

山梨県のスギ・ヒノキ・カラマツ高齡人工林へ対応した林分材積表の作成

長谷川喬平・長池卓男

Creation of yield tables for old-growth plantation Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*), Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) and Japanese larch (*Larix kaempferi*) in Yamanashi Prefecture

Kyohei HASEGAWA, Takuo NAGAIKE

Summary: We have created a volume table for Japanese cedar, hinoki cypress and Japanese larch in relation to the old-growth man-made forests of Yamanashi Prefecture. Compared to the height growth curves that have been used until now, the height growth of cedar and cypress continues even at old ages. The volume table for the forest was created for 4 or 5 to 24 age classes by site class, based on the relationships of the forest factors, including the height growth curve.

Key words: Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*), Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*), Japanese larch (*Larix kaempferi*)

要旨: 山梨県の高齡人工林に対応したスギ・ヒノキ・カラマツの林分材積表を作成した。スギ・ヒノキはこれまで使用されてきた樹高成長曲線と比較し、高齡でも樹高成長が継続することが示された。林分材積表は、この樹高成長曲線をはじめとする林分因子の相互関係により、地位別に 4 または 5 齡級から 24 齡級まで作成した。

キーワード: カラマツ、スギ、ヒノキ

1 はじめに

山梨県内の多くの人工林は 50 年生を超え、齡級構成は高齡に偏っている(山梨県林政部 2023)。持続的な森林資源の活用のために若返りを企図し、伐採・再造林も行われているが、一方で伐期を延長して管理されている人工林も多い。

山梨県では県有林と県有林以外の民有林(以下、民有林)で使用される収穫表が異なり、民有林では昭和 50 年代に紙媒体で作成された収穫表を使用している。しかし、この収穫表は 80 年生以上には対応しておらず、今後さらに高齡な人工林の管理が予想されるなか、高齡に対応した収穫表の作成が求められている。

民有林では「人工林収穫予想表」(以下、収穫予想表)と「人工林林分材積表」(以下、林分材積表)と 2 種類の収穫表が作成されている(山梨県林務部 1983)。収穫予想表の説明には「樹種ごと作成適用区域ごとに、標準的に施業された、同齡単純林が健全な生育をした場合に、生産すると予想されるヘクタール当たりの、主、副林木の本数、幹材積、その他必要な諸因子の標準的数値を人工林林分密度管理図理論式に適用して、地位と林齡に対応させて計算したものをいう」と記載されている。説明の通り樹種、地位、施業体系ごとに作成されている。例えば、

スギやヒノキでは大きく一般材と良質材生産の目的に分けられ、さらに 1~5 の地位別、5 種類の植栽本数(3000 本/ha、4000 本/ha、4500 本/ha、5000 本/ha、6000 本/ha)別に 50 パターン作成されている。規範的な管理を想定していることから、その性格は 1950~60 年代に林野庁などによって調製された林分収穫表(植杉 1952、嶺 1955)と同様であり、正常林分収穫表とも呼ばれる(森林総合研究所 2011)。林分材積表の説明には「当該樹種の同齡単純林についての地位と林齡に対応する現実の林分での平均的な上層樹高、ヘクタール当たりの本数、幹材積、及び平均胸高直径を示したものを言う」と記載されている。施業体系を規定していないため、地位別に 5 パターンのみ作成されている。規範的な管理を前提としていないため、その地域内の地位および齡級別の人工林の平均値を示した資料と言え、別名で現実林分収穫表、非正常林分収穫表などとも呼ばれる(森林総合研究所 2011)。

山梨県では平成 24 年に「森林環境税」を導入し、これを活用して間伐が遅れた民有林の整備を目的とした事業を行っている。このように、民有林では間伐がされてこなかった人工林も多く、収穫予想表作成時に想定された「規範的な管理」が為されていない場合もあることから、林分材積表のほうが利用しやすいと想定される。

収穫表は地位別に作成されるが、地位の指標も複数あ

り、日本では主に相対的樹高地位と絶対的樹高地位が用いられている。相対的樹高地位は林齢と主林木（あるいは上層木）平均樹高の関係から、何階級かに分けて地位区分を行う。地位級とも呼ばれる階級は、1～5の5階級や1～3の3階級に分けられることが多く、先述のとおり山梨県の民有林収穫表では5階級が採用されている。県有林の収穫表では3階級が採用され、さらに1等級を地位「上」、2等級を「中」、3等級を「下」と表記している。

絶対的樹高地位は基準林齢を設定し（多くは40年生を採用）、基準林齢の主林木（あるいは上層木）平均樹高によって地位を表現する。地位は地位指数（Site Index: SI）によって示され、例えば北海道のトドマツではSI12～24まで2おきに7段階（滝谷 2014）、三重県のスギではSI14～22の9段階で示された例がある（島田 2010）。地位指数はきめ細かに地位を表現できるが、それだけ収穫表の作成パターンが増えることから、紙媒体の収穫表作成には適さない。一方コンピューター上で収穫予測を行うシステム収穫表では、地位指数が採用されているものがある（嘉戸・田中 2010、八坂ほか 2011）。どちらの地位表現にも利点・欠点があるが、本研究では取り扱いやすさを優先し、地位は相対的樹高地位による地位区分を採用することとした。

以上のことから、本研究では山梨県の人工林主要樹種であるスギ・ヒノキ・カラマツの高齢級に対応した地位別の林分材積表作成を目的とし、過去の収穫表作成に用いられた既存データに、県内の高齢人工林の調査データを加え、高齢級に対応した地位別の林分材積表作成を行うこととした。

2 データと方法

2.1 高齢林の調査

山梨県内にある林齢53～139年生のスギ人工林19林分、66～123年生のヒノキ人工林22林分、66～107年生のカラマツ人工林30林分を調査地とした。林齢は造林台帳に記載された、植栽年を1年生とし、調査時の年月から逆算した。2020～23年に調査地において0.05haのプロットを設定し、植栽木の樹高と胸高直径を測定した。調査個体のうち、樹冠を構成し、かつ他の個体に被圧を受けていない個体を上層木とした。なお今回の上層木の判定の性質上、すべて上層木となっている林分もある。樹高はVertex III（Haglof社製）を用いて0.1m単位で測定し、胸高直径は山側の地際1.3mの高さをスチール巻き尺（Tajima社製）を用いて周囲長をmm単位で測定したあと、3.14で割戻した。調査データから上層平均樹高（m）、

