

論 文

串良川流域における侵食および土砂氾濫域の植生回復過程

寺本 行芳¹⁾・下川 悦郎¹⁾・地頭菌 隆¹⁾・中村 妃寿²⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Erosion and revegetation in areas inundated with sediment in the Kushira River

TERAMOTO Yuki Yoshi¹⁾, SHIMOKAWA Etsuro¹⁾, JITOSONO Takashi¹⁾ and NAKAMURA Hinaga²⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

2) 野田町役場

Noda Town Office, Noda, Izumi 899-0502

平成17年3月17日 受理, Accepted Mar 17, 2005

Summary

This study analyzes erosion, slope failure, sediment yield, and revegetation in areas inundated with sediment in the River Kushira, using data from field surveys and aerial photographs. The results are as follows:

(1) Slope failures in the study area were analyzed using data from six sets of aerial photographs taken in 1947, 1966, 1974, 1980, 1984 and 1994. This analysis revealed that most of the slope failures occurred between 1984 and 1994, mostly as a result of the torrential rainfalls occurring in 1993.

(2) The sediment that slope failures yielded was found by determining the area and depth of slope failures making use of the above six sets of aerial photographs. The amount of sediment yielded between 1984 and 1994 was calculated at $6,206\text{m}^3$ ($29,691\text{m}^3/\text{km}^2$).

(3) The density of trees peaked during the 20-30 year period after inundation with sediment, and then declined with time. This closely resembles the fixed value for the 60 year period after inundation with sediment. The number of tree species peaked about 50 years after inundation with sediment, and closely resembled the fixed value for the 60 year period. Total volume of tree trunks shows a tendency for the number of tree species and the density of trees to approach a fixed value 60 years after inundation.

Key words : River Kushira, Erosion, Flood plain with sediment, Revegetation process

キーワード : 串良川, 侵食, 土砂氾濫域, 植生回復過程

はじめに

斜面崩壊や土石流に伴う地表変動によって植生は攪乱を受ける。地表攪乱が植生に及ぼす影響については、土石流の洗掘域と堆積域における植生の再生過程に違いがあることを明らかにした伊藤・中村(1994)の研究、植生の生長が地表攪乱に影響されることを明らかにした Sakai and Ohsawa (1993)の研究などが挙げられる。

本研究で対象とした串良川中流域の溪畔林は、斜面崩壊、土石流および洪水に伴う多量の土砂の生産・流出・氾濫により攪乱されている。本論では、現地調査および空中写真判読の結果に基づき、植生の攪乱を生じさせた侵食・斜面崩壊の分布およびその履歴、生産土砂量に関して検討を行い、さらに植生が攪乱された土砂氾濫域における植生回復過程について検討する。

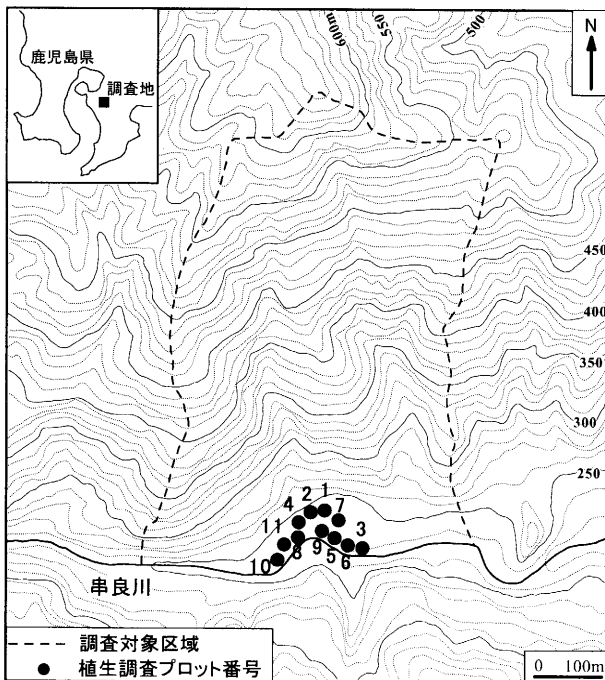


図-1 調査地の位置と地形
Fig.1 Location and topography of the study area.

調査地と方法

1 調査値の概要

調査地(図-1における破線と串良川で囲まれた区域、標高240~600m)は串良川中流域であり、桜火山の南東側に位置する(図-1)。調査地に近い高峠地域気象観測所(北緯 $31^{\circ} 30.6'$ 、東経 $130^{\circ} 44.7'$ 、海拔高さ520m)の1979~2004年における26年間の年降水量の平均値は2,698mmである(高峠地域気象観測所, 1979~2004)。調査地の地質は、中生界に属する砂岩と頁岩の互層からなる四万十層群である(鹿児島県, 1990)。

2 方法

空中写真判読を行い、調査地における侵食・斜面崩壊の分布および履歴を把握した。判読作業に使用した写真は1947年、1966年、1974年、1980年、1984年および1994年に撮影された6組である。6組の空中写真を実体視して斜面崩壊跡地を判読し、5,000分の1縮尺の地形図に移写してそれらの分布図を作成した。分布図から個々の斜面崩壊跡地の面積を計算した。

調査地最下流は斜面崩壊、土石流および串良川の洪水の影響をたびたび受け、植生が攪乱されている。植生が攪乱された調査地最下流の土砂氾濫域における木本植物の樹齢分布図を、前述した6組の空中写真を判読して作成した。さらに植生が攪乱された土砂氾濫域における植生回復過程

表-1 植生調査プロット
Table 1 Vegetation survey plots.

