

スギとケヤキの同齡混交林造成に関する研究 — 林分構造と成長 —

小 谷 二 郎

要旨 : 石川県内の8箇所ですぎとケヤキの混交林の実態調査を行い、林分構造と成長を解析した。ケヤキを残存させて、スギが後から植栽された林分ではケヤキの樹冠投影面積率が高く、多くのスギが被圧下におかれ成長不良となっていた。それに対し、スギとケヤキがほぼ同齡でケヤキの樹冠投影面積率が50%程度の混交林分ではスギの被圧木が少なく、ケヤキの成長も良好であった。しかしながら、スギとケヤキの樹冠投影面積が同じ場合、ケヤキの本数や材積がスギの20%程度と少なかった。これは同じ胸高直径でもケヤキの単木樹冠投影面積がスギの5~7倍あるためであった。以上のことから、スギとケヤキの同齡混交林を考える場合はスギとケヤキの樹冠投影面積割合を考慮しながら林分管理をする必要があると思われる。これらを基に、50年生までのスギとケヤキの混交林をモデル化した。

1 はじめに

近年、複層林や混交林が森林の諸機能の発揮に有効であるという観念から、針葉樹一斉林を複層林へ誘導するための管理手法に関する研究(林野庁、1990)や針広混交林化への関心が高まっている。複層林は昔から林業的に実践されているが、針広混交林に関しては人工的な造成方法はほとんど未解明である。

石川県における針広混交林においては、スギ造林地におけるスギと侵入広葉樹との混交林化(小谷、1990; 小谷・高田、1999; Kodani, 1999)や落葉広葉樹林下を使った針葉樹や広葉樹との混交複層林化(小谷・矢田、1998; 小谷、1999; 小谷・矢田、1999)や天然生アカマツとコナラを主とする広葉樹との混交林化などが上げられる。これらのほとんどは、当初から混交林化を目的としたのではなく、偶然に混交林化したか、もしくは上木の保護効果のために残存した結果として混交林化したという面が強い。しかしながら、スギと広葉樹の混交林化の中には、スギ造林の際にケヤキを残してその周辺に植栽されたために混交林が形成された例が見られる。この場合は、ケヤキもスギも木材生産を主目的として仕立てていることから、ある程度の混交林化を念頭においた造成方法である。

針葉樹人工林とケヤキの混交林の成林事例は、河原(1985)、安藤・石川(1990)、段林・眞神

(1991)などで報告され、混交林化が可能であることが示されている。しかしながら、今後混交林化を進めるに当たってケヤキと針葉樹をどの時期にどの程度の混交割合で仕立てたら良いかという点に関してはほとんど言及されていない。ケヤキの適地(有岡、1992)はスギの造林適地に似通っていることから、ケヤキは今後スギ人工林を利用した混交林化や再造林時の同時混交植栽樹種として活用されることが考えられる。

そこで、この研究ではケヤキが混交化したスギ人工林において、スギ-ケヤキ混交林の林分現況と林分構造を解析し、ケヤキとスギの同齡混交林造成のための維持管理指針を50年生までモデル化して検討した。

なお、この研究は平成6~10年度国補課題「混交林等多面的機能発揮に適した森林造成管理技術の開発」の研究成果の一部である。

2 調査地および方法

調査は、石川県内の4市町の24~60年生の8林分で行った(表-1)。森林簿や聞き取りにより、林齡やケヤキの成立由来を調べた。その後、林内に400~1,000m²のプロットを設定し、樹高・胸高直径・枝下高(スギは4林分測定)・樹冠半径(4方向)を測定した。また、No.1とNo.5の林分においては、スギとケヤキを数本伐採し成長経過を比較した。さらに、ケヤキとスギの樹冠投影面積(以下樹冠面積とする)を調べるため、県内数

