

# 田上山における 植生の生育と衰退に 関する一考察

安田 勇次 やすだ ゆうじ

(財)砂防・地すべり技術センター 砂防部課長代理

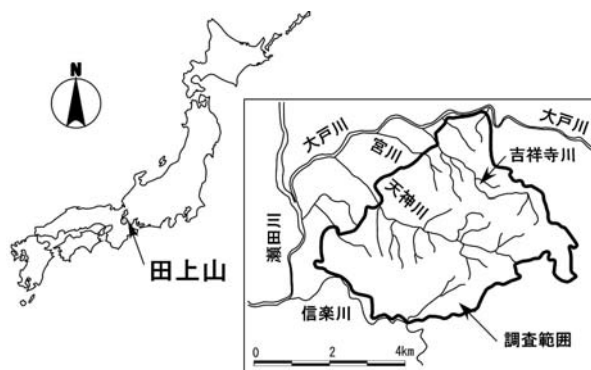
## 1 はじめに

山腹工は、荒廃山地における土砂生産を抑制するために用いられてきた砂防工法のひとつで、その原形は文化文政(1800年代の初め)<sup>★1</sup>とされている。現在の山腹工は、山腹基礎工と山腹緑化工に大別され、降雨時の雨滴による地表面の侵食や土砂流出を防止し、崩壊地や禿しゃ地の緑化に有効な工法として活用されている。滋賀県湖南地域に位置する田上山地域(以下、田上山と略す)における山腹工は、1878(明治11)年に内務省の直轄砂防事業として開始され、現在に至るまで継続的に実施されてきた。

筆者らは田上山の山腹工施工地において、緑化工施工後の植生の生育状況及び植栽工により植栽された植生の変遷を調査した。その結果、再び裸地に移行した箇所、初期導入樹種がそのまま成長している箇所、まったく別の植生に変わった箇所など、多様な様相を呈していることが確認された。田上山の山腹工施工地では、一度の緑化工施工により緑が復元されて土砂生産を抑制するという目的が達成される場所は少なく、多くの場所で複数回の緑化工施工や保育A・B工の開発、施工が実施されている。

既往の研究では、植栽工による植生の生育と衰退の原因について、①頂部斜面の風衝地では山腹工施工後100年経過後も土壌層、水分条件の影響から植物が矮生化し、植生遷移の進まないこと<sup>★2</sup>、②山腹基礎工(1878～1945年)を伴う山腹工の施工のみでは30°以上の斜面において、森林が再び荒廃斜面に移行する傾向にある<sup>★3</sup>などの指摘がある。筆者らは山腹工施工地において、土壌水分観測などを実施し、田上山における植生の生育と衰退の原因について考察を試みた。

図-1 田上山周辺位置図



## 2 田上山の山腹工

### (1)概要

田上山は、図-1に示すように滋賀県琵琶湖の南に位置し、天神川、宮川、吉祥寺川及び草津川滝ヶ谷流域が含まれる地域を指す名称である。田上山は、古くからの山林の乱伐や山火事などにより山地が荒廃していた。田上山における山林伐採の最古の記録は奈良時代にさかのぼる<sup>★4</sup>。田上山周辺の溪流から流出した土砂は、大戸川に流入し瀬田川との合流部付近では、堆積土砂による河床上昇が生じていた<sup>★5</sup>。さらに瀬田川の下流域の淀川では、舟運に影響を与え、治水面では降雨のたびに堤防の破堤などの洪水氾濫を生じさせてきた。特に、1868(明治元)年に発生した大洪水は、淀川流域に甚大な被害をもたらした。

### (2)施工状況

1878年に開始された田上山の山腹工は、連東藁網工、棚連東藁網工や土留工により、禿しゃ地の土砂移動を防止し植栽を行い、えん堤工により土砂の流出抑制と山脚固定を行っていた。田上山の山腹工の標準的な施工方法である積苗工は、1880年より実施され、これまでに多くの改良がなされ現在に至っている。田上山独特の工法である保育工は、昭和30年代の試験施工を経て昭和40年代から行われている工法で、植栽木であるクロマツの生育を促す保育A工と植生の生育基盤を改良する保育B工がある。

山腹工の施工は、1878年以降、流域の下流から徐々に上流に向かって実施されている(図-2)。しかし、1度の施工で緑の復元がなされず、多いところでは5～6回も植栽が繰り返し実施されている(図-3)。現在でも、未だに植生の生育が不良な個所や、一度植栽がなされても

再び裸地に戻る危険性の高い箇所もみうけられる。言い換えれば、六甲山地などの他の地域と比較して、田上山は植生の生育には劣悪な環境を有しているといえる。

### (3) 裸地面積の変遷と植生状況

山腹工の実施による裸地面積の変遷について、明治初頭に調査された裸地の分布図<sup>★6</sup>、及び1945、1950、1965、1998年の4時期に撮影された空中写真の判読結果から整理したものを図-4に示す。ここで、裸地とは樹冠疎密度(植生の樹冠がどの程度地表面を覆っているかを割合で表したものが10%未満の土地及び禿しゃ地としている。図-4に示す通り、明治の初めに9km<sup>2</sup>(全域15km<sup>2</sup>に占める割合60%)もあった裸地は1945年には5km<sup>2</sup>なり、近年では1km<sup>2</sup>未満にまで減少している。樹冠疎密度は、1964年ごろには約50%であったものが近年では65%になっている。