上層木以外の植栽木も含めた平均樹高（m）、平均胸高直径（cm）、立木本数（本/ha）を求めた。各個体の材積は「幹材積計算プログラム」（細田ほか 2010）により算出し、単木平均材積（m³）、林分材積（m³/ha）を求めた。これらのデータは以降「新規データ」と表記する。

2.2 既存データの利用

民有林で使用されている収穫表には、作成に用いられた林分データが資料として収録されている。個体ごとのデータは無いが、林齢、上層平均樹高（m）、平均樹高（m）、平均胸高直径（cm）、立木本数（本/ha）、林分材積（m³/ha）などが、スギ150林分、ヒノキ140林分、カラマツ163林分記載されており、これらのデータも既存データとして活用した（以下、「既存データ S50」と表記）。

また、2002～06年にかけて山梨県の職員が県有林管理計画策定のため取得したデータも活用した。このデータは若齢林分（おおよそ30年生未満）では地位判定のため上層平均樹高のみ調査され、スギ11林分、ヒノキ395林分、カラマツ293林分のデータがある。収穫を控えた林分（おおよそ40年生以上）では個体ごとのデータはないが、上層樹高（m）に加え、樹高（m）、平均胸高直径（cm）、立木本数（本/ha）、林分材積（m³/ha）なども調査されている。しかし、スギ・ヒノキ林など混交している林分や、広葉樹が混交している林分も散見されたため、そうした林分を除外し、スギ30林分、ヒノキ92林分、カラマツ143林分のデータを使用した。これらのデータは以降「既存データ H10」と表記する。データは全て林分全体の集計結果であるため、単木平均材積（m³）については林分材積（m³/ha）を立木本数（本/ha）で除して求めた。

2.3 地位別樹高成長曲線の作成

（滝谷 2014）を参考に、林齢と上層平均樹高の関係をGompertz 式（式-1）、Logistic 式（式-2）、Mitscherlich 式（式-3）、Richards 式（式-4）に当てはめ、赤池情報量基準（AIC）が最も低いものを樹高成長曲線として採用した。式の当てはめには統計パッケージ R 4.2.3（R Core Team 2023）のnlms関数を使用し、AICはRのAIC関数により算出した。以降はすべて同バージョンのRにより解析を行った。

$$Ht = a \times \exp(-b \times \exp(-c \times t)) \quad (\text{式-1})$$

$$Ht = a / (1 - b \times \exp(-c \times t)) \quad (\text{式-2})$$

$$Ht = a \times (1 - b \times \exp(-c \times t)) \quad (\text{式-3})$$

$$Ht = a \times (1 - \exp(-b \times t))^c \quad (\text{式-4})$$

ここで、 t は林齢、 H_t は林齢 t における上層平均樹高、 a 、 b 、 c は推定するパラメータを示す。

採用した樹高成長曲線をガイドカーブとし、地位の区分および地位別の樹高成長曲線の作成を行った。地位は県有林の収穫表で用いられている3階級を採用した。山田・村松(1971)の方法に従い、(式-5)により標準偏差率を算出し、(式-6)により上限・下限および、地位1等地の中心線、地位3等地の中心線、1等地と2等地の界線、2等地と3等地の界線を求めた。なおここでは地位2等地はガイドカーブそのものである。

$$\delta' = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{\hat{y}} \right| \quad (\text{式-5})$$

$$\hat{y} = \hat{y} \pm m\delta'\hat{y} = (1 \pm m\delta')\hat{y} \quad (\text{式-6})$$

ここで、 δ' は標準偏差率、 N はデータ数、 y は上層平均樹高の実測値、 $\hat{y}$ は推定値(採用した樹高成長曲線の値)、 m は標準偏差率の倍数を示す。

m の値は山田・村松(1971)にならい、上下限は $m=\pm 2.5$ 、地位1・3等地の中心線は $m=\pm 1.66667$ 、1等地と2等地の界線、2等地と3等地の界線は $m=\pm 0.83333$ とした。以上の解析にはすべてのデータ(スギ:207、ヒノキ:649、カラマツ:629)を用いた。

2.4 林分材積表の作成

収穫表の作成方法は、現在使用されている収穫表のように密度管理図に基づく方法と、林分因子の相互関係を用いて作成する方法がある。今回は林分因子の相互関係を用いた作成法を採用し、島田(2010)を参考に図1の手順により行った。以降の解析には既存データH10の若齢林分を除いたデータ(スギ:199、ヒノキ:254、カラマツ:335)を使用し、作成に必要な関係式を次のとおり求めた。

