

三田市フラワータウンにおける孤立二次林と土壌環境

小 舘 誓 治・服 部 保

Fragmented Secondary Forest and its Soil Condition in Flower Town, Sanda City, Hyogo Prefecture

Seiji KODATE and Tamotsu HATTORI

Abstract

The distribution of dominant forest types, their community structures and soil conditions were investigated in the fragmented secondary forest on a hill slope in Flower Town, Sanda City, Hyogo Prefecture, Japan.

The dominant tree species in the fragmented secondary forest were *Pinus densiflora* at the top and upper part of slope, and *Quercus serrata* at the lower part of slope. *Pinus densiflora* was distributed on the thin and hard soil. On the other hand, *Quercus serrata* was distributed on the thick and soft soil.

The forest vegetation of the fragmented secondary forest was classified into the following three forest types on the basis of their physiognomy and vegetation height : 1. Medium-tree *Pinus* forest (height 10-13m ; younger), 2. Tall-tree *Pinus* forest (height 16-18m), 3. *Quercus* forest. Surface soil moisture status (measured by tensiometric method) was compared among the three forest types. The soil moisture status of vegetation types in heavy-rainfall term maintained a lower level of under pF value 1.8. In light-rainfall term, it maintained a higher level of more than pF value 1.8, in the order of Plot No.1 (Medium-tree *Pinus* forest) > Plot No.2 (Tall-tree *Pinus* forest) > Plot No.3 (*Quercus* forest).

Key words : fragmented secondary forest, soil condition, soil hardness, soil moisture status, tensionmeter

はじめに

昭和30年代の燃料革命や化学肥料の普及に伴って、里山は生産林（薪炭や農用）としての機能を消失し、利用されなくなり放置されるようになってきた。近年、都市近郊の里山の、環境林としての重要性が指摘され（服部ほか、1995）、里山を対象とした管理や保全についての研究が数多くみられるようになってきた。しかし、植生を対象とした調査例は多いが、土壌環境まで含めて調査している例はまだ少ないように思われる。

さて、かつて連続的に広がっていた森林が各種開発等によって分断され、孤立化されたところがある。兵庫県三田市にあるフラワータウンもその一つで、このニュータウンには面積が100～102,700㎡の様々な規模に分断

され孤立化した二次林（アカマツ林・コナラ林）が点在している。著者らの研究グループは、これらの孤立二次林の現状を把握するために調査を行っており（服部ほか、1994；石田ほか、1998）、その一環として今回、優占樹種であるアカマツとコナラが斜面地形上でどのように分布しているのか、その分布が土壌硬度とどのような対応関係がみられるのかを調査した。また、同一斜面上のアカマツ林とコナラ林の土壌環境（土壌物理性や土壌水分張力など）の比較を行った。

調査地の概要

本地域（兵庫県三田市南部域）は、年間降水量（1,303mm；気象庁、1959）が比較的少ない瀬戸内気候

に属し、標高200m程度の丘陵地形が発達した神戸層群吉川累層(砂岩の多い地層)地帯にある。この地域は、かつてアカマツ林が広く分布していたがマツ枯れ後コナラ林に変わったところが少なくない。現在、孤立二次林内でもわずかに残るアカマツ林でマツ枯れがみられる。

今回対象とした孤立二次林は、フラワータウン(開発後、現在約25年が経過)の中心部に位置する深田公園にあり(図1)、面積7,200㎡、標高180~210m、主斜面が北西向きのものである。この二次林の主な優占樹種はアカマツとコナラである。この孤立二次林の周辺は、コンクリートの溝や石貼りの野外広場、石垣、舗装された歩道、ツツジ類などの低木や緑化用樹木の植栽地、のり面などで囲まれ、さらにその外側は公園の芝生地や建築物、造成地などとなっている。なお孤立二次林の林縁部に接する植栽地やのり面部分は、雑草の刈り取り・除去などが年に2回程度行われているが、二次林内は現在放置された状態である。

調査方法

優占樹種のサイズと分布の記録および土壌硬度の測定

尾根部のところから斜面下方に向かって、2つ①、②のベルト状の調査区(それぞれ幅10m×長さ28m)を設定した。なお①と②の調査区の間には約5mの間隔があいている。またこれらの調査区の尾根側の一辺(10m)

の中央点を基点として斜面下方部へ中央ラインを設け縦断面地形の簡易測量を行った。各調査区では胸高直径3cm以上のアカマツとコナラの胸高直径の測定および各個体の位置の記録(枯死木を含む)を行った。また中央ラインに沿って基点から斜面長2m間隔で長谷川式土壌貫入計(コーン直径20mm、先端角60°、ハンマー重量2Kg、自由落下距離50cm)による土壌硬度(打撃数と貫入量)の測定を深さ60cmまで行った。

森林タイプごとの毎木調査と土壌調査

対象とした孤立二次林を相観的に3つの森林タイプに区分し植生図を作成した。また前述のベルト状の調査区の一部において、各森林タイプの毎木調査と土壌調査を行う地点をそれぞれ1地点ずつ選定した。それらの各地点で10×10㎡の方形区を設置し、胸高以上のすべての樹木を対象とした毎木調査(胸高直径と樹高の測定)、土壌断面調査、山中式土壌硬度計による土壌硬度の測定を行った。また土壌深0~10cmと10~20cmの土層から土壌円筒試料(100ml容)を採取し、容積重、孔隙量、土壌三相の土壌物理性を土壌標準分析・測定法(土壌標準分析・測定法委員会編,1986)によって測定した。その後各地点の土壌断面調査を行った近くで、土壌深10cmと20cmの位置にテンションメーター(榊竹村電気製作所製)を設置し、1998年4月から6月まで土壌水分張力として水柱の高さ(cm)を記録した(計50回測定)。

