

平成16年度  
自然公園等施設整備委託  
上流域の崩壊地の推移調査

平成17年3月  
日本大学生物資源科学部  
石垣逸朗

## 目次

### 1. 目的と実施内容

- (1) 目的
- (2) 実施期間
- (3) 実施項目
- (4) 実施体制
- (5) 実施フロ -

### 2. 丹沢山地における崩壊地の時系列的変遷 ~ 中川川流域を例として ~

- (1). はじめに
- (2). 神奈川県的主要災害と復旧履歴
- (3). 研究方法
  - 調査地の概要
  - 解析方法と項目
  - 崩壊地の判断基準
- (4). 中川川流域における地形的特性
  - 中川川流域の全斜面の標高別面積
  - 中川川流域の方位別にみた斜面の出現面積とその割合
  - 中川川流域の斜面傾斜角別にみた出現面積とその割合
- (5). 結果および考察
  - 中川川流域での崩壊地の個数と面積の推移
  - 標高別の崩壊地個数分布と崩壊地密度
  - 傾斜方位別の崩壊地個数分布と崩壊地密度
  - 傾斜角別の崩壊地個数分布と崩壊地密度
  - 稜線から源頭部までの距離と崩壊地個数との関係
  - 崩壊地の拡大・縮小・消滅の量的変化と新規崩壊の発生件数
- (6). むすび

## 1. 目的と実施内容

### (1) 目的

森林の多面的機能には、生物多様性保全・土砂災害防止/土壌保全・水源涵養・保健レクリエーション等多くの機能を有している。その森林の多面的機能には管理上重視すべき順番があり、これを「階層性」といい、太田<sup>1)</sup>はその概念図を示し侵食防止/土壌保全機能が種々の機能を正常に発揮させるための基本的な機能であり、この機能の適正な評価を行うことが、森林全体の役割評価を行う重要な要であると言及している。丹沢山地は神奈川県西北部に位置する一大山塊で、面積約 40,000ha を有する。都心より約 50Km と首都圏の一角にあり、丹沢山地を囲んで多くの行政区が点在し、また、レクリエーションの場として四季を通じ行楽客の出入りの激しい場で、多くの自然を有している。かかる環境を有する場での森林の機能を把握するためには、階層構造の基礎である「土」について、広域範囲で知り森林の荒廃状況をマクロスケールで捉えることは重要である。

本調査は、丹沢山地の上流域で生起している森林の荒廃（崩壊）状況の推移を時系列的に解析し、当山地での崩壊特性と既存崩壊地の植生回復特性を明らかにすることを目的としている。

### (2) 実施期間

本調査は平成 16 年より実施され、崩壊地の時系列的解析と現地調査および既存崩壊地の侵入植生調査を平成 16 年 7 月～平成 17 年 1 月にかけて実施した。

### (3) 実施項目

平成 16 年度の調査項目を以下に記す。

丹沢山地における崩壊地の時系列的変遷 - 中川川流域を例として -

中川川流域の全斜面の標高別面積

中川川流域の方位別にみた斜面の出現面積とその割合

中川川流域の斜面傾斜角別にみた出現面積とその割合

中川川流域での崩壊地の個数と面積の推移

標高別の崩壊地個数分布と崩壊地密度

傾斜方位別の崩壊地個数分布と崩壊地密度

傾斜角別の崩壊地個数分布と崩壊地密度

稜線から源頭部までの距離と崩壊地個数との関係

崩壊地の拡大・縮小・消滅の量的変化と新規崩壊の発生件数

### (4) 実施体制

本調査の実施は、日本大学生物資源科学部森林資源科学科森林環境保全研究室が解析・調査を行った。

## 2. 丹沢山地における崩壊地の時系列的変遷 - 中川川流域を例として -

### (1) はじめに

森林の多面的機能には、生物多様性保全・土砂災害防止/土壌保全・水源涵養・保健レクリエーション等多くの機能を有している。その森林の多面的機能には管理上重視すべき順番がある。これを「階層性」といい、太田<sup>4)</sup>は、侵食防止/土壌保全機能がさまざまな機能を正常に発揮させるための基本機能であり、この機能の適正な評価が、森林全体の役割評価を行う重要な要であると言及している。地震や豪雨によって斜面崩壊が生じ、その発生場が生活空間に隣接している場合、各種の復旧治山工事が施工される。一般に、発生場の下流域に生活空間なり防御を必要とする施設等があると緊急にみどりの復元がなされる。しかし、下流域に生活空間なり施設がないと崩壊場は放置され、自然復旧に委ねられる場合が多い。湿潤変動帯に位置するわが国では、自然現象により斜面上に物理的変動が生じる。しかし、生物多様性に富んだ健全な森林を維持し、経済林としての効果を求めるためには、森林土壌の保全を念頭において森林全体を考え、より効率的な森林機能の発揮を目指さねばならない。板垣ら<sup>1)2)</sup>は森林施業を検討する上から崩壊地の分布様式を調査し、平松ら<sup>9)</sup>は森林の様々な機能の内、水源涵養機能と土砂生産抑制機能について良好な森林の存在により形成される森林土壌が水・土保全におよぼす影響度評価について検討を行っている。また、鄭<sup>8)</sup>は森林の持っている各種機能(木材生産、水源涵養、山地災害防止、生活環境保全、保健文化)の適正評価をGISを用い計量化し森林の類型区分を行っている。これらの研究は森林の機能を恒常的に発揮または維持しているために常に考えねばならない事柄である。その根底を成すものに土壌を如何に保全するかにある。森林山地の時間的推移の中で人為的・自然的に植生が回復した場と拡大・再崩壊生じている場を的確に捉えることは、森林の多面的機能評価および経済林として森林を論ずる上からも重要である。沼本ら<sup>10)</sup>、鈴木<sup>11)12)</sup>は航空写真やGISを用いて時系列的に崩壊地調査を行っており、戎<sup>3)</sup>は衛星リモートセンシングとGISを用い長期にモニタリングを行い崩壊地の判別を行っている。しかし、広域的範囲で崩壊地を時系列的に解析している例は比較的少ない。丹沢山地は1923年の関東大震災とその余震、またその後起こった集中豪雨や台風によって多くの崩壊場が出現した。このことはその後の丹沢の自然に大きな影響を与えている。しかし、これまで丹沢山地における崩壊地や植生回復の過程を時間軸に沿って評価した例は少ない。1997年神奈川県丹沢大山自然環境総合調査報告書にも柵瀬<sup>7)</sup>が「丹沢山地のマスムーブメント」として地すべり、斜面崩壊地形を抽出している。しかし、崩壊地の時系列的変遷と植生回復に至るプロセスについては言及していない。本研究では西丹沢の中川川流域を調査対象地として、流域での崩壊地が時系列的にどの様に推移してきたかを解析するとともに、崩壊地の拡大・縮小といった崩壊形態のプロセスを時系列的に調査解析することを目的とした。

## (2). 神奈川県的主要な災害と復旧履歴

丹沢山地は過去多くの災害に見舞われている。代表的災害例<sup>6)</sup>を表 - 1 に示す。神奈川県林政史<sup>5)</sup>によると、幕末から明治にかけて山河の荒廃は甚だしく、1871年の官有地以外の森林伐採禁止の解除、1872年の官有地の払下げにより乱伐行為が行われ森林荒廃が続いた。1904年1360カ所、1907年140カ所、1910年2258カ所にも及ぶ崖崩れ・山崩れが台風を起因として発生している。これを契機に第1期森林治水事業(1911年～1935年)が始まり、1927年までに地盤保護工事18.71haと地盤保護植栽594.6haの成果を得ている。1923年の関東大震災では当時の林野面積122,000余町歩の約7%に相当する8,600余町歩が崩壊し、1924年の相模地震により相模川、酒匂川流域に多大な被害が生じた。1925年の荒廃地調査では相模川流域(2661.6ha)、花水川流域(676.81ha)、酒匂川流域(4576.08ha)、早川流域(407.2ha)、森戸川流域(37.82ha)、その他(272.49ha)の荒廃地が生じ、その中でも東・西丹沢に位置している相模川、酒匂川流域に極めて大きな被害を出している。第2期森林治水事業(1936年～1947年)では地盤保護工事は荒廃地復旧工事となり、地盤保護植栽は削除された。同事業開始直後の1937年7月に梅雨前線による豪雨が酒匂川流域を中心に発生し、崩壊面積1,189haもの被害を出した。また、台風と豪雨による1938年6・7月災、8・9月災では酒匂川流域に158.10haもの荒廃地が生じている。山地災害はその後1940年、1941年、1945年と続き、森林の戦時伐採がその追い打ちをかけた。戦後に入り1948年のアイオイ台風により新生荒廃地207ha、拡大荒廃地26ha、計233haが生じ、1949年のキティ台風により新生荒廃地62ha、拡大崩壊地181haと新生より拡大が3倍と多く、前年のアイオイ台風より崩壊が拡大したことを示した。1950年のヘレン台風では新生崩壊地255.5ha、拡大崩壊地198.5ha、計454.4haが発生、続いて1951年のルース台風、1952年のダイナ台風と前線、低気圧、台風による災害が継続して起こっている。また、1958年の狩野川台風では2,673カ所の崩壊地が生じている。1961年の第2室戸台風、1967年の台風10号、1972年7月豪雨により299カ所が崩壊し、明治より幾多の土砂災害に見舞われ災害多発の地域に属している。

年	月日	気象事象	災害事象
昭和27年	6月23～24日	ダイナ台風 総雨量 150～175mm	山崩れ194箇所
昭和28年	6月7～8日	集中豪雨 秦野 88mm 松田185mm	崖崩れ 2箇所
昭和28年	7月18～20日	梅雨前線 秦野197mm 松田163mm	崖崩れ 35箇所
昭和28年	9月12～13日	低気圧 秦野143mm 松田159mm	崖崩れ 20箇所
昭和28年	9月25～26日	台風13号 総雨量 220～300mm	崖崩れ 18箇所
昭和29年	6月22～24日	低気圧 総雨量 90～140mm	崖崩れ 26箇所
昭和29年	9月17～18日	台風14号 秦野218mm 松田249mm	崖崩れ 40箇所
昭和29年	11月27～28日	低気圧 総雨量 50～80mm	崖崩れ 26箇所

昭和30年	10月10～11日	台風25号 秦野61mm 松田92mm	崖崩れ 28箇所
昭和31年	9月26～27日	台風15号 総雨量 230mm	崖崩れ 4箇所
昭和31年	10月30～31日	低気圧 総雨量 200mm	崖崩れ199箇所
昭和32年	6月26～28日	前線 総雨量 200～280mm	崖崩れ156箇所
昭和32年	10月6日	低気圧 総雨量 70～120mm	崖崩れ 12箇所
昭和33年	7月21～23日	台風11号 総雨量 250～400mm	崖崩れ 83箇所
昭和33年	8月25～26日	台風17号 総雨量 200mm前後	崖崩れ 2箇所
昭和33年	9月17～18日	台風21号 総雨量 300mm以上	崖崩れ 57箇所
昭和33年	9月26～27日	台風22号 総雨量 100～400mm	崖崩れあり
昭和34年	4月22～23日	低気圧 総雨量 80～120mm	崖崩れ 8箇所
昭和34年	8月14日	台風7号 総雨量 200～500mm	崖崩れ 23箇所
昭和34年	9月26～27日	台風15号 総雨量 200～350mm	崖崩れ 33箇所
昭和34年	10月6～7日	台風16号 松田91mm	崖崩れあり
昭和34年	12月3日	低気圧 秦野77mm	崖崩れ 8箇所
昭和35年	8月10～11日	台風11号 秦野 233mm	崖崩れあり
昭和36年	4月14～15日	低気圧 秦野70mm 松田92mm	崖崩れ 20箇所
昭和36年	4月27日	低気圧 秦野85mm	崖崩れ 4箇所
昭和36年	5月12日	前線 松田58mm	崖崩れあり
昭和36年	6月24～29日	梅雨前線 総雨量 500～800mm	崖崩れあり 酒匂川が警戒水位突破
昭和36年	9月16日	台風18号 総雨量 50～150mm	崖崩れ 11箇所
昭和36年	10月10日	台風24号 秦野38mm	崖崩れ 11箇所
昭和37年	4月18日	低気圧 秦野36mm 松田36mm	崖崩れあり
昭和37年	6月10～14日	前線 総雨量 100～250mm	崖崩れ 28箇所
昭和37年	12月30日	雷雨 総雨量 50～70mm	崖崩れ 7箇所
昭和38年	6月4～5日	台風2号 総雨量 80～100mm	崖崩れ105箇所
昭和38年	8月28～29日	台風11号 総雨量 250mm以上	崖崩れ 13箇所
昭和39年	9月25日	台風20号 総雨量 50～100mm	崖崩れ 1箇所
昭和40年	5月27日	台風6号 短時間で150mm前後	崖崩れ104箇所
昭和40年	6月26～27日	台風10号 短時間で70～90mm	崖崩れ 30箇所
昭和40年	8月22日	台風17号 総雨量 8月21～23日の48時間で480～560mm	崖崩れ 30箇所
昭和41年	5月21～23日	低気圧 松田87mm	崖崩れ 8箇所
昭和41年	6月28日	台風4号 総雨量 250～300mm	崖崩れ609箇所
昭和41年	9月24～25日	台風26号 総雨量 150～250mm	崖崩れ 17箇所
昭和42年	10月27～28日	台風34号 総雨量 70～130mm	
昭和43年	7月2～3日	台風3号 秦野90mm 松田140mm	崖崩れ 1箇所
昭和43年	7月5～6日	前線 降水量データなし	崖崩れ 25箇所
昭和43年	8月25～30日	台風10号 総雨量 250～500mm	崖崩れ 14箇所
昭和44年	8月23日	台風9号 降水量データなし	崖崩れ 3箇所
昭和45年	1月30～31日	低気圧 秦野122mm 松田184mm	崖崩れ 8箇所
昭和45年	5月20日	低気圧 秦野76mm 松田70mm	崖崩れ 2箇所

