

第6章 土地利用、土地利用変化及び林業分野

6.1. 土地利用、土地利用変化及び林業分野の概要

土地利用、土地利用変化及び林業（LULUCF）分野では、森林等の土地利用及び土地利用変化に伴う温室効果ガス排出量及び吸収量を取り扱う。本分野における温室効果ガスの排出量及び吸収量の算定対象は、2006年 IPCC ガイドラインに従って区分した森林（4.A.）、農地（4.B.）、草地（4.C.）、湿地（4.D.）、開発地（4.E.）、及びその他の土地（4.F.）のそれぞれの土地利用カテゴリーにおける5つの炭素プール（地上バイオマス、地下バイオマス、枯死木、リター、土壌）及び森林から伐採され搬出された木材製品（HWP）（4.G.）プールの炭素ストック（蓄積）変化量、及び、それぞれの土地利用カテゴリーにおける窒素肥料施用に伴う N_2O 排出量（4.(I)）、有機質土壌の排水等に伴う CH_4 、 N_2O 排出量（4.(II)）、土地利用変化・管理に伴う無機化された窒素からの N_2O 排出量（4.(III)）、バイオマスの燃焼に伴う CH_4 、 N_2O 等の排出量（4.(IV)）である（ただし、農地、草地における4.(I)、4.(II)の N_2O 排出量及び4.(III)の転用のない農地、転用のない草地における N_2O 排出量は農業分野で報告）。用いている方法論の Tier は、表 6-1 に示すとおりである。本章では、地上・地下バイオマスを併せて「生体バイオマス」、枯死木・リターを併せて「枯死有機物」と記述する。

本分野には排出源及び吸収源の両方が含まれるが、我が国では 1990 年度以降継続して純吸収となっている。2023 年度における当該分野の温室効果ガス純吸収量は 50,201 kt- CO_2 換算であり、我が国の総排出量（LULUCF を除く）の 4.7% に相当し、1990 年度比 34.5% の減少、前年度比 3.4% の減少となっている。我が国の純吸収量の年変動の特徴としては、1990 年度以降 2003 年度までは増加傾向であったが、2004 年度以降減少傾向となっている。2003 年度までの純吸収量の増加は、森林の吸収量の増加及び森林からの土地転用面積の減少による森林減少由来の排出量の減少等が要因としてあげられる。また、2004 年度以降の長期的な純吸収量の減少は、森林における吸収量の減少が主な要因としてあげられる。

表 6-1 LULUCF 分野で用いている方法論の Tier

温室効果ガスの種類 カテゴリー	CO_2		CH_4		N_2O	
	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数
A. 森林	T2,T3	CS,D	T1	D	T1,T2	CS,D
B. 農地	T1,T2,T3	CS,D	T1	D	T1,T2	CS,D
C. 草地	T1,T2,T3	CS,D	T1	D	T1,T2	CS,D
D. 湿地	T1,T2,T3	CS,D	-	-	-	-
E. 開発地	T1,T2	CS,D	T2	CS,D	T1,T2	CS,D
F. その他の土地	T2	CS,D	-	-	T1	D
G. 伐採木材製品	T2,T3	CS,D				
H. その他	CS	CS				

(注) D: IPCC デフォルト値、T1: IPCC Tier 1、T2: IPCC Tier 2、T3: IPCC Tier 3、CS: 国独自の方法又は排出係数

我が国の国土概況について簡単に述べると、北海道、本州、四国、九州及びその他の島嶼から構成される列島であり、ユーラシア大陸の東方に位置している。列島は北東から南西に渡って弧状に延びており、最北端は北緯約 45 度、最南端は北緯約 20 度に位置する（国土地理院）。国土の大部分は温帯湿潤気候に属しているが、南方の諸島は亜熱帯気候、北方は冷帯気候に属する。

6.2. 使用した土地利用定義、土地表記アプローチ及び LULUCF カテゴリーへの対応

6.2.1. 各土地利用カテゴリーの面積把握方法

我が国のすべての土地を、既存統計等の定義に従い、2006 年 IPCC ガイドラインの 6 つの土地利用カテゴリーのいずれかに割り当てた。割り当て基準と該当する既存統計を用いた面積の把握方法は表 6-2 に示すとおりである。ただし「その他の土地」の全面積は他の 5 つの土地利用カテゴリーのいずれにも該当しない土地とした上で、国土総面積から 5 つの土地利用カテゴリーの合計面積を減じて求めている。すべての土地利用区分の合計を総面積として報告していない理由は「その他の土地」の全範囲を統計等の情報源でカバーできないためである。

表 6-2 IPCC 土地利用カテゴリーへの割り当て基準と面積把握方法

IPCC 土地利用カテゴリー	土地利用区分の割り当ての基準	面積把握のためのデータ及び把握方法
森林	森林法第 5 条及び 7 条の 2 に基づく森林計画対象森林とする。農業的樹林地や都市林は含まない。	2004 年度以前は林野庁「森林資源現況調査」、2005 年度以降は林野庁「国家森林資源データベース ¹ 」の森林計画対象森林の立木地（人工林、天然林）、無立木地、竹林とする。
農地	田、普通畑、樹園地、荒廃農地とする。	農林水産省「耕地及び作付面積統計」の田、普通畑、樹園地、農林水産省「農林業センサス」及び「荒廃農地の発生・解消状況に関する調査」における荒廃農地等とする。
草地	牧草地、採草放牧地、原野 ² （牧草地及び採草放牧地以外の草地）とする。	「耕地及び作付面積統計」の牧草地、「農林業センサス」における採草放牧地、及び国土交通省「土地利用現況把握調査」における原野等とする。
湿地	湿地のうち湛水地に該当する、水面（ダム等）、河川、水路とする。マングローブ（「森林」に含まれない分）、海草藻場・海藻藻場を含む。	「土地利用現況把握調査」の水面、河川、水路とする。マングローブ、海草藻場・海藻藻場については、別途実施の調査や統計データを使用して把握する（6.7.1. b) 2) 参照）。ただし、本面積は国土面積に含まれていないため、国土外土地面積として扱う。
開発地	森林、農地、草地、湿地に該当しない都市地域とする。このうち都市林を含む都市緑地は、地域制緑地と施設緑地とする。	「土地利用現況把握調査」の道路及び宅地、ならびにその他各種データより把握した学校教育施設用地、公園・緑地等、交通施設用地、環境衛生施設用地、ゴルフ場、スキー場及びレクリエーション用施設、を開発地を含める。また、内数である都市緑地に関しては、国土交通省が管轄する都市緑地に関する統計や調査にて把握する（詳細は表 6-55 に掲載）。
その他の土地	上記の土地利用区分のいずれにも該当しない土地とする。	国土地理院「全国都道府県市町村別面積調」の国土面積から他の土地利用区分の合計面積を差し引いて把握する。

表 6-2 に示す方法で得られた 2023 年度の各土地利用カテゴリーの面積は、森林が約 2,495 万 ha、農地が約 397 万 ha、草地が約 90 万 ha、湿地が約 135 万 ha、開発地が約 390 万 ha、その他の土地が約 274 万 ha となっている。

なお、各土地利用カテゴリーにおいては下位区分を設定している。下位区分とその定義については各土地利用カテゴリー節下の説明を参照のこと。

¹ 森林資源現況調査及び国家森林資源データベースは、同様の森林の定義及び調査方法を適用しており、これら 2 つのデータは時系列的に一貫性を有している。

² 現況は主に野草地（永年牧草地、退化牧草地、耕作放棄した土地で野草地化した土地を含む）である。2011 年より採草放牧地を含む「原野等」という項目に変更されたため、「農林業センサス」の採草放牧地を除いた土地の面積を原野としている。

使用した統計の調査頻度等については表 6-3 に示すとおりである。

表 6-3 面積算定に用いた統計

統計 / 調査名	調査方法	調査期日	調査頻度	所管
森林資源現況調査	全数調査	3 月 31 日	5 年	林野庁
国家森林資源データベース ³	全数調査	4 月 1 日	毎年	林野庁
耕地及び作付面積統計：耕地面積調査	対地標本実測調査	7 月 15 日	毎年	農林水産省
農林業センサス	全数調査	2 月 1 日	5 年	農林水産省
荒廃農地の発生・解消状況に関する調査	全数調査	12 月 31 日	毎年	農林水産省
土地利用現況把握調査	全数調査	10 月 1 日	毎年	国土交通省
全国都道府県市町村別面積調	全数調査	10 月 1 日	毎年	国土地理院

国土地理院「全国都道府県市町村別面積調」により把握された 2023 年度の国土総面積は約 3,780 万 ha であり、1990 年度比で 0.06% (約 2.4 万 ha) 増となっている。この国土面積の変化は海面の干拓及び埋立に起因するものである。2006 年 IPCC ガイドライン第 6 巻 3 章 3.3 節において、「国土面積の時系列において一貫していること (Ensure that the national land area is consistent across the inventory time-series;)」が推奨されているが、我が国では国土面積自体が年変動するため全時系列で同じ総面積を保つと不正確な情報を報告することになることから、これには従わず、各年のすべての土地利用の合計が統計で得られる各年の国土総面積に一致するよう報告することで我が国の実際の総面積変動を正確に反映することとしている。ガイドラインでは、続けて「一定に保たれていなければ、蓄積変化の排出量推定法を使用する際に計上される土地総面積の変化による誤った炭素の増減を反映することになる (otherwise stock changes will reflect false C increases or decreases due to a change in total land area accounted for when using a stock change emissions estimation method)」と記述されている。実際の処理としては、埋立等による面積の当該年の増加分は「森林」などの土地利用面積に直接配分されるわけではなく、「その他の土地」に含められ、翌年度以降の転用状況に応じて炭素蓄積量が算定される。また、埋立等により増加した「その他の土地」の算定においては、海面からその他の土地に転用する際に炭素損失は発生せず、蓄積も起こらないと仮定し、炭素蓄積変化は報告されない。従って、我が国のように国土総面積の時系列一貫性が保持されない場合でも、国土の拡張を直接活動量とした炭素蓄積変化の計算は行っていないため、国土面積の変化に伴う排出量及び吸収量の過大または過小推計は生じていない。

このほか、潮間帯に位置するマングローブ林、海草藻場・海藻藻場からの排出量及び吸収量を、湿地カテゴリー下で報告する。ただし、この場所は国土の定義（水涯線内の面積）上、上述の国土面積には含んでいないことから、湿地カテゴリー面積や土地転用マトリクスからは除外している。

6.2.2. 他の土地利用からの転用面積の推計方法

それぞれの土地利用カテゴリーは、更に、過去の土地転用の状況に応じて「転用のない土地」と「転用された土地」とに区分される。土地転用の有無を区分する際には、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値である 20 年を適用している。なお、森林と草地・農地間の転用により変化する鉱質土壌炭素プールにおける土壌炭素ストックの変化量の計算

³ 国家森林資源データベースは、森林簿、森林計画図などの行政情報、位置情報としてオルソフォト及びブランドサット TM、SPOT 等の衛星情報を保持・管理するものである。

においては遷移期間を 40 年間で設定しているが、転用後 21 年を経過した土地の排出量及び吸収量は転用のない土地利用下で報告する。

転用面積については、衛星画像判読を用いて把握した転用割合や既存統計で把握される転用面積及び現状面積データを用いて推計した。各土地転用面積の把握に使用した主な統計や調査は表 6-4 のとおりである。そして、前述の各土地利用面積と土地利用間の転用情報を用いて、アプローチ 2 による土地表記を行った。

表 6-4 土地転用推計に用いた統計

統計 / 調査名	調査内容	調査期日	調査頻度	所管
画像判読による土地利用変化状況調査	画像判読により非森林からの森林化または森林からの非森林化の把握	12 月 31 日	1989 年、2005 年以降毎年（2 年で一巡）	林野庁
耕地及び作付面積統計：拡張・かい廃面積調査	循環調査（関係機関資料、空中写真を利用）により、地目ごとの移動理由と面積を把握（2017 年以降移動面積のみ）	7 月 15 日	1956 年以降毎年	農林水産省
農地の移動と転用	用途別農地・草地の転用面積を届け出面積から把握	12 月 31 日	1961 年以降毎年	農林水産省
農用地建設業務統計	調査対象事業の農地・草地の造成面積を把握	3 月 31 日	1971 年～2002 年において各年	農林水産省

a) 森林、非森林間の転用面積の把握について（1990 年以降の転用面積の把握）

本節では、1990 年以降の森林、非森林間の転用面積の把握方法について詳述する。表 6-4 に示した「画像判読による土地利用変化状況調査」において、空中写真オルソ画像・衛星画像の判読により森林、非森林間の土地利用変化を把握した。森林面積の把握には、森林簿を用いているが、森林簿上では森林、非森林間の土地転用歴が把握できないため、本調査を利用した。

1990 年以前の土地転用面積の把握については各節を参照のこと。

1) 方法論と算定手順

i) 判読の設計と判読の手順

【判読点の設定】

全国に 500 m 間隔で格子状に約 150 万プロットを設定。

【判読に用いた画像情報】

1989 年末空中写真オルソ画像（以下、1989 年空中写真）、及び SPOT の衛星画像（以下、衛星画像）（2005 年以降、約 2 年間隔で撮影されたすべての画像）。使用した画像の詳細は表 6-5 のとおり。

【判読の対象】

全国を二分し、毎年交互に総プロットの半分の判読を実施。日本全国の判読は 2 年で一巡する。

【判読の方法】

1. 1989 年空中写真と直近年の衛星画像の比較判読により、森林の被覆変化が発生したプロットを把握する。非森林から森林への変化のうち、人為的な植林活動と判読されたものを「他の土地利用から森林へ転用された土地（または AR 活動対象地）」、森林から非森林への変化を「森林から他の土地利用へ転用された土地（または D 活動対象地）」として判読する（林他、2008）。判読の際には、森林の数値定義（表 6-16）

を考慮した土地ユニットの空間評価単位（面積 0.3 ha、幅 20m）で評価を行い、プロット毎の転用前または転用後の土地利用状況についても判読した。

1. 1で判読された変化がいつの期間に発生したかを、1989 年空中写真及び 2005 年以降におよそ 2 年間隔で撮影された衛星画像を用いて画像間ごとの発生地点数を把握した。この手順により前回把握された過去の判読結果が毎回修正される。
3. 何らかの理由で判読が難しかったプロットについては有効判読プロットから除外した。

ii) 森林、非森林間の転用発生率の算定手順

1. 1990 年から 2005 年の変化と特定された地点については、全国土における発生地点数を全国土における有効判読点数で除して 1990 年から 2005 年までの累積発生率を求めた。「他の土地利用から森林へ転用された土地（または AR 活動対象地）」の推計においては、1990 年から 2005 年までの発生は直線的に生じたと仮定して、累積発生率を 16 で除して 1990 年から 2005 年までの単年の発生率とした。「森林から他の土地利用へ転用された土地（または D 活動対象地）」の推計においては、「林地転用面積」統計の転用発生率に応じて 1990 年から 2005 年までの累積の発生率を各年に按分した。2006 年の発生率は、それぞれの 2005 年の発生率を代用した。
2. 2007 年以降の発生については、2 年間隔で撮影された画像を用いて 2 年分の発生数を算出し、これを 2 で除した値を 1 年分の発生とみなした。さらに、2 年で一巡の判読となるため、判読の前半年と後半年それぞれの 1 年分の発生数を合計して一巡分の発生数とし、それを総有効判読点数で除して単年の発生率を求めた。前述のとおり判読が一巡するのに 2 年を要するため、直近の判読年が判読の前半年に当たる場合は、前回判読の後半年の判読結果との合計で、国土全域を網羅する発生地点数が推計される。

iii) 森林、非森林間の転用面積の算定

以上の手順により算出した各単年の森林、非森林間の転用発生率に国土面積を乗じることにより、森林、非森林間の転用面積を算定した。

我が国の国土面積は 6.2.1. 節で示したとおり、埋立等により漸増傾向にあるが、海岸部分の埋立地で植林や森林減少活動はほとんど生じていないと考えられることから、本土地利用変化状況調査に、新たに拡張された国土面積を含めていない。したがって、国土面積に各転用発生率を乗じる計算では、各年度の国土面積ではなく本土地利用変化状況調査を開始した 2005 年度の国土面積を時系列全体で固定することとした。森林・非森林間の転用面積は、転用前後の土地利用別に集計した。

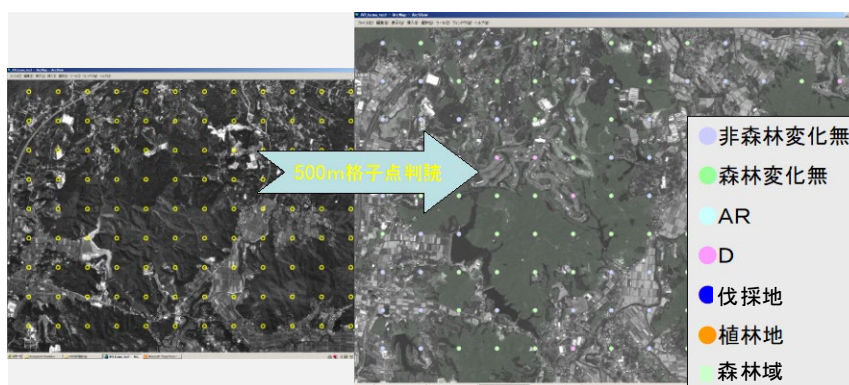


図 6-1 画像判読による森林、非森林間の転用の把握

2) 使用データ

森林、非森林間の転用を把握する際に使用したデータは以下のとおりである。

表 6-5 森林、非森林間の転用を把握する際に使用したデータ

使用画像データ	解像度 [m]	データフォーマット
Orthophoto aerial photograph (1989 年)	1	ラスター
SPOT5/HRV-P (2005 年、2007 年、2009 年－2014 年)	2.5	ラスター
SPOT6/7/HRV-P (2015 年－2023 年)	1.5	ラスター

b) 非森林間の土地転用面積の把握について

非森林間の転用については、表 6-4 で示した統計や調査を用いて推計した。詳細は各土地利用節下の活動量の記述を参照のこと。

6.2.3. 土地転用マトリクス

6つの土地利用カテゴリー間で、その年度内に生じた土地転用を1990年から現在に至るまで年毎のマトリクスを作成している。次の各表において、1990年度に生じた土地転用（表 6-6）と2023年度に生じた土地転用（表 6-7）のマトリクスを示す。また、1990～2023年度の間に起こった各土地利用カテゴリー間の転用面積を累計して作成した土地転用マトリクスを表 6-8 に示す。

表 6-6 我が国の土地転用マトリクス（1990 年度）[kha]

期末 期首	森林	農地	草地	湿地	開発地	その他の 土地	合計
森林	24,945.76	2.63	3.38	0.33	14.54	3.60	24,970.24
農地	3.11	4,747.15	1.91	0.03	23.19	2.36	4,777.75
草地	0.27	0.01	1,023.11	0.003	1.36	0.15	1,024.91
湿地	NO	0.20	0.26	1,309.55	IE	IE	1,310.01
開発地	0.56	IE	NO	0.002	3,160.15	IE	3,160.71
その他の土地	0.56	2.33	2.94	0.09	0.76	2,523.41	2,530.10
合計	24,950.27	4,752.32	1,031.60	1,310.00	3,200.00	2,529.53	37,773.71

表 6-7 我が国の土地転用マトリクス（2023 年度）[kha]

期末 期首	森林	農地	草地	湿地	開発地	その他の 土地	合計
森林	24,946.01	0.36	0.36	0.04	2.78	1.25	24,950.81
農地	0.04	3,957.94	0.49	NO	18.62	0.98	3,978.07
草地	0.05	0.01	897.01	NO	2.93	0.15	900.14
湿地	NO	NO	NO	1,349.94	IE	IE	1,349.94
開発地	NO	IE	NO	0.0002	3,870.67	IE	3,870.67
その他の土地	NO	6.71	1.20	0.02	NO	2,739.91	2,747.84
合計	24,946.10	3,965.01	899.07	1,350.00	3,895.00	2,742.29	37,797.48

表 6-8 我が国の土地転用マトリクス（1990-2023 年度）[kha]

2023年度期末 1990年度期首	森林	農地	草地	湿地	開発地	その他の土地	合計
森林	24,845.59	23.02	23.22	16.67	233.25	54.36	25,196.11
農地	39.08	3,842.10	35.66	1.38	460.52	66.27	4,445.01
草地	11.95	1.78	808.69	0.24	55.97	8.86	887.48
湿地	0.14	0.87	0.64	1,326.97	IE	IE	1,328.61
開発地	26.40	IE	NO	0.08	3,119.46	IE	3,145.93
その他の土地	22.95	97.25	30.85	4.66	25.82	2,612.80	2,794.34
合計	24,946.10	3,965.01	899.07	1,350.00	3,895.00	2,742.29	37,797.48
各土地利用下でのネット の変化量(1990-2023年 度)	-250.00	-480.00	11.59	21.39	749.07	-52.043	-

（注）「IE」で示されている面積は、国土総面積の調整項としての「転用のないその他の土地」に含まれている。

6.3. 国独自のアプローチ

6.3.1. 土地転用に伴う炭素ストック変化量の算定に用いるパラメータ

土地転用に伴う炭素ストック変化量の算定に用いる一般的なパラメータを示す。

表 6-9 土地転用前及び直後の生体バイオマスのバイオマス又は炭素ストック量

土地利用カテゴリー			バイオマスストック量又は炭素ストック量	設定方法、使用したデータソース
転用前	森林		156.6 [t-d.m./ha] (2023 年度値)	転用前の森林のバイオマスストック量は、立木地の期首の単位面積当たりの平均炭素ストック量を用いた。1990-2007 年度は 2008-2012 年度の平均値を用いた。（時系列の各年度の値は表 6-10 を参照）
	農地	田畑平均	1.7 [t-C/ha]	以下の田・普通畑の 1990-2017 年度の平均値（各年度値は田・普通畑面積で加重平均した値）。各作物の残渣のすき込み乾物量は農業分野（3.D.a.4）で使用している活動量データを利用して設定。
		田	2.0 [t-C/ha]	田にすき込まれた作物残さ中炭素量の 1990-2017 年度の平均値
		普通畑	1.3 [t-C/ha]	普通畑にすき込まれた作物残さ中炭素量の 1990-2017 年度の平均値（各年度値は作物作付面積で加重平均した値）
		樹園地	-	転用のない樹園地の算定で一括して算定しているため設定していない。転用のない樹園地の生体バイオマスの炭素ストック量算定のパラメータについては 6.5.1. b) 1) 参照。
	草地		13.5 [t-d.m./ha]	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 6.4 温帯湿潤気候の値）
	湿地、開発地、その他の土地		0 [t-d.m./ha]	0 と仮定
転用直後	すべての土地		0 [t-d.m./ha]	0 と仮定

表 6-10 土地転用前の森林におけるバイオマスストック量

土地利用カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
転用前 森林	t-d.m./ha	93.1	93.1	93.1	93.1	93.1	93.9	94.0	152.7	153.7	154.9	155.8	156.6

表 6-11 土地転用後の生体バイオマスの年間成長量

土地利用カテゴリー			年間成長量	設定方法、使用したデータソース
転用後	森林		3.0 [t-C/ha/yr]	転用後 20 年以内の森林の平均的な年間成長量を推計するために、京都議定書第 3 条 3 の新規植林・再植林の活動開始後 20 年にあたる 2009 年度と前後を含む 3 年間（2008-2010 年度）の単位面積当たりの平均成長量から設定。
	農地	田畑平均	1.7 [t-C/ha/yr]	表 6-9 の炭素ストック量まで1年で到達するとして設定。
		田	2.0 [t-C/ha/yr]	表 6-9 の炭素ストック量まで1年で到達するとして設定。
		普通畑	1.3 [t-C/ha/yr]	表 6-9 の炭素ストック量まで1年で到達するとして設定。
		樹園地	-	転用のない樹園地の算定で一括して算定しているため設定していない。
	草地		2.7 [t-d.m./ha/yr]	デフォルト値 13.5 t-d.m./ha（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 6.4 温帯湿潤気候の値）に 5 年で到達するとして設定。
	湿地、開発地、 その他の土地		0 [t-C/ha/yr]	0 と仮定

表 6-12 土地転用前、直後及び後の枯死木の炭素ストック量

土地利用カテゴリー		炭素ストック量	設定方法、使用したデータソース
転用前	森林	7.5 [t-C/ha]	森林土壌インベントリ調査を用いて算出された全森林の平均値（Kawanishi et al. (2024)）。
	農地、草地、湿地、開発地、その他の土地	0 [t-C/ha]	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.3.2 節等、Tier 1）。
転用直後	すべての土地	0 [t-C/ha]	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.3.2 節等、Tier 1）。
転用後	森林	6.5 [t-C/ha]	転用後新規植林地（0 年時に蓄積量 0 から枯死木蓄積が始まる場合）の枯死木量の国内調査結果を使用した回帰式による 40 年後の蓄積量予測値。年間炭素ストック変化量は 0.16 t-C/ha/yr。
	農地、草地、湿地、その他の土地	0 [t-C/ha]	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.3.2 節等、Tier 1）。
	開発地	0 [t-C/ha]	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、8.3.2 節等、Tier 1）。※施設緑地に転用した場合は、生体バイオマスの変化量に含んで算定されるため設定されない。

表 6-13 土地転用前、直後及び後のリターの炭素ストック量

土地利用カテゴリー		炭素ストック量 又は年間変化量	設定方法、使用したデータソース
転用 前	森林	4.9 [t-C/ha]	森林土壌インベントリ調査の結果 (Ugawa et al. (2012)) を用いて算出された森林全体の平均値。
	農地、草地、湿地、開 発地、その他の土地	0 [t-C/ha]	デフォルト値 (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.3.2 節 等、Tier 1)。
転用 直後	すべての土地	0 [t-C/ha]	デフォルト値 (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.3.2 節 等、Tier 1)。
転用 後	森林	6.67 [t-C/ha]	新規植林地 (転用後 0 年時に蓄積量 0 からリター蓄積が 始まる場合) のリター量の国内調査結果より設定。蓄積 量が安定する転用後 21 年以上の平均値。
	農地、草地、湿地、開 発地、その他の土地	0 [t-C/ha]	デフォルト値 (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.3.2 節 等、Tier 1)。

表 6-14 土地転用前及び後の鉱質土壌の炭素ストック量

土地利用カテゴリー		炭素ストック量 又は年間変化量	遷移期 間 (年)	土地転 用係数	設定方法、使用したデータソース
転用 前	森林	76.0 [t-C/ha]			Yamashita et al. (2022) の日本の森林全体の平均土壌炭素量。
	農地	田			日本の各地目の平均土壌炭素量 Matsui et al. (2021) の取りまとめにされた 2015~2018 年の 土壌調査を基にした土壌群データを使用し、対象地目の有機 質土壌を除いた総炭素量を 2018 年の対象地目の面積で除し て土壌炭素量を設定。
		普通畑			
		樹園地			
		農地(平均)			
	草地 (牧草地)	120.7 [t-C/ha]			
	農地・草地平均	83.0 [t-C/ha]			
転用 後	森林 (農地、草 地から)	0.44 [t-C/ha/yr]	40	1.21	国内の研究プロジェクトより農地・草地から森林に転用され た場合の Tier 2 係数として国独自の遷移期間 (40 年) と土地 変化係数 1.21 を設定。年変化量は初期値の農地・草地の平均 土壌炭素量を踏まえて、 $(83 \times 1.21 - 83) / 40 = 0.44 \text{ t-C/ha/yr}$ と算 出。
	森林 (農地、草 地以外から)	1.5 [t-C/ha/yr]	40	-	上述の研究プロジェクトの成果を踏まえて令和 4 年度算定方 法検討会で設定
	田 (森林から)	1.33 [t-C/ha/yr]	20	1.35	土地転用係数は 2019 年改良 IPCC ガイドライン デフォルト 値、1.35 を使用。年変化量は初期値の森林の平均炭素量を踏 まえて算出した値
	普通畑・樹園地 (森林から)	-0.44 [t-C/ha/yr]	40	0.77	上述の研究プロジェクトにより、森林から農地に転用された 場合の Tier 2 土地転用係数として遷移期間 (40 年) と土地転 用係数 0.77 を設定。年変化量は初期値の森林の平均炭素量を 用いて算出した値
	草地 (牧草地) (森林から)	-0.54 [t-C/ha/yr]	20	0.858	上述の研究プロジェクトにより、森林から草地に転用された 場合の Tier 2 土地転用係数として Koga et al. 2020 による、遷 移期間 20 年と土地転用係数 0.858 を設定。年変化量は初期値 の森林の平均炭素量を用いて算出した値
	開発地	28.1 [t-C/ha]	20		外崎他 (2022) で設定した、土地転用後 20 年時点の開発地の 平均土壌炭素量。
	その他の土地 (自然災害除 く)	20.1 [t-C/ha]	20		外崎他 (2022) で言及されている、土地造成直後の土壌炭素 量サンプル調査結果の単純平均値から、算定方法検討会で設 定

注) 環境研究総合推進費プロジェクト【2-1601】森林と農地間の土地利用変化に伴う土壌炭素変動量評価
と GHG インベントリへの適用研究。【2-1909】土地利用変化による土壌炭素の変動量評価と国家イン
ベントリへの適用に関する研究

6.3.2. 自然攪乱の扱いについて

我が国は自然攪乱による排出量及び吸収量を分けて報告していない。

6.3.3. 伐採木材製品の報告

我が国は伐採木材製品の報告に生産法を使用している。

6.4. 森林（4.A.）

我が国のインベントリの当該カテゴリー下の算定対象となるのは、表 6-2 で示したとおり、森林法第 5 条及び第 7 条の 2 に規定された森林計画対象森林であり、我が国が FAO に提出している世界森林資源評価（FRA）の報告対象森林と同様の範囲である。算定対象となるすべての森林は森林法の下、森林計画の対象となっているため、「管理森林」として扱う。「管理森林」は管理主体で分類すると森林法第 7 条の 2 で規定される「国有林」と、第 5 条で規定される「民有林（国有林以外の森林）」に大別される。当該カテゴリーの報告では、表 6-15 に示される人工林、天然林、竹林及び無立木地の 4 つの下位区分で報告する。人工林は植栽により成立した森林、天然林は天然更新により成立した森林が該当し、両者は併せて「立木地」と呼称される。2013 年京都議定書補足的方法論ガイダンスの記載に基づく我が国の森林の定義は、表 6-16 のとおり数値的に規定されており、立木地は表中の最小値を満たしている。さらに、森林の管理方法の観点から立木地は育成林と天然生林に区分される。当該カテゴリーの下位区分との対応関係を表 6-17 に示す。当報告下では育成林の人工林を「人工林」、育成林の天然林と天然生林を「天然林」とする。なお森林計画対象森林以外の森林もわずかながら存在するが、これらの森林は「管理森林」外となり、報告上は主に「4.F.他の土地利用」面積に含まれており、炭素蓄積変化は報告していない。

表 6-15 森林における下位区分の定義

下位区分	定義
立木地	無立木地以外の森林のうち、立木の樹冠の占有面積歩合が 0.3 以上の林分（幼齢林にあつては、同歩合が 0.3 未満であっても、立木度 3 以上の林分を含む。）をいう。ただし、立木の樹冠の占有面積歩合が 0.3 未満であつて、立木及び竹の占有面積歩合の合計が 0.3 以上の森林のうち、立木の樹冠の占有面積歩合が竹のそれと等しいか又は上回るものを含む。
人工林	植栽又は人工下種により成立した林分で、植栽樹種又は人工下種の対象樹種の立木材積（又は本数）の割合が 50%以上を占めるものをいう。
天然林	立木地のうち、人工林以外の森林をいう。
無立木地	立木及び竹の樹冠の占有面積歩合の合計が 0.3 未満の林分をいう。
竹林	立木地以外の森林のうち、竹（笹類を除く）の樹冠の占有面積歩合が 0.3 以上の林分をいう。ただし、竹の樹冠の占有面積歩合が 0.3 未満であつて、立木及び竹の樹冠の占有面積歩合の合計が 0.3 以上の森林のうち、竹の樹冠の占有面積歩合が立木のそれを上回るものを含む。

（出典）林野庁「森林資源現況調査」（平成 19 年 3 月 31 日）を一部改変

（注）立木度とは、当該林分における期待材積に対する実際の材積の比を十分率で表したものである。

表 6-16 我が国の数値的森林定義

森林の定義要素	我が国の数値的森林定義
最小面積	0.3 [ha]
最小樹冠被覆率	30 [%]
最低樹高	5 [m]
最小の森林幅	20 [m]

表 6-17 報告の下位区分と管理方法による下位区分の対応関係及び定義

報告の下位区分	管理方法による下位区分	
人工林	育成林	森林を構成する林木を皆伐により伐採し、単一の樹冠層を構成する森林として人為により成立させ維持する森林（育成単層林）、及び森林を構成する林木を択伐等により伐採し、複数の樹冠層を構成する森林として人為により成立させ維持する森林（育成複層林）。
天然林		
	天然生林	主として天然力を活用することにより成立させ維持する森林。

2023 年度における我が国の森林面積は、国土面積の約 66.0%に相当する約 2,495 万 ha である。2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂純吸収量は 57,768 kt-CO₂（炭素蓄積変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない。）であり、1990 年度比 40.8%の減少、前年度比 3.3%の減少となっており、長期的には減少傾向となっている。

表 6-18 森林における炭素蓄積変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
4.A. 森林	合計	kt-CO ₂	-97,557	-103,380	-103,830	-106,059	-89,494	-83,600	-73,789	-64,462	-65,851	-63,594	-59,763	-57,768
	生体バイオマス	kt-CO ₂	-88,232	-93,014	-93,810	-96,075	-80,325	-75,437	-66,278	-57,968	-59,579	-57,613	-54,029	-52,264
	枯死木	kt-CO ₂	-264	-1,075	-1,628	-2,680	-3,540	-3,785	-3,942	-4,311	-4,407	-4,447	-4,510	-4,558
	リター	kt-CO ₂	-2,638	-1,994	-1,432	-996	-323	27	229	429	474	518	564	595
	鉱質土壌	kt-CO ₂	-6,423	-7,297	-6,961	-6,308	-5,307	-4,406	-3,798	-2,612	-2,338	-2,052	-1,787	-1,541
	有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.1. 転用のない森林	合計	kt-CO ₂	-87,980	-99,205	-101,148	-104,094	-88,098	-82,315	-72,630	-63,573	-65,038	-62,858	-59,105	-57,189
	生体バイオマス	kt-CO ₂	-82,157	-90,349	-92,087	-94,814	-79,406	-74,581	-65,503	-57,361	-59,020	-57,103	-53,568	-51,853
	枯死木	kt-CO ₂	66	-930	-1,534	-2,610	-3,489	-3,738	-3,899	-4,278	-4,377	-4,419	-4,485	-4,536
	リター	kt-CO ₂	-1,960	-1,697	-1,239	-853	-218	123	316	496	536	575	615	641
	鉱質土壌	kt-CO ₂	-3,928	-6,229	-6,288	-5,818	-4,986	-4,119	-3,544	-2,431	-2,177	-1,911	-1,667	-1,442
	有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.A.2. 他の土地から転用された森林	合計	kt-CO ₂	-9,577	-4,175	-2,682	-1,965	-1,396	-1,285	-1,159	-889	-813	-736	-658	-579
	生体バイオマス	kt-CO ₂	-6,075	-2,665	-1,723	-1,261	-919	-856	-775	-607	-558	-510	-461	-411
	枯死木	kt-CO ₂	-330	-145	-94	-70	-51	-47	-43	-33	-30	-28	-25	-22
	リター	kt-CO ₂	-677	-297	-193	-144	-105	-96	-88	-68	-62	-57	-51	-46
	鉱質土壌	kt-CO ₂	-2,495	-1,068	-673	-490	-320	-286	-254	-181	-162	-141	-121	-99
	有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

表 6-19 森林面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
森林	kha	24,950	24,897	24,876	24,992	24,966	25,173	24,906	24,926	24,985	24,971	24,970	24,946
人工林	kha	10,288	10,356	10,331	10,337	10,285	10,241	10,202	10,115	10,100	10,076	10,060	10,050
天然林	kha	13,354	13,220	13,195	13,316	13,361	13,369	13,401	13,458	13,465	13,474	13,479	13,485
無立木地	kha	1,159	1,171	1,197	1,186	1,162	1,401	1,150	1,185	1,251	1,248	1,257	1,242
竹林	kha	149	150	153	154	159	162	153	168	169	173	174	170

（出典）林野庁「森林資源現況調査」、林野庁「国家森林資源データベース」

6.4.1. 転用のない森林（4.A.1.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、転用のない森林（過去 20 年以上継続して森林であった土地）における炭素蓄積変化量を取り扱う。2023 年度における当該カテゴリーの CO₂ 純吸収量は 57,189 kt-CO₂（炭素蓄積変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない。）であり、1990 年度比 35.0%の減少、前年度比 3.2%の減少となっている。転用のない森林における純吸収量は、1990 年度以降 2004 年度までは増加傾向にあったが、2005 年度以降は減少傾向にある。期間前半の純吸収量の増加は主に人工林の成長によるものであり、後半の純吸収量の減少は、主に人工林の成熟化の進行によるものである。

森林の成長の変化に影響を与える要因として、我が国における森林の高齢級化が挙げられる。我が国では 1960 年代に大規模な植林が実施されたが、それ以降植林面積は減少した。そのため、この大規模な植林地が 2004 年度ごろまでは吸収量の増加に貢献してきたが、森林の成熟化が進行し、2005 年度ごろから吸収量は減少し始めた。その後も人工林の齢級構成の分布は、更に高齢側にシフトし、2021 年度末においては林齢 51 年以上の人工林が全人工林面積の 64%を占めるまでとなった（図 6-2）。

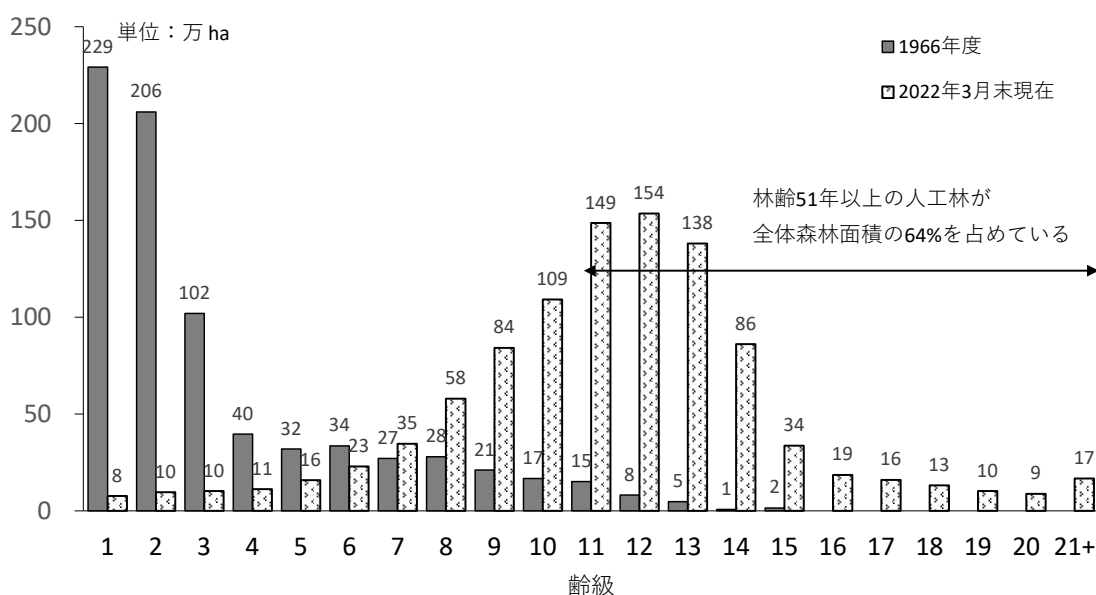


図 6-2 人工林の齢級構成分布

（出典）林野庁「森林資源の現況」（2022 年 3 月 31 日現在）、林野庁「日本の森林資源」（1968 年 4 月）

（注）年齢級は、林齢を 5 年毎に括約した単位。植栽した年を 1 年生として、1～5 年生を「1 年齢級」と数える。

また、国産材の供給量は近年増加傾向にある。国内で生産された木材の用途別供給量の 1990 年からの推移を示す（図 6-3）。国内産木材の供給量は 1990 年以降 2002 年度までは減少傾向にあったが、それ以降は増加傾向に転じ増加を続けている。これは森林の蓄積量の推移で触れたように、1960 年代に植林した林分が 2000 年ごろから伐期を迎えはじめ、国内の森林資源が充実したため、用材用途等の木材需要に対応できるようになったこと、また発電施設での木質バイオマスとしての利用が近年増加したこと等が影響を与えている。

