

スギ心材色に関する研究 (第2報)

—影響要因としての個体サイズおよび含水率分布について—

1991年度～1993年度 (県単)

門屋 健 戸田奇余
竹内英男 熊川忠芳

要 旨

スギ心材色に影響を及ぼす要因について、本センター試験林内にて調査を実施した。採取した円板の心材色は乾燥後、4つのグループに分けることができたが、これは伐倒直後の心材の色とは無関係であった。また、その心材色に関与すると考えられる心材含水率は、高いものほど心材部黒色化の傾向が高くなり、また、その含水率の辺材部から白線帯、心材部へかけての変化は、試料個体内の垂直方向で同じ様なパターンを示した。多変量解析の数量化理論および判別分析を用いた分析の結果、心材色グループの黒色化したグループと赤味を帯びているグループの7割以上を導かれた二つの合成変量で判別することができた。

I. 目 的

スギは我が国主要国産材の一つであり、全国的には人工林面積の約50%を、本県においても人工林面積で38%、蓄積では55%を占め、今後の安定的供給が期待されている。

ところで、一般にスギ心材部の色は赤味を帯び含水率が辺材部に比較して低いのが特徴であるが、逆にクロジと呼ばれるものは心材部が黒褐色化したものは心材含水率は高くなっている。

また、この心材の色は材価決定因子として重要な要因であり、一般に赤色の物は黒心材よりかなり高価格で取り引きされている。加えて、その心材含水率の高さは、乾燥処理材が要求される今後の市場動向からもマイナス要因になると考えられる。

現時点で、その心材色の成因機構については環境因子説、化学物質説、遺伝説等がいわれてはいるが、なお不明の点が多く確定的な結論は得られ

ていない。また、今後県内スギ資源を有効に利用し国産材需要拡大を進めていくため、また、その品質の維持管理の上からも県内状況の的確な把握が必要と考えられる。そこで、本研究は県内スギ林を対象としてその心材色に及ぼす各種影響要因を調査することにより、今後の育種、施業の一助となる様な資料を得ることを目的として実施した。

II. 調査方法

1. 毎木調査

調査地は本センター試験林内で、斜面上部から下部にかけて植栽されているスギ林分(20～36年生)に設置した。斜面に面して方形のコドラートを設定し、上部から下部にかけて更に10m間隔のサブコドラートに分割し、枠内全立木の胸高直径、樹高を測定した。

2. 試料個体の伐倒

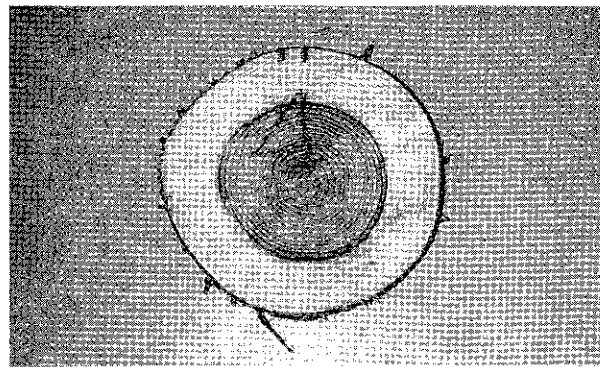
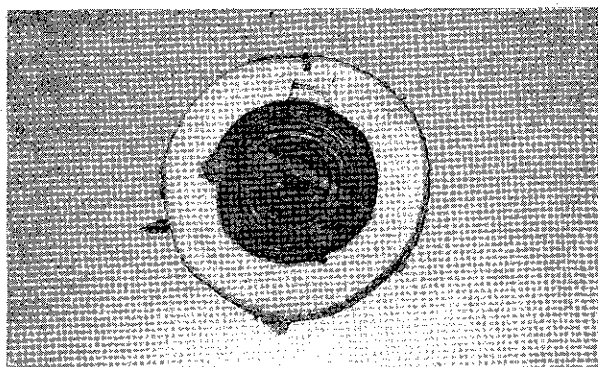
心材色判定のための円板試料の採取については、