上層樹高 H_t と平均樹高 H の関係を求めた結果以下のとおりだった(図2)。

$$\text{スギ} \quad H = 0.9664H_t - 0.1193 \quad (\text{式-7})$$

$$\text{ヒノキ} \quad H = 0.9635H_t - 0.0367 \quad (\text{式-8})$$

$$\text{カラマツ} \quad H = 0.9420H_t + 0.3231 \quad (\text{式-9})$$

平均樹高 H と平均胸高直径 D の関係を求め、最も当てはまりの良かった結果は以下のとおりだった(図3)。

$$\text{スギ} \quad D = 550.89 \exp(-4.38 \exp(-0.018H)) \quad (\text{式-10})$$

$$\text{ヒノキ} \quad D = 1.638H^{0.945} \quad (\text{式-11})$$

$$\text{カラマツ} \quad D = 1.381H^{0.962} \quad (\text{式-12})$$

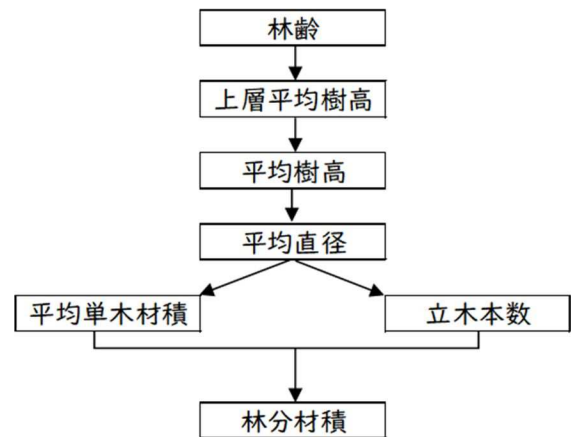


図1 林分材積表の作成手順

平均直径 D と立木本数 N の関係を求めた結果は以下のとおりだった(図4)。

スギ

$$N = 64.38 \exp(-(-4.79) \exp(-0.021D)) \quad (\text{式-13})$$

ヒノキ

$$N = 8.14 \exp(-(-6.842) \exp(-0.014D)) \quad (\text{式-14})$$

カラマツ

$$N = 4.6e - 05 \exp(-(-18.3) \exp(-4.3e - 03D)) \quad (\text{式-15})$$

平均直径 D と単木平均材積 iV の関係を求めた結果は以下のとおりだった(図5)。

$$\text{スギ} \quad iV = 2.26e - 04D^{2.39} \quad (\text{式-16})$$

$$\text{ヒノキ} \quad iV = 2.03e - 04D^{2.39} \quad (\text{式-17})$$

$$\text{カラマツ} \quad iV = 5.41e - 04D^{2.14} \quad (\text{式-18})$$

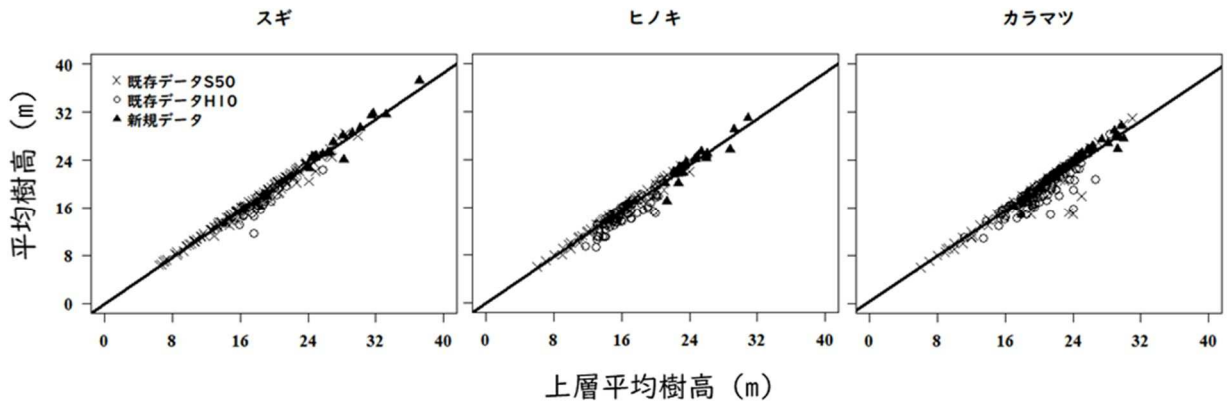


図2 上層平均樹高と平均樹高の関係

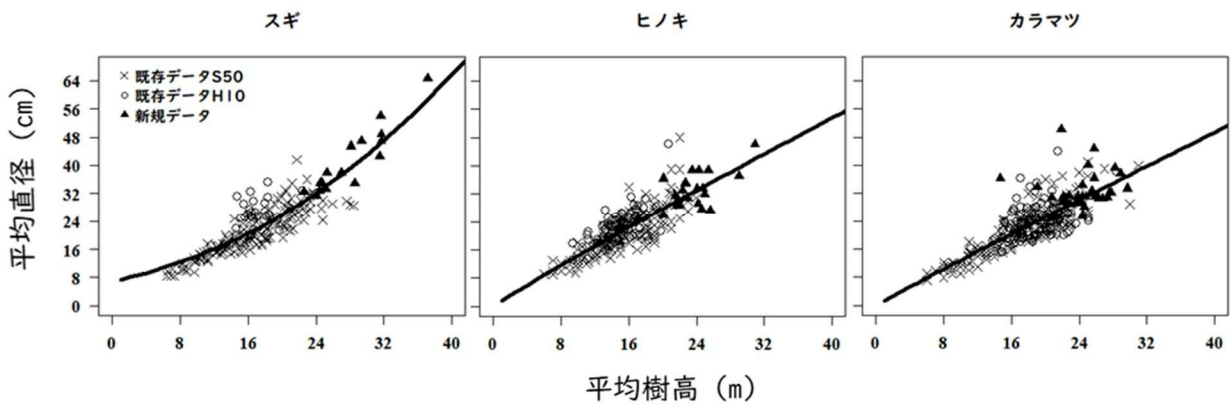


図3 平均樹高と平均直径の関係

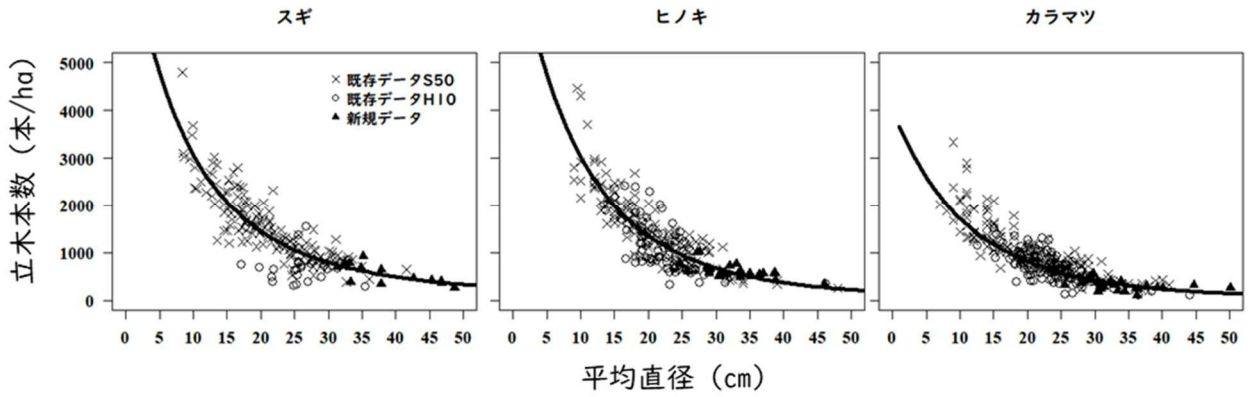


図4 平均直径と立木本数の関係

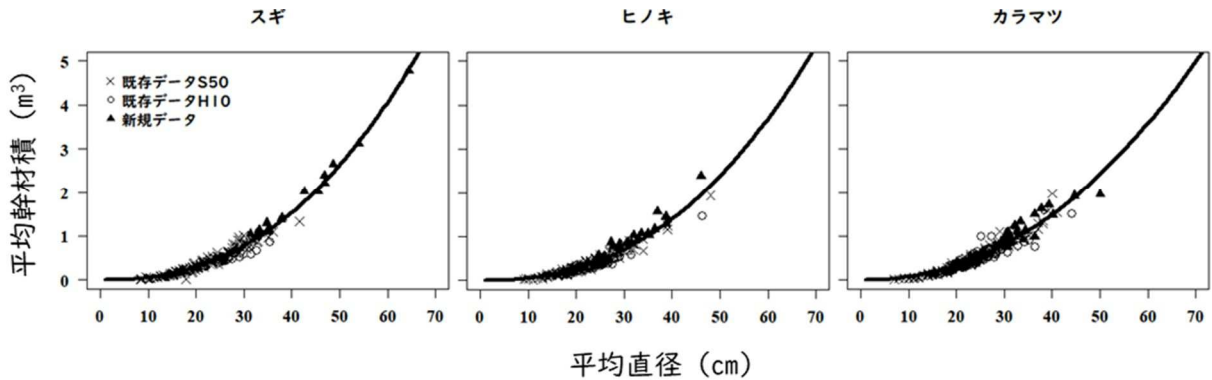


