

間伐技術指針

生産目標：良質中径木生産（中密度林分）



第36回秋田県林業経営コンクール
（間伐の部：知事賞受賞林分 / 阿仁町）

平成15年3月 改訂

秋田県農林水産部

目 次

■間伐技術指針の改訂にあたって	1
-----------------	---

－ 技 術 編 －

1. なぜ間伐が必要か	2
(1) 間伐とは	2
(2) 間伐をしないとどうなるのか	2
(3) 間伐の効果	3
2. 間伐をする前に	4
(1) 生産目標を立てる	4
(2) 施業方針を決定する	5
3. 間伐の知識	6
(1) 間伐のタイプ	6
(2) 間伐木の樹形級区分	7
(3) 林分密度と材積の関係（林分密度管理図）	8
(4) 収量比数による密度管理の方法	10
(5) 収量比数に応じた間伐モデルコース（参考）	11
高密度コース・中密度コース・低密度コース	
(6) 間伐の時期と回数	15
(7) 林床植生が教えてくれる間伐の要否	15
4. 間伐を実行する	16
(1) 林分の調査	16
(2) 間伐量の算定と決定	17
(3) 間伐木の選木作業	20
(4) 実行上の留意点	21

－ 資 料 編 －

1. 調査野帳	22
2. 集計表	23
3. 総括表	24
4. 樹高曲線作成グラフ用紙	25
5. 平均樹高の求め方	26
6. スギ人工林立木幹材積表	27
7. 秋田県地方に適合するスギ林分密度管理図	28

間伐技術指針の改訂にあたって

本県のスギ人工林は、昭和40年代の「年間1万ha造林運動」を中心に造成が進み、全国一の面積と蓄積量を誇っておりますが、反面、生育途上にある4～9齢級の森林が74%を占めております。

このため、森林の健全性と質的充実を図る間伐推進が喫緊の課題となっているところです。

しかし、近年の森林・林業を取り巻く厳しい環境の中で、経営意欲の減退や労働力不足などにより、森林管理意識の低下が危惧されております。

県では、森林管理対策の技術指導の一つとして、昭和53年度に「間伐技術指針」を作成し、技術の普及と間伐の推進に努めて参りましたが、この度、これら状況を踏まえ内容をリニューアルいたしました。

このリニューアル版は技術編・資料編・参考編からなっており、間伐の基本的技術とその実行をわかりやすく解説した技術編、実行に必要な関係資料をまとめた資料編、さらに収益性の高い間伐の推進方策等を示した参考編と、より実践的なものになっております。

どうか、間伐の重要性とその技術の再確認に本冊子をご活用いただき、健全で生産性の高い森林造成を目指す管理・経営に役立てていただきたいと思います。

— 技術編 —

1. なぜ間伐が必要か

(1) 間伐とは

- 下刈りから除伐までの保育作業は、造林木を成林させるために行う必須の作業であるのに対し、間伐は、林分の閉鎖から主伐までの間において、その成長過程に応じ林分の密度と構造を調整して林木相互間の競争を緩和させ、林木を健全かつ旺盛に成長させるために行う重要な伐採(間引き)作業である。
- 間伐の目的は、残存木の成長促進と形質向上を図り、「主伐期の生産目標へ誘導する」ことと「地力の維持向上」や「中間収入を得る」ことにある。

◇ 除伐とは
 造林木が十分に閉鎖するまでに侵入した天然生の不要木が造林木の成長に障害を与えるため、これを除去する作業である。
 また、造林木の中で形質の劣っている不良木等も併せて除去する。

間伐と除伐の違い

区 分	間 伐	除 伐
目 的	保育(切り捨て)、収穫	保育(切り捨て)
競争相手	植栽樹種間の競争の緩和	他樹種との競争の緩和
時 期	除伐終了後から主伐までの間	下刈り終了後の数年後
回 数	2回以上	多くても2回
対象年齢	主に4～9年齢級	主に3～4年齢級
対象樹種	植栽樹種	主に植栽樹種以外
収 穫	収穫あり(保育間伐は収穫なし)	収穫なし

(2) 間伐しないとどうなるのか

間伐していないスギ林



- ・ 林木が込み合っている
- ・ 太さが揃っていない
- ・ 枯死木が発生
- ・ 枝の枯れ上がり
- ・ 下草なし

間伐しているスギ林



- ・ 林木の配置が均等
- ・ 太さが揃っている
- ・ 被圧木等がない
- ・ 下草あり

○森林の健全性が低下

林木が込み合うと陽光の不足により枝が枯れ上がり、細くて弱々しい衰弱木や枯死木等が多く発生するため、冠雪害・風害・病虫害などの被害を受けやすくなる。

○林木の価値が低下

形質の劣った欠点木等の多い林分となるため、将来の伐採収入が期待出来なくなるばかりか、これまでの投資も無駄になる。

○森林の機能が低下

林床植生の著しい減少等により地力の低下や土壌の露出等が起こると、森林の機能が低下し土砂災害等の発生原因となる。

(3) 間伐の効果

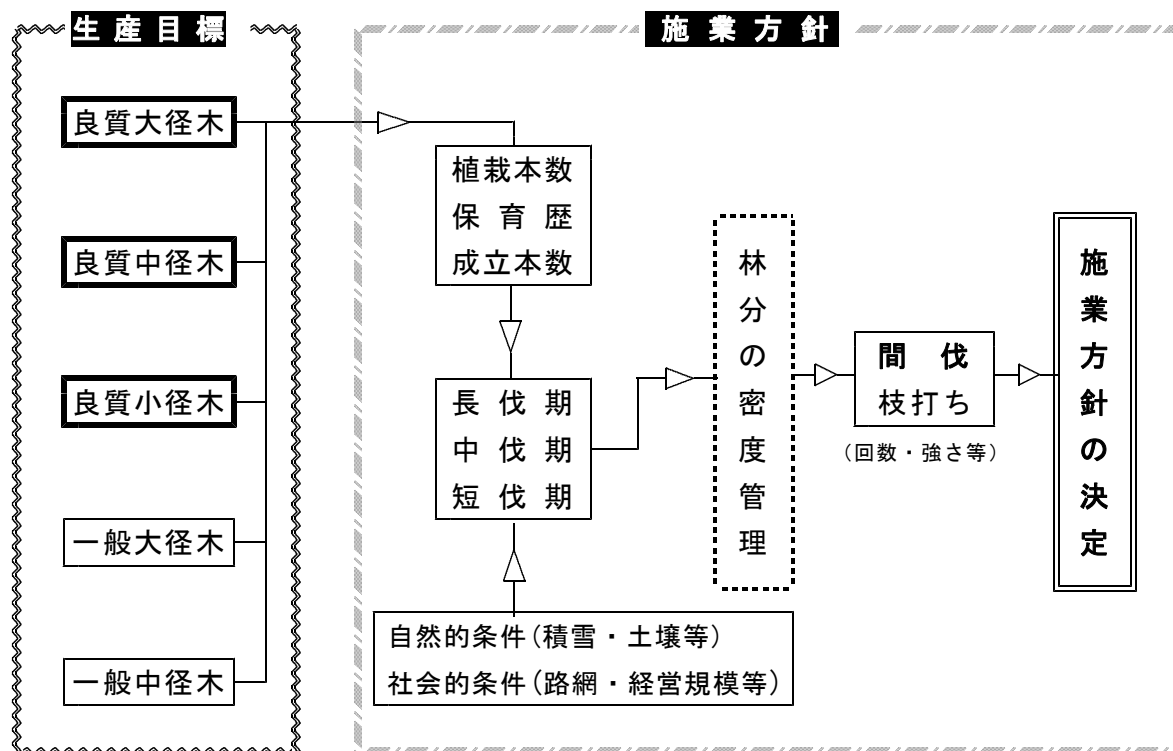
間伐を行うことで、次の様な林木価値の高い健全な林分が造成できる。

区分		間伐を行うと(メリット)	間伐を行わないと(デメリット)
林木	形質向上	<ul style="list-style-type: none"> ・枝の枯れ上がりが止まることで衰弱木等の発生を防止。 ・曲り木、片枝木、劣勢木、暴れ木などの欠点木の減少。 	<ul style="list-style-type: none"> ・被圧等による枯死木の発生。 ・形質が劣った、価値の低い林木が多く発生。
	成長促進	<ul style="list-style-type: none"> ・太さの揃った、均等な年輪幅での成長を促進。 ・通直完満な蓄積の高い林木として成長。 	<ul style="list-style-type: none"> ・太さの不揃いな林木として成長。 ・価値の高い大径材の生産が困難。
林分	被害防止	<ul style="list-style-type: none"> ・冠雪害や風害に強い林分。 ・病虫害が発生しにくい健全な林分。 	<ul style="list-style-type: none"> ・共倒れ等による被害拡大の恐れ。 ・カミキリムシ類や葉枯病等に対する抵抗力が低下。
	機能向上	<ul style="list-style-type: none"> ・林床植生が地力を維持。 ・土壌の保水力の向上などの公益的機能の維持増進。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地力の低下等が森林機能を低下。 ・林地の土壌露出が土砂災害等の発生原因。
分	収益確保	<ul style="list-style-type: none"> ・中間収入で有利な経営収支。 ・生産コスト縮減で収益性が向上。(主伐時) 	<ul style="list-style-type: none"> ・中間収入なし。 ・生産コストの掛かり増しで収益性が低下。(主伐時)

2. 間伐する前に

間伐の進め方は、先ず最終的に生産する主伐木の「生産目標」を定め、次にその目標が達せられるような「施業方針」を決め、そして、その方針に基づいた間伐を実行することである。

