



Title	複層林に関する研究：1. 上層の林分構造と下層木の成長について(演習林)
Author(s)	平田, 永二; 山盛, 直; 安里, 練雄; 新里, 孝和; 仲地, 本吉
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(42): 147-155
Issue Date	1995-12-01
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/3756">http://hdl.handle.net/20.500.12000/3756</a>
Rights	

## 複層林に関する研究

### 1. 上層の林分構造と下層木の成長について

平田永二\*・山盛 直\*・安里練雄\*\*・新里孝和\*・仲地本吉\*\*\*

HIRATA Eiji, YAMAMORI Naoshi, ASATO Isao, SHINZATO Takakazu and NAKACHI Motoyoshi : A Study on Multiple Storied Forests 1 . Stand structure of an upper storey and growth of lower-storey trees

キーワード：複層林，林分構造，下層木の成長

**Key words** : multiple storied forest, structure of upper-storey, growth of under-storey trees

### Summary

The stand structure of an upper storey and the growth rate of lower-storey trees were investigated in the multiple storied forest with the mixed stand of *Pinus luchuensis* and broad leaved trees as the upper-storey trees and *Distylium rasemosum* and *Fagus japonica* as the lower-storey trees.

- 1) Number of trees per hectare is controlled on the condition of about 19% of a relative spacing, which is slightly greater than the standard recommended as a guideline for working of multiple storied forests in Okinawa prefecture.
- 2) Mixture rates of broad leaved trees are found within a range of 8~89%, depending on a stand, with an increased rate for a younger stand.
- 3) Broad leaved trees form a lower storey, which is about 90% of the height of *Pinus luchuensis*, and give a significant effect on the light condition of an environment within the forest.
- 4) Crown densities are in a range of 14~54% and show high correlations with number of trees per hectare and relative spacing.
- 5) Mean annual increments of the height of a lower-storey forest are in a range of 6.9~28.7cm with an average of 20.1cm for *Distylium rasemosum* and in a range of 10.3~13.6cm with an average of 11.6cm for *Fagus japonica*, showing a superiority on *Distylium rasemosum*.

---

\* 琉球大学農学部附属演習林

\*\* 琉球大学農学部生物生産学科

\*\*\* 沖縄県農林水産部みどり推進課

## はじめに

近年、森林・林業に対する国民の要請は、林産物の供給はもとより、水資源のかん養、国土の保全、保健休養の場の提供などますます多様化、高度化し、森林の多面的な機能の高度発揮と、多様な木材需要に対応した森林整備が求められている。そのため、「森林資源に関する基本計画」やその具体的実行を担う「全国森林計画」、「地域森林計画」等のなかで、天然林の保護育成と共に、人工林にあっては皆伐新植による単層林ばかりでなく、複層林の造成についても積極的に取り組むようになってきている。一般的に、複層林は林地を一時的にも裸地化することなく、多様な径級の木材を恒続的に生産し得るもので、国土の保全や水源かん養等の公益的機能と、木材生産等の経済的機能をバランスよく発揮できることに重要な意義がある。

沖縄では、昭和63年度から森林総合整備事業の一環として複層林整備事業が試行的に実施されるようになったが、平成2年には「複層林施業指針」<sup>7)</sup>が策定されて、急速に事業量が増大し、表1に示すように平成4年度までに300ha余りに達している<sup>8)</sup>。

表1. 沖縄県における複層林整備事業実績

(単位 ha)

市町村	年 度					合 計
	昭63	平元	2	3	4	
国頭村	5.00	20.02	23.60	33.68	30.78	113.08
大宜味村				5.00	1.00	6.00
東村			5.00	5.00		10.00
名護市			16.93	11.30	15.04	43.27
今帰仁村			3.30			3.30
伊平屋村			5.00	4.00	2.00	11.00
西原町				0.50		0.50
与那原町				0.67		0.67
佐敷町			1.00	1.80	2.00	4.80
渡嘉敷村			4.78	3.80	1.54	10.12
座間味村		1.00	3.00	2.67	2.37	9.04
仲里村				2.83	2.58	5.41
平良市			3.69	3.14	4.13	10.96
城辺町			2.02	1.81	0.54	4.37
伊良部町	4.10	1.11				5.21
石垣市	10.00	10.00	8.40	20.00	20.00	68.40
合 計	19.10	32.13	76.72	96.20	81.98	306.13

