

## 表層崩壊跡地における植生の回復過程\*

松本舞恵\*\*・下川悦郎\*\*・地頭蘭 隆\*\*

### 抄 録

表層崩壊跡地における植生の自然的回復過程を明らかにするため、鹿児島県北西部の紫尾山風化花崗岩地域に分布する新旧の崩壊跡地において植生調査を行った。

(1) 崩壊後20年経過した斜面では、侵入木本植生はヒサカキ、スギ、ネジキが多かった。その樹齢は大部分が5年以下であり、サイズも小さいものが多かった。

(2) 崩壊後56年経過した斜面ではヒサカキが最も多く、その他、ヤブコウジ、ナガバモミジイチゴ、ネズミモチなどの低木種、スダジイ、タブノキなどの高木種の稚樹も多く出現した。ほとんどの樹種は樹齢10年以下の個体数が多いが、オオバヤシャブシ、エゴノキ、ハゼノキ、ヤマザクラは若い個体が少なかった。

(3) 植生の侵入位置は周縁部や緩傾斜部に集中していた。樹齢別に分布をみると、若い個体は周縁部に集中しており、樹齢の高い個体はほぼ全域に散在していた。

(4) 木本植生は当初多量に侵入するが、その大部分は約10年間のうちに消失するようである。

(5) 崩壊跡地において、侵入木本植生の個体密度は初期に急激に増加して最大値をとった後、減少して平衡となる。一方、種数は初め急激に増加した後、平衡状態に達する。

(6) 林床植生は、崩壊後20年の斜面ではススキが、56年目の斜面ではフユイチゴが優占していた。一年生植物は、崩壊後20年の斜面には認められたが、56年目の斜面には出現しなかった。

キーワード：表層崩壊跡地、植生回復、崩壊の周期性

### 1. はじめに

花崗岩類はしばしば深層まで風化し、表層土と新鮮な基岩との間には厚い風化帯、いわゆる真砂（マサ）が形成される場合がよくある。その急斜面では表層土の滑落による表層崩壊がよく発生し、その後の斜面部位には風化を受けた真砂が露出する。しかしこの崩壊跡地では植生の自然的侵入・推移によって表面が安定すると、次の崩壊の材料となる表層土が10<sup>2</sup>オーダー年の比較的短い期間で再び形成される。こうして風化花崗岩の急斜面では表層土の形成を通して崩壊が同じ斜面で周期的に繰り返され<sup>5,6)</sup>、その結果、流域内の急斜面域には様々の年代をもつ新旧の崩壊跡地と、それに対応して遷移度の異なる植生が入り混じって分布することになる。

表層崩壊発生場の予測手法の一つとして表層土の発達程度に基づく方法がある<sup>7)</sup>。これは崩壊発生後年数が経過し、崩壊物質となる表層土の厚さがある限界値以上に

達した斜面を潜在崩壊危険斜面として抽出することによる。この方法は高い精度で表層崩壊の発生場を予測することができるが、斜面における表層土厚や斜面崩壊履歴についての細かな調査を必要とするため広域にわたる予測は困難である。そこで空中写真やリモートセンシングにより植生の遷移度を判読し、それを指標として表層土の発達程度を推定することができれば、広域の表層崩壊発生場の予測が可能となる。そのためにはまず表層崩壊発生跡地の植生の種組成や構造が経過年数に対応してどのように変化するかを知る必要がある。本研究は植生の遷移度による表層崩壊発生場の予測手法を確立することを最終目標に置き、その前段階として表層崩壊跡地の植生の回復過程を明らかにするものである。なお、植生の自然的な回復過程を知ることは斜面の緑化計画を立てる上でも役に立つ。

\* MATSUMOTO, M., SHIMOKAWA, E. and JITOSONO, T.:

A Natural Recovery Process of Vegetation on Shallow Landslide Scars in Shibisan, Kagoshima

\*\* 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

## 2. 調査地の概要

調査地は鹿児島県北西部の紫尾山系内に位置する (Fig.1)。この山系の地質は中生代後期白亜期四十層群とそれを貫く中新世花崗閃緑岩から構成されており、調査地の地質は後者である。この花崗岩は深層まで風化し真砂化しており、その厚さは20~30mはある。地形は、尾根部では緩やかであるが、沢筋の斜面は傾斜30度以上の急斜面をなしている。こうした斜面では表層崩壊が起りやすく、尾根斜面を除いてほぼ全域を覆うように新旧の崩壊跡地が形成されている。この調査地一帯の代表的な森林植生種として、スダジイ・コジイ・イスノキ・ウラジロガシ (常緑広葉樹)、オオバヤシャブシ・ヤマザクラ・ケヤキ (落葉広葉樹) が挙げられる。落葉広葉樹は約50~60年以下の崩壊跡地に一部繁茂しているものの、全体的にみて常緑広葉樹の占める割合が大きい。

調査地域に分布する新旧の崩壊跡地の中から調査対象斜面を選定した。調査斜面としたのは Fig.1 に示す斜面10箇所のうち、No.3 と No.30 である。これら10箇所の斜面では、1981年に木本植生を対象とした調査が行われている<sup>1,2)</sup>。調査斜面は350~500mの標高階にあり、その平均傾斜・方位・面積・平均表層土厚は Table 1 の通りである。斜面方位は8方向で表した。崩壊跡地の形成年代は、1948年撮影空中写真による崩壊跡地の判読、鹿児島県災害誌 (鹿児島地方気象台) の災害発生史および先駆侵入植生の最大樹齢の三つを総合的に判断して同定した。平均傾斜および面積は地形測量の結果から求めた。表層土厚は、検土杖により斜面全域にわたって測定した値を平均して求めた。

## 3. 方法

### 3.1 木本植生調査

調査斜面全域にわたり、出現する全ての木本植生を対象にして種名を同定し、侵入位置を測量するとともに、樹高・幹周囲長を測定した。樹高の測定には、15mの測竿を用いた。幹周囲長は地際部と胸高部 (1.3m) で測定した。測定した幹周囲長から、次式により樹幹断面積を求めた<sup>4)</sup>；

$$g = 0.0796u^2$$

ただし、 $g$  : 断面積 (cm<sup>2</sup>)、 $u$  : 幹周囲長 (cm) である。

樹齢測定のため樹種ごとにサンプル木を選び、成長錐により年輪測定用のコアを採取した。採取したコアの年輪を数え、その個体の樹齢を求めた。その樹齢測定結果から、樹種ごとに樹齢と幹周囲長の関係図を作成し、その図をもとに残りの個体の樹齢を推定した。

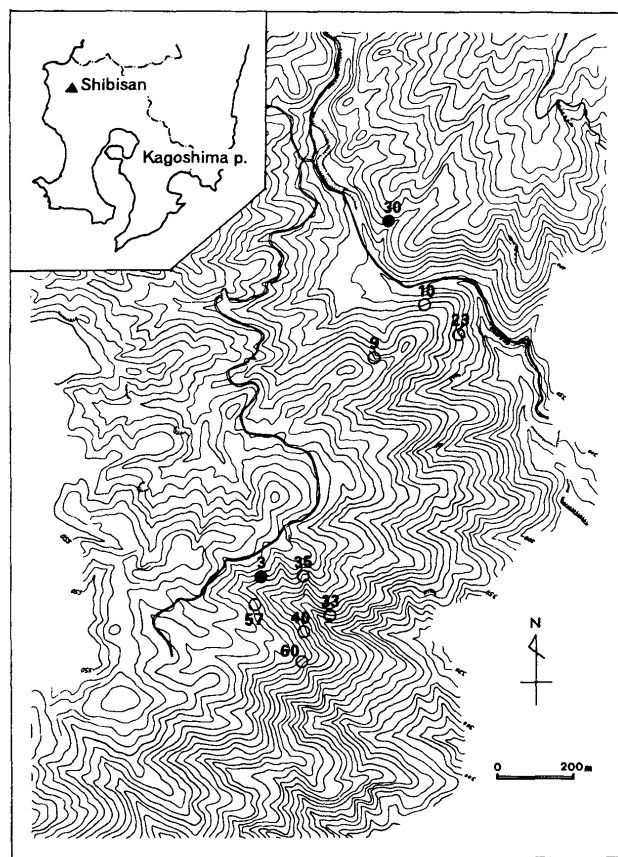


Fig.1 Location of the research area and sites.

Table 1 Description of landslide-damaged sites selected for the present study.