## 3 山腹工施工地での植生の生育と衰退

植栽工に用いられる樹種は、田上山に限らず一般にマツ(クロマツ、アカマツ)が用いられている。これは裸地などの植物が生育していないところにマツが侵入していたことや、裸地におけるマツの発芽率がよいことから、経験的にマツが用いられるようになっていったものと考えられる。マツの特性について既往文献<sup>★7</sup>では以下のように示されている。

- ①タネの生産が豊富
- ②タネは羽をもっていて、遠方まで飛ぶことが可能
- ③気候の変化に対して、強い適応力
- ④地味に対する要求度が低く、瘦地にも耐える
- ⑤陽樹であって乾燥地においても成育がはやく、他の植物を圧倒して優勢となりうる

これらマツの特性は他の植生に比べ、生育環境が劣悪な場所でもマツは生育が可能であることを示している。植生の生育状況を決定する因子として、光、温度や水分などの気候的環境と土壌的環境が挙げられる。土壌的環境とは、根による水・養分の吸収と土壌の物理性(深さ、透水性等)や化学性(チッ素、リン酸等)である。田上山の植生の生育と衰退は、それら因子が複雑に関与していることが考えられる。ここでは、それぞれの因子が植生の生育と衰退にどのような影響を与えているのかについて、地形、土壌及び水分環境の視点から検討を

図-2 初期施工図

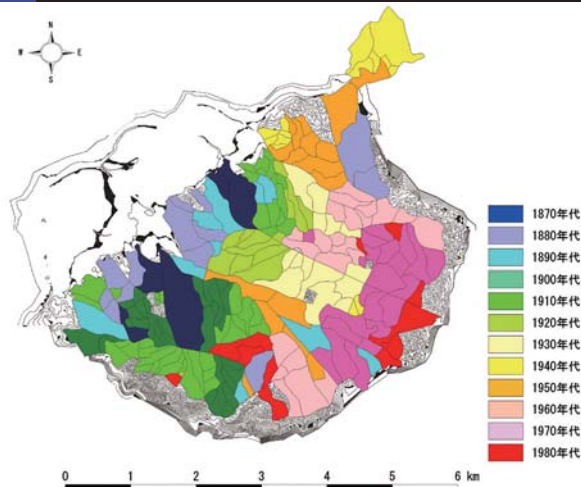


図-3 施工回数

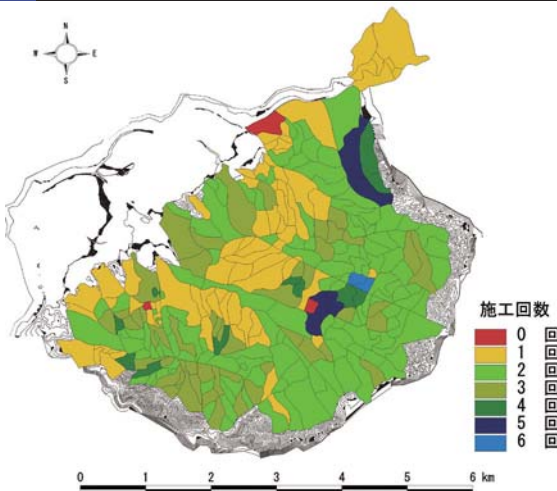
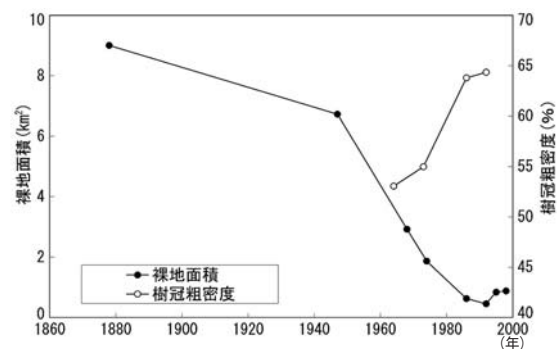