図5 平均直径と平均幹材積の関係

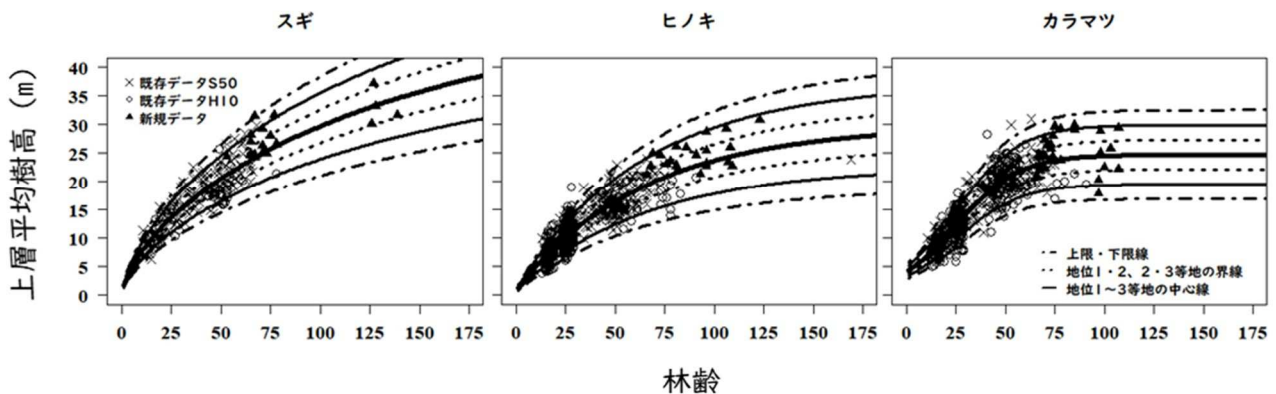


図6 各樹種の地位別樹高成長曲線と地位の界線

以上の林分因子の相互関係式により、各林齢の上層樹高、平均樹高、平均胸高直径、立木本数、単木平均材積を算出し、林分材積は単木平均材積と立木本数を乗算することにより求め、林分材積表の作成を行った。

3 結果および考察

樹高成長曲線はスギでリチャーズ式、ヒノキはミッチャーリッヒ式、カラマツはロジスティック曲線が採用され、各樹高成長式は以下のとおり示され、地位別樹高成長曲線は図6のとおりとなった。

$$\begin{aligned} \text{スギ} \quad Ht &= 51.232(1 - \exp(-0.005t))^{0.6611} \\ \text{ヒノキ} \quad Ht &= 29.899(1 - 0.971\exp(-0.015t)) \\ \text{カラマツ} \quad Ht &= 24.772/(1 + 5.016\exp(-0.063t)) \end{aligned}$$

採用した樹高成長曲線と現在使用されている樹高成長曲線を比較すると、スギ・ヒノキは高齢でも成長が継続する傾向に修正された。一方でカラマツはほとんど変化せず、70～80年生にかけて樹高成長が頭打ちになる傾向が示された(図7)。これは森・大住の報告(1991)とは異なる結果であった。森・大住のデータは固定調査地の経年変化を観測したものであるのに対し、本研究では各林分の

ある林齢時点での樹高を調査したものである。近年はカラマツの合板需要の高まりによる伐採が進んでいる。そのため、地位が高く、樹高成長が良い林分は伐採され、樹高成長が継続している林分を調査できなかったことが影響していると考えられる。なお、この樹高成長曲線は固定試験地の経年データから作成していないため、現存する森林の実態を反映しているだけであり、カラマツそのものの樹高成長のポテンシャルを示したものでないことは注意が必要で、この点はスギ・ヒノキも同様である。

林分因子相互関係では平均樹高と平均直径の関係のみスギとヒノキ・カラマツで異なる関係が得られ、スギは曲線的に増加し、ヒノキ・カラマツは直線的な増加という点でも異なっていた(図4)。これが樹種の違いによるものか、データ不足によるものか判断できないが、今回の作成手順では平均樹高から平均直径を推定し、さらに平均直径から平均幹材積、林分材積を推定している。そのため、樹高成長と直径成長が直線的な関係であるヒノキ・カラマツは、樹高成長が鈍化する林齢になると直径成長も鈍化し、ひいては林分材積の増加も緩慢になる。秋田県の120年生カラマツの事例では、樹高成長が鈍化しても直径成長・材積成長は旺盛との報告(酒井ほか 2022)もあることから、本研究のデータでは樹高成長鈍化後の直径

