

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・吸収を取り扱う。本分野における温室効果ガスの排出・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施肥に伴う N₂O 排出量（4.(I)）、有機質土壌排水に伴う CH₄、N₂O 排出量（4.(II)）、土地利用変化・管理変化に伴う無機化された窒素からの N₂O 排出量（4.(III)）、土壌からの N₂O 間接排出量（4.(IV)）、バイオマスの燃焼に伴う CH₄、N₂O 排出量（4.(V)）である（ただし、農地、草地における 4.(I)、4.(II)の N₂O 排出量及び 4.(III)、4.(IV)の転用の無い農地における N₂O 排出量は農業分野で報告）。用いている方法論の Tier は、それぞれ表 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。2019 年度における当該分野の温室効果ガス純吸収量は 50,134 kt-CO₂ 換算であり、我が国の総排出量（LULUCF を除く）の 4.1%に相当し、1990 年度比 23.3%の減少、前年度比 10.3%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農地土壌における炭素蓄積減少量の減少、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 土地利用、土地利用変化及び林業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 ₂ O	
	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	T1,T2,T3	CS,D	T1	D	T1,T2	CS,D
B. 農地	T1,T2,T3	CS,D	T1	D	T1,CS	CS,D
C. 草地	T1,T2,T3	CS,D	T1	D	T1,CS	CS
D. 湿地	T1,T2	CS,D	NO,NA,NE	NA	NO,NA,NE	NA
E. 開発地	T1,T2	CS,D	T1	CS,D	T1	CS,D
F. その他の土地	T2	CS,D	NO	NO	T1	D
G. 伐採木材製品	T2,T3	CS,D				

（注）D: IPCC デフォルト値、T1: IPCC Tier1、T2: IPCC Tier2、T3: IPCC Tier3、CS: 国独自の方法または排出係数

なお、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. 土地利用カテゴリーの設定方法及び面積把握方法

我が国のすべての土地を、2006年 IPCC ガイドラインに従って6つの土地利用カテゴリーのいずれかの土地に分類するために、表6-2の通り、既存統計の定義に従い、それぞれの土地をそれぞれの土地利用カテゴリーへ割り当てている。ただし、「その他の土地」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。また統計が得られない年度については、内挿、または前年度値代挿により補完している。

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。	2004年までは林野庁「森林資源現況調査」、2005年以降は林野庁「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、耕作放棄地とする。	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」における耕作放棄地とする。
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（森林に含まれる場合を除く）、及び国土交通省「土地利用現況把握調査」における原野とする。
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。	「土地利用現況把握調査」の水面、河川、水路とする。この面積から、開発地に含まれる河川・砂防緑地分を減じたものとする。
開発地	森林、農地、草地、湿地に該当しない都市地域とする。このうち都市緑地は、森林に該当しない総ての樹木植生地とする。	「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、を開発地を含めた。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係する統計や調査にて把握する（詳細は表11-11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「全国都道府県市区町村別面積調」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。

以上により特定された我が国の国土面積は約3,780万haであり、森林が国土の66.0%、約2,493万haを占めている。次いで大きいのが農地であり、11.2%、約422万haを占めている。この他、草地が約95万ha、湿地が約135万ha、開発地が約387万ha、その他の土地が約248万haとなっている。我が国では、陸域のみをLULUCF分野の算定・報告対象としており、2006年 IPCC ガイドラインに対する2013年追補：湿地（以下、湿地ガイドライン）にて一部方法論が提示されている海域は対象に含めていない。我が国の国土は海の干拓及び埋め立てにより増加しており³⁾、2019年度の国土面積は1990年度比で0.06%増となっている。この増加を陸域に含めている。

また、我が国では独自に下位区分を設定している（森林：立木地（人工林/天然林）/無立木

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。

³⁾ 国土地理院「全国都道府県市区町村別面積調」 <<http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO-title.htm>>

地/竹林、農地：田/普通畑/樹園地/耕作放棄地、草地：牧草地/採草放牧地/原野、開発地：特別緑地保全地区/施設緑地/その他)。このうち森林下位区分の定義は表 6-3 の通りである。

表 6-3 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 ⁴ 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

それぞれの土地利用カテゴリーは、さらに、過去からの土地転用の有無に応じて「転用のない土地」と「転用された土地」とに区分される。土地利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。それぞれの面積は、いずれも既存統計をもとに推計している。このうち、他の土地利用カテゴリーと森林間の転用面積は、既存統計に加え、空中写真オルソ画像及び衛星画像を用いて推計している。画像判読を用いた面積推計方法の詳細については第 11 章の 11.4.2.3 節の新規植林・再植林地及び森林減少地の面積推計方法を参照のこと。それ以外の推計方法については、次節及び各節に記載している。

6.3. 土地利用データベース及び土地面積の推計方法

6.3.1. 主な土地面積統計の調査方法及び調査期日

主な土地面積統計の調査方法及び調査期日は表 6-4 の通りである。

表 6-4 主な土地面積統計の調査方法及び調査期日

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	概ね 5 年	林野庁	
国家森林資源データベース	全数調査	4 月 1 日	毎年	林野庁	
耕地及び作付面積統計 原調査：耕地面積調査	【耕地面積】	対地標本実測調査	7 月 15 日	毎年	農林水産省
	【耕地の拡張・かい廃面積】	巡回調査（関係機関資料、空中写真等を利用）	前年 7 月 15 日～7 月 14 日		
農林業センサス	全数調査	2 月 1 日	5 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	

なお、施設緑地に関する調査については表 11-11 に掲載している通りである。

⁴ 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。

6.3.2. 土地面積の推計方法

既存統計より直接把握できない土地については、以下の方法により推計を行っている。

- 内挿による推計
- 各土地カテゴリーの現況面積の比率を用いた転用面積の按分推計
- ある年の転用面積比率を用いた転用面積の按分推計
- 2 時点の画像比較判読により土地の転用の有無を特定し、全判読点数に対する転用地点数の割合を用いた転用面積の推計

推計方法の詳細は各節に記述した。

6.3.3. 土地利用転用マトリクス

6.2.節及び 6.3.の前小節の説明に従って面積の把握を行った 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 年度から現在に至るまで毎年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 6-5）と 2019 年度に生じた土地転用（表 6-6）のマトリクスを示す。また、1990 年から 2019 年の間に起こった各土地カテゴリー一間の転用を累計して作成した土地転用マトリクスを表 6-7 に示す。

表 6-5 我が国の土地利用転用マトリクス（1990 年度）（単位：kha）

転用後 \ 転用前	森林	農地	草地	湿地	開発地	その他の土地	合計
森林	24945.5	5.4	0.8	0.3	14.8	3.7	24970.4
農地	2.7	4807.0	0.9	0.02	21.4	2.2	4834.1
草地	0.7	0.004	1029.8	0.007	3.2	0.4	1034.0
湿地	NO	0.3	0.1	1308.5	IE	IE	1309.0
開発地	0.7	IE	NO	0.002	3159.6	IE	3160.3
その他の土地	0.7	0.2	0.01	0.1	IE	2464.8	2465.8
合計	24950.3	4812.9	1031.6	1309.0	3199.0	2471.0	37773.7

表 6-6 我が国の土地利用転用マトリクス（2019 年度）（単位：kha）

転用後 \ 転用前	森林	農地	草地	湿地	開発地	その他の土地	合計
森林	24934.5	0.4	0.1	0.07	4.7	0.6	24940.3
農地	0.007	4215.5	0.4	0.006	8.5	5.3	4229.6
草地	0.01	0.0	944.9	0.001	1.4	1.3	947.6
湿地	NO	NO	NO	1348.1	IE	IE	1348.1
開発地	0.007	IE	NO	0.0003	3854.4	IE	3854.4
その他の土地	0.003	7.3	1.5	0.02	IE	2468.7	2477.5
合計	24934.5	4223.2	946.8	1348.2	3869.0	2475.8	37797.5

表 6-7 我が国の土地利用転用マトリクス（1990-2019 年度）（単位：kha）

1990 \ 2019	森林	農地	草地	湿地	開発地	その他の土地	合計
森林	24827.9	28.1	14.0	16.3	216.8	52.7	25155.8
農地	39.2	4148.0	23.5	1.4	386.8	74.8	4673.6
草地	13.3	1.1	904.2	0.3	59.7	12.2	990.8
湿地	0.1	1.1	0.4	1325.8	IE	IE	1327.4
開発地	28.9	IE	NO	0.1	3205.7	IE	3234.7
その他の土地	25.0	44.9	4.7	4.5	IE	2336.2	2415.2
合計	24934.5	4223.2	946.8	1348.2	3869.0	2475.8	37797.5
変化	-221.3	-450.4	-44.0	20.8	634.3	60.6	-

（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。

6.4. 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

土地転用は土地利用カテゴリー横断で行われるため、土地利用カテゴリー毎の方法論の詳細を示す各節に先立ち、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表 6-8 から表 6-13 に示す。森林からの転用の算定に用いるパラメータ値については時系列の変化を加味している。値については表 6-13 に掲載した。

表 6-8 土地転用前及び直後の土地利用カテゴリー毎の生体バイオマスストック量

土地利用カテゴリー		バイオマスストック量または炭素ストック量	設定方法、使用したデータソース	
転用前	森林	145.3 [t-d.m./ha] (2019 年度値)	転用前の森林のバイオマスストック量は、京都議定書第3条3の森林減少対象地で各年に発生した単位面積当たりのバイオマスストック減少量とした。1990-2007年度は第一約束期間中に算定された2008-2012年度の平均値を用いた。(時系列の各年度の値は表6-13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]	水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パラメータについては6.6.1.b)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 Table6.4 温帯湿润気候の値)	
	湿地、開発地、その他の土地	0	0と仮定	
転用直後	すべての土地	0	0と仮定	

表 6-9 土地転用後の土地利用カテゴリー毎の生体バイオマス成長量

土地利用カテゴリー		バイオマス成長量	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の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 6-8 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 6-8 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 6-8 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 13.5t-d.m/ha/yr（2006 年 IPCC ガイドライン Table 6.4 温帯湿潤気候の値）に 5 年で到達するとして設定。	
	開発地（施設緑地）	道路緑地	0.0103 [t-C/本/yr] 0.0108 [t-C/本/yr]	左記の値 上段：北海道、下段：北海道以外 設定方法については表 6-41 を参照のこと。
		道路緑地以外	0.0098 [t-C/本/yr]	
0.0105 [t-C/本/yr]				
湿地、開発地（上記以外）、その他の土地		0	0 と仮定	

表 6-10 土地転用前後の土地利用カテゴリー毎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	14.57 [t-C/ha] (2019 年度値)	CENTURY-jfos で算出された枯死木のインベントリ年の前年度の立木地平均炭素ストック量。2004 年度以前の値は、2005 年度値を代挿。（時系列の各年度の値は表 6-13 を参照）
	農地、草地、湿地、開発地、その他の土地	0	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン第 4 巻 5.3.2 節等、Tier 1）。
転用直後	すべての土地	0	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン第 4 巻 5.3.2 節等、Tier 1）。
転用後	森林	13.01 [t-C/ha]	CENTURY-jfos で算出された 20 年生森林における単位面積当たり炭素ストック量の平均値。
	農地、草地、湿地、その他の土地	0	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン第 4 巻 5.3.2 節等、Tier 1）。
	開発地	0	デフォルト値（2006 年 IPCC ガイドライン第 4 巻 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 6-11 土地転用前後の土地利用カテゴリー毎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	設定方法、使用したデータソース
転用前	森林	7.31 [t-C/ha] (2019年度)	CENTURY-jfos で算出されたリターのインベントリ年の前年度の立木地平均炭素ストック量。2004年度以前の値は、2005年度値を代挿。(時系列の各年度の値は表 6-13を参照)
	農地、草地、 湿地、開発地、 その他の土地	0	デフォルト値 (2006年 IPCC ガイドライン第4巻 5.3.2節等、Tier 1)。
転用直後	すべての土地	0	デフォルト値 (2006年 IPCC ガイドライン第4巻 5.3.2節等、Tier 1)。
転用後	森林	5.64 [t-C/ha]	CENTURY-jfos で算出された20年生の森林における単位面積当たり炭素ストック量の平均値。
	農地、草地、 湿地、開発地 (下 記以外)、 その他の土地	0	デフォルト値 (2006年 IPCC ガイドライン第4巻 5.3.2節等、Tier 1)。
	開発地 (施設緑地 (都市公園、港湾 緑地))	0.0882 [t-C/ha/yr] 0.0594 [t-C/ha/yr]	左記の値 上段：北海道、下段：北海道以外 設定方法については 6.9.1.b)2) 節を参照のこと。

表 6-12 土地利用カテゴリー毎の土壌炭素ストック量 (鉱質土壌)

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	85.45 [t-C/ha] (2019年度値)	CENTURY-jfos で算出された土壌のインベントリ年の前年度の立木地平均炭素ストック量。2004年度以前の値は、2005年度値を代挿。(時系列の各年度の値は表 6-13を参照)	
	農地	田	71.38 [t-C/ha]	深度 0-30 cm におけるデータ 農業環境技術研究所 中井信委員 提供データ (未発表) ※農地、草地間の転用の場合は、転用先の土地利用において、土地転用の履歴を加味した Roth-C モデルの計算に含んでいるため、この炭素ストック量を適用しない。
		普通畑	86.97 [t-C/ha]	
		樹園地	77.46 [t-C/ha]	
		農地 (平均)	76.46 [t-C/ha]	
	草地	134.91 [t-C/ha]		
	湿地	88.00 [t-C/ha]	デフォルト値 (2006年 IPCC ガイドライン Table 2.3, 湿地土壌/ 暖温帯)。	
開発地、その他の土地	-	転用先の土地利用に応じて設定。		
転用後	森林	82.91 [t-C/ha]	CENTURY-jfos で算出された20年生森林における単位面積当たり炭素ストック量の平均値。	
	農地	-	転用のない農地の算定に含んでいるため設定していない。	
	草地	-	転用のない草地の算定に含んでいるため設定していない。	
	湿地	-	土地転用前後に変化しないとした。	
	開発地、その他の土地	-	転用前の土地利用に応じて設定。	

(注) 森林への転用前土壌炭素ストック量は専門家判断により全て 80.00 tC/ha を利用。

表 6-13 転用前の森林における各炭素プールの炭素ストック量

土地利用カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
転用前	森林	生体バイオマス ストック量	t-d.m./ha	113.4	113.4	113.4	113.4	99.8	100.6	123.2	98.5	99.1	99.5	99.9	100.3	100.4	145.3
		枯死木	t-C/ha	15.08	15.08	15.08	15.08	14.97	14.95	14.93	14.86	14.82	14.77	14.77	14.70	14.65	14.57
		リター	t-C/ha	7.24	7.24	7.24	7.24	7.28	7.28	7.29	7.29	7.29	7.30	7.33	7.31	7.31	7.31
		土壌	t-C/ha	85.07	85.07	85.07	85.07	85.17	85.20	85.30	85.31	85.34	85.36	85.69	85.48	85.42	85.45

6.5. 森林 (4.A.)

我が国の森林は全て管理された森林であり、人工林、天然林、竹林及び無立木地で構成される。これらの下位区分の定義は表 6-3 の通りであるが、森林経営の観点から下位区分に説明を加えると、立木地は育成林と天然生林に区分される。育成林は伐採後、主に植栽によって更新を図る人工林と植栽によらずかき起こし等によって更新を図る一部の天然林に分かれる。育成林は森林を構成する林木を皆伐又は択伐により伐採し、単一又は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であり、他方、天然生林は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である。育成林については、森林を適切な状態に保つために更新、保育、間伐、主伐を含む森林施業が行われる。天然生林については、法令等に基づく伐採・転用規制等の保護・保全措置を講じている。以上のように施業別には育成林の人工林、育成林の天然林、天然生林と大別されるが、条約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。定義詳細については、11.3.1.～11.3.2.節を参照のこと。2019 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 2,493 万 ha である。2019 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 純吸収量は 55,254 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 30.1%の減少、前年度比 6.7%の減少となっている。

表 6-14 森林における炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CO ₂	4.A. 森林	合計	kt-CO ₂	-79,061	-87,606	-90,637	-92,634	-76,366	-78,104	-77,671	-69,988	-68,276	-63,105	-58,559	-60,848	-59,250	-55,254
		生体バイオマス	kt-CO ₂	-73,002	-79,826	-83,660	-87,524	-73,887	-76,213	-76,241	-68,872	-67,330	-62,242	-57,734	-59,983	-58,359	-54,380
		枯死木	kt-CO ₂	-2,860	-3,803	-2,837	-1,082	919	1,346	1,658	1,832	1,875	1,856	1,789	1,666	1,546	1,442
		リター	kt-CO ₂	-2,697	-2,352	-1,774	-1,078	-570	-499	-451	-413	-384	-371	-355	-350	-330	-292
		鉱質土壌	kt-CO ₂	-503	-1,625	-2,367	-2,950	-2,828	-2,738	-2,637	-2,535	-2,437	-2,347	-2,259	-2,182	-2,108	-2,025
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO													
	4.A.1. 転用のない森林	合計	kt-CO ₂	-72,388	-84,299	-88,248	-90,847	-75,026	-76,794	-76,389	-68,739	-67,084	-61,973	-57,484	-59,831	-58,301	-54,375
		生体バイオマス	kt-CO ₂	-68,099	-77,397	-81,905	-86,218	-72,908	-75,258	-75,306	-67,956	-66,455	-61,413	-56,946	-59,235	-57,661	-53,733
		枯死木	kt-CO ₂	-1,791	-3,273	-2,454	-791	1,137	1,560	1,867	2,033	2,066	2,038	1,962	1,828	1,698	1,583
		リター	kt-CO ₂	-2,233	-2,123	-1,608	-952	-476	-406	-360	-326	-301	-292	-280	-279	-264	-231
		鉱質土壌	kt-CO ₂	-264	-1,506	-2,281	-2,885	-2,779	-2,690	-2,591	-2,490	-2,394	-2,306	-2,220	-2,145	-2,074	-1,994
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO													
	4.A.2. 他の土地から転用された森林	合計	kt-CO ₂	-6,674	-3,307	-2,389	-1,788	-1,341	-1,309	-1,282	-1,249	-1,193	-1,132	-1,075	-1,018	-949	-879
		生体バイオマス	kt-CO ₂	-4,902	-2,429	-1,754	-1,306	-979	-955	-935	-916	-875	-829	-788	-748	-698	-647
		枯死木	kt-CO ₂	-1,069	-530	-383	-291	-218	-214	-210	-201	-192	-183	-174	-163	-152	-140
		リター	kt-CO ₂	-463	-229	-166	-126	-95	-93	-91	-87	-83	-79	-75	-70	-66	-61
		鉱質土壌	kt-CO ₂	-239	-118	-86	-65	-49	-48	-47	-45	-43	-41	-39	-36	-34	-31
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO													

6.5.1. 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 年間継続して森林であった土地）における炭素ストック変化量を取り扱う。2019 年度における当該カテゴリーの CO₂ 純吸収量は 54,375 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

24.9%の減少、前年度比 6.7%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年度以降継続的に減少している。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。

森林の成長側の変化に影響を与える要因として、我が国において林齢 50 年以上の林分では蓄積量の増加が緩やかになる。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、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、さらに高齢側にシフトし、2017 年度においては林齢 51 年以上の人工林が全人工林面積の 50%を占めるまでとなった（Forestry Agency, 2018；図 6-1）。また、国産材の供給量は近年増加傾向にある。

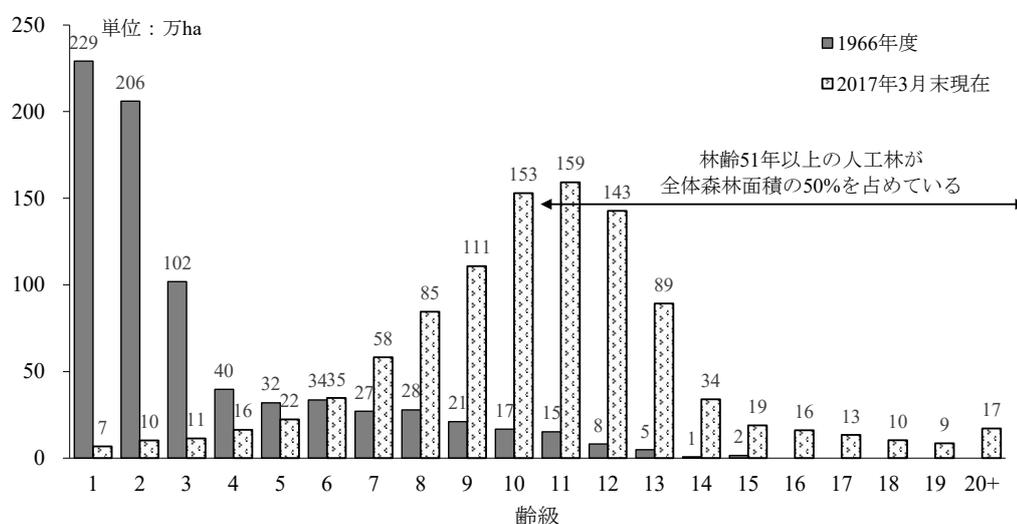


図 6-1 人工林の齢級構成の変化

(出典) 林野庁「森林資源の現況」(2017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年の幅でくくった単位。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。

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 6-2)。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、それ以降は供給量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たはじめたことにより日本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、また近年の発電施設での木質バイオマスとしての利用が増加したこと等が 2003 年度からの木材供給の増加に影響を与えている。

