

沿岸域林野火災跡地の土壌および植生の変化について

-山地防災的見地からの検討-

井上章二¹・Razafindrabe, Bam Haja Nirina²・藤久正文³Change of infiltration capacity and vegetational recovery
in the coastal burned area after a forest fire

-Discussion from view of soil and water conservation-

Shoji Inoue¹, Bam Haja Nirina Razafindrabe² and Masafumi Fujihisa³

Abstract: Vegetation analysis and field survey on soil infiltration capacity have been carried out in the site of Ehime and Kagawa prefectural boundary forest fire in February 1985. Four investigations were carried out until 1998, 13 years after the forest fire. In the vegetation analysis, there were an increase of the number of the species and a change from pioneer species into high shade tolerance in each plot. Therefore the quantitative and qualitative change of the vegetation was confirmed. The infiltration capacity of soil surface lowered after the fire, and there was a tendency of recovery. However, there was a difference of recovery by slope azimuth and slope position. As a result, though the vegetation recovers right after the fire by the sprouting, soil recovery was slower than that of the vegetation. This may be due to the fact that the soil is formed by humification of litters and other factors.

1 はじめに

森林には、水源かん養機能、国土保全機能、洪水調節機能をはじめ、多くの公益的機能がある。急峻な地形をもち、降水量が多いわが国では災害の防止、生活や産業の安定、向上のために森林の存在は重要である。国土面積の約67%を占める森林が持つ公益的機能の上に、我々の生活は成り立っていると云ってもよい。

上記のような、森林の持つ公益的機能を低下させる要因のひとつとして林野火災があげられる。林野火災が発生すると、これまで表土を覆っていた森林植生が瞬時に失われる。そのために、林野火災跡地では、森林の持つ国土保全機能が低下し、土砂流出や斜面崩壊等の災害につながる可能性が高くなる。それを防ぐためには、林野火災を発生させないことは当然であるが、速やかな植生の回復を図ることが必要であり、それと同時に林野火災跡地の土壌やその他の環境がどのように変化していくのかを明らかにすることも重要である。

逆に、植物の立場から考えると洪水、崩壊や伐採と同様に、植生遷移が始まるきっかけを与える現象として、林野火災を位置づけることができる。林野火災後の植物生態学的な植生遷移に関する研究は、Luts (1956)、中越・根平 (1982)、Tsuda *et al.* (1986, 1988) の調査研究報告等、比較的多く存在する。中でも中越・根平は本研究の調査地の近傍で調査を

実施し、林野火災後は種群が5段階に遷移していくという興味深い報告をしている。ところが、これらの調査研究成果を参考にしつつ、実際に林野火災跡地を含む森林流域管理に役立てるため、森林の国土保全機能をより向上させるという立場から林野火災跡地の植生と土壌の回復過程を調査し、火災跡地の環境の回復と国土保全を図ろうとする研究は未だ報告がない。

以上の必要性を踏まえて本研究では、1985年2月に発生した、愛媛・香川県境林野火災跡地において調査を行った。筆者らは火災直後から3年間にわたり、水土流出や植生の回復について実験および調査を実施した(小川ら, 1986; 江崎ら, 1987a, b)。さらに、10年後の1994年11月、および14年後の1998年11月に実施した植生や土壌浸透能等に関する調査より得られた知見を報告する。

2 研究方法

2.1 調査地域の概要

試験地流域は、瀬戸内式気候区に属しており、年間降水量は、1200~1600mmと、全国的にみても少なく、日本の代表的な少雨地域にあたる。さらに、瀬戸内地方は、大規模林野火災の多発地帯でもある。

愛媛・香川県境林野火災は、1985年2月2日午後6時ごろ、愛媛県川之江市金生町より発生した。その後火災は、県境を越えて香川県側へも延焼拡大し、2月5日、午前10時頃に消し止められるまでに、63時間30分も燃え続けた林野火災である。その被災面積は、両県合わせて391haに及び、約2億円相当の被害を出した大規模林野火災であった。前年の1984年7月以降、少雨の傾向にあり、異常乾燥の状態にあった(山下, 1985)。

試験地流域は、香川県の雲辺寺川から続く讃岐山脈の西縁部にあたる。讃岐山脈は、領家帯基岩層を不整合に覆う、和泉砂岩層群から構成され、その一

¹愛媛大学農学部助教授 Associate Professor, Faculty of Agriculture, Ehime University, Matsuyama 790-8566 Japan

