

空中写真を用いた屋久島の土地利用変化に関する研究

蠣原 瞳・安仁屋政武

筑波大学大学院環境科学研究科・地球科学系

1. はじめに

屋久島は1993年12月に、東北の白神山地とならんで、世界自然遺産に登録された。登録理由として、樹齢数千年の屋久杉など極めて特殊な森林植生を持つこと、亜熱帯から冷温帯に及ぶ植生の垂直分布が見事なこと、そして多くの固有植物や南限・北限植物が自生していることが挙げられる(田川、1994)。

屋久島では戦後の復興による木材の需要の増大、チェーンソーの使用による伐採効率の飛躍的な上昇などにより、国有林での杉の伐採が盛んに行われてきた。しかし、1970年代からの自然保護運動の高まりの中での施業計画の見直しにより、伐採方法も皆伐から択伐へと変化し、1980年代には原則として禁止となった。

本研究の目的は、このような屋久島全域を対象として、(1)森林伐採が盛んに行われた1940年代から1970年代にかけての土地利用を3時期の空中写真判読によって明かにし、(2)その間の土地利用変化を地理情報システム(GIS-Geographic Information Systems)を用いて諸統計資料と照合し、定量的に解析することである。

2. 研究対象地域の概要

屋久島は鹿児島島の南約70kmの所に位置する、南北約28km、東西約24km、周囲長約103km、面積504km²のほぼ円形の島である。ここに九州最高峰の宮之浦岳(1935m)を始め、永田岳(1890m)、栗生岳(1860m)、黒味岳(1835m)など1800mを超える山々が連なって中心部を占め、その周りを標高1000m以上の山々が取り囲むように分布している。沿岸部は西北部を除き、海岸段丘からなる。中心部の急峻な山岳部は花崗岩からなり、これを囲む海岸部は主に砂岩・泥岩からなる熊毛層群である。このような地理的位置と地形

から、平地の気候は海洋性の亜熱帯性であるが、山岳部では冬に積雪を見ることも稀ではない。海洋上にそびえる島で地形性の降雨が多いことに加え、夏から秋にかけての台風の通り道に位置しているため、降水量は多く、平地では2500~4000mm前後、山岳部では8000mm以上が記録されている(江口、1984)。このような地形と気候を反映して、植生は海岸部の亜熱帯性から山頂部の亜寒帯性のものまで分布している。

3. 研究方法

3.1 使用データ

土地利用判読に使用した空中写真は次のものである。

1947年	白黒	縮尺約1:40,000	(米軍撮影)
1969年	白黒	縮尺約1:40,000	(建設省国土地理院撮影)
1977年	カラー	縮尺約1:15,000	(建設省国土地理院撮影)

この他、土地利用図作成の参考および道路・河川等抽出のための5万分の1の旧版地形図(1953年、1972年、1978年)、土地利用判読の際の補完として九州森林管理局(2001)刊行の国有林野施業実施計画図(1:20,000)、土地利用解析の資料として九州森林管理局(2001)刊行の屋久島国有林図(1:50,000)、地形解析と3D表示のための数値地形データ(DEM, Digital Elevation Model, 50m間隔グリッド)を利用した。さらに、GIS解析の為の人文社会データとして人口・産業別人口の国勢調査、農業関係資料などがある。

3.2 解析方法

3時期の空中写真で判読可能な土地利用のカテゴリー(後述)を設定するにあたり、島全域のモザイクを作成して概観した。次に、1947年、1969年、1977年の空中写真を実体

鏡用いて立体視し、土地利用を判読した。これを5万分の1の地形図に移写し、土地利用の境界をディジタイザーでトレースしてディジタル化した。これをUTM座標に変換して、各時期の土地利用面積を求めた。

次に、地理情報システムのソフトウェアを使って、3時期の土地利用図をDEMと重ね合わせることにより、立体画像を作成して視覚による効果の向上を計った。また、1947～1977年の土地利用の面積変化を求めた。これらの結果をもとに、ディジタル化した林班図と比較して、森林解析を行った。また、統計資料を使って人文・社会変化との対応を見た。

これら作業にはArcView (v. 3.2)、ArcMap (v. 8.1)、ERDAS Imagine (v. 8.4)を使用した。

3.3 土地利用のカテゴリーとその定義

屋久島の産業の構造変化に伴う土地利用変化を捉えることに着目し、主に林業と農業に関連するカテゴリー、「天然林」、「人工林」、「伐採跡地」、「人工構造物」、「農地」、「樹園地」、「その他」の7項目を設定した。国有林が森林の8割を占める屋久島では、林業は言うまでもなく屋久島の基幹産業であった。したがって、森林の変化を細かく捉えるために、森林に関するカテゴリーを「天然林」、「人工林」、「伐採跡地」の3つ設定した。「天然林」とは自然のままの森林であるが、過去に伐採が行われたとしても空中写真からはそのことが判読できないこともあるので、厳密には天然林でない部分も含まれている。

「人工林」は、皆伐後スギ等が植林され明らかに天然林の特徴と異なる部分である。これらの2カテゴリーでは広葉樹・針葉樹を区分せず、人為的と判断できる特徴のみに注目した。「伐採跡地」とは写真上で明確な境界をもって裸地または草地となっている部分である。

海岸段丘上で展開される里の農業に関しては、田・畑地と判断した土地を「農業」として一つにまとめ、ポンカン・タンカン・など1960年代以降盛んになった果樹栽培の実体を捉えるために「樹園地」のカテゴリーを設けた。また、小杉谷の集落の消滅、また港湾・

空港整備など近代化に関する変化をとらえるために、宅地・工場・商業地等の区別をせずに網羅的な「人工構造物」のカテゴリーを設定した。

カテゴリー「その他」は上記以外の土地利用をすべてまとめたものである。海岸の岩場、宮之浦岳・永田岳山頂周辺のヤクザサ植生など、林業や農業に利用されていない部分を含む。

4. 結果

4.1 土地利用図

図1に1947年、1969年、1977年の土地利用を示す。各年度の土地利用の概観は次の通りである。1947年の土地利用の特徴は、宮之浦川、栗生川、小杉谷（安房川）付近の3箇所島を中心へ向けて伐採・植林が行われていたことである。しかし、当時はまだ山地を中心に島の約3/4の面積を天然林が占めていた。集落は海岸付近に点在し、周辺に田畑が広がっていた。伐採跡地は前岳の斜面にわずかに分布しているのみで、また戦後の大々的な伐採は始まっていなかったことを示している。

1950～1960年代の高度経済成長期と拡大造林の絶頂期を経た22年後の1969年の土地利用図では大きな変化が認められる。海岸・川沿いから、天然林の伐採が行われ、植林が大規模に進んでいたことが読み取れる。さらに、伐採跡地の単位面積が大きくなっているのも特徴的である。小杉谷には宅地など人工構造物が認められる。島の南側平坦地では前岳斜面に向けて、人工林が樹園地に開拓されている。天然林は島全体面積の60%ほどに減少し、人工林・伐採跡地の占める面積が増大している。

1977年の土地利用図では、伐採・植林のペースが落ちたことが読み取れる。主な変化は1969年の伐採跡地の多くが植栽林の成長によって人工林に変わったこと、島西部の瀬切川流域の天然林の伐採である。伐採跡地は切り出す単位面積が以前と比べて小さくなっていることを示している。小杉谷の人工構造物も無くなり、谷周辺の伐採跡地もなく、この付近での伐採が終了したことを物語っている。一

方、島南部の樹園地はさらに拡大している。

4.2 土地利用変化

土地利用変化を詳しく見るために、土地利用図とDEMを組み合わせて島の主要集落である宮之浦、安房、永田、栗生方面から見た鳥瞰図（3D図）を作成した（図2）。さらに、これに道路図、河川図も被せた。これにより、土地利用と地形の関係が特に強調される。

図2-Aは宮之浦方面から見た3時期の3D図である。1947年には平坦地付近に小規模の伐採跡地が見られ、沿岸部の宮之浦から小瀬田にかけての平坦地では農地が広がっていた。