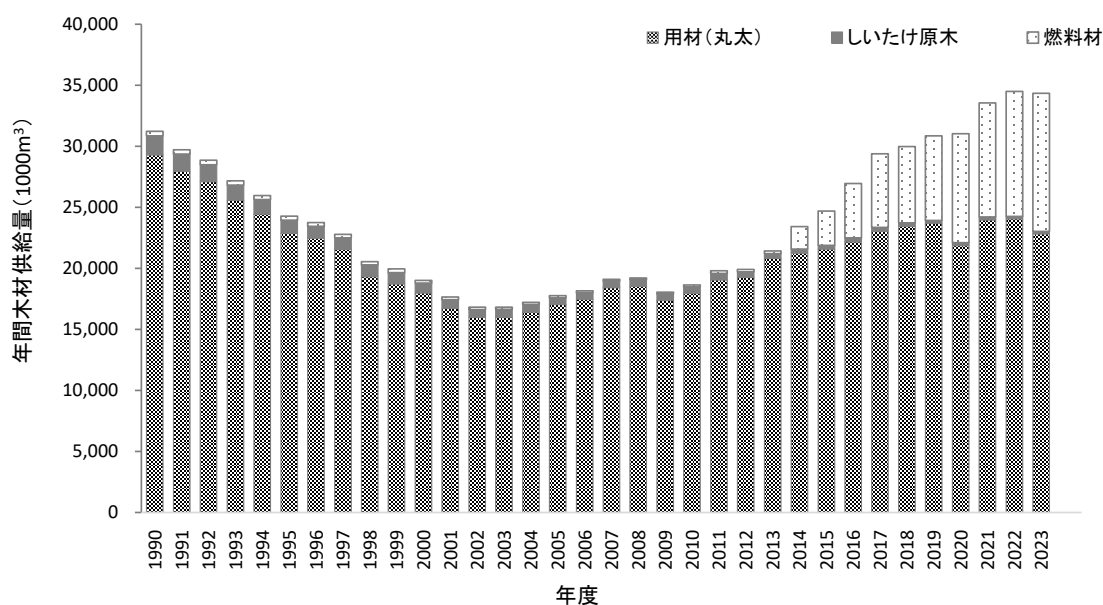


図 6-3 国内産木材の供給量（林地残材を除く）の推移
 （出典）林野庁「木材需給表」（2023 年度）から作成
 （注）木材供給量は丸太ベース

b) 方法論

1) 転用のない森林における生体バイオマスの炭素蓄積変化量

■ 算定方法

○ 人工林、天然林、無立木地における生体バイオマスの炭素蓄積変化量

当該下位区分の算定には Tier 2 のストック（蓄積）差分法を用いた。国家森林資源データベースでは、「転用のない森林」と「他の土地利用から転用された森林」における生体バイオマスの炭素蓄積変化を一括して扱っており、「転用のない森林」の吸収量のみを切り分けるのは困難であるため、森林全体の炭素蓄積変化量（ ΔC_{F_LB} ）を算定した後、推計により算出した「他の土地利用から転用された森林」の変化量（ ΔC_{LF_LB} ）を減じて「転用のない森林」の生体バイオマスの炭素蓄積変化量（ ΔC_{FF_LB} ）とした。他の土地利用からの転用はすべて人工林で起こると仮定し、人工林の蓄積変化量から「他の土地利用から転用された森林」の変化量を減じた。「他の土地利用から転用された森林」の変化量の推計方法は、6.4.2. b) 1) 節を参照のこと。

$$\Delta C_{FF_LB} = \Delta C_{F_LB} - \Delta C_{LF_LB}$$

$$\Delta C_{F_LB} = (C_{F_LBt_2} - C_{F_LBt_1}) / (t_2 - t_1)$$

ΔC_{FF_LB}	: 転用のない森林の生体バイオマスの炭素蓄積変化量 [t-C/yr]
ΔC_{F_LB}	: 森林全体の生体バイオマスの炭素蓄積変化量 [t-C/yr]
ΔC_{LF_LB}	: 他の土地利用から転用された森林の生体バイオマスの炭素蓄積変化量 [t-C/yr]
t_1, t_2	: 炭素蓄積量を調査した時点
$C_{F_LBt_1}$	: 調査時点 t_1 における森林の生体バイオマスの炭素蓄積量 [t-C]
$C_{F_LBt_2}$	: 調査時点 t_2 における森林の生体バイオマスの炭素蓄積量 [t-C]

$$C_{F_LB} = \sum_j \{V_j \times D_j \times BEF_j \times (1 + R_j) \times CF\}$$

C_{F_LB}	: 森林全体の生体バイオマスの炭素蓄積量 [t-C]
V	: 材積 [m ³]
D	: 容積密度 [t-d.m./m ³]
BEF	: バイオマス拡大係数
R	: 地上部に対する地下部の比率
CF	: 乾物重当たりの炭素含有率 [t-C/t-d.m.]
j	: 樹種（無立木地においては民有林・国有林別）

$$V_j = \sum_m (A_{m,j} \times v_{m,j})$$

V	: 材積 [m ³]
A	: 面積 [ha]
v	: 単位面積当たり材積 [m ³ /ha]
m	: 齢級又は林齢
j	: 樹種

○ 竹林における生体バイオマスの炭素蓄積変化量

成林している竹林における竹幹の毎年の成長量と枯死量が均衡していると思われ、[NA]として報告した。これは、竹には形成層がないため、発生した最初の年で成長の極限に達した後には二次肥大成長せず、一定の密度に達した竹林においては、竹が発生する量と枯死する量が同程度であると言われているためである。FAO (2007) の、アジア、アフリカの数カ国における 2000 年及び 2005 年の竹の資源状況の調査結果を見ても、2000 年～2005 年の 5 年間の各国の単位面積当たりの蓄積量は、ほぼ横ばいとなっていた。

■ 各種パラメータ

○ 単位面積当たりの材積

単位面積当たりの材積 (v) については、表 6-20 に示すとおり民有林・国有林別の樹種別に作成された「収穫表」を基に設定した。「収穫表」は各地域・樹種・地位ごとに標準的な間伐等の施業を行ったときの林分の成長経過を示しており、林齢に対する単位面積当たりの材積の推計値を得ることができる。2023 年提出の算定から、それまで民有林の人工林に使用していた 2006 年作成の「新収穫表」を見直し、より森林の現況が反映された「2021 収穫表」（林野庁）を使用した。「新収穫表」は、2003～2005 年度の現地調査結果をもとに作成されたが、「2021 収穫表」は「新収穫表」作成に使用されたデータに加え、2014～2016 年度の現地調査データ及び 2014～2018 年度の「森林生態系多様性基礎調査データ」（林野庁）を使用した。

人工林の代表的な樹種であるスギ、ヒノキ、カラマツの民有林の材積の算定については、この「2021 収穫表」の推計値を適用した。この 3 樹種による民有林人工林のカバー率は 82%である。スギについては 7 地域別、ヒノキは 4 地域別、カラマツは 2 地域別に作成し、地域の違いも考慮している。

表 6-20 材積の算定に用いた樹種別収穫表

樹種			使用する収穫表	
			民有林	国有林
人工林	針葉樹	スギ、ヒノキ、カラマツ	2021 収穫表（2023 年提出より）	林野庁森林管理局 作成の収穫表
		その他の針葉樹	都道府県作成 の収穫表	
	広葉樹			
天然林				

○ 生体バイオマスの炭素蓄積算定のためのパラメータ（バイオマス拡大係数、地上部に対する地下部の比率、容積密度、炭素含有率）

森林総合研究所による主要樹種のバイオマス量データの現地調査結果と既存文献データの収集結果に基づき、樹種別にバイオマス拡大係数（*BEF*）[地上部バイオマス／幹バイオマス]、地上部に対する地下部の比率（*R*）、及び、容積密度（*D*）を設定した（表 6-21）。

バイオマス拡大係数（*BEF*）については、若齢林と壮齢林以上とで差異があることが認められたことから、樹種別に林齢 20 年生以下と 21 年生以上の 2 区分に分けて設定したが、地上部に対する地下部の比率（*R*）、容積密度（*D*）については、林齢との相関が認められなかったため、樹種別のみで設定した。

無立木地については、樹種構成及び林齢構成の情報を得ることができないため、民有林・国有林別に、各パラメータを全立木地の樹種及び面積構成で加重平均した値を使用した。

乾物重当たりの炭素含有率（*CF*）については、我が国の研究結果に基づいて針葉樹、広葉樹別に設定し、無立木地についてはその平均値である 0.50 を用いた。

表 6-21 樹種別の生体バイオマス算定パラメータ

		BEF [-]		R	D	CF	備考
		≤20	>20	[-]	[t-d.m./m³]	[t-C./t-d.m.]	
立木地 (針葉樹)	スギ	1.57	1.23	0.25	0.31	0.51	
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	0.41		
	サウラ	1.55	1.24	0.26	0.29		
	アカマツ	1.63	1.23	0.26	0.45		
	クロマツ	1.39	1.36	0.34	0.46		
	ヒバ	2.38	1.41	0.20	0.41		
	カラマツ	1.50	1.15	0.29	0.40		
	モミ	1.40	1.40	0.40	0.42		
	トドマツ	1.88	1.38	0.21	0.32		
	ツガ	1.40	1.40	0.40	0.46		
	エゾマツ	2.18	1.48	0.23	0.36		
	アカエゾマツ	2.17	1.67	0.21	0.36		
	マキ	1.39	1.23	0.20	0.46		
	イチイ	1.39	1.23	0.20	0.45		
	イチョウ	1.50	1.15	0.20	0.45		
	外来針葉樹	1.41	1.41	0.17	0.32		
	その他針葉樹	2.55	1.32	0.34	0.35		北海道、青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島、栃木、群馬、埼玉、新潟、富山、山梨、長野、岐阜、静岡に適用
	〃	1.39	1.36	0.34	0.46		沖縄に適用
	〃	1.40	1.40	0.40	0.42		上記以外の都道府県に適用
立木地 (広葉樹)	ブナ	1.58	1.32	0.26	0.57	0.48	
	カシ	1.52	1.33	0.26	0.65		
	クリ	1.33	1.18	0.26	0.42		
	クヌギ	1.36	1.32	0.26	0.67		
	ナラ	1.40	1.26	0.26	0.62		
	ドロノキ	1.33	1.18	0.26	0.29		
	ハンノキ	1.33	1.25	0.26	0.45		
	ニレ	1.33	1.18	0.26	0.49		
	ケヤキ	1.58	1.28	0.26	0.61		
	カツラ	1.33	1.18	0.26	0.45		
	ホオノキ	1.33	1.18	0.26	0.39		
	カエデ	1.33	1.18	0.26	0.52		
	キハダ	1.33	1.18	0.26	0.34		
	シナノキ	1.33	1.18	0.26	0.37		
	センノキ	1.33	1.18	0.26	0.40		
	キリ	1.33	1.18	0.26	0.23		
	外来広葉樹	1.41	1.41	0.16	0.66		
	カンバ	1.31	1.20	0.26	0.47		
	その他広葉樹	1.37	1.37	0.26	0.47		千葉、東京、高知、福岡、長崎、鹿児島、沖縄に適用
	〃	1.52	1.33	0.26	0.65		三重、和歌山、大分、熊本、宮崎、佐賀に適用
	〃	1.40	1.26	0.26	0.62		上記以外の都道府県に適用
無立木地	民有林	1.27		0.26	0.48	0.50	
	国有林	1.30		0.26	0.47		

(注) BEF : バイオマス拡大係数 (「20」は林齢)、R : 地上部に対する地下部の比率、D : 容積密度、CF : 炭素含有率

■ 活動量

○ 森林面積

2004 年度以前は林野庁「森林資源現況調査」、2005 年度以降は林野庁が森林簿情報等を基に整備する「国家森林資源データベース」のデータを用い、人工林、天然林、無立木地、竹林の樹種別・林齢別面積を把握した。データが存在しない 1991～1994 年度、1996～2001 年度、2003～2004 年度の値は、一次式による内挿により推計した。また、1990 年度以前のトドマツ、エゾマツ、クヌギ、ナラ類の面積データは個別に存在しないため、「その他の針葉

樹」又は「その他の広葉樹」の面積を 1995 年度の面積比率で按分することにより各樹種の面積を推計した。森林簿は図 6-4 の手順で作成され、民有林では都道府県、国有林では森林管理局が更新を行っている。森林簿更新の際には、複数年分の森林簿情報の変更がまとめて反映される場合がある。

表 6-22 森林資源現況調査及び国家森林資源データベースの樹種区分

針葉樹		広葉樹	
2004 年度以前	2005 年度以降	2004 年度以前	2005 年度以降
スギ	スギ	クヌギ	クヌギ
ヒノキ	ヒノキ	ナラ類	ナラ
マツ類	アカマツ	その他の広葉樹	ブナ
	クロマツ		カシ
カラマツ	クリ		
トドマツ	ドロノキ		
エゾマツ	エゾマツ		ハンノキ
	アカエゾマツ		ニレ
その他の針葉樹	サワラ		ケヤキ
	ヒバ		カツラ
	モミ		ホオノキ
	ツガ		カエデ
	マキ		キハダ
	イチイ		シナノキ
	イチョウ		センノキ
	外来針葉樹		キリ
	その他針葉樹		カンバ
			外来広葉樹
	その他広葉樹		

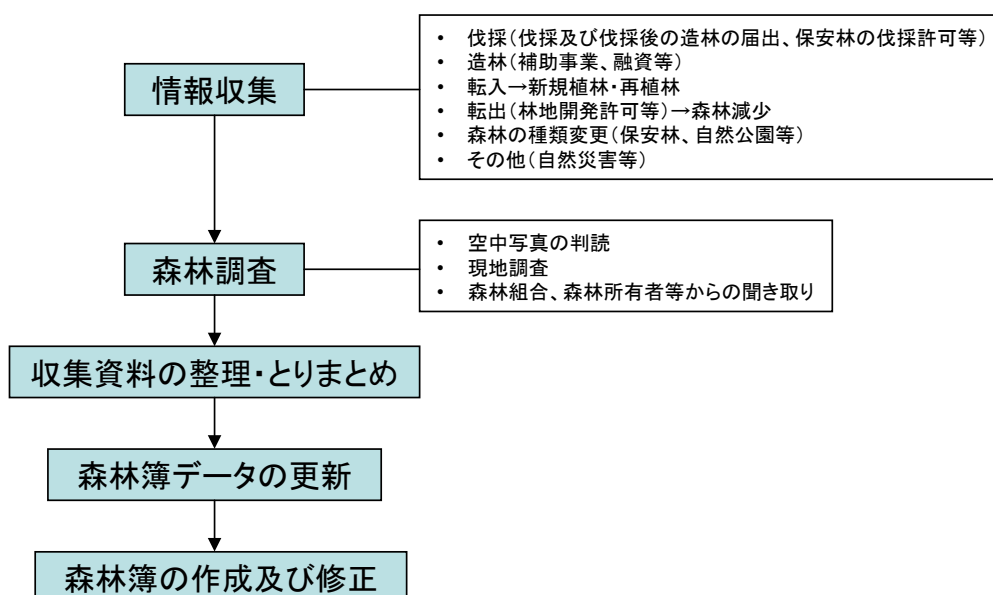


図 6-4 森林簿の作成・更新手順

2) 転用のない森林における枯死有機物、土壌の炭素蓄積変化量

■ 算定方法

○ 立木地の枯死有機物、鉱質土壌の炭素蓄積変化量

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリーに従い、Tier 3 のモデル法を用いて算定した。立木地の単位面積当たりの枯死木、リター、鉱質土壌の平均炭素蓄積変化量は、CENTURY-jfos モデルを用いて都道府県別、森林タイプ別（優占樹種によって 8 タイプ）、森林施業タイプ別、齢級又は林齢別に計算した。

立木地全体の枯死木、リター、鉱質土壌の炭素蓄積変化量は、計算されたそれぞれの単位面積当たり平均炭素蓄積変化量に樹種・森林施業タイプ・齢級又は林齢別面積を乗じて炭素プール毎に合算した。以上により計算された立木地全体の値から「他の土地利用から転用された森林（立木地）」の変化量を減じて「転用のない森林（立木地）」の枯死木、リター、鉱質土壌の炭素蓄積変化量を求めた。「他の土地利用から転用された森林」の変化量の推計方法は、6.4.2. b) 2) 節を参照のこと。

$$\Delta C(l)_{FF} = \Delta C(l)_F - \Delta C(l)_{LF}$$

$$\Delta C(l)_F = \sum_{n,k,m,j} \{A_{n,k,m,j} \times p(l)_{n,k,m,j}\}$$

$\Delta C(l)_{FF}$: 転用のない森林（立木地）の炭素プール l の炭素蓄積変化量 [t-C/yr]

$\Delta C(l)_F$: 森林（立木地）全体の炭素プール l の炭素蓄積変化量 [t-C/yr]

$\Delta C(l)_{LF}$: 他の土地利用から転用された森林（立木地）の炭素プール l の炭素蓄積変化量 [t-C/yr]

A : 面積 [ha]

$p(l)$: 炭素プール l の単位面積当たりの平均炭素蓄積変化量 [t-C/ha/yr]

l : 炭素プール（枯死木、リター、鉱質土壌）

n : 都道府県（47）

k : 施業タイプ（人工林、育成天然林、天然生林）

m : 齢級又は林齢（1～19 齢級、または 1～100 年生）

j : 樹種（スギ、ヒノキ、マツ類、カラマツ、トドマツ、アカエゾマツ、広葉樹、その他針葉樹の 8 タイプ）

○ 無立木地、竹林における枯死有機物、鉱質土壌の炭素蓄積変化量

無立木地、竹林の枯死有機物及び鉱質土壌の炭素蓄積量は、増加と損失が長期的に均衡しているため（FRA、2010-Country Report, Japan）「NA」として報告した。

○ 有機質土壌の耕起・排水に伴う CO₂ 排出量

我が国では林業用樹種の育成に適さない有機質土壌地において、排水処理をした上で植林することは考えられないため、人工林、育成天然林、無立木地及び竹林には有機質土壌は存在せず、天然生林にのみに存在するとした。更に森林専門家にヒアリングした結果、森林での排水活動の事例は承知していないとの回答があった。また、有機質土壌の存在する場所は貴重な自然環境を有する場合が多いため、法律等により土地の形質の変更が規制されている。以上のことから、我が国では、森林の有機質土壌において排水は実施されていない⁴。2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1、Tier 2 法では、有機質土壌からの排出は排水が実施された際

⁴ 森林の有機質土壌における排水については、2012 年度及び 2013 年度の算定方法検討会森林等吸収源分科会で議論され、結論付けられた。

2012 年度の課題 6 : <https://www.env.go.jp/content/900444857.pdf>

2013 年度の課題 2 : <https://www.env.go.jp/content/900444882.pdf>

にのみ算定を行うことから、これらの活動のない場所において排出は生じないものとし、当該排出量は「NO」として報告した。

■ 各種パラメータ

○ CENTURY-jfos の概要とモデルの調整について

CENTURY-jfos は CENTURY モデル（米国コロラド州立大学）をベースに、日本の森林に適用できるよう都道府県別、樹種別にパラメータ群を調整したものである。本モデルは森林成長モデルと土壌有機物分解モデルの2つのサブモデルから構成されており、森林成長モデルから受け渡された枯死有機物量から、土壌有機物分解モデルで枯死木、リター、土壌の炭素蓄積変化量が計算される。モデルの調整にあたっては、現在の森林が、利用されつつも継続的に存在し、土壌炭素量が定常に近い状態になっていると仮定している。

【使用データ】

気象条件の設定には、メッシュ平年値（1981～2010年の気温・降水量の平均値）（気象庁2012）、土壌炭素蓄積量（30cm 深）の算出については、国家森林資源データベース（森林分布）、及び全国森林土壌炭素蓄積量マップ（Yamashita et al. 2022）、森林成長モデルの調整には、2021 収穫表と森林生態系多様性基礎調査（林野庁）を使用した。

【森林成長モデルの調整】

スギ、ヒノキ、カラマツについては「2021 収穫表」（林野庁）から、広葉樹などその他の樹種タイプについては「森林生態系多様性基礎調査」（林野庁）から得られる林齢と材積量の関係に基づいて森林成長モデルを調整した。「2021 収穫表」には自然枯死及び間伐の影響が組み込まれているため、モデルの調整もこれに準じて行った。人工林の幹材の自然枯死率については森林総合研究所試験地のデータを参考にして 0.3%/yr（西園他 2023）とした。また、間伐率については20年当たり約20%の材積が間伐されることに相当する 1.1%/yr とした。施業が行われることの少ない天然林の幹材枯死率は 0.8%/yr とした。リターフォール量は、文献情報を参考に、林齢60年までの平均が針葉樹林では 2.2～2.3 t-C/ha/yr、広葉樹林では 2.5 t-C/ha/yr となるように調整した。

【土壌有機物分解モデルの調整と炭素蓄積変化量の算定】

本シミュレーションを行う前に、広葉樹の伐期50年の設定で6000年間のスピナップ（spinup）を行った。そして、モデルによって計算された土壌炭素蓄積量が、実際の各都道府県の樹種タイプごとの土壌炭素蓄積量（30cm 深）と一致するように、モデルにおける土壌有機物の難分解画分の分解速度の係数を変更した。この係数の選択については CENTURY モデルのマニュアル（Metherell et al.1993）に従った。

調整後のモデルを用い、炭素プール毎、森林施業タイプ別、樹種別、1～19 齢級（100 年間）別の単位面積あたりの年平均炭素蓄積変化量を計算した。

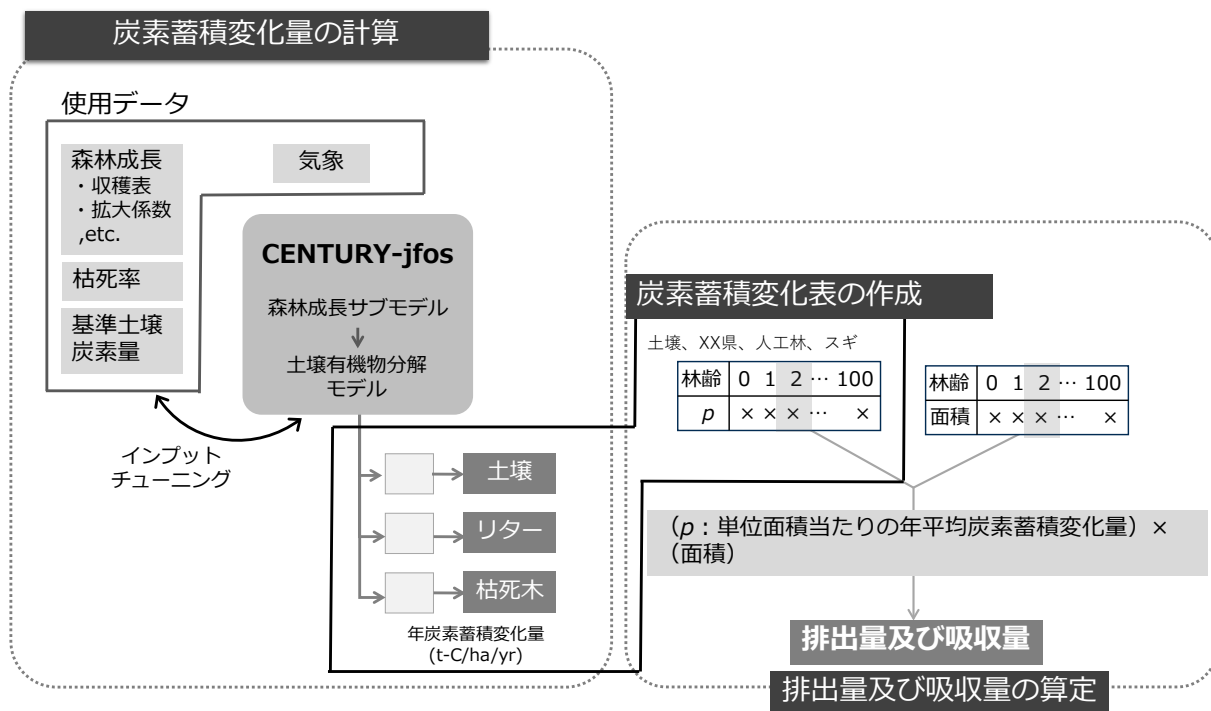


図 6-5 枯死木、リター、土壌炭素プールの排出量及び吸収量の算定

■ 活動量

○ 鉱質土壌面積

CENTURY-jfos モデルにより算出された単位面積当たりの蓄積変化量を乗ずる活動量として、国家森林資源データベースの都道府県別、森林施業タイプ別・樹種別・林齢別の森林面積を使用した。

○ 有機質土壌面積

土壌図及び有機質土壌の県別分布状況より森林の有機質土壌面積を推計した。有機質土壌の土地は天然林のみに存在することから、全ての有機質土壌面積を天然林で報告し、人工林、無立木地、竹林の有機質土壌面積は「NO」として報告した。

表 6-23 森林の有機質土壌面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
森林	kha	66.2	65.5	65.4	66.0	66.2	66.3	66.4	66.7	66.7	66.8	66.8	66.8
人工林	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
天然林	kha	66.2	65.5	65.4	66.0	66.2	66.3	66.4	66.7	66.7	66.8	66.8	66.8
無立木地	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
竹林	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス

に関するパラメータ及び活動量の不確実性については、現地調査データ、専門家判断、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。枯死有機物及び土壌に関しては、CENTURY-jfos モデル出力値の分散を求めることにより不確実性を評価した。その結果、転用のない森林による吸収量全体の不確実性は 9%と評価された。主な個別のパラメータに対する不確実性の推計値を表 6-24 に示す。

表 6-24 森林カテゴリーの主なパラメータに対する不確実性の推計値

			不確実性 [%]	我が国独自の値 (CS) 又は デフォルト値 (D)	備考
森林面積			5.9	CS	国家森林資源データベースの土地面積に関する不確実性を元に推計 樹種を区別せずに 5.9%を使用
単位面積当たり材積			12.3	CS	森林簿の収穫表と現地調査結果の比較を元にした分析より推計
バイオマス 拡大係数	スギ	≤20	3.5	CS	測定値を元に推計
		>20	1.1	CS	
	ヒノキ	≤20	3.2	CS	
		>20	1.6	CS	
	ナラ	≤20	8.6	CS	
		>20	2.1	CS	
容積密度	スギ		2.5	CS	
	ヒノキ		1.7	CS	
	ナラ		1.6	CS	
炭素含有率	全樹種		6.0	D	2006 年 IPCC ガイドラインで示された 数値幅を踏まえて設定値を使用
枯死木	全森林		22.1	CS	CENTURY-jfos モデルの不確実性分析 の結果
リター			51.0		
土壌			19.9		

■ 時系列の一貫性

活動量である森林面積は、1991～1994 年度、1996～2001 年度、2003～2004 年度のデータが存在しないため、当該年度の森林面積は内挿により推計し、時系列の一貫性を確保している。

立木地の生体バイオマス及び枯死木、リター、鉱質土壌それぞれの算定では、一貫した方法論、収穫表、パラメータ全時系列を適用しており、時系列一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ CENYURY-jfos モデルの改定

森林成長モデルの改定に伴う枯死有機物量の見直しにより、枯死木、リター、土壌の炭素変化量を再計算した。ただし、今回の改定の適用は前回提出時に未適用分の 1990 年度から 2007 年度に対して実施した。

■ 他の土地から転用された森林面積の修正

転用のない森林における人工林の面積推計の元データとして用いている「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読結果の修正に伴い、転用のない森林における人工林の面積を再計算した。この面積の再計算に伴い、全年度の転用のない森林の人工林における生体バイオマス、枯死有機物、及び鉱質土壌の炭素蓄積変化量が再計算された。

再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

生体バイオマスの炭素蓄積量の算定方法については、現在の成長モデル（林齢と蓄積の関係をモデル化したもので、地域・樹種・地位ごとに作成される。）を用いて間接的に推計する方法から、定期的な系統抽出標本調査（「森林生態系多様性基礎調査」）による直接計測結果を使用して算定する方法に変更する方針を打ち出しており、今後、詳細の算定方法を作成する予定である。

枯死木、リター、土壌プールの炭素蓄積変化量の把握については、森林土壌インベントリ調査による調査が現在も継続中であり、このデータを活用して今後もモデルの精度向上に取り組んでいく。

6.4.2. 他の土地利用から転用された森林（4.A.2.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、他の土地利用から転用された森林（20年以内に他の土地利用から転用されて森林になった土地）における炭素蓄積変化量を取り扱う。2023年度における当該カテゴリーのCO₂純吸収量は579 kt-CO₂（炭素蓄積変化以外のGHG排出分は本値に含んでいない）であり、1990年度比94.0%の減少、前年度比12.1%の減少となっている。1990年度以降の当該吸収量は植林面積の減少により一貫して減少傾向にある。

b) 方法論

1) 他の土地利用から転用された森林における生体バイオマスの炭素蓄積変化量

■ 算定方法

他の土地利用から転用された森林における炭素蓄積変化量（ ΔC_{LF_LB} ）については、2006年IPCCガイドライン（Vol.4、2.3.1.2節）に示される式2.16を用いて転用に伴い失われる炭素蓄積量（ $\Delta C_{LB_conversion_to_F}$ ）と転用後に蓄積される年間炭素蓄積変化量（ $\Delta C_{LF_LB_SC}$ ）を合算して算定するTier 2法を用いた。なお、すべての転用は人工林への転用とし、転用前の土地利用区分毎（農地はサブカテゴリー区分毎）に報告した。

$$\Delta C_{LF_LB} = \Delta C_{LB_conversion_to_F} + \Delta C_{LF_LB_SC}$$

$$\Delta C_{LB_conversion_to_F} = \sum_i \{ \Delta A_i \times (B_a \times CF_a - B_{bi} \times CF_{bi}) \}$$

$$\Delta C_{LF_LB_SC} = \Delta A_{LF} \times IEF_{AR}$$

ΔC_{LF_LB}	: 他の土地利用から転用された森林における炭素蓄積変化量 [t-C/yr]
$\Delta C_{LB_conversion_to_F}$	: 他の土地利用から転用された際の炭素蓄積変化量（損失）[t-C/yr]
$\Delta C_{LF_LB_SC}$	: 転用後20年以内の森林の成長に伴い獲得する炭素蓄積変化量 [t-C/yr]
i	: 転用前の土地利用カテゴリー
ΔA_i	: 当該年に土地利用カテゴリー <i>i</i> から森林に転用された面積 [ha/yr]
B_a	: 森林に転用された直後の単位面積当たり乾物重 [t-d.m./ha]、デフォルト値=0
B_{bi}	: 森林に転用される前の土地利用カテゴリー <i>i</i> における単位面積当たり乾物重 [t-d.m./ha]
CF_a	: 転用後の土地利用カテゴリーの炭素含有率（森林）[t-C/t-d.m.]
CF_{bi}	: 転用前の土地利用カテゴリーの炭素含有率 [t-C/t-d.m.]
ΔA_{LF}	: 過去20年に転用された森林面積 [ha]

IEF_{AR}

: AR 活動における単位面積当たり吸収量（見かけの吸収係数に相当）[t-C/ha/yr] ※表 6-11 を参照

■ 各種パラメータ

○ 生体バイオマス蓄積量算定のパラメータ

【転用後の推計に用いる単位面積あたりの吸収量（ IEF_{AR} ）】

「他の土地利用から転用された森林」が転用後に獲得する年間の成長量は、別途推計を行っている京都議定書第3条3における新規植林・再植林（AR）活動の対象森林と性質が大きく変わらないと考えられることから、AR 活動の単位面積当たり吸収量（表 6-11）を用いた。

【土地転用前の生体バイオマス蓄積量・炭素蓄積量（ B_a ）】

表 6-9 の転用前の農地（田、普通畑）及び草地のパラメータを用いた。湿地、開発地、及びその他の土地からの転用に伴う損失はゼロと仮定し「NA」と報告した。

【炭素含有率（CF）】

森林の炭素含有率は我が国の針葉樹と広葉樹の平均値（0.50 t-C/t-d.m.）を用いた。草地の炭素含有率は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値 0.47 t-C/t-d.m.を用いた。

■ 活動量

他の土地利用から転用された森林の単年度面積の過去 20 年間分の積算値を、過去 20 年以内に他の土地利用から森林に転用された土地面積とした。他の土地利用から転用された合計の森林面積、及び各土地利用カテゴリーからの単年度転用面積の把握方法を以下に示す。土壌炭素蓄積変化の算定における遷移期間を 40 年と設定していることから、森林に転用された面積は 1951 年度からの値を推計している。

○ 他の土地利用から転用された森林の面積

【2005 年度以降】

6.2.2. a) 節に記載した、衛星画像判読を利用した方法により各土地利用からの森林へ転用面積を推計した。

【1990 年度から 2004 年度まで】

1989 年末の空中写真オルソ画像と 2005 年撮影の衛星画像判読により把握した 2005 年における AR 総面積を各年度に平均的に配分し、各土地利用から転用された森林の単年度面積とした。

【1970 年度から 1989 年度まで】

「農林業センサス」から得られる森林面積及び森林減少面積の統計値を用いて推計した。算出方法の具体的手順は下記のとおりである。

1. 1970 年、1980 年、1990 年の森林面積統計値及び森林減少面積統計値を用い、1970～1980 年、1980～1990 年にかけての 10 年間の累積の森林面積変化面積（ $A_{t2}-A_{t1}$ ）及び 10 年間の森林の減少面積（ ΔA_{D10} ）を計算した。
2. 10 年間累積の転用面積（ ΔA_{LF10} ）は 1. の合計値（ $\Delta A_{LF10}=(A_{t2}+\Delta A_{D10})-A_{t1}=(A_{t2}-A_{t1})+\Delta A_{D10}$ ）により得ることができるので、これにより 10 年間に森林に転用された面積を計算した。
3. 2.を統計値による農用地の植林面積（「耕地及び作付面積統計」）の面積に応じて各年に配分した。

【1951 年度から 1969 年度まで】

「農林業センサス」「農林省統計表」から得られる森林面積（1951、1954、1957、1965、1970 年）と、「耕地及び作付面積統計」の開墾面積から推計した森林減少面積を用いて、

1971～1989年度と同様に、森林面積の推移と森林減少面積の間で整合性が取れるように、森林への転用面積を推計した。

○ うち、農地及び草地から転用された森林の面積

【2005年度以降】

2005年度以降の農地及び草地から転用された森林の面積は、各年度のAR面積に、各年度のAR判読プロット総数のうち農地及び草地から転用されたと判読されたプロット数の割合を乗じてそれぞれの面積を算定した。農地の内訳として、2005～2016年度までは以下の【1951年度から2004年度まで】と同様の方法で求めた、“田から転用された森林”、“普通畑から転用された森林”、及び“樹園地から転用された森林”面積でAR面積より求めた農地から転用された森林面積を按分した。2017年度以降は統計データの「耕地及び作付面積統計」からかい廃の内訳面積が取得できなくなってしまったことから、「農地の移動と転用」における田及び畑からの植林面積の割合を用いて田畑に按分したのち、現状面積を用いて普通畑と樹園地に按分した。

【1951年度から2004年度まで】

農地から転用された森林面積は、「耕地及び作付面積統計」における田畑への植林面積を用いた。その内訳として、農地から転用された森林面積は田から転用された森林、普通畑から転用された森林、及び樹園地から転用された森林に分類される。田から転用された森林面積は「耕地及び作付面積統計」における田への植林面積を用いた。普通畑、果樹園から転用された森林面積は、1971年度から2002年度については、「農用地建設業務統計」から得られた地目毎の年次農用地造成面積値が推計に考慮された。それ以外の年については、「耕地及び作付面積統計」の普通畑、樹園地、牧草地の現状面積で按分した。

草地から転用された森林面積は、上述の牧草地への植林面積と農林水産省「農地の移動と転用」における採草放牧地での植林面積を合計することで算定した。

○ うち、湿地、開発地及びその他の土地から転用された森林の面積

【2005年度以降】

各年度のAR面積に、各年度のAR判読プロット総数のうち湿地、開発地及びその他の土地から転用されたと判読されたプロット数の割合を乗じてそれぞれ面積を算定した。

【1951年度から2004年度まで】

統計からデータを直接入手できないため、「他の土地利用から転用された森林の総面積」から、「農地から転用された森林」及び「草地から転用された森林」の面積を差し引き、差分の面積にAR判読結果の2007年度の判読結果から得られた湿地、開発地、その他の土地から森林に転用された面積の割合を乗じることで算定した。配分割合は、湿地：開発地：その他の土地＝0:1:1で固定した。

表 6-25 他の土地利用から転用された森林面積（人工林）（1年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された森林	kha	4.50	4.50	4.50	4.50	3.14	1.05	1.04	0.06	0.06	0.03	0.03	0.09
農地から転用された森林	kha	3.11	1.28	1.05	2.71	1.77	0.62	0.31	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04
田	kha	0.92	0.47	0.41	0.81	0.76	0.23	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
普通畑	kha	1.20	0.52	0.20	1.48	0.80	0.31	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
樹園地	kha	0.99	0.30	0.44	0.42	0.21	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
草地から転用された森林	kha	0.27	0.25	0.30	0.80	0.75	0.28	0.56	0.04	0.04	NO	NO	0.05
湿地から転用された森林	kha	NO	NO	NO	0.00	NO	0.01	0.01	NO	NO	NO	NO	NO
開発地から転用された森林	kha	0.56	1.49	1.57	0.80	0.49	0.09	0.11	NO	NO	NO	NO	NO
その他の土地から転用された森林	kha	0.56	1.49	1.57	0.19	0.13	0.05	0.04	NO	NO	0.01	0.01	NO

表 6-26 他の土地利用から転用された森林面積（人工林）
（転用後 20 年以下及び、転用後 21~40 年の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
転用後20年以下の面積	kha	553.9	243.3	157.6	117.5	86.0	78.7	71.8	55.3	50.9	46.4	41.9	37.5
農地から転用された森林	kha	123.6	60.2	43.1	34.2	31.2	28.3	26.5	22.3	21.2	20.3	19.5	18.9
草地から転用された森林	kha	17.6	9.1	6.5	5.8	7.9	9.2	9.6	9.3	9.0	8.9	8.6	8.5
湿地から転用された森林	kha	NO	NO	NO	NO	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
開発地から転用された森林	kha	206.3	87.0	54.0	39.0	24.9	22.2	19.5	13.5	12.0	10.3	8.6	6.7
その他の土地から転用された森林	kha	206.3	87.0	54.0	38.4	22.0	18.9	16.1	10.1	8.5	6.8	5.1	3.3
転用後21~40年の面積	kha	439.8	724.0	781.1	729.1	555.8	321.8	243.4	169.6	157.5	146.8	137.6	130.3
農地から転用された森林	kha	201.8	270.0	286.8	235.8	123.6	75.9	60.2	45.9	43.1	40.6	38.3	36.0
草地から転用された森林	kha	16.7	26.4	30.0	27.9	17.6	11.4	9.1	6.9	6.5	6.1	5.8	5.7
開発地・その他の土地から転用された森林	kha	221.3	427.6	464.4	465.4	414.6	234.5	174.1	116.9	107.9	100.1	93.5	88.6

2) 他の土地利用から転用された森林における枯死有機物、土壌の炭素蓄積変化量

■ 算定方法

○ 立木地の枯死有機物の炭素蓄積変化量

枯死木及びリターの炭素蓄積変化量は、森林以外の土地利用の炭素蓄積量（0 t-C/ha）から森林の炭素蓄積量にそれぞれの遷移期間で直線的に変化するものとして、以下の式のとおり 1 年あたりの変化率 [t-C/ha/yr] を算出し活動面積に乘じることによって算出した。枯死木の遷移期間は 40 年であるが、当該カテゴリー下では転用後 20 年までの土地を報告の対象としているため、活動面積は過去 20 年間の転用面積を使用する。転用後 21 年以上 40 年までの土地については、「転用のない森林」カテゴリー下で報告する。

$$\Delta C(l)_{LF} = \sum_i \{ \Delta A_{LF_i} \times (C(l)_{FT} - C(l)_i) / T(l) \}$$

$\Delta C(l)_{LF}$: 他の土地利用 i から転用された森林（立木地）における炭素プール l の炭素蓄積変化量 [t-C /yr]

ΔA_{LF_i} : 過去 20 年間に他の土地利用 i から森林（立木地）に転用された面積 [ha]

$C(l)_{FT}$: 遷移期間終了時点の森林における炭素プール l の平均炭素蓄積量 [t-C /ha]

$C(l)_i$: 転用前の土地利用 i における炭素プール l の平均炭素蓄積量 [t-C /ha]

$T(l)$: 炭素プール l の遷移期間（枯死木は 40 年、リターは 20 年）

l : 炭素プール（枯死木、リター）

i : 転用前の土地利用

○ 立木地の鉱質土壌の炭素蓄積変化量

鉱質土壌の炭素蓄積変化量は、表 6-14 で示した方法で算出した年間変化量を過去 20 年間に他の土地利用から転用された森林面積に乘じて算出した。年間変化量は転用前の土地利用によって異なる。

○ 有機質土壌の耕起・排水に伴う CO₂ 排出量

当該カテゴリーの有機質土壌からの排出量は、転用のない森林と同様に「NO」として報告した。

■ 各種パラメータ

○ 枯死有機物、土壌炭素蓄積変化量

表 6-12（枯死木）、表 6-13（リター）表 6-14（鉱質土壌）の転用後の森林のパラメータを用いた。

■ 活動量

他の土地利用から転用された森林の面積は表 6-26 に示した人工林の 20 年間の転用面積を用いた。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス、枯死有機物、及び土壌に関する不確実性は、各パラメータ及び活動量ごとに、現地調査データ、専門家判断、又は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。その結果、他の土地利用から転用された森林による吸収量全体の不確実性は 9%と評価された。

■ 時系列の一貫性

当該カテゴリーの時系列の一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 他の土地利用から転用された森林面積の修正

6.4.1. e) 節で詳述したとおり、他の土地利用から転用された森林面積の修正に伴い他の土地利用から転用された森林面積の再計算を行った。これに伴い全年にわたって当該カテゴリーの生体バイオマス、枯死有機物、及び土壌の炭素蓄積変化量を再計算した。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし

6.5. 農地 (4.B.)