プロット No.	土砂氾濫による植生 攪乱後の経過年数
1	9
2	11
3	22
4	28
5	35
6	38
7	42
8	50
9	55
10	66
11	87

を明らかにするため、攪乱後の経過年数が異なる11のプロットを設け植生調査を実施した(図-1、表-1および写真-1)。各プロット内における木本植生の最大樹齢を攪乱後の経過年数としている。なお、この経過年数は植生調査を実施した2002年時点での値である。11のプロットにおいて10m×10mの方形区をそれぞれ設定し、方形区内に出現するすべての木本植物を対象に樹種の同定、胸高直径および樹高の測定を行った。樹高の小さな個体については地際直径を測定して胸高直径とした。さらに、胸高直径および樹高の測定値より立木幹材積表(日本林業調査会, 1970)を用いて各プロットの蓄積量(幹材積)を求めた。

期間ごとの侵食・斜面崩壊の分布とその規模

図-2は、1947年、1966年、1974年、1980年、1984年および1994年に撮影された空中写真の判読に基づいて作成した斜面崩壊跡地の分布図である。それぞれの空中写真間で同一崩壊跡地の有無の点検を行っている。したがって、図中にプロットされた斜面崩壊跡地はそれぞれの写真撮影年の間に発生した崩壊である。なお、本論中では調査地における西側の沢をA沢、東側のそれをB沢と呼ぶ。

表-2は、斜面崩壊跡地の分布図からそれぞれの崩壊跡地面積を計算し、期間ごとの斜面崩壊の個数、崩壊地面積の範囲および平均値、各期間ごとの合計値を示したものである。

以下、それぞれの期間において発生した侵食・斜面崩壊について、鹿児島県における気象災害資料(鹿児島県・鹿児島地方気象台, 1967; 鹿児島県, 1992)および調査地近くの高峠地域気象観測所における降水量データとの関連性を検討する。



写真-1(1) 植生調査プロットの状態
Photo 1(1) Pictures of the vegetation survey plots.



写真-1(2) 植生調査プロットの状態
Photo 1(2) Pictures of the vegetation survey plots.