一方、沖縄県は島嶼環境下にあつて、国土保全や水源かん養等森林の公益的機能を重視しなければならない地域が多い。そのため、複層林は極めて有効な森林施業の方法と考えられるが、この施業法を積極的に推進していくためには、立地環境に適合した林型、下層木の植栽時期(上層の年齢)、受光伐の基準(伐採率)、複層林施業の効果及び収益性など解明しなければならない課題が多い。

今回は、最も実績の多い上層リュウキュウマツ・他広葉樹、下層木イスノキ及びイヌマキの林型の実態調査を行い、上層の林分構造及び下層木の成長について検討した。

なお、本調査は、平成5年沖縄県農林水産部みどり推進課の委託を受けて行われたもので、調査に当たっては演習林技官田場和雄、大城重太郎、宮城繁夫、金城原一郎の諸氏のご協力を得た。記して感謝の意を表する。

### 調査の方法

今回の調査では、国頭村及び名護市における上層リュウキュウマツ・他広葉樹・下層木イスノキ、イヌマキの林分で、下層木植栽後2年以上経過した37林分（下層木がイスノキの林型26箇所、同じくイヌマキの林型11箇所）を対象とし、各林分にそれぞれプロットを設定して調査を行った。

プロットは半径5.64mの円形（100m<sup>2</sup>）とし、プロット内の上層木について胸高直径及び樹高を測定した。胸高直径は直径巻尺を用いて0.1cm単位、樹高は測桿を用いて0.1m単位でそれぞれ計測した。なお、相対幹距を求めるための上層木の平均樹高は、プロット内の樹高の高いものから順に5本を選定し、その平均とした。

下層木の樹高平均成長量は、植栽後の樹高成長量を測定し、これを成長期間で除して求めた。

また、開空率は28mmの広角レンズを用いて、フィルム面が地上1.2mになるように樹冠の撮影を行って、写真上で計測した。樹冠写真はプロットの中心と中心から南北方向に3m離れた地点の3箇所撮影し、これら3箇所の開空率の平均をこのプロットの開空率とした。

上層木の材積は次の材積式<sup>1,9)</sup>で求めた。

$$\text{リュウキュウマツ} \quad V = 0.00969 \quad D^{1.915877} \quad H^{0.745672}$$

$$\text{広葉樹} \quad V = 0.000075 \quad D^{1.96732} \quad H^{0.79377}$$

ここに、V：幹材積（m<sup>3</sup>） D：胸高直径（cm） H：樹高（m）

### 調査地の概況

本調査地は、山地地形の中腹部以上の丘陵地にあつて、標高65～390mの範囲、傾斜20～30度の斜面が多いが、一部山頂緩斜面や中腹急斜面も含まれる。地質は粘板岩、千枚岩、砂岩からなり、したがって、これらの母岩から生成される赤・黄色土が分布する。土壤の堆積様式は山頂で残積土、山腹で歩行土がみられ、一部山麓で崩積土が分布する。出現した土壤型は山腹でY<sub>c</sub>（弱乾性黄色土）が多く、山頂でY<sub>B</sub>（乾性黄色土）がみられる。また、一部山頂緩斜面ではgRY<sub>I-II</sub>（表層グライ化赤・黄色土）が分布する。

下層植生は、通常天然林に分布するアオノクマタケラン、リュウキュウチク、ビシンジュジュネノキ、タカワラビ、シシアクチ、ササクサ、ボチュウジがみられるが、殆どが二次遷移で侵入したヒリュウシダ、コシダ、ススキ、オオアブラガヤ、ホウロクイチゴ、リュウキュウイチゴ、ワラビ、ノボタン、ホラシノブ、シマイズセンリョウ等で占められ、植被率は5～96%で、平均64%と概して高い。また、つる性植物がリュウキュウマツの52%、広葉樹の39%の林木に付着し（両樹種では45%）、その種類はシラタマカズラ、テイカカズラなど12種類に及んでいるが、特にシラタマカズラは全体の90%を占めて圧倒的に多い。巻き付けの高さは3m以下が72%で平均約2mとなっているが、中には9mに達しているのもみられる。