²愛媛大学大学院連合農学研究科博士課程 United Graduated School of Agricultural Sciences, Ehime University, Matsuyama 790-8566 Japan

³愛媛大学農学部技術専門員 Senior Technical Specialist, Faculty of Agriculture, Ehime University, Matsuyama 790-8566 Japan

部が宇摩平野に没してブロック化した小突起状の山地である。主要構成岩石は、砂岩及び泥岩で、砂岩泥岩互層を成しており、傾斜の状況によっては、滑落の発生しやすい地域である。本谷川、木曾後谷川周辺は、土砂流出の激しい地域であるために土砂流出防備保安林に指定されている。

林野火災以前の植生は、ヒノキ（12年生）、アカマツの人工林が多く、コナラ、アカマツを上木層とする二次林も残されていた。中木から低木層には、リョウブ、ソヨゴ、ネズミサシ等が生育し、林床にはウラジロ、ススキが生育していた。

2.2 調査プロット

1985年2月2日に発生した愛媛、香川県境林野火災における調査区域は図1に示す地域であり、愛媛県川之江市金生町に属する。愛媛・香川県境の大谷山付近を源とする金生川の支流である、本谷川と木曾後谷川の流域に試験区を設定した。

試験地付近の地質は、一部に花崗岩もみられるが、大部分は和泉砂岩層地域に含まれる。地形は沿岸に位置しているが、尾根筋は標高350~400mもあり山腹は、斜面長も大きく急傾斜のところが多い。

1985年に行われた林野火災直後の調査では、燃焼程度別にプロットを設定した（江崎ら，1987b）。燃焼程度については、樹冠・樹幹ともに完全に燃焼し、地表には黒こげの立木が散在し、黒い灰が空中写真でも識別できる状態を燃焼程度・激とし、立木に若干の緑が残っている状態を燃焼程度・中、地表あるいは立木の一部が燃焼した状態を燃焼程度・微と分類した。燃焼程度・激に2プロット、No.1, No.3, 燃焼程度・中に1プロット、No.5, さらに隣接健全林に对照区として1プロット、No.4を設置した。

No.1は、燃焼程度・激である。本谷川の上流部右岸に位置し、南東斜面（斜面長46.5m, 傾斜38°）である。火災当時12年生のヒノキ林であった。現在は、再びヒノキが造林されている。収穫表による地位等級は、IV等地である。

No.3は、燃焼程度・激である。木曾後谷川の上流に位置し、南西斜面（斜面長65.0m, 傾斜38°）である。火災当時はNo.1と同様、12年生のヒ

ノキ林であった。火災後、3年を経て斜面上部の傾斜が緩やかな所に、ヒノキが再度造林され、現在11年生である。斜面中部、下部は、放置されたままである。収穫表による地位等級は、ヒノキのIII等地である。

No.5は、燃焼程度・中である。木曾後谷川の上流であり、No.3の尾根向こうの東斜面（斜面長40.0m, 傾斜33°）である。火災当時は、25年生のアカマツ林であった。No.3と同様に、火災から3年後にヒノキが造林され、現在11年生である。収穫表による地位等級は、III等地である。

No.4は、直接火災の被害は受けてはおらず、对照区として設けられた。No.3, No.5の下流の右岸に位置し南東斜面（斜面長40.4m, 傾斜33°）である。火災当時は12年生のヒノキ林であり、現在25年生である。収穫表による地位等級表は、ヒノキのIII等地である。

2.3 調査方法

植生調査は以下の方法で実施した。1985年の火災直後の調査では、土砂流出の測定および植生調査のために、幅2m, 斜面全長をプロットとするLプロットを、また、翌年には土砂流出に関係する面積の確定と土砂流出に及ぼす植生の影響を把握するため、2m×2mのSプロットを各斜面下部に設定した（井上ら，1987）。その後全域に造林が進み、それに伴って調査プロットは消滅していき、現在も維持されているのはNo.3の斜面下部に設置されたNo.3, Sプロットのみである。No.3斜面の中部、下部は現在も放置されたままであり、斜面の部位による比較を行うため、1998年11月の調査時に斜面中部に2m×2mのS2プロットを新たに設定し調査を行った。No.3, SおよびS2プロットでは、樹種の同定および株数、本数を調査した。その調査時に、造林されていたNo.1およびNo.5プロットにおいては、造林という大きな人為的インパクトがあり、これまでと同様の植生調査は意味を持たないと判断し、ヒノキ造林地内のSプロット林床に生育している植生の同定のみを行い、参考資料とした。

