

研 究 報 告

No.33

平 成 2 年 度

(1990年)

沖 繩 県 林 業 試 験 場

沖繩県名護市字名護3626番地

〒905 T E L. 0980-52-2091

目 次

松くい虫の枯損動態に関する研究（Ⅱ）	1
一 枯損動態に及ぼす気象要因の解析と被害量の推定一	
	具志堅 允 一
海岸防風・防潮林に関する研究	11
一 黒島仲盛御嶽海岸林について一	
	生 沢 均
	澤 岷 安 喜
リモートセンシングによる赤土流出モニタリング手法の開発（Ⅰ）	21
一 ランドサットTMデータのスペクトル特性の検討一	
	寺 園 隆 一
	生 沢 均
県産材の材質に関する研究（Ⅳ）	33
一 タイワンハンノキ・スギの人工乾燥スケジュールの推定一	
	嘉手苺 幸 男

松くい虫の枯損動態に関する研究（Ⅱ）

——枯損動態に及ぼす気象要因の解析と被害量の推定——

具志堅 允 一

1. はじめに

松くい虫の被害木駆除を計画的かつ効率的に行うためには被害発生の推移および年間の被害量をできるだけ正確に予測する必要がある。

このような観点から筆者は先に定点調査による被害発生动態調査を行い、被害発生の推移がゴンペルツ曲線で近似でき、定期的に観測した値で逐次ゴンペルツ曲線を導くことによって年間の被害量を推定できる可能性があることを指摘したり。今回は昭和56年度から平成2年度までの月別の被害データを用いて本式を含む3飽和曲線式の被害パターンとの適合性について比較検討を行うとともに被害量の増加パターンに及ぼす気象要因の解析を行った。またその結果をもとに年間の被害量の推定方法について検討した。

本調査を行うにあたり、林務課主任豊川善隆氏、八重山支庁主任東江賢治氏、北部林業事務所主任黒島清友氏ならびに南部林業事務所主任比嘉勉氏から資料や情報等の提供をいただいた。厚く感謝申し上げる。

2. 調査方法

解析に用いた調査データは南部林業事務所、北部林業事務所が調査し、農林水産部林務課がとりまとめた昭和56年度から平成2年度までの松くい虫被害月別報告のうち、欠測の多い昭和58年度を除いたものである。

これらのデータは基本的には7月または8月から翌年3月まで、ほぼ毎月20日頃から調査されており、その結果を当該月末の被害量として市町村単位で取りまとめられている。

被害木の発見率は天候、地形、調査員や調査期間などによってかなり異なることが考えられ、また、駆除事業の進行に伴って前月までの未調査木が新たに加わることがある。従って調査精度は必ずしも一定しているとは言い難い。しかしながら調査の方法や調査間隔が毎年ほぼ同様であるため、時系列的な解析は可能と考えられた。そこで代表的な生長曲線式を用いて増加パターンの解析を試みた。

解析に用いた曲線式は修正指数曲線、ロジスチック曲線およびゴンペルツ曲線である。なお時間変数は、いずれの生長曲線も8月のデータを $t=1$ とし、極限値の推定は定差図法によった。

3. 結果と考察

1) 松くい虫被害量の年変動

年間の被害発生量を予測する技術は、被害木駆除を計画的、効率的に行ううえで大きな意義をもつものである。被害量と気象要因、環境条件との関係については一般にマツノマダラカミキリの活動期（5～7月）の温度が高く、かつ活動を妨げると考えられる降雨量、降雨日数などが少ない年ほど多発すると考えられているが、逆の傾向を認めたデータもある²⁾。

本県の松くい虫被害は図-1に示すとおり、ザイセンチュウ病の侵入した昭和47年以前においても年間おおよそ500~1500m程度発生しており、特に1963年には21,000m²の被害が記録³⁾されている。ザイセンチュウ病が発生した昭和48年以降の被害木にも当然ザイセンチュウ以外の原因によるものが含まれていると推察される。したがってザイセンチュウ病の発生パターンを知るためには、これらの量を除外しておく必要があるが、本県におけるザイセンチュウ侵入以前の枯損パターンは明かではない。

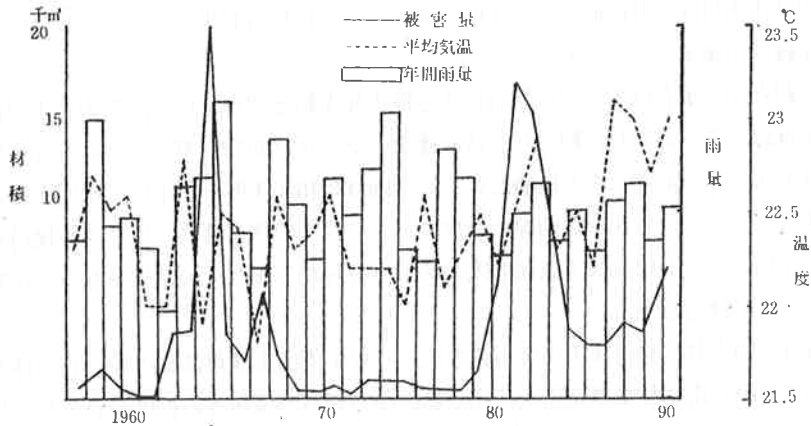


図-1 松くい虫被害量と年間雨量，平均気温の関係

一方、ザイセンチュウ病は、西日本ではほとんど夏から秋にかけて発生し、いわゆる“年越し枯れ”の比率は温暖な地域ほど低いことが明らかにされている。また、恩納村における枯損動態調査¹⁾結果からも“年越し枯れ”の理論的な比率は1%以内に留まっている。これらのことから1月以降の枯れのほとんどは調査もれによるものか、またはザイセンチュウ以外の原因によるものと推察される。しかし巡回調査によってザイセンチュウ病による枯損木と区分することは、現実的には不可能に近く、また、今後も同様の調査が実施されるものと考えられることから、データの補正は当該月よりも、その前月の被害量が多いような、明らかに誤りがある場合についてのみ行った。

ザイセンチュウ病の発生量はザイセンチュウとマツの樹勢とザイセンチュウを保有するマダラカミキリ相互の関係によって決まる。これらは気象条件に大きく左右されると考えられており、槇原⁴⁾は、昭和55年から急激に被害が増加したことについてマダラカミキリの行動と松の抵抗力の面から考察し、カミキリの活動期にあたる5、6月の降水量が少なかったことを原因の一つに挙げている。しかし、年間被害量と4~9月までの月平均気温、降水量との間には表-1~2に示すように有意な関係は認められなかった。また、図-2に示すとおり中南部と北部では被害の増加パターンが逆の傾向を示していることから推察されるように、気象因子だけでは十分な説明は難しい。

そこで前年の被害量を因子に加えて検討を試みた。結果は表-3および図-3に示すとおりであり、前年の被害量が翌年の被害発生量に大きな影響を与えていることが推察される。その理由としては被害量に比例して未処理木が増加するためと考えられる。従って防除効果をより一層高めるための何らかの工夫が必要であろう。

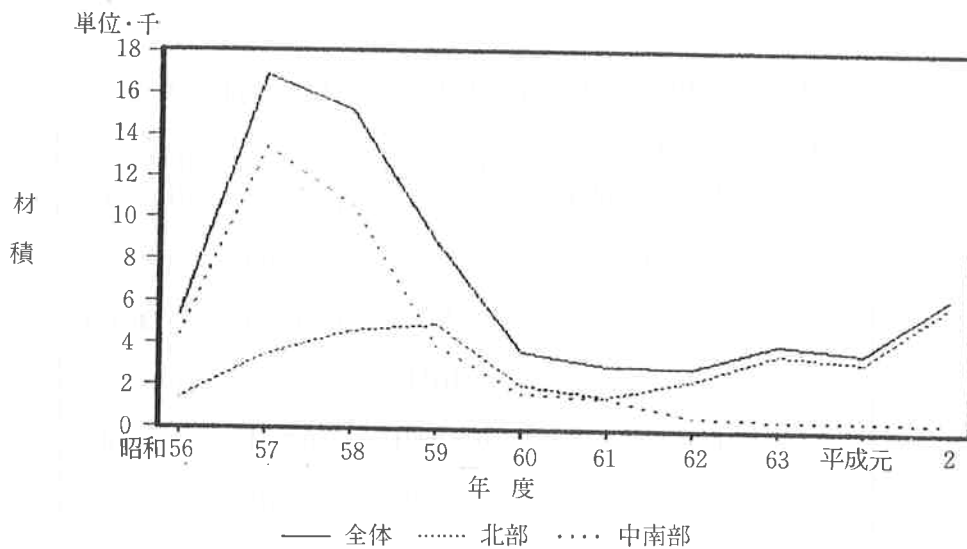


図-2 松くい虫被害量の推移

表-1 説明変数に雨量を用いた場合の重回帰分析

説明変数の数	説明変数(月)	重相関係数	決定係数	自由度調整済み決定係数
6	9, 7, 5, 6, 8, 4	0.787674	0.62043	-0.138709
5	9, 7, 5, 6, 8	0.787623	0.62035	0.145788
4	9, 7, 5, 6	0.761758	0.580276	0.244496
3	9, 7, 5	0.729353	0.531955	0.297933
2	9, 7	0.67844	0.460281	0.306075
1	9	0.572618	0.327891	0.248786

表-2 説明変数に平均気温を用いた場合の重回帰分析

説明変数の数	説明変数(月)	重相関係数	決定係数	自由度調整済み決定係数
6	5, 4, 6, 8, 9, 7	0.452395	0.204661	-1.38602
5	4, 6, 8, 9, 7	0.448092	0.200786	-0.798232
4	4, 6, 8, 9	0.440929	0.194418	-0.450047
3	6, 8, 9	0.402959	0.162376	-0.256436
2	6, 9	0.384031	0.147480	-0.0960975
1	6	0.320301	0.102593	-0.0095287

表-3 説明変数に雨量と前年被害量を用いた場合の重回帰分析

説明変数の数	説明変数(月) V:前年被害量	重相関係数	決定係数	自由度調整済み決定係数
6	9, V, 8, 5, 6, 7	0.889421	0.791070	0.373209
5	9, V, 8, 5, 6	0.882797	0.779330	0.503493
4	* V, 8, 5, 6	0.871819	0.760068	0.568123
3	* V, 8, 6	0.838894	0.703744	0.555616
2	* V, 8	0.787300	0.619841	0.511224
1	V	0.441539	0.194956	-0.20756

* 5%レベルで有意

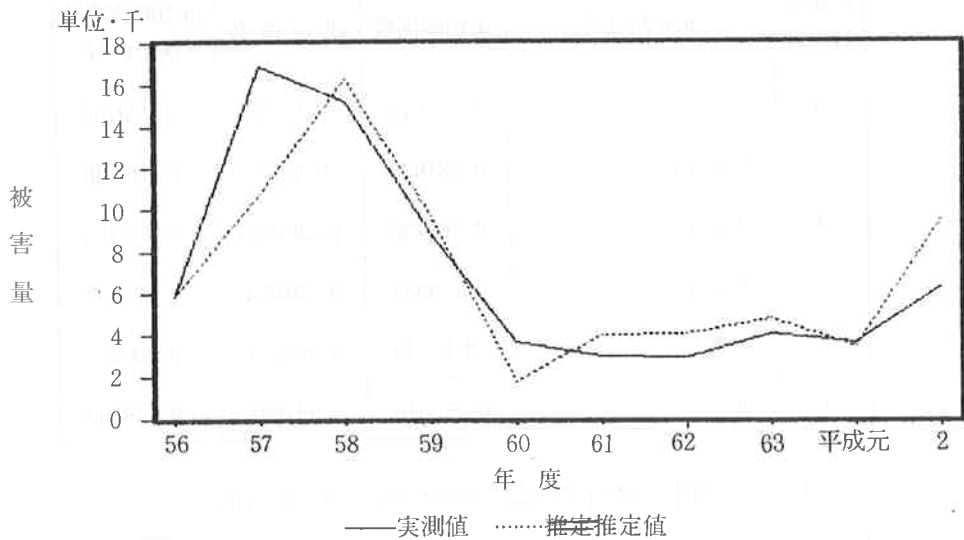


図-3 被害量と前年被害量および雨量の関係

2) 被害量の増加パターンと被害量推定方法の検討

マツノサイセчуウの被害量推定のためには、まず、被害量の増加パターンを把握し、そのうえで増加パターンに及ぼす要因の解析を行うのが妥当と考えられる。

図-4は月別の被害量調査が始まった昭和56年度から平成2年度までの被害率の月別の推移を示したものである。

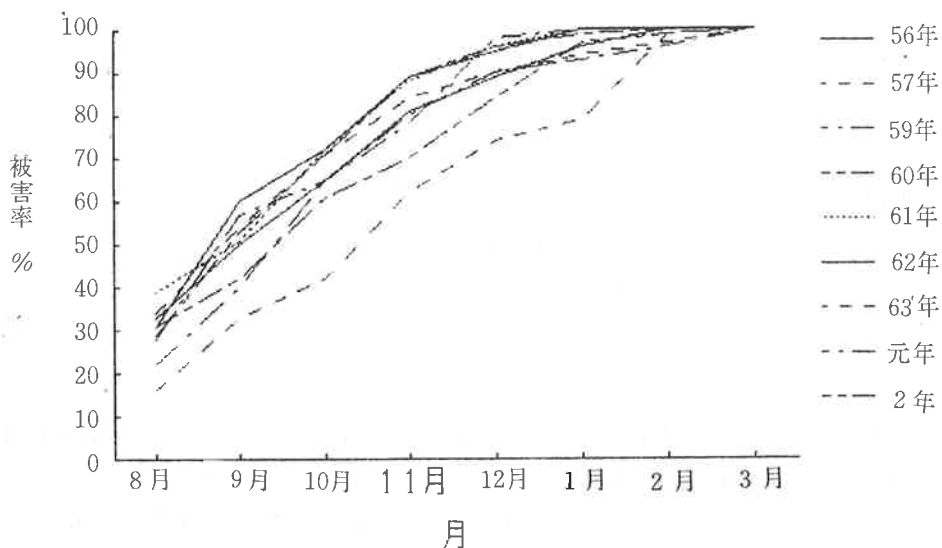


図-4 被害率の月推移

この図から、概括的には、被害率は発生初期でゆるやかであるが時間とともに増加して中期でピークに達し、その後再びゆるやかに移行して飽和点に達するS字型のカーブを描くことが読み取れる。

図-4を年度別にみると、63年度はほぼ直線的な増加を示しているが、これは1月の被害量が急激に増加したためであり、その原因としては10月上旬に雨を伴わない台風が襲来し、その後12月下旬までほとんど降雨がなかったことから、特に沖縄本島北部において塩風害による被害が急増したためと考えられる。これらの被害木からはザイセンチュウは検出されていないが、ザイセンチュウ罹病木と混在しており、現場においてその判別が困難で、駆除の対象とされてきたため、ここでは松くい虫被害木として扱った。なお、その頃に伊平屋、伊是名の両島で激しい潮害が発生している。

