

# 土砂災害の変遷に 与える植生変化の 影響

鈴木 雅一

すずき まさかず

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授



## 1 | はじめに

地球温暖化がもたらす気候と気象の変化について広く関心もたれ、将来を見通した脱炭素社会のあり方の議論が始まっている。そして温暖化がもたらす異常気象で、強い降雨が頻発し、土砂災害の激甚化が憂慮されるようになった。今後、土砂災害はどのような推移を示すのか、地球温暖化の影響とともに、この数十年ですでに大きく変貌してきた日本の森林と土砂災害の実態をふまえた検討が必要である。

明治時代の前半に日本の森林は各地で荒廃しており、明治30年前後の河川法、森林法、砂防法のいわゆる治水三法が成立している。また、戦前から戦中の森林荒廃を経た後、化石燃料や化学肥料の使用が一般化し、森林の利用形態が変化するなかで、ハゲ山や荒廃山地が次第に回復し、土砂災害の形態が変わっていった。このように時代と共に森林の状態と土砂災害とが深く結びついて変化していることは、古くから知られる。そして、森林の変化と土砂災害形態の変化について見通しよく整理した代表的な文献として、塚本(2006)があげられる。

近年になって、1980年代にも土砂災害発生に変化があったとしばしば指摘されるようになった。

筆者の個人的な経験として、1970年代半ばに砂防に関わる研究室に所属し砂防学の教育を受けたが、1980年代の後半になって、毎年の土砂災害の発生状況が大学院生の頃に見聞きしたものと何かしら変わったのではないかという印象をもった。1980年代後半は1970年代にくらべて土砂災害の激甚さが低下したように思われたのである。この時点では単なる印象にすぎなかったが、その後1990年代に入ると砂防関係の研究者の間で、「最近土砂災害が変わってきた」ことが言い交わされるようになった。次第に、「多発型の斜面崩壊が少なくなった」とか「表層崩壊が減って深層崩壊が目立つようになった」などと語られるようになっていった。毎年の災害に関心をもっている専門家は、ほぼ同様の認識であったと思われる。しかし、この時期の森林にどのような変化が生じていたのかについて、必ずしも情報が共有されていない。

そこで、本稿では1980年代に変わったとされる土砂災害の変化と森林の変化に関係する統計記録を示して、土砂災害の変遷に与える植生変化の影響について説明を試みる。

図-1 自然災害・気象災害と土砂災害による死者・行方不明者数の経年的動向

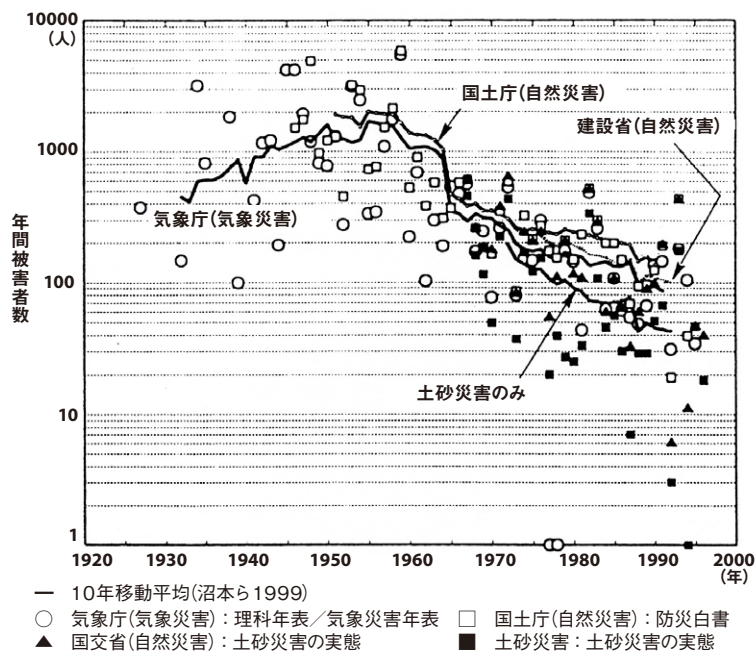
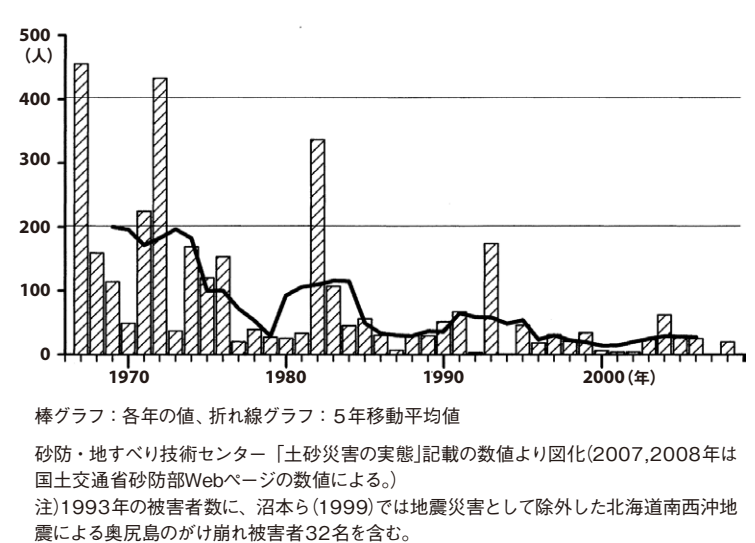