また、1985年の火災直後から土壌表層の浸透能を調査するため、各調査プロット斜面の上部、中部、下部にて100mm浸透時間を測定した。100mm浸透時間の測定は、内径10cm, 長さ20cmの塩化ビニルパイプを土壌表面に鉛直方向に差し込み、飽和させた後、降雨100mmに相当する水を注ぎ込み、その浸透時間を測定した。各斜面部位では、3回ずつ測定を行った。また、斜面中部における浸透能の調査地点では、山中式土壌硬度計にて土壌硬度の測定もあわせて行った。

さらに、No.3およびNo.4プロットにおいては、斜面下部のプロット近傍で、容積400ccの採土円筒にて各層位の土をサンプリングし、実験室に持ち帰り透水試験（河田・小島，1976）を行った。

3 調査結果

3.1 植生の変化

植生調査の結果を図2, 図3に示している。図2は総種数の変化を表し、図3は1985年の種数を100とした増加率で表している。

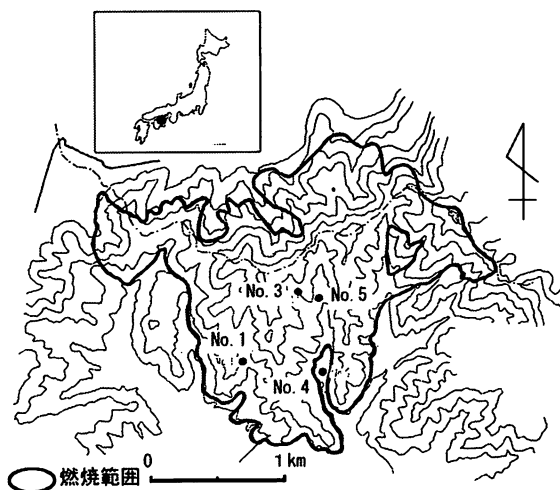


図1： 調査地位置図

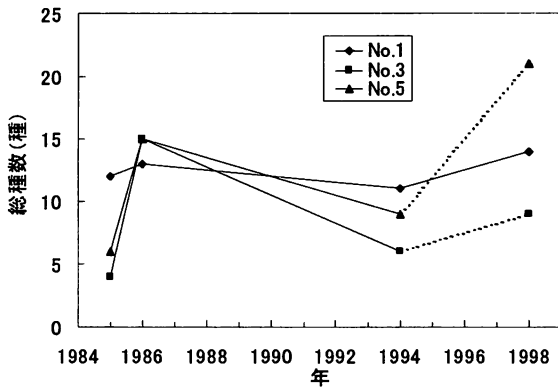


図2:総種数の経年変化

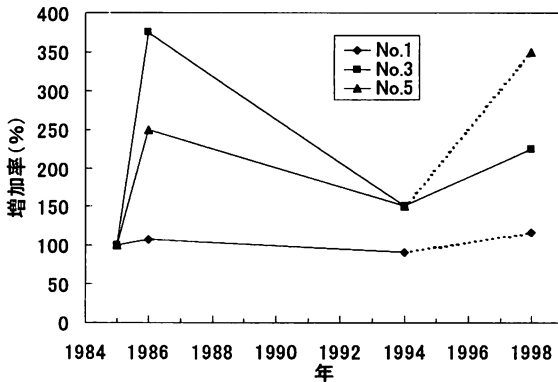


図3:総種数の経年増加率

・No.1プロット (燃焼程度・激)

1998年の調査では、ヒノキ林内の林床に生育している樹種のみを同定した。木本植物は、新たに8種侵入しており、過去に現れた樹種の中で今回も確認されたのは7種で、1985年の調査で見られた樹種の約半数が見られなくなった。その他、草本植物、シダ類として、コシダ(*Dicranopteris pedata*), ススキ(*Miscanthus sinensis*), ウラジロ(*Gleichenia japonica*), イタドリ(*Polygonum cuspidatum*)が確認された。総種数は微増であるが、樹種についてはかなりの変動が見られる。

・No.3プロット (燃焼程度・激)