Site number	Years since landsliding	Aspect	Slope (°)	Size (m <sup>2</sup> )	Mean effective thickness of topsoil (cm)
3	56	S	44	415	34
30	20	S	40	247	18

### 3.2 林床植生調査

調査斜面内に1m×1mのコドラートを12個設置し、草本を含む林床植生を対象にして種名を同定し、種類別に被度・密度を測定した。測定値を集計し、調査斜面ごとに種類別平均被度・平均密度・頻度を求め、優占度を算出した。

被度測定はブラウン・ブランケの被度階級によった。平均被度は、階級値を中央値に直して合計し、それを調査した総コドラート数 (12個) で除して求めた；

$$\text{平均被度 (C)} = \frac{\text{ある種類の被度の合計}}{\text{調査した総コドラート数}}$$

密度は、コドラート面積（単位面積）に対する個体数である。密度の測定では、地上部分が1個体として数えられるものは全て1本ずつに数え、ススキのように束生しているものは1株を1個体として数えた。

平均密度は、ある種類の総個体数を調査した総コドラート数で除して求めた；

$$\text{平均密度}(D) = \frac{\text{ある種類の総個体数}}{\text{調査した総コドラート数}}$$

頻度は、調査した全コドラート数に対するある種類の出現するコドラート数の割合であり、百分率で表した数値を用いた；

$$\text{頻度}(F) = \frac{\text{ある種類が出現したプロット数}}{\text{調査した総コドラート数}} \times 100(\%)$$

これら3つの測値について、順位第1位の値を100とした比数（C'、D'、F'）を求め、積算優占度（SDR）を算出した<sup>3)</sup>；

$$\text{SDR} = \frac{C' + D' + F'}{3} (\%)$$

## 4. 結果と考察

### 4.1 木本植生の種組成と構造

崩壊後20年経過した斜面 No.30 の侵入木本植生の種類別個体数と地際部の樹幹断面積（BA）を Table 2 に示す。表中の？（不明）は種名が同定できなかったものである。種数は38種で、個体数は1552本（個体密度6.28本/m<sup>2</sup>）である。個体数は、ヒサカキが全個体数の40%以上を占めており、次いでスギ、ネジキ、ビロウドイチゴが多い。ヒサカキは地面にへばりつく形で群生しているものが多く認められた。樹幹断面積をみるとネジキが全体の約40%を占めている。ヒサカキの樹幹断面積はそれほど大きくない。幹周囲長の分布は Table 3 のようである。木本植生の大部分は5cm以下である。6cm以上の階級にはネジキが多い。また、エゴノキやクロマツにも幹周囲長の大きな個体がみられる。樹高階層別の分布を Table 4 に示す。樹高階は1m以下、1～3m、3～9m、9m以上の4階層に分けた。1m以下の個体が大部分である。ネジキは1～3mの個体数が最も多く、3～9mの階層にも数本出現している。9m以上の個体は認められなかった。

崩壊後56年経過した斜面 No.3 に侵入した木本植生の個体数と樹幹断面積は Table 5 の通りである。種数は54種、個体数は1361本（3.28本/m<sup>2</sup>）である。崩壊後20年

経過した斜面 No.30 に比べると種数は多いが、個体密度は小さい。個体数は、ヒサカキが最も多く、その他にネズミモチ、スダジイ、タブノキ、ヤブコウジ、ナガバモミジイチゴなども多くなっている。樹幹断面積をみると、個体数のそれほど多くないオオバヤシャブシの値が大きく、全体の約30%を占めている。スダジイがそれに次いで大きい。ヒサカキは、個体数は多いが樹幹断面積は小さい。単位面積当たりの樹幹断面積は43.25cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>であり、No.30 のそれ（4.29cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>）の約10倍である。Table 6 は幹周囲長の分布を示している。ほとんどの樹種は15cm以下の階級に偏っている。オオバヤシャブシは30cm以下の階級には出現せず、それ以上の階級にはほぼ均等に分布している。また、エゴノキやハゼノキは60cm以下の階級でほぼ均等に分布している。樹高分布を Table 7 に示す。No.30 に比べると樹高の高い個体が増加しているが、約70%の個体が1m以下である。オオバヤシャブシとエゴノキは1m以下の階層には出現せず、樹高の高い階級に出現している。

### 4.2 樹齢構成

Table 8 に No.30 の樹齢構成を示す。大部分が樹齢10年以下の階級に属し、それ以上の個体は少ない。1981年から生存していると考えられる個体は、エゴノキ、スギ、ヒノキ、クロマツに数本認められるだけで、他はその後侵入したものである。最大樹齢はヒノキの16年である。

No.3 の樹齢構成を Table 9 に示す。約70%の個体が樹齢5年以下の階級に属している。ほとんどの樹種は樹齢の低いものが多いが、オオバヤシャブシ、エゴノキ、ハゼノキ、ヤマザクラは、より高い樹齢階級に均等に分布している。最大樹齢はヤマザクラの52年である。

### 4.3 侵入木本植生の分布

Fig.2 は、No.30 に侵入した木本植生の空間的分布を示している。円の大きさは樹齢階を表している。植生は斜面の周縁部に集中して分布し、中央部では疎らになっている。これは表層土厚の分布とよく対応している。周縁部は崩壊跡地の周囲の植生の影響で他の部分に比べて地表面が安定しているため表層土の発達が良い、また水分条件に恵まれ、植生の侵入、定着が容易であると考えられる。また、種子の供給という点でも、周囲に植生の残っている周縁部は他の部分よりも条件が良いということも考えられる。

No.3 の侵入木本植生の分布を Fig.3 に示す。ここでも植生は周縁部に多く分布している。樹齢別に分布をみると、崩壊後すぐに侵入したため現在では高い樹齢を示

Table 2 Number and basal area (BA) of the invasion tree plants in the No.30 site.

Species		Life form	No. (%)	BA (cm <sup>2</sup> )
Evergreen broadleaved species				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	スタジイ	MM	44 ( 2.8)	43.87
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	MM	12 ( 0.8)	2.15
<i>Quercus sessilifolia</i>	ツクバネガシ	MM	10 ( 0.6)	2.71
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	MM	5 ( 0.3)	1.68
<i>Persea thunbergii</i>	タブノキ	MM	3 ( 0.2)	0.48
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニッケイ	MM	2 ( 0.1)	0.16
<i>Neolitsea sericea</i>	シロダモ	MM	1 ( 0.1)	0.08
<i>Meliosma rigida</i>	ヤマビワ	MM	1 ( 0.1)	0.72
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	M	738 (47.6)	193.89
<i>Vaccinium bracteatum</i>	シャシャンボ	M	6 ( 0.4)	1.36
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	ヒイラギ	M	1 ( 0.1)	0.08
<i>Kadsura japonica</i>	サネカズラ	N	4 ( 0.3)	0.32
<i>Maesa japonica</i>	イズセンリョウ	N	2 ( 0.1)	0.16
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネズミモチ	N	1 ( 0.1)	0.08
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	N	1 ( 0.1)	0.08
Deciduous broadleaved species				
<i>Rhus succedanea</i>	ハゼノキ	MM	4 ( 0.3)	0.56
<i>Castanea crenata</i>	クリ	MM	1 ( 0.1)	1.27
<i>Mallotus japonicus</i>	アカメガシワ	MM	1 ( 0.1)	0.08
<i>Prunus jamasakura</i>	ヤマザクラ	MM	1 ( 0.1)	0.08
<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	M	138 ( 8.9)	430.07
<i>Salix sieboldiana</i>	ヤマヤナギ	M	6 ( 0.4)	1.67
<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	M	3 ( 0.2)	28.90
<i>Akebia trifoliata</i>	ミツバアケビ	M	3 ( 0.2)	0.24
<i>Rhus javanica</i>	ヌルデ	M	2 ( 0.1)	0.40
<i>Clerodendron trichotomum</i>	クサギ	M	2 ( 0.1)	0.16
<i>Albizia julibrissin</i>	ネムノキ	M	1 ( 0.1)	0.08
<i>Rubus corchorifolius</i>	ビロウドイチゴ	N	106 ( 6.8)	8.48
<i>Callicarpa mollis</i>	ヤブムラサキ	N	51 ( 3.3)	13.64
<i>hydrangea scandens</i>	ガクウツギ	N	49 ( 3.1)	8.86
<i>Rhododendron kaempferi</i>	ヤマツツジ	N	16 ( 1.0)	3.04
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	サンショウ	N	4 ( 0.3)	0.56
<i>Rubus palmatus</i>	ナガバモミジイチゴ	N	4 ( 0.3)	0.32
<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	N	3 ( 0.2)	0.24
<i>Rhododendron dilatatum</i>	ミツバツツジ	N	1 ( 0.1)	0.32
<i>Cocculus orbiculatus</i>	アオツヅラフジ	N	1 ( 0.1)	0.08
Coniferous species				
<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ	MM	224 (14.4)	155.18
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	MM	90 ( 5.8)	85.40
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	MM	7 ( 0.5)	71.97
?	不明		3 ( 0.2)	0.24
Evergreen broadleaved species		15 sp.	831 (53.5)	247.82
Deciduous broadleaved species		20 sp.	397 (25.6)	499.05
Coniferous species		3 sp.	321 (20.7)	312.55
Total		38 sp.	1552 6.28/m <sup>2</sup>	1059.66cm <sup>2</sup> 4.29cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

す個体はほぼ全域に散在しており、若い個体ほど周縁部に集中しているようである。周縁部に高い樹齢を示す個体があり認められないのは、植生の侵入、成長が進むことにより個体間競争が引き起こされ、先駆植生は被圧されているためではないかと考えられる。また、周縁部では他の部分におけるよりも早く植生の侵入が始まるため、先駆植生が個体間競争で枯死してしまうのも他の部分に比べて早いということも考えられる。

#### 4.4 14年間の種組成の変化

調査斜面 No.30 において、侵入木本植生の種数は14年間に11種から38種に増加している (Table 10)。このうち今回の調査で新たに確認されたのは29種であり、2種が消失している。個体数は80本から1552本、個体密度は0.32本/m<sup>2</sup>から6.28本/m<sup>2</sup>へと大幅に増加している。1981年には出現していないネジキ、ビロウドイチゴ、ヤブムラサキ、ガクウツギは、今回の調査では多数認めら

Table 3 Circumference structure of the invasion tree plants in the No.30 site.

