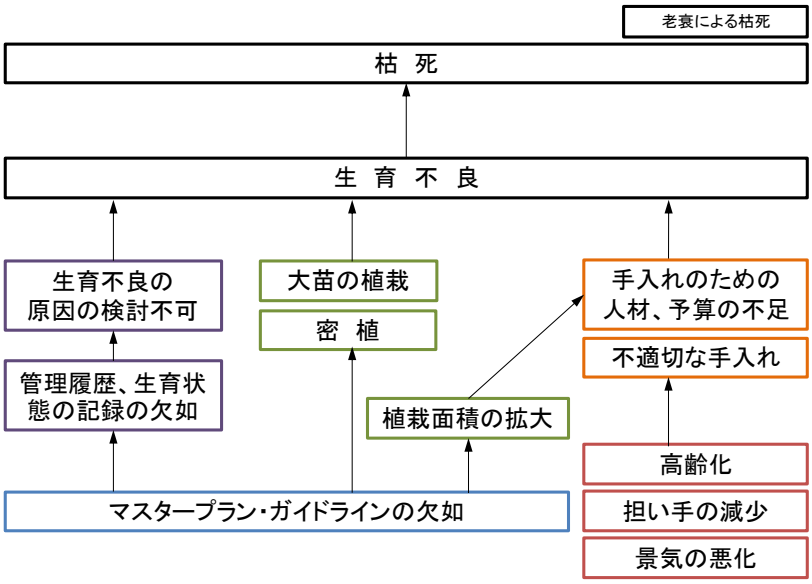


図 4-2　2008 年度～2010 年度の調査から推察される吉野山のヤマザクラの生育不良に関わる社会環境要因（概念図）

5. 提言

2008 年度～2010 年度の調査によって、調査地のヤマザクラの状態や、生育不良に関わる自然・社会環境要因が明らかとなってきた。本章では、吉野山のサクラの良好な個体の育成と景観の形成に向けて、現況を改善するために必要な事項について提言を行う。

（1）　長期的な景観計画（マスタープラン）の作成

長期的な景観計画（マスタープラン）に基づいてサクラを管理する必要がある。利害関係者（ステークホルダー）が集まって、吉野山のサクラの景観を長期的にどのように形成していくのかを話し合い、合意する必要がある。吉野山のサクラの景観の歴史的あるいは地域的背景を共有し、吉野山のサクラの景観の何を大切にするのかを共有することと、サクラの植栽面積とサクラ 1 本に投資できる労力の間に二律背反（トレードオフ）の関係があることを認識することは特に重要である。費用対効果と、費用の継続的な調達方法について考慮した上で、景観計画が作成されなければ、改善は一時的なものに終わると考えられる。

景観計画の作成にあたっては、今後、航空機リモートセンシングによって得られる吉野山全域のサクラの生育状態と環境の情報を有効に活用する必要がある。

（2）　サクラの管理指針（ガイドライン）の作成

長期的な景観計画に基づいて、吉野山におけるサクラの育苗、植栽、育成の管理指針（ガイドライン）を作成する必要がある。サクラの管理単位としては、樹木サイズの分布の似ている区域（集団植栽地）が適当であると思われる。現在の下草刈りを中心とした管理から、サクラの樹勢を維持、増進する管理や、サクラの世代交代を円滑に進めるための管理に重点を切り替える必要がある。

（3）　効果を検証し教訓を活かすことが可能な体制（フィードバックシステム）の構築

今後、長期的な景観計画やサクラの管理指針に従って、様々な対策がとられることになる。しかし、それらの対策はすべてが効果的であるとは限らない。そのため、対策の効果を検証し教訓を活かすための体制（フィードバックシステム）を構築する必要がある。いつ、どこに、どのようなヤマザクラの苗をどれだけ植栽したのか、その後、どのような管理を行ったのか、順調に生育しているのか、枯死した木があるとすればどのような理由で枯死したのかなどの情報が、これまでまったく収集されて来なかった。このような基本的な情報の収集と分析、それを反映した改善の積み重ねがなければ、吉野山のサクラの危機は乗り越えられないであろう。

地域で実行可能な調査を計画、実行し、調査の結果を管理指針や、場合によっては景観計画に反映して、改善を積み重ねていく必要がある。

（4）　人材の育成

サクラの良好な個体の育成と景観の形成についての専門的知識を持った人材を、地域内に育てる必要がある。サクラの管理作業を行う人材だけでなく、サクラの状態を日常的に観察し、記録、分析して適切な対策を示すことのできる人材や、吉野山に関わる様々な事業の調整役となるマネジメントを担う人材の育成も必要となる。吉野山の地域の高齢化は進んでおり、サクラの管理の担い手の確保は急務である。

（5）　管理方法の見直し

最後に、個別の事項となるが、現在の管理方法の見直しについて提言を行う。

まず、サクラの育苗に関しては、優良なヤマザクラの母樹から種子を採取し、主根を活かした吉野山のヤマザクラの苗づくりを行うことが提案される。ナラタケ属菌の根系への感染や、吉野山の土壌の乾燥のしやすさが明らかになってきたため、植栽後、根系が良好に発達するための苗づくりを試行する必要がある。

サクラの植栽に関しては、まず、健全な根系の発達があまり望めない大苗の植栽を避けることが必要である。また、植栽間隔を密にし過ぎない必要がある。

吉野山のヤマザクラの遺伝子の保全の観点からは、ヤマザクラの群生地内では、ヤマザクラとカスミザクラ以外の、本来は吉野山に生育しない野生種（オオヤマザクラ（別名 ベニヤマザクラ）など）や栽培品種（ソメイヨシノや、ヨシノザクラとして売られている栽培品種など）を誤って植栽しないようにする必要がある。誤植されたサクラは、吉野山のヤマザクラに植え替える必要がある。

同様に、吉野山のヤマザクラの遺伝子の保全の観点から、吉野山以外の地域からのヤマザクラの種苗の持ち込みは制限されるべきである。最近の研究によって、ヤマザクラの遺伝子は、九州及び山口県とそれよりも東の地域で遺伝的に明瞭に分化していることが明らかとなっている（森林総合研究所 2011）。そのため、特に九州や山口県のヤマザクラの種苗の持ち込みは禁止されるべきであると考えられる。

サクラの育成に関しては、まず、施肥の方法を見直す必要がある。ナラタケ属菌やベッコウタケの繁殖を防ぐためには無施肥とするのがよいが、従来与えてきた施肥の量を突然に大きく変えることには問題がある。これまで施肥してきた場所では、少しずつ減量するのがよいと考えられる。景観計画（マスタープラン）を作成して、区域を限定して施肥することも考えられる。なお、施肥しないと決めた区域においては、最初から無施肥とするべきである。

下草刈りにおいて樹体を傷つけないようにして腐朽の原因を作らないことや、枯死枝を適切に剪定、処置して腐朽を進行させないことは、良好なヤマザクラを育成するために有効と思われる。本報告書「3.8. サクラの管理方法の検討結果」や「付録 M. 樹勢回復のための管理方法と作業手順」を参照して、下草刈りや、剪定とその後の処置の方法の指針を

作成して、道路や電線の管理業者を含む関係者に適切な手入れの方法を指導する必要がある。

人の立ち入る場所においては、樹幹腐朽による倒木や枝の落下による事故を未然に防ぐことが、管理責任の観点から必要である。ベッコウタケ等による地下部からの腐朽の場合、腐朽の進行が外観上わからない場合もあるので、定期的な検査が必要となる。

ナラタケ属菌感染の防除対策のためには、本報告書「3.4.5 ナラタケ属菌感染の防除対策」を参照して、現在の管理方法を見直すことが望まれる。五郎平茶屋斜面などに放置されたゴミを除去することは、ナラタケ属菌の繁殖を抑える効果もあると考られるため、直ちに実施されるべきである。

本調査によって明らかとなった、吉野山の調査地のヤマザクラの状態や、ヤマザクラの生育不良に関わる自然・社会環境要因は、吉野山のサクラの良好な個体の育成と景観の形成に向けての出発点であり、現状の理解に過ぎない。長期的な景観計画（マスタープラン）の作成や、サクラの管理指針（ガイドライン）の作成、効果を検証し教訓を活かすことが可能な体制（フィードバックシステム）の構築、人材の育成を実現するまでには、多くの壁があるものと想像される。しかし、生活様式の変化にともないサクラとのつき合いが以前よりも疎遠になった現在の状況において、先人から受け継いできた吉野山のサクラの景観を将来に渡って保全するためには、これらの抜本的な対策が必要不可欠であると考え、ここに提言を行った。

参考文献（英語（アルファベット順）、日本語（五十音順））

Imanishi, J., Nakayama, A., Suzuki, Y., Imanishi, A., Ueda, N., Morimoto, Y. and Yoneda, M. (2010) Nondestructive determination of leaf chlorophyll content in two flowering cherries using reflectance and absorptance spectra. Landscape and Ecological Engineering 6(2): 219-234. DOI: 10.1007/s11355-009-0101-8

Kosugi, K., Yamakawa, Y., Masaoka, N. and Mizuyama, T.（2009）A combined penetrometer–moisture probe for surveying soil properties of natural hillslopes. Vadoze Zone Journal 8(1)：52-63.

Tsuda, Y., Kimura, M., Kato, S., Katsuki T., Mukai, Y. and Tsumura, Y.（2009）Genetic structure of *Cerasus jamasakura*, a Japanese flowering cherry, revealed by nuclear SSRs: implications for conservation. Journal of Plant Research 122(4): 367-375. DOI: 10.1007/s10265-009-0224-x.

Wargo, P (1981) Defoliation and secondary-action organism attack: with emphasis on *Armillaria mellea*. Journal of Arboriculture 7: 64-69.

秋山忍（2003）サクラ．大場秀章・秋山忍（共著），ツバキとサクラ，岩波書店，p.85.

石井幸夫（1986）ヤマザクラ種子の乾燥方法の違いが発芽におよぼす影響．日本林学会誌 68(12)：517-520.

今西純一・奥川裕子・飯田義彦・金 鉉埈・森本幸裕・山中勝次・小島玉雄（2009）ヤマザクラの根系分布と樹木活力度および土壌硬度の関係．日本緑化工学会誌 35(1): 182-185.

今西純一・奥川裕子・金 鉉埈・飯田義彦・森本幸裕・山中勝次・小島玉雄（2011）開花期のサクラ類の活力度評価－奈良県吉野山のヤマザクラを事例とした検討.日本緑化工学会誌 37(1): 9-14.

内田均・島村拓也・堀大才（2008）ソメイヨシノ（*Prunus yedoensis* Matsum.）における防菌処理の違いが損傷被覆組織形成に及ぼす影響．ランドスケープ研究 71(5)：511-514.

大場秀章・川崎哲也・田中秀明（2007）新日本の桜．木原浩 写真，山と渓谷社，263 pp.

大村嘉人（2000）山中勝次私信.

河田弘（1982）土壌の化学的性質．森林土壌研究会（編），森林土壌の調べ方とその性質，林野弘済会，pp.238-272.

環境庁酸性雨研究センター（1999）第 3 次酸性雨対策調査データ集（土壌・植生系調査分冊）.

気象庁（2010）気象統計情報．URL: http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php（2010 年 11 月 12 日確認）

桐井雅行（1993）吉野山の桜．桐井雅行（監修），吉野町歴史文化叢書第３集 吉野山桜物語，奈良県吉野町経済観光課発行，pp. 9-28.

久米昌彦・日置佳之（2006）街区公園におけるソメイヨシノ（*Prunus*×*yedoensis Matsum.*）の活力度と土壌硬度の関係．日本緑化工学会誌 32(1)：98-101.
里村明香・今西純一・森本幸裕・小島愛一郎（2005）ヤマザクラ（*Prunus jamasakura*）の活力度診断指標に関する研究．日本緑化工学会誌 31(1)：15-20.
清水淳子・林康夫・福田健二（2008）国指定名勝小金井桜の腐朽病害とその発生要因．ランドスケープ研究 71(5)：865-868.
篠原章宏・吉田麻美・山中勝次・森本幸裕・今西純一・小島玉雄・米田 稔（2011）吉野山五郎平茶屋地区の土壌化学性とその将来予測.日本緑化工学会誌 37(1): 225-228.
柴田昌三（2007）緑化技術．森本幸裕・白幡洋三郎編，環境デザイン学―ランドスケープの保全と創造―，朝倉書店，pp. 123-135.
森林総合研究所（2011）広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン．森林総合研究所第２期中期計画成果 20．URL: http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chukiseika20.pdf
鈴木和夫（1999）樹木医学．朝倉書店，p.222.
高橋輝昌（2007）植栽基盤整備と緑の循環．森本幸裕・小林達明（編著），最新環境緑化工学，朝倉書店，pp. 111-126.
棚橋 渉・吉田麻美・山中勝次・森本幸裕・今西純一・小島玉雄・米田 稔（2011）吉野山におけるナラタケ類発生地の土壌と生物防除の検討.日本緑化工学会誌 37(1): 221-224.
地質調査所（1957）5 万分の 1 地質図幅説明書　吉野山.
鶴田誠（2006）桜の名所づくりアドバイザーから見た桜の名所づくり．TREE DOCTOR 13：43-45.
津山市（2010）樹齢 560 年の山桜「尾所の桜」－津山市公式ウェブサイト. URL: http://www.city.tsuyama.lg.jp/index.cfm/23,10445,131,400,html. 更新日: 2010 年 3 月 17 日．アクセス: 2010 年 10 月 31 日
鳥越晧之（2003）花をたずねて吉野山－その歴史とエコロジー．集英社新書，212 pp.
仲宗根平男・屋我嗣良（1970）サクラ種子の発芽と成分に及ぼす温度の影響．日本林学会誌 52(11)：319-321.
永田洋・万木豊（1981）樹木の生物季節学的研究（Ｉ）サクラの花芽形成と開花．三重大学農学部学術報告 63：205-216.
中村敬・重松敏則（2000）都市内残存林におけるヤマザクラの着花状況と消長に関する研究．ランドスケープ研究 63(5)：469-472.
日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）緑化事業における植栽基盤整備マニュアル．ランドスケープ研究 63(3)：224-241.
日本ペドロジー学会（1997）土壌調査ハンドブック改訂版．博友社，169 pp.
長谷川秀三・大石武明・折原夏志（1996）のり面植栽木の根系発達と土の硬さについて．

第 27 回日本緑化工学会研究発表会要旨集：36-39.
長谷川秀三・田畑 衛・小澤徹三・佐藤吉之（1984）重機造成地の植栽基盤の物理性と活力度の関係について - 高速道路植栽地を例として．造園雑誌 48(2)：104-122.
福永健司・石塚 望・富樫勇介・槇島朋子・漆崎隆之・長谷川秀三（2003）コナラの根系分布と土壌硬度との関係．日本緑化工学会誌 29(1)：261-264.
堀井甚一郎（1961）最新奈良県地誌．大和史蹟研究会, 469pp.
増田拓朗・岩瀬泰徳（1989）丸亀城（亀山公園）におけるソメイヨシノの生育と土壌条件．日本緑化工学会誌 15(2)：36-44.
村上覚・末松信彦・木戸喜平・中村新市（2007）‘カワヅザクラ’（*Prunus lannesiana* Wils. ‘Kawazu-zakura”）の花芽形成と発達．植物環境工学 19(1)：27-33.
山田孝雄（1990）櫻史．山田忠雄（校訳），講談社学術文庫，504pp.
山中勝次・奥川裕子・今西純一・森本幸裕・飯田義彦・小島玉雄（2009）微弱発光計数装置によるナラタケ属菌の検出．日本菌学会第 53 回大会講演要旨集，鳥取，p.72.
山中勝次・奥川裕子・今西純一・森本幸裕・飯田義彦・中山亜紀・小島玉雄（2011）吉野山調査区におけるナラタケおよびナラタケモドキの水平分布．日本きのこ学会第 15 回大会講演要旨集，信州，p.75.
山中勝次・太田千絵（1998）ホンシメジおよびシャカシメジの菌糸体生長における栄養要求性．日本応用きのこ学会誌 4: 159-165.
山中勝次・吉田麻美・中山亜紀・米田 稔（2011）ヤマザクラのナラタケ属菌被害にたいする生物防除剤としての *Trichoderma viride* の評価．日本きのこ学会第 15 回大会講演要旨集，信州，p.74.
山本歩・松田陽介・伊藤進一郎（2007）サクラてんぐ巣病の防除法の確立をめざしてーこれまでの知見と今後の展望ー．樹木医学研究 11(3)：115-120.
山本聡・高橋理喜男（1991）里山におけるヤマザクラ群生地の成立過程について．造園雑誌 54(5)：173-178.
吉野町史編集委員会（1972）吉野町史 下巻．吉野町.
吉野山「サクラ」対策検討委員会（1995）吉野山桜活性化調査報告書．平成 7 年 3 月，奈良県農林部治山課 発行，61 pp.
吉野山「サクラ」対策検討委員会（1999）吉野山桜活性化事業追跡調査報告書．平成 11 年 3 月，奈良県農林部治山課 発行，32 pp.
吉松弘行・川満一史・瀬尾克美・村中重仁・長谷川秀三（2002）斜面の表層構造調査用の簡易貫入試験機について．平成 14 年度砂防学会研究発表会概要集：392-393.

付　　録

付録

A. 調査地点の測量結果

ディファレンシャル GPS（Trimble 社製、Pathfinder Pro XH）とトータルステーション（ソキア･トプコン社製、SET310）により測量を行った。地理座標は、平面直角座標系第 VI 系（世界測地系（測地系 2000））により表した。

地点名	Northing (m)	Easting (m)
P1-1	-181653.304	-12436.426
P1-2	-181653.029	-12446.276
P1-2'	-181653.434	-12442.536
P1-3	-181643.58	-12435.806
P1-4	-181643.585	-12445.729
P1-5	-181633.488	-12435.696
P1-6	-181633.473	-12445.268
P1-7	-181623.503	-12435.376
P1-8	-181623.692	-12445.204
P1-9	-181613.65	-12435.02
P1-10	-181613.539	-12445.019
P1-11	-181603.87	-12434.939
P1-12	-181603.418	-12444.689
P1-13	-181594.3702	-12435.48433
P1-14	-181594.1867	-12445.222
P1-15	-181584.8704	-12436.02967
P1-16	-181584.9553	-12445.755
P1-17	-181575.3707	-12436.575
P1-18'	-181575.512	-12443.058
P1-18	-181575.724	-12446.288
P7-1	-181663.585	-12446.006
P7-2	-181663.05	-12454.734
P7-3	-181653.029	-12446.276
P7-4	-181653.313	-12454.407
P7-5	-181643.585	-12445.729
P7-6	-181643.551	-12454.119
P7-7	-181633.473	-12445.268
P7-8	-181633.585	-12453.765
P7-9	-181623.692	-12445.204

P7-10	-181623.596	-12454.055
P7-11	-181613.539	-12445.019
P7-12	-181613.436	-12453.437
P2-1	-181500.468	-12405.707
P2-2	-181505.685	-12413.077
P2-3	-181511.336	-12421.142
P2-4	-181516.9417	-12429.406
P2-5	-181522.5473	-12437.67
P2-6	-181528.153	-12445.934
P2-7	-181492.113	-12409.7385
P2-8	-181498.27	-12417.635
P2-9	-181503.99	-12425.664
P2-10	-181510.076	-12433.957
P2-11	-181515.644	-12441.98
P2-12	-181521.843	-12451.106
P2-13	-181483.758	-12413.77
P2-14	-181489.888	-12421.785
P2-15	-181496.355	-12429.754
P2-16	-181502.133	-12437.75
P2-17	-181507.941	-12446.022
P2-18	-181515.789	-12455.898
P2-19	-181476.466	-12417.475
P2-20	-181482.694	-12425.456
P2-21	-181488.967	-12433.201
P2-22	-181494.751	-12441.143
P2-23	-181502.137	-12450.985
P2-24	-181509.523	-12460.827
P6-1	-181498.979	-12385.499
P6-2	-181503.962	-12392.766
P6-3	-181508.891	-12400.191
P6-4	-181513.775	-12407.398
P6-5	-181490.299	-12390.268
P6-6	-181495.464	-12397.976
P6-7	-181500.468	-12405.707
P6-8	-181505.685	-12413.077
P6-9	-181481.457	-12394.12

P6-10	-181486.755	-12401.831
P6-11	-181492.113	-12409.7385
P6-12	-181472.932	-12397.392
P6-13	-181478.536	-12405.272
P6-14	-181483.758	-12413.77
P3-1	-181602.814	-12080.259
P3-2	-181611.122	-12086.015
P3-3	-181619.525	-12091.486
P3-4	-181627.694	-12097.085
P3-5	-181635.725	-12102.901
P3-6	-181597.808	-12087.209
P3-7	-181605.983	-12092.875
P3-8	-181614.526	-12098.211
P3-9	-181622.683	-12103.864
P3-10	-181630.903	-12109.811
P3-11	-181592.958	-12093.916
P3-12	-181601.412	-12099.68
P3-13	-181609.624	-12105.339
P3-14	-181617.723	-12111.143
P3-15	-181625.952	-12116.85
P3-16	-181588.149	-12100.166
P3-17	-181596.194	-12106.487
P3-18	-181603.882	-12112.582
P3-19	-181611.57	-12118.677
P3-20	-181620.353	-12125.177
P4-1	-181594.129	-12126.834
P4-2	-181601.248	-12133.975
P4-3	-181608.2935	-12141.0805
P4-4	-181615.339	-12148.186
P4-5	-181622.209	-12155.004
P4-6	-181587.235	-12133.225
P4-7	-181594.211	-12140.634
P4-8	-181601.085	-12147.886
P4-9	-181608.129	-12154.844
P4-10	-181615.435	-12161.862
P4-11	-181580.177	-12139.702

P4-12	-181587.384	-12147.203
P4-13	-181594.287	-12154.093
P4-14	-181601.588	-12161.545
P4-15	-181608.822	-12168.494
P4-16	-181573.316	-12145.953
P4-17	-181581.164	-12154.046
P4-18	-181588.254	-12161.068
P4-19	-181595.293	-12168.164
P4-20	-181602.238	-12175.198
H1		
良好木	-181289.324	-12646.884
不良木	-181294.96	-12649.448
Y1	-182941.272	-11224.063
Y2（SW4）	-182331.806	-11848.341
Y3	-182133.852	-12044.883
Y4（SW5）	-181543.953	-12443.821
Y5（WS1）	-181264.74	-12702.893
Y6（SW6）	-180425.464	-13438.817
Y7	-181281.55	-12330.136
Y8	-181168.469	-12519.145
Y9	-180144.08	-13252.818
Y10	-180198.472	-13390.703
F1	-181274.6	-12679.043
W1	-181628.394	-12441.609
W2	-181555.675	-12433.427
W3	-181493.538	-12418.948
W4	-181463.993	-12411.159
W5	-181448.721	-12414.032
W6	-181428.123	-12436.567
W7	-181420.11	-12451.453
W8	-181321.924	-12237.274
W9	-181350.153	-12243.486
W10	-181389.803	-12285.3
W11	-181400.142	-12301.234
W12	-181362.645	-12258.531