林齢は17～30年（リュウキュウマツの年齢）で、リュウキュウマツ林の現実林分平均材積予想表と比較すると、平均直径及び樹高はやや小さいが、ha当たり本数は逆に多くなり、材積では殆ど類似した数値を示している。いま、各種の林分因子の平均値を示すと表2の通りである。

表2. 各種林分因子の平均値

林分因子	範囲	平均	推定誤差 (%)	変動係数
平均直径 (cm)	5.6~17.2	10.5±0.9	8.6	0.261
平均樹高 (m)	5.1~10.8	7.5±0.5	6.7	0.205
本数 (本/ha)	1,300~8,400	3,389.2±528.7	15.6	0.470
断面積 (m <sup>2</sup> /ha)	12.6~58.2	29.8±3.4	11.4	0.346
材積 (m <sup>3</sup> /ha)	46.7~343.3	146.2±23.2	15.9	0.478

## 結果及び考察

## 1. ha 当たり立木本数

上層木の平均樹高と ha 当たり本数との関係を示すと図1のようになる。これより、上層木の ha 当たり本数は、相対幹距 (Sr) がおよそ13~24%の間にあつて、平均的には約19%位で本数の管理がなされているといえる。また、上層木の ha 当たり本数は保残基準本数と比較すると、殆どの林分でその本数を上まわっている。これは、広葉樹がかなりの本数を占めているため、リュウキュウマツだけで見ると、図2に示すように基準本数に満たない林分が大半である。すなわち、基準本数に沿って受光伐を行うためにはある程度広葉樹の混交が必要である。しかし、この基準は上層がリュウキュウマツ単純林の場合であつて、広葉樹との混交の場合には、混交の状態によって林内照度にかなり影響があることから、やはり別の保残基準を検討すべきであろう。

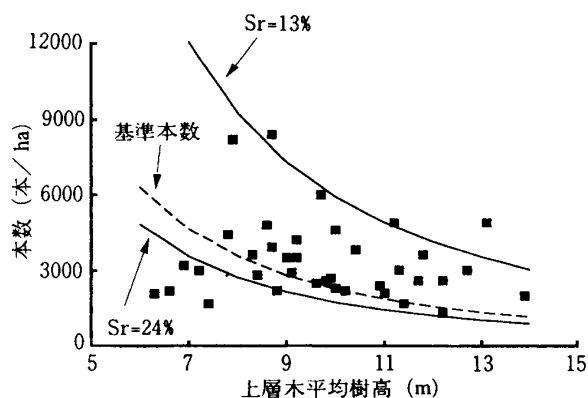


図1. 上層木平均樹高と ha 当たり立木本数との関係

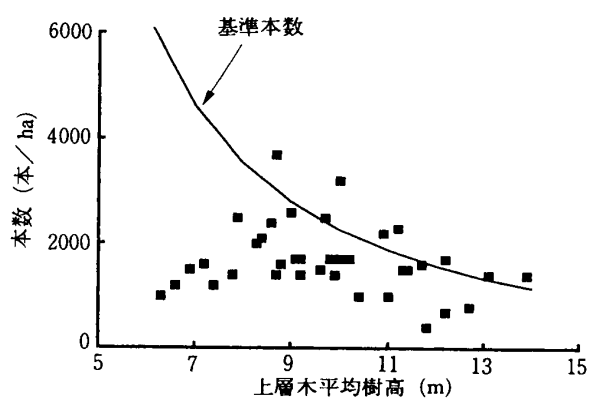


図2. 上層木平均樹高とリュウキュウマツの立木本数との関係

## 2. 樹種構成

広葉樹の混交割合は本数で8~89%, 断面積で1~15%, 材積で3~60%の範囲を示し、平均ではそれぞれ46%, 8%, 33%となっている。いま、本数割合について、平均直径との関係を示すと、図3のようになり、平均直径が小さくなるほど広葉樹の占める本数割合は高くなる傾向がみられる。すなわち、若い林分ほど広葉樹の占める割合が大きいといえる。