○ 生産目標に応じた施業方針の決め方



(1) 生産目標を立てる

○ 基本的な生産目標の考え方

- ① 土壌条件が良く価値成長の増大を期待する場合は、長伐期による良質大径木の生産が有利である。
- ② 積雪、土壌、路網条件等が良好で早期の収入を期待する場合は、短・中伐期等による良質小・中径木の生産が有利である。
- ③ 単木の成長に重点をおいた施業が可能で単位面積当りの収入を高めていく場合は、長伐期による一般大径木の生産が有利である。
- ④ 土壌条件が良く比較的早期の投入経費の回収を期待する場合は、中伐期による一般中径木の生産が有利である。

(2) 施業方針を決定する

- 生産目標に応じた施業方針を決めるには、自然的条件等を考慮しながら次の表により決定する。

生産目標	植栽 本数	密度 管理	伐期	自然的条件 (地位級別樹高曲線)			施業方針
				上	中	下	
良質 大径材	密植	高	長	○			早くから枝打ちと 間伐を繰り返す
	中庸植	中	長	○			弱度間伐を しばしば繰り返す
良質 中径材	密植	高	中	○			弱度間伐を繰り返す
良質 小径材	密植	高	短	○			枝打ちと弱度間伐を 繰り返す
一般 大径材	中庸植	中	長		○		中庸度間伐を やや回数を少なく行う
	疎植	低	長			○	弱度間伐を行う
一般 中径材	中庸植	中	中		○		やや強度の間伐を 繰り返す
	疎植	低	中		○		弱度間伐を やや回数を少なく行う

注意) 植栽本数の目安は、密植4,500本/ha以上、疎植2,500本/ha以下、中庸植はその中間。

○ 自然的条件

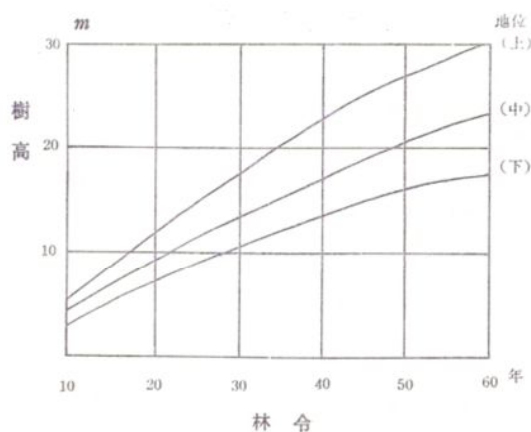
生産目標の達成に大きく影響を与えるものに、積雪・土壌等の自然的条件がある。この条件は、積雪・土壌・標高等の地位因子と上層樹高(森林の生産力の指標)の相関を示した「地位級別樹高曲線」の地位(上・中・下)により判別できる。

地位級別樹高曲線

(地位級別樹高曲線の使い方)

所有林分の上層樹高を右のグラフに当てはめて、近い曲線から地位を判断する。

(例)30年生で樹高17mの場合は、地位が「上」となる。



○ その他考慮が必要な条件

路網・労働力・経営規模等の社会的条件がある。これらは、生産目標や施業方針などに対し必要に応じ対処できる変動的な条件である。

3. 間伐の知識

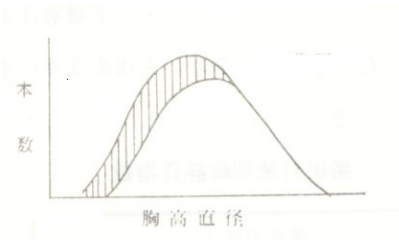
(1) 間伐のタイプ

- 間伐タイプは、林分内のどのような大きさの木を中心に間伐するかによって、次のような4種類のタイプに区分される。
- 一般的な間伐タイプとしては、下層間伐が多く採用されている。
- 初期の間伐で下層間伐を行い、後期に上層間伐や択伐の間伐を導入しても差し支えない。

(間伐のタイプと間伐木の大きさ)

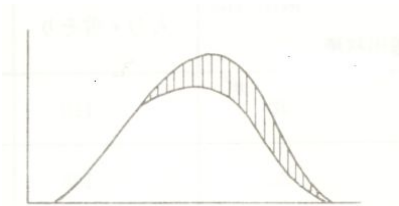
下層間伐 … 樹勢の劣る下層木から順に間伐するもので、形質の優良な林分が造成される。

下層間伐



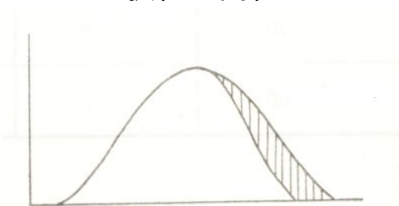
上層間伐 … 上層木のうちの平均的な大きさの木を主体に間伐するもので、1回の間伐量を多くできるが、被圧木が主林木になりうるため高度な密度管理技術が必要。

上層間伐



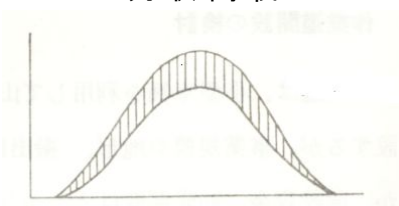
択伐の間伐 … 上層木のうちの最も大きな木から間伐するもので「なすび伐り」ともいわれている。間伐によって生じた空地に植栽が必要。

択伐の間伐



列状間伐 … 構成木の優劣にかかわらず列状に間伐するもので、伐出コストの軽減は図れるが、残存列に残る被圧木等の伐倒が必要。

列状間伐



タイプ別に見る間伐の特徴

間伐のタイプ	間伐木		間伐後の林分	雪害の耐性	収益性
		樹型級区分の目安			
下層間伐	形質の悪い木	2級木 (b、c、e) 3、4、5級木等	優勢木を中心に残存し、配置も均等になる	優	劣
上層間伐	優勢木 暴れ木	2級木、5級木等	優勢木以外の木が多く残存し、配置も不均一になる	劣	優
択伐的間伐	径級の大きな優勢木	1級木、2級木 (a、c、d)、5級木等	優勢木以外の木が特に多く残存し、配置も不均一になる	劣	特に優
列状間伐	形質に関係なく列で	—	形質にかかわらず残存し、配置も不均一になる	中間	中間

(2) 間伐木と樹型級区分

間伐木の選定は、次のような樹型級区分により、「樹冠の優劣」・「形質の良否」・「林木相互間の配置」などを勘案して選木する。

樹型級区分 (寺崎式)

樹型級	林冠	優勢木(上層林冠)					劣勢木(下層林冠)			
	区分	1級	2級					3級	4級	5級
	図例		a	b	c	d	e			
摘要		欠点のない木	あばれ木	枝で葉が長い弱木	片枝木	二又、曲がり木	被害木	育ちおくれ木	被圧木	瀕死枯損木

(3) 林分密度と材積の関係（林分密度管理図）

施業方針に基づいた間伐を行うには、次のような林分密度と林木の成長についての法則性から作成された林分密度管理図を用いて、間伐開始の時期、繰り返し期間、回数、間伐率などを求める方法がある。

① 林分密度と林木の成長との関係

- （樹高）… 上層木の樹高は、林分密度に関係なく地位に応じて一定の成長をする。
- （直径）… 胸高直径成長や単木材積の平均値は、高密度なほど小さくなる。
- （密度）… 高密度の林分では、成長に伴って劣勢木の自然間引き（枯死）が生じる。林木の大きさに応じて、成立しえる密度に一定の限界（最大密度）がある。
- （材積）… 単位面積当りの幹材積合計は、一定の密度までは高密度なほど多くなる。
閉鎖した林分の材積生産量は、密度に関係なくほぼ一定となる。
- （形質）… 高密度なほど完満な幹になり、低密度なほど梢殺け（筍型形状）になる。高密度なほど下枝が細くて早く枯れ上がり、年輪幅が狭くなる。

② 林分密度管理図の利用

林分密度管理図は、成立本数、平均樹高、平均胸高直径、幹材積合計などの数値間の関係を1枚の図に表したものであるが、これによって生産目標に応じた間伐コースが検討できる。