B. 樹木位置の測量結果

ディファレンシャル GPS（Trimble 社製、Pathfinder Pro XH）とトータルステーション（ソキア･トプコン社製、SET310）により測量を行った。地理座標は、平面直角座標系第 VI 系（世界測地系（測地系 2000））により表した。

調査区	樹木個体番号	Northing (m)	Easting (m)
P1	A906	-181652.446	-12438.17
P1	A907	-181651.024	-12444.187
P1	A908	-181636.493	-12435.926
P1	A909	-181636.416	-12441.024
P1	A910	-181620.762	-12442.303
P1	A911	-181609.345	-12442.165
P1	A912	-181602.975	-12435.647
P1	A913	-181598.213	-12441.446
P1	A914	-181597.616	-12437.126
P1	A915	-181592.952	-12436.273
P1	A916	-181593.452	-12445.092
P1	A917	-181587.783	-12445.804
P1	A918	-181584.853	-12438.781
P1	A919	-181584.699	-12434.624
P1	A920	-181578.706	-12436.54
P1	A921	-181582.527	-12444.731
P1	A922	-181575.453	-12442.259
P2	B672	-181498.707	-12407.99
P2	B673	-181505.303	-12413.019
P2	B674	-181508.978	-12419.089
P2	B675	-181511.599	-12428.632
P2	B676	-181518.144	-12431.654
P2	B677	-181514.714	-12433.036
P2	B678	-181517.197	-12436.681
P2	B679	-181522.794	-12439.001
P2	B680	-181525.816	-12449.183
P2	B681	-181521.395	-12448.206
P2	B682	-181515.496	-12444.829
P2	B683	-181506.055	-12426.461
P2	B684	-181495.557	-12414.338
P2	B685	-181488.783	-12414.032

P2	B686	-181492.358	-12422.145
P2	B687	-181502.154	-12433.638
P2	B688	-181503.926	-12439.633
P2	B689	-181512.453	-12448.407
P2	B690	-181515.346	-12454.944
P2	B691	-181508.841	-12449.648
P2	B692	-181504.719	-12444.688
P2	B693	-181497.88	-12435.562
P2	B694	-181492.577	-12428.659
P2	B696	-181505.063	-12456.338
P2	B697	-181503.005	-12452.016
P2	B698	-181495.189	-12444.923
P2	B699	-181483.422	-12414.172
P2	B700	-181508.49	-12412.316
P2	B701	-181512.469	-12457.618
P2	B702	-181515.606	-12459.809
P2	B703	-181481.984	-12426.89
P2	B705	-181535.831	-12453.988
P2	X001	-181468.951	-12405.865
P2	Y001	-181459.596	-12407.249
P3	C690	-181615.386	-12093.858
P3	C691	-181621.412	-12093.197
P3	C692	-181625.163	-12096.576
P3	C693	-181629.182	-12098.92
P3	C694	-181632.173	-12103.714
P3	C695	-181630.57	-12105.441
P3	C696	-181622.946	-12100.844
P3	C697	-181617.636	-12098.55
P3	C698	-181609.015	-12095.573
P3	C699	-181606.976	-12093.209
P3	C700	-181606.46	-12089.514
P3	C701	-181595.99	-12087.53
P3	C702	-181604.086	-12093.89
P3	C703	-181616.052	-12102.8
P3	C704	-181622.008	-12106.923
P3	C705	-181627.875	-12107.173

P3	C706	-181626.774	-12113.03
P3	C707	-181605.609	-12098.976
P3	C708	-181604.302	-12098.256
P3	C709	-181599.17	-12092.641
P3	C710	-181592.476	-12092
P3	C711	-181598.552	-12096.995
P3	C712	-181607.605	-12105.81
P3	C713	-181612.899	-12108.283
P3	C714	-181616.567	-12113.104
P3	C715	-181614.731	-12113.811
P3	C716	-181596.333	-12101.612
P3	C717	-181592.221	-12099.5
P3	C718	-181590.107	-12096.685
P3	C719	-181597.791	-12107.904
P3	C720	-181603.287	-12109.67
P3	C721	-181608.388	-12115.521
P3	C722	-181618.956	-12119.274
P3	C723	-181619.811	-12119.937
P3	C724	-181621.676	-12120.835
P3	C725	-181601.217	-12086.048
P4	D796	-181597.776	-12133.911
P4	D797	-181602.55	-12137.407
P4	D798	-181609.878	-12145.443
P4	D799	-181613.644	-12149.874
P4	D800	-181617.85	-12153.059
P4	D801	-181609.579	-12152.732
P4	D802	-181604.504	-12150.73
P4	D803	-181602.289	-12145.251
P4	D804	-181595.454	-12142.431
P4	D805	-181588.354	-12132.799
P4	D806	-181587.223	-12138.454
P4	D807	-181586.614	-12143.259
P4	D808	-181596.117	-12149.448
P4	D809	-181601.714	-12157.569
P4	D810	-181610.381	-12160.271
P4	D811	-181606.054	-12162.632

P4	D812	-181606.868	-12168.897
P4	D813	-181603.748	-12173.957
P4	D814	-181600.004	-12168.471
P4	D815	-181599.466	-12161.696
P4	D816	-181594.736	-12158.191
P4	D817	-181589.993	-12153.458
P4	D818	-181584.891	-12156.872
P4	D819	-181582.057	-12149.196
P4	D820	-181579.709	-12142.497
P4	D821	-181574.372	-12148.461
P5	W235	-181332.556	-12606.18
P5	W236	-181326.03	-12599.076
P5	W237	-181331.81	-12599.07
P5	W238	-181326.805	-12604.172
P5	W239	-181324.397	-12610.449
P5	W240	-181321.466	-12616.263
P5	W241	-181313.313	-12620.902
P5	W242	-181315.58	-12613.089
P5	W243	-181320.494	-12608.613
P5	W244	-181325.1	-12595.194
P5	W245	-181317.845	-12600.378
P5	W246	-181311.292	-12603.304
P5	W247	-181309.855	-12611.357
P5	W248	-181298.796	-12607.666
P5	W249	-181312.146	-12596.718
P5	W250	-181317.239	-12594.584
P5	W251	-181315.007	-12589.336
P5	W252	-181297.81	-12599.598
P5	W253	-181292.037	-12595.989
P5	W254	-181288.615	-12589.201
P5	W254	-181288.577	-12589.111
P5	W255	-181293.455	-12583.82
P5	W256	-181296.752	-12579.18
P5	W257	-181301.755	-12582.081
P5	W258	-181314.704	-12577.037
P6	B704	-181475.433	-12397.006

P6	W264	-181502.148	-12393.353
P6	W265	-181496.46	-12394.329
P6	W268	-181493.147	-12397.957
P6	W270	-181493.29	-12402.588
P6	W271	-181492.713	-12404.88
P6	W272	-181497.679	-12402.681
P6	W273	-181480.435	-12409.049
P6	Y317	-181502.408	-12384.744
P6	Y318	-181506.82	-12383.571
P6	Y319	-181524.579	-12399.383
P6	Y320	-181530.548	-12398.196
P6	Y321	-181525.434	-12396.593
P6	Y322	-181533.369	-12392.01
P6	Y323	-181546.244	-12384.824
P6	Y324	-181549.347	-12380.136
P6	Y325	-181542.608	-12373.747
P6	Y326	-181546.851	-12367.212
P6	Y327	-181531.477	-12372.969
P6	Y328	-181526.277	-12367.702
P6	Y329	-181525.58	-12365.097
P6	Y330	-181522.354	-12372.088
P6	Y331	-181528.899	-12383.611
P6	Y332	-181522.222	-12387.584
P7	A923	-181658.614	-12446.696
P7	A924	-181663.046	-12451.443
P7	A925	-181652.627	-12450.515
P7	W275	-181627.565	-12453.719
P7	W276	-181617.261	-12448.295
P7	W277	-181606.017	-12448.484

C. 毎木調査の結果

2008 年 7 月 18 日　胸高直径（H:1.3m）の測定

2008 年 8 月 19 日　樹高の測定

調査区	樹木個体番号	樹　種	樹　高 (cm)	胸高直径（cm）						備　考
P1	A906	ヤマザクラ	1282	79.6						
P1	A907	ヤマザクラ	1193	48.5						
P1	A908	ヤマザクラ	1230	67.4	49.8					株立ち
P1	A909	ヤマザクラ	1472	40.0						
P1	A910	ヤマザクラ	1089	76.3						
P1	A911	ヤマザクラ	638	21.0	17.8					株立ち
P1	A912	ヤマザクラ	981	24.5	29.4					株立ち
P1	A913	ヤマザクラ	798	18.5	5.5					株立ち
P1	A914	ヤマザクラ	961	39.7						
P1	A915	ヤマザクラ	873	20.9	5.6					株立ち
P1	A916	ヤマザクラ	407	3.4	3.0					株立ち
P1	A917	ヤマザクラ	433	3.7						
P1	A918	ヤマザクラ	1482	70.9						
P1	A919	ヤマザクラ	1332	59.8						
P1	A920	ヤマザクラ	1014	56.8						
P1	A921	ヤマザクラ	488	4.7						
P1	A922	ヤマザクラ	1132	59.5						
P2	B672	ヤマザクラ	1530	53.6	62.9					株立ち
P2	B673	ヤマザクラ	1132	47.5						
P2	B674	ヤマザクラ	1027	35.5	24.4					株立ち
P2	B675	ヤマザクラ	1430	75.3	39.5					株立ち
P2	B676	ヤマザクラ	1100	26.2						
P2	B677	ヤマザクラ	932	18.0	18.1					株立ち
P2	B678	カスミザクラ	1028	30.9						2009/4/18 花確認
P2	B679	ヤマザクラ	870	29.6						
P2	B680	ヤマザクラ	1132	81.9						
P2	B681	ヤマザクラ	1113	44.0						
P2	B682	ヤマザクラ	1730	74.7						

P2	B683	ヤマザクラ	886	23.1						
P2	B684	ヤマザクラ	1193	28.9						
P2	B685	栽培品種 八重、“イチヨウ（一葉）”	260	8.8						2009/4/18 花確認
P2	B686	ヤマザクラ	777	28.0						
P2	B687	カスミザクラ	923	23.9						2009/4/18 花確認
P2	B688	ヤマザクラ	1432	46.7						
P2	B689	ヤマザクラ	978	18.9	8.8					株立ち
P2	B690	ヤマザクラ	1181	17.9						
P2	B691	ヤマザクラ	1292	42.8						
P2	B692	ヤマザクラ	828	15.5						
P2	B693	ヤマザクラ	793	19.1						
P2	B694	ヤマザクラ	986	50.7						
P2	B695 (B701)	ヤマザクラ	1492	43.7						
P2	B696	-		9.3						枯死
P2	B697	ヤマザクラ	652	12.3	6.9					株立ち
P2	B698	ヤマザクラ	938	35.4						
P2	B699	ヤマザクラ	932	30.3						
P3	C690	ヤマザクラ	1171	39.5	15.2					株立ち
P3	C691	ヤマザクラ	1062	26.0	22.5	21.5	20.0	29.0		株立ち
P3	C692	ヤマザクラ	1194	20.0						
P3	C693	ヤマザクラ	1088	38.0	8.0	38.0	26.5			株立ち
P3	C694	カスミザクラ	852	11.0	16.8					株立ち、 2009/4/18 花確認
P3	C695	ヤマザクラ	995	18.5	14.5	9.5	10.0	8.5		株立ち
P3	C696	ヤマザクラ	1036	6.2	11.5	22.2				株立ち
P3	C697	ヤマザクラ	1397	20.4	10.3					株立ち
P3	C698	ヤマザクラ	1213	22.2	23.0	12.3	10.0	12.2	14.9	株立ち
P3	C699	ヤマザクラ	1156	19.0	7.5					株立ち
P3	C700	ヤマザクラ	1134	31.5	22.8	26.2	16.6			株立ち
P3	C701	ヤマザクラ	1232	30.3	13.0					株立ち

P3	C702	ヤマザクラ	1093	19.4	13.1					株立ち
P3	C703	カスミザクラ	938	14.3	8.4					株立ち、2009/4/18花確認
P3	C704	ヤマザクラ	1472	36.0	25.9	26.2				株立ち
P3	C705	ヤマザクラ	932	18.5	15.2	16.9	14.0			株立ち
P3	C706	ヤマザクラ	585	7.1						
P3	C707	ヤマザクラ	1067	28.3	17.5					株立ち
P3	C708	ヤマザクラ	1167	20.5						
P3	C709	ヤマザクラ	306	3.2						
P3	C710	ヤマザクラ	546	8.5						
P3	C711	ヤマザクラ	742	13.8	6.5					株立ち
P3	C712	ヤマザクラ	1189	47.9						
P3	C713	カスミザクラ	785	17.2						2009/4/18花確認
P3	C714	ヤマザクラ	1281	44.9						
P3	C715	ヤマザクラ	960	30.8						
P3	C716	カスミザクラ	635	14.5	13.8	5.8				株立ち、2009/4/18花確認
P3	C717	ヤマザクラ	457	4.6						
P3	C718	ヤマザクラ	1232	25.2						
P3	C719	ヤマザクラ	1292	26.3	17.7					株立ち
P3	C720	カスミザクラ	772	10.5	11.0					株立ち
P3	C721	ヤマザクラ	978	17.6	13.3	11.3	12.0	17.4		株立ち
P3	C722	ヤマザクラ	1090	22.0						
P3	C723	ヤマザクラ	1432	48.5						
P3	C724	ヤマザクラ	1332	24.8	19.6					株立ち
P3	C725	ヤマザクラ	644	11.1	9.5	5.7				株立ち
P4	D796	ヤマザクラ	1122	30.3	32.7					株立ち
P4	D797	ヤマザクラ	1084	41.0						
P4	D798	ヤマザクラ	1016	32.2						
P4	D799	ヤマザクラ	1130	23.7	7.7	3.4				株立ち
P4	D800	ヤマザクラ	668	14.5	12.4	10.6	12.0	12.8		株立ち
P4	D801	ヤマザクラ	997	26.3	14.2					株立ち

P4	D802	ヤマザクラ	951	22.3	13.3	15.7	4.3			株立ち
P4	D803	ヤマザクラ	894	28.4						
P4	D804	ヤマザクラ	1180	24.6						
P4	D805	ヤマザクラ	1132	35.2	39.3					株立ち
P4	D806	ヤマザクラ	1232	33.4	33.7					株立ち
P4	D807	ヤマザクラ	775	38.9						
P4	D808	ヤマザクラ	889	23.7						
P4	D809	ヤマザクラ	1075	19.0	17.7					株立ち
P4	D810	ヤマザクラ	832	17.4	12.0					株立ち
P4	D811	ヤマザクラ	1028	21.9						
P4	D812	ヤマザクラ	810	18.1	4.7					株立ち
P4	D813	ヤマザクラ	966	23.0						
P4	D814	ヤマザクラ	1032	34.2	23.1	24.1				株立ち
P4	D815	ヤマザクラ	1032	31.0						
P4	D816	ヤマザクラ	1074	25.6						
P4	D817	ヤマザクラ	1018	25.6						
P4	D818	ヤマザクラ	1148	25.6	15.2	24.1				株立ち
P4	D819	ヤマザクラ	1190	25.4	7.6					株立ち
P4	D820	ヤマザクラ	1159	22.7	11.5					株立ち
P4	D821	ヤマザクラ	1017	25.5						

2009 年 8 月 12 日　胸高直径（H:1.3m）、樹高の測定

調査区	樹木個体番号	樹　種	樹　高 (cm)	胸高直径（cm）						備　考
P5	W235	ヤマザクラ	1550	65.4						
P5	W236	ヤマザクラ	1510	66.0						
P5	W237	ヤマザクラ	1770	50.1						
P5	W238	ヤマザクラ	1490	48.0						
P5	W239	ヤマザクラ	1310	40.0						
P5	W240	ヤマザクラ	1500	47.5						
P5	W241	ヤマザクラ	1070	20.2						
P5	W242	ヤマザクラ	1720	59.3						
P5	W243	ヤマザクラ	1270	58.2						
P5	W244	ヤマザクラ	1820	69.0						

P5	W245	カスミザクラ	1510	40.3						
P5	W246	ヤマザクラ	1260	66.0						
P5	W247	カスミザクラ	1450	39.0						
P5	W248	ヤマザクラ	1420	62.0						
P5	W249	ヤマザクラ	1340	22.5						
P5	W250	ヤマザクラ	1780	78.0						
P5	W251	ヤマザクラ	1650	60.5						
P5	W252	ヤマザクラ	1510	67.7						
P5	W253	ヤマザクラ	1770	83.0						
P5	W254	ヤマザクラ	1330	49.2						
P5	W255	ヤマザクラ	1220	19.3						
P5	W256	ヤマザクラ	1210	55.4						
P5	W257	ヤマザクラ	1750	51.0						
P5	W258	ヤマザクラ	1400	56.0						
P1	A923	ヤマザクラ	1132	39.4	33.4	48.2				株立ち
P1	A924	ヤマザクラ	1131	63.0						
P1	A925	ヤマザクラ	1322	70.5						
P2	B700 (B0)	ヤマザクラ	1232	35.3						
P2	B702	ヤマザクラ	1432	57.0						
P2	B703	ヤマザクラ	1112	35.0	8.1	18.5	13.1			株立ち
P2	B704	ヤマザクラ	1141	46.0						
P2	B705	ヤマザクラ	1382	76.5						

D. 樹木全景写真

2008 年 7 月 21 日撮影

A906	A907	A908
A909	A910	A911
A912	A913	A914

A915	A916	A917
A918	A919	A920
A921	A922	B672

B674	B675	B676
B678	B679	B680
B682	B684	B687

B688	B689	B693
B694	B695	B697
B699	C690	C692

C692	C695	C696
C697	C702	C703
C704	C707	C708

C711	C714	C718
C721	C722	C724
D796	D797	D799

D803	D804	D805
D806	D810	D812
D816	D818	D819

D820	D821

E. 4 ランク活力度評価

夏期に、柴田（2007）に基づいて、樹勢、樹形、枝の伸長成長量、梢端の枯損、枝葉の密度、葉の形・大きさ、葉色、樹皮の 8 項目を目視により評価した。（参照　2.5.2. 夏期の 4 ランク活力度評価の基準）

樹木個体番号	樹勢	樹形	枝の伸長成長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形・大きさ	葉色	樹皮	備　考	調　査　日
A906	2	1	3	2	1	1	1	2	褐斑病、コブ病	2008/7/19
A907	3	3	3	3	3	2	1	3		2008/7/19
A908	2	2	2	2	1	1	1	1		2008/7/19
A909	2	1	3	2	1	1	1	2	褐斑病	2008/7/19
A910	3	2	3	3	3	1	3	3		2008/7/19
A911	2	1	1	2	1	1	2	2		2008/7/19
A912	2	1	2	2	2	1	1	2		2008/7/19
A913	1	1	1	1	1	1	1	2		2008/7/19
A914	1	1	2	2	1	1	1	2		2008/7/19
A915	2	1	2	2	2	1	1	2		2008/7/19
A918	3	3	3	3	1	1	1	3		2008/7/19
A919	3	2	3	3	2	2	1	3		2008/7/19
A920	3	3	3	3	2	1	1	3		2008/7/19
A922	3	2	4	3	3	2	1	3	ヤドリギ	2008/7/19
B672	3	3	3	3	3	3	1	2		2008/7/20
B674	2	2	2	1	2	2	1	1	全体的に葉が巻き、下に垂れている。	2008/7/20
B675	3	3	3	3	3	2	1	2		2008/7/20
B676	1	1	1	1	1	1	1	1		2008/7/20
B678	2	2	1	1	2	1	1	2	カスミザクラ	2008/7/20
B679	1	1	1	1	1	1	1	1		2008/7/20
B680	4	3	4	4	4	2	1	4		2008/7/20
B682	2	2	2	3	2	2	1	1	左側の株（幹）梢の成長無。	2008/7/20
B684	1	1	1	1	1	1	1	1		2008/7/20

B687	2	2	1	1	2	1	2	1	カスミザクラ。片側半分が被圧で枝が無い。	2008/7/20
B688	1	1	1	1	1	1	1	2		2008/7/20
B689	1	1	1	1	1	1	1	2		2008/7/20
B693	2	1	1	1	2	2	1	2		2008/7/20
B695	2	2	3	2	2	2	1	2		2008/7/20
B697	3	3	4	3	4	2	2	2		2008/7/20
B694	3	3	3	3	3	2	1	3		2008/7/20
B699	1	1	1	1	1	1	1	1		2008/7/20
B681	4	4	4	4	4	2	2	4	根系調査対象木	2008/11/7
B700 (B0)	3	2	2	2	2	2	1	3	ナラタケモドキ感染木	2008/11/8
C690	2	2	2	2	3	2	1	2	被圧の影響大。	2008/7/20
C692	3	3	1	3	4	2	1	1	梢の樹勢は 1。被圧で上方空間へ抜けた枝は健全成長。	2008/7/20
C695	2	3	1	2	2	1	1	2	被圧している部分は葉量少なく成長不良。	2008/7/20
C696	2	3	2	3	3	1	1	2	梢端部の葉量は多い。その他は少ない。	2008/7/20
C697	2	2	1	1	2	1	1	1	ほうき状の樹形。本来の樹形ではない。展葉部分で判断。	2008/7/20
C702	2	3	2	1	2	2	1	3	被圧の影響大。斜面上部の枝が無い。	2008/7/20
C703	2	3	3	2	3	3	1	3	カスミザクラ。被圧の影響大。	2008/7/20
C707	2	2	1	2	2	1	1	3	被圧の影響大。	2008/7/20
C708	3	3	2	3	3	3	1	2	被圧の影響大。片側の株（幹）は被圧で枝が無い。展葉している枝は高密度。	2008/7/20
C711	2	2	2	2	3	2	1	3		2008/7/20
C714	2	2	2	2	2	2	1	2		2008/7/20
C721	2	2	3	2	2	3	1	2		2008/7/20
C724	2	3	2	2	2	3	2	2	片側半分が被圧で枝が無い。	2008/7/20
C718	1	1	1	1	1	1	1	1		2008/7/20
C722	4	4	4	4	4	3	1	4	周囲を覆うように被圧を受けている。	2008/7/20