表-1 スギ・ケヤキ混交林の事例

No.	調査地	樹種	林齢	本数 (本/ha)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	平均枝下高 (m)	材積 (m ³ /ha)	亜高木比率 (%)	備考
1	鶴来町	スギ	48~52	433	33.0	20.6	11.3	353.6	10.3(9.1)	天然
		ケヤキ	52	56	38.7	20.0	5.9	55.1	0.0(0.0)	
2	鶴来町	スギ	20~60	506	31.7	19.6	—	509.6	50.0(40.0)	異齡混交 天然異齡混交林
		ケヤキ	(10以上)	126	17.7	17.7	7.1	39.6	75.0(15.0)	
3	鶴来町	スギ	35	902	19.6	12.6	—	243.6	74.1(64.5)	天然 キハダ・クリ
		ケヤキ	(60以上)	83	55.8	23.6	6.7	207.9	0.0(0.0)	
		その他広	(35以上)	50	31.9	16.8	6.6	34.2	33.3(1.6)	
4	鶴来町	スギ	42	409	32.9	20.6	—	348.1	10.0(8.8)	天然
		ケヤキ	(42~50)	54	56.2	20.0	5.5	119.1	0.0(0.0)	
5	鶴来町	スギ	46	364	34.3	22.9	8.4	370.7	20.8(17.2)	天然
		ケヤキ	46~50	76	43.7	24.3	11.3	125.2	0.0(0.0)	
6	山中町	スギ	47	406	32.6	16.6	4.7	173.7	100.0(100.0)	人工
		ケヤキ	47	258	31.3	20.1	8.7	322.8	0.0(0.0)	
7	輪島町	スギ	25	1,979	10.0	6.8	—	76.8	79.2(61.7)	天然萌芽 クリ
		ケヤキ	48	466	17.6	7.8	3.9	54.6	12.0(2.2)	
		その他広	(20)	93	15.4	7.6	—	4.1	0.0(0.0)	
8	鹿島町	スギ	24	1,100	18.2	12.2	3.2	187	0.0(0.0)	人工
		ケヤキ	9	2,900	3.0	3.2	0.8	6.1	100.0(100.0)	

注) 亜高木比率の () 内は、全体の本数に対する割合。

カ所で補完的にスギおよび混交したケヤキの胸高直径と4方向の樹冠半径を測定した。

3 結果

3.1 混交林の現況

8林分の調査結果を表-1に示す。8林分のうち、明らかにケヤキが植栽されたものは8林分中2林分であり、ほとんどが地拵え時にケヤキを残してスギを植栽したか、スギを植栽後ケヤキが侵入したかのいずれかであった。スギとケヤキの林齢が同時ないし近いと思われるNo.1, 3~7をみると、スギの一部ないし全部がケヤキの樹冠下にあり、特にNo.6, 7はスギの亜高木比率が高かつ

た。No.2ないし8は、既存のスギ人工林に時間差を置いてケヤキが侵入ないし植栽された場合であるので、ケヤキの亜高木比率が高くなっている。ケヤキ以外では、クリ・キハダなどの混入が見られた。

No.2, 8以外は、ケヤキの林齢が50年前後ないしそれ以上であったため、胸高直径も大きいものでは60cm近い所もあった。しかしながら、樹高はスギとほぼ同等であった。

3.2 ケヤキの混交割合

スギとケヤキの年齢がほぼ同等な林分で混交割合をみると、スギの亜高木比率の比較的低いNo.1, 4, 5ではケヤキの本数が20%以下で材積が25%以下であったのに対し、同齡でスギの亜高木比率の高いNo.6では、ケヤキの本数が38%で材積が65

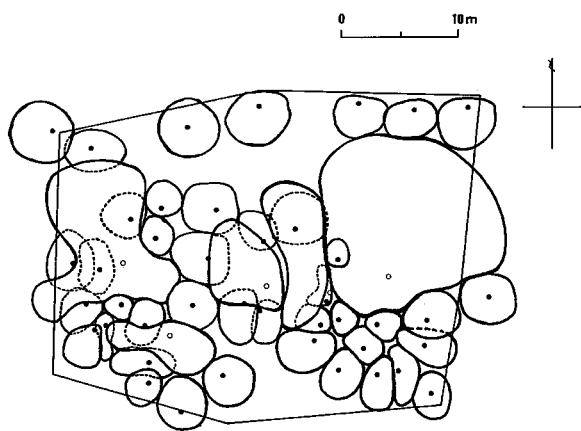


図-1 スギとケヤキの混交林の樹冠投影図 (No.1)