また、宮之浦川に沿って人工林と小規模な伐採跡地が見られた。1947年から1969年にかけての変化は著しく、河川沿いの林道や道路に沿って大規模な伐採跡地が見られる。特に、宮之浦川左岸の斜面における伐採跡地の拡大は著しい。小瀬田では屋久島空港が建設され（1962年）、道路網も発達した。1977年には1969年の伐採跡地の多くが植林により人工林に移している。宮之浦港が整備され、屋久島電工が建設されたことで、宮之浦の人工構造物が増加している。また、新たに女川（図2-Aの小瀬田のラベルの上）と白谷川（宮之浦川の右岸の支流）の中流域において小規模な伐採跡地が見られる。

図2-Bは安房川から見た土地利用である。1947年には安房川に沿って森林軌道があり、周りには人工林があった。1969年には小杉谷や中瀬川、小瀬田から安房までの前岳斜面に伐採跡地が認められる。安房周辺の農地は拡大しており、尾之間周辺には樹園地が見られる。1947年と1969年に認められた小杉谷中心部の宅地・農地は1977年にはなくなっており、人工林のみが広がっている。1977年には、安房の人工構造物や尾之間の樹園地が拡大している。

栗生方面から見た図2-Cによると、1947年には栗生集落周辺に農地が広がっていたが、1969年以降には見られない。集落の発展に伴い、人工構造物にとって代わられている。栗生の港から山中に伸びる森林軌道沿いで伐採・植林が行われていた。1967年の西部林道（栗生-永田）の開通にともない、沿線の瀬切川

周辺での伐採が大規模に行われるようになった。

島の北部、永田方面から見た図2-Dによると、1947年から1969年にかけて、永田周辺では大規模な伐採があったことが分かる。その一つ、土面川では1979年に集中豪雨による山地崩壊と土石流が発生している。戦後開拓が盛んであった湊川中流付近の白川では1947年と1969年の2時期では宅地・農地が認められる。1977年には一湊 - 白川 - 永田を結ぶ林道の建設にともない道路周辺に小規模な伐採跡地が点在している。1977年には永田周辺では樹園地が拡大していた。

4.3 土地利用カテゴリーの面積変化

表1は7つの土地利用カテゴリーの3時期の面積を、図3はその推移を示す。天然林、人工林、伐採跡地の面積変化はほぼお互いに関連している。1947～1969年にかけて、天然林から人工林への推移が大きく、また伐採跡地は1947年の7倍近くに増加した。これは高度経済成長にともなう拡大造林の時代を如実に反映している。1969年から1977年への変化では、天然林の面積は多少減少しているものの、人工林の面積は増加している。伐採跡地の面積が1969年に比べて4割程度減少しており、環境保全の時代への変化が読み取れる。

人工構造物は、宮之浦、安房などの主要な港湾の整備、空港の建設、屋久電工などの大規模な建造物のため1947～1969年で増加している。農地は、海岸段丘の平坦部の土地利用の大半を占めている。1969年に若干増加したが1977年には減少している。特筆すべきは樹園地で、絶対的な面積は小さいが、面積増加は1947年から1977年にかけて10倍以上である。この大きな変化の要因はポンカン・タンカンなどの果実栽培が1960年代以降盛んになったことがあげられる。

5. 考察

以上概観した土地利用とその変化をもたらす要因・結果として、人口、産業別人口などの資料を検討する。屋久島は行政的には上屋久町と屋久町に分かれるが、統計は全て、両町合計である。さらに、土地利用カテゴリー

で特に変化の大きかった「伐採跡地」、「樹園地」について議論する。

5.1 人口の推移

図4-Aの人口統計では、1920年から増加傾向になり1960年にピーク（約24,000人）に達し、その後減少し1990年からは約14,000人を保っている。1960年から1970年での急激な人口減少は高度経済成長に伴う都市部への人口流出の結果であろう。少し詳しく見るために、年少人口（0～14歳）、生産年齢人口（15～64歳）、老年人口（65歳以上）の年齢階層別のグラフを作成した（図4-B）。1955年を堺に生産年齢人口は増加から減少へ転じており、年少人口は1965年以降急激に減少している。これは、戦後、戦争から島へ帰ってきた人々が農業に就いたことで、一旦は人口が増えたものの、1950年代以降島外に働きに出る人々が増加した結果と解釈できる。1980年代からは、いわゆる高齢化が進んでいるのが読み取れる。

図4-Cは産業就業別人口である。基幹産業である第一次産業はさらに細かく分けた。これによると、1950年代から1970年代にかけて農業人口は大幅に減少した。空中写真判読の結果では、農業人口の減少に見合うような農地の減少はなかったが、これは耕作放棄地や休耕地も農地とした結果と考えられる。空中写真上ではこれらの判別は困難であった。一方、林業人口は最盛期1960年の1000人程度から1990年代の100人以下まで減少した。漁業人口は1965年までは減少傾向にあったが、その後は微減である。第二次産業は1965年以降、横ばいであるが、第三次産業人口の増加が顕著である。特に1990年以降の伸びが大きい。これは鹿児島との高速連絡船トッピーの就航と世界遺産指定による観光客の増加が要因と考えられる。

5.2 伐採跡地の空間的特徴

図5は屋久島の国有林における収穫量の推移を示す。1950年から1970年にかけての収穫量の増加と、その後の急激な減少が特に目立つ。1960年から1965年にかけては広葉樹の収穫量が倍増している。伐採跡地が占める面積と木材の収穫量との間には通常密接な関

係があると考えられるが、伐採方式（皆伐か択伐）によって必ずしもリニアな関係とはならない。3時期の伐採跡地の空間的特徴を明らかにするため、標高と面積との関係を詳しく見た（図6）。

5.2.1 標高との関係

伐採跡地のデータを50x50 mのラスター・データに変換して100 m毎の等高線データと重ね合わせ（図6-A）、伐採跡地が分布する標高の割合を3時期毎に求めた（図7）。これによると、伐採跡地面積のピークは、1947年は標高100-200m、1969年は200-300 m、1977年は300-400 mとなり、時代を追うごとに標高の高い島内部へ伐採が進んでいたことが読み取れる。また、1969年には900-1000 mにピークが存在するが、これは白谷川や安房川上流の小杉谷周辺の伐採地であることが図6-Aから分かる。

5.2.2 面積との関係

個別の伐採跡地の面積を算出し、0.1 km²以下、0.1-1 km²、1 km²以上の3クラスに分類した（図6-B）。伐採跡地の個数は1947年は156箇所、1969年は91箇所、1977年は424箇所、それぞれの平均は0.03 km²、0.38 km²、0.06 km²となった。図8から、1947年と1977年では面積0.1 km²以下の伐採跡地が80～90%を占めているのに対し、1969年は面積0.1-1 km²が約60%を占め、1 km²以上の跡地も存在している。これは環境保全や景観に対する国有林の施業形態の変化の結果である。

5.3 樹園地分布の空間的特徴

島全体の樹園地の分布を見ると、とくに永田周辺と尾之間周辺に集中している。そこで、DEMから傾斜分布図を作成し、3時期の樹園地分布のデータを重ね合わせた（図9）。

この図から、永田周辺では1947年以降徐々に樹園地が拡大したのに対し、尾之間では1947年にはほとんど見られなかったが1969年、1977年と大幅に増えていったことが読み取れる。永田では1969～1977年に集落の西側で面積が増加している。一方、尾之間では集落の東側に拡大している。樹園地はいずれも標高200 m以下の所に分布している。また、1969年までは斜面の傾斜が20度以下のとこ

ろに分布していたが、1977年では面積は少ないけれど、20度を超える斜面でも樹園地となっている。

6. 結論

戦後の復興が始まった1940年代から環境問題が大きく取り上げられるようになった1970年代までの屋久島の土地利用とその変化を1947年、1969年、1977年の空中写真判読により明らかにし、地理情報システムを使って解析した。主な結果は次の通りである。

