

収穫予想表作成プログラム説明書

この説明書は「平成 16 年度 森林吸収源データ緊急整備事業 森林簿蓄積精度検証調査 集計および収穫予想表作成マニュアル」（平成 16 年 7 月 27 日）を、ホームページ公開向けに一部加筆したものです。

1. はじめに

このプログラムは、マイクロソフト社の表計算ソフト「エクセル」のワークブックとマクロ機能を用いて、現地調査データの入力、整理、集計および収穫予想表の作成を行うことを目的としている。

以下プログラムの操作手順に沿って説明するが、収穫予想表の作成目的や一般的注意を文末の附 1 にまとめたので参考にされたい。

2. 作業の準備

パソコンのハードディスクに作業用のフォルダを作成し、解凍された 3 つのエクセルファイルをコピーする。

「標準地個表」は、個々の標準地の調査結果を入力するひな形である。このファイルを必要数だけ同じフォルダにコピーし、ファイルの名前を標準地番号に変更しておく。

もしも様式の中で、多くの標準地に共通している記入事項があれば、あらかじめその部分を記入したものをひな形にすれば手間が省ける。

「標準地一覧」は、個々の標準地のファイルから、平均直径や幹材積合計などの林分統計量を読み出して一覧表にし、さらに収穫予想表を作成するためのひな形である。

「集計マクロ」は「標準地個表」や「標準地一覧」から呼び出されるプログラムの本体が格納されており、作業するフォルダそれぞれに存在する必要がある。

3. 様式 2（現実の林齢と標準地面積）の入力

ファイル名を標準地番号に変更したワークブックを開く。様式 2 のうち「現実の林齢」と「標準地面積」は毎木データの集計に不可欠なので、必ず記入する。これらが空白であったり、数値以外のものが記入されていると正常な集計はできない（様式 2 のその他の項目、および様式 1、4、5 は記入する必要はありません）。

4. 様式 3 の入力

3 行目の注意事項を参照の上、4 行目から始まる白抜きのセルに調査データを入力していく。500 本まで入力することができる。余った行は空白のままでもかまわない。B 列には樹種を全角カタカナで入力する。樹種は、立木幹材積を計算するときに地域とともに材積式の選択基準となる。材積式は林野庁監修「立木幹材積表」（日本林業調査会発行）に準拠しているので、それぞれの地域にどのような樹種の材積式がある

かを念頭に置いた上で、入力作業を行うこと。

「立木幹材積表」以外で使用したい材積表がある場合は、Q列に単木材積を入力しておく、プログラムはそれを優先して集計することになっている。

枯死木のチェック欄に「1」が記入されていると計算からは除外される。

なお、プリントアウトして確認したい場合、デフォルトのまま印刷すると500行全て印刷され紙が無駄になるから、必要なページだけを指定して印刷した方がよい。

5. 様式3の集計

様式3の左上はドロップダウンリストになっているので、適切な地域を選択する。北海道ほかいくつかの県では、同一の県でも地域により適用する材積表が異なる場合があるから注意すること。

地域を選択したら、1行目にある「集計する」ボタンをクリックするとプログラムが実行され、集計処理が行われる。

直径や樹高が必要に応じて補正され、R列とS列に表示される。

樹高は全数調査を基本としているが、プログラムの内部では樹高曲線（ネスルン式）を計算しており、樹高の欠測があればその樹高曲線で自動的に補う。なお樹高曲線を推定する際は、暴れ木、前生樹、欠頂木、風雪害、病虫獣害の実測値は除外される。

T列には、プログラムが樹種と地域により判定した材積式の名前が表示される。地域名は簡単のため旧営林局名で示している。スギ・ヒノキ・カラマツなど主要な造林樹種ではほとんど問題がないが、広葉樹や主要樹種以外の針葉樹が混在している場合は、地域や樹種の選択が適切であるか注意して欲しい。「立木幹材積表」に明示されていない樹種で、「その他広葉樹」や「その他針葉樹」の材積式を採択した場合は、V列にその旨表示されるので、特に注意する。

U列はその材積式と直径・樹高から算出した単木の幹材積が表示される。有効桁と材積式のつなぎ目処理の問題で、出版されている材積表の材積と微妙に異なる場合がある。

直径に対して樹高が大きすぎる場合や小さすぎる場合（実測値が、樹高曲線上の推定樹高の2倍以上または2分の1未満）は、V列にその旨表示されるので、測定や入力にミスがないか確認すること。間違えなければそのままよい。

