

市房山原生照葉樹林の植生構造

宮田逸夫*・今江正知**・内野明德***・高宮正之***

* 島根大学理学部生物学教室

** 熊本大学教養部環境科学教室

*** 熊本大学理学部生物学教室

(昭和63年9月30日 受理)

Vegetation Structure of a Warm-Temperate Oak Virgin Forest of Mt. Ichifusa-yama

Itsuo MIYATA*, Seichi IMAE**, Akinori UCHINO*** and Masayuki TAKAMIYA***

* Department of Biology, Faculty of Science, Shimane University,
Nishikawatsu-cho 1060, Matsue 690, Japan.

** Department of Environmental Science, Faculty of General Education,
Kumamoto University, Kurokami 2-40-1, Kumamoto 860, Japan.

*** Department of Biology, Faculty of Science, Kumamoto University,
Kurokami 2-39-1, Kumamoto 860, Japan.

(Received September 30, 1988)

ABSTRACT

We analyzed the vegetation structure of an evergreen oak forest of the warm-temperate zone developed at the foot of Mt. Ichifusa-yama (1,722m), South Kyushu. Quadrat ordination by PCA based on similarity matrix of the importance value, classified quadrats into the three groups; the first occurred on the lower part of slope, characterized by oak species, such as *Cyclobalanopsis paucidentata*, *Cy. myrsinaefolia*, *Cy. gilva*, etc, while the second with few character species occurred on the higher part of slope. The last was judged as the essentially different stand from the oak forest. Out of topographical factors, only altitude influences significantly on the variation of species composition.

Species ordination by PCA based on an interspecific association matrix clarified five species-groups, of which the three were main constituent species of each of the three quadrat groups. The remaining two showed a peculiar preference for habitats. Species diversity, β , decreased as altitude became higher. Above ground biomass per unit area estimated by allometric relations was higher than those of the warm-temperate oak forests reported from other areas of Kyushu. The forest can be considered as a fully matured climax.

はじめに

九州脊梁山地の南端に位置し、熊本・宮崎両県の県境にそびえる市房山(1,722m)は、シイ・カシ帯からツガ・モミ帯を経て、ブナ帯に至る一連の森林垂直分布を観察することの出来る、九

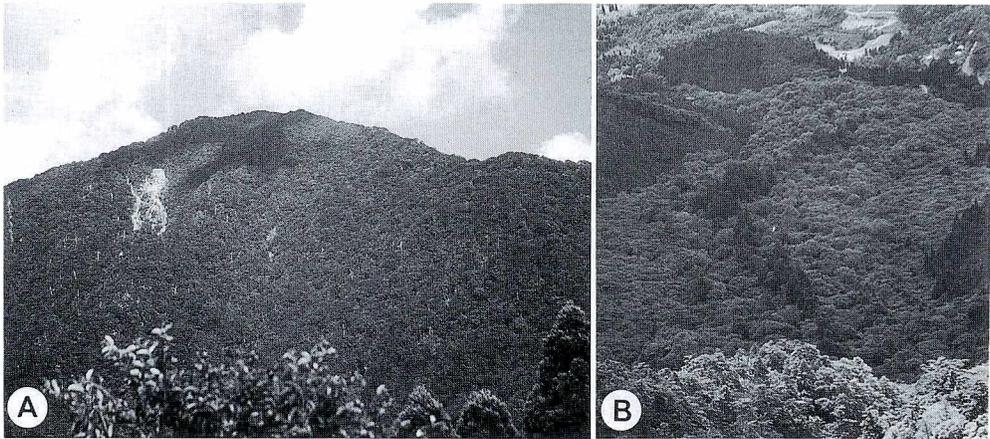


図1 市房山の景観。A：市房山西斜面（熊本県側）。B：調査区付近の極相暖帯照葉樹林。写真中央の杉並木に沿って方形区を設置した。

州では数少ない山塊の一つである。特に、熊本県側斜面山麓に残存する暖帯照葉樹林は、九州では最も内陸部に分布する極相原生林で、学術的にも極めて貴重な存在となっている(図1)。植物相については、前原(1931)、奥山(1967, 1974)、熊本記念植物採集会(1969)、今江(1969)らによってかなりその詳細が明らかにされてきている。しかしながら、本山の植生に関しては、これまで部分的な報告(鈴木・真柴, 1959; 熊本県, 1978, 1979; 宮脇ら, 1983)があるのみで、毎木調査を主体にした本格的な植生調査は行われていない。

筆者らはかねてより本山の植生に深い関心を寄せていたが、昭和60年および62年の兩年度に照葉樹林の植生調査を行ない、植生構造について解析を試みる機会を得たので、ここにその結果を報告する。なお、植生調査を行なうに当たり、熊本大学理学部生物学科の昭和60年度・61年度・62年度卒業生・現4年生、および熊本商科大学附属高校佐藤千芳教諭、熊本県立玉名高校坂梨仁彦教諭の諸氏に協力頂いた。ここに厚く御礼申し上げる。

調査地域の概要

市房山の地層は、主として四万十累層中の湯山累層(仮称)に貫入する優白質細粒黒雲母花崗閃緑岩より成り、堆積岩源の捕獲岩片と変輝緑岩片を含有している(柴田, 1967)。気候は、本山の南西約21kmの球磨郡上村に設置されたアメダス地点(標高166m)の気象データによれば、1977年から1987年ま

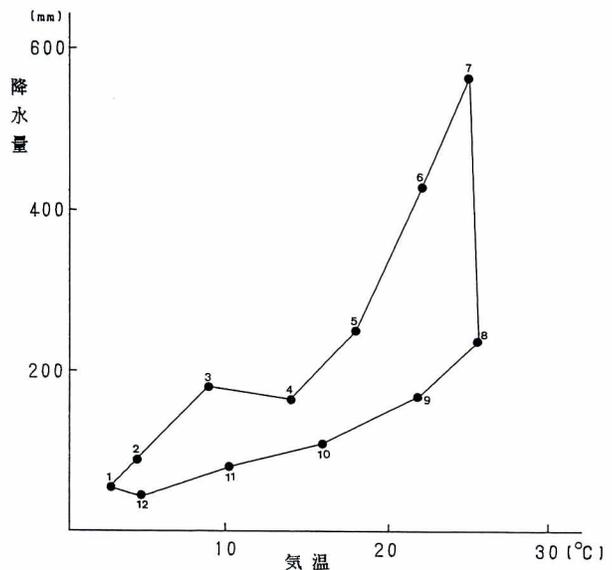


図2 熊本県球磨郡上村アメダス地点における温雨図。ここ9年間の平均で示している。

での9年間の年平均気温は14.5度、平均年間降水量は2,371mmに達する。図2は、上記地点における温雨図を示したものである。

本山の植生は、祓川橋(580m)から市房神社(910m)にかけての参道沿いに、帯状にツクバネガシ、シラカシ、イチイガシ等のカシ類の大木が優占する照葉樹林が発達、さらに、それより上方7合目の1,400m付近にかけての斜面には、樹高35mに達するツガの美林が生育する。7合目より9合目(1,650m)にかけては、スズタケが林床に密生するブナ林が出現するが、9合目付近では部分的にスズタケに代わってオオマルバノテンニンソウが優占するところも出てくる。風衝効果の大きい山頂付近では、ツクシアケボノツツジ群落(県指定の天然記念物)、マンサク群落やアセビの低木林が発達している(熊本県, 1978)。

植生調査および解析の方法

表1および図3は、調査の対象となった照葉樹林内に設けた方形区の番号・位置・地形要因・

表1 方形区の大きさと地形的条件

方形区番号	海拔高度(m)	方位	傾斜角度(°)	方形区の大きさ(m ²)
1	610	N46°W	15	27×27
2	660	N40°E	16	20×20
3	620	S80°W	11	25×25
4	910	N45°E	21	20×20
5	625	N10°W	20	30×30
6	670	N70°E	15	15×20
7	780	N18°W	18	20×20
8	620	N50°W	10	25×25
9	695	N80°W	25	20×20
10	630	S70°W	12	25×25
11	790	N60°W	15	20×20
12	620	S74°W	14	20×20
13	680	N74°W	13	20×20
14	730	N58°W	11	20×20
15	830	N28°W	28	20×20
16	815	S64°W	15	15×25
17	630	S45°W	20	15×25
18	670	S60°W	22	20×20
19	740	S45°E	19	20×20
20	840	N80°E	21	20×20
21	780	N40°W	21	20×20
22	620	N70°W	24	20×20
23	685	N48°W	10	20×20
24	745	N70°W	14	20×20
25	870	S50°W	25	20×20
26	780	N75°W	30	20×20