1947年から1977年の間では天然林の減少が激しく、人工林の増加が顕著であった。これは1950年代、60年代の高度経済成長期の拡大造林の時期の傾向と一致している。また、樹園地の面積が、絶対的には少ないが、割合では10倍以上に増加しており、第一次産業の構造変化を物語っている。一方、農業人口は激減したが、空中写真で判読した農地（田畑）の面積には大きな変化は見られなかった。

空中写真判読の精度の検証がされていないので、特に判読があいまいとなる可能性のある天然林、農地の統計に誤差を含んでいる可能性がある。また、伐採跡地の定義も主観的であるが、この研究は地理情報システムを使うことによりどのような研究が効果的にできるかを示した。

参考文献：

- 江口 卓（1984）：屋久島の気候一特に降水量分布の地域性について一。環境庁自然保護局編『屋久島の自然』、3-26。
田川日出夫（1994）：『世界の自然遺産・屋久島』、NHKブックス。
上屋久町（1998）：統計かみやく

追記：これは筆頭著者嶋原瞳が安仁屋の指導の下で2001年度に筑波大学大学院修士課程環境科学研究科に提出した修士論文を、諸般の事情から、本人の承諾を得ず安仁屋がまとめたものである。1990年頃のデータが欲しい所であるが、空中写真がないこと、衛星データでは同じような分類が困難なこと、そして時間の関係からできなかった。

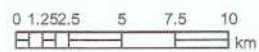
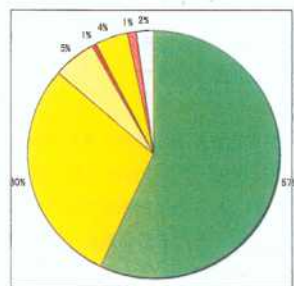
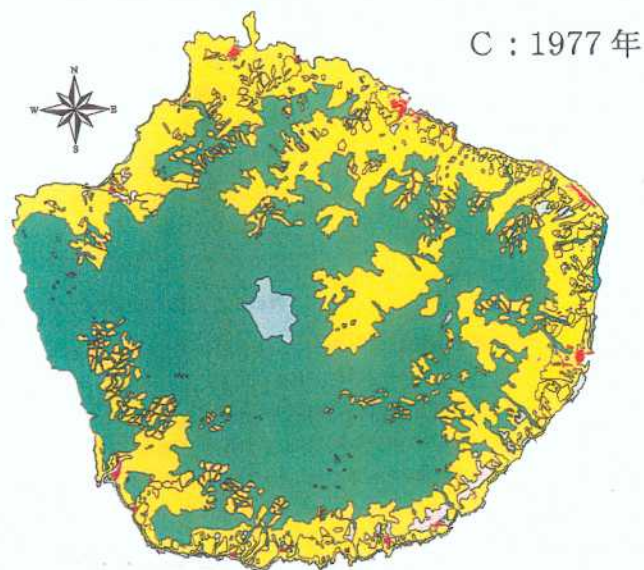
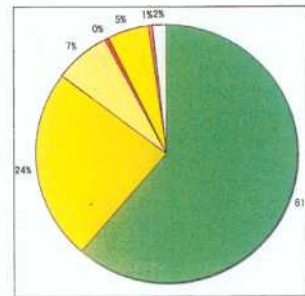
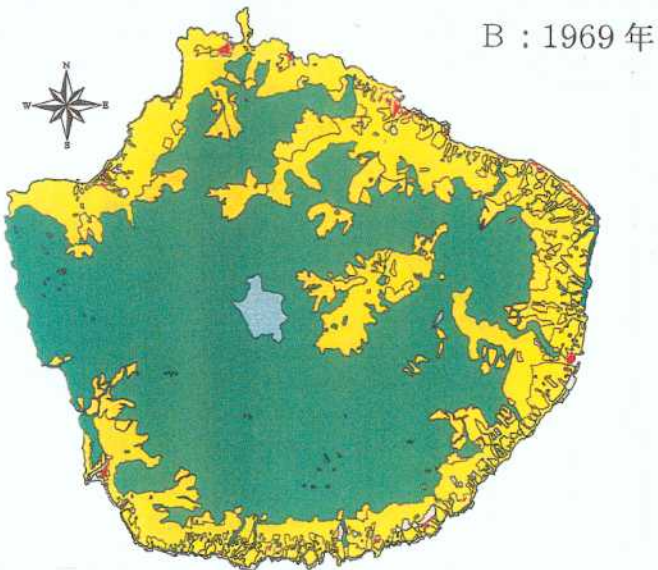
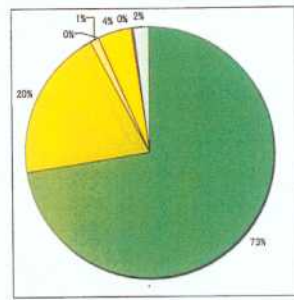
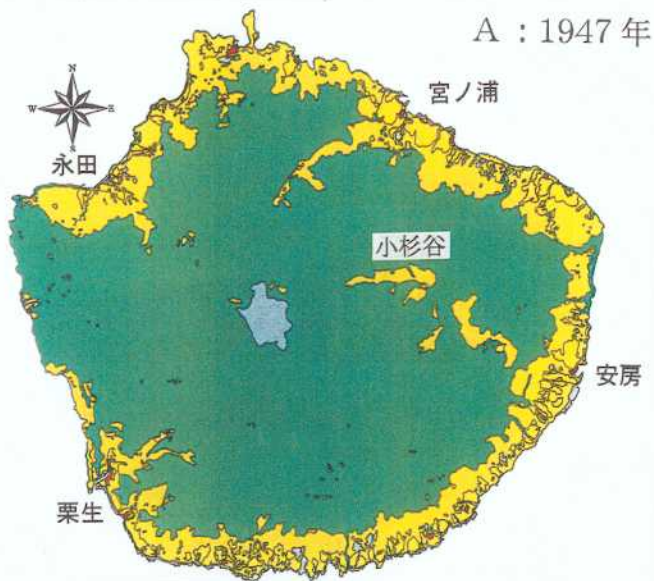
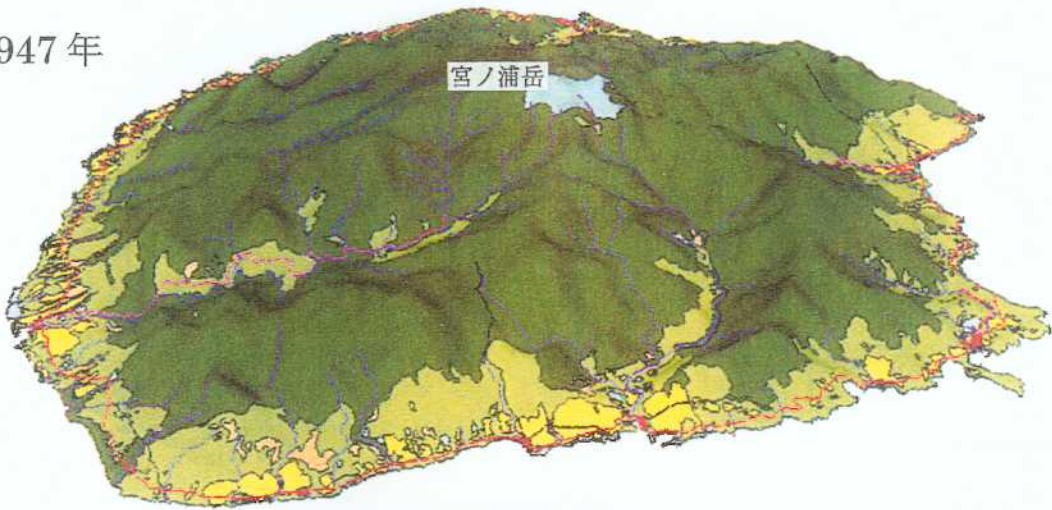
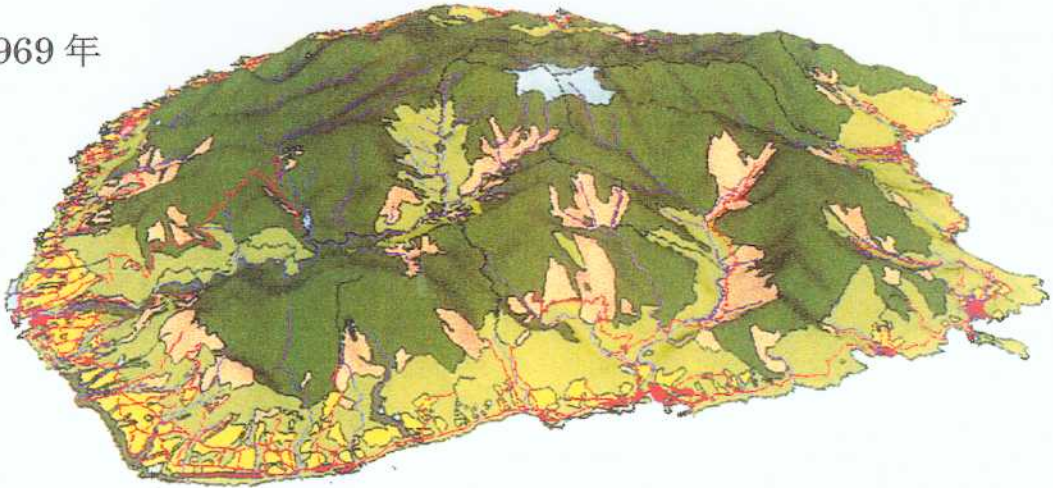