次に、広葉樹の樹種構成についてみると、表3のようになる。この表から、出現する樹種は33種に及んでいるが、イタジイ、イジュ及びタブノキが多く、これら3樹種で全本数の約57%, 全材積の約70%を占めていることがわかる。

表3. 広葉樹の樹種構成

樹種	構成割合 (%)			樹種	構成割合 (%)		
	本数	断面積	材積		本数	断面積	材積
イタジイ	22.27	31.47	32.60	クロバイ	0.79	0.59	0.58
イジュ	22.12	23.34	24.49	モッコク	0.63	0.88	0.79
タブノキ	12.16	13.32	13.08	モチノキ	0.63	0.39	0.34
シバニッケイ	8.69	6.53	5.50	ムッチャガラ	0.63	0.21	0.15
エゴノキ	6.48	6.25	6.67	モクマオウ	0.46	0.41	0.49
コバンモチ	5.21	4.96	4.40	ミヤマシロバイ	0.32	0.18	0.14
ヒメユズリハ	3.32	1.83	1.46	リュウキュウモチ	0.32	0.13	0.10
ヒサカキ	3.15	0.83	0.62	ヤンバルアワブキ	0.16	0.54	0.77
トキワガキ	2.05	1.91	2.13	ホルトノキ	0.16	0.23	0.22
ナカハラクロキ	1.90	1.11	0.97	リュウキュウモクセイ	0.16	0.16	0.14
シャリンバイ	1.42	0.62	0.54	ハマセンダン	0.16	0.16	0.17
アデク	1.42	0.44	0.30	ヤブニッケイ	0.16	0.15	0.15
イスノキ	1.11	0.26	0.18	カクレミノ	0.16	0.08	0.06
ヤマモモ	0.95	0.80	0.63	ボロボロノキ	0.16	0.05	0.03
シロミミズ	0.95	0.59	0.70	サザンカ	0.16	0.03	0.02
ハゼノキ	0.79	0.77	0.90	ヤンバルミミズバイ	0.16	0.03	0.01
シロダモ	0.79	0.75	0.67	合計	100.00	100.00	100.00

各種の災害や公益性の面から考えると、リュウキュウマツの単純林は避けるべきであり、できるだけ広葉樹の混生が望ましいと考えられるが、どの程度の混交割合にすれば良いのかは今後の課題である。

### 3. 階層構造

まず、リュウキュウマツと広葉樹の樹高を比較するために、それぞれの平均樹高の比を求めると、0.53~1.06の範囲で平均0.82となる。すなわち、広葉樹はリュウキュウマツよりも低い階層を形成していることを示している。

この樹高比と平均直径との関係を見ると、図4に

示すように、平均直径10cmまでは直径の大きさに伴ってやや上昇するが、それ以降では約0.9でほぼ一定となる。これは、リュウキュウマツ林に広葉樹が侵入し、ある程度経過すると広葉樹とリュウキュウマツの樹高比が0.9と安定した構成状態になることを表している。

次に、リュウキュウマツと広葉樹の樹高分布を比較するために、最高樹高に対する各林木の樹高の比を相対樹高とし、これを10%間隔に区切って、両樹種の構成比を示すと図5のようになる。すなわち、