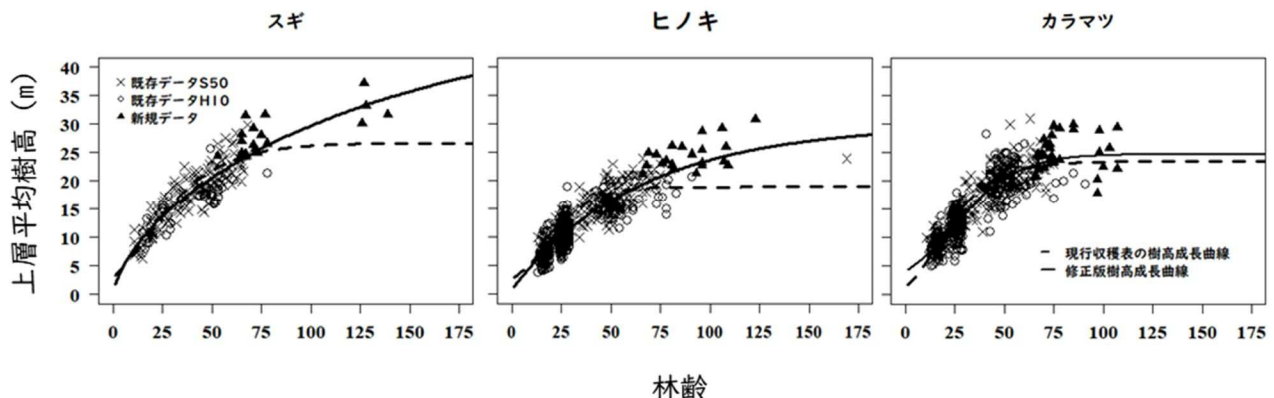


図7 現行の収穫表で使用されている樹高成長曲線と修正版樹高成長曲線

成長を捉えきれしていないことも考えられる。

平均直径と立木材積の関係では、特にスギ・ヒノキで平均直径が細い頃 5000 本/ha を超える関係が回帰された(図 4)。しかし、山梨県ではスギ・ヒノキは植栽本数 3000 本/ha が標準であり、3000 本/ha を越えるデータはわずかなため(図 4)、これはデータ不足(植栽後～平均直径 5cm くらいまで林分の立木本数データ)によるものと考えられる。データが存在しないか、極端に少ない平均直径 10cm 未満では、平均直径からの立木本数の推定が過大になると考えられるため、林分材積表は胸高直径 10cm 以上になる齢級以降を作成することとした。また、この減少曲線が示すものは密度管理図の自然枯死線とは異なり、無間伐で管理されてきた森林、適期に間伐された森林、こまめに間伐を繰り返してきた森林など、取り扱いが異なる森林をすべて平均した値である。そのため、こまめに間伐を繰り返してきた森林では中心線より下方で推移すると想定される。

以上のように注意を要する点もあるが、暫定的に林分材積表の作成を行った。収穫予想表作成プログラムの説明書(森林総合研究所 2011)には「間伐の遅れや主伐の繰り延べなど、森林管理を取り巻く社会情勢が変化すれば、人工林の齢級別平均像も変化するから、収穫予想表はその時々的情勢に応じて改訂されるべきものである。」(注:ここでいう収穫予想表は本研究で作成した林分材積表に相当する)と記載がある。現存する齢級別平均像を反映する性質上、実際に予測対象となる人工林が増えてこなければ作成できない。本稿では今後増加が予想される高齢人工林の管理のため、林分材積表を高齢に対応させたが、実際に高齢人工林が増加し、データが充実した際に再度データを補強し、今回作成したものの適合度や再調整が必要である。

謝辞

調査にあたりご協力いただいた伊原隆伸氏、込山弘氏、櫻田尚人氏、望月邦良氏および本研究を遂行するにあたり有益な助言をいただいた国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所の八木橋勉氏、酒井武氏に感謝申し上げます。

引用文献

細田和男・光田 靖・家原敏郎 (2010) 現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法. 森林計画学会誌 44 巻 2 号 23-39.
嘉戸昭夫・田中和博 (2010) ポカスギ林におけるシステ

ム収穫表の成長パラメータ. 富山県農林水産総合技術センター森林研究所研究報告 2 号 10-17
嶺 一三 (1955) 収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製. 林野庁
https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/shukakushiken/02gyoken/02gyoken_12.pdf
森 麻須夫・大住克博 (1991) 秋田地方における高齢級カラマツ林の成長. 森林総研研報 361 巻 1-15
R Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
<https://www.R-project.org/>
酒井 敦・野口麻穂子・齋藤智之・櫃間 岳・正木 隆・梶本卓也(2022) 秋田地方における 120 年生カラマツ人工林の林分構造と成長過程. 日本森林学会誌 104 巻 7 号 374-379.
島田博匡 (2010) 三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成. 三重県林業研究所研究報告 1-28
森林総合研究所 (2011) 収穫予想表作成プログラム説明書
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/database/shuukakuyosouhyou/index.html>
滝谷美香 (2014) トドマツ人工林の地位指数曲線の改訂. 北海道林業試験場研究報告 51 号 7-11
植杉哲夫 (1952) 岩手地方赤松林の成長収穫並びに施業法に関する研究. 林野庁
https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/shukakushiken/02gyoken/02gyoken_01.pdf
山田 茂夫・村松保男 (1971) 例解測樹の実務, 再訂増補. 地球出版, 東京
山梨県林務部 (1983) 人工林収穫予想表・人工林林分材積表(スギ)
https://www.pref.yamanashi.jp/documents/110938/yamanashi_sugishuukaku_s58.pdf
山梨県林政部 (2023) 令和 5 年度版山梨県林業統計
https://www.pref.yamanashi.jp/shinrin-ss/ringyo_tokei/r5ringyou_toukei.html#hajimeni
八坂通泰・滝谷美香・山田健四 (2011) システム収穫表「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」の開発. 北海道林業試験場研究報告 48 号 65-74