一方、平成2年度については、他の年と被害パターンが大きく異なっている。その原因については、全体で大きな割合を占める名護市、本部町、今帰仁村、大宜味村や中部地域で被害量の大半を占める北谷町などの、特に地形が複雑で見通しの悪い地域で調査洩れが生じたことによることが判明している。これら見落とし木は松くい虫被害の増加パターンに大きな影響を与えているが、その枯損時期を推定する根拠は十分ではない。また、このような見落としは他の年度でも程度の差こそあれ発生していると考えられる。したがってここではデータの補正は行っていない。

これら昭和58年度を除く昭和56年度から平成2年度までのデータに修正指数曲線、ロジスティック曲線およびゴンペルツ曲線の3発育モデルを当てはめて、増加の様相を最もよく把握できるモデルを検索した。

これらの曲線はそれぞれ表-4の式で示され、生物の増加および発育モデルとして広く利用されてきたものである^{5, 6)}。各モデルともサイズは時間 t の関数で表現され $t \rightarrow \infty$ のとき被害量は極限値を示す。

表-4 成長曲線モデル

モデル	式 $Y_t =$	変曲点
修正指数曲線	$K(1 - e^{-bt})$	-
ロジスチック	$K / (1 + e^{a-bt})$	$k/2$
ゴンペルツ	$K \exp(-a e^{-bt})$	$K e^{-a}$

この成長曲線のパラメーター k は被害量の極限值である。 b はタイムスケールで極限值に対する増加速度の関数であり、 b は $t = 0$ 時点での Y_t によって決まる係数で増加速度に関するパラメーターである。従ってこれらのモデルを用いる場合には時間関数である t を統一する必要がある。ここでは8月を $t = 1$ とした。なお、これらのパラメーターから推定される変曲点は被害発生初期における指数的増加と後期の漸近的増加の移行点であって曲線の勾配の最も大きな点、すすわち増加速度が最大の時である。

結果は図-5 および図-6 に示すとおりである。63年、平成2年度の原データについてはいずれのモデルもよく適合しているとは言い難いが、その他のデータについてはゴンペルツ式が最も良く適合した。

松くい虫の年間被害量は予算措置を行ううえで9月末頃までには予測しておく必要がある。そこで、ゴンペルツ式を用いて8月末のデータから年間の被害量を予測することが可能かどうか検討した。本式は前述のように k 、 a 、 b の3パラメーターによって決ってくるが、ここに $k = 100$ と固定した場合、すなわち3月末の被害量を極限值をみなした場合、各月の被害率の推定量は a 、 b の値によって決まり、これらのパラメーターを事前に推定することができれば、ある月の被害量から年間の被害量を推定することが可能であると考えられる。

そこで各パラメーターと気象因子との関係を検討した。

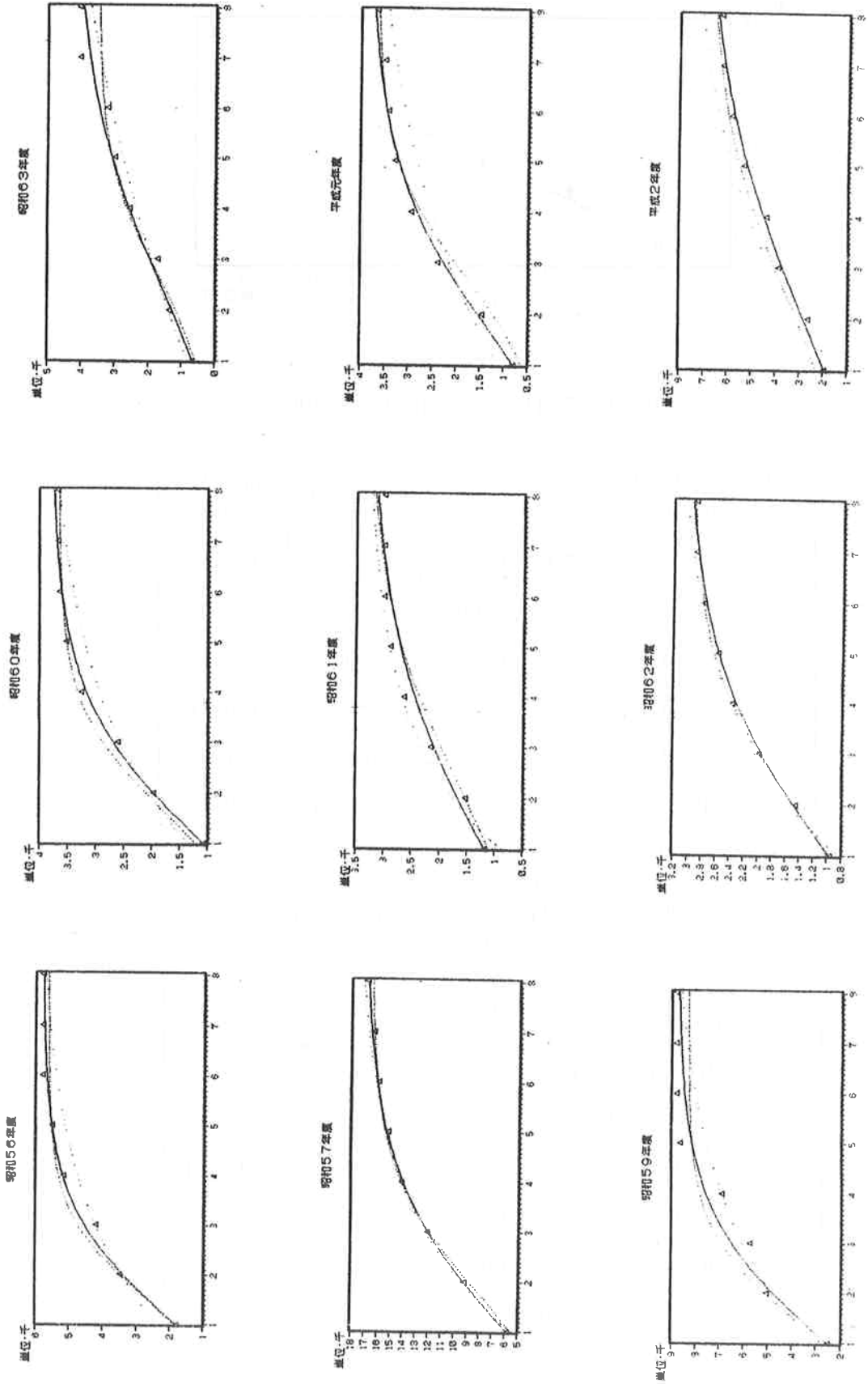
結果は図-7~8 および表-5~6 に示すとおりであり、気温と降水量に相関がみとめられた。これらの関係を用いてパラメーター a 、 b の推定値はそれぞれつぎの重回帰式によって求めることができる。

$$a = 0.00315 \times MR + 0.37428 \times JUT + 0.00928 \times JLR + 0.00148 \times AR - 9.6034 \quad (R = 0.973)$$

$$b = 0.00422 \times JLR + 0.10853 \times JLT + 0.00051 \times AR - 3.0557 \quad (R = 0.980)$$

ただし MR 、 JUT 、 JLR 、 AR はそれぞれ沖縄気象台における5月の雨量、6月の平均気温、7月の雨量、7月の平均気温、8月の雨量である。

上式から被害の増加速度を示すパラメーター b は、7月の温度が高く、かつ7、8月の雨量が多いほど大きくなると考えられる。また、被害発生初期(8月)の被害率を示すパラメーター a は5、7、8月の雨量が多いほど、6月の平均気温が高いほど大きくなると考えられる。



図一五 被害量の推移と成長曲線の適合性

—— ゴンペレット ロジスチック 修正指数

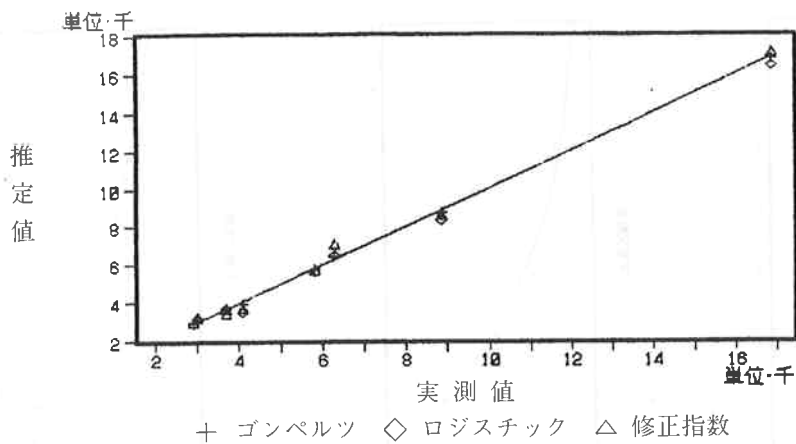


図-6 年間被害量の推定値と実測値の関係

表-5 説明変数に気象因子を用いた場合の重回帰分析
(パラメーターa)

説明変数の数	説明変数(月) R:雨量, T:平均気温	重相関係数	決定係数	自由度調整済み決定係数
6	9R,6R,5R,8R,7R,6T	0.976716	0.953974	0.815897
5	9R, [*] 5R,8R, [*] 7R, [*] 6T	0.975975	0.952528	0.873407
4	^{**} 5R, [*] 8R, ^{**} 7R, [*] 6T	0.973008	0.946744	0.893488
3	[*] 5R, [*] 7R,6T	0.903178	0.815731	0.705176
2	[*] 5R, [*] 7R,	0.798301	0.637285	0.516379
1	5R	0.506429	0.256471	0.150252

* 5%レベルで有意

** 1%レベルで有意

表-6 説明変数に気象因子を用いた場合の重回帰分析
(パラメーターb)

説明変数の数	説明変数(月) R:雨量, T:平均気温	重相関係数	決定係数	自由度調整済み決定係数
5	7R,8R,7T,5R,5T	0.980636	0.961647	0.897725
4	^{**} 7R,8R,7T,5R	0.980063	0.960523	0.921045
3	^{**} 7R, [*] 8R,7T	0.979427	0.959278	0.934844
2	^{**} 7R, [*] 8R	0.965137	0.931489	0.908652
1	^{**} 7R	0.922607	0.851203	0.829947

* 5%レベルで有意

** 1%レベルで有意

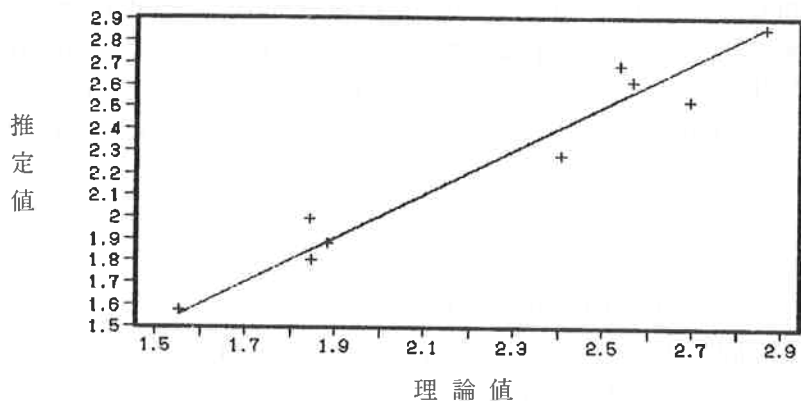


図-7 パラメーター a の理論値と推定値の関係

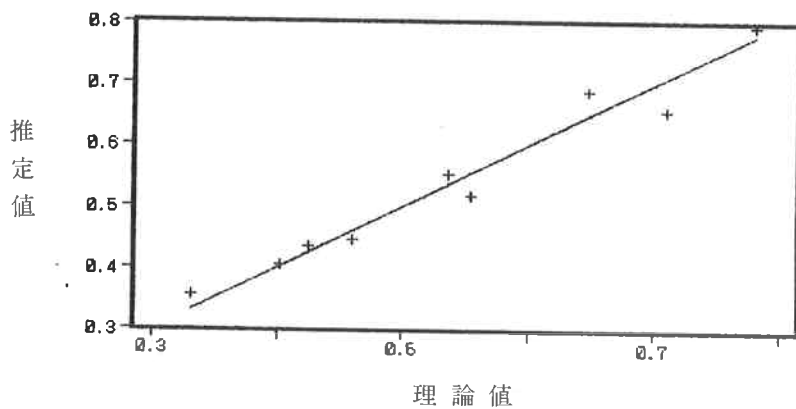


図-8 パラメーター b の理論値と推定値の関係

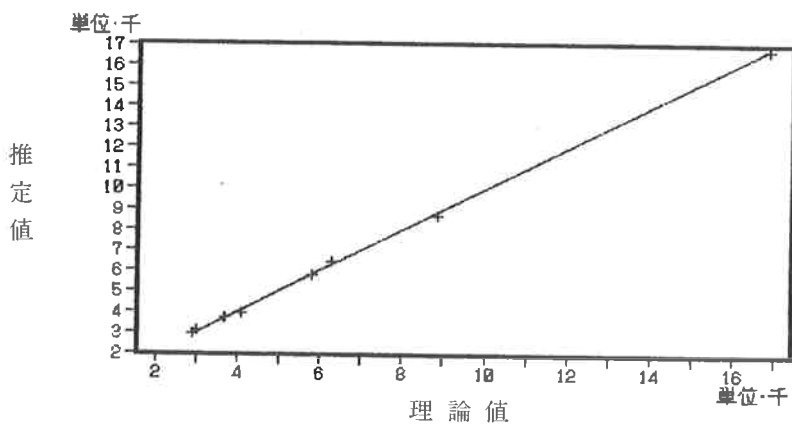


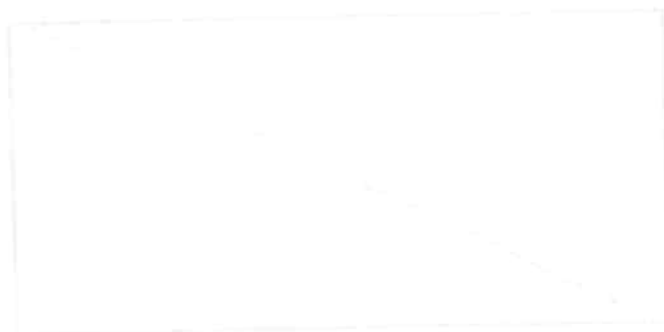
図-9 被害量の推定値と実測値の関係

これらの結果を用いて8月末の被害量から推定した年間被害量と被害実績の関係は図-9に示すとおり高い相関が認められ、本式によって年間被害量を予測することが可能と考えられる。

以上、枯損動態におよぼす気象要因と被害量の推定について検討を行ったが、限られた予算の制約の中で防除効率を高めていくためには、さらに的確な被害量の推定方法が求められようが、そのためには、調査洩れが生じないよう調査の方法を改善しつつデータを積み重ね、逐次検討を加えていく必要があろう。

引用文献

- (1) 具志堅允一：沖縄県林試研報，26，41～46，1983
- (2) 林野庁：松の枯損防止新技術に関する総合研究，84～86，1984
- (3) 琉球林業協会：沖縄県の林業史 121，1972
- (4) 槇原寛：沖縄県松くい虫調査報告書，20，1983
- (5) 猪貴義・後藤信男 他：動物の成長と発育34～43，朝倉書店1987
- (6) 山岸宏：成長の生物学，講談社71～80 1977