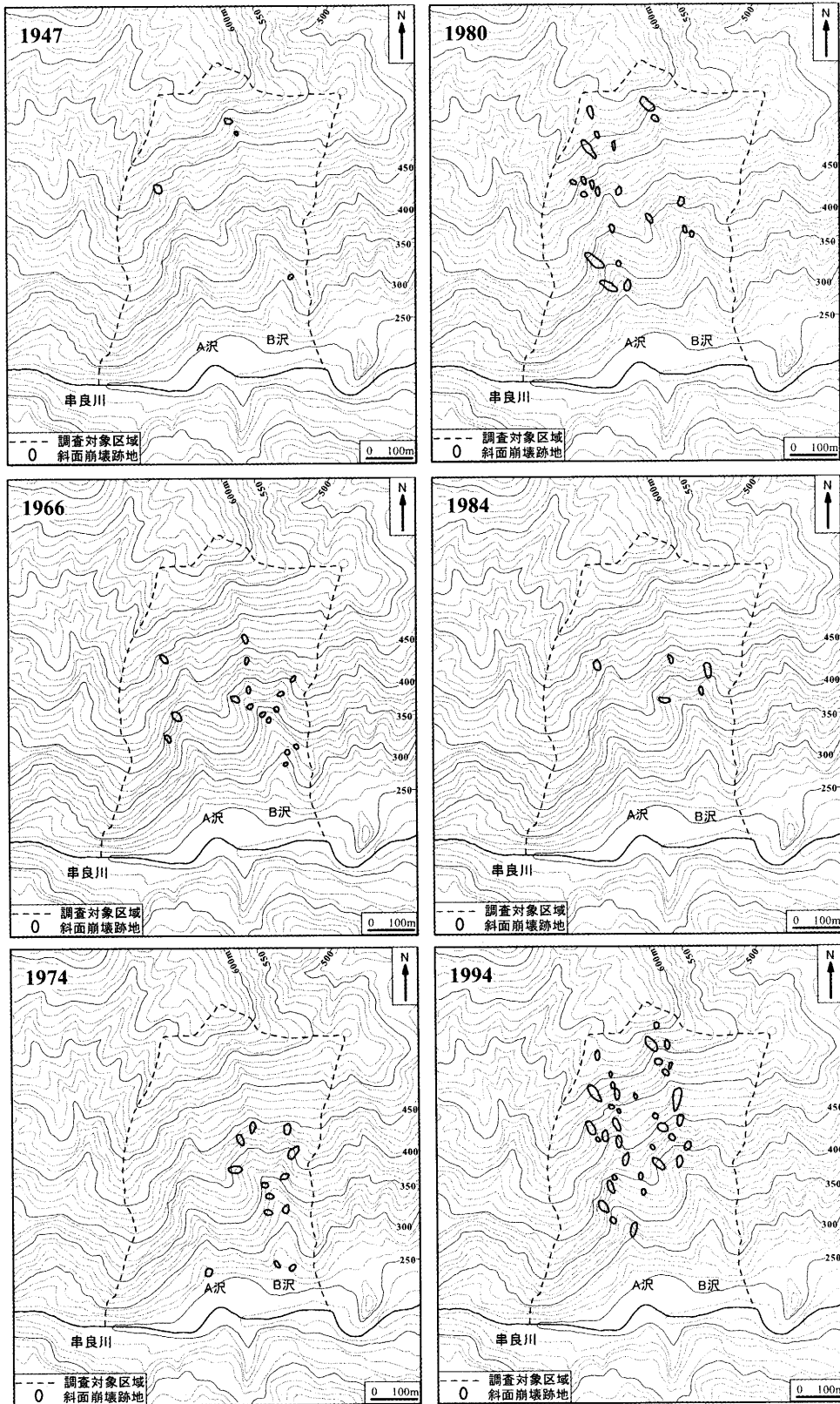


図-2 空中写真判読による斜面崩壊跡地の分布図

Fig.2 Spatial distribution maps of erosion scars by slope failures based on aerial photographs.

(1) 1947年空中写真

判読された斜面崩壊の個数は4個であり、すべて表層崩壊である。崩壊地面積は38~215m² (平均114m²) である。写真が撮影された1947年直前の大雨には、1945年9月17日の枕崎台風による大雨 (総雨量216mm) があり、同崩壊にはこの降雨が影響したと思われる。

(2) 1966年空中写真

判読された斜面崩壊の個数は16個であり、1947~1966年の19年間に発生したものである。斜面崩壊の大部分はB沢で生じており、そのほとんどが表層崩壊である。崩壊地面積は49~234m² (平均103m²) である。写真が撮影された1966年直前の崩壊に影響したと思われるおもな大雨には、1964年8月16~24日の台風14・16号による大雨 (最大日雨量192mm), 1964年9月23~25日の台風20号による大雨 (最大日雨量445mm), 1965年8月4~6日の台風15号による大雨 (最大日雨量230mm), 1966年7月7~9日の梅雨前線による大雨 (最大日雨量283mm) がある。

(3) 1974年空中写真

判読された斜面崩壊の個数は13個であり、1966~1974年の8年間に発生したものである。調査地における斜面崩壊は1箇所を除きすべてB沢で生じており、そのほとんどが表層崩壊である。崩壊地面積は91~322m² (平均170m²) である。1966~1974年は鹿児島県下で大きな土砂災害がたびたび発生した時期であり、その際に発生した崩壊と考えられる。写真が撮影された1974年以前8年間のおもな大雨には、1969年6月28日~7月12日の梅雨前線による大雨 (最大日雨量344mm), 1971年8月3~5日台風19号による大雨 (最大日雨量228mm) がある。

(4) 1980年空中写真

判読された斜面崩壊の個数は21個であり、1974~1980年の6年間に発生したものである。斜面崩壊の大部分はA沢で生じており、そのほとんどが表層崩壊である。A沢の標高350m, 400mおよび550m付近の右岸側斜面と、B沢の標高580m付近の右岸側斜面では比較的規模の大きな斜面崩壊が発生している。崩壊地面積は76~544m² (平均181m²) である。写真が撮影された1980年以前16年間には、1976年の6月22~26日の梅雨前線による大雨災害 (最大日雨量256mm) がある。

(5) 1984年空中写真

判読された斜面崩壊の個数は5個であり、すべて表層崩壊である。この崩壊は1980~1984年の4年間に発生したものである。調査地における斜面崩壊は1箇所を除きすべてB沢で生じている。崩壊地面積は105~312m² (平均181m²) である。写真が撮影された1984年以前4年間のおもな大雨には、1984年8月25~26日の大雨 (最大日雨量219mm) がある。

(6) 1994年空中写真

判読された斜面崩壊の個数は36個であり、1984~1994年の10年間に発生したものである。崩壊地面積は46~522m² (平均174m²) である。1984~1994年の期間は、今回写真判読を行った期間の中で最も多くの斜面崩壊が発生している。A沢では標高340~580m付近の範囲で、B沢では標高380~610m付近の範囲で広く崩壊が発生しており、そのほとんどが表層崩壊である。調査地で発生した崩壊のほとんどは1993年に幾度となく見舞われた豪雨 (8月6日の日雨量169mm, 8月9日の日雨量238mm) により発生したものと考えられる。

表-2 斜面崩壊地の面積
Table 2 Area of slope failures.