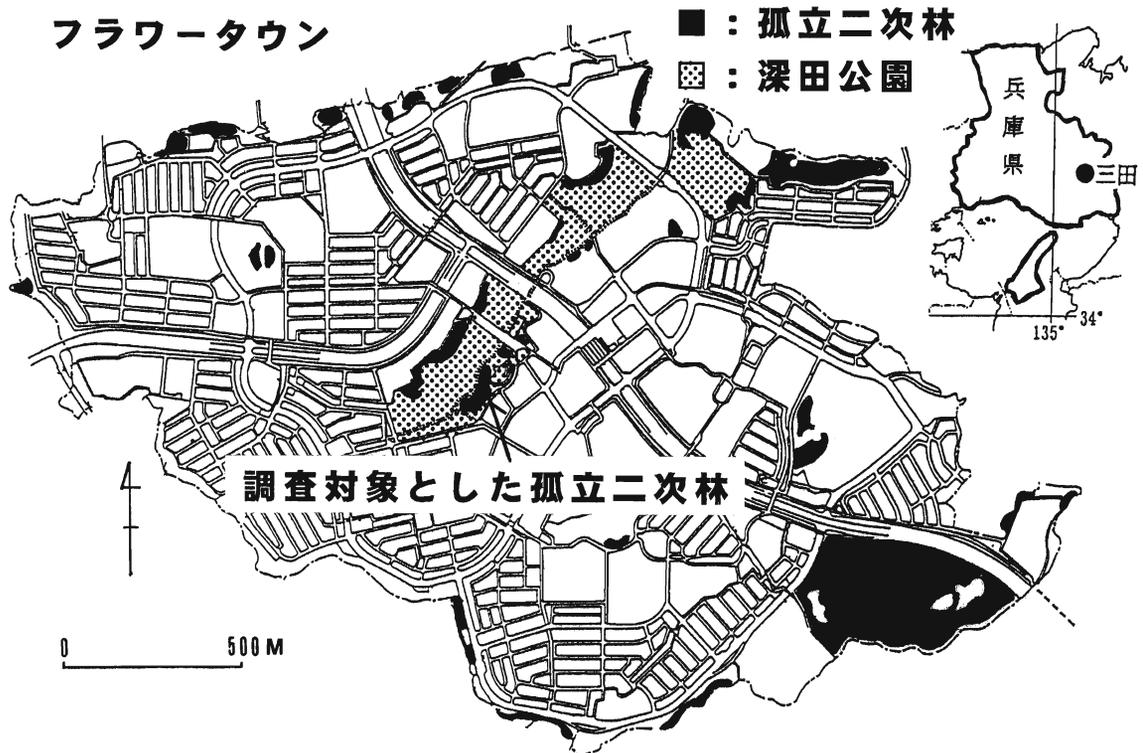


図1 調査対象地

結果と考察

斜面上でのアカマツとコナラの分布

図2 a, 3 aに調査区①, ②における胸高直径3 cm以上のアカマツとコナラの斜面上での分布を示した。なお図中の数字は胸高直径 (cm) を示し、かっこ内の数字は株のみが残った枯死木の地際直径を示している。また図の向かって左側 (基点側) が尾根部, 右側が斜面下方部で、どちらの端も孤立二次林の林縁部に比較的近い位置にある。

調査区①のアカマツをみると、生木は基点から斜面長6 mまでの斜面上部部に偏った分布を示し、胸高直径はすべて18cm以下 (平均胸高直径は11.9cm) のやや細い個体であった。また、ここ2~3年以内に枯れたと思われる、立ち枯れ状態の枯死木は約50%の割合でみられた。株のみが残る枯死木は斜面長6 mから12mまでにみられ、それらの地際直径は28~46cm (平均で36.8cm) であった。これよりも斜面下方部では胸高直径3cm以上のアカマツの個体はみられなかった。一方、コナラをみると生木は斜面長8 mから22mまでに分布し、それらの胸高直径は7~33cmであった (平均胸高直径は18.6cm)。なお斜面長24mから28mまでは、樹高2~3mで小径木のヌルデやヤマウルシなどの先駆性樹種がみられた。また、今回調査対象外としたが、アカマツ、コナラ以外で胸高直径3 cm以上の個体は、この調査区では常緑樹のソヨゴ、アラカシと落葉樹のクリ、カスミザクラが斜面長6mから22mの範囲でみられた。

調査区②のアカマツをみると生木は基点から斜面長12mまでに偏った分布を示し、それらの胸高直径は7~34cm (平均胸高直径は20.4cm) であった。株のみが残る枯死木は斜面長4 mから12mまでに3個体みられ、それらの地際直径は32~46cmであった。これよりも下方部では胸高直径3 cm以上のアカマツの個体はみられなかった。一方、コナラをみると調査区のほぼ全範囲にまばらにみられた。基点から斜面長12mまでにみられる生木の胸高直径は19cm以下であった (平均胸高直径は10.4cm)。斜面長12mから26mまでにみられる生木の胸高直径は15~35cmであった (平均胸高直径は25.8cm)。この調査区のコナラ全個体での平均胸高直径は生木で21.4cmであり、それを基準にすると斜面長12mを境に斜面の上方側よりも下方側の方が幹の直径が太い個体が多くみられた。株のみが残る枯死木は斜面長24mから26mまでに2個体みられ、それらの地際直径はそれぞれ35cmと42cmであった。アカマツ、コナラ以外で胸高直径3 cm以上の個体 (今回調査対象外) は、この調査区では常緑樹のソヨゴ、アラカシと落葉樹のクリ、カスミザクラ、コシアブラ、ネジキ、タカノツメ、ウリカエデがほぼ全範囲でみられた。

斜面上での土壤硬度の変化と優占種の分布の関係

図2 b, 3 bに各調査区の中央ライン上での長谷川式土壌貫入計による土壤硬度の調査結果を示した。横軸は基点から斜面下方への斜面長、縦軸は打撃数 (回) である。なお図中ではA₀層を除いた地表面からその深さに達するまでに必要な打撃数を土壤の深さ10cmごとに60cmまで示している。

調査区①では、基点は土壤深40cmまでの打撃数が24回で比較的軟らかく、それよりも深い土層では堅かった (土壤深50cmまでで打撃数70回)。斜面長2mから6mまでは打撃数が多く、土壤深40cmまでの打撃数で76~194回となり、総体的に堅かった。またそれよりも深い土層に貫入しないところもみられた (斜面長2 m, 4 mのところ)。斜面長8 mから12mまでは土壤深40cmまでの打撃数は比較的少なく軟らかいが、それよりも深い土層では打撃数が多くなり、やや堅くなった。斜面長14mから24mまでは深さ10cmごとの打撃数に変化が少なく、また土壤深60cmの打撃数は26~67回で比較的少なく、軟らいところとやや堅いところがみられた。斜面長26mと28mでは土壤深60cmまでの打撃数がそれぞれ180回、101回とやや多く、堅かった。

調査区②では、基点から斜面長12mまでは土壤深60cmまでの打撃数が83~246回と多く、基点 (246回) と斜面長10m (180回) で特に多く、堅かった。斜面長14mから24mまでは土壤深60cmまでの打撃数は少なく (36~65回)、また深さ10cmごとの打撃数に変化が少なく、比較的軟らかい土壤が深さ60cmまでみられた。それより斜面下方では打撃数が徐々に多くなり、やや堅くなっていった。

図2と図3からアカマツは斜面上部部にやや偏って分布しその土壤は堅く、一方コナラは斜面部全体かあるいは下方部にやや偏って分布しその土壤は比較的軟らかいことが明らかになった。

各森林タイプの分布

図4に対象とした孤立二次林の相観植生図を示した。なお、区分した3つの森林タイプはそれぞれ次のようである。タイプ1は樹高10~13m程度のアカマツが優占する林、タイプ2は樹高16~18m程度のアカマツが優占する林、タイプ3はコナラが優占する林である (写真1)。タイプ1のアカマツ林は、緑化用樹木の植栽地やのり面に接する、平らな頂部や尾根部にみられた。このタイプのアカマツは、樹高が10~13mとやや低いこと、推定樹齢が25年以下で若いこと、立木密度が高いことなどから、ニュータウン造成時かその直後に植栽されたものと考えられる。タイプ2のアカマツ林は、主に尾根部や斜面上部部、頂部にパッチ状にみられた。調査区近くから得られた未発表資料 (樹高16m, 胸高直径31cmのア

