

山火事跡地の復旧に関する調査

— 被災 1 年目の玉野試験地の状況 —

西山嘉寛・吉岡正見*

Researches on afforestation after large forest fire

— A Survey of year of TAMANO experimental plot burned after —

NISHIYAMA Yoshihiro and YOSHIOKA Masami

要旨：玉野市王子ヶ岳で発生した大面積火災跡地において、土壌状態、土砂、水の流出、植生の回復等を調査した。植生の回復は一部の栄養繁殖体（ワラビ）が中心であった。萌芽力の強い樹種はソヨゴ、コナラ、ウバメガシ等であり、萌芽力の弱い樹種はオオバヤシャブシであった。被災区、健全区ともに土壌は花崗岩母材の未熟土壌（ $I_m - \beta$ ）が大部分であり、南面区の谷付近で一部土壌構造の発達が認められた程度であった（ B_n ）。斜面別の透水性は、健全区で最も透水性が高い場合でも100ml/分前後であった。土壌中の養分含有量は、窒素、リン酸が不足していることが明らかになった。pHは4.4～5.0と県南部の花崗岩地帯で一般的な例であると考えられる。散水実験による地表流出率は、散水強度200mm/hの場合、健全区0～5.4%、被災区31.7～45.9%、固定プロットから求められた地表流出率は、健全区4.2～14.6%、被災区20.4～58.2%の範囲にあり、散水実験同様、被災区の方が地表流出量が多かった。土砂流出量は梅雨をはさみ8カ月間で健全区ではほとんど観測されなかったのに対し、被災区では最大11.7m³/haであった。

キーワード

はげ山 大規模林野火災 植生回復 土壌理化学性 水土流出

I はじめに

1994年8月11日12時40分頃、玉野市渋川の県道王子ヶ岳線沿いの保安林より出火した林野火災は13日21時まで2日間以上も燃え続け、玉野市分258ha、倉敷市分80haの計338haを燃え尽くす大火災となった^{49) 50)}（表-1）。当時、玉野市等の瀬戸内地方は約2カ月間降水がみられず（図-1）、林床の落葉落枝は非常に乾燥しており、草木も一部枯れた状態にあったこと、林床にコシダ等の堆積物が多くみられること、火災時に風速10mを越える強風（強風波浪注意報が発令）であったこと^{49) 50)}、消火用の水源が近くなかったこと等から、この大惨事を招いたと考えられる。同時期に広島県竹原市でも同様の大規模林野火災が発生している。

今回の玉野市王子ヶ岳周辺の大規模火災が梅雨時期以降の高温、乾燥時期に発生した例であり、従来の山火事頻発時期（冬～春季）とは異なるものであるが^{49) 50)}、翌年夏期の梅雨時期にみられる集中豪雨による災害が危惧される。早期の緑化、将来的な緑化を目標とし、これらに大きく影響を及ぼすと考え

* 楠本四連絡橋自然環境保全基金岡山県支部

表-1 岡山県の林野火災発生状況

年次 区分	1975	1980	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
件数 (件)	210	157	196	143	198	160	129	100	68	55	106	118	191
被災面積 (ha)	321	386	90	89	599	145	320	94	41	13	48	231	640 (338)
損害額 (千円)	40,063	52,626	14,522	20,301	141,076	26,477	35,717	62,236	24,182	946	33,952	64,582	289,317 (175,800)

() 内は、玉野市王子ヶ岳分

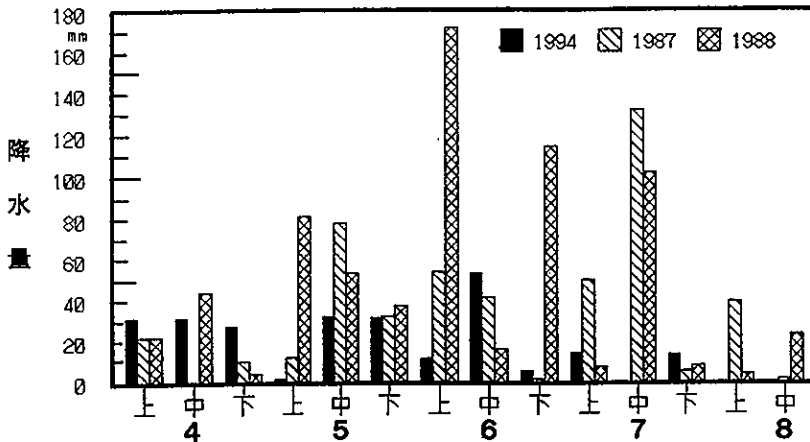


図-1 月(3旬)別降水量

られる土砂、水、植生回復の3点について調査し、山火事跡地の有効な緑化方法を検討することとした。1994年10月に玉野市分の被災地内の一部(市有林)を借りて1995年6月から本格的に植生調査、土壌調査、土砂・水流出調査を行ったものである。

本調査は、短期間でその変化を把握するのは無理であり、継続して調査を行う必要がある。本調査が少しでも今後の治山事業推進の一助となればと思っている。

なお、本調査については、さらに継続して調査が必要である。

今回の調査については、玉野市から試験地の提供をいただいた。ここに記して、感謝の意を表す。

さて、今回の取りまとめについては、土壌、植生調査は吉岡、その他及び取りまとめは西山がそれぞれ担当した。

II 概説

1. 玉野市周辺部の林相の変遷

今回の大規模林野火災で被災した玉野市(倉敷市も含む)周辺部の森林を語る上で、かつての「はげ山」であった歴史を避けて通ることはできない。明治維新当時、岡山県南部の瀬戸内地方には8,000haの荒廃地が存在していたと記録されている⁽⁴⁾。さらに明治13年~16年に発生した大洪水により1万ha増

加した。これは、大部分が「はげ山」かその前段階のものと判断できる。明治16年以降、治山、砂防事業の展開にともない、明治16～44年に約4,800ha、大正年間に約1,300ha、昭和元年～20年まで5,200haに及んだ⁴⁰⁾。

昭和21年の時点で瀬戸内沿岸を中心に「はげ山」がまだ24,000haも残っていた⁵⁰⁾。これは、昭和22～28年の当時、全国の「はげ山」面積が3～3.6万haであった⁹⁾ことをみても、いかに瀬戸内沿岸部が「はげ山」状態にあったか容易に想像できる。特に児島半島の玉野市では、全山が「はげ山」と呼ばれるほどに荒廃しており、森林の復旧が急務となった。同年には県営治山事業所が設置され、昭和23年には国営治山事業が開始されるとともに、玉野市でも治山課が設置されることとなり、国県市が一体となって復旧がなされた経緯⁵⁰⁾がある。その結果、玉野市でも昭和40年代には「はげ山」は姿を消すこととなった。

当時の治山工法として、階段工、積苗工、筋工、伏工、編柵工、肥料木の混植が行われた。植栽樹種は、クロマツ、オオバヤシャブシ、フサアカシア、ヤマハンノキ等である。現在の玉野市周辺部の林相は、当時の治山工法に負うところ大であり、二次遷移の進行もみられる。いま、その名残を階段工や樹齢30年相当のオオバヤシャブシにみてとることができる。

ただし、現在の林相でも、治山工施工後に被災した箇所が多く、例えば本試験地周辺部だけでも、1957年(20ha)、1963年(180ha)、1983年(41ha)にそれぞれ焼失しており、今回の玉野市王子ヶ岳被災区域の中で、この3件の火災で焼失した区域は約半分(2度に亘り被災した箇所あり)に相当する。それだけ、この地域の林相は人為的影響を受けており、はげ山(裸地)→緑→焼失(裸地)→緑といったサイクルを短い周期で繰り返していることになる。今回、試験地に設定した箇所は、はげ山(裸地)→緑→焼失(裸地)の過程にある。

2. 試験地の概況

試験地は沿岸島嶼丘陵地区に属し^{24) 40)}、瀬戸内沿岸部に位置する(図-2)。気温は温暖寡雨の瀬戸内海気候区に属する。玉野気象観測所での観測記録から、8年間平均(1980～1983年、1985年～1988年)の年平均気温は15.3℃、年降水量は1,053mm(820～1,369mm)であった^{39) 40)}。

地質は中生代花崗岩であるが、深層風化により、マサ土となっている。

土壌は未熟土壌が多いが、谷間等の一部には乾性褐色森林土(B_D)が分布している。土性は粗粒質である。王子ヶ岳周辺部では足元の不安定な岩石が山腹に露出しており、バットランド地形も確認できる⁵⁰⁾。

焼失前の林相は、玉野市分

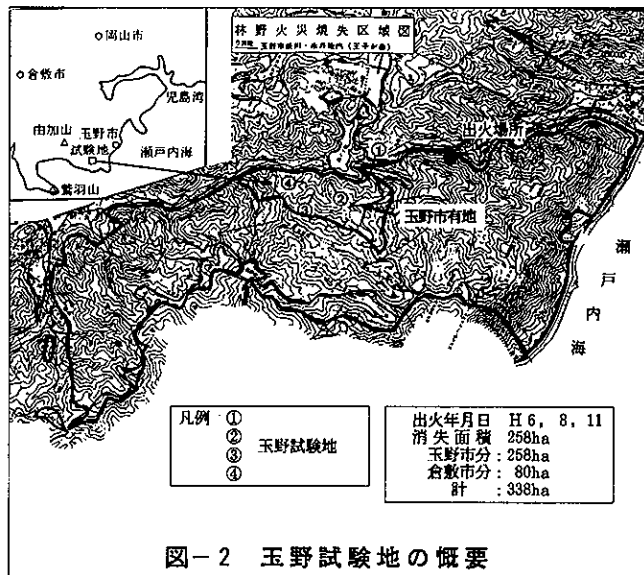


図-2 玉野試験地の概要

(258ha) でみると、林齢8～37年生クロマツを中心として一部広葉樹林(114.98ha)、同じくクロマツを中心とした林齢5～40年相当の林(129.1ha)が約半分みられ、これが被災面積の大部分を占めている。県南部の花崗岩地帯で、かつて「はげ山」であったところに侵入しているマツ類でも、大西らの調査⁶⁾によれば、初期相、低木林の間ではアカマツの比率が高く、亜高木林になるとクロマツの比率がそれぞれ高かったこととされており、これからも上記の点は裏付けられている。

被災前の林床は、被災直後の状況や栄養繁殖体の萌芽状況からみて、コシダ、ワラビが地表部を広く覆っていたと推定される。

馬ノ子池北側および南側の被災していない箇所でも、林相はクロマツが中心で林齢も試験地と同程度であると考えられる。ただし、植生の中でメラノキシロンが点在している点が試験地とは異なる。林床はコシダで覆われ、山脚部(谷部)の一部では、草丈が150cm程度になり、その下を枯死したコシダの堆積物がみられる。被災地でもこれが延焼の原因になったと考えられる。

3. 調査体系(フローチャート)

被災地の自然植生、林野火災前後での林地土壌の変化、土壌養分の有無、地表流出水・土砂の定量および植生との関係等を調査し、植生の回復、変遷を明らかにするとともに、山火事跡地における有効な早期緑化方法を検討する。

調査体系(フローチャート)を図-3に示す。

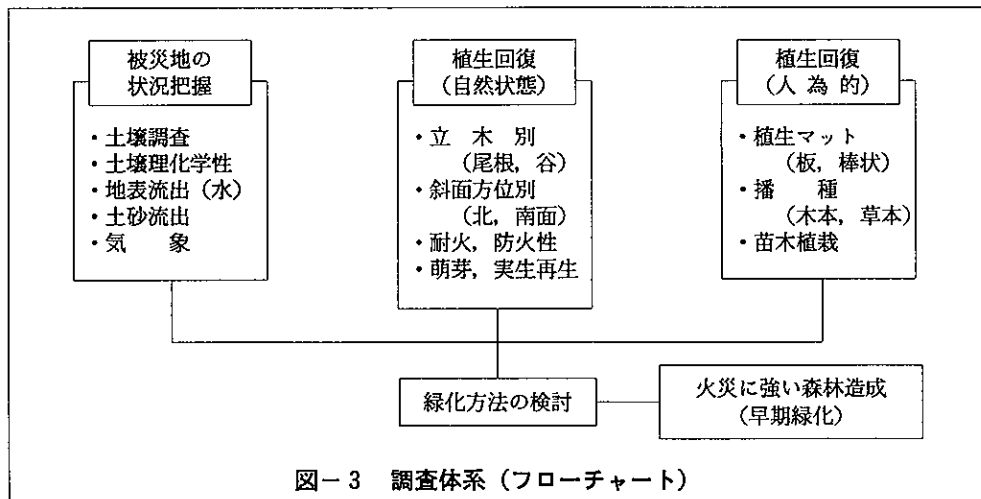


図-3 調査体系(フローチャート)

調査は、主に被災地の状況把握、植生回復(自然状態)、植生回復(人為的)の3点からなるが、今回の調査は状況把握と植生回復(自然状態)について行った。被災地の状況把握を行うため、土壌調査、土壌の理化学性、土砂、水の流出量調査、気象観測(降水量調査)について調査した。なお、土砂、水の流出量調査は、固定プロットでの調査とともに、散水試験による測定も行った。

植生回復状況(自然状態)については、斜面の位置(尾根～谷部)、斜面の方位別(北面、南面)について植生調査を行った。

Ⅲ 調査方法

(1) 植生調査

南面調査区及び北面調査区の位置を図-4に示す。

南面調査区は、小尾根から谷に向かって東南方向に幅4m、長さ25m(面積100㎡)の調査区を設定した(写真-1)。さらに調査区を2×2mと2×1mのプロットを設けた(2×2m 24プロット, 2×1m 2プロット)。ここは、過去の治山事業地で枯死木からみてクロマツを主林木とし、エニシダを混植した林であったと考えられる。調査区周囲はこの地域に一般にみられる土壌の浅い山腹で、約30~40年生のクロマツ林からなり、今後の植生回復、土壌流亡等尾根部と谷部の差異を調べるために選定した。

北面調査区は、山腹部の谷近くで、北西方向に10×10m(面積100㎡)の調査区を設定した。さらに調査区を2×2mのプロットを25設けた。この調査区周辺部も、南面調査区同様に治山事業地で、枯死木からみてクロマツを主林木とし、オオバヤシャブシを混植した林地であったと考えられる。

調査に当たっては、各プロット内の枯死木の株と萌芽株を樹種別に調査した。

実生で発生した樹木と萌芽した個体の本数、樹高、地際径(地上1cm部位)を調査した。萌芽株の場合は一番高い樹高を測定した。また樹高が5cm以下は稚苗とした。

草本類は種名のみを調査した。

植被面積(植被率)は被災1年目であり、いずれの調査区(小プロット)でも狭小であったことから、調査は行わなかった。

出現頻度は小プロットの数値を集計して算出した。

(2) 土壌調査

1995年11月30日に南面調査区では上部左端と下部左端を、北面調査区では上部右端と下部右端の計4箇所について土壌断面調査を実施した。調査位置は図-5に示しており、玉野市滝の市有林内である。

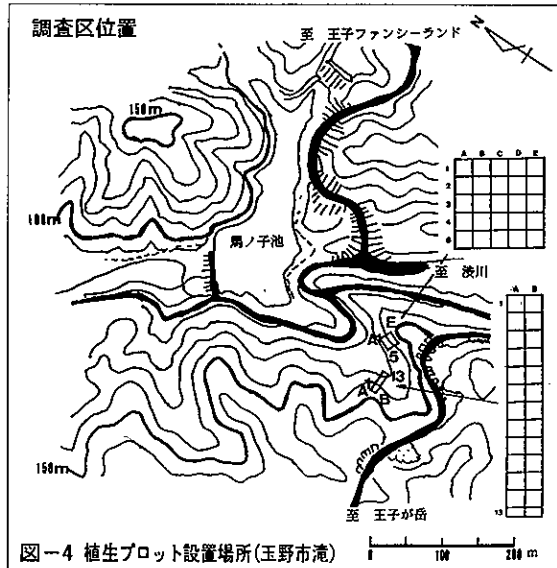


図-4 植生プロット設置場所(玉野市滝)