農地に該当する土地は、一年生及び多年生の作物を生産している土地であり、一時的に休耕地になっている土地も含む。我が国のインベントリにおける農地は田、普通畑、樹園地、荒廃農地によって構成されている。

2023 年度における我が国の農地面積は約 397 万 ha であり、国土面積の約 10.5%を占めている。そのうち有機質土壌面積は 17 万 ha である。2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 4,528 kt-CO₂ (炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない。)であり、1990 年度比 37.9%の減少、前年度比 11.1%の減少となっている。

表 6-27 農地における炭素ストック変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
4.B. 農地	合計	kt-CO ₂	7,287	3,779	3,458	2,309	5,760	4,546	5,347	4,529	3,887	4,214	5,091	4,528
	生体バイオマス	kt-CO ₂	700	347	183	207	282	189	244	264	318	483	487	241
	枯死木	kt-CO ₂	72	19	7	15	21	14	14	12	12	31	31	10
	リター	kt-CO ₂	47	13	4	10	14	9	9	8	8	20	20	7
	鉱質土壌	kt-CO ₂	5,223	2,171	2,050	880	4,264	3,159	3,907	3,072	2,376	2,510	3,386	3,103
	有機質土壌	kt-CO ₂	1,244	1,228	1,214	1,197	1,180	1,175	1,174	1,172	1,172	1,170	1,168	1,167
4.B.1. 転用のない農地	合計	kt-CO ₂	6,661	3,563	3,358	2,134	5,552	4,434	5,215	4,373	3,722	3,822	4,691	4,385
	生体バイオマス	kt-CO ₂	280	245	157	121	154	144	179	182	231	202	198	180
	枯死木	kt-CO ₂	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	リター	kt-CO ₂	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	鉱質土壌	kt-CO ₂	5,223	2,171	2,050	880	4,264	3,159	3,907	3,072	2,376	2,510	3,386	3,103
	有機質土壌	kt-CO ₂	1,158	1,147	1,150	1,133	1,134	1,131	1,130	1,118	1,115	1,110	1,107	1,102
4.B.2. 他の土地から転用された農地	合計	kt-CO ₂	626	215	100	175	209	112	132	157	165	392	401	143
	生体バイオマス	kt-CO ₂	420	102	25	86	127	45	65	82	87	281	288	62
	枯死木	kt-CO ₂	72	19	7	15	21	14	14	12	12	31	31	10
	リター	kt-CO ₂	47	13	4	10	14	9	9	8	8	20	20	7
	鉱質土壌	kt-CO ₂	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	有機質土壌	kt-CO ₂	86	81	64	64	46	44	44	54	57	60	61	65

表 6-28 農地面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
農地	kha	4,752	4,557	4,391	4,284	4,241	4,190	4,172	4,084	4,060	4,015	3,987	3,965
田	kha	2,846	2,745	2,641	2,556	2,496	2,465	2,446	2,393	2,380	2,366	2,352	2,335
普通畑	kha	1,275	1,225	1,188	1,173	1,169	1,161	1,151	1,134	1,130	1,126	1,123	1,120
樹園地	kha	475	408	357	332	311	300	292	273	268	263	259	253
荒廃農地	kha	156	179	205	223	265	265	283	284	282	260	253	257

6.5.1. 転用のない農地（4.B.1.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、転用のない農地（20年以上継続して農地であった土地）における炭素ストック変化量を取り扱う。ただし、樹園地生体バイオマス及び、鉱質土壌の炭素ストック変化量においては、他の土地利用から転用された農地分も含む。2023年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は4,385 kt-CO₂（炭素ストック変化以外のGHG排出分は本値に含んでいない）であり、1990年度比34.2%の減少、前年度比6.5%の減少となっている。本カテゴリーの排出量及び吸収量の時系列における変動に寄与しているのは、鉱質土壌における炭素ストック変化量の増減である。2023年度における鉱質土壌プールからのCO₂排出量は3,103 kt-CO₂であり、1990年度比40.6%の減少、前年度比8.3%の減少となっている。

排出量の時系列データの増減の概況を述べると、1990年度から2003年度までは排出は減少傾向にあったが、2004年度以降は2008年度の排出のピークに向けて増加傾向、その後は再び排出減少傾向となっている。この変動は、農地土壌への炭素投入量（特に、堆肥施用量）と分解に影響を与える気温の年次変動によるものである。鉱質土壌の炭素ストック変化の算定は、後述のとおり地目別にモデル算定により実施されており、各都道府県の総和で国の値が算出される。地目別に結果を見ていくと、農地の3つの地目のうち、普通畑による年次変動が、全体の変動に大きく影響している。普通畑の変動の状況を都道府県別に見ていくと、

我が国の普通畑の 1/4 以上の面積を占める北海道における変動が日本全体の変化に大きな影響を与えることが分かった。この要因は炭素変化係数を都道府県の面積データに乗じて排出量を算定するため、炭素変化係数の変動が少量でも、面積の大きい県で変動があると増幅されてしまうため北海道などの状況を反映して、このような変動状況がみられる結果となったと考察された。

鉱質土壌炭素プールの算定には、バイオ炭の農地施用における炭素貯留量の算定も含んでいる。2023 年度のバイオ炭の炭素貯留量は 11.6kt-CO₂であった。本値には、農地カテゴリー下の田、普通畑、樹園地への施用に加え、草地カテゴリー下の牧草地に施用されている可能性がある施用分も含まれる。

b) 方法論

1) 転用のない農地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 田、普通畑、荒廃農地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.2.1.1 節に従い、生体バイオマスについては木本性永年作物のみ算定対象となる。単年生作物を栽培している田、普通畑は成長により増加したバイオマスは短期間で収穫・分解により失われることから炭素ストック変化の算定対象外であり、また、荒廃農地では直接人為的な管理によりバイオマス炭素ストックを変化させているものではないため、いずれも年間の炭素ストック変化はゼロとし「NA」として報告した。

○ 樹園地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 5.2.1.1 節に記載されている Tier 2 のストック差分法を用いて樹園地の生体バイオマスの炭素ストック変化量を算定した。

生体バイオマスの炭素ストック量は、果樹別の栽培面積に、果樹 1 本当たりの乾物重、標準的な植栽密度、乾物重当たりの炭素含有率を乗じて算定した。単位面積当たりの炭素ストック量は全時系列で一定値を用いているため、面積の変化により炭素ストック量が増減する。

$$\Delta C_{C_LB} = C_{t+1} - C_t$$

$$C_t = \sum_j (A_{t,j} \times D_j \times W_j) \times \frac{10}{1000} \times CF$$

(注) 10/1000 を乗じているのは、単位変換のため

ΔC_{C_LB}	: 樹園地の生体バイオマスの炭素ストック変化量 [t-C/yr]
C_t	: t 年における樹園地の生体バイオマスの炭素ストック量 [t-C]
A_t	: t 年における果樹栽培面積 [ha]
D	: 植栽密度 [本/10a]
W	: バイオマス乾物重 [kg/本]
CF	: 乾物重当たりの炭素含有率 [t-C/t-d.m.]
j	: 果樹種類

■ 各種パラメータ

○ 果樹の生体バイオマス炭素ストック変化量算定のパラメータ

果樹別の植栽密度、バイオマス乾物重量、地上部に対する地下部の比率は、国内文献情報を元に、主要な果樹に対して独自の値を設定した。茶のバイオマス乾物重は 48 t-d.m./ha、果樹のバイオマス乾物重は 8~24 t-d.m./ha、地上部：地下部比率は 7:3~5:4 である。炭素含有率は我が国の森林（広葉樹）の炭素含有率 0.48 t-C/t-d.m.を適用した。

■ 活動量

○ 樹園地栽培面積

「耕地及び作付面積統計」より把握した主要果樹 15 品目の都道府県別栽培面積、及び「特産果樹生産出荷実績調査」より把握した主要果樹以外の果樹の栽培面積を用いた。ただし、都道府県別の調査が主産県しか実施されない年については、統計調査の全国値を推計する方法や内挿を用いてすべての都道府県の栽培面積を推計した。なお、新植、廃園などの移動の数値を種別に把握できないため、本値は他の土地から転用された樹園地の面積も含んでいる。

2) 転用のない農地における枯死有機物の炭素ストック変化量

■ 算定方法

枯死有機物の炭素ストック変化については、2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.2.2.1 節の記載に従い、当該炭素ストック量が増加しない想定している Tier 1 を適用し、ゼロと推計した。したがって当該炭素ストック変化量は「NA」として報告した。

3) 転用のない農地における土壌の炭素ストック変化量

鉱質土壌については農耕地（田、普通畑、樹園地）と農耕地以外（荒廃農地）に分けて算定を行い、農耕地土壌においては通常の営農活動による炭素ストック変化、及びバイオ炭の施用に伴う炭素貯留量の算定を行う。有機質土壌については、農耕地の田・普通畑における有機質土壌の耕起に伴う排出（on-site）及び有機質土壌における排水からの水溶性炭素損失による排出（off-site）を算定対象とした。

■ 算定方法

○ 鉱質土壌の炭素ストック変化量

【農耕地（田、普通畑、樹園地）における鉱質土壌の炭素ストック変化量】

日本全国の農耕地における土壌有機炭素量の経年変化を Tier 3 法、土壌炭素動態モデル Rothamsted Carbon Model（以下、Roth C）を用いて計算した。

図 6-6 に示すとおり、Roth C モデルは、気象データ（月別平均気温、降水量及び水面蒸発量）、土壌特性データ（土壌粘土含量、作土深、初期の炭素含有率、仮比重）、土地利用データ及び植物遺体（作物残さ、緑肥を含む）・堆肥からの炭素投入量を入力データとして、土壌炭素の分解率の異なる 5 つのコンパートメント毎に土壌炭素量 [t-C/ha（100m×100m のメッシュ毎）] が月毎に計算される。月毎の全コンパートメント合計データの年間の合計を求め、前年度との差を取ることでメッシュ毎の年間の土壌炭素変化量 [t-C/ha/yr] を求めた。GHG インベントリの報告区分に合わせるため、メッシュ毎の地目を特定し、メッシュデータに都道府県行政界を重ねあわせることにより、都道府県別地目別の単位面積あたりの平均土壌炭素変化量 [t-C/ha/yr] を求めた。

これを都道府県別地目別の鉱質土壌面積に掛け合わせて、炭素ストック変化量 [t-C/yr] を算出した。

$$\Delta C_{C_{ms}} = \sum_{i,j} (\Delta SOC_{i,j} \times A_{i,j})$$

$\Delta C_{C_{ms}}$: 農耕地における鉱質土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$\Delta SOC_{i,j}$: 都道府県 i の地目 j における単位面積当たり鉱質土壌の炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]、Roth C より計算

$A_{i,j}$: 統計値で把握される都道府県 i の地目 j の農地面積（鉱質土壌）[ha]

i : 都道府県

j : 地目（田、普通畑、樹園地）

このモデル算定では、土地転用の履歴も含み、1970年以降に一度でも農耕地になった土地をすべて計算の地理的範囲に含めているため、算出された結果は、転用の有無にかかわらず全ての農地を含むことになる。

【バイオ炭の農地施用に伴う土壌の炭素ストック変化量】

バイオ炭の農地への施用に伴う土壌炭素ストック量の変化については、2019年改良 IPCC ガイドラインで示される Tier 2 の方法論を用いて、100年後も残存するバイオ炭中の炭素貯留量を

算定した。

推計は、国産材を用いて国内で製造されている白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭を対象に行った。施用地の過去の土地転用の有無情報、また、地目別のバイオ炭施用量の情報は入手できないため、転用のない農地の鉱質土壌に一括して報告した。算定式は以下のとおりである。

$$\Delta BC_{C_{ms}} = \sum_p (BC_{TOTp} \times F_{Cp} \times F_{perm_p})$$

$\Delta BC_{C_{ms}}$: バイオ炭の農地施用に伴う鉱質土壌への炭素貯留量 [t-C/yr]

BC_{TOTp} : 当該年に鉱質土壌耕地に施用されたバイオ炭 p の量 [t-d.m./yr]

F_{Cp} : バイオ炭 p の炭素含有率 [t-C/t-d.m.]

F_{perm_p} : バイオ炭 p の 100 年後残存率 [t-C/t-C]

p : バイオ炭の種類（白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭）

【荒廃農地における鉱質土壌の炭素ストック変化量】

生体バイオマスプール同様、荒廃農地では直接人為的な管理の影響による炭素ストック変化はゼロとみなし「NA」として報告した。

○ 有機質土壌の耕起・排水に伴う CO₂ 排出量

【田、普通畑における有機質土壌の耕起に伴う CO₂ 排出量（on-site）の算定】

田、普通畑における有機質土壌の耕起に伴う CO₂ 排出量は、2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、5.2.3.1 節に示される Tier 1、及び Tier 2 の算定方法を用いて算定した。また我が国独自の排出係数が適用できる土地利用区分においては Tier 2 を用いた。

$$L_{C_{os}} = \sum_{j,z} (A_{j,z} \times EF_{j,z})$$

$L_{C_{os}}$: 有機質土壌の炭素損失量 [t-C/yr]

$A_{j,z}$: 気候帯 z において耕起された地目 j の有機質土壌面積 [ha]

$EF_{j,z}$: 気候帯 z の地目 j の炭素排出係数 [t-C/ha/yr]

j : 地目（田、普通畑）

z : 気候帯（冷温帯、暖温帯）

【田、普通畑における排水された有機質土壌からの水溶性炭素損失による CO₂ 排出量（off-site）の算定】

田、普通畑における排水された有機質土壌における水溶性炭素損失による CO₂ 排出量は湿地ガイドライン 2.2.1.2 節に示される Tier 1 の算定方法を用いて算出した。算定式は以下のとおりである。なお、CH₄ 排出の方法論は 6.13. b) 節を参照のこと。

$$CO_2 - C_{DOC_{os}} = \sum_j (A_j \times EF_{DOC})$$

$$EF_{DOC} = DOC_{FLUX_NATURAL} \times (1 + \Delta DOC_{DRAINAGE}) \times F_{racDOC-CO_2}$$

$CO_2-C_{DOC_{os}}$	: 排水された有機質土壌からの水溶性炭素損失による CO_2 -C 排出量 [t-C/yr]
A_j	: 地目 j の排水された有機質土壌面積 [ha]
j	: 地目 (田、普通畑)
EF_{DOC}	: DOC 由来の排出係数 [t-C/ha]
$DOC_{FLUX_NATURAL}$	: 排水を行っていない状態のバックグラウンドの排出 [t-C/ha/yr]
$\Delta DOC_{DRAINAGE}$	: 排水を行っていない状態から排水された状態に変化した場合のフラックス増加割合
$Frac_{DOC_CO_2}$	: 対象地から移送される水溶性炭素のうち、 CO_2 として排出される割合

【樹園地、荒廃農地における有機質土壌の耕起・排水に伴う排出量】

樹園地において有機質土壌は存在せず、清耕栽培か草生栽培を行うのが一般的な営農方法であるため、また、荒廃農地については、耕起及び排水は実施されないため、2006 年 IPCC ガイドラインの方法論に従って、これらの活動のない場所において排出は生じないとし、当該排出は「NO」として報告した。

■ 各種パラメータ

○ 農耕地（田、普通畑、樹園地）における鉱質土壌の炭素ストック変化量算定のための Roth C モデルの主な仮定とパラメータ

【Roth C モデルの日本の農耕地への適用】

Roth C モデルは土壌炭素の長期的な動態を予測するために英国で開発された土壌炭素動態モデルであり (Coleman and Jenkinson, 1996)、日本の農耕地への適用に当たり、我が国の農耕地における長期連用試験データを用いて検証し、改良を行ったものである。非火山灰土の農耕地については元々のモデルが特段の修正やキャリブレーションなく適用できることが分かったが (Shirato and Taniyama, 2003)、黒ボク土については、アルミニウム-腐植複合体の存在により土壌有機物が安定で分解が生じにくくなる特性があることから、Roth C の腐植 (humified organic matter, HUM) プールの分解率を小さく設定した (Shirato et al., 2004)。また、田については、水稻成長期に水を張ることから、普通畑とは土壌有機物の分解率が異なるため、すべてのプールの分解率を小さく設定した (Shirato and Yokozawa, 2005)。

【Roth C モデル算定のインプットデータ】

気象データは 1km メッシュデータ、土壌特性データ及び土地利用データは 100m メッシュデータを利用した。植物遺体及び堆肥からの投入量については都道府県毎の統計データ及びアンケート調査データを使用した。

植物遺体の投入量は、収穫量に対して残さの発生比率とすき込み割合を乗じて作物別に算定した。植物遺体の発生量は、収穫量よりは作物体の量に関係することから、収穫量の年次変動をそのまま算定に反映することは必ずしも正確な算定にはつながらないと考えられるため、収穫量は平均的な収穫量（水稻は毎年農林水産省が設定している平年収量、普通畑・樹園地は 1970~2017 年の実績収穫量の平均値）を各年で用いることにした。残さの発生比率は国内文献値から各作物別に全国一律の値で設定した。すき込み比率は、アンケート調査の結果等から、「すき込み」処理を行った割合とし、水稻は地域別の毎年の値を、水稻以外の作物は全国一律の値を全期間において用いた。

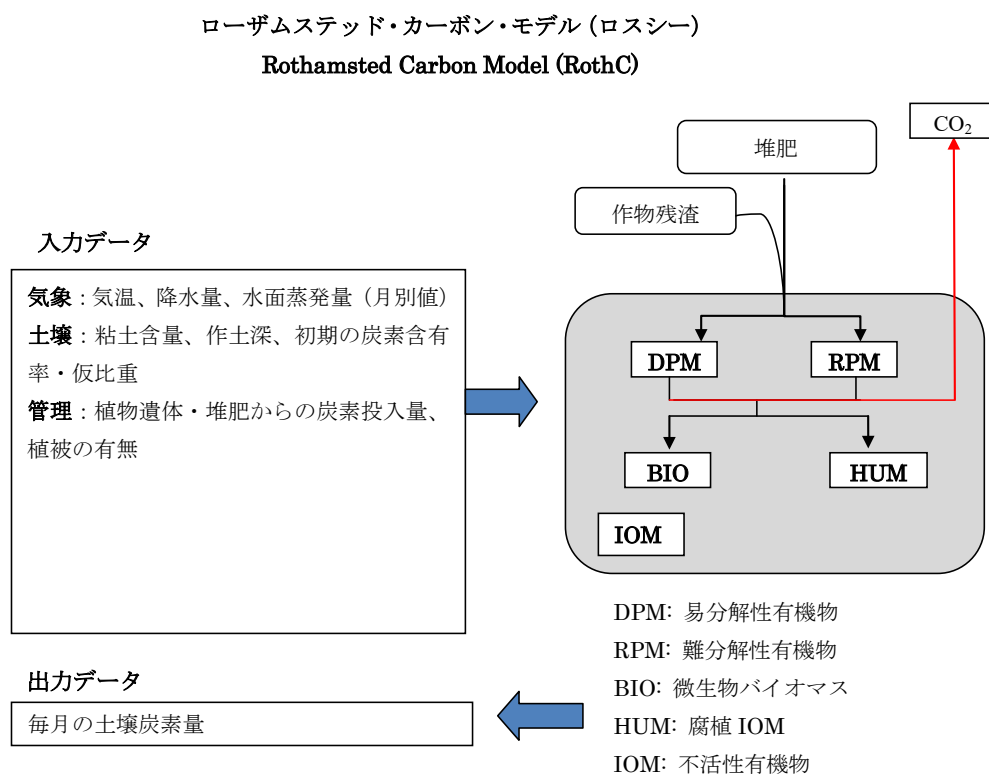


図 6-6 Roth C モデルの概要

堆肥投入量については、水稻については、農業経営統計調査のうち米生産費の堆肥施用量を、水稻以外の作物については、アンケート調査により推計した作物別（畑作物、野菜、果樹、茶、飼料作、牧草）堆肥施用量（全国共通値）を用いて算出した。ただし、水稻以外は数年かけて全調査対象を把握することとしているため、調査結果が未集計の年の値は内挿もしくは外挿で処理し、標本数が少なく代表性が担保できない場合は使用データから除外する等の統計的な処理を行って利用した。

○ バイオ炭のパラメータ（炭素含有率、100年後の炭素残存率）

バイオ炭の炭素含有率は、竹炭については国内調査（Kurimoto et al., 2020）に基づく焼成温度が 350～450℃の有機炭素含有率（0.778 t-C/t-d.m.）⁵を利用した。竹炭以外は、2019年改良 IPCC ガイドライン Table 4A p.1 で提示されている木材の熱分解プロセスのデフォルト値（0.77 t-C/t-d.m.）を適用した。100年後の炭素残存率は、我が国のそれぞれのバイオ炭の焼成温度を踏まえ、2019年改良 IPCC ガイドライン Table 4Ap.2 のデフォルト値から、白炭、黒炭、オガ炭は焼成温度 600℃以上に対応する値（0.89 t-C/t-C）、粉炭は焼成温度 450～600℃に対応する値（0.80 t-C/t-C）、竹炭は 350～450℃に対する値（0.65 t-C/t-C）を適用した。

○ 有機質土壌からの on-site CO₂ 排出係数（EF）

田、普通畑における有機質土壌からの CO₂ 排出係数については以下の表の値を適用した。

⁵ 竹炭生産量について、焼成温度別の情報が得られないことから、最も有機炭素含有率が低い焼成温度が 350～450℃のデータを採用した。

表 6-29 有機質土壌の耕起に伴う炭素排出係数

地目	気候帯	排出係数 [t-C/ha/yr]	出典
田	冷温帯	1.55	実測データ ¹⁾
	暖温帯	1.55	冷温帯での実測データを使用 ²⁾
普通畑	冷温帯	4.18	実測データ
	暖温帯	10.0	2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、Table 5.6、デフォルト値

(注)

- 1) 田の実測データは湛水時期の排出は 0 と見なして作成した排出係数。
- 2) 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数は Paddy field は除外されているため、我が国の実測結果にて代用。
- 3) 日本の一部地域は亜熱帯の気候帯に属するが、算定に用いているデータではそれらの地域の有機質土壌の耕起面積が NO であるため、亜熱帯域の炭素排出係数は計算に用いていない。

○ 有機質土壌からの off-site CO₂ 排出量算定のためのパラメータ

湿地ガイドラインに提示されている Tier 1 のデフォルトパラメータを適用した。

表 6-30 有機質土壌からの off-site CO₂ 排出量算定のためのパラメータ

気候帯	DOC _{FLUX_NATURAL} [t-C/ha/yr]	DOC _{DRAINAGE}	FracDOC-CO ₂	EF _{DOC} [t-C/ha/yr]
温帯	0.21	0.60	0.9	0.31

(出典) 湿地ガイドライン Table 2.2

■ 活動量

○ 鉱質土壌面積

Roth C モデルにより算出された単位面積当たりの炭素ストック変化量を乗じるために用いる面積は「耕地及び作付面積統計」に掲載されている田（水稻作付田のみ）、普通畑（水稻以外作物作付田、不作付水田含む）及び、樹園地から、地目ごとの有機質土壌面積（表 6-31）を減じた面積とした。モデル算定には、他の土地利用から転用された農地も計算に含んでいるため、活動量も、他の土地利用から転用された農地（鉱質土壌）の面積も含んでいる。

○ 農地鉱質土壌へのバイオ炭の施用量

活動量となる鉱質土壌農地へのバイオ炭の施用量は、農業用途の木炭の生産量に、農地土壌への施用割合及び鉱質土壌面積の割合を乗じて算出した。

農業用途の木炭の生産量については、農林水産省「特用林産物生産統計調査」に掲載されている種類別木炭の生産量のうち、用途区分が「農業用」の値を使用した。一部年次では、データが欠損していることから、内挿又は按分（合計しかない場合に、ある年の炭種の割合を用いて配分）により補完した。また、一部の木炭は飼料等の用途向けに利用されているため、農業用途の木炭生産量から飼料等の用途分を控除した。専門家ヒアリングに基づき、確実に農地へ施用されている割合を 95% と想定した。また、農地土壌に施用されたバイオ炭については、鉱質土壌、有機質土壌に分けた施用量の把握は困難であるため、我が国では全国の農地にバイオ炭が一律の割合（単位面積当たりの施用量）で投入されると仮定した上で、鉱質土壌の割合に基づき、鉱質土壌への施用量を把握した。牧草地への施用も可能性として含まれるため、鉱質土壌割合を算出する際には、牧草地も考慮した。なお、2019 年改良 IPCC ガイドラインでは有機質土壌におけるバイオ炭の 100 年後残存率が提示されておらず、我が国においても知見が十分でないことから、現時点では有機質土壌へのバイオ炭施用によ

る炭素貯留は算定対象外とした。

なお、我が国では農業用途の木炭の輸出入実績がほとんどないため、輸出入に伴うバイオ炭施用量の加減は考慮していない。

○ 有機質土壌面積

農耕地土壌の各地目における有機質土壌面積は、土壌群別土壌面積データが得られる年には、都道府県別地目別の土壌群別土壌面積データより有機質に分類される土壌の割合を算出し、それを都道府県別の各地目の面積に乘じることで算出した（1992年、2001年、2010年）。それ以外の年度においては、1992年、2001年、2010年の各時点の有機質土壌面積を起点に、拡張・かい廃面積の一定割合を有機質土壌とみなして加減することで各年の各地目の有機質土壌面積を計算した。

農耕地の拡張により他の土地利用より転用された場合には、基本的には転用前の土地利用区分における有機質土壌割合を用いている。ただし、湿地からの転用については、この活動に該当する干拓地において、干拓地周辺の土壌図において有機質土壌が存在していなかったことから、有機質土壌割合は0%とした（「NO」で報告）。

農耕地からの転用の場合には、基本的には各調査年の間（1992～2001年、又は、2001～2010年）に生じた変化面積に対する有機質土壌面積の変化面積の割合を用いている。ただし1992年以前の転用においては、1992年調査時点の各地目の有機質土壌率を用い、1992年以降の転用においては1992～2001年の値を、2001年以降の転用には、2001～2010年の値を用いた。

この方法によって算定された我が国の地目別の有機質土壌面積（転用のない農地と転用された農地の合計）は表6-31のとおりである。LULUCF分野のCRTでは耕起・排水等の活動の有無にかかわらず表6-31に示される総有機質土壌面積の報告を求められているが、有機質土壌由来の排出量の計算においては、実際に活動が生じた面積のみを使用している。農業分野の当該面積値の報告については、農耕地の有機質土壌のうち、実際に耕起を行った活動量面積を報告しているため本表で示される面積値とは異なる（5.5.1.6節参照）。

表 6-31 農地の有機質土壌面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
農地	kha	167.0	165.6	165.9	164.8	163.3	163.1	163.4	164.7	165.0	165.2	165.4	165.7
田	kha	131.6	129.8	129.1	127.3	125.3	125.1	125.2	125.2	125.2	125.1	125.0	125.0
普通畑	kha	16.4	16.7	17.0	16.9	16.8	16.6	16.5	16.4	16.4	16.3	16.2	16.2
樹園地	kha	1.3	1.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
荒廃農地	kha	17.7	18.1	19.3	20.2	20.9	21.1	21.4	22.8	23.1	23.4	23.8	24.2

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

果樹バイオマスに関する活動量及びパラメータの不確実性については、統計データの不確実性及び2006年IPCCガイドラインのデフォルト不確実性に基き評価を行った。Roth Cモデルによる鉱質土壌における炭素ストック変化に関する不確実性は、モデルの構造に起因する不確実性については、入力値及び土壌炭素の実測値がそろっている圃場試験におけるモデルと実測の比較により、約10%程度の不確実性があることが明らかになっている。モデルの入力値に起因する不確実性については、まだ定量化されておらず、今後の課題である。バイオ炭の農地への施用に伴う土壌における炭素貯留量に関する不確実性は、統計データの不確実性、及び2019年改良IPCCガイドラインのデフォルト値の不確実性を利用した。有機質土壌に関する不確実性については、統計データの不確実性、及び2006年IPCCガイドラインの

デフォルト不確実性を利用する。その結果、転用のない農地における排出量全体の不確実性は24%と評価された。

■ 時系列の一貫性

当該カテゴリーの時系列の一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添4に記述している。

なお、Roth C では特段キャリブレーションは実施していないが、地目と土壌タイプの違いにより3つの改良バージョン（水田、黒ボク、非黒ボク）を使い分けることにより、実測データと精度よく一致することが確かめられており、長期の圃場における実測データを用いたプロットスケールの検証及び改良を行っている。

圃場は、土壌の性質で水田、非水田黒ボク、非水田黒ボクで分類している。よってこの3種ですべての土壌種を網羅していると考えている。検証と改良についての詳細は、白戸（2006）、Shirato and Taniyama（2003）、Shirato et al.（2004）、Shirato and Yokozawa（2005）、Takata et al.（2011）、Shirato（2011）を参照。

e) 再計算

■ 森林からの転用面積の修正

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された農地面積が再計算されたため、転用のない農地の面積も全年にわたり再計算された。この面積の再計算に伴い、鉱質土壌の炭素ストック変化量及び有機質土壌からのCO₂排出量が全年にわたり再計算された。

■ Roth C インプットデータの修正

Roth C モデル算定に用いる気象データの適用に誤りがあったため、修正により全年度の単位面積当たりの土壌炭素変化量が再計算された。これに伴い、鉱質土壌の炭素ストック変化量が全年にわたり再計算された。

■ 樹園地面積の修正

2021年度の一部の樹園地面積データを更新したため、これに伴い2021年度以降の樹園地面積及び、生体バイオマスの炭素ストック変化量が再計算された。

■ 鉱質土壌面積、有機質土壌面積の修正

農耕地への転用面積の推計方法を見直したため、各地目の他の土地から転用された面積が修正された。この再計算に伴い、有機質土壌と鉱質土壌面積を用いた炭素ストック変化量及び有機質土壌からの排出量が全年にわたり再計算された。

再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.5.2. 他の土地利用から転用された農地 (4.B.2.)

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、他の土地利用から転用された農地（過去 20 年間に於いて他の土地利用から転用されて農地になった土地）における炭素ストック変化量を取り扱う。2023 年度までの過去 20 年間に於いて他の土地利用から転用された農地は 83.4 kha であり、国土総面積の 0.2%に相当する。

2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 143 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 77.2%の減少、前年度比 64.3%の減少となっている。他の土地から転用された農地からの排出量は、1990 年度から 1993 年度にかけては大きくは減少したが、それ以降は大きな変動はない。この 1990 年代初期の減少は、炭素ストック量の高い森林から農地への転用面積の減少が主要因である。

b) 方法論

1) 他の土地利用から転用された農地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

他の土地利用から転用された農地における炭素ストック変化量 (ΔC_{LC_LB}) については、2006 年 IPCC ガイドライン (Vol.4、2.3.1.2 節) に示される式 2.16 を用いて転用に伴い失われる炭素ストック量 ($\Delta C_{LB_conversion_to_C}$) と転用後に蓄積される炭素ストック変化量 ($\Delta C_{LC_LB_SC}$) を合算して算定する Tier 2 法を用いた。森林から農地への転用については、国独自のバイオマスストック量を用いた。森林以外の土地利用から農地への転用については、デフォルト値を使った Tier 1 の算定方法を用いた。

$$\Delta C_{LC_LB} = \Delta C_{LB_conversion_to_C} + \Delta C_{LC_LB_SC}$$

$$\Delta C_{LB_conversion_to_C} = \sum_i \{ \Delta A_i \times (B_a \times CF_a - B_{bi} \times CF_{bi}) \}$$

$$\Delta C_{LC_LB_SC} = \sum_j (\Delta A_j \times C_j)$$

ΔC_{LC_LB}	: 他の土地利用から転用された農地における炭素ストック変化量 [t-C/yr]
$\Delta C_{LB_conversion_to_C}$	: 他の土地利用から転用された際の炭素ストック変化量 [t-C/yr]
$\Delta C_{LC_LB_SC}$	: 転用後の成長に伴い獲得する炭素ストック変化量 [t-C/yr]
i	: 転用前の土地利用カテゴリー
ΔA_i	: 当該年に土地カテゴリー <i>i</i> から農地に転用された面積 [ha/yr]
B_a	: 農地に転用された直後の単位面積当たりの乾物重 [t-d.m./ha]、デフォルト値=0
B_{bi}	: 農地に転用される前の土地利用カテゴリー <i>i</i> における単位面積当たりの乾物重 [t-d.m./ha]
CF_a	: 転用直後の土地利用カテゴリーの炭素含有率 [t-C/t-d.m.]
CF_{bi}	: 転用前の土地利用カテゴリー <i>i</i> の炭素含有率 [t-C/t-d.m.]
ΔA_j	: 当該年に農地サブカテゴリー <i>j</i> に転用された面積 [ha/yr]
C_j	: 農地サブカテゴリー <i>j</i> における単位面積当たりの成長により獲得する炭素ストック量 [t-C/ha/yr] ※表 6-9 を参照
j	: 転用後の農地のサブカテゴリー（田、普通畑） 樹園地に転用後に獲得する炭素ストック変化量については、転用のない農地の算定において一括で計算されている。

■ 各種パラメータ

○ 土地利用毎の生体バイオマスストック量

転用に伴い失われるバイオマスストック量の算定には表 6-9、転用後の成長に伴い獲得する炭素ストック変化量の算定には、表 6-11 を用いた。

田、普通畑における転用後の成長に伴い獲得する炭素ストック変化量は、転用後 1 年間で獲得する炭素ストック量（表 6-11）であり、表 6-9 で設定している単年生作物の炭素ストック量に一年間で達するとして、同じ値を用いた。この表 6-9 の田、普通畑の炭素ストック量の値には、農業分野（3.D.a.4）の農作物残さのすき込みに伴う N_2O 排出の算定に使用している、収穫後に農地に残される作物残さ量の値を使用した。すき込まれる作物残さ量は作物の種類で異なるため、毎年の栽培面積に応じて面積当たりのすき込み残さ中炭素量を加重平均した上で、1990-2017 年の平均値を全年度に一律に適用することとした。

○ 炭素含有率（CF）

森林の炭素含有率は我が国の針葉樹と広葉樹の平均値（0.50 t-C/t-d.m.）を用いた。森林以外の炭素含有率は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値（草地は 0.47 t-C/t-d.m.、それ以外は 0.5 t-C/t-d.m.）を用いた。

■ 活動量

他の土地利用から転用された農地の生体バイオマスの炭素ストック変化量の算定については、毎年の農地への転用面積を用いた。

○ 森林から他の土地利用区分への転用面積

【2005 年度以降】

6.2.2. a) 節に記載した、衛星画像判読を利用した方法により森林からの農地への転用面積を推計した。農地の各地目への転用面積については、統計的な面積データを用いて推計した。

【1990 年度から 2004 年度まで】

1990～2004 年度の森林から他の土地に転用された各年度の土地面積は、1989 年度末の空中写真オルソ画像と 2005 年撮影の衛星画像判読により把握した 1990～2005 年度における D 総面積を、林野庁業務資料の民有林における林地開発に係る林地転用の発生面積に応じて各年度に配分した。森林から各土地利用への転用面積は、同データにおける民有林の転用先面積から転用比率を設定し、森林からの総転用面積に転用比率を乗ずることで推計した。森林からの土地転用は民有林における転用が全体の 9 割を占めていることから、全森林に適用する転用比率と想定した。

【1975 年度から 1989 年度まで】

D 面積調査データを得られないため、1990 年度以降の D 面積と「農林業センサス」及び林野庁業務資料から得られた森林からの転用面積との比率から調整係数（1.5）を設定し、「農林業センサス」及び林野庁業務資料から得られる 1975 年度以降の森林からの転用面積に当該調整係数を乗じて推計した。

【1951 年度から 1974 年度まで】

「耕地及び作付面積統計」における田、畑の開墾面積の一定割合（1975～1984 年の平均割合）を森林からの転用とみなして推計した。

○ 森林以外からの転用面積

森林以外の土地利用から農地に転用された土地の面積は、「耕地及び作付面積統計」の田畑拡張面積を用いて把握した。このうち畑の転用面積を現状の普通畑、樹園地、牧草地の面積割合やその他の統計データを用いて按分した。田、普通畑、樹園地の面積を農地の面積と

して割り当て、牧草地の面積を草地に割り当てた。なお、開発地から転用された農地は転用のないその他の土地に含まれるとして「IE」として報告している。

表 6-32 他の土地利用から転用された農地面積（1年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された農地	kha	5.17	3.55	2.73	1.99	0.82	6.11	3.67	7.62	6.82	6.01	5.25	7.08
森林から転用された農地	kha	2.63	0.71	0.24	0.55	0.78	0.49	0.50	0.45	0.45	1.13	1.13	0.36
草地から転用された農地	kha	0.009	0.083	0.041	0.060	0.001	0.001	0.007	0.005	0.007	0.008	0.007	0.006
湿地から転用された農地	kha	0.20	0.03	0.06	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
開発地から転用された農地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
その他の土地から転用された農地	kha	2.33	2.73	2.39	1.38	0.04	5.62	3.16	7.17	6.36	4.88	4.12	6.71
転用後の土地利用区分	kha	0.22	1.21	1.37	0.32	0.17	4.29	2.02	4.03	3.71	3.46	2.83	4.09
普通畑	kha	4.67	2.26	1.31	1.30	0.51	1.45	1.31	2.89	2.51	2.07	1.97	2.43
樹園地	kha	0.28	0.08	0.05	0.37	0.13	0.37	0.33	0.70	0.60	0.48	0.45	0.55

2) 他の土地利用から転用された農地における枯死有機物の炭素ストック変化量

■ 算定方法

「森林から転用された農地」における枯死有機物の炭素ストック変化量は、森林土壌インベントリ調査の結果（Kawanishi et al. (2024)）を用いて算出された森林全体の平均値を用いて Tier 2 の方法で算定した。なお、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、5.3.2.1 節）に従い、当該下位区分の枯死有機物の炭素ストックは、転用が行われた年に全て酸化し CO₂ として排出されると想定した。なお、後述のパラメータでの説明のとおり、我が国での農地における枯死有機物炭素ストック量はゼロと想定している。

$$\Delta C_{DOM} = \sum_i \{ (C_{after,i} - C_{before,i}) \times \Delta A \}$$

ΔC_{DOM} : 転用された土地における枯死有機物の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$C_{after,i}$: 転用後の枯死木又はリターの平均炭素ストック量 [t-C/ha]

※転用後の炭素ストック量はゼロと想定

$C_{before,i}$: 転用前の枯死木又はリターの平均炭素ストック量 [t-C/ha]

ΔA : 当該年に転用された面積 [ha/yr]

i : 枯死有機物のタイプ（枯死木、リター）

■ 各種パラメータ

転用前の森林における枯死木及びリターの平均炭素ストック量は表 6-12 及び表 6-13 のとおりである。「草地から転用された農地」については、草地における枯死有機物プールは、存在はするものの炭素ストック量は微量であり、土地利用変化に伴う炭素ストック変化量も無視できるとしてゼロと設定した。「湿地、開発地から転用された農地」については、我が国では湿地から農地への転用は干拓による農地化を対象としており、干拓前の土地には基本的に枯死有機物プールは存在しないこと、開発地については転用前の土地に存在する枯死有機物プールは無視できると見なせることを踏まえ、炭素ストック変化はゼロからゼロへの変化とした。「その他の土地から転用された農地」については、我が国では農地の復旧を対象としているが、2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 では非森林地の枯死有機物量はゼロと設定していることを踏まえ、ゼロとした。

また、転用直後は枯死有機物のストックがゼロになり、その後の蓄積はないという想定の下で算定を行っている。

■ 活動量

他の土地利用から転用された農地の枯死有機物の炭素ストック変化量の算定には、森林から農地への毎年の転用面積を利用した（表 6-32）。

3) 他の土地利用から転用された農地における土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 鉱質土壌における炭素ストック変化量

鉱質土壌の算定については 6.5.1. b) 3) 節で記述したとおり、転用の有無で区別することなく転用のない農地における鉱質土壌の下で一括報告されるため、他の土地利用から転用された農地における鉱質土壌の炭素ストック変化量は「IE」とした。

○ 有機質土壌の耕起・排水に伴う CO₂ 排出量

有機質土壌からの CO₂ 排出量の算定について、他の土地から転用された田及び普通畑における有機質土壌の耕起に伴う排出（on-site）及び排水された有機質土壌からの水溶性炭素損失による排出（off-site）を算定対象とした。算定方法の詳細については 6.5.1. 節を参照のこと。なお、本報告においては、便宜的に転用前の土地利用の区別はせず、「草地から転用された農地」において一括で報告を行った。

■ 活動量

○ 鉱質土壌面積

他の土地利用から農地に転用された鉱質土壌の面積は、単年の転用面積の 20 年間の累計で推計した。なお、森林から転用された農地のうち普通畑と樹園地については土壌炭素ストック変化の遷移期間は 40 年であり、その対象面積も推計しているが、上記のとおり炭素ストック変化は転用のない農地におけるモデル計算に内包されている。

表 6-33 他の土地利用から転用された農地面積
(転用後 20 年以下の面積、転用後 21~40 年以下の面積)

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
転用後20年以下の面積	kha	230.9	164.9	98.6	70.4	46.6	47.2	48.0	64.3	68.4	73.3	77.5	83.4
森林から転用された農地	kha	119.8	84.9	48.7	24.8	12.8	10.7	10.1	10.0	10.2	11.2	12.2	12.4
田	kha	22.8	13.2	0.8	0.4	0.6	0.9	1.2	1.8	2.0	2.6	3.1	3.3
普通畑	kha	65.3	57.1	41.3	22.7	10.9	8.3	7.4	6.5	6.5	6.8	7.2	7.2
樹園地	kha	31.6	14.7	6.6	1.7	1.3	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9	1.9
草地から転用された農地	kha	34.1	16.6	2.1	1.8	1.7	1.2	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2
湿地から転用された農地	kha	10.4	2.5	1.1	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
開発地から転用された農地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
その他の土地から転用された農地	kha	66.7	60.8	46.7	43.2	31.5	34.8	36.7	53.3	57.3	61.3	64.6	70.4
転用後21~40年の面積(普通畑・樹園地)	kha	233.2	174.8	161.5	138.3	97.0	79.3	71.8	52.8	47.9	43.4	37.8	33.1
森林から転用された普通畑	kha	105.1	49.8	48.1	61.1	65.3	60.2	57.1	44.6	41.3	38.2	34.3	30.3
森林から転用された樹園地	kha	128.1	124.9	113.4	77.2	31.6	19.2	14.7	8.1	6.6	5.2	3.4	2.9

○ 有機質土壌面積

他の土地利用から農地に転用された有機質土壌の面積の推計方法は、6.5.1. b) 3) 節、「転用のない農地（4.B.1.）」の有機質土壌の推計方法において説明したとおりである。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス、枯死有機物に関する不確実性は、各パラメータ及び活動量毎に、現地調査データ、専門家判断、又は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行っ

た。その結果、他の土地利用から転用された農地による排出量全体の不確実性は 13%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.5.2.b) 1) 節で説明したとおり、森林からの転用面積の把握方法が 1990 年以降とそれより前で異なっているものの、1989 年以前の算定に使用している統計と 1990 年度以降に使用している方法論で算定した面積の比率を用いて 1989 年以前の値を補正しているため当該カテゴリーの時系列の一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 森林からの転用面積の修正に伴う再計算

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された農地面積が再計算されたため、当該カテゴリーの生体バイオマス、枯死有機物の炭素ストック変化量、及び有機質土壌からの CO₂ 排出量を全年にわたり再計算した。

■ 森林の枯死木量の修正

単位面積当たりの枯死木量が、森林土壌インベントリ調査の調査をまとめた最新の知見に基づき 10 t-C/ha から 7.5 t-C/ha に修正された。これに伴い、森林からの土地利用変化が生じた際の枯死木の損失による炭素蓄積変化量が全年度にわたり修正された。

■ 鉱質土壌面積、有機質土壌面積の修正

農耕地への転用面積の推計方法を見直したため、各地目の他の土地から転用された面積が修正された。この再計算に伴い、有機質土壌と鉱質土壌面積を用いた炭素ストック変化量及び有機質土壌からの排出量が全年にわたり再計算された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.6. 草地 (4.C.)