期 間	斜面崩壊の 個数	斜面崩壊地面積 (m ²)			
		最小	最大	平均	計
~ 1947	4	38	215	114	458
1947 ~ 1966	16	49	234	103	1,646
1966 ~ 1974	13	91	322	170	2,209
1974 ~ 1980	21	76	544	181	3,807
1980 ~ 1984	5	105	312	181	906
1984 ~ 1994	36	46	522	174	6,269

表-3 斜面崩壊による生産土砂量
Table 3 Sediment yield by slope failures.

期 間	斜面崩壊の 個数	斜面崩壊による生産土砂量 (m ³)				比生産土砂量 (m ³ /km ²)
		最小	最大	平均	計	
~ 1947	4	38	213	113	453	2,169
1947 ~ 1966	16	49	232	102	1,629	7,796
1966 ~ 1974	13	90	319	168	2,187	10,462
1974 ~ 1980	21	75	539	179	3,769	18,031
1980 ~ 1984	5	104	309	179	897	4,291
1984 ~ 1994	36	46	517	172	6,206	29,691

斜面崩壊による生産土砂量

1947年, 1966年, 1974年, 1980年, 1984年および1994年に撮影された6組の空中写真から計算された個々の斜面崩壊地面積に崩壊深を乗ずると, 斜面崩壊による生産土砂量が算出できる。現地調査によると表層崩壊の平均的な崩壊深は0.7mであった。崩壊斜面の平均的な傾斜を45度すると生産土砂量は次式で計算される。

$$\text{生産土砂量} = \text{斜面崩壊地面積} \times \text{崩壊深} \times \sqrt{2}$$

表-3は, 個々の斜面崩壊による生産土砂量を期間ごとに整理したものである。なお生産土砂量算出の際, 6組の写真で判読された斜面崩壊のすべてが表層崩壊であると仮定している。幾度となく豪雨に見舞われた1993年を含む1984~1994年の期間における生産土砂量は6,206m³ (比生産土砂量に換算して29,691m³/km²) で, 判読を行った期間中で最も大きな値を示す。この期間に次いで, 鹿児島県下で大きな被害が出た1976年を含む1974~1980年の期間における生産土砂量が大きく, その値は3,769m³ (比生産土砂量に換算して18,031m³/km²) となっている。

土砂氾濫域における植生回復過程

図-3は, 6組の空中写真判読に基づいて作成した, 調査地最下流の土砂氾濫域における木本植物の樹齢分布図である。なお, 木本植物の樹齢は判読作業を行った2002年時点の値である。土砂氾濫域では樹齢の異なる木本植生がパッチ状に分布している。このことは, これらの木本植生が斜面崩壊 (図-2), 土石流, さらに串良川の洪水の影響をたびたび受け攪乱されたことを示唆する。

図-4は各植生調査プロットにおける木本植物の構成樹

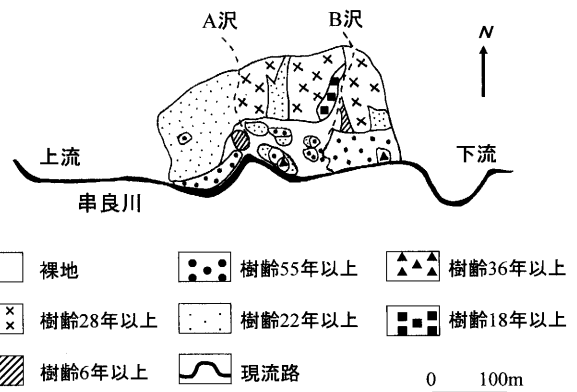


図-3 土砂氾濫域における木本植物の樹齢分布
Fig.3 Age distribution of arborous plants in the area inundated with sediment.

種を個体数比率で示し, 図-5は各植生調査プロットにおける木本植物の樹高分布を示している。なお, 図-5縦軸の相対度数は, それぞれの植生調査プロットにおいて各樹高の階級に含まれる個体数が, 全個体数に占める百分率を表す。

攪乱後9年経過したNo.1プロットでは落葉広葉樹が全個体数の70%を占める。中・上層 (樹高1m以上) ではアカメガシワ, ヤブウツギ, カラスザンショウが, 下層・林床 (樹高1m未満) ではヒサカキ, ヤブウツギが多く出現する。中・上層は落葉広葉樹が約97%を占めている。最大樹高を示した樹種はアカメガシワで7.2mであった。

攪乱後11年経過したNo.2プロットでは落葉広葉樹が全個体数の70%以上を占める。中・上層ではクサギ, アカメガシワ, イヌザンショウが, 下層・林床ではホウロクイチゴ, ヤブムラサキ, クサギが多く出現する。中・上層はす

