

民間企業の活動による二酸化炭素吸収・固定量の「見える化」実証事業 簡易な「見える化」計算シートの算出方法について

○ 森林づくりによる二酸化炭素吸収量の算出方法

1 森林の1 ha 当り年間二酸化炭素吸収量の計算式

1 ha の森林が1年間で吸収する二酸化炭素の吸収量は、下記の計算式で求めています。

森林の1ha 当り年間二酸化炭素吸収量

$$\begin{aligned} &= \text{森林1 ha 当りの年間幹成長量 (m}^3/\text{ha)} \times \text{拡大係数} \times (1 + \text{地下部比率}) \times \text{容積密度 (t/m}^3\text{)} \\ &\quad \times \text{炭素含有率} \times (44/12) \\ &= \text{森林1 ha 当りの年間幹成長量 (m}^3/\text{ha)} \times \text{換算係数} \end{aligned}$$

- **森林1 ha 当りの年間幹成長量**は、樹木の幹の部分が1年間で成長する1ha 当りの容積です。
- **拡大係数**は、枝(枝条)部分の容積を付加するための係数です。林齢によって幹部と枝条部の容積割合が異なりますので、林齢が20年生以下と21年生以上で係数が異なります。
- **地下部比率**は、樹木の地上部(幹+枝)の容積に対する根(根系)の容積の割合(比率)です。
- **容積密度**は、木材の容積を重量に変換する係数です。
- **炭素含有率**は、木材の重量1t当りの炭素含有量を示す割合(比率)です。
- **(44/12)**は、炭素量を二酸化炭素量へ換算する係数です。
- **換算係数**は、表2の表頭部「森林の換算係数」です。

注: 以後の説明において、特段の説明がない限り、下記の用語としています。

- 「材積量」は「1ha 当り幹材積量(m³/ ha)」
- 「年成長量」は「1ha 当り年間幹成長量 (m³/ ha ・年)」

2 樹種別齢級別年成長量の算出方法

森林の材積量の算出式は、森林資源現況調査(平成24年3月末)データを基に、地域別、樹種別、齢級別の蓄積量を面積で割った ha 当り蓄積量を算出し、曲線回帰(ゴンペルツ)により求めた下記の近似式を用いています。

①使用データ

林野庁が実施した森林資源現況調査(平成24年3月末)データを基にしています。
(林野庁 URL : www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/index.html)
使用したデータは、都道府県別・樹種別・齢級別の森林面積と蓄積量です。

②樹種

計算の対象樹種は、スギ、ヒノキ、カラマツとして、この樹種以外についてはその他樹種としています。

③地域

地域は「人工林林分密度管理図(林野庁監修 (社)日本林業技術協会 昭和54年調整 平成11年7月復刻)」の地域区分に基づき、スギは7地域、ヒノキは4地域、カラマツは2地域、その他樹種は全国1地域で、それぞれの近似式を作成しています。

④近似式

下記のゴンペルツ式で近似しています。

$$\text{材積量(近似式)}: V_y = K \cdot b^{(a^x)} \quad x: \text{齢級}, K, b, a: \text{係数}$$

※ 「^」は、乗数を意味します(a^x は、 a の x 乗)。

近似式で用いる地域別の係数は、表1に示すとおりです(森林資源現況調査のデータから算出できます)。

表1 樹種別地域別 ha 材積量近似式係数値(ゴンペルツ)

樹種名	地域区分	係数	係数値	樹種名	地域区分	係数	係数値	
スギ	1	K(指定)	600.0000	ヒノキ	8	K(指定)	400.0000	
		a	0.8119			a	0.8169	
		b	0.0154			b	0.0188	
	2	K(指定)	600.0000		9	K(指定)	400.0000	
		a	0.7923			a	0.8103	
		b	0.0057			b	0.0337	
	3	K(指定)	600.0000		10	K(指定)	400.0000	
		a	0.8011			a	0.7674	
		b	0.0120			b	0.0080	
	4	K(指定)	500.0000		11	K(指定)	500.0000	
		a	0.7788			a	0.8125	
		b	0.0083			b	0.0260	
	5	K(指定)	600.0000		カラマツ	12	K(指定)	400.0000
		a	0.8163				a	0.8912
b		0.0476	b	0.1090				
6	K(指定)	700.0000	13	K(指定)	300.0000			
	a	0.8098		a	0.8500			
	b	0.0193		b	0.1679			
7	K(指定)	700.0000	その他	14	K(指定)	200.0000		
	a	0.7787			a	0.8575		
	b	0.0035			b	0.0812		