図-2 土砂災害による死者・行方不明者数の経年的動向(1967年~2008年)



## 2 | 土砂災害の長期的な変化傾向

1990年代に普遍的となった、「最近、土砂災害が変わってきた」という印象がどこから来ているのかを客観的に知りたいと考えて、当時大学院生だった沼本晋也氏(三重大学)らと災害被害者数変化の研究を行った。災害史、消防白書、防災白書など既往資料を様々に参照したが、最も頼りにしたのは、砂防・地すべり技術センターが毎年刊行する「土砂災害の実態」であった。

図-1は沼本ら(1999)に示した図で、1950年以降1996

年まで自然災害、気象災害と土砂災害被害者数(死者と行方不明者)の長期的推移は単調な減少傾向であることが読み取れる。この論文では、突発的に大規模被害が生ずる地震災害の扱い(地震による土砂災害被害と、建物倒壊による被害を区別する)など長期動向を読み取るうえでの検討も加えた。また、年により大きく変動する数値を扱うので10年移動平均値について主に論じた(n-5年からn+4年の平均値をn年の10年移動平均値としている)。

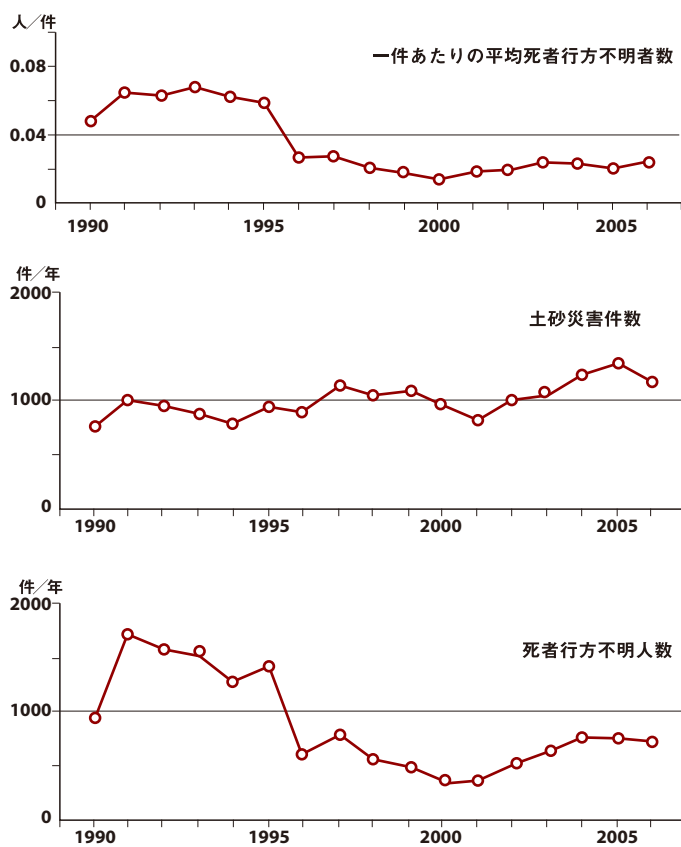
その結果、自然災害、気象災害の被害者数は、1950年代には数千人に達する年があり、10年移動平均でも1000人を超えていた。土砂災害被害者数の記録は1967年以降であるが、その死者行方不明者数の10年移動平均値は、1972年191人/年、1982年72人/年、1992年42人/年と減少していた。「最近土砂災害が変わってきた」との印象を裏付ける数値はたしかにあった。