図1. 土地利用分類とその面積比 (%)

1947年



1969年



1977年

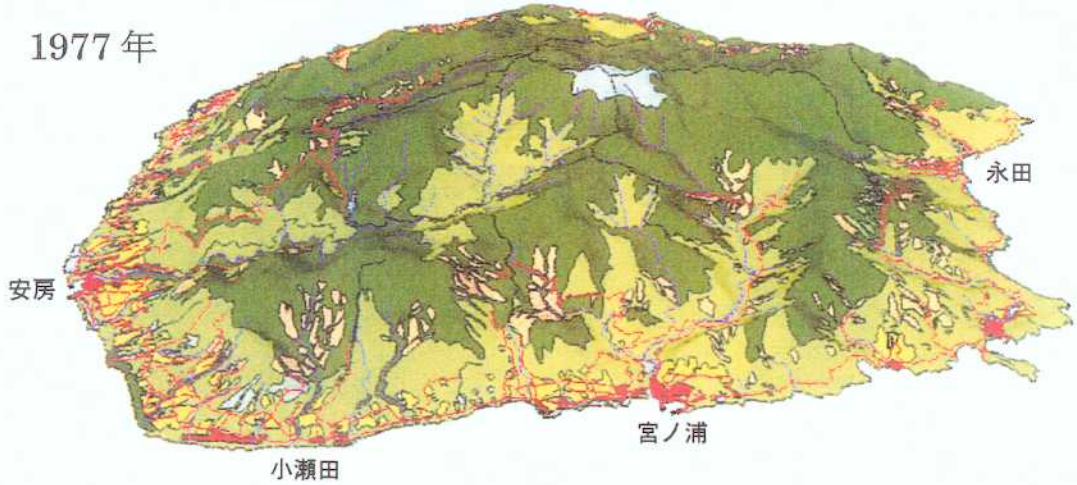
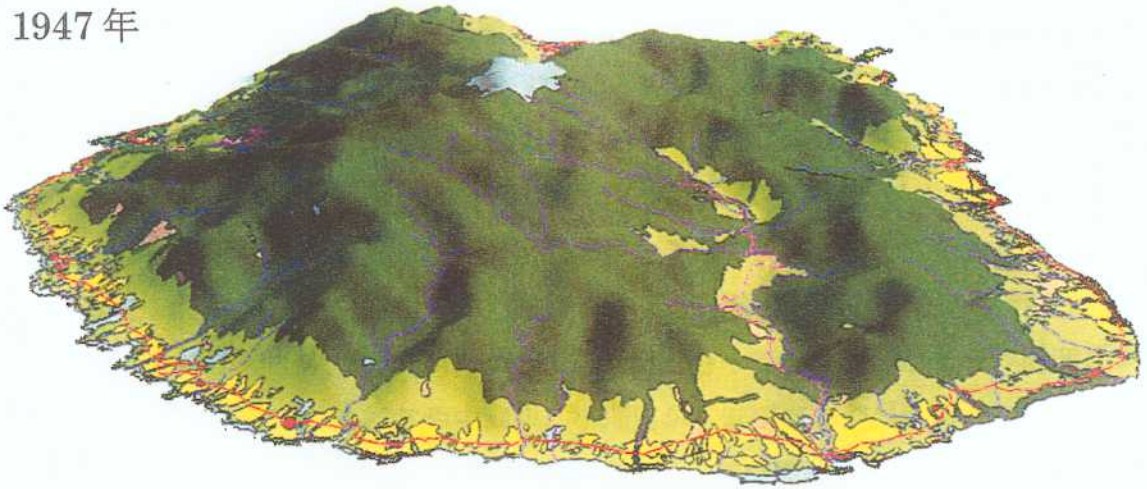


図2 A 土地利用分類と其の変化 (宮之浦方面から見る)

1947年



1969年



1977年

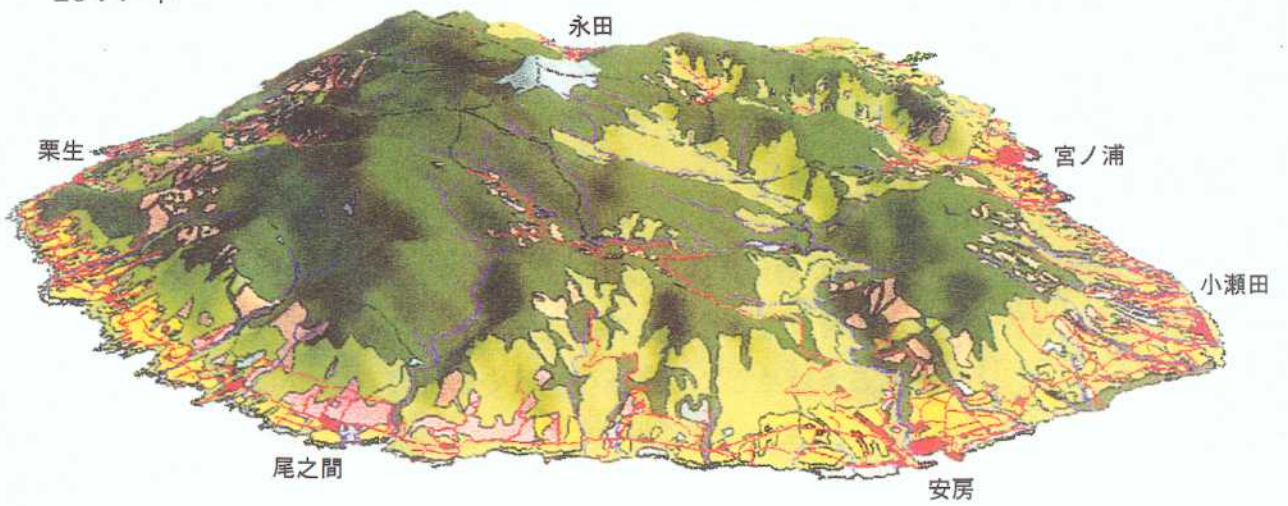
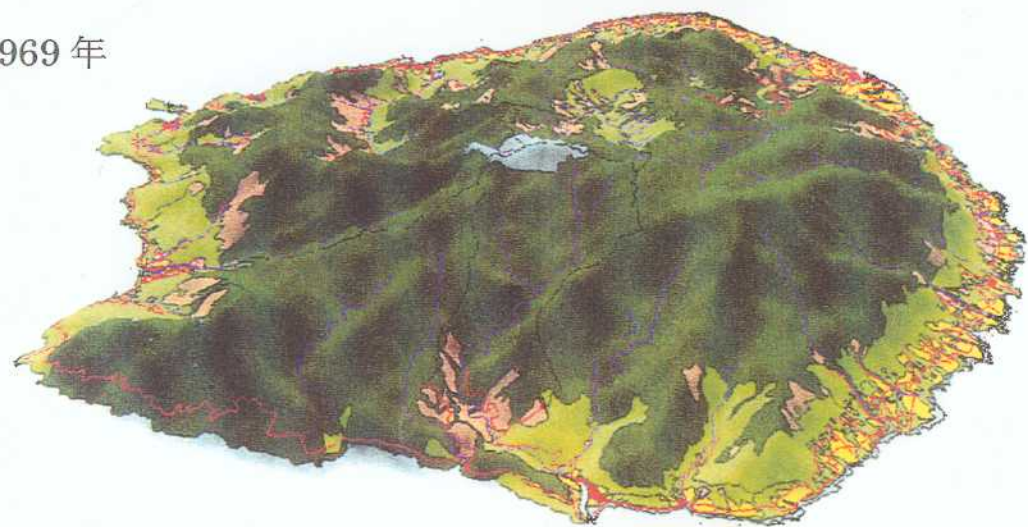