海岸防風・防潮林に関する研究

—黒島仲盛御嶽海岸林について—

生 沢 均
澤 岷 安 喜*)

1. はじめに

沖縄県は、多くの島しょにより構成され、海岸の総延長は1,411kmとなっている。この地域は、早春には亜熱帯低気圧が発生通過し、夏秋季には台風が常襲し、また冬季には北東ないし北西の季節風が卓越するため周年潮風害が発生しやすい環境下にある。このため、海岸防風・防潮林の重要性は古来から認識されていた。¹⁾

しかし、本県における戦後の海岸防災林の整備事業は、昭和34年に襲来した台風の甚大な被害から本格的に始まり、¹⁾その結果、昭和63年までに本県の海岸防災林は風害防備保安林812ha、潮害防備保安林3,399haが整備された。本県の海岸防風・防潮林等の海岸防災林は、人工林が68.5%で林帯幅は20m以下の林分が46.4%と多く、これらの人工林のうち大部分がモクマオウの単一樹種で構成されていることで特徴づけられる。また、沖縄本島には50m以上の林帯幅を持つものは極めて少ない。²⁾

近年までの、沖縄県における海岸防災林の研究の推移は、檜山³⁾、井上⁴⁾が指摘した本県の防風林造成についての理想型、すなわちフクギ、テリハボクをモクマオウの単純林である既存林帯へ導入し耐風性広葉樹を混入した択伐林型を目的として行われた。一方、仲間ら^{5, 6, 7)}は、海岸防風林の樹種更改試験および、生長の遅いフクギ、テリハボクについての施肥試験を実施したところ、フクギ、テリハボクのモクマオウ林内での生育は著しく不良であることを報告した。

そこで、本報告では既存の優良な海岸林の立地環境および林分の構成を検討し、今後の海岸防災林植栽樹種の検討および造成にかかる基礎資料を得る目的で実施した。

なお調査の実施に当たっては当時嘉手苺幸男、平田功両研究員の協力を得た、記して感謝申し上げる。

2. 調査地

図-1に、調査位置図を示す。調査は、北緯24° 14' 30"、東経124° 00' 55"の石垣島の南西15kmに位置する黒島仲盛御嶽において行った。黒島はサンゴ石灰岩からなる平坦な島で、最も高いところで17.3mである。この島は、周囲を海岸林で囲まれ、島の内部はほとんどが牧場として利用されている。仲盛御嶽は、伊古集落の海側、伊古集落から宮里集落へ向かう海側へと続く海岸林にある。このような御嶽林は、⁸⁾古来から神聖な場所として崇拝されていることもあって、極めて良好な状態で保存されている。

*) 北部林業事務所

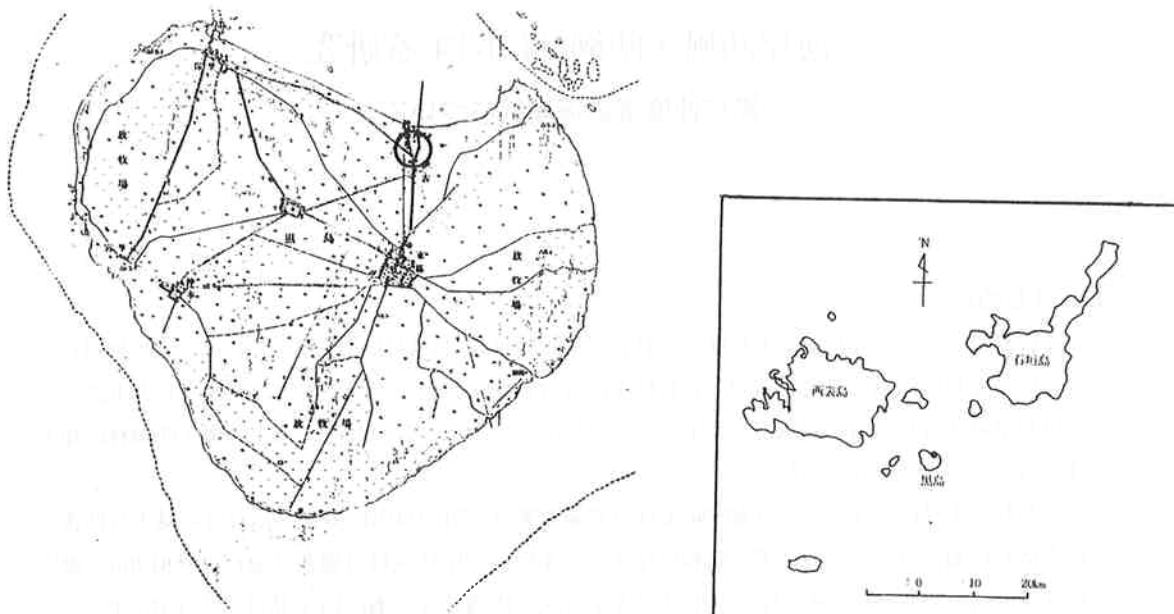


図-1 調査位置図

3. 調査方法

調査は、この御嶽林において植生調査と、3 cm以上の立木についての毎木調査、および土壌調査について行った。

植生調査は海岸線より内陸方向の、2、10、20、30、40、60、100、120、140mを中心とした前後2 mの範囲の箇所で行った。なお、草本層で構成されている箇所においては4×4 m、低木層、あるいは高木層が見られる箇所では4×10mの調査面積で、Braun-Blanquetによる優占度と推定的個体数の組合せにより調査を行った。また、階層構造模式図については幅2×150mで記載を行った。

毎木調査については、胸高直径3 cm以上の立木について直径は2 cm活幹で、樹高は0.1m単位で測定を行った。なお、毎木調査は植生調査と同一カ所で行い、調査区面積は4×10mとした。

土壌調査については、海岸線から10、60、120m地点において断面調査を行った。また、土壌サンプルの分析は、孔隙解析については400cc円筒を採取し加圧板法により分析した。また、砂地塩分量の測定は、100gのサンプルを300ccの水で攪拌し、Mohr法によって塩素量と、電導度について行った。これらの調査は、昭和59年5月におこなった。

また、表層部分の塩分量の水平分布を検討するため、この調査地で、汀線から0、15、30、60、90、120、180mにおいて表層（5、20 cm）の海砂サンプルを採取し、先の方法と同様に塩分量の分析を行った。なお、この調査は平成3年7月に実施した。

4. 結果および考察

図-2に調査地の地形状況を示す。調査地の地形は、汀線から10~20m付近と100m付近に地盤高が3~4 m程度高くなっている箇所と、140m付近に地盤高1.5~2 mの若干低くなっている箇所がみられ、150m付近では4 m程度の地盤高となっている。

図-3に、汀線から150mまでの階層構造模式図を示す。海岸の植生は、汀線付近から始まり30

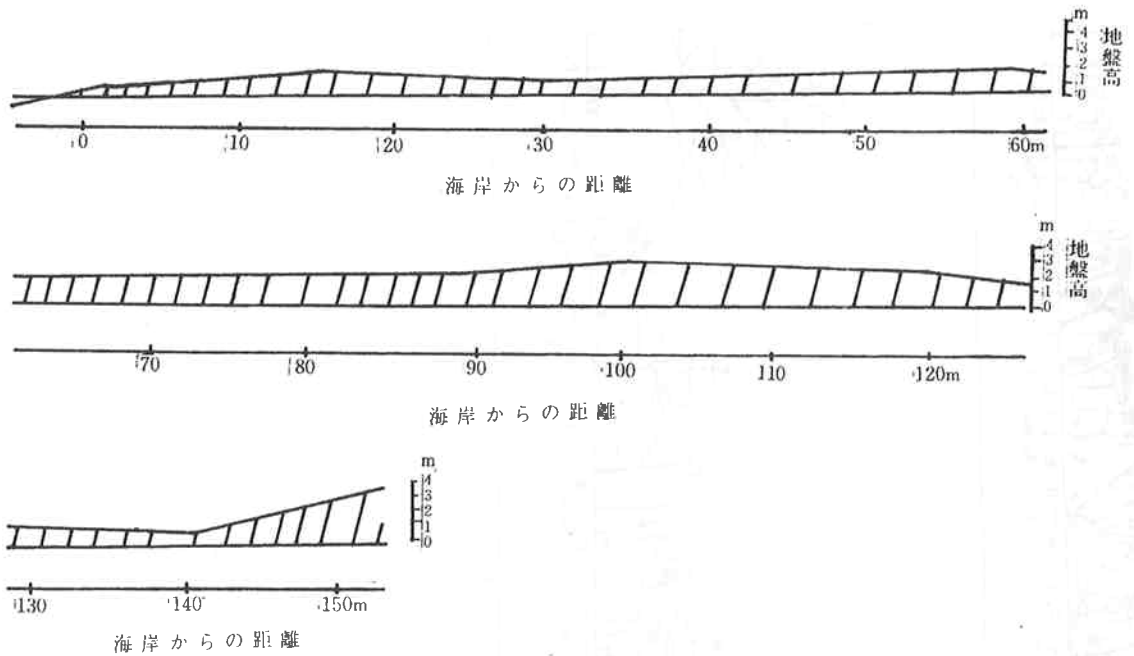


図-2 調査地の縦断地形図

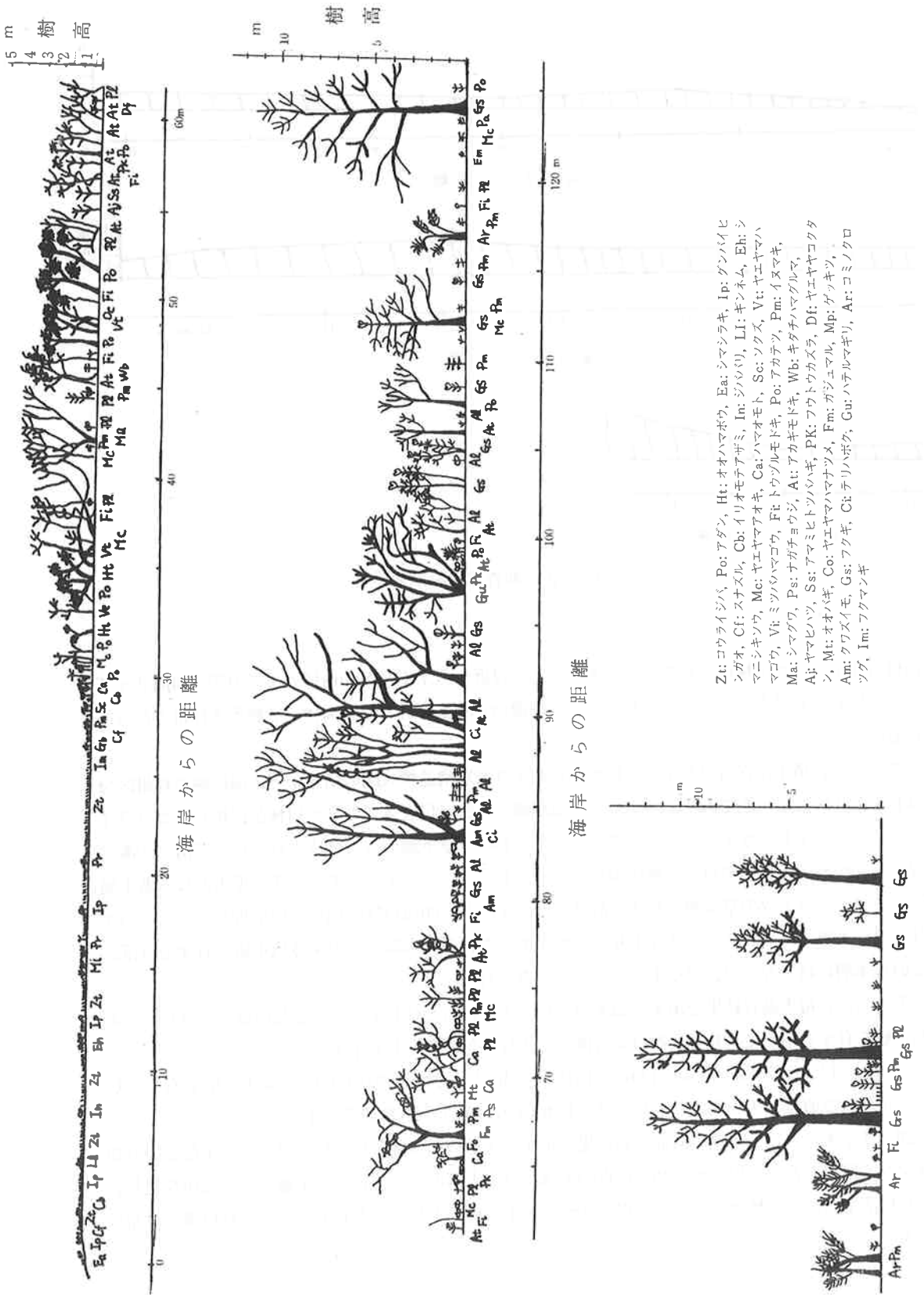
m付近まで草本類で構成されている。また、この付近から木本類が60m付近までの間、樹高3~4mの密集した林帯となっている。そして、海岸線から80m付近では樹高10mを越える林帯となっている。

表-1に、植生調査結果を示す。植生調査および階層構造模式図の結果から、海岸線の林帯区分はおよそ3区分が可能である。つまり、①海岸線から20m付近までの9~14種が出現し、コウライシバ、グンバイヒルガオ、ハマゴウ等が優占しており、草本層のみで構成されている群落。②海岸線から30m~60mまでの14~22種出現し、アカギモドキ、アカテツ、アダン等が優占となる低木層、ゲッキツ、アカテツの草本層を有する群落。③海岸線から80m以降の12~27種出現し、ハスノハギリ、フクギ等の高木層、ハテルマギリ、アカギモドキの亜高木層の優占する低木層を有する群落。この草本層にはアカテツ、フウトウカズラ等がみられる。

表-2に、毎木調査結果を示す。毎木調査は、4×10mとひじょうに小さな面積で実施したため、高木層を有する地点での林分状況は充分推定できないが参考として示す。

立木密度は、海岸線から120~130mでは750本/haと小さく、他は1500~2250本/haとなっている。平均胸高直径、平均樹高については、120mより後方で大きな値を示す。

図-4、表-3に、土壌の断面調査結果を示す。土壌の層位区分については、色および根の分布状況から区分した。海岸線から10m付近の土壌では、土壌の色についてはI層では灰褐色を呈し、それ以下ではぶい橙色で、草本の根は10~12cmまでに主として分布しており、それ以下では希である。



Zt: コウライジバ, Po: アダン, Ht: オオハマボウ, Ea: シマシラキ, Ip: グンバイヒ
 ンガオ, Cf: スナズル, Cb: イリオモテアザミ, In: ジノハワリ, Ll: キンネム, Eh: シ
 マニシキノウ, Mc: キエヤマアオキ, Ca: ハマオモト, Sc: ソクズ, Vt: キエヤマハ
 マゴウ, Vi: ミツハハマゴウ, Ft: トウゾクモトキ, Po: アカテツ, Pm: イヌマキ,
 Ma: シマグウ, Ps: ナガチヨウジ, At: アカキモトキ, Wb: キタチハマグルマ,
 Aj: ヤマヒバツ, Ss: アマミヒトツノウキ, PK: フウトウカズラ, Df: キエヤコクダ
 ン, Mt: オオバキ, Co: キエヤマハマナツメ, Fm: カシユマル, Mp: ゲツキツ,
 Am: クワズイモ, Gs: フクギ, Ct: テリハボク, Gu: ハテルマギリ, Ar: コミノクワ
 ツグ, Im: フクマンギ