Species	Circumference (cm)				
	below 5	10	15	20	25
Evergreen broadleaved species					
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	41	1	2	—	—
<i>Quercus salicina</i>	12	—	—	—	—
<i>Quercus sessilifolia</i>	10	—	—	—	—
<i>Quercus acuta</i>	5	—	—	—	—
<i>Persea thunbergii</i>	3	—	—	—	—
<i>Cinnamomum japonicum</i>	2	—	—	—	—
<i>Neolitsea sericea</i>	1	—	—	—	—
<i>Meliosma rigida</i>	1	—	—	—	—
<i>Eurya japonica</i>	727	10	1	—	—
<i>Vaccinium bracteatum</i>	6	—	—	—	—
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	1	—	—	—	—
<i>Kadsura japonica</i>	4	—	—	—	—
<i>Maesa japonica</i>	2	—	—	—	—
<i>Ligustrum japonicum</i>	1	—	—	—	—
<i>Ardisia crenata</i>	1	—	—	—	—
Deciduous broadleaved species					
<i>Rhus succedanea</i>	4	—	—	—	—
<i>Castanea crenata</i>	1	—	—	—	—
<i>Mallotus japonicus</i>	1	—	—	—	—
<i>Prunus jamasakura</i>	1	—	—	—	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	83	41	13	1	—
<i>Salix sieboldiana</i>	6	—	—	—	—
<i>Styrax japonica</i>	2	—	—	1	—
<i>Akebia trifoliata</i>	3	—	—	—	—
<i>Rhus javanica</i>	2	—	—	—	—
<i>Clerodendron trichotomum</i>	2	—	—	—	—
<i>Albizia julibrissin</i>	1	—	—	—	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	106	—	—	—	—
<i>Callicarpa mollis</i>	50	1	—	—	—
<i>hydrangea scandens</i>	49	—	—	—	—
<i>Rhododendron kaempferi</i>	16	—	—	—	—
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	4	—	—	—	—
<i>Rubus palmatus</i>	4	—	—	—	—
<i>Smilax china</i>	3	—	—	—	—
<i>Rhododendron dilatatum</i>	1	—	—	—	—
<i>Cocculus orbiculatus</i>	1	—	—	—	—
Coniferous species					
<i>Cryptomeria japonica</i>	212	8	3	1	—
<i>Chamacyparis obtusa</i>	86	2	—	—	1
<i>Pinus thunbergii</i>	3	3	—	—	1
?	3	—	—	—	—
Total	1461	66	20	3	2

れた。一方、オオバヤシャブシとアオモジは今回の調査では確認されなかった。樹齢測定と侵入位置の確認により、ほとんどの個体が1981年以降に侵入していることが分かった。

調査斜面 No.3 においては、侵入木本植生の種数は45種から54種、個体数は1109本から1361本、個体密度2.67本/m<sup>2</sup>から3.28本/m<sup>2</sup>へとそれぞれ増加している (Table 11)。量的にはそれほど大きく変化していないが、19種が新たに出現して10種が消失するという質的な変化が生じている。新たに確認された19種のうち、14種は常緑樹

種である。

No.3 の侵入木本植生について、1981年の樹齢測定値に14年を加えて表した樹齢構成と、1995年の樹齢構成とを比較すると Fig.4 のようになる。両者の差が14年間に衰退した個体数を表すと考えられる。これによると、現在の樹齢16～20年 (1981年には樹齢2～6年) の個体を中心に衰退していることが分かる。植生が衰退する原因には個体間競争や寿命などが考えられるが、植生は侵入して初めの10年間のうちにその多くが消えてしまうようである。

Table 4 Height structure of the invasion tree plants in the No.30 site.

Species	Hight (m)		
	below 1	3	9
Evergreen broadleaved species			
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	37	5	2
<i>Quercus salicina</i>	11	1	—
<i>Quercus sessilifolia</i>	9	1	—
<i>Quercus acuta</i>	4	1	—
<i>Persea thunbergii</i>	3	—	—
<i>Cinnamomum japonicum</i>	2	—	—
<i>Neolitsea sericea</i>	1	—	—
<i>Meliosma rigida</i>	1	—	—
<i>Eurya japonica</i>	673	62	3
<i>Vaccinium bracteatum</i>	6	—	—
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	1	—	—
<i>Kadsura japonica</i>	4	—	—
<i>Maesa japonica</i>	2	—	—
<i>Ligustrum japonicum</i>	1	—	—
<i>Ardisia crenata</i>	1	—	—
Deciduous broadleaved species			
<i>Rhus succedanea</i>	4	—	—
<i>Castanea crenata</i>	—	1	—
<i>Mallotus japonicus</i>	1	—	—
<i>Prunus jamasakura</i>	1	—	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	53	81	4
<i>Salix sieboldiana</i>	6	—	—
<i>Styrax japonica</i>	2	—	1
<i>Akebia trifoliata</i>	3	—	—
<i>Rhus javanica</i>	2	—	—
<i>Clerodendron trichotomum</i>	2	—	—
<i>Albizia julibrissin</i>	1	—	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	106	—	—
<i>Callicarpa mollis</i>	46	5	—
<i>hydrangea scandens</i>	44	5	—
<i>Rhododendron kaempferi</i>	15	1	—
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	3	1	—
<i>Rubus palmatus</i>	4	—	—
<i>Smilax china</i>	3	—	—
<i>Rhododendron dilatatum</i>	1	—	—
<i>Cocculus orbiculatus</i>	1	—	—
Coniferous species			
<i>Cryptmeria japonica</i>	204	18	2
<i>Chamacyparis obtusa</i>	81	7	2
<i>Pinus thunbergii</i>	3	3	1
?	3	—	—
Total	1345	192	15

#### 4.5 木本植生の動態

1981年と今回の調査結果より、崩壊跡地における侵入木本植生の個体密度（1 m<sup>2</sup>当たりの個体数）の経年変化を推測すると Fig.5 のようになる。図中、○印は1981年調査結果、×印は今回の調査結果、実線は個体密度の経年変化を示した回帰曲線である。図によると、木本植生の個体密度は崩壊後数年経つと急速に上昇し、約20年で最大となる。その後、木本植生の侵入、成長が進み個体間競争や寿命により枯死する個体が目立ち始めると、個体密度は全体として徐々に低下を始める。やがて侵入個

体数と衰退個体数が釣り合い、個体密度は平衡状態に達すると考えられる。一方、破線 a ~ d はそれぞれ崩壊後42年、約60年（それぞれ No.3 と No.40 における1981年調査結果）、20年および56年（それぞれ No.30 と No.3 における1995年調査結果）経過した斜面に生存している木本植生の樹齢を用いて求めた累積個体密度を示す。実線と破線との差が年数の経過する間に衰退した個体を表すと考えられる。崩壊後年数の経過につれて個体は大きく入れ代わっていることが分かる。

種数についても、今回の調査結果を加えて同様の変遷

Table 5 Number and basal area (BA) of the invasion tree plants in the No.3 site.

Species		Life form	No. (%)	BA (cm <sup>2</sup> )
Evergreen broadleaved species				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	スタジイ	MM	67 ( 4.9)	3855.69
<i>Persea thunbergii</i>	タブノキ	MM	65 ( 4.8)	336.83
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニッケイ	MM	42 ( 3.1)	528.65
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	MM	41 ( 3.0)	279.98
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	MM	17 ( 1.2)	40.93
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	MM	15 ( 1.1)	283.15
<i>Litsea acuminata</i>	バリバリノキ	MM	13 ( 1.0)	37.50
<i>Quercus glauca</i>	アラカシ	MM	11 ( 0.8)	11.80
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	MM	8 ( 0.6)	162.55
<i>Persea japonica</i>	ホソバタブ	MM	5 ( 0.4)	32.80
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	ユズリハ	MM	4 ( 0.3)	58.03
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	シラカシ	MM	4 ( 0.3)	5.90
<i>Ilex rotunda</i>	クロガネモチ	MM	2 ( 0.1)	430.48
<i>Quercus gilva</i>	イチイガシ	MM	2 ( 0.1)	0.16
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	テイカカズラ	MM	2 ( 0.1)	0.16
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	コバンモチ	MM	1 ( 0.1)	0.32
<i>Ilex chinensis</i>	ナナミノキ	MM	1 ( 0.1)	9.63
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	M	318 (23.4)	874.48
<i>Symplocos lucida</i>	クロキ	M	52 ( 3.8)	271.88
<i>Camellia sasanqua</i>	サザンカ	M	34 ( 2.5)	34.81
<i>Neolitsea aciculata</i>	イヌガシ	M	24 ( 1.8)	34.19
<i>Prunus spinulosa</i>	リンボク	M	20 ( 1.5)	106.67
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	ムベ	M	18 ( 1.3)	1.68
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	M	8 ( 0.6)	75.86
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	M	7 ( 0.5)	3.35
<i>Vaccinium bracteatum</i>	シャシャンボ	M	4 ( 0.3)	4.30
<i>Symplocos lancifolia</i>	シロバイ	M	3 ( 0.2)	32.00
<i>Symplocos myrtacea</i>	ハイノキ	M	1 ( 0.1)	0.08
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネズミモチ	N	78 ( 5.7)	318.86
<i>Maesa japonica</i>	イズセンリョウ	N	41 ( 3.0)	10.47
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	N	40 ( 3.0)	3.20
<i>Aucuba japonica</i>	アオキ	N	33 ( 2.4)	4.80
<i>Lonicera japonica</i>	スイカズラ	N	21 ( 1.5)	10.76
<i>Skimmia japonica</i>	ミヤマシキミ	N	15 ( 1.1)	8.45
<i>Kadsura japonica</i>	サネカズラ	N	5 ( 0.4)	0.40
<i>Daphne kiusiana</i>	コショウノキ	N	1 ( 0.1)	3.90
<i>Ardisia japonica</i>	ヤブコウジ	Ch	99 ( 7.3)	7.92
Deciduous broadleaved species				
<i>Rhus succedanea</i>	ハゼノキ	MM	11 ( 0.8)	864.15
<i>Prunus jamasakura</i>	ヤマザクラ	MM	5 ( 0.4)	877.27
<i>Mallotus japonicus</i>	アカメガシワ	MM	3 ( 0.2)	462.79
<i>Alnus sieboldiana</i>	オオバヤシャブシ	M	17 ( 1.2)	5679.16
<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	M	11 ( 0.8)	561.96
<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	M	3 ( 0.2)	156.49
<i>Albizia julibrissin</i>	ネムノキ	M	1 ( 0.1)	161.19
<i>Salix sieboldiana</i>	ヤマヤナギ	M	1 ( 0.1)	0.08
<i>Rubus palmatus</i>	ナガバモミジイチゴ	N	80 ( 5.9)	6.64
<i>Callicarpa mollis</i>	ヤブムラサキ	N	44 ( 3.2)	225.26
<i>Ficus erectus</i>	イヌビワ	N	27 ( 2.0)	334.17
<i>Rubus corchorifolius</i>	ビロウドイチゴ	N	13 ( 1.0)	1.03
<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	N	7 ( 0.5)	4.86
<i>Elaeagnus umbellata</i>	アキグミ	N	5 ( 0.4)	0.40
<i>Rubus minusculus</i>	ヒメバライチゴ	N	3 ( 0.2)	0.24
Coniferous species				
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	MM	1 ( 0.1)	305.98
<i>Chamacyparis obtusa</i>	ヒノキ	MM	1 ( 0.1)	147.18
?	不明		6 ( 0.4)	276.05
Evergreen broadleaved species		37 sp.	1130 (83.0)	7882.70
Deciduous broadleaved species		15 sp.	231 (17.0)	9335.69
Coniferous species		2 sp.	2 ( 0.1)	453.16
Total		54 sp.	1361 3.28/m <sup>2</sup>	17947.60cm <sup>2</sup> 43.25cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