表 1 スギ各地位ごとの樹高

(m)

林 齢	上 限	Ⅰ等地	Ⅰ等地とⅡ等地の界線	Ⅱ等地	Ⅱ等地とⅢ等地の界線	Ⅲ等地	下 限
5	6.3	5.9	5.4	4.9	4.5	4.0	3.5
10	9.9	9.1	8.4	7.7	7.0	6.2	5.5
15	12.8	11.8	10.9	9.9	9.0	8.1	7.1
20	15.3	14.2	13.0	11.9	10.8	9.6	8.5
25	17.5	16.2	14.9	13.7	12.4	11.1	9.8
30	19.6	18.1	16.7	15.3	13.8	12.4	10.9
35	21.5	19.9	18.3	16.7	15.1	13.6	12.0
40	23.2	21.5	19.8	18.1	16.4	14.7	12.9
45	24.9	23.0	21.2	19.4	17.5	15.7	13.9
50	26.4	24.5	22.5	20.6	18.6	16.7	14.7
55	27.9	25.8	23.8	21.7	19.7	17.6	15.5
60	29.3	27.1	24.9	22.8	20.6	18.5	16.3
65	30.6	28.3	26.1	23.8	21.5	19.3	17.0
70	31.8	29.5	27.1	24.8	22.4	20.1	17.7
75	33.0	30.6	28.1	25.7	23.3	20.8	18.4
80	34.1	31.6	29.1	26.6	24.1	21.5	19.0
85	35.2	32.6	30.0	27.4	24.8	22.2	19.6
90	36.2	33.6	30.9	28.2	25.5	22.9	20.2
95	37.2	34.5	31.7	29.0	26.2	23.5	20.7
100	38.2	35.4	32.5	29.7	26.9	24.1	21.3
105	39.1	36.2	33.3	30.4	27.6	24.7	21.8
110	40.0	37.0	34.1	31.1	28.2	25.2	22.3
115	40.8	37.8	34.8	31.8	28.8	25.7	22.7
120	41.6	38.5	35.5	32.4	29.3	26.3	23.2

表2 作成された林分材積表 スギ地位Ⅰ等地(上)

齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4	16.8	12.7	1814	351.96	11.21	17.6
5	19.2	14.8	1540	408.02	10.26	16.3
6	21.5	16.7	1321	459.34	9.37	15.3
7	23.8	18.4	1143	506.19	8.55	14.5
8	26	20.1	998	548.92	7.81	13.7
9	28.3	21.6	878	587.97	7.16	13.1
10	30.5	23	778	623.76	6.59	12.5
11	32.6	24.3	694	656.72	6.1	11.9
12	34.8	25.6	623	687.23	5.69	11.5
13	36.9	26.8	564	715.66	5.33	11.0
14	39	27.9	512	742.32	5.04	10.6
15	41	29	469	767.5	4.79	10.2
16	43.1	30	431	791.44	4.58	9.9
17	45	31	398	814.33	4.4	9.6
18	47	32	369	836.35	4.26	9.3
19	48.9	32.9	344	857.65	4.14	9.0
20	50.8	33.7	322	878.34	4.04	8.8
21	52.6	34.6	303	898.53	3.95	8.6
22	54.4	35.4	286	918.29	3.88	8.3
23	56.2	36.1	270	937.69	3.82	8.2
24	57.9	36.9	257	956.79	3.77	8.0

表3 作成された林分材積表 スギ地位 2 等地(中)

齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m3/ha	m3	m3
1						
2						
3						
4	14.8	10.6	2110	299.26	9.1	15.0
5	16.6	12.4	1851	344.74	8.49	13.8
6	18.3	14	1636	387.17	7.9	12.9
7	20	15.5	1456	426.66	7.34	12.2
8	21.7	16.8	1304	463.37	6.81	11.6
9	23.3	18.1	1174	497.44	6.33	11.1
10	25	19.3	1063	529.08	5.88	10.6
11	26.6	20.4	967	558.48	5.47	10.2
12	28.1	21.5	884	585.84	5.1	9.8
13	29.7	22.5	811	611.34	4.77	9.4
14	31.2	23.5	748	635.18	4.47	9.1
15	32.7	24.4	692	657.53	4.2	8.8
16	34.2	25.2	643	678.54	3.96	8.5
17	35.6	26.1	599	698.36	3.75	8.2
18	37	26.8	561	717.11	3.56	8.0
19	38.4	27.6	526	734.91	3.39	7.7
20	39.8	28.3	495	751.87	3.24	7.5
21	41.1	29	468	768.07	3.1	7.3
22	42.4	29.7	443	783.58	2.98	7.1
23	43.7	30.3	420	798.49	2.87	6.9
24	44.9	31	400	812.85	2.77	6.8

表4 作成された林分材積表 スギ地位 3 等地(下)

年齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4						
5	14.2	10	2204	284	6.54	11.4
6	15.4	11.3	2006	316.69	6.18	10.6
7	16.7	12.5	1835	347.6	5.84	9.9
8	17.9	13.6	1686	376.8	5.51	9.4
9	19	14.7	1555	404.37	5.2	9.0
10	20.2	15.6	1440	430.39	4.91	8.6
11	21.3	16.5	1338	454.92	4.63	8.3
12	22.4	17.4	1247	478.05	4.36	8.0
13	23.4	18.2	1165	499.86	4.12	7.7
14	24.5	19	1092	520.44	3.89	7.4
15	25.5	19.7	1027	539.87	3.67	7.2
16	26.5	20.4	968	558.22	3.47	7.0
17	27.5	21.1	914	575.58	3.29	6.8
18	28.5	21.7	865	592.01	3.11	6.6
19	29.4	22.3	821	607.57	2.96	6.4
20	30.4	22.9	781	622.35	2.81	6.2
21	31.3	23.5	744	636.38	2.67	6.1
22	32.2	24	711	649.73	2.54	5.9
23	33	24.6	680	662.44	2.43	5.8
24	33.9	25.1	652	674.57	2.32	5.6