毎木調査の結果より標準木法により調査林分の階層構造を反映するサンプリングを各サブコードラートごとに行った。試料採取時には、対象木の樹冠幅を伐倒前に四方向について測定し、伐倒後には樹冠長の測定、心材色の判定を行った。また、各個体の樹皮の形態を粗・中間・平滑の3グループに目視により分別した。

3. 含水率および心材色調査

採取した円板試料は実験室内に持ち帰り、含水率試験用に辺材部、心材部、白線帯部に割材し、105℃恒温乾燥器で絶乾にし含水率を算出した。また、含水率試験に使用した以外の試料については、それぞれ直径、心材部径を計測した後、約2週間風乾し以下の区分で肉眼により心材の色をグループ分けした。(写真-1)

- A: 心材部全体が黒色
- B: 辺材部に近い心材部が黒色
- C: 黒色部なし
- D: BとCの中間色または一部が黒色



A	B
C	D

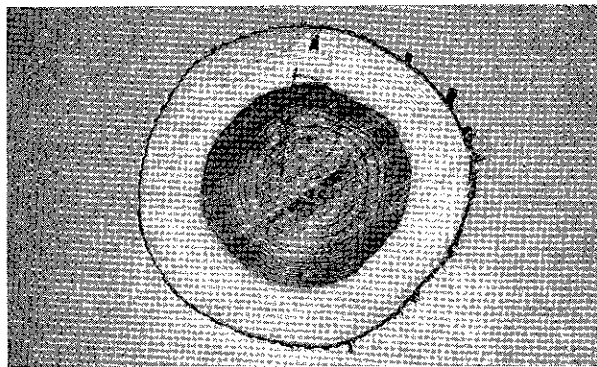
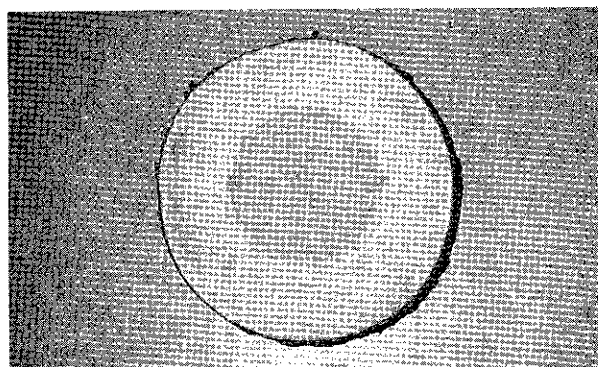


写真-1 4グループに分けた円板の心材色

III. 結果と考察

1. 毎木調査の結果

コードラート内の立木本数は調査区Aが184本、Eが357本、Fが124本、Gが162本であった。その内各調査区からそれぞれ46、30、35、22個体、計133個体から円板試料を得た。

各調査地の毎木調査の結果は表-1のとおりである。表-2、3に調査区E、Gのサブコードラート(斜面上部~下部)毎の各測定項目結果を示す。なお、第1報では調査区A、Fについて検討したが、本報告では調査区E、Gの解析結果を中心に述べる。

2. 伐倒後の心材色の変化

スギ心材部の色の黒褐色化は、伐倒後時間があつた程度経過してから生ずると考えられている。そこで、今回各調査区の伐倒直後の心材部の色を観察したところ、濃赤色、淡紅色、褐色の三つのタイプに分けることができた。これらの本数割合はそれぞれ、71%、23%、5%でスギの心材の色は

立木時には殆どが赤色を呈していた。そして、伐倒後空气中にさらされることなどにより、一部が黒褐色化するものと思われる。そこで、伐倒直後の心材色と伐倒後時間を経た後の心材色との関連性を調べてみたものが図-1である。