Table 6 Circumference structure of the invasion tree plants in the No.3 site.

Species	Circumference (cm)							
	below 15	30	45	60	75	90	105	120
Evergreen broadleaved species								
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	60	—	1	1	1	1	3	—
<i>Persea thunbergii</i>	61	3	1	—	—	—	—	—
<i>Cinnamomum japonicum</i>	36	3	2	1	—	—	—	—
<i>Quercus salicina</i>	39	—	1	1	—	—	—	—
<i>Quercus acuta</i>	16	1	—	—	—	—	—	—
<i>Distylium racemosum</i>	12	1	2	—	—	—	—	—
<i>Litsea acuminata</i>	12	1	—	—	—	—	—	—
<i>Quercus glauca</i>	11	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cleyera japonica</i>	5	2	1	—	—	—	—	—
<i>Persea japonica</i>	5	—	—	—	—	—	—	—
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	3	1	—	—	—	—	—	—
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	4	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ilex rotunda</i>	—	—	—	2	—	—	—	—
<i>Quercus gilva</i>	2	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	2	—	—	—	—	—	—	—
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ilex chinensis</i>	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Eurya japonica</i>	315	3	—	—	—	—	—	—
<i>Symplocos lucida</i>	48	4	—	—	—	—	—	—
<i>Camellia sasanqua</i>	34	—	—	—	—	—	—	—
<i>Neolitsea aciculata</i>	24	—	—	—	—	—	—	—
<i>Prunus spinulosa</i>	19	—	1	—	—	—	—	—
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	18	—	—	—	—	—	—	—
<i>Camellia japonica</i>	7	1	—	—	—	—	—	—
<i>Dendropanax trifidus</i>	7	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vaccinium bracteatum</i>	4	—	—	—	—	—	—	—
<i>Symplocos lancifolia</i>	2	1	—	—	—	—	—	—
<i>Symplocos myrtaea</i>	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ligustrum japonicum</i>	74	3	1	—	—	—	—	—
<i>Maesa japonica</i>	41	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ardisia crenata</i>	40	—	—	—	—	—	—	—
<i>Aucuba japonica</i>	33	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ionicera japonica</i>	21	—	—	—	—	—	—	—
<i>Skimmia japonica</i>	15	—	—	—	—	—	—	—
<i>Kadsura japonica</i>	5	—	—	—	—	—	—	—
<i>Daphne kiustiana</i>	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ardisia japonica</i>	99	—	—	—	—	—	—	—
Deciduous broadleaved species								
<i>Rhus succedanea</i>	3	2	5	1	—	—	—	—
<i>Prunus jamasakura</i>	1	1	1	1	1	—	—	—
<i>Mallotus japonicus</i>	—	2	—	—	1	—	—	—
<i>Alnus sieboldiana</i>	—	—	5	6	2	1	2	1
<i>Styrax japonica</i>	6	2	2	1	—	—	—	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	1	1	1	—	—	—	—	—
<i>Albizzia julibrissin</i>	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Salix sieboldiana</i>	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rubus palmatus</i>	80	—	—	—	—	—	—	—
<i>Callicarpa mollis</i>	41	3	—	—	—	—	—	—
<i>Ficus erectus</i>	22	4	1	—	—	—	—	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	13	—	—	—	—	—	—	—
<i>Smilax china</i>	7	—	—	—	—	—	—	—
<i>Elaeagnus umbellata</i>	5	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rubus minusculus</i>	3	—	—	—	—	—	—	—
Coniferous species								
<i>Pinus thunbergii</i>	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Chamacyparis obtusa</i>	—	—	1	—	—	—	—	—
?	4	1	—	1	—	—	—	—
Total	1264	41	27	15	6	2	5	1



Table 7 Height structure of the invasion tree plants in the No.3 site.

Species	Hight (m)			
	below 1	3	9	16
Evergreen broadleaved species				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	56	4	2	5
<i>Persea thunbergii</i>	52	6	7	—
<i>Cinnamomum japonicum</i>	33	3	5	1
<i>Quercus salicina</i>	38	1	—	2
<i>Quercus acuta</i>	12	4	1	—
<i>Distylium racemosum</i>	8	3	4	—
<i>Litsea acuminata</i>	5	6	2	—
<i>Quercus glauca</i>	8	3	—	—
<i>Cleyera japonica</i>	3	2	3	—
<i>Persea japonica</i>	4	—	1	—
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	1	2	1	—
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	2	2	—	—
<i>Ilex rotunda</i>	—	—	1	1
<i>Quercus gilva</i>	2	—	—	—
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	2	—	—	—
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	1	—	—	—
<i>Ilex chinensis</i>	—	1	—	—
<i>Eurya japonica</i>	146	146	26	—
<i>Symplocos lucida</i>	30	16	6	—
<i>Camellia sasanqua</i>	29	4	1	—
<i>Neolitsea aciculata</i>	16	7	1	—
<i>Prunus spinulosa</i>	18	1	1	—
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	18	—	—	—
<i>Camellia japonica</i>	—	5	3	—
<i>Dendropanax trifidus</i>	5	2	—	—
<i>Vaccinium bracteatum</i>	3	1	—	—
<i>Symplocos lancifolia</i>	2	—	1	—
<i>Symplocos myrtacea</i>	1	—	—	—
<i>Ligustrum japonicum</i>	50	19	9	—
<i>Maesa japonica</i>	40	1	—	—
<i>Ardisia crenata</i>	40	—	—	—
<i>Aucuba japonica</i>	32	1	—	—
<i>Ionicera japonica</i>	17	4	—	—
<i>Skimmia japonica</i>	13	2	—	—
<i>Kadsura japonica</i>	5	—	—	—
<i>Daphne kiusiana</i>	—	—	1	—
<i>Ardisia japonica</i>	99	—	—	—
Deciduous broadleaved species				
<i>Rhus succedanea</i>	2	—	9	—
<i>Prunus jamasakura</i>	—	1	1	3
<i>Mallotus japonicus</i>	—	—	3	—
<i>Alnus sieboldiana</i>	—	1	5	11
<i>Styrax japonica</i>	—	4	5	2
<i>Lyonia ovalifolia</i>	—	—	2	1
<i>Albizzia julibrissin</i>	—	—	—	1
<i>Salix sieboldiana</i>	1	—	—	—
<i>Rubus palmatus</i>	79	1	—	—
<i>Callicarpa mollis</i>	13	21	10	—
<i>Ficus erectus</i>	15	4	8	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	13	—	—	—
<i>Smilax china</i>	2	5	—	—
<i>Elaeagnus umbellata</i>	5	—	—	—
<i>Rubus minusculus</i>	3	—	—	—
Coniferous species				
<i>Pinus thunbergii</i>	—	—	—	1
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	—	—	1	—
?	1	1	3	1
Total	925	284	123	29

Table 8 Age structure of the invasion tree plants in the No.30 site.