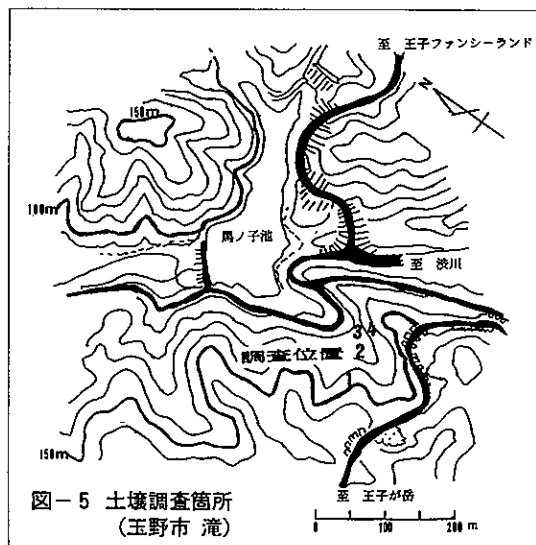


図-5 土壌調査箇所(玉野市滝)

(3) 土壤理化学性調査

土壤採取箇所を図-6, および採取箇所の立地環境を表-2に示す。

表-2 土壤採取箇所の立地環境

土壤採取箇所	被災有無	地形区分	斜面形	斜面位置	海拔高(m)	方位	斜面角(°)	母材	土壤型	A ₀ 層(m)	林種
①備前市久々井	有	山脚	上昇(凸)	下(谷)	75	S35°W	18	流紋岩	Im-β	0~1	アカマツ林火災跡地
② "	有	中腹	上昇(凸)	中	110	S20°W	36	流紋岩	Im-β	0~1	アカマツ林火災跡地
③ "	有	山腹	上昇(凸)	上(小尾根)	150	S40°W	25	流紋岩	Im-β	0	アカマツ林火災跡地
④ "	無	山脚	下降(凹)	下(谷)	100	N40°S	18	流紋岩	Im-β	2~4	アカマツ林
⑤ "	無	中腹	下降(凹)	中	130	N25°S	33	流紋岩	Im-β	1~2	アカマツ林
⑥ "	無	山腹	下降(凹)	上(小尾根)	160	N15°S	37	流紋岩	Im-β	0~1	アカマツ林
⑦玉野市滝	無	山脚	平衡	下(谷)	105	S60°W	20	花崗岩	Im-β	2~3	クロマツ林
⑧ "	無	中腹	平衡	中	125	S45°W	21	花崗岩	Im-β	1~2	クロマツ林
⑨ "	無	山腹	平衡	上(小尾根)	140	S40°W	15	花崗岩	Im-β	0~1	クロマツ林
⑩ "	無	山脚	下降(凹)	下(谷)	125	W	20	花崗岩	B _a	2~3	クロマツ林
⑪ "	有	山脚	下降(凹)	下(谷)	125	N45°W	21	花崗岩	Im-β	1~3	クロマツ林火災跡地
⑫ "	有	中腹	下降(凹)	中	140	N45°W	25	花崗岩	B _a	1~2	クロマツ林火災跡地
⑬ "	有	山脚	下降(凹)	下(谷)	130	W	24	花崗岩	Im-β	2~3	クロマツ林火災跡地
⑭ "	有	山脚	上昇(凸)	下(谷)	130	S45°E	26	花崗岩	B _a	0	クロマツ林火災跡地
⑮ "	有	山脚	上昇(凸)	中	140	S45°E	25	花崗岩	Im-β	0	クロマツ林火災跡地
⑯ "	有	中腹	上昇(凸)	中	140	S45°E	25	花崗岩	Im-β	0	クロマツ林火災跡地
⑰ "	有	山腹	上昇(凸)	上(小尾根)	150	S45°E	26	花崗岩	Im-β	0	クロマツ林火災跡地

土壤理化学性を調査するため、土壤円筒の採取を行った。断面積100cm²、高さ4cm(容積400cm³)の金属性円筒である。採土円筒は玉野市滝地内(王子ヶ岳)の7箇所(被災箇所4, 健全箇所3)で円筒を採取した。化学分析用土壤試料は11箇所(被災箇所7, 健全箇所4)で行い、一箇所当たり約1kgの土壤を採取して持ち帰り、実験室内で分析を行った。

今回、化学分析のデータ結果をより明らかにするため、1986年8月に山火事で被災した備前市久々井地内(母材 流紋岩)でも6箇所(被災箇所3, 健全箇所3)土壤を採取した(図-6)。

土壤の分析は採取した土壤円筒試料を使い、固相(細土, 砂礫, 根), 液相, 気相, 容積重, 透水量(ml/分), 孔隙量(全孔隙量, 粗孔隙量, 細孔隙量)等の各項目について調べた。調査方法は国有林野土壤調査方法等¹⁵⁾に従った。

化学分析は全窒素(N), リン酸(P₂O₅), カリウム(K₂O), pH(H₂O)について行った。全窒素はケルダール蒸留法, リン酸(P₂O₅)は0.002N硫酸抽出法(トルオーグ法), カリウム(K₂O)

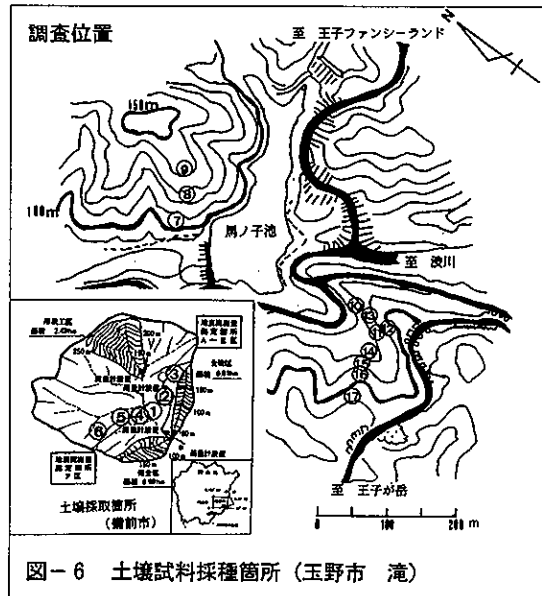


図-6 土壤試料採種箇所(玉野市 滝)

はpH7.1N酢分析, pH(H₂O)はpHメーター(HORIBA製)により計測した。

(4) 散水実験による流出調査

斜面浸入計の設置場所を図-7, および表-3に示す。

表-3 斜面浸入計の設置場所

実験 プロット	設置部位 (尾根, 谷)	標高(m)	被災の 有 無	傾斜 (°)	斜面 方位	被植率 (%)	プロット内の植生
①	尾根下部	120	有	32	N55° E	0	無
②	尾根上部	200	有	20	E	0	無
③	尾根上部	200	有	23	E	0	無
④	尾根上部	185	有	22	N45° W	0	無
⑤	尾根上部	185	有	20	N50° W	0	無
⑥	尾根中部	120	無	25	S45° W	20	ナツハゼ, ヤマツツジ, ヒサカキ サルトリイバラ
⑦	谷 下 部	105	無	22	N10° W	70	ウバメガシ, ヒサカキ, コシダ

設置場所は, 山火事で被災した林地5箇所, 被災していない林地2箇所の計7箇所である。設置部位は, 被災箇所はすべて尾根部(下部~上部), 健全区は尾根中部, 谷下部各一箇所である。標高は, 被災箇所で120~200m, 健全箇所は105~120mである。プロット①は被災区(①~⑤)の中で最も標高が低いが, 逆に斜面の傾斜角は最も大きいところに位置している。プロット②と③, ④と⑤は設置場所は2~3m横に移動した位置にあり, 立地, 土壌条件はほぼ等しい。プロット②, ③は玉野市, 倉敷市の境となる新割薪山(標高234.3m)の尾根筋よりやや下がった位置に設置した。プロット④, ⑤は丘陵から道をはさみ, 少し下った位置に設置した。

健全な林地については, プロット⑥, ⑦がこれに相当する。プロット⑥は, 斜面の傾斜が大きいこと, プロット内は木本類が優占し, 地表部はコシダ, ワラビ等の草本類はみられなかった。プロット⑦は谷下部に位置し, 標高はプロット別では最も低く, 植生も木本類は4樹種のみでコシダが優占しており, プロット⑥とは異なる。

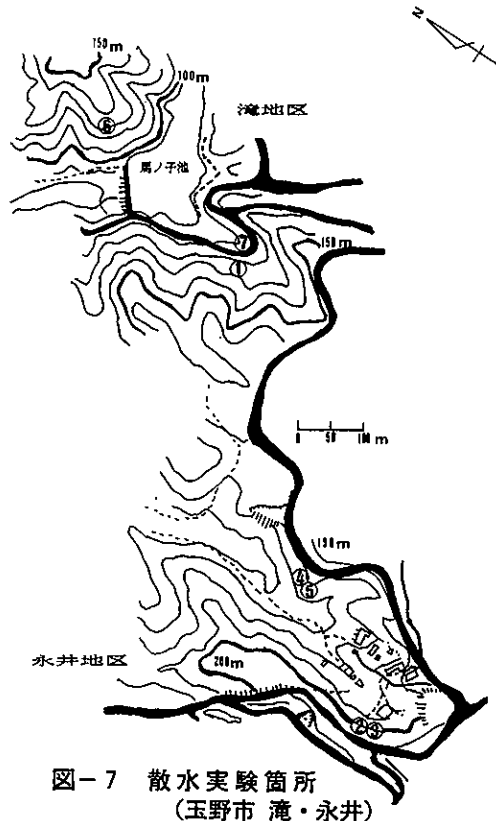


図-7 散水実験箇所
(玉野市 滝・永井)

測定は斜面浸入計 (Daiki製) によった (写真-2)。本器は、現場の斜面を流下した水の浸透能測定 (垂直浸透) に必要な水量を送り、任意の斜面における流下水の浸透量、流出量、侵食量を測定することを目的としたものである。散水実験装置は、浸入枠、タンク (給水、定量)、水槽 (定水位、沈澱)、ポンプ (流量計含む)、散水管、集水トヨ、発電器、制御盤、電接計数器等である。実験プロット上にまず斜面に縦200cm, 横50cmの大きさの浸入枠を組み立てる。これを斜面に5~10cm打ち込み、縦目および浸入枠の回りに隙間ができないように粘土で目ばりを行う。この浸入枠最上部に散水管を取り付ける。散水用タンクより、循環ポンプで水を散水管に送ると同時に流量計により散水量を一定に調整する。浸入枠を流下した地表流出水、および土砂は下部の沈澱水槽、定水位水槽の順に入るが、土砂は沈澱水槽に入る時点で、目の細かい化学繊維の袋に集め、地表流出水は定水位水槽およびこれから接続した電接計数器 (太田計器) により記録できる。散水量は20~200 l/h の範囲で調整可能である。地表流出量は500ml単位で計測できるようになっている。

調査は、一定量散水時 (100, 200 l/h) での地表流出量の測定、土砂流出量の2点について行った。

(5) 地表流出水、土調査 (固定プロット)

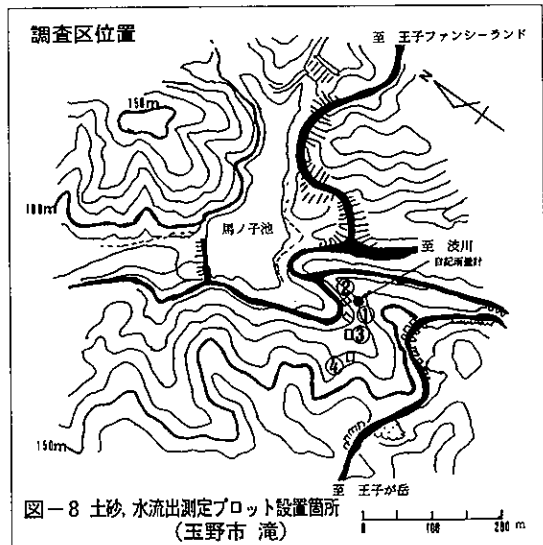
設定したプロットの位置および概要を図-8, 表-4に示す。

表-4 測定プロットの概要

プロット	被災有無	標高 (m)	傾斜 (°)	斜面方位	プロット面積 (m ²)	植被率 (%)	植 生
①	無	100	8	N	1.99	80	ソヨゴ, コバノミツバツツジ, ヒサカキ (木本), コシダ (草本)
②	無	115	25	W	1.81	90	ヒサカキ, ネジキ (木本) コシダ (草本)
③	有	110	13	NE	1.93	60	クロマツ, リョウブ (ともに焼死) ワラビ (草本)
④	有	140	30	NE	1.73	2%未満	リョウブ (焼死), ワラビ (草本)

1995年5月下旬にプロットを4箇所設定した。プロット①, ②は被災していない箇所である。両プロットとも上層に木本がみられ、下層にコシダがみられる。両プロットの違いは傾斜角である。プロット②の方が急斜面に位置している (写真-3, 4)。

プロット③, ④は被災した箇所である。両プロットの違いは、標高、傾斜角、植被率にある。プロット④はプロット③に比べ標高の高いところで斜面の傾斜角も大きい。植生の回復はプロット④ではあまりみられないのに対し、プロット③では、ワラビの侵入がみられた (写真-5, 6)。



降水観測については、玉野市滝の被災林地内(図-8)に1994年5月末、0.5mm測定精度の自記雨量計(池田計器1カ月巻き)を設置した。1カ月ごとに回収を行い、これを時間、日、月別にそれぞれ集計した。1降雨と地表流出量が明らかなものについては、これを選びだした。1降雨について服部⁹⁾は、ある降雨と次の降雨の中断時間を5時間以上のもを独立した降雨とし、5mm以下を除外としているのに対し、Wischmeier⁶⁾は、対象とする一降雨を0.5inch以上とし、降雨中断時間が6時間以内のものとしている。そこで、本調査例の場合には、一降雨を10mm以上で降雨中断時間が6時間以内のものとした。

地表流出水、土測定装置を図-9に示す。稲作用畔シートを利用し、縦200cm、横100cmのプロットを設けた。次にプロット最下端を垂直に深さ30cmまで切り下げ、深さ10cmの位置に縦10cm、横100cmのトタン板を断面と平行に差し込み、これが水受け(土砂受け)トイの中に入るように設置した。水受けトイの中には麻製でメッシュ1mmのネット(縦10cm、横100cm)を入れ、土砂をここで採取できるようにした。トイ下部に塩ビパイプを結合させ、水溜タンクに連結させた。このタンクにプロット内を流下した地表流出水を貯めた。水の採取は月に2~3回リットル単位で測定し、あとでミリ換算した。土(落葉も含む)は月に1回採取して持ち帰り、採土は95℃で24時間乾燥(絶乾重量)させた後、落葉は1週間風乾させた後にそれぞれ測定した。