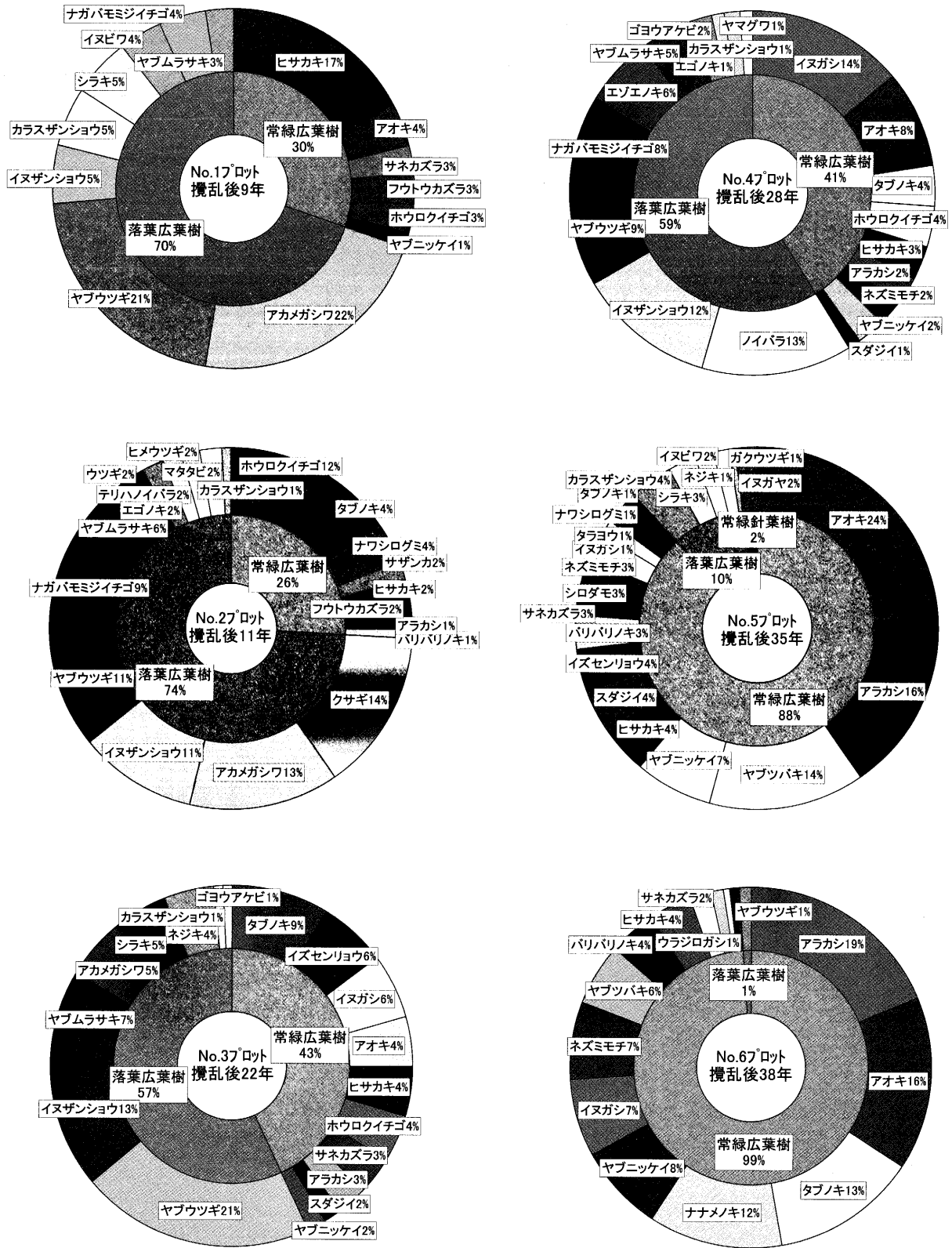


図-4 (1) 各調査プロットにおける木本植物の構成樹種
 Fig.4(1) Constituent tree species in each survey plot.