この結果、どのグループも同程度の割合で心材色変化が生じており、伐倒直後の心材部の色とその後の黒褐色化には密接な関連が見られないようであった。

表-1 各調査地の毎木調査の結果

調査区	林齢	方位	傾斜(度)	平均樹高(m)	平均胸高直径(cm)
A	36	SW	23	19.4	22.5
E	20	NNW	25	10.6	12.2
F	20	SW	27	13.6	17.6
G	33	NNW	18	18.7	20.1

表-2 調査区Eの毎木調査の結果

斜面位置	胸高直径	樹高	樹冠長	樹冠幅	心材率
上部	21.8	10.8	4.9	4.5	12.1
中部	13.0	11.8	5.5	4.7	10.4
下部	11.3	9.8	4.9	4.5	10.2

表-3 調査区Gの毎木調査の結果

斜面位置	胸高直径	樹高	樹冠長	樹冠幅	心材率
上部	21.0	18.6	4.9	5.5	45.2
中部	18.1	18.0	4.9	3.8	41.4
下部	20.3	19.3	5.3	4.4	38.3

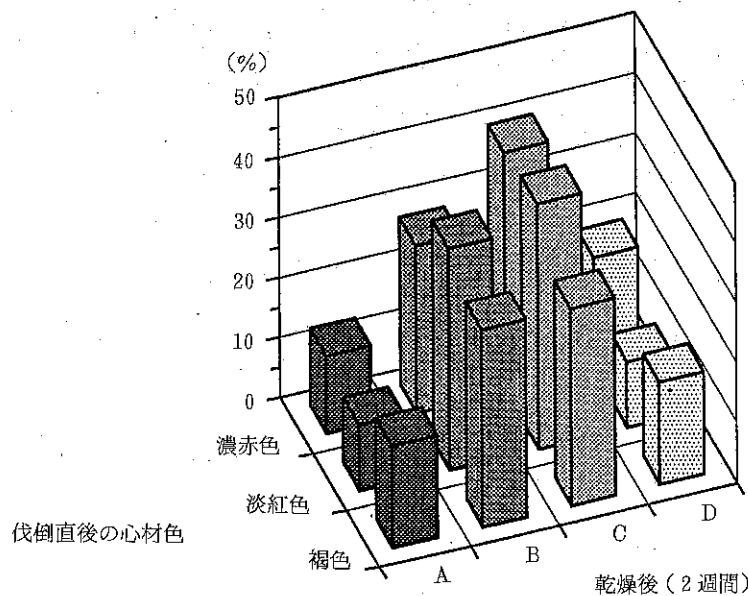


図-1 伐倒直後と乾燥後(2週間)の心材色変化の頻度

3. 心材色と各影響要因との関係

今回調査した調査区Eの斜面位置別の各心材色グループの出現頻度の違いを図-2に示した。今回の調査でも、前報の調査区A、Fの結果と同様に斜面下部の個体の方が心材色グループAの出現頻度が高い傾向が見られた。そして、調査区A、E、F、G全体での心材色のグループAからDまでの出現頻度はAが10.8%、Bが26.9%、Cが35.4%、Dが26.9%であり、また、斜面位置別に見てみると、下部の個体の方がAもしくはB、つまりクロジンかそれに近いものの出現頻度が高くなり、

一般に言われているように土壌水分条件が高いと考えられる立地ではクロジンが出やすいという事が今回調査した試験区全体においても言える(図-3)。

表-4に、心材色グループ別での各要因のデータを示す。この結果、Aグループの個体は胸高直径、樹冠長、樹冠幅において他のグループより大きな値を取り、クロジンの個体はサイズにおいて比較的大きなものほどその出現頻度が高まる傾向が今回の調査からも伺えた。また、真円率についても調査を行ったが、グループ間に差はなく心材色との関連は見いだせなかった。