（密度管理図の利用）

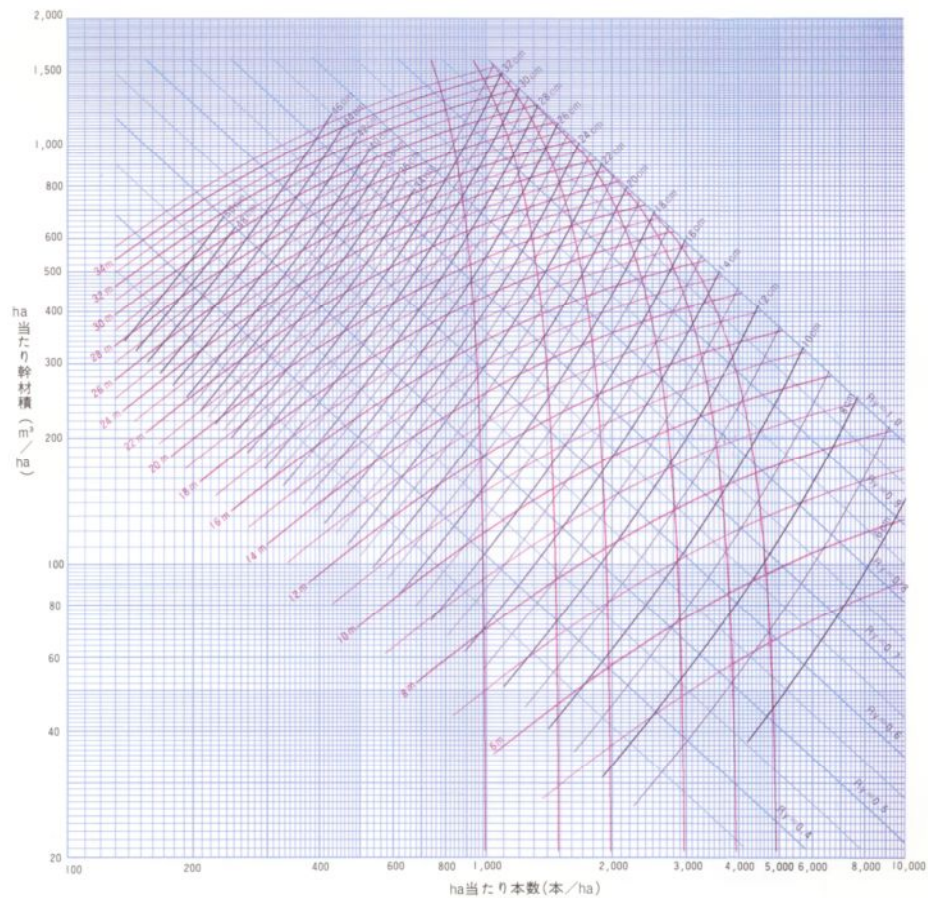
- 林分の構成数値を求める … 平均樹高と本数密度から、平均胸高直径と幹材積を求める。
- 間伐コースを検討する … 間伐林分の平均樹高と本数密度を調べ、管理図の数値と比べてみることによって、間伐を急がなければならないかどうか、さらに目標とする胸高直径の成長を確保するための間伐率、繰り返し期間などを判断する。
- 収穫量を予想する … 定めた間伐コースに沿って、間伐木、主伐木の大きさ、収穫量を予想する。

（密度管理図の構成）

- 等平均樹高曲線 … ある平均樹高時の、その密度と幹材積の関係を示す線
（ 左下から右上に2 m差で平行的に画かれてい
る線 ）
- 等平均直径曲線 … ある平均樹高と密度の時の、その平均胸高直径を示す線
（ 右上から左下に2 cm差で平行的に画かれてい
る線 ）

- 等収量比数曲線 (Ry) … 最多密度時の林分材積を1.0とし、それに対する材積割合を比で示す線
 (最多密度に平行して画かれている線
 高密度0.8 中密度0.7 低密度0.6)
- 自然枯死線 … 植栽密度ごとに競争によって自然に枯れる本数の減少を示す線
 (本数の横軸から上に伸びている線)

秋田県地方に適合するスギ林分密度管理図



(裏東北・北陸地方スギ林分密度管理図)

(誤差の補正)

上層樹高とha当り本数についての平均的な値から材積と胸高直径を読みとるため、個々の林分にあってはかなりの誤差を伴うことがあり、幹材積については100林分中80林分は±20%以内の誤差率で推定できる。平均胸高直径かha当り断面積が実測されている時は、次式で材積を補正すると誤差率は1/4~1/5となる。

$$V_c = V \times (\text{実測直径} / \text{推定直径})^2 \quad \text{又は} \quad V_c = V \times (\text{実測断面積} / \text{推定断面積})$$

V_c : 補正した材積

V : 林分密度管理図による推定材積

(4) 収量比数による密度管理の方法

林分密度管理図の収量比数(Ry)を用いて生産目標に応じた密度管理を行う方法で、高密度の場合はRyを0.8、中密度はRyを0.7、低密度はRyを0.6として管理する。

(密度管理図の使い方)

◇中密度管理による間伐の例 (Ry=0.65) を示すと、次のとおりとなる。

- ① 植栽本数が3,000本/haで、平均樹高が7.5mの時に1回目の間伐を行う場合
 - i) 3,000本の自然枯死線によって5%程度の自然枯死が生じ、成立本数2,850本、平均胸高直径10.5cmの林分になっている。
 - ii) 1回目の間伐は、本数で490本、本数間伐率で17%を行うと間伐後の本数が2,360本となり、収量比数が0.55と判読できる。(1回目は切り捨て間伐)
- ② 2回目の間伐を平均樹高10.5mで行う場合
 - i) この時点の現況の成立本数が2,250本であれば密度管理図から収量比数が0.70と判読できる。
 - ii) 本数で320本、本数間伐率で14%の間伐を行うと成立本数は1,930本になる。
 - iii) 平均樹高10.5mと1,930本との交点によって間伐後の密度がおおよそ0.65に低下し材積は195m³、平均胸高直径は14.5cmと判読できる。
 - iv) 以上から、2回目の間伐木の大きさ、材積は次のように予測できる。

区 分	間 伐 前	間 伐 後	間 伐 木
成 立 本 数	2,250本/ha	1,930本/ha	320本/ha
密 度 管 理	0.70	0.65	Δ 0.05
平 均 胸 高 直 径	14.0cm	14.5cm	11cm(14.0×0.8)
材 積	210m ³ /ha	195m ³ /ha	15m ³ /ha
本 数 間 伐 率	320本 / 2,250本		14%
材 積 間 伐 率	15m ³ / 210m ³		7%

- ③ 樹高が3m成長し、13.5mに達した時期に3回目の間伐を行う場合、同様の② i)～iv)の手順から次のように予測できる。

区 分	間 伐 前	間 伐 後	間 伐 木
成 立 本 数	1,850本/ha	1,340本/ha	510本/ha
密 度 管 理	0.75	0.65	Δ 0.10
平 均 胸 高 直 径	17.0cm	19.0cm	14cm(17.0×0.8)
材 積	320m ³ /ha	270m ³ /ha	50m ³ /ha
本 数 間 伐 率	510本 / 1,850本		28%
材 積 間 伐 率	50m ³ / 320m ³		16%

- ④ 3回目以降も樹高が3m成長するごとに間伐を行うと、60年伐期(地位中、樹高20.5m)では、16.5mの樹高時期に4回目の間伐を行うことになる。
- ⑤ 60年伐期の主伐時においては、成立本数がおおよそ910本、平均胸高直径27.5cm、材積550m³/haと予測できる。

(5) 収量比数に応じた間伐モデルコース（参考）

- 間伐モデルコースは、胸高直径が一定の率で成長し、年輪幅も均等になるような密度管理をモデル的に示したものである。
- なお、各モデルコースの数値は「秋田県民有林スギ人工林収穫予想表等作成に関する基礎調査」を参考に設定した。

間伐モデルコース

繰返し期間 密度管理基準	樹高成長の目安 (m)			施業方針モデル
	2	3	4	
高密度 0.8	◎			自然的条件の良い林分等で、早くから弱度間伐を繰り返し実施して良質材生産を行う場合。 (少雪地帯)
中密度 0.7		◎		自然条件がやや不利な林分で、間伐の開始時期を多少遅らせ、回数を減らし、幾分強い間伐の実施により一般材生産を行う場合。 (多雪地帯)
低密度 0.6			◎	自然的条件が不利な林分や経営合理化等により回数を減らすなど、単木の成長に重点をおいたやや強い間伐を行う場合。 (豪雪地帯)

- 間伐コースの選択にあたっては、現実林分の把握を的確に行う必要がある。上層木の平均樹高が重要な因子であるため、樹高の計測は確実にすること。
- 実際の林分は、これまでの保育歴などにより多様な林分密度になっているため、現在の成立本数に応じてそれぞれのコースに沿った間伐を行う必要がある。



▲ 高密度林分 (Ry=0.79)

林齢：30年生、成立本数：1,280本/ha
平均樹高：18m、胸高直径：22cm



▲ 中密度林分 (Ry=0.70)

