

高齡林における林分密度指標の解析^{*1}近藤 洋史^{*2} ・ 今田 盛生^{*3} ・ 吉田茂二郎^{*3}

標準伐期齢を越える高齡林の林分密度指標について解析を行った。現在、法令で高齡林間伐の指針には収量比数が利用されている。この収量比数算出の基礎となっている最多密度曲線を越える林分の存在が報告されている。そのため収量比数を林分密度の尺度として利用することについての問題が指摘されている。そこで算出の容易な相対幹距と Czarnowski の提唱する係数を林分密度の指標として利用することを検討した。高齡林では単位面積あたりの本数を変化させても相対幹距は、平均で1%以下の変動となり、間伐状況を把握するのはむずかしいと思われる。Czarnowski の係数は平均樹高と等しい長さを一辺とする正方形の林地に生育する立木本数を林分密度の尺度とするものである。この係数は、高齡林間伐において相対幹距よりその間伐状況を明確に示していると考えられる。

According to the present laws forestry, yield index is used as an indicator of stand density and thinning of old forests. The yield index is based on the full density curve, which expresses the maximum density of the stand. However, stands with a density beyond the full density curve exist. The problem has been raised as to whether yield index can be used as an indicator of the thinning of old forests. The relative spacing and the coefficient of Czarnowski were examined as an indicator of density and thinning for old forests. The relative spacing was shown to decrease almost exponentially. The value of the spacing changed less than 1% on average and was a poor indicator of the state of thinning of old forests. The coefficient of Czarnowski values more than the spacing on the thinning. So the coefficient of Czarnowski is considered to be able to tell the state of thinning more than the relative spacing.

I. はじめに

これまでの森林経営・森林管理は、高い木材価格を背景として短伐期一斉皆伐施業など画一的な施業が中心であった。しかし、近年の森林経営・森林管理を取りまく環境の変化により、複層林施業や長伐期施業、長期育成循環施業（林野庁、2001）など、伐期を長期化する施業が推進されようとしている。これらの新たな施業を導入することで、森林のもつ多面的な機能を最大限に発揮させることが期待されている。

このような伐期を長期化させる森林管理・森林経営では、林内照度や下層木、林床植生の管理において、上層木の密度管理が重要な問題となってくる。現在の森林法施行規則などの法令では、林分密度管理図で調整されている収量比数をもって上層木の密度管理をすることとされている。

しかし、筆者らは、既報（近藤、1998；近藤ら、2000）において、最多密度曲線を超過する林分の存在を指摘した。最多密度曲線は、林分密度管理図の重要な構成要素であり、当該樹種の密度の上限を示したものである。通常、この曲線を越えた密度は出現しないとされている（安藤、1982）。この最多密度曲線は林分管理の尺度である収量比数を算出する基礎となっている。これらのことから間伐の指針に収量比数を利用するには問題があると考え

られる。

収量比数とともに間伐の指針に利用されている林分管理の尺度に相対幹距がある。我が国における相対幹距を間伐強度の分析や既存の収穫表との比較をしたものに西沢（1972）や南雲・箕輪（1990）の研究がある。

また、この相対幹距と同様の概念であるものに Czarnowski の係数（Czarnowski, 1961）がある。内藤（2001）はこの係数を C 係数と略称して林分密度の解析を行っている。

これら既存の研究では標準伐期齢に至るまでの林分を対象としたものである。そのため、これらの指標を、現在、森林管理や森林経営に推進されようとしている標準伐期齢を越える高齡林を対象とした密度管理に応用した報告はまだ少ない。

そこで、長伐期林など高齡林の密度管理指標として検討するため、相対幹距ならびに Czarnowski の係数について解析を行った。なお、Czarnowski の係数については内藤の報告と同様、本研究でも C 係数と略称する。

II. 資料と方法

解析に用いた資料は、森林総合研究所九州支所で長期継続調査を行っている九州地方の収穫試験地資料（近藤・野田、2000）を

*1 Kondoh, H., Imada, M. and Yoshida, S. : Analysis of the indicators of stand density for old forests

*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. and Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

*3 九州大学農学部 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-0053



図-1. 収穫試験地位置の概要

用いた(図-1)。収穫試験地で資料が現存するのは35箇所である。この内訳であるが、樹種がスギである試験地は13箇所、ヒノキ21箇所、アカマツ1箇所となっている。また、現在も調査を行っている試験地は17箇所(スギ7箇所、ヒノキ10箇所)である。