斜面の下部と中部に位置する2m×2mのSおよびS2、2プロットにおいて調査を実施した。継続調査を行っているのは、斜面下部に位置するSプロットである。Sプロットでは、新たにトサノミツバツツジ(*Rhododendron dilatatum* var. *decandrum*), ヤマウルシ(*Rhus trichocarpa*), ノイバラ(*Rosa multiflora*), アケビ(*Akebia quinata*)が現れた。林床にはススキ, コシダ, ワラビ(*Pteridium agilnum*)が確認された。S2プロットのみ出現した種はヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*), サネカズラ(*Kadsura japonica*)であった。図2, 図3に示す総種数の変化と増加率では、増加の傾向が見られ、図4に示す総本数の変化でも増加傾向が認められる。S2プロットの調査結果も含めて、種別の本数の変化を図5に示している。コナラ(*Quercus serrata*)およびヒサカキ(*Eurya japonica*)は火災直後に、萌芽によって増加したものである。火災から10年後、耐陰性の高い

コナラ, ヒサカキは増加を続け、先駆種であるヤマハギ(*Lespedeza bicolor*)やアカメガシワ(*Mallotus japonicus*), ヤマハゼ(*Rhus sylvestris*)の本数は減少し、現在に至っている。

・No.5プロット (燃焼程度・中)

1998年の調査では、No.1プロット同様、ヒノキ林内の林床に生育している樹種のみを固定した。新たに侵入した樹種は16種で、過去に現れた樹種の中で、今回も確認できたのは、6種である。また、草本植物およびシダ類としてウラジロ, ススキ, イタドリ, ドクダミ(*Houttuynia cordata*), ヤマノイモ(*Dioscorea japonica*)が見られた。図2, 図3に示した総種数の変化と増加率では、種数の増加が見られる。

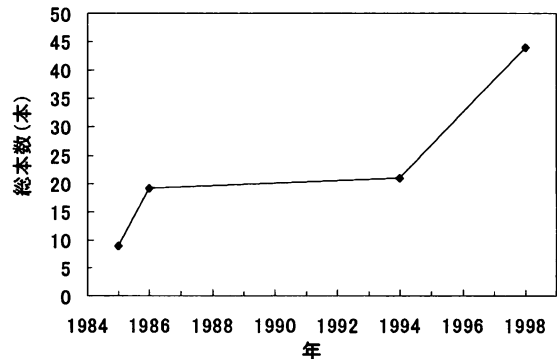


図4:総本数の経年変化 (No.3, S)

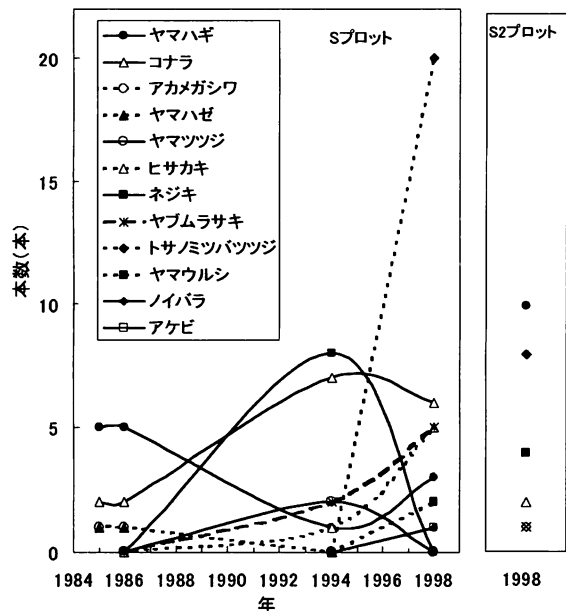


図5:種別本数の経年変化 (No.3)

3.2 土壌浸透能および透水係数

各プロットの100mm浸透時間の変化を、図6に示す。これは、各3~4点における測定の平均値である。標準偏差は、斜面上部, 中部, 下部の順に、No.1では16.9sec, 1.0sec, 19.2sec, No.3は45.0sec, 21.2sec, 18.12sec, No.4は5.83sec, 23.4