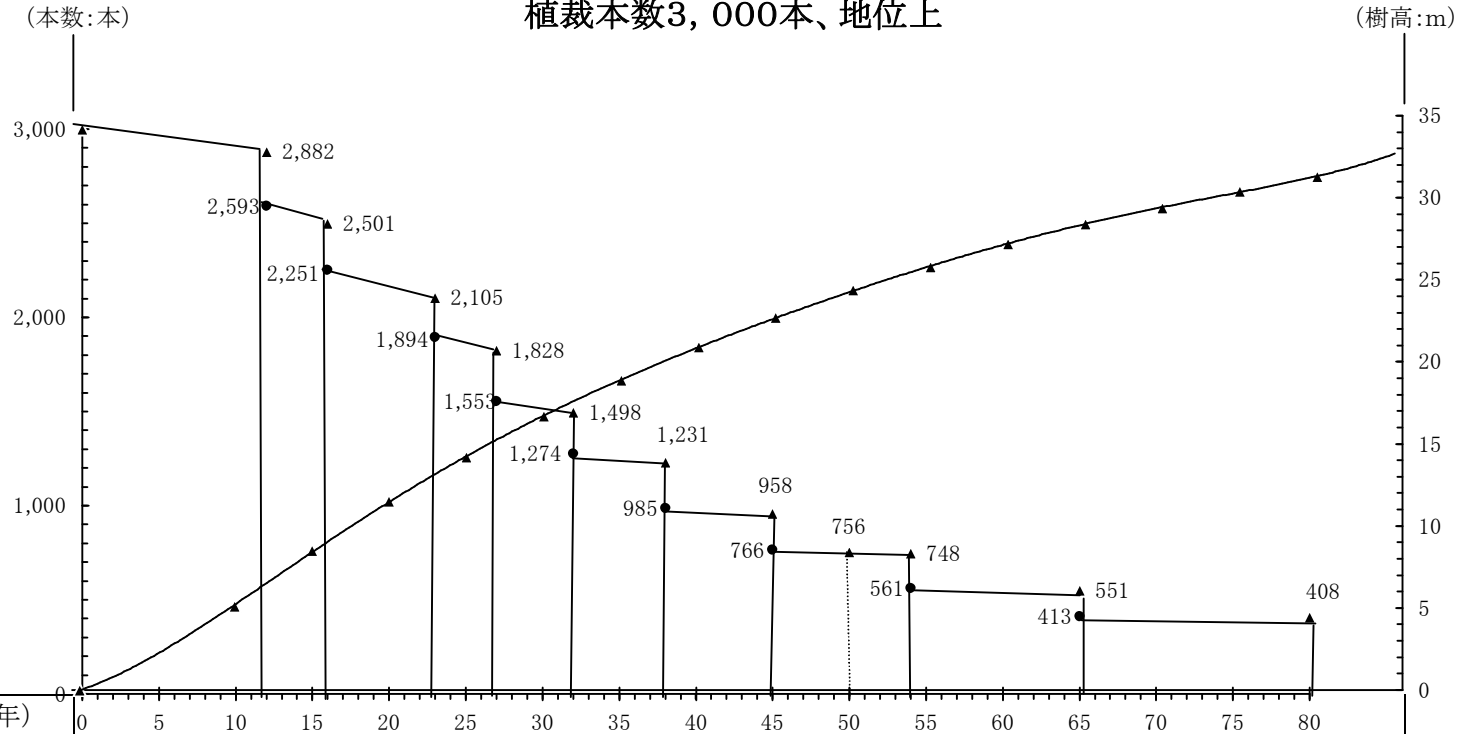
林齢：36年生、成立本数：940本/ha
平均樹高：19m、胸高直径：30cm



▲ 低密度林分 (Ry=0.56)

林齢：34年生、成立本数：560本/ha
平均樹高：20m、胸高直径：26cm

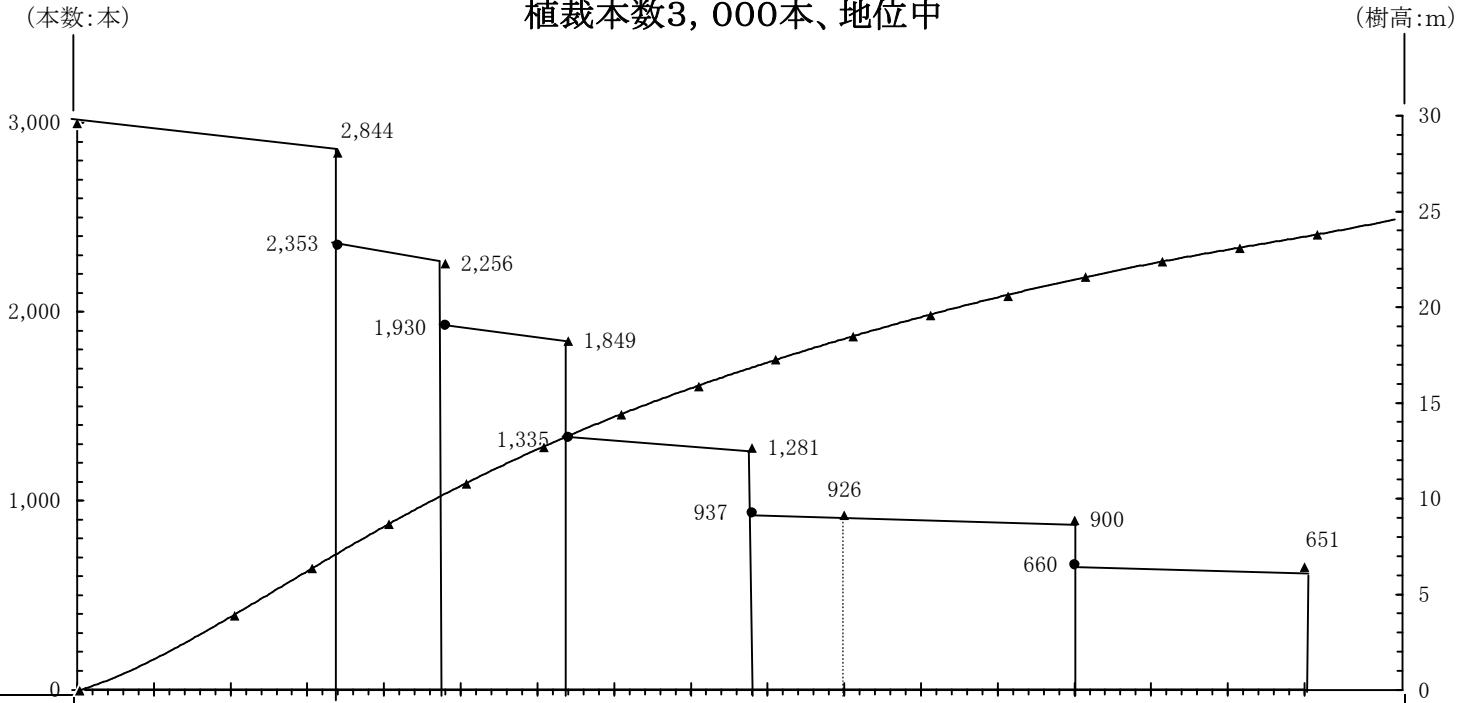
間伐モデル(高密度)
植栽本数3,000本、地位上



林 齢(年)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
樹 高(m)			5.1	8.5	11.5	14.2	16.7	18.9	20.9	22.7	24.4	25.8	27.2	28.4	29.4	30.4	31.3	
直 径(cm)			7.9	11.8	15.0	17.7	20.6	23.5	26.9	30.4	31.7	35.8	36.9	41.1	42.1	42.9	43.7	
材 積()			52	145	253	361	454	536	590	626	715	702	775	733	791	845	895	
間伐回数	50年伐期	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目										
	80年伐期	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目								
間伐本数			288	250	210	274	225	246	192	187	138							
間伐率(%)			10	10	10	15	15	15	20	25	25							
間伐材積()			5	9	14	26	31	52	62	95	110							
保 育 基 準	除伐(年)		(10)	(15)														
	下刈(年)		→ (1~7)															
	枝打(年)		(14)	(17)	(22)	(26)	(30)	枝下高8.0m										
	つる切り(年)		(10)	(14)														

(※ ----- は50年伐期の場合)

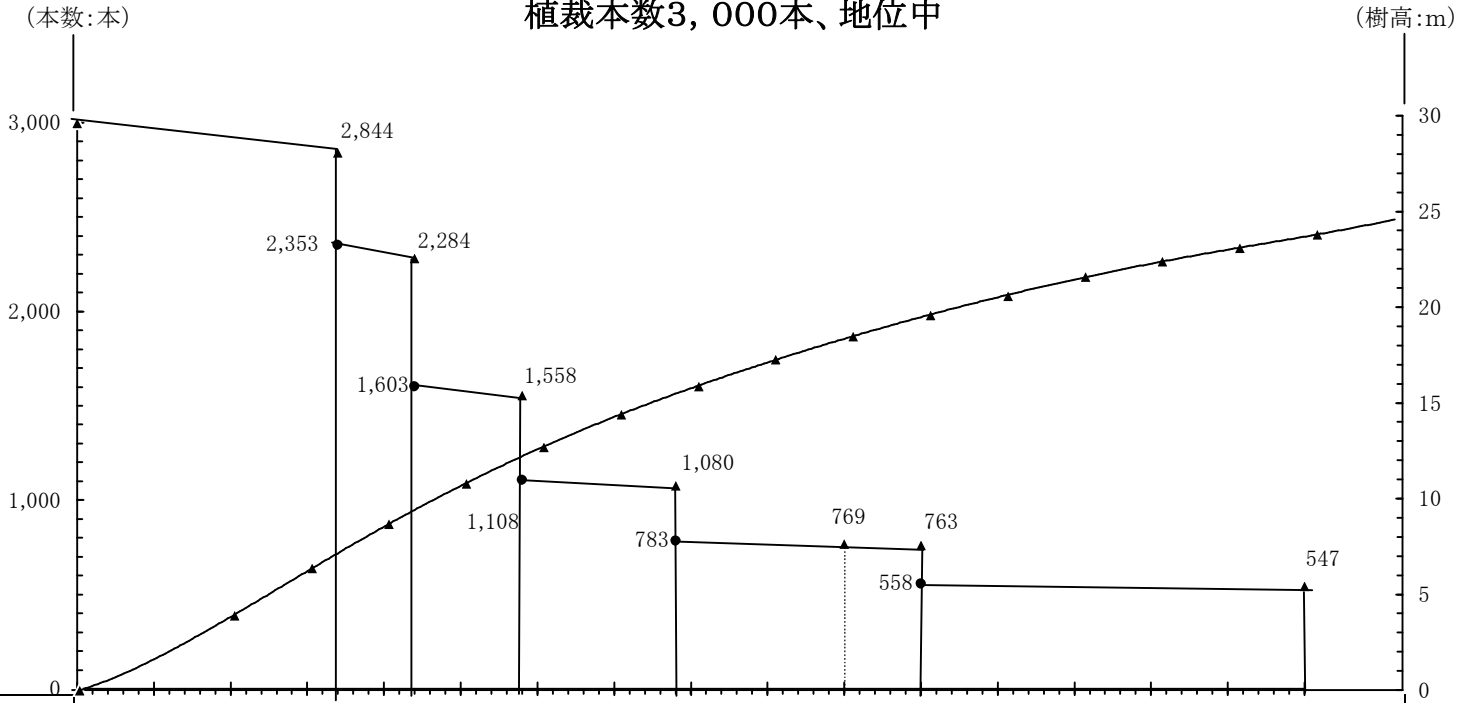
間伐モデル(中密度)
 植栽本数3,000本、地位中



林 齢(年)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
樹 高(m)		3.9	6.4	8.7	10.8	12.7	14.4	15.9	17.3	18.5	19.6	20.6	21.6	22.4	23.1	23.8	
直 径(cm)		6.3	9.5	12.4	15.0	16.6	19.9	21.2	24.5	25.6	26.5	27.4	30.8	31.5	32.2	32.8	
材 積()		27	86	148	211	288	316	386	391	450	505	556	523	564	602	638	
間伐回数	50年伐期		1回目	2回目	3回目	4回目											
	80年伐期		1回目	2回目	3回目	4回目							5回目				
間伐本数			491	325	515	344							240				
間伐率(%)			17	14	28	27							27				
間伐材積()			12	15	45	60							82				
保 育 基 準	除伐(年)		(11)														
	下刈(年)		←→ (1~5)														
	枝打(年)		(15)	(20)	枝下高4.0m												
	つる切り(年)		(11)		(16)												