草地は一般的に多年生牧草の植生で覆われており、主に牧草採取や放牧が行われる。我が国における 2023 年度の草地面積は約 90 万 ha であり、国土面積の約 2.4%を占めている。そのうち有機質土壌面積は 5.2 万 ha である。2023 年度の当該カテゴリーにおける炭素ストック変化からの排出は、653 kt-CO₂ (炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない) であり、1990 年度比 34.3%の減少、前年度比 2.5%の減少となっている。

表 6-34 草地における炭素ストック変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
4.C. 草地	合計	kt-CO ₂	994	-215	-890	-867	322	104	1,575	747	199	116	670	653
	生体バイオマス	kt-CO ₂	288	-11	-38	32	166	119	78	22	19	116	115	61
	枯死木	kt-CO ₂	93	14	4	13	34	24	16	6	6	15	15	10
	リター	kt-CO ₂	61	9	2	8	22	16	11	4	4	10	10	7
	鉱質土壌	kt-CO ₂	526	-255	-887	-949	73	-86	1,433	689	142	-53	502	548
	有機質土壌	kt-CO ₂	27	28	29	28	27	31	38	28	28	28	28	28
4.C.1. 転用のない草地	合計	kt-CO ₂	539	-236	-865	-926	96	-58	1,468	715	169	-26	529	575
	生体バイオマス	kt-CO ₂	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	枯死木	kt-CO ₂	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	リター	kt-CO ₂	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	鉱質土壌	kt-CO ₂	526	-255	-887	-949	73	-86	1,433	689	142	-53	502	548
	有機質土壌	kt-CO ₂	13	18	22	23	24	28	35	26	26	27	27	26
4.C.2. 他の土地から転用された草地	合計	kt-CO ₂	455	21	-26	58	226	162	108	32	30	142	141	78
	生体バイオマス	kt-CO ₂	288	-11	-38	32	166	119	78	22	19	116	115	61
	枯死木	kt-CO ₂	93	14	4	13	34	24	16	6	6	15	15	10
	リター	kt-CO ₂	61	9	2	8	22	16	11	4	4	10	10	7
	鉱質土壌	kt-CO ₂	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO	IE,NO
	有機質土壌	kt-CO ₂	14.1	9.2	6.3	5.1	3.3	3.1	3.1	1.5	1.3	1.1	1.1	1.1

表 6-35 草地面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
草地	kha	1,031.6	1,021.6	1,011.6	1,007.2	993.2	951.1	956.5	946.9	905.2	903.5	901.4	899.1
牧草地	kha	646.7	660.7	644.7	630.6	616.7	611.1	606.5	596.9	595.2	593.5	591.4	589.1
採草放牧地	kha	105.0	100.9	96.8	96.5	96.4	96.3	96.3	96.2	96.2	96.1	96.0	95.8
原野	kha	280.0	260.0	270.0	280.0	280.0	243.7	253.7	253.8	213.8	213.9	214.0	214.2

6.6.1. 転用のない草地（4.C.1.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、過去 20 年間に於いて転用のない草地における炭素ストック変化量を、「牧草地」、「採草放牧地」及び「原野」の 3 つのサブカテゴリーに分けて報告する。

2023 年度の当該カテゴリーにおける炭素ストック変化からの排出は、575 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 6.7%の増加、前年度比 8.7%の増加となっている。2003 年度に吸収のピークを迎えて以降、吸収量は減少傾向にあり、2014 年度には排出のピークを迎えたが、その後排出量は減少傾向にある。

本変動は、農地の鉱質土壌プールの算定においても説明したとおり、炭素投入量と気温の年次変動の影響を受けていると考えられる。堆肥施用量は、1990 年代に増加傾向にあり、2000 年以降減少傾向となっている。気温は、近年は寒い年が無いことが特徴で、有機物分解が進んでいる状況となっている。これらが、変動に影響を与える主要因となっていると考えられる。

生体バイオマスに関しては、「牧草地」及び「採草放牧地」は 2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、6.2.1.1 節）の Tier 1 の算定方法に従いバイオマスの炭素ストック量が一定で変化しないと仮定し、「NA」として報告した。

枯死有機物の炭素ストック変化量については、「牧草地」及び「採草放牧地」においては 2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、6.2.2.1 節）に従い、当該炭素ストック変化量が変化しないと想定している Tier 1 を適用し、ゼロと推計した。したがって、当該炭素ストック変化量は「NA」として報告した。

土壌の炭素ストック変化量については、鉱質土壌における炭素ストック変化量については、

「牧草地」は転用のない農地と同様に Roth C モデルを用いた Tier 3 の方法で算定を行った。「採草放牧地」は、劣化しておらず持続的に管理されているが大きな管理改善も行われていない草地である。そのため、2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 の Table 6.2 における「Nominally managed (non-degraded)」の炭素ストック変化係数のデフォルト値「1.0」を適用する。この場合、土壌炭素ストック量は経年的に変化しないため、当該炭素ストック変化量は「NA」として報告した。有機質土壌からの CO₂ 排出量については、「牧草地」における有機質土壌の耕起に伴う排出（on-site）及び排水された有機質土壌からの水溶性炭素損失による排出（off-site）を Tier 1 法で算定した。「採草放牧地」における有機質土壌からの CO₂ 排出量については、更新や排水といった営農活動を行っていないと考えられることから「NO」として報告した。

「原野」については人為的な管理が一般的に実施されていないため、全ての炭素プールにおけるストック変化量を「NA」として報告した。

b) 方法論

1) 転用のない草地における土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 鉱質土壌の炭素ストック変化量の算定

牧草地の炭素ストック変化量は、6.5.1. b) 3) 節の転用のない農地（4.B.1.）同様、Tier 3 のモデル法を用いて算定した。

○ 有機質土壌の耕起に伴う CO₂ 排出量（on-site）の算定

牧草地の有機質土壌の耕起・排水に伴う CO₂ 排出量は、2006年 IPCC ガイドライン（Vol.4、6.2.3.1 節）に示される Tier 1 の算定方法を用いて算定した。算定式は 6.5.1. 節の転用のない農地（4.B.1.）の記述と同様である。

○ 排水された有機質土壌の水溶性炭素損失による CO₂ 排出量（off-site）の算定

排水された有機質土壌における水溶性炭素損失による CO₂ 排出量は湿地ガイドライン（2.2.1.2 節）に記述されている Tier 1 算定方法を用いて算出した。方法は、6.5.1. 節の転用のない農地（4.B.1.）における記述と同様である。

■ 各種パラメータ

○ 鉱質土壌の算定に用いた Roth C モデルの主な仮定とパラメータ

方法は、6.5.1. 節の転用のない農地（4.B.1.）における記述と同様であるため、省略する。

○ 有機質土壌からの CO₂ 排出量算定のためのパラメータ

我が国の牧草地に適用できる CO₂ 排出係数に関する調査データがほとんどないため、on-site 排出の排出係数は、我が国の牧草地の分布及び管理状況等を勘案し、最も我が国の状況に適合すると考えられる湿地ガイドラインのデフォルト値（6.1 t-C/ha/year、湿地ガイドライン、Table 2.1、Grassland, deep-drained, nutrient-rich）を適用した。Off-site 排出については、6.5.1. 節の転用のない農地（4.B.1.）と同じパラメータを用いたため、省略する。

■ 活動量

○ 鉱質土壌面積

「耕地及び作付面積統計」に掲載されている、牧草地面積から下表の牧草地における有機質土壌面積を減じた面積を用いる。

○ 有機質土壌面積

牧草地については 6.5.1. b) 3) 節に記載された農地における有機質土壌面積の推計方法と同様の方法で、転用のない牧草地、転用された牧草地における有機質土壌面積を推計した。牧草地における有機質土壌面積を推計したのちその推計値に牧草地更新率を乗じて活動量（実際に耕起及び排水などの活動が生じた面積）とした。牧草地更新率は牧草地の管理実態を調査した報告書（波多野、2017）に掲載された、北海道及び北海道以外の都府県における牧草地の更新割合の調査結果を使用した（第5章 5.5.1.6. 節を参照のこと）。なお、2005年度以前については単年度の更新割合が調査されていないことから、2006年度～2010年度の平均値（北海道：3.0%、北海道以外：1.3%）を使用する。また、2016年度以降についてもまだ調査値がないことから、同様に2006年度～2010年度の平均値を使用した。

採草放牧地及び原野における有機質土壌面積については、2009年時点の採草放牧地（「農林業センサス」）、原野（「土地利用現況把握調査」）の有機質土壌面積割合を地理情報システム（Geographic information system, GIS）データ解析により求め、この値を2009年の各土地利用面積に乘じて2009年の有機質土壌面積を求めた。2009年以前、及び2009年以降の各年度の有機質土壌面積については、他の土地利用から採草放牧地・原野に転用された有機質土壌面積を加算し、採草放牧地・原野から他の土地利用に転用した有機質土壌面積を減算することにより求めた。なお、6.5.1. 節に記述しているとおり、農業分野では報告されている牧草地における耕起有機質土壌の面積には採草牧草地、原野の有機質土壌面積が含まれていないため、LULUCF 分野と農業分野で報告された値が異なる。

表 6-36 草地の有機質土壌面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
草地	kha	56.3	56.3	57.9	58.1	57.5	55.7	56.0	55.8	53.9	53.9	53.8	53.8
牧草地	kha	38.6	39.5	40.6	40.4	39.8	39.7	39.6	39.4	39.4	39.3	39.3	39.2
採草放牧地	kha	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
原野	kha	13.2	12.2	12.7	13.2	13.2	11.4	11.9	11.9	10.0	10.0	10.1	10.1

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

鉍質土壌に関する不確実性は、転用のない農地（4.B.1.）における記述と同様であるため、省略する。有機質土壌に関する活動量及びパラメータの不確実性は、統計データの不確実性、及び湿地ガイドラインのデフォルト不確実性を利用した。その結果、転用のない草地における排出量全体の不確実性は10%と評価された。

■ 時系列の一貫性

当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添4に記述している。

e) 再計算

■ Roth C インプットデータの修正に伴う再計算

Roth C モデル算定に用いる気象データの適用に誤りがあったため、修正により全年度の単位面積当たりの土壌炭素変化量が再計算された。これに伴い、鉍質土壌の炭素ストック変化

量が全年にわたり再計算された。

■ 鉱質土壌面積、有機質土壌面積の修正

牧草地への転用面積の推計方法を見直したため、牧草地の他の土地から転用された面積が修正された。この再計算に伴い、有機質土壌と鉱質土壌面積を用いた炭素ストック変化量及び有機質土壌からの排出量が全年にわたり再計算された。

■ 森林からの転用面積の修正

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された草地面積が再計算されたため転用のない草地面積が再計算された。この面積の再計算に伴い、鉱質土壌の炭素ストック変化量及び有機質土壌からの CO₂ 排出量が全年にわたり再計算された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.6.2. 他の土地利用から転用された草地（4.C.2.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、他の土地利用から転用された草地（過去 20 年間に於いて他の土地利用から転用されて草地になった土地）における炭素ストック変化量を取り扱う。2023 年度の当該カテゴリーにおける炭素ストック変化からの排出は、78.2 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 82.8%の減少、前年度比 44.5%の減少となっている。

b) 方法論

1) 他の土地利用から転用された草地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

森林及び農地（田）から草地（牧草地）への転用については、他の土地利用から転用された農地同様、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、2.3.1.2 節）に示される式 2.16 を用いて国独自のバイオマスストック量を使った Tier 2 の算定方法を用いた。それ以外の土地利用からの転用については、デフォルト値を使った Tier 1 の算定方法を用いた。算定式は 6.5.2. b) 1) 節にあるとおりである。なお、転用に伴う生体バイオマスの損失の算定には単年の転用面積を用いた一方で、転用後の草地のバイオマスの成長は、転用後 5 年かけて一定の割合で定常状態に達すると想定し、直近 5 年間の転用面積の積算値を用いて算定を行った。

■ 各種パラメータ

○ 土地利用毎の生体バイオマスストック量

転用に伴うバイオマスストック変化量及び転用地におけるバイオマス成長によるストック変化量の推定には表 6-9、表 6-10 及び表 6-11 のパラメータを用いた。

○ 炭素含有率（CF）

森林の炭素含有率は我が国の針葉樹と広葉樹の平均値（0.50 t-C/t-d.m.）を用いた。森林以外の炭素含有率は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値（草地は 0.47 t-C/t-d.m.、それ以外は 0.5 t-C/t-d.m.）を用いた。

■ 活動量（面積）

他の土地利用から転用された草地の生体バイオマスの炭素ストック変化量の算定は、転用前後の生体バイオマスの一時的な損失については毎年の草地への転用面積（表 6-37）、後続する増加については直近年 5 年間の転用面積の積算値（表 6-38）を用いた。

○ 森林からの転用面積

6.5.1. b) 1) 節「○森林から他の土地利用区分への転用面積」で詳述している方法を用いて把握している。

○ 森林以外からの転用面積

表 6-2 に示したとおり、草地は日本の統計において農地の一部として取り扱われている。そのため、森林以外の土地利用から転用された草地（牧草地）は、6.5.2. b) 1) 6.5.1. b) 1) 節に記述した他の土地利用から転用された農地（4.B.2.）と同様の方法で把握した。ただし、開発地から草地への転用は発生しないため、開発地から転用された草地の面積は「NO」として報告した。

表 6-37 他の土地利用から転用された草地面積（1 年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された草地	kha	8.5	3.3	2.6	2.4	1.9	1.3	1.1	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1
森林から転用された草地	kha	3.4	0.5	0.1	0.5	1.2	0.9	0.6	0.2	0.2	0.6	0.6	0.4
農地から転用された草地	kha	1.9	1.0	1.5	1.7	0.7	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5
湿地から転用された草地	kha	0.3	0.02	0.05	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
開発地から転用された草地	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
その他の土地から転用された草地	kha	2.94	1.75	0.93	0.23	0.00	0.15	0.13	1.42	1.22	0.85	0.78	1.20

表 6-38 他の土地利用から転用された草地面積（5 年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された草地	kha	63.8	22.2	15.5	12.9	10.5	7.2	5.7	8.3	9.1	9.8	10.1	9.9
森林から転用された草地	kha	24.2	5.0	1.7	1.0	5.4	4.3	3.3	2.2	1.8	1.8	1.9	1.9
農地から転用された草地	kha	15.3	6.3	8.3	8.6	4.6	2.6	1.9	2.2	2.4	2.4	2.5	2.6
湿地から転用された草地	kha	0.7	0.1	0.1	NO	0.2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
開発地から転用された草地	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
その他の土地から転用された草地	kha	23.6	10.8	5.4	3.3	0.2	0.2	0.5	3.9	5.0	5.6	5.7	5.5

2) 他の土地利用から転用された草地における枯死有機物の炭素ストック変化量

■ 算定方法

本カテゴリーでは「森林から転用された草地」における枯死有機物の炭素ストック変化量を算定した。算定方法は、「他の土地利用から転用された農地（4.B.2.）」の算定方法と同様に、Tier 2 の方法を用い、転用前のストック量と転用後のストック量（ゼロ）の比較により算定した。なお、草地については、一般的に土地表層に幾分か炭素ストックが存在するものの、その規模は極微量で現時点では定量化できるデータがないため、転用後の草地での枯死有機物ストックの増加はゼロと見なしている（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、6.3.2、Tier 1）。

「農地から転用された草地」については、6.5.2. b) 3) 節に記載しているとおり、枯死有機物ストック量をゼロと想定しているため、炭素ストック変化が発生しないものと見なし「NA」として報告した。「湿地、その他の土地から転用された草地」については、農地への転用と同様、それぞれ干拓、復旧を対象としているため、6.5.2. b) 2) 節と同様の理由により、「NA」で報告した⁶。

⁶ 我が国で使用する統計では、農地化された土地の一部は牧草地（草地）である。

■ 各種パラメータ

転用前の森林における枯死木及びリターの平均炭素ストック量は表 6-12 及び表 6-13 のとおりである。1990 年度から 2004 年度にかけて平均炭素ストック量は求められていないため、それらの年には 2005 年度値を代用している。また、転用直後は枯死有機物のストックがゼロになり、その後の蓄積はないという想定の下で算定を行っている。なお、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol. 4、6.3.2.2 節）に従い、当該サブカテゴリーの枯死有機物の炭素ストックは、転用が行われた年に全て酸化し CO₂ として排出されると想定した。

■ 活動量

20 年間以内に草地へ転用された面積を用いた。

表 6-39 他の土地利用から転用された草地面積（20 年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された草地	kha	492.1	315.1	191.6	114.4	61.1	48.6	44.6	38.9	38.2	38.1	37.1	36.6
森林から転用された草地	kha	219.3	141.7	84.3	32.0	13.2	10.9	11.5	11.5	11.6	12.1	12.5	12.7
農地から転用された草地	kha	84.4	55.2	44.7	38.4	27.8	24.6	23.5	18.5	17.5	16.8	15.4	14.1
湿地から転用された草地	kha	2.3	2.2	1.7	0.9	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
開発地から転用された草地	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
その他の土地から転用された草地	kha	186.1	116.0	60.8	43.0	19.7	12.7	9.4	8.6	8.9	9.1	9.1	9.6

3) 他の土地利用から転用された草地における土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

6.5.1. b) 3) 節の転用のない農地（4.B.1.）と同様、草地の中の牧草地について、鉍質土壌の炭素ストック変化量については Tier 3 モデルを用いて算定を行った。このモデル算定では、土地転用の履歴も含め、1970 年以降に一度でも牧草地になった土地をすべて計算の地理的範囲に含めているため、算出された結果は、転用の有無にかかわらず全ての牧草地を含むことになる。したがって、鉍質土壌プールについては転用の有無で区別することなく報告することとし、他の土地利用から転用された牧草地における鉍質土壌の炭素ストック変化量は、転用のない牧草地における鉍質土壌の炭素ストック変化量に含まれるために「IE」とした。有機質土壌の耕起に伴う CO₂ 排出量については他の土地から転用された牧草地を算定対象とし、他の土地から転用された農地と同様な方法を用いて算定している。詳細については 6.5.1. b) 3) 節の記述を参照のこと。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス、枯死有機物、及び土壌に関する不確実性は、各パラメータ及び活動量ごとに、現地調査データ、専門家判断、又は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。その結果、他の土地利用から転用された草地による吸収量全体の不確実性は 21%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.5.2. b) 1) 節で説明したとおり、森林からの転用面積の把握方法が 1990～2004 年度までと 2005 年度以降とで異なっているものの、当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施して

いる。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 森林からの転用面積の修正

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された草地面積が再計算されたため、当該カテゴリーの生体バイオマス及び、枯死有機物の炭素ストック変化量、及び有機質土壌からの CO₂ 排出量を全年にわたり再計算した。

■ 森林の枯死木量の修正

単位面積当たりの枯死木量が、森林土壌インベントリ調査の調査をまとめた最新の知見に基づき 10 t-C/ha から 7.5 t-C/ha に修正された。これに伴い、森林からの土地利用変化が生じた際の枯死木の損失による炭素蓄積変化量が修正された。

■ 鉱質土壌面積、有機質土壌面積の修正

牧草地への転用面積の推計方法を見直したため、牧草地の他の土地から転用された面積が修正された。この再計算に伴い、有機質土壌と鉱質土壌面積を用いた炭素ストック変化量及び有機質土壌からの排出量が全年にわたり再計算された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

■ 他の土地利用カテゴリーから草地へ転用された面積に関するデータの取得方法

他の土地利用カテゴリーから転用された草地の面積データ取得に用いている方法を改善する必要がある。例えば、森林から草地への転用に関する面積把握方法については、現在は森林から農地及び草地へ転用された面積の合計に農地及び牧草地の面積比率を乗じることによって各転用面積を算定しているが、実態を反映していない可能性があるため、算定の妥当性や面積把握方法について現在検討を行っている。

■ 農地から草地への転用に関する面積把握方法

農地から草地への転用に関する面積把握方法については、現在、農地（田）－草地（牧草地）間以外の転用面積が統計より把握できないため、当該土地利用カテゴリーにおける炭素ストック変化量の算定が実態を完全には反映していないと考えられる。そのため、以下の転用面積の把握方法について現在検討を行っている。

- ・普通畑→牧草地、樹園地→牧草地、
- ・田→採草放牧地、普通畑→採草放牧地、樹園地→採草放牧地

■ その他の土地から草地への転用に伴う土壌炭素ストック変化量の算定方法

新たな知見等が入手できた際には、算定方法に関する検討を行う。

6.7. 湿地（4.D.）

湿地に該当する土地は、泥炭採掘地や 1 年を通して又は一部期間において水に覆われている、又は水に浸されている土地と定義される。CRT 報告では、湿地は泥炭採掘地、湛水地、その他の湿地の下位区分での報告が求められている。我が国では、その他の湿地下で沿岸湿地のマングローブ林及び海草・海藻藻場における炭素ストック変化量の報告を行う。ただし、生育地は基本的に水涯線外となり、国土面積に含まれていないため、本カテゴリー下で報告する湿地面積には含んでいない（表 6-41）。

我が国における湿地面積は約 135 万 ha であり、国土面積の約 3.6%を占めている。2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂純吸収量は 325 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 27.9%の減少、前年度比 0.8%の増加となっている。なお、2023 年度における沿岸湿地面積としては約 15 万 ha を報告しており、本カテゴリー下の、転用のない湿地における CO₂吸収量は沿岸湿地によるものである。

表 6-40 湿地における炭素ストック変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
4.D. 湿地	合計	kt-CO ₂	-450	-188	-65	-353	-284	-358	-309	-352	-321	-318	-322	-325
	生体バイオマス	kt-CO ₂	55.0	207.4	259.5	26.5	74.4	12.6	48.6	28.0	28.2	13.9	14.0	10.8
	枯死木	kt-CO ₂	8.9	33.6	42.0	4.3	12.1	2.0	7.8	2.7	2.7	1.3	1.3	1.0
	リター	kt-CO ₂	6	22	28	3	8	1	5	2	2	1	1	1
	鉱質土壌	kt-CO ₂	-520	-451	-394	-386	-378	-374	-370	-385	-354	-334	-338	-337
	有機質土壌	kt-CO ₂	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO
4.D.1. 転用のない湿地	合計	kt-CO ₂	-521	-452	-395	-387	-379	-374	-371	-385	-355	-335	-339	-338
	生体バイオマス	kt-CO ₂	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.2	-0.7	0.0	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7
	枯死木	kt-CO ₂	-0.08	-0.09	-0.10	-0.12	-0.04	-0.11	-0.01	-0.10	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11
	リター	kt-CO ₂	-0.005	-0.006	-0.007	-0.008	-0.003	-0.007	0.000	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
	鉱質土壌	kt-CO ₂	-520	-451	-394	-386	-378	-374	-370	-385	-354	-334	-338	-337
	有機質土壌	kt-CO ₂	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO
4.D.2. 他の土地から転用された湿地	合計	kt-CO ₂	70	264	330	34	95	17	62	33	34	17	17	13
	生体バイオマス	kt-CO ₂	55.5	207.9	260.1	27.2	74.7	13.3	48.7	28.7	28.9	14.5	14.6	11.5
	枯死木	kt-CO ₂	9.0	33.7	42.1	4.4	12.1	2.1	7.8	2.8	2.8	1.4	1.4	1.1
	リター	kt-CO ₂	5.9	22.0	27.5	2.9	7.9	1.4	5.1	1.9	1.9	0.9	0.9	0.7
	鉱質土壌	kt-CO ₂	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE	NA,NE
	有機質土壌	kt-CO ₂	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO	NA,NE, NO

表 6-41 湿地面積

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
湿地	kha	1,310	1,320	1,350	1,340	1,330	1,340	1,340	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
泥炭地	kha	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
湛水池	kha	1,310	1,320	1,350	1,340	1,330	1,340	1,340	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
その他の湿地(沿岸湿地)	kha	328.4	278.4	234.2	213.0	191.9	179.2	170.8	167.1	151.8	152.5	150.2	148.9
マングローブ林	kha	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
海草・海藻藻場	kha	328.1	278.1	233.9	212.7	191.6	178.9	170.4	166.8	151.5	152.2	149.8	148.5

6.7.1. 転用のない湿地（4.D.1.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、転用のない湿地（過去 20 年以上転用されず、継続して湿地であった土地）における炭素ストック変化量を取り扱う。

泥炭採掘地における、有機質土壌からの排出量については、国内調査を行った結果、泥炭採掘の実態はあるものの少量であり、信頼できる精度での排出量算定は難しい状況であるため、MPGs の微小排出量基準を適用した「NE」で報告した。

転用のない湛水池の炭素ストック変化量は、2006 年 IPCC ガイドラインでは、Appendix 扱いのため現時点では算定をしておらず「NE」として報告した。

その他の湿地カテゴリーにおいて、沿岸湿地のマングローブ林と海草・海藻藻場における炭素ストック変化量を算定した。マングローブ林は沖縄と鹿児島に合計で約 0.9 kha ほど存在しているが、本カテゴリー下では「4.A. 森林」に区分されないマングローブ林（約 0.3 kha）を算定の対象とした。海草・海藻藻場については、海中の CO₂ を光合成により吸収して有機炭素化した炭素のうち、4 つの貯留プロセスにより長期（100 年以上）貯留される炭素貯留量の算定を行った。4 つの貯留プロセスによる炭素貯留は他の土地利用の各炭素プールにお

ける炭素ストック変化の算定とは異なり、全炭素貯留量を「転用のないその他の湿地」の鉱質土壌炭素プールで報告した。これは、主な炭素貯留が堆積や埋没といった土壌関係で生じていることを加味したことによる。生体バイオマスと枯死有機物炭素プールについては、長期貯留には寄与せず、炭素量の増加と減少がバランスしているため「NA」を用いた。沿岸湿地からの炭素貯留に伴う CO₂ 吸収量は、下表のとおりである。

表 6-42 沿岸湿地における炭素ストック変化量に起因する排出量及び吸収量

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
その他の湿地(沿岸湿地)	kt-CO ₂	-520.7	-451.7	-394.9	-387.1	-378.7	-374.5	-370.5	-385.4	-354.7	-334.7	-339.2	-338.1
マングローブ林	kt-CO ₂	-1.8	-1.9	-2.1	-2.3	-1.8	-2.3	-1.6	-2.3	-2.4	-2.3	-2.3	-2.3
海草・海藻藻場	kt-CO ₂	-518.9	-449.7	-392.8	-384.8	-376.9	-372.1	-369.0	-383.1	-352.3	-332.4	-336.9	-335.8

b) 方法論

1) 泥炭採掘からの排出

微小排出基準の適用においては、以下の推計を実施した。採掘現場（on-site）及び、採掘後持ち出された泥炭（off-site）の両方について、いずれも 2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、Chp.7）の Tier 1 の方法論に則った試算を行った。泥炭採掘は北海道地方で行われており、専門家判断により、気候・土壌条件は Boreal and Temperate、Nutrient-Poor に当てはまるとした。

採掘現場（on-site）における CO₂ 排出量については、我が国において泥炭採掘の行われている面積は、民間事業者へのヒアリングより約 150 ha、排出係数（泥炭の炭素含有量）はデフォルト係数 0.2 t-C/ha（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、Chp.7、Table 7.4、Boreal and Temperate、Nutrient-Poor）を用いた。この結果の概算値はおよそ 0.1 kt-CO₂であった。

採掘後持ち出された泥炭（off-site）の CO₂ 排出量については、2003 年以降、土壌改良資材の生産量及び輸入量調査（農林水産省）に、およそ 17～34 kt-d.m.の泥炭生産量が報告されている。排出係数（泥炭の炭素含有量）はデフォルト係数 0.45 t-C/t-d.m.（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、Chp.7、Table 7.5、Boreal and Temperate、Nutrient-Poor）を用いた。この結果の概算値はおよそ 30～50 kt-CO₂であった。

N₂O の排出については、Tier 1 では Nutrient-Rich の場合のみが対象となることから、試算は実施しなかった。

以上の結果より、泥炭採掘による GHG 排出量は MPGs の閾値に加え、我が国で独自に設定した基準値（2005 年の LULUCF 吸収量の 0.1%に相当する 90 kt-CO₂）を下回るレベルにあると想定され、「重要でない NE」とした。詳細は別添 6 を参照のこと。

2) マングローブ林における炭素ストック変化量

i) マングローブ林における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

Tier 1 のゲイン・ロス法を用いて算定した。マングローブ林の材積量、伐採量のデータは得られないことから、転用のないマングローブ林の炭素ストック量は一定状態にあると想定し、湿地ガイドラインのデフォルト値を用いてのマングローブ林の平均生体バイオマスストック量を設定した。その上で、(a)マングローブの面積増加に伴う生体バイオマスの炭素ストック増加量と、(b)面積減少に伴う全生体バイオマスストックの炭素損失量を計算した。マングローブ生息面積増減はそれぞれの群落レベルで判断した。

■ 各種パラメータ

○ 平均生体バイオマスストック量、成長量

湿地ガイドラインのデフォルト値の地上バイオマスストック量、地上部地下部比率（R）、

炭素含有率（CF）を使用する（表 6-43）。マングローブ林の面積増加時の成長に伴う地上バイオマス成長量については、湿地ガイドラインに提示されているデフォルト値を用いると、成長期間が4年で定常状態に達してしまい明らかに短いため、成長量は IPCC ガイドラインで一般的に用いられる土地転用期間の20年間で線形に平均蓄積まで到達すると仮定した。

表 6-43 マングローブ林の生体バイオマスの算定パラメータ

パラメータ	値	出典
地上バイオマスストック量	75 [t-d.m./ha]	湿地ガイドライン、Table 4.3, subtropical
地上バイオマス成長量	3.75 [t-d.m./ha/yr]	上段の地上バイオマスストック量に20年間で到達すると想定した年間変化量
地上部地下部比率（R）	0.96	湿地ガイドライン、Table 4.5, subtropical
炭素含有率（CF）	0.451 [t-C/t-d.m.]	湿地ガイドライン、Table 4.2

■ 活動量

生体バイオマス増加量の算定は、過去20年間の増加面積、生体バイオマス損失量の算定は、当該年の減少面積を用いた。これらの面積は、それぞれマングローブ群落別でのグロスの面積増減から把握した。

マングローブ林の増減面積は、下記に示すような、国内各種調査のデータを組み合わせて使用した（表 6-44）。調査のない中間年は群落レベルで線形に増減しているものとした。

浚渫対象となり失われたマングローブ林の面積は、増野他（2012）より石川川の、また、内閣府沖縄総合事務所資料より比屋根湿地の、各浚渫が行われた面積を推計した。

なお、全マングローブ林のうち、4.A 森林の対象となる森林計画対象森林に含まれていないマングローブの抽出については、森林面積との重複に関する調査を実施したところ、1990年以降の時系列ではほぼ一定の割合（全面積の36%）が森林対象外のマングローブに該当することが分かったことから、全マングローブ林の活動量及び各炭素プールの炭素ストック変化共に36%を乗じた値を、湿地カテゴリー下の報告対象とした。

表 6-44 マングローブ林の面積の推計に用いた文献

年度	参考文献
1961年、2007年	「マングローブ林の変遷」（沖縄県）
1973年	「マングローブに関する研究 I. 日本におけるマングローブの分布」（中須賀他、日本生態学会誌 24(4), 1974）
1977年、1993-1995年、2001年	「沿岸生態系と海面上昇モニタリングを目的とした沖縄県内のマングローブ分布状況調査」（国際マングローブ生態系協会, 2003）
2019年	「鹿児島&沖縄マングローブ探検」（マングローバル）

ii) マングローブ林における枯死有機物の炭素ストック変化量

■ 算定方法

Tier 1 のゲイン・ロス法を用いて算定した。マングローブ林の観測では、枯死有機物は飽和せずに蓄積が進んでいると考えられるが、蓄積速度のデータが得られないため、転用のないマングローブ林の枯死有機物量は一定状態にあると想定し、マングローブ林の平均枯死有機物量を設定した。その上で、(a) マングローブの面積増加時の枯死有機物の増加（※生体バイオマスと同様に20年間で平均蓄積量まで増加すると想定）、(b) 面積減少時の枯死有機物の炭素損失（マングローブ林がなくなった年に元々存在していた枯死有機物が全量損失すると想定）を計算する。

■ 各種パラメータ

湿地ガイドライン（Table 4.7）の枯死木量（10.7 t-C/ha）、リター量（0.7 t-C/ha）を使用した。

■ 活動量

上記の2) i) で示したマングローブの増加面積及び減少面積を使用した。

iii) マングローブ林における土壤炭素の炭素ストック変化量

■ 算定方法

Tier 1 のゲイン - ロス法を用いて算定した。湿地ガイドラインでは、マングローブの再植林、植林時の土壤炭素ストック増加を示す年間吸収係数をデフォルト値として与え、土壤炭素蓄積は、マングローブ植生の自然状態、または排水していない土壤炭素蓄積と同等のストックまで続くと説明されている。通常、マングローブ林では土壤部へのインプットがアウトプットより卓越していると考えられるため、デフォルトの土壤の吸収係数を適用可能と仮定し、1960年以降のデータが明らかな新規増加面積のみならず、全マングローブ面積を対象として、土壤炭素蓄積増加が継続的に生じているとみなし、マングローブ全面積に吸収係数を乗じて土壤炭素増加量を計算する。

マングローブの面積減少については、我が国ではマングローブは基本的に保護区に設定されており 1990 年以降宅地化や畑地化といった土地利用変化は基本的に発生していないものの、直接もしくは間接的な人為的要因により必要以上に増えすぎたマングローブを伐採する場合と、土砂堆積等の環境悪化、自然かく乱と言った要因で面積が減少する場合がある。土壤炭素の損失については、マングローブ地域の減少において土壤の掘削が行われた場合のみ、マングローブ群落造成時から蓄積された土壤中の炭素損失量を計算する。面積減少がバイオマス部分の伐採、土砂堆積等の環境変化、自然かく乱による倒木裸地化などでは、土壤炭素損失量の計算は行わない。

■ 各種パラメータ

土壤吸収係数は、我が国ではマングローブの生育地としては北方に位置し、世界的なマングローブ生育地の中では比較的寒い地域に入ることから吸収係数が比較的小さいと考えられるため、湿地ガイドライン (Table 4.12) デフォルト吸収係数 (下限値) の 1.3 t-C/ha/yr を使用する。

土壤損失算定に用いる土壤炭素蓄積量は、1990 年以降に土壤浚渫が実施された面積推計が可能な場所において、それぞれにおける植林開始年から浚渫実行年までの期間の土壤炭素蓄積量を上記の吸収係数を乗じて計算した。

■ 活動量

上記の2) i) で示したマングローブ林の総面積を使用した。

3) 海草・海藻藻場における炭素ストック変化量

i) 海草・海藻藻場における炭素貯留

■ 算定方法

○ 藻場の算定対象

海草・海藻藻場生態系については、藻場で一次生産された有機炭素の一部が、堆積物、深海、あるいは海水中に長期間貯留されることが明らかにされており (例えば、Krause-Jensen and Duarte, 2016)、我が国でも同知見に基づく国独自の生態系モデル算定手法 (Tier 3) を開発し、100年以上⁷の長期間に貯留されると評価される藻場由来炭素貯留量の推計を行った。