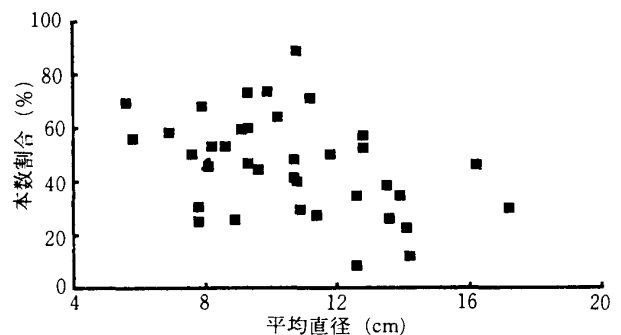


図3. 平均直径と広葉樹の本数割合との関係

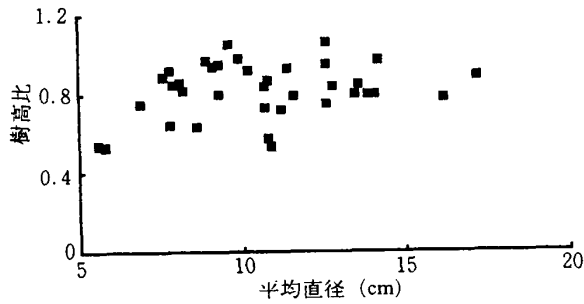


図4. リュウキュウマツと広葉樹の樹高比

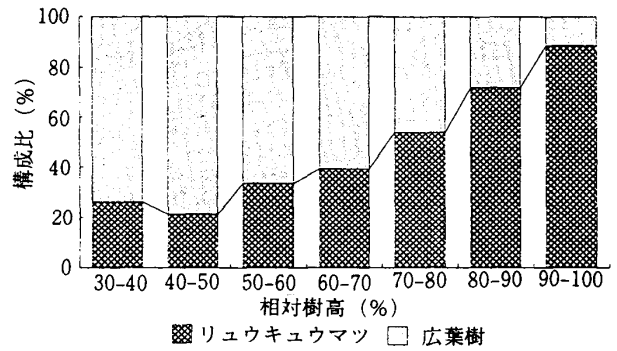


図5. リュウキュウマツと広葉樹の相対樹高の分布

相対樹高が増加するに伴って、リュウキュウマツの構成比は増加するが、広葉樹は逆に減少し、相対樹高80%以上では大部分がリュウキュウマツで構成されることになる。また、図6は両樹種の相対樹高ごとの出現割合を示すもので、例えば、リュウキュウマツは相対樹高90~100%のところに全体数の約20%が出現することを表している。図6からわかるように、リュウキュウマツは相対樹高の増加に伴って、本数割合も増加し、相対樹高50%以上で95%を占める。相対樹高50%以下のリュウキュウマツは劣性木であり、今後、このまま放置すれば、被圧を受けて消滅する可能性がある。一方、広葉樹は相対樹高60~70%に最も多くの本数が集中し、ほぼ正規分布の形となり、相対樹高40~80%の中間層に87%が分布する。すなわち、広葉樹はリュウキュウマツよりも低い空間を占め、林内の光環境に大きな影響を与えているものと考えられる。

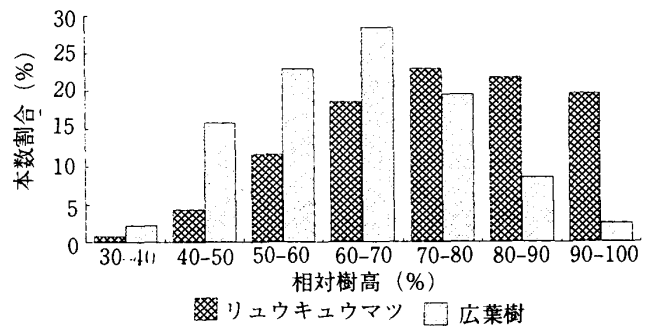


図6. 相対樹高階における樹種の構成

次に、相対樹高を数値の高い順に並べると、図7のように、ゆるやかなS字型曲線となる。いま、N番目の相対樹高をH(N)として、山倉<sup>11)</sup>にならって順位曲線式を求めると、

対称型

$$H(N) = 0.6856 + 0.32878e^{-0.0030N} - 0.00739e^{0.00300N} \quad (\text{平均相対誤差} = 0.00218)$$

非対称型

$H(N) = 0.5957 + 0.40443e^{-0.00216N} - 0.00104e^{0.00441N}$  (平均相対誤差=0.0219) となる。なお、平均相対誤差 (M.R.E.) は次式で計算した値である。

$$M.R.E. = \left[ \sum_{N=1}^{N*} \{H(N)_{obs}/H(N)_{cal} - 1\}^2 N^{*-1} \right]^{1/2}$$

ここに、H(N)<sub>obs</sub> : H(N) の実測値

H(N)<sub>cal</sub> : H(N) の実測値

N\* : 総個体数 (1,254本)