これらの試験地資料を用いた解析が可能かどうかの吟味を行った。相対幹距等の推移を考察するため試験地調査が4回以下、すなわち調査期間が15年以下のものは本研究の資料から除いた。また高齢林についての解析を行うため、最近の調査における林齢がスギ35年、ヒノキ40年という九州地方の標準伐期齢に達していない資料も除いた。さらに、最終調査において台風被害等で負の成長量となっている試験地資料や原因不明の本数減少を起こしているもの、樹種がアカマツであるものを除いた。資料の吟味により26箇所(スギ11箇所、ヒノキ15箇所)の試験地資料を用いた(表-1)。

研究の方法として、間伐の指針として利用されている相対幹距と、相対幹距と同様の概念であるC係数を利用した。

相対幹距とは林木の平均樹幹距離(平均幹距)と林分の上層木の平均樹高との比である。これは(1)のように表される。

$$Sr = 100^2 / (H * \sqrt{N}) \quad (1)$$

Sr: 相対幹距 (%)
H: 上層木樹高 (m)
N: 単位面積あたりの本数 (本/ha)

C係数とは、平均樹高と等しい長さを一辺とする正方形の林地に生育する立木本数に着目したものである。Czarnowskiは正常な林分密度をもつ同齢単純林では林齢に関係なくこの値は一定になるという仮説を検証している(Czarnowski, 1961)。C係数は

表-1. 対象とした収穫試験地の現況

試験地 <廃止>	営林署等	樹種	測定回数	最新調査 年度	林齢
霧島	高崎	ヒノキ	8	1982	68
青井岳	都城	ヒノキ	9	1982	67
本城	佐賀	ヒノキ	9	1986	79
杉崎	出水	ヒノキ	8	1986	79
背振山	佐賀	スギ	10	1985	75
萱瀬山	長崎	スギ	10	1985	72
越差	武雄	ヒノキ	11	1989	78
菊池深葉	熊本	スギ	9	1989	77
寺床第1	玖珠	スギ	6	1990	42
仁川2号	熊本	ヒノキ	9	1993	63
万膳2号	加治木	ヒノキ	9	1992	74
万膳3号	加治木	ヒノキ	8	1992	75

試験地 <現存>	営林署等	樹種	測定回数	最新調査 年度	林齢
菊池水源	熊本	スギ	9	2000	54
河原谷	飫肥	スギ	7	1990	52
小石原	日田	スギ	8	1996	51
水無平	高千穂	スギ	7	1993	51
川添	加治木	スギ	8	1999	49
寺床第2	玖珠	スギ	7	1996	46
西郷温泉岳	長崎	スギ	6	1998	48
本田野	宮崎	ヒノキ	10	1993	81
仁川1号	熊本	ヒノキ	8	1995	65
久間横山	武雄	ヒノキ	10	1992	56
端海野	多良木	ヒノキ	7	1990	80
万膳1号	加治木	ヒノキ	9	1992	72
鬼神	大口	ヒノキ	7	1999	45
西郷温泉岳	長崎	ヒノキ	8	1998	47

(2) 式から算出される。

$$C = N * H^2 / 100^2 \quad (2)$$

C: C係数

Ⅲ. 解析結果

1) 相対幹距とC係数との関係

相対幹距算出式(1)とC係数算出式(2)から(3)のような関係が導かれる。

$$C = 100^2 / Sr^2 \quad (3)$$

(3)式からC係数は相対幹距の2乗に反比例することを示している。

ここで、十分に閉鎖した林分では、樹高成長と密度には独立の関係があると考えられていることから(4)式が報告されている(安藤, 1982; 四手井, 1956)。

$$N = b * H^a \quad (4)$$

a, b: 樹種ごとの定数

この(4)式を(1)式に代入すると(5)式が得られる。

$$Sr = m * H^{-a/2-1} \quad (5)$$

m: 樹種ごとの定数

ここで定数aは表-2のように報告されている(林野庁,

表-2. 樹種ごとの定数 a

樹種	a
スギ	-1.47902
ヒノキ	-1.915606

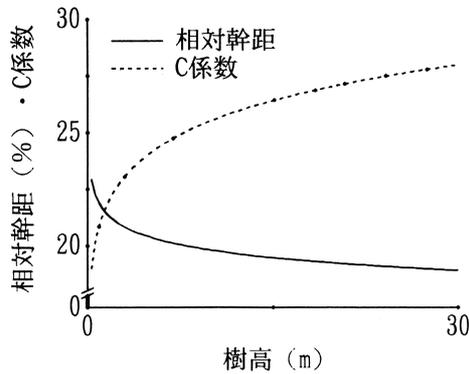


図-2. 相対幹距ならびにC係数と樹高との関係

1981, 1982)。これらの値を (5) 式に代入すると、これらの樹種の相対幹距は指数減少関数となる。相対幹距とC係数には (3) 式のような関係があるので、これらを模式的に表すと図-2のようになる。