注: 森林資源現況調査では、森林の容積(体積)の集計量を「蓄積量」と表示しています。

本文では、「蓄積量」は森林資源現況調査の集計項目名をさし、計算式の説明等では「材積量」(1ha 当りの幹材積量 前ページ注)と呼称しています。

表1の「地域区分」の番号は、表2のように都道府県別に設定しています。

表2 地域区分と都道府県の対応表

樹種名	地域区分	都 道 府 県 名									
スギ	1	岩手県	宮城県	福島県							
	2	北海道	青森県	秋田県	山形県	新潟県	富山県	石川県	福井県		
	3	栃木県	群馬県	埼玉県	山梨県	長野県	岐阜県				
	4	茨城県	千葉県	東京都	神奈川県	静岡県	愛知県	三重県			
	5	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県	
	6	奈良県	和歌山県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県				
	7	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県			
ヒキ	8	宮城県	福島県	茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	
		新潟県	富山県	石川県	福井県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県	愛知県	
	9	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県	
	10	三重県	奈良県	和歌山県	徳島県	香川県	愛媛県	高知県			
カラマツ	11	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	大分県	宮崎県	鹿児島県			
	12	北海道									
	13	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	栃木県	群馬県	埼玉県	
		新潟県	富山県	山梨県	長野県	岐阜県	静岡県				

「その他」の樹種の「地域区分」番号「14」は地域区分がなく「全国」としています。

⑤当該齢級における年成長量の算出方法

当該齢級の材積量 : V_y (m^3 / ha)

「当該齢級+1齢級」の材積量 : V_{y+1} (m^3 / ha)

当該齢級の年成長量 : V_g ($m^3 / ha \cdot 年$)