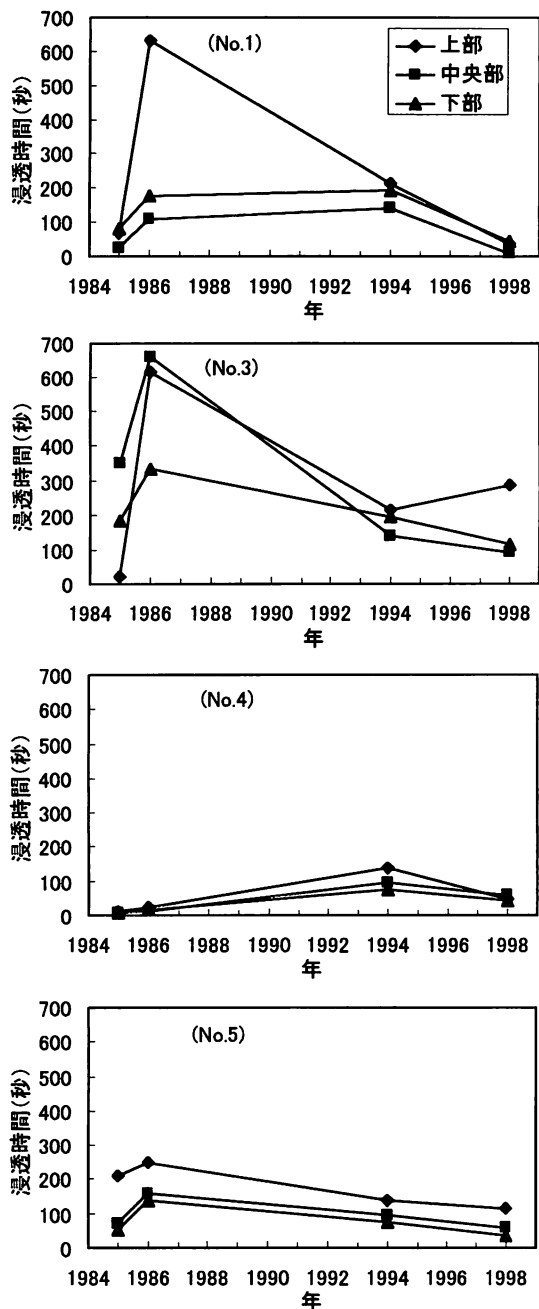


図6:プロット別100mm浸透時間

sec, 24.86sec, No. 5は63.0sec, 2.0sec, 7.0secであった。対照区のNo. 4プロットでは1994年調査時にわずかに浸透能が低下しているが、それほど大きな変化ではない。それに対して、その他のすべてのプロットで、火災後低下していた浸透能の回復が見られる。

また、土壌硬度的変化を図7に示している。測定場所は斜面中部における10~15点の平均値であり、1998年調査の標準偏差はNo. 1, No. 3, No. 4, No. 5の順にそれぞれ3.6mm, 1.6mm, 3.6mm, 2.8mmであった。土壌硬度は、火災1年後に急増しているプロットが多く、その後はほとんど変化が認められない。

No. 3およびNo. 4における透水係数の変化を図8

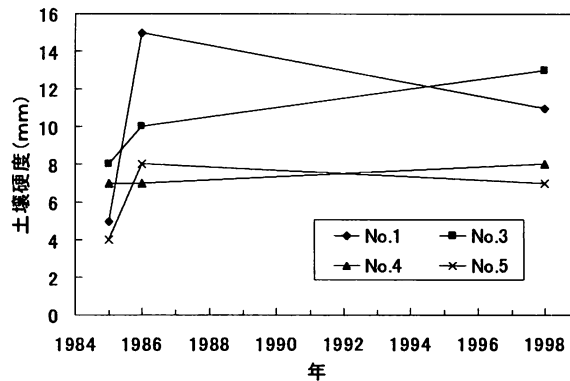


図7:プロット別土壌硬度(山中式土壌硬度計)