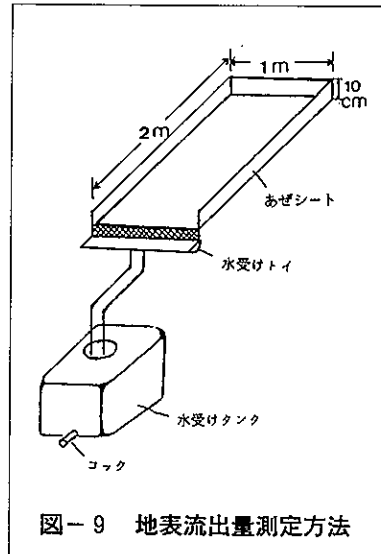


図-9 地表流出量測定方法

IV 調査結果及び考察

(1) 植生調査

南面調査区について、被災後1年経過した1995年8月末の植生調査結果(表-5)、各方眼別植生調査結果(表-6)、コドラート図(図-10)を示す。各コドラートの中で上部(A1)、中部(B6)、下部(A12)について写真-7~9にそれぞれ示す。

焼失前の森林構成は、枯死木、萌芽状況、草本類の出現状況から判断して、ha当たりにクロマツが2,900本成立しており、上木は約40年生のクロマツ林で、低木はネジキ、ウバメガシ、ヤマツツジで構成され、草本階はワラビが群生していたと考えられる。残存枯死木の樹形、樹皮等から、針葉樹(クロマツ)、広葉樹6樹種の前生樹を確認した。そのうち萌芽樹種はコナラ、ソヨゴ、ウバメガシ、ネジキ、ヒサカキ、ヤマツツジである。この中で萌芽率(萌芽木/枯死木)が50%を越えた樹種はコナラ、ソヨゴ(萌芽率 100%)、ウバメガシ(80%)、ネジキ(58%)であった。

1株当たりの萌芽本数は、ウバメガシ 8.2本、ネジキ 6.4本、コナラ、ヒサカキ 各5.0本、ヤマツツジ 2.2本、ソヨゴ 2.0本であった。このことから、萌芽本数の多いウバメガシ、ネジキ、コナラ等は萌芽力の強い樹種であると考えられる。

実生樹種の発生本数は、エニシダ85本、サルトリイバラ39本、アカメガシワ4本、ウバメガシ、ナツハゼ各2本、オオバヤシャブシ1本となっていた。

表-5 植生調査表 (南面調査区)

調査年月日	平成7年10月20日	樹種	樹高	地際径	本数 c	枯死株 a	萌芽株 b	萌芽率 b/a	出現方 眼 d	出現度 d/25	株当り 萌芽数 c/b		
場所	玉野市浜川市有林	クロマツ	5~3			29			18	72			
調査者	吉岡正見	萌芽	ヤマツツジ	50~14	3~1	20	23	9	39	14	56	2.2	
地形区分	山腹		コナラ	80~75	15~10	10	2	2	100	2	8	5.0	
斜面形	凸		ネジキ	70~5	18~1	45	12	7	58	9	36	6.4	
斜面位置	小尾根~谷		ヒサカキ	30~5	3~1	30	13	6	46	8	32	5.0	
海拔高	130~150m		ウバメガシ	45~7	4~1	66	10	8	80	6	24	8.2	
方位	S45° E		ソヨゴ		27	3	2	1	1	100	1	4	2.0
傾斜角	26°	実生	サルトリイバラ	110~5	4~1	39				16	64		
面積	100㎡		エニシダ	100~14	5~3	85				7	28		
母材	花崗岩		アカメガシワ	17~11	4~1	4				2	8		
裸地率			ウバメガシ		7	1	2				1	4	
土壌型	根粒崩壊性未熟土		ネジキ		15	1	1				1	4	
Ao層厚	1~2cm		ナツハゼ		12	1	2				1	4	
A層厚	0~5cm	オオバヤブシ		5	2	1				1	4		
林種	クロマツ林 火災跡地	草類	ワラビ							25	100		
風当り	強		ヒメムカシヨモギ								22	88	
出現樹種	11		ススキ								1	4	
			オオアレチノギク								6	24	
		アキノキノソウ								2	8		

注 極高: クロマツm, 萌芽・実生cm
地際径: mm

表-6 各方眼別植生調査表 (枯死木を含む) 南面調査区 (100㎡)

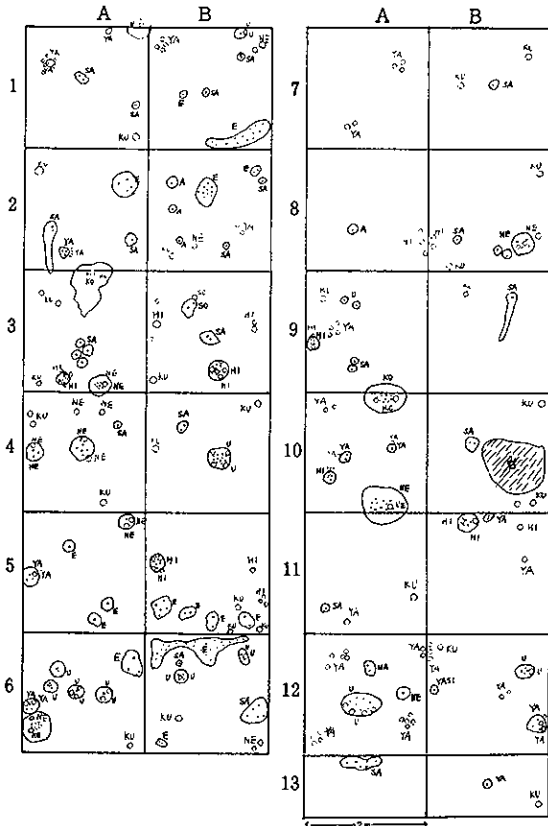
樹種	A1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
クロマツ	1	1	3	3		1			1		1		
萌芽	ヤマツツジ	1/1	1/1			1/1	1/1	0/2		0/1	2/3	0/1	0/4
	コナラ			1/1						1/1			
	ネジキ			1/1	2/4	1/1	1/1			1/1			
	ヒサカキ			1/1				0/1	1/1	1/1			
	ウバメガシ					2/4						1/1	
	ソヨゴ												
実生	サルトリイバラ	3	2	4	1				2		1		
	エニシダ		4			3	3						
	アカメガシワ							1					
	ウバメガシ								2				
	ネジキ											1	
	ナツハゼ											2	
草本類	ヤシヤブシ												
	ワラビ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	ヒメムカシヨモギ	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	
	ススキ					○							
オオアレチノギク					○		○	○			○		
アキノキノソウ													

注) 1. 萌芽欄の分子は萌芽株数, 分母は枯損株数。
2. 草本数は数えず, その本眼の中にあれば○印とした。

樹種		B1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		合計
萌芽	クロマツ		1	1	2	3	1	2	2	1	3		1	1	29
	ヤマツツジ	0/1	0/1									1/2	1/3	1/1	9/23
	コナラ														2/2
	ネジキ	0/1	0/1				0/1		1/1						7/12
	ヒサカキ			1/3		1/3			0/1			1/2			6/13
	ウバメガシ	1/1			1/1		2/2						1/1		8/10
ソヨゴ			1/1											1/1	
実生	サルトリイバラ	3	2	2	2		6	1	1	1	2			6	39
	エニシダ	13	12			11	39								85
	アカメガシワ		3												4
	ウバメガシ														2
	ネジキ														1
	ナツハゼ														2
	ヤシャブシ												1		1
草本類	ワラビ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	25
	ヒメムカシヨモギ		○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	23
	ススキ														1
	オオアレチノギク												○	○	6
	アキノキリンソウ								○		○				2

注) 1. 萌芽欄の分子は萌芽株数, 分母は枯損株数。
 2. 草本数は数えず, その方眼の中にあれば○印とした。

図-10 コドラート図 (南面調査区)



樹種凡例

英字	樹種	英字	樹種
YA	ヤマツツジ	NE	ナツハゼ
SA	サルトリイバラ	SO	ソヨゴ
E	エニシダ	YASI	ヤシャブシ
KO	コナラ	TA	タラノキ
NE	ネジキ	KI	キリ
HI	ヒサカキ	YABU	ヤブイバラ(?)
U	ウバメガシ	OOBA	オオバヤシャブシ
A	アカメガシワ	KU	クロマツ

注) ● は生きている樹種。
 ○ は枯死している樹種。

サルトリイバラは、この調査区内での出現頻度は64%とかなり平均的に発生しているが、エニシダは28%で偏った発生である。

アカメガシワ、オオバヤシャブシは調査区内に前生樹がみられないことから周辺部から種子の飛来によるものと考えられる。

草本類では、ワラビ、ヒメムカシヨモギ、オオアレチノギク、アキノキリンソウ、ススキの5種が確認された。ワラビは出現頻度が100%であり、既に昨年の10月には芽吹きがみられた。これは、根系による萌芽であり、非常に萌芽力が高い種であるといえる。ヒメムカシヨモギは出現頻度が88%と高く、山火事後に侵入することで知られる^{29) 30) 32)}オオアレチノギク、ススキは出現頻度がそれぞれ24%、4%と低い数値であった。ここでは山火事跡地で先駆的に侵入するオカトラノオ^{30) 32)}は確認されていない。

ヒメムカシヨモギ、オオアレチノギクは種子の飛散によるもの、ススキは根系からの萌芽再生(栄養繁殖)であると考えられる。

北面調査区の各コドラートの中で上部(A1)、中部(C3)、下部(E5)について写真-10~12にそれぞれ示す。植生調査結果(表-7)、各方眼別植生調査結果(表-8)、コドラート図(図-11)を示す。

表-7 植生調査表(北面調査区)

調査年月日	平成7年10月20日	樹種	樹高	地際径	本数 c	枯死株 a	萌芽株 b	萌芽率 b/a	出現方 眼 d	出現度 d/25	株当り 萌芽数 c/b
場所	玉野市淡川市有林	クロマツ	10~5			4			4	16	
調査者	吉岡正見	オオバヤシャブシ	5~6			4			3	12	
地形区分	山腹	ヤマツツジ	46~10	3~1	10	5	4	80	4	16	2.5
斜面形	凹	ヒサカキ	25~10	2~1	44	19	8	42	14	56	5.5
斜面位置	下	サルトリイバラ	300~50	10~2	15				7	28	
海拔高	110m	ネジキ	32~15	4~2	11	9	3	33	8	32	3.6
方位	N45°W	ウバメガシ	50~13	7~2	95	6	5	83	6	24	19.0
傾斜角	21°	ソヨゴ	65	8	17	1	1	100	1	4	17.0
面積	100m ²	コナラ	102	12	7	3	1	33	3	12	7.0
母材	花崗岩	ヒサカキ	稚苗		7				4	16	
裸地率		タラノキ	"		12				6	24	
土壌型	粗粒崩壊性未熟土	オオバヤシャブシ	8~5	2	2				2	8	
A ₀ 層厚	1~2cm	キリ	40~7	8~2	4				3	12	
A層厚	0cm	ウツギ	12	1	1				1	4	
林種	クロマツ林 火災跡地	サルトリイバラ	100~20	4~3	10				6	24	
風当り	弱	アカメガシワ	60~7	2	3				3	12	
出現樹種	14	ヤブイバラ	稚苗		1				1	4	
		エニシダ	43~10	2~1	9				5	20	
		ソヨゴ	稚苗		3				2	8	
		ワラビ							25	100	
		ヨリシヤマダマリ							5	20	
		オオアレチノギク							6	24	
		ヒメムカシヨモギ							17	68	
		イタドリ							5	20	
		ウラジロシダ							3	12	

注 極高:クロマツ, オオバヤシャブシm, 萌芽・実生cm
地際径: mm

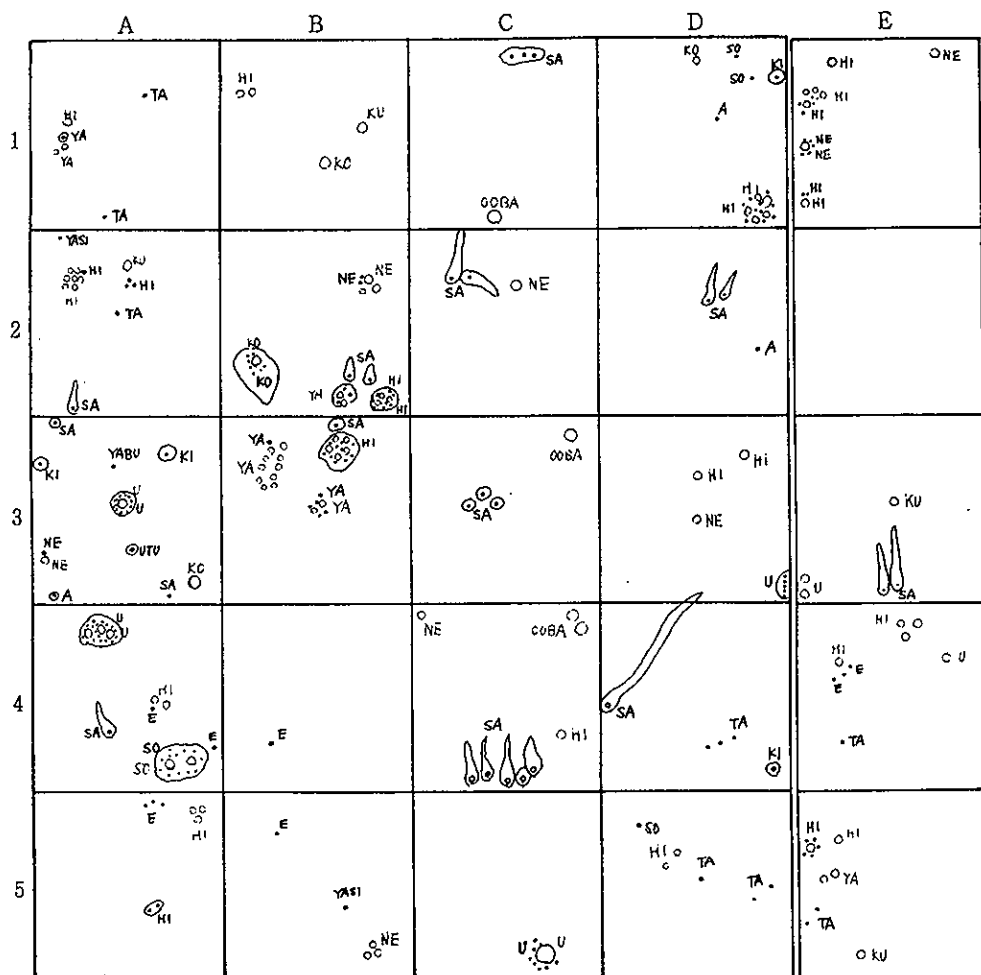
表-8 各方眼別植生調査表 (枯死木を含む) 北面調査区 (100 m²)

樹種	A1	2	3	4	5	B1	2	3	4	5	C1	2	3	4	5
ク ロ マ ツ		1				1									
オオバヤシャブシ											0/1		0/1	0/2	
明 芽	ヤマツツジ	1/1					1/1	2/2							
	ヒサカキ	0/1	1/1		0/1	0/1	0/1	1/1	1/1					0/1	
	サルトリイバラ		1					1					2	3	5
	ネジキ			1/1			1/1			0/1	0/1	0/1		0/1	
	ウバメガシ			1/1	1/1										1/1
	ソヨゴ				1/1										
コナラ						0/1	1/1								
実 生	ヒサカキ	1	3			2									
	タラノキ	2	1												
	オオバヤシャブシ		1							1					
	キリ			2											
	タニウツギ			1											
	サルトリイバラ			2	1		1				3	1			
	アカメガシワ			1											
	ヤブイバラ			1											
草 本 類	エニシダ			1	3				1	1					
	ソヨゴ														
	ワラビ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ヨウシュヤマゴボウ	○					○			○					
オオアレチノギク	○		○			○		○	○						
ヒメムカシヨモギ		○	○	○	○		○	○		○		○	○	○	
イタドリ			○			○									
ウラジロシダ				○				○							