$$V_g = (V_{y+1} - V_y) / 5 \dots\dots\dots (1)$$

3 換算係数について

幹成長量をもとに、枝や根を含めて樹木全体の年間二酸化炭素吸収量を求めるための係数です。

(1)森林の材積量から二酸化炭素重量への換算係数

換算係数は下記の式で求めています。

$$換算係数 = 拡大係数 \times (1 + 地下部比率) \times 容積密度 \times 炭素含有率 \times (44 / 12)$$

表3 森林・木材の二酸化炭素吸収・固定量換算係数表

樹種名	BEF(拡大係数)		R:地下部の比率	D:容積密度	CF:炭素含有率	森林の換算係数		木材の換算係数	
	20年生以下	21年生以上				20年生以下	21年生以上		
針葉樹	スギ	1.570	1.230	0.250	0.314	0.510	1.15234	0.90279	0.58718
	ヒノキ	1.550	1.240	0.260	0.407	0.510	1.48641	1.18913	0.76109
	サワラ	1.550	1.240	0.260	0.287	0.510	1.04816	0.83852	0.53669
	アカマツ	1.630	1.230	0.260	0.451	0.510	1.73211	1.30705	0.84337
	クロマツ	1.390	1.360	0.340	0.464	0.510	1.61614	1.58126	0.86768
	ヒバ	2.380	1.410	0.200	0.412	0.510	2.20038	1.30358	0.77044
	カラマツ	1.500	1.150	0.290	0.404	0.510	1.46185	1.12075	0.75548
	モミ	1.400	1.400	0.400	0.423	0.510	1.55038	1.55038	0.79101
	トドマツ	1.880	1.380	0.210	0.318	0.510	1.35273	0.99296	0.59466
	ツガ	1.400	1.400	0.400	0.464	0.510	1.55038	1.55038	0.86768
	エゾマツ	2.180	1.480	0.230	0.357	0.510	1.79008	1.21528	0.66759
	アカエゾマツ	2.170	1.670	0.210	0.362	0.510	1.77744	1.36789	0.67694
	マキ	1.390	1.230	0.200	0.455	0.510	1.41922	1.25585	0.85085
	イチイ	1.390	1.230	0.200	0.454	0.510	1.41610	1.25309	0.84898
	イチヨウ	1.500	1.150	0.200	0.450	0.510	1.51470	1.16127	0.84150
	外来針葉樹	1.410	1.410	0.170	0.320	0.510	0.98718	0.98718	0.59840
	その他針葉樹1	2.550	1.320	0.340	0.352	0.510	2.24921	1.16429	0.65824
その他針葉樹2	1.390	1.360	0.340	0.464	0.510	1.61614	1.58126	0.86768	
その他針葉樹3	1.400	1.400	0.400	0.423	0.510	1.55038	1.55038	0.79101	
広葉樹	ブナ	1.580	1.320	0.260	0.573	0.480	2.00768	1.67730	1.00848
	カシ	1.520	1.330	0.260	0.646	0.480	2.17751	1.90532	1.13696
	クリ	1.330	1.180	0.260	0.419	0.480	1.23580	1.09643	0.73744
	クヌギ	1.360	1.320	0.260	0.668	0.480	2.01465	1.95539	1.17568
	ナラ	1.400	1.260	0.260	0.624	0.480	1.93730	1.74357	1.09824
	ドロノキ	1.330	1.180	0.260	0.291	0.480	0.85828	0.76148	0.51216
	ハンノキ	1.330	1.250	0.260	0.454	0.480	1.33903	1.25849	0.79904
	ニレ	1.330	1.180	0.260	0.494	0.480	1.45701	1.29268	0.86944
	ケヤキ	1.580	1.280	0.260	0.611	0.480	2.14083	1.73434	1.07536
	カツラ	1.330	1.180	0.260	0.454	0.480	1.33903	1.18801	0.79904
	ホオノキ	1.330	1.180	0.260	0.386	0.480	1.13847	1.01007	0.67936
	カエデ	1.330	1.180	0.260	0.519	0.480	1.53074	1.35810	0.91344
	キハダ	1.330	1.180	0.260	0.344	0.480	1.01460	0.90017	0.60544
	シナノキ	1.330	1.180	0.260	0.369	0.480	1.08833	0.96559	0.64944
	センノキ	1.330	1.180	0.260	0.398	0.480	1.17386	1.04147	0.70048
	キリ	1.330	1.180	0.260	0.234	0.480	0.69016	0.61232	0.41184
	外来広葉樹	1.410	1.410	0.160	0.660	0.480	1.89991	1.89991	1.16160
	カンバ	1.310	1.200	0.260	0.468	0.480	1.35957	1.24540	0.82368
	その他広葉樹1	1.370	1.370	0.260	0.469	0.480	1.42487	1.42487	0.82544
	その他広葉樹2	1.520	1.330	0.260	0.646	0.480	2.17751	1.90532	1.13696
その他広葉樹3	1.400	1.260	0.260	0.624	0.480	1.93730	1.74357	1.09824	

出典: National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan 2015 Page 6-12

注:その他針葉樹1:北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、栃木県、群馬県、埼玉県、新潟県、富山県、山梨県、長野県、岐阜県、静岡県
 その他針葉樹2:沖縄県
 その他針葉樹3:上記以外の府県
 その他広葉樹1:千葉県、東京都、高知県、福岡県、長崎県、鹿児島県、沖縄県
 その他広葉樹2:三重県、和歌山県、大分県、熊本県、宮崎県、佐賀県
 その他広葉樹3:上記以外の道府県

(2) 樹種別の換算係数について

計算シートでは、二酸化炭素吸収量の算出樹種を、スギ、ヒノキ、カラマツ、その他樹種としています。スギ、ヒノキ、カラマツは表3により求めています。その他樹種については下記の方法により換算係数を求めています。

森林資源現況調査データにより、人工林育成単層林の樹種別面積を表3の樹種に対応するように集計します。その他 N（針葉樹）、その他 L（広葉樹）の換算係数は、表3の樹種のうち表4で挙げられている樹種を除いた換算係数を単純平均してもとめた換算係数です。樹種別面積による加重平均値により、その他樹種の換算係数を求めています。