昭和45年	6月14～16日	前線 総雨量 200～500mm	崖崩れ 30箇所
昭和45年	7月1日	前線 総雨量 275mm	崖崩れ193箇所
昭和46年	8月30日～9月1日	台風23号 総雨量 250～300mm	崖崩れあり
昭和46年	9月5～8日	台風25号 降水量データなし	崖崩れ 9箇所
昭和46年	9月26～27日	台風29号 降水量データなし	崖崩れ 5箇所
昭和47年	7月11～12日	集中豪雨 連続降雨530mm 最大時雨量100mm	崖崩れ 1291箇所 荒廃溪流 125箇所
昭和47年	9月14～17日	台風第20号 総雨量 400～600mm	
昭和49年	4月8日	総雨量 150mm	
昭和52年	9月7～10日	台風9号 総雨量 300mm	
昭和56年	8月22～23日	台風15号 22日に山北で117mm	
昭和56年	10月22～23日	集中豪雨 総雨量 250mm	
昭和57年	8月1～2日	台風10号 総雨量 玄倉で372mm	堤防が78ヶ所決壊
昭和57年	9月10～12日	台風18号 総雨量 200～400mm	
昭和58年	8月15～17日	台風第5・6号 総雨量 210～420mm	
昭和59年	6月22～23日	前線 降水量データなし	崖崩れ 7箇所
昭和59年	7月11～12日	前線 丹沢湖 35mm	崖崩れ 3箇所
昭和60年	5月18～20日	前線 降水量データなし	崖崩れ 11箇所
昭和60年	6月29日～7月1日	台風6号 丹沢湖 303mm	崖崩れ 89箇所

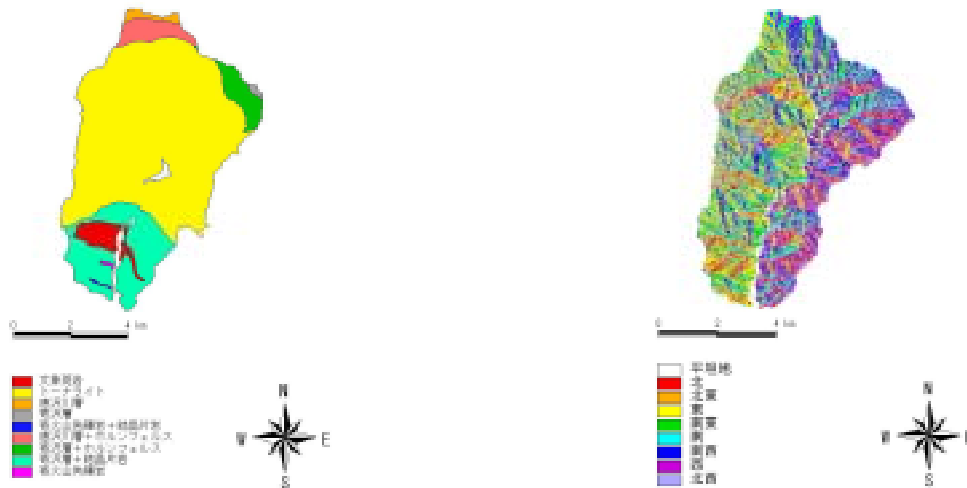
表 - 1 昭和 27 年～昭和 60 年に神奈川県下で発生した気象・災害事象

### (3) 研究方法

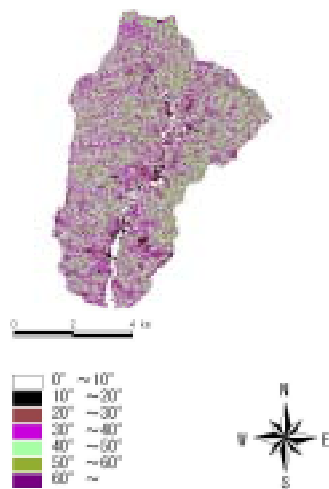
#### 調査地の概要

丹沢山地は、神奈川県西北部に位置し面積約 40,000ha を有し、蛭ヶ岳(1,672m)を最高峰とし、他に檜洞丸(1,601 m)、丹沢山(1,567 m)、大室山(1,587 m)など9座を数え、最高峰の蛭ヶ岳を中心に1,000 m以上の山々が三方に延び、その数60以上にもなる。丹沢山系の地形は、地形輪廻から壮年期に相当し主峰の山頂は比較的丸味をおびているが、山腹は急で荒廃が著しい。この山地崩壊の多くは1920年の台風で多くの山崩れ、崖崩れが起こり、その後の前線性豪雨により山体が脆弱化した中、関東地震(1923.9.1 最大震度6)相模地震(1924.1.1 県内震度5)により多くの山体が崩壊するとともに1941年、1949年、1966年、1975年の降雨でも多くの崩壊地が発生した。関東地震後約80年を経た現在幾多の治山緑化工事が施工され多くの崩壊地はみどりへと復元されている。しかし、丹沢山地を形成している丹沢層群の火山碎屑岩ならびに深成岩や変成岩は硬質であるが地質的に新第三紀中新世から鮮新世のもので、褶曲作用を激しく受けて亀裂が発達し開口分離があり、降雨や地震動に対して極めて脆弱な性質を持つ地帯である。また、山稜斜面に分布するローム層は浸透能が小さく、集水地形においては降雨が斜面を流下し容易に浸食しガリー地形が生じやすい山体である。また、斜面末端部の崩壊は主に河川水衝突部側の斜面の下刻によ

るものであり、崩壊地が点在している地域である。調査地の中川川流域は西丹沢地区の中央部に位置し、他に玄倉川、世附川の流域を有する酒匂川流域の1支流であり、流域面積 42.58Km<sup>2</sup> を有する。地質的には中川川下流で丹沢湖へ向かい足柄層群の礫岩が露出し、山市場付近から玄武岩などの火山岩へとかわり丹沢層群となり、その境を神縄断層が走っている。また、丹沢湖付近から北では地層の大部分が北へ90度以



上の傾斜となっている。そして、中川温泉より上流部には石英閃緑岩がドーム状に広く分布し、その周辺部を取り囲むように丹沢層が広がり、その中央部に中川川流域が



位置している。図 - 1、図 - 2 および図 - 3 に中川川流域の地質分布図、方位別斜面分布図および傾斜角別分布図を示す。

図 - 1 中川川流域の地質分布図

図 - 2 中川川流域の方位別斜面分布図



図 - 3 中川川流域の傾斜角別分布図

解析方法と計測項目

解析には、治山基本図(1/5,000)と表 - 2 に示す航空写真を使用した。この航空写真を esri 社の ARC/INFO7.1.1 と ArcView3.2 を用いて解析を行った。DEM の作成は、1/5,000 の治山基本図の等高線をデジタイザ入力し、ベクターデータを作成し、作成した等高線のベクターデータを 50m × 50m のグリッドデータ(ラスターデータ)に変換した。崩壊地データは航空写真より崩壊地を 1/5,000 の治山基本図に移写し、デジタイザ入力しベクター型のポリゴンデータとして与えた。そして、1967 年、1978 年、1988 年、1999 年の 4 年代の 32 年間における崩壊分布を中川川流域の地形特性を中心に時系列的に検討を行った。本年度は、崩壊地分布の標高別・方位別・斜面傾斜角別の解析、崩壊地の拡大・縮小・消滅の時系列的変移などについて検討した。崩壊地特性の時系列的解析は次年度で行う。なお、一般に崩壊地は削剥部・移動部・堆積部より成り立つが、航空写真より立体視し各部位を判読する場合、その移動部から堆積部への境界部分の位置判読が困難であるため、裸地化した削剥部と移動部を崩壊部位と定義し抽出した。

撮影年月日	撮影原縮尺	写真番号	発行所
1967(S.42)5.31	約1/20000	MKT-67-5X	国土地理院
1978(S.53)5.27	不明	山 - 812(アシガラ)	林野庁
1988(S.63)11.7	約1/20000	MKT-88-2X	国土地理院
1999(H.11)12.7	約1/20000	CKT-99-3X	国土地理院

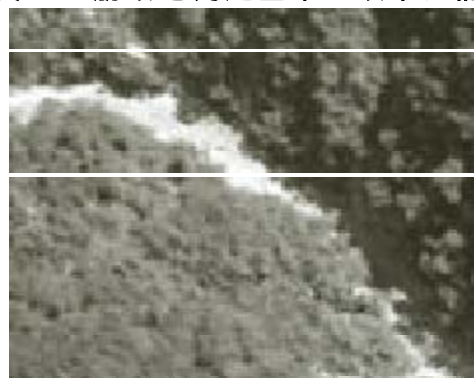
表 - 2 使用した航空写真一覧

崩壊地の判断基準

本論で行った航空写真での崩壊地判定基準を以下に記す。



[ A ]



[ B ]



[ C ]

[ A ] 周囲と不連続であり、河川以外に樹木などの植生が認められない白色部分(崩

壊後の裸地状態)

[ B ] 溪流部での荒廃や溪流に土砂が流出していると思われる白色部分

[ C ] 樹木により陰影になっているが、斜面にまだ崩壊地と思われる白色部分が見られる。

[ D ] 上記の基準に該当しない箇所は崩壊地としない。

[ B ] と [ C ] の区分は、判読者により個人差が生じるが、[ A ] は判読者による差異は少ない。また、周囲と色調がグラデーションの部分で、白色部分がほとんど見られず、周囲との判別が困難（植生により崩壊地がほぼ被覆されているが、ごく一部に裸地が存在する状態）と思われる部分は、植生回復が進行している部分とみなし崩壊地に含めない。

#### ( 4 ) 中川川流域における地形的特性

ここでは、中川川流域の持つ地形的状況把握を、標高別・斜面方位別・斜面傾斜角別にわけ、その出現面積を GIS を用いて解析した。

##### 中川川流域の全斜面の標高別面積

図 - 4 に中川川流域標高別面積を見ると、標高 500 ~ 600m で 496.6ha、標高 600 ~ 700m で 591.6ha、標高 700 ~ 800m で 528.8ha、標高 800 ~ 900m で 520.0ha、標高 900m ~ 1000m で 567.9ha と、標高 500 ~ 1000m の間に占める面積が全体の 62.5 % を占めている。

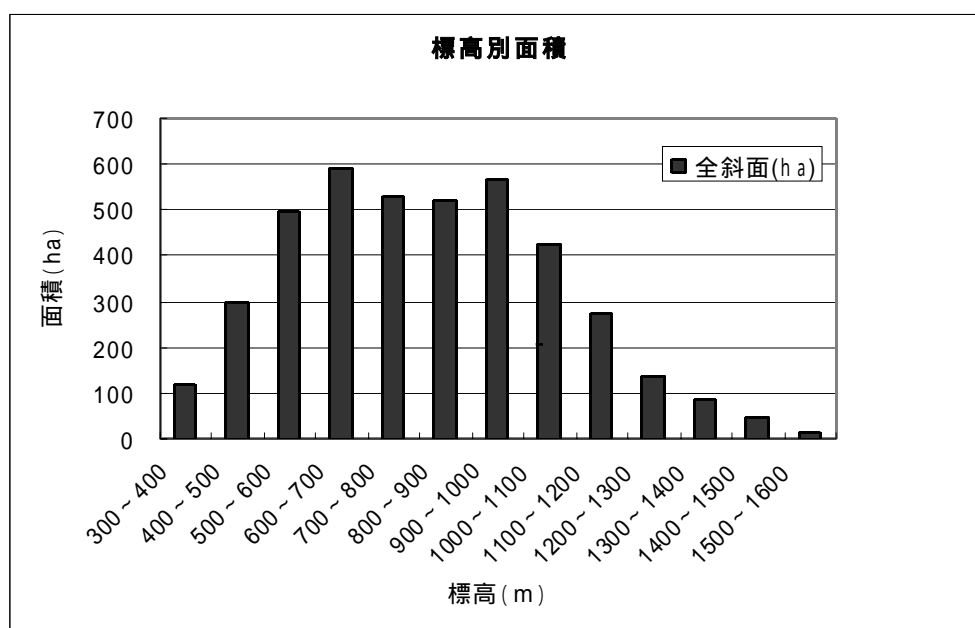


図 - 4 中川川流域の標高別出現面積の推移

標高(m)	全斜面(ha)	標高(m)	割合(%)
300～400	119.1	300～400	2.9
400～500	299.7	400～500	7.3
500～600	496.6	500～600	12.1
600～700	591.6	600～700	14.4
700～800	528.8	700～800	12.9
800～900	520.0	800～900	12.7
900～1000	567.9	900～1000	13.8
1000～1100	427.9	1000～1100	10.4
1100～1200	276.5	1100～1200	6.7
1200～1300	137.4	1200～1300	3.3
1300～1400	86.4	1300～1400	2.1
1400～1500	46.0	1400～1500	1.1
1500～1600	11.8	1500～1600	0.3
計	4109.7	計	100.0