図-4 裸地面積と植生率の変遷



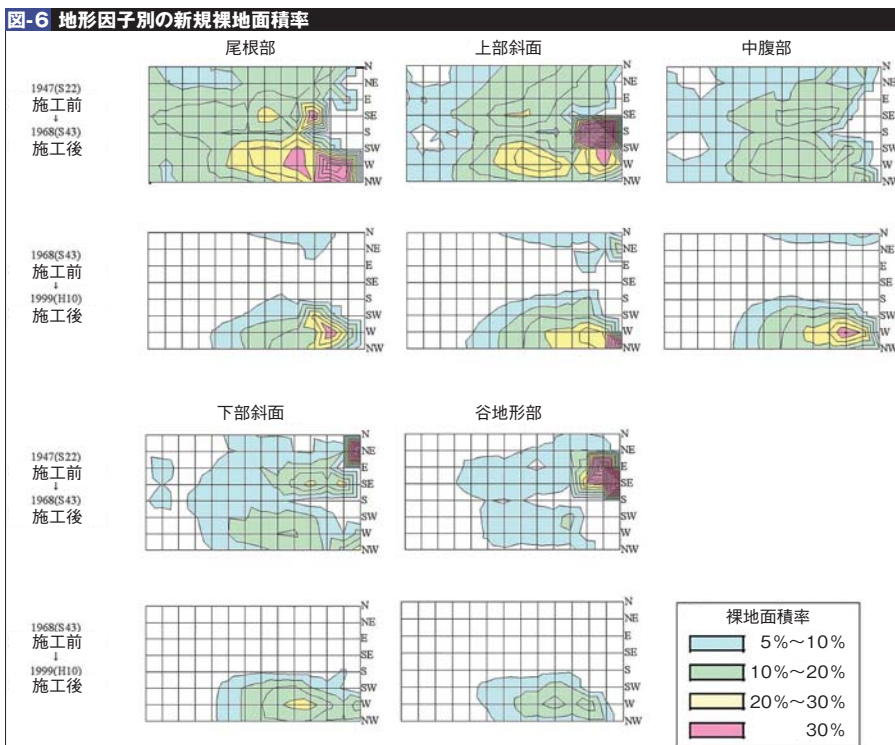
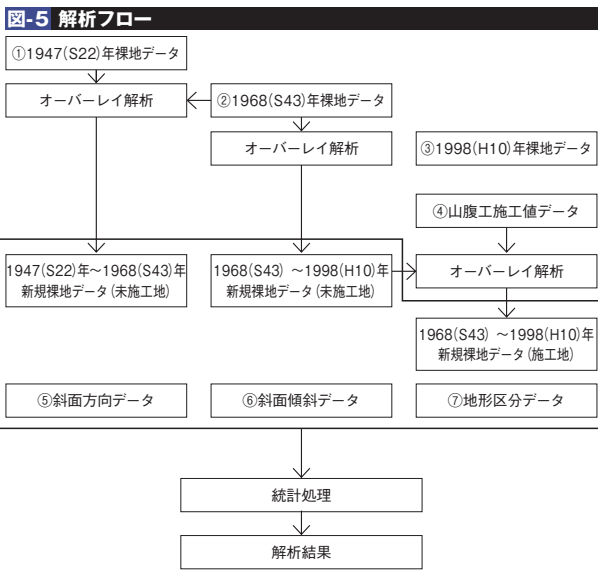
行った。

### 3-1 地形条件

田上山において、斜面方向、斜面傾斜角、地形区分と植生衰退との関係について検討した。ここで斜面方向は8方向とし、斜面傾斜角は0~70度の範囲を5度づ

つ14階級に、地形区分は尾根部、上、中、下部斜面及び、谷部の5区分とした。また植生衰退の実態については、1947、1968及び、1998年の裸地分布データを基に、**図-5**に示した解析フローに従って解析を行った。

抽出した新規裸地面積は、1947～1968年の山腹工未施工地で0.7km<sup>2</sup>、1968～1999年の未施工地で0.5km<sup>2</sup>である。なお1947～1968年の期間に施工された山腹工は、そのほとんどが山腹基礎工のみであったことから、1967年以降に実施された保育工A、保育工Bと区別するため、未施工地扱いとしている。**図-6**に地形因子別の新規裸地面積



地面積率を示す。

1947年～1968年及び1968年～1999年の2期間で分析した結果、裸地化する斜面は尾根部の急勾配で西向きの斜面、上部斜面の急勾配で南から西向きの斜面に多く見られる傾向がある。また1968年以前と以降では、1968年以降のほうが裸地化する割合が大きく減少している。これは山腹工の施工年代や施工方法によるものと考えられる。1947～1968年の期間に新たに裸地化した斜面は戦前の施工地であり、戦後の施工方法と異なり再荒廃を生じやすかったのではないかと考えられる。保育工や斜面被覆工は1965年以降の施工方法である。また、大面積で裸地が存在した戦前に比べ、戦後は砂防事業の進捗もあり大面積の裸地が減少し、裸地そのものは存在するがその規模がかなり小さくなっている。そのため、周辺環境が改善され、再荒廃を生じにくくなったことも考えられる。なお、**図-6**において下部斜面及び谷地形の個所に急勾配なデータが存在する。これは本解析メッシュサイズが2×2mで行っているために、露岩地の小起伏を抽出してしまったものと考えられる。また、その地点の裸地面積率が高くなっている原因は、裸地面積率は地形ごとに区分されたデータの全個数に対する比率で算出しているため生じたものと考えられる。よって、本解析にはこの結果は評価していない。

### 3-2 土壌・地質

#### (1) 地質

田上山の地質は、主に田上山崗岩と呼ばれる山陽帯花崗岩で構成され、田上山周辺は深層風化が著しく、マサ状を呈したセキ悪地となっている。土壌の形成及び性質は、基岩である花崗岩の性質によるところが大きいことから田上山と同様に山腹工を実施し、一度の植栽のみで緑の復元のなされた信楽(滋賀県)、栗太(滋賀県)、六甲(兵庫県)及び島田川流域(山口県)の4地域で岩石の成分を分析した。その結果を**図-7**に示す。分析結果から栗東と六甲の各1箇所を除き、これら地域の岩石はSiO<sub>2</sub>を多く

含有するアルカリ花崗岩に分類される。田上山及び鳥田川流域のサンプルは石英を若干多く含むが、信楽のサンプルは石英より長石の含有量が多い傾向を示している。このことは若干ではあるが、長石を多く含む信楽地域のほうが、土壌化がされやすい傾向にあるものと理解できる。しかし田上山の岩石は、岩石の成分組成の観点では他の地域の岩石と大きな違いは認められない結果となった。

