

論文

国土利用からみた森林地域の変遷とその地形的特徴

酒井徹朗*・孫 曉萌*

Change of forest regions and geographical characteristics using land information

Tetsuro SAKAI*, XiaoMeng SUN*

ここ100年間の日本における主なる土地利用は森林の利用で、その面積は国土の67%前後を占めほとんど変化していない。また、全国土の59%では土地利用の変化は認められないが、1950年以降31%が変化した。その他の土地利用から森林の利用、森林の利用から農業の利用、農業の利用から都市の利用、農業の利用から森林の利用の順で転換が多い。森林の利用に関してみると、その平均傾斜は40%、森林の利用から森林以外へ転換は全国土の14%、森林以外の利用からの転換は16%であった。地形的には森林の利用は標高200m、傾斜20%を境に、緩傾斜地では減少し、急傾斜地では増加している。また、林種別では広葉樹林が減少し、混交林が増加している。広葉樹の減少は特に、標高800m以下の20-60%の傾斜階で大きい。一方都道府県別の森林面積は、10都道府県で5%以上減少し、18県で5%以上増加した。減少した都道府県での転換地の平均傾斜は10%前後に集中している。

キーワード：土地利用、森林、傾斜、地形、国土情報

During about 100 years in Japan, the main land use is forest and the area is almost fixed and the ration of them is 67%. The area which land use didn't change into is 59% of all and after 1950 31% is changed. The change appears in large order, other use to forest use, forest use to agriculture use, agriculture use to urban use, and agriculture use to forest use. According to forest use, the average inclination is 40%. The ratio of change into another use is 14% and the ratio of change from another use is 16%. The forest area is decreased on the low or gentle hilly land with less than 200 m of altitudes and less than 20% of inclinations. The broadleaf tree woods decrease and the mix woods are increasing. Especially, there is much decrease less than 800m and among from 20% to 60% of inclinations. In each prefecture, the forest area decreased by more than 5% in 10 prefectures and increased by more than 5% in 18 prefectures. The average inclination of converted land in the decreased prefecture is about 10%.

Key words: land use, forest, inclination, terrain, land information

I. はじめに

わが国の森林面積は国土総面積の約2/3を占めている。最近では微減の傾向にあるが、この100年の間その割合はほぼ一定である⁴⁾。森林地域の大部分は山岳地域に位置し、斜面傾斜が急であることから、一般に森林以外の土地利用が困難であると考えられている。しかし20世紀の時代、社会や経済のめざましい展開に伴い、禿山・採草地の森林化や都市近郊の里山の消失などと、森林に関わる土地利用の変遷には激しいものがあつた。国土利用からみた森林地域の変遷に関しては既に多くの研究報告がある^{1, 3, 6)}。そこでは過去1世紀の間、わが国の森林面積がほとんど変動しなかった背景として、北海道などにおける森林の農地への転換や西日本の広大な荒地・野草地の森林化を挙げている³⁾。これらの研究報告の多くは土地利用変化を社会・経済的な要因から論じたもので、地形的特徴から論じたものは見当たらない。そこで本論

では、標高および斜面傾斜を地形的特徴として定量的に把握し、森林に関わる土地利用の変遷を地形的特徴との関わりから明らかにすることを試みたので報告する。

II. 資料及び方法

土地利用の変遷を知る資料として、UNEP/GRID-つくば²⁾がかつて公開していた日本の2 kmメッシュ土地利用データ（以下単に2 kmメッシュデータと呼ぶ）を用いた。このデータは「明治・大正期」（1900年頃）、「昭和中期」（1950年頃）、「現代」（1985年頃）の3時点での全国の利用情報を、2 kmメッシュ単位で数値データファイル化したものである。元となった主な資料は国土地理院発行の5万分1地形図である。この地形図はおよそ20km四方をカバーしており、縦横それぞれ10等分したメッシュが2 kmメッシュに相当する。それは緯度方向1分経度方向1.5分のサイズであり、その実面積は緯度により異なる。図

* 京都大学情報学研究科

* Grad. Info., Kyoto Univ., Kyoto 606-8501

表-1 土地利用区分
Land use repartition.

小区分	中区分	大区分
牧草地(明治大正のみ)	畑	農業的利用
畑・草地	畑	農業的利用
沼田(明治大正のみ)	田	農業的利用
水田(明治大正のみ)	田	農業的利用
乾田(現代の水田)	田	農業的利用
茶畑	茶畑	農業的利用
桑畑	桑畑	農業的利用
果樹園	果樹園	農業的利用
三桠	その他の樹木畑	農業的利用
その他の樹木畑	その他の樹木畑	農業的利用
道路	道路	都市的利用
神社	都市・集落	都市的利用
寺院	都市・集落	都市的利用
役所	都市・集落	都市的利用
学校	都市・集落	都市的利用
都市・集落	都市・集落	都市的利用
鉄道	鉄道	都市的利用
しの地	竹林・しの地	森林的利用
竹林	竹林・しの地	森林的利用
はい松(わい松)	針葉樹林	森林的利用
針葉樹林	針葉樹林	森林的利用
混交樹林	混交樹林	森林的利用
しゅろ科樹林	広葉樹林	森林的利用
広葉樹林	広葉樹林	森林的利用
海	海	海
河川	水面	その他の利用
湿地	荒地	その他の利用
砂れき地	荒地	その他の利用
荒地	荒地	その他の利用
ゴルフ場	ゴルフ場	その他の利用