C704	1	2	1	2	1	2	1	2		2008/7/20
D796	1	2	1	2	1	2	1	2	道路沿いで他より条件が良い。	2008/7/20
D797	2	2	3	4	3	3	2	2	道路沿いで他より条件が良い。梢の葉量が極少。通常なら樹勢は3にする。	2008/7/20
D799	1	1	1	1	1	2	1	2		2008/7/20
D803	1	2	1	1	1	2	1	2		2008/7/20
D804	1	2	1	1	1	2	1	1		2008/7/20
D805	2	2	2	2	2	2	1	2	現時点での評価。数年先の状態を考慮に入れると現状値よりも悪い評価をする。	2008/7/20
D806	2	2	3	2	1	2	1	2	片側半分が被圧の影響大。	2008/7/20
D810	1	1	1	1	1	3	1	1		2008/7/20
D812	2	1	1	1	1	2	1	3	現時点での評価。葉量多いが紅葉しはじめている。	2008/7/20
D816	1	2	1	1	1	2	1	2	現時点での評価。葉の大きさが全体に小さい。3寄りの2。	2008/7/20
D817	1	1	1	1	1	2	1	1	周囲を他のサクラで覆われているため写真無。サクラの真下から見て判断。	2008/7/20
D818	2	2	2	1	1	1	1	4	サクラの真下から見て判断。	2008/7/20
D819	1	1	1	1	1	2	1	1		2008/7/20
D820	1	1	1	1	1	2	1	1		2008/7/20
D821	1	1	1	1	1	2	1	1		2008/7/20
A906	2	2	2	2	2	1	2	2	ヤドリギ	2009/8/12
A907	3	4	3	4	4	3	2	3	ヤドリギ	2009/8/12
A908	1	1	2	2	2	2	1	1	ヤドリギ	2009/8/12
A909	2	2	2	2	2	2	1	2	ヤドリギ	2009/8/12
A910	3	2	3	3	3	2	2	3		2009/8/12
A914	2	2	1	2	1	1	1	2		2009/8/12
A918	3	3	2	3	2	2	1	3		2009/8/12
A919	3	2	3	2	2	2	1	4	ヤドリギ	2009/8/12
A920	3	3	3	3	2	2	1	4		2009/8/12
A922	3	3	3	3	3	3	1	3		2009/8/12
A923	3	3	3	3	3	3	2	3	調査区外	2009/8/12

A924	3	3	2	3	3	2	2	3	調査区外	2009/8/12
A925	3	3	3	3	3	3	3	3	調査区外、大枝切断	2009/8/12
B672	3	3	3	3	3	2	2	3		2009/8/12
B673	4	3	4	4	4	3	3	3		2009/8/12
B674	3	2	4	2	2	2	3	2		2009/8/12
B675	3	3	4	3	3	2	2	3		2009/8/12
B682	3	2	3	3	2	2	1	2		2009/8/12
B688	1	1	1	1	1	1	1	1		2009/8/12
B694	3	3	3	3	2	2	2	3		2009/8/12
B700 (B0)	3	3	3	3	3	2	3	3	調査区外、枯れ下がり	2009/8/12
B701 (B695)	3	2	3	3	2	3	2	3		2009/8/12
B702	2	2	2	3	2	2	1	3	調査区外	2009/8/12
B703	2	2	2	2	2	2	2	3	調査区外	2009/8/12
B704	3	3	3	4	3	2	3	3	調査区外、ウメノキゴケ、枯れ下がり	2009/8/12
B705	3	3	3	4	3	3	1	3	調査区外、大枝切断	2009/8/12
W235	3	3	3	3	3	3	3	3	枯れ下がり	2009/8/12
W236	4	4	4	4	4	3	3	3	枯れ下がり	2009/8/12
W238	4	4	3	4	4	3	3	3		2009/8/21
W239	4	4	3	4	4	3	2	3	枯れ下がり	2009/8/12
W242	3	2	2	2	3	2	1	3	枯れ下がり	2009/8/12
W243	3	2	2	2	2	2	3	3	若干枯れ下がり	2009/8/12
W244	3	3	3	3	4	3	2	3	枯れ下がり	2009/8/12
W246	3	3	3	3	3	2	2	4		2009/8/12
W248	3	2	2	2	2	2	2	2		2009/8/12
W250	3	2	2	3	2	2	3	2		2009/8/12
W251	3	3	3	3	3	2	2	3		2009/8/12
W252	3	3	3	3	3	3	3	3		2009/8/12
W253	3	2	3	2	2	1	1	2		2009/8/12
W254	3	3	2	3	3	3	2	3		2009/8/12
W256	3	3	3	3	3	3	2	3		2009/8/12
W257	3	3	3	3	3	3	2	4	大枝切断	2009/8/12
W258	3	3	4	4	4	2	2	3		2009/8/12

2009 年開花期に、柴田（2007）を参考にして、枝の伸長量、梢端の枯損、枝の密度を目視により評価した。また、樹頂部の頂枝の芽の数、樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率、1 つの花芽から出る花数、個体全体の満開時の着花量の評価を行った（参照　2.5.3. 開花期の 4 ランク活力度評価の基準)。

樹木個体番号	枝の伸長量	梢端の枯損	枝の密度	樹頂部の頂枝の芽の数	樹頂部の頂枝における葉芽と花芽の比率	1 つの花芽から出る花数	個体全体の満開時の着花量
A906	4	3	2	4	4	3	2
A907	4	4	4	4	4	3	4
A908	2	1	1	2	2	2	1
A909	3	2	2	3	3	3	2
A910	4	4	3	4	4	2	2
A911	1	1	1	1	2	1	1
A912	1	1	1	2	1	4	1
A913	1	1	2	1	1	2	1
A914	3	2	2	3	3	3	1
A915	1	2	1	2	1	3	2
A918	4	3	2	4	4	2	2
A919	4	3	3	4	4	2	2
A920	4	3	3	4	4	2	2
A922	4	3	3	4	4	1	2
B672	4	4	3	4	4	2	3
B674	4	2	2	3	4	2	2
B675	4	4	3	4	4	1	2
B676	2	1	2	2	2	2	1
B679	2	1	1	2	2	2	1
B680	4	4	4	4	4	2	3
B681	4	4	4	4	4	2	4
B682	4	3	2	4	4	3	2
B684	2	1	1	2	2	3	1
B688	1	1	1	2	1	3	1
B689	2	2	1	3	1	3	3
B693	1	1	1	2	1	3	2

B694	4	4	2	4	4	1	1
B701 (B695)	4	3	3	4	4	2	3
B697	4	4	4	4	4	2	4
B698	3	2	3	3	2	3	2
B699	1	1	1	2	1	2	1
C690	3	2	3	3	3	4	3
C691	2	2	1	2	1	4	2
C692	2	3	4	3	2	4	4
C693	1	1	1	2	2	4	1
C695	1	2	2	2	1	4	3
C696	4	4	4	4	4	3	4
C697	2	2	3	2	1	4	4
C699	3	3	3	3	3	2	4
C702	3	3	3	3	2	4	3
C704	2	2	1	2	2	2	1
C705	3	2	2	4	4	4	3
C707	2	3	3	3	1	4	4
C708	3	3	3	3	2	4	4
C711	3	4	4	3	2	4	4
C714	2	3	3	3	2	2	2
C718	1	1	1	2	1	3	1
C721	3	3	3	3	3	4	3
C722	3	4	4	3	2	4	4
C723	2	1	2	2	2	3	2
C724	2	1	1	2	2	3	1
D796	2	1	2	2	2	3	3
D797	4	3	2	4	4	2	2
D799	1	1	1	2	1	3	3
D801	1	1	1	2	1	4	4
D803	1	2	1	2	1	4	4
D804	1	2	1	2	1	3	3
D805	3	3	3	3	3	3	3
D806	4	3	3	3	3	4	3
D808	1	1	1	2	1	4	4

D810	1	1	1	2	1	3	3
D812	1	1	2	1	1	4	4
D814	1	2	2	2	2	3	2
D816	1	1	1	1	1	3	3
D817	1	1	1	1	1	3	2
D818	3	3	3	3	2	2	3
D819	1	1	1	2	2	1	1
D820	1	1	1	1	1	3	2
D821	1	1	1	2	1	2	1

F. 葉緑素濃度（SPAD 値）

樹頂部の頂枝を採取し、1 個体から 2 枚の平均的な葉をサンプルとして選出し、葉緑素計（ミノルタ社製、SPAD-502）を使って、各葉につき 3 点を計測した。なお、急激に伸びた枝はサンプリングしなかった。

樹木個体番号	葉	SPAD1	SPAD2	SPAD3	各葉の平均値	各個体の平均値
A906	1	35.3	37.8	36.9	36.7	35.6
	2	32.5	33.1	38.2	34.6	
A907	1	32.4	34.5	31.2	32.7	32.7
	2	33.9	33.1	31.0	32.7	
A908	1	34.5	35.7	36.8	35.7	38.5
	2	42.9	42.3	38.9	41.4	
A909	1	41.2	43.2	43.7	42.7	43.3
	2	44.7	42.9	44.3	44.0	
A910	1	40.7	40.4	41.0	40.7	42.3
	2	42.9	44.1	44.5	43.8	
A911	1	36.7	39.7	36.3	37.6	38.1
	2	40.4	37.3	38.1	38.6	
A912	1	41.1	38.8	37.2	39.0	40.7
	2	43.0	43.9	39.9	42.3	
A913	1	42.7	39.8	44.9	42.5	44.1
	2	47.6	46.2	43.4	45.7	
A914	1	32.5	34.3	34.2	33.7	34.6
	2	33.6	36.9	36.2	35.6	
A915	1	40.8	39.7	36.9	39.1	38.6
	2	38.0	38.2	37.8	38.0	
A918	1	44.2	43.6	43.2	43.7	42.4
	2	42.5	39.6	41.0	41.0	
A919	1	36.7	39.3	40.1	38.7	39.9
	2	42.1	40.5	40.4	41.0	
A920	1	35.2	40.5	39.6	38.4	40.4
	2	43.1	43.9	39.9	42.3	
A922	1	41.6	38.8	39.3	39.9	41.6
	2	39.9	44.5	45.4	43.3	

B672	1	37.5	37.6	41.4	38.8	41.3
	2	44.8	43.1	43.2	43.7	
B674	1	43.4	43.9	42.8	43.4	42.2
	2	38.6	40.8	43.9	41.1	
B675	1	40.3	41.8	42.7	41.6	41.8
	2	42.6	43.0	40.6	42.1	
B676	1	35.5	38.4	35.6	36.5	35.7
	2	33.5	36.3	35.1	35.0	
B678	1	46.2	49.9	43.4	46.5	43.9
	2	39.8	41.9	42.1	41.3	
B679	1	30.3	30.4	29.5	30.1	33.7
	2	37.5	37.3	36.9	37.2	
B680	1	40.3	37.0	37.1	38.1	39.9
	2	40.5	41.2	43.1	41.6	
B682	1	37.4	42.6	38.3	39.4	39.6
	2	41.1	38.3	39.7	39.7	
B684	1	45.2	43.5	45.9	44.9	45.7
	2	46.4	47.1	45.9	46.5	
B687	1	31.6	35.6	30.4	32.5	30.8
	2	28.4	28.8	29.8	29.0	
B688	1	38.3	35.1	38.3	37.2	36.8
	2	37.2	36.1	35.9	36.4	
B689	1	41.4	39.5	35.6	38.8	40.7
	2	44.1	40.5	42.8	42.5	
B693	1	44.6	43.5	43.5	43.9	41.7
	2	41.5	38.6	38.6	39.6	
B695	1	45.6	50.9	49.2	48.6	48.5
	2	49.8	49.4	45.9	48.4	
B697	1	31.8	31.8	31.8	31.8	30.5
	2	29.9	29.2	28.4	29.2	
C690	1	37.2	40.1	40.4	39.2	38.6
	2	36.3	39.0	38.6	38.0	
C692	1	42.5	42.2	40.4	41.7	41.8
	2	43.9	39.8	42.0	41.9	
C695	1	35.5	35.9	38.3	36.6	37.8

	2	40.4	38.0	38.6	39.0	
C696	1	38.3	41.5	42.3	40.7	38.5
	2	37.5	36.0	35.1	36.2	
C697	1	46.4	45.9	47.2	46.5	46.9
	2	47.9	47.1	46.8	47.3	
C702	1	42.0	41.8	41.0	41.6	40.9
	2	41.9	39.9	38.8	40.2	
C708	1	44.9	46.0	46.3	45.7	45.6
	2	45.6	46.3	44.5	45.5	
C707	1	34.7	37.1	35.9	35.9	35.4
	2	34.6	33.6	36.7	35.0	
C711	1	32.7	35.2	30.9	32.9	31.3
	2	30.6	29.1	29.5	29.7	
C714	1	39.6	40.2	39.5	39.8	40.3
	2	39.4	44.2	38.6	40.7	
C724	1	35.8	36.4	38.0	36.7	37.0
	2	36.9	38.1	36.8	37.3	
C722	1	33.9	34.3	33.4	33.9	34.4
	2	34.4	34.4	36.0	34.9	
C721	1	39.6	38.1	47.6	41.8	43.3
	2	41.2	44.3	48.9	44.8	
C718	1	43.1	44.3	48.8	45.4	47.4
	2	50.4	48.4	49.2	49.3	
C704	1	46.3	42.8	46.9	45.3	45.2
	2	45.9	44.9	44.4	45.1	
D796	1	45.0	48.6	46.6	46.7	44.0
	2	40.3	41.6	42.1	41.3	
D797	1	26.3	27.7	27.2	27.1	27.4
	2	28.1	28.0	27.3	27.8	
D799	1	44.6	41.4	43.3	43.1	45.1
	2	48.3	45.6	47.3	47.1	
D803	1	42.6	43.9	43.0	43.2	43.1
	2	43.8	42.3	43.0	43.0	
D804	1	43.2	46.8	47.0	45.7	46.3
	2	43.6	49.4	47.8	46.9	

D805	1	35.5	31.8	35.6	34.3	36.0
	2	38.3	38.6	36.3	37.7	
D806	1	38.5	37.7	41.6	39.3	39.7
	2	40.4	40.3	39.8	40.2	
D810	1	43.0	43.1	41.1	42.4	42.8
	2	43.5	43.8	42.1	43.1	
D812	1	43.1	41.6	39.7	41.5	40.5
	2	39.8	39.6	39.4	39.6	
D816	1	45.4	45.8	44.4	45.2	45.5
	2	43.8	46.9	46.6	45.8	
D817	1	46.4	42.2	47.8	45.5	46.8
	2	49.0	44.7	50.4	48.0	
D819	1	45.0	42.9	43.5	43.8	45.5
	2	47.7	48.0	45.7	47.1	
D820	1	49.2	49.5	49.4	49.4	50.2
	2	52.6	47.1	53.5	51.1	
D818	1	47.1	43.7	45.2	45.3	45.6
	2	42.8	47.0	48.0	45.9	
D821	1	43.3	45.6	44.1	44.3	43.6
	2	44.4	42.7	41.6	42.9	

G. 枝の伸長成長量、幹の肥大成長量、葉面積、LMA

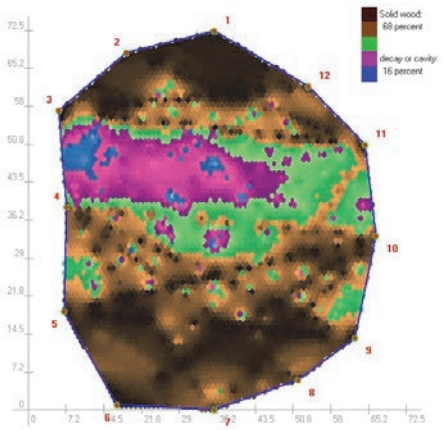
頂枝の伸長成長量は 2008 年成長期（成長開始期から調査日 7 月 19 日・20 日まで）の成長量（cm）。幹の肥大成長量は 2008 年成長期（成長開始期から成長休止期まで）の成長量（mm）。葉面積は 15 枚の葉のサンプルの平均面積（cm^2）、LMA は 15 枚の葉のサンプルの葉面積当たりの葉乾重（g/m^2）。

樹木個体番号	枝の伸長成長量 (cm)	幹の肥大成長量 (mm)	葉面積 (cm^2)	LMA (g/m^2)
A906	3	4.95	24.7	99.0
A907	3.5	1.15	26.3	116.8
A908	7.3	1.25	19.6	98.2
A909	1.5	3	23.1	119.5
A910	10	2.35	25.0	115.3
A911	14	8.7	23.6	112.9
A912	10.5	5.8	30.3	100.2
A913	84.5	4.4	30.5	109.7
A914	6.5	4.8	27.9	93.0
A915	52.5	3.65	23.9	137.4
A918	2.5	2.25	22.5	111.9
A919	3.5	0.6	19.5	134.5
A920	1.8	1.35	25.1	138.0
A922	1.5	0.85	31.6	100.5
B672	2.5	0.65	26.0	130.2
B674	8.3	4.4	21.5	119.8
B675	1.5	2.35	35.2	120.4
B676	14	5.5	26.2	87.6
B679	18	4.45	20.1	113.4
B680	1.2	2.3	23.5	112.9
B682	6.7	1.15	28.4	99.3
B684	83	7.7	24.2	105.1
B688	29	6.85	32.0	104.1
B689	33	6.8	24.6	79.8
B693	36.5	4.5	22.6	98.8
B701(B695)	1	0.9	22.2	105.1
B697	0.6	0.55	22.3	99.7

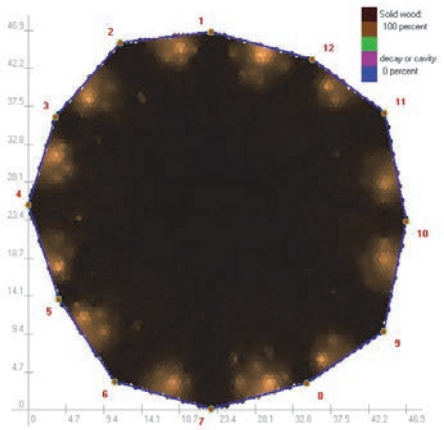
C690	10.7	1.25	22.3	107.7
C692	21.5	5.2	26.2	91.7
C695	33.5	3.1	20.9	104.3
C696	11	1.85	22.6	99.4
C697	18	4.45	30.3	104.7
C702	10	1.8	21.5	102.8
C704	16	2.75	22.0	122.1
C707	19.5	1.65	25.6	127.5
C708	39	0.65	23.4	112.2
C711	5.3	1.8	25.2	122.4
C714	29.5	3.85	20.0	103.3
C718	71	5.85	20.4	125.4
C721	16.5	0.6	25.8	113.4
C722	15.5	0.3	17.0	85.0
C724	16	2.1	29.4	113.9
D796	5	4.5	20.8	123.2
D797	0.5	1.7	11.1	108.2
D799	30	7.8	23.4	110.4
D803	27	8.95	29.1	109.4
D804	54.5	9	31.2	115.3
D805	12	1.3	26.0	101.3
D806	8	1.4	30.9	99.8
D810	58	5.15	22.9	104.9
D812	33.5	5.95	23.0	97.7
D816	28.5	8	24.0	118.6
D817	36	10.45	26.5	105.7
D818	19	1.7	26.2	103.2
D819	83	10.7	29.5	97.2
D820	44.5	9.4	23.9	87.6
D821	43.5	9.35	23.4	101.8

H. 弾性波樹木画像診断の結果

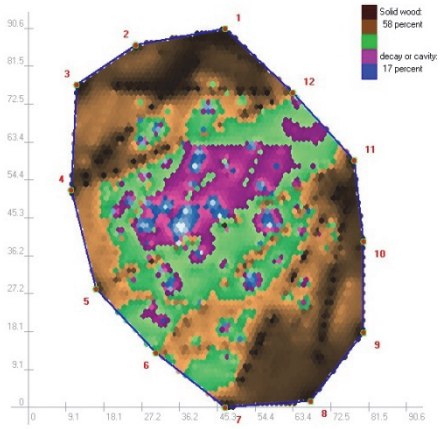
弾性波樹木画像診断システム（AGRUS 社製、PiCUS）により断面を測定した。



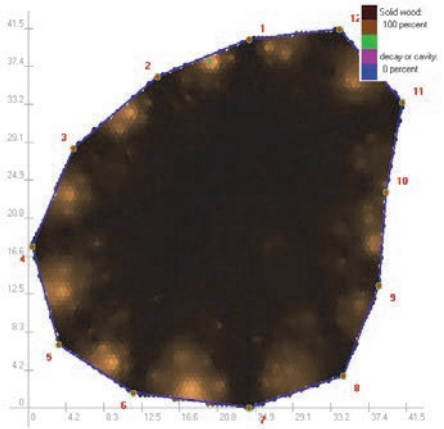
A906 地上 50cm 高（腐朽面積率 16%）



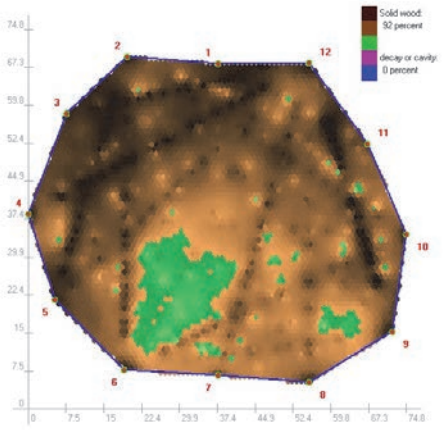
A907 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



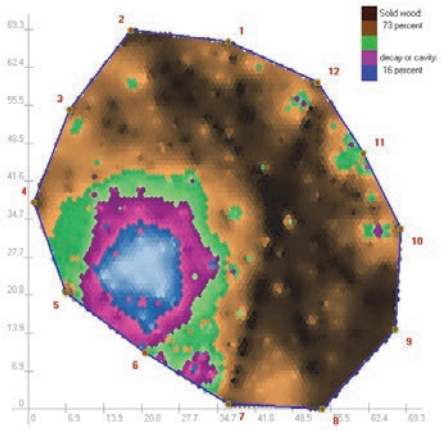
A908 地上 50cm 高（腐朽面積率 17%）



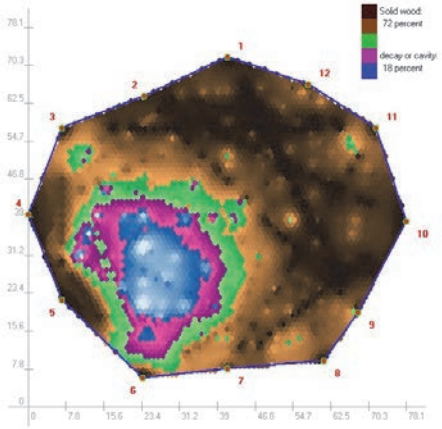
A909 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