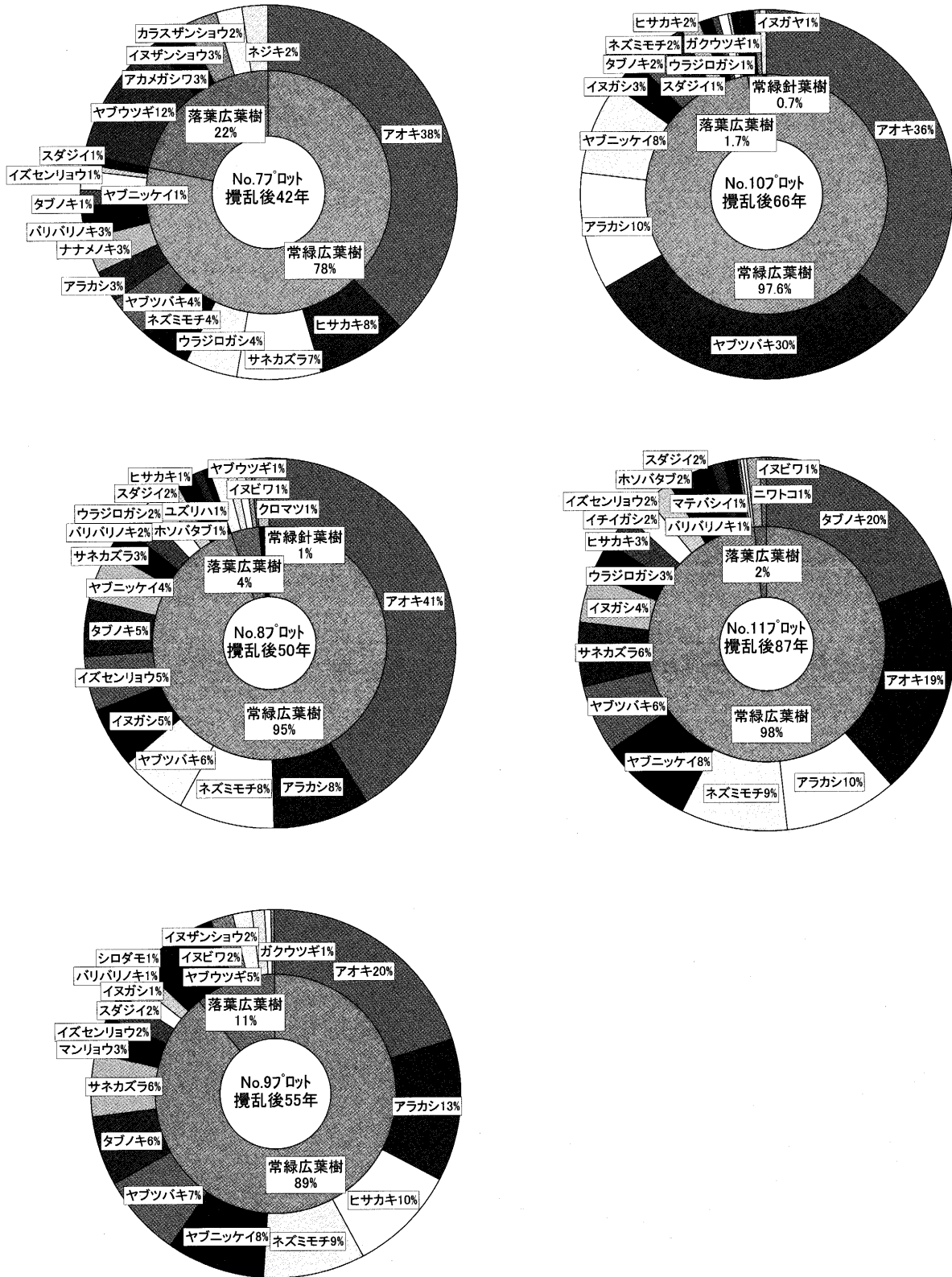


図-4 (2) 各調査プロットにおける木本植物の構成樹種
 Fig.4(2) Constituent tree species in each survey plot.