業により地図作成時期は少し異なるが、本論文ではこの3時点を調査時期とし、以下1900年、1950年、1985年として扱う。また、北方領土および海外の旧植民地は本論の対象外とした。2 kmメッシュデータでは、各メッシュ毎に、メッシュの左上隅の土地利用、メッシュ内で最大の面積を占める土地利用、メッシュ内にある全ての土地利

用が、データベース化されている。土地利用は表-1に示すように牧草地、畑・草地など30のカテゴリーに小区分されている。土地利用のカテゴリーは元になった地図に応じ、時代により土地利用区分が異なるものもある。そのため、本論では土地利用のカテゴリーを表-1に示すように17の中区分、5つの大区分に統合した。

地形的特徴は国土地理院発行の「数値地形図(50mメッシュ標高)」を用い算出した。このデータファイルには国土地理院発行25,000分の1の地形図をベースに、縦横を200等分した地点(50mメッシュ)の標高が収められている。このファイルをもとに、隣接する4点の標高データを用い50mメッシュ点の傾斜・斜面方位を計算し、標高値とともに地形データベース化した⁵⁾。2 kmメッシュの地形的特徴として、メッシュ内に含まれる50mメッシュの地形データすべてを用い、標高と傾斜では平均・分散・最大・最小の統計値を、斜面方位に関しては平均と分散の統計量をシステムチックに求めデータベース化した。2 kmメッシュ内すべてが陸上部の場合1600個の50mメッシュ点が含まれる。本論文では標高および傾斜を地形的特徴として分析した。

また、各2 kmメッシュの都道府県コードや市町村コードを決定するため、国土地理院発行数値地図25000(海岸線・行政界)を用いた。既に報告⁵⁾した手法で、2 kmメッシュ土地利用データの左上隅が属する市町村単位の行政界ポリゴンを探索することにより求めた。また、2 kmメッシュの面積は緯度によって異なるため、緯度を変数とする補正式によりメッシュ面積を計算した³⁾。さらに海を含む2 kmメッシュの場合、左上隅の土地利用が陸であれば陸の土地利用区分とし計測した。そのため、都道府県や市町村の面積は実際の統計値とは異なってくる。しかし、広域での土地利用などを分析するには許される誤差の範囲であると考える。

以上のようにして構築した分析用データベースの内容項目は表-2に示すとおりである。このデータベースを

表-2 分析した2 kmメッシュデータの内容
Contents of the analyzed mesh data of 2 km.

地図属性	土地利用	地形的特徴
第1次地域区画メッシュ番号	1900年左上隅土地利用コード	平均標高(m)
経線方向連続番号	1900年卓越した土地利用コード	標高の標準偏差
緯線方向連続番号	1900年存在する土地利用コード	最低標高
都道府県コード	1950年左上隅土地利用コード	最高標高
市町村コード	1950年卓越した土地利用コード	平均斜面傾斜(%)
メッシュ内の50mメッシュ数	1950年存在する土地利用コード	傾斜の標準偏差
メッシュ面積	1985年左上隅土地利用コード	最小傾斜
	1985年卓越した土地利用コード	最大傾斜
	1985年存在する土地利用コード	平均斜面方位

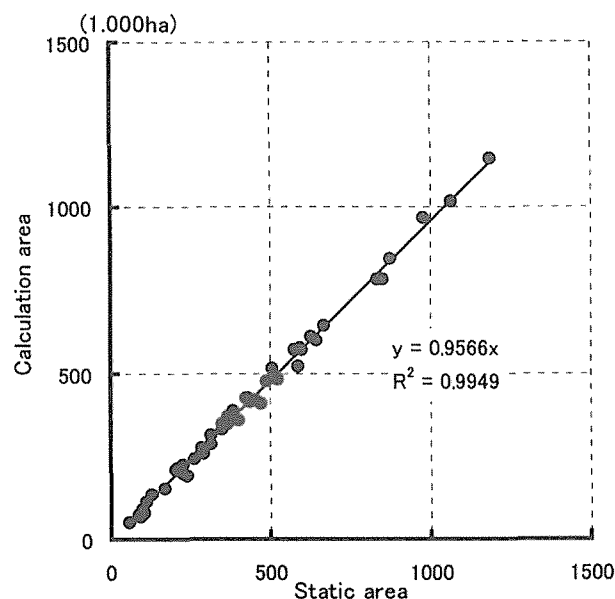


図-1 都道府県別森林面積の統計値と計算値の関係 (1985年)
Relation of forest area between static value and calculation value

用い、土地利用の変遷と地形的特徴について分析をおこなった。なお、本報告では2 kmメッシュの左上隅の土地利用区分データを用い分析をおこなった。その理由は左上隅の土地利用区分データがシステムチックに2 kmメッシュでサンプリングされた土地利用データであり、広範囲での土地利用の把握に適しているためである。この手法を検証するため、都道府県別森林面積について検討してみた。図-1は1985年の都道府県別森林面積の統計値 (X軸) ⁴⁾ と2 kmメッシュ左上隅の土地利用区分とメッシュ面積から計算した都道府県別森林面積 (Y軸) をプロットしたものである。北海道の面積が他に比べ大きいため、図には含んでいないが、両者に非常に強い相関関係があることがわかる。北海道を含めた場合、 $Y = 0.9837 \cdot X$ ($r^2 = 0.9997$) 同様に1950年のデータでは $Y = 1.0016 \cdot X$ ($r^2 = 0.9975$) である。また、1985年の都道府県別森林面積 (統計値) に対するメッシュ面積からの計算値と統計値の差の誤差比率は、全国計で-3.8%、都道府県ごとの単純平均で-5.7%であった。このことから2 kmメッシュ左上隅の土地利用とメッシュ面積から計算した森林面積がほぼ都道府県単位の森林面積を表しているとみなすことができ、この方法による土地利用別面積の算定が妥当であることを示している。