表 - 3 中川川流域での標高別にみた斜面の出現面積とその割合

#### 中川川流域の方位別にみた面積割合

図 - 5、表 - 4 に斜面方位別にみた出現面積とその割合を示す。この図より東、南東、南、南西、西の方位が 400ha 以上の占有面積を有し、特に、南東方向(521.422ha)、南方向(529.812ha)に 500ha 以上の面積が出現している。また、平坦地が 493.649ha (12.0%) と比較的多いのが中川川流域の特徴である。

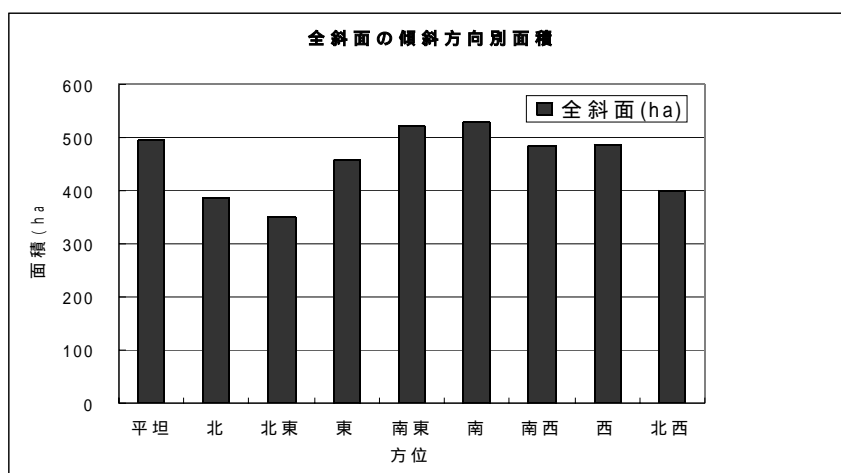


図 - 5 中川川流域の方位別にみた出現面積の推移

方位	全斜面(ha)	方位	割合(%)
平坦	493.649	平坦	12.0
北	386.026	北	9.4
北東	350.910	北東	8.5
東	457.968	東	11.1
南東	521.422	南東	12.7
南	529.812	南	12.9
南西	485.299	南西	11.8
西	486.581	西	11.8
北西	398.890	北西	9.7
計(ha)	4110.6	計	100.0

表-4 斜面方位別にみた出現面積とその割合

次の図は、8方位毎の同流域の出現面積の分布図を示す。この図からも平坦部分が全流域に分布していることが知見出来る。

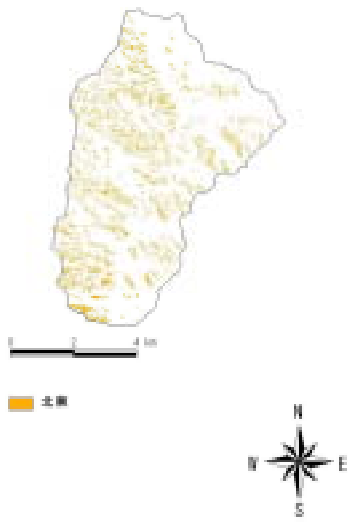


図 - 6.1 平坦部の分布

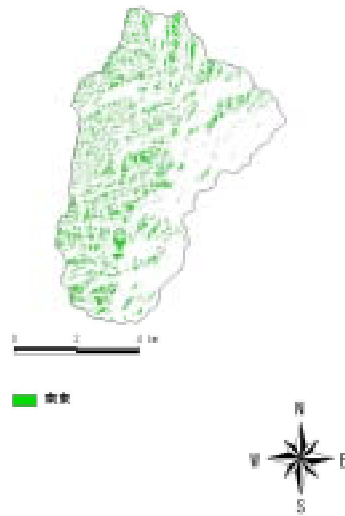


図 - 6.2 北方向の分布

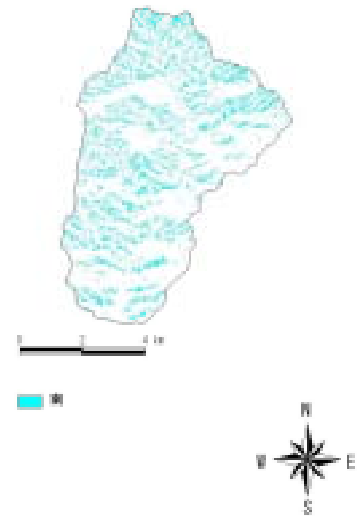


図 - 6.3 東方向の分布

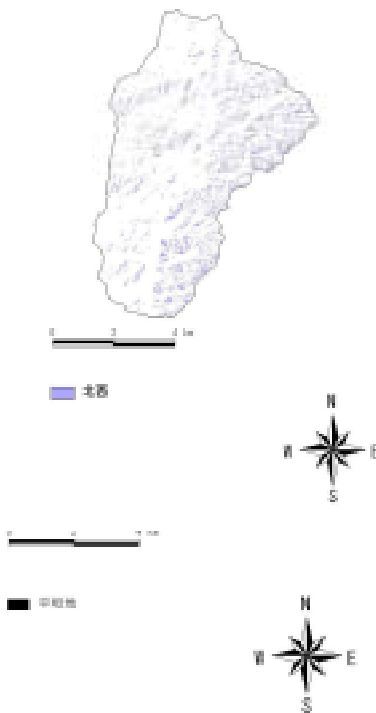


図 - 6.4 北東方向の分布

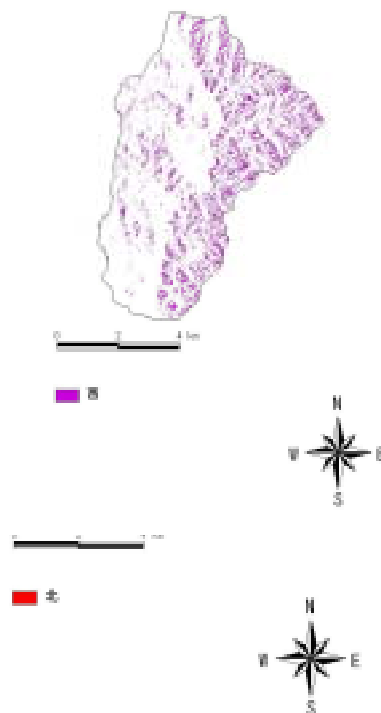


図 - 6.5 南東方向の分布

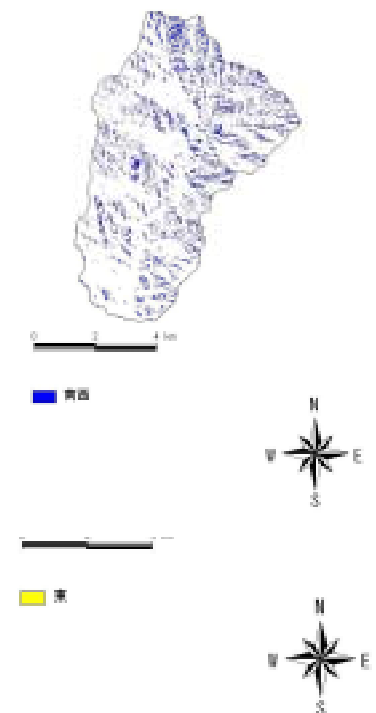


図 - 6.6 東方向の分布

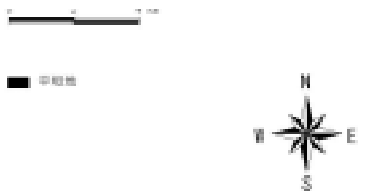


図 - 6.7 北西方向の分布



図 - 6.8 西方向の分布

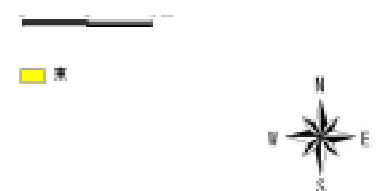


図 - 6.9 南西方向の分布

### 中川川流域の斜面傾斜別に見た面積割合

図 - 7、表 - 5 に斜面を傾斜角別に見た出現面積とその割合を示す。この図より当流域において傾斜角 30° ~ 50° を有する面積が 59.4 % を占めており、特に、傾斜角 40° ~ 45° が 715.4ha とピーク値を示すなど非常に急峻な地形であることがわかる。なお、0° ~ 5° の緩傾斜地が 12.4 % と全流域に分散して存在している。

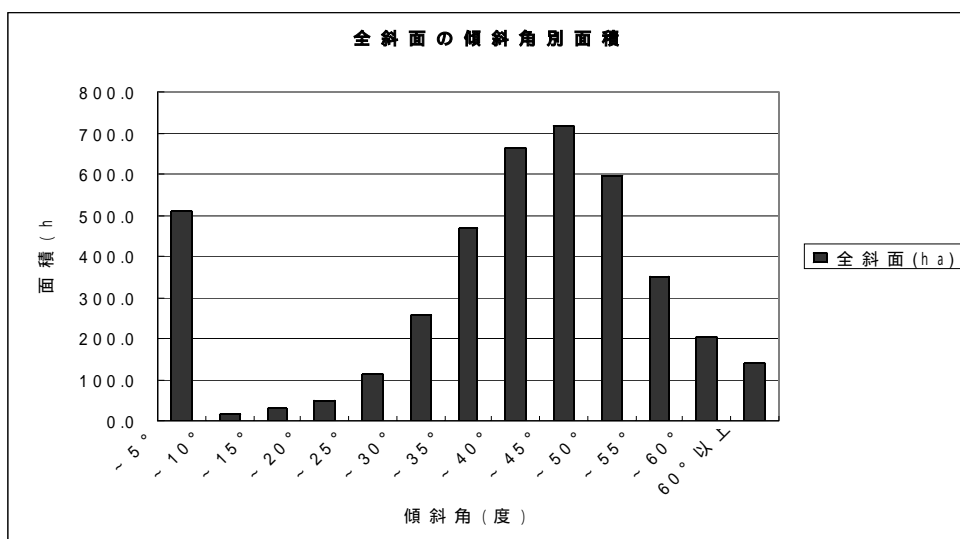


図 - 7 中川川流域の斜面傾斜角別に見た出現面積の推移

傾斜角	全斜面(ha)	傾斜角	割合 (%)
~5°	508.3	~5°	12.4
~10°	15.0	~10°	0.4
~15°	29.8	~15°	0.7
~20°	50.2	~20°	1.2
~25°	114.2	~25°	2.8
~30°	255.1	~30°	6.2
~35°	468.7	~35°	11.4
~40°	663.3	~40°	16.1
~45°	715.4	~45°	17.4
~50°	596.3	~50°	14.5