2) 高齢林間伐における相対幹距ならびにC係数

高齢林の内容として、長伐期施業は、特定森林施業計画において規定されている。すなわち、森林法施行令において、間伐立木材積は、原則として、当該森林の年間成長量に相当する材積に5を乗じて得た材積を上限とすることとなっている。本報告で対象としている試験地では年間材積成長量を算出している。そこで図-3に示した方法により、対象としている試験地において、最近の調査年での間伐可能本数をそれぞれ算出した。この間伐可能本数から間伐率をまとめたのが表-3である。

表-3から、この法令に従った本数間伐率は、各試験地の平均で8.2%となった。この値は、1991年の九州地方に甚大な被害を与えた台風により、被害を受けた寺床第1試験地、寺床第2試験地、仁川1号試験地などの値により影響されていると考えられる。そこで、本数間伐率を10%として、最新の調査年度に本数間伐率10%の間伐を行ったとした場合とそれ以前の本数密度における相対幹距ならびにC係数の割合を変動として、相対幹距の変動とC係数の変動とをそれぞれ算出した。

本数間伐率10%で本数密度を減少させた場合の各試験地における相対幹距の変動は、その平均で0.88という値になった。同様の間伐率におけるC係数の差は4.08となった。相対幹距ならびにC係数の変動値は絶対値で示している。また、これらの変動係数は、それぞれ0.18, 0.29となった。

さらに、本数間伐率10%で間伐された場合の相対幹距ならびにC係数の状況を図-4に示した。この図は、青井岳収穫試験地の相対幹距ならびにC係数の経年推移に、表-3で算出した最終調査年度における本数間伐率を10%とした場合の変動状況を例示したものである。