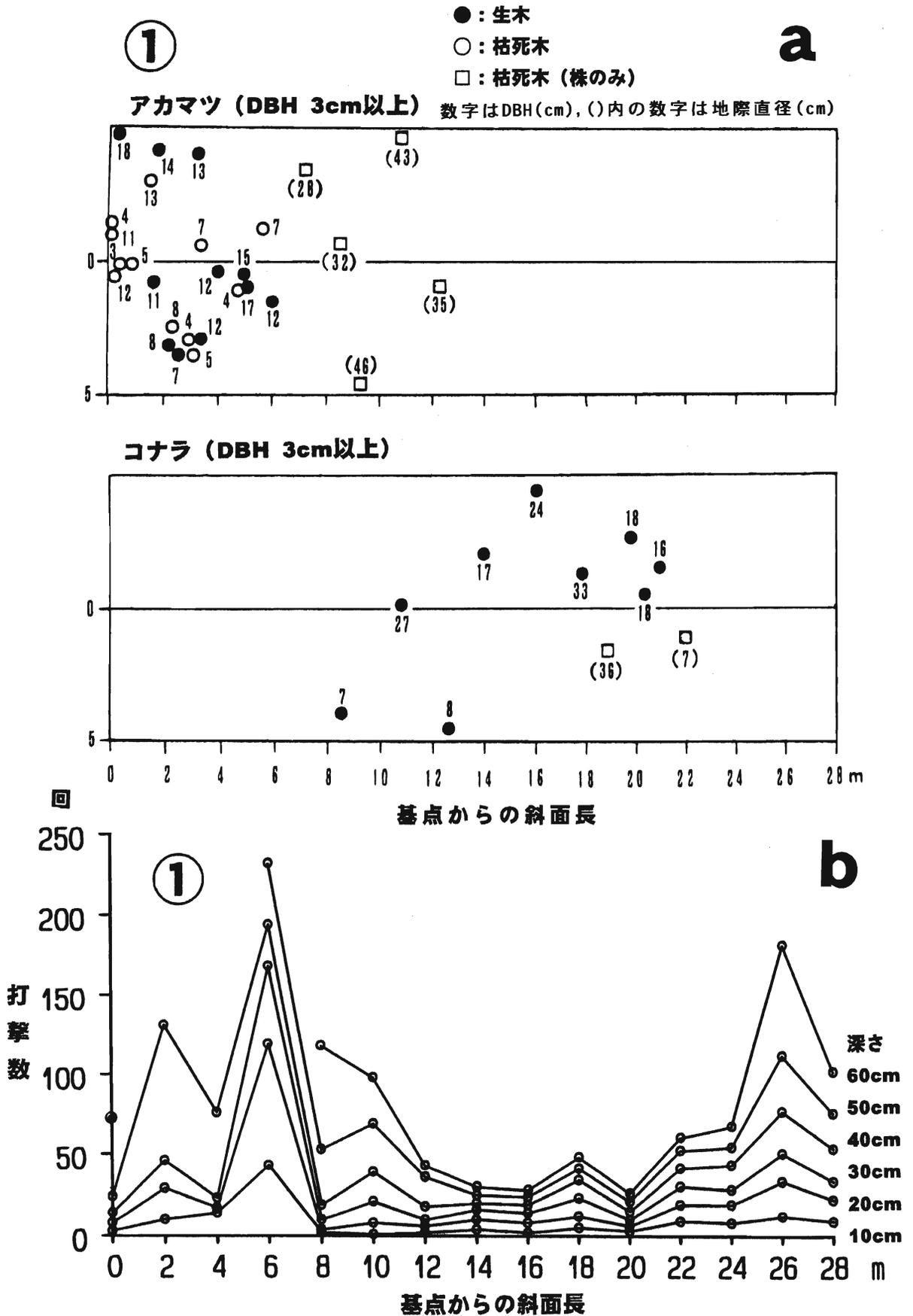


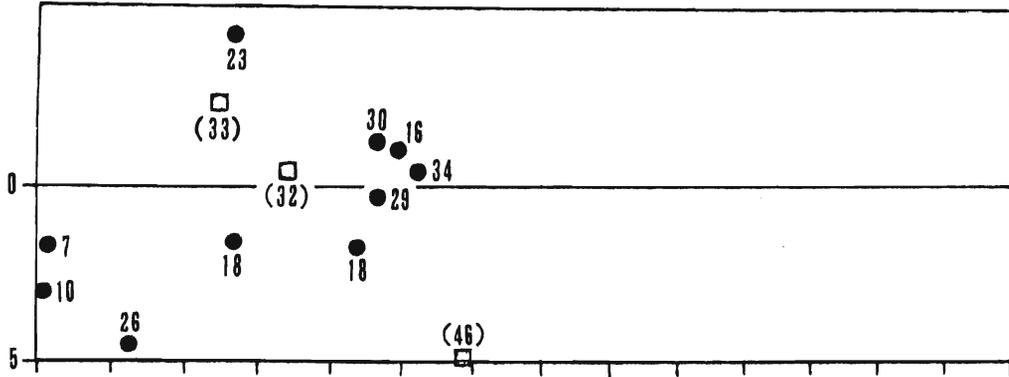
図2 調査区①における優占種の分布と土壌硬度
 a : アカマツとコナラの分布.
 b : 土壌硬度=長谷川式土壌貫入計による打撃数で示す.

②

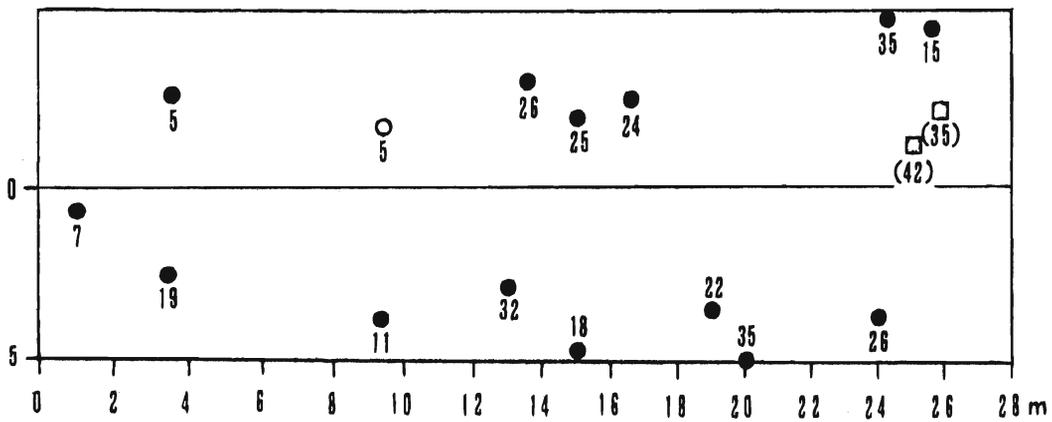
● : 生木
○ : 枯死木
□ : 枯死木 (株のみ)

a

アカマツ (DBH 3cm以上) 数字はDBH(cm), ()内の数字は地際直径(cm)



コナラ (DBH 3cm以上)



回

基点からの斜面長

②

b

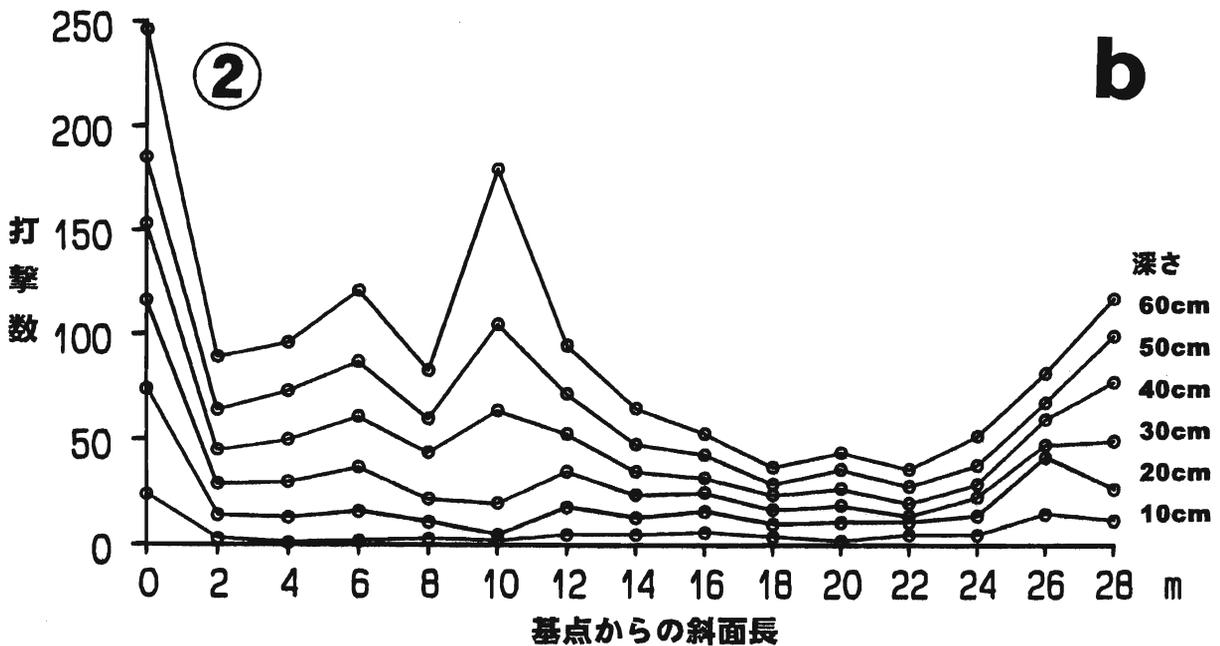


図3 調査区②における優占種の分布と土壌硬度

a : アカマツとコナラの分布.

b : 土壌硬度=長谷川式土壌貫入計による打撃数で示す.