さらに右方のZ～AA列に、平均直径やヘクタールあたり幹材積合計などの集計値が表示されるので、林齢を目安に異常な集計値がないか確認する。ヘクタールあたりの本数や幹材積合計が異常に大きかったり小さかったりする場合は、面積に計算ミスがないか疑う必要がある。

修正をした場合には再度「集計する」ボタンをクリックし、集計をやり直してから上書き保存をする。

6. 個表ファイルの整理

以上のように様式2～3を入力し個別の集計が済んだファイルを、ハードディスクの特定のフォルダに集める。1つのフォルダ内で1,000ヶ所までを処理することができるが、処理に余分な時間がかかるため、箇所数が多い場合は樹種や地域で仕分けをして複数のフォルダに整理するようにしたほうが能率がよい。

各フォルダには個表ファイルとともに「集計マクロ」と「標準地一覧」のファイルをコピーする。

なお、この2つのファイルおよび個表ファイル以外のエクセルファイルが同じフォルダ内に存在すると、次で述べる「個表の再集計」や「一覧表の作成」で不具合を生じるので、関係外のエクセルファイルは置いてはならない。

7. 個表の再集計

「標準地一覧」を開くと「DATA」シートの1行目に「個表の再集計」のボタンがある。これをクリックすると同じフォルダ内のすべての個表ファイルが再集計され書き込まれる。通常は実施する必要がないが、「集計マクロ」が改訂されすべて再計算が必要になった場合などは便利である。

この操作は最新型のパソコンでも1個表あたり3秒程度を要するので、多数のファイルがある場合は相当の時間がかかる。途中でやめたい場合はキーボードのエスケープキーを押す。

8. 一覧表の作成

「DATA」シート3行目の「一覧表の作成」ボタンをクリックすると、同じフォルダ内のすべての個表ファイルから林分統計量と様式1、2の記入内容が読みとられ、一覧形式で表示される。この操作は1個表あたり1秒程度を要する。

フォルダ内の一部のファイルを編集したのち再度「一覧表の作成」ボタンを押すと、処理時間の短縮のため、ファイルのタイムスタンプが新しい標準地だけが読み直されるようになっている。あえて全ファイルを読み込み直したい場合は、BY列の「ファイル更新日時」をクリアしてから「一覧表の作成」ボタンを押す。この場合「棄却理由」と「地域」の列は自動的にクリアされるので注意すること。

B列の「地域」の欄は自動では生成されない。地域区分を行いたい場合は例えば「森林計画区」の列からコピーするなどして利用者が記入する。

なお、全立木の統計量と、最多樹種に限定した統計量の2種類が表示されているが、グラフを描いたり収穫予想表を作成する場合には、直径や樹高など平均値については最多樹種に限定し、本数や幹材積合計など合計量に関する統計量は全立木の値を用いるようになっている。

9. 各種設定

左上端に、グラフの作成や収穫予想表の作成に関わるオプションの設定欄がある。意味は以下の通り。

- ① 対象地域：グラフを描き、予想表を作る地域を記入する。「地域」の列がこれと一致した標準地だけがグラフを描き、予想表を作成する対象になる。空欄の場合はすべての地域が対象になる。ここが空欄でも「地域」の列に何か入力されていれば、グラフは地域別に塗り分けられるが、予想表は地域を一括して作成される。
- ② 目的樹種：ドロップダウンから選ぶ。「最多樹種」がこれと一致した標準地だけが対象になる。

- ③ 予想表の最大本数：収穫予想表を作成する際、回帰推定の結果にかかわらず、立木本数がこの本数を上回らないよう作成される。
- ④ 地位区分の方法：ドロップダウンから選ぶ。「地位指数」ならば基準林齢（40年生）の上層樹高で土地生産力の良し悪しを表す。「地位」は上・中・下、1～5等などの表し方である。
- ⑤ 地位の数：④で「地位」を選択した場合のみ意味がある。1～15の範囲で指定する。
- ⑥ 混交率上限：％で記入する。本数、断面積、幹材積いずれかの混交率が上限を超えた場合は、グラフや予想表作成から除外される。
- ⑦ 相対幹距上限：％で記入する。相対幹距とは上層樹高に対する樹木間の平均水平距離の百分率で、大きいほど密度が低いことを示す。極端に疎な標準地を除外するため20～30程度で上限を定める。
- ⑧ haあたり本数上限：極端に高密度な標準地を除外するために指定する。
- ⑨ 樹高成長曲線：ドロップダウンから回帰モデルの種類を選ぶ。
- ⑩ 上層樹高の定義：ドロップダウンから選ぶ。デフォルトの「上位 250 本」はIUFRO（国際林業研究機関連合）の基準であり、下層間伐の影響を受けにくく合理性がある。しかし従来わが国で上層樹高とみなされてきたものよりはやや高めである。林分密度管理図や地位指数曲線における上層樹高は「被圧木以外」に近いと考えられる。