⁷ 「何年間貯留されれば、炭素貯留とみなせる」という基準は IPCC ガイドラインで明確に与えられていないが、

従って、湿地ガイドラインで提供している、海草藻場の新規移植・造成に限らず、現状として管理がなされているとみなせる海域に存在する海草・海藻藻場全体からの炭素貯留を算定対象とした。

我が国では海洋に対して「海洋基本計画」を作成しており、領海内の全ての海岸に政府の管轄権が及んでいること、沿岸域は人為的な影響を受けやすい環境下あること、海岸法における「海岸保全基本方針」に基づき、我が国のすべての海岸線を区分し、当該区分毎に、干潟や藻場等の自然環境を含む総合的な海岸環境の整備と保全の実施を目的とした「海岸保全基本計画」が策定されていることを踏まえ、藻場を含む沿岸域全体を人為的管理対象地とみなし、天然藻場全体を対象として排出量及び吸収量の推計に含めることとした。

○ 藻場の炭素貯留量算定モデル (Tier 3)

海草・海藻藻場における炭素貯留は、2020 年より我が国で実施された研究プロジェクト（以下、農水プロ研という。）⁸において開発された方法論に従って評価を行った。考慮した貯留プロセスは 1) 藻場内堆積貯留、2) 深海貯留、3) 藻場外堆積貯留、4) RDOC（難分解性溶存態有機炭素）貯留、の 4 つのプロセスで（詳細は以下の箱囲み内を参照）、海草・海藻による年間純一次生産量に対し、それぞれのプロセスにおいて、海底・海中に長期間貯留される割合を示す残存率を設定して、炭素貯留量を推計した。同プロジェクトにおける研究成果については、全てが学術論文として公開はされていないが、算定方法や各種パラメータは藻場や GHG 算定の専門家より構成される国内委員会による第三者検証（QA）によって、その妥当性についての検討を実施した。また、国内向け（日本語）には、算定方法のガイドンスが公開されている⁹。

海草・海藻藻場における炭素貯留プロセス

- 1) 藻場内堆積貯留：枯れた海草・海藻が藻場内の海底に堆積し、長期間貯留されるプロセス
- 2) 深海貯留：波浪などでちぎれた海草・海藻が流れ藻となって沖合に流出し、浮力を失って深海へ沈降し長期間貯留されるプロセス
- 3) 藻場外堆積貯留：枯れた海草・海藻、その細分化された破片が流出し、長期間 CO₂ に戻らない難分解性の細片（粒子状）となり、藻場外の沿岸域に堆積して長期間貯留されるプロセス
- 4) RDOC 貯留：海草・海藻が放出する難分解性の溶存態有機炭素が長期間にわたり海水中に貯留されるプロセス。難分解性溶存態有機炭素（Refractory Dissolved Organic Carbon）の頭文字から RDOC と呼ぶ

（出典）「海草・海藻藻場の CO₂ 貯留量算定ガイドブック」（国立研究開発法人 水産研究・教育機構）

○ 算定式

藻場の CO₂ 貯留量は、単位面積当たりに藻場が貯留する CO₂ 量（吸収係数）に、藻場面積（活動量）を乗じて算定する。吸収係数は、藻場の単位面積当たりの年間純一次生産量 [g/m²/yr] に対し、それぞれの貯留プロセスにおける残存率 ($r1 \sim r4$) を乗じて設定した。この際、年間純一次生産量は、実態としてモニタリングが容易な藻場の最大現存量 (B_{max}) に

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection (GESAMP) 2019 の提言も踏まえて 100 年間で持続性基準として用いた。

⁸ 農林水産省 みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業 農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」（JPJ008722）

⁹ 2023(R05). 11.1 海草・海藻藻場の CO₂ 貯留量算定に向けたガイドブックの公開について（国立研究開発法人水産研究・教育機構）https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/20231101_kaisou.html

対して純一次生産量への変換係数 (P/B_{max}) を乗じて計算した。更に、炭素含有率と、炭素- CO_2 比、及び生態系変換係数 (海藻の現存量を調整する係数¹⁰⁾) を乗じた値を吸収係数としている。

$$CO_{2sq_sgsw} = \sum_{i,j} (RF_{i,j} \times Area_{i,j}/100)$$

$$RF_{i,j} = RF'_{i,j} \times CF \times E \times 44/12$$

$$RF'_{i,j} = \left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times B_{max_{i,j}} \times r2_{i,j}$$

$$+ \left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times B_{max_{i,j}} \times r3_{i,j}$$

$$+ \left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times B_{max_{i,j}} \times r1_{i,j} \times (1 - r2_{i,j} - r3_{i,j})$$

$$+ B_{max_{i,j}} \times r4_{i,j}$$

$$= B_{max_{i,j}} \times \left[\left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times \{r1_{i,j} \times (r2_{i,j} + r3_{i,j})(1 - r1_{i,j})\} + r4_{i,j} \right]$$

CO_{2sq_sgsw}	: 藻場による年間 CO_2 貯留量 [t- CO_2 /yr]
$Area_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の面積 [ha]
$RF_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の吸収係数 (単位面積当たり年間 CO_2 貯留量 [g- CO_2 /m ² /yr])
$RF'_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の単位面積当たり年間有機物長期貯留量 [g/m ² /yr]
$P/B_{max_{i,j}}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の生産量/最大現存量比 [(g/m ² /yr)/(g/m ²)]
$B_{max_{i,j}}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の最大現存量 [g/m ²]
$r1_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の難分解貯留に関する残存率 ※堆積貯留、深海貯留に関する残存率も包含する値のため、難分解貯留計算時には堆積貯留分、深海貯留分の残存率は控除する
$r2_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の堆積貯留における残存率
$r3_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の深海貯留における残存率
$r4_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の RDOC 貯留における残存率 ※RDOC 残存量を計算するための係数を含んだ値
CF	: 炭素含有率
E	: 生態系変換係数 (国の算定では $E=1$)
i	: 藻場の生育する海域区分
j	: 藻場タイプ

○ 藻場区分

我が国では、海草類が約 15～20 種類、海藻類が約 1,000 種分布しており、各種 CO_2 吸収プロセスの類似性から、我が国の藻場タイプを分類した。このうち、天然藻場に関する 16 タイプを用いて算定を実施した。藻場タイプと、各藻場タイプにおける貯留プロセスの対応関係は下表のとおりである。また、吸収係数の設定においては、同じ藻場タイプであっても、藻場を構成する種は海域によって異なるため、9つの海域区分を設定した (下図)。これらは、いずれも農水プロ研における成果を活用している。

¹⁰ 葉上の付着珪藻や混生する他の海藻の現存量が無視できない場合などに、追加的な補正を行うための係数。国全体の算定では、同補正は適用してない。

表 6-45 算定対象の藻場タイプと算定する貯留プロセス

藻場タイプ		主要種	貯留プロセス			
			堆積貯留	深海貯留	難分解貯留	RDOC貯留
海草藻場	アマモ型	アマモ、スゲアマモ、コアマモなど	○	○	○	○
	タチアマモ型	タチアマモ	○	○	○	○
	スガモ型	スガモ、エビアマモなど		○	○	○
	亜熱帯小型	ウミヒルモ類、マツバウミジグサ、コアマモ(亜熱帯型)など	○	○	○	○
	亜熱帯中型	リュウキュウスガモ、ベニアマモリュウキュウアマモなど	○	○	○	○
	亜熱帯大型	ウミショウブ	○	○	○	○
海藻藻場	コンブ類	マコンブ型		○	○	○
		ナガコンブ型		○	○	○
	アラメ・カジメ類	アラメ型		○	○	○
		カジメ型		○	○	○
		ワカメ型		○	○	○
	ガラモ類	温帯性ホンダワラ型	○	○	○	○
		亜熱帯性ホンダワラ型		○	○	○
	小型海藻類	小型緑藻型		○	○	○
		小型紅藻型		○	○	○
		小型褐藻型		○	○	○

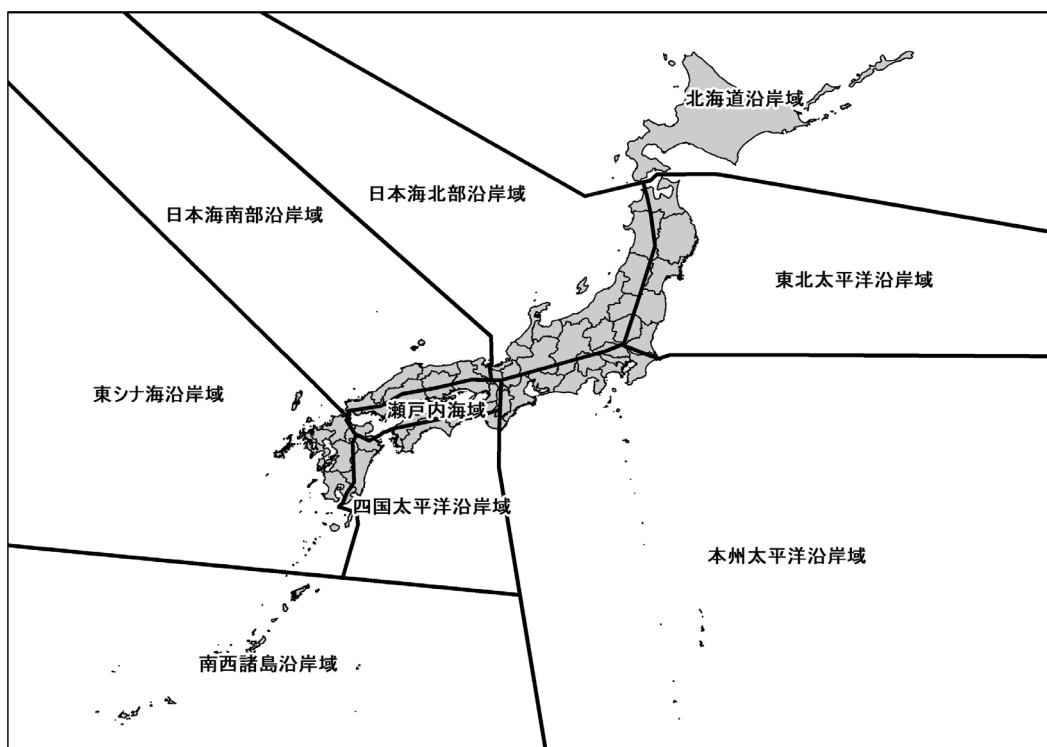


図 6-7 藻場の炭素貯留量算定に用いる 9つの海域区分

(出典)「海草・海藻藻場の CO₂ 貯留量算定ガイドブック」国立研究開発法人 水産研究・教育機構 (2023)

■ 各種パラメータ

○ 最大現存量 (B_{max})

藻場の最大現存量 (B_{max}) は、我が国で実施された研究プロジェクト内で評価した現存量の値を時系列で一括して適用した。この値は時系列的に変化する値であり、将来的なモニタリングや過去データの集約作業等で、より実態を反映しうるデータが入手出来た際には、算定への反映も検討している。

○ 生産量/現存量比 (P/B_{max})

バイオマス量を一次生産量に変換する係数 (P/B_{max}) は農水プロ研で集約した結果を用いた。

○ 残存率

堆積貯留に関する残存率 (r_2) は、堆積土壌コアの炭素貯留割合についての分析により得られた値 (Miyajima et al., 2022) より設定した。この分析では湿地ガイドラインの沿岸湿地デフォルト土壌深度 1m を使用し、我が国周辺海域の堆積速度では大体 2000 年スケールの堆積速度に相当する。

深海貯留に関する残存率 (r_3) は、Abo et al. (2019)、Taniguchi et al. (2022) を踏まえて、藻場から枯死流出した草体量のうち深海に到達した草体量を設定し、日本近海の枯死流出量に対する深海へ到達した量の割合から残存率を求めた。

難分解貯留に関する残存率 (r_1) は、既存文献では長期貯留を想定したものがないため、農水プロ研において、各藻場タイプの分解実験を実施し、分解モデルに実測値を当てはめて 100 年後有機炭素残存率を求めた。なお、この値は堆積貯留、深海貯留に関する残存率も含んだ数値となるため、難分解貯留のみを推計する場合には堆積貯留、深海貯留分は控除する。

RDOC 貯留については、「藻場の現存量」に「DOC 放出速度」と「RDOC%」を乗ずる方法論 (Watanabe et al., 2020) を採用した。RDOC%は、DOC 分解実験を実施し、分解モデルに実測値を当てはめて 100 年後有機炭素残存率を計算した。この貯留プロセスのみ、純一次生産量比ではなく、現存量比での算定となる。

○ 炭素含有率 (CF)

藻場の乾燥重量を有機炭素量に換算するための炭素含有率 (CF) は、我が国で実施された研究プロジェクトにおいて算出した 30%を利用した。

以上を踏まえて、藻場タイプ別・海域区分別にまとめた吸収係数は下表のとおり。

表 6-46 藻場タイプ別・海域区分別吸収係数 [$\text{g-CO}_2/\text{m}^2/\text{yr}$]

藻場タイプ	北海道	東北太平洋	日本海北部	日本海南部	中部太平洋	瀬戸内海	四国太平洋	九州東シナ	南西諸島
アマモ	490.39	224.11	593.20	381.56	593.20	232.10	381.56	280.52	
タチアマモ	847.77	212.74	847.77	847.77	847.77				
スガモ	2039.74	1780.41	713.21	713.21	535.52				
亜熱帯小型									108.79
亜熱帯中型									305.91
亜熱帯大型									336.35
マコンブ	164.18	468.66	468.66						
ナガコンブ	110.70								
アラメ		274.72		127.16	423.02		162.69	127.16	
カジメ		61.55	15.54	151.57	49.39	126.08	25.24	20.28	
ワカメ	58.48	116.28	58.48	25.70	23.71	47.49	12.23	15.83	
温帯性ホンダワラ	312.03	158.86	60.50	219.24	31.56	155.21	27.33	105.50	
亜熱帯性ホンダワラ							128.51	21.31	41.97
小型緑藻	4.16	9.95	5.54	7.05	6.05	9.70	1.89	4.16	17.76
小型褐藻	112.69	7.91	11.68	63.91	1.19	19.90	30.51	14.88	9.35
小型紅葉	52.38	22.90	56.94	17.57	1.52	30.24	22.76	15.98	4.36

(出典)「海草・海藻藻場の CO₂ 貯留量算定に向けたガイドブック」(国立研究開発法人 水産研究・教育機構)

■ 活動量

吸収係数の分類に合わせた海域区分別、藻場タイプ別面積を活動量とした。

【2018 年以降】

港湾空港技術研究所で作成した藻場分布推計モデル (Moki et al. 2023) を用いた。本モデルは、地形・底質・クロロフィル濃度・水温などの環境データと藻場推定アルゴリズムを用いた藻場分布面積推計手法であり、対象海域 は日本全国の水深 0~50m 範囲、空間解像度

250m を計算条件とした。

【2017 年まで】

1990～2017 年においては、同等の環境データを時系列で得ることができないため、下表に示すデータ・方法論を適用して構築した。この際、1990 年、1999 年の環境省データは、上述のモデル推計に用いた海域区分、及び藻場タイプと完全には一致していなかったため、専門家において検討を行い、比例配分等により妥当性があると考えられる時系列データを構築した。

表 6-47 藻場面積の推計に用いた方法論とデータ

年	出典
1990 年	環境省 自然環境保全基礎調査 ^{注1} 第 4 回調査データ
1991～1998 年	1990 年と 1999 年のデータから、海域区分別、藻場タイプ別に線形内挿
1999 年	環境省 自然環境保全基礎調査第 5 回調査データ
2000～2017 年	1999 年と 2018 年のデータから、海域区分別、藻場タイプ別に線形内挿
2018～2023 年	藻場分布推計モデルから推計 使用した環境データ： 水温・クロロフィル a 濃度：地球観測衛星「しきさい」(JAXA) の情報 地形：日本海における大規模地震に関する調査検討会（国交省水管理・国土保全）、Global tsunami Terrain Model、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会（内閣府）、南海トラフ巨大地震モデル検討会（内閣府）の情報 底質データ：dbSEABED (INSTAAR)、北西太平洋底質メッシュデジタルデータ第二版（日本水路協会）

注 1：南西諸島が含まれていないため、南西諸島のみ 2018 年と 2019 年の変化から 1990 年まで外挿により作成（2024 年提出時算定結果を使用）

表 6-48 藻場タイプ別面積

藻場タイプ	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
アマモ	ha	26,379	22,595	20,083	22,664	25,246	26,794	27,827	30,746	29,003	27,713	27,555	27,618
タチアマモ	ha	10,194	7,599	5,236	3,802	2,367	1,507	933	72	71	74	69	62
スガモ	ha	5,400	4,423	3,811	4,656	5,502	6,009	6,347	7,129	6,555	5,985	6,146	6,069
亜熱帯小型	ha	900	806	729	723	717	713	711	754	569	607	598	613
亜熱帯中型	ha	4,690	4,442	4,217	4,084	3,952	3,872	3,819	3,968	2,506	3,218	2,934	2,925
亜熱帯大型	ha	69	65	62	60	58	57	56	58	37	47	43	43
マコンブ	ha	5,250	13,329	19,246	16,510	13,774	12,133	11,038	10,237	9,828	8,800	9,347	9,429
ナガコンブ	ha	1,105	3,611	5,483	4,815	4,147	3,746	3,479	3,510	3,154	2,232	2,766	2,104
アラメ	ha	61,593	39,077	20,228	16,045	11,861	9,351	7,678	5,336	5,268	5,450	5,325	5,000
カジメ	ha	34,548	27,462	21,228	18,407	15,586	13,894	12,765	11,868	11,527	11,575	11,464	11,128
ワカメ	ha	27,477	23,379	19,405	15,925	12,446	10,359	8,967	7,094	6,801	6,829	6,785	6,742
温帯性ホンダワラ	ha	85,602	73,303	61,962	54,452	46,942	42,436	39,432	36,552	34,426	35,423	33,716	32,663
熱帯性ホンダワラ	ha	12,572	11,574	10,673	10,164	9,655	9,350	9,147	9,346	6,582	8,172	7,709	7,432
小型緑藻	ha	10,374	10,277	10,088	9,528	8,967	8,631	8,407	8,717	7,573	7,395	7,632	7,768
小型紅藻	ha	23,150	20,226	17,380	14,843	12,305	10,783	9,768	8,702	7,709	7,873	7,631	8,095
小型褐藻	ha	18,825	15,951	14,052	16,056	18,059	19,261	20,063	22,668	19,872	20,763	20,112	20,839
合計	ha	328,129	278,120	233,882	212,733	191,585	178,896	170,436	166,756	151,481	152,156	149,833	148,530

ii) 海草・海藻藻場における掘削に伴う炭素ストック損失量

■ 算定方法

海草・海藻藻場の消失が掘削により生じた場合の炭素ストック変化を湿地ガイドラインの Tier 1 に基づき整理した。バイオマスについては、木本が存在しない生態系では算定不要、枯死有機物はマングローブ林のみが算定対象となることから、藻場の消失時は算定不要であり「NO」として報告した。

土壌については、藻場の存在している場所において、浚渫・掘削に伴う陸揚げを行った場合は、深さ 1m までに含まれる炭素量が好気分解による CO₂ 排出算定対象となるが、我が国では対象となる活動実態がほとんどなく、専門家判断に基づき過去の時系列の推計においては NO として報告した（活動量の説明を参考のこと）。なお、今後、大規模な藻場の消失を

伴う掘削活動が生じた場合には、土壌における排出量の算定を実施する。

■ 活動量

我が国では、港湾区域において航路浚渫等が定期的に行われているが、航路は一般的に水深が深く高濁度であるため、植生の生息に必要な光量が海底に到達しない場であるケースがほとんどである。また、航路浚渫において藻場の消失が確認された主だった事例でも、ごく一部の藻場の消失が単発で生じたのみであり、港湾区域における航路浚渫等に伴う藻場消失量は、十分無視できるほど軽微であり、その他の管理対象の水域についても、同様に考えられることから、浚渫・掘削による影響は軽微であると判断できる。これに基づき、専門家判断（令和5年度算定方法検討会）において、本活動におけるCO₂排出量は無視できると整理した。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

マングローブ林の生体バイオマス、枯死有機物、及び土壌に関する不確実性は、パラメータごとに湿地ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。活動量は一般的な全数検査の不確実性10%とした。海草・海藻藻場のパラメータの不確実性は、農水プロ研の観測結果の標準誤差から17%、活動量の不確実性は観測結果の年変動から8%とした。その結果、転用のない湿地による排出量全体の不確実性は19%と評価された。

■ 時系列の一貫性

マングローブ林面積の把握方法に複数の統計を使用しているが、データの連続性を確認しており当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

藻場については、同一の方法論、パラメータを全時系列で適用している。面積時系列は複数のデータソースを用いて構築しているが、過去の調査データは直近で入手できるデータとは精度や評価方法が異なることから、時系列の一貫性を担保できるように、藻場の専門家が藻場の生態を踏まえて妥当な評価値となる様に時系列面積推計を行い、その値をGHGインベントリに利用した。以上から当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006年IPCCガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリQC手続きを実施している。一般的なインベントリQCには、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC活動については、別添4に記述している。

e) 再計算

■ 吸収係数の修正

一部の海草・海藻タイプにおける吸収係数が修正された。この修正に伴い、海草・海藻藻場の吸収量が全年にわたり再計算された。

■ 面積推計に用いた環境データの更新

藻場の面積推計に用いている環境データ（GCOM-C）の更新により、2000年以降の藻場面積値が修正された。この面積値の修正に伴い、2000年以降の藻場における吸収量が再計算された。

再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

沿岸湿地における炭素排出量及び吸収量の算定は引き続き精査を進める予定。

6.7.2. 他の土地利用から転用された湿地（4.D.2.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、他の土地利用から転用された湿地（過去 20 年間に於いて他の土地利用から転用されて湿地（湛水地）になった土地）における炭素ストック変化量を取り扱う。2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 13 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 71.2%の減少、前年度比 7.7%の減少となっている。

b) 方法論

1) 他の土地利用から転用された湿地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

他の土地利用から転用された湿地（湛水地）における炭素ストック変化量の算定には、他の土地利用から転用された農地同様、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、2.3.1.2 節）に示される式 2.16 を用いて国独自のバイオマスストック量を使った Tier 2 の算定方法を用いた。算定式は 6.5.2. b) 1) 節にあるとおりである。

■ 各種パラメータ

○ 土地利用毎の生体バイオマスストック量

土地利用の転用に伴うバイオマスストック変化量の推定には表 6-9、表 6-10、及び表 6-11 に示すとおりである。

○ 炭素含有率（CF）

森林の炭素含有率は我が国の針葉樹と広葉樹の平均値（0.50 t-C/t-d.m.）を用いた。森林以外の炭素含有率は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値（草地は 0.47 t-C/t-d.m.、それ以外は 0.5 t-C/t-d.m.）を用いた。

■ 活動量（面積）

○ 他の土地利用から転用された湿地（ダム）面積

森林から転用されたダム面積と、転用前の土地利用毎の面積割合のうち森林に該当する割合を基に推計した。森林から転用された面積は、6.5.2.b) 1) 節に記述した方法で把握した。ダム転換前の土地の種類別面積については、一部の大規模ダムにおける水没農地面積、水没戸数の情報より、農用地（農地及び草地）、開発地、それ以外の土地利用からダムに転用された割合を推計した。農用地から転用された湿地面積の内訳は、他のカテゴリーと同様に、現況土地利用の面積割合を用いて農地と草地に按分して把握した。他の土地利用から転用された湿地の総面積から、森林、農地、草地、開発地からの転用面積を差し引いた剰余分は、その他の土地からの転用面積とした。

表 6-49 他の土地利用から転用された湿地面積（1年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された湿地	kha	0.45	1.69	2.12	0.22	0.61	0.11	0.39	0.14	0.14	0.07	0.07	0.06
森林から転用された湿地	kha	0.33	1.23	1.53	0.16	0.44	0.08	0.28	0.10	0.10	0.05	0.05	0.04
農地から転用された湿地	kha	0.030	0.100	0.133	0.015	0.038	0.006	0.025	NO	NO	NO	NO	NO
田	kha	0.007	0.023	0.089	0.013	0.023	0.003	0.015	NO	NO	NO	NO	NO
普通畑	kha	0.012	0.049	0.014	0.002	0.012	0.003	0.007	NO	NO	NO	NO	NO
樹園地	kha	0.010	0.028	0.031	0.0004	0.003	0.001	0.002	NO	NO	NO	NO	NO
草地から転用された湿地	kha	0.003	0.023	0.021	0.001	0.006	0.002	0.004	NO	NO	NO	NO	NO
開発地から転用された湿地	kha	0.0016	0.0060	0.0075	0.0008	0.0022	0.0004	0.0014	0.0005	0.0005	0.0003	0.0003	0.0002
その他の土地から転用された湿地	kha	0.09	0.34	0.42	0.04	0.12	0.02	0.08	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02

2) 他の土地利用から転用された湿地における枯死有機物の炭素ストック変化量

本カテゴリーにおいては、森林から転用された湿地における枯死木及びリターの炭素ストック変化量を算定する。

■ 算定方法

6.5.1. b) 2) 節の算定方法と同様に、Tier 2 の算定方法を適用して算定した。

■ 各種パラメータ

○ 森林の枯死有機物炭素ストック量

転用前の森林における枯死木及びリターの平均炭素ストック量は表 6-12 及び表 6-13 のとおりである。転用直後は枯死有機物のストックがゼロになり、その後の蓄積はないという想定の下で算定を行っている。

■ 活動量（面積）

○ 森林から転用された湿地地面積

1年間に森林から転用された湿地の面積を用いた。当該面積は表 6-49 に示されている。

表 6-50 他の土地利用から転用された湿地面積（20年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された湿地	kha	27.9	24.6	26.8	21.9	20.2	18.6	16.8	9.8	7.8	6.0	5.6	5.2
森林から転用された湿地	kha	19.8	17.8	19.4	15.9	14.6	13.5	12.2	7.1	5.6	4.4	4.0	3.8
農地から転用された湿地	kha	1.8	1.5	1.7	1.4	1.3	1.2	1.0	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3
草地から転用された湿地	kha	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
開発地から転用された湿地	kha	0.10	0.09	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
その他の土地から転用された湿地	kha	5.8	4.9	5.4	4.4	4.0	3.7	3.4	2.0	1.6	1.3	1.2	1.1

3) 他の土地利用から転用された湿地における土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 森林から転用された湿地における土壌の炭素ストック変化量

転用後は貯水池（ダム）となり土壌が嫌気状態になると想定され、有機物の分解に伴う CO₂ 排出は極めて少ないとみなされるため、「NA」として報告した。

○ 森林以外の他の土地利用から転用された湿地（湛水地）における土壌炭素ストック変化量

2006 年 IPCC ガイドラインに方法論が提示されておらず、現在データ不足のため算定を行っていない。したがって当該炭素プールの炭素ストック変化量は「NE」として報告した。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス、枯死有機物、及び土壌に関する不確実性は、各パラメータ及び活動量ご

とに、現地調査データ、専門家判断、又は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。その結果、排出量が計算されている年については、他の土地利用から転用された湿地による排出量全体の不確実性は 23%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.5.2. b) 1) 節で説明したとおり、森林からの転用面積の把握方法が 1990～2004 年度までと 2005 年度以降とで異なっているものの、当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 森林からの転用面積の修正

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された開発地面積が再計算されたため、当該カテゴリーの 2005 年度以降の生体バイオマス、枯死有機物の炭素ストック変化量を再計算した。

■ 森林の枯死木量の修正

単位面積当たりの枯死木量が、森林土壌インベントリ調査の調査をまとめた最新の知見に基づき 10 t-C/ha から 7.5 t-C/ha に修正された。これに伴い、森林からの土地利用変化が生じた際の枯死木の損失による炭素蓄積変化量が全年度にわたり修正された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

■ 湿地面積把握の想定の妥当性

現在の算定では、湿地を国土利用区分における「水面」、「河川」、「水路」と想定した上で面積を把握しているが、把握漏れがある可能性がある。したがって、面積把握の想定妥当性について現在検討を行っている。

■ 貯水池の算定方法

2019 年改良 IPCC ガイドラインで提示された貯水池からの GHG 排出に関する方法論が適用できる様に作業を始めている。

6.8. 開発地 (4.E.)

開発地は、森林 (4.A.)、農地 (4.B.)、草地 (4.C.)、湿地 (4.D.) のいずれのカテゴリーにも該当しない、交通基盤や居住地を含んだ全ての開発された土地と定義される。開発地では、特別緑地保全地区や都市公園等の都市緑地において生育している樹木が炭素を固定している。我が国では都市緑地を、保全措置が講じられ持続性が担保される「地域制緑地¹¹⁾」と、

¹¹⁾ 地域制緑地は、緑地の所有権はそのままに土地利用の規制により保全する緑地である。このうち、特別緑地保全地区は、都市緑地法第 12 条に規定されており、都市計画区域内において、樹林地、草地、水沼地などの地区が単独もしくは周囲と一体になって、良好な自然環境を形成している緑地が指定の対象となる。このうち水辺地を除外した地域が本下位区分の対象となる。

都市公園等が造成される「施設緑地¹²⁾」に分類して、緑地ごとに炭素ストック変化量の算定を行う。また開発地の面積区分方法と、報告の下位区分は以下のとおりとする。

開発地は、他の土地利用区分と同様に、「転用のない開発地」及び「転用された開発地」に区分し、IPCC ガイドラインのデフォルト設定による、過去 20 年間に他の土地利用から転用された開発地の累積面積を「転用された開発地」とし、「転用のない開発地」は全開発地から「転用された開発地」を差し引いた土地として報告する。

「転用のない開発地」下では、炭素ストック変化の算定状況に対応して「地域制緑地」「施設緑地」「その他の開発地」の 3 つの下位区分を設ける。「その他の開発地」は、「地域制緑地」及び「施設緑地」に該当しない土地すべてが含まれている。なお、いずれの都市緑地も実成長期間（AGP：Active growing period）下にあり、炭素ストック変化の計算対象となっている活動面積をそのまま当該区分の面積として利用している。そのため、都市緑地であっても AGP を超過しており炭素ストック変化が生じていない土地は「その他の開発地」に含まれている。

ごく一部の「施設緑地」は他の土地利用から転用された開発地において造成されていることから、「転用のない開発地下の施設緑地」には「他の土地利用から転用された施設緑地」の面積が含まれるため、厳密には「施設緑地」面積と「転用された開発地」面積の間で 2 重計上が生じている。ただし、全開発地の面積は出典となる統計値の問題で万 ha 単位以下の値が丸められているため、不確実性を考慮すればこのレベルの二重計上が全体の面積精度には影響を与えておらず、排出量及び吸収量の計算上は「転用された開発地」に存在している「施設緑地」は IE 扱いとなっており、排出量及び吸収量の計算には、実質的な問題は生じていない。なお、「転用された開発地」においては、土地転用に伴う炭素ストック損失量のみを計上し、施設緑地に転用した分の成長に伴う炭素ストック増加量については、「転用のない開発地」下で、一括算定した。各下位区分の面積は表 6-51 のとおりである。

我が国における開発地面積は約 390 万 ha であり、国土面積の約 10.3 %を占めている。2023 年度の当該カテゴリーにおける炭素ストック変化からの排出は、2,954 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない。）であり、1990 年度比 71.2%の減少、前年度比 7.7%の減少となっている。

表 6-51 開発地下位区分の各面積

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
全開発地(a)	kha	3,200	3,428	3,594	3,698	3,779	3,806	3,833	3,888	3,897	3,895	3,895	3,895
転用のない開発地(a-b)	kha	2,296.3	2,635.4	2,872.6	3,068.9	3,283.6	3,404.9	3,466.4	3,555.6	3,564.8	3,562.0	3,559.2	3,549.9
地域制緑地(活動面積)(c)	kha	1.8	3.6	3.6	4.1	4.1	4.4	4.6	4.7	4.7	4.7	3.2	3.1
施設緑地(活動面積)(d)	kha	82.4	105.4	122.1	131.1	131.6	125.6	117.3	104.8	100.9	97.1	92.2	87.3
転用のないその他の開発地(a-b-c-d)	kha	2,212.1	2,526.5	2,747.0	2,933.8	3,147.8	3,274.9	3,344.4	3,446.1	3,459.2	3,460.1	3,463.8	3,459.5
他の土地利用から転用された開発地(b)	kha	903.7	792.6	721.4	629.1	495.4	401.1	366.6	332.4	332.2	333.0	335.8	345.1

¹²⁾ 施設緑地は、緑地の権原を取得して管理する緑地である。具体的には「都市公園」、「道路緑地」、「港湾緑地」、「下水道処理施設における外構緑地」、「河川・砂防緑地」、「官庁施設外構緑地」、「公的賃貸住宅地内緑地」のことである。

表 6-52 開発地における炭素ストック変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
4.E. 開発地	合計	kt-CO ₂	10,249	7,957	6,044	4,794	4,102	3,202	3,179	3,476	3,546	3,085	3,199	2,954
	生体バイオマス	kt-CO ₂	1,865	851	-269	-640	-254	-325	-86	530	588	174	242	-51
	枯死木	kt-CO ₂	400	278	140	111	181	159	186	162	162	116	116	77
	リター	kt-CO ₂	249	167	74	54	99	85	103	89	89	59	59	34
	鉱質土壌	kt-CO ₂	7,591	6,551	6,010	5,187	4,000	3,216	2,911	2,630	2,640	2,667	2,713	2,825
	有機質土壌	kt-CO ₂	144	109	90	82	77	67	64	66	67	69	68	69
4.E.1. 転用のない開発地	合計	kt-CO ₂	-1,012	-1,350	-1,631	-1,789	-1,807	-1,750	-1,686	-1,568	-1,519	-1,470	-1,387	-1,320
	生体バイオマス	kt-CO ₂	-746	-1,030	-1,258	-1,389	-1,415	-1,378	-1,322	-1,232	-1,191	-1,151	-1,079	-1,025
	枯死木	kt-CO ₂	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA	IE,NA
	リター	kt-CO ₂	-12	-15	-18	-19	-19	-19	-18	-17	-17	-17	-16	-16
	鉱質土壌	kt-CO ₂	-253	-305	-355	-380	-373	-354	-345	-319	-310	-302	-291	-280
	有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.E.2. 他の土地から転用された開発地	合計	kt-CO ₂	11,260	9,307	7,674	6,582	5,909	4,953	4,865	5,044	5,065	4,555	4,585	4,274
	生体バイオマス	kt-CO ₂	2,611	1,881	989	749	1,161	1,053	1,237	1,761	1,779	1,325	1,322	973
	枯死木	kt-CO ₂	400	278	140	111	181	159	186	162	162	116	116	77
	リター	kt-CO ₂	261	182	91	73	118	104	122	106	106	76	76	50
	鉱質土壌	kt-CO ₂	7,845	6,856	6,365	5,567	4,373	3,570	3,256	2,949	2,950	2,970	3,004	3,105
	有機質土壌	kt-CO ₂	144	109	90	82	77	67	64	66	67	69	68	69

6.8.1. 転用のない開発地（4.E.1.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、全都市緑地における炭素ストック変化量を算定対象とする。2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 純吸収量は 1,320 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 30.5 %の増加、前年度比 4.8 %の減少となっている。

なお、「転用のないその他の開発地」には個人住宅の庭に生育する樹木などが含まれているが、Tier 1 を用いて変化しないと仮定し「NA」として報告した。

b) 方法論

1) 転用のない開発地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

都市緑地の生体バイオマスの炭素ストック変化量の算定は、高木¹³の樹木のみを対象とし、2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4、2.3.1.1 節に記載されている算定式 2.7 のゲイン - ロス法を用いた。成長に伴う炭素ストック増加量 ($AC_{S_{LB_G}}$) の算定については、Vol.4、8.2.1.1 節の記述に従い、緑地の特性や入手可能な活動量を踏まえて、地域制緑地には Tier 2a 樹冠被覆面積法、施設緑地には Tier 2b 単木成長法を適用した。また、2006 年 IPCC ガイドライン、Vol.4、8.2.1.2 節の記述に従い、我が国での実測調査の結果を踏まえ、実成長期間 (AGP : Active growing period) を設定した。AGP を超える樹齢の樹木については保守的に成長量と損失量を同一として炭素固定量を算定しないと、一方、AGP までは成長量のみを算定し、損失量 ($AC_{S_{LB_L}}$) はゼロと仮定した。

¹³ 高木の定義は、公共用緑化樹木品質寸法規格基準（案）に基づく高木とする。公共用緑化樹木品質寸法規格基準（案）は、公共施設等の緑化事業のより適切な執行の推進のため、都市緑化のための公共用緑化樹木等の品質寸法規格基準を国土交通省が定めたものであり、高木は3～5 m以上の樹高になる樹木をさすと定義されている。

○ 地域制緑地 (Tier 2a)

$$\Delta C_{Sa_LB} = \Delta C_{Sa_LB_G} - \Delta C_{Sa_LB_L}$$

$$\Delta C_{Sa_LB_G} = A_{Sa_AGP} \times PW \times CRW$$

- ΔC_{Sa_LB} : 地域制緑地における生体バイオマスの炭素ストック変化量 [t-C/yr]
 $\Delta C_{Sa_LB_G}$: 地域制緑地における生体バイオマス成長に伴う炭素ストック増加量 [t-C/yr]
 $\Delta C_{Sa_LB_L}$: 地域制緑地における生体バイオマス損失に伴う炭素ストック損失量 [t-C/yr]
 ※AGPを設定しているため「0」と想定
 A_{Sa_AGP} : 指定後 AGP 年以下の地域制緑地面積 (活動面積) [ha]
 PW : 樹冠被覆率 (地域制緑地当りの樹冠被覆率) (100%と仮定)
 CRW : 単位樹冠被覆面積当りの年間生体バイオマス成長量 [t-C/ha crown cover/yr]

○ 施設緑地 (Tier 2b)

$$\Delta C_{Sb_LB} = \sum_i (\Delta C_{Sb_LB_Gi} - \Delta C_{Sb_LB_Li})$$

$$\Delta C_{Sb_LB_Gi} = \sum_j NT_{Sb_AGPi,j} \times C_{Ratei,j}$$

- ΔC_{Sb_LB} : 施設緑地における生体バイオマスの炭素ストック変化量 [t-C/yr]
 $\Delta C_{Sb_LB_Gi}$: 施設緑地 i における生体バイオマス成長に伴う炭素ストック増加量 [t-C/yr]
 $\Delta C_{Sb_LB_Li}$: 施設緑地 i における生体バイオマス損失に伴う炭素ストック損失量 [t-C/yr]
 ※AGPを設定しているため「0」と想定
 $C_{Ratei,j}$: 気候区分 j の施設緑地 i における樹木個体当たりの年間生体バイオマス成長量 [t-C/本/yr] ※表 6-53 参照
 $NT_{Sb_AGPi,j}$: 気候区分 j の施設緑地 i における AGP 年以下の高木本数
 i : 施設緑地の種類 (都市公園、道路緑地、港湾緑地、下水道処理施設における外構緑地、河川・砂防緑地、官庁施設外構緑地、公的賃貸住宅地内緑地)
 j : 気候区分 (北海道、北海道以外)

■ 各種パラメータ

○ 地域制緑地 (Tier 2a)

【単位樹冠被覆面積当たりの年間生体バイオマス成長量】

地域制緑地における単位樹冠被覆面積当たりの年間生体バイオマス成長量は、2006 年 IPCC ガイドライン、Vol.4、Table 8.1 のグローバルデフォルトの値 (2.9 t-C/ha crown cover/yr) を用いた。

【樹冠被覆率】

地域制緑地当りの樹冠被覆率は緑地の植栽状況から 100%と仮定した。

○ 施設緑地 (Tier 2b)

【樹木個体当たりの年間生体バイオマス成長量】

施設緑地の種類ごとの高木樹木個体当たりの年間バイオマス成長量はそれぞれ以下の手順で算出し、時系列にて固定で使用した。各値は表 6-53 のとおりである。

i) 都市公園

1. 北海道と北海道以外に分けてサンプル調査 (北海道 176 箇所、北海道以外 321 箇所、計 497 箇所) を実施し、樹木台帳や植栽平面図等から樹種構成比を把握した。
2. 日本の主な植栽木であるケヤキ、イチョウ、シラカシ、クスノキの年間生体バイオマス成長量を算出した。実測結果に基づいて作成した各樹木の生体バイオマスの成長曲線から、胸高直径に対する年間の炭素固定予測式を作成した (松江他、2009)。これに現地調査に基づく都市公園の樹種毎の平均胸高直径 (国土交通省公園緑地課、2005) を適用し、樹種ごとの年間バイオマス成長量を算出した。炭素含有率は Vol.4、8.2.1.2