図 2 B 土地利用分類とその変化 (安房方面から見る)

1947年



1969年



1977年

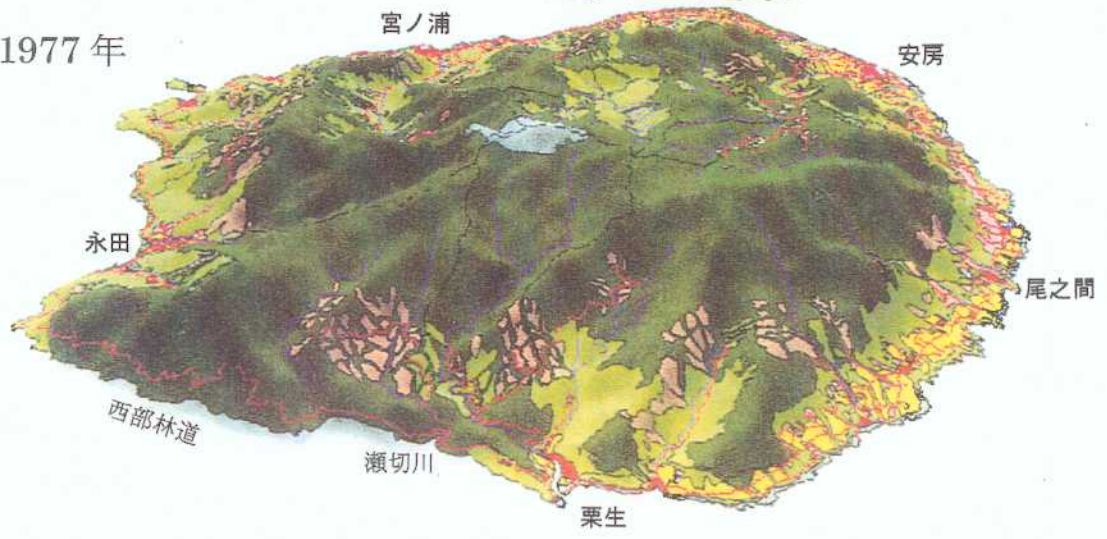
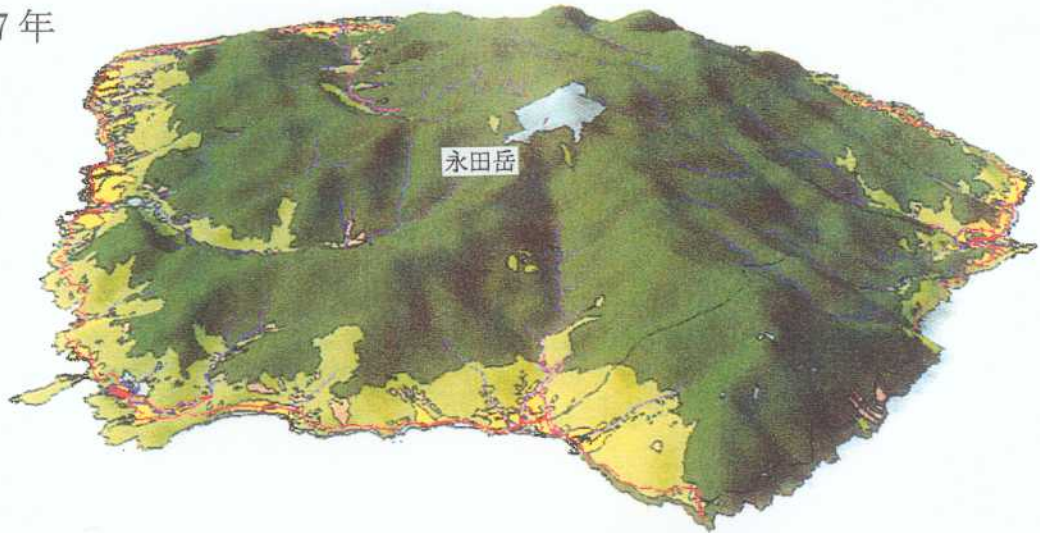
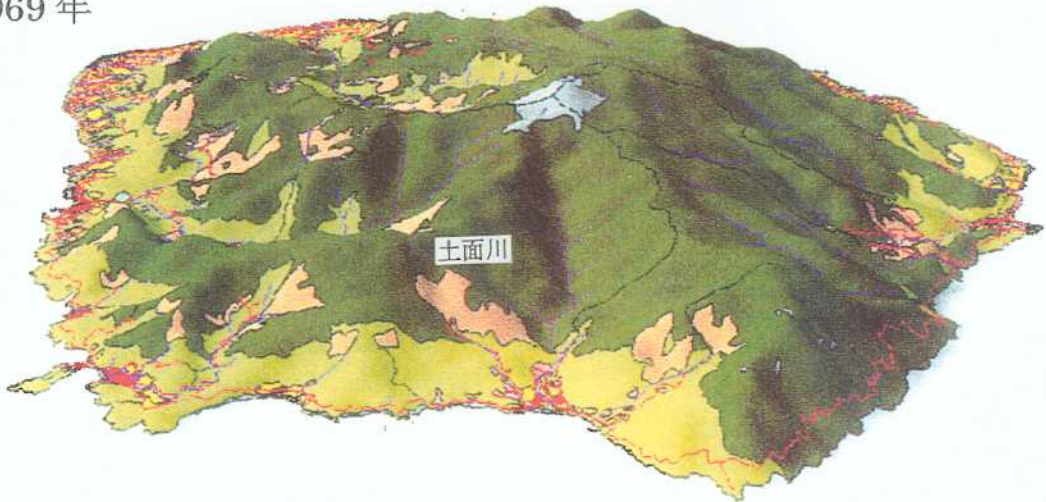


図2C 土地利用分類とその変化（栗生方面から見る）

1947年



1969年



1977年 安房



図2D 土地利用分類とその変化（永田方面から見る）

表1 土地利用面積変化

土地利用面積 (km²)

	1947年	1969年	1977年
天然林	365.92 (72.6%)	308.81 (61.3%)	286.78 (56.9%)
人工林	99.58 (19.8%)	121.22 (24.0%)	149.35 (29.6%)
伐採跡地	4.89 (1.0%)	34.82 (6.9%)	27.05 (5.4%)
人工構造物	0.84 (0.17%)	2.25 (0.45%)	3.39 (0.67%)
農地	22.00 (4.4%)	25.50 (5.1%)	21.42 (4.2%)
樹園地	0.45 (0.09%)	2.63 (0.52%)	4.81 (0.95%)
その他	10.47 (2.1%)	8.92 (1.8%)	11.35 (2.3%)
合計	504.15	504.15	504.15