図-3 断面階層構造模式図

海岸から6. 距離

表-1 植生調査結果

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
海岸からの距離m	0~4	8~12	20~24	28~32	40	60	80	100	120	140	
全植被率%	75	95	95	90	100	110	130	100	130	135	
I 高木層											
II 亜高木層											
III 低木層											
IV 草木層											
調査面積㎡	4×4	4×4	4×4	4×4	4×10	4×10	4×10	4×10	4×10	4×10	
階層 種名	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	被度群度	出現頻度
I 高木層											
フクギ								2 2	5 5	1 1	3
アカテツ								+ +	+ +		3
ハテルマギリ								1 1			2
ガジュマル											1
テリハボク										2 2	1
ハスノハギリ							2 2				1
オオバギ										2 1	1
ヘクソカズラ								1 1			1
アカギモドキ									+ +		1
トウゾクモドキ											1
フトウカズラ											1
オオムラサキシキブ									+ +		1
II 亜高木層											
ハテルマギリ							1 1				1
フクギ										1 1	1
オキナワシャリンバイ											1
アカテツ											1
アカギモドキ											1
III 低木層											
アカギモドキ											4
アカテツ											4
アダン											4
ヤエヤマアオキ											2
オオハマボウ											2
キダチハマグルマ											2
コミノクワ											2
ヘクソカズラ									1 1		2
トウゾクモドキ											2
ヤエヤマハマナツメ											2
ハテルマギリ											1
オオバギ											1
ミツバハマゴウ											1
ノアサガオ											1
ミヤコジマツツラウジ											1
フクギ											1
シマヤマヒハツ											1
オオシマコバンノキ											1
オキナワソケイ											1
イヌマキ											1
シマグワ											1
リュウキュウガキ											1
IV 草木層											
アカテツ											6
フトウカズラ											4
ゲッキツ											4
ヤブラン											4
コウライシバ	4 4	5 5	5 5								3
グンバイヒルガオ	+ 2	+ +	+ +								3
フクギ											3
イヌマキ											3
ソクズ											3
クワズイモ											3
アダン											3
ヤエヤマアオキ											3
トウゾクモドキ											3
ハマゴウ											3
アカギモドキ											3
オキナワソケイ											3
ステズル											2
リュウキュウコクタン											2
コメツブウマゴヤシ											2
ヤエヤマカモノハシ											2
シマヤマヒハツ											2
ハマノゲシ											2
ハマボウス											2
オニクヒラコ											2
シマツユクサ											2
ハテルマギリ											2
ジシバリ											2
ハマオモト											1
ヤエハマグサ											1
ツルモウリンカ											1
クサトベラ											1
キダチハマグルマ											1
ヘクソカズラ											1
ハマダイコン											1
リュウキュウガキ											1
ヤンバルナスビ											1
ハマアズキ											1
シマニシキソウ											1
ギョボク											1
ベニバナボロギク											1
マルバアカザ											1
ミツバハマゴウ											1
ハスノハギリ											1
ナガミボチョウジ											1
トベラ											1
オオバギ											1
スナグイゲキ											1
ヘンリーメヒシバ											1
イリオモテアザミ											1
ツルモウリンカ											1
フクマンギ											1
ハブカズラ											1
出現数	14	9	9	14	15	22	27	24	13	12	

表-2 毎木調査結果

調査位置	立木密度	平均直径	平均樹高
(m)	(N/ha)	(cm)	(m)
40-50	2,250	7.1	3.9
60-70	1,500	3.2	2.3
80-90	1,750	10.9	5.8
100-110	2,250	7.1	4.9
120-130	750	20.0	9.8
140-150	2,000	16.1	7.3

(調査面積 4×10m、DBH 3 cm以上)

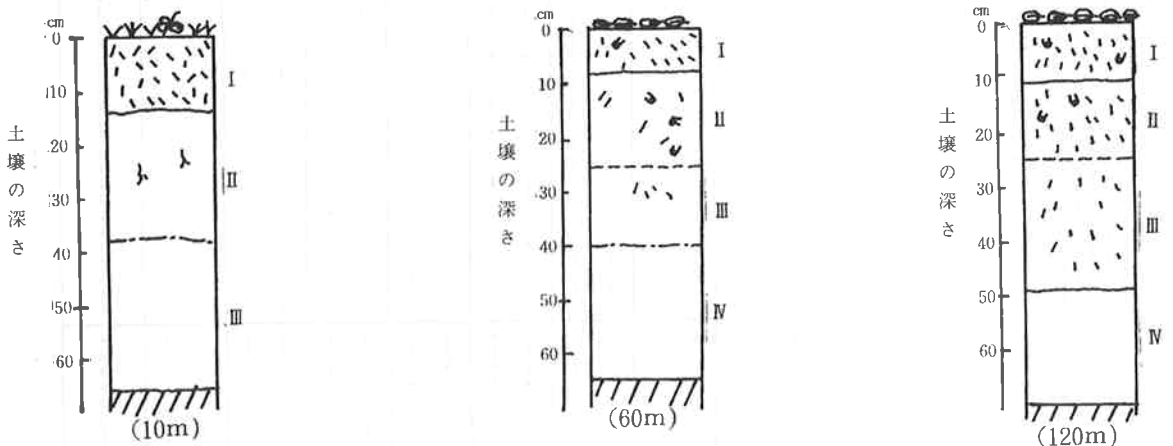


図-4 土壌断面図

表-3 土壌の断面調査結果

調査点	層位	深さ(cm)	土色	腐植	土性	水湿状態	根
10m	I	0~14	7.5YR5/2	±	S	乾	++
	II	14~38	7.5YR7/4	-	S	乾	±
	III	38-	7.5YR8/3	-	S	乾	-
60m	I	0~8	5YR4/2	+	S	乾	++
	II	8~26	7.5YR5/3	±	S	乾	+
	III	26~41	7.5YR7/3	-	S	潤	±
	IV	41-	7.5YR7/3	-	S	潤	-
120m	I	0~11	5YR2/1	++	S	潤	++
	II	11~25	5YR3/2	+	S	潤	++
	III	25~50	7.5YR4/3	±	S	潤	+
	IV	50-	10YR6/2	±	S	潤	±

60m付近の土壌では、L層が0～2cm程度見られ、I層の土壌色はにぶい褐色、II層ではにぶい灰褐色、それ以下ではにぶい橙色を呈する。根の分布は10cmまでに頗多く40cm付近まで見られるが、それ以下では殆ど見られない。

120m付近の土壌では、L層が0～2cm程度見られ、I層の土壌色は黒褐色、II層では褐色、それ以下ではにぶい黄橙色を呈する。根の分布については、全層にわたり多くの根がみられる。しかし、中・細根は0～20cmに多い。

表-4に、土壌のpHの結果を示す。これらの土壌のpHは、サンゴ石灰岩由来の海砂であることから概ねpH8程度のアルカリ性を示す。

表-5に、土壌の孔隙量を示す。土壌の全孔隙量は、いずれの調査地点でも50から60%程度を示す。このうちほとんどの地点において、粗孔隙量、大孔隙量、粗大孔隙量、細孔隙量の順に多く、粗孔隙量は12.9%から30.8%で、細孔隙量は4.7%から7.8%となっている。これらの結果は、貯留されず流下する大孔隙と、植物に有効な土壌水を貯留する粗孔隙が多い結果を示す。

表-4 土壌のpHの結果

調査点	深さ(cm)	pH(H ₂ O)	pH(KCl)
10m	10	7.9	7.2
	30	8.3	8.3
	60	8.3	8.6
	70	8.4	8.6
60m	5	8.2	7.6
	40	8.3	8.2
	60	8.3	8.4
	80	8.0	8.5
120m	10	8.2	7.5
	20	8.1	7.8
	30	8.1	7.9
	60	8.0	8.2

表-5 土壌の孔隙量

調査箇所	深さ (cm)	孔隙量(%)				
		大孔隙	粗大孔隙	粗孔隙	細孔隙	計
10m	30	11.6	8.9	26.0	4.7	51.3
	60	15.3	5.8	30.8	7.8	59.8
60m	30	9.0	6.1	36.4	5.4	57.0
	60	6.3	6.3	30.6	6.4	49.6
120m	30	14.3	5.5	28.9	3.8	52.5
	60	20.9	11.3	12.9	5.9	51.0

図-5に、土壌の深さごとの塩素量を、図-6に電導度の変化を示す。

海岸植生の枯死あるいは偏樹形の原因は、今日では飛来塩分説が支持されるに至っている。また薄井⁹⁾は、「海岸付近の林木の生育・生存に対して最も重要な制限因子は飛来塩分量で、飛来塩分量を指標として立地環境区分を行うことにより、海岸林の保全、造成の計画を明確にできる。」としている。

これらからすると、防風・防潮林の造成を行うためには海岸付近の塩分量の状況を把握することが重要であることが言えよう。黒島における砂地塩分量の土壌の深さによる変化は、浅い表層部分に多い傾向を示し、下層に行くに従い減少する傾向がみられる。また、塩分量は、20cmより浅いところで大きく変化しており、30cmより深いところでは少なく、海岸からの距離に関わらずほぼ同様な値を示している。この表層部分における塩分量の多い原因については、毛管上昇によるものと考えられる。

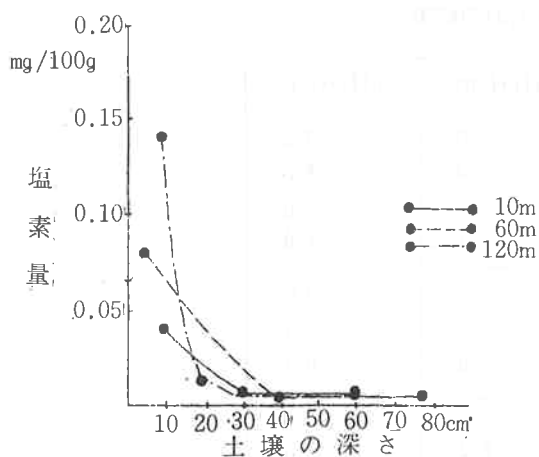


図-5 塩素量の土壌の深さごとの変化

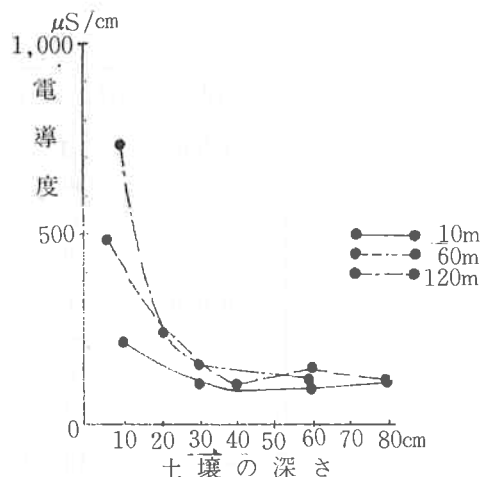


図-6 電導度の土壌の深さごとの変化

図-7に、塩素量と海岸との距離の関係を示す。表層における塩分量の変化は、昭和59年の調査結果においては内陸に行くに従い増加する傾向がみられるが、平成3年の調査結果は、深さ20cmの塩分量では、逆に減少傾向がみられ、60m以降では変化は小さい。深さ5cmにおいては海岸線から、30m付近では表層と同様な傾向を示したが、60mおよび90mにおいては若干高くなっている。松岡¹⁰⁾は砂地塩分量が裸地部では地形の影響を受け、林内では地盤高の急激な変化、樹高の極端な高低差との増減と対応していると述べている。このことから、60m以降で見られる塩分量の多さは、林帯による影響と考えることができる。

表-6に、調査期間前の気象表を示す。昭和59年の調査開始前には4日、16日に20mmを越える降雨がみられ、連日降雨が見られた。一方、平成3年の調査開始前では、6月23日に102.0mm、24日2.0mm、27日7.0mmの記録があるがこれ以降も、渇水が続き、調査時期は観測されない0.5mm以下の降雨が若干見られた程度である。

表-6 調査時点までの気象表（石垣地方）

日	平均温度	平均湿度	日平均風速	最多風向	降水量
	(°C)	(%)	(m/s)		(mm)
S59					
5. 10	25.0	78	4.8	ESE	-
11	25.2	74	5.9	ESE	-
12	25.6	87	5.2	SSE	1.5
13	26.2	88	6.0	S	-
14	25.8	92	4.7	S	7.5
15	26.8	92	2.9	SSW	0.0
16	25.5	89	4.5	SW	22.5
17	23.8	85	3.1	NE	6.5
18	23.5	90	3.1	NE	18.0
19	21.9	89	3.2	NNE	10.0
20	24.2	73	4.2	E	-
21	24.7	80	7.0	SE	0.5
22	23.4	91	7.2	ENE	2.5
23	24.0	78	6.8	E	1.5
24	23.7	83	5.0	E	1.5
H3					
7. 1	30.1	80	5.6	SSW	-
2	30.0	78	6.3	SSW	-
3	30.0	79	6.0	SSW	-
4	30.0	81	6.7	SSW	-
5	30.1	78	6.8	SSW	0.0
6	30.1	78	6.6	S	-
7	30.2	76	6.6	SSW	-
8	29.9	77	4.4	S	0.0
9	30.1	77	3.8	SSE	0.0
10	30.4	77	3.9	SSE	0.0
11	30.5	76	4.2	SSE	0.0

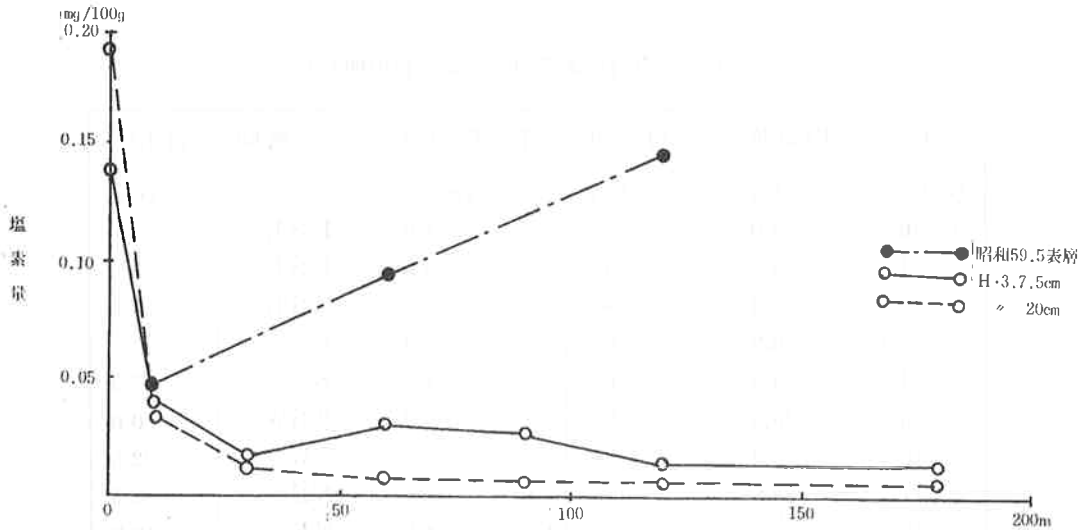


図-7 塩素量と海岸からの距離

これらのことから、林帯内における砂地塩分は植生に付着した塩分が降雨により土壤中に流下蓄積した後、毛管上昇により表層部分に多くなるような状況が予想される。しかし、今回の結果は、松岡らの報告¹⁰⁾に比較し汀線近くの塩分の絶対量が少ない。この原因としては、天候の問題、および幸喜¹¹⁾が説明するよう「沖縄地域の特性として、海水の飛沫による飛塩より、エアロゾル状態の飛塩が他の地域より多い。」ことが考えられる。