●:スギ、○:ケヤキ

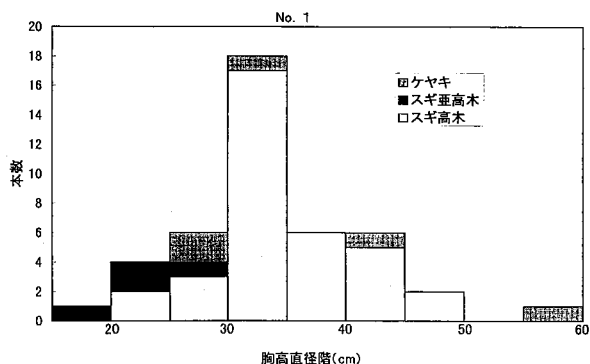


図-2 胸高直径階別の本数分布図 (No.1)

%と高かった(表-1)。また、ケヤキの林齢がスギよりも高い場合では、ケヤキの本数割合が少ないにもかかわらず、材積比率が高かったことがスギの亜高木比率の高さを示していると思われる(表-1)。

3.3 林分構成

図-1および図-2は、No.1の樹冠投影図および胸高直径階別の本数分布図である。また、図-3および図-4はNo.5の同図である。両林分のようにケヤキとスギの年齢が近ければスギの被圧木は少なく済み、スギの直径階も整った一山型の分布を示した。両者ともケヤキの樹冠面積は全体のほぼ50%であった。

図-5および6は、No.3の樹冠投影図および胸高直径階別の本数分布図である。この林分はケヤキとスギの年齢差が大きく、スギが後から植栽されたために、ケヤキの樹冠面積の割合が大きくなり多くのスギが被圧を受けていた。この現象はNo.7の林分でもみられた。結果として、ケヤキの直径は大直径階に集中し、逆にスギは小直径階に集

中するL字型を示した。

3.4 成長経過

ほぼ同年齢と思われるNo.1と5のケヤキとスギの樹高成長経過を図-7abに示した。スギの高木はケヤキとほぼ同じ成長経過をたどっているが、亜高木となっているものは、かなり初期のうちから被圧されるケースや30年以上経過してから被圧されるケースなどがみられた。

図-8abは、No.1と5の胸高直径成長経過を示している。樹高成長と異なり、ケヤキが直線的な成長を示したのに対し、スギは20~30年生以降緩慢な成長を示していた。

3.5 枝下高

表-1から見ると、若齢のNo.8を除けば、ほとんどが4m以上の枝下高となっていた。しかし、図-8のとおり52年生のケヤキで12年生時(4m)と24年生時(12m)に、44年生では16年生時(11m)と現時点の年齢の半分以下で現樹高の半分以下の時点で形成された枝がそのまま残っていた。