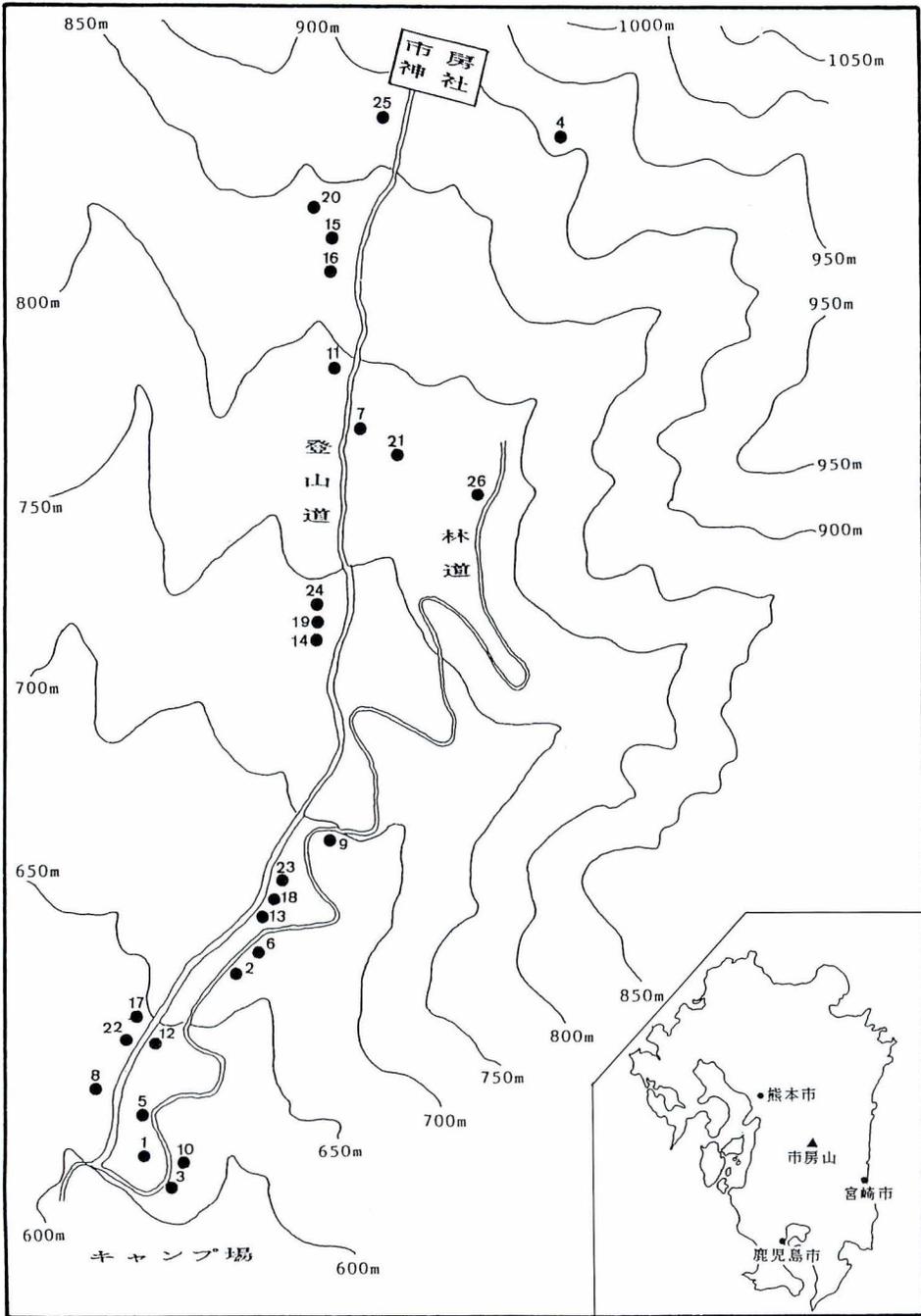


図3 調査地域の概念図。図中の●は方形区の設置地点、数字は方形区番号を表わす。

大きさを示したものである。胸高直径 1 cm 以上の樹木については、毎木調査を行ない、それ以下の樹木を含む草本層植物については、植物社会学的な被度測定を行なった。

植生調査により得た資料は、図 4 に示される手順により解析された。各方形区毎に出現した樹種について個体数および胸高断面積を算出し、さらに全樹種の合計値に対する両者の相対値をそれぞれ、相対密度と相対優占値とし、この 2 つの値の合計値を相対優占値 (Omura *et al.*, 1969) とした。植分の階層構造は、相対優占値の樹高別分布図により表わし (Iehara *et al.*, 1983), これにより各方形区毎に木本層を、亜高木層を含む高木層と低木層の 2 層に区分した (図 5)。また、これとは別に高木層と低木層とを合わせた層を木本層とした。

次にこれら 3 つの層のそれぞれについて、種組成上の特性を明らかにするため、主成分分析を行ない、方形区の序列を試みた。各種の個体数および胸高断面積により、方形区間の種組成上の類似性を表わす類似度指数、 $C\lambda$ および $C\lambda_{(w)}$ (Morisita, 1959) を求め、方形区の組合わせによって得られる $C\lambda$ および $C\lambda_{(w)}$ マトリックスにより標準化を行ない、主成分の抽出を行なった (Iehara *et al.*, 1983)。さらに、主要構成種の種間関係を明らかにするため、種間相関の指数である $R\delta$ および $R\delta_{(w)}$ (Morisita, 1959) のマトリックスを算出し、主成分分析にかけ、種の序列を試みた。なお、上記の方法によって得られた結果の妥当性を照合するため、方形区および主要構成種についてクラスター分析を試みた。

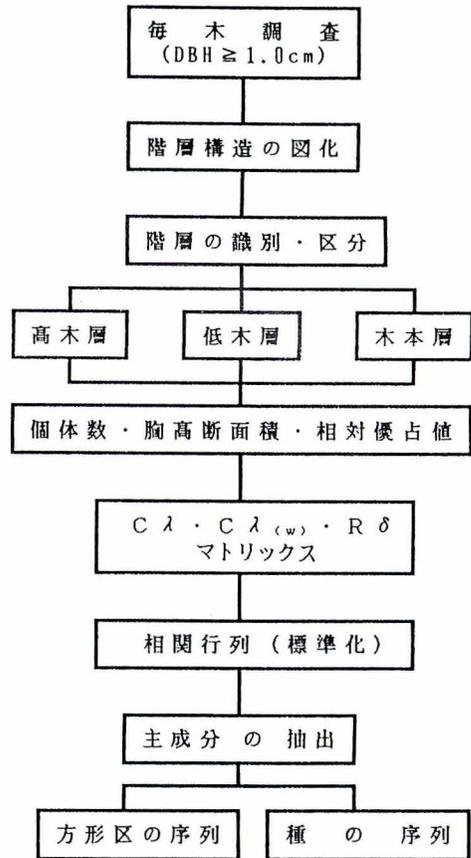


図 4 植生資料解析の手順

結果および考察

(1) 方形区の序列

表 2 は、木本層の種組成表を示したものである。表中の数字は、相対優占値を表わしている。図 6 は、個体数→ $C\lambda$ マトリックス→主成分分析により方形区の序列を試みたものである。類似度行列に基づく主成分分析では、環境傾度が上位の主成分に現われるので (宮田ら, 1983), 方形区序列には第 1 および第 2 主成分 (軸) を用いた。木本層全体としてみた場合、方形区は、2 つの軸の交点を中心に、弧を描くようにして分布した。弧の内側に例外的に出現した方形区 (No. 16) は、個体数分布より見る限りにおいては、ツガの優占する植分であり、カシ類の優占する植分とは種組成の面で質的に異なるものであると判断される。

群集を構成する種の量がある 1 つの環境傾度に対していずれも正規分布をすることを仮定した人工群落モデルによる類似度経路の主成分分析では、方形区は半弧状に分布することが指摘され