以上、黒島の海岸林の実態調査を行ったところ、海岸砂地の塩分は海からの飛来塩分が植生に付着し、降雨により土壤中に流下蓄積する状況が推察された。また、砂地塩分は表層部分に多く蓄積されているようである。

なお、砂地塩分量からは群落のすみわけを説明できなかった。

引用文献

- (1) 沖縄県農林水産行政史第7巻：P 352～382、沖縄県農林水産部、平成元年
- (2) 長間孝：林業普及誌第22号、P 1～4、林業技術協会、平成元年
- (3) 檜山徳治：林業資料No. 8、琉球政府農林局、P 1～10、1967
- (4) 井上由扶：林業普及誌21、P 35、琉球林業協会、1968
- (5) 仲間清一、他：日林九支研論32、P 329～330、1979
- (6) 仲間清一、他：日林九支研論35、P 95～96、1982
- (7) 新垣隆、他：沖縄県林試研報27、P 43～52、1984
- (8) 社寺林の研究 6、PP. 235、緑地研究会、1977
- (9) 薄井五郎：北海道林業試験場研究報告第28号、P 1～53、1990
- (10) 松岡広雄他：第85回日本林学会大会講演集、P 263～264、1974
- (11) 幸喜善福：琉球大学農学部学術報告第25号、P 429～554、1978

リモートセンシングによる赤土流出モニタリング手法の開発 (I)

——ランドサットTMデータのスペクトル特性の検討——

寺園 隆
生沢 均

I はじめに

沖縄県においては、農業的土地利用や各種開発行為等により土砂流出による河川、沿岸浅海域の汚染・汚濁を招来し、沿岸漁業や観光需要の面から大きな社会問題となっている。現在、赤土汚濁状況の把握のために各機関で現地調査が行なわれているが、対象地が広範囲に渡るためかなりの時間と労力を要している。

リモートセンシングにより得られるデータは、広域の情報を短時間で収集でき、かつ時系列的な変化を把握するのにきわめて有効性を発揮する。本研究では周期性をもつ人工衛星データの活用と地上調査の軽減をねらいとして、赤土流出のマクロ的な環境変化を監視・解析する手法を開発することを目的としている。

赤土流出の実態解析にあたっては、陸域における赤土発生源の定量化と海域における赤土堆積状況の把握が重要なポイントとなってくる。そのため、今回はランドサットTMデータの陸域と海域における反射特性とその季節変動について検討を行なった。

II 使用したデータと対象地

ランドサットは、アメリカが1972年に世界で初めて打ち上げた地球観測衛星で、そのすぐれた観測能力から人工衛星によるリモートセンシングに大きな進歩をもたらした。2号、3号と引続き打ち上げ運用され、現在は更に発展した4号、5号が使われている。ランドサットは700kmの高度で北極や南極の近くを通過しながら地球をまわっており、16日間で地球全体を観測している。ランドサットにはMSS(多重スペクトル走査放射計)とTM(セマティックマッパー)という2つのセンサーを搭載しており、そのうちTMは振動走査鏡により約185km幅の地表面を可視光線で青、緑、赤に対応する3種類(バンド1~3)、近赤外線で1種類(バンド4)、中間赤外線で2種類(バンド5、7)、熱赤外線で1種類(バンド6)の計7種類のバンドで観測している。これらの地上分解能はバンド1~5および7で約30m、バンド6で120mとなっている。

今回使用したTMデータは1989年3月1日、同年6月5日、同年9月25日、1985年12月3日にランドサット5号で撮影されたものである。対象地はパス113-ロウ42のシーンから名護市南明治山を中心に512ピクセル×480ライン×7バンド(約15km×14km)を切り出して用いた。また、地上情報として、沖縄県土地利用現況図(平成元年3月作成、2万5千分の1)とカラー空中写真(昭和63年撮影)を利用した。

解析方法は、対象地域内において、代表的な土地利用形態毎にTM画像上でトレーニングエリアを設定し、各バンド毎にその中の平均輝度値を算出した。

陸域においては松林、広葉樹林、混交林、市街地、住宅地、公園緑地、運動場、サトウキビ、パイン畑、温室、道路、ダム、砂浜に区分し、海域では深海、浅海、珊瑚礁内、赤土堆積地(潟原河口、屋部川河口)に区分した。なお、赤土堆積地として潟原では慶武原川河口から沿岸海域に向かって

9箇所、屋部では河口から沿岸海域に向かって5箇所設定した。(図-1)

なお、磁気テープからの切り出しにはSUN-ERDASを、解析にはピアスLA-500を用いた。また、本研究を行うにあたり沖縄県土地利用対策課、情報管理課の協力をいただいた。記して感謝する。

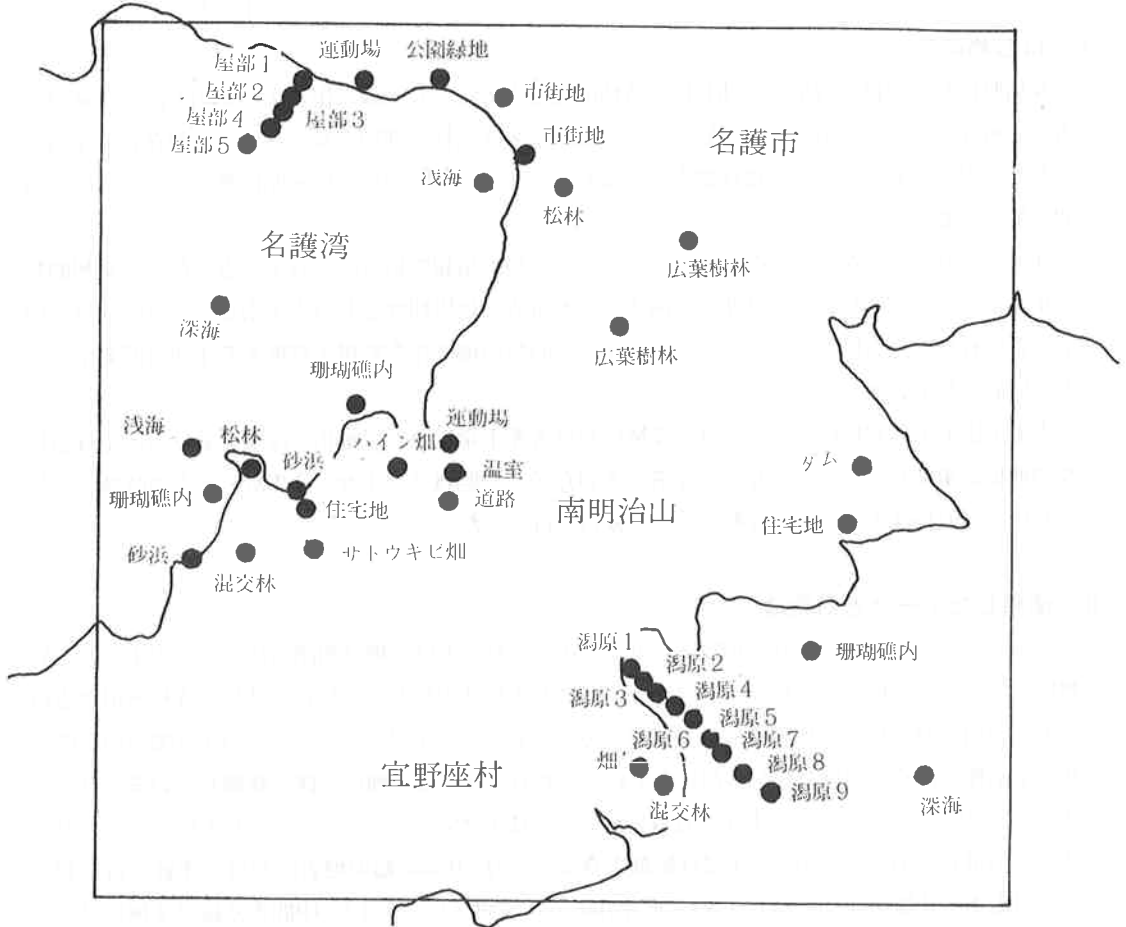


図-1 トレーニングエリア配置図

III 結果及び考察

1) 陸域の反射スペクトル特性

図-2は森林の反射スペクトルパターンを示したものであるが、これによると、森林の反射スペクトルパターンは可視のバンド1と近赤外のバンド4が他のバンドに比べて反射が大きい。

松林ではスペクトル反射の季節変動は小さく、近赤外バンド4において6月と9月が3月と12月に比べ若干大きい反射を示すが、広葉樹林ではバンド4において季節変化が大きく、6月の反射が最も強く、次いで9月、3月、12月の順となっている。また、混交林では松林と広葉樹林のほぼ中間のパターンとなっている。

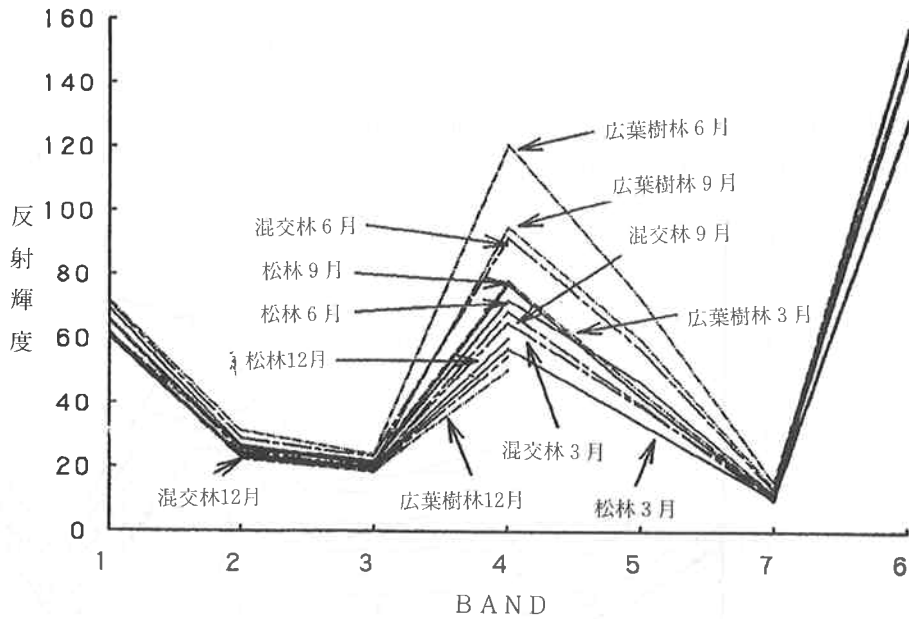


図-2 森林の反射スペクトル

松林と広葉樹林のスペクトルパターンを比較すると、ほとんどのバンドで広葉樹林の方が大きい反射を示しているが、特に近赤外のバンド4において輝度差が大きく、季節的には6月にその差が大きい。すなわち、松林と広葉樹林の区分には6月頃のデータを用いるのが最適であるといえる。

次に、畑地の反射スペクトルパターンは、図-3に示すように、3月には中間赤外域バンド5の反射が大きく、サトウキビ畑、パイン畑ともほぼ同じようなスペクトルパターンとなる。サトウキビ畑では作付前の3月には、バンド5の輝度値が大きく、植物の活力度を表すバンド4は小さくなっているが、6月、9月になると、バンド4の反射が大きくなり、森林と類似したパターンとなる。これに対し、パイン畑では9月以外ではバンド5の反射が大きくなっている。これは、パイン畑では植物の被覆度が他の植物に比べ小さいため、土壌の反射スペクトルの影響を受けることを表している。

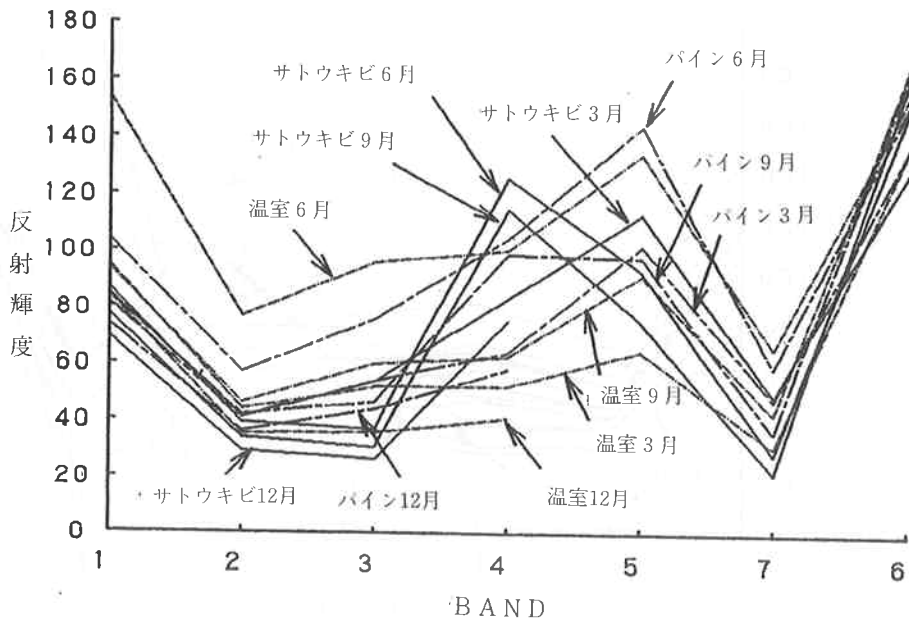


図-3 畑地の反射スペクトル

運動場、裸地の反射スペクトルを示したのが図-4である。すなわち、運動場や裸地では、ほとんどのバンドで他のカテゴリーより大きな反射を示している。特にバンド3、バンド5での輝度差が大きい。