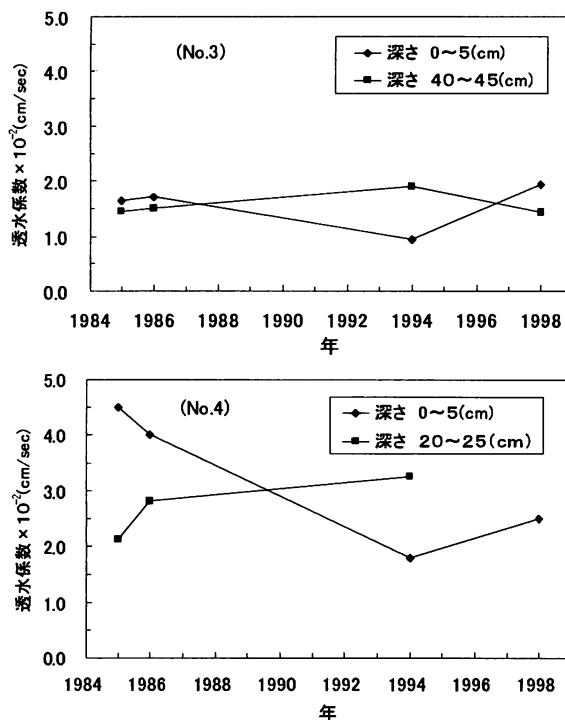


図8: No.3, No.4プロットにおける透水係数

に示している。No. 3では火災直後からほとんど変化を示していない。対照区のNo. 4では1994年に減少していた表層部の透水係数が上昇傾向を示している。

4 考察

植生については、前述のようにNo.1およびNo.5プロットは、火災後、造林が行われた。そこで、ここでは火災後もそのまま放置されているNo.3, Sプロットのみについて、継続調査の結果に基づいて検討を行う。

種数については、各プロットにおいて種数は増加の傾向にあり、植生が変化してきていると思われる。No. 3プロットでは火災直後に対して、種数およびその増加率がその翌年に著しく増加している。それに比較すると1994年調査時は安定しており、その

後再び増加し、一定のスピードではないものの、植生の回復が進んできていることを示すものと考えられる。同様に、No. 3における種別本数の変化を見ても、先駆種であるヤマハギ、アカメガシワ、ヤマハゼ等が減少して、ヒサカキ、トサノミツバツツジのように耐陰性の高い種が増加してきている。新たな種が侵入し、構成種が次第に変化してきているのは、植生遷移が進行しているためだと考えられる。これは、中越・根平（1982）による瀬戸内地方の林野火災跡地の調査結果とほぼ同様の樹種構成を示している。これによれば、火災後20年目頃に次の種群に移行すると報告されており、本試験地の今後の動向を注目したい。また、斜面中部に新たに設定したS2プロットとSプロットを比較すると、成立している種群は変わらないが、Sプロットに比べてS2プロットは本数が少ない。これには、地形の影響による土壌の物理性の相違が考えられるが、この事については今後さらに検討が必要である。

土壌表層の浸透時間を見てみると、各プロットで火災から1年後の浸透能が悪化している。これには火災の影響が直接現れているものと考えられる。特に、燃焼程度・激のNo.1およびNo.3プロットでは、その傾向が顕著である。燃焼程度・激のプロットでは、A₀層およびA層の表層部が高温で、あるいは長時間燃焼したため、土壌表層は著しく硬化したと考えられる。10年後の1994年には、ある程度の回復を示し、1998年の今回の調査でさらに回復していることが確認された。造林されたNo.1、No.5プロットは放置されているNo.3プロットに比べて、その回復速度が早いようである。これは、造林の際の地拵え等の影響により、表層が攪乱されたためではないかと推察される。逆に、対照区No.4プロットは枝打ち等のための人手が入ったことにより、1994年調査時に浸透時間が増加したのではないかと考えられる。

また、No.3では斜面方位が南であり乾燥しやすいために、特に浸透能の差が現れたのではないかとと思われる。その後、各プロットにおいて回復の傾向がみられ、火災直前の浸透能の値に近づいてきており、全体的に見て回復の傾向にあると言える。

土壌硬度は対照区を除き、火災1年後に各プロットとも土壌硬度は高くなっており、火災の影響ではないかと思われる。また、No.3の土壌硬度が高いのは、斜面方位が南であるために乾燥の影響を受けやすいのではないかとと思われる。一方、図8によればNo.3における透水係数の値は、火災直後からほとんど変化なく一定であり、浸透能の変化傾向とは異なっている。本来、浸透能および土壌硬度はそれぞれ相互に関係しているはずであるが、これは、林野火災の特殊性と両者の試験方法の相違によるものと推察される。すなわち、火災による土壌の変化は土層全体に及ぶのではなく表層のみに限定されることと、透水試験では表層4cmで土層をカットしていることによる影響ではないかと考えられる。これに対して、火が入っていない対照区No.4の結果を見ると、浸透能と透水試験（表層）の結果が対応しており、林野火災跡地の土壌の状態をよりの確に判定するには、現地における浸透能試験の方が有効ではないかと判断される。しかしながら、結論づけるにはデータが