節に示されるデフォルト値の0.5を用いた。

- 都市公園における樹木の年間生体バイオマス成長量は、2006年 IPCC ガイドライン、Vol.4、Table 8.2に示されるデフォルト値 0.0033～0.0142 t-C/本/yr と、2.で算出した日本の樹種別の年間生体バイオマス成長量（ケヤキ 0.0204、イチョウ 0.0103、シラカシ 0.0095、クスノキ 0.0122 t-C/本/yr）を用いて、1.で取得したサンプル都市公園の樹種構成比により我が国独自の樹木1本当たりの年間生体バイオマス成長量を北海道と北海道以外に分けて合成した。

ii) 道路緑地

- 道路緑地の樹種構成比を、全国の道路緑地を対象とした「国土技術政策総合研究所資料 No.506 わが国の街路樹 VI」国土交通省国土技術政策総合研究所（2009）から把握した。
- 道路緑地における樹木の年間生体バイオマス成長量は、都市公園で用いたものと同じ2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値及び、日本の樹種別の年間生体バイオマス成長量（4種類）を、1.で算定した樹種構成比で加重平均し、我が国独自の樹木1本当たりの年間生体バイオマス成長量を北海道と北海道以外に分けて合成した。

iii) 港湾緑地、下水道処理施設における外構緑地、河川・砂防緑地、官庁施設外構緑地、公的賃貸住宅地内緑地

当該緑地における樹木の年間生体バイオマス成長量は、植栽時の樹木の規格や植栽樹種、植栽の配置等、都市公園と同様の考え方が採用されていることが多いことから、都市公園と同様の値を適用した。

表 6-53 施設緑地における樹木の年間生体バイオマス成長量

気候区分	高木1本当たりの年間生体バイオマス成長量 [t-C/本/yr]
北海道	(道路緑地以外) 0.0098 (道路緑地) 0.0103
北海道以外	(道路緑地以外) 0.0105 (道路緑地) 0.0108

■ 活動量

○ 地域制緑地

地域制緑地の活動面積で、AGP は地域制緑地指定後 30 年とし、毎年国土交通省調査¹⁴により得られる特別緑地保全地区及び近郊緑地特別保全地区のうち指定後 30 年以下の面積から水辺地を除外して抽出した。

表 6-54 地域制緑地活動面積（指定後 30 年以下の面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
地域制緑地(活動面積) 合計	kha	1.8	3.6	3.6	4.1	4.1	4.4	4.6	4.7	4.7	4.7	3.2	3.1
特別緑地保全地区(活動面積)	kha	0.6	0.9	1.2	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0
近郊緑地特別保全地区(活動面積)	kha	1.2	2.7	2.4	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.1	1.1

○ 施設緑地

施設緑地の AGP は、現地調査に基づき、基本的に緑地造成後 30 年、都市公園のうち大規模な都市公園の無剪定樹林地¹⁵については 50 年に設定した。

活動面積の算定にあたり使用したデータは以下のとおりである。

¹⁴ 調査による実績値が以下の国土交通省 web サイトに掲載されている。

https://www.mlit.go.jp/toshi/park/toshi_parkgreen_tk_000081.html（特別緑地保全地区・近郊緑地特別保全地区）

¹⁵ 無剪定樹林地は「定期的な剪定等の影響を受ける樹林地外周からの内側 5m の範囲を除外した樹林地」と定義した。

表 6-55 活動面積把握のための調査（国土交通省による）

施設緑地の種類	データの種類	調査名と実施年
都市公園	供用面積	都市公園等整備現況調査（1960 年度以降）
道路緑地	高木本数	道路緑化樹木に関する現況調査（2007 年度以降毎年実施）
	高木 1 本当たりの活動面積	道路の植栽高木に関する基礎データ収集調査（2007 年 2 月実施）
	道路延長及び緑化率	道路統計年報（道路延長）、我が国の街路樹（緑化率）
港湾緑地	個別施設ごとの供用面積	全数調査（2008 年度以降毎年実施）
下水道処理施設における外構緑地	個別施設ごとの緑化面積	下水処理場・ポンプ場における吸収源対策に関する実態調査（2009 年度以降毎年実施）
河川・砂防緑地	個別施設ごとの植栽面積	河川における二酸化炭素吸収源調査（2008 年度以降毎年実施）
官庁施設外構緑地	個別施設ごとの敷地面積と建築面積	全数調査（2008 年度以降毎年実施）

【施設緑地活動面積】

i) 都市公園、港湾緑地、下水道処理施設における外構緑地、河川・砂防緑地、官庁施設外構緑地、公的賃貸住宅地内緑地

表 6-55 に記載した調査により報告年から AGP 年内の各年の整備面積を集計し取得した。施設緑地の AGP は基本的に 30 年、都市公園のうち無剪定樹林地については 50 年に設定した。調査開始年度以前の活動面積については、既存の統計情報から内挿で算出した。

都市公園のうち整備後 31 年以上 50 年以下の無剪定樹林地の活動面積については、都市公園のうち都市基幹公園及び大規模公園など比較的規模が大きい都市公園のみを対象とし、該当する都市公園面積に、無剪定比率を乗じて算定した。無剪定比率は、サンプル調査の結果から得られた 55%を用いた。

河川・砂防緑地については、植栽面積を下表のとおり定義した。

表 6-56 河川・砂防緑地における緑化事業と植栽面積の定義

河川・砂防における緑化事業	植栽面積の定義
(1) 掘込河道の河川管理用通路における植樹	堤防法肩から一般民地との境界までの面積
(2) 掘込河道の河岸法面における植樹	堤防法肩から一般民地との境界までの面積
(3) 堤防裏小段における植樹	盛土部の面積
(4) 堤防側帯における植樹（第 2 種及び第 3 種側帯）	緑化事業を実施した側帯部面積
(5) 高水敷における植樹	低水路法肩から堤防法尻までの面積
(6) 遊水池における植樹	遊水池面積
(7) 湖沼の前浜における植樹	低水路法肩から堤防法尻までの面積
(8) 高規格堤防における植樹	掘込河道における植樹と同じ考え方。
(9) 砂防事業における緑化事業	山腹工を行った面積
(10) 地すべり対策事業における緑化事業	山腹工を行った面積
(11) 急傾斜地崩壊対策等事業における緑化事業	山腹工を行った面積

【単位面積当たりの高木本数】

単位面積当たりの高木本数の算出については、以下のとおりサンプル調査を実施し取得したデータにより北海道と北海道以外で分けて算出し、これを時系列にて固定で用いた。

ア) 都市公園

都市公園の単位面積当たりの高木本数は、有意水準 95%を満たすサンプル数を設定（全国の都市公園より、北海道 176 箇所、北海道以外 321 箇所をランダムに抽出）し、サンプル公園の樹木台帳や植栽平面図等から高木本数及び敷地面積を取得し算定した。サンプリングは

大規模公園から小さなものまですべてが対象となっている。

イ) 港湾緑地

港湾緑地の単位面積当たりの高木本数は、植栽時の樹木の植栽樹種、植栽の配置等、都市公園と同様の考え方が採用されていることが多いことから、都市公園と同様とした。

ウ) 下水道処理施設における外構緑地

下水道処理施設の外構緑地における単位面積当たりの高木本数は、データを得ることが出来た 59 施設の高木本数及び緑化面積から設定した。

エ) 河川・砂防緑地

河川・砂防緑地においては、対象施設の約 95%で高木本数の実数を把握している。全施設の高木本数を簡便に算定するため、この 95%の施設のデータから単位面積当たりの植栽本数を算出した。

オ) 官庁施設外構緑地

官庁施設外構緑地の単位面積当たりの高木本数は、植栽平面図を入手できた 30 施設を対象に、高木本数を「敷地面積－建築面積」で除して設定した。なお、北海道と北海道以外に分けてモデル値を設定するには、サンプル数が不十分と判断し、全国共通とした。

カ) 公的賃貸住宅地内緑地

公的賃貸住宅地内緑地の単位面積当たりの高木本数は、植栽平面図を入手できた 33 施設を対象に、高木本数を「敷地面積－建築面積」で除して設定した。なお、北海道と北海道以外に分けてモデル値を設定するには、サンプル数が不十分であると判断し、全国共通とした。

以上の算出により設定した単位面積当たりの高木本数は以下の表のとおりである。

表 6-57 単位面積当たりの高木本数

項目	単位	単位面積当たりの高木本数	
		北海道	北海道以外
都市公園	本/ha	329.5	222.3
港湾緑地	本/ha	329.5	222.3
下水道処理施設における外構緑地	本/ha	129.8	429.2
河川・砂防緑地	本/ha	1470.8	339.0
官庁施設外構緑地	本/ha	108.8	108.8
公的賃貸住宅地内緑地	本/ha	219.9	219.9

ii) 道路緑地

表 6-55 のとおり、道路緑化樹木に関する現況調査データより、整備後 30 年以内の道路緑地の高木本数を把握した。取得可能なデータは、1987 年度、1992 年度、及び 2007 年度以降毎年のデータである。なお、当該緑地活動面積については、2007 年に実施したサンプル調査（有意水準 95%）により設定したモデル値（一般道路：0.006237ha/本、高速道路：0.000830ha/本）を用いて取得した。モデル値は道路緑地をランダムに抽出し、その土地の面積をその土地に植栽された高木本数で除した値とした。1961 年以降 1887 年以前のデータが得られない年度については道路延長と道路緑化率をもとに推計した。

また、以上を用いて、活動面積は以下のとおり推計された。

表 6-58 各施設緑地の活動量

区分	活動量	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
施設緑地 合計	活動面積	kha	82.4	105.4	122.1	131.1	131.6	125.6	117.3	104.8	100.9	97.1	92.2	87.3
都市公園	活動面積	kha	53.5	64.5	75.2	81.7	82.0	79.0	77.8	73.6	72.2	71.2	69.4	67.4
造成後30年以内	活動面積	kha	52.9	63.1	72.8	77.5	75.5	71.4	69.4	63.6	61.9	60.3	58.0	55.7
造成後31～50年の都市基幹公園、大規模公園	活動面積	kha	0.6	1.4	2.4	4.2	6.5	7.6	8.3	10.0	10.3	11.0	11.4	11.7
	高木本数	本	12,487,824	15,035,292	17,572,640	19,133,039	19,239,377	18,545,444	18,239,787	17,235,561	16,913,604	16,678,848	16,259,137	15,798,679
道路緑地	活動面積	kha	23.7	34.1	38.3	39.9	40.2	37.6	30.8	22.9	20.7	18.3	15.5	12.9
	高木本数	本	4,979,363	8,843,605	11,623,444	13,011,342	13,499,777	13,265,959	12,170,742	10,943,572	10,301,861	9,607,941	8,655,924	7,841,088
港湾緑地	活動面積	kha	0.5	0.9	1.3	1.7	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7
	高木本数	本	103,385	199,019	291,598	393,165	433,202	444,343	437,052	457,257	429,219	406,321	397,386	374,643
下水道処理施設における外構緑地	活動面積	kha	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
	高木本数	本	154,353	201,105	265,191	325,819	318,025	298,178	288,274	259,582	254,202	237,981	229,981	224,581
河川緑地	活動面積	kha	0.8	1.0	1.4	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5
	高木本数	本	448,761	558,136	805,038	941,095	1,055,295	1,033,191	1,004,832	921,993	907,512	890,250	896,652	863,094
官庁施設外構緑地	活動面積	kha	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
	高木本数	本	49,602	55,364	60,722	60,047	54,853	49,622	46,074	41,982	39,896	39,294	35,800	34,432
公的賃貸住宅地内緑地	活動面積	kha	3.1	3.9	4.6	4.7	4.3	4.0	3.9	3.6	3.5	3.3	3.1	2.9
	高木本数	本	679,483	855,959	1,014,119	1,028,770	944,872	869,030	854,846	792,744	767,302	727,146	684,703	637,174

2) 転用のない開発地における枯死木・リターの炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 地域制緑地

2006年 IPCC ガイドライン、Vol.4、8.2.2.1 節、Tier1 の仮定に従い、地域制緑地の枯死木及びリターの炭素ストック変化量は変化しないと仮定し「NA」と報告した。

○ 施設緑地

リターについては、高木からの自然落下による落葉・落枝のみを対象とした。施設緑地のうち都市公園及び港湾緑地のみを対象とした。都市公園及び港湾緑地以外の各施設緑地においては、清掃管理等により敷地外に持ち出される落葉・落枝等の量を正確に算定することが困難であるため、Tier 1 を適用して NA としている。

枯死木については、生体バイオマスの活動量データ算定に用いている単位面積当たりの高木本数は、公園開設時のデータではなく、開設後の枯死及び補植の結果が含まれたある時点のデータを用いていることから、枯死木の炭素ストック変化量は生体バイオマスの炭素ストック変化量に含まれるものとして、「IE」として報告した。

リターの炭素ストック変化量の算定には、2006年 IPCC ガイドラインに示されているデシジョンツリーに従い、我が国独自の算定方法を用いた。算定式は以下のとおりである。

$$\Delta C_{Sb_Lit} = \sum_{i,j} (A_{Sb_AGP_{i,j}} \times Lit_{i,j})$$

ΔC_{Sb_Lit} : 施設緑地におけるリターの炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$A_{Sb_AGP_{i,j}}$: 気候区分 j の施設緑地 i における活動面積 [ha]

$Lit_{i,j}$: 気候区分 j の施設緑地 i における単位面積当たりのリターの炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

i : 施設緑地の種類（都市公園又は港湾緑地）

j : 気候区分（北海道、北海道以外）

■ 各種パラメータ

○ 施設緑地（都市公園及び港湾緑地）

【単位面積当たりのリターの炭素ストック変化量】

都市公園における単位面積当たりのリターの炭素ストック変化量は、以下の手順で算出した。

1. 気候区分の違いを考慮して、北海道で1か所、北海道以外で1か所サンプル調査地を

選定し、複数樹種にシードトラップを設置し、自然落下による1年間のリターの発生量 (g/本/yr) を測定した。測定の際には、地表に落下したもののみをリターとして扱った。リター発生量 (g/本/yr) は2006年 IPCC ガイドラインの table 8.2 の表に示された樹種クラス別に集計後、都市公園の樹種クラス構成比により高木一本当たりの発生量を北海道と北海道以外に分けて合成した。その結果、北海道で 1,469.36 g/本/yr、北海道以外で 1,466.41 g/本/yr と算出され、炭素換算後の値は、北海道、北海道以外共通で、0.0006 t-C/本/yr と推計された (リターにおける炭素含有率は、2006年 IPCC ガイドライン (Vol.4、page 8.21) に示されているデフォルト値 (0.4 t-C/t-d.m.) を使用)。

2. 清掃等による敷地外への持ち出し率 (54.4%) を考慮した。また、表 6-55 で示したとおり、北海道と、北海道以外で単位面積当たりの高木本数が異なることから、単位面積当たりのリターの炭素ストック変化量は、北海道 0.0882 t-C/ha/yr、北海道以外 0.0594 t-C/ha/yr と算出された。
3. 港湾緑地は植栽時の樹木の規格や植栽樹種、植栽の配置等、都市公園と同様の考え方が採用されていることが多いことから、都市公園と同様の値を適用した。

■ 活動量

○ 施設緑地 (都市公園及び港湾緑地)

【活動面積】

6.8.1. b)1) で使用したものと同様の、都市公園及び港湾緑地の活動面積とした。

3) 転用のない開発地における土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 地域制緑地

2006年 IPCC ガイドライン、Vol.4、8.2.3.1 節、Tier1 の仮定に従い、地域制緑地の土壌の炭素ストック変化量は、土地利用形態に変化がないため炭素ストック変化は生じていないとみなし「NA」と報告した。

○ 施設緑地

施設緑地のうち、単位面積当たりの土壌の炭素ストック変化量の設定が可能であった都市公園及び都市公園と整備方法が類似している港湾緑地のみを対象とした。都市公園、港湾緑地以外の施設緑地については、植栽、造成、管理について、都市公園と類似しており、土壌における炭素ストックの変化量も同様の傾向を示すものと考えられる。また、植栽の方法が異なる高速道路の法面についても、現地調査の結果、少なくとも整備後 20 年間以上は炭素ストックが増加し続けることが明らかになったため、「吸収源」として取り扱う。

ただし、当該緑地については、土壌の炭素ストック変化量を算定するための十分なデータが得られていないことから、安全側の対応として、排出源ではないため報告対象としないこととした。

施設緑地の土壌は、一般的に有機質土壌 (泥炭土及び黒泥土) に該当しないため、有機質土壌は「NO」として報告した。

都市公園又は港湾緑地が新たに整備された場合の開発地に関する土壌の炭素ストック変化量については Tier 2 (我が国独自のデータを使用) の算定方法に基づき算定を行った。

$$\Delta C_{Sb_so} = \sum_i (A_{Sb_AGP_i} \times S_{O_i})$$

ΔC_{Sb_so} : 施設緑地における鉱質土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$A_{Sb_AGP_i}$: 施設緑地 i における活動面積 [ha]

So_i : 施設緑地 i における単位面積当たりの鉱質土壌の炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

i : 施設緑地の種類（都市公園又は港湾緑地）

■ 各種パラメータ

○ 施設緑地（都市公園及び港湾緑地）

【単位面積当たりの鉱質土壌の炭素ストック変化量】

都市公園における単位面積当たりの鉱質土壌の炭素ストック変化量は、以下の手順で算出した。

1. 整備後経過年の異なる東京都の都市公園について、土地被覆別（植栽地 31 地点、芝生地 29 地点、無植生地（植物からの炭素供給量が無い土地）21 地点）の炭素含有量（深さ 30 cm まで）を調査した。
2. 無植生地の土壌の炭素ストック量を造成当時の土壌の炭素ストック量とみなし、整備後経過年の異なる都市公園で土地被覆別（植栽地、芝生地、無植生地）の土壌炭素ストック量を用いて、「植栽地の炭素ストック速度」及び「芝生地の炭素ストック速度」を次のとおり設定した。
 - ・植栽地の炭素蓄積速度＝「植栽地と無植生地の土壌炭素ストック量の差／植栽地調査地点の平均整備後経過年」
 - ・芝生地の炭素蓄積速度＝「芝生地と無植生地の土壌炭素ストック量の差／芝生地調査地点の平均整備後経過年」
 なお、都市公園は敷地全体を一体的に造成することが多く、敷地造成直後は、従前の土地被覆の形態に関係なく土壌炭素ストック量は敷地全体で同一と言える。無植生地の土壌炭素ストック量は、サンプルデータから換算すると 38 t-C/ha 程度であった。
3. 都市公園の平均的な植栽地、芝生地、無植生地の面積割合を用いて加重平均を行い、単位面積当たりの土壌の炭素ストック変化量を設定した。その結果、整備後 0～20 年の統合年変化量は 1.28 t-C/ha/yr、整備後 21～30 年の統合年変化量は 1.38 t-C/ha/yr と設定された（Tonosaki et al., 2013、国土交通省公園緑地・景観課、2015）。
4. 当該パラメータを造成後（整備後）30 年以内の都市公園及び港湾緑地に適用する。

■ 活動量

○ 施設緑地（都市公園及び港湾緑地）

【活動面積】

6.8.1. b)1) で使用したものと同様の、都市公園及び港湾緑地の AGP 面積（造成後 30 年以内）とした。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

地域制緑地における樹木の年間炭素ストック変化量については、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、page 8.10）に示されるデフォルト値を採用している。排出吸収係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、page 8.12）に示された不確実性の標準値を採用し、±50%とする。また、地域制緑地の生体バイオマスにおける活動量の不確実性は、活動量のデシジョンツリーに従い、専門家判断による値（10%）を採用し、51%となった。

一方、施設緑地に関しては、都市公園、道路緑地、港湾緑地、下水道処理施設外構緑地、河川・砂防緑地、官庁施設外構緑地、公的賃貸住宅地内緑地におけるバイオマス、リター、土壌に関する不確実性は 17%、106%、38%と評価された。

その結果、転用のない開発地による吸収量全体の不確実性は 15%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.5.2.b)1) 節で説明したとおり、森林からの転用面積の把握方法が 1990～2004 年度までと 2005 年度以降とで異なっているものの、当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 活動面積値の修正

活動量の推計方法の修正を行ったため施設緑地の面積データが 1990 年から全年にわたって微修正された。これに伴い、当該カテゴリーにおける生体バイオマス、枯死有機物、鉱質土壌の炭素ストック変化量が全年にわたり再計算された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

■ 地域制緑地における単位緑化面積あたりの生体バイオマス成長量

地域制緑地における単位緑化面積あたりの生体バイオマス成長量は、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いているが、最終的に適用するパラメータについて、更なる精査を進める必要がある。そのため対象活動の性質を踏まえ、我が国の実情に最適なパラメータの精査を進める。

■ 施設緑地における算定対象の追加

2024 年度、都市緑地法に基づく優良緑地確保計画認定制度が創設されたことを受け、2024 年度値より優良緑地確保計画認定緑地を算定対象とする。

■ 開発地の面積把握方法の妥当性

現在は、国土利用カテゴリーにおける「道路」、「宅地」、及びその他の土地の内訳として把握できる「学校教育施設用地」、「公園・緑地等」、「交通施設用地」、「環境衛生施設用地」、「ゴルフ場、スキー場」及び「レクリエーション施設その他」をまとめて開発地と想定した上で面積を把握しているが、把握漏れがある可能性がある。そのため想定 of 妥当性について検討を行う。

6.8.2. 他の土地利用から転用された開発地 (4.E.2.)

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、過去 20 年間に於いて他の土地利用から転用されて開発地になった土地における炭素ストック変化量を取り扱う。ただし、「湿地から転用された開発地」については、現在の土地利用面積の推計方法では検出されていないため、当該サブカテゴリーの炭素ストック変化量を「NO」と報告した。2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 4,274kt-CO₂ (炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない) であり、1990 年度比 62.0%の減少、前年度比 6.8%の減少となっている。本カテゴリー下の排出量は、開発地への土地転用面積の減少により 1993 年度以降減少傾向にある。

b) 方法論

1) 他の土地利用から転用された開発地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

他の土地利用から転用された開発地における炭素ストック変化量は、他の土地利用から転用された農地同様、2006年 IPCC ガイドライン（Vol.4、2.3.1.2 節）に示される式 2.16 を用いて国独自のバイオマスストック量を使った Tier 2 の算定方法を用いた。算定式は 6.5.2. b) 1) 節にあるとおりである。開発地への転用後の生体バイオマス成長に伴う炭素ストック変化は、転用のない開発地で一括して算定している。

■ 各種パラメータ

○ 土地利用毎の生体バイオマスストック量

転用前後の生体バイオマスストック量については表 6-9、表 6-10、及び表 6-11 に示すとおりである。

○ 炭素含有率（CF）

森林の炭素含有率は我が国の針葉樹と広葉樹の平均値（0.50 t-C/t-d.m.）を用いた。森林以外の炭素含有率は、2006年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値（草地は 0.47 t-C/t-d.m.、それ以外は 0.5 t-C/t-d.m.）を用いた。

■ 活動量

○ 他の土地利用から開発地への転用面積

森林、農地及び草地から開発地への転用面積を把握した。湿地及びその他の土地から開発地へ転用された土地の面積は、データの入手が不可能なため、当該土地利用区分において計上は行わず、「IE」として報告し、「転用のないその他の土地」において計上することとした。

【森林からの転用】

6.5.2. b) 1) 節に記述したのと同様の方法で把握した。

【農地からの転用】

「耕地及び作付面積統計」のかい廃面積における工場用地、道路・鉄道用地、宅地等、農林道等への転用面積のうちの田、普通畑、樹園地面積を用いた。

【草地からの転用】

「耕地及び作付面積統計」のかい廃面積における工場用地、道路・鉄道用地、宅地等、農林道等、への転用面積のうちの牧草地面積、「農地の移動と転用」の採草放牧地における開発地転用面積を用いた。

表 6-59 他の土地利用から転用された開発地の面積（1 年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された開発地	kha	39.9	33.4	22.6	13.0	13.4	14.7	18.0	22.4	22.5	21.3	19.7	24.3
森林から転用された開発地	kha	14.5	10.1	5.1	4.0	6.6	5.8	6.8	5.9	5.9	4.2	4.2	2.8
農地から転用された開発地	kha	23.2	20.1	14.3	7.4	5.9	7.2	9.0	14.9	14.5	14.7	13.2	18.6
田から転用された開発地	kha	13.0	12.1	9.5	5.6	3.5	4.2	5.1	9.0	9.2	9.0	8.3	12.1
普通畑から転用された開発地	kha	5.6	5.1	1.5	1.4	1.8	2.4	3.1	4.8	4.3	4.6	4.0	5.3
樹園地から転用された開発地	kha	4.6	2.9	3.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.0	1.1	0.9	1.2
草地から転用された開発地	kha	1.4	2.5	2.3	0.8	0.7	1.2	1.2	1.6	1.9	2.4	2.3	2.9
湿地から転用された開発地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
その他の土地から転用された開発地	kha	0.8	0.7	0.9	0.8	0.3	0.5	1.1	0.0	0.1	0.1	NO	NO

2) 他の土地利用から転用された開発地における枯死有機物の炭素ストック変化量

本カテゴリーにおいては、森林から転用された開発地における枯死木及びリターの炭素ス

トック変化量を算定する。

■ 算定方法

6.5.2. b) 2) 節の「他の土地利用から転用された農地（4.B.2）」の算定方法と同様、Tier 2 の算定方法を用いた。

■ 各種パラメータ

○ 森林の枯死有機物炭素ストック量

転用前の森林における枯死木及びリターの平均炭素ストック量は表 6-12 及び表 6-13 のとおりである。また、一般的な開発地への転用については、転用直後は枯死有機物のストックがゼロになり、その後の蓄積はないという想定の下で算定を行っている。

■ 活動量（面積）

○ 森林から転用された開発地面積

1 年間に森林から転用された開発地面積を用いた。面積については表 6-59 を参照のこと。

3) 他の土地利用から転用された開発地における鉱質土壌の炭素ストック変化量

本カテゴリーにおいては、森林、農地、草地から転用された開発地の土壌炭素ストック変化量を算定する。

■ 算定方法

森林、農地、草地から転用された開発地の土壌炭素ストック変化量の算定は Tier 2（我が国独自のデータを使用）の算定方法に基づき算定を行った。具体的には、表 6-14 で示した土地転用前の土壌炭素ストック量が、土地転用後の土壌炭素ストック量（20.1 t-C/ha）に遷移期間 20 年で線形に変化するとして算出して、土地利用変化毎の年間変化量を過去 20 年間に他の土地利用から転用された開発地面積（表 6-60）に乗じて算出した。

表 6-60 他の土地利用から転用された開発地の面積（20 年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用された開発地	kha	903.7	792.6	721.4	629.1	495.4	401.1	366.6	332.4	332.2	333.0	335.8	345.1
森林から転用された開発地	kha	275.8	281.3	259.6	218.2	149.1	115.7	107.6	103.7	104.6	104.1	105.8	106.3
農地から転用された開発地	kha	527.6	421.8	390.1	348.7	290.3	239.0	215.3	191.7	192.0	193.0	194.6	202.7
草地から転用された開発地	kha	52.3	44.5	42.0	38.0	34.1	30.4	28.4	24.8	24.4	25.4	25.6	27.1
湿地から転用された開発地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
その他の土地から転用された開発地	kha	48.0	45.1	29.7	24.2	21.9	15.9	15.3	12.1	11.3	10.5	9.8	9.1

4) 開発地への転用時の有機質土壌からの CO₂ 排出量

■ 算定方法

有機質土壌地が開発地に転用された場合は、土地利用目的に応じて地盤改良がおこなわれるのが一般的であるが、例えば道路工事などではある程度沈み込みを前提とした設計をしており、有機質土壌の分解に伴う排出が起ることが想定される。

したがって、湿地ガイドラインの有機質土壌の排水に関する方法論を用い、開発地に転用された有機質土壌地の排水等に伴う排出（on-site）及び排水された有機質土壌からの水溶性炭素損失による排出（off-site）を算定した。算定式については、6.5.1. 節の転用のない農地（4.B.1.）と同様の算定式を用いたため、省略する。

■ 各種パラメータ

他の土地から転用された開発地における有機質土壌からの CO₂ 排出量の算定について、2006 年 IPCC ガイドライン及び湿地ガイドラインでは開発地特有のデフォルト係数は提示さ

れておらず、我が国の実態に即した係数は検討中であるため、我が国は主に開発地への転用が田地域で生ずることから、田に適用している値を代用した（6.5.1. 節を参照）。

■ 活動量データ

活動量は、転用後 20 年以内の開発地の有機質土壌面積とした。他の土地から転用された開発地有機質土壌面積は、6.5.1. 節に記述した方法と同様で把握した。この面積は、CRT 4(II)で報告している CH₄及び N₂O 排出量の算定にも使われている。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス、枯死有機物、及び土壌に関する不確実性は、各種パラメータ及び活動量ごとに、現地調査データ、専門家判断、又は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。その結果、他の土地利用から転用された開発地による排出量全体の不確実性は 46%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.5.2.b) 1) 節で説明したとおり、森林からの転用面積の把握方法が 1990～2004 年度までと 2005 年度以降とで異なっているものの、当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 森林からの転用面積の修正に伴う再計算

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された農地面積が再計算されたため、当該カテゴリーの生体バイオマス、枯死有機物の炭素ストック変化量、及び有機質土壌からの CO₂排出量を全年にわたり再計算した。

■ 森林の枯死木量の修正

単位面積当たりの枯死木量が、森林土壌インベントリ調査の調査をまとめた最新の知見に基づき 10 t-C/ha から 7.5 t-C/ha に修正された。これに伴い、森林からの土地利用変化が生じた際の枯死木の損失による炭素蓄積変化量が全年度にわたり修正された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.9. その他の土地（4.F.）

その他の土地とは、他の5つの土地利用カテゴリーに該当しない土地を指す。その他の土地の具体例として、2006年 IPCC ガイドラインは裸地、岩石地帯、氷床、他の5つの区分に分類されない土地を挙げている。2023年度における我が国におけるその他の土地の面積は約269万haであり、国土面積の約7.1%を占め、以下の表6-61に示されているように細分化される¹⁶。

表 6-61 「その他の土地」の内訳

内訳	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
その他の土地	kha	2,529.5	2,559.2	2,564.4	2,469.9	2,485.5	2,335.9	2,377.5	2,589.0	2,724.7	2,633.1	2,613.8	2,602.1	2,600.7	2,663.3	2,693.6	2,742.3
防衛施設用地	kha	139.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	139.0	139.0	135.0	135.0	135.0	135.0	135.0	136.0	136.0	136.0
海浜	kha	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
北方領土	kha	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6	503.6
荒地	kha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
その他	kha	1,840.9	1,869.6	1,874.7	1,780.2	1,795.9	1,646.3	1,688.8	1,900.4	2,040.0	1,948.5	1,929.2	1,917.5	1,916.1	1,977.7	2,007.9	2,056.7

表 6-62 その他の土地の炭素ストック変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
4.F. その他の土地	合計	kt-CO ₂	2,247	1,980	1,631	1,080	888	720	705	698	686	636	626	641	613	535	505	801
	生体バイオマス	kt-CO ₂	624	508	360	85	137	103	113	123	134	118	125	162	150	104	102	365
	枯死木	kt-CO ₂	99	80	56	9	21	15	15	18	18	16	16	13	13	9	9	34
	リター	kt-CO ₂	65	52	36	6	14	10	10	12	12	10	10	9	9	6	6	22
	鉱質土壌	kt-CO ₂	1,460	1,340	1,178	980	715	592	567	545	523	491	475	458	441	415	388	380
	有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.F.1. 転用のないその他の土地	合計	kt-CO ₂																
	生体バイオマス	kt-CO ₂																
	枯死木	kt-CO ₂																
	リター	kt-CO ₂																
	鉱質土壌	kt-CO ₂																
	有機質土壌	kt-CO ₂																
4.F.2. 他の土地から転用されたその他の土地	合計	kt-CO ₂	2,247	1,980	1,631	1,080	888	720	705	698	686	636	626	641	613	535	505	801
	生体バイオマス	kt-CO ₂	624	508	360	85	137	103	113	123	134	118	125	162	150	104	102	365
	枯死木	kt-CO ₂	99	80	56	9	21	15	15	18	18	16	16	13	13	9	9	34
	リター	kt-CO ₂	65	52	36	6	14	10	10	12	12	10	10	9	9	6	6	22
	鉱質土壌	kt-CO ₂	1,460	1,340	1,178	980	715	592	567	545	523	491	475	458	441	415	388	380
	有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

2023年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は801 kt-CO₂（炭素ストック変化以外のGHG排出分は本値に含んでいない）であり、1990年度比64.3%の減少、前年度比58.6%の増加となっている。

6.9.1. 転用のないその他の土地（4.F.1.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーにおける炭素ストック変化量は、2006年 IPCC ガイドラインの記述に従い考慮していない。

表 6-63 転用のないその他の土地の面積（20年以上転用のない面積）

カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
転用のないその他の土地	kha	2,315.7	2,374.4	2,409.5	2,339.6	2,384.1	2,237.0	2,497.4	2,523.3	2,525.1	2,590.9	2,624.3	2,674.5

b) 再計算

特になし。

¹⁶ 防衛施設用地は防衛省「防衛白書」、海浜は国土交通省「国土数値情報」、北方領土は「全国都道府県市町村別面積調」に基づく。

c) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.9.2. 他の土地利用から転用されたその他の土地（4.F.2.）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、過去 20 年間に於いて他の土地利用から転用されてその他の土地になった土地における炭素ストック変化量を取り扱う。本カテゴリーの土地面積は土石採掘用に転用された土地、及び自然災害の被災地を含む。土石採掘地は人為的に岩山などが切り崩され裸地化した土地であるが、表層土壌炭素が存在しないためその他の土地に区分している。統計区分との一貫性という観点からも、我が国ではそのような判断となっており、衛星画像を用いた判読による土地転用の把握においても、土石採掘地は「その他の土地」に区分され、それ以外の「その他の土地」と分離できない。

2023 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 801 kt-CO₂（炭素ストック変化以外の GHG 排出分は本値に含んでいない）であり、1990 年度比 64.3%の減少、前年度比 58.6%の増加となっている。

「湿地から転用されたその他の土地」及び「開発地から転用されたその他の土地」については、現在の土地利用面積の推計方法では検出されていないため、それぞれの当該サブカテゴリーの炭素ストック変化量を「NO」と報告した。

b) 方法論

1) 他の土地利用から転用されたその他の土地における生体バイオマスの炭素ストック変化量

■ 算定方法

他の土地利用から転用されたその他の土地における炭素ストック変化量は、他の土地利用から転用された農地同様、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.4、2.3.1.2 節）に示される式 2.16 を用いて国独自のバイオマスストック量を使った Tier 2 の算定方法を用いた。算定式は 6.5.1. b) 1) 節にあるとおりである。その他の土地への転用後の生体バイオマス成長に伴う炭素ストック変化は、ゼロと想定している。

■ 各種パラメータ

○ 土地利用毎の生体バイオマスストック量

転用前後の生体バイオマスストック量については表 6-9、表 6-10、及び表 6-11 に示すとおりである。

○ 炭素含有率（CF）

森林の炭素含有率は我が国の針葉樹と広葉樹の平均値（0.50 t-C/t-d.m.）を用いた。森林以外の炭素含有率は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、デフォルト値（草地は 0.47 t-C/t-d.m.、それ以外は 0.5 t-C/t-d.m.）を用いた。

■ 活動量

○ 他の土地利用からその他の土地への転用面積

森林、農地及び草地からその他の土地への 1 年間の転用面積を把握した。

【森林からの転用】

6.5.2. b) 1) 節に記述したのと同様の方法で把握した。

【農地からの転用】

「耕地及び作付面積統計」のかい廃面積におけるその他、自然災害面積のうちの田、普通畑、樹園地面積を用いた。

【草地からの転用】

「耕地及び作付面積統計」のかい廃面積におけるその他、自然災害面積のうちの牧草地面積、及び「農地の移動と転用」の採草放牧地におけるその他分類不明の面積を用いた。

表 6-64 他の土地利用から転用されたその他の土地の面積（1年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用されたその他の土地	kha	7.1	6.2	5.2	5.3	2.0	1.7	2.0	2.5	2.0	1.3	1.2	2.5
森林から転用されたその他の土地	kha	3.60	2.91	2.03	0.32	0.78	0.56	0.66	0.48	0.48	0.34	0.34	1.25
農地から転用されたその他の土地	kha	2.4	2.1	2.0	4.1	0.8	0.8	1.2	0.8	0.9	0.8	0.7	1.0
田	kha	1.2	1.3	1.6	3.9	0.5	0.3	0.8	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6
普通畑	kha	0.6	0.5	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3
樹園地	kha	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
草地から転用されたその他の土地	kha	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	1.0	0.5	0.2	0.1	0.1
湿地から転用されたその他の土地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
開発地から転用されたその他の土地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
埋立地から転用されたその他の土地	kha	1.0	1.1	0.9	0.8	0.4	0.2	NO	0.1	0.1	NO	NO	0.2

2) 他の土地利用から転用されたその他の土地における枯死有機物の炭素ストック変化量

■ 算定方法

6.5.2. b) 2) 節の「他の土地利用から転用された農地（4.B.2）」と同様に、Tier 2 の方法に従って算定した。

■ 各種パラメータ

○ 森林の枯死有機物の炭素ストック量

転用前の森林における枯死木及びリターの平均炭素ストック量は表 6-12 及び表 6-13 のとおりである。また、転用直後は枯死有機物のストックがゼロになり、その後の蓄積はないという想定のもとで算定を行っている。

■ 活動量

○ 森林から転用されたその他の土地面積

1年間に森林から転用されたその他の土地の面積を用いた。面積については表 6-64 を参照のこと。

3) 他の土地利用から転用されたその他の土地における土壌の炭素ストック変化量

本カテゴリーにおいては、森林、農地及び草地から転用されたその他の土地の鉱質土壌の炭素ストック変化量を算定した。

■ 算定方法

森林、農地、草地から転用されたその他の土地の土壌炭素ストック変化量の算定は Tier 2（我が国独自のデータを使用）の算定方法に基づき算定を行った。具体的には、表 6-14 で示した方法で算出した年間変化量を過去 20 年間に他の土地利用から転用されたその他の土地面積（表 6-65 に乗じて算出した。なお、算定に用いるその他の土地の鉱質土壌炭素量は、造成等により土壌の人為的改変が大きく行われた場合の代表値であることから、自然災害によるその他の土地への転用は、当該算定対象からは除外している。

表 6-65 他の土地利用から転用されたその他の土地の面積（20年間の転用面積）

下位区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
他の土地利用から転用されたその他の土地	kha	213.8	184.8	154.8	130.2	101.4	98.9	91.6	78.8	75.6	72.4	69.3	67.8
森林から転用されたその他の土地	kha	102.4	97.2	85.5	65.0	43.0	33.7	28.5	18.9	17.4	15.5	13.7	13.3
農地から転用されたその他の土地	kha	56.8	41.6	37.1	38.0	33.3	46.5	45.1	42.8	41.7	41.1	40.6	40.7
田	kha	32.4	20.7	20.0	22.2	21.6	35.7	35.0	33.4	32.3	32.2	31.8	31.8
普通畑	kha	14.7	12.0	8.8	8.3	7.0	7.0	6.7	6.9	7.1	7.1	7.0	7.0
樹園地	kha	9.7	9.0	8.3	7.5	4.7	3.9	3.4	2.6	2.4	1.8	1.8	1.8
草地から転用されたその他の土地	kha	5.6	5.0	4.2	4.3	3.8	3.8	3.7	5.7	6.0	6.0	5.9	5.8
湿地から転用されたその他の土地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
開発地から転用されたその他の土地	kha	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
埋立地から転用されたその他の土地	kha	49.0	41.0	28.0	22.9	21.3	15.0	14.3	11.3	10.5	9.8	9.1	8.0

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

生体バイオマス及び枯死有機物に関する不確実性は、各パラメータ及び活動量ごとに、現地調査データ、専門家判断、又は2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。その結果、他の土地利用から転用されたその他の土地による排出量全体の不確実性は44%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.5.2. b) 1) 節で説明したとおり、森林からの転用面積の把握方法が1990～2004年度までと2005年度以降とで異なっているものの、当該カテゴリーの時系列の一貫性は基本的に確保されている。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添4に記述している。

e) 再計算

■ 森林からの転用面積の修正

「衛星画像判読による土地利用変化状況調査」の判読の修正に伴い、森林から転用された開発地面積が再計算されたため、当該カテゴリーの生体バイオマス、枯死有機物、鉱質土壌の炭素ストック変化量、及び有機質土壌からのCO₂排出量を全年にわたり再計算した。