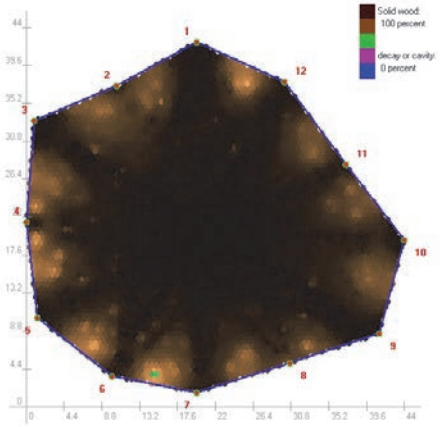
A910 地上 75cm 高（腐朽面積率 0%）



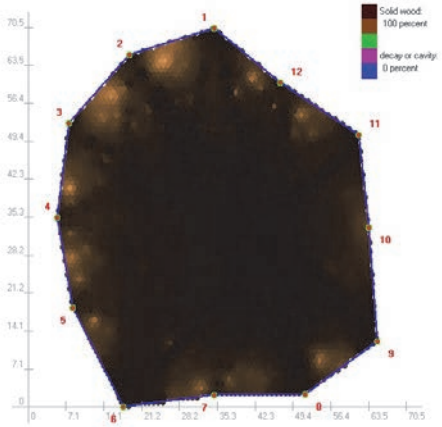
A910 地上 50cm 高（腐朽面積率 16%）



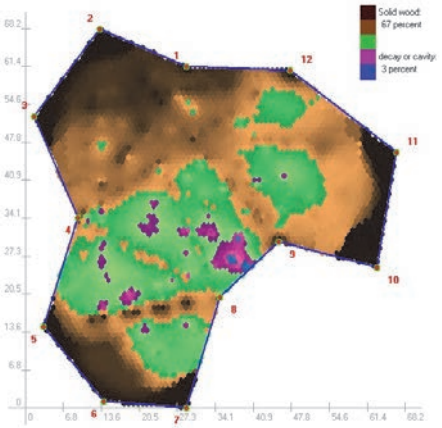
A910 地上 25cm 高（腐朽面積率 18%）



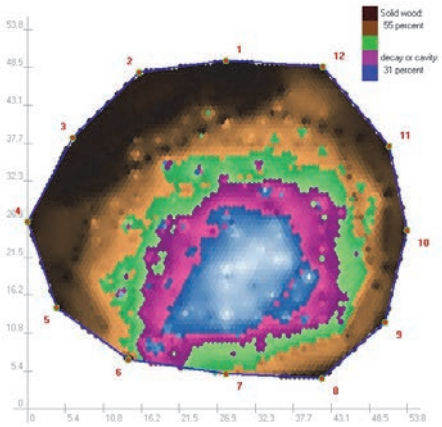
A914 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



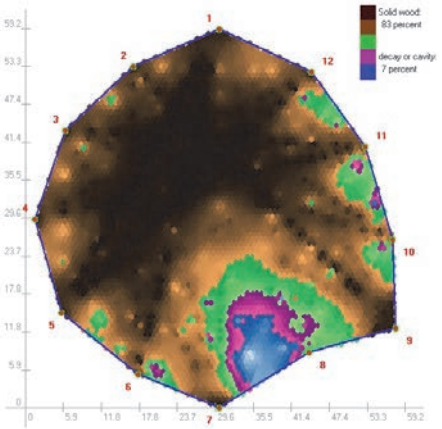
A918 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



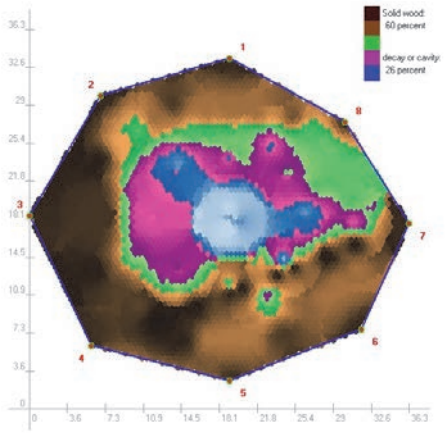
A919 地上 50cm 高（腐朽面積率 3%）



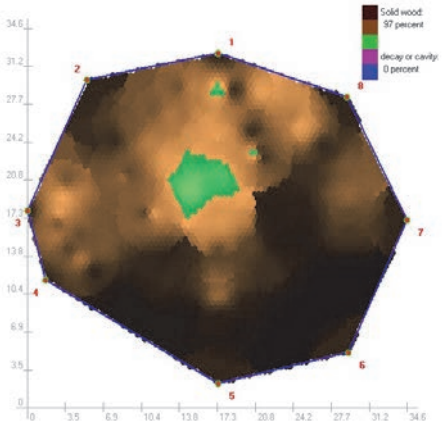
A920 地上 50cm 高（腐朽面積率 31%）



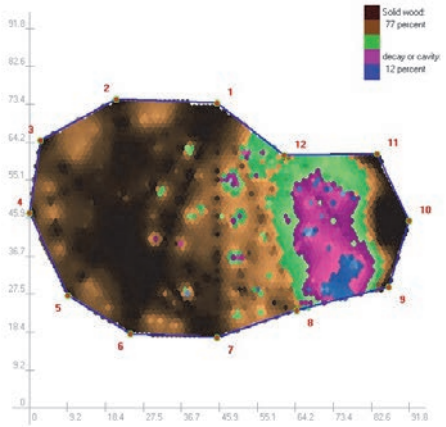
A922 地上 50cm 高（腐朽面積率 7%）



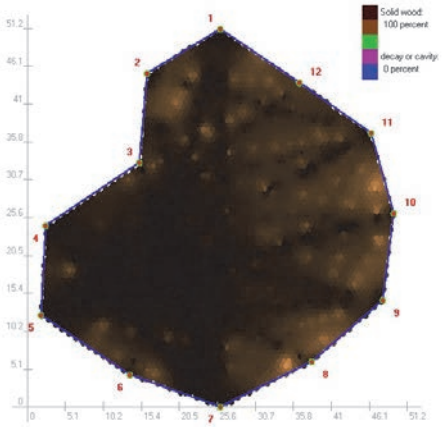
A923 地上 235cm 高（腐朽面積率 26%）



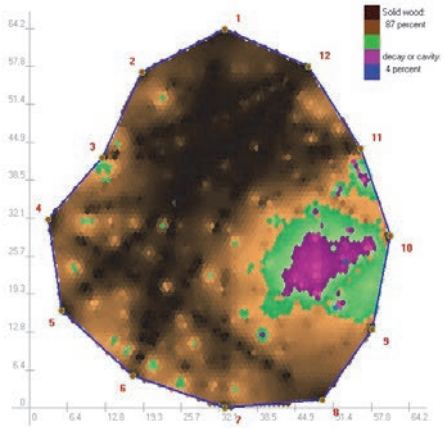
A923 地上 160cm 高（腐朽面積率 0%）



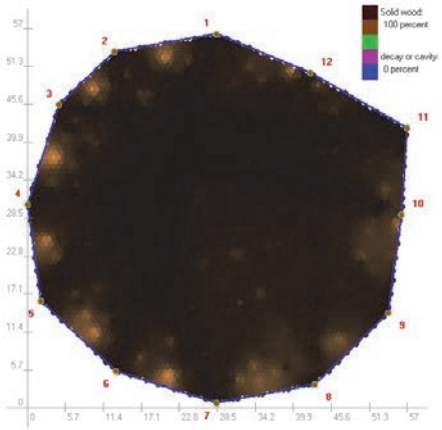
A918 地上 50cm 高（腐朽面積率 12%）



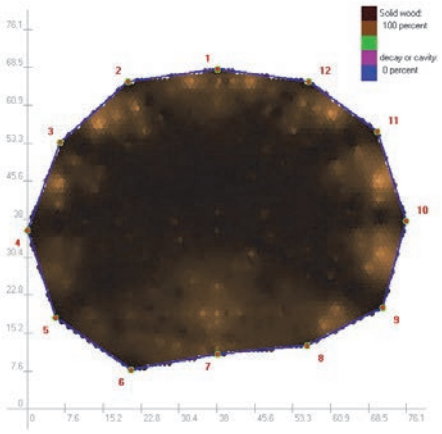
A924 地上 200cm 高（腐朽面積率 0%）



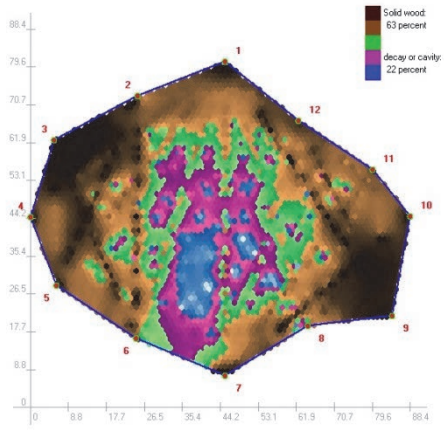
A924 地上 110cm 高（腐朽面積率 4%）



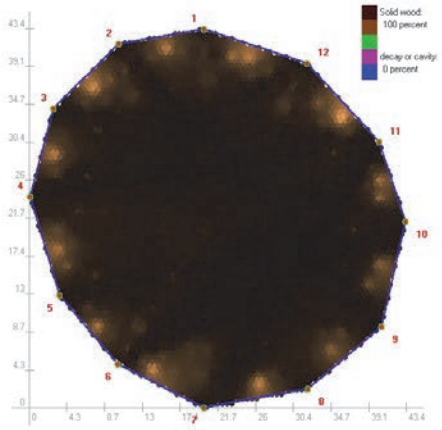
A924 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



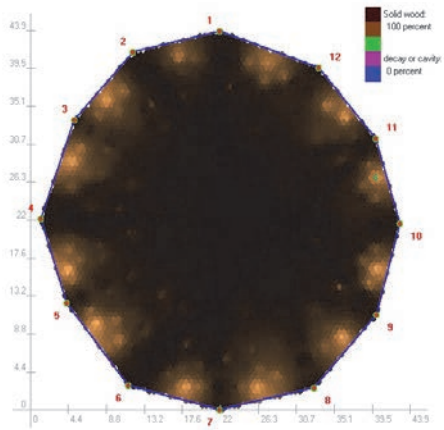
A925 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



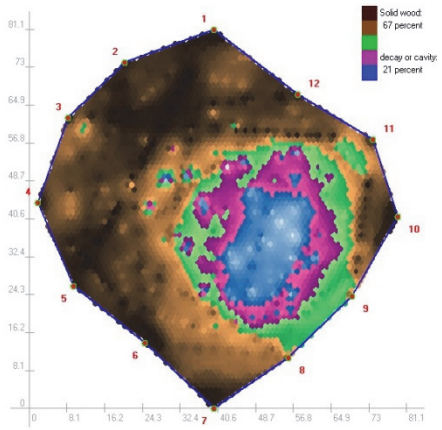
B672 地上 50cm 高（腐朽面積率 22%）



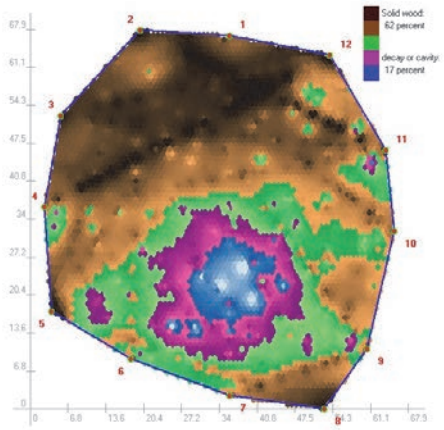
B673 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



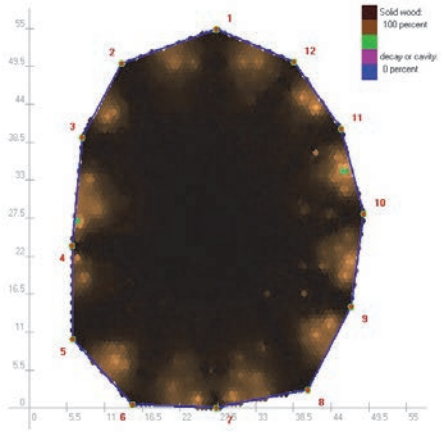
B674 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



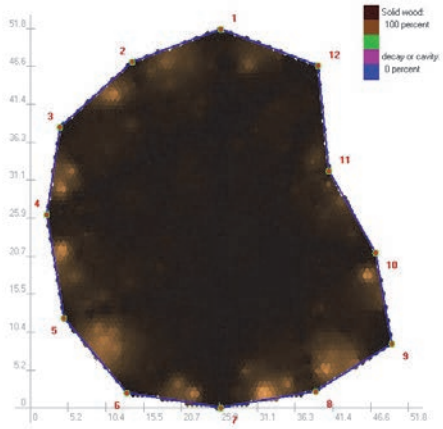
B675 地上 50cm 高（腐朽面積率 21%）



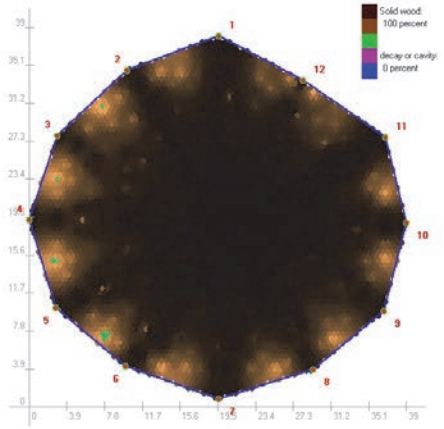
B682 地上 50cm 高（腐朽面積率 17%）



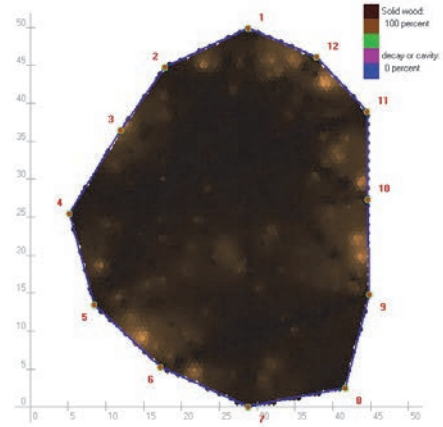
B688 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



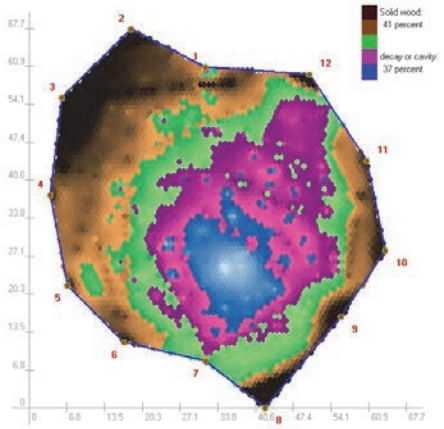
B694 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



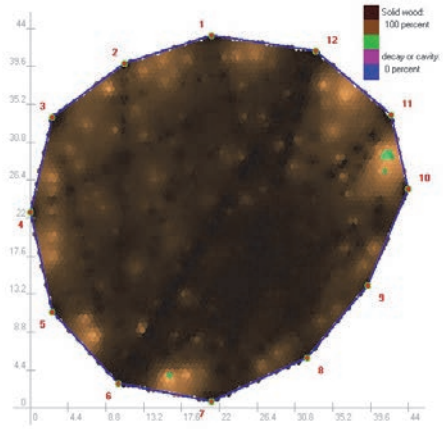
B700 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



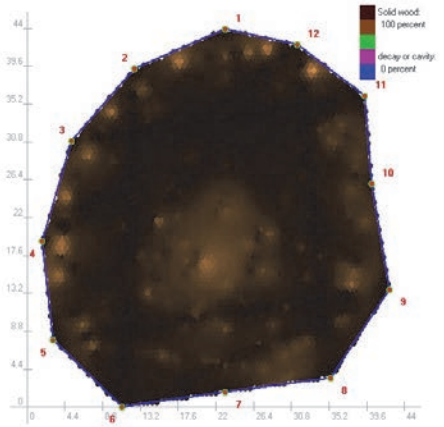
B701 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



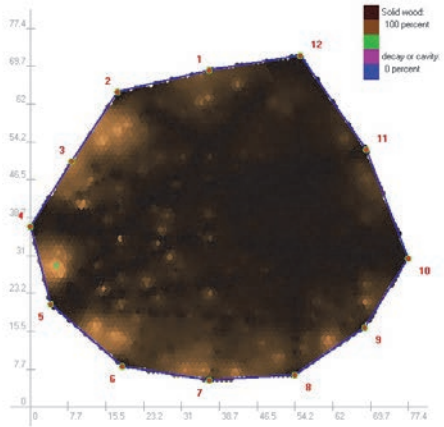
B702 地上 50cm 高（腐朽面積率 37%）



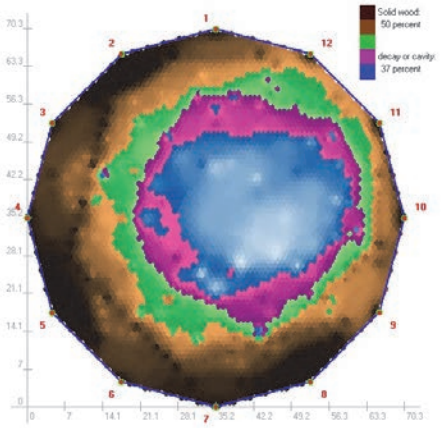
B703 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



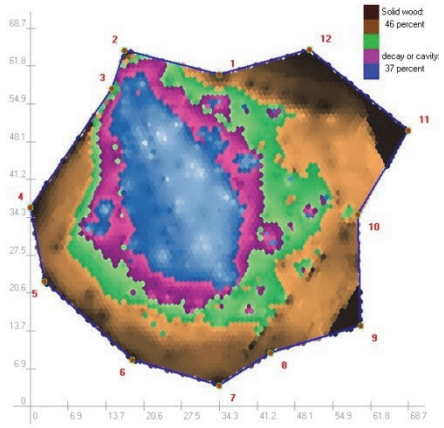
B704 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



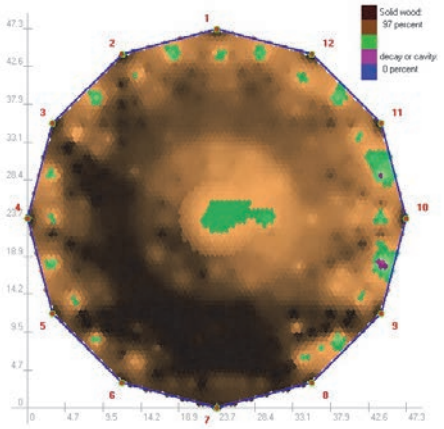
B705 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



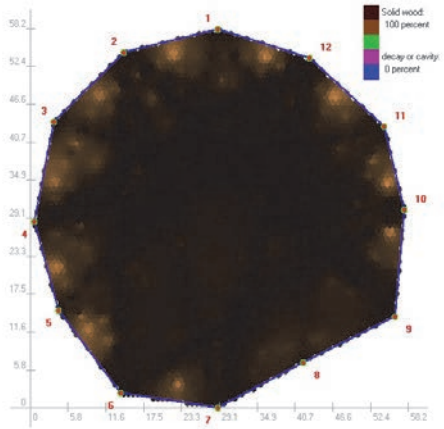
W235 地上 50cm 高（腐朽面積率 37%）



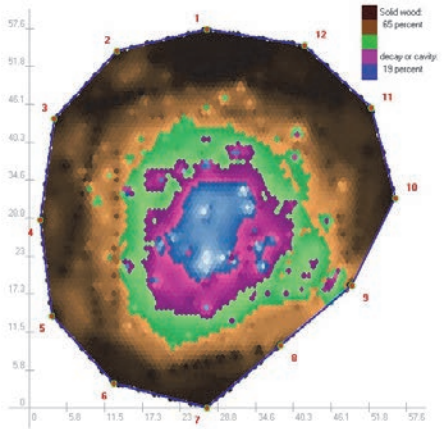
W236 地上 50cm 高（腐朽面積率 37%）



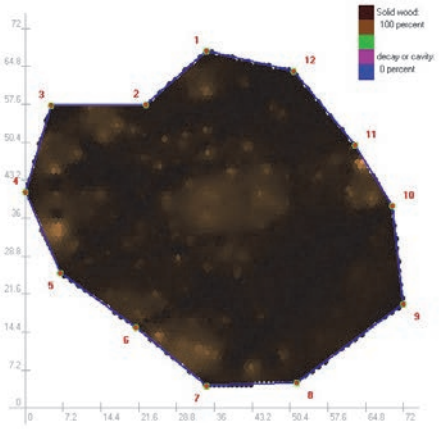
W238 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



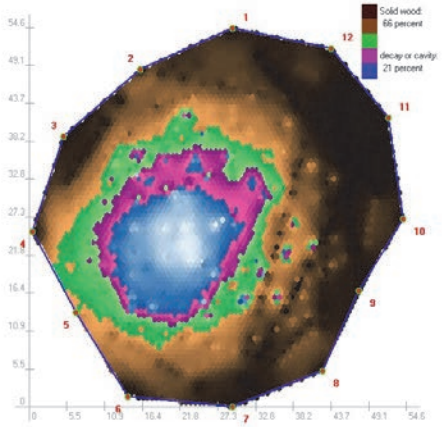
W242 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



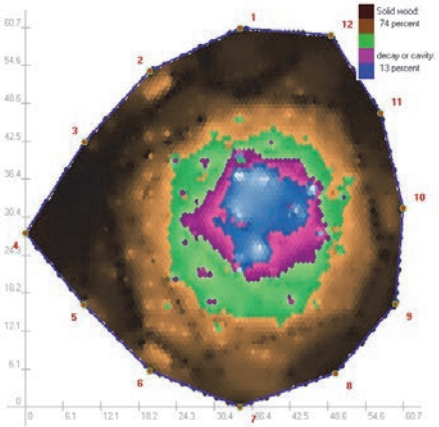
W243 地上 50cm 高（腐朽面積率 19%）



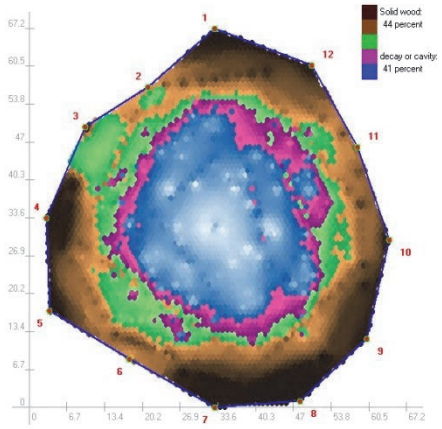
W244 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