(※ ----- は50年伐期の場合)

間伐モデル(低密度)
植栽本数3,000本、地位中



林 齢(年)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
樹 高(m)		3.9	6.4	8.7	10.8	12.7	14.4	15.9	17.3	18.5	19.6	20.6	21.6	22.4	23.1	23.8	
直 径(cm)		6.3	9.5	12.4	15.8	19.3	21.0	24.4	25.8	27.0	30.4	31.4	32.3	33.1	33.8	34.4	
材 積()		27	86	148	191	221	287	297	355	410	390	434	476	515	551	585	
間伐回数	50年伐期			1回目	2回目	3回目	4回目										
	80年伐期			1回目	2回目	3回目	4回目				5回目						
間伐本数				491	682	450	297				205						
間伐率(%)				17	30	29	28				27						
間伐材積()				12	31	42	54				73						
保 育 基 準	除伐(年)			(11)													
	下刈(年)			←	(1~5)	→											
	枝打(年)			(15)	(20)		枝下高4.0m										
	つる切り(年)			(11)	(16)												

(※ ----- は50年伐期の場合)

(6) 間伐の時期と回数

① 初回間伐と最終間伐の時期

- 下刈りが終了して3～5年を経た頃、侵入している広葉樹や一部の被害木を除伐し、さらに下枝が枯れ上がり始めた頃に2回目の除伐を行い、その後に初回間伐を迎えるようにする。
- 間伐開始の林齢は、林の仕立て目標や間伐材の生産目標、林分の地位や地利などを総合的に判断して決めるが、樹冠の閉鎖で林床植生が少なくなった時が開始時期となり、一般的には17～20年生の頃である。
- 最終間伐の時期は、主伐期における目標とした仕立ての収量比数が回復する時期を見込み、主伐前の概ね10年前を目安とする。

② 間伐の繰り返し期間

- 間伐の繰り返し期間は、間伐開始時期と同様の考え方でよく、樹冠の閉鎖で林床植生が少なくなり始める時期がよい。
- 理想の間伐は弱度間伐を頻繁に繰り返すことだが、経営的に無理があるため、ある程度の量をまとめて間隔をおいて行うとよい。
その目安は、前回の間伐時期とその時の間伐率、林分の成長状態、生産目標などによって異なるが、概ね5～10年程度で、若齢林分ほどその間隔は短い。
- 冠雪害や風害などの危険度が高い地域では、手遅れにならないよう注意する。

③ 間伐の強さと回数

- 1回にできる間伐の強さは、林分の急激な疎開を避けるため収量比数の下げ幅を0.15以内とし、間伐後の収量比数の最下限を0.5とする。
- 間伐率が低いと次回の間伐時期が早まり経営的に無理があるため、20%以上の本数間伐率で行うとよい。
- 間伐回数は、間伐前の成立本数や林分の成長などによって異なるが、一般的にはスギは4～5回（50年伐期）を目安とし、現実林分の実態に合わせて行うものとする。

(7) 林床植生が教えてくれる間伐の要否

- 林床植生を見ることで、その林分の密度にあった光環境であるかどうかを判断することができる。
- 間伐しないため混んでいる林分では、林内照度の低下により林床植物が徐々に耐陰性植物へと遷移する。

林分の光環境	林床の状況	林床植物の目安
最も明るい林分	ヨモギ等の日なたを好む植物が林内に点在している林分	ヨモギ、ススキ、チガヤ、ワラビ、オカトラノオ等
適当な林分	林縁や林内の道沿いの明るい場所にある、クロモジ等の植物が林内にくまなく生育している林分	オオバクロモジ、ミツバウツギ、ホトトギス、イノコズチ、ノブキ等
暗い林分	アオキ等の耐陰性の植物が点在する林分や、下草等がほとんどない林分	ヒメアオキ、ヤブコウジ、ヤマブキ、クマイチゴ、ハナイカダ等

4. 間伐を実行する

実際の林分は、土壌や積雪、これまでの保育歴等によって多様となっているため、間伐を実施するには、調査によって生育実態を把握し、期待するような成長を示しているか、生産目標の達成が可能か、間伐収入が得られるかなどを検討したうえで、間伐方法や量などを決定する必要がある。

(1) 林分の調査

間伐にあたっての最初の作業は、実施区域、林齢、保育歴、地形、道路状況等の情報把握と保安林等の法的制限の確認である。次に現地踏査及び調査による間伐木や数量等を決定するための情報収集となる。

① 標準地調査

- 基本的には毎木調査(全木調査)が望ましいが、標準的な箇所を調査地を選び、その調査を林分全体に代表させる方法が多く採用されている。
その際、尾根筋・中腹・沢筋等に区分し調査地を設定するとよい。
- 調査区の大きさは、平均樹高を一辺とする方形区以上の面積とする事が望ましいが、一般的には20m×25m(500m²)を標準としている。
傾斜地にあっては傾斜補正が必要である。

② 調査項目と測定法

- 調査区をテープで囲み、区内にある全林木の樹高、胸高直径、樹型級(寺崎式)を調査し野帳に記載する。
- 樹高は、山側の地際から梢端までの高さをm単位で測定する。
樹高の測定は、大小バランスよく20~30本程度を測定し、そのデータから樹高曲線を描き、直径階毎の樹高を算出する簡便法を採用してもよい。
- 胸高直径は輪尺等を用い、地上1.2mの高さの幹の直径を2cm括約で測定する。
樹幹が扁平している場合は、数回測定した最小径とする。
- 樹型級区分が難しい場合は、上・下層、曲がり・折れ等の欠点や被害を記載する。
- 測定後はチョーク等でマーキングし、測定漏れや重複測定等を防ぐようにする。
- 現地調査の最後には間伐のシュミレーションを行う。
間伐対象と想定される林木にテープを巻き、間伐の強さ、間伐材の量・形質、間伐後の林相等を確認し、間伐候補木を野帳に記載する。