不足しており、今後更なる検討が必要である。

植生と土壌の回復の程度を比較すると、植生の遷移は順調に進んでいるのに対し、土壌はやや回復の傾向は示しているものの、対照区と比較すると浸透能は依然として低い。これらのことより、土壌の回復速度は、植生の回復速度より遅いものと思われる。この差の理由としては、植生の回復に伴う落葉落枝の量が、土壌の形成に関与することから生じる時間的な差、すなわち回復度合の差ではないかと推察される。また、林野火災跡地の特徴である、萌芽による更新が多く見られるために、植生は回復度合を早めたのではないかと考えられる。

山地防災、洪水調節、水資源確保等、いわゆる森林の公益的機能の点から考えると、地上部（植生）の状態も重要であるが、さらにそれ以上に地下部（土壌）が影響力を持つと言っても過言ではない。その意味では、林野火災跡地では植生よりも回復が遅い土壌の状態に十分注意を払い、流域管理を考える必要のあることが指摘される。本研究の対象地は瀬戸内地域沿岸部であるが、林野火災が頻発する瀬戸内島嶼部においては、このことが特に重要である。植生と土壌機能の回復が、住民の安全な生活や水資源の確保につながり、さらに昆虫を含む動物層の復活を早め、豊かな自然環境の再生をもたらすと言える。限られた空間であればあるほど、林野火災のもたらす環境への影響は大きいと考えられ、現場に応じた流域管理手法の確立が重要である。

5 おわりに

今回、林野火災から十数年までの経過という視点で調査・分析を行った。植生においては、種数の増加や、先駆種の減少、耐陰性の高い種の侵入が見られ、遷移が進んできていることが確認された。土壌の透水性においては回復の傾向にあるが、対照区と比較すると、まだ低い値を示しており、このように林野火災跡地において植生は比較的早く回復していくが、土壌の回復は、植生より遅れると考えられた。浸透能が低いということは、表面流発生の可能性が高くなることを意味しており、土砂流出のみならず、渓流水質への影響も懸念される。今後、異なる林野火災跡地においても調査を行い、植生と土壌の回復がどのように進むのか、また、渓流水質への影響や林野火災跡地の管理のあり方等についても検討をすすめる予定である。

引用文献

- [1] 江崎次夫・小川 滋・井上章二・山本正男・藤久正文・岸原信義（1987a）：林野火災大規模化の要因解明と火災跡地の環境保全に関する研究（Ⅲ）－火災跡地の植生回復と浸透能の変化について－，日林論，96，pp.581-584.
- [2] 江崎次夫・小川 滋・井上章二・山本正男・藤久正文・尾上清利・岸原信義（1987b）：水土保持の見地からの森林再生に関する研究（Ⅰ）－山火事跡地の植生回復と森林再生について－，日林九支研論，40，pp.295-296.
- [3] 井上章二・小川 滋・江崎次夫・丹原守雄・岸原信義（1987）：林野火災跡地における水土の流出特性に関する研究，日林誌，69，pp.401-406.

- [4] 河田 弘・小島俊郎 (1976) : 生態学研究法講座 30 環境測定法Ⅳ－森林土壌－, 共立出版, 東京, pp.166.
- [5] Lutz, H. J.(1956): Ecological effects of forest fires in the interior of Alaska, USDA Forest Service Tech., Bull. 1133, pp.121.
- [6] 中越信和・根平邦人 (1982) : アカマツ林の山火事跡地における植生回復Ⅲ, 対照アカマツ林, 広島大学生物学会誌, 48, pp.7-16.
- [7] 小川 滋・井上章二・江崎次夫・香川尚徳・岸原信義 (1986) : 林野火災大規模化の要因解明と火災跡地の環境保全(水・土保全)に関する研究(Ⅱ)－火災跡地における水土の流出特性－, 日林論, 97, pp.557-559.
- [8] 佐竹義輔・原 憲・亘理俊次・富成忠夫編 (1989) : 日本の野生植物 木本Ⅰ・Ⅱ, 平凡社, 東京, pp.321, pp.305.
- [9] Tsuda, S., Iizumi, S., Kikuchi, T. and Miura, O.(1986): Initial stage of vegetational recovery after Rifu forest fire on April 27,1983, Ecol. Rev., 21, pp.1-10.
- [10] Tsuda, S., Kikuchi, T. and Miura, O.(1988): Vegetational recovery in the four year period following a forest fire in Gifu, Japan. Ecol. Rev., 21, pp.227-232.
- [11] 山下邦博 (1985) : 愛媛・香川県境林野火災について, 消防科学と情報, 財団法人消防科学総合センター, pp.23-27.

[受付 2004年4月10日, 受理 2004年6月23日]