樹種	D1	2	3	4	5	E1	2	3	4	5	合計
ク ロ マ ツ								1		1	4
オオバヤシャブシ											0/4
明 芽	ヤマツツジ									0/1	4/5
	ヒサカキ	1/1		0/2		0/1	2/3		1/2	1/2	8/19
	サルトリイバラ				1			2			15
	ネジキ			0/1			1/2				3/9
	ウバメガシ			1/1				1/1	0/1		5/6
	ソヨゴ										1/1
コナラ	0/1									1/3	
実 生	ヒサカキ	1									7
	タラノキ				3	3			1	2	12
	オオバヤシャブシ										2
	キリ	1			1						4
	タニウツギ										1
	サルトリイバラ		2								10
	アカメガシワ	1	1								3
	ヤブイバラ										1
草 本 類	エニシダ									3	9
	ソヨゴ	2				1					3
	ワラビ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	25
	ヨウシュヤマゴボウ	○	○								5
オオアレチノギク				○						6	
ヒメムカシヨモギ			○	○		○	○	○		○	17
イタドリ		○				○		○			5
ウラジロシダ								○			3

注) 1. 萌芽欄の分子は萌芽株数、分母は枯損株数である。
2. 草本数は数えず、その本眼の中にあれば○印とした。

図-11 コドラート図 (北面調査区)



注 (●) は生きている樹種。
 (○) は枯死している樹種。

焼失前の森林構成は、クロマツ400本/ha、オオバヤシャブシ400本/haの成立本数で、上木はクロマツの疎林で、低木はオオバヤシャブシ、ネジキ、ウバメガシ、ヤマツツジ、コナラ、ソヨゴ、タラノキ、ウツギ、アカメガシワの混交林で、草本階は大部分ワラビが群生し、一部ウラジロが生育していたものと考えられる。

残存枯死木から針葉樹(クロマツ)、広葉樹8樹種を確認し、そのうち萌芽樹種は7種であった。各樹種別の萌芽率は、ソヨゴ100%、ウバメガシ83%、ヤマツツジ80%、ヒサカキ42%、ネジキ33%、コナラ33%、サルトリイバラであった。

1株当たりの萌芽本数は、ウバメガシ19.0本、ソヨゴ17.0本、コナラ7.0本、ヒサカキ5.5本、ネジキ3.6本、ヤマツツジ2.5本であった。

実生樹種は次の10種であった。樹種別の発生本数はタラノキ12本、サルトリイバラ、エニシダ各9本、

ヒサカキ7本, キリ4本, アカメガシワ, ソヨゴ各3本, オオバヤシャブシ2本, ウツギ1本の順となっていた。

草本類はワラビ, ヒメムカシヨモギ, オオアレチノギク, ヨウシュヤマゴボウ, イタドリ, ウラジロシダの6種類であった。ワラビの出現頻度は100%で焼失以前にも均等に生育していたものと考えられる。ヒメムカシヨモギの出現頻度は68%, オオアレチノギク24%であり, 種子の飛散によるものと考えられる。

南面, 北面調査区内を合わせてみた場合, 両調査区に共通して萌芽率が高く, 萌芽本数も多くみられた樹種は, ソヨゴ, コナラ, ウバメガシ, ネジキ, ヒサカキ, ツツジ類等であった。

広島県江田島で佐々木らが調査した報告⁵⁶⁾によれば, 萌芽再生として, ヒサカキ, ネジキ, ヤマトツジ等であったとし, 一部では火災の終息状況からミカンが防火性が高いと推察している。防火力については今回の調査結果からは明らかにならないが, いままでの報告^{36) 58) 59)}と本結果から, 萌芽率の高い樹種はコナラ, ネジキ, ヒサカキ, ツツジ類であると考えられる。

萌芽力の強い樹種とそうでない樹種をそれぞれ被災後1年目の萌芽率が30%以上の樹種, 萌芽率が10%未満の樹種とした場合, 下記のとおりとなる。ただし, クロマツの場合全く萌芽はみられない。

萌芽力の強い樹種	ソヨゴ, コナラ, ウバメガシ, ネジキ, ヒサカキ, ツツジ類
萌芽力の弱い樹種	オオバヤシャブシ

萌芽再生について, 1993年3月に邑久郡長船町井尻で発生した林野火災跡地を同年10月に調査した結果⁴⁾, 燃焼具合が軽い場合, ヒサカキ, ヤマウルシの萌芽率が50%, ネジキ48%, ツツジ類40%, コナラ38%であったのに対し, 逆に燃焼具合が激しい場合には, ツツジ類, コナラでも20%未満に萌芽率は低下する傾向がみられた。この結果を参考にすれば, 今回の被災地に設置した調査区周辺部の燃焼の仕方が軽度であったと考えられる。

燃焼速度と傾斜角については, 小林ら¹⁹⁾, ROTHERMEL⁵⁵⁾の報告に詳しい。ただし, この点では, 岸原ら¹⁶⁾によれば, 燃焼を支配する要因として, (1)主風方向と主要斜面の方向との関係が林野火災の拡大大方向と火災面積拡大の重要な要因である(2)風速が強い場合では小谷や支稜線などの微地形に左右されないが, 風が弱い場合には微地形の要因が大きく影響することも指摘していることから, これ以上の言及は適切ではない。

山火事後に実生で再生する樹種については, 県南部地帯ではアカマツ, アカメガシワ, ヤシャブシ類, タラノキ, カクレミノ等が知られている^{5) 25) 26)}。備前市久々井で調査した結果では, アカマツ, キリ, ヤマナラシの実生樹が確認されている。今回の調査は被災後1年目であることから, 実生での出現はエニシダ, サルトリイバラを除けば, 極めて少なかった。特に将来, 森林の中でも上木を構成する樹種の実生再生はまだみられなかった。

草本類は両調査区に共通してヒメムカシヨモギ, オオアレチノギク等の実生再生が確認された。ヒメムカシヨモギは本県では1930年までに帰化したものであり, オオアレチノギクは戦後になって急激に増加した帰化植物である²²⁾。1株当たりの種子数は, セイタカアワダチソウより少ないが(10⁶オーダー), ヒメジョオンと並び両帰化植物は10⁶オーダーにもなり, 裸地化したところに一次的, 二次的に侵入する。1株当たりの種子数の多さからも, 周囲に上記の帰化植物の一群があれば, 容易に調査区に侵入す

る可能性がある。広島県江田島の無実播区では、ススキ、ワラビ、ウラジロ等のシダ植物、アアオレチノギク、ベニバナボロギク、ヒメジョオン等のキク科1～2年生草本、オオトラノオ等のサクラソウ科の草本がみられたが、特にキク科1～2年生草本は以後ススキ等の多年生草本に交代していったと報告³⁰⁾されている。また中根ら^{30) 37)}は同地での調査から、オオアレチノギク、ダンドボロギクの2種の常在度は100%で、ヒメムカシヨモギ、ヒメジョオンの侵入がみられる上で、この地区の再生植物をダンドボロギク-ベニバナボロギク群集に同定している。江崎の報告³⁾では、草本植物ではワラビ、ススキ、ウラジロ、ベニバナボロギク等が大部分であったとしている。以上、植生に関する調査は宮脇²⁹⁾、中越^{28-30) 40)}、中根³⁶⁻³⁷⁾の報告に詳しい。

土壌の深淺については両調査区ともA₀、A層の厚さがともに薄い。B層もしくはB₁、B₂層厚がそれぞれ40～70、80cmある。ヤマツツジはB層までの有効土層厚が大きい箇所(試験区下部)では萌芽率が高いが、有効土層厚が小さい箇所(試験区上部)では萌芽率は低い傾向がみられた。またヤマツツジが確認できる根元周囲の表土は流亡し、根が地表部に出ている個体もみられた。山火事跡地において、中根らは植生の土壌緊縛力について調査を行い³⁰⁾、アカマツの場合、根の緊縛力は経年ごとに双曲線状に減少するとした上で、アカマツや低木、草本類を含めた場合でも表土の保全に必要な緊縛力は6～7年を要することを指摘している。この点から、山火事跡地では苗木植栽を行うと同時に実生、萌芽再生を最大限に活用する必要があると考えられる。ヒサカキ、ネジキは、有効土層厚には関係なく、調査区上、下部にもみられたこと、両樹種の根が地表部に出ている個体のみられなかったことから、山火事跡地植栽に適する樹種であると推察される。

玉野市では昭和30年代、「ハゲ山」が多く実在していた。そのため治山用にオオバヤシャブシを植栽してきた実績がある。実際に試験区周辺部の被災していない林地には当時のものか、もしくは更新したオオバヤシャブシをみかけるが、今回の結果では、萌芽している個体はみられなかった。早期緑化、肥料木といった点で治山用樹種として有用であると考えられるが、防火樹、被災後の植生回復の点では必ずしも推奨できる樹種ではないと推察される。

被災後1年目にもかかわらず、前生樹の萌芽、実生による植生回復の第一歩は既に始まっており、生態的には萌芽間および実生稚樹、草本類の発生による相互間の競争が開始されている。今後、どのような樹種が時間経過とともに侵入(移住→土着→集来→競争)していくか調査を続ける必要がある。

津田⁶³⁾は、実生個体の場合冬季～春季のように周辺部に種子の散布源がないため埋土種子によるが、夏季では種子散布源があるため、短期間に種子が山火事跡地に侵入することができるとし、栄養繁殖により再生する植物は、夏季の火事後では生育期間中に生産された物質が地下に転流する前に焼失してしまうため、山火事後の栄養繁殖は困難であろうと予想したが、実際に岡山県玉野市、および広島県竹原市での調査結果では、春季に比べ夏季の山火事跡地では栄養繁殖個体、種子繁殖個体とも密度は小さく、夏季の火事でも周辺部からの散布種子による再生は期待できないとしている。この点については、今後冬季に発生した山火事跡地を調査し、比較する必要がある。

水、土砂災害防止の観点からすれば、被災後1年間では、植生の回復は進んでおらず、実際に表土が流亡している例がみられた。これは植被率に大きく関係しているが、植被率が低いため、雨滴による衝撃が地表部に直に伝わることに起因する。このことから、今回の大規模火災が8月の梅雨時期から乾燥期に向かう時期に発生しても、冬季の火災発生頻度が高い時期に発生しても、山腹中～上部の急斜面で

は階段工を行い、土砂、水の流出を抑制する必要がある。

(2) 土壌調査

南面調査区上部左端の断面図(図-12, 写真-13)を示す。調査箇所は傾斜26°, 斜面方位S45°E, 海拔高150m, 堆積様式は残積土, 地質は花崗岩である。土壌は粗粒残積性未熟土(Im-β型)に分類された。未熟型土壌全般にわたり小礫が多く柔らかい土壌である。Fe斑もみられ, C層にある大礫も非常にもろく, 風化が進んでいる。地床面の炭化した根系の露出, 石英砂の堆積からみて, 火災から1年を経過した現在, 土砂の流出はわずかながら開始されていると考えられる。

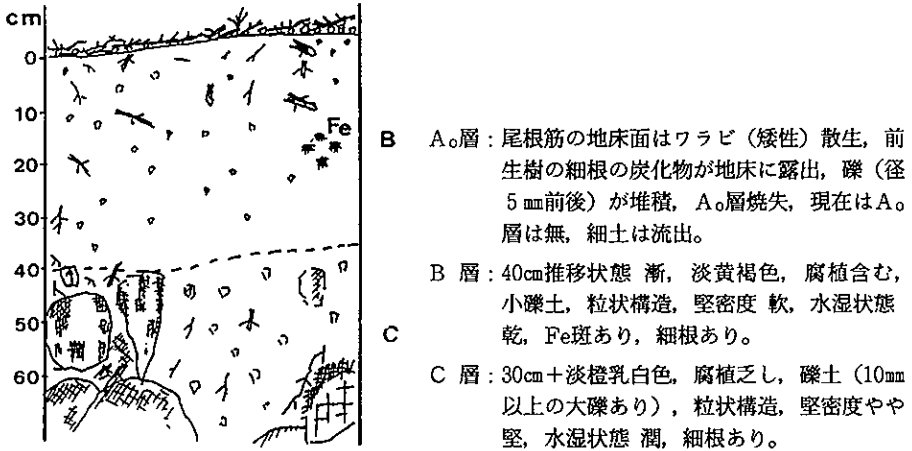


図-12 断面図(南面調査区上部左端)

南面調査区下部左端の断面図(図-13, 写真-14)を示す。

調査箇所は同区上部左端の場合と同じ傾斜, 斜面方位, 地質の点で同じであるが, 堆積様式が崩積土である点, 海拔高が130mである点が異なる。

南面調査区下部左端部は崩積土で, 小, 中角礫も多く, 土壌は軟らかい。土壌は森林褐色森林土(B_β型)で, A層はわずかではあるが認められ, 土壌構造も発達しつつある。火災後の新しい土砂の堆積はここでは認められなかった。

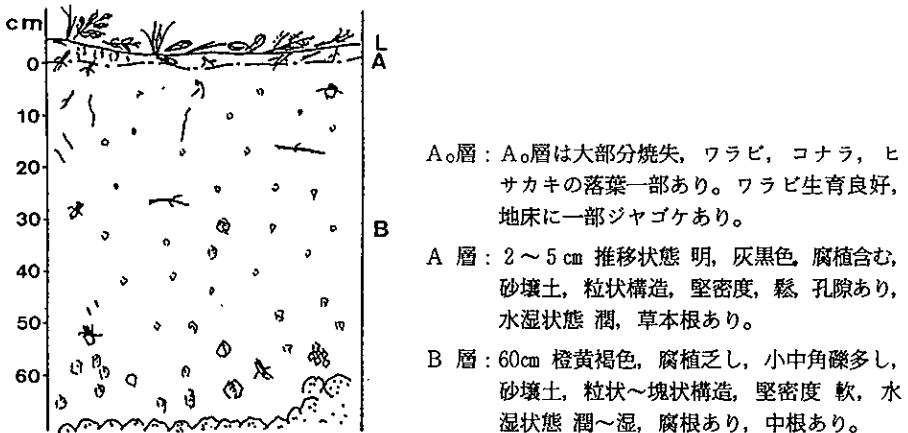


図-13 断面図(南面調査区下部左端)

北面調査区下部右端の断面図(図-14, 写真-15)を示す。

調査箇所は傾斜20°, 斜面方位N45°W, 海拔は110m, 堆積様式は崩積土, 地質は花崗岩である。

土壌は粗粒崩積性未熟土(Im-β型)に分類された。A層の発達は認められないが, B₁, B₂層の土色(腐植の浸透具合), 湿り具合, 砂礫の大きさ等により土壌型を分類した。B₁層は礫が小さく, B₂層は大きい傾向がみられた。従来の深層風化された母材の上に土砂の崩積があって土壌化が進行していると考えられる。

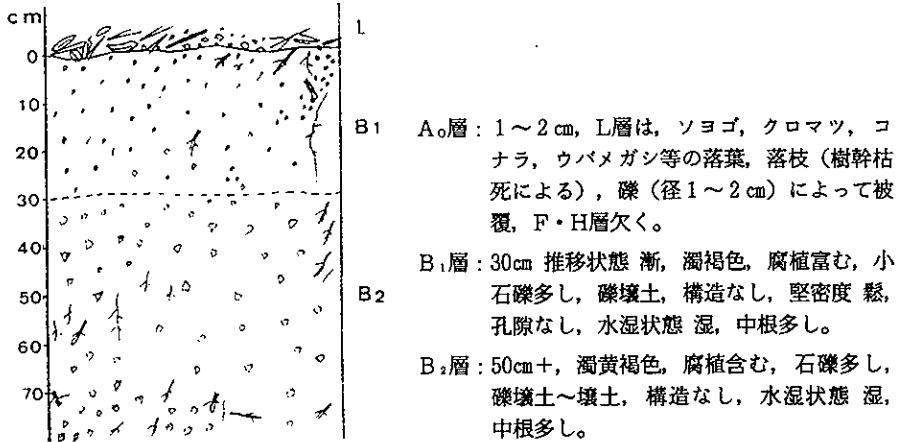


図-14 断面図(北面調査区下部右端)