【調査の手順】

事前調査 : 資料準備 ⇒ 森林情報収集

現地調査 : 踏査 ⇒ 調査地の決定 ⇒ 区画 ⇒ 測定 ⇒ 間伐シュミレーション

【準備するもの】

地形図、森林計画図、森林簿、調査野帳、チョーク、テープ、鉋、測高器、輪尺、クリノメーター、ガンタッカー、針、ナンバーテープ

【調査野帳(例)】

No	樹高(m)	胸高直径(cm)	樹型級	間伐木	備考
1	15	20	1		
2	13	18	2b		林縁木
3	10	20	3	○	
4	17	26	1		
5	17	28	2a	○	
~~~~~					
53	16	16	2d		二又木
54	9	10	5	○	
55	14	22	2c		
56	11	16	4e	○	幹折れ
57	16	26	1		

(2) 間伐量の算定と決定

① 求める指標数値とその計算方法

- 調査野帳からデータを集計し、成長や込み具合を客観的に評価できる指標数値を求める。
- そのうえで、間伐対象木・間伐率・間伐材積等を計算し、現地でイメージしてきた林相と対比させながら間伐の実施設計をたてる。
- 間伐調査総括表及び指標数値の計算方法は次のとおりである。

【間伐調査総括表(例)】

所在地	田沢湖町田沢字田沢 △				
林小班	□林班 ◇小班				
面積	0.64 ha				
樹種	スギ				
植栽年(林齢)	昭和38年(32年生)				
保育歴	除伐、間伐1回(昭和60年)				
法令等	水源かん養保安林、鳥獣保護区				
林分調査データ	間伐前	間伐木	間伐後		
上層樹高(H)	13.2 m	11.2 m	13.3 m		
平均胸高直径(D)	15.6 cm	11.6 cm	16.3 cm		
本数密度( $\rho$ )	2,340(117)本/ha	480(24)本/ha	1,860(93)本/ha		
材積(V)	318.6(15.93)m ³	40.8(2.04)m ³	277.8(13.89)m ³		
収量比数(Ry)	0.84		0.75		
本数間伐率(n%)		20.5 %			
材積間伐率(v%)		12.8 %			
間伐尺度(d)		0.74			
形状比(k)	86	91	82		
(本)樹型級別本数 ( )は比率	上層	1級	42(36%)	0(0%)	42(45%)
		2級	55(47%)	8(33%)	47(51%)
	下層	3級	4(3%)	0(0%)	4(4%)
		4級	13(11%)	13(54%)	0(0%)
		5級	3(3%)	3(13%)	0(0%)

### 【主な指標数値と計算方法】

- 上層樹高 (H) … 被圧木、枯損木を除いた調査木(1・2級木)の平均樹高
- 平均胸高直径(D) … 全調査木の平均直径
- 本数密度( $\rho$ ) … 全調査木の本数と間伐候補木本数について、ha当たりの換算値を求める
- 幹材積(V) … スギ人工林立木幹材積表から幹材積を転記し、調査区内の総材積と間伐候補木の材積を求める  
また、それぞれについてha当たりの換算値も求める
- 収量比数(Ry) … 林分密度管理図において、上層樹高と平均胸高直径及び本数密度から収量比数を求める  
なお、実測値と乖離する場合は補正する
- 間伐尺度(d) … 間伐木の平均直径を間伐前の平均直径で除す  
〔※P.20の間伐タイプを参照〕
- 樹型級別本数(Fn) … 樹型級別に本数合計値を求める
- 直径度数分布(Dn) … 胸高直径階別(2cm)に間伐前、間伐木、間伐後の構成本数の度数分布図を作成する〔※P.20の間伐タイプを参照〕
- 形状比(k) … 樹高を胸高直径で除し、その平均値を求める

### ② データから間伐量を決定する

算出した各種指標値から林分の成長、込み具合等を分析し、間伐木の選定方法、生産目標や施業方針に合致した間伐方法であるか、間伐後の林相が適切な状態であるかなどを確認して、間伐計画の最終決定を行う。

### 【成長と収穫予測：上層樹高(H)】

- 森林の生産力を示す指標に上層樹高がある。この上層樹高を地位級別樹高曲線(P.5参照)に当てはめると、調査林分の地位(上・中・下)が判断できる。
- また、地位に基づいた収穫予測を行い、将来の生産目標の達成やそのための間伐方法をどうするかなどの検討を行う。
- 事例の林齢32年生と上層木平均樹高13.2mを地位級別樹高曲線に当てはめると、位置が「中」～「下」の間になり標準より劣っていることがわかる。
- したがって、この林分で良質小径材生産を目指しても、それに見合うだけの効果が得られにくいため、なるべく施業投入を控えた長伐期へ誘導することが経営的に有利と考えられる。(生産目標の変更・施業方針の変更)
- これにより、間伐回数を少なくし、1回の間伐量を育林的に許容される最大限に設定した施業方法とする。
- このように、林分成長の評価や収穫予測によって、施業方針の確認や変更、施業方法の検討を行う。
- なお、この事例での収穫量は60年生で598m³(樹高20.6m)、80年生で774m³(樹高23.8m)と予測される。

【込み具合：収量比数 (Ry)】

- 林分の込み具合は収量比数から判断する。
- 事例から、間伐前の収量比数が0.84と相当「過密」な状態とわかる。
- 事例地が多雪地帯のため、Ryを0.7(中密度)とした管理とする。
- 収量比数からみた間伐においては、Ryは0.69 (0.84-0.15) まで調整でき、最大800本/haまでの間伐が可能である。
- しかし、間伐を長期間実施しなかった林分であることから、強度間伐で一気に入疎開すると気象害を受けやすくなるため、当面は短い期間での弱度間伐を繰り返す方法を選択する。
- このように、長期間過密な状態にあった林分や、間伐本数が多く設計されている林分では、疎開による影響を十分加味して間伐本数を決める必要がある。

【形質：樹型級別本数】

- 実際の林分は、林木相互間の競争により上層と下層に分かれている。また、積雪等による幹曲がりや折れ等被害も発生している。
- このような被圧木や被害木は、間伐回数が少ない林分ほど多く、逆に回数が多いほど少ない。
- このため、初期の間伐では不良木等を主体とした切り捨て間伐を行い、その後、徐々に収入間伐へ移行させるのが一般的である。
- 樹型級別本数では林分の形質別の構成が判別できる。例えば良質材生産を目指すには1級木の構成比が重要となる。
- また、間伐候補木の構成を知ること、間伐木の形質を客観的に判別できる。
- このように、林分の質的構成を把握し、間伐木の内容を吟味して生産目標の実現性を検討する。

【完満度：形状比 (k)】

- 形状比は、林分の込み具合(収量比数)と連動している。
- 林分を低密度に管理すると形状比は小さくなり、根元が太く先端が細い梢殺け(筍型形状)となる。このような林木は、素材の利用率(歩留まり)は小さいが、諸被害に対して強い樹型となる。
- 逆に、林分を高密度に管理すると形状比は大きくなり、根元に対して細りの少ない「円柱型(完満)」の形状となる。利用率は大きくなるが、風害や冠雪害に弱い樹型となる。
- 経営的には完満度の高い形状が有利であるが、これらは相反関係となっているため生産目標や被害回避における密度管理の判断基準とする。

【間伐タイプ：直径度数分布】

- 調査データから横軸に直径階、縦軸に本数をとるグラフを描くと「山型」の度数分布図ができる。
- よく管理された林分では平均直径を頂点とした正規分布(左右対称)に近い分布となるが、間伐初期の林分では直径の小さい方に平均値が偏る。  
成長較差の大きい林分や被害林分では「双峰型」の分布となる。
- 実際の林分が、この直径度数分布図においてどのような状態にあるのかを判断する。また、本数を間伐候補木と保残木に区分すると、これから行おうとする間伐のタイプが判別できる。
- 間伐タイプを簡単に知る方法に、間伐尺度(間伐木平均直径/間伐前平均直径)がある。間伐尺度が0.75以下は下層間伐、0.75~1.00は上層間伐、1.00以上は択伐的間伐と判断できる。

以上から、間伐候補木、間伐率(本数・材積)の確認・修正を行って最終決定とする。

間伐と指標数値項目との関係

目 的	検 討 事 項	指 標 数 値
生産目標	成 長	上層樹高(H)と林齢
	形 質	樹型級別本数比(Fn)
		形状比(k)
間 伐	量	収量比数(Ry)
	形 質	樹型級別本数比(Fn)
	タ イ プ	直径度数分布(Dn)
		間伐尺度(d)

(3) 間伐木の選木作業

- 間伐木の選定は、樹型級区分(P.6参照)及び樹間距離などから、林木相互間の配置を勘案して行う。
- 選木した間伐木にはテープ等でマーキングする。
- 作業終了後に、再度、選木漏れや選木ミスなどないか確認し必要に応じ修正を行う。

残存本数の樹間距離

残存本数	樹間距離	残存本数	樹間距離	残存本数	樹間距離	残存本数	樹間距離
3,400本	1.71 m	2,600本	1.96 m	1,800本	2.36 m	1,000本	3.17 m
3,200	1.77	2,400	2.04	1,600	2.50	800	3.53
3,000	1.82	2,200	2.13	1,400	2.67	600	4.08
2,800	1.89	2,000	2.23	1,200	2.89	500	4.47

#### (4) 実行上の留意点

##### (初期の間伐)

- 初期の間伐は、林分の急激な疎開を避けるようにする。
- 下層木のうちの被圧木・衰弱木・曲がり木等は切り捨てとし、間伐材の径級・形質をそろえるようにする。
- 上層木のうちの暴れ木や枝付きの異常なものなどは間伐対象木とする。

##### (後期の間伐)

- 上層間伐の採用で間伐量を確保し、生産コストの縮減に努める。
- 特に収入間伐を行う場合は、団地化や共同施業などで事業ロッドを大きくすることで生産コストの低減に努める。

##### (乾燥材の生産)

- 間伐木を葉枯らし材にする場合は、梅雨を越して置くと穿孔性害虫による材質低下をまねく危険度が高くなるため避ける。
- 夏の終わりから秋にかけ行う立皮剥ぎによる間伐木は、剥皮が容易でカビの発生もないことから材の色つやも良くなる。

##### (雪害等の気象災)

- 形状比が80を超えると、雪害や風害等の危険度が高くなる。  
このため、林分調査の際に形状比を把握し、林分内や隣接林分における雪害等被害木の発生状況から、間伐後の被害が発生しやすいと予想される場合は、林相に急激な変化を与えるような強度間伐は控え、弱度間伐を数年後に再度行うような工夫をする。