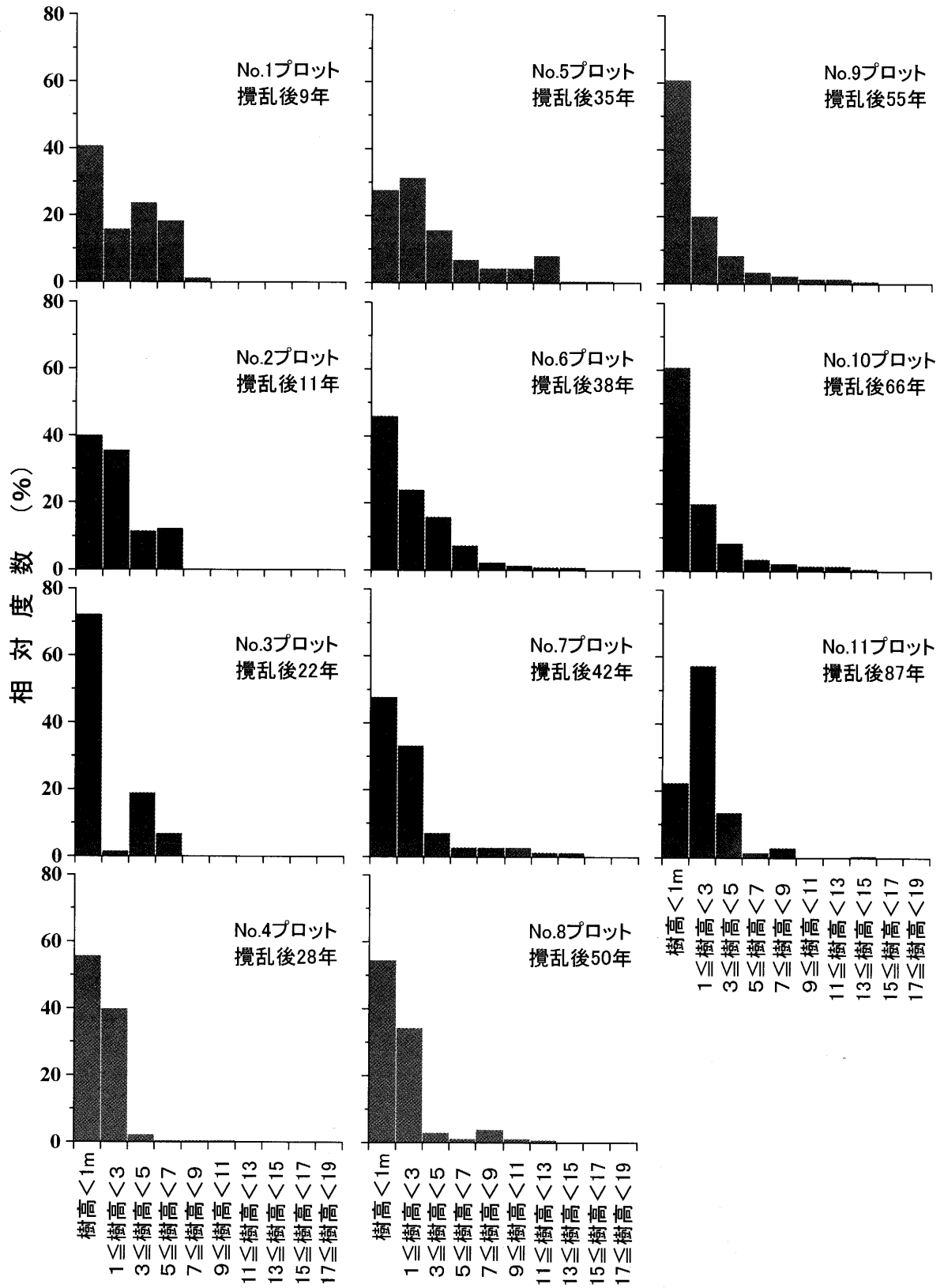


図-5 各調査プロットにおける木本植物の樹高分布
 Fig.5 Tree height distribution in each survey plot.

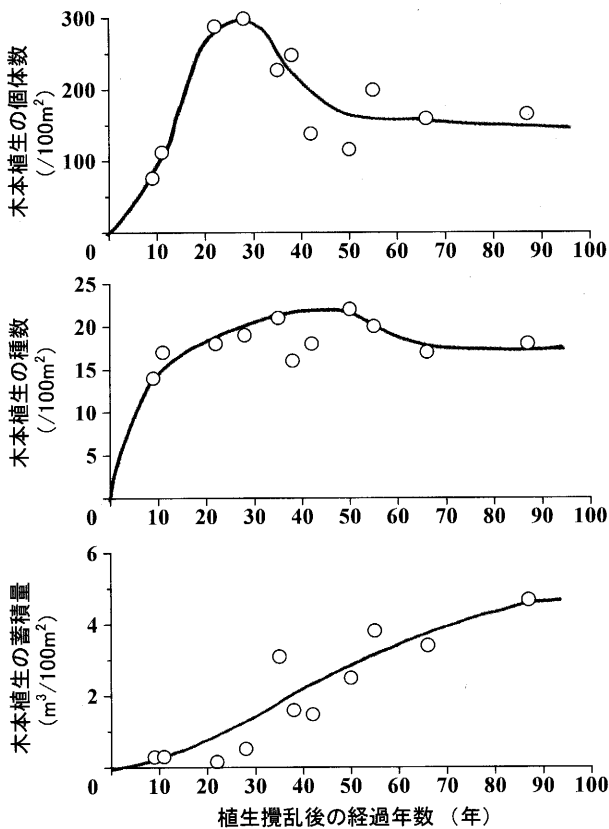


図-6 木本植物の個体数、種数および蓄積量の経年変化
Fig.6 Yearing changes in number of trees, number of tree species and total volume of tree trunks.

べて落葉広葉樹である。最大樹高を示した樹種はイヌザンショウで6.9mであった。

攪乱後22年経過したNo.3プロットでは落葉広葉樹が全個体数の約60%を占める。中・上層ではアカメガシワ、イヌザンショウ、ヤブウツギが、下層・林床ではタブノキ、ヤブウツギが多く出現する。中・上層はすべて落葉広葉樹である。最大樹高を示した樹種はシラキで6.1mであった。

攪乱後28年経過したNo.4プロットでは落葉広葉樹が全個体数の約60%を占める。中・上層ではイヌガシ、エゴノキ、カラスザンショウが、下層・林床ではノイバラ、イヌザンショウが多く出現する。中・上層は約60%が落葉広葉樹である。最大樹高を示した樹種はカラスザンショウで10.4mであった。

攪乱後35年経過したNo.5プロットはNo.1～No.4までのプロットとは異なり常緑広葉樹が全個体数の約90%を占める。中・上層ではアラカシ、ヤブツバキが、下層・林床ではアオキ、ヤブツバキが多く出現する。下層・林床においてイヌガヤが出現している。中・上層は約80%が常緑広葉樹である。中・上層の優先種であるアラカシの稚樹は少ない。最大樹高を示した樹種はアラカシで15.5mであった。

攪乱後38年経過したNo.6プロットは常緑広葉樹がほとんどを占め、今回植生調査を行ったプロットの中で全個体数に占める常緑広葉樹の割合が最も高い。中・上層ではアラカシ、ナナメノキが、下層・林床ではアオキ、タブノキの稚樹が多く出現する。最大樹高を示した樹種はアラカシで13.4mであった。

攪乱後42年経過したNo.7プロットでは常緑広葉樹が全個体数の約80%を占める。中・上層ではウラジロガシ、アラカシが、下層・林床ではアオキ、ヒサカキが多く出現する。中・上層は約60%が常緑広葉樹である。中・上層の優先種であるアラカシの稚樹は少ない。最大樹高を示した樹種はウラジロガシで14.3mであった。