~ 55 °	352.0
~ 60 °	203.6
60 ° 以上	137.8
<b>計</b>	<b>4109.7</b>

~ 55 °	8.6
~ 60 °	5.0
60 ° 以上	3.4
<b>計</b>	<b>100.0</b>



表-4 斜面傾斜角別に見た出現面積とその割合

次の図は、斜面の傾斜角を 10 ° 毎に表した出現面積の分布図を示す。この図からも平坦部分が全流域に分布していることが知見出来る。

図 - 8.1

図 - 8.2

図 - 8.3

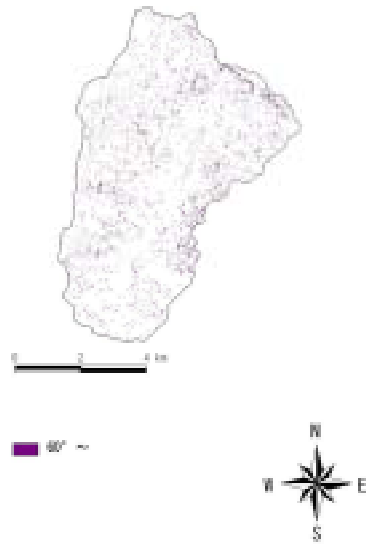


図 - 8.4

図 - 8.5

図 - 8.6

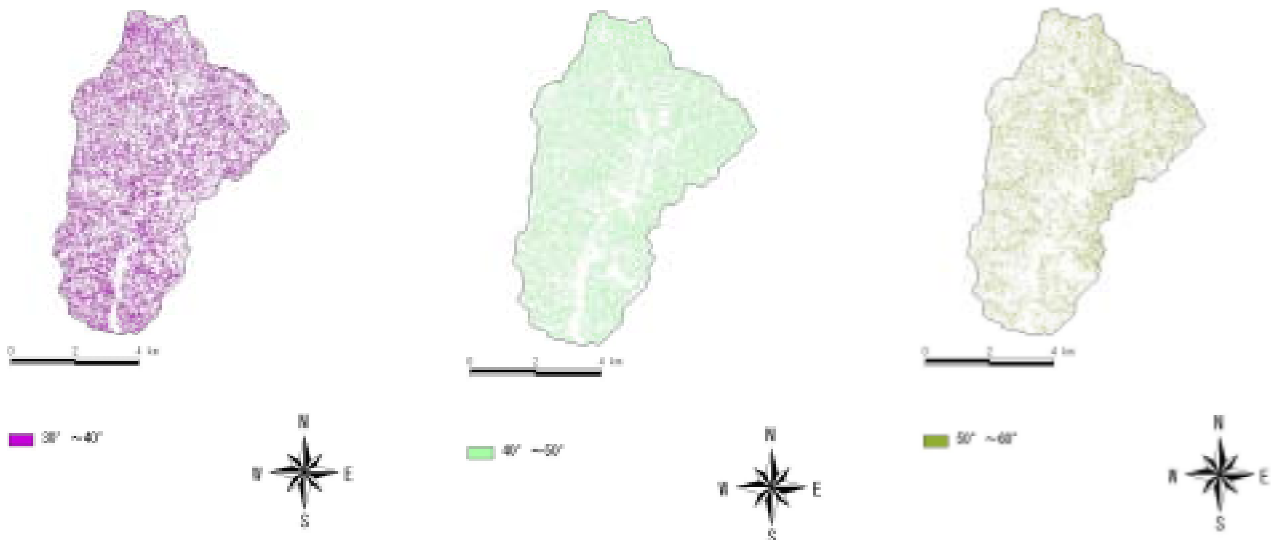


図 - 8.7

以上の地形特性をもつ中川川流域での崩壊地特性について時系列的に解析を行った。  
 なお、傾斜角 5 ° 以下の箇所すなわち傾斜がほとんどないため八方位の区別がつかない



い場所を「平坦地」とした。これに該当する部位として河川部と尾根部があげられる。

(5) 結果および考察

神奈川県西北部に位置する丹沢山塊の西丹沢中川川流域で発生した崩壊地の空間分布の時系列的解析結果を以下に記す。

中川川流域での崩壊地の個数と面積の推移

1967年、1978年、1988年、1999年の約10年間隔毎32年間の崩壊地の空間分布の変遷を図-9・10に示す。また、表-5に各年での崩壊地の基本統計量として、崩壊の数・崩壊面積・崩壊面積率・平均崩壊面積・最大崩壊面積・最小崩壊面積の各値を示す。なお、中川川流域の流域面積は4,110.63haである。これらの図表より、32年間の崩壊数の変動をみると1978年の604個を最大に1988年までに278個、1999年までに438個の減少をみている。また、崩壊面積も1978年の82.362haを最大に、1988年には約半数、1999年には約1/4に減少しており、1988年から1999年にかけての約10年間に崩壊個数・面積ともに大幅な減少が見られた。4年代を通じ1978年に崩壊が多発している要因として、表-1にも記載しているように1972年7月の集中豪雨・9月の台風10号、1977年の台風9号など考えられる。

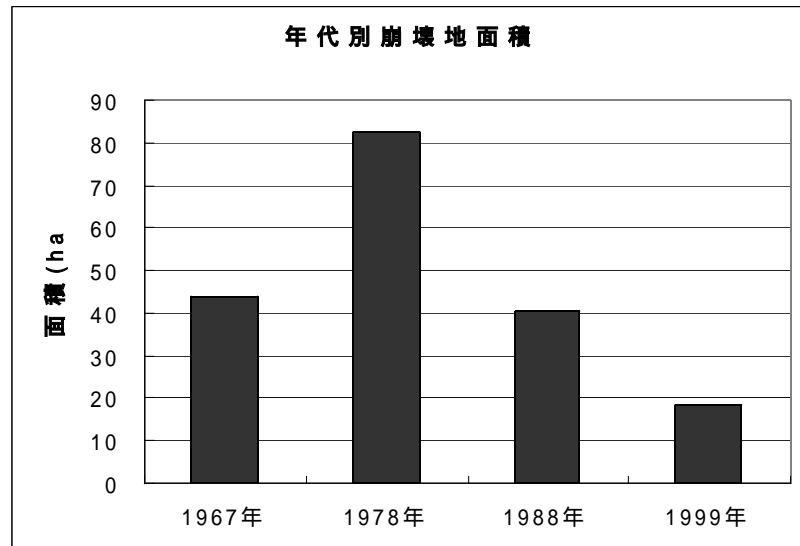


図 - 9 各年代毎の崩壊地面積の推移

表 - 5 各年代毎の崩壊地の推移

	1967年	1978年	1988年	1999年
面積(ha)	43.761	82.362	40.435	18.266
個数(個)	410	604	326	160
崩壊面積率(%)	1.065	2.004	0.984	0.444

平均崩壊面積(ha)	0.104	0.134	0.123	0.113
最大崩壊面積(ha)	2.294	2.318	1.894	2.092
最小崩壊面積(ha)	0.003	0.005	0.005	0.004

1978年以降に減少傾向は、当地域に災害をもたらす大きな気象事象が少なかったことと合わせ、崩壊地への植生回復への努力が人為的になされたこと、および植生の侵入による自然回復などによることが大きな要因と考えられる。

中川川流域の崩壊形態は平均崩壊面積で 0.104ha ~ 0.123ha、最小崩壊面積で 0.003ha ~ 0.005ha と小規模面積のものが多く、当地が比較的小規模な崩壊が発生する地域であることがわかる。しかし、最大崩壊面積では 1.894ha ~ 2.318ha と大規模な崩壊も発生している。

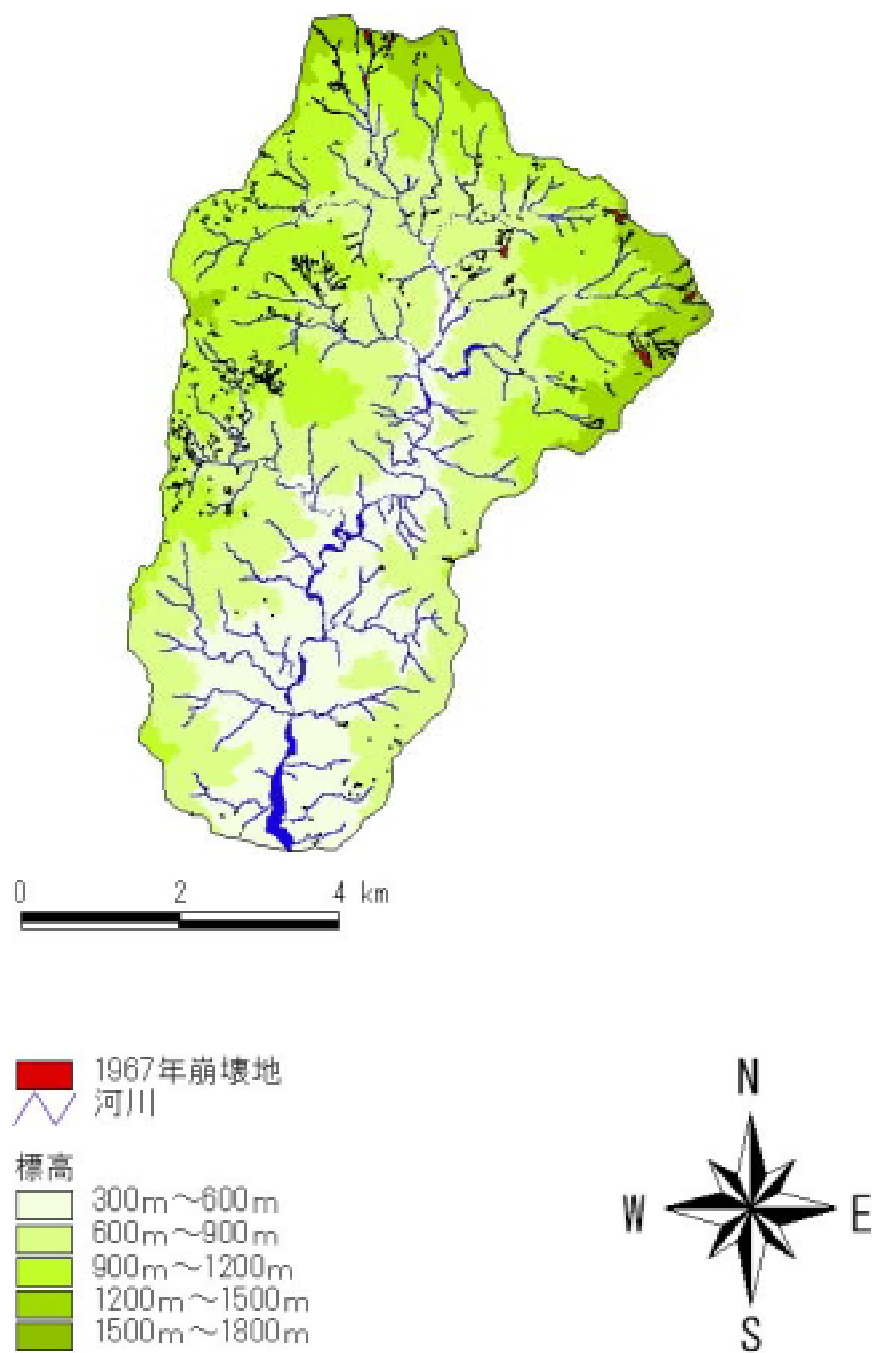
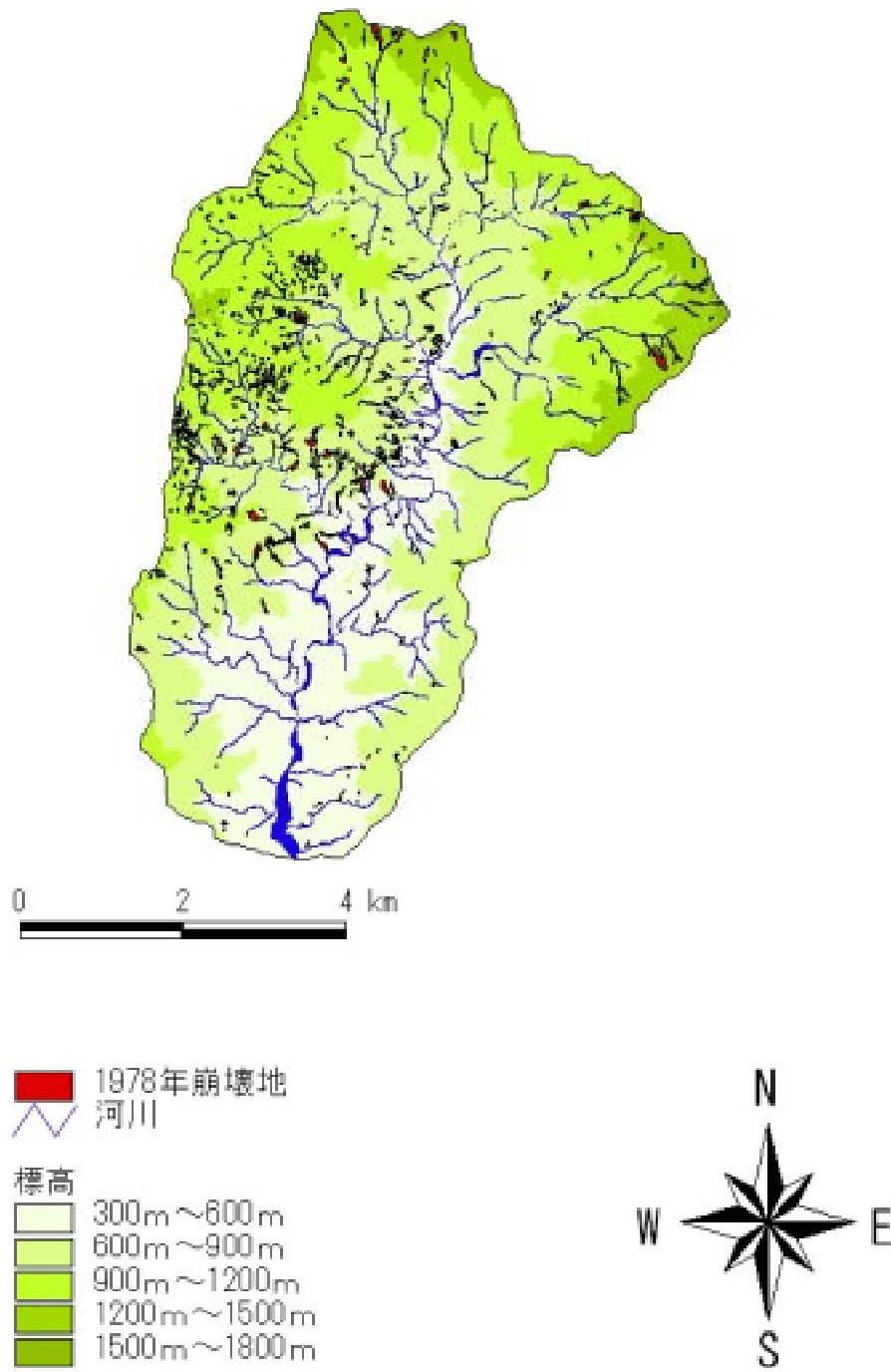