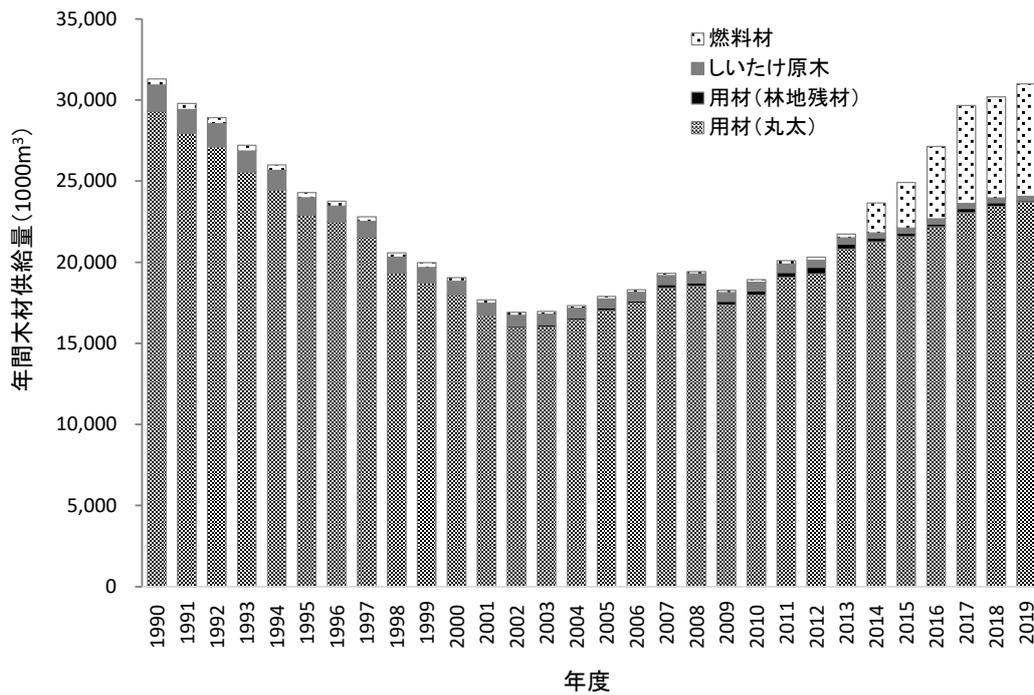


図 6-2 国内産木材の供給量の推移

(出典) 林野庁「木材需給表」(2019年度) から作成

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ストック変化量

■ 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ストック変化量

当該サブカテゴリーの算定には Tier 2 の蓄積変化法を用いた。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」における転用後の生体バイオマス炭素ストック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、森林全体の炭素ストック変化量 (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ストック変化量 (ΔC_{FF_LB}) とした。「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、6.5.2. b)1) 節を参照のこと。

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

$$\Delta C_{F_LB} = \sum_k \{(C_{t2} - C_{t1}) / (t_2 - t_1)\}_k$$

- ΔC_{FF_LB} : 転用のない森林の生体バイオマスの炭素ストック変化量 [t-C/yr]
- ΔC_{F_LB} : 森林全体の生体バイオマスの炭素ストック変化量 [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ストック変化量 [t-C/yr]
- t_1, t_2 : 炭素ストック量を調査した時点
- C_{t1} : 調査時点 t_1 における炭素ストック量 [t-C]
- C_{t2} : 調査時点 t_2 における炭素ストック量 [t-C]
- k : 森林施業タイプ

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

C_{F_LB}	: 森林全体の生体バイオマスの炭素ストック量 [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

○ 竹林におけるにおける生体バイオマスの炭素ストック変化量

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見なし、「NA」として報告した。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するがその後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ストック量は、ほぼ横ばいとなっていた。

■ 各種パラメータ

○ 材積算定のためのパラメータ (樹種別・林齢別面積・単位面積当たりの材積)

材積の算定に使用している樹種別・林齢別面積は、森林簿に含まれている面積、樹種、林齢等の情報を基にしている。森林簿は図 6-3 の手順で作成され、民有林は都道府県、国有林は森林管理局が毎年更新を行っている。更新の際には森林の現況 (樹種、面積) や、成長や伐採、攪乱による材積変化を正しく反映するために、修正や補正を行ったりする場合がある。

単位面積当たりの材積については、表 6-15 に示す通り民有林・国有林別の樹種別に作成された「収穫表」を基に設定されている。「収穫表」は一定の地域・樹種・地位ごとに標準的な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。

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、最新の全国の調査結果を反映した新収穫表の推計値を適用している。この 3 樹種による民有林人工林のカバー率は 82% であり、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 地域別に作成され、地域の違いも考慮されている。

樹種別・林齢別面積、及びこれらと単位面積当たりの材積を用いて計算された材積のデータが国家森林資源データベースに格納されている。

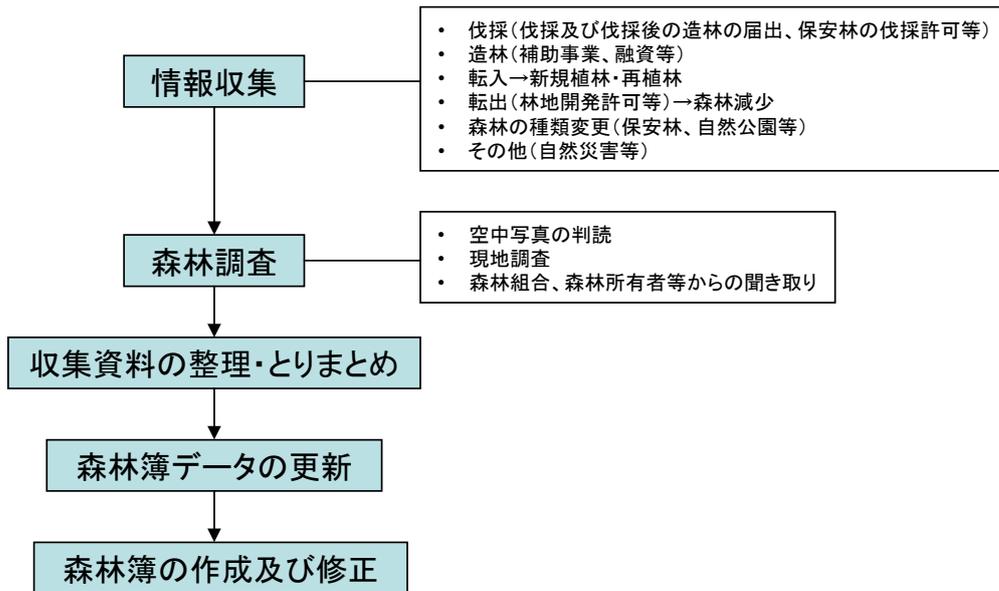


図 6-3 森林簿の作成・更新手順

表 6-15 材積の算定に用いる樹種別収穫表

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	新収穫表	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ストック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）

立木地（人工林・天然林）においては、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 6-16）。

バイオマス拡大係数については、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。

乾物中の炭素含有率（CF）については、我が国の研究結果に基づいて針葉樹、広葉樹別に設定した。

表 6-16 樹種別の生体バイオマス算定パラメータ

		BEF [-]		R [-]	D [t-d.m./m ³]	CF [t-C./t-d.m.]	備考
		≤20	>20				
針葉樹	スギ	1.57	1.23	0.25	0.314	0.51	
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	0.407		
	サワラ	1.55	1.24	0.26	0.287		
	アカマツ	1.63	1.23	0.26	0.451		
	クロマツ	1.39	1.36	0.34	0.464		
	ヒバ	2.38	1.41	0.20	0.412		
	カラマツ	1.50	1.15	0.29	0.404		
	モミ	1.40	1.40	0.40	0.423		
	トドマツ	1.88	1.38	0.21	0.318		
	ツガ	1.40	1.40	0.40	0.464		
	エゾマツ	2.18	1.48	0.23	0.357		
	アカエゾマツ	2.17	1.67	0.21	0.362		
	マキ	1.39	1.23	0.20	0.455		
	イチイ	1.39	1.23	0.20	0.454		
	イチヨウ	1.50	1.15	0.20	0.450		
	外来針葉樹	1.41	1.41	0.17	0.320		
その他針葉樹	2.55	1.32	0.34	0.352		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	0.464		沖縄に適用	
〃	1.40	1.40	0.40	0.423		上記以外の都道府県に適用	
広葉樹	ブナ	1.58	1.32	0.26	0.573	0.48	
	カシ	1.52	1.33	0.26	0.646		
	クリ	1.33	1.18	0.26	0.419		
	クヌギ	1.36	1.32	0.26	0.668		
	ナラ	1.40	1.26	0.26	0.624		
	ドノロキ	1.33	1.18	0.26	0.291		
	ハンノキ	1.33	1.25	0.26	0.454		
	ニレ	1.33	1.18	0.26	0.494		
	ケヤキ	1.58	1.28	0.26	0.611		
	カツラ	1.33	1.18	0.26	0.454		
	ホオノキ	1.33	1.18	0.26	0.386		
	カエデ	1.33	1.18	0.26	0.519		
	キハダ	1.33	1.18	0.26	0.344		
	シナノキ	1.33	1.18	0.26	0.369		
	センノキ	1.33	1.18	0.26	0.398		
	キリ	1.33	1.18	0.26	0.234		
	外来広葉樹	1.41	1.41	0.16	0.660		
	カンバ	1.31	1.20	0.26	0.468		
その他広葉樹	1.37	1.37	0.26	0.469		千葉、東京、高知、福岡、長崎、鹿児島、沖縄に適用	
〃	1.52	1.33	0.26	0.646		三重、和歌山、大分、熊本、宮崎、佐賀に適用	
〃	1.40	1.26	0.26	0.624		上記以外の都道府県に適用	

(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

○ 森林面積の把握

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」のデータを用い、森林計画対象森林の人工林、天然林、無立木地、竹林の面積を把握した。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」または「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面積を推計した。

表 6-17 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	クスギ	クスギ
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	カラマツ		クリ
トドマツ	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	

○ 転用のない森林の面積の把握

当該年度の全森林面積から「他の土地利用から転用された森林」面積の20年間の累計値を差し引くことにより算定した。その際、「他の土地利用から転用された森林」は全て人工林であると仮定した。「他の土地利用から転用された森林」の活動量の説明は、6.5.2.b)1) を参照のこと。

表 6-18 転用のない森林面積 (20年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用のない森林	kha	24,502.0	24,674.8	24,715.5	24,870.3	24,874.7	24,878.4	24,871.6	25,088.8	25,033.5	24,829.6	24,736.0	24,808.3	24,851.3	24,875.7
人工林	kha	9,839.5	10,133.5	10,169.9	10,214.6	10,193.5	10,190.9	10,183.9	10,156.7	10,144.9	10,125.2	10,053.1	10,072.2	10,076.1	10,080.9
天然林	kha	13,354.5	13,220.3	13,195.2	13,315.7	13,360.8	13,359.5	13,355.2	13,369.3	13,380.7	13,401.4	13,389.2	13,426.2	13,441.2	13,441.2
無立木地	kha	1,159.0	1,171.0	1,197.4	1,186.0	1,161.7	1,169.0	1,170.8	1,400.6	1,355.6	1,150.0	1,146.9	1,155.2	1,167.0	1,185.4
竹林	kha	149.0	150.0	152.9	154.0	158.6	159.1	161.7	162.3	152.4	153.0	146.8	154.8	167.0	168.2

(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」

2) 転用のない森林における枯死有機物、土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 立木地の枯死有機物、鉍質土壌の炭素ストック変化量

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、Tier 3 のモデル法を用いて算定した。単位面積当たり平均枯死木、リター、土壌炭素ストックの変化量は、CENTURY-jfos モデルを用いて計算した。

立木地全体の枯死木、リター、鉍質土壌の炭素ストック変化量は、森林施業タイプ別に、それぞれの単位面積当たり平均炭素ストック変化量に森林施業タイプ別面積を乗じて算定した。以上により算定された立木地全体の値 (ΔC_{F_dis}) から「他の土地利用から転用された森林」

の変化量 (ΔC_{LF_dls}) を減じて「転用のない森林」の枯死木、リター、土壌の炭素ストック変化量 (ΔC_{FF_dls}) 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、6.5.2.b)2) 節を参照のこと。

$$\Delta C_{FF_dls} = \Delta C_{F_dls} - \Delta C_{LF_dls}$$

$$\Delta C_{F_dls} = \sum_{k,m,j} \{A_{k,m,j} \times (d_{k,m,j} + l_{k,m,j} + s_{k,m,j})\}$$

ΔC_{FF_dls} : 転用のない森林の枯死木、リター、土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

ΔC_{F_dls} : 森林全体の枯死木、リター、土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

ΔC_{LF_dls} : 他の土地利用から転用された森林の枯死木、リター、土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

A : 面積 [ha]

d : 単位面積当たり平均枯死木炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

l : 単位面積当たり平均リター炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

s : 単位面積当たり平均土壌炭素ストックの変化量 [t-C/ha/yr]

k : 森林施業タイプ

m : 齢級又は林齢

j : 樹種

○ 無立木地、竹林における枯死有機物、土壌の炭素ストック変化量

無立木地、竹林の枯死有機物及び鉍質土壌の炭素ストック量は、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において、排水までして植林することは考えられないため、人工林、無立木地及び竹林には有機質土壌は存在せず、天然林にのみ存在するとした。さら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ことであった。また、有機質土壌のあ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ける土壌排水は実施されていないと考えた。2006年 IPCC ガイドラインの Tier 1、Tier 2 では、有機質土壌からの排出は土壌排水が実施された際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とし、当該排出は「NO」として報告した。

■ 各種パラメータ

○ 枯死有機物、鉍質土壌の炭素ストック変化量算定のための CENTURY-jfos の主な仮定とパラメータ

CENTURY-jfos は CENTURY モデル (米国コロラド州立大学) を日本の森林の気候、土壌、樹種に適用できるよう調整したものである。

気候・立地条件によって樹木の成長量や安定的な土壌炭素蓄積量が異なるため、都道府県毎、樹種毎に気候値及び土壌炭素蓄積量の集約を行った (表 6-19)。森林が定常的に存在し、また、通常の間伐などの森林施業が実施されつつ、土壌炭素量もほぼ定常状態にあると仮定し、これらの状態をモデル上で再現するために、CENTURY-jfos では以下のパラメータ調整を行った。都道府県毎、樹種毎に算出される気候値に対応して収穫表の成長を示すように地上

部の成長パラメータを調整し、60年伐期、3000年間のスピナップ（spinup）後の土壌炭素蓄積量が、Morisada et al. (2004) から計算される都道府県毎、樹種毎の土壌炭素蓄積量に合うようにパラメータを調整した。各パラメータの調整方法は、Sakai et al. (2010) に従って行った。以上のように、通常の森林施業サイクルにおける間伐などの生体バイオマスからの枯死木への移行もこのモデルには反映されている。

なお、審査（ARR2020 L.2 (L.4.2018) (L.11.2016)）において、日本の森林の枯死木の炭素ストック量が、生体バイオマスの蓄積量に比べて、高い値であると指摘を受けている。伐採時に現場に残される根株が枯死木となることを考慮すると、現在の生体バイオマス量と枯死木量の比率は、バイオマスの地下部比率を若干上回る程度であり、人工林において間伐等の施業に伴い枯死木の供給量が多く発生することを考慮しても、大きく実態から乖離した値ではないと考えられる。

CENTURY-jfos の調整について

森林総合研究所は、CENTURY モデルを日本の森林に適用するための調整を行った。すなわち、都道府県毎に森林を樹種別（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）に区分し、各樹種の地理的分布と土壌条件を都道府県毎に把握した。モデルを動かす気象条件はメッシュ気候値 2000（気象庁、2002）から作成した。モデルの樹木成長が収穫表による結果とほぼ一致するように樹木成長量のパラメータを調整し、さらにモデルの土壌の炭素ストック出力結果が現地調査を基にした都道府県毎、樹種毎の土壌炭素蓄積量（表 6-19）にほぼ一致するようにチューニングを行った。調整後のモデルを CENTURY-jfos モデルと名付けた。その後、CENTURY-jfos を用い、間伐などの施業が行われる場合と行われない場合の森林施業タイプ別に枯死木、リター、土壌の炭素蓄積量とそれらの変化を求めた。

生体バイオマスと同じ活動量データで算定を行うため、森林施業タイプ別に、CENTURY-jfos により算出される枯死木、リター、土壌プール毎の炭素吸収排出量を 1～19 齢級（100 年間）について計算し、それぞれのプールの単位面積あたりの年平均炭素ストック変化量とした。

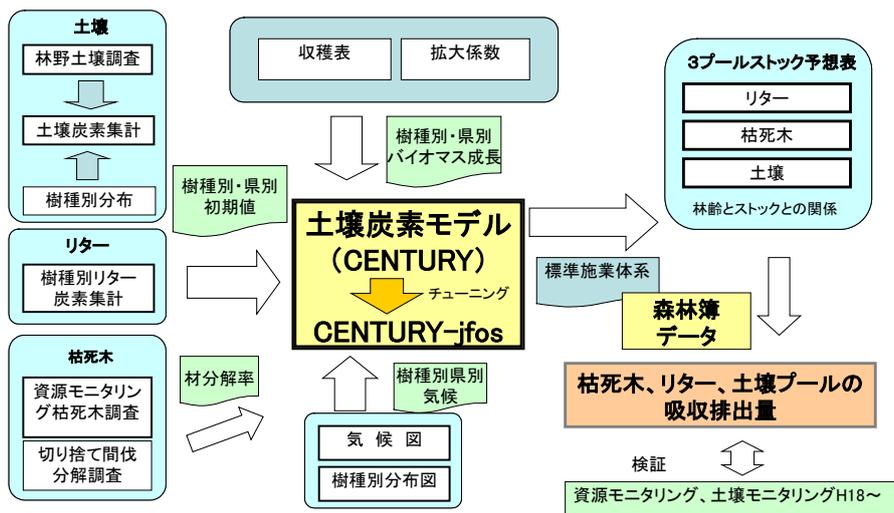


図 6-4 枯死木、リター、土壌プールの排出・吸収量の算定

表 6-19 CENTURY-jfos モデルに用いた基準土壌炭素量

県番号	都道府県	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
1	北海道	98.0	NA	95.0	91.0	88.0	93.7	91.0	83.5
2	青森県	92.1	NA	94.3	83.3	109.1	NA	89.0	89.8
3	岩手県	89.5	93.6	92.7	93.9	98.1	NA	91.3	93.3
4	宮城県	86.1	70.8	78.5	90.3	110.9	NA	82.8	80.5
5	秋田県	81.1	NA	72.4	81.0	108.5	NA	82.6	79.6
6	山形県	83.2	79.7	68.0	81.0	97.4	NA	74.4	76.9
7	福島県	84.3	83.7	81.1	89.3	108.6	NA	81.4	85.0
8	茨城県	84.3	83.4	97.6	NA	NA	NA	91.2	90.8
9	栃木県	83.0	86.1	91.6	100.6	133.4	NA	93.1	96.4
10	群馬県	88.7	88.3	93.9	95.1	98.1	NA	86.5	93.9
11	埼玉県	81.3	82.4	96.2	106.8	NA	NA	85.8	94.7
12	千葉県	93.9	85.7	65.6	NA	NA	NA	84.6	76.4
13	東京都	79.2	81.6	85.7	94.7	NA	NA	63.9	84.3
14	神奈川県	91.9	99.8	89.8	NA	NA	NA	94.9	99.1
15	新潟県	83.9	51.3	63.4	86.7	133.0	NA	85.3	86.9
16	富山県	90.3	NA	72.5	88.5	106.0	NA	94.5	100.2
17	石川県	82.7	80.2	70.2	NA	133.4	NA	86.6	74.3
18	福井県	88.7	85.8	79.8	NA	NA	NA	90.1	80.6
19	山梨県	93.0	93.9	98.0	99.3	NA	NA	93.9	95.6
20	長野県	102.1	100.5	96.0	108.4	106.0	NA	97.9	103.3
21	岐阜県	100.5	94.8	79.1	99.6	107.8	NA	95.8	93.9
22	静岡県	94.6	96.7	69.1	90.7	NA	NA	90.0	93.7
23	愛知県	91.2	85.0	60.1	NA	NA	NA	78.5	77.2
24	三重県	92.1	84.4	63.8	97.1	NA	NA	78.7	80.5
25	滋賀県	83.5	73.0	59.6	NA	NA	NA	79.5	65.8
26	京都府	74.0	67.4	63.3	NA	NA	NA	66.4	64.6
27	大阪府	78.9	74.0	60.9	NA	NA	NA	67.5	66.0
28	兵庫県	88.3	71.8	53.0	123.6	NA	NA	63.4	61.9
29	奈良県	79.6	69.8	65.5	NA	NA	NA	73.4	69.4
30	和歌山県	72.1	70.5	58.2	NA	NA	NA	62.8	69.9
31	鳥取県	73.8	74.9	75.6	121.2	NA	NA	72.3	75.4
32	島根県	69.0	66.6	61.2	77.3	NA	NA	64.6	63.2
33	岡山県	80.3	73.7	51.4	121.2	NA	NA	65.2	63.6
34	広島県	74.0	71.8	54.0	71.2	NA	NA	65.0	58.7
35	山口県	64.9	60.9	49.3	NA	NA	NA	55.2	54.8
36	徳島県	72.9	63.7	63.6	NA	NA	NA	66.7	63.7
37	香川県	57.7	61.9	56.6	NA	NA	NA	57.2	57.7
38	愛媛県	80.1	75.1	63.2	85.4	NA	NA	67.4	74.1
39	高知県	81.4	76.1	73.8	NA	NA	NA	74.1	76.2
40	福岡県	97.3	88.9	77.5	NA	NA	NA	86.5	88.3
41	佐賀県	83.6	83.0	69.1	NA	NA	NA	79.6	82.9
42	長崎県	82.9	84.5	82.6	NA	NA	NA	78.9	84.5
43	熊本県	108.7	96.0	79.3	NA	NA	NA	93.5	95.6
44	大分県	109.9	100.5	108.3	130.3	NA	NA	99.1	101.4
45	宮崎県	106.1	102.0	93.7	NA	NA	NA	98.0	99.6
46	鹿児島県	108.4	102.4	75.7	NA	NA	NA	90.8	97.0
47	沖縄県	58.5	NA	58.9	NA	NA	NA	58.0	58.5

■ 活動量

○ 鉱質土壌面積

CENTURY-jfos モデルに入力される活動量として、国家森林資源データベース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、竹林、無立木地の有機質土壌面積は「NO」として報告した。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

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 13%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 6-20 に示す。

表 6-20 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		22.0	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。

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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