## (2) 土壌

山腹工の施工年代ごとに調査地点を選定しピット掘りを実施し、土壌(特にA<sub>0</sub>層の形成)状況を調査した。A<sub>0</sub>層は裸地面に対して地表を覆うことで表面侵食を防止するとともに、植物の生育に必要な水分を下層に供給したり有機物の分解を通して養分の補給をする役目を有している。また土壌を形成していく重要な役割も持っている。このA<sub>0</sub>層は植栽木からの落枝・落葉により形成されるもので、植栽からの年数が経過するに従って一般的には落枝・落葉の供給量が増加し、A<sub>0</sub>層の層厚も増加すると考えられる。現地調査結果は表-1に示したとおりである。

落枝・落葉による地表面の被覆状況は、植栽工後10年程度で被覆率は50%程度となり、20年以上経過すると被覆率は100%になっている。ただし、時間の経過とともに植栽木が衰退して再び裸地化した場所も調査区域内に見受けられ、このようなところでは地表の被覆率も低下している。落葉・落枝の供給量(風乾重量)は、植栽から年数が経過するに従って累加供給量が増加する傾向にある。

土壌層の発達という視点からみるとA<sub>0</sub>層の他に基岩(花崗岩)(R)をベースにその上にA・B層の母材となるC層、褐色で

有機物がやや少ないB層、暗褐色で有機物に富むA層が考えられるが調査地点での土壌の層位区分は表-2のとおりである。表-2に示したようにA層、B層がA<sub>0</sub>層の下に形成され、褐色森林土壌型に到達している個所は施工後40年以上を経過した地点のみで、施工後30年程度

図-7 QAP三角図への投影

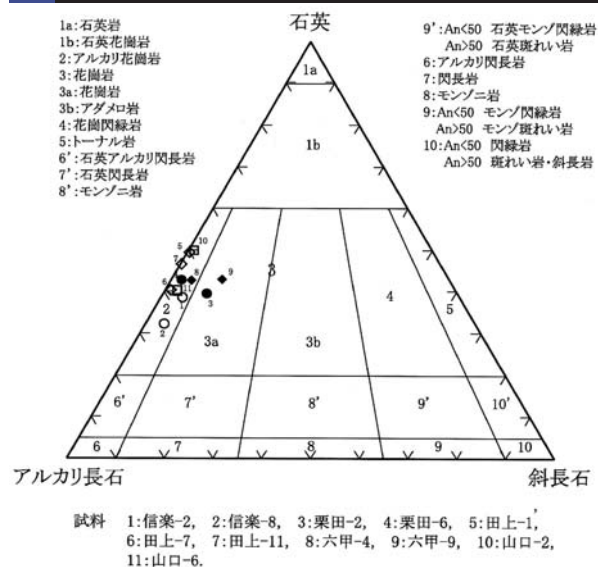


表-1 植生調査個所一覧

調査地	A <sub>0</sub> 層の厚さ (cm)			被覆率 %	風乾重量 t/ha	A <sub>0</sub> 層を構成する主な樹種	
	L層	F層	H層				
H11 (1年経過)	上部	<1	—	—	10%前後	0.56	ヒメヤシャブシ、メリケンカルカヤ、クロマツ
	下部	<1	—	—	<2	0.03	ヒメヤシャブシ、メリケンカルカヤ、クロマツ
H2 (10年経過)	上部	1~2	—	—	50前後	2.84	クロマツ、その他
	下部	1~2	—	—	50前後	6.40	クロマツ、その他
S55 (20年経過)	上部	3	FH層 2~10 cm		100	13.78	アカマツ、ソヨゴ、ミヤコザサ、コナラ、ヒメヤシャブシ、コバノミツバツツジ等
	下部	3~5	FH層2~8cm		100	16.48	アカマツ、ミヤコザサ、コナラ、ヒメヤシャブシ、コバノミツバツツジ等
S45 (30年経過)	上部	2~3	1~2	2~4	100	26.66	アカマツ、リョウブ、ヒメヤシャブシ、コナラ、ミヤコザサ、コバノミツバツツジ等
	下部	2~3	2	1	100	22.87	アカマツ、リョウブ、ヒメヤシャブシ、コナラ、コバノミツバツツジ等
S35 (40年経過)	上部	3~5	2	1~2	100	34.75	アカマツ、ソヨゴ、コナラ、コバノミツバツツジ等
	下部	3	1~2	1~2	100	15.28	アカマツ、コナラ、コバノミツバツツジ等
S25 (50年経過)	上部	2~3	3~4	+~1	100	37.26	ソヨゴ、ウラジロ、コナラ、コバノミツバツツジ等
	下部	2~3	2	+	100	33.80	コナラ、タカノツメ、ソヨゴ、アカマツ、イヌツゲ等

表-2 山腹工施工後の土壌構造

No.	施工経過年数	斜面位置	土壌層位の形成	A・B・C層の分化	土壌型
1	1年(平成11年)	斜面上部	C層—R層	×	未熟土
2	1年(平成11年)	斜面下部	C層—R層	×	
3	10年(平成2年)	斜面上部	C層—C2層—R層	×	
4	10年(平成2年)	斜面下部	C層—C2層—R層	×	
5	20年(昭和55年)	斜面上部	A層—AC層—R層	×	
6	20年(昭和55年)	斜面下部	AC層—R層	×	
7	30年(昭和45年)	斜面上部	AC層—C層—C2層—R層	×	
8	30年(昭和45年)	斜面下部	AC層—C層—C2層—R層	×	
9	40年(昭和35年)	斜面上部	A層—B層—C1層—C2層	○	乾性褐色森林土
10	40年(昭和35年)	斜面下部	A層—B層—C層—2C層—2C2層—2C3層	○	
11	50年(昭和25年)	斜面上部	A層—B層—2C層—R層	○	
12	50年(昭和25年)	斜面下部	A層—AB層—B層—BC層—C層	○	