图 - 10.1

图 - 10.2



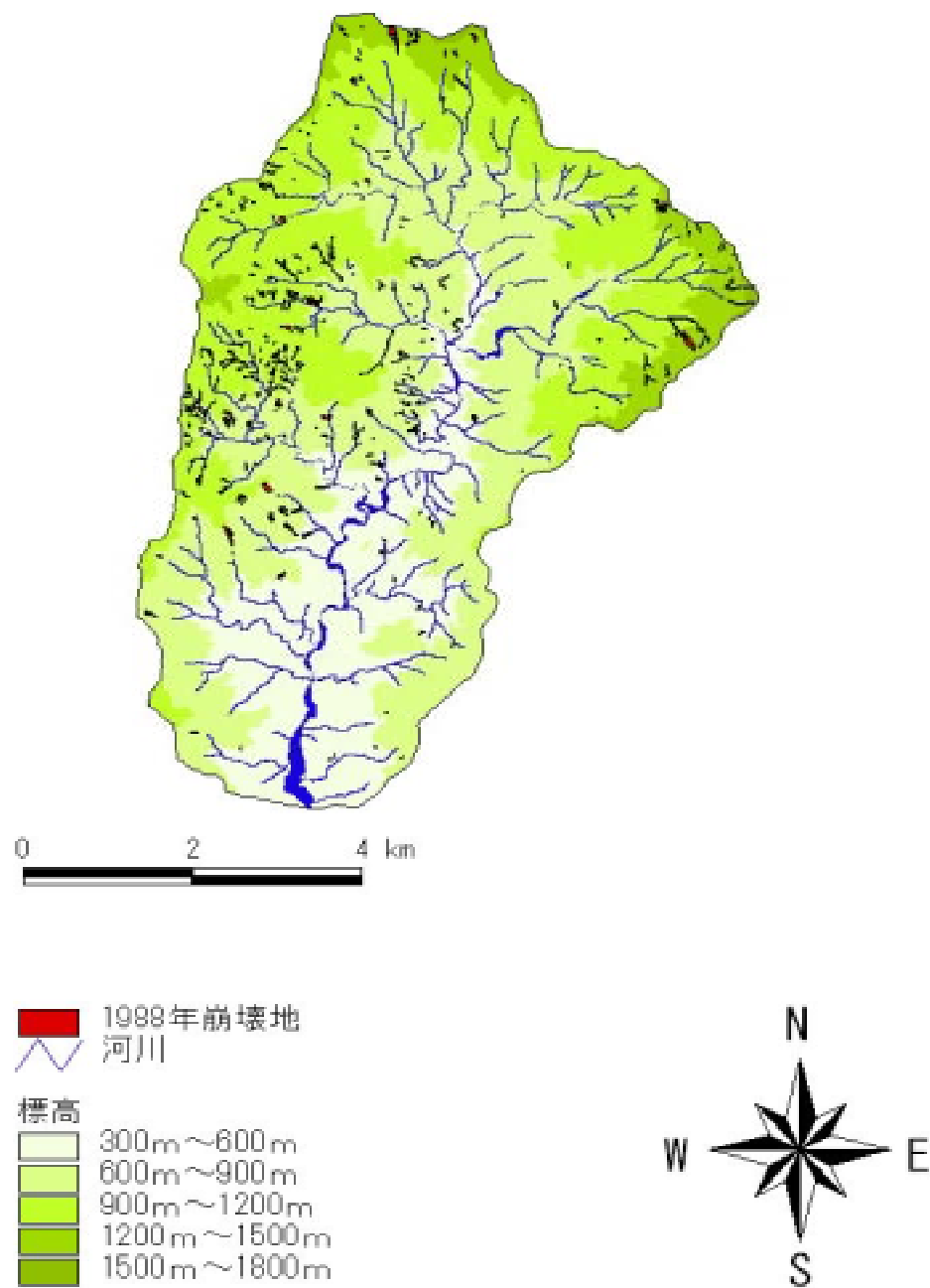


图 - 10.3

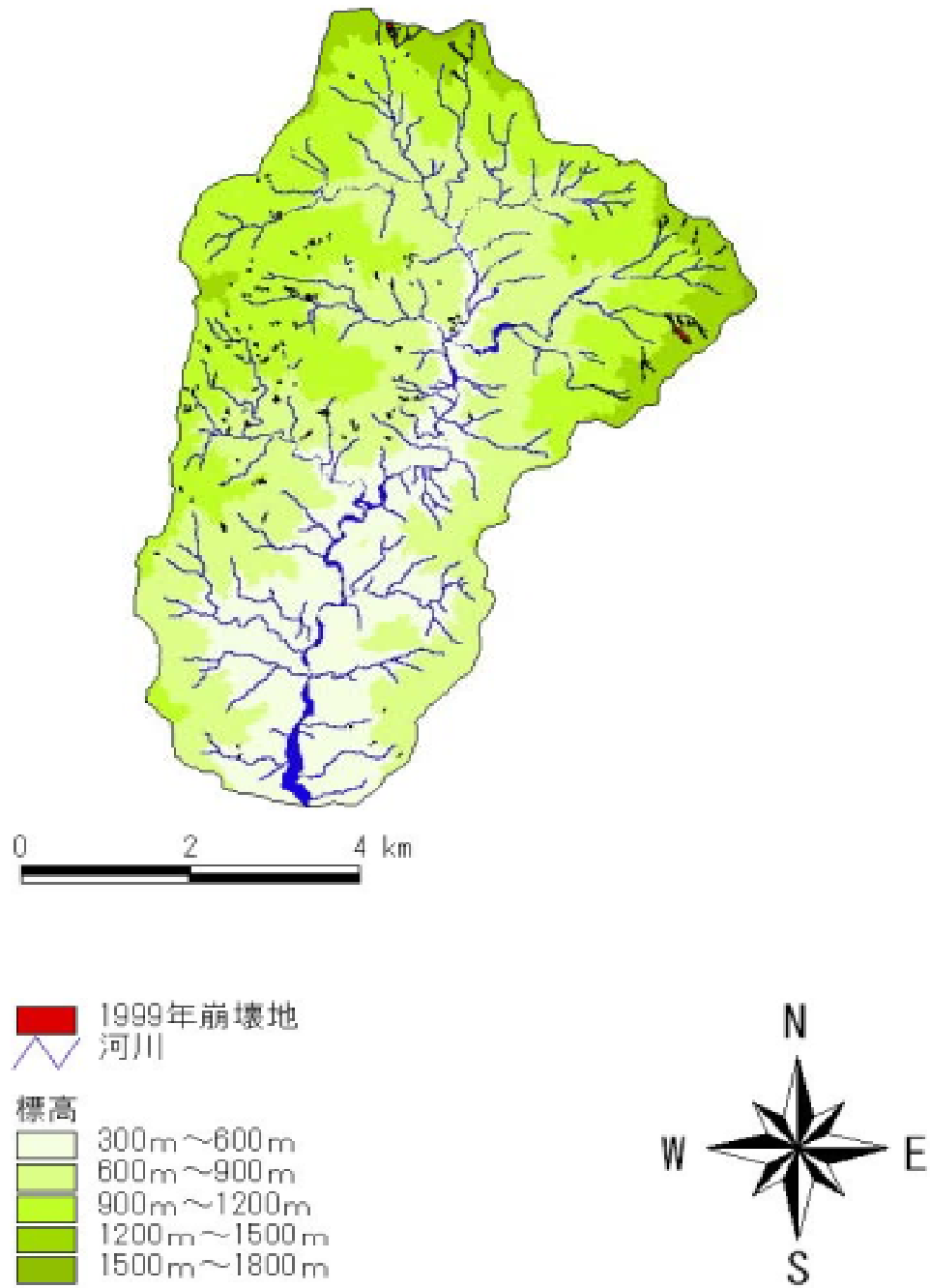


図 - 10.4

標高別の崩壊地個数分布と崩壊地密度

図 - 11 と表 - 6 に全斜面の面積と各年代別の崩壊地個数を標高別に示す。なお、崩壊源頭部を崩壊地の標高として計測した。

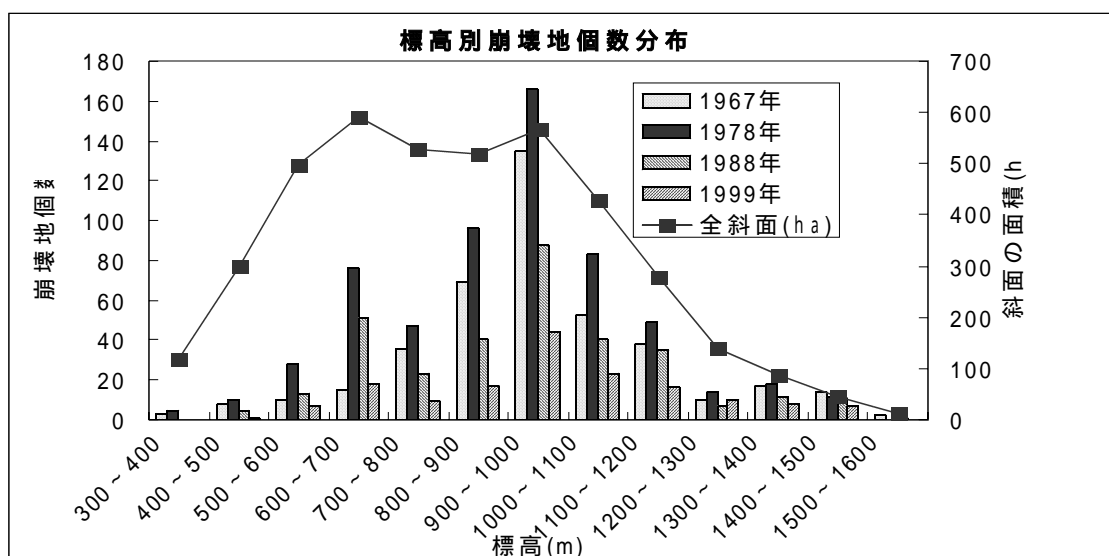


図 - 11 各年毎の標高別にみた崩壊地個数の推移

表 - 6 標高別の崩壊地の個数

標高(m)	1967年	1978年	1988年	1999年	全斜面(ha)
300~400	3	5	0	0	119.144
400~500	8	10	5	1	299.676
500~600	10	28	13	7	496.560
600~700	15	76	51	18	591.588
700~800	36	47	23	9	528.806
800~900	69	96	40	17	520.049
900~1000	135	166	88	44	567.869
1000~1100	53	83	40	23	427.944
1100~1200	38	49	35	16	276.517
1200~1300	10	14	7	10	137.408
1300~1400	17	18	12	8	86.359
1400~1500	14	12	11	7	45.985
1500~1600	2	0	1	0	11.834
計	410	604	326	160	4109.7390

図表より、中川川流域の崩壊地は標高 900 ~ 1,000m に多発している傾向が見られる。しかし、この傾向は 1967 年と 1978 年に顕著に表れている。これは、昭和 41 年(1966 年)の台風 4 号(総雨量 250 ~ 300mm)と昭和 47 年(1972 年)の集中

豪雨(連続雨量 530mm)が大きな要因となっていると思われる。中川川流域の標高別斜面面積が 500ha 以上は標高 600 ~ 1,000m の間にあり、各年代の崩壊発生もこの標高間に集中する傾向を示している。全体的に崩壊形態をみると標高 600m 以下で発生する崩壊数より、標高 1,000m 以上での崩壊数が勝っており、当流域が比較的高標高で崩壊が発生していることが読み取れる。