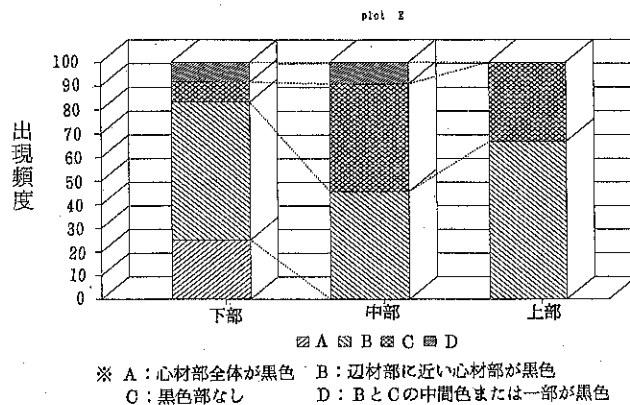


図-2 斜面位置別の心材色グループの出現頻度の違い (E)

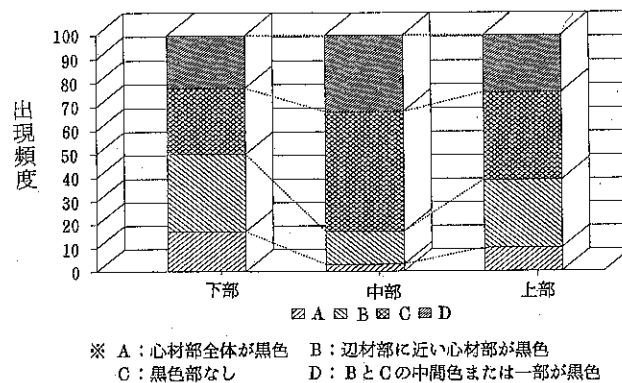


図-3 斜面位置別の心材色グループの出現頻度の違い (全体)

表-4 調査区Eの各グループ別の個体形質の違い

	胸高直径	樹高	樹冠長	樹冠幅	心材率	真円率
A	15.8	11.4	6.8	2.2	20.5	0.96
B	11.6	11.3	5.0	1.2	10.0	0.96
C	12.5	11.8	4.9	1.3	9.4	0.95
D	12.0	7.6	4.8	1.2	12.3	0.97

次に樹皮の形態との関係について述べる。今回の調査では、現地で簡単に見分けることができるように樹皮の形態は目視により実施し、樹皮の割れ目が深く、剥がれる感じの粗いもの（R）、割れ目が少なくすべすべした感じの平滑なもの（S）、その中間タイプ（M）の3タイプに区分した。その樹皮タイプは、判然とした区分けがなかなか困難なため中間タイプのもので多くなる傾向があるが、心材色との関係では、Aグループでは、粗いもの、平滑なものとの比率が1対1であったが、Cグループの方はその比率が2対1で粗いものの方が多く出現した（図-4）。このことより、樹皮の粗いものを選んだ方が比較的クロジでないものを選ぶ確率が高くなるということが考えられる。

4. 含水率と心材色の関係

クロジの心材部含水率は一般に高く、それが心材色に深く関与していることが既報からも明らかになったが、その個体ごとの含水率の変動はかなり大きく、それが何に起因しているのかについては興味を持たれる。そこで、その含水率変動の

特性を把握するため、個体内の水平・垂直方向の含水率の分布を調査した。水平方向については、心材部、白線帯部（心材部と辺材部との移行帯）、辺材部について、垂直方向については胸高そして2m高から2mごとに最大12mまで、円板を採取し含水率を測定した。

水平方向についての辺材部、白線帯部、心材部の含水率を心材色のグループ別に比較してみると、調査区E、Gのどのグループとも辺材、白線帯部の含水率は差がなく、相対的に辺材部が高く、白線帯部が低い値をとっている。一方、心材部についてはAグループが他に比較して高い値をとり、クロジの個体の水平方向への含水率分布パターンはそうでないものと異なっていることがわかる。また、この分布パターンは材の垂直方向においてもほぼ同様の傾向が見られ、心材部の含水率の分布は局所的ではなく、垂直方向には比較的均等に分布していると思われた（図-5~14）。また、垂直方向への各部位の含水率分布のパターンはどの部位についてもあまり大きな変動はなく、立木