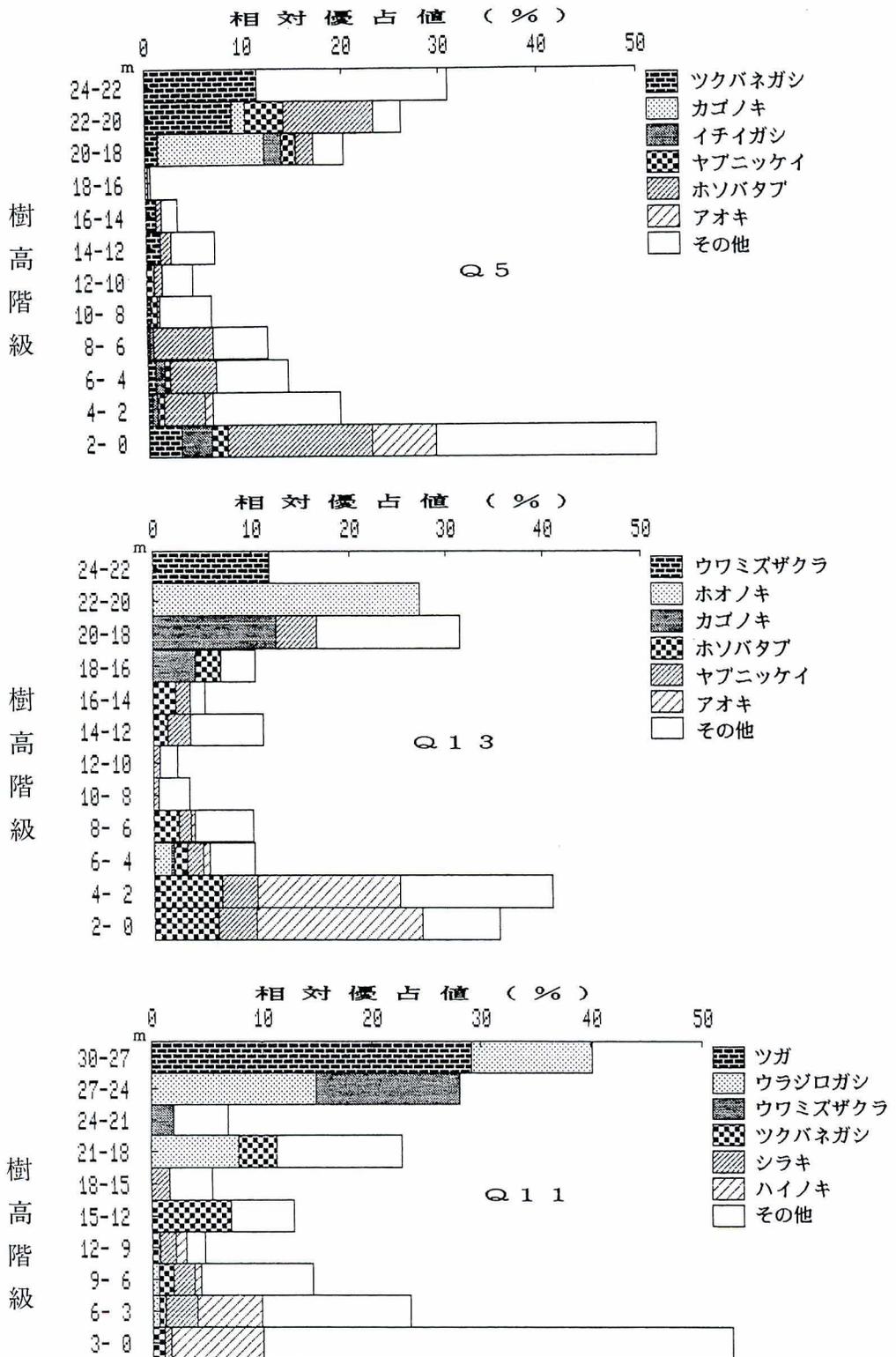


図5 樹高別相対優占値による階層構造図

表2 木本層における種組成。表中の数字は、相対優占値を表わす。

方 形 区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
アオキ	13	29	10	71	7	17	54	32	18	10	6	35	33	35	4	17	16	27	41	32	34	15	22	40	50	45
アブラチャン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アカガシ	0	0	0	0	8	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	22	16	2	0	0	35	0
アオハダ	0	0	0	0	2	0	2	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	11	1	0	0	0	0
アラカシ	7	0	0	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アオダモ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
イヌガヤ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	11
イロハモミジ	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
イタヤカエデ	0	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
イヌガシ	3	7	4	5	1	3	4	8	2	3	3	1	4	5	0	4	1	6	2	2	0	4	28	7	2	0
イワガラミ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
イスノキ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
イチイガシ	31	1	22	1	7	1	2	19	0	46	0	4	0	1	0	0	5	4	1	0	0	14	2	0	0	0
イヌシデ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0
ウラジロガシ	7	42	11	2	5	1	1	5	6	20	35	4	2	1	65	29	8	3	1	2	4	1	0	0	4	1
ウリノキ	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ウワミズザクラ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エノキ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
エドヒガン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
エゴノキ	2	2	0	0	2	0	1	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カヤ	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
カツラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
カナクギノキ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
カゴノキ	0	0	4	0	12	0	8	0	0	0	0	9	17	6	0	0	2	0	18	0	0	0	0	1	1	0
カクレミノ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
キツタ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2
クロガネモチ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
クロキ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ケヤキ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	30
コシアブラ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0
コバノトネリコ	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
コハウチワカエデ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
サカキ	13	8	34	2	12	10	14	15	13	12	9	19	8	7	3	12	8	6	11	15	10	15	39	25	5	0
サワグルミ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
サルナシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シラキ	3	5	2	0	3	2	36	5	6	1	8	10	4	1	5	5	1	0	3	2	3	3	1	1	0	6
シキミ	1	2	5	5	3	7	12	6	4	5	19	1	3	11	15	8	6	2	10	9	14	2	3	3	7	2
シラカシ	4	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	8	0	49	0	0	2	0	0	0	0	14	0	0	0	0
シロダモ	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シロモジ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
スギ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
タブノキ	0	0	1	0	0	0	0	24	0	0	0	1	1	5	1	0	1	0	3	0	0	0	16	0	0	0
タラヨウ	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ツクシイヌツゲ	5	1	1	1	1	0	6	0	3	5	0	1	2	10	3	40	0	3	6	1	0	2	3	3	0	0
ツクバネガシ	48	33	21	3	29	2	1	27	79	20	14	3	8	2	16	14	35	42	38	7	3	26	45	2	23	0
ツルウメモドキ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ツガ	0	0	0	0	0	36	0	1	0	29	0	0	0	15	22	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
ネズミモチ	3	2	0	2	1	1	1	0	1	0	3	0	0	0	3	2	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0
ハイノキ	3	2	7	0	2	1	0	2	0	1	16	1	0	2	20	16	2	1	1	10	1	0	0	3	1	0
ハルニレ	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ハゼノキ	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヒメシャラ	0	0	0	0	0	0	0	1	13	1	1	23	1	0	6	0	1	0	0	13	13	1	0	0	0	3
ヒサカキ	7	1	4	0	4	0	1	5	1	2	3	1	1	2	1	1	0	0	6	5	2	5	0	1	7	0
ホソバタブ	23	26	26	6	43	35	22	15	23	26	10	29	25	15	8	7	7	24	15	9	14	12	34	23	29	0
ホオノキ	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	31	0	0	2	15	0	1	0	0
ミズキ	0	17	0	0	2	9	7	0	1	4	0	3	0	0	0	1	2	6	13	0	1	0	0	23	0	0
ミヤマシキミ	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ムラサキシキブ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
モミ	0	0	10	20	0	1	0	0	0	16	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
モチノキ	1	0	3	0	3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	6	1	0	0	0
ヤブツバキ	16	8	16	4	12	17	9	10	9	17	7	12	8	12	3	9	18	16	16	4	11	12	13	34	19	4
ヤブニッケイ	4	9	11	2	10	13	7	9	13	6	6	3	19	18	1	9	10	18	6	4	6	2	11	12	14	0
ヤマザクラ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ヤマブジ	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ヤマウルシ	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヤブムラサキ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヤマブフ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ユズリハ	4	1	4	0	4	14	5	0	3	0	1	5	22	10	0	1	20	1	13	0	1	7	8	4	0	3
ヨグソミネバリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	0	38	0	0	0	0
リンボク	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0</												

ている(宮田ら, 1983)。環境傾度における種反応は, 正規分布曲線に近づくという Gauch & Whittaker (1972) の仮定に対する Austin (1987) の最近の反論もあるが, 上記の結果はむしろ, 正規分布の仮定を間接的に補強するものである。

また, 正規分布を想定した群落モデルとほぼ同じような方形区序列が得られたことは, 本山の照葉樹林が人為的ないしは自然災害的攪乱を受けることの極めて少ない植分であることを示している。さらに, 木本層全体として見た場合, ツガ優占の方形区11, 15, 16を除いて, 方形区が円周上にほぼ切れ目なく, 連続して分布しており, 個体数分布から見た限り, いわゆる植生の非連続的配列の傾向は認め難かった。したがって, 個体数

に基づく方形区序列において, 方形区の区分や包括が困難であった。

次に, 高木層と低木層とを比較した場合, 前者では方形区は木本層とはかなり異なった方形区序列を示したのに対して, 後者では木本層のそれと極めて類似した分布を示している。このことは, 木本層の方形区序列において, 低木層構成種が個体数の多さとその正規分布性の面で大きな役割を果していることを物語っている(図7)。

図8は, 木本層において相対優占値に基づく方形区序列を示したものである。図から3つの方形区群にまとめることが出来た。第1群は, ツクバネガシ・イチイガシが優占し, 本山照葉樹林の中核をなす植分である。主として, 斜面下方の地形が緩やかで, 土壌層が深く, 適潤な立地に出現する。第2群は, 前者とは異なり, 特徴的な優占種を持たず, 種組成全体として他の2群から識別される植分で, 主として斜面上部に出現した。方形区21と方形区26は, ケヤキが優占する植分であったが, 種組成全体としては第2群から分離することは出来なかった。第3群は, ウラジロガシとツガが高木層に, 亜高木層にシキミ, 低木層にハイノキの優占する植分で, 照葉樹林帯の上部尾根沿いの露岩地に出現した。

図9は, 個体数および相対優占値に基づくクラスター分析の結果を示したものである。前掲の図7および8と比較してみると, 方形区11, 15, 16や方形区4, 26のように, 部分的な対応関係は認められるものの, 全体的には対応関係は今一つ明瞭でなかった。主成分分析による方形区や種の序列法とクラスター分析による方形区や種の区分・包括法の優劣については, 種間関係の解析結果のところで, 論議することにする。