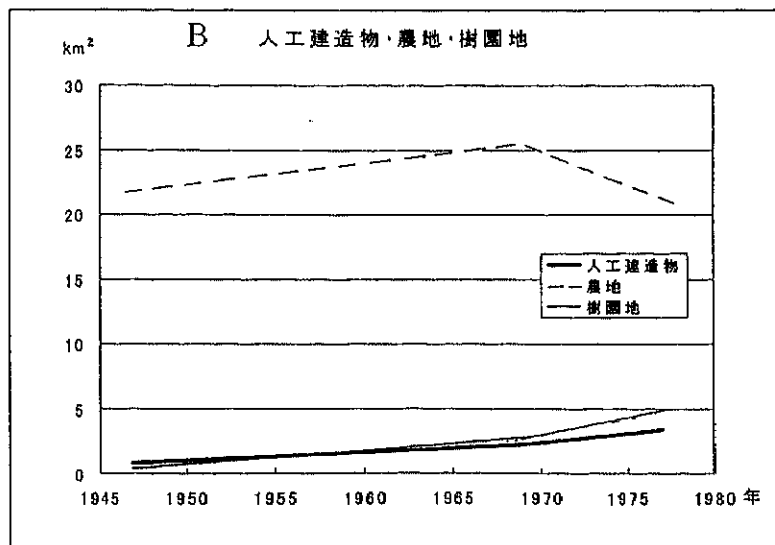
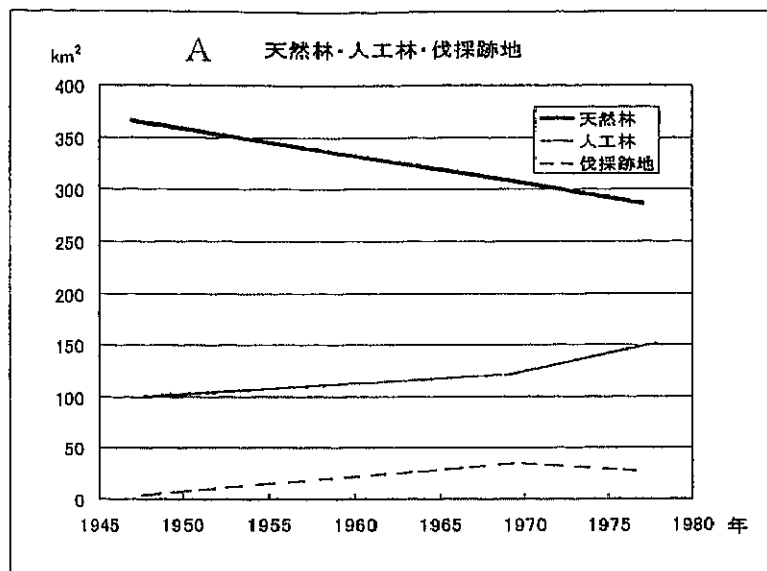


図3. 土地利用面積の推移 (1947~1977)

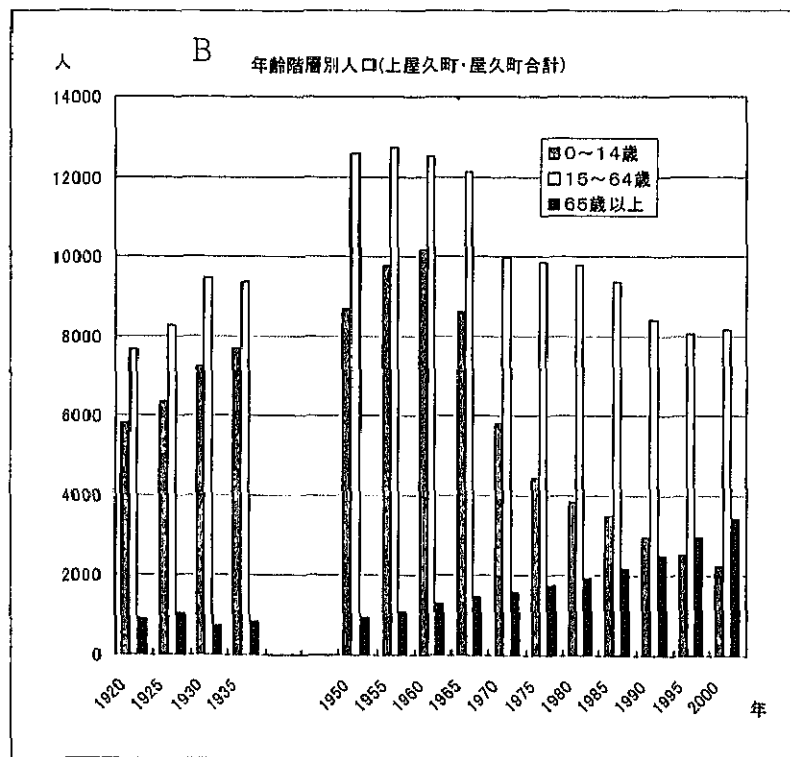
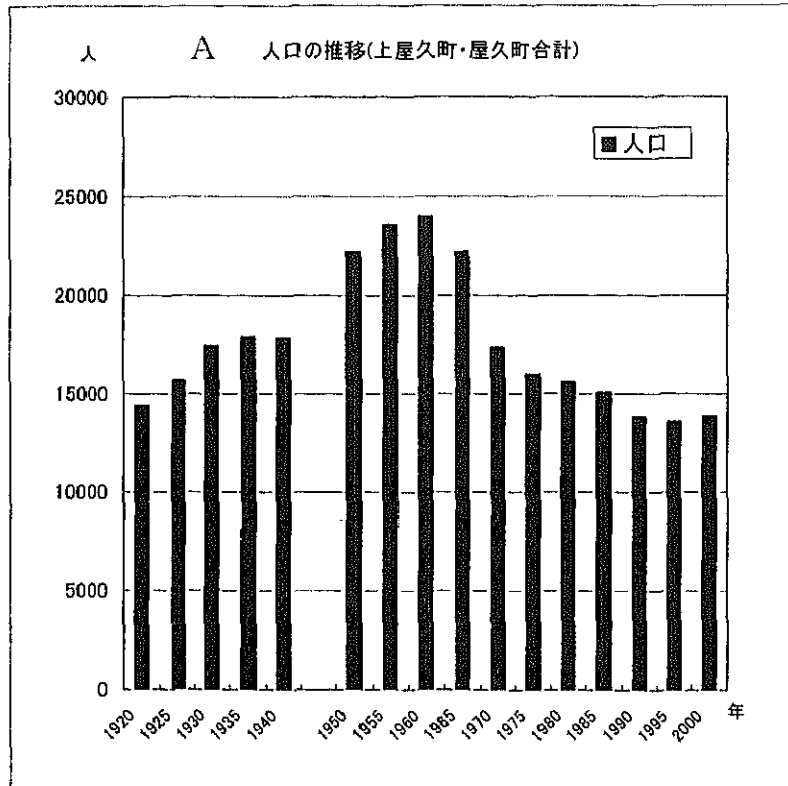