Species	Age (year)			
	below 5	10	15	20
Evergreen broadleaved species				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	40	2	2	—
<i>Quercus salicina</i>	11	1	—	—
<i>Quercus sessilifolia</i>	9	1	—	—
<i>Quercus acuta</i>	3	2	—	—
<i>Persea thunbergii</i>	3	—	—	—
<i>Cinnamomum japonicum</i>	2	—	—	—
<i>Neolitsea sericea</i>	1	—	—	—
<i>Meliosma rigida</i>	1	—	—	—
<i>Eurya japonica</i>	697	39	2	—
<i>Vaccinium bracteatum</i>	6	—	—	—
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	1	—	—	—
<i>Kadsura japonica</i>	4	—	—	—
<i>Maesa japonica</i>	2	—	—	—
<i>Ligustrum japonicum</i>	1	—	—	—
<i>Ardisia crenata</i>	1	—	—	—
Deciduous broadleaved species				
<i>Rhus succedanea</i>	4	—	—	—
<i>Castanea crenata</i>	1	—	—	—
<i>Mailotus japonicus</i>	1	—	—	—
<i>Prunus jamasakura</i>	1	—	—	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	71	55	12	—
<i>Salix sieboldiana</i>	5	1	—	—
<i>Styrax japonica</i>	2	—	1	—
<i>Akebia trifoliata</i>	3	—	—	—
<i>Rhus javanica</i>	2	—	—	—
<i>Clerodendron trichotomum</i>	2	—	—	—
<i>Albizia julibrissin</i>	1	—	—	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	106	—	—	—
<i>Callicarpa mollis</i>	50	1	—	—
<i>hydrangea scandens</i>	49	—	—	—
<i>Rhododendron kaempferi</i>	16	—	—	—
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	4	—	—	—
<i>Rubus palmatus</i>	4	—	—	—
<i>Smilax china</i>	3	—	—	—
<i>Rhododendron dilatatum</i>	1	—	—	—
<i>Cocculus orbiculatus</i>	1	—	—	—
Coniferous species				
<i>Cryptmeria japonica</i>	200	20	4	—
<i>Chamacyparis obtusa</i>	65	22	2	1
<i>Pinus thunbergii</i>	3	2	2	—
?	3	—	—	—
Total	1380	146	25	1

図を作成した (Fig.6)。図中、実線は1981年の調査結果 (○印) と今回の調査結果 (×印) から求めた回帰曲線であり、種数の経年変化を示している。図によると、木本植生が侵入を始めると種数は急速に増加する。しかし、個体密度が減少を始めると20年頃からその増加率は徐々に低下し、崩壊後約30年で種数はほぼ平衡状態に達すると考えられる。一方、破線は各調査斜面に生存している木本植生の樹齢を用いて求めた累積種数を示す。実線と破線との差が年数の経過する間に衰退した種を表すと考えられる。実線と破線cとを崩壊後6年の時点で比較する

と、この間おもに小型の地上植物 (N) が減少しているようである。実線と破線dとを崩壊後42年の時点で比較すると、藤本植物やイチゴの類、ヤブコウジやマンリョウといった小型および微小地上植物 (N, Ch) が減少している。比較的小型で主に林床を構成している植生を中心として木本植生は大きく入れ代わっているようである。

#### 4.6 林床植生の種組成

各斜面の林床を構成している植生の被度、密度、頻度

Table 9 Age structure of the invasion tree plants in the No.3 site.

Species	Age (year)										
	below 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Evergreen broadleaved species											
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	57	1	2	—	1	1	2	2	—	1	—
<i>Persea thunbergii</i>	55	4	2	1	1	—	1	—	1	—	—
<i>Cinnamomum japonicum</i>	32	3	—	3	1	1	2	—	—	—	—
<i>Quercus salicina</i>	39	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
<i>Quercus acuta</i>	13	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Distylium racemosum</i>	7	4	—	1	—	2	—	1	—	—	—
<i>Litsea acuminata</i>	8	3	—	2	—	—	—	—	—	—	—
<i>Quercus glauca</i>	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Cleyera japonica</i>	4	1	—	—	3	—	—	—	—	—	—
<i>Persea japonica</i>	4	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	2	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ilex rotunda</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
<i>Quercus gilva</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ilex chinensis</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Eurya japonica</i>	168	80	40	20	6	4	—	—	—	—	—
<i>Symplocos lucida</i>	27	12	8	2	3	—	—	—	—	—	—
<i>Camellia sasanqua</i>	31	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Neolitsea aciculata</i>	18	4	1	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Prunus spinulosa</i>	18	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Camellia japonica</i>	2	1	4	—	1	—	—	—	—	—	—
<i>Dendropanax trifidus</i>	6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Vaccinium bracteatum</i>	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Symplocos lancifolia</i>	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Symplocos myrtacea</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ligustrum japonicum</i>	37	28	6	4	1	1	1	—	—	—	—
<i>Maesa japonica</i>	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ardisia crenata</i>	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Aucuba japonica</i>	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>lonicera japonica</i>	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Skimmia japonica</i>	11	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Kadsura japonica</i>	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Daphne kiusiana</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ardisia japonica</i>	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Deciduous broadleaved species											
<i>Rhus succedanea</i>	2	—	—	1	1	—	4	3	—	—	—
<i>Prunus jamasakura</i>	—	—	1	1	—	—	1	—	1	—	1
<i>Mallotus japonicus</i>	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—
<i>Alnus sieboldiana</i>	—	—	—	—	2	4	1	4	2	4	—
<i>Styrax japonica</i>	—	1	4	—	2	2	—	—	1	1	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Albizzia julibrissin</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Salix sieboldiana</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rubus palmatus</i>	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Callicarpa mollis</i>	18	11	7	3	—	4	1	—	—	—	—
<i>Ficus erectus</i>	15	5	1	3	2	—	1	—	—	—	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Smilax china</i>	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Elaeagnus umbellata</i>	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rubus minusculus</i>	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coniferous species											
<i>Pinus thunbergii</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
?	—	1	—	—	—	1	—	1	—	—	—
Total	950	176	80	48	30	21	17	13	5	7	1

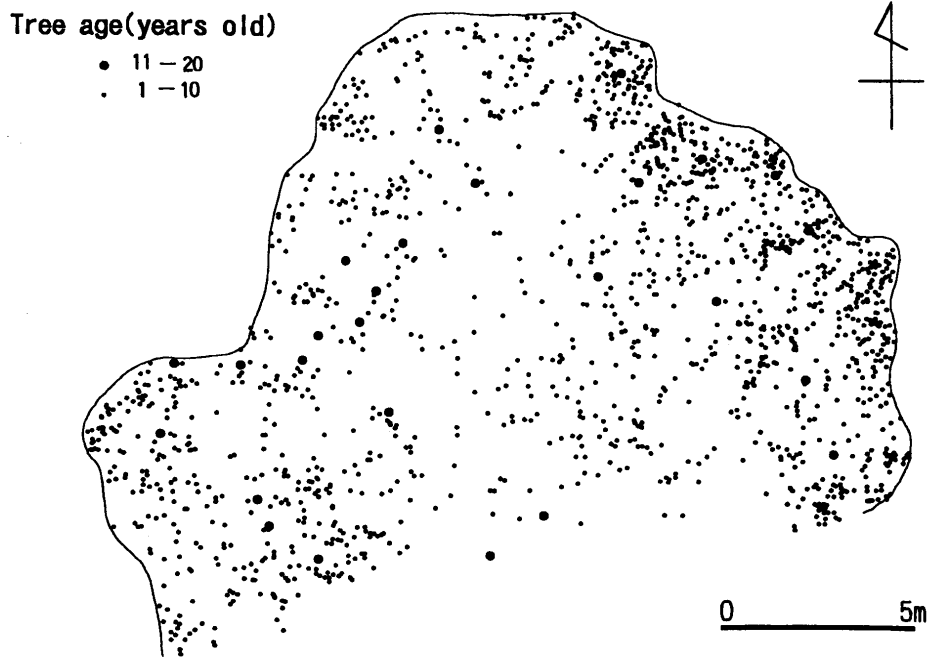


Fig.2 Spatial distribution of the invasion plants on the No.30 site.