##### (林分内の広葉樹)

- 林分に混生する広葉樹は、伐期まで残す林木の生育に支障となるものについては間伐対象木とするが、基本的には有用広葉樹は残存させるものとする。
- 森林生態系等を考慮し、下層の灌木等にあっても、林木や間伐作業に影響を及ぼさない範囲で残存させるものとする。



# — 資料編 —

【 調査野帳 】

調 査 箇 所  
樹 種 ・ 林 齡

---

---

No	樹 高 (m)	胸高直径 (cm)	樹 型 級	間 伐 木	備 考

# 集 計 表

林小班 (所在)		間伐 面積	ha	林 齢	年	標準地 面積	ha	間伐 タイプ	
-------------	--	----------	----	-----	---	-----------	----	-----------	--

調 査 年月日	平成	年	月	日
------------	----	---	---	---

ha 当 た り	間 伐 前				間 伐				間 伐 後			
	本 数	材 積	平均直径	平均樹高	本 数	材 積	平均直径	平均樹高	本 数	材 積	平均直径	平均樹高
	本	m3	m	cm	本	m3	cm	m	本	m3	cm	m

間伐前 (本)	間伐木 (本)	間伐後 (本)	間伐率 (%)
------------	------------	------------	------------

材積(m3)																				
m																				
材積(m3)																				
m																				
材積(m3)																				
m																				
材積(m3)																				
m																				
材積(m3)																				
m																				
材積(m3)																				
m																				
材積(m3)																				
m																				

樹高	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
胸高直径																					

(本) 本 数	間伐前																			
	間伐木																			
	間伐後																			
(m3) 材 積	間伐前																			
	間伐木																			
	間伐後																			

間伐率(%)																				
--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

本数間伐率		%
材積間伐率		%

【総括表】

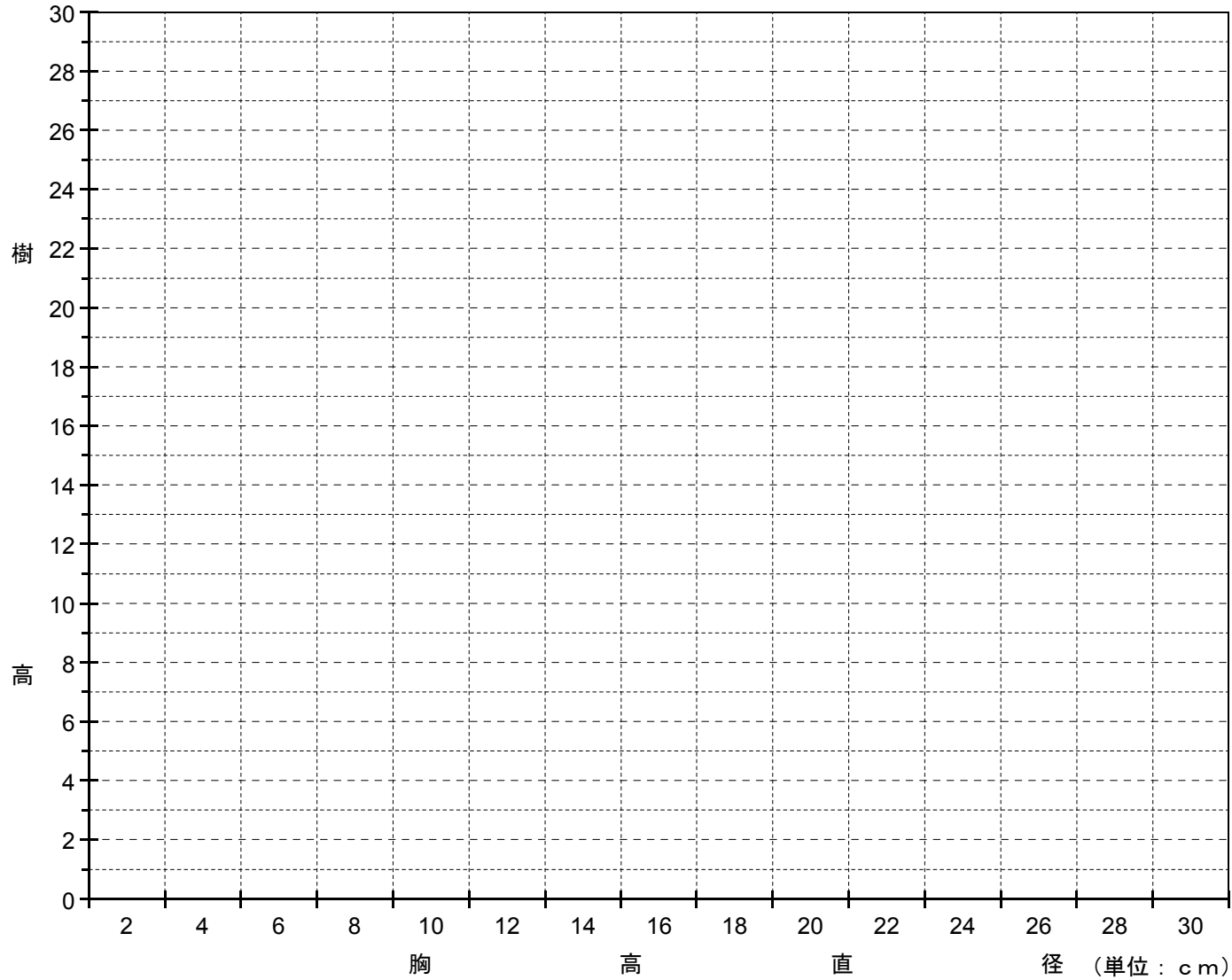
所在地					
林小班	林班	小班			
面積	ha				
樹種					
植栽年(林齢)	年(年生)				
保育歴					
法令等					
林分調査データ	間伐前	間伐木	間伐後		
上層樹高(H)	m	m	m		
平均胸高直径(D)	cm	cm	cm		
本数密度( $\rho$ )	( )本/ha	( )本/ha	( )本/ha		
材積(V)	( )m ³	( )m ³	( )m ³		
収量比数(Ry)					
本数間伐率(n%)		%			
材積間伐率(v%)		%			
間伐尺度(d)					
形状比(k)					
樹型級別 本数 (%) ( )は比率	上層	1級	( )	( )	( )
		2級	( )	( )	( )
	下層	3級	( )	( )	( )
		4級	( )	( )	( )
		5級	( )	( )	( )

【主な指標数値と計算方法】

- a) 上層樹高(H) … 被圧木、枯損木を除いた立木(1・2級木)の平均樹高
- b) 平均胸高直径(D) … 全成立木の平均直径
- c) 本数密度( $\rho$ ) … 全成立木の本数と間伐候補木本数について、ha当たりの換算値を求める。
- d) 幹材積(V) … スギ人工林立幹木材積表から、樹高と胸高直径に対応した幹材積を転記し、調査区内の総材積と間伐候補木の材積を求める。また、それぞれについてha当たりの換算値も求める。
- e) 収量比数(Ry) … 林分密度管理図において、得られた上層樹高と平均胸高直径及び本数密度(1ha当たりの成立本数)から収量比数を求める。実測値と乖離する場合は補正する。
- f) 間伐尺度(d) … 間伐木の平均直径を間伐前の平均直径で除す。
- * g) 樹型級別本数(Fn) … 樹型級別に本数合計値を求める。
- * h) 直径度数分布(Dn) … 胸高直径階別(2cm)に保残木と間伐木に区分し、その構成本数のヒストグラムを作成する。
- * i) 形状比(k) … 樹高を胸高直径で除し、その平均値を求める。

# 樹高曲線作成グラフ用紙

(単位：m)



胸高直径	樹高調査データ (m)	平均樹高 (m)	加重平均樹高 (m)
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			

## 平均樹高の求め方

1. 調査データから、平均樹高と加重平均樹高を求める。

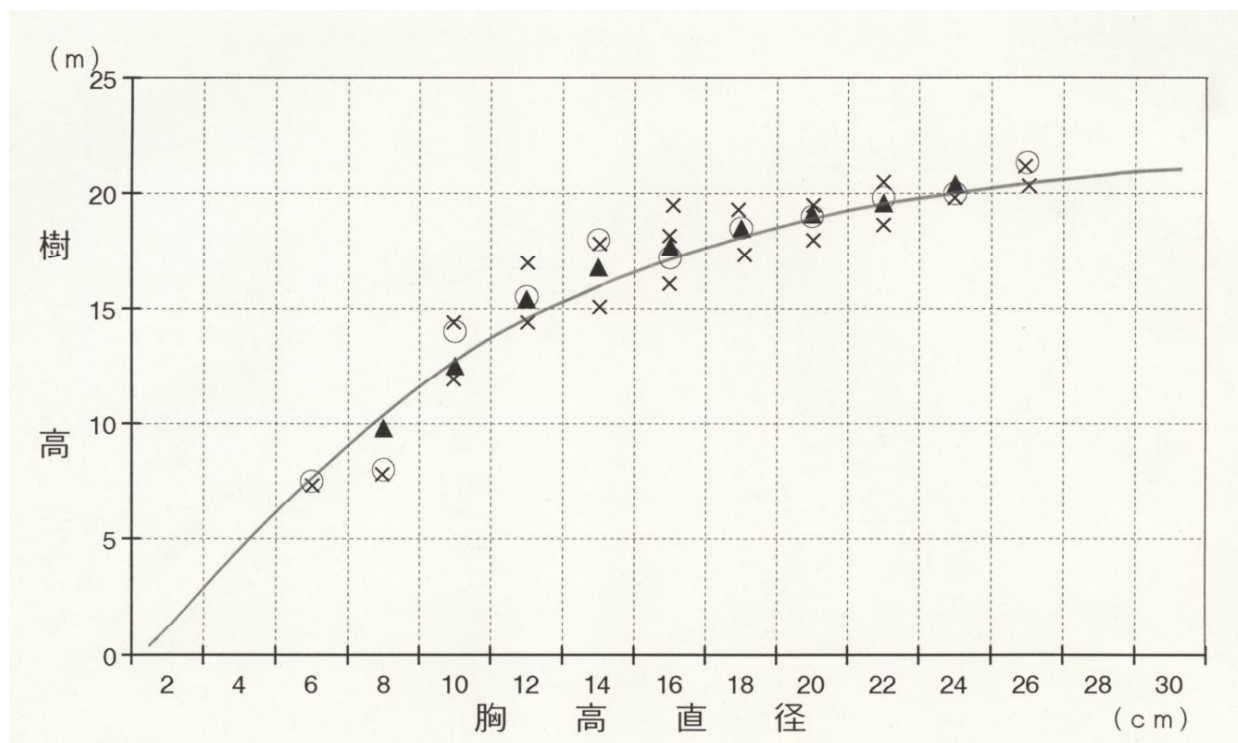
胸高直径	樹高調査データ	平均樹高	加重平均	備 考
6 m	7.5	7.5	—	平均樹高…○ (14.5+12.5) ÷ 2 = 14.0
8	8.0	8.0	9.8	
10	14.5 12.5	14.0	12.5	加重平均樹高…▲ (7.5+8.0+14.0) ÷ 3 = 9.8
12	14.5 15.0 17.0	15.5	15.4	
14	17.5 15.5 17.5	18.0	16.8	
16	19.5 18.0 17.0	17.2	17.7	樹高調査データ…×
18	18.0 19.5 18.0	18.5	18.5	
20	19.5 19.0 18.5	19.0	19.1	
22	20.5 19.0	19.8	19.6	
24	20.0	20.0	20.4	
26	21.5 21.0	21.3	—	
28				
30				

注意 … 実際の調査では、胸高直径毎の調査数を多くとれば高い精度が得られる。

2. 樹高曲線を描いてみる

①上記表から樹高(×)、平均樹高(○)、加重平均樹高(▲)をグラフに落とす。

②落とした▲の点を中心に、自在定規で樹高曲線を描く。



3. 描いたグラフから、各胸高直径後との平均樹高を読みとる。

# スギ人工林立木幹材積表

直径 樹高	4 cm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
2m	####																		
3	####	####	####	0.01															
4	####	####	0.01	0.02	0.02														
5	####	####	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05												
6	####	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15					
7	####	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18					
8	####	0.01	0.03	0.03	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21					
9	####	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25					
10	####	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28					
11		0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.14	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28	0.32	0.35	0.39	0.43	0.48	0.52
12		0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.28	0.31	0.35	0.39	0.44	0.48	0.53	0.58
13		0.02	0.04	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.30	0.35	0.39	0.44	0.48	0.53	0.59	0.64
14		0.02	0.04	0.06	0.08	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.29	0.33	0.38	0.43	0.48	0.53	0.58	0.64	0.70
15		0.03	0.04	0.06	0.09	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.32	0.36	0.41	0.46	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76
16					0.10	0.13	0.16	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39	0.45	0.50	0.56	0.62	0.69	0.76	0.83
17					0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.32	0.37	0.42	0.48	0.54	0.60	0.67	0.74	0.81	0.89
18					0.11	0.15	0.19	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.52	0.58	0.65	0.72	0.80	0.87	0.95