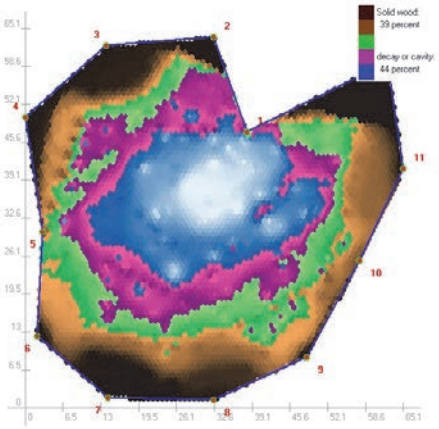
W246 地上 50cm 高（腐朽面積率 21%）



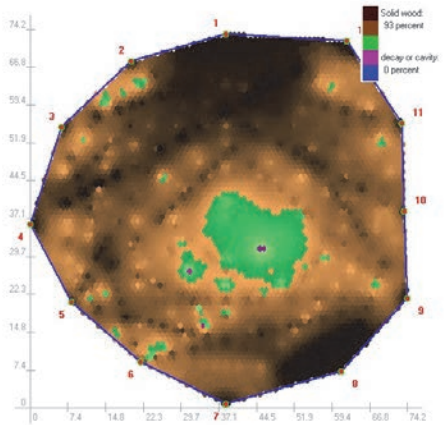
W248 地上 150cm 高（腐朽面積率 13%）



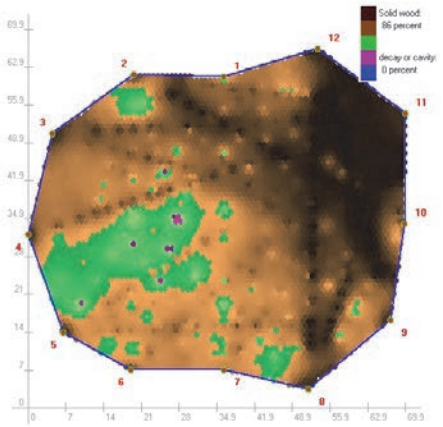
W248 地上 50cm 高（腐朽面積率 41%）



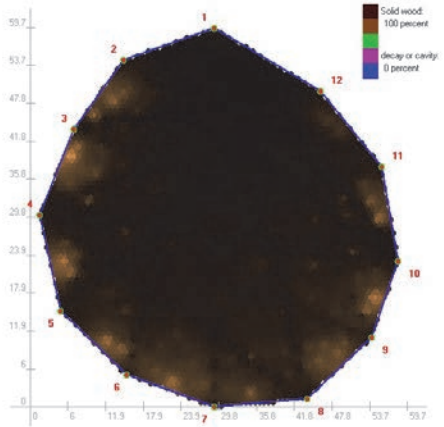
W248 地上 25cm 高（腐朽面積率 44%）



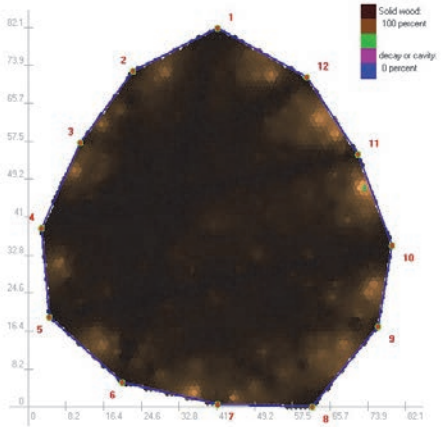
W250 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



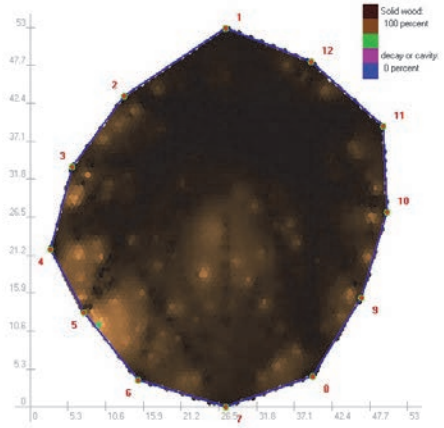
W251 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



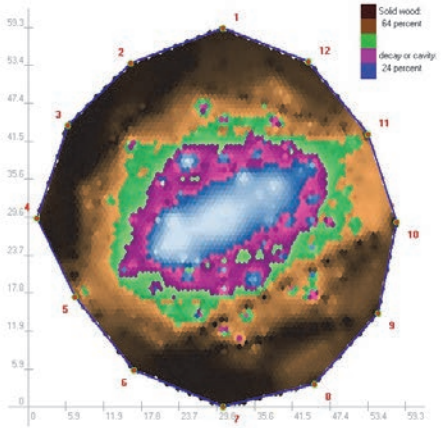
W252 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



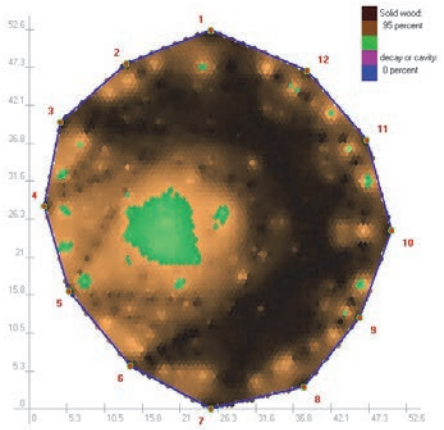
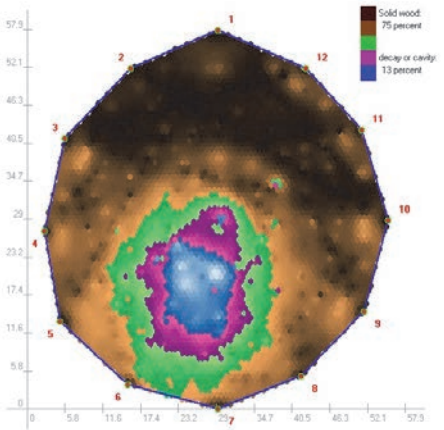
W253 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



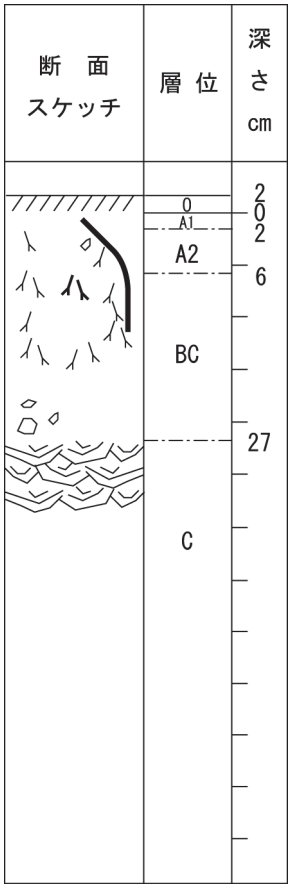
W254 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）



W256 地上 50cm 高（腐朽面積率 24%）

 W257 地上 50cm 高（腐朽面積率 0%）	 W258 地上 50cm 高（腐朽面積率 13%）

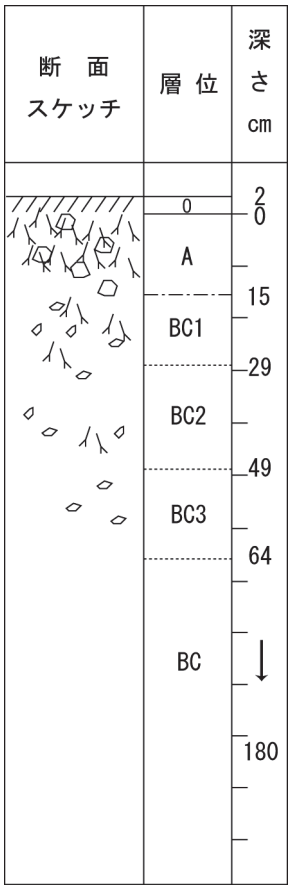
I. 土壌断面調査の結果



地点番号　SP1　（調査区 P1　尾根部）
調査日　2008.8.18
天候　曇り（調査前　曇り）
傾斜　25°
方位　N70°　W

写真

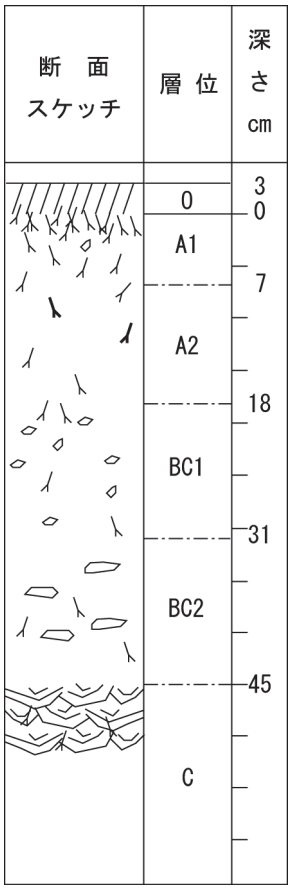
層位	A1	A2	BC	C
土色	7.5YR 4/3	10YR 4/3	2.5YR 4/4	10YR 5/4
土性	SL	L	L	–
コンシステンス				
粘着性	SS	SS	SS	–
可塑性	SP	P	P	–
ち密度（山中式硬度計（mm））	0 mm	9.5 mm	10.5 mm	–
乾状態	SH	SH	SH	–
土壌水分				
体積含水率（TDR）	13 %	14 %	–	–
（3 点測定、較正なし）	13 %	12 %		
	11 %	9 %		



地点番号　SP2　（調査区 P2　斜面中腹）
調査日　2008.8.18（～19）
天候　曇り（調査前　曇り）
傾斜　31°
方位　N20°　W

写真

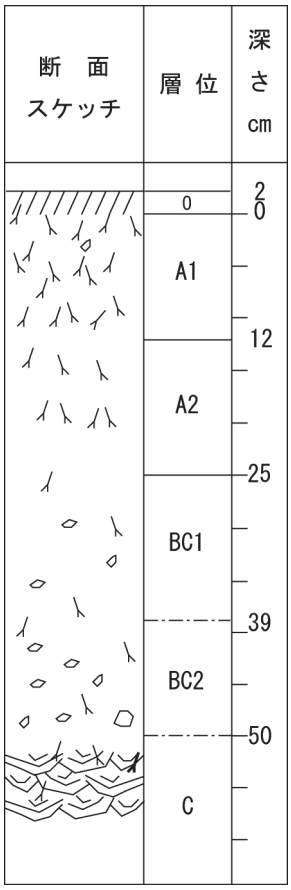
層位	A	BC1	BC2	BC3
土色	10YR 4/2	10YR 4/3	2.5YR 4/3	10YR 4/4
土性	L	CL	CL	CL
コンシステンス				
粘着性	SS	SS	SS	SS
可塑性	P	P	P	P
ち密度（山中式硬度計（mm））	12 mm	15 mm	20 mm	22 mm
乾状態	SH	SH	SH	SH
土壌水分				
体積含水率（TDR）	16 %	15 %	–	–
（3 点測定、較正なし）	17 %	16 %		
	20 %	14 %		



地点番号　SP3　（調査区 P3　斜面中腹）
調査日　2008.8.19
天候　晴れ後曇り（調査前　曇り）
傾斜　25°

写真

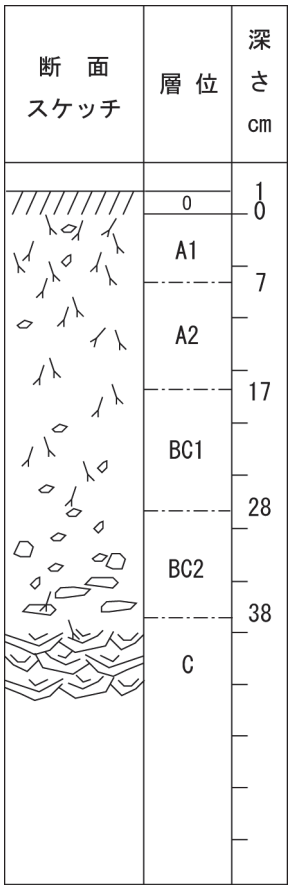
層位	A1	A2	BC1	BC2
土色	10YR 4/2	10YR 4/4	10YR 4/6	10YR 6/6
土性	L	L	CL	CL
コンシステンス				
粘着性	NS	NS	NS	SS
可塑性	SP	SP	SP	S
ち密度（山中式硬度計（mm））	6 mm	12 mm	9 mm	15 mm
乾状態	SH	SH	SH	SH
土壌水分				
体積含水率（TDR）	9 %	12 %	12 %	–
（3 点測定、較正なし）	9 %	11 %	11 %	
	10 %	11 %	12 %	



地点番号　SP4　（調査区 P4　斜面中腹）
調査日　2008.8.19
天候　曇り（調査前　にわか雨）
傾斜　27°
方位　N30°　W

写真

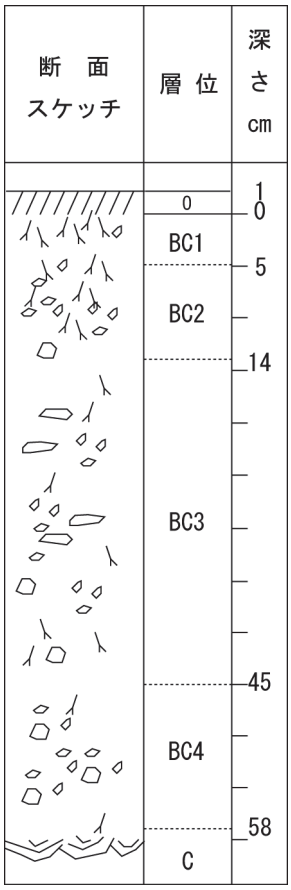
層位	A1	A2	BC1	BC2
土色	10YR 4/3	10YR 5/6	10YR 5/6	10YR 5/8
土性	L	L	CL	CL
コンシステンス				
粘着性	SS	SS	SS	SS
可塑性	P	P	VP	VP
ち密度（山中式硬度計（mm））	17 mm	14 mm	14 mm	14 mm
乾状態	SH	SH	SH	SH
土壌水分				
体積含水率（TDR）	12 %	12 %	11 %	12 %
（3 点測定、較正なし）	12 %	14 %	12 %	12 %
	9 %	12 %	12 %	13 %



地点番号　SP5　（調査区 P2　斜面中腹）
調査日　2008.8.21
天候　曇り（調査前　曇り時々雨）
傾斜　26°
方位　N10°W

写真

層位	A1	A2	BC1	BC2
土色	10YR 2/2	10YR 4/2	10YR 4/3	10YR 5/3
土性	L（CL）	L（CL）	SL～L	CL
コンシステンス				
粘着性	SS	SS	SS	SS
可塑性	P	SP	P	P
ち密度（山中式硬度計（mm））	6 mm	12mm	14 mm	13 mm
乾状態	SH	SH	SH	SH
土壌水分				
体積含水率（TDR）	–	20 %	15 %	21 %
（3 点測定、較正なし）		22 %	20 %	22 %
		21%	18 %	17 %



地点番号　SP6　（調査区 P5 周辺　斜面中腹）
調査日　2008.8.21
天候　曇り（調査前　雨）

写真

層位	BC1	BC2	BC3	BC4
土色	10YR 4/4	10YR 4/3	10YR 4/3	10YR 4/3
土性	SL	SL	L	L
コンシステンス				
粘着性	SS	SS	SS	SS
可塑性	SP	P	P	P
ち密度（山中式硬度計（mm））	13 mm	9mm	13 mm	20 mm
乾状態	–	–	–	–
土壌水分				
体積含水率（TDR）	10 %	11 %	11 %	–
（3 点測定、較正なし）	10 %	11 %	11 %	
	9 %	11%	11 %	

J. 土壌硬度と根系分布

調査区 P1　A909　生育良好木

■夏期の 4 ランク活力度評価（平均 1.625）

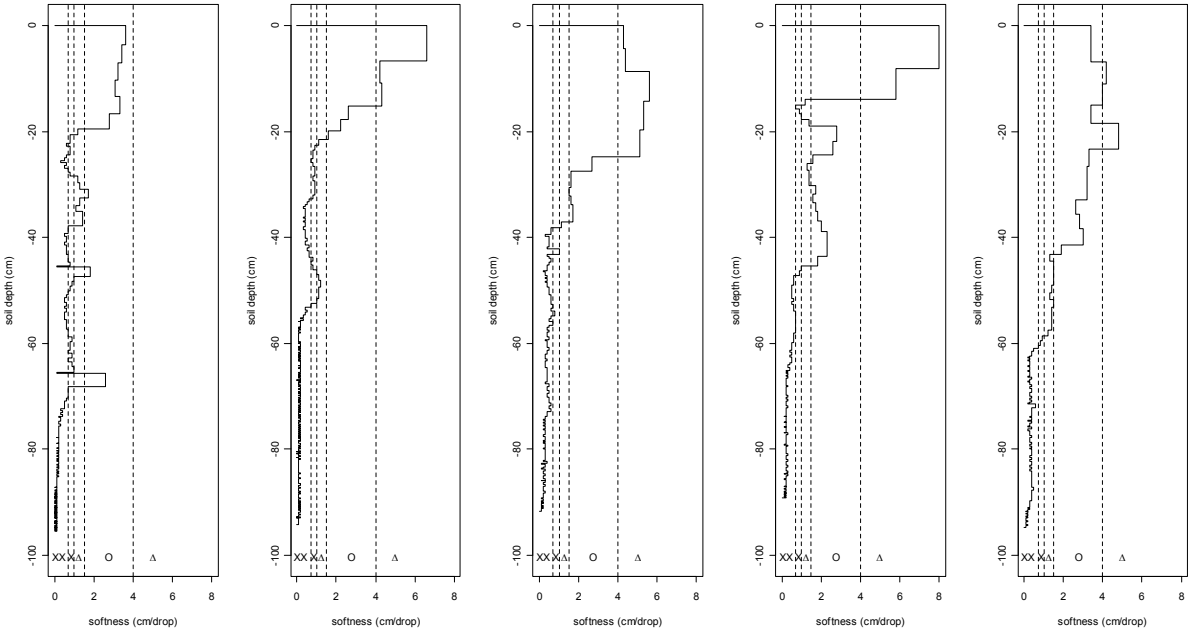
	樹勢	樹形	枝の伸長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形･大きさ	葉色	樹皮	備考
A909	2	1	3	2	1	1	1	2	褐斑病

（2008.7.19）

（2008.11.9）

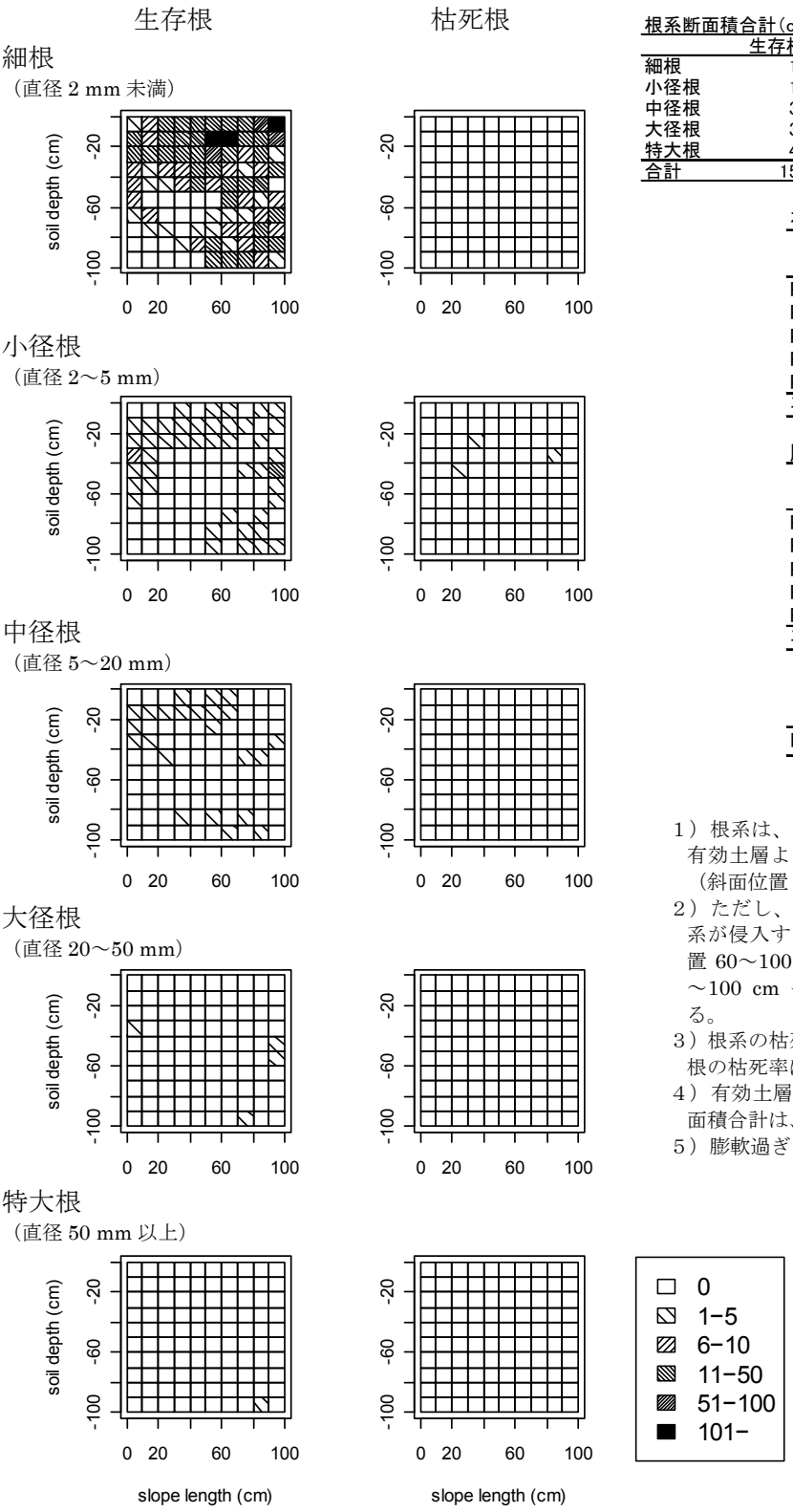
■土壌硬度（長谷川式貫入計）

斜面下　　斜面上



■直径階別根系分布

10×10 cm² メッシュあたりの根の本数



根系断面積合計（cm²/m²）

	生存根	枯死根	枯死率
細根	18.3	0.0	0.0%
小径根	11.2	0.3	2.5%
中径根	39.3	0.0	0.0%
大径根	38.5	0.0	0.0%
特大根	44.2	0.0	0.0%
合計	151.4	0.3	0.2%