抽出された2主成分(軸)が具体的にどのような地形的要因を反映しているかどうか, をみる

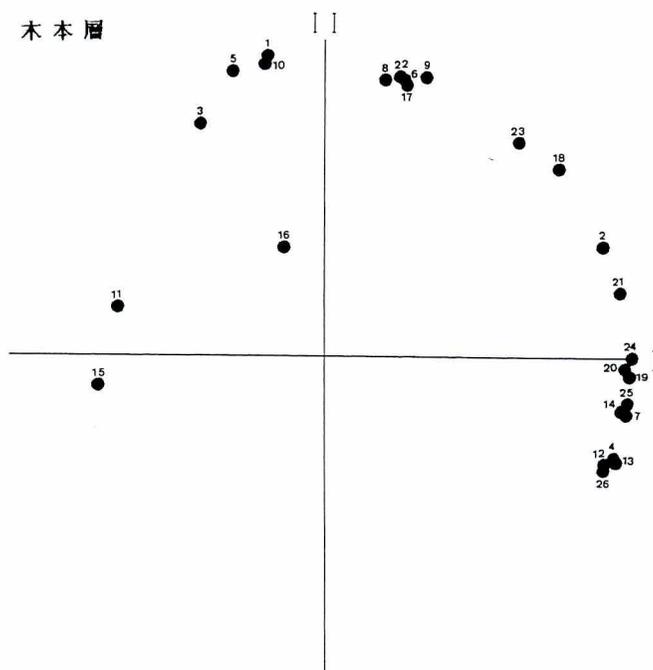


図6 木本層における個体数類似度マトリックスを入力データとした主成分分析による方形区の序列。図中の数字は方形区番号を表わす。

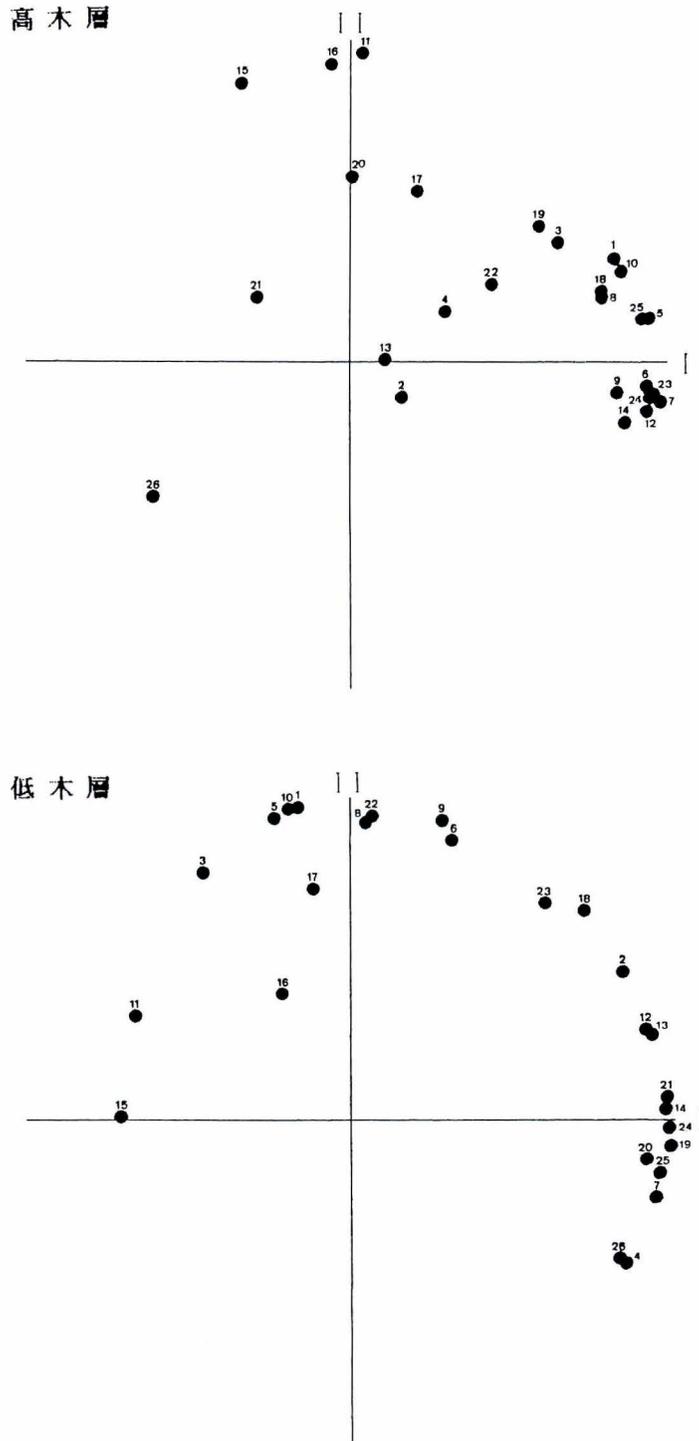


図7 高木層と低木層における主成分分析による方形区の序列。
 個体数類似度マトリックスを入力データとしている。

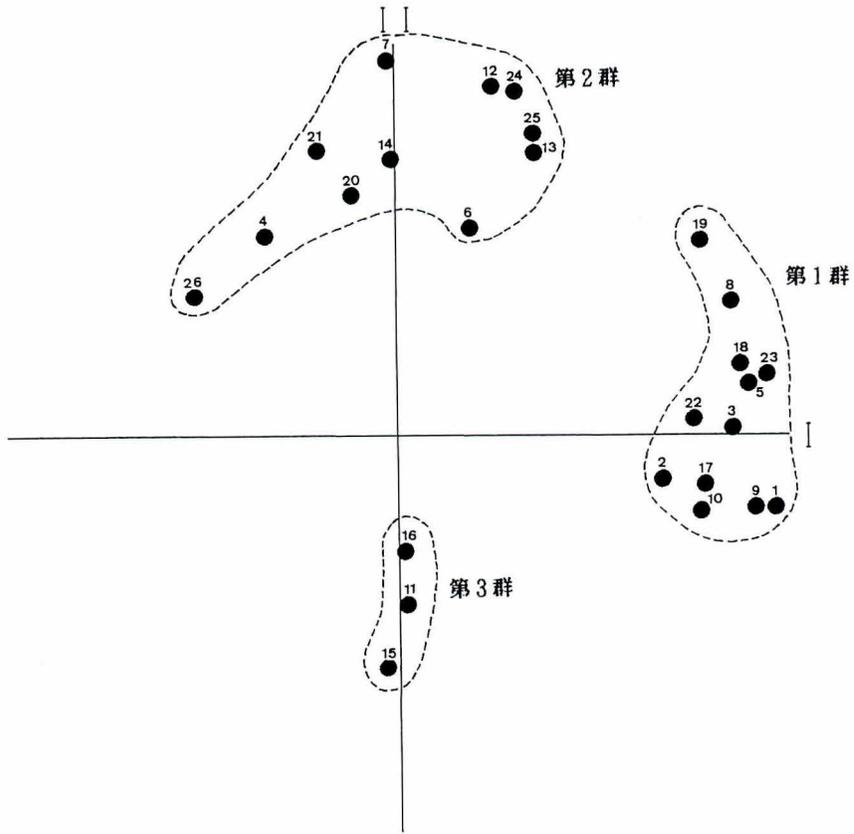


図8 木本層における相対優占値類似度マトリックスを入力データとした場合の方形区序列。

表3 方形区因子負荷量と地形的要因の相関。表中の数字は偏相関係数を表わす。

		階		層			
		木本層		高木層		低木層	
		主成分		主成分		主成分	
類似度マトリックス		1	2	1	2	1	2
標高	固体数	.247	-.784**	-.275	.268	.225	-.800**
	相対優占値	-.710**	.231	-.515*	.195	.239	-.819**
傾斜	固体数	-.073	-.008	-.335	.046	-.037	.012
	相対優占値	.054	-.231	.078	.033	-.060	-.070
方位	固体数	.099	.009	-.054	-.152	.065	.038
	相対優占値	-.200	.120	-.270	.029	.132	.058

**0.01%で有意, *0.05%で有意

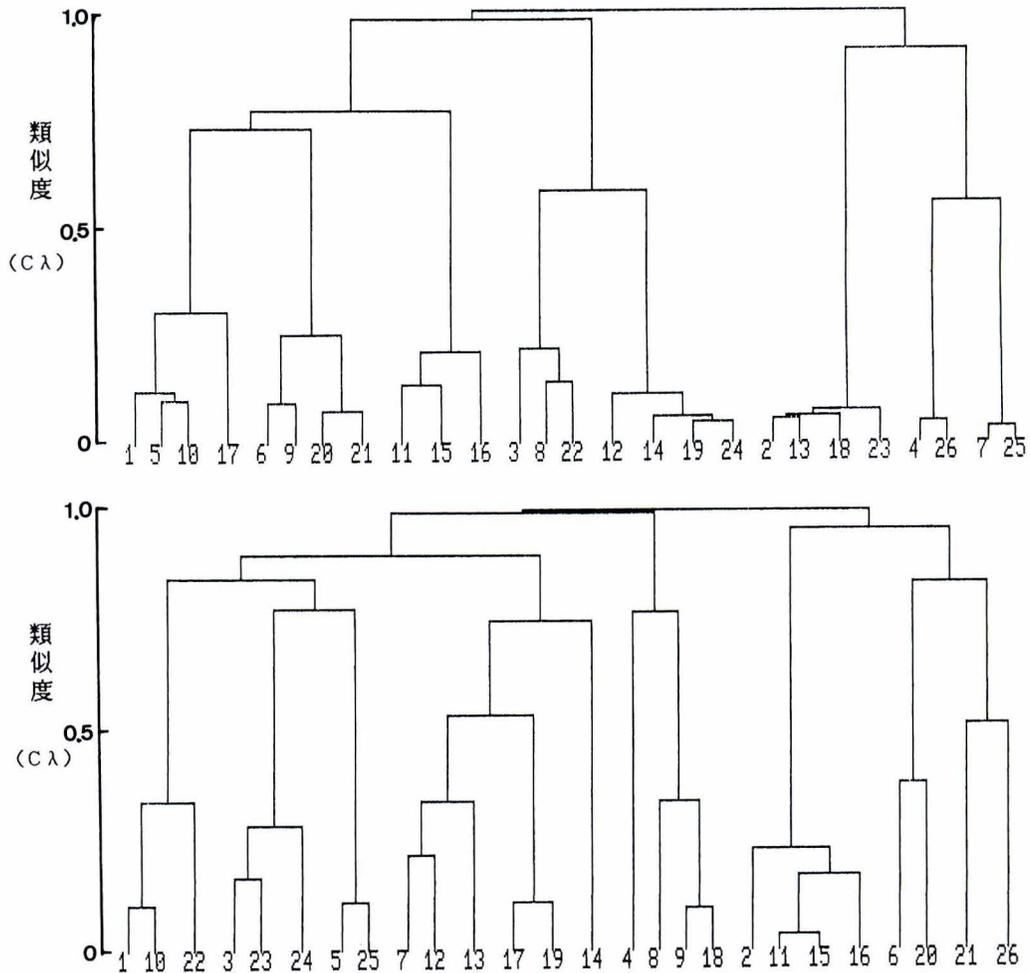


図9 クラスタ分析による方形区の区分。類似度として $C\lambda$ を使っている。上段は個体数、下段は相対優占値を入力データとした場合。

ために、各主成分毎に方形区の因子負荷量と地形的要因との相関を見てみた(表3)。なお、方位の区分は、Whittaker & Niering (1965)に従った。

表3から明らかのように、方形区の因子負荷量は標高に対してだけ、有意な相関を示した。すなわち、個体数入力による類似度経由の主成分分析では、木本層と低木層で第2主成分において負の有意な相関が得られた。相対優占値入力による類似度経由の主成分分析では、木本層と高木層で、第1主成分において負の有意な相関、低木層で第2主成分において負の有意な相関を示した。これらの結果から、本域の照葉樹林では木本層全体の種組成の変動が標高の変化と強く連動していることが示唆された。また、方位や傾斜の間で、有意な相関が得られなかったのは、照葉樹林の生育する斜面全体が概ね西向きであり、海拔高度を除けば、方位や地形要因の変動幅が極めて限られたためと考えられる。