Ⅲ. 結果および考察

1. 土地利用の変遷

図-2は大区分での土地利用の変遷を表している。メ

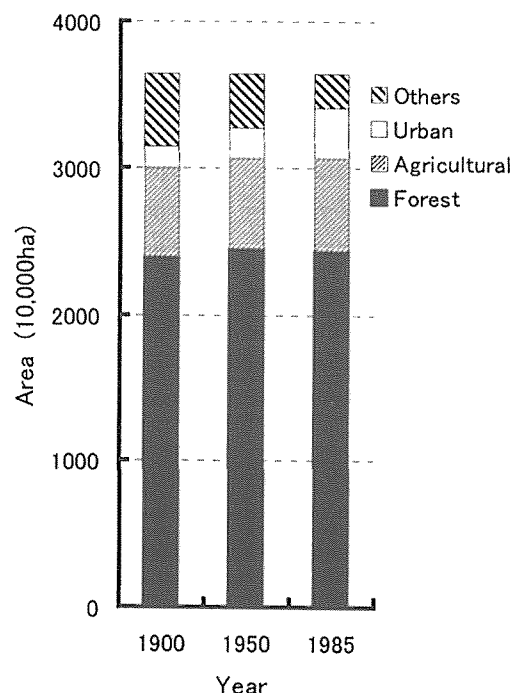


図-2 大分類でみる土地利用の変遷
The change of the main land use

ッシュ左上隅の土地利用を用い、メッシュ面積を集計したものである。3調査時期とも主要な土地利用は森林的利用であり、その面積は全国土の約2/3にあたる。次いで農業的利用が多く、全国土の17%程度を占めている。1900年から1985年の間での土地利用変化の特徴は、森林的利用では1900年2395万ha、1950年2450万ha、1985年2440万haとあまり変化がないこと、農業的利用では1900年604万ha、1950年608万ha、1985年622万haと微増していること、都市的利用は第2次世界大戦後の1950年から急増していること、その他の利用は調査時期を経るごとに大きく減少していることである。

図-3は大区分での土地利用変化が生じた時期を集計した結果である。1900年から1985年の間に全体の59%で

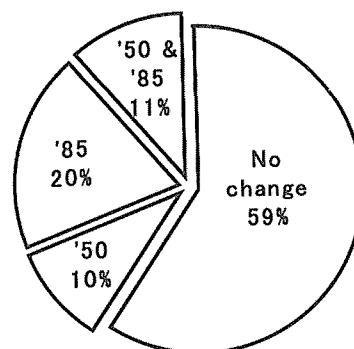


図-3 土地利用の変化時期 (1900-1985)
Time of land use change (1900-1985)

表-3 土地利用の変化と地形的特徴
Change of the land use and the characteristic of geography.

1900	Land use		Height above sea level		Inclination		Area (1,000ha)
	1950	1985	Average(m)	STD(m)	Average(%)	STD(%)	
Forest	Forest	Forest	516	404	39	16	18,558
Agricultural	Agricultural	Agricultural	119	155	10	11	2,161
Others	Others	Forest	458	350	34	14	1,521
Forest	Forest	Agricultural	214	204	21	14	1,407
Others	Forest	Forest	401	348	34	15	1,301
Agricultural	Agricultural	Urban	104	156	9	12	1,019
Forest	Forest	Urban	315	347	27	18	831
Forest	Forest	Others	437	429	32	18	769
Agricultural	Agricultural	Forest	235	218	23	14	627
Others	Others	Others	255	377	12	15	541
Forest	Others	Forest	456	406	34	18	504
Forest	Agricultural	Agricultural	147	150	12	12	461
Agricultural	Forest	Forest	275	272	26	15	443
Forest	Agricultural	Forest	241	227	24	15	376
Agricultural	Urban	Urban	87	151	8	11	349
Agricultural	Urban	Agricultural	122	171	11	12	340
Others	Others	Agricultural	205	267	14	14	298
Agricultural	Forest	Agricultural	182	181	18	13	282
Forest	Urban	Forest	381	317	33	16	280
Urban	Urban	Urban	88	153	8	11	277