表4 樹種別面積と換算係数

森林資源現況調査		森林二酸化炭素換算係数			
樹種名	面積ha	20年生以下	21年生以上		
針葉樹	スギ	4,434,621	1.15234	0.90279	
	ヒノキ	2,572,030	1.48641	1.18913	
	カラマツ	980,165	1.46185	1.12075	
	アカマツ・クロマツ	830,015	1.67413	1.44416	アカマツ・クロマツの換算係数単純平均
	トドマツ	734,144	1.35273	0.99296	
	エゾマツ	74,459	1.79008	1.21528	
	その他N	170,707	1.58583	1.30953	上記以外の針葉樹の換算係数単純平均
広葉樹	クスギ	65,402	2.01465	1.95539	
	ナラ	13,496	1.93730	1.74357	
	その他L	204,951	1.47318	1.31689	上記以外の広葉樹の換算係数単純平均
育成単層林計		10,079,988			
その他樹種の面積加重平均二酸化炭素換算係数			1.55099	1.27223	

(3) 森林づくり簡易な「見える化」計算シートで利用している樹種別の換算係数

表5は、表3と上記方法により求めたその他樹種の換算係数をまとめたものです。

表5 樹種別換算係数

樹種名	20年生以下	21年生以上
スギ	1.15234	0.90279
ヒノキ	1.48641	1.18913
カラマツ	1.46185	1.12075
その他樹種	1.55099	1.27223

4 森林調査結果による年成長量の補正

○森林調査結果の立木本数、樹高(上層樹高のことですがここでは樹高と呼びます)、平均直径が入力された場合には、年成長量を補正します。

森林調査結果のデータは下記のとおりです。

ha 立木本数(本/ha) : N
樹高(m) : H
平均直径(cm) : D

○材積量の補正

①平均直径が入力されていない場合

人工林林分密度管理図(平成11年復刻版)の算出式により材積量(V)を算出しています。

②平均直径が入力されている場合

下記の計算式で補正材積量(Vc)を算出しています。

$$\text{補正材積量}(V_c) = \text{材積量}(V) \times (\text{平均直径}(D) / (\text{推定直径}))^2$$

推定直径: 林分密度管理図において算出される直径

○年成長量の補正(Vgc)

Vgは当該齢級の年成長量(3ページ)、Vyは当該齢級の近似式材積量(3ページ)です。

①平均直径が入力されていない場合

年成長量(Vg)(計算式(1)、3ページ)に、材積量(V)を近似式材積量(Vy)で割った比率を乗じて補正しています。

$$V_{gc} = V_g \times (V/V_y) \dots\dots\dots (2)$$

②平均直径が入力されている場合

年成長量(Vg)(計算式(1)、3ページ)に、補正材積量(Vc)を近似式材積量(Vy)で割った比率を乗じて補正しています。

$$V_{gc} = V_g \times (V_c/V_y) \dots\dots\dots (3)$$

1-5 年成長量と換算係数による二酸化炭素吸収量の算出

(1)森林調査結果が入力されていない場合の計算について

1)年成長量

森林資源現況調査結果のみを使用しています。

年成長量は(1)式により計算しています。

2)二酸化炭素換算係数

表4の「樹種別換算係数」を使用しています。

3)二酸化炭素吸収量の計算式

1年間の二酸化炭素吸収量

$$= \text{森林面積} \times \text{「(1)式による年成長量」} \times \text{「表5 樹種別換算係数」}$$

(2) 森林調査結果が入力されている場合の計算式について

1) 直径が入力されない場合の計算式。

直径による補正をしない材積量を算出し(2)式により年成長量を補正し、「表5 樹種別換算係数」を乗じて吸収量を算出しています。

1年間の二酸化炭素吸収量

＝森林面積×「(2)式により補正された年成長量」×「表5 樹種別換算係数」

2) 直径が入力された場合の計算式

直径による補正材積量を算出し(3)式により補正された年成長量により計算しています。

1年間の二酸化炭素吸収量

＝森林面積×「(3)式により補正された年成長量」×「表5 樹種別換算係数」