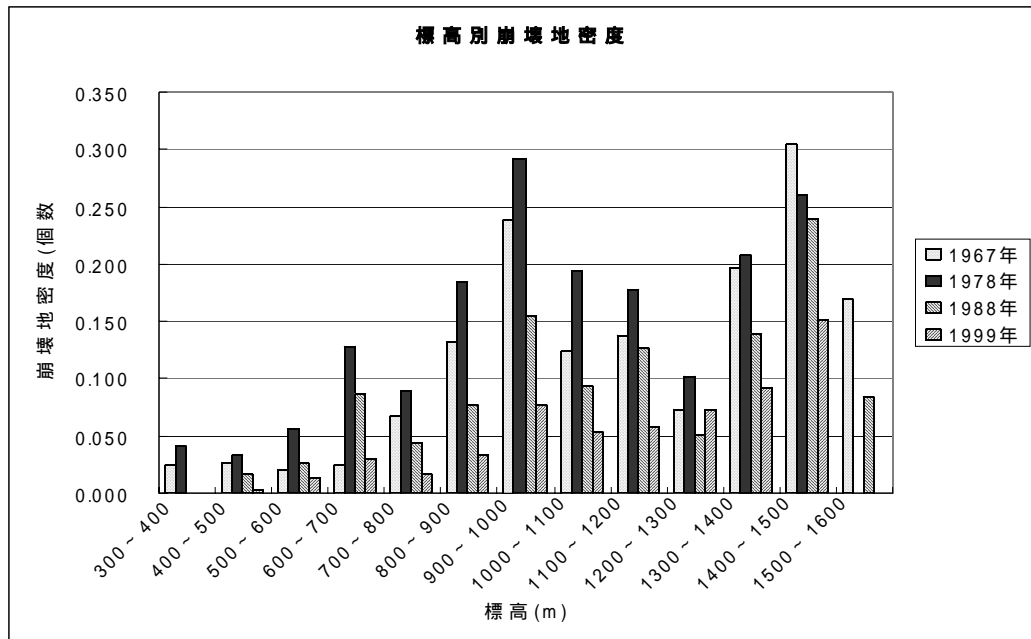


図 - 12 各年毎の標高別にみた崩壊地密度の推移

表 - 7 標高別の崩壊地密度

	1967年	1978年	1988年	1999年
300 ~ 400	0.025	0.042	0.000	0.000
400 ~ 500	0.027	0.033	0.017	0.003
500 ~ 600	0.020	0.056	0.026	0.014
600 ~ 700	0.025	0.128	0.086	0.030
700 ~ 800	0.068	0.089	0.043	0.017
800 ~ 900	0.133	0.185	0.077	0.033
900 ~ 1000	0.238	0.292	0.155	0.077
1000 ~ 1100	0.124	0.194	0.093	0.054
1100 ~ 1200	0.137	0.177	0.127	0.058
1200 ~ 1300	0.073	0.102	0.051	0.073
1300 ~ 1400	0.197	0.208	0.139	0.093
1400 ~ 1500	0.304	0.261	0.239	0.152
1500 ~ 1600	0.169	0.000	0.085	0.000
合計	1.540	1.768	1.138	0.604

図 - 12 と表 - 7 に標高区分毎の崩壊地密度を示す。崩壊地密度と標高との関係が



らも当流域が比較的高標高で発生していることがわかる。すなわち、図表より標高 900 m ~ 1000 m と標高 1400 m ~ 1500 m に崩壊のピーク値を示している。

標高と崩壊地との関係を見ると中川川流域においては、高標高地で崩壊が多発する傾向が顕著に見られた。これは当流域での標高別斜面面積が比較的高標高部において多いことにも一つの要因と考えられる。

### 傾斜方位別の崩壊地個数分布と密度

図 - 13 と表 - 8 に斜面方位別面積と崩壊地個数を示す。

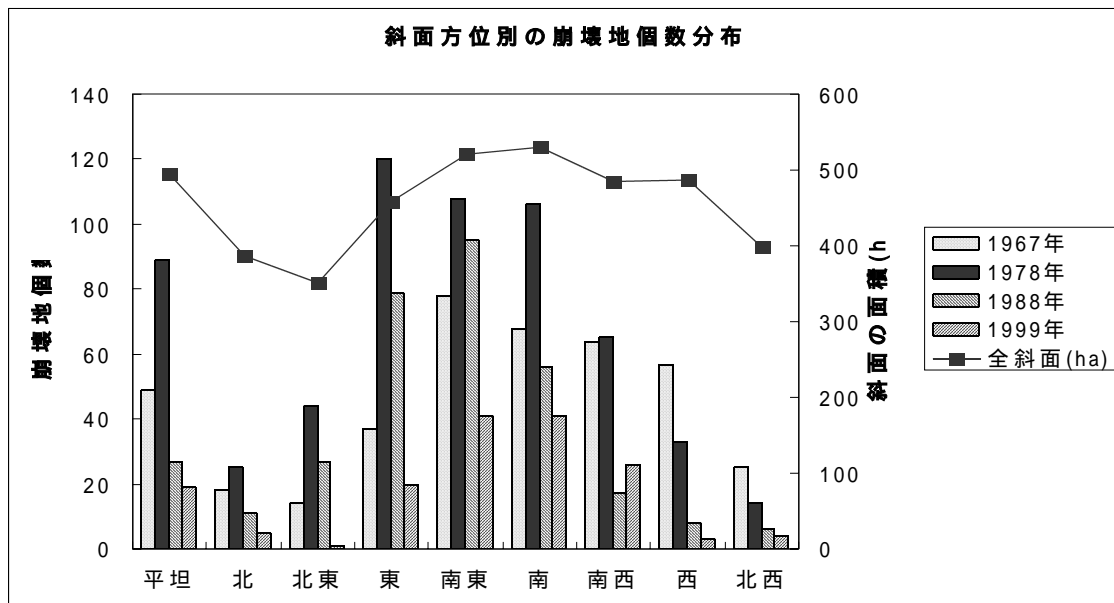


図 - 13 斜面方位別面積と崩壊地個数

表 - 8 方位別にみた崩壊地個数と斜面の面積

	1967年	1978年	1988年	1999年	全斜面(ha)
平坦	49	89	27	19	493.649
北	18	25	11	5	386.026
北東	14	44	27	1	350.910
東	37	120	79	20	457.968
南東	78	108	95	41	521.422
南	68	106	56	41	529.812
南西	64	65	17	26	485.299
西	57	33	8	3	486.581
北西	25	14	6	4	398.890
合計	410	604	326	160	4110.557

各年代毎の方位別による崩壊地をみると、1967年は南東(78個) > 南(68個) > 南西

(64 個)、1978 年は東(120 個) > 南東(108 個) > 南(106 個)、1988 年は南東(95 個) > 東(79 個) > 南(56 個)、1999 年は南東(41 個) 南(41 個) > 南西(26 個)と各年代により方位別崩壊数は異なっているが、南西から東の方位に崩壊が集中している。同流域の方位別の斜面面積は、南 > 南東 > 西 > 南西 > 東 > 北西 > 北 > 北東の順に占有面積を有していることも大きな要因の一つである。

表 - 9 と図 - 14 に方位別毎の崩壊地密度との関係を示す。各年代毎のピーク値は 1967 年は南東(0.150 個数/ha)、1978 年は東(0.262 個数/ha)、1988 年東(0.182 個数/ha)、1999 年は南東(0.079 個数/ha)となり図 - 13 の結果と符合する。

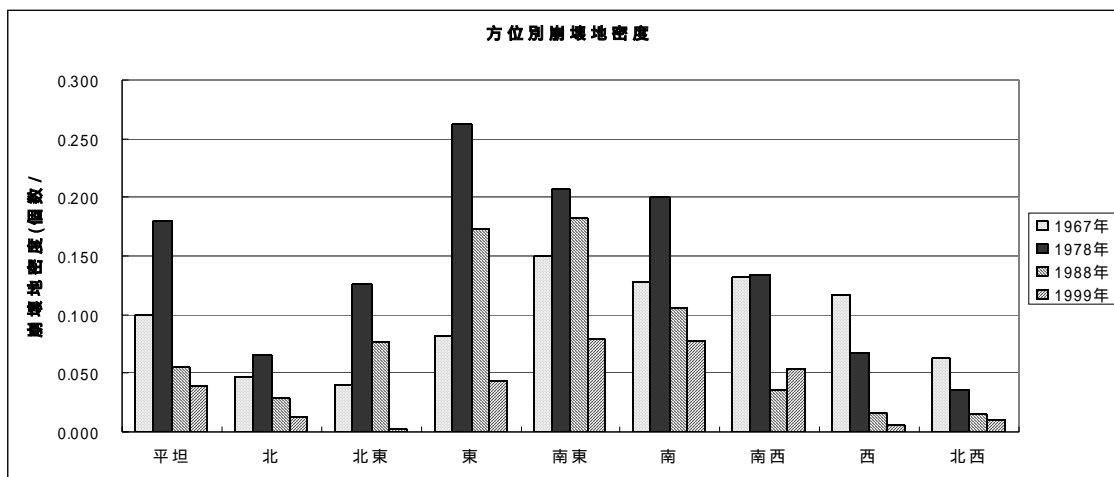


図 - 14 方位別にみた崩壊地密度

表 - 9 各年代の方位別崩壊地密度

	1967年	1978年	1988年	1999年
平坦	0.099	0.180	0.055	0.038
北	0.047	0.065	0.028	0.013
北東	0.040	0.125	0.077	0.003
東	0.081	0.262	0.173	0.044
南東	0.150	0.207	0.182	0.079
南	0.128	0.200	0.106	0.077
南西	0.132	0.134	0.035	0.054
西	0.117	0.068	0.016	0.006
北西	0.063	0.035	0.015	0.010
合計	0.856	1.277	0.687	0.324

傾斜角別の崩壊地個数分布と崩壊地密度

図 - 15、表 - 10 に斜面の傾斜角別にみた崩壊地個数と傾斜角毎の占有面積を示す。

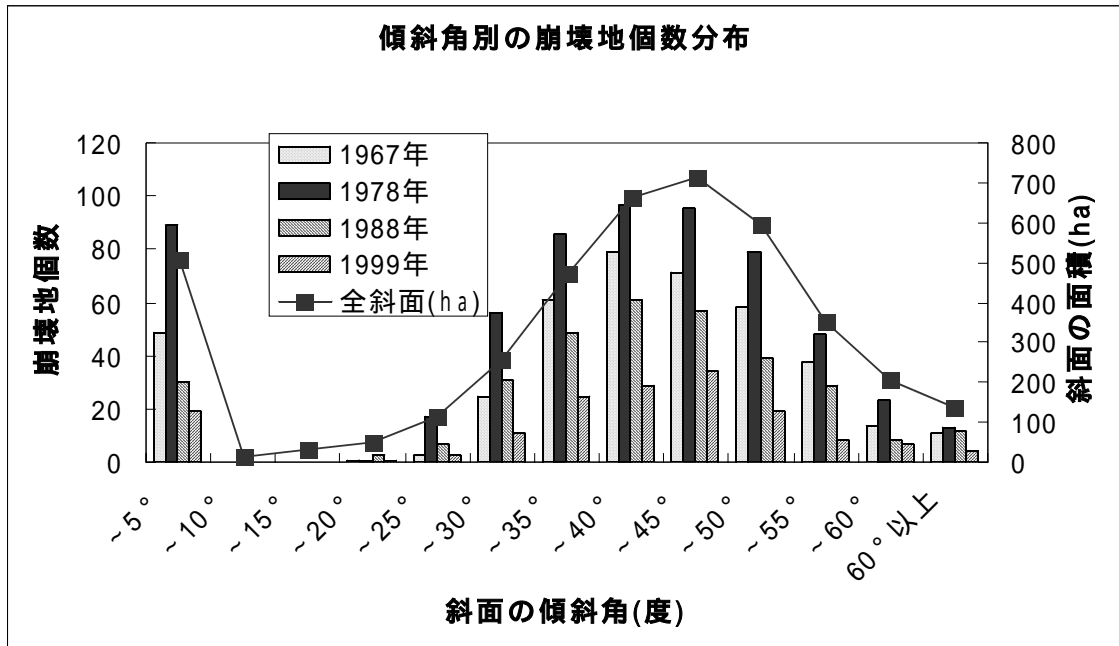


図 - 15 斜面傾斜角別にみた崩壊地個数の推移

表 - 10 各年代毎の傾斜角別崩壊地個数

	1967年	1978年	1988年	1999年	全斜面(ha)
~ 5°	49	89	30	19	508.326
6° ~ 10°	0	0	0	0	15.001
11° ~ 15°	0	0	0	0	29.765
16° ~ 20°	1	1	3	1	50.173
21° ~ 25°	3	17	7	3	114.238
26° ~ 30°	25	56	31	11	255.132
31° ~ 35°	61	86	49	25	468.746
36° ~ 40°	79	97	61	29	663.330
41° ~ 45°	71	95	57	34	715.370
46° ~ 50°	58	79	39	19	596.273
56° ~ 55°	38	48	29	8	352.020
55° ~ 60°	14	23	8	7	203.608
60° 以上	11	13	12	4	137.756
計	410	604	326	160	4109.738

中川川流域の地形は、傾斜角 5° 以下の緩傾斜が占める割合が全体の 12.4 %で、全

域に分散し、崩壊地の発生数も 1967 年(49 個)、1978 年(89 個)、1988 年(30 個)、1999 年(19 個)と：傾斜角 6 ° ~ 15 ° が 0 個であることを勘案しても一つの大きな特徴であり、今後、丹沢山地での緩傾斜地に発生した崩壊地の形態について考究する必要がある。当流域の 32 年間の傾斜角別の崩壊地分布の傾向をみると、流域の傾斜角別の斜面面積分布と符合しており、その占有面積と崩壊地個数とが比例関係にあることが読み取れる。最大斜面占有面積 (715.370ha) を有する傾斜角(41 ° ~ 45 °)と傾斜角 36 ° ~ 40 ° で多くの崩壊が生じ、前述の緩傾斜地と急傾斜地での崩壊発生が特徴と思われる。