被害者数減少の理由として沼本ら(1999)では、①降雨特性変化の可能性、②防災対策と防災意識の向上、③森林植生の回復と伐採地の減少の可能性、が記されている。近年降雨が激しくなっているとすると①の可能性は低く、空きポケットをもつ砂防堰堤の効果や警戒避難体制がとられるようになったハード、ソフト両面の②と森林変化の③による影響が考えられる。

さて、この論文を発表してからすでに10年経過しており、その後の推移が気になっていた。そこで、1967年以降2008年までの土砂災害被害者数を新たに作図した。図-2の棒グラフは毎年の値で、実線は5年移動平均値(n-2年からn+2年の平均をn年の値として表示)である。図-2の縦軸は普通目盛(図-1の縦軸は対数目盛)で表示しているが、1983年以降200人を超える年はなく、また2000年代になっても被害者数の低下は継続しているように見える。なお、2000年以降で被害者が最も多かった年は、台風が数多く上陸した2004年で62人である。

『土砂災害の実態』の記載によれば、1988年以降については土砂災害発生件数の記録もあるので、図-2の後半

図-3 土砂災害の動向(1988年~2008年の5年移動平均値)



砂防地すべり技術センター「土砂災害の実態」記載の数値より図化(2007,2008年は国土交通省砂防部Webページの数値による。)

注1)土砂災害発生件数に、雲仙普賢岳の火砕流は含めていない。

注2)1993年の被害者数に、沼本ら(1999)では地震災害として除外した北海道南西沖地震による奥尻島のがけ崩れ被害者32名を含めて集計。

部分にあたる1988年から2008年について、死者行方不明者数、土砂災害発生件数、両者の比である1件あたりの死者行方不明者数の5年移動平均値を図-3に示した。グラフ全体を眺めると、死者行方不明者数と1件あたりの死者行方不明者数は減少傾向で、土砂災害発生件数のみ増加傾向である。

土砂災害発生件数の増加は、年を追って災害調査が詳細になり多くの件数が記載されるようになったという可能性も否定できないが、少なくとも土砂災害発生件数が減少しているとはいえない。その一方で1件あたりの死者行方不明者数を見ると、1990年代前半には100件の土砂災害があると約5人の人命被害が生ずるという数値であったが、2000年代では100件の土砂災害に対して約2人と、土砂災害の件数にくらべて人命の被害は少なくなっているという結果となった。図-2の結果もふまえると、長期的に「以前に比べて多数の死者行方不明者の

被害が発生する土砂災害は減少している」といえ、土砂災害防止の対策が着実な成果をあげている。

なお、図-3において2000年以降のみを見ると、3指標ともに微増の傾向があると読み取れるかもしれない。近年の突発的な降雨の増加など降雨条件の変化が、近年の3指標揃っての増加をもたらしているとすれば、図-3は今後の推移を注目していくべきグラフということになる。