図-8 山腹工施工地における土壌断面図

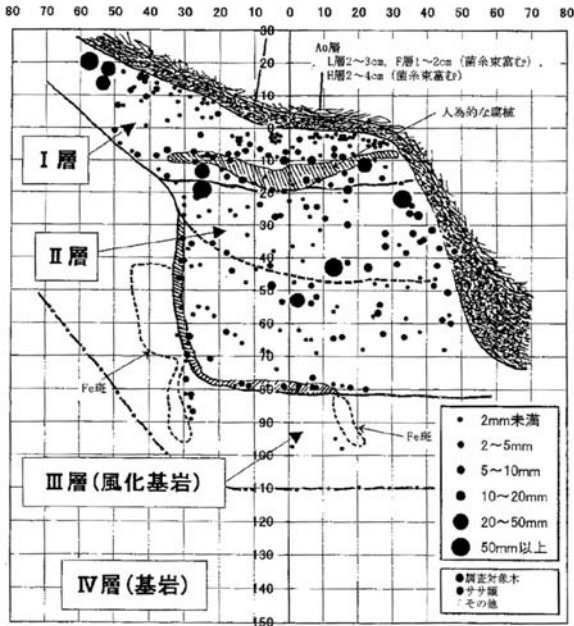


図-9 施工後20年の土壌断面図

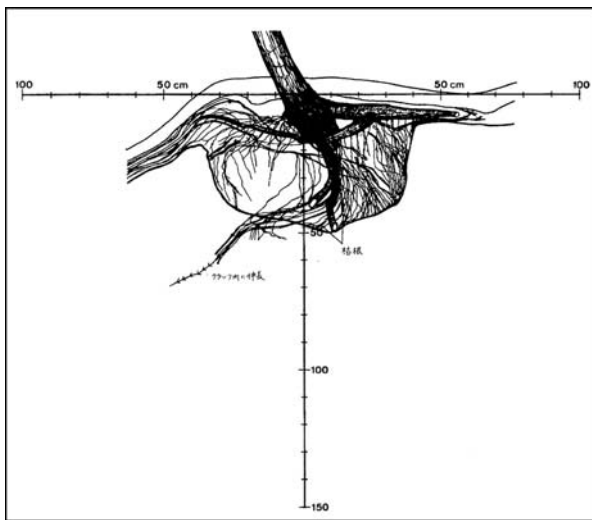
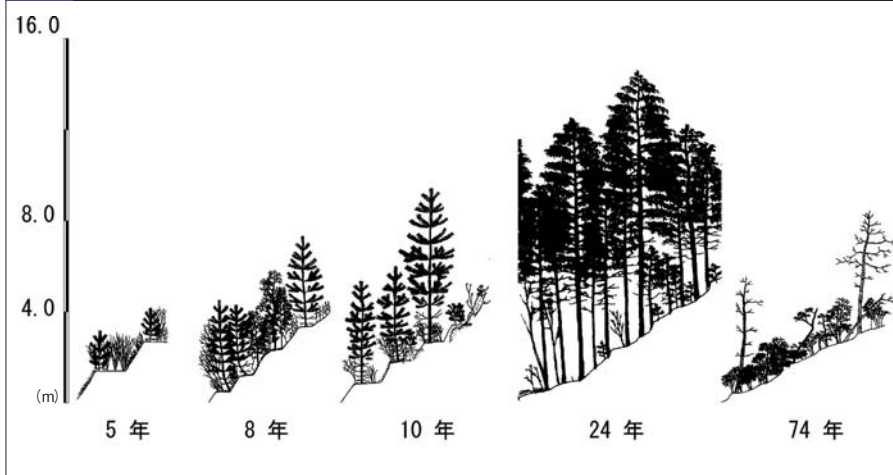


図-10 山腹工施工後の断面形状



までの調査地では、A層やB層がほとんどみられない未熟土となっている(図-8に土壌断面図を示した)。一方、図-9に植栽工施工後20年を経過した調査地点のクロマツの根系を示したが、生育空間の大きさから20年程度経過すると、クロマツの根系は十分な生長ができない状況が確認できる。

山腹工の施工後、植栽木の成長に伴い地表に供給された落葉・落枝によりA<sub>0</sub>層が確実に形成されていく。概ね20年を経過するとA<sub>0</sub>層は確実に形成されていると判断できる。さらにそのA<sub>0</sub>層の形成に伴って土壌が形成され、施工後40年を経過するとA層が形成される状態に至っている。しかし調査地点によっては植生の生育に必要な地下空間(有効な土壌層)が樹木の生長に見合った空間として確保できず根系の成長を阻害している施工地も見うけられた。このことは植栽木が衰退する原因の一つとして、樹木の大きさに見合った地下空間が確保されていないことが考えられる。