北面調査区上部右端の断面図(図-15, 写真-16)を示す。

調査箇所は同区下部右端の場合と同傾斜, 斜面方位, 地質, 堆積様式の点で同区下部右端と同じであるが, 海拔高が115mと下部より高い位置にある点が異なる。

土壌は粗粒崩積性未熟土(Im-β型)であった。同区上部は山脚の上部ではあるが, 土砂の匍行・崩積土で土壌も比較的深い。土壌構造の発展もみられず, 不安定な状態にある。

以上2調査区(4断面)の調査結果より, 以下の点が明らかになった。

被災後1年目の時点で地表面を覆うA₀層は焼失し, 小尾根等は浅根性樹種の根系が炭化したものが地床面に露出し, そこに細砂等が堆積している。現時点で, 雨滴衝撃による侵食溝は確認されていないが, 細土等は流出しており, 今後植生が回復する可能性は現時点では微妙である。

調査した4箇所のうち3箇所が未熟土壌に分類されたが, いずれも深層風化が進んでおり, 土壌は全般に軟らかい。ただし, これが植生の侵入を早めるか, それとも土砂の流出につながるのか問題である。

山脚部の土壌は, 構造こそ発達していないが, 水湿状態は適潤に近い。

有効土層の厚さは, 植物, 樹木が利用できる範囲を示すものである。調査区上部では北面, 南面ともに40cm, 下部では南面で60cm, 北面で80cmであった。斜面上部より下部の方が植物, 樹木の生育環境にとって良好であると考えられる。

斜面方位でみた場合, 南側の斜面の方が太陽熱を受ける度合いが強く, 北側斜面より土壌中の有機物の分解が早く, 同量の降雨でも土壌が早く飽和して流去水ができることにより侵食しやすいという指摘がある。このことからすれば, 北面の方が土壌の有効土層厚は大きいと考えられるが, 本調査結果

では、北、南両面とも斜面上部の有効土層厚は同程度であり、下部ではやや北面下部の方が有効土層厚が大きかったが、両面で大きな差は認められなかった。

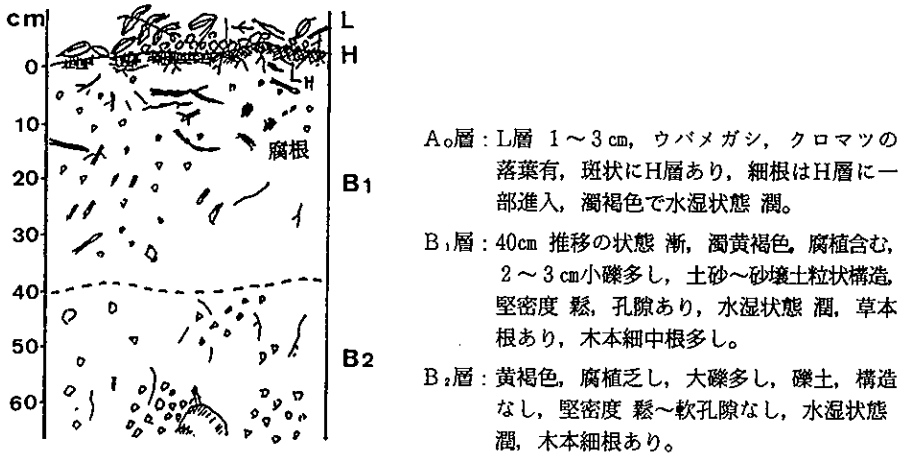


図-15 断面図 (北面調査区上部右端)

(3) 土壤理化学性

土壤の理学的性質について表-9に示す。

表-9 土壤の理学的性質

調査区	層位 (cm)	固 相 (%)			液 相 (%) 採取時 含水量	気相 (%)		容積量 (g/cm ³)	透水量 (ml/分)	孔 隙 量 (%)		
		細土	砂礫	根		最 大 容水量	最 小 容気量			全孔隙	細孔隙	粗孔隙
⑦(健全)	2~6	37.7	10.6	0.5	31.2	43.2	8.0	110.3	100	51.2	38.4	12.8
⑧	1~5	24.1	18.9	0.7	3.8	18.5	37.8	78.1	92	56.3	10.7	45.6
⑩(被災)	1~5	21.5	7.0	2.8	20.7	41.5	27.2	62.1	79	68.6	29.5	39.1
⑫	1~5	16.3	14.5	2.1	15.8	33.7	30.3	52.7	10	64.1	21.1	43.0
⑭	1~5	20.4	6.0	5.2	10.8	28.2	40.2	59.8	148	68.4	11.5	56.9
⑰	1~5	27.1	20.0	1.8	12.5	29.5	21.7	90.0	1~2	51.2	16.3	34.9

被災区, 健全区とも固相は, 斜面下部で細土の割合が砂礫に比べ明かに高いが, 斜面上部になるに従って砂礫の割合が増加する傾向がみられた。砂礫は斜面上部に多く, 下部に少ない傾向があった。このことは, 斜面上部の細土が斜面下部に流出し, これが堆積したためと考えられる。

健全区では, 三相組成は斜面上部, 下部で一定の傾向はみられなかった。逆に被災区の斜面下部では固相30%, 液相30~40%, 斜面中, 上部では固相30~50%, 液相30%台, 気相20~30%程度で, 斜面部位にかかわらず, 三相組成には一定の傾向がみられた。

広島県江田島での山火事被災地の調査例⁶⁾では, 三相組成は固相が約50%, 液相が約40%, 気相が約10%を占め, 固相のうち約40%前後を礫が占めていたと報告している。古池³⁾は兵庫県南部一帯を調査し, 花崗岩母材では固相とともに気相が高い傾向にあると報告している。また諸戸ら⁷⁾は愛知県内で母材別の土壤特性を調査し, 花崗岩は古生層, 第三紀層に比べ, A層では固相の割合は低い液相, 気相の割合が高いことを指摘している。玉野市渋川での調査では, 液相の割合に比べ, 固相, 気相の割合が

高い傾向がみられた²⁰⁾としている。この点については、今回の調査結果からだけでは明らかにならなかった。

容積重は、受食土で高く、堆積土やA層の部分で低い傾向を示す。せき悪林地では100以上の数値を示す場合が多いが、今回の調査結果では容積重はこの数値より低い傾向がみられた。

透水性は健全区の斜面上部、下部で大きな差はみられないが、被災区の斜面上部では極端に透水性が低下する傾向がみられた。ただし、下部(谷部)で透水性が高い場合でも健全区、被災区ともに100ml/分前後であった。透水量が特に低い箇所では菌糸網層が認められた。広島県江田島の調査事例²⁰⁾でも、透水量が最高で200ml、最低で数mlであったと報告されており、今回の結果と類似している。透水量(速度)は土壌の理化学性の良否を判定する指標に使われ、おおよその基準¹⁵⁾として、透水性良好 100ml/分以上、透水性中 50~100ml/分、透水性不良 50ml/分以下とされている。玉野市及び備前市の林地⁴⁾の場合、今回の調査結果をみると被災の有無にかかわらず、透水性は不良~中と考えられる。

服部らは玉野市日比、玉の両「はげ山」地帯で調査し、透水量は緑化工による復旧区の方が対照区に比べA B₁層で増大したと報告しているが⁹⁾、今回の調査では、被災後1年程度では明確な差は認められなかった。

孔隙量を粗孔隙、細孔隙に分けてみた場合、玉野市の場合、被災の有無にかかわらず、粗孔隙量が細孔隙量を上回っている例が多くみられた。このことは古池⁹⁾が瀬戸内沿岸部の花崗岩地帯で調査し、粗孔隙に富むとする報告と一致している。

土壌の化学的性質について表-10に示す。

表-10 土壌の化学的性質

No	採取箇所	被災の有無	pH	T-N (%)	P ₂ O ₅ /100g	K ₂ O/100g
①	備前市	有	5.0	0.08	2.0	9.4
②	備前市	有	4.7	0.05	2.0	4.6
③	備前市	有	4.7	0.05	2.0	5.8
④	備前市	無	4.8	0.08	2.0	7.7
⑤	備前市	無	4.7	0.11	1.3	10.2
⑥	備前市	無	4.7	0.11	2.7	7.9
⑦	玉野市	無	4.6	0.18	1.3	14.5
⑧	玉野市	無	4.4	0.04	1.3	5.8
⑨	玉野市	無	4.4	0.02	2.0	6.8
⑩	玉野市	無	4.6	0.06	1.3	7.3
⑪	玉野市	有	4.3	0.03	2.0	13.3
⑫	玉野市	有	4.4	0.06	2.7	9.0
⑬	玉野市	有	4.6	0.09	2.0	11.4
⑭	玉野市	有	4.4	0.05	2.0	5.8
⑮	玉野市	有	5.0	0.08	3.5	10.9
⑯	玉野市	有	5.3	0.04	2.0	6.3
⑰	玉野市	有	4.6	0.03	1.3	8.0

pHは4.4~5.0の酸性土壌であるが、被災の有無、花崗岩と流紋岩の母材による違いはそれぞれ認められなかった。倉敷市、玉野市周辺部の林野土壌のpHは4.0~5.0の範囲にある⁵⁰⁾とされており、今回の調査結果は県南部の花崗岩地帯では一般的な例であると考えられる。広島県江田島の調査事例⁵⁰⁾では、被災区の方が無被災区に比べ、pHが高い傾向にあり、被災区では5.0~5.7、健全区で4.0~4.2(層位上部)であり、このことはA₀層の炭化が原因であろうと推察している。今回の調査結果では、被災区、健全区で違いはみられなかった。

化学分析の結果(表-10)に示す。ここでは乾土100g当たりの全窒素量(%)で表示した。全窒素の内、約2%が可給態窒素であった。調査結果から、一部被災していない健全な林地(尾根下部)で高い数値が記録されたが、それ以外では全窒素量は0.1%未満であった。また花崗岩、流紋岩の母材の相違と全窒素との関係については明確な違いはみられなかった。

さて0.1%の全窒素量の場合、2.0mgの可給態窒素が土壌(乾土)100g内に含まれていることになる。これは深さ10cmで仮比重1.0とした場合、ha当たり20kgの可給態窒素量に相当する。仮比重の算定は以下の式に従った。ただし、真比重は、黒ボクや腐植の多い土壌を除けば、一般土壌(細土)は、2.5~2.7の範囲に入るため、真比重は2.6とし、以下の式⁵¹⁾より仮比重を算定した。

$$\text{仮比重} = \text{真比重} \times \text{土壌固相} / 100 \quad (1)$$

$$\text{仮比重} = \text{真比重} \times (100 - \text{孔隙量}) / 100 \quad (2)$$

仮比重値は今回の調査結果(表-10)をあてはめた場合、(1)式で健全区0.89~1.27、被災区0.81~1.27、(2)式で健全区0.93~1.27、被災区0.81~1.27であったことから、仮比重値を1.0としたものである。

広葉樹苗木を植栽した場合、当年施肥基準量(成分量)を1本当たり10~14g、太田の報告⁵²⁾に従い、ha当たり5,000~10,000本植栽した場合、ha当たりの施肥量は50~140kgに相当することから、玉野および備前市の場合では、植栽を目的として考えた場合、土壌中の窒素成分は不足していることが明らかとなった。

被災した林地の場合には水土の流出が発生し、養分の流亡が考えられること、主として窒素養分の供給源である落葉、落枝の腐植が望めないことから、必要量は上記の数値以上であると考えられる。窒素の場合、多量の施肥を行っても土壌中での硝酸化作用により硝酸態窒素となって流亡するため、即効性肥料か遅緩性肥料にする必要がある。またハギ類、アカシア等の樹種を植栽することで窒素固定を促進させる方法も考えられる。

可給態リン酸は1.0~2.0mgの範囲にあり、被災の有無で差はみられなかった。また花崗岩、流紋岩の母材の相違と可給態リン酸との関係については明確な違いはみられなかった。

リン酸の施肥量について、当年施肥基準量(成分量)を1本当たり7~8gとし、窒素同様の計算に従えば、ha当たりの施肥量は35~80kgに相当する。玉野、備前市の場合、土壌に含まれる可給態リン酸含有量は10~20kgであり、このことから、植栽を目的として考えた場合、リン酸は不足していると考えられる。

交換性カリウムは被災の有無にかかわらず一部の試料で高い数値を記録したが、それ以外ではおおむね5.0~10.0mgの範囲にある。花崗岩、流紋岩の母材の違いによって交換性カリウムに差は認められな

かった。

カリウムの施肥量について、当年施肥基準量（成分量）を1本当たり8gとし、窒素、リン同様の計算に従えば、ha当たりの施肥量は40~80kgに相当する。玉野、備前市の場合、土壌中に含まれる交換性カリの含有量は、50~100kgであったことから、交換性カリウムは満たされていると考えられる。

カリウムの天然供給量は一般にかなり高いであろうとする報告⁶⁵⁾は今回の結果を裏付けるものである。火成岩の中で、花崗岩、流紋岩は化学組成上、 SiO_2 が66%以上の酸性岩に分類される。 SiO_2 が多いほど Na_2O 、 K_2O の割合が多く、逆に Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO が少ないことは広く知られている^{4) 38) 61)}。

花崗岩と比較するために採取した流紋岩土壌について、岡山県吉永町周辺部に多くみられるヒノキの樹形の変異⁶⁶⁾が特定の物質に起因するものかどうか調べるため、流紋岩を母材とする吉永町福満周辺の土壌について分析した例でも、乾土100g当たりで最も多く検出されたナトリウムでも数meオーダーであったが、カルシウム、マグネシウムに比べ、カリウム、ナトリウムの量が相対的に多い傾向がみられた⁶⁵⁾。このことは上記の指摘を裏付けている。

参考までに農耕地の土地分類に基づいた土壌養分量⁶⁷⁾は、3等地（土壌養分に乏しい）の基準として最低値は100gの乾土中に可給態窒素、可給態リン酸、交換性カリウムはそれぞれha当たり100、20、80kgとなる。

林地の場合、農耕地の土地分類にみられるような土壌養分量について明確な指標はない。このため、今回は施肥量から逆算して、植栽工を行う場合に必要な土壌養分量を算出した。この結果より、花崗岩並びに流紋岩を母材とする土壌では被災の有無にかかわらず、植栽工を行うことを前提とした場合、窒素、リン酸が主に不足しており、肥沃度の低い土壌であると定義づけられる。ただし、根系の発達によって吸肥力が高まり、生育が可能になることが多いため、施肥により生育を良好にできると考えられる。以上の点より広葉樹等を植栽する場合、慣行施肥量（1樹当たり窒素10~14g、リン酸7~8g、カリウム8g）を施用すれば良いであろう。

県南部瀬戸内海地帯の植栽樹種の選択について、倉敷市福田に苗木を植栽して16年後に調査した事例⁶⁸⁾がある。地質は花崗岩で、土壌は $B_A \sim B_B$ 型、土壌構造は細粒~粒状構造、堆積様式は残積~衝行土で、土壌条件は不良である。その環境下で、タイワンフウ、アメリカフウ、シラカシ、ヤマモモ、クロガネモチ等が有望樹種にあげられており、これらの樹種についても今後玉野市等でも植栽を検討してもよいのではないかと考えられる。