表5 ヒノキ各地位ごとの樹高

(m)

林齢	上限	Ⅰ等地	Ⅰ等地と2等地の界線	2等地	2等地と3等地の界線	3等地	下限
5	4.1	3.7	3.4	2.3	3.0	2.6	1.9
10	6.8	6.2	5.6	3.8	5.0	4.4	3.2
15	9.4	8.5	7.7	5.2	6.8	6.0	4.3
20	11.7	10.7	9.6	6.5	8.6	7.5	5.4
25	13.9	12.6	11.4	7.7	10.1	8.9	6.4
30	15.9	14.5	13.0	8.8	11.6	10.2	7.3
35	17.8	16.2	14.6	9.8	13.0	11.4	8.2
40	19.5	17.7	16.0	10.7	14.2	12.5	9.0
45	21.1	19.2	17.3	11.6	15.4	13.5	9.7
50	22.5	20.5	18.5	12.4	16.5	14.4	10.4
55	23.9	21.8	19.6	13.2	17.5	15.3	11.0
60	25.2	22.9	20.7	13.9	18.4	16.1	11.6
65	26.3	24.0	21.6	14.5	19.2	16.9	12.2
70	27.4	25.0	22.5	15.1	20.0	17.6	12.7
75	28.4	25.9	23.3	15.7	20.8	18.2	13.1
80	29.4	26.7	24.1	16.2	21.5	18.8	13.5
85	30.2	27.5	24.8	16.7	22.1	19.4	13.9
90	31.0	28.2	25.4	17.1	22.7	19.9	14.3
95	31.8	28.9	26.1	17.5	23.2	20.3	14.6
100	32.4	29.5	26.6	17.9	23.7	20.8	15.0
105	33.1	30.1	27.1	18.2	24.2	21.2	15.3
110	33.6	30.6	27.6	18.5	24.6	21.6	15.5
115	34.2	31.1	28.0	18.8	25.0	21.9	15.8
120	34.7	31.6	28.5	19.1	25.3	22.2	16.0

表6 作成された林分材積表 ヒノキ地位Ⅰ等地(上)

齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4	13.7	9.4	2232	237.38	11.36	11.9
5	16.3	11.4	1801	294.17	9.27	11.8
6	18.8	13.2	1491	340.52	7.45	11.4
7	21	14.9	1260	377.75	5.94	10.8
8	23.1	16.5	1085	407.44	4.73	10.2
9	25	17.9	948	431.08	3.77	9.6
10	26.8	19.2	841	449.92	3.01	9.0
11	28.4	20.5	755	464.98	2.41	8.5
12	29.9	21.6	684	477.04	1.94	8.0
13	31.3	22.7	627	486.75	1.57	7.5
14	32.6	23.6	579	494.6	1.27	7.1
15	33.7	24.6	538	500.97	1.04	6.7
16	34.8	25.4	504	506.16	0.85	6.3
17	35.8	26.2	474	510.4	0.7	6.0
18	36.8	26.9	449	513.89	0.57	5.7
19	37.6	27.6	427	516.76	0.48	5.4
20	38.4	28.2	408	519.14	0.39	5.2
21	39.2	28.7	392	521.11	0.33	5.0
22	39.8	29.3	377	522.76	0.27	4.8
23	40.5	29.8	364	524.13	0.23	4.6
24	41.1	30.2	353	525.28	0.19	4.4

表7 作成された林分材積表 ヒノキ地位 2 等地(中)

年齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4	11.1	7.6	2762	178.45	10.02	8.9
5	13.3	9.1	2304	228.53	8.7	9.1
6	15.3	10.6	1960	272.05	7.41	9.1
7	17.1	11.9	1697	309.1	6.25	8.8
8	18.8	13.2	1491	340.33	5.24	8.5
9	20.3	14.4	1328	366.54	4.4	8.1
10	21.7	15.4	1195	388.52	3.69	7.8
11	23.1	16.4	1087	406.96	3.1	7.4
12	24.3	17.3	998	422.46	2.62	7.0
13	25.4	18.2	923	435.54	2.21	6.7
14	26.4	19.0	860	446.61	1.88	6.4
15	27.4	19.7	806	456.01	1.6	6.1
16	28.3	20.4	760	464.03	1.37	5.8
17	29.1	21.0	720	470.89	1.18	5.5
18	29.9	21.6	686	476.79	1.02	5.3
19	30.6	22.1	656	481.88	0.88	5.1
20	31.2	22.6	630	486.28	0.77	4.9
21	31.8	23.1	606	490.11	0.67	4.7
22	32.4	23.5	586	493.45	0.58	4.5
23	32.9	23.9	568	496.36	0.51	4.3
24	33.3	24.2	551	498.92	0.45	4.2

表8 作成された林分材積表 ヒノキ地位 3 等地(下)

齡級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4						
5	10.1	6.9	2991	156.33	7.15	6.3
6	11.7	8.0	2627	192.1	6.46	6.4
7	13.1	9.0	2338	224.38	5.74	6.4
8	14.4	9.9	2104	253.08	5.07	6.3
9	15.6	10.8	1913	278.41	4.45	6.2
10	16.6	11.6	1755	300.65	3.9	6.0
11	17.7	12.4	1622	320.16	3.42	5.8
12	18.6	13.1	1511	337.26	3	5.6
13	19.4	13.7	1416	352.25	2.63	5.4
14	20.2	14.3	1334	365.42	2.32	5.2
15	21	14.9	1264	377.01	2.04	5.0
16	21.7	15.4	1203	387.23	1.81	4.8
17	22.3	15.8	1150	396.26	1.6	4.7
18	22.9	16.3	1103	404.25	1.42	4.5
19	23.4	16.7	1062	411.35	1.26	4.3
20	23.9	17.0	1025	417.67	1.13	4.2
21	24.4	17.4	993	423.3	1.01	4.0
22	24.8	17.7	964	428.33	0.9	3.9
23	25.2	18.0	938	432.84	0.81	3.8
24	25.5	18.3	915	436.89	0.73	3.6

表9 カラマツ各地位ごとの樹高

(m)