### (3) 生育空間の形成と形状の変化

田上山の山腹工では、植生の生育空間形成がいくつもの方法で実施されている。たとえば、現在しっかりと階段工の形状を保っているところは、ほとんどが割石や雑石などの石積工が施工されたところで、一般的に積苗工や筋工が施工されたところはその形状が変化している。そこで施工年度の異なるいくつかの山腹工施工地についてその形状の変化を調査した。調査地点の山腹工の形状を図-10に示した。図-10において施工後5年では植栽木のクロマツやヒメヤシャブシも樹高2m以下と小さいが階段工はしっかり形状が残っている。施工後8年になると植栽木の生長(クロマツで約4m)も

みられるが、階段工は若干の変化があるものの、ほぼ形状をとどめている。施工後10年では植栽木のクロマツが約8mと生長しているが、階段工は比較的しっかり形状がとどまっている。施工後24年になると、階段工の形状は若干崩れ始めていて、平坦部が上部からの土砂で傾斜をもつようになり、植栽木もクロマツからヒノキ、アカマツに変わっている。施工後74年では階段工はほとんど形状をとどめず、

同様斜面に戻っている。植栽木もクロマツから変わったアカマツが枯死していて、コバノミツバツツジが優先木となっている。これらの結果から生育空間の形状が比較的安定している期間、山腹工施工後約10~20年の間は生育空間での根系の発達や菌根菌の着生で植栽木のクロマツが生育する。しかし階段工が崩れ始める25年以後では、クロマツからアカマツに優先木が変わり、場所によってはさらにアカマツが枯死して、コバツミツバツツジに変わっている場所がある。時間の経過とともに生育空間の形状が変化し、ついには元の傾斜角に近い形状へと戻っていくものと考えられる。

### 3-3 土壌水分環境

#### (1) 降水量

佐藤<sup>8</sup><sup>9</sup>によるとアカマツ林の夏半年(5~10月)の蒸発散量は約500mm~600mmとなり、スギ林の約900mm、ヒノキ林の約700mmに比較して水分消費量は少ない。田上山の位置する大津市の1979年~2000年の22年間における月別平均降水量の5月~10月期は、1084.9mmであり、平年では水分環境には問題がない。しかし雨の少ない年の平均値は700.6mm、かなり少ない年の平均値は435.6mmとなっていて、降水量を100%活用しても大津周辺の気候では、スギやヒノキ林では厳しい水分状況となっている。またマツにとっては平均的にみれば、ほぼ最小限の水分の確保が可能となるが、場所によって特に蒸発量の多いところや水分が地中に浸透しづらいたころでは、耐乾性のマツといえども生死に関するような厳しい条件の場所となっていると推測される。

#### (2) 土壌水分調査

筆者らは、田上山における土中水分量がどのような状態であるのかを把握するために、2000年8月から2002年3月までの期間、土壌水分観測を実施した。土中水分量の把握にはTDR土中水分計を用い、地表面より基岩までの土層を3分割する位置に概ね5cm、15cm及び40cmの深度に設置し、体積水分率を計測した。なお、裸地斜面は風化土層厚が10cm程度であるため、5cm深度で2箇所設置した。調査結果を図-11に示した。図-11には参考として、土壌水分の保持力の指標であるpF値を付加した。ここでpF1.8は有効水分としての毛管水で保持する最大の値であり、pF4.2は永久シオレ点(pF3.8は初期シオレ点)として示されるものである。すなわち、pF値でいえばpF1.8~4.2の間に土壌水分値がある土壌

は植物にとって水分を吸収しやすい土壌といえる。

裸地斜面での観測結果(No.1及びNo.2地点)では、降雨に対し敏感に反応しているが、無降雨期間ではpF値3以上となり、植物が利用できる水分環境としては厳しい状態にあることがわかる。No.3地点は概ね15年生のクロマツ林で、この地点での土壌水分の挙動は、地表面付近は裸地斜面と同様に降雨に敏感に反応している。しかし25cm深では、10mm以上の降雨に反応し緩やかに土壌水分が減少していく傾向が認められる。また、表層部は永久シオレ点以下となるのに対し、25cm深(基岩付近)ではpF値4.2を上回ることはない。No.4、5、6地点は樹林地の土壌水分を計測した結果である。No.4地点から斜面上部、中部、斜面下部の計測結果である。斜面下方にいくに従い、土壌水分も高い状態で推移している。また、樹林地においてはA<sub>0</sub>層中の水分状態も計測した。尾根部(斜面上部)では、A<sub>0</sub>層は非常に乾燥しており、pF値4.2を下回ることはほとんどない。これはA<sub>0</sub>層とA層の間に菌糸網層が発達しており、それらによる撥水作用によるものと考えられる。長期的な土壌水分観測の結果、以下の事項が判明した。

- ①裸地では土壌水分がpF値4.2を超えることはなく、最小限の利用可能な水分状態にあると考えられるが、植物の生育環境としてはかなり厳しい状態であるとされる。
- ②尾根部(斜面上部)の樹林地が最も水分環境が劣悪で、pF値4.2を上回る状態が頻繁に出現する。
- ③樹林地における尾根部から下部斜面に至る縦断的な土壌水分の分布では、斜面下部の土壌水分はpF値3.0を上回ることがなく、植生の生育条件としては問題ないが、斜面上方に向かうに従い土壌水分環境が悪くなっていることが確認された。

植生の生育環境には土壌水分に加え、気温の条件も大きく影響していると考えられる。たとえばアカマツの最適発芽温度が20~30℃<sup>10</sup>であることから、適度な温度と水分が植生に生育には不可欠である。そこで、土壌水分観測と同時に地表面温度も計測した。図-12に田上山で計測した地表面温度の分布を示した。アカマツ林が形成されている個所(No.4)では、地表面温度は8月でも25℃に達する程度であるが、裸地(No.1)では40~50℃に達しており、より地表面の条件は植物の発芽にとって厳しいものとなっている。