3.6 樹冠面積

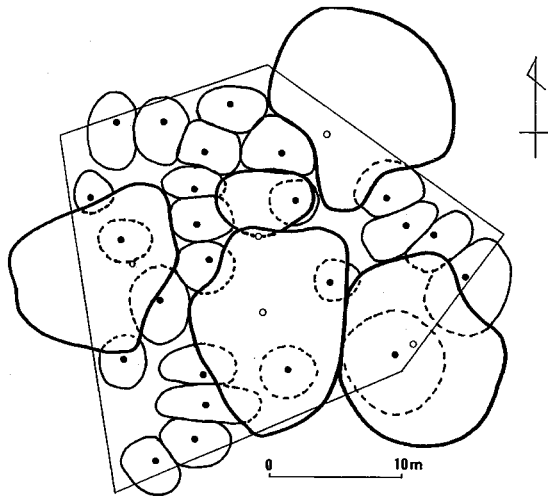


図-3 スギとケヤキの混交林の樹冠投影図 (No. 5)
●:スギ、○:ケヤキ

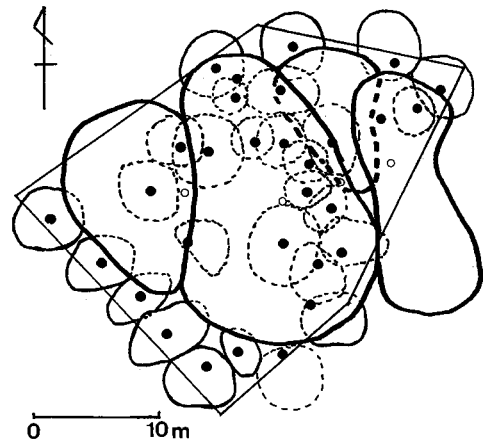


図-5 スギとケヤキの混交林の樹冠投影図 (No. 3)
●:スギ、○:ケヤキ

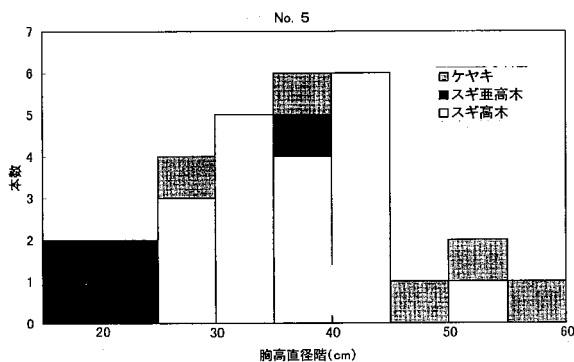


図-4 胸高直径階別本数分布図 (No. 5)

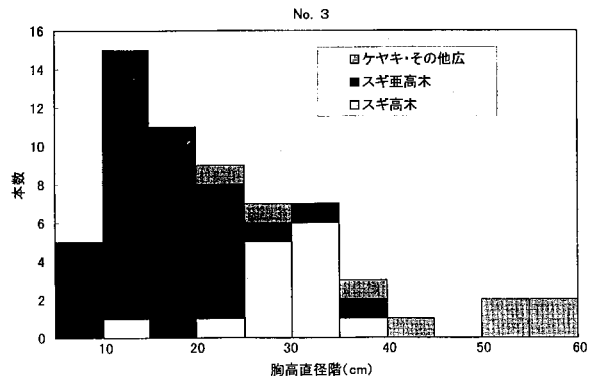


図-6 胸高直径階別本数分布図 (No. 3)

図-9は、ケヤキとスギの胸高直径と樹冠面積の関係を示したものである。この図のとおり、同じ胸高直径でもスギに比べてケヤキの樹冠面積の必要量が多いことが示された。ケヤキの胸高直径が40cmの時96㎡、60cmとすると180㎡必要で、同じ胸高直径のスギはそれぞれ13㎡（約1/7）と33㎡（約1/5）であった。