### 3 | 森林面積の変化

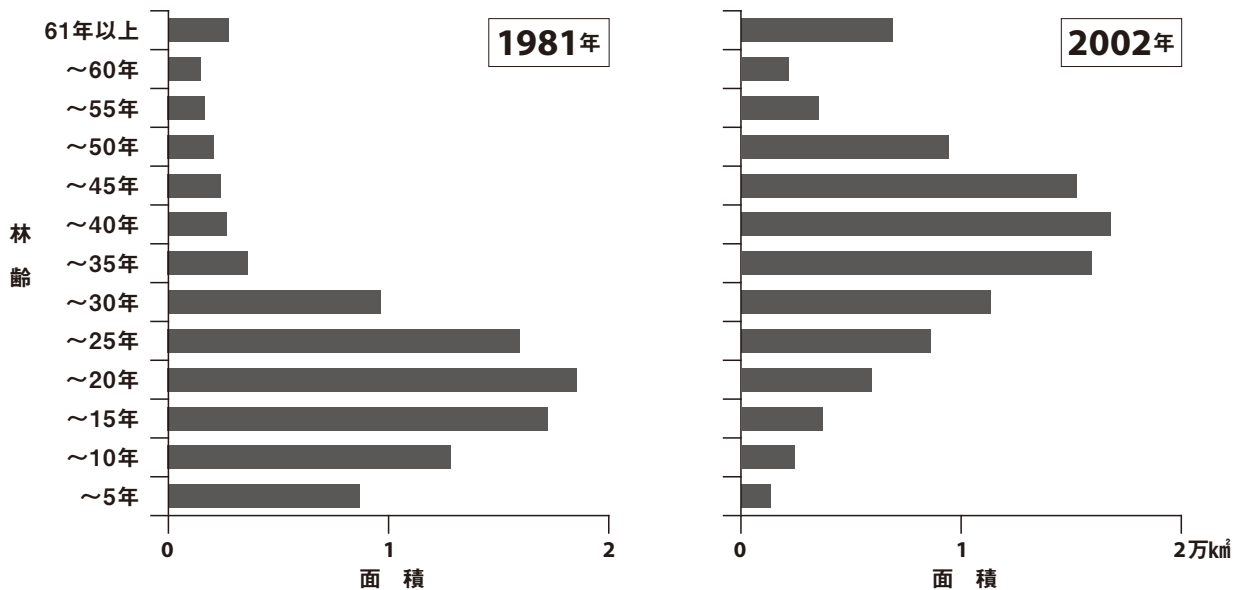
土砂災害の被害発生はたしかに減っているとして、森林はそれにどのような影響を与えているのか、という検討課題がある。この課題に取り組むには、森林と土砂災害との関わり以前に、全国規模で森林変化を示す客観的な資料を探る必要があった。

まず、北海道教育大学の氷見山幸夫さんの研究報告(氷見山, 1992)を参照した。この報告では、国土地理院の5万分の1地図に着目し、明治中期から大正前期にかけて陸地測量部により作成された地図と1985年頃作成された地図を対比している。これらの地図には、現在の国土地理院作成の地図に示されているように、針葉樹林、広葉樹林、果樹園、桑畑などの記号で、土地利用の情報が記載されている。対象は日本全体で、国土数値情報の標準グリッドに対応させた2kmごとの土地利用データセットも公表している。

この集計によると、明治中期から大正前期と1985年頃作を比較して、森林面積はほぼ国土の2/3でほとんど変わらず、農地の割合もほぼ17パーセント程度で一定である。変化が大きいのは、都市・集落の増加と荒地の減少で、都市・集落は1.69パーセントから4.99パーセントへと増加し、荒地は10.86パーセントが3.20パーセントへと減少している。なお、「荒地」という区分は、5万分の1地図の「荒地マーク」の部分で、いわゆるハゲ山、原野、採草地などに対応する。

この研究報告書は、経済発展ともなって森林面積の減少が生じた途上国などと大きく異なり森林面積が変わっていないという日本の森林の特徴が、見事に描き出されけるとともに、1897年に砂防法が成立した時代の全国の植生状態が示されている資料であった。同時にこの報告書を読んで、「この100年間に農地が開発

図-4 人工林の林齢別面積の変化



左：1981年，右：2002年（林野庁編、2005より図化）  
人工林にも団塊の世代があり、「少子高齢化」が進み高齢林が増加している。

され、都市の拡大で森林は減少したはずなのに、森林面積が変わらなかったのはどうしてか」という謎も生じた。そこで1 km間隔の標高データから土地の傾斜を求め、氷見山(1992)の作成した1900年、1940年、1985年頃の土地利用データと対比したところ、次のことがわかった(鈴木、2004)。