カマツで推定樹齢60年)から推定するとタイプ2のアカマツのいくつかは推定60年生以上であると思われる。タイプ2の林分の間にあるコナラ林の林床にアカマツの枯れ株がみられることから、かつては連続していたアカマツ林であったと考えられる。そこにマツ枯れが発生し、その後林内に生育していたコナラが成長して、コナラ林が斜面上方部へ部分的に拡大した結果、アカマツ林が分断された状態になったものと推察される。タイプ3のコナラ林は広い面積を占めており、斜面下方部のものがよく発達していた。周辺の孤立二次林で得られた未発表資料(樹高9~13m, 胸高直径14~30cmのコナラで推定樹齢41~46年)から斜面下方部のコナラの樹齢を推定すると少なくとも40年生以上であると思われる。

各森林タイプの群落構造

図5に調査区①, ②の中央ラインの縦断面形と森林タイプごとの調査地点の位置を示した。100㎡の方形区を設定し毎木調査および土壌調査を行ったのは、調査区①の平らな尾根部のタイプ1のアカマツ林に1地点(No. 1), 調査区②の斜面部のタイプ2のアカマツ林に1地点(No. 2), それと調査区①の斜面部のタイプ3のコナラ林に1地点(No. 3)の計3地点である。なおNo. 1の方形区は調査区①の範囲外を一部含んでいる。

表1にNo. 1~3の胸高断面積(BA)による各樹種の割合を示した。No.1は優占種であるアカマツのBA割

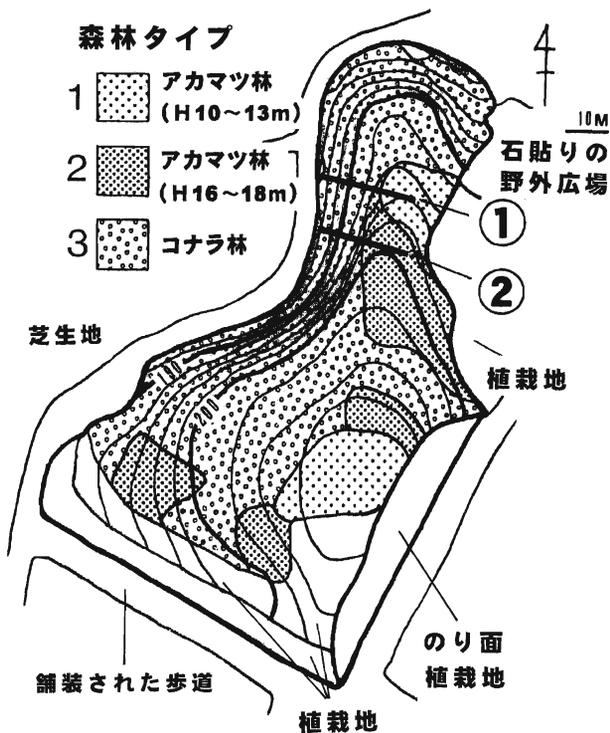


図4 相観植生図
図中の①, ②は、それぞれの調査区の中央ラインを示す。

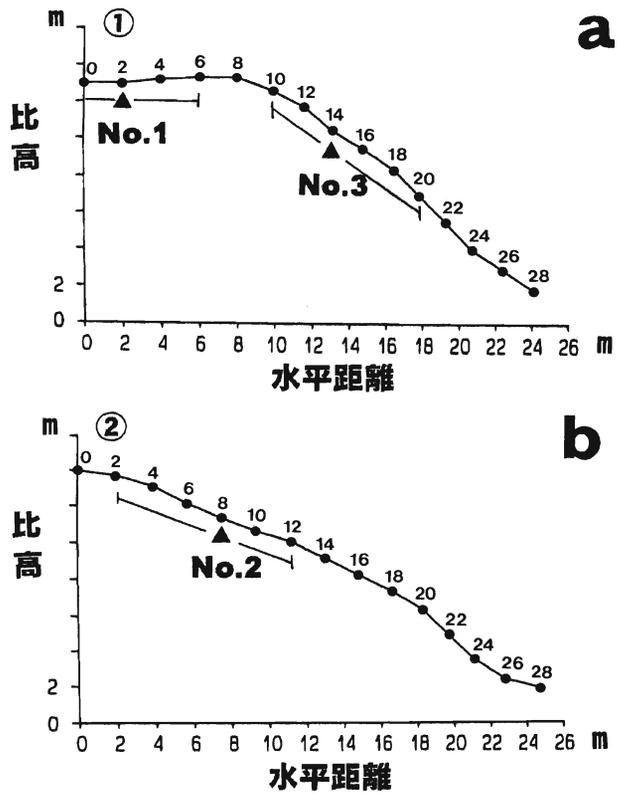


図5 各調査区における中央ラインの縦断面形と各森林タイプの調査地点の位置
a : 調査区①, b : 調査区②。
図中の数字は基点からの斜面長(m)を示し, No.は地点を示す。

合が85%と高く、これに次ぐ樹種はコナラ(8%)であった。その他の樹種のうち常緑樹のアラカシや落葉樹のウリカエデ, ウワミズザクラがいずれも1.5%程度の割合を示した。No.2は優占種であるアカマツが76%, 次いでコナラが8%であった。その他の樹種では、常緑樹のソヨゴが5%, ヒサカキが3%, 落葉樹のコシアブラが4%, ネジキが2%, タカノツメが1%であった。No.3は優占種であるコナラが63%, 次いで常緑樹のヒサカキが12%, ソヨゴが10%, アラカシが8%, 落葉樹のカスミザクラが3%, ウリカエデが1%であった。なおBA合計(m²/ha)は、No.1が23.6, No.2が49.6, No.3が34.1であった。

表2に各地点のアカマツとコナラおよびその他の樹種の樹高階分布を示した。また、写真2~4に各地点の林内の様子を示した。No.1ではアカマツが樹高8.1~14.0mの階級に合計13本あり、それらが高木層を形成していた。コナラは樹高8.1~10.0mの階級に1本みられるのみであった。その他の樹種は樹高4.0m以下の階級で合計29本であり、他の地点に比べてかなり少なかった。No.2ではアカマツが樹高10.1~18.0mの階級に合計8本みられ高木層・亜高木層を形成していた。コナラは樹