10. 資料の吟味

「資料の吟味」をクリックすると、林齢と上層樹高、平均樹高と平均胸高直径など、異常データの検出に役立つ林分因子間関係のグラフが自動的に作成される。対象地域以外、目的樹種以外、および混交率・相対幹距・本数の上限を越えた標準地は除かれており、A列の「棄却理由」にその旨表示されている。

散布図の各点には標準地番号のラベルがついており、外れ値がどの標準地であるかが分かる。また地域の列に複数の地域名があればマークの種類をかえて描かれるので、地域により傾向の違いがあるか、すなわち収穫予想表を別々に作成する必要があるかを検討することができる。

各グラフの見方については文末の附2を参照されたい。

手順としてはまず各グラフを検討し、外れ値の標準地番号を控えておく。「DATA」のシートにもどると、標準地番号が個表ファイルへのリンクになっているので、クリックして外れ値の個表ファイルを開き、様式3の毎木データ、様式2の現実林齢および標準地面積に間違いがないか確認する。

もし個表ファイルに間違いがあれば修正し、様式3の「集計する」ボタンをクリックして再計算し、上書き保存してファイルを閉じる。標準地一覧の「DATA」シートに戻り、「一覧表の作成」ボタンをクリックすると、修正された値が一覧表に読み直される。さらに「資料の吟味」ボタンをクリックすると、グラフが書き直される。

個表ファイルに間違いがなく、あるいは修正してもなお外れ値となる場合は、その標準地の行の棄却理由の欄に何らかの文字数字記号を記入すると、次に「資料の吟味」を実行した際にグラフから除外されるようになる。

このようにして①一覧表作成→②資料の吟味（グラフの検討）→③個表ファイルの

修正・再集計・上書き保存→①一覧表作成→②資料の吟味を繰り返し、この一連の過程で明かな外れ値と判断された場合は棄却理由欄にその旨記入、収穫予想表の資料としてふさわしくない標準地を除外していく。

仮定する傾向線に対して統計的な信頼区間を求め、これにより客観的基準で資料の棄却をおこなう方法もあるが、地域により森林の斉一性が異なり、一般的な基準を設けることが難しいので、ここではもっぱら目視的判断で棄却する。

1 1. 収穫予想表の作成

かならず「資料の吟味」を実行してから「収穫表の作成」ボタンをクリックする。その時点で棄却理由欄が空白の標準地資料から、収穫予想表を構成する各種の回帰式が推定され、「TABLE」シートに表示される。右方に推定された回帰定数が表示されており、その左に収穫予想表が表示される。地位の高い方から表示され、「地位区分の方法」で地位指数を選んだ場合は地位指数の最大・中央・最小の3段階で、「地位区分の方法」で地位を選んだ場合は指定の地位数のぶんだけ地位が高い方から表示される。予想表は各セルに数式を埋め込んで表されており、各数式が回帰定数を参照している。

地位指数と林齢を書き換えれば、任意の地位指数・林齢での推定値をみることができる。

またグラフには地位ごとの各構成式の曲線が付け加えられ、構成式の妥当性を確認することができる。

「収穫表の作成」を実行するたびに「TABLE」シートは更新されてしまう。たとえばスギについて作成したあと、次にヒノキについて予想表を作りたい場合は、シート見出しを右クリックしてシートのコピーを行うとよい。

附 1. 収穫予想表についての一般的説明

このプログラムが対象とする収穫予想表は、森林簿に記載されている樹種、林齢、地位から幹材積合計や成長量等を推定するためのもので、地域別・樹種別・地位別に作成される。別名で現実林分収穫表、非正常林分収穫表、林分材積表などと呼ばれる。これは、規範的な管理を想定した正常林分収穫表（昭和20～30年代に調製された国有林の地域別収穫表がこれに該当する）とは性格を異にするものである。

収穫予想表は、ある時点において様々な林齢の人工林の実態を調査し、その齢級別平均像を記載したものと理解してよい。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々の情勢に応じて改訂されるべきものである。