有効土層厚

	最深位置（cm）S値 0.7<
P1	61.0
P2	58.0
P3	56.5
P4	53.2
P5	70.3
平均	59.8

膨軟過ぎの土壌

	累積深（cm）S値 4.0<
P1	9.0
P2	13.8
P3	24.7
P4	15.1
P5	0.0
平均	12.5

細根断面積合計（cm²）/有効土層断面積	
R_1/S	0.0031

1）根系は、S 値 0.7< と定義した有効土層より下には侵入しにくい（斜面位置 0～50 cm の範囲）。
2）ただし、風化岩盤の亀裂から根系が侵入することもあり（斜面位置 60～100 cm の範囲）、深さ 90～100 cm へも根系が進展している。
3）根系の枯死率は 0.2%と低い。細根の枯死率は 0.0%と低い。
4）有効土層断面積あたりの細根断面積合計は、0.3%と多い。
5）膨軟過ぎの土壌は少ない。

調査区 P2　B688　生育良好木

■夏期の 4 ランク活力度評価（平均 1.125）

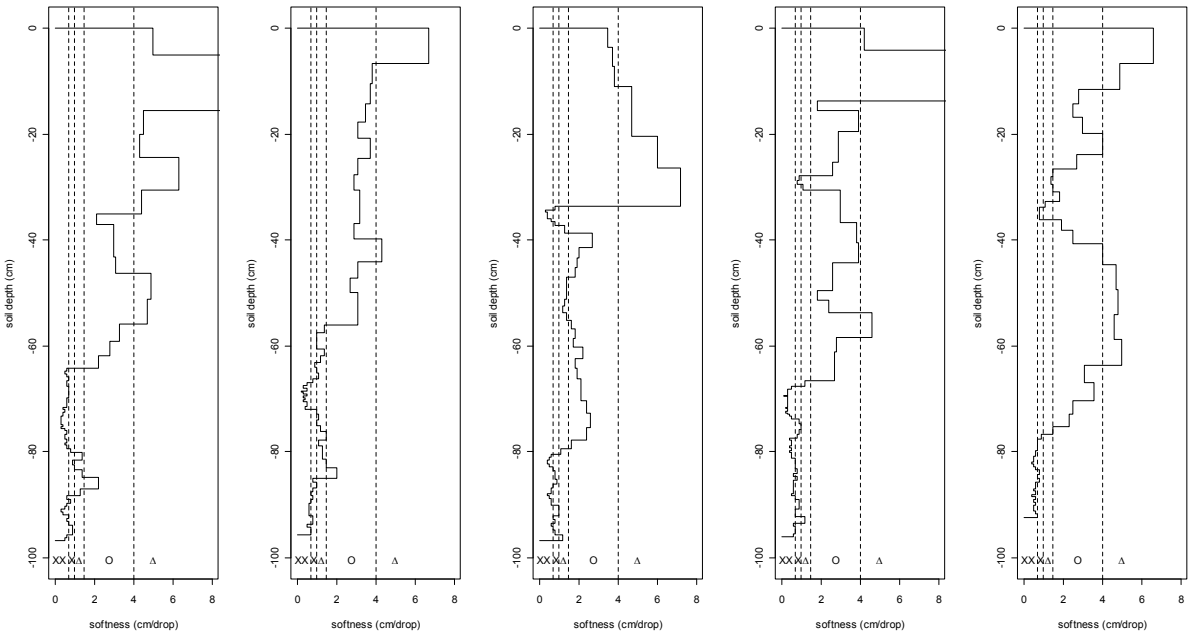
	樹勢	樹形	枝の伸長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形・大きさ	葉色	樹皮	備考
B688	1	1	1	1	1	1	1	2	

（2008.7.20）

（2008.11.10）

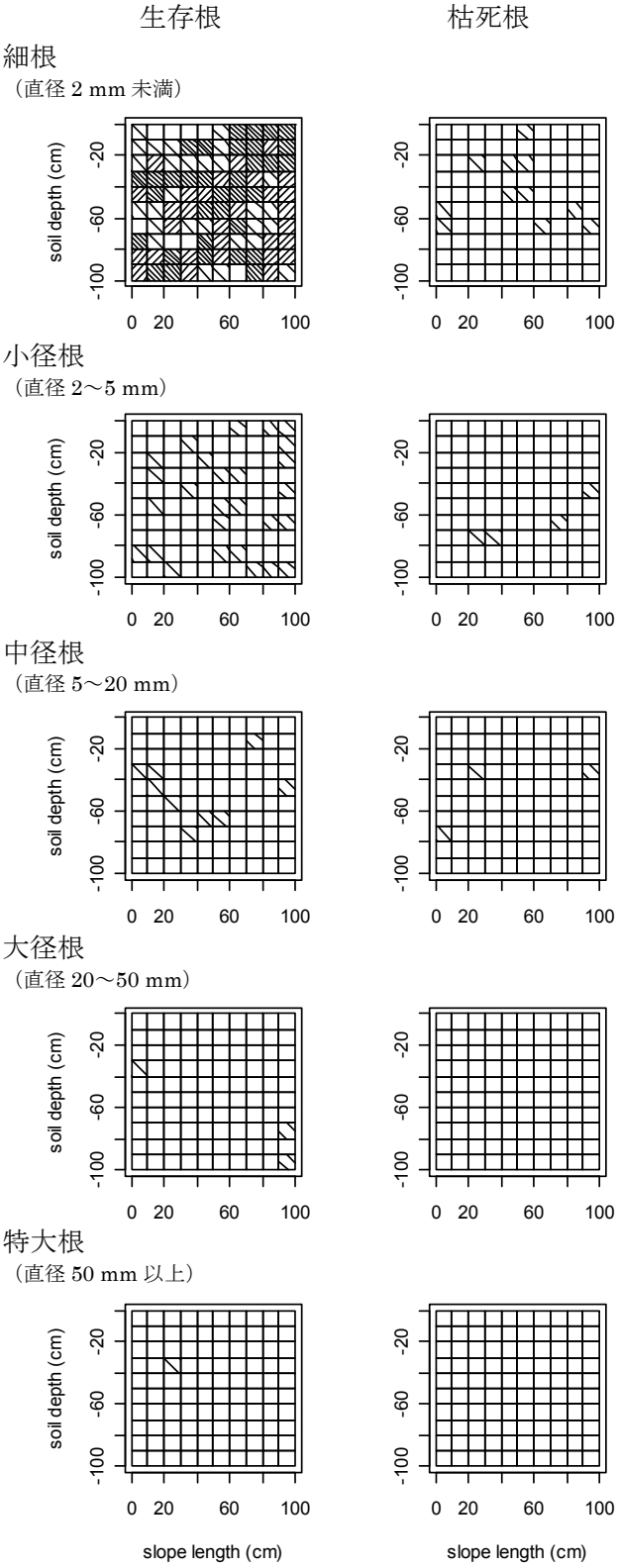
■土壌硬度（長谷川式貫入計）

斜面上　　斜面下



■直径階別根系分布

10×10 cm² メッシュあたりの根の本数



根系断面積合計（cm²/m²）

	生存根	枯死根	枯死率
細根	9.6	0.2	2.2%
小径根	3.7	0.5	11.6%
中径根	14.7	4.9	25.0%
大径根	28.9	0.0	0.0%
特大根	28.3	0.0	0.0%
合計	85.1	5.6	6.2%

有効土層厚

	最深位置（cm） S値 0.7<
P1	95.6
P2	94.9
P3	96.8
P4	95.4
P5	85.7
平均	93.7

膨軟過ぎの土壌

	累積深（cm） S値 4.0<
P1	44.6
P2	11.0
P3	22.6
P4	18.3
P5	30.6
平均	25.4

細根断面積合計（cm²） /有効土層断面積	
R_1/S	0.0010

1）S 値 0.7< と定義した有効土層は、平均 93.7 cm であり、測定点 P3 では貫入計の長さの限界により、実際にはもう少し深くまで有効土層が存在している可能性がある。

2）深さ 90～100 cm へも根系が進展している。

3）根系の枯死率は 6.2%と低いレベルにある。細根の枯死率は 2.2%と低い。

4）有効土層断面積あたりの細根断面積合計は、0.1%であり、今回のサンプルの中では、中程度の値である。

5）膨軟過ぎの土壌は中程度ある。

調査区 P2　B681　生育不良木（斜面上に向かって左側 1 m のところ）

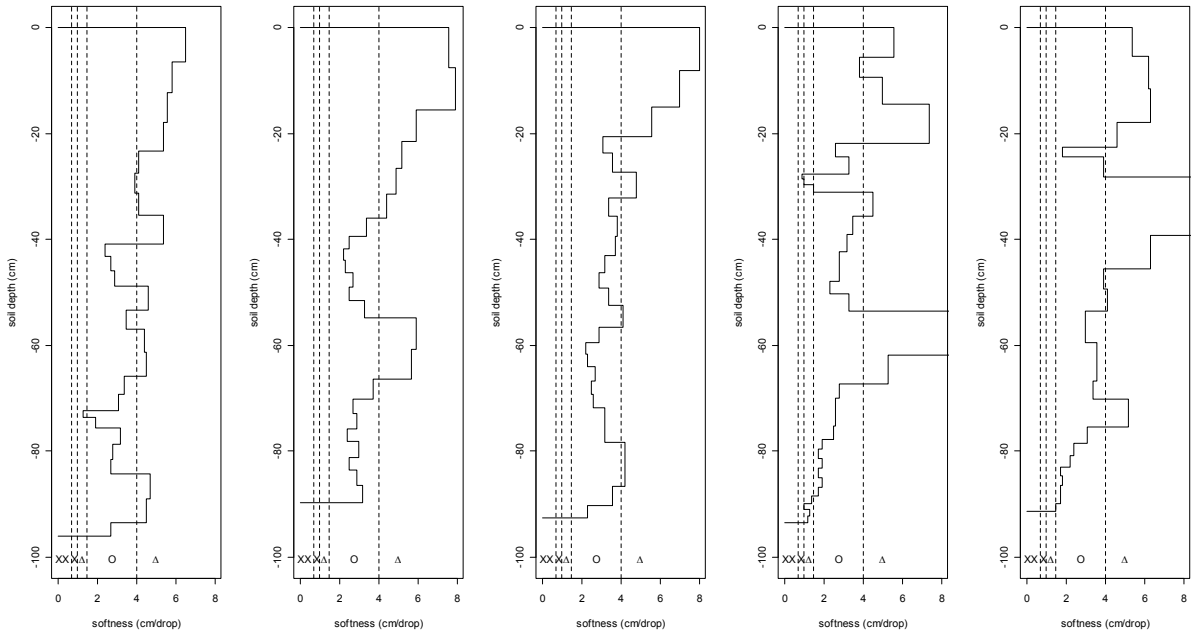
■夏期の 4 ランク活力度評価（平均 3.5）

	樹勢	樹形	枝の伸長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形・大きさ	葉色	樹皮	備考
B681	4	4	4	4	4	2	2	4	

（中央奥の木 2008.6.21）（2008.11.13）　　（2008.11.10）

■土壌硬度（長谷川式貫入計）

斜面上　　斜面下



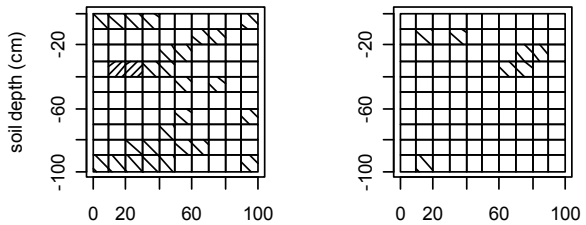
■直径階別根系分布

10×10 cm² メッシュあたりの根の本数

生存根　　枯死根

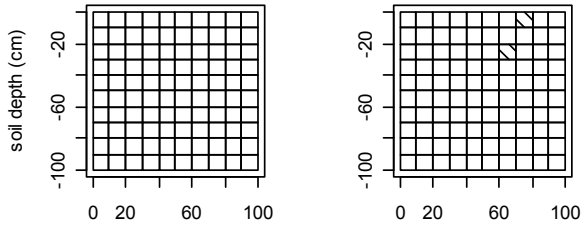
細根

（直径 2 mm 未満）



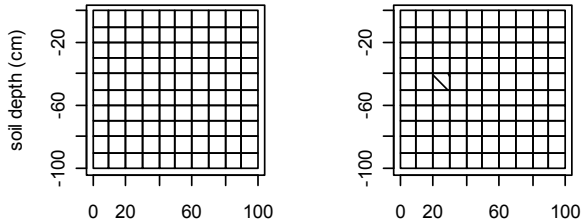
小径根

（直径 2～5 mm）



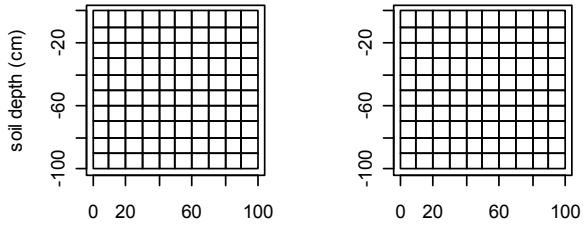
中径根

（直径 5～20 mm）



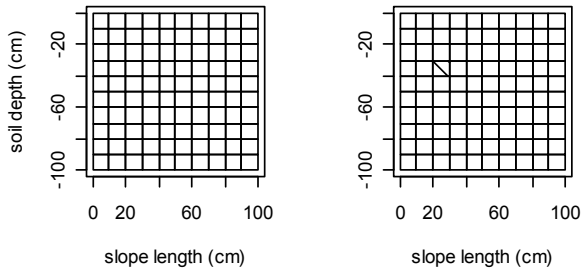
大径根

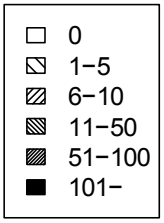
（直径 20～50 mm）



特大根

（直径 50 mm 以上）





根系断面積合計（cm²/m²）

	生存根	枯死根	枯死率
細根	0.7	0.1	15.2%
小径根	0.0	0.3	100.0%
中径根	0.0	1.2	100.0%
大径根	0.0	0.0	−
特大根	0.0	86.6	100.0%
合計	0.7	88.2	99.3%

有効土層厚

	最深位置（cm）S値 0.7<
P1	96.1
P2	89.7
P3	92.5
P4	93.4
P5	91.4
平均	92.6

膨軟過ぎの土壌

	累積深（cm）S値 4.0<
P1	59.6
P2	47.5
P3	37.9
P4	36.2
P5	49.1
平均	46.1

細根断面積合計（cm²）/有効土層断面積	
R_1/S	0.0001

1）S 値 0.7< と定義した有効土層は、平均 92.6 cm と深く、全測定点において貫入計の長さの限界により、実際にはさらに深くまで有効土層が存在している可能性がある。

2）深さ 90～100 cm へも根系が進展している。

3）根系の量はかなり少ない。

4）根系の枯死率は 99.3%と非常に高い。細根の枯死率は 15.2%と比較的高い。

5）有効土層断面積あたりの細根断面積合計は、0.01%であり、非常に少ない。

6）膨軟過ぎの土壌は多い。

調査区 P2　B681　生育不良木（斜面上に向かって右側 1 m のところ）

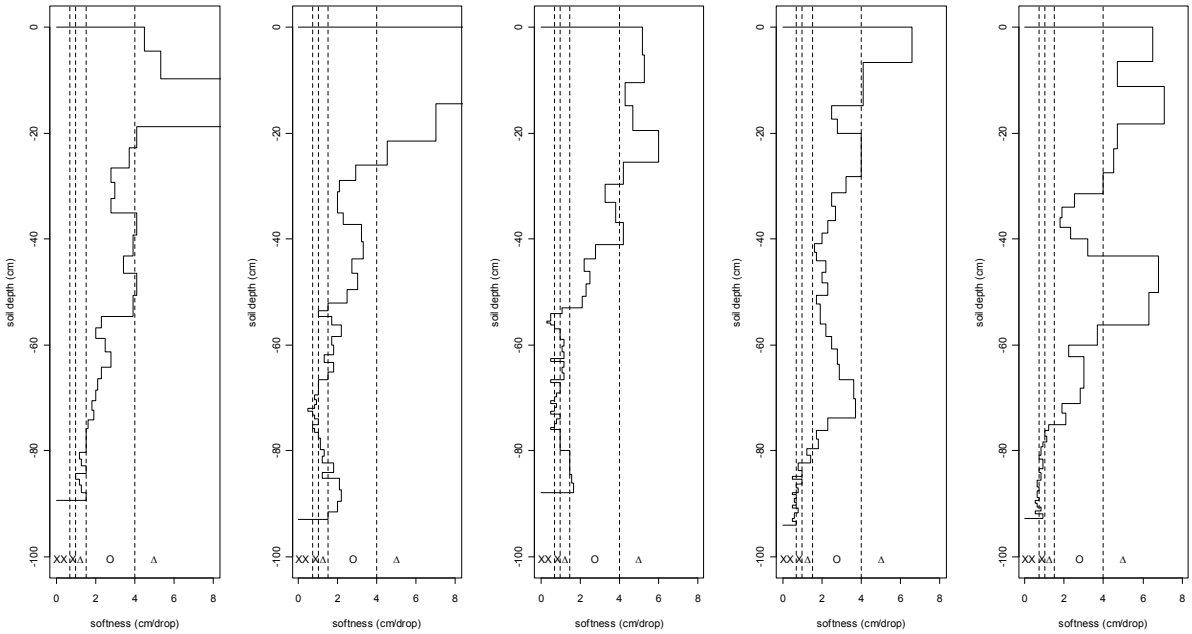
■夏期の 4 ランク活力度評価（平均 3.5）

	樹勢	樹形	枝の伸長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形・大きさ	葉色	樹皮	備考
B681	4	4	4	4	4	2	2	4	

（中央奥の木 2008.6.21）（2008.11.13）　　（2008.11.10）

■土壌硬度（長谷川式貫入計）

斜面下　　斜面上

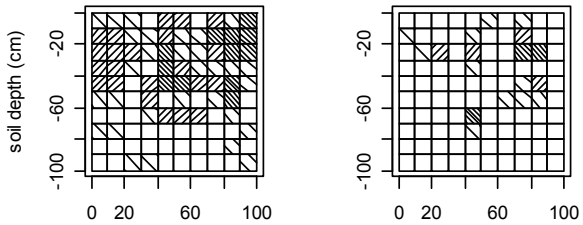


■直径階別根系分布

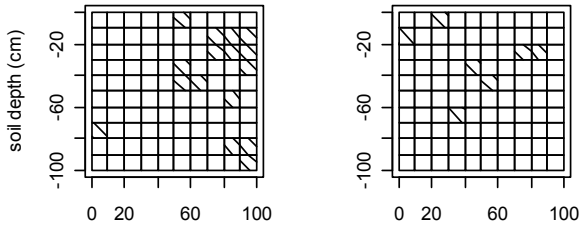
10×10 cm² メッシュあたりの根の本数

生存根　　枯死根

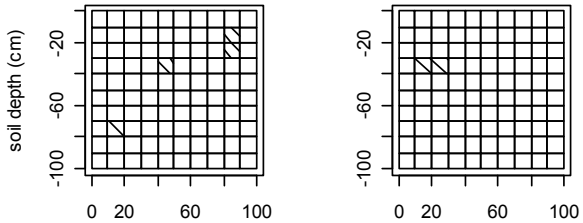
細根
（直径 2 mm 未満）



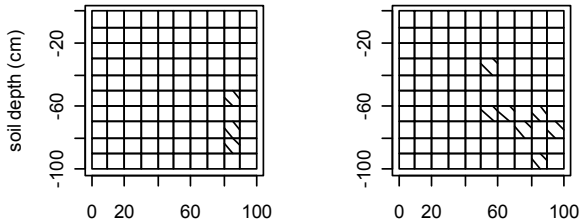
小径根
（直径 2～5 mm）



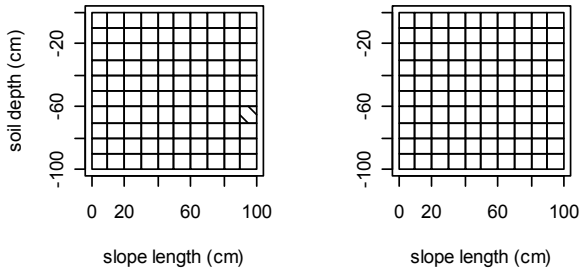
中径根
（直径 5～20 mm）

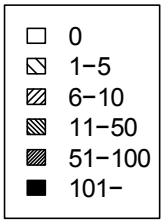


大径根
（直径 20～50 mm）



特大根
（直径 50 mm 以上）





根系断面積合計（cm²/m²）

	生存根	枯死根	枯死率
細根	5.2	1.0	16.3%
小径根	2.3	0.8	25.0%
中径根	4.9	2.5	33.3%
大径根	28.9	67.3	70.0%
特大根	103.9	0.0	0.0%
合計	145.2	71.6	33.0%

有効土層厚

	最深位置（cm） S値 0.7<
P1	92.7
P2	94.0
P3	87.8
P4	93.0
P5	89.3
平均	91.4

膨軟過ぎの土壌

	累積深（cm） S値 4.0<
P1	40.6
P2	14.8
P3	33.9
P4	26.0
P5	31.0
平均	29.3

細根断面積合計（cm²） /有効土層断面積	
R_1/S	0.0006

1）S 値 0.7< と定義した有効土層は、平均 91.4 cm と深く、全測定点において貫入計の長さの限界により、実際にはさらに深くまで有効土層が存在している可能性がある。
2）深さ 90～100 cm へも根系が進展しているが、ほとんどは深さ 50 cm までにある。
3）根系の枯死率は 33.0%と高い。細根の枯死率は 16.3%と比較的高い。
4）有効土層断面積あたりの細根断面積合計は、0.06%であり、少ない。
5）膨軟過ぎの土壌は多い。