表1 胸高断面積 (BA) による各樹種の割合 (%)

| 種名 | 地点 | No. 1 | No. 2 | No. 3 |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|
| | 地形位置 | 尾根部 | 斜面部 | 斜面部 |
| | 方位 | - | N75W | N75W |
| | 傾斜 | - | 18° | 26° |
| | 植生高 | 13m | 18m | 16m |
| 優占種 | | | | |
| アカマツ | | 85.0 | 75.8 | - |
| コナラ | | 7.5 | 7.7 | 62.5 |
| 常緑樹 | | | | |
| ヒサカキ | | 0.4 | 3.3 | 12.2 |
| ソヨゴ | | - | 5.2 | 10.3 |
| アカラシ | | 1.5 | - | 7.7 |
| イヌツゲ | | - | 0.0 | 0.5 |
| ネズミモチ | | 0.0 | 0.0 | - |
| 落葉樹 | | | | |
| コシアブラ | | 0.8 | 4.2 | 0.8 |
| カスミザクラ | | 0.1 | 0.0 | 2.9 |
| ネジキ | | 0.9 | 2.0 | - |
| ウリカエデ | | 1.6 | 0.4 | 1.3 |
| ウワミズザクラ | | 1.5 | - | 0.0 |
| タカノツメ | | 0.1 | 1.3 | 0.9 |
| ヤマウルシ | | 0.6 | - | 0.7 |
| コバノガマズミ | | 0.1 | - | - |
| ナツハゼ | | - | 0.1 | - |
| モチツツジ | | - | - | 0.1 |
| カマツカ | | - | - | 0.0 |
| ツリバナ | | - | - | 0.0 |
| ヤマツツジ | | - | - | 0.0 |
| BA合計 (m ² /ha) | | 23.6 | 49.6 | 34.1 |

表中の0.0は、0.1%よりも少ないことを示す。

表2 アカマツ, コナラ, その他の樹種の樹高階分布

| 樹高階 (m) | No. 1 | | | No. 2 | | | No. 3 | | |
|-----------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
| | 地点 | | | 地点 | | | 地点 | | |
| | アカマツ | コナラ | その他 | アカマツ | コナラ | その他 | アカマツ | コナラ | その他 |
| 16.1~18.0 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| 14.1~16.0 | - | - | - | 4 | - | - | - | 2 | - |
| 12.1~14.0 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| 10.1~12.0 | 7 | - | - | 2 | 1 | - | 1 | - | - |
| 8.1~10.0 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 3 | |
| 6.1~8.0 | - | - | 1 | 2 | 8 | - | - | 5 | |
| 4.1~6.0 | - | - | 3 | - | 10 | - | - | 8 | |
| 2.1~4.0 | - | - | 15 | - | 50 | - | 3 | 75 | |
| 1.3~2.0 | - | - | 14 | - | 32 | - | - | 86 | |

表中の数字は幹数(/100m²)を示す。

下層(C層)は風化した堆積層で明黄褐色や明赤褐色が主体であり、そこに黄褐色(10YR5/6)やにぶい黄橙色(10YR6/4)の幅1~2cmの筋状の模様がいくつか認められた(写真2)。No.2ではA₁層(深さ0~3cm)が黒褐色、A₂層(深さ3~7cm)は褐色で、それよりも下層では黄褐色であった(写真3)。No.3では土壤深0~2cmが極暗褐色、2~14cmは褐色で、それよりも下層ではにぶい黄褐色から褐色が認められた(写真4)。土性はNo.1では(H)-A層が、ある程度の細砂とネバリ気を感じる壤土、それよりも下層では細砂の存在を強く感じる触感の砂質壤土であった。No.2では全土層で細砂の存在とかなりネバリ気を感じる粘土が多い埴質壤土であった。No.3では土壤深0~2cmが壤土、それよりも下層は埴質壤土であった。土壤構造はNo.1では(H)-A層でのみ団粒状構造が「中度」に発達し、それよりも下層では土壤構造は認められなかった。No.2とNo.3ではそれぞれA₁層、A₂層で団粒状の構造が「中度」から「弱度」の発達がみられた。それよりも下層はどちらの地点も無構造であった。土壤ち密度を山中式土壤硬度計の指標硬度(mm)で示すと、No.1はB層までは7~14mm、C層では28mmと非常に高い値を示した。No.2はA層では6~9mm、B₁層よりも下層では18~21mmとやや高い値を示した。No.3はA₁層が4mm程度であるが、それよりも下層では9~13mmの比較的やわらかい土層が70cm以上の厚さで存在することが認められた。植物根の分布量は、養分や水分の吸収に関係する細根に着目すると、No.1では(H)-A層で多くみられたが、それよりも下層ではまれであった。No.2ではA₁層で多く、A₂層ではある程度の存在がみられる状態であったが、それよりも下層ではまれであった。No.3ではA₁層からB層までの土層で多くみられた。A₀層(有機物層;L層+F

高6.1~10.0mの階級に3本みられた。その他の樹種は樹高4.0m以下の階級で合計82本であり、常緑樹のヒサカキが多くみられた。No.3ではアカマツは樹高1.3m以上の個体はみられなかった。コナラは樹高2.1~4.0mの階級に3本、8.1~12.0mの階級に2本、14.1~16.0mの階級に2本がそれぞれみられ、階層でいうと低木層から高木層まで幅広くみられた。その他の樹種は樹高4.0m以下の階級で合計161本と多く、No.2と同様にヒサカキが多くみられた。

森林タイプ間の土壤環境の比較

1) 土壤断面の特徴

写真2~4に各地点の土壤断面写真を示した。表3に土壤断面調査から得られた各層位の土色、土性、土壤構造、ち密度、植物根量、A₀層の厚さを示した。

土壤断面の特徴をみると、A層の厚さはNo.1が2cm、No.2が7cm、No.3が14cmであった。

土色はNo.1では(H)-A層(深さ0~2cm)が黒褐色、B層(深さ2~12cm)は褐色であった。それよりも

表3 各土層の土色, 土性, 土壌構造, 土壌ち密度, 植物根量, A₀層の厚さ

| 地点 No. | 層位 | 深さ cm | 土色 (マンセル式表色) | 土性** | 土壌 構造 | ち密度*** mm | 根量**** 太中細 | A ₀ 層厚 cm |
|-----------|-------|----------|-----------------|------|----------|--------------|---------------|-------------------------|
| 1 | (H)-A | 0~2 | 7.5YR3/2 黒褐 | L | 団粒中 | 6.8±1.6 | 希有多 | L層=3 |
| | B | 2~12 | 10YR4/6 褐 | SL | 無 | 14.4±1.0 | 希多多 | F層=1 |
| | C1 | 12~27 | 10YR6/8 明黄褐* | SL | 無 | 27.9±2.0 | 無無希 | H層=± |
| | C2 | 27~(35) | 10YR5/8 明赤褐* | SL | 無 | 28.2±1.1 | 無無希 | |
| 2 | A1 | 0~3 | 7.5YR2/2 黒褐 | CL | 団粒中 | 6.1±1.5 | 希有多 | L層=2 |
| | A2 | 3~7 | 10YR4/4 褐 | CL | 団粒弱 | 8.5±2.1 | 有有有 | F層=1 |
| | B1 | 7~21 | 10YR5/6 黄褐 | CL | 無 | 21.0±1.7 | 希希希 | H層=0.5 |
| | B2 | 21~(65) | 10YR5/6 黄褐 | CL | 無 | 17.8±2.0 | 希有希 | |
| 3 | A1 | 0~2 | 7.5YR2/3 極暗褐 | L | 団粒中 | 4.4±1.7 | 希有多 | L層=4 |
| | A2 | 2~14 | 10YR3/4 褐 | CL | 団粒弱 | 12.6±1.3 | 希有多 | F層=1 |
| | B | 14~62 | 10YR5/4 にぶい黄褐 | CL | 無 | 9.4±0.9 | 有有多 | H層=1 |
| | C | 62~(75) | 10YR4/6 褐 | CL | 無 | 10.7±1.3 | 希希希 | |

*:黄褐色(10YR5/6)やにぶい黄橙色(10YR6/4)の筋状の模様あり。
 **:土性=L;壤土, SL;砂質壤土, CL;埴質壤土。
 ***:山中式土壌硬度計による指標硬度(平均値±標準偏差, n=10)。
 ****:根のサイズ=太;径20mm以上, 中;径19~2mm, 細;径2mm未満。