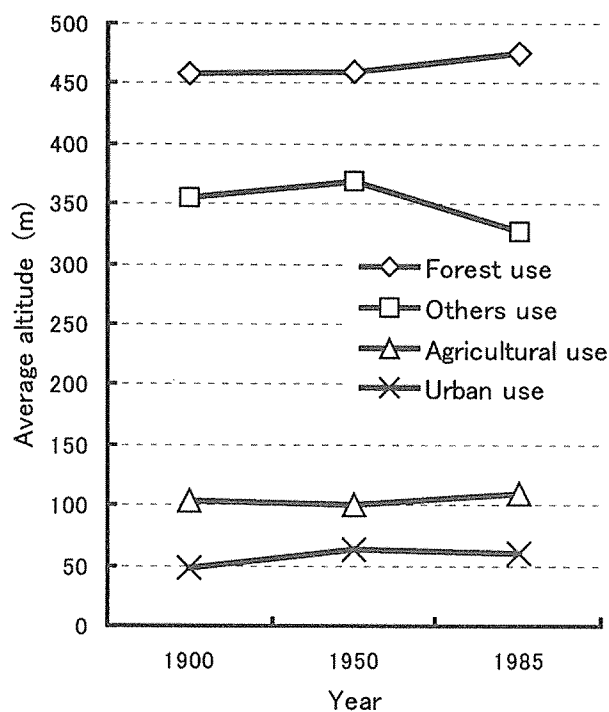


図-4-1 利用区分別平均標高
Change of use area according to the altitude

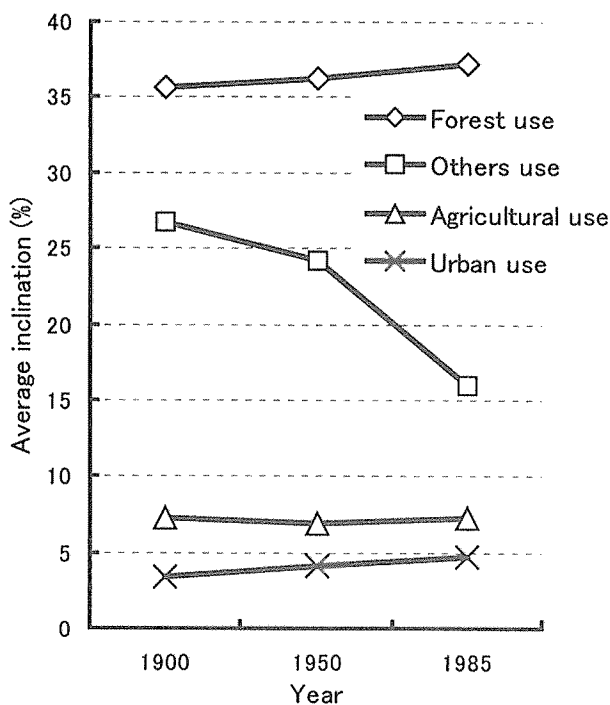


図-4-2 利用区分別平均傾斜の変化
Change of use area according to the inclination

は土地利用の転換はみられなかった。全体の10%が1950年のみに、20%が1985年のみに、11%が1950年および1985年双方に土地利用変化が生じている。1950年から1985年の間に全体の31%で土地利用変化が生じたことになる。また、表-3はこの間どのような土地利用がどのような土地利用に転換されたのか、あるいは転換されなかったのかを集計するとともに、その地形的特徴について計算したものである。3時期の土地利用区分の組み合わせを面積合計が多い順に上位20種並べてある。これらの図表から、この間に土地利用が転換したものについてみると、その他の利用から森林の利用へ、森林の利用から農業的利用へ、農業的利用から都市的利用へ、森林的利用から都市的利用への順で多いことが判る。土地利用が転換した場所の地形的な特徴は次のとおりである。森林的利用へ転換した場所の平均標高は236-458mでその標準偏差は218-406mと変動が大きく、平均傾斜は23%以上である。農業的利用へ転換された場所は、平均標高がおおよそ200m以下、平均傾斜が20%以下である。また、農業的利用から都市的利用へ転換された場所は、平均標高が87-104m、平均傾斜が8-9%である。森林的利用から都市的利用へ転換された場所は、平均標高が315m、平均傾斜が27%である。一方、この間土地利用が転換されなかった場所についてみると、森林的利用では平均標高517m平均傾斜39%、農業的利用では平均標高119m平均傾斜10%、その他の利用では平均標高255m平均傾斜12%、都市的利用では平均標高88m平均傾斜8%である。それぞれの平均的な地形は順に急峻な山岳地域、里山部、中山間地域、平野部に代表される。これらの事由については今後の分析が必要であるが、都市近郊林の消失・奥山山地の森林化の二極化と考えられる。

図-4-1および図-4-2は各調査時期の大区分における土地利用区分別の平均標高および平均傾斜の変遷を示している。森林的利用は時代を経るに従い、平均標高が高く平均傾斜が急になっている。都市的利用と農業的利用は若干の差があるものの、平均標高は50-100mと低く、平均傾斜は5-8%前後と緩やかで、時代を経てもあまり変化していない。その他の利用は標高・傾斜とも大きく減少している。これは土地利用変化で最も多かった、標高の高い傾斜地でのその他の利用から森林的利用への転換—荒地から森林への転換—があったことに起因している（表-3参照）。

図-5は1950年から1985年までの間の土地利用の変動を転換別に表している。1985年の各土地利用区分別面積を各々基準とし、1950年以降その土地利用に転換された面積の比率を表している。例えば、都市的利用の場合、1950年以前から都市的な利用であった面積比率は22%、