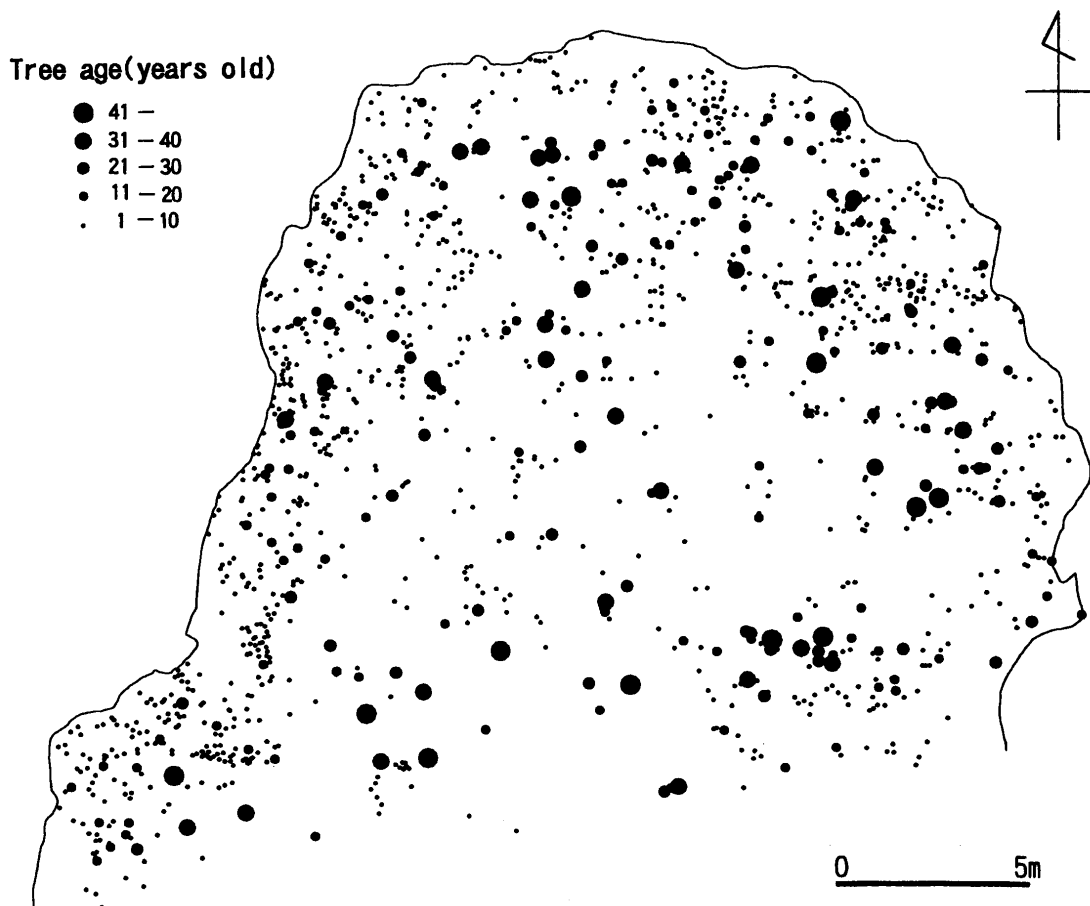


Fig.3 Spatial distribution of the invasion plants on the No.3 site.

Table 10 The comparison of floristic composition in the No.30 site.

Species	Life form	No. (%)		
		1981	1995	
Evergreen broadleaved species				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	スダジイ	MM	1 ( 1.3)	44 ( 2.8)
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	MM	—	12 ( 0.8)
<i>Quercus sessilifolia</i>	ツクバネガシ	MM	—	10 ( 0.6)
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	MM	—	5 ( 0.3)
<i>Persea thunbergii</i>	タブノキ	MM	—	3 ( 0.2)
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニッケイ	MM	—	2 ( 0.1)
<i>Neolitsea sericea</i>	シロダモ	MM	—	1 ( 0.1)
<i>Meliosma rigida</i>	ヤマビワ	MM	—	1 ( 0.1)
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	M	33 (41.3)	738 (47.6)
<i>Vaccinium bracteatum</i>	シャシャンボ	M	—	6 ( 0.4)
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	ヒイラギ	M	—	1 ( 0.1)
<i>Kadsura japonica</i>	サネカズラ	N	—	4 ( 0.3)
<i>Maesa japonica</i>	イズセンリョウ	N	—	2 ( 0.1)
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネズミモチ	N	—	1 ( 0.1)
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	N	—	1 ( 0.1)
Deciduous broadleaved species				
<i>Rhus succedanea</i>	ハゼノキ	MM	—	4 ( 0.3)
<i>Castanea crenata</i>	クリ	MM	—	1 ( 0.1)
<i>Mallotus japonicus</i>	アカメガシワ	MM	—	1 ( 0.1)
<i>Prunus jamasakura</i>	ヤマザクラ	MM	—	1 ( 0.1)
<i>Clerodendron trichotomum</i>	クサギ	M	8 (10.0)	2 ( 0.1)
<i>Alnus sieboldiana</i>	オオバヤシャブシ	M	2 ( 2.5)	—
<i>Salix sieboldiana</i>	ヤマヤナギ	M	2 ( 2.5)	6 ( 0.4)
<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	M	1 ( 1.3)	3 ( 0.2)
<i>Litsea cubeba</i>	アオモジ	M	1 ( 1.3)	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	M	—	138 ( 8.9)
<i>Akebia trifoliata</i>	ミツバアケビ	M	—	3 ( 0.2)
<i>Rhus javanica</i>	ヌルデ	M	—	2 ( 0.1)
<i>Albizia julibrissin</i>	ネムノキ	M	—	1 ( 0.1)
<i>Rubus palmatus</i>	ナガバモミジイチゴ	N	2 ( 2.5)	4 ( 0.3)
<i>Rubus corchorifolius</i>	ビロウドイチゴ	N	—	106 ( 6.8)
<i>Callicarpa mollis</i>	ヤブムラサキ	N	—	51 ( 3.3)
<i>hydrangea scandens</i>	ガクウツギ	N	—	49 ( 3.1)
<i>Rhododendron kaempferi</i>	ヤマツツジ	N	—	16 ( 1.0)
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	サンショウ	N	—	4 ( 0.3)
<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	N	—	3 ( 0.2)
<i>Rhododendron dilatatum</i>	ミツバツツジ	N	—	1 ( 0.1)
<i>Cocculus orbiculatus</i>	アオツツラフジ	N	—	1 ( 0.1)
Coniferous species				
<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ	MM	22 (27.5)	224 (14.4)
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	MM	4 ( 5.0)	7 ( 0.5)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	MM	4 ( 5.0)	90 ( 5.8)
Evergreen broadleaved species		2 sp.	34 (42.5)	15 sp. 831 (53.5)
Deciduous broadleaved species		6 sp.	16 (20.0)	20 sp. 397 (25.6)
Coniferous species		3 sp.	30 (37.5)	3 sp. 321 (20.7)
Total		11 sp.	80 0.32/m <sup>2</sup>	38 sp. 1552 6.28/m <sup>2</sup>

および優占度を Table 12, 13 に示す。全体的にみると、被度、密度とも No.3 に比べて No.30 の方が大きく、種数も多い。年数の経過とともに斜面が植生で覆われてくると、林床には植生が少なくなるようである。No.30 ではススキの優占度が最も高く、ヒサカキ、ヒメムカシヨモギ、ギョウギシバがそれに次いでいる。No.3 ではフユイチゴの優占度が最も高く、ホソバノイタチシダがそ

れに次いでいる。

Table 14 は、生活型別にみた優占度百分率である。生活型は休眠型により、Th (一年生植物)、G (地中植物)、H (半地中植物)、Ch (地表植物)、N (微小地上植物)、M (小型地上植物)、MM (大型地上植物) に分類した。括弧内の数値は種数百分率を示している。No.30 では H が優占度、種数ともに高い値を示している。No.3 では、

Table 11 The comparison of floristic composition in the No.3 site.