■ AR 面積の修正に伴う再計算

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新規植林・再植林の面積 (AR 面積) 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、及び鉍質土壌の炭素ストック変化量が再計算された。新規植林・再植林の面積把握方法の修正の詳細については、本 NIR の第 11 章第 11.5.1.7 節の「AR 面積及び D 面積の見直し」を参照のこと。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

現在、高齢級の林分における生体バイオマスの推計方法の検討を含め、CENTURY-jfos に用いるインプットデータの精緻化に向けて継続的に取り組んでいる。

6.5.2. 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）における炭素ストック変化量を取り扱う。2019年度における当該カテゴリーのCO₂純吸収量は879 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86.8%の減少、前年度比7.3%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。この減少傾向の原因は、林業採算性が悪化していることにより、新規に造林面積を拡大する林業経営者数が少なくなったためと推測される。

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ストック変化量

■ 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ストック変化量 (ΔC_{LF_LB}) については、転用に伴い失われる炭素ストック量 ($\Delta C_{LB_conversion_to_F}$) と転用後に蓄積される年間炭素ストック変化量 ($\Delta C_{LF_LB_SC}$) を合算して算定する Tier2 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ストック変化量 [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ストック変化量（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 6-9 を参照

■ 各種パラメータ

○ 生体バイオマスストック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 6-9) を用いた。

【土地転用前の生体バイオマスストック量・炭素ストック量 (B_a)】

表 6-8 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. 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。

○ 他の土地利用から転用された森林の面積

他の土地利用から転用された森林の面積には、論理的には、新規植林・再植林面積のほか、荒廃地等において自然遷移により森林が回復した土地や、その他の理由により土地利用カテゴリーが「森林」に変更された土地の面積が含まれると考えられる。しかしながら、我が国の場合、自然遷移により森林化した場所が、表 6-2 にある森林法第5条及び第7条2に基づく森林計画対象森林と行政的に整理されることは一般的にはなく、森林以外の土地のままで区分されている。

このため、「他の土地利用から転用された森林」の面積は新規植林・再植林面積に近い値を取るとみなし、2006 年 IPCC ガイドライン第1巻 5.3.3.1 節に時系列一貫性と再計算のアプローチとして記載されている「重複」手法の概念に準拠し、「耕地及び作付面積統計」における農地への植林面積と AR 面積を用いて推計した。

AR 面積は 1989 年末の空中写真オルソ画像及び 2005 年度以降撮影の衛星画像を用いて詳細に把握されているため、2005 年度以降の他の土地利用から転用された森林の単年度面積については、単年度に発生した AR 面積を用いた。AR 面積の把握方法の詳細は、第 11 章の 11.4.2.3 節を参照のこと。

空中写真判読による情報の得られない 2005 年度以前の他の土地から転用された森林面積については、以下の方法により推計した。

【1990 年度から 2004 年度まで】

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 2005 年度における AR 総面積を各年度に平均的に配分し、他の土地利用から転用された森林の単年度面積とした。

【1971 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通りである。

- 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 ($At2-At1$) 及び 10 年間の森林の減少面積 ($\Delta AD10$) を計算した。

- ② 10年間累積の転用面積 (ΔA_{LF10}) は①の合計値 ($\Delta A_{LF10}=(A_{I2}+\Delta A_{D10})-A_{I1}=(A_{I2}-A_{I1})+\Delta A_{D10}$) 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。

○ 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【1971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」からかき廃の内訳面積が取得できなくなってしまうことから、「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区分したのち、現状面積を用いて普通畑と樹園地に按分した。

【1971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、普通畑から転用された森林面積及び樹園地から転用された森林面積は「耕地及び作付面積統計」における畑への植林面積を現行の普通畑、樹園地、牧草地の面積割合を用いて按分することで推計した。

また、草地から転用された森林面積は、「耕地及び作付面積統計」から推計した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。

【1971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 6-21 他の土地利用から転用された森林の面積（単年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された森林	kha	4.77	4.77	4.77	4.77	3.37	2.93	2.93	1.02	1.03	0.99	0.99	0.17	0.17	0.03
農地から転用された森林	kha	2.71	1.22	1.08	2.88	1.91	1.51	1.51	0.59	0.59	0.35	0.35	0.09	0.09	0.01
田	kha	0.92	0.47	0.41	0.86	0.81	0.55	0.55	0.21	0.20	0.12	0.12	0.04	0.04	0.003
普通畑	kha	1.31	0.57	0.51	1.57	0.86	0.76	0.76	0.30	0.31	0.19	0.18	0.04	0.04	0.003
樹園地	kha	0.49	0.19	0.15	0.44	0.23	0.20	0.20	0.08	0.08	0.047	0.05	0.01	0.01	0.001
草地から転用された森林	kha	0.67	0.31	0.28	0.87	0.76	1.03	1.03	0.25	0.25	0.48	0.48	0.05	0.05	0.01
湿地から転用された森林	kha	NO	NO	NO	0.00	NO	0.03	0.03	0.01	0.01	NO	NO	NO	NO	NO
開発地から転用された森林	kha	0.70	1.62	1.71	0.84	0.59	0.31	0.31	0.10	0.11	0.13	0.13	0.01	0.01	0.01
その他の土地から転用された森林	kha	0.70	1.62	1.71	0.18	0.12	0.05	0.05	0.07	0.07	0.03	0.03	0.01	0.01	0.003

（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」

表 6-22 他の土地利用から転用された森林の面積（20年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された森林	kha	448.3	222.1	160.6	121.9	91.5	89.7	87.9	84.1	80.4	76.6	72.8	68.2	63.6	58.8
農地から転用された森林	kha	121.9	57.7	40.6	32.3	31.4	30.6	30.3	29.4	28.7	27.8	26.9	25.9	24.8	23.7
田	kha	53.8	23.7	15.9	11.7	12.1	11.9	11.7	11.3	10.9	10.6	10.2	9.8	9.4	8.9
普通畑	kha	46.8	23.7	17.7	15.2	14.8	14.4	14.4	14.1	13.8	13.4	13.1	12.6	12.1	11.6
樹園地	kha	21.4	10.3	6.9	5.3	4.5	4.3	4.2	4.1	3.9	3.8	3.6	3.5	3.3	3.2
草地から転用された森林	kha	19.3	11.6	9.0	8.0	9.0	9.4	10.1	10.0	9.9	10.1	10.3	10.0	9.8	9.5
湿地から転用された森林	kha	NO	NO	NO	NO	0.03	0.1	0.1	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	153.5	76.4	55.5	41.1	27.1	26.5	25.5	24.1	22.7	21.2	19.7	18.1	16.4	14.7
その他の土地から転用された森林	kha	153.5	76.4	55.5	40.5	24.0	23.1	21.9	20.4	19.0	17.4	15.8	14.1	12.5	10.8

（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」

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、土壌の炭素ストック変化量

■ 算定方法

○ 枯死有機物、土壌炭素ストック変化量

枯死木、リター及び鉱質土壌の炭素ストックは、森林以外の土地利用の炭素ストックから森林土壌の炭素ストックに20年かけて直線的に変化するものとした。CENTURY-jfos モデルで得られた20年生の森林の平均炭素ストック量から転用前の土地利用における炭素ストック量を減じて、20年で除して1年あたりの平均炭素ストック量を求め、当該カテゴリーの面積を乗じることでそれぞれの炭素ストック変化量を算定した。

$$\Delta C_{LF_dls} = \sum_i \{ \Delta A_{LF_i} \times (C_{F20_dls} - C_{i_dls}) / 20 \}$$

ΔC_{LF_dls} : 他の土地利用 i から転用された森林における枯死木、リター又は土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

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

C_{F20_dls} : CENTURY-jfos モデルで得られた20年生の森林における枯死木、リター又は土壌の平均炭素ストック量 [t-C/ha]

C_{i_dls} : 転用前の土地利用 i における枯死木、リター又は土壌の平均炭素ストック量 [t-C/ha]

i : 転用前の土地利用

○ 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、土壌炭素ストック変化量

表 6-10 (枯死木)、表 6-11 (リター)、表 6-12 (土壌) の転用前の農地、草地、湿地、開発地、その他の土地、及び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生体バイオマスの算定に用いたのと同様の面積を用いた。実際の面積値については表 6-22 を参照のこと。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 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、または 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 13% 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・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、第 1 章に記述している。

e) 再計算

■ AR 面積の修正に伴う再計算

6.5.1.e) で詳述した通り、AR 面積の修正に伴う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、及び土壌の炭素ストック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

■ 農地及び草地から転用された森林の土壌炭素ストック変化量

普通畑、樹園地及び牧草地から転用された森林面積は、農地から森林への転用面積に普通畑、樹園地及び牧草地の各面積比率を乗じることによって各転用面積を推計しているが、実態を反映していない可能性がある。このため、推計の妥当性や面積把握方法の精度向上は将来的な課題である。

6.6. 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、耕作放棄地によって構成されている。

2019 年度における我が国の農地面積は約 422 万 ha であり、国土面積の約 11.2% を占めている。そのうち有機質土壌面積は 17.6 万 ha である。2019 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 5,143kt-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42.8%の減少、前年度比29.3%の増加となっている。

表 6-23 農地における炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CO ₂	4.B. 農地	合計	kt-CO ₂	8,985	3,930	4,030	3,950	5,874	6,881	6,566	5,489	6,207	5,710	5,461	4,564	3,979	5,143
		生体バイオマス	kt-CO ₂	1,362	455	215	233	292	287	268	202	203	253	256	172	200	241
		枯死木	kt-CO ₂	297	59	19	31	43	42	42	27	27	26	26	12	12	22
		リター	kt-CO ₂	142	28	9	15	21	20	21	13	13	13	13	6	6	11
		鉱質土壌	kt-CO ₂	5,933	2,159	2,573	2,474	4,339	5,358	5,063	4,076	4,795	4,252	4,004	3,212	2,597	3,705
		有機質土壌	kt-CO ₂	1,250	1,228	1,214	1,197	1,180	1,173	1,172	1,171	1,169	1,166	1,162	1,163	1,164	1,165
	4.B.1. 転用のない農地	合計	kt-CO ₂	7,409	3,601	3,930	3,781	5,663	6,673	6,351	5,379	6,088	5,583	5,327	4,519	3,940	5,017
		生体バイオマス	kt-CO ₂	280	245	157	121	154	151	127	144	137	179	175	162	203	177
		枯死木	kt-CO ₂	NA													
		リター	kt-CO ₂	NA													
		鉱質土壌	kt-CO ₂	5,933	2,159	2,573	2,474	4,339	5,358	5,063	4,076	4,795	4,252	4,004	3,212	2,597	3,705
		有機質土壌	kt-CO ₂	1,196	1,197	1,200	1,187	1,170	1,164	1,161	1,158	1,155	1,152	1,148	1,145	1,139	1,135
	4.B.2. 他の土地から転用された農地	合計	kt-CO ₂	1,576	328	99	169	211	208	214	111	119	128	134	45	40	126
		生体バイオマス	kt-CO ₂	1,083	210	58	113	138	136	141	58	65	75	80	9	-3	64
		枯死木	kt-CO ₂	297	59	19	31	43	42	42	27	27	26	26	12	12	22
		リター	kt-CO ₂	142	28	9	15	21	20	21	13	13	13	13	6	6	11
		鉱質土壌	kt-CO ₂	IE													
		有機質土壌	kt-CO ₂	54	31	14	10	9	9	11	13	14	14	14	18	25	30

6.6.1. 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（過去20年間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。2019年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は5,017 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32.3%の減少、前年度比27.3%の増加となっている。本カテゴリーの排出・吸収量の時系列における変動に寄与しているのが、鉱質土壌における炭素ストック変化量の増減である。2019年度における鉱質土壌からのCO₂排出量は3,705kt-CO₂であり、1990年度比37.6%の減少、前年度比42.6%の増加となっている。

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、たい肥施用量）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、後述の通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。

2020年報告より、土壌炭素プールの算定に、バイオ炭の農地施用における炭素貯留量の算定を追加した。2019年度のバイオ炭の炭素貯留効果による排出削減量は5.56 kt-CO₂である。過去20年間転用のない農地の面積を表6-24に示した。本表面積には、鉱質及び有機質土壌

の両方の面積を含んでいる。

表 6-24 転用のない農地の面積 (20年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用のない農地	kha	4,597	4,464	4,417	4,385	4,339	4,317	4,313	4,305	4,295	4,279	4,258	4,228	4,199	4,174
水田	kha	2,768	2,707	2,628	2,545	2,484	2,462	2,453	2,446	2,438	2,426	2,411	2,394	2,377	2,363
普通畑	kha	1,186	1,140	1,119	1,136	1,154	1,152	1,153	1,150	1,146	1,142	1,139	1,131	1,125	1,118
樹園地	kha	426	371	328	318	306	303	300	296	293	289	284	280	274	269
耕作放棄地	kha	217	244	343	386	396	401	407	412	418	423	423	423	423	423

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、耕作放棄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 ガイドライン第4巻 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経年的な炭素ストック貯留には寄与せず炭素ストック変化の算定対象外であり、また、耕作放棄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蓄積変化はゼロとして「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 ガイドライン第4巻 5.2.1.1 節に記載されている Tier 2 の蓄積変化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、国内の文献調査から得られた各果樹 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。地上バイオマスと地下バイオマスの配分は、地上部に対する地下部の比率を用いて算出した。

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

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

(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と同様に、主産県全体の面積推移の傾向を、調査が行われなかった非主産県にも適用しすべての都道府県の栽培面積を求めた。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ガイドライン第4巻5.2.2.1の記載に従い、当該炭素ストック量に変化しないと想定しているTier1を適用し、ゼロと推計した。従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と農耕地以外に区分される耕作放棄地と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蓄積変化、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)及び有機質土壌の水溶性炭素による排出(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Tier3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6-5に示す通り、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作物残さ・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、炭素蓄積変化量〔t-C/yr〕を算出した。

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

ΔC_{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土壌炭素変化量 [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。したがって、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農耕地における土壌の炭素ストックを含んで本算定で報告している。

【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、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（以下、2019年改良 IPCC ガイドライン）で提示された Tier 1 の方法論を用いて算定した。

算定対象としたバイオ炭はデータの入手可能な、国内で製造されている白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭とした。なお、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の炭素ストック変化量 [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）

【耕作放棄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、耕作放棄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】

水田、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 ガイドライン第4巻 5.2.3.1 節に記載されている 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、普通畑における有機質土壌における水溶性炭素由来の CO₂ 排出量 (off-site)】

水田、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 節に記述されている 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。

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

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

$CO_2-C_{DOC_{C_{os}}}$: 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
$F_{frac_{DOC-CO_2}}$: 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、耕作放棄地における有機質土壌における排出量】

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、耕作放棄地については、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に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、水田については、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。作物残さ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。

作物残さの投入量は、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。作物残さの発生量は、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。

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。

ローザムステッド・カーボン・モデル (ロスシー)
Rothamsted Carbon Model (RothC)

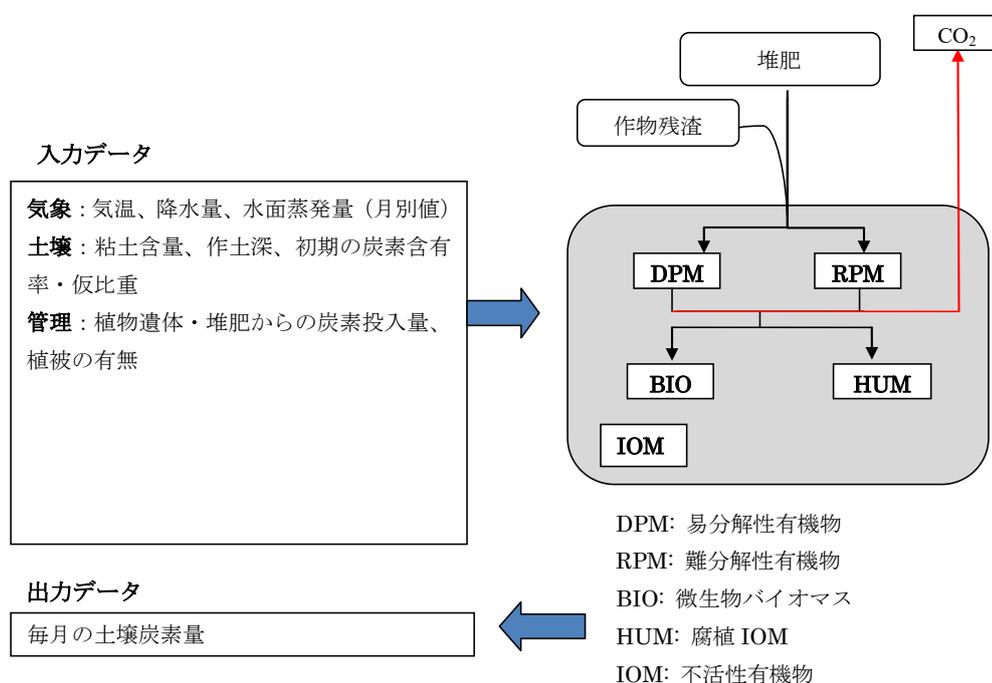


図 6-5 Roth C モデルの概要

○ 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、2019 年改良 IPCC ガイドライン Table 4Ap.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) を適用した。なお、竹炭については、南雲ら (2014) により、国内の竹炭成分の分析結果が得られたため、国独自の値 (43.6%) を用いた。この値は炭素含有率と 100 年後の炭素残存率を包含した値に対応している。

○ 有機質土壌からの on-site CO₂ 排出係数 (EF)

水田、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。

表 6-25 有機質土壌の耕起に伴う CO₂ 排出係数

地目	気候帯	排出係数 [t-C/ha/yr]	出典
水田	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	デフォルト値 2006年 IPCC ガイドライン第4巻 Table 5.6

(注)

- 1) 水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。

- 有機質土壌の off-site CO₂ 排出（水溶性炭素に由来する排出）に関するパラメータ
 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 6-26 水溶性炭素排出に関するデフォルトパラメータ

気候帯	DOC _{FLUX_NATURAL} [t-C/ha/yr]	DOC _{DRAINAGE}	Frac _{DOC-CO2}	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 6-27）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、内挿または按分（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、インベントリで報告されている鉱質土壌と有機質土壌の面積比に基づき、土壌タイプ別の施用量を把握した。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、または、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6-27の通りである。なお、農業分野で報告されている農地における有機質土壌の面積（CRF 3.D.a.6 参照）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。具体的には、水田と普通畑における有機質土壌のすべての面積、更新率（3%）を考慮した牧草地の有機質土壌面積を含み、樹園地、採草牧草地及び原野の有機質土壌は耕起されないため、含まれていない。LULUCF 分野の有機質土壌由来の排出計算については、活動量として用いた数値は農業分野と同一の面積値であるが、LULUCF 分野のCRFでは耕起・排水の有無にかかわらず総有機質土壌面積の報告を求めているため、LULUCF 分野のCRFで報告された有機質土壌面積と農業分野で報告された値が異なる。

表 6-27 農地における有機質土壌面積

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
合計	kha	179.2	177.0	177.1	176.0	174.6	174.0	174.1	174.2	174.2	174.2	174.1	174.7	175.2	175.7
水田	kha	131.5	129.8	129.1	127.3	125.3	124.7	124.8	125.0	125.0	124.9	124.7	124.8	124.9	124.9
普通畑	kha	16.7	16.7	17.0	16.9	16.8	16.6	16.5	16.4	16.3	16.2	16.1	16.0	16.1	16.1
樹園地	kha	1.3	1.0	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
耕作放棄地	kha	29.7	29.5	30.6	31.4	32.2	32.3	32.4	32.5	32.5	32.8	33.0	33.5	33.8	34.1

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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を利用する。RothC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ストック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

22%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・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、第1章に記述している。

なお、Roth C では特に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 & Taniyama (2003)、Shirato et al. (2004)、Shirato & Yokozawa (2005)、Takata et al. (2011)、Shirato (2011) を参照。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された個々の土地利用面積を求めるに森林減少面積（D 面積）を使用している。今回の提出において、森林減少面積（D 面積）が再計算されたため、転用のない農地の面積が全年にわたり再計算された。この面積の再計算に伴い、鉬質土壌の炭素ストック変化量及び有機質土壌からの CO₂ 排出が全年にわたり再計算された。

■ 鉬質土壌炭素ストック変化量における再計算

Roth C モデル算定に用いるインプットデータの修正により、アウトプットである全ての地目におけるすべての年度の単位面積当たりの土壌炭素ストック変化量が再計算された。さらに有機質土壌面積もすべての年度において再計算されたため、活動量として用いる各地目の鉬質土壌面積も修正された。これにより田、普通畑、樹園地における土壌炭素ストック変化量がすべての年で再計算された。再計算の影響の程度については10章参照。

【Roth C モデル算定に用いるインプットデータの修正とその結果補足】

インプットデータについては、堆肥及び作物残さ投入量の推計方法の見直しを行った。作物残さについては今まで各年の収穫量から各年の作物残さ量を推計していたが、年変動を拾わないよう平年値または平均値を用いることに変更した。作物残さ量は収穫量に必ずしも連動しないためである。堆肥の施用量について、水稻については今まではアンケート調査の堆肥施用量を用いていたが、農業経営統計調査のうち米生産費の堆肥施用量を用いることとした。水稻以外の作物については最新のアンケート調査の堆肥施用量を追加、データのスクリーニング、アンケート調査の集計プログラムの修正等を行った。

これにより、アウトプットである土壌炭素ストック変化量は昨年までの報告と比べて、変動の増減の程度が和らいだ。

■ 樹園地面積の修正に伴う再計算

2017年度以降、樹園地の生体バイオマスの炭素ストック変化量の算定に用いている樹園地面積において一部の都道府県で毎年の調査が行われなくなってしまったため、推計で求める

ことになった。この推計方法を修正したため、2017年度~2018年度の樹園地面積及び、生体バイオマスの炭素ストック変化量が再計算された。

■ 有機質土壌面積の修正に伴う再計算

有機質土壌面積の推計に使用する土壌群面積データに、最新データ(2010年値)を反映し、更に2010年のデータで利用している新しい土壌分類体系を用いて1992、2001年のデータを再区分し、時系列データ全体の面積データを再計算した。その結果、従来有機質土に分類されていた一部の土壌が、有機質土の数量的な定義を満たさず無機質土に分類されたため、有機質土の面積が減少した。この再計算に伴い、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。2019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49.3khaであり、国土総面積の0.1%に相当する。