3.7 混交林のモデル化の考え方

実態調査から、ケヤキの本数が全体の20%以下の場合にスギの被圧木が少ないという結果を得たので、同齢に近く混交状態も良好なNo.1と5をモデル林として考えた。

① 樹高成長

具体的な数値として、図-8の被圧されたスギを除いた平均の成長経過（ケヤキ3本、スギ4本）に曲線式を当てはめて算出した（図-10a）。

② 胸高直径成長

具体的な数値として、図-9の被圧されたスギを除いた、平均の胸高直径経過（ケヤキ3本、スギ4本）に曲線式を当てはめて算出した（図-10b）。

③ 本数

ケヤキとスギの樹冠面積（図-9）を基準に算出した。

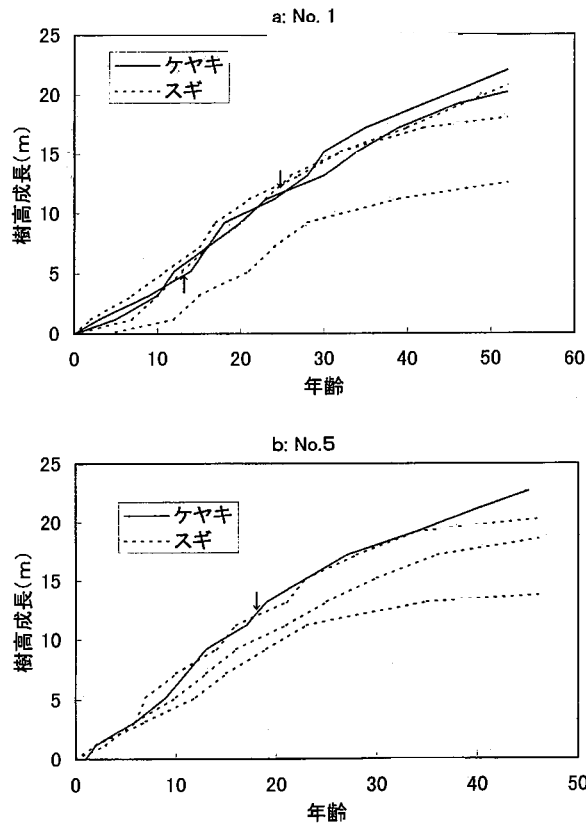


図-7 ab ケヤキとスギの樹高成長経過（矢印はケヤキの枝下高を示す。）

④ 混交林のモデル

同時植栽の場合の10~50年生までの胸高直径成長経過・樹高の変化・本数密度変化・材積変化を表-2~6に示した。今回のモデルでは、ケヤキとスギの樹冠面積が5:5、7:3、3:7の3つ場合とケヤキの本数またはスギの本数を一定に保った場合を想定した。

4 考察

ケヤキとスギの混交林の事例は少ないため十分な林分構造の解析は出来なかったが、いくつかの特徴がみられた。

樹高成長では大きな違いはなかったが直径成長では両樹種に異なった成長パターンが見られた。スギが初期成長が早く放物線状の成長であったのに対し、ケヤキが初期から直線的な成長であった（図-7、8、10）のは、両者の成長様式の違いもあるが、混交林化による競合に対する耐性が異なるためと思われる。スギに比べ、ケヤキが混交状態での耐性に優れていると考えられる。また、両樹種が異齢で混交した場合はL字型の林型であったのに対し、同齢に近い混交林では、林型が一斉型であったこと（図-2、4、6）は、同齢に近い林分の方が管理的に容易と考えられる。これらのことから、スギとケヤキの混交では両樹種の年