■ 森林の枯死木量の修正

単位面積当たりの枯死木量が、森林土壌インベントリ調査の調査をまとめた最新の知見に基づき10 t-C/ha から7.5 t-C/ha に修正された。これに伴い、森林からの土地利用変化が生じた際の枯死木の損失による炭素蓄積変化量が全年度にわたり修正された。

f) 今後の改善計画及び課題

■ その他の土地の面積の内訳の特定と土地の再分類

その他の土地の内訳の再分類において特定できない土地利用があったため、今後も引き続き検討を行う必要がある。

■ 他の土地利用から転用されたその他の土地の生体バイオマスの炭素ストック変化量

生体バイオマスの炭素ストック変化量に関し、その他の土地については文献不足のためバイオマスストックをゼロと仮定しているが、実態と乖離している可能性がある。そのため、

この点につき現在検討を行っている。

6.10. 伐採木材製品（HWP）（4.G.）

本カテゴリーは、HWP による炭素蓄積変化を取り扱う。算定アプローチは生産法を採用しており、国産材由来の伐採木材製品（製材、木質パネル（木質ボード・合板）、紙製品）の利用又は廃棄に伴う炭素蓄積の変化量を算定する。当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化量は、2023 年度では 1,551 kt-CO₂ の吸収であり、1990 年度比 284.3% の増加、前年度比 14.8% の減少となっている。当該カテゴリーの純吸収量は、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け一時的な減少は見られたものの、2000 年代に入り、木材自給率の上昇に伴い増加傾向にある。

本節では、伐採木材製品を「建築物」、「その他木材利用」及び「紙製品」の3つのカテゴリーに区分し、それぞれ報告する。

表 6-66 HWP の炭素蓄積変化量に起因する排出量及び吸収量

カテゴリー		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
合計		kt-CO ₂	-404	1,191	1,761	568	-403	-235	-1,067	-1,598	-1,013	-2,054	-1,821	-1,551
建築物	合計	kt-CO ₂	-185	-611	71	-581	-1,050	-458	-1,116	-1,461	-1,452	-1,788	-1,681	-2,169
	製材	kt-CO ₂	-2	-238	457	-77	-492	411	-235	-153	-208	-520	-447	-976
	木質ボード	kt-CO ₂	-224	-422	-430	-425	-320	-383	-415	-595	-573	-607	-584	-534
	合板	kt-CO ₂	41	48	43	-79	-238	-487	-465	-713	-671	-661	-650	-659
その他木材利用	合計	kt-CO ₂	494	949	1,211	852	215	105	-127	-378	-155	-431	-369	117
	製材	kt-CO ₂	843	1,137	1,289	1,292	1,235	1,078	961	776	881	717	770	855
	木質ボード	kt-CO ₂	-331	-247	-170	-157	38	10	43	213	223	232	226	220
	合板	kt-CO ₂	-18	59	92	-283	-1,058	-983	-1,130	-1,366	-1,258	-1,379	-1,365	-957
紙製品		kt-CO ₂	-712	853	480	296	432	118	176	241	594	164	229	501

6.10.1. 建築物

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、建築物において使用される製材、木質ボード、合板ごとの炭素蓄積変化量を取り扱う。当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化量は 2023 年度では 2,169 kt-CO₂ の吸収であり、1990 年度比 1,073.8% の増加、前年度比 29.0% の増加となっている。

なお、建築物に利用される製材は、CRT の「Solid wood」下の「Sawnwood」に、木質ボードと合板は合わせて「Solid wood」下の「Wood panels」にて報告している。

b) 方法論

■ 算定方法

製材、木質ボード、合板については、我が国では建築物への利用が大部分を占めており、また、建築物に係わる統計類は一定の精度で取りまとめられていることから、建築物に含まれている炭素量の変化を直接把握する、我が国独自のストック・インベントリ法（Tier 3）により算定した。

建築物に利用される製材、木質ボード、合板の炭素蓄積量の変化は、建築着工時に投入される製材、木質ボード、合板の炭素量をインフロー、建築解体時において排出される炭素量をアウトフローとして算定し、別々に計算したインフローとアウトフローを合算して推計した。建物に使用されたすべての炭素は、その建物が解体されたときに即時に排出されるとした。算定式は以下のとおりである。

$$\Delta C_{j,i} = Inflow_{j,i} - Outflow_{j,i}$$

j	: サブカテゴリー（製材、木質ボード、合板）
i	: 算定対象年
$\Delta C_{j,i}$	: サブカテゴリー j の建築物 HWP プールの i 年の炭素蓄積変化量 [t-C/年]
$Inflow_{j,i}$	: サブカテゴリー j の建築物 HWP プールに i 年に投入された炭素量 [t-C/年]
$Outflow_{j,i}$	: サブカテゴリー j の建築物 HWP プールから i 年に排出された炭素量 [t-C/年]

$$Inflow_{j,i} = S_{P_{st,i}} \times v_{DP_{j,st,i}} \times f_{DP_{j,i}} \times D_j \times CF_j$$

j	: サブカテゴリー（製材、木質ボード、合板）
i	: 算定対象年
st	: 建築物の使用用途（住宅又は非住宅）及び構造
$Inflow_{j,i}$	: サブカテゴリー j の建築物 HWP プールに i 年に投入された炭素量 [t-C/年]
$S_{P_{st,i}}$	: 住宅・非住宅別、構造別（ st ）の i 年の着工床面積（新築・増築面積）[m ² /年]
$v_{DP_{j,st,i}}$	: サブカテゴリー j の住宅・非住宅別、構造別（ st ）の i 年の着工原単位（着工床面あたりの木材使用量）[m ³ /m ²]
$f_{DP_{j,i}}$	: サブカテゴリー j の建築物に投入された木材の i 年の国産材率 [%]
D_j	: サブカテゴリー j の容積密度（全乾重量／気乾材積）[t-d.m./m ³]
CF_j	: サブカテゴリー j の炭素含有率 [t-C/t-d.m.]

$$Outflow_{j,i} = S_{W_{st,i}} \times v_{DW_{j,st,i}} \times f_{DW_{j,i}} \times D_j \times CF_j$$

j	: サブカテゴリー（製材、木質ボード、合板）
i	: 算定対象年
st	: 建築物の使用用途（住宅又は非住宅）及び構造
$Outflow_{j,i}$	: サブカテゴリー j の建築物 HWP プールから i 年に排出された炭素量 [t-C/年]
$S_{W_{st,i}}$	: 住宅・非住宅別、構造別（ st ）の i 年の解体床面積 [m ²]
$v_{DW_{j,st,i}}$	: サブカテゴリー j の住宅・非住宅別、構造別（ st ）の i 年の解体原単位（解体された建築物の建築年の単位床面積あたりの木材使用量）[m ³ /m ²]
$f_{DW_{j,i}}$	: 建築物の解体材におけるサブカテゴリー j の i 年の国産材率 [%]
D_j	: サブカテゴリー j の容積密度（全乾重量／気乾材積）[t-d.m./m ³]
CF_j	: サブカテゴリー j の炭素含有率 [t-C/t-d.m.]

■ 各種パラメータ

○ 着工原単位（ $v_{DP_{j,st,i}}$ ）

【製材】

国土交通省「建設資材・労働力需要実態調査」の建築着工統計区分の値を用いた。ただし、非木造建築物においては 1992 年から 2020 年のデータが欠落しているため、林野庁が独自の調査を行った 2013 年はその値を用い、それ以外の年については内挿により値を推計した。そのほか、データが欠落している年についても内挿により求めた。

【木質ボード】

経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」の木質ボードの種類別（パーティクルボード、硬質繊維板、中質繊維板、軟質繊維板）の販売・消費量に、日本繊維板工業会「木質ボード用途別出荷量」から推定した建築用途の割合を乗じて木質ボードの種類別・用途別木材投入量を算出した。算出された木質ボードの種類別・用途別木材投入量を着工床面積で除することにより、床面積あたりの木質ボード投入量を算出した。

【合板】

国土交通省「建設資材・労働力需要実態調査」の建築着工統計区分の値を用いた。データが欠落している年は内挿により求めた。

○ 建築物に投入された木材の国産材率 (f_{DPji})

【製材】

針葉樹・広葉樹別に、建築用製材出荷量のうち国産材の出荷量を「建築用製材品出荷量と建築用輸入製材製品の合計量」で除することにより建築用製材の国産材率を算出した。

【木質ボード】

建築用木質ボードの販売・消費量における国産材率は、パーティクルボード、繊維板のそれぞれにおける各原材料（①素材（原木由来）、②工場残材、③林地残材、④解体材・廃材）の国産材率の加重平均値を用いた。各原材料の国産材率は、①素材については、チップ用素材入荷量（国産材・輸入材）から求め、②工場残材については工場残材由来チップの国内生産割合と製材品出荷量（国産材・輸入材）から求め、③林地残材については 100%とし、④解体材・廃材については後述する解体材国産材率の値を使用した。

【合板】

国産材由来の合板生産量を合板使用量（合板生産量と輸入生産量の合計）で除することにより、着工建築物に使用される合板の国産材率を算出した。

○ 解体原単位 ($v_{DPj,sti}$) 及び解体材国産材率 (f_{DWji})

解体原単位 ($v_{DWj,sti}$) 及び解体材国産材率 (f_{DWji}) については、サブカテゴリー j において建築時の着工原単位 ($v_{DPj,sti}$) や国産材率 (f_{DPji}) が反映されるよう、下式のとおりに、それぞれ i 年に解体された面積 ($S_{Wst,i}$) のうち、 n 年に建築された床面積 ($S_{Wst,i(n)}$) が占める割合で加重平均して算出した。

$$v_{DWj,sti} = \sum_n \left(\frac{S_{Wst,i(n)}}{S_{Wst,i}} \times v_{DPj,sti(n)} \right)$$

$$f_{DWji} = \sum_n \left(\frac{S_{Wst,i(n)}}{S_{Wst,i}} \times f_{DPji(n)} \right)$$

○ 容積密度、炭素含有率

針葉樹製材の容積密度については、我が国における針葉樹の容積密度を適切に HWP の算定に反映するため、農林水産省「木材需給報告書」における素材生産量の樹種別割合で重みづけした加重平均により、我が国独自の針葉樹製材の容積密度を算出した。

針葉樹製材の容積密度以外は 2019 年改良 IPCC ガイドラインに提示されているデフォルト値を使用した。

なお 6.11. 節で使われる容積密度は、全乾重量を気乾体積で除した密度とする。

表 6-67 カテゴリー別の容積密度・炭素含有率

HWP カテゴリー		容積密度 [Mg-d.m./m ³]	炭素含有率 [Mg -C/Mg-d.m.]
製材	針葉樹	0.37	0.5
	広葉樹	0.56	0.5
木質ボード	パーティクルボード (PB)	0.596	0.451
	硬質繊維板 (HB)	0.788	0.425
	中質繊維板 (MDF)	0.691	0.427
	軟質繊維板 (IB)	0.159	0.474
合板		0.542	0.493

(出典)：2019 年改良 IPCC ガイドライン、Table 12.1（針葉樹製材の容積密度を除く）

(注)：製材（針葉樹）の容積密度は、我が国独自の容積密度

表 6-68 各種パラメータに用いるデータ（建築物）

No	変数等	出典	備考
1	製材品出荷量（建築用材） 国産材	農林水産省「木材需給報告書」	
2	製材品出荷量（建築用材） 輸入材	農林水産省「木材需給報告書」	
3	製材用素材入荷量	農林水産省「木材需給報告書」	
4	輸入製材製品（針葉樹）	財務省「貿易統計」	※建築用途の輸入量が不明のため、針葉樹製材及び集成材を建築用途と仮定
5	木質ボード販売・消費量	経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」	※自家消費分含む
6	木質ボード輸入量	財務省「貿易統計」	
7	輸入チップ	財務省「貿易統計」	
8	国産チップ生産量	農林水産省「木材需給報告書」	
9	チップ用素材入荷量 （国産材）	農林水産省「木材需給報告書」	
10	チップ用素材入荷量 （輸入材）	農林水産省「木材需給報告書」	
11	木質ボード用途別出荷量	日本繊維板工業会「木質ボード用 途別出荷量」	
12	合板国内生産量	農林水産省「木材需給報告書」	
13	合板用単板輸入量	財務省「貿易統計」	
14	合板輸入量	財務省「貿易統計」	※「貿易統計」の合板内の竹製のもの 及び集成材を除いた値。
15	合板用素材入荷量（国産材）	農林水産省「木材需給報告書」	
16	合板用素材入荷量（輸入材）	農林水産省「木材需給報告書」	

■ 活動量

○ 着工床面積（ $S_{P, st, i}$ ）

国土交通省「建築物着工統計」より得られる住宅・非住宅別、構造別の新築・増築分の着工面積を用いた。

○ 解体床面積（ $S_{W, st, i}$ ）

解体床面積は、総務省「固定資産の価格等の概要調書（家屋）」から得られる家屋の総床面積と、上述の着工床面積を用いて推計した。 i 年の住宅・非住宅別、構造別の建築物の解体床面積（ $S_{W, st, i}$ ）は、 $i-1$ 年の建築物床面積（ $S_{S, st, i-1}$ ）に i 年の建築物着工床面積（ $S_{P, st, i}$ ）を加えた面積から、 i 年の建築物床面積（ $S_{S, st, i}$ ）を差し引くことで算出した。

$$S_{W, st, i} = S_{S, st, i-1} + S_{P, st, i} - S_{S, st, i}$$

建築床面積及び建築物着工床面積には増築面積が含まれているため、増築後に解体された建築物の床面積も解体面積に反映されていることになる。ただし、改築については、着工原単位に改築が考慮されていないため、着工床面積から改築分を控除した。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

統計データの不確実性及び2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト不確実性を利用し、全体で30%と評価された。

■ 時系列の一貫性

面積原単位に用いる「建設資材・労働力需要実態調査」は2年毎の調査であるためデータ

が欠落している年は内挿により推計し、時系列の一貫性を確保している。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 木質ボードの国産材率の見直しによる修正

木質ボードの原料となる輸入木材チップの取り扱いを日本繊維板工業会「木質ボード原材料使用実態調査」に従って修正した。今まで木質ボード原材料のうち、原木由来の原材料で輸入木材チップを考慮していたが、実態調査によると、輸入チップは工場残材由来として扱うことが適当であることが判明したため、これに従い木質ボード原材料の国産材率の計算を修正した。この更新に伴い、全年度の木質ボードのアウトフロー、インフローの炭素蓄積変化量も再計算された。

■ 解体床面積の推計方法の見直しによる修正

2019 年以降の統計データ欠損に係る推計方法の見直しにより、2019 年以降の解体面積（活動量）が修正された。これに伴い、2019 年以降の製材、木質ボード、合板のアウトフローが修正されたため蓄積変化量が再計算された。

再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.10.2. その他木材利用

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーは建築物以外に利用される製材、木質ボード、合板の炭素蓄積変化量を取り扱う。当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化量は、1990 年度に 494 kt-CO₂ の排出であったが、2022 年度に 431 kt-CO₂ の吸収、2023 年度では 117 kt-CO₂ の排出となった。なお、その他木材利用（製材、木質ボード、合板）については、CRT の「Other (please specify)」の下に「Sawnwood for non-buildings」、「Wooden board for non-buildings」、「Plywood for non-buildings」にて報告している。

b) 方法論

■ 算定方法

その他木材利用の炭素蓄積変化量は、2006 年 IPCC ガイドラインに記載の一次減衰関数による推計方法（FOD 法）（Tier 2）を用い、当該年と前年の当該カテゴリーの HWP プールの炭素量の差分から算定した。1 年間に当該 HWP プールに投入される炭素量は、建築以外に利用される木材の量に国産材率、及び炭素変換係数を乗じて算出した。算定式は以下のとおりである。

$$\Delta C_{j,i} = C_{j,i} - C_{j,i-1}$$

$$C_{j,i} = e^{-k_j} \times C_{j,i-1} + \left[\frac{(1 - e^{-k_j})}{k_j} \right] \times Inflow_{j,i}$$

- j : サブカテゴリー（製材、木質ボード、合板）
 i : 算定対象年
 $\Delta C_{j,i}$: サブカテゴリー j のその他木材利用 HWP プールの i 年の炭素蓄積変化量 [t-C/年]
 $C_{j,i}$: サブカテゴリー j のその他木材利用 HWP プールに蓄積されている i 年終わりの炭素量 [t-C] ※ $C_{j,(1990)}=0$ とみなした。
 k_j : $k_j = \ln(2)/HL_j$
 HL_j : サブカテゴリー j のその他の木材利用 HWP プールの半減期
 $Inflow_{j,i}$: サブカテゴリー j のその他木材利用 HWP プールに i 年に投入された炭素量 [t-C/年]

$$Inflow_{j,i} = V_{p,j,i} \times f_{DP,j,i} \times D_j \times CF_j$$

- j : サブカテゴリー（製材、木質ボード、合板）
 i : 算定対象年
 $Inflow_{j,i}$: サブカテゴリー j のその他木材利用 HWP プール HWP プールに i 年に投入された炭素量 [t-C/年]
 $V_{p,j,i}$: サブカテゴリー j の建築物以外に利用される i 年の木材の量 [m³/年]
 $f_{DP,j,i}$: サブカテゴリー j の建築物以外に利用される木材の i 年の国産材率 [%]
 D_j : サブカテゴリー j の容積密度（全乾重量／気乾材積）[t-d.m./m³]
 CF_j : 炭素含有率 [t-C/t-d.m.]

■ 各種パラメータ

○ 国産材率

【製材】

建築物以外に利用される製材の国産材率は、樹種別の国産材製材品出荷量を製材品出荷量で除して算出した。

【木質ボード】

建築物における木質ボードの国産材率と同様に算出した（6.10.1 節参照）。

【合板】

国産材由来の合板用素材入荷量を合板用素材入荷量と合板用単板輸入量（丸太換算）の合計量で除して合板の国産材率として算出した。

○ 半減期

2019年改訂 IPCC ガイドライン（Vol.4 Table 12.3）に提示されているデフォルト値（製材：35 年、木質ボード・合板：25 年）を使用した。

○ 容積密度、炭素含有率

建築物（6.10.1. 節）と同じ値を使用した（表 6-67 を参照のこと）。

表 6-69 各種パラメータに用いるデータ（その他木材利用）

No	変数等	出典	備考
1	製材品出荷量（国産材、建築用材以外）	農林水産省「木材需給報告書」	
2	木質ボード販売・消費量	経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計」	※自家消費分含む
3	輸入チップ	財務省「貿易統計」	
4	国産チップ生産量	農林水産省「木材需給報告書」	
5	国産チップ（パルプ用）	日本製紙連合会「パルプ材集荷実績」	
6	チップ用素材入荷量（国産材）	農林水産省「木材需給報告書」	
7	チップ用素材入荷量（輸入材）	農林水産省「木材需給報告書」	
8	合板用単板輸入量	財務省「貿易統計」	
9	合板用素材入荷量（国産材）	農林水産省「木材需給報告書」	
10	合板用素材入荷量（輸入材）	農林水産省「木材需給報告書」	

■ 活動量

活動量は、製材品出荷量、木質ボード販売・消費量、合板生産量を用いた。製材品出荷量は、農林水産省「木材需給報告書」の製材品出荷量から建築用材を除いた出荷量とした。木質ボード販売・消費量は、経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」のPB、HB、MDF、IBそれぞれの販売・消費量に、日本繊維版工業会「木質ボード用途別出荷量」から算出される建築用以外の木質ボードの割合を乗じた量とした。合板生産量は、農林水産省「木材需給報告書」の合板生産量（国産材）から建築用合板（国産材）を除いた値を用いた。建築物の着工床面積から控除した改築分の木材使用量は本カテゴリーの活動量として考慮されている。

○ 1900年までのデータ遡及方法

製材については、2006年 IPCC ガイドライン（Equation 12.6）に提示されている方法を用いて推計した。また、産業用丸太消費量の推定連続率（U）については、アジア 1900~1961年のデフォルト値 0.0217（Table 12.3）を適用した。

$$V_t = V_{1961} \times e^{[U \times (t - 1961)]}$$

V_t : その他木材に使用される製材の生産量 [kt C/年]

t : 年（1900~1961年）

V_{1961} : 1961年その他木材に使用される製材の生産量 [kt C/年]

U : 1900~1961年、報告国を含む地域の産業用丸太消費量変化の推定連続率

合板、木質ボードにおいては、それぞれ日本合板工業組合連合会「合板百年史」、通産省系工業統計調査室調「年別繊維板、販売、在庫推移」に示された、国内で生産を開始した年を踏まえ、1907年以前の合板の生産と1952年以前の木質ボードの生産は0とした。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

統計データの不確実性及び2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト不確実性を利用し、全体で30%と評価された。

■ 時系列の一貫性

当該カテゴリーの算定に使用しているパラメータ及び木質ボードの活動量のデータについては、一貫した統計を使用している。

製材の活動量のデータについては、1961年以前の活動量のデータは、2006年 IPCC ガイド

ライン (Equation 12.6) に提示されている方法を用いて、1900 年までデータを遡及しており、時系列の一貫性は保たれている。

合板の活動量のデータについて、1954 年以降は農林水産省「木材需給報告書」の数値を使用し、1953 年以前は当該統計による数値がないため、日本合板工業組合連合「合板百年史」の数値を使用している。合板は、専門家判断により、日本において 1907 年に合板の生産が始まっているという合板百年史のデータが実態に即しているとされた。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

■ 木質ボードの国産材率の計算における見直しによる修正

建築物 6.10.1.e) と同様。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

主に土木分野において丸太形態で利用されている木材については、現在算定の対象とはなっていない。

6.10.3. 紙製品

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーは、紙製品（紙・板紙（古紙含む））の炭素蓄積変化量を取り扱う。当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化量は、1990 年度に 712 kt-CO₂ の吸収、2021 年度に 164 kt-CO₂ の排出、2023 年度では 501 kt-CO₂ の排出となった。

b) 方法論

■ 算定方法

その他木材利用と同様に紙製品の炭素蓄積変化量についても、2006 年 IPCC ガイドラインに記載の FOD 法 (Tier 2) を用い、当該年と前年の HWP プールの炭素量の差分から、算定した。1 年間に HWP プールに投入される炭素量は、紙製品生産量に国産材率、及び炭素変換係数を乗じて算出した。算定式は以下のとおりである。

$$\Delta C_i = C_i - C_{i-1}$$

$$C_i = e^{-k} \times C_{i-1} + \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \times Inflow_i$$

ΔC_i : 紙製品 HWP プールの i 年の炭素蓄積変化量 [t-C/年]

C_i : 紙製品 HWP プールに蓄積されている i 年終わりの炭素量 [t-C]
※ $C_{(1990)}=0$ とみなした。

$Inflow_i$: 紙製品 HWP プールに投入された i 年の炭素量 [t-C/年]

k : $k = \ln(2) / HL$

HL : 紙製品 HWP プールの半減期 (2 年)

i : 算定対象年

$$Inflow_i = PP_{pi} \times f_{Dpi} \times C_{cf}$$

$Inflow_i$: 紙製品 HWP プールに投入された i 年の炭素量 [t-C/年]

$PP_{p,i}$	: i 年の紙製品生産量 [t]
$fp_{p,i}$	: i 年の紙製品の国産材率 [%]
C_{ef}	: 炭素換算係数 [t-C/t]
i	: 算定対象年

■ 各種パラメータ

○ 国産材率

紙製品の国産材率は、国産材由来の製紙用パルプと古紙及び古紙パルプの消費量をそれぞれ推計し合計した値を、製紙用パルプ、古紙・古紙パルプ及びその他繊維原料パルプの総消費量で除することにより算出した。

製紙用パルプの総消費量は、経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計編」の値を使用し、そのうち国産材由来については、総消費量から財務省「貿易統計」における製紙用パルプ輸入量を除いた値に製紙用パルプ国産材率を乗じた値を使用している。製紙用パルプ国産材率は、経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計編」のうち「原材料統計（パルプ）」における国産原木消費量と国産チップ消費量を合計した値を原木消費量とチップ消費量を合計した値で除した値を使用した。チップ消費量のうち国産材由来分は、国産チップの原料由来別割合を重みづけして各由来別の国産材率で加重平均した値を用いて算定した。

古紙・古紙パルプの総消費量は、経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック製品・ゴム製品統計編」の値を使用し、そのうち国産材由来については、総消費量から財務省「貿易統計」の古紙・古紙パルプの輸入量を除いた値に古紙・古紙パルプの国産材率を乗じた値を使用している。古紙・古紙パルプの国産材率は前年の国産材由来の紙製品廃棄量を前年の総紙製品廃棄量で除した値を使用した。

その他繊維原料パルプの総消費量は経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計編」の値を使用した。

表 6-70 各種パラメータに用いるデータ（紙製品）

No	変数等	出典	備考
1	製紙用パルプ、古紙・古紙パルプ及びその他繊維原料パルプ消費量	経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック製品・ゴム製品統計編」	紙製品の国産材率の算定に利用
2	製紙用パルプの原材料消費量（原木・チップ） うち国産由来 原木 チップ	経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック製品・ゴム製品統計編」	パルプの国産材率の算定に利用
3	製紙用パルプ輸入量	財務省「貿易統計」	
4	古紙・古紙パルプ輸入量	財務省「貿易統計」	
5	国産チップの入手区分別割合	農林水産省「木材需給報告書」	パルプ生産用チップの
6	チップ用素材入荷量（国産材）	農林水産省「木材需給報告書」	国産材比率の推計に利用
7	チップ用素材入荷量（輸入材）	農林水産省「木材需給報告書」	

○ 半減期

2019 年改良 IPCC ガイドライン（Table 12.3）に提示されているデフォルト値（2 年）を使用した。

○ 炭素換算係数

2019 年改良 IPCC ガイドライン（Table 12.1）に提示されているデフォルト値（炭素換算係数：0.386 t-C/t）を使用した。

■ 活動量

○ 1961 年以降のデータ

活動量となる紙製品（紙・板紙）の国内生産量は、経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計編」の紙生産量、板紙生産量の合計値で、これは FAOSTAT の Paper and Paperboard の Production データと同一の値である。

○ 1900 年までのデータ遡及方法

経済産業省「紙・パルプ統計年報」に示された値を用いた。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

統計データの不確実性及び 2019 年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト不確実性を利用し、全体で 30% と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量、パラメータともに、一貫した統計を使用している。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量及び吸収量の算定に用いている活動量、排出吸収係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

建築物アウトフローの算定における解体面積の過年度値修正に伴い、解体材由来の紙製品の 2019 年以降の炭素蓄積変化量が再計算された。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.11. その他（4.H.）

6.11.1. バイオ炭使用型コンクリート

a) カテゴリーの説明

木質バイオマスを炭化して作られたバイオ炭をコンクリートに混入することで、内部に炭素を貯留するコンクリート製品による CO₂ 固定量を取り扱う。2023 年度における当該カテゴリーの CO₂ 純吸収量は 99.0 t-CO₂ であり、詳細は 4.9.5.3. 節を参照のこと。

6.12. 窒素肥料施用に伴う N₂O 直接・間接排出（4.I）

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、農用地以外の土壌への窒素肥料施用に伴う N₂O の直接・間接排出量の算定を行う。森林土壌への窒素肥料施用については、林野庁調査から、森林土壌に施用された窒素肥料は大部分が無機質窒素肥料（化学窒素肥料）であったことから、すべての窒素肥料は化学肥料であるとみなして算定した。N₂O 間接排出については、NH₃ や NO_x として揮散

した窒素化合物による大気沈降に伴う N_2O 排出、及び窒素が硝酸として溶脱・流出したものから微生物の作用による N_2O 排出を算定対象とする。

湿地、開発地土壌への窒素肥料施用量は個別に把握されていないが、森林への施用量を除いた窒素肥料施用からの N_2O の直接排出量は農業分野の報告に含んでいることから「IE」、その他の土地では窒素肥料施用を伴う活動の実態がないとして「NO」として報告した。森林土壌への施肥については転用の有無を区分できないことから、転用のない森林で一括して報告した。2023年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は0.64 kt- CO_2 換算であり、1990年度比48.3%の減少となっている。

表 6-71 窒素肥料施用に伴う N_2O の直接・間接排出量

カテゴリー		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
合計		kt- N_2O	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002
		kt- CO_2 換算	1.24	1.07	0.99	0.96	0.83	0.83	0.76	0.65	0.67	0.67	0.64	0.64
森林		kt- N_2O	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002
	転用のない森林	kt- N_2O	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002
	他の土地利用から転用された森林	kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
湿地		kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	転用のない湿地	kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	他の土地利用から転用された湿地	kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
開発地		kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	転用のない湿地	kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
	他の土地利用から転用された開発地	kt- N_2O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
その他		kt- N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

b) 方法論

1) 窒素施肥に伴う N_2O 直接排出量

■ 算定方法

森林土壌への化学窒素肥料の施肥に伴う N_2O 排出量は2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリーに従い、我が国独自の排出係数が存在するため、Tier 2 法を用いて算定した。算定式は農業分野で適用しているものと同様とした。

■ 各種パラメータ

農用地土壌（その他の作物）への化学窒素肥料（硝化抑制剤なし）の施用に伴う N_2O 排出量の算定に適用している国独自の排出係数 0.62% [kg- N_2O -N/kg-N] (Akiyama et al. (2006)) を、森林土壌への化学窒素肥料施用に伴う N_2O 排出量の算定にも適用した。本排出係数の詳細な情報については、第5章 5.5.1.1.b) 節を参照のこと。

■ 活動量

2006～2008年度値は、林野庁による森林への施肥実績の調査結果を用いた。実績値が存在しない年次の森林土壌に施用される化学肥料施用量は、2016年度までは農林統計協会「ポケット肥料要覧」の「窒素質肥料需要量」、2017年以降は農林水産省 技術普及課による調査値に森林土壌への施用分の割合（2006～2008年の平均値）を乗じて算出した。当該割合は化学肥料施用総量の0.047%である。

2) 大気沈降に伴う N_2O 間接排出量

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン (vol.4 11.2.2.1 節) に示される Tier 1 法を用いて算定した。算定式は以下のとおりである。

$$N_2O-N_{ATD} = (F_{SN} \times Frac_{GASF}) \times EF_4$$

N_2O-N_{ATD}	: 大気沈降による N_2O 排出量 [kg- N_2O -N]
F_{SN}	: 森林土壌へ施用される化学肥料に含まれる窒素量 [kg-N]
$Frac_{GASF}$	: 化学窒素肥料から NH_3 や NO_x として揮発する割合 [kg- NH_3 -N+ NO_x -N/kg-N]
EF_4	: 大気沈降による N_2O 排出係数 [kg- N_2O -N/kg- NH_3 -N+ NO_x -N]

■ 各種パラメータ

2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いた。

○ 化学肥料から NH_3 や NO_x として揮発する割合

0.11 [kg- NH_3 -N+ NO_x -N/kg-N] (Vol.4 Table 11.3、aggregated)

○ 大気沈降による間接 N_2O 排出係数

0.014 [kg- N_2O -N/kg- NH_3 -N+ NO_x -N] (Vol.4、Table 11.3、disaggregated、wet climate)

■ 活動量

上述の森林への化学窒素肥料施用量。

3) 溶脱・流出に伴う N_2O 間接排出

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン (Vol.4、11.2.2.1 節) に示される Tier 1 の算定方法を用いて算定した。

$$N_2O-N_{leach} = (F_{SN} + F_{SOM}) \times Frac_{LEACH-H} \times EF_5$$

N_2O-N_{leach}	: 窒素溶脱・流出に伴う N_2O 排出量 [kg N_2O -N]
F_{SN}	: 森林土壌へ施用される化学肥料に含まれる窒素量 [kg-N]
F_{SOM}	: 土壌の有機物無機化による年間窒素放出量 [kg-N]
$Frac_{LEACH-H}$	: 施用される窒素のうち溶脱・流出する割合 [kg-N/kg-N]
EF_5	: 溶脱・流出に伴う N_2O の排出係数 [kg N_2O -N/kg-N]

■ 各種パラメータ

2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いた。

○ 窒素のうち溶脱・流出する割合

0.24 [kg-N/kg-N] (Vol.4 Table 11.3、aggregated)

○ 溶脱・流出の N_2O 間接排出係数

0.011 [kg- N_2O -N/kg-N] (Vol.4 Table 11.3、aggregated)

■ 活動量

上述の森林への化学窒素肥料施用量。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

窒素施肥に伴う N_2O 直接排出量の不確実性は、農業分野の当該算定と同じ値を用いて、31%と評価した。窒素施肥に伴う N_2O 間接排出量の不確実性は、排出係数の不確実性 (2006年 IPCC ガイドライン Vol.4、page 11.24) 及び窒素施肥活動量の不確実性に基つき評価を行

い、-143%～+493%と評価された。

■ 時系列の一貫性

パラメータは、一定値を使用しており、活動量は、同一の統計から同じ割合を乗じて算出しており、当該カテゴリーの時系列の一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

2017 年度以降の窒素肥料需要量を更新したため、2017 年度以降の排出量が再計算された。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画

g) 及び課題

特になし。

6.13. 有機質土壌排水等に伴う CH₄ 及び N₂O 排出 (4.(II))

a) カテゴリーの説明

カテゴリー4.(II) の「土壌排水・再湛水やその他の有機質・鉱質土壌管理に伴う排出量及び吸収量」について、我が国では有機質・鉱質土壌再湛水による吸収については算定の対象とせず、有機質土壌の排水や耕起等の活動が実際に起こった場合にのみ排出が生じるとし、活動に伴う CH₄ 及び N₂O 排出のみを算定対象とした。それぞれの土地利用カテゴリーの算定状況については以下に示すとおりである。森林においては、排水活動は実施されないため「NO」として報告した。農地及び草地のうち牧草地における有機質土壌の耕起に伴う N₂O 排出、及び田における稲作からの CH₄ 排出は農業分野で報告している。その他の農地及び草地における当カテゴリーからの CH₄ 排出の算定については、樹園地や荒廃農地では排水等は実施されないことから「NO」とし、普通畑のみを算定対象とした。草地においては、牧草地以外の草地（採草放牧地、原野）では営農活動を行っていないため、牧草地のみ当カテゴリーからの CH₄ 排出の算定対象とした。湿地においては、泥炭地については、6.7.1. a) 節で説明をしたとおり、微少排出源と考えられることから「NE」、湛水地、その他の湿地については、我が国では 2006 年 IPCC ガイドライン及び湿地ガイドラインで方法論が提示されている当該算定方法を適用していないため、「NA」として報告した。沿岸湿地区分に存在する当該についても、同様に「NA」として報告した。また、開発地においては、有機質土壌地が開発地に転用された場合、転用後の排水等の活動に伴う CH₄ 及び N₂O 排出について算定を行った。2023 年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は 46.6 kt-CO₂ 換算であり、1990 年度比 29.6%の減少、前年度比 0.2%の減少となっている。

表 6-72 有機質土壌排水に伴う CH₄ 及び N₂O の排出量

カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
合計	kt-CO ₂ 換算	66.2	57.8	53.4	51.4	49.6	47.1	46.8	46.2	46.4	46.8	46.6	46.6
CH ₄	合計	kt-CH ₄	2.27	1.99	1.85	1.78	1.72	1.64	1.63	1.61	1.61	1.63	1.62
		kt-CO ₂ 換算	63.6	55.8	51.7	49.9	48.2	45.8	45.6	45.0	45.2	45.6	45.3
	森林	kt-CH ₄	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	農地	kt-CH ₄	0.96	0.97	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94
	草地	kt-CH ₄	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.12	0.09	0.09	0.09	0.09
	湿地	kt-CH ₄	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA
		泥炭地	kt-CH ₄	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
		湛水地	kt-CH ₄	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		その他の湿地	kt-CH ₄	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	開発地	kt-CH ₄	1.23	0.94	0.77	0.71	0.66	0.57	0.55	0.57	0.57	0.59	0.59
	N ₂ O	kt-N ₂ O	0.010	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
		kt-CO ₂ 換算	2.62	1.99	1.63	1.50	1.40	1.22	1.17	1.20	1.22	1.26	1.24
N ₂ O	森林	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	湿地	kt-N ₂ O	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA
		泥炭地	kt-N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
		湛水地	kt-N ₂ O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		その他の湿地	kt-N ₂ O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	開発地	kt-N ₂ O	0.010	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005

b) 方法論

■ 算定方法

農地、草地及び転用された開発地について、有機質土壌の排水に伴う CH₄ 排出量は湿地ガイドライン 2.2.2.1 節に記述されている Tier 1 法（式 2.6）を用いて算出した。

$$CH_{4os} = A_{os} \times [(1 - Frac_{ditch}) \times EF_{CH_4_{land}} + Frac_{ditch} \times EF_{CH_4_{ditch}}]$$

CH_{4os} : 有機質土壌の排水に伴う CH₄ の排出量 [kg-CH₄]

A_{os} : 有機質土壌面積 [ha]

$EF_{CH_4_{land}}$: 地表からの CH₄ 排出係数 [kg-CH₄/ha]

$EF_{CH_4_{ditch}}$: 排水路からの CH₄ 排出係数 [kg-CH₄/ha]

$Frac_{ditch}$: 排水対象地のうち排水路が占める割合

開発地に転用された有機質土壌地からの N₂O 排出量は、湿地ガイドライン 2.2.2.2 節に記述されている Tier 2 法（式 2.7）を用いて算出した。

$$N_2O - N_{os} = A_{os} \times EF_{os}$$

$N_2O - N_{os}$: 有機質土壌の排水に伴う N₂O-N の排出量 [kg-N₂O-N/yr]

A_{os} : 開発地に転用された有機質土壌地面積 [ha]

EF_{os} : 有機質土壌の排水に伴う N₂O 排出係数 [kg-N₂O-N/ha/yr]

■ 各種パラメータ

農地、草地及び他の土地から転用された開発地について、CH₄ 排出の排出係数、排水路からの CH₄ 排出係数及び排水対象地のうち排水路が占める割合は、湿地ガイドライン Table 2.3、Table 2.4 に提示されている Tier 1 のデフォルト排出係数を適用した。他の土地から転用された開発地の N₂O の排出係数については、2006 年 IPCC ガイドライン及び湿地ガイドラインでは開発地のデフォルト係数が提示されていないため、我が国は主に開発地への転用が田地域で生ずるという状況を踏まえ、我が国の独自の田における排出係数を適用した。

表 6-73 地表からの CH₄ 及び N₂O 排出に関する排出係数

土地利用	排出係数	単位	適用した値
農地／転用された開発地	0	kgCH ₄ /ha/yr	Cropland, drained, Boreal and Temperate (湿地ガイドライン Table 2.3)
牧草地	16	kgCH ₄ /ha/yr	Grassland, deep-drained, nutrient-rich, Temperate (湿地ガイドライン Table 2.3)
転用された開発地	0.297	kgN ₂ O-N/ha/yr	国独自の排出係数 (北海道水田での実測値)

表 6-74 排水路からの CH₄ 排出に関する排出係数

土地利用	排出係数	単位	排水路の割合	適用した値
農地／牧草地／転用された開発地	1165	kgCH ₄ /ha/yr	0.05	Boreal/Temperate, Deep-drained Grassland, Cropland (湿地ガイドライン Table 2.4)

■ 活動量

普通畑、牧草地、転用された開発地における有機質土壌面積の把握方法は6.5.1. 節、6.6.1. 節を参照のこと。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

湿地ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。その結果、有機質土壌の排水に伴う非 CO₂ 排出量の不確実性は-26%～+48%と評価された。

■ 時系列の一貫性

パラメータは、一定値を使用しており、活動量は、同一の統計から算出しており、当該カテゴリーの時系列の一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

有機質土壌面積が再計算されたことから、有機質土壌からの当該カテゴリーからの CH₄ 及び N₂O 排出量は全年にわたり再計算された。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.14. 土地利用変化・管理に伴う無機化された窒素からの N₂O 排出 (4.(III))

a) カテゴリーの説明

このカテゴリー4.(III) では「鉱質土壌の土地利用変化・管理による土壌有機物の損失／増加に伴う窒素無機化／窒素固定による直接・間接 N₂O 排出」を取り扱う。我が国では 2006 年 IPCC ガイドラインの記述に従い、土壌有機物の増加が生じた場合の窒素固定は算定対象とせず、土壌有機物が損失した場合の窒素の無機化に伴う排出のみを算定対象とした。