この2つの式はいずれもよく相対樹高の順位曲線に適合し、天然生広葉樹林の事例<sup>2,3,5)</sup>と殆ど一致している。

なお、図7は作図の都合で20位間隔で示してあるが、全体的な曲線の形や樹種の出現傾向は保たれている。この図からわかるように、上層木の樹高は連続的に推移していて、樹種による階層の段差は認め

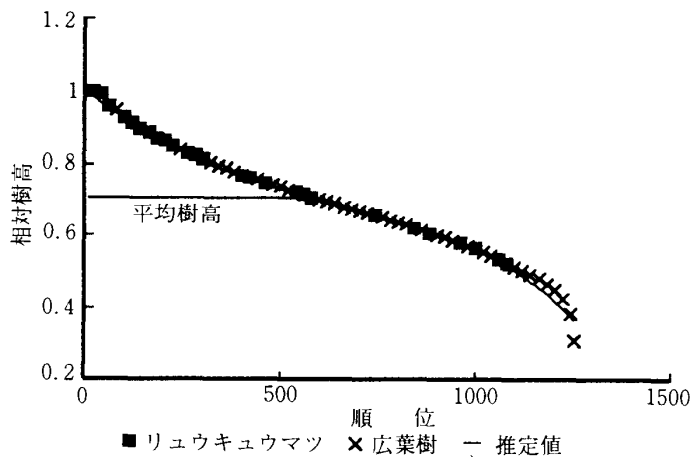


図7. 相対樹高の順位曲線

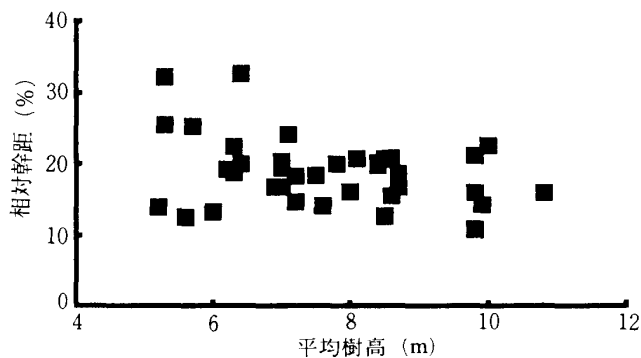


図8. 平均樹高と相対幹距との関係

次に、開空率は14～58%の範囲にあり、平均は30%である。これは、施業指針<sup>7)</sup>の30～40%の値とはほぼ一致している。開空率は光環境を表す1つの指標となるが直接測定することは容易でなく、間接的に推定する方が有利である。いま、ha当たり本数及び相対幹距と開空率との関係を示すと図9及び図10のようになり、これらの関係を用いれば開空率を推定することができる。

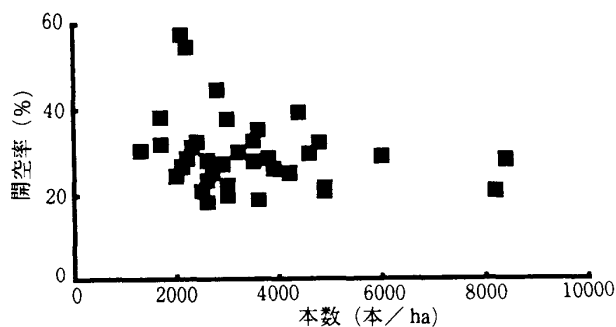


図9. ha当たり立木本数と開空率との関係

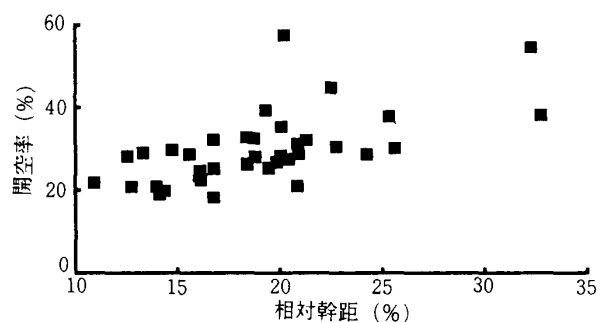


図10. 相対幹距と開空率との関係

### 5. 下層木の成長

本調査地は下層木が植栽されて2～4年経過しているが、植栽後の本数の減少はイスノキ0～47%で平均22%、イヌマキ17～83%で平均50%となっている。この本数減少の原因として、イスノキの場合は