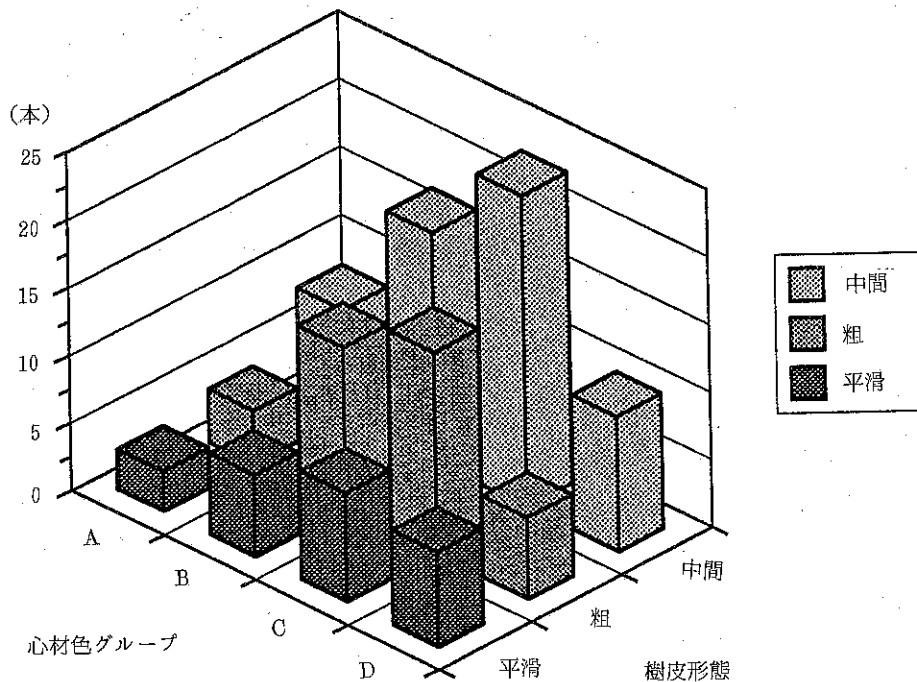


図-4 心材色グループと樹皮形態の関係

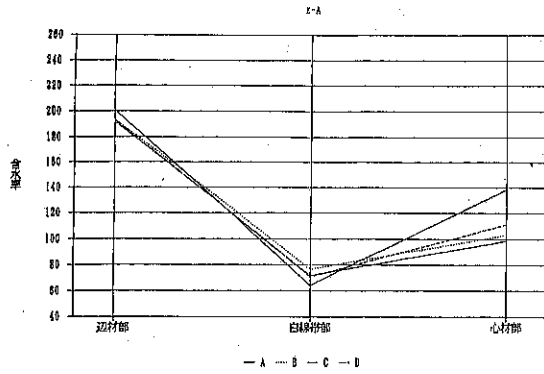


図-5 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区E、高さ: 胸高)

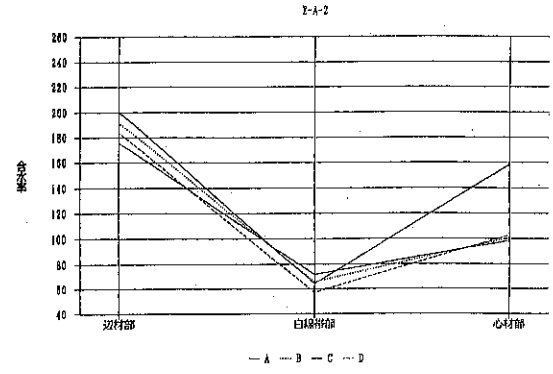


図-6 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区E、高さ: 2 m)