Species	Life form	No. (%)		
		1981	1995	
Evergreen broadleaved species				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	スダジイ	MM	88( 7.9)	67( 4.9)
<i>Persea thunbergii</i>	タブノキ	MM	59( 5.3)	65( 4.8)
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	MM	18( 1.6)	41( 3.0)
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニッケイ	MM	17( 1.5)	42( 3.1)
<i>Quercus sessilifolia</i>	ツクバネガシ	MM	15( 1.4)	—
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	シラカシ	MM	12( 1.1)	4( 0.3)
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	MM	12( 1.1)	15( 1.1)
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	MM	9( 0.8)	17( 1.2)
<i>Litsea acuminata</i>	バリバリノキ	MM	8( 0.7)	13( 1.0)
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	ユズリハ	MM	8( 0.7)	4( 0.3)
<i>Persea japonica</i>	ホソバタブ	MM	5( 0.5)	5( 0.4)
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	MM	3( 0.3)	8( 0.6)
<i>Ilex integra</i>	モチノキ	MM	2( 0.2)	—
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>cuspidata</i>	コジイ	MM	1( 0.1)	—
<i>Quercus glauca</i>	アラカシ	MM	—	11( 0.8)
<i>Ilex rotunda</i>	クロガネモチ	MM	—	2( 0.1)
<i>Quercus gilva</i>	イチイガシ	MM	—	2( 0.1)
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	テイカカズラ	MM	—	2( 0.1)
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	コバンモチ	MM	—	1( 0.1)
<i>Ilex chinensis</i>	ナナミノキ	MM	—	1( 0.1)
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	M	469(42.3)	318(23.4)
<i>Symplocos lucida</i>	クロキ	M	39( 3.5)	52( 3.8)
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	M	11( 1.0)	8( 0.6)
<i>Neolitsea aciculata</i>	イヌガシ	M	8( 0.7)	24( 1.8)
<i>Camellia sasanqua</i>	サザンカ	M	4( 0.4)	34( 2.5)
<i>Vaccinium bracteatum</i>	シャシャンボ	M	4( 0.4)	4( 0.3)
<i>Prunus spinulosa</i>	リンボク	M	3( 0.3)	20( 1.5)
<i>Illicium anisatum</i>	シキミ	M	1( 0.1)	—
<i>Ilex buergeri</i>	シイモチ	M	1( 0.1)	—
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	ムベ	M	1( 0.1)	18( 1.3)
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	M	—	7( 0.5)
<i>Symplocos lancifolia</i>	シロバイ	M	—	3( 0.2)
<i>Symplocos myrtacea</i>	ハイノキ	M	—	1( 0.1)
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネズミモチ	N	59( 5.3)	78( 5.7)
<i>Aucuba japonica</i>	アオキ	N	40( 3.6)	33( 2.4)
<i>Skimmia japonica</i>	ミヤマシキミ	N	10( 1.0)	15( 1.1)
<i>Maesa japonica</i>	イズセンリョウ	N	1( 0.1)	41( 3.0)
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	N	—	40( 3.0)
<i>lonicera japonica</i>	スイカズラ	N	—	21( 1.5)
<i>Kadsura japonica</i>	サネカズラ	N	—	5( 0.4)
<i>Daphne kiusiana</i>	コショウノキ	N	—	1( 0.1)
<i>Ardisia japonica</i>	ヤブコウジ	Ch	—	99( 7.3)
Deciduous broadleaved species				
<i>Rhus succedanea</i>	ハゼノキ	MM	13( 1.2)	11( 0.8)
<i>Prunus jamasakura</i>	ヤマザクラ	MM	8( 0.7)	5( 0.4)
<i>Mallotus japonicus</i>	アカメガシワ	MM	6( 0.5)	3( 0.2)
<i>Alnus sieboldiana</i>	オオバヤシャブシ	M	32( 2.9)	17( 1.2)
<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	M	19( 1.7)	11( 0.8)
<i>Litsea cubeba</i>	アオモジ	M	6( 0.5)	—
<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	M	5( 0.5)	3( 0.2)
<i>Callicarpa japonica</i>	ムラサキシキブ	M	4( 0.4)	—
<i>Salix sieboldiana</i>	ヤマヤナギ	M	2( 0.2)	1( 0.1)
<i>Albizzia julibrissin</i>	ネムノキ	M	1( 0.1)	1( 0.1)
<i>Callicarpa mollis</i>	ヤブムラサキ	N	50( 4.5)	44( 3.2)
<i>Ficus erectus</i>	イヌビワ	N	20( 1.8)	27( 2.0)
<i>Sambucus racemosa</i>	ニワトコ	N	6( 0.5)	—
<i>Rubus palmatus</i>	ナガバモミジイチゴ	N	4( 0.4)	80( 5.9)
<i>Helwingia japonica</i>	ハナイカダ	N	2( 0.2)	—
<i>hydrangea scandens</i>	ガクウツギ	N	1( 0.1)	—
<i>Rubus corchorifolius</i>	ピロウドイチゴ	N	—	13( 1.0)
<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	N	—	7( 0.5)
<i>Elaeagnus umbellata</i>	アキグミ	N	—	5( 0.4)
<i>Rubus minusculus</i>	ヒメバライチゴ	N	—	3( 0.2)
Coniferous species				
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	MM	20( 1.8)	1( 0.1)
<i>Chamacyparis obtusa</i>	ヒノキ	MM	—	1( 0.1)
Evergreen broadleaved species		28 sp.	908(81.9)	37 sp. 1130(83.0)
Deciduous broadleaved species		16 sp.	179(16.1)	15 sp. 231(17.0)
Coniferous species		1 sp.	20( 1.8)	2 sp. 2( 0.1)
Total		45 sp.	1109 2.67/m <sup>2</sup>	54 sp. 1361 3.28/m <sup>2</sup>

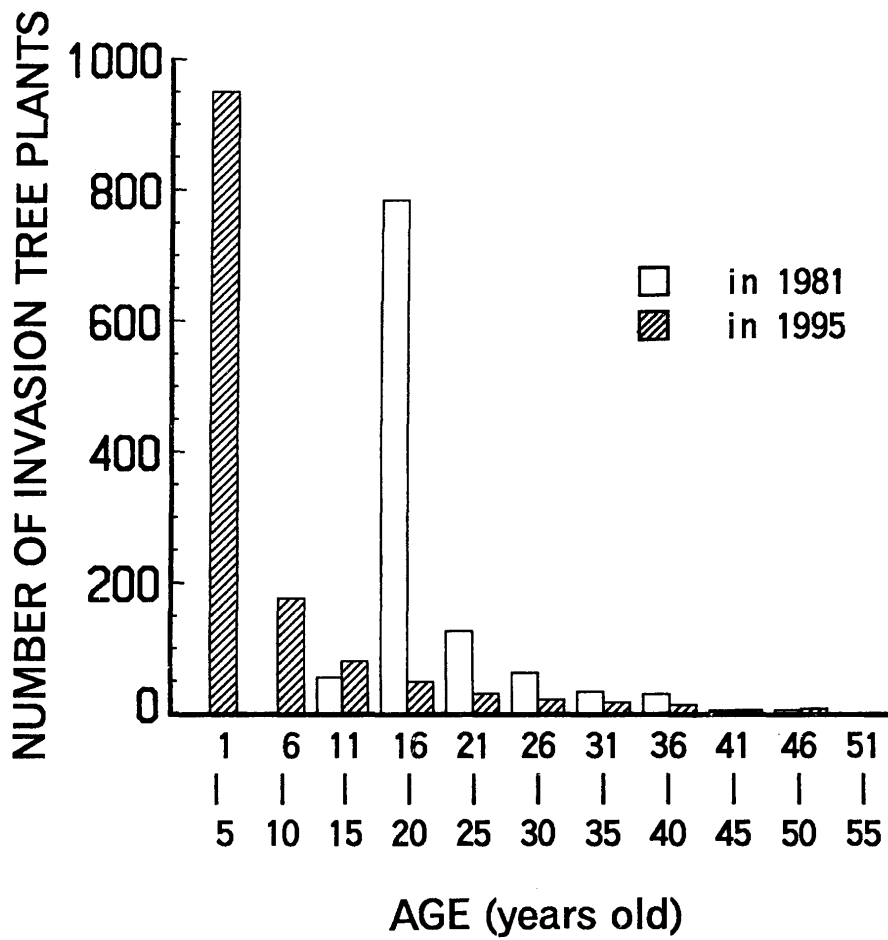


Fig.4 The comparison of age structure in the No.3 site.

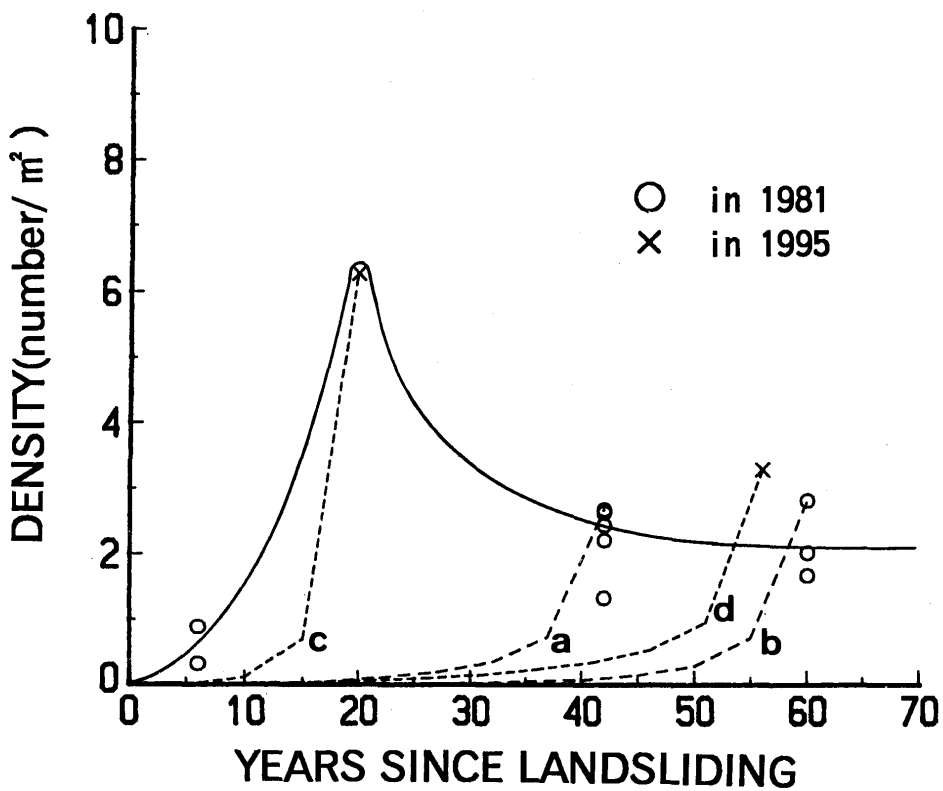


Fig.5 Temporal variation of density of the invasion tree plants on the research sites.