2019年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は126kt-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92.0%の減少、前年度比217.3%の増加となっている。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な要因である。

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は(ΔC_{LC_LB})、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Tier2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蓄積量を用いた。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Tier1の算定方法を用いた。

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

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

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

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_i	: 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蓄積量 [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 6-8、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 6-9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 6-9)であり、表 6-8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 6-8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

森林から他の土地利用(農地、草地、湿地、開発地、その他の土地)に転用された面積は、京都議定書第3条3の下での森林減少面積の報告と整合しているものと捉え、森林減少面積の内訳を推計することにより、森林から転用された農地の面積を把握した。衛星画像判読を用いた森林減少面積の調査(D面積把握調査)が2005年度より実施されていることから、森林減少面積の把握とその内訳の推計は、1971~1989年度、1990~2004年度、2005年度以降とでそれぞれ以下の方法で行った。

【2005年度以降】

AR面積同様D面積についても、1989年末の空中写真オルソ画像及び2005年度以降撮影の衛星画像を用いて詳細に把握されているため、森林から農地、草地、湿地、開発地、その他の土地へ転用された土地の面積は、D面積に、D調査の判読結果より把握した森林からそ

それぞれの土地に転用された面積の比率を乗じて推計した。D 面積の把握方法の詳細については、第11章の11.4.2.3節を参照のこと。なお、農地への転用については、統計的な面積データを用いて更に、田、普通畑、樹園地への転用面積を推計した。

【1990年度から2004年度まで】

1990～2004年度の森林から他の土地利用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。

【1971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1970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。

○ 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。

なお、CRFの「Table 4.B SECTORAL BACKGROUND DATA FOR LAND USE, LAND-USE CHANGE AND FORESTRY – Cropland」に示されている面積は、単年の転用面積ではなく、過去20年間の積算値であることに留意されたい。

表 6-28 他の土地利用から転用された農地面積（単年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された農地	kha	5.9	2.2	1.8	1.0	0.8	0.9	4.6	4.5	3.6	2.0	1.2	5.0	7.5	7.7
森林から転用された農地	kha	5.4	1.1	0.3	0.6	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.4
田	kha	0.009	0.01	0.002	0.0004	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
普通畑	kha	3.9	0.8	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
樹園地	kha	1.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.06	0.06	0.02	0.02	0.04
草地から転用された農地	kha	0.004	0.05	0.03	0.06	0.001	0.002	0.001	0.001	0.007	0.007	0.004	0.006	0.005	0.005
湿地から転用された農地	kha	0.34	0.03	0.07	NO	NO	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	IE	IE
その他の土地から転用された農地	kha	0.2	1.1	1.3	0.4	0.04	0.1	3.8	4.0	3.1	1.5	0.7	4.8	7.2	7.3
田	kha	0.2	1.0	1.3	0.3	0.03	0.1	3.7	3.7	2.7	1.2	0.5	3.2	3.9	3.8
普通畑	kha	0.02	0.03	0.02	0.1	0.01	0.01	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	1.3	2.7	2.8
樹園地	kha	0.01	0.01	0.01	0.02	0.002	0.001	0.03	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7	0.7

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、CENTURY-jfosモデルより把握される枯死有機物の森林における炭素ストック量を使ったTier 2の方法を用いて算定した。なお、2006年IPCCガイドラインにある5.3.2.1節の記述に従い、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。なお、後述のパラメータでの説明の通り、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 6-10 及び表 6-11 の通りである。「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蓄積がゼロになり、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。

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 6.6.1.b)2) 節で記述した通り、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

有機質土壌からの二酸化炭素排出量の算定について、他の土地から転用された水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) 及び有機質土壌の水溶性炭素による排出 (off-site) を算定対象とした。算定方法の詳細については 6.6.1.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

他の土地利用から転用された農地面積（鉱質土壌面積と有機質土壌面積の合計）を表 6-29 に示す。

○ 鉱質土壌面積

CRF の 4.B 表に報告した転用された農地における鉱質土壌面積は、CRF 4(III)表で報告している転用された農地における土壌無機化に伴う N₂O 排出量の算定においても使用している面積と同じである。

○ 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、6.6.1.b)2)、「転用のない農地」の有機質土壌の推計方法において説明した通りである。

表 6-29 他の土地利用から転用された農地面積（20年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された農地	kha	215.9	158.4	110.9	61.6	32.3	29.6	30.5	33.1	33.4	33.2	33.4	37.7	44.3	49.3
森林から転用された農地	kha	125.9	117.1	95.9	48.7	18.4	16.2	13.7	13.0	12.4	11.8	11.5	11.1	10.6	10.4
田	kha	11.4	7.2	0.9	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8
普通畑	kha	76.4	77.1	67.2	34.9	13.4	11.8	9.9	9.4	8.8	8.3	7.9	7.5	7.1	6.7
樹園地	kha	38.1	32.7	27.9	13.3	4.3	3.7	3.0	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8
草地から転用された農地	kha	33.7	15.8	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
湿地から転用された農地	kha	11.0	3.2	1.7	1.2	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	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	IE	IE
その他の土地から転用された農地	kha	45.3	22.3	12.0	10.8	12.1	11.7	15.2	18.7	19.9	20.3	20.9	25.6	32.7	38.1
田	kha	23.3	13.3	10.7	9.4	10.8	10.4	13.8	17.1	18.2	18.4	18.7	21.8	25.6	27.5
普通畑	kha	11.7	6.1	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	3.0	5.7	8.4
樹園地	kha	10.2	2.8	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.8	1.4	2.1

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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、または 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 20%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.6.2.b)1) 節で説明した通り、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・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、第 1 章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された土地利用の面積推計に利用している森林減少面積（D 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。

■ 有機質土壌面積の修正に伴う再計算

「転用のない農地」で説明したように、有機質土壌及び鉍質土壌の面積の修正は「他の土地利用から転用された農地」においても同様に適用される。この修正に伴い、有機質土壌からの CO₂ 排出量を全年にわたり再計算した。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

■ 草地から農地への転用に関する面積把握方法

草地から農地への転用に関する面積把握方法については、現在、草地(牧草地)－農地(田)間以外の転用面積が統計より把握できないため、当該土地利用区分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。

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

6.7. 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 2019 年度の草地面積は約 95 万 ha であり、国土面積の約 2.5% を占めている。そのうち有機質土壌面積は 5.5 万 ha である。2019 年度の当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化からの排出は、961 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 45.0% の増加、前年度比 63.1% の増加となっている。

表 6-30 草地における炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CO ₂	4.C. 草地	合計	kt-CO ₂	663	62	-896	-278	187	780	800	1,107	1,720	1,379	1,085	827	589	961
		生体バイオマス	kt-CO ₂	108	14	-6	80	185	59	86	129	133	93	94	39	34	-8
		枯死木	kt-CO ₂	42	9	3	27	69	30	30	49	49	35	35	20	20	5
		リター	kt-CO ₂	20	4	1	13	34	15	15	24	24	17	17	10	10	3
		鉍質土壌	kt-CO ₂	465	7	-923	-426	-128	644	636	874	1,477	1,196	911	731	498	933
		有機質土壌	kt-CO ₂	27	28	29	28	27	33	34	31	36	38	28	28	28	28
	4.C.1. 転用のない草地	合計	kt-CO ₂	486	32	-895	-399	-101	676	669	905	1,513	1,233	938	758	524	960
		生体バイオマス	kt-CO ₂	NA													
		枯死木	kt-CO ₂	NA													
		リター	kt-CO ₂	NA													
		鉍質土壌	kt-CO ₂	465	7	-923	-426	-128	644	636	874	1,477	1,196	911	731	498	933
		有機質土壌	kt-CO ₂	21	25	28	28	26	32	33	30	35	37	27	27	27	27
	4.C.2. 他の土地から転用された草地	合計	kt-CO ₂	177	30	0	121	289	104	131	203	207	146	147	69	64	1
		生体バイオマス	kt-CO ₂	108	14	-6	80	185	59	86	129	133	93	94	39	34	-8
		枯死木	kt-CO ₂	42	9	3	27	69	30	30	49	49	35	35	20	20	5
		リター	kt-CO ₂	20	4	1	13	34	15	15	24	24	17	17	10	10	3
		鉍質土壌	kt-CO ₂	IE,NO													
		有機質土壌	kt-CO ₂	7	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

6.7.1. 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。

2019 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、960 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 97.6% の増加、前

年度比 83.0%の増加となっている。1999 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、農地の鈹質土壌においても説明した通り、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な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 ガイドラインの 6.2.1.1 節に記載されている 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 6.2.2.1 節の記載に従い、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。従って、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、鈹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 ガイドラインの表 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) 及び有機質土壌の水溶性炭素による排出 (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。

表 6-31 転用のない草地面積 (20 年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用のない草地	kha	709.6	856.5	951.0	978.2	965.2	927.5	926.0	923.3	929.5	927.8	914.2	921.2	917.8	915.1
牧草地	kha	324.7	495.6	584.1	601.7	588.8	587.5	586.0	583.3	579.5	577.8	574.2	571.2	567.8	565.1
採草放牧地	kha	105.0	100.9	96.8	96.5	96.4	96.4	96.4	96.3	96.3	96.3	96.3	96.3	96.2	96.2
原野	kha	280.0	260.0	270.0	280.0	280.0	243.6	243.6	243.7	253.7	253.7	243.7	253.7	253.8	253.8

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

○ 鈹質土壌の炭素ストック変化量

牧草地について、Tier 3 のモデル法を用いて算定した。方法は、6.6.1.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。

○ 有機質土壌の耕起に伴う CO₂ 排出量

牧草地における有機質土壌の耕起・排水に伴う CO₂ 排出量は、2006 年 IPCC ガイドラインの 6.2.3.1 節に記載されている Tier 1 の算定方法を用いて算定した。算定式は 6.6.1.節の転用のない農地の記述と同様であるため、省略する。

○ 有機質土壌の水溶性炭素による off-site CO₂ 排出

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 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、6.6.1 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。

■ 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、6.6.1.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 排出係数 (EF)

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、6.6.1.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、牧草地面積値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。この面積は、CRF 4(III)で報告している N₂O 排出量の算定においても使われている。

○ 有機質土壌面積

牧草地については 6.6.1.b)2) 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乗じて 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、6.6.1.節に記述している通り、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 6-32 転用のない草地における有機質土壌面積 (20 年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用の無い草地	kha	47.3	52.5	56.5	57.0	56.5	54.7	54.7	54.6	55.0	55.0	54.4	54.8	54.7	54.6
牧草地	kha	29.5	35.7	39.3	39.3	38.8	38.8	38.7	38.7	38.6	38.5	38.4	38.4	38.2	38.1
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	4.5	4.5
原野	kha	13.2	12.2	12.7	13.2	13.2	11.4	11.4	11.4	11.9	11.9	11.4	11.9	11.9	11.9

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された個々の土地利用面積を求めるには森林減少面積（D 面積）を使用している。今回の提出において森林減少面積（D 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、鉍質土壌の炭素ストック変化量及び有機質土壌からの CO₂ 排出が全年にわたり再計算された。

■ 鉍質土壌炭素ストック変化量における再計算

Roth C モデル算定に用いるインプットデータの修正により、アウトプットである牧草地におけるすべての年度の単位面積当たりの土壌炭素ストック変化量が再計算された。さらに有機質土壌面積もすべての年度において再計算されたため、活動量として用いる鉍質土壌面積も修正された。これにより牧草地における土壌炭素ストック変化量がすべての年で再計算された。

■ 有機質土壌面積の修正に伴う再計算

有機質土壌面積の推計に使用する土壌群面積データに最新データ（2010年値）を反映し、更に2010年のデータで利用している新しい土壌分類体系を用いて1992、2001年のデータを再区分し、時系列データ全体の牧草地の面積データを再計算した。その結果牧草地における有機質土壌からの 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。

6.7.2. 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年間にお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。2019年度の当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化からの排出は、0.8kt-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99.5%の減少、前年度比98.7%の減少と

なっている。

生体バイオマスに関しては、他の土地利用から草地に転用される際の炭素ストック変化量を算定対象とした。当該炭素ストック変化量は、当該地における転用前後の生体バイオマスの一時的な損失量及び後続する増加量を含む。

枯死有機物に関しては、森林から転用された場合には CENTURY-jfos モデルを用いて転用前の森林の枯死有機物の炭素ストック量を把握し、森林から転用された草地の炭素ストック変化量を算定した。森林以外の土地利用カテゴリから転用された草地の枯死有機物の炭素ストック変化量は、炭素ストックの変化が発生しないと見なし「NA」、もしくは「NO」と報告した。

土壌に関しては、他の土地利用から草地に転用される際に変化する土壌炭素ストック量を取り扱う。鈣質土壌における炭素ストック変化量については、森林、農地、湿地及びその他の土地から転用された草地の炭素ストック変化量は Tier 3 モデルを適用して転用のない草地で一括して算定し報告しているため「IE」として報告した。有機質土壌からの CO₂ 排出量については、農地から転用された牧草地における有機質土壌を算定した。我が国では有機質土壌の森林の草地への転用は実施されないため、森林から転用された草地における有機質土壌については「NO」として報告した。湿地及びその他の土地利用から転用された草地の有機質土壌における炭素ストック変化量については、転用のない草地に含まれるため「IE」として報告した。

開発地から転用された草地は、当該土地転用が日本では一般的に実施されないため、各炭素プールにおける炭素ストック変化量は「NO」として報告した。

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、国独自及び暫定値によるバイオマス蓄積量を使った Tier 2 の算定方法を用いた。それ以外の土地利用から草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。算定式は 6.6.2.b)1) 節にある通りである。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 6-8 及び表 6-9 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 6-33）、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 6-34）を用いた。

○ 森林からの転用面積

6.6.2.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、6.6.2.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。

なお、CRF の「Table 4.C SECTORAL BACKGROUND DATA FOR LAND USE, LAND-USE CHANGE AND FORESTRY－Grassland」に示されている面積は、2019 年度単年の転用面積ではなく、過去 20 年間の積算値であることに留意されたい。

表 6-33 他の土地利用から転用された草地面積（単年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された草地	kha	1.8	0.8	1.1	2.3	2.0	1.1	1.0	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	2.2	1.9
森林から転用された草地	kha	0.8	0.2	0.1	0.5	1.3	0.5	0.5	0.9	0.9	0.7	0.7	0.4	0.4	0.1
農地から転用された草地	kha	0.9	0.6	1.0	1.7	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4
湿地から転用された草地	kha	0.12	0.01	0.03	NO	NO	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	NO	NO
その他の土地から転用された草地	kha	0.01	0.01	0.01	0.04	0.004	0.003	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	1.4	1.5

表 6-34 他の土地利用から転用された草地面積（5 年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された草地	kha	11.6	5.1	5.1	7.1	10.6	9.8	8.4	7.3	6.7	5.9	6.1	6.7	7.5	8.1
森林から転用された草地	kha	4.7	1.4	0.5	0.7	5.7	5.7	4.9	4.5	4.2	3.5	3.6	3.5	2.9	2.1
農地から転用された草地	kha	6.5	3.4	4.5	6.2	4.6	3.8	3.2	2.6	2.2	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2
湿地から転用された草地	kha	0.3	0.1	0.03	NO	0.2	0.2	0.2	NO						
開発地から転用された草地	kha	NO													
その他の土地から転用された草地	kha	0.1	0.2	0.04	0.3	0.1	0.02	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	1.2	2.5	3.8

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 ガイドライン第 4 巻 6.3.2、Tier 1）。「農地から転用された草地」については、6.6.2.b)2) 節に記載している通り、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、6.6.2.b)2) 節と同様の理由により、「NA」で報告した⁵。

■ 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 6-10 及び表 6-11 の通りである。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蓄積がゼロになり、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 6.3.2.2 節の記述に従い、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

⁵ 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。

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

過去 20 年間の各年に生じた転用面積を積算した値を、20 年間以内に草地へ転用された面積とした。当該面積を表 6-35 に示す。

表 6-35 他の土地利用から転用された草地面積 (20 年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された草地	kha	321.9	165.1	60.6	28.9	27.9	27.7	27.3	27.8	28.3	28.7	29.2	29.8	30.8	31.7
森林から転用された草地	kha	182.6	106.4	35.1	7.2	8.2	8.3	8.4	9.1	9.9	10.3	10.9	11.1	11.4	11.4
農地から転用された草地	kha	70.6	38.5	23.9	20.7	18.8	18.5	18.0	17.7	17.5	17.3	17.2	16.8	16.2	15.6
湿地から転用された草地	kha	1.7	1.6	1.0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	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	NO	NO
その他の土地から転用された草地	kha	67.0	18.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.6	3.0	4.5

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

6.1.b)2) 節の転用のない農地と同様、草地の中の牧草地について、鈹質土壌については 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、鈹質土壌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土壌の炭素ストックは、転用のない牧草地における土壌の炭素ストックに含まれるために「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 6.6.1.b)2) の記述を参照のこと。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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、または 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 18% と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.6.1.b)1) 節で説明した通り、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・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、第 1 章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された土地利用面積推計に利用している森林減少面積 (D 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。

■ 有機質土壌面積の修正に伴う再計算

「転用のない草地」で説明したように、有機質土壌及び鉱質土壌の面積の修正は「他の土地利用から転用された草地」においても同様に適用される。この修正に伴い、有機質土壌からのCO₂排出量を全年にわたり再計算した。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

■ 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。

6.8. 湿地（4.D）

湿地は通年に渡って水に覆われている、または水に浸されている土地であり、かつ森林、農地、草地、または開発地に該当しない土地を指す。2006年IPCCガイドライン及び湿地ガイドラインにおいては、湿地は泥炭地、湛水地、その他の湿地に大きく区分される。ただし、わが国ではその他の湿地に該当する報告は行っていない。

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。2019年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は23kt-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74.1%の減少、前年度比14.5%の減少となっている。

表 6-36 湿地における炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
CO ₂	4.D. 湿地	合計	kt-CO ₂	91	359	426	43	110	62	72	24	24	68	68	28	27	23	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	65	257	305	30	76	43	53	16	17	47	47	19	19	18	
		枯死木	kt-CO ₂	17	69	82	8	23	13	13	5	5	14	14	6	6	4	
		リター	kt-CO ₂	8	33	39	4	11	6	6	2	2	7	7	3	3	2	
		鉱質土壌	kt-CO ₂	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA	NO,NENA
		4.D.1. 転用のない湿地	合計	kt-CO ₂	NO,NENA													
			生体バイオマス	kt-CO ₂	NENA													
			枯死木	kt-CO ₂	NO,NENA													
			リター	kt-CO ₂	NO,NENA													
	鉱質土壌		kt-CO ₂	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	
	有機質土壌		kt-CO ₂	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	NENA	
	4.D.2. 他の土地から転用された湿地	合計	kt-CO ₂	91	359	426	43	110	62	72	24	24	68	68	28	27	23	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	65	257	305	30	76	43	53	16	17	47	47	19	19	18	
		枯死木	kt-CO ₂	17	69	82	8	23	13	13	5	5	14	14	6	6	4	
		リター	kt-CO ₂	8	33	39	4	11	6	6	2	2	7	7	3	3	2	
		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	NA,NE	NA,NE	NA,NE
		有機質土壌	kt-CO ₂	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO	NA,NENO

6.8.1. 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 年間に於いて転用されず、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。

泥炭採掘のために管理された有機質土壌の炭素ストック変化量 (4.D.1) については、国内調査を行った結果、我が国で泥炭採掘の実態はあるものの、信頼のある精度での排出量算定は難しい状況であり、想定される排出計算量の規模を踏まえ、改訂 UNFCCC インベントリ報告ガイドラインの微小排出量基準を適用した「NE」で報告した。転用のない湛水地の炭素ストック変化量 (4.D.1) 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。転用のないその他の湿地は、わが国で該当する活動を定義していないため「NA」として報告した。

表 6-37 転用のない湿地面積 (20 年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用のない湿地	kha	1,280.5	1,293.9	1,321.3	1,316.6	1,307.9	1,318.0	1,318.9	1,319.5	1,320.0	1,321.3	1,314.1	1,334.5	1,336.7	1,338.9
泥炭地	kha	NE													
湛水池	kha	1,280.5	1,293.9	1,321.3	1,316.6	1,307.9	1,318.0	1,318.9	1,319.5	1,320.0	1,321.3	1,314.1	1,334.5	1,336.7	1,338.9
その他の湿地	kha	NA													

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、以下の様な推計を実施した。採掘される現場 (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 ガイドラインの第 7 章の Tier.1 の方法論に則った試算を行った。泥炭採掘は基本的に我が国で最も北方に位置する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 150ha、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 0.1ktCO₂ 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 17~34kt (dry ベース) 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、試算には含めていない。

以上の結果より、泥炭採掘による GHG 排出量は 24/CP.19 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 5 を参照のこと。

c) 再計算

再計算なし。

6.8.2. 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。2019 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 23kt-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 74.1%の減少、前年度比 14.5%の減少となっている。

生体バイオマスに関しては、他の土地利用から湿地（湛水地）に転用される際の炭素ストック変化量（転用前の土地に存在していた生体バイオマスの損失）を算定対象とした。

枯死有機物に関しては、森林から転用された場合には CENTURY-jfos モデルを用いて転用前の森林の枯死有機物の炭素ストック量を把握し、森林から転用された湿地の炭素ストック変化量を算定した。森林以外の土地利用カテゴリーから転用された湿地の枯死有機物の炭素ストック変化量は、炭素ストックの変化が発生しないと見なし「NA」と報告した。

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は、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は、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。

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

他の土地利用から湿地（湛水地）への転用については Tier 2 の算定方法を用いた。算定式は 6.6.2.b)1) 節の通りである。

■ 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 6-8 及び表 6-9 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湿地（ダム）面積は、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、6.6.2.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。

なお、CRF の「Table 4.D SECTORAL BACKGROUND DATA FOR LAND USE, LAND-USE

CHANGE AND FORESTRY－Wetlands」に示されている面積は、2019年度単年の転用面積ではなく、過去20年間の積算値であることに留意されたい。