層+H層)の厚さはそれぞれNo.1が4cm, No.2が3.5cm, No.3が6cmであった。

土色から判断して腐植が多いと思われる黒褐~極暗褐色の厚さは, どの地点も2~3cmと非常に薄かった。また土壌構造からみるとどの地点も土壌の発達程度は低くA層の厚さも薄かった。高橋ほか(1984)は, 神戸層群吉川累層地帯においてアカマツ林の遷移と土壌の理化学性の関係について報告している。その中でこの地域のアカマツ林はA層土壌のち密化が強いことを指摘している。またそこで示されたA層の厚さは8~28cmと様々であった。今回調査したアカマツ林の地点の土壌も高橋ほかの報告と同様に全般的にち密であり, またNo.2のA層の厚さは高橋ほかのデータと比べると薄い方に近い値であった。No.1のアカマツ林では土壌深12cmよりも下層は土壌化がほとんど認められない, ち密な層で, (H)-A層の厚さは2cmであった。これはニュータウン造成時に表土が除去されたため, 堅いC層が浅い位置にみられるものと考えられる。一方, No.3のコナラ林では土壌ち密度の値が土壌断面中では15mm以下で細根が下層(深さ約60cmまで)でも比較的多いことから有効土層が厚いものと考えられる。

2) 土壌物理性

表4に土壌深0~10cm, 10~20cmにおける容積重, 孔隙量, 採取時および飽水時における土壌三相の測定結

果を示した。

No.1では容積重は土壌深0~10cm(以下, 上層という)で97g/100ml, 土壌深10~20cm(以下, 下層という)で134g/100mlと非常に高く, 孔隙量と固相率がそれぞれ上層で62%と38%, 下層で50%と50%となり, 特に下層がち密な土壌であった。また採取時の気相である空気率と飽水時の気相である最小容気量は上層でそれぞれ30%と15%, 下層で20%と7%となり, 他地点の同じ層と比べるとどちらも少なかった。一方採取時水分量と含水量(最大毛管含水量)は上層で33%と48%, 下層で30%と43%となり, 他地点の同じ層と比べるとわずかに多かった。No.2では容積重は上層で74g/100ml, 下層で101g/100mlであり, 孔隙量と固相率がそれぞれ上層で71%と29%, 下層で63%と37%であった。また空気率と最小容気量は上層で39%と29%, 下層で33%と21%であった。採取時水分量と含水量は上層で32%と43%, 下層で30%と42%であった。No.3では容積重は上層で89g/100ml, 下層で102g/100mlであり, 孔隙量と固相率がそれぞれ上層で65%と35%, 下層で62%と38%で, いずれも上層と下層の差は少なかった。また空気率と最小容気量は上層で38%と25%, 下層で37%と24%であった。採取時水分量と含水量は上層で27%と41%, 下層で25%と38%であった。

高橋ほか(1984)が調査したアカマツ林のA層土壌(A₁, A₂層に細区分されていたらA₁層の方)の土壌物理性の

表4 土壤深0～10cm, 10～20cmの容積重, 孔隙量, 採取時および飽水時における土壤三相

| 地点 No. | 深さ cm | 容積重 g/100ml | 孔隙量 % | 固相 固相率 % | 採取時 | | 飽水時* | |
|-----------|----------|----------------|----------|----------------|----------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| | | | | | 気相 空気率 % | 液相 採取時 水分量 % | 気相 最小 容気量 % | 液相 含水量 % |
| 1 | 0～10 | 96.7 | 62.4 | 37.6 | 29.6 | 32.8 | 14.5 | 47.9 |
| | 10～20 | 134.2 | 49.6 | 50.4 | 19.7 | 29.9 | 6.7 | 42.9 |
| 2 | 0～10 | 73.5 | 71.2 | 28.8 | 39.3 | 31.9 | 28.5 | 42.7 |
| | 10～20 | 100.5 | 62.9 | 37.1 | 32.9 | 30.0 | 20.8 | 42.1 |
| 3 | 0～10 | 89.4 | 65.3 | 34.7 | 38.2 | 27.1 | 24.5 | 40.8 |
| | 10～20 | 102.0 | 61.9 | 38.1 | 37.1 | 24.8 | 23.7 | 38.2 |

表中の数値は, 土壤円筒試料3つの平均値である.

*:毛細管現象で最大に水分を保持した状態. その時の液相(含水量)は最大毛管含水量である.

データの中で, 飽水時の全孔隙中の気相と液相の状態(保水能力の目安となる)を示す最小容気量/含水量の比をみると, 0.16～0.54(平均 0.27 ± 0.11 ; $n=8$)となっている. このデータと比較すると, 今回のA層を含む深さ0～10cmの土壤は, No. 1で0.30, No. 2で0.67, No. 3で0.60となり, No. 2のアカマツ林やNo. 3のコナラ林は同程度の値で, 高橋ほかのデータよりもやや高い値を示し, 飽水時でも毛管水で満たされない粗孔隙量が多く(細孔隙量が少ない), 高い孔隙量の割には, やや保水能力が低いことがわかった.

3) 土壤水分張力

図6に各地点の深さ10cmと20cmの土壤水分張力(土壤と水の相互吸引力を「水柱の高さ」で表す)と日降水量のそれぞれの変化を示した. ここに示したデータは, 1998年4月4日から6月20日までのものである. なお日降水量は神戸海洋気象台の観測(三田市: 標高150m)によるデータを用いた.

土壤水分張力(水柱の高さ; cm)の今回の測定期間での最小値と最大値は, No. 1で土壤深10cmが10と500, 土壤深20cmが-20と500, No. 2で深さ10cmが0と410, 深さ20cmが10と340, No. 3で深さ10cmが5と130, 深さ20cmが30と140であった. これらの値で判断すると土壤水分張力はNo. 1で変動幅が大きく, No. 3で変動幅が小さく, No. 2はそれらの中間的な傾向を示した.

森林土壤の水湿状態は, おおむね降水の量や頻度によって推移することは多くの測定結果によって知られて

いる(吉岡, 1973, 1975; 吉岡・梅原, 1974). 今回の測定期間の降雨状況を統計上の値(1956年～1967年の平均値)と比べてみると, 4月が145%の206mm, 5月が122%の201mm, 6月が63%の127mmであり, 4月, 5月に多く, 6月に少ないという特徴がみられた. ちなみに測定期間内での最大日降水量は5月29日の48mmであった.

降水の程度の違いに着目すると, 4月の上旬から中旬にかけて高い頻度(4月4日以降の20日間で, 日降水量1mm以上の日が9日あった)と量(同20日間の積算降水量166mm, 平均日降水量8.3mm)の降水が認められた. この期間を高頻度の降水があった場合の一例としてみると, その期間の土壤水分張力は, 土壤深10cmではいずれの地点も0～60の範囲で変動し, ほぼ類似した値を示した. 一方土壤深20cmでは地点間でわずかな差ではあるが, その数値間にNo. 1 < No. 2 < No. 3の関係が認められた. また, No. 1では0よりも小さい値が多く観測された. これはNo. 1の土壤深40cm以下の土層が非常に堅くて難透水の状態となっているために, その上層に水がたまりやすい構造になっていることが原因と考えられる.