- 1) 国土を傾斜によって5段階に区分して集計すると、一番緩い傾斜区分(平坦地)において都市と農地が増加し、森林は大幅に減少している。
- 2) 傾斜による区分の残りの4段階(いずれも傾斜地)では、都市化、農地の増加はほとんど見られず、平坦地における森林の減少とほぼ等しい森林面積の増加が、これらの区分で見られる。
- 3) 傾斜地での森林面積の増加に対応して、「荒地」と区分されていた面積が減少している。

以上より、平坦地(平野部)で都市が農地に広がった分、森林が農地化されるという、玉突き状の土地利用変化が着実に進む一方で、明治中期から大正前期には広く存在していた荒地が森林化して、この100年間ほぼ変動のない森林面積が保たれてきたことが説明できる。森林面積はほとんど変わっていないが、そのうち約1割は場所が変わっていたのである。

日本の森林について、土地利用が安定的で変化が少ないために森林面積が一定だったのではなく、土地利

用のダイナミックな変化の中で、傾斜地における「荒地」の森林化に伴って結果的に森林面積がほぼ一定に保たれてきた。「荒地」の森林化について、ハゲ山を復旧する砂防事業、治山事業はその重要な一部を構成しているが、貧弱な植生のところに積極的に植栽を進める広範な活動の結果と考えられる。

このように、少しずつ森林の変遷についての情報は増えていった。しかし、20世紀後半に生じた土砂災害の変化は森林面積の変化から説明できるものではないこともわかった。森林の質に関わる時系列的な資料が必要となった。

#### 4 | 人工林の動向

現在「森林が劣化している」と憂慮される問題点はどこにあるのだろうか。「森林が劣化している」と気づかれる理由を列举すると、1)原生的自然の減少、および大径木の減少、2)都市化などによる身近な自然の減少、3)環境悪化による森林衰退、4)手入れの十分でない人工林の増加、などがあげられる。また、野生動物が保護の結果として増加したことにより樹木が傷み森の健全性が危惧される地域が生じているなどの問題などもある。これらは、いずれも森林の質的な劣化で、たんに面積変化のみでは論じられない。

そこで、日本の森林面積の約4割を占めている人工林について、その林齢別の面積を図化した。図-4は、1981年と2002年の人工林の林齢構成である。人工林面積は、1981年9.9万km<sup>2</sup>、2002年10.3万km<sup>2</sup>と微増であるが、最近数十年間に人工林の林齢構成は大きく変わっている。この図は、「人口ピラミッド」と同様に読み取ることができる。人口動態での死亡は「森林伐採」に、出生は「植林」に対応する。1970年代前半までの「拡大造林」期の大面積伐採と植林が、人工林に団塊の世代をつくっている。また、近年はほとんど伐採されず植林面積も少ないので、若齢林が減少し、高齢林が増加するという「少子高齢化」も約20年を隔てた林齢構成の変化から読み取ることができる。植林面積の減少は、「植える意欲がない」のではなく、「木材価格の低迷で伐採量が減少し、新規に植えるところがない」という因果関係と考えられる。

図-4の1981年について、団塊を形成している10～25年生の人工林が植えられたのは、主に1950年代から1960年代である。この時期には、明治時代以来の荒地地も残存するほかに、伐採跡地や幼齢林が多く存在していた。

人工林の林齢と斜面表層崩壊発生の関係について、植栽後5年から20年の間は根系の土質強度補強効果が低

下するために、崩壊発生頻度が高いことが知られている。そして図-4の林齢構成は、戦後から1985年くらいまで、崩壊発生頻度が高い森林が多くあったことを示している。また、2002年の林齢構成では、大部分の人工林はすでに根系が弱いといわれる20年生を超えている。

写真-1は、1953年の南山城災害における表層崩壊多発を示す航空写真である（鈴木,2006）。豪雨時にほとんどの山ひだ（0次谷）で表層崩壊が生ずる形態は、植生が貧弱な場合が多い。1980年以前の災害では、しばしば写真-1のような表層崩壊の多発が見られたが、1982年長崎災害、1983年島根災害の後、そのような事例はあまり見かけなくなった。