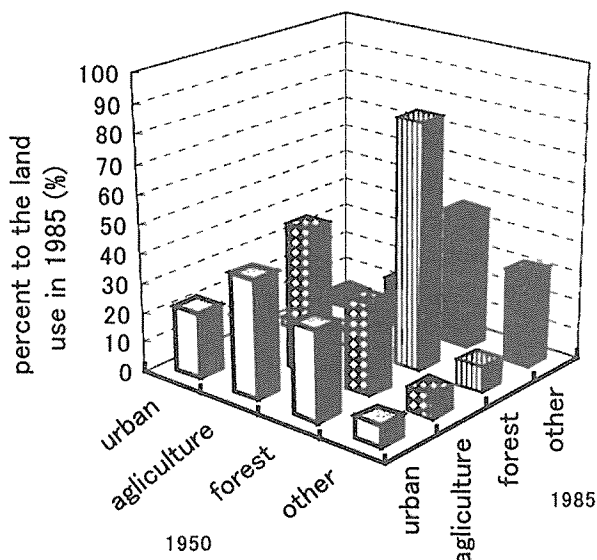


図-5 1950年から1985年にかけての土地利用変化
Change of land use between 1950 and 1985

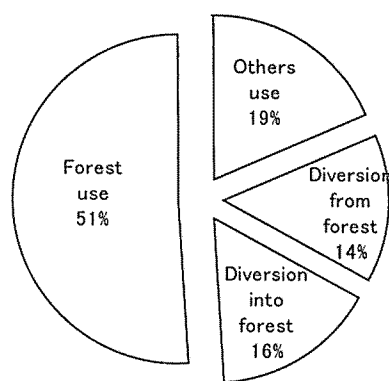


図-6 森林的利用からみた変遷
Change of land use seeing forest use

農業的利用からの転換が40%、森林的利用からの転換が30%、その他に利用から7%転換されたことがわかる。1950年以降、大都市圏を中心とした都市化のため、都市周辺の農地、森林が都市的利用に転換されたことがわかる。農業的利用では森林利用からの転換が多い。これは北海道東部の森林が農地や牧草地に転換されたためである。森林的利用では1950年以前から森林である面積が84%、その他の利用からの転換が9%ある。これは禿山や採草地の森林化によるものである。その他の利用の多くは森林からの転換が多い。山間部のダム開発などにより、森林がダム湖や道路などに転換されたためと考えるが、今後より詳細な分析が必要である。

2. 森林的利用の変遷

図-6は1900年～1985年の間の森林的利用に注目して

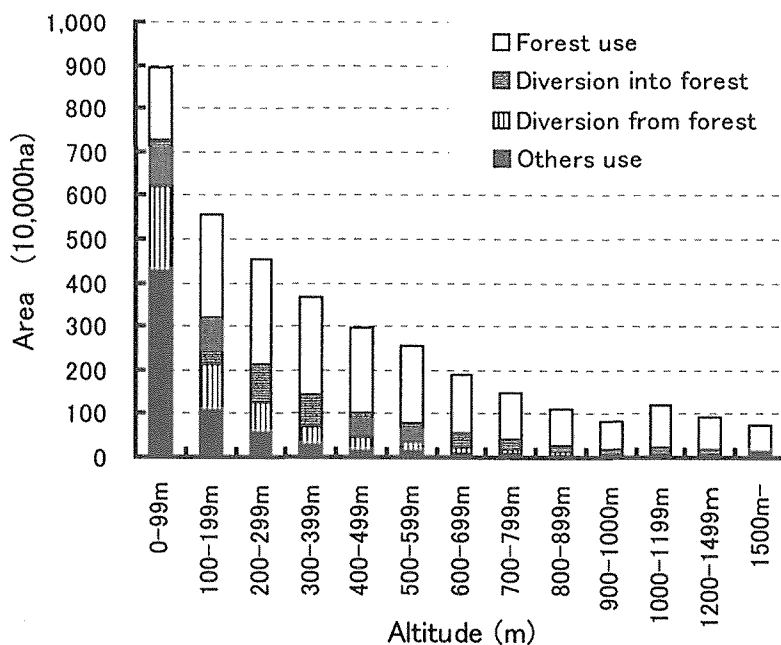


図-7-1 標高別森林的利用の変遷
Change of the land use according to the altitude

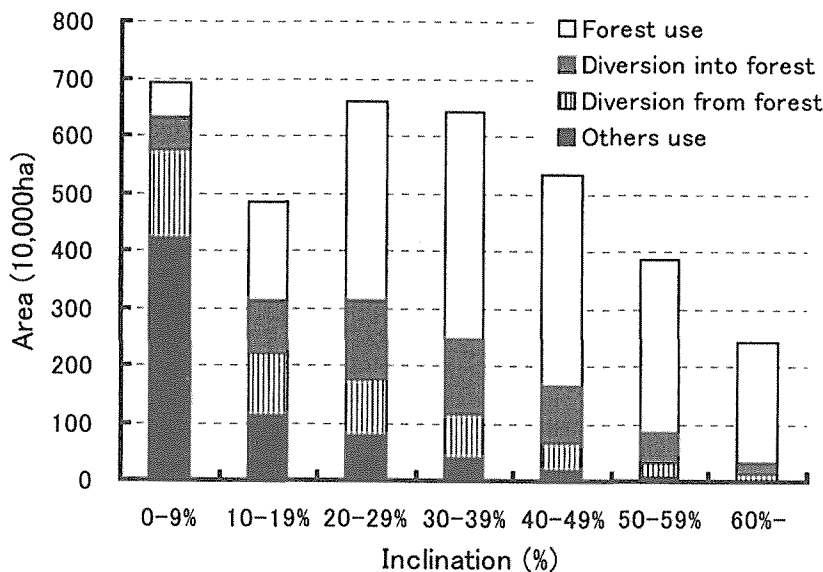


図-7-2 傾斜別森林的利用の変遷
Change of the land use according to the inclination.

土地利用変化をまとめたものである。メッシュ左上隅の土地利用データとメッシュ面積を用い集計している。森林的利用のままであったものが全体の51%，森林的利用以外の土地利用（以下森林外利用と呼ぶ）から森林的利用への転換が16%，森林的利用から森林外利用への転換が14%，森林外利用のままであったものが19%である。一度でも森林的利用として区分された土地は国土の81%を占めている。この間統計的には、森林総面積はほぼ全

国土の2/3，2%ほど微増した程度で余り変化がないとみられるが、森林を巡る土地利用変化は全国土の30%もあり、その内実は激しいものであったといえる。

図-7-1および図-7-2は森林的利用に注目した土地利用変化を、標高および傾斜区分別に区分したものである。標高が高くなるにつれ、傾斜が急になるにつれ、森林的利用のままで土地利用変化がみられなかった面積が増加することがわかる。標高が200m未満では森林か