運動場、裸地の反射パターンについては季節的な変化は見られないが、反射の強さは、各バンドとも6月が最も大きく、次いで9月、3月、12月の順となっている

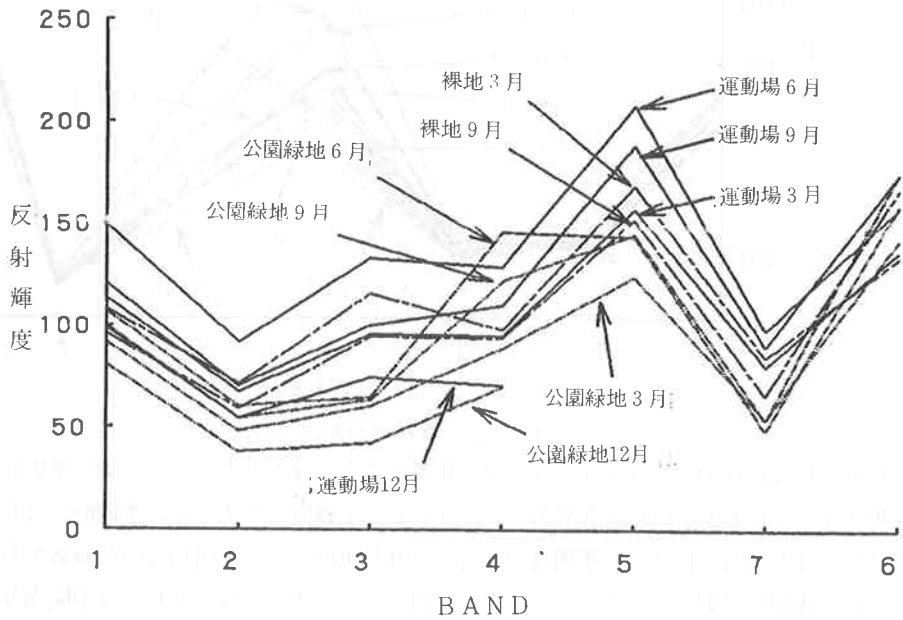


図-4 裸地、運動場の反射スペクトル

市街地、住宅地の反射スペクトルは図-5に示す通りである。これによると、市街地と住宅地ではほとんど同じスペクトルパターンとなるが、6月において住宅地の方がわずかに大きい反射を示している。季節的には、いずれのバンドにおいても6月の反射が最も強く、次いで9月、3月、12月の順となっている。

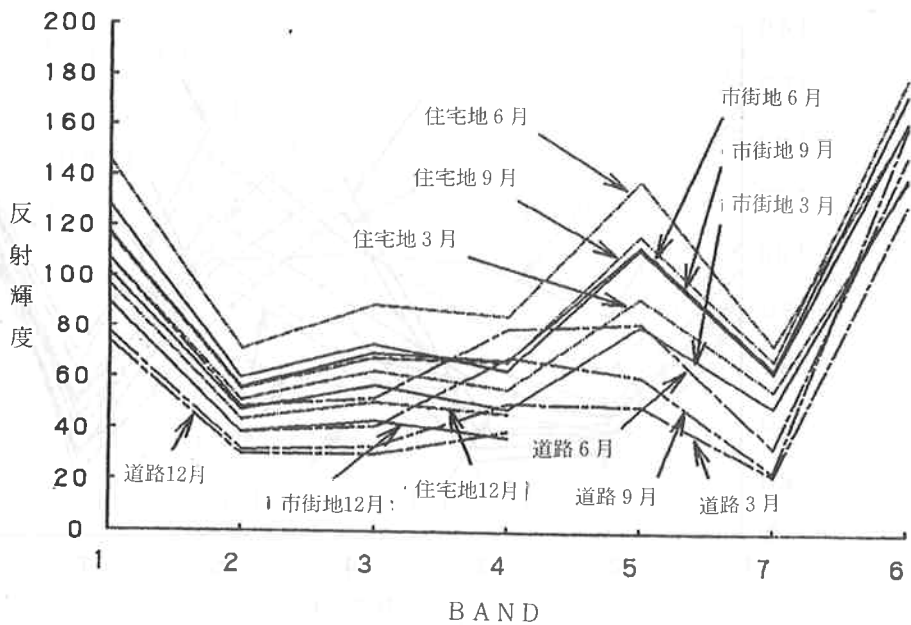


図-5 市街地の反射スペクトル

2) 海域の反射スペクトル特性

図-6は海域の反射スペクトルを示したものである。すなわち、海域における反射スペクトルパターンは可視光線のバンド1が最も大きい反射を示し、次いでバンド2、バンド3の順で、バンド4以降は極めて低い値となり、水中の情報量が少なくなっている。深海と浅海はほとんど同じ反射パターンであるが、珊瑚礁内は深海、浅海に比べバンド1、バンド2、バンド3で大きな反射を示し、特にバンド1と2で輝度差が大きいのが特徴的である。

深海、浅海では季節変動はあまり見られず、バンド1で6月がわずかに大きくなっている。珊瑚礁ではバンド1、2、3において若干季節変動が見られ、6月、9月が3月、12月よりも大きい反射を示している。変動の幅はバンド1>バンド2>バンド3の順である。

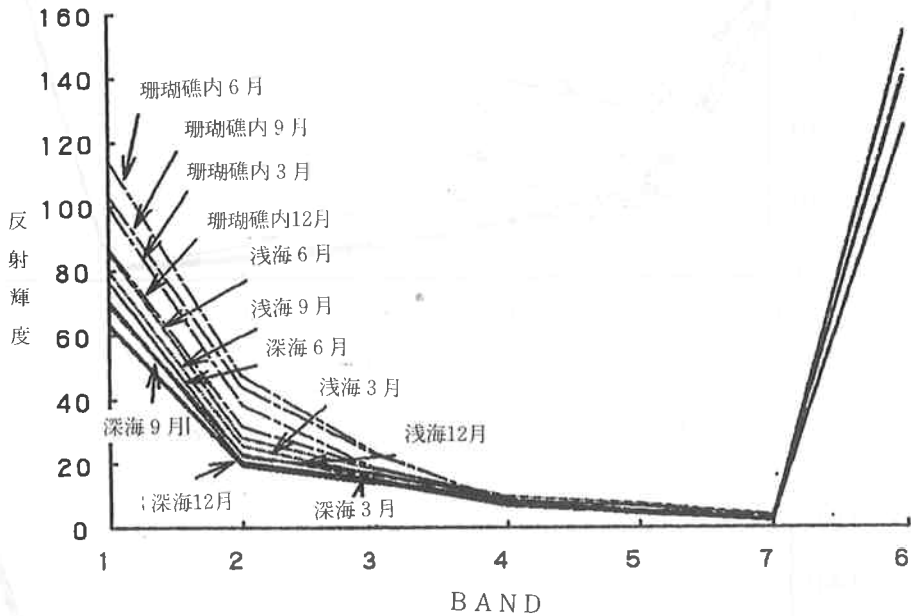


図-6 海域の反射スペクトル

3) 赤土堆積地域の反射スペクトル

図-7~14は赤土堆積地の反射スペクトルパターンを示したものである。これから、赤土堆積地では潟原地域について見ると、河口から沿岸に向かって反射輝度が小さくなっていることがわかる。特にバンド3においては水深が深くなる潟原5までは反射輝度が大きく下降し、それ以降は緩やかに減少している。珊瑚礁内と赤土堆積地(潟原1~4)を比較すると、赤土堆積地はバンド1では低い輝度値をバンド2ではほぼ同程度からやや高め、バンド3では高い輝度値を示す傾向が見られる。

屋部地域においても河口から沿岸になるにしたがってバンド1、2、3で輝度値が小さくなっており、赤土堆積地(屋部1、2)を珊瑚礁内と比較すると潟原地域と同様にバンド1では小さく、バンド2では同程度、バンド3では若干高い輝度値を示す傾向が認められる。潟原地域と比較するとバンド2と3で若干低い値を示している。これは赤土堆積の程度にも関係があると考えられる。

季節変動についてみると、潟原地域では6月には河口に近い潟原1と潟原2において、9月には潟原1においてそれぞれバンド5の輝度値が大きくなっている。これは干潮によって水面が下がっ

たことを示している。また、バンド1～3についてみると河口から沿岸に向かって反射輝度の変動幅が小さくなっている。この輝度値は6月が高く、次いで9月、3月、12月の順となっている。渦原5～9では3月、9月、12月の輝度値にほとんど差がない。

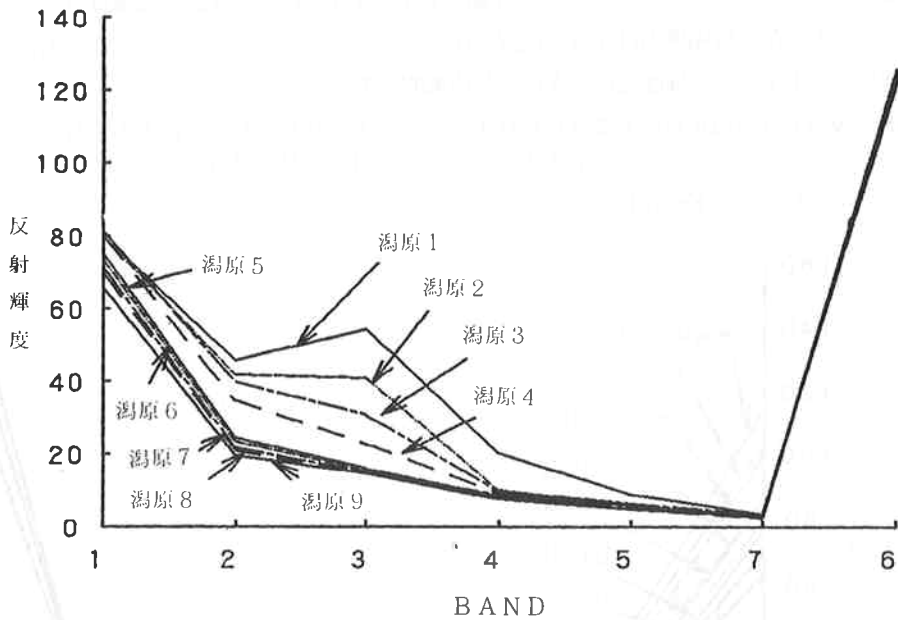


図-7 赤土堆積地域（渦原）の反射スペクトル（1989. 3）

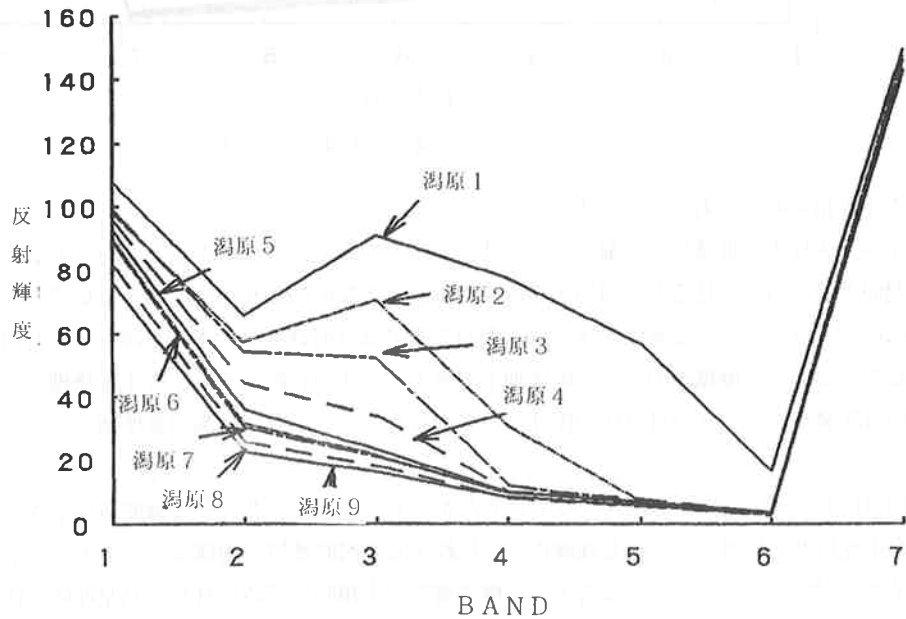


図-8 赤土堆積地域（渦原）の反射スペクトル（1989. 6）

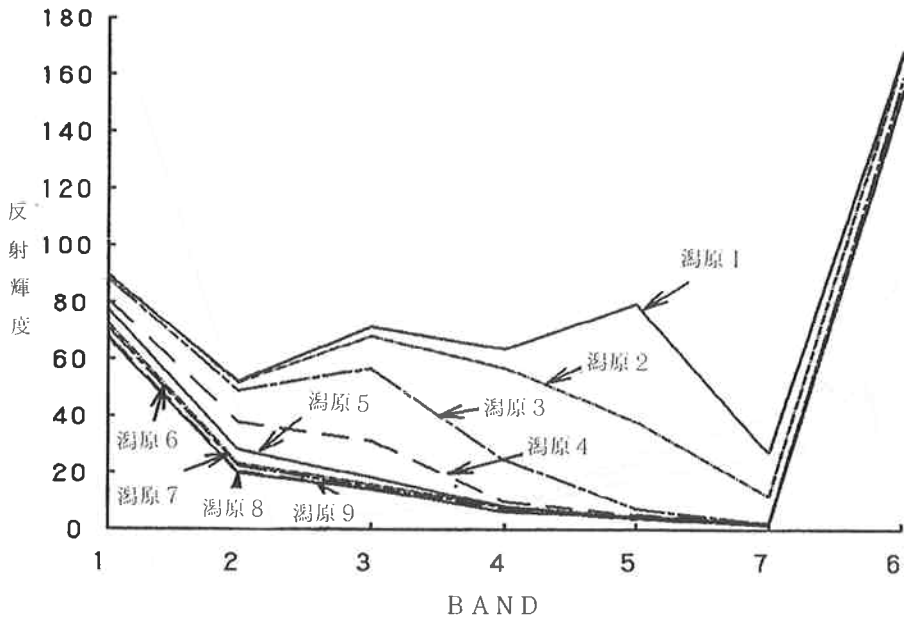


図-9 赤土堆積地域 (渦原) の反射スペクトル (1989. 9)

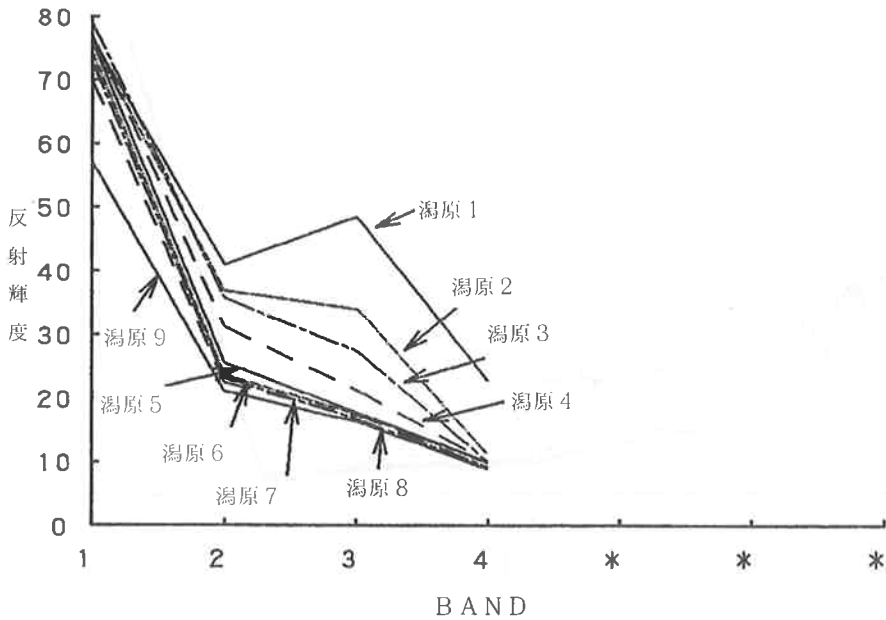


図-10 赤土堆積地域 (渦原) の反射スペクトル (1989. 12)