表 6-38 他の土地利用から転用された湿地面積（単年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された湿地	kha	0.43	1.72	2.04	0.20	0.58	0.32	0.32	0.13	0.13	0.36	0.36	0.14	0.14	0.09
森林から転用された湿地	kha	0.31	1.24	1.48	0.15	0.42	0.23	0.23	0.09	0.09	0.26	0.26	0.10	0.10	0.07
農地から転用された湿地	kha	0.02	0.10	0.13	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
田	kha	0.01	0.02	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.003	0.01	0.01	0.02	0.005	0.004	0.003
普通畑	kha	0.01	0.05	0.03	0.001	0.01	0.01	0.01	0.003	0.002	0.007	0.006	0.003	0.003	0.002
樹園地	kha	0.005	0.02	0.01	0.0004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.0008	0.001	0.001
草地から転用された湿地	kha	0.007	0.029	0.019	0.001	0.006	0.004	0.004	0.002	0.001	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001
開発地から転用された湿地	kha	0.002	0.006	0.007	0.001	0.002	0.001	0.001	0.0004	0.0004	0.001	0.001	0.0005	0.0005	0.0003
その他の土地から転用された湿地	kha	0.09	0.34	0.41	0.04	0.12	0.06	0.06	0.03	0.03	0.07	0.07	0.03	0.03	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

■ 算定方法

○ 枯死有機物炭素ストック量

森林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は、6.6.2.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

○ 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 6-10 及び表 6-11 の通りである。転用直後は枯死有機物の蓄積がゼロになり、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

過去20年間に他の土地利用から転用された湿地の面積は、当該年の湿地の総面積から過去20年間転用されなかった湿地の面積を差し引くことで把握した。当該面積は表 6-39 に示されている。

表 6-39 他の土地利用から転用された湿地面積（20年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された湿地	kha	28.5	24.7	27.0	21.5	20.0	20.0	19.1	18.5	18.1	16.7	14.0	13.6	11.4	9.3
森林から転用された湿地	kha	20.6	17.9	19.6	15.5	14.5	14.5	13.8	13.4	13.1	12.1	10.2	9.9	8.3	6.8
農地から転用された湿地	kha	1.8	1.5	1.6	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.7	0.6
田	kha	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3
普通畑	kha	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2
樹園地	kha	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
草地から転用された湿地	kha	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
開発地から転用された湿地	kha	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.04	0.03
その他の土地から転用された湿地	kha	5.7	4.9	5.4	4.3	4.0	4.0	3.8	3.7	3.6	3.3	2.8	2.7	2.3	1.9

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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、または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22%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.6.2.b)1) 節で説明した通り、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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された土地利用の面積推計に利用している森林減少面積（D 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。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。

■ 溜め池の面積把握方法

人為的な貯水池の造成については、ダム他に溜め池の造成が考えられるが、現在は把握していない。したがって、溜め池の面積把握方法について現在検討を行っている。

■ 他の土地利用から湿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。

6.9. 開発地（4.E）

開発地は、他の土地利用カテゴリーに該当しない、交通基盤や居住地を含んだ全ての開発された土地である。開発地では、都市公園や特別緑地保全地区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。

我が国における開発地面積は約 387 万 ha であり、国土面積の約 10.2%を占めている。2019 年度の当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化からの排出は、324 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 88.9%の減少、前年度比 292.1%の増加となっている。

算定対象である都市緑地を都市公園等の造成する「施設緑地」と、保全措置が講じられ永続性が担保される「特別緑地保全地区」に分類する。

【都市緑地】

- 「施設緑地」（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、緑化施設整備計画認定緑地、河川・砂防緑地、官庁施設外構緑地、公的賃貸住宅地内緑地）
- 特別緑地保全地区

表 6-40 開発地における炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリー	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
CO ₂	4.E. 開発地	合計	kt-CO ₂	2,931	1,328	-418	-941	-389	-798	-558	-432	-265	146	237	-15	83	324	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	1,853	711	-547	-937	-577	-846	-605	-569	-409	-409	-85	0.3	-158	-65	232
		枯死木	kt-CO ₂	820	571	289	228	358	260	260	315	315	371	369	301	300	300	254
		リター	kt-CO ₂	381	258	121	90	155	109	109	137	138	166	166	133	133	111	
		鉱質土壌	kt-CO ₂	-270	-323	-368	-394	-381	-372	-368	-361	-355	-352	-346	-339	-331	-321	
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO													
	4.E.1. 転用のない開発地	合計	kt-CO ₂	-1,383	-1,663	-1,878	-2,040	-2,040	-1,994	-1,960	-1,910	-1,785	-1,665	-1,586	-1,513	-1,426	-1,359	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	-1,150	-1,374	-1,541	-1,672	-1,675	-1,635	-1,603	-1,559	-1,438	-1,320	-1,246	-1,179	-1,098	-1,041	
		枯死木	kt-CO ₂	IE,NE														
		リター	kt-CO ₂	-11	-13	-15	-17	-17	-16	-16	-16	-16	-16	-15	-15	-15	-14	
		鉱質土壌	kt-CO ₂	-222	-276	-321	-351	-348	-342	-341	-335	-331	-329	-324	-319	-313	-303	
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO														
	4.E.2. 他の土地から転用された開発地	合計	kt-CO ₂	4,313	2,991	1,459	1,099	1,651	1,196	1,402	1,479	1,519	1,811	1,823	1,497	1,508	1,683	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	3,003	2,085	994	735	1,098	789	998	990	1,029	1,236	1,247	1,021	1,033	1,274	
		枯死木	kt-CO ₂	820	571	289	228	358	260	260	315	315	371	369	301	300	254	
		リター	kt-CO ₂	391	272	137	107	172	125	125	153	153	181	182	148	148	126	
		鉱質土壌	kt-CO ₂	-49	-47	-47	-43	-33	-30	-28	-25	-24	-23	-21	-20	-19	-18	
		有機質土壌	kt-CO ₂	147	111	87	72	56	52	47	46	46	46	46	46	46	47	47

6.9.1. 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、転用のない開発地（過去 20 年間に於いて転用されず、継続して開発地であった土地）の中の都市緑地における生体バイオマス、枯死有機物の内リター及び土壌の炭素ストック変化量を取り扱う。「転用のない開発地」は「特別緑地保全地区」、「施設緑地」及び「その他」の 3 つの下位区分に分けられる。このうち「特別緑地保全地区」及び「施設緑地」における炭素ストック変化量を算定する。また、京都議定書第 3 条 4 の下での植生回復 (Revegetation、以下、「RV」) 活動において報告される炭素ストック変化量は、1990 年以降に造成された「施設緑地」における炭素ストック変化量に相当し⁶、「特別緑地保全地区」は植生回復活動の該当地には含まれない。CRF においては、「特別緑地保全地区」は「RV 非対象緑地」、「施設緑地」は「RV 対象地」、「その他」は「都市緑地以外」と記載する。「その他」に含まれている可能性のある炭素ストック変化量（個人住宅の庭に生育する樹木など）は、活動量が入手不可能であるため、「NE」として報告する。また、リター及び土壌については、パラメータが入手可能な「都市公園」及び「港湾緑地」の炭素ストック変化量のみを報告する。2019 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 純吸収量は 1,359 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 1.7%の減少、前年度比 4.7%の減少となっている。

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

緑地の特性の違いにより、地域制緑地である特別緑地保全地区には Tier 2a の算定方法を用い、施設緑地には Tier 2b の算定方法を用いた。なお、開発地内の緑地における我が国での実測調査の結果、2006 年 IPCC ガイドラインにおける Tier 2a 及び Tier 2b で設定されたデフォルト実成長期間の 20 年を超えても成長が続いていることが確認され、30 年生までについては、0~20 年生の樹木吸収と同じ係数を用いた算定が可能との結論となった。したがって、造成後 30 年生までを対象として、Tier 2 法の 20 年生以下の緑地と同様の算定方法を用いて算定

⁶ 特別緑地保全地区は植生回復活動の定義から外れるため、当該活動には含まれない。

を行った。

○ Tier 2a：特別緑地保全地区

$$\Delta C_{SSaLB} = \Delta C_{LBaG} - \Delta C_{LBaL}$$

$$\Delta C_{LBaG} = A \times PW \times BI$$

ΔC_{SSaLB} : 特別緑地保全地区における生体バイオマスの炭素ストック変化量 [t-C/yr]

ΔC_{LBaG} : 特別緑地保全地区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]

ΔC_{LBaL} : 特別緑地保全地区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]

※2006年 IPCC ガイドラインに準拠し「0」と想定

A : 指定後 30 年以下の特別緑地保全地区面積 [ha]

PW : 樹林面積率（保全地区面積当りの樹林率）（100%と仮定）

BI : 単位樹林面積当りの成長量 [-C/ ha crown cover/yr]

○ Tier 2b：施設緑地

$$\Delta C_{SSbLB} = \sum_i (\Delta C_{LBbGi} - \Delta C_{LBbLi})$$

$$\Delta C_{LBbGi} = \Delta B_{LBbGi}$$

$$\Delta B_{LBbGi} = \sum_j NT_{i,j} \times C_{Ratei,j}$$

ΔC_{SSbLB} : 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]

ΔC_{LBbGi} : 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]

ΔC_{LBbLi} : 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]

※2006年 IPCC ガイドラインに準拠し「0」と想定

ΔB_{LBbGi} : 施設緑地 i における年間バイオマス成長量 [t-C/yr]

$C_{Ratei,j}$: 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 6-41 参照

$NT_{i,j}$: 気候区分 j の施設緑地 i における樹木本数

i : 施設緑地タイプ（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、緑化施設整備計画認定緑地、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

○ Tier 2a：単位樹林面積当たりの年間生体バイオマス成長量（特別緑地保全地区）

特別緑地保全地区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、8.9 頁に示されるデフォルト値 2.9 t-C/ha crown cover/yr を用いた。

○ 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）

施設緑地における樹木の年間生体バイオマス成長量は、以下のパラメータを用いた。

表 6-41 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]	備考
施設緑地	北海道	(道路緑地以外) 0.0098 (道路緑地) 0.0103	2006年 IPCC ガイドラインの 8.10 頁、表 8.2 に示されているデフォルト値 0.0033~0.0142 (t-C/本/yr) と、日本の樹種別の年間生体バイオマス成長量 (ケヤキ 0.0204、イチヨウ 0.0103、シラカシ 0.0095、クスノキ 0.0122 t-C/本/yr) を用いて、サンプル抽出した都市公園の樹種構成比により合成した ⁷ 。また、道路緑地は、道路緑地のみの樹種構成比 ⁸ から合成した。
	北海道以外	(道路緑地以外) 0.0105 (道路緑地) 0.0108	

■ 活動量

CRF テーブルにおいて報告される「転用のない開発地」の面積は、算定対象年度の全開発地面積から、「他の土地利用から転用された開発地」面積の 20 年間の累計値を差し引くことによって算定した。また、「転用のない開発地」面積を「特別緑地保全地区」、「施設緑地」及び「その他」の 3 つの下位区分に分けて報告している。このうち「特別緑地保全地区」及び「施設緑地」における 30 年生以下の樹木の炭素ストック変化量を算定する。

我が国は、30 年生以下の樹木を、「造成・指定後 30 年以内の都市緑地に生育する樹木」と想定した。Tier 2a には、特別緑地保全地区における樹林面積 (= 指定後 30 年以下の特別緑地保全地区の面積×樹林面積率) を活動量として適用した。Tier 2b には、施設緑地内における高木本数を活動量として適用した。

表 6-42 転用のない開発地における面積 (20 年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用のない開発地	kha	2,335.1	2,681.9	2,901.4	3,091.6	3,289.9	3,320.2	3,373.5	3,405.5	3,442.4	3,465.8	3,487.2	3,520.7	3,541.1	3,549.6
施設緑地	kha	89.6	107.0	121.1	131.4	130.8	127.7	125.6	122.3	114.9	107.8	103.0	98.4	93.1	88.7
特別緑地保全地区	kha	1.9	3.7	3.8	4.1	4.2	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.7	4.8
その他	kha	2,243.6	2,571.2	2,776.5	2,956.1	3,154.9	3,188.2	3,243.5	3,278.7	3,323.0	3,353.4	3,379.5	3,417.6	3,443.3	3,456.2

○ Tier 2a : 樹林面積 (特別緑地保全地区)

特別緑地保全地区における樹木の貯蔵量の変化の活動量については、国土交通省調べの特別緑地保全地区の面積に樹林面積率を乗じて算定しており、その樹林面積率は 100% と仮定されている。

表 6-43 指定後 30 年以下の特別緑地保全地区面積

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
合計	kha	1.9	3.7	3.8	4.1	4.2	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.7	4.8
特別緑地保全地区	kha	0.6	0.9	1.4	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2
近郊緑地特別保全地区	kha	1.2	2.7	2.4	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

○ Tier 2b : 高木本数 (施設緑地)

施設緑地における高木本数の算出方法については、京都議定書第 3 条 4 の下での植生回復

⁷ ケヤキ、イチヨウ、シラカシ、クスノキの年間生体バイオマス成長量については、国土交通省国土技術政策総合研究所が実測した結果を用いて算出した各樹種の生体バイオマスの成長曲線 (松江他、2009) に、都市公園における現地調査に基づく樹種毎の平均胸高直径 (国土交通省公園緑地課、2005) を適用し算出した。

⁸ 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 (国土交通省、2009) から樹種構成比を把握。

活動と同様の方法で算定した。各施設緑地における活動量算定方法の概要は以下の通りである。なお、これら活動量の算定方法の詳細については第11章の11.4.2.7.a節に詳述されている。

【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】

これら施設緑地における高木本数は、各施設緑地の面積全体に国土の土地利用比率を乗じて対象面積を算出し、それぞれの対象面積に単位面積当たりの高木本数を乗ずることで算定した。各施設緑地における単位面積当たりの高木本数は表6-44の通り。

表 6-44 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

【道路緑地】

本施設緑地における高木本数は、以下の手順で算定を行った。

1. 1987年度、1992年度、2007年度、及び約束期間の当該年度に関する道路緑地樹木現況調査のデータより整備後30年間の樹木本数を把握。
2. 「1」の高木本数に対し、500 m²以上の土地に植栽されている割合を乗じる。
3. 「2」の高木本数に、国土の土地転用割合において、転用のない開発地の割合を乗じる。「3」の値が、道路緑地において活動量となる高木本数となる。

【緑化施設整備計画認定緑地】

本施設緑地における高木本数は、全ての施設における個別の植栽本数が把握できることから、それらを積み上げた高木本数を用いた。

2) 転用のない開発地におけるリターの炭素ストック変化量

本カテゴリーにおいては、都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量を算定する。枯死木については、生体バイオマスの活動量データに含まれているため「IE」とする。都市公園及び港湾緑地以外の各下位区分におけるリターの炭素ストック変化量は、活動量の入手が困難であるため算定対象外とする。

■ 算定方法

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。算定式は以下の通りである。

$$\Delta C_{SSLit} = \sum_i (A_i \times L_{it_i})$$

ΔC_{SSLit} : 転用のない開発地におけるリターの炭素ストック変化量 [t-C/yr]

A : 転用のない開発地における都市公園又は港湾緑地の面積 [ha]

L_{it} : 都市公園又は港湾緑地におけるリターの単位面積当たりの炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

i : 施設緑地タイプ（都市公園又は港湾緑地）

■ 各種パラメータ

本カテゴリーにおけるリターの対象は、高木からの自然落下による落葉・落枝のみを対象としている。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、都市公園における現地調査の結果より得られた高木 1 本当りの年間リター発生量（北海道、北海道以外共通：0.0006 t-C/本/yr、単位面積当たりの高木本数、及び清掃等による敷地外への持ち出し率（54.4%）を用いて算定した。その結果、北海道 0.0882 t-C/ha/yr、北海道以外 0.0594 t-C/ha/yr となった。なお、リターにおける炭素含有率は、2006 年 IPCC ガイドライン（8.21 頁）に示されているデフォルト値（0.4 t-C/t-d.m.）を用いた。

■ 活動量

第 11 章の 11.5.1.1.f.a) 節「転用のない土地：地上バイオマス、地下バイオマス」の活動量データに記述されている都市公園及び港湾緑地と同じ。

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

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を対象とした。植生回復地の土壌は、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、鉍質土壌に関して報告する。

■ 算定方法

転用の無い開発地において、土地利用形態に変化がない場合は炭素蓄積変化は生じていないとみなした。都市公園また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。

$$\Delta C_{SSSoils} = \sum_i (\Delta C_{Mineral_i} - L_{Organic_i})$$

$$\Delta C_{Mineral_i} = A_i \times \Delta C_{Soil_i}$$

$\Delta C_{SSSoils}$: 転用のない開発地における土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$\Delta C_{Mineral}$: 開発地における鉍質土壌の有機炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$L_{Organic}$: 開発地における有機質土壌の排出に伴う炭素損失量 (=0) [t-C/yr]

A : 転用のない開発地における都市公園又は港湾緑地の面積（整備後 30 年以内）[ha]

C_{Soil} : 都市公園又は港湾緑地における単位面積当たりの年間有機炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

i : 施設緑地タイプ（都市公園又は港湾緑地）

■ 各種パラメータ

都市公園又は港湾緑地における単位面積当たりの土壌の炭素ストック変化量（整備後 0～20 年の統合年変化量 1.28t-C/ha/yr、整備後 21～30 年の統合年変化量 1.38t-C/ha/yr）は、第 11 章の 11.5.1.1.f.d) 節に記述している通り、整備後 30 年以内の都市公園における土壌調査結果から設定している（Tonosaki et al., 2013、国土交通省公園緑地・景観課、2015）。このため、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

第 11 章の 11.5.1.1.f.a) 節「転用のない土地：地上バイオマス、地下バイオマス」の活動量データに記述されている都市公園及び港湾緑地の面積と同じ。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

特別緑地保全地区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 8.10 頁に示されるデフォルト値を採用している。したがって、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 8.12 頁に示された不確実性の標準値を採用し、 $\pm 50\%$ とする。また、特別緑地保全地区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を採用した。

一方、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、緑化施設整備計画認定緑地、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41%、61%、38%であった。

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33%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.6.2.b)1) 節で説明した通り、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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された個々の土地利用面積を求めるには森林減少面積 (D 面積) を使用している。今回の提出において森林減少の面積 (D 面積) が再計算されたため、転用のない開発地の面積、及び当該カテゴリーにおける生体バイオマス、枯死有機物、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。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

■ 特別緑地保全地区における単位緑化面積あたりの生体バイオマス成長量

特別緑地保全地区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。

■ 開発地の面積把握方法の妥当性

国土利用カテゴリーにおける開発地の想定妥当性について現在検討中である。

6.9.2. 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年以内に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。枯死有機物については、CENTURY-jfos モデルを用いて森林の枯死有機物の炭素ストック量を把握し、森林から転用された開発地の炭素ストック

変化量を算定した。なお、現在の方法は「湿地から転用された開発地」及び「その他の土地から転用された開発地」の面積を把握できないため、当該サブカテゴリーの炭素ストック変化量はいずれも「NO」を報告した。

2019年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は1,683 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61.0%の減少、前年度比11.6%の増加となっている。他の土地利用から転用された開発地からの排出量は、1990年度から1993年度まで増加し、1993年度の後には、2003年度まで減少傾向にあり、2003年度から現在までは増減の変動を繰り返す傾向にある。これらの傾向の要因は、森林から開発地への土地転用面積の年次変化に起因する。

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の生体バイオマスの炭素ストック変化量は、転用直前直後の炭素ストック変化量に、施設緑地に転用された部分の炭素ストック変化量を加算することで算定した。他の土地利用から転用された開発地の転用直後の生体バイオマスの炭素ストック変化量は、2006年IPCCガイドライン第4巻2.3.1.2節の式を用いて各土地利用から開発地に転用された面積に、転用前の生体バイオマス蓄積量から転用直後の生体バイオマス蓄積量の差分と、炭素含有率を乗じることにより算定した。他の土地利用から転用された開発地で整備された施設緑地に関しては、転用後に植栽された樹木の成長により生体バイオマスが増加するため、転用直後の炭素ストック変化量に、2006年IPCCガイドライン第4巻8.2.1.1節のTier 2bの方法を用いて算定した転用後の年次炭素ストック変化量を加算した。

$$\Delta C_{LSLB} = \sum_I \{A_I \times (CR_a \times CF_a - CR_{bI} \times CF_{bI})\} + \sum_i (\Delta C_{LS(UG)G_i} - \Delta C_{LS(UG)L_i})$$

$$\Delta C_{LS(UG)G_i} = \Delta B_{LS(UG)G_i}$$

$$\Delta B_{LS(UG)G_i} = \sum_j NT_{ij} \times C_{Rate_{ij}}$$

ΔC_{LSLB} : 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 [t-C/yr]

A_I : 他の土地利用 I から転用された開発地面積 [ha/yr]

CR_a : 開発地に転用された直後のバイオマス乾物重 [t-d.m./ha]

CR_{bI} : 開発地に転用される前の土地利用 I におけるバイオマス乾物重 [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（開発地） [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.]