林 齢	上 限	Ⅰ等地	Ⅰ等地と2等地の界線	2等地	2等地と3等地の界線	3等地	下 限
5	7.0	6.4	5.9	5.3	4.8	4.2	3.6
10	8.9	8.2	7.5	6.8	6.0	5.3	4.6
15	11.1	10.2	9.3	8.4	7.5	6.6	5.8
20	13.5	12.4	11.3	10.2	9.2	8.1	7.0
25	16.0	14.7	13.5	12.2	10.9	9.6	8.3
30	18.6	17.1	15.6	14.1	12.6	11.2	9.7
35	21.0	19.3	17.7	16.0	14.3	12.6	10.9
40	23.3	21.4	19.5	17.7	15.8	14.0	12.1
45	25.2	23.2	21.2	19.2	17.1	15.1	13.1
50	26.9	24.7	22.6	20.4	18.3	16.1	14.0
55	28.2	25.9	23.7	21.4	19.2	16.9	14.7
60	29.3	26.9	24.6	22.2	19.9	17.6	15.2
65	30.1	27.7	25.3	22.9	20.5	18.1	15.7
70	30.7	28.3	25.8	23.4	20.9	18.5	16.0
75	31.2	28.7	26.2	23.7	21.2	18.7	16.2
80	31.6	29.0	26.5	24.0	21.5	19.0	16.4
85	31.8	29.3	26.8	24.2	21.7	19.1	16.6
90	32.0	29.5	26.9	24.4	21.8	19.2	16.7
95	32.2	29.6	27.0	24.5	21.9	19.3	16.8
100	32.3	29.7	27.1	24.5	22.0	19.4	16.8
105	32.4	29.8	27.2	24.6	22.0	19.4	16.8
110	32.4	29.8	27.2	24.7	22.1	19.5	16.9
115	32.5	29.9	27.3	24.7	22.1	19.5	16.9
120	32.5	29.9	27.3	24.7	22.1	19.5	16.9

表10 作成された林分材積表 カラマツ地位Ⅰ等(上)

齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4	14.3	11.2	1409	230.76	8.48	11.5
5	17	13.3	1153	273.15	6.89	10.9
6	19.7	15.5	942	307.61	4.97	10.3
7	22.4	17.7	775	332.47	3.18	9.5
8	24.8	19.7	648	348.35	1.77	8.7
9	27	21.5	554	357.18	0.81	7.9
10	28.9	23	485	361.22	0.24	7.2
11	30.4	24.3	436	362.4	-0.06	6.6
12	31.7	25.3	399	362.08	-0.19	6.0
13	32.6	26.1	373	361.11	-0.23	5.6
14	33.4	26.7	355	359.97	-0.22	5.1
15	34	27.2	341	358.88	-0.19	4.8
16	34.4	27.6	331	357.95	-0.15	4.5
17	34.7	27.8	324	357.19	-0.12	4.2
18	34.9	28	319	356.6	-0.09	4.0
19	35.1	28.2	315	356.14	-0.07	3.7
20	35.2	28.3	312	355.79	-0.05	3.6
21	35.3	28.4	310	355.53	-0.04	3.4
22	35.4	28.4	309	355.34	-0.03	3.2
23	35.4	28.5	308	355.2	-0.02	3.1
24	35.5	28.5	307	355.09	-0.01	3.0

山梨県のスギ・ヒノキ・カラマツ高齢人工林へ対応した林分材積表の作成

表 11 作成された林分材積表 カラマツ地位 2 等(中)

齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4	12	9.3	1682	187.65	8.24	9.4
5	14.2	11.1	1421	228.86	7.36	9.2
6	16.5	12.9	1198	265.66	5.99	8.9
7	18.7	14.7	1017	295.63	4.5	8.4
8	20.7	16.4	874	318.11	3.15	8.0
9	22.5	17.8	766	333.87	2.1	7.4
10	24.1	19.1	684	344.35	1.34	6.9
11	25.4	20.1	624	351.04	0.84	6.4
12	26.4	21	580	355.22	0.51	5.9
13	27.2	21.6	547	357.79	0.31	5.5
14	27.8	22.2	524	359.36	0.19	5.1
15	28.3	22.5	507	360.33	0.12	4.8
16	28.6	22.8	494	360.94	0.08	4.5
17	28.9	23.1	485	361.32	0.05	4.3
18	29.1	23.2	478	361.57	0.03	4.0
19	29.2	23.3	473	361.73	0.02	3.8
20	29.4	23.4	470	361.84	0.01	3.6
21	29.4	23.5	467	361.91	0.01	3.4
22	29.5	23.5	465	361.97	0.01	3.3
23	29.5	23.6	464	362	0.01	3.1
24	29.6	23.6	463	362.03	0	3.0

表 12 作成された林分材積表 カラマツ地位 3 等地(下)

齢級	平均直径	平均樹高	立木密度	林分材積	連年 成長量	平均 成長量
	cm	m	本/ha	m ³ /ha	m ³	m ³
1						
2						
3						
4						
5	11.4	8.8	1758	176.2	6.94	7.0
6	13.2	10.3	1532	210.9	6.18	7.0
7	14.9	11.7	1342	241.78	5.12	6.9
8	16.6	13	1188	267.4	4.02	6.7
9	18	14.2	1067	287.51	3.03	6.4
10	19.2	15.2	974	302.64	2.22	6.1
11	20.3	16	903	313.72	1.6	5.7
12	21.1	16.6	851	321.71	1.14	5.4
13	21.7	17.2	812	327.41	0.81	5.0
14	22.2	17.6	783	331.48	0.58	4.7
15	22.6	17.9	762	334.38	0.41	4.5
16	22.9	18.1	747	336.45	0.3	4.2
17	23.1	18.3	736	337.94	0.22	4.0
18	23.2	18.4	727	339.02	0.15	3.8
19	23.4	18.5	721	339.79	0.11	3.6
20	23.4	18.6	717	340.35	0.08	3.4
21	23.5	18.6	714	340.76	0.06	3.2
22	23.5	18.7	711	341.06	0.04	3.1
23	23.6	18.7	710	341.27	0.03	3.0
24	23.6	18.7	709	341.43	0.02	2.8