調査区 P3　C690　生育良好木（土壌断面・根系分布は観察できず）

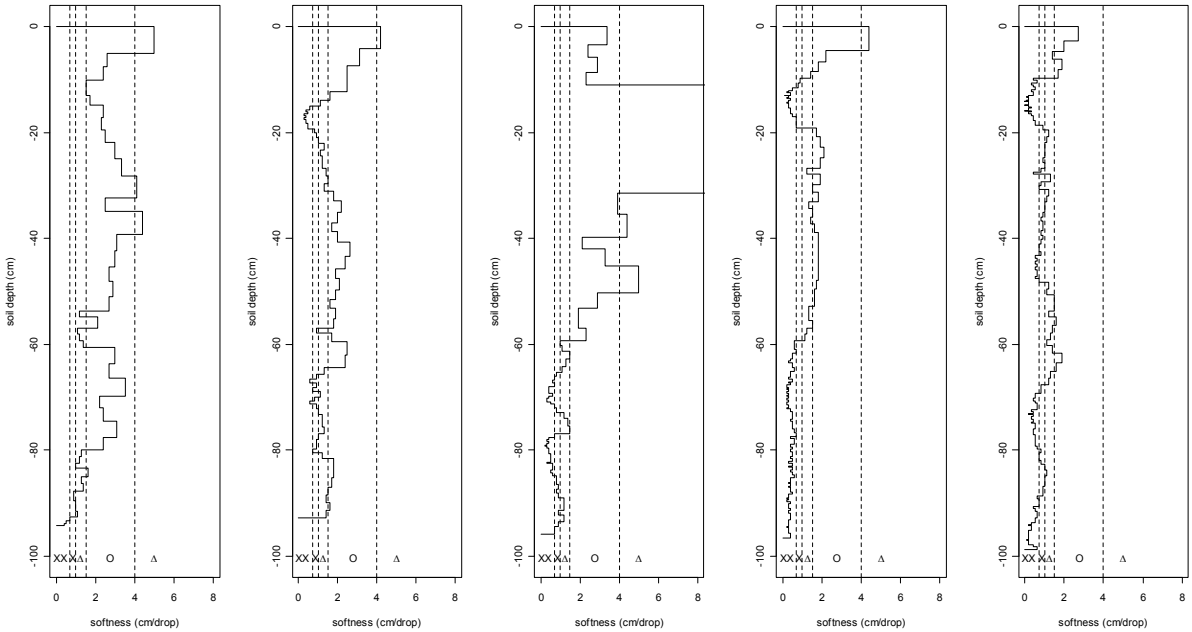
■夏期の 4 ランク活力度評価（平均 2.0）

	樹勢	樹形	枝の伸長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形･大きさ	葉色	樹皮	備考
C690	2	2	2	2	3	2	1	2	

（2008.7.20）

■土壌硬度（長谷川式貫入計）

斜面下　　斜面上



調査区 P4　D803　生育良好木

■夏期の 4 ランク活力度評価（平均 1.375）

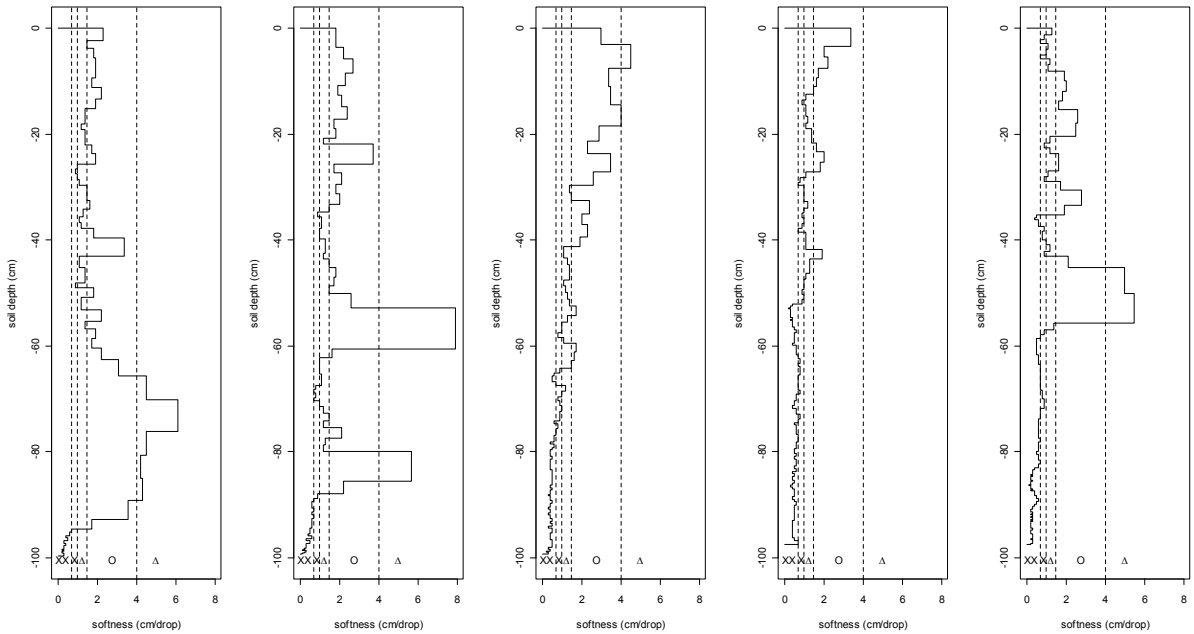
	樹勢	樹形	枝の伸長量	梢端の枯損	枝葉の密度	葉の形・大きさ	葉色	樹皮	備考
D803	1	2	1	1	1	2	1	2	

（2008.7.20）

（2008.11.10）

■土壌硬度（長谷川式貫入計）

斜面上　　斜面下



■直径階別根系分布

10×10 cm² メッシュあたりの根の本数

生存根　　枯死根

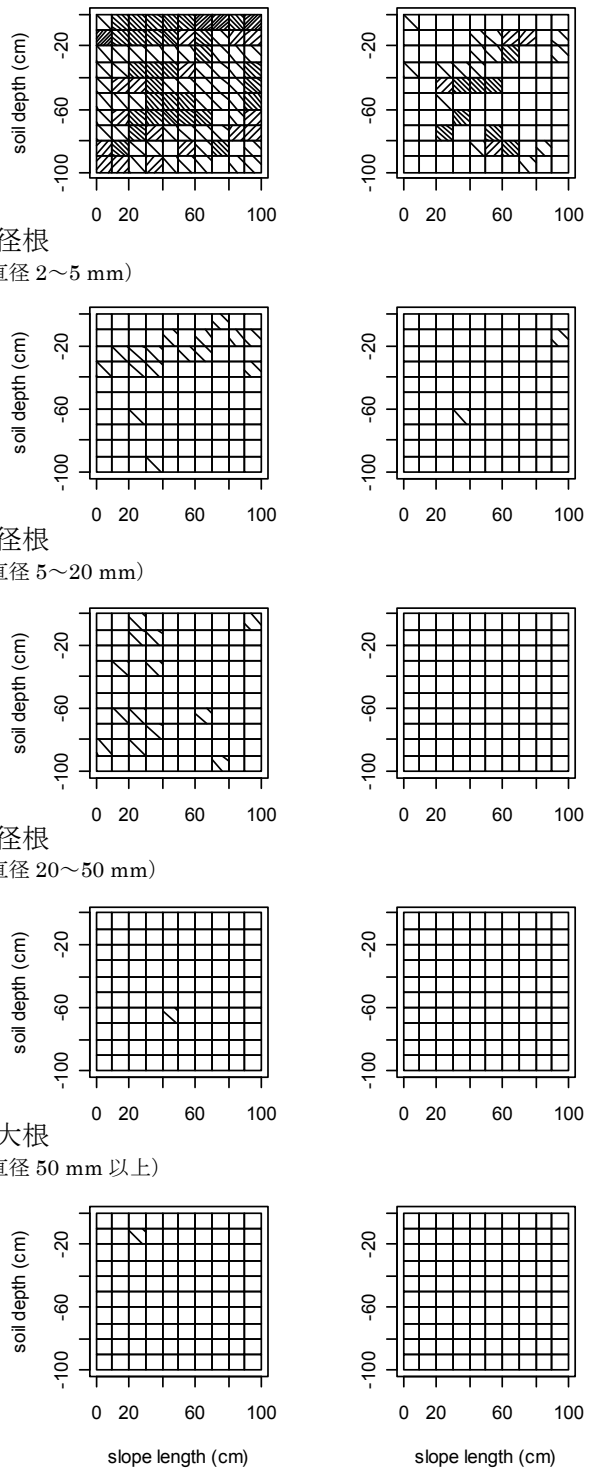
細根
（直径 2 mm 未満）

小径根
（直径 2～5 mm）

中径根
（直径 5～20 mm）

大径根
（直径 20～50 mm）

特大根
（直径 50 mm 以上）



根系断面積合計（cm^2/m^2）

	生存根	枯死根	枯死率
細根	11.1	2.1	15.9%
小径根	1.8	0.2	9.5%
中径根	16.0	0.0	0.0%
大径根	9.6	0.0	0.0%
特大根	28.3	0.0	0.0%
合計	66.7	2.3	3.3%

有効土層厚

	最深位置（cm）S値 0.7<
P1	94.5
P2	92.6
P3	76.9
P4	97.4
P5	82.3
平均	88.7

膨軟過ぎの土壌

	累積深（cm）S値 4.0<
P1	23.6
P2	13.6
P3	4.5
P4	0.0
P5	10.5
平均	10.4

細根断面積合計（cm^2）/有効土層断面積	
R_1/S	0.0012

1）S 値 0.7< と定義した有効土層は、平均 88.7 cm であり、測定点 P4 において貫入計の長さの限界により、実際にはもう少し深くまで有効土層が存在している可能性がある。
2）深さ 90～100 cm へも根系が進展しているが、やや少ない。
3）根系の枯死率は 3.3%と低い。細根の枯死率は 15.9%と比較的高い。
4）有効土層断面積あたりの細根断面積合計は、0.12%であり、中程度ある。
5）膨軟過ぎの土壌は少ない。かつて表土を剥いだ影響が見られる。

K. 土壌物理性（土性、三相分布）

（1）粒径組成（土性）

ⅰ．有機物の分解

風乾細土（径<2 mm）を 500 ml 容トールビーカーに 10g とり、脱塩水を 40 ml 加えた後に、過酸化水素水を 20 ml 加え、時計皿をトールビーカーの上にのせ、一晩放置した。翌日、さらに 25 ml の過酸化水素を加え、ドラフト内のホットプレート上で加熱した。有機物分解が終わっていなければ、過酸化水素をさらに加え、有機物分解後、過酸化水素が分解するまで加熱した。

ⅱ．粗砂（2~0.2 mm） の篩別

予め、るつぼを絶乾・秤量しておき、サンプルを 0.25 mm の篩に移し、脱塩水を用いて粗砂を洗い篩別した。粗砂はるつぼに取り、絶乾後秤量した。

ⅲ．可容性塩類などの除去

トールビーカーの懸濁液を一晩放置し、上澄みをサッカーで吸引し、排水した。その後、ビーカーの目盛約 400 ml まで脱塩水を加え同様の操作を 4 回繰り返した。

ⅳ．分散

1 mol/L の水酸化ナトリウムを加え、pH が 9～10 になるように調節し、カルゴンを加え 15 分間超音波処理を行った。その後 8 時間以上放置し、凝集によりトールビーカーの底に粘土が沈んでいないことを確かめて、振とう瓶に移し脱塩水で 500 ml に定量した。

ⅴ．ピペット法　粘土（<0.002 mm）

手で十分に振とうしてから振とう瓶を水槽の中に入れ、一晩放置した。その後、手で 1 分間振とうし、ストークスの法則で計算される各粒径粒子の沈降時間に基づいて、一定時間後、水面から 10 cm の深さに先割れピペットを静かに差し入れ、粘土画分を 10 ml 採取した。採取液はあらかじめ絶乾・秤量したガラスバイアルに入れ、絶乾後秤量した。

ⅵ．ピペット法　細シルト（0.02~0.002 mm）＋粘土

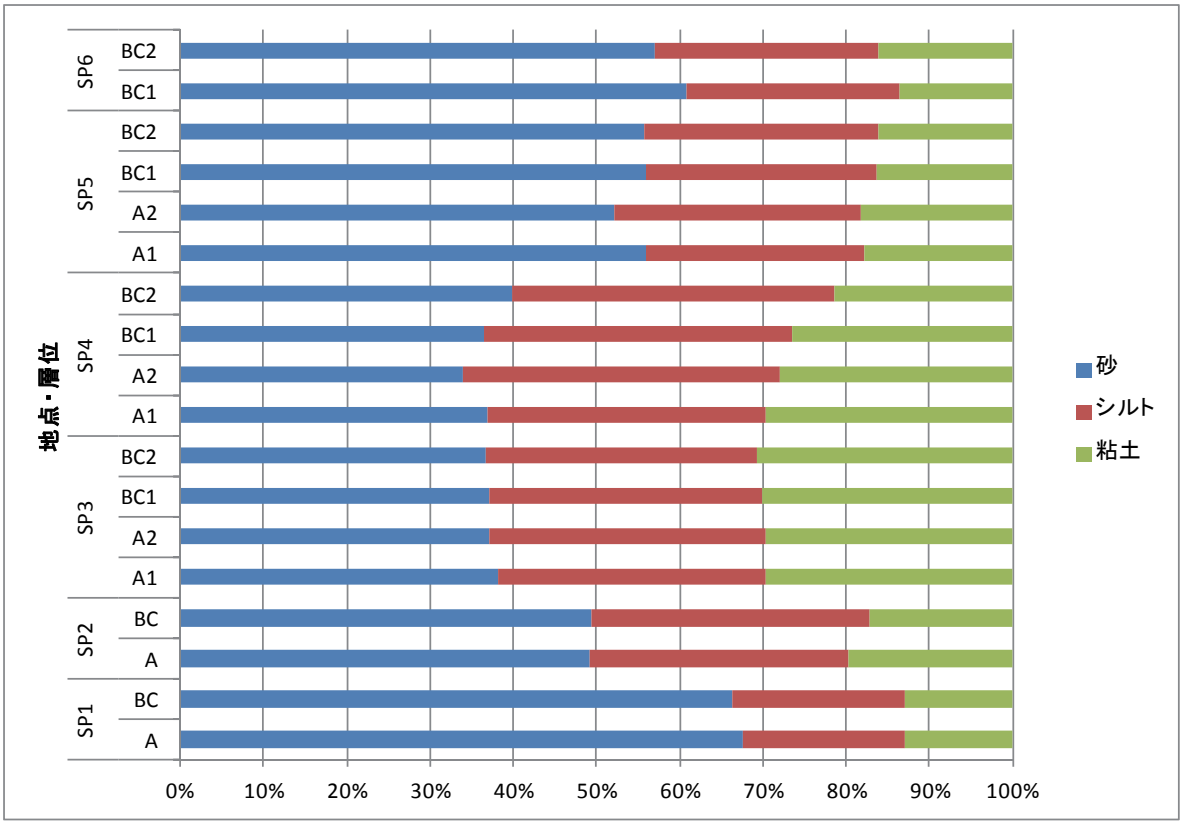
手で 1 分間振とう後、ストークスの法則で計算される各粒径粒子の沈降時間に基づいて、一定時間後水面から 10 cm の深さに先割れピペットを静かに差し入れ、細シルト＋粘土画分を 10 ml 取った。採取液はあらかじめ絶乾・秤量したガラスバイアルに入れ、絶乾後秤量した。

ⅶ．細砂（0.05~0.20 mm）および粗シルト（0.02~0.05 mm）の篩別

振とう瓶をよく振り混ぜ、約 5 分放置してから 10 cm までの深さを吸引除去した。その後、振とう瓶の底の残渣を 0.02 mm の篩上に移し、細砂を分取した。さらに、0.05 mm の篩を用い、粗シルト画分と細砂画分を分けてあらかじめ絶乾・秤量したガラスバイアルに入れ、絶乾後秤量した。

各画分の秤量が終了してから、合計重量における百分率（%）を計算した。

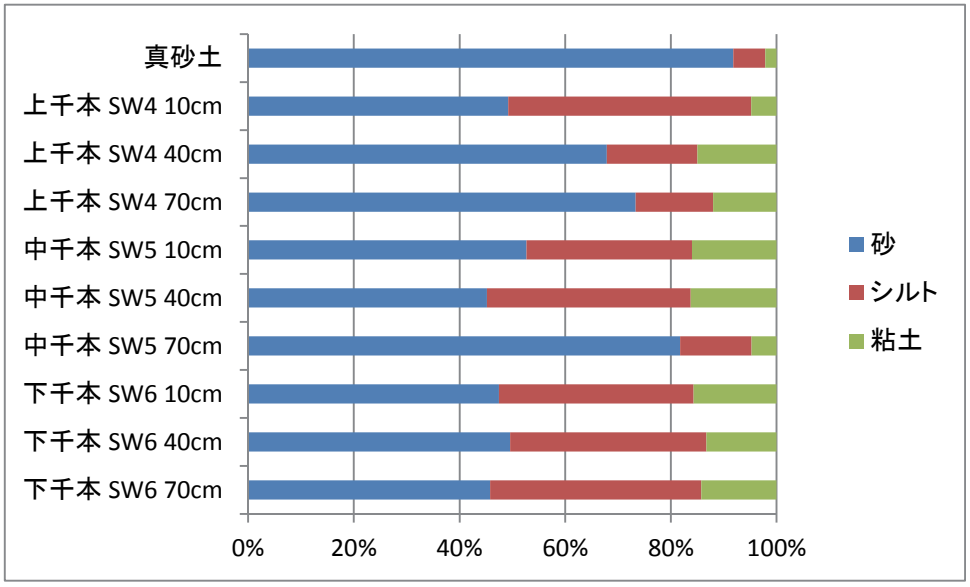
●土性



SP1　調査区 1（五郎平茶屋尾根）　SP2　調査区 2（五郎平茶屋下）

SP3　調査区 3（如意輪寺参道上）　SP4　調査区 4（如意輪寺参道下）

SP5　調査区 2（五郎平茶屋下）　SP6　調査区 5 周辺（宝の家下）



※　上千本サンプルの土性分析は小宅由似氏（京都大学大学院農学研究科）による。

（2）　三相分布

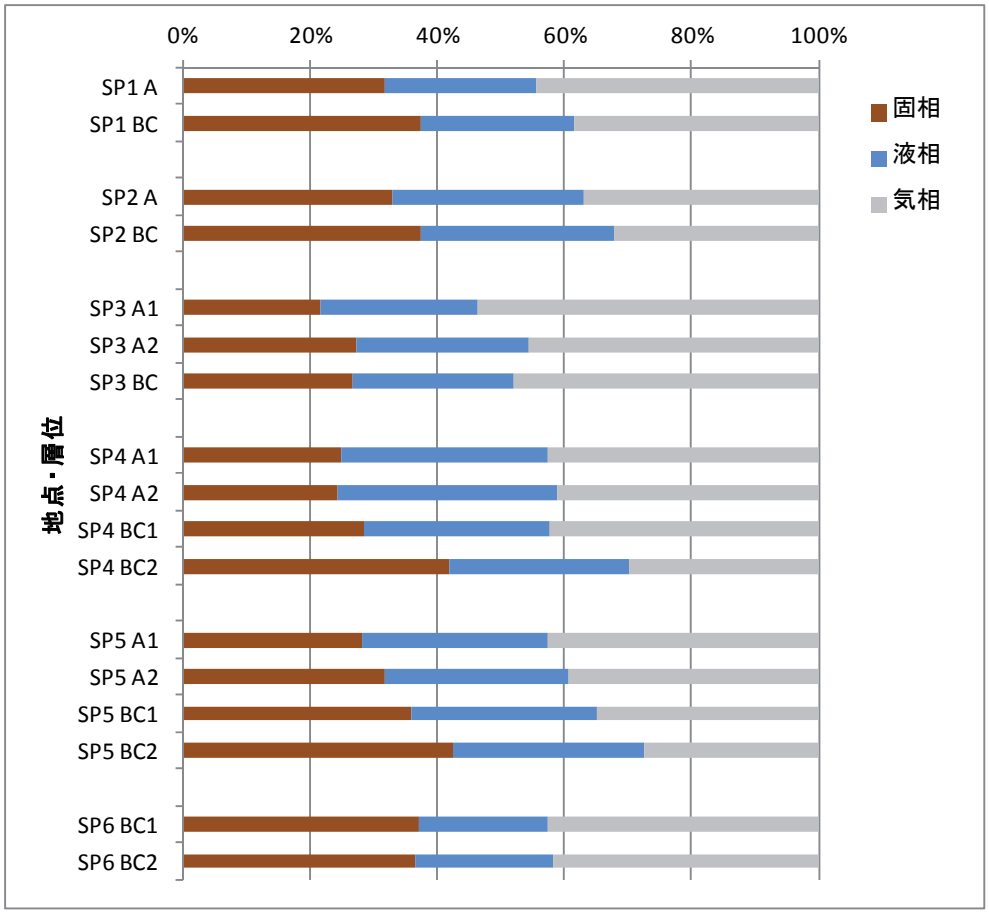
100 ml 土壌コアサンプルの実容積（ml）を実容積測定装置（大起理化工業社製、DIK-100 型）を用いて測定した。重量（g）、絶乾重量（g）を測定し、以下の式によって三相分布を算出した。