$\Delta C_{LS(UG)G_i}$: 他の土地利用から転用された開発地で整備された施設緑地 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]

$\Delta C_{LS(UG)L_i}$: 他の土地利用から転用された開発地で整備された施設緑地 i における生体バイオマス損失に伴う炭素ストック減少量 [t-C/yr] ※算定対象となる樹木の平均樹齢が30年生以下であるため、国内の調査結果を踏まえた上で2006年IPCCガイドラインに従いゼロと想定する。

$\Delta B_{LS(UG)G_i}$: 施設緑地 i における年間生体バイオマス成長量 [t-C/yr]

NT_{ij} : 気候区分 j の施設緑地 i における樹木本数 [本]

$C_{Rate_{ij}}$: 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 6-41 参照)

- i* : 転用後の施設緑地タイプ（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、緑化施設整備計画認定緑地、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

○ 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 6-8 及び表 6-9 示すとおりである。転用後の都市緑地における樹木の生体バイオマス損失に伴う炭素ストック損失量は、対象となる都市緑地が 1990 年以降に造成された都市緑地であり、対象となる樹木の樹齢が 30 年生以下であるため、国内の調査結果（国土交通省公園緑地・景観課、2014）を踏まえた上で 2006 年 IPCC ガイドラインに従いゼロと想定した。転用後の都市緑地における樹木の年間生体バイオマス成長量は表 6-41 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

他の土地利用から開発地への転用面積に関しては、森林、農地及び草地から開発地への転用面積のみを把握した。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。なお、CRF の「Table 4.E SECTORAL BACKGROUND DATA FOR LAND USE, LAND-USE CHANGE AND FORESTRY – Settlement」に示されている面積は、単年の転用面積ではなく、過去 20 年間の積算値であることに留意されたい。

【森林からの転用】

6.6.2.b1) 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 6-45 他の土地利用から転用された開発地の面積（単年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された開発地	kha	39.4	32.9	21.9	14.6	15.0	12.2	12.2	14.6	16.2	17.5	17.3	14.9	15.4	14.6
森林から転用された開発地	kha	14.8	10.3	5.2	4.1	6.5	4.7	4.7	5.8	5.8	6.8	6.8	5.6	5.6	4.7
農地から転用された開発地	kha	21.4	19.5	14.5	9.2	7.2	6.3	6.4	7.5	8.8	9.0	8.9	7.9	8.5	8.5
田から転用された開発地	kha	13.0	12.1	9.5	6.0	4.1	3.5	3.9	4.3	5.0	5.1	5.3	4.7	5.2	5.2
普通畑から転用された開発地	kha	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04	0.04	0.03	0.01
樹園地から転用された開発地	kha	12.5	11.8	9.2	5.8	4.0	3.4	3.8	4.2	5.0	5.1	5.2	4.6	5.2	5.2
草地から転用された開発地	kha	3.2	3.1	2.1	1.3	1.3	1.2	1.1	1.4	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
湿地から転用された開発地	kha	IE													
その他の土地から転用された開発地	kha	IE													

○ 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市緑地への転用面積及び樹木本数

他の土地利用から転用された開発地で整備された都市緑地の面積は、各都市緑地（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）のそれぞれの面積全体に、開発地面積に対する転用された開発地面積比率を乗じて算出した。樹木本数については、他の土地利用からそれぞれの都市緑地への転用面積に単位面積当たりの樹木本数を乗じて算出した。これら活動量についての詳細な説明は、第11章の11.4.2.7.a節で提供されている。

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、並びに他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量を算定する。

枯死木に関しては、森林から転用された開発地における枯死木の炭素ストック変化量についてのみ算定した。算定方法としては2006年IPCCガイドラインの「他の土地利用から農地への転用」の算定方法に従い、Tier2の算定方法を用いた。他の土地利用から転用された施設緑地において、転用後1年間で発生する枯死木については、生体バイオマスの活動量データに含まれているため「IE」とする。

リターに関しては、森林から転用された開発地におけるリターの炭素ストック変化量、及び他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量について算定した。森林から転用された開発地におけるリターの炭素ストック変化量の算定方法としては2006年IPCCガイドラインの「他の土地利用から農地への転用」の算定方法に従い、Tier2の算定方法を用いた。また、他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量の算定方法は、2006年IPCCガイドラインに算定方法が記載されていないため、我が国独自の算定方法を用いた。また、都市公園及び港湾緑地以外の各下位区分におけるリターの炭素ストック変化量は、活動量の入手が困難であるため算定対象外とする。

現在の方法は「湿地から転用された開発地」及び「その他の土地から転用された開発地」の面積を把握できないため、当該炭素プールの炭素ストック変化量はいずれも「NO」を報告した。

■ 算定方法

$$\Delta C_{LS} = \Delta C_{FS} + \Delta C_{LSLit}$$

ΔC_{LS} : 他の土地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 [t-C/yr]

ΔC_{FS} : 森林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 [t-C/yr]

ΔC_{LSLit} : 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量 [t-C/yr]

○ 森林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

「森林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は、CENTURY-jfosモデルを用いて計算した国独自の係数を用いたTier2の方法を用いて算定した。なお、当該サブカテゴリ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。

$$\Delta C_{FS} = \sum_i \{(C_{after_i} - C_{before_i}) \times A\}$$

ΔC_{FS} : 森林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 [t-C/yr]

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

A : 算定対象年度に森林から開発地に転用された面積 [ha]

i : 枯死有機物のタイプ (枯死木又はリター)

- 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市緑地内の都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量

$$\Delta C_{LSLit} = \sum_{I,i} \{A_i \times (C_{AfterLit_i} - C_{BeforeLit_i}) + A_i \times Lit_i\}$$

ΔC_{LSLit} : 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック変化量 [t-C/yr]

A : 過去1年間に他の土地利用から転用された面積 [ha]

$C_{AfterLit}$: 土地転用直後のリターの炭素ストック量 [t-C/ha]

$C_{BeforeLit}$: 土地転用直前のリターの炭素ストック量 [t-C/ha]

Lit : 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地における単位面積当たりのリターの1年間の炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

I : 転用前の土地利用カテゴリー

i : 転用後の施設緑地タイプ (都市公園、港湾緑地)

■ 各種パラメータ

- 森林から転用された開発地における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 6-10 及び表 6-11 にある通りである。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、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蓄積がゼロになり、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。

- 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック量

他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地においては、リターを含んだ転用前の地盤をそのまま活用するか、または地盤の上に客土を施すことで転用前の枯死有機物の蓄積を地中に封印するため、リターを外部へ持ち出すことがない。従って、転用前の土地にストックされていたリターは、土地の転用後も減少することはない。また、土地転用直後に植栽された樹木が即座にリターを生じさせることはないため、リターの新規蓄積はほとんど発生しない。以上のことから転用前後のリターの炭素ストック変化量はゼロとみなすこととした。転用後 1 年間で発生するリターの量については、転用後の緑地内の高木からの落葉・落枝の自然落下により炭素ストックが転用のない都市公園及び港湾緑地と同様に蓄積されるという調査結果に基づき、転用のない都市公園及び港湾緑地と同様の方法により算定を行った。

■ 活動量 (面積)

- 森林から転用された開発地における枯死有機物炭素ストック量

過去 20 年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 6-46 を参照のこと。

表 6-46 他の土地利用から転用された開発地の面積 (20年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用された開発地	kha	863.9	747.1	692.6	606.4	489.1	458.8	425.5	402.5	384.6	369.2	355.8	341.3	328.9	319.4
森林から転用された開発地	kha	284.1	280.9	260.5	217.4	151.5	139.1	125.0	117.1	112.1	108.6	107.3	105.4	103.7	102.3
農地から転用された開発地	kha	520.6	409.1	376.8	338.8	293.7	278.0	261.3	247.9	236.5	226.0	215.3	204.0	194.5	187.3
田から転用された開発地	kha	320.9	252.1	236.6	215.2	188.7	178.9	168.3	159.3	151.8	144.8	137.2	129.1	122.3	117.3
普通畑から転用された開発地	kha	137.2	110.5	101.8	91.9	79.8	75.7	71.3	68.3	65.5	63.1	60.9	58.6	56.7	55.1
樹園地から転用された開発地	kha	62.4	46.5	38.5	31.6	25.2	23.4	21.7	20.4	19.2	18.1	17.2	16.3	15.5	14.9
草地から転用された開発地	kha	59.3	57.2	55.3	50.3	44.0	41.7	39.2	37.5	36.0	34.5	33.2	31.9	30.7	29.8
湿地から転用された開発地	kha	IE													
その他の土地から転用された開発地	kha	IE													

○ 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地におけるリターの炭素ストック量

他の土地利用から転用された開発地で整備された都市緑地の面積は、生体バイオマスと同様に、都市公園及び港湾緑地それぞれの面積全体に、国土の土地転用比率を乗じて算出した。他の土地利用から都市公園及び港湾緑地への転用面積及び樹木本数についての詳細な説明は、第11章の11.5.1.1.f.f)節を参照のこと。

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

本カテゴリにおいては、森林から転用された開発地、並びに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を対象とした。

■ 算定方法

開発地に関する土壌の炭素ストック変化量は、Tier2（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。

$$\Delta C_{LSSoils_all} = \Delta C_{FSSoils} + \Delta C_{LSSoils}$$

$\Delta C_{LSSoils_all}$: 他の土地利用から転用された開発地における土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$\Delta C_{FSSoils}$: 森林から転用された開発地における土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$\Delta C_{LSSoils}$: 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地における土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$$\Delta C_{LSSoils} = \sum_i (\Delta C_{LSMineral_i} - L_{LSOrganic_i})$$

$$\Delta C_{LSMineral_i} = \Delta A_i \times (C_{AfterSoil} - C_{BeforeSoil}) + A_i \times \Delta C_{Soil_i}$$

$\Delta C_{LSMineral}$: 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地における鉱質土壌の炭素ストック変化量 [t-C/yr]

$L_{LSOrganic}$: 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地における有機質土壌の排出に伴う炭素損失量 (=0) [t-C/yr]

ΔA : 過去1年間に他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地の面積 [ha/yr]

$C_{AfterSoil}$: 土地転用直後の土壌の炭素ストック量 [t-C/ha]

$C_{BeforeSoil}$: 土地転用直前の土壌の炭素ストック量 [t-C/ha]

A : 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地の面積 [ha]

ΔC_{Soil} : 他の土地利用から転用された開発地で整備された都市公園及び港湾緑地における単位面積当たりの年間炭素ストック変化量 [t-C/ha/yr]

i : 転用後の施設緑地タイプ（都市公園又は港湾緑地）

■ 各種パラメータ

森林から転用された開発地における鉱質土壌炭素ストック変化量の算定には、表 6-12 に記載されているパラメータを用いた。なお、都市公園の造成においては転用前の場所にあった土壌は当該場所から移動されることはほとんどない。一般的に、これら土壌は転用後も同じ場所で継続的に使用されるか、または客土で覆われることになる。従って、土地の転用に伴う土壌炭素ストック変化は生じないとみなされる。

他の土地利用から転用された施設緑地における鉱質土壌炭素ストックの変化量の算定には、転用のない開発地における都市公園及び港湾緑地と同様のパラメータを用いた。

■ 活動量

○ 森林から転用された開発地

森林から転用された開発地には表 6-46 の値を用いた。

■ 他の土地利用から転用された開発地

土地利用から転用された開発地の活動量は、第 11 章の 11.5.1.1.f.f) 節に記述されている都市公園及び港湾緑地と同じ。

4) 開発地への転用時の有機質土壌からの CO₂ 排出

■ 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。

従って、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) 及び有機質土壌の水溶性炭素による排出 (off-site) を算定した。算定式については、6.6.1.節の転用のない農地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水田地域で生ずることから、水田に適用している値を代用した (6.6.1.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、6.6.1.節に記述した方法と同様で把握した。この面積は、CRF 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) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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、または 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 22%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.6.2.b)1) 節で説明した通り、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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された個々の土地利用の面積推計に利用している森林減少面積 (D 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。

■ 農耕地有機質土壌の修正に伴う再計算

「転用のない農地」で説明したように、農耕地における有機質土壌面積の更新は農地や草地から転用された土地にも影響を与える。この修正に伴い、有機質土壌からの CO₂ 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

■ 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。

6.10. 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。2019 年度における我が国におけるその他の土地の面積は約 248 万 ha であり、国土面積の約 6.6% を占め、以下の表 6-47 に示されているように細分化される⁹。

表 6-47 「その他の土地」の内訳

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
その他の土地	kha	2,471	2,495	2,429	2,309	2,357	2,408	2,403	2,188	2,232	2,449	2,583	2,494	2,472	2,476
防衛施設用地	kha	139	140	140	140	140	140	140	140	139	139	135	135	135	135
海浜	kha	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
北方領土	kha	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504	504
荒地	kha	NO													
その他	kha	1,782	1,805	1,740	1,619	1,668	1,719	1,714	1,499	1,544	1,760	1,898	1,809	1,787	1,791

2019 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 280 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 76.1% の減少、前年度比 20.4% の

⁹ 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。

増加となっている。

表 6-48 その他の土地の炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリ	炭素プール	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
CO ₂	4.F. その他の土地	合計	kt-CO ₂	1,172	969	700	193	245	340	248	181	189	207	216	184	233	280	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	776	636	449	105	143	251	161	105	115	127	138	117	168	215	
		枯死木	kt-CO ₂	203	164	116	18	41	34	34	29	29	35	35	29	29	31	
		リター	kt-CO ₂	97	79	56	9	20	17	17	14	14	17	17	14	14	15	
		鉱質土壌	kt-CO ₂	95	90	80	60	41	38	36	33	30	28	26	25	21	19	
		有機質土壌	kt-CO ₂	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	1,172	969	700	193	245	340	248	181	189	207	216	184	233	280	
		生体バイオマス	kt-CO ₂	776	636	449	105	143	251	161	105	115	127	138	117	168	215	
		枯死木	kt-CO ₂	203	164	116	18	41	34	34	29	29	35	35	29	29	31	
		リター	kt-CO ₂	97	79	56	9	20	17	17	14	14	17	17	14	14	15	
		鉱質土壌	kt-CO ₂	95	90	80	60	41	38	36	33	30	28	26	25	21	19	
		有機質土壌	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

6.10.1. 転用のないその他の土地 (4.F.1)

a) カテゴリの説明

本カテゴリは過去 20 年間継続してその他の土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。当該カテゴリの面積は、「全国都道府県市町村別面積調」（国土地理院）における総国土面積から他の土地利用区分の合計面積を差し引くことにより把握している。しかしながら、本カテゴリ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 6-49 転用のないその他の土地の面積 (20 年)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
転用のないその他の土地	kha	2,297.6	2,344.8	2,299.2	2,198.4	2,271.9	2,310.6	2,307.4	2,098.5	2,146.7	2,367.4	2,502.3	2,417.0	2,391.2	2,394.6

b) 再計算

特になし。

c) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.10.2. 他の土地利用から転用されたその他の土地 (4.F.2)

a) カテゴリの説明

本カテゴリでは、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。また、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いる。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。

2019年度における当該カテゴリからのCO₂排出量は280 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76.1%の減少、前年度比20.4%の増加となっている。

生体バイオマスに関しては、森林、農地、草地からその他の土地に転用される際の炭素ストック変化量を算定対象とした。

枯死有機物に関しては、CENTURY-jfosモデルを用いて森林の枯死有機物の炭素ストック量を把握し、森林から転用されたその他の土地の炭素ストック変化量を算定した。農地及び草地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は、6.6.2.b)2)節、6.7.2.b)2)節の通り、転用前後の枯死有機物プールをゼロと想定していることから「NA」で報告した。

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炭素ストック量に関しては、森林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を算定した。森林以外の土地利用カテゴリ（農地及び草地）からの転用における土壌炭素ストック量は転用前後の土壌プールを同じと想定していることから「NA」で報告した。

なお、現在の方法は「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」の面積を把握できないため、当該カテゴリの炭素ストック変化量はいずれも「NO」を報告した。

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

他の土地利用からその他の土地への転用について、6.6.2.b)1)節と同様に、Tier 2の算定方法を用いた。ただし、その他の土地で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 6-8 及び表 6-9 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

森林、農地及び草地からその他の土地への転用面積のみ把握した。湿地及び開発地からその他の土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。

なお、CRFの「Table 4.F SECTORAL BACKGROUND DATA FOR LAND USE, LAND-USE CHANGE AND FORESTRY—Other land」に示されている面積は、2019年度単年の転用面積ではなく、過去20年間の積算値であることに留意されたい。

○ 森林からの転用

6.6.2.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 6-50 他の土地利用から転用されたその他の土地の面積（単年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用されたその他の土地	kha	6.2	6.1	4.3	5.0	1.8	18.3	3.2	1.5	2.8	2.1	3.5	1.7	8.0	7.1
森林から転用されたその他の土地	kha	3.7	3.0	2.1	0.3	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6
農地から転用されたその他の土地	kha	2.2	2.6	2.0	4.5	0.9	16.8	2.3	0.8	2.0	1.2	2.7	0.5	5.9	5.3
田	kha	1.2	1.5	1.6	4.2	0.6	14.9	1.7	0.3	1.3	0.8	2.3	0.3	3.6	3.4
普通畑	kha	0.7	0.9	0.3	0.2	0.2	1.6	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.2	1.8	1.5
樹園地	kha	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4
草地から転用されたその他の土地	kha	0.4	0.5	0.2	0.2	0.1	0.8	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.7	1.5	1.3
湿地から転用されたその他の土地	kha	IE													
開発地から転用されたその他の土地	kha	IE													

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

「森林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は、「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

○ 森林における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 6-10 及び表 6-11 にある通りである。また、転用直後は枯死有機物の蓄積がゼロになり、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

各土地利用について過去 20 年間に生じた転用面積を累計した値を、20 年間以内にその他の土地へ転用された面積と仮定した。

表 6-51 他の土地利用から転用されたその他の土地の面積（20 年）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
他の土地利用から転用されたその他の土地	kha	173.4	150.1	130.0	110.6	85.2	97.6	95.8	89.9	85.6	81.5	80.4	77.0	80.8	81.2
森林から転用されたその他の土地	kha	102.4	97.0	85.9	65.0	43.8	40.3	37.7	34.2	31.1	28.8	26.7	23.5	21.4	19.0
農地から転用されたその他の土地	kha	55.8	41.1	36.9	38.3	35.1	50.5	51.5	49.7	48.8	47.4	48.6	47.8	52.5	54.3
田	kha	32.4	20.9	20.3	22.8	22.6	36.9	38.1	37.1	36.8	36.1	37.9	37.4	40.2	40.6
普通畑	kha	16.1	14.2	12.0	11.5	9.5	10.4	10.3	9.7	9.4	8.8	8.4	8.2	9.7	10.9
樹園地	kha	7.3	5.9	4.5	4.0	3.0	3.2	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.3	2.6	2.8
草地から転用されたその他の土地	kha	15.1	12.0	7.3	7.3	6.3	6.8	6.7	6.0	5.6	5.3	5.1	5.6	6.9	7.9
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	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	IE	IE

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

本カテゴリーの鉱質土壌炭素ストック変化量は、6.6.2.b)3) 節と同様に算定した。

■ 各種パラメータ

森林から転用されたその他の土地における鉱質土壌炭素ストック変化量の算定には、表 6-12 に記載されているパラメータを用いた。

■ 活動量

20 年間の森林から転用されたその他の土地面積は、過去 20 年分の年次転用面積を積算することによって算出した。当該面積については表 6-51 を参照のこと。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性の評価

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、または 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 22%と評価された。

■ 時系列の一貫性

6.6.2.b)1) 節で説明した通り、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・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、第 1 章に記述している。

e) 再計算

■ D 面積の修正に伴う再計算

森林から転用された個々の土地利用の面積推計に利用している森林減少面積 (D 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、及び鉱質土壌の炭素ストック変化量を全年にわたり再計算した。

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。

■ 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。

6.11. 伐採木材製品（HWP）による炭素蓄積変化（4.G）

森林から伐採され、搬出された木材（伐採木材製品）は、木材が住宅資材や家具などに利用されている間は木材中に炭素を固定し、一定期間蓄積する。最終的に焼却、腐朽などにより廃棄されたときにCO₂を排出する。

本カテゴリーは、HWPによる炭素蓄積変化を取り扱う。計算アプローチは生産法を採用しており、京都議定書のLULUCFルールに則った方法論を条約インベントリ報告にも適用している。従って、計上の対象となるのは、我が国の森林のうち「森林経営」を行っている育成林から生産された国産材由来の伐採木材製品（製材、木質パネル、紙）であり、これらの利用または廃棄に伴う炭素蓄積の変化量を計上する。輸入材の炭素蓄積変化量は算定から控除している。当該カテゴリーにおける炭素蓄積変化量は、2019年度では1,874 kt-CO₂の吸収であり、1990年度比316.4%の増加、前年度比3.3%の増加となっている。1990年度以降は経済状況、災害等の影響により増減を繰り返している。

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つのサブカテゴリーに区分し、以下の小節においてそれらについて別個に記述する。

表 6-52 HWP の炭素ストック変化量に起因する排出・吸収量

ガス	カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
CO ₂	合計	kt-CO ₂	-450	1,401	1,765	617	101	2,443	53	304	-904	-1,212	-1,137	-1,505	-1,814	-1,874	
	建築物	合計	kt-CO ₂	-555	-926	-58	-842	-1,505	863	-1,511	-810	-1,422	-1,673	-1,557	-1,548	-1,809	-1,752
		製材	kt-CO ₂	-335	-606	361	-356	-777	1,609	-768	20	-613	-829	-611	-573	-830	-721
		木質ボード	kt-CO ₂	-210	-326	-436	-379	-325	-386	-314	-312	-372	-357	-395	-380	-388	-373
		合板	kt-CO ₂	-10	6	16	-107	-404	-360	-428	-517	-437	-488	-550	-595	-591	-659
	その他木材利用	合計	kt-CO ₂	638	1,154	1,395	1,251	971	934	891	740	478	284	132	-37	-136	-269
		製材	kt-CO ₂	954	1,295	1,478	1,485	1,421	1,227	1,313	1,235	1,171	1,095	1,089	1,055	960	877
		木質ボード	kt-CO ₂	-326	-219	-198	-132	24	4	-98	-112	-96	-87	-116	-119	-97	-82
		合板	kt-CO ₂	10	79	115	-102	-475	-297	-324	-383	-597	-724	-842	-973	-999	-1,063
	紙製品	kt-CO ₂	-533	1,173	429	208	636	646	672	374	41	177	287	80	132	148	

6.11.1. 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2019年度では1,752 kt-CO₂の吸収であり、1990年度比215.7%の増加、前年度比3.1%の減少となっている。

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、かつ建築物に係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、その炭素蓄積変化量の推計は、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、合板の炭素ストック量の変化は、建築着工に投入される製材、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ている。算定式は以下のとおりである。

なお、建築物に利用される製材、木質ボード、合板は、CRFの「Solid wood」の下の「Sawnwood」「Wood panels」、「Other solid wood products」にて報告している。