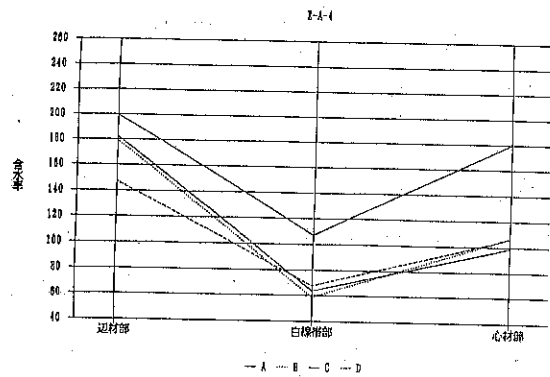


図-7 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区E、高さ: 4 m)

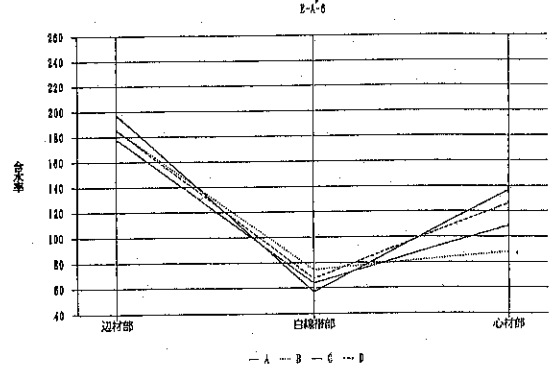


図-8 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区E、高さ: 6 m)

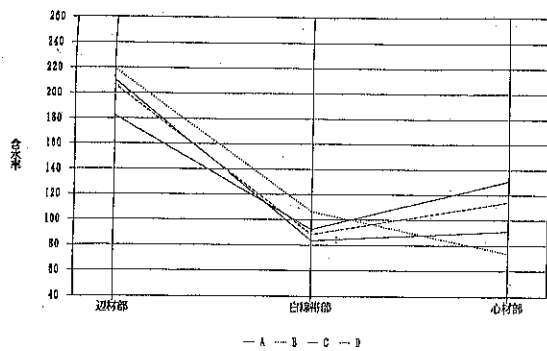


図-9 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区G、高さ: 胸高)

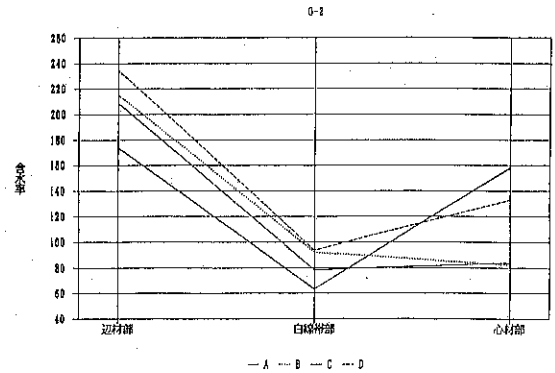


図-10 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区G、高さ: 2 m)

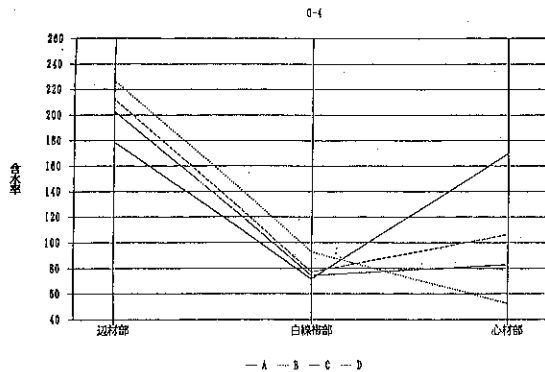


図-11 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区G、高さ: 4 m)