次に、図 - 16、表 - 11 に稟崩壊地密度と傾斜区分との関係を示す。

図 - 16 をみると、1978 年の崩壊地密度は 1967 年、1988 年、1999 年よりも高い値を得ており、傾斜角 26 ° ~ 30 ° と 31 ° ~ 35 ° に崩壊地が多発する傾向を示した。1967 年、1999 年では 31 ° ~ 35 ° が、1988 年では 26 ° ~ 30 ° がピーク値となっているが、各年で気象事象などの崩壊要因の違いにより崩壊地密度の値に大小の差は認められるが、当流域での崩壊地が 30 ° 以上の急傾斜地で発生していることが確認される。

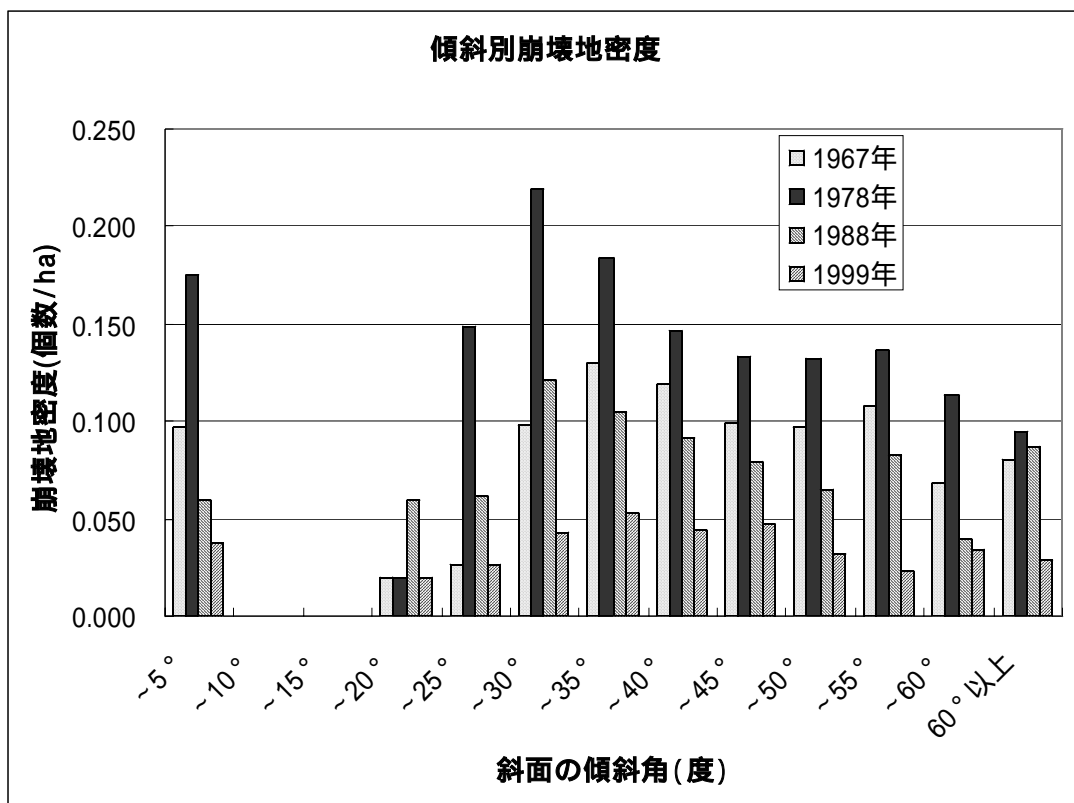


図 - 16 傾斜角別の崩壊地密度

表 - 11 各年代毎の傾斜角別崩壊地密度

	1967年	1978年	1988年	1999年
~ 5 °	0.096	0.175	0.059	0.037
6 ° ~ 10 °	0.000	0.000	0.000	0.000
11 ° ~ 15 °	0.000	0.000	0.000	0.000
16 ° ~ 20 °	0.020	0.020	0.060	0.020
21 ° ~ 25 °	0.026	0.149	0.061	0.026
26 ° ~ 30 °	0.098	0.219	0.122	0.043
31 ° ~ 35 °	0.130	0.183	0.105	0.053
36 ° ~ 40 °	0.119	0.146	0.092	0.044
41 ° ~ 45 °	0.099	0.133	0.080	0.048
46 ° ~ 50 °	0.097	0.132	0.065	0.032
56 ° ~ 55 °	0.108	0.136	0.082	0.023
55 ° ~ 60 °	0.069	0.113	0.039	0.034
60 ° 以上	0.080	0.094	0.087	0.029
平均	0.072	0.116	0.066	0.030

稜線から源頭部までの距離と崩壊地個数との関係

中川川流域における崩壊地の発生位置を標高を基準として見た場合、前述のように比較的高標高(標高 1,000m 近傍)で多数発生している。また、崩壊地密度で見ると標高 900m ~ 1,000m と標高 1,400m ~ 1,500m で高い値を示している。一般に山体を形成する山腹斜面は、山地形成過程の中で山腹斜面長に長短が生じる。流域を最小単位流域の集合体であり、この最小単位流域内で斜面崩壊が発生する。そして、この集合体内の稜線(尾根部)の標高に差異が生じる。ここでは、崩壊地の標高別特性とは別に、稜線より崩壊源頭部までの距離に着目し検討を行った。

図 - 17 に、各年代毎の稜線(尾根部)から崩壊地源頭部までの距離と崩壊地個数との関係を表している。なお、稜線は神奈川県治山基本図の細地区区分線を用い、稜線から源頭部までの水平距離で表した。

これらの図表より、1967年、1978年、1988年、1999年ともに崩壊の総発生数は異なるが、稜線から崩壊発生之源頭部までの距離が50mの範囲内に崩壊地が集中しており、稜線から源頭部までの距離が長くなるにつれて崩壊地個数は減少する傾向を顕著にみられる。このことは、山口・川邊<sup>1,3)</sup>が地震に伴う崩壊が比較的標高の高い場所または稜線近傍から発生しやすいことを言及しており、当流域の標高別の崩壊数も高標高で多く、また、関東地震・相模地震など過去幾多の地震やその後の台風・集中豪雨にも見舞われたことを勘案すると、これらの影響が崩壊形態に大きく関与したものと恐れ、過去の崩壊履歴のデータ蓄積と解析が必要と考える。

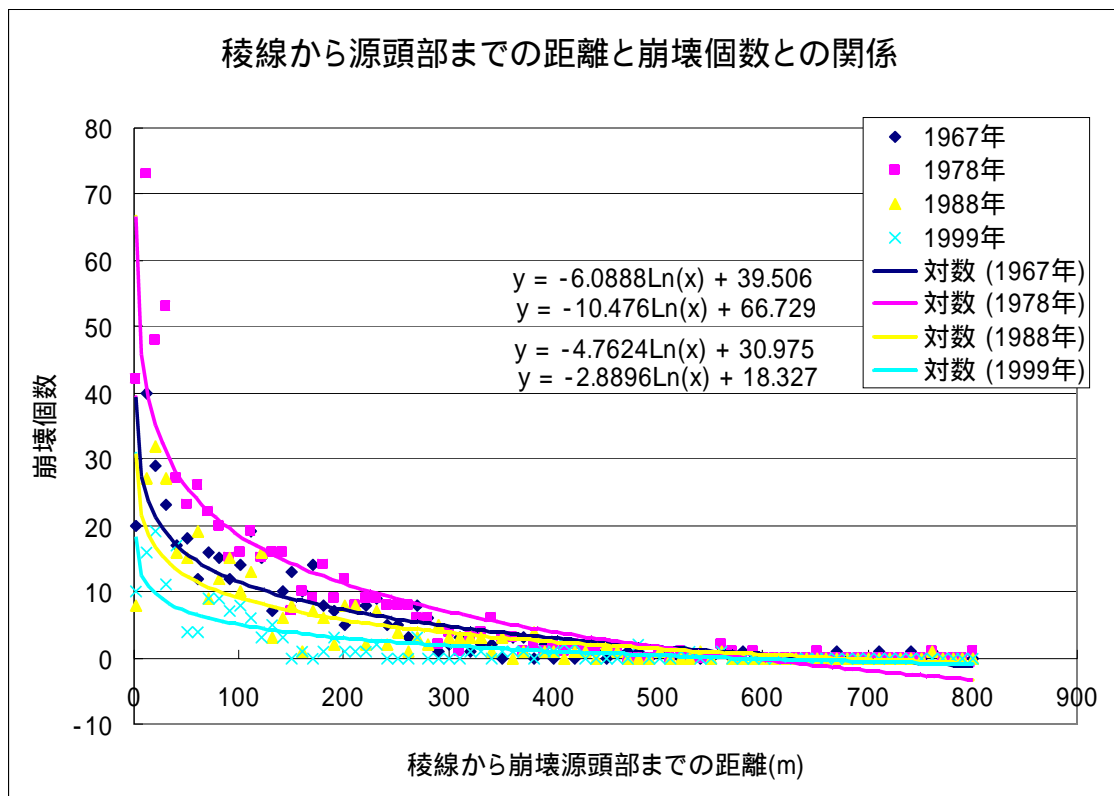


図 - 17 稜線から源頭部までの距離と崩壊地個数との関係

1967年から1999年までの過去32年間の推移をみると、曲線が1978年、1967年、1988年、1999年の順になだらかな下降傾向を示している。これは1972年の集中豪雨による山地崩壊が稜線近傍で多発していることを示したものと考えられる。その後1988年、1999年と崩壊発生数も減少し、尾根部からの崩壊部が減っていることは、みどりへの復元または植生侵入に伴う回復がなされたためと考えられ、治山緑化事業の経過とも勘案して考察する必要がある。

表 - 12 稜線より崩壊地源頭部までの距離(10m 間隔)

稜線から源頭 部までの距離 (m)	1967	1978	1988	1999	稜線から源頭 部までの距離 (m)	1967	1978	1988	1999
~10	20	42	8	10	~410	0	2	1	1
~20	40	73	27	16	~420	1	1	0	2
~30	29	48	32	19	~430	0	2	1	2
~40	23	53	27	11	~440	2	1	1	0
~50	17	27	16	17	~450	1	1	0	0
~60	18	23	15	4	~460	0	2	2	0
~70	12	26	19	4	~470	1	1	1	0
~80	16	22	9	9	~480	1	0	0	0
~90	15	20	12	9	~490	1	0	0	2
~100	12	15	15	7	~500	0	0	0	0
~110	14	16	10	8	~510	1	1	1	0
~120	19	19	13	6	~520	0	0	0	0
~130	15	15	16	3	~530	0	1	0	1
~140	7	16	3	5	~540	0	0	0	1
~150	10	16	6	3	~550	0	0	1	0
~160	13	7	8	0	~560	0	0	0	0
~170	10	10	1	1	~570	1	2	1	1
~180	14	9	7	0	~580	0	1	0	0
~190	8	14	6	1	~590	1	0	0	0
~200	7	9	2	3	~600	0	1	0	0
~210	5	12	8	1	~610	0	0	0	0
~220	8	8	8	1	~620	0	0	0	0
~230	8	9	2	1	~630	0	0	0	0
~240	9	9	7	2	~640	0	0	0	0
~250	5	8	2	0	~650	0	0	0	0
~260	5	8	4	0	~660	0	1	0	0
~270	3	8	1	0	~670	0	0	0	0
~280	8	6	3	3	~680	1	0	0	0
~290	6	6	2	0	~690	0	0	0	0
~300	1	2	5	0	~700	0	0	0	0
~310	2	4	3	0	~710	0	0	0	0
~320	3	1	3	0	~720	1	0	0	0
~330	1	3	3	1	~730	0	0	0	0
~340	2	4	3	1	~740	0	0	0	0
~350	2	6	1	0	~750	1	0	0	0
~360	0	3	3	1	~760	0	0	0	0

~370	3	3	0	1	~770	1	1	1	0
~380	3	1	1	1	~780	0	0	0	0
~390	0	2	4	0	~790	0	0	0	0
~400	2	1	1	1	~800	0	0	0	0
					~810	0	1	0	0
					計	409	603	326	160

#### 崩壊地の拡大・縮小・消滅の量的推移

1967年、1978年、1988年、1999年の32年間の中川川流域における崩壊地の形状変化例を図-18a,b,c(西沢上流域)に示す。また、表-13・図-19と表-14・図-20に崩壊地の新規・消滅・拡大・縮小の時系列的変遷を個数別・面積別に示す。