なお、このような収穫予想表の性質から、ある特定の林分や、特定の齢級の林分集団が、将来とも収穫予想表の曲線に沿って推移するとは限らないことにも注意が必要である。

収穫予想表の大まかな作成手順は以下のとおりである。

- ① 対象地域と樹種を決める。
- ② 調査資料を整理し、一覧表にとりまとめる。

- ③ 調査資料を吟味し、不適当なものを除外する。
- ④ 地位区分をし、各地位の樹高成長曲線を決定する。
- ⑤ 林分因子間の関数を決め、収穫表を構成する。
- ⑥ 作成の経過、応用上の注意事項などを記載した説明書を添付する。

配布したプログラムは②～⑤の手順を支援するように設計されているが、使用者の判断が問われるのは②と③の手順である。

林齢、上層樹高、平均直径、本数、幹材積合計などの間には相応の関係性が認められており、全体的な傾向から外れた標準地は棄却の対象になる。しかし、入力ミスの可能性もあるから、グラフの確認だけで直ちに棄却せず、個表ファイルに立ち戻って確認すること。各立木の直径、樹高ほか林齢や標準地面積の誤りにも気を付けること。修正の結果正常になれば棄却する必要はない。

個表ファイルを確認のうえやはり外れ値となるものは、棄却して収穫予想表の資料とはしない。ただし先に述べたとおり、ここでは現実に存在する人工林の状態を収穫予想表として表現しようとするものであるから、中心線から離れた資料を次々に棄却し、また混交率や相対幹距の許容値を必要以上に厳しくすると、結果的に優良林分に偏った予想表になってしまうのでこの点はバランスが大切である。

収穫予想表の構成式の推定方法には、種々の方法があるが、本プログラムでは白石則彦・坂井康宏両氏が北海道国有林のアカエゾマツに適用して成果をあげた方法（「北方林業」47巻4号、1995年）を採用している。構成式は本プログラムで生成される収穫予想表の右側に示されているとおりであるが、平均樹高と平均直径、平均直径と平均幹材積など比較的安定した関係式を中心に、誤差の発生と伝播を極力抑制するように設計されているのが特徴である。また、各構成式が決まると収穫予想表が一義的に決定され、精度が悪い場合にどこに原因があるかを突き止めやすいことも長所である。従来の収穫表調製法では、構成式間の矛盾を職人芸的に校正する必要があったため、一部客観性に乏しく、限られた者しか調製に従事できないきらいがあった。

附2. おもな林分因子間関係の見方と資料の棄却

樹高・直径といった平均値に異常がある場合は、毎木データに一桁違うような大きな入力ミスがないかを確認する。本数・断面積・幹材積といった合計値について異常値がある場合、毎木データ以外に標準地面積が間違っていないか確認する。また林齢が正しいかの検討も重要である。

地域の差を見る場合は、分布の中心線だけでなく中心線からの散らばり具合にも注目すること。

①林齢と上層樹高の関係（Age-Hd）

林齢が進むにつれて上層樹高は大きくなるが、老齢に近くなると伸びが鈍くなり頭打ちを示す。上層樹高は土地生産力（地位）の差を反映し、密度に左右されにくいとされている。点のばらつきは地位のばらつきを示すので、標本のばらつきは当然であるが、全体の傾向からあまり離れた点は、原資料に間違いがない（樹高に入

力ミスがない、現実林齢が信頼できる）ことを確かめる必要がある。修正した上でそれでもなお異常にかけ離れた標本は棄却する。

予想表を地域別に作成する意味があるかどうか、この関係で検討する。地域ごとの中心線が明快に分離するような傾向であれば、地域別予想表を検討してもよい。

②林齢と本数の関係 (Age-N)

林齢に対し本数は双曲線的に減少するのが一般的である。植栽密度とその後の密度管理経路を表現している。林齢に比べて極端に高密度または低密度な標本は標準地面積の計算または入力ミス、または現実林齢の信頼性を疑うべき。修正すべき個表は修正し、なお平均的傾向から外れる標本は棄却する。

地域別予想表に意味があるかどうかの検討においても、この関係を用いる。地域により密植か粗植か、多間伐で集約的管理かあるいは間伐遅れで粗放的か、など地域間に明瞭な傾向の違いが認められれば、地域別予想表の作成を考慮する。

③林齢と平均直径の関係 (Age-D)

④林齢と胸高断面積合計の関係 (Age-G)

⑤林齢と幹材積合計の関係 (Age-V)