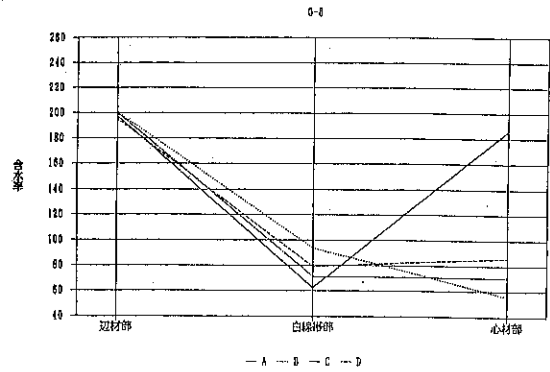


図-12 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区G、高さ: 6 m)

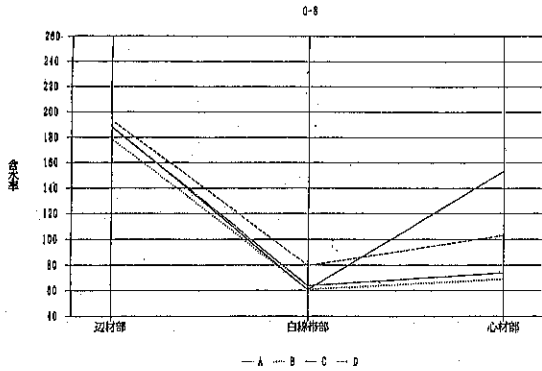


図-13 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区G、高さ: 8 m)

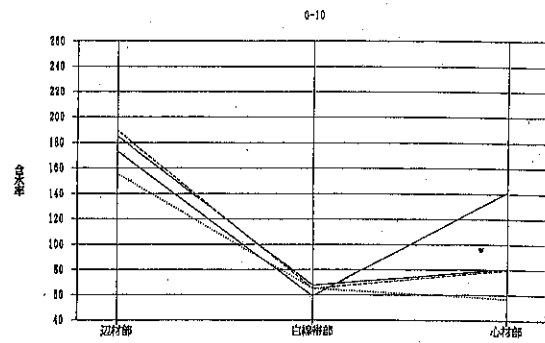


図-14 心材色グループ別の含水率の部位ごとの違い (調査区G、高さ: 10 m)

状態での含水率分布においてはどの高さで試料を採取した場合も、ある程度はその個体の含水率分布パターンを表現したものであると思われる。

5. 判別関数による予測

前報では、心材色には各種要因の複合的な関与が考えられ、また、その要因には数値化できない分類尺度的なものも含まれていたため多変量解析・数量化理論2類を用いて心材色判別のため合成変量(判別関数)を導きだした。そこで、今年度データを更に加え、各影響要因の寄与の程度を示したものが表-5である。なお、毎木調査により得られた数値データは標準化して解析に用いた。この結果、第1合成変量では、心材含水率、樹冠幅、胸高直径の順に、第2合成変量では樹冠幅、斜面位置、心材含水率の順に心材色に寄与していることがわかる。また、第1合成変量によりAグループの73%、Cグループの74%が判別でき、第2合成変量によりDグループの63%、Bグループの51%が判別でき、この2つの判別関数により全体の65%が判別できることになった。ところで、今回の調査からは樹皮の形態や斜面位置といった分類尺度的なデータの心材色への寄与は相対的には高くなかったが、これはそれらの分類方法が明瞭ではなかったためかもしれない。そこで、更に数値データのみにより判別を試みるため、判別分析の手法を適用してみた。要因としては胸高直径(Z_1)、

樹冠長(Z_2)、樹冠幅(Z_3)、心材含水率(Z_4)を用いた。その結果、 $f = -0.211 Z_1 - 0.174 Z_2 + 0.598 Z_3 + 0.0227 Z_4 - 2.33$ と $g = -0.869 Z_1 + 0.817 Z_2 + 1.284 Z_3 - 0.0101 Z_4 + 1.049$ の2つの合成変量が得られ、第1合成変量では、心材含水率、樹冠幅が第2合成変量では樹冠幅と樹冠長が寄与していることがわかった。また、第1合成変量によりAグループの80%、Cグループの70%が、第2合成変量によりBグループの48%が判別できることがわかった。AおよびCの正答率が高く、B、Dの正答率が低いのは、AとCが4グループの中で、明瞭にカテゴリー化できるものであるのに対して、BおよびDはそれらの中間タイプのものであるためだと思われる。