その一方で、1997年針原川土石流災害、2003年水俣土石流災害や2004年に宮崎県の各地で発生した土砂災害の多くは、「深層崩壊」に区分される。これらの深層崩壊は、根系の土質強度補強効果が及ばない深い土層から崩れるので、森林の状態や林齢とは関連が少ない。深層崩壊の発生予測の重要性が増している背景には、図-4の人工林の林齢構成変化が確実に関係している。図-4を描いたとき、このように考えて、1980年代に生じた土砂災害の変化を説明する森林の資料の一つが手に入ったという思いがした。

戦後の化石燃料と化学肥料の普及による森林変化や1960年代を中心とする拡大造林時代の森林伐採と植林は、20年程度経過した1980年代になって根系の土質強度補強効果が発揮される森林を大面積で形成したと見られるからである。そして、人工林の高齢化がかつて多発していた表層崩壊の減少をもたらしたことは、砂防施設増加、気象情報の充実、避難警戒態勢の進捗とともに、土砂災害発生とその被害者の減少に寄与していると考えられる。また、引き続き小面積でしか森林伐採が行われなければ、表層崩壊の発生頻度は1970年代以前に比べて低いままに推移すると思われる。

## 5 | 人工林の林齢構成と山地の管理の課題

人工林の林齢構成の変化は、土砂災害発生に影響しているだけでなく、山地流域管理に様々な課題をもたらしている。一つは森林の二酸化炭素吸収に与える影響であり、他の一つに手入れの遅れた人工林問題があげられる。

森林の二酸化炭素吸収は、「10km<sup>2</sup>／リットルの燃費

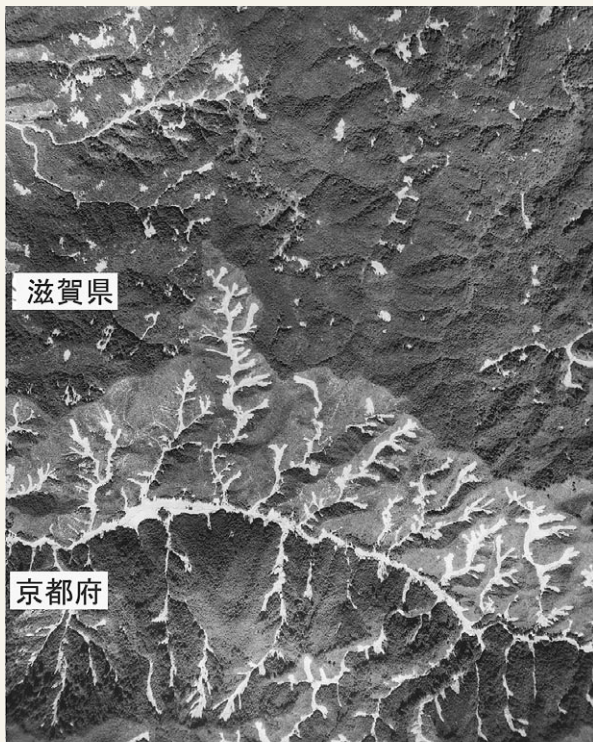


写真-1 表層崩壊多発の事例(1953年南山城災害、鈴木 2006)  
京都府側の植生が貧弱なところで崩壊が多発している。  
近年このような多発事例はまれである。

で1万km/年走る自動車の1年間の二酸化炭素放出量を、20年生のスギ約160本が1年間に吸収する(20年生のスギ約160本を、スギ林の面積で表現すると約0.2haとなる。)」などと説明されるが、人工林の高齢林化はその計算に影響を与えるのである。森林の二酸化炭素吸収量は、林齢が高くなり60年生になると吸収量が20年生の1/3に低下し、60年生の広葉樹だとさらに1/3以下の吸収量であると見積もられている。日本の森林の二酸化炭素吸収量は、人工林の成熟化とともに年々減少していく(鈴木,2008)。ある部分の人工林は木材生産を進め、若い林を維持していくという視点も必要である。