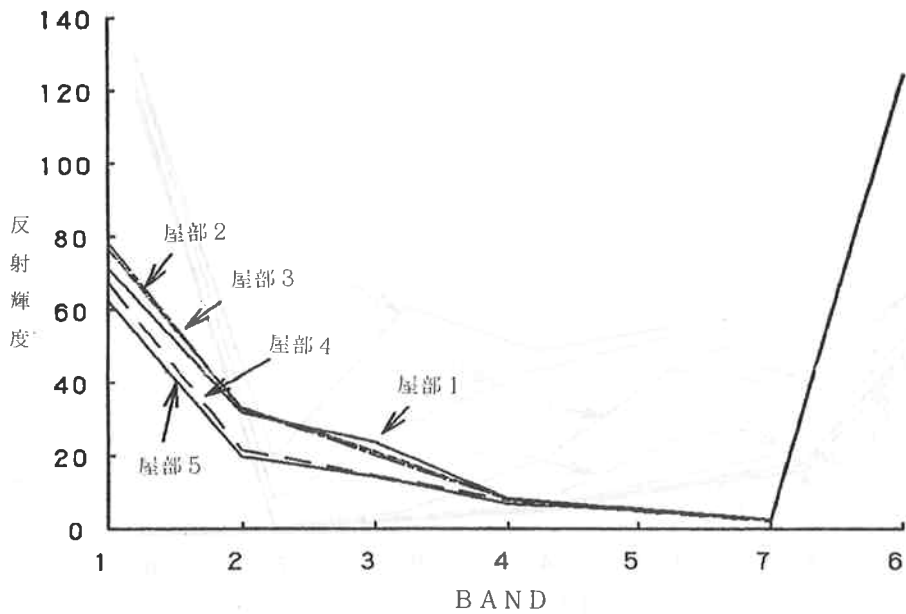


図-11 赤土堆積地域（屋部）の反射スペクトル（1989. 3）

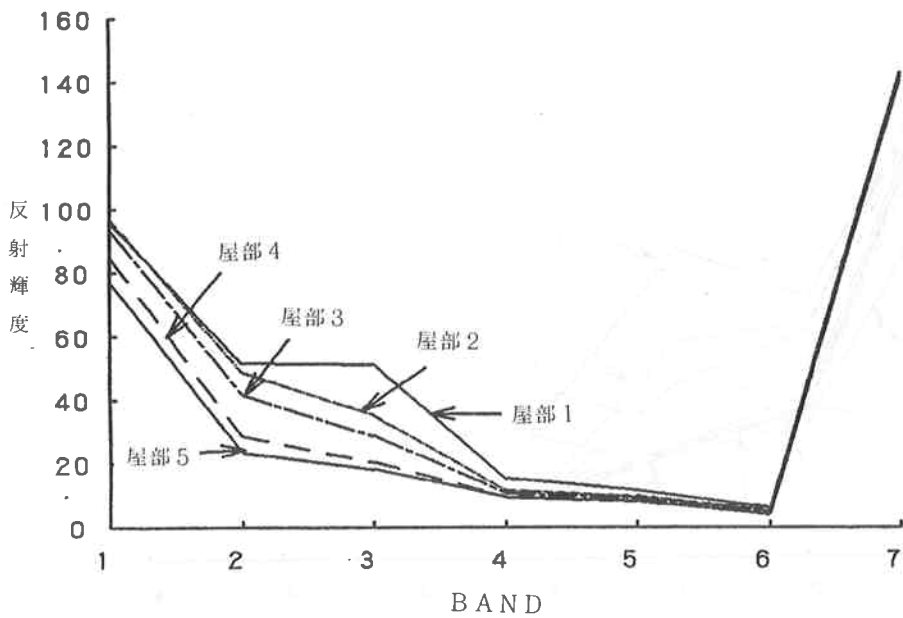


図-12 赤土堆積地域（屋部）の反射スペクトル（1989. 6）

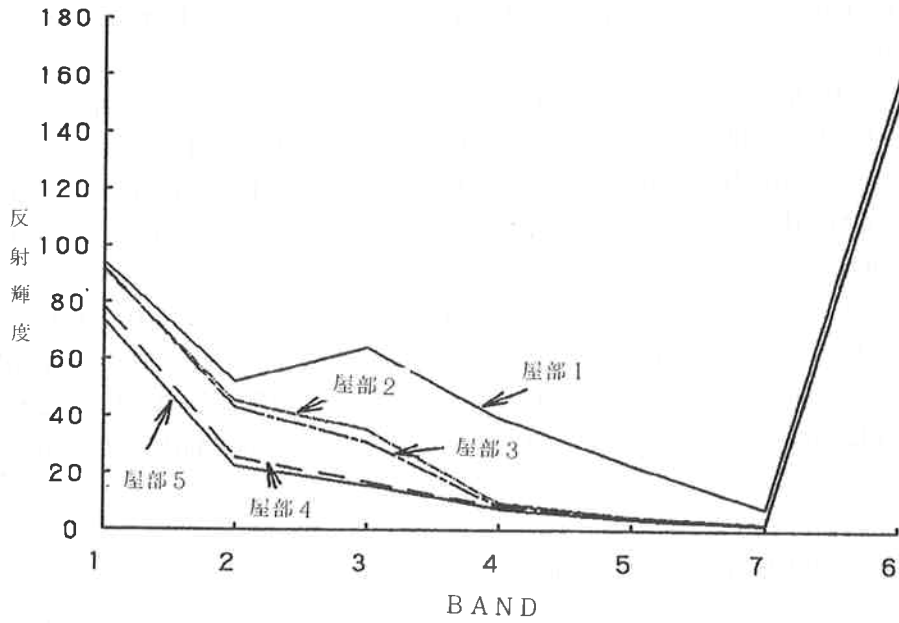


図-13 赤土堆積地域 (屋部) の反射スペクトル (1989. 9)

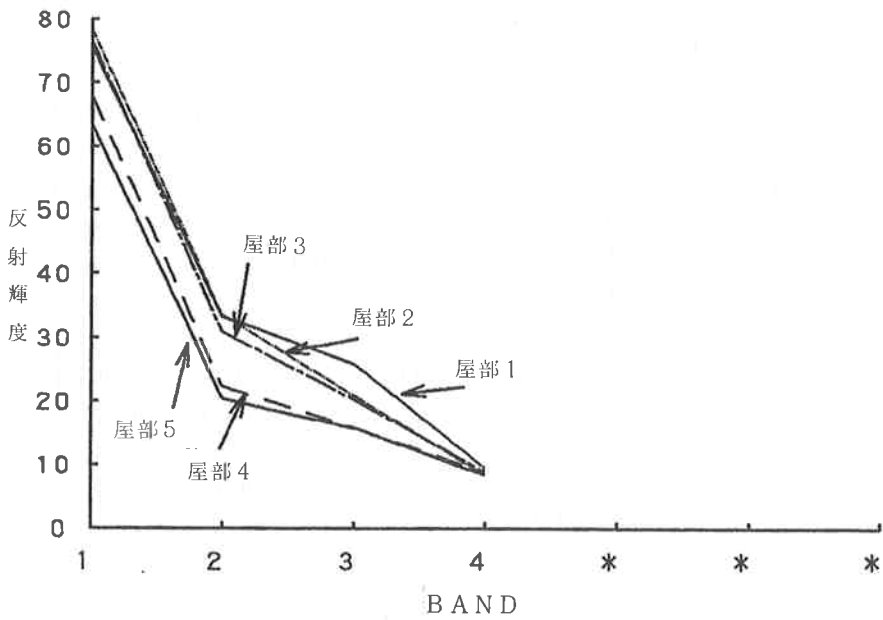


図-14 赤土堆積地域 (屋部) の反射スペクトル (1989. 12)

次に、6月のTMデータを用いて赤土堆積地域の各バンド間の相関について検討した結果は、表-1に示す通りである。

すなわち、河口付近では可視バンド(2,3)間(0.949)及び可視バンド(3)と近赤外(4)間(0.947)にそれぞれ高い相関を示している。また、中間付近では可視バンド(2,3)間で高い相関(0.954)が見られ、沿岸付近では可視バンド(1,2,3)間で比較的高い相関(0.817~0.903)が認められる。潟原地域全体でみると可視バンド(1,2,3)間の相関(0.848~0.954)と赤外バンド(4,5,7)間の相関(0.861~0.976)が高くなっている。

屋部地域では河口寄りと、沿岸寄りの2つに分けて検討した。その結果、河口寄りでは可視バンド(3)と近赤外バンド(4)で相関(0.916)が高くなっているが、それ以外は低い。一方、沿岸よりでは可視バンド(1,2,3)間で高い相関(0.952~0.982)を示し、屋部地域全体で見ると、可視バンド(1,2)間、可視バンド(3)と近赤外(4)間のいずれもそれぞれ高い相関を示している。

表-1 赤土堆積地のバンド間相関

	BAND	1	2	3	4	5	7
潟原 河口付近	1	1	0.092	0.013	0.050	0.000	0.054
	2	0.092	1	0.950	0.867	0.428	0.067
	3	0.013	0.950	1	0.948	0.459	-0.064
	4	0.050	0.867	0.948	1	0.550	-0.128
	5	0.000	0.428	0.459	0.550	1	0.022
	7	0.054	0.067	-0.064	-0.128	0.022	1
潟原 中間付近	1	1	0.780	0.706	0.179	0.574	0.044
	2	0.780	1	0.954	0.168	0.512	0.157
	3	0.706	0.954	1	0.129	0.458	0.083
	4	0.179	0.168	0.129	1	0.091	-0.166
	5	0.574	0.512	0.458	0.091	1	0.123
	7	0.044	0.157	0.083	-0.166	0.123	1
潟原 沿岸付近	1	1	0.903	0.817	0.778	0.477	0.389
	2	0.903	1	0.855	0.727	0.476	0.375
	3	0.817	0.855	1	0.732	0.502	0.335
	4	0.778	0.727	0.732	1	0.436	0.256
	5	0.477	0.476	0.502	0.436	1	0.382
	7	0.389	0.375	0.335	0.256	0.382	1

潟原全体	1	1	0.932	0.848	0.703	0.617	0.585
	2	0.932	1	0.955	0.750	0.603	0.560
	3	0.848	0.955	1	0.879	0.713	0.660
	4	0.703	0.750	0.879	1	0.909	0.861
	5	0.617	0.603	0.713	0.909	1	0.977
	6	0.585	0.560	0.660	0.861	0.977	1
	7	0.585	0.560	0.660	0.861	0.977	1
屋部 河口付近	1	1	0.388	-0.260	-0.183	0.023	0.054
	2	0.388	1	0.575	0.488	0.490	0.415
	3	-0.260	0.575	1	0.916	0.634	0.476
	4	-0.183	0.488	0.916	1	0.572	0.530
	5	0.023	0.490	0.634	0.572	1	0.555
	6	0.054	0.415	0.476	0.530	0.555	1
	7	0.054	0.415	0.476	0.530	0.555	1
屋部 沿岸付近	1	1	0.953	0.954	0.746	0.153	0.164
	2	0.953	1	0.983	0.766	0.105	0.091
	3	0.954	0.983	1	0.787	0.113	0.079
	4	0.746	0.766	0.787	1	0.198	0.113
	5	0.153	0.105	0.113	0.198	1	0.145
	6	0.164	0.091	0.079	0.113	0.145	1
	7	0.164	0.091	0.079	0.113	0.145	1
屋部全体	1	1	0.951	0.776	0.625	0.542	0.436
	2	0.951	1	0.894	0.752	0.588	0.447
	3	0.776	0.894	1	0.934	0.667	0.486
	4	0.625	0.752	0.934	1	0.654	0.480
	5	0.542	0.588	0.667	0.654	1	0.450
	6	0.436	0.447	0.486	0.480	0.450	1
	7	0.436	0.447	0.486	0.480	0.450	1

IV まとめ

今回は、リモートセンシングによる赤土流出モニタリング手法を開発する上で基礎となるランドサットTMデータのスペクトル特性について検討を行った。その結果を要約すると、およそ次の通りである。

- ①カラゴリーによってそれぞれ特有の反射スペクトルパターンを示す。
- ②反射強度は季節によって異なり、6月が最も大きく、次いで9月、3月、12月の順となる。
- ③季節によってスペクトルパターンが変化するが、特にサトウキビ畑やパイン畑では、作付時期の関係から変動幅が大きくなる傾向が見られる。
- ④松林と広葉林の区分にはスペクトルパターンの差の大きい6月頃のデータを用いるのが最適であると考えられる。

⑤畑地は季節によって森林とよく似た反射パターンを示すので、その区分に当たっては多時期のデータを用いるとか、何らかの工夫が必要である。

⑥水中の赤土堆積物の解析には可視バンド(1,2,3)が有効である。

⑦赤土堆積地は珊瑚礁内に比べてバンド1では輝度値が低いが、バンド2ではほぼ同程度かやや高め、バンド3では逆に高くなる傾向を示す。

なお、海域においては撮影時期によって潮の満ち引きが異なるため、水深の差が生じており、反射輝度値に若干の影響を与えていると予想されるため、水深の影響を除去する方法を検討する必要がある。

今後、陸域においては植物の被覆度を示す植生指数や比演算、各種分類手法を用いて赤土発生源での指標化を、海域においては主成分分析、クラスタリング等をおこない汚濁状況の解析と堆積の定量化を図りたい。

県産材の材質に関する研究 (IV)

——台湾ハンノキ、スギの人工乾燥スケジュールの推定——

嘉手苺 幸 男

1. はじめに

台湾ハンノキ、スギについて急速乾燥試験による2.5cm厚板材の人工乾燥スケジュールの推定および急速乾燥時に試験片に発生する厚さ方向、幅方向の収縮性、ねじれ等の発生状況について検討を加えた。

2. 台湾ハンノキ、スギの概要

1) 台湾ハンノキ

落葉高木、樹高20m、胸高直径60cmに達し、生長が極めて旺盛で幹はほぼ通直である。日本、朝鮮、中国東北部に分布し、沖縄には明治43年台湾から導入された。

心材・辺材の境界は極めて不明瞭であって、偽年輪が多く存在し年輪界も不明瞭である。

気乾比重は0.47~0.55、平均0.51程度であって、広葉樹材では軽軟な部類に属する、各種強度試験においては、本土産ハンノキよりもやや劣る。

材は割箸、パルプ用材に使用されていたが、近年、箱物、木工芸品（盆、遊具）等に使用されはじめている。

2) スギ

直立性大高木、樹高40m、胸高直径2mに達し樹冠は円すい形で、樹幹は直立する。日本特産の針葉樹、本州、四国、九州に分布し沖縄には自生していない。王府時代から貴重木として造林され、地杉として本島北部に小面積ながら残っている。

心材は赤褐色または黒褐色、辺材は黄白色を示す。心材と辺材の境界は明かで、年輪界も明瞭であり、特有の匂いがある。

気乾比重は0.40~0.60、平均0.50程度である。本土産杉と比較して晩材率が高いことから、気乾比重は大きい値を示す。

材は建築用材、建具類、船舶材、器具材、家具材、集成材等に用いられ、最も広い用途をもつ樹種である。

3. 試験方法

1) 供試木

供試木の台湾ハンノキは、大宜味村大保および国頭村辺野喜地内、スギ（秋田スギ）は国頭村与那覇岳地内我喜屋氏所有のスギ造林地、国頭村辺野喜県有林地49林班より採取した。伐倒後すみやかに製材を行い、所定の板目板の生材乾燥試験片16枚を製作した。