いずれも林齢が進むにつれて大きくなり、やがて頭打ちとなる。ばらつくのは当然であるが、平均的な傾向から大きく外れる標準地は個表ファイルの入力ミスを疑う。平均直径は直径の入力ミス、断面積と幹材積は標準地面積の計算・入力ミスに注意する。また様式2に記入されている現実林齢の妥当性も考慮する。

⑥林齢と相対幹距の関係 (Age-Sr)

相対幹距とは上層樹高に対する樹木間の平均水平距離の百分率で、大きいほど密度が低いことを示す。林齢が進んでもあまり変化しない。相対幹距があまりに大きく、疎林状の標準地は予想表を作成する資料としては望ましくないので、このグラフを参考にしつつ許容相対幹距の上限を加減する。25%がいちおうの目安であり、あまり上限を低くすると、密度の高い優良な林分のみで収穫予想表を構成することになり、実態と乖離してしまうおそれがある。

⑦平均（算術平均）直径と断面積平均直径との関係 (D-Dg)

常に平均直径よりも断面積平均直径が大きく、傾きは1よりやや大きく、鋭い直線関係を示す。傾向から外れるのは直径のばらつきが極端に大きい証拠で、複層林や間伐遅れ林分など二段林的様相を示す標本を検出し棄却するのに役立つ。

⑧幹材積合計と（断面積合計×平均樹高）との関係 (V-GH)

これも明瞭な直線関係を示す。傾向から外れる標準地は、入力ミスまたは何らかの林分構造の異常を疑うべきである。

⑨上層樹高と平均樹高との関係 (Hd-H)

このプログラムで予想表を作成する際に利用する関係の1つである。通常鋭い直線関係を示す。傾向から大きく外れる標準地は二段林的様相で好ましくなく、入力ミスを確認の上、間違いなければ棄却すべきである。

- ⑩平均樹高と平均直径との関係 (H-D)
- ⑪平均直径と平均幹材積との関係 (D-Vm)
- ⑫平均直径と本数との関係 (D-N)

いずれもこのプログラムで作成される予想表の構成式である。平均直径と本数は反比例に近い関係を示し、地位に左右されない(Wimmenauer の法則)とされている。これは白石・坂井の手法に限らず、収穫表調製上最重要視されてきた関係であり、予想表の妥当性に大きな影響を及ぼすので十分注意する。H-D 関係の右端(樹高が大きい方)と D-N 関係の左端(D が小さい=若齢の部分)の値は、予想表の幹材積合計を大きく左右するのでよく吟味する。

附 3. 既存の毎木調査データの利用について

実用に供すべき、より信頼性の高い収穫予想表の作成のためは、計算上の熟慮はもとより、その地域のその樹種を代表するような客観的な毎木調査データを幅広く収集する必要がある。

データの由来にかかわらず、収集した資料が次の条件を満たしているか十分に吟味した上で、収穫予想表の作成資料として適しているかを判断する必要がある。

- ① なるべく過去 10 年以内に現地調査を行っていること
- ② 単木ごとの胸高直径、または胸高直径の頻度分布が記録されていること
- ③ 樹高を全数測定するか、または標準地ごとに樹高曲線を作成していること
- ④ 標準地の面積が十分に信頼できること
- ⑤ 調査地が地位と地利の両面で偏りなく選ばれていること(林道端、低標高地、特定の優良林業地などに偏った資料、端的に言えば「よい林」ばかりを取り上げた資料は望ましくない)

資料数が多いに越したことはないが、精度や無作為性の面で不安のあるデータは、結果的に収穫予想表の信頼性・一般性を損なうので、データの採否は慎重に判断されたい。なお、当面は幅広く既存データを収集しておき、本格的に収穫予想表を改訂する段階においてデータを比較検討し、採用するかどうか検討してもよい。

本プログラムによる収穫予想表の作成に最小限必要な林分集計値は以下の通りである。

- ① 樹種
- ② 林齢
- ③ ha あたり本数(樹種を問わず)
- ④ ha あたり胸高断面積合計(樹種を問わず)
- ⑤ ha あたり幹材積合計(樹種を問わず)
- ⑥ 目的樹種の平均樹高
- ⑦ 目的樹種の平均胸高直径

- ⑧ 目的樹種の上層樹高
- ⑨ 混交率
- ⑩ 断面積平均直径または胸高直径の変動係数

これらが得られれば、本プログラムの標準地一覧表の様式にあわせて整理し、解析・予想表の作成を行うことができる。なお通常の毎木調査の記録を行っていれば、様式3を用いて必要な林分集計値を算出することもできる。