手入れの遅れた人工林問題は、山地の土砂動態とより関係が深い。間伐がされない人工林では、林床が暗くなり、下層植生が衰退するために、時として林内で表面侵食が生ずるからである。かつてハゲ山で表面侵食による土砂生産が生じ、山腹工事が活発になされた時代があったが、あらたな表面侵食現象が人工林で憂慮され、この課題についての研究が活発化している(恩田ら,2008)。これらの問題も、**図-4**の人工林林齢構成の変化をふまえた解決が必要である。

なお近年は、シカなど野生動物の増加による森林での表面侵食問題も生じている(例えば若原ら,2008)。動物による食害で林床の植生が消失すると、一見立派な森林であっても地表で表面侵食が起きる。林業の不振で人工林の手入れがなされなくなったことが、人工林における表面侵食問題の発端であったので、法定外目的税として自治体が森林環境税などを設けて、間伐などの森林の手入れを進める対策が進められているが、間伐により回復した下層植生がかえってシカの餌となり頭数増加をもたらす問題が生じている。全国的に森林管理、流域管理に関わる事業において、野生動物管理との連携は不可欠の検討課題となってきた

## 6 | まとめ

砂防事業の歴史をたどると、ハゲ山が課題であった時代、立山カルデラなどの大規模荒廃地が課題であった時代を経て、斜面崩壊と土石流による中山間地と都市近郊の土砂災害が課題となった時代があり、その時代ごとに被害を軽減し問題解決が図られてきた。**図-2**に示したように数十年にわたって、斜面崩壊と土石流による中山間地集落の土砂災害の人的被害は、確実に減っ

ている。そして、土砂災害の変遷には、ハゲ山と荒廃山地の森林化、広域での森林伐採、若齢林の増加とその後の成長など、対応する植生の変化があった。特に本稿では、「1980年代に土砂災害が変わった」ことに対応した変化を示す人工林の林齢構成の変化を指摘した。また、これらの経緯をもつ植生の変化によって、山地で生産される土砂量は長期的に減少傾向が継続していると考えられる。

今後は、人口の減少、人工林の更なる高齢林化など、現時点でかなり確定的な条件の下で、海岸侵食まで含む流域規模での土砂管理と中山間地集落における土砂災害の人的被害のさらなる軽減に向けた方策が論じられることになる。本稿では土砂災害の変遷の指標として、主に災害による人命被害を用いたが、さらに検討を進める上では被害の質に立ち入った指標も工夫する必要があるだろう。

なお、2009年7月に山口県防府市で発生した災害では、佐波川支流剣川上流部で表層崩壊が高い頻度で生じた。この流域は風化花崗岩地帯で、かつ貧弱な植生であった。また、手入れの遅れた人工林の問題やシカの問題は、表面侵食に関わる課題である。表面侵食や表層崩壊など以前からの現象に対しても、植生をはじめとする国土の変化をふまえた、新たな視点での取り組みが必要である。

### ★参考文献

- 氷見山幸夫編：日本の近代化と土地利用変化。文部省科学研究費重点領域(近代化と環境変化)報告書, 57p.,1992
- 沼本晋也・鈴木雅一・太田猛彦：日本における最近50年間の土砂災害被害者数の減少傾向。砂防学会誌, 51(6), 3-12, 1999
- 恩田裕一編：人工林荒廃と水・土砂流出の実態, 岩波書店, 245p., 2008
- 林野庁編：森林・林業統計要覧(時系列版)2005, 林野弘済会, 148p. 2005
- 鈴木雅一：日本の森は減っているか——明治以降の森林面積の推移——、井上真・酒井秀夫・下村彰男・白石則彦・鈴木雅一著「人と森の環境学」, 11-19, 東京大学出版会, 2004
- 鈴木雅一：1953年8月「南山城災害」斜面崩壊地の航空写真についての研究、砂防学会誌, 59(4), 43-47, 2006
- 鈴木雅一：森林機能の再認識(特集 脱温暖化へ森林木材の役割)、学術の動向, 13(11), 68-70, 2008
- 塚本良則：日本の土砂災害と対策の歴史。森林科学, 47, 4-9, 2006
- 若原 妙子, 石川 芳治, 白木 克繁, 戸田 浩人, 宮 貴大, 片岡 史子, 鈴木 雅一, 内山 佳美：ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響。日本森林学会誌, 90(6), 378-385, 2008