植栽樹種決定にあたっては、植生の遷移状態^{65) 69)}を把握するとともに、玉野市周辺部の植生調査から植栽適応樹種についての報告書⁷⁰⁾、倉敷市由加山山系の自然についての調査報告⁷¹⁾等も植栽樹種を決定する上で参考にならうと考えられる。

(4) 散水実験による流出調査

被災した5プロットで共通してみられた傾向として、散水当初は地表面の凹部に水が溜まり、これが下部の凹部につながり、浅い水の膜ができて流下する経過が観測された。ただし、雨滴衝撃による顕著な凹凸はみられなかった（写真-17, 18）。

水の浸透具合について、被災区で浸入枠の最下部を掘り下げ、断面を調べたところ、プロット②では A_0 層、B層合わせて10cm程度、プロット④ではB層30cm程度まで、プロット⑤では A_0 、B層合わせて

50cm程度の浸透がみられた(写真-19, 20)。

被災していない健全な2プロットのうち、プロット⑥では全く地表流出はみられなかった(写真-21)。プロット⑦では、表面全体がゆっくりぬれてきて、それが数本の小さい流れを形成して流下した(写真-22)。

健全区(プロット⑥, ⑦)の浸透具合は、A₀層に湿りがある程度で、AまたはB層に浸透した形跡はみられなかった(写真-23, 24)。

散水実験の結果を表-11に示す。また散水実験の結果、実際に流出がみられた6例について流出ハイドログラフを図-16に示す。被災していない林地で行った場合(プロット⑦)では、一時間に200mm散水した結果、地表流出量は10.6mmであった(地表流出率 5.3%)。同じく尾根中部の健全な林地で行った場合(プロット⑥)では、全く地表流出はみられなかった。健全な林地はこの2例のみであったが、地表流出量は数%程度であろうと考えられることから、大部分はA₀層、またはA~B層に停滞、浸透していると考えられる。

表-11 地表流出状況

実験 プロット	散水強度 (mm/h)	散水時間 (分)	流出開始 時間(秒)	初期損失 量(mm)	総流出量 (mm)	ピーク流出 高(mm/h)	ピーク 流出係数	流出率 (%)	流出土砂量 (t/ha·h)
①	200	60	61	3.4	97.0	102.8	0.514	48.5	0.235
②	200	60	162	8.9	75.0	99.2	0.496	37.5	0.816
③	100	60	125	3.5	44.6	63.8	0.638	44.6	0.288
④	200	60	120	6.7	60.0	78.0	0.390	30.0	0.341
⑤	200	60	210	11.7	73.0	98.0	0.490	36.5	0.388
⑥	200	60	—	—	—	—	—	—	—
⑦	200	60	135	7.5	10.6	15.2	0.076	5.3	0.013

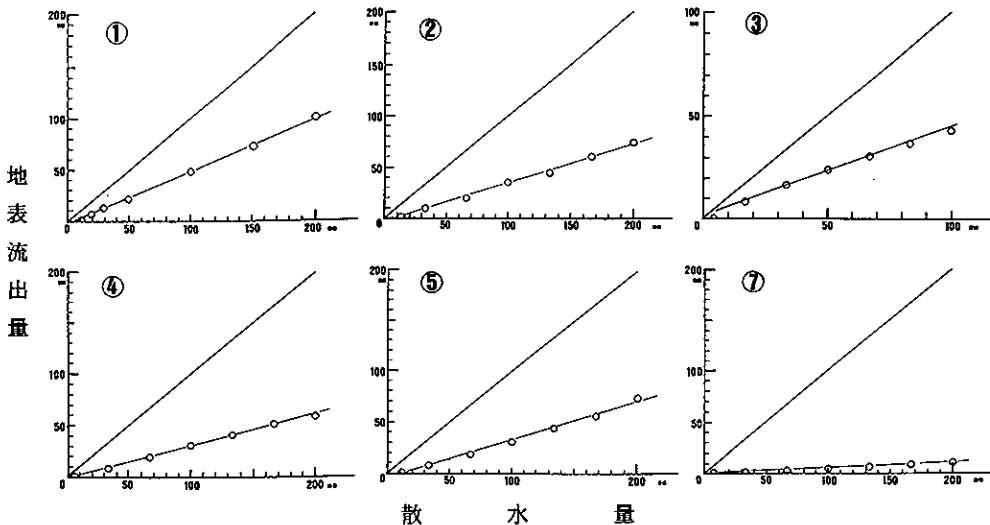


図-16 散水強度と地表流出量の関係

被災した5箇所について、一時間に200mm散水した結果、地表流出量は60~97mm（散水量100mm/hの場合 地表流出量44.6mm）、地表流出率は30.0~48.5%（散水量100mm/hの場合 地表流出率 44.6%）であった。特に斜面の傾斜が大きい箇所（プロット①）では、被災区の中でも地表流出量が多い傾向がみられた。

散水実験の結果（表-12）、散水量と地表流出量は一回帰式で非常に相関が高かった。そこで一回帰式の係数値を用いて、各プロットの地表流出率を比較するとplot①：49.7%，plot②：38.1%，plot③：45.9%，plot④：31.7%，plot⑤：38.4%，plot⑦：5.4%となる。plot①は、1995年10月24日の散水実験開始前から実験中（14~15時）までの間に降雨（降水量10.5mm）があったことから、地表流出率の割合が他の被災プロット②、③、⑤に比べ高い値を示したと推察される。

土壌、傾斜角等の条件がほぼ等しい条件下のplot②、③の場合、散水量が100mm/hのplot③の方が散水量が200mm/hと多いplot②の場合よりも地表流出量が数%程度多い現象がみられた。また同じく条件が類似したplot④、⑤でも散水強度がともに200mm/hであったが、これも数%程度の開きがあった。この数%の開きは浸入枠を設置する際の良否で十分に起こりうるもので誤差範囲内であると考えられる。これより一回帰式の係数値から、被災プロット②~⑤の地表流出率は31.7~45.9%、健全プロット⑥~⑦では0~5.4%となり、健全区と被災区で地表流出量（率）を比較すれば、

$$\text{健全区} : \text{被災区} = 1 : 6 \sim 8$$

となる。ただし、健全区の場合では、唯一地表流出が記録されたplot⑦の数値（5.4%）を使用した。

被災した場合には、散水初期には確かに地表流出はみられなかったが、地表流出が開始された後は、実験開始後4分までには地表流出量はほぼ一定となる傾向がみられた（図-17）。

表-12 地表流出量の回帰式

設置箇所	回帰式(y=ax+b)	相関係数(r)
①	$y=0.497x-2.559$	0.999**
②	$y=0.381x-3.608$	0.997**
③	$y=0.459x+0.054$	0.996**
④	$y=0.317x-0.894$	0.998**
⑤	$y=0.384x-6.152$	0.998**
⑦	$y=0.054x-0.753$	0.994**

注：**は1%検定で有為

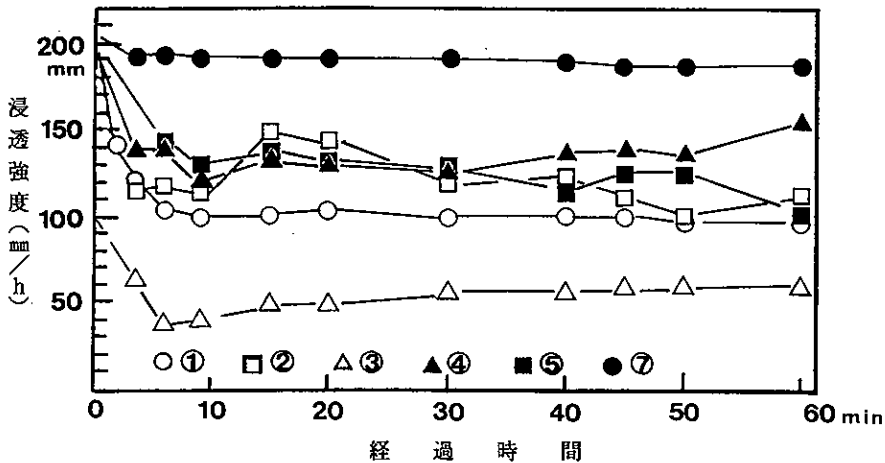


図-17 プロット別の浸透強度

浸透強度について、小林は散水型山地浸透計⁶²⁾を用いて岡山市祇園の「はげ山」で調査し、クロマツ、ヤマハンノキ、オオバヤシブシ等を植栽した場合と全く同じ植栽工を施していない場合は、ともに施工地の方が非施工地に比べ、終期浸透速度は約2.5倍高い値を示し、また初期浸透速度も大きかったと報告²⁰⁾している。今回、地表流出量から土湿不足量と地表流出量を差引き、土湿不足後の散水時間で除し、時間換算したものを平均浸透速度とする真島に²⁰⁾倣えば、平均浸透速度は被災区では95.89mm/h(プロット⑤)～137.90mm/h(プロット④)であるに対し、健全区(プロット⑦)では188.99mm/hであった。これは1.4～2.0倍程度被災していない林地の方が被災した林地より浸透速度が大きいことを示しており、小林の報告と同様に被災していない林地の方が被災した林地に比べ水を浸透させる能力が大きいことが明らかとなった。

よって平均浸透速度で健全区と被災区を比較すると、

$$\text{健全区 : 被災区} = 1.4 \sim 2 : 1$$

江崎⁹⁾は山火事跡地において塩ビパイプを打ち込み、その際の浸透能を測定したが、その結果は被災1年目より2年目の方が低下する傾向がみられた。これは地表面の土砂流出とともに粗孔隙内にシルト、粘土等の粒子の細かい土壌が侵入したことが考えられるが、このことは今後の調査で明らかにしていきたい。

土砂流出量についてみると、散水量が200mm/hの場合、被災していない健全な林地では土砂流出量は0～0.013t/haであったのに対し、被災した林地では0.237～0.816t/haであった。また流出した土砂は粒径から細土が約90%であった。ただし、今回の斜面浸入計では土砂量が実際より少なく記録されることが考えられる。この原因として、①斜面浸入計の散水方法が浸入枠全体に降水する方法ではなく、浸入枠の最上部で地上10cm位の高さから水を滴下させる方法であること、②土砂流出量と相関が高い降雨強度が実際よりも小さくなることが挙げられる。よって土砂流出量については、地表流出水、土調査(固定プロット)で得られた結果を参照されたい。

(5) 地表流出水、土調査(固定プロット)

被災直後(鎮火)から1996年1月までの降雨状況を表-13に示す。ただし、1994年8月14日～1995年5月末までは気象台玉野観測所で得られたものである。なお、最大日雨量、最大時間雨量は月最大値を表示した。

被災後に降水量が多かった時期は、1994年9月下旬、1995年5月中旬、1995年7月上旬で、今回の調査開始が1995年6月であったことから、7月上旬の梅雨時期は捕捉できたが、それより前に降った2例の調査結果を得ることができなかった。

月別地表流出量を表-14に示す。プロット①～④いずれも梅雨時期の7月に地表流出量が最も多かった。特に被災区のプロット④は、斜面の傾斜角が大きく、かつ植生回復も進んでいないことから、他のプロットに比べ、明らかに地表流出量が多い傾向がみられた。1995年7月においてプロット④の地表流出率は全降水量の54.9%であった。被災区のプロット③は、プロット④に比べ、斜面下部に位置し、斜面の傾斜角が小さく、植生の回復が進んでいる。同プロットの7月における地表流出率は17.9%であり、プロット④に比べ明らかに低い数値であった。

表-13 被災後の降雨状況

観測月 (月)	3旬別 (上中下)	①			②		
		降水量 (mm)	最大日雨量 (mm)	最大時間 雨 (mm)	降水量 (mm)	最大日雨量 (mm)	最大時間 雨 (mm)
8	中 下	1	1	1			
		1					
9	上 中 下	38					
		5					
		113	84	10			
10	上 中 下	5					
		13					
		46	46	9			
11	上 中 下	10					
		10	7	3			
		0					
12	上 中 下	15	15				
		11		3			
		4					
1	上 中 下	19	10	3			
		5					
		8					
2	上 中 下	0					
		9	6	2			
		2					
3	上 中 下	10					
		2					
		29	21	3			
4	上 中 下	25	23	4			
		42					
		26					
5	上 中 下	41					
		120	57	8			
		52					
6	上 中 下	49	34	9	52.0	36.5	9.5
		23			24.5		
		18			22.5		
7	上 中 下	267	88		282.5	99.0	23.5
		15			13.5		
		77		39	45.5		
8	上 中 下	0			0		
		3			0		
		20	16	7	19.5	15.0	8.5
9	上 中 下	15			9.5		
		2			2.0		
		20	15	8	26.0	21.0	8.5
10	上 中 下	52	41	8	55.5	42.0	7.5
		0			0		
		28			31.5		
11	上 中 下				11.0		4.0
					19.5	13.0	
					0		
12	上 中 下				1.0	0.5	0.5
					0		
					0.5		
1	上 中				27.0	27.0	7.0
					22.5		

注：①は、玉野気象観測所
②は、現地観測

表-14 月別地表流出量

プロット	観 測 月								計	流出量 (m^3/ha)
	6	7	8	9	10	11	12	1		
①	0.25 (0.3)	8.29 (2.4)	0	2.51 (6.7)	10.05 (11.6)	0	0	0.50 (2.4)	21.60 (3.2)	2.16
②	8.29 (8.4)	54.70 (16.0)	0	4.42 (11.8)	16.57 (19.0)	0.83 (2.7)	0	4.70 (9.5)	89.51 (13.4)	8.95
③	5.18 (5.2)	61.14 (17.9)	5.18 (69.1)	7.25 (19.3)	20.73 (23.8)	2.59 (8.5)	0	7.25 (6.2)	109.60 (16.4)	11.00
④	24.86 (25.1)	187.46 (54.9)	11.56 (59.3)	15.61 (41.6)	63.58 (73.1)	18.50 (60.7)	0	35.84 (72.4)	357.41 (53.4)	35.70
月降水量	99.0	341.5	19.5	37.5	87.0	30.5	1.5	49.5	666.9	

注：1. 地表流出量はミリ表示
2. 計のカッコ内の数値は地表流出率(%)

次に降水量(累積)と地表流出量(累積)との関係を図-18に示す。この結果より得られた回帰式を表-15に示す。玉野市の場合、年降水量は1995年の例で1,006mmであったことから、年降水量を1,000mmとした場合、各プロットの地表流出量は、plot①：35mm, plot②：141.4mm, plot③：188.2mm, plot④：542.7mmとなる。傾斜角が大きく裸地化したプロット④では、傾斜角が小さく植生回復中のプロット③に比べ、地表流出量は約3倍となっており、他のプロットと比べ際だって大きい数値となっている。逆に健全区で傾斜角が大きいプロット②では、被災区でも傾斜角が同程度のプロット④の場合と比較した場合、地表流出量は約1/3に低減していた。