一方, 無降水日が続いた場合や降水があっても量が少ない場合は, 土壤の乾燥が進み土壤水分張力はしだいに高くなるが, その乾燥の度合いが地点によって異なっていた. たとえば, 図6中の矢印で示した日(4月25日)から次の日降水量で10mm以上降るまでの14日間の土壤水分張力の変動をみると, 土壤深10cmではNo. 1が50→400(水柱の高さの対数であるpF値で表すと1.7→

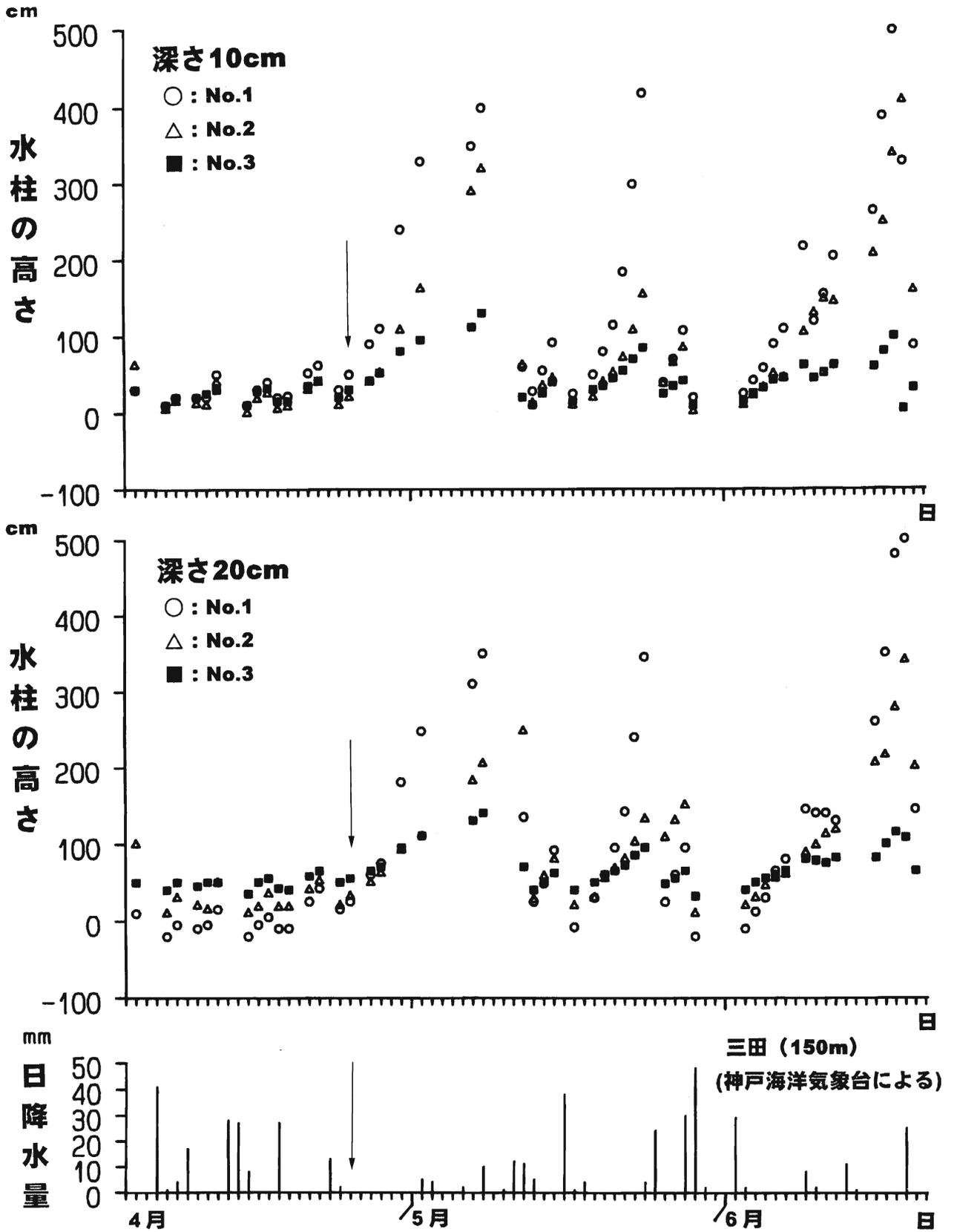


図6 土壌水分張力の変化と日降水量
 水 柱：水分張力を水の高さで表したもの。
 測定期間：1998年4月4日～6月20日。
 図中の矢印は4月25日を示す。

2.6), No. 2 が 20 → 320(pF 値で 1.3 → 2.5), No. 3 が 30 → 130(pF 値で 1.5 → 2.1)となり, No. 1 がもっとも変動が大きく, No. 2 がそれに次ぎ, No. 3 がもっとも変動が少なかった. また, それらの数値にほぼ No. 1 > No. 2 > No. 3 の関係が認められた. 土壤深 20cm もほぼ同様の傾向がみられたが, No. 2 と No. 3 の間において深さ 10cm ほどはっきりした差がみられない範囲もあった. No. 1 の土壤水分張力(cm)を基準にすると 60(pF 値で 1.8)付近よりも小さい水分張力域のときは No. 1 < No. 2 < No. 3 の関係がみられ, 60 付近よりも大きい水分張力域になると No. 1 > No. 2 > No. 3 の関係がみられた. このように土壤水分張力 60 付近を境に地点間の水分張力の関係が逆転する傾向が認められた.

河田 (1989) の「土壤水の, 植物の根系による吸収利用に基づく区分」によると, pF 値 1.8 (水柱の高さで約 60cm) 以下の状態の水は粗大孔隙中に保持される重力流去水にあたり, 比較的短期間で流出してしまう水で植物が利用しにくく, pF 値 1.8 ~ 3.8 (水柱の高さで約 6,300cm) の状態は細孔隙中に毛管張力によって保持されている毛管水の一部で易有効水にあたり植物が利用しやすい水である. このことから, 降水量が比較的多い春季においては, No. 1 のアカマツ林の土壤は日降水量が多いときは, 下層に難透水層があるため土壤深 20cm で重力流去水の占める割合が高いが, 一旦乾燥しだすと比較的急速に乾燥するといった, 乾湿の変動が激しい土壤環境にある. 一方, No. 3 のコナラ林の土壤は乾湿の変動が少なく, 急速な乾燥も起こりにくい, 比較的安定した土壤環境である. また No. 2 のアカマツ林の土壤は両者の中間的な土壤環境といえる.

おわりに

植生に関しては, この地域の孤立二次林の優占種であるアカマツとコナラの低木以上の個体に着目して今回調査を行った. マツ枯れは現在も進行中であり, 今後はマツ枯れ後の遷移という視点から実生や幼木を対象とした, 後継樹種の調査を行うとともに, より具体的な孤立化の影響を検討し, どのような林に変化していくのかをみて行きたい.

また, 土壤に関しては, 比較的降水量の多い春季 (4 月 ~ 6 月) のデータを使って今回解析を行ったが, この

4 月と 5 月は降水量が例年よりもさらに多かった. 今後は夏季のデータを用いた乾燥時期の解析も行う必要がある. また孤立化に伴った乾燥化など土壤環境も変化してきていると考えられる. このような点を明らかにするため, 今後長期的な継続調査を進めて行く必要がある.

なお本研究は兵庫県立人と自然の博物館総合共同研究「公園都市研究」の一環として行った.

謝 辞

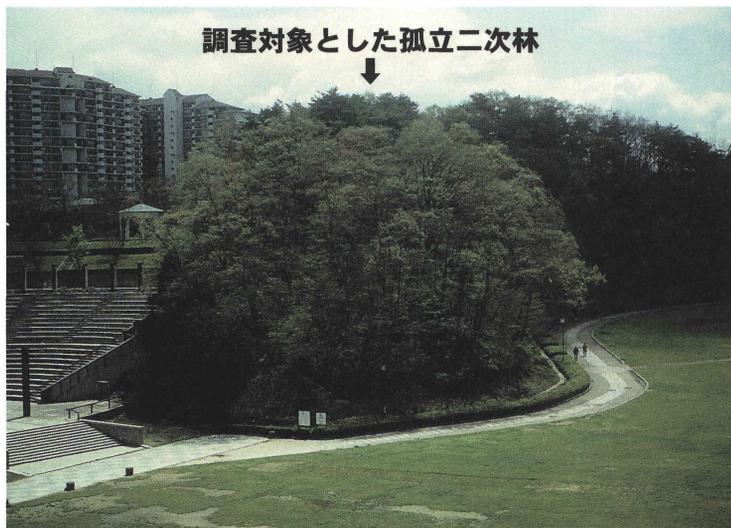
本研究を行うにあたり, 三田市フラワータウンの緑地等の調査について便宜をはかっていただいた兵庫県北摂整備局新都都市部の方々にお礼申しあげます. なお本研究の一部経費に文部省科学研究費補助金 (課題番号 10680550) を使用した.