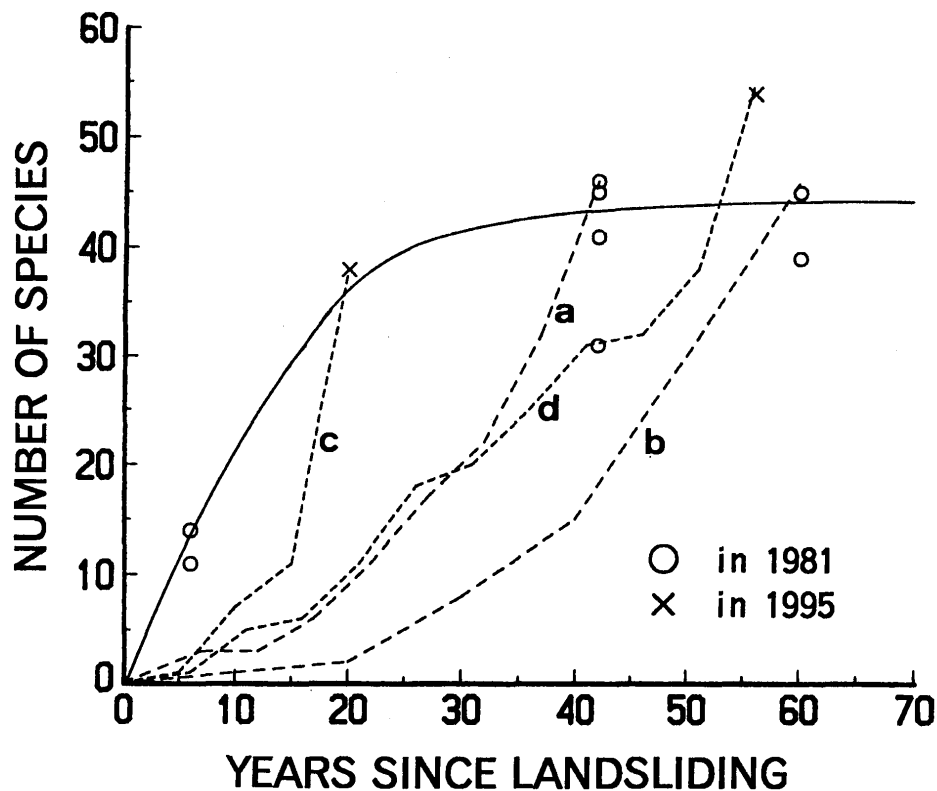


Fig.6 Temporal variation of the invasion tree plant species on the research sites.

Table 12 Floristic composition in the forest floor of the No.30 site.

Species		Life form	C	D	F	SDR
<i>Erigeron canadensis</i>	ヒメムカシヨモギ	Th	0.9	2.75	83	38.1
<i>Hedyotis lindleyana</i> var. <i>hirsuta</i>	ハシカグサ	Th	0.008	0.08	8	3.0
<i>Cynodon dactylon</i>	ギョウギシバ	Ch	2.3	3.92	33	100
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	ケチジミザサ	Ch	0.423	0.50	17	21.8
<i>Miscanthus sinensis</i>	ススキ	H	17.292	10.67	100	19.5
<i>Brachyelytrum japonicum</i>	コウヤザサ	H	1.267	1.75	42	9.7
<i>Anaphalis margaritacea</i> var. <i>angustifolia</i>	ホソバナヤマハハコ	H	1.467	3.50	17	3.4
<i>Aster ageratoides</i> var. <i>semiamplexicaulis</i>	イナカギク	H	0.025	0.42	25	3.0
<i>Alpinia japonica</i>	ハナミョウガ	H	0.008	0.17	8	3.0
<i>Ajuga decumbens</i>	キラソウ	H	0.008	0.08	8	3.0
<i>Viola keiskei</i>	ケマルバスミレ	H	0.008	0.08	8	3.0
<i>Euphorbia pekinensis</i>	タカトウダイ	H	0.008	0.08	8	3.0
<i>Centella asiatica</i>	ツボクサ	H	0.008	0.08	8	27.8
<i>Erigeron kamtschaticus</i>	ムカシヨモギ	H	0.008	0.08	8	8.2
<i>Paederia scandens</i> var. <i>mairei</i>	ヘクソカズラ	N	0.025	0.58	25	10.1
<i>Lonicera japonica</i>	スイカズラ	N	0.008	0.42	17	7.0
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	サンショウ	N	0.017	0.25	17	6.4
<i>Callicarpa mollis</i>	ヤブムラサキ	N	0.017	0.25	17	6.4
<i>Fagara mantchurica</i>	イヌザンショウ	N	0.008	0.08	8	3.0
<i>Rubus palmatus</i>	ナガバモミジイチゴ	N	0.008	0.08	8	3.0
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	M	5.442	6.00	92	59.8
<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	ネジキ	M	0.45	1.00	42	17.9
<i>Akebia trifoliata</i>	ミツバアケビ	M	0.008	0.08	8	3.0
<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ	MM	0.85	1.08	33	16.0
<i>Castanopsis cusidata</i> var. <i>sieboldii</i>	スダジイ	MM	0.017	0.17	17	6.4
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	MM	0.017	0.17	17	6.4
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	MM	0.008	0.08	8	3.0
?			0.033	0.49	41	
Total			30.640	34.89		



Table 13 Floristic composition in the forest floor of the No.3 site.

Species		Life form	C	D	F	SDR
<i>Rubus buergeri</i>	フユイチゴ	Ch	8.983	8.67	100	15.3
<i>Dryopteris chinensis</i>	ホソバノイタチシダ	Ch	2.933	1.67	75	3.0
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	ケチヂミザサ	Ch	0.433	0.58	25	100
<i>Alpinia japonica</i>	ハナミョウガ	H	1.25	0.58	25	42.2
<i>Centella asiatica</i>	ツボクサ	H	0.008	0.08	8	12.3
<i>Rubus minusculus</i>	ヒメバライチゴ	N	0.442	1.33	33	17.6
<i>Rubus palmatus</i>	ナガバモミジイチゴ	N	0.425	0.83	25	13.2
<i>Rubus corchorifolius</i>	ピロウドイチゴ	N	0.017	0.33	17	7.1
<i>Cocculus orbiculatus</i>	アオツヅラフジ	N	0.417	0.50	8	6.4
<i>Aucuba japonica</i>	アオキ	N	0.017	0.17	17	6.2
<i>Sambucus sieboldiana</i>	ニワトコ	N	0.008	0.08	8	3.0
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	M	0.017	0.25	17	6.7
<i>Symplocos lucida</i>	クロキ	M	0.008	0.08	8	3.0
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	テイカカズラ	MM	0.033	0.58	33	13.5
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	MM	0.008	0.08	8	3.0
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	スダジイ	MM	0.008	0.08	8	3.0
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	シラカシ	MM	0.008	0.08	8	3.0
?			0.033	0.33	33	
Total			15.12	16.30		

Ch の優占度が最も高く、N の種数が最も多い。また、No.3 には Th が出現していない。一年生植物は耐陰性がないため、植生の回復が進んだ斜面の林床では生育できないようである。

以上のことから、林床植生の被度、密度、生活型の変化には、林床の光条件の変化が大きく関連していると考えられる。

Table 14 The comparison of life form spectra expressed with SDR % (number of species %).

Life form	SDR % (Sp. %)	
	No.30	No.3
Th	10.4 ( 7.4)	—
G	—	—
H	42.9 (37.0)	7.1 (11.8)
Ch	9.1 ( 7.4)	59.8 (17.6)
N	9.1 (22.2)	20.7 (35.3)
M	20.4 (11.1)	3.7 (11.8)
MM	8.1 (14.8)	8.7 (23.5)

謝 辞

本研究の実施にあたり、現地調査においては砂防学研究室大学院生の和氣由紀子氏と学部生の桑形英臣氏に多大なご協力をいただいた。ここに記して厚く謝意を表す。

引用 文 献

- 1) 松本舞恵・下川悦郎・地頭蘭隆：風化花崗岩斜面崩壊跡地における植生の回復過程，鹿児島大学農学部演習林報告，第23号，55-79，1995
- 2) 松本舞恵・黒木健二・下川悦郎・地頭蘭隆：崩壊跡地における植生の回復過程，第106回日本林学会大会講演要旨集，1995
- 3) 沼田真：図説植物生態学，朝倉書店，1969
- 4) 大隅眞一：森林計測学講義，養賢堂，1991
- 5) 下川悦郎：崩壊地の植生回復過程，林業技術，496，23-26，1983
- 6) Shimokawa, E. : A Natural recovery process of vegetation on landslide scars and landslide periodicity in forested drainage basins, Proc. Symp. Effects of Forest Land Use on Erosion and Slope Stability, Hawaii, 99-107, 1984
- 7) 下川悦郎・地頭蘭隆・高野茂：しらす台地周辺斜面における崩壊の周期性と発生場の予測，地形，10(4)，276-284，1989

### Summary

The aim of this study is to clarify the natural recovery process of vegetation following shallow landslide disturbance. The species, location, age, height and circumference of the invasion tree plants on the landslide scars in Shibisan, Kagoshima prefecture, Southern Kyushu, Japan, were carefully surveyed.

1. *Eurya japonica*, *Cryptmeria japonica* and *Lyonia ovalifolia* were dominant in the 20-year-old scar. The invasion tree plants were mostly below 5 years in age, belonging to the smaller size classes.

2. *Eurya japonica* was dominant in the 56-year-old scar. This site abounded with *Ardisia japonica*, *Rubus palmatus*, *Ligustrum japonica*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* and *Persea thunbergii*, too. Most of the tree plants were below 10 years in age, and *Alnus sieboldiana*, *Styrax japonica*, *Rhus succedanea* and *Prunus jamasakura* were few in the younger classes.

3. The tree plants, mainly younger trees, densely invaded near the border of the landslide scar and a part of gentler slope sites, and the older trees were sporadically distributed on the landslide scars.

4. It seems that the greater part of tree plants died within several years after invasion.

5. The density of invasion tree plants rapidly increased to a peak at about 20 years after landsliding and then decreased to finally reaching a constant. The number of species rapidly increased, reaching a constant around 20 to 30 years after landsliding.

6. *Miscanthus sinensis* as the forest floor plant was dominant on the 20-year-old scar, *Rubus buergeri* in the 56-year-old scar. Annuals couldn't be found on the 56-year-old scar.

**Key Words:** Shallow landslide scars, Recovery of vegetation, Landslide periodicity