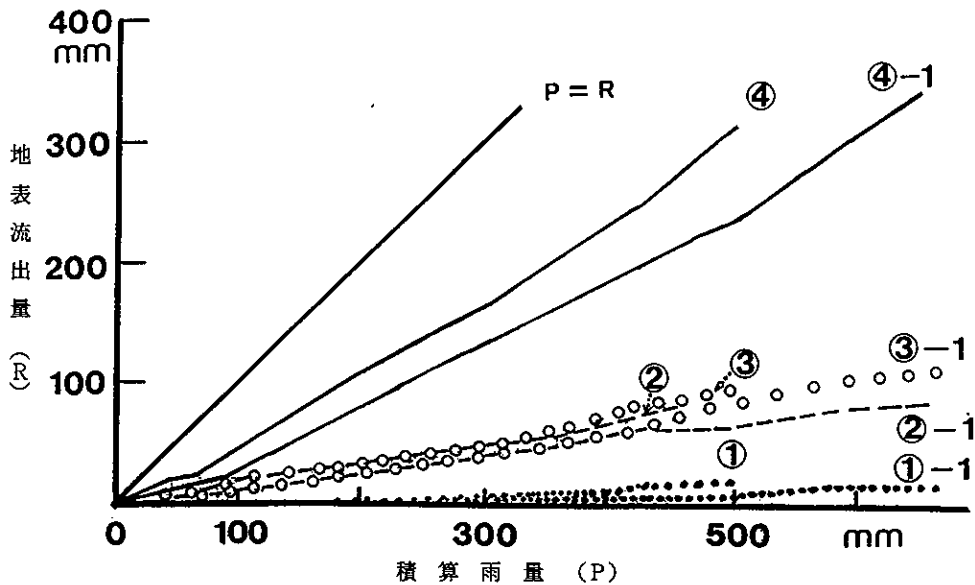


図-18 積算雨量と地表流出量の関係

斜面の傾斜角が比較的小さい場合には、プロット①, ③がこれに該当する。被災区のプロット③の方が健全区のプロット①に比べ5~6倍地表流出量が多い傾向がみられた。

これより、山火事で被災した場合ほど、また斜面の傾斜角が大きくなるにしたがって地表流出量は増加することが明かとなった。

表-15に示した回帰式の係数値を参考にすれば、各プロットの地表流出率はplot①: 4.2%, plot②: 14.6%, plot③: 20.4%, plot④: 58.2%となった。プロット①~④を比較すると、plot①: plot②: plot③: plot④= 1 : 3~4 : 5 : 14 となる。これより、

$$\begin{aligned} \text{健全区: 被災区 (裸地化)} &= 3 \sim 4 : 14 \\ &(\text{ただし, 傾斜角}25^\circ \text{以上}) \\ \text{健全区: 被災区 (植生有)} &= 1 : 5 \\ &(\text{ただし, 傾斜角}15^\circ \text{以下}) \end{aligned}$$

備前市久々井で調査を行った結果⁴⁰⁾では、被災後植生回復が全く進まず、斜面の傾斜角が25°の場合(被災区)と被災していない箇所植被率100%, 斜面の傾斜角が30°度の場合(健全区)で両者の地表流出量の回帰式より導いた係数値の比較では健全区: 被災区=0.8~1 : 11となり、地表流出率は健全区5%, 被災区66.4%であった。

今回の調査(プロット②, ④)を備前市の調査結果と比較すると、被災区の方が健全区に比べ明らかに地表流出量が多い点では共通しているが、健全区と被災の差は備前市での調査結果ほどの開きは認められなかった。ただし、今回の結果からだけでは、花崗岩と流紋岩のどちらが地表流出率が高いかは明らかにならなかった。

一降雨量と地表流出量の関係については、今回の調査期間ではデータ数が少ないため解析できないが、さらに調査を行い、データ数の蓄積を行う必要がある。今回、一降雨と地表流出量の結果が明かとなったものについて参考までに表-16に示す。裸地化した箇所からの地表流出量は降水量との一次回帰式で求めることができることは服部⁴¹⁾、筆者の報告⁴⁰⁾からも明かである。地表流出が発生した10例の中で、被災プロット④の場合について梅雨時期以後の降水量が少なく、乾燥時期に相当する出水例((6)~(10))をみると、降水量が多い時期の出水例(3)の地表流出率よりも高い傾向がみられた。また同じく被災プロット③でも一部この傾向がみられる(出水例(9))。これは植生の影響等とは考えられないことから、土壌の乾燥が秋~冬季に顕著に表層部の土壌が降水に対し疎水性を示したことで、表層部の土壌(細土)が流亡したこと等がその原因として考えられる。

表-15 地表流出量の回帰式

設置場所	回帰式 ($y=ax+b$)	相関係数(r)	降雨データの取扱い
①	$y=0.044x-3.014$	0.925**	
②	$y=0.177x-1.393$	0.998**	一降雨10mm以上
③	$y=0.208x-6.288$	0.995**	について積算
④	$y=0.618x-9.353$	0.997**	
①-1	$y=0.042x-6.768$	0.930**	
②-1	$y=0.146x-4.568$	0.996**	一降雨0.5mm以上
③-1	$y=0.204x-16.142$	0.995**	について積算
④-1	$y=0.582x-39.010$	0.998**	

注: **は1%検定で有為

表-16 一降雨ごとの地表流出事例

出水例	降水期間 (年月日)	降水量 (mm)	最大時間 雨 量 (mm)	プロット別地表流出量(流出率)			
				①	②	③	④
1	H7.6.3	36.5	9.5	0.2 (0.7)	6.6 (18.1)	4.1 (11.3)	20.2 (55.3)
2	6.8	15.0	2.0	- (-)	0.7 (4.8)	0.5 (3.4)	2.0 (13.5)
3	7.3~7	269.0	23.5	7.8 (2.9)	46.3 (17.2)	50.2 (18.7)	156.1 (58.0)
4	7.22	44.5	17.5	0.5 (1.1)	7.7 (17.3)	10.4 (23.3)	28.9 (64.9)
5	9.24	21.0	8.5	2.5 (11.9)	4.4 (21.0)	6.7 (32.0)	14.7 (70.1)
6	10.1	42.0	7.5	5.3 (12.6)	10.1 (23.8)	13.5 (32.1)	35.0 (83.3)
7	10.24	31.5	6.0	4.0 (12.7)	6.0 (19.0)	6.7 (21.3)	26.0 (82.5)
8	11.20	13.0	2.5	- (-)	0.8 (6.2)	2.3 (17.7)	10.3 (79.2)
9	1.8	27.0	7.0	0.5 (3.8)	3.7 (28.5)	4.7 (36.2)	22.0 (81.5)
10	1.15	14.0	3.5	- (-)	1.0 (7.7)	1.8 (13.8)	10.0 (76.9)

注：プロット別の流出量，流出率の数値（）内それぞれミリ，％表示。

今回、積算雨量を用いたが、雨量を積算する場合、一降雨量(10mm以上)、総降水量(0.5mm以上)を用いるかで地表流出量(率)は異なってくる(図-18)。散水実験から、初期損量は数mm程度と考えられることから、今回のように一降雨量10mm以上の一降雨だけを積算すると地表流出量(率)は過大な数値になりやすく、逆に一降雨が1、2mm程度の場合では地表流出は発生しないことから、これを積算した場合には地表流出量(率)は過小となる。以上の点から年間を通じて実際に発生する地表流出量は両者の中間値であると考えられる。健全区では両者に地表流出量(率)について開きはみられないが、被災区では両者の開きは大きい傾向にある。年間を通じて、雨量階級が明らかになれば、積算雨量による予測はある程度可能であると思われる。以上の点から実際に年間を通じての地表流出量は両者の中間値にあると考えられる。

小林は玉野市淡川の「はげ山」荒廃地で調査し、年地表流出率は13.3~49.7%(3年間平均34.1%)であったことと報告¹⁰⁾している。この数値を最も地表流出量の多いプロット④と比較すると、今回の調査例の方がやや多い傾向となった。

地表流出量を抑さえることは、河道に流れ込む水量(直接流出量)、ピーク流量を抑制すると考えられる。このため、堰堤、階段工、植栽工の施工が必要であると考えられる。

地表面の土砂移動では、普通土壌粒子が雨滴衝撃により分散し、地表流出水により運搬される。ただし梅雨時期の豪雨(連続降雨)では、この物理的作用が短時間に進行し、洗掘等の影響を与える。表土の移動量は、雨の強さ、斜面の傾斜、植被状態等の関連性が指摘されている。ここでは、調査期間(月

別, 1995年6月~1996年1月の期間)での土砂流出量を植生被覆状態等の関連から検討した。月別の土砂流出量を表-17に示す。

表-17 月別土砂流出量

プロット	観 測 月								計
	6	7	8	9	10	11	12	1	
①	30.5	18.6	0	1.2	8.5	0.5	0	0	59.3 (0.30)
②	14.6	19.3	0	1.6	5.6	0.7	0	0	41.8 (0.23)
③	40.4	2154.3	16.3	18.6	35.2	3.1	0	0	2267.9 (11.74)
④	7.2	572.4	12.5	2.4	5.4	1.8	0	0	601.7 (3.47)

注: 1. 土砂流出量はkg表示
2. 計のカッコ内の数値はha換算値(トン)

土砂の流出は被災したプロットから多くみられた。特に集中降雨が発生する7月の梅雨時期に集中していた。プロット③, ④では7月の土砂流出量とともに調査期間内(1995年6月~1996年1月)の総流出量の95%を占めていた。被災区のプロット③, ④についてha換算すると、調査期間(8カ月間)でそれぞれ11.7t/ha, 3.5t/haとなった。土砂流出量は一般に傾斜角と大きな関係があるとされている⁹⁾。服部は玉野市日比の「はげ山」を調査し⁹⁾、傾斜角が25°未満の斜面では侵食土砂量は非常に少なくなるが、それ以上では急激に増加するとしている。今回の調査結果では、傾斜角の小さいプロット③の方がプロット④より多くなり、正反対の結果となった。この原因として、尾根中部で最も傾斜角が大きく、植生回復の進んでいないプロット④では、被災前から表層部の土砂が下部に移動し、これが下部のプロット③に堆積していたものが今回の被災で水受け(土砂受け)に貯ったものと予想される。

侵食土砂量は降水量よりも降雨強度と相関が高く、しかも短時間の降雨強度になるほど相関が高いことが報告されている。江崎¹⁾は10分間最大降雨強度、岸原¹⁰⁾は20分間最大降雨強度で、次元解析を基礎として、侵食量を導いている。また井上¹²⁾は降雨指数(P:週間雨量 I:1時間最大雨量強度)からも侵食土砂が降雨指数になることを確認した。今回の調査開始時期は林野火災の鎮火(1994年8月13日)から9カ月以上経た1995年6月からであることから、その間の降雨状況を1時間最大降雨強度について拾ってみると(前掲 表-13)、時間雨量が10mmを越えた例はみられなかった。逆に観測期間中の7月に1時間最大降雨強度が23.5mmを記録していることから(30分最大降雨強度19.5mm, 10分間最大降雨強度10.5mm)、土砂流出量はこの時の影響を最も強く受けていると考えられる。

山火事跡地で流出した土砂(侵食)量調査事例をみると、広島県江田島で調査した例³⁰⁾では、侵食量は2年間で10⁻³mm程度、同じく同地方において、佐々木の調査³⁰⁾では、無実播区で調査開始後9カ月では最大でも1.7cm, 2年間では2.5cmの堆積があったことを報告しており、これらを換算した場合、それぞれ0.05m³/ha/年, 125m³/ha/年になる。本調査結果は年換算できない点では比較しにくいだが、今回の調査値は両者の中間値であろうと予想される。

一方、「はげ山」についての調査報告をみると、川口¹⁰⁾は児島半島の「はげ山」を調査し、プロット試験の侵食土砂量は4~20t/ha/年、井上¹¹⁾は玉野市玉原の「はげ山」で測定し、得られた侵食土砂量は113m³/ha/年、服部⁹⁾は玉野市日比の「はげ山」で調査から侵食土砂量は50~150t/ha/年であったと報告している。また30年経過後でも裸地面があるところでは年2~3mm程度の侵食があ

ることもあわせて報告している(20~30m³/ha/年)。鈴木⁵⁰⁾は滋賀県田上山地裸地小流域で測定し、侵食土砂量は50~100 t/m²/年であったと報告している。

「はげ山」と山火事で被災した場合の土砂流出量は、被災区の方が一般的に少ないと考えられる。今回得られた数値と近い値は、川口の測定値以外になく、河口以外の数値を比較するとわずかに数%程度である。この原因として、たとえ被災した場合でも、かつて「はげ山」であった時代から表層部が斜面下部に既に流出していること、地表部にコシダ、ワラビ等の草本類およびクロマツ、ヒサカキ等の木本類の根系が残っており、被災1年程度であれば根系が土壌を固定する値から(土壌緊縛力)があること等が考えられる。

流出した土砂について粒径を調べたところ、細土が90%程度で、礫は極めて少なかった。被災後、灰化したものは今回の調査では細土に入れたが、大部分は水受けトイに入れていた網状ネットには捕捉できず、水受けタンク内にたまっていた。

被災していないプロット①、②でも6、7月に少量の土砂移動がみられたが、これは畔シートを使って枠を設ける際に土砂を攪乱したためのものであり、実際には土砂の流出はほとんど無かったと考えられる。プロット①、②はともに地表部をコシダが覆っていること、コシダの堆積物があること、L・F層が存在していること、地上部には木本類がプロット内を覆っていること等から土砂の流出はほとんどないことが容易に想像される。

月別のA₀層流出量を表-18に示す。落葉はプロット④のように被災後、植生回復がみられない箇所ではほとんど記録されない。逆に被災していないプロット①、②ではA₀層のうちL、F層が堆積していることもあり、6、7月の降水量の多い月に集中して流出がみられた。健全区のプロット①、②についてha当たりに換算するとそれぞれ164、63.4kgの流出量となる。ただし、被災していない林地では、木本類から毎年一定量の落葉があること、およびコシダの堆積等がみられることからA₀層の流亡にはつながらない。また、下部への流出を考えた場合でも問題はないと考えられる。

表-18 月別A₀層流亡量

プロット	観 測 月								計
	6	7	8	9	10	11	12	1	
①	16.2	14.95	0	0.2	1.3	0	0	0	32.65 (0.16)
②	6	5	0	0.1	0.4	0	0	0	11.5 (0.06)
③	1.2	0	0	0	0	0	0	0	1.2 (-)
④	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.3 (-)

注: 1. A₀層流亡量はkg表示
2. 計のカッコ内の数値はha換算値(トン)

V 総合考察

散水実験の結果、健全区では地表流出量は0~5%であったのに対し、被災区からの地表流出量は全散水量の30~51%となっていた。これは健全区の最大値を用いた場合でも、6~10倍程度に相当する。このことは、固定プロットにおける自然降雨から算出した地表流出量でも、健全区では4.2~14.6%、被災区で20.4~58.2%となっていた。また斜面の傾斜角が類似している健全区(プロット②)と被災区(プロット④)を比較した場合、被災区の方が4倍程度地表流出量が多くなっていた。また傾斜角で考

えた場合、被災区、健全区でも、斜面の傾斜角の大きい方が地表流出量が多いことが明らかになった。このことから、被災区でも斜面の傾斜角が大きく、流域面積が大きい場合、地表流出量はさらに増加することが予想される。梅雨時期の降水量は200~300mm程度と考えられることから、治山堰堤等を設置する対策を行う必要があろう。