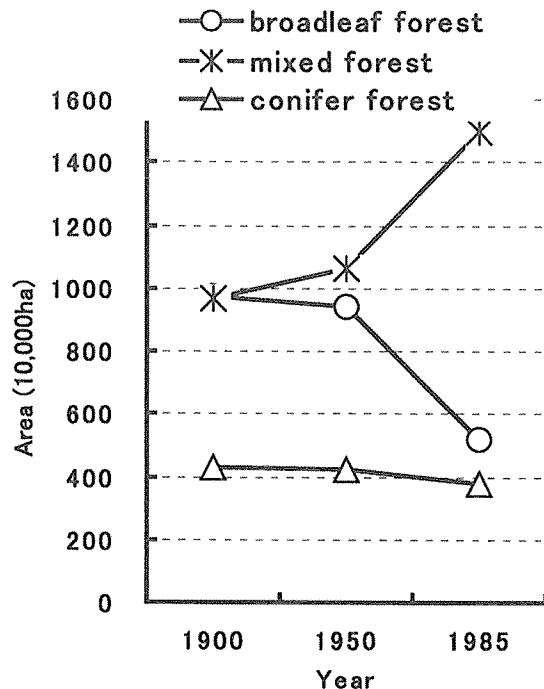


図-8 針広別森林面積の変化
Change of area according to forest type

ら森林以外の土地利用への転換が多いこと、200-399mでは森林への転換が多いことがわかる。傾斜10%未満では森林からの転換が、20-49%では森林への転換が多いことがわかる。また、図-7-1および図-7-2の各項目の棒グラフ全体は日本の地形的特徴を表している。すなわち、標高100m以下の低地は全国土の約1/4程度で

あること。傾斜10%以下の平地は全国土の約1/5程度と少なく、その面積は傾斜20-40%の丘陵地の半分ほどしかないなどがわかる。

森林的利用についてさらに詳しく見るため、針葉・広葉・混交樹林といった中区分での土地利用区分について分析をした。図-8は1900年～1985年までの利用区分別面積変化を表している。1950～1985年の間では広葉樹林が減少し、混交樹林が増加している。特に、1950年から1985年にかけてその傾向が強いことがわかる。

図-9-1および図-9-2はそれぞれ3時期の針葉・広葉・混交樹林の面積を標高階別および傾斜階別にまとめたものである。X軸は各階の区分を表し、各階ごとに3時期の森林面積を林相別に積み上げ棒グラフとして表している。まず、各棒グラフ全体は各時代の森林面積分布と各階ごとの時代の変遷を表している。時代を経るに従い、森林的利用全体の面積は標高200m、傾斜20%を境に低地・緩傾斜地では面積が減少し、高地・急傾斜地で増加していることがわかる。特に傾斜30-49%、標高300-699mでは増加幅が大きい。標高階別分布では100-199mをピークに標高が高くなるにつれ面積は減少する分布となっている。これはほぼ日本全体の標高階別面積分布（図-7-1）と同じである。一方、傾斜階分布では30-39%をピークに上に凸の分布をしている。これは日本全体の傾斜階別面積分布（図-7-2）と異なっており、森林的利用が急傾斜地に多く集中していることを示している。次いで、各棒グラフを構成する林種別の面積構成についてみると、広葉樹は標高1500m未満の

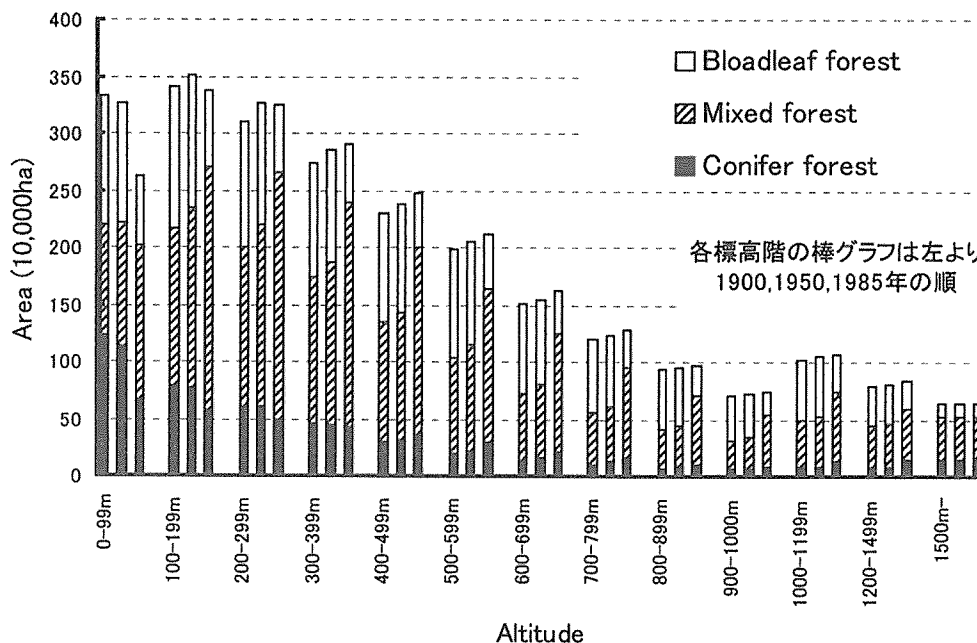


図-9-1 針広別森林の標高階別面積変化
Change of the use area according to the altitude of forest type