次に、今回明らかにされた植分群(方形区群)とこれまで報告された群落単位や植分群との関係について述べる。鈴木・真柴(1959)は、市房山の森林帯について調査した結果、アオガシ(ホ

ソバタブ)群, ツガ群, ブナ群, コメツツジ群の4群の所在を報告している。アオガシ群は標高530m~650m, ツガ群は900m~1,530m, ブナ群は1,050m~1,700m, コメツツジ群は1,650m~1,680mに分布し, 本山の照葉樹林の主体がアオガシ群によって形成されているとしている。標高650m~900mの範囲については, アオガシ群を含む群集の限界的な亜群集か, または独立の群集(傾山, 祖母山において認められるツガ-ハイノキ群集)が形成される可能性があることを示唆している。宮脇ら(1983)は, 本山における森林帯の垂直的な分布は, ヤブツバキクラス域の群集として, ツクバネガシ-シラカシ群集(550m~815m)とシキミーモミ群集(815m~1,400m)の2群集を, また, ブナクラス域の群集として, シラキ-ブナ群集, オオマルバノテンニンソウ-ブナ群落, ツクシママコナーアセビ群集の2群集, 1群落を認めている。

図8において認められた第1群は, 鈴木・真柴(1959)によって認められたアオガシ群ないしは宮脇ら(1983)によって認められたツクバネガシ-シラカシ群集にほぼ対応し, 本域の照葉樹林の中核をなす植分であると考えられる。第2群は, 優占度において突出した樹種に欠けるが, アカガシの優占度が相対的に他の2群に比べて高く, また, 林床にミヤマシキミが多く出現する事などから, アカガシ-ミヤマシキミ群集(鈴木・須股, 1964)か, 鈴木・真柴(1959)のいう, スジダイ群団に所属する, アオガシ群を含む群集の限界的な亜群集に相当するものと考えられる。この点, 本山の照葉樹林を一括して, ツクバネガシ-シラカシ群集とした宮脇ら(1983)の見解には, 若干問題があるように思われる。

第3群は, 高木層にツガ・ウラジロガシが優占し, 低木層にハイノキが優占することから, 明らかに鈴木・真柴(1959)によるツガ群(ツガ-ハイノキ群集)ないしは宮脇ら(1983)によるシキミーモミ群集のツガ亜群集に相当するものと考えられる。第3群は, 本来, 照葉樹林帯上部より標高1,400mにかけて分布するツガ林の一部が尾根に沿って照葉樹林上部に下降してきたものであり, シイ・カシ林とは組成的に異質な植分である。

祓川橋(580m)より下方斜面は, 現在では植林やキャンプ場が変わっているため, 本来どのような植生で被われていたかは不明であるが, 祓川橋すぐ上部付近の地形のゆるやかな斜面の一部には, イチイガシの大木が優占すること, また今回の植生調査ではその所在は確かめられなかったが, 鈴木・真柴(1959)がアオガシ群に対する適合度5の標徴種としてルリミノキをあげていること, 市房山周辺域の低丘陵地の一部に極相としてのイチイガシ林が認められること, などからイチイガシ群集(鈴木, 1964), ルリミノキ-イチイガシ群集(藤原, 1981)の分布域になるものと想定される。

(2) 種間関係

木本層を構成する樹種のうち, 方形区出現頻度40%以上の35種を選び, 相対優占値に基づくR²マトリックス経由の主成分分析により種の序列を試みた(図10)。その結果, 5つの種群にまとめることが出来た。A群は, イチイガシ, ツクバネガシ, シラカシ, タブノキ, イヌガシ, ホソバタブなど, 本山の照葉樹林を代表する重要樹種によって構成されるもので, 主として図8に示された第1群の主要構成種と見なされ, 植物社会学的にツクバネガシ-シラカシ群集(宮脇ら, 1983)の構成種群と判断されるものである。アカガシ, モミ, シキミ, ミヤマシキミ, ツクシイヌツゲ, シラキ等の樹種で代表されるB群は, 第2群の主要構成種であり, モミ-シキミ群集(鈴木・蜂屋, 1951)ないしはアカガシ-ミヤマシキミ群集(鈴木・須股, 1964)の構成種群と判断されるものである。

C群は, ツガ, ウラジロガシ, アオハダ, ヒメシャラ, クロガネモチ, ハイノキ等の樹種によっ

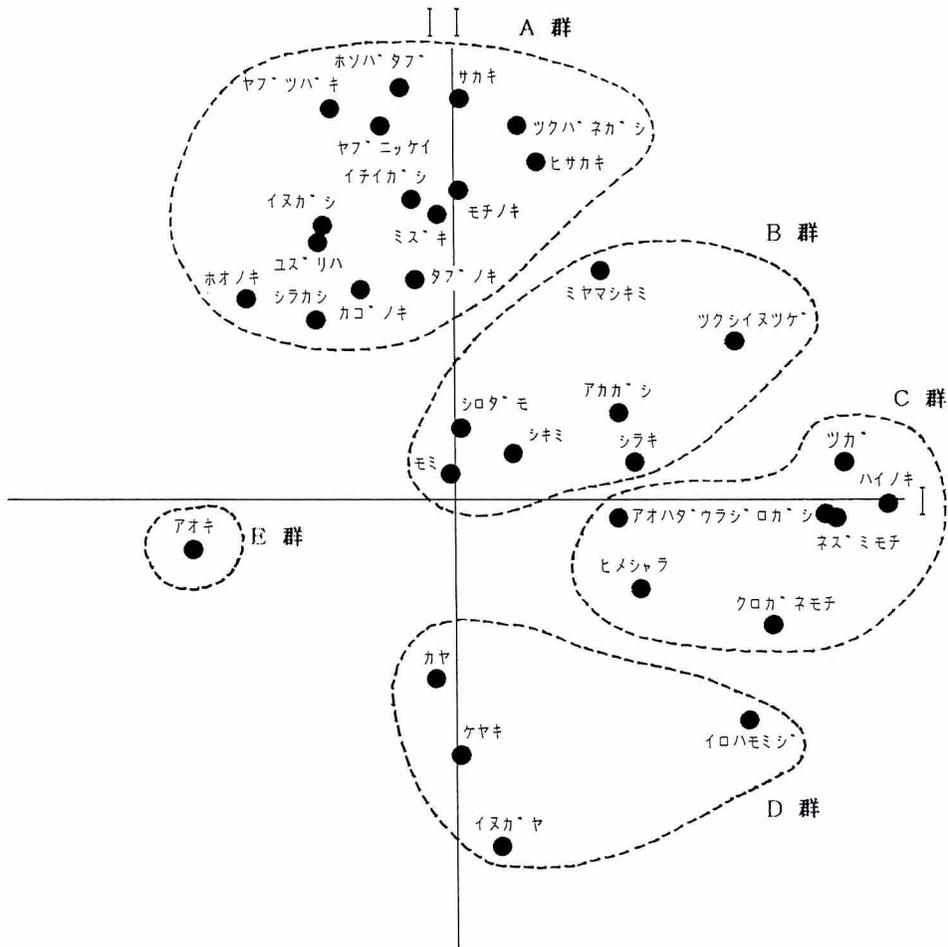


図10 主成分分析による代表的構成種35種の序列。相対優占値に基づくR δ マトリックスにより主成分の抽出が行なわれている。

て構成され、第3群の主要構成種となるものである。植物社会学的にはツグーハイノキ群集（鈴木、1959）の構成種と目されるものである。

D群は、特定の植分を形成するには至らないが、第2群に所属する方形区群中、特定の少数方形区において高い相対優占値を示すケヤキ、カヤ、イヌガヤ、イロハモミジによって構成される。これらの樹種は、一般に山地渓谷に特徴的に出現する種として知られ、したがって、第2群はイロハモミジ-ケヤキ群集（宮脇・藤原、1970）の断片的植分を含むものと考えられる。

E群は、アオキ1種のみで形成され、この種が本山の照葉樹林の構成種の中で、特異な生態的地位を占めていることが示唆された。本種は、26個の方形区全部に出現し、1方形区当たりの平均密度が87.2本で、他種に比べて圧倒的に平均密度が高かったことから見ても、分布上の特異な性格が窺える。群集レベルより見て、種生態研究の格好の材料となるものであろう。