攪乱後50年経過したNo.8プロットでは常緑広葉樹が全個体数の95%を占める。中・上層ではウラジロガシ、アラカシが、下層・林床ではアオキ、ネズミモチが多く出現する。中・上層には樹高8m程度のクロマツがみられる。中・上層は約60%が常緑広葉樹である。中・上層の優先種であるアラカシの稚樹は少ない。最大樹高を示した樹種はアラカシで13.6mであった。

攪乱後55年経過したNo.9プロットでは常緑広葉樹が全個体数の約90%を占める。中・上層ではアラカシ、ヒサカキが、下層・林床ではアオキ、ヒサカキが多く出現する。中・上層は約90%が常緑広葉樹である。中・上層の優先種であるアラカシの稚樹はほとんどみられない。最大樹高を示した樹種はアラカシで14.1mであった。

攪乱後66年経過したNo.10プロットでは常緑広葉樹が全個体数の約98%を占める。中・上層ではアラカシ、ヤブツバキが、下層・林床ではアオキ、ヤブツバキ、タブノキが多く出現する。中・上層において樹高3m程度のイヌガヤがみられる。中・上層は98%が常緑広葉樹である。中・上層の優先種であるアラカシの稚樹はほとんどみられない。最大樹高を示した樹種はアラカシで14.7mであった。

攪乱後87年経過したNo.11プロットでは常緑広葉樹が全個体数の98%を占める。中・上層ではアラカシ、イヌガシが、下層・林床ではアオキ、ネズミモチ、ヤブツバキ、タブノキが多く出現する。中・上層は約90%が常緑広葉樹である。最大樹高を示した樹種はタブノキで15.8mであった。

図-6は、木本植物の個体密度(100m²当たり個体数)、種数および蓄積量を、攪乱後の経過年数に対してプロットしたものである。図中の実線はそれぞれの経年変化曲線である。木本植生の個体密度は攪乱後10年程度を経過すると大きく増加して20～30年で最大となり、その後経年的に減少する傾向にある。さらに、攪乱後60年を過ぎると一定値に近づく。種数は経年的に増加していき、攪乱後50年ごろに最大となる。種数は個体密度同様、攪乱後60年を過ぎる

と一定値に近づく。西南日本における照葉樹林のギャップ更新機構を解析した Naka and Yoneda (1984) は、攪乱後16年で立木密度が最大となり、その後は時間とともに減少していくことを報告している。蓄積量は、個体密度と種数が一定値に近づいた攪乱後60年以降も増加傾向にある。

引用文献

- 伊藤哲・中村太士 (1994) : 地表変動に伴う森林群落の攪乱形式と更新機構, 森林立地, 36 (2), p.31-40
- 鹿児島県・鹿児島地方気象台 (1967) : 鹿児島県災異誌, 230pp.
- 鹿児島県 (1990) : 鹿児島県地質図 (縮尺10万分の1)
- 鹿児島県 (1992) : 鹿児島県災異誌, 192pp.
- Naka, K. and Yoneda, T. (1984) : Communities dynamics of evergreen broadleaf forest in Southwestern Japan III.

Revegetation in gaps in an evergreen oak forest, The Botanical Magazine, Tokyo, 97, p.275-286.

日本林業調査会 (1970) : 林野庁計画課編 立木幹材積表 (西日本編), 日本林業調査会 p.267-282

Sakai, A. and Ohsawa, M. (1993) : Vegetation pattern and microtopography on a landslide scar of Mt. Kiyosumi, central Japan, Ecological Research, 8, p.47-56

高峠地域気象観測所: 気象資料

謝 辞

現地調査およびデータ整理の際には、鹿児島大学農学部砂防・水文学研究室の学生諸氏にご協力いただいた。また、空中写真に関しては鹿児島大学農学部附属演習林長の馬田英隆先生にご配慮いただいた。ここに記して心から謝意を表す。

抄 録

申良川流域における侵食・斜面崩壊、生産土砂量および土砂氾濫域の植生回復過程について、現地調査および空中写真判読の結果に基づき検討した。得られた結果は次の通りである。

(1) 1947年, 1966年, 1974年, 1980年, 1984年および1994年に撮影された6組の空中写真を用いて調査地における斜面崩壊の状況を解析した。その結果, 1984~1994年の期間に最も多くの斜面崩壊が発生しており, そのほとんどは1993年の豪雨によるものである。

(2) 6組の空中写真判読の結果から求めた斜面崩壊地面積と崩壊深より, 調査地における斜面崩壊による生産土砂量を求めた。その結果, 1984~1994年の期間における生産土砂量は $6,206\text{m}^3$ (比生産土砂量に換算して $29,691\text{m}^3/\text{km}^2$) であり, 判読を行った期間中で最も大きな値を示した。

(3) 木本植物の個体密度は攪乱後20~30年で最大となり, その後経年的に減少し, 60年を過ぎると一定値に近づく。種数は攪乱後50年ごろに最大となり, 60年を過ぎると一定値に近づく。蓄積量は, 個体密度と種数が一定値に近づいた攪乱後60年以降も増加傾向にある。