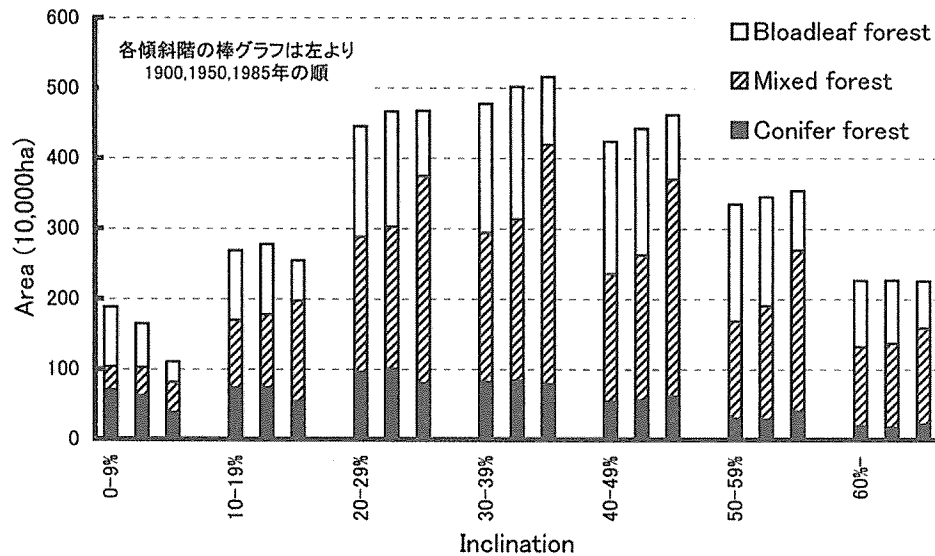


図-9-2 針広別森林の傾斜階別面積変化
Change of the use area according to the inclination of the forest type

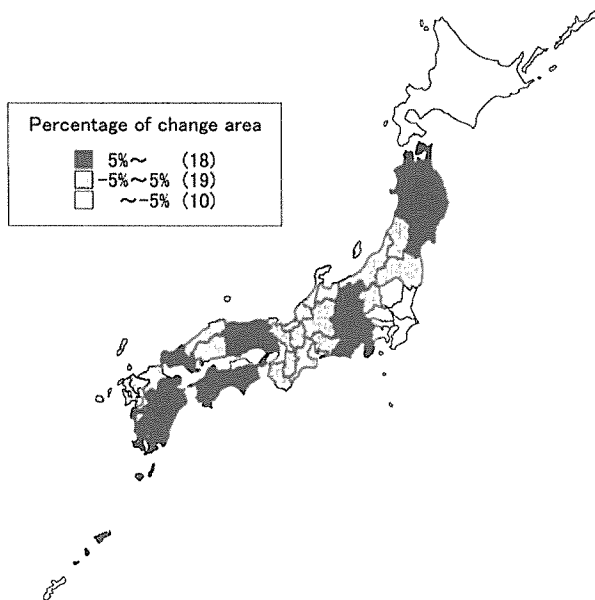


図-10 都道府県別森林面積の増減 (1900-1985)
Change percentage of forest area (1900-1985)

各標高階で1950年以降減少している。特に面積的には800m以下の標高で大きい。また傾斜的に見ると各階で減少しており、特に20-59%の傾斜階での減少が大きい。一方、針葉樹は400m未満の標高では減少しており、それ以上では増加している。傾斜的には40%未満で減少し、それ以上では増加している。混交樹林は1500m未満の標高で満遍なく増加し、100-999mでの増加が大きい。傾斜的には20-59%の傾斜階での増加が目立つ。標高1500m以下の斜面傾斜が20-59%の傾斜地で、広葉樹林

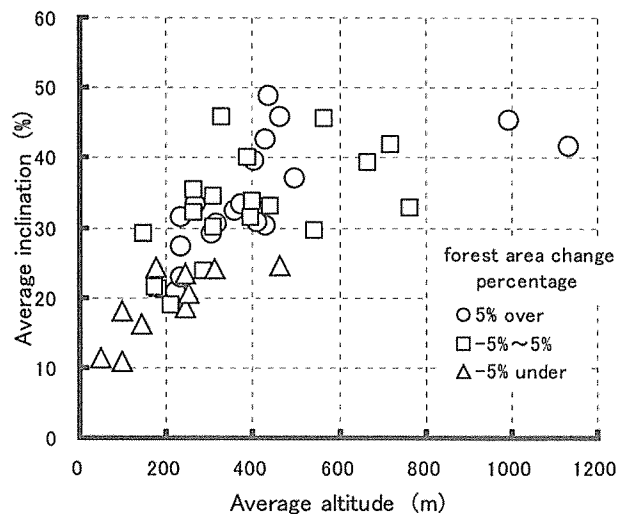


図-11 都道府県別の平均標高と平均傾斜の関係
The relation between the inclination and the altitude according to the prefecture

が減少し混交林化が進んだといえる。

3. 都道府県別森林の利用の変遷と地形的特徴

図-10は都道府県別に1900年と1985年を比較した森林の利用の面積の増減を表している。メッシュ左上隅の土地利用とメッシュ面積から計算した森林の利用の面積を用いて計算したものである。各都道府県面積に対し5%以上森林面積が増加した府県は18県、逆に5%以上減少した府県は10都道府県であった。北海道・関東一円・大

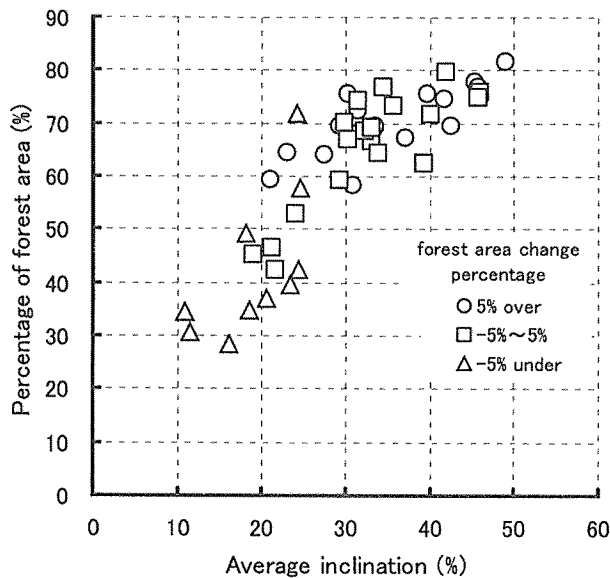


図-12 都道府県別平均傾斜と森林面積率の関係 (1985)
Relation between average inclination and rate of forest area (1985)