森林においては、他の土地利用から転用された森林では土壌有機物が増加するため、転用のない森林における通常の森林管理による土壌有機物の損失に伴い無機化された窒素からの N_2O 排出を算定の対象とした。農地においては、転用のない農地については農業分野にて算定を行っているため、本カテゴリーでは他の土地から転用された農地からの当該排出のみを算定の対象とした。草地においても、転用のない草地については農業分野にて算定を行っているため、本カテゴリーでは他の土地から転用された草地からの当該排出のみを算定の対象とした。土壌有機物の変化が起こるのは草地の3つの下位区分のうち牧草地のみであるため、牧草地のみを算定対象とした。転用のない湿地、転用のない開発地については、土壌炭素ストックの減少が生じていないため「NA」で報告した。他の土地利用から転用された湿地については、土壌有機物のストック変化に関する方法論が存在しないため「NE」として報告した。また、他の土地利用から転用された開発地、他の土地利用から転用されたその他の土地においては、土地利用変化に伴い土壌炭素ストックの減少を計算していることから、土壌有機物の消失に伴う排出を計算した。2023年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は 401.1 kt- CO_2 換算であり、1990年度比 52.7%の減少、前年度比 2.7%の増加となっている。

表 6-75 無機化された窒素からの N_2O の直接・間接排出量

カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
合計	kt- N_2O	3.20	2.81	2.59	2.31	1.89	1.63	1.53	1.44	1.45	1.46	1.47	1.51
	kt- CO_2 換算	847.5	744.7	686.2	610.8	501.5	433.2	405.4	381.9	383.0	386.6	390.4	401.1
森林	kt- N_2O	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.43	0.44	0.45
転用のない森林	kt- N_2O	0.39	0.39	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.43	0.44	0.45
他の土地から転用された森林	kt- N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
農地	kt- N_2O	0.13	0.09	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
他の土地から転用された農地	kt- N_2O	0.13	0.09	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
草地	kt- N_2O	0.0056	0.0034	0.0020	0.0012	0.0006	0.0011	0.0007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
他の土地から転用された草地	kt- N_2O	0.0056	0.0034	0.0020	0.0012	0.0006	0.0011	0.0007	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
湿地	kt- N_2O	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA
転用のない湿地	kt- N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
他の土地から転用された湿地	kt- N_2O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
開発地	kt- N_2O	2.29	1.98	1.84	1.61	1.28	1.05	0.95	0.86	0.86	0.86	0.87	0.90
転用のない開発地	kt- N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
他の土地から転用された開発地	kt- N_2O	2.29	1.98	1.84	1.61	1.28	1.05	0.95	0.86	0.86	0.86	0.87	0.90
その他の土地	kt- N_2O	0.39	0.35	0.31	0.26	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11
他の土地から転用されたその他の土地	kt- N_2O	0.39	0.35	0.31	0.26	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 11.2.1 節に記載されている式 11.1 及び式 11.8 を用いて算定した。

$$N_2O = N_2O - N_{direct_N_{mineral,i}} \times 44/28$$

$$N_2O - N_{direct_N_{mineral,i}} = F_{SOM_i} \times EF1_i \quad (2006 \text{ 年 IPCC ガイドライン Vol.4、式 11.1})$$

$$F_{SOM_i} = \sum_k \left(\Delta C_{Mineral_{i,k}} \times \frac{1}{R_{i,k}} \right) \quad (2006 \text{ 年 IPCC ガイドライン Vol.4、式 11.8})$$

$N_2O - N_{direct_N_{mineral}}$: 鉱質土壌の有機物の損失に伴う無機化された窒素からの N_2O -N 直接排出量 [kg- N_2O -N]

F_{SOM} : 鉱質土壌の有機物の損失に伴う無機化された窒素の年間放出量 [kg-N]

$EF1$: 無機化に伴う N_2O -N 直接排出係数 [kg- N_2O -N/kg-N]

$\Delta C_{Mineral}$	: 鉱質土壌の有機物の損失に伴う土壌炭素の損失量 [kg-C]
R	: 土壌有機物の C:N 比
i	: 土地利用・地目タイプ (転用のない森林、転用された農地 (田、普通畑、樹園地 (果樹園、茶園))、転用された草地 (牧草地)、転用された開発地、転用されたその他の土地)

農地、草地については、上式を以下のようにまとめ、単位面積当たりの N_2O -N 直接排出係数 ($EF_{N_2O-N_{i,j}}$) [kg- N_2O -N/ha] として設定した。

$$\begin{aligned}
 N_2O-N_{direct-N_{Mineral_{i,j}}} &= c_{ms-loss_{i,j,k}} \times A_{i,j,k} \times \frac{1}{R_{i,k}} \times EF_{i,j} \\
 &= \left\{ EF_i \times \sum_k \left(c_{ms-loss_{i,j,k}} \times \frac{1}{R_{i,k}} \right) \right\} \times \sum_k (A_{i,j,k}) \\
 &= EF_{N_2O-N_{i,j}} \times A_{i,j}
 \end{aligned}$$

$c_{ms-loss}$	: 鉱質土壌の有機物の損失に伴う単位面積当たりの土壌炭素損失量 [kg-C/ha]
A	: 土壌有機物の損失に伴い土壌炭素を損失した鉱質土壌面積 [ha]
i	: 地目タイプ (水田、普通畑、樹園地 (果樹園、茶園))、草地 (牧草地))
j	: 地域 (北海道、東北、関東、北陸、東海・近畿、中国・四国、九州・沖縄)
k	: 土壌タイプ (Yagasaki and Shirato (2014) の分類に基づく土壌タイプ)

■ 各種パラメータ

○ 転用のない森林、他の土地利用から転用された開発地、他の土地利用から転用されたその他の土地に使用したパラメータ

【転用のない森林における鉱質土壌の有機物の損失に伴う土壌炭素の損失量 ($\Delta C_{Mineral}$)】

6.5.1. b) 2) 節で示した CENTURY-jfos モデルによって得られた単位面積当たりの土壌炭素蓄積変化量のうち土壌炭素の減少が生じた箇所を抽出し、当該箇所の面積を乗じて算出した。

【他の土地利用から転用された開発地、他の土地利用から転用されたその他の土地における鉱質土壌の有機物の損失に伴う土壌炭素の損失量 ($\Delta C_{Mineral}$)】

他の土地利用から転用された開発地、他の土地利用から転用されたその他の土地における鉱質土壌の有機物の損失に伴う土壌炭素の損失量は、6.8.2. b) 3) 節、6.9.2. b) 3) 節で得られた土地利用変化により生じた鉱質土壌炭素蓄積減少量を使用した。

【無機化された窒素量あたり N_2O の排出量 (EF_i)】

2019 年改良 IPCC ガイドラインに記載されているデフォルト値 [0.006 kg- N_2O -N/kg-N] を使用した。

【土壌中の C:N 比 (R_i)】

転用のない森林は森林の C:N 比、転用された開発地と転用されたその他の土地については土地転用前の森林・農地・草地の C:N 比を用いた。森林の C:N 比は国内の調査と IPCC デフォルト値に大きな差がなかったことから 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を適用した。農地・草地の C:N 比は Matsui et al. (2021) の土壌調査から得られた地目別及び全体の平均値 (表 6-76) を適用した。

表 6-76 土地利用別の土壌中 C:N 比

土地利用	C:N 比 (kg-C/kg-N)	引用文献
森林	15.0	2006 年 IPCC ガイドライン、Vol.4, chp.11, p11-16 Matsui et al. (2021) の取りまとめに利用された 2015-2018 年の定点調査を基にした土壌群データから、対象地目の有機質土を除いた総炭素量と総窒素量から設定。
農地・草地全体	12.0	
田	11.5	
普通畑	12.3	
樹園地	11.6	
牧草地	13.1	

○ 農地（他の土地利用から転用された農地）、草地に使用したパラメータ

以下のパラメータは Shirato et al. (2021) により設定されたものである。設定の概要については以下のとおりである。なお、農業分野で使用したパラメータと同様のものを使用している。第5章 5.5.1.5.b) 節を参照のこと。

【鉱質土壌の有機物の損失に伴う単位面積当たりの土壌炭素損失量 ($c_{ms-loss\ i,j,k}$)】

6.5.1. b) 3) で示した Roth C モデルを用いて、過去の年度については長期間通常の土壌炭素量の変化を計算した後、直近年 1 年分のみ土壌への有機物投入量をゼロとして計算を行い、投入された有機物由来ではない土壌炭素の単位面積当たりの分解量を計算した。計算は年次変動を考慮して 2014 年度～2018 年度の 5 年分に対して行い、地目、地域、土壌タイプごとに 5 年間の平均値を算出し、時系列全てにおいて固定で用いた。

【土壌中の C:N 比 ($R_{i,k}$)】

2015～2018 年に農用地の地目ごと土壌タイプ別に実施された現地調査によって得られた 0～30 cm 深のデータを用いた。土壌タイプを 3 つの群に整理し、地目別に平均値を算出した結果を表 6-77 に示した。

表 6-77 農地・草地各地目土壌タイプ群別の C:N 比

土壌タイプ群	田	普通畑	樹園地	牧草地
低地土	10.9	11.4	11.0	11.6
黒ボク土	13.5	12.8	13.0	13.9
その他の土壌タイプ	10.8	10.3	10.5	11.4

【単位面積当たりの N_2O の排出係数 ($EF_{N_2O-N_{i,j}}$)】

土地利用・地目 i 、地域 j における単位面積当たりの N_2O の排出量 ($EF_{N_2O-N_{i,j}}$) は次式で示される Mu et al. (2009) の N_2O 統計モデルを用いて算出された。

$$EF_{N_2O-N_{i,j}} = 0.0801 \times e^{0.00722 \times c_{ms-loss\ i,j,k} \times \frac{1}{R_{i,k}}}$$

ただし、前述の統計モデルでは田のデータが考慮されていないため、田については 2019 年改訂 IPCC ガイドライン 11.2.1.2 の Table11 に記載されている田の無機化された窒素当たりの N_2O のデフォルト排出係数 ($EF_{IFR}=0.004$) を用いて算出した。

Shirato et.al. (2021) で実施された算出結果については表 6-78 のとおり。

表 6-78 農地・草地地目別、地域別、単位面積当たりの N_2O の排出係数 ($EF_{\text{N}_2\text{O}-\text{Ni},j}$)

地域	田	普通畑	樹園地		牧草地
			果樹園	茶園	
北海道	0.244	0.210	0.246	—	0.206
東北	0.269	0.189	0.197	—	0.187
関東	0.291	0.166	0.181	0.178	0.178
北陸	0.265	0.167	0.192	0.177	0.199
東海・近畿	0.284	0.172	0.194	0.179	0.195
中国・四国	0.307	0.200	0.190	0.199	0.191
九州・沖縄	0.310	0.197	0.181	0.178	0.173

■ 活動量

○ 農地・草地の土壤有機物の損失に伴い土壤炭素を損失した鉱質土壤面積 (A)

農地・草地においては土地利用変化や通常の農業活動による土壤攪乱により鉱質土壤中の有機物が酸化し炭素が失われるため、農地及び草地（牧草地）の鉱質土壤面積を本活動量とした。牧草地においては、更新が実施された箇所が実際に土壤攪乱を伴う活動がある場所と考えられるため、鉱質土壤面積に 6.6.1.b) 節で使用した更新率を乗じた値を活動量面積とした。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

森林、開発地、その他の土地における土壤炭素排出量の不確実性については、土壤炭素蓄積変化、C:N 比の不確実性を合成して活動量の不確実性を設定した。排出係数の不確実性は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を利用した。他の土地利用から転用された農地及び草地における土壤炭素蓄積変化量の不確実性は、農業分野の当該排出の不確実性の評価同様、排出係数の不確実性は Shirato et al. (2021) に示されている標準偏差からもとめた不確実性、及び活動量の不確実性には「耕地及び作付面積統計」で示された標準誤差を使用して求めた。その結果、土壤有機質の損失に伴う窒素無機化による N_2O 直接排出量の不確実性は-59%~+159%と評価された。土壤有機質の無機化に伴う N_2O 間接排出量の不確実性は、土壤有機質の無機化に伴う N_2O 直接排出量の不確実性と同様な値-118%~+288%を利用した。

■ 時系列の一貫性

排出係数は一定値を使用しており、活動量は一貫した統計から算定しているため、当該カテゴリーの時系列の一貫性は確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

鉱質土壤面積の更新を行ったことから、全年にわたり土壤有機物の無機化に伴う排出量が全年にわたり再計算された。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.15. バイオマスの燃焼 (4.(IV))

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、バイオマスの燃焼に伴い排出される CH₄、CO、N₂O、NO_x の排出量を取り扱う。当該排出量は土地利用ごと、野火に伴うものと計画的な焼却活動に伴うものとに分けて報告する。我が国では土地転用の際の前の土地利用の植生の焼却は実施されず、火災や焼却活動の活動量が土地転用の履歴別に管理されていないため、転用の有無を区分せずに報告する。CRT 上では、転用のない土地利用区分において一括して報告する。CO、NO_x の排出量については、別添 5 に記載する。

森林における野火に伴う排出については、森林火災の実被害面積及び被害材積データを用いて算定を行った。また、我が国においては、森林における計画的な焼却活動は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」及び「消防法」によって厳しく制限されており実施されないため「NO」として報告する。

農地における計画的な焼却活動に伴う排出については、果樹剪定枝等の木本性バイオマスの焼却（農地の残さ焼却）に伴う排出を算定する。農地における野火に伴う排出については我が国の農地は集約的な管理を特徴としており、この管理形態の下での農地において野火が起こることはほぼ皆無と考えられるため、「NO」として報告する。

草地においては、草地維持のため野焼きを行っているので、当該活動に伴う排出について算定する。草地の野火に伴う排出については農地同様「NO」として報告する。

湿地における野火及び計画的な焼却活動に伴う火災については、重要でない「NE」に該当するため、算定していない。

開発地、及びその他の土地における野火に伴う排出については、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」及び「消防法」によって厳しく制限されており実施されないため「NO」として報告する。

なお、CO₂ 排出については既に炭素ストック変化量の算定において報告済みのため、本区分には含めていない。

2023 年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は 58.7kt-CO₂ 換算であり、1990 年度比 19.4%の減少、前年度比 14.7%の増加となっている。これらのトレンド変動は、長期的には主に果樹残さ焼却量の減少を反映しているが、短期的には森林における野火の発生量の増減に依存している。

表 6-79 バイオマスの燃焼に伴う CH₄ 及び N₂O の排出量

カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
合計	kt-CO ₂ 換算	72.8	70.0	65.8	65.9	57.0	54.9	56.7	54.0	50.5	58.3	51.1	58.7
CH ₄ 合計	kt-CH ₄	1.9	1.8	1.7	1.7	1.4	1.3	1.4	1.3	1.2	1.5	1.2	1.5
	kt-CO ₂ 換算	53.1	50.8	47.3	47.7	39.5	37.7	39.5	37.1	34.0	41.3	34.6	41.8
	森林	kt-CH ₄	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.4
	農地	kt-CH ₄	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
	草地	kt-CH ₄	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	湿地	kt-CH ₄	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	開発地	kt-CH ₄	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	その他の土地	kt-CH ₄	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	N ₂ O 合計	kt-N ₂ O	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
N ₂ O 合計	kt-CO ₂ 換算	19.7	19.1	18.5	18.2	17.5	17.2	17.2	16.8	16.6	17.0	16.5	16.9
	森林	kt-N ₂ O	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003
	農地	kt-N ₂ O	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
	草地	kt-N ₂ O	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	湿地	kt-N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	開発地	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	その他の土地	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

b) 方法論

1) 森林火災（野火）に伴う CH₄ 及び N₂O の排出

■ 算定方法

GPG-LULUCF に示された算定式（Chapter 3 page 3.49 式 3.2.19）を用いた。

【CH₄】

$$bbGHG_F = Lc_{F_bb} \times ER \times 16/12$$

【N₂O】

$$bbGHG_F = Lc_{F_bb} \times NC_{ratio} \times ER \times 28/12$$

$bbGHG_F$: 森林におけるバイオマス燃焼に伴う温室効果ガス排出量 [t-GHG]

Lc_{F_bb} : 森林火災に伴う炭素蓄積損失量 [t-C/yr]

ER : 排出比（CH₄ : 0.012、N₂O : 0.007）

NC_{ratio} : 燃焼したバイオマス中の窒素炭素比

■ 各種パラメータ

○ 排出比（ ER ）

GPG-LULUCF、Table 3A.1.15 に示されたデフォルト値を用いた。

CH₄ : 0.012、N₂O : 0.007

○ NC 比（ NC_{ratio} ）

GPG-LULUCF page 3.50 に示されたデフォルト値を用いた。

NC 比 : 0.01

■ 活動量

○ 森林火災に伴う炭素蓄積損失量（ Lc_{F_bb} ）

2006 年 IPCC ガイドラインに示された Tier 2 の方法を用いて、国有林と民有林それぞれの火災被害材積に容積密度、バイオマス拡大係数、及び乾物重における炭素含有率を乗じて算定した。

$$LCF_{bb} = \sum_j V_{F_{bbj}} \times D_j \times BEF_j \times CF_j$$

LCF_{bb}	: 森林火災による炭素蓄積損失量 [t-C/yr]
$V_{F_{bbj}}$	: 森林火災被害材積[m ³ /yr]
D_j	: 容積密度 [t-d.m./m ³]
BEF_j	: バイオマス拡大係数
CF_j	: 乾物重当たりの炭素含有率 [t-C/t-d.m.]
j	: 国有林または民有林

被害材積 ($V_{F_{bbj}}$) の把握は、国有林については、林野庁「森林・林業統計要覧」に示された火災立木被害材積を用いた。民有林については、齢級別の実損面積及び被害材積（林野庁調べ）に一部推計を加えて、火災被害材積を求めた。5 齢級以上については実損面積及び被害材積データが取得できるが、4 齢級以下の被害材積については、実損面積のみしかデータを得ることができないので、損傷比率は齢級に関わらず一定であると仮定し、森林資源現況調査及び国家森林資源データベースより推計された 4 齢級以下の単位面積当り蓄積量に、5 齢級以上の民有林における損傷比率（蓄積量に対する被害材積の割合）を乗ずることにより単位面積当たりの被害材積を推計した。これに当該実損面積を乗じて民有林の 4 齢級以下の火災被害材積を推計した。

国有林及び民有林における容積密度 (D_j)、バイオマス拡大係数 (BEF_j) の値は、人工林、天然林の面積比を用いた加重平均により求めた。乾物当たりの炭素含有率 (CF_j) は針葉樹、広葉樹の平均値 (0.5) を用いた。

表 6-80 国有林、民有林の容積密度とバイオマス拡大係数

種類	容積密度 [t-d.m./m ³]	バイオマス拡大係数
国有林	0.49	1.61
民有林	0.46	1.61

(出典) 林野庁調べより推計

表 6-81 森林火災（野火）による被害材積

カテゴリー		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2019	2020	2021	2022	2023
国有林における火災被害材積		m³	3,688	1,014	1,599	359	16,091	279	2,472	49	275	498	734	342
民有林における火災被害材積		m³	64,918	69,180	60,640	73,348	15,810	26,620	38,571	34,245	17,235	62,745	24,479	69,476
Ⅲ/5	実損面積	kha	0.29	0.94	0.48	0.35	0.07	0.18	0.22	0.15	0.07	0.30	0.05	0.16
	被害材積	m³	47,390	58,129	54,487	59,235	12,780	25,204	36,693	33,276	15,914	61,583	18,048	64,887
Ⅲ/4	実損面積	kha	0.27	0.51	0.16	0.27	0.06	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.08	0.06
	被害材積	m³	17,528	11,051	6,153	14,113	3,030	1,416	1,878	969	1,321	1,163	6,430	4,589

(出典) 国有林の被害材積は「森林・林業統計要覧」より。民有林の実損面積、5 齢級以上の被害材積は林野庁提供値。4 齢級以下の被害材積は推計値。

2) 果樹剪定枝の焼却（農業残さ焼却）に伴う CH₄ 及び N₂O の排出

■ 算定方法

果樹剪定枝の焼却に伴う CH₄ 及び N₂O の排出は 2006 年 IPCC ガイドラインに示される式 (Vol.4 page 2.42 式 2.27) を適用して計算を行った。算定式は以下のとおりである。

$$bbGHG_C = W_{C_{bb}} \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-6}$$

$bbGHG_C$	: 農地における果樹剪定枝の焼却に伴う温室効果ガス排出量 [kt-GHG]
$W_{C_{bb}}$	: 果樹剪定枝焼却量 [t-d.m.]
C_f	: 燃焼率
G_{ef}	: 排出係数 [t/kt-d.m.]

■ 各種パラメータ

燃焼率（ C_f ）については我が国の農業分野の農作物残さの野焼きで利用されている値（0.90）を利用することとする。排出係数（ G_{ef} ）は2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数のうち「Agricultural residue」の値を適用することとする。

表 6-82 焼却に伴うデフォルト排出係数（t/kt-d.m.）

区分	CH ₄	N ₂ O
Agricultural residue	2.7	0.07

（出典）2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 chp.2 Table 2.5

■ 活動量

○ 果樹剪定枝焼却量（残さ焼却量）

4.B の炭素ストック変化の算定に用いているのと同じ果樹別の栽培面積に、単位面積あたり乾物残さ発生量（400 kg-d.m./10a：科学技術庁資源調査所、1982）及び果樹園の茎葉処理における残さ焼却率（25%：土壌モニタリング調査結果、2008）を乗じて、果樹剪定枝（残さ）の焼却量を算定した。

$$W_{C_bb} = \sum_i A_i \times E \times 10 \times R$$

W_{C_bb}	: 果樹剪定枝（残さ）の焼却量 [kg-d.m.]
A_i	: 果樹 i の栽培面積 [ha]
E	: 面積あたり乾物残さ発生量 [kg-d.m./10a]
R	: 果樹残さ焼却率
i	: 果樹種類

3) 草地の燃焼（野焼き）に伴う CH₄ 及び N₂O の排出

■ 算定方法

草地のバイオマス燃焼に伴う CH₄ 及び N₂O の排出は2006年 IPCC ガイドラインに示される式（Vol.4 page 2.42 式 2.27）を適用して計算を行った。算定式は以下のとおりである。

$$bbGHG_G = A_{G_bb} \times m_{G_bb} \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-6}$$

$bbGHG_G$	: 草地のバイオマス燃焼に伴う温室効果ガス排出量 [kt-GHG]
A_{G_bb}	: 草地燃焼面積 [ha]
m_{G_bb}	: 単位面積あたり焼却量 [t-d.m./ha]
C_f	: 燃焼率
G_{ef}	: 排出係数 [t/kt-d.m.]

■ 各種パラメータ

燃焼率については我が国における調査データも鑑み、専門家判断により 0.9 を利用した。排出係数は2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト排出係数のうち「Savanna and grassland」のデフォルト値を適用した。

表 6-83 焼却に伴うデフォルト排出係数（t/kt-d.m.）

区分	CH ₄	N ₂ O
Savanna and grassland	2.3	0.21

（出典）2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 chp.2 Table 2.5

■ 活動量

○ 焼却量

草地の燃焼面積（野焼きの実施面積）（ A_{G_bb} ）に、単位面積あたりの平均焼却量（ m_{G_bb} ）を乗じて、草地の焼却量を算定した。草地の燃焼面積については網羅的な統計情報がとられておらず、公式データが存在していない。ただし、我が国の GHG 排出に影響するような大規模な野焼きが実施されている場所は限られており、阿蘇、東富士演習場、北富士演習場、渡良瀬遊水地、秋吉台の 5 か所（実施予定面積が 1,000 ha を超える場所を抽出）の野焼き実施予定面積の合計を用い全年度一律で燃焼面積（24,400 ha）を設定した。また、単位面積あたりの平均燃焼量について我が国における調査データも鑑み、専門家判断により 10 t-d.m./ha を用いた。

4) 湿地におけるバイオマス焼却に伴う CH₄ 及び N₂O の排出

我が国の湿地では、河川敷における野焼き活動や野火が生じている。

2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 の方法論を用いて、河川敷におけるバイオマス燃焼からの排出量の試算を行った。CH₄ と N₂O の排出係数は 2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 2.5 の All savanna and grassland の値を用い、‘MB・Cf’ については、2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 2.4 の All savanna grasslands (mid/late dry season burns) の 10.0 t-d.m./ha パラメータを用いた（この場合、CO₂ 換算の面積当たり排出係数は 1.2 t-CO₂eq./ha となる）。

統計情報から把握できる火災の発生件数のうち、河川敷火災を含む「その他の火災」という区分については、毎年 5,500～8,000 件の火災発生している。この火災をすべて河川敷での火災と仮定して、我が国の算定方法検討会で設定した LULUCF 分野の「significant」の基準に到達するまでの GHG 排出となる場合は、1 件当たりの焼損面積が 11 ha 必要となる。

我が国の林野火災の年次発生面積が多い年で数百 ha であること、また 10ha を超える火災は我が国の状況ではかなりの大火に匹敵する規模であることを踏まえ、試算に適用したパラメータの不確実性を踏まえても NE 基準に該当すると判断し、重要でない「NE」として報告した。なお、河川敷火災の個別データが入手できる荒川下流部の火災発生状況の焼損面積の事例を踏まえて年間排出量を推計すると約 300 t-CO₂ 程度であり、この値を NE 基準適用区分の積算に用いた。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

森林火災に関する各種パラメータ及び活動量の不確実性については、現地調査データ、専門家判断、又は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った。果樹園剪定枝の焼却に関するパラメータ及び活動量の不確実性について、農業分野の農作物残さ焼却の不確実性（CH₄：296%、N₂O：300%）で代用した。草地の野焼きに関するパラメータ及び活動量の不確実性について、実測データ、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に基づき評価を行った（CH₄：56%、N₂O：63%）。その結果、バイオマスの燃焼に伴う排出量の不確実性は CH₄ で 115%、N₂O で 83% と評価された。

■ 時系列の一貫性

転用のない森林におけるバイオマス燃焼の時系列の一貫性は、同じデータ源（「森林・林業統計要覧」及び林野庁提供データ）並びに 1990 年度から 2023 年度まで同一の方法論を使用することにより確保されている。果樹剪定枝の焼却及び草地の焼却の時系列の一貫性は、同じデータ源（「耕地及び作付面積統計」）を使用することにより確保されている。

d) QA/QC と検証

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に記述している。

e) 再計算

2021 年度以降の一部の樹園地面積の修正により、2021 年度以降のバイオマス燃焼に伴う CH₄、N₂O の排出量が再計算された。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

参考文献

1. IPCC「国家温室効果ガスインベントリのための2006年IPCCガイドライン」(2006)
2. IPCC「2006年IPCCガイドラインに対する2013年追補：湿地」(2014)
3. IPCC「2013年京都議定書補足的方法論ガイダンス」(2014)
4. IPCC「2006年IPCC国家温室効果ガスインベントリガイドラインの2019年改良」(2019)
5. FAO「WORLD BAMBOO RESOURCES A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005」(2007)
6. FAO「Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database」
7. FRA「Global Forest Resources Assessment 2010, Country Reports, Japan」(2010)
8. UNFCCC「土地利用、土地利用変化及び林業における共通報告様式の表について」(FCCC/SBSTA/2013/L.29、FCCC/SBSTA/L.29/Add.1)(2013)
9. 科学技術庁資源調査所「バイオマス資源のエネルギー的総合利用に関する調査」(1982)
10. 環境庁「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第1部」(平成12年9月)(2000)
11. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第3部」(平成14年8月)(2002)
12. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第5部」(平成18年8月)(2006)
13. 経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」
14. 経済産業省「生産動態統計年報 紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計編」
15. 経済産業省「紙・パルプ統計年報」
16. 国土交通省「土地利用現況把握調査」
17. 国土交通省「都市公園等整備現況調査」
18. 国土交通省「道路緑化樹木現況調査」
19. 国土交通省「下水道処理場・ポンプ場における吸収源対策に関する実態調査」
20. 国土交通省「都市緑化施策の実績調査」
21. 国土交通省「河川における二酸化炭素吸収源調査」
22. 国土交通省「公的賃貸住宅緑地整備現況調査」
23. 国土交通省公園緑地課「平成16年度 地球温暖化防止に資する都市緑地効果把握技術に関する調査」(2005)
24. 国土交通省都市局公園緑地・景観課「平成25年度 都市緑化等による温室効果ガス吸収源対策等の次期枠組への対応方針等検討調査」(2014)
25. 国土交通省都市局公園緑地・景観課「平成26年度 都市緑化等による温室効果ガス吸収源対策の推進等に関する調査」(2015)
26. 国土交通省国土技術政策総合研究所「国土技術政策総合研究所資料 No.506 わが国の街路樹VI」(2009)
27. 国土交通省「国土数値情報」
28. 国土交通省「建築着工統計」
29. 国土交通省「建設資材・労働力需要実態調査」
30. 国土庁計画・調整局、国土政策研究グループ「国土プランナー必携」(平成8年11月)
31. 国土地理院「日本の東西南北端点の緯度経度」(<http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/center.htm>)
32. 国土地理院「全国都道府県市町村別面積調」(<http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO-title.htm>)
33. 財務省「貿易統計」
34. 総務省「住宅・土地統計調査」
35. 総務省「固定資産概要調書」
36. 農林水産省「農林業センサス」

37. 農林水産省「耕地及び作付面積統計」
38. 農林水産省「農地の移動と転用」
39. 農林水産省「荒廃農地の発生・解消状況に関する調査」
40. 農林水産省「木材統計調査（木材需給報告書）」
41. 農林水産省「特用林産物生産統計調査」
42. 防衛省「防衛白書」
43. 林野庁「森林・林業統計要覧」
44. 林野庁「森林生態系多様性基礎調査」
45. 林野庁「森林土壌インベントリ調査」
46. 林野庁「国家森林資源データベース」
47. 林野庁「森林・林業白書」
48. 林野庁「森林資源の現況」（2022年3月31日）
49. 林野庁「日本の森林資源」（1968年4月）
50. 林野庁「木材需給表」
51. 林野庁「令和5年度 森林吸収源インベントリ情報整備事業（衛星画像等による土地利用変化状況調査）報告書」（2024）
52. 林野庁「令和6年度 森林吸収源インベントリ情報整備事業（衛星画像等による土地利用変化状況調査）報告書」（2025）
53. 気象庁、*Mesh climatic data of Japan for the 1970-2000* [CD-ROM] , Japan Meteorological Business Support-Center, Tokyo (2012)
54. (財)日本ダム協会「ダム年鑑」（2004）
55. (財)農林統計協会「ポケット肥料要覧」
56. 自然科学研究機構国立天文台編「理科年表 平成31年」p.184-185、p.196-197（2019）
57. 日本繊維板工業会「木質ボード用途別出荷量」
58. 日本繊維板工業会「木質ボード原材料使用実態調査」
59. 日本製紙連合会「パルプ材集荷実績推移」
60. 農業環境技術研究所「日本の水田と黒ボク土畑に適合する改良 Roth C モデル」研究成果情報 27、p. 56-57（2011）
61. 農業環境技術研究所「リン酸吸収係数を用いた汎用的な黒ボク土用改良 Roth C (Roth C-26.3_vPAC)」研究成果情報 28、p. 18-19（2012）
62. Coleman, K. and Jenkinson, D. S. “Roth C-26.3 - A model for the turnover of carbon in soil. In *Evaluation of Soil Organic Matter Models: Using Existing Long-Term Datasets*”, Ed. D. S. Powlson, P. Smith and J. U. Smith, p. 237-246, Springer, Berlin, (1996)
63. 清野 裕「アメダスデータのメッシュ化について」農業気象、48(4)、p. 379-383（1993）
64. Mu, Z., Huang, A., Kimura, D. S., Jin, T., Wei, S. and Hatano, R., *Linking N₂O emission to soil mineral N as estimated by CO₂ emission and soil C/N ratio*, Soil Biology & Biochemistry, 41, p.2593-2597, (2009)
65. 白戸康人「日本およびタイの農耕地における土壌有機物動態モデルの検証と改良」農業環境技術研究所報告 24 号、p.23-94（2006）
66. Shirato, Y., Kishimoto-Mo, W. A. and Takata, Y., “A modeling approach to estimating N₂O emission derived from loss of soil organic matter for the Japanese greenhouse gas inventory” Soil Science and Plant Nutrition, 67(3), p.347-352, (2021)
67. Shirato, Y. and Taniyama, I., “Testing the suitability of the Rothamsted Carbon model for long-term experiments on Japanese non-volcanic upland soils”, Soil Science and Plant Nutrition, 49(6). p.921-

- 925, (2003)
68. Shirato, Y., Hakamata, T. and Taniyama, I., “*Modified Rothamsted carbon model for Andosols and its validation: Changing humus decomposition rate constant with pyrophosphate-extractable Al*”, Soil Science and Plant Nutrition, 50(1). p.149-158, (2004)
 69. Shirato, Y. and Yokozawa, M., “*Applying the Rothamsted Carbon Model for Long-Term Experiments on Japanese Paddy Soils and Modifying It by Simple Tuning of the Decomposition Rate*”, Soil Science and Plant Nutrition, 51(3). p.405-415, (2005)
 70. Shirato, Y., Yagasaki, Y. and Nishida, M., “*Using different versions of the Rothamsted Carbon Model to simulate soil carbon in long-term experimental plots subjected to paddy-upland rotation in Japan*”, Soil Science and Plant Nutrition, 57, p.597-606, (2011)
 71. Takata, Y., Ito, T., Ohkura, T., Obara, H., Kohyama, K. and Shirato, Y., “*Phosphate adsorption coefficient can improve the validity of Roth C model for Andosols*”, Soil Science and Plant Nutrition, 57, p.421-428, (2011)
 72. Tonosaki, K., Murayama, K., Imai, K. and Nagino, Y., “*Estimation of Soil Carbon Accumulation Rate in Urban Parks*”, Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology, Vol. 38 (3), p.373-380, (2013)
 73. Kurimoto, Y., Kajimoto, T., Ozawa, F., Inoue, Y., Shibata, A., *Relationship between fixed carbon and organic carbon of bamboo charcoal*. Wood Carbonization Research 16(2),67-73, (2020). DOI: 10.32143/wcr.16.2_67
 74. 外崎公知、今井一隆、手代木純、木田仁廣、石塚成宏「森林および農地から開発地への土地利用変化に伴う土壌炭素蓄積変化に関する研究」日本緑化工学会誌 48(2), 374-385 (2022)
 75. 中井信「土壌管理による土壌への炭素蓄積」(財)農業技術協会「平成 12 年度温室効果ガス排出削減定量化法調査」
 76. 半田真理子、外崎公知、今井一隆、後藤伸一「植生回復地における土壌及びリターに関する炭素固定量の把握に向けた研究について」都市緑化技術 69、p.18-22 (2008)
 77. 波多野隆介「草地飼料畑の管理実態調査事業」平成 28 年度日本中央競馬会畜産振興事業報告書 (2017)
 78. Metherell, A.K., Harding, L.A., Cole, C.V. and Parton, W.J., “CENTURY Soil Organic Matter Model Environment”, Colorado State University: Fort Collins, Colorado, USA, (1993)
 79. 西園朋広、細田和男、福本桂子、山田祐亮、鄭峻介、北原文章、高橋正義、志水克人、小谷英司、齋藤英樹「関東・中部地域のスギ・ヒノキ・カラマツ人工林における材積枯損量・材積枯損率」関東森林研究 74、p. 137-138 (2023)
 80. 松江正彦、長濱庸介、飯塚康雄、村田みゆき、藤原宣夫「日本における都市樹木の CO₂ 固定量算定式」日本緑化工学会誌 35 (2)、p. 318-324 (2009)
 81. Yagasaki, Y. and Shirato, Y., “*Assessment on the rates and potentials of soil organic carbon sequestration in agricultural lands in Japan using a process-based model and spatially explicit land-use change inventories –Part I: Historical trend and validation based on nation-wide soil monitoring*”, Biogeosciences, 11, 4429-4442, (2014). doi:10.5194/bg-11-4429-2014
 82. Nagumo, T., Ando, M. and Mori C., *Bamboo biochar characterized by nutrient composition as soil amendment*, Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 85(1), 37-42, (2014)
 83. 沖縄県「マングローブ林の変遷」
 84. 中須賀常雄、大山保表、春木雅寛「マングローブに関する研究 I. 日本におけるマングローブの分布」日本生態学会誌 24(4) (1974)

85. 国際マングローブ生態系協会「沿岸生態系と海面上昇モニタリングを目的とした沖縄県内のマングローブ分布状況調査」(2003)
86. マングローバル「鹿児島&沖縄マングローブ探検」
87. 増野高司、中須賀常雄、岸本司「マングローブと河川管理ー石川川（うるま市）の事例ー」(2012)
88. 内閣府沖縄総合事務所「比屋根湿地のマングローブ調査」
89. Ugawa, S., Takahashi, M., Morisada, K., Takeuchi, M., Matsuura, Y., Yoshinaga, S., Araki, M., Tanaka, N., Ikeda, S., Miura, S., Ishizuka, S., Kobayashi, M., Inagaki, M., Imai, A., Nanko, K., Hashimoto, S., Aizawa, S., Hirai, K., Okamoto, T., Mizoguchi, T., Torii, A., Sakai, H., Ohnuki, Y. and Kaneko, S., “Carbon stocks of dead wood, litter, and soil in the forest sector of Japan : general description of the National Forest Soil Carbon Inventory”, Bulletin of FFPRI Vol.11 No.4 (No.425) 207–221, December, (2012)
90. Yamashita, N., Ishizuka, S., Hashimoto, S., Ugawa, S., Nanko, K., Osone, Y., Iwahashi, J., Sakai, Y., Inatomi, M., Kawanishi, A., Morisada, K., Tanaka, N., Aizawa, S., Imai, A., Takahashi, M., Kaneko, S., Miura, S., and Hirai, K., “National-scale 3D mapping of soil organic carbon in a Japanese forest considering microtopography and tephra deposition”, Geoderma Volume 406, 15 January, (2022). 115534
91. Matsui, K., Takata, Y., Maejima, Y., Kubotera, H., Obara, H., and Shirato, Y., “Soil carbon and nitrogen stock of the Japanese agricultural land estimated by the national soil monitoring database (2015–2018)”, Soil Science and Plant Nutrition, Volume 67, (2021)
92. Krause-Jensen, D., Duarte, C. *Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration*. Nature Geosci 9, 737–742, (2016). <https://doi.org/10.1038/ngeo2790>
93. Abo, K. et al., *Quantifying the Fate of Captured Carbon: From Seagrass Meadows to the Deep Sea*. In: Kuwae, T., Hori, M. (eds) *Blue Carbon in Shallow Coastal Ecosystems*. Springer, Singapore, (2019). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1295-3_9
94. Miyajima, T., Hamaguchi, M., and Hori, M., *Evaluation of the baseline carbon sequestration rates of Indo-Pacific temperate and tropical seagrass meadow sediments*. Ecological Research, 37(1), 9–20, (2022). <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12263>
95. Taniguchi N, Sakuno Y, Sun H, Song S, Shimabukuro H, Hori M., *Analysis of Floating Macroalgae Distribution around Japan Using Global Change Observation Mission-Climate/Second-Generation Global Imager Data*. Water. 14(20):3236, (2022). <https://doi.org/10.3390/w14203236>
96. Watanabe, K., Yoshida, G., Hori, M., Umezawa, Y., Moki, H., and Kuwae, T., *Macroalgal metabolism and lateral carbon flows can create significant carbon sinks*, Biogeosciences, 17, 2425–2440, (2020). <https://doi.org/10.5194/bg-17-2425-2020>
97. 国立研究開発法人 水産研究・教育機構「海草・海藻藻場の CO₂ 貯留量算定ガイドブック」(2023)
98. Akiyama, H., Yan X. and Yagi, K., Estimations of emission factors for fertilizer-induced direct N₂O emissions from agricultural soils in Japan: Summary of available data, Soil Science and Plant Nutrition, 52, 774-787, (2006)
99. Kawanishi, A., Sakai, Y., Ishizuka, S., Hashimoto, S., Komatsu, M., Imai, A., Yamashita, N., Hirai, K.,

- Furusawa, H., Aizawa, S., *Increased deadwood carbon stocks through planted forestry practices: insights from a Forest Inventory Survey in Japan*, Carbon Management, 15(1), (2024).
<https://doi.org/10.1080/17583004.2024.2315087>
100. Moki, H., Yanagita, K., Kondo, K., and Kuwae, T., *Projections of changes in the global distribution of shallow water ecosystems through 2100 due to climate change*, PLOS Climate, 11 November, (2023).
<https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000298>