19					0.12	0.15	0.20	0.24	0.29	0.36	0.42	0.48	0.55	0.62	0.69	0.77	0.85	0.93	1.02
20					0.12	0.16	0.21	0.26	0.31	0.39	0.45	0.52	0.59	0.66	0.74	0.82	0.90	0.99	1.09
21							0.22	0.27	0.33	0.41	0.48	0.55	0.62	0.70	0.78	0.87	0.96	1.05	1.15
22							0.23	0.28	0.34	0.43	0.51	0.58	0.66	0.74	0.83	0.92	1.02	1.12	1.22
23							0.24	0.30	0.36	0.46	0.53	0.61	0.70	0.78	0.88	0.97	1.07	1.18	1.29
24							0.25	0.31	0.38	0.48	0.56	0.65	0.73	0.83	0.92	1.03	1.13	1.24	1.36
25							0.26	0.32	0.39	0.51	0.59	0.68	0.77	0.87	0.97	1.08	1.19	1.31	1.43
26										0.53	0.62	0.71	0.81	0.91	1.02	1.13	1.25	1.37	1.50
27										0.56	0.65	0.73	0.85	0.95	1.07	1.18	1.31	1.44	1.57
28										0.58	0.68	0.75	0.89	1.00	1.12	1.24	1.37	1.50	1.64
29										0.61	0.71	0.81	0.93	1.04	1.16	1.29	1.43	1.57	1.71
30										0.64	0.74	0.85	0.96	1.09	1.21	1.35	1.49	1.63	1.79
31													1.00	1.13	1.26	1.40	1.55	1.70	1.86
32													1.04	1.18	1.31	1.46	1.61	1.77	1.93
33													1.08	1.22	1.37	1.52	1.67	1.84	2.01
34													1.12	1.27	1.42	1.57	1.74	1.91	2.08
35													1.17	1.31	1.47	1.63	1.80	1.97	2.16
36															1.52	1.69	1.86	2.04	2.23
37															1.57	1.74	1.93	2.11	2.31
38															1.62	1.80	1.99	2.18	2.39
39															1.68	1.86	2.05	2.25	2.46
40															1.73	1.92	2.12	2.33	2.54
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			

直径 樹高	42cm	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
2m															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11	0.59	0.64	0.68	0.73	0.78	0.83	0.89	0.94	0.99	1.05					
12	0.65	0.70	0.76	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.10	1.16					
13	0.72	0.77	0.83	0.89	0.95	1.01	1.08	1.14	1.21	1.28					
14	0.78	0.84	0.91	0.97	1.04	1.11	1.17	1.25	1.32	1.39					
15	0.85	0.91	0.98	1.05	1.12	1.20	1.27	1.35	1.43	1.51					
16	0.91	0.99	1.06	1.14	1.21	1.29	1.37	1.46	1.54	1.63	1.72	1.81	1.90	1.99	2.09
17	0.98	1.06	1.14	1.22	1.30	1.39	1.47	1.56	1.66	1.75	1.84	1.94	2.04	2.14	2.24
18	1.05	1.13	1.22	1.30	1.39	1.48	1.58	1.67	1.77	1.87	1.97	2.08	2.18	2.29	2.40
19	1.12	1.21	1.30	1.39	1.48	1.58	1.68	1.78	1.89	1.99	2.10	2.21	2.32	2.44	2.56
20	1.19	1.28	1.38	1.47	1.57	1.68	1.78	1.89	2.00	2.11	2.23	2.35	2.46	2.59	2.71
21	1.26	1.36	1.46	1.56	1.67	1.78	1.89	2.00	2.12	2.24	2.36	2.49	2.61	2.74	2.87
22	1.33	1.43	1.54	1.65	1.76	1.88	1.99	2.11	2.24	2.36	2.49	2.62	2.75	2.89	3.03
23	1.40	1.51	1.62	1.74	1.85	1.98	2.10	2.23	2.36	2.49	2.63	2.76	2.90	3.05	3.20
24	1.47	1.59	1.70	1.82	1.95	2.08	2.21	2.34	2.48	2.62	2.76	2.91	3.05	3.21	3.36
25	1.54	1.66	1.79	1.91	2.04	2.18	2.32	2.46	2.60	2.75	2.90	3.05	3.20	3.36	3.52
26	1.61	1.74	1.87	2.00	2.14	2.28	2.42	2.57	2.72	2.87	3.03	3.19	3.35	3.52	3.69
27	1.69	1.82	1.96	2.09	2.24	2.38	2.53	2.69	2.84	3.00	3.17	3.34	3.50	3.68	3.86
28	1.76	1.90	2.04	2.19	2.33	2.49	2.64	2.80	2.97	3.14	3.31	3.48	3.65	3.84	4.02
29	1.83	1.98	2.13	2.28	2.43	2.59	2.75	2.92	3.09	3.27	3.44	3.63	3.80	4.00	4.19
30	1.91	2.06	2.21	2.37	2.53	2.70	2.87	3.04	3.22	3.40	3.58	3.77	3.96	4.16	4.36
31	1.98	2.14	2.30	2.46	2.63	2.80	2.98	3.16	3.34	3.53	3.72	3.92	4.11	4.32	4.53
32	2.06	2.22	2.39	2.56	2.73	2.91	3.09	3.28	3.47	3.67	3.87	4.07	4.27	4.49	4.70
33	2.13	2.30	2.47	2.65	2.83	3.01	3.20	3.40	3.60	3.80	4.01	4.22	4.43	4.65	4.88
34	2.21	2.38	2.56	2.74	2.93	3.12	3.32	3.52	3.73	3.94	4.15	4.37	4.58	4.82	5.05
35	2.29	2.47	2.65	2.84	3.03	3.23	3.43	3.66	3.85	4.07	4.29	4.52	4.74	4.98	5.22
36	2.36	2.55	2.74	2.93	3.13	3.34	3.55	3.76	3.98	4.21	4.44	4.67	4.90	5.15	5.40
37	2.44	2.63	2.83	3.03	3.23	3.45	3.66	3.89	4.11	4.34	4.58	4.82	5.06	5.32	5.57
38	2.52	2.71	2.92	3.12	3.34	3.56	3.78	4.01	4.24	4.48	4.73	4.98	5.22	5.49	5.75
39	2.60	2.80	3.01	3.22	3.44	3.67	3.90	4.13	4.37	4.62	4.87	5.13	5.38	5.66	5.93
40	2.67	2.88	3.10	3.32	3.54	3.78	4.01	4.26	4.51	4.76	5.02	5.28	5.55	5.83	6.11
41	2.75	2.97	3.19	3.41	3.65	3.89	4.13	4.38	4.64	4.90	5.17	5.44	5.72	6.00	6.29
42	2.83	3.05	3.28	3.51	3.75	4.00	4.25	4.51	4.77	5.04	5.31	5.59	5.88	6.17	6.47
43	2.91	3.14	3.37	3.61	3.86	4.11	4.37	4.63	4.90	5.18	5.46	5.75	6.04	6.34	6.65
44	2.99	3.22	3.46	3.71	3.96	4.22	4.49	4.76	5.04	5.32	5.61	5.91	6.21	6.51	6.83
45	3.07	3.31	3.55	3.81	4.07	4.33	4.61	4.89	5.17	5.46	5.76	6.06	6.37	6.69	7.01
46	3.15	3.39	3.65	3.91	4.70	4.45	4.73	5.01	5.31	5.61	5.91	6.22	6.54	6.86	7.19
47	3.23	3.48	3.74	4.01	4.28	4.56	4.85	5.14	5.44	5.75	6.06	6.38	6.71	7.04	7.38
48	3.31	3.57	3.83	4.11	4.39	4.67	4.97	5.27	5.58	5.87	6.21	6.54	6.87	7.21	7.56
49	3.39	3.65	3.93	4.21	4.49	4.79	5.09	5.40	5.71	6.04	6.36	6.70	7.04	7.39	7.74
50	3.47	3.74	4.02	4.31	4.60	4.90	5.21	5.53	5.85	6.18	6.52	6.86	7.21	7.57	7.93