図4. 屋久島(上屋久町・屋久町)の人口変化(出典:国勢調査2000年)
 A: 合計 B: 年齢階層別

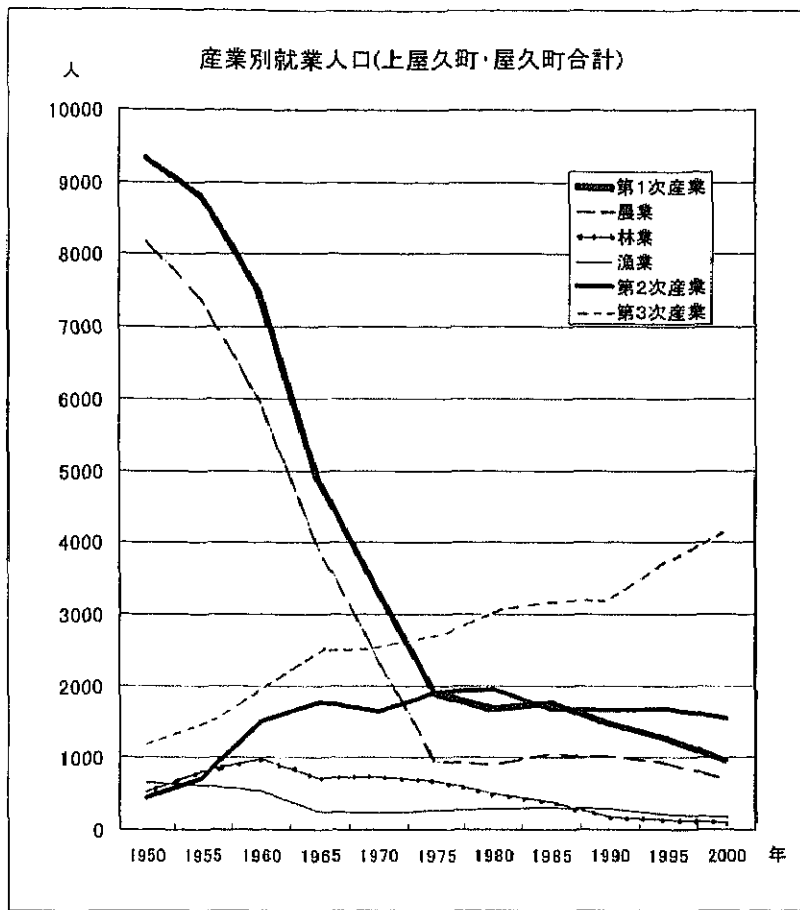


図4 C 屋久島（上屋久町・屋久町）の人口変化：産業別就業人口

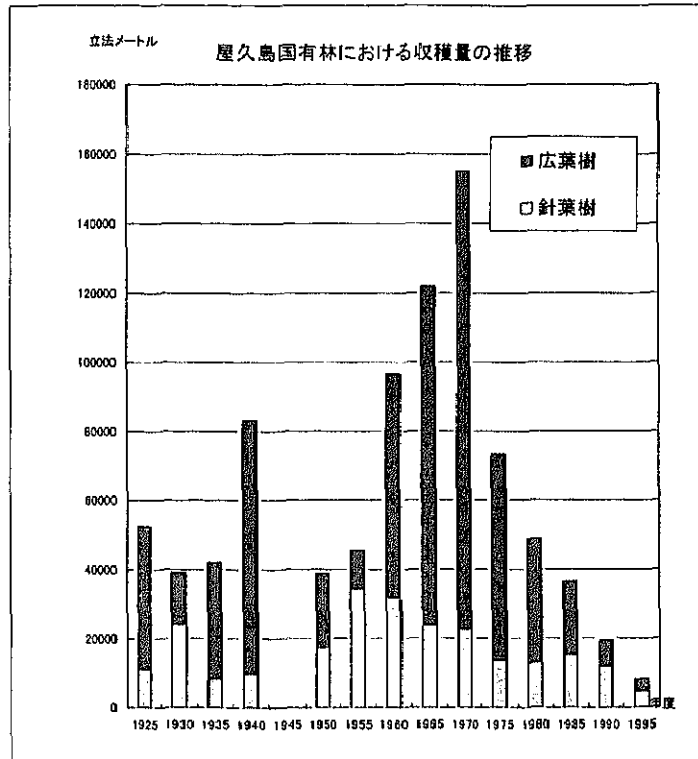


図5. 屋久島における国有林収穫量
(熊本営林局事業報告書、H9年度統計かみやく)

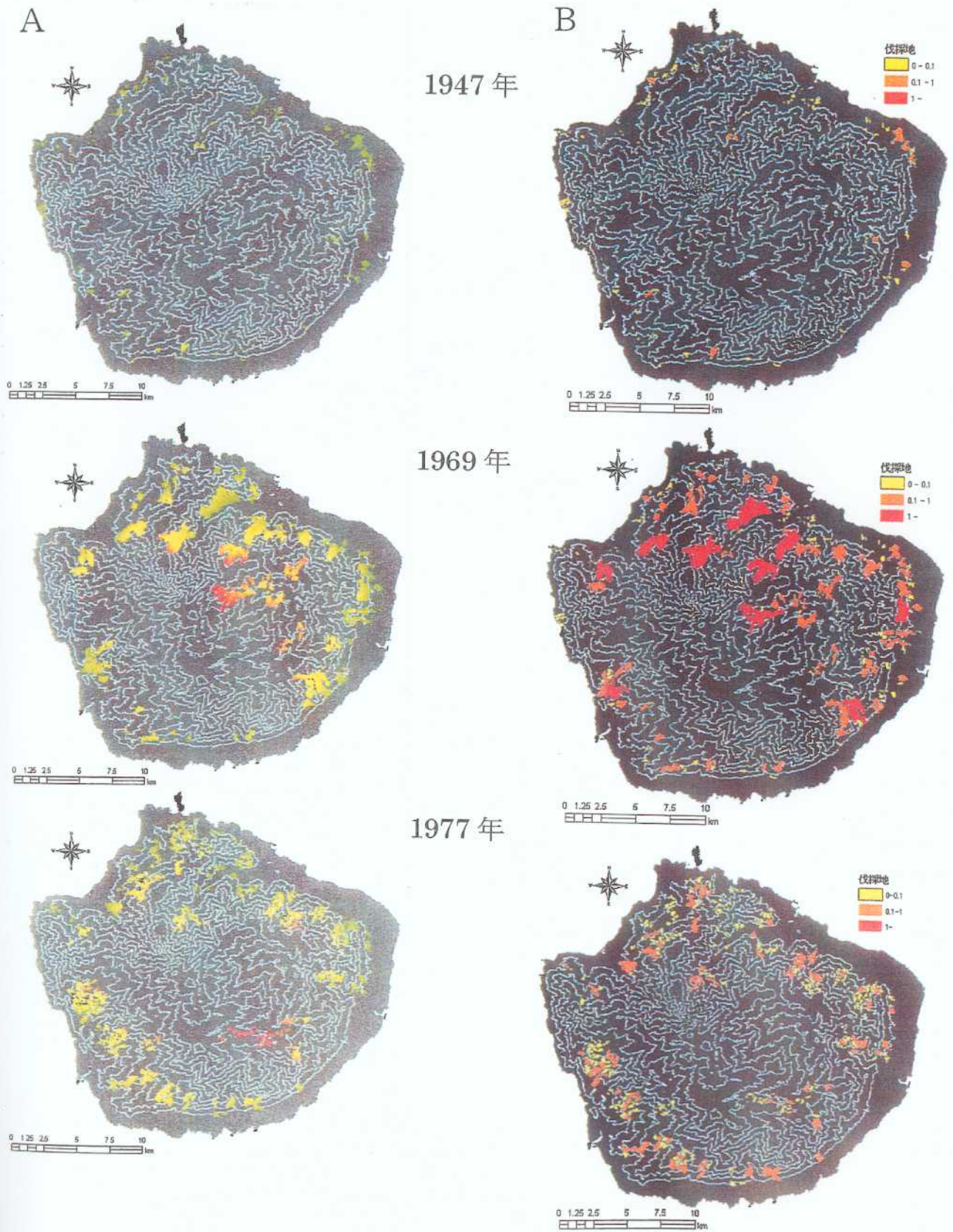


図6. 伐採跡地の標高分布 (A) と面積規模 (B)