図11は、上述の35種について、クラスター分析を試みたものである。個体数を使った場合も、相対優占値を使った場合も、主成分分析による種の序列結果と比較して、方形区序列の場合と同じく、部分的な対応関係は認められるものの、全体的には対応は、今一つ明確ではない。クラス

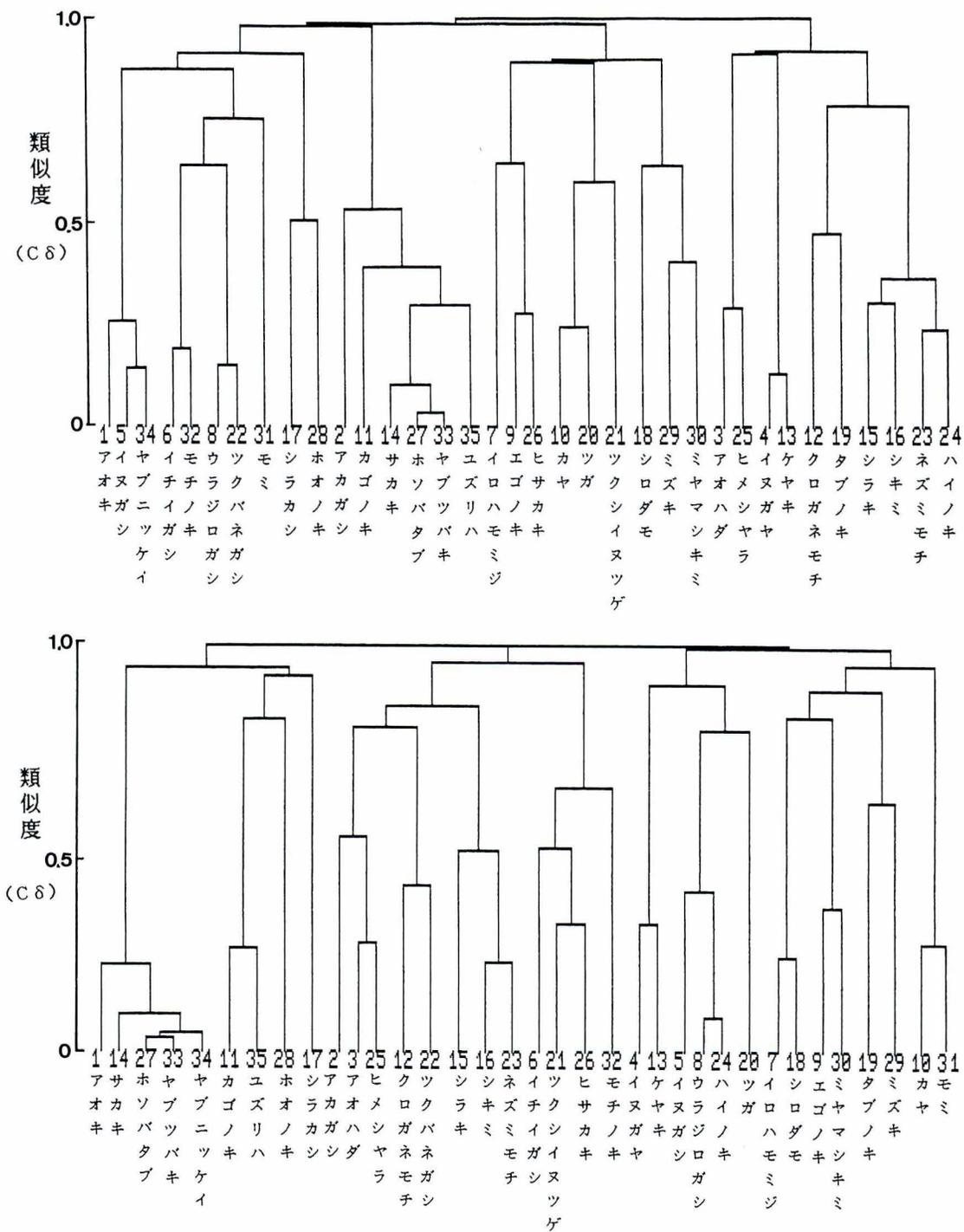


図11 クラスター分析による木本層35種の区分。種間関係の指数としてCδ(Morisita 1959)を使っている。上段は個体数、下段は相対優占値を使った場合。

ター分析の結果からは、植物社会学の分野で一般に認められているような、種の結び付き（種の組み合わせ）を裏付ける積極的証拠は得られていない。むしろ、その点では、主成分分析による種の序列（図10）の方が、種間の関係について、より多くの有益な情報をもたらしてくれる。すなわち、植物社会学的に通説となっているような種の結び付きを明らかにしてくれる。

また、なにがなんでも種のレベルまで“分ける”ことを前提とするクラスター分析では、種や種群の全体的関係を、視覚的に捉え難い。これに対して、主成分分析による序列では種の関係が2次元空間や3次元空間で捉えることが可能なので、視覚的にも優れた方法といえよう。

クラスター分析では、どのような性質の類似度を使用するか、により得られる結果がかなり異なる（Kobayasi, 1987）。今回使用された類似度、 $C\delta$ （Morisita, 1959）は、方形区の大きさや平均密度に影響されない優れた指数であるという評価もあるが、それにもかかわらず、上記のような結果しか得られなかった。クラスター分析は、多変量解析の1方法として広く使われている方法であるが、この方法だけで、方形区や種の区分や包括を論ずるのは問題である。クラスター分析を試みる場合は、少なくとも、他の2、3の方法と併用しながら、結果について総合的に判断を下すことが肝要であろう。

(3) 主要構成種と地形要因

木本層を形成する主要樹種24種を選び、方形区当たりの個体数および相対優占値と地形要因との間の関係を、偏相関係数により見たのが、表4である。3つの地形要因のいずれにおいても、特に高い相関を示した種は見出せず、標高においてやや高い有意な相関を示した種として、アオキ（個相+）、イチイガシ（個相-）、サカキ（個-）、シキミ（個相+）、ツクバネガシ（個相-）、ハインキ（相+）、ホソバタブ（相-）、モチノキ（個-）、ヤブツバキ（個-）などがあげられる。斜面の方向と有意な相関を示した樹種は皆無で、斜面の傾斜角度と有意な相関を示した樹種として、イヌガシ（個相-）、カゴノキ（個-）、サカキ（相-）、ヒメシャラ（個+）、ヤブニッケイ（個-）などがある。なお、括弧内の個は個体数、相は相対優占値、+は正の相関、-は負の相関を表わす。

(4) 種多様性と海拔高度

一般に海拔高度の上昇とともに、種多様度の値が低下する現象が知られている（Yoda, 1968；大沢ら, 1971；Glen-Lewin, 1977）。しかし、これらの研究は海拔高度差が大きく、組成的に異なる、いくつかの異なったタイプの植生を対象としたものである。これに対して、Omura *et al.* (1978) は、水俣照葉樹林（元国際生物事業計画研究地域）において、300m 足らずの海拔高度差の範囲でも、多様度指数（ α , Fisher *et al.*, 1943）が海拔高度の上昇とともに下降することを報告している。

図12は、各方形区における多様度指数、 β （Simpson, 1949）および α （Fisher *et al.*, 1943）と海拔高度との関係を示したものである。 β においては、組成的にツガ林の植分と判断された方形区 11, 15, 16を除くカシ類の優占する方形区群では、明らかに海拔高度の上昇とともに、その値は低下する。ツガ優占の方形区群で、 β の値が高いのは、本質的にはツガ林の範疇に入るものの、なお、照葉樹林との移行帯（Ecotone）に当たるために生じたものと考えられる。

また、主成分分析による方形区序列において識別された第1群は、相対的に低海拔高度に出現した関係で、より高い β 値を示したのに対して、高海拔高度に出現した第2群は、低い β 値を認めず傾向にあった。一方、 α においては、その関係は前者の場合ほど明瞭ではなく、 β の方が海拔

表4 主要構成種と地形的要因の関係、重相関係数を除く表中の数字は偏相関係数を示す、上段の数値は個体数、下段の数字は相対優占値を使った場合の偏相関係数を示す。

種名	標高	方向	傾斜	重相関係数
アオキ	.459*	.099	-.080	.516**
	.460*	.059	-.106	.531**
アカガシ	.010	.296	.081	.333
	.275	.055	.183	.434*
イヌガシ	.272	.020	-.612**	.614**
	.081	-.002	-.471*	.490**
イチイガシ	-.486**	.023	.002	.534**
	-.435*	-.200	-.141	.596**
ウラジロガシ	-.280	-.030	.048	.312
	.118	.019	.052	.185
カゴノキ	.035	.081	-.356*	.373
	-.113	.077	-.127	.216
サカキ	-.645**	.115	.047	.676**
	-.187	-.112	-.495**	.624**
シラキ	-.155	.087	.138	.183
	.074	.126	-.041	.168
シキミ	.470*	.293	-.341	.576**
	.537**	.087	-.235	.568**
シラカシ	-.385*	.039	.109	.394*
	.011	-.077	-.188	.232
タブノキ	.127	.169	-.261	.302
	.037	-.016	-.347	.370
ツクシイヌツゲ	-.120	-.014	.073	.130
	-.138	-.095	.153	.206
ツクバネガシ	-.595**	-.270	.204	.679**
	-.450*	-.182	.340	.520**
ネズミモチ	.222	.307	.108	.483**
	.254	.201	.092	.432*
ハイノキ	.369	-.036	-.112	.378*
	.394*	-.103	-.107	.399*
ヒメシャラ	-.129	.029	.477*	.491**
	-.066	.024	.200	.207
ヒサカキ	-.180	.093	.075	.186
	-.103	-.024	.038	.116
ホソバタブ	-.373	.297	-.106	.461*
	-.422*	-.218	-.234	.550**
ミズキ	-.307	.477	-.010	.500**
	-.080	.227	-.149	.270
モミ	-.061	-.148	-.113	.258
	.208	.027	-.203	.249
モチノキ	-.487*	.185	.267	.491**
	.208	.027	-.203	.249
ヤブニッケイ	-.043	.007	-.432*	.487**
	.011	-.216	-.301	.416*
ヤブツバキ	-.467*	.029	-.070	.537**
	-.152	-.299	-.193	.476*
ユズリハ	-.284	.065	.090	.286
	-.292	-.072	-.088	.360