IV. おわりに

今回、スギ心材色に影響を及ぼす要因を立木の含水率、個体サイズに関係するものおよび形態、そして立地の面から考察を加え、それらの複合的関与について、そして多変量解析法を用いることによる心材色判別の可能性を検討した。その結果、心材含水率、樹冠のサイズ等が心材色の発現に寄与していることが判明し、そして判別関数の導入による心材色判別の可能性も示唆された。現実にはクロジンの個体を見分けるのには、なお明確にすべき点があると思われるが、個体サイズと立地が

表-5 各合成変量の係数とレンジ

アイテム	カテゴリー	第1合成変量		第2合成変量			
		係数	レンジ	係数	レンジ		
X 1	d	Z 1	~ 0.1	-1.0849	1.27022	-0.3239	0.32391
		Z 2	0.1 ~ 1.5	-1.2702		-0.0567	
			1.5 ~	(0)		(0)	
X 2	h	Z 3	~ 0.1	0.17576	0.17576	-0.1832	0.39151
		Z 4	0.1 ~ 1.1	0.09856		-0.3915	
			1.1 ~	(0)		(0)	
X 3	cl	Z 5	~ -0.75	-0.2837	0.46944	-0.0541	0.05412
		Z 6	-0.75 ~ 0	0.18566		-0.0098	
			0.35 ~	(0)		(0)	
X 4	cw	Z 7	~ 0.15	2.35957	2.35957	1.82684	2.97853
		Z 8	0.15 ~ 1	1.95549		2.97853	
			1.5 ~	(0)		(0)	
X 5	mc	Z 9	~ 100	2.62696	2.62696	-0.2152	0.83822
		Z 10	100 ~ 150	2.19238		0.62296	
			150 ~	(0)		(0)	
X 6	b	Z 11	s	-0.0288	0.25661	0.00698	0.55320
		Z 12	m	-0.2566		-0.5462	
			r	(0)		(0)	
X 7	sg	Z 13	上	0.08655	0.23042	1.16789	1.16789
		Z 14	中	-0.1438		0.32483	
			下	(0)		(0)	
相 関 比				0.43975	0.15086		

※ d : 胸高直径 h : 樹高
 cl : 樹冠長 cw : 樹冠幅
 mc : 心材含水率 b : 樹皮形態
 sg : 斜面位置

らある程度それらの予測をつけ、含水率の分布パターンの結果から成長錐を用いても問題のない箇所から試料を採取することにより含水率を推定できることで、そのデータを判別関数を用いることによりAグループ(クロジン)かCグループ(赤味)の判別はある程度できると思われる。しかし、今回は調査地が限定されていること、また、調査により土壌条件等の関与も考えられたこと、また、今回は検討できなかった品種の問題等、心材色を決定している要因は多岐に渡っていると推察されたため、今後、これらの要因の解析も加えての影響因子の解明、そしてより信頼性の高い心材色判別関数を得ることが望まれる。

V. 参考文献

- 1 関西林木育種場：スギ心材色に関する調査、林木の育種、105、17~20、1977
- 2 野々田三郎、木村等、後藤康次：スギ心材色と立地条件、岐阜林セ研報、10、115~130、1982
- 3 渡辺操：スギの心材色の調査について、林木の育種、105、21~24、1977
- 4 愛知県：平成4年度愛知県林業統計書、188pp、1993
- 5 石原辰雄、長谷川勝也、川口輝久：Lotus 1-2-3活用・多変量解析、493pp、共立出版、1990
- 6 門屋健：スギ心材色に関する研究(第1報)、愛知林セ報、30、16~22、1993