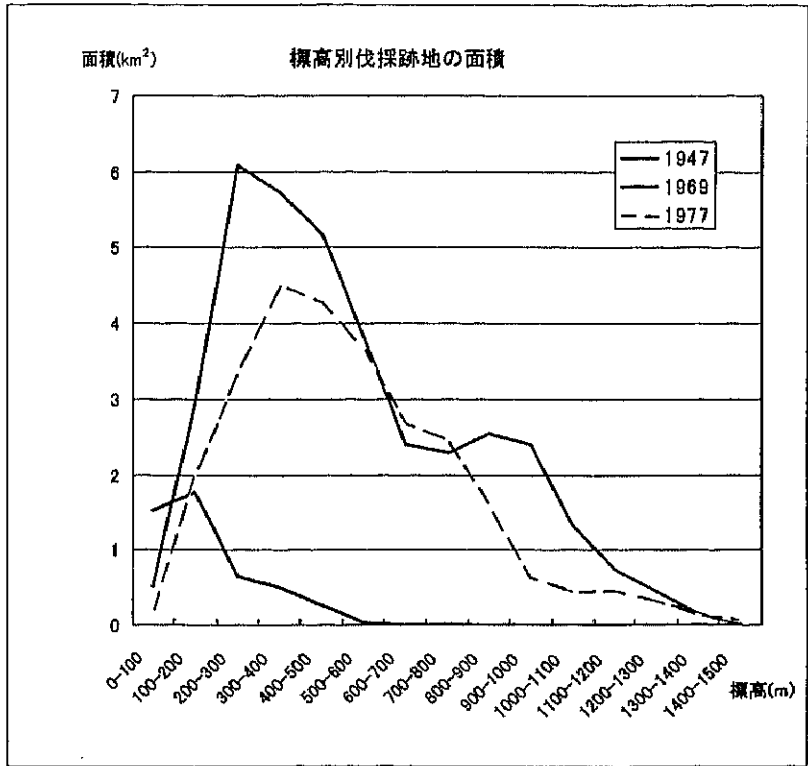


図7. 3 時期における伐採跡地の標高分布とその面積

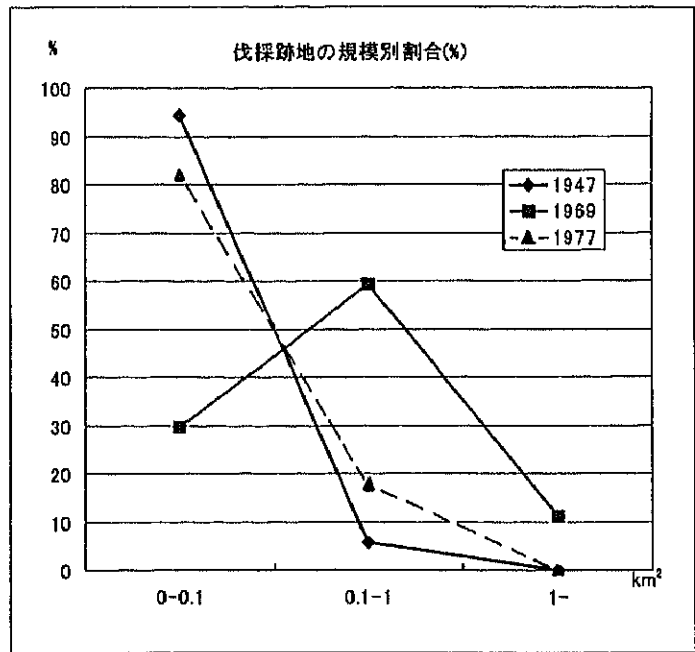
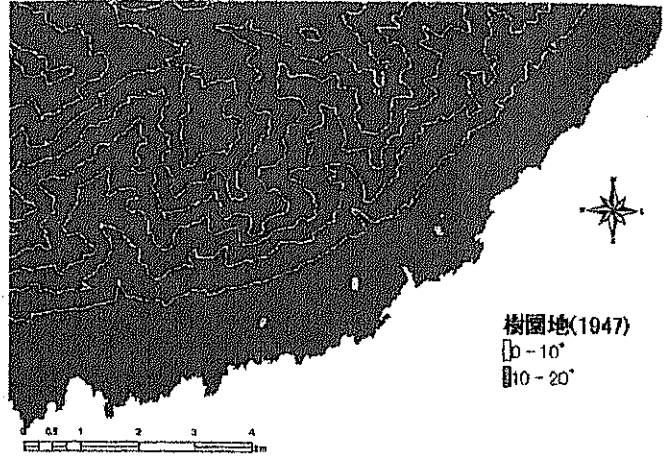
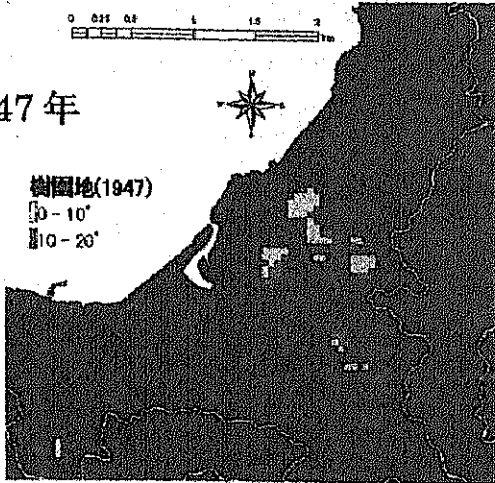
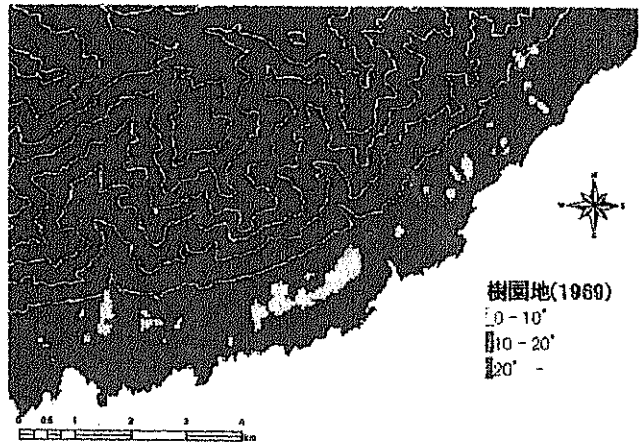
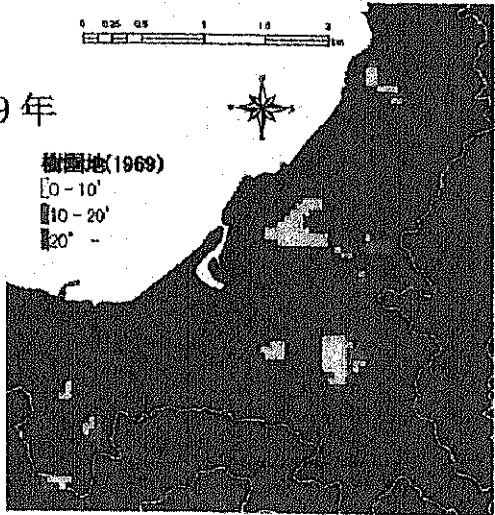


図8. 3 時期における伐採跡地の面積規模の割合

1947年



1969年



1977年

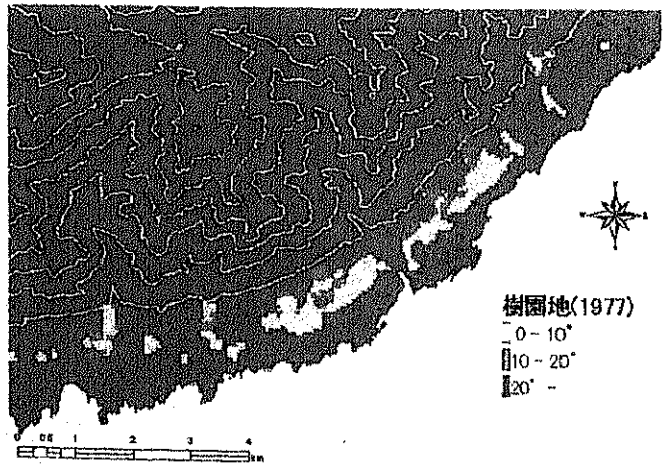
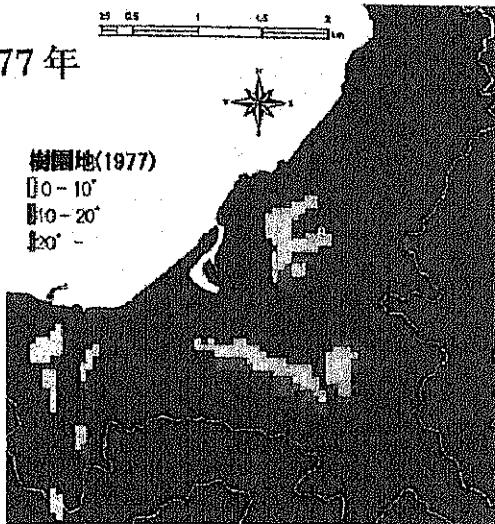


図9. 樹園地の分布と斜面傾斜
 A: 永田 B: 尾之間