られない。しかし、相対樹高の高い部分はリュウキュウマツが大半を占め、低い部分では広葉樹が多くなる傾向が認められ、平均樹高(相対樹高約70%に相当する)によって区分するとすれば、平均樹高以上ではリュウキュウマツ68%、広葉樹32%、それ以下ではリュウキュウマツ33%、広葉樹67%の構成となる。

### 4. 相対幹距及び開空率

相対幹距を上層木の平均樹高を基準として求め、平均樹高との関係を示すと、図8のようになる。すなわち、相対幹距は平均樹高と殆ど関係なく、およそ一定の値を示している。このことは、上層木の本数が相対幹距によってほぼ一定に管理されていることを意味している。ちなみに、相対幹距は11～33%の範囲を示し、平均は19%となっている。相対幹距をスギ林間伐の基準として使用する場合には、13%を弱度、17%を中庸度、21%を強度とするのが普通であり<sup>6)</sup>、このことから考えると、沖縄における複相林は、中庸度ないし強度の間伐に相当する受光伐がなされているといえる。



活着不良や被圧による枯損が最も大きいと考えられるが、下刈りの際の切断やイノシシの被害も見逃せない。ちなみに、下刈の際に切断された本数はプロットによって最高33%もなり、平均でも6%となっている。また、イノシシ被害については今回は調査できなかったが、その被害は植栽後間もない時期に集中して発生し、これまでの事例<sup>4)</sup>は10%に及ぶこともある。一方、イヌマキの場合は、活着不良、被圧、下刈の際の切断に加え、キオビエダシャクの被害が平均18%に及んでおり、これは、イヌマキを下層木とする場合の課題である。

下層木について、枝葉量、病害虫及びイノシシ被害の有無、樹勢などによって、その健全性を判断した結果、イスノキでは優良58%、普通27%、不良15%となり、リュウキュウマツ・他広葉樹-イスノキの林型が良好なものであることを示しているのに対し、イヌマキの場合は、優良33%、普通35%、不良33%となり、やや不良木が多くなっている。しかし、これは、キオビエダシャクの被害が大きく影響しており、いずれの林分でもキオビエダシャクの幼虫が確認され、最も被害の大きい箇所では100%にも及んでいる。

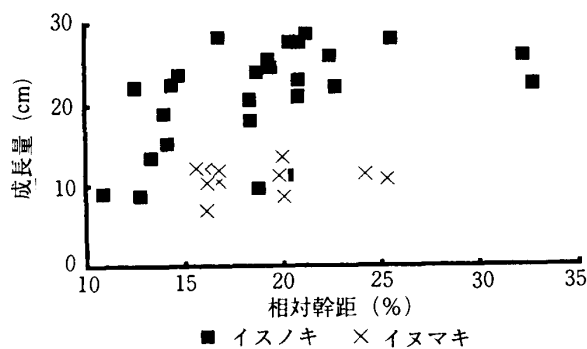


図11. 相対幹距と下層木の樹高平均成長量との関係

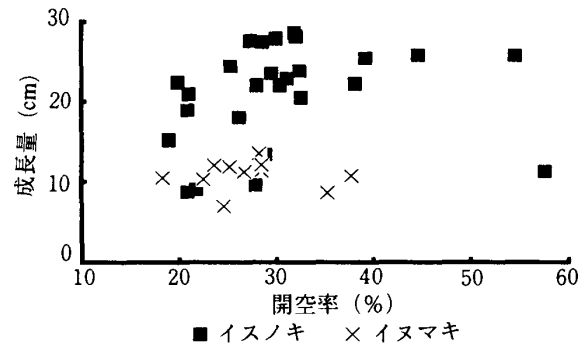


図12. 開空率と下層木の樹高平均成長量との関係

次に、下層木の樹高平均成長量についてみると、イスノキは6.9~28.7cmで、平均20.1cm、イヌマキは10.3~13.6cmで、平均11.6cmとなっている。すなわち、イヌマキはイスノキの約1/2程度しか成長しないことになるが、これは、イヌマキの樹種特性と考え方が妥当であろう。いま、樹高平均成長量と相対幹距及び開空率との関係を見ると、図11及び図12のようになる。これより、イヌマキの成長は相対幹距や開空率とは余り関係なくほぼ一定の値を示しているのに対し、イスノキは相対幹距と開空率の増加に伴って成長量も増加する傾向がみられる。すなわち、イスノキの方が林内照度により敏感に反応する特性をもっていると考えられる。