また斜面方位に関しては、東向き斜面と西向き斜面

において、土壌水分環境が異なることが明らかとなった。

図-11中のNo.7及び8がその調査結果である。両地点は尾根を挟んで同標高に位置する斜面で、斜面方向以外の地形的・地質的な要素はほぼ等しいといえる。しかし結果は、No.8の西向き斜面は、東向き斜面に比べ、乾燥していることがわかった。

## 4 考察

これまでの調査で明らかとなった事項を整理すると以下のとおりである。

①田上山の山腹工施工地は、施工後再度荒廃する個所が多く見られる。再荒廃する個所は主に斜面勾配が

25度以上で南から西向きの斜面に多い傾向がある。また近年再荒廃する割合が低下してきているのは、施工方法の改良や大規模な禿しゃ地が減少し、施工地の微気候が変化したことが考えられる。

②田上山で禿しゃ地が分布する地域は花崗岩を基岩とする地域である。これら花崗岩の鉱物組成という点では信楽・栗太・六甲及び島田川の花崗岩と大きな違いが認められないが、田上山の花崗岩は石英質を多く含み、信楽地域では長石の含有量が多いことから、土壌化する程度に若干の違いがあるものと考えられる。

③田上山の山腹工施工地では、施工後概ね20年を経過するとA0層（腐食層）が形成され、40年を経過すると明瞭なA層が確認されることから、褐色森林土壌型の

図-11 土壌水分計測結果(2002.6.1~8.31)

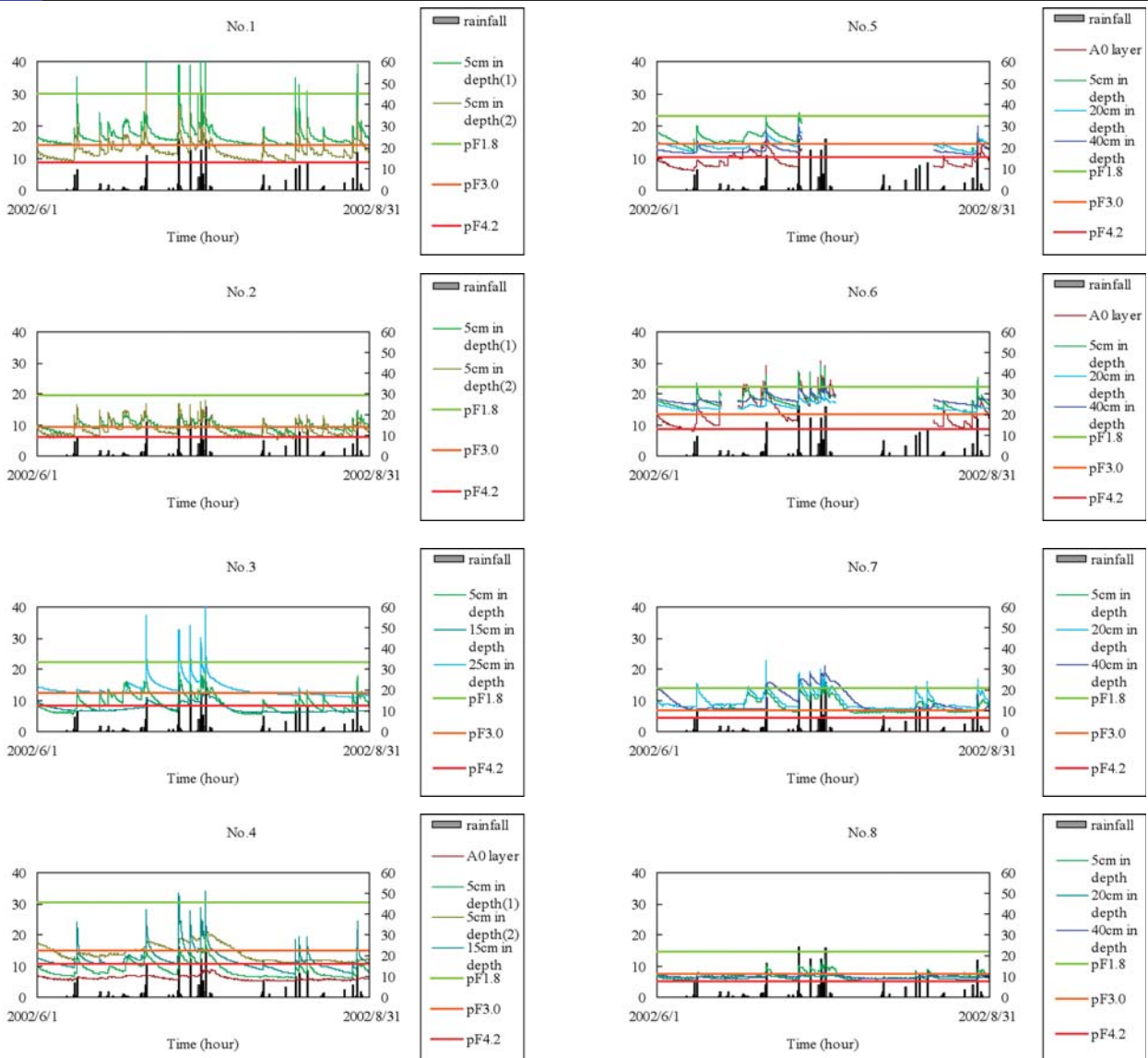
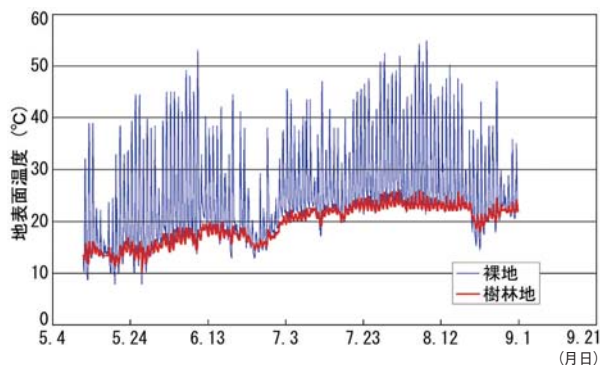