今回、山火事跡地の固定プロットで得られた土砂流出量は梅雨時期をはさんで8カ月間に11.7 t / haであった。これは、過去に「はげ山」で調査された例^{(7) (9) (13) (16)}と比較すると、土砂流出量は少ない傾向にあると考えられる。この原因として、今回調査した玉野一帯では、「はげ山」当時から表層が流亡して侵食を繰り返してきた歴史から、既に流亡可能な土砂はある程度侵食により流亡していること、被災1年では、まだ地表部を枯死した木本、草本類の根系が存在していること等が考えられる。ただし、深層風化が進んでいる本試験地内および周辺部の花崗岩地帯では、表層部がひとたび侵食されれば、元の「はげ山」状態に陥り、以後急激な侵食作用が行われる危険性も伴っていると推察される。事実、服部⁹⁾が指摘するように「はげ山」状態で植生の侵入が確認されない地帯では、長期間侵食が続くことから考え合わせると、土砂が流出する危険性は今後とも存在していると思われる。このことから、表層部の侵食が進まない早い時点で緑化を行い、土砂、水の流出を抑制する必要があると考えられる。被災後1年目の植生調査から、萌芽及び実生での再生がみられるが、地表部を覆うまでの植生回復はみられない。これは土砂、水の流出があるために、実生の草本種子の定着が進まず、逆に種子の流出が発生しているととも飛散により種子を供給するオオアレチノギク、ヒメムカシヨモギ等の帰化植物の個体数が周辺部では少ないこと等も植生の回復を遅らせる要因となっていると指摘できる。

試験地周辺部の被災してない林地では、栄養繁殖のワラビ、コシダがみられるが、前生樹の立木密度が相対的に小さいこと、実生で再生する個体数が少ないこと等から、被災地でも斜面の傾斜が大きい箇所では、土砂、水の流出や種子の流出がしばらく続き、植生回復は遅れ、土壌化も進行しない。逆に山脚部では土砂の堆積とともに一部条件の良い箇所では流出した種子による実生草本の侵入や栄養繁殖体のワラビの萌芽と一部萌芽力の強い樹種の再生が図られ、土壌化が進行すると予想される。

土壌に含まれる養分含有量を調べた結果、花崗岩を母材とする土壌では窒素、リン酸が不足していることが明らかになったことから、広葉樹等の苗木植栽を行う場合には施肥が必要であろう。施肥量は慣行施肥量で良いと考えられる。ただし、翌年はこの1年目よりやや多い施肥計画を立てる必要がある。

今後の山火事跡地の管理手法として、①山腹上中部の土砂、水の流出を押さえる治山工法を取り入れる(階段工、山腹緑化工) ②谷止め工等の治山堰堤の設置 ③木本類、草本類による地表被覆(航空実播工、山腹緑化工)を実施する ④山火事の発生しやすいコシダ(ワラビ)等の繁殖を押さえる ⑤景観上の観点から、郷土樹種を導入を図る ⑥防火用貯水槽を建設するといった点について提言を行うものである。

おわりに

今回の調査は、将来の基本的な植栽工法を確率するための第1年目であり、今後とも継続的に調査研究することにより、健全な森林造成手法を明らかにしていく予定である。



写真-1 南面調査区 (1995. 8月末現在)



写真-2 斜面浸入計 (稼動中)

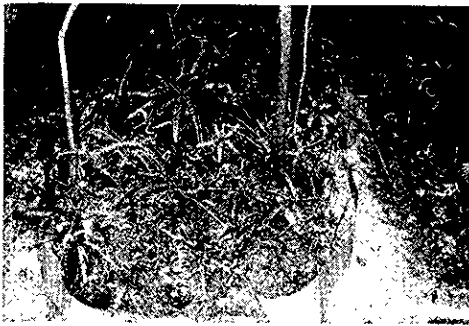


写真-3 プロット① (健全区)



写真-4 プロット② (健全区)



写真-5 プロット③ (被災区)



写真-6 プロット④ (被災区)



写真-7 南面調査区 (A 1)



写真-8 南面調査区 (B 6)



写真-9 南面調査区 (A 12)



写真-10 北面調査区 (A 1)

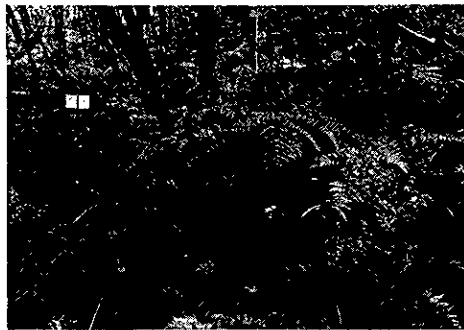


写真-11 北面調査区 (C 3)



写真-12 北面調査区 (E 5)

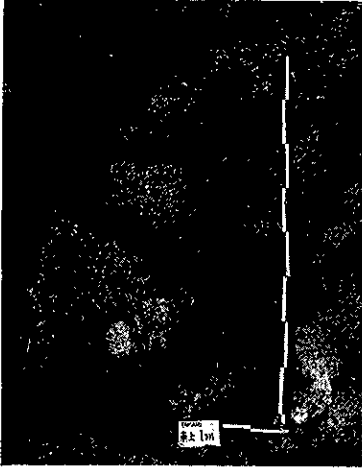


写真-13 南面調査 (上部左端)



写真-14 南面調査 (下部左端)

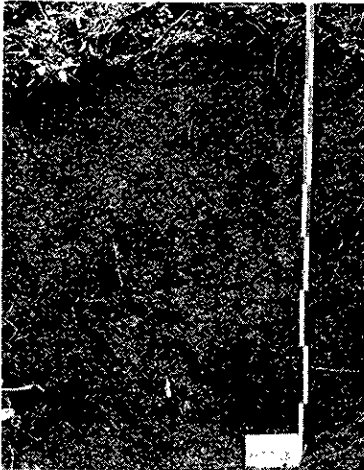


写真-15 北面調査 (下部右端)

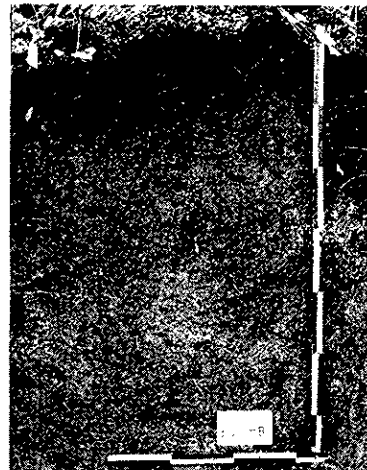


写真-16 北面調査 (上部右端)



写真-17 プロット② (散水中)



写真-18 プロット④ (散水中)

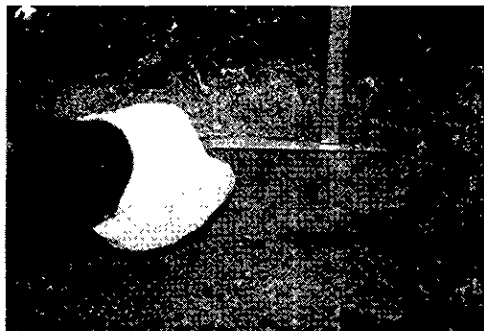


写真-19 浸透具合 (プロット②)



写真-20 浸透具合 (プロット④)



写真-21 プロット⑥散水中



写真-22 プロット⑦散水中



写真-23 浸透具合 (プロット⑥)

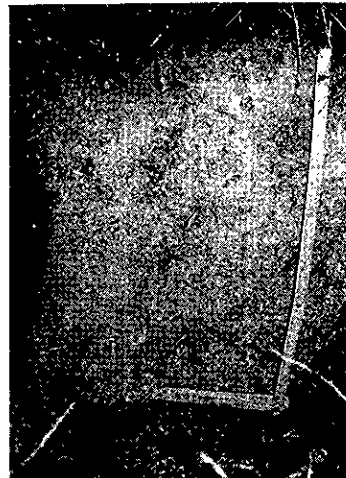


写真-24 浸透具合 (プロット⑦)

引用文献

- 1) 江崎次夫：林道のり面の保全に関する研究, 愛媛大農演報, No21, 116pp, 1984
- 2) 江崎次夫：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（Ⅲ）火災跡地の植生回復と浸透能の変化について, 98回日林論, 581～584, 1987
- 3) 古池末之：瀬戸内沿岸部のせき悪荒廃林地, 森林立地, 31～37, 1982
- 4) G. H. BOLT：土壌の化学, 57～105, 学会出版社, 東京, 1980
- 5) 波田善夫・谷野弘明：岡山県の山林火災, 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, No14, 69～93, 1998
- 6) 服部重昭：寡雨地域の森林における水収支, 日緑誌, VOL19, No 4, 296～302, 1994
- 7) 服部重昭・小林忠一：植生回復に伴うはげ山からの侵食土砂の経年変化, 水利科学, VOL35, 36pp, 1991
- 8) 服部重昭：植生回復に伴うはげ山からの侵食土砂の経年変化, 森総研関西支所年報 No35, 53pp, 1993
- 9) 服部重昭・阿部敏夫・小林忠一・玉井幸治：林床被覆がヒノキの侵食防止に及ぼす影響, A₀層の一部除去と降雨強度の影響, 日林関西支講, No40, 382～385, 1989
- 10) 本四連絡橋自然環境基金（編）：瀬戸内海地帯における植栽樹種の適応状況調査実施報告書, 30pp, 1994
- 11) 井上桂・白石純郎：禿山緑化試験Ⅱ玉野禿緒地の土壌侵蝕及び土砂流出量試験, 林試京都支業報 2, 315～326, 1953
- 12) 井上輝一郎：ヒノキ単純林における落葉および土砂の移動, 林試研報 343, 171～186, 1987
- 13) 石橋秀弘：林野火災跡地の侵食ポテンシャル, 97回日林論, 561～562, 1986
- 14) 川口武雄：禿緒地の土砂崩落, 森林治山試験語彙報 20, 29～35, 1944
- 15) 河田弘・小島敏郎：環境測定法Ⅳ, 共立出版, 東京, 190pp, 1980
- 16) 岸原信義・下村栄二・小川滋・松山礼太郎：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（Ⅰ）岩手・愛媛県林野火災の比較検討；97回日林論, 555～556, 1986
- 17) 岸原信義・下村栄二・小川滋・松山礼太郎：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, 97回日林論, 557～558, 1986
- 18) 小林滋・井上章二・江崎次夫・香川尚徳・岸原信義：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流出特性について, 97回日林論, 557～558, 1986
- 19) 小林忠一・玉井幸治・服部重昭・西山嘉寛：林野火災の延焼速度に関する実験研究—傾斜角と林床可燃物量の影響—, 日林誌, VOL73, 73～77, 1991
- 20) 小林忠一：はげ山における各種治山工の水保全効果, 林試研報, No300, 151～185, 1978
- 21) 倉敷の自然を守る会（編）：倉敷由加山系の自然, 61pp, 1951
- 22) 倉敷市立自然史博物館（編）：岡山の帰化植物, 45pp, 1987

- 23) 真島征夫・北原曜：治山工事の効果判定方法（Ⅱ）山腹緑化緑化工の山水実験による流出調査，98回日林論，579～580，1987
- 24) 光野千春：地学のガイド，コロナ社，東京，252pp，1982
- 25) 宮脇昭（編）：日本植物便覧，850pp，至分堂，東京，1978
- 26) 水永博巳：吉永町南部地域のヒノキの樹冠構造と生産力，岡山県林試研究報告，No.12，21～36，1995
- 27) 諸戸清一・真下育久：中部低山地帯の土壌（Ⅰ）理学的性質，森林立地，X X V(2)，10～15，1983
- 28) 中越信和：山火事と森林植生，日本植生誌，402～411，至文堂，東京，1983
- 29) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人：アカマツ輪の山火事跡地における植生回復Ⅰ，初期段階の種組成，構造及び現存量，広島大学総合科学部紀要Ⅳ6，69～113，1981
- 30) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人：アカマツ輪の山火事跡地における植生回復Ⅱ，落果種子の動態，広島大学総合科学部紀要Ⅳ，No.6，69～113，1981
- 31) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人：アカマツ輪の山火事跡地における植生回復Ⅲ，対象アカマツ輪，広島大学生物学会誌，VOL48，7～16，1982
- 32) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人：アカマツ輪の山火事跡地における植生回復Ⅳ，初期段階の埋土種子，広島大学総合科学部紀要Ⅳ，No.8，87～110，1983
- 33) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人：アカマツ輪の山火事跡地における植生回復Ⅴ，播種の影響について（主に牧草類），広島大学総合科学部紀要Ⅳ，No.8，11，1～126，1983
- 34) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人：アカマツ輪の山火事跡地における植生回復Ⅵ，地形の影響，播種の影響，広島大学総合科学部紀要Ⅳ，No.9，41～65，1984
- 35) 中根周歩・中川勝範・高橋史樹：アカマツ根の山火事枯死・腐朽に伴う引張強度の低下，日林誌65，155～165，1983
- 36) 中根周歩：環境攪乱と二次植生の定着・安定の意義，研究ジャーナルVOL10，No.6，10～15，1987
- 37) 中根周歩：山林大火跡地の変遷，環境科学，29pp，1983
- 38) 日本化学会（編）：土の化学，96～103，学会出版社，東京，1989
- 39) 日本気象協会岡山支部：岡山県気象年報，1980～1983，1985～1988，1994～1995
- 40) 日本気象協会岡山支部：岡山県気象月報，1991.1～1995.11
- 41) 西山嘉寛：山火事跡地の生長促進技術の確立，業務年報，No.34，39～41，1994
- 42) —：山火事跡地の生長促進技術の確立，業務年報，No.35，30～31，1995
- 43) —：山火事跡地の水流出特性（Ⅰ）—備前試験地における流出状況—，岡山県林業試験場研究報告，No.11，31～52，1993
- 44) —：山火事跡地の水流出特性（Ⅰ）—小流域における流量編化，日林関西支論3，189～193，1994
- 45) —（未発表）：ヒノキの樹形変異に関する研究，土壤養分からの一考察
- 46) 岡山県地域振興部自然保護課・本四連絡橋自然環境基金（編）：王子ヶ岳山頂集周辺山火事跡地

景観復元手法調査報告書, 33pp, 1995

- 47) 岡山県農林部治山課：岡山県火災の状況と対策, VOL20, 48pp, 1995
- 48) 岡山県農林部治山課：おかやまの治山, 57pp, 1990
- 49) 岡山県農林部：岡山県林業統計, 87pp, 1995
- 50) 岡山県林業試験場(編)：岡山県の林野土壌, 141pp, 1980
- 51) 大西智佳・波田善夫：荒廃地の植生と回復, 第42回日本生態学会大会講演集, 70pp, 1995
- 52) 太田圭一：岡山県における治山緑化の概要, 日緑誌, VOL19, No 4, 276~281, 1994
- 53) 小坂二郎ほか(編)：土壌の種類と施肥技術, 268pp, 農林出版, 東京, 1976
- 54) 林野庁監修：林業技術ハンドブック, 1022pp, 全国林業改良普及協会, 東京, 1990
- 55) ROTHERMER, R. C : A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. U S D A F O R. S e r v. P a p. I N T - 115 : 39pp, 1972
- 56) 佐々木正臣・東敏生・吉田分則・池田作太郎・岡田剛：山火事跡地復旧試験, 広島県林試研報 17, 25~65, 19
- 57) 芝本武夫：森林に土壌と肥培, 142pp, 農林出版, 東京, 1977
- 58) 鈴木雅一・福嶋義宏：風化花崗岩山地における裸地と森林の土砂生産量, 水利科学 190, 89~100, 1989
- 59) 高橋和成ほか編：岡山県南地方の山火事跡地における植生回復過程と二次遷移の解析, 岡山の生物教育, 36~63, 1992
- 60) 玉野市：林野火災被害報告書, 1995
- 61) 高井康雄・三好洋：土壌通論, 229pp, 朝倉出版, 東京, 1977
- 62) 竹内信治：散水型斜面浸透計の試作, 日林誌 58, 407~409, 1976
- 63) 津田智：林野火災跡地の植生, 瀬戸内地方における夏季の火事, 第42回日本生態学会大会講演集 50pp, 1995
- 64) WHISCHMEIER, W. H : Use and Misuse of the universal soil equation, J. Soil & Water Cons., No.31, 5~9, 1976