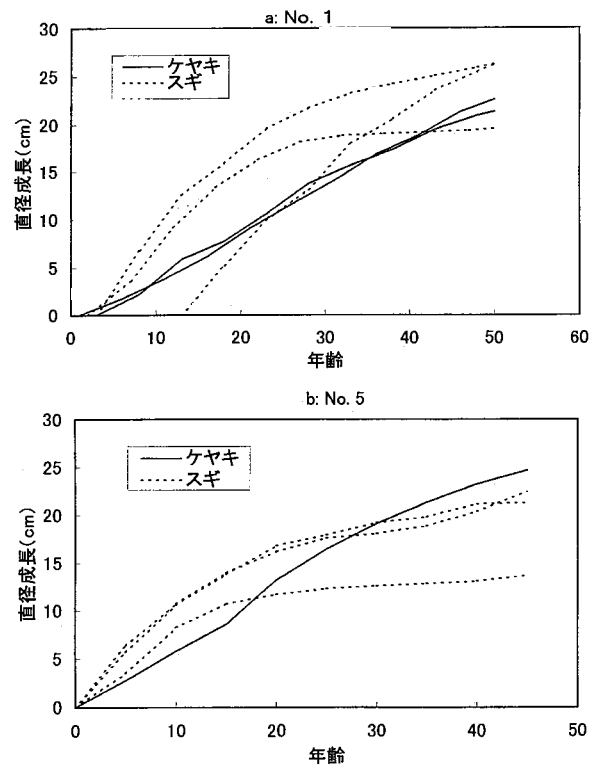


図-8 ab ケヤキとスギの胸高直径成長経過

表一 2 ケヤキとスギの樹冠占有面積が7:3の場合の混交比

年齢	ケヤキ		スギ		合計	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積
	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)
10	913	6.4	436	12.1	1,349	18.5
15	573	13.1	381	25.9	954	39.0
20	412	20.4	356	41.5	768	61.9
25	318	29.2	341	57.6	659	86.8
30	258	37.7	331	73.4	589	111.1
35	216	47.3	324	88.2	540	135.5
40	186	55.4	318	101.5	504	156.9
45	163	62.8	313	112.9	477	175.7
50	145	69.3	310	122.1	455	191.4

表一 3 ケヤキとスギの樹冠占有面積が5:5の場合の混交比

年齢	ケヤキ		スギ		合計	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積
	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)
10	652	4.6	727	20.1	1,379	24.7
15	410	9.4	635	43.2	1,045	52.6
20	294	14.6	593	69.2	887	83.6
25	227	20.8	568	96.0	796	116.8
30	184	26.9	552	122.3	736	149.2
35	154	33.8	540	146.9	694	180.7
40	133	39.6	530	169.1	663	208.7
45	116	44.9	522	188.2	639	233.0
50	104	49.5	516	203.5	620	253.0

表一 4 ケヤキとスギの樹冠占有面積が3:7の場合の混交比

年齢	ケヤキ		スギ		合計	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積
	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)
10	391	2.8	1,018	28.2	1,409	31.0
15	246	5.6	889	60.5	1,135	66.1
20	176	8.8	830	96.8	1,007	105.6
25	136	12.5	796	134.4	932	146.9
30	111	16.2	773	171.2	883	187.4
35	93	20.3	756	205.7	848	226.0
40	80	23.8	742	236.8	822	260.5
45	70	26.9	731	263.4	801	290.4
50	62	29.7	722	284.9	785	314.6

年齢差を少なくする方が得策で、どちらかというとしてスギを優勢木となるようにし、逆にケヤキを抑制するような仕立て方が望ましいだろう。

これまで、ケヤキを残してスギを混入するとケヤキの樹冠下でスギが被圧を受けて成長不良にな

表一 5 ケヤキ本数を一定と考えた場合の混交比

年齢	ケヤキ		スギ		合計	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積
	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)
10	128	0.9	1,312	36.3	1,440	37.2
15	125	2.9	1,076	73.2	1,201	76.1
20	122	6.1	940	109.6	1,062	115.7
25	119	10.9	839	141.8	958	152.7
30	116	17.0	756	167.6	872	184.6
35	113	24.7	685	186.4	798	211.1
40	110	32.8	621	198.2	731	231.0
45	107	41.2	565	203.4	672	244.7
50	104	49.6	515	203.1	619	252.6

ケヤキの本数は10年で5%減少とする。

表一 6 スギの本数を一定と考えた場合の混交比

年齢	ケヤキ		スギ		合計	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積
	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)	(本/ha)	(m ³ /ha)
10	738	5.2	632	17.5	1,370	22.7
15	422	9.7	616	41.9	1,038	51.6
20	290	14.4	601	70.1	891	84.5
25	220	20.2	586	99.0	806	119.2
30	178	26.0	571	126.5	749	152.5
35	150	32.7	557	151.6	707	184.4
40	130	38.6	543	173.2	673	211.8
45	115	44.3	529	190.5	644	234.8
50	104	49.5	516	203.5	620	253.0

スギの本数は10年で5%減少とする。

る、いわゆる“ケヤキのスギ殺し”が指摘されていることから、スギを後に混入するケヤキ-スギ二段林による混交林造成方法は適さないという指摘がある(前田ほか、1989)。それに対して、スギの植林前後から下刈り終了までにケヤキが混入した混交林ではケヤキの形質が良好であったという報告がある(前田、1990)。今回の調査でも明らかに同齢に近い状態で混交した場合が結果として両樹種にとって有効な混交林となっていた。