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

- j : サブカテゴリー（製材、合板、木質ボード）
 i : 年
 $Inflow_{j,i}$: i 年の間にサブカテゴリー j のHWPプールに投入される炭素量 [t-C/年]
 $Outflow_{j,i}$: i 年の間にサブカテゴリー j のHWPプールから排出される炭素量 [t-C/年]
 $\Delta C_{j,i}$: i 年の間のサブカテゴリー j のHWPストックの炭素蓄積変化量 [t-C/年]

各年の建築着工に投入される木材の炭素量（インフロー）及び建築物解体時において排出される炭素量（アウトフロー）は以下の通り求めた。

○ インフロー（Inflow）

インフローについては、各年の住宅・非住宅別、構造別の建築物の着工床面積に、着工床面積あたりの木材使用量（以下、着工原単位）、及び建築物に投入される木材の国産材率を乗じて建築物に使用される国産木材量を算出後、各年の建築物に投入される木材の炭素量を算定した（下記算定式を参照）。

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

○ アウトフロー（Outflow）

アウトフローについては、各年の住宅・非住宅別、構造別の建築物の解体床面積に、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（以下、解体原単位）、解体建築物の着工年の国産材率（以下、解体国産材率）を乗じて建築物解体時に投入される国産木材量を算出後、輸入住宅における木材量を差し引いて、木材容積密度及び炭素含有率に掛け合わせることで、各年の建築物解体時において排出される炭素量を算定した（下記算定式を参照）。このアウトフローの算定は2019年改良IPCCガイドラインで言及されているような減衰関数を用いるものではなく、直接的に建築解体量から把握していることに留意のこと。

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

単位面積当たり木材使用量や国産材率は経年的に変化することから、解体時の炭素量の算定に用いる解体原単位（ v_{DW_i} ）及び解体国産材率（ f_{DW_i} ）については、経年的な変化を反映すべくそれぞれ i 年に解体された面積のうち、 n 年に建築された床面積が占める割合を用いて加重平均を行うことで推計している（下記算定式を参照）。

$$v_{DW_i} = \sum_n \left(\frac{S_{W_i(n)}}{S_{W_i}} \times v_{DP_{i(n)}} \right)$$

$$f_{DW_i} = \sum_n \left(\frac{S_{W_i(n)}}{S_{W_i}} \times f_{DP_{i(n)}} \right)$$

なお、算定対象年 i の解体床面積（ S_{W_i} ）は、前年（ $i-1$ ）の建築物床面積から、 i 年の建築物床面積と i 年の建築物着工床面積の差分を差し引いて算定した（下記算定式参照）。 $i-1$ 年及び i 年の建築床面積、及び i 年の建築物着工床面積には、基本的に増築面積が含まれており、増築後に解体された建築物の床面積データは計算に反映されていることになる。ただし、床面積の増減を伴わない改築については、「建築物（Tier3）」の計算には含まれず、「その他木材利用（Tier2）」の計算に含まれる。

$$S_{W_{st,i}} = S_{S_{st,i-1}} - (S_{S_{st,i}} - S_{P_{st,i}})$$

j	: サブカテゴリー（製材、合板、木質ボード）
i	: 算定対象年
st	: 建築物の使用用途（住宅または非住宅）及び種類（構造別）
n	: 建築年
$Inflow_{j,i}$: i 年の間にサブカテゴリー j のHWPプールに投入される炭素量 [t-C/年]
$Outflow_{j,i}$: i 年の間にサブカテゴリー j のHWPプールから排出される炭素量 [t-C/年]
$SP_{st,i}$: i 年の住宅・非住宅別、構造別着工床面積（増築面積を含む） [m ² /年]
$SW_{st,i}$: i 年の住宅・非住宅別、構造別の建築物の解体床面積（増築後に解体された面積を含む） [m ²]
$SW_{i,(n)}$: i 年に解体された床面積のうち、 n 年に建築された建築物の床面積 [m ²]
$SS_{st,i}$: i 年の住宅・非住宅別、構造別床面積ストック（ i 年に建築された床面積と増築面積を含む） [m ² /年]
$VDP_{j,st,i}$: i 年の住宅・非住宅別、構造別のサブカテゴリー j の着工原単位 [m ³ /m ²]
$VDP_{i,(n)}$: i 年に解体された建築物のうち、 n 年に建築された建築物の着工原単位 [m ³ /m ²]
VDW_i	: i 年の建築物の解体原単位 [m ³ /m ²]
$fDP_{j,i}$: i 年の建築物に投入されるサブカテゴリー j の木材の国産材率 [%]
$fDP_{i,(n)}$: i 年に解体された建築物のうち、 n 年に建築された建築物の国産材率 [%]
fDW_i	: i 年の建築物の解体材国産材率 [%]
VIM_i	: i 年の輸入住宅における木材の量 [m ³]
D_j	: サブカテゴリー j の容積密度 [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

○ 木材投入量原単位 (m³/m²)

【製材】

木造住宅においては国土交通省「建設資材・労働力需要実態調査」の値を用いた。非木造住宅においては1991年までしか上記調査の値がないため新たに調査を行ない、2013年度の値を取得し、2014年度以降は2013年度の値を用いた。1992年～2012年の値は内挿法により求めた。

【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の出荷量に日本繊維板工業会「木質ボード用途別出荷量」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】

「建設資材・労働力需要実態調査」の値を用いた。データが欠落している年度は内挿法より求めた。

○ 国産材率

【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】

建築用木質ボード出荷量にパーティクルボード、ファイバーボードの原材料の割合、及び

各原材料（素材、工場残材、林地残材、解体材、廃材）の国産材率を乗じて原材料別の建築用木質ボード（国産材）出荷量を算出した。各原材料の国産材率は、国産チップ生産量、輸入チップ量、チップ用素材入荷量（国産材・外材）から求めた。算出された原材料別の建築用木質ボード（国産材）出荷量を「建築用木質ボード出荷量と建築用木質ボード輸入量の合計値」で除することにより、種類別の木質ボードの国産材率を算出した。

【合板】

合板生産量（国内）が合板使用量（合板生産量と輸入生産量の合計）に占める比率に、合板の国産材率を乗じることにより、着工建築物に使用される合板の国産材率を算出した。

○ 容積密度、炭素含有率

2013年京都議定書補足的方法論ガイダンスに提示されているデフォルト値を使用した。

表 6-53 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/m ³]	炭素含有率 [Mg -C/Mg-d.m.]
製材	針葉樹	0.45	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(LDF)	0.159	0.474
合板		0.542	0.493

(出典)：2013年京都議定書補足的方法論ガイダンス、Table 2.8.1

表 6-54 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）外材	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「木材統計調査」	
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、針葉樹分を建築用途と仮定
5	木質ボード出荷量	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（外材）	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」	※FAOSTAT (Veneer sheets) より所収した単板輸入量に「貿易統計」より単板輸入量に占める合板用単板輸入量の比率をかけて合板用単板輸入量を算出。
14	合板輸入量	FAO「FAOSTAT」 財務省「貿易統計」	※FAOSTAT で把握した集成材から、「貿易統計」の合板内の集成材、竹製のものを除く。
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（外材）	農林水産省「木材需給報告書」	

■ 活動量

活動量は建築物の着工床面積（インフロー）と解体床面積（アウトフロー）である。着工床面積は、国土交通省「建築着工統計」、「住宅着工統計」より得られる住宅・非住宅別、構造別着工面積を用いた。解体床面積は、総務省「固定資産の価格等の概要調書（家屋）」から得られる毎年の家屋の総床面積の前年床面積から、当年の床面積と当年の着工床面積の差分を差し引いて推計した。前述の通り増築後に解体された床面積は含まれている。着工・解体のデータは統計に基づいており、景気の減衰や自然災害も考慮し、適切に算定されている。

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 2013 年京都議定書補足的方法論ガイダンス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 3 年毎の調査であるためデータが欠落している年度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・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、第 1 章に記述している。

e) 再計算

2018 年度の木材需給統計の更新に伴い、2018 年度値は再計算された。さらに、改築に利用された木材は建築物以外を対象とする Tier2 法で計算することとしたため、建築物床面積から改築面積を全年度において除外した。これに伴い、建築物に使用される製材、合板のインフローおよび製材、合板、木質ボードのアウトフロー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

建築基準法の改正による木材の利用増加や Cross Laminated Timber (CLT) の普及などにより、今後、面積原単位が変動する可能性がある。

6.11.2. 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以外で使用される製材、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 年度では 638 kt-CO₂ の排出、2018 年度では 136 kt-CO₂ の吸収であり、2019 年度では 269 kt-CO₂ の吸収となっている。

b) 方法論

■ 算定方法

その他木材利用の炭素蓄積変化量は、2013 年京都議定書補足的方法論ガイダンスに記載の 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、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。

なお、その他木材利用（製材、木質ボード、合板）については、CRFの「Other (please specify)」の下の「Sawnwood for non-buildings」「Wooden board for non-buildings」、「Plywood for non-buildings」にて報告している。

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

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

- i : 年
 j : サブカテゴリー（製材、木質ボード、合板）
 $C_{j,i}$: i 年最初にサブカテゴリー j のHWPプールにストックされている炭素量 [t-C]
 $Inflow_{j,i}$: i 年の間にサブカテゴリー j のHWPプールに投入される炭素量 [t-C/年]
 k_j : $k_j = \ln(2) / HL_j$
 HL_j : サブカテゴリー j のHWPプールの半減期
 $\Delta C_{j,i}$: i 年の間のサブカテゴリー j のHWPストックの炭素蓄積変化量 [t-C/年]
 $C_{j,(1900)}$: 1900年ストックを0とみなす

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

- i : 年
 j : サブカテゴリー（製材、合板、木質ボード）
 $V_{p,j,i}$: i 年の建築以外に利用されるサブカテゴリー j の木材の量 [m³/年]
 $f_{DP,j,i}$: i 年の建築以外に利用されるサブカテゴリー j の木材の国産材率 [%]
 D_j : サブカテゴリー j の容積密度 [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】

木質ボード生産に用いられる木材の国産材率は、パーティクルボード、ファイバーボードに用いられる原材料の割合に各原材料（素材、工場残材、林地残材、解体材、廃材）の国産材率を乗じて算出した。各原材料の国産材率は、国産チップ生産量、輸入チップ量、チップ用素材入荷量（国産材・外材）から求めた。

【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

2013年京都議定書補足方法論ガイダンス（Table 2.8.2）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（6.11.1. 節）と同じデフォルト値を使用した（表 6-53 を参照のこと）。

表 6-55 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	木質ボード出荷量	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
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「パルプ材集荷実績推移」	
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（外材）	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」	※FAOSTAT(Veneer sheets)より所収した単板輸入量に「貿易統計」より単板輸入量に占める合板用単板輸入量の比率をかけて合板用単板輸入量を算出。
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（外材）	農林水産省「木材需給報告書」	

■ 活動量

活動量は、製材投入量、木質ボード販売量と合板生産量を用いた。製材投入量は「木材統計調査（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、LDFそれぞれの販売面積から体積を求め、「木質ボード用途別出荷量」の建築用販売量を除いた量とした。合板生産量は、「木材統計調査（木材需給報告書）」を用いた。

○ 1900年までのデータ遡及方法

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、木質ボード、合板の生産量 [kt C/年]

t : 年

V_{1961} : 1961年 その他木材に使用される製材、木質ボード、合板の生産量 [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

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 2013年京都議定書補足的的方法論ガイダンス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

1961年以前のデータは、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。

1962年以後のデータは、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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

2018年度の木材需給統計の更新に伴い、2018年度値は再計算された。さらに、改築に利用された木材は建築物以外を対象とする Tier2 法で計算することとしたため、改築に使用した木材を全年度において含めることとなった。これに伴い、その他利用おける合板のインフローおよびアウトフロー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

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。

6.11.3. 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533 kt-CO₂の吸収、2018年度に132 kt-CO₂の排出、2019年度では148 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は、2013年京都議定書補足的な方法論ガイダンスに記載のFOD法（Tier2）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。

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

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

i	: 年
j	: サブカテゴリー（紙製品）
$C_{j,i}$: i 年初めにHWPプールにストックされている炭素量 [t-C]
$Inflow_{j,i}$: i 年の間にサブカテゴリー j のHWPプールに投入される炭素量 [t-C/年]
k_j	: $k_j = \ln(2) / HL_j$
	HL_j : サブカテゴリー j のHWPプールの半減期（2年）
$\Delta C_{j,i}$: i 年の間のサブカテゴリー j のHWPストックの炭素蓄積変化量 [t-C/年]
$C_{j,(1990)}$: 1990年ストックを0とみなす

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

i	: 年
j	: サブカテゴリー (紙製品)
$PP_{Pj,i}$: i 年の紙製品生産量 [t]
$fDP_{j,i}$: 各年の紙製品の国産材率 [%]
D_j	: 含水率補正值
CF_j	: 炭素含有率 [t-C/t-d.m.]

■ 各種パラメータ

○ 国産材率

紙製品全体の国産材率は、国産材から作られた製紙用パルプの消費量を国産材から作られた紙製品、古紙及び古紙パルプの国内生産量で除することにより算出した。国産材から作られた紙パルプ、古紙、及び古紙パルプの国内生産量がそれぞれ推定された。

製紙用パルプは、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」において、全原材料消費量とその国産材・輸入材由来消費量が、原木由来、チップ由来別に把握できることから、それらのデータを用いて国産材率を推計した。ただし、同統計の国産材チップは、外材由来の木材を国内の事業所でチップ化した量も含まれていることから、国産材率の推計においては、チップ用素材の国産材・外材入荷量や、建築物の推計で利用した国産材率のデータも用いて、外材由来の国内生産チップを控除して算定した。

古紙・古紙パルプは、経済産業省「生産動態統計調査」の古紙生産量と「貿易統計」の古紙の輸出入量から国内供給量を推計することで国産材率を推計した。

表 6-56 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	パルプの原材料消費量 (m ³) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 20px;"> 国産材由来 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 20px;"> 原木 チップ </div> 輸入材由来 (すべてチップ) </div>	経済産業省「生産動態統計調査 (紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計)」	パルプの国産材率の算定に利用
2	古紙生産量	経済産業省「生産動態統計調査 (紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計)」	FAOSTAT (Recovered paper)
3	古紙輸出入量	財務省「貿易統計」	FAOSTAT (Recovered paper)
4	紙、板紙の輸出入量	財務省「貿易統計」	FAOSTAT (Recovered paper)
5	入手区分別チップ生産量の比率	農林水産省「木材需給報告書」	パルプ生産用チップの国産材比率の推計に利用
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 (外材)	農林水産省「木材需給報告書」	

○ 半減期

2013 年京都議定書補足的方法論ガイダンス (Table 2.8.2) に提示されているデフォルト値 (2 年) を使用した。

○ 含水率補正值、炭素含有率

2013 年京都議定書補足的方法論ガイダンス (Table 2.8.2) に提示されているデフォルト値 (含水率補正值: 0.9 t-d.m./t、炭素含有率: 0.386 t-C/t-d.m.) 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「生産動態統計調査（紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計）」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

紙製品の、1900年までのデータ遡及方法は「その他木材」と同様である（詳細は 6.11.2 節を参照のこと）。

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 2013 年京都議定書補足的な方法論ガイダンス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

1961年以前のデータは、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。

1962年以後のデータは、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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

2018年度の木材需給統計の更新に伴い、2018年度値は再計算された。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。

6.12. 施肥に伴う N₂O 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施肥に伴う N₂O 直接排出量の算定を行う。森林土壌への窒素施肥に伴う N₂O 直接排出量を算定し、湿地、開発地土壌への窒素施肥に伴う N₂O 排出は農業分野の算定に含まれるため「IE」と報告した。2019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 0.51 kt-CO₂ 換算であり、1990年度比 38.7%の減少となっている。

表 6-57 無機肥料施肥に伴う N₂O 排出量

ガス	カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
N ₂ O	合計	kt-N ₂ O	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
		kt-CO ₂ 換算	0.84	0.72	0.67	0.64	0.56	0.53	0.54	0.56	0.54	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
	森林	kt-N ₂ O	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		転用のない森林	kt-N ₂ O	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
		他の土地利用から転用された森林	kt-N ₂ O	IE													
	湿地	kt-N ₂ O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
		転用のない湿地	kt-N ₂ O	IE													
		他の土地利用から転用された湿地	kt-N ₂ O	IE													
	開発地	kt-N ₂ O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
		転用のない湿地	kt-N ₂ O	IE													
		他の土地利用から転用された開発地	kt-N ₂ O	IE													
		その他	kt-N ₂ O	NA													

b) 方法論

■ 算定方法

森林土壌への窒素施肥に伴う N₂O 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

農用地土壌への化学肥料の施用に伴う N₂O 排出量の算定に適用している排出係数 (0.62% [kg-N₂O-N/kg-N]¹⁰) を、森林土壌への窒素施肥に伴う N₂O 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

林野庁調査による 2006～2008 年に森林で行われた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、「ポケット肥料要覧」の「窒素質肥料需要量」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。森林土壌に施用された肥料の種類については、林野庁調査によると、大部分が化学肥料であることから、森林土壌に施用される肥料は化学肥料であるとみなすこととした。また、森林土壌への作物残さの施用、及び森林での放牧が実施されていないため、作物残さの施用量及び牧草地、放牧場、小放牧地での排せつ物量はゼロとした。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

施肥に伴う N₂O 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。

■ 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・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、

¹⁰ Akiyama et al. (2006)

第1章に記述している。

e) 再計算

なし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

6.13. 土壌排水等に伴う非 CO₂ 排出 (4.(II))

a) カテゴリーの説明

土壌排水・再湛水やその他の鉱質・有機質土壌管理に伴う非 CO₂ 排出 (4.(II)) について、わが国では有機質土壌の土壌排水に伴う排出のみを算定対象とし、農地 (普通畑)、草地 (牧草地) における有機質土壌の排水に伴う CH₄ 排出について算定を行う (稲作からの CH₄ 排出は農業分野で報告している)。また、有機質土壌地が開発地に転用された場合、転用後の排水等活動に伴う CH₄、N₂O 排出について算定を行う。湿地ガイドラインで方法論が提示されている土壌再湛水や沿岸湿地については算定方法を適用せず当該排出は「NA」として報告する。我が国では森林での排水活動は実施されていないと判断されるため、この活動に起因する GHG 排出は生じないと整理し、森林土壌の排水に伴う CH₄、N₂O 排出については「NO」として報告する。湿地区分に存在する泥炭地については、4.D.1 の CO₂ 排出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、当該算定方法を適用していないため、「NA」として報告する。2019 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 36.7 kt-CO₂ 換算であり、1990 年度比 39.9%の減少、前年度比 0.5%の増加となっている。

表 6-58 土壌排水に伴う非 CO₂ 排出

ガス	カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
全ガス	合計	kt-CO ₂ 換算	61.1	52.4	47.5	43.8	39.7	38.9	37.7	37.2	37.4	37.4	36.4	36.4	36.5	36.7		
	CH ₄	合計	kt-CH ₄	2.32	2.01	1.83	1.69	1.54	1.51	1.47	1.45	1.46	1.46	1.42	1.42	1.42	1.43	
			kt-CO ₂ 換算	58.0	50.2	45.7	42.3	38.6	37.8	36.7	36.2	36.5	36.4	35.5	35.5	35.6	35.8	
		森林	kt-CH ₄	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
		農地	kt-CH ₄	0.97	0.97	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	
		草地	kt-CH ₄	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.11	0.10	0.11	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	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA
			泥炭地	kt-CH ₄	NE	NE	NE	NE	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	NA	NA	NA	NA
			その他の湿地	kt-CH ₄	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		その他(開発地への転用時の有機質土壌)	kt-CH ₄	1.3	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
		N ₂ O	合計	kt-N ₂ O	0.010	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
				kt-CO ₂ 換算	3.0	2.3	1.8	1.5	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
			森林	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	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	NE,NA	NE,NA	NE,NA
				泥炭地	kt-N ₂ O	NE												
				湛水地	kt-N ₂ O	NA												
その他の湿地	kt-N ₂ O			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
その他(開発地への転用時の有機質土壌)	kt-N ₂ O		0.010	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003		

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、排水された有機質土壌からの CH₄ 排出量は湿

地ガイドライン 2.2.2.1 に記述されている Tier 1 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。

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

$CH_{4-organic}$: 有機質土壌からの CH ₄ 排出 [kg-CH ₄]
A	: 有機質土壌面積 [ha]
$EF_{CH_4_{land}}$: CH ₄ 直接排出係数 [kg-CH ₄ /ha]
$EF_{CH_4_{ditch}}$: 排水路からの CH ₄ 排出係数 [kg-CH ₄ /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 2.2.2.1 に記述されている Tier 2 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。-

$$N_2O_{Nos} = A \times EF_2$$

N_2O_{Nos}	: 有機質土壌排水に伴う N ₂ O 排出量 [t-N ₂ O/yr]
A	: 開発地に転用された有機質土壌地面積 [kha]
EF_2	: 有機質土壌排水に伴う N ₂ O 排出係数 [kg-N ₂ O-N/ha/yr]

■ 各種パラメータ

農地及び草地について、CH₄ 直接排出の排出係数、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していないため、わが国は主に開発地への転用が水田地域で生ずるという状況を踏まえ、わが国の独自の水田における N₂O 排出係数を適用した。

表 6-59 CH₄ 及び N₂O 排出に関するデフォルトパラメータ（地表からの排出）

土地利用	排出係数	単位	土地利用・気候帯
農地	0	kgCH ₄ /ha/yr	Cropland, temperate
牧草地	16	kgCH ₄ /ha/yr	Grassland, deep-drained, nutrient rich, temperate
水田	0.297	kgN ₂ O-N/ha/yr	国独自の排出係数（北海道での実測値）

（出典）湿地ガイドライン Table 2.3

表 6-60 CH₄ 排出に関するデフォルトパラメータ（排水路からの排出）

土地利用	排出係数	単位	排水路の割合	土地利用・気候帯
農地	1165	kgCH ₄ /ha/yr	0.05	Boreal/Temperate, Deep-drained
牧草地				Grassland, Cropland

（出典）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 6.6.1 節、6.7.1 節を参照のこと。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 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 66% 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・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、第1章に記述している。

e) 再計算**■ 土地面積算定の修正に伴う再計算**

森林減少面積（D 面積）が再計算されたこと、及び農地、草地における有機質土壌面積の更新を行ったことから、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・管理変化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**