文 献

- 石田弘明・服部 保・山戸美智子 (1998) 都市林の生態学的研究. II. 三田市フラワータウンにおける緑化樹木の孤立二次林への侵入. 人と自然, no.9, 27-32.
- 土壤標準分析・測定法委員会編 (1986) 土壤標準分析・測定法. 博友社, 東京, 354p.
- 服部 保・赤松弘治・武田義明・小館誓治・上南木昭春・山崎 寛 (1995) 里山の現状と里山管理. 人と自然, no.6, 1-32.
- 服部 保・上南木昭春・小館誓治・熊懷恵美・藤井俊夫・武田義明 (1994) 三田市フラワータウン内孤立林の現状と保全について. 造園学会誌, 57(5), 217-222.
- 気象庁(編)(1959) 気象庁観測技術資料第 13 号, 全国降水量資料・月別累年平均値. 気象庁, 東京, 116.
- 河田 弘 (1989) 森林土壤学概論. 博友社, 東京, 399p.
- 高橋竹彦・村岡明高・工 義尚・梶原道子・矢野悟道・佳山良正 (1984) 東播・北摂丘陵・台地神戸層群地帯におけるアカマツ林の遷移と A 層土壤の理化学性との関係. 日本土壤肥科学雑誌, 55(5), 434-442.
- 吉岡二郎 (1973) 森林土壤の土壤水分に関する研究 (1). 林業試験場研究報告, 250, 44-47.
- 吉岡二郎 (1975) 森林土壤の土壤水分に関する研究 (4). 林業試験場研究報告, 275, 32-34.
- 吉岡二郎・梅原武夫 (1974) 森林土壤の土壤水分に関する研究 (3). 日本林学会誌, 56, 425-433.

(1999 年 6 月 25 日受付)

(1999 年 9 月 14 日受理)



林内の様子

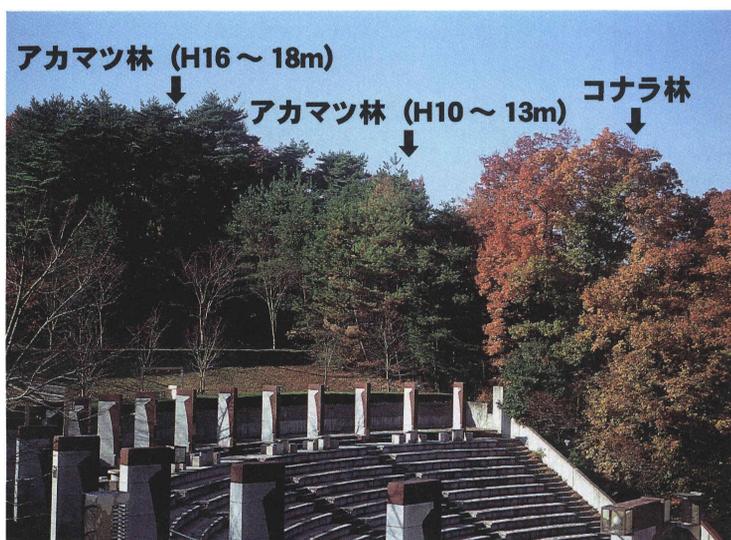
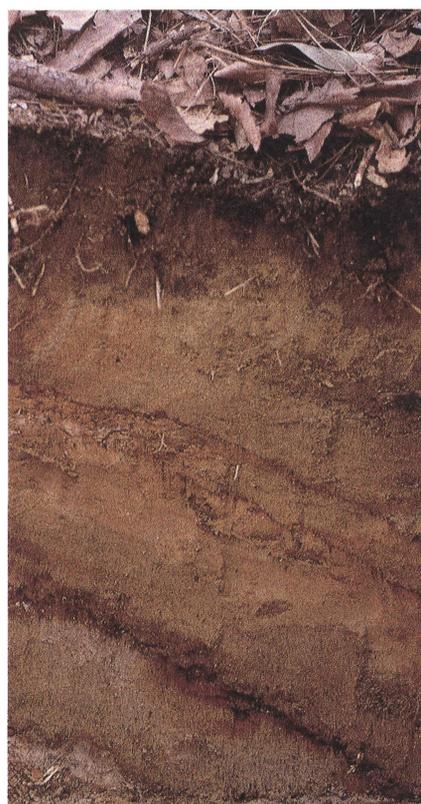


写真1 孤立二次林

上段：1999年4月撮影，下段：1998年12月撮影

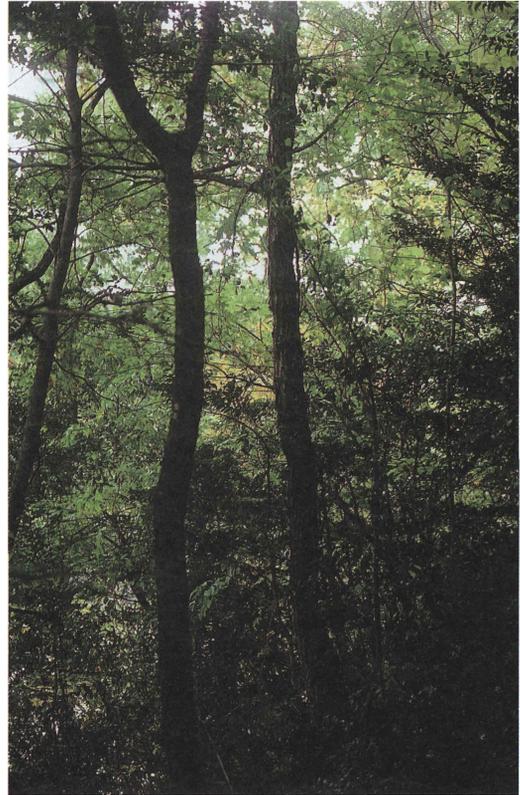


土壌断面

写真2 調査地点No. 1 (アカマツ林)



林内の様子

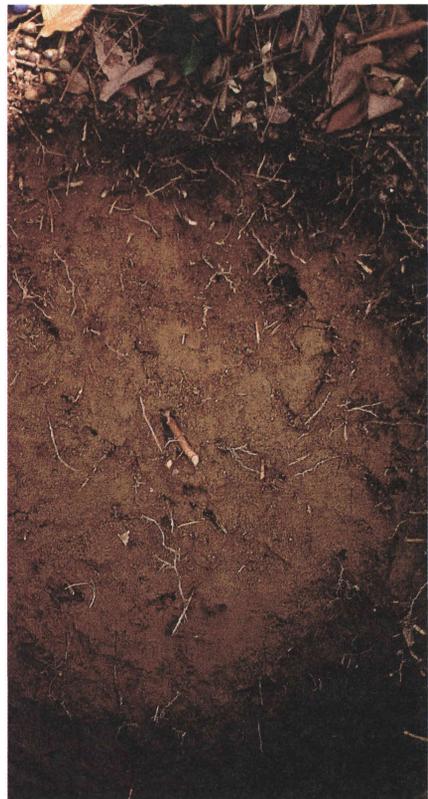


林内の様子



土壌断面

写真3 調査地点 No. 2 (アカマツ林)



土壌断面

写真4 調査地点 No. 3 (コナラ林)