**1%で有意、*5%で有意

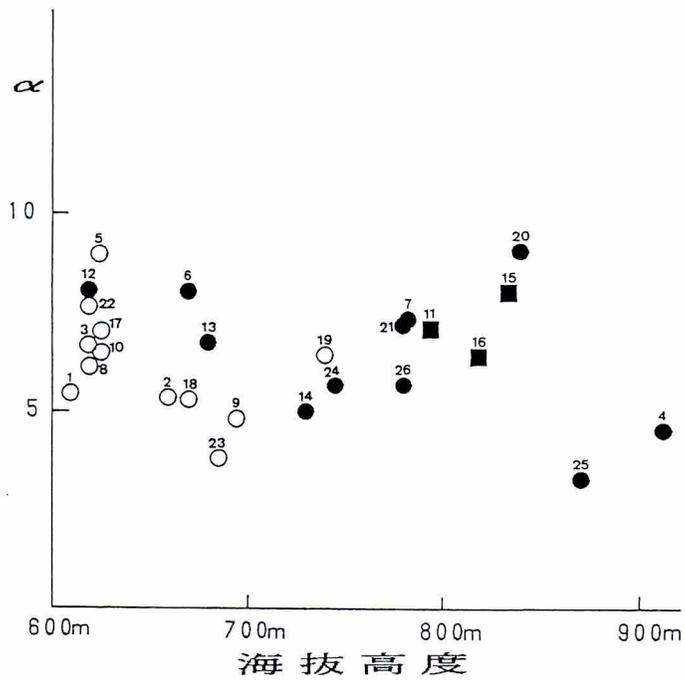
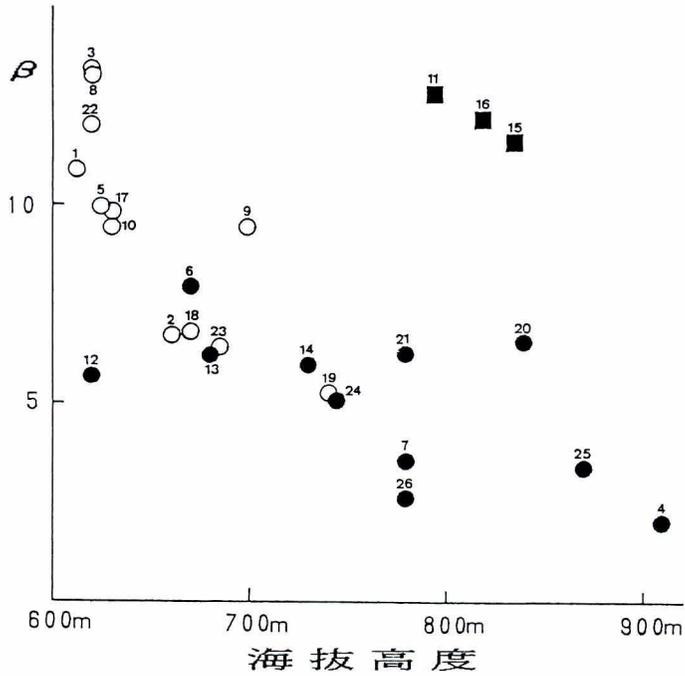


図12 種多様度指数と海拔高度との関係。図中の○は、図8に示された第1群、●は第2群、■は第3群を表わす。

表5 九州暖温帯照葉樹林の α 値

地 域	群 落	対 象	α 値	
市房山	・第1群	カシ林	dbh>1.0cm	6.2(4.7~8.9)
	第2群	同 上	同 上	6.5(3.5~9.2)
	第3群	ツガ林	同 上	7.1(6.4~7.9)
熊本県	・水俣	シイ林	dbh>1.0cm	8.0(6.5~9.5) ¹⁾
	同上	ウラジロガシ林	同 上	6.9(5.2~8.9)
	同上	アカガシ林	同 上	6.4(3.6~8.9)
鹿児島県	・桜島	シイタブ林	木本+草本+シダ ²⁾	12.2(10.5~13.6) ²⁾
	・栗野岳	タブ林	h>1.5m	6.4(4.0~8.7) ³⁾
長崎県	・男女群島	同 上	dbh>3cm	5.08 ⁴⁾
	・五島列島	ハマビワ林	同 上	2.30
	・対馬	スダジイ林	同 上	7.13
福岡県	・沖の島	タブ林	同 上	4.90
宮崎県	・都城	イチイガシ林	dbh>4.5cm	9.90 ⁵⁾
沖縄県	・西表島	スダジイ林	dbh>1.0cm	8.6(6.0~10.6) ⁶⁾

¹⁾Omuraら (1969) ²⁾Tagawa (1964) ³⁾田川 (1977) ⁴⁾Itow(1984) ⁵⁾Kira & Shidei (1967) ⁶⁾宮田・小谷(1963)

高度の変化に伴う種組成の変動に対し、より敏感に反応を示す指数であることが示唆された。

これまで報告されている九州の暖温帯照葉樹林の α 値と比較してみると、林齢約90年と推定される水俣照葉樹林や鹿児島県栗野岳の極相タブ林とほぼ同じオーダーにあり、宮崎県都城四家の極相イチイガシ林9.9に比べるとわずかに低い値となっている(表5)。鹿児島県桜島のシイタブ林で、12.2の報告もあるが、これは草本植物とシダ植物を加えたものであり、木本種に限れば、本域の α 値と同じオーダーの値をとるものと思われる。また、九州北西部属島ハマビワ林(五島列島)やタブ林(沖の島)に比べると、高い値となっているが、対馬竜良山スダジイ林では本域並の値となっている。

本山の照葉樹林が水俣照葉樹林に比べて、特に高い α 値を示さなかったのは、田川(1977)の指摘するように、種多様性は極相よりもむしろ、亜極相において最高になり、その後やや下降して極相に至る現象によるものと考えられる。

(5) 地上部現存量

本域は、九州山地国定公園並びに市房山県立公園の地域内にあるため、伐採等の破壊的調査が禁止されているため、水俣照葉樹林において得られた相対成長関係を用いて胸高直径分布に基づき、地上部現存量の推定を試みた(Nagano & Kira, 1978)。

計算は次式により行なった。

$$w_s = 0.0192 (D_{0.1}^2 H)^{1.028} \quad [\text{kg, cm}^2 \text{ m}]$$

$$w_B = 0.0170 \left(\frac{1}{D_{0.1}} - 0.0129 \right)^{-2.21} \quad [\text{kg, cm}^2]$$

$$w_L = \left(\frac{1}{D_{0.1}} - 0.00897 \right)^{-1.55} \quad [\text{kg, cm}^2]$$

ここで、 w_s は幹現存量、 w_B は枝現存量、 w_L は葉重、 $D_{0.1}$ は樹高(H)の $\frac{1}{10}$ に相当する部位の幹直

表6 地上部現存量の比較

場 所	地上部現存量(t ha ⁻¹)	標準偏差(t ha ⁻¹)
市房山照葉樹林		
第1群	385.4	198.4
第2群	422.9	231.1
第3群	621.4	122.9
水俣照葉樹林 ¹⁾		
永久方形区1	343.1	—
永久方形区2	379.1	—
永久方形区3	354.3	—
都城学術参考林 ²⁾	362.0	—
大隅半島照葉樹林 ³⁾	308.1	—
春日山照葉樹林 ⁴⁾	225.0	—
秋吉台照葉樹林 ⁵⁾	268.9	—
西表島照葉樹林 ⁶⁾	302.8	—

¹⁾Nagano & Kira(1978) ²⁾Kira & Shidei(1969) ³⁾手塚・楠元(1960) ⁴⁾野村・佐藤(1963) ⁵⁾Miyata & Shiomi(1965) ⁶⁾宮田・小谷(1963)

径を表わす。なお、本調査では $D_{0.1}$ の測定は行なっていないので、 $D_{1.3}$ (地上1.3mの胸高直径) を用いた。また $(w_s + w_b + w_l)$ を地上部現存量の合計値 (w_r) とした。表6は、先に明らかにされた3つの植分群における単位面積当たりの現存量の平均並びに標準偏差を示したものである。なお、参考に他地域のいくつかの照葉樹林において報告されている地上部現存量もあげておく。

標準偏差値に見られるように、現存量は方形区によりかなり大きな変動を示すが、ツガ優占植分の第3群は別として、その平均値は、これまで照葉樹林で報告されているどの値よりも大きい。このことは、本山の照葉樹林が十分に成熟した植分状態にあることを物語っている。なお、ツガ林の現存量として、 $650t\ ha^{-1}$ 前後との報告もあるので、第3群のツガ優占植分の現存量は、平均的なレベルにあるものと推定される(依田, 1965; Yoda, 1968)。