本カテゴリーでは土地利用変化・管理変化に伴う土壌有機物中の炭素の消失により無機化された窒素からの N₂O 排出量を取り扱う。わが国では本区分において、2006年 IPCC ガイドラインの記述に従い、土壌炭素増加が生じている場合の窒素固定は算定対象とせず、土壌中の炭素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。

転用のない森林、転用されたその他の土地については、土壌炭素損失に伴う Tier 1 式にて算定を行った。転用された農地と草地については、農業分野で適用したものと同様のわが国独自の排出係数を用いた方法を適用した。草地の3つのサブカテゴリーのうち、土壌有機物の変化が計算されているのは牧草地のみである。そのため、採草放牧地、原野は算定から除いた。それ以外の区分においては、土壌炭素ストックの減少が生じていないことから「NA」で報告した（転用された湿地のみ、方法論が存在しないため「NE」）。2019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 139.3 kt-CO₂ 換算であり、1990年度比 9.5%の減少、前年度比 1.4%の増加となっている。

表 6-61 土壤無機化に伴う N₂O 排出量

ガス	カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
N ₂ O	合計	kt-N ₂ O	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.46	0.47	
		kt-CO ₂ 換算	153.8	148.3	142.3	135.6	130.3	130.2	131.3	131.5	132.2	133.0	133.9	135.3	137.4	139.3	
	森林	kt-N ₂ O	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44	
		転用のない森林	kt-N ₂ O	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44
		他の土地から転用された森林	kt-N ₂ O	NA													
	農地	kt-N ₂ O	0.08	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
		他の土地から転用された農地	kt-N ₂ O	0.08	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	草地	kt-N ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		転用のない草地	kt-N ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		他の土地から転用された草地	kt-N ₂ O	IE		IE											
	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	NE,NA	NE,NA	NE,NA	NE,NA
		転用のない湿地	kt-N ₂ O	NA													
		他の土地から転用された湿地	kt-N ₂ O	NE													
	開発地	kt-N ₂ O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		転用のない開発地	kt-N ₂ O	NA													
		他の土地から転用された開発地	kt-N ₂ O	NA													
		その他の土地	kt-N ₂ O	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

b) 方法論

■ 算定方法

転用のない森林、その他の土地については、2006年 IPCC ガイドライン 11.2.1.1 に記述されている Tier 1 の算定方法を用いて算定した。算定式は以下のとおりである。土壤炭素の損失量について、2006年 IPCC ガイドライン 2.3.3.1 に記述されている方法（式 2.25）を用いて算定した。

$$N_2O_{direct} - N_{Mineral} = F_{SOM} \times EF_1$$

$$F_{SOM} = \sum_{LU} \left[\left(\Delta C_{Mineral, LU} \times \frac{1}{R} \right) \times 1000 \right]$$

$N_2O_{direct} - N_{Mineral}$: 鈣質土壤の有機物の無機化に伴う N₂O 直接排出量 [kg-N₂O-N]

F_{SOM} : 鈣質土壤の有機物の無機化による年間窒素放出量 [kg-N]

EF_1 : 排出係数 [kg-N₂O-N/kg-N input]

$\Delta C_{Mineral, LU}$: 各土地利用 (LU) における土壤炭素の損失量 [t-C]

R : 土壤有機物の炭素窒素比

農地、草地については、2006年 IPCC ガイドラインに提示されている算定方法を使用する場合、鈣質土壤有機物中の炭素消失量（活動量の一部）が把握できない。そのため、転用された農地、草地における鈣質土壤の面積と面積あたりの N₂O 排出量（農地のバックグラウンドからの N₂O 排出量）を用いたわが国独自の方法で算定を行った。草地の3つのサブカテゴリーのうち、土壤有機物の変化が計算されているのは牧草地のみである。そのため、採草放牧地、原野は算定から除いた。詳細は農業分野を参照のこと。

$$N_2O_{direct} - N_{Mineral_CG} = \sum_i A_i \times EF_{1_CG}$$

$N_2O_{direct} - N_{Mineral_CG}$: 鈣質土壤における無機化された窒素由来の N₂O 排出量 [kg-N₂O]

A : 転用された農地、草地における鈣質土壤 20 年間面積の累積値

EF_{1_CG} : 鈣質土壤 1ha あたりの無機化された窒素由来の N₂O 排出量 [kg-N₂O-N/ha]

i : 地目

■ 各種パラメータ

【土壌中の CN 比】

我が国独自の土壌調査結果 11.3（環境省、2006）を適用した。

【土壌における N-N₂O 排出係数】

森林、その他の土地については、2006 年 IPCC ガイドラインに記載されているデフォルト値 [0.01 kg-N₂O-N/kg-N] を利用した。農地、草地については、農業分野で使用されている値 [0.23 kg-N₂O-N/ha] を適用した（詳細は、第 5 章 5.5.1.5.b) 節を参照のこと）。

■ 活動量

転用のない森林、その他の土地における無機化された窒素量は、鉍質土壌炭素ストック変化の算定に用いた鉍質土壌炭素ストック減少量を利用した（6.5.2. b)2)、6.10.2 参照）。

転用された農地については、転用された農地のうち鉍質土壌面積のみを抽出して活動量とした（6.6.1.b)2) 参照）。草地における鉍質土壌面積は、統計データより把握された牧草地面積に、牧草地の更新率（6.7.1.節参照）、牧草地における鉍質土壌面積の割合を乗じて把握した（6.7.1.b)1) 参照）。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

森林、その他の土地における土壌炭素排出・吸収量の不確実性については、土壌炭素ストック変化、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壌炭素排出・吸収量の不確実性を、農業分野の当該排出の不確実性と同様な数値 31%を利用した。その結果、土壌有機質の無機化に伴う N₂O 排出量の不確実性は-70%~+189%と評価された。

■ 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・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、第 1 章に記述している。

e) 再計算

■ 土地面積算定の修正に伴う再計算

新規植林・再植林面積（AR 面積）、森林減少面積（D 面積）が再計算されたこと、及び農地、草地における鉍質土壌面積の更新を行ったことから、全年にわたり森林、農地、草地、その他の土地の土壌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. 土壌からの N₂O 間接排出 (4.(IV))

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは土壌からの N₂O 間接排出量を取り扱う。土壌からの 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 N₂O 排出、及び窒素が硝酸として溶脱・流出したのちから微生物の作用による N₂O 排出を含む。わが国では、森林土壌の施肥に伴う間接排出（大気沈降・溶脱・流出）と、土壌有機物の無機化に伴う間接排出（溶脱・流出）を算定対象とする。

2019 年度における当該カテゴリーからの N₂O 排出量は 33.6 kt-CO₂ 換算であり、1990 年度比 18.7% の減少、前年度比 1.7% の増加となっている。

表 6-62 土壌からの間接 N₂O 排出量

ガス	カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
N ₂ O	合計	kt-N ₂ O	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
		kt-CO ₂ 換算	41.3	37.7	34.7	32.4	30.8	30.7	31.3	31.4	31.6	31.7	31.8	32.3	33.0	33.6	
	大気沈降	kt-N ₂ O	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		溶脱・流出	kt-N ₂ O	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

b) 方法論

1) 大気沈降に伴う N₂O 排出量

■ 算定方法

2006 年 IPCC ガイドライン 11.2.2.1 に記述されている Tier 1 の算定方法を用いて算定した。算定式は以下のとおりである。

$$N_2O_{(ATD)-N} = [(F_{SN} \times Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times Frac_{GASM})] \times EF_4$$

$N_2O_{(ATD)-N}$: 大気沈降による N₂O 排出量 [kg N₂O-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_{ON} : 森林土壌へ施用される有機質肥料に含まれる窒素量 [kg-N]

F_{PRP} : 森林土壌へ沈澱される牧草地、放牧場、小放牧地の排せつ物 [kg-N]

$Frac_{GASF}$: 化学窒素肥料から NH₃ や NO_x として揮発する割合 [kg-NH₃-N + NO_x-N/kg-N applied]

$Frac_{GASM}$: 有機質肥料、排せつ物から NH₃ や NO_x として揮発する割合 [kg-NH₃-N + NO_x-N/kg-N]

EF_4 : 大気沈降による N₂O 排出係数 [kg-N₂O-N/kg-NH₃-N+NO_x-N]

■ 各種パラメータ

○ 化学肥料から NH₃ や NO_x として揮発する割合

0.1 [kg NH₃-N + NO_x-N/kg N applied] (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 11.3)

○ 大気沈降による間接 N₂O 排出係数

0.01 [kg N₂O-N/kg NH₃-N + NO_x-N volatilised] (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 11.3)

■ 活動量

窒素施肥量について 6.12.節を参照のこと。

2) 溶脱・流出に伴う N₂O 排出

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン 11.2.2.1 に記述されている Tier 1 の算定方法を用いて算定した。

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times \text{Frac}_{LEACH-(H)} \times EF_5$$

$N_2O_{(L)} - N$: 窒素溶脱・流出に伴う N ₂ O 排出量 [kg N ₂ O-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_{ON}	: 森林土壌へ施用される有機質肥料に含まれる窒素量 [kg-N]
F_{CR}	: 森林土壌へ施用される作物残さに含まれる窒素量 [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]
$\text{Frac}_{LEACH-(H)}$: 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 ₂ O の排出係数 [kg-N ₂ O-N]

■ 各種パラメータ

○ 窒素のうち溶脱・流出する割合

0.3 [kg N/kg nitrogen of fertilizer] (2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 11.3)

○ 溶脱・流出の N₂O 間接排出係数

0.0075 [kg N₂O-N / (kg N leaching/runoff)] (2006年 IPCC ガイドライン Vol.4 Table 11.3)

■ 活動量

窒素施肥量については、6.12.節を参照のこと。土壌有機質の無機化に伴う窒素の損失量については、6.13.節を参照のこと。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

窒素施肥に伴う N₂O 間接排出量の算定に用いられる排出係数の不確実性 (2006年 IPCC ガイドライン、11.24 頁) 及び窒素施肥活動量の不確実性に基づき評価を行った。土壌有機質の無機化に伴う N₂O 間接排出量の不確実性は、土壌有機質の無機化に伴う N₂O 直接排出量の不確実性と同様な値 288%を利用した。その結果、土壌からの N₂O 間接排出量の不確実性は -107%~+358%と評価された。

■ 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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

■ 土地面積算定の修正に伴う再計算

新規植林・再植林面積 (AR 面積)、森林減少面積 (D 面積) 及び農地、牧草地の鉍質土壌面積の再計算に伴い、土地利用変化・管理変化に伴う無機化された窒素からの間接 N₂O 排出

が全年にわたり再計算された（6.14.節参照）。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。

6.16. バイオマスの燃焼（4.(V)）

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。CO、NO_x の排出については、別添3を参照。

転用のない森林及び他の土地利用から転用された森林における野火に起因する排出量については、森林火災の統計データが両方のカテゴリーで生じた野火を含むため、転用のない森林の野火において一括して報告する。また、我が国においては、森林における計画的な焼却活動及び森林以外の土地利用区分から森林への転用に伴う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いるため実施されない。そのため、計画的な焼却活動からの排出量は生じず「NO」として報告する。

農地における計画的な焼却活動からの CH₄、N₂O 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に伴う排出を算定する。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、農地における野火に伴う CH₄、N₂O、排出については「NO」として報告する。また、草地の野焼きに伴う CH₄、N₂O 排出について算定する。草地の野火に伴う排出について農地と同様な理由で「NO」として報告する。

森林及び農地、草地以外における野火に伴う CH₄、N₂O 排出については、当該野火に関する情報が十分把握されていないため「NE」として報告する。このうち、湿地における火災については、重要でない「NE」に該当する。なお、CO₂ 排出については既に炭素ストック変化算定において計上済みのため、本区分には含めていない。

2019 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 52.1 kt-CO₂ 換算であり、1990 年度比 24.9%の減少、前年度比 5.1%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が一定していないことが影響している。

表 6-63 バイオマスの燃焼に伴う非 CO₂ 排出量

ガス	カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
全ガス	合計	kt-CO ₂ 換算	69.4	66.8	63.0	62.9	54.9	56.1	51.0	53.0	73.1	54.7	49.2	72.6	49.6	52.1
		kt-CH ₄	1.9	1.8	1.7	1.7	1.4	1.5	1.3	1.3	2.1	1.4	1.2	2.1	1.2	1.3
CH ₄	合計	kt-CO ₂ 換算	47.2	45.3	42.2	42.4	35.3	36.5	31.8	33.7	52.3	35.3	30.3	52.0	30.8	33.2
		kt-CH ₄	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.1	0.2	0.9	0.2	0.1	0.9	0.1	0.2
	森林	kt-CH ₄	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
	農地	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	0.5	0.5	0.5
	草地	kt-CH ₄	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO										
	湿地	kt-CH ₄	NO	NO	NO	NO										
	開発地	kt-CH ₄	NO	NO	NO	NO										
	その他の土地	kt-CH ₄	NA	NA	NA	NA										
	その他	kt-CH ₄	NA	NA	NA	NA										
N ₂ O	合計	kt-N ₂ O	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06
		kt-CO ₂ 換算	22.1	21.5	20.8	20.5	19.6	19.7	19.2	19.3	20.8	19.4	18.9	20.6	18.8	18.9
	森林	kt-N ₂ O	0.003	0.003	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.006	0.002	0.0004	0.006	0.001	0.001
	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	0.02	0.02	0.02	0.02
	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	0.05	0.05	0.05
	湿地	kt-N ₂ O	NE,NO	NE,NO	NE,NO	NE,NO										
	開発地	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	NO										
	その他の土地	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	NO										
	その他	kt-N ₂ O	NA	NA	NA	NA										

b) 方法論

1) 森林火災に伴う非 CO₂ 排出

■ 算定方法

GPG-LULUCF に示された Tier 1 の算定方法を用いた。

○ 森林

【CH₄】

$$bbGHG_f = L_{forest\ fires} \times ER$$

【N₂O】

$$bbGHG_f = L_{forest\ fires} \times ER \times NC_{ratio}$$

bbGHG_f : 森林によるバイオマス燃焼に伴う温室効果ガス排出量

L_{forest fires} : 森林の火災に伴う炭素ストック損失量 [t-C/yr]

ER : 排出比 (CH₄ : 0.012、N₂O : 0.007)

NC_{ratio} : バイオマス中の窒素炭素比

■ 各種パラメータ

○ 排出比

バイオマスの燃焼に伴う非 CO₂ ガスの排出比には以下のパラメータを用いた。

CH₄ : 0.012、N₂O : 0.007

(出典 : GPG-LULUCF デフォルト値 Table3A.1.15)

○ NC 比

バイオマスの燃焼に伴う非 CO₂ ガスの NC 比には、以下のパラメータを用いた。

NC 比 : 0.01 (出典 : GPG-LULUCF 3.50 頁、デフォルト値)

■ 活動量

○ 森林

2006 年 IPCC ガイドラインに示された Tier 3 の算定方法を用いて、火災による炭素ストック損失量を、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。

$$L_{forest\ fires} = \Delta C_n + \Delta C_p$$

L_{forest fires} : 火災に伴う炭素ストック損失量 [t-C/yr]

ΔC_n : 国有林の火災による炭素ストック損失量 [t-C/yr]

ΔC_p : 民有林の火災による炭素ストック損失量 [t-C/yr]

被害材積の把握は、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、年齢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。すなわち、4 年齢以下の被害材積については、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 年齢以下の単位面積当り蓄積量に、5 年齢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推計した。ここで、損傷比率は年齢に関わらず一定であると仮定した。

$$\Delta C_{n,p} = Vf_{n,p} \times D_{n,p} \times BET_{n,p} \times CF_{n,p}$$

$\Delta C_{n,p}$: 国有林、民有林の火災による炭素ストック損失量 [t-C/yr]
$Vf_{n,p}$: 国有林、民有林の火災被害材積[m ³ /yr]
$D_{n,p}$: 国有林、民有林容積密度 [t-d.m./m ³]
$BEF_{n,p}$: 国有林、民有林バイオマス拡大係数
$CF_{n,p}$: 炭素含有率 [t-C/t-d.m.]

国有林及び民有林における容積密度、バイオマス拡大係数の値は、人工林、天然林の面積比を用いた加重平均により求めた。

表 6-64 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 6-65 野火による被害材積

カテゴリー	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
国有林における火災被害材積	m ³	3,688	1,014	1,599	359	16,091	934	360	279	5,326	2,472	916	75	112	49
民有林における火災被害材積	m ³	63,602	68,361	60,228	72,575	15,810	41,537	12,269	26,620	147,989	38,571	8,151	157,051	16,309	34,245
≥5	実損面積	kha	0.29	0.94	0.48	0.35	0.07	0.59	0.10	0.18	0.22	0.04	0.35	0.09	0.15
	被害材積	m ³	47,390	58,129	54,487	59,235	12,780	40,477	11,566	25,204	137,078	36,693	7,370	153,412	15,148
≤4	実損面積	kha	0.27	0.51	0.16	0.27	0.06	0.07	0.03	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03	0.02
	被害材積	m ³	16,212	10,232	5,741	13,340	3,030	1,060	703	1,416	10,911	1,878	781	3,639	1,161

(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、被害材積は林野庁提供値。

■ 留意事項

我が国では、森林火災情報を報告する手続きが国有林と民有林とで個別に規定されているため、国有林と民有林とで別々にバイオマスの燃焼に伴う排出量を算定している。しかしながら、我が国の森林火災は国有林及び民有林の両データセットにより把握されており、算定された排出量に適切に反映されている。

2) 果樹剪定枝の焼却に伴う非 CO₂ 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た式 (Equation 2.27, p2.42, Vol.4) を適用して計算を行った。算定式は以下のとおりである。

$$L_{fire} = W_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-6}$$

L_{fire}	: 焼却に伴う炭素ストック損失量 [kt-GHG]
W_B	: 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

燃焼率についてはわが国の農業分野の農作物残さの野焼きで一般的に利用されている値 (0.90) を利用することとする。排出係数は 2006 年 IPCC ガイドラインに記載された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 6-66 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 (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 (400kg/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。

$$W_B = \sum_i (A_i \times E \times 10) \times R$$

W_B	: 果樹剪定枝 (残さ) の焼却量 [kg-d.m.]
A	: 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) 草地の燃焼に伴う非 CO₂ 排出

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの Tier.1、Tier.2 に適用されるバイオマス燃焼の算定式 (Equation 2.27, p2.42, Vol.4) に従い、草地の燃焼に伴う排出量の算出を行った。算定式は以下のとおりである。

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-6}$$

L_{fire}	: 焼却に伴う炭素ストック損失量 [kt- GHG]
A	: 燃焼面積 [ha]
M_B	: 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 90%を利用した。排出係数は 2006年 IPCC ガイドラインに記載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 6-67 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) に、単位面積あたりの平均焼却量を乗じて、活動量とし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1,000ha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次一律で燃焼面積（24,400ha）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10t-d.m./haを利用した。

4) 湿地におけるバイオマス焼却に伴う非CO₂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。

Tier1の方法論（2006年IPCCガイドライン式2.27）に従い、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Table2.5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Table2.4のAll savanna grasslands (mid/late dry season burns)の10.0t-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、わ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11ha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を超える火災はわ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300t-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、または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77%、N₂Oで47%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2014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・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、第1章に記述している。

e) 再計算

2017年度以降の面積データの推計方法の修正により、2017年度以降の果樹剪定枝の焼却に伴うCH₄、N₂O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「改訂UNFCCCインベントリ報告ガイドライン」(FCCC/SBSTA/2013/10/Add.3)(2014)
9. 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)
10. 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)
11. 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)
12. 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)
13. 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)
14. 経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」
15. 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」
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把握調査」
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「木材統計調査（木材需給報告書）」
40. 農林水産省「特用林産物生産統計調査」
41. 防衛省「防衛白書」
42. 林野庁「森林・林業統計要覧」
43. 林野庁「森林資源現況調査」
44. 林野庁「国家森林資源データベース」
45. Forestry Agency 「Annual Report on Forest and Forestry in Japan」
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo/attach/pdf/index-1.pdf>
46. 気象庁、*Mesh climatic data of Japan for the 1970-2000* [CD-ROM] , Japan Meteorological Business Support-Center, Tokyo (2002)
47. (財)日本ダム協会「ダム年鑑」(2004)
48. 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)
49. 日本繊維板工業会「木質ボード用途別出荷量」
50. 日本製紙連合会「パルプ材集荷実績推移」
51. 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)
52. 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)
53. Coleman, K. & 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)
54. 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) .
55. 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)
56. Sakai, H., Hashimoto, S., Ishizuka, S., Kaneko, S. & Takahashi, M., “*Estimation of the effect of forest management on the carbon stocks in Japanese planted forests using CENTURY-jfos: a modified CENTURY model.*”, The International Forestry Review,12(5):31-32(Forests for the Future: Sustaining Society and the Environment XXIII IUFRO World Congress, Republic of Korea Abstracts), (2010)
57. Shirato, Y. & 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)
58. Shirato, Y., Hakamata, T. & 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)
59. Shirato, Y. & 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)
60. Shirato, Y., Yagasaki, Y. & 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)
61. Takata, Y., Ito, T., Ohkura, T., Obara, H., Kohyama, K. & 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)
62. Tonosaki, K., Murayama, K., Imai, K. & 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)
 63. 中井信「土壤管理による土壤への炭素蓄積」(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」
 64. 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壤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)
 65. 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)
 66. Morisada, K., Ono, K. & Kanomata, H., “*Organic carbon stock in forest soil in Japan*”, *Geoderma*, 119, p.21-32 (2004)
 67. 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)
 68. Yagasaki, Y. & 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 1: Historical trend and validation based on nation-wide soil monitoring*”, *Biogeosciences*, 11, 4429-4442, doi:10.5194/bg-11-4429-2014, (2014)
 69. 南雲俊之、安藤真奈実、森智郁「竹炭の成分組成から見た土壤改良資材としての特徴」、*日本土壤肥料科学雑誌* Vol. 85 (1)、p.37-42 (2014)