気相率(%)＝100－実容積

液相率(%)＝重量－絶乾重量

固相率(%)＝実容積－液相率

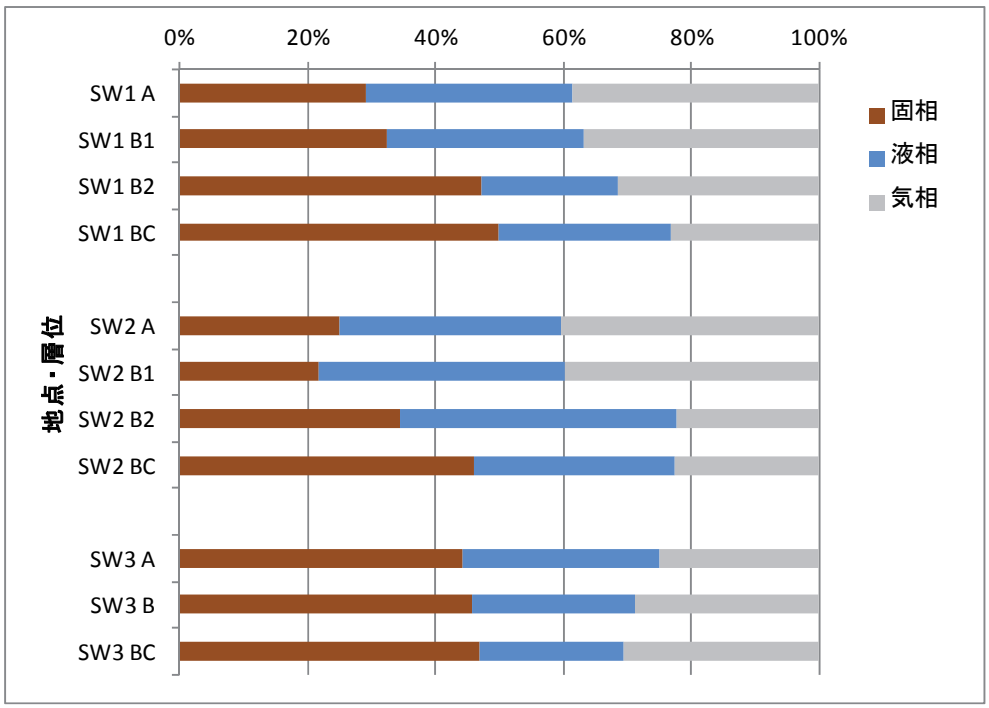
●三相分布

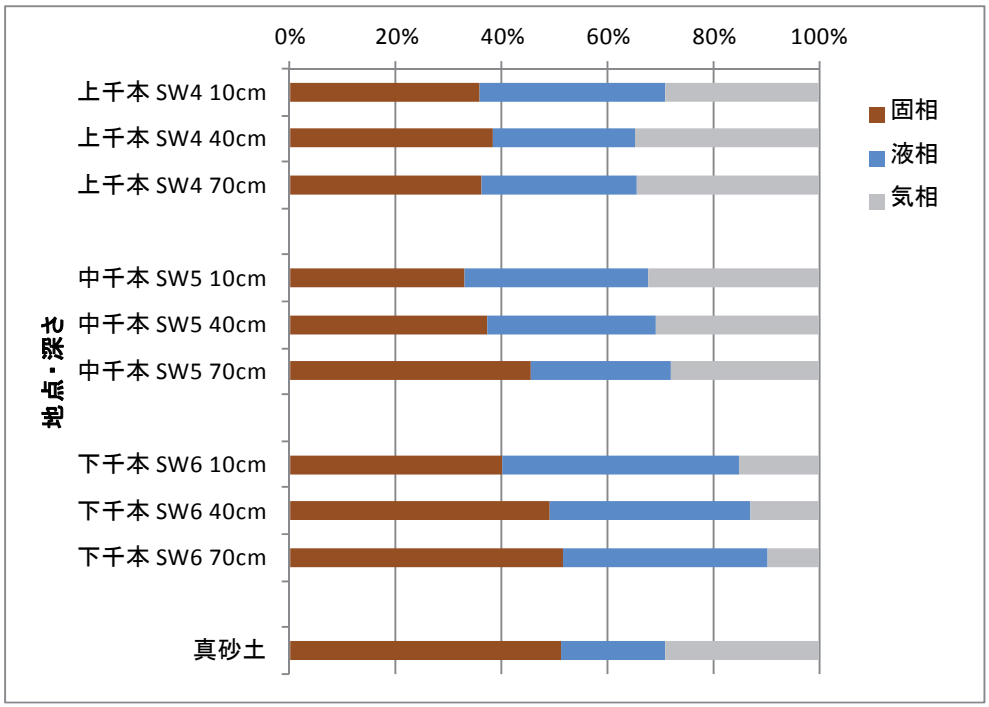


SP1　調査区 1（五郎平茶屋尾根）　SP2　調査区 2（五郎平茶屋下）

SP3　調査区 3（如意輪寺参道上）　SP4　調査区 4（如意輪寺参道下）

SP5　調査区 2（五郎平茶屋下）　SP6　調査区 5 周辺（宝の家下）


0%
20%
40%
60%
80%
100%
SW1 A
SW1 B1
SW1 B2
SW1 BC
SW2 A
SW2 B1
SW2 B2
SW2 BC
SW3 A
SW3 B
SW3 BC
地点・層位
固相
液相
気相


0%
20%
40%
60%
80%
100%
上千本 SW4 10cm
上千本 SW4 40cm
上千本 SW4 70cm
中千本 SW5 10cm
中千本 SW5 40cm
中千本 SW5 70cm
下千本 SW6 10cm
下千本 SW6 40cm
下千本 SW6 70cm
真砂土
地点・深さ
固相
液相
気相

L. 土壌化学性

（1）pH(H_2O)　（ガラス電極法）

風乾細土 5 g に脱塩水を 25 ml 加えて、往復振とう機にて 120 往復／分で 60 分間振り混ぜ抽出し、pH メーター（DENVER Instrument 社製、Model 225）を用いて測定した。

（2）　pH(KCl)　（ガラス電極法）

風乾細土 5 g に 1 mol/L の塩化カリウム溶液を 25 ml 加えて、往復振とう機にて 120 往復／分で 60 分間振り混ぜ抽出し、pH メーター（DENVER Instrument 社製、Model 225）を用いて測定した。

（3）電気伝導度(EC)

風乾細土 5 g に脱塩水を 5 ml 加えて、往復振とう機にて 120 往復／分で 60 分間振り混ぜ抽出し、EC メーター（TOA Electronics 社製、CM-30S）を用いて測定した.

（4）陽イオン交換容量(CEC)

アルコールによる洗浄を含む方法の酢酸アンモニウム浸出法により分析を行った。

ⅰ.交換性塩基の抽出

ネジ式遠沈管（50 ml 容）に風乾細土 5 g、1 mol/L の酢酸アンモニウム溶液 25 ml を分注器を用いて加え、往復振とう機にて 120 往復／分で 30 分間振り混ぜた。振とう後、遠心分離を 2000 rpm で 10 分間行い、上澄み液を 100 ml フラスコへ移した。その際、No.6 の濾紙を用いて上澄み液を濾過した。残渣に再び 1 mol/L の酢酸アンモニウム溶液を加え、サーモミキサーにより攪拌した後に、これらの手順を計 4 回繰り返した。尚、1 mol/L の塩化カリウム溶液の添加量は、すべて 25 ml とした。その後、1 mol/L の酢酸アンモニウム溶液をメスフラスコに加え、100 ml 定容とした。

ⅱ. 過剰のアンモニウムイオンの洗浄

交換性塩基抽出残渣に 10 ml の脱塩水を加え、サーモミキサーでよく攪拌した。その後遠心分離を 2000 rpm で 10 分間行い、上澄み液を捨てた。これらの工程を計 3 回繰り返した。

ⅲ. アンモニウムイオンの抽出

アンモニウムイオンの洗浄を行った交換性塩基抽出残渣に 30 ml の 10 %塩化ナトリウム溶液を加え、サーモミキサーを用いて沈殿を完全に粉砕、攪拌した。その後、往復振とう機にて 120 往復／分で 60 分間振り混ぜ、2000 rpm で 10 分間遠心分離し、上澄み液を 100 ml 容メスフラスコに移した。これらの手順を計 3 回繰り返した後に、10 %塩化ナトリウム溶液をメスフラスコに加え、100 ml 定量とした。

ⅳ. 蒸留及び滴定

2 %ホウ酸 10 ml と混合指示薬（0.2 %メチルレッドと 0.2 %メチレンブルーを 2 : 1 に混合したもの)を 3 滴入れた 100 ml 容三角フラスコを水蒸気蒸留装置の吐出口に添え、先に述べた抽出試料溶液 10 ml を入れた。その後、30 %水酸化ナトリウムを 5 ml 装置内に入れ、10 分程アンモニアを蒸留した。

蒸留が完了したら、翌日に 0.01 mol/L の塩酸でアンモニウムイオンを滴定し（滴定値を x とする)、以下の計算式により CEC (cmol$_c$/kg) を算出した。

CEC(cmol$_c$/kg) = 0.01×(x-0.30)/0.005×1000

（5）交換性塩基

ｉ．交換性塩基の抽出

ネジ式遠沈管（50ml 容）に風乾細土 5 g、1 mol/L の酢酸アンモニウム溶液 25 ml を加え、往復振とう機にて 120 往復／分で 30 分間振り混ぜた。振とう後、遠心分離を 2000 rpm で 10 分間行い、上澄み液を 100 ml フラスコへ移した。その際、No.6 の濾紙を用いて上澄み液を濾過した。残渣に再び 1 mol/L の酢酸アンモニウム溶液を加え、サーモミキサーにより攪拌した後に、これらの手順を計 4 回繰り返した。尚、1 mol/L の塩化カリウム溶液の添加量は、すべて 25 ml とした。その後、1 mol/L の酢酸アンモニウム溶液をメスフラスコに加え、100 ml 定容とし、抽出原液とした。

ⅱ．抽出原液の希釈とストロンチウムの添加

ナトリウム・カリウムの分析用に抽出原液を 10 倍希釈、カルシウム・マグネシウムの分析用に抽出原液を 50 倍希釈した。尚、カリウムの分析溶液の一部は 50 倍希釈を行った。さらに、カルシウム・マグネシウムの分析溶液にはストロンチウムの濃度が 1000 ppm となるように塩化ストロンチウム溶液を加えた。

ⅲ．定量

カルシウム、マグネシウムは原子吸光光度法により、ナトリウム、カリウムは炎光光度法により、それぞれフレーム分光光度計（SHIMADZU 社製、AA-660）を用いて交換性塩基（cmol$_c$/kg）を定量した.

（6）交換性水素・アルミニウム

ｉ．土壌抽出液の作成

ネジ式遠沈管（50ml 容）に風乾細土を 5 g、1 mol/L の塩化カリウム溶液を 25 ml 加え、往復振とう機にて 120 往復／分で 30 分間振り混ぜた。振とう後、遠心分離を 2000 rpm で 10 分間行い、上澄み液を 100 ml メスフラスコへ移した。その際、No.6 の濾紙を用いて上澄み液を濾過した。残渣に再び 1 mol/L の塩化カリウム溶液を加え、サーモミキサーにより攪拌した後に、これらの手順を計 4 回繰り返した。尚、1 mol/L の塩化カリウム溶液の添加量は、25 ml、25 ml、25 ml、20 ml とした。その後、1 mol/L の塩化カリウム溶液をメスフラスコに加え、100ml 定容とした。

ⅱ．滴定方法

土壌抽出液を 10 ml 三角フラスコにとり、0.1 %フェノールフタレインを約 3 滴加えた後、0.01 mol/L 水酸化ナトリウム溶液でアルミニウムと水素を滴定した（滴定値を x (ml) とする)。その後、4 %フッ化ナトリウムを 5 ml 加え、0.01 mol/L の塩酸でアルミニウムを滴定した（滴定値を y (ml) とする)。

滴定値 x、y より以下の計算式から交換性アルミニウム・水素を算出した。

交換性アルミニウム（$cmol_c/kg$) = y×0.01×100/10×100/5

交換性水素（$cmol_c/kg$) = (x-y)×0.01×100/10×100/5

（7）全炭素・窒素・C/N 比

良く粉砕した絶乾土 1 g をサンプル管に秤取し、NC アナライザー（Elementar 社製、Vario Max CN）による乾式燃焼法により測定した。

Site	Horizon	Depth(cm)	pH(H_2O)	pH(KCl)	EC(μScm-)
SP1	A2	3-8	4.92	3.54	26.5
	BC	15-20	4.97	3.51	16.9
SP2	A	3-10	5.09	3.84	40.1
	BC1	25-30	4.97	3.70	27.1
SP3	A1	0-7	4.43	3.48	84.1
	A2	7-18	4.62	3.79	41.2
	BC1	18-31	4.68	3.79	30.7
	BC2	31-45	4.67	3.65	24.7
SP4	A1	0-12	4.43	3.39	56.1
	A2	15-20	4.65	3.77	30.7
	BC1	30-35	4.64	3.73	26.8
	BC2	40-45	4.62	3.72	21.4
SP5	A1	0-5	5.57	4.76	121.1
	A2	7-17	4.76	3.56	43.9
	BC1	17-28	4.90	3.60	29.5
	BC2	28-38	4.90	3.62	33.9
SP6	BC1	0-5	6.62	5.77	78.9
	BC3	20-30	6.17	5.19	34.7

Site	Horizon	H^+	Al^{N+C}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	CEC
		($cmol_c\ kg^{-1}$)						
SP1	A2	1.54	3.32	2.92	1.06	0.14	0.29	17.25
	BC	1.55	4.13	1.47	0.55	0.16	0.14	15.10
SP2	A	0.92	1.30	4.56	1.64	0.14	0.43	24.10
	BC1	1.42	2.52	2.49	0.84	0.03	0.42	22.91
SP3	A1	2.07	6.06	1.52	1.27	0.03	0.73	34.68
	A2	1.43	4.57	0.45	0.29	0.05	0.37	27.65
	BC1	1.49	3.26	0.25	0.14	0.12	0.35	29.43
	BC2	1.40	3.40	0.25	0.15	0.05	0.27	30.66
SP4	A1	2.18	6.91	1.75	0.77	0.06	0.51	35.67
	A2	1.23	4.66	0.37	0.15	0.07	0.36	26.27
	BC1	1.32	2.96	0.29	0.09	0.09	0.26	25.49
	BC2	0.21	3.84	0.27	0.08	0.04	0.14	22.19
SP5	A1	0.53	0.00	14.55	2.77	0.05	1.11	29.16
	A2	1.25	3.13	3.07	0.63	0.06	0.62	21.01
	BC1	1.20	2.73	2.77	0.51	0.05	0.47	18.42
	BC2	1.18	2.69	2.18	0.44	0.07	0.44	15.71
SP6	BC1	0.39	0.00	10.89	2.18	0.06	1.79	18.96
	BC3	0.39	0.00	9.07	1.70	0.03	0.40	20.04

Site	Horizon	TN	TC	C/N
		(%)		
SP1	A2	0.19	1.62	8.35
	BC	0.12	0.84	7.20
SP2	A	0.29	2.60	8.93
	BC1	0.19	1.67	8.68
SP3	A1	0.61	8.41	13.72
	A2	0.27	4.02	14.66
	BC1	0.14	1.64	11.79
	BC2	0.08	0.74	8.92
SP4	A1	0.47	6.35	13.52
	A2	0.20	3.03	15.30
	BC1	0.08	0.92	11.12
	BC2	0.06	0.57	9.23
SP5	A1	0.52	5.52	10.67
	A2	0.25	2.32	9.21
	BC1	0.16	1.45	8.93
	BC2	0.13	1.06	8.36
SP6	BC1	0.28	2.42	8.78
	BC3	0.18	1.42	7.72

M. 樹勢回復のための管理方法と作業手順

M.1.　サクラ樹体の腐朽要因

樹体の腐朽には、枝の腐朽（枯れ下がり）、樹幹辺材腐朽、樹幹心材腐朽、根株心材腐朽、根系の腐朽などがあり、いずれも木材腐朽菌によることが多い。吉野山では、主に以下のタイプの腐朽が観察された。

①　剪定に起因する腐朽

主に枯死枝や競合枝、道路上に伸びた枝の不適切な剪定の結果、木材腐朽菌が侵入する。

②　枝の折損後の腐朽

枝の折損後に腐朽が進行する。腐朽個所や腐朽程度によっては樹体全体の水分通道機能を阻害し、樹勢衰退を促進する。

③　根株や根系の腐朽

根株や根系の腐朽は、地下部で進行するため目視による診断は困難である。樹木断層画像診断や微弱発光計数装置を活用し、腐朽状況を把握した上で対策を検討する。

④　大苗の植栽に起因する根系の腐朽

種子から伸びる傷みのない健全な根が発達することによって、サクラが良好に生育することが期待される。しかし、大苗は植栽時に太い根を切断することが多く、根の早期腐朽の危険性が高い。根の腐朽防止の観点からも、苗の植栽については十分な注意を要する。

⑤　下草刈りによる樹幹地際部や表出根の腐朽

下草刈り作業によって樹幹地際部や土壌から表出した太根が傷つくことがあり、傷害部から木材腐朽菌が侵入して腐朽を招く。傷害部からは辺材腐朽菌のみならず、心材腐朽菌も侵入し、樹勢の衰退につながる。

M.2.　サクラの枝剪定の実際

サクラの枝剪定は、果樹の萌芽枝剪定の主目的とは異なり、木材腐朽菌による腐朽が枯損枝から樹幹に及ぶことを阻止するためのものである。適切な剪定を行えば、若齢木では癒合形成が速く、肥大成長や健全枝の生育を活性化することも期待できる。逆に不適切な剪定は腐朽の発生原因ともなる。早期の枝剪定は、樹体を健全に維持するためには重要な作業である。

<u>枯損枝の剪定</u>

適切な剪定とは樹木が癒合形成をしやすい生理活性の高い部分で剪定することである。不適切な剪定とは癒合の可能性の低い部分での剪定である。癒合形成とは切断面が癒合組織（カルス）によって巻き込まれることである。すなわち、切断面の傷跡が癒合組織に完全に巻き込まれて、肥大成長が継続されて行くことである。剪定は①剪定すべき枯損枝の選定、②枝の剪定、③切断面への樹木保護資材の塗布からなる。

①枯損枝の選定

枯損が枝基部にまで及んでいないものを選定する。枝全体が腐朽し、太枝や主幹の内部まで腐朽が進行した枝は剪定の対象とはせず、むしろ樹幹の腐朽をこれ以上進行させない対策を講ずるべきである。

②枝の剪定

剪定バサミやノコギリで、太枝や主幹に傷をつけないように枯損した枝基部を切断する。剪定した切断面に腐朽部分や壊死部分が残っていると、切断面全周囲の癒合が完成されないので、健全な形成層が確認される位置まで切除するか削り取る（写真 M-1）。癒合組織の形成を促進するために、切断面は鋭利なナイフやノミでできる限り平滑に仕上げるのが望ましい。また、切断面に雨水がたまらないように斜めに切り落とす。

③切断面への樹木保護資材の塗布

枝切除後の切断面は木材腐朽菌やカビの侵入を防ぐために樹木保護資材を塗布する。

写真 M-1.　不適切な剪定痕（左）と適切な再剪定（中）約 1 年後の癒合組織の形成（右）

<u>着葉の見られる枯損枝の剪定</u>

材腐朽した枝には、腐朽が進んで葉が着いておらず一見して枯損枝と確認できるものと、枝の辺材や心材の一部のみが腐朽しているだけで葉が着いているために枯損枝とは認識しにくいものとがある。樹勢の衰退を未然に防ぐためにも、隣接個体の日照条件を改善するためにも、着葉している枝の内部の心腐れが激しく、近い将来、大枝や樹幹に腐朽が転移する可能性の高い枯損枝は切除する必要がある。このタイプの枯損枝の剪定処理作業の具体的な事例を以下に示す。

対象木は枝の剪定や折損によると考えられる腐朽と、その後の枯れ下がりにより一部分の辺材と心材が腐朽し、雨樋状の枝となっていた（写真 M-2）。最初は物理的傷害が原因となって枝上面が腐朽しはじめ、辺材腐朽と心材腐朽がそれぞれ進行したものである。傷害を受けなかった枝下面は正常な辺材組織が肥大成長しているため、先端部の枝条には着

葉がある。枝下面の肥大成長と、腐朽部分に接する癒合組織の形成による巻き込みで、枝の上部は雨樋状に深くえぐれている（写真 M-3）。雨樋状の枝の内部に水が溜まり、心材腐朽がさらに進行し、枝の基部に近い部分は縦に長い空洞を作っていた。このまま放置すると樹幹まで心材腐朽が進行するため、また、隣接個体の日照条件を改善するために、枯損枝は主幹に近い個所から切除した。対象木は主幹まで腐朽が進行していなかったため、切除は、枝の折損被害の防止だけでなく、主幹の腐朽被害を防止する効果があった。癒合組織の早期形成のために、切断面には樹木保護資材を塗布した。

着葉している枯損枝は、葉のない枯損枝よりも大きな風圧を受ける。そのため、折損時の樹体の裂傷が広範囲にわたり、被害が大きくなる傾向がある。種子採取用のヤマザクラなど、個体として保護する必要性の高いものは、着葉した枝の剪定も視野に入れた管理を行うことが重要である。

写真 M-2.　着葉の見られる枯損枝と剪定

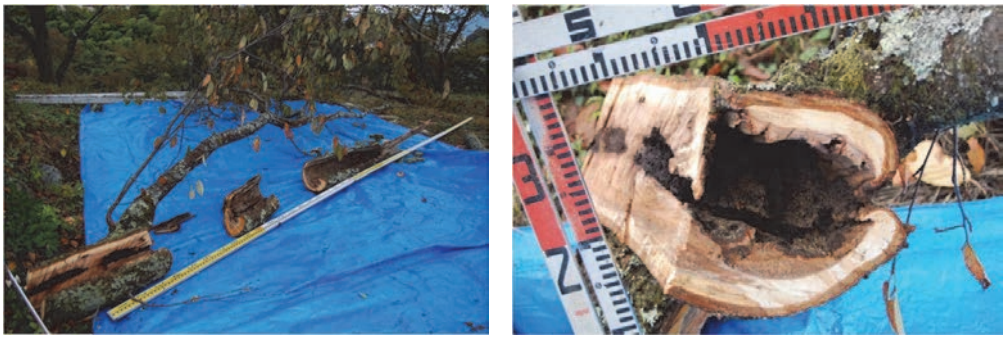


写真 M-3.　辺材腐朽と心材腐朽によって雨樋状と中空になった枯損枝

吉野山サクラ調査チーム

森本幸裕　　（京都大学大学院地球環境学堂 教授）
山中勝次　　（京都菌類研究所 所長）
今西純一　　（京都大学大学院地球環境学堂 助教）
小島玉雄　　（サン・アクト株式会社 代表取締役副社長）
金　鉉埈　　（京都大学大学院地球環境学堂 研究員（当時））
飯田義彦　　（京都大学大学院地球環境学舎 大学院生）
奥川裕子　　（京都大学大学院地球環境学舎 大学院生（当時））
吉田麻美　　（京都大学大学院工学研究科 大学院生（当時））

調査協力者
米田　稔　　（京都大学大学院工学研究科 教授）
小杉賢一朗　（京都大学大学院農学研究科 准教授）
中山亜紀　　（京都大学大学院工学研究科 准教授（当時））
山川陽祐　　（京都大学大学院農学研究科 大学院生（当時））
片岡利仁　　（京都大学大学院工学研究科 大学院生（当時））

この他、調査の実施にあたっては、多くの皆様のご協力をいただきました。

本調査は京都大学、京都菌類研究所、サン・アクト（株）の研究・活動費に加え、
吉野山保勝会や大和ハウス工業（株）などの支援を受けて実施しました。

ここに厚く御礼申し上げます。

京都大学学術情報リポジトリ(KURENAI)への掲載にあたり、付録 p. 173 の図に上千本 地点 SW4 の土性分析結果を追加した。(2014.10.24)

執筆担当箇所一覧

まえがき（森本幸裕）
1.4.2、3.2.10～3.2.12、3.4、3.5（山中勝次）
1.1～1.4.1、1.5、2.2～2.5、3.2.1～3.2.9、3.3.1～3.3.5、3.6、3.7、4 章（今西純一）
3.3.6（今西純一、金 鉉埈）
3.3.7（今西純一、奥川裕子、吉田麻美）
3.8、付録 M（小島玉雄、山中勝次）
2.1、3.1（飯田義彦）
5 章（吉野山サクラ調査チーム）

平成 20～22 年度吉野山サクラ調査報告書

編　　者　吉野山サクラ調査チーム

作 成 日　平成 23 / 2011 年 11 月 25 日

発 行 所　吉野山サクラ調査チーム
〒606–8502　京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部総合館
京都大学大学院 地球環境学堂 景観生態保全論分野 内

無断転載禁止