お わ り に

最後に、市房山原生照葉樹林の植物生態学的意義について触れておきたい。九州は、わが国における暖帯照葉樹林の分布の中心となる地域とされてきたが、近年開発に伴う伐採により、次々と姿を消し、面積的に多少なりともまとまった植分を見出すのが、極めて困難な状況になりつつある。本山の照葉樹林は、鹿児島県始良郡吉松町栗野岳のタブ林とともに、九州では最も内陸部に分布するものであり、しかもこれまで指摘してきたように、最も成熟した極相すなわち原生林の特性を具えた、植生学的にも植物地理分布学的にも貴重なものである。

また、シイ、カシ帯からモミ、ツガ帯を経て、プナ帯に至る典型的な森林垂直帯の観察できる地域が皆無に近い現状になりつつあることを考えたとき、本山照葉樹林の持つ植物生態学的ないしは自然教育的意義は、極めて大きいと言わねばならない。

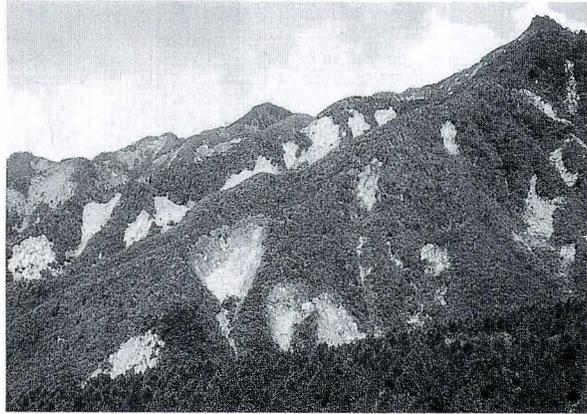


図13 市房山北斜面（宮崎県側）の崩落地

本山は主として花崗岩からなり、その風化土壌であるマサ土は大雨時には崩壊を起し易い性質があるにもかかわらず、本山の宮崎県側では昭和40年代の後半から皆伐が始まり、小さな崩壊が大きな崩壊や地滑りを誘発する形で被害が進行した。そして、昭和57年7月の豪雨によって大規模な地滑りが発生し、被害面積は127haに及んだ(図13)。そのため、緑被を失った様子が人工衛星からの写真でも明瞭に認められるなど、環境保全に関する事例として大きな社会問題となったことは、まだ記憶に新しい。

熊本県側でも約4haの地滑りが発生したが、古くから信仰の対象として保存されてきた自然林の部分では、殆ど地滑りが発生していない。この事実は、原始的な自然の防災的環境保全機能の大きさを如実に示している。宮崎県は、砂防ダムの建設や崩壊によって生じた裸地の緑化などの治山工事に22億4千4百万円もの巨費をつぎ込んでいるが、本山のような地質のところでは、一旦地滑りが起これば、速やかな緑の復元は極めて困難である。また、この事例は、自然条件を無視した開発が金銭的にも極めて高くつくことを示している。もって他山の石とすべきであろう。

近年、遺伝子工学の目覚ましい発展に伴い、野生植物の存在が無数の可能性を秘めた遺伝子の貯蔵庫（ジーン・プールまたはジーン・バンク）として注目され始めている。野生植物の多くは、単独では生育や種の存続が不可能であり、多数の種によって構成された生態系の中においてのみ、それが可能である。その意味で、市房山に残された原始的な自然は、まさに植物遺伝子の宝庫であり、このような貴重な宝庫を守るためにも、細心の注意を払って森林の保全に努めることが肝要であろう。

参 考 文 献

- 1) Austin, M. P. 1987. Models for the analysis of species's response to environmental gradients. *Vegetatio* **69**: 35-45.
- 2) Fisher, R. A., Corbet, A. S. and Williams, C. B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, **12**: 42-58.
- 3) 藤原一絵 1981. 日本の常緑広葉樹林の群落体系 I. 横浜国大環境科学研究センター紀要 **7**: 67-133.

- 4) Gauch, H. G. and Whittaker, R. H. 1972. Comparison of ordination techniques. *Ecology* **54**: 868-875.
- 5) Glenn-Lewin, D. C. 1977. Species diversity in North American temperate forests. *Vegetatio* **33**: 153-162.
- 6) Iehara, T., Miyata, I. and Sugimura, Y. 1983. Vegetation structure of natural forests dominated by *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* in Izumo Area, San-in Region I. Stand and species ordination by means of principal component analysis. *Jap. J. Ecol.*, **33**: 109-119.
- 7) 今江正知 1969. 人吉, 球磨, 五木, 五家荘地区の植物について. 熊本県人吉, 球磨, 五木, 五家荘地区自然公園候補地学術調査報告. 66頁. 熊本県.
- 8) Itow, S. 1984. Species diversity of Fagaceae-absent evergreen broadleaf forests on three NW-Kyushu satellite islands. *Jap. J. Ecol.*, **34**: 225-228.
- 9) Kira, T. and Shidei, T. 1969. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of Western Pacific. *Jap. J. Ecol.*, **17**: 70-87.
- 10) Kobayasi, S. 1987. Heterogeneity ratio: a measure of beta-diversity and its use in community classification. *Ecol. Res.* **2**: 101-111.
- 11) 熊本記念植物採集会 1969. 熊本県植物誌. 436頁. 長崎書店(熊本).
- 12) 熊本県 1978. 第2回自然環境保全基礎調査 特定植物群落調査報告. 262頁. 熊本県.
- 13) 熊本県 1979. 第2回自然環境保全基礎調査 植生調査報告書. 250頁. 熊本県.
- 14) 前原勘次郎 1931. 南肥植物誌. 86頁. (個人出版)
- 15) 宮田逸夫・小谷信矢 1963. 八重山群島・西表島の植生. 九州大学海外学術調査委員会学術報告書. **1**: 23-42.
- 16) Miyata, I. and Shiomi, T. 1965. Ecological studies on the vegetation of Akiyoshi-dai limestone plateau. (1) Structure of the forest community of "Chojaga-mori". *Jap. J. Ecol.*, **15**: 29-34.
- 17) 宮田逸夫・家原敏郎・杵村喜則 1983. 植物群落モデルにおける主成分分析適用の問題点について. 島根大理学部紀要 **17**: 47-60.
- 18) 宮脇 昭・藤原一絵 1970. 箕面国定公園の植生と植生図. 明治の森箕面国定公園の植生調査報告書. 58頁. 大阪府土木部(大阪).
- 19) 宮脇 昭(編著) 1983. 日本植生誌 九州. 484頁. 至文堂(東京).
- 20) Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, **3**: 65-80.
- 21) Nagano, M. and Kira, T. 1978. Aboveground biomass. In "Biological production in a warm-temperate oak forest of Japan; JIBP synthesis 18" (ed. Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T.), 21-32. Univ. of Tokyo Press (Tokyo).
- 22) 野村 穰・佐藤治雄 1963. 西表島の植生. 大阪市立大学八重山群島学術調査隊報告書 177-196.
- 23) 奥山春季 1967. 植物採集覚書(その29) 九州地方(其三). 植物研究雑誌. **42**: 216-218.
- 24) 奥山春季 1974. 日本植物ハンドブック. 209-210. 八坂書房(東京).
- 25) Omura, M., Miyata, I. and Hosokawa, T. 1969. Forest vegetation of Minamata special research area of IBP. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, **5**: 77-94.
- 26) Omura, M., Miyata, I. and Hosokawa, T. 1978. Vegetation types and association analysis. In "Biological production in a warm-temperate oak forest of Japan; JIBP synthesis 18" (ed. Kira, T., Ono, Y. and Hosokawa, T.), 8-21. Univ. of Tokyo Press (Tokyo).

- 27) 大沢雅彦・鈴木三男・渡辺隆一・入倉清次・阿部葉子 1971, 富士山における垂直分布帯の形成過程, 371-421. 富士山総合調査報告書, 富士急行株式会社(東京).
- 28) 柴田秀賢 1967, 日本岩石誌II, 343頁, 朝倉書店(東京).
- 29) Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**: 688.
- 30) 鈴木時夫・蜂屋欣二 1951, 伊豆半島の森林植生, 東大演報, **39**: 145-169.
- 31) 鈴木時夫・真柴茂彦 1959, 一地域の帯状森林植生の組成区分—市房山の森林植生, 大分大紀要(自然) (8): 19-50.
- 32) 鈴木時夫 1962, イチイガシを中心としてみた森林立地, 森林立地 **2**: 1-6.
- 33) 鈴木時夫・須股博信 1964, 大分県天然記念物御岳原生林の研究, 大分大紀要(自然) **2**: 82-95.
- 34) 鈴木時夫 1969, 霧島山の植物社会概観, 霧島山総合調査報告書, 145-175, 宮崎県.
- 35) Tagawa, H. 1964. A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, Southwest Japan I. Dynamics of vegetation. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, **3**: 165-228.
- 36) 田川日出夫 1977, 鹿児島県栗野岳のタブ林についての一考察, えびの高原野外生物実験室研究業績 **2**: 31-37.
- 37) 手塚泰彦・楠元 司 1960, 大隅半島南部の二次林について, 資源科学研究所彙報 **52-53**: 48-56.
- 38) Whittaker, R. H. and Niering, W. A. 1965. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope. *Ecology* **46**: 429-452.
- 39) 依田恭二 1962, 東ネパールの森林植生の予備調査 I, 調査方法および基礎資料, 千葉大文理紀要 東ネパール特集号, 45-73.
- 40) Yoda, K. 1968. A preliminary survey of the forest vegetation of eastern Nepal III. Plant biomass in the sample plots chosen from different vegetation zones. *J. Coll. Arts and Sci., Chiba Univ., Nat. Sci.*, **5**: 277-302.