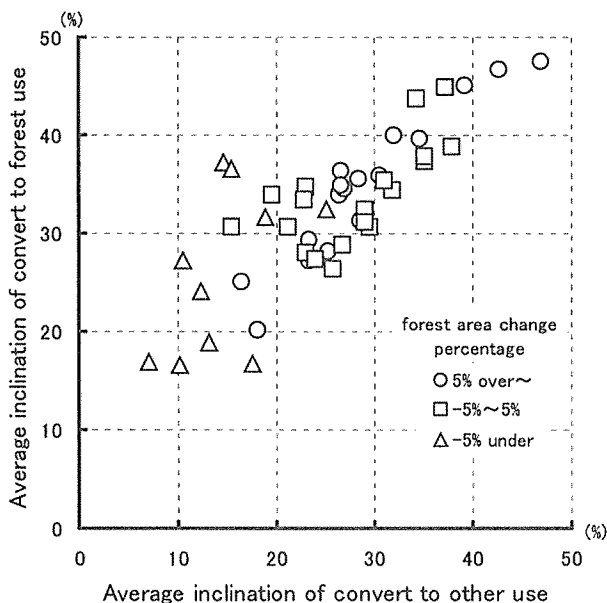


図-13 都道府県別にみた森林的利用に関わる転換地の平均傾斜の比較 (1900-1985)
Relation of average inclination between converted lands concerning forest use in each prefecture

阪などで減少し、東北・中部山岳・中国・四国・九州地方で増加している。北海道では農業の利用への転換で減少し、関東や大阪などでは都市化により減少したと考えられる。森林が増加した地域ではその他の利用からの転換が目立つ。

図-11は都道府県別の平均標高と平均傾斜をプロットしたものである。シンボルは森林面積の増減別を表している。森林面積が5%以上減少した都道県は平均傾斜25%以下、標高500m以下であることがわかる。逆に、

森林が増加した県は平均傾斜20%以上標高200m以上であった。

図-12は都道府県別に平均傾斜と森林面積率の関係を表している。平均傾斜が急になるほど森林面積率が高くなる傾向がわかる。また、森林面積が減少した都道府県の多くは森林面積率が低く、増加した県は高いこともわかる。もともと森林の少ない都府県で森林が更に減少したといえる。

図-13は都道府県別に森林外利用から森林的利用へ転換された土地の平均傾斜と、森林的利用から森林外利用に転換された土地の平均傾斜をプロットしたものである。森林的利用に関わる転換地の地形的な特徴を表している。ほとんどの都道府県で森林外利用への転換地は森林的利用への転換地より平均傾斜が緩やかであることがわかる。また、森林面積が5%以上減少した多くの都道県では、森林的利用からの転換地の傾斜が20%以下、10%前後に集中していることがわかる。一方、森林面積が増加した県の多くは森林的利用からの転換地の傾斜は20%以上、森林的利用への転換地の傾斜は30%前後以上であった。

IV. おわりに

日本における土地利用の変遷とその地形的な特徴をとおして、森林的利用の変遷を概観し、森林地域の地形的特徴を明らかにすることができた。とりわけ、わが国がこの一世紀の間森林面積がほとんど同じであったこと、しかしその内実は非常にドラスチックに変化していたこと、緩傾斜地での森林の消失が目立ち斜面傾斜が森林の盛衰に大きな影響があることなどが明確になった。

土地利用はその目的に応じ、地形的制約とりわけ斜面傾斜の制約を強く受ける。国土面積に占める平地の割合が少ない日本では、緩傾斜地は農業や都市的な利用に転換されがちで、そこにある森林などが転換の対象となる。森林で木材生産をおこなう立場からすれば、斜面傾斜は緩いほど望ましい。しかし、森林的利用は傾斜地でも可能であることから、森林地域が傾斜地に集中する傾向になる。そのため、わが国での森林の持続的利用を図る上で、傾斜地という地形的制約を前提に国土保全などの森林の諸機能に配慮した管理経営が必須であると考えられる。その基礎的データとして今回作成した地形情報を含む土地利用データベースは有用と考える。

最後に本研究を進めるにあたり快くデータの提供と助言をいただいた北海道教育大学の氷見山幸夫先生に心から感謝の意を表します。なお、本研究の一部は文部省科学研究費基盤研究B(2)「生物圏情報の高度利用に関

する基礎的研究」の補助を得ておこなったものである。

引用文献

- 1) 藤森隆郎 (2000) 陸上生態系による温暖化防止戦略. 181pp. 博友社, 東京.
- 2) <http://www-cger.nies.go.jp/grid-j/index.html>
- 3) 氷見山幸夫編 (1995) アトラスー日本列島の環境変化ー. 187pp. 朝倉書店, 東京.
- 4) 国土庁 (2000) 土地白書. 180pp. 大蔵省印刷局, 東京.
- 5) 酒井徹朗 (1998) 市町村別地形情報作成について. 森林学誌13 (3) : 215~218.
- 6) 依光良三 (1999) 森と環境の世紀. 292pp. 日本経済評論社, 東京.