2) 急速乾燥試験および測定項目

急速乾燥試験、含水率、収縮率、ねじれ、初期割れ、断面変形、内部割れについての測定方法は、前報のとおりである。

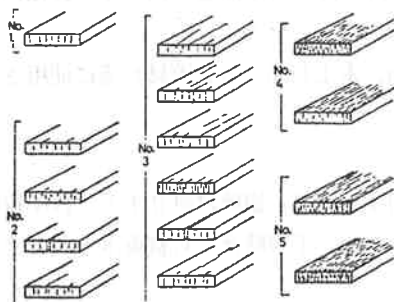
4. 結果および考察

1) 欠点の程度および乾燥スケジュールの推定

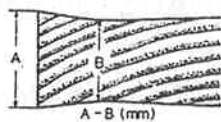
急速乾燥試験で現れた初期割れ、断面変形、内部割れなどの各々の欠点を5段階で評価した。これに基づいた2.5cm厚材において推定された初期乾球温度、初期乾湿球温度差、末期乾球温度の乾燥条件を表-1に示した。

表-1 タイワンハンノキ、スギの欠点および推定条件

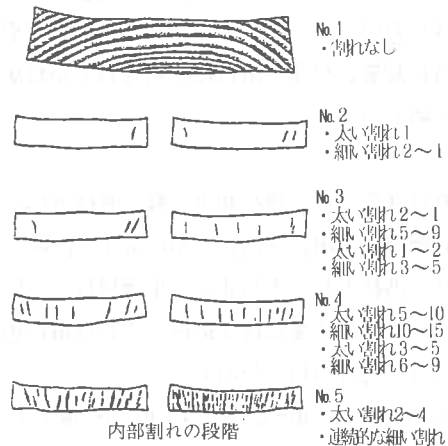
試料	初期含水率 (%)	欠点の程度			推定された条件 (°C)		
		初期割れ	断面変形	内部割れ	初期乾球温度	乾湿球温度差	末期乾球温度
タイワンハンノキ	99.3~102.4	No. 2	No. 1	No. 1	60	5.0	90
スギ	100.9-133.7	No. 3	No. 1	No. 1	55	3.0	80



初期割れの段階



糸巻状断面変形の測定法



内部割れの段階

糸巻状の断面変形とその段階

変形の段階	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
A-B (mm)	0~0.4	0.5~0.9	1.0~1.9	2.0~3.4	3.5~

表-1のタイワンハンノキの欠点および推定条件結果より、初期割れの欠点の程度は、各試験材でNo.2を示していることから、初期割れに関しては中庸から小さい部類の樹種であると考えられる。割れは、ほとんどが木口面であり、集合放射組織に沿って微細な割れが見られたが、板目面における割れの発生は見られなかった。

断面変形、内部割れ、ともに各試験材でNo.1を示したことから、タイワンハンノキでは、これらの欠点の発生に関してはほとんど問題はない樹種だと推定される。これらの結果より、急速乾燥試験において発生する各欠点に基づいて推定したタイワンハンノキ2.5cm厚板材の乾燥スケジュール条件を表-2に示す。

スギ材における欠点の程度は、初期割れがNo.3を示した。木口面における微細な割れの発生とともに、木口面からの割れが成長し、含水率の低下に伴うように板目面に伸び3～4本の大きな材面割れが発生した。このような割れの欠点の発生状況から判断すると、初期割れに関しては、中庸からやや大きい部類の樹種であると考えられる。

スギにおいては断面変形、内部割れともにタイワンハンノキと同様にNo.1を示したが、断面変形では試験材の間にばらつきがあるものの、小さな値を示した。スギ材においてもこれらの欠点の発生に関してはほとんど問題はない樹種だと推定される。

スギ材の急速乾燥試験において発生する各欠点に基づいて推定したスギ2.5cm厚板材の乾燥スケジュール条件を表-3に示す。

表-2 タイワンハンノキ推定スケジュール

含水率(%)	乾球温度(°C)	乾湿球温度差(°C)
生-60	60	5.5
60-50	60	8.0
50-40	60	11.0
40-35	60	20.0
35-30	60	28.0
30-25	65	28.0
25-20	70	28.0
20-15	75	28.0
15-	80	28.0

表-3 スギ推定スケジュール

含水率(%)	乾球温度(°C)	乾湿球温度差(°C)
生-70	55	3.0
70-60	55	4.0
60-50	55	6.0
50-40	55	8.5
40-35	55	11.0
35-30	55	14.0
30-25	60	17.0
25-20	65	20.0
20-15	70	20.0
15-	80	28.0

2) 含水率10%までの乾燥日数の推定

板厚2.5cm材のIF型人工乾燥室における乾燥日数は、タイワンハンノキ、スギの100°C試験において、各試験材が含水率1%になるまでに要する時間と、先に求めた初期乾湿球温度差を基にして人工乾燥日数の推定図から各試験材の乾燥日数を求め、両者の平均値により0.5日単位で示した。

乾燥日数はタイワンハンノキにおいては6.0日、スギでは10.0日と推定された。(図-1)(表-4)

国産広葉樹材のスケジュールにおける本土産ハンノキの乾燥日数は5.0日～6.0日、乾球温度区分がT10(60°C)、乾湿球温度差区分が4～5(4.0°C～5.5°C)であることからすると、タイワンハンノキは本土産ハンノキとほとんど同様な乾燥特性を示している。

県産スギと本土産スギの乾燥特性は今回行った急速乾燥試験の結果、かなり異なることが明らかである。本土産スギが乾燥日数4日前後、乾球温度区分がT12(70°C)、乾湿球温度差区分が5(5.5°C)と乾燥条件が厳しく設定できる。これに対して県産スギは乾燥日数10日、乾球温度区分がT8(55°C)、乾湿球温度差区分が3(3.0°C)となり乾燥条件が比較的緩やかな設定しか行えない。

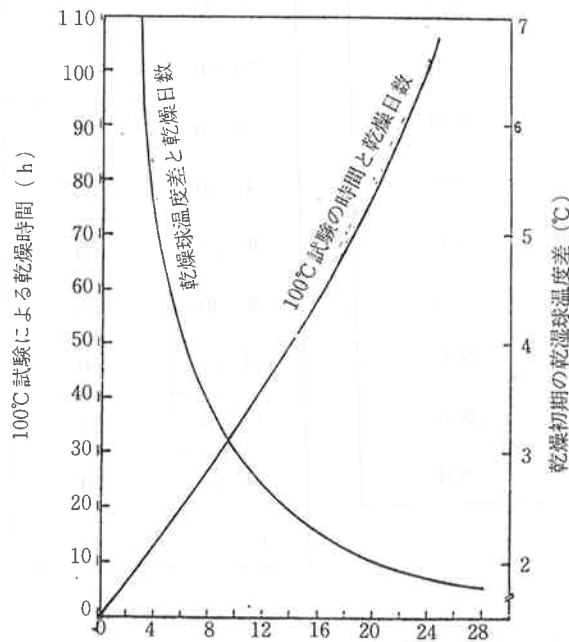
3) 生材から全乾状態における幅方向、厚さ方向の収縮について

台湾ハンノキの生材から全乾重量時に至るまでの幅方向、厚さ方向の収縮経過を図-2に示した。幅方向における全乾時の収縮率は7.0%~7.7%の値を示した。含水率70%前後から収縮が始まり、40%から収縮が急激に増加した。

厚さ方向の収縮率は3.6%~4.6%の値を示し、含水率70%前後から収縮が始まり、50%から収縮が揺るやかに増加した。

スギについても、ハンノキと同様に収縮経過を図-3に示した。幅方向における全乾時の収縮率は4.4%~6.0%の値を示した。含水率120%前後から収縮が始まり20%までは緩やかな収縮を経過した後、全乾までは急激な増加を示した。

厚さ方向の収縮率は3.7%~5.0%の値を示した。スギの両収縮率は他の県産樹種や台湾ハンノキと比較しても寸度安定性は良い樹種だと言える。



IF型乾燥室での乾燥日数

図-1 乾燥時間の推定

表-4 含水率10%までの推定乾燥日数

樹種名	乾湿球温度差(%)	含水率1%までの時間	推定乾燥日数(日)
台湾ハンノキ	5.5	26h	6.0
スギ	3.0	33h	10.0

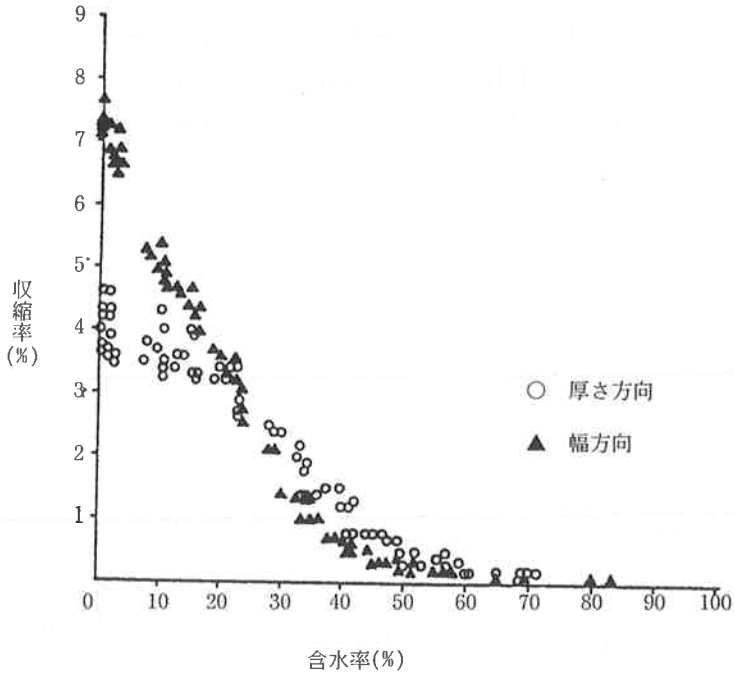


図-2 タイワンハンノキ収縮経過

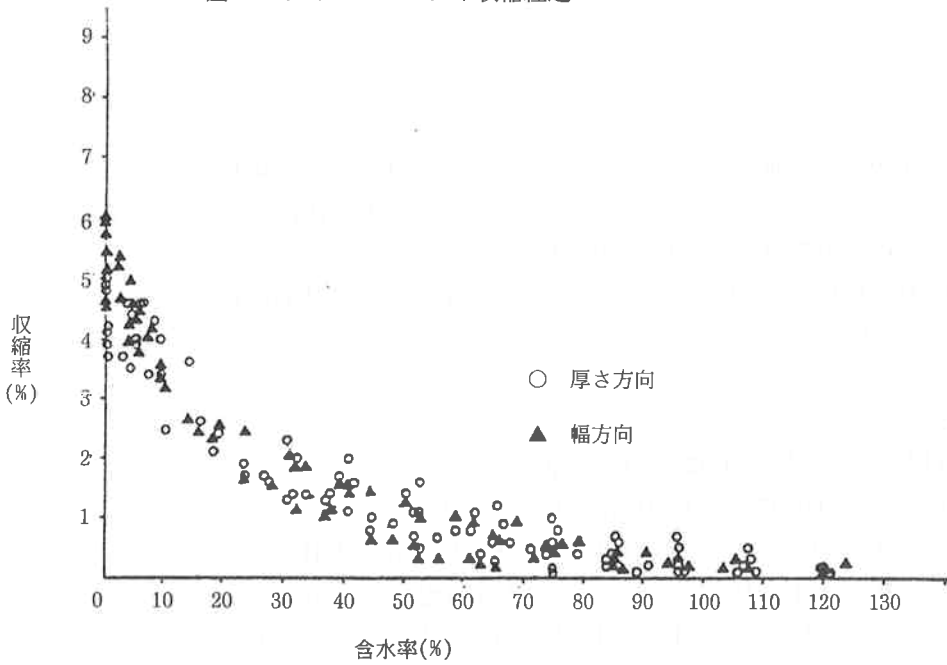


図-3 スギ収縮経過

4) ねじれ

台湾ハンノキにおける、ねじれの発生はどの試験材についても全く認められない。適切な製材を行えば、乾燥工程においては、ねじれの欠点の発生は生じない樹種である。

スギ材のねじれは1 mm～3 mm程度を示し、スギ材もねじれの発生が少ない樹種のようなものである(図-4)。

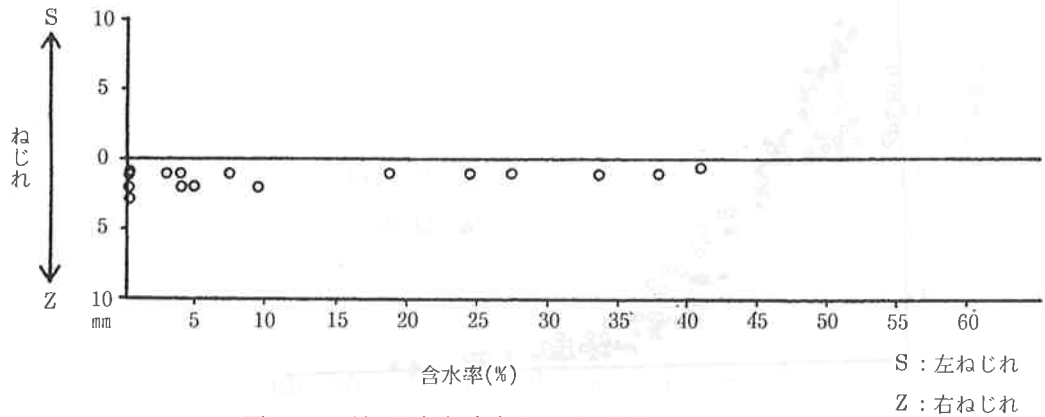


図-4 スギのねじれ方向およびねじれ量

5. まとめ

- 1) 台湾ハンノキ、スギの2.5cm厚材における推定された乾燥スケジュールは表-2、3に示す。
- 2) 含水率10%までの推定乾燥日数は、台湾ハンノキ6日、スギ10日となった。
- 3) 台湾ハンノキの収縮率は幅方向で7.0%～7.7%、厚さ方向で3.6%～4.6%を示した。スギの収縮率は幅方向で4.4%～6.0%、厚さ方向で3.7%～5.0%を示した。
- 4) ねじれの発生は台湾ハンノキでは全く生じなかった。スギ材においては1 mm～3 mm程度の発生を示した。

引用文献

- 1) 貴島恒夫：原色木材大図鑑、保育社、1986
- 2) 佐伯 浩：木材の構造、日本林業技術協会、1982
- 3) 仲宗根平男・小田 一幸：沖縄産有用木材の性質と利用、琉球林業協会、1985
- 4) 嘉手苅幸男：県産材の材質に関する研究、沖林試研報、No.32、1990
- 5) 寺沢 真・筒本卓造：木材の人工乾燥、日本木材加工協会、1976
- 6) 満久 高麿：木材の乾燥、森北出版、1962