しかしながら、こうした比較的良好な混交林分はケヤキの本数がスギの20%程度とかなり少ない場合であった(表一1)。これは、ケヤキが肥大成長促進のためには樹冠面積を拡張させなくてはならないため、スギと同じ速度での肥大成長を期待した場合、単木当たりのケヤキの面積を大きく取らなくてはならないからである(図一9)。したがって、スギとケヤキの樹冠面積をどの程度に保つかは混交林の維持管理としての留意点と思われる

る。

今回のモデルは、スギとケヤキの単木当たりの樹冠面積を基に作られているので、本数が過少に計算されている。この結果から考えると、植栽本数は両樹種の合計で1,500本/ha 前後という結果となってしまう。実際は、最低2,000本/ha は必要と思われる。したがって、この結果はあくまで均衡状態を保った場合の本数と考えたい。これよりも本数が多くなった場合は樹冠面積率によって両者の本数を換算することによって調整が可能である。

また、樹冠面積率を一定に決めると、単木当たりの樹冠面積の大きいケヤキは林齢とともに本数減少率を高めなくてはならない(表-2~4)。もし、ケヤキの本数をほぼ一定に保ちたいと考えるならば、スギの植栽本数を増やすことが必要である(表-5)。逆に、スギの本数を一定にしたい場合は同様にケヤキを調整しなければならない(表-6)。このように、管理者の意向によって適切に管理されれば均衡の保たれた混交林が造成可能と思われるが、今後を考えた場合はある程度粗放的な施業でも成林が可能な仕立て方が妥当かもしれない。その意味で、競合に強いケヤキの本数を少な目で、一定になるように設定した方が得策と考えられる。

今回のモデルでは、枝下高を考慮していない。No.1のように樹高の1/3の高さからの枝が残っている場合があるが、一斉林とそれほど変わらないと考えられる。したがって、枝下高を高めるためには、肥大成長との兼ね合いで管理する必要があるであろう。

今回は、50年生時までしか検討していない。ケヤキの伐期は150年くらいを想定しなければならない。しかしながら、50年生まで混交林が保たれ

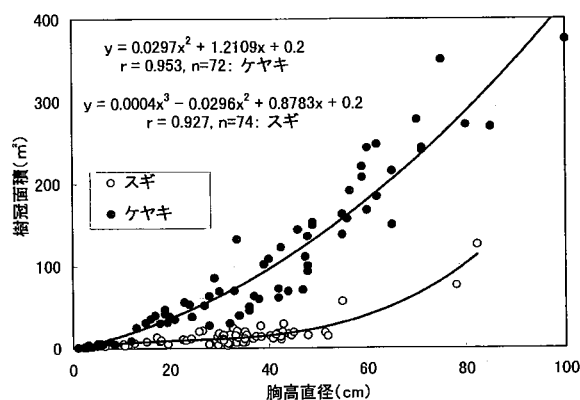


図-9 スギとケヤキの胸高直径と樹冠面積との関係

ばほぼ成林状態と考えられるであろう。また、広葉樹は林分管理よりも単木的管理が必要であるという指摘もある(横井、2000)。特に、50年生以降は林分的な管理よりも単木的な管理の方が重要と思われる。これには、ケヤキとそれをとりまくスギとの樹冠競合状況を見ながらのケヤキ単木の樹冠幅管理図(谷口ほか、2001)が有効と思われる。

5 引用文献

- 1) 安藤 貴・石川 実 (1990) カラマツ-ケヤキ複層林の林分構造と成長, 岩大演報21: 15-31.
- 2) 有岡利幸 (1992) ケヤキ林の育成法, 104pp, 大阪営林局森林施業研究会編, 大阪.
- 3) 段林弘一・眞神康三 (1991) 複層林の造成技術に関する試験(Ⅲ)-兵庫県下でみられる針広混交二段林の実態-, 兵庫林試研報38: 26-34.
- 4) 石川県農林水産部 (1980) 石川県スギ人工林林分収獲予想表, 189pp.
- 5) 河原輝彦 (1985) ケヤキ人工林の林分構造と材積成長, 大阪営林局技術開発報告書16: 42-