## 摘 要

上層リュウキュウマツ・他広葉樹、下層木イスノキ、イヌマキの複層林について実態調査を行い、上層の林分構造及び下層木の成長の特性を明確にした。

- 1) 上層木の ha 当たり立木本数は相対幹距約19%で管理されているが、これは、沖縄県の複層林施業指針の基準に比べるとやや多い本数である。
- 2) 広葉樹の混交割合は林分によって8~89%の範囲を示し(平均46%)、若い林分ほどその割合は増加する傾向にある。また、広葉樹の樹種構成をみると、33種の樹種が出現するが、その内イタジイ、イジュ及びビタブノキは目立っており、これら3樹種で全本数の57%を占めている。
- 3) 広葉樹はリュウキュウマツよりも低い階層を形成し、リュウキュウマツのおよそ90%の高さで安定する。また、相対樹高でみると、広葉樹は40~80%に集中的に分布し、林内の光環境に大きく

影響しているものと思われる。相対樹高を高い順に並べた順位曲線は、ゆるやかなS字曲線となり、対称型及び非対称型のいずれの曲線式もよく適合している。

- 4) 開空率は14～58%の値をとり（平均30%）、ha 当たり立木本数及び相対幹距とかなり高い相関を示している。
- 5) 下層木の樹高の平均成長量は、イスノキ6.9～28.7cm, 平均20.1cm, イヌマキ10.3～13.6cm, 平均11.6cmで、イスノキの方が優れている。植栽本数の減少率は平均してイスノキ22%, イヌマキ50%で、その主因は活着不良, 被圧, 下刈の際の切断, イノシシによる被害などであるが、イヌマキの場合は、これらに加えてキオビエダシャクの被害も無視できない。

### 引用文献

1. 安里練雄, 安次富長敬 1975 亜熱帯性有用樹種の立木幹材積表ならびに細り表の調整に関する研究 I - リュウキュウマツ立木幹材積表 - 沖縄県林試研報 18:46~51
2. 平田永二, 安里練雄, 寺園隆一, 生沢 均 1991 天然生常緑広葉樹林の林相改善に関する研究第4報 イスノキ樹下植栽試験地の林分構造 琉大農学報 38:277~288
3. 平田永二, 安里練雄, 寺園隆一, 生沢 均 1991 天然生常緑広葉樹林の林相改善に関する研究第5報 除伐後の林分構造及び樹下植栽イスノキの活着率と成長について 琉大農学報 38:289~296
4. 平田永二, 生沢 均, 寺園隆一 1990 天然生常緑広葉樹林の林相改善に関する研究第1報 イスノキの樹下植栽2年後の活着率と成長について 琉大農学報 37:231~236
5. 小林正吾, 高田和彦 1984 新潟県魚沼地方における広葉樹二次林の林相改良施業に関する研究 (I) - 守門村における旧薪炭林の林分構造と林相改良伐の事例 - 新大演報 17:23~37
6. 西沢正久 1972 森林測定 農林出版 258~261
7. 沖縄県 1990 複層林施業指針 pp9
8. 沖縄県農林水産部 1994 複相林整備事業現況調査報告書 pp41
9. 砂川季昭 1967 沖縄に成育する広葉樹の Bitterlich 法による材積推定ならびに収穫予測に関する研究 琉大農学報 14:1~122
10. 辻本克巳 1963 リュウキュウマツの重量成長量に関する研究 鹿大農学報 13:1~88
11. 山倉拓夫 1981 植物個体重・直径・樹高などの頻度分布に関する研究 大阪市立大学理学部 5~19