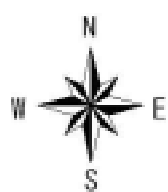
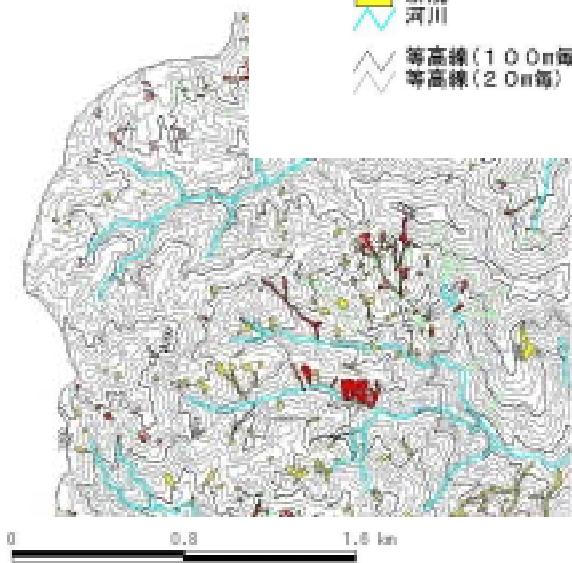
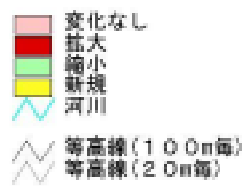
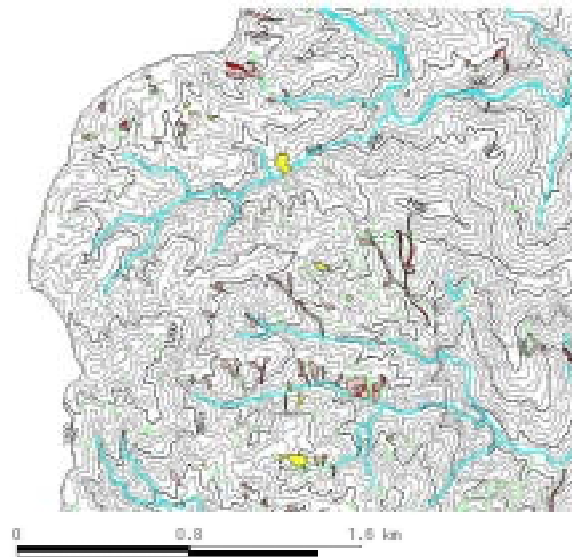


図 - 18a 1967年～1978年  
崩壊地の変遷

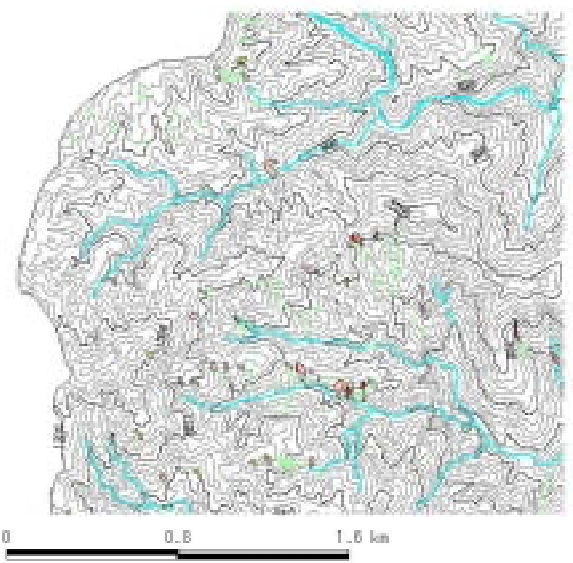


図 - 18b 1978年～1988年  
崩壊地の変遷

図 - 18c 1988年～1999年

崩壊地の変遷

崩壊地を時間軸に沿って解析する場合、その崩壊地の形状形態が拡大・縮小・消滅への過程を経て植生の回復が行われる。しかし、その形状型により回復までの時間に差が生じる。本解析において、1967年、1978年、1988年、1999年の短期間(32年間)の崩壊地変移について、1967年～1978年と1978年～1988年および1988年～1999年間の推移を検討した。その結果を表-13・図-19と表-14・図-20に示す。この図表より、崩壊地面積に変化が見られなかった場を除いて、1967～1978年にかけて各崩壊型崩壊地が新規型(50.24ha) > 拡大型(15.82ha) > 縮小型(14.09ha) > 消滅型(13.26ha)の順に減少しているが、崩壊数では、新規型410個、消滅型216個、拡大型79個、縮小型55個となり、新規型が面積が他の崩壊型の約3倍、個数では消滅型の約2倍、拡大型・縮小型の約5倍と約7倍近く発生している。また、1978年～1988年の崩壊型は、個数で消滅型346個が新規型68個の約5倍となっているが、面積では、縮小型(60.60ha)が消滅型(28.64ha)と約2倍となり、崩壊面積の減少が顕著に表れており、緑化による緑の復元が裸地部の減少に繋がっているものと考えられる。

1988年～1999年では、縮小型(31.41ha) > 消滅型(19.64ha) > 拡大型(5.18ha) > 新規型(4.05ha)で、崩壊個数も消滅型223個、新規型57個、縮小型40個、拡大型20個と緑化による崩壊地の減少が見られる。

32年間を通して、西丹沢中川流域における崩壊形態は、時間軸の経過とともに新規崩壊地が減少し、消滅型が増加していることが特徴で、今後1967年以前の崩壊形態の推移について解析し、土地利用状況・気象事象等を踏まえ総合的に検討する必要がある。

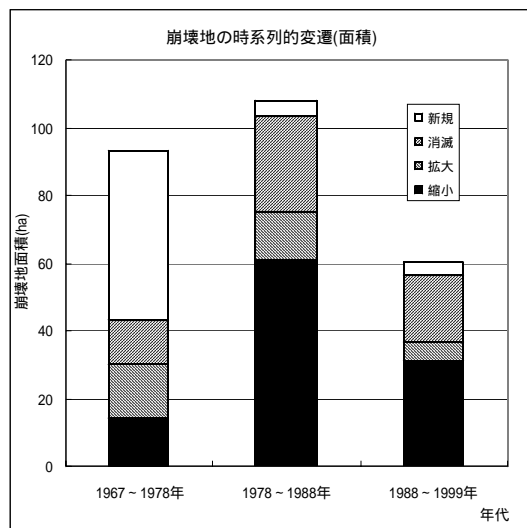
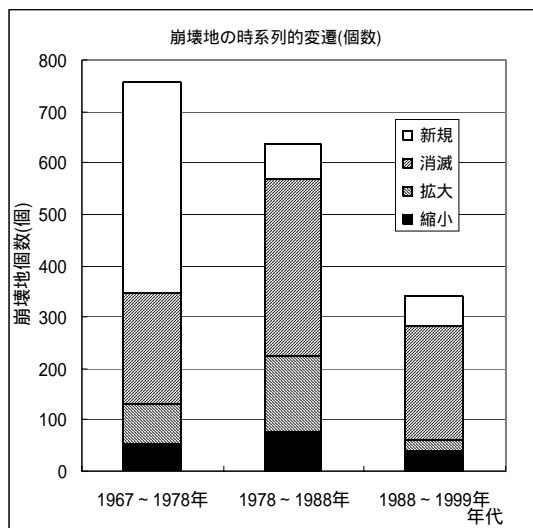


図-19 崩壊数の拡大・縮小・消滅の推移

図-20 崩壊面積の拡大・縮小・消滅の推移

表 - 1 3 崩壊個数の拡大・縮小・消滅の時系列的推移

	新規	消滅	拡大	縮小
1967～1978年	410	216	76	55
1978～1988年	68	346	147	77
1988～1999年	57	223	20	40

表 - 1 4 崩壊地面積の拡大・縮小・消滅の時系列的推移 (単位:ha)

	新規	消滅	拡大	縮小	変化なし
1967～1978年	50.235	13.26	15.815	14.093	16.444
1978～1988年	4.411	28.639	14.541	60.604	21.555
1988～1999年	4.05	19.64	5.183	31.405	9.03

(6) おわりに

調査対象地の丹沢山地中川川流域一帯の地質は、脆い石英閃緑岩やホルンフェス化した岩石で構成され、丹沢山地の造山運動によって微細な亀裂が岩体に入っているほか、山地も急峻であり山地崩壊を発生し易い地帯に属している。1923年、1924年と関東地震、相模地震およびその後台風、集中豪雨に見舞われ、多くの山腹崩壊や森林荒廃が起こった地域である。首都圏に隣接している丹沢山地で土砂移動がどの様に進行し、どのような状況にあるかを知ることは、極めて重要である。従来、裸地化した崩壊地が植生を回復するまでのプロセスについては、これまで個々の崩壊場や小地域内での解析は行われているが、航空写真を用い広範囲にわたる時系列的な解析や崩壊地が消滅にいたるまでの解析例は比較的少ない。特に、丹沢山地は首都圏住民のレクリエーションの場として多くの行楽客の出入りもあり、神奈川県民の水源の源であることを考慮に入れると広範囲で生じている森林荒廃を時間軸を中心として考察することは重要である。このような地域での崩壊地の発生から消滅に至る崩壊場で生起している現象(新規・消滅・拡大・縮小)の諸過程をマクロ的視野からの検証を試みた。解析には、治山基本図(1/5,000)に1967年、1978年、1988年、1999年撮影の航空写真から崩壊地を抽出移写しGISを用いて解析を行った。以下に4年代を通じ解析を行った結果を示す。(1)崩壊地個数は、1967年410個、1978年604個、1988年326個、1999年160個で1978年に多くの崩壊が発生しその後の減少傾向は災害を伴う大きな気象事象が少なかったことと、植生回復への効果が考えられる。(2)崩壊面積は、1967年43.761ha、1978年82.362ha、1988年40.435ha、1999年18.266haと1978

年に最大値を示し、崩壊数と同様の傾向を示しており、1972年の集中豪雨の影響と考えられる。(3)調査対象地の崩壊地は、平均崩壊面積0.12haと比較的小規模な崩壊地が大部分を占めている。(4)傾斜方向別・傾斜角別・標高別の崩壊地個数の分布、崩壊地密度の解析結果は、おのおの全斜面の分布割合に対応した崩壊地分布状況となっている。(5)標高毎の各年代による崩壊地個数を比較すると、標高1200m以下では1978年に増加し、それ以降の年代は減少傾向がみられるが、1200mを超えるとその傾向はみられず、各年代の差もほとんどみられなかった。これは1978年の崩壊の主な原因である1972年七月の集中豪雨が高標高では大きく影響しなかったと推測できる。全体的、高標高地や急斜面を除き比較的早く植生の回復が行われたためと考えられる。これは、1972年以降災害をもたらす気象事象による土砂移動現象が少なかったことと緑化等の治山工事が実施されたことが大きな要因と言える。しかし、高標高地に崩壊規模の大きい崩壊地が残存している。今後、崩壊地の斜面形状を凹型・凸型・平滑型の三つに分類するなど、地形・地質特性・土地利用形態と崩壊との関係について解析する必要性がある。

#### 参考文献

- 1) 板垣恒夫・笹賀一郎(1983) 空中写真判読による崩壊地の分布( )北海道大学天塩地方演習林(1977) . 日林論 94 : 93-94
- 2) 板垣恒夫・笹賀一郎(1984) 空中写真判読による崩壊地の分布( )新第三紀層および蛇紋岩地帯の特徴 . 日林論 95 : 137-138
- 3) 戎 信宏・村瀬 悠・丸谷知巳(2000) 衛星データとGISを用いた崩壊地の判別に関する研究 市房山崩壊地群を例として . 砂防学会誌 53(1) : 3-9
- 4) 太田猛彦(2004) 森林の多面的機能の評価 . 農林水産技術 研究ジャーナル Vol.27 No.5,5-10. 社団法人 農林水産技術情報協会
- 5) 神奈川県農政部林務課編(1984) 神奈川の林政史 . 1-963
- 6) 神奈川県土木部河港課編(1987) 川神奈川県水害誌 . 1-393
- 7) 棚瀬充史(1997) 丹沢山地のマスムーブメント . 丹沢大山自然環境総合調査報告書 64-73 神奈川県環境部
- 8) 鄭 躍軍・南雲秀次郎(1994) GISを利用した森林機能による類型区分 . 日林論 76(6) : 522-530
- 9) 平松晋也・井良沢道也・本郷国男(1999) 水・土保全を目的とした森林の適正配置に関する一考察 . 砂防学会誌 Vol.51, No5 : 19-27
- 10) 沼本晋也・鈴木雅一・長友 幹・蔵治光一郎・佐倉詔夫・太田猛彦(1999) 航空写真を用いた崩壊地植生回復過程の検討 1970年房総南部集中豪雨

- による崩壊地の 25 年間の変遷 . 砂防学会誌 52(2) : 14-20
- 11) 鈴木雅一(2001) 黒部川上流,廊下沢崩壊地の推移 航空写真を用いた崩壊発生後 25 年間の変化の検討 . 砂防学会誌 54(2) : 13-18
  - 12) 鈴木雅一(2002) 航空写真による最近 57 年間の丹沢山地北部の崩壊地と森林の変遷 . 砂防学会誌 54(5) : 12-19
  - 13) 山口伊佐夫・川邊 洋(1982) 地震による山地災害の特性 . 新砂防 35(2) 3-15

























