図-12 裸地と樹林地の地表面温度の違い



土壤が形成されるのは施工後40年以上を要する。

- ④施工地における表層土層厚は、場所により異なるがクロマツの根系の生育に十分な地下空間を有していない個所が見受けられる。
- ⑤田上山における土壤水分状態は植物の生育できる限界付近の値で推移している。
- ⑥田上山の裸地は土壤水分状態が劣悪であることに加え、地表面温度も50℃に達することがあり気温の日格差が大きく、蒸発という点からも植生の生育には過酷な条件下である。
- ⑦日照等により斜面の方向で土壤水分状態が異なる。東向き斜面に比べ西向き斜面の土壤水分状態は劣悪である。

これらの事実から、田上山における植生の生育と衰退の原因について考察を行う。

田上山はそのほとんどが禿しゃ地という植生にとって劣悪な環境であったことから、クロマツなどの先駆樹種を植栽し植生の復元を図ると同時に、土砂生産・流出の軽減を図ってきた。その過程において、植栽地が再度禿しゃ地に移行することがたびたびあった。この原因は、植生が有効に利用できる水分の不足と植生の生育に必要な地下空間の不足が大きな原因であると考えられる。田上山の積苗工等は禿しゃ地を尾根部から斜面下方に向かって水平に法切り工を行い、階段状に整形し掘削時に発生した土砂を段切した小段に盛り、「ハチ」と呼ばれる植生基盤を造成する（底幅80cm×高さ70cm）。施工直後はこのハチで十分な生育基盤があるが年数が経過すると、ハチが崩れることで根系を十分に生育させ、水分・養分を吸収するための地下空間が不足する。そのため、植生の生育に十分な水分を確保できず、植栽木が枯死するなどして、荒廃地に移行するものと考えられる。斜面勾配が急な施工地に再荒廃する個所が多いのは、

降雨などで地表面が侵食されハチが崩れやすく、西向き斜面等の日照の影響を強く受ける個所では水分の蒸発が多く、より水分状態が悪いことが植生の後退の原因であると考えられる。

## 5 おわりに

本論文では田上山の山腹工の歴史を整理し、山腹工の施工と再荒廃の原因について、地形・地質及び土壤水分環境に着目し検討を行った。その結果、山腹工施工後のハチの変形による地下空間の不足による土壤水分不足が植生の衰退の原因であることを示した。この傾向は、急勾配斜面や日照の影響を強く受ける南から西向き斜面で顕在化する。また、植生の生育に伴った地下空間が確保されていないため、植栽後20年を経過すると植栽木は衰退することが示された。このことから、初期施工時に植生基盤であるハチを深く施工することや施工後概ね20年を経過した時点で根系の発育状況を調査するなどし、生育基盤を改善することが必要であると考えられる。

田上山における山腹工は120年という長い年月の間、これまで延々と行われてきた。その継続的な事業の実施と調査・研究により、今日、山腹工の効果について定量的な考察を行える段階にあると考えられる。この場を借りて、田上山の山腹工に携わった方々の労に敬意を表するとともに感謝の意を表したい。

### ★参考文献

- 1 池谷浩ほか(2001):現場技術者のための砂防・地すべり・がけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック、山海堂、p.62-65
- 2 細川秀一・岡崎慎一・吉野睦・鈴木玲治(1997):瀬田川砂防管内の植栽地における植生及び土壤の回復状況、新砂防、第50巻第4号、p.30-34
- 3 木本秋津・水山高久・岡野和行・日下慎二(2001):空中写真と数値地形モデルを用いた田上山地における荒廃地の推移、新砂防、第54巻第3号、p.14-22
- 4 社団法人全国治水砂防協会(1981):日本砂防史、p.749-750
- 5 社団法人全国治水砂防協会(1981):日本砂防史、p.750-751
- 6 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所(1998):瀬田川砂防のあゆみ、p.393-404
- 7 佐藤敬二(1962):日本のマツ第2巻天然更新編、(社)全国林業改良普及協会、p.35-39
- 8 佐藤大七郎(1956):スギ、ヒノキ、アカマツのまきつけ床の耐乾性とくに樹種の違いについて、東大演習林報、51
- 9 佐藤大七郎(1958):森林の蒸散量、科学(28)、4
- 10 浅川澄彦ほか(1981):日本の樹木種子(針葉樹編)、(社)林業育種協会、p.65-76種協会、p.65~76