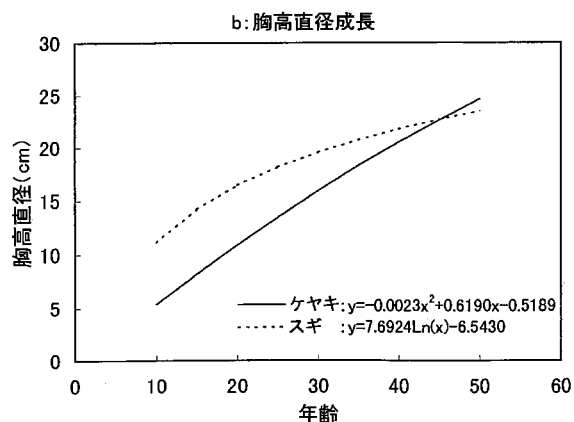
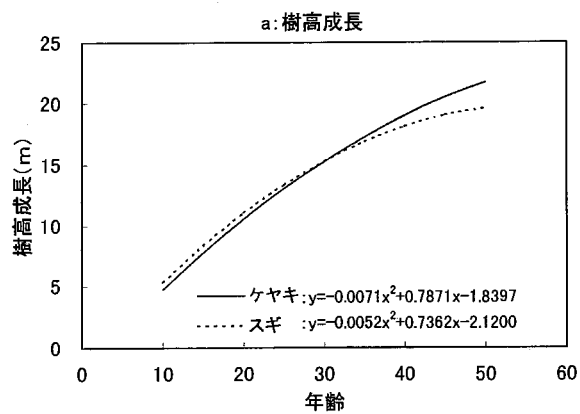


図-10ab ケヤキとスギの樹高と胸高直径成長曲線

- 73.
- 6) 小谷二郎 (1990) 積雪地帯における広葉樹林の造成・改良技術, 石川県林試研報21:1-13.
 - 7) 小谷二郎 (1997) 多雪地帯におけるケヤキ人工造林の植栽後5年間の生育状況, 石川県林試研報28:15-20.
 - 8) 小谷二郎・矢田 豊 (1998) 落葉広葉樹二次林の混交複層林化に関する研究 (I) - 樹下植栽された4種広葉樹のフェノロジー -, 石川県林試研報29:1-5.
 - 9) 小谷二郎 (1999) 落葉広葉樹林内と林外におけるブナ稚樹の葉数およびシュート伸長の季節変化, 日林誌81:74-77.
 - 10) 小谷二郎・矢田 豊 (1999) 落葉広葉樹林内に樹下植栽された7樹種の成長特性, 中森研47:73-74.
 - 11) 小谷二郎・高田兼太 (1999) スギ人工林の林床での広葉樹の侵入および優占様式, 石川県林試研報30:1-10.
 - 12) KODANI, J. (1999) Invasion pattern of nine deciduous broad-leaved species in a snow-damaged *Cryptomeria japonica* plantation. *Jpn. J. For. Environment* 41:1-6.
 - 13) 前田雄一 (1989) ケヤキースギ二段林の実態解析, 100日輪論:249-252.
 - 14) 前田雄一 (1990) スギ一斉林に侵入したケヤキの樹幹形と成長経過, 101回日林論:313-314.
 - 15) 林野庁 (1996) 大型プロ研究成果9, 複層林の造成管理技術の開発, 156pp.
 - 16) 矢田 豊 (2001) ケヤキの直径成長量予測のための樹冠幅管理図, 石川県林試研報32:14-18.
 - 17) 横井秀一 (2000) 用材生産に向けた広葉樹二次林の間伐, 山林139:37-44.