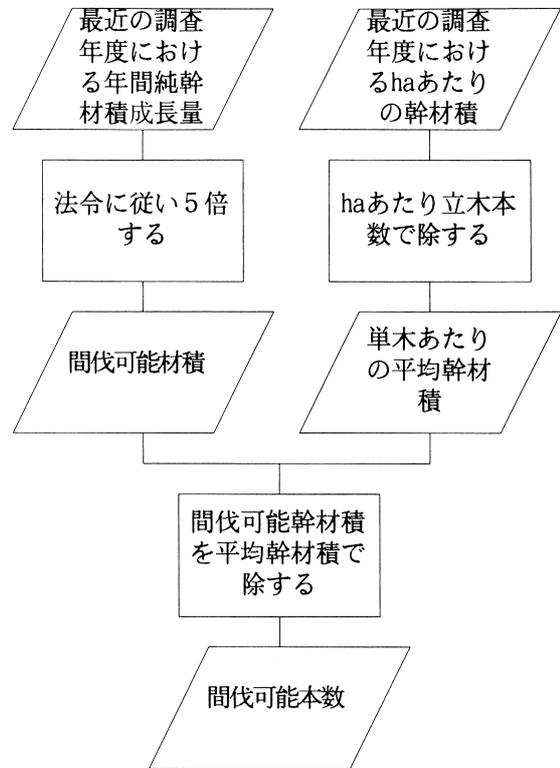


図-3. 間伐可能本数算出方法

表-3. 最終調査年度における本数間伐率と相対幹距およびC係数

試験地	林齢 (年)	本数間伐率 (%)	本数間伐率 10%とした時の相対幹距の変動 (絶対値, %)		本数間伐率 10%とした時のC係数の変動 (絶対値, 単位なし)	
			変動 (絶対値, %)	変動 (絶対値, %)	変動 (絶対値, 単位なし)	変動 (絶対値, 単位なし)
霧島	68	8.7	0.79	4.72		
青井岳	67	7.0	0.76	5.02		
本城	79	6.7	0.86	4.00		
杉崎	79	5.8	0.86	3.92		
背振山	75	5.5	0.89	3.71		
萱瀬山	72	7.4	0.90	3.60		
越差	78	7.3	0.77	4.96		
菊池深葉	77	6.0	0.87	3.84		
寺床第1	42	7.1	1.15	2.21		
仁川2号	63	5.6	0.79	4.64		
万膳2号	74	7.3	0.86	3.94		
万膳3	75	6.9	0.81	4.49		
菊池水源	54	11.4	0.68	6.27		
河原谷	52	8.4	0.71	5.86		
小石原	51	13.9	0.81	4.41		
水無平	51	13.9	0.69	6.09		
川添	49	11.3	0.89	3.66		
寺床第2	46	2.8	1.37	1.55		
西郷温泉岳スギ	48	14.0	1.13	2.28		
本田野	81	2.0	0.92	3.49		
仁川1号	65	1.3	0.89	3.68		
久間横山	56	9.2	0.89	3.65		
端海野	80	6.7	0.75	5.17		
万膳1号	72	5.9	0.75	5.14		
鬼神	45	16.7	0.93	3.35		
西郷温泉岳ヒノキ	47	14.2	1.12	2.34		
平均		8.2	0.88	4.08		
変動係数			0.18	0.29		

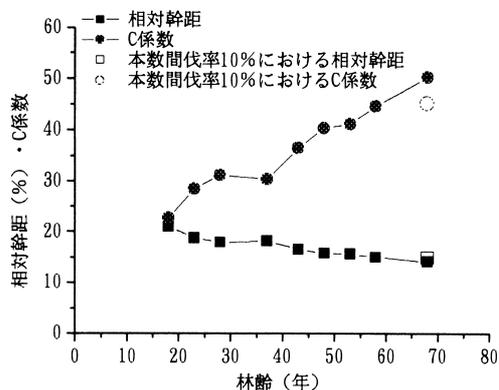


図-4. 本数間伐率10%における相対幹距とC係数

IV. 考察

図-2において、相対幹距は樹高が大きくなるとある値に漸近することを示している。樹高成長は林齢に正比例の関係があるならば、林齢が増加すると相対幹距はある値に漸近すると考えられる。それに対して、相対幹距の2乗に反比例の関係があるC係数は、林齢が大きくなると増大する傾向があると考えられる。

また、法令に従った間伐率を10%として、対象とした試験地において、高齢林と考えられる最新調査年度に対して間伐を実施した場合の相対幹距ならびにC係数をみみると(表-3)、相対幹距の変化は平均値で1%以下となり、その変動係数は相対幹距よりC係数の方が大きくなった。これは高齢林間伐において、相対幹距よりC係数の方が大きく変動することを示している(図-4)。そのため高齢林における間伐では、その指標として相対幹距よりC係数を用いるの方がその間伐状況をより明確に表すことが

できると考えられる。

V. おわりに

高齢林間伐の指標としてC係数が有用であることを示した。しかし幼齢林や壮齢林では、C係数の2乗の反比例となっている相対幹距の方がその林分密度を明確に示していると考えられる。これらの林分密度指標をそれぞれの林齢や林分の状況に対してどのように使い分ければよいか、これらの密度指標を実際の間伐に対してどのように利用すればよいか等の解析を進めていく必要がある。

引用文献

- 安藤 貴 (1982) 林分の密度管理. 47-68, 農林出版, 東京.
 Czarnowski, M. S. (1961) Dynamics of even-aged forest stands. 7-10, Louisiana state university press, USA.
 近藤洋史 (1998) 日林九支研論 51: 9-10.
 近藤洋史・野田 巖 (2000) 収穫試験地報告21号. 1-77, 森林総合研究所九州支所・九州森林管理局, 熊本.
 近藤洋史ほか (2000) 日林九支研論 53: 31-32.
 南雲秀次郎・箕輪光博 (1990) 測樹学. 177-193, 地球社, 東京.
 内藤健司ら (2001) 第112回日林学術講: 147.
 西沢正久 (1972) 森林測定. 258-266, 農林出版, 東京.
 林野庁 (1981) 九州地方国有林スギ林分密度管理図.
 林野庁 (1982) 九州地方国有林ヒノキ林分密度管理図.
 林野庁 (2001) 平成12年度林業白書. 58-59, 日林協, 東京.
 四手井綱英 (1956) 林分密度の問題. 8-35, 日林協